



杜虎林 编著

# 指针式万用表

## 实用测量技法 与故障检修

人民邮电出版社  
[www.pptph.com.cn](http://www.pptph.com.cn)

# 指针式万用表实用测量技法与故障检修

杜虎林 编著

人民邮电出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

指针式万用表实用测量技法与故障检修/杜虎林编著.北京:人民邮电出版社,2002.1  
ISBN 7-115-09637-6

I. 指... II. 杜... III. ①复用电表,指针式-使用②复用电表,指针式-检修  
IV. TM938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 064366 号

## 内 容 提 要

本书是一本比较全面地介绍指针式万用表的结构原理、测量技法与故障检修的实用技术读物。全书共分 7 章,第一章介绍万用表的基本原理和主要参数;第二章介绍万用表的常规使用方法与选购知识;第三章介绍万用表的变通使用技巧;第四章介绍用万用表检测 139 种电子元器件的实用方法;第五章介绍万用表的功能扩展与改进;第六章介绍万用表附加测量装置的制作;第七章介绍万用表的故障检修;附录部分介绍万用表笔改造的小窍门。全书内容丰富,资料翔实,实践性强,通俗易懂。

本书可供家电维修人员、电子爱好者及有关工程技术人员阅读。

### 指针式万用表实用测量技法与故障检修

◆ 编 著 杜虎林

责任编辑 唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ ptpb.com.cn

网址 <http://www.ptpb.com.cn>

读者热线:010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:29.5

字数:714 千字

2002 年 1 月第 1 版

印数:1-5 000 册

2002 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09637-6/TN·1770

定价:37.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第一章 万用表的工作原理与主要参数 .....            | 1  |
| § 1.1 万用表的表头 .....                 | 1  |
| § 1.2 万用表的测量电路 .....               | 4  |
| § 1.3 万用表表头参数 .....                | 14 |
| § 1.4 万用表主要参数 .....                | 14 |
| 第二章 万用表的常规使用与选购 .....              | 17 |
| § 2.1 万用表的测量范围 .....               | 17 |
| § 2.2 万用表的操作面板及字符含义 .....          | 18 |
| § 2.3 万用表使用十点安全注意事项 .....          | 22 |
| § 2.4 万用表电流挡的使用 .....              | 24 |
| § 2.5 万用表电压挡的使用 .....              | 25 |
| § 2.6 万用表电阻挡的使用 .....              | 29 |
| § 2.7 万用表 $D\Omega$ 挡的使用 .....     | 31 |
| § 2.8 万用表 $h_{FE}$ 挡的使用 .....      | 32 |
| § 2.9 万用表 dB 挡的使用 .....            | 33 |
| § 2.10 万用表 LI 和 LV 刻度线的使用 .....    | 35 |
| § 2.11 万用表 L 挡与 C 挡的使用 .....       | 37 |
| § 2.12 万用表的选购 .....                | 39 |
| 第三章 万用表的变通使用 .....                 | 46 |
| § 3.1 用交流电压挡应急测量直流电压 .....         | 46 |
| § 3.2 用小电流挡测量小电压 .....             | 47 |
| § 3.3 用万用表测量大内阻电路的电压 .....         | 47 |
| § 3.4 用万用表测量非正弦周期性电压 .....         | 48 |
| § 3.5 用万用表估测音频输出功率 .....           | 50 |
| § 3.6 用万用表测量直流开关的接触电阻 .....        | 51 |
| § 3.7 测电阻时读出和算出电流和电压值 .....        | 52 |
| § 3.8 用万用表测量线路空载电压与输出阻抗 .....      | 53 |
| § 3.9 用万用表区分市电的火线与零线 .....         | 53 |
| § 3.10 用万用表测量接地线电阻 .....           | 54 |
| § 3.11 用万用表交流电压挡测量电器设备的绝缘电阻 .....  | 54 |
| § 3.12 用万用表检测负氧离子浓度 .....          | 56 |
| § 3.13 用万用表电阻挡作检修彩色电视机时的干扰信号 ..... | 56 |

|            |                                |           |
|------------|--------------------------------|-----------|
| § 3.14     | 用万用表测量彩色显像管的灯丝电压 .....         | 57        |
| § 3.15     | 万用表 $h_{FE}$ 插孔的妙用 .....       | 57        |
| <b>第四章</b> | <b>用万用表检测 139 种电子元器件 .....</b> | <b>59</b> |
| § 4.1      | 检测固定电阻器 .....                  | 59        |
| § 4.2      | 检测排电阻 .....                    | 63        |
| § 4.3      | 检测电位器 .....                    | 64        |
| § 4.4      | 检测熔断电阻器 .....                  | 68        |
| § 4.5      | 检测负温度系数热敏电阻 (NTC) .....        | 70        |
| § 4.6      | 检测正温度系数热敏电阻 (PTC) .....        | 72        |
| § 4.7      | 检测压敏电阻 (VSR) .....             | 75        |
| § 4.8      | 检测光敏电阻 .....                   | 78        |
| § 4.9      | 检测磁敏电阻 .....                   | 81        |
| § 4.10     | 检测湿敏电阻 .....                   | 82        |
| § 4.11     | 检测力敏电阻 .....                   | 83        |
| § 4.12     | 检测气敏电阻 .....                   | 85        |
| § 4.13     | 检测固定电容器 .....                  | 86        |
| § 4.14     | 检测电解电容器 .....                  | 91        |
| § 4.15     | 检测可变电容器 .....                  | 97        |
| § 4.16     | 检测小功率晶体二极管 .....               | 99        |
| § 4.17     | 检测片状二极管 .....                  | 102       |
| § 4.18     | 检测玻封硅高速开关二极管 .....             | 103       |
| § 4.19     | 检测 1N 系列硅整流二极管 .....           | 104       |
| § 4.20     | 检测快恢复 (超快恢复) 二极管 .....         | 106       |
| § 4.21     | 检测肖特基二极管 .....                 | 108       |
| § 4.22     | 检测半桥组件 .....                   | 109       |
| § 4.23     | 检测全桥组件 .....                   | 111       |
| § 4.24     | 检测硅柱 .....                     | 116       |
| § 4.25     | 检测双基极二极管 (单结晶体管) .....         | 118       |
| § 4.26     | 检测稳压二极管 .....                  | 124       |
| § 4.27     | 检测恒流二极管 .....                  | 127       |
| § 4.28     | 检测瞬态电压抑制二极管 (TVS) .....        | 129       |
| § 4.29     | 检测变容二极管 .....                  | 132       |
| § 4.30     | 检测双向触发二极管 .....                | 134       |
| § 4.31     | 检测光电二极管 .....                  | 136       |
| § 4.32     | 检测单色发光二极管 (LED) .....          | 139       |
| § 4.33     | 检测电压型发光二极管 (BTU) .....         | 141       |
| § 4.34     | 检测变色发光二极管 .....                | 142       |
| § 4.35     | 检测闪烁发光二极管 (BTS) .....          | 143       |

|        |                |     |
|--------|----------------|-----|
| § 4.36 | 检测红外发光二极管      | 145 |
| § 4.37 | 检测红外接收二极管      | 146 |
| § 4.38 | 检测激光二极管        | 149 |
| § 4.39 | 检测磁敏二极管        | 151 |
| § 4.40 | 检测隧道二极管(TD)    | 151 |
| § 4.41 | 检测高频变阻二极管      | 153 |
| § 4.42 | 检测中小功率晶体三极管    | 154 |
| § 4.43 | 检测大功率晶体三极管     | 165 |
| § 4.44 | 检测巨型晶体管(GTR)   | 168 |
| § 4.45 | 检测差分对管         | 170 |
| § 4.46 | 检测普通达林顿管(DT)   | 171 |
| § 4.47 | 检测大功率达林顿管      | 172 |
| § 4.48 | 检测片状三极管        | 174 |
| § 4.49 | 检测带阻三极管        | 175 |
| § 4.50 | 检测光电三极管        | 180 |
| § 4.51 | 检测结型场效应管(JFET) | 182 |
| § 4.52 | 检测 MOS 场效应管    | 185 |
| § 4.53 | 检测 VMOS 场效应管   | 187 |
| § 4.54 | 检测单向晶闸管        | 191 |
| § 4.55 | 检测双向晶闸管        | 195 |
| § 4.56 | 检测可关断晶闸管(GTO)  | 201 |
| § 4.57 | 检测 BTG 晶闸管     | 204 |
| § 4.58 | 检测四端小功率晶闸管     | 206 |
| § 4.59 | 检测干簧管(DRC)     | 210 |
| § 4.60 | 检测光电开关         | 211 |
| § 4.61 | 检测光电耦合器        | 213 |
| § 4.62 | 检测小型电磁继电器      | 217 |
| § 4.63 | 检测固态继电器        | 220 |
| § 4.64 | 检测固态继电器组件      | 222 |
| § 4.65 | 检测霍尔元件         | 224 |
| § 4.66 | 检测霍尔传感器        | 225 |
| § 4.67 | 检测色码电感器        | 228 |
| § 4.68 | 检测中周变压器        | 229 |
| § 4.69 | 检测软磁铁氧体磁芯      | 231 |
| § 4.70 | 检测扬声器          | 233 |
| § 4.71 | 检测耳机           | 235 |
| § 4.72 | 检测压电蜂鸣片        | 236 |
| § 4.73 | 检测压电蜂鸣器        | 238 |
| § 4.74 | 检测通用运算放大器      | 239 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| § 4.75  | 检测 555 时基电路                                | 242 |
| § 4.76  | 检测反相器 CD4069                               | 244 |
| § 4.77  | 检测高频宽带放大集成电路 $\mu$ PC1651G                 | 245 |
| § 4.78  | 检测 78 $\times$ $\times$ 固定正压集成稳压器          | 247 |
| § 4.79  | 检测 79 $\times$ $\times$ 固定负压集成稳压器          | 251 |
| § 4.80  | 检测 29 $\times$ $\times$ 低压差集成稳压器           | 254 |
| § 4.81  | 检测三端可调集成稳压器                                | 255 |
| § 4.82  | 检测单片开关集成稳压器(L49 $\times$ $\times$ 系列)      | 259 |
| § 4.83  | 检测 MAX6 $\times$ $\times$ 系列 AC - DC 电压变换器 | 263 |
| § 4.84  | 检测 DC - DC 电压变换器(ICI7660)                  | 264 |
| § 4.85  | 检测硅光电池                                     | 266 |
| § 4.86  | 检测电源变压器                                    | 267 |
| § 4.87  | 检测电源噪声滤波器                                  | 275 |
| § 4.88  | 检测 LED 电平显示器                               | 277 |
| § 4.89  | 检测一位 LED 数码管                               | 279 |
| § 4.90  | 检测多位 LED 数码管                               | 281 |
| § 4.91  | 检测辉光数码管                                    | 284 |
| § 4.92  | 检测单色 LED 点阵显示器                             | 285 |
| § 4.93  | 检测彩色 LED 点阵显示器                             | 287 |
| § 4.94  | 检测电子管                                      | 289 |
| § 4.95  | 检测石英晶体                                     | 292 |
| § 4.96  | 检测驻极体话筒                                    | 294 |
| § 4.97  | 检测电容式话筒                                    | 297 |
| § 4.98  | 检测动圈式话筒                                    | 298 |
| § 4.99  | 检测导电橡胶                                     | 299 |
| § 4.100 | 检测薄膜开关                                     | 300 |
| § 4.101 | 检测推推开关                                     | 301 |
| § 4.102 | 检测直键开关                                     | 302 |
| § 4.103 | 检测杠杆式开关                                    | 303 |
| § 4.104 | 检测收录机录放开关                                  | 303 |
| § 4.105 | 检测收录机磁头                                    | 304 |
| § 4.106 | 检测收录机直流电机                                  | 307 |
| § 4.107 | 检测黑白电视机偏转线圈                                | 309 |
| § 4.108 | 检测黑白显像管                                    | 311 |
| § 4.109 | 检测彩色显像管                                    | 313 |
| § 4.110 | 检测彩色电视机轻触选台开关                              | 323 |
| § 4.111 | 检测彩色电视机变阻二极管                               | 324 |
| § 4.112 | 检测彩色电视机带阻尼行输出三极管                           | 326 |
| § 4.113 | 检测彩色电视机陶瓷滤波器和陶瓷陷波器                         | 328 |

|                       |                          |            |
|-----------------------|--------------------------|------------|
| § 4.114               | 检测彩色电视机亮度延迟线             | 331        |
| § 4.115               | 检测彩色电视机色度延迟线             | 333        |
| § 4.116               | 检测彩色电视机行推动变压器            | 333        |
| § 4.117               | 检测彩色电视机行输出变压器(FBT)       | 335        |
| § 4.118               | 检测彩色电视机声表面滤波器(SAWF)      | 343        |
| § 4.119               | 检测彩色电视机开关电源厚膜集成电路        | 346        |
| § 4.120               | 检测彩色电视机开关变压器             | 352        |
| § 4.121               | 检测彩色电视机集成电路              | 353        |
| § 4.122               | 检测电冰箱压缩机 PTC 元件          | 357        |
| § 4.123               | 检测电冰箱化霜定时器               | 358        |
| § 4.124               | 检测电冰箱温控器                 | 359        |
| § 4.125               | 检测电冰箱温度传感器               | 359        |
| § 4.126               | 检测电冰箱双金属除霜温控器            | 361        |
| § 4.127               | 检测电冰箱压缩机电机绕组             | 361        |
| § 4.128               | 检测电冰箱电热丝元件               | 362        |
| § 4.129               | 检测电冰箱 65℃超温保险丝           | 362        |
| § 4.130               | 检测微波炉高压二极管               | 363        |
| § 4.131               | 检测微波炉磁控管                 | 363        |
| § 4.132               | 检测微波炉转盘电机                | 365        |
| § 4.133               | 检测电风扇电机绕组                | 365        |
| § 4.134               | 检测吊扇调速器                  | 366        |
| § 4.135               | 检测电烙铁芯                   | 367        |
| § 4.136               | 检测氖灯(氛管)                 | 367        |
| § 4.137               | 检测白炽灯泡                   | 369        |
| § 4.138               | 检测日光灯管                   | 370        |
| § 4.139               | 检测三相异步电动机                | 370        |
| <b>第五章 万用表功能扩展与改进</b> |                          | <b>372</b> |
| § 5.1                 | 给 500 型万用表增加直流 2.5A 量程   | 372        |
| § 5.2                 | 将 500 型万用表 dB 挡改为直流 5A 挡 | 372        |
| § 5.3                 | MF52 型万用表直流电流挡扩程方法       | 373        |
| § 5.4                 | 提高万用表直流电压挡输入阻抗的方法        | 373        |
| § 5.5                 | 提高万用表直流电压挡灵敏度的方法         | 374        |
| § 5.6                 | 使用万用表低电压挡测量高电压           | 375        |
| § 5.7                 | 给万用表增设交流电流挡的方法           | 376        |
| § 5.8                 | 将万用表 OFF 挡改为 R × 10k 电阻挡 | 377        |
| § 5.9                 | 给万用表电阻调零旋钮增设刻度           | 378        |
| § 5.10                | MF10 型万用表测试接口电路的改进       | 378        |
| § 5.11                | 给万用表增加声光通断测试功能           | 379        |



|                              |                                |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|
| § 5.12                       | 使万用表具有蜂鸣测试功能 .....             | 379        |
| § 5.13                       | 提高 MF16 型万用表灵敏度的方法 .....       | 380        |
| § 5.14                       | 改善万用表的阻尼特性 .....               | 381        |
| § 5.15                       | 微功耗高压电池代用电路 .....              | 382        |
| § 5.16                       | 万用表直流升压器 .....                 | 383        |
| § 5.17                       | 小型直流升压器 .....                  | 385        |
| § 5.18                       | 高压电池替代电源 .....                 | 385        |
| § 5.19                       | 万用表 9V 直流升压器 .....             | 387        |
| § 5.20                       | MF63 型万用表改进 .....              | 387        |
| § 5.21                       | 给万用表加装保护二极管 .....              | 391        |
| <b>第六章 万用表附加测量装置制作 .....</b> |                                | <b>392</b> |
| § 6.1                        | 万用表附加测量电解电容容量刻度线 .....         | 392        |
| § 6.2                        | 电解电容极性测试装置 .....               | 393        |
| § 6.3                        | 万用表测量电容附加器 .....               | 394        |
| § 6.4                        | 直读式电容计 .....                   | 395        |
| § 6.5                        | 万用表附加电容计 .....                 | 397        |
| § 6.6                        | 大电容简易测量装置 .....                | 398        |
| § 6.7                        | 电解电容器损耗内阻测试器 .....             | 399        |
| § 6.8                        | 万用表测电容及频率的附加装置 .....           | 402        |
| § 6.9                        | 晶体管耐压测试装置 .....                | 403        |
| § 6.10                       | 稳压管测试器 .....                   | 404        |
| § 6.11                       | 万用表晶体管 $h_{FE}$ 测试附加器 .....    | 405        |
| § 6.12                       | 万用表兼作高精度晶体管 $h_{FE}$ 测试仪 ..... | 406        |
| § 6.13                       | 万用表附加测试晶体管装置 .....             | 407        |
| § 6.14                       | 简易晶体管 $f_T$ 特性测试器 .....        | 408        |
| § 6.15                       | 可自动鉴别极性的晶体管筛选器 .....           | 410        |
| § 6.16                       | 万用表测量行、场脉冲附加器 .....            | 411        |
| § 6.17                       | 万用表色度信号检查附加器 .....             | 413        |
| § 6.18                       | 检修彩色电视机多用检波头的制作 .....          | 413        |
| § 6.19                       | 万用表加装行输出变压器测试装置 .....          | 414        |
| § 6.20                       | 简易行输出变压器短路测试仪 .....            | 415        |
| § 6.21                       | 万用表测量峰峰值电压附加器 .....            | 416        |
| § 6.22                       | 给万用表增加逻辑测试功能 .....             | 417        |
| § 6.23                       | 万用表附加测温装置 .....                | 418        |
| § 6.24                       | 万用表附加测温仪 .....                 | 418        |
| § 6.25                       | 万用表附加电子温度计 .....               | 419        |
| § 6.26                       | 万用表附加测量场强装置 .....              | 419        |
| § 6.27                       | 简易场强表 .....                    | 421        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| § 6.28 简易土壤湿度测试仪 .....         | 422        |
| § 6.29 万用表兼作照度计 .....          | 422        |
| § 6.30 测量变压器或同轴电缆绝缘电阻附加器 ..... | 423        |
| <b>第七章 万用表故障检修 .....</b>       | <b>425</b> |
| § 7.1 所有量程均失效故障的检查方法 .....     | 425        |
| § 7.2 某一量程失效故障的检查方法 .....      | 427        |
| § 7.3 指示不准故障的检查方法 .....        | 428        |
| § 7.4 万用表常见故障简明速查表 .....       | 429        |
| § 7.5 万用表常见故障检修 28 例 .....     | 430        |
| <b>附录 表笔改造小窍门 .....</b>        | <b>453</b> |
| § 1 用音箱线作表笔线 .....             | 453        |
| § 2 具有夹持功能的表笔 .....            | 453        |
| § 3 适合测量 IC 的表笔 .....          | 453        |
| § 4 鳄鱼夹表笔 .....                | 454        |
| § 5 利用废旧签字笔自制表笔 .....          | 454        |
| § 6 自制组合表笔 .....               | 454        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>457</b> |

# 第一章 万用表的工作原理与主要参数

## § 1.1 万用表的表头

表头是万用表的测量机构和指示部分。表头大多采用磁电系测量机构,它利用永久磁铁的磁场与载流线圈的相互作用来产生转动力矩。这种测量机构的气隙中具有很强的磁感应强度  $B$ , 所以其电流灵敏度较高,且磁感应强度比较均匀,使读数方程为线性,标尺刻度呈均匀分布。同时,由于磁感应强度  $B$  较大,也使这种测量机构具有很强的抗外磁干扰能力。

在磁电系测量机构中,如果可动部分是永久磁铁,则称为动磁式结构;如果可动部分是载流线圈,则称为动圈式结构。动圈式结构应用最为广泛。在动圈式结构中,又可根据永久磁铁位于可动线圈内部、外部或者内外部都有这样三种情况,将磁电系测量机构分为内磁式、外磁式和内外磁式三种类型。下面仅以外磁式磁电测量机构为例,介绍其组成和工作原理。

### 一、外磁式磁电系测量机构的组成

外磁式磁电系测量机构主要由可动部分和固定部分组成,其结构如图 1-1(a)所示,固定部分是由永久磁铁③、极掌④和圆柱形铁心⑤组合在一起构成的,它们形成了磁电系测量机构的磁路系统。永久磁铁是由磁性很强的硬磁材料制作的,而极掌和铁芯则是由导磁性能良好的软磁材料制成的。由于环形气隙窄小而均匀,所以在气隙中形成了一个强大而均匀的径向磁场,如图 1-1(b)所示。这种均匀辐射的磁场保证了载流线圈受到的转动力矩不会随它的偏转位置而改变。

可动部分是由可动线圈②、转轴①以及与转轴相连的指针⑧、游丝⑥、平衡锤⑤和调零器⑦构成。其中,可动线圈②是一个用细导线绕在一个铝质框架上的矩形线圈,其上下端部固定着两个轴(带轴尖),借以把可动部分支撑在轴承里;游丝⑥用来把电流引入可动线圈同时提供反作用力矩。两个游丝绕向相反,其外端固定在支架上,内端则固定在转轴上,并与可动线圈相连。线圈的初始位置由游丝来保持。为了使可动部分的重心落在转轴上,可以调节平衡锤⑤,以保持整个可动部分的机械平衡。如果万用表指针的起始点不在零位,可用位于万用表外部的调零器螺杆进行调节。调零器的一端与游丝相连,通过改变游丝的旋紧程度,可以进行调零操作,使指针指在零位上。

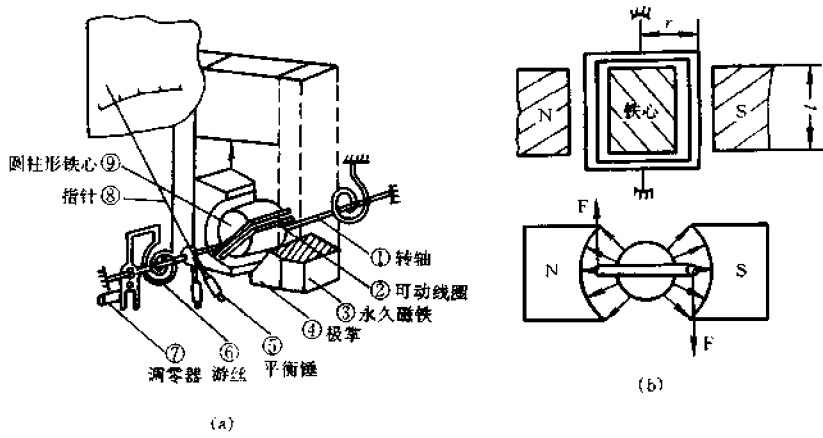


图 1-1 外磁式磁电系测量机构组成

## 二、磁电系测量机构的工作原理

### 1. 转动力矩的产生

当可动线圈中有电流通过时,电流所产生的磁场与永久磁铁的磁场相互作用,将产生电磁力  $F$ 。电磁力的方向可用左手定则确定,每个垂直边受到的电磁力大小为

$$F = NBli \quad \dots\dots\dots (1-1)$$

式中:

- $F$ ——电磁力(单位为牛顿,用 N 表示);
- $N$ ——线圈匝数;
- $B$ ——气隙中的磁感应强度(单位为韦伯/米<sup>2</sup>,用 Wb/m<sup>2</sup> 表示);
- $l$ ——线圈每个受力垂直边的有效长度(单位为米,用 m 表示);
- $I$ ——通过线圈的电流(单位为安培,用 A 表示)。

若转轴中心到垂直边的距离为  $r$ [见图 1-1(b)],则整个线圈的转动力矩  $M$  为

$$M = 2Fr = 2NBli r \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

式中:

- $M$ ——转动力矩(单位为牛顿·米,用 N·m 表示);
- $r$ ——可动线圈转轴中心到垂直边的距离(单位为米,用 m 表示)。

由于线圈包围的面积为

$$S = 2lr(m^2)$$

则转动力矩为

$$M = NBIS$$

上式中的  $NBS$  在仪表制成以后均为固定值,所以转动力矩  $M$  的大小仅与被测电流  $I$  成正比。但是,可动线圈在偏转时若没有反作用力矩,就不能分辨转动力矩的大小(也就是电流  $I$  的大小)。所以,测量机构的稳定偏转,还将取决于游丝产生的反作用力矩与转动力矩的平衡。

### 2. 反作用力矩的产生

当可动线圈偏转时,游丝被旋紧,并产生相反方向(即与可动线圈偏转方向相反)的力矩,

称为反作用力矩。线圈偏转角度越大,游丝被扭得越紧,它产生的反作用力矩就越大。因此,反作用力矩的大小正比于线圈的偏转角,可用下式表示

$$M_a = D\alpha \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

式中:

$M_a$ ——反作用力矩(单位为牛顿·米,用  $N\cdot m$  表示);

$\alpha$ ——线圈(即指针)的偏转角;

$D$ ——游丝的反作用力矩系数,其大小由游丝的材料性质、形状和尺寸决定。

当反作用力矩和转动力矩大小相等时,力矩平衡,指针停止偏转,这时指针的偏转角  $\alpha$  可以通过力矩平衡方程式来得到,即

$$\begin{aligned} M &= M_a \\ NBSI &= D\alpha \\ \alpha &= \frac{NBS}{D}I = S_I I \quad \dots\dots\dots (1-4) \end{aligned}$$

式中,  $S_I = \frac{\alpha}{I}$  称为测量机构的灵敏度,它的大小取决于仪表的结构参数,对某一个仪表来说,它是一个常数。由上式可见,指针偏转角  $\alpha$  正比于流过线圈的电流  $I$ ,因此,磁电系仪表可以用来测量电流,也可以通过测量线路的变换,测量电压或其他电量。

### 3. 阻尼力矩的产生

当万用表的动部分到达平衡位置时,由于惯性,可动部分不会立即停下来,还要在平衡位置附近往复摆动一段时间才能稳定下来。为了能尽快取得读数,测量机构中通常都设有阻尼装置,用以产生阻尼力矩,吸收摆动能量,使可动部分迅速在平衡位置处稳定下来。显然,阻尼力矩只在可动部分运动时发生作用,一旦运动停止,阻尼力矩立即消失。阻尼力矩的方向总是和可动部分运动的方向相反。

磁电系测量机构大多利用绕制线圈的铝框来产生阻尼力矩,如图 1-2 所示。当线圈铝框在磁场中运动时,闭合的铝框切割磁力线,产生感应电流  $i_e$ ,其方向可用右手定则判定。 $i_e$  和永久磁铁的磁场相互作用,产生电磁力  $F_e$ ,其方向可由左手定则判定。与  $F_e$  相对应的力矩就是阻尼力矩  $M_e$ 。由图 1-2 可见,阻尼力矩的方向与铝框运动方向正好相反,因此能够使指针平稳地停在读数位置上。

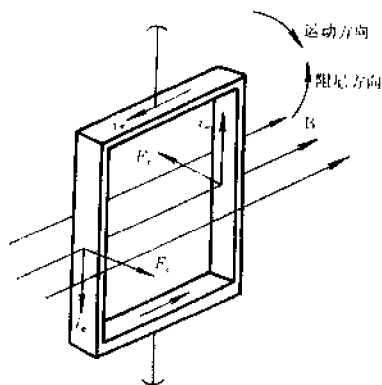


图 1-2 阻尼力矩的产生

## 三、表头

万用表的表头多采用高灵敏度的磁电系测量机构。图 1-3 给出了一个实际的万用表表头的结构图,它与图 1-1 所示的外磁式磁电系测量机构基本相同。只是作为万用表的表头,它的可动线圈是用很细的漆包线(48 号左右)绕在铝框上,这个线圈的电阻就是表头的内阻。表头的满刻度偏转电流一般为几微安到几百微安,它的满偏电流就用来表示万用表的灵敏度。满偏电流越小,灵敏度就越高,测量电压时的内阻就越大。例如,常用的 500 型万用表的表头

满偏电流为  $40\mu\text{A}$ , 测电压时内阻为  $20000\Omega/\text{V}$ 。表头本身的准确度一般都在 0.5 级以上, 做成万用表后可达 5 级以上, 有的可达到 1.0 级。表头的刻度盘上标有多种刻度尺, 可直接读出被测量。

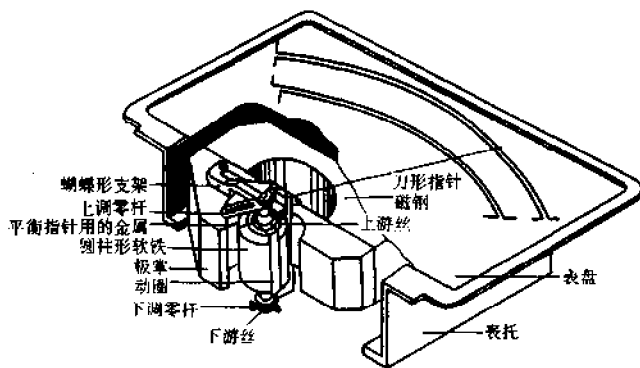


图 1-3 万用表表头结构示例

## § 1.2 万用表的测量电路

测量电路是万用表的重要组成部分, 其作用是将各种不同的被测电量转换成能够为磁电系测量机构所接受的直流电流。万用表的测量电路, 实质上是由多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程交流电压表和多量程欧姆表等若干种电路组合而成。下面分别介绍万用表各挡常用测量电路的结构及参数计算方法。

### 一、直流电流挡

万用表的直流电流挡, 实际上是一个多量程的直流电流表。磁电系测量机构虽然能直接用来测量直流电流, 但机构中可动线圈能够允许通过的电流是有限的, 通常为  $20 \sim 50\mu\text{A}$ , 最大不超过  $100 \sim 300\mu\text{A}$ 。在实际应用中, 不仅要求万用表的电流挡能测量较大的电流 (如  $5\text{A}$ ), 而且要有多个量程。要测量较大的电流, 就必须要在测量机构的两端并联分流电阻; 而要设置多个量程, 则需要并联多个分流器。

#### 1. 开路式分流器

开路式分流器的电路形式如图 1-4 所示。在图 1-4(a) 所示的分流电路中, 各量程具有单独的分流电阻, 各量程互不影响, 因此调整方便。但由于转换装置的接触电阻包括在测量电路之内, 而这种接触电阻是不稳定的, 所以会给电流表带来较大的不稳定误差。

图 1-4(b) 是开路式分流器的另一种形式。在这个电路中, 分流电阻  $R$  固定不变, 通过改变与测量机构串联的附加电阻  $r_1, r_2, r_3$  的

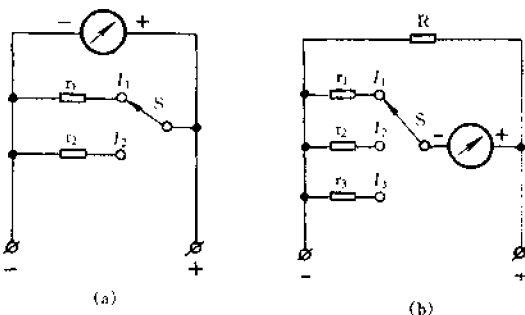


图 1-4 开路式分流器

阻值即可获得不同的电流量程。这种电路由于转换装置的接触电阻是串联在表头支路上,而一般这个支路的总电阻较大,因而接触电阻对测量电路的影响不大可忽略不计;同时,量程的改变对测量电路电阻的影响也不大。但随着附加电阻的增加,功耗在增加。开路式分流器的实际应用比较少。

## 2. 闭路式分流器

这种分流器又称为环形分流器,是一种应用比较广泛的分流器。所谓闭路式分流器,是指在转换量程的过程中,基本分流器不使表头的电路断开。根据其转换方式,又可分为端钮式、插塞式和转换开关式,分别参见图 1-5(a)、(b)、(c)所示。

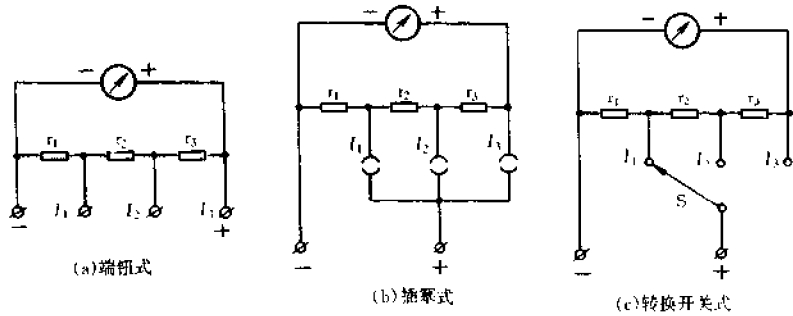


图 1-5 闭路式分流器

环形分流器的优点是:分流器与仪表的测量机构形成一个闭合回路,量程转换开关的接触电阻不会影响仪表的准确度。它的缺点是:若其中某一量程的电阻出现故障,则会不同程度地影响其他各个量程,给调整带来一定的困难。

下面以图 1-6 所示的环形分流器为例,介绍多量程分流器的计算方法。由图 1-6 可知

$$I_m R_1 = (I_1 - I_m) R_1$$

$$R_1 = \frac{R_i I_m}{I_1 - I_m} \dots \dots \dots (1-5)$$

$$I_m R_1 = I_1 R_1 - I_m R_1$$

$$I_m (R_i + R_1) = I_1 R_1$$

$$I_m = \frac{R_1}{(R_i + R_1)} I_1 \dots \dots \dots (1-6)$$

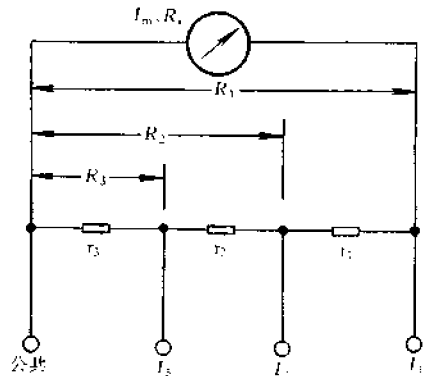


图 1-6 环形分流器计算举例

同理

$$I_m (R_i + r_1) = (I_2 - I_m) R_2$$

$$I_m R_i + I_m r_1 + I_m R_2 = I_2 R_2$$

$$I_m (R_i + r_1 + R_2) = I_2 R_2$$

而

$$r_1 + R_2 = R_1$$

则有

$$I_m(R_i + R_1) = I_2 R_2$$

$$I_m = \frac{R_2}{(R_i + R_1)} I_2 \dots\dots\dots (1-7)$$

以此类推,得

$$I_m = \frac{R_3}{(R_i + R_1)} I_3 \dots\dots\dots (1-8)$$

合并(1-6)式、(1-7)式、(1-8)式,得

$$\frac{R_1}{R_i + R_1} I_1 = \frac{R_2}{R_i + R_1} I_2 = \frac{R_3}{R_i + R_1} I_3$$

消去  $R_i + R_1$ ,则有

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 \dots\dots\dots (1-9)$$

此公式可推广至

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = \dots\dots = I_n R_n$$

若已知  $I_m$ 、 $R_i$ 、 $I_1$ ,即可用(1-6)式求出  $R_1$ ,然后用(1-9)式算出  $R_2$ 、 $R_3$ 、…… $R_n$  各电阻值,其他各电阻值则为

$$r_3 = R_3, r_2 = R_2 - r_3, r_1 = R_1 - R_2$$

计算举例。现给定一个微安表头,其满偏电流  $I_m$  为  $100\mu\text{A}$ 、内阻  $R_i$  为  $2.5\text{k}\Omega$ ,要求电流挡的程分别为  $1\text{mA}$ 、 $5\text{mA}$  和  $10\text{mA}$ ,计算各电阻的数值。

将已知数值代入相关公式后计算如下

$$R_1 = \frac{R_i I_m}{I_1 - I_m} = \frac{2500 \times 10^{-4}}{10^{-3} - 10^{-4}} = 277.778(\Omega)$$

根据  $I_1 R_1 = I_2 R_2$ ,则有

$$R_2 = \frac{I_1}{I_2} R_1 = \frac{1}{5} \times 277.778 = 55.556(\Omega)$$

$$R_3 = \frac{I_1}{I_3} R_1 = \frac{1}{10} \times 277.778 = 27.778(\Omega)$$

$$r_3 = R_3 = 27.778(\Omega)$$

$$r_2 = R_2 - r_3 = 55.556 - 27.778 = 27.778(\Omega)$$

$$r_1 = R_1 - R_2 = 277.778 - 55.556 = 222.222(\Omega)$$

在选用电阻时,应注意其耗散功率要足够大,以免电阻过热引起阻值的变化,造成测量误差。

## 二、直流电压挡

从原理上来讲,每个测量机构本身就是一个小量程的电压表。例如,磁电系测量机构本身的电压量程是  $U_0 = I_m R_i$ ,其中,  $I_m$  为该测量机构的满偏电流值,  $R_i$  是该测量机构的内阻,若  $I_m = 100\mu\text{A}$ ,  $R_i = 2.5\text{k}\Omega$ ,则其电压量程即为  $U_0 = 250\mu\text{V}$ 。但是,因为由测量机构本身单独构成的电压表的电阻会随着环境温度的改变而改变,将严重影响转换的准确度,而且其量程太小,所以实用意义不大。

在实际应用中,一般采用与该测量机构串联适当的附加电阻  $R$  的办法来构成电压表,如



图 1-7 所示。

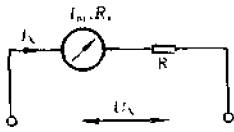


图 1-7 电压表电路

它的电压量程为

$$U_N = I_m (R_i + R)$$

式中：

$I_m$ ——表头的满偏电流；

$R_i$ ——表头的内阻；

$R$ ——倍压电阻。

$U_N$  的数值取决于所用倍压电阻  $R$  的大小。当被测电压  $U_x$  等于量程电压  $U_N$  时，流过表头的电流  $I_x$  刚好等于  $I_m$  而使表头满偏，这时从表头的刻度可读出  $0 \sim U_N$  量程内的任何被测电压值。

采用不同的附加电阻，可以获得不同的电压量程。串联的附加电阻阻值越大，量程就越大。若采用分段形式的附加电阻，即可构成多量程的电压表。万用表的直流电压挡实质上就是一个多量程的直流电压表。

在选用万用表的电压量程时，需要考虑电压表的内阻。电压表的内阻越高，测量时，对被测电路原工作状态的影响越小。电压表的内阻因测量机构的灵敏度和量程不同而有所不同。评价电压表的内阻性能应该排除量程的因素，所以通常采用由电压表的总内阻除以量程所得出的“每伏欧姆数”( $\Omega/V$ )来表征，称为“电压灵敏度”。每个电压表的“ $\Omega/V$ ”在数值上正好是测量机构满偏电流的倒数，电压表的“ $\Omega/V$ ”越高，说明测量机构越灵敏。常用电压量程中的“ $\Omega/V$ ”一般为几  $k\Omega/V$ ，最高可达  $100k\Omega/V$ 。若用电压表的“ $\Omega/V$ ”乘以量程值，即得到该量程的总内阻，这就使计算多量程电压表的附加电阻值变得很简便。下面举例说明计算方法。

某一表头的满偏电流为  $50\mu A$ ，内阻  $R_i$  为  $2.5k\Omega$ 。欲用其组成  $2.5V$ 、 $10V$ 、 $25V$ 、 $250V$  四量程电压表，计算各电阻值（相关电路参见图 1-8 所示）。

先根据表头的满偏电流计算出  $\Omega/V$

$$\Omega/V = 1/50\mu A = 20k\Omega/V$$

则

$$R_1 = 2.5V \times 20k\Omega/V - R_i = 50k\Omega - 2.5k\Omega = 47.5k\Omega$$

$$R_2 = (10V - 2.5V) \times 20k\Omega/V = 150k\Omega$$

$$R_3 = (25V - 10V) \times 20k\Omega/V = 800k\Omega$$

$$R_4 = (250V - 25V) \times 20k\Omega/V = 4.5M\Omega$$

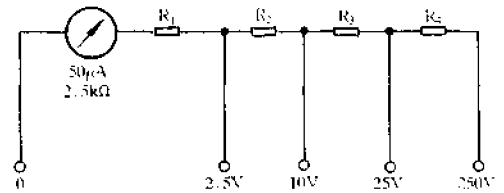


图 1-8 四量程电压表电路

### 三、交流电压挡

虽然万用表的表头具有较高的灵敏度和线性刻度标尺，但它是一种磁电系测量机构，只能直接用来测量直流电压。用这种表头测量交流电压时，必须对被测量的交流电压进行整流。对交流信号进行整流的方式，最常见的有平均值整流和峰值整流。在万用表中普遍采用平均值整流方式，可分为半波整流和全波整流两种。

### 1. 半波整流电路

电路参见图 1-9 所示。整流二极管  $VD_1$  与表头串联构成一个支路,整流二极管  $VD_2$  接在由表头和  $VD_1$  串联的支路两端。在外加交流电压的正半周,设 a 端电位高于 b 端,这时  $VD_1$  导通, $VD_2$  截止,电流从 a 端经  $VD_1$  流过表头。在外加交流电压为负半周时,b 端电位高于 a 端,因而  $VD_1$  截止, $VD_2$  导通,这时表头没有电流流过。这样,在一个周期内,流过表头的电流是单向脉动电流。当  $VD_2$  导通时,a、b 端的电压为  $VD_2$  的管压降,一般只有  $0.3 \sim 0.7V$ 。这就使  $VD_1$  不会被反向电压击穿。

### 2. 全波整流电路

电路参见图 1-10 所示。这是由四只整流二极管构成的全波桥式整流电路。整流二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$ 、 $VD_4$  分别为电桥的四个臂。在外加交流电压的正半周,设 a 点电位高于 b 点电位,则二极管  $VD_1$ 、 $VD_3$  导通, $VD_2$ 、 $VD_4$  截止,电流沿着  $a \rightarrow VD_1 \rightarrow$  表头  $\rightarrow VD_3 \rightarrow b$  流通;而在外加交流电压的负半周,b 端电位高于 a 端电位,此时, $VD_2$ 、 $VD_4$  导通,而  $VD_1$ 、 $VD_3$  截止,电流沿着  $b \rightarrow VD_2 \rightarrow$  表头  $\rightarrow VD_4 \rightarrow a$  流通。可见,在交流电压的一个周期内,流过表头的电流是两个同方向的半波电流。与半波整流电路相比,如果外加的交流电压相等,则在全波整流电路中,流过表头的电流要比半波整流电路大一倍。所以全波整流电路比半波整流电路的整流效率要高一倍,也就是说有较高的灵敏度。

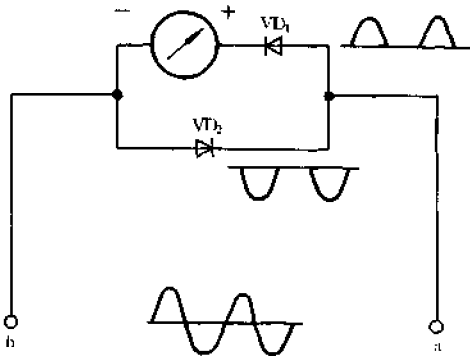


图 1-9 半波整流电路

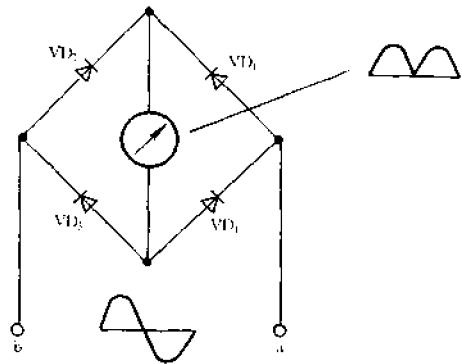


图 1-10 全波整流电路

### 3. 常用的交流电压表电路

常用的整流式交流电压表电路如图 1-11 所示。图中,在表头上并联的电阻  $R$  可用来增大整流二极管的工作电流,以减小二极管的非线性影响。串联附加电阻的计算原理与直流电

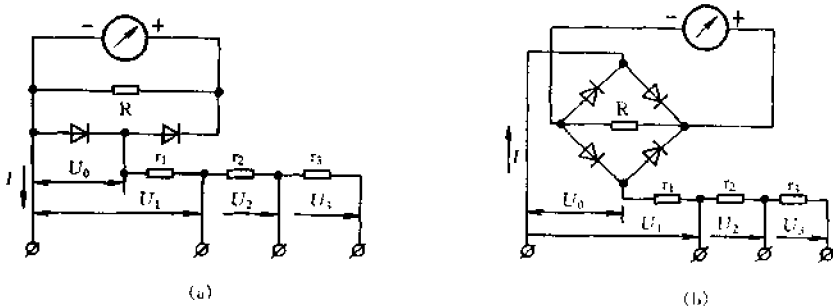


图 1-11 常用的整流式交流电压表电路

压表电路相同,但应把交流有效值换算成平均值。对于正弦波交流,其半波平均值为有效值的0.45倍。此外,二极管正向导通时,实际上仍有一定的电阻,计算时可取 $500\Omega$ 。

下面以图1-12所示的电路为例,介绍交流电压挡的计算方法。

表头参数: $I_m = 50\mu A$ ,  $R_i = 2.5k\Omega$ , ACV 量程为250V。

(1) 设表头两端并联电阻R后流过 $VD_1$ 的电流为 $200\mu A$ ,则电阻

$$R = \frac{50 \times 2.5 \times 10^3}{200 - 50} = 833.333(\Omega)$$

(2) 将流经表头直流换算成交流有效值 $I$ 。由于表头并上R以后,在整体上可以看成是一只 $200\mu A$ 满偏的表头,再加上整流电路为半波整流电路,此时有效值与平均值之比为2.22。则有效值为

$$I = \frac{200 \times 10^{-6}}{0.45} = 444.4(\mu A)$$

(3) 计算 $R_1$

$$R_1 = \frac{250}{444.4} \times 10^6 - R_i' - R_D$$

式中, $R_i'$ 为 $200\mu A$ 表头的内阻

$$R_i' = \frac{2500 \times 833.333}{2500 + 833.333} = 625(\Omega)$$

$R_D$ 为整流二极管的正向导通电阻,取 $500\Omega$

则

$$R_1 = \frac{250 \times 10^6}{444.4} - 625 - 500 = 561.431(k\Omega)$$

电压表的 $\Omega/V$ 为S

$$S = \frac{561.431k\Omega}{250V} = 2.246k\Omega/V$$

计算结果表明,此值比直流电压表相差近10倍。

#### 4. 交流电压挡的刻度

由前面的电路分析可知,万用表的交流电压挡实际上是整流电路与磁电系测量机构相结合的测量装置。磁电系测量机构测量的基本量是直流电流,而交流测量的对象一般是正弦波交流。在交流测量时,经整流电路整流后流入磁电系测量机构的是单向脉动电流,测量机构的偏转角取决于整流电流的平均值。如要按有效值刻度,则必须在仪表刻度时进行换算,刻度换算的依据是所用整流器的波形参数。这一工作在仪表出厂前就已经完成,用户根据读数即可得到被测量的有效值。

值得一提的是,如果用万用表测量的不是正弦波而是其他的周期信号,仪表读数没有直接的物理意义,必须经过相应的换算,才能得到被测非正弦信号的有效值。

### 四、交流电流挡

与多量程直流电流测量一样,多量程交流电流的测量,也必须对被测电流进行分流。交流

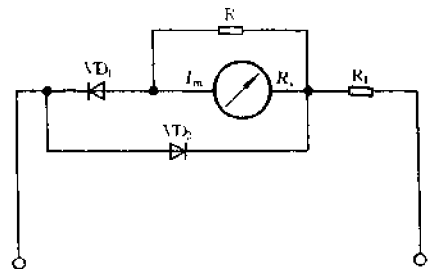


图1-12 交流电压挡电路

电流的分流通常有两种方式。第一种是先分流后整流,用这种方式分流时,流过整流元件的电流较小;第二种是先整流后分流,被测电流全部通过整流元件,电流表的量程受到整流元件额定电流的限制,因而在实际电路中应用较少。

图 1-13 是常见的交流电流测量的分流电路。由图可见,这种电路两端的压降是随量程不同而改变的;同时,由于接入了整流元件,使电路的压降增大,从而使交流电流表的内阻增加。交流电流挡分流器的计算可参照直流电流挡分流器的计算方法。

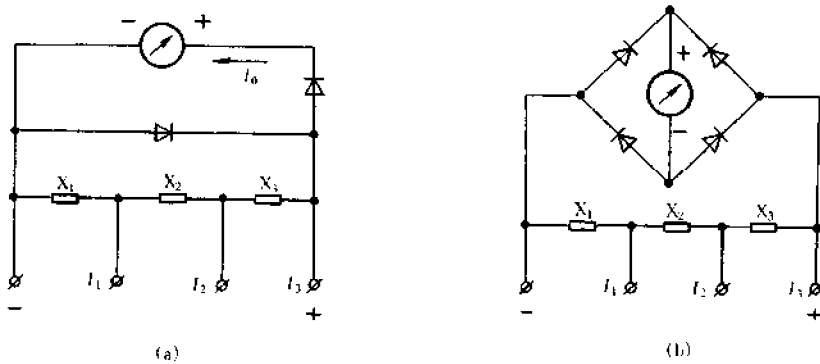


图 1-13 交流电流测量分流电路

### 五、电阻挡

万用表的直流电阻挡,是利用将被测电阻串联到电路中(在固定电压下)引起电路中电流改变这一效应来实现电阻的测量的,它实质上是一只多量程的欧姆表。图 1-14 是最简单的欧姆表电路。它是由磁电系测量机构、限流电阻  $R_b$ 、电池(电势为  $E$ )组合而成的。

设测量机构的满偏电流为  $I_m$ ,内阻为  $R_i$ ,被测电阻为  $R_x$ ,流过表头的电流为  $I_x$ ,则有关系式

$$I_x = \frac{E}{(R_i + R_b) + R_x} \dots\dots\dots (1-10)$$

上式说明,被测电阻  $R_x$  越小,则通过电路的电流  $I_x$  越大; $R_x$  越大, $I_x$  则越小。所以,流过表头的电流值即可间接反映  $R_x$  的大小。

当  $R_x = 0$  时(即 A - B 端短路)流过表头的电流为最大值。只要适当选择限流电阻  $R_b$  的数值,就可使流过表头的最大电流刚好等于测量机构的满偏电流  $I_m$ ,即

$$I_m = \frac{E}{R_i + R_b} \dots\dots\dots (1-11)$$

$$R_b = \frac{E}{I_m} - R_i \dots\dots\dots (1-12)$$

此时,指针的满偏处刻度为  $R_x = 0$ (参见图 1-15)。当  $R_x = \infty$ (即 A - B 端开路)时,测量机构电路中没有电流流通,指针处在 0 处,此处刻为  $R_x = \infty$ 。这样,从  $0 \sim \infty$  之间的任何  $R_x$  值,都包括在刻度范围之内。在这种电路中,表头的刻度尺是按欧姆来刻度的,它具有反向不均匀的

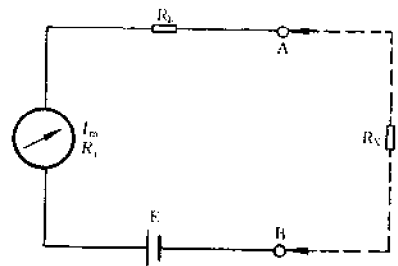


图 1-14 欧姆表电路

刻度特性。

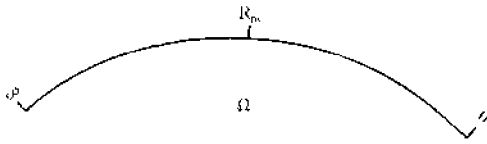


图 1-15

当被测电阻  $R_X$  等于欧姆表的内阻 ( $R_i + R_b$ ) 时,电表读数应恰好在刻度尺的中央处。这一电阻刻度值称为“中值电阻” $R_0$ 。其大小为

$$R_0 = R_i + R_b = \frac{E}{I_m} \dots\dots\dots (1-13)$$

从表面来看,在  $0 \sim \infty$  之间的所有  $R_X$  值,都包括在刻度范围之内。但实际上只有在  $1/5 R_0$  到  $5 R_0$  这一范围内的电阻值,才能测得比较准确,而靠近刻度尺两端(即  $0$  与  $\infty$ ),测量准确度是很低的。因此,在使用欧姆表时,有必要选择合适的中值电阻(称为量程选择),以得到较准确的测量值。所以欧姆表量程的选择,实际上是中值电阻的选择。

通常,改变欧姆表量程(即改变中值电阻的数值)的方法是给表头并联一个分流电阻  $R_S$ (参见图 1-16)。接入  $R_S$  后,使表头在电流满偏时,其灵敏度有所降低,从 A 端流出的电流  $I_N$  增大,使得从 A、B 两点看进去的总内阻较未并入  $R_S$  时有所降低。若此时仪表总内阻在数值上等于改变量程后所要求的中值电阻  $R_0'$  时,则

$$R_0' = R_{\Sigma} = \frac{E}{I_N} \dots\dots\dots (1-14)$$

若  $R_0' \neq R_{\Sigma}$ ,则应改变串联在电路中限流电阻的数值,其值可按下式计算

$$R_b = \frac{E}{I_N} - \frac{R_i R_S}{R_i + R_S} \dots\dots\dots (1-15)$$

以图 1-14 为例,当  $E = 1.5V$ ,  $R_X = 0$  时,  $I_m = 50\mu A$ ,  $R_i = 2.5k\Omega$ ,表头满偏,于是

$$R_b = \frac{1.5}{50} \times 10^6 - 2.5 \times 10^3 = 30 \times 10^3 - 2.5 \times 10^3 = 27.5(k\Omega)$$

此时,表头的中值电阻为  $R_0 = R_i + R_b = 30k\Omega$ ,流出 A 点的电流等于表头的满偏电流。若中值电阻选为  $300\Omega$ ,则应把图 1-14 变为图 1-16 所示的电路形式。此时从 A 点流出的电流  $I_N$  不再是表头的满偏电流  $I_m$ ,而是

$$I_N = \frac{1.5V}{300\Omega} = 5mA$$

由于表头的满偏电流只有  $50\mu A$ ,因而必须在表头的两端并联适当的分流电阻  $R_S$ ,使得余下的电流从分流电阻中流过(参见图 1-16)。

$R_S$  的计算公式为

$$\text{因为 } I_m = \frac{R_S}{R_i + R_S} I_N \dots\dots\dots (1-16)$$

$$\text{所以 } R_S = \frac{I_m R_i}{I_N - I_m} \dots\dots\dots (1-17)$$

将已知数值代入

$$R_S = \frac{50 \times 10^{-6} \times 2.5 \times 10^3}{5 \times 10^{-3} - 50 \times 10^{-6}} = \frac{0.125}{0.00495} = 25.25(\Omega)$$

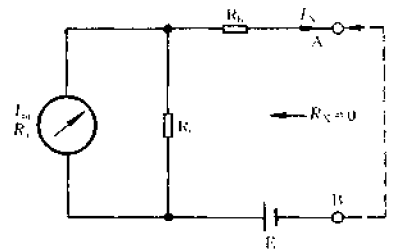


图 1-16 表头并联分流电阻

$R_b$  的计算公式为

$$R_b = R_0 - \frac{R_i R_s}{R_i + R_s}$$

将已知数值代入

$$R_b = 300 - \frac{2500 \times 25.25}{2500 + 25.25} = 300 - 25 = 275(\Omega)$$

万用表的电阻挡,一般都做成多量程的,而且各量程均使用同一个刻度,因此,中值电阻均按十进位进行选取,如  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$  等挡,表示要将刻度的读数乘 1 倍、10 倍、100 倍等。上例计算的数值,第一个中值电阻为  $30k\Omega$ ,第二个中值电阻是  $300\Omega$ ,两者相差 100 倍。

欧姆表内部装的干电池,随着使用时间的增长,其电压会逐渐下降,例如从 1.5V 下降到 1.3V 以下。这样,在测量相同的  $R_x$  时,流过表头的电流就不一样,即欧姆的指示值不一样,造成测量误差。为此,在欧姆表电路中,给表头串联了一个可调电阻  $R$ (参见图 1-17),以便在电池电压降低时,适当调节(减小) $R$  的阻值,使在  $R_x = 0$  时,表头指针仍能在满偏位置,从而减小误差。这就是所谓的“欧姆挡调零”操作。在每换一个量程时,都要进行这样的调零操作。

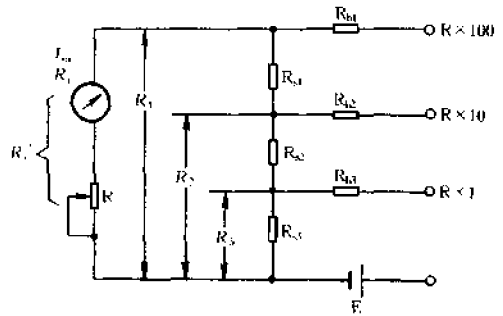


图 1-17 电阻挡计算举例

下面以图 1-17 所示的欧姆表电路为例,介绍其计算方法。

表头参数:  $I_m = 100\mu A$ ,  $R_i = 2.5k\Omega$

电池电压  $E = 1.5V$

欧姆表电路的中值电阻为  $R_0 \times 1$ 、 $R_0 \times 10$ 、 $R_0 \times 100$ 。其中,  $R_0$  为标准挡的中值电阻,设定为  $100\Omega$ 。表头支路电阻规定:  $R_i + R = R_i' = 5k\Omega$ 。

1. 求各挡的电流

$$R_{01} = R_0 \times 100 = 100 \times 100 = 10(k\Omega) \quad (R_{01} \text{ 为 } R_0 \times 100 \text{ 挡的中值电阻})$$

因为 
$$R_{01} = \frac{E}{I_1}$$

所以 
$$I_1 = \frac{E}{R_{01}} = \frac{1.5V}{10k\Omega} = 150\mu A$$

因为 
$$R_{02} = R_0 \times 10 = 100 \times 10 = 1(k\Omega)$$

$$R_{02} = \frac{E}{I_2}$$

所以 
$$I_2 = \frac{E}{R_{02}} = \frac{1.5V}{1k\Omega} = 1.5mA$$

同理

$$I_3 = \frac{E}{R_{03}} = \frac{1.5V}{100\Omega} = 15mA$$

2. 求分流电阻

因为

$$R_1 = \frac{R_i' I_m}{I_1 - I_m} = \frac{5 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6}}{(150 - 100) \times 10^{-6}} = \frac{500 \times 10^3}{50} = 10(\text{k}\Omega)$$

$$R_2 = \frac{I_1}{I_2} R_1 = \frac{150 \times 10^{-6}}{1500 \times 10^{-6}} \times 10 \times 10^3 = 1(\text{k}\Omega)$$

$$R_3 = \frac{I_1}{I_3} R_1 = \frac{150 \times 10^{-6}}{15 \times 10^{-3}} \times 10 \times 10^3 = 100(\Omega)$$

所以

$$R_{S3} = 100\Omega$$

$$R_{S2} = R_2 - R_3 = 1000 - 100 = 900(\Omega)$$

$$R_{S1} = R_1 - R_2 = 10 \times 10^3 - 1 \times 10^3 = 9(\text{k}\Omega)$$

3. 根据每挡的中值电阻求  $R_b$

$$R_{b1} = R_{01} - \frac{R_i' R_1}{R_i' + R_1} = 10 \times 10^3 - \frac{5 \times 10^3 \times 10 \times 10^3}{5 \times 10^3 + 10 \times 10^3} = 6.667(\text{k}\Omega)$$

$$R_{b2} = R_{02} - \frac{(R_i' + R_{S1}) R_2}{R_i' + R_{S1} + R_2} = 1000 - \frac{(5 \times 10^3 + 9 \times 10^3) \times 1 \times 10^3}{5 \times 10^3 + 9 \times 10^3 + 1 \times 10^3} = 66.667(\Omega)$$

$$R_{b3} = R_{03} - \frac{(R_i' + R_{S1} + R_{S2}) R_3}{R_i' + R_{S1} + R_{S2} + R_3} = 100 - \frac{(5 \times 10^3 + 9 \times 10^3 + 900) \times 100}{5 \times 10^3 + 9 \times 10^3 + 900 + 100} = 0.667(\Omega)$$

4. 计算欧姆刻度

图 1-18 是万用表的欧姆刻度。由图可见,电阻挡有自己的特殊刻度分划。设表头刻度盘上共有 50 分格,即  $\alpha_m = 50$ , 现将其改为按欧姆刻度,则需要计算下列各欧姆值( $R_x$ )应该刻在哪些分格上,计算公式为

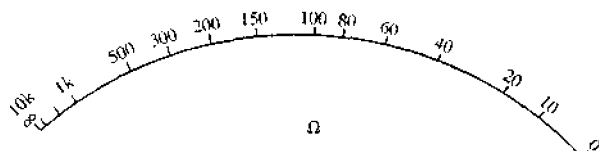


图 1-18 万用表的欧姆刻度

$$\alpha = \frac{R_0}{R_0 + R_x} \alpha_m \quad (\text{格})$$

式中:

$\alpha_m$ ——刻度盘的满偏格数;

$R_0$ ——欧姆表的中值电阻值;

$R_x$ ——被测电阻值;

$\alpha$ ——与  $R_x$  对应的刻度格数。

设  $R_0$  为  $100\Omega$ , 表 1-1 列出了分度格数与  $R_x$  的关系。

表 1-1 分度格数与  $R_x$  的关系

|               |      |      |      |      |      |      |          |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|----------|------|
| $R_x(\Omega)$ | 0    | 10   | 20   | 40   | 60   | 80   | 100      | 150  |
| $\alpha$ (格)  | 50.0 | 45.4 | 41.7 | 35.7 | 31.3 | 27.8 | 25.0     | 20.0 |
| $R_x(\Omega)$ | 200  | 300  | 500  | 1k   | 2k   | 10k  | $\infty$ |      |
| $\alpha$ (格)  | 16.7 | 12.5 | 8.33 | 4.55 | 2.38 | 0.50 | 0        |      |

按照上表所列的计算结果,在表盘标上欧姆刻度。

改变电阻量程的另一个方法,是同时提高电池电压  $E$  和限流电阻  $R_b$  的数值,例如将  $E$  由 1.5V 提高到 15V,则  $R_i + R_b$  也得增加 10 倍,才能使指针在 A、B 短路时仍能指到欧姆挡的零刻度处,此时,中值电阻也提高了 10 倍。

## § 1.3 万用表表头参数

### 一、表头内阻

是指表头内线圈的直流电阻及上、下两盘游丝直流电阻之和。一般表头灵敏度越高内阻越大,但灵敏度相同或大致相同的表头,也可能有不同的内阻。万用表的表头内阻大体在几百欧至几千欧范围。

### 二、表头灵敏度

表头灵敏度是指指针旋转到表盘刻度最右端(称为“满度”或“满量程”)时流过表头的电流值。表头灵敏度取决于磁钢(包括磁分路)、线圈、指针、轴承、游丝五个因素。此电流值越小,表头灵敏度越高,万用表性能越好。灵敏度多以微安( $\mu\text{A}$ )为单位。各种万用表表头的灵敏度相差很大,有几百微安的(如 105 型万用表的表头灵敏度为  $400\mu\text{A}$ );也有小于  $10\mu\text{A}$  的(如 MF10 型万用表的表头灵敏度为  $9.3\mu\text{A}$ )。

### 三、表头的线性

磁电式表头的电流幅度与指针偏转角度成正比,所以表盘刻度是均匀的。一个实际的表头,通过表头的电流幅度与指针偏转角度越接近正比关系,线性越好;反之,则为线性不好。

## § 1.4 万用表主要参数

万用表的参数与表头参数的概念是不同的。万用表的主要参数有“电压灵敏度”(简称“灵敏度”)、“精度”(即“准确度”)、“电流挡内阻”等。

### 一、电压灵敏度

万用表的电压灵敏度分为直流电压灵敏度与交流电压灵敏度两种,均指测量电压时该挡内阻与量程之比,也有用“满量程的偏转电流的倒数”来表述其定义的,但意义是一样的。例如,某万用表 250V 挡的内阻为  $2.5\text{M}\Omega$ ,则其电压灵敏度为:  $2.5 \times 10^6 / 250$  即  $10 \times 10^3 \Omega/\text{V}$ 。

直流电压灵敏度是万用表的一项主要技术指标。同一只万用表的交流电压灵敏度一般低于直流电压灵敏度。这两个参数均被分别以每伏多少欧( $\Omega/\text{V}$ )标印在万用表的刻度盘上。

测量直流电压时,万用表的内阻等于直流电压灵敏度乘以各挡电压量程。例如,500 型万用表的直流电压灵敏度是  $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ,当用 DC500V 挡测量时,内阻为  $10\text{M}\Omega$ ;用 DC100V 挡测量



时,内阻为 2000k $\Omega$ ;用 DC10V 挡测量时,内阻为 200k $\Omega$ 。万用表的电压灵敏度越高,所使用的量程越大,在测量时从被测电路所分流出的电流就越小,对被测电路的影响就越小,因而测量的结果就越准确。

通常,1k $\Omega$ /V 或低于此灵敏度的万用表仅适于电工测量,不适用于电子测量,否则测量误差将会很大。

## 二、万用表的精度

也叫准确度,表示测量结果的准确程度,是万用表最重要的一个参数。它由生产厂家标明,是万用表指示值(测量的数值)与被测标准值之间的基本误差。万用表的准确度等级用基本误差的百分数表示,百分数越小,准确度等级越高。按国标 GB776-76 规定,共有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级,它们与基本误差之间的关系如表 1-2 所示。由表可见,0.1 级精度的万用表,其基本误差是  $\pm 0.1\%$ ;0.2 级精度的万用表,其基本误差为  $\pm 0.2\%$ ,余此类推。此外,旧表或国外生产的表还有 2.0、3.0、4.0 等级别。

表 1-2 万用表精度等级与基本误差之间的关系

| 精度等级    | 0.1       | 0.2       | 0.5       | 1.0       | 1.5       | 2.5       | 5.0       |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 基本误差(%) | $\pm 0.1$ | $\pm 0.2$ | $\pm 0.5$ | $\pm 1.0$ | $\pm 1.5$ | $\pm 2.5$ | $\pm 5.0$ |

通常,精度为 0.1、0.2 级的表可作为标准仪表或用于精密测量;0.5、1.0 级的表可用于电气工作实验。万用表的精度为 1.0~2.5 级。一般万用表多为 2.5 级(如 MF30);1.0~1.5 级为高精度万用表(如 MF18、MF12 等),价格相应也较高。

万用表常用的三种精度如下。

第一种是“以标尺工作部分长度的百分数表示”的精度,常在精度等级数值下标“V”字形符号表示,如“ $\sphericalangle$ ”,电阻挡常用这种精度。

第二种是“以标尺工作部分上限量(即该挡满度值)的百分数表示”的精度,如“-2.5”(其中“-”表示“直流”),电压、电流挡常用这种精度。

第三种是加“O”的“以指示值百分数表示”的精度,如“ $\odot$ ”。上海震亚电表厂生产的 501 型和阿城仪表厂生产的 442 型万用表,其电阻挡基本误差为  $\pm 10\%$ ,就是以指示值的百分数来表示精度的。注意,有个别万用表所标示的“O”符号,并不是“以指示值的百分数表示”的精度。例如上海震华厂生产的 106 型万用表,它标示的“ $\odot$ ”和“ $\textcircled{O}$ ”分别表示直、交流误差,均是“以刻度尺工作部分上限的百分数表示”的,这与国标 GB776-76 的规定不同,使用时应加以区分。

另外还应注意的,上述表示精度的含义是有所不同的。例如, A 表标有“1.0”, B 表标有“-1.0”,这两只表同是  $\pm 1\%$  的精度,当用各自的 DC500V 挡测得的电压值均为 50V 时, A 表的相对误差为  $\pm 1\%$ (用本挡测得任何电压值时都如此),绝对误差为  $50 \times (\pm 1\%)$  即  $\pm 0.5V$ ;而 B 表相对误差为  $500 \times (\pm 1\%) / 50$  即  $\pm 10\%$ ,绝对误差为  $500 \times (\pm 1\%)$  即  $\pm 5V$ (用此挡测得任何值时都如此)。

由于电阻挡刻度的非线性,以及电阻挡常用“以标尺工作部分长度的百分数表示”的精度,

而长度本身却是线性的,所以电阻挡正负误差的电阻值是不对称的。与之相比较,电流、电压挡的正负误差值一般是对称的。例如,用某 $\pm 2.5\%$ 的万用表( $R \times 1$ 挡中心阻值为 $10\Omega$ )的 $R \times 100$ 挡测量标称阻值为“ $1k\Omega$ ”的电阻时,若所得值在 $(1000 - 95)\Omega$ 与 $(1000 + 105)\Omega$ 之间,则在规定的 $\pm 2.5\%$ 范围之内。这里的两个阻值“ $-95\Omega$ ”( $-2.5\%$ )和“ $+105\Omega$ ”( $+2.5\%$ )并不是“对称”的,但都是标尺长度 $2.5\%$ 对应的阻值。

在国标 GB776 - 76 的规定中,允许万用表各挡精度等级有所不同。

### 三、电流挡内阻

是指测量电流时该电流挡的内阻。其值越小,测量时对被测电路的影响也越小,所得测量值也更准确。

### 四、频率范围

万用表只能测量一定频率范围内的正弦交流电才能保证测量结果准确,也就是说,每种万用表都有一定的“工作频率范围”。工作频率范围也是万用表的一个重要参数。使用万用表时,如果超出了规定的频率范围,则不能保证测量的准确度。一般万用表的工作频率范围约为 $45 \sim 2000\text{Hz}$ ,袖珍表约为 $45 \sim 1000\text{Hz}$ 。

工作频率范围又分为“额定使用范围”和“扩大使用范围”。在额定使用范围内使用时,测量误差不超过仪表的基本误差;对于“扩大使用范围”,国标 GB776 - 76 规定,“如在仪表上除额定频率外尚注明扩大的频率时,则在此频率范围内的任一频率下,仪表的基本误差不应超过‘基本误差表’中规定值的两倍”。

万用表的表盘上对工作频率范围的标志常用以下两种形式。

(1) “ $45 \sim 1000\text{Hz}$ ”。表示万用表的工作频率范围,其额定使用范围为 $45 \sim 65\text{Hz}$ ,扩大使用范围为 $65 \sim 1000\text{Hz}$ ;

(2) “ $45 \sim 65 \sim 1000\text{Hz}$ ”或“ $45 \sim 1k \sim 20k\text{Hz}$ ”。它表示的频率范围分别为 $45 \sim 1000\text{Hz}$ 或 $45\text{Hz} \sim 20k\text{Hz}$ 、 $45 \sim 65\text{Hz}$ 或 $45\text{Hz} \sim 1k\text{Hz}$ 。而 $65 \sim 1000\text{Hz}$ 或 $1 \sim 20k\text{Hz}$ 则为扩大使用范围,在此范围测量时,误差不超过基本误差的两倍。例如, MF28 - A 型表某挡基本误差为 $\pm 5\%$ ,则在 $45\text{Hz} \sim 1k\text{Hz}$ 内测量时,误差在 $\pm 5\%$ 以内,而在 $1 \sim 20k\text{Hz}$ 内测量时,误差在 $\pm 10\%$ 以内。各型万用表的额定和扩大使用范围不尽相同。

## 第二章 万用表的常规使用与选购

本章先介绍万用表的测量范围、表盘字符含义、一般使用注意事项等知识,再介绍万用表电压挡、电流挡、电阻挡、 $D\Omega$ 挡、 $h_{FE}$ 挡、dB挡、LI与LV刻度线的使用以及用L、C挡测量电感、电容的方法,最后介绍万用表的选购知识。

### § 2.1 万用表的测量范围

万用表的用途十分广泛。一般来说,万用表等级越高,它所具有的功能也越多,测量范围也越宽。目前,多数万用表可测量的参数项目有:

- (1) 交直流电压  $U(V)$ ;
- (2) 交直流电流  $I(A)$ ;
- (3) 电阻  $R(\Omega)$ ;
- (4) 三极管直流放大系数  $h_{FE}$ (即  $\beta$  值);
- (5) 电平  $A(dB)$ ;
- (6) 电感  $L(H)$ ;
- (7) 电容  $C(F)$ ;
- (8) 电功率  $P(W)$ 。

在上列项目中,测量电流、电压、电阻是万用表最基本的功能。此外,有的万用表还设置了LV(负载电压)和LI(负载电流)刻度线(不是独立的挡位),在用电阻挡测量元件的电阻时,可以同时显示出流过该元件的电流和加在元件两端的电压。这种功能有着极其广泛的用途,例如,测量直流电流的满度值,测量二极管伏安特性和三极管的极间漏电流,判断稳压管的好坏,区别锗和硅二、三极管等等。

近年来,一些万用表还增设了蜂鸣器(如MF79型)、音频及中频信号输出(如MF92型可输出1kHz和465kHz正弦波信号)等功能。

## § 2.2 万用表的操作面板及字符含义

### 一、操作面板

万用表型号繁多,面板布局各不相同,但其内部结构基本是一致的。图 2-1 为万用表的外形示意图。

(1) “+”、“-”插孔。用以插入红(+)、黑(-)表笔。不同型号的万用表标示“+”、“-”插孔的方式各有不同:有的表直接表示;有的用“+”、“\*”表示;有的用“+”、“COM”表示;有的用“+”、“CO-MON”表示;个别还有用“+”、“ $\equiv$ ”表示的。

(2) 专用插座。专用插座常见的有“ $h_{FE}$ ”测试插座,微电流、大电流测试插座,高电压测试插座,电容测试插座,温度测试插座和其他专用插座等。

(3) 调零装置。常见的有机械调零、电阻调零(也称欧姆调零)和放大器输入调零(带运放的万用表)装置。电阻调零有用“ $\Omega$ ”表示的;有用“ $\sqrt{\Omega}$ ”表示的;也有用“ $\sqrt{\Omega}$ ”表示的;还有用“ $\frown$ ”表示的。

万用表的调零可分为两类。

第一类是“机械调零”,此项调零不需使用表内电池。“机械调零”装置设在表盘上距指针转轴不远处,可用平口改锥缓缓调节,使指针指在左侧刻度起始线上即可。使用任一挡测量之前指针都必须指在这一起始线上才能开始测量。

第二类是“校准调零”,此项调零要使用表内电池方可进行。电阻各挡的“电阻调零”、 $h_{FE}$ 挡的“ $h_{FE}$ 调零”、 $D\Omega$ 挡的“调 $\infty$ ”等均属于“校准调零”。这些“调零”是通过使用位于表壳正面与内部电位器相连的旋钮来完成的。

“机械调零”与“校准调零”有如下关系。

“机械调零”能影响“校准调零”时指针调好的“零”位置,而“校准调零”对“机械调零”时所调好的指针零位却不会产生任何影响。例如,进行电阻挡“电阻调零”时不会影响已调整好的机械零位,而进行“机械调零”时,却会使电阻挡已调好的“零点”偏离零位,此时原先调好的“ $0\Omega$ ”已失效。所以,使用万用表时应首先进行“机械调零”,然后再进行“校准调零”,不能将调整顺序反过来进行,更不需要对这两者反复进行交替调节。

万用表指针的机械零位调好以后,在使用任何挡次时都不必再调,但若因剧烈震动或其他原因破坏了指针的零位,就必需重新调整。而“校准调零”则对所有应该“校准调零”的挡次都要进行。例如,使用  $R \times 1k$  挡,先进行电阻调零,使指针指向电阻零位,然后进行测量;如再改用  $R \times 100$  挡测量时,应必须要对此挡重新进行电阻调零。

电阻挡调零的方法是:将红、黑两表笔触碰(短接)在一起,再旋动调零旋钮使指针指向

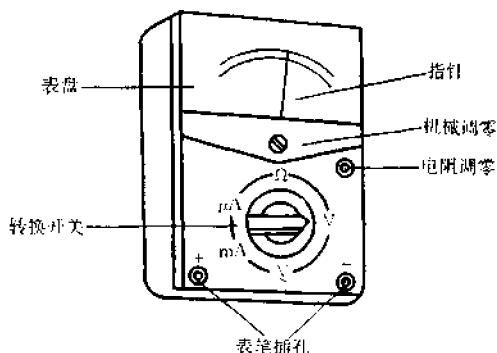


图 2-1 万用表外形示意图

“0Ω”。当然,应该在“机械调零”调好之后再进行。

(4) 转换开关。万用表的转换开关包括“功能开关”和“量程开关”。“功能开关”是为了用来选择不同的测量项目而设置的,主要有交流、直流、电阻或电压等。“量程开关”则是用来按实际需要选择合适的量程。“功能开关”与“量程开关”需要相互配合使用,才能实现某种测量功能。常见的转换开关有4种方式,如图2-2(a)~(d)所示。

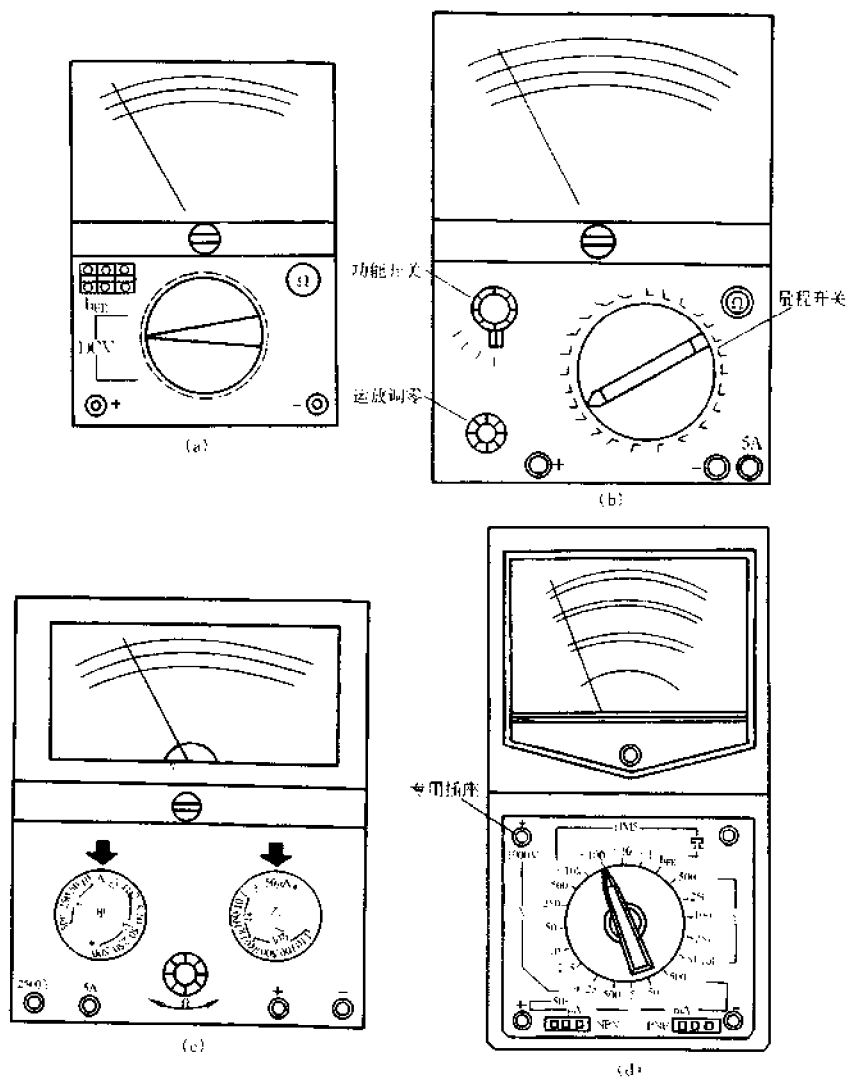


图2-2 常见的四种转换开关

① 功能开关与量程开关合用一只开关:参见图2-2(a)。采用这种工作方式的万用表有MF27型、MF30型、MF35型、MF40型、MF47型、MF50型等。这种开关的特点是操作简单,只要知道被测对象的类别和被测量值的大致范围,就可直接将量程开关拨至所需要的挡位,接好表笔即可进行测量。

② 功能开关与量程开关分别设置:参见图2-2(b)。采用这种工作方式的万用表有MF63

型、MF64 型、MF79 型、MF82 型等。使用时,首先根据被测对象的类别,将“功能开关”拨到所需要的测量项目的位置上,然后再根据被测量值的大小,将“量程开关”拨至所需量程。确认无误后,即可进行测试。例如,若使用 MF79 型万用表测量交流 220V 电压,首先要将“功能开关”拨至交流电压挡,再将“量程开关”拨至 250V 挡,然后即可进行测试。

③ 功能开关与量程开关交互工作方式:参见图 2-2(c)。采用这种工作方式的万用表有 MF18 型、MF500 型等。所谓“交互工作方式”是指这两个开关既有功能选项又有量程选项。例如 MF500 型万用表,在测量电压时,甲开关(在表面左侧)是量程开关,乙开关(在表面右侧)是功能开关;而在测量电阻时,甲开关(在表面左侧)变成功能开关,而乙开关(在表面右侧)则变为量程开关。使用交互工作方式的转换开关时,应首先熟悉甲、乙开关上功能选项的位置,根据被测对象的类别,适当设置含有应选项的开关,然后再根据被测量值的大小,操作含有应选量程的开关。两者千万不能搞错。

④ 量程开关配专用插座工作方式:参见图 2-2(d)。采用这种工作方式的万用表有 MF77 型、MF93 型等。使用时,首先选择所需的量程,再将红测试线接到专用插孔(或接线柱)上,将黑测试线插头插入“-”插孔。确认无误后即可进行测量。

## 二、表盘刻度线及读取实测数值的方法

常见万用表的表盘如图 2-3 所示。从上往下数有四条刻度线,第一条刻度线上标有“ $\Omega$ ”字样,表明该刻度线上的数字为被测电阻值;第二条刻度线的左端标有“ $\sim$ ”,右端标有“V”、“mA”,测量交直流电压、直流电流时要在这一条线上读数;第三条刻度线的两端标有 10V,专供 10V 交流电压挡使用;第四条刻度线专用于测量电平的分贝数。刻度线与数字分别与各自的量程对应。

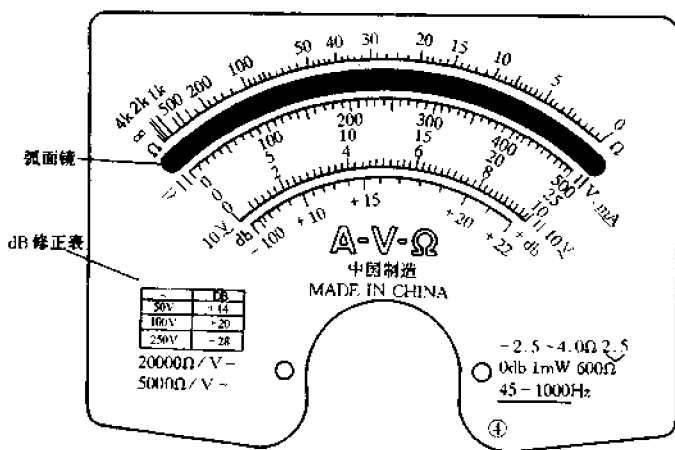


图 2-3 常见的万用表表盘

在使用万用表进行测量时,其表盘刻度线上的“读数”与“实值”很容易被混淆,其实这两者是有所不同的。“读数”是指从刻度线上直接读出的数值,而“实值”则是该读数所代表的被测量的数值(含单位)。当然,有时这两者在数值上是相同的,例如,在  $h_{FE}$  挡的读数和示值相同。但在多数情况下,“读数”和“实值”是不相同的。例如,用“ $R \times 10$  挡”测量某电阻时,读数为“5”,这并不是说该电阻的阻值即是 5 $\Omega$ ,而其“实值”为“50 $\Omega$ ”。将“读数”转化为“实值”只需简单的计算(一般通过心算)即可完成。电流、电压的转化公式为

实值 = 每个小分度代表的值 × 小分度数

例如,量程为 500V 的电压挡,共分为 50 个小分度,则每个小分度代表的值为 10V,如测量某电压时指针偏转 5.4 个小分度,则实值为  $10 \times 5.4 = 54(V)$ 。

电阻挡的计算公式为







实值 = 读数 × 该挡倍率

例如,用 R × 100 挡测量一只碳膜电阻,读数为 8,则该电阻的实值为  $8 \times 100 = 800(\Omega)$ 。





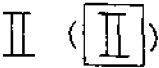

### 三、面板及表盘字符含义

在万用表的操作面板和表盘上印有许多符号,这些符号均具有表征万用表技术性能的含义。掌握了解这些字符的含义,对于正确使用万用表是很有帮助的。表 2-1 综合列出了万用表表盘上常见的字符、文字及相关含义。

表 2-1 表盘常见字符及其含义

| 字符性质   | 文字或符号   | 含义                              |
|--------|---|---------------------------------|
| 工作原理   |    | 磁电系仪表                           |
|        |    | 整流系仪表                           |
| 使用放置状态 | ⊥ 或 ↑   | 垂直放置使用                          |
|        | □ 或 →   | 水平放置使用                          |
| 电流种类   | DC 或 -  | 直流                              |
|        | AC 或 ~  | 交流                              |
|        |  | 直流和交流                           |
| 精度     | -2.5  | 直流                              |
|        | -1.0  | 交流                              |
|        |  | 直流和交流                           |
|        |  | 两种以“标尺工作部分长度的百分数表示”的精度          |
|        |  |                                 |
| 灵敏度    | 2kΩ/V   | 直流灵敏度                           |
|        | 1kΩ/V   | 交流灵敏度                           |
|        | 5kΩ/V   | 交直流灵敏度                          |
| 电平     | 0dB = 1mW 600Ω  | 表示以 600Ω 负载上得到 1mW 的功率作为零分贝参考电平 |
|        | ~ (V)   | dB                              |
|        | 50  | +14                             |
|        | 100   | +20                             |
|        | 250   | +28                             |

续表

| 字符性质  | 文字或符号   |                      | 含义   |  |
|-------|---|----------------------|--|--|
| 绝缘强度  |  |                      | 不进行绝缘强度试验                                    |  |
|       |  |                      | 绝缘强度试验为 500V                                 |  |
|       |  | 或 3kV<br>五星内数字为 kV 数 | 表笔间能承受 50Hz/3kV<br>1min 交流电绝缘强度试验            |  |
| 外界条件  |  | 一级防外磁场               | 方框内为磁电系仪表                                    | 在 5 奥斯特磁场影响下, 满度误差为 $\pm 5\%$                                  |
|       |  | 二级防外磁场<br>(电场)       | 方框中的数字为防外磁<br>(电)场级数                         | 条件同上: 二级;<br>$\pm 1\%$ ; 三级;<br>$\pm 2.5\%$ ; 四级;<br>$\pm 5\%$ |
| 表笔插孔  | + - * 2.5 A   |                      | 从左至右, 分别为红(正)表笔、黑(负)表笔、公共黑(负)表笔、2.5 A 红(正)表笔 |  |
| 晶体管插孔 | NPN<br>PNP  |                      | 两种类型晶体管                                      |  |
| 调零钮   |  |                      | 电阻挡调零  |  |
| 工作频率  | 45 ~ 1500Hz、<br>46 ~ 65 ~ 1000Hz  |                      | 分别为两种工作频率范围                                  |  |
| 频率单位  | Hz  |                      | 赫兹   |  |
|       | C/S   |                      | 周/秒(已废弃的频率单位)                                |  |
| 其他    | L(H)、C( $\mu$ F)、W、 $h_{FE}$  |                      | 分别为电感(单位为亨利)、电容(单位为微法)、瓦特、晶体管直流放大倍数          |  |

## § 2.3 万用表使用十点安全注意事项

安全使用万用表是完成各种测量的前提条件。这里所说的“安全”，一般包括两层含义，一是要注意人身安全，防止因操作不当所引发的触电事故，危及人体及生命；二是要注意仪表安全，避免因使用不慎，造成烧毁表头、击穿表内元件等不应有的损失。万用表属于通用测试仪表，不仅使用人员多，而且使用次数频繁。为了保护操作者人身安全和万用表的安全，必须遵循如下十点事项。

(1) 使用万用表之前，应先熟悉各转换开关、旋钮(或按键)、专用插口、测量插孔(或接线柱)以及仪表附件(高压探头等)的功能，了解每条刻度线所对应的被测电量。要先明确被测对象是哪一类、应用哪一档、怎样插入表笔插头和接入表笔，然后再拨至相应的测量项目和量程挡。

具体来讲，动手测量之前，一是应检查测量插孔是否插对，表笔插头应插进该插的孔，表笔与



孔的正负不应颠倒,对于有多个孔的表(如有的孔专测大电流、高压),在表笔插进很少用的孔测量操作后,应及时将表笔换回正常孔位,这样,可避免下次测量时因孔位不对而造成烧表;二是要将挡位拨对,就是说,测量电路中的什么参数,就应拨至相对应的挡位,若拨错挡位极易烧表;三是注意将表笔接对,表笔的正负极要与被测电路的电位高低相对应,红表笔接高电位、黑表笔接低电位。

(2) 必须养成“单手操作”的习惯,即单手持握姿势握住两表笔进行测量。这样,即使不慎触电,也可避免电流经心脏流向另一只手。测量间隔远的两个点时,可预先把一支表笔固定在被测电路的公共地端,单手持另一支表笔去触碰测试点,保持精力集中,避免只顾看表,不小心将手触到电路中的带电部位。

(3) 使用万用表 2500 V 专用插孔测量高压时,注意要把插头插牢,防止因接触不良造成高压打火,或因插头脱落引起意外事故。测量显像管阳极 9~22kV 的超高压时,必须使用高压测试棒(如 FJ-37、FJ-50 等型号)。高压测试棒一般有四个引出端,其中的红、黑两个插头分别接万用表的正、负输入插孔,黑色鳄鱼夹固定在被测线路的公共地上,然后手持绝缘棒,只让探针部分与高压端相接触。操作者应与地面保持良好的绝缘。

(4) 严禁在测量较高电压(如 220V)或较大电流(如 0.5A 以上)的过程中拨动量程选择开关。也就是在测高电压或大电流时不能换挡,若需要换挡,应将万用表与被测电路脱开后才能进行。这是为了防止换挡瞬间电弧烧坏转换开关的触点,也是为了防止有时旋过头而旋到邻近挡而烧表。

(5) 在不知道电流、电压的大致范围时,应该先用最大的量程测量。这时,如指针偏转很小,再换用较小的挡次测量。试测时,若发现指针向右猛偏打表,则应立即断开。

(6) 严禁在被测电路带电的情况下测量电阻,也不允许用电阻挡去检查电池的内阻。因为这相当于接入一个外部电压,不但得不到正确的测量结果,而且极易损坏万用表。

(7) 检测电源电路中的滤波电容时,应先将电解电容器的正、负极短路一下进行放电,防止大电容上积存的电荷经万用表泄放,烧毁表头。

(8) 发现  $R \times 1$  挡不能调到欧姆零位时,即应考虑更换电池。注意新电池的极性不得插反,否则可能损坏万用表。对于使用数节 1.5V 电池串联供电的万用表,注意勿将新旧电池搭配使用,以免旧电池白白消耗新电池中的电能,缩短新电池使用寿命。

(9) 万用表使用完毕,应将量程选择开关拨至最高电压挡,防止下次开始使用时不慎烧表。有的万用表(如 500 型)设有空挡,用完后应将开关拨到“·”位置,使测量机构内部短路。也有的万用表(如 MF64 型)设置了 OFF 挡,用完后应将功能选择开关拨至此挡,使表头短路,起到防震保护作用。带运算放大器的万用表,其 OFF 挡是电源关断的位置。使用 MF101 等万用表时,每次用完后一定要关闭电源开关,以免空耗电池。

(10) 携带万用表外出时,要避免使万用表受到强烈振动。为此,可在两表笔插孔间插入一根导线。为使导线与插孔接触良好,导线两端可焊上一根直径略小于插孔的粗铜丝(或干脆用粗铜丝代替导线)略弯后插入孔中(见图 2-4),最后把表拨在

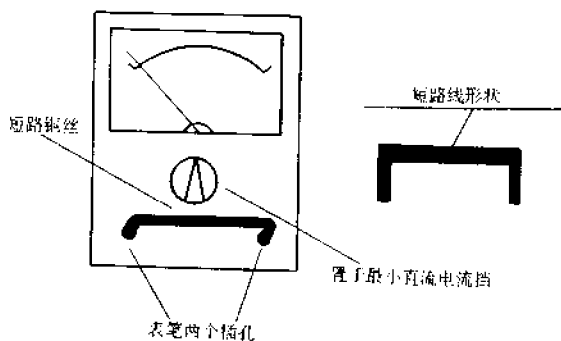


图 2-4 给万用表加装短路线

最小直流电流挡即可。当表受到剧震时,表头线圈转动,但线圈与铜丝等构成的闭合回路产生的感生电流形成的磁场却阻碍线圈转动。这样,线圈、游丝、轴尖、轴承、指针等都相对得到保护。当然,这种保护并非万无一失,还可用有弹力的软质材料(如泡沫塑料)将万用表进行包装,以起到减弱震动的作用。

## § 2.4 万用表电流挡的使用

电流挡分直流和交流两挡,下面分别介绍测量操作方法。

### 一、测量直流电流

#### 1. 测量方法

如图 2-5 所示。将万用表置于适当的直流电流(mA)挡,先把被测电路断开,将红表笔接被测电路的正极,黑表笔接被测电路的负极,也就是说,将万用表串入被测电路,电流应从红表笔流入,从黑表笔流出,这时在对应刻度线上可读出被测电路的电流值。若事先不知被测电路中的电流大小,应该选择最大电流量程,测出大概范围之后,再用适当的量程正式测量并读数。

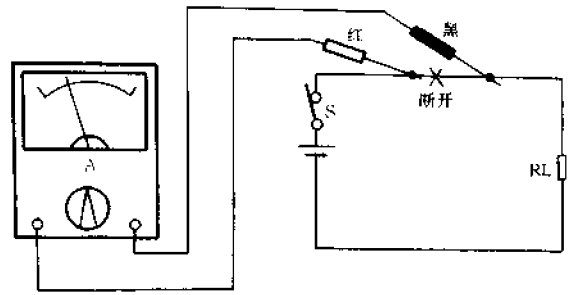


图 2-5 测量直流电流

#### 2. 直流电流实测举例

测量台式晶体管收音机的整机工作电流。测量方法如图 2-6(a)所示,这是从电池正极进行测量的方法。使用 MF500 型万用表,将甲开关(在表面左侧)置于“**A**”位置,乙开关(在表面右侧)置于“100mA”位置。把收音机电池的正电极断开,将红表笔接在 A 点,用黑表笔去接触 B 点,此时指针向右摆动,在“ $\sim$ ”刻度线上可读取被测电流值。因为此时选用的是 100mA 量程,“ $\sim$ ”刻度线上标注为 50 格,所以每格为 2mA。经实测,该收音机在无电台信号时,指针停在 2 格处,电流值为 4mA(此值为静态电流),当有电台信号时,指针随广播声向右摆动,最大

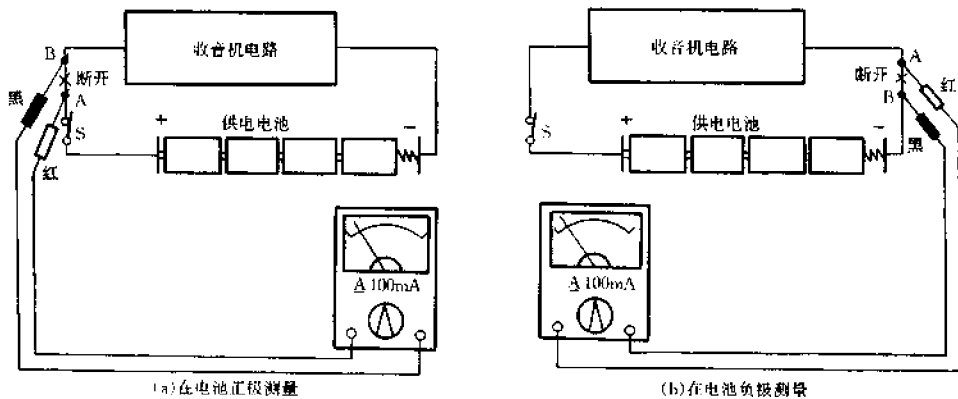


图 2-6 测量台式晶体管收音机的整机电流

摆幅为 20 格,说明该收音机整机最大电流为 40mA。

收音机整机工作电流也可以在电池的负电极端串入电路进行测量,但此时的表笔应按图 2-6(b)连接。

## 二、测量交流电流

### 1. 测量方法

测量交流电流与测量直流电流的操作方法基本相同,也是将万用表串入被测电路,只是要使用万用表的交流电流挡,且可不考虑极性,在对应的刻度线上读出交流电流值(注意,有些万用表未设此挡,所以无法测量交流电流)。

### 2. 测量交流电流实例

图 2-7 是测量松下 TC-2188 型彩色电视机的整机交流电流的示意图。为了安全起见,事先可按图中虚线框内所示电路制作一个测试插座。将电视机交流电源插头插入 A 插座,将测试插座引出的电源插头插入市电插座。使用 MF500-B 型万用表,将甲开关(在表面左侧)置于“ $\tilde{A}$ ”,乙开关(在表面右侧)置于“500mA”位置,然后将红、黑两表笔分别插入 B 插座的两个插孔内。打开电视机电源开关,此时指针在“ $\tilde{A}$ ”刻度线上指在“5”大格处。由于“ $\tilde{A}$ ”刻度线共有 10 大格(每大格有 10 小格),而此时万用表是置于 500mA 量程,所以每大格为 50mA。据此可算出所测交流电流为  $50 \times 5 = 250(\text{mA})$ 。

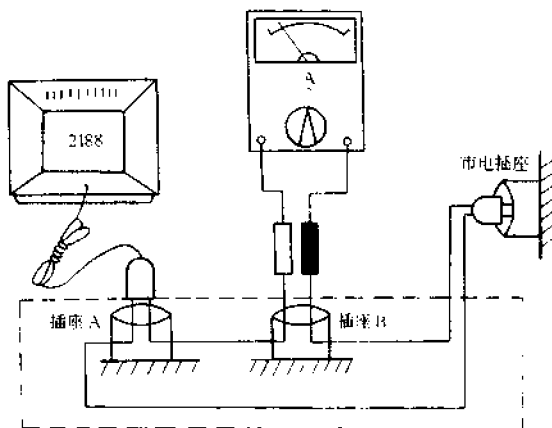


图 2-7 测量彩色电视机整机交流电流

## 三、测量电流注意事项

无论是测量直流电流还是测量交流电流,选择合适的量程是很重要的。万用表的电流量程越小,内阻就越大。选用小量程,万用表的内阻大,对被测电路影响也大,测量误差就大。但是量程选得过大,虽然其内阻对被测电路的影响小了,但指针偏转太小,读数造成的误差就会增大。一般以选择指针偏转为满度的  $3/4$  为宜。

测量电流时,将万用表串入被测电路,这时是存在接入误差的。为了得到尽量小的电流测量误差,应选择被测电路中等效电阻较大的部位进行测量。

## § 2.5 万用表电压挡的使用

下面分别介绍测量直流电压和交流电压的操作方法。

## 一、测量直流电压

具体可按下述方法操作。

### 1. 已知被测电压值的大小范围和极性

操作方法参见图 2-8 所示。图中, E 为被测电路的电源(设其值为 30V),  $R_L$  为负载。将万用表置于直流电压的合适挡位(此处选 DC50V, 所选挡位应大于被测电压值), 测量时, 把两表笔并联在待测电压的两点上, 红表笔接“+”电极, 即高电位; 黑表笔接“-”电极, 即低电位。在对应刻度线上即可读出被测电压数值。

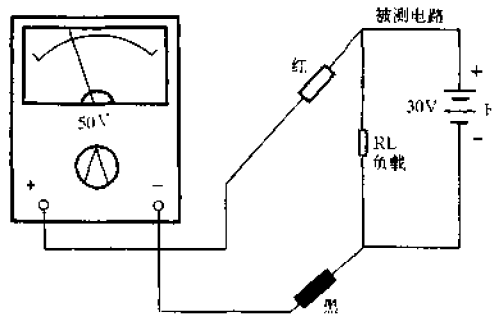


图 2-8 测量已知直流电压的方法

### 2. 已知被测电压的极性但不知其大小范围

测量操作可按下述方法进行。

参见图 2-9 所示。将万用表置于最大直流电压挡, 黑表笔先接在被测电压的“-”电极, 然后用红表笔去快速触碰被测电压的“+”电极进行试测, 注意观察万用表指针向右的摆动幅度, 并根据指针摆动逐步降低量程, 当指示的被测电压值约为量程的 2/3 时, 再由试测转为直接测量, 待表上指示的电压值稳定后, 即可读取测量结果。

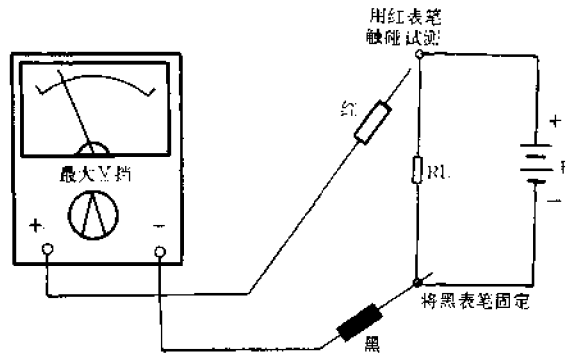


图 2-9 已知电压极性不知电压大小时的测试方法

### 3. 既不知被测电压极性也不知被测电压大小范围

参见图 2-10 所示。将万用表置于最大直流电压挡, 把黑表笔先任接被测电压的一端, 然后用红表笔去快速触碰被测电压的另一端, 注意观察万用表指针的摆动方向。若指针向左反打, 说明表笔极性接反了[如图 2-10(a)]; 若指针向右摆[如图 2-10(b)], 则表明表笔的接法是正确的, 此时, 黑表笔所接的为“-”极, 红表笔接的是被测电压的“+”极。接着便可根据指针摆动逐步降低量程, 当指示的被测电压值约为量程的 2/3 时, 再由试测转为直接测量, 待表上指示的电压值稳定后, 即可读取测量结果。在进行“点触”试测时, 动作一定要快, 以防指针反打时损坏万用表。

### 4. 直流电压实测举例

测量一只蓄电池的电压, 蓄电池的额定电压为 24V。使用 MF500 型万用表。如图 2-11

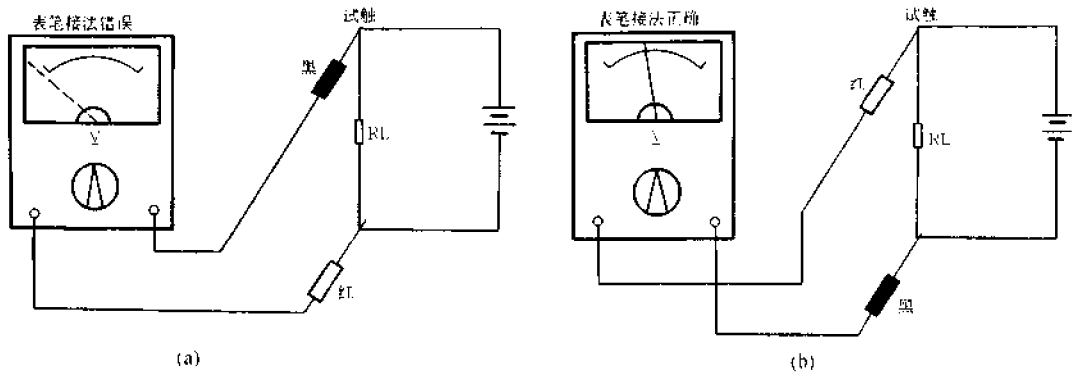


图 2-10 不知被测电压极性和大小时的测试方法

所示,将万用表乙开关(在表面右侧)拨至“ $\sphericalangle$ ”位置,甲开关(在表面左侧)拨至“50V”位置。黑表笔接在蓄电池标有“-”的电极上,用红表笔接蓄电池标有“+”的电极上,此时指针便向右偏转,在“ $\sim$ ”刻度线上(满刻度为50)指在23处,即读出被测电压的数值为23V。有的万用表面板上“ $\sim$ ”刻度线的满刻度为500,若量程选在“50V”,500应作50来读数,即缩小10倍。注意,量程开关尖头所指数值即为表头上指针满刻度读数的对应值,读表时只要据此折算,即可读出实测值。

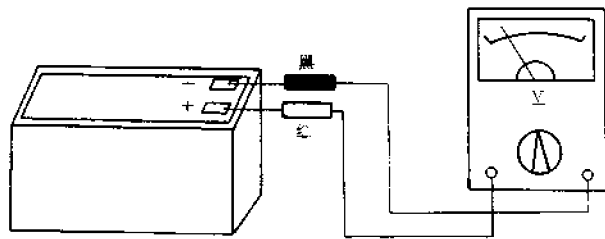


图 2-11 测量蓄电池的电压

## 二、测量交流电压

### 1. 操作方法

测量交流电压的方法与测量直流电压的方法基本相同,但需注意将功能开关和量程开关都选用相应的交流挡位。因交流电压不分正、负电极,所以在测量时,表笔也不分正、负,只需将两表笔并联在被测量电压两端即可。

### 2. 交流电压实测举例

**实例一:**被测对象为交流 220V 市电。测量方法参见图 2-12 所示。使用 MF500 型万用表。将乙开关(在表面右侧)置于“ $\sphericalangle$ ”位置,将甲开关(在表面左侧)置于“250 $\sphericalangle$ ”位置,把两支表笔(不分正负)分别插入市电插座的两个插孔中,在“ $\sim$ ”刻度线上读出电压数为 218V,电压基本正常。测量时要注意,手不能碰触表笔的金属部位,防止触电。

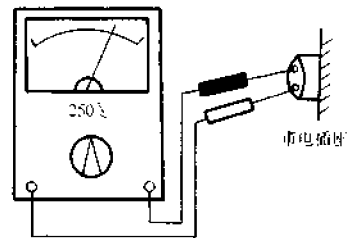


图 2-12 测量交流市电

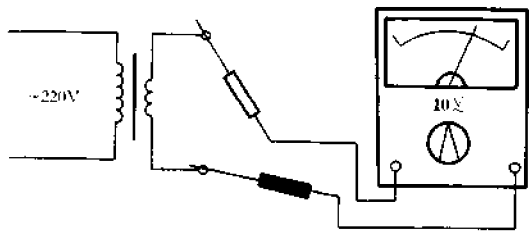


图 2-13 测量交流 6V 电压

**实例二:**见图 2-13。被测对象为某电源变压器次级电压(AC6V),仍使用 MF500 型万用表。先将乙开关(在表面右侧)拨至“V”挡,再将甲开关(在表面左侧)拨至“10V”挡,确认无误后,将两表笔并联接在测试点 A、B 端,并从“10V”刻度线上读取测试结果为 6V。

注意,交流低压挡(10V)是单独刻度的,所以在测量时,应在对应的 10V 刻度线上读取

数值。下面简要介绍一下交流低压挡单独设立刻度线的原因。

由万用表的工作原理可知,万用表的表头是属于直流表头,而交流电是不能使直流表头的指针正常偏转的。因此,万用表测量交流电时,必须用整流二极管(或其他整流器件)将交流变为直流。二极管属于非线性元件,加在二极管上的电压  $U$ 、流过的电流  $I$  和动态电阻  $R$  的基本规律如图 2-14 所示。

(1) 测量高压时,在二极管上的约 0.7V 左右的管压降所占比例很小,且由压降引起的误差可通过调节刻度的位置来避免,因而高压挡刻度较为均匀,对测量结果影响不大。但测量低压时,二极管上 0.7V 的压降所占比例明显增大,相应的刻度就不可能是均匀的。所以,高低压挡也不能共用同一条刻度线。

(2) 交流低压挡所用的分压电阻(与整流管串联)很小,相对而言,二极管的等效电阻却变得很大。同时,被测量的低压值不同,二极管的内阻也不同。显然,这种刻度线只能单独做成非线性的才能与被测电压值的大小相适应。这也是交流低电压挡无法与线性的直流低电压挡共用一条刻度线的原因。

(3) 当被测电压小于约 1V 时,二极管上 0.7V 的压降已将被测电压掩盖,不能得到正确读数,所以有些万用表在约 1V 以下不再刻度,即使已刻度,测得的数值也不准。

以上就是低压交流挡单独另设刻度线的原因。与此相类似,交流电流挡的刻度也是不均匀的,这主要是指低值端,而且一般也是在约满度的 10% 内不再刻度。

### 三、使用电压挡注意事项

(1) 无论是测量直流电压还是测量交流电压,都应注意选择合适的量程。量程选小了,测量时,指针会受到猛烈的冲击,俗称打表,这很容易损坏万用表;量程选得太大,固然万用表的内阻增大,对被测电路的分流减小,但指针偏转很小,会增大测量误差。因为测量误差  $\Delta U = \text{量程} \times K\%$  (其中  $K$  是万用表准确度级别),量程选得越大,测量误差也越大。在实际测量操作时,不妨先选大一点的量程,如果指针偏转很小,可再改用适当小一点的量程,直到指针偏转达

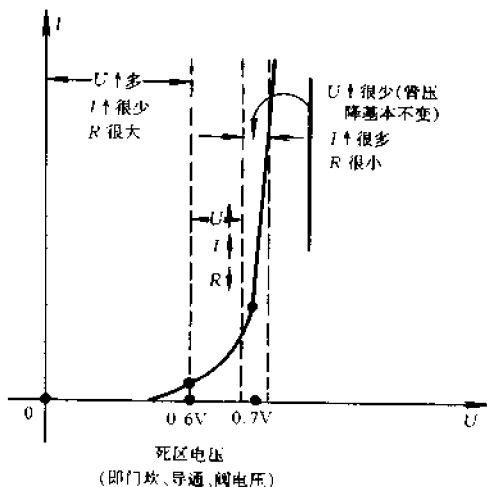


图 2-14 硅二极管正向特性

满刻度的 3/4 左右为最好。

(2) 如不知被测电压是交流还是直流,同时也不知大约数值,则应先用交流最高电压挡进行测量,以初步判断一下电压值的大小。因为用交流电压挡进行测量,无论此时是交流电还是直流电,都能读出值来(若是直流,读出的“值”约为实际值的二倍)。然后再改用合适的直流挡来测量,这时如无指示,则说明被测电压是交流;如有指示,则是直流(或直流迭加交流)。这是因为用直流电压挡测交流电压时,指针仅在零值附近微微颤动或摆动很小。必须指出,不能用小直流电压挡测大值交流电,否则,虽然指针并不会大幅度偏转,但却有大电流流过表头,有将表头烧坏的危险。

(3) 用万用表测量电压时,表笔并联到电路中会产生一定的接入误差。为了减少这种误差,在测量时,要根据被测电路的特点,尽量避免测量高电阻上的电压,而应测量低电阻上的电压。若表的内阻与被测两点间电阻之比小于 1/10 时,误差会较大。

(4) 测量交流电压时,被测电压的频率应符合万用表的要求,一般在 45 ~ 1000Hz 范围内。而且被测电压应该是正弦波,所测电压波形与正弦波相差越大,测量误差也越大。

(5) 如被测电压中含有交直流两种成份,而只需测量交流成分时,应用 0.47 ~ 2  $\mu\text{F}/450\text{V}$  的无极性电容与万用表串联,以隔断直流;若测直流,可用电容与万用表并联,以避免交流干扰,如图 2-15 所示。若被测直流电压或交流电压值较小,所用电容耐压可低于 450V。若交流频率较高,电容量也可减小。

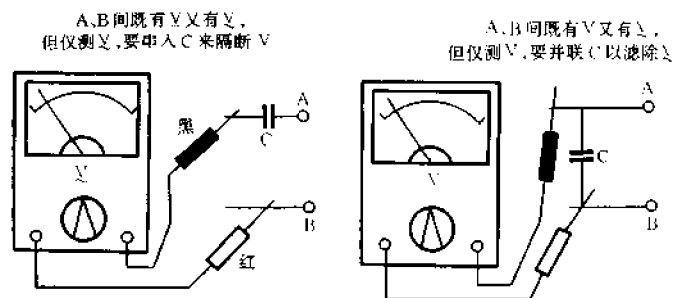


图 2-15 串并联电容以适应测量交流和直流

(6) 测交流电压时,表笔不分红、黑,仅需机械调零,此时万用表测得的交流电压值是有效值。测直流时应注意表笔和被测电压的极性。

(7) 低压挡的起始段刻度不能读数。

(8) 测量过程中不能转换挡次。

(9) 测量有大电感的电路时,为了防止电感上可能出现的巨大的感应电动势损坏万用表,在测量完成后,应先将表笔从被测电路中移开,然后再断开电源。

## § 2.6 万用表电阻挡的使用

### 一、测量电阻的操作方法

测量电阻时可按下述步骤进行。

(1) 选择转换开关挡位。对于只设有一个转换开关的万用表,应将其拨至“ $\Omega$ ”挡位上,在该挡位上通常有 5 个量程,分别为  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 。对于设置有两只转换开关的万用表,应将功能开关拨至“ $\Omega$ ”位置,再将量程开关拨至适当的量程。

(2) 调零。将万用表的两个表笔短接后,调节面板上的电阻调零旋钮,使指针指在  $0\Omega$  位置上。调零是测量电阻之前必不可少的步骤,而且每换一个量程都需要重新调整一次。

(3) 测量。右手握两表笔,将表笔跨接在被测点上,见图 2-16。

(4) 读数。将指针在  $\Omega$  刻度线上的读数与所用挡位的倍率相乘,即可得到实际的电阻值。例如,指针停在 20,量程选定的是  $R \times 10$  挡,被测电阻值即为  $200\Omega$ 。电阻挡的刻度数是从右到左由小值到大值的方向排列,而其他挡(电感挡除外)则是从左到右由小值到大值排列。并且,电阻挡的刻度是不均匀的。这在读数时应特别注意。如图 2-17 所示值不是  $15\Omega$  或  $7.5\Omega$ ,而是  $7.2\Omega$ 。

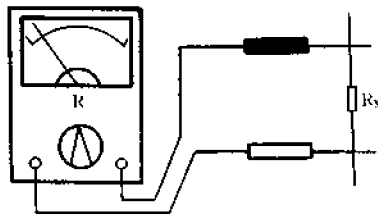


图 2-16 测量电阻

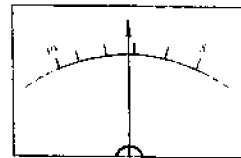


图 2-17 注意欧姆刻度的特点

## 二、使用电阻挡注意事项

使用电阻挡要重点注意以下几点。

(1) 电阻挡是需要使用表内电池的挡位,黑表笔连接电池的正极,红表笔连接电池的负极, $h_{FE}$ 挡、 $D\Omega$ 挡也是如此(但电压、电流挡均不使用表内电池),因此,要求电阻挡的被测对象不能带电,否则,不仅会使测量结果不准确,而且很可能损坏万用表。这一点在测量高压电容或低压大容量电解电容时,常常容易被忽略。正确的做法是,测量前要先对欲测的高压电容或低压大容量电容进行多次足够长时间的放电。高压电容或低压大容量电容放电时均有明显的火花,有的带电高压大容量电容或低压大容量电容,用  $R \times 10$  挡或  $R \times 1$  挡测量时,其放电瞬间电流可超过安培级(因这些挡位内阻较小),这时会对万用表产生极大的危害甚至烧表。常见的电视机电源低压大容量滤波电容、电子照相机闪光灯高压电容、显像管高压嘴与石墨层间存在的电容、日光灯功率因数补偿电容、彩色电视机多处高压大容量电容、电冰箱、洗衣机、电风扇等家电的电机启动电容等等,都应将其放电后再测。为保险起见,可用直流电压挡测电容两端电压后,证实确已放电完毕再用电阻挡测量。

(2) 在不使用电阻挡时,应将其拨至非电阻挡的临近挡位,以避免因表笔相碰或金属工具使表笔短路而造成的无谓耗电。

(3) 电池变旧会略微改变中心阻值,对测量带来新的误差,电池过旧时才产生很大误差(不能调零是其标志),这时必须更换电池。

(4) 测量元件时,元件要发出焦耳热。如光敏电阻、热敏电阻等,在测量时,其阻值会随通电时间的延长而有不同程度的改变,这会影响测量的准确性。例如,测量热敏电阻,一旦超过



其“测量功率”，便会有较大的温升而改变其阻值。

(5) 注意被测量器件的极限值，防止测量时将其损坏。例如，一般不允许用电阻挡测量高灵敏度表头的内阻，以免烧坏动圈或打弯指针。输出电流最小的  $R \times 1k$  挡也能输出  $0.1mA$  级的最大电流，在测  $50\mu A$  表头时，会使其严重打靶。其他挡位输出的电流更大。

(6) 在被测对象不带电的前提下，电阻挡可在测量过程中换挡。

(7) 换挡必须调零。 $R \times 1$  挡、 $R \times 10$  挡调零时电流较大，调零应尽量缩短时间。

(8) 测量非线性元件时，所得阻值会因所用表型不同(或同一表型的不同挡位)而出现很大差异，有的还会因此而使被测元件呈现导通或截止两种截然不同的状态，此时所得阻值将出现突变现象。例如，用内装  $22.5V$  电池的万用表  $R \times 10k$  挡测稳压值为  $16V$  的稳压管反向电阻，其值较小(因能使被测管反向导通)，而用内装  $15V$  电池的万用表  $R \times 10k$  挡测量  $16V$  的稳压管时，则其反向电阻极大。再如，用  $R \times 1k$  挡测高频三极管发射结反向电阻时，其值为  $\infty$ ，但用同一只万用表的  $R \times 10k$  挡测量时，则仅为几十千欧，这是因为其  $BV_{cbo}$  小的缘故。

## § 2.7 万用表 $D\Omega$ 挡的使用

为了满足测量很小电阻阻值(零点几欧，例如彩色电视机开关变压器绕组的直流铜阻)的需要，有些万用表设置了“ $D\Omega$ ”挡，即小阻值电阻挡。例如  $500-2$  型万用表便具有“ $D\Omega$ ”挡，设置了  $0.05\Omega$  刻度，可估算出  $0.01\Omega$  的阻值，大大方便了使用。

### 一、 $D\Omega$ 挡的工作原理

$D\Omega$  挡工作原理如图 2-18 所示。在两表笔处于开路(不接触)状态下，闭合  $S$  时， $E$  向  $G$  提供电流，调节  $RP$  可使  $G$  指针偏至最右刻度处，正好满偏。此时表笔未接通，等于测量  $\infty$  的电阻，因而在表盘最右端应刻上“ $\infty$ ”。再将两表笔短接( $S$  保持闭合状态)，这时虚线框内电路被表笔短路，无电流流过  $G$ 。这就等于是在测量  $0\Omega$  的电阻，所以应在表盘左端刻上“ $0\Omega$ ”。实际上，因为表笔等仍有不为零的阻值，虚线框内电路并不能完全被短路，所以  $0\Omega$  刻度并不在刻度线的最左端，只能是接近最左端。当被测电阻与表的内阻相等时，即刻上中心阻值，以此为基准，即可向两边刻度。电阻越大，虚线框内电路被短路得越少，流过  $G$  的电流越大，指针向右偏转的幅度越大，反之，指针则向左偏。显然，刻度由小到大的方向正好和一般电阻挡的规律相反，所以  $D\Omega$  挡也称为“倒欧姆”挡。

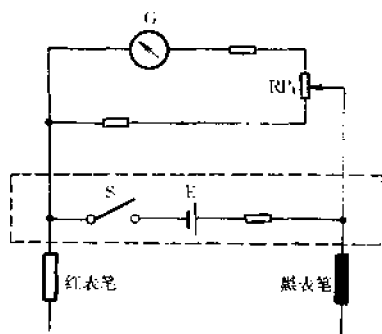


图 2-18  $D\Omega$  挡工作原理

### 二、 $D\Omega$ 挡的操作

使用  $D\Omega$  挡测量小值电阻时，将转换开关拨至“ $D\Omega$ ”位置(如有两个转换开关，还应将另一个开关拨至  $\Omega$  挡)，先调节与一般电阻挡共用的调零旋钮，使指针对准  $\infty$ ；再将两表笔短接，看指针是否指在  $0\Omega$ 。如在  $0\Omega$  处，说明正常，可开始用表笔测量被测电阻；如指针不指在  $0\Omega$ ，则

说明接触不好或表有故障,应排除后再进行测量。

值得注意的是,一旦将转换开关置于  $D\Omega$  挡,不管是否在测量电阻,都要消耗表内电池的电能,而且,在不测量电阻(两表笔处于开路状态)或测量较大电阻时所消耗的电能要比测量较小电阻时所消耗的电能更多,这是  $D\Omega$  挡与一般电阻挡又一不同之处。因此,在使用  $D\Omega$  挡时,测量时间不宜太长,用完后应尽快将转换开关拨离此挡。

## § 2.8 万用表 $h_{FE}$ 挡的使用

目前不少型号的万用表具有测量三极管  $h_{FE}$  的刻度线及其测试插座,可以很方便地测量三极管的放大倍数。使用  $h_{FE}$  挡必须调“零”,这是由于电池电压在不断地变化的缘故。常见调“零”有两种,一种是旋到某一电阻挡调零后,再将表笔分开,最后旋到  $h_{FE}$  挡使用。另一种是设有专门的校准挡,校准后再旋到  $h_{FE}$  挡使用。前一种如 MF28-A 型表,就是旋到  $R \times 10$  挡调“零”(即对准最大  $h_{FE}$  刻度)。后一种如 MF47 上设有“ADJ”(英文“校准”的缩写)挡,专门用于校准,使用之前旋至该挡将表笔短路,再调电阻调零旋钮,使指针对准  $h_{FE}$  最大刻度后,然后断开表笔,旋至  $h_{FE}$  挡进行测量。总之,调零应按说明书规定进行。下面以 MF79 型万用表为例,说明具体测量操作方法。

如图 2-19 所示。先将万用表功能开关拨至  $\Omega$  挡,量程开关拨到 ADJ 位置,把红、黑表笔短接,调整电阻调零旋钮,使万用表指针指示为零(指欧姆刻度),然后使两短接的表笔分开,将量程开关拨到  $h_{FE}$  位置,把被测三极管插入测试插座,在  $h_{FE}$  刻度线上读出管子的放大倍数。

注意,万用表上的三极管插座一般有两个,一个标有 NPN 字样,供测量 NPN 型管使用,另一个标有 PNP 字样,供测量 PNP 型管使用,相应的插座旁边还标有 e、b、c 字样。测试时要根据被测管的管型正确使用插座,并注意勿把电极插错。此外,使用  $h_{FE}$  挡还应注意以下事项。

(1) 读数应注意刻度的非线性。有的万用表(如 MF66)对硅、锗管分别刻度,读数时应注意区分。

(2) 超过  $h_{FE}$  挡最大刻度值(多为 200~300)的管子(如 3DM 类,3DX02 和 9014 等),是无法测量的。测出的值与实际应用时大不一样,各表测出的  $h_{FE}$  值也不尽相同。这都是由于  $h_{FE}$  值与管子工作在特性曲线的哪一部分有关,当然也与表的精度有关。

(3) 一般万用表的  $h_{FE}$  挡是按锗 PNP 和硅 NPN 管设计的,若测 PNP 硅管时应将示值增加 40%~50%(如 MF28-A 增加 47%),测 NPN 锗管应将示值减少约 40%~50%。

(4) 使用  $h_{FE}$  挡时勿将两表笔短路,否则会严重“打表”,容易损坏万用表。所以调“零”后一定要分开表笔再旋至  $h_{FE}$  挡。为了防止表笔偶然短路“打表”,建议取下表笔后再测量  $h_{FE}$  值。

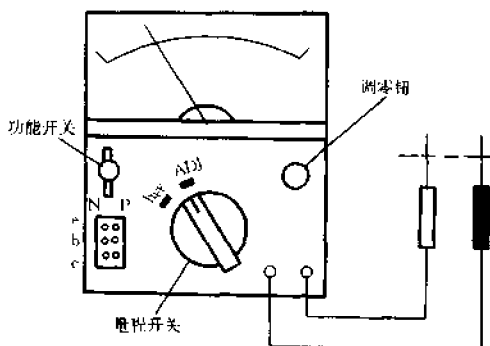


图 2-19 用 MF79 型万用表测量  $h_{FE}$

## § 2.9 万用表 dB 挡的使用

在万用表的表盘上,除了可以看到电压、电流及直流电阻等刻度线外,还可看到一条 dB 刻度线和一个 dB 表格(如表 2-2 所示)。例如 500 型万用表的表盘,其第四条刻度即为 dB 刻度线,测量范围为  $-10 \sim +22\text{dB}$ 。dB 即分贝,它是法定计量单位,国家选定的非国际单位制的级差单位。下面介绍该挡的定义及使用方法。

表 2-2 万用表上的 dB 表格

| V   | dB  | V   | dB  |
|-----|-----|-----|-----|
| 2.5 | -12 | 250 | +28 |
| 50  | +14 | 500 | +34 |
| 100 | +20 |     |     |

### 一、相对电平和绝对电平 (dB)

设某电子设备的输入功率为  $P_1$ , 输出功率为  $P_2$ , 则这个设备的功率传递系数为  $K_p = P_2/P_1$ , 再对  $K_p$  取常用对数, 即  $\lg K_p = \lg P_2/P_1$ , 设其值等于  $D_p'$ , 则  $D_p' = \lg P_2/P_1$ , 其单位称为“贝尔”(B, 简称 B)。因为“贝尔”这个单位太大, 所以取其十分之一作为计算单位, 叫做“分贝”, 用符号 dB 表示。因此,  $D_p = 10 \lg P_2/P_1$  (dB)。这种表示功率传递系数的方法, 称为相对电平表示法。

在某些电子设备中或在通信线路上, 常用绝对电平表示信号的大小。绝对电平是指以  $600\Omega$  阻抗上产生  $1\text{mW}$  的功率作为基准功率  $P_i$ , 各测量点功率  $P_0$  与该基准功率作比较所得出的分贝数。用公式表示

$$D_p = 10 \lg P_0(\text{mW})/P_i(\text{mW})(\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

当  $P_0 > 1\text{mW}$  为正电平,  $P_0 = 1\text{mW}$  为零电平,  $P_0 < 1\text{mW}$  为负电平。

因为  $P = UI = U^2/R = I^2 R$ , 所以

$$D_p = 10 \lg P_0/P_i = 10 \lg [(U_0^2/R_0)/(U_i^2/R_i)] = 10 \lg (I_0^2 R_0)/(I_i^2 R_i) \quad \dots\dots (2-2)$$

当  $R_0 = R_i = 600\Omega$  时, (2-2) 式简化为

$$D_p = 10 \lg P_0/P_i = 10 \lg I_0^2/I_i^2 = 10 \lg U_0/U_i = 20 \lg U_0/U_i \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

由于基准电压

$U_i = \sqrt{I \times 0.001 \times 600} = 0.775(\text{V})$ , 是已知的, 代入公式 (2-3) 后, 得出  $D_p = 20 \lg V_0/0.775$ 。据此即可用测量电压的方法来测量功率电平。

规定  $600\Omega$  的原因是, 我国通信线路采用的是特性阻抗为  $600\Omega$  的架空明线, 通信终端设备及测量仪表的输入、输出阻抗也按  $600\Omega$  设计。

## 二、万用表上的 dB 刻度线

在万用表中,测量 dB 与测量交流电压是共用一个电路的,只是依据  $D_p = 20\lg V_0/0.775$  的关系换算,画出 dB 刻度线,就变成了功率的电平(dB)电量。这时,某一电压  $V$  就可由  $D_v = 20\lg V/0.775$  (dB) 进行计算(式中  $D_v$  为  $V$  的绝对电平,单位为 dB)。例如,7.75V 的电压,其绝对电平  $D_v = 20\lg \frac{7.75}{0.775} = 20\text{dB}$ 。于是,在万用表刻度盘上对应 10V 挡刻度 7.75V 处刻上“20dB”即可,其余类推,万用表上不均匀的 dB 刻度就是这么刻出来的(若小于 0.775V, dB 值为负)。实际刻度时,由于电表表面积所限,只是在 10V 挡的电压范围画出了 -10 ~ 22dB 的刻度线,并注上  $0\text{dB} = 1\text{mW}/600\Omega$  的字样。

如果电平大于刻度线,就应把量程放在交流电压的其他挡位,对应的 dB 数就应把刻度线读数加上扩大量程的 dB 数,如表 2-2 所示。

既然万用表的 dB 数是对应 AC10V 挡刻出来的(刻度为 -10 ~ 22dB),那么,能不能测量高出 22dB(AC10V)的电平呢? 回答是肯定的。例如,用 AC50V 挡测得 38.75V 的电压,不难算出,它的电平是  $20\lg \frac{38.75}{0.775} = 20\lg \frac{7.75 \times 5}{0.775} = 20(\lg \frac{7.75}{0.775} + \lg 5) = 20 + 14$  (dB)。由此可见,用 AC50V 挡测 38.75V 电压与用 AC10V 挡测 7.75V 电压时指针摆动的位置是一样的,也就是指在 AC10V 挡测电平时的 20dB 处。实际上,由对数的性质可知,AC50V 挡测得的任一电压,只要指针位置和 AC10V 挡相同,那么它们的电平值都对应相差 14dB,因为  $20\lg \frac{50}{10} = 14$ 。利用这一关系在 AC10V 挡测量时的 dB 刻度都加上“14”,就得到用 AC50V 挡测得的电平了。

对于任意电压挡(设满度为  $U$ ),测量交流电压应加上分贝数的公式为  $20\lg \frac{U}{0.775}$ 。例如,用 AC500V 挡测量时,应加上  $20\lg \frac{500}{10} = 34$  (dB)。

由上述原理不难看出,使用没有分贝刻度的万用表,只需测得交流电压  $U$ ,即可用  $20\lg \frac{U(V)}{0.775}$  来计算电压电平的分贝数。

有的万用表以 500Ω 负载、输出 6mW 作为 0dB 电平标准,这时可算得零电平电压为 1.732V。为了与 6mW 作 0dB 电平标准相区别,常将 1mW 作 0dB 标准时的分贝值记作“dBm”,称“分贝毫”。这里分贝毫中的“毫”(即 dBm 中的“m”)指 1mW。此外,高频电路中 50Ω 负载上 1mW 的功率分贝数也记作 dBm(1mW 电平为 0dBm)。

由于万用表工作频率范围为 45 ~ 1000Hz(正弦波),所以万用表的分贝刻度又称音频电平刻度。

## 三、dB 挡的使用

### 1. 测量电压电平

当被测点低于 10V 的电压电平(绝对值)时,应将万用表置于 AC10V 挡,将表笔接入被测点,这时即可在 dB 刻度上读出该电压对应的绝对电平的 dB 数。当被测点电压高于 10V 时,可根据其值大小,将万用表转换开关置于交流电压适当量程进行,观察指针在 dB 刻度上的读数,再加上表盘右下角附表上的对应 dB 数,即可求出分贝数。例如,测某点功率电平时选用了

AC50V挡,这时指针指在dB刻度的“10”处,而附表上AC50V挡的对应dB数为+14,则该点的电平为 $D_p = 10 + 14(\text{dB})$ 。

测量电压电平时,应注意以下几点。

(1) 有的万用表设有专门的分贝插孔,这时应将红表笔插入此孔中测量。

(2) 如被测处除交流外,还有直流,这时应串联大于 $0.1\mu\text{F}$ 的电容以隔断直流(多数表交流电压挡无此电容),所串电容耐压依被测交流电压大小而定。但有专用dB挡的表一般已串有约 $0.22\mu\text{F}$ 的电容,测量时可不必再串电容。

(3) 万用表工作频率为 $45 \sim 1000\text{Hz}$ ,所以只有测此范围内的正弦波电平才准。

(4) 当负载阻抗 $Z$ 不是 $600\Omega$ 时,要加上 $10\lg \frac{600}{|Z|}$ (可为负值)才是正确的功率dB值。这一点在测量时往往容易被忽略而产生错误。

## 2. 利用dB挡检测判断电视机故障

在检修电视机时,用万用表的dB挡,可定性判断电路的某点有无脉冲信号的存在。这就是常说的“隔直取交”dB测量法。由于dB法能隔开测试点直流电压的干扰,取出交流信号,所以在电视机的行场振荡、推动、输出级、偏转系统、同步分离级、视放输出级、伴音功放级都可应用。使用dB法时,维修者并不去刻意追求万用表的dB刻度对阻抗、工作频率和波形等的严格要求,而仅把dB测量作为检查电视机电路故障的一种手段。当然,若事先知道测试点的正常脉冲电压dB值,将实测值与正常dB值进行比较,即可确定该点是否确有故障。但电视机图纸上并不标注dB值,不同的万用表所测得的值又不尽相同,因此要靠长期积累经验,并进行综合分析,才能得出正确结论。

应用dB法检测判断电视机故障时,应注意以下几点。

(1) 有的测试点脉冲信号较小,用dB挡测量时指针可能不偏转,很容易造成误判。

(2) 用交流电压挡代替专用dB挡,也可进行类似的检测,但也应串上电容,以免直流电压窜入万用表造成误判。

(3) 应使用串有无极性电容的dB挡测量,否则直流电压也会使指针偏转而造成误判。所串电容耐压应大于被测点脉冲峰值。特别是测量彩色电视机行输出管集电极脉冲(峰峰值电压近千伏)电压时,所串电容耐压应大于 $1\text{kV}$ 。

## § 2.10 万用表LI和LV刻度线的使用

上海第四电表厂生产的MF368型、上海求精仪表厂生产的MF50型、杭州电表厂生产的U-20型等万用表的表盘上均设有LI、LV刻度。下面介绍这两条刻度线的一般应用。

### 1. 读取流过被测元件的电流和加在被测元件上的电压

LI、LV刻度线是万用表电阻挡的辅助刻度线,它们分别表示在用电阻挡测量元件的电阻时,流过被测元件的电流和加在被测元件两端的电压,简称负载电流LI和负载电压LV。

LI刻度线的起始值在电阻挡各量程挡都是零,而满度值为电阻挡各挡所使用的工作电压除以各挡的中心电阻值。例如MF50型万用表的电阻挡中心为10,则在 $R \times 1$ 挡时,LI的满度电流为 $150\text{mA}$ ;  $R \times 10$ 挡时为 $15\text{mA}$ ;  $R \times 100$ 挡时为 $1.5\text{mA}$ ;  $R \times 1\text{k}$ 挡时为 $150\mu\text{A}$ ;  $R \times 10\text{k}$ 挡时

也为  $150\mu\text{A}$ 。可见 LI 刻度的满度值是随电阻挡各量程的变换而有所不同的。

LV 刻度线满度值在电阻挡各量程均为零,而起始值等于该电阻挡所用的工作电压值。例如 MF50 型万用表在  $R \times 1 \sim R \times 1\text{k}$  挡为  $1.5\text{V}$ ,  $R \times 10\text{k}$  挡为  $15\text{V}$ ;而 MF368 型万用表在  $R \times 1 \sim R \times 1\text{k}$  挡为  $3\text{V}$ ,而在  $R \times 10\text{k}$  挡为  $12\text{V}$ 。

使用万用表电阻挡测量元件时,按照上述量程的规律在 LI 及 LV 刻度线即可读取相应值。

### 2. 测量二极管的正、反向特性

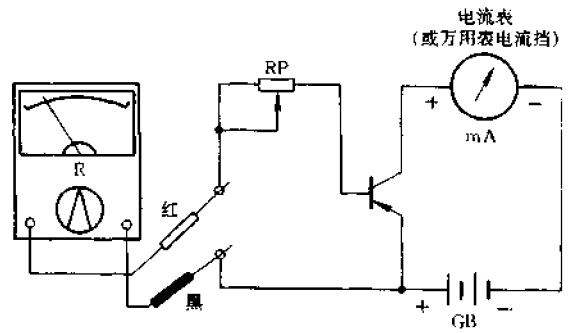
测量二极管正向特性时,将万用表置于  $R \times 1\text{k}$  或  $R \times 100$  挡,黑表笔接二极管的正极,红表笔接二极管的负极。例如,用  $R \times 100$  挡测量某二极管正向特性,电阻读数为  $1000\Omega$ ,则对应读得  $LI = 0.75\text{mA}$ ,  $LV = 0.75\text{V}$ 。表明流过二极管的电流为  $0.75\text{mA}$ ,其两端的电压为  $0.75\text{V}$ 。该管的正向电阻是  $1000\Omega$ 。测量二极管反向特性时,将两支表笔对调即可。

### 3. 测量稳压二极管的稳压值

将万用表置于  $R \times 10\text{k}$  挡,红表笔接被测稳压二极管正极,黑表笔接负极,在 LV 刻度线上即可读出稳压值。因为在  $R \times 10\text{k}$  挡时,表内电池电压为  $15\text{V}$ ,所以若指针指在 LV 刻度的  $0.9\text{V}$  处,则说明被测稳压二极管的稳压值为  $9\text{V}$ 。

### 4. 测量三极管的穿透电流 $I_{\text{CEO}}$

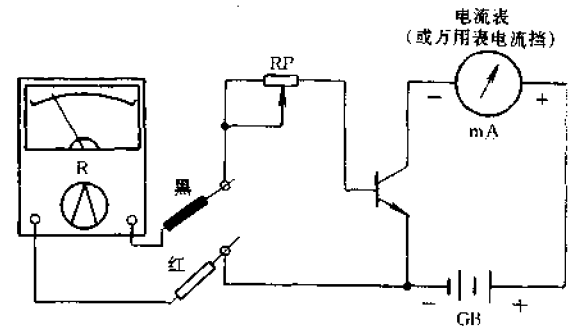
现以测量 PNP 型三极管为例加以说明。将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1\text{k}$  挡,红表笔接三极管集电极,黑表笔接发射极,此时万用表指针在 LI 刻度线上的读数即为该管的穿透电流  $I_{\text{CEO}}$ ;LV 刻度线上的数值即为加在该管 c-e 极间的电压。测量大功率管时,可用  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡。若测量 NPN 型三极管,则应将两支表笔对调。通常, NPN 型管的穿透电流很小,用万用表是很难测出来的。



(a) 测量 PNP 型管

### 5. 测量三极管的 $h_{\text{FE}}$

虽然设有 LI、LV 刻度线的万用表一般都附有测试三极管  $h_{\text{FE}}$  的装置,但其工作电压大多为  $1.5\text{V}$ (也有用  $3\text{V}$  的),因而无法直接测量三极管工作在较高电压条件下的  $h_{\text{FE}}$ 。这时,可按图 2-20 的电路连接,测量三极管在实际工作电压下的  $h_{\text{FE}}$ 。三极管发射极与集电极间所接电源电压 E 应等于它的实际工作电压。测量时,调节电位器 RP,使  $I_b$  为适当数值( $I_b$  可从万用表 LI 刻度线上读得),电流表的读数为  $I_c$ 。由  $h_{\text{FE}} = I_c / I_b$ ,可推算出被测三极管的  $h_{\text{FE}}$ 。



(b) 测量 NPN 型管

图 2-20 测量三极管  $h_{\text{FE}}$  的接线

### 6. 粗测表头灵敏度

表头灵敏度是指表头的满度电流。测量电路如图 2-21 所示。测量时,调节电位器 RP,

使被测万用表的指针满度,此时在万用表的 LI 刻度线上读出的数值即为表头的满度电流值。测量操作时,应同时改变万用表电阻挡,使指针接近满度,这样测量的误差较小。

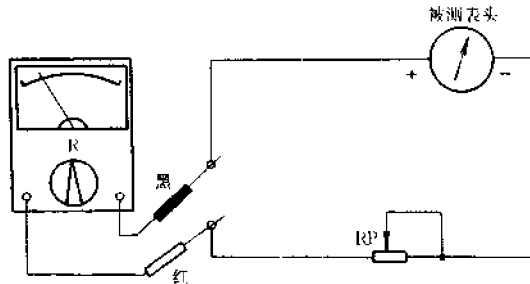


图 2-21 测量表头灵敏度的接线

## § 2.11 万用表 L 挡与 C 挡的使用

### 一、用 L 挡测量电感

对于设有 L 挡的万用表,可用来测量电感。测量电感时,只须将转换开关拨到“L 挡”(如 MF28 - A 型是与 10V 交流挡共用)。再将表笔与被测电感串联接在指定电源(10V/50Hz)上即可读数。注意,L 挡刻度大小的起始端和不均匀性与电阻挡类似。

一般万用表的 L 挡不能测量小值电感,例如 MF28 - A 型万用表,当用其测量 20H 以下的电感时,读数已很不准确。为解决这一问题,可设法缩小量程。具体方法如图 2 - 22 所示,在被测电感两端并联一只电阻 R, MF28 - A 可并 200Ω/0.5W 的电阻,与原内阻并联后阻值约为 198Ω。这时,指针偏转的百分比  $\eta$  与所测 L 的关系为  $\eta = \frac{1}{\sqrt{1 + (1/314L \times 198)^2}}$ , 式中, 314L 为该电感的感抗,即  $\eta = \frac{1}{\sqrt{1 + 2.5L^2}}$ 。如 L = 20H 时,  $\eta = 3.2\%$ , L = 0.2H 时,  $\eta = 95.3\%$  (参见图 2 - 23 所示)。这时,此万用表可测量 0.2 ~ 20H 的电感。加上原 L 挡的量程,则可测量 0.2H ~ 1kH 的电感。注意,在使用操作时,所并上的电阻 R 不能开路,否则将使测量不准确。

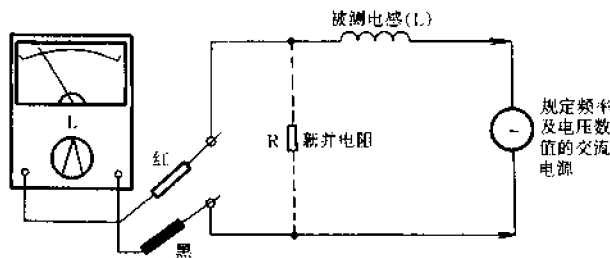


图 2-22 缩小 L 挡量程的接线方法

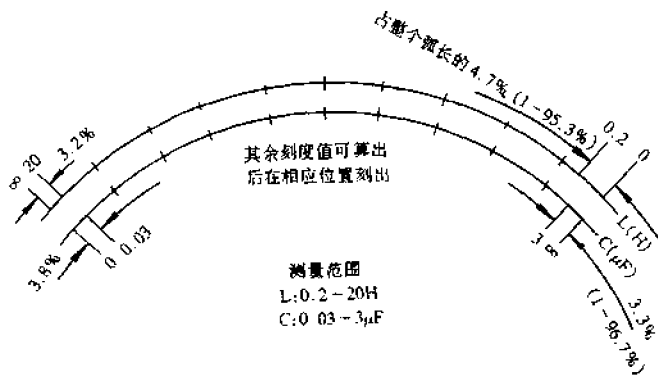


图 2-23 改制后的 L、C 挡刻度

## 二、用 C 挡测量电容

用“C 挡”测电容与用“L 挡”测电感很相似。电容的测量电路和电容挡刻度如图 2-24 所示。被测电容  $C_x$  与万用表串联后接在规定频率(一般为 50Hz)、电压(一般为 220V)的交流电源上,即可在万用表的电容刻度线上读出被测电容的容量。测量时应注意,被测电容的耐压应不小于电源电压。C 挡一般不能测量电解电容。

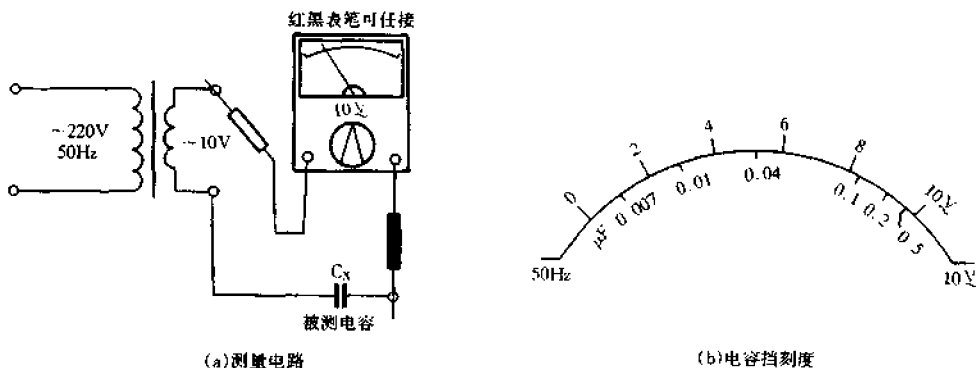


图 2-24 电容测量电路及其刻度

有些万用表测量电容量的范围是比较小的,例如 MF28-A 型表用 AC250V 挡接 220V/50Hz 电源,可测范围约 20pF~0.03μF,这在实际使用中有时不能满足要求,所以应将量程适当扩大。

扩大量程的一种方法是参照万用表的使用说明书,改用其他挡测量。如 MF28-A 型表用 AC10V 挡(接 10V/50Hz 交流电源),可测量约 0.01~0.5μF 的电容。

扩大量程的第二种方法是用并联电阻 R 的方法(见图 2-22)。如用 MF28-A 型表的 AC10V 挡(内阻 20kΩ)并联 5kΩ 电阻时(并后电阻值为 4kΩ),指针偏转的百分比  $\eta$  与被测电容 C 的关系是

$$C = \frac{1}{\sqrt{1 + (1/314C \times 4k\Omega)^2}}$$

式中,  $1/314C$  是 C 的容抗。若以  $\mu\text{F}$  为单位,则  $\eta =$

$$\frac{1}{\sqrt{1 + (0.633/C^2)}}$$

可按此进行刻度。如  $C_1 = 0.03\mu\text{F}$ ,  $\eta = 3.8\%$ ;  $C_2 = 3\mu\text{F}$ ,  $\eta = 96.7\%$ ,即可测容量为 0.03~3μF 的电容。加上原 DC250V 挡所能测量的电容量,则可测量 20pF~3μF 间的电容值。



## § 2.12 万用表的选购

市场上销售的万用表品种、型号繁多,在购买时往往使人眼花缭乱,不知买哪种好。下面介绍选购万用表的具体方法,读者可根据自己的条件及需要,选购功能齐全,价格适中,用起来又得心应手的万用表。

### 一、所选万用表的主要性能及量程要求

灵敏度是万用表的一个重要参数。通常又以直流电压灵敏度最为重要。灵敏度高的万用表,测量的准确性也高,但价格较贵,体积也大。万用表的灵敏度一般都标在表盘上。对以家电维修为主的电子爱好者来说,选购直流电压灵敏度为  $20\text{k}\Omega/\text{V}$  (也常写作  $20000\Omega/\text{V}$ ) 的较为合适,这种档次的万用表价格大都在一百元以下,品种也多,挑选的余地比较大。灵敏度低于  $20\text{k}\Omega/\text{V}$  的万用表就难以满足电子爱好者的测量需要了。

电阻挡是无线电爱好者使用最频繁的挡位,在选购时应特别注意其量程的设置。所选万用表一般都应当设有  $R\times 1$ 、 $R\times 10$ 、 $R\times 100$ 、 $R\times 1\text{k}$ 、 $R\times 10\text{k}$  五个电阻挡。其中,  $R\times 10\text{k}$  挡要单独安装 15V 叠层电池。实践证明,  $R\times 10\text{k}$  挡的用处是很多的,例如,测量器件的绝缘情况,估测稳压管的稳压值,直接测量  $0.01\sim 1\mu\text{F}$  的电容等,都要使用该挡。

直流电压挡和直流电流挡也是经常使用的,选购时应看看这两挡量程的设置是否齐全、合理,并且要符合自己的使用习惯。直流电压应有  $2.5\sim 500\text{V}$  挡,而直流电流应有  $1\text{mA}\sim 2.5\text{A}$  挡。

对于交流电压挡,首先应考虑测量市电电压要方便、准确,故最好有  $250\text{V}$  挡。

至于其他挡,各种万用表的设置虽然不尽相同,但一般都能满足需要。

### 二、挑选万用表的步骤

厂家生产的万用表,已做了严格检验测试,各项性能通常是满足相应的技术指标要求的。但在选购时,还应做一些必要的检查。

(1) 外观检查:万用表的表壳应光亮无裂缝、划痕,后盖应无松动现象。表盘刻度应清晰、无污点。将表拿在手上轻轻摇动,表内不应有零件松动的响声(叠层电池除外)。

(2) 检查调零旋钮及转换开关:用手旋动电阻调零旋钮,应感觉轻松但无飘浮感,无杂音。机械调零旋钮灵活而不晃动,且调零自如。转换开关应转动灵活,定位准确,不能出现定在两个量程之间的情况,无论是顺时针还是逆时针转动,手感都应一样(顺时针和逆时针转动时至少要各转动一周)。

(3) 平衡检查:万用表一般设计为水平放置,当放置不平时,指针一般会偏离零位,这是因为表头很难设计在各个方向都完全平衡。当放置最不平(如竖直或侧立放置)时,指针的偏转越小越好。机械调零后将表旋转  $360^\circ$ ,指针应始终在零位附近均匀来回小幅摆动。将万用表在垂直、水平、左侧、右侧四个位置各倾斜  $10^\circ$  应看不出指针有偏移现象。将表任意放置时,指针偏移不应超过 1 小格,否则说明表头的平衡未调好。

(4) 指针及阻尼检查:将万用表拿平后,在水平方向转动时,指针不应有卡滞现象。当向

左(或右)转动猛地停住时,指针应向左(或右)偏转然后回到零位,若指针向左(或右)偏转后回不到零位,则表明此表指针转轴摩擦太大。将万用表在竖直方向转动时,指针不应有严重的“点头”现象。水平晃动时,指针不应有太大的晃动。否则说明阻尼不好。

#### (5) 电阻挡的检查

将红、黑两表笔短接,调节“电阻调零”钮,各电阻挡均应能调到  $0\Omega$ ,且指针能稳定不动。使用新电池时,指针右摆应能超过  $0\Omega$  位置。要特别注意  $R \times 1$  和  $R \times 10$  挡的调零情况。检查时,可试用手轻敲表壳,指针不应有明显位移。若指针在某刻度附近来回摆动后才停下来,表明其阻尼性能不佳。

#### (6) 电压挡检查

对 DC10V 挡,可试测 1.5V 干电池,观察指针指示的读数。对 AC10V 挡,也可试测 1.5V 干电池,可在交流挡读数,其值约为 3V。对 DC25 ~ 100V 挡,可用随表配带的 15V(或 9V)叠层电池进行检查。对 DC250 ~ 500V 挡,也可测量 15V 叠层电池,只要指针微微偏转,就说明该挡基本正常。检查 AC25 ~ 100V 挡时,也要测量一下 15V 叠层电池,此时的指示值应为 30V 左右。对 AC250 ~ 500V 挡,可试测 220V 交流市电进行鉴定。

(7) 对直流电流挡,可用电池串上适当电阻进行检查。

### 三、常见万用表性能简介

下面介绍几种常见的有代表性的便携式和袖珍式万用表的性能、特点及参考价格。读者可根据自己的实际情况选购。经验证明,几个不同厂家生产的同一型号万用表,其质量是大不一样的。所以,在选定了具体型号以后,还应该挑选名牌厂家的产品。

#### 1. 500 型万用表

这是一种传统的万用表,其生产历史较长,性能稳定,应用非常广泛。许多维修资料中所标注的电阻、电压参考值都标明是用 500 型万用表测得的。该表的直流电压灵敏度为  $20000\Omega/V$ 。量程齐全,电阻挡设有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$  五个量程。直流电压挡设有 2.5V、10V、50V、250V、500V 五个量程;交流电压挡设有 10V、50V、250V、500V 四个量程;直流电流挡设有  $50\mu A$  及 1mA、10mA、100mA、500mA 五个量程。另外还设有直流 5A 插孔和交直流 2500V 插孔。该表表盘大,刻度简洁清晰,坚固耐用。

该万用表的缺点,一是采用两只旋钮交替选择量程和挡位,操作不便且容易搞错。二是电压、电流刻度在有些挡需要折算,读数不够直观。三是没有设置交流电流挡和测量晶体管放大倍数的挡位。另外,该表外形也不够美观且略嫌笨重,比较适合于在固定场合使用。

该表价格约一百余元。

#### 2. MF47 型万用表

该型万用表直流电压灵敏度为  $20k\Omega/V$ 。电阻挡设有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$  五个量程。直流电压挡设有 0.25V、1V、2.5V、10V、50V、250V、500V、1000V 八个量程。交流电压挡设有 10V、50V、250V、500V、1000V 五个量程;直流电流挡设有 0.05mA、0.5mA、5mA、50mA、500mA 五个量程。另外,该万用表还设有直流 5A 和交、直流 2500V 插孔,并且设有测量晶体管  $h_{FE}$  的插座。

该表表盘较大,并设有消除视差的反光镜,读数直观清晰。只用一只旋钮选择各量程,标度盘与量程选择开关指示盘对应按交流红色、晶体管绿色、其余黑色印制成红、绿、黑三色,使

量程转换和测量读数鲜明、便捷,利于操作而不易搞错。该万用表的造型也比较美观,表壳呈扁平状,可作为一般中型表使用。其缺点是没有设置交流电流挡。

该表售价约一百余元。南京电表厂生产的 MF47 型万用表质量较优。

### 3. MF64 型万用表

该型万用表直流电压灵敏度为  $20000\Omega/V$ 。采用一只小旋钮选择电阻、交流、直流等挡位,另一只主旋钮则选择量程。这样就使得交、直流电压及交、直流电流等相应量程的挡位共用,在旋钮有限的挡位上,使量程增加了近一倍。电阻挡设有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$  五个量程。直流电压挡设有 0.5V、1.5V、2V、10V、50V、100V、200V、500V、1000V 九个量程;交流电压挡设有 10V、50V、250V、500V、1000V 五个量程;直流电流挡设有  $50\mu A$ 、0.25mA、2.5mA、12.5mA、25mA、125mA、0.5A 七个量程,并设有 2.5A 插孔。交流电流挡设有 0.5mA、5mA、25mA、50mA、250mA 及 1A 六个量程。此外,该型表还具有测量晶体管放大倍数的功能。

该表的美中不足是表盘设计不够明快大方,刻度不够精细。

### 4. MF30 型万用表

该型万用表是袖珍型表,直流电压灵敏度为  $20k\Omega/V$ 。其主要特点是体积小,功能齐全。电阻挡设有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$  五个量程。直流电压挡设有 1V、5V、25V、100V、500V 五个量程;交流电压挡设有 10V、100V、500V 三个量程;直流电流挡设有  $50\mu A$ 、 $500\mu A$  及 5mA、50mA、500mA 五个量程。表盘上还装有消除视差用的反光镜。该表携带、使用都很方便,最适合初学者使用。缺点是挡位较少。

这种万用表以上海厂家生产的质量较好。售价约 60 元左右。

### 5. MF50 型万用表

该型万用表直流电压灵敏度为  $10000\Omega/V$ 。设有测量晶体管放大倍数用的插座。电阻挡设有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$  五个量程。直流电压挡设有 2.5V、10V、50V、250V、1000V 五个量程;交流电压挡设有 10V、50V、250V、1000V 四个量程;直流电流挡设有 2.5mA、25mA、250mA 三个量程。另外,还没有直流  $100\mu A$  和 2.5A 插孔。该表外形为横式,体积较小,但表盘相对较大,读数清晰,量程齐全。美中不足的是直流电压灵敏度显得低些,但尚能满足一般需要。这种表在初级无线电爱好者中使用最为广泛,也是许多家电维修培训班向学员推荐的万用表。

此种表价格约 50 元左右。

### 6. MF15 型万用表

该型万用表直流电压灵敏度为  $2000\Omega/V$ 。电阻挡设有  $0 \sim 100k$ 、 $0 \sim 1M$  两个量程。直流电压和交流电压挡分别都设有 10V、50V、250V、500V、1000V 五个量程;直流电流挡设有 0.5mA、10mA、100mA 三个量程。该表体积小,较适合电工业户外测量使用。因其直流电压灵敏度过低,特别是电阻挡量程设置不全,用于家电维修及电子制作则嫌功能偏少。

### 7. MF75/2 型万用表

该型万用表一共设有 12 个挡位,其直流电压灵敏度为  $2000\Omega/V$ 。电阻挡设有  $R \times 100$ 、 $R \times 1k$  两个量程。交、直流电压挡分别都设有 10V、50V、500V 三个量程;直流电流挡设有 0.5mA、10mA、100mA 三个量程。并设有测量晶体管放大倍数的挡位。此外,该表还装有氖管可作试电笔用。

这是一种袖珍式万用表,外形为横式。其最大特点是体积十分小巧,外形尺寸只有 79mm

×69mm×35mm,小似一只香烟盒,可以放在口袋里,外出携带非常方便。已有了一块功能齐全的万用表的电子爱好者,将此表作为外出和临时使用的辅助用表是非常方便的。

该表价格约30元左右。

目前,市场上出售的万用表有许多品种可供选择。表2-3列出了47种国产万用表的主要性能参数,供读者选购时参考。

表2-3 国产万用表主要参数

| 参数<br>型号 | 表头<br>灵敏度<br>( $\mu\text{A}$ ) | 直流电压(DCV)         |  | 交流电压(ACV)          |  | 直流电流<br>(DCA)<br>量程            | 交流电流<br>(ACA)<br>量程            | 电阻<br>( $\Omega$ )<br>量程 | 其他<br>功能                 | 外形尺寸<br>(mm)<br>重量(kg) |
|----------|--------------------------------|-------------------|--|--------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
|          |                                | 量程                | 灵敏度<br>(输入阻抗)  | 量程                 | 灵敏度<br>(输入阻抗)  |                                |                                |                          |                          |                        |
| MF10     | 9.3                            | 1~500V<br>7量程     | 10k $\Omega$ /V<br>20k $\Omega$ /V<br>(20V,500V)                 | 10~500V<br>4量程     | 20k $\Omega$ /V  | 10 $\mu\text{A}$ ~1A<br>7量程    |                                | 2k~20M<br>6量程            |                          | 220×145×85<br>1.5      |
| MF20     | 45                             | 1.5~600V<br>5量程   | 20k $\Omega$ /V  | 15mV~600V<br>8量程   | 33k $\Omega$ /V<br>1M $\Omega$ /V<br>(6~600V)              | 50 $\mu\text{A}$ ~30mA<br>5量程  | 6 $\mu\text{A}$ ~30mA<br>8量程   | 2k~20M<br>5量程            | dB                       | 230×185×170<br>1.5     |
| MF30     | 85                             | 50mV~500V<br>9量程  | (10M $\Omega$ )  | 10mV~500V<br>10量程  | 1M $\Omega$ /V<br>(10mV~1V)<br>(10M $\Omega$ )<br>(5~500V) | 1 $\mu\text{A}$ ~500mA<br>11量程 | 1 $\mu\text{A}$ ~500mA<br>11量程 | 2k~20M<br>6量程            |                          | 222×166×85<br>2.0      |
| MF33     | 200                            | 50mV~1000V<br>8量程 | 20k $\Omega$ /V<br>10k $\Omega$ /V<br>(1000V)<br>20k $\Omega$ /V | 100mV~1000V<br>7量程 | 10k $\Omega$ /V<br>100k $\Omega$ /V<br>(1~100V)            | 5 $\mu\text{A}$ ~2.5A<br>9量程   | 10 $\mu\text{A}$ ~5A<br>9量程    | 2k~20M<br>5量程            | dB<br>$h_{FE}$<br>C      | 171×122×99<br>0.6      |
| MF96CX   | 18.7                           | 1~2500V<br>7量程    | 50k $\Omega$ /V<br>10k $\Omega$ /V<br>(500~2500V)                | 10~2500V<br>5量程    | 10k $\Omega$ /V  | 25 $\mu\text{A}$ ~5A<br>7量程    | 5A<br>1量程                      | 5k~100M<br>5量程           | dB<br>C<br>Buzzer        | 200×160×81<br>1.4(主机)  |
| MF96P    | 18.7                           | 1~2000V<br>13量程   | 50k $\Omega$ /V<br>10k $\Omega$ /V<br>(2000V)                    | 5~2000V<br>9量程     | 5k $\Omega$ /V<br>10k $\Omega$ /V                          | 25 $\mu\text{A}$ ~2.5A<br>7量程  | 2.5A<br>1量程                    | 2k~20M<br>6量程            | dB<br>$h_{FE}$<br>V(峰值值) | 230×160×81<br>1.5(主机)  |
| MF70A    | 9.3                            | 0.5~500V<br>8量程   | 100k $\Omega$ /V<br>20k $\Omega$ /V<br>(250,500V)                | 10~500V<br>4量程     | 20k $\Omega$ /V  | 10 $\mu\text{A}$ ~5A<br>8量程    |                                | 2k~20M<br>6量程            | dB                       | 220×145×85<br>2.0      |
| MF104    | 9.2                            | 0.1~500V<br>8量程   | 100k $\Omega$ /V<br>10k $\Omega$ /V<br>(250,500V)                | 1~500V<br>6量程      | 10k $\Omega$ /V  | 10 $\mu\text{A}$ ~5A<br>9量程    | 0.1mA~5A<br>7量程                | 2k~20M<br>6量程            | C<br>$h_{FE}$<br>dB      | 223×149×73<br>1.2      |
| MF12     | 45                             | 75mV~600V<br>8量程  | 20k $\Omega$ /V  | 3~600V<br>7量程      | 1k $\Omega$ /V<br>(3,7.5V)<br>2k $\Omega$ /V               | 50 $\mu\text{A}$ ~1.5A<br>8量程  | 3mA~1.5A<br>5量程                | 2k~20M<br>4量程            | dB<br>C                  | 220×145×85<br>1.5      |
| MF18     | 45                             | 150mV~600V<br>7量程 | 20k $\Omega$ /V<br>(1.5~600V)                                    | 7.5~600V<br>5量程    | 2k $\Omega$ /V<br>133k $\Omega$ /V<br>(7.5,15V)            | 60 $\mu\text{A}$ ~1.5A<br>7量程  | 1.5mA~1.5A<br>6量程              | 2k~20M<br>5量程            | dB                       | 190×180×100<br>2.0     |

续表

| 参数<br>型号         | 表头<br>灵敏度<br>( $\mu\text{A}$ ) | 直流电压(DCV)         |  | 交流电压(ACV)        |   | 直流电流<br>(DCA)<br>量程            | 交流电流<br>(ACA)<br>量程 | 电阻<br>( $\Omega$ )<br>量程 | 其他<br>功能                 | 外形尺寸<br>(mm)<br>重量(kg) |
|------------------|--------------------------------|-------------------|--|------------------|---|--------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
|                  |                                | 量程                | 灵敏度<br>(输入阻抗)                                    | 量程               | 灵敏度<br>(输入阻抗)                                   |                                |                     |                          |                          |                        |
| MF30             | 36.5                           | 1~500V<br>5量程     | 20k $\Omega$ /V<br>5k $\Omega$ /V<br>(100,500V)  | 10~300V<br>3量程   | 5k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~500mA<br>5量程 |                     | 4k~40M<br>5量程            | dB                       | 135×92×46<br>0.45      |
| MF35             | 45                             | 75mV~1000V<br>9量程 | 20k $\Omega$ /V                                  | 2.5~1000V<br>6量程 | 400k $\Omega$ /V<br>(2.5,10V)<br>2k $\Omega$ /V | 50 $\mu\text{A}$ ~5A<br>8量程    | 2.5mA~5A<br>5量程     | 2k~200M<br>6量程           | dB                       | 202×154×80<br>2.0      |
| MF47             | 46.6                           | 0.25~2000V<br>9量程 | 20k $\Omega$ /V                                  | 10~2500V<br>6量程  | 4k $\Omega$ /V                                  | 0.05mA~5A<br>6量程               |                     | 2k~20M<br>5量程            | dB,L<br>$h_{FE},C$       | 165×112×49<br>0.8      |
| MF55             | 40                             | 0.5~1000V<br>7量程  | 20k $\Omega$ /V                                  | 10~1000V<br>6量程  | 4k $\Omega$ /V                                  | 0.05~1000mA<br>6量程             |                     | 2k~20M<br>5量程            | dB,C<br>$h_{FE},L$       | 165×114×52<br>0.7      |
| MF64             | 41.4                           | 0.5~1000V<br>7量程  | 20k $\Omega$ /V<br>8k $\Omega$ /V<br>(500,1000V) | 10~1000V<br>5量程  | 4k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~2.5A<br>8量程  | 0.5mA~1A<br>6量程     | 2k~20M<br>5量程            | dB<br>$h_{FE}$<br>Bat    | 171×122×59<br>0.6      |
| MF95             | 40                             | 0.25~500V<br>7量程  | 20k $\Omega$ /V<br>25k $\Omega$ /V               | 5~500V<br>5量程    | 9k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~5A<br>6量程    | 250mA~2.5A<br>3量程   | 2k~20M<br>5量程            | dB,C<br>$h_{FE}$         | 196×128×45<br>0.7      |
| MF705-1          | 50                             | 0.15~1000V<br>9量程 | 20k $\Omega$ /V                                  | 1.5~500V<br>6量程  | 4k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~5A<br>6量程    | 0.5mA~5A<br>5量程     | 1k~1M<br>4量程             | $h_{FE}$                 | 92×126×45<br>0.25      |
| MF113TB          | 39.5                           | 0.25~1500V<br>7量程 | 20k $\Omega$ /V<br>9k $\Omega$ /V                | 2.5~500V<br>6量程  | 9k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~2.5A<br>5量程  |                     | 4k~40M<br>5量程            | LED                      | 148×96×39<br>0.35      |
| MF114TB          | 30                             | 0.3~300V<br>7量程   | 33.3k $\Omega$ /V                                | 3~300V<br>5量程    | 8k $\Omega$ /V                                  | 30 $\mu\text{A}$ ~10A<br>6量程   |                     | 4k~40M<br>5量程            | LED                      | 205×140×60<br>0.6      |
| MF1144TB         | 50                             | 0.25~500V<br>7量程  | 20k $\Omega$ /V                                  | 2.5~500V<br>5量程  | 5k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~10A<br>6量程   |                     | 2k~20M<br>5量程            | LED                      | 205×140×60<br>0.6      |
| MF115<br>MF115PR | 40                             | 0.25~2000V<br>7量程 | 20k $\Omega$ /V                                  | 10~2000V<br>5量程  | 8k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~5A<br>6量程    | 5A<br>1量程           | 4k~40M<br>5量程            | LED                      | 205×140×60<br>0.6      |
| MF126            | 37.6                           | 0.25~1000V<br>7量程 | 20k $\Omega$ /V                                  | 10~500V<br>5量程   | 9k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~1A<br>6量程    |                     | 2k~20M<br>4量程            | dB,C<br>$h_{FE},I_1,I_2$ | 152×104×41<br>0.35     |
| MF308            | 40.4                           | 0.5~1500V<br>7量程  | 20k $\Omega$ /V<br>9k $\Omega$ /V                | 2.5~1500V<br>6量程 | 9k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~2.5A<br>5量程  |                     | 2k~20M<br>5量程            | dB<br>$h_{FE},I_1,I_2$   | 142×100×44<br>0.4      |
| U-201            | 50                             | 0.25~25kV<br>8量程  | 20k $\Omega$ /V                                  | 5~500V<br>5量程    | 9k $\Omega$ /V                                  | 0.05~500mA<br>5量程              |                     | 2k~20M<br>4量程            | dB,C<br>$h_{FE},L$       | 168×116×48<br>0.7      |
| U-201A           | 50                             | 0.25~500V<br>6量程  | 20k $\Omega$ /V                                  | 5~500V<br>5量程    | 9k $\Omega$ /V                                  | 50 $\mu\text{A}$ ~5A<br>6量程    |                     | 2k~20M<br>5量程            | dB,C<br>$h_{FE},L$       | 165×116×48<br>0.7      |
| J040             | 37.5                           | 0.3~1200V<br>5量程  | 16.67k $\Omega$ /V                               | 12~600V<br>4量程   | 8.33k $\Omega$ /V                               | 60 $\mu\text{A}$ ~3A<br>6量程    |                     | 4k~40M<br>5量程            | dB<br>$h_{FE}$           | 168×114×46<br>0.6      |

续表

| 参数<br>型号 | 表头<br>灵敏度<br>( $\mu A$ ) | 直流电压(DCV)         |  | 交流电压(ACV)         |  | 直流电流<br>(DCA)<br>量程      | 交流电流<br>(ACA)<br>量程 | 电阻<br>( $\Omega$ )<br>量程 | 其他<br>功能                               | 外形尺寸<br>(mm)<br>重量(kg) |
|----------|--------------------------|-------------------|--|-------------------|--|--------------------------|---------------------|--------------------------|--|------------------------|
|          |                          | 量程                | 灵敏度<br>(输入阻抗)                                | 量程                | 灵敏度<br>(输入阻抗)                                  |                          |                     |                          |  |                        |
| 30型      | 40                       | 0.25~250V<br>6量程  | 20k $\Omega$ /V<br>4k $\Omega$ /V<br>(250V)  | 10~250V<br>5量程    | 4k $\Omega$ /V                                 | 50 $\mu A$ ~50mA<br>5量程  |                     | 2k~20M<br>5量程            | dB                                     | 178×173×84<br>2.0      |
| 300A     | 40                       | 2.5~25kV<br>7量程   | 20k $\Omega$ /V<br>4k $\Omega$ /V<br>(250V)  | 10~250V<br>5量程    | 4k $\Omega$ /V                                 | 50 $\mu A$ ~5A<br>6量程    | 1mA~5A<br>5量程       | 2k~20M<br>5量程            | dB                                     | 178×173×84<br>2.0      |
| 300HA    | 41.3                     | 2.5~250V<br>6量程   | 20k $\Omega$ /V<br>4k $\Omega$ /V<br>(250V)  | 10~250V<br>5量程    | 4k $\Omega$ /V                                 | 50 $\mu A$ ~5A<br>6量程    | 5A<br>1量程           | 2k~20M<br>5量程            | dB                                     | 178×173×84<br>2.0      |
| MF7      | 63                       | 2~1000V<br>6量程    | 10k $\Omega$ /V                              | 10~1000V<br>5量程   | 4k $\Omega$ /V                                 | 100 $\mu A$ ~5A<br>6量程   | 0.5~5A<br>5量程       | 2k~20M<br>5量程            | $h_{FE}$                               | 178×173×84<br>2.0      |
| MF14     | 160                      | 2.5~1000V<br>7量程  | 1k $\Omega$ /V                               | 2.5~1000V<br>7量程  | 100k $\Omega$ /V<br>(2.5V)<br>400k $\Omega$ /V | 1mA~5A<br>8量程            | 2.5mA~5A<br>7量程     | 10k~10M<br>4量程           |  | 220×145×85<br>2.0      |
| MF40     | 128                      | 2.5~1000V<br>5量程  | 5k $\Omega$ /V                               | 10~1000V<br>3量程   | 2k $\Omega$ /V                                 | 0.25~100mA<br>4量程        |                     | 2k~2M<br>3量程             | dB<br>$h_{FE}$                         | 130×89×47<br>0.36      |
| MF50     | 84                       | 2.5~1000V<br>5量程  | 10k $\Omega$ /V<br>4k $\Omega$ /V<br>(1000V) | 10~1000V<br>4量程   | 4k $\Omega$ /V                                 | 100 $\mu A$ ~2.5A<br>5量程 |                     | 2~200k<br>3量程            | dB, C<br>$h_{FE}$ ,<br>$L_1, L_2, L_3$ | 160×95×50<br>0.3       |
| MF66     | 150                      | 3~600V<br>3量程     | 3.3k $\Omega$ /V                             | 6~600V<br>3量程     | 1.6<br>k $\Omega$ /V                           | 0.3~300mA<br>4量程         |                     | 10k~1M<br>3量程            | dB<br>$h_{FE}$                         | 135×92×42<br>0.35      |
| MF72     | 80.6                     | 0.25~1000V<br>8量程 | 10k $\Omega$ /V<br>5k $\Omega$ /V<br>(1000V) | 10~500V<br>4量程    | 3k $\Omega$ /V                                 | 100 $\mu A$ ~2.5A<br>6量程 |                     | 2k~1M<br>4量程             | dB<br>$h_{FE}$<br>POWER                | 142×100×37<br>0.36     |
| MF75-1   | 300                      | 10~500V<br>3量程    | 1k $\Omega$ /V                               | 10~500V<br>3量程    | 1k $\Omega$ /V                                 | 1~100mA<br>3量程           |                     | 20~200k<br>2量程           | $h_{FE}$                               | 97×69×34<br>0.14       |
| MF75-2   | 153                      | 10~500V<br>3量程    | 2k $\Omega$ /V                               | 10~500V<br>3量程    | 2k $\Omega$ /V                                 | 0.5~100mA<br>3量程         |                     | 200k~2M<br>2量程           | $h_{FE}$                               | 97×69×34<br>0.14       |
| MF82     | 67.5                     | 150mV~500V<br>7量程 | 10k $\Omega$ /V<br>4k $\Omega$ /V<br>(500V)  | 250mV~500V<br>6量程 | 2k $\Omega$ /V                                 | 0.1mA~2.5A<br>7量程        | 0.5mA~5A<br>7量程     | 2k~20M<br>5量程            | dB<br>$h_{FE}$<br>POWER                | 149×100×41<br>0.4      |
| MF85     | 115                      | 1~1000V<br>6量程    | 4k $\Omega$ /V                               | 10~500V<br>4量程    | 2k $\Omega$ /V                                 | 250 $\mu A$ ~2.5A<br>6量程 |                     | 2k~2M<br>3量程             | $h_{FE}$<br>POWER                      | 150×100×44<br>0.35     |
| MF93     | 124                      | 3~1200V<br>6量程    | 4k $\Omega$ /V                               | 12~1200V<br>5量程   | 2k $\Omega$ /V                                 | 0.3mA~1.2A<br>5量程        |                     | 2k~20M<br>4量程            | dB<br>$h_{FE}$<br>POWER                | 150×103×36<br>0.4      |

续表

| 参数<br>型号 | 表头<br>灵敏度<br>( $\mu\text{A}$ ) | 直流电压(DCV)         |                   | 交流电压(ACV)       |                  | 直流电流<br>(DCA)<br>量程 | 交流电流<br>(ACA)<br>量程 | 电阻<br>( $\Omega$ )<br>量程 | 其他<br>功能                     | 外形尺寸<br>(mm)<br>重量(kg) |
|----------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|
|          |                                | 量程                | 灵敏度<br>(输入阻抗)     | 量程              | 灵敏度<br>(输入阻抗)    |                     |                     |                          |                              |                        |
| MF94     | 12D                            | 0.3~600V<br>6量程   | 8.33k $\Omega$ /V | 6~600V<br>3量程   | 4k $\Omega$ /V   | 0.12mA~3A<br>5量程    |                     | 2k~2M<br>4量程             | dB<br>$h_{FE}$               | 135×92×12<br>0.35      |
| MF122    | 15D                            | 2.5~500V<br>4量程   | 2k $\Omega$ /V    | 10~500V<br>3量程  | 2k $\Omega$ /V   | 0.5~250mA<br>3量程    |                     | 10k~1M<br>2量程            | dB<br>C                      | 105×63×32.8<br>0.15    |
| U-10     | 15D                            | 0.5~500V<br>6量程   | 2k $\Omega$ /V    | 5~500V<br>5量程   | 2k $\Omega$ /V   | 0.5~250mA<br>4量程    |                     | 5k~5M<br>4量程             | dB<br>C                      | 132×94×44.8<br>0.5     |
| U-20     | 75                             | 0.5~500V<br>6量程   | 10k $\Omega$ /V   | 10~500V<br>4量程  | 4.5k $\Omega$ /V | 0.1~500mA<br>4量程    |                     | 2k~2M<br>4量程             | $h_{FE}$<br>$I_{L1}, I_{L2}$ | 132×76×40<br>0.35      |
| U-101    | 10D                            | 0.25~1500V<br>7量程 | 10k $\Omega$ /V   | 10~1000V<br>5量程 | 4k $\Omega$ /V   | 0.1~1000mA<br>5量程   |                     | 10k~10M<br>4量程           | dB<br>$h_{FE}$<br>L,C        | 168×116×48<br>0.7      |
| J0411    | 15D                            | 2.5~500V<br>5量程   | 5k $\Omega$ /V    | 2.5~500V<br>5量程 | 2.5k $\Omega$ /V | 1~100mA<br>3量程      |                     | 1k~1M<br>4量程             |                              | 135×92×42<br>0.45      |
| J0411    | 15D                            | 0.5~500V<br>6量程   | 2k $\Omega$ /V    | 2.5~500V<br>5量程 | 2k $\Omega$ /V   | 0.5~100mA<br>4量程    |                     | 5k~5M<br>4量程             | dB<br>C                      | 135×92×45<br>0.45      |

## 第三章 万用表的变通使用

人们在实践中积累的经验证明,万用表除了可按常规方法使用外,还可将其变通使用,以完成某种电参数的应急测量(例如用交流电压挡测量直流电压),这在实践中是可行的。本章介绍万用表变通使用技巧 15 例,供读者使用万用表时参考。

### § 3.1 用交流电压挡应急测量直流电压

多数万用表直流电压挡的分压电阻是采用串联方式连接的,因而,当某一挡损坏后,会使有关联的各直流电压挡失效。遇到这种情况,作为应急使用,可用交流电压挡测量直流电压,只要将读数进行简单计算即可得到相近的直流电压值。下面简要说明其测量原理。

万用表交流电压挡多采用半波整流方式。正弦交流电的平均值是半波整流后平均值的 2 倍,而刻度线对应的是正弦交流平均值 1.11 倍的有效值,所以,表盘上所得值应为被测直流电压平均值的 2.22 倍。但由于整流器件的正向压降和非线性及其对交流电压挡的补偿措施,实测的值约为被测直流电压的 2 倍,且此倍数对各挡会略有差异,例如,AC10V 挡测得的值可能是实际值的 1.96 倍,而 AC2.5V 挡则可能是 1.95 倍,不同型号万用表此倍数不尽相同。所以,当直流电压挡损坏时,作为应急,可用交流电压挡测量直流电压,将测得值除以 2 即得被测直流电压的大约值。

具体操作方法如图 3-1 所示。选择合适的交流电压挡,将红表笔接被测直流电压的“+”电极,将黑表笔接“-”电极,在相应的刻度线上读出对应的数值,并将此值除以 2,便得到被测量直流电压的实际值。注意,测量时表笔极性不能接反,若将极性搞错,万用表指针是不会有指示值的。同时,此法不适合测量低于万用表所用整流器件阈值电压(硅管约 0.5~0.7V)的直流电压。另外,被测直流电压中含有交流成份,应将两表笔间并接一只  $2\mu\text{F}/450\text{V}$  的无极性电容,以将交流旁路。否则,交流成份也被一起测出,所得结果将是不准确的。

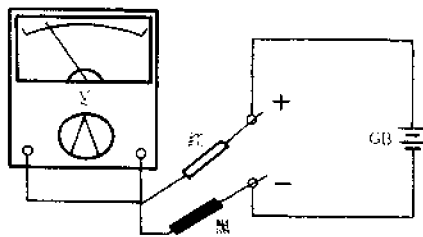


图 3-1 用交流电压挡测量直流电压

表 3-1 列出了用 MF500 型万用表交流电压挡实测的几组直流电压值,供读者参考。注意, MF500 型万用表交流电压挡采用半波整流电路,所以两种值是近似 2 倍的关系,若用全波整流的万用表交流电压挡测量直流电压,则测得的值即为直流电压值,无需除以 2。



表 3-1 用 MF500 型万用表交流电压挡实测直流电压对应值

| 用交流挡测得的值(V) | 2.9<br>(AC10V 挡) | 5.9<br>(AC10V 挡) | 19<br>(AC50V 挡) | 24.5<br>(AC50V 挡) | 61<br>(AC250V 挡) |
|-------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 实际直流电压值(V)  | 1.5              | 3                | 9               | 12                | 30               |

### § 3.2 用小电流挡测量小电压

多数万用表的最低直流电压挡为 2.5V,若用此挡测量 200mV 以下的毫伏级电压,误差是比较大的。实践证明,用最小电流挡来测量毫伏级的小值电压是可行的。

万用表最小电流挡作小值电压挡的量程由  $U = IR$  确定,式中,  $I$  为最小直流电流挡的量程,  $R$  为该挡内阻。设某表  $R = 4.5k\Omega$ ,  $I = 50\mu A$ , 则  $U = 50 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^3 = 0.225(V) = 225mV$ , 也就是说,此表的  $50\mu A$  挡可作 225mV 的小电压挡,用来测量几十毫伏的电压。因其内阻为  $4.5k\Omega$ , 所以电压灵敏度为  $4.5 \times 10^3 \div 0.225 = 20(k\Omega/V)$ 。

测量操作方法如图 3-2 所示,应将万用表与被测电路并联。测量前,要用原 2.5V 挡检查一下被测电压是否确实小于 0.225V,以免烧表。读数时,要明确量程为 0.225V 的对应值,并将其换算为正确的实际值。

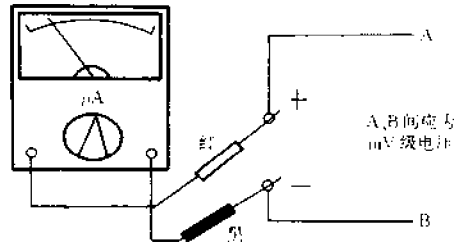


图 3-2 用小电流挡测量小值电压

绝大多数万用表  $50\mu A$  挡的内阻均为几千欧。以 500 型为例,其  $50\mu A$  挡的内阻为  $3k\Omega$ ,经计算,能作为 0.15V 的电压表使用。

注意,大于  $50\mu A$  的电流挡不宜作小电压挡,因为其内阻太小,将引起较大误差。此外,小电压挡电压灵敏度虽然不低,但内阻却很小(几千欧),这在使用时也应注意。

既然小电流挡可以作为小电压挡使用,若反过来用小电压挡测量小电流是否可行呢? 仅以 500 型万用表为例,稍作计算便知可否。该表灵敏度为  $20k\Omega/V$ , 所以其 2.5V 挡的内阻为  $50k\Omega$ , 满度时电流为  $2.5 \div 50 \times 10^3 = 50(\mu A)$ , 从理论上讲该挡可作量程为  $50\mu A$  的电流表,但其内阻 ( $50k\Omega$ ) 太大,用来测量小电流,没有实用价值。因此,小电压挡通常不适合作为小电流挡来使用。

### § 3.3 用万用表测量大内阻电路的电压

在测量大内阻电路的电压时,由于电压挡内阻相对比较低,所以不可避免地会对被测电路产生分流作用(参见图 3-3),使测量数值大大低于实际值。解决这一问题的方法是用两个不同的电压挡各测一次被测电压,然后通过计算得到准确值。

设用  $m$  量程的挡测得某电压的值为  $a$ ,用  $n$  量程的挡测得同一电压的值为  $b$ ,则该电压的

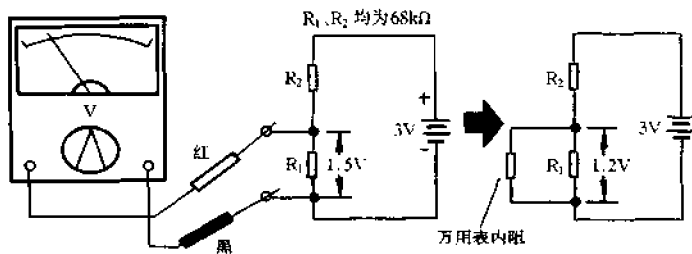


图 3-3 万用表内阻对被测电路的分流作用

准确值  $U = \frac{|m-n|}{|m/a - n/b|}$ 。例如,测量 A、B 两点间的电压,用 10V 挡测量时,所得值为 3.2V,用 50V 挡测量时,所得值为 6.9V,则此电压的准确值

$$U = \frac{|10 - 50|}{|10/3.2 - 50/6.9|} = 9.7(\text{V})$$

此方法既适用于测量直流电压,也适合于测量交流电压。另外,利用此法测量电压,还可对被测电路作如下分析,在有些情况下是非常实用的。

#### 1. 估计被测电路内阻大小

用万用表两个不同的电压挡分别测量该电路,得到两个值。若这两个值相同,则表明电路内阻很小,与电压挡内阻相比可忽略不计;若两个值不同,值差小时,则内阻小;值差大时,则内阻大。

#### 2. 判别测得的电压是否准确

用两个不同的电压挡分别测量某电路电压,所得的两个值之差很小,则两次测量都比较准确,而值大的一次更准;若所得的两个值之差很大,则其中至少有一次不准,而较大的值接近准确值。

#### 3. 求电路内阻 $r$

被测电路的内阻  $r = \beta m (U/a - 1)$ , 式中,  $\beta$  为所用挡位的电压灵敏度,  $m$  为所用挡位的量程,  $U$  为所测电压的准确值(按上述公式  $U = \frac{|m-n|}{|m/a - n/b|}$  求出),  $a$  为该  $m$  挡测量时所得值。

## § 3.4 用万用表测量非正弦周期性电压

### 一、测量原理

万用表的交流挡是按正弦波的有效值刻度的,而且这又是以有效值为平均值的固定倍数(1.111,即 $\sqrt{2}\pi/4$ 倍)关系为基础的。因此,指针按平均值偏转时,就可以直接读取有效值。而其他非正弦电压波形(方波、矩形波、三角波、锯齿波、梯形波、阶梯波)的有效值,一般不是平均值的 1.111 倍,所以不能直接读取有效值。但是,只要掌握被测非正弦电压的变化规律,就能准确测量其电压的平均值  $V_A$ 、有效值  $V_R$ 、峰值  $V_P$ 、峰峰值  $V$ (峰峰值)。

表达波形特征有两个重要参数,即“波形因数”和“波峰因数”。

电压有效值  $V_R$  与平均值  $V_A$  之比,称作波形因数,用  $K_F$  表示,即  $K_F = \frac{V_R}{V_A}$ ,而  $V_R = K_F V_A$ ;

电压的峰值  $V_P$  与有效值  $V_R$  之比,称作波峰因数,用  $K_P$  表示,即  $K_P = \frac{V_P}{V_R}$ ,而  $V_P = K_P V_R$ 。

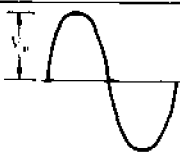
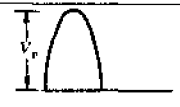
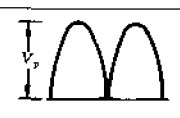
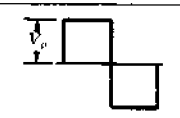
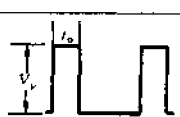
万用表交流电压挡属于平均值电压表。虽然表盘按有效值刻度,但在测量交流电压时,整流电路所检测出来的却是电流平均值。电流的有效值  $I_R$  与平均值  $I_A$  之比,称作仪表的定度系数,用  $K_d$  表示。万用表交流电压(或电流)挡的定度系数  $K_d = \frac{I_R}{I_A} = 1.111$ ,此式也可写成  $\frac{1}{K_d} = 0.9$ ,其值恰好与正弦波的波形因数  $K_F$  相等。

对于全波整流,  $K_d = \frac{I_R}{I_A} = 1.111$ ,对于半波整流,电流平均值为  $I_{A1}$ ,  $\frac{I_R}{I_{A1}} = 2.222$ ,但由于  $I_A = \frac{I_{A1}}{2}$ ,所以仍得到  $\frac{I_R}{I_A} = 1.111$ 。可见,这两种整流方式的  $K_d$  是不变的。所以上式对全波整流和半波整流均适用。

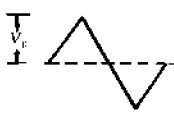
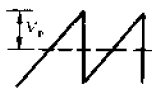
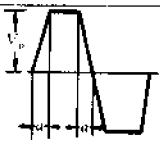
根据以上分析可知,用万用表测量非正弦波电压时,只有平均值电压才有实际意义。但表盘是按正弦波有效值刻度的,所以应将读数除以 1.111 或乘以 0.9,折算成电压平均值,再代入  $V_R = K_F \times V_A$  求出  $V_R$ ,代入  $V_P = K_P \times V_R$  求出  $V_P$ 。对于方波、三角波、锯齿波、梯形波,将  $V_P$  乘 2,即得到  $V$ (峰峰值)。

表 3-2 列出了八种常见波形的参数,可供测试时计算使用。

表 3-2 八种常见波形的参数

| 序号 | 名称    | 波形图   | 电压有效值<br>$V_R$                                  | 电压平均值<br>$V_A$                             | 电压均绝值<br>$ V_A $                           | 波形因数<br>$K_F$          | 波峰因数<br>$K_P$          |
|----|-------|---|---|--|--|------------------------|------------------------|
| 1  | 正弦波   |  | $0.707 V_P$<br>$(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot V_P)$ | $0.637 V_P$<br>$(\frac{2}{\pi} \cdot V_P)$ | $0.637 V_P$<br>$(\frac{2}{\pi} \cdot V_P)$ | 1.111                  | 1.414                  |
| 2  | 半波整流波 |  | $0.5 V_P$                                       | $0.318 V_P$<br>$(\frac{1}{\pi} \cdot V_P)$ | $0.318 V_P$<br>$(\frac{1}{\pi} \cdot V_P)$ | 1.571                  | 2                      |
| 3  | 全波整流波 |  | $0.707 V_P$<br>$(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot V_P)$ | $0.637 V_P$<br>$(\frac{2}{\pi} \cdot V_P)$ | $0.637 V_P$<br>$(\frac{2}{\pi} \cdot V_P)$ | 1.111                  | 1.414                  |
| 4  | 方波    |  | $V_P$   | 0  | $V_P$                                      | 1                      | 1                      |
| 5  | 矩形波   |  | $\sqrt{\frac{T_0}{T}} \cdot V_P$                |  |  | $\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ | $\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ |

续表

| 序号 | 名称  | 波形图   | 电压有效值<br>$V_R$                                 | 电压平均值<br>$V_A$ | 电压均绝值<br>$ V_A $              | 波形因数<br>$K_F$  | 波峰因数<br>$K_P$                               |
|----|-----|---|--|----------------|-------------------------------|--|---|
| 6  | 三角波 |  | $0.577V_P$<br>$(\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot V_P)$ | 0              | $0.5V_P$                      | 1.155  | 1.732                                       |
| 7  | 锯齿波 |  | $0.577V_P$<br>$(\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot V_P)$ | $0.5V_P$       | $0.5V_P$                      | 1.155  | 1.732                                       |
| 8  | 梯形波 |  | $\sqrt{1 - \frac{4\alpha}{3\pi}} \cdot V_P$    | 0              | $(1 - \frac{\alpha}{\pi})V_P$ | $\frac{\pi \sqrt{1 - \frac{4\alpha}{3\pi}}}{\pi - \alpha}$ | $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{4\alpha}{3\pi}}}$ |

注:因方波、三角波、梯形波的平均值  $V_A=0$ , 所以用  $|V_A|$  来代替  $V_A$ 。对于矩形波,  $T$  表示周期,  $t_0$  表示脉冲宽度。对于梯形波,  $\alpha$  表示斜边所对应的相位角。

## 二、测量非正弦波电压举例

现举两个实例说明使用表 3-2 测算非正弦波电压参数的方法。

**例 1** 测量某型彩色电视机行激励级 15625 Hz 矩形波。已知脉冲周期  $T=64\mu\text{s}$ , 宽度  $t_0=20\mu\text{s}$ , 正常峰值电压应为 7.5V。用 MF500 型万用表 AC10V 挡测量, 读数为 2.5V。计算步骤如下。

$$\text{电压平均值 } V_A = 2.5 \times 0.9 = 2.25(\text{V})$$

$$\text{波形因数 } K_F = K_P = \sqrt{\frac{64}{20}} = 1.789$$

$$\text{电压有效值 } V_R = 1.789 \times 2.25 = 4.025(\text{V})$$

$$\text{电压峰值 } V_P = 1.789 \times 4.025 = 7.2(\text{V})$$

**例 2** 测量某台示波器输出的 100 Hz 锯齿波扫描电压。使用 MF500 型万用表 AC10V 挡, 经实测, 读数为 10V。计算步骤如下。

$$\text{电压平均值 } V_A = 10 \div 1.111 = 9(\text{V})$$

查表可知,  $K_F = 1.155$ ,  $K_P = 1.732$ , 则

$$\text{电压有效值 } V_R = K_F \times V_A = 1.155 \times 9 = 10.395(\text{V})$$

$$\text{电压峰值 } V_P = K_P \times V_R = 1.732 \times 10.395 = 18(\text{V})$$

注意, 测量时若发现指针不摆动, 可调换表笔重新测量。如被测非正弦电压中含有直流电压, 应在万用表输入端串接一只  $0.22\mu\text{F}/450\text{V}$  的隔直流电容。

## § 3.5 用万用表估测音频输出功率

使用万用表交流电压挡, 可以估测收录机、电视机、收音机等家用电器的音频输出功率。

下面以收录机为例,介绍测量方法。测试电路参见图 3-4 所示。

将收录机置于放音状态,播放一盘有连续音乐信号的音乐磁带,把音量开大到正好无明显失真为止,将万用表置于 AC10V 挡,两表笔(不分正负)分别接在扬声器的两个接线柱上,测量其两端电压值,将测得的电压数值代入下式即可估算出最大不失真功率

$$P = U^2 / Z$$

式中,  $U$  为测量时所得电压值,  $Z$  为扬声器的阻抗。设测得  $U = 4V$ , 扬声器的阻抗为  $8\Omega$ , 则最大不失真输出功率

$$P = U^2 / Z = 4^2 / 8 = 2(W)$$

如果被测音频输出功率较大,可将万用表置于 AC50V 或更大的量程。

测试时,由于被测信号不是严格的正弦波,音乐的频率与扬声器的阻抗为  $8\Omega$  的测试频率(400Hz 或 1kHz)并不相等,加上指针会因惯性和音乐强弱而摆动等因素的影响,这种测试是比较粗略的,但在业余条件下也是很实用的。

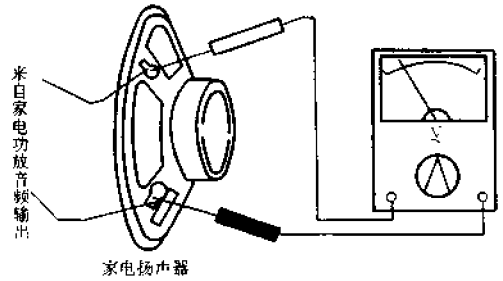


图 3-4 测量音频输出功率

### § 3.6 用万用表测量直流开关的接触电阻

在单独检查电视机、音响、收录机等电器中直流开关的接触电阻时,如果所用万用表无  $D\Omega$  挡和  $R \times 1$  挡,可采用下述方法进行测量。

将被测量电器开机,将音量调到最大,将两只万用表分别如图 3-5 所示方法接入电路,将测得的值用欧姆定律算出开关接触电阻。例如,测得  $I = 1A$ ,  $V = 0.1V$ , 则接触电阻  $R = V / I = 0.1 / 1 = 0.1(\Omega)$ 。如果使用一只万用表,则应先后测出  $V$  和  $I$ , 计算方法相同。用两只万用表测量时,还能测得开关的动态电阻。一般来说,在小音量时若测得收录机或收音机直流开关上有明显的电压,则表明开关已有接触不良的现象。

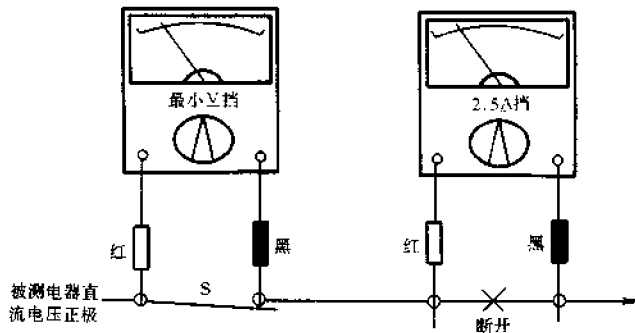


图 3-5 测量直流开关接触电阻

表 3-3 列出了几种开关的主要参数,供测量时参考。

表 3-3

几种开关的主要参数

| 开关种类     | 彩色电视机电源开关 | 彩色电视机轻触选台开关 | 收音机杠杆开关 |
|----------|-----------|-------------|---------|
| 接触电阻(MΩ) | 20        | 20          | 2       |
| 额定电压(V)  | 250       | 40          | 30      |
| 额定电流(A)  | 3         | 0.1         | 0.3     |

### § 3.7 测电阻时读出和算出电流和电压值

用电阻挡测量元件的电阻时,可同时算出流过该被测元件的电流值和加在该元件两端的电压值。其方法是,测量时万用表指针从左端零刻度处向右偏转的角度占满偏转角度的百分比 $\theta$ 乘以该挡满度电流( $E/R_0$ ),即为电流值 $I$ ;未偏转的角度占满偏角度的百分比( $1-\theta$ )乘以该挡表内电池电压( $E$ )即为电压值 $U$ 。将两者用公式表示,即

$$I = E/R_0 \times \theta$$

$$U = E \times (1 - \theta)$$

举例说明。参见图 3-6 所示。用某型万用表 R×1 挡(中心阻值  $R_0 = 10\Omega$ )测量一只二极管的正向电阻,指示值为  $6.7\Omega$ 。在该表均匀刻度线上(共 10 格),指针向右摆幅为 6 格,则  $\theta = 60\%$ 。计算流过该二极管上的电流和其上的压降。

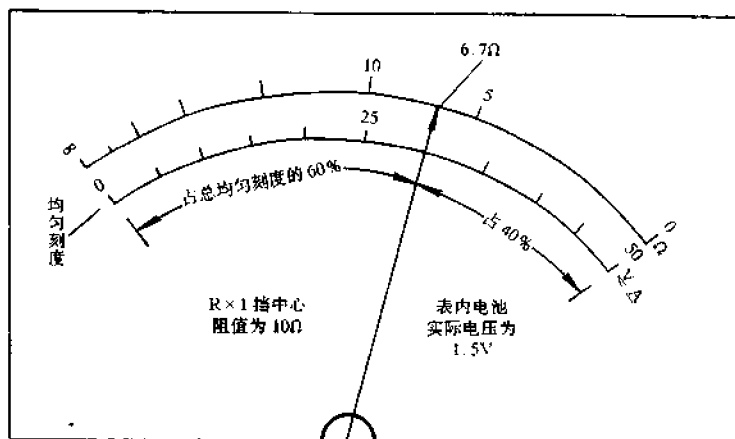


图 3-6 测量被测元件的电压与电流实例

$$I = E/R_0 \times \theta = 1.5 \div 10 \times 60\% = 90(\text{mA})$$

$$U = E \times (1 - \theta) = 1.5 \times (1 - 60\%) = 0.6(\text{V})$$

验算:  $0.6\text{V} \div 0.09\text{A} = 0.6666\Omega$ , 符合部分电路欧姆定律。

注意,应用此法时,因电池电压(准确地说是“电动势”)  $E$  会随使用过程而渐渐降低,所以电池变旧时计算就会产生误差。

### § 3.8 用万用表测量线路空载电压与输出阻抗

在进行电子装置制作时,要调试相关电子线路,而调试电子线路时经常要测量线路的空载电压和输出阻抗。当线路的输出阻抗很高,而万用表的内阻又较低时,若用万用表直接测空载电压,其结果会远低于实际值,从而出现测量误差。下面介绍一种可较准确的直接用万用表测出线路的空载电压和输出阻抗的实用方法。

由于一般工作在线性范围内的电子线路,都可认为是一个线性有源网,从被测线路的输出端来看,它可以等效为图 3-7(a)的形式。图中,  $V_0$  为线路输出端的空载电压,  $Z_0$  为空载时线路的输出阻抗。用两个内阻不同的万用表电压挡分别去测试输出端的电压,得到  $V_1$ 、 $V_2$  两值,然后可求出比较正确的空载电压  $V_0$  和输出阻抗  $Z_0$ 。

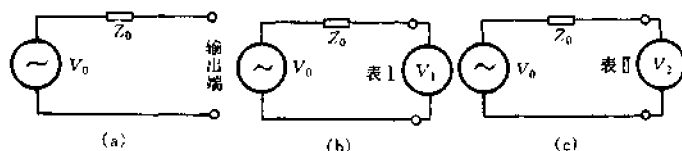


图 3-7 测量线路空载电压与输出阻抗

如图 3-7(b)电路所示,设表 I 的内阻为  $R_{m1}$ ,测得的读数为  $V_1$ ;如图 3-7(c)所示,设表 II 的内阻为  $R_{m2}$ ,测得的读数为  $V_2$ ,则有下列方程组成立

$$\begin{cases} V_1 = R_{m1} \times V_0 / (R_{m1} + Z_0) \\ V_2 = R_{m2} \times V_0 / (R_{m2} + Z_0) \end{cases}$$

式中,  $V_1$ 、 $V_2$  可通过实测得到,  $R_{m1}$ 、 $R_{m2}$  为已知值,将这些值代入方程,即可求出  $V_0$  和  $Z_0$ 。例如,表 I 的内阻  $R_{m1} = 100\text{k}\Omega$ ,测得的读数  $V_1 = 38\text{V}$ ,表 II 的内阻  $R_{m2} = 50\text{k}\Omega$ ,测得读数  $V_2 = 25\text{V}$ ,将数值代入上述方程,解方程后,得  $V_0 \approx 79\text{V}$ ,  $Z_0 \approx 108\text{k}\Omega$ 。

从上述方程组还可解得  $V_0 = V(1 + Z_0/R_m)$ ,式中,  $V$  为万用表读数,  $Z_0$  为空载电压,  $R_m$  为万用表的内阻,当  $R_m \gg Z_0$  时,即  $Z_0/R_m$  趋近于零,则万用表的读数就为  $V_0$  值,当已知线路输出阻抗  $Z_0$  时,则用一只万用表即可测出  $V_0$  值。

### § 3.9 用万用表区分市电的火线与零线

用万用表区分市电零、火线的方法如图 3-8 所示。操作时,将万用表置于 AC250V 或 AC500V 挡,把任意一支表笔接地线,用另一支表笔先后去测量市电两根线上的电压,当万用表指示的电压较大时,所测的线为火线;在万用表指示的电压较小或为零时,所测的线为零线。此处所指的“地线”,可以是自来水管,可以是潮湿的地面或其他与大地接触的金属件。应注意的是,两次测量均应使用同一“地线”,否则有可能会引起误

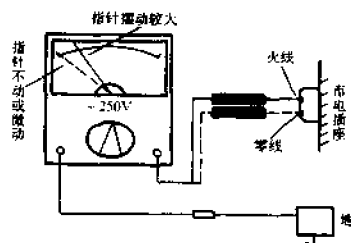


图 3-8 区分市电的火线与零线

判。

### § 3.10 用万用表测量接地线电阻

这里所讲的地线是指电器设备的工作地线或保护地线。这种地线通常是由埋入地下一定深度的金属导体及与其相连接的导线构成。接地电阻是指接地导体与土壤间的接触电阻。不同设备的地线,对其接地电阻有不同的要求。例如,CATV 前端机房的接地电阻要求  $< 1\Omega$ , 250W 扩音机的工作地线接地电阻要求  $\leq 4\Omega$ , 避雷地线接地电阻要求  $\leq 10\Omega$ 。

地线的接地电阻一般是用专用仪器来测量。但经过实践,在不具备专用仪器的情况下,也可用万用表测量地线的接地电阻。下面介绍具体测试方法。

参见图 3-9。准备两根  $\phi 8\text{cm}$ 、长 1m 的圆钢棒,将一端磨尖,分别插入被测接地线两侧 3m 远的地下,深度应大于 0.5m。两根钢棒和被测接地地线要保持成三点一线。图中,A 为被测接地导体,B、C 为测试钢棒;A、B、C 三者的接地电阻分别为  $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ ;A - B 之间的土壤电阻为  $R_0$ 。

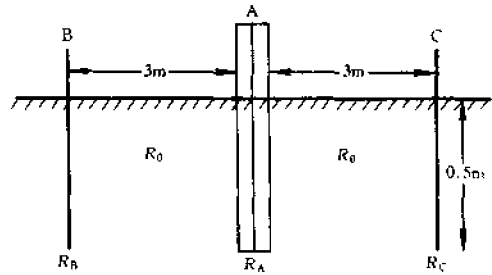


图 3-9 测量接地线电阻

因  $AC = AB$ ,所以 A - C 之间的土壤电阻也等于  $R_0$ ;又因  $BC = 2AB$ ,所以下列方程成立

$$R_{AB} = R_A + R_B + R_0 \dots\dots\dots (3-1)$$

$$R_{AC} = R_A + R_C + R_0 \dots\dots\dots (3-2)$$

$$R_{BC} = R_B + R_C + 2R_0 \dots\dots\dots (3-3)$$

将(3-1) + (3-2) - (3-3),得

$$R_A = 1/2(R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}) \dots\dots\dots (3-4)$$

测量操作时,将万用表置于  $R \times 1$  挡,分别测出 A - B 之间电阻  $R_{AB}$ 、A - C 之间电阻  $R_{AC}$ 、B - C 之间的电阻  $R_{BC}$ ,然后利用(3-4)式即可计算出 A 的接地电阻  $R_A$ 。举例说明,实测某扩音机地线接地电阻,得到  $R_{AB} = 7\Omega$ ,  $R_{AC} = 8\Omega$ ,  $R_{BC} = 9\Omega$ ,将这些数值代入(3-4)式,则该扩音机地线的接地电阻  $R_A = 1/2(7 + 8 - 9) = 3(\Omega)$ 。

注意,使用此法测量地线接地电阻时,一定要将测试钢棒插入一定深度的地下,使测试钢棒 F 与土壤紧密接触,否则所得接地电阻将不准确。

### § 3.11 用万用表交流电压挡测量电器设备的绝缘电阻

对各种电器设备绝缘电阻的要求是不尽相同的。一般固定电器设备应接入电网部分(例如线圈)与外壳之间的绝缘电阻应大于  $0.5M\Omega$ ;而对可移动电器设备,例如家用电器中的空调器、洗衣机、微波炉,其值应大于  $2M\Omega$ 。测量绝缘电阻,通常使用兆欧表。对于交流 220V 的



电器,应用 500V 兆欧表测试;对用于交流 380V 的电器,应用 1000V 兆欧表测试。同时,测量时要注意空气湿度和电器温升对测量结果的影响。通常,空气湿度增大及电器温升过高均会引起绝缘电阻降低。

在业余条件下,可用万用表交流电压挡来测量电器设备的绝缘电阻。具体方法如图 3-10 所示。图中,万用表 AC250V 挡是与待测绝缘电阻相串联接入交流电网的。设万用表 AC250V 挡的指示值为  $U(V)$ ,则待测绝缘电阻

$$R_x = 250\beta(220/U - 1)(\Omega)$$

式中, $\beta$  为 AC250V 挡的电压灵敏度( $\Omega/V$ )。

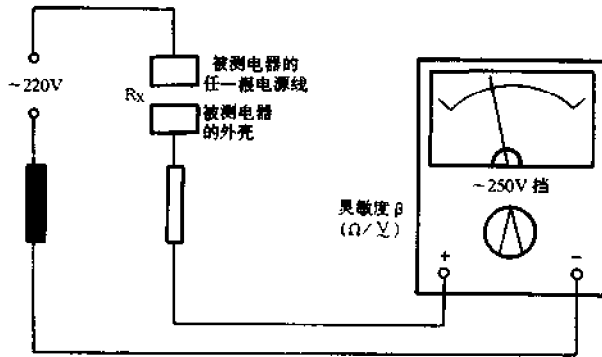


图 3-10 用万用表交流电压挡测绝缘电阻

上述计算公式的推导过程如下。

由于万用表 250V 挡内阻(值  $250\beta$ )与绝缘电阻(值  $R_x$ )相串联,所以流过的电流是相同的,即  $I_{表} = I_{绝缘}$ ,则有

$$U/250\beta = (220 - U)/R_x$$

由此式推导得

$$R_x = 250\beta(220/U - 1)(\Omega)$$

举例说明。使用 500 型万用表,其 AC250V 挡的电压灵敏度为  $4k\Omega/V$ ,实测某型电熨斗绝缘电阻,万用表指示的电压值为 24V。将上述数值代入公式,算出被测电熨斗的绝缘电阻: $R_x = 250 \times 4000(220/24 - 1) = 8.2(M\Omega)$ 。

采用此法测量电器设备的绝缘电阻时应注意以下事项。

- (1) 不能用这种方法测量不能承受 220V 电压的电器,否则可能损坏被测器件。
- (2) 当  $R_x$  值很大,而万用表的灵敏度又较小时,则指针的指示值会太小而不准确,甚至根本无法测试。通常,用灵敏度大于  $4k\Omega/V$  的表对  $R_x$  为几十兆欧的电器进行测量,所得绝缘电阻值比较准确。
- (3) 测量时,若不用 AC250V 挡,而用其他交流电压挡测试,则计算公式中的“250”应改为所用交流电压挡的满度值。
- (4) 交流电压挡的量程不能选的太小,要使所选量程能满足被测电压值。
- (5) 测量操作时,一定要注意人身安全,防止发生触电事故。

### § 3.12 用万用表检测负氧离子浓度

利用万用表的  $DC50\mu A$  小电流挡,可以检测负氧离子发生器发生的负氧离子的浓度是否合格。

操作方法参见图 3-11 所示。将万用表置于  $DC50\mu A$  挡,左手握住红表笔的金属笔尖,右手握住黑表笔的绝缘杆,将黑表笔的金属笔尖逐渐靠近正在工作的负氧离子发生器的出气口,随着两者距离的缩小,应看到万用表指针向右偏转,此现象是由于黑表笔接触负氧离子而形成电流所致。两者距离越近,万用表指针向右偏转幅度越大。如果在距负氧离子发生器出气口约 2cm 处指针偏转至  $5 \sim 10\mu A$ ,则表明此时负氧离子浓度达  $2 \times 10^4$  个/ $mm^3$ ,浓度在合格范围内,适合在约  $15m^2$  的室内使用。如万用表的指示太小或无指示,则说明负氧离子浓度不合格或机器已经失效。如果万用表指示太大,超过  $50 \sim 60\mu A$ ,则说明负氧离子浓度太大,对人体是有害的。

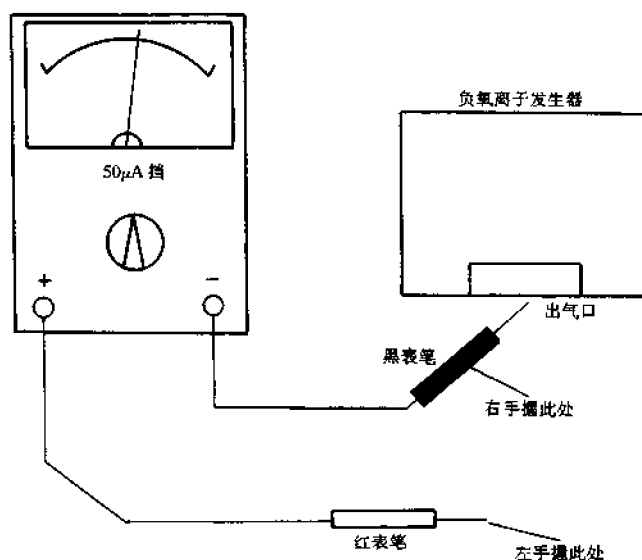


图 3-11 用万用表检测负氧离子浓度

### § 3.13 用万用表电阻挡作检修彩色电视机时的干扰信号

现介绍一种简便、实用的用万用表电阻挡作干扰信号检修彩色电视机公共通道及伴音电路的方法。

由于万用表  $R \times 1k$  以下电阻挡接有 1.5V 电池,所以当用表笔不断地触碰彩色电视机中相关测试点时,将产生一系列干扰脉冲信号。由于这种脉冲的谐波分量频率范围很宽,故作为干扰信号通过图像中频道放大,便在显像管屏幕上产生图像干扰。另外,由于其基波分量及

低次谐波分量的频率较低,还可以用这种方法来测试亮度通道及伴音电路。

具体方法是:将万用表置于  $R \times 1k$  电阻挡,将红表笔接地,用黑表笔从后级开始向前级逐级触碰电路的输入端,通过显像管屏幕上的图像和扬声器中声音的反应,来判断故障的部位。在某些正常时反应较迟钝的点,可采用万用表  $R \times 100$  挡或  $R \times 10$  挡。因为万用表内阻越小,其输出电流就越大,反应就越明显。

注意,在用万用表表笔触碰相关电路时,一定不能将万用表误触至各路电源上,否则容易引起打表现象,甚至将万用表指针打坏。

### § 3.14 用万用表测量彩色显像管的灯丝电压

在彩色电视机中,彩色显像管的灯丝电压都是取自行输出变压器(FBT)的一个次级绕组,即用行逆程脉冲为显像管灯丝供电。行逆程脉冲的周期为  $64\mu s$ (行频  $15625\text{Hz}$  的倒数),其频率已超出普通万用表的测量范围,且不是正弦波,若用万用表的电压挡直接进行测量,其误差是相当大的,显然是不可行的。下面介绍一种用万用表比较准确测量彩色显像管灯丝电压的实用方法。

测试电路如图 3-12 所示。先用万用表 AC10V 挡测量灯丝电压,将测得的值乘以  $n$ ( $2.3 \sim 3$ )即为灯丝脉冲电压的有效值。 $n$  值视不同型号万用表而异,其确定方法是,用万用表测量一正常灯丝电压( $6.3\text{V}$ )时,如读数为  $2.5\text{V}$ ,则此万用表的  $n$  值为  $6.3/2.5 = 2.52$ 。若用此万用表 AC10V 电压挡测量另一显像管灯丝电压,如指示值为  $2.6\text{V}$ ,则实际灯丝电压有效值为  $2.6 \times 2.52 = 6.55(\text{V})$ 。

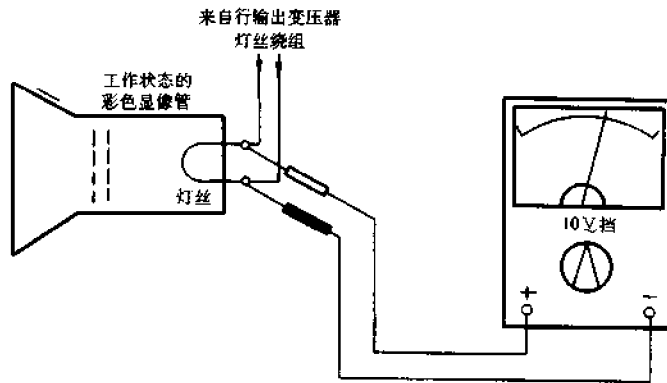


图 3-12 测量彩色显像管的灯丝电压

### § 3.15 万用表 $h_{FE}$ 插孔的妙用

在具有测量三极管  $h_{FE}(\beta)$  功能的万用表上,设有三极管 e、b、c 插孔。实际上,三极管的 c、e 插孔是分别与万用表的正负表笔插孔连通的。显然,可利用两个插孔“拿住”待测元件两

引脚,从而使测量操作更为方便。例如测量三极管的  $I_{CE0}$ (参见图 3-13), 先选适当的电阻挡, 调零后, 再将三极管 b 极悬空而将被测三极管的 c、e 极插入相应孔内, 即可读出相应“电阻值”。测量其他元件如电阻、二极管等, 只要引脚不太粗, 距离适当, 均可用同样方法进行测量。

注意, PNP 管的 c 插孔连红表笔(电池负极), 也连 NPN 管的 e 插孔; PNP 管的 e 插孔连黑表笔(电池正极), 也连 NPN 管的 c 插孔。所以测有极性的元件时不要插错。若测量三极管的  $I_{CB0}$  时, 应将 e 极悬空, c 极插 c 孔, b 极插 e 孔。此外还应注意, 不要将粗引脚元件强行插入孔内, 以免造成簧片失灵。有的表将 PNP 管的 c 极与 NPN 管的 e 极公用, 另外有两个是 b 极孔, 即只有四个插孔, 测量时注意正确区分。

这种利用插孔簧片“拿”住元件引脚与用手拿住元件测量相比, 有以下几个优点。

- (1) 不必手持元件, 避免了手的热量传给元件造成测量不准。这对测量阻值与温度关系大的元件尤为重要。
- (2) 可腾出双手进行有关数据的记录与计算。
- (3) 可方便地用表笔另接电阻进行并联测试。例如, 欲用两只电阻并联代替一只电阻时, 可用 c、e 插孔将一只电阻固定, 再用表笔接另外的待并联电阻, 以选择其合适的阻值。
- (4) 可防止因表笔接触不良而引起指针晃动的问题。

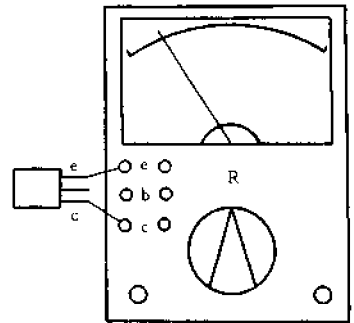


图 3-13 万用表  $h_{FE}$  插孔的妙用

## 第四章 用万用表检测 139 种电子元器件

本章介绍用万用表检测 139 种电子元器件的实用方法,其中包括通用元器件、电视机及电冰箱等家电中的专用元器件等。对于部分互换性较强的元器件,还介绍了代换方法。对于一些较为新型的元器件,视具体情况给出了典型应用电路及使用注意事项。

### § 4.1 检测固定电阻器

#### 一、固定电阻器的种类及参数

固定电阻器简称为电阻,是一种最常用的电子元件,其文字符号为 R,图形符号和外形见图 4-1。常见的固定电阻有碳膜电阻(RT 型)、金属膜电阻(RJ 型)、有机实芯电阻(RS 型)、线绕电阻(RX 型)等。

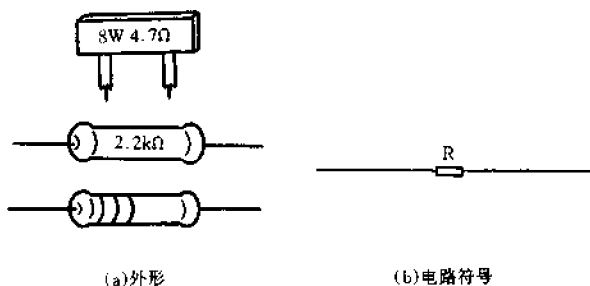


图 4-1 固定电阻器的外形及电路符号

电阻器有如下几项主要参数。

#### 1. 标称阻值

标称阻值简称阻值,基本单位是欧姆,简称欧( $\Omega$ )。除欧姆外,常用的电阻单位还有千欧( $k\Omega$ )和兆欧( $M\Omega$ )。这三者之间的换算关系是

$$1M\Omega = 1000k\Omega; 1k\Omega = 1000\Omega$$

在电路图中标示电阻器的数值单位时,一般将兆欧简标为 M,将千欧简标为 k,欧姆则不标单位。例如  $4M\Omega$  标作 4M; $3k\Omega$  标作 3k; $470\Omega$  标作 470。

电阻器上的电阻值有两种标示方法。

(1) 在电阻器上直接印出阻值。如  $4.7\text{k}\Omega$  的电阻器上印有“4.7k”或“4k7”字样。

(2) 用色环表示。在电阻器上印有四道色环(见图 4-2),左起第 1、第 2 环表示两位数的数值,第 3 环表示倍数,第 4 环表示阻值允许的误差。各道色环中不同颜色的含义见表 4-1 所列。表 4-2 是色环电阻的识读举例,供读者参考。

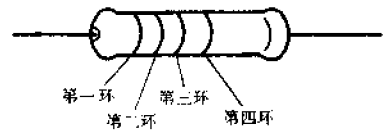


图 4-2 色环电阻

表 4-1 色环含义

| 色环颜色 | 第一环(十位数) | 第二环(个位数) | 第三环(倍数)          | 第四环(误差)     |
|------|----------|----------|------------------|-------------|
| 黑    |          | 0        | $\times 10^0$    |             |
| 棕    | 1        | 1        | $\times 10^1$    | $\pm 1\%$   |
| 红    | 2        | 2        | $\times 10^2$    | $\pm 2\%$   |
| 橙    | 3        | 3        | $\times 10^3$    |             |
| 黄    | 4        | 4        | $\times 10^4$    |             |
| 绿    | 5        | 5        | $\times 10^5$    | $\pm 0.5\%$ |
| 蓝    | 6        | 6        | $\times 10^6$    | $\pm 0.2\%$ |
| 紫    | 7        | 7        | $\times 10^7$    | $\pm 0.1\%$ |
| 灰    | 8        | 8        | $\times 10^8$    |             |
| 白    | 9        | 9        | $\times 10^9$    |             |
| 金    |          |          | $\times 10^{-1}$ | $\pm 5\%$   |
| 银    |          |          | $\times 10^{-2}$ | $\pm 10\%$  |
| 无环   |          |          |                  | $\pm 20\%$  |

表 4-2 色环电阻识读举例

| 色环颜色 |     |     |     | 查表所得对应数值 |     |                  |           | 合算所得阻值  | 误差       |
|------|-----|-----|-----|----------|-----|------------------|-----------|---|----------|
| 第一环  | 第二环 | 第三环 | 第四环 | 第一环      | 第二环 | 第三环              | 第四环       |   |          |
| 黄    | 紫   | 橙   |     | 4        | 7   | $\times 10^3$    | 20%       | $47 \times 10^3 = 47000\Omega = 47\text{k}\Omega$ | 20%      |
| 橙    | 橙   | 红   | 金   | 3        | 3   | $\times 10^2$    | 5%        | $33 \times 10^2 = 3300\Omega = 3.3\text{k}\Omega$ | 5%       |
| 蓝    | 灰   | 黑   | 银   | 6        | 8   | $\times 10^0$    | $\pm 10$  | $68 \times 10^0 = 68\Omega$                       | $\pm 10$ |
| 绿    | 棕   | 金   | 金   | 5        | 1   | $\times 10^{-1}$ | $\pm 5\%$ | $51 \times 10^{-1} = 5.1\Omega$                   | $\pm 5$  |

色环电阻还可以按照下述方法直读其阻值:先看第一、第二道色环,并记下读数,然后再看第三道色环,第三道色环的数值是几,便在第一、第二道色环数值后添上几个零,即得到该电阻的阻值。表 4-3 为色环直读举例。

表 4-3

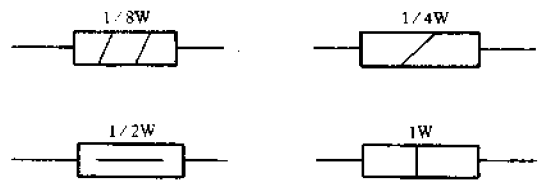
色环电阻直读举例

| 色环颜色及顺序 |     |     | 查表所得对应数值 |     |     | 直读所得数值                    |
|---------|-----|-----|----------|-----|-----|---------------------------|
| 第一环     | 第二环 | 第三环 | 第一环      | 第二环 | 第三环 |                           |
| 黄       | 紫   | 橙   | 4        | 7   | 3   | $47000\Omega = 47k\Omega$ |
| 橙       | 橙   | 红   | 3        | 3   | 2   | $3300 = 3.3k\Omega$       |
| 蓝       | 灰   | 黑   | 6        | 8   | 0   | $68\Omega$                |

在识读色环电阻时应注意正确区分哪一端为第一环。如前所述,色环电阻的前三环用来表示阻值,第四环表示误差,表示不同误差的颜色有两种,即金色( $\pm 5\%$ )和银色( $\pm 10\%$ )。目前市场上出售的色环电阻主要是误差为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 的,没有误差环的电阻已不多见。所以在识别时,可先找到金色( $\pm 5\%$ )或银色( $\pm 10\%$ )的第四环(即误差环),依次向前推算,就是第三环、第二环、第一环。如果是只标有三个色环的电阻,因色环少所以靠最边上的一环就是第一环。

## 2. 额定功率

它是指在特定环境温度范围内电阻器所允许承受的最大功率。在该功率限度以下,电阻器可以正常工作而不会改变其性能,也不会损坏。常用电阻器的功率有 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 等等。电路图中标示电阻器的功率时,有的直接标出数值,也有的用符号表示(见图 4-3)。小型电阻器的额定功率一般在电阻体上并不标出。但根据电阻长度和直径大小,可以确定其额定功率值的大小。表



(大于 $1W$ 时用长方形中的阿拉伯数字表示)

图 4-3 电阻功率表示方法

4-4列出了常用不同长度、直径的碳膜电阻、金属膜电阻所对应的功率值,供读者使用时参考。

表 4-4

两种电阻器的长度、直径与功率关系

| 额定功率(W) | 碳膜电阻(RT) |        | 金属膜电阻(RJ) |         |
|---------|----------|--------|-----------|---------|
|         | 长度(mm)   | 直径(mm) | 长度(mm)    | 直径(mm)  |
| 1/8     | 11       | 3.9    | 6~7       | 2~2.5   |
| 1/4     | 18.5     | 5.5    | 7~8.3     | 2.5~2.9 |
| 1/2     | 28.5     | 5.5    | 10.8      | 4.2     |
| 1       | 30.5     | 7.2    | 13        | 6.6     |
| 2       | 48.5     | 9.5    | 18.5      | 8.6     |

## 二、固定电阻器的检测方法

### 1. 量程的选择

为了提高测量精度,应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于电阻挡刻度的非线性,

它的中间一段分度较为精细,因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置,即全刻度起始的20%~80%弧度范围内,以使测量更准确。例如,50Ω以下的电阻可用R×1挡;50~1000Ω的电阻可用R×10挡;1~500kΩ的电阻可用R×1k挡;500kΩ以上的电阻可用R×10k挡。

## 2. 测量电阻值的操作方法

(1) 将万用表置于适当量程的电阻挡,先调整“0”点。将两根表笔短路,调节“0Ω”电位器,使表头指针满度,指向“0”,然后再进行测量。测量中每次变换量程,例如从R×1挡换到R×10或其他挡后,都必须重新调零后再使用。

(2) 将两表笔(不分正负)分别与电阻的两端引脚相接,即可测出实际电阻值。

注意,在测试时,特别是在测量几十千欧以上的电阻时,手不要触及表笔和电阻的导电部分。因为人体具有一定电阻,会对测试产生一定的影响,使读数偏小。被检测的电阻必须从电路中焊下来,至少要焊开一个头,以免电路中的其他元件对测试产生影响,造成测量误差。

## 3. 测量大值电阻的方法

一般将大于1MΩ的视为大值电阻,1Ω~1MΩ的视为中值电阻,小于1Ω的视为小值电阻。

测量1MΩ以上的电阻,即使使用较高挡的万用表,读数也会不准,若测量5MΩ以上的电阻,则读数很困难,误差是相当大的。下面介绍三种比较准确测量大值电阻的方法。

(1) 多个同值电阻并联测量法。如图4-4所示,将多个(如5个)同值电阻先并联在一起,然后使用R×10k挡进行测量,将所得值乘以5即为实测值。注意,应用此法时,要事先认定这些电阻应为等值,可用万用表分别测量每个电阻,看其指针偏转程度是否一样。

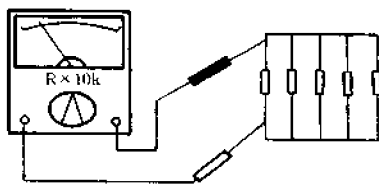


图4-4 多个同值电阻并联测量大值电阻

(2) 并联标准电阻测量法。如图4-5所示,被测电阻与标准电阻并联后一起进行测量,再经计算,即可得出被测

电阻值。设标准电阻阻值为 $R_{标}$ ,并联后测得的阻值为 $R_{并}$ ,则被测电阻 $R_x = \frac{R_{并} R_{标}}{R_{标} - R_{并}}$ 。采用

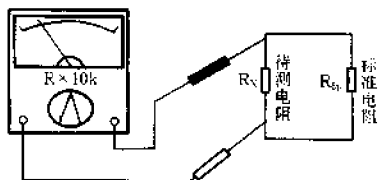


图4-5 并联标准电阻测大值电阻

此法测量时,要注意适当选择 $R_{标}$ 的值,选得太大不易读数,太小则并联后阻值变化不大。经验证明,选择 $R_{标}$ 时,应使 $R_{标}$ 与 $R_x$ 并联后的值 $R_{并}$ (即测得值)在 $(0.8 \sim 0.2) R_{标}$ 之间,这时可算得 $R_x = (4 \sim 0.25) R_{标}$ 。但由于测量之前不知道 $R_{并}$ 是多少,所以应先进行试选。例如要测一标有3MΩ的电阻,先选 $R_{标} = 1.5MΩ$ ,与3MΩ并联后测量,看 $R_{并}$ 是否在1.2MΩ至0.3MΩ间,若是,说明 $R_{标}$ 选择正确,若不

是,则另选。如实测 $R_{并} = 990kΩ$ ,则 $R_x = \frac{0.99 \times 1.5}{1.5 - 0.99} \approx 2.9(MΩ)$ 。此法的缺点是要有几只标准电阻,并选出最适当的那只。采用此法测量时,用R×10k挡或R×1k挡均可。

(3) 外加电源测量法。测量具体接线如图4-6所示。E为交流时可用220V市电,这时用 $R_x = m\beta[(220/U) - 1]$ 算出待测电阻 $R_x$ 。式中, $m$ 为万用表所用电压挡量程, $\beta$ 为该挡灵敏度, $U$ 为万用表测得的值,如E不是220V,则用实际值代替“220”。例如,用MF500型万用表AC500V挡( $\beta = 20kΩ/V$ , $m = 500V$ )实测某大值电阻 $R_x$ ,得到 $U = 25V$ ,则 $R_x = 500 \times 20 \times 10^3 [(220/25) - 1] = 78(MΩ)$ 。如果E用直流电源,则万用表要用直流电压挡,且公式中的“220”



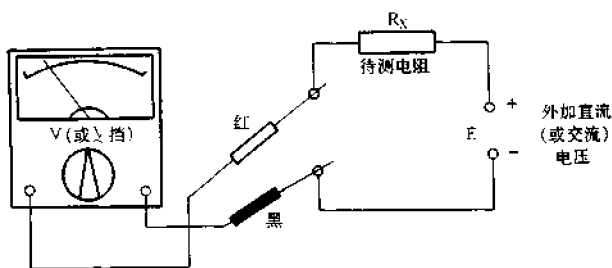


图 4-6 外接电源测量大值电阻

应改为  $E$  的电动势进行计算。

运用此法测量大值电阻时,因为电流极小,所以不必担心超过  $R_x$  额定功率。但应特别注意,不要加入并联电阻,否则会引起很大的误差。

#### 4. 测量小值电阻的方法

对于设有  $D\Omega$  挡的万用表,可用该挡测量小值电阻。使用无  $D\Omega$  挡的万用表测量小值电阻,可参照图 4-7 所示方法进行。将数个等值电阻串联,然后用  $R \times 1$  挡测量,将测得值除以串联电阻的个数(例如 5 个)即可。

测量小值电阻时应特别注意接触电阻对测量结果的影响。例如,设接触电阻为  $0.1\Omega$ ,当测量某  $0.5\Omega$  的小值电阻时,则相对误差为 2%。但如仍是  $0.1\Omega$  的接触电阻,当测  $3.3k\Omega$  的中值电阻时,相对误差仅为 0.00003%,已微不足道。由此可见,接触电阻在测小值电阻时会对测量结果产生很大的影响。因此,在测量时,应将被测电阻引脚除锈,去掉氧化膜,并将其与表笔充分压紧。

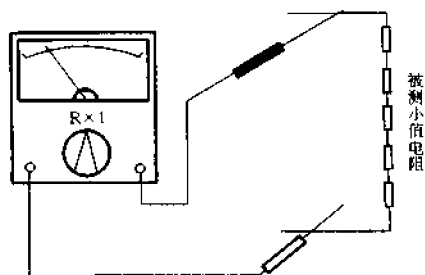


图 4-7 串联法测量小值电阻

## § 4.2 检测排电阻

### 一、排电阻的结构特点

排电阻也叫集成电阻,是一种集多只电阻于一体的电阻器件。其外形及结构如图 4-8 所

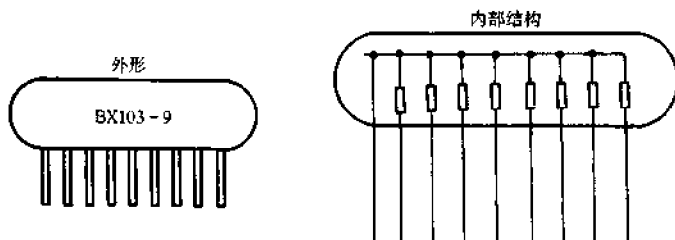


图 4-8 排电阻的外形与内部结构

示。图中, BX 表示产品型号, “10”表示有效数字, “3”表示有效数字后边加 0 的个数, 103 即 10000(10k)。“9”表示此排电阻有 9 个引脚, 其中一个公共引脚, 一般都在两边, 用色点标示。排电阻比分立电阻体积小, 安装方便, 适合多个电阻阻值相同, 而且其中的一个引脚都连在电路的同一位置的场合。

## 二、排电阻的检测方法

测量排电阻的方法如图 4-9 所示。对已知引脚排列顺序的排电阻, 可将一支表笔接公共引脚, 用另一支表笔依次对每个电阻进行测量, 其阻值应符合标称值。

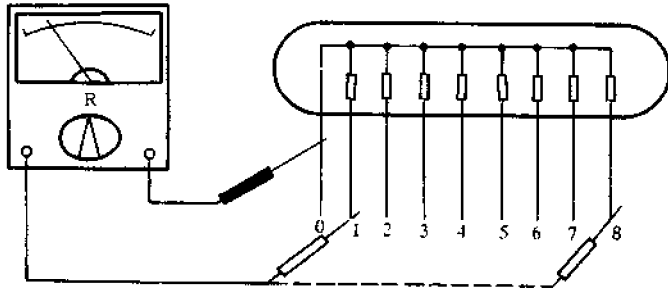


图 4-9 检测排电阻

对于不知引脚排列的排电阻, 可先将红表笔任接被测排电阻的任一引脚, 然后用黑表笔去试测其他引脚, 若所得值相同, 则说明红表笔所接的引脚是被测排电阻的公共脚。

此外, 还可以采用测量相邻两引脚间电阻值的方法对排电阻进行检测。例如, 用一支表笔接触引脚 0, 另一支表笔接触相邻的引脚 1, 则测出的电阻值为  $R_{01} = R_0 + R_1 = R_1$  (因引脚 0 本身电阻为零), 而引脚 1 与引脚 2 间的电阻值为  $R_{12} = R_1 + R_2 = 2R_1$ ……这些电阻值除  $R_{01} = R_1$  外, 其余电阻  $R_{12}$ 、 $R_{23}$  等, 应等于  $2R_1$ 。根据这种规律, 依次测出相邻两引脚间的电阻值, 即可判断排电阻的质量好坏。

## § 4.3 检测电位器

### 一、电位器的基本结构和性能特点

电位器实际上是一种可调的电阻器件。图 4-10 是常用的旋转式碳膜电位器的结构图。由图可见, 电位器是由一个电阻体和一个活动触点及三个引脚焊片组成。电阻体与活动触点被封装在金属或塑料壳体内。固定引脚焊片①和③分别与电阻体两端相接, 而活动触点则与引脚焊片②相接。三个引脚焊片均露于壳体外部用于与应用电路连接。

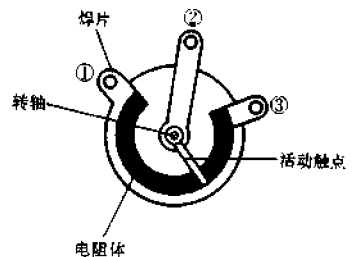


图 4-10 电位器的基本结构

电位器的文字符号是 RP。图 4-11(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) 是几种常用电位器的外形。图 4-11(g) 是电位器的通

用电路图形符号。

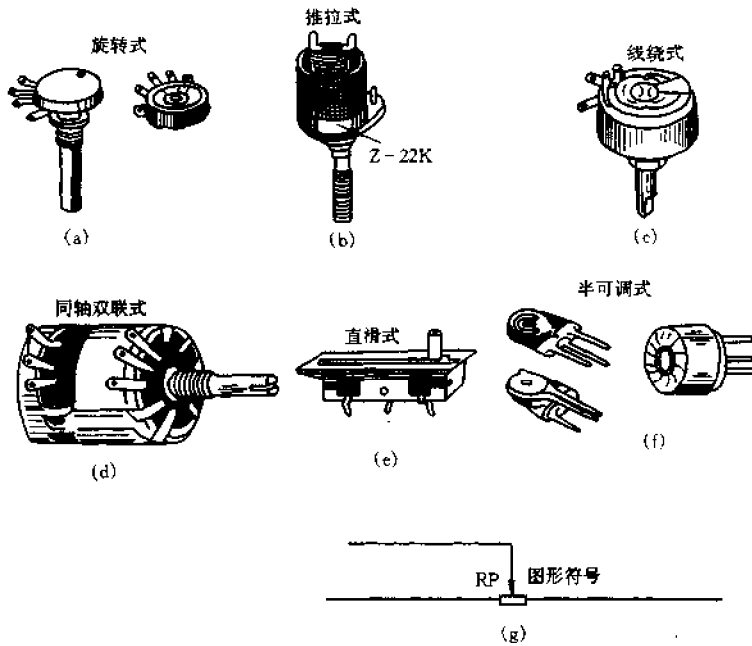


图 4-11 电位器的外形和电路符号

根据不同制造材料来分类,电位器可分为以下几种。

(1) 碳膜电位器。电阻体是用配制好的悬浮液涂抹在玻璃纤维板或纸胶板上制成。它是目前使用最广泛、品种最多、价格最低的一种电位器。其突出优点是,分辨率高,阻值范围宽,可从几百欧姆到几兆欧。缺点是功率较小,耐热耐湿性能稍差。

(2) 线绕电位器。电阻体是由绕在绝缘骨架上的电阻丝构成。其主要优点是能耐较高的温度,可制成功率型电位器。缺点是分辨率有限,且本身的固有电感、电容都较大,不能用于高频电路。

(3) 实芯电位器。其特点是分辨率高,耐磨耐热,且体积小,适合在小型电子设备中使用。

## 二、电位器的主要参数

制作电位器所用的电阻材料与相应的固定电阻相同,所以其主要参数的定义,如额定功率等与相应的固定电阻器也基本相同。但由于电位器上存在活动触点,其阻值是可调的,因此还具有如下几项参数。

(1) 阻值的最大值和最小值。每个电位器的外壳上都标有它的标称阻值,这是指电位器的最大电阻值。最小电阻值又称为零位电阻。由于活动触点存在接触电阻,因此最小电阻值不可能为零,但要求此值越小越好。

(2) 阻值变化特性。常见的电位器阻值变化规律有三种类型,直线式(X型)、指数式(Z型)和对数式(D型),图 4-12 是三种类型电位器的阻值随活动触点的旋转角度变化的曲线图。图中,纵坐标表示当某一角度时,电阻实际数值与电位器总电阻值的百分数,横坐标表示的是某一旋转角与最大旋转角的百分数。由图可见,X型电位器的阻值变化与转角成直线关系,它适用于一些要求均匀调节的场合;Z型电位器,在开始转动时,阻值变化较小,而在转角

接近最大转角一端时,阻值变化就比较显著,这种电位器适合于音量控制电路;而D型电位器的阻值变化与Z型正好相反,它在开始转动时阻值变化很大,而在转角接近最大值时,阻值变化就比较缓慢,它适用于音调控制等电路。

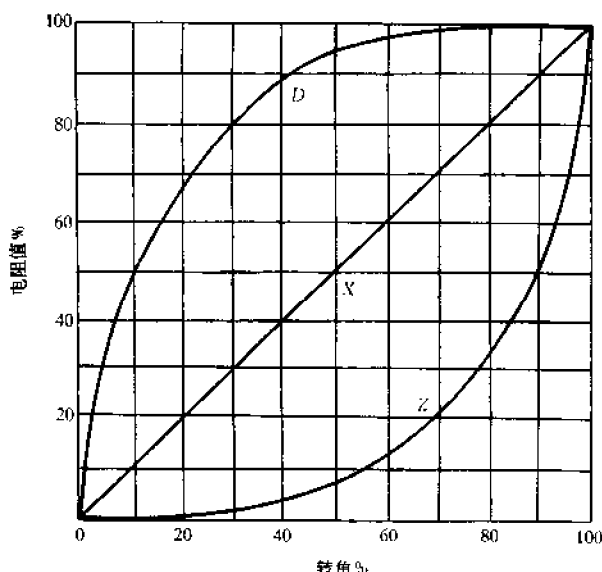


图 4-12 电位器阻值—转角曲线

### 三、电位器的检测方法

检测电位器时,首先要转动旋柄,看看旋柄转动是否平滑,开关是否灵活,开关通、断时“喀达”声是否清脆,并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音,如有“沙沙”声,说明质量不好。用万用表测试时,先根据被测电位器阻值的大小,选择好万用表的合适电阻挡位,然后可按下述方法进行检测。

#### 1. 测量电位器的标称阻值

用万用表的电阻挡测量电位器①、③两端,其读数应为电位器的标称阻值,见图 4-13。如万用表的指针不动或阻值相差很多,则表明该电位器已损坏。

2. 检测阻值变化情况(动臂与电阻片接触是否良好)

参见图 4-14 所示。用万用表电阻挡测量电位器的①、②两端的电阻值,将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置,这时电阻值越小越好。再顺时针慢慢旋转轴柄,电阻值应逐渐增大,万用表的指针应平稳移动。当轴柄旋至极端位置③时,阻值应接近电位器的标称值。如万用表的指针在电位器的轴柄转动过程中有跳动现象,说明活动触点有接触不良的故障。用同样的方法也可测量②、③脚间的电阻变化情况,但阻值变化规律正好相反。

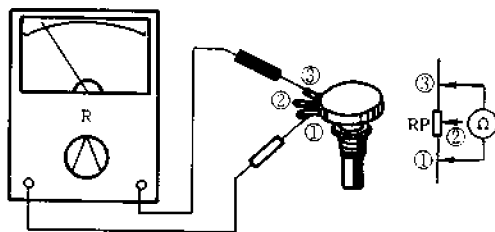


图 4-13 测量电位器的标称阻值

### 3. 测试开关的好坏

如图 4-15 所示。对于带有开关的电位器,检查时可用万用表的  $R \times 1$  挡测量①、⑤两焊片间的通、断情况是否正常。旋转电位器的轴柄,使开关一“开”一“关”,观察万用表指针是否“通”或“断”。要“开”、“关”多次,并观察是否每次都反应正确。若在“开”的位置,电阻值不为零,说明内部开关触点接触不良;若在“关”的位置,电阻值不为  $\infty$ ,说明内部开关失控。

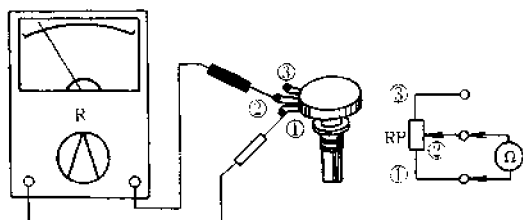


图 4-14 测量电位器阻值变化情况

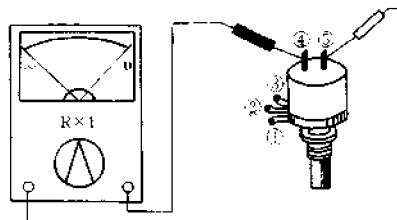


图 4-15 检测电位器的开关

### 4. 检查外壳与引脚的绝缘

将万用表拨至  $R \times 10k$  挡,一表笔接电位器外壳,另一表笔逐个接触①、②、③、④、⑤焊片,阻值均应为  $\infty$ ,如测出阻值或阻值为零,说明外壳与引脚有短路的地方。

### 5. 判别电位器的类型(X、Z、D型)

对无标记的电位器,根据阻值的变化规律,可以判别其是 X 型(直线式)、Z 型(指数式)还是 D 型(对数式)。测试时,电位器的正确摆位如图 4-16 所示。将电位器的轴柄向上,焊片对准测试者。先用适当的电阻挡测量 a、c 间(电位器的总电阻,即标称值)的电阻值,记为  $R_{ac}$ 。然后将轴柄逆时针方向旋到底,再用适当电阻挡测量焊片 a、b 间电阻值  $R_{ab}$ ,并同时转动电位器轴柄,注意转角与万用表所示阻值  $R_{ab}$  间的关系。转角约一半(约  $150^\circ$ )时,若  $R_{ab}$  为电位器总电阻  $R_{ac}$  的一半值,则是 X 型,若  $R_{ab}$  为  $R_{ac}$  的 0.1 倍时为 Z 型,为 0.9 倍时是 D 型。

### 6. 检测双连同轴电位器的同步特性

双连同轴电位器常在高档立体声收录机和扩音机中用于音量调节或左右声道平衡调节,其质量优劣直接影响放音效果。下面介绍一种测量双连同轴电位器同步特性的方法,如图 4-17 所示。首先用万用表电阻挡分别测量双连同轴电位器的电阻值,即 a、c 之间和 a'、c' 之间的阻值,通常两个阻值应相等。再用导线把 a、c' 两点短接,把 a'、c 两点短接,然后测 b、b' 两点之间的阻值。在理想的情况下,无论同轴电位器的转轴转到什么位置, b、b' 两点之间的阻值都应等于 a、c 或 a'、c' 两点之间的阻值,即指针应始终保持在 a、c 或 a'、c' 阻值的刻度上不动。如果指针有偏转,说明被测同轴电位器的同步特性不好,指针偏转越大,同步偏差越大。用这种方法还可以测出电位器的哪一个角度有偏差。

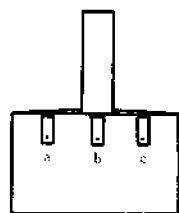


图 4-16 判断电位器类型时的正确摆位

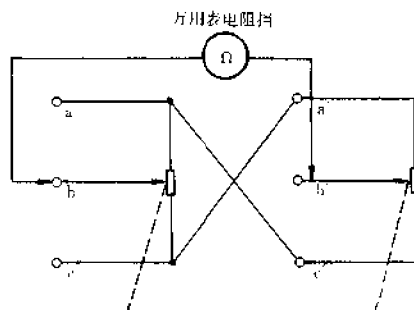


图 4-17 检测双连电位器同步特性

## § 4.4 检测熔断电阻器

### 一、熔断电阻器的性能及使用要点

熔断电阻器也称保险电阻器,是一种双功能元件。当被保护电路正常工作时,熔断电阻器呈普通电阻的特性,一旦电路工作失常,导致负载过重时,熔断电阻器就因过负荷使表面温度急剧升高,当达到 500~600℃时,电阻层(金属膜)便在规定时间内剥落熔断,从而保护电路中其他元件免遭损坏。熔断电阻器被广泛应用于电视机、录像机、扩音机及高档音响系统中,尤以彩电中使用最普遍。

按制造材料来分,熔断电阻器有线绕型、碳膜型、金属膜型、氧化膜型、化学沉积膜型等。熔断电阻器的阻值有 0.22Ω~10kΩ 等规格,功率有 0.5~3W。常见的熔断电阻器为不可修复型,熔断后即应更换。熔断电阻器的常见外形和电路符号如图 4-18(a)、(b)所示。图 4-18(c)为国外一些厂家曾使用的各种图形符号。

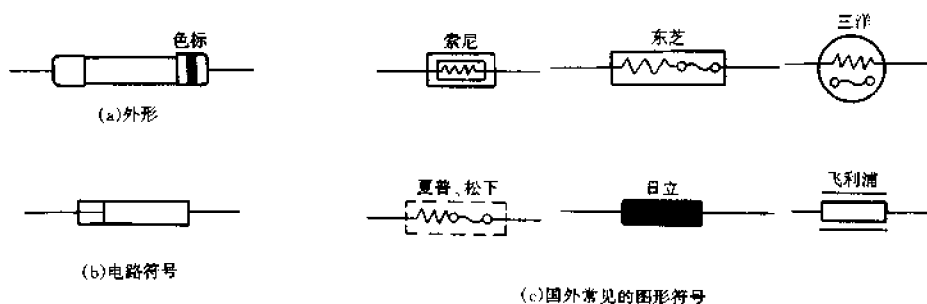


图 4-18 熔断电阻器的外形和电路符号

表 4-5 列出了 RF10 和 RF11 型熔断电阻器的主要参数,供选用时参考。

表 4-5 RF10 和 RF11 型熔断电阻器主要参数

| 型号   | 品种 | 70°以下的<br>额定功率 | 温度系数<br>10 <sup>-6</sup> /°C | 阻值范围<br>(Ω) | 最高开路电压<br>(V) | 绝缘电压(交流或<br>交流峰值)(V) | 最大尺寸 |      |      |  |
|------|----|----------------|------------------------------|-------------|---------------|----------------------|------|------|------|--|
|      |    |                |                              |             |               |                      | L    | D    | W    |  |
| RF10 | AA | 0.25           | ± 350                        | 0.47~1k     | 200           | 250                  | 7.0  | 2.5  |      |  |
|      | BA | 0.5            |                              |             | 250           |                      | 10.5 | 3.9  |      |  |
|      | CA | 1              |                              |             | 350           |                      | 350  | 14.0 | 5.5  |  |
|      | DA | 2              |                              |             |               |                      |      | 17.0 | 6.5  |  |
| RF11 | AA | 0.5            | ± 350                        | 0.33~1.5k   | 200           | 1000                 | 16.0 | 6.3  |      |  |
|      | BA | 1              |                              | 0.33~1k     |               |                      | 14.0 |      | 6.5  |  |
|      | CA | 2              |                              | 300         | 0.33~3.3k     |                      | 19.0 |      | 7.4  |  |
|      | DA | 3              |                              |             |               |                      | 23.0 |      | 10.5 |  |

选择和使用熔断电阻器时要考虑其双重性能,既要保证能在正常条件下长期稳定工作,又要保证过负荷时能快速熔断,即临界功率要选得准确。如果阻值过大或功率太大都不能起到保护作用。一般在确定额定功率时,应取计算的耗散功率( $P = I^2 R$ )。在选择阻值时,应根据工作电路中的工作电压和工作电流来确定,可用公式  $R = \frac{U}{I}$  来计算。

另外,使用时应不要让熔断电阻器靠近不耐热的元器件。大功率熔断电阻器要用专用支架,小功率的悬空 10mm 以上支撑,不要紧贴印制板。焊接时动作要快,不能使其长时间受热,以免引起阻值变化。

## 二、熔断电阻器的检测方法

在使用中,当熔断电阻器熔断开路后,可根据其熔断的程度及特征作出判断。

(1) 电阻体表面发黑或烧焦。可断定是其负荷过重,通过它的电流超过额定值很多倍所致。

(2) 电阻体表面无任何痕迹但已开路。表明流过的电流刚好等于或稍大于其额定熔断值。

(3) 电阻表面无任何痕迹。可借助万用表  $R \times 1$  挡来测量,为保证测量准确,应将熔断电阻器一端从电路上焊下。若测得的阻值为  $\infty$ ,则说明此熔断电阻器已失效开路,若测得的阻值与标称值相差甚远,表明电阻变值,也不宜再使用。

(4) 在维修实践中发现,也有少数熔断电阻器被击穿短路的现象,检测时也应予以注意。

## 三、熔断电阻器应急修复代换

当发现熔断电阻器被烧坏后,要查明烧坏的原因,再进行相应处理,不要盲目更换,更不能用普通电阻直接代替。如果暂时没有同规格熔断电阻器,可采用下列方法之一进行应急修复代换。

(1) 固定电阻串联保险管代换法。所用固定电阻阻值、功率应与待换熔断电阻器完全相同,所用保险管的额定电流按下式计算

$$I_{\text{保}} = \sqrt{\frac{0.56P}{R}}$$

式中, $P$  和  $R$  分别为待换熔断电阻器的额定功率和额定阻值。

代换举例:被代换熔断电阻器参数为,功率 1/2W,阻值 1 $\Omega$ 。则保险管额定电流为

$$I_{\text{保}} = \sqrt{\frac{0.56P}{R}} = \sqrt{\frac{0.56 \times 0.5}{1}} \approx 0.5(\text{A})$$

即:用一只 1 $\Omega$ 、1/2W 的固定电阻串接一只 0.5A 的保险管可在电路中代替一只 1 $\Omega$ 、1/2W 的熔断电阻器使用。

(2) 自绕电阻与保险管串联代用法。即用康铜丝绕制一个阻值和原件一样大的电阻,再串接一个普通的保险管来代换损坏的熔断电阻器。保险管的额定电流值,可选取在该电路正常工作时电流值的 1.25 ~ 1.5 倍。即保险管的允许电流值  $I = (1.25 \sim 1.5) I_0$ ,  $I_0$  为电路正常工作电流。

(3) 用保险管直接替代法。当损坏的熔断电阻器的阻值在 1 $\Omega$  以下时,则可以直接用保险

管代用,其额定电流仍可用公式  $I_{保} = \sqrt{\frac{0.56P}{R}}$  进行计算选择。

## § 4.5 检测负温度系数热敏电阻(NTC)

### 一、负温度系数热敏电阻的性能特点及主要参数

负温度系数热敏电阻(NTC)性能特点是,在工作温度范围内,电阻值随温度的升高而降低。其电阻温度系数  $\alpha_t \approx (1 \sim 6)\%/^{\circ}\text{C}$ 。负温度系数热敏电阻典型产品的电阻—温度特性曲线如图 4-19 所示。由图可见,随着温度的大幅度升高,电阻值也相应下降 3~5 个数量级。

NTC 热敏电阻有圆片形、管状形等。图 4-20 是几种 NTC 热敏电阻的外形和电路符号。热敏电阻的通用文字符号为 RT。

NTC 热敏电阻有如下几个主要参数。

(1) 标称电阻值  $R_t$ 。也称零功率电阻值,即器件上所标阻值。表示热效应可忽略不计时在  $25^{\circ}\text{C}$  环境温度下的阻值。也有的书籍上用  $R_{25}$  来表示。

(2) 额定功率。热敏电阻在规定的技术条件下,长期连续负荷所允许的消耗功率称为额定功率。通常所给出的额定功率值是指  $25^{\circ}\text{C}$  时的额定功率。

(3) 电阻温度系数  $\alpha_t$ 。它表示零功率条件下温度每变化  $1^{\circ}\text{C}$  所引起电阻值的相对变化量,单位是  $\%/^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 测量功率。它是指在规定的环境温度下,电阻体受测量电源的加热而引起的电阻值变化不超过 0.1% 时所消耗的功率。其用途在于统一测试标准和作为设计测试仪表的依据。

(5) 时间常数。指热敏电阻在无功功率状态下,当环境温度突变时,电阻体温度由初值变化到最终温度之差的 63.2% 所需的时间,也叫热惰性。

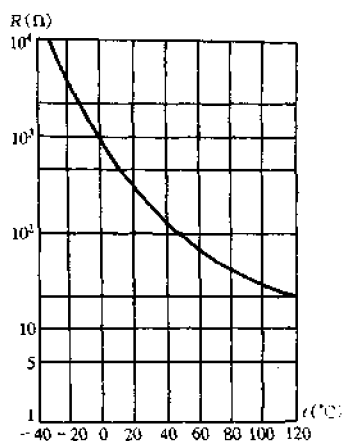


图 4-19 NTC 热敏电阻的电阻—温度特性曲线

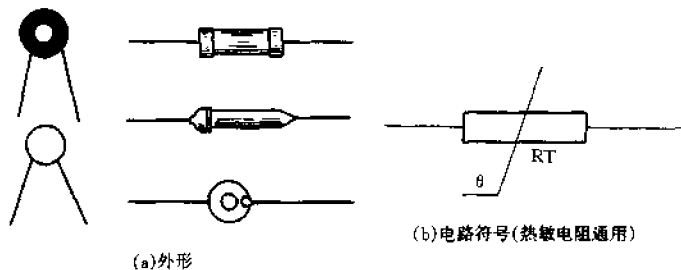


图 4-20 NTC 热敏电阻的外形和电路符号

(6) 耗散系数。它是指热敏电阻温度每增加  $1^{\circ}\text{C}$  所耗散的功率。

(7) 稳压范围。指稳压型 NTC 热敏电阻能起稳压作用的工作电压范围。



国产 NTC 热敏电阻主要有 MF 系列产品。表 4-6 列出了常用国产 NTC 热敏电阻的主要性能参数,供选用时参考。

表 4-6 普通 NTC 热敏电阻器的主要参数

| 型号     | 主要用途       | 额定功率 (W) | 标称阻值范围 ( $R_{25}$ )   | 测量功率 (mW)   | 工作温度   | 时间常数 (s)   |
|--------|------------|----------|---|-------------|--|------------|
| MF11   | 温度补偿、测温、控温 | 0.25     | 10 ~ 100 $\Omega$<br>110 $\Omega$ ~ 4.7k $\Omega$<br>5.1 ~ 15k $\Omega$ |             | 85 $^{\circ}\text{C}$ (最高)   | $\leq 60$  |
| MF12-1 | 温度补偿、测温、控温 | 1        | 1 ~ 430k $\Omega$<br>470k $\Omega$ ~ 1M $\Omega$                        | 0.2         | 125 $^{\circ}\text{C}$ (最高)  | $\leq 60$  |
| MF12-2 |            | 0.5      | 1 ~ 100k $\Omega$<br>110k $\Omega$ ~ 1M $\Omega$                        | 0.47        |  |            |
| MF12-3 |            | 0.25     | 56 ~ 510 $\Omega$<br>560 ~ 5600 $\Omega$                                | 0.04        |  |            |
| MF13   | 温度控制、温度补偿  | 0.25     | 0.82 ~ 10k $\Omega$<br>11 ~ 300k $\Omega$                               | 0.1         | 125 $^{\circ}\text{C}$ (最高)  | $\leq 30$  |
| MF14   | 温度控制、温度补偿  | 0.5      | 0.82 ~ 10k $\Omega$<br>11 ~ 300k $\Omega$                               |             | 125 $^{\circ}\text{C}$ (最高)  | $\leq 60$  |
| MF15   | 温度控制、测量补偿  | 0.5      | 100 ~ 47k $\Omega$<br>51 ~ 1000k $\Omega$                               |             | 155 $^{\circ}\text{C}$ (最高)  | $\leq 30$  |
| MF16   | 温度控制、测量补偿  | 0.5      | 10 ~ 47k $\Omega$<br>51 ~ 100k $\Omega$                                 |             | 125 $^{\circ}\text{C}$ (最高)  | $\leq 60$  |
| MF51   | 测温         |          | 10 $\Omega$ ~ 1M $\Omega$   | $\leq 0.02$ | -80 ~ +55 $^{\circ}\text{C}$<br>-55 ~ +125 $^{\circ}\text{C}$<br>+40 ~ +125 $^{\circ}\text{C}$<br>+125 ~ +315 $^{\circ}\text{C}$ | $\leq 5$   |
| MF52   | 测温         |          | 10 $\Omega$ ~ 1M $\Omega$   | $\leq 0.02$ | -80 ~ +55 $^{\circ}\text{C}$<br>-55 ~ +125 $^{\circ}\text{C}$<br>+40 ~ +200 $^{\circ}\text{C}$                                   | $\leq 3$   |
| MF53-1 | 测温         |          | 2890 $\Omega \pm 2\%$   | $\leq 0.02$ | -25 ~ +70 $^{\circ}\text{C}$   | $\leq 120$ |
| MF53-2 |            |          | 345 $\Omega \pm 2\%$  |             | -55 ~ +70 $^{\circ}\text{C}$   |            |
| MF53-3 |            |          | 1000 $\Omega \pm 2\%$   |             | +40 ~ +70 $^{\circ}\text{C}$   |            |

## 二、负温度系数热敏电阻的检测方法

### 1. 测量标称电阻值 $R_t$

用万用表测量 NTC 热敏电阻的方法与测量普通固定电阻的方法相同,即根据 NTC 热敏电阻的标称阻值选择合适的电阻挡可直接测出  $R_t$  的实际值。但因 NTC 热敏电阻对温度很敏感,故测试时应注意以下几点。

(1) 由标称阻值  $R_1$  的定义可知,此值是生产厂家在环境温度为  $25^\circ\text{C}$  时所测得的。所以,用万用表测量  $R_1$  时,亦应在环境温度接近  $25^\circ\text{C}$  时进行,以保证测试的可信度。

(2) 测量功率不得超过规定值,以免电流热效应引起测量误差。例如,表 4-6 所列 MF12-1 型 NTC 热敏电阻,其额定功率为  $1\text{W}$ ,测量功率  $P_1 = 0.2\text{mW}$ 。假定标称电阻值  $R_1$  为  $10\text{k}\Omega$ ,则测试电流

$$I_{\text{测}} = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{0.2 \times 10^{-3}}{10000}} = 141(\mu\text{A})$$

显然,使用  $R \times 1\text{k}$  挡测量比较合适,该挡满度电流  $I_M$  通常为几十至一百几十微安。例如常用的 500 型万用表  $R \times 1\text{k}$  挡的  $I_M = 150\mu\text{A}$ ,很接近  $141\mu\text{A}$ 。

(3) 注意正确操作。测试时,不要用手捏住热敏电阻,以防止人体温度使被测元件变值,造成测量误差。

## 2. 估测温度系数 $\alpha_t$

测试方法如图 4-21 所示。先在室温  $t_1$  下测得电阻值  $R_{t1}$ ,再用电烙铁作热源,靠近被测热敏电阻  $RT$ ,测出电阻值  $R_{t2}$ 。同时,用温度计测出此时热敏电阻  $RT$  表面的平均温度  $t_2$ 。将所测得的数据代入下式,求出  $\alpha_t$

$$\alpha_t \approx \frac{R_{t2} - R_{t1}}{R_{t1}(t_2 - t_1)}$$

注意,NTC 热敏电阻的  $\alpha_t < 0$ ,若测得的  $\alpha_t > 0$ ,则表明被测热敏电阻不是 NTC 而是 PTC。

此外,在给热敏电阻加热时,宜用  $20\text{W}$  左右的小功率电烙铁,且烙铁头不要直接去接触热敏电阻或靠得太近,以防损坏热敏电阻。

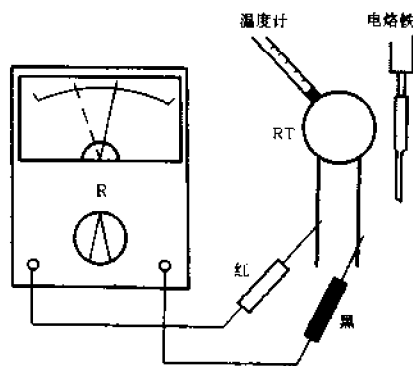


图 4-21 检测 NTC 热敏电阻的温度系数

## § 4.6 检测正温度系数热敏电阻(PTC)

### 一、正温度系数热敏电阻的性能特点及应用

正温度系数热敏电阻(PTC)是以钛酸钡( $\text{BaTiO}_3$ )为主要材料,再掺入微量锶、钛、铅等稀土元素后,经烧结而成。图 4-22 是 PTC 热敏电阻的电阻率-温度特性曲线。由图可见,PTC 热敏电阻在室温下的电阻率为  $10 \sim 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ ,当温度低于居里点温度(一般为  $120 \sim 165^\circ\text{C}$ )时略呈负阻特性,但电阻值基本不变;当温度达到并超过  $T_b$  时,电阻率发生突变,可增大  $3 \sim 4$  个数量级,达到  $10^6 \sim 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ ,电阻温度系数可以达到  $+(10 \sim 60)\%/^\circ\text{C}$ 。在 PTC 热敏电阻的电阻率-温度特性曲线上,定义了几个特征温度点和这些温度所对应的特征电阻值。

(1) 标称电阻值(也称室温电阻值)  $R_{25}$ 。元件在  $25^\circ\text{C}$  时的零功率电阻值。

(2) 最低电阻值。曲线上最小值点所对应的元件电阻值,用  $R_{\text{min}}$  表示,对应此电阻的温度为  $T_{\text{min}}$ 。

(3) 开关温度  $T_b$ 。当元件的零功率电阻值为二倍  $R_{\text{min}}$  时所对应的温度称开关温度  $T_b$ ,此时的电阻值则记作  $R_b$ 。

(4) 温度  $T_p$ 。当元件承受最大电压时所达到的温度。

(5) 最大电阻值  $R_N$ 。曲线上所示的最大电阻值,对应最大电阻值  $R_N$  的温度则为  $T_N$ 。

从图 4-22 的曲线中可以看出,当温度超过开关温度  $T_b$  时,PTC 热敏电阻的阻值急剧增大,但是当超过最大电阻值  $R_N$  后,随温度的增加,其电阻值又开始下降。

PTC 热敏电阻器不仅可用于测温、控温、保护电路中,而且还大量用于彩色电视机、电冰箱以及电熨斗、电子驱蚊器等家用电器电路中。

图 4-23 是彩色电视机中的自动消磁电路。在此,PTC 热敏电阻常被称为消磁电阻。消磁电阻与消磁线圈相串联,消磁线圈安装在彩色显像管防爆带周围。彩色电视机开机通电时,消磁回路产生一个很大的电流,并形成很强的交变磁场。由于 PTC 热敏电阻的作用,这一强交变磁场可在相当短的时间内衰减到极弱的程度。随着回路电流由大变小,磁场则由强变弱,从而自动将彩色显像管阴罩、防爆带等铁制件上的剩磁消掉。在彩色电视机自动消磁电路中,PTC 消磁电阻是关键元件。表 4-7 列出了国产 MZ 系列彩色电视机消磁电阻的主要参数,供选用时参考。

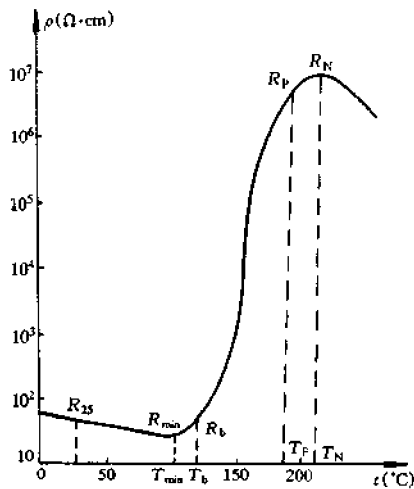


图 4-22 PTC 热敏电阻的电阻率—温度特性曲线

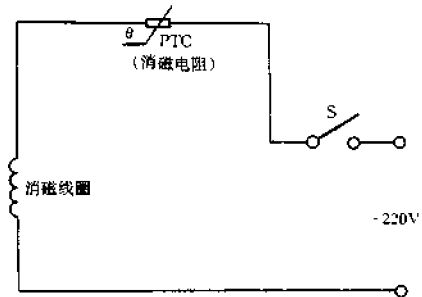


图 4-23 彩色电视机自动消磁电路

表 4-7 国产 MZ 系列消磁电阻主要参数

| 参 数<br>型 号 | 额定电压<br>(V) | 标称阻值<br>(Ω) | 起始电流<br>(A) | 经 30s 后残余电流<br>(mA) | 耐压及耐压时间   | 恢复特性   | 适用机型 |
|------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-----------|--------|------|
| MZ71       | 220V        | 20 ± 30%    | > 15        | < 10                | 360V, 75s | 2 倍初始值 | 日立   |
|            |             | 40 ± 30%    | > 10        | < 10                | 420V, 75s |        |      |
| MZ72       | 220V        | 18 ± 20%    | > 15        | < 10                | 270V, 75s |        | 松下   |
| MZ72B      | 220V        | 12 ± 20%    | > 20        | < 10                | 270V, 75  |        |      |
|            |             | 18 ± 20%    | > 15        | < 10                | 270V, 75s |        |      |
| MZ73       | 220V        | 27 ± 20%    | > 15        | < 5                 | 270V, 75s |        | 胜利   |

## 二、正温度系数热敏电阻的检测方法

### 1. 定性检测

将万用表置于  $R \times 1$  挡,具体可分两步操作。

第一步:常温检测(室内温度接近  $25^{\circ}\text{C}$ )

将两表笔接触 PTC 热敏电阻的两引脚,测出其实际阻值,并与标称阻值相对比,二者相差在  $\pm 2\Omega$  内即为正常。实际阻值若与标称阻值相差过大,则说明其性能不良或已损坏。

第二步:加温检测

在常温测试正常的基础上,即可进行加温检测。测试方法如图 4-24 所示。将一热源(例如电烙铁)靠近 PTC 热敏电阻对其加热,同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而增大,如是,说明热敏电阻正常,若阻值无变化,说明其性能变劣,不能再继续使用。

注意,检测时应将热敏电阻与电路脱开,并且不应在焊接后立即进行检测,因为这时 PTC 热敏电阻温度较高,所测得的阻值会明显大于标称值,容易造成误判。应在 PTC 温度自然冷却到与室温一致时,再进行测试。进行加温检测时,注意不要使热源与 PTC 热敏电阻靠得过近或直接接触热敏电阻,以防将其烫坏。

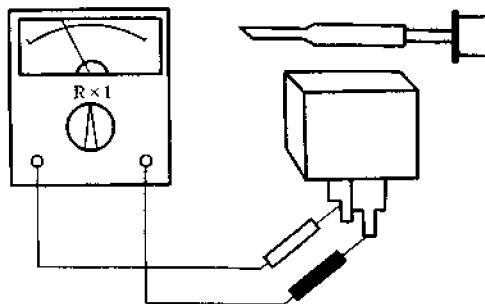


图 4-24 加热检测 PTC 热敏电阻

### 2. 定量检测

测试电路如图 4-25 所示。被测元件型号为 MZ72B,其标称电阻值为  $12\Omega \pm 20\%$  (即  $9.6 \sim 14.4\Omega$ )。将直流稳压电源调至  $10\text{V}$ 。使用两块万用表,表 I 拨至直流  $500\text{mA}$  电流挡用以监测电流,表 II 拨至直流  $50\text{V}$  电压挡用以监测电源电压。按电路连接好,在接通电源开关的瞬间,表 I 的指针读数冲过  $500\text{mA}$ ,然后迅速下降,经过 36 秒降至  $50\text{mA}$ 。由此不难推算出,电阻值从  $13.5\Omega$  增至  $125\Omega$ 。

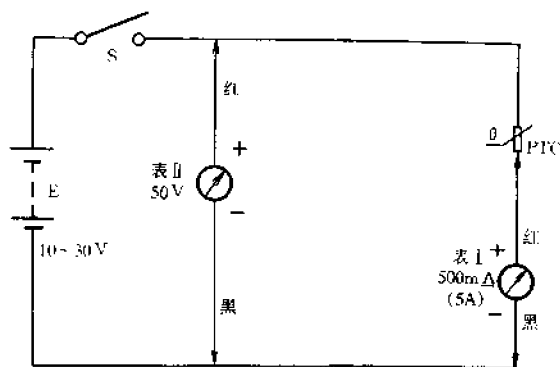


图 4-25 PTC 定量测试电路

待 PTC 恢复冷态后,将直流稳压电源调至  $30\text{V}$ ,表 I 拨至  $5\text{A}$  直流挡,在通电的瞬间电流接近  $2\text{A}$ ,经过 8 秒时间降至  $30\text{mA}$ ,对应的电阻值约为  $1\text{k}\Omega$ 。

## 三、正温度系数热敏电阻(消磁电阻)的代换

PTC 热敏电阻损坏后,最好用同型号、同阻值的元件予以更换。如无同型号配件时,也可用性能相近的产品来代换。下面以彩色电视机用的 PTC 消磁电阻为例,介绍具体代换方法。

### 1. 直接代换法

直接代换法分为两种情况。

(1) 用三端消磁电阻代换三端消磁电阻。只要分清三个引脚,对应接入电路即可。

(2) 用二端消磁电阻代换二端消磁电阻。目前彩色电视机消磁电路中大多使用二端消磁电阻,大量维修实践证明,其阻值要求并不十分严格,用相差  $3 \sim 5\Omega$  的消磁电阻进行直接代换,电路仍可正常工作。

### 2. 变通代换法

彩色电视机用的 PTC 消磁电阻有三端消磁电阻和二端消磁电阻之分,图 4-26 是这两种消磁电阻在电路中的接法。图 4-26(a)所示的三端消磁电阻由两只 PTC 热敏电阻封装组合而成,其中  $RT_1$  的阻值较小,它与消磁线圈串联后接入 220V 交流电源起消磁作用, $RT_2$  阻值较大,它并联在 220V 交流电源上起进一步加热  $RT_1$  的作用,以达到减少回路中的稳定电流的目的。图 4-26(b)所示的二端消磁电阻的作用与上述消磁电阻  $RT_1$  的作用相同。

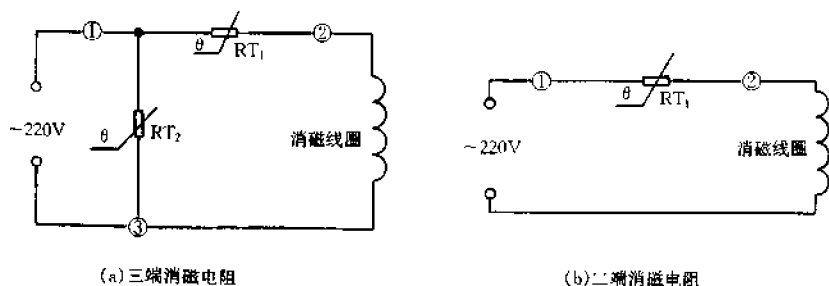


图 4-26 三端及二端消磁电阻在电路中的接法

根据上述消磁电路的结构特点,变通代换法有以下两种情况。

(1) 用二端消磁电阻代换三端消磁电阻。只需将二端消磁电阻装入三端消磁电阻  $RT_1$  的位置即可,安装  $RT_2$  的焊孔空着不用。

(2) 用三端消磁电阻代换二端消磁电阻。可将阻值较小的  $RT_1$  代替原二端消磁电阻接入电路,另一脚空置不用。

## § 4.7 检测压敏电阻(VSR)

### 一、压敏电阻的性能特点及典型应用

压敏电阻简称 VSR,是一种过压保护器件。图 4-27 是压敏电阻的外形、电路符号、内部结构和伏安特性曲线。构成压敏电阻的核心材料为氧化锌(ZnO),氧化锌又包括氧化锌晶粒和晶粒周围的晶界层,氧化锌晶粒的电阻率很低,而晶界层电阻率很高,相接触的两个晶粒之间形成一个相当于齐纳二极管的势垒,成为一个压敏电阻单元,许多单元通过串联、并联组成压敏电阻器基体。压敏电阻器在工作时,每个压敏电阻单元都承担浪涌能量,而这些压敏电阻单元是大体上均匀分布在电阻体内的,也就是整个电阻体都承担能量,而不像齐纳二极管那样只是结区承担电功率。这就是陶瓷压敏电阻器具有比齐纳二极管大得很多的通流和能量

定额的原因。

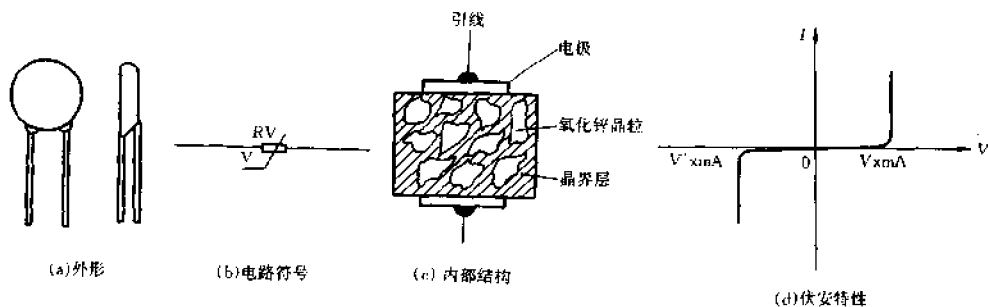


图 4-27 压敏电阻的外形、电路符号、结构及伏安特性

由压敏电阻的伏安特性曲线可见,当其两端所加电压在标称额定值以内时,电阻值几乎为 $\infty$ ,处于高阻状态,其漏电流 $\leq 50\mu\text{A}$ ,当它两端的电压稍微超过额定电压时,其电阻值急剧下降,立即处于导通状态,工作电流增加几个数量级。反应时间仅在毫微秒级。

压敏电阻的电气参数很多,但主要的是标称电压、漏电流和通流量。

(1) 标称电压( $V_{1\text{mA}}$ )。也称压敏电压,指通过 1mA 直流电流时压敏电阻两端的电压值。对于直径 5mm 或更小尺寸的压敏电阻,则以  $V_{0.1\text{mA}}$  为标称电压。对于低电压大直径产品,也有以  $V_{10\text{mA}}$  来表示标称电压的。

(2) 漏电流。当元件两端电压等于 75%  $V_{\text{xmA}}$  时,压敏电阻上所通过的直流电流。

(3) 通流量。在规定时间(8/20 $\mu\text{s}$ )之内,允许通过脉冲电流的最大值。其中,脉冲电流从 90%  $V_p$  到  $V_p$  的时间为 8 $\mu\text{s}$ ,峰值持续时间为 20 $\mu\text{s}$ 。

表 4-8 列出了国内外常用的几种压敏电阻的主要参数,供选用时参考。

表 4-8 压敏电阻主要参数

| 生产厂家 | 型号        | 标称电压(V)                       | 漏电流( $\mu\text{A}$ ) | 通流量(8/20 $\mu\text{s}$ ) | 外形尺寸(mm)             |
|------|-----------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| 国内   | MYL07DK   | $V_{1\text{mA}} 22 \sim 82$   | $\leq 10$            | 100A                     | $\phi 10 \times 4.2$ |
|      | MYL10DK   | $V_{1\text{mA}} 22 \sim 82$   | $\leq 10$            | 200A                     | $\phi 14 \times 4.3$ |
|      | MYL14DK   | $V_{1\text{mA}} 22 \sim 82$   | $\leq 10$            | 300A                     | $\phi 17 \times 4.3$ |
|      | MYL20D    | $V_{1\text{mA}} 22 \sim 82$   | $\leq 10$            | 1kA                      | $\phi 23 \times 4.3$ |
|      | MYL25DK   | $V_{1\text{mA}} 22 \sim 82$   | $\leq 20$            | 3kA                      | $\phi 28 \times 5$   |
|      | MYL30DK   | $V_{1\text{mA}} 82 \sim 1500$ | $\leq 10$            | 5kA                      | $\phi 34 \times 12$  |
|      | MYL40DK   | $V_{1\text{mA}} 82 \sim 1500$ | $\leq 30$            | 10kA                     | $\phi 43 \times 12$  |
|      | MYJ07K560 | $V_{1\text{mA}} 56$           |                      | 125A                     | $\phi 9 \times 4$    |
|      | MYJ05K271 | $V_{0.1\text{mA}} 270$        |                      | 200A                     | $\phi 7 \times 4.6$  |
|      | MYJ10K271 | $V_{1\text{mA}} 270$          |                      | 1.25kA                   | $\phi 14 \times 5.1$ |
|      | MYJ05K471 | $V_{0.1\text{mA}} 470$        |                      | 200A                     | $\phi 7 \times 6$    |
|      | MYJ10K471 | $V_{1\text{mA}} 470$          |                      | 1.25kA                   | $\phi 14 \times 6.5$ |
|      | MYJ15K471 | $V_{1\text{mA}} 470$          |                      | 2.5kA                    | $\phi 17 \times 7$   |
|      | MYJ10K621 | $V_{1\text{mA}} 620$          |                      | 1.25kA                   | $\phi 14 \times 6.5$ |

| 生产厂家 | 型号          | 标称电压(V)                | 漏电流( $\mu\text{A}$ ) | 通流量(8/20 $\mu\text{s}$ ) | 外形尺寸(mm)             |
|------|-------------|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| 日本   | ERZC07DK560 | $V_{1\text{mA}} 56$    |                      | 125A                     | $\phi 9 \times 4$    |
|      | ERZC05DK271 | $V_{0.1\text{mA}} 270$ |                      | 200A                     | $\phi 7 \times 4.6$  |
|      | ERZC10DK271 | $V_{1\text{mA}} 270$   |                      | 1.25kA                   | $\phi 14 \times 5.1$ |
|      | ERZC05DK471 | $V_{0.1\text{mA}} 470$ |                      | 200A                     | $\phi 7 \times 6$    |
|      | ERZC10DK471 | $V_{1\text{mA}} 470$   |                      | 1.25kA                   | $\phi 14 \times 6.5$ |
|      | ERZC10DK621 | $V_{1\text{mA}} 621$   |                      | 1.25kA                   | $\phi 14 \times 6.5$ |

使用压敏电阻时,必须根据电路的具体工作条件(即间断工作还是不间断工作)选取标称电压。虽然标称电压值选择得越低保护灵敏度越高,但标称电压值选得太低,在正常工作电压下,流过压敏电阻的电流也相应较大,会引起压敏电阻自身损耗增大而发热,当遇到过电压时,流过压敏电阻的电流会更大,容易将压敏电阻烧毁。对某些有意选择低电压的压敏电阻来进行保护的电路,压敏电阻应安装在易于散热和便于更换操作的位置。在实际应用中,一般可根据以下三个公式之一来确定所用压敏电阻具有的标称电压。

$$(1) V_{\text{标称}} = V_{\text{AC}} \times (2 \sim 2.5) \times (0.9 \sim 1)$$

$$(2) V_{\text{标称}} = V_{\text{DC}} \times (2 \sim 2.2) \times (0.8 \sim 1)$$

$$(3) V_{\text{标称}} = \text{脉冲电压幅度} \times 2 \times (0.7 \sim 1)$$

式中,第一项指工作时加在压敏电阻两端的电压值, $V_{\text{AC}}$ 和 $V_{\text{DC}}$ 分别为交、直流电压值。

第二项是指选用的压敏电阻实际导通电压为它实际工作电压的倍数。

第三项为时间常数,如果压敏电阻在电路中是长时间不间断工作则取最大值,若是间断工作此值可取小一点。

与其他过压保护器件相比,压敏电阻具有耐浪涌电流大、非线性系数大、抑制过电压能力强、响应速度快、漏电流小、特性曲线对称、温度特性好、使用电压范围宽等突出特点。而且压敏电阻的体积小,可靠性高,价格低廉。因此,被广泛应用于各种电子电路中作保护器件。

图4-28是压敏电阻的几种典型应用电路。其中,(a)是彩色电视机中接有压敏电阻的电源输入部分,当由雷电或由机内自感电势等引起的过电压作用到压敏电阻两端时,压敏电阻立即导通将过电压泄放掉,从而保护了电路的相关元器件不被损坏;(b)是家用电器过压保护电路,压敏电阻接在市电经保险管后的回路中,其额定工作电压选择在家用电器的安全使用电压范围内( $220\text{V} \times 1.414 \times 1.4 = 435.5\text{V}$ ),当市电超过压敏电阻标称工作电压时,在毫秒级的时间

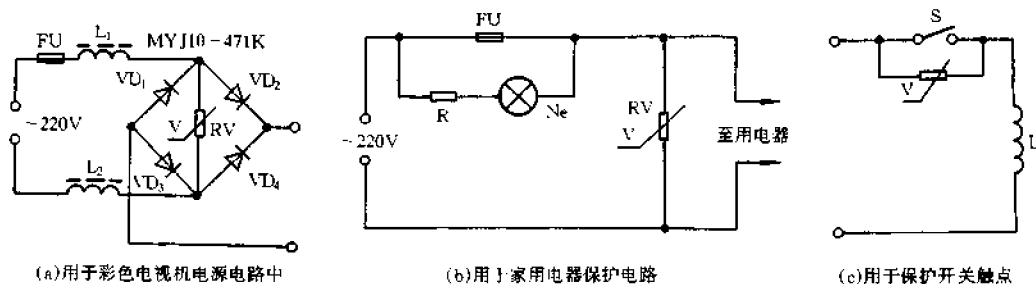


图4-28 压敏电阻的几种典型应用电路

内,压敏电阻的阻值急剧下降,流过压敏电阻的电流急剧增加,使保险管瞬间熔断,用电器因断电而得到保护,同时,并联在保险管两端的氖灯点亮,发出保险管已熔断的报警信号;(c)是将压敏电阻并联在开关触点回路中,能防止电弧和火花放电,使开关触点不被烧蚀,从而增加其可靠性和延长使用寿命。

在电路中,压敏电阻也可以进行并联、串联使用。并联用法可增加耐浪涌电流的数值,但要求并联的器件标称电压要一致。串联用法可提高实际使用的标称电压值,通常串联后的标称电压值为两个标称电压值之和。

## 二、压敏电阻的检测方法

### 1. 测量绝缘电阻

用万用表的  $R \times 1k$  挡测量压敏电阻两引脚之间的正、反向绝缘电阻,均应为  $\infty$ , 否则,说明漏电流大。若所测电阻很小,说明压敏电阻已损坏,不能使用。

### 2. 测量标称电压

测试电路如图 4-29 所示,利用兆欧表提供测试电压,使用两块万用表,表 I 用直流电流挡读出  $I_{1mA}$ ,表 II 用直流电压挡读出  $V_{1mA}$ 。然后调换压敏电阻引脚位置用同样方法可读出  $V'_{1mA}$  和  $I'_{1mA}$ 。所测值应满足  $V_{1mA} \approx |V'_{1mA}|$ , 否则说明对称性不好。

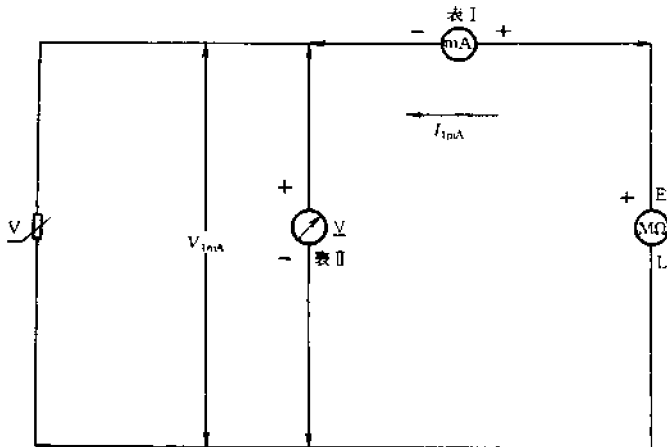


图 4-29 检测压敏电阻的标称电压

注意,表 I 宜用直流 1mA 电流挡;表 II 应视被测压敏电阻标称电压  $V_{1mA}$  来正确选择直流电压挡,例如,  $V_{1mA} = 470V$ , 则宜选用 DC500V 挡。

## § 4.8 检测光敏电阻

### 一、光敏电阻的结构、种类和性能特点

光敏电阻是利用半导体光电导效应制成的一种特殊电阻器,其外形、结构、电路符号和光



照特性如图 4-30 所示。光敏电阻器由玻璃基片、光敏层、电极等部分组成。为了利于吸收更多的光能,光敏电阻体通常都制成薄片结构。

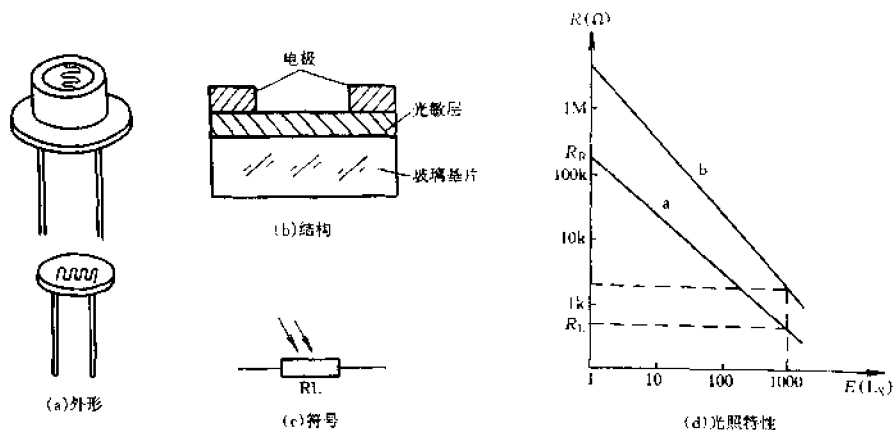


图 4-30 光敏电阻外形、结构、电路符号和光照特性

根据制作光敏层所用的材料,光敏电阻可以分为多晶光敏电阻器和单晶光敏电阻器。根据光敏电阻的光谱特性,又可分为紫外光光敏电阻器、可见光光敏电阻器以及红外光光敏电阻器等。

光敏电阻的特点是对光线非常敏感。无光线照射时,光敏电阻呈高阻状态,当有光线照射时,电阻值迅速减小。在图 4-30(d)所示的对数坐标曲线中,a、b 分别代表两种光敏电阻的光照特性。它表明了电阻值  $R$  与照度  $E$  之间的对应关系。在没有光照时,即  $E=0$ ,光敏电阻的阻值称为暗阻,用  $R_D$  表示。一般产品此值为一百千欧至几十兆欧。在规定照度(例如  $E=1000\text{lx}$ )下,电阻值降至几千欧,甚至几百欧姆,此值称之为亮阻,用  $R_L$  表示。显然,暗阻  $R_D$  越大越好,而亮阻  $R_L$  则越小越好。

表 4-9 列出了几种常用可见光光敏电阻的主要参数,供选用时参考。

表 4-9 几种常用可见光光敏电阻的主要参数

| 参 数<br>型 号 | 额定功率 $P$<br>(mW) | 暗阻 $R_D$<br>(MΩ) | 亮阻 $R_L$<br>(kΩ) | 耐压<br>(V) | 时间常数 $\tau$<br>(ms) | 环境温度<br>(°C) | 外形尺寸<br>(mm) |
|------------|------------------|------------------|------------------|-----------|---------------------|--------------|--------------|
| MC41-21    | 20               | $\geq 0.1$       | $\leq 1$         | 100       | $\leq 20$           | -40~70       | φ9.2         |
| 227        | 50               | $\geq 100$       | $\leq 50$        | 80        | $\leq 10$           | -40~60       | φ13          |
| MC41-47    | 100              | $\geq 50$        | $\leq 100$       | 150       | $\leq 20$           | -40~70       | φ9.2         |
| 625A       | 200              | $\geq 100$       | $\leq 20$        | 100       | $\leq 10$           | -40~60       | φ33          |
| 625B       | 300              | $\geq 10$        | $\leq 50$        | 200       | $\leq 10$           | -40~60       | φ33          |

## 二、光敏电阻的检测方法

检测光敏电阻时,将万用表置于  $R \times 1k$  挡,两表笔分别任意各接光敏电阻的一个引脚,然后按下述方法进行测试。

### 1. 检测暗阻

检测方法如图 4-31 所示。用一黑纸片将光敏电阻的透光窗口遮住,此时万用表的指针基本保持不动,阻值接近  $\infty$ 。此值越大说明光敏电阻性能越好。若此值很小或接近为零,说明光敏电阻已烧穿损坏。

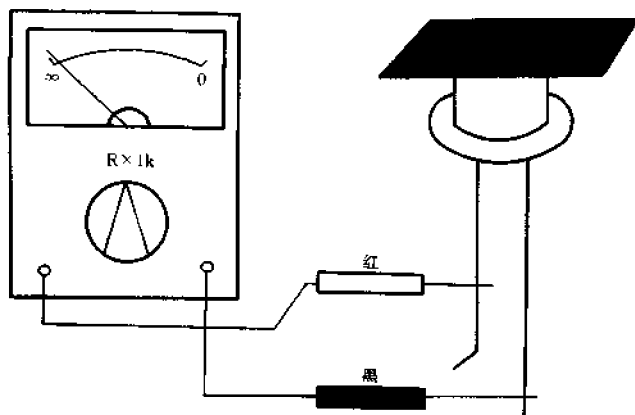


图 4-31 检测光敏电阻的暗阻

### 2. 检测亮阻

检测方法如图 4-32 所示。将一光源对准光敏电阻的透光窗口,此时万用表的指针应有较大幅度的摆动,阻值明显减小。此值越小说明光敏电阻性能越好。若此值很大甚至为  $\infty$ ,表明光敏电阻内部开路损坏。

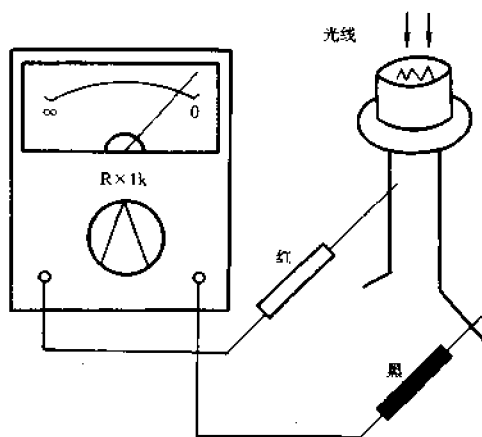


图 4-32 检测光敏电阻的亮阻

### 3. 检测灵敏性

检测方法见图 4-33 所示,将光敏电阻透光窗口对准入射光线,用小黑纸片在光敏电阻的透光窗上部晃动,使其间断受光,此时万用表指针应随黑纸片的晃动而左右摆动。如果万用表指针始终停在某一位置不随纸片晃动而摆动,说明光敏电阻的光敏材料已经损坏。

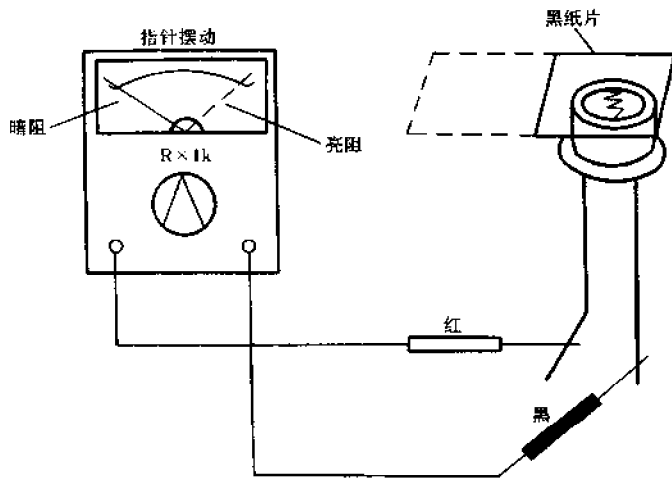


图 4-33 检测光敏电阻的灵敏度

## § 4.9 检测磁敏电阻

### 一、磁敏电阻的性能特点

磁敏电阻的阻值是随环境磁场的大小而变化的,通常其电阻值是随着环境磁场的增强而增加。用不同材料制作的不同种类的磁敏电阻,阻值随磁场变化的具体规律也不尽相同,例如,某种本征锑化镉加锑化镍制作的磁敏电阻,在磁感应强度小于 0.5T(特斯拉)时,其电阻随磁场按平方规律增加,当磁场大于 0.5T 时则按线性规律增加。将无磁场时的电阻值与有 1T 磁场时的电阻值相比较,后者可为前者的 13~18 倍。磁敏电阻常用于检测杂散磁场和检测位移等。

### 二、磁敏电阻的检测方法

首先在无磁场的情况下,用万用表的  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡测量被测磁敏电阻的电阻,其值应比较小。然后按照图 4-34 所示的方法,将磁铁(如条形磁铁或喇叭上的磁铁)靠近磁敏电阻

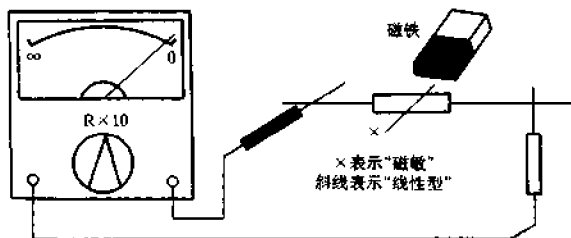


图 4-34 磁敏电阻的检测

(不分 S、N 极),此时应看到万用表指示的电阻值有明显增大,为便于观察,这时可将万用表拨至  $R \times 100$  挡。当将磁铁靠近被测磁敏电阻时,若万用表所指示的电阻值无变化,说明被测元件已损坏。

## § 4.10 检测湿敏电阻

### 一、湿敏电阻的性能特点与典型应用

湿敏电阻的特性是,当感湿膜吸收水气后,其电阻值随相对湿度(RH)的不同而变化。它可分为正湿度特性(电阻值随 RH 增大而增大)和负湿度特性(电阻值随 RH 增大而减小)两大类。湿敏电阻被广泛用于粮仓湿度仪、录像机、空调机等电路中。下面重点介绍 ZHC 型湿敏电阻。

ZHC 型湿敏电阻是以多孔电子陶瓷材料为基体,在金属电极上引出导线,然后封装在耐高温塑壳(ZHC-1 型)或多孔防尘铜外壳(ZHC-2 型)中。ZHC 系列湿敏电阻有两种型号,分别为 ZHC-1 型和 ZHC-2 型。两种产品的外形如图 4-35(a)、(b)所示。这种湿敏电阻的主要特点是体积小、重量轻、灵敏度高、湿度量程宽、温度系数小、耐高温、使用寿命长。

ZHC 型湿敏电阻主要参数如表 4-10 所示,其典型阻值与湿度对照关系如表 4-11 所示。

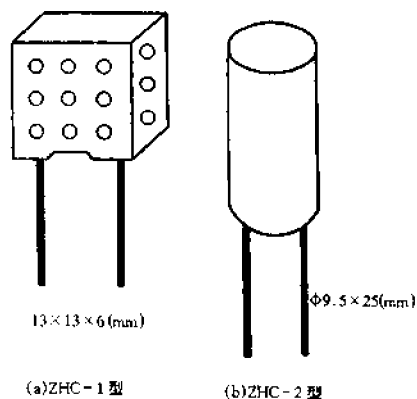


图 4-35 ZHC 型湿敏电阻的外形

表 4-10 ZHC 型湿敏电阻的主要参数

| 工作电压    | 测湿范围                      | 使用温度               | 温度系数       | 灵敏度                             | 升湿响应时间 |
|---------|---------------------------|--------------------|------------|---------------------------------|--------|
| 交流 1~6V | 5%~99% RH, 一般为 20%~90% RH | -10~90℃, 一般为 0~50℃ | -0.1% RH/℃ | 20% RH 时的阻值与 90% RH 时的阻值之比大于 90 | ≤5s    |

表 4-11 ZHC 型湿敏电阻的湿度与阻值对照表(20℃)

| 湿度(%RH) | 20 | 30  | 40  | 50   | 60   | 70   | 80  | 90  |
|---------|----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
| 阻值(Ω)   | 4M | 22M | 12M | 650k | 320k | 170k | 86k | 44k |

图 4-36 是一种以 ZHC 型湿敏电阻( $R_3$ )为感湿元件构成的电压变送器电路,可用于要求不太高的测控场合。此变送器电路由湿敏元件、振荡器、对数变换器、滤波器、放大器等几部分组成。555 时基电路起振后产生方波信号并加在湿敏电阻上。 $R_1$ 、 $R_2$  和  $C_1$  的数值决定振荡频率的大小。振荡频率的大小将影响湿敏元件在 60% RH 以下的电阻值大小。当频率较高时,电阻值较低,性能较稳定。本电路频率约为 100Hz。 $IC_{2-1}$ 、 $IC_{2-2}$  分别为四运放集成电路

LM324 中的两个运放。IC<sub>2-1</sub> 和二极管 VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub>、VD<sub>4</sub> 构成对数变换电路,其输出端 A 点对地电压将随相对湿度的增加而增大。R<sub>4</sub> 和 C<sub>4</sub> 接在 IC<sub>2-2</sub> 放大器的同相输入端,其作用是滤去短脉冲干扰信号。电路的放大倍数由 R<sub>6</sub> 和 R<sub>5</sub> 之间的比例决定。电位器 RP 用来进行零点调整。从理论上讲,当湿度为 10%RH 时,输出为 0.5V,当湿度为 90%RH 时输出为 4.5V。

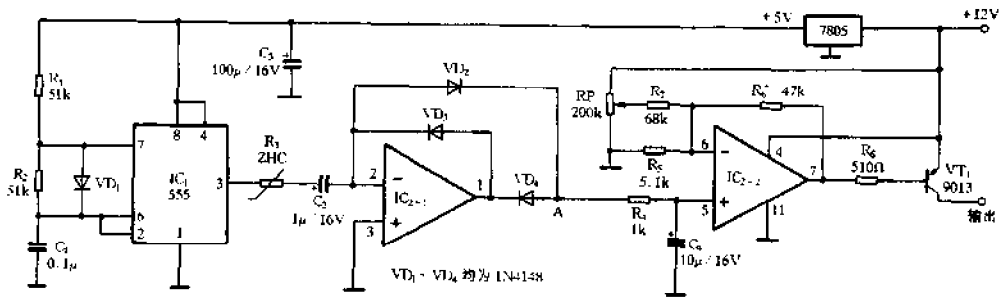


图 4-36 电压变送器电路

使用 ZHC 型湿敏电阻应注意以下事项。

(1) ZHC 型湿敏电阻的缺点是抗短波辐射能力差,因此不宜在阳光下使用。室外使用时应加百叶箱式防护罩,否则会影响使用寿命。

(2) 使用时注意不要使湿敏电阻受到污染。一旦污染时,可用无水乙醇或超声波清洗、烘干。烘干温度为 105℃,时间为 4 小时,然后重新标定使用。

(3) ZHC 型湿敏电阻的测量回路不能用直流电源,而需用交流供电。否则,湿度高时(80%RH 以上)将有电泳现象产生,阻值产生漂移。但在特殊场合,如工作电流小于 10 $\mu$ A,湿度小于 60%RH 时,测量回路也可使用直流电源。

## 二、湿敏电阻的检测方法

检测时,首先用万用表的合适电阻挡(电阻挡依湿敏电阻的阻值大小而异)测量一次被测湿敏电阻的阻值,然后将湿敏电阻置于盛水容器内贴近水面处(即湿度大处),应看到阻值在几分钟后明显变化(依被测湿敏电阻的湿度特性不同而变大或变小),若阻值不变说明被测湿敏电阻已损坏。阻值变化的具体幅度和所需时间(即“响应时间”)与湿敏电阻种类和湿度变化大小有关。例如,MS01-B-1 型湿敏电阻可由 RH 为 50% 时的 0.2M $\Omega$  变为 RH 为 90% 时的 3k $\Omega$ ,而 ZHC 型湿敏电阻可由 RH 为 20% 时的 4M $\Omega$  变为 RH 为 80% 时的 100k $\Omega$ 。

## § 4.11 检测力敏电阻

### 一、力敏电阻的性能特点

由晶体的特性可知,当晶体受力产生形变时,其电阻值也相应变化,但只有力作用在某一定方向时其形变和阻值变化才最大。力敏电阻就是根据这种“晶体压阻效应”制成的一种半导体应变片。力敏电阻的阻值随相对形变的大小而增大,小范围内两者成正比(即线性)关系,

形变加大时呈非线性关系。力敏电阻有两个重要参数,一是“电阻值”,指在室温下未受力时测得的阻值;二是“灵敏度系数”,指阻值与形变间的变化关系,如 PBD7-60 硅力敏电阻的灵敏度为 110,表示该电阻长度增加 0.1%时,阻值变化为 11%。

力敏电阻又称力敏应变片,常见的有电阻丝式、箔式、半导体式和应变式。由力敏应变片制成的传感器称力敏传感器。力敏电阻被广泛用于称量、路桥的质量判断、地下应力测定、液压、捆扎等各领域。表 4-12 列出了几种力敏电阻(应变片)的主要参数,供选用时参考。

表 4-12 几种力敏电阻(应变片)的主要参数

| 型号               | 灵敏度系数     | 阻值范围(电阻值)(kΩ) | 工作温度(℃)   |
|------------------|-----------|---------------|-----------|
| PBD7-1K          | 140 ± 10% | 1 ± 10%       | 极限值 100   |
| PBD6-350         | 130 ± 5%  | 0.35 ± 10%    | 极限值 100   |
| PBD7-120         | 120 ± 5%  | 0.12 ± 10%    | 极限值 100   |
| PBD7-60          | 110 ± 5%  | 0.06 ± 10%    | 极限值 100   |
| YLM              | 100 ~ 150 | 1.5 ~ 4       | -20 ~ 60  |
| ML1              | ≥ 50      | 1 ~ 3         | -25 ~ 70  |
| ML2              | ≥ 50      | 6 ~ 10        | -25 ~ 70  |
| YKB-BC           | ≥ 50      | 1 ~ 6         | -20 ~ 60  |
| LM               | ≥ 45      | 0.8 ~ 10      |           |
| BY               | 100 ~ 160 | 0.12 ~ 1      | 100       |
| TY               | 100 ~ 180 | 0.12 ~ 1      | 100       |
| BY-P             | 100 ~ 150 | 0.06 ~ 1      | 70        |
| KJY              |           | 4 ~ 6         |           |
| BYP              | ≥ 95      | 0.03 ~ 1      | 120       |
| KJT              |           | 4 ~ 6         |           |
| BYP-W            | ≥ 95      | 0.03 ~ 1      | 120       |
| BP               | 120 ~ 145 | 0.12 ~ 1      | 100       |
| LM-01-05(A-C)    | ≥ 45      | 0.8 ~ 10      |           |
| MLY01            | ≥ 50      | 1 ~ 10        | -25 ~ 70  |
| BY-P             | 100 ~ 150 | 0.06 ~ 1      | 80        |
| JL               | 2.14      |               |           |
| SSI20-6AA100(11) | 2.1       | 0.12          | -50 ~ 100 |

## 二、力敏电阻的检测方法

先将力敏电阻用 502 胶等粘合剂粘在一薄窄金属板上,待胶干后将金属板的一端固定在

虎钳上,将万用表置于合适的电阻挡位,两表笔接于被测力敏电阻两端,此时,万用表将指示出被测元件的电阻值,接着用钢丝钳用力拉金属板的另一端,这时将看到万用表指针明显向左回转,当不拉金属板时阻值又向右偏转到其“电阻值”位置。测试过程中,若观察不到电阻值的变化,说明被测力敏电阻是坏的。万用表电阻挡可根据被测力敏电阻的额定电阻值大小来选择。

## § 4.12 检测气敏电阻

### 一、气敏电阻的性能特点

半导体气敏电阻是利用某些非化学配比的金属氧化物半导体的电阻随气体成分、浓度不同而升高(或降低)的性质制成的一种器件。不同的气敏电阻对不同的气体有相应的敏感性。例如,QN 系列气敏电阻对可燃易燃气体如氢、石油气、乙炔、甲烷、一氧化碳、酒精、乙醚等很敏感;QP 系列气敏电阻对氧化性气体如氧、氮、氨等很敏感。气敏元件的配方和气体浓度对阻值变化的程度和对气体的灵敏度都有影响。QN 系列气敏电阻的阻值可由空气中的  $10^5\Omega$  左右降低到气体爆炸极限下限(浓度约百分之几)时的  $10^3\Omega$  左右,利用这一特性可制成各种报警装置。

### 二、气敏电阻的检测方法

现以 QN 气敏电阻为例,介绍检测方法。检测电路如图 4-37 所示。E 为加热电源,RP 用来控制调整加热电流。表 I 置于 DC1A 或 DC0.5A 挡用以测量加热电流。表 II 用来检测气体浓度变化时气敏电阻的电阻值(即①②与③④极间电阻)的变化情况。接入二极管 VD 可避免加热回路对测量电路产生的影响。测试前将万用表拨至  $R \times 1k$  挡。

首先在空气中进行测试。当 S 刚接通时,表 II 指针应有较大幅度的偏转,指示电阻值较小;随着加热过程的进行,表 II 指针偏转幅度减小,指示电阻值变大。这一变化幅度越大,通常说明被测元件灵敏度越高。待气敏电阻被加热 3~5 分钟稳定后,参照表 4-13 所列参数,再调整 RP,使其工作于该型号的加热电流值(由表 I 示出)。这时表 II 的读数即是被测气敏电阻在空气中的电阻值。

接着将被测气敏电阻置于某种气体(例如置于天然气灶上,开气不开火并注意安全)中,约几十秒后表 II 指示的电阻值应明显下降。如果阻值与在空气中测得的阻值相等,则说明被测元件已损坏;若电阻值下降很小,则表明很不灵敏。这样的气敏电阻是不能使用的。

以上是检测 QN 系列气敏电阻元件的操作方法,测量其他种类的气敏元件可参照此法进行。但值得注意的是,有一些种类的气敏电阻,其阻值在其他气体中比在空气中应增大,

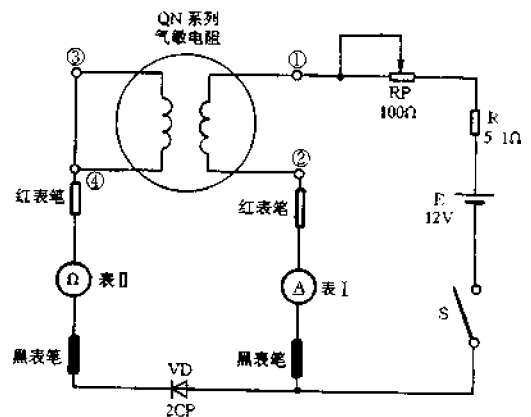


图 4-37 QN 气敏电阻的检测

这应根据其性能进行评定,而不要误判。

表 4-13 QN 系列气敏电阻的加热参数

| 型 号     | QN01A | QN01B | QN-02 | QN-03A | QN-03B | QN-06 | QN60 |
|---------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|------|
| 加热电流(A) | 0.16  | 0.16  | 0.28  | 0.36   | 0.36   | 0.60  | 0.60 |
| 加热电压(V) | 2.7   | 3     | 2     | 2.5    | 2      | 1.5   | ≥6   |

加热回路与电源接法:①接正极,②接负极。

## § 4.13 检测固定电容器

### 一、固定电容器的基本结构和性能特点

固定电容器的基本结构、电路符号见图 4-38(a)、(b)所示。电容器的通用文字符号为 C。固定电容器主要由金属电极、介质层和电极引线组成,两电极是相互绝缘的。因此,它具有“隔直流通交流”的基本性能。直流电的极性和电压大小是一定的,所以不能通过电容,而交流电的极性和电压的大小是不断变化的,能使电容不断的进行充放电,形成充放电电流,从这个意义上说,交流电可以通过电容器。

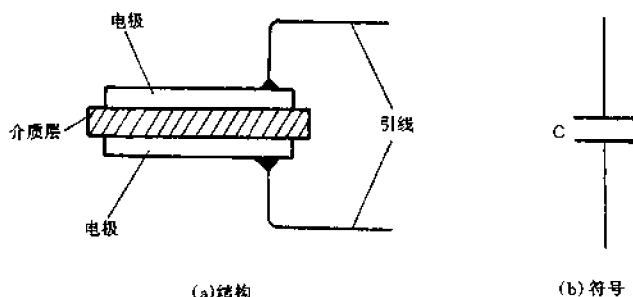


图 4-38 固定电容器的结构和符号

固定电容器的种类很多,外形也各异。图 4-39 是几种常用的固定电容器的实物外形。

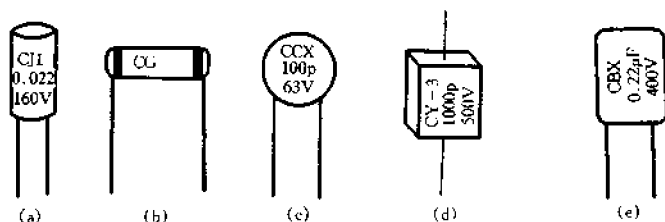


图 4-39 几种固定电容器的外形



图 4-39(a):金属化电容(CJ型)。体积小,容量大,突出特点是受高压击穿后能“自愈”。常用于退耦、旁路、耦合等电路,也适用于各类低频电路和稳定性要求不高的电路。

图 4-39(b):管形电容(CG型)。高频特性好、工作稳定,常用于高频电路。

图 4-39(c):瓷片电容。体积小、耐热性好、损耗小、绝缘电阻高。容量一般在  $1\mu\text{F}$  以下。瓷片电容有高频(CC型)和低频(CT型)两类。高频瓷片电容常用于高频和脉冲电路,低频瓷片电容(包括独石电容),一般用于旁路、耦合等低频电路。

图 4-39(d):云母电容(CY型)。特点是损耗小、绝缘电阻大、温度系数小,广泛用于各种高频电路。

图 4-39(e):薄膜电容。按介质不同,可分为涤纶有机薄膜电容(CL型)和聚乙烯薄膜电容(CB型)。CL型系列电容适用于旁路等低频电路。CB型系列电容,除可用于低频电路外,还可用于高频电路。

## 二、固定电容器的主要参数

固定电容器的参数很多,但在实际使用时,一般只考虑工作电压、绝缘电阻和电容量。只有在一些有特殊技术要求的电路中,如谐振、振荡等电路,才考虑容量误差,高频损耗等参数。

工作电压:也称耐压,是指电容器在连续使用中所能承受的最高电压。耐压值一般直接印在电容器上。注意,电容器上标明的耐压值,都是指直流电压,用在交流电路中,则应使所加的交流电压的最大值(峰值)不能超过电容器上所标明的电压值。

绝缘电阻:理想的电容器,两极板之间电阻应是 $\infty$ ,但是任何介质都不是绝对的绝缘体,所以它的电阻不可能是 $\infty$ ,一般在数百兆欧以上。这个电阻就称做电容器的绝缘电阻或称漏电阻。绝缘电阻越大,表明电容器的质量越好。

电容量:电容器储存电荷的能力叫做电容量,简称容量。容量的基本单位是法拉,用“F”表示。由于1法拉(1F)电容量很大,所以常用单位是微法( $\mu\text{F}$ )和皮法(pF),它们之间的换算关系是: $1\text{F} = 10^6\mu\text{F}$ ,  $1\mu\text{F} = 10^6\text{pF}$ 。容量在电路图中的标示方法是,数值为纯小数的微法级容量值,只标出该纯小数,单位 $\mu\text{F}$ 略去不写,例如: $0.01\mu\text{F}$ 的电容,在电路图中标为0.01;数值为整数的皮法级容量值,只标出该整数,单位pF略去不写,例如:1000pF标为1000;除以上情况外,则需标出单位,例如:1.5pF标为1.5p;10pF标为10p。在电容器上,一般按以上法则直接印出电容量值。也有采用数码表示法的,数码一般为三位,前两位是有效数字,第三位是倍数,0~8分别表示 $10^0 \sim 10^8$ ,9表示 $10^{-1}$ 。例如:103表示 $10 \times 10^3 = 10000\text{pF} = 0.01\mu\text{F}$ ;229表示 $22 \times 10^{-1} = 2.2\text{pF}$ 。

## 三、国外电容器的识别

国外生产的电容器,对参数的标注方式繁多,且与我国习惯不同,有时难以识别,这给检修进口电子设备带来一定的困难。下面将国外电容器容量表示法加以归纳介绍,供读者识别时参考。

### 1. 直接标明容量和单位

此法为欧洲国家所常用。其特点是在电容器的外壳上直接注明电容器的容量大小和单位,若是零点零几,常把整数位的“0”省去。例如,“100MFD”表示 $100\mu\text{F}$ ;“01 $\mu\text{F}$ ”表示 $0.01\mu\text{F}$ 。此外,有些电容器则用“R”表示小数点,例如,“R68 $\mu\text{F}$ ”表示 $0.68\mu\text{F}$ ,而不是 $68\mu\text{F}$ 。

## 2. 只标数字不标单位

此法为西方国家所常用。采用这种表示法的容量单位有 pF 和  $\mu\text{F}$  两种。通常,对普通电容器,省略的单位是 pF;对于电解电容器,省略的单位则是  $\mu\text{F}$ 。例如,普通电容器上标有“3”字,表示 3pF;“4700”表示 4700pF;而电解电容器标有“47”,则表示 47 $\mu\text{F}$ 。

## 3. 标示数字加字母

此法为欧洲国家所常用。2~4 位数字表示有效值,字母表示数值的量级,有 p、n、M、 $\mu$ 、G、m 几种。标注数值时不用小数点,而把整数部分写在字母之前,小数部分跟在字母后面。各字母的含义分别为:p—— $10^{-12}\text{F}$ (皮法),例如,“1p5”表示 1.5pF;n—— $10^{-9}\text{F}$ (纳法),例如,“220n”表示 0.22 $\mu\text{F}$ ;M 或  $\mu$ —— $10^{-6}\text{F}$ (微法),例如,“2 $\mu$ 2”表示 2.2 $\mu\text{F}$ ;"M1"表示 0.1 $\mu\text{F}$ ;G 或 m—— $10^{-3}\text{F}$ (毫法),例如,“4m7”表示 4700 $\mu\text{F}$ ;"G5"表示 500 $\mu\text{F}$ 。

## 4. 用数码表示

此法也为欧洲国家所常用。一般用 3 位数字表示容量大小,其单位为 pF。其中第一、二位为有效值数字,第三位表示倍乘数,即表示有效值后有多少个“0”。例如“103”表示  $10 \times 10^3\text{pF}$ ;"334"表示  $33 \times 10^4\text{pF}$ 。

另外,采用数码表示法的电容器,有一个特殊数字需特别注意,即第三位数的数字如果是“9”,则表示倍乘数为  $10^{-1}$ ,而不是  $10^9$ 。例如“339”表示  $33 \times 10^{-1}\text{pF}$ ,即 3.3pF。因此,凡第三位数字为“9”的电容器,其容量必在 1pF 至 9.9pF 之间。

## 5. 用色环表示

此法为西方国家及日本所采用。采用这种表示法的电容器容量单位为 pF,电容器有轴式和立式两种,在电容器上标有 3 至 5 个色环表示参数。对于轴式电容器,其色环都偏向一头,其顺序从最靠近引线的一端开始为第一环,见图 4-40(a);立式电容器的色环顺序是从上至下,沿引线方向排列,见图 4-40(b)。色环颜色黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白分别表示 0~9 十个数字,通常,第一、二环为电容量的有效数值,第三环为倍乘数,第四环为容许误差,第五环为电压等级。例如,标有黄、紫、橙三色环的立式电容器,表示其容量为  $47 \times 10^3\text{pF}$ 。另外,如果某个色环的宽度等于标准宽度的 2 或 3 倍,见图 4-40(c)所示,则表示相同颜色的 2 个或 3 个色环。例如,绿色环宽度为标准宽度的 2 倍,下一环为橙色环,则表示  $55 \times 10^3\text{pF}$ 。有些轴式电容器第一环较宽,且与以下的环有间隔,表示该环代表温度系数,见图 4-40(d)。

## 6. 误差表示法

这种表示法通常分为两种。第一种是直接标明容许误差的具体范围和单位,或把容许误差用百分数(省略百分号)表示。例如“ $10 \pm 0.5\text{pF}$ ”表示容量为 10pF,容许误差为  $\pm 0.5\text{pF}$ ;"47/5/250"表示容量为 47 $\mu\text{F}$ ,容许误差为

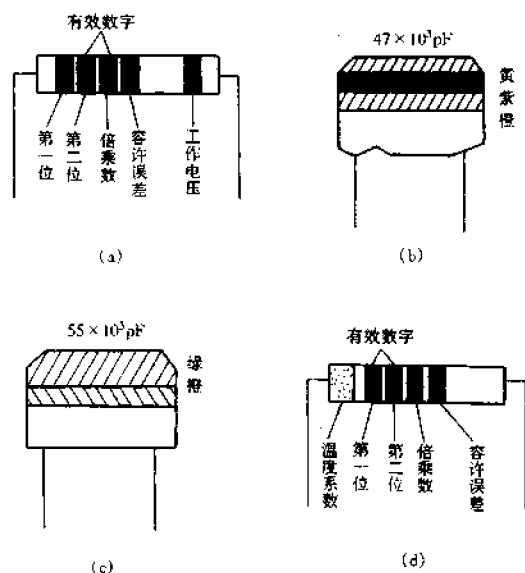


图 4-40 国外用色环表示电容量的方法

$\pm 5\% \mu\text{F}$ , 工作电压为 250V。第二种是用不同的字母表示不同的容许误差等级。IEC 推荐的容许误差字母表示法为: D—— $\pm 0.5\%$ , 但对于容量小于 10pF 的电容器, 则不表示百分数, 而直接表示  $\pm 0.5\text{pF}$ ; F—— $\pm 1\%$ , 但对于容量小于 10pF 的电容器, 则表示为  $\pm 1\text{pF}$ ; G—— $\pm 2\%$ ; J—— $\pm 5\%$ ; K—— $\pm 10\%$ ; M—— $\pm 20\%$ ; N—— $\pm 30\%$ ; P—— $\pm 100\%$ ; Z—— $\begin{matrix} +80\% \\ -30\% \end{matrix}$ ; S—— $\begin{matrix} +50\% \\ -30\% \end{matrix}$ 。例如“224K”表示容量为  $22 \times 10^4 \text{pF}$ , 容许误差为  $\pm 10\%$ 。

#### 四、固定电容器的串、并联使用

使用固定电容器时, 可根据电路需要, 进行串、并联使用, 具体方法如图 4-41 所示。

##### 1. 电容器的串联

参见图 4-41(a)。电容串联后的效果, 等于增加了绝缘介质的厚度(即增加了两块金属电极之间的距离), 因而总容量减小, 并小于其中最小的一只电容的容量。总容量的倒数等于各电容量倒数之和, 即

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

如果是两只电容串联, 其总容量为

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

例如, 将两只容量为  $0.022 \mu\text{F}$  的电容器串联后, 其容量为

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0.022 \times 0.022}{0.022 + 0.022} = 0.011 (\mu\text{F})$$

串联后电容(C)的工作电压, 在电容量相等的条件下, 等于每个电容( $C_1$ 、 $C_2$ )的工作电压之和, 故串联后电容的工作电压升高。如工作电压为 63V 的两只电容量相等的电容串联, 就相当于得到工作电压为 126V 的一只电容。

##### 2. 电容的并联

参见图 4-41(b)。将电容并联起来就等于两块金属电极的面积加大, 因此, 并联后的总容量增大, 并等于各个电容器的电容量之和。例如, 需要容量为 7900pF 的电容, 但手头上只有一只 1000pF、一只 2200pF 和一只 4700pF 的电容, 这时, 就可将三只电容并联起来, 总容量为

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 1000 + 2200 + 4700 = 7900 (\text{pF})$$

电容并联时, 每只电容上所承受的电压相等, 因此, 如果工作电压不相同的几只电容并联, 必须把其中最低的工作电压, 作为并联后的工作电压。

#### 五、固定电容器的检测方法

##### 1. 检测 10pF 以下的小电容

由于 10pF 以下的电容器容量太小, 只能用万用表定性的检查其是否有漏电、内部短路或击穿现象。测量时, 使用万用表  $R \times 10\text{k}$  挡, 两表笔分别任意接电容的两个引脚, 阻值应为  $\infty$ 。若测出阻值(指针向右摆动)或阻值为零, 则说明电容漏电或内部电极已经击穿。

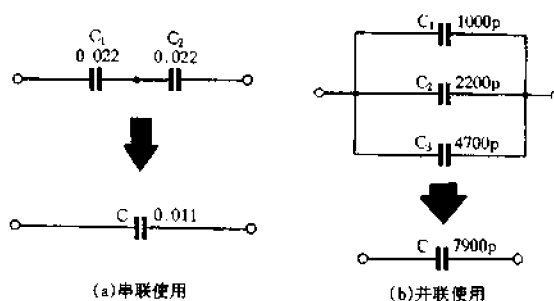


图 4-41 电容的串并联使用

## 2. 检测 10pF ~ 0.01μF 的电容

首先用万用表 R × 10k 挡测试一下电容两引脚间的电阻值,在确认电容无内部短路或漏电后,可采用图 4-42 所示的电路测量 10pF ~ 0.01μF 的电容器是否有充电现象,进而判断其好坏。万用表宜选用 R × 10k 挡。两只三极管的  $h_{FE} \geq 200$  以上,且穿透电流要小,可选用 9013 等型号硅三极管组成复合管。C<sub>X</sub> 为被测电容。由于复合三极管的放大作用,把被测电容的充电电流予以放大,使万用表指针摆动幅度加大,从而便于观察。所用三极管  $h_{FE}$  愈大及被测电容容量越大,万用表指针摆幅就越大。需注意的是,在测量较小容量(68pF 以下)的电容时,要反复调换被测电容引脚接触 A、B 两点,才能看到万用表指针的摆动。当被测电容的容量在 100pF 左右时,指针便有明显摆动。如果被测电容  $C_X \leq 0.01\mu F$ ,而指针指在 0Ω 刻度上不动,说明电容内部击穿短路;若指针偏转到某一位置停下来,而不返回 ∞ 处,则属电容漏电;如果被测电容  $C_X > 100pF$ ,指针一点不动,则说明被测电容内部开路。

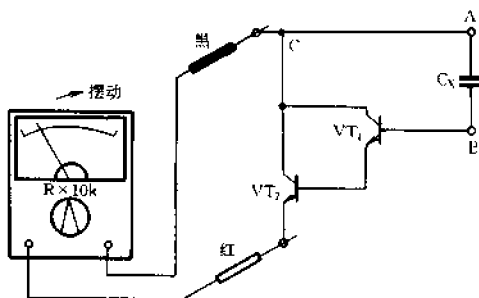


图 4-42 检测 10pF ~ 0.01μF 的电容器

注意事项如下。

(1) 测试时,必须使用万用表的 R × 10k 挡,而不能使用 R × 1k 或更小的电阻挡,否则将观察不到指针的摆动。

(2) 三极管应选用穿透电流小的硅管,而不能用锗管。如果使用锗管,因其穿透电流较大,在不接电容时,万用表的指针偏转就已接近满度。

(3) 万用表上的电阻调零电位器对指针摆幅有影响,为了获得较大的摆幅,可将调零电位器顺时针转到头。如需定量估测,测试前应短接表笔调零。

(4) 如果表笔不带夹子,而把被测电容一端握在表笔上时,不要用手碰电容与三极管基极的连接处,也不要用手捏电容的外壳。

## 3. 检测 0.01μF 以上的固定电容器

对于 0.01μF 以上的固定电容,可用万用表的 R × 10k 挡直接测试电容器有无充电现象以及有无内部短路或漏电,并可根据指针向右摆动的幅度大小来估计电容器的容量。测试操作时,先用两表笔任意触碰电容的两引脚,然后调换表笔再触碰一次,如果电容是好的,万用表指针会向右摆动一下,随即向左迅速返回 ∞ 位置。电容量越大,指针摆动幅度越大。如果反复调换表笔触碰电容两引脚,万用表指针始终不向右摆动,说明该电容的容量已低于 0.01μF 或者已经消失。测量中,若指针向右摆动后不能再向左回到 ∞ 位置,说明电容漏电或已经击穿短路。

表 4-14 列出了用 500 型万用表 R × 10k 挡实测的 0.01 ~ 1μF 固定电容器的电容量与指针向右摆动位置的对应电阻值,可供读者测试时对照参考。

表 4-14 实测电容量与万用表指针摆动位置对应电阻值

| 电容量(μF)   | 0.01 | 0.022 | 0.047 | 0.068 | 0.1 | 0.22  | 0.33  | 0.47  | 1    |
|-----------|------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|------|
| 万用表指针摆动位置 | 20MΩ | 10MΩ  | 4.5MΩ | 4MΩ   | 3MΩ | 1.4MΩ | 850kΩ | 400kΩ | 45kΩ |

测试时要注意,为了观察到指针向右摆动的情况,应反复调换表笔触碰电容器两引脚进行测量,直到确认电容有无充电现象为止。

在采用上述三种方法进行测试时,都应注意正确操作,不要用手指同时接触被测电容的两个引脚。否则,人体电阻将影响测试的准确性,容易造成误判。特别是使用万用表的高阻挡( $R \times 10k$ )进行测量时,若手指同时触到电容两引脚或两表笔的金属部分,将使指针回不到 $\infty$ 的位置,给测试者造成错觉,误认为被测电容漏电。

## § 4.14 检测电解电容器

### 一、电解电容器的基本结构及性能特点

电解电容器与普通固定电容器在结构上有较大的不同。电解电容器以金属极板上的一层很薄的氧化膜作为介质,金属极板作为正极,负极则是固体或非固体的电解质。图 4-43(a)是固体电解质电解电容器和卷绕芯子非固体电解电容器的结构示意图。图 4-43(b)是电解电容器的电路符号。

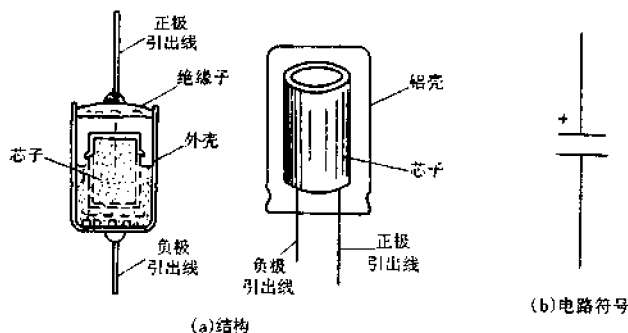


图 4-43 电解电容器的结构和电路符号

电解电容器的种类很多,但目前较常用的为铝电解电容器和钽电解电容器,其外形如图 4-44所示。

铝电解电容器的正极是由铝箔做成的,负极是一种半糊状的电解质,而介质则是极薄的氧化铝膜。铝电解电容器多为二端引出脚,即有一个正极引脚和一个负极引脚。但也有组合式铝电解电容器,它有几个正极引出脚或几个负极引出脚。由于铝电解电容器的介质氧化膜容易被腐蚀,因此寿命和可靠性都受到影响。

钽电解电容器是由氧化铝作为介质,其化学稳定性很高,因而具有寿命长、可靠性高等优点。国产钽电解电容器主要有 CA30、CA31、CA40、CA41 及 CA42 等型号。其中 CA40 和 CA41 型均采用单向引出电极方式,具有体积小、重量轻、结构牢靠等特点。

使用电解电容器时,必须将正极接高电位,负极接低电位。如果在使用时把两个电极弄颠倒,轻者使电容器击穿、失效,重者将使其发生爆裂。

表 4-15 列出了常用铝电解电容器的主要参数,供选用时参考。

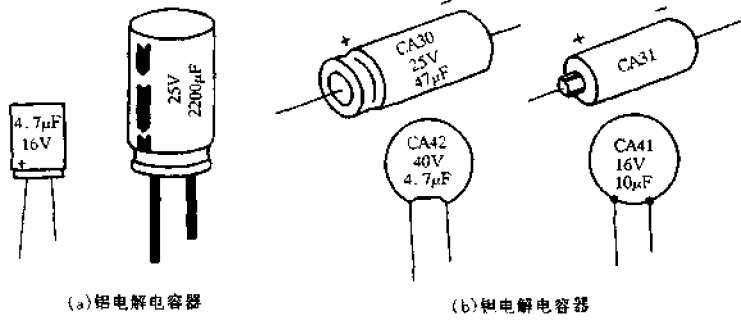


图 4-44 常见电解电容器外形

表 4-15 常用铝电解电容器的主要参数

| 型号     | 主要特点                                | 引出端形式 | 使用温度范围<br>(°C) | 额定电压<br>(DCV) | 容量范围<br>( $\mu\text{F}$ ) | 外形尺寸直径 $\times$ 高<br>(mm)       |
|--------|-------------------------------------|-------|----------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|
| CD10   | 通用型,体积小,用于一般电子电路中                   | 轴向引出  | -40 ~ +85      | 6.3 ~ 100     | 0.47 ~ 4700               | 6 $\times$ 12 ~ 16 $\times$ 40  |
| CD11   | 彩色电视机配套,低漏电,容量变化小,损耗角正切低            | 单向引出  | -40 ~ +85      | 6.3 ~ 100     | 0.1 ~ 10000               | 5 $\times$ 12 ~ 19 $\times$ 40  |
| CD11C  | 超小型,高度均为 7mm,用于照相机,录像机,汽车音响等        | 单向引出  | -10 ~ +85      | 6.3 ~ 63      | 0.1 ~ 100                 | 4 $\times$ 7 ~ 6 $\times$ 7     |
| CD11M  | 高电压通用型,体积小,重量轻,容量稳定,适用电源滤波          | 单向引出  | -25 ~ +85      | 160 ~ 450     | 1 ~ 220                   | 6 $\times$ 12 ~ 19 $\times$ 40  |
| CD117H | 高稳定,低漏电,容量变化及损耗角正切值较小,用于时间常数电路及精密仪器 | 单向引出  | -40 ~ +85      | 10 ~ 50       | 0.47 ~ 47                 | 5 $\times$ 12 ~ 10 $\times$ 16  |
| CD26   | 通用标准型,体积小,使用温度范围宽,带防爆装置             | 单向引出  | -55 ~ +85      | 6.3 ~ 160     | 15 ~ 10000                | 12 $\times$ 20 ~ 25 $\times$ 60 |
| CD262H | 耐高温低阻抗型,高频阻抗小,用于开关稳压电源及高级精密电子设备中    | 单向引出  | -55 ~ +105     | 10 ~ 63       | 22 ~ 2200                 | 8 $\times$ 12 ~ 18 $\times$ 30  |
| CD71   | 无极性,通用型,体积小,容量偏差小,稳定性高              | 单向引出  | -40 ~ +85      | 6.3 ~ 50      | 0.47 ~ 1000               | 5 $\times$ 11 ~ 16 $\times$ 35  |
| CD71S  | 用于电视机水平偏转电路,无极性,容量偏差小               | 单向引出  | -40 ~ +85      | 25 ~ 63       | 1 ~ 12                    | 12 $\times$ 25 ~ 19 $\times$ 35 |
| CD261A | 三引线普通品                              | 单向三端式 | -40 ~ +85      | 10 ~ 160      | 150 ~ 10000               | 21 $\times$ 45 ~ 30 $\times$ 60 |
| CD269A | 电视机行扫描 S 校正专用,高频脉冲特性好               | 单向双端式 | -40 ~ +85      | 25 ~ 40       | 1 ~ 10                    | 12 $\times$ 25 ~ 19 $\times$ 40 |
| CD94   | 无极性,音频分频专用型                         | 单向双端式 | -25 ~ +85      | 50 ~ 63       | 2.2 ~ 47                  | 8 $\times$ 12 ~ 16 $\times$ 35  |

续表

| 型号     | 主要特点   | 引出端形式           | 使用温度范围<br>(°C)   | 额定电压<br>(DCV) | 容量范围<br>( $\mu\text{F}$ ) | 外形尺寸直径 $\times$ 高<br>(mm)        |
|--------|--|-----------------|--|---------------|---------------------------|----------------------------------|
| CD95   | 无极性, 音频分频专用型                                 | 轴向引出式           | -25 ~ +85  | 50 ~ 63       | 2.2 ~ 47                  | 8 $\times$ 16 ~ 16 $\times$ 40   |
| CD119  | 通用型, 四角针状引出, 安装稳定可靠                          | 单向焊片式           | -40 ~ +85  | 16 ~ 160      | 150 ~ 4700                | 26 $\times$ 45 ~ 26 $\times$ 60  |
| CD13   | 通用标准型, 容量范围宽, 用于储能滤波                         | 单向双焊片           | -40 ~ +85<br>(6.3 ~ 100V)<br>-25 ~ +85<br>(160 ~ 450V) | 6.3 ~ 450     | 47 ~ 10000                | 26 $\times$ 60 ~ 80 $\times$ 120 |
| CD131  | 通用标准型, 容量范围宽, 用于储能滤波                         | 单向双焊片           | -40 ~ +85<br>(6.3 ~ 100V)<br>-25 ~ +85<br>(120 ~ 450V) | 6.3 ~ 450     | 33 ~ 47000                | 26 $\times$ 60 ~ 80 $\times$ 120 |
| CD132  | 通用标准型, 容量范围宽, 用于储能滤波                         | 单向螺栓            | -40 ~ +85<br>(6.3 ~ 100V)<br>-25 ~ +85<br>(160 ~ 450V) | 6.3 ~ 450     | 100 ~ 4700                | 26 $\times$ 60 ~ 80 $\times$ 120 |
| CD132A | 计算机级, 电容量特大, 工作电压范围宽, 安全防爆, 适用于计算机、逆变器       | 单向螺栓            | -40 ~ +85<br>(6.3 ~ 100V)<br>-25 ~ +85<br>(160 ~ 450V) | 6.3 ~ 450     | 330 ~ 330000              | 35 $\times$ 50 ~ 88 $\times$ 140 |
| CD15   | 通用标准型, 电压范围容量范围宽                             | 轴向单焊片           | -40 ~ +85<br>(10 ~ 63V)<br>-25 ~ +85<br>(100 ~ 450V)   | 10 ~ 450      | 10 ~ 10000                | 19 $\times$ 40 ~ 26 $\times$ 60  |
| CD17H  | 闪光灯专用型, 重量轻, 体积特小, 损耗仅为常规型的一半, 带安全防爆装置       | 单向双焊片           | -25 ~ +85  | 330           | 100 ~ 1500                | 14 $\times$ 30 ~ 35 $\times$ 60  |
| CD27   | 通用标准型, 电容量大, 使用温度范围宽, 可靠性高, 适用于电源滤波等         | 单向双焊片           | -55 ~ +85  | 10 ~ 160      | 220 ~ 47000               | 26 $\times$ 50 ~ 42 $\times$ 80  |
| CD28   | 高频低电感, 容量范围大, 安全防爆, 轴向四端引出                   | 双向双焊片           | -40 ~ +85  | 6.3 ~ 160     | 220 ~ 68000               | 26 $\times$ 60 ~ 50 $\times$ 120 |
| CD291  | 彩色电视机配套, 体积小, 耐大纹波电流, 高频特性好, 安全防爆, 适用于彩电电源电路 | 单向焊片式           | -25 ~ +85  | 160 ~ 400     | 100 ~ 680                 | 30 $\times$ 35 ~ 34 $\times$ 60  |
| CD292A | 彩色电视机配套, 体积小, 耐大纹波电流, 高频特性好, 安全防爆, 适用于彩电电源电路 | PCB引出<br>(三脚弯型) | -25 ~ +85  | 160 ~ 400     | 100 ~ 1000                | 34 $\times$ 40 ~ 34 $\times$ 60  |

续表

| 型号     | 主要特点                                    | 引出端形式           | 使用温度范围<br>(°C)  | 额定电压<br>(DCV) | 容量范围<br>( $\mu\text{F}$ ) | 外形尺寸直径×高<br>(mm) |
|--------|---|-----------------|---|---------------|---------------------------|------------------|
| CD292B | 彩色电视机配套,体积小,耐大纹波电流,高频特性好,安全防爆,适用于彩电电源电路 | PCB引出<br>(三脚直型) | -25 ~ +85   | 160 ~ 400     | 100 ~ 1000                | 34×40 ~ 34×60    |
| CD293  | 彩色电视机配套,体积小,耐大纹波电流,高频特性好,安全防爆,适用于彩电电源电路 | PCB引出<br>(三脚弯型) | -25 ~ +85   | 160 ~ 400     | 33 ~ 470                  | 22×30 ~ 30×50    |
| CD293A | 高可靠型,耐高温,耐大纹波电流,容量范围宽,安全防爆,适用于开关电源电路    | PCB引出           | -40 ~ +105<br>(10 ~ 100V)<br>-25 ~ +105<br>(160 ~ 400V) | 10 ~ 450      | 47 ~ 33000                | 22×25 ~ 35×50    |
| CD386  | 低阻抗高频率,适用于高频开关电源电路                      | 单端螺丝引出<br>有定位端  | -40 ~ +70   | 10 ~ 50       | 1000 ~ 22000              | 34×60 ~ 34×120   |
| GD601  | 交流电动机专用型,有卧式长方形固定座,便于安装固定               | 单端引出            | -10 ~ +55   | 220VAC        | 75 ~ 200                  | 38×114 ~ 54×13   |
| CD60   | 无极性,耐大电流冲击,适用于马达启动                      | 单向双焊片           | -10 ~ +55   | 12 ~ 300AC    | 50 ~ 8000                 | 26×60 ~ 65×120   |
| CDJ    | 交流马达专用型,用于50Hz的交流电路                     | 单端焊片式           | -10 ~ +55   | 110/220V      | 25 ~ 500                  | 30×60 ~ 80×140   |
| GDZ    | 组合式有防爆装置,用于工业电子设备                       | 双三焊片式           | -40 ~ +70   | 25 ~ 450      | 10 ~ 2200                 | 26×60 ~ 42×120   |

## 二、电解电容器的检测方法

### 1. 万用表电阻挡的选择

由于电解电容器的容量较一般固定电容器大得多,所以,测量时,应针对不同容量选用合适的量程。根据经验,一般情况下,1~47 $\mu\text{F}$ 容量的电容,可用R×1k挡测量,大于47 $\mu\text{F}$ 的电容可用R×100或R×10挡测量。

### 2. 测量漏电阻

测试时,先如图4-45(a)所示,将万用表红表笔接电解电容器的负极,黑表笔接正极,此时,万用表指针向右偏转较大角度(对于同一电阻挡,容量越大,摆幅越大),接着逐渐向左回转,直到停在某一位置。此时的阻值便是电解电容的正向漏电阻。此值越大,说明漏电流越小,电容性能越好。然后,如图4-45(b)所示,将红、黑表笔对调,万用表指针将重复上述摆动现象,但此时所测阻值为电解电容的反向漏电阻,此值略小于正向漏电阻。即反向漏电流比正向漏电流要大。实际使用经验表明,电解电容器的漏电阻一般应在几百千欧以上,否则,将不能正常工作。在测试中,若正、反向均无充电的现象,即指针不动,则说明容量消失或内部断



路;如果所测阻值很小或为  $0\Omega$ ,说明电容漏电大或已击穿损坏。

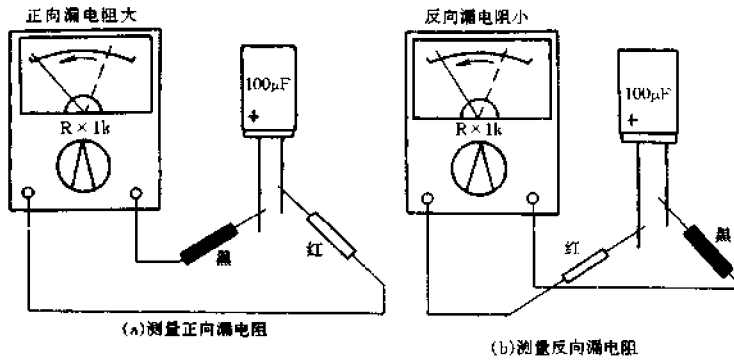


图 4-45 测量电解电容器的漏电阻

### 3. 极性判别

利用上述测量漏电阻的方法可以判别标志不清的电解电容器的正、负电极。先将万用表的两表笔任意接被测电解电容的引脚,测出漏电阻,并记住其大小,然后交换表笔再测得一个阻值。对两次测量所得阻值进行比较,阻值大的那一次便是正向接法,即黑表笔接的是正极,红表笔接的是负极。

### 4. 估测电解电容器的容量

使用万用表电阻挡,采用给电解电容进行正、反向充电的方法,根据指针向右摆动幅度的大小,可估测出电解电容的容量。表 4-16 所示是用 500 型万用表实测的各种规格电解电容器的容量与指针向右摆动位置的对应电阻值,可供读者测试时对照参考。

表 4-16 实测电解电容器容量与万用表指针向右摆幅对应电阻值

| 电容量( $\mu\text{F}$ ) | 万用表指针向右摆动位置         | 万用表电阻挡量程                    |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1                    | $210\text{k}\Omega$ | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 2.2                  | $110\text{k}\Omega$ | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 3.3                  | $55\text{k}\Omega$  | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 4.7                  | $50\text{k}\Omega$  | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 6.8                  | $34\text{k}\Omega$  | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 10                   | $21\text{k}\Omega$  | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 22                   | $8.5\text{k}\Omega$ | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 33                   | $5\text{k}\Omega$   | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 47                   | $3.2\text{k}\Omega$ | $\text{R} \times 1\text{k}$ |
| 100                  | $2.2\text{k}\Omega$ | $\text{R} \times 100$       |
| 220                  | $750\Omega$         | $\text{R} \times 100$       |
| 330                  | $500\Omega$         | $\text{R} \times 100$       |
| 470                  | $120\Omega$         | $\text{R} \times 100$       |
| 1000                 | $230\Omega$         | $\text{R} \times 10$        |
| 2200                 | $90\Omega$          | $\text{R} \times 10$        |
| 3300                 | $75\Omega$          | $\text{R} \times 10$        |
| 4700                 | $26\Omega$          | $\text{R} \times 10$        |

测试时,为了观察到指针的最大摆幅,可采用三次测量法。第一次测量时,将万用表红表笔接电解电容器的负极,黑表笔接电解电容器的正极,此时指针向右摆动一角度后慢慢向左回旋。待指针停止向左回旋时,调换两表笔进行第二次测量,此时,万用表指针向右摆动幅度一般比第一次测量时的摆幅要大。待指针向左停止回旋时,再一次调换表笔进行第三次测量,此次万用表指针向右摆动的幅度基本与第二次测试时相同。记下此次指针向右最大摆幅的位置所对应的电阻值,即可以从表 4-16 中查到相应电容量。

测试时需注意的,每次当万用表指针向右偏转再向左回旋时,一定要待指针完全停止向左转动时,再调换表笔进行下一次测量。否则,将使指针向右摆动的幅度偏小。

### 5. 检测组合式电解电容器

组合式电解电容器的功能作用与普通电解电容器相同,但组合式电解电容器的结构较为特殊,一般都是在同一个外壳里封装有两只电解电容器。其引出端的数量多分为四端或三端两种类型。四端组合式电解电容器的外形和符号如图 4-46(a)所示。其内部的两只电解电容器彼此独立,自身的等效电阻及等效电感都较小,高频特性优良,很适用于高频电路中。三端组合式电解电容器有 CDZ 型,如图 4-46(b)所示,其容量直接在外壳上标出。例如,50 $\mu$ F + 50 $\mu$ F 表示内装两只 50 $\mu$ F 的电解电容器。这种电解电容器又分为共正极组合与共负极组合两种形式。共正极组合式电解电容的三个电极中,引线较长的一端为公共正极,较短的分别为两个负极,这种组合结构适用于电源正极接地负压输出的电路中。共负极组合式电解电容器的三个电极中,引线较短的一端为公共负极,引线较长的两端分别为两个正极,这种组合结构适用于电源负极接地正压输出的电路中。

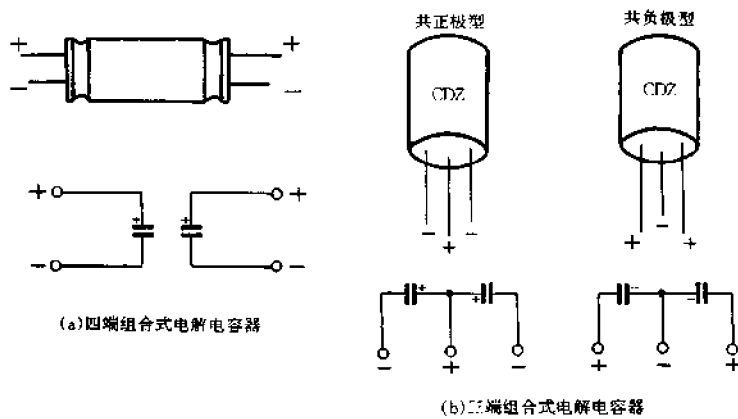


图 4-46 组合式电解电容器的外形及符号

与二端电解电容器一样,组合式电解电容器中的每只电解电容器的正向漏电阻也比反向漏电阻大,即反向漏电流大于正向漏电流。测试时,也可根据这一特点区分正负电极并判断其好坏。判断组合式电解电容器是否漏电、容量大小等均可参照测量二端电解电容器的方法进行。

### 6. 检测大容量电解电容器的漏电阻

用万用表检测电解电容器的漏电阻,是利用表内的电池给电解电容充电的原理进行的。一旦将万用表电阻挡位确定下来,充电的时间长短便取决于电容器的容量大小。对于同一电

阻挡而言,容量越大,充电时间越长。例如,选用  $R \times 1k$  挡测量一只  $4700\mu F$  的电解电容,待其充电显示漏电阻,约需 10 分钟左右,显然时间过长,不太实用。但是,万用表的不同电阻挡的内阻是不一样的。电阻挡位越高,内阻越大;电阻挡位越低,内阻越小。一般万用表的  $R \times 1$  挡的内阻仅是  $R \times 1k$  挡的千分之一。利用万用表这一特点,采用变换电阻挡位的方法,是可以比较快速地将大容量电解电容器的漏电阻测出的。

具体操作方法是,先使用  $R \times 10$  或  $R \times 1$  低阻挡(视容量而定)进行测量,使电容器很快充足电,指针迅速向左回旋到  $\infty$  位置。这时再拨到  $R \times 1k$  挡进行测量,若指针停在  $\infty$  处,说明漏电极小,用  $R \times 1k$  挡已经测不出来,若指针又缓慢向右摆动,最后停在某一刻度上,此时的读数即是被测电解电容的漏电阻值。通常  $10000\mu F$  以上大容量电解电容器的漏电阻在  $100k$  左右是基本正常的。测试时应注意,换挡后,表笔的接法应与换挡前的接法相一致。

#### 7. 检测大电解电容器的容量

大电解电容器的容量通常在数千微法以上,有的甚至达数万微法(例如用于发烧音响中的“大水塘”电解电容)。对于这种电容器,只要用一块普通万用表,再加一块记时手表,不用其他任何附件与接线,就可以比较准确地测量其电容量。下面以 500 型万用表为例,介绍测量方法。

测试时,将万用表置于  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡,红表笔接电容负极,黑表笔接电容正极,对被测电容充电。待指针回摆至  $\infty$  位置时,从电容上撤离表笔,速将万用表拨至 DC2.5V 挡,先将黑表笔接到电容负极,然后将红表笔接到电容正极,并记下时间  $t_0$ ,此时万用表指针从 1.5V 处回落。电容越大回落越慢,待指针回落至 0.55V 时,记下时间  $t_1$ 。被测电容的容量  $C = 20(t_1 - t_0)(\mu F)$ ,也就是说每 1 秒放电时间相当于  $20\mu F$  电容量。

上述测量方法的原理是以电容的放电特性为基础的。由电容放电特性曲线可知,  $U_1 = U_0 e^{-(t_1 - t_0)/\tau}$ ,式中,  $U_0$  为  $t_0$  时刻电容上的电压(上例中为 500 型万用表电阻挡开路电压 1.5V);  $U_1$  为  $t_1$  时刻电容上的电压 0.55V;  $\tau = RC$  为放电时间常数;  $R$  为放电电阻。在上例中,500 型万用表 DC2.5V 电压挡的内阻为  $50k\Omega$ ,将  $U_1 = 0.55$ ,  $U_0 = 1.5V$  代入上式可得:  $t_1 - t_0 = \tau = RC$ ,  $C = (t_1 - t_0)/R$ 。以  $R = 5 \times 10^4 \Omega$  代入,可得  $C = 20(t_1 - t_0) \times 10^{-6} F$ 。如采用其他型号的万用表,电压挡内阻可能有所不同,可根据公式自行换算。如果电阻挡开路电压不是 1.5V,可以按比例改变  $U_1$  的数值,只要保证  $U_1/U_0 = 0.368$  即可。

当被测电容量很大时,放电时间可能过长,电容的漏电流也会对测量结果造成影响,此时可用并联电阻的方法降低放电电阻,加快测量过程,当  $R = 5k\Omega$  时,每 1 秒放电时间相当于  $200\mu F$ 。

## § 4.15 检测可变电容器

### 一、可变电容器的种类及其性能特点

可变电容器的外形和电路符号如图 4-47 所示。

#### 1. 单连可变电容器

单连可变电容器由一组动片和一组定片以及转轴等组成。其中,用薄膜作为介质,并用塑

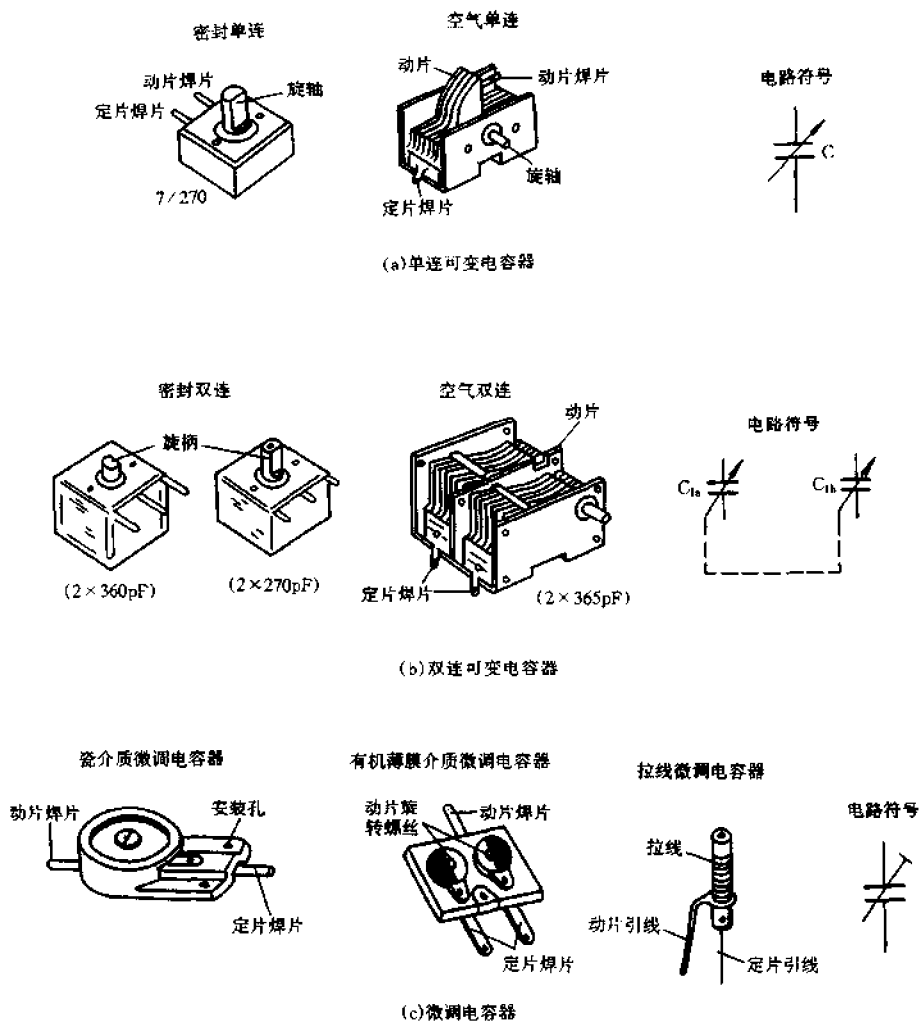


图 4-47 可变电容器的外形和电路符号

料外壳把动片组和定片组密封起来的称密封单连可变电容器。而用空气作为介质,则称空气单连可变电容器。当转动转轴时,即改变了动片与定片的相对位置,从而调整了电容器容量的大小。将动片组全部旋出,电容量最小,将动片组全部旋入,电容量最大。

在单连可变电容器的电路符号旁边通常均标出电容量,如 7/270pF,这表示当旋动转轴时,容量可以在 7~270pF 之间变化,其最小容量为 7pF,最大容量为 270pF。电路符号中的尖箭头,表示容量可调之意。

## 2. 双连可变电容器

双连可变电容器由两组动片和两组定片以及转轴组成,也分为密封双连可变电容器和空气双连可变电容器。双连可变电容器的动片安装在同一根转轴上,当旋动转轴时,两连动片组同步转动相同的角度,两组的电容量可同时进行调整。在双连可变电容器的符号中, $C_{1a}$ 、 $C_{1b}$  分别表示两连的电容量。如果两连最大容量相同,称等容双连可变电容器,容量值用最大容量乘以 2 来表示。例如,2 × 270pF,表示两连最大容量均为 270pF。如果两连最大容量不相同,则称

为差容双连可变电容器,两连最大容量值用分数表示,例如 60/127pF,表示此差容双连可变电容器的一连最大容量为 60pF,而另一连的最大容量则为 127pF。

### 3. 微调电容器

常见的有瓷介质、有机薄膜介质以及拉线微调电容器。其特点是容量小,体积小,容量的调节范围也较小。此种电容器的最小、最大容量也用分数表示。如 5/20pF,表示最小容量为 5pF,最大容量为 20pF。

## 二、可变电容器的检测方法

### 1. 检查转轴机械性能

用手轻轻旋动转轴,应感觉十分平滑,不应有时松时紧甚至卡滞现象。将转轴向前、后、上、下、左、右等各个方向推动时,转轴不应松动。

### 2. 检查动片与定片间有无碰片短路或漏电

操作方法如图 4-48 所示。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,一只手将两个表笔分别接可变电容器的动片和定片的引出端,另一只手将转轴缓缓旋动几个来回,万用表指针都应在  $\infty$  位置不动。在旋动转轴的过程中,如果指针有时指向零,说明动片和定片之间存在碰片短路点;如果旋到某一角度,万用表读数不为  $\infty$  而是出现一定阻值,说明可变电容器动片与定片之间存在漏电现象。

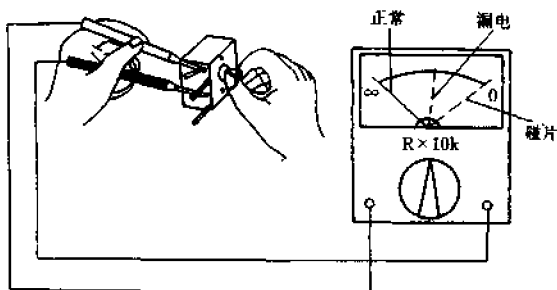


图 4-48 检查可变电容器是否碰片或漏电

对于双连或多连可变电容器,可用上述同样的方法检测各组动片与定片之间有无碰片短路或漏电现象。

## § 4.16 检测小功率晶体二极管

### 一、晶体二极管的结构和特性

晶体二极管是由一个 PN 结加上两条电极引线做成管芯,并用管壳封装而成的。图 4-49

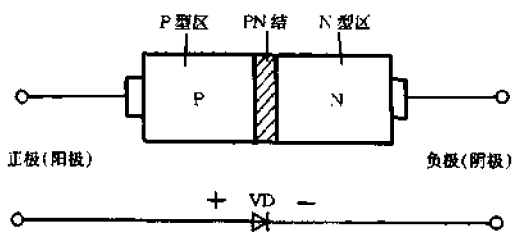


图 4-49 二极管的结构和电路符号

是二极管的构造和在电路中的符号。P 型区的引出线称为正极或阳极, N 型区的引出线称为负极或阴极。

晶体二极管最主要的特性就是单向导电特性,可以用二极管的电压和电流的关系来加以说明。图 4-50 是二极管的电压与电流的关系曲线,也叫作伏安特性曲线。二极管的伏安特性可分成如下三个部分。

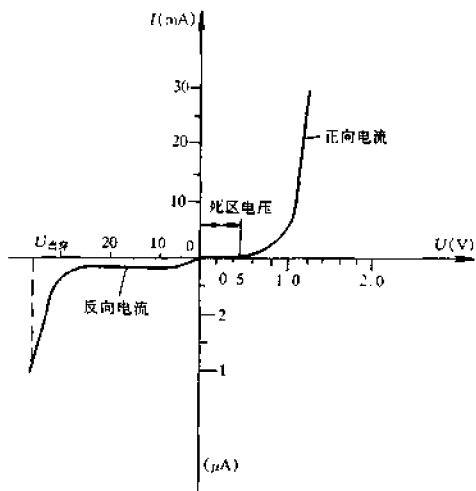


图 4-50 二极管的伏安特性曲线

安到几十微安。

### 3. 反向击穿特性

当二极管两端的反向电压增加时,开始,反向电流基本不变,但当反向电压大到某一值时,反向电流突然增大,出现击穿现象。一般把发生击穿时的电压叫反向击穿电压。在使用二极管时,其反向击穿电压必须高于在电路中可能遇到的电压值。

## 二、二极管的主要参数

(1) 最大整流电流( $I_F$ )。指二极管在长时间连续使用时,所允许通过的最大正向电流。使用时不允许超过这个数值,否则将会烧坏二极管。

(2) 最高反向工作电压( $V_R$ )。对于普通二极管,在正常工作时都不允许进入击穿状态,所以对每种型号的二极管都规定了最高反向工作电压(峰值)。使用时绝对不允许超过此值。

(3) 反向电流( $I_R$ )。此参数是在规定的反向电压和环境温度下测得的。此电流值越小,表明二极管的单向导电特性越好。

(4) 正向压降( $V_F$ )。当有正向电流流过二极管时,管子两端就会产生正向压降。在一定的正向电流下,二极管的正向压降越小越好。

(5) 最高工作频率( $f_M$ )。此参数直接给出了二极管工作频率的最大值。用于高频电路中的二极管应特别注意这个参数。

## 三、小功率二极管的性能特点

常见的小功率二极管一般是指用于检波、鉴频、限幅及其他小电流开关脉冲等电路中的二极管,如国产 2AP、2CP、2AK 和 2CK 等系列产品,外形如图 4-51 所示。表 4-17 列出了几种这类管子

的主要参数。这类二极管的特点是正向工作电流较小,一般不超过 100mA。

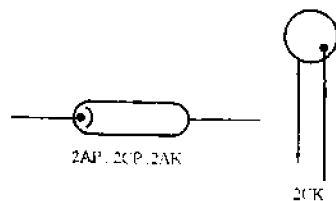


图 4-51 常见小功率二极管的外形

### 1. 正向特性

当二极管两端加上正向电压时,只有在正向电压克服了死区电压(硅管为 0.7V 左右,锗管为 0.3V 左右)以后才会产生正向电流。二极管的正向电流额定值实际上标志着它所能承受的功率的大小。二极管在正向工作时,应特别注意不能使其正向电流超过允许值,否则,将导致管子被烧坏。

### 2. 反向特性

当二极管加上反向电压时,在很大的范围内,二极管相当于很大的电阻,只能流过很小的反向电流。反向电流是衡量二极管反向特性的一个重要参数,反向电流大,说明管子的单向导电性能差。二极管的反向电流受温度影响较大。在室温下,硅管反向电流一般小于  $1\mu A$ ,锗管一般为几微

表 4-17

几种国产小功率二极管主要参数

| 型 号   | 参 数 | 最大工作电流<br>(mA) | 最高反向电压<br>(V) | 反向电流       | 截止频率<br>(MHz) |
|-------|-----|----------------|---------------|------------|---------------|
| 2AP9  |     | 5              | 15            | $\leq 200$ | 100           |
| 2AP10 |     | 5              | 30            | $\leq 40$  | 100           |
| 2AP15 |     | 30             | $\leq 30$     | $\leq 250$ | 40            |
| 2CP10 |     | 5 ~ 100        | 25            | $\leq 5$   | 50            |
| 2AK9  |     | $\geq 10$      | $\geq 40$     | $\leq 20$  |               |
| 2CK12 |     | 30             | 40            | $\leq 1$   |               |

#### 四、小功率二极管的检测方法

##### 1. 判别正、负电极

如图 4-52 所示,将万用表置于  $R \times 100$  或者  $R \times 1k$  挡,先用红、黑表笔任意测量二极管两引脚间的电阻值,然后交换表笔再测量一次。如果二极管性能良好,两次测量结果必定是一大一。以阻值较小的一次测量为准,黑表笔所接的一端为正极,红表笔所接的一端为负极。

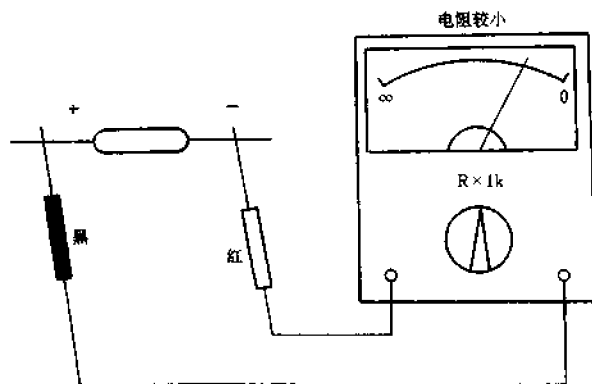


图 4-52 用万用表判别二极管的正负极性

##### 2. 鉴别质量好坏

鉴别时,可将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡,测量二极管的正、反向电阻,根据所得阻值进行判断。完好的锗点接触型二极管(如 2AP 型),其正向电阻(黑表笔接正极,红表笔接负极)在  $1k\Omega$  左右,反向电阻(红表笔接正极,黑表笔接负极)在  $300k\Omega$  以上。硅面接触型二极管(如 2CP 型)的正向电阻在  $5k\Omega$  左右,反向电阻为  $\infty$ 。总之,二极管的正向电阻越小越好,反向电阻越大越好。若测得的正向电阻太大或反向电阻太小,都表明二极管的检波与整流效率不高。如果测得正向电阻为  $\infty$ (万用表指针不动),说明二极管内部断路;若测得的反向电阻接近于  $0\Omega$ ,则表明二极管已经击穿。

表 4-18 是用 500 型万用表实测的几种国产小功率二极管的正、反向电阻数据,可供检测时参考。

表 4-18

实测几种小功率二极管正反向电阻值

| 型 号        | 万用表电阻挡量程       | 正向电阻              | 反向电阻             |
|------------|----------------|-------------------|------------------|
| 2AP、2AK 系列 | $R \times 100$ | 2 ~ 3k $\Omega$   | $\infty$         |
|            | $R \times 1k$  | 1 ~ 1.8k $\Omega$ | 300k $\Omega$ 以上 |
| 2CP、2CK 系列 | $R \times 100$ | 5 ~ 6k $\Omega$   | $\infty$         |
|            | $R \times 1k$  | 4 ~ 5k $\Omega$   | $\infty$         |

### 3. 检测最高工作频率 $f_M$

晶体二极管的最高工作频率,除了可从有关特性表中查出外,也可用万用表  $R \times 1k$  挡进行测试,一般正向电阻小于 1k $\Omega$  的多为高频管。

### 4. 检测反向击穿电压 $V_{RM}$

对于交流电来说,因为电流正、反向不断变化,因此最高反向工作电压也就是二极管承受的交流峰值电压。需要指出的是,最高反向工作电压并不是二极管的击穿电压。一般情况下,二极管的击穿电压要比最高反向工作电压高得多(约高一倍左右)。

检测二极管反向击穿电压时,可用万用表  $R \times 1k$  挡测量一下二极管的反向电阻,若万用表指针微动或不动,则一般被测管的反压能达 150V 以上。反向电阻越小,管子的耐压越低。注意,这种测试方法是相当粗略的。若需较精确地测量二极管的反向击穿电压,可采用下述方法。

测试电路如图 4-53 所示。“M $\Omega$ ”为任何一种型号的兆欧表。因为兆欧表的内阻极大,因此使用时不会将被测二极管击穿烧毁。为了保证测试的准确性,兆欧表在使用前应进行必要的检查。方法是:开路时摇动手柄,指针应指在“ $\infty$ ”位置;再将两连线短接,指针应指在“0”处。摇动兆欧表手柄时应由慢逐渐加快,转速控制在每秒 2 转左右,待直流电压表上的读数不再上升时,便是该被测二极管的反向击穿电压值。图中的直流电压表可用万用表相应的直流电压挡代替。

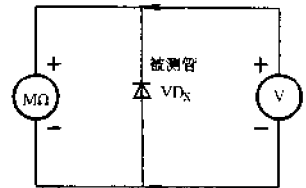


图 4-53 测量二极管反向击穿电压

### 5. 测试注意事项

(1) 测量小功率二极管时,不宜使用  $R \times 1$  或  $R \times 10k$  挡。因  $R \times 1$  挡电流太大,  $R \times 10k$  挡电压过高,都容易烧坏管子。

(2) 由于二极管是非线性元件,用不同灵敏度的万用表或不同倍率的电阻挡进行测试时,所得数据也会不尽相同。但正、反向电阻应相差几百倍这一原则是不变的。

## § 4.17 检测片状二极管

### 一、片状二极管的特点及分类

片状二极管是一种表面安装元件,其突出特点是体积微型化,且只有极短的引线或无引线,能满足表面安装技术的要求。片状二极管的外形和几种结构类型如图 4-54 所示。常见



的有圆柱形和矩形两种。圆柱形片状二极管没有引线,两个端面即是正、负电极,内部由PN结芯片、壳体和金属电极组成。壳体一般多为黑色,尺寸有 $5 \times \phi 2.5(\text{mm})$ 等规格。矩形片状二极管通常有三条 $0.65\text{mm}$ 的短引出脚。根据结构不同,片状二极管有单管与对管之分,且有共阳(正极相连)、共阴(负极相连)和串联接法等几种类型。

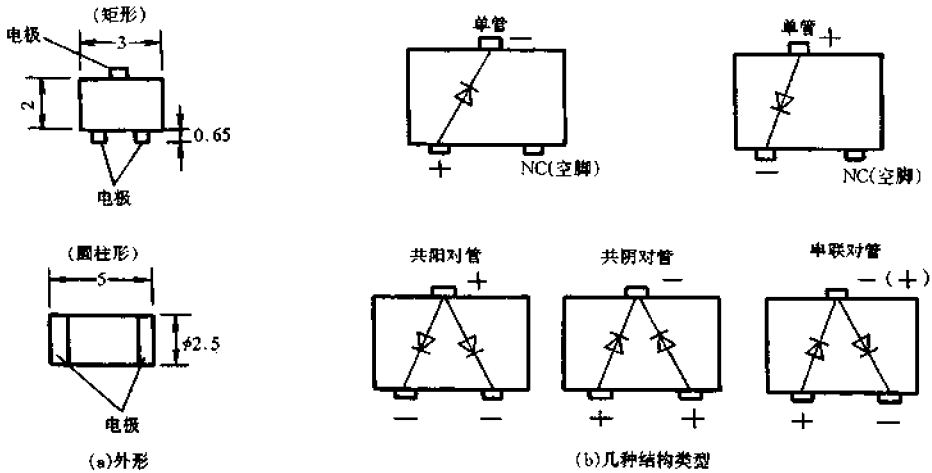


图 4-54 片状二极管的外形与内部结构类型

## 二、片状二极管的检测方法

检测片状二极管的方法与检测普通二极管的方法基本相同,主要是用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡测量其正、反向电阻值的大小来判别管子的正、负电极或管子的好坏。另外,还可鉴别管子的内部结构类型。下面举一个测试实例具体说明检测方法。

被测片状二极管的外形如图 4-55 所示。该管为矩形封装,型号不明。为叙述方便,将三只引脚冠以①、②、③序号。使用万用表  $R \times 1k$  挡,依次测量各引脚之间的电阻值。只有当黑表笔接①脚,用红表笔依次接触②、③脚时所测得的电阻值为  $4.5k\Omega$ ,其余各种接法所测阻值均为  $\infty$ 。由此断定,被测管为一只共阳结构对管,①脚为公共正极,②脚和③脚分别为两个负极。测试结果还表明,被测管的单向导电特性正常。

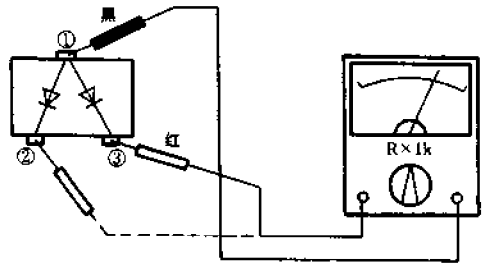


图 4-55 检测片状二极管的实例

由此断定,被测管为一只共阳结构对管,①脚为公共正极,②脚和③脚分别为两个负极。测试结果还表明,被测管的单向导电特性正常。

## § 4.18 检测玻封硅高速开关二极管

### 一、玻封硅高速开关二极管的性能特点

玻封硅高速开关二极管的突出特点是具有良好的高频开关特性,其反向恢复时间  $t_{rr}$  仅几

纳秒。这种二极管已被广泛用于电子计算机、电视机、各种仪器仪表、控制电路以及各类高频电路中。

表 4-19 列出了硅高速开关二极管的典型产品 1N4148 和 1N4448 的主要参数。这两种管子均采用 DO-35 玻封形式,通常标有黑色圆环的一端引脚为负极,无标记的一端则为正极。

表 4-19 两种常见玻封硅高速开关二极管主要参数

| 参数<br>型号 | 最高反向<br>工作电压 $V_{RM}$<br>(V) | 反向击穿<br>电压 $V_{BR}$<br>(V) | 最大正向<br>压降 $V_{FM}$<br>(V) | 最大正向<br>电流 $I_{FM}$<br>(mA) | 平均整流<br>电流 $I_d$<br>(mA) | 反向恢复<br>时间 $t_r$<br>(ns) | 最高结温<br>$T_{JM}$<br>( $^{\circ}C$ ) | 零偏压结<br>电容 $C_0$<br>(pF) | 最大功耗<br>$P_M$<br>(mW) |
|----------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1N4148   | 75                           | 100                        | $\leq 1$                   | 450                         | 150                      | 4                        | 150                                 | 4                        | 500                   |
| 1N4448   | 75                           | 100                        | $\leq 1$                   | 450                         | 150                      | 4                        | 150                                 | 5                        | 500                   |

## 二、玻封硅高速开关二极管的检测方法

检测硅高速开关二极管的方法与检测普通二极管的方法相同。但要注意,这种管子的正向电阻较大。用  $R \times 1k$  电阻挡测量,一般正向电阻值为  $5 \sim 10k\Omega$ ,反向电阻值为  $\infty$ 。

1N4148 和 1N4448 玻封硅高速开关二极管可代替国产 2CK43、2CK44、2CK70 ~ 2CK73、2CK77、2CK83 等型号的开关二极管。但使用时必须要注意,因 1N4148、1N4448 型硅高速开关二极管的平均电流只有 150mA,所以仅适于在高频小电流的工作条件下使用,绝对不能用在开关稳压电源等高频大电流的电路中。否则,会导致电路不能正常工作或将管子烧毁。

## § 4.19 检测 1N 系列硅整流二极管

### 一、1N 系列塑封硅整流二极管的特点及分类

1N 系列塑封硅整流二极管的突出特点是体积小、性能优良,所以在各类电子仪器设备中得到广泛应用,正逐步取代原国产 2CZ11、2CZ12 系列整流二极管。

1N 系列硅整流二极管的外形如图 4-56 所示。通常靠近白色色环的一引脚为二极管的负极。注意,这种管子绝大多数采用塑封结构,但也有个别管子采用玻璃封装结构,例如 1N3074 ~ 1N3081 型二极管,即为玻封整流二极管,且整流电流较小,仅 200mA,最高反向工作电压  $V_{RM}$  为 150 ~ 600V。1N 系列塑封硅整流二极管的典型产品有 1N4001 ~ 1N4007(1A), 1N5391 ~ 1N5399(1.5A), 1N5400 ~ 1N5408(3A)。

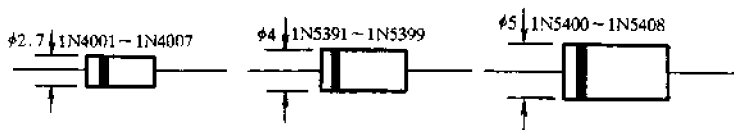


图 4-56 1N 系列硅整流二极管的外形

表 4-20 列出了 1N 系列硅整流二极管的主要参数,供选用时参考。

表 4-20 常见 1N 系列硅整流二极管主要参数

| 参 数<br>型 号 | 最高反向工作电压<br>$V_{RM}(V)$ | 额定整流电流<br>$I_F(A)$ | 最大正向压降<br>$V_{FM}(V)$ | 最高结温<br>$T_{JM}(^{\circ}C)$ | 封装形式  | 国内对照型号                                       |
|------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|--|
| 1N4001     | 50                      | 1.0                | $\leq 1.0$            | 175                         | DO-41 | 2CZ11 ~ 2CZ11J<br>2CZ55B ~ M                 |
| 1N4002     | 100                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N4003     | 200                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N4004     | 400                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N4005     | 600                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N4006     | 800                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N4007     | 1000                    |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5391     | 50                      | 1.5                | $\leq 1.0$            | 175                         | DO-15 |  |
| 1N5392     | 100                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5393     | 200                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5394     | 300                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5395     | 400                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5396     | 500                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5397     | 600                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5398     | 800                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5399     | 1000                    |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5400     | 50                      | 3.0                | $\leq 1.2$            | 170                         | DO-27 | 2CZ12 ~ 2CZ12J<br>2DZ2 ~ 2DZ2D<br>2CZ56B ~ M |
| 1N5401     | 100                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5402     | 200                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5403     | 300                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5404     | 400                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5405     | 500                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5406     | 600                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5407     | 800                     |                    |                       |                             |       |  |
| 1N5408     | 1000                    |                    |                       |                             |       |  |

## 二、1N 系列塑封硅整流二极管的检测方法

1N 系列塑封硅整流二极管与普通硅检波二极管的最大区别是工作电流大,因此,在用万用表检测 1N 系列整流二极管时,应按下述方法进行。

(1) 将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔接二极管正极,红表笔接负极,测出的正向电阻应为几千欧至十几千欧,然后交换表笔测量被测管的反向电阻,应为  $\infty$ 。

(2) 将万用表置于  $R \times 1$  挡,对管子进行一次复测。 $R \times 1$  挡所提供的测试电流比较大,所测得的正向电阻应为几欧至几十欧,反向电阻仍为  $\infty$ 。因为 1N 系列塑封整流二极管的  $I_F \geq$

1A,而 R×1 挡的最大测试电流仅一百多毫安,所以无论怎样测量也不会烧坏被测二极管。

表 4-21 列出了实测的 1N 系列硅整流二极管的正、反向电阻数据,供检测时参考。

表 4-21 实测 1N 系列二极管的电阻值

| 型号     | 参数 | 电阻挡  | 正向电阻  | 反向电阻 |
|--------|----|------|-------|------|
| 1N4001 |    | R×1k | 4.4kΩ | ∞    |
|        |    | R×1  | 10Ω   | ∞    |
| 1N4007 |    | R×1k | 4.0kΩ | ∞    |
|        |    | R×1  | 9.5Ω  | ∞    |
| 1N5404 |    | R×1k | 4.0kΩ | ∞    |
|        |    | R×1  | 8.5Ω  | ∞    |

## § 4.20 检测快恢复(超快恢复)二极管

### 一、快恢复、超快恢复二极管的性能特点及分类

快恢复二极管(FRD)和超快恢复二极管(SRD)是一种电力电子半导体器件。它具有开关特性好、反向恢复时间短、正向电流大、体积较小、安装简便等优点,可作高频、大电流的整流、续流二极管,在开关电源、脉宽调制器(PWM)、不间断电源(UPS)、高频加热、交流电机变频调速等电子设备中得到了广泛的应用。

快恢复和超快恢复二极管的一个重要参数是反向恢复时间  $t_{rr}$ ,其定义是:电流流过零点由正向转换成反向,再由反向转换到规定的值  $I_{rr}$ 时的时间间隔。它是衡量高频续流、整流器件性能的重要技术参数。 $t_{rr}$ 的定义可由图 4-57 所示的反向恢复电流的波形加以说明。图中, $I_F$  为正向电流, $I_{RM}$  为最大反向恢复电流, $I_{rr}$  是反向恢复电流。通常规定  $I_{rr} = 0.1I_{RM}$ 。当  $t = t_0$  时,正向电流  $I = I_F$ ;当  $t > t_0$  时,由于整流器件上的正向电压突然变成反向电压,因此正向电流迅速降低,并在  $t = t_1$  时刻, $I = 0$ 。然后整流器件上流过反向电流  $I_R$ ,并且  $I_R$  逐渐增大,在  $t = t_2$  时刻达到最大反向恢复电流  $I_{RM}$  值,此后受正向电压的作用,反向电流逐渐减小,在  $t = t_3$  时刻达到规定值  $I_{rr}$ 。从  $t_2$  到  $t_3$  的反向恢复过程与电容器的放电过程比较相似。

快恢复二极管的反向恢复时间  $t_{rr}$  值一般为几百纳秒,正向压降约 0.6V,正向电流达几安至几千安,反向峰值电压为几百伏至几千伏。

超快恢复二极管是在快恢复二极管的基础上发展而成的。其反向恢复时间更短,可低至几十纳秒。

20A 以下的快恢复及超快恢复二极管大多采用 TO-220 封装。从其内部结构来看,分为单管、对管两种。对管内部包含两只管子,根据两只管子的接法不同,又有共阴对管和共阳对管之分。

几十安的管子一般采用 TO-3P 金属壳封装。几百安至几千安的管子通常采用螺栓型或

平板型封装方式。图 4-58 是四种快恢复(超快恢复)二极管的外形与内部结构图。

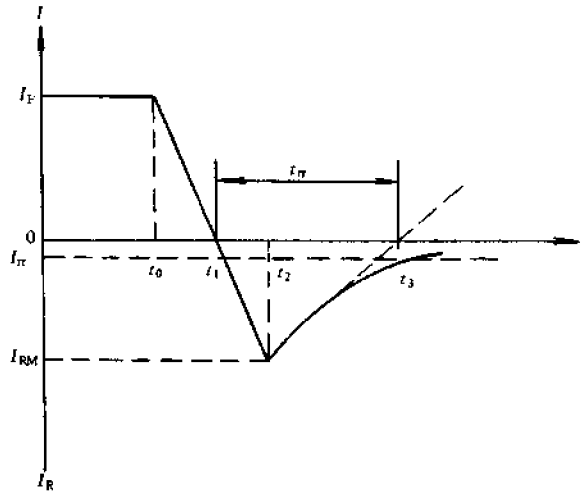


图 4-57 反向恢复电流的波形

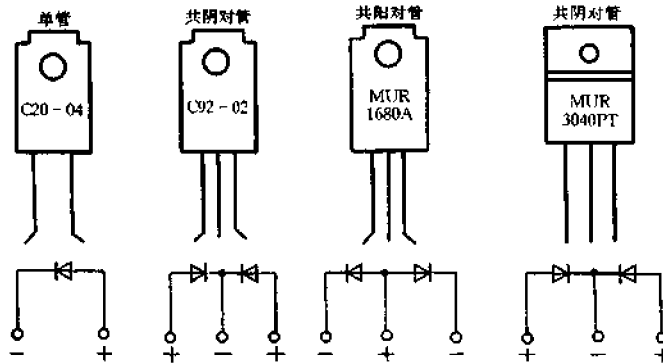


图 4-58 四种快恢复二极管的外形及内部结构

表 4-22 列出了几种典型产品的主要技术参数,供选用时参考。

表 4-22 几种典型快恢复(超快恢复)二极管主要参数

| 参 数<br>型 号 | 反向恢复时间 $t_{rr}$<br>(ns) | 平均整流电流 $I_d$<br>(A) | 最大瞬时电流 $I_{FSM}$<br>(A) | 反向峰值电压 $V_{RM}$<br>(V) | 结构形式 | 封装形式   |
|------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|------|--------|
| C20-04     | 400                     | 5                   | 70                      | 400                    | 单管   | TO-220 |
| C92-02     | 35                      | 10                  | 50                      | 200                    | 共阴   | TO-220 |
| MUR1680A   | 35                      | 16                  | 100                     | 800                    | 共阳   | TO-220 |
| MUR3040PT  | 35                      | 30                  | 300                     | 400                    | 共阴   | TO-220 |
| MUR30100   | 35                      | 30                  | 400                     | 1000                   | 共阳   | TO-3P  |

## 二、快恢复(超快恢复)二极管的检测方法

用万用表检测快恢复(超快恢复)二极管的方法与检测塑封硅整流二极管的方法基本相同。即先用  $R \times 1k$  挡检测一下其单向导电性,一般正向电阻为  $4.5k\Omega$  左右,反向电阻为  $\infty$ ;再用  $R \times 1$  挡复测一次,一般正向电阻为几欧,反向电阻仍为  $\infty$ 。

关于判定管子是属于共阴型还是共阳型结构,可参照下一节中介绍的“肖特基二极管的检测方法”进行。

## § 4.21 检测肖特基二极管

### 一、肖特基二极管的结构和性能特点

肖特基(Schottky)二极管属于低功耗、大电流、超高速半导体器件,其反向恢复时间  $t_{rr}$  可小到几个纳秒,正向导通压降仅  $0.4V$  左右,而整流电流却可达到几千安。

肖特基二极管的内部结构、工作原理和伏安特性如图 4-59 所示。它以 N 型半导体为基片,在上面形成用砷作掺杂剂的  $N^-$  外延层。阳极(阻挡层)金属材料是钼。二氧化硅( $SiO_2$ )用来消除边缘区域的电场,提高管子的耐压值。N 型基片掺杂浓度比  $N^-$  层高 100 倍,具有很小的通态电阻。基片下部的  $N^+$  阴极层用以减小阴极的接触电阻。通过调整结构参数,可在基片与阳极金属之间形成合适的肖特基势垒。当加上正偏压( $E$ )时,金属 A 与 N 型基片 B 分别接电源的正、负极,此时势垒宽度  $W_0$  变窄;当加上负偏压( $-E$ )时,势垒宽度  $W_0$  则增加。可见,肖特基二极管与 PN 结二极管在构造原理上有很大区别。这种管子的缺点是反向耐压较低,一般不超过  $100V$ ,适宜在低电压、大电流的条件下工作。

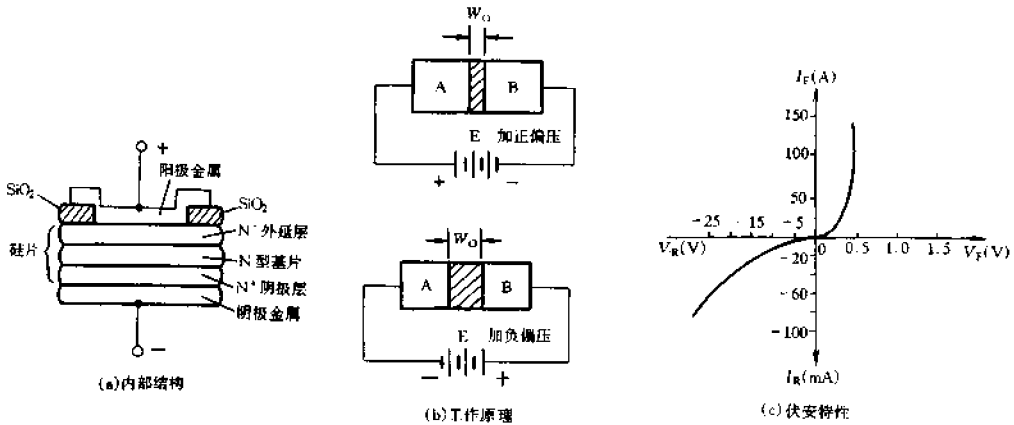


图 4-59 肖特基二极管结构及特性

### 二、肖特基二极管的检测方法

现举一实例说明具体检测方法。被测肖特基二极管的外形如图 4-60(a) 所示。为叙述

方便起见,将三只引脚分别标号为①、②、③。将万用表置于  $R \times 1$  挡进行下述几项测试。

(1) 测量①、③脚正反向电阻值,均为  $\infty$ ,说明这两个电极无单向导电性。

(2) 黑表笔接①脚,红表笔接②脚,测得的阻值为  $2.9\Omega$ ;红、黑表笔对调后测得阻值为  $\infty$ 。说明①、②两脚具有单向导电特性,且①脚为正,②脚为负。

(3) 将黑表笔接③脚,红表笔接②脚,测得阻值为  $3\Omega$ ,调换红、黑表笔后测得阻值为  $\infty$ ,说明③、②两脚具有单向导电特性,且③脚为正,②脚为负。

根据上述三步测量结果,绘出被测管内部结构如图 4-60(b)所示。可见,该管为一只共阴对管,②脚为公共阴极,①、③脚为两个阳极。

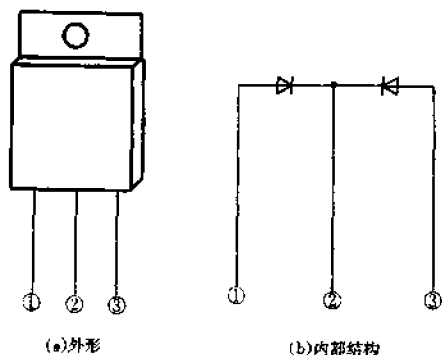


图 4-60 肖特基二极管的外形及内部结构

## § 4.22 检测半桥组件

### 一、半桥组件的性能特点

所谓半桥组件,是一种把两只整流二极管按一定方式连接起来并封装在一起的整流器件。其功能和整流二极管相同,使用起来比较方便。国产半桥组件有  $1/2QL0.3A$ 、 $1/2QL0.5A$ 、 $1/2QL1A$ 、 $1/2QL1.5A$  等多种型号。表 4-23 列出了几种国产半桥组件的主要技术参数,可供选用时参考。图 4-61 是几种常见半桥组件的外形和内部结构。

表 4-23 国产半桥硅整流组件主要参数

| 参 数<br>型 号        | 最大反向工作<br>电压 $V_R(V)$<br>(单管、峰值) | 额定正向<br>整流电流<br>$I_F(A)$ (单管、<br>平均值) | 正向电压降<br>$V_F(V)$<br>(平均值) | 反向漏电流                                   | 反向漏电流                                    | 频率 $f$<br>(kHz) | 额定结温<br>$T_{JM}$<br>( $^{\circ}C$ ) |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---|--|-----------------|-------------------------------------|
|                   |                                  |                                       |                            | $I_R(\mu A)$<br>(平均值)<br>25 $^{\circ}C$ | $I_R(\mu A)$<br>(平均值)<br>100 $^{\circ}C$ |                 |                                     |
| $1/2QL0.3A/50V$   | 50                               | 0.3                                   | $\leq 1.2$                 | 10                                      | 500                                      | 3               | 130                                 |
| $1/2QL0.3A/100V$  | 100                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.3A/200V$  | 200                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.3A/400V$  | 400                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.3A/600V$  | 600                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.3A/800V$  | 800                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.3A/1000V$ | 1000                             | 0.5                                   | $\leq 1.2$                 | 10                                      | 500                                      | 3               | 130                                 |
| $1/2QL0.5A/50V$   | 50                               |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.5A/100V$  | 100                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |
| $1/2QL0.5A/200V$  | 200                              |                                       |                            |   |  |                 |                                     |

续表

| 型号              | 参数<br>最大反向工作电压 $V_R(V)$<br>(单管, 峰值) | 额定正向整流电流 $I_F(A)$ (单管、平均值) | 正向电压降 $V_F(V)$<br>(平均值) | 反向漏电流 $I_R(\mu A)$<br>(平均值)<br>25℃ | 反向漏电流 $I_R(\mu A)$<br>(平均值)<br>100℃ | 频率 $f$<br>(kHz) | 额定结温 $T_{JM}$<br>(℃) |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------|
| 1/2QL0.5A/400V  | 400                                 | 0.5                        | $\leq 1.2$              | 10                                 | 500                                 | 3               | 130                  |
| 1/2QL0.5A/600V  | 600                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL0.5A/800V  | 800                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL0.5A/1000V | 1000                                |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1A/50V     | 50                                  | 1                          | $\leq 1.2$              | 10                                 | 500                                 | 3               | 130                  |
| 1/2QL1A/100V    | 100                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1A/200V    | 200                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1A/400V    | 400                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1A/600V    | 600                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1A/800V    | 800                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1A/1000V   | 1000                                |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1.5A/50V   | 50                                  | 1.5                        | $\leq 1.2$              | 10                                 | 500                                 | 3               | 130                  |
| 1/2QL1.5A/100V  | 100                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1.5A/200V  | 200                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1.5A/400V  | 400                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1.5A/600V  | 600                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1.5A/800V  | 800                                 |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |
| 1/2QL1.5A/1000V | 1000                                |                            |                         |                                    |                                     |                 |                      |

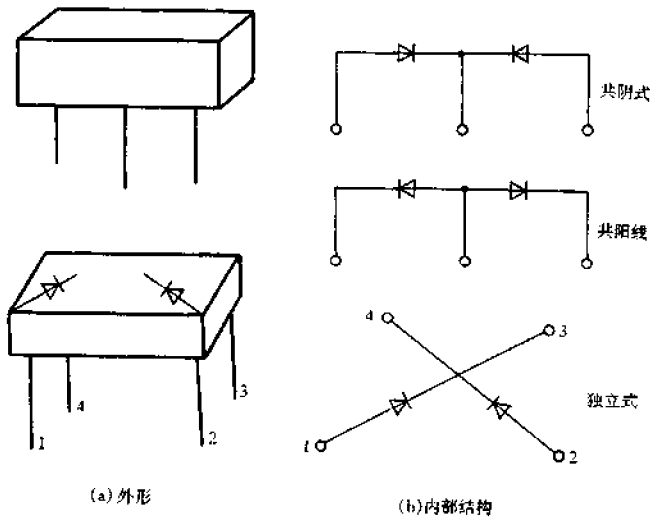


图 4-61 半桥组件的外形和内部结构



## 二、半桥组件的检测方法

由半桥组件的结构图可见,其内部的两只整流二极管是按共阴或共阳形式连接的,有个别半桥组件内的两只整流二极管是互相独立的。根据这些特点,只要用万用表电阻挡测量其正、反向电阻值,即可很方便地判定半桥组件的极性和好坏。通常,完好的半桥组件,用万用表  $R \times 1k$  挡测量,单个二极管的正向电阻值为  $4 \sim 10k\Omega$ ,反向电阻值为  $\infty$ 。下面举一测试实例,进一步说明检测方法。

检测方法如图 4-62 所示。组件的型号字迹已模糊不清,无正、负极性标记。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,逐次测量各引脚间的电阻值。当红表笔接在②脚,用黑表笔分别接触①脚和③脚时,所测阻值均呈低阻,为  $4.5k\Omega$ ,其余各种接法均为  $\infty$ 。由此判定被测半桥组件为一只共阴组件,②脚为公共阴极(负极),①脚和③脚为两个阳极(正极)。

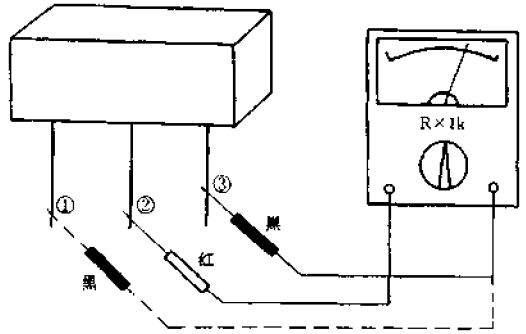


图 4-62 检测半桥组件

## § 4.23 检测全桥组件

### 一、全桥组件的性能特点

全桥组件是一种把四只整流二极管按全波桥式整流电路的连接方式封装在一起的整流组合器件,其内部电路及电路符号如图 4-63 所示。

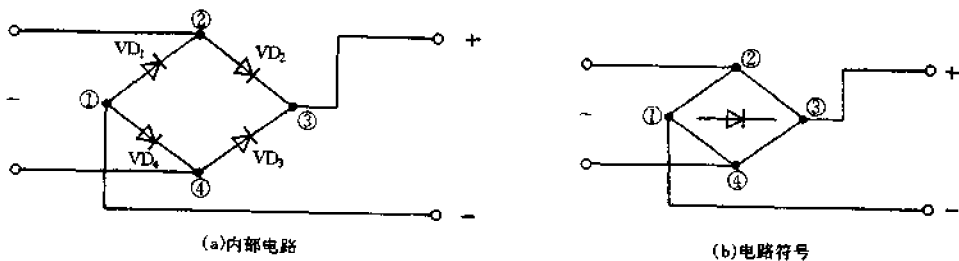


图 4-63 全桥组件的内部电路与电路符号

全桥组件的种类有单相与三相之分。单相中除了普通型外,还有中高速整流桥、低功耗整流桥。三相中除了普通型外,还有高压三相整流桥,最高工作电压可达  $40kV$ 。全桥组件的主要参数是额定正向整流电流  $I_0$  和反向峰值电压  $V_{RM}$ 。以单相全桥组件为例,常见国产全桥的正向电流为  $0.05 \sim 100A$ ,反向峰压为  $25 \sim 1000V$ 。国产全桥组件的  $I_0$  和  $V_{RM}$  通常是按下述方法标注。

(1) 直接用数字标注  $I_0$  和  $V_{RM}$  值。例如:QL1A/100 或者 QL1A100,都表示正向电流为  $1A$ ,

反向峰压为 100V 的全桥。

(2) 用数字直标  $I_0$ , 用字母表示  $V_{RM}$ 。有些全桥组件的型号中,  $I_0$  值用数字标明, 但  $V_{RM}$  用英文字母 A ~ M 代替(其中字母 I 不用), 分别代表 25 ~ 1000V 的电压值。具体数值见表 4-24 所列。例如: QL2AF, 表示电流为 2A、峰压为 400V。

表 4-24 字母与电压的关系

| 字母    | A  | B  | C   | D   | E   | F   | G   | H   | J   | K   | L   | M    |
|-------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 电压(V) | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |

(3) 用字母表示  $V_{RM}$ , 用数字码代表  $I_0$ 。有不少全桥的型号上只标电压的代表字母, 而不表明具体的电流值, 这些全桥可以去查产品手册。例如: QL2B, 查手册后知道是 0.1A、50V 的全桥。又如: QL22B 是 0.1A、50V 的全桥。其实这些型号中的电流也是用数字代表, 表 4-25 列出了部分电流的数字代码(1~10)。10 以上的代码可查有关产品手册。

表 4-25 数字与电流的关系

| 数字    | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|----|
| 电流(A) | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 |

此外, 市场上还有大量进口的全桥组件。其中有些可从它们的型号上直接读出  $V_{RM}$  和  $I_0$  数值。例如: RB156 为 15A、600V 全桥。对于型号较为复杂的全桥组件, 选用时应查阅相关的产品手册。

## 二、全桥组件的引脚识别

使用全桥组件时, 除了要选用适当的  $I_0$  与  $V_{RM}$  参数外, 还应注意分清其输入、输出端引脚, 两者不能搞错。现以图 4-64 所示的几种常见全桥组件类型为例, 介绍引脚排列的规律。

(1) 长方体全桥组件。输入、输出端直接标注在壳体上, 见图 4-64(a) 所示。“~”为交流输入端, “+”、“-”为直流输出端。

(2) 圆形全桥组件。它的壳体上若只标“+”, 那么在“+”的对面是“-”极端, 余下两脚便是交流输入端, 见图 4-64(b)。

(3) 扁形全桥组件。除直接标正、负极与交流接线符号外, 通常以靠近缺角端的引脚为正(部分国产为负)极, 中间为交流输入端, 见图 4-64(c)。

(4) 大功率方形全桥组件。这类全桥由于工作电流大, 使用时要另外加散热器。散热器可由中间圆孔加以固定。此类产品一般不印型号和极性, 可在壳体侧面边上寻找正极标记, 见图 4-64(d) 所示。正极对角线上的引脚是负极端, 余下两引脚是交流输入端。

(5) 缺角全桥组件。其外形如图 4-64(e) 所示。缺角处引脚为正极端。

值得注意的是, 有的半桥组件的外形与全桥组件极为相似, 不要误当作全桥组件来使用。

表 4-26 列出了国产 QL 系列全桥组件的主要参数, 供选用时参考。

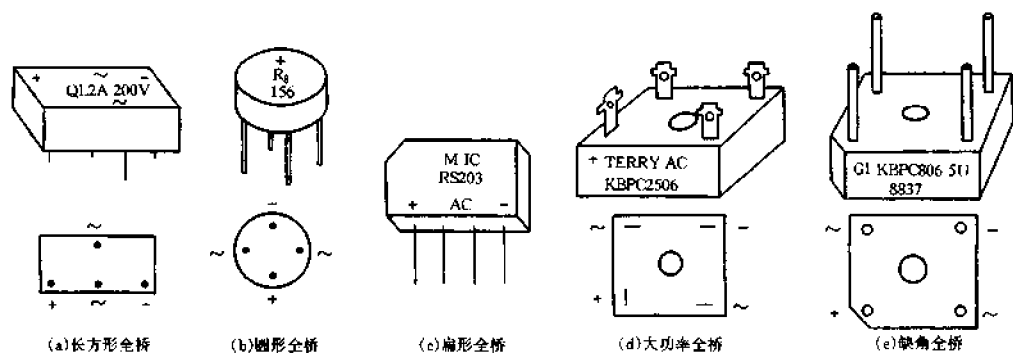


图 4-64 常见全桥组件的外形及引脚排列

表 4-26 国产全桥整流组件主要参数

| 参数<br>型号  | $V_{IM}$<br>(V) | $I_o$<br>(A) | $V_o$<br>(V) | $I_R(\mu A)$ |           | 参数<br>型号 | $V_{IM}$<br>(V) | $I_o$<br>(A) | $V_o$<br>(V) | $I_R(\mu A)$ |           |
|-----------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
|           |                 |              |              | 25<br>°C     | 100<br>°C |          |                 |              |              | 25<br>°C     | 100<br>°C |
| QL-0.1/1  | 100             | 0.1          | 63           | ≤ 5          | ≤ 100     | QL-05/8  | 800             | 0.5          | 500          | ≤ 5          | ≤ 100     |
| QL-0.1/2  | 200             |              | 125          |              |           | QL-05/10 | 1000            |              | 625          |              |           |
| QL-0.1/4  | 400             |              | 250          |              |           | QL-05/12 | 1200            |              | 750          |              |           |
| QL-0.1/6  | 600             |              | 375          |              |           | QL-05/14 | 1400            |              | 875          |              |           |
| QL-0.1/8  | 800             |              | 500          |              |           | QL-1/1   | 100             | 63           | 1            | ≤ 5          | ≤ 500     |
| QL-0.1/10 | 1000            |              | 625          |              |           | QL-1/2   | 200             | 125          |              |              |           |
| QL-0.1/12 | 1200            |              | 750          |              |           | QL-1/4   | 400             | 250          |              |              |           |
| QL-0.1/14 | 1400            |              | 875          |              |           | QL-1/6   | 600             | 375          |              |              |           |
| QL-03/1   | 100             | 63           | QL-1/8       | 800          | 500       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-03/2   | 200             | 125          | QL-1/10      | 1000         | 625       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-03/4   | 400             | 250          | QL-1/12      | 1200         | 750       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-03/6   | 600             | 375          | QL-1/14      | 1400         | 875       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-03/8   | 800             | 500          | QL-1.5/1     | 100          | 63        | 1.5      | ≤ 5             | ≤ 100        |              |              |           |
| QL-03/10  | 1000            | 625          | QL-1.5/2     | 200          | 125       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-03/12  | 1200            | 750          | QL-1.5/4     | 400          | 250       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-03/14  | 1400            | 875          | QL-1.5/6     | 600          | 375       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-05/1   | 100             | 63           | QL-1.5/8     | 800          | 500       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-05/2   | 200             | 125          | QL-1.5/10    | 1000         | 625       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-05/4   | 400             | 250          | QL-1.5/12    | 1200         | 750       |          |                 |              |              |              |           |
| QL-05/6   | 600             | 375          | QL-1.5/14    | 1400         | 875       |          |                 |              |              |              |           |

### 三、全桥组件的检测方法

如图 4-65 所示,由于全桥组件内部的四只二极管是按桥式整流方式连接的,所以它共有

四个引出脚。用万用表可按下述方法对其进行检测。

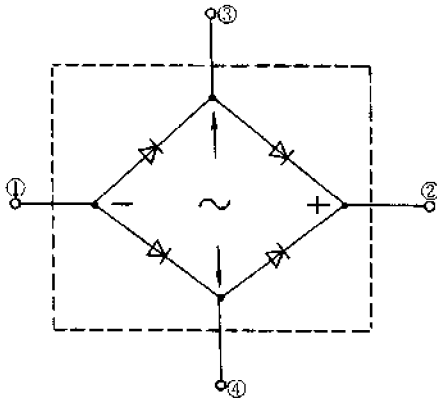


图 4-65 全桥组件内部四只二极管的接法

### 1. 判别极性

将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔任意接全桥组件的某个引脚,用红表笔分别测量其余三个引脚,如果测得的阻值都为  $\infty$ ,则此时黑表笔所接的引脚为全桥组件的直流输出正极(②脚)。如果测得的阻值都为  $4 \sim 10k\Omega$  左右,则此时黑表笔所接的引脚为全桥组件的直流输出负极(①脚),剩下的两个引脚就是全桥组件的交流输入脚③和④端。

### 2. 判定好坏

方法一:

用万用表的电阻挡测量全桥组件各引脚间的正、反向电阻值时,正常情况下,所得阻值应与表 4-27 所列数值基本一致。使用这种检查方法虽然比较繁琐一些,但它与检测普通整流二极管的方法基本相同,对构成全桥组件的每个二极管的正、反向电阻均作了检查,可得出单个二极管是否正常的结论。

表 4-27

实测全桥组件电阻值(方法一)

| 黑表笔 | 红表笔 | 万用表电阻挡量程       | 测得阻值         |
|-----|-----|----------------|--------------|
| ①   | ③   | $R \times 1k$  | $3.8k\Omega$ |
| ①   | ④   | $R \times 1k$  | $3.8k\Omega$ |
| ③   | ①   | $R \times 10k$ | $\infty$     |
| ④   | ①   | $R \times 10k$ | $\infty$     |
| ②   | ③   | $R \times 10k$ | $\infty$     |
| ②   | ④   | $R \times 10k$ | $\infty$     |
| ③   | ②   | $R \times 1k$  | $3.8k\Omega$ |
| ④   | ②   | $R \times 1k$  | $3.9k\Omega$ |

方法二:

这种方法实际上是方法一的简化运用。测试时,可参见图 4-65 所示的全桥组件的结构图。首先将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量一下全桥组件交流电源输入端③、④脚的正、反向电阻值。由图 4-65 可以看出,无论红、黑表笔怎样交换测量,由于左右每边的两个二极管都有一个处于反向接法,所以良好的全桥组件③、④脚之间的电阻值都应均为  $\infty$ 。当四个二极管之中有一个击穿或漏电时,都会导致③、④脚之间的电阻值变小。因此,当测得③、④脚之间的电阻值不是  $\infty$  时,说明全桥组件中的四个二极管中必定有一个或多个漏电。当测得的阻值只有几千欧时,说明全桥组件中有个别二极管已经击穿。

只测③、④脚之间的电阻值,对于全桥组件中的开路性故障和正向电阻变大等性能不良的故障还检查不出来。因此,在测完③、④脚的电阻值以后,还需要测量①、②脚之间的正向电阻加以判断。用万用表  $R \times 1k$  挡进行测试,①、②脚之间的正向电阻值一般在  $8 \sim 10k\Omega$  之间,如果测得①、②脚之间的正向电阻值小于  $6k\Omega$ ,说明四个二极管中有一个或两个已经损坏。如果测得①、②脚间的正向电阻值大于  $10k\Omega$ ,则说明全桥组件中的二极管存在正向电阻变大或开路性故障。表 4-28 列出了用方法二实测的全桥组件正常电阻值,可供检测时参考。

表 4-28 实测全桥组件电阻值(方法二)

| 黑表笔 | 红表笔 | 万用表电阻挡量程       | 测得阻值               |
|-----|-----|----------------|--------------------|
| ③   | ④   | $R \times 10k$ | $\infty$           |
| ④   | ③   | $R \times 10k$ | $\infty$           |
| ①   | ②   | $R \times 1k$  | $8 \sim 10k\Omega$ |

通过上述测量,基本能正确地判断出全桥组件的好坏。在测试中,如果发现被测全桥组件有异常时,为了做出更准确的结论,必要时也可以用方法一进行一下复测,以防止出现误判。

#### 四、损坏全桥组件的修复利用

经过检测,如果确认全桥组件中某个二极管烧断损坏,其内部完好的二极管仍可采用下述方法充分利用。

##### 1. 外接二极管法

参见图 4-66 所示,假设测得全桥组件中的  $VD_1$  断路损坏,可在全桥组件的外部③、②脚间跨接一只二极管将其修复。要求所接二极管的耐压、最大整流电流与全桥组件的耐压、整流电流相一致。且正、反向电阻值尽可能与全桥组件其余几个完好的二极管相同,同时注意极性不能接反。

##### 2. 电路利用法

参见图 4-67 所示。以常见的整流电路为例,如果全桥组件中二极管  $VD_1$ 、 $VD_3$  完好,可作共阴整流半桥,用于图 4-67(a)所示的全波整流电路。如果全桥组件中的  $VD_2$ 、 $VD_4$  完好,可作共阳整流半桥,用于图 4-67(b)的全波整流电路。如果  $VD_1$ 、 $VD_2$ (或  $VD_3$ 、 $VD_4$ )完好时,可作串联半桥使用,组成图 4-67(c)正、负双路对偶式半波整流电路。如有三只二极管完好时,还可用在如图 4-67(d)、(e)等带有辅助电源的整流电路。另外,用图 4-67(a)和(c)中的两只半桥,即共阴桥与共阳桥对接,或串联桥与串联桥并接,都可构成完整的全桥组件,用于桥式整流电路。

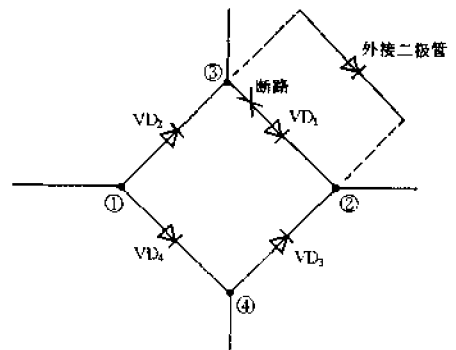


图 4-66 外接二极管修复全桥

对于全桥组件内部的短路性故障,只要设法从外部将相应损坏的二极管处理成开路状态,其余好管仍可用上述方法予以利用。

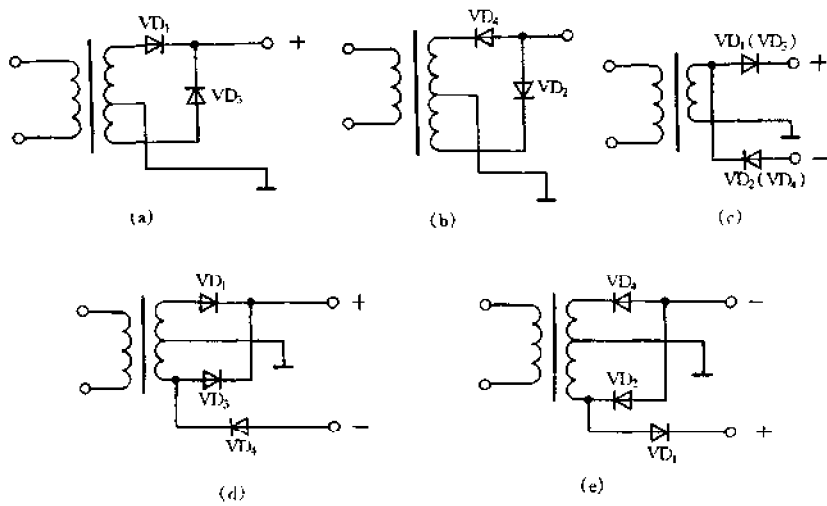


图 4-67 全桥组件的电路利用法

## § 4.24 检测硅柱

### 一、硅柱的结构及性能特点

硅柱又叫硅堆。它是一种硅高频、高反压整流二极管，能在几千至几万伏的高压条件下工作。常用于电视机、雷达或其他电子仪器中作高频高压整流器件使用。

硅柱的外形和内部结构如图 4-68 所示。它是由若干个硅高频高反压二极管的管芯串联起来，外面用高频陶瓷进行封装而成。

国产硅柱的型号有 2CLG、2DGL 等，规格有 12kV、15kV、18kV、20kV 等。

表 4-29 列出了部分国产硅柱的主要特性参数，供选用时参考。

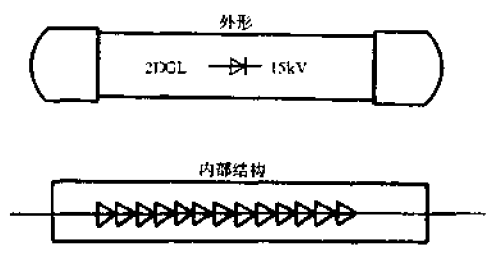


图 4-68 硅柱的外形和内部结构

表 4-29 部分国产高压硅柱参数

| 参 数<br>型 号 | 正向平均电流 $I_0$<br>(mA) | 正向压降 $U_f$<br>(V) | 反向额定峰压 $U_R$<br>(kV) | 反向平均电流 $I_R$<br>( $\mu$ A) | 反向恢复时间 $t_n$<br>( $\mu$ s) |
|------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2CLG12     | 5                    | 25                | 12                   | ≈ 5                        | ≈ 1.2                      |
| 2CLG15     |                      | 30                | 15                   |                            |                            |
| 2CLG20     |                      | 35                | 20                   |                            |                            |

续表

| 参数<br>型号     | 正向平均电流 $I_0$<br>(mA) | 正向压降 $U_F$<br>(V) | 反向额定峰压 $U_R$<br>(kV) | 反向平均电流 $I_R$<br>( $\mu$ A) | 反向恢复时间 $t_{rr}$<br>( $\mu$ s) |
|--------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 2DGL3H       | 5                    | 30                | 12                   | $\leq 10$                  | $\leq 1.2$                    |
| 2DGL3I       |                      | 35                | 15                   |                            |                               |
| 2DGL3J       |                      | 40                | 20                   |                            |                               |
| 2CLG5H       |                      | 30                | 15                   | $\leq 5$                   | $\leq 1$                      |
| 2CLG5I       |                      | 40                | 20                   |                            |                               |
| 2DGL15/0.005 |                      | 30                | 15                   |                            |                               |
| 2DGL20/0.005 |                      | 40                | 20                   |                            | $\leq 0.5$                    |

## 二、硅柱的检测方法

方法一：

检测方法如图 4-69 所示。用万用表  $R \times 10k$  挡直接测量硅柱的正反向电阻值，一般将黑表笔接硅柱正极，红表笔接硅柱负极，测其正向电阻值时，能观察到万用表指针向右微微摆动，而将红、黑表笔对调测量其反向电阻值时，指针应在  $\infty$  位置不动。

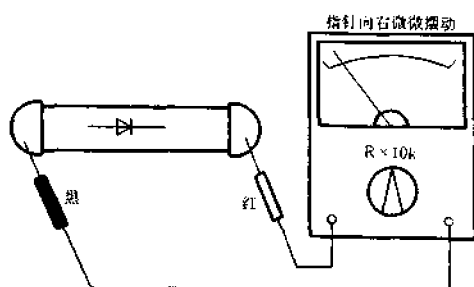


图 4-69 检测硅柱方法之一

方法二：

测试电路如图 4-70 所示。将万用表仍置于  $R \times 10k$  挡。在万用表与硅柱之间加接一只三极管(例如 3DG6 等)，其  $\beta$  值要大于 50。先把被测高压硅柱按图 4-70 实线所示方法正向接入电路，万用表指针应向右摆动，所指示读数约为满刻度的四分之一左右。然后再将硅柱按图 4-70 虚线所示方法反向接入电路，此时，万用表指针应不动，指示为  $\infty$ 。如果测量过程中，无论高压硅柱怎样接入电路，万用表指针均不摆动，则说明被测硅柱已经损坏。此法较方法一可靠。但要注意，所使用的三极管必须性能良好，以免

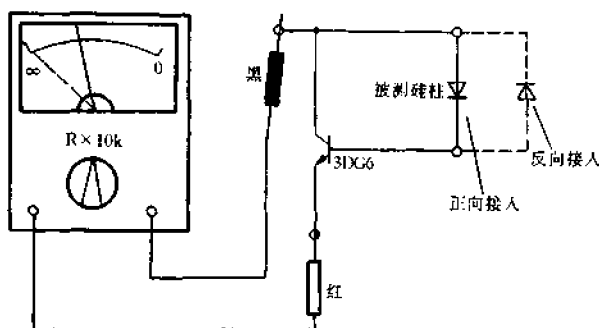


图 4-70 检测硅柱方法之二

出现误判。

方法三：

检测方法如图 4-71 所示。将万用表置于 DC250V 挡,与高压硅柱串联后接到 AC220V 电源上。由于高压硅柱的整流作用,使其与万用表直流电压表构成一个半波整流电路。当高压硅柱与万用表正向串接时,读数在 30V 以上即为正常;当两者为反向串接时,万用表指针应反向偏转(此时应将表笔迅速移开,防止打表)。测试时,若无论怎样串接,万用表指针始终不动,则可能是高

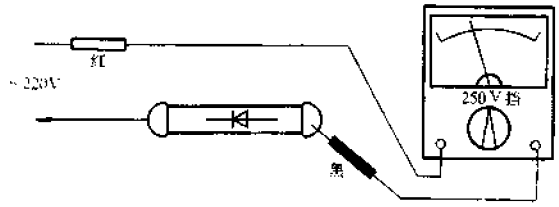


图 4-71 检测硅柱方法之三

压硅柱内部开路,使回路中没有电流通过,但也可能是高压硅柱内部击穿短路,使交流电压直接加到万用表直流挡上,因此万用表指针总是指在零位上(稍有抖动)。区分高压硅柱是开路还是短路的方法为,将万用表置于 AC250V 挡,仍按图 4-71 所示的电路连接,与高压硅柱串接后接到 AC220V 电源上,若万用表读数为 220V,则说明被测高压硅柱已经击穿短路;若读数为零,则说明被测高压硅柱已经开路。

方法四：

检测方法如图 4-72 所示。将试电笔与整流二极管及高压硅柱串接后,接到 AC220V 电源火线上。若被测高压硅柱无论是正接还是反接,试电笔氖灯均不发光,则表明高压硅柱已经开路。若都发光,则说明高压硅柱已经短路。若一次发光而另一次不发光,则表明高压硅柱是好的。且在发光时,整流二极管的极性是与高压硅柱极性正向串接的;而不发光时,两者是反向串接的。

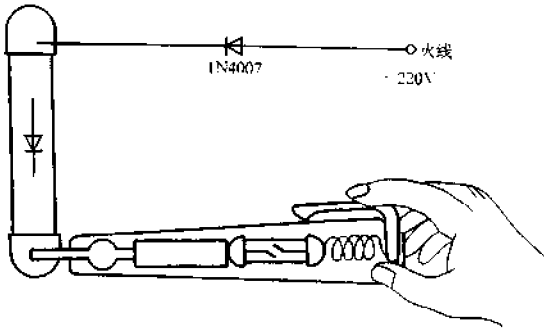


图 4-72 检测硅柱方法之四

向串接的。

## § 4.25 检测双基极二极管(单结晶体管)

### 一、双基极二极管的特性与参数

双基极二极管又称单结晶体管(UJT),是一种只有一个 PN 结的三端半导体器件,其内部结构、等效电路及电路符号如图 4-73 所示。由内部结构图可见, $B_1$  和  $B_2$  分别设在一块 N 型硅半导体材料两端。在硅材料的一侧烧结一个 PN 结,作为发射极 E。按特定的工作要求,在 E 和  $B_1$  之间加正向偏置电源  $E_1$ , $B_2$  和  $B_1$  之间加高于  $E_1$  的正电压  $E_2$ 。发射极 E 与基极  $B_1$  之间的电压  $V_E$  和发射极电流  $I_E$  之间的关系如图 4-74 所示。若一开始给发射极加电压,其值不超过峰点电压  $V_p$ ,发射极电流很小,呈截止状态,曲线的这一部分称为截止区。当发射极电压一旦超过  $V_p$ ,发射极电流就急剧增大,其压降  $V_E$  反而下降,一直到谷点。这种电流增大、电



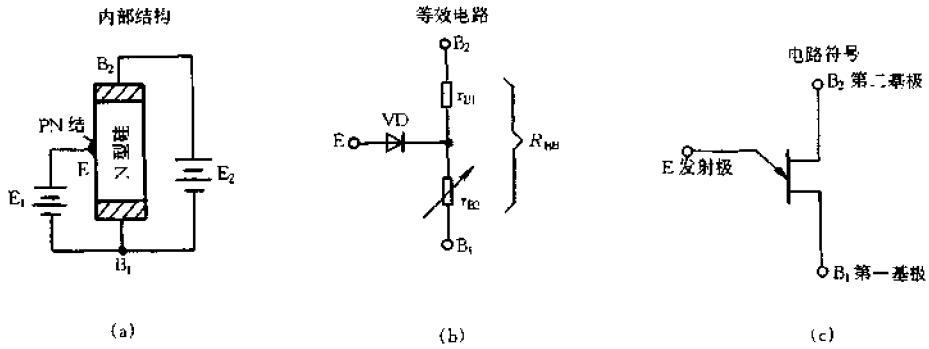


图 4-73 双基极二极管结构及电路符号

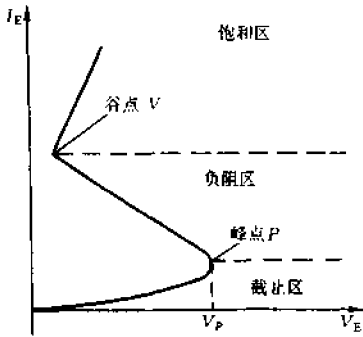


图 4-74 双基极二极管  $V_E$  与  $I_E$  关系曲线

压下降的特性便是负电阻状态,曲线这一部分被称为负阻区。如果发射极电流继续增大,进而超过了谷点,  $V_E$  将随  $I_E$  的增大而增大,这一部分称为饱和区。

双基极二极管的两个最重要的直流参数是基极电阻  $R_{BB}$  和分压比  $\eta$ 。  $R_{BB}$  是指在发射极开路状态下,两个基极之间的电阻,即  $R_{B1} + R_{B2}$ ,通常  $R_{BB}$  约在  $3 \sim 10k\Omega$  之间。  $\eta$  是指发射极 E 到基极  $B_1$  之间的电压和基极  $B_2$  到  $B_1$  之间的电压之比,通常  $\eta$  约在  $0.3 \sim 0.85$  之间。

图 4-75 是国产 BT31、BT32、BT33 型双基极二极管的外形与引脚排列。表 4-30 列出了这三种管子的主要参数,供选用时参考。

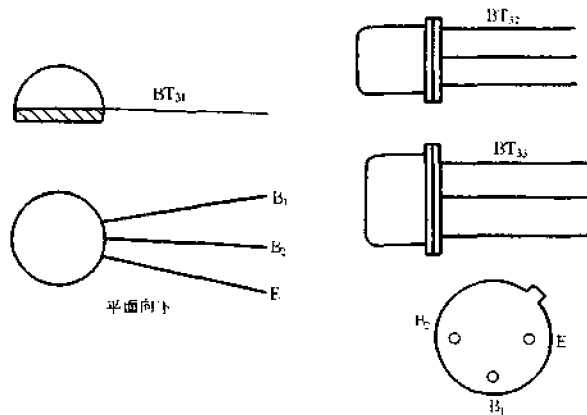


图 4-75 三种双基极二极管的外形及引脚排列

表 4-30

BT31、BT32、BT33 型双基极二极管主要参数

| 参 数<br>型 号 | 分压比 $\eta_v$   | 基极间<br>电阻 $R_{BB}$<br>(k $\Omega$ ) | E 与 B <sub>1</sub> 间<br>反向电流<br>$I_{EB10}$ ( $\mu$ A) | 饱和压降<br>$V_{ES}$<br>(V)        | 峰点电流<br>$I_P$<br>( $\mu$ A) | 谷点电流<br>$I_V$<br>(mA) | 谷点电压<br>$V_V$<br>(V) | 调制电流<br>$I_{M2}$<br>(mA)       | 总耗散<br>功率 $P_T$<br>(mW) |
|------------|----------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| BT31A      | 0.3 ~ 0.55     | 3 ~ 6                               | $\leq 1$  | $\leq 4.5$                     | $\leq 2$                    | $\geq 1.5$            | $\leq 3.5$           | 8 ~ 35                         | 250                     |
| BT31B      | 0.3 ~ 0.55     | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT31C      | 0.45 ~ 0.75    | 3 ~ 6                               |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT31D      | 0.45 ~ 0.75    | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT31E      | 0.65 ~ 0.9     | 3 ~ 6                               |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT31F      | 0.65 ~ 0.9     | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| 测试条件       | $V_{BB} = 15V$ | $V_{BB} = 20V$<br>$I_E = 0$         | $V_{EB10} = 60V$                                      | $I_E = 50mA$<br>$V_{BB} = 15V$ | $V_{BB} = 15V$              | $V_{BB} = 15V$        | $V_{BB} = 15V$       | $V_{BB} = 15V$<br>$I_E = 50mA$ | $I_E = 10mA$            |
| BT32A      | 0.3 ~ 0.55     | 3 ~ 6                               | $\leq 1$  | $\leq 4$                       | $\leq 2$                    | $\geq 1.5$            | $\leq 3.5$           | 5 ~ 30                         | 100                     |
| BT32B      | 0.3 ~ 0.55     | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT32C      | 0.45 ~ 0.75    | 3 ~ 6                               |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT32D      | 0.45 ~ 0.75    | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT32E      | 0.65 ~ 0.9     | 3 ~ 6                               |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT32F      | 0.65 ~ 0.9     | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| 测试条件       | $V_{BB} = 20V$ | $V_{BB} = 20V$<br>$I_E = 0$         | $V_{EB10} = 60V$                                      | $I_E = 50mA$<br>$V_{BB} = 20V$ | $V_{BB} = 20V$              | $V_{BB} = 20V$        | $V_{BB} = 20V$       | $V_{BB} = 20V$<br>$I_E = 50mA$ | $I_E = 20mA$            |
| BT33A      | 0.3 ~ 0.55     | 3 ~ 6                               | $\leq 1$  | $\leq 5$                       | $\leq 2$                    | $\geq 1.5$            | $\leq 2$             | 6 ~ 40                         | 400                     |
| BT33B      | 0.3 ~ 0.55     | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT33C      | 0.45 ~ 0.75    | 3 ~ 6                               |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT33D      | 0.45 ~ 0.75    | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT33E      | 0.65 ~ 0.9     | 3 ~ 6                               |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| BT33F      | 0.65 ~ 0.9     | 5 ~ 12                              |   |                                |                             |                       |                      |                                |                         |
| 测试条件       | $V_{BB} = 20V$ | $V_{BB} = 20V$<br>$I_E = 0$         | $V_{EB10} = 60V$                                      | $I_E = 50mA$<br>$V_{BB} = 20V$ | $V_{BB} = 20V$              | $V_{BB} = 20V$        | $V_{BB} = 20V$       | $V_{BB} = 20V$<br>$I_E = 50mA$ | $I_E = 30mA$            |

## 二、双基极二极管的检测方法

### 1. 区分电极

#### (1) 判定发射极 E

方法一：

将万用表置于  $R \times 1k$  挡,用两表笔测得任意两个电极间的正、反向电阻值均相等(约 2 ~ 10k $\Omega$ )时,这两个电极即为 B<sub>1</sub> 和 B<sub>2</sub>。余下的一个电极则为发射极 E。

方法二：

将万用表置  $R \times 1k$  挡,黑表笔固定接于任意电极上,然后用红表笔去分别接触另外两个

电极,当测得两个近似相等的电阻值时(约  $10k\Omega$  左右),则黑表笔所接的电极即为发射极 E。

## (2) 区分第一基极 $B_1$ 和第二基极 $B_2$

方法一:

测试电路如图 4-76 所示。将黑表笔接 E,用红表笔依次去接触另外两个电极,分别测得两个正向电阻值。由于管子构造上的原因,第二基极  $B_2$  靠近 PN 结,所以发射极 E 与  $B_2$  间的正向电阻应比 E 与  $B_1$  间的正向电阻值小一些。它们的数量级应在几到十几千欧范围内。因此,当按上述接法测得的阻值较小时,其红表笔所接的电极即为  $B_2$ ,测得阻值较大时,红表笔所接的电极则为  $B_1$ 。

方法二:

仍使用万用表  $R \times 1k$  挡。先将红表笔接在发射极 E 上,用黑表笔任接一个基极,用舌头同时舔一下另一个没接表笔的基极和红表笔所接的发射极 E,此时万用表指针要向右摆动,记下其摆动的幅度。然后将红表笔仍接在发射极 E 上不动,把黑表笔改接在另外一个基极上,再用舌头舔一下没接表笔的基极和红表笔所接的发射极 E,再次记住万用表指针摆动的幅度。比较万用表指针两次向右的摆幅,必然是一大一小,以大的一次为准,其中没接黑表笔的电极即为  $B_1$ ,接黑表笔的则为  $B_2$ 。

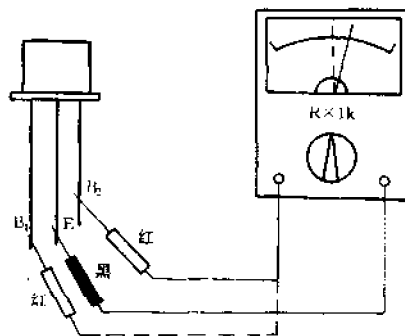


图 4-76 区分双基极二极管的  $B_1$  及  $B_2$

应当指出,上述判别基极  $B_1$  与  $B_2$  的方法,不一定对所有双基极二极管都适合。有个别管子的 E 与  $B_1$  间的正向电阻值和 E 与  $B_2$  间的正向电阻值相差不大。也有的管子用方法二检测时,两次测量,指针的摆动都不太明显。遇到这种情况就较难区分  $B_1$  与  $B_2$ 。经验表明,准确地判别双基极二极管的两个基极,哪个是  $B_1$ ,哪个是  $B_2$ ,在实际使用中并不十分重要。这是因为,即使  $B_1$ 、 $B_2$  用颠倒了,也不会损坏管子,

只影响输出的脉冲幅度。当发现输出的脉冲幅度较小时,可试将原已认定的  $B_1$  和  $B_2$  两电极对调,以实际使用效果来判定  $B_1$  和  $B_2$  的正确接法。

## 2. 测量极间电阻判定管子好坏

测量方法如图 4-77 所示。图中,红、黑分别表示万用表的红、黑表笔。万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡。

### (1) 测量 PN 结正、反向电阻值

将黑表笔接发射极 E,红表笔接  $B_1$  或  $B_2$  时,所测得的为双基极二极管 PN 结的正向电阻值。正常时应为几千欧至十几千欧,比普通二极管的正向电阻值略大一些。将红表笔接在发射极 E,用黑表笔去分别接  $B_1$  或  $B_2$ ,所测得的为双基极二极管 PN 结

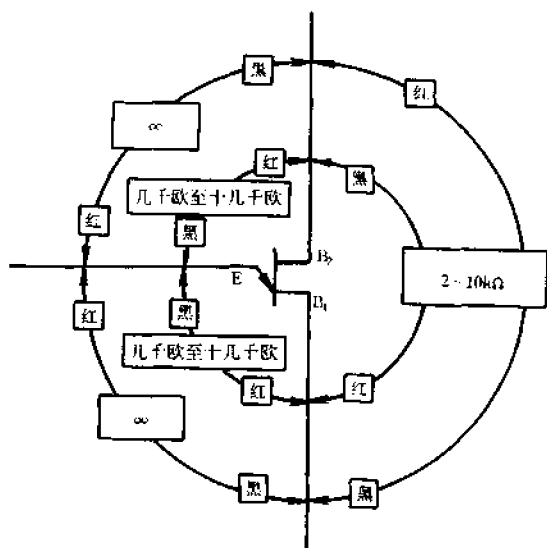


图 4-77 双基极二极管极间正常电阻值

的反向电阻值,正常时应为 $\infty$ 。一般以正、反向电阻值的比例大于100为好。

### (2) 测量基极电阻 $R_{BB}$

将红、黑表笔分别任意接  $B_1$  和  $B_2$ , 测量双基极二极管  $B_1$ 、 $B_2$  间的电阻值, 应在  $2 \sim 10k\Omega$  范围内。阻值过大或过小, 均不宜使用。

表 4-31 列出了三种双基极二极管各引脚间的正常电阻值, 可供测试时参考。

表 4-31 三种双基极二极管引脚间正常电阻值

| 表笔接法<br>型号 | 红接 E<br>黑接 $B_1$ | 红接 E<br>黑接 $B_2$ | 黑接 E<br>红接 $B_1$ | 黑接 E<br>红接 $B_2$ | 红接 $B_1$<br>黑接 $B_2$ | 黑接 $B_1$<br>红接 $B_2$ |
|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| BT-31D     | $\infty$         | $\infty$         | $10k\Omega$      | $9.0k\Omega$     | $6.2k\Omega$         | $6.2k\Omega$         |
| BT-32B     | $\infty$         | $\infty$         | $13k\Omega$      | $7.5k\Omega$     | $8.1k\Omega$         | $8.1k\Omega$         |
| BT-33B     | $\infty$         | $\infty$         | $13k\Omega$      | $8.7k\Omega$     | $8.2k\Omega$         | $8.2k\Omega$         |

### 3. 测量负阻特性

测试电路如图 4-78 所示。在  $B_1$  和  $B_2$  之间外接 10V 直流电源。万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡, 红表笔接  $B_1$  极, 黑表笔接 E 极, 这相当于在 E、 $B_1$  之间加有 1.5V 正向电压。正常时, 万用表指针应停在  $\infty$  位置不动, 表明管子处于截止状态, 还远未达到负阻区,  $I_E$  仍为微安级电流。若指针向右偏转, 则表明管子无负阻特性, 这样的管子是不宜使用的。

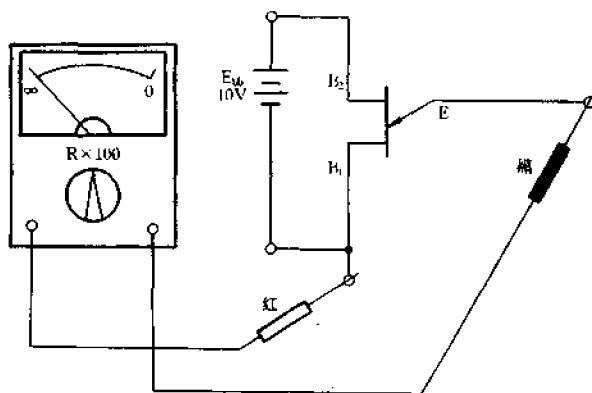


图 4-78 测量双基极二极管负阻特性

### 4. 检测分压比 $\eta$

方法一:

根据双基极二极管的内部结构推导出的分压比表达式为

$$\eta = 0.5 + \frac{R_{EB1} - R_{EB2}}{2R_{BB}}$$

检测时, 用万用表的  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡, 测量出双基极二极管的  $R_{EB1}$ 、 $R_{EB2}$  和  $R_{BB}$ , 代入上式即可计算出分压比  $\eta$  值。

式中:

$R_{EB1}$  为双基极二极管的 E 和  $B_1$  两电极间的正向电阻值, 将黑表笔接 E, 红表笔接  $B_1$  测得。

$R_{E_{B_2}}$ 为双基极二极管的E和 $B_2$ 两电极间的正向电阻值,将黑表笔接E,红表笔接 $B_2$ 测得。  
 $R_{B_1 B_2}$ 为双基极二极管的 $B_1$ 与 $B_2$ 两电极间的电阻值,将万用表红、黑表笔分别任意接 $B_1$ 和 $B_2$ 测得。

方法二:

根据双基极二极管的负阻特性可知,当加在发射极E上的电压 $V_E \geq \eta E_{BB} + V_D$ 时,管子开始导通并进入负阻状态,显然,若测得了 $V_E$ ,便可以很方便地计算出其分压比 $\eta$

$$\eta = \frac{V_E - V_D}{E_{BB}}$$

式中, $E_{BB}$ 为两个基极 $B_1$ 与 $B_2$ 之间的电压。 $V_D$ 为PN结的正向导通电压降。由于双基极二极管均由硅材料制成,故 $V_D$ 可取0.7V计算,因此上式可简化写成

$$\eta = \frac{V_E - 0.7}{E_{BB}}$$

具体检测电路如图4-79所示。它实际上是一个张弛振荡器电路,电源E接通时,C被充电,当其上的电压 $V_{C1}$ (也就是 $V_E$ )等于双基极二极管的峰点电压 $V_P$ (即发射结的开启电压值+ $V_D$ )时,管子导通,进入负阻状态。同时, $C_1$ 通过发射结放电,两端电压迅速下降,当小于其谷点电压 $V_V$ 时,双基极二极管重新截止, $C_1$ 又被充电……如此周而复始,形成张弛振荡。二极管VD和 $C_2$ 组成峰值检波器,由于VD的单向导电作用,使 $C_2$ 只能充电,而不能通过VD放电。由图可见,当 $C_2$ 两端的电压 $V_{C2}$ 低于 $V_{C1}$ 约0.7V时,VD导通, $C_2$ 被充电。当 $V_{C1}$ 低于 $V_{C2}$ 约0.7V时,VD截止, $C_2$ 通过万用表内阻放电。由于万用表内阻较大,所以 $C_2$ 放电很缓慢,且放掉的电荷待双基极二极管导通前的瞬间又被充电,因此可近似认为

$$V_{C2} \approx V_P - V_D = V_P - 0.7$$

由于 $V_P = V_E = \eta E_{BB} + 0.7$ ,所以

$$V_{C2} = \eta E_{BB}$$

因而可得

$$\eta = \frac{V_{C2}}{E_{BB}}$$

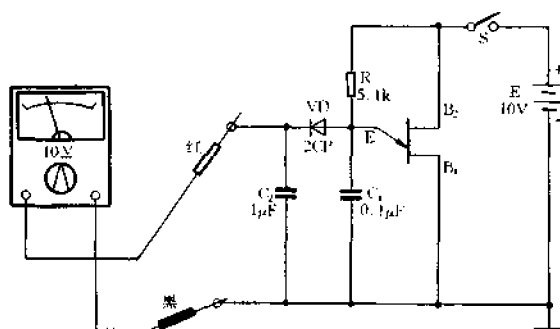


图4-79 检测双基极二极管的分压比

在具体测试操作时,先按图4-79连接好电路,将万用表置于DC10V电压挡,测出电容 $C_2$ 两端的电压 $V_{C2}$ ,利用上式便可算出被测双基极二极管的分压比 $\eta$ 值。显然,用这种方法测

量,所用万用表的内阻越大,测量的结果越准确。

## § 4.26 检测稳压二极管

### 一、稳压二极管的性能特点

稳压二极管的外形、电路符号和伏安特性曲线如图 4-80 所示。由图可见,其正向特性和普通二极管相似,而反向特性则有所不同。反向电压从 0 到  $U_A$  这一段,稳压管的反向电流接近于 0,特性曲线近似是一条平行于横轴的直线。当反向电压升高到  $U_A$  时,管子开始击穿。如果继续增大反向电压,即使是微小的增加,稳压管的反向电流也急剧增加(由 A 点经 B 点向 C 点方向)。在特性曲线的 B-C 段,虽然流过稳压管的电流变化很大,但对应的电压变化却很小。也就是说,当稳压管在 B-C 段工作时,不管电流如何变化,稳压管两端的电压基本维持不变。稳压管就是利用反向击穿区的这一特性进行稳压的。只要击穿电流限制在一定范围内,稳压管虽然被击穿,却并不损坏。

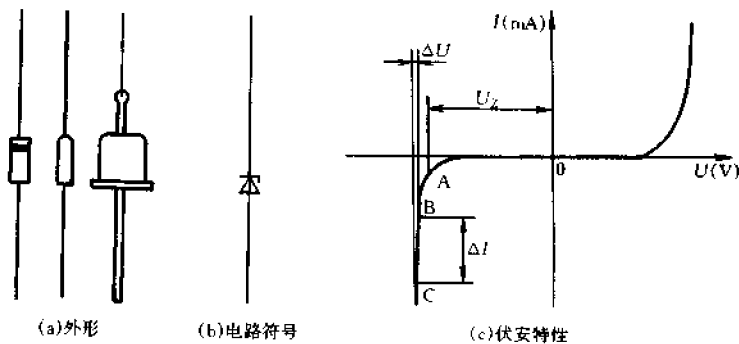


图 4-80 稳压二极管的外形、符号及伏安特性

由于硅管的热稳定性好,所以一般稳压二极管都用硅材料制成。稳压二极管的种类繁多,表 4-32 列出了部分彩色电视机常用的稳压二极管的主要参数及其代换型号,可供参考。

表 4-32 部分彩色电视机常用的稳压二极管主要参数及代换型号

| 参 数<br>型 号 | 最大功耗<br>$P_{ZM}(W)$ | 最大 $V_Z$<br>(V) | 最小 $V_Z$<br>(V) | $I_Z$<br>(mA) | 外形    | 国产代换型号                                     |
|------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------|--|
| HZ-11      | 0.5                 | 9.5             | 11.9            | 5             | DO-35 | 2CW37 - 11, 2CW397, ZCW398, 2CW429, 2CW430 |
| RD2.7E     | 0.4                 | 2.5             | 2.93            | 20            | DO-35 | BS73-2.7, 2CW383, ZCW415                   |
| HZ-7B      | 0.5                 | 6.7             | 7.3             | 5             | DO-35 | 2CW37-7.5, 2CW393, 2CW425                  |
| HZ-12B     | 0.5                 | 12.4            | 13.4            | 5             | DO-35 | 2CW37-12B, 2CW400, 2CW432                  |
| HZ-27      | 0.5                 | 27.2            | 28.6            | 0.1           | DO-35 | 2CW37-27, 2CW407, 2CW439                   |
| HZ-9A      | 0.5                 | 7.7             | 8.5             | 5             | DO-35 | 2CW37-9.1, 2CW395                          |

续表

| 参数<br>型号       | 最大功耗<br>$P_{ZM}(W)$ | 最大 $V_Z$<br>(V) | 最小 $V_Z$<br>(V) | $I_Z$<br>(mA) | 外形       | 国产代换型号                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|----------|-------------------------------------|
| HZ-6A          | 0.5                 | 5.2             | 5.7             | 5             | DO-35    | 2CW37-6.2, ZCW391, 2CW427           |
| HZ-7A          | 0.5                 | 6.3             | 6.9             | 5             | DO-35    | 2CW37-7.5, 2CW393, 2CW425           |
| HZ-12B2        | 0.5                 | 12.6            | 13.1            | 5             | DO-35    | 2CW37-12B2, 2CW400, 2CW432          |
| $\mu$ PC574JAG | 0.2                 | 31              | 35              | 5             | A3-07A   | BS80                                |
| MA1130         | 1.0                 | 12.4            | 14.1            | 5             | DO-41    | 2CW37-13, 1N4743B                   |
| TVSQA106SB     | 0.5                 | 5.88            | 6.6             | 20            | DO-35    | 2CW37-6.2A, 1N4735C, 2CW392, 2CW424 |
| TVSQA111SB     | 0.5                 | 10.4            | 11.6            | 10            | DO-35    | 2CW37-11B, 1N4741B, 2CW398, 2CW430  |
| HZ-7           | 0.5                 | 6.9             | 7.2             | 5             | DO-35    | 2CW37-7.5, 2CW393, 2CW425           |
| RD2.0E(B)      | 0.5                 | 1.88            | 2.12            | 20            | DO-35    | BS73-2.0, ZCW412                    |
| RD6.2E(B)      | 0.5                 | 5.88            | 6.6             | 20            | DO-35    | BS73-6.2, 2CW424                    |
| RD7.5E(B)      | 0.5                 | 7.0             | 7.9             | 20            | DO-35    | BS73-7.5, 2CW426                    |
| RD11E(B)       | 0.5                 | 10.1            | 11.8            | 15            | DO-35    | BS73-11, 2CW430                     |
| 05Z6.2Y        | 0.5                 | 5.96            | 6.27            | 41            | DO-35    | 2CW37-6.2                           |
| 05Z7.5Y        | 0.5                 | 7.07            | 7.45            | 34            | DO-35    | 2CW37-7.5                           |
| 05Z12          | 0.5                 | 11.13           | 12.35           | 21            | DO-35    | 2CW37-12                            |
| 05Z13X         | 0.5                 | 12.11           | 12.75           | 19            | DO-35    | 2CW37-13                            |
| 05Z15Y         | 0.5                 | 13.89           | 14.62           | 17            | DO-35    | 2CW37-15                            |
| 05Z18Y         | 0.5                 | 16.82           | 17.70           | 14            | DO-35    | 2CW37-18                            |
| 05Z5.1Y        | 0.5                 | 4.94            | 5.20            | /             | DO-35    | 2CW37-5.1                           |
| 05Z5.6Z        | 0.5                 | 5.61            | 5.91            | /             | DO-35    | 2CW37-5.6                           |
| 05Z13Y         | 0.5                 | 12.55           | 13.21           | 19            | DO-35    | 2CW37-13B                           |
| HZ4B2          | 0.5                 | 3.8             | 4.0             | 5             | DO-35    | 2CW37-4.3, 2CW419                   |
| EQA02-07B      | 0.4                 | 6.66            | 7.01            | 20            | DO-35    | 2CW37-6.8, 2CW425                   |
| HZ9CTA         | 0.5                 | 8.9             | 9.7             | 5             | DO-35    | 2CW37-9.1, 2CW428                   |
| RD12E          | 0.5                 | 11.74           | 12.35           | 10            | DO-35    | 2CW37-12, 2CW431                    |
| RD12F          | 1.0                 | 11.19           | 11.77           | 20            | SSD-A468 | /                                   |
| HZ20-1         | 0.5                 | 19.06           | 19.44           | 2             | DO-35    | 2CW37-20                            |
| RIMV           | /                   | 135             | 160             | 1             | DH-M1    | BS76                                |
| HZ133-02       | 0.4                 | 31              | 33.5            | 5             | DO-35    | 2CW37-33, 2CW409                    |
| EQA02-11B      | 0.5                 | 10.1            | 11.8            | 15            | DO-35    | 1N4737, 2CW398                      |
| EQA02-12Z      | 0.5                 | 11.2            | 13.1            | 15            | DO-35    | 1N4743, 2CW399                      |

## 二、稳压二极管的检测方法

### 1. 判别电极

判别稳压二极管正、负电极的方法,与判别普通二极管电极的方法基本相同,即用万用表  $R \times 1k$  挡,先将红、黑两表笔任接稳压管的两端,测出一个电阻值,然后交换表笔再测出一个阻值,两次测得的阻值应该是一大一小。所测阻值较小的一次,即为正向接法,此时,黑表笔所接一端为稳压二极管的正极,红表笔所接的一端则为负极。

### 2. 稳压二极管与普通二极管的区分

常用稳压二极管的外形与普通小功率整流二极管的外形基本相似。用万用表电阻挡可准确地将稳压二极管与普通整流二极管区别开来。具体方法是:首先利用万用表  $R \times 1k$  挡,按前述方法将被测管的正、负电极判断出来。然后将万用表拨至  $R \times 10k$  挡,黑表笔接被测管的负极,红表笔接被测管的正极,若此时测得的反向电阻值比用  $R \times 1k$  挡测量的反向电阻小很多,说明被测管为稳压管。反之,如果测得的反向电阻值仍很大,说明该管为整流二极管或检波二极管。这种判别方法的道理是,万用表  $R \times 1k$  挡内部使用的电池电压为  $1.5V$ ,一般不会将被测管反向击穿,所以测出的反向电阻值比较大。而用  $R \times 10k$  挡测量时,万用表内部电池的电压一般都在  $9V$  以上,当被测管为稳压管,且稳压值低于电池电压值时,即被反向击穿,使测得的电阻值大为减小。但如果被测管是一般整流或检波二极管时,则无论用  $R \times 1k$  挡测量还是用  $R \times 10k$  挡测量,所得阻值将不会相差很悬殊。注意,当被测稳压二极管的稳压值高于万用表  $R \times 10k$  挡的电压值时,用这种方法还是无法进行区分鉴别的。

### 3. 检测稳压值

方法一:

如图 4-81 所示。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,并准确调零。红表笔接被测稳压管的正极,黑表笔接被测管的负极,待指针摆到一定位置时,从万用表 DC10V 电压刻度上读出其稳定的数据(注意,不能在电阻挡刻度上读数)。然后用下列公式计算稳压值

$$V_Z = (10 - V_{\text{读数}}) \times 1.5$$

举例说明,用上述方法测得一只稳压管在 DC10V 电压刻度的读数为  $3V$ ,则被测管稳压值

$$V_Z = (10 - 3) \times 1.5 = 10.5V$$

使用  $R \times 10k$  电阻挡电池为  $15V$  的万用表,用上述方法可以准确地检测计算出稳压值为  $15V$  以下稳压二极管的稳压值。

方法二:

测试电路如图 4-82 所示。图中, E 可使用  $24V$  直流稳压电源。将万用表置于 DC50V 挡。电路接好后,慢慢调整  $RP$  的阻值,使加在被测稳压二极管上的电压值逐渐升高,当升高到某一数值时,继续调整  $RP$ ,电压不再升高了,此时万用表所指示的电压值便为稳压二极管的稳压值  $V_Z$ 。如果在调整  $RP$  的过程中,万用表指示的电压值不稳定,说明被测管的质量不良。

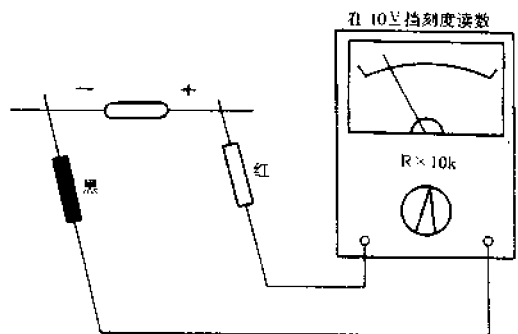


图 4-81 检测稳压值方法之一



如果调整 RP,使电压已升高到  $E$ ,仍找不到稳压值  $V_Z$ ,则说明被测稳压管的稳压值高于直流稳压电源  $E$  的电压值或被测管根本就不是稳压二极管。

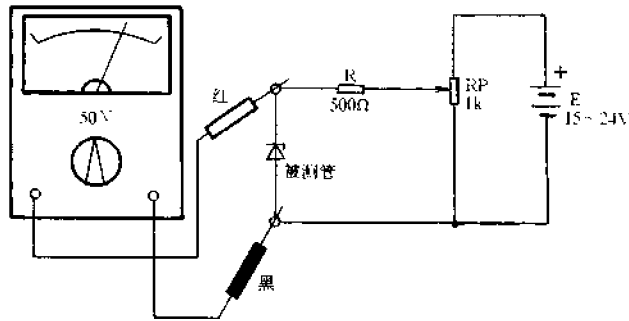


图 4-82 检测稳压管方法之二

## § 4.27 检测恒流二极管

### 一、恒流二极管的性能特点及常见用法

恒流二极管的电路符号和伏安特性曲线如图 4-83 所示。当电压在  $0 \sim V_S$  段内上升时,电流呈线性上升;电压在  $V_S \sim V_B$  段升高时,曲线上升趋缓并变得平坦,此时的电流值即为恒定电流  $I_H$ 。一般  $I_H$  值为  $50\mu\text{A} \sim 10\text{mA}$ 。在这一段,  $\Delta V$  变化很大,但  $\Delta I$  变化却不大,因此等效交流电阻  $\Delta V/\Delta I$  很大。当电压超过  $V_B$  后,电流急剧上升,失去恒流特性,此时恒流二极管击穿。反向电压加入时,其特性同硅二极管的正向特性相同。

在实际使用时,通常使恒流二极管工作在  $V_S \sim V_B$  段。由于受半导体材料、结构及工艺的限制,恒流二极管的工作电压范围一般为零点几伏至几十伏,等效交流电阻为几百千欧至几十兆欧不等。图 4-84 列举了恒流二极管的一些常见用法,下面对各电路作简要介绍。

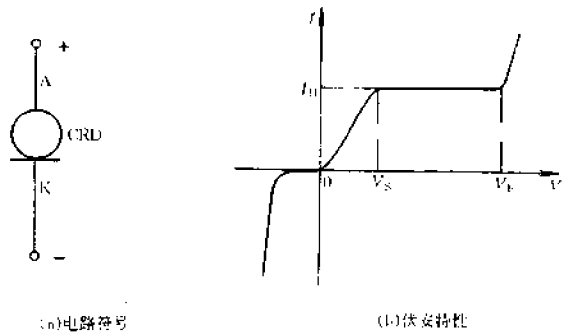


图 4-83 恒流二极管的电路符号及伏安特性

(a)为两个恒流二极管的串联用法。此用法可获得很小的恒定电流,但要求  $I_{H1} > I_{H2}$ 。两管串联后的输出电流为两管恒定电流之差,即  $I_0 = I_{H1} - I_{H2}$ 。

(b)为两个恒流二极管的并联用法。其输出电流为两管恒定电流之和,即  $I_0 = I_{H1} + I_{H2}$ 。

(c)电路适用于恒流值较大的场合,其输出电流  $I_0 = I_E = I_H(1 + \beta)$ ,  $\beta$  为  $VT_1$  的直流放大系数。此电路的缺点是温度系数较差。

(d)和(e)可用于要求较高的场合。其中,(d)电路的恒流输出  $I_0 = (V_{VD} - V_{BE1})/R$ , (e)电

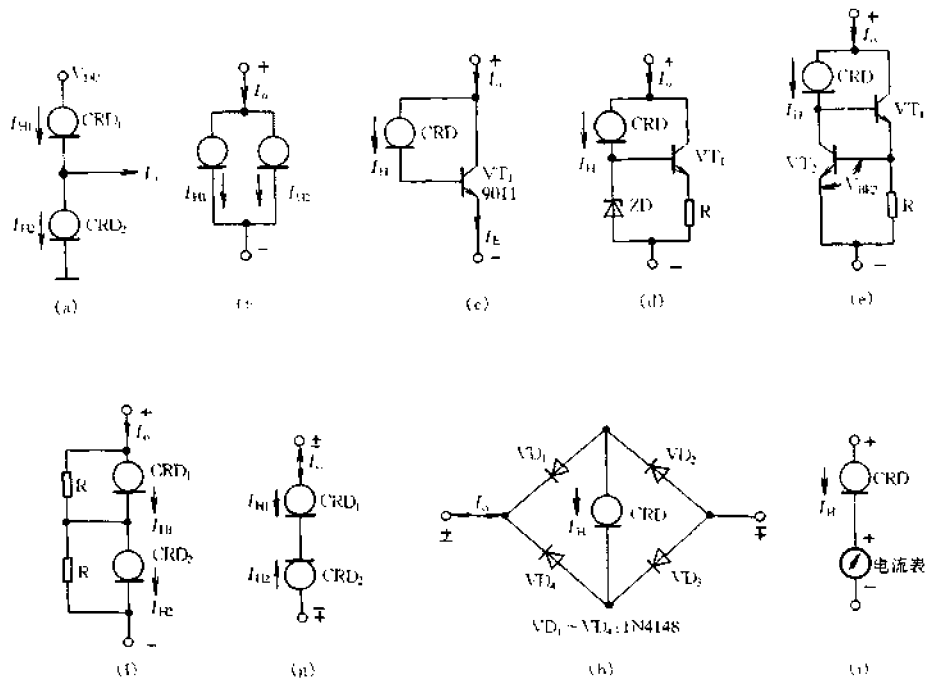


图 4-84 恒流二极管的常用电路

路的恒流输出  $I_0 \approx I_{E1} = V_{BE2}/R$ 。

(f)所示电路可用于高电压场合。电路中,两个特性相同的恒流二极管串联,同时加入均压电阻  $R$ 。 $R$ 的取值应大于  $1M\Omega$ 。输出电流  $I_0 = I_{H1} = I_{H2}$ 。

(g)和(h)所示电路均为双向恒流电路。(g)中的  $CRD_1$ 、 $CRD_2$  应采用特性相同的恒流二极管。

(i)示出了恒流二极管用于指针式万用表的保护电路。平时,CRD 工作于伏安特性的  $0 \sim V_S$  段,对万用表的正常使用无影响。当万用表出现过流时,由于 CRD 的存在,使过载电流被限制在  $I_H$  的水平上,从而起到保护作用。 $I_H$  的取值应稍大于被保护电流表的量程。

表 4-33 列出了 2DH 系列恒流二极管主要参数,供选用时参考。顺便一提的是,此类恒流二极管的型号末二位数值间加一小数点即为该型号  $I_H$  的毫安数,如“09”表示  $I_H = 0.9mA$ 。

表 4-33 2DH 系列恒流二极管的主要参数

| 型 号   | 恒定电流(mA)       | 起始电压(V) | 等效交流电阻( $M\Omega$ ) |
|-------|----------------|---------|---------------------|
| 2DH00 | $\leq 0.05$    | $< 0.5$ | $\geq 8$            |
| 2DH01 | $0.1 \pm 0.05$ | $< 0.8$ | $\geq 8$            |
| 2DH02 | $0.2 \pm 0.05$ | $< 1.5$ | $\geq 5$            |
| 2DH03 | $0.3 \pm 0.05$ | $< 1.5$ | $\geq 5$            |
| 2DH04 | $0.4 \pm 0.05$ | $< 2$   | $\geq 2.5$          |
| 2DH05 | $0.5 \pm 0.05$ | $< 2$   | $\geq 2.5$          |

| 型 号   | 恒定电流(mA)  | 起始电压(V) | 等效交流电阻(M $\Omega$ ) |
|-------|---|---------|---------------------|
| 2DH06 | $0.6 \pm 0.05$  | < 2     | $\geq 2.5$          |
| 2DH07 | $0.7 \pm 0.05$  | < 2     | $\geq 1.5$          |
| 2DH08 | $0.8 \pm 0.05$  | < 3     | $\geq 1.5$          |
| 2DH09 | $0.9 \pm 0.05$  | < 3     | $\geq 1$            |
| 2DH1  | $1 \begin{smallmatrix} +0.5 \\ -0.05 \end{smallmatrix}$ | < 3     | $\geq 1$            |
| 2DH2  | $2 \pm 0.5$   | < 3     | $\geq 0.5$          |
| 2DH3  | $3 \pm 0.5$   | < 3.5   | $\geq 0.4$          |
| 2DH4  | $4 \pm 0.5$   | < 3.5   | $\geq 0.3$          |
| 2DH5  | $5 \pm 0.5$   | < 4.5   | $\geq 0.25$         |
| 2DH6  | $6 \pm 0.5$   | < 4.5   | $\geq 0.15$         |
| 2DH7  | $7 \pm 0.5$   | < 5     | $\geq 0.15$         |

## 二、恒流二极管的检测方法

### 1. 测量正反向电阻值

用万用表  $R \times 100$  挡测量恒流二极管的正向电阻  $R_{正}$ , 应在  $1k$  数量级, 反向电阻  $R_{反}$  应为  $100\Omega$  数量级。  $R_{正} > R_{反}$ , 这与普通二极管完全不同。所以, 当测得电阻较小时, 红表笔接的是恒流管的正极。

### 2. 测量 $I_H$

测量时, 可分别用  $R \times 100$  挡和  $R \times 10$  挡测被测恒流管的正向电阻(黑表笔接正极, 红表笔接负极), 并在万用表的 LI 刻度线上(或采用读取电流法)读出被测管的  $I_H$  值。若用这两挡测出的  $I_H$  值基本维持不变, 则说明被测管正常。因为对同一只万用表而言, 这两个电阻挡的电阻中心值正好相差 10 倍, 所以改换电阻挡就相当于改变了负载电阻值, 只要测得的  $I_H$  值相同, 就表明被测管有恒流特性。

此外, 在测量  $I_H$  的同时, 还可读取  $V_S$  值。但对于  $V_S > 1.5V$  的管子, 单用万用表无法同时测出  $I_H$  和  $V_S$ 。

注意, 由于恒流二极管的  $I_H$  值一般为零点几毫安至几毫安, 所以宜选择  $R \times 100$  挡和  $R \times 10$  挡测量, 这两挡所提供的测试电流比较合适。不要用  $R \times 1k$  或  $R \times 1$  挡测量。

## § 4.28 检测瞬态电压抑制二极管(TVS)

### 一、瞬态电压抑制二极管的性能特点及典型应用

瞬态电压抑制二极管是一种过压保护器件, 简称 TVS。将这种器件用在被保护电路中, 当遇到高能量瞬态浪涌电压时, 它能迅速反向击穿, 由高阻态变为低阻态, 把电压钳位于规定值。

从而保护仪器设备免遭损坏。TVS的钳位时间极短,所能承受的瞬态脉冲峰值电流高达几十至几百安。由于瞬态电压抑制二极管具有体积小、峰值功率大、抗浪涌电压的能力强、击穿电压曲线好、双向电压对称性好、齐纳阻抗低、反向漏电流小、以及对脉冲的响应速度快等特点,因此,被广泛应用于各种仪器仪表、家用电器、自动控制系统的过压保护电路中。此外,它还适合在恶劣环境条件下工作,例如用于防雷装置等电路中,是一种理想的保护器件。

瞬态电压抑制二极管的结构、外形及两种类型如图4-85所示。这种管子主要由芯片、引线电极、管体三部分组成。芯片是器件的核心,它是由半导体硅材料扩散而成的,有单极型和双极型两种结构。单极型只有一个PN结,双极型有两个PN结。瞬态电压抑制二极管是利用PN结的齐纳击穿特性而工作的,每一个PN结都有其自身的反向击穿电压 $V_B$ 。例如, $V_B$ 为100V,当施加到PN结的反向电压小于100V时,电流不导通,而当施加到PN结上的反向电压高于100V时,PN结则迅速进入击穿状态,有大电流流过PN结,电压则被限制在100V左右。双极型的芯片从结构上看并不是简单地由两个背对背的单极芯片串连而成,而是利用现代半导体加工技术在同一硅片上的正反两个面上制作两个背对背的PN结而成。它可用于双向过压保护。

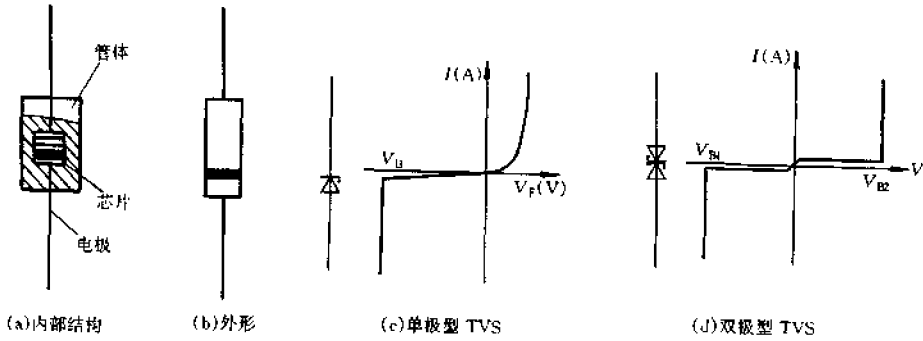


图4-85 TVS的结构、外形及两种类型

表4-34列出了TVP系列瞬态电压抑制二极管的主要特性参数,可供选用时参考。

表4-34 TVP系列瞬态电压抑制二极管主要参数

| 参数<br>型号 | 击穿电压<br>$V_B$<br>(V) | 测试电流<br>$I_T$<br>(mA) | 反向变位电压 $V_R$ |      | 最大反<br>向漏流<br>$I_R(\mu A)$ | 最大钳位电压 $V_C$ |      | 最大峰值脉冲电流<br>$I_P(A)$ |     | 击穿电压<br>温度系数<br>(最大值)<br>$C_T(\%1^\circ C)$ | 额定脉冲<br>功率 $P$<br>(W) |
|----------|----------------------|-----------------------|--------------|------|----------------------------|--------------|------|----------------------|-----|---|-----------------------|
|          |                      |                       | (V)          |      |                            | (V)          |      |                      |     |   |                       |
|          |                      |                       | 标准型          | A型   |                            | 标准型          | A型   | 标准型                  | A型  |   |                       |
| TVP501   | 9.1                  | 1                     | 7.37         |      | 50                         | 13.4         |      | 36.2                 |     | 0.068                                       | 500                   |
| TVP519   | 51                   | 1                     | 41.3         |      | 5                          | 70.1         |      | 6.8                  |     | 0.102                                       |                       |
| TVP526   | 100                  | 1                     | 81.0         |      | 5                          | 137.0        |      | 3.5                  |     | 0.106                                       |                       |
| TVP534   | 200                  | 1                     | 162.0        |      | 5                          | 274.0        |      | 1.7                  |     | 0.108                                       |                       |
| TVP1034  | 200                  | 1                     | 162.0        |      | 5                          | 274.0        |      | 3.5                  |     | 0.108                                       | 1000                  |
| TVP5000  | 8.2                  | 50                    | 6.63         | 7.02 | 200                        | 12.5         | 12.1 | 400                  | 413 | 0.065                                       | 5000                  |
| TVP5001  | 9.1                  | 10                    | 7.37         | 7.78 | 50                         | 13.8         | 13.4 | 362                  | 373 | 0.068                                       |                       |

续表

| 参数<br>型号 | 击穿电压<br>$V_B$<br>(V) | 测试电流<br>$I_T$<br>(mA) | 反向变位电压 $V_R$ |       | 最大反<br>向漏流<br>$I_R(\mu A)$ | 最大钳位电压 $V_C$ |       | 最大峰值脉冲电流<br>$I_P(A)$ |     | 击穿电压<br>温度系数<br>(最大值)<br>$C_T( \% 1^{\circ}C)$ | 额定脉冲<br>功率 $P$<br>(W) |
|----------|----------------------|-----------------------|--------------|-------|----------------------------|--------------|-------|----------------------|-----|--|-----------------------|
|          |                      |                       | (V)          |       |                            | (V)          |       |                      |     |  |                       |
|          |                      |                       | 标准型          | A型    |                            | 标准型          | A型    | 标准型                  | A型  |  |                       |
| TVP5002  | 10                   | 10                    | 8.10         | 8.55  | 10                         | 15.0         | 14.5  | 333                  | 345 | 0.073  | 5000                  |
| TVP5003  | 11                   | 5                     | 8.92         | 9.40  | 5                          | 16.2         | 15.6  | 309                  | 320 | 0.075  |                       |
| TVP5004  | 12                   | 5                     | 9.72         | 10.2  | 5                          | 17.3         | 16.7  | 289                  | 299 | 0.078  |                       |
| TVP5005  | 13                   | 5                     | 10.5         | 11.1  | 5                          | 19.0         | 18.2  | 263                  | 275 | 0.081  |                       |
| TVP5006  | 15                   | 5                     | 12.1         | 12.8  | 5                          | 22.0         | 21.2  | 227                  | 236 | 0.084  |                       |
| TVP5007  | 16                   | 5                     | 12.9         | 13.6  | 5                          | 23.5         | 22.5  | 213                  | 222 | 0.086  |                       |
| TVP5008  | 18                   | 5                     | 14.5         | 15.3  | 5                          | 26.5         | 25.2  | 189                  | 198 | 0.088  |                       |
| TVP5009  | 20                   | 5                     | 16.2         | 17.1  | 5                          | 29.1         | 27.7  | 172                  | 180 | 0.090  |                       |
| TVP5010  | 22                   | 5                     | 17.8         | 18.8  | 5                          | 31.9         | 30.6  | 157                  | 163 | 0.092  |                       |
| TVP5011  | 24                   | 5                     | 19.4         | 20.5  | 5                          | 34.7         | 33.2  | 144                  | 151 | 0.094  |                       |
| TVP5012  | 27                   | 5                     | 21.8         | 23.1  | 5                          | 39.1         | 37.5  | 128                  | 133 | 0.096  |                       |
| TVP5013  | 30                   | 5                     | 24.3         | 25.6  | 5                          | 43.5         | 41.4  | 115                  | 121 | 0.097  |                       |
| TVP5014  | 33                   | 5                     | 26.8         | 28.2  | 5                          | 47.7         | 45.7  | 105                  | 109 | 0.098  |                       |
| TVP5015  | 36                   | 5                     | 29.1         | 30.8  | 5                          | 52.0         | 49.9  | 96                   | 100 | 0.099  |                       |
| TVP5016  | 39                   | 5                     | 31.6         | 33.3  | 5                          | 56.4         | 53.9  | 89                   | 93  | 0.100  |                       |
| TVP5017  | 43                   | 5                     | 34.8         | 36.8  | 5                          | 61.9         | 59.3  | 81                   | 84  | 0.101  |                       |
| TVP5018  | 47                   | 5                     | 38.1         | 40.2  | 5                          | 67.8         | 64.8  | 74                   | 77  | 0.101  |                       |
| TVP5019  | 51                   | 5                     | 41.3         | 43.6  | 5                          | 73.5         | 70.1  | 68                   | 71  | 0.102  |                       |
| TVP5020  | 56                   | 5                     | 45.4         | 47.8  | 5                          | 80.5         | 77.0  | 62                   | 65  | 0.103  |                       |
| TVP5021  | 62                   | 5                     | 50.2         | 53.0  | 5                          | 89.0         | 85.0  | 56                   | 59  | 0.104  |                       |
| TVP5022  | 68                   | 5                     | 55.1         | 58.1  | 5                          | 98.0         | 92.0  | 51                   | 54  | 0.104  |                       |
| TVP5023  | 75                   | 5                     | 60.7         | 64.1  | 5                          | 108.0        | 103.0 | 46                   | 48  | 0.105  |                       |
| TVP5024  | 82                   | 5                     | 65.4         | 70.1  | 5                          | 118.0        | 113.0 | 42                   | 44  | 0.105  |                       |
| TVP5025  | 91                   | 5                     | 73.7         | 77.8  | 5                          | 131.0        | 125.0 | 38                   | 40  | 0.106  |                       |
| TVP5026  | 100                  | 5                     | 81.0         | 85.5  | 5                          | 144.0        | 137.0 | 35                   | 36  | 0.106  |                       |
| TVP5027  | 110                  | 5                     | 89.2         | 94.0  | 5                          | 158.0        | 152.0 | 32                   | 33  | 0.107  |                       |
| TVP5028  | 120                  | 5                     | 97.2         | 102.0 | 5                          | 173.0        | 165.0 | 29                   | 30  | 0.107  |                       |
| TVP5029  | 130                  | 5                     | 105.0        | 111.0 | 5                          | 187.0        | 179.0 | 27                   | 28  | 0.107  |                       |
| TVP5030  | 150                  | 5                     | 121.0        | 128.0 | 5                          | 215.0        | 207.0 | 23                   | 24  | 0.108  |                       |
| TVP5031  | 160                  | 5                     | 130.0        | 136.0 | 5                          | 230.0        | 219.0 | 22                   | 23  | 0.108  |                       |
| TVP5032  | 170                  | 5                     | 138.0        | 145.0 | 5                          | 244.0        | 234.0 | 20                   | 21  | 0.108  |                       |
| TVP5033  | 180                  | 5                     | 146.0        | 154.0 | 5                          | 258.0        | 246.0 | 19                   | 20  | 0.108  |                       |
| TVP5034  | 200                  | 5                     | 162.0        | 171.0 | 5                          | 287.0        | 274.0 | 17                   | 18  | 0.108  |                       |

单极型和双极型 TVS 的典型应用电路分别如图 4-86(a)、(b)所示。在(a)图中, R 是限流电阻, 用于 TVS 的过流保护, TVS 通过的最大电流取决于 R 的大小, 当输入端的直流电压超过 TVS 的工作电压值时, TVS 迅速反向击穿, 将电压钳位, 从而保护负载不受损坏。在(b)图中, TVS 被设置在电路的不同部位, 对相应的电路电压进行钳位、保护, 其中, TVS<sub>1</sub> 对电源变压器的输入端起保护作用, 当输入端有高压浪涌脉冲引入时, 不论脉冲方向如何, 都能快速击穿导通, 对输入电压进行钳位, 而 TVS<sub>2</sub> 可对变压器输出端之后电路实施保护, 因为变压器是一个大的感性部件, 在前级熔断器断开的瞬间, 感应到变压器之后的浪涌电压能被它钳位。

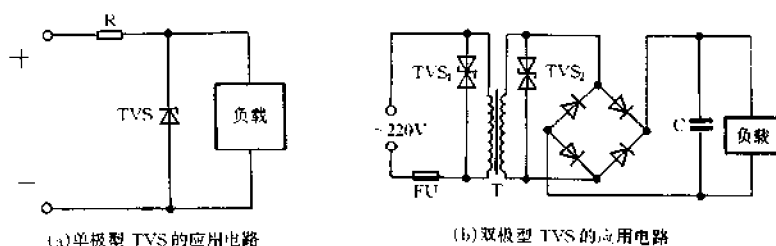


图 4-86 两种 TVS 的典型应用电路

## 二、瞬态电压抑制二极管的检测方法

### 1. 用万用表 R×1k 挡测量管子的好坏

对于单极型的 TVS, 按照测量普通二极管的方法, 可测出其正、反向电阻, 一般正向电阻为  $4k\Omega$  左右, 反向电阻为  $\infty$ 。若测得的正、反向电阻均为  $0\Omega$  或均为  $\infty$ , 则表明管子已经损坏。

对于双极型的 TVS, 任意调换红、黑表笔测量其两引脚间的电阻值, 均应为  $\infty$ 。否则, 说明管子性能不良或已经损坏。需注意的是, 用这种方法对于管子内部断极或开路性故障是无法判断的。

### 2. 测量反向击穿电压 $V_B$ 和最大反向漏电流 $I_B$

测试电路如图 4-87 所示。用兆欧表提供测试电压。使用两块万用表。表 I 拨至 DC500V 电压挡, 表 II 拨至 DC1mA 电流挡。测试时, 摇动兆欧表, 观察万用表的读数, 表 I 指示的即为反向击穿电压  $V_B$ , 表 II 指示的即为反向漏电流  $I_R$ 。

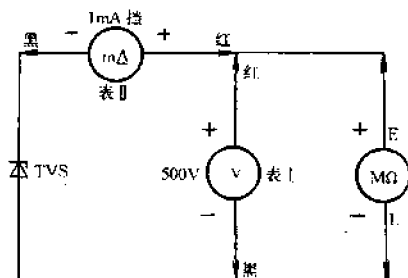


图 4-87 测量 TVS 的  $V_B$  与  $I_R$

## § 4.29 检测变容二极管

### 一、变容二极管的性能特点

变容二极管是利用 PN 结电容可变原理制成的一种半导体二极管, 常用在彩色电视机高频调谐器的调谐电路及遥控设备的频率调制电路中。图 4-88 是变容二极管的电路符号和 C

-V 特性曲线。由图可见,变容二极管结电容的大小与其 PN 结上的反向偏压大小有关。反向偏压越高,结电容越小,且这种关系是呈非线性的。

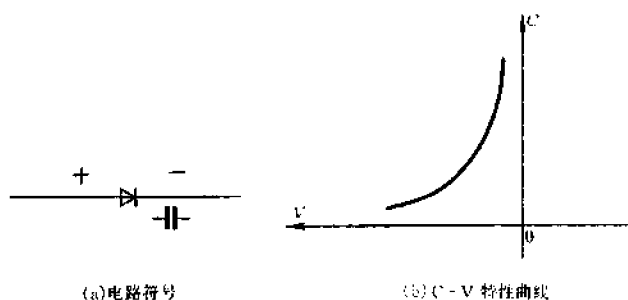


图 4-88 变容二极管的电路符号与 C-V 特性曲线

表 4-35 列出了部分变容二极管的主要参数,供选用时参考。

表 4-35 部分变容二极管的主要参数

| 型 号     | 电容量(工作电压) |            | 电容比率 | 工作频率    |
|---------|-----------|------------|------|---------|
|         |           |            |      |         |
| S-153   | 2.3p(9V)  | 16p(2V)    | 7    | >600MHz |
| S-135   | 2.1p      | 15p        | 7    | >800MHz |
| IS-553T | 3.5p      | 14p        | 4    | >800MHz |
| KV-1310 | 43p(8V)   | 93p(2V)    | 2.3  | >100MHz |
| KV-1236 | 30p(8V)   | 540p(1V)   | 20   | AM      |
| IS149   | 30p       | 540p       | 18   | AM      |
| ISV-149 | 30p       | 540p       | 18   | AM      |
| AM-109  | 30p(9V)   | 460p(1V)   | 15   | AM      |
| MV-209  | 11p(9V)   | 33p        | 3    | UHF     |
| MV-2209 | 16p       | 550p       | >2.0 | 90MHz   |
| BB-112  | 17p       | 12p(3V)    | 18   | AM      |
| S208    | 2.7p(9V)  | 17p(4V)    | >4.5 | >900MHz |
| MV2105  | 6p(9V)    | 22p(4V)    | 2.5  | UHF     |
| MV2107  | 7p(10V)   | 7p         | 2.9  | UHF     |
| SD-116  | 2.8p      | 30p        | 2.5  | >900MHz |
| ISV-101 | 13p       | 15p(2V)    | 2.4  | 100MHz  |
| 2CC-32  | 2.5p(25V) | 25p(3V)    | 4.5  | >800MHz |
| 2AC1    | 2p(25V)   | 27p(3V)    |      |         |
| 2CC1    | 3.6p(25V) | 20p(3V)    |      | 50MHz   |
| 2CB14   | 3p(25V)   | 18~30p(3V) | 5~7  | 50MHz   |
| 303B    | 3~5p(25V) | 18p(3V)    | >6   |         |
| DB300   | 6.8p(25V) | 18p(3V)    |      | 50MHz   |
| B112    | 10p(25V)  | 180p(3V)   |      |         |

## 二、变容二极管的检测方法

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,黑表笔接正极,红表笔接负极,所得阻值应为几千欧至  $200k\Omega$  左右(此值为被测管的正向电阻,且随管子型号不同而异);调换表笔测量(测量管子的反向电阻),其阻值应为  $\infty$ ,若指针略有偏转,说明管子反向漏电,质量不佳或已损坏。如测得的正反向电阻均为 0 或  $\infty$ ,则说明被测管已击穿或已开路损坏。

经验证明,不同型号的变容二极管,其正向电阻值的差异是很大的。例如,用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡实测一只 FV1043 型管正向电阻值为  $6.5k\Omega$ (该管红、黄色环分别为正、负电极),而测量一只 2CC12 型管的正向电阻却为  $180k\Omega$ 。这两只被测管都是好的。

## § 4.30 检测双向触发二极管

### 一、双向触发二极管的性能特点及典型应用

双向触发二极管简称 DIAC,是一种二端交流器件,其结构、电路符号、等效电路以及伏安特性如图 4-89 所示。它属于三层二端半导体器件,具有对称性质,可等效于基极开路、发射极与集电极对称的 NPN 晶体管。其正、反向伏安特性完全对称。当器件两端的电压  $V$  小于正向转折电压  $V_{BO}$  时,管子呈高阻状态,当  $V > V_{BO}$  时进入负阻区。同理,当  $V$  超过反向转折电压  $V_{BR}$  时,管子也能进入负阻区。

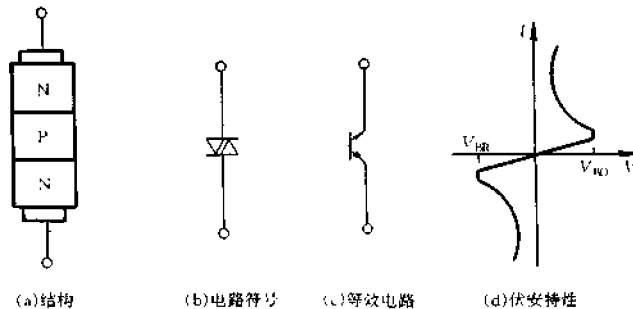


图 4-89 双向触发二极管的结构与特性

转折电压的对称性用  $\Delta V_B$  表示,  $\Delta V_B = V_{BO} - |V_{BR}|$ 。一般要求  $\Delta V_B < 2V$ 。常见的双向触发二极管的耐压值 ( $V_{BO}$ ) 大致分为三个等级:  $20 \sim 60V$ ,  $100 \sim 150V$ ,  $200 \sim 250V$ 。

双向触发二极管的用途很广,除可用来触发双向晶闸管之外,还可组成定时器、移相电路及过压保护电路等。

图 4-90 是由双向触发二极管与双向晶闸管构成的过压保护电路。当瞬态电压  $V_i$  超过双向

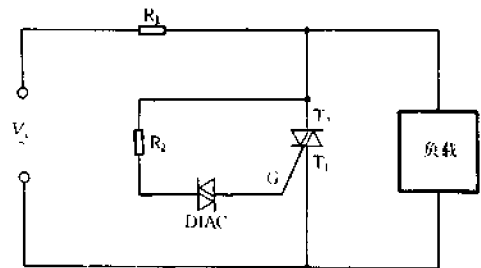


图 4-90 过压保护电路



触发二极管的转折电压时,双向触发二极管导通,并触发双向晶闸管使之也导通,将瞬态峰值电压错位,从而保护负载免受过压损害。

图 4-91 是由双向触发二极管构成的台灯调光电路。EL 代表白炽灯泡。双向触发二极管与双向晶闸管的门极相连。通过调节电位器 RP,可以改变双向晶闸管的导通角,进而改变流过白炽灯泡的平均电流值,实现连续调光的效果。此电路还可作为 500W 以下的电熨斗或电热褥的温度调节电路使用。应用时,双向晶闸管要加装合适的散热器,以免管子过热损坏。

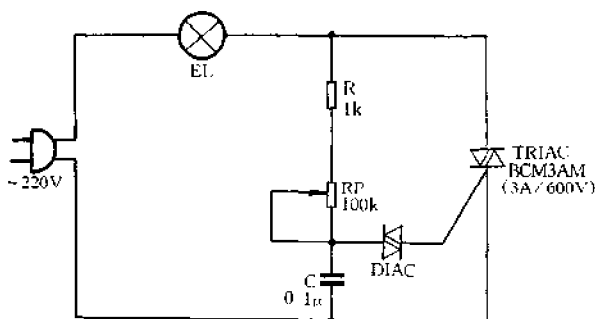


图 4-91 由双向触发二极管构成的调光电路

## 二、双向触发二极管的检测方法

### 1. 利用兆欧表测试法

(1) 将万用表置于  $R \times 1k$  挡,测量双向触发二极管的正、反向电阻值,正常时,都应为  $\infty$ 。测量时,若万用表指针向右摆动,说明被测管有漏电性故障。

(2) 按图 4-92 所示电路进行连接。将万用表置于相应的直流电压挡(视双向触发二极管的具体转折电压而定)。测试电压由兆欧表提供。测试时,摇动兆欧表,万用表所指示的电压值即为被测管子的  $V_{BO}$  值。然后调换被测管子的两个引脚,用同样的方法测出  $V_{BR}$  值。最后将  $V_{BO}$  与  $V_{BR}$  进行比较,两者的绝对值之差越小,说明被测双向触发二极管的对称性越好。

检测实例:

被测双向触发二极管的型号为 DB3 型,其管壳外观颜色呈蓝色,外形与普通检波二极管相类似。主要参数为:  $V_{BO} = 35V$ , 峰值脉冲电流  $I_{PK} = 5mA$ 。

首先用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡测量 DB3 的正、反向电阻,均为  $\infty$ ,属正常状态。然后按照图 4-92 所示的电路连接好,使用 ZC-25-3 型兆欧表,将万用表拨至 DC50V 电压挡,分两次测得的结果为:  $|V_{BO}| = 28.5V$ ,  $|V_{BR}| = 28.0V$ ,由此算出该被测管的转折电压差值为 0.5V,对称性很好。但正、反向转折电压值与标称的典型值偏低。

顺便一提的是,由于双向触发二极管的转折电压具有对称特性,因而可从两次测得的数据

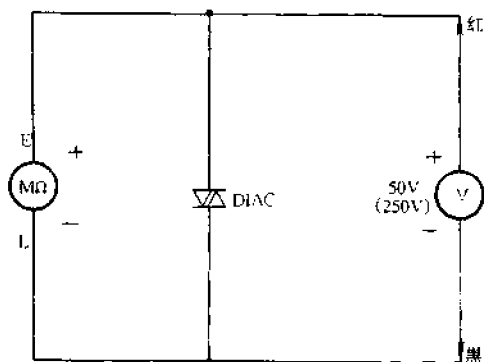


图 4-92 用兆欧表检测双向触发二极管

中任选一个值定义为  $V_{BO}$ , 另一个即为  $V_{BR}$ 。

## 2. 利用 AC 220V 市电测试法

(1) 首先用万用表  $R \times 1k$  挡测量一下双向触发二极管的正向和反向电阻值, 以判断一下被测管子内部有无击穿短路现象。正常时, 所测阻值应为  $\infty$ 。

(2) 将万用表置于 AC 250V 挡, 检测一下市电电压值, 并以  $V_0$  表示, 记下此值。进行此步测量的目的主要是为了防止因市电电压不稳, 造成以下步骤中测试计算的误差。

(3) 按图 4-93 所示的电路连接。将被测双向触发二极管与万用表(置 AC250V 挡)串联后测量市电, 并将其值记为  $V_1$ , 然后对调双向触发二极管两引脚再串入电路测量一次市电, 并将其值记为  $V_2$ 。则:  $V_{BO} = V_0 - V_1$

$$V_{BR} = V_0 - V_2$$

式中,  $V_{BO}$ 、 $V_{BR}$  为双向触发二极管的两个转折电压, 正常时  $V_{BO} = V_{BR}$ 。

需要说明的是, 通常, 万用表交流电压挡灵敏度一般为  $4k\Omega/V$ , 当置于 250V 挡时, 其内阻  $R_i = 250 \times 4k\Omega = 1M\Omega$ ,  $R_i$  实际上相当于限流电阻, 且阻值很大, 因此在测试过程中不会损坏被测管。

对于测试结果, 可按下述三个原则进行评定。

(1) 若测得  $V_1 = V_2 = 0$ , 则说明被测双向触发二极管的内部已经开路或断极。

(2) 若测得  $V_1 \neq V_2$ , 则说明被测双向触发二极管的正反向转折电压不对称。

(3) 若测得  $V_1 = V_2 = V_0$ , 则说明被测双向触发二极管已经击穿短路。

检测实例:

被测双向触发二极管的型号为 2CTS。实测市电电压  $V_0 = 230V$ ,  $V_1 = V_2 = 193V$ , 则:  $V_{BO} = V_0 - V_1 = 230 - 193 = 37V$ 。  $V_{BR} = V_0 - V_2 = 37V$ 。因  $V_{BO} = V_{BR}$ , 故被测双向触发二极管的转折电压对称性很好。

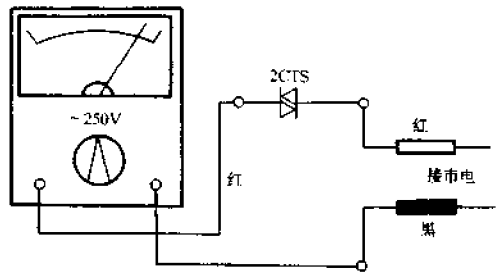


图 4-93 利用市电检测双向触发二极管

## § 4.31 检测光电二极管

### 一、光电二极管的性能特点和主要参数

光电二极管是一种常用的光敏元件。与普通晶体二极管相似, 光电二极管也是具有一个 PN 结的半导体器件, 但二者在结构上有着显著不同。普通晶体二极管的 PN 结是被密封封装在管壳内部的, 光线的照射对其特性不产生任何影响。而光电二极管的管壳上则开有一个透明的窗口, 光线能透过此窗口照射到 PN 结上, 以改变其工作状态。光电二极管的文字符号也为 VD。图 4-94 是光电二极管的外形和电路图形符号。

光电二极管的典型工作电路如图 4-95 所示。工作电压  $E$  反向加在光电二极管的两端, 在没有光线照射时, 光电二极管 VD 的反向电流  $I$  极小, 所以在负载电阻  $R_L$  上的电压  $V_o = IR_L$  也极小。当有光线照射时, 光电二极管 VD 的反向电流  $I$  明显增大, 且随光照强度的变化而变化, 与此

同时,输出电压  $V_o$  也变大,并随光照强度的变化而变化。这就是光电二极管的光电转换特性。

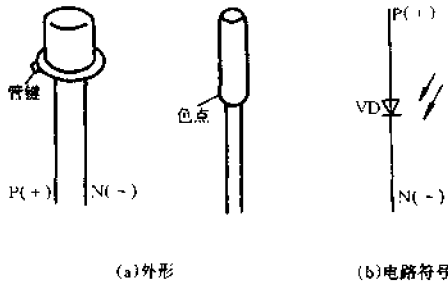


图 4-94 光电二极管的外形及符号

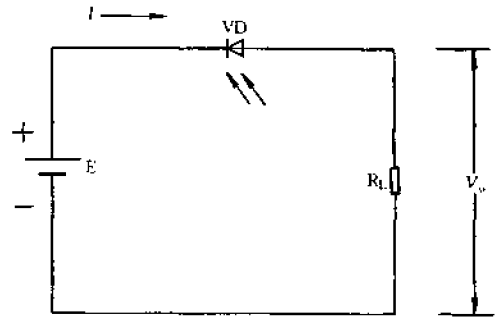


图 4-95 光电二极管的工作电路

光电二极管有多种类型。表 4-36 列出了使用最广泛的 2CU 型硅光电二极管的主要参数,可供选用时参考。

光电二极管有如下几项主要参数。

(1) 最高工作电压  $V_{max}$ 。指在没有光线照射且反向电流不超过规定值(一般为  $0.1\mu A$ )的情况下,允许加在光电二极管上的反向电压值,此值通常在  $10 \sim 50V$  范围内。

(2) 暗电流  $I_D$ 。指在无光线照射的情况下,给光电二极管加上正常的工作电压时的反向漏电流,要求此值越小越好,一般  $< 0.5\mu A$ 。

(3) 光电流  $I_L$ 。指在加有正常反向工作电压的情况下,当受到一定光线照射时,光电二极管中所流过的电流,约为几十微安。

表 4-36 2CU 型硅光电二极管主要参数

| 参数及测试条件<br>型号 | 最高工作电压<br>$V_{max}(V)$                  | 暗电流 $I_D$<br>( $\mu A$ ) | 光电流 $I_L$<br>( $\mu A$ ) | 电流灵敏度 $S_a$<br>( $\mu A/\mu W$ )  | 结电容 $C_j$<br>( $\mu F$ ) | 响应时间 $T$<br>( $s$ )                |
|---------------|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
|               | $I_p < 0.2\mu A$<br>$H < 0.1\mu W/cm^2$ | $V = V_{max}$            | $V = V_{max}$            | 入射光波长<br>$0.9\mu m$ $V = V_{max}$ | $V = V_{max}$            | $V = V_{max}$<br>$F_L = 100\Omega$ |
| 2CU1A         | 10                                      | $\leq 0.2$               | $> 80$                   | $> 0.5$                           | $\leq 5$                 | $10^{-7}$                          |
| 2CU1B         | 20                                      | $\leq 0.2$               | $> 80$                   | $> 0.5$                           | $\leq 5$                 | $10^{-7}$                          |
| 2CU1C         | 30                                      | $\leq 0.2$               | $> 80$                   | $> 0.5$                           | $\leq 5$                 | $10^{-7}$                          |
| 2CU1D         | 40                                      | $\leq 0.2$               | $> 80$                   | $> 0.5$                           | $\leq 5$                 | $10^{-7}$                          |
| 2CU1E         | 50                                      | $\leq 0.2$               | $> 80$                   | $> 0.5$                           | $\leq 5$                 | $10^{-7}$                          |
| 2CU2A         | 10                                      | $\leq 0.1$               | $> 30$                   | $> 0.5$                           | $< 5$                    | $10^{-7}$                          |
| 2CU2B         | 20                                      | $\leq 0.1$               | $> 30$                   | $> 0.5$                           | $< 5$                    | $10^{-7}$                          |
| 2CU2C         | 30                                      | $\leq 0.1$               | $> 30$                   | $> 0.5$                           | $< 5$                    | $10^{-7}$                          |
| 2CU2D         | 40                                      | $\leq 0.1$               | $> 30$                   | $> 0.5$                           | $< 5$                    | $10^{-7}$                          |
| 2CU2E         | 50                                      | $\leq 0.1$               | $> 30$                   | $> 0.5$                           | $< 5$                    | $10^{-7}$                          |

用途:主要用于光的接收及光电转换的自动控制仪器、触发器、光电耦合、编码器、译码器、特性识别、过程控制、激光接收等方面。

外形结构:全密封,金属外壳,顶端为玻璃透镜窗口。

使用条件:使用温度  $-55 \sim +125^\circ C$ 。

光谱范围: $0.4 \sim 1.1\mu m$ 。

相对湿度: $95\% \sim 98\%$ 。

峰值波长: $0.86 \sim 0.9\mu m$ 。

## 二、光电二极管的检测方法

### 1. 判断好坏

对已知极性的光电二极管,可采用下述方法鉴别管子的好坏。

(1) 测量正、反向电阻。如图 4-96 所示,用黑纸片将光电二极管的透明窗口遮住,万用表置于  $R \times 1k$  挡,进行下述两项测试。

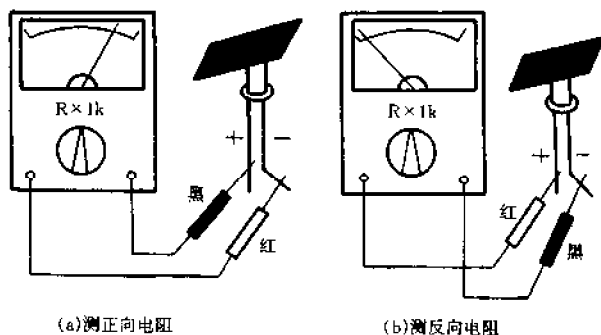


图 4-96 测光电二极管的正反向电阻

第一项:测量正向电阻。

见图 4-96(a),红表笔接 N 极(负极),黑表笔接 P 极(正极),此时电阻值应为  $10 \sim 20k\Omega$ 。

第二项:测量反向电阻。

见图 4-96(b),黑表笔接 N 极(负极),红表笔接 P 极(正极),此时指针不动,电阻值应为  $\infty$ 。

在上述测量中,若正、反向电阻值都很小或都很大,则说明光电二极管已经击穿或内部开路。这样的管子是不能使用的。

(2) 测试光照特性。如图 4-97 所示,移去遮光黑纸片,仍使用万用表的  $R \times 1k$  挡,将红表笔接 P 极(正极),黑表笔接 N 极(负极),使光电二极管的透明窗口朝向光源(如自然光、白炽灯或手电筒等),这时万用表指针应从  $\infty$  位置向右明显偏转,偏转角度越大,说明光电二极管的灵敏度越高。若将管子对准光源后,万用表指针无任何摆动,则表明被测光电二极管已经损坏。

### 2. 引脚的识别

光电二极管的引脚排列已在图 4-94 中标出,靠近管键或标有色点的一脚为 P 极(即正极),另一脚则是 N 极(即负极)。若管子的标志不清,可用万用表进行测试判别。具体方法是:把万用表拨至  $R \times 1k$  挡,用一黑纸片遮住光电二极管的透明窗口,将万用表红、黑表笔任意分别接触光电二极管的两个电极,此时如果万用表指针向右偏转较大,则黑表笔所接电极为 P 极(正极),红表笔所接的电极为 N 极(负极)。若测量时万用表指针不动,则红表笔所接的电极为 P 极(正极),黑表笔所接

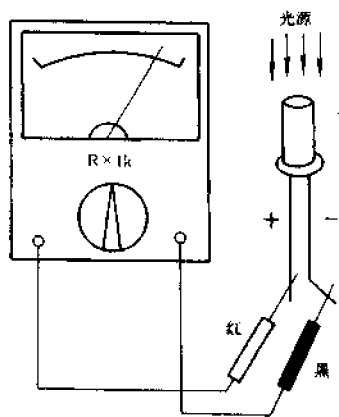


图 4-97 测试光电二极管的光照特性

的电极则为 N 极(负极)。

## § 4.32 检测单色发光二极管(LED)

### 一、单色发光二极管的性能特点及使用注意事项

单色发光二极管(LED)是一种电致发光的半导体器件,其外形和电路图形符号如图 4-98 所示。它与普通二极管的相似点是也具有单向导电特性。将发光二极管正向接入电路时才导通发光,而反向接入电路时则截止不发光。发光二极管与普通二极管的根本区别是能将电能转换成光能,且管压降比普通二极管要大。

常用发光二极管从发光亮度上可分为普亮、高亮、超高亮三种,从发光颜色上可分为红色、绿色、黄色、橙色、蓝色等。高亮管在较低电流(2~3mA)时,就很亮,所以比普通亮管的效率高。发光二极管所发出的光的颜色与光的波长有直接关系,而光的波长又取决于制造发光二极管所用的半导体材料。例如用磷化镓材料制造的发光二极管,掺锌和氧做成的 PN 结发红光,峰值波长为 6930 Å,掺锌和氮做成的 PN 结则发绿光,峰值波长为 5580 Å。表 4-37 列出了波长与颜色的对应关系。

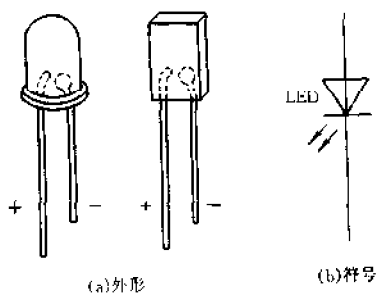


图 4-98 单色发光二极管的外形及电路符号

表 4-37 波长与颜色的关系

| 发光波长(Å) | 6500 ~ 7600 | 5900 ~ 6500 | 5700 ~ 5900 | 4900 ~ 5700 | 4600 ~ 4900 | 4300 ~ 4600 | 3300 ~ 4300 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 发光颜色    | 红           | 橙           | 黄           | 绿           | 青           | 蓝           | 紫           |

单色发光二极管的特点是所需驱动的显示电路简单,用集成电路或晶体三极管均可直接驱动,并且能在低电压下工作,正向工作电压  $V_F$  的典型值为 2V。

使用单色发光二极管时,必须在电路中串接保护电阻 R,参见图 4-99。发光二极管的工作电流  $I_F$  决定着它的发光亮度,一般当  $I_F = 1\text{mA}$  时起辉,随着  $I_F$  的增加亮度不断增大,当  $I_F$

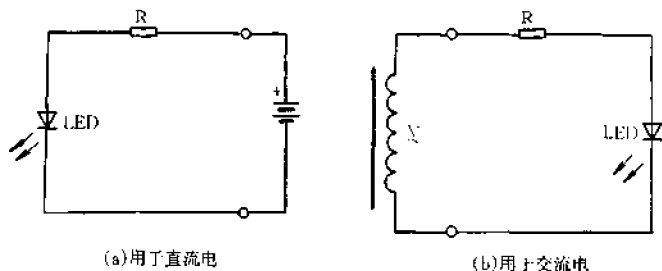


图 4-99 单色发光二极管的应用电路

$\geq 5\text{mA}$  以后,亮度不再显著增加。单色发光二极管的极限电流  $I_{FM}$  一般为  $20\text{mA}$  左右,超过此值将导致管子烧毁。所以,工作电流  $I_F$  应该选在  $5 \sim 20\text{mA}$  范围内较为合适。为节约电能,选择  $I = 5\text{mA}$  更经济些。

发光二极管也可以用交流电供电,如图 4-99(b)所示,计算时可按  $R = \frac{V - V_D}{I}$  来确定限流电阻  $R$  的数值。式中  $V$  为交流电源电压,  $V_D$  为发光二极管结压降,一般取  $2\text{V}$ ,  $I$  一般可选  $3 \sim 5\text{mA}$ 。

## 二、单色发光二极管的检测方法

### 1. 判定正、负电极

(1) 目测判别。发光二极管的管体一般都是用透明塑料制成的,所以,可以用眼睛观察来区分它的正、负电极。将管子拿起置于较明亮处,从侧面仔细观察两条引出线在管体内的形状,较小的一端是正极,较大的一端是负极。此外,较长的引脚通常是正极,而较短的引脚是负极。

(2) 用万用表判别。发光二极管的开启电压为  $2\text{V}$ ,而万用表  $R \times 1\text{k}$  挡及其以下各电阻挡的电池电压仅为  $1.5\text{V}$ ,低于发光二极管的开启电压,所以无论正向接入还是反向接入,管子都不可能导通,也就无法检测判断。因此,用万用表检测发光二极管时,必须要使用  $R \times 10\text{k}$  挡。置此挡时,表内接有  $9\text{V}$  或  $15\text{V}$  高压电池,测试电压高于管子的开启电压,当正向接入时,能使发光二极管导通。检测时,将两表笔分别与发光二极管的两引脚相接,如果万用表指针向右偏转过半,同时管子能发出一微弱光点(需仔细观察),表明发光二极管是正向接入,此时黑表笔所接的是正极,而红表笔所接的是负极,见图 4-100(a)。接着再将红、黑表笔对调后与管子的两引脚相接,这时为反向接入,万用表指针应指在  $\infty$  位置不动,见图 4-100(b)。如果不管正向接入还是反向接入,万用表指针都偏转某一角度甚至为  $0\Omega$ ,或者都不偏转,则表明被测发光二极管已经损坏。

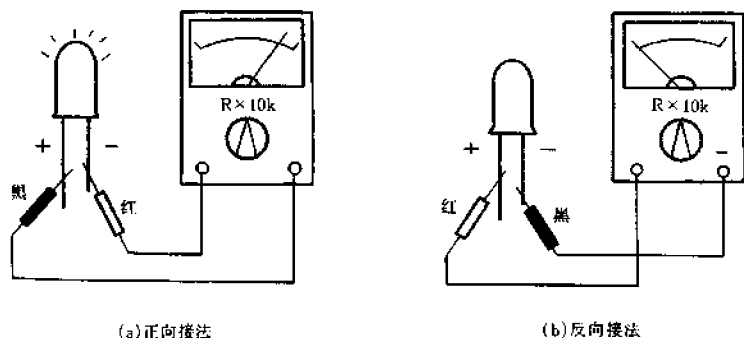


图 4-100 用万用表  $R \times 10\text{k}$  挡判断 LED 管电极

### 2. 检测发光性能(兼测电极)

#### 方法一:外接电池检测法

测试方法如图 4-101 所示。在万用表外部附接一节  $1.5\text{V}$  干电池,将万用表置于  $R \times 10$  或  $R \times 100$  挡。这种接法就相当于给万用表串接了  $1.5\text{V}$  电压,使检测电压增加至  $3\text{V}$ 。检测

时,用万用表两表笔轮换接触发光二极管的两引脚,若管子性能良好,必定有一次能正常发光,此时,黑表笔所接的为正极,红表笔所接的为负极。若被测发光二极管是坏的,那么无论怎样交换表笔测量,都不会发光。

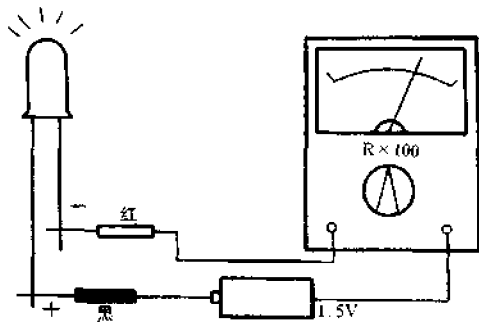


图 4-101 外接电池检测 LED 管

是发光二极管的正极。如果发光二极管不亮,则将其两引脚对调重新测试。若仍然不发光,则表明被测发光二极管已经损坏。

注意事项:使用此法测试时,不能使用  $R \times 1$  挡,因为  $R \times 1$  挡串上 1.5V 干电池后会使测试电流较大,很容易损坏发光二极管。

方法二:外加电解电容检测法

参见图 4-102 所示。取一个容量大于  $100\mu\text{F}$  的电解电容(容量越大,现象越明显),先用万用表  $R \times 100$  挡,黑表笔接电容正极、红表笔接负极,给电容充满电,然后,将黑表笔改接电容负极,将被测发光二极管接于红表笔和电容正极之间,此时如果发光二极管点亮后逐渐熄灭,表明它是好的,红表笔接的是发光二极管的负极,电容正极接的是

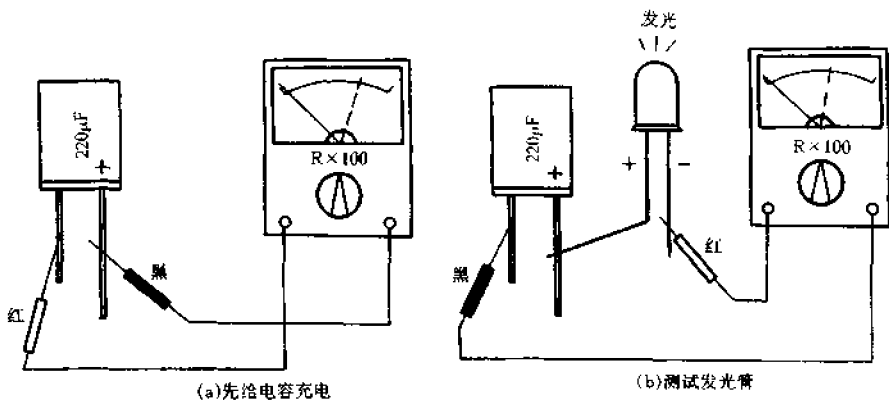


图 4-102 外接电解电容器检测 LED 管

## § 4.33 检测电压型发光二极管(BTV)

### 一、电压型发光二极管的结构特点

电压型发光二极管的外形和内部结构如图 4-103 所示。从外观上看,它与普通发光二极管(LED)是基本相同的,但其内部结构却与普通 LED 有所区别。在电压型发光二极管的管壳内,除了安装有一个发光二极管之外,还把一只限流电阻  $R$  用集成技术制作在管壳内,并与发光二极管相串联。 $R$  可将发光二极管的正向电流  $I_F$  限定在 10mA 或 15mA。使用时,只要在管子的两端加上额定工作电压,即可正常发光。与使用时需外加适当限流电阻的普通发光二极

管相比,电压型发光二极管更利于简化电路设计和方便安装。

电压型发光二极管的系列产品共有六种标称电压,分别为:5V,9V,12V,15V,18V,24V。其发光颜色有红、黄、绿等。

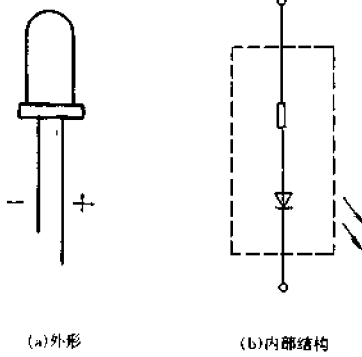


图 4-103 电压型发光二极管外形和结构

## 二、电压型发光二极管的检测方法

检测电压型发光二极管 BTV 的方法与检测普通发光二极管 LED 的方法基本相同。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,红表笔接被测管的负极,黑表笔接正极,此时所测阻值为正向电阻值,一般为十几千欧。然后调换表笔测量反向电阻值,正常时为  $\infty$ 。对于不知极性的 BTV,用测量正、反向电阻的方法也可准确地判别出其正、负电极。交换表笔分两次测量 BTV 两引脚间的电阻值,以阻值较小的一次测量为准,黑表笔所接引脚为正极,红表笔所接引脚为负极。

## § 4.34 检测变色发光二极管

### 一、变色发光二极管的性能特点

变色发光二极管的特点是能变换发出几种不同颜色的光,因此可用于机械转换系统的“顺”、“倒”或电子开关电路中的“通”、“断”以及仪器设备、铁路和邮电系统中作“是”、“非”,“正”、“负”,“有”、“无”等直观显示。

国产变色发光二极管的典型产品有 BT362057RC(红-绿-橙),BT362057RY(红-黄-桔红),BT362057YG(黄-纯绿-浅绿),BT3621526RG(红-绿-橙)。型号中的字母和数字的含义分别是:BT 表示特种半导体器件,3 表示制作材料为磷化镓(GaP),6 表示复合式,2 表示无色散射,0 表示圆形(若是 1 则表示方形),后面的数字为产品的序号。末尾的字母表示发光颜色:R 为红色,G 为绿色,Y 为黄色,O 为橙色。

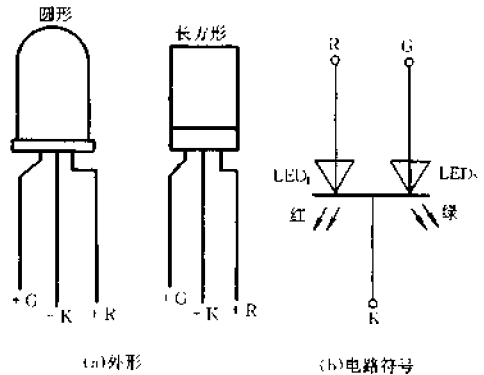


图 4-104 红-绿-橙变色发光二极管外形及符号

图 4-104 为“红-绿-橙”型变色发光二极管的外型和电路符号。其电路符号已直观表明了它的内部结构。这种管子内部的两只 LED 通常为共阴极接法,即两只管子的负极短接后作为公共阴极 K 引出。R 是红发光二极管  $LED_1$  的正极,G 是绿发光二极管  $LED_2$  的正极。单独驱动  $LED_1$  时,管子发红光;只驱动  $LED_2$  时,则管子发绿光;若同时驱动两只 LED,则管子就发出复合光(橙光)。



## 二、变色发光二极管的检测方法

检测方法如图 4-105 所示。将万用表置于  $R \times 10$  挡,在表外串接一节 1.5V 干电池,按下列步骤进行检查。

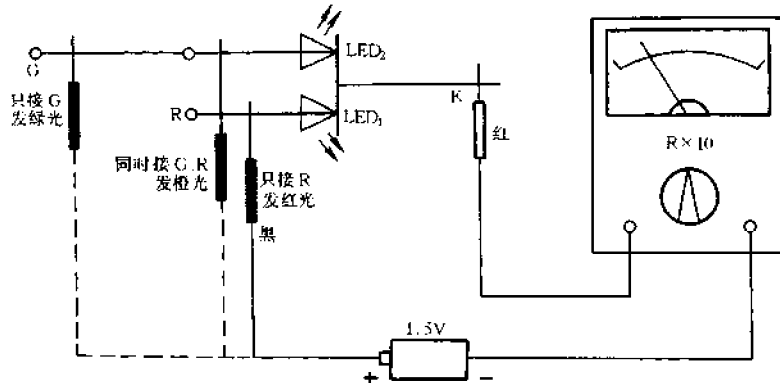


图 4-105 变色发光二极管的检测

- (1) 将红表笔接 K,黑表笔接 R,管子应发出红色光。
- (2) 将红表笔接 K,黑表笔接 G,管子应发出绿色光。
- (3) 将红表笔接 K,黑表笔同时接到 R 和 G 上,管子应发出橙色复合光。

在上述检测过程中,若发现某只发光二极管不亮,则表明它已经损坏。这样的管子是不能再作为变色发光二极管来使用的。但未损坏的 LED 作为单色发光二极管仍可视情况加以利用。

## § 4.35 检测闪烁发光二极管(BTS)

### 一、闪烁发光二极管的性能特点及使用注意事项

闪烁发光二极管(BTS)是一种特殊的发光器件,它可用于各类轿车、货车、火车等交通工具的油压和温度的监视、报警及方向指示,也适用于其他领域作故障过程的控制报警及显示器件使用。具有使用简便、寿命长、功耗低等特点。

闪烁发光二极管的内部组成框图、外形、电路符号及典型用法如图 4-106 所示。由图可见,它是由一块 CMOS 集成电路和一只发光二极管相连,然后用环氧树脂封装而成。CMOS 集成电路内部包括振荡器、分频器和缓冲驱动器。当接通 3~5V 直流电源  $V_{DD}$  以后,振荡器即起振,产生一个频率为  $f_0$  的信号,经过几级分频器分频后,获得一个频率为 1.3~5.2Hz 范围内的某一固定频率,再由输出驱动级进行电流放大,输出一个足够大的驱动信号,使发光二极管闪烁发光。使用闪烁发光二极管时,无需外接任何元件。只要在两只引脚加上额定工作电压,即可自行闪烁发光。

闪烁发光二极管采用  $\phi 5\text{mm}$  环氧全封装形式,具有较强的视觉感,颜色有红、橙、黄、绿四

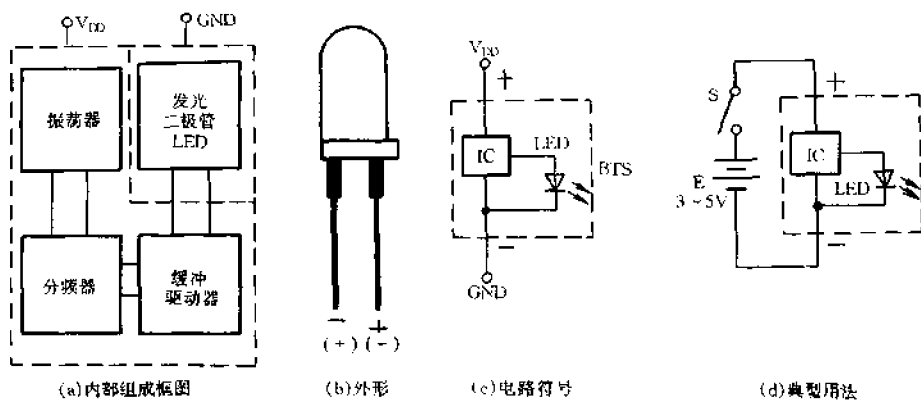


图 4-106 闪烁发光二极管组成及典型用法

种。表 4-38 列出了国产几种闪烁发光二极管的主要参数,供选用时参考。这几种闪烁发光二极管的极限参数是相同的。最大功耗  $P_w$  为 200mW,最大正向电压  $V_{FM}$  为 7V,正向电流  $I_{FM}$  为 45mA。

表 4-38 几种闪烁发光二极管主要参数

| 参 数       | 工作电压 $V_{CC}$<br>(V) | 正向电流 $I_F$    | 反向漏电流 $I_R$     | 闪烁频率 $f$      | 占空比 $D$       | 发光强度 $I_v$    | 发光峰值<br>波长 $\lambda_p$ | 半值角 $\theta$ | 颜 色 |
|-----------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|--------------|-----|
|           |                      | (mA)          | ( $\mu$ A)      | (Hz)          | (%)           | (mcd)         | (nm)                   | ( $^\circ$ ) |     |
| 型 号       |                      | $V_{CC} = 5V$ | $V_{CC} = 0.4V$ | $V_{CC} = 5V$ | $V_{CC} = 5V$ | $V_{CC} = 5V$ | $V_{CC} = 5V$          | on           |     |
| BTS314058 | 4.75 ~ 5.25          | 7 ~ 40        | $\leq 50$       | 1.3 ~ 5.2     | 33 ~ 67       | $\geq 0.5$    | 700                    | $\pm 40$     | 红   |
| BTS324058 |                      |               |                 |               |               | $\geq 1$      | 630                    |              | 橙   |
| BTS334058 |                      |               |                 |               |               | $\geq 1$      | 585                    |              | 黄   |
| BTS344058 |                      |               |                 |               |               | $\geq 1$      | 585                    |              | 绿   |

使用闪烁发光二极管时,需要注意以下几点。

(1) 不得将正、负电极接反。一般引脚长的为正极,但也有些进口闪烁发光二极管的短引脚为正极,使用时要注意正确区分。

(2) 不得加过电压。通常闪烁发光二极管的最佳工作电压为 5V。

(3) 焊接温度不宜过高。焊接时,严禁使管体受力,要用镊子夹住引脚根部帮助散热。

(4) 安装位置要选择适当,不要使管体与电路中的发热元件靠近。

## 二、闪烁发光二极管的检测方法

### 1. 判定正、负电极

检测方法如图 4-107 所示。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,交换表笔两次接触被测管的两个引脚,仔细观察万用表指针的摆动情况。其中必有一次,指针先向右摆动一个角度,然后在此位置上开始轻微的抖动(振荡),摆幅在一小格左右。这种现象是由于闪烁发光二极管内部的集

成电路在万用表内 1.5V 电池电压的作用下开始起振工作,输出的脉冲电流使指针产生的抖动,只是因为电压过低,还观察不到发光二极管的闪烁发光。但此现象说明万用表红、黑表笔的接法是正确的接法,即黑表笔所接的引脚为正极,红表笔所接的引脚为负极。

## 2. 观察闪烁现象及检测闪烁频率

检测方法如图 4-108 所示。将万用表的黑表笔接被测管的正极,红表笔串接两节 1.5V 的干电池后接负极,此时管子应正常闪烁发光。再用一块电子表计时,根据万用表指针摆动次数求出闪烁频率  $f$ 。设万用表指针在时间  $t$  内摆动  $N$  次,则被测闪烁发光二极管的闪烁频率为

$$f = \frac{N}{t}$$

式中,  $f$  为闪烁频率,单位为 Hz;  $N$  为万用表指针摆动次数;  $t$  为时间,单位为 s。

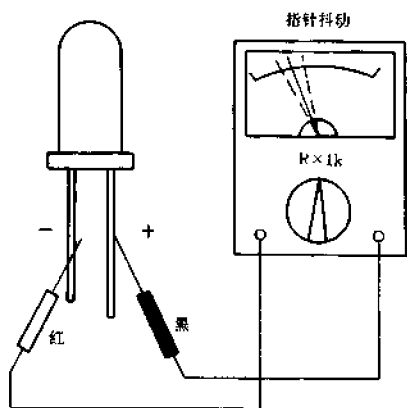


图 4-107 判断闪烁发光二极管的正负电极

检测实例:

被测管是一只型号不明的闪烁发光二极管。按图 4-108 所示方法连接好以后,管子能正常闪烁发光,万用表指针在 120~250Ω 之间摆动。用一块电子表计时,指针连续摆动 100 次时的时间为 40s。根据这些数据计算闪烁频率为

$$f = \frac{N}{t} = \frac{100}{40} = 2.5(\text{Hz})$$

此值在 1.3~5.2Hz 范围之内,说明被测闪烁发光二极管性能良好。

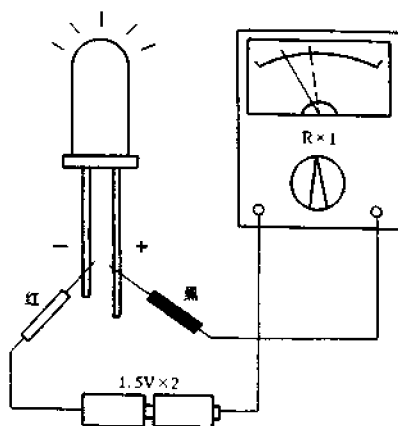


图 4-108 观察闪烁现象并检测闪烁频率

## § 4.36 检测红外发光二极管

### 一、红外发光二极管的性能特点

红外发光二极管是一种能把电能直接转换成红外光能的发光器件,因其在电路中的作用是将红外光辐射到空间中去,所以也有的书籍称其为红外发射二极管。这种管子是用砷化镓(GaAs)材料制成的,也具有半导体 PN 结。其制造工艺和结构形式有多种。通常使用折射率

较大的环氧树脂封装,目的是为了提<sub>高</sub>发光效率。

红外发光二极管的指向特性如图 4-109 所示。其峰值波长为 950nm 左右。它是按自发辐射机理工作的,其特点是电流与光输出特性的线性较好,生产和使用都较简便,适合于在短距离、小容量和模拟调制系统中使用,被广泛应用于红外线遥控系统中的发射电路。

## 二、红外发光二极管的检测方法

### 1. 红外发光二极管和光电二极管、光电三极管的区分

从外观上看,如果管子是透明树脂封装,则可从管芯安装处加以区分:红外发光二极管的管芯下部有一个浅盘,而光电二极管、三极管则没有浅盘。

将万用表置于  $R \times 1k$  挡,测量管子的正、反向电阻值,也可将红外发光二极管区分出来。测量时,用手捏住管子,不<sub>让</sub>其受光(也可用黑纸将其包住),用红、黑表笔分别接触管子的两引脚,将正向电阻和反向电阻测出,一般正向电阻值为  $15 \sim 40k\Omega$ ,而反向电阻大于  $500k\Omega$  的是红外发光二极管;正向电阻为  $10k\Omega$  左右,反向电阻为  $\infty$  的是光电二极管;正、反向电阻都接近  $\infty$  的则为光电三极管。

### 2. 判别红外发光二极管的正、负电极

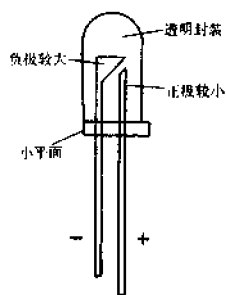


图 4-110 红外发光二极管的外形

如图 4-110 所示,红外发光二极管有两个引脚,通常长引脚为正极,短引脚为负极。因红外发光二极管呈透明状,所以管壳内的电极清晰可见,内部电极较宽较大的一个为负极,而较窄且小的一个为正极。全塑封装的  $\phi 3$  或  $\phi 5$  型管的侧向呈一小平面,靠近小平面的引脚为负极,另一端引脚则为正极。若用万用表  $R \times 1k$  挡测量,交换表笔所测阻值为  $15 \sim 40k\Omega$  时,黑表笔所接引脚则为红外发光二极管的正极,红表笔所接引脚为负极。

### 3. 检测红外发光二极管的好坏

将万用表置于  $R \times 1k$  挡,测量红外发光二极管的正、反向电阻,通常,正向电阻应在  $30k\Omega$  左右,反向电阻要在  $500k\Omega$  以上,这样的管子才可正常使用。要求反向电阻越大越好。反向电阻越大,说明漏电流越小,管子的质量越佳。否则,若反向电阻只有几十千欧,管子就不能使用。如果正、反向电阻值都是  $\infty$  或都是  $0\Omega$ ,说明被测红外发光二极管的内部已经断路或已经击穿损坏。

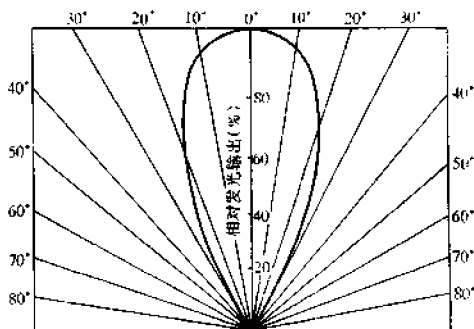


图 4-109 红外发光二极管的指向特性

## § 4.37 检测红外接收二极管

### 一、红外接收二极管的性能特点

红外接收二极管亦称红外光电二极管,是一种特殊的光电 PIN 二极管,被广泛应用于音

响、彩色电视机等家用电器的遥控接收器中。这种二极管在红外光线的激励下能产生一定的电流,其内阻的大小由入射的红外光来决定。不受红外光照射时,内阻较大,为几兆欧以上,受红外光照射后内阻将减小到几千欧。由于红外接收二极管的输出阻抗非常高(约  $1M\Omega$  左右),所以在用于遥控接收器时,要使它同接口的集成电路及其他元件的阻抗实现良好匹配,并要合理配置元器件的安装位置及布线。这样才能防止受到空间杂散电波的影响,保证遥控接收器能正常工作。

图 4-111 为红外接收二极管的光谱灵敏度特性图和指向特性图。从光谱灵敏度特性曲线可以看出,其灵敏点是在  $940nm$  附近,这与红外发光二极管(见上节有关内容)的峰值波长正好相对应。而对波长更长和更短的光线的响应则是急剧下降的。这一点是靠红外接收二极管具有较小的结电容来实现的。此外,红外接收二极管还具有良好的分光灵敏度,能滤除外来无用光信号的干扰。

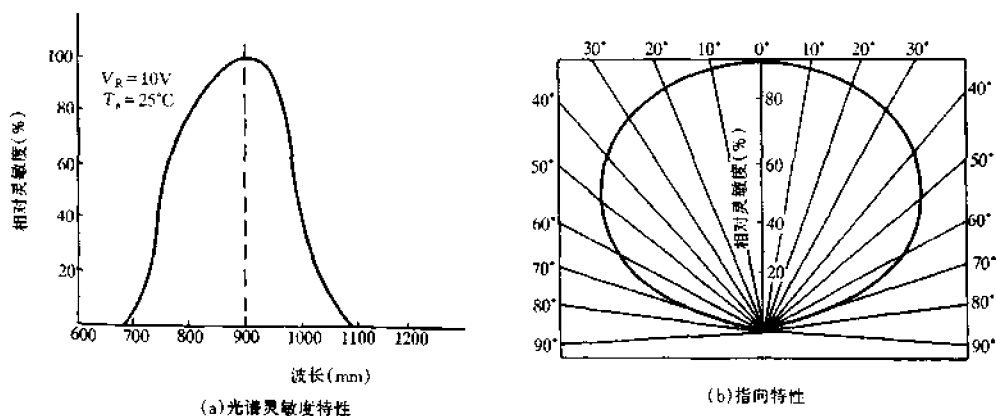


图 4-111 红外接收二极管的光谱特性和指向特性

## 二、红外接收二极管的检测方法

### 1. 识别引脚极性

(1) 从外观上识别。常见的红外接收二极管的外形如图 4-112 所示。其外观颜色呈黑色。识别引脚时,面对受光窗口,从左至右,分别为正极和负极。另外,有的红外接收二极管的管体顶端有一个小斜切平面,通常带有此斜切平面一端的引脚为负极,另一端则为正极。

(2) 用万用表电阻挡测试判别。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,用判别普通二极管正、负电极的方法进行检查,即交换红、黑表笔两次测量管子两引脚间的电阻值,正常时,所得阻值应为一大一小。以阻值较小的一次为准,红表笔所接的引脚为负极,黑表笔所接的引脚为正极。

### 2. 检测性能好坏

方法一:用万用表电阻挡测量红外接收二极管正、反向电阻,根据正、反向电阻值的大小,即可初步判定红外接收二极管的好坏。具体

检测方法与检测普通二极管正、反向电阻的方法相同。通常,用万用表  $R \times 1k$  挡进行测量,正

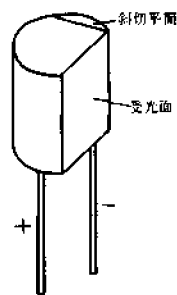


图 4-112 红外接收二极管的外形

常时,红外接收二极管的正向电阻为  $3 \sim 4k\Omega$  左右,反向电阻应大于  $500k\Omega$ 。

方法二:检测方法如图 4-113 所示。将万用表置于  $DC50\mu A$  挡(若所用万用表无  $50\mu A$  挡,也可用  $0.1mA$  或  $1mA$  挡),两表笔接在红外接收二极管的两引脚上,然后让被测管的受光面正对着阳光或灯光,此时,万用表指针应摆动。根据红黑表笔的接法不同,万用表指针的摆动方向也有所不同。当采用图 4-113(a)的接法测试时,指针向右摆动;当采用图 4-113(b)的接法测试时,指针向左摆动。在进行实际测试时,通常以图 4-113(a)的接法(指针向右摆动)来评定检测结果。指针向右摆动的幅度越大,表明被测红外接收二极管的性能越好。如果接上表笔后,万用表指针纹丝不动,则说明管子性能不良或已经损坏。需要注意的是,如果使用万用表  $DC0.1mA$  或  $1mA$  挡进行检测,由于量程较大,指针摆动现象将不如用  $50\mu A$  挡测量时明显,要仔细观察才能作出判断。

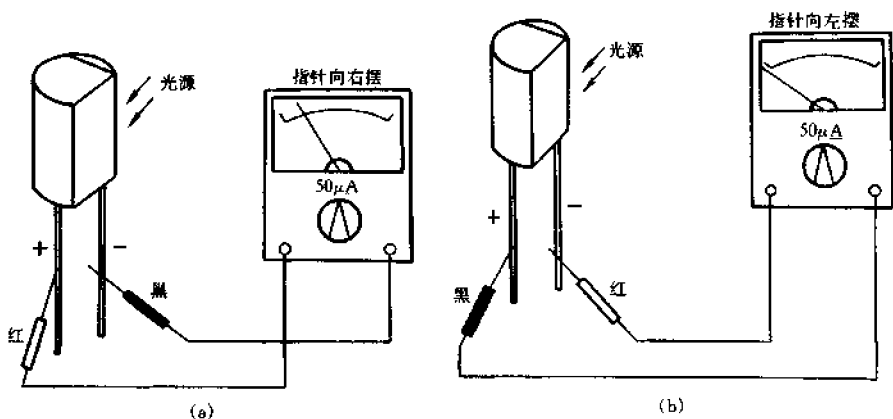


图 4-113 用万用表微安挡检测红外接收二极管

方法三:检测方法如图 4-114 所示。此法测试操作过程需用彩电遥控器配合万用表来完成。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,红表笔接被测红外接收二极管的正极,黑表笔接负极。此时,电阻值应为  $500k\Omega$  以上。用一个好的彩色电视机遥控器正对着红外接收二极管的受光窗口,距离为  $5 \sim 10mm$ 。当按下遥控器上的按键时,若红外接收二极管性能良好,一般万用表指示的电阻值应由  $500k\Omega$  以上减小到  $50 \sim 100k\Omega$  左右。被测管子的灵敏度越高,阻值越小。通常,按模拟量键(如音量、彩色饱和度等)时,红外接收二极管的电阻值会持续减小,而按换台、暂停等键

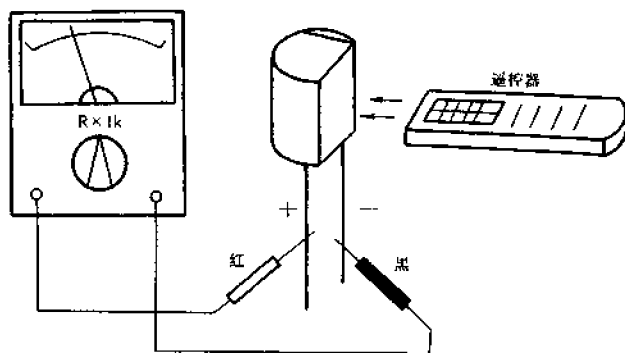


图 4-114 检测红外接收二极管的灵敏度

时,阻值会脉动减小。用这种方法挑选性能优良的红外接收二极管十分方便,且准确可靠。

## § 4.38 检测激光二极管

### 一、激光二极管的性能特点

半导体激光二极管是激光头中的核心器件。目前,在激光唱机和激光影碟机中使用的激光二极管大多是采用双质结构的镓铝砷三元化合物半导体激光二极管。它是一种近红外激光管,波长在 780nm 左右,额定功率为 3~5mW。图 4-115 所示是激光唱机和激光影碟机中常用的激光二极管的外形尺寸和内部结构类型。由图可见,激光二极管由两个部分构成,一是激光发射部分,用来发射激光,称为 LD;二是激光接收部分,用来接收、监测 LD 发出的激光(如不需监控 LD 的输出,PD 部分可不用),称为 PD。两部分设有公共极(一般接管子金属外壳),所以激光二极管实际有三个电极。这种激光二极管具有体积小、重量轻、功耗低、驱动电路简单、调制方便、耐机械冲击、抗震动等优点。但对过电压、过电流、静电干扰极为敏感,在使用中如不注意,容易使谐振腔局部受损,造成永久性损坏。

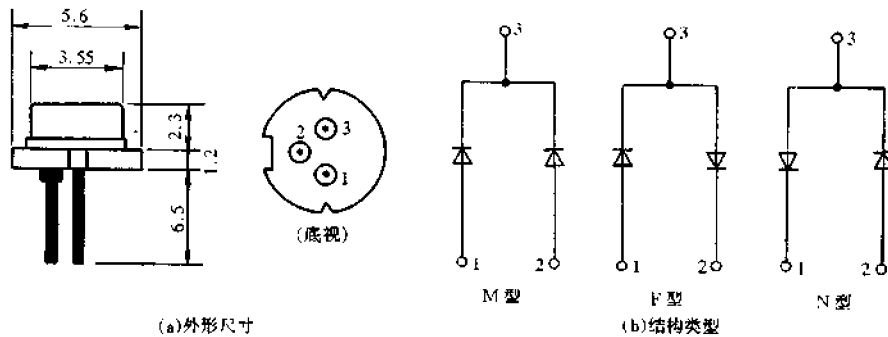


图 4-115 激光二极管的外形与结构

表 4-39 列出了部分激光二极管的主要参数,供选用时参考。

表 4-39 部分激光二极管主要参数

| 型号         | 参数 | 波长 (nm) | 额定功率 (mW) | 阈值电流 (mA) | 典型工作电流 (mA) | 封装形式 |
|------------|----|---------|-----------|-----------|-------------|------|
| SLD104AU   |    | 780     | 5         | 45        | 52          | M    |
| RLD78MA    |    | 780     | 5         | 35        | 45          | M    |
| RLD78AP    |    | 780     | 5         | 35        | 45          | P    |
| RLD78MV    |    | 780     | 5         | 45        | 55          | M    |
| RLD78PA    |    | 780     | 5         | 45        | 55          | M    |
| SLD1122VS  |    | 670     | 5         | 40        | 50          | N    |
| TOLD9221M  |    | 670     | 5         | 35        | 45          | N    |
| HLDA6712MC |    | 670     | 5         | 40        | 50          | N    |

## 二、激光二极管的检测方法

### 1. 单独测试

现以图 4-115(b)中 N 型结构激光二极管为例,说明检测方法。

(1) 判定引脚的排列顺序。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,任意测量三个电极中两个极之间的电阻,当所得阻值为几千欧时,黑表笔接的引脚为③脚,红表笔接的为②脚,剩下的为①脚。据此即分出 PD、LD 两个部分。

(2) 检测 PD 部分。通常,用万用表电阻挡测量,PD 的正向电阻值为几千欧,反向电阻为  $\infty$  (无光照)。

(3) 检测 LD 部分。用万用表电阻挡测量 LD,即①、②脚间的电阻值,通常正向测量时为  $15 \sim 25k\Omega$ ,反向测量时为  $\infty$ 。如测得的正向电阻在  $50k\Omega$  以上,反向电阻小于  $900k\Omega$ ,则表明管子已老化,不能再正常使用。

注意事项:

(1) 对接有保护二极管的激光二极管,不能用上述测量其正反向电阻的方法来检测,否则将产生误判。

(2) 上述的测量方法仅可作为粗略鉴别管子的依据。实践表明,仅靠万用表测正反向电阻来判断激光二极管的好坏或是否老化有时是很困难的。

### 2. 在路检测

#### (1) 测算回路电流

一般在影碟机激光二极管供电回路中常设置有一只负载电阻。检测时,可用万用表直流电压挡测量一下此负载电阻上的电压降,然后用欧姆定律  $I = \frac{V}{R}$  来估算激光二极管中流过的电流,再据此电流的大小,判断激光二极管的工作状态。一般当电流大于  $100mA$ ,且调节电路中相应的电位器,电流无任何变化时,即可断定激光二极管已经损坏。因为目前小功率激光二极管的额定工作电流均在  $100mA$  以下,只有在谐振腔发生损坏性故障时,才会出现电流剧增且不可控制的现象。顺便一提的是,波长为  $780nm$  的激光二极管在工作时,从侧面观察出光窗口时呈暗红色,从侧面观察透镜时略见辉光。这些均可作为判断激光二极管是否正常工作的基本特征。但有些影碟机(如“健伍”LVD-280 等)从物镜上或从凸透镜上均很难观察到散射出的红光束。

注意,激光是一种能量高度集中的光源,绝对禁止用眼睛直视激光头的光轴,以免对眼睛造成伤害。

#### (2) 利用红外接收二极管判断激光管工作情况

由于红外接收二极管的内阻随入射光的强弱而变化,所以可采用下述方法,将红外接收二极管与万用表的电阻挡配合,判定处于工作状态的激光二极管是否发射出激光束或光束强弱。

红外接收二极管可选用 PH302B、PD48P11、PH309 等型号。现以 PH302B 型为例,介绍具体测试方法。

使用 500 型万用表,置于  $R \times 1k$  挡。在 PH302B 管的正、负电极上各焊两根导线,正极导线接红表笔,负极导线接黑表笔,此时万用表指示的数值是红外接收二极管的反向电阻值,在白天室内环境下约为  $450k\Omega$  左右。使用时,将 PH302B 的受光面向下(印有型号一面应向上),在被测影碟机(开机状态)的激光头物镜上轻轻作水平移动,观察万用表指针摆幅,其最大点即是



激光束射出最强的位置。正常时,万用表指针读数为  $15 \sim 30k\Omega$ , 实践表明,超过  $45k\Omega$  时,说明激光二极管已经衰老。如万用表指针原位不动,则说明激光二极管损坏或无工作电压。

注意,由不同型号的红外接收二极管和不同的万用表相配合使用,测得的数值是有差异的。并且在测量不同影碟机的激光头时,所得的数据也不尽相同。例如,把 PH302B 放在如“健伍 LVD-280”这类结构的影碟机物镜上时,万用表指针根本无反应,若将 PH302B 放在该型机物镜旁直立的凸透镜上测量,正常时,电阻值为  $45 \sim 60k\Omega$ ,当阻值超过  $75k\Omega$  时,说明激光二极管已衰老。

上述测量值仅供在业余判定故障时参考。在平时的维修中,应不断积累测试数据。

## § 4.39 检测磁敏二极管

磁敏二极管的结构与电路符号如图 4-116(a)所示。磁敏二极管与磁敏电阻的特性有所不同。磁敏电阻的阻值变化(不一定通电)趋势与磁场的方向无关(只是阻值变大),而磁敏二极管要在通正向电流后,电阻才随磁场的变化而变化,而且其变化趋势与磁场方向有关。

磁敏二极管的检测方法如图 4-116(b)所示。电路中的  $12V$  电压是为满足被测管的工作电压所加(零磁场时,工作电压  $U_0$  为  $5 \sim 7V$ ,工作电流  $I_0$  为  $1.5 \sim 2.5mA$ )。R 为限流电阻。将万用表置于 DC10mA 电流挡。接好电路以后,当磁敏二极管周围无磁场时,万用表指针将固定指在某一位置不变。当磁铁顺着箭头方向运动时,万用表指针将向某一方向偏转;再将磁铁反方向运动,指针将向与前述相反的方向偏转。如磁铁移动时指针始终固定在原位不动,则说明被测磁敏二极管已经损坏。

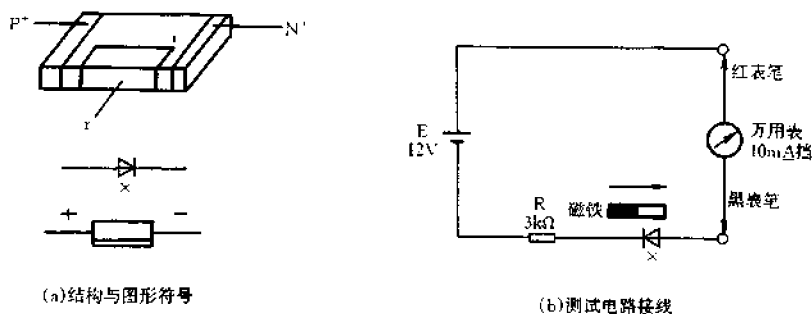


图 4-116 磁敏二极管的结构和电路符号

顺便一提的是,通常磁敏二极管的长引脚为正极,短引脚为负极。

## § 4.40 检测隧道二极管(TD)

### 一、隧道二极管的性能特点

隧道二极管(TD)是以隧道效应电流为主要电流分量的半导体二极管,包括江崎二极管和

单隧道二极管两种,但通常专指前者。隧道二极管的特性曲线与图形符号如图 4-117 所示。它与普通二极管的主要区别之一是有个负阻区,如图 4-117(a)中的 AB 段,而普通二极管则无负阻区。隧道二极管上所加电压升高到峰值电压  $U_P$ (对应峰值电流  $I_P$ )时,如再升高电压,电流将减小,而不是增加,直至电压升至谷值电压  $U_V$ (对应谷值电流  $I_V$ ),电流则再增大。一般锗管  $I_P$  约为 40~80mA,  $U_V$  约为 270~350mV;而砷化镓管的  $U_P$  约为 90~120mV,  $U_V$  约为 400~600mV。表 4-40 列出了两种隧道二极管的部分参数,供选用时参考。

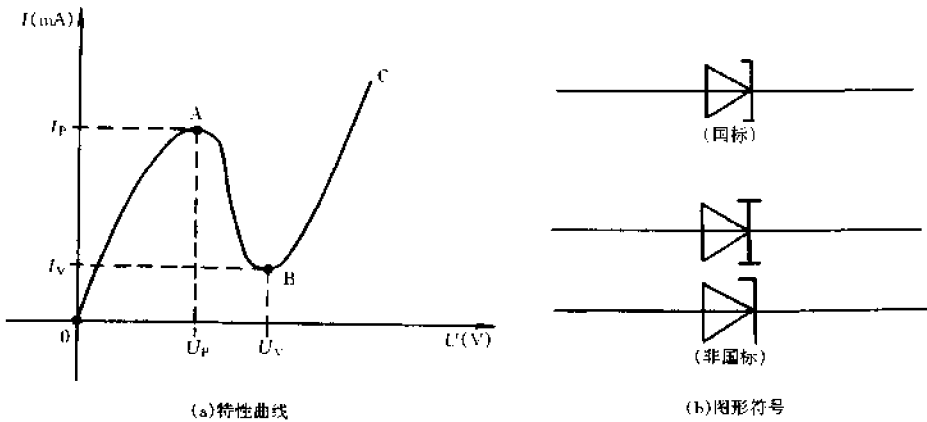


图 4-117 隧道二极管的特性曲线与电路符号

表 4-40 两种隧道二极管的参数

| 参 数   | $U_P$<br>(mV) | $I_P$<br>(mA) | $U_V$<br>(mV) | $I_P/I_V$<br>(峰谷电流比) |
|-------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| 2BS4A | $\leq 80$     | 0.8~1.2       | $\geq 280$    | $\geq 5$             |
| 2RS1  | $\leq 100$    | 0.9~1.9       | $\geq 400$    | 4                    |

## 二、隧道二极管的检测方法

检测隧道二极管的电路连接如图 4-118 所示。使用两只万用表,表 I 置于 DC2.5V 电压挡,表 II 置于 DC10mA 电流挡。E 为 0~30V 连续可调直流稳压电源。R 为限流电阻。具体可按下述步骤操作。

(1) 测试 OA 段正阻特性。慢慢调节 E,从 0V 电压开始逐渐升高,此时应看到表 I 指示的电压及表 II 指示的电流均逐渐上升,直至 A 点( $U_P, I_P$ )。

(2) 测试 AB 段负阻特性。延续上一步。继续调节 E 使电压上升,此时应看到表 I 指示的电压值继续上升,而表 II 指示的电流值却随之下降。在刚开始下降那一瞬间的电流值即为  $I_P$ ,而对应的电压值即为  $V_P$ 。这种负阻现象应持续到 B 点。

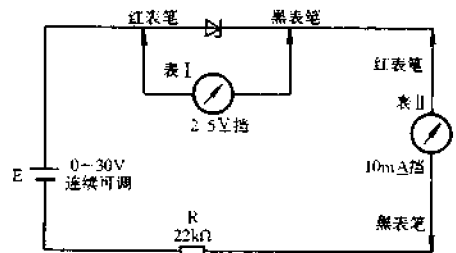


图 4-118 检测隧道二极管的电路连接

(3) 测试 BC 段正阻特性。延续上一步。继续调高 E, 则两只万用表所指示的值均又上升。表 II 电流值由下降变为上升时的一瞬间值即为  $I_V$ , 与此相对应, 表 I 的电压值即为  $U_V$ 。

将测试所得数据 ( $V_P$ 、 $I_P$ 、 $U_V$ 、 $I_V$ ) 与从手册上查到的该种隧道二极管的参数对照, 如相符, 则说明被测管性能良好。正常的管子, 在上述测试过程中, 其 AB 段的负阻现象是很明显的。

## § 4.41 检测高频变阻二极管

### 一、高频变阻二极管的性能特点及应用

高频变阻二极管是一种用在高频电路中对高频信号起衰减作用的电子元件。这种二极管最突出的性能特点是, 其高频等效电阻能随着加在管子上的正向偏置电流的大小而改变, 外加的偏置电流增大, 高频等效电阻减小; 外加的偏置电流减小, 则高频等效电阻增大。当外加的偏置电流固定后, 二极管的高频等效电阻在信号频率为  $10 \sim 1000\text{MHz}$  范围内基本保持一致, 高频信号群通过变阻二极管时, 不会产生交叉互调。

目前, 我国市场上常见的高频变阻二极管的型号有 ISV121 和 ISV99。这两种高频变阻二极管的主要性能是: 当正向偏置电流为  $10\text{mA}$  时, 其高频等效电阻为  $8\Omega$ , 当正向偏置电流为  $10\mu\text{A}$  时, 其高频等效电阻为  $3\text{k}\Omega$  左右。由于高频变阻二极管具有上述优良的高频特性, 所以, 在国内外已基本取代了可变电阻式高频衰减器, 并广泛用于 AGC 电路。

图 4-119(a) 所示是使用一只高频变阻二极管组成的可调衰减器。调节 RP, 可使加在高频变阻二极管上的偏置电流从  $0 \sim 10\text{mA}$  变化, 相应的高频变阻二极管的高频等效电阻约在  $3\text{k}\Omega \sim 8\Omega$  之间变化。在一些要求较高的电路中, 可应用图 4-119(b) 所示的用三只高频变阻二极管构成的  $\pi$  型可调衰减器电路。此衰减器的调整范围大于  $20\text{dB}$ , 插入损耗约  $1\text{dB}$ 。

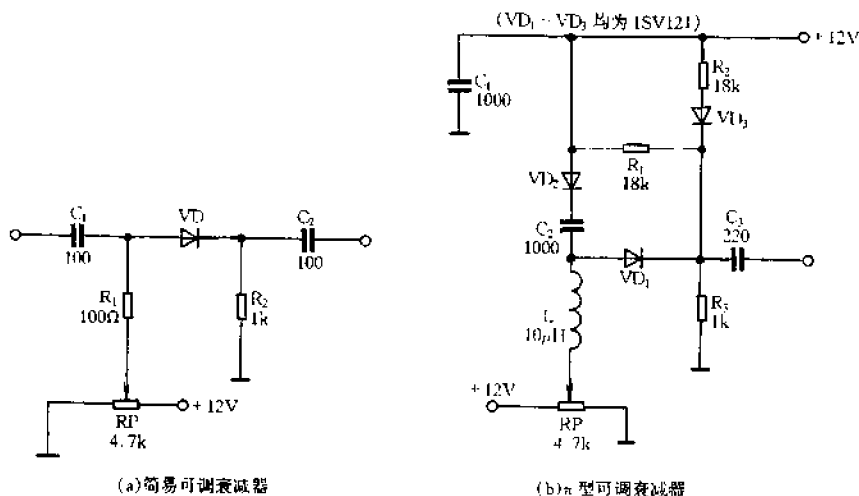


图 4-119 高频变阻二极管构成的两种衰减器

## 二、高频变阻二极管的检测方法

### 1. 识别正、负电极

如图 4-120 所示,高频变阻二极管与普通二极管在外观上的区别是其色标颜色不同,普通二极管的色标颜色一般为黑色,而高频变阻二极管的色标颜色则为浅绿色,其极性规律与普通二极管相同,即带绿色环的一端为负极,不带绿色环的一端为正极,在实际使用中,只要仔细观察很容易区分。

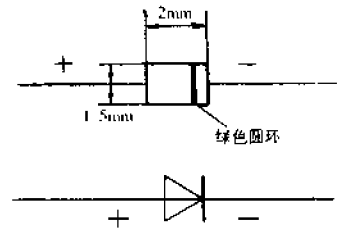


图 4-120 高频变阻二极管的极性识别

### 2. 测量正、反向电阻判断好坏

具体方法与测量普通二极管正、反向电阻的方法相同。当使用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡测量时,正常的高频变阻二极管的正向电阻为  $5 \sim 5.5k\Omega$ ,反向电阻为  $\infty$ 。如果测得的正、反向电阻值不在正常范围内,则说明被测高频变阻二极管性能不良。

## § 4.42 检测中小功率晶体三极管

### 一、晶体三极管的结构类型及主要参数

晶体三极管通常简称为晶体管或三极管,是各种电子设备的常用元件。三极管的内部结构和电路符号如图 4-121 所示。它由两个相距很近的 PN 结组成,有三个电极,即发射极 e、基极 b 和集电极 c。三个电极分别与三极管内部半导体的三个区(发射区、基区和集电区)相接。发射区与基区之间的 PN 结称为发射结;集电区与基区之间的 PN 结称为集电结。按 PN 结的不同组合方式,晶体三极管分为 PNP 型和 NPN 型两种,这两种类型的三极管在电路符号上是有区别的,PNP 型管的发射极箭头向内,NPN 型管的发射极箭头向外。二者电源电压的连接方式不同。

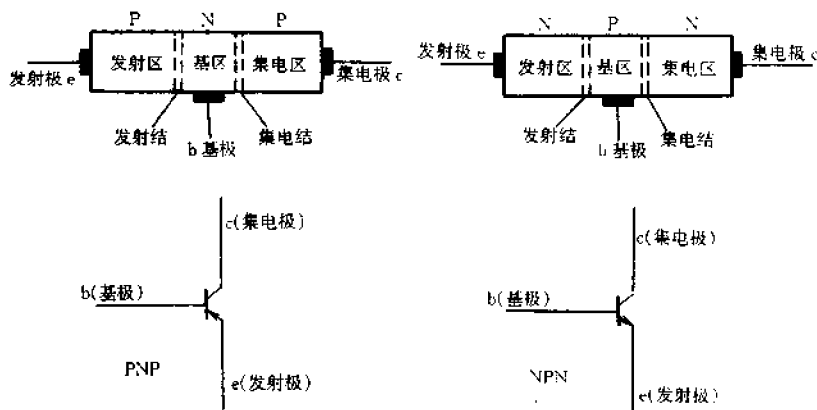


图 4-121 晶体三极管的结构和电路符号

晶体三极管有如下主要参数。

(1) 共发射极电流放大系数  $\beta$ 。晶体三极管的基极电流  $I_b$  微小的变化能引起集电极电流  $I_c$  较大的变化,这就是晶体三极管的放大作用。由于  $I_b$  和  $I_c$  都以发射极作为共用电极,所以把这两个变化量的比值,叫做共发射极电流放大系数,用  $\beta$  或  $h_{FE}$  表示,即

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

式中“ $\Delta$ ”表示微小变化量,是指变化前的量与变化后的量的差值,即增加或减少的数量。有些书籍把直流参数  $\beta$  与交流参数  $\beta$  分开来讲,在实际应用中,为了方便,一般不加以严格区分。

(2) 穿透电流  $I_{CEO}$ 。 $I_{CEO}$ 是指基极开路,集电极与发射极之间加上规定的反向电压时,流过集电极的电流。穿透电流也是衡量管子质量的一个重要指标。在室温下,小功率硅管的  $I_{CEO}$ 为几十微安,锗管约为几百微安。 $I_{CEO}$ 大的管子,热稳定性能较差,且寿命也短。

(3) 集电极最大允许电流  $I_{CM}$ 。指允许通过三极管集电极的最大电流。使用三极管时,集电极电流不能超过  $I_{CM}$ 值,否则,会引起三极管性能变差甚至损坏。

(4) 发射极和基极反向击穿电压  $BV_{EBO}$ 。指集电极开路时,发射结的反向击穿电压。虽然通常发射结加有正向电压,但当有大信号输入时,在负半周峰值时,发射结可能承受反向电压,该电压应远小于  $BV_{EBO}$ ,否则易使三极管损坏。

(5) 集电极和基极击穿电压  $BV_{CBO}$ 。指发射极开路时,集电极的反向击穿电压。在使用中,加在集电极和基极间的反向电压不应超过  $BV_{CBO}$ 。

(6) 集电极和发射极反向击穿电压  $BV_{CEO}$ 。指基极开路时,允许加在集电极与发射极之间的最高电压值。集电极电压过高,会使三极管击穿,所以,使用时加在集电极的工作电压(即直流电源电压),不能高于管子的  $BV_{CEO}$ 。一般应取  $BV_{CEO}$ 高于电源电压的一倍。

(7) 集电极最大耗散功率  $P_{CM}$ 。三极管在工作时,集电结要承受较大的反向电压和通过较大的电流,因消耗功率而发热。当集电结所消耗的功率(集电极电流与集电极电压的乘积)过大时,就会产生高温而烧坏。一般锗管的PN结最高结温约  $75 \sim 100^\circ\text{C}$ ,硅管的最高结温约  $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 。因此,规定三极管集电极温度升高到不致于将集电结烧毁所消耗的功率为集电极最大耗散功率  $P_{CM}$ 。放大电路不同,对  $P_{CM}$ 的要求也不同。使用三极管时,不能超过这个极限值。

(8) 特征频率  $f_T$ 。表示共发射极电路中,电流放大倍数  $\beta$  值下降到 1 时所对应的频率。若电路的工作频率大于三极管的特征频率,三极管便失去电流放大能力。

## 二、国内外三极管的型号命名方法

### 1. 国产三极管的型号命名方法

我国晶体三极管的名称由四部分组成。

第一部分用阿拉伯数字 3 表示电极的数目。

第二部分用汉语拼音字母表示三极管的材料和极性。组成三极管的不同极性的材料有四种,“A”代表 PNP 型锗材料,“B”代表 NPN 型锗材料,“C”代表 PNP 型硅材料,“D”代表 NPN 型硅材料。

第三部分用汉语拼音字母表示三极管的类型。常用的有五种,“X”代表低频小功率三极管;“G”代表高频小功率三极管;“D”代表低频大功率三极管;“A”代表高频大功率三极管;“K”

代表开关管。

第四部分用数字表示三极管的序号。

第五部分用汉语拼音字母表示规格号。例如,3DG12B表示它是一个硅材料 NPN 型高频小功率三极管。

总之,我国晶体三极管的型号命名由数字和汉语拼音字母组合而成,其型号组成部分的符号及其意义可归纳如表 4-41 所示。

表 4-41 国产三极管的命名方法

| 3     | D  | G  | 6A                   |
|-------|--|--|----------------------|
| 第一部分  | 第二部分                                     | 第三部分   | 第四部分                 |
| 表示电极数 | 表示材料和极性                                  | 表示晶体管类型                                      | 数字表示序号,末位拼音表示该种管子的规格 |
| 3-三极管 | A-锗 PNP<br>B-锗 NPN<br>C-硅 PNP<br>D-硅 NPN | G-高频小功率管<br>A-高频大功率管<br>X-低频小功率管<br>D-低频大功率管 |                      |

注:1.  $f_T \geq 3\text{MHz}$  为高频管,  $f_T < 3\text{MHz}$  为低频管,  $P_{CM} \geq 1\text{W}$  为大功率管,  $P_{CM} < 1\text{W}$  为小功率管。

2. 3DG6C 为硅 NPN 高频小功率管。

## 2. 国外晶体三极管的型号命名方法

市场上目前常见的国外三极管,大多是日本、美国及欧洲的产品。这些国家生产的三极管,各有各的命名方法。

### (1) 日本三极管命名方法

型号的第一、二部分是两个字符:2S。其中,2表示具有2个PN结,S则表示属日本电子工业协会注册登记的产品。

型号的第三部分一般用 A、B、C、D 字母来表示管子的极性和类型。A、B 为 PNP 型管,C、D 为 NPN 型管。其中 A、C 多为高频管,B、D 多为低频管。但也有例外的特殊情况,使用时应予以注意。

型号的第四部分用两位以上的阿拉伯数字,表示注册登记顺序号。一般来讲,数字越大,越是近期产品,但连号管子的性能不一定相似。另外,数字后跟有 A、B、C 字母,表示是原型号的改进产品。

由以上特点可知,日本晶体三极管型号的命名方法能反映出管子是 PNP 型还是 NPN 型,是高频管还是低频管,但不反映是硅管还是锗管以及管子的性能如何。例如彩电放管 2SA562 的各部分含义如下:

$\frac{2}{\text{三极管}}$      $\frac{S}{\text{注册产品}}$      $\frac{A}{\text{PNP型高频管}}$      $\frac{562}{\text{登记序号}}$

注意,有些管面比较小的塑封管,为了将型号打印上,常把 2S 省略。如 A733,实际型号为 2SA733,它是一种 PNP 型高频管;再如 C1942,全称型号为 2SC1942,是 NPN 型管子。此管有些特殊,虽然标示为 NPN 型高频管,实际上是彩电行输出管,  $f_T$  并不高。

### (2) 美国三极管命名方法

美国三极管型号的命名方法与日本有相似之处。其特点是用 2N 开头, 2 也表示 2 个 PN 结, N 表示美国电子工业协会注册标志。型号的第三部分与日本不同, 不表示极性和类型, 而是像日本第四部分那样, 用数字表示注册登记的序号。例如, 2N6275 即为美国产三极管。美国型号比日本型号简单, 型号中不反映管子的材料(硅或锗)、类型(PNP 或 NPN)等特性, 只能从 2N 开头的型号上识别出是美国生产或其他国家按美国型号生产的三极管。

### (3) 欧洲三极管的命名方法

欧洲的许多国家命名三极管型号的方法都差不多。型号直接用字母 A、B 开头, A 表示锗管; B 表示硅管。在第二部分字母中用 C、D 表示低频管; F、L 表示高频管。其中 C、F 为小功率管; D、L 为大功率管。用 S 和 U 分别表示小功率开关管和大功率开关管。型号的第三部分用三位数表示登记序号。例如, BU208A 的含义为:

$\frac{B}{\text{硅材料}}$      $\frac{U}{\text{大功率开关管}}$      $\frac{208}{\text{登记序号}}$      $\frac{A}{\beta \text{ 参数为 A 挡}}$

综合上述日本、美国和欧洲三极管的命名方法, 可归纳列成表 4-42。若要更详细了解各型号管子的特性参数, 可查阅有关手册或进行必要的测量。

表 4-42 日本、美国和欧洲三极管命名方法

|    | 一                  | 二  | 三  | 四                  | 五                         | 备注                            |
|----|--------------------|--|--|--------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 日本 | 2                  | S  | A - PNP 高频<br>B - PNP 低频<br>C - NPN 高频<br>D - NPN 低频 | 两位以上数字<br>表示登记序号   | 用 A、B、C 表示<br>对原型号的<br>改进 | 不表示硅、锗材料及功率<br>大小             |
| 美国 | 2                  | N  | 多位数字表示<br>登记序号                                       | .                  |                           | 不表示硅、锗材料、PNP 或<br>NPN 类型、功率大小 |
| 欧洲 | A - 锗材料<br>B - 硅材料 | C - 低频小功率管<br>D - 低频大功率管<br>F - 高频小功率管<br>L - 高频大功率管<br>S - 小功率开关管<br>U - 大功率开关管 | 三位数字表示<br>登记序号                                       | $\beta$ 参数分挡标<br>志 |                           | 不表示 PNP 或 NPN 型极<br>性         |

除了上述国家的产品外, 韩国三星电子公司(SAMSUNG)生产的三极管, 在我国市场上也较多见。它是以四位数字来表示型号的, 例如 9011 ~ 9018 等。表 4-43 列出了部分韩国三极管的型号和参数, 供参考。

表 4-43 部分韩国产三极管参数

| 型 号         | 9011 | 9012 | 9013 | 9014 | 9015 | 9016 | 9018 | 8050 | 8550 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 极 性         | NPN  | PNP  | NPN  | NPN  | PNP  | NPN  | NPN  | NPN  | PNP  |
| 功率(mW)      | 400  | 625  | 625  | 450  | 450  | 400  | 400  | 1000 | 1000 |
| $f_T$ (MHz) | 150  | 150  | 140  | 80   | 80   | 500  | 500  | 100  | 100  |
| 用 途         | 高放   | 功放   | 功放   | 低放   | 低放   | 超高频  | 超高频  | 功放   | 功放   |

### 三、中小功率三极管的外形和引脚排列

通常把最大集电极电流  $I_{CM} < 1A$  或最大集电极耗散功率  $P_{CM} < 1W$  的三极管统称为中、小功率三极管。其主要特点是功率小,工作电流小。中、小功率三极管的种类很多,体积大小不一,外形也各不相同。中、小功率晶体三极管常见外形及引脚排列如图 4-122 所示。

(1) 如图 4-122(a)所示,低频管 3AX 型,高频管 3AG 型的引脚排列都属此种。

(2) 如图 4-122(b)所示,3DG、3CG 等型号硅管都属此种排列方式。注意,外壳上的凸起部分称管键,对着管键的引脚是发射极。

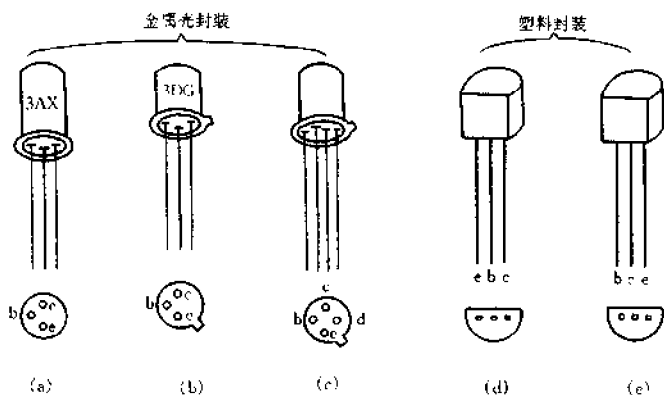


图 4-122 中小功率三极管的外形与引脚排列

(3) 有些高频三极管有四条引线,如图 4-122(c)所示,其中 d 脚是与外壳相接的,使用时应接地。

(4) 常见的塑料封装硅三极管的引脚排列如图 4-122(d)所示。识别时,将管子的引脚朝下,平面方向对着识别者,其引脚从左至右,依次是 e、b、c。但也有些管子是按图 4-122(e)所示规律排列的,使用时应注意正确区分。

### 四、中小功率三极管的检测方法

#### 1. 性能好坏的判定

对已知型号和引脚排列的三极管,可按下述方法来判断其性能好坏。

##### (1) 测量极间电阻

测试方法如图 4-123 所示。将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡,按照红、黑表笔的六种不同接法进行测试。其中,发射结和集电结的正向电阻值比较低,其他四种接法测得的电阻值都很大。质量良好的中、小功率三极管,正向电阻一般为几百欧姆至几千欧,其余的极间电阻值约为几百千欧至  $\infty$ 。但不管是低阻还是高阻,硅材料三极管的极间电阻要比锗材料三极管的极间电阻大。

##### (2) 估测穿透电流 $I_{CEO}$

三极管的穿透电流  $I_{CEO}$  的数值近似等于管子的放大倍数  $\beta$  和集电结的反向饱和电流  $I_{CBO}$  的乘积。 $I_{CBO}$  随着环境温度的升高而增大很快, $I_{CBO}$  的增加必然造成  $I_{CEO}$  的增大,而  $I_{CEO}$  的增



大将直接影响管子工作的稳定性,所以在使用中应尽量选用  $I_{CEO}$  小的管子。

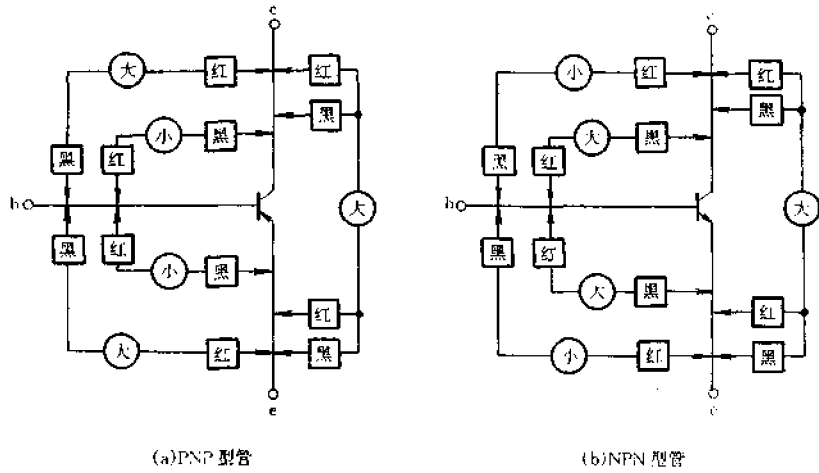


图 4-123 测试方法

通过用万用表电阻挡测量三极管 e、c 极之间的电阻的方法,可间接估计  $I_{CEO}$  的大小。具体测试电路如图 4-124 所示。其中,(a)为测 PNP 型管的接法,(b)为测 NPN 型管的接法。万用表电阻挡量程一般选用  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡,要求测得的电阻值越大越好。被测管 e-c 间的阻值越大,说明其  $I_{CEO}$  越小;反之,所测阻值越小,说明被测管的  $I_{CEO}$  越大。一般说来,中小功率硅管、锗材料高频管及锗材料低频管,其阻值应分别在几百千欧、几十千欧及十几千欧以上。如果阻值很小或测试时万用表指针来回晃动,则表明  $I_{CEO}$  很大,管子的性能不稳定。

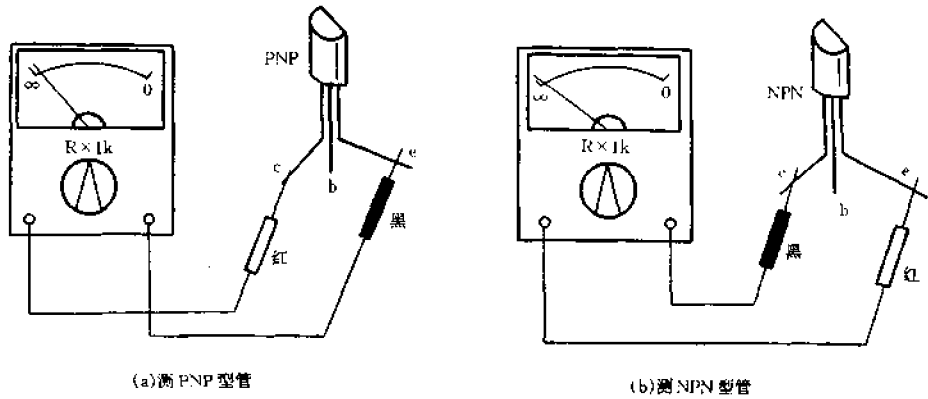


图 4-124 估测三极管的  $I_{CEO}$

在测量三极管  $I_{CEO}$  的过程中,还可同时检测管子的稳定性优劣。具体方法是,测量时,用手捏住管壳约 1 分钟左右,观察万用表指针向右漂移的情况,指针向右漂移摆动速度越快,说明管子的稳定性越差。通常,e、c 间电阻比较小的管子,热稳定性相对就较差。

表 4-44 列出了使用 500 型万用表实测的几种常用中、小功率三极管的极间正常电阻值,供读者测量时参考。

表 4-44

常用中小功率三极管的极间电阻

| 型 号    | 正反向 | 阻值及万用表量程       |                |                |                |
|--------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
|        |     | $R_{be}$       | 量程             | $R_{cb}$       | 量程             |
| 3AG1   | 正   | 82 $\Omega$    | R $\times$ 10  | 62 $\Omega$    | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 140k $\Omega$  | R $\times$ 1k  | $\infty$       | R $\times$ 1k  |
| 3AK20  | 正   | 60 $\Omega$    | R $\times$ 10  | 60 $\Omega$    | R $\times$ 10  |
|        | 反   | $\infty$       | R $\times$ 1k  | $\infty$       | R $\times$ 1k  |
| 3DG6B  | 正   | 240 $\Omega$   | R $\times$ 10  | 260 $\Omega$   | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 190k $\Omega$  | R $\times$ 10k | $\infty$       | R $\times$ 10k |
| 3DG8B  | 正   | 240 $\Omega$   | R $\times$ 10  | 260 $\Omega$   | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 280k $\Omega$  | R $\times$ 10k | $\infty$       | R $\times$ 10k |
| 3DG12A | 正   | 240 $\Omega$   | R $\times$ 10  | 220 $\Omega$   | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 160k $\Omega$  | R $\times$ 10k | $\infty$       | R $\times$ 10k |
| 3DG56B | 正   | 280 $\Omega$   | R $\times$ 10  | 300 $\Omega$   | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 160k $\Omega$  | R $\times$ 10k | $\infty$       | R $\times$ 10k |
| 3DA87C | 正   | 200 $\Omega$   | R $\times$ 10  | 200 $\Omega$   | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 220k $\Omega$  | R $\times$ 10k | $\infty$       | R $\times$ 10k |
| 3CG14B | 正   | 220 $\Omega$   | R $\times$ 10  | 220 $\Omega$   | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 300k $\Omega$  | R $\times$ 10k | $\infty$       | R $\times$ 10k |
| 3AX31B | 正   | 30 $\Omega$    | R $\times$ 10  | 29 $\Omega$    | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 300k $\Omega$  | R $\times$ 1k  | 150k $\Omega$  | R $\times$ 1k  |
| 3AX83B | 正   | 60 $\Omega$    | R $\times$ 10  | 58 $\Omega$    | R $\times$ 10  |
|        | 反   | 300k $\Omega$  | R $\times$ 1k  | 250k $\Omega$  | R $\times$ 1k  |
| 9012   | 正   | 6.4 k $\Omega$ | R $\times$ 1k  | 6.3 k $\Omega$ | R $\times$ 1k  |
|        | 反   | $\infty$       | R $\times$ 1k  | $\infty$       | R $\times$ 1k  |
| 9013   | 正   | 6.6 k $\Omega$ | R $\times$ 1k  | 6.7 k $\Omega$ | R $\times$ 1k  |
|        | 反   | $\infty$       | R $\times$ 1k  | $\infty$       | R $\times$ 1k  |

## 2. 测量放大能力( $\beta$ )

方法一:

测试方法如图 4-125 所示。其中,(a)为测 PNP 型管的接法,(b)为测 NPN 型管的接法。万用表置于 R $\times$ 1k 挡,先将红、黑表笔按图 4-125 所示电路接相应引脚,然后将电阻 R 接入电路。此时,万用表指针应向右偏转,偏转的角度越大,说明被测管的放大倍数  $\beta$  越大。如果接上电阻 R 以后指针向右摆动幅度不大或者停在原位不动,则表明管子的放大能力很差或者已经损坏。电阻 R 可用 50~100k $\Omega$  的固定电阻,也可利用人体电阻,即用手捏住 c、b 两引脚(注意,c、b 间不能短接)来代替电阻 R。另外也可用两手操作,用舌头去舔 c、b 两引脚来充当电阻 R 进行测试。

上述方法的优点是简单易行,缺点是只能比较管子  $\beta$  值的相对大小,而不能测出  $\beta$  的具体数值。

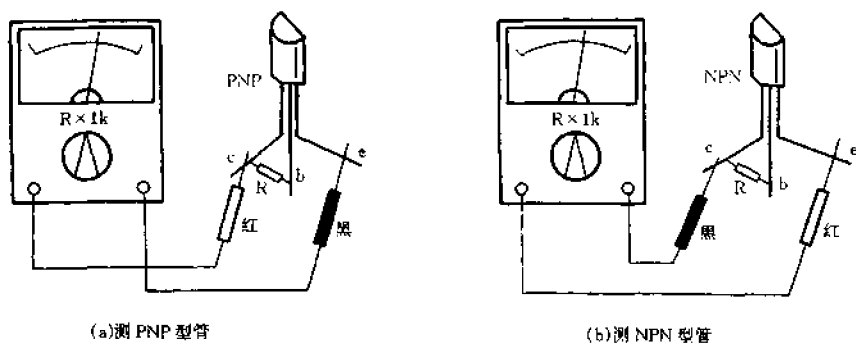


图 4-125 估测三极管  $\beta$  值

方法二：

测试方法如图 4-126 所示。(a)为测量 PNP 型管的接法,(b)为测量 NPN 型管的电路。将万用表置于 DC10mA 挡,然后将三极管接入相应的电路,根据此时万用表的指示值  $I_0$ ,便可算出被测三极管的直流放大倍数  $\beta$ 。按图 4-126 所示元件数值组成测试电路时, $\beta$  值的近似计算公式为

$$\beta = 20I_0(\text{倍})$$

式中, $I_0$  的单位为毫安(mA)。

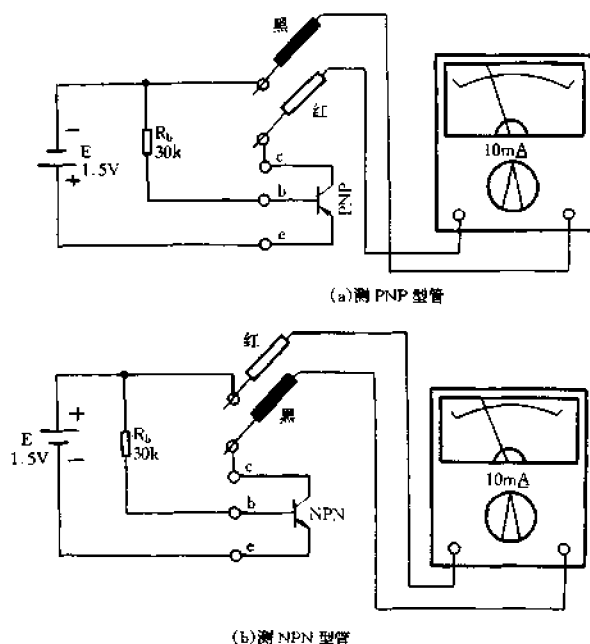


图 4-126 测量三极管的  $\beta$  值

这种测量方法的原理是,当三极管被接入电路时,其基极电流  $I_b$  近似为

$$I_b = \frac{E_c}{R_b} = \frac{1.5V}{30k\Omega} = 50\mu A$$

而万用表指示的值可认为近似等于管子的集电极电流  $I_c$  (实际上  $I_0 = I_c + I_{CE0}$ )。根据三极管直流放大倍数  $\beta$  的定义, 可得

$$\beta = \frac{I_c}{I_b} \approx 20 I_0$$

上述方法除了可以测量三极管的  $\beta$  值以外, 还可测量管子的  $I_{CBO}$  和  $I_{CEO}$ 。只要分别将管子的 c、b 极或 e、c 极接入相应电路, 万用表指示的数值便是  $I_{CBO}$  或  $I_{CEO}$  值。为了使读数精确一些, 此时可将万用表拨至 DC1mA 或  $50\mu A$  挡进行测量。

采用上述方法需注意的是, 三极管的  $I_{CBO}$  和  $I_{CEO}$  值的测量与使用的电源电压的高低关系不大, 而  $\beta$  值的测量则与使用的电源电压有一定关系。一般来说, 电源电压越高, 集电极电流越大, 测得的  $\beta$  值也越大。

方法三:

用这种方法测量三极管的  $\beta$ , 其误差约在 20% 以内。测试方法 (以测 NPN 管为例) 如图 4-127 所示。将表 I 拨到  $R \times 1k$  挡, 表 II 拨到  $R \times 10$  挡。根据表 I 指示的电阻值求出  $I_b$ , 根据表 II 指示的电阻值求出  $I_{ce}$ 。求  $I_b$  和  $I_c$  的通用公式为,  $I = nE/50KR_0$ 。式中,  $n$  为指针偏转的格数 (设满度为 50 个等分),  $E$  为表内电源电压,  $K$  为所用电阻挡的倍率,  $R_0$  为所用万用表中心阻值。求出  $I_b$  和  $I_c$  后, 进而则可求得  $\beta = I_c/I_b$ 。

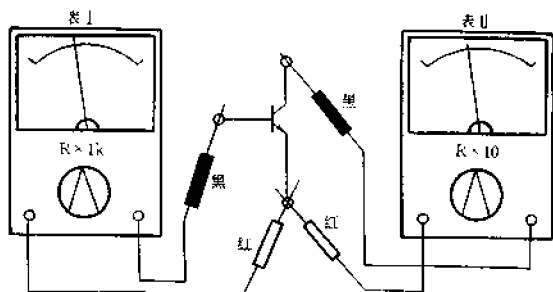


图 4-127 双表法测量三极管  $\beta$  值

举例说明。测试一只小功率 NPN 型三极管, 表 I 置于  $R \times 1k$  挡, 指针摆幅  $n_1 = 30$  小分格; 表 II 置于  $R \times 10$  挡, 指针摆幅  $n_2 = 24$  小分格, 两表电源电压均为 1.5V, 中心阻值均为  $25\Omega$ , 计算如下

$$I_b = 30 \times 1.5 / 50 \times 10^3 \times 25 = 36 (\mu A)$$

$$I_c = 24 \times 1.5 / 50 \times 10 \times 25 = 2.88 (mA)$$

$$\beta = I_c / I_b = 2.88 / 0.036 = 80 \text{ 倍}$$

若两只万用表型号相同, 则上述计算过程可简化为

$$\beta = K_1 n_2 / K_2 n_1 = 10^3 \times 24 / 10 \times 30 = 80$$

如果测试 PNP 型管, 将两表笔对调即可。

### 3. 检测判别电极

如果不知道三极管的引脚排列, 可按下述方法进行检测判断。

#### (1) 判定基极 b 并区分 PNP 与 NPN 类型

测试方法如图 4-128 所示。用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡测量三极管三个电极中每两个电极之间的正、反向电阻值, 当用第一只表笔接某一电极, 而用第二只表笔先后接触另外两个电极时, 若测得值为低阻, 则第一只表笔所接的电极即为基极 b。这时, 要注意表笔的极性, 如果红表笔接的是基极 b, 黑表笔分别接在其他两电极时, 测得的阻值都较小, 则说明被测管为 PNP 型; 如果黑表笔接的是基极 b, 红表笔分别接触其他两电极时, 测得的阻值都较小, 则被测管为 NPN 型。

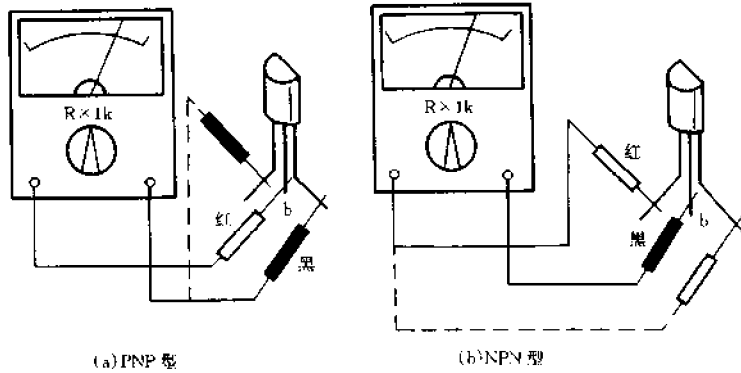


图 4-128 判定三极管的基极 b

(2) 判定集电极 c 和发射极 e

方法一:

检测 PNP 型管时,将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡,红表笔接基极 b,用黑表笔分别接触另外两个引脚,所测得的两个电阻值会是一大一小。在所得阻值小的一次测量中,黑表笔所接引脚为集电极 c;在所得阻值较大的一次测量中,黑表笔所接引脚为发射极 e。

检测 NPN 型管时,将黑表笔固定接基极,用红表笔去接触其余两引脚,在所得阻值较小的一次测量中,红表笔所接引脚为集电极 c;在所得阻值较大的一次测量中,红表笔所接引脚为发射极 e。

方法二:

测试方法如图 4-129(a)所示。现以测 NPN 型三极管为例加以说明。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,先使被测三极管的基极 b 悬空,万用表的红、黑表笔分别任接其余两引脚,此时指针应指在  $\infty$  位置。然后用手指同时捏住基极 b 与右边的引脚,如果万用表指针向右偏转较明显,则表明右边的引脚即为集电极 c,左边的引脚为发射极 e。如果万用表指针基本不摆动,可改用手指同时捏住基极 b 与左边的引脚,若指针向右偏转较明显,则证明左边引脚为集电极 c,右边的引脚为发射极 e。如果在以上两次测量过程中,万用表指针均不向右摆动或摆动的幅度不明显,则说明万用表给被测三极管提供的测试电压极性接反了,应将红、黑表笔对调位置后

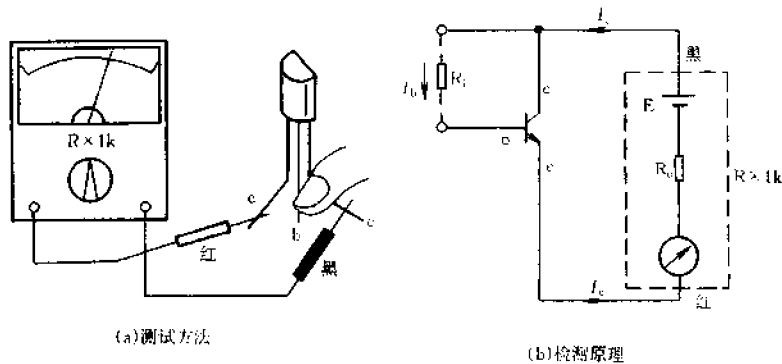


图 4-129 判定 NPN 型三极管的 c、e 极

再按上述步骤重新测试,直到将管子的 c、e 极区分开为止。

用此种方法判定 c、e 电极的原理如图 4-129(b) 所示。在这里,基极偏置电阻 R 是用手指来代替的。由于被测管子的集电结上加有反向偏压,发射结加的是正向偏压,所以使其处于放大状态,此时电流放大倍数较高,所产生的集电极电流  $I_C$  便使万用表指针明显向右偏转。倘若红、黑表笔接反了,就等于工作电压接反了,管子也就不能正常工作,放大倍数大大降低,从几十倍降至几倍,甚至为零,因此,万用表指针摆幅极小甚至根本不动。

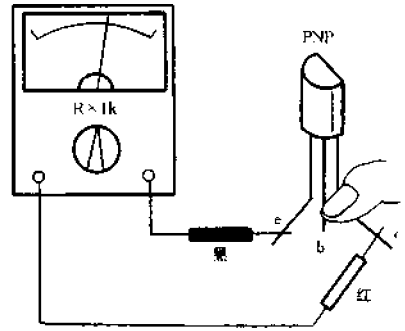


图 4-130 判断 PNP 管的 c、e 极

判定 PNP 型管 c、e 电极的方法如图 4-130 所示,具体操作方法与测试 NPN 型管基本相同,但按正常接法,发射极 e 接到黑表笔时,万用表指针的摆幅才很明显。

#### 4. 判别锗管与硅管

测试电路如图 4-131 所示: E 为一节 1.5V 干电池, RP 为 50~100kΩ 的电位器。将万用表置于 DC2.5V 挡。电路接通以后,万用表所指示的便是被测管子的发射结正向压降。若是锗管,该电压值为 0.2~0.3V;若是硅管,该电压值则为 0.6~0.8V。

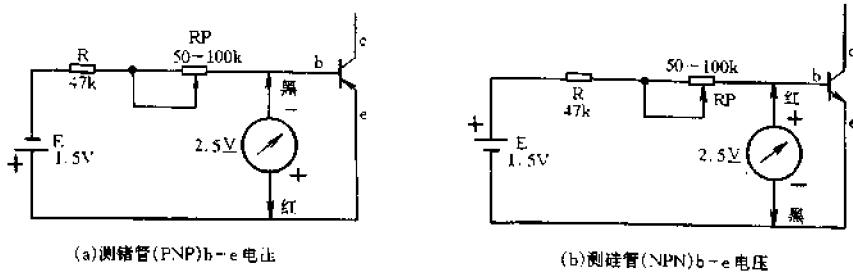


图 4-131 测三极管 b、e 间电压判别锗管与硅管

#### 5. 判别高频管与低频管

高频管的截止频率大于 3MHz,而低频管的截止频率则小于 3MHz,在一般情况下,二者是不能互换使用的。由于高、低频管的型号不同,所以,当它们的标志清楚时,可以查有关手册比较容易地直接加以区分。当它们的标志型号不清时,可利用其  $BV_{EBO}$  的不同用万用表测量发射结的反向电阻,将高、低频管区分开。具体方法是(以 NPN 型管为例),将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔接管子的发射极 e,红表笔接管子的基极 b。此时,电阻值一般均在几百千欧以上。接着将万用表拨至  $R \times 10k$  高阻挡,红、黑表笔接法不变,重新测量一次 e、b 间的电阻值。若所测阻值与第一次测得的阻值变化不大,可基本断定被测管为低频管;若阻值变化较大,超过万用表满度的三分之一,可基本判定被测管为高频管。

#### 6. 在路电压检测判断法

在实际应用中,中、小功率三极管多是直接焊在印制电路板上,由于组件的安装密度大,拆卸比较麻烦,所以在检测时常常通过用万用表直流电压挡测量三极管各引脚的电压值,来推断其工作是否正常,进而判别其好坏。这就是所谓的在路电压检测判断法。

处于线性放大状态的三极管,正常工作时,发射结(e、b极间)上应有正向偏置电压;锗管为0.2~0.3V,硅管为0.6~0.8V;集电结(c、b极间)上应有反向偏置电压,其值一般在2V以上,可用万用表适当的直流电压挡进行测量。如果测量结果不在上述范围内,说明三极管(或其外围电路)存在故障。

## 五、中小功率三极管的代换原则

晶体三极管损坏后,最好选用与原管同规格、同型号的晶体管(称代换管)进行更换。但如果找不到与原管完全相同的代换管,则可按一定原则、方法,寻找合适的其他型号的三极管进行代换使用。

代换三极管有两条基本原则。

### 1. 代换管的类型应与原管类型相同

类型相同的含义有两点,一是制造三极管管芯的材料相同,即锗管代换锗管、硅管代换硅管;二是极性相同,即PNP型管代换PNP型管,NPN型管代换NPN型管。

### 2. 代换管的主要特性应与原管相近

特性相近的含义是指代换管的主要参数(或主要特性曲线)与原管相近似。晶体管的参数有几十种,作为某一用途的代换管,要求所有参数都与原管相似,不但困难,而且也没有必要。用于放大、变频等的代换管,只要如下主要参数与原管相近,便可进行代换。

(1) 集电极最大允许功耗  $P_{CM}$ 。满足  $P_{CM}$  要求应符合两条原则,一是代换管的  $P_{CM}$  应等于或略大于原管的  $P_{CM}$ ;二是代换管的  $P_{CM}$  必须大于将它装入电路后实际的功耗  $P_C$ 。

(2) 集电极最大允许电流  $I_{CM}$ 。满足  $I_{CM}$  同样要求符合两条原则,一是代换管的  $I_{CM}$  应等于或略大于原管的  $I_{CM}$ ;二是代换管的  $I_{CM}$  必须大于将它装入电路后实际流过它的最大电流值。

(3) 最高耐压  $BV_{CBO}$  和  $BV_{CEO}$ 。代换管的  $BV_{CBO}$ 、 $BV_{CEO}$  应大于原管的  $BV_{CBO}$  和  $BV_{CEO}$ 。

(4) 频率特性参数  $f_T$ 。代换管的  $f_T$  值应等于或大于原管的  $f_T$  值。

(5) 其他参数。代换某些特殊用途的三极管时,除应考虑上述四个参数外,还应考虑与其他用途相关的参数。例如代换低噪声放大管时,还应当用低噪声管代换(即噪声系数  $N_p$  小的管子);代换用作自动增益控制或自动电平控制的三极管时,还应选用具有这方面功能的管子作代换管。

## § 4.43 检测大功率晶体三极管

### 一、大功率晶体三极管的性能特点

通常把最大集电极电流  $I_{CM} > 1A$ ,或最大集电极耗散功率  $P_{CM} > 1W$  的晶体三极管统称为大功率三极管。其主要特点是功率大,工作电流大。大功率三极管分为金属壳封装和塑料封装两种。图4-132是这两种大功率三极管的常见外形及引脚排列顺序图。对于金属壳封装的管子,通常金属外壳即为集电极c,而对于塑封形式的管子,其集电极c通常与自带的散热片相通。因大功率三极管工作在大电流状态下,所以使用时应按要求加适当的散热片。

## 二、大功率晶体三极管的检测方法

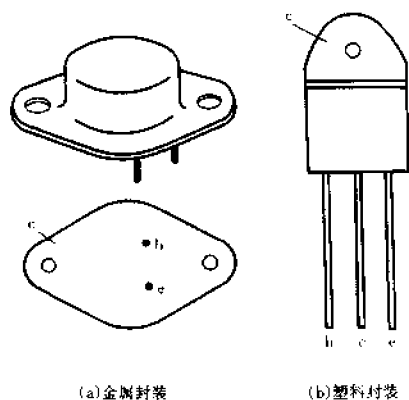


图 4-132 两种大功率三极管外形

利用万用表检测中小功率三极管的极性、管型及性能的各种方法,对检测大功率三极管来说,原则上也是适用的。但是,由于大功率三极管的工作电流比较大,因而其PN结的面积也较大。PN结较大,其反向饱和电流( $I_{CBO}$ 、 $I_{EBO}$ 、 $I_{CEO}$ )也必然增大。所以,若像测量中、小功率三极管极间电阻那样,使用万用表的  $R \times 1k$  挡测量,必然使测得的电阻值很小,好象极间短路一样,这很容易造成误判。特别是测量锗大功率三极管时,更是如此。为了避免这种误判发生,通常应使用  $R \times 10$  或  $R \times 1$  挡检测大功率三极管。

### 1. 测量极间电阻判别好坏

将万用表置于  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡,参照测量中小功率三极管结电阻的方法,进行六种不同状态的测量。其中发射结的正向电阻值比较低,其他四种接法的阻值较高。用  $R \times 1$  挡测量,测低阻值时,对硅管来说,万用表指针应指在中间偏右一点的位置;而对锗管来说,指针则应向右偏转至近  $0\Omega$  处。测高阻值时,对硅管而言,万用表指针应基本停在  $\infty$  位置不动;而对锗管而言,指针向右偏转不应超过满刻度的  $1/4$  处,否则表明管子质量较差或已经损坏。

表 4-45 列出了用 500 型万用表实测的国产大功率三极管的极间电阻值,供测试时参考。

表 4-45

实测部分国产大功率三极管极间电阻

| 型号     | 正反向 | 阻值及万用表量程     |                |             |                |              |                |
|--------|-----|--------------|----------------|-------------|----------------|--------------|----------------|
|        |     | $R_{cb}$     | 量程             | $R_{cb}$    | 量程             | $R_{ce}$     | 量程             |
| 3AD6C  | 正   | $26\Omega$   | $R \times 10$  | $26\Omega$  | $R \times 10$  | $1400\Omega$ | $R \times 10$  |
|        | 反   | $\infty$     | $R \times 10$  | $\infty$    | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10$  |
| 3AD30C | 正   | $22\Omega$   | $R \times 10$  | $22\Omega$  | $R \times 10$  | $1400\Omega$ | $R \times 10$  |
|        | 反   | $\infty$     | $R \times 10$  | $\infty$    | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10$  |
| 3DD12B | 正   | $130\Omega$  | $R \times 10$  | $120\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10k$ |
|        | 反   | $64k\Omega$  | $R \times 10k$ | $\infty$    | $R \times 10k$ | $72k\Omega$  | $R \times 10k$ |
| 3DD15D | 正   | $135\Omega$  | $R \times 10$  | $120\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10k$ |
|        | 反   | $300k\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$    | $R \times 10k$ | $320k\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD101 | 正   | $130\Omega$  | $R \times 10$  | $110\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10k$ |
|        | 反   | $370k\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$    | $R \times 10k$ | $400k\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD102 | 正   | $140\Omega$  | $R \times 10$  | $130\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10k$ |
|        | 反   | $440k\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$    | $R \times 10k$ | $480k\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD103 | 正   | $130\Omega$  | $R \times 10$  | $120\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10k$ |
|        | 反   | $260k\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$    | $R \times 10k$ | $280k\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD104 | 正   | $140\Omega$  | $R \times 10$  | $120\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$     | $R \times 10k$ |
|        | 反   | $420k\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$    | $R \times 10k$ | $440k\Omega$ | $R \times 10k$ |



| 型号      | 正反向 | 阻值及万用表量程      |                |              |                |               |                |
|---------|-----|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|----------------|
|         |     | $R_{ie}$      | 量程             | $R_{cb}$     | 量程             | $R_{ce}$      | 量程             |
| 3DD105  | 正   | 130 $\Omega$  | $R \times 10$  | 120 $\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$      | $R \times 10k$ |
|         | 反   | 240k $\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$     | $R \times 10k$ | 260k $\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD106  | 正   | 125 $\Omega$  | $R \times 10$  | 110 $\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$      | $R \times 10k$ |
|         | 反   | 600k $\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$     | $R \times 10k$ | 640k $\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD107  | 正   | 125 $\Omega$  | $R \times 10$  | 110 $\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$      | $R \times 10k$ |
|         | 反   | 240k $\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$     | $R \times 10k$ | 280k $\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD1708 | 正   | 120 $\Omega$  | $R \times 10$  | 115 $\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$      | $R \times 10k$ |
|         | 反   | 400k $\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$     | $R \times 10k$ | 440k $\Omega$ | $R \times 10k$ |
| 3DD01F  | 正   | 145 $\Omega$  | $R \times 10$  | 130 $\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$      | $R \times 10k$ |
|         | 反   | 400k $\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$     | $R \times 10k$ | 420k $\Omega$ | $R \times 10k$ |
| DP03    | 正   | 140 $\Omega$  | $R \times 10$  | 130 $\Omega$ | $R \times 10$  | $\infty$      | $R \times 10k$ |
|         | 反   | 280k $\Omega$ | $R \times 10k$ | $\infty$     | $R \times 10k$ | 300k $\Omega$ | $R \times 10k$ |

注意,有个别管子耐压较低或反向漏电流很大,有时会与表4-45内所列数值偏差很大,遇到这种情况,可测试一下它的放大能力,若有放大能力,可在低压电路或其他要求不高的电路中使用。

## 2. 检测放大能力兼测漏电流

测试电路如图4-133所示。将万用表置于 $R \times 1$ 挡。电阻 $R_b$ 的阻值取500 $\Omega$ ~1k $\Omega$ 左右。

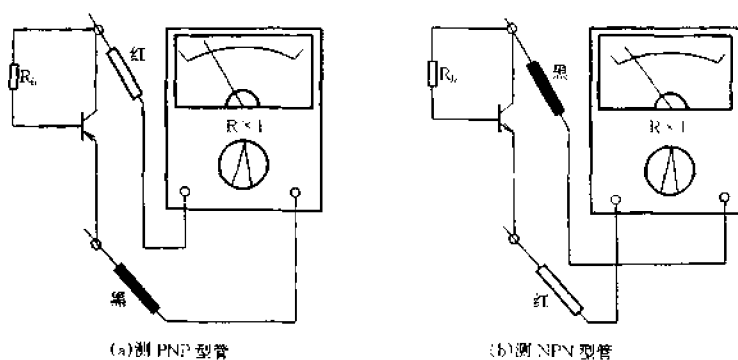


图4-133 估测大功率三极管放大能力及漏电流

测量时,先不接入电阻 $R_b$ ,即在被测管基极 $b$ 悬空的状态下,测量集电极 $c$ 与发射极 $e$ 之间的电阻值,此时万用表指示出的电阻值应为 $\infty$ (错管稍小一些)。注意,如果在未接 $R_b$ 时,阻值很小甚至接近于零,说明被测管漏电流太大,或已击穿损坏。

接下来把电阻 $R_b$ 接在基极 $b$ 和集电极 $c$ 之间,此时万用表指针应明显向右摆动,摆幅越大,说明被测管子的放大能力越强。如果万用表指针向右摆动的幅度比未接电阻 $R_b$ 时大不

了多少,则表明被测管子的放大能力很小或者已经损坏。

## § 4.44 检测巨型晶体管(GTR)

### 一、巨型晶体管的性能特点

巨型晶体管简称 GTR,是一种大功率电力电子半导体开关器件。其基本单元与普通晶体管相似,也采用 NPN 或 PNP 三层结构,但 GTR 的电流大,耐压高。它的工作频率一般为 50kHz。目前,国外已推出 300A/1200V、480A/550V 的 GTR 产品,我国也已经研制成功了 100A/1000V 的巨型晶体管。

GTR 在工业上用途非常广泛,用它可构成交流电动机变频调速器,功率能达到 1kVA 至数百千伏安,使大型压缩机、风机及水泵等设备的节能效率高达 30%~50% 左右。

图 4-134 是两种国产 GTR 的外形图。其中,(a)为 DT100 系列 GTR 产品的外形,(b)为 GTR100A/1000V 模块的外形。这两种 GTR 的主要参数如表 4-46 所列。

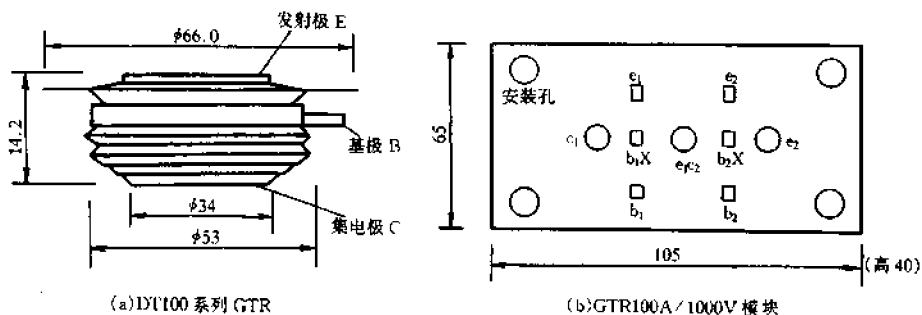


图 4-134 两种 GTR 外形

表 4-46

两种 GTR 主要参数

| 参 数<br>型 号    | $I_c$<br>(A) | $I_b$<br>(A) | $h_{FE}$   | $P_D$<br>(kW) | $BV_{CEO}$<br>(V) |
|---------------|--------------|--------------|------------|---------------|-------------------|
| DT100 系列      | 200          | 50           | $\geq 5$   | 2             | 1200/1100         |
| GTR100A/1000V | 100          | 6            | $\geq 100$ | 0.6           | 1000              |

下面以 GTR100A/1000V 型模块为例,介绍一下其内部结构。该模块的内部电路如图 4-135 所示。它是由两只性能一致的大功率 GTR 组合封装而成。GTR<sub>1</sub> 是由三极管 VT<sub>1</sub>~VT<sub>3</sub> 组成的三级达林顿管,c<sub>1</sub>、e<sub>1</sub> 和 b<sub>1</sub> 分别为三个引出电极。b<sub>1</sub>X 端是从 VT<sub>3</sub> 的基极引出,供测试时使用。同样,GTR<sub>2</sub> 是由三极管 VT<sub>4</sub>~VT<sub>6</sub> 构成的三级达林顿管,三个电极分别为 c<sub>2</sub>、e<sub>2</sub> 和 b<sub>2</sub>,b<sub>2</sub>X 为测试端,由 VT<sub>6</sub> 基极引出。为了防止在晶体管关断时,因感性负载(例如电动机绕组)及电源回路中电感的作用所产生的负向尖峰电压击穿晶体管,在 GTR 的集电极 c 和发射极 e 之间反向并接了一只过压保护二极管(如图 4-135 中的 VD<sub>1</sub> 和 VD<sub>2</sub>),用来将尖峰电压吸收掉。

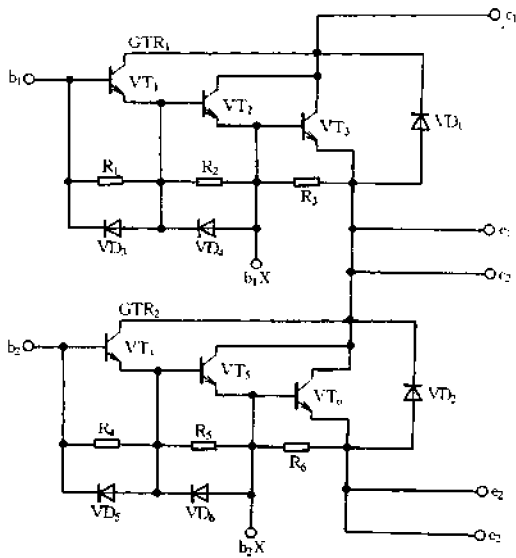


图 4-135 GTR 100A/1000V 的内部电路

现举一个具体实例来说明检测方法。被测管型号为 ST100Y2, 它的内部包含两只 GTR, 均为 NPN 型管。测试方法如图 4-136 所示 (仅以 GTR<sub>1</sub> 为例, 使用 500 型万用表 R × 10 挡)。下面依次叙述检测步骤。

电路中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $VD_3$ 、 $VD_4$  和  $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_6$ 、 $VD_5$ 、 $VD_6$  的作用是用来分别将 GTR<sub>1</sub> 和 GTR<sub>2</sub> 的漏电流泄放掉。

## 二、巨型晶体管的检测方法

(1) 参见图 4-136(a), 将红表笔接发射极  $e_1$ , 黑表笔接集电极  $c_1$ , 万用表指示的电阻值为  $\infty$ , 表明 GTR<sub>1</sub> 的穿透电流很小。再将万用表换用 R × 10k 挡复测  $c_1$  和  $e_1$  之间的电阻, 为 10MΩ, 说明  $c_1$  和  $e_1$  间无断路现象。

(2) 参见图 4-136(b), 将万用表拨回 R × 10 挡, 红表笔接  $c_1$  极, 黑表笔接  $e_1$  极, 电阻值为 43Ω。此时测得的实际上是保护二极管 VD 的正向电阻值。

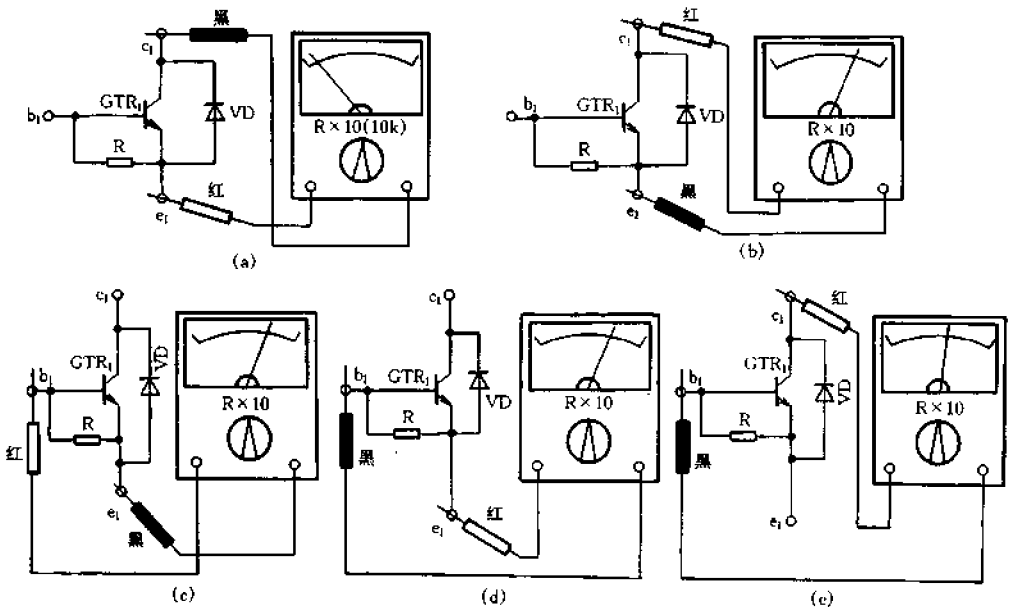


图 4-136 检测 ST100Y2 型 GTR 的方法

(3) 参见图 4-136(c), 将万用表红表笔接  $b_1$  极, 黑表笔接  $e_1$  极, 电阻值为 60Ω。此值是管子内部  $b_1$  和  $e_1$  极之间泄放电阻 R 的阻值。

(4) 参见图 4-136(d), 将红表笔接  $e_1$ , 黑表笔接  $b_1$ , 测得阻值为 57Ω。此值是发射结的正

向电阻与  $R$  的并联阻值。

(5) 参见图 4-136(e), 将红表笔接  $c_1$  极, 黑表笔接  $b_1$  极, 测得电阻值为  $195\Omega$ 。此值为集电结的正向电阻值。接着, 交换红、黑表笔再测, 反向电阻值为  $\infty$ , 表明集电结完好。

上述测量结果表明被测巨型晶体管  $GTR_1$  基本正常, 参照同样的方法可判断  $GTR_2$  的好坏。注意, 测量操作时, 不要用手接触基板  $b$  和发射极  $e$ , 以防止人体感应电压将  $GTR$  损坏。

## § 4.45 检测差分对管

### 一、差分对管的性能特点

差分对管是一种把两只性能一致的三极管封装成一体电子元件。它的内部包含有两只对称性很好的三极管, 通常要求两只管子  $h_{FE}$  的对称性  $\leq 2\%$ ,  $V_{be}$  的对称性  $\leq 1mV$ 。差分对管也有两种结构类型, 一种为硅 PNP 型高频小功率差分对管, 如典型产品 3CSC3、ECM1A 等; 另一种为硅 NPN 型小功率差分对管, 如国产 3DG06A~3DG06D 等。利用差分对管可构成性能优良的差分放大器, 用作仪器仪表的输入级和前置放大级, 使用起来十分方便。

### 二、差分对管的检测方法

#### 1. 识别引脚

差分对管的引脚排列是有一定规律的, 图 4-137 是差分对管的常见引脚排列方法。其中, 靠近管键的两引脚分别为  $e_1$  和  $e_2$ ,  $VT_1$  按顺时针方向排列为:  $e_1$ 、 $b_1$ 、 $c_1$ ;  $VT_2$  按反时针方向排列为:  $e_2$ 、 $b_2$ 、 $c_2$ 。

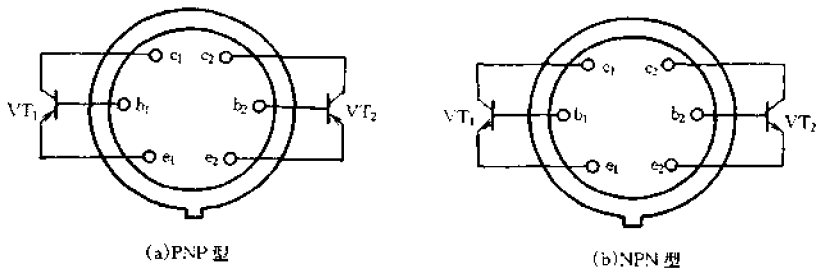


图 4-137 差分对管引脚排列

此外, 也可用万用表电阻挡来检测判别差分对管的电极。如图 4-138 所示, 这是一只型号不明的差分对管引脚的底视图。现将六个引脚分别编号为①、②、③、④、⑤、⑥。检测时, 将万用表置于  $R \times 100$  挡, 先用任一表笔固定接在任一脚上, 然后用另一支表笔依次去接触其他引脚, 按照此法轮换将各引脚间的电阻均普测一遍, 最后得到如表 4-47 所列的测试结果数据。根据测试数据可判定: 被测管是一只 PNP 型差分对管。  $VT_1$  的三个电极分别是: ②为  $b_1$ , ①为  $e_1$ , ③为  $c_1$ ;  $VT_2$  的三个电极分别是: ⑤为  $b_2$ , ⑥为  $e_2$ , ④为  $c_2$ 。

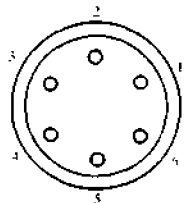


图 4-138 被测管底视图

表 4-47

判别 PNP 型差分对管引脚排列顺序实测电阻值

|             |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |
|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|
| 红表笔         | ① | ② | ① | ③ | ②   | ③ | ③ | ① | ④ | ⑤ | ④   | ⑥ | ③ | ① | ① | ⑥ |
| 黑表笔         | ② | ① | ③ | ① | ③   | ② | ④ | ③ | ⑤ | ④ | ⑥   | ⑤ | ① | ⑥ | ⑥ | ④ |
| 电阻值<br>(kΩ) | ∞ | 5 | ∞ | ∞ | 5.1 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | 5 | 5.2 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |

## 2. 检测两只差分对管参数的一致性

在业余条件下,对于差分对管的两只三极管参数一致性的检测,主要是比较一下两管的穿透电流和放大倍数是否相同。具体可按照检测中、小功率三极管穿透电流和放大倍数的方法分别对  $VT_1$  和  $VT_2$  进行测量,然后将两者所测结果进行对照比较,只要两只管子的这两个参数基本一致,通常是能够满足一般使用要求的。

## § 4.46 检测普通达林顿管(DT)

### 一、普通达林顿管的构造原理

达林顿管(DT)也称复合三极管。它是将两只或多只三极管的集电极连接在一起,而将第一只三极管的发射极直接接到第二只三极管的基极,依次级连复合而成,并引出 e、b、c 三个电极。图 4-139(a)、(b)所示是由两只 PNP 和 NPN 型三极管构成达林顿管的基本电路。如果设达林顿管是由 N 只三极管构成,而每只三极管的直流放大系数分别为  $h_{FE1}$ 、 $h_{FE2}$ 、 $h_{FE3}$ …… $h_{FEN}$ ,则达林顿管的总放大系数约为各管放大系数的乘积,即

$$h_{FE} \approx h_{FE1} \times h_{FE2} \times h_{FE3} \times \cdots \times h_{FEN}$$

所以,达林顿管的放大系数可以做得很高, $h_{FE}$ 值可达几千倍甚至几十万倍。

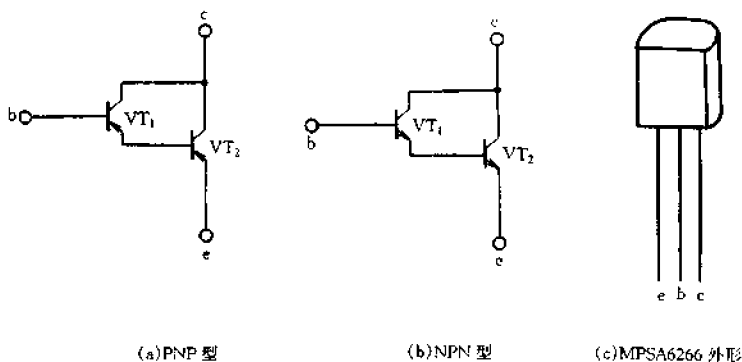


图 4-139 达林顿管的基本电路及 MPSA6266 型管外形

普通型达林顿管内部无保护电路,功率通常在 2W 以下。图 4-139(c)是美国摩托罗拉公司生产的 MPSA6266 型低噪声 PNP 型达林顿管的外形。其主要参数为: $h_{FE}$ 为 5000~200000,最大允许功耗  $P_{CM} = 600\text{mW}$ 。

## 二、普通达林顿管的检测方法

用万用表对普通达林顿管的检测包括判别电极、区分 PNP 和 NPN 类型、估测放大能力等内容。因为达林顿管的 e-b 极之间包含多个发射结,所以应该使用能提供较高电压的  $R \times 10k$  挡进行测量。下面以一个实例来介绍具体检测方法。

被测达林顿管的外形如图 4-140 所示,采用塑料封装,型号字迹不清。为叙述方便,现将三只引脚从左至右分别注上序号①、②、③。

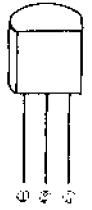


图 4-140 被测达林顿管外形

### 1. 判别基极 b 及管子类型

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,红表笔接②脚,黑表笔接①脚,测得电阻值为  $11k\Omega$ ;调换表笔再测,阻值为  $\infty$ ;将红表笔接②脚,黑表笔接③脚,测得的电阻值为  $5.2k\Omega$ ,调换表笔测得阻值为  $\infty$ ;将红表笔接①脚,黑表笔接③脚,测得的电阻值为  $250k\Omega$ ,调换表笔测量,所得电阻值为  $900k\Omega$ 。由上述测试结果便可以判定②脚为基极,且被测管为 PNP 型达林顿管。

### 2. 判别集电极 c 和发射极 e 并兼测放大能力

首先将红表笔接③脚,黑表笔接①脚,电阻值为  $900k\Omega$ ,然后保持两表笔与相应引脚接触不变,用舌尖去舔基极引脚②,此时万用表指针大幅度向右摆动到  $30k\Omega$  位置。最后将红、黑表笔对调,即将红表笔接①脚,黑表笔接③脚,万用表指示为  $250k\Omega$ 。保持表笔位置不变,并再次用舌尖去舔基极引脚②,此时万用表指针保持原位不动。由此判定被测达林顿管的①脚为发射极 e,③脚为集电极 c。测试过程还表明管子的放大能力很强。

测试时需要注意:因  $R \times 1k$  挡电池电压仅为  $1.5V$ ,所以不宜使用此挡检测达林顿管的放大能力。

## § 4.47 检测大功率达林顿管

### 一、大功率达林顿管的结构及性能特点

普通型达林顿管具有明显的缺点。由于其电流增益极高,所以当温度升高时,前级三极管的基极漏电流将被逐级放大,结果造成整体热稳定性变差,当环境温度较高、漏电严重时,有时易使管子出现误导通现象。为了克服这种不足,大功率达林顿管在普通达林顿管的基础上增加了保护功能,以适应在高温条件下工作时功率输出的需要。

图 4-141 是大功率达林顿管的内部结构原理图。由原理图可见,这类管子在 c 和 e 之间反向并接了一只起过压保护作用的续流二极管  $VD_1$ ,当感性负载(如继电器线圈)突然断电时,通过  $VD_1$  可将反向尖峰电压泄放掉,从而保护内部晶体三极管不被击穿损坏。另外,在晶体三极管  $VT_1$  和  $VT_2$  的发射结上还分别并入了电阻  $R_1$  和  $R_2$ 。在此, $R_1$  和  $R_2$  的作用是为漏电流提供泄放支路,因而称之为泄放电阻。因  $VT_1$  的基极漏电流比较小,所以  $R_1$  的阻值通常取得较大; $VT_1$  的漏电流经放大后加到  $VT_2$  的基极上,加之  $VT_2$  自身存在的漏电流,使得  $VT_2$  基极漏电流比较大,因此, $R_2$  的阻值通常取得较小。一般在设计大功率达林顿管时, $R_1$  常取几千欧,而  $R_2$  则取几十欧,这样可使两者之间满足  $R_2 \ll R_1$  的关系。

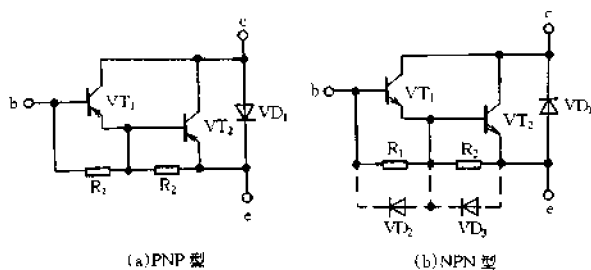


图 4-141 大功率达林顿管内部结构

大功率达林顿管中的保护元件  $VD_1$  以及泄放电阻  $R_1$ 、 $R_2$ ，均集成在管芯上，再用塑料或金属外壳进行封装，并引出相应电极。表 4-48 列出了几种大功率达林顿管的主要参数及相应外形，可供选用时参考。

表 4-48 几种大功率达林顿管主要参数和外形

| 参 数<br>型 号 | $V_{CEO}$ | $I_c$ | $h_{FE}$ | $P_0$ | 封装形式 | 外 形 |
|------------|-----------|-------|----------|-------|------|-----|
| BD677      | 60V       | 4A    | 750      | 40W   | (a)  |     |
| BD678      | -60V      | -4A   | 750      | 40W   | (a)  |     |
| BDX63A     | 80V       | 8A    | 500      | 90W   | (b)  |     |
| BDX62A     | -80V      | -8A   | 500      | 90W   | (b)  |     |
| KP110A     | 80V       | 10A   | 500      | 150W  | (b)  |     |
| MJ10016    | 500V      | 50A   | 25       | 250W  | (b)  |     |
| MJ11032    | 120V      | 50A   | 400      | 300W  | (b)  |     |
| MJ11033    | 120V      | 50A   | 400      | 300W  | (b)  |     |

## 二、大功率达林顿管的检测方法

检测大功率达林顿管的方法与检测普通型达林顿管基本相同。但由于大功率达林顿管内部设置了  $VD_1$ 、 $R_1$ 、 $R_2$  等保护和泄放漏电流的元件，所以在检测时应将这些元件对测量数据的影响加以区分，以免造成误判。具体检测时，可按下述几个步骤进行。

(1) 用万用表  $R \times 10k$  挡测量  $b$ 、 $c$  之间的电阻值，应明显测出具有单向导电性能。正、反向电阻值应有较大差异。

(2) 在大功率达林顿管  $b$ 、 $e$  之间有两个 PN 结，并且接有电阻  $R_1$  和  $R_2$ 。用万用表电阻挡检测时，当正向测量时，测到的阻值是  $b$ - $e$  结正向电阻值与  $R_1$ 、 $R_2$  阻值并联的结果；当反向测量时，发射结截止，测出的则是  $R_1 + R_2$ ，大约为几千欧，且阻值固定，不随电阻量程的变换而改变。但需要注意的是，有些大功率达林顿管在  $R_1$ 、 $R_2$  上还分别并有二极管  $VD_2$  和  $VD_3$ （参见图 5-141(b)虚线所示），因此当  $b$ 、 $e$  之间加上反向电压（即红表笔接  $b$ ，黑表笔接  $e$ ）时，所测得的则不是  $R_1 + R_2$ ，而是  $R_1 + R_2$  与两只二极管正向电阻之和的并联电阻值。

(3) 大功率达林顿管的  $e$ 、 $c$  之间并联有二极管  $VD_1$ ，所以，对于 NPN 型管，当黑表笔接  $e$ ，

红表笔接 e 时,二极管应导通,所测得的阻值即是二极管  $VD_1$  的正向电阻值;对于 PNP 型管,则红、黑表笔对调,所测阻值为  $VD_1$  的正向电阻值。

(4) 检测大功率达林顿管放大能力的方法与检测普通达林顿管的操作方法相同,可参照进行。

## § 4.48 检测片状三极管

### 一、片状三极管的特点

与普通三极管一样,片状三极管也有 NPN 型和 PNP 型之分,其种类也很多,例如有普通型管、超高频管、高反压管、达林顿型管等。片状三极管的最大特点是体积微小,且引脚相当短,可直接焊在印制板上。因此,片状三极管非常适宜在高频电路中使用。

### 二、片状三极管的检测方法

从原理上来说,检测片状三极管与检测普通三极管的方法是一样的。下面以一个实例来加以说明。被测三极管是一只用于彩电电源厚膜集成电路中的片状三极管,其外形如图 4-142(a)所示。检测可按下述步骤进行。

#### 1. 编序号

为便于操作,先用三根软皮绝缘导线分别焊在三个电极上,并编上序号①、②、③。

#### 2. 判定基极 b

使用 500 型万用表,拨至  $R \times 1k$  挡,依次用红、黑表笔测量各电极之间的正、反向电阻值,只有当黑表笔固定接③脚,红表笔先后接②、①脚时,所测得的两个电阻值分别为  $5k\Omega$  和  $4.5k\Omega$ ,而其他情况下阻值均为  $\infty$ 。由此可判定③脚为基极 b,且被测管肯定为 NPN 型管。

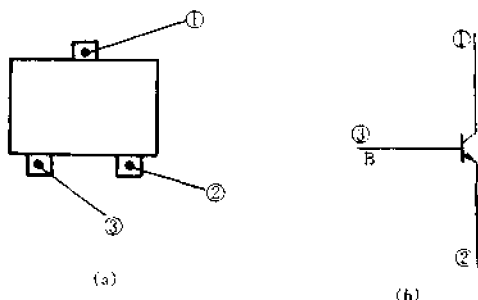


图 4-142 检测片状三极管

#### 3. 判别集电极 c 和发射极 e 及放大能力

(1) 根据上述判定基极 b 测试出的两个电阻值来判断,在阻值较小的一次 ( $4.5k\Omega$ ) 测量中,红表笔接的为 c,即①脚为集电极 c,余脚②便是发射极 e。

(2) 用测量放大能力的方法判别 e、c。仍使用万用表  $R \times 1k$  挡,将红表笔接①脚,黑表笔接②脚,用舌尖去舔③脚,指针基本不向右偏转。调换表笔测量,即将红表笔接②脚,黑表笔接①脚,再用舌尖去舔③脚,此时万用表指针向右大幅度摆动,由此证明,黑表笔所接的①脚为集电极,而红表笔所接的②脚则为发射极 e。测试中,因万用表指针摆动幅度很大,所以表明被测管放大倍数很大。

根据上述测试结果,绘出该片状三极管的引脚排列如图 4-142(b)所示。



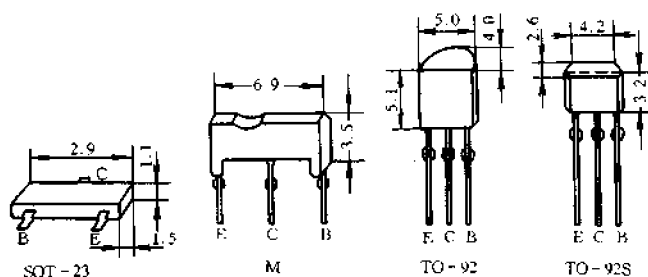
## § 4.49 检测带阻三极管

### 一、带阻三极管的内部结构

在新型大屏幕直角平面遥控彩色电视机及电视录像一体机等家用电器的电路中,普遍使用了一种带阻三极管。这种管子大多起反相器和跟随器的作用。

带阻三极管的外形类似于普通三极管,但其内部结构却与普通三极管有所不同。带阻三极管大多在基极上串有电阻,在基极与发射极间并有电阻,且封装成普通晶体管的形状。

目前,带阻三极管还没有一个统一的符号,各种不同类型电视机、录放像机原理图上用以表示这类元件的符号及字母代号也不一样。各主要电视机、录放像机生产厂家所用带阻三极管的外形和符号如图 4-143 所示。各厂家的字母代号,日立、松下机型常用 QR 来表示;东芝机型用 RN 来表示;日电(NEC)、飞利浦机型则直接用晶体管代号 Q 来表示。



(a)外形尺寸

| 厂家          | 松下、东芝、三星 | 三洋、日电、<br>丰泽、罗兰士、<br>高士达(金星) | 夏普<br>飞利浦 | 日立 | 富丽、三星 |
|-------------|----------|------------------------------|-----------|----|-------|
| 符号<br>(NPN) |          |                              |           |    |       |
| 符号<br>(PNP) |          |                              |           |    |       |

(b)电路符号

图 4-143 带阻三极管的外形和电路符号

## 二、带阻三极管的检测方法

检测带阻三极管一般可采用图 4-144 所示的方法来检查(以检测 DTC124 型管为例)。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔接 DTC124 的集电极,红表笔接发射极,此时,指针应基本不偏转,接着用导线将基极与集电极短接(见图 4-144 虚线),若万用表指针偏转一角度,则表明被测管基本正常。

此外,也可用测量带阻三极管各电极间电阻的方法来判断其是否损坏。由于带阻三极管的结构与普通三极管不同,所以其各电极间的电阻值也与普通三极管的规律不同。表 4-49 是用 500 型万用表实测的 3DG6 型(普通管)和 DTC124(带阻管)极间电阻值的比较。表 4-50 是用 500 型万用表实测的常见带阻三极管正常极间电阻值,供检测时参考。

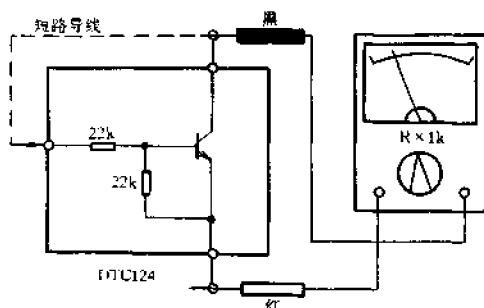


图 4-144 检测带阻三极管方法示意图

表 4-49 3DG6 与 DTC124 型管极间电阻值比较

| 管型及结构    | 3DG6  |   |     |   |   |     | DTC124 |    |    |    |    |   |   |
|----------|-------|---|-----|---|---|-----|--------|----|----|----|----|---|---|
|          | 管型及结构 |   |     |   |   |     |        |    |    |    |    |   |   |
| 表笔接法     | 红     | b | b   | c | c | e   | e      | b  | b  | c  | c  | e | e |
|          | 黑     | c | e   | b | e | c   | b      | c  | e  | b  | b  | e | c |
| 测得阻值(kΩ) | ∞     | ∞ | 8.5 | ∞ | ∞ | 8.5 | ∞      | 50 | 50 | 48 | 19 | ∞ |   |

表 4-50 实测常见带阻三极管正常极间电阻值

| 类型       | NPN   |    |    |    |   |    | PNP  |    |   |    |    |   | NPN   |    |    |    |   |    | PNP  |    |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |   |
|----------|---|----|----|----|---|----|--|----|---|----|----|---|---|----|----|----|---|----|--|----|---|----|----|---|---|----|----|----|---|----|---|
| 型号       | DTC114, DTC114A, DTC114EA, DTC114EK, UN211, UN221 |    |    |    |   |    | DTA114, DTA114A, DTA114EA, DTA114EK, UN211R, UN111R, RN201 |    |   |    |    |   | DTC124D, TCD24A, DTC124EA, DTA124EK, DTA124F, UN122, KN124B, RTN24S |    |    |    |   |    | DTA124, DTA124A, DTA124EA, DTA124EK, DTA124F, DTA124S, UN112, UN212, RHP214S |    |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |   |
| 内部结构     |   |    |    |    |   |    |  |    |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |  |    |   |    |    |   |   |    |    |    |   |    |   |
| 表笔接法     | 红   | b  | b  | c  | e | e  | c  | b  | b | c  | e  | e | c   | b  | b  | c  | e | e  | c  | b  | b | c  | e  | e | c | b  | b  | c  | e | e  | c |
|          | 黑   | c  | e  | b  | b | c  | e  | c  | e | b  | b  | c | e   | c  | e  | b  | b | c  | e  | c  | e | b  | b  | c | e | c  | e  | b  | b | c  | e |
| 测得电阻(kΩ) | ∞   | 20 | 24 | 20 | ∞ | 11 | 20   | 20 | ∞ | 20 | 10 | ∞ | ∞   | 45 | 45 | 42 | ∞ | 18 | 40   | 40 | ∞ | 45 | 14 | ∞ | ∞ | 45 | 45 | 42 | ∞ | 18 |   |

| 类型        | NPN   |     |    |     |   |     | PNP  |     |   |     |    |   | NPN                      |    |    |    |   |    | PNP              |    |   |    |    |   |   |
|-----------|---|-----|----|-----|---|-----|--|-----|---|-----|----|---|--------------------------|----|----|----|---|----|------------------|----|---|----|----|---|---|
| 型号        | DTC144, DTC144A, DTC144EA, EK, ES, F, DTC144WS, WA, UN2213, UN1213, 2SC3999, RT1N4415 |     |    |     |   |     | D1A 144, D1A 144A, D1A 144EA, D1A 114EK, D1A 144N, UN113, UN213, RN214, 2SA136, RT1P4415 |     |   |     |    |   | DTC144WF                 |    |    |    |   |    | D1A144WF         |    |   |    |    |   |   |
| 内部结构      |   |     |    |     |   |     |  |     |   |     |    |   |                          |    |    |    |   |    |                  |    |   |    |    |   |   |
| 表笔接法      | 红   | b   | b  | c   | e | e   | c  | b   | b | c   | e  | e | c                        | b  | b  | c  | e | e  | c                | b  | b | c  | e  | e | c |
| 表笔接法      | 黑   | c   | e  | b   | b | e   | e  | c   | e | b   | b  | e | e                        | c  | e  | b  | b | e  | e                | c  | e | b  | b  | e | e |
| 测得电阻 (kΩ) | ∞   | 100 | 90 | 90  | ∞ | 28  | 90   | 90  | ∞ | 100 | 22 | ∞ | ∞                        | 70 | 85 | 70 | ∞ | 18 | 80               | 70 | ∞ | 70 | 14 | ∞ |   |
| 类型        | NPN   |     |    |     |   |     | PNP  |     |   |     |    |   | NPN                      |    |    |    |   |    | PNP              |    |   |    |    |   |   |
| 型号        | DTC144Y, UN1214, UN2214   |     |    |     |   |     | D1A 144Y, UN114  |     |   |     |    |   | DTC143T, UN2216, UN2210  |    |    |    |   |    | UN1116           |    |   |    |    |   |   |
| 内部结构      |   |     |    |     |   |     |  |     |   |     |    |   |                          |    |    |    |   |    |                  |    |   |    |    |   |   |
| 表笔接法      | 红   | b   | b  | c   | e | e   | c  | b   | b | c   | e  | e | c                        | b  | b  | c  | e | e  | c                | b  | b | c  | e  | e | c |
| 表笔接法      | 黑   | c   | e  | b   | b | e   | e  | c   | e | b   | b  | e | e                        | c  | e  | b  | b | e  | e                | c  | e | b  | b  | e | e |
| 测得电阻 (kΩ) | ∞   | 58  | 25 | 25  | ∞ | 28  | 22   | 22  | ∞ | 56  | 22 | ∞ | ∞                        | ∞  | 16 | 16 | ∞ | ∞  | 15               | 15 | ∞ | ∞  | ∞  | ∞ |   |
| 类型        | NPN   |     |    |     |   |     | PNP  |     |   |     |    |   | NPN                      |    |    |    |   |    | PNP              |    |   |    |    |   |   |
| 型号        | DTC143EA DTC143EK DTC143ES  |     |    |     |   |     | D1A 143EA D1A 114EK D1A 114ES  |     |   |     |    |   | DTC363EK 2SD1676         |    |    |    |   |    | D1A113ZK UN2119  |    |   |    |    |   |   |
| 内部结构      |   |     |    |     |   |     |  |     |   |     |    |   |                          |    |    |    |   |    |                  |    |   |    |    |   |   |
| 表笔接法      | 红   | b   | b  | c   | e | e   | c  | b   | b | c   | e  | e | c                        | b  | b  | c  | e | e  | c                | b  | b | c  | e  | e | c |
| 表笔接法      | 黑   | c   | e  | b   | b | e   | e  | c   | e | b   | b  | e | e                        | c  | e  | b  | b | e  | e                | c  | e | b  | b  | e | e |
| 测得电阻 (kΩ) | ∞   | 9.5 | 15 | 9.5 | ∞ | 9.5 | 14   | 9.5 | ∞ | 9.5 | 8  | ∞ | ∞                        | 14 | 18 | 14 | ∞ | 10 | 8                | 8  | ∞ | 11 | 10 | ∞ |   |
| 类型        | NPN   |     |    |     |   |     | PNP  |     |   |     |    |   | NPN                      |    |    |    |   |    | PNP              |    |   |    |    |   |   |
| 型号        | UN1231  |     |    |     |   |     | D1A 143TK, UN2217  |     |   |     |    |   | DTC143TK, UN2210, UN2216 |    |    |    |   |    | D1A 114T, UN2115 |    |   |    |    |   |   |
| 内部结构      |   |     |    |     |   |     |  |     |   |     |    |   |                          |    |    |    |   |    |                  |    |   |    |    |   |   |
| 表笔接法      | 红   | b   | b  | c   | e | e   | c  | b   | b | c   | e  | e | c                        | b  | b  | c  | e | e  | c                | b  | b | c  | e  | e | c |
| 表笔接法      | 黑   | c   | e  | b   | b | e   | e  | c   | e | b   | b  | e | e                        | c  | e  | b  | b | e  | e                | c  | e | b  | b  | e | e |
| 测得电阻 (kΩ) | ∞   | 48  | 10 | 10  | ∞ | 27  | 42   | 42  | ∞ | ∞   | ∞  | ∞ | ∞                        | ∞  | 85 | 85 | ∞ | ∞  | 24               | 24 | ∞ | ∞  | ∞  | ∞ |   |

### 三、带阻三极管的代换

#### 1. 直接代换

带阻三极管在电视机、录放像机电路中应用十分广泛,损坏率也较高。损坏后在市场上很难买到相同型号的管子来代换,尤其是各类进口电视机、录放像机中使用的带阻三极管。在这种情况下,一般可以考虑用性能特性相同的国产管代换。表4-51是部分带阻三极管代换型号对照表,供代换时参考。

表4-51 部分带阻三极管代换型号对照表

| NPN型带阻三极管代换                |        |                            |        |
|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| 国外产品型号                     | 国产型号   | 国外产品型号                     | 国产型号   |
| UN221L, DTC143EK, KSR1101  | GR1201 | UN2211, DTC114EK, KSR1102  | GR1202 |
| UN2212, DTC124EK, KSR1103  | GR1203 | UN2213, DTC144EK, KSR1104  | GR1204 |
| UN421L, DTC143ES           | GR2201 | UN4211, DTC114ES, RTIN141S | GR2202 |
| UN4212, DTC124ES, TRIN241S | GR2203 | UN4213, DTC144ES, RTIN441S | GR2204 |
| RN1001, KSR1001            | GR3201 | RN1002, KSR1002            | GR3202 |
| RN1003, KSR1003            | GR3203 | RN1004, KSR1004            | GR3204 |
| UN121L, DTC143EA           | GR4201 | UN1211, DTC114EA           | GR4202 |
| UN1212, DTC124EA           | GR4203 | UN1213, DTC144EA           | GR4204 |

| PNP型带阻三极管代换                |        |                           |        |
|----------------------------|--------|---------------------------|--------|
| 国外产品型号                     | 国产型号   | 国外产品型号                    | 国产型号   |
| UN211L, DTA143EK, KSR2101  | GR1101 | UN2111, DTA114EK, KSR2102 | GR1102 |
| UN2112, DTA124EK, KSR2103  | GR1103 | UN2113, DTA144EK, KSR2104 | GR1104 |
| UN411L, DTA143ES           | GR2101 | UN4111, DTA114ES, RTP141S | GR2102 |
| UN4112, DTA124ES, TRIP241S | GR2103 | UN4113, DTA144ES, RTP441S | GR2104 |
| RN2001, KSR2001            | GR3101 | RN2002, KSR2002           | GR3102 |
| RN2003, KSR2003            | GR3103 | RN2004, KSR2004           | GR3104 |
| UN111L, DTA143EA           | GR4101 | UN1111, DTA114AEA         | GR4102 |
| UN1112, DTA124EA           | GR4103 | UN1113, DTA144EA          | GR4104 |

#### 2. 用分立元件代换

带阻三极管损坏后,也可用分立元件组成的电路来代换,但在代换前必须了解管子的内部结构。由于电视机、录放像机内的元件装配密度较高,机内空间较小,所以,用分立元件代换时最好先将所用三极管和电阻安装在一块自制的小电路板上,然后引出引脚,再上机使用。具体代换方法如下。

(1) 首先找一块 15mm × 15mm, 厚 0.8 ~ 1.5mm 的单面敷铜板,用小刀按图4-145刻制好一块电路板。

(2) 在印制板的铜箔面直接按被代换带阻三极管的结构将所需晶体管及电阻焊好。

(3) 用三根  $\phi 1 \sim 1.5$ mm 的铜线(长度可根据实际需要选取)作引脚,焊在制作好的电路板的相应接点上,并对应焊至原

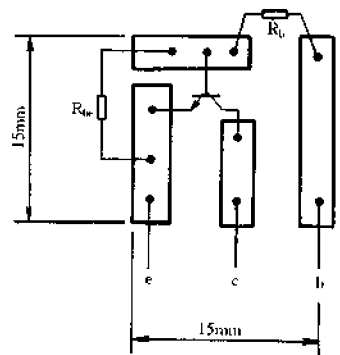


图4-145 自制带阻管印制板

带阻三极管三个引脚的相应位置上。

用分立元件代换带阻三极管时,只要选用的元件参数合适,质量良好,并且安装无误,一般无需调整,代换即可成功。表 4-52 列出了部分带阻三极管的代换电路,供代换时参考。

表 4-52 部分带阻三极管的代换电路

|      |          |         |         |         |          |         |          |        |
|------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|--------|
| 型号   | DTA144WF | DTA114Y | DTA114F | RN2201  | RT1P441S | UN1114  | UN2111   | UN2119 |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | UN1113   | UN1112  | FN2A4M  | FN2F4M  | FN2L4M   | FN4A4P  | FN2F4N   | FN2L4L |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | FN2L3M   | FN2L3N  | FN2A3Q  | HQ1L2N  | HQ1A3M   | HQ1F3M  | HQ1F3P   | HQ1L2Q |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | HQ1F2Q   | HR1A3M  | HR1F3P  | HR1L3N  | HR1A4M   | HR1L2Q  | HR1F2Q   | FN1L4M |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | DTC143T  | DTA114T | UN2215  | UN2210  | UN1116   | FN2L3Z  | FN2A4Z   | FN2F4Z |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | FA2L3Z   | FA2A4Z  | FA2F4Z  | FA2L4Z  | FN2L4Z   | FN1L3Z  | FN1L4Z   | FN1F4Z |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | FN1A4Z   | FA1L3Z  | FA1L4Z  | FA1F4Z  | FA1A4Z   | GA1L3Z  | GA1L4Z   | GA1F4Z |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | GA1A4Z   | GN1L3Z  | GN1L4Z  | GN1F4Z  | GN1A4Z   | GN1L3M  | GA1L4M   | GA1F4M |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |
| 型号   | KSR1004  | KN1204  | KSR1001 | KSR2001 | DTC144WY | DTC114Y | RT1N241S | RN2202 |
| 代换电路 |          |         |         |         |          |         |          |        |

续表

|      |        |        |        |        |        |         |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 型号   | RN2214 | RN2212 | UN1231 | UN2211 | UN1212 | 2SD1676 | FA1F4M | FA1F4N |
| 代换电路 |        |        |        |        |        |         |        |        |
| 型号   | FA2A4M | FA2F4M | FA214M | FA2A4P | FA2F4N | FA214L  | FA213M | FA213N |
| 代换电路 |        |        |        |        |        |         |        |        |
| 型号   | HC112N | HC1A3M | HC1F3M | HC1F3P | HD1A4M | HD1L3N  | HD1F3P | HC1F2Q |
| 代换电路 |        |        |        |        |        |         |        |        |

注:以上 PNP 型带阻三极管可用国产 3CG、3CX 型小功率塑封管, NPN 型带阻三极管可用 3DG、3DX 型小功率塑封管。

## § 4.50 检测光电三极管

### 一、光电三极管的性能特点及主要参数

光电三极管是在光电二极管的基础上发展起来的一种光电器件。它不但能实现光电转换,而且还具有放大功能,因而被广泛应用在光控电路中。

光电三极管也有 PNP 和 NPN 两种类型,且有普通型和达林顿型之分。目前,普遍使用的大多为 3DU 型 NPN 型硅光电三极管。光电三极管的外形、电路图形符号和等效电路分别如图 4-146(a)、(b)、(c) 所示。由等效电路可见,光电三极管可等效为光电二极管和普通三极管的组合器件,其 b-c 结就相当于一个光电二极管,在光照下产生的光电流  $I_L$  输入到三极管的基极进行放大,所以在三极管的集电极输出的光电流可达  $\beta I_L$ 。因为光电三极管的基极输入的是光信号,因此它通常只有两个引脚,即发射极 e 和集电极 c。

光电三极管有如下几个主要参数。

(1) 最高工作电压  $V_{CEO}$ 。指在无光照状态下, e、c 极之间漏电流不超过规定值(约  $0.5\mu A$ ) 时,光电三极管所允许施加的最高工作电压,一般在  $10 \sim 50V$  之间。

(2) 暗电流  $I_D$ 。指在无光照时,光电三极管 e、c 极之间的漏电流,一般小于  $1\mu A$ 。

(3) 光电流  $I_L$ 。指在受到一定光照时,光电三极管的集电极电流,通常可达几毫安。

(4) 最大允许功耗  $P_{CM}$ 。指光电三极管在不损坏前提下所能承受的最大功耗。

表 4-53 列出了 3DU 型硅光电三极管的主要参数,供选用时参考。

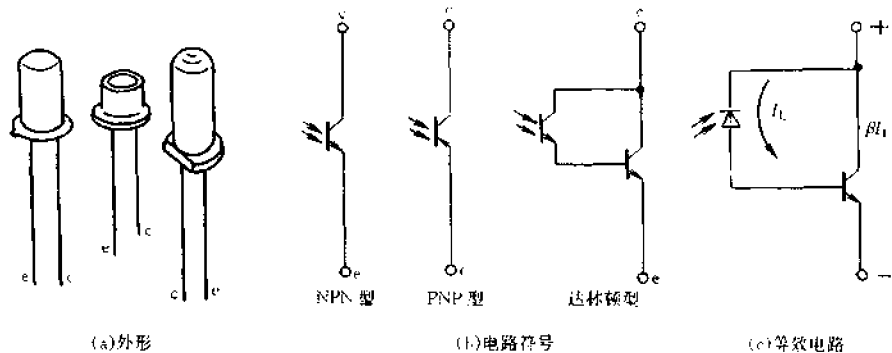


图 4-146 光电三极管的外形、电路符号和等效电路

表 4-53 3DU 型硅光电三极管主要参数

| 参数名称   | 最高工作电压    | 暗电流                | 光电流                               | 结电容                              | 响应时间                                | 收集极最大电流  | 最大功耗     |
|--------|-----------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|
| 符号     | $V_{max}$ | $I_D$              | $I_L$                             | $C_j$                            | $T$                                 | $I_{CM}$ | $P_{CM}$ |
| 单位     | V         | $\mu A$            | mA                                | pF                               | s                                   | mA       | mW       |
| 测试条件   |           | $V_{CE} = V_{max}$ | $V_{CE} = V_{max}$<br>入射光强 1000lx | $V_{CE} = V_{max}$<br>$f = 1kHz$ | $V_{CE} = 10V$<br>$R_L = 100\Omega$ |          |          |
| 3DU11  | 10        | $\leq 0.3$         | $> 0.5$                           | $\leq 10$                        | $10^{-5}$                           | 20       | 150      |
| 3DU12  | 30        |                    |                                   |                                  |                                     |          |          |
| 3DU13  | 50        |                    |                                   |                                  |                                     |          |          |
| 3DU21  | 10        | $\leq 0.3$         | $> 1.0$                           | $\leq 10$                        | $10^{-5}$                           | 20       | 150      |
| 3DU22  | 30        |                    |                                   |                                  |                                     |          |          |
| 3DU23  | 50        |                    |                                   |                                  |                                     |          |          |
| 3DU31  | 10        | $\leq 0.3$         | $> 2.0$                           | $\leq 10$                        | $10^{-5}$                           | 20       | 150      |
| 3DU32  | 30        |                    |                                   |                                  |                                     |          |          |
| 3DU33  | 50        |                    |                                   |                                  |                                     |          |          |
| 3DU51A | 15        | $> 0.2$            | $> 0.3$                           | $< 5$                            | $10^{-5}$                           | 10       | 50       |
| 3DU51B | 30        | $> 0.2$            | $> 0.3$                           | $< 5$                            | $10^{-5}$                           | 10       | 50       |
| 3DU51C | 30        | $> 0.2$            | $> 1.0$                           | $< 5$                            | $10^{-5}$                           | 10       | 50       |

用途:用于近红外光探测器,光耦合,编码器,译码器,特性识别、过程控制以及激光接收等方面。

外型结构:全密封金属外壳,顶端玻璃透镜窗口。

使用条件:使用温度  $-55 \sim +125^{\circ}C$ ,相对湿度 95%~98%,光谱范围  $0.41 \sim 1.1\mu m$ ,峰值波长  $0.86 \sim 0.9\mu m$ 。

## 二、光电三极管的检测方法

### 1. 引脚识别

常见的光电三极管也有一个管键,靠近管键的或者比较长的引脚为发射极 e,离管键较

远或较短的一引脚为集电极  $c$ 。另外,对于达林顿型光电三极管,封装缺圆的一侧则为集电极  $c$ 。

### 2. 检测暗电阻

检测方法如图 4-147 所示。将光电三极管的受光窗口用黑纸片遮住,万用表置于  $R \times 1k$  挡,红、黑表笔分别任接光电三极管的一个引脚,此时所测得的阻值应为  $\infty$  (万用表指针不动)。然后将红、黑表笔对调再测量一次,阻值也应为  $\infty$ 。测试时,如果万用表指针向右偏转指示出阻值,说明被测光电三极管漏电。

### 3. 检测亮电阻

检测方法如图 4-148 所示。万用表仍使用  $R \times 1k$  挡,将红表笔接发射极  $e$ ,黑表笔接集电极  $c$ ,然后将遮光黑纸片从光电三极管的受光窗口处移开,并使受光窗口朝向某一光源(如白炽灯泡),这时万用表指针应向右偏转。通常电阻值应在  $15 \sim 30k\Omega$  左右。指针向右偏转角度越大,说明被测光电三极管的灵敏度越高。如果受光后,光电三极管的阻值较大,即万用表指针向右摆动幅度很小,则说明灵敏度低或已损坏。

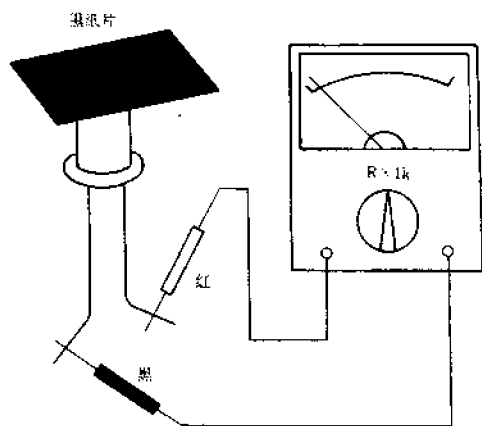


图 4-147 检测光电三极管的暗电阻

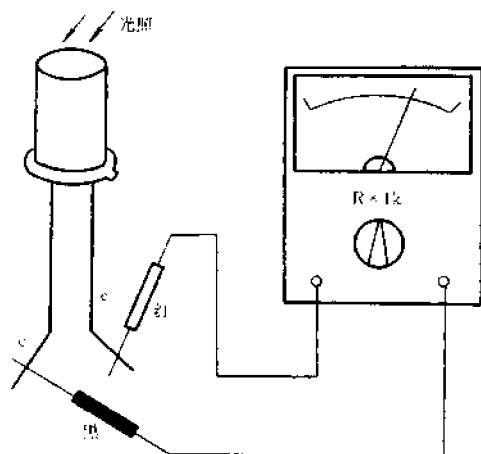


图 4-148 检测光电三极管的亮电阻

## § 4.51 检测结型场效应管(JFET)

### 一、结型场效应管的性能特点

结型场效应管的构造、电路符号及国产 3DJ 型场效应管的外形如图 4-149 所示。结型场效应管是一种电压控制型器件。其内部有两个 PN 结,所引出的三个电极分别为栅极 G、源极 S、漏极 D。栅极通常作衬底,源极和漏极之间形成一个导电沟道。当给栅极加上控制电压时,导电沟道的宽度将随控制电压的大小而发生变化,从而实现用电压控制沟道电流(源极和漏极之间的电流)的目的。当沟道被“夹断”时,源极和漏极之间被关断,没有电流流过。根据内部结构的不同,JFET 分为 N 沟道和 P 沟道两种类型。



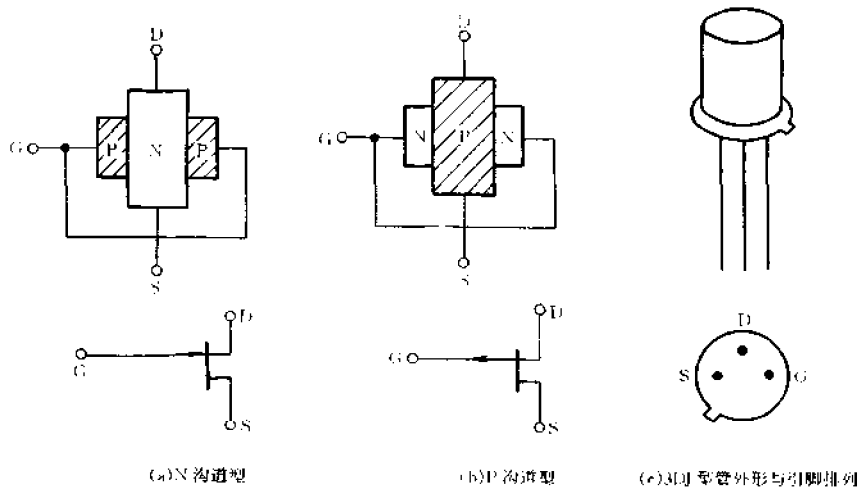


图 4-149 结型场效应管的构造、电路符号及外形

## 二、结型场效应管的检测方法

### 1. 判别电极兼测沟道类型

由结型场效应管的结构可知,在其栅极 G 与源极 S、栅极 G 与漏极 D 之间各有一个 PN 结,栅极对源极、漏极呈对称结构。根据这一特点可很准确地判定出栅极 G,进而将源极 S 和漏极 D 确定。具体测试方法如图 4-150 所示。将万用表置于  $R \times 100$  挡,用黑表笔任接一个电极,用红表笔依次触碰另外两个电极,如果两次测得阻值基本相等,且为低阻值(几百欧至  $1k\Omega$ ),说明所测的是 JFET 的正向电阻,此时黑表笔所接的便是栅极 G,并且被测管子为 N 沟道的场效应管。如果两次测得的阻值都很大,则说明均为 JFET 的反向电阻,黑表笔所接的也是栅极 G,但被测管不是 N 沟道类型,而是 P 沟道类型。

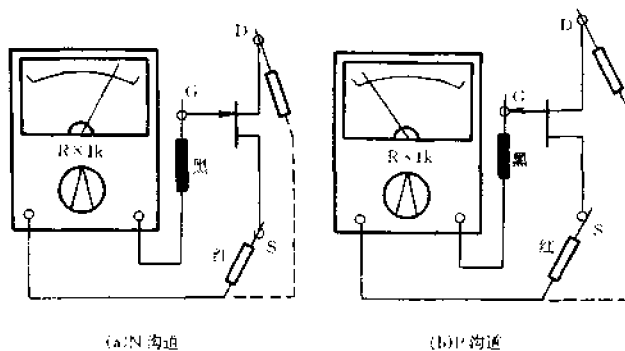


图 4-150 判别 JFET 电极兼测沟道类型

由于结型场效应管的源极和漏极在结构上具有对称性,所以一般可以互换使用,通常两个电极不必再进一步区分。当用万用表测量源极 S 与漏极 D 之间的电阻值时,正反向电阻均相同,正常时为几千欧左右。

对于已知引脚排列的 JFET, 根据上述规律, 即可基本判明管子的好坏。

## 2. 检测放大能力(以 N 沟道型为例)

测试电路如图 4-151 所示。将万用表置于 DC10V 挡, 红、黑表笔分别接漏极和源极。测试时, 调节 RP, 万用表指示的电压值应按下述规律变化。

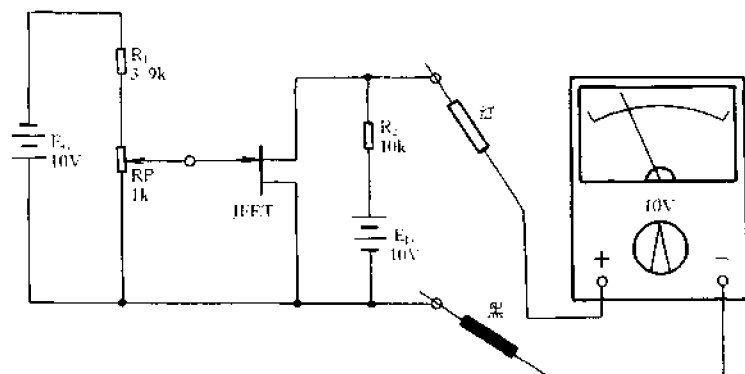


图 4-151 检测结型场效应管的放大能力

RP 向上调, 万用表指示的电压值升高; RP 向下调, 万用表指示的电压值降低。这种变化说明管子有放大能力。在调节 RP 过程中, 万用表指示的电压值变化越大, 说明管子的放大能力越强。如果在调节 RP 时, 万用表的指示值变化不明显或根本无变化, 说明管子放大能力很小或已经失去放大能力。

## 3. 检测夹断电压 $V_p$ 和饱和源漏电流 $I_{DSS}$ (以 N 沟道 JFET 为例)

### (1) 测量夹断电压 $V_p$

准备一只  $220\mu\text{F}/16\text{V}$  的电解电容, 将万用表置于  $R \times 10\text{k}$  挡, 先将黑表笔接电解电容正极, 红表笔接电解电容的负极, 对电容充电 8~10 秒后脱开表笔, 再将万用表拨至 DC50V 挡, 迅速测出电解电容上的电压, 并记下此值, 然后按照图 4-152 进行测试: 将万用表拨回至  $R \times 10\text{k}$  挡, 黑表笔接漏极 D, 红表笔接源极 S, 这时指针应向右偏转, 指示基本为满度; 将已充好电的电解电容正极接源极 S, 用负极去接触栅极 G, 这时指针应向左回转, 一般指针退回至  $10 \sim 200\text{k}\Omega$  时, 电解电容上所充的电压值即为 JFET 的夹断电压  $V_p$ 。测试过程中应注意, 如果电容上所充的电压太高, 会使 JFET 完全夹断, 万用表指针可能退回至  $\infty$ 。遇到这种情况, 可用 DC10V 挡将电解电容适当进行放电, 一直到使电解电容接至栅极 G 和源极 S 后所测量出的电阻值在  $10 \sim 200\text{k}\Omega$  范围内为止。

### (2) 估测饱和和漏源电流 $I_{DSS}$

测试电路如图 4-153 所示。将万用表置  $R \times 100$  挡, 漏极 D 接黑表笔, 栅极 G 与源极 S 接后接红表笔, 记下此时测出的电阻值, 并从表 4-54 中查出对应的  $I_{DSS}$  值。注意, 此法测出的  $I_{DSS}$  值误差较大, 仅供参考。

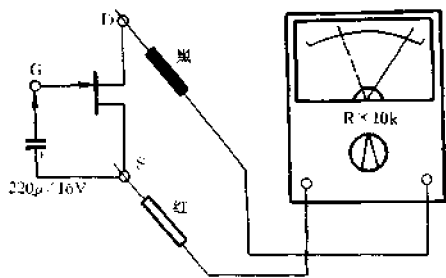


图 4-152 检测结型场效应管的  $V_p$

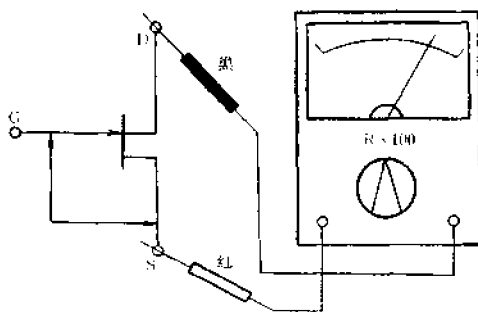


图 4-153 估测结型场效应管的  $I_{DSS}$

表 4-54

$I_{DSS}$  对应数据

| 所测阻值               | 对应 $I_{DSS}$ |
|--------------------|--------------|
| $> 1k\Omega$       | $< 1\mu A$   |
| 600 - 900 $\Omega$ | 1 ~ 2mA      |
| 400 - 600 $\Omega$ | 2 ~ 3mA      |
| 150 - 400 $\Omega$ | 3 ~ 6mA      |
| $< 150\Omega$      | $> 6mA$      |

## § 4.52 检测 MOS 场效应管

### 一、MOS 场效应管的性能特点

MOS 场效应管实际上是一种绝缘栅型场效应管,且目前常用的多为双栅极的结构。图 4-154 是这种场效应管的结构、电路符号以及日本产 3SK113 型 MOS 场效应管的外形图。由结构图可见,这种场效应管有两个串联的沟道,两个栅极都能控制沟道电流的大小。靠近源极

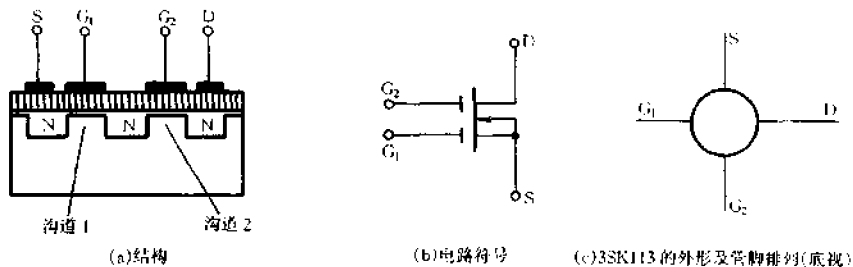


图 4-154 MOS 场效应管的结构、电路符号和外形

S 的栅极  $G_1$  是信号栅, 靠近漏极 D 的栅极  $G_2$  是控制栅, 通常加 AGC 电压。MOS 场效应管与结型场效应管的不同之处是栅极与源极、漏极绝缘, 所以输入电流几乎为零, 输入电阻极高, 一般在  $10^{12}$  以上, 比结型场效应管要高出几个数量级。MOS 场效应管的突出特点是工作频率高, 增益大, 噪声小, 动态范围宽, 抗强信号过载能力强, 抗干扰性能好以及 AGC 特性优良等, 被广泛用于高频电路中。例如, 几乎所有彩色电视机的高频调谐器的高放电路中都使用了 MOS 场效应管。

## 二、MOS 场效应管的检测方法

### 1. 判定引脚排列

如图 4-154(c) 所示, 目前, 日本及欧洲各国生产的 MOS 场效应管的引脚排列顺序基本是相同的, 即从管子的底部看去, 按逆时针方向依次是 D、S、 $G_1$ 、 $G_2$ 。所以, 只要用万用表电阻档测出漏极 D 和源极 S 两脚, 就可以将各引脚确定。检测时, 将万用表置于  $R \times 100$  挡, 用红、黑表笔依次轮换测量各引脚间的电阻值, 只有 S 和 D 两极间的电阻值为几十欧至几千欧之间, 其余各电极间的电阻值均为  $\infty$ 。这样找到 S 极和 D 极以后, 再交换表笔测量这两个电极间的电阻值, 其中在测得阻值较大的一次测量中, 黑表笔所接的为 D 极, 红表笔所接的为 S 极。知道 D 和 S 以后,  $G_1$  和  $G_2$ , 便可根据排列规律加以确定。

### 2. 检测好坏

(1) 测量源极 S 和漏极 D 间电阻。检测操作方法如图 4-155 所示。将万用表置于  $R \times 10$  或  $R \times 100$  挡, 测量源极 S 和漏极 D 之间的电阻值, 正常时, 一般在几十欧到几千欧之间, 不同型号的管子略有差异。当用黑表笔接 D, 红表笔接 S 时, 电阻值要比红表笔接 D, 黑表笔接 S 时所测得的电阻值大些。这两个电极之间的电阻值若大于正常值或为  $\infty$ , 说明管子存在内部接触不良或内部断极故障, 若阻值接近于零, 则说明管子内部已被击穿。

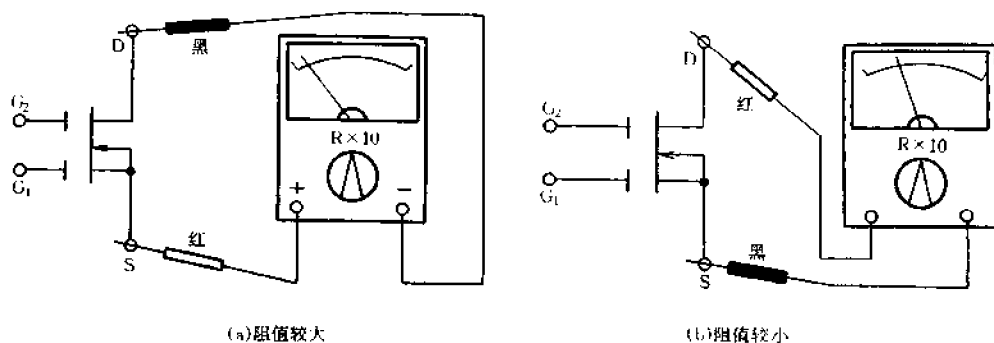


图 4-155 检测 MOS 管 D-S 间电阻

(2) 测量其余引脚间的电阻。测试方法如图 4-156 所示。将万用表置  $R \times 10k$  挡, 表笔不分正负, 测量栅极  $G_1$  和  $G_2$  之间、栅极与源极之间、栅极与漏极之间的电阻值。正常时, 这些电阻值均应为  $\infty$ 。若阻值不是  $\infty$ , 则证明管子已经损坏。注意, 这种方法对于内部电极开路性故障是无法判断的, 只能采用替换法或下述估测放大能力的方法加以鉴定。

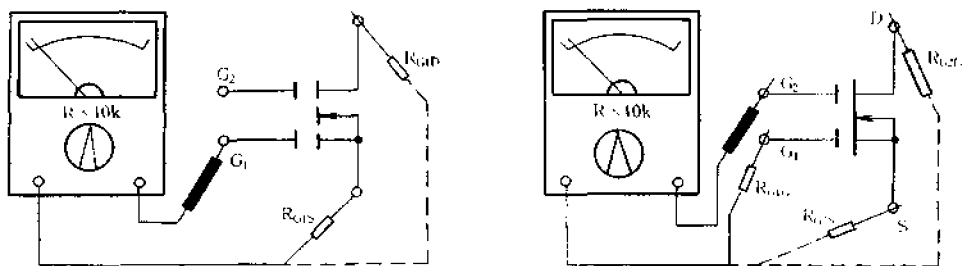


图 4-156 检测 MOS 管其余各引脚间的电阻

### 3. 估测放大能力

检测方法如图 4-157 所示。将万用表置于  $R \times 100$  挡,红表笔接 S 极,黑表笔接 D 极,此时阻值应较大。在  $G_1$  和  $G_2$  上各引出一根导线(导线的绝缘皮越薄效果越明显),用手捏住两导线,即相当于把人体感应电场加到了  $G_1$  和  $G_2$  上,此时,万用表指针应向右摆动,摆幅越大,说明管子的放大能力越强,若指针摆动很小,则说明被测管放大能力很弱;若指针根本不摆动,则说明管子无放大能力。

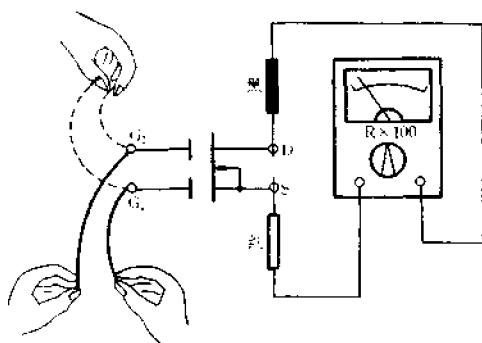


图 4-157 估测 MOS 管的放大能力

## § 4.53 检测 VMOS 场效应管

### 一、VMOS 场效应管的结构及性能特点

VMOS 场效应管是一种功率型场效应管,全称为 V 型槽 MOS 场效应管,简称 VMOS 管。它的结构如图 4-158(a)所示。电路符号有两种画法,一种是内藏保护二极管型,另一种是内部不带保护二极管型,分别见图 4-158(b)和(c)。VMOS 管的主要特点是具有 V 形槽和具有垂

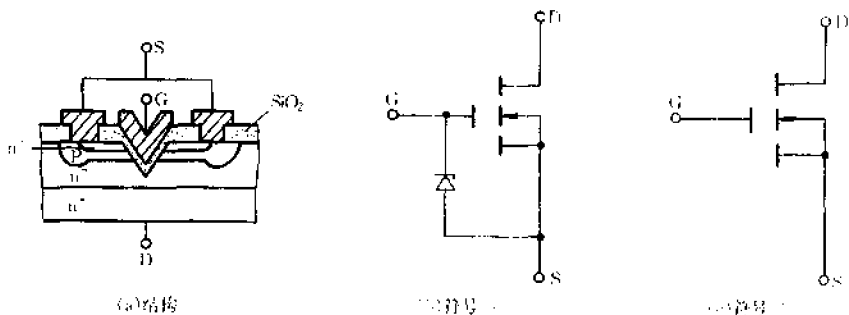


图 4-158 VMOS 管的结构与电路符号

直导电性。漏极 D 是从芯片的背面引出的,因而工作时的漏极电流  $I_D$  不是沿着表面水平流动,而是从重掺杂  $N^+$  区(源极 S)出发,经过与表面形成一角度的沟道流到轻掺杂  $N^-$  漂移区,然后垂直到达漏极 D。这种管子不仅保留了传统 MOS 场效应管固有的输入阻抗高、驱动电流小等优点,而且还具有耐压高(最高耐压 1200V)、工作电流大(1.5 ~ 100A)、输出功率大(1 ~ 250W)、跨导线性好、开关速度快等特点,是一种高效功率开关器件,在各种电子领域得到了广泛的应用。

## 二、VMOS 场效应管的主要参数

### 1. 栅源耐压 $V_{GS}$

指允许加在栅、源之间的电压值。从结构特点可知,VMOS 管内部栅、源之间是一层很薄的  $SiO_2$  膜,因此,栅、源之间的耐压不是很高,一般在 30 ~ 50V 之间。应注意的是,栅、源之间一旦击穿,将造成器件的永久性损坏。所以在使用中,加在栅、源间的电压不应超过 20V,一般电路中多控制在 10V 以下。为了保护栅、源间不被击穿,有的管子在内部已装有保护二极管。对于无内藏保护二极管的管子,使用时应如图 4-159 所示,在栅、源间并联一只限压保护二极管 VD。二极管的稳压值可选在 10V 左右。

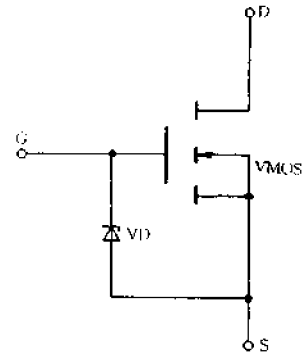


图 4-159 VMOS 管 G-S 间加保护二极管

### 2. 漏源耐压 $V_{DS}$

一般规定,当加在栅极的电压  $V_{GS}$  等于零时,漏、源之间的反向泄漏电流达到某一定值时,漏、源之间能承受的电压就称为漏、源耐压,用  $V_{DSS}$  表示。泄漏电流值通常取  $10\mu A$ 。在使 VMOS 管时,漏、源间所加工作电压的峰值应小于  $V_{DSS}$ 。

### 3. 阈电压 $V_{th}$

当源、漏电流为 1mA 时,栅、源之间的电压称为  $V_{th}$ ,此值一般为 2 ~ 4V。

### 4. 漏源电流 $I_{DS}$

当  $V_{DS}$  为 10V,  $V_{GS}$  也为 10V 时,漏、源之间所通过的电流即为  $I_{DS}$ ,它表示 VMOS 管的电流容量。

### 5. 转移特性和跨导 $g_m$

在饱和区内某一固定的漏、源电压  $V_{DS}$  下,漏、源电流  $I_{DS}$  和栅压  $V_{GS}$  之间的关系,即为 VMOS 管的转移特性,图 4-160 是其典型转移特性示意图,它表征了栅极电压对源极电流的控制能力。定量表达这种控制能力的参数称为跨导,用  $g_m$  表示,即

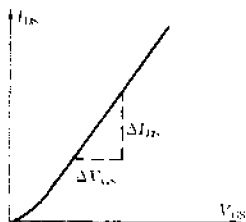


图 4-160 VMOS 管的转移特性

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} (V_{DS} \text{ 为常数})$$

跨导是功率 VMOS 管的一个重要参数,只有  $g_m$  值足够大时,  $I_D$  才能大。跨导的单位是 mA/V。

## 三、VMOS 场效应管的检测方法

### 1. 判别引脚

(1) 判定栅极。测试方法如图 4-161 所示,将万用表置于  $R \times$

1k挡,分别测量三个引脚之间的电阻,如果测得某引脚与其余两引脚间的电阻值均为 $\infty$ ,且对换表笔测量时阻值仍为 $\infty$ ,则证明此脚是栅极G。因为从结构上看,栅极G与其余两脚是绝缘的。但要注意,此种测量法仅对管内无保护二极管的VMOS管适用。

(2) 判定源极S和漏极D。由VMOS管结构图可知,在源-漏极之间有一个PN结,因此根据PN结正、反向电阻存在差异的特点,可准确识别源极S和漏极D。测试方法如图4-162所示。将万用表置于 $R \times 1k$ 挡,先用一表笔将被测VMOS管三个电极短接一下,然后用交换表笔的方法测两次电阻,如果管子是好的,必然会测得阻值为一大一小。其中在阻值较大的一次测量中,黑表笔所接的为漏极D,红表笔所接的是源极S。而在阻值较小的一次测量中,红表笔所接的为漏极D,黑表笔所接的是源极S。这种规律还证明,被测VMOS管为N沟道型管。如果被测管子为P沟道型管,则所测阻值的大小规律正好相反。

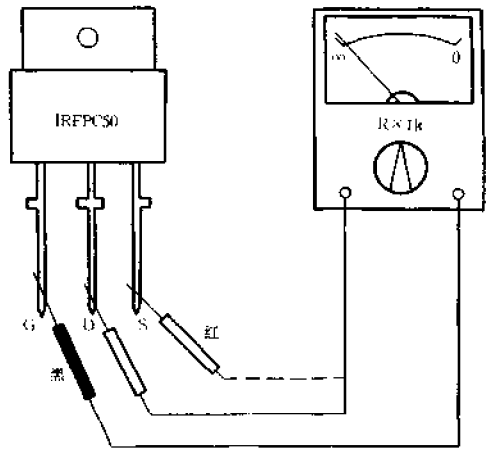


图4-161 判定VMOS管栅极的方法

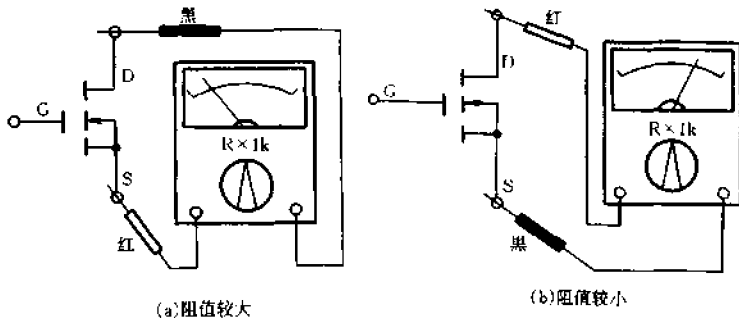


图4-162 判定VMOS管源极S和漏极D

## 2. 测量漏源通态电阻 $R_{DS(on)}$ (以N沟道型管为例)

测试方法如图4-163所示。将栅极G与源极S短接。万用表选用 $R \times 1$ 挡,红表笔接漏极D,黑表笔接源极S,正常阻值应为几欧至十几欧。此值随管子型号的不同而不同。由于测试条件的差别,用此法测得的 $R_{DS(on)}$ 值通常要比器件手册中给出的典型值略高一些。测试P沟道型管时,只要将红、黑表笔对调即可。

## 3. 性能好坏的综合测试

(1) 将万用表置于 $R \times 10k$ 挡,测量 $R_{GD}$ 和 $R_{GS}$ ,无论红、黑表笔如何接法,所测阻值均应为 $\infty$ 。如果这两个电阻值不为 $\infty$ ,则说明栅极G与另外两电极间有漏电现象,这样的管子是不能使用的(具体测 $R_{GD}$ 和 $R_{GS}$ 方法如图4-164所示)。

注意,以上测量方法适用于内部无保护二极管的VMOS管。

(2) 以N沟道管为例,可依次做下述测量,以判定管子是否良好。

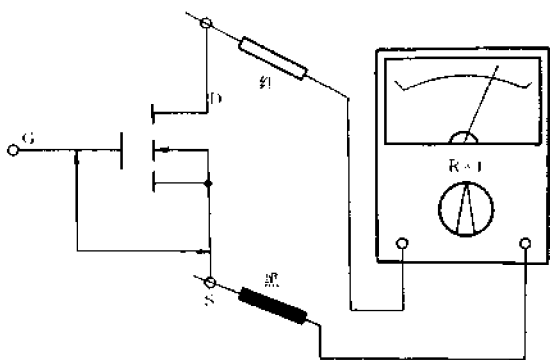


图 4-163 测量 VMOS 管的栅-源态电阻

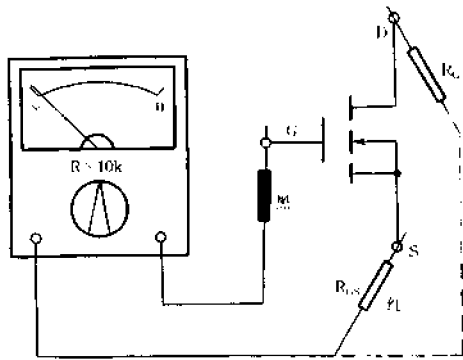


图 4-164 测量 VMOS 管的  $R_{GD}$  和  $R_{GS}$

① 将万用表置于  $R \times 1k$  挡, 先将被测 VMOS 管的栅极 G 与源极 S 用镊子短接一下, 然后将红表笔接漏极 D, 黑表笔接源极 S, 所测阻值应为数千欧。具体操作如图 4-165 所示。

② 先用导线短接 G 与 S, 将万用表置于  $R \times 10k$  挡, 红表笔接 S, 黑表笔接 D, 阻值应接近  $\infty$ , 否则说明 VMOS 管内部 PN 结的反向特性比较差(测试方法参见图 4-166)。

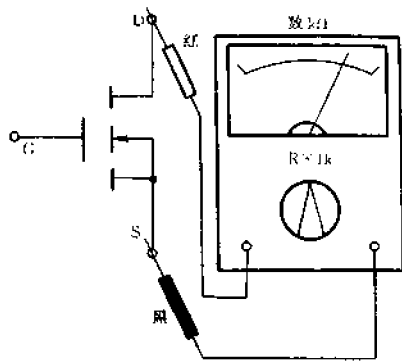


图 4-165 测量 VMOS 管的  $R_{GD}$

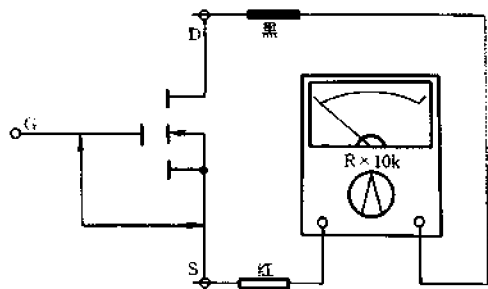


图 4-166 短接 VMOS 管 G-S 测量  $R_{GD}$

③ 紧接上述测量, 将 G 与 S 间短路线去掉, 表笔位置不动, 将 D 与 G 短接一下再脱开, 相当于给栅极注入了电荷, 此时阻值应大幅度减小并稳定在某一阻值。此阻值越小说明跨导值越高, 管子的性能越好。如果万用表指针向右摆幅很小, 说明管子的跨导值较小。具体测试操作如图 4-167 所示。此步测试时需要注意的是, 万用表的电阻挡一定要选用  $R \times 10k$  高阻挡, 这时表内电压较高, 阻值变化比较明显。如果使用  $R \times 1k$  或  $R \times 100$  挡, 会因表内电压较低而不能正常进行测试。

④ 紧接上述操作, 表笔不动, 电阻值维持在某一数值, 用镊子等导电物将 G 与 S 短接一下, 给栅极放电, 万用表指针应立即向左回转至  $\infty$ 。具体操作如图 4-168 所示。

注意事项:

(1) 上述综合测量方法是针对 N 沟道 VMOS 场效应管而言, 若测量 P 沟道管, 则应将两表笔位置调换。

(2) 测试过程中, 短接 D 与 S 极的动作不能省略, 否则栅极 G 内残存的电荷将影响测试结



果。

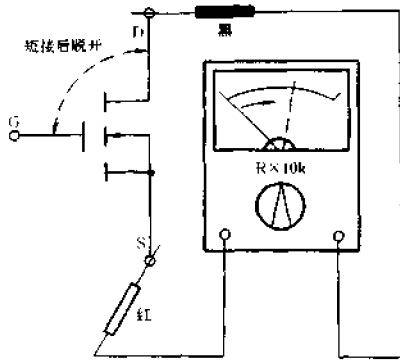


图 4-167 短接 VMOS 管 G-D 时  $R_{DS}$  减小

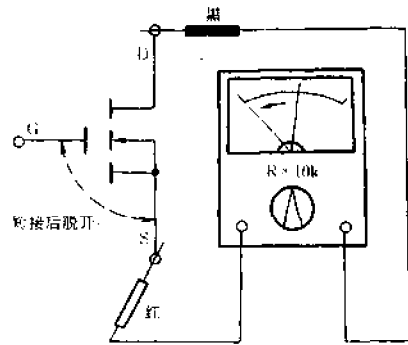


图 4-168 短接 VMOS 管 G-S 时  $R_{DS}$  回转至  $\infty$

## § 4.54 检测单向晶闸管

### 一、单向晶闸管的结构及性能特点

单向晶闸管(简称 SCR)也叫单向可控硅。图 4-169 是它的几种外形和引脚排列图。单向晶闸管是一种三端器件,共有三个电极,门极 G、阳极 A 和阴极 K。

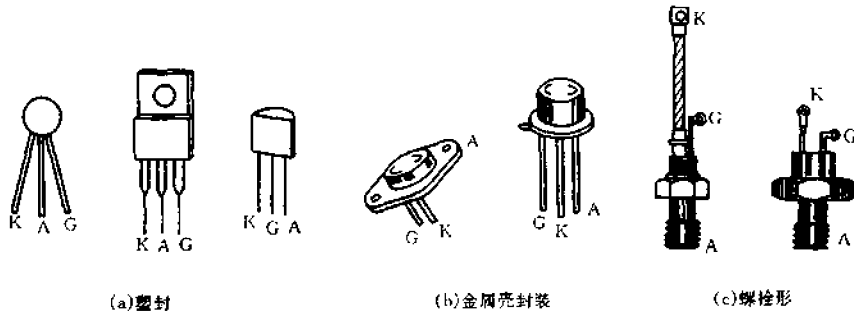


图 4-169 单向晶闸管的外形及引脚排列

按功率大小来区分,单向晶闸管有小功率、中功率和大功率三种规格,一般从外观上即可进行识别。小功率晶闸管多采用塑封或金属壳封装;中功率晶闸管的门极引脚比阴极细,阳极带有螺栓;大功率晶闸管的门极上带有金属编织套。目前,单向晶闸管已经被广泛用于可控整流、交流调压、逆变电源以及开关电源等电路。其工作电压范围可以做得很宽,从 100 ~ 5000V;通态平均电流从几安到几千安。普通单向晶闸管的工作频率一般在 400Hz 以下,而快速单向晶闸管能工作在 5kHz 左右,有的还能工作于 40kHz 左右。

图 4-170 是单向晶闸管的结构、等效电路和电路符号。由结构图可见,单向晶闸管是由 PNP 四层半导体构成的。它的主要特性是,当阳极 A 和阴极 K 之间加上正极性电压时,A、K

还不能导通。只有当门极 G 再加上一个正向触发信号时, A、K 之间才能进入深饱和导通状态。而 A、K 两电极一旦导通后, 即使去掉 G 极上的正向触发信号, A、K 之间仍保持通态, 只有使 A、K 之间的正向电压足够小或在两者间施以反向电压时, 才能使其恢复截止状态。

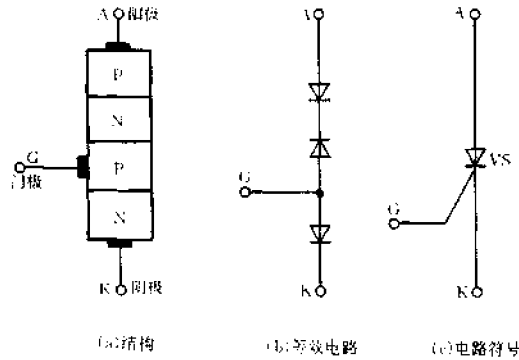


图 4-170 单向晶闸管的结构、等效电路和电路符号

单向晶闸管的种类很多, 表 4-55 列出了几种常见单向晶闸管的主要性能参数, 供选用时参考。

表 4-55 常见单向晶闸管的主要参数

| 参 数<br>型 号 | 正向平均电流<br>(A) | 最高反向电压<br>(V) | 门极触发电压<br>(V) | 门极触发电流<br>(mA) | 封装形式   |
|------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| 2N4443     | 5.1           | 400           | 1.5           | 30             | TO-220 |
| 2N4444     | 5.1           | 600           | 1.5           | 30             | TO-220 |
| BT106      | 1             | 700           | 3.5           | 50             | 螺栓     |
| BT152      | 13            | 600           | 1             | 32             | TO-220 |
| BTX18-400  | 1             | 500           | 2             | 5              | TO-5   |
| BTY79-400R | 6.4           | 400           | 3             | 30             | 螺栓     |
| BTY79-600R | 6.4           | 600           | 3             | 30             | 螺栓     |
| BTY79-800R | 6.4           | 800           | 3             | 30             | 螺栓     |
| TIC106A    | 3.2           | 100           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106B    | 3.2           | 200           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106C    | 3.2           | 300           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106D    | 3.2           | 400           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106E    | 3.2           | 500           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106M    | 3.2           | 600           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106S    | 3.2           | 700           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC106N    | 3.2           | 800           | 1.2           | 0.2            | TO-220 |
| TIC116A    | 5             | 100           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC116B    | 5             | 200           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC116C    | 5             | 300           | 2.5           | 20             | TO-220 |

续表

| 型号       | 参数<br>正向平均电流<br>(A) | 最高反向电压<br>(V) | 门极触发电压<br>(V) | 门极触发电流<br>(mA) | 封装形式   |
|----------|---------------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| TIC116D  | 5                   | 400           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC116E  | 5                   | 500           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC116M  | 5                   | 600           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC116S  | 5                   | 700           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC116N  | 5                   | 800           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126A  | 7.5                 | 100           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126B  | 7.5                 | 200           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126C  | 7.5                 | 300           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126D  | 7.5                 | 400           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126E  | 7.5                 | 500           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126M  | 7.5                 | 600           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126S  | 7.5                 | 700           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TIC126N  | 7.5                 | 800           | 2.5           | 20             | TO-220 |
| TICP106D | 2                   | 400           | 1             | 0.2            | TO-92  |
| TICP106M | 2                   | 600           | 1             | 0.2            | TO-92  |
| SFOR1B42 | 0.1                 | 100           |               |                |        |
| TFD315M  | 3                   | 120           |               |                |        |
| SFOR1B41 | 1                   | 100-800       |               |                |        |
| TF320M   | 3                   | 200           |               |                |        |
| CR3CM    | 3                   | 200           |               |                |        |
| SF8J41   | 0.04-0.05           | 500           |               |                |        |

## 二、单向晶闸管的检测方法

### 1. 判定各电极

由单向晶闸管的结构图可知,它的门极 G 与阴极 K 之间是一个 PN 结,而阳极 A 与门极 G 之间有两个反极性串联的 PN 结。因此,用万用表  $R \times 100$  挡可很方便地判定出门极 G。具体方法如图 4-171 所示。将黑表笔任接某一电极,红表笔依次去触碰另外两个电极,假如测量结果有一次阻值为几百欧,而另一次阻值为几千欧,据此即可判定黑表笔所接的是门极 G。在阻值为几百欧的那次测量中,红表笔接的便是阴极 K,而在阻值为几千欧的那次测量中,红表笔接的是阳极 A。如果两次测出的阻值都很大,

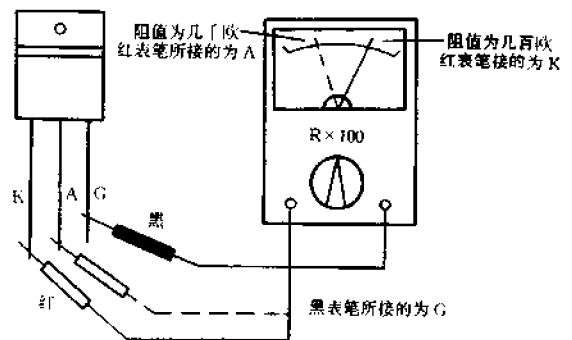


图 4-171 判定单向晶闸管的电极

说明黑表笔接的不是门极 G,应用同样方法改测其他电极,重新进行试验判断,直到将三个电极确定为止。

## 2. 判断好坏

对于已知引脚正确排列顺序的单向晶闸管,可根据各引脚的导电规律,用万用表直接检测判断其好坏。具体操作顺序如图 4-172 所示。将万用表置于  $R \times 1k$  或  $R \times 100$  挡,先检测 G 与 K 之间的单向导电性,即用黑表笔接 G,红表笔接 K,阻值应在  $2k\Omega$  左右,见图 4-172(a);调换两表笔测量,即红表笔接 G,黑表笔接 K,阻值应在  $80k\Omega$  左右,见图 4-172(b);接下去可将万用表置于  $R \times 10k$  高阻挡,测量门极 G 与阳极 A 之间,阴极 K 与阳极 A 之间的电阻值,无论红、黑表笔怎样调换测量,阻值都应为无穷大,见图 4-172(c)所示。否则,说明被测单向晶闸管已经损坏。

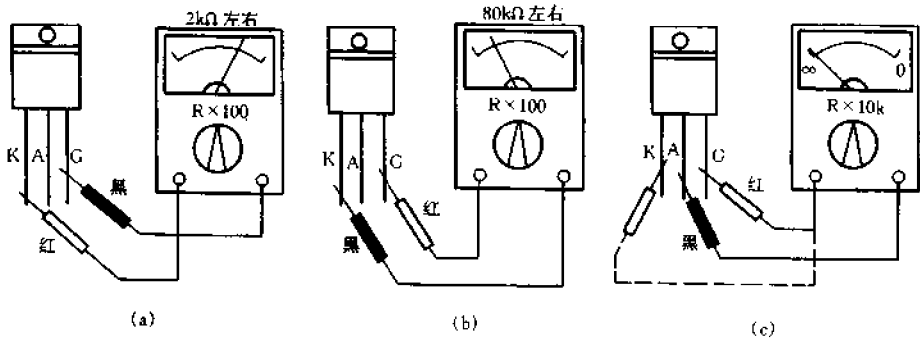


图 4-172 判断单向晶闸管好坏的操作程序

## 3. 检测触发能力

根据单向晶闸管的导通、截止条件,可分以下三种情况对其进行检测。

### (1) 检测工作电流为 5A 以下的单向晶闸管

检测方法如图 4-173 所示。将万用表置于  $R \times 1$  挡,红表笔接阴极 K,黑表笔接阳极 A,先使开关处于断开位置,此时,万用表指针不动。然后将开关闭合,使门极 G 与阳极 A 短路,即给门极 G 加上正向触发电压。此时,万用表指针明显向右摆动,并停在几欧至几十欧处,表明晶闸管因正向触发而导通。接着,保持红、黑表笔接法不变,将开关由接通状态拨到断开状态,这时,若万用表的指针仍保持在几欧至几十欧的位置不动,则说明晶闸管的性能良好。

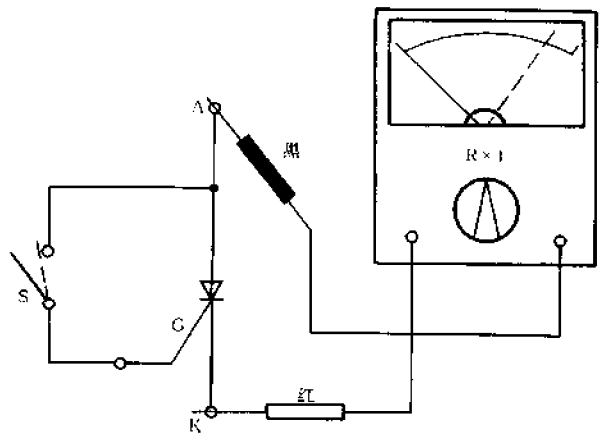


图 4-173 检测 5A 以下的单向晶闸管

### (2) 检测工作电流为 5~100A 的单向晶闸管

检测方法如图 4-174 所示。由于大电流晶闸管的门极触发电压  $V_{GT}$ 、维持电流  $I_A$  和通态

压降  $V_T$  都较大,所以若仅使用  $R \times 1$  挡测量,所提供的电流将明显偏低,容易使晶闸管导通不良,造成误判。因此,需要外接一节 1.5V 干电池进行测试。仍使用  $R \times 1$  挡,红表笔仍接阴极 K,在黑表笔端串一节 1.5V 干电池和一个可变电阻 RP 后再接阳极 A。设置可变电阻 RP 的目的是为了保护万用表。测试操作的具体方法步骤与检测 5A 以下晶闸管的方法相同,可参照进行。

### (3) 检测工作电流大于 100A 的单向晶闸管

工作电流大于 100A 的单向晶闸管,其门极触发电压  $V_{GT}$ 、维持电流  $I_A$  和通态压降  $V_T$  都更大,有的产品触发电压高达 4V,维持电流达 300mA 左右。所以,检测时应采用如图 4-175 所示的方法进行。万用表使用 DC500mA 挡,外接电池电压增加至 4.5V。具体测试判断操作方法仍与检测 5A 以下晶闸管的方法相同。注意,对于某些门极触发电压更高的单向晶闸管,可采用适当提高外加电池电压的方法进行测量。

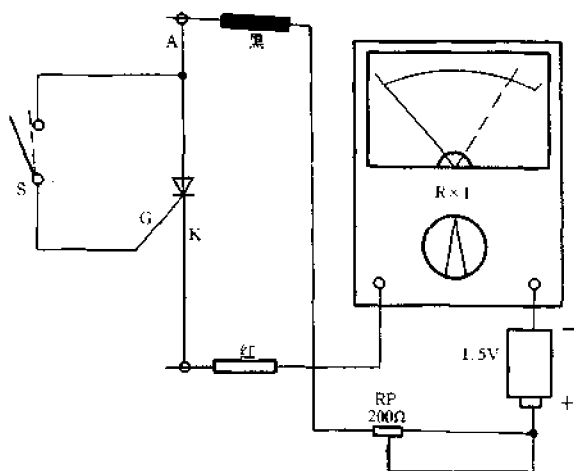


图 4-174 检测 5~100A 的单向晶闸管

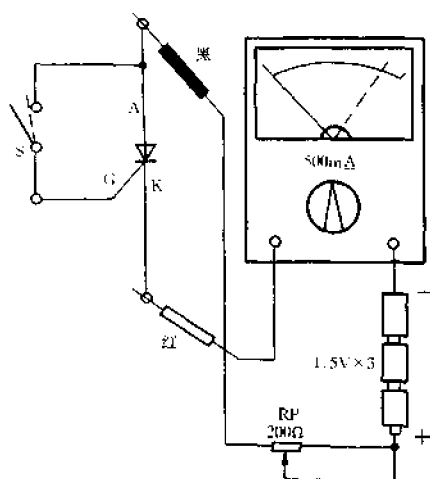


图 4-175 检测 100A 以上的单向晶闸管

## § 4.55 检测双向晶闸管

### 一、双向晶闸管的结构及性能特点

双向晶闸管 (TRIAC) 也称双向可控硅。它是在单向晶闸管的基础上发展而来的。由上一节有关内容可知,单向晶闸管实质上是属于直流控制器件,而双向晶闸管则是一种理想的交流开关器件,可广泛用于交流开关、交流调压、交流调速、灯具调光以及固态继电器和固态接触器等电路中。

双向晶闸管的外形结构及电路符号如图 4-176 所示。由图可见,它属于一种 NPNPN 五层器件,也有三个电极,分别为 G、 $T_1$  和  $T_2$ 。G 仍称为门极,但  $T_1$  和  $T_2$  则不再固定划分阳极或阴极,而统称为主端子。双向晶闸管的突出特点是可以双向导通且具有如图 4-177 所示的四种触发状态。

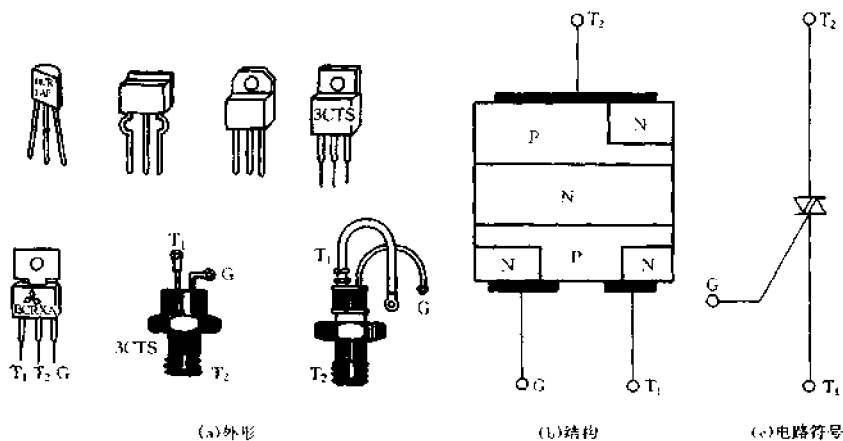


图 4-176 双向晶闸管的外形、结构和电路符号

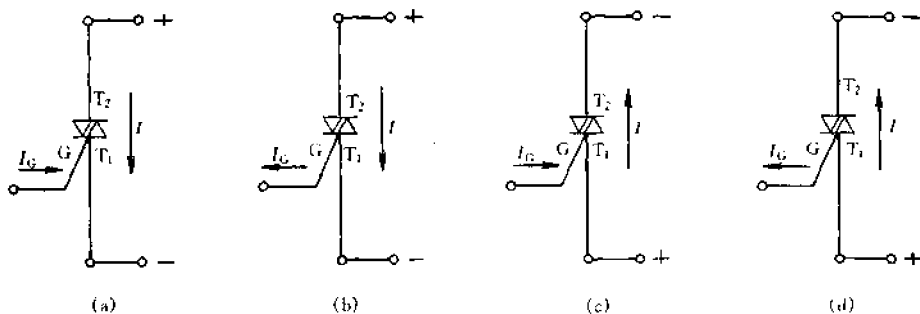


图 4-177 双向晶闸管的四种触发状态

- (1) 当  $G, T_2$  相对于  $T_1$  的电压为正时, 导通方向为  $T_2 \rightarrow T_1$ , 此时  $T_2$  为阳极,  $T_1$  为阴极;
- (2) 当  $G, T_1$  相对于  $T_2$  的电压为负时, 导通方向也为  $T_2 \rightarrow T_1$ ,  $T_2$  为阳极,  $T_1$  为阴极;
- (3) 当  $G, T_1$  相对于  $T_2$  的电压为正时, 导通方向为  $T_1 \rightarrow T_2$ , 此时  $T_1$  变为阳极,  $T_2$  变为阴极;
- (4) 当  $G, T_2$  相对于  $T_1$  为负时, 则导通方向仍为  $T_1 \rightarrow T_2$ ,  $T_1$  为阳极,  $T_2$  为阴极。

表 4-56 列出了部分双向晶闸管的主要参数, 供选用时参考。

表 4-56 部分双向晶闸管的主要参数

| 参 数<br>型 号 | 正向平均电流<br>(A) | 最高反向电压<br>(V) | 门极触发电压<br>(V) | 门极触发电流<br>(mA) | 封装形式   |
|------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| BT139      | 15            | 600           | 1.5           | 5              | TO-220 |
| TIC206M    | 4             | 600           | 2             | 5              | TO-220 |
| TIC216M    | 6             | 600           | 3             | 5              | TO-220 |
| TIC225M    | 8             | 600           | 2             | 20             | TO-220 |
| TIC226M    | 8             | 600           | 2             | 50             | TO-220 |
| TIC236M    | 12            | 600           | 2             | 50             | TO-220 |

| 型号        | 参数 | 正向平均电流<br>(A) | 最高反向电压<br>(V) | 门极触发电压<br>(V) | 门极触发电流<br>(mA) | 封装形式   |
|-----------|----|---------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| TIC246M   |    | 16            | 600           | 2             | 50             | TO-220 |
| TICP206D  |    | 1.5           | 400           | 2.5           | 2.5            | TO-92  |
| TICP206M  |    | 1.5           | 600           | 2.5           | 2.5            | TO-92  |
| 2N6075    |    | 4             | 600           |               | 30             | TO-126 |
| MAC218-6  |    | 8             | 400           |               | 50             | TO-220 |
| MAC218-10 |    | 8             | 800           |               | 50             | TO-220 |
| BTA40-400 |    | 40            | 400           |               | 50             | RD91   |
| BTA40-700 |    | 40            | 700           |               | 100            | RD91   |

## 二、双向晶闸管的检测方法

### 1. 判别电极

(1) 判别  $T_2$ 。参见图 4-178(a)。用万用表  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡分别测量双向晶闸管三个引脚间的正、反向电阻值,如果晶闸管是好的,肯定能测得一引脚与其他两脚都不通( $\infty$ ),此脚便是  $T_2$  极。对于 TO-220 封装的管子,一般中间一引脚为  $T_2$ ,并多与自带散热片相通,用万用表一测便知。

(2) 判别  $T_1$  和 G。参见图 4-178(b)。确定了  $T_2$  之后,剩下的两个引脚即为  $T_1$  极和 G 极。将万用表拨至  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡,先将任一表笔接这两引脚中的任一个,另一表笔接另外一引脚,测出一电阻值,然后将红、黑表笔对调,再测出一个电阻值,两次测得的电阻值约为几十欧至  $100\Omega$ 。仔细比较两次的测量结果,会发现电阻值为一大一小。在电阻值较小的那一次测量中,黑表笔所接的即是  $T_1$ ,红表笔所接的则为 G。

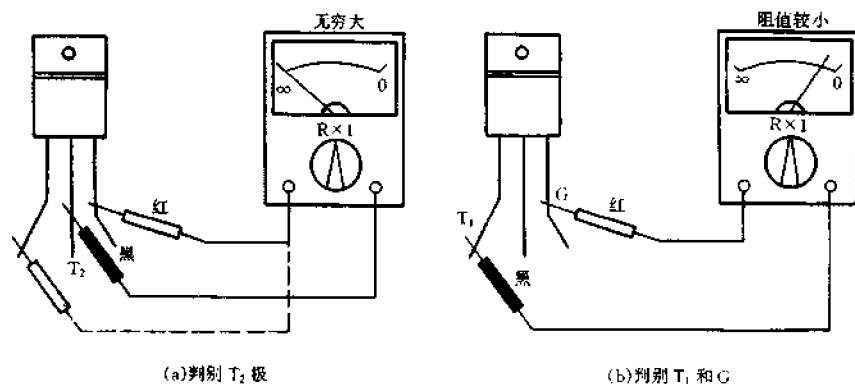


图 4-178 判别双向晶闸管的电极

### 2. 判断好坏

用万用表  $R \times 1$  挡测量  $T_1$  与  $T_2$  之间,  $T_2$  与 G 之间的正、反向电阻值,正常时应接近无穷

大,如果测得的电阻值都很小,则说明被测双向晶闸管电极间已经短路;用同样的方法测量  $T_1$  和  $G$  之间的正、反向电阻值,正常时应为几十欧至  $100\Omega$ ,若测得两者间的正、反向电阻值非常大甚至为无穷大,则说明被测管内部已经断路损坏。

表 4-57 列出了实测日本三菱公司生产的 BCR3AM 型双向晶闸管各引脚间的正常电阻值,可供检测判断时参考。

表 4-57 实测 BCR3AM 型双向晶闸管电阻值

| 黑表笔接引脚 | 红表笔接引脚 | 电阻值 ( $\Omega$ ) |
|--------|--------|------------------|
| G      | $T_1$  | 28               |
| $T_1$  | G      | 23               |
| G      | $T_2$  | $\infty$         |
| $T_2$  | G      | $\infty$         |
| $T_1$  | $T_2$  | $\infty$         |
| $T_2$  | $T_1$  | $\infty$         |

### 3. 检测触发能力

#### (1) 检测通态电流为 8A 以下的双向晶闸管

8A 以下的双向晶闸管,其触发电流  $I_G$  一般为  $10 \sim 50\text{mA}$ ,用万用表  $R \times 1$  挡即可直接进行检测,具体方法如下。

① G 极加正触发信号。测试方法如图 4-179(a)所示。将万用表置于  $R \times 1$  挡,红表笔接  $T_1$  极,黑表笔接  $T_2$  极,然后使  $T_2$  极与 G 极短路(因  $T_2$  与 G 两引脚靠的较近,所以操作时可直接用黑表笔将二者短接),此时即给 G 加上了正极性触发信号,电阻值应为  $10\Omega$  左右,说明管子已经导通,导通方向为  $T_2 \rightarrow T_1$ 。接着将 G 极脱开,若电阻值仍保持不变,则说明被测双向晶闸管经触发之后,在  $T_2 \rightarrow T_1$  方向上能维持正常的导通状态。

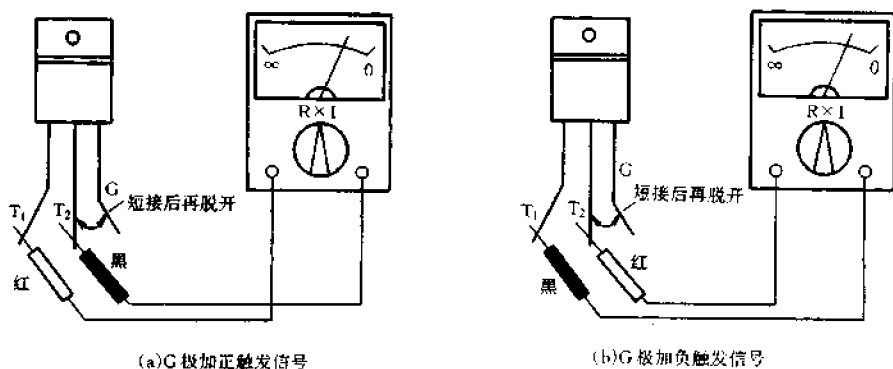


图 4-179 检测双向晶闸管的触发能力

② G 极加负触发信号。测试方法如图 4-179(b)所示。仍使用万用表  $R \times 1$  挡测量。先将黑表笔接  $T_1$  极,红表笔接  $T_2$  极,此时阻值为无穷大。然后,使  $T_2$  与 G 短路,给 G 加上负极性触发信号,此时万用表指针应向右大幅度摆动,指示阻值为  $10\Omega$  左右。说明被测双向晶闸



管已经导通,导通方向为  $T_1 \rightarrow T_2$ 。接着使 G 极脱开,若电阻值仍保持不变,表明晶闸管在触发之后仍能维持导通状态。

在上述测量时,若给 G 极加上触发电压(G 与  $T_2$  短接)后,双向晶闸管不能导通或者在 G 极去掉触发电压(G 脱开)后,不能继续维持导通状态,则说明其性能不良或已经损坏。但测试时应注意,对于工作电流 1A 左右的双向晶闸管,也可以用  $R \times 10$  挡进行鉴别,而对于 3~8A 的器件,则宜用  $R \times 1$  挡,且万用表内装的 1.5V 电池最好为新品。目的是为了提供适当的测试电流,以满足晶闸管的导通要求,使测试结果准确可靠,防止产生误判。

### (2) 检测导通电流大于 8A 的双向晶闸管

大于 8A 的大功率双向晶闸管的触发电流  $I_G$  可达 100mA,仅利用万用表  $R \times 1$  挡测量将无法使其触发导通,为此可给  $R \times 1$  挡外加一节 1.5V 干电池,将电压提高到 3V 进行测试。具体操作方法有两种可供选择。

#### 方法一:

第一步,检测  $T_2 \rightarrow T_1$  方向的导通性能。参见图 4-180(a)。将红表笔串接一节 1.5V 干电池后接  $T_1$ ,把黑表笔接  $T_2$ ,此时,万用表指示为  $\infty$ 。用导线将 G 接触一下  $T_1$  后再马上脱开,此时若万用表指针迅速大幅度向右偏转并停在某一固定阻值位置不变,则说明被测双向晶闸管在  $T_2 \rightarrow T_1$  方向导通性能良好。

第二步,检测  $T_1 \rightarrow T_2$  方向的导通性能。参见图 4-180(b)。具体操作方法与检测  $T_2 \rightarrow T_1$  方向导通性能时基本相同,可参照进行,但要注意表笔的接法是红表笔接  $T_2$ ,黑表笔接  $T_1$ 。

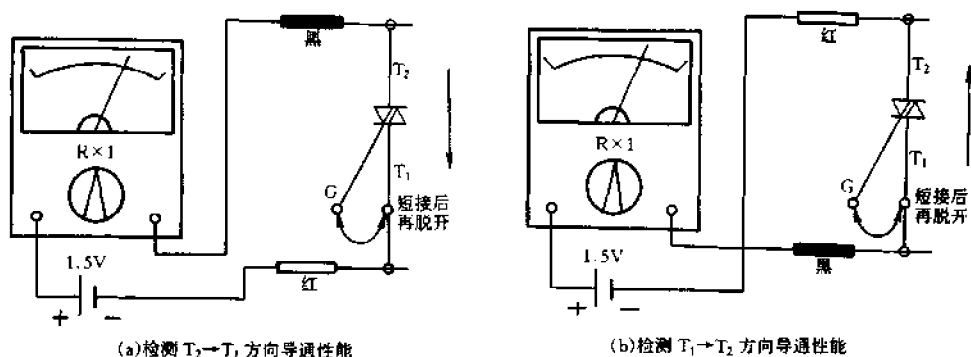


图 4-180 检测 8A 以上双向晶闸管方法之一

#### 方法二:

第一步,测试  $T_2 \rightarrow T_1$  方向的导通性能。参见图 4-181(a)。仍采用外接一节 1.5V 干电池的方法进行检测,不同的是使用一只  $220\mu\text{F}/16\text{V}$  的电解电容提供 G 极的触发电流。将 1.5V 电池串在红表笔一端,红表笔接  $T_1$ ,黑表笔接  $T_2$ ,此时万用表读数为  $\infty$ 。接着将充好电的  $220\mu\text{F}$  电解电容的正极接  $T_2$ ,用负极去触碰 G 极后迅速离开,此时,万用表指针若大幅度向右摆动后停留在某一位置固定不动,说明被测双向晶闸管经触发后能维持导通状态,性能良好。

第二步,测试  $T_1 \rightarrow T_2$  方向的导通性能。参见图 4-181(b)。操作方法与检测  $T_2 \rightarrow T_1$  方向导通性能的方法相同,但应将红、黑表笔及电解电容的极性对调。

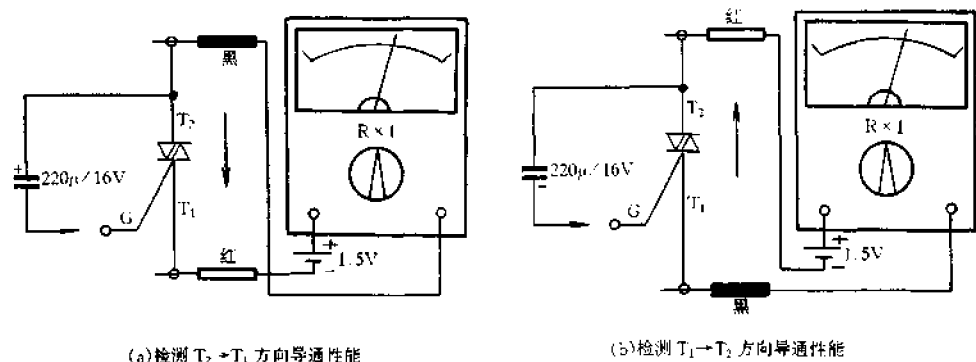


图 4-181 检测 8A 以上双向晶闸管方法之二

### (3) 检测耐压为 400V 以上的双向晶闸管

耐压为 400V 以上的双向晶闸管,可用在市电 220V 电路中作为交流电子开关使用。因此,只要直接将双向晶闸管接入交流 220V 电路中,通过观察白炽灯泡的亮灭情况,即可鉴别双向晶闸管的性能优劣。测试电路如图 4-182 所示。将 220V 交流电插头的一根引线接  $T_2$  极,另一端串一只 220V/60W 白炽灯泡后接  $T_1$  极。门极的开关 S 可用耐压为 250V 的拉线开关。R 为门极限流电阻,可采用  $100 \sim 300\Omega/2W$  的金属膜电阻。连接电路时应注意,  $T_2$  和  $T_1$  两电极的位置一定不能接反,否则,双向晶闸管不能被触发导通,也就无法进行检测。但 220V 交流电插头可任意插入交流市电插座,无需区分火线和零线。

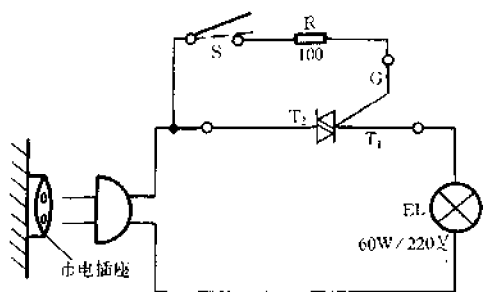


图 4-182 检测耐压 400V 以上的双向晶闸管

具体操作可按下列步骤进行。

- ① 检查测试电路连接无误后,将开关 S 拨到断开的位置。
- ② 将 220V 交流电源插头插入 220V 市电插座中,此时双向晶闸管处于关断状态,灯泡不应点亮。如果灯泡轻微发光,说明  $T_2 \rightarrow T_1$  极间漏电过大,器件性能不佳;如果灯泡正常发光,则表明  $T_2 \rightarrow T_1$  极间已经击穿短路,被测器件已彻底损坏。
- ③ 若将交流插头插入 220V 市电插座后,灯泡不发光,则可继续进行测试。将开关 S 闭合,为门极提供触发信号,此时,双向晶闸管应立即导通,白炽灯泡因有交流电通过而正常发光。如果开关 S 闭合后,白炽灯泡不能发光,说明双向晶闸管内部有断路性故障。

上述测量的原理可简述如下。

在 220V 交流电的正半周时,  $T_2$  极为正,  $T_1$  极为负, G 极相对  $T_1$  为正,则双向晶闸管沿  $T_2 \rightarrow T_1$  方向导通。

在 220V 交流电的负半周时,  $T_1$  极为正,  $T_2$  极为负, G 极相对于  $T_1$  为负,双向晶闸管沿  $T_1 \rightarrow T_2$  方向导通。

双向晶闸管如此交换方向导通的结果,使白炽灯泡有交流电流流过而发光。所以,当合上开关 S 时,灯泡能被正常点亮,即表明被测双向晶闸管的双向导通性能良好。

#### 4. 区分单、双向晶闸管

单、双向晶闸管在外形上是有很难区别的,这时可用万用表测量极间电阻的方法加以区分。将万用表拨至  $R \times 1k$  挡,先任测两个电极,若正、反测指针均不摆动,则所接引脚可能是 A、K 或 G、A(单向晶闸管),也可能是  $T_2$ 、 $T_1$  或  $T_2$ 、G 极(双向晶闸管)。若其中有一次测量指示为几十至几百欧,则必为单向晶闸管,且红表笔所接的为 K 极,黑表笔接的为 G 极,剩下即为 A 极。若正、反向测量时,电阻值均为几十至几百欧姆,则必为双向晶闸管。再将万用表拨至  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡复测,其中必有一次阻值稍大,则稍大的一次红表笔所接的为 G 极,黑表笔所接为  $T_1$  极,余下的便是  $T_2$  极。

### § 4.56 检测可关断晶闸管(GTO)

#### 一、可关断晶闸管的性能特点

可关断晶闸管也是一种 PNP 四层半导体器件,其结构、等效电路与普通晶闸管基本相同,也有三个电极,分别为阳极 A、阴极 K 和门极 G。图 4-183(a)是典型产品的外形,图(b)是 GTO 的电路符号。大功率可关断晶闸管大多采用模块形式封装。

GTO 触发导通的原理与单向晶闸管(VS)基本相同,但其关断原理和关断方式却与单向晶闸管有根本的区别。当在单向晶闸管的门极 G 加上正触发信号使其导通后,即使撤掉触发信号也能维持导通,欲使之关断,必须将 A、K 间电源切断,使正向电流低于维持电流,或者加上反向电压强迫其关断。与单向晶闸管不同的是,GTO 具有自行关断的功能。由于 GTO 导通后是处于临界饱和状态,所以只要给它的门极 G 加上负向触发信号即可使其关断,这就给使用带来很大方便。

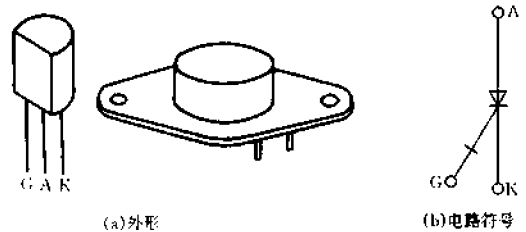


图 4-183 可关断晶闸管的外形和电路符号

表 4-58 列出了几种国产大功率 GTO 的主要性能参数,可供选用时参考。

表 4-58 几种国产大功率 GTO 的主要参数

| 参数<br>型号   | $V_{DRM}$<br>(V) | $I_{ATM}$<br>(A) | $V_{RCM}$<br>(V) | $V_{TM}$<br>(V) | 阳极面热阻 $R_{TH}$<br>( $^{\circ}C/W$ ) |
|------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|
| DGT304SE08 | 800              | 600              | 16               | 2.2             | 0.12                                |
| DG386SE21  | 2100             | 1000             | 16               | 2.8             | 0.089                               |
| DG606SH25  | 2500             | 2000             | 16               | 2.8             | 0.033                               |
| DG758SX45  | 4500             | 2500             | 16               | 3.4             | 0.03                                |

表中,  $V_{DRM}$  为断态重复峰值电压,表示 GTO 两端施加的断态电压的瞬时最高值;  $I_{ATM}$  是最大可关断电流;  $V_{RCM}$  为门极反向峰值电压;  $V_{TM}$  是通态峰值电压。另外, GTO 还有一个重要参数是关断增益  $\beta_{off}$ , 此参数类似于晶体管的电流放大系数  $\beta_{FE}$ 。它等于阳极最大可关断电流

$I_{ATM}$ 与门极最大负向电流  $I_{GM}$ 的比值,即

$$\beta_{off} = \frac{I_{ATM}}{I_{GM}}$$

$\beta_{off}$ 值的大小可表征门极电流对阳极电流控制能力的强弱。一般  $\beta_{off}$ 为几倍到十几倍。 $\beta_{off}$ 越大,说明门极电流对阳极电流的控制能力越强。

目前,GTO已被广泛用于交流电机调速、变频调速、斩波器、逆变电源以及电子开关电路中。图4-184为GTO的门极供电电路。图中,E为GTO门极关断电源。当高水平的导通信号加到VT的基极时,使VT导通,并经过电容  $C_1$  触发GTO进入导通状态。同时,E经过  $R_1$ 、VT向  $C_1$  充电。当关断信号(正脉冲)加到晶闸管的门极时,晶闸管VS导通,电容  $C_1$  上的电量经  $R_2$ 、VS、GTO的K-G极放电。由于  $C_1$  两端的电压不能突变,所以GTO的门极加上负向脉冲,使GTO迅速被关断。

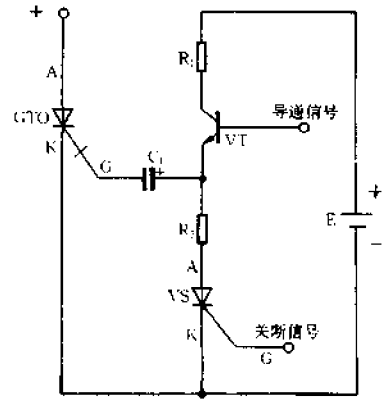


图4-184 GTO门极供电电路

## 二、GTO的检测方法

### 1. 判定电极

测试方法如图4-185所示。将万用表置于  $R \times 1$  挡,交换表笔测量任意两引脚间的电阻值,只有当黑表笔接门极G,红表笔接阴极K时,才为低阻值,而在其他情况下的电阻值均为无穷大。这样,将门极G和阴极K确定后,余者便是阳极A。

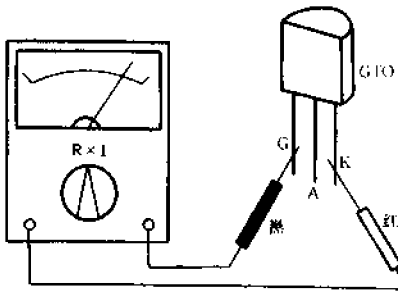


图4-185 判断GTO各电极

### 2. 检测触发能力

检测方法如图4-186所示。使用  $R \times 1$  挡,可分为三步进行。

第一步,将黑表笔接阳极A,红表笔接阴极K,此时电阻值应为无穷大。如图4-186(a)所示。

第二步,紧接第一步。用黑表笔在接触阳极A的同时也接触门极G,此时即给门极G加上了正向触发信号,指针应向右大幅度偏转呈低阻值状态,表明GTO被触发导通,见图4-186(b)。

第三步,保持低阻

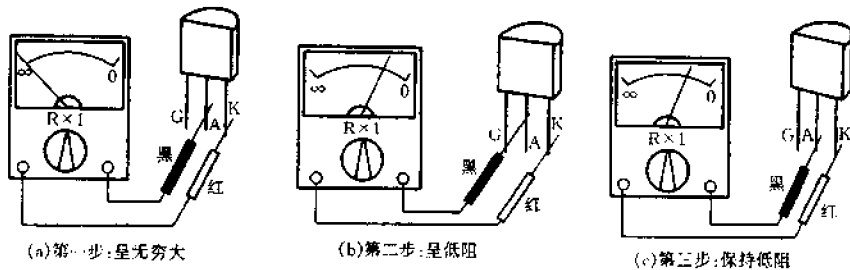


图4-186 检测GTO触发能力的操作方法

第三步,紧接第二步。将黑表笔与G极脱开,万用表指针应保持低阻值不变,证明GTO能维持通态,触发能力正常,见图4-186(c)。

### 3. 检测关断能力

(1) 双表法。检测方法如图4-187所示。表I置于 $R \times 1$ 挡,表II置于 $R \times 10$ 挡。先使用表I,按检测触发能力的操作步骤使GTO维持导通状态,然后再将表II的红表笔接门极G,黑表笔接阴极K,给GTO施加负向触发信号,若此时表I指针向左回摆到无穷大,则证明GTO的关断能力正常。

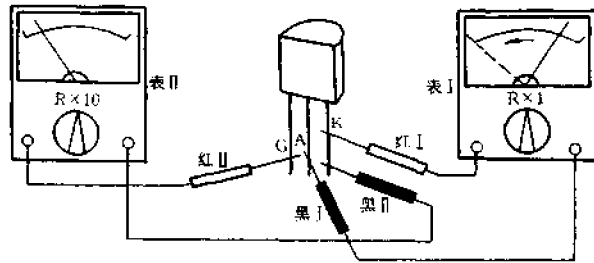


图4-187 双表法检测GTO的关断能力

(2) 单表加干电池法。检测方法如图4-188所示。将万用表置于 $R \times 1$ 挡,先按检测触发能力的操作步骤使GTO维持导通状态,然后将一节干电池(1.5V)的负端接门极G,正端串一只 $50\Omega$ 左右的电阻后接GTO的阴极K,此时等于给GTO加上了反向触发信号,若万用表指针迅速向左回摆至无穷大,说明关断能力正常。

(3) 单表加电解电容法。检测方法如图4-189所示。先用万用表 $R \times 100$ 挡给电解电容充满电,然后将万用表拨至 $R \times 1$ 挡,按照检测触发能力的操作步骤使GTO触发导通并维持通态;把电解电容的负极接GTO的门极G,用电解电容的正极去触碰GTO的阴极K,若指针迅速向左回摆至无穷大位置,则说明GTO关断能力正常。

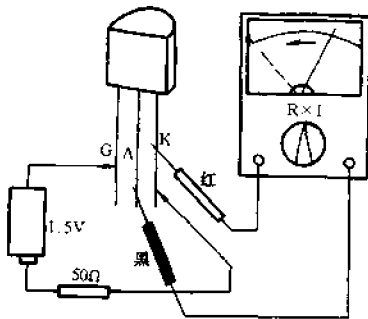


图4-188 单表加干电池法检测GTO  
关断能力

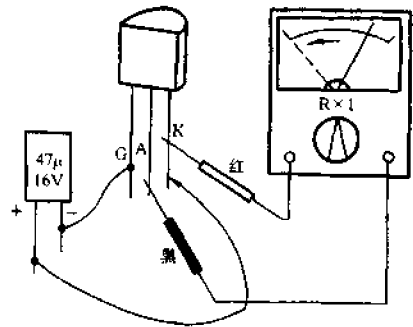


图4-189 单表加电解电容法检测GTO  
关断能力

注意,上述检测方法均以测试小功率GTO为例加以叙述的,如检测大功率GTO,则要参照图4-190所示的方法,在万用表的外部串接一节1.5V干电池后,再按照前面介绍的方法进行测试。这样,可提高测试电压,使被测管能可靠地导通,以防止出现误判。但要注意,串接电池

时不要将正负电极接错。

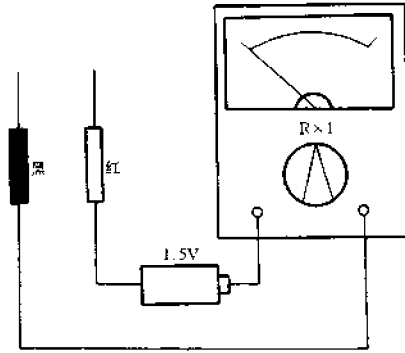
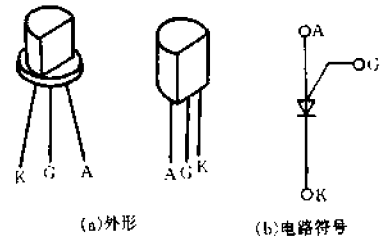


图 4-190 万用表串联电池测大功率 GTO  
关断能力

## § 4.57 检测 BTG 晶闸管

### 一、BTG 晶闸管的结构和性能特点

BTG 晶闸管又称程控单结晶体管 (PUT) 或可调式单结晶体管。它既可作为晶闸管使用, 又可作为单结晶体管 (双基极二极管) 使用。BTG 晶闸管的外形和电路符号如图 4-191 所示。它的三个电极文字符号与单向晶闸管相同。BTG 晶闸管的外形与小功率晶体管相似, 也有金属壳和塑料两种封装形式, 国内产品型号有 BT40、XG901D 等, 国外产品型号有 2N6027、2N6028 等。



(a) 外形

(b) 电路符号

图 4-192 是 BTG 晶闸管的内部结构、等效电路和伏安特性。从图中可以看出, 它是一种四层三端逆阻型晶闸管, 其 PNP 结构可被看成是由  $P_1N_1P_2$  与  $N_1P_2N_2$  两个三极管构成的复合管。其中  $P_1N_1P_2$  部分的  $P_1$  端对应于 BTG 晶闸管的阳极 A,  $N_1$  对应于 BTG 的门极 G,  $N_1P_2N_2$  部分的  $N_2$  端对应于 BTG 的阴极 K。由图 4-192 (b) 的等效电路可知,  $V_A = V_S + V_D$ , 若  $V_A$  刚好使 BTG 处于负阻特性的临界点, 则  $V_A = V_P$ ,  $V_P = V_S + V_D$ 。式中,  $V_S$  为门极 G 的电位,  $V_D$  是阳极 A 和门极 G 间的正向压降, 通常为  $0.6 \sim 0.7$  V。由于 G 点的电位是由外接电阻  $R_1$  与  $R_2$  的分压来决定的, 因此调节  $R_1$  与  $R_2$  的分压比即可设定  $V_S$  值。通常要求  $V_S$  值大于 1.5V。

在图 4-192(c) 中, 标示出了 BTG 的几个主要参数。  $V_P$  为峰点电压, 是 BTG 晶闸管开始出现负阻特性时阳极 A 与阴极 K 之间的电压。  $I_P$  为峰点电流, 是阳极 A 与阴极 K 之间电压达到  $V_P$  时 A、K 之间的电流。  $I_P$  值很小, 通常为  $1 \sim 2\mu\text{A}$ 。  $V_V$  是谷点电压, 是 BTG 晶闸管由负阻区开始进入饱和区时阳极 A 与阴极 K 之间的电压。  $I_V$  为谷点电流, 是 A、K 之间电压达到  $V_V$  值时的阳极电流。

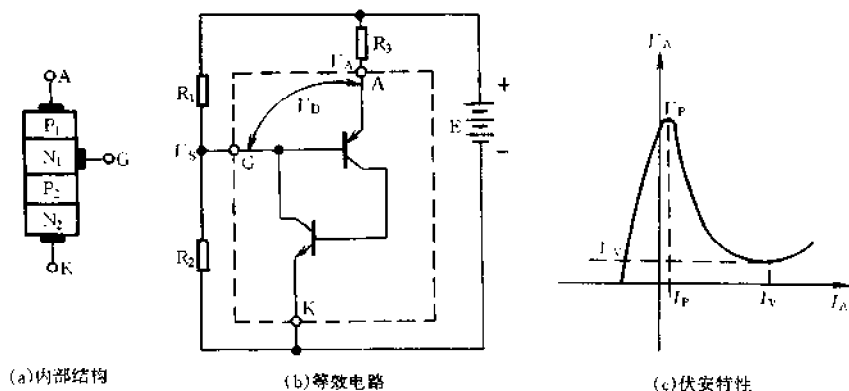


图 4-192 BTG 晶闸管的结构、等效电路和伏安特性

BTG 晶闸管的伏安特性曲线和 BT31、BT33 等型号单结晶体管基本相同，但二者参数却有差异。单结晶体管(UJT)的两个基极电阻  $R_{b1}$  和  $R_{b2}$  是由器件内部的结构所决定的，器件一经制成，其分压比  $\eta = \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}}$  便固定不变。由于生产工艺上的原因， $\eta$  值在 0.3~0.8 之间。鉴于 BTG 的门极对地等效电阻  $R_G = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  可任意调节，只需在外部改变  $R_1$ 、 $R_2$  的电阻比，即可调整参数值，使应用更加灵活。

BTG 晶闸管与单晶体管的另一个区别是前者的内部结构采用 N 门极，与传统的 P 门极不同。这种结构不仅使 BTG 可作为单晶体管使用，还可作为小功率晶闸管使用。所以，BTG 晶闸管具有参数可调、触发灵敏度高、脉冲上升时间短(约 60ns)、漏电流小、输出功率大等突出优点。被广泛用来构成可编程脉冲或锯齿波发生器、长延时器和过压保护器以及大功率晶体管的触发电路。

## 二、BTG 晶闸管的检测方法

### 1. 判定电极

由等效电路原理可知，BTG 晶闸管的 A-K、G-K 之间均包含有多个正反向串联的 PN 结，而在阳极 A 与门极 G 之间却仅有一个 PN 结。据此，用万用表电阻挡可准确地测出 A、G 电极，余下的一引脚便是阴极 K。具体方法是，将万用表置于  $R \times 1k$  挡，红、黑表笔轮换任接某一对电极，当测得某对引脚间为低阻值时(见图 4-193 所示)，表明所测即是 PN 结的正向电阻，此时黑表笔所接的便是阳极 A，红表笔所接的则是门极 G，另外一个引脚即是阴极 K。对于已知引脚排列的 BTG 晶闸管，用这种方法也可判断其性能好坏。正常的管子，其 G-A 之间的反向电阻趋于无穷大，A-K 之间的电阻也总是无穷大，均不会出现低阻值的情况。否则，说明被测 BTG 晶闸管性能不良或已经损坏。

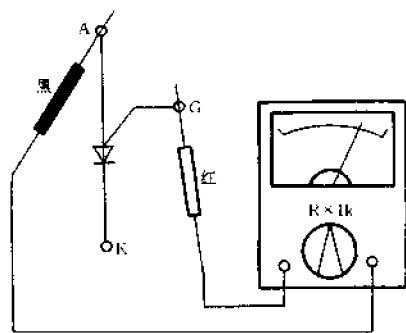


图 4-193 判定 BTG 晶闸管电极

## 2. 检测触发能力

测试方法如图 4-194 所示。将万用表置于  $R \times 1$  挡,黑表笔接阳极 A,红表笔接阴极 K,此时读数应为无穷大。接着用手指触摸门极 G,此时人体的感应电压便可使管子导通,A-K 之间的电阻值应迅速降至数欧,说明管子能被正常触发导通。否则,说明管子已经损坏。

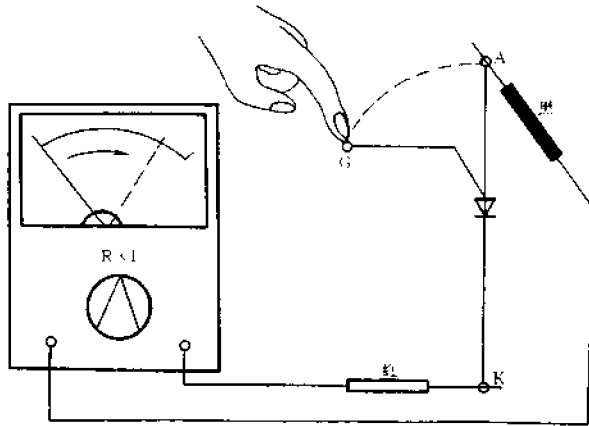


图 4-194 检测 BTG 晶闸管触发能力

由于 BTG 晶闸管的触发灵敏度很高,即使是在开路状态下,只要门极 G 上存在感应电压,就有可能使 A-K 间处于导通状态,因此,在测试操作时,可先用一根导线将阳极 A 与门极 G 短路一下,如图 4-194 中虚线所示,以强行将 BTG 晶闸管关断,然后再触摸 G 极测试,这样可以防止误判。

## § 4.58 检测四端小功率晶闸管

### 一、四端小功率晶闸管的结构及性能特点

四端小功率晶闸管也叫硅控制开关(SCS),是一种多功能半导体器件。图 4-195 是四端小功率晶闸管的内部结构、等效电路、电路符号和引脚排列底视图。由内部结构图可见,它是一种 PNPN 四层四端器件,可等效成是一只 PNP 晶体管  $VT_1$  和一只 NPN 晶体管  $VT_2$  的组合。其四个引出端分别是阳极 A、阳极门极  $G_A$ 、阴极 K 和阴极门极  $G_K$ 。

四端小功率晶闸管大多采用金属壳封装,管径为 8mm,一般容量为 0.5A/60V。常见的型号有 3N38、3N81、3SF11、MAS32 等。这种管子的灵敏度极高,门极触发电流极小(仅几微安),开、关时间  $t_{ON}$  和  $t_{OFF}$  都相当短。其突出特点是使用灵活方便,只要变换四个引脚的连接方式,便可实现多种半导体器件的电路功能。表 4-59 列出了四端小功率晶闸管在不同接线方式下的 11 种不同用法,可供应用时参考。



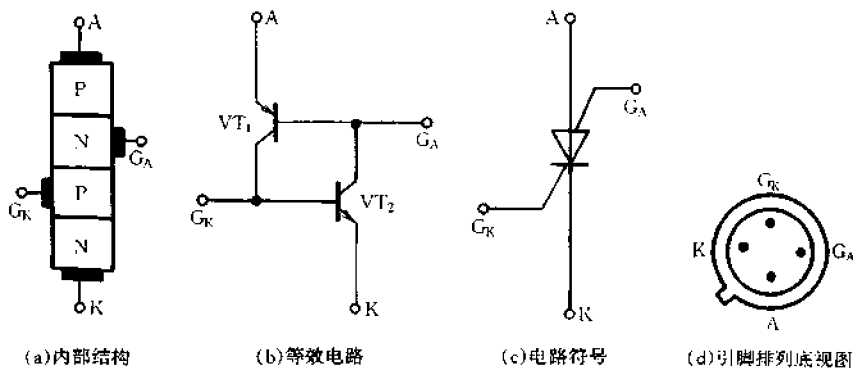


图 4-195 四端小功率晶闸管的内部结构、等效电路、符号和引脚排列

表 4-59 四端小功率晶闸管的 11 种不同接法

| 序号 | 电路功能               | 引脚接法               | 引脚对应关系        |              |                      | 性能特点  |
|----|--------------------|--------------------|---------------|--------------|----------------------|---|
|    |                    |                    | $G_K$         | A            | k                    |   |
| 1  | 单向晶闸管(VS)          | $G_A$ 空着不用         | $G_K$         | A            | k                    | 灵敏度高, $G_K$ 触发电流小, 仅几微安                                     |
|    |                    |                    | G             | A            | K                    |   |
| 2  | 可关断晶闸管(GTO)        | $G_A$ 或 $G_K$ 任选使用 | $G_A$ 或 $G_K$ | A            | K                    | 用 $G_A$ 时, 加负脉冲导通, 加正脉冲关断; 用 $G_K$ 时, 加正脉冲导通, 加负脉冲关断        |
|    |                    |                    | G             | A            | K                    |   |
| 3  | BTG 晶闸管(PUT)       | $G_K$ 空着不用         | $G_A$         | A            | K                    | 外加分压电阻 $R_1$ 和 $R_2$ , 调整 $R_1$ 或 $R_2$ 阻值, 可改变分压比 $\eta_V$ |
|    |                    |                    | G             | A            | K                    |   |
| 4  | 单结晶体管(UJT)         | $G_K$ 空着不用         | $G_A$         | A            | K                    | 分压比 $\eta_V$ 固定   |
|    |                    |                    | E             | $B_2$        | $B_1$                |   |
| 5  | 逆导晶闸管(RCT)         | $G_A$ 与 A 短接       | $G_K$         | $G_A$ 与 A 短接 | K                    | 正向特性与 VS 相同, 反向特性与硅整流管正向特性相似                                |
|    |                    |                    | G             | A            | K                    |   |
| 6  | NPN 硅晶体管( $VT_2$ ) | $G_A$ 与 A 短接       | $G_K$         | $G_A$ 与 A 短接 | K                    | 用万用表可测出 $h_{FE}$  |
|    |                    |                    | b             | c            | e                    |   |
| 7  | PNP 硅晶体管( $VT_1$ ) | $G_K$ 与 K 短接       | $G_A$         | $G_K$ 与 K 短接 | A                    | 用万用表可测出 $h_{FE}$  |
|    |                    |                    | b             | c            | e                    |   |
| 8  | 肖克莱二极管(SKD)        | $G_A, G_K$ 均空着不用   | A             | K            | 高速可控整流二极管, 可作开关管或触发器 |   |
|    |                    |                    | +             | -            |                      |   |
| 9  | 稳压二极管              | $G_K, K$ 均空着不用     | A             | $G_A$        | 典型稳压值: 90V(反向击穿状态下)  |   |
|    |                    |                    | +             | -            |                      |   |
| 10 | 稳压二极管              | A, K 空着不用          | $G_K$         | $G_A$        | 典型稳压值: 80V(反向击穿状态下)  |   |
|    |                    |                    | +             | -            |                      |   |
| 11 | 稳压二极管              | A, $G_A$ 均空着不用     | $G_K$         | K            | 典型稳压值: 4V(反向击穿状态下)   |   |
|    |                    |                    | +             | -            |                      |   |

## 二、四端小功率晶闸管的检测方法

### 1. 检测 PN 结的单向导电性能

由四端小功率晶闸管的内部结构和等效电路原理可知,它共有三个 PN 结。因此,可用万用表电阻挡检查这三个 PN 结的单向导电特性是否正常来判断器件的好坏。检查时,将万用表置于  $R \times 1k$  挡,分别测量 A -  $G_A$ 、 $G_K$  -  $G_A$ 、 $G_K$  - K 之间的正、反向电阻,应符合表 4-60 所列阻值。若测得某对电极之间的正、反向电阻值均很小或均很大(即正、反向阻值差很小),则说明该 PN 结单向导电性能较差甚至已经击穿或烧断。这样的管子是不能使用的。

表 4-60 四端小功率晶闸管各电极间电阻值

| 黑表笔              | A     | $G_A$    | $G_K$ | $G_A$    | $G_K$ | K        |
|------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 红表笔              | $G_A$ | A        | $G_A$ | $G_K$    | K     | $G_K$    |
| 电阻值(k $\Omega$ ) | 4~12  | $\infty$ | 2~10  | $\infty$ | 4~12  | $\infty$ |

### 2. 检测触发导通性能

#### (1) 检测 $G_A$ 极触发能力

测试方法如图 4-196(a)所示。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔接 A 极,红表笔接 K 极,电阻应为无穷大,即此时管子是处于关断状态。用导线(或红表笔笔尖)将 K 极与  $G_A$  极短接一下(注意,红表笔要始终与 K 极接触),这相当于给  $G_A$  极加上负脉冲,此时若万用表指针大幅度向右摆动,阻值迅速减小,说明管子被触发导通,性能良好。若指针不动,则说明管子  $G_A$  极触发能力不正常。

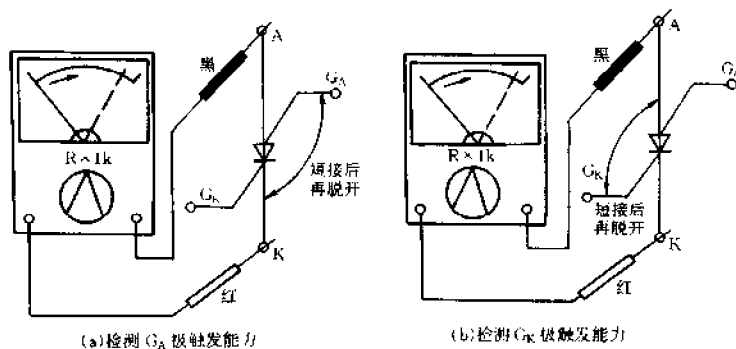


图 4-196 检测四端小功率晶闸管触发导通性能

#### (2) 检测 $G_K$ 极触发能力

测试方法如图 4-196(b)所示。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔接 A 极,红表笔接 K 极,此时电阻为无穷大,说明管子处于关断状态。用导线(或黑表笔笔尖)将 A 极与  $G_K$  极短接一下(注意,黑表笔要始终与 A 极接触),即相当于给  $G_K$  极加上了正脉冲,此时若万用表指针大幅度向右摆,阻值迅速减小,说明管子被触发导通,性能良好。若指针不动,则说明管子的  $G_K$  极触发能力不正常。

### 3. 检测关断性能

#### (1) $G_A$ 极加正脉冲检测关断能力

测试方法如图 4-197(a)所示。先按“检测  $G_A$  极触发能力”或“检测  $G_K$  极触发能力”的方法使管子处于导通状态,然后用导线或黑表笔笔尖将 A 极与  $G_A$  极短接一下并立即脱开(注意,黑表笔要始终与 A 极接触),这相当于给  $G_A$  极加上了正向脉冲,此时,若万用表指针迅速向左回转至无穷大,证明管子被关断。否则,说明被测管子的关断性能不良。

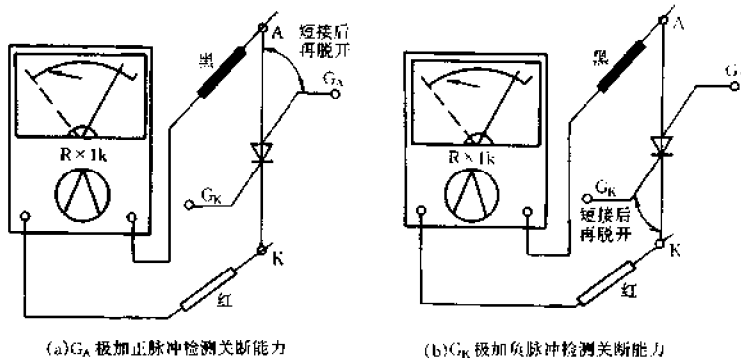


图 4-197 检测四端小功率晶闸管的关断性能

#### (2) $G_K$ 极加负脉冲检测关断能力

测试方法如图 4-197(b)所示。先按“检测  $G_A$  极触发能力”或“检测  $G_K$  极触发能力”的方法使管子进入导通状态。然后,用导线或红表笔笔尖将 K 极与  $G_K$  极短接一下并立即脱开(注意,红表笔要始终与 K 极接触),这相当于给  $G_K$  极加上了负向脉冲。此时,若万用表指针迅速向左回转至无穷大,则证明管子的关断能力正常。否则,说明管子关断性能不良。

### 4. 检测逆导性

所谓逆导性是指管子的反向导通特性。检测方法如图 4-198 所示。将 A 与  $G_A$ 、K 与  $G_K$  分别短接,此时,A 与 K 之间实质上只有两个并联的 PN 结,A 极接 PN 结的负极,K 极接 PN 结的正极。把万用表置于  $R \times 1k$  挡,先用红表笔接 A 极,黑表笔接 K 极,所得电阻值应为数千欧;然后交换表笔进行测量,所得阻值应为无穷大。

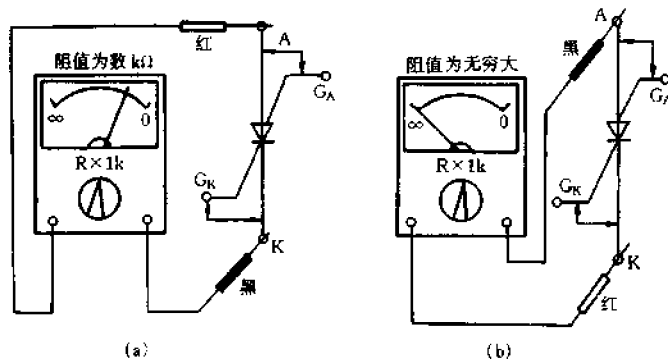


图 4-198 检测四端小功率晶闸管的逆导性

## § 4.59 检测干簧管(DRC)

### 一、干簧管的结构及特点

干簧管的全称叫“干式舌簧开关管”，是一种具有干式触点的密封式开关。干簧管具有结构简单、体积小、寿命长、动作灵活、防腐、防尘以及便于控制等优点。可广泛用于接近开关、防盗报警等控制电路中。

干簧管的外形、电路符号和工作原理如图 4-199 所示。它内部的簧片是由既导磁又导电的材料做成的，簧片被平行地封入玻璃管内，玻璃管中充有惰性气体(如氮气、氩气等)。簧片的端部重迭并留有一定间隙以构成开关触点。当永久磁铁靠近干簧管使簧片磁化时，簧片的触点部分就感应出极性相反的磁极。异性的磁极相互吸引，当吸引的磁力超过簧片的弹力时，触点就会吸合；当磁力减小到一定值时，触点又会被簧片的弹力断开。

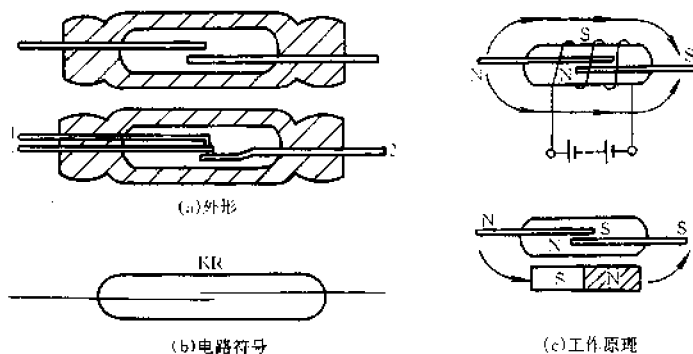


图 4-199 干簧管的外形、符号和工作原理

按体积的大小来分类，干簧管可分为微型、小型、大型几种。微型的体积只有一粒米那样大小；小型的体积与圆珠笔的笔芯相似；大型的像一段粉笔。

干簧管触点的形式有常开触点(H型)与转换触点(Z型)两种。具有常开触点的干簧管的结构如图 4-199(a)中的上图所示。平时，它的触点呈断开状态，当簧片被磁化时，触点闭合。具有转换触点的干簧管的结构如图 4-199(a)中的下图所示。簧片 1 用导电而不导磁的材料制成，簧片 2、3 仍是用既导电又导磁的材料制成。平时，靠弹性使簧片 1 和 3 闭合。当永久磁铁靠近它时，簧片 2、3 被磁化而吸引，使触点 2、3 闭合。这样，就构成了一个转换开关。

干簧管的簧片触点间隙一般约 1~2mm，两簧片的吸合时间极短，通常小于 0.15ms。

### 二、干簧管的检测方法

方法一：

以常开式二端干簧管为例，检测方法如图 4-200 所示。将万用表置于  $R \times 1$  挡，两表笔分别任意接干簧管的两个引脚，阻值应为  $\infty$ 。用一块小磁铁靠近干簧管，此时万用表指针应向右摆至  $0\Omega$ ，说明两簧片已接通。然后将小磁铁移开干簧管，万用表指针应向左回摆至  $\infty$ 。测试

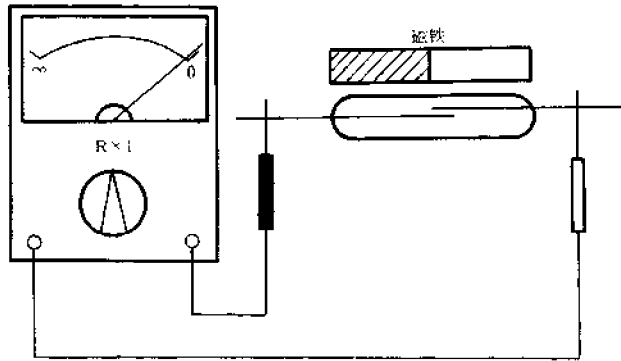


图 4-200 检测干簧管方法之一

时,若磁铁靠近干簧管时,簧片不能吸合(万用表指针不动或摆不到  $0\Omega$ ),说明其内部簧片的触点间隙过大或已发生位移;若移开磁铁后,簧片不能断开,说明簧片弹性已经减弱。这样的干簧管是不能使用的。

方法二:

检测方法如图 4-201 所示。其原理是利用万用表的泄漏磁场使干簧管吸合,并用电阻挡直接检测它的通断。万用表宜使用 MF30 型,将其置于  $R \times 1$  挡,两只表笔分别接干簧管的两个电极。当干簧管离万用表较远时,簧片断开,电阻值为  $\infty$ ;当把干簧管平行移到万用表的表盘上时,因簧片受漏磁的作用而吸合,电阻值迅速变为  $0\Omega$ 。注意,有的万用表泄漏磁场较小,不能使干簧管可靠吸合,采用此法是不能对干簧管进行检测的。

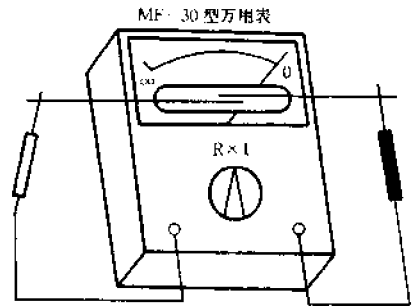


图 4-201 检测干簧管方法之二

对于三端转换式干簧管,同样可采用上述方法进行检测。但在操作时要分清三个触点的相互关系,以便得到正确的测试结果。

## § 4.60 检测光电开关

### 一、光电开关的性能特点

光电开关是一种由红外线发射管与接收管封装在一起构成的元件。目前,常见的光电开关有两种,一种为透射式,另一种为反射式。两者相比,透射式光电开关的灵敏度较高,但有时使用不如反射式光电开关方便。多数光电开关采用输入端与输出端相互隔离的结构,即发射管与接收管互相独立,保持绝缘。但也有少数产品采用非隔离方式,即发射管与接收管为共地。图 4-202 是常见的透射、隔离式光电开关的外形及内部结构。

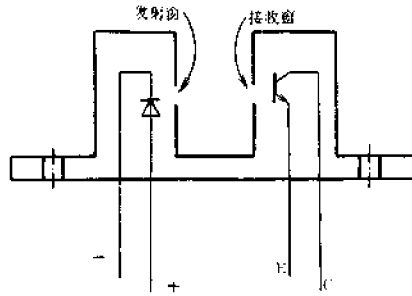


图 4-202 透射、隔离式光电开关结构

## 二、光电开关的检测方法(以透射、隔离式为例)

### 1. 检测发射管单向导电性

测试方法如图 4-203 所示。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,测量光电开关发射管的正、反向电阻值,应具有单向导电特性。利用这种特性可以很容易地将光电开关的输入端(发射管)和输出端(接收管)区分开。

### 2. 检测接收管的穿透电流

测试方法如图 4-204 所示。将万用表置于  $R \times 1k$  挡,红表笔接接收管的 E,黑表笔接接收管的 C,此时所测得的电阻值为接收管的穿透电阻,此值越大,说明接收管的穿透电流越小,管子的稳定性能越好。正常时,用万用表  $R \times 1k$  挡测量,接收管的穿透电阻值多为无穷大。

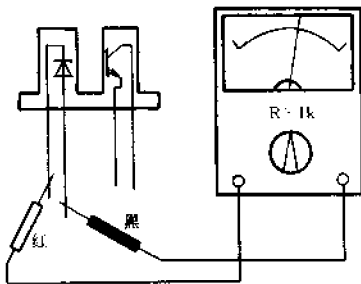


图 4-203 检测发射管单向导电性

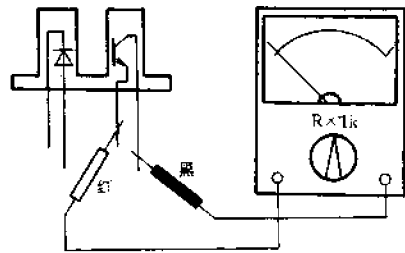


图 4-204 检测接收管的穿透电流

### 3. 检测发射管与接收管之间的隔离性能

测试方法如图 4-205 所示。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量发射管与接收管之间的绝缘电阻,应为无穷大。如果发射管与接收管之间测出电阻值,说明两者之间绝缘不良,有漏电现象。

### 4. 检测灵敏度

测试方法如图 4-206 所示。采用双表法进行检测。表 I 置于  $R \times 10$  挡,红表笔接发射管负极,黑表笔接发射管正极。表 II 置于  $R \times 10k$  挡,红表笔接接收管 E,黑表笔接接收管 C。将一黑纸片插在光电开关的发射管与接收管中间,用来遮挡发射管发出的红外线。测试时,上、下移动黑纸片,观察表 II 的指针,应随着黑纸片的上、下移动有明显的摆动。摆动的幅度越大,说明光电开关的灵敏度越高。

注意,为了防止外界光线对测试产生影响,测试操作应在较暗处进行。测试过程中,若万用表的指针不随纸片上、下移动而摆动,说明被测光电开关已经损坏。

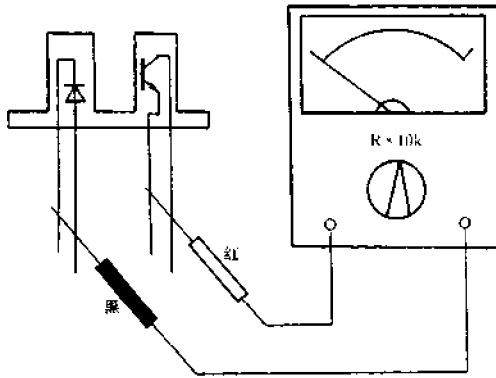


图 4-205 检测发射管与接收管之间的隔离性

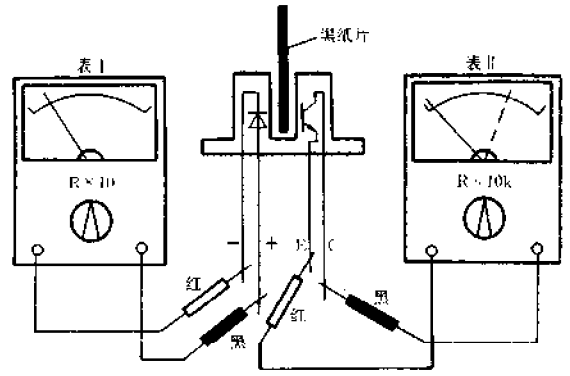


图 4-206 检测光电开关的灵敏度

## § 4.61 检测光电耦合器

### 一、光电耦合器的性能特点及主要类型

光电耦合器是一种以光为媒介用来传输电信号的光电器件,通常是由发光器(可见光 LED 或红外线 LED)和受光器(光电半导体管)封装在同一管壳内构成。光电耦合器的种类很多,图 4-207 示出了十种主要类型。当光电耦合器输入端加上电信号时,发光器便发出光线,受光器因受到光照而产生电流,并从输出端输出,这样即实现了“电-光-电”的转换。光电耦合器可以耦合频率从零到几百千赫的信号,且响应速度快,失真小,电气隔离性能优良。它的输入端与输出端之间的绝缘电阻可达  $10^{10} \sim 10^{15} \Omega$ ,绝缘电压为 1000 ~ 5000V,其分布电容只有几个皮法。光电耦合器的发光器属于电流驱动器件,具有抗干扰能力强、共模抑制比高、不受磁场影响、不需磁屏蔽等优点。

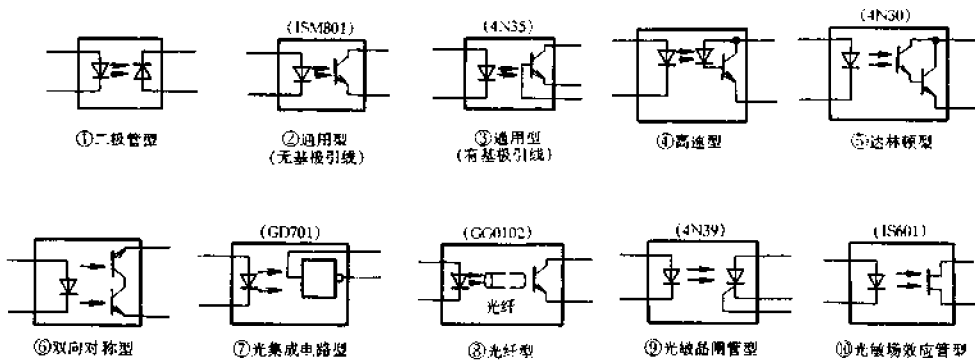


图 4-207 光电耦合器的十种类型

在应用电路中,使用较多的是通用型的,分四引脚和六引脚两种,均为双列直插结构,其内

部结构如图 4-208 所示。对于四引脚型的器件,输入端①、②内接一发光二极管,①为正极,②为负极;输出端③、④内接一光敏三极管,④为集电极 c,③为发射极 e。当输入端发光管导通发光时,输出端④、③之间呈导通状态,表现出较小的导通电阻。输入端电流越大,导通电阻越小,从而实现了输入对输出的光电控制。对于六引脚器件,其③脚为空脚,④脚为光敏管的基极 b,使用时③脚可以空起来,也可以通过电阻给光敏管加一定的偏压。由于光电耦合器输入与输出端是完全隔离的,绝缘电压可达几千伏,所以将它用在电视机的电源稳压控制及自动保护电路中,既可以起传输信号的作用,同时又起到沟通热、冷底板的桥梁作用。彩电中用到的光电耦合器型号较多,常见的有:TKP621、TLP631、PC817、PC613、GD-S611~GD-S613、4N25~4N28、4N35~4N37 等,其性能参数大致相同,故使用时可相互代换。以 GD-S611 为例,其具体参数为:

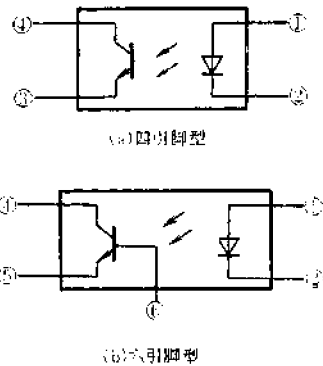


图 4-208 通用型光电耦合器的内部结构

- ① 输入端:正向电压  $\leq 1.3\text{V}$ ;工作电流  $10\text{mA}$  左右;反向击穿电压  $\geq 6\text{V}$ ;
- ② 输出端:反向击穿电压  $\geq 30\text{V}$ ;反向截止电流  $\leq 0.1\mu\text{A}$ ;饱和压降  $\leq 0.3\text{V}$ ;
- ③ 输入、输出端隔离电压  $> 2.5\text{kV}$ 。

## 二、光电耦合器的检测方法(以通用型结构为例)

### 1. 测量输入端(发光二极管)

由于输入端的内部是一只发光二极管,所以当所加正向电压在  $1.3\text{V}$  左右时二极管就能导通,而加反向电压时二极管截止,即具有单向导电性。用万用表的  $R \times 10$  挡测量正向电阻时,为几百欧,用  $R \times 1\text{k}$  挡测量反向电阻时,应为  $\infty$ 。若测量时正反向电阻相差不多,则表明内部发光二极管性能不良或已损坏。

### 2. 测量输出端(光敏管)

将万用表置于  $R \times 1\text{k}$  挡,黑表笔接 c 极,红表笔接 e 极,阻值应为  $\infty$ (测穿透电流较大的管子时,万用表指针有微动的现象),交换两表笔测量,阻值也应为  $\infty$ 。注意,因光电耦合器的接收方式不尽相同,所以测试时应针对不同结构进行判断。例如,对于有 b、c、e 三个引出脚的光敏管,应按测试三极管的方法进行检查,即用万用表  $R \times 1\text{k}$  挡或  $R \times 100$  挡分别测量接收管的集电结与发射结的正、反向电阻,均应有单向导电特性。

### 3. 检测输入端与输出端的绝缘

用万用表的  $R \times 10\text{k}$  挡,依次测量输入端的两引脚与输出端各引脚间的电阻值,都应为  $\infty$ 。也就是说,光电耦合器内部的发光二极管和光敏管之间应该是绝缘的。

### 4. 实测举例

被测光电耦合器的型号为 4N35,其外型及引脚排列方式如图 4-209 所示。该器件属于通用型光电耦合器,采用双列直插式封装,共

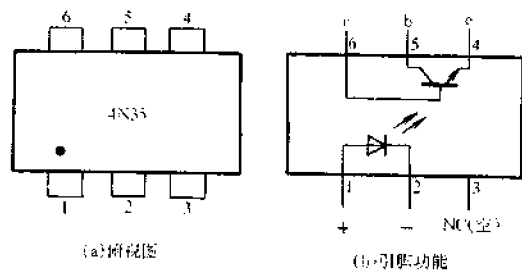


图 4-209 4N35 型光电耦合器外形及引脚



有 6 个引脚。图 4-209(a) 为俯视图, 从带圆点的一脚开始按逆时针数起, 依次是①~⑥, 各引脚功能已在图 4-209(b) 中标出。

(1) 检查内部发光二极管

测试方法如图 4-210 所示。将万用表置于  $R \times 100$  挡, 先用红表笔接②脚(发光管负极), 黑表笔接①脚(发光管正极), 测得正向电阻值为  $2k\Omega$ , 然后交换表笔测得反向电阻值为  $\infty$ 。说明发光二极管的单向导电性能正常。

(2) 检查内部光敏管

① 检测两个 PN 结是否正常。检测方法如图 4-211 所示。将万用表置于  $R \times 100$  挡, 黑表笔固定接⑥脚(接收管 b), 红表笔先接⑤脚(接收管 c), 测得阻值为  $850\Omega$ , 再接④脚(接收管 e), 测得阻值为  $890\Omega$ 。接着将红表笔接⑥脚(接收管 b), 用黑表笔依次接⑤脚和④脚, 所得阻值均为  $\infty$ 。测量结果表明光敏管的集电结和发射结都是正常的。

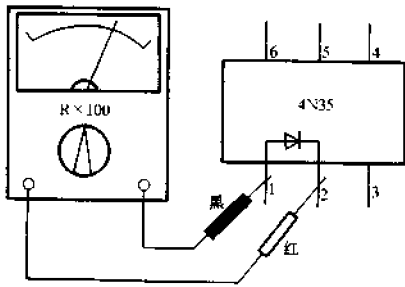


图 4-210 检测 4N35 内发光管单向导电性

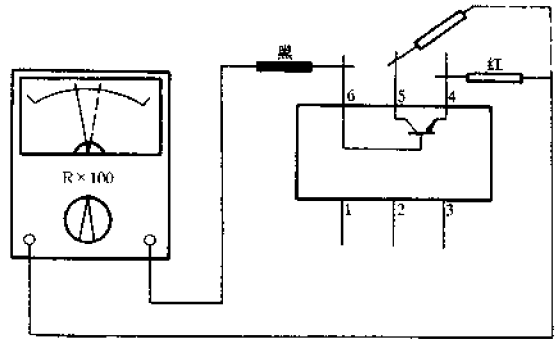


图 4-211 检测 4N35 内光敏管好坏

② 检测光敏管的穿透电流及放大能力。测试方法如图 4-212 所示。将万用表置于  $R \times 1k$  挡, 黑表笔接⑤脚(接收管 c), 红表笔接④脚(接收管 e), 此时, 电阻值为  $\infty$ 。接着用一只  $68k\Omega$  电阻跨接在⑥脚与⑤脚之间, 此时, 万用表指针大幅度向右摆动。由此证明光敏管的放大能力很强。

5. 检测电流传输比

电流传输比简称 CTR, 是光电耦合器的一个重要参数。当接收管的电流放大系数  $h_{FE}$  为常数时, 光电耦合器的电流传输比等于输出电流  $i_c$  与输入电流  $i_f$  之比, 通常以百分数的方式来表示, 即

$$CTR = \frac{i_c}{i_f} \times 100\%$$

一般采用一只光敏管的光电耦合器(如 4N35)的 CTR 为 20% ~ 300%, 而采用达林顿管的光电耦合器(如 4N30)的 CTR 可达 100% ~ 5000%。这表明, 后者只需较小的输入电流即可获

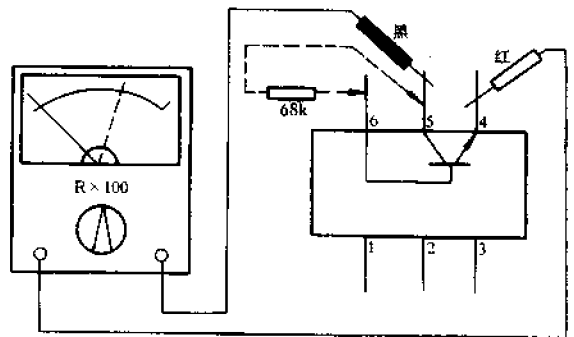


图 4-212 检测 4N35 内光敏管穿透电流和放大能力

得与前者需较大输入电流时相同的输出电流。所以,CTR 与三极管的  $h_{FE}$  比较相似。它是表征光电耦合器“电-光-电”转换能力高低的关键参数。

用万用表检测光电耦合器的电流传输比,一般可采用下述两种方法进行。

### (1) 双表法

现仍以检测 4N35 型光电耦合器为例加以叙述。检测方法如图 4-213 所示。表 I 和表 II 均置于  $R \times 100$  挡。先不接表 I,只将表 II 的黑表笔接⑤脚(光敏管的 e),红表笔接④脚(光敏管的 e),此时光敏管处在截止状态,表 II 电阻读数为  $\infty$ 。然后将表 I 接入,黑表笔接①脚(发光管正极),红表笔接②脚(发光管负极)。此时,表 II 的电阻值应从  $\infty$  迅速减小至几百欧,表明光敏管已经导通。从表 II 指针向右摆动幅度即可判断出被测光电耦合器电流传输比的大小。表 II 指针向右偏转角度越大,证明光电耦合器的 CTR 值越高。如果表 II 指针根本不摆动,则表明被测 4N35 已经损坏。

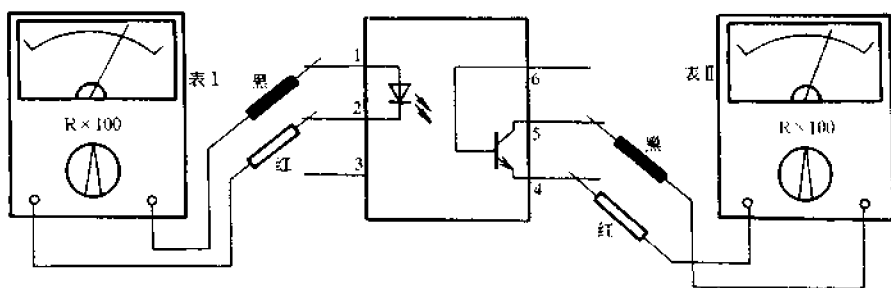


图 4-213 双表法检测光电耦合器的 CTR

### (2) 万用表外加电池法

检测方法如图 4-214 所示,被测器件为彩色电视机和录像机常用的光电耦合器。测试可分两步进行。

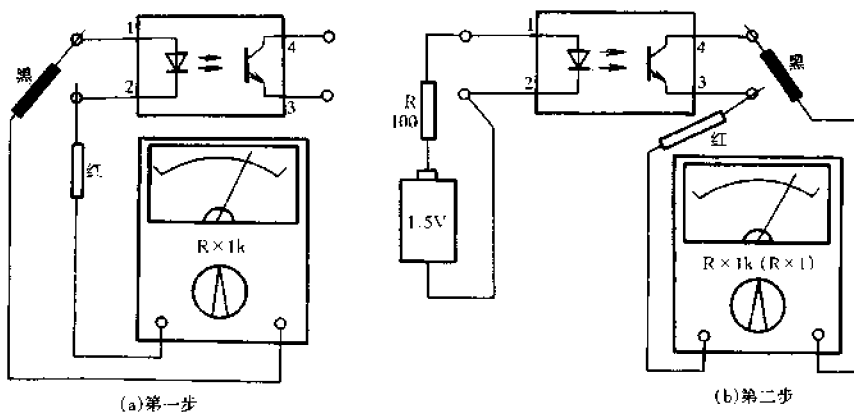


图 4-214 外加电池法检测光电耦合器 CTR

第一步:如图 4-214(a)所示,将万用表置于  $R \times 1k$  挡,先用黑表笔接①脚,红表笔接②脚,测出的阻值应约为  $2k\Omega$  左右;然后调换红、黑表笔位置,测得的阻值应为  $\infty$ 。

第二步:如图 4-214(b)所示,先将万用表置于  $R \times 1k$  挡,红表笔接在光电耦合器的③脚,

黑表笔接在光电耦合器的④脚,此时万用表指针应指在无穷大位置。然后将万用表拨至  $R \times 1$  挡,表笔接法不变,在光电耦合器的①脚与②脚间接一节 1.5V 干电池,电池的正极串一限流电阻  $R$  后接①脚,负极接②脚,此时,万用表的指针应大幅度向右摆动,通常指在  $10 \sim 50\Omega$  左右的位置(不同万用表及不同量程可能有所差异)。说明被测光电耦合器性能良好。万用表指针向右摆动幅度越大,说明被测光电耦合器的 CTR 值越高。

## § 4.62 检测小型电磁继电器

### 一、小型电磁继电器的结构特点及主要参数

电磁继电器是在自动控制电路中广泛使用的一种元件。根据供电的不同,电磁继电器主要分为交流继电器和直流继电器两大类。这两大类继电器又具有许多种不同的规格。图 4-215 是小型电磁继电器的基本结构和常见的外形图。由结构图可见,电磁继电器是由铁心、线圈、衔铁、触点以及底座等构成的。其动作过程可用图 4-216 来描述。当线圈中通过电流时,线圈中间的铁心被磁化,产生磁力,将衔铁吸下,衔铁通过杠杆的作用推动簧片动作,使触点闭合,如图 4-216(a)所示;当切断继电器线圈的电流时,铁心失去磁力,衔铁在簧片的作用下恢复原位,触点断开,如图 4-216(b)所示。

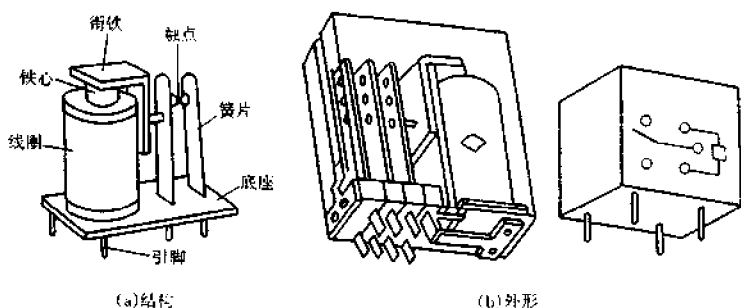


图 4-215 电磁继电器的结构和外形

电磁继电器一般只有一个线圈,但其带触点的簧片有时根据需要可设置为多组。在电路中,表示继电器时只画出它的线圈和与控制电路有关的触点。线圈用长方框表示,长方框旁边标有继电器的文字符号“KR”。继电器的触点有两种表示方法,一种是把触点直接画在长方框的一侧,另一种是按电路连接的需要,把各触点分别画到各自的控制电路中。图 4-217 列出了继电器的符号和三种触点的符号。在电路中,触点组通常是按线圈不通电时的原始状态画出。

电磁继电器有以下几个主要参数。

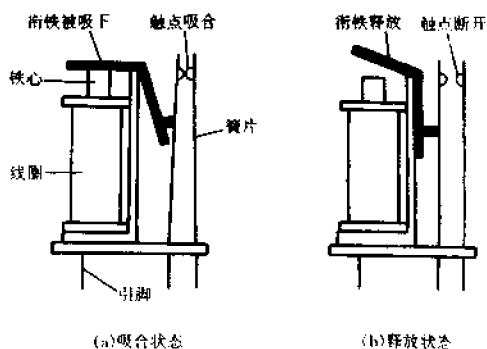


图 4-216 电磁继电器的动作原理


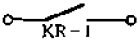
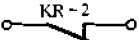
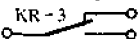





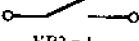
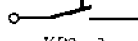
| 线圈符号  | 触点符号  |   |  |
|---|---|---|--|
|  |  | 动合触点(常开),称H型  |  |
|   |  | 动断触点(常闭),称D型  |  |
|   |  | 切换触点(转换),称Z型  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

图 4-217 继电器的电路符号

(1) 额定工作电压(或额定工作电流)。指继电器可靠工作时加在线圈两端的电压(或流过线圈的电流)。使用中,应使加在继电器线圈两端的电压(或流过的电流)等于其额定电压(或额定电流)值。

(2) 直流电阻。指继电器线圈的直流电阻。额定电压、额定电流、直流电阻之间的关系符合欧姆定律,即

$$\text{直流电阻} = \frac{\text{额定电压}}{\text{额定电流}}$$

使用中,若已知工作电压和直流电阻,可按欧姆定律求出额定工作电流。例如,某继电器直流电阻为  $680\Omega$ ,额定工作电压为  $24\text{V}$ ,则额定工作电流  $I = \frac{24}{680} \approx 35(\text{mA})$ 。同理,根据直流电阻和额定工作电流也可以求出额定工作电压值。

(3) 吸合电压(或电流)。指继电器能够产生吸合动作的最小电压(或电流)。如果只给继电器线圈加上吸合电压,吸合动作是不可靠的,因为电压稍有波动继电器就有可能恢复到原始状态。只有给线圈加上额定工作电压,吸合动作才是可靠的。在实际使用中,要使继电器可靠地吸合,所加电压可略高于额定工作电压,但一般不要大于额定工作电压的 1.5 倍,否则易将线圈烧毁。

(4) 释放电压(或电流)。当继电器从吸合状态恢复原位时,允许残存于线圈两端的最大电压(或电流)称为释放电压(或电流)。使用中,控制电路在继电器释放时,其残存电压(或电流)必须小于释放电压(或电流),否则继电器将不能可靠释放。

(5) 触点负荷。指继电器触点允许施加的电压和通过的电流。它决定了继电器能控制的电压和电流的大小。使用时不能用触点负荷小的继电器去控制高电压或大电流。

## 二、小型电磁继电器的检测方法

### 1. 判别类型(交流或直流)

电磁继电器分为交流与直流两种,在使用时必须加以区分。凡是交流继电器,在其铁心顶端,都嵌有一个铜制的短路环,如图 4-218 所示。而直流电磁继电器则没有此铜环。另外,在

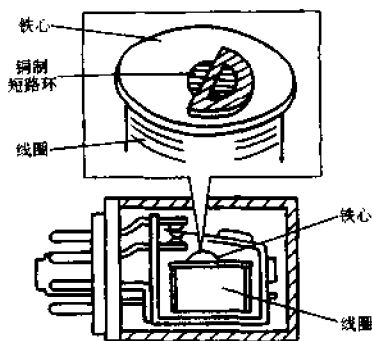


图 4-218 交流继电器

交流继电器的线圈上常标有“AC”字样,而在直流继电器上则标有“DC”字样,依此也可将两者加以区别。

### 2. 判别触点的数量及类别

只要仔细观察一下继电器的触点结构,即可知道该继电器有几对触点,每对触点的类别以及哪个簧片构成一组触点,对应的是哪几个引出端。例如,图 4-219 是一种有两组转换触点(2Z)的继电器。位于上方的就是带触点的簧片组,一共有两组。簧片 1、2、3 组成一组,1、3 为常闭触点,1、2 为常开触点。同样,簧片 5、4、6 为另一组,4、6 为常闭触点,4、5 为常开触点。

### 3. 测量触点接触电阻

以图 4-219 所示的转换触点为例,用万用表  $R \times 1$  挡,先测量一下常闭触点 1、3 之间及 4、6 之间的电阻,阻值应为  $0\Omega$ ,然后测量一下常开触点 1、2 之间及 4、5 之间的电阻,阻值应为无穷大。接着,给继电器加上额定工作电压使其吸合,这时常开触点闭合,1、2 之间及 4、5 之间的电阻变为  $0\Omega$ ,而常闭触点打开,1、3 之间及 4、6 之间的电阻变为无穷大。如果常开和常闭触点转换不正常,或触点在闭合时测出接触电阻,则说明被测继电器性能不良,不能再继续使用。

### 4. 测量线圈电阻

根据继电器标称直流电阻值,将万用表置于适当的电阻挡,可直接测出继电器线圈的电阻值。例如:继电器标明  $R = 1000\Omega$ ,则将万用表拨至  $R \times 1k$  或  $R \times 100$  挡,把两表笔接到继电器线圈的两引脚,所得电阻应基本为继电器的标称直流电阻值。如果阻值为  $\infty$ ,则说明线圈有开路现象。

### 5. 检测吸合电压和电流

测试方法如图 4-220 所示。按图连接好电路,调节稳压电源的电压,使其逐渐升高,当听到衔铁“咯”一声吸合时,记下吸合电压和电流值。注意,吸合电压和电流并不是很固定的,多做几次就会发现,每次得到的吸合电压和电流值都略有不同,但大体是在某一数值附近。

### 6. 检测释放电压和电流

仍参照图 4-220。当继电器产生吸合动作以后,再逐渐调低稳压电源的电压,这时万用表上的电流读数将慢慢减小,当减小到某一数值时,衔铁就会释放,此时的数据便是释放电压和释放电流。一般继电器的释放电压大约是吸合电压的  $10\% \sim 50\%$ 。如果被测继电器的释放电压小于  $1/10$  吸合电压,此继电器就不应再继续使用了。因为这样的继电器工作是不可靠的,可能在断电之后,衔铁仍吸住不放,这种情况是使用继电器时所不允许的。

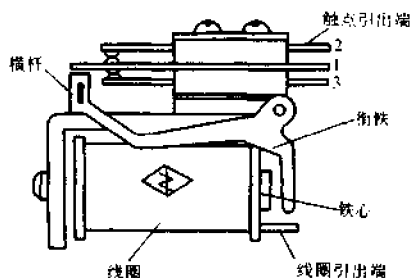
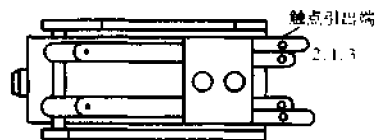
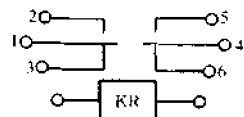


图 4-219 具有两组转换触点的继电器

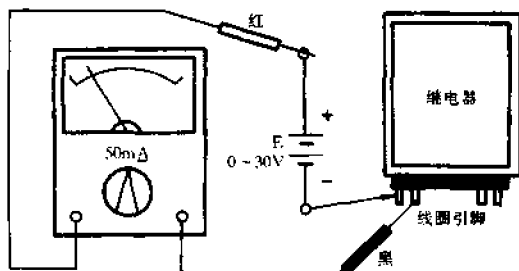


图 4-220 测量吸合(释放)电压和电流

采用交流电源,万用表也应使用相应的交流挡。

### 7. 估计触点负荷

要确切了解某继电器的触点负荷值,应查阅有关手册或资料。但有时也可凭经验进行估计。一般触点大,衔铁吸合有力、干脆,体积大的继电器,触点负荷也比较大。例如,触点直径为 2.5mm,一般能承受 AC220V、2A 左右的负荷。

注意,以上测试,是以直流继电器为例进行叙述的。若所测器件为交流继电器,则 E 应

## § 4.63 检测固态继电器

### 一、固态继电器的结构及性能特点

固态继电器简称 SSR,是一种由集成电路和分立元件组合而成的一体化无触点电子开关器件,其输入端仅需要很小的控制电流,且能与 TTL、CMOS 等集成电路实现良好兼容。它的输出回路采用大功率晶体管或双向晶闸管作开关器件来接通或断开负载电源。由于在开关过程中无机械接触部件,因此具有工作可靠、寿命长、噪声低、开关速度快和工作频率高等特点。目前,这种器件已在许多自动化控制装置中取代了电磁式继电器,而且还广泛用于电磁继电器无法应用的领域。例如,计算机终端接口电路、数据处理系统的终端装置、数字程控装置、测量仪表中的微电机控制、各种调温装置、自动售货机、货币交换机、交通信号灯开关以及一些潮湿、腐蚀、易燃易爆的场合,均适宜使用固态继电器作为开关器件。

固态继电器的种类很多,按其所控制的负载电源区分,主要有交流固态继电器(AC-SSR)和直流固态继电器(DC-SSR)两类。其中,AC-SSR 为四端器件,以双向晶闸管(TRIAC)作为开关器件,用以控制交流负载电源的通断,触点形式多为常开式;DC-SSR 有的为五端器件,有的则为四端器件,以功率晶体管作为开关器件,用来控制直流负载电源的通断。图 4-221 是常见固态继电器的外形和电路符号。

固态继电器还有小功率和大功率之分。小功率器件输出的负载电流比较小,一般在 1~2A 左右。大功率器件,有的本身带有散热器,负载电流在 5~10A 左右;也有本身不带散热器的,使用时需另加适当散热器。表 4-61 和表 4-62 列出了几种 AC-SSR 和 DC-SSR 的主要性能参数,可供选用时参考。

表 4-61

几种 AC-SSR 主要参数

| 型号                    | 参数 | 输入电压<br>(V) | 输入电流<br>(mA) | 输出负载电压<br>(V) | 输出负载电流<br>(A) | 断态漏电流<br>(mA) | 通态压降<br>(V) |
|-----------------------|----|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| V23103-S<br>2192-B402 |    | 3-30        | <30          | 24-280        | 2.5           | 4.5           | 1.6         |

续表

| 型号        | 参数 | 输入电压 (V) | 输入电流 (mA) | 输出负载电压 (V) | 输出负载电流 (A) | 断态漏电流 (mA) | 通态压降 (V) |
|-----------|----|----------|-----------|------------|------------|------------|----------|
| G30-202P  |    | 3~28     |           | 75~250     | 2          | 10         | 1.6      |
| GTJ-1AP   |    | 3~30     | <30       | 30~220     | 1          | <5         | 1.8      |
| GTJ-2.5AP |    | 3~30     | <30       | 30~220     | 2.5        | <5         | 1.8      |
| SP1110    |    |          | 5~10      | 24~140     | 1          | <1         |          |
| SP2210    |    |          | 10~20     | 24~280     | 2          | <1         |          |
| JGX-10F   |    | 3.2~14   | 20        | 25~250     | 10         | 10         |          |

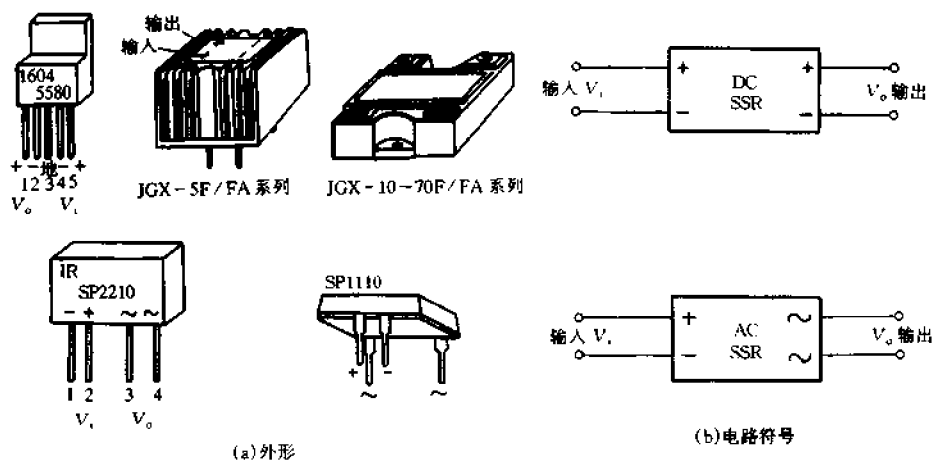


图 4-221 固态继电器的外形和电路符号

表 4-62 几种 DC-SSR 主要参数

| 型号             | # 675  | GTJ-0.5DP    | GTJ-1DP      | 16045580 |
|----------------|--------|--------------|--------------|----------|
| 输入电压(V)        | 10~32  | 6~30         | 6~30         | 5~10     |
| 输入电流(mA)       | 12     | 3~30         | 3~30         | 3~8      |
| 输出负载电压(V)      | 4~55   | 24           | 24           | 25       |
| 输出负载电流(A)      | 3      | 0.5          | 1            | 1        |
| 断态漏电流(mA)      | 4      | 10( $\mu$ A) | 10( $\mu$ A) |          |
| 通态压降(V)        | 2(2A时) | 1.5(1A时)     | 1.5(1A时)     | 0.6      |
| 开通时间( $\mu$ s) | 500    | 200          | 200          |          |
| 关断时间(ms)       | 2.5    | 1            | 1            |          |

## 二、固态继电器的检测方法

### 1. 识别输入、输出引脚兼测好坏

在交流固态继电器的壳体上,输入端一般标有“+”、“-”字样,而输出端则不分正、负。而

对于直流固态继电器,一般在输入和输出端均标有“+”、“-”,并注有“DC 输入”、“DC 输出”的字样,以示区别。用万用表判别时,可使用  $R \times 10k$  挡,分别测量四个引脚间的正、反向电阻值。其中必定能测出一对引脚间的电阻值符合正向导通、反向截止的规律,即正向电阻较小,反向电阻很大。据此便可判定这两个引脚为输入端,而在正向测量时(阻值较小的一次测量),黑表笔所接的是正极,红表笔所接的则为负极。

对于直流固态继电器,找到输入端后,一般与其横向两两相对的便是输出端的正极和负极。

注意,有些固态继电器的输出端带有保护二极管。测试时,可先找出输入端的两个引脚,然后,采用测量其余三个引脚间正、反向电阻值的方法,将公共地、输出 $\oplus$ 、输出 $\ominus$ 加以区别。

## 2. 检测输入电流和带载能力

下面举一实例说明具体测试操作方法。测试方法如图 4-222 所示。被测器件为 SP2210 型 AC-SSR,它的额定输入电流范围为  $10 \sim 20\text{mA}$ ,输出负载电流为  $2\text{A}$ 。测试时,输入电压选用直流  $6\text{V}$ 。将万用表置于  $\text{DC}50\text{mA}$  挡接入电路。RP 为  $1k$  电位器,用来限制输入电流并调整输入电流的大小。SP2210 的输出端串入  $220\text{V}$  交流市电,EL 为一只  $100\text{W}/\text{AC}220\text{V}$  白炽灯泡,作为交流负载。电路接通以后,调整 RP,当万用表指示值小于  $9\text{mA}$  时,灯泡处于熄灭状态,当指示电流在  $10 \sim 20\text{mA}$  之间变化时,灯泡均能正常发光。说明被测器件性能良好。

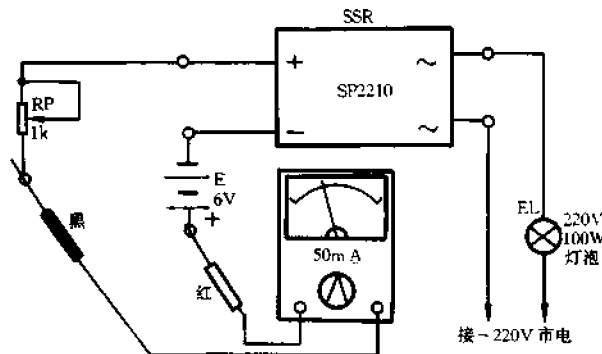


图 4-222 检测 AC SSR 输入电流和带载能力

按照上述方法,也可检测 DC-SSR 的性能好坏。但要将 DC-SSR 的输出端接直流电源和相应的负载。

## § 4.64 检测固态继电器组件

### 一、固态继电器组件的结构特点

固态继电器组件是由多只单个固态继电器组合在一起构成的,其内部各组 SSR 相互独立,且一致性好,使用比较灵活,既可以单独接入电路,又可以将几组 SSR 并联使用以扩展负载电流或串联使用以提高负载电源电压。

图 4-223 是典型产品  $3\text{X}2\text{A}220\text{V}$  的外形和内部电路。表 4-63 列出了几种交流固态继电



器组件的主要参数。表中所列的几种器件的负载电流相对比较小(2A),而有些大电流固态继电器组件负载电流可达 50 ~ 150A。例如, S05220 (50A、220V)、S05380 (50A、380V)、S15220 (150A、220V)、S15380 (150A、380V)等均属于大电流组合 SSR,很适合在大电流状态下工作。

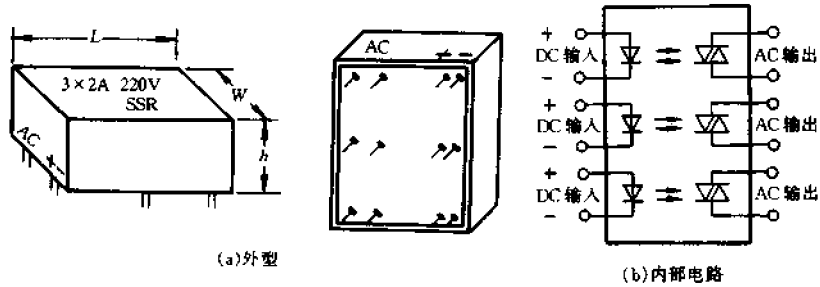


图 4-223 3X2A220V 型固态继电器组件的外形和内部电路

表 4-63 几种 AC 固态继电器组件主要参数

| 型号       | SSR 组数 | 每组负载电压(V) | 每组负载电流(A) | 外形尺寸 $L \times W \times h$ (mm) |
|----------|--------|-----------|-----------|---------------------------------|
| 3X2A110V | 3      | 110       | 2         | 32 × 25 × 14                    |
| 3X2A220V | 3      | 220       | 2         | 32 × 25 × 14                    |
| 6X2A110V | 6      | 110       | 2         | 32 × 25 × 14                    |
| 6X2A220V | 6      | 220       | 2         | 32 × 25 × 14                    |

## 二、固态继电器组件的检测方法

### 1. 不加电测试

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,分别测量每组 SSR 输入端的正、反向电阻,一般正向电阻在十几千欧左右,反向电阻为  $\infty$ 。当测量各组 SSR 输出端电阻时,无论表笔怎样接法,阻值都应为无穷大。另外,由于各 SSR 是互相独立的,所以相互间的电阻值均应为  $\infty$ 。

### 2. 加电测试

测试方法如图 4-224 所示。被测 SSR 组件为 3X2A220V。测试操作时,调整 RP,当万用表指示为 20mA 左右时,白炽灯泡应正常发光。用此法要对组件的每组 SSR 依次进行检查。检测过程中,若遇灯泡不亮的情况,则说明被测的 SSR 已经损坏。固态继电器组件中某个 SSR 损坏后,其余完好的 SSR 仍可继续使用。

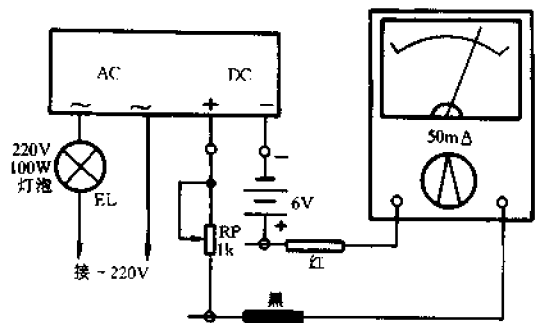


图 4-224 加电测试 3X2A220V 型 SSR

## § 4.65 检测霍尔元件

### 一、霍尔元件的性能特点

利用霍尔效应制成的半导体元件叫霍尔元件。所谓霍尔效应是指当半导体上通过电流，并且电流的方向与外界磁场方向相垂直时，在垂直于电流和磁场的方向上产生霍尔电动势的现象。霍尔元件的工作原理和典型产品的外形如图 4-225 所示。由原理图可见，在半导体薄片两端通以控制电流  $I$ ，并在薄片的垂直方向施加感应强度为  $B$  的磁场，则在垂直于电流和磁场方向上将产生电势为  $V_H$  的霍尔电势，如图 4-225(a) 所示。它们之间的关系为

$$V_H = K_H I B$$

式中， $K_H$  为霍尔灵敏度，它是一个与材料和几何尺寸有关的系数，其单位为  $\text{mV}/\text{mA}\cdot\text{T}$ 。

霍尔元件通常有四个引脚，即两个电源端和两个输出端。它的电路符号和典型应用电路如图 4-226 所示。在图 4-226(b) 中， $E$  为直流供电电源； $R_P$  为控制电流  $I$  大小的电位器。 $I$  通常为几十至几百毫安； $R_L$  是  $V_H$  的负载。电流  $I$  的两端为输入端，输入端的内阻称输入电阻  $R_1$ ； $V_H$  端为输出端，输出端的内阻称输出电阻  $R_2$ 。

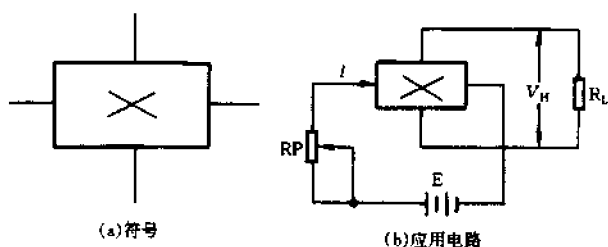


图 4-226 霍尔元件的电路符号和典型应用电路

霍尔元件具有结构简单、频率特性优良（从直流到微波）、灵敏度高、体积小、寿命长等突出特点，因此被广泛用于位移量测量、磁场测量、接近开关以及限位开关电路中。表 4-64 列出了四种国产霍尔元件的主要参数，供选用时参考。

表 4-64 四种霍尔元件的主要参数

| 参 数<br>型 号 | 电阻率 $\rho$<br>( $\Omega\cdot\text{cm}$ ) | 输入电阻 $R_1$<br>( $\Omega$ ) | 输出电阻 $R_2$<br>( $\Omega$ ) | 灵敏度 $K_H$<br>( $\text{mV}/\text{mA}\cdot\text{T}$ ) | 控制电流 $I$<br>( $\text{mA}$ ) | 工作温度 $t$<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 外形尺寸<br>( $\text{mm}$ ) |
|------------|--|----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| HS-1       | 0.01                                     | 1.2                        | 1                          | >1  | 200                         | -40~60                             | 8×4×0.2                 |
| HT-1       | 0.003~0.01                               | 0.8                        | 0.5                        | >1.8  | 250                         | 0~40                               | 6×3×0.2                 |
| HZ-4       | 0.4~0.5                                  | 45                         | 40                         | >4  | 50                          | -40~75                             | 8×4×0.2                 |
| HZ-1       | 0.8~1.2                                  | 110                        | 100                        | >12   | 20                          | -40~45                             | 8×4×0.2                 |

## 二、霍尔元件的检测方法

### 1. 测量输入电阻 $R_1$ 和输出电阻 $R_2$

测试方法如图 4-227 所示。测量时,要注意正确选择万用表的电阻挡量程,以保证测量的准确度。对于 HZ 系列产品应选择万用表  $R \times 10$  挡测量;对于 HT 与 HS 系列产品应采用万用表  $R \times 1$  挡测量。测量结果应与表 4-64 所列的参数值相符。如果测出的阻值为  $\infty$  或为  $0\Omega$ ,说明被测霍尔元件已经损坏。

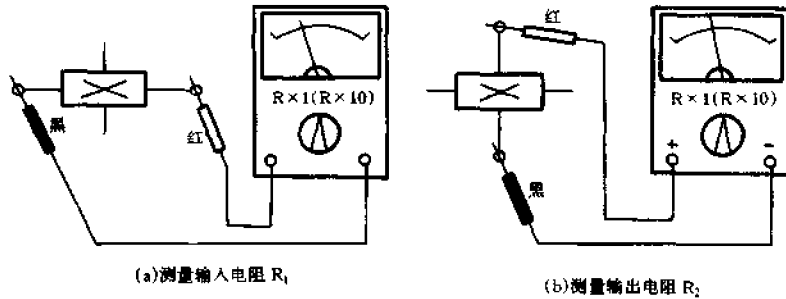


图 4-227 测量霍尔元件的输入电阻和输出电阻

### 2. 检测灵敏度 ( $K_H$ )

测试方法如图 4-228 所示。使用两只万用表。将表 I 置于  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡(根据控制电流  $I$  大小而定),为霍尔元件提供控制电流  $I$ ;将表 II 置于 DC2.5V 挡,用来测量霍尔元件输出的电动势  $V_H$ 。用一块条形磁铁垂直靠近霍尔元件表面,此时,表 II 的指针应明显向右偏转。在测试条件相同的情况下,表 II 向右偏转的幅度越大,表明被测霍尔元件的灵敏度 ( $K_H$ ) 越高。测试时要注意,勿将霍尔元件的输入、输出端引线接反,否则,将测不出正确结果。

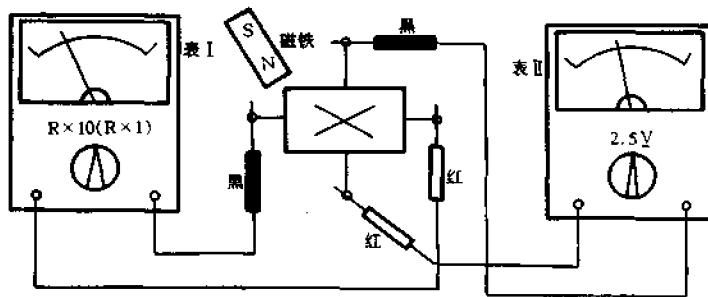


图 4-228 双表法检测霍尔元件灵敏度

## § 4.66 检测霍尔传感器

### 一、霍尔传感器的结构、种类及性能特点

霍尔传感器是在霍尔元件的基础上发展而来的一种电子器件。它将霍尔元件与放大器、

温度补偿电路及稳压电源集成在同一个芯片上,因而能产生较大的电动势,克服了霍尔元件电动势较小的不足。霍尔传感器也称为霍尔集成电路,分为线性型和开关型两种。

线性型霍尔传感器的输出电压与外加磁场强度呈线性关系。UGN-3501T(或HP503)就是线性型霍尔传感器的一种。其内部结构、电路符号及外形如图4-229所示,磁场强度与输出电压之间的关系曲线如图4-230所示。该型霍尔传感器在 $\pm 0.15\text{T}$ (特斯拉)的磁场强度范围内有较好的线性度,磁场强度超过此值时呈饱和状态。表4-65列出了UGN-3501型线性霍尔传感器的主要参数,供参考。

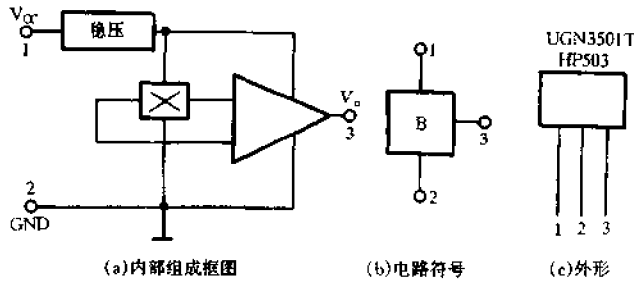


图4-229 线性霍尔传感器 UGN3501T

表4-65 线性霍尔传感器 UGN-3501(HP503)主要参数

| 参数<br>型号           | 电源电压 $V_{CC}$<br>(V) | 电源电流 $I_C$<br>(mA) | 静态输出 $V_o$<br>(V) | 灵敏度 $K_H$<br>(mA/mV·T) | 带宽 $B_w$<br>(kHz) | 工作温度 $T$<br>(°C) | 线性范围 $B_L$<br>(T) | 外形尺寸<br>(mm) |
|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------|
| UGN-3501T<br>HP503 | 8~12<br>最大 16        | 10~20              | 2.5~5             | 3500~7000              | 25<br>(-3dB)      | 0~70             | $\pm 0.15$        | 4.6×4.5×2    |

开关型霍尔传感器的典型产品有UGN-3000系列,其外形与UGN-3501T相同,内部框图如图4-231(a)所示。它是由霍尔元件、放大器、整形电路以及集电极开路输出的三极管等部分组成。其工作电路如图4-231(b)所示。表4-66和表4-67分别列出了UGN-3000型开关霍尔传感器的特性参数和使用极限参数,可供选用时参考。

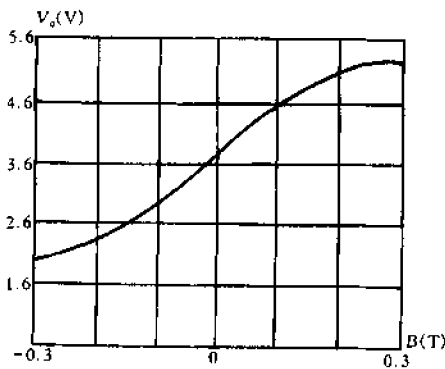


图4-230 磁场强度与输出电压的关系曲线

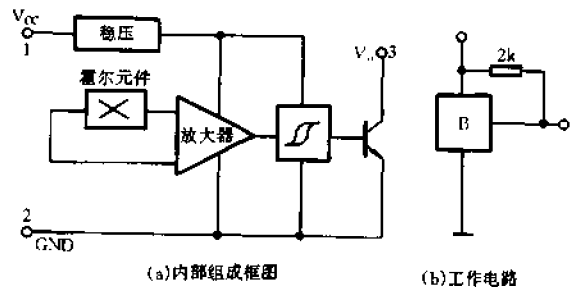


图4-231 UGN-3000 开关型霍尔传感器内部框图及工作电路

表 4-66

几种开关型霍尔传感器特性参数

| 参数<br>型号 | 工作点 $B_{OP}$<br>(T) | 释放点 $B_{RP}$<br>(T) | 磁滞 $B_H$<br>(T) | 输出低电平<br>$V_{OL}$ (mV) | 输出漏<br>电流 $I_{OH}$<br>( $\mu$ A) | 电源电流<br>$I_{CC}$ (mA) | 输出上升<br>时间<br>$T_r$ (ns) | 输出下降<br>时间 $T_f$ (ns) |
|----------|---------------------|---------------------|-----------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| UGN-3020 | 0.022~0.035         | 0.005~0.0165        | 0.002~0.0055    | 0.0085~0.04            | 0.1~2.0                          | 5~9                   | 15                       | 100                   |
| UGN-3030 | 0.016~0.025         | -0.025~-0.011       | 0.002~0.005     | 0.01~0.04              | 0.1~1.0                          | 2.5~5                 | 100                      | 500                   |
| UGN-3075 | 0.005~0.025         | -0.025~-0.005       | 0.01~0.02       | 0.0085~0.04            | 0.2~1.0                          | 3~7                   | 100                      | 200                   |

表 4-67

几种开关型霍尔传感器使用极限参数

| 参数<br>型号 | 电源电压 $V_{CC}$<br>(V) | 磁场强度 $B$<br>(T) | 输出截止电压<br>$V_O(OFF)$ (V) | 输出导通电流<br>$I_{OH}$ (mA) | 工作温度 $T$<br>( $^{\circ}$ C) | 储存温度 $T_s$<br>( $^{\circ}$ C) |
|----------|----------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| UGN-3020 | 4.5~25               | 不限              | < 25                     | < 25                    | 0~70                        | -65~+150                      |
| UGN-3030 | 4.5~25               | 不限              | < 25                     | < 25                    | -20~+85                     | -65~+150                      |
| UGN-3075 | 4.5~25               | 不限              | < 25                     | < 50                    | -20~+85                     | -65~+150                      |

## 二、霍尔传感器的检测方法

下面通过一个实例来介绍用万用表检测霍尔传感器的具体方法。被测霍尔传感器为一开关型器件,型号为 UGN-3020。

检测电路如图 4-232 所示。E 为 3~20V 可调直流稳压电源,用来为霍尔传感器提供直流电压  $V_{CC}$ 。 $R_1$  是霍尔传感器内部晶体三极管集电极电阻,取 2.2k $\Omega$ 。 $R_2$  与红色发光二极管 LED 构成霍尔传感器的负载,同时, $R_2$  还是 LED 的限流电阻,防止在测试过程中, $V_{CC}$  升高导致 LED 烧坏。将万用表置于 DC50V 挡,用来测量霍尔传感器的输出电压。S 为测试开关,当 S 闭合时,测得的电压是负载电压  $V_0$ ,当 S 断开时,则测得的电压值是空载电压  $V_0'$ 。测试时,将永久磁钢靠近被测霍尔传感器(UGN-3020),相距 2.5mm 左右,通过调节 E 改变  $V_{CC}$  值,测得一组数据,如表 4-68 所示。由此表所列数据可知,被测霍尔传感器的性能正常,它的电源电压范围与标称参数基本相符。当  $V_{CC}$  为 16V 时,LED 正常发光。

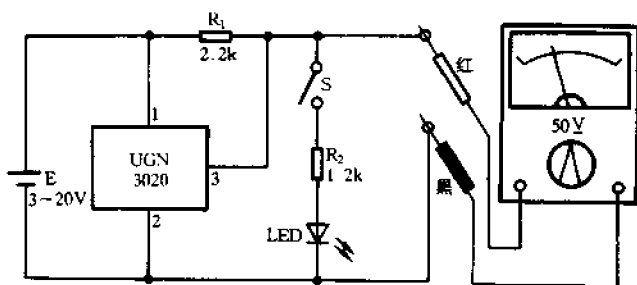


图 4-232 检测 UGN-3020 开关型霍尔传感器

表 4-68

实测 UGN-3020 型霍尔传感器数据

|                     |     |     |     |      |      |      |      |
|---------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 电源电压<br>$V_{CC}(V)$ | 3   | 6   | 9   | 12   | 15   | 18   | 20   |
| 负载电压<br>$V_0(V)$    | 2.3 | 3.9 | 5.5 | 6.8  | 7.9  | 9.4  | 11.8 |
| 空载电压<br>$V_0(V)$    | 2.9 | 5.9 | 8.8 | 11.8 | 14.8 | 17.7 | 19.7 |

测试时应注意的是,通常霍尔传感器上标有型号的一面为敏感面,所以,在操作时,要用永久磁钢正对着这一面进行测试(实际使用时也应如此),且两者之间的距离并不是固定不变的,应视永久磁钢的磁感应强度而定。

## § 4.67 检测色码电感器

### 一、色码电感器的种类及电感性识读

色码电感器是一种带铁氧体磁芯的小型固定电感器。其电感量标示方法与色环电阻器一样,是以色环(或色点)表示的,基本单位为微亨( $\mu\text{H}$ ),例如绿、棕、金表示  $51\mu\text{H}$ ;灰、红、棕表示  $820\mu\text{H}$  等。但有些固定电感器不采用色环标示法,而是直接将电感量数值标在电感器壳体上。习惯上也称其为“色码电感器”。

色码电感器的适用频率一般在  $10\text{kHz} \sim 200\text{MHz}$ ,它的工作电流可分为  $50\text{mA}$ 、 $150\text{mA}$ 、 $300\text{mA}$ 、 $700\text{mA}$ 、 $1.6\text{A}$  等挡位。图 4-233 列举了几种色码电感标示情况,供参考。

### 二、色码电感器的检测方法

由于色码电感器的电感量一般都比较小,所以在业余条件下,比较难以准确地测定其电感量值的大小。但使用万用表的电阻挡,测量色码电感器的通断及电阻值大小,通常是可以粗略鉴别其好坏的。具体测试可按下述方法进行。

将万用表置于  $R \times 1$  挡(或  $D\Omega$  挡),红、黑表笔各任接色码电感器的任一引脚,根据测出的电阻值大小,可具体分下述三种情况进行鉴别。

#### (1) 被测色码电感器电阻值为 $0\Omega$

说明电感器内部线圈有短路性故障。注意,测试操作时,一定要先认真将万用表调零,并仔细观察指针向右摆动的位置是否确实到达零位,以免造成误判。当怀疑色码电感器内部有短路性故障时,最好是用  $R \times 1$  挡反复多测几次,这样,才能作出正确的鉴别。

#### (2) 被测色码电感器有电阻值

色码电感器直流电阻值的大小与绕制电感器线圈所用的漆包线线径、绕制圈数有直接关系,线径越细,圈数越多,则电阻值越大。一般情况下用万用表  $R \times 1$  挡测量,只要能测出电阻值,则可认为被测色码电感器是正常的。

#### (3) 被测色码电感器的电阻值为 $\infty$

这种现象比较容易区分,说明电感器内部的线圈或引出脚与线圈接点处发生了断路性故

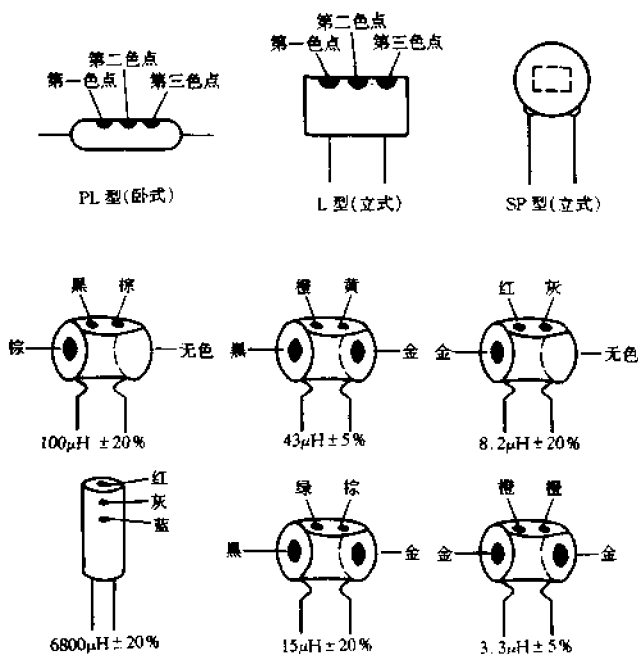


图 4-233 几种色码电感的标示

障。

### 三、色码电感器的串、并联使用

当色码电感器损坏以后,是无法进行修复的,只能将其更换。换新色码电感器时,如果一时找不到所需电感量的电感器,可采用串联或并联的方法加以解决。

#### (1) 色码电感器的串联

串联后总电感量增加,  $L_{串}$  等于各个被串联电感器电感量之和,即

$$L_{串} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

例如,需要一只  $3.5\mu\text{H}$  的电感器,则可将两个  $1\mu\text{H}$  和一个  $1.5\mu\text{H}$  的电感器串联起来使用。

#### (2) 色码电感器的并联

并联后的总电感量减小,其总电感量

$$L_{并} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots}$$

## § 4.68 检测中周变压器

### 一、中周变压器的构造和种类

中周变压器(简称中周)是超外差式接收机中不可缺少的元件。它对接收机的灵敏度、选

择性和音质的好坏有很大的影响。同时,它也是振荡、耦合及阻抗变换的元件。中周是由绕在磁芯上的两个彼此不连接的线圈组成的。连接前一级电路的线圈叫初级,连接后一级的线圈叫次级。这种中周可以通过旋转磁芯来调节线圈的电感量,故又叫“调感式中周”。与中周配套使用的还有振荡线圈。

国产小型调感式中周和振荡线圈的外形与结构如图 4-234 所示。中周外部是金属屏蔽罩,下面有引出脚,上面有调节孔。磁帽和磁芯都是由铁氧体制成的。线圈绕在磁芯(或骨架)上。磁帽做成螺纹,可以在尼龙支架上旋转。调节磁帽和磁芯之间的间隙大小,就可以改变线圈的电感量。

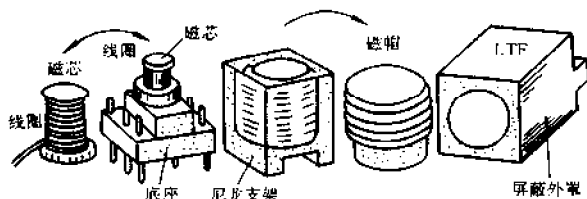


图 4-234 中周与振荡线圈的结构

## 二、中周变压器的检测方法

### 1. 检测线圈绕组通断

将万用表拨至  $R \times 1$  挡,按照中周变压器的各绕组引脚排列规律,逐一检查各绕组的通断情况,即可判断其是否正常。图 4-235 是检测中周变压器的示意图。由图可见,正常时,1-2-3 引脚之间应相通,4-6 引脚间应相通。测试时,如果万用表指针不动,阻值为  $\infty$ ,则说明被测的相应绕组已经断路。

应注意的是,由于各种中周变压器的各线圈绕组所用线径及所绕圈数互有差异,所以测得的电阻值无固定规律可循。但一般情况下,只要被测绕组的电阻值比较小,就可以认为是正常的。此外,不同种类的中周线圈(特别是振荡线圈),其引脚排列是不同的,测试时应注意正确区分。

### 2. 检测绝缘性能

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,对中周变压器做如下几种状态测试。

- (1) 初级绕组与次级绕组之间的电阻值;
- (2) 初级绕组与外壳之间的电阻值;
- (3) 次级绕组与外壳之间的电阻值。

在进行上述测试时,若阻值为  $\infty$ ,则正常;若阻值为  $0\Omega$ ,说明有短路性故障;若阻值小于  $\infty$  但大于  $0\Omega$ ,说明有漏电性故障。

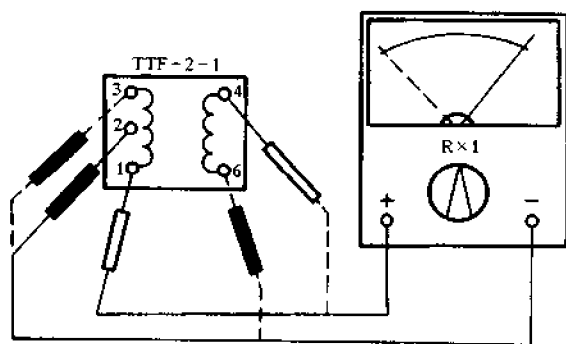


图 4-235 检测中周绕组通断



## § 4.69 检测软磁铁氧体磁芯










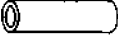

### 一、软磁铁氧体磁芯的分类和用途

软磁铁氧体是一种非金属磁性材料,具有容易磁化,又容易退磁的特性。用它制成的磁芯,品种繁多,用途广泛。例如收音机中的磁棒、收录机、电视机中的中周变压器的磁芯,偏转线圈的磁环,行输出变压器的磁芯,录像机磁头,开关电源的脉冲变压器的磁芯等,均使用软磁铁氧体材料制成。软磁铁氧体磁芯的分类情况如下。

#### (1) 按形状分

如表 4-69 所示,主要有棒形、E 形、环形、螺纹形、工字形、帽形、罐形、U 形、马鞍形、管形及双孔形等。表中还给出了各种软磁铁氧体磁芯的主要用途举例。

表 4-69 软磁铁氧体磁芯的种类

| 名称  | 形状  | 用途举例                             |
|-----|---|----------------------------------|
| 棒形  |    | 1. 收音机接收天线磁棒; 2. 固定电感磁芯          |
| E 形 |    | 1. 变压器磁芯; 2. 直流变换器磁芯             |
| 环形  |   | 1. 测定初始导磁率; 2. 变压器磁芯; 3. 固定电感磁芯  |
| 螺纹形 |  | 1. 电视机中周磁芯; 2. 振荡线圈磁芯; 3. 可调电感磁芯 |
| 工形  |  | 1. 收音机中周磁芯; 2. 电视机行线性校正线圈磁芯      |
| 帽形  |  | 1. 收音机或电视机伴音中周磁帽; 2. 可调电感磁帽      |
| 罐形  |  | 1. 载波机滤波线圈磁芯; 2. 变压器磁芯           |
| U 形 |  | 电视机行输出变压器磁芯                      |
| 马鞍形 |  | 电视机偏转线圈磁芯                        |
| 管形  |  | 1. 磁屏蔽; 2. 可变电感                  |
| 双孔形 |  | 电视机天线阻抗变换器磁芯                     |

#### (2) 按工作频率分

低频:几百赫至几百千赫;

中频:几百千赫至 2MHz;

高频:2~150MHz;

甚高频:50~1000MHz。

(3) 按材料分

如表 4-70 所示。材料牌号为:MXO-锰锌铁氧体;NXO-镍锌铁氧体;NQ-镍铅铁氧体;NGO-镍锌高频铁氧体;GTO-甚高频铁氧体。

表 4-70 软磁铁氧体磁芯材料的特性参数

| 参数<br>型号 | 起始导磁率<br>$\mu$ | 居里温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 电阻率 $\rho$<br>( $\Omega\cdot\text{cm}$ ) | 磁饱和和磁通密度 $B_s$<br>(mT) | 工作频率 $f$<br>(MHz) |
|----------|----------------|--------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| MXO2000  | 2000           | 150                            | $1 \times 10^2$                          | 400                    | 0.5               |
| NXO20    | 20             | 400                            | $1 \times 10^6$                          | 200                    | 50                |
| NQ-10    | 10             | 400                            | $\infty$                                 | 180                    | 300               |
| NGO-5    | 5              | 350                            | $\infty$                                 | 60                     | 300               |
| GTO-16   | 16             | 200                            | $\infty$                                 | 200                    | 700               |

## 二、软磁铁氧体磁芯的检测方法

### 1. 判别磁芯的工作频率

由软铁氧体磁芯的特性可知,不同频率的软磁铁氧体磁芯具有不同的电阻率。MXO 型锰锌软磁铁氧体磁芯电阻率很低,只有  $1 \times 10^2 \Omega\cdot\text{cm}$ ,适于工作在几百千赫的中频条件下;NXO 型镍锌软磁铁氧体磁芯的电阻率较高,约为  $1 \times 10^6 \Omega\cdot\text{cm}$ ,可工作在几十兆赫的高频条件下;而 NQ、NGO、GTO 型软磁铁氧体磁芯的电阻率则更高,接近  $\infty$ ,工作频率高达几百兆赫。

根据电阻率的明显不同,使用万用表的电阻挡进行检测,很容易将中频、高频和甚高频软磁铁氧体磁芯区分开。具体检测方法如图 4-236 所示。

先在被测软磁铁氧体磁芯上确定 a、b 两个相距约 10mm 的测试点,将万用表置于  $R \times 1k$  挡,把两表笔跨接在 a、b 两点上测量出电阻值  $R_{ab}$ 。若  $R_{ab}$  小于几百欧,即为中频软磁铁氧体磁芯; $R_{ab}$  为几十千欧至几百千欧,则是高频软磁铁氧体磁芯; $R_{ab}$  为  $\infty$ ,即是甚高频软磁铁氧体磁芯。

需要注意的是,有些软磁铁氧体磁芯上涂有一层绝缘漆,测试时要用砂纸或小刀将测试点处的绝缘漆清除掉,使万用表表笔的金属笔尖直接接触到铁氧体,这样才能准确测出实际电阻值。否则,将影响测量的准确性,容易造成误判。同时,还要注意正确选择测试点,不要把测试点选在边缘棱角处,而应该选在铁氧体的端面上。另外,有的软磁铁氧体磁芯可根据颜色加以识别,如锰锌铁氧体磁芯呈棕红色,工作频率较高;镍锌铁氧体磁芯则呈黑色,工作频率较低。

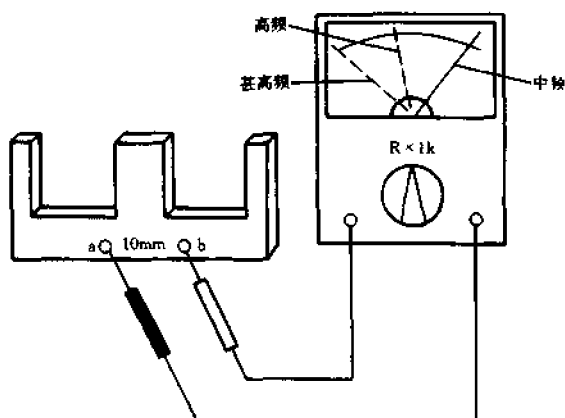


图 4-236 检测软磁铁氧体工作频率

## 2. 区分收音机的高低频磁棒

收音机的中波天线磁棒由初始导磁率为 400 的 MX(锰锌)材料制成,工作频率在 2MHz 以下,被称为低频磁棒。而短波天线磁棒由初始导磁率为 60 或 40 的镍锌(NX)(或镁锌)材料制成,工作频率分别可达 12MHz 或 26MHz,称为高频磁棒。由于两者电阻率不同,所以可用下面测电阻的方法加以区别。

用万用表  $R \times 10k$  挡测量磁棒上相距约 3~5mm 两点间的电阻,其值在几十千欧以下的为中波磁棒,在几百千欧以上的为短波磁棒。例如,实测一短波磁棒电阻约  $10M\Omega$ ,指针摆动很小,而实测中波磁棒电阻仅约  $5k\Omega$ ,换至  $R \times 100$  挡也能看到指针有较大幅度的偏转。

此外,用以下几种方法作为区分高低频磁棒的辅助手段是很实用的。

(1) 看型号。MX 为锰锌磁棒,是中波磁棒;而 NX 为镍锌磁棒,是短波磁棒。

(2) 看涂色。棒体涂黑色的多为中波磁棒(早期也有涂绿色的),涂灰色的多为短波磁棒(但也有涂黑色的)。

(3) 看端头涂色。中波磁棒端头涂绿色,短波磁棒端头则涂红色。

(4) 看未涂漆时的本色与颗粒。未涂漆(如已涂漆,可挫去端头漆观察)时本色较黑、颗粒较粗的为中波磁棒;本色较灰、颗粒较细的为短波磁棒(有的为棕色)。

## § 4.70 检测扬声器

### 一、扬声器的种类及性能特点

扬声器俗称喇叭,是一种电声转换器件。扬声器的品种很多,按换能方式分为:电动式扬声器、舌簧式扬声器、压电晶体扬声器等;按磁体结构分为:内磁式扬声器、外磁式扬声器;按纸盆结构分为:纸盆扬声器、复合边纸盆扬声器、球顶扬声器等。另外,扬声器还有大、中、小多种口径尺寸,并有圆形和椭圆形之分。

扬声器(电动式)内部结构与电路符号如图 4-237 所示。电动式扬声器也称动圈扬声器,是应用最广泛的一种扬声器,主要由磁铁、音圈、纸盆等构成。其发声的基本原理是,当音圈通过音频电流时,产生变化的磁场,音圈磁场与磁铁的磁场相互作用,使音圈振动,并带动与其相连的纸盆振动,纸盆振动又引起空气振动,从而发出声音。

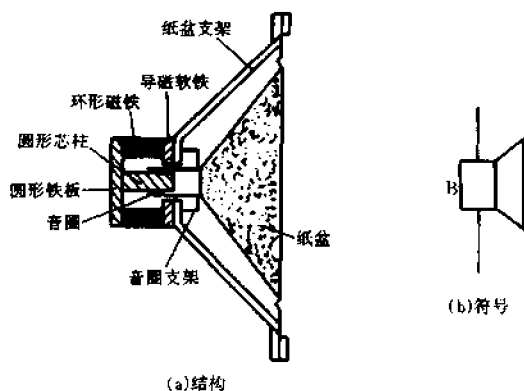


图 4-237 扬声器的结构及电路符号

### 二、扬声器的主要参数

(1) 额定功率。又称标称功率。指扬声器正常工作时所允许输入的电功率,一般均标印在扬声器的磁钢上。通常最大功率约为标称功率的 1.5~2 倍。常用扬声器的功率有:0.1W、

0.25W、1W、3W、5W、10W、60W、120W 等。扬声器在接入电路时，一定要注意加到扬声器的功率不得超过它的额定功率。否则将引起纸盆震破，音圈烧毁，导致其报废。

(2) 额定阻抗。扬声器的阻抗系指交流阻抗，它是频率的函数，指加在扬声器输入端的电压  $U$  与流过音圈的电流  $I$  之比，即  $Z = \frac{U}{I}$ 。在这个阻抗上，扬声器可获得最大的功率。额定阻抗一般也标印在磁钢上，是扬声器的重要指标之一。

(3) 灵敏度。当输入扬声器的视在功率为 0.1VA 时，在轴线上距离 1m 处测出的平均声压，称为扬声器的灵敏度。一般纸盆扬声器的灵敏度为  $(2 \sim 4) \times 10^5$  (Pa)。

(4) 扬声器的有效频率范围。给扬声器加一恒定电压，当电压的频率改变时，扬声器所产生的声压随频率而改变，这种特性叫做扬声器的声压灵敏度频率特性，也称频率响应。如图 4-238 所示，这是电动式扬声器的典型频率响应曲线。纵坐标以分贝表示声压，横坐标表示频率。由频率响应曲线的最高点向下按某一规定值取一点 A，过 A 点作一条平行于该轴的直线，与曲线的高低端分别相交，这两点  $f_1 \sim f_2$  所对应的频率范围，即为扬声器的有效频率范围。

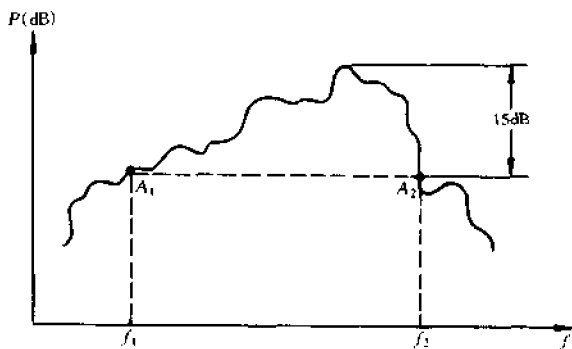


图 4-238 扬声器的典型响应曲线

对高保真系统使用的扬声器，要求它的有效频率响应范围越宽越好；而小型收录机使用的扬声器，它的频率响应范围一般在 300 ~ 3000Hz 左右。

### 三、扬声器的检测方法

#### 1. 判断好坏

如图 4-239 所示，将万用表置于  $R \times 1$  挡，把任意一只表笔与扬声器的任一引出端相接，用另一只表笔断续触碰扬声器另一引出端，此时，扬声器应发出“喀喀”声，指针亦相应摆动。如触碰时扬声器不发声，指针也不摆动，说明扬声器内部音圈断路或引线断裂。

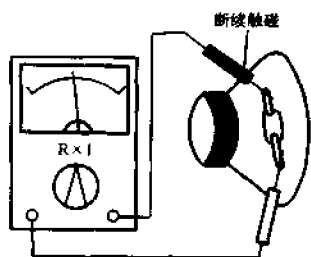


图 4-239 检测扬声器好坏

#### 2. 估测阻抗

一般在扬声器磁体的商标上都标有阻抗值。但有时也可能遇到标记不清或标记脱落的情况。这时，可用下述方法进行估测。

将万用表置  $R \times 1$  挡，调零后，测出扬声器音圈的直流铜阻  $R$ ，然后用估算公式  $Z = 1.17R$  算出扬声器的阻抗。例如，测得一只无标记扬声器的直流铜阻为 6.8Ω，则阻抗

$$Z = 1.17 \times 6.8 \approx 7.96(\Omega)$$

一般电动扬声器的实测电阻值约为其标称阻抗的 80% ~ 90%，例如，一只 8Ω 的扬声器，实测铜阻值约为 6.5 ~ 7.2Ω。根据这一规律，在已知扬声器标称阻抗的情况下，也可用测量扬

声器直流铜阻的方法来判断其音圈是否正常。

### 3. 判断相位

在制作音箱时,高低音扬声器的相位是不能接反的。有的扬声器在出厂时,厂家已在相应的引出端上注明了相位,但有许多扬声器上没注明相位,所以正确判断出扬声器的相位是很有用处的。

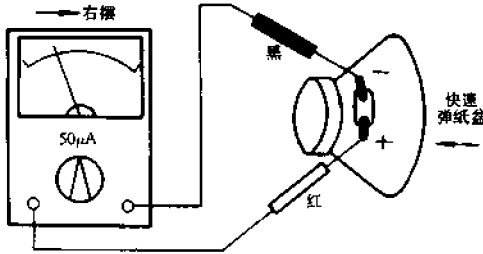


图 4-240 判断扬声器相位

测试方法见图 4-240 所示。将万用表置于最低的直流电流挡,例如  $50\mu\text{A}$  或  $100\mu\text{A}$  挡,用左手持红黑表笔分别跨接在扬声器的两引出端,用右手食指指尖快速地弹一下纸盆,同时仔细观察指针的摆动方向。若指针向右摆动,说明红表笔所接的一端为正端,而黑表笔所接的一端则为负端;若指针向左摆,则红表笔所接的为负端,而黑表笔所接的为正端。测试时应注意,在弹纸盆时不要用力过猛,切勿使纸盆破裂或变形将扬声器损坏,而且千万不要弹音圈的防尘保护罩,以防使之凹陷。

用力过猛,切勿使纸盆破裂或变形将扬声器损坏,而且千万不要弹音圈的防尘保护罩,以防使之凹陷。

## § 4.71 检测耳机

### 一、耳机的性能特点

耳机也是一种电-声转换器件,其结构与电动式扬声器相似,也是由磁铁、音圈和振动膜片等组成。但耳机的音圈大多是固定的。图 4-241 是耳机的外形和符号。

随着音响技术的不断发展,耳机的发展十分迅速。现代音响设备,如高级随身听、高音质立体声放音机等,都广泛采用了平膜动圈式耳机,其结构更类似于扬声器,且具有频率响应好、失真小等突出优点。平膜动圈式耳机多数为低阻抗类型,如  $20\Omega \times 2$  和  $30\Omega \times 2$ 。

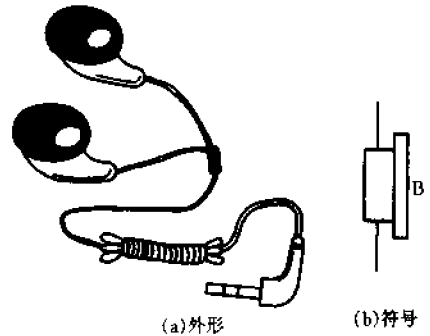


图 4-241 耳机的外形和符号

### 二、耳机的检测方法

目前,耳机多为双声道式,相应地引出插头上有三个引出点。在双声道耳机插头的三个引出点中,一般插头后端的接触点为公共点,前端和中间接触点分别为左右声道引出端。检测方法如图 4-242 所示。检测时,将万用表拨至  $R \times 1$  挡,并调准零位。将万用表任一表笔接在耳机插头的公共点上,然后用另一表笔分别触碰耳机插头的另外两个引出点,相应的左或右声道的耳机应发出“喀喀”声,指针应偏转,指示值分别为  $20\Omega$  或  $30\Omega$  左右(视耳机阻抗不同而不同),而且左右声道耳机的阻值应对称。如果测量时无声,指针也不偏转,说明对应声道的耳机有引线断裂或内部焊点脱开的故障。若指针摆至零位附近,说明相应声道耳机内部引线或耳

机插头处有短路的地方。若指针指示阻值正常,但发声很轻,一般是耳机振膜片与磁铁间的间隙不对造成的。

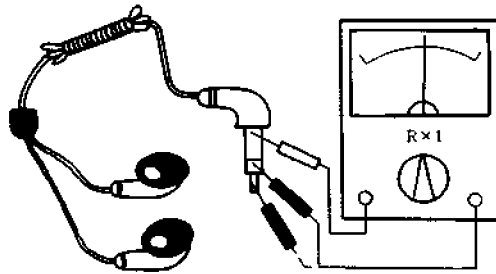


图 4-242 检测双声道耳机

## § 4.72 检测压电蜂鸣片

### 一、压电蜂鸣片的工作原理和特性

压电蜂鸣片的外形、结构及电路符号如图 4-243 所示。通常它是用锆钛酸铅或铌镁酸铅压电陶瓷材料制成。陶瓷片的两面制有银电极,并用环氧树脂将其与黄铜片(或不锈钢片)粘贴在一起构成发声元件。当在沿极化方向的两面施加振荡电压时,交变的电信号使压电陶瓷带动金属片一起产生振动,并随此发出响亮的声音。在图 4-243 中,  $d$  为压电陶瓷片的直径;  $D$  为金属振动片的直径,一般设计为  $15 \sim 40\text{mm}$ 。  $D$  越大,低频特性越好。阻抗则与  $d/D$  的比值有关,  $d/D$  越小,阻抗越高。

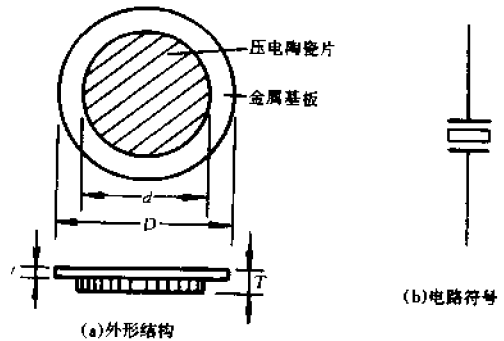


图 4-243 压电蜂鸣器的外形、结构及电路符号

压电蜂鸣片的特点是体积小、重量轻、厚度薄、耗电省、可靠性高,声响可达  $120\text{dB}$ ,且造价低廉。因此它常在电子手表、袖珍计算器、玩具、门铃等各种电子产品中用作讯响器使用。如果配上各种传感元件,还可做成开水沸点报讯、煤气检测报警等各种温度、湿度、嗅敏报警器。在工业自动控制设备或仪表中,还可作限位、定位、危险等报讯装置。表 4-71 列出了几种国产压电蜂鸣片的性能参数,供选用时参考。

表 4-71 国产压电蜂鸣片参数

| 参 数<br>型 号  | 谐振频率<br>(kHz) | 谐振电阻<br>( $\Omega$ ) | 电容量<br>( $\mu\text{F}$ ) | 金属片直径<br>$D$ (mm) | 陶瓷片直径<br>$d$ (mm) | 总厚度<br>$T$ (mm) | 基板材料 |
|-------------|---------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------|
| FT-41-2.2AT | $2.2 \pm 0.4$ | $\leq 200$           | $50000 \pm 30\%$         | $41 \pm 0.3$      | $35 \pm 0.4$      | $0.54 \pm 0.12$ | 黄铜   |
| FT-35-2.6AT | $2.6 \pm 0.5$ | $\leq 150$           | $30000 \pm 30\%$         | $35 \pm 0.3$      | $24.8 \pm 0.4$    | $0.54 \pm 0.12$ | 黄铜   |

续表

| 参数<br>型号    | 谐振频率<br>(kHz) | 谐振电阻<br>( $\Omega$ ) | 电容量<br>(pF)      | 金属片直径<br>$D$ (mm) | 陶瓷片直径<br>$d$ (mm) | 总厚度<br>$T$ (mm) | 基板材料 |
|-------------|---------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------|
| FT-35-2.6BT | $2.6 \pm 0.5$ | $\leq 200$           | $30000 \pm 30\%$ | $35 \pm 0.3$      | $24.8 \pm 0.4$    | $0.54 \pm 0.12$ | 黄铜   |
| FT-27-4.0AT | $4.0 \pm 0.6$ | $\leq 150$           | $20000 \pm 30\%$ | $27 \pm 0.3$      | $20.1 \pm 0.3$    | $0.54 \pm 0.12$ | 黄铜   |
| FT-27-4.1BT | $4.1 \pm 0.7$ | $\leq 200$           | $14000 \pm 30\%$ | $27 \pm 0.3$      | $20.1 \pm 0.3$    | $0.54 \pm 0.12$ | 黄铜   |
| FT-20-6.6AT | $6.6 \pm 1.0$ | $\leq 200$           | $10000 \pm 30\%$ | $20 \pm 0.3$      | $14.7 \pm 0.3$    | $0.45 \pm 0.12$ | 黄铜   |
| FT-20-6.6BT | $6.6 \pm 1.0$ | $\leq 200$           | $8000 \pm 30\%$  | $20 \pm 0.3$      | $14.7 \pm 0.3$    | $0.45 \pm 0.12$ | 黄铜   |
| FT-16-10AT  | $10 \pm 1.2$  | $\leq 500$           | $4000 \pm 20\%$  | $16 \pm 0.3$      | $12 \pm 0.3$      | $0.25 \pm 0.08$ | 黄铜   |
| FT-10-20AT  | $20 \pm 1.5$  | $\leq 500$           | $1000 \pm 20\%$  | $10 \pm 0.3$      | $7 \pm 0.3$       | $0.25 \pm 0.08$ | 黄铜   |
| FT-35-2.9AG | $2.9 \pm 0.5$ | $\leq 150$           | $30000 \pm 30\%$ | $35 \pm 0.3$      | $24.8 \pm 0.4$    | $0.45 \pm 0.12$ | 不锈钢  |
| FT-35-2.9BG | $2.9 \pm 0.5$ | $\leq 200$           | $30000 \pm 30\%$ | $35 \pm 0.3$      | $24.8 \pm 0.4$    | $0.45 \pm 0.12$ | 不锈钢  |
| FT-32-4.5AG | $4.5 \pm 0.6$ | $\leq 200$           | $20000 \pm 30\%$ | $32 \pm 0.3$      | $20.1 \pm 0.2$    | $1.2 \pm 0.12$  | 不锈钢  |
| FT-27-4.3AG | $4.3 \pm 0.6$ | $\leq 150$           | $20000 \pm 30\%$ | $27 \pm 0.3$      | $20.1 \pm 0.3$    | $0.45 \pm 0.12$ | 不锈钢  |
| FT-27-4.1BG | $4.1 \pm 0.7$ | $\leq 200$           | $14000 \pm 30\%$ | $27 \pm 0.3$      | $20.1 \pm 0.3$    | $0.45 \pm 0.12$ | 不锈钢  |
| FT-20-7.0AG | $7 \pm 1.0$   | $\leq 200$           | $10000 \pm 30\%$ | $20 \pm 0.3$      | $14.7 \pm 0.3$    | $0.45 \pm 0.12$ | 不锈钢  |
| FT-20-7.0BG | $7 \pm 1.0$   | $\leq 200$           | $8000 \pm 30\%$  | $20 \pm 0.3$      | $14.7 \pm 0.3$    | $0.45 \pm 0.12$ | 不锈钢  |
| FT-10-21AG  | $21 \pm 1.5$  | $\leq 500$           | $1000 \pm 20\%$  | $10 \pm 0.3$      | $7 \pm 0.3$       | $0.25 \pm 0.08$ | 不锈钢  |
| HTD20A-1    | 6.0           | $\leq 150$           | $< 20000$        | 20                | 14                | 0.4             |      |
| HTD27A-1    | 4.5           | $\leq 150$           | $< 30000$        | 27                | 20                | 0.55            |      |
| HTD35A-1    | 2.9           | $\leq 150$           | $< 40000$        | 35                | 25                | 0.55            |      |

## 二、压电蜂鸣片的检测方法

### 方法一：

参见图 4-244(a) 所示。将万用表拨至 DC2.5V 挡, 将待测压电蜂鸣片平放于木制桌面上, 带正电陶瓷片的一面朝上。然后将万用表的一只表笔横放在蜂鸣片的下面, 与金属片相接触, 用另一表笔在压电蜂鸣片的陶瓷片上轻轻触、离。同时仔细观察, 万用表指针应随表笔的触、离而摆动, 摆动幅度越大, 则说明压电蜂鸣片的性能越好, 灵敏度越高; 若指针不动, 则说明被测蜂鸣片已损坏。

### 方法二：

参见图 4-244(b) 所示。将万用表置于 DC2.5V 挡, 先用左手的食指和拇指轻轻捏住压电蜂鸣片的两面, 用右手持两表笔, 黑表笔接触在压电陶瓷表面, 红表笔接触金属片表面。然后左手的食指与拇指同时适度用力将压电蜂鸣片捏紧, 随即放松, 万用表指针应先向右摆, 然后回零, 再向左摆, 最后回零。如将两表笔对换测试, 指针摆动顺序应与上述相反, 即变为: 先向左摆, 然后回零, 再向右摆, 最后回零。摆幅约在 0.15V 左右。这种方法的测试原理是, 当用手捏压压电蜂鸣片时, 就会在压电蜂鸣片上先后产生两个极性相反的电位信号, 使万用表指针按上述规律摆动。在所施压力相同的情况下, 指针摆幅越大, 说明压电蜂鸣片灵敏度越高。如果万用表指针没有反应, 说明压电蜂鸣片已经破裂损坏或内部存在漏电故障。

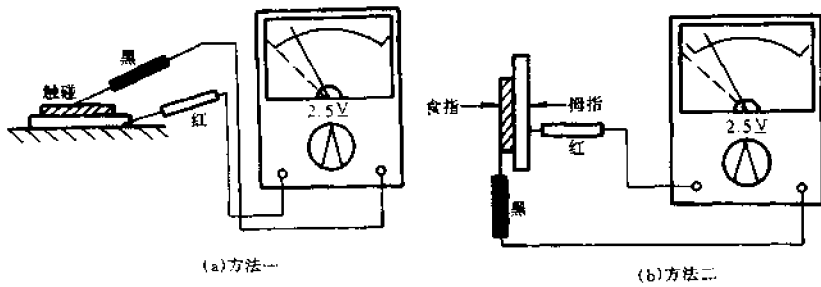


图 4-244 检测压电蜂鸣片

测试操作时应注意,无论是用表笔触碰还是用手捏压电蜂鸣片时,都不应用力过大、过猛,以免人为将蜂鸣片损坏。另外,使用万用表 DC50 $\mu$ A 电流挡,也可用上述方法检测压电蜂鸣片的好坏,操作方法相同。

## § 4.73 检测压电蜂鸣器

### 一、压电蜂鸣器的性能特点

压电蜂鸣器是一种一体化结构的电子讯响器。它主要由多谐振荡器和压电蜂鸣片组成,并带有电感阻抗匹配器与微型共鸣箱,外部采用塑料壳封装。

压电蜂鸣器的工作原理方框图见图 4-245(a)。其中,多谐振荡器是由晶体管或集成电路构成。接通电源后,多谐振荡器起振,输出音频信号(一般为 1.5~2.5kHz),经阻抗匹配器推动压电蜂鸣片发声。

国产压电蜂鸣器的典型产品是 FMQ-35 型,其外形和尺寸如图 4-245(b)所示。FMQ-35 型压电蜂鸣器的工作电压为直流 6~15V,它只有两个引出线,红色一端接电源正极,绿色一端接电源负极,使用时不能接错。另外,还有一种压电蜂鸣器,型号为 FMQ-27。它的外壳上还装有红色发光二极管。通电后,在正常发声的同时,发光二极管还能闪闪发光。

### 二、压电蜂鸣器的检测方法

#### 1. 通电试验

如图 4-246(a)所示。将 4 节 1.5V 干电池串接起来,把正、负极用导线引出。当电池正极接压电蜂鸣器的红线(+),负极接压电蜂鸣器绿线(-)时,若蜂鸣器发出悦耳的响声,说明器件工作正常,如果通电后蜂鸣器不发声,说明其内部有损坏元件或引线根部断线,应对内部振荡器和压电蜂鸣片进行

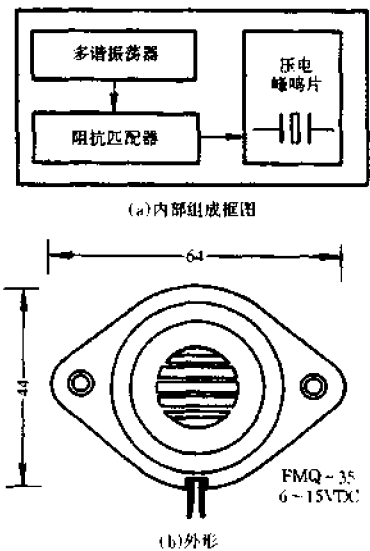


图 4-245 压电蜂鸣器内部组成框图和外形



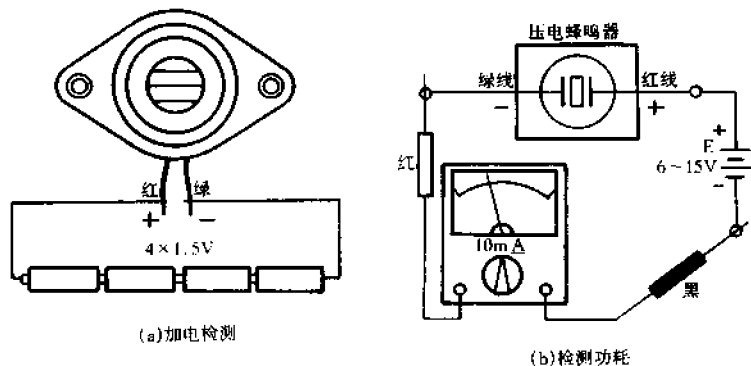


图 4-246 检测压电蜂鸣器

检查修理。

## 2. 检测最低功耗和最大功耗

检测方法如图 4-246(b)所示。万用表置于 DC10mA 挡,电源 E 可使用直流稳压电源。先将稳压电源调到压电蜂鸣器规定的最低电压  $V_1$  (例如 6V),读出万用表指示的电流值  $I_1$ ,然后将稳压电源调至压电蜂鸣器规定的最高工作电压  $V_2$  (例如 15V),再读出万用表指示的电流值  $I_2$ 。最后按下列公式进行简单计算。

$$\text{最低功耗 } P_1 = V_1 I_1$$

$$\text{最高功耗 } P_2 = V_2 I_2$$

例如,实测一只 FMQ-35 型压电蜂鸣器,万用表置于 DC10mA 挡,按图 4-246(b)连好电路。先将稳压电源调到 6V( $V_1$ ),万用表相应读数为 5.5mA( $I_1$ ),再将稳压电源慢慢调高至 15V( $V_2$ ),此时万用表读数为 8.3mA( $I_2$ )。

将上述数据代入公式计算,则最低功耗

$$P_1 = V_1 I_1 = 6 \times 5.5 = 33(\text{mW})$$

最高功耗

$$P_2 = V_2 I_2 = 15 \times 8.3 = 124.5(\text{mW})$$

检测时应注意:

(1) 调压时,不得使加在压电蜂鸣器两端的电压超过规定的最高工作电压,以防止将压电蜂鸣器烧坏。

(2) 在测试过程中,加电后压电蜂鸣器应能正常工作发声。通电后,如果万用表有电流读数,但发不出声音,则很可能是压电蜂鸣器内部蜂鸣片故障或引线脱焊,应检查修复。

## § 4.74 检测通用运算放大器

### 一、通用运算放大器的性能特点

运算放大器分为单运放、双运放以及四运放等多种类型。目前,虽然进口、国产的运放品

种类繁多,参数也不尽相同,但它们的内部结构有许多相似之处。通常把应用范围广泛、互换性好的运放统称为通用运放。表4-72列出了几种常用的具有代表性的通用运放的性能特点和互换型号。从表中可以看出,通用运放大致分为两类,一类是由双极型晶体管BJT组成的运放,例如 $\mu$ A741、LM324等,另一类是由结型场效应管JFET(或MOSFET)作差分输入级的JFET-BJT单片相容的运放,或MOSFET-BJT单片相容的运放,如TL084、CA3140等。

在实际应用中,要根据不同电路的具体需要来选择相应的运放,如音响系统的多段频率均衡器(用运放作模拟电感)、四通道滤波器等需使用多组运放的,可首先选用四运放,如LM324之类,不但线路简单,体积小,成本低,而且稳定性也相应提高。

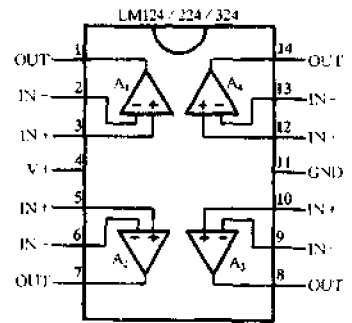
表4-72 通用运算放大器的性能和互换型号

| 型号    |  | $\mu$ A741<br>(单运放)  | MC1458<br>(双运放)   | LM324<br>(四运放)  | LF351<br>(单)<br>BJT-FET            | CA3140<br>(单)<br>BJT-MOS   | TL082<br>(双)<br>BJT-FET   | TL084<br>(四)<br>BJT-FET |
|-------|--|--|---|---|------------------------------------|--|---|-------------------------|
| 参数    | 输入失调电压(mV)   | 2  | 2   | 2   | (max)13                            | 2  | (max)5  | (max)5                  |
|       | 输入失调电流(nA)   | 30   | 20  | 5   | (max)4                             | 0.5pA  | (max)2  | (max)3                  |
|       | 输入偏流(nA)   | 200  | 80  | 45  | (max)8                             | 10pA   | (max)7  | (max)7                  |
|       | 输入电阻(M $\Omega$ )  | 1  | 1   | 1   | $10^{12}\Omega$                    | $1.5 \times 10^{12}\Omega$                                       | $10^{12}\Omega$   | $10^{12}\Omega$         |
|       | 转换速率(V/ $\mu$ s)   | 0.5  | 0.5   | 0.5   | 13                                 | 9  | 13  | 13                      |
| 频率宽度  | $f_T$ (kHz)  | 1  | 1   | 1   | 4                                  | 4.5  | 3   | 3                       |
|       | $f_P$ (kHz)  | 10   | 10  | 5   | 上升时间<br>0.1 $\mu$ s                | 上升时间<br>0.08 $\mu$ s   | 上升时间<br>0.1 $\mu$ s   | 上升时间<br>0.1 $\mu$ s     |
| 性能特点  | 高增益,内有频率补偿,共模电压范围宽   | 高增益,驱动功耗低,既可单电源工作,又可双电源工作  | 静态功耗低,能单、双电源工作  | 高输入阻抗,小输入偏流,低噪声,低功耗,宽频带   | 输入阻抗高,失调电流小,频带宽                    | 噪声低,失调电流小,输入阻抗高  | 噪声低,输入阻抗高   |                         |
| 同类代换品 | LM741<br>$\mu$ A741<br>MC1741<br>AD741<br>HA17741<br>CF741             | $\mu$ A1458<br>RC1458<br>LM1458<br>TA75458<br>$\mu$ PC251<br>HA17458<br>$\mu$ PC1458 | $\mu$ PC324<br>$\mu$ A324<br>MB3614<br>SF324<br>FX324   | SF351<br>TL071<br>$\mu$ A771<br>TL081<br>CF081<br>F073<br>5G28<br>BG313<br>TD05 | CF3140<br>F072<br>FX3140<br>DG3140 | NJM072<br>$\mu$ PC4072<br>TL072<br>LF353<br>NJM535<br>$\mu$ A772 | $\mu$ PC4084<br>HA17084<br>AN1084<br>$\mu$ PC4074<br>LF347<br>$\mu$ A774<br>TL074 |                         |
| 类似产品  | F007<br>FC4<br>5G24<br>$\mu$ A748<br>LM748<br>MC1748<br>BG308<br>4E322 | LM4558M<br>MC1747<br>LM358<br>MB3607<br>MC3458<br>AN358<br>LM747<br>AN1358           | MC3403<br>MB3615<br>NJM2058<br>LM348<br>$\mu$ A348<br>$\mu$ PC3403<br>LM2902<br>HA17902<br>NJM2902<br>TA75902 |   |                                    |  |   |                         |

双运放适用于作上、下限比较器,过压、欠压比较器,高低通滤波器,立体声放大器的前置、音调控制,立体声扩展电路等。而对于所需级数不多的电路,如振荡器、移相等,可采用单运放。由于双极型晶体管运放输入阻抗不够高,仅  $1M\Omega$  左右,转换速率低,约  $0.5V/\mu s$ ,带宽也窄,所以在一些电路应用中受到一定的限制,如 LM324 作高保真放大器的前置,效果就不佳,作“在线测量器”会造成测量不准确。而差分输入级采用结型场效应管 JFET 或 MOSFET 与双极型晶体管 BJT 制作在同一基片上的运放,如 TL084, CA3140 等,它们的输入阻抗很高,输入失调电流、偏流都小,频带宽,转换速率高,这是双极型晶体管运放所无法比拟的,通常双极型晶体管运放能工作的电路它都能代换。但根据其特点,最适宜的电路还是:微电流放大,阻抗变换,高速 D/A 转换,高输入阻抗宽带放大器,高 Q 值陷波,滤波器等电路。

## 二、通用运算放大器的检测方法

现以四运放中的典型产品 LM324 为例,介绍检测方法。LM324 是目前应用最为广泛的运放之一。该系列产品包括 LM124、LM224 和 LM324,国产相对应的型号为 FX124、FX224 和 FX324。它们都是由四个独立的低功耗、高增益、频率内补偿式运算放大器组成。其电源电压适用范围很宽,能在  $3 \sim 30V$  单电源或  $\pm 1.5 \sim \pm 15V$  双电源下工作。当电源电压  $V+$  为  $5V$  时,每个运放的功耗仅为  $1mW$ 。这类运放的集成度高,价格低,应用电路简单,每片运放可代替四只单运放使用。LM124、LM224 和 LM324 之间的区别仅仅是工作温度范围有所不同,分别为  $-55 \sim +125^\circ C$  (军品)、 $-25 \sim +85^\circ C$  (工业品)、 $0 \sim 70^\circ C$  (民品)。这几种产品均采用 14 脚双列直插式结构,其引脚排列顺序如图 4-247 所示。图中,  $V+$  为正电源端,  $IN+$ 、 $IN-$  分别为同相输入端和反相输入端,  $OUT$  为输出端,  $GND$  为接地端。



用万用表可对 LM324 进行下述两项检测。

### 1. 测量引脚间电阻值

用万用表电阻挡分别测出 LM324 的  $A_1 \sim A_4$  各运放引脚的电阻值,不仅可以判断运放的好坏,而且还可以检查内部各运放参数的一致性。测量时,选用万用表  $R \times 1k$  挡,从  $A_1$  开始,依次测出引脚的电阻值,只要各对应引脚之间的电阻值基本相同,就说明参数的一致性较好。表 4-73 是用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡实测的 LM324 四运放各引脚间的正常电阻值,供检测时对照参考。

表 4-73

实测 LM324 各引脚间电阻值

| 红表笔   | 黑表笔  | 正常阻值 ( $k\Omega$ ) |
|-------|------|--------------------|
| $V+$  | GND  | 4.5 ~ 6.5          |
| GND   | $V+$ | 16 ~ 17.5          |
| $V+$  | OUT  | 21                 |
| GND   | OUT  | 59 ~ 65            |
| $IN+$ | $V+$ | 51                 |
| $IN-$ | $V+$ | 56                 |

## 2. 检测放大能力

利用万用表还可以估测运算放大器的放大能力。以 LM324(A<sub>1</sub>) 为例,测试方法如图 4-248 所示。将 LM324 接上  $\pm 15\text{V}$  电源,万用表置于 DC50V 电压挡。首先,使 LM324 输入端开路,运放处于截止状态,这时输出端①脚对负电源④脚的电压约为 20~25V。然后用手持金属小起子,依次触碰同相输入端③脚和反向输入端②脚,万用表指针应有较大摆动,说明被测运放的增益很高;若指针摆动很小,说明其放大能力较差;若指针根本就不摆动,则说明被测运放已经损坏。

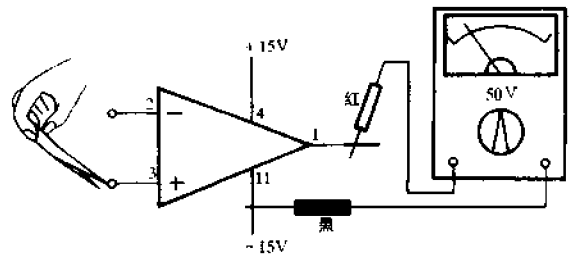


图 4-248 检测运放的放大能力

## § 4.75 检测 555 时基电路

### 一、555 时基电路的性能特点

555 时基集成电路是一种既能产生周期性时钟信号,又能产生具有一定规律时序信号的时基电路。由于它将模拟技术和数字技术巧妙地结合在一起,且具有非常灵活的引出端,因而应用十分广泛,以至于在国际上已成为一种通用型的模拟定时器。

555 时基电路的内部组成框图如图 4-249 所示。其内部包括两个比较器、一个双稳态触发器、一个由三只电阻构成的分压器、一个放电三极管和一个功率输出级。它的相关引脚功能见表 4-74 所示。

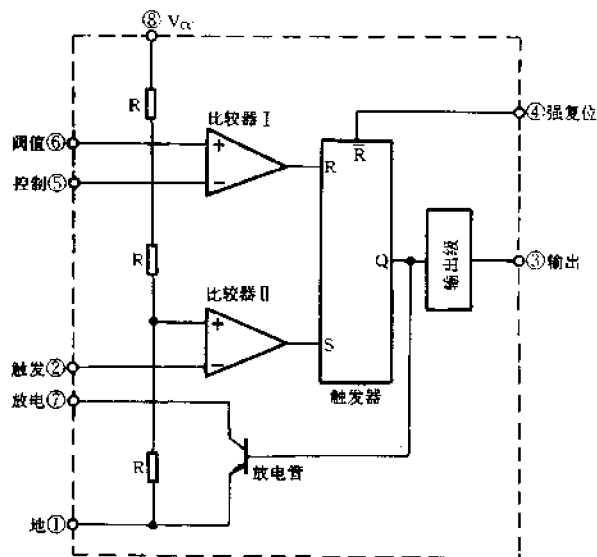


图 4-249 555 时基电路内部框图

表 4-74

555 时基电路的引脚功能

| ② 触发端             | ⑥ 阈值端             | ④ 强复位端 | ③ 输出端 | ⑦ 放电端 |
|-------------------|-------------------|--------|-------|-------|
| $\leq 1/3 V_{CC}$ | 任意电平              | 高电平    | 高电平   | 截止    |
| $\geq 1/3 V_{CC}$ | $\geq 2/3 V_{CC}$ | 高电平    | 低电平   | 导通    |
| 任意电平              | 任意电平              | 低电平    | 低电平   | 导通    |

555 时基电路的型号大致有以下几种。

国外型号有 NE555、LM555、RM555 等,国内型号有 5G1555、FX555 等。另外还有一种将两个 555 时基电路集成在同一硅片上的双时基电路,型号为 NE556。555 时基电路常见的引脚排列顺序如图 4-250 所示。都是从集成块顶部看下去,引脚按反时针方向依次排列。

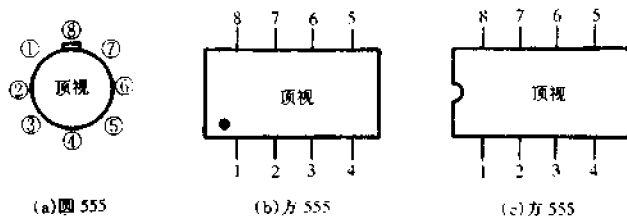


图 4-250 常见 555 时基电路的引脚排列

555 时基电路是一种将模拟电路和数字电路结合在一起的电路,它不像一般运算放大器那样要求用正、负对称电源供电,而是可以采用 4.5~15V 的单电源供电。同时,这种器件有一定的输出功率,最大输出电流达 200mA,因而可以直接驱动继电器、小电机、指示灯、扬声器等负载。

## 二、555 时基电路的检测方法

### 1. 测量各引脚间的电阻值

555 时基电路损坏后,必然反应在其各引脚间电阻值发生变化上,所以用万用表电阻挡将各引脚间电阻值测出,并对照正常阻值加以比较,很容易判断器件是否良好。测试时应注意,因 555 时基电路体积较小,用手捏住封装壳体时,不能碰到引脚,否则将对测量阻值产生影响。根据一般使用经验,555 时基电路损坏时,多数表现为输出级击穿,所以用万用表电阻挡应重点检测其①脚和③脚间的电阻值是否正常,从而作出正确的判断。表 4-75 是用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡实测的 NE555 型时基电路的正常电阻值,可供测试时对照参考。

表 4-75

实测 NE555 各引脚电阻值

|             |          |     |         |   |          |     |           |         |       |          |          |   |    |     |
|-------------|----------|-----|---------|---|----------|-----|-----------|---------|-------|----------|----------|---|----|-----|
| 红表笔         | ①        | ②   | ①       | ③ | ①        | ④   | ①         | ⑤       | ①     | ⑥        | ①        | ⑦ | ①  | ⑧   |
| 黑表笔         | ②        | ①   | ③       | ① | ④        | ①   | ⑤         | ①       | ⑥     | ①        | ⑦        | ① | ⑧  | ①   |
| 电阻值<br>(kΩ) | $\infty$ | 5.8 | 21~25.5 | 5 | $\infty$ | 5.6 | 10.4~12.5 | 6.7~7.2 | 40~45 | $\infty$ | $\infty$ | 5 | 15 | 4.5 |

## 2. 搭电路检查工作情况

这种方法比较直观可靠。测试电路如图 4-251 所示,它是一个典型的无稳态多谐振荡器。按电路图将各元件连接好,按下开关 S 时,LED 应闪烁发光。如用万用表直流电压挡测量 ③脚电压值,应一高一低的周期性发生变化,指针来回摆动。如果被测 555 时基电路有问题,③脚电压将始终保持在高电位或低电位,发光二极管将不会闪烁发光,而是一直亮或一直灭。

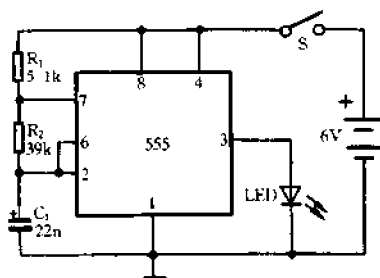


图 4-251 搭电路检测 555 时基电路工作情况

## § 4.76 检测反相器 CD4069

### 一、CD4069 六反相器的性能特点

CD4096 是 4000 系列 CMOS 数字集成电路中功能最简单但应用较广泛的一种集成电路。它包含有 6 个相互独立的反相器(也称“非门”)。CD4069 采用 14 脚双列直插塑封形式,各引脚排列和功能见图 4-252 所示。其中,⑭脚为电源正端,⑦脚为电源负端。工作电压范围为 +3~+18V。每个反相器的输入引脚分别为①、③、⑤、⑨、⑪、⑬,输出引脚分别为②、④、⑥、⑧、⑩、⑫。

CD4069 的应用十分方便灵活,用它可构成振荡、延时、放大等各种电路。图 4-253 所示是一个实用的脉冲振荡器电路,它使用 CD4069 的两个非门组成。加电后电路即可起振,在  $V_o$  端输出方波脉冲,幅度约等于电源电压,频率由  $R_2$ 、 $C_1$  的大小决定,估算公式为

$$f = \frac{1}{2.2R_2C_1}$$

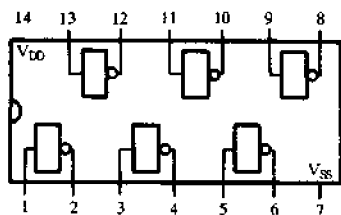


图 4-252 CD4069 引脚排列

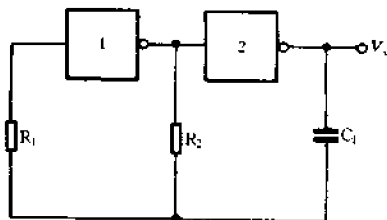


图 4-253 由 CD4069 两个非门组成的振荡器

图 4-254 所示是由一个非门组成的延时开关电路。静态时,  $C_1$  充电完毕,非门输入端为高电平,输出端为低电平,LED 熄灭。按动开关 S,  $10\mu\text{F}$  电容快速放电,非门因输入端变为低电平,输出端变为高电平,LED 点亮,此时即使松开  $S_1$ ,由于电容的充电作用,使非门输出端仍维持高电平,只有当电容上的电压超过非门的阈值电压(通常为  $V_{DD}$  电压的一半)时,非门的输出才变低。这段延时的时间也就是电容的充电时间,它由电阻、电容的数值来决定。延时时间  $T$

$= 0.7RC$ 。按图 4-245 元件的数值,延时时间约为 7 秒左右。

## 二、CD4069 六反相器的检测方法

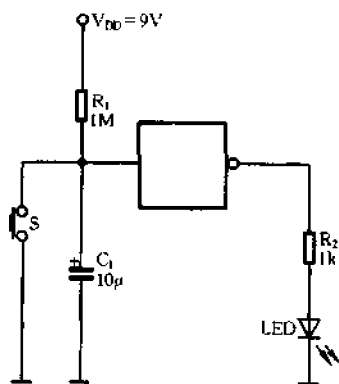


图 4-254 由 CD4069 一个非门组成的延时开关

检测 CD4069 性能好坏,通常可采用测试其输出电平是否正常来进行判别。测试方法如图 4-255 所示。测试时,将 B 端(红表笔)接到待测门的输出端,然后分别用 A、C 端去触碰被测门的输入端。当 A 端接到输入端时,由于输入端为高电平,因此,经反相后其输出端应为低电平,即这时万用表的读数为 0V;当用 C 端去触碰输入端时,由于输入端为低电平,因此,经反相后输出应为高电平,即万用表的读数为 4V 左右。如符合上述规律则说明被测门是良好的。用此法将 CD4069 的几个门一一进行测试。这种检测方法对于其他类型的逻辑门也同样适用。但需要注意的是,在检测其他类型的逻辑门时,要

根据不同逻辑门的特性适当改变一下方法,例如测与门时,应先用 A 端分别触碰两个(或两个以上)输入端,两次在输出端都应测得为高电压,只有用 C 同时接触两个(或两个以上)输入端时,输出端才接近 0V 电压。

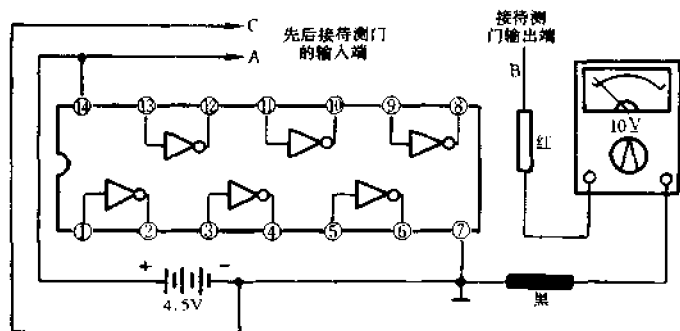


图 4-255 测试 CD4069 的输出电平

## § 4.77 检测高频宽带放大集成电路 $\mu$ PC1651G

### 一、 $\mu$ PC1651G 的主要性能及典型应用

$\mu$ PC1651G 是日本 NEC 公司推出的一种高频、宽带放大集成电路。它的内部采用了两级放大,可有效地破坏电路产生自激的条件,使整个放大电路能稳定地工作而不自激。电路中还设置了负反馈环路,使电路具有较大的输入动态范围和较宽的工作频带,并使幅频特性比较平坦。同时,由于电路中精心设置了偏流电路,加之优良的生产工艺,使其工作线性度大为提高,有效地降低了噪声系数,且具有良好的抗交流干扰调制性能和较宽的工作温度范围。表 4-76 列出了  $\mu$ PC1651G 的主要特性参数。它在 25℃ 时的极限参数值是:电源电压  $V_{CC} = 6V$ ;耗散

功率  $P_T = 250\text{mW}$ 。

表 4-76  $\mu\text{PC1651G}$  主要参数

| 参数名称   | 符号       | 单位                 | 最小值  | 典型值 | 最大值  | 测试条件                                     |
|--------|----------|--------------------|------|-----|------|--|
| 工作电流   | $I_{CC}$ | mA                 | 15   | 20  | 25   | $V_{CC} = 5\text{V}$ 静态                  |
| 增益     | $V_P$    | dB                 | 16   | 19  | 26   | $V_{CC} = 5\text{V}$ $f = 500\text{MHz}$ |
| 噪声系数   | $N_F$    | dB                 |      | 5.5 | 6.5  | $V_{CC} = 5\text{V}$ $f = 500\text{MHz}$ |
| 带宽     | $B_W$    | MHz                | 1000 |     | 1200 | $V_{CC} = 5\text{V}$ 3dB 衰减              |
| 工作温度范围 |          | $^{\circ}\text{C}$ | -20  | 25  | 75   |  |

由于  $\mu\text{PC1651G}$  具有优异的高频特性,所以被广泛用于电视天线放大器、无绳电话及高频发射机电路中。图 4-256 所示电路是由  $\mu\text{PC1651G}$  构成的天线放大器。它的输入端设置了一个高通滤波器,可将 45MHz 以下的信号滤去,使其可工作在 VHF 到 UHF 的所有频段。由于  $\mu\text{PC1651G}$  在 UHF 频段的增益比 VHF 频段高,正好可补偿一般空间 UHF 信号比 VHF 信号弱的情况。按此电路只要安装无误,走线合理,一般均可获得良好的效果。若用此电路配合“羊角”天线(需加阻抗变换器),即可组成一个室内有源天线。如果将天线放大器置于室外,可由同轴电缆线供给 12V 电源。此时应按图 4-256 所示,将虚线部分电路接入。 $L_2$  和 R 是为 12V 供电时而设置的,如同轴电缆供给的是 5V 电源,则可将 R 短接。 $\text{VD}_1$  和  $\text{VD}_2$  起保护作用,可防止空间强信号从输入端窜入而击穿  $\mu\text{PC1651G}$ 。

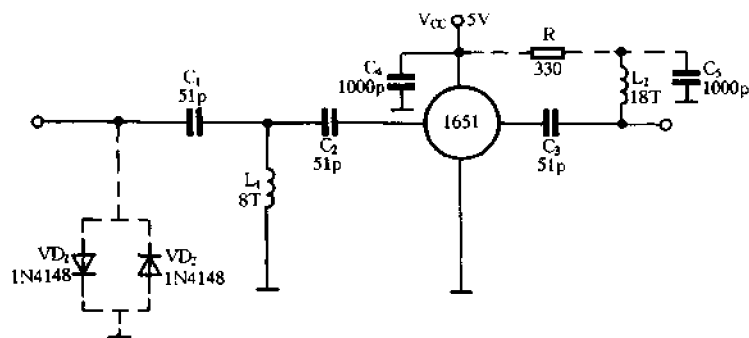


图 4-256 由  $\mu\text{PC1651G}$  组成的天线放大器

## 二、 $\mu\text{PC1651G}$ 的检测方法

### 1. 引脚识别

图 4-257 是  $\mu\text{PC1651G}$  引脚排列图。由于此集成电路体积很小,所以管壳上面只印了 1651 几个字样,而没将  $\mu\text{PC1651G}$  全部印上,“K62”或其他字样是批号而不是型号。识别引脚时,将印有“1651”字样的一面对着识别者,左面的引脚为输入端(IN),右边引脚为输出端(OUT),上边的引脚为电源端( $V_{CC}$ ),下面的引脚则为接地端(GND)。另外,在  $\mu\text{PC1651G}$  的四个引脚中,输出端(OUT)的引脚要比

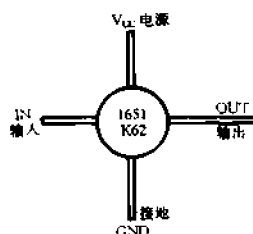


图 4-257  $\mu\text{PC1651G}$  的引脚排列



其他三个引脚长,这个特征对正确识别其引脚排列是很有帮助的。

## 2. 测量好坏

由于  $\mu\text{PC1651G}$  采用双极型半导体工艺制作,因而可用万用表测量其各引脚间电阻值来判断好坏。表 4-77 是用 500 型万用表实测的  $\mu\text{PC1651G}$  各引脚间的正常电阻值,供检测时参考。注意,由于  $\mu\text{PC1651G}$  内部有一个非线性网络,因此,即使是同一批号的产品,各引脚间的电阻值也具有很大的离散性。经验证明,只要其各引脚间的电阻值与正常值偏差不大,且不是全断路或全击穿,正、反向电阻值有差异,就说明此  $\mu\text{PC1651G}$  可以使用。

表 4-77 实测  $\mu\text{PC1651G}$  引脚正常电阻值

| 万用表量程   | 红表笔      | 黑表笔      | 电阻值           |
|---------|----------|----------|---------------|
| R × 1k  | $V_{CC}$ | GND      | 14k $\Omega$  |
| R × 1k  | GND      | $V_{CC}$ | 140k $\Omega$ |
| R × 10  | $V_{CC}$ | OUT      | 170 $\Omega$  |
| R × 10  | OUT      | $V_{CC}$ | 170 $\Omega$  |
| R × 1k  | OUT      | GND      | 14k $\Omega$  |
| R × 1k  | GND      | OUT      | 140k $\Omega$ |
| R × 1k  | IN       | $V_{CC}$ | 22k $\Omega$  |
| R × 1k  | $V_{CC}$ | IN       | 18k $\Omega$  |
| R × 1k  | IN       | OUT      | 22k $\Omega$  |
| R × 1k  | OUT      | IN       | 18k $\Omega$  |
| R × 1k  | IN       | GND      | 16k $\Omega$  |
| R × 1k  | GND      | IN       | 20k $\Omega$  |
| R × 100 | IN       | GND      | 3.2k $\Omega$ |
| R × 100 | GND      | IN       | 2.5k $\Omega$ |

## § 4.78 检测 78 × × 固定正压集成稳压器

### 一、78 × × 系列三端固定正压集成稳压器的性能特点

78 × × 系列三端固定正压集成稳压器已经成为世界通用系列产品。国外产品有美国 NC 公司的 LM78 × ×、美国仙童公司的  $\mu\text{A78} \times \times$ 、摩托罗拉公司的 MC78 × ×、意大利 SCS 公司的 L78 × ×、东芝公司的 TA78 × ×、日电公司的  $\mu\text{PC78} \times \times$ 、以及日立公司的 HA78 × × 等多种型号。我国的产品则以 W78 × × 系列表示。表 4-78 是 78 × × 系列产品国内外型号对照表。表 4-79 列出了国产 W78 × × 系列三端固定正压集成稳压器的主要参数,供选用时参考。

表 4-78

78 × × 系列三端固定正压集成稳压器国内外型号对照

| 国内型号   | 主要参数                     | 国外产品对应型号                | 主要生产厂家                 |
|--------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| W7805  | $V_o = 5V, I_o = 1.5A$   | LM7805, $\mu A7805$     | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、扬州厂、南通厂 |
| W7806  | $V_o = 6V, I_o = 1.5A$   | LM7806, $\mu A7806$     | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W7808  | $V_o = 8V, I_o = 1.5A$   | LM7808, $\mu A7808$     | 无锡一厂、南通厂               |
| W7810  | $V_o = 10V, I_o = 1.5A$  | LM7810, $\mu A7810$     | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W7812  | $V_o = 12V, I_o = 1.5A$  | LM7812, $\mu A7812$     | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂     |
| W7815  | $V_o = 15V, I_o = 1.5A$  | LM7815, $\mu A7815$     | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂     |
| W7818  | $V_o = 18V, I_o = 1.5A$  | LM7818, $\mu A7818$     | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂     |
| W7824  | $V_o = 24V, I_o = 1.5A$  | LM7824, $\mu A7824$     | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂     |
| W78L05 | $V_o = 5V, I_o = 100mA$  | LM78L05, $\mu A78L05$   | 北京五厂                   |
| W78L06 | $V_o = 6V, I_o = 100mA$  | LM78L06, $\mu A78L06$   | 北京五厂                   |
| W78L09 | $V_o = 9V, I_o = 100mA$  | $\mu A78L09$            | 北京五厂                   |
| W78L10 | $V_o = 10V, I_o = 100mA$ | LM78L10, $\mu A78L10$   | 北京五厂                   |
| W78L12 | $V_o = 12V, I_o = 100mA$ | LM78L12, $\mu A78L12$   | 北京五厂                   |
| W78L15 | $V_o = 15V, I_o = 100mA$ | LM78L15, $\mu A78L15$   | 北京五厂                   |
| W78L18 | $V_o = 18V, I_o = 100mA$ | LM78L18, $\mu A78L18$   | 北京五厂                   |
| W78L24 | $V_o = 24V, I_o = 100mA$ | LM78L24, $\mu A78L24$   | 北京五厂                   |
| W78M05 | $V_o = 5V, I_o = 500mA$  | LM78M05<br>$\mu A78M05$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M06 | $V_o = 6V, I_o = 500mA$  | LM78M06<br>$\mu A78M06$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M08 | $V_o = 8V, I_o = 500mA$  | LM78M08<br>$\mu A78M08$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M09 | $V_o = 9V, I_o = 500mA$  | 801V9                   | 北京五厂                   |
| W78M10 | $V_o = 10V, I_o = 500mA$ | LM78M10<br>$\mu A78M10$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M12 | $V_o = 12V, I_o = 500mA$ | LM78M12<br>$\mu A78M12$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M15 | $V_o = 15V, I_o = 500mA$ | LM78M15<br>$\mu A78M15$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M18 | $V_o = 18V, I_o = 500mA$ | LM78M18<br>MC78M18      | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |
| W78M24 | $V_o = 24V, I_o = 500mA$ | LM78M24<br>$\mu A78M24$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂          |

表 4-79

W78××系列三端固定正压集成稳压器主要参数

| 型号<br>参数                   | W7805       | W7806       | W7808       | W7809       | W7810        | W7812        | W7815        | W7818        | W7820        | W7824        | 备注  |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| 输出电压 $V_o$<br>(V)          | $5 \pm 5\%$ | $6 \pm 5\%$ | $8 \pm 5\%$ | $9 \pm 5\%$ | $10 \pm 5\%$ | $12 \pm 5\%$ | $15 \pm 5\%$ | $18 \pm 5\%$ | $20 \pm 5\%$ | $24 \pm 5\%$ |     |
| 输入电压 $V_i$<br>(V)          | 10          | 11          | 14          | 15          | 17           | 19           | 23           | 27           | 29           | 33           |     |
| 电压调整率 $S_V$<br>(mV)        | 50          | 60          | 80          | 90          | 100          | 120          | 150          | 180          | 200          | 240          | 最大值 |
| 电流调整率 $S_i$<br>(mA)        | 80          | 100         | 120         | 130         | 140          | 140          | 160          | 180          | 200          | 240          | 最大值 |
| 纹波抑制比 $S_{rip}$<br>(dB)    | 68          | 65          | 62          | 61          | 61           | 61           | 60           | 59           | 58           | 56           | 典型值 |
| 静态工作电流 $I_D$<br>(mA)       | 6           | 6           | 6           | 6           | 6            | 6            | 6            | 6            | 6            | 6            |     |
| 输出电压温漂 $S_T$<br>(mV/°C)    | 0.6         | 0.7         | 1           | 1.2         | 1.3          | 1.5          | 1.8          | 2.2          | 2.5          | 3            | 典型值 |
| 输出电压噪声 $V_N$<br>( $\mu$ V) | 40          | 50          | 60          | 70          | 80           | 80           | 90           | 130          | 160          | 200          | 典型值 |
| 最小输入电压 $V_{imin}$<br>(V)   | 7.5         | 8.5         | 10.5        | 12.5        | 14.5         | 17.5         | 20.5         | 22.5         | 26.5         |              |     |
| 最大输入电压 $V_{imax}$<br>(V)   | 35          | 35          | 35          | 35          | 35           | 35           | 35           | 35           | 35           | 40           |     |
| 最大输出电流 $I_{omax}$<br>(A)   | 1.5         | 1.5         | 1.5         | 1.5         | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.5          |     |

78××系列产品的封装形式主要有两种,一种是TO-220封装,一种是TO-3封装,其外形及引脚排列见图4-258所示。 $V_i$ 为直流电压的输入端, $V_o$ 为稳定电压的输出端,GND为公共地端。

78××系列三端固定正压集成稳压器的特点是体积小、性能优良、保护功能完善、可靠性高、成本低廉、以及使用简便、无需调试等。

78××系列产品的内部电路原理如图4-259(a)所示。该稳压器是由启动电路、基准电路、误差放大器、调整管及过流、过热保护等单元电路组成。

78××系列产品的典型应用电路如图4-259(b)所示。220V交流市电经变压器降压,再经桥式整流、滤波后,加到78××稳压器的输入端( $V_i$ ),从输出端便可输出稳定的标称直流电压( $V_o$ )。电容 $C_i$ 既可用于减小 $V_i$ 的纹波,又有抑制输入端的瞬态过电压的作用。输出端的电容 $C_o$ 能改善负载的瞬态响应。

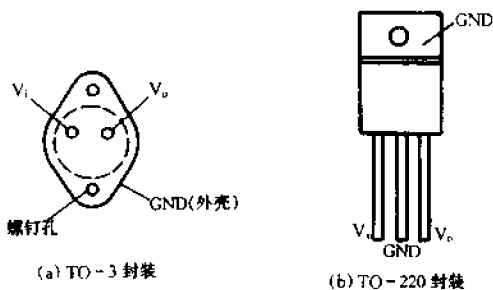
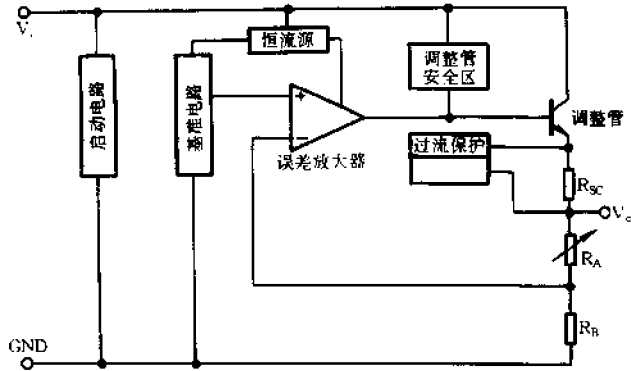
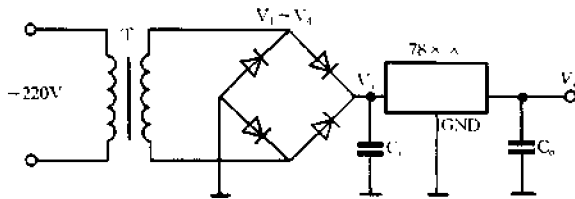


图 4-258 78××系列稳压器外形



(a)内部电路原理



(b)典型应用电路

图 4-259 78 × × 系列稳压器内部电路框图及典型应用电路

使用 78 × × 系列稳压器时,应着重注意以下两点。

(1) 接地端(GND)不允许开路悬空,输入端和输出端不得相互接反,否则会导致稳压器击穿损坏。

(2) 用在大电流供电电路时,必须外加适当的散热器。如果使用中散热不良,会使稳压器内部芯片的实际结温超过允许最高结温,引起过热保护电路动作,稳压器将不能正常工作。

## 二、78 × × 系列集成稳压器的检测方法

用万用表电阻挡测出各引脚间的电阻值,然后与正常值相比较,若出入较大,则说明被测 78 × × 稳压器性能有问题。实践证明,稳压器正常与否,突出表现在其输入端与输出端之间的正反向电阻值上,正常时,阻值相差在数千欧以上;如果输入端与输出端的正反向电阻值相差很小,接近 0Ω,则表明已损坏。表 4-80 是用 500 型万用表 R × 1k 挡实测的 7805、7812 和 7824 的正常电阻值,供读者测试时对照参考。注意,78 × × 系列集成稳压器各引脚之间的电阻值随生产厂家不同、稳压值不同以及批号不同均有一定差异,所以在测试时要灵活掌握,具体分析。

表 4-80

实测 78 × × 系列稳压器电阻值

| 红表笔所接引脚 | 黑表笔所接引脚 | 正常电阻值(kΩ) |
|---------|---------|-----------|
| GND     | $V_i$   | 14 ~ 45   |
| GND     | $V_o$   | 4 ~ 13    |
| $V_i$   | GND     | 3 ~ 6     |

| 红表笔所接引脚 | 黑表笔所接引脚 | 正常电阻值(k $\Omega$ ) |
|---------|---------|--------------------|
| $V_o$   | GND     | 3~7                |
| $V_o$   | $V_i$   | 29~50              |
| $V_i$   | $V_o$   | 4.5~5.2            |

## § 4.79 检测 79 $\times\times$ 固定负压集成稳压器

### 一、79 $\times\times$ 系列三端固定负压集成稳压器的种类及性能特点

79 $\times\times$  系列产品是固定负压输出的集成稳压器,它的种类基本与 78 $\times\times$  系列固定正压输出的集成稳压器相对应。表 4-81 是 79 $\times\times$  系列产品国内外型号对照表。表 4-82 列出了国产 79 $\times\times$  系列三端固定负压集成稳压器的主要参数,供选用时参考。

表 4-81 79 $\times\times$  系列集成稳压器国内外型号对照

| 国内型号    | 主要参数                          | 国外产品对应型号              | 主要生产厂家             |
|---------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|
| W7905   | $V_o = -5V$<br>$I_o = 1.5A$   | LM7905<br>$\mu A7905$ | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂 |
| W7905.2 | $V_o = -5.2V$<br>$I_o = 1.5A$ | LM79052<br>SG79052    | 无锡一厂、南通厂           |
| W7906   | $V_o = -6V$<br>$I_o = 1.5A$   | LM7906<br>$\mu A7906$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂      |
| W7908   | $V_o = -8V$<br>$I_o = 1.5A$   | LM7908<br>$\mu A7908$ | 无锡一厂、南通厂           |
| W7909   | $V_o = -9V$<br>$I_o = 1.5A$   | LM7909                | 北京五厂、南通厂           |
| W7912   | $V_o = -12V$<br>$I_o = 1.5A$  | LM7912<br>$\mu A7912$ | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂 |
| W7915   | $V_o = -15V$<br>$I_o = 1.5A$  | LM7915<br>$\mu A7915$ | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂 |
| W7918   | $V_o = -18V$<br>$I_o = 1.5A$  | LM7918<br>$\mu A7918$ | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂 |
| W7924   | $V_o = -24V$<br>$I_o = 1.5A$  | LM7924<br>$\mu A7924$ | 北京五厂、上无七厂、无锡一厂、南通厂 |
| W79L05  | $V_o = -5V$<br>$I_o = 100mA$  | LM79L05<br>MC79L05    | 北京五厂、无锡一厂、南通厂      |
| W79L12  | $V_o = -12V$<br>$I_o = 100mA$ | LM79L12<br>MC79L12    | 北京五厂               |

续表

| 国内型号   | 主要参数                          | 国外产品对应型号                | 主要生产厂家        |
|--------|-------------------------------|-------------------------|---------------|
| W79L15 | $V_o = -15V$<br>$I_o = 100mA$ | LM79L15<br>MC79L15      | 北京五厂          |
| W79L18 | $V_o = -18V$<br>$I_o = 100mA$ | LM79L18<br>MC79L18      | 北京五厂          |
| W79L24 | $V_o = -24V$<br>$I_o = 100mA$ | LM79L24<br>MC79L24      | 北京五厂          |
| W79M05 | $V_o = -5V$<br>$I_o = 500mA$  | LM79M05<br>$\mu A79M05$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂 |
| W79M06 | $V_o = -6V$<br>$I_o = 500mA$  | LM79M06<br>$\mu A79M06$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂 |
| W79M08 | $V_o = -8V$<br>$I_o = 500mA$  | LM79M08<br>$\mu A79M08$ | 无锡厂、南通厂       |
| W79M12 | $V_o = -12V$<br>$I_o = 500mA$ | LM79M12<br>$\mu A79M12$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂 |
| W79M15 | $V_o = -15V$<br>$I_o = 500mA$ | LM79M15<br>$\mu A79M15$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂 |
| W79M18 | $V_o = -18V$<br>$I_o = 500mA$ | LM79M18                 | 北京五厂、无锡一厂、南通厂 |
| W79M24 | $V_o = -24V$<br>$I_o = 500mA$ | LM79M24<br>$\mu A79M24$ | 北京五厂、无锡一厂、南通厂 |

表 4-82

W79 × × 系列三端固定负压集成稳压器主要参数

| 参 数                       | 型 号       |           |           |           |            |            |            |            |            |            |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | W7905     | W7906     | W7908     | W7909     | W7910      | W7912      | W7915      | W7918      | W7920      | W7924      |
| 输出电压 $V_o(V)$             | -5<br>±5% | -6<br>±5% | -8<br>±5% | -9<br>±5% | -10<br>±5% | -12<br>±5% | -15<br>±5% | -18<br>±5% | -20<br>±5% | -24<br>±5% |
| 输入电压 $V_i(V)$             | -10       | -11       | -14       | -15       | -17        | -19        | -23        | -27        | -29        | -33        |
| 电压调整率 $S_V(mV)$           | 50        | 60        | 80        | 90        | 100        | 120        | 150        | 180        | 200        | 240        |
| 电流调整率 $S_I(mA)$           | 100       | 120       | 160       | 170       | 170        | 180        | 200        | 210        | 220        | 240        |
| 纹波抑制比 $S_{rq}(dB)$        | 54        | 54        | 54        | 54        | 54         | 54         | 54         | 54         | 54         | 54         |
| 静态工作电流 $I_D(mA)$          | 6         | 6         | 6         | 6         | 6          | 6          | 6          | 6          | 6          | 6          |
| 输出电压温度 $S_T(mV/^\circ C)$ | -0.4      | -0.5      | -0.6      | -0.7      | -0.7       | -0.8       | -0.9       | -1         | -1         | -1.1       |
| 输出电压噪声 $V_N(\mu V)$       | 40        | 50        | 60        | 70        | 80         | 100        | 120        | 140        | 160        | 200        |
| 最小输入电压 $V_{imin}(V)$      | -7        | -8        | -10       | -11       | -12        | -14        | -17        | -20        | -22        | -26        |
| 最大输入电压 $V_{imax}(V)$      | -35       | -35       | -35       | -35       | -35        | -35        | -35        | -35        | -35        | -40        |
| 最大输出电流 $I_{omax}(A)$      | 1.5       | 1.5       | 1.5       | 1.5       | 1.5        | 1.5        | 1.5        | 1.5        | 1.5        | 1.5        |

79 × × 系列产品的封装形式也有两种,即 TO-220 封装和 TO-3 封装。图 4-260 是 79 × × 系列稳压器的外形。其引脚排列顺序与 78 × × 系列稳压器有很大的区别,使用时必须

加以注意。由外形图可见, GND 为公共地端,  $-V_i$  为负压输入端,  $-V_o$  为负压输出端。

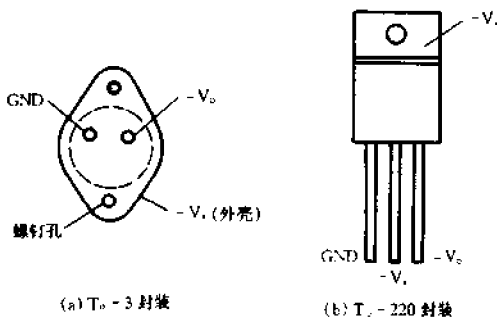
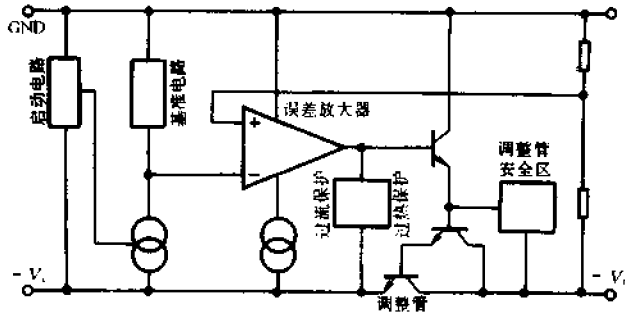


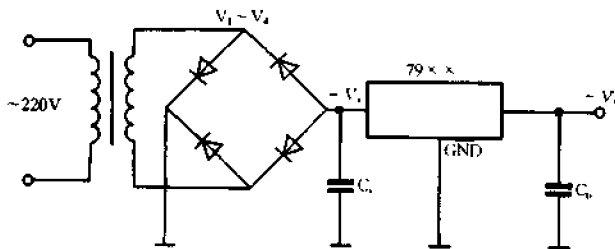
图 4-260 79 × × 系列稳压器外形  
的标称直流电压 ( $-V_o$ )。

79 × × 系列稳压器的内部电路原理如图 4-261(a) 所示。与 78 × × 系列产品的工作原理相似, 它也是由启动电路、基准电路、误差放大器、调整管及过流、过热保护电路等单元电路组成。79 × × 产品与 78 × × 产品的主要区别是内部调整管的集电极接  $-V_o$ 。

79 × × 系列稳压器的典型应用电路如图 4-261(b) 所示。220V 交流市电经变压器降压, 再经桥式整流器整流、滤波后, 加到 79 × × 稳压器的输入端 ( $-V_i$ ), 经稳压后在输出端便可输出稳定的



(a) 内部电路原理



(b) 典型应用电路

图 4-261 79 × × 系列稳压器内部电路框图和典型应用电路

使用 79 × × 系列稳压器需注意的事项, 除了与 78 × × 系列产品的使用注意事项相同的两点以外, 还应特别注意, 采用 TO-220 封装的 79 × × 产品的散热板和采用 TO-3 封装的 79 × × 产品的外壳均为  $-V_i$  的输入端, 不得与仪器的机壳相连通, 加装散热器时, 散热器也必须与仪器可靠绝缘。

## 二、79 × × 系列三端固定负压集成稳压器的检测方法

与检测 78 × × 稳压器相似, 用万用表测出 79 × × 稳压器各引脚间的电阻值并与正常值相

比较,便可判断稳压器正常与否。表 4-83 是用 500 型万用表实测的 7905、7912、7924 型稳压器各引脚间的正常电阻值,供读者检测时对照比较参考。

表 4-83 实测 79 × × 系列稳压器电阻值

| 红表笔所接引脚         | 黑表笔所接引脚         | 正常电阻值(kΩ) |
|-----------------|-----------------|-----------|
| GND             | -V <sub>i</sub> | 4~5       |
| GND             | -V <sub>o</sub> | 2.5~3.5   |
| -V <sub>i</sub> | GND             | 14.5~16   |
| -V <sub>o</sub> | GND             | 2.5~3.5   |
| -V <sub>o</sub> | -V <sub>i</sub> | 4~5       |
| -V <sub>i</sub> | -V <sub>o</sub> | 18~22     |

与 78 × × 系列稳压器一样,79 × × 系列稳压器各引脚之间的电阻值也随生产厂家的不同、稳压值的不同以及批号的不同而有一定的差异,测试时要具体分析。

## § 4.80 检测 29 × × 低压差集成稳压器

### 一、29 × × 低压差集成稳压器的性能特点及基本应用电路

虽然 78 × × 和 79 × × 系列三端集成稳压器具有稳定性能好、输出电压纹波小、成本低廉等突出优点,但由于它们的调整管与负载相串联,调整管上的压降较大,因而在工作时,输入与输出之间的电压差值较大(一般都在 3V 以上),这使得稳压器的功耗较高,效率相对变低,一般为 30%~45%。

近年来问世的低压差稳压器采用了电流控制型,能将芯片内部调整管的输入与输出之间的电压差( $V_i - V_o$ )减小到 0.6V 左右,因此使效率大为提高。29 × × 低压差集成稳压器的性能指标见表 4-84 所列。其中,CW 为国内产品,LM 为美国 NC 公司产品。

表 4-84 29 × × 系列低压差集成稳压器的性能指标

| 型号             | 输出电流  | 输出电压    | 主要特性                  | 外形      |
|----------------|-------|---------|-----------------------|---------|
| CW2930, LM2930 | 150mA | 5V      | 0.6V 压差,有电池接反、过流、过热保护 | S-7     |
| CW2931, LM2931 | 150mA | 5V 连续可调 | 同上                    | S-7 五引线 |
| CW2935, LM2935 | 750mA | 5V 双路   | 同上                    | S-7 五引线 |
| CW2940, LM2940 | 1.5A  | 5V, 8V  | 同上                    | S-7     |

图 4-262 为 CW2930 稳压器的典型应用电路。图中, $V_i$  为脉动直流电压输入端, $V_o$  是稳定直流电压输出端。 $C_i$  和  $C_o$  分别为输入、输出滤波电容。



## 二、29 × × 系列低压差集成稳压器的检测方法

现以国产 CW2930 低压差集成稳压器为例介绍检测方法。CW2930 的外形和引脚排列如图 4-263 所示。同检测 78 × × 系列集成稳压器方法一样,仍然采用测量各引脚间的电阻值来判断其好坏。表 4-85 是用 500 型万用表 R × 1k 挡实测的 CW2930 稳压器各引脚之间的正常电阻值,可供检测时对照参考。

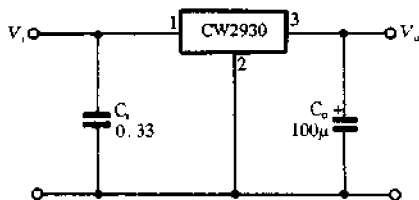


图 4-262 CW2930 的典型应用电路

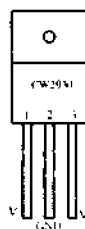


图 4-263 CW2930 的外形

表 4-85 实测 CW2930 稳压器电阻值

| 红表笔所接引脚 | 黑表笔所接引脚 | 正常电阻值(kΩ) |
|---------|---------|-----------|
| GND     | $V_i$   | 23.5      |
| GND     | $V_o$   | 3.9       |
| $V_i$   | GND     | 5.5       |
| $V_o$   | GND     | 3.8       |
| $V_o$   | $V_i$   | 32        |
| $V_i$   | $V_o$   | 5.8       |

另外,也可按照图 4-262 搭一电路,用万用表直流电压挡测出 CW2930 的实际输出电压值来进行性能优劣的判断。

## § 4.81 检测三端可调集成稳压器

### 一、三端可调集成稳压器的分类和性能特点

三端可调集成稳压器的种类很多,归纳起来,也分为正压输出和负压输出两种,具体种类区分见表 4-86 所示。国标和厂标符号分别为 CW 和 W。三端可调集成稳压器是一种使用方便、应用广泛的稳压集成电路。表 4-87、表 4-88 和表 4-89 分别列出了几种常用三端可调集成稳压器的主要参数及引脚排列,可供应用时参考。

表 4-86

三端可调集成稳压器产品分类

| 类 型  | 产品系列及型号              | 最大输出电流 $I_{CM}$ | 输出电压 $V_o$  |
|------|----------------------|-----------------|-------------|
| 正压输出 | LM117L/LM217L/LM317L | 0.1A            | 1.2 ~ 37V   |
|      | LM117M/LM217M/LM317M | 0.5A            | 1.2 ~ 37V   |
|      | LM117/LM217/LM317    | 1.5A            | 1.2 ~ 37V   |
|      | LM150/250/350        | 3A              | 1.2 ~ 33V   |
|      | LM138/238/338        | 5A              | 1.2 ~ 32V   |
|      | LM196/396            | 10A             | 1.2 ~ 15V   |
| 负压输出 | LM137L/237L/337L     | 0.1A            | -1.2 ~ -37V |
|      | LM137M/237M/337M     | 0.5A            | -1.2 ~ -37V |
|      | LM137/237/337        | 1.5A            | -1.2 ~ -37V |

表 4-87

三端可调正压集成稳压器主要参数(LM117/217/317)

| 参 数                 | 型 号 | LM117     | LM217     | LM317    |
|---------------------|-----|-----------|-----------|----------|
| 最大输入电压(V)           |     | 40        | 40        | 40       |
| 输出电压(V)             |     | 1.2 ~ 37  | 1.2 ~ 37  | 1.2 ~ 37 |
| 最大输出电流(A)           |     | 1.5       | 1.5       | 1.5      |
| 电压调整率(%)            |     | 0.01      | 0.01      | 0.01     |
| 电流调整率(%)            |     | 0.1       | 0.1       | 0.1      |
| 最小负载电流(mA)          |     | 3.5       | 3.5       | 3.5      |
| 调整端电流( $\mu$ A)     |     | 50        | 50        | 50       |
| 基准电压(V)             |     | 1.25      | 1.25      | 1.25     |
| 工作温度( $^{\circ}$ C) |     | -55 ~ 150 | -25 ~ 150 | 0 ~ 125  |
| 引脚排列                |     |           |           |          |

注:最大输出电流与封装形式有关。

表 4-88

三端可调正压集成稳压器主要参数(LM138/238/338)

| 参 数       | 型 号 | LM138    | LM238    | LM338    |
|-----------|-----|----------|----------|----------|
| 最大输入电压(V) |     | 35       | 35       | 35       |
| 输出电压(V)   |     | 1.2 ~ 32 | 1.2 ~ 32 | 1.2 ~ 32 |
| 最大输出电流(A) |     | 5        | 5        | 5        |

续表

| 参 数                 | LM138     | LM238     | LM338   |
|---------------------|-----------|-----------|---------|
| 电压调整率(%)            | 0.005     | 0.005     | 0.005   |
| 电流调整率(%)            | 0.1       | 0.1       | 0.1     |
| 最小负载电流(mA)          | 3.5       | 3.5       | 3.5     |
| 调整端电流( $\mu$ A)     | 45        | 45        | 45      |
| 基准电压(V)             | 1.24      | 1.24      | 1.24    |
| 工作温度( $^{\circ}$ C) | -55 ~ 150 | -25 ~ 150 | 0 ~ 125 |
| 引脚排列                |           |           |         |

表 4-89 三端可调负压集成稳压器主要参数(LM137/237/337)

| 参 数                 | LM137      | LM237      | LM337      |
|---------------------|------------|------------|------------|
| 最大输入电压(V)           | -40        | -40        | -40        |
| 输出电压(V)             | -1.2 ~ -37 | -1.2 ~ -37 | -1.2 ~ -37 |
| 最大输出电流(A)           | 1.5        | 1.5        | 1.5        |
| 电压调整率(%)            | 0.01       | 0.01       | 0.01       |
| 电流调整率(%)            | 0.3        | 0.3        | 0.3        |
| 最小负载电流(mA)          | 2.5        | 2.5        | 2.5        |
| 调整端电流( $\mu$ A)     | 65         | 65         | 65         |
| 基准电压(V)             | -1.25      | -1.25      | -1.25      |
| 工作温度( $^{\circ}$ C) | -55 ~ 150  | -25 ~ 150  | 0 ~ 125    |
| 引脚排列                |            |            |            |

注:最大输出电流与封装形式有关。

三端可调集成稳压器有如下几个突出特点。

- (1) 使用起来非常方便,只需外接两个电阻就可以在一定范围内确定输出电压。
- (2) 各项性能指标都优于三端固定输出的集成稳压器。
- (3) 具有全过载保护功能,包括了限流、过热和安全区域的保护。即使调节端悬空,所有的保护电路仍然有效。

下面仅以 LM317 可调集成稳压器为例简要介绍其工作原理、基本使用方法及注意事项。

图 4-264 是 LM317 的外形和内部原理框图。图中,  $V_i$  为直流电压输入端,  $V_o$  为稳压输出端, ADJ 则是调整端。与 78 × × 系列固定三端稳压器相比较, LM317 把内部误差放大器、偏置电路的恒流源等的公共端改接到了输出端, 所以, 它没有接地端。LM317 内部的 1.25V 基准电压设在误差放大器的同相输入端与稳压器的调整端之间, 由恒流源供给 50 $\mu$ A 的恒定  $I_{ADJ}$  调整电流, 此电流从调整端 (ADJ) 流出。  $R_{SOP}$  是芯片内部设置的过流检测电阻。

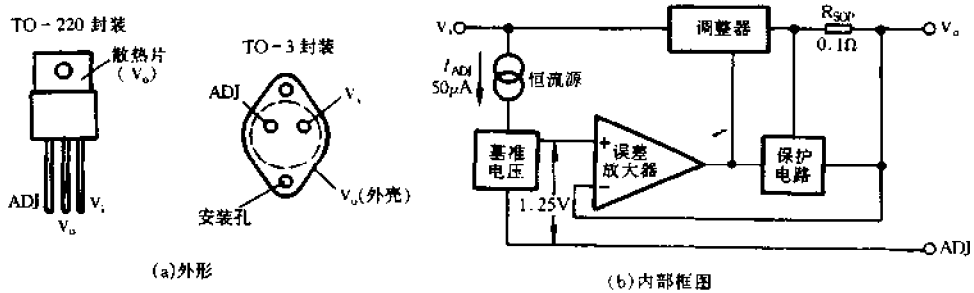


图 4-264 LM317 的外形和内部框图

LM317 的基本应用电路如图 4-265 所示。  $R_1$  为取样电阻,  $R_P$  是可调电阻, 当  $R_P$  调到零时, 相当于  $R_1$  下端接地, 此时,  $V_o = 1.25V$ 。如果将  $R_P$  的阻值  $R_{RP}$  下调, 随着其阻值的增大,  $V_o$  也不断升高, 但最大不得超过极限值 37V。若取  $R_1 = 120\Omega$ ,  $R_{RP} = 3.4k\Omega$  或取  $R_1 = 240\Omega$ ,  $R_{RP} = 6.8k\Omega$ , 均能获得 1.25 ~ 37V 连续可调的电压调整范围。 LM317 输出电压的表达式为

$$V_o = 1.25 \left( 1 + \frac{R_{RP}}{R_1} \right)$$

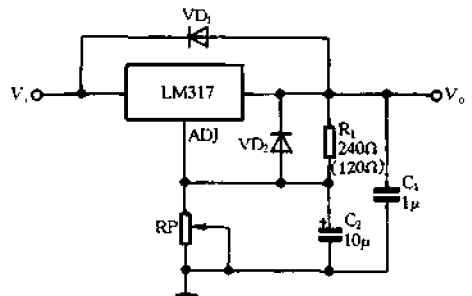


图 4-265 LM317 的基本应用电路

图 4-265 所示的应用电路及  $V_o$  表达式对其他同型号号的稳压器也同样适用。此外, 其他几个元件的作用分别为:  $C_1$  是防自激振荡电容, 要求使用 1 $\mu$ F 的钽电容;  $C_2$  是滤波电容, 可滤除  $R_P$  两端的纹波电压;  $VD_1$  和  $VD_2$  是保护二极管, 可防止输入端及输出端对地短路时烧坏稳压器的内部电路。

使用三端可调集成稳压器时, 应重点注意以下几点。

(1) 防止将引脚接错。无论是测试还是上机安装使用, 均应将各引脚正确接入电路后方可加电。

(2) 输入电压范围选择要正确。稳压器内部晶体管有一定的耐压值, 在工作时要保证输入的直流脉动电压峰值不大于稳压器允许的最大输入电压。

(3) 注意外部接线位置的正确选择。取样电阻  $R_1$  要紧接在稳压器的输出端和调节端。稳压器的接地端应接在负载的接地端, 而负载的正端则要紧靠稳压器的输出端。

(4) 必须外接保护二极管, 如图 4-265 中的  $VD_1$  和  $VD_2$ 。这两只二极管能有效地防止输入、输出端对地短路时损坏稳压器。

(5) 大功率使用时,要加适当散热器。对于 TO-220 塑料封装和 TO-3 金属封装形式的稳压器,在不加散热器时,室温下最大功耗分别为 1W 和 2W。如需增大功率,必须加装适当的散热器。

## 二、三端可调集成稳压器的检测方法

检测三端可调集成稳压器的方法主要有两种。

### 1. 测量引脚间电阻法

用万用表的电阻挡测出稳压器各引脚间的电阻值,并与正常值进行比较,若出入不大,则说明被测稳压器性能良好。若引脚间阻值偏离正常值较大,则说明被测稳压器性能不良或已经损坏。表 4-90 列出了用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡实测的三端可调集成稳压器典型产品 LM317、LM350、LM338 各引脚间的电阻值,供测试时参考。

表 4-90 三端可调集成稳压器典型产品引脚电阻

| 表笔位置  |       | 正常电阻值(k $\Omega$ ) |           |               |
|-------|-------|--------------------|-----------|---------------|
| 黑表笔   | 红表笔   | LM317              | LM350     | LM338         |
| $V_i$ | ADJ   | 150                | 75 ~ 100  | 140           |
| $V_o$ | ADJ   | 28                 | 26 ~ 28   | 29 ~ 30       |
| ADJ   | $V_i$ | 24                 | 7 ~ 30    | 28            |
| ADJ   | $V_o$ | 500                | 几十至几百     | 约 1M $\Omega$ |
| $V_i$ | $V_o$ | 7                  | 7.5       | 7.2           |
| $V_o$ | $V_i$ | 4                  | 3.5 ~ 4.5 | 4             |

### 2. 加电测试法

按图 4-265 将电路连接好,加电后,边调整 RP 边用万用表直流电压挡测量稳压器直流输出端的电压值。当将 RP 从最小值调到最大值时,输出电压  $V_o$  应在指标参数给定的标称电压调节范围内变化,若输出电压不变或变化范围与标称电压调节范围偏差较大,则说明稳压器已经损坏或性能不良。

## § 4.82 检测单片开关集成稳压器(L49 $\times$ $\times$ 系列)

### 一、单片开关集成稳压器的性能特点及其应用

单片开关集成稳压器是一种高效稳压电源。由于它将大功率开关三极管也集成在芯片内部,所以外围电路非常简单且稳压性能优良,电源效率达到 90% 以上,很适合于制作小功率、低压、大电流的开关电源使用。

单片开关集成稳压器的种类很多,表 4-91 列出了一些常见型号产品的主要性能参数。其中,最常用的有 L4960、L4962、L4964 等型号。

L4960、L4962 和 L4964 是意大利半导体公司生产的产品。其封装外形及引脚排列如图

4-266所示。这三种开关稳压器的等效电路和应用电路完全相同。它们的内部框图和应用电路如图4-267所示。由图可见,外围只需要10个元件,就可以构成开关稳压电源。这10个外围元件的参数和用途见表4-92的说明。

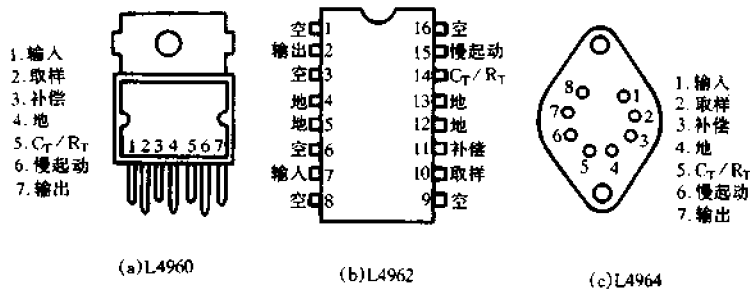


图4-266 L4960、L4962、L4964的外形及引脚排列

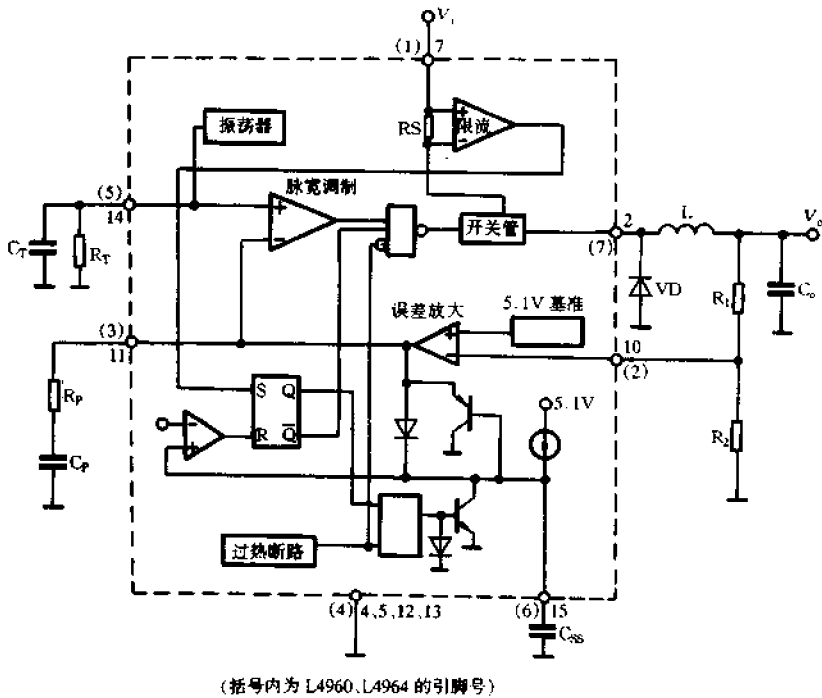


图4-267 L4960、L4962、L4964的内部框图和引脚排列

表4-91

单片开关稳压器主要参数

| 型号    | 最大输入电压(V) | 基准电压(V) | 振荡频率(kHz) | 最大输出电流(A) | 封装形式   |
|-------|-----------|---------|-----------|-----------|--------|
| L4960 | 50        | 5.1     | 200       | 2.5       | DIP-16 |
| L4962 | 50        | 5.1     | 200       | 1.5       | DIP-16 |
| L4964 | 50        |         | 200       | 4         | DIP-15 |
| L4970 | 50        |         | 500       | 10        | DIP-15 |

续表

| 型号      | 最大输入电压(V) | 基准电压(V) | 振荡频率(kHz) | 最大输出电流(A) | 封装形式   |
|---------|-----------|---------|-----------|-----------|--------|
| L4974   | 50        |         | 500       | 3.5       | DIP-20 |
| TL494   | 42        | 5       | 300       | 0.20      | DIP-16 |
| SG1524  | 40        | 5       | 300       | 0.20      | DIP-16 |
| MC3420  | 30        | 7.8     | 200       |           |        |
| MC3520  | 30        | 7.8     | 200       |           |        |
| MC34060 | 40        | 5       | 300       | 0.25      | DIP-14 |
| MC34063 | 40        |         | 100       | 1.50      | DIP-8  |
| MC34066 | 20        | 5.1     |           | 1.50      | DIP-16 |
| MC34166 | 60        |         | 100       | 3         | TO-220 |
| MC35060 | 40        | 5       | 300       | 0.25      | DIP-14 |
| W2018   | 8         | 2.5     |           | 0.50      | DIP-8  |
| TDA8130 | 5.6       |         | 100       | 0.50      | DIP-8  |
| SG3524  | 40        | 5       | 100       | 0.10      | DIP-16 |
| SG3525A | 40        | 5       | 500       | 0.50      | DIP-16 |
| SG3526  | 40        | 5       | 400       | 0.20      | DIP-18 |
| SG3527A | 40        | 5.1     | 400       | 0.40      | DIP-16 |
| LM2575  | 35        |         | 52        | 1         | TO-220 |
| LM3524A | 40        | 5       | 500       | 0.50      | DIP-16 |
| UC3840  | 32        | 5       | 500       | 1         | DIP-16 |
| UC3843  | 30        | 5       | 500       | 1         | DIP-8  |
| UC3844  | 30        | 5       | 500       | 1         | DIP-8  |
| UC3845  | 30        | 5       | 500       | 1         | DIP-8  |
| UC3846  | 30        | 5       | 500       | 1         | DIP-16 |
| UC3847  | 30        | 5       | 500       | 1         | DIP-16 |
| UC3852  | 30        | 5       | 500       | 1         | DIP-8  |
| SI9102  |           | 4       | 500       | 0.20      | DIP-16 |
| GP605   | 20        | 5       | 2MHz      | 0.80      | DIP-16 |

表 4-92

单片开关稳压器外围元件的参数和用途

| 元件             | 取值(典型)         | 用途           | 最大值           | 最小值           | 说明                                |
|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|-----------------------------------|
| $R_T$          | 4.3k $\Omega$  | 决定开关电源的工作频率  | 27 k $\Omega$ | 1k $\Omega$   | $f = \frac{1}{R_T C_T}$           |
| $C_T$          | 2200pF         | 决定开关电源的工作频率  | 3300pF        | 1000pF        |                                   |
| $R_1$<br>$R_2$ | 4.7 k $\Omega$ | 决定输出电压 $V_o$ | 10 k $\Omega$ | 500 $\Omega$  | $V_o = 5.1 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$ |
| $R_F$          | 15k $\Omega$   | 频率补偿         |               | 10 k $\Omega$ |                                   |
| $C_F$          | 0.033 $\mu$ F  | 频率补偿         |               |               |                                   |
| $C_{SS}$       | 2.2 $\mu$ F    | 慢启动          | 4.7 $\mu$ F   | 1 $\mu$ F     | $C_{SS} = 2.2\mu$ F<br>慢启动 100ms  |
| L              | 150 $\mu$ H    | 输出滤波电感       |               |               | 采用铁氧体磁芯                           |
| VD             | 4A/50V         | 续流           |               |               | 采用肖特基或快恢复二极管                      |

## 二、单片开关集成稳压器的检测方法

### 1. 单独检测各引脚对地电阻

用万用表电阻挡测出各引脚对地引脚的电阻值,即可判断开关稳压器是否正常。表 4-93 是用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡实测的 L4960、L4962 各引脚(不含空脚)对地引脚(注意: L4960 的④脚为接地脚, L4962 的⑫、⑬脚为接地脚)的电阻值,可供检测时参考。当稳压器内部电路损坏时,引脚间的电阻值会远远偏离表列的电阻值。

表 4-93 实测 L4960、L4962 引脚电阻值

| 红表笔接引脚 | 黑表笔接引脚       | 正常电阻值(k $\Omega$ ) |
|--------|--------------|--------------------|
| 地      | 输入端( $V_i$ ) | 80 ~ 110           |
| 地      | 输出端( $V_o$ ) | 200 ~ 300          |
| 地      | 反馈端          | 7                  |
| 地      | 补偿端          | 20                 |
| 地      | 软启动端         | 9 ~ 10             |
| 地      | $R_T/C_T$ 端  | $\infty$           |

### 2. 实测引脚电压和输出电压

现仍以 L4960 为例,介绍检测引脚电压和输出电压的具体方法。先按照图 4-268 所示的电路,用 L4960 制作一个稳压电源。注意,储能电感 L 是本电源制作成功与否的一个重要元件,它直接关系到稳压电源带负载能力的大小。L 要用  $\phi 0.7mm$  左右的高强度漆包线在  $\phi 22mm$  的铁氧体磁环上绕 55 匝。稳压电源制作完成后,即可进行通电测试。输入电压  $V_i$  取 32V。首先将 RP 的中点调至最上端,即相当于⑦脚与②脚相短接,用万用表 DC10V 挡逐个测量②、③、⑤、⑥、⑦脚对地(④脚)的电压值,应分别为 5V、1.2V、2.05V、4.9V、5V。然后,将万用表置于 DC50V 挡,红表笔接  $V_o$  端,黑表笔接地。在  $V_o$  端与地之间接上一只  $27\Omega/50W$  的电阻作为负载进行带载测试。调整 RP,输出电压应能在 5 ~ 29V 之间连续可调。检测操作时要注意,调节 RP 时要缓慢进行,以便于观察万用表所指示电压值的变化范围。

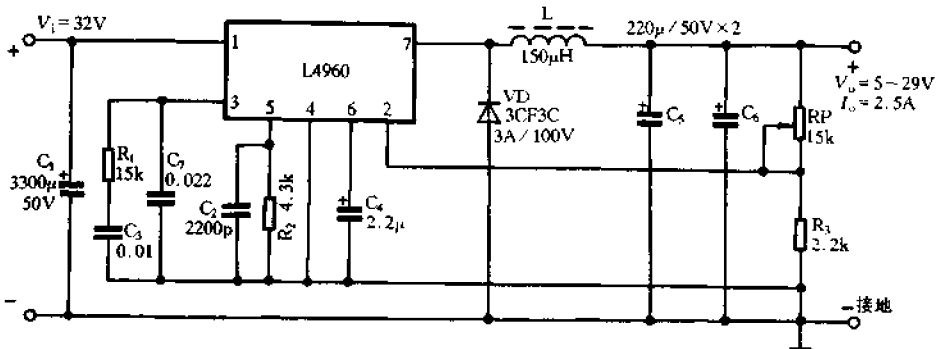


图 4-268 用 L4960 构成的稳压电路



## § 4.83 检测 MAX6 × × 系列 AC - DC 电压变换器

### 一、MAX6 × × 系列产品的性能特点和应用电路

MAX6 × × 系列产品是美国麦克希姆公司研制的一种 CMOS 交流 - 直流电压变换器。该系列产品一共有 6 种型号,它们分别是:MAX600/610/601/611/602/612。其主要性能参数见表 4-94 所示。

表 4-94 MAX6 × × 系列产品主要参数

| 型 号    | 整流方式 | 输出直流电压范围 (V) | 标称直流输出电压 (V) | 最大输出电流 (mA) | 功率 (W) | 工件温度范围 (°C) |
|--------|------|--------------|--------------|-------------|--------|-------------|
| MAX600 | 全波   | 1.3 ~ 9      | 5            | 100         | 0.5    | 0 ~ 50      |
| MAX601 | 半波   | 1.3 ~ 9      | 5            | 100         | 0.5    | 0 ~ 50      |
| MAX602 | 全波   | 1.3 ~ 15     | 5            | 100         | 0.5    | 0 ~ 50      |
| MAX610 | 全波   | 1.3 ~ 9      | 5            | 100         | 0.5    | 0 ~ 70      |
| MAX611 | 半波   | 1.3 ~ 9      | 5            | 100         | 0.5    | 0 ~ 70      |
| MAX612 | 全波   | 1.3 ~ 15     | 5            | 100         | 0.5    | 0 ~ 70      |

MAX6 × × 系列产品属于无电源变压器的小功率(0.5W)一体化稳压电源,内部包括整流器和线性稳压器。使用时,只需外接限流电阻、降压电容和滤波电容,即可直接加上 220V 交流电源,从输出端得到稳定的直流电压。

下面以 MAX610 为例,说明这种器件的工作原理和典型应用电路。MAX610 的引脚排列、内部组成框图和应用电路如图 4-269 所示。各引脚功能如下。

- ⑦、①脚——AC<sub>1</sub>、AC<sub>2</sub>,交流 220V 电源进线端;
- ⑥脚——V<sub>o</sub>,稳压器的输出端。当④脚与②脚短接时,输出电压为 5V;
- ⑧、②脚——V<sub>+</sub>、V<sub>-</sub>,内部整流桥的正、负引出端,二者之间在内部已并有 12.4V 的稳压管;
- ③脚——OUV,欠压、过压信号输出端;

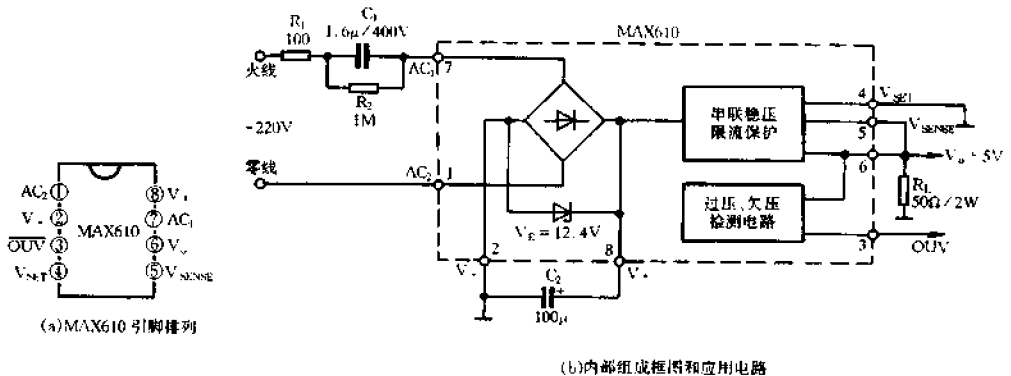


图 4-269 MAX610 的引脚排列、内部组成框图和应用电路

④脚—— $V_{SET}$ ，输出电压调整端，此端接  $V_-$  时， $V_o = 5V$ ；接电阻分压器时， $V_o$  可在  $1.3 \sim 9V$  的范围内任意设定；

⑤脚—— $V_{SENSE}$ ，限流输入端，通常与  $V_o$  端相连；若在⑤、⑥脚之间接限流电阻  $R_S$ ，则输出短路电流被限定为  $0.6V/R_S$ 。

MAX610 内部包括整流桥、串联调整式稳压器、限流保护电路、过压、欠压检测电路。 $R_1$  是限流电阻； $C_1$  是交流降压电容，要求耐压  $400V$  以上； $R_2$  为泄放电阻，断电后能将  $C_1$  上的电荷放掉，以保护使用者不受电击。

MAX610 的输出电流  $I_{OM}$  直接与  $C_1$  容量的大小有关。设  $V_o$  为  $5V$ ，当  $C_1$  取  $1.6\mu F$  时， $I_{OM} = 100mA$ ； $C_1$  取  $1\mu F$  时， $I_{OM} = 61mA$ ；当  $I_{OM} \leq 10mA$  时， $C_1$  可以省掉不用，但必须增大  $R_1$  的阻值，例如， $V_o$  为  $5V$ ， $I_{OM}$  为  $10mA$  时， $R_1$  可取  $8.2k\Omega(2W)$ 。

使用 MAX6×× 系列 AC-DC 电压变换器需要注意的是，不得使 AC 输入端加过电压。其中，加在 MAX600、MAX601、MAX610、MAX611 的  $AC_1$  与  $AC_2$  之间的电压不得超过  $10V$ （有效值）；加在 MAX602、MAX612 的  $AC_1$  与  $AC_2$  之间的电压不得超过  $16V$ （有效值）。

## 二、MAX6×× 系列 AC-DC 电压变换器的检测方法

现仍以 MAX610 为例说明测试方法。先按图 4-269(b) 将电路连接好，然后通电作下述两项检测。

### 1. 空载测试

(1) 将万用表置于 DC50V 电压挡，测量⑧脚 ( $V_+$ ) 对地 (②脚) 的电压值应接近  $12.4V$ ，若测得的电压过高或过低，均说明 MAX610 内部稳压管或整流元件有故障。当然，若外部滤波电容  $C_2$  漏电或容量减小，也会导致⑧脚电压值偏离正常值。

(2) 将万用表转换到 DC10V 挡，测量⑥脚对地电压值，应在  $4.98 \sim 5.02V$  范围之内。若此点电压不在要求的正常范围内，说明 MAX610 内部稳压电路有故障。

### 2. 加载测试

在  $V_o$  端 (⑥脚) 对地接一只  $50\Omega/1W$  的负载电阻  $R_L$ ，加电，复测⑥脚的电压，仍应为  $5V$ 。若加载后，此脚电压下跌到  $4V$  以下，则说被测器件内阻较大，带载能力较差。

## § 4.84 检测 DC-DC 电压变换器 (ICL7660)

### 一、DC-DC 电压变换器 ICL7660 的性能特点和应用电路

DC-DC 电压变换器是一种能把某种直流电源电压变换为另一种直流电源电压的电子器件。它既可以改变电源电压的数值，将电压提升或降低，又可以改变电源电压的极性，将单电源电压方式转换成对称的双电源电压方式。

DC-DC 直流电压变换器的典型产品是 ICL7660，国产对应型号为 5G7660。它属于一种 CMOS 高效率、小功率 DC-DC 电压变换器，其突出特点是：

(1) 工作电源电压范围宽，能在  $1.5 \sim 10.5V$  内正常工作。

(2) 具有单-双电源电压转换功能，可将  $5V$  单电源电压转换成  $\pm 5V$  的双电源电压。

(3) 电源效率高,加载后自身耗电电流小于 0.5mA,输出电流却能达 10~20mA。  
ICL7660 的引脚排列和典型应用电路如图 4-270 所示。其各引脚功能如下。

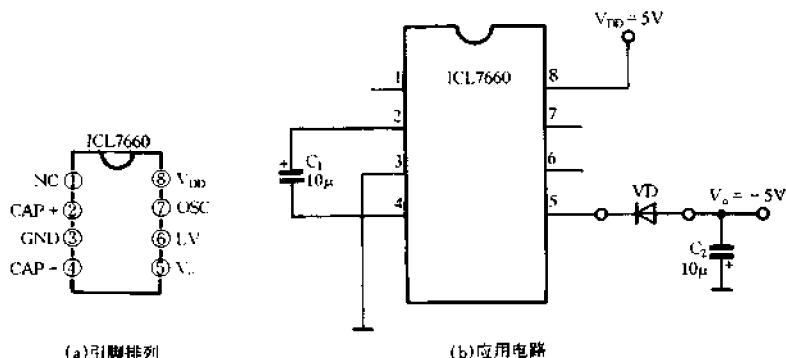


图 4-270 ICL7660 引脚排列和应用电路

- ①脚——NC,空脚;
- ②脚——CAP+,外接电容的正极;
- ③脚——GND,接地端;
- ④脚——CAP-,外接电容的负极;
- ⑤脚—— $V_o$ ,负极性转换电压的输出端;
- ⑥脚——LV,芯片内部工作电源的低电压端,若  $V_{DD} > 3.5V$ ,此端悬空不用,若  $V_{DD} < 3.5V$  时,应将此脚接地,以改善低压工作性能;
- ⑦脚——OSC,振荡器外接电容端或时钟信号输出端。此端悬空时,振荡频率  $f_0 \approx 10kHz$ ;若外接  $100pF$  电容, $f_0$  为  $1kHz$ ;外接  $1000pF$  电容, $f_0$  则为  $100Hz$ ;
- ⑧脚—— $V_{DD}$ ,正电源端。

ICL7660 的内部集成了作为电压变换的全部电路,如 RC 振荡器、二分频器、多路模拟开关、逻辑控制电路、电压电平转换器和稳压器等单元电路。所以,使用起来外围电路十分简单。 $C_1$  是充电泵电容, $C_2$  为负电压输出滤波电容。

使用 ICL7660 应注意以下几个问题。

- (1)  $C_1$  和  $C_2$  都宜采用  $10\mu F$  的优质钽电容;
- (2) 当  $V_{DD}$  大于  $6.5V$  时,⑤脚应串接二极管 VD,以防止损坏芯片;

(3) 当所加  $V_{DD}$  小于  $6.5V$  时,可将 VD 短接,直接从⑤脚输出  $-V_o$ ;

(4) 当所加  $V_{DD}$  等于  $5V$  时,VD 可以省去不用,从  $V_o$  端输出  $-5V$  电压,但此时负载电流不能大于  $10mA$ 。

## 二、ICL7660 的检测方法

### 1. 测量引脚之间电阻值

测试方法如图 4-271 所示。将万用表

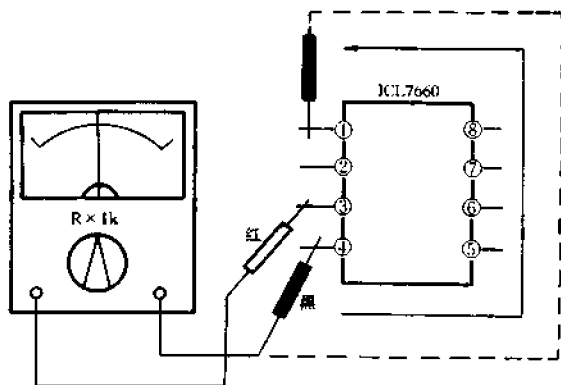


图 4-271 检测 ICL7660 引脚间电阻值

置于  $R \times 1k$  挡,红表笔接 ICL7660 的③脚(GND 端),黑表笔依次接其他各引脚,测出一组电阻值,然后与正常器件的电阻值相比较。只要偏差不大,即说明被测 ICL7660 良好。表 4-95 是用 500 型万用表  $R \times 1k$  挡实测的 ICL7660 正常电阻值,可供检测时参考。

表 4-95 实测 ICL7660 各引脚电阻值

| 红表笔 | 黑表笔 | 正常电阻值(k $\Omega$ ) |
|-----|-----|--------------------|
| ③脚  | ②脚  | 7.2                |
| ③脚  | ⑤脚  | 5.5                |
| ③脚  | ⑥脚  | 7                  |
| ③脚  | ④脚  | $\infty$           |
| ③脚  | ⑦脚  | $\infty$           |
| ③脚  | ⑧脚  | $\infty$           |

## 2. 测量输出电压值

按照图 4-270(b)接好电路,将  $V_{DD}$  和 GND 端分别接直流稳压电源的正极和负极。万用表置于 DC10V 电压挡,红表笔接地,黑表笔接  $V_o$  端。调整稳压电源,使  $V_{DD}$  由 1.5V 逐渐升高到 10V,相应地万用表指示的电压值应在  $-1.5 \sim -10V$  范围内变化。

## § 4.85 检测硅光电池

### 一、硅光电池的性能特点

硅光电池也叫太阳能电池,简称光电池,是一种能将光能转换成电能的器件。硅光电池的结构及电路符号如图 4-272 所示。由结构图可见,它实际上是一个大面积的 PN 结,在 PN 结的两边分别引出上电极引线和背电极引线。当有光照射 PN 结时,其两端便产生电动势,接上负载后就形成电流。一氧化硅反射膜是蓝色,其作用是减少光的反射,提高光电转换效率。与上电极引线相连的栅线是为了减小光电池的表面积,提高输出功率而设置的。但因栅线也占一定面积,照在栅线上的光将不产生电压(电流),这在用作光电检测器件时会影响精度,所

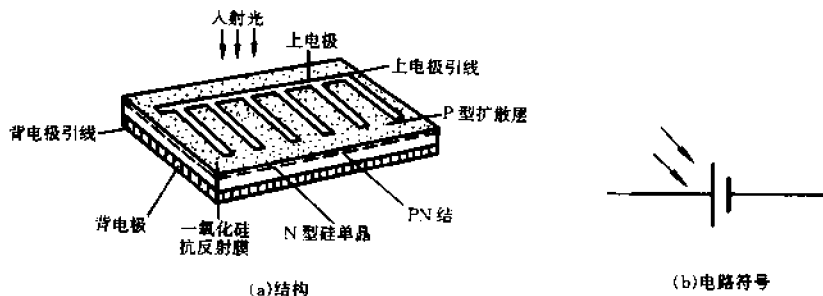


图 4-272 硅光电池的结构和电路符号

以有的光电池没有栅线。

单个硅光电池的开路电压为  $0.45 \sim 0.6\text{V}$  (与电池的面积无关), 产生的电流为  $16 \sim 30 \text{mA}/\text{cm}^2$ 。为得到不同的工作电压和电流容量, 可采用串联、并联或混联的方法使用。例如, 12 个硅电池串联起来, 可作为  $6\text{V}$  电源供晶体管收音机使用。电子表、电子计算器等普遍采用这种光电池。国产硅光电池主要有 2DR、2CR 系列产品, 国外产品有 KSC、2ST 系列等。表 4-96 列出了 2CR 系列硅光电池的主要参数, 供选用时参考。

表 4-96 2CR 系列硅光电池的主要参数

| 型号     | 开路电压(V)    | 短路电流(mA)  | 输出电流(mA)    | 转换效率(%) | 外形尺寸(mm) |
|--------|------------|-----------|-------------|---------|----------|
| 2CR31  | 0.45 ~ 0.6 | 9 ~ 15    | 6.5 ~ 8.5   | 6 ~ 8   | 5 × 10   |
| 2CR41  | 0.45 ~ 0.6 | 18 ~ 30   | 17.6 ~ 22.5 | 6 ~ 8   | 10 × 10  |
| 2CR51  | 0.45 ~ 0.6 | 36 ~ 60   | 35 ~ 45     | 6 ~ 8   | 10 × 20  |
| 2CR61  | 0.45 ~ 0.6 | 40 ~ 65   | 30 ~ 40     | 6 ~ 8   | φ12      |
| 2CR71  | 0.45 ~ 0.6 | 72 ~ 120  | 54 ~ 120    | > 6     | 20 × 20  |
| 2CR81  | 0.45 ~ 0.6 | 88 ~ 140  | 66 ~ 85     | 6 ~ 8   | φ25      |
| 2CR91  | 0.45 ~ 0.6 | 18 ~ 30   | 13.5 ~ 30   | > 6     | 5 × 30   |
| 2CR101 | 0.45 ~ 0.6 | 173 ~ 288 | 130 ~ 288   | > 6     | φ35      |

## 二、硅光电池的检测方法

对硅光电池的检测, 主要是通过测量其开路电压来判断是否良好。如图 4-273 所示, 将万用表置于 DC1V 挡, 红表笔接硅光电池正极, 黑表笔接负极, 即可测出其开路电压。由于硅光电池可接收  $0.4 \sim 1.1\mu\text{m}$  波长的光, 但对其中  $0.86 \sim 0.9\mu\text{m}$  波长的近红外光最敏感, 所以在测试中应用白炽灯或阳光, 而不要用日光灯、节能灯等“冷色”光源发出的光。按图接好电路, 若测试单个光电池, 当用光(可用  $25\text{W}/\text{AC}220\text{V}$  的白炽灯泡)进行照射时, 应看到万用表指针指示约  $0.1 \sim 0.4\text{V}$  的电压, 否则说明被测器件是坏的。光线越强(将灯泡靠近被测电池)指示值应越大, 否则也表明不正常。

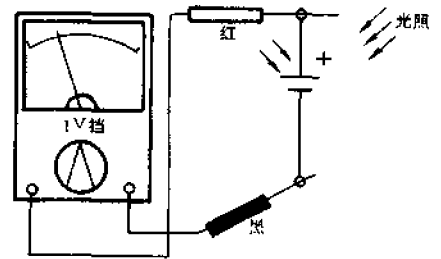


图 4-273 检测硅光电池开路电压

但这个值恒小于其电动势( $0.45 \sim 0.6\text{V}$ ), 这是由于光电池内阻很大的缘故(一般约几十欧, 短路电流为几十毫安)。用此法也可以测量多个硅光电池组合时的电压值, 但应根据电池串、并联的知识算出应得的电压值, 然后再与实测值进行比较, 最后作出检测结论。

## § 4.86 检测电源变压器

### 一、电源变压器的种类、结构及主要参数

电源变压器的作用是把  $\text{AC}220\text{V}$  电压变换成适合需要的高低不同的交流电压供有关仪器

设备使用。电子设备中的电源变压器,通常为小功率变压器,其功率约几十瓦至数百瓦。

电源变压器的种类很多,图4-274是几种常见电源变压器的外形及电路符号。电源变压器的结构如图4-275所示。主要由铁心、线圈(绕组)、线圈骨架、静电屏蔽层以及固定支架等构成。

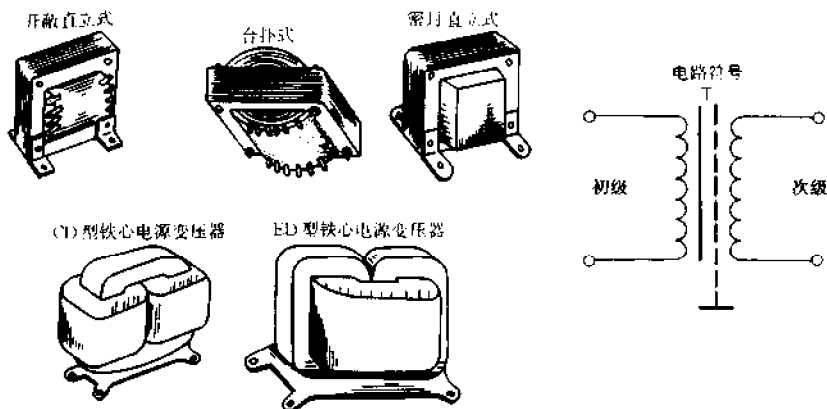
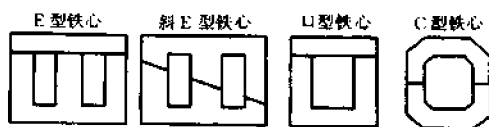


图4-274 电源变压器的外形及电路符号

铁心是电源变压器的基本构件,大多采用硅钢材料制成。根据其制作工艺不同,可分为冷轧硅钢板和热轧硅钢板两类。用前者制作的变压器的效率要高于用后者制作的变压器。常见的铁心有“E”型、“口”型和“C”型等。“口”型铁心适用于制作较大功率的变压器;“C”型铁心采用新材料制成,具有体积小、重量轻、效率高等优点,但制作工艺要求高;“E”型铁心是使用最多的一种铁心,自制变压器一般多采用此种铁心。



电源变压器的线圈又称为绕组。绕组通常由一个初级绕组和几组次级绕组组成。工作时,初级绕组与输入电源相接,次级绕组与负载相接。绕组一般均绕在绝缘骨架上,在初、次级绕组间加有静电屏蔽层。

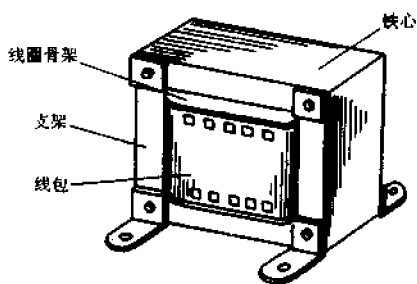


图4-275 电源变压器的结构

电源变压器有以下几个主要参数。

(1) 额定功率  $P$

指变压器所能提供的所有次级最大输出功率之和,单位是 W(也可用 VA 表示)。电源变压器的铁心截面积  $S$  越大,其额定功率  $P$  越大。使用时,应选用额定功率  $P$  大于电路要求的变压器,并留有 20% 以上的余量。

(2) 次级电压  $U_2$

指变压器次级所提供的—个或者几个交流电压值。在我国,小型电源变压器初级一般固定为 AC220V,选用变压器时,只要根据需要提供选择次级电压即可。

### (3) 次级电流 $I_2$

指变压器各个次级分别所能提供的最大电流。电源变压器如有几个次级绕组,其各个次级绕组所能提供的最大电流不一定相同。在额定功率的范围内,  $I_2$  主要与次级线圈所用漆包线线径有关,线径越粗,可输出的电流  $I_2$  越大。使用中应使变压器次级电流  $I_2$  大于电路要求。

## 二、电源变压器的检测方法

无论是从市场上购到的电源变压器还是自行绕制的电源变压器或者是经过修理的旧变压器,为了保证各项性能满足指标要求,都需要进行检查测试。在这里主要介绍一些可在业余条件下进行检测的实用方法。

### 1. 外观检查

主要是通过仔细观察变压器的外貌来检查其是否有明显异常现象。如线圈引线是否断裂、脱焊,绝缘材料是否有烧焦痕迹,铁心紧固螺杆是否有松动,硅钢片有无锈蚀,绕组线圈是否有外露等。

### 2. 粗测绝缘性能

测试方法如图 4-276 所示,图中仅以测量初级绕组与次级绕组间绝缘电阻为例。用万用表  $R \times 10k$  挡分别测量铁心与初级、初级与各次级、铁心与各次级、静电屏蔽层与初次级、次级各绕组间的电阻值,万用表指针均应指在  $\infty$  位置不动。否则,说明变压器绝缘性能不良。

绝缘性能不良的电源变压器,轻者会影响电路的正常工作,重者将导致变压器烧毁或使电路中元件损坏。通常各绕组(包括静电屏蔽层)间、各绕组与铁心间的绝缘电阻只要有一处低于  $10M\Omega$ ,就应确认变压器绝缘性能不良。当测得的绝缘电阻小于几百欧到几千欧时,则表明被测变压器已经出现绕组间短路或铁心与绕组间的短路性故障。这种故障极易造成变压器自身或相关电路元件被烧坏。

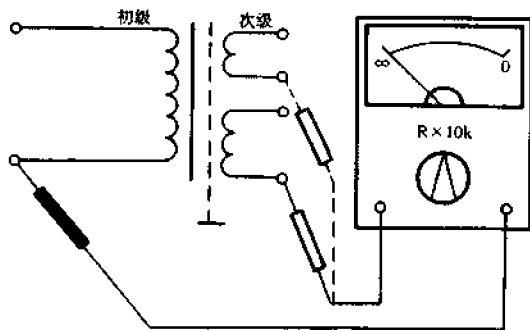


图 4-276 粗测电源变压器的绝缘性能

### 3. 检测绕组通断

将万用表置于  $R \times 1$  挡,分别测量变压器初级及次级各个绕组线圈的电阻值,一般初级线圈电阻值应为几十至几百欧,变压器功率越小(通常相对体积也小),则电阻值越大。次级线圈电阻值一般为几至几十欧,电压较高的次级线圈电阻值较大些。测试中,若某个绕组的电阻值为  $\infty$ ,则说明此绕组有断路性故障。

### 4. 判别初、次级绕组

电源变压器初级引脚和次级引脚一般都是分别从两侧引出的,并且初级绕组多标有 AC220V 字样,次级绕组则标出额定电压值,如 12V、15V、24V 等。可根据这些标记进行识别。但有的电源变压器没有任何标记或者标记符号已经模糊不清。这时便需要正确将初级和次级绕组区分开。通常,电源变压器的初级绕组所用漆包线的线径是比较细的,且匝数较多;而次级绕组所用线径都比较粗,且匝数较少。所以,初级绕组的直流铜阻要比次级绕组的直流铜阻大得多。根据这一特点,可通过用万用表电阻挡测量变压器各绕组的电阻值的大小来辨别初、次级线圈。下面举一测试实例加以说明。

被测变压器为一只音响功放电源变压器,共有 10 个引脚。如图 4-277(a)所示,将万用表置于  $R \times 1$  挡,红表笔接 I 脚(可任接某一脚),然后用黑表笔依次去接触 A、B、C、D、E、F、G、H 各脚,只有当黑表笔接触 H 脚时,万用表指针指示的电阻值为  $30\Omega$ ,其余均为  $\infty$ 。用同样的方法轮换改测其他各引脚,并将相关各对引脚的电阻值一一记下。最后得到如表 4-97 所示的测试结果。根据表中数值可判定:H-I 为初级绕组,A-B-C 为带抽头的次级绕组,D-E 和 F-G 为两个独立的次级绕组,J 则为静电屏蔽层的引出端。据此可绘出如图 4-277(b)所示的电原理图。

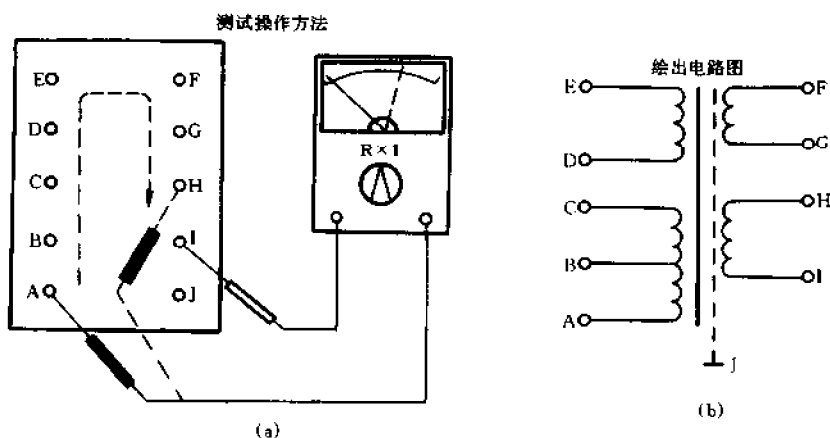


图 4-277 判别电源变压器的初、次级绕组

表 4-97

实测某电源变压器各引脚电阻值

| 引 脚 | A-B       | B-C       | A-C       | D-E       | F-G         | H-I        | J-其他各脚   |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|----------|
| 电阻值 | $2\Omega$ | $2\Omega$ | $4\Omega$ | $6\Omega$ | $2.8\Omega$ | $30\Omega$ | $\infty$ |

注意,有些电源变压器(如给电子管供电的变压器)带有升压绕组,升压绕组所用的线径比初级绕组所用线径更细,铜阻值更大,测试时要注意正确区分。

### 5. 检测空载电流

方法一:直接测量法。

测试方法如图 4-278 所示。将次级所有绕组全部开路,把万用表置于交流电流挡(AC500mA),串入初级绕组。当将初级绕组的插头插入 220V 交流市电时,万用表所指示的便是空载电流值。此值不应大于变压器满载电流的  $10\% \sim 20\%$ 。一般常见电子设备的电源变压器的正常空载电流应在  $100\text{mA}$  左右。如果超出太多,则说明变压器有短路性故障。

测试时应注意,当把插头插入 220V 插座时,要认真观察万用表指针向右摆动情况,若发现指针指示值超出万用表量程(打表)说明变压器空载电流过大,应迅速将插头拔下,以防止烧坏表头。并查找变压器空载电流过大的原因。

方法二:间接测量法。

测试方法如图 4-279 所示。在变压器的初级绕组中串联一个  $10\Omega/5\text{W}$  的电阻 R,次级仍全部空载。把万用表拨至交流电压挡。加电后,用两表笔测出电阻 R 两端的电压降  $U$ ,然后



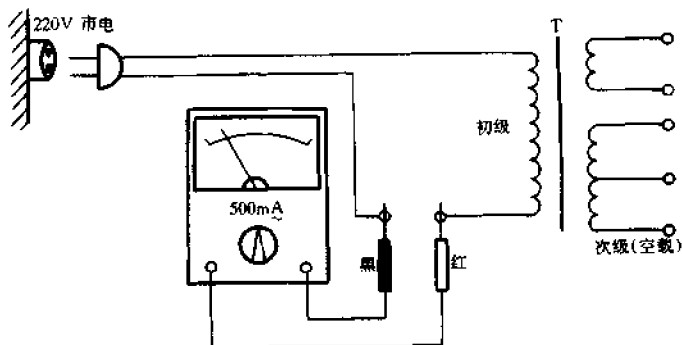


图 4-278 直接测量电源变压器的空载电流

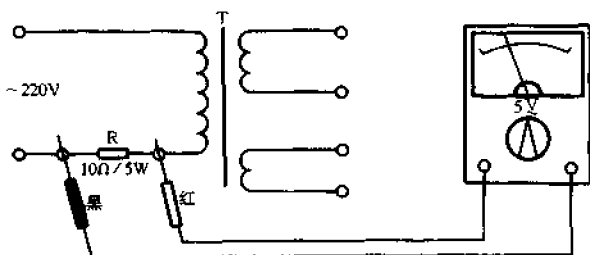


图 4-279 间接测量电源变压器的空载电流

用欧姆定律算出空载电流  $I_{\text{空}}$ , 即  $I_{\text{空}} = \frac{U}{R}$ 。

测试时, 要注意正确选择万用表交流电压挡的量程。如果用 AC50V 挡测得的电压值很微弱, 指针仅微微向右摆动, 可换用 AC10V 挡测量, 以便精确读出电压值。若使用 AC50V 挡测量, 万用表指针向右摆动满幅甚至打表, 说明空载电流很大, 很可能有短路故障, 此时, 应停止测试, 查找原因。

### 6. 检测空载电压

测试方法如图 4-280 所示。将电源变压器的初级接 AC220V 市电, 用万用表交流电压挡依次测出次级各绕组的空载电压值 ( $U_{21}$ 、 $U_{22}$ 、 $U_{23}$ 、 $U_{24}$ ) 应符合要求值, 允许误差范围一般为: 高压绕组  $\leq \pm 10\%$ , 低压绕组  $\leq \pm 5\%$ 。

测量空载电压时需要注意的是, 初级输入电压应确实为 AC220V, 不能过高或过低。因为初级输入电压的大小将直接影响到次级输出的电压。若初级加入的 AC220V 电压偏差太大, 将使次级电压偏离正常值, 容易造成误判。

### 7. 检测判别各绕组的同名端

在使用电源变压器时, 有时为了得到所需的次级电压, 可将两个或多个次级绕组如图 4-281 所示的方法串联起来使用。采用串联法使用电源变压器时, 参加串联的各绕组的同

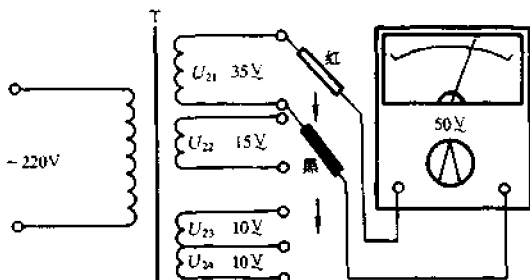


图 4-280 测量电源变压器空载电压

名端必须正确连接,不能搞错。否则,变压器将不能正常工作。

下面介绍两种检测判别电源变压器各绕组同名端的实用方法。

方法一:

测试方法如图 4-282 所示。这里仅以测试次级绕组 A 为例加以叙述。图中, E 为 1.5V 干电池,经测试开关 S 与变压器 T 的初级绕组相接。将万用表置于 DC2.5V 挡(或 DC0.5mA 挡)。假定电池 E 正极接变压器初级线圈 a 端,负极接 b 端,万用表的红表笔接 c 端,黑表笔接 d 端。当开关 S

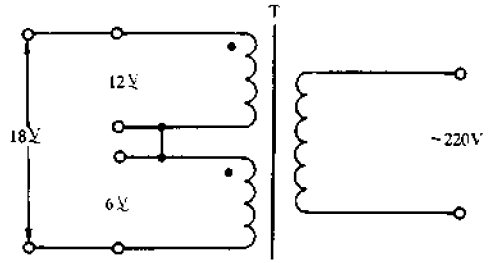


图 4-281 变压器次级绕组的串联方法

接通的瞬间,变压器初级线圈的电流变化,将引起铁心的磁通量发生变化。根据电磁感应原理,次级线圈将产生感应电压。此感应电压使接在次级线圈两端的万用表的指针迅速摆动后又返回零位。因此,观察万用表指针的摆动方向,就能判别出变压器各绕组的同名端。若指针向右摆,说明 a 与 c 为同名端,b 与 d 也是同名端。反之,若万用表指针向左摆,则说明 a 与 d 是同名端,而 b 与 c 也是同名端。用此法可依次将其他各绕组的同名端准确地判别出来。

检测判别时需要注意以下几点。

(1) 在测试各次级绕组的整个操作过程中,干电池 E 的正、负极与初级绕组的连接应始终保持同一种接法,即不能在测次级绕组 A 时将初级绕组的 a 端接电池 E 的正极,b 端接电池的负极,而测次级绕组 B 时,又将初级的 a 端接电池 E 的负极,b 端接电池 E 的正极。正确的操作方法是,无论测哪一个次级绕组,初级绕组和电池的接法不变。否则,将会产生误判。

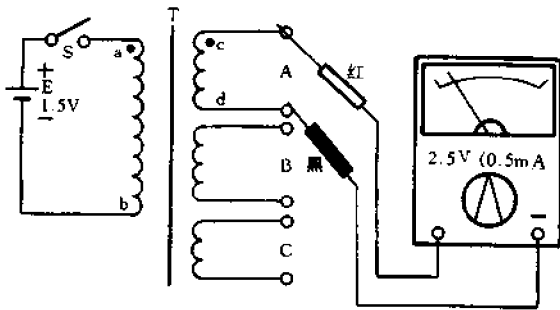


图 4-282 判别变压器同名端方法之一

(2) 若待测的电源变压器为升压变压器(即次级电压高于初级电压),通常则把电池 E 接在次级绕组上,而把万用表接在初级绕组上进行检测。

(3) 接通电源的瞬间,万用表指针要向某一方向偏转,但断开电源时,由于自感作用,指针要向相反的方向倒转,如果接通和断开电源的间隔时间太短,很可能只观察到断开时指针的偏转方向,这样会将测量结果搞错。所以,接通电源后要间隔几秒钟再断开,或者干脆多测几次,以保证测量结果的准确可靠。

方法二:

测试方法如图 4-283 所示。用一只收音机扬声器,将其磁铁吸在变压器铁心上端。将万用表拨至直流 0.5mA 挡,两表笔接待测绕组两端。然后快速将扬声器移开变压器铁心,此时,万用表指针必然要向某一方向偏转(向左或向右)。假设万用表指针是向右偏转,此时将黑表笔所接绕组的一端作个标记。用同样的方法逐个去测试其他各绕组,记下万用表指针向右摆动时黑表笔所接绕组的引脚。由此即可判明,相同颜色表笔所接各绕组的引脚便是同名端。

测试时应注意三点。

(1) 当扬声器磁铁与变压器铁心吸合的瞬间,万用表指针也会向某个方向偏转。为了不

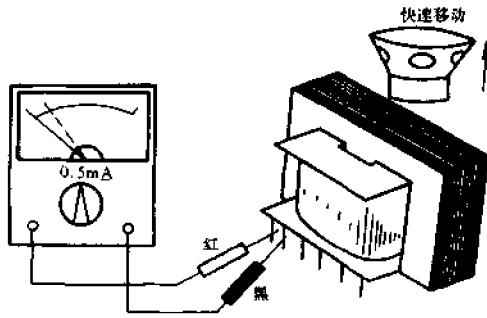


图 4-283 判别变压器同名端方法之二

造成误判,应在扬声器磁铁吸在变压器铁心上几秒钟以后再作移开的动作。且动作要迅速,以使万用表指针摆动较为明显便于观察。

(2) 在测试同一电源变压器的各个绕组的操作过程中,扬声器磁铁要吸在变压器铁心的同一部位上,而不能测某一绕组时将扬声器磁铁吸在变压器铁心的上部,当测试另外一个绕组时又将扬声器磁铁吸在变压器铁心的下部,这样会引起误判。

(3) 扬声器磁铁也可以用永久磁铁代替,但使用时要用同一磁极去测各个绕组才能得出正确的测试结果。

### 8. 判别电源变压器屏蔽层是否良好

音像设备的扬声器中有时出现讨厌的低频交流声,常见原因之一是电源变压器初、次级间的屏蔽层绝缘不良。这时,只靠测量屏蔽层引线与其他绕组之间的绝缘是不够的,因为屏蔽层的引线有时与未闭合的屏蔽金属箔(或一端空着的绕组)之间是断路的。利用图 4-284 所示方法可检测屏蔽层是否良好。图中,两只三极管要使用  $h_{FE}$  值大的 NPN 型管。将屏蔽层的引出线与黑表笔均接到 c 极,红表笔接到 e 极。测试时,用初(或次)级绕组的任一端去触碰 b 极,在触碰的瞬间若看到指针有明显的摆动,然后回到  $\infty$ ,则说明屏蔽良好,无断路现象;触碰时若指针一直不摆动,则说明屏蔽层引线铜箔间已断线。

### 9. 测量电源变压器的最大输出功率

现介绍一种用万用表判定电源变压器最大输出功率的简便实用方法。其步骤是:

(1) 先用万用表电阻挡测出变压器初级直流电阻  $r_1$  和次级直流电阻  $r_2$ ;

(2) 给变压器初级加上市电电压(交流约 220V),测出实际初级空载电压  $U_1$  和次级空载电压  $U_2$ ;

(3) 计算次级折合电阻:  $R_{次} = r_2 + r_1(U_2/U_1)^2$ ;

(4) 计算变压器的最大输出功率  $P_{max} = U_2^2/(4R_{次})$ 。

测试举例:购买一只电源变压器,其上标有 50W 最大输出功率,次级额定输出电压 12V。实测其  $r_1 = 100\Omega$ ,  $r_2 = 2\Omega$ ,  $U_1 = 220V$ ,  $U_2 = 18V$ 。计算此变压器的最大输出功率。

$$R_{次} = 2 + 100 \times (18/220)^2 = 2.65\Omega$$

$P_{max} = 18^2/(4 \times 2.65) \approx 31W$ ,可见该变压器上所标的 50W 功率是不可靠的。

市场上有些假冒伪劣电源变压器,往往加大标注输出功率,对此用上述方法可有效识别。此外,变压器的最大输出功率还可由公式  $P_{max} = S^2/1.56W$  作出大致判断,其中  $S$  为变压器铁心中柱截面积(中柱叠厚  $\times$  舌宽,平方厘米)。如制作铁心的硅钢片质量很好,可达到  $P_{max} = S^2/0.8W$ 。

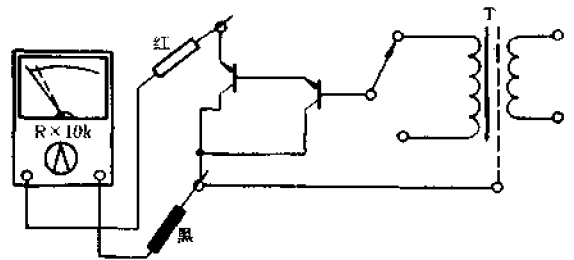


图 4-284 判别电源变压器屏蔽层是否良好

## 10. 检测电源变压器次级双绕组是否平衡

检测电源变压器次级两个绕组是否平衡可按下述两步进行。

(1) 测量空载是否平衡。测试方法如图 4-285 所示。将变压器接入 AC220V 市电, 使用万用表交流电压挡(具体量程视次级电压高低而定)。先测出中心头 2 与 3 间电压  $U_{23}$ , 再测出 1、2 端电压  $U_{21}$ , 若  $U_{21} = U_{23}$ , 则次级绕组 1-2 与 2-3 空载平衡。否则为不平衡, 两者电压相差越大, 越不平衡。

(2) 测量满载是否平衡。参见图 4-285 中虚线所示。将两个相等的电阻  $R$  接入次级两个绕组, 再次测量  $U_{21}$  和  $U_{23}$ , 此时, 若这两个电压值也相等, 说明满载平衡良好。否则说明平衡不好, 两个电压值相差越大, 越不平衡。在实际使用时, 满载平衡比空载平衡更重要。

注意,  $R$  的选取应使被测变压器工作在其实际工作时的最大功率状态。

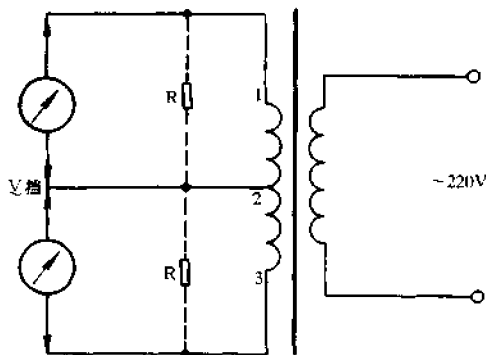


图 4-285 检测电源变压器次级绕组的平衡

## 11. 测算每伏匝数及各绕组匝数

测量方法如图 4-286 所示。用细软塑料皮导线在变压器的窗口和缝隙处穿绕数十匝(设匝数为  $m$ )，在变压器的初级加上 AC220V 市电, 用万用表交流电压挡测出所加绕线圈两端的电压(设所得电压为  $U$ )，则每伏匝数  $n = \frac{m}{U}$ ，进而根据各绕组的电压值便可算出各绕组的匝数。举例说明。某一被测电源变压器次级有两个绕组, 其电压分别为  $U_1 = 12V$ ,  $U_2 = 24V$ 。在变压器上穿绕  $m = 50$  匝, 测得上电压  $U = 10V$ , 则每伏匝数  $n = \frac{m}{U} = \frac{50}{10} = 5$ (匝/伏)。据此算出各绕组匝数, 初级:  $n_{初} = 5 \times 220 = 1100$ (匝); 次级(考虑到线圈铜阻, 应增加 5%);  $n_1 = 5 \times 12 + (5 \times 12) \times 5\% = 60 + 3 = 63$ (匝),  $n_2 = 5 \times 24 + (5 \times 24) \times 5\% = 120 + 6 = 126$ (匝)。

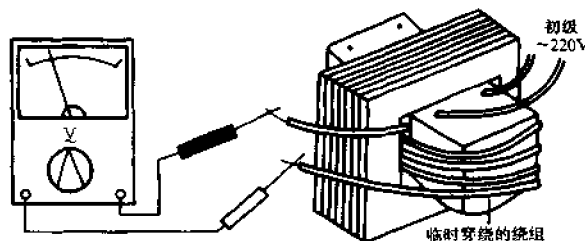


图 4-286 测算每伏匝数接线示意图

## 12. 电源变压器短路性故障的综合检测判别

电源变压器发生短路性故障的主要症状是发热严重和次级绕组输出电压失常。通常, 线圈内部匝间短路点越多, 短路电流就越大, 变压器发热就越严重。存在短路故障的变压器, 其空载电流值将远大于满载电流的 10%。当短路严重时, 变压器在空载加电后几十秒钟之内便会迅速发热, 用手触摸铁心会有烫手的感觉。此时不用测量空载电流便可断定变压器有短路点存在。

在查出变压器有短路性故障后,还应该确定故障具体发生在哪个绕组中,这样才便于修复。一般常采用测量各次级绕组的空载电压的方法来查找短路故障的所在部位。当短路点发生在初级绕组中时,测得的各次级绕组的空载电压值均会不同程度地高于正常值;当某组次级绕组发生短路现象时,该次级绕组的空载电压就会较正常值低甚至为零,而其他无短路的次级绕组的空载电压则基本正常;若测得的各次级绕组的空载电压均基本正常,但变压器仍发热严重,则很可能是静电屏蔽层有短路点。

图 4-287 是判断电源变压器短路故障部位的检测流程图,可供检修时参考。

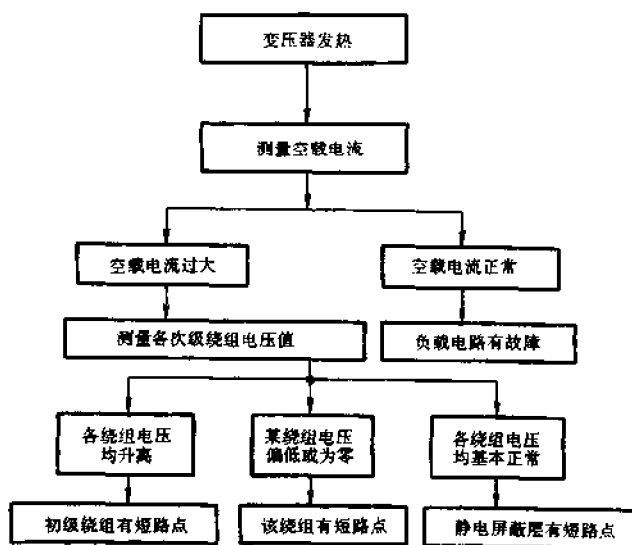


图 4-287 检测电源变压器短路故障流程图

## § 4.87 检测电源噪声滤波器

### 一、电源噪声滤波器的性能特点和应用电路

电源噪声滤波器简称 PNF,它的作用是能有效地抑制来自供电电源的噪声,从而提高电子仪器设备的抗干扰能力和系统的可靠性。

电源噪声滤波器的特点是具有双向射频滤波的功能,既可以滤除从交流电源线上窜入的噪声干扰,又能防止仪器设备向外界辐射噪声。由于电源噪声滤波器具有上述的优良特性,所以被广泛应用于电子仪器仪表、计算机系统及自动控制系统等多种领域。

电源噪声滤波器多采用模块式结构,也有设计为能直接焊在印制电路板上的小型产品。图 4-288 是国产 DNX-L 型电源噪声滤波器的外形、内部电路和使用方法。这种器件采用金属外壳封装,全部元件均用环氧树脂密封于壳内。外部共有 5 个引出端,一个接地端,两个输入端和两个输出端。内部电路中包括滤波电容  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  和共模扼流圈  $L$ 。共模扼流圈  $L$  的电感量为几毫亨。它的作用是,当共模干扰出现时,由于两个线圈具有相同的磁通方向,经

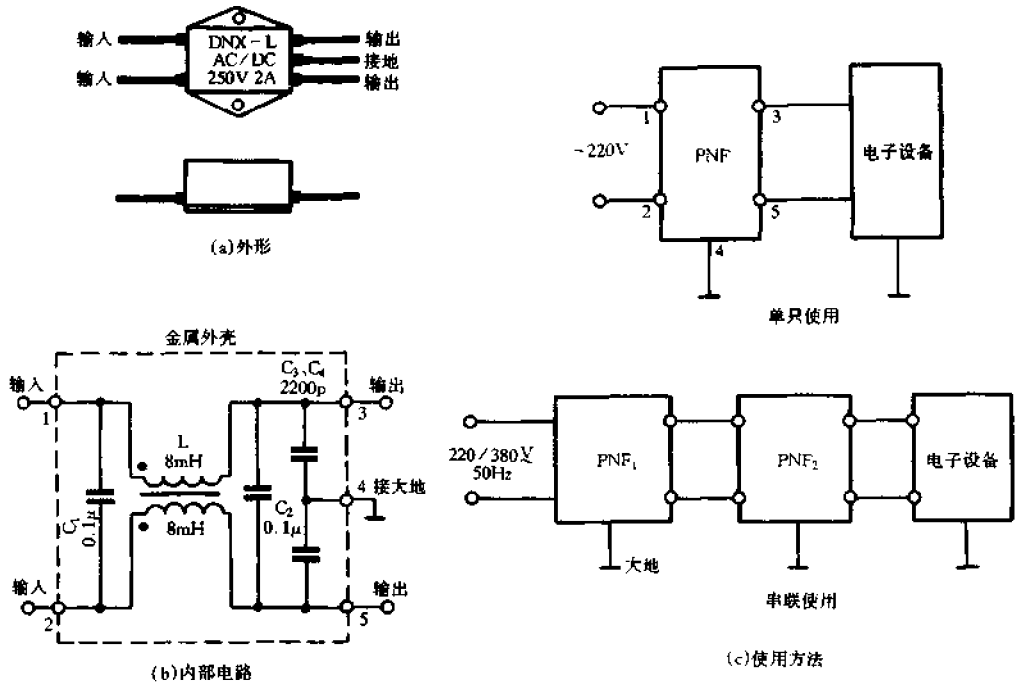


图 4-288 电源噪声滤波器的外形、内部电路和使用方法

过耦合后总电感量急剧增大,对共模干扰信号呈现很大的感抗,使之不能通过,从而将其抑制掉。 $C_1$ 、 $C_2$  的容量为  $0.01 \sim 0.47\mu\text{F}$ ,使用薄膜电容器,其作用主要是用来滤除共模干扰。 $C_3$ 、 $C_4$  是容量为  $2200 \sim 4700\text{pF}$  的陶瓷电容器。这几个电容的耐压值均为  $630\text{V}$ 。国产 DNX-L 型电源噪声滤波器能将频率为  $1 \sim 30\text{MHz}$  的噪声干扰信号电压衰减  $65\text{dB}$ 。

使用电源噪声滤波器应注意以下几点。

- (1) 电源噪声滤波器的外壳应严格与大地连通。如果外壳不接大地或接触不良,不但起不到滤除噪声干扰的效果,而且会使壳体带电,极易导致人体触电,发生危险。
- (2) 除了要求悬浮安装的电子仪器设备外,电源噪声滤波器的外壳还应与用电仪器设备的外壳良好连通。
- (3) 电源噪声滤波器可以将 2~3 只串联起来使用,以增加滤波效果。

## 二、电源噪声滤波器的检测方法

检测电源噪声滤波器时,可对照图 4-288(b)所示的内部原理图,用万用表电阻挡测出有关引脚的通断情况,进而分析判断器件是否正常。此外,还可以采用通电测量输出电压的方法,判别其好坏。下面分别加以叙述。

(1) 将万用表置于  $R \times 1$  挡,分别测量①脚和③脚、②脚和⑤脚间的电阻值,这实际上是在测量共模扼流圈的两个线圈的直流铜阻,其阻值均应近于  $0\Omega$ 。这两对引脚的电阻值若不接近  $0\Omega$  或为  $\infty$ ,说明内部引脚接触不良或线圈已经开路。

(2) 将万用表置于  $R \times 10\text{k}$  挡,分别测量①脚和②脚、③脚和④脚、③脚和⑤脚、⑤脚和④脚之间的电阻值,均应为  $\infty$ 。若这几对引脚之间测出的电阻值不是  $\infty$ ,甚至为  $0\Omega$ ,说明内部电

容器有漏电、短路性故障或者外部引出端的绝缘套管有破裂损坏导致引脚相碰的现象。这样的电源噪声滤波器要及时更换,以免发生漏电,危及人身安全。

(3) 通电测量输出电压。将交流 220V 市电接电源噪声滤波器的输入端,用万用表 DC250V 电压挡测量输出端的电压,若与输入端的电压相同,说明器件正常。测试操作时,应注意安全,避免触电。

## § 4.88 检测 LED 电平显示器

### 一、LED 电平显示器的特点

LED 电平显示器是由多只发光二极管组合在一起构成的显示器件。主要用于收录机和音响设备的音频电平指示。LED 电平显示器的显示位数一般分为五位、六位、七位和十位等。其结构基本可分为两种类型,一类为分立式,此类显示器是由 LED 发光二极管组合拼装而成,各个发光二极管相互独立安装在显示器的支架上;另一类为共电极式,此类显示器是按共阳极或共阴极方式连接组合而成,发光二极管的阳极或阴极在显示器内部连接在一起后,再由引脚引出。图 4-289 是这两种类型 LED 电平显示器的外形和内部结构图。

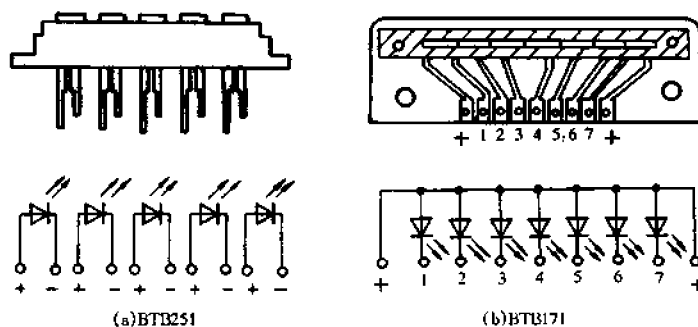


图 4-289 两种电平显示器的外形和结构

国产 LED 电平显示器有 BTB、XBT 等系列产品。表 4-98 列出了几种常见的 LED 电平显示器的主要参数,供选用时参考。表中,  $I_V$  为法向发光强度,  $\lambda_P$  为发光峰值波长。

表 4-98 常见 LED 电平显示器主要参数

| 型 号        | 发光颜色 | 显示位数 | $P_M$<br>(mW) | $I_F$<br>(mA) | $I_{FM}$<br>(mA) | $V_F$<br>(V) | $I_V$<br>(mcd) | $\lambda_P$<br>(nm) | 结构类型 |
|------------|------|------|---------------|---------------|------------------|--------------|----------------|---------------------|------|
| BTB251     | 红    | 5    | 70            | 20            | 40               | <2           | 0.15           | 655                 | 分立式  |
| BTB171     | 黄    | 7    | 90            | 7             | 40               | <3           | 1.0            | 585                 | 共阳极  |
| 6BT344516  | 绿    | 6    | 100           | 10            | 40               | <2.5         | >0.4           | 565                 |      |
| 10BT324516 | 橙    | 10   | 100           | 10            | 40               | <2.5         | >0.4           | 630                 |      |

## 二、LED 电平显示器的检测方法

用万用表检测 LED 电平显示器,主要是检查各个发光二极管是否良好。可根据其结构,采用不同的方法进行测试。

### 1. 检测分立式 LED 电平显示器

检测方法有两种,分别如图 4-290(a)、(b)所示。两种方法各有所长。

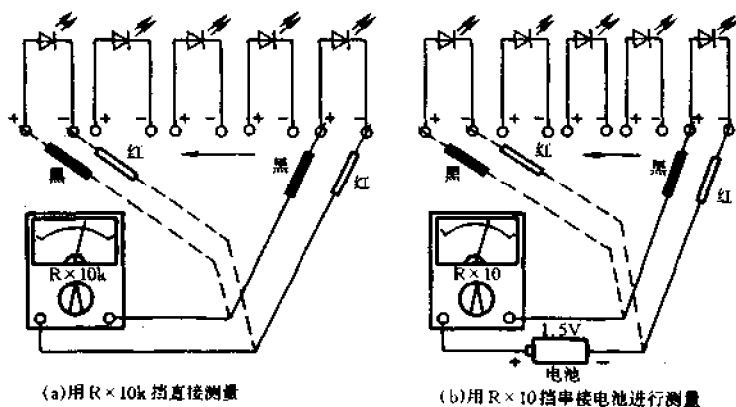


图 4-290 检测分立式 LED 电平显示器的两种方法

方法一的操作比较简单,不需外接电池,只将万用表置于  $R \times 10k$  挡直接进行测量即可。当用红表笔接发光二极管的负极,黑表笔接发光二极管的正极时,应观察到发光光点,且万用表指针应大幅度摆动。调换表笔测量时,阻值应为无穷大。

方法二是在万用表外部串接一只 1.5V 干电池,使用  $R \times 10$  挡。正向接法时,相应发光二极管的发光亮度要比方法一测试时强,观察起来更直观。

### 2. 检测共电极式 LED 电平显示器

测试方法如图 4-291 所示。按图示方法依次测试每一只发光二极管,应能正常发光。其中若有不发光者,即可判定为损坏件。测试时需注意的,一是不要将红、黑表笔位置搞错,二是不能使用万用表  $R \times 1$  挡测量。另外,对于一些引脚极性不明的显示器,也可采用上述方法很

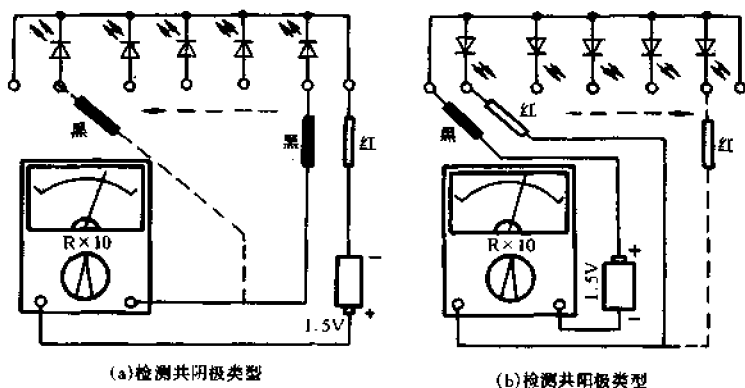


图 4-291 检测共电极式 LED 电平显示器的方法



方便地判别出其结构类型和引脚排列顺序。

## § 4.89 检测一位 LED 数码管

### 一、LED 数码管的结构

LED 数码管也称半导体数码管,是目前数字电路中常用的显示器件。它是以发光二极管作笔段并按共阴极方式或共阳极方式连接后封装而成的。图 4-292 所示是一个共阴极一位 LED 数码管原理结构图。当 h 点接低电位时,只要分别在 a、b、c、d、e、f、g、p 点加上高电平,所对应的笔段就发光,从而构成所显示数字的笔画或小数点。LED 数码管种类较多,规格尺寸也各异,显示颜色有红、绿、橙等。表 4-99 列出了几种国产 LED 数码管的型号、主要参数和国外对应产品型号,可供选用时参考。

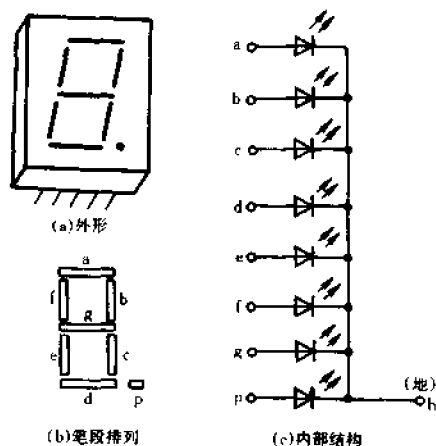


图 4-292 共阴极 LED 数码管的外形、笔段排列和内部结构

表 4-99 国产常见 LED 数码管的主要参数及国外对应产品型号

| 型 号     | 主要参数              | 国外互换型号    | 型 号    | 主要参数              | 国外互换型号    |
|---------|-------------------|-----------|--------|-------------------|-----------|
| BS224   | 1 位 0.3 英寸共阳/红/高亮 | TLR332    | BS341  | 1 位 0.5 英寸共阴/绿    | LTS547G   |
| BS225   | 1 位 0.3 英寸共阴/红/高亮 | TLR332    | BS342  | 1 位 0.5 英寸共阳/绿    | LTS546G   |
| BS241   | 1 位 0.5 英寸共阴/红/高亮 | LTS547R   | BS343  | 1 位 0.4 英寸共阴/绿    | GLBN056   |
| BS242   | 1 位 0.5 英寸共阳/红/高亮 | LTS546R   | BS344  | 1 位 0.4 英寸共阳/绿/高亮 | LTS4501AG |
| BS243   | 1 位 0.4 英寸共阴/红/高亮 | LTS4740AP | BS582  | 1 位 2.3 英寸共阳/橙    | M01231A   |
| BS244   | 1 位 0.4 英寸共阳/红    | LTS4701AP | BS583  | 1 位 2.3 英寸共阳/橙    | M01231C   |
| BS247-2 | 1 位 1 英寸共阴/红/高亮   | GL8P01    | 2BS246 | 2 位 0.5 英寸共阳/红    | TLR325    |
| BS266   | 1 位 0.8 英寸共阳/红/高亮 | HDSP-3401 |        |                   |           |

### 二、一位 LED 数码管的检测方法

#### 1. 检测已知引脚排列的 LED 数码管

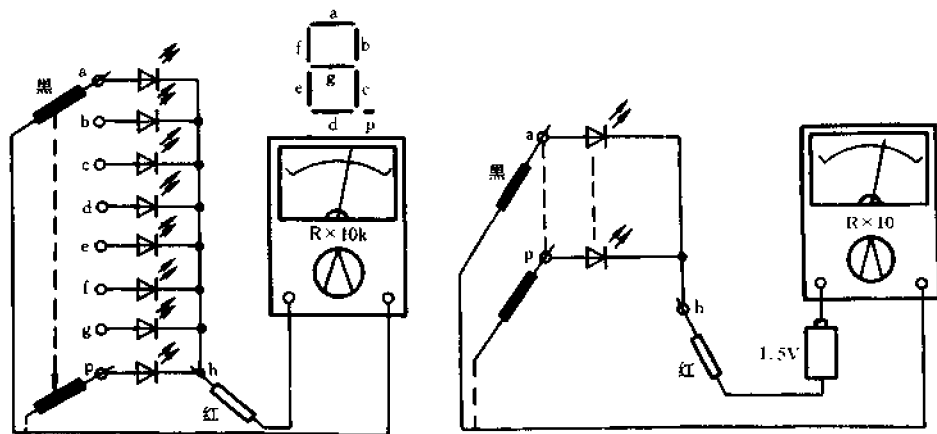
##### (1) 用万用表高阻挡直接检测

检测方法如图 4-293(a)所示。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,红表笔与数码管的 h 点(LED 的共阴极)相接,然后用黑表笔依次去触碰数码管的其他引脚,触到哪个引脚,哪个笔段就应发出一小光点。且指针应大幅度摆动。若触到某个引脚时,所对应的笔段不发光,指针也不动,则

说明该笔段已经损坏。

## (2) 用万用表串电池检测

电路连接如图 4-293(b) 所示。将万用表拨至  $R \times 10$  挡, 红表笔串上一节干电池后接 b 点, 然后用黑表笔去依次接触 a ~ p 各笔段, 应依次发光, 亮度比直接用万用表高阻挡测量时要强。若有的笔段无光, 说明该笔段发光管已经损坏。



(a) 用万用表  $R \times 10k$  挡检测 LED 数码管

(b) 万用表串接电池检测 LED 数码管

图 4-293 检测已知引脚排列的 LED 数码管

## 2. 检测引脚排列不明的 LED 数码管

有些市售 LED 数码管不注明型号, 也不提供引脚排列图。遇到这种情况, 可使用万用表方便地检测出数码管的结构类型、引脚排列以及全笔段发光性能。

下面举一实例, 说明测试方法。被测器件是一只彩色电视机用来显示频道的 LED 数码管, 体积为  $20\text{mm} \times 10\text{mm} \times 5\text{mm}$ , 字形尺寸为  $8\text{mm} \times 4.5\text{mm}$ , 发光颜色为红色。采用双排直插式, 共 10 个引脚。

### (1) 判别数码管的结构类型(共阴极还是共阳极)

检测方法如图 4-294(a) 所示。将万用表置于  $R \times 10k$  挡, 黑表笔接在①脚, 然后用红表笔去接触其他各引脚, 只有当接触到⑨脚时, 数码管的 a 笔段发出一很小光点, 指针大幅度摆动(指示数值为  $30k\Omega$  左右), 而接触其他脚则无光点, 指针也不摆动。由此可知, 被测管是共阴极结构类型, ⑨脚是公共阴极, ①脚则是 a 笔段的引出脚。

### (2) 判别引脚排列

仍使用万用表  $R \times 10k$  挡, 将红表笔固定接在⑨脚, 用黑表笔依次接触②、③、④、⑤、⑧、⑩、⑦脚时, 数码管的 f、g、e、d、c、b、p 笔段先后分别发出光点, 且万用表指针大幅度摆动。据此绘出该数码管的内部结构和引脚排列(面对笔段的一面), 如图 4-294(b)、(c) 所示。

### (3) 检测全笔段发光性能

前两步已将被测 LED 数码管的结构类型、引脚排列测出。接下来还应该认真检测一下数码管的各笔段发光性能是否正常。检测方法如图 4-295 所示。将万用表置于  $R \times 10$  挡, 在红表笔一端串一节干电池后, 固定接在数码管的公共阴极上(⑨脚), 并把数码管的 a ~ p 笔段端全部短接在一起。然后将黑表笔接触 a ~ p 的短接端, 此时, 所有笔段均应发光, 显示出“8”字。

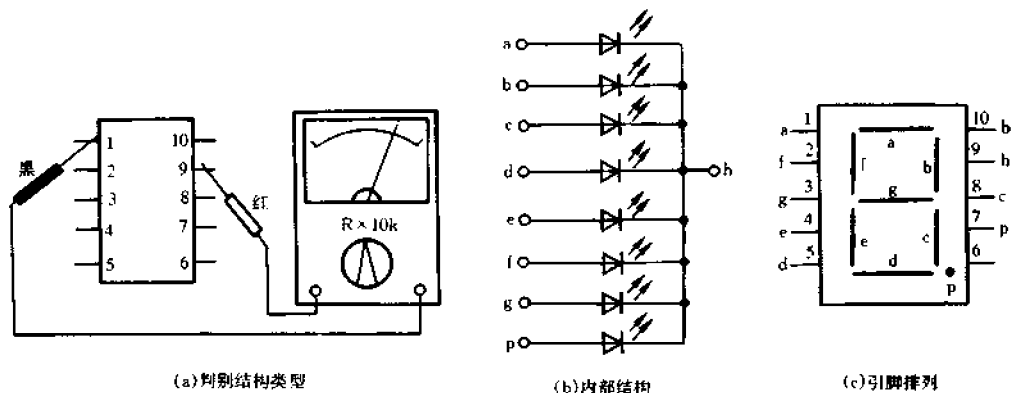


图 4-294 检测引脚排列不明的 LED 数码管

仔细观察,发光颜色应均匀,无笔段残缺及局部变色等现象。

在做上述测试时,应注意以下几点。

(1) 检测中,若被测数码管为共阳极类型,则只有将红、黑表笔对调才能测出上述结果。特别是在判别结构类型时,操作时要灵活掌握,反复试验,直到找出公共电极(h)为止。

(2) 大多数 LED 数码管的小数点不是独立设置的,而是在内部与公共电极连通的。但是,有少数产品的小数点是在数码管内部独立存在的,测试时要注意正确区分。

(3) 采用串接干电池法检测时,要注意不能使用  $R \times 1$  挡,因该挡内阻较小,很容易损坏数码管。

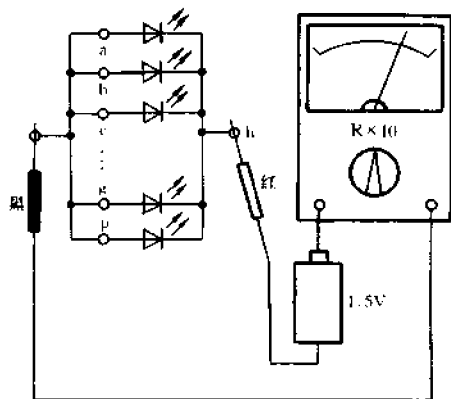


图 4-295 检测数码管全笔段发光性能

## § 4.90 检测多位 LED 数码管

### 一、多位 LED 数码管的结构特点

多位 LED 数码管是在一位 LED 数码管的基础上发展而来的。和一位 LED 数码管一样,它也是由发光二极管按一定方式连接而成,也可分为共阴极和共阳极两种类型。其内部含有数个一位 LED 数码管、小数点和标志符。发光颜色也多为红、绿、黄、橙等。多位 LED 数码管的突出特点是使用安装方便,外部接线比较简单,显示功能比一位数码管强,而且耗电省,造价低。因而被广泛地应用于新型数字仪表、数字钟等电路中作显示器件。目前,市场上见到的多位 LED 数码管多是进口产品。

## 二、多位 LED 数码管的检测方法

对多位 LED 数码管的检测,基本方法与检测一位 LED 数码管大体相同。也是采用直接用万用表  $R \times 10k$  挡测量或用万用表  $R \times 10$  挡串 1.5V 电池测量相应发光二极管是否发光的方法进行判断。

### 1. 检测引脚排列顺序不明的多位 LED 数码管

#### (1) 判别结构类型

如图 4-296 所示,将红表笔任接一个引脚,用黑表笔去依次接触其余引脚,如果同一位上先后能有七个笔段发光,则说明被测数码管为共阴极结构,且红表笔所接的是该位数码管的公共阴极。如果将黑表笔任接某一引脚,用红表笔去触碰其他引脚,能测出同一位数码管有七个笔段发光,则说明被测数码管是属于共阳极结构,此时,黑表笔所接的是该位数码管的公共阳极。

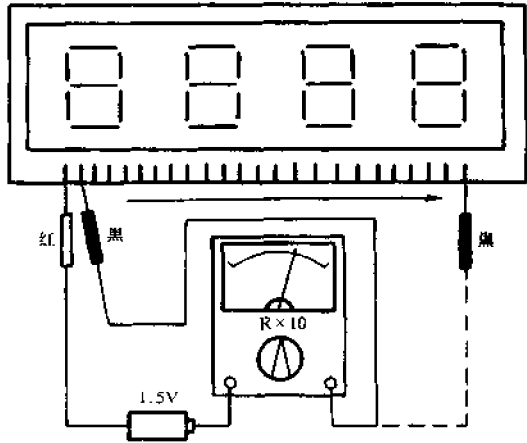


图 4-296 判别多位 LED 数码管结构类型

#### (2) 判别引脚排列位置

采用上述方法将个、十、百、千……的公共电极确定后,再逐位进行检查测试。先根据表笔所接引脚和数码管发光情况找出各个笔段所对应的引脚序号,然后再将各位的小数点和标志符所对应的引脚一一确定。

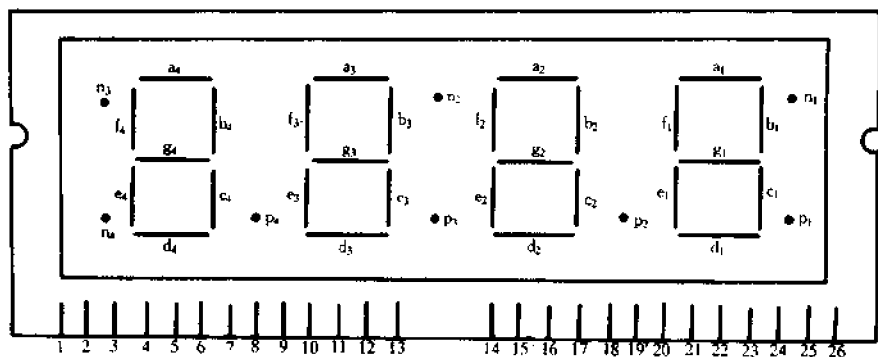
注意,在上述操作过程中,应随时作好测试记录,做到边测边记,测试完毕后,即可根据测试结果绘制出被测数码管的内部接线图和引脚排列图。

### 2. 检测已知引脚排列顺序的多位 LED 数码管

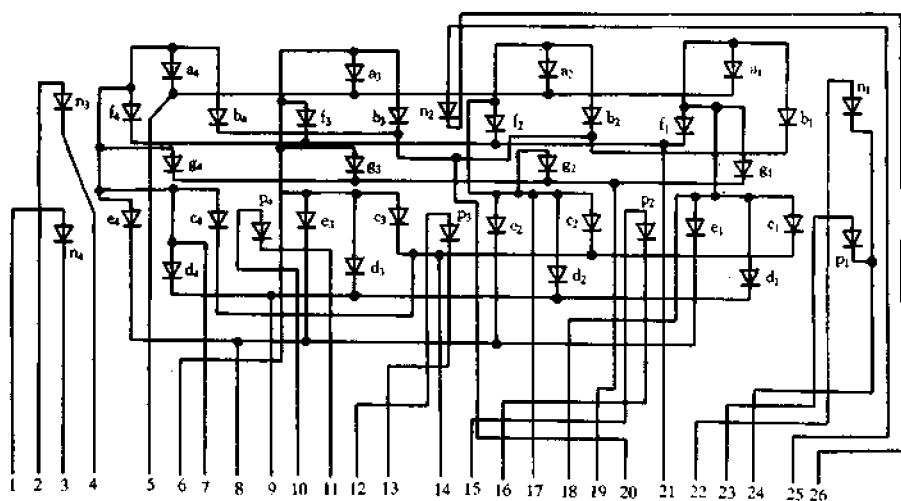
对已知引脚排列顺序的多位 LED 数码管进行检测,其目的在于检查各笔段、标志符和小数点有无损坏现象,是否能正常发光。下面举一个检测实例加以说明。

图 4-297 是有关资料介绍的一只国外生产的 LTC-612S 型四位 LED 数码管外形和内部电路结构,表 4-100 是其各引脚功能说明。它的显示屏尺寸为  $72\text{mm} \times 19\text{mm}$ ,发光颜色为红色。显示屏固定在单面印制板上。印制板上共有 36 只红色发光二极管,分别对应四位 7 笔段数码管、4 个小数点和 4 个标志符。发光二极管的电极按共阳极结构组合后,从印制板上经印制导线引出,共 26 个外部引脚。

检测时,按照表 4-101 中所示表笔的接法,参照接线图依次检查各笔段、小数点和标志符的好坏。表笔接触到某一引脚,相应的笔段、小数点或标志符应发光。这里需要注意的是, LTC-612S 的小数点和标志符均是独立设置的,检查时要加以区分,单独测试。



(a)外形



(b)内部电路

图 4-297 LTC-612S 型四位 LED 数码管外形和内部电路

表 4-100

LTC612S 各引脚功能

|    |                               |              |              |           |                               |                               |                               |                               |                               |              |                    |              |              |
|----|-------------------------------|--------------|--------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|
| 引脚 | ①                             | ②            | ③            | ④         | ⑤                             | ⑥                             | ⑦                             | ⑧                             | ⑨                             | ⑩            | ⑪                  | ⑫            | ⑬            |
| 功能 | $n_4^+$                       | $n_3^+$      | $n_4^-$      | $n_3^-$   | $a_1 a_2$<br>$a_3 a_4$<br>(-) | 百位<br>(+)                     | 千位<br>(+)                     | $e_1 e_2$<br>$e_3 e_4$<br>(-) | $d_1 d_2$<br>$d_3 d_4$<br>(-) | $p_4$<br>(+) | $p_4$<br>(-)       | $p_3$<br>(+) | $p_3$<br>(-) |
| 引脚 | ⑬                             | ⑭            | ⑮            | ⑰         | ⑱                             | ⑲                             | ⑳                             | ㉑                             | ㉒                             | ㉓            | ㉔                  | ㉕            | ㉖            |
| 功能 | $c_1 c_2$<br>$e_3 c_4$<br>(-) | $p_2$<br>(+) | $p_2$<br>(-) | 十位<br>(+) | 个位(+)                         | $g_1 g_2$<br>$g_3 g_4$<br>(-) | $b_1 b_2$<br>$b_3 b_4$<br>(-) | $f_1 f_2$<br>$f_3 f_4$<br>(-) | $n_1^+$                       | $p_1^+$      | $n_1^-$<br>$p_1^-$ | $n_2^+$      | $n_2^-$      |

表 4-101

检测 LTC612S 各笔段的工作情况

|      |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 黑表笔  | ①              | ②              | ⑦              |                |                |                |                |                |                |                | ⑩              | ⑫              | ⑥              |                |                |                |                |                |
| 红表笔  | ③              | ④              | ⑤              | ②              | ⑩              | ⑨              | ③              | ④              | ⑩              | ⑪              | ⑬              | ⑤              | ②              | ⑬              | ⑨              | ⑧              | ④              | ⑩              |
| 点亮笔段 | n <sub>a</sub> | n <sub>3</sub> | a <sub>4</sub> | b <sub>a</sub> | c <sub>4</sub> | d <sub>4</sub> | e <sub>4</sub> | f <sub>4</sub> | g <sub>4</sub> | p <sub>4</sub> | p <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> | b <sub>3</sub> | c <sub>3</sub> | d <sub>3</sub> | e <sub>3</sub> | f <sub>3</sub> | g <sub>3</sub> |
| 黑表笔  | ⑭              | ⑮              | ⑬              |                |                |                |                |                |                |                | ⑮              | ⑰              | ⑪              |                |                |                |                |                |
| 红表笔  | ⑭              | ⑮              | ⑤              | ②              | ⑩              | ⑨              | ③              | ④              | ⑩              | ⑪              | ⑬              | ⑤              | ②              | ⑬              | ⑨              | ⑧              | ④              | ⑩              |
| 点亮笔段 | n <sub>1</sub> | p <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> | b <sub>1</sub> | c <sub>1</sub> | d <sub>1</sub> | e <sub>1</sub> | f <sub>1</sub> | g <sub>1</sub> | n <sub>2</sub> | p <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> | b <sub>2</sub> | c <sub>2</sub> | d <sub>2</sub> | e <sub>2</sub> | f <sub>2</sub> | g <sub>2</sub> |

注:测试时,使用万用表 R×10 挡,在红表笔端串接一节 1.5V 干电池。

## § 4.91 检测辉光数码管

辉光数码管是一种冷阴极辉光管,它具有 10 个阴极和 1 个公共阳极,管内充有氖气。当某个阴极与阳极之间的电压大于起辉电压时,该阴极即可起辉发光,如果阴极与阳极之间的电压低于熄灭电压,该阴极即熄灭。由于 10 个阴极制成 0~9 共 10 个数码形状,故可显示相应数字。

现以 S2-8 型辉光数码管为例,介绍其检测方法。S2-8 型辉光数码管的引脚排列如图 4-298(a)所示。其主要参数为:阳极电压  $U_A \leq 170V$ ,起辉电压  $U_Z < 160V$ ,熄灭电压  $U_H \leq 100V$ ,阴极电流  $I_K = 2 \pm 1mA$ ,限流电阻  $R = 20k\Omega$ 。检测 S2-8 型辉光数码管的电路如图 4-298(b)所示。当将万用表直流电流(mA)挡串入测试电路时,可测出数码管的阴极电流;若将万用表直流电压挡并联在兆欧表两端时,则可测出管子的起辉电压。图中开关 S 为单刀十掷转换开关,用以依次接通各个阴极。

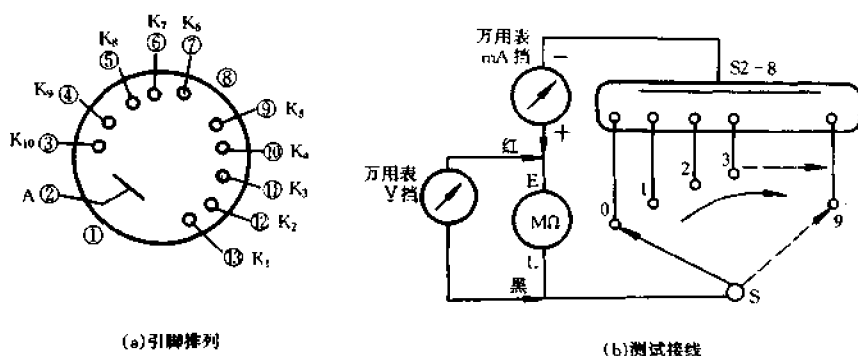


图 4-298 辉光数码管引脚排列和测试接线

当以额定转速摇动兆欧表时,其发出的直流电压迅速升高,当超过管子的起辉电压  $U_Z$  值时,开关所接通的阴极即起辉,显示出相应数码,由于兆欧表的内阻较大,最大输出电流一般在 2mA 以下,所以不必加限流电阻。若发出的辉光很暗,说明管子已衰老,若显示数字的笔画不全,说明所对应的阴极有局部开路损坏的故障。

## § 4.92 检测单色 LED 点阵显示器

### 一、单色 LED 点阵显示器的性能特点

LED 点阵显示器亦称 LED 矩阵板,是一种能实现大屏幕显示功能的通用型组件。它具有接线简单、拼装方便、发光均匀、亮度高、外形美观等特点。与由单个发光二极管组成的显示器相比,LED 点阵显示器的焊点和引线都大为减少。而且光点分布在同一平面上,很适合构成各种尺寸的大屏幕显示屏。另外,LED 点阵显示器也可以代替数码管单块使用,不仅能显示数字,也可显示英文字母及符号。因而被广泛用于显示图表、图像、波形、汉字以及车站、机场、码头的交通信息。此外,LED 点阵显示器还可用于显示厂矿企业的操作程序及用作商场、影剧院等公共场所的广告牌等。

单色 LED 点阵显示器是以单色发光二极管为像素按照行与列的结构排列而成。根据其内部发光二极管的大小、数量、发光强度、发光颜色的不同可分为多种规格。常见的有  $5 \times 7$ 、 $7 \times 7$ 、 $8 \times 8$  点阵。以  $5 \times 7$  为例,它每行有 5 只发光二极管,每列有 7 只发光二极管,共组成 35 个像素。国产单色 LED 点阵显示器的发光颜色有红、绿、橙等几种,典型产品有 5EF1121XR ( $5 \times 7$ )、BS2088 ( $8 \times 8$ )。国外的典型产品有 P2057A 和 P2157A 两种型号。图 4-299 是 P2057A 和 P2157A 的外形、引脚排列及内部结构。这两种单色 LED 点阵显示器是由  $\phi 5$  的高亮度橙红色发光二极管组成。采用  $5 \times 7$  点阵结构,双列直插 14 脚封装。P2057A 和 P2157A 的差别仅在于输出引脚的极性不同。图中,A~G 为行驱动端,a~e 是列驱动端。数字代表引脚序号。LED 点阵显示器也分共阴极和共阳极两种结构类型。其阴极结构是将发光二极管负极接行驱动线,共阳极结构则是将发光二极管的正极接行驱动线。

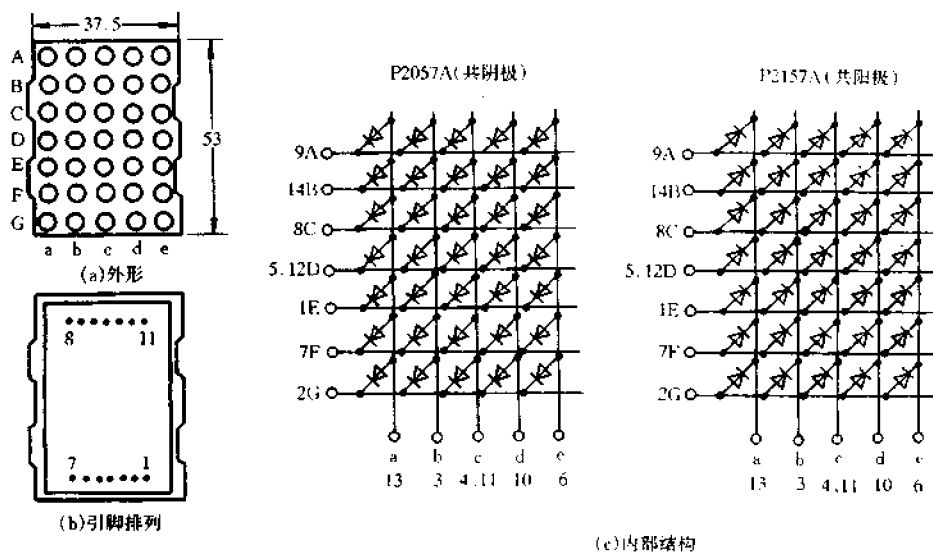


图 4-299 P2057A、P2157A 的外形和管脚引线排列及内部结构

## 二、单色 LED 点阵显示器的检测方法

利用万用表检测 LED 点阵显示器,主要是检查各个像素是否能正常发光以及发光亮度是否均匀。下面以 P2157A 共阳极 LED 点阵显示器为例,介绍两种实用的检测方法。

### 1. 短接列引脚检测法

检测方法如图 4-300(a)所示。可将 P2157A 装在多功能试验板上,把列引出脚 a(⑬)、b(③)、c(④、⑪)、d(⑩)、e(⑥)短接合并为一个引出端 V,并把 A(⑨)、B(⑭)、C(⑧)、D(⑤)、E(①)、F(⑦)、G(②)行引出脚用导线分别引出。测试时,将红表笔接 V 端,用黑表笔依次去接触行引出脚的导线,相应的行像素应点亮发光。例如,当用黑表笔触碰⑨脚时,A 行的 5 个像素应同时发光。按此法依次接触⑭、⑧、⑤、①、⑦、②脚,相对应的行像素均应同时发光。

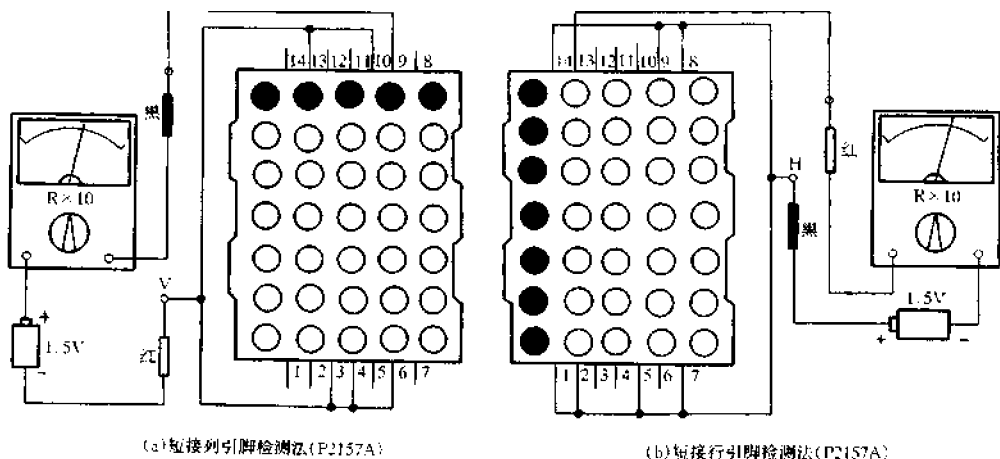


图 4-300 检测 LED 点阵显示器的两种方法

### 2. 短接行引脚检测法

检测方法如图 4-300(b)所示。仍将 P2157A 装在多功能试验板上。把行引出脚 A(⑨)、B(⑭)、C(⑧)、D(⑤、⑫)、E(①)、F(⑦)、G(②)用导线短接合并为一个引出端 H,用导线分别将 a(⑬)、b(③)、c(④、⑪)、d(⑩)、e(⑥)列引出脚单独引出。测试时,将黑表笔接 H 端,用红表笔去接触列引出脚的导线,相应的列像素应点亮发光。例如,当用红表笔接触⑬脚时,a 列的 7 个像素应同时发光。按此法依次接触③、④(⑪)、⑩、⑥脚时,相应的列像素均应同时发光。

在检测的过程中,若发现某个或几个像素不发光,则说明器件的内部发光二极管已经损坏。若发现亮度不均匀,则表明器件参数的一致性较差。

检测共阴极 LED 点阵显示器的性能好坏时,仍可采用上述两种方法进行。只是在具体操作时,需将红、黑表笔位置对调,以适应极性的要求。



## § 4.93 检测彩色 LED 点阵显示器

### 一、彩色 LED 点阵显示器的性能特点

彩色 LED 点阵显示器是在单色 LED 点阵显示器的基础上发展而来的一种新型器件,具有密度高、工作可靠、色彩鲜艳等特点,非常适合组成彩色智能显示屏。与单色 LED 点阵显示器不同的是,彩色 LED 点阵显示器是以变色发光二极管为像素按照行与列的结构排列而成的。

国产彩色 LED 点阵显示器的典型产品型号有 BFJ $\phi$ 3OR/G(5 $\times$ 7)、BFJ $\phi$ 5OR/G(8 $\times$ 8)、BS2188( $\phi$ 5,8 $\times$ 8R/G)等。型号中的  $\phi$ 3 和  $\phi$ 5 表示变色发光二极管的直径,OR、R、G,是英文单词缩写,分别代表橙红、红和绿三种颜色。表 4-102 列出了 BFJ 系列彩色点阵显示器的几项主要参数,供选用时参考。

表 4-102 BFJ 系列彩色点阵显示器主要参数

| 参数<br>系列型号 | $P_M$<br>(mW) | $I_F$<br>(mA) | $I_{FM}$<br>(mA) | $V_F$<br>(V) | $I_A$<br>(mA) | $\lambda_p$<br>(nm) | 发光颜色 |    |
|------------|---------------|---------------|------------------|--------------|---------------|---------------------|------|----|
|            |               |               |                  |              |               |                     | 单色   | 复合 |
| BFJOR/G    | 60            | 10            | 30               | $\leq 2.5$   | $\geq 0.2$    | 630                 | 橙红绿  | 橙  |
|            |               |               |                  |              | $\geq 0.3$    | 565                 |      |    |

### 二、彩色 LED 点阵显示器的检测方法

利用万用表检测彩色 LED 点阵显示器,也可采用短接列或行的方法进行检査,但在具体操作时,每个像素要测试 3 次,以检查相应的 3 种颜色显示是否正常。

下面以 BFJ $\phi$ 5OR/G 型(8 $\times$ 8)彩色 LED 点阵显示器为例,先简述发光原理,然后叙述检测方法。

图 4-301 是 BFJ $\phi$ 5OR/G 的外形和内部电路图。这是一个共阳极结构的点阵显示器,其中, A~H 是行驱动线,共 8 条。列驱动线分为两组,橙红色(OR)与绿色(G)各为 8 条。A~H 代表行像素,a(a)~h(h)代表列像素。该型彩色 LED 点阵显示器的发光原理可以左上角 A 行、a 列的彩色像素为例加以说明。A 行的橙红色发光二极管的正极与②脚相接,负极与④脚相接;而绿色发光二极管的正极也与②脚相接,但负极与③脚相接。当在②脚与④脚之间加上正向电压时,(A,a)像素

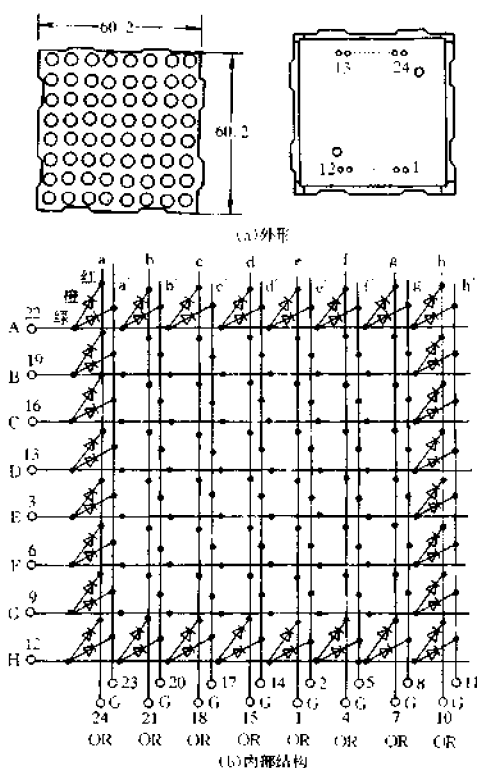


图 4-301 BFJ $\phi$ 5OR/G 的外形和内部结构

发出红光；当②脚和③脚之间加上正向电压时，(A,a)像素则发出绿光；若两者同时加上正向电压时，则(A,a)像素发出复合光，显示橙色。

根据上述发光原理，可分别采用下述两种方法检测彩色LED点阵显示器的工作情况。

### 1. 短接列驱动线检测法

检测方法如图4-302所示

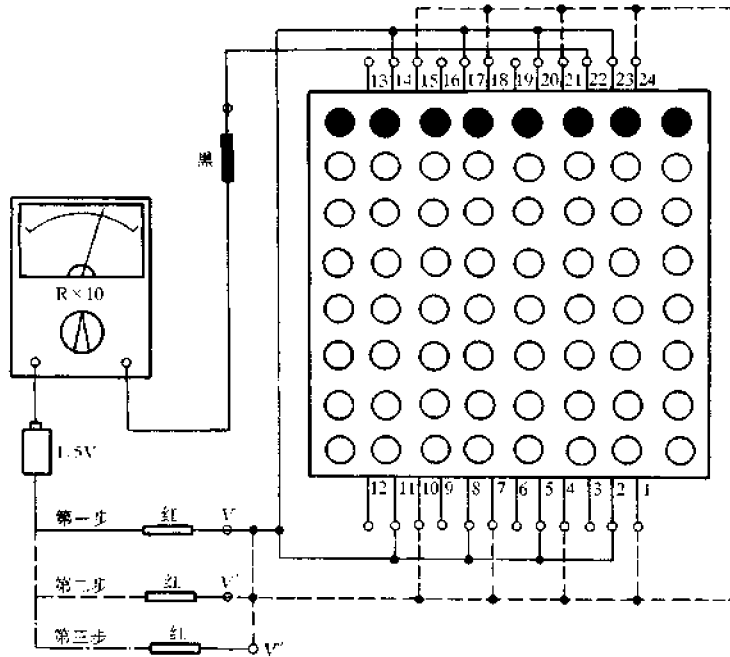


图4-302 短接列驱动线检测 BEJ650R/G 发光情况

第一步：检查发绿光情况。

将列引出线 a(②)、b(③)、c(④)、d(⑤)、e(⑥)、f(⑦)、g(⑧)、h(⑨)短接为一个引出端 V，将红表笔接 V 端，用黑表笔依次去接触行驱动线的 A(①)、B(②)、C(③)、D(④)、E(⑤)、F(⑥)、G(⑦)、H(⑧)端，相应的 8 行像素应同时发绿光。例如，当用黑表笔触碰②脚时，相应的 A 行 8 个像素应同时发出绿色光。余者以此类推。

第二步：检查发红光情况。

将列引出线 a(③)、b(④)、c(⑤)、d(⑥)、e(⑦)、f(⑧)、g(⑨)、h(⑩)短接为一个引出端 V'，将红表笔接 V' 端，用黑表笔依次去接触行驱动线的 A(①)、B(②)、C(③)、D(④)、E(⑤)、F(⑥)、G(⑦)、H(⑧)端，相应的 8 行像素应发红光。例如，当用黑表笔触碰③脚时，A 行的 8 个像素应同时发红光。余者以此类推。

第三步：检查发复合光(橙色)的情况。

在前两步检测的基础上，将 V 和 V' 两端短接后引出 V''端，即相当于把所有的列引出端均短接在一起。将红表笔接 V''端，用黑表笔依次去触碰 A(①)、B(②)、C(③)、D(④)、E(⑤)、F(⑥)、G(⑦)、H(⑧)端，相应的 8 行像素应发橙光。

## 2. 短接行驱动线检测法

检测方法如图 4-303 所示。

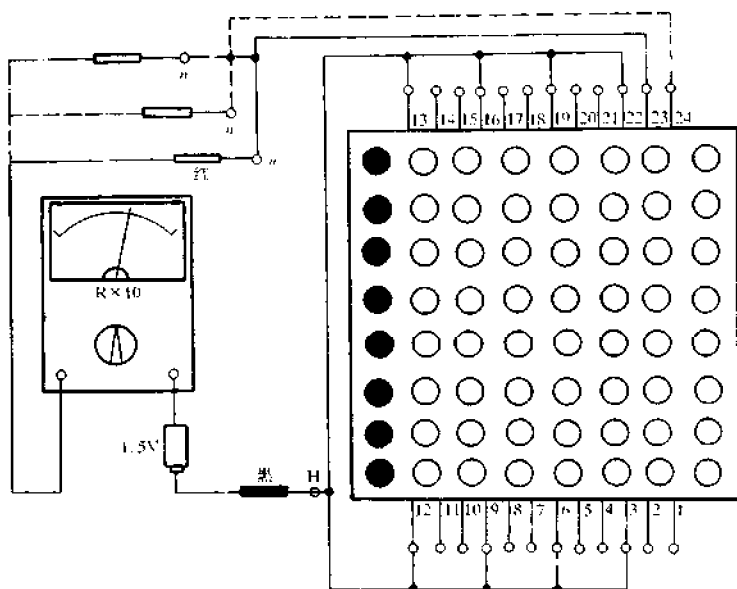


图 4-303 短接行驱动线检测 BF1050R/G 发光情况

第一步:检查发绿光情况。

将行驱动线 A(②)、B(⑱)、C(⑯)、D(⑬)、E(③)、F(⑥)、G(⑨)、H(⑫)短接合并为一个引出端 H,将黑表笔接 H 端,用红表笔依次去触碰列驱动线 a(⑳)、b(㉑)、c(⑰)、d(⑭)、e(②)、f(⑤)、g(⑧)、h(⑪),相应的列像素应同时发绿光。例如,当用红表笔触碰⑳脚(n 端)时,a 列的 8 个像素应同时发绿光。余者以此类推。

第二步:检查发红光情况。

黑表笔接法与第一步相同。用红表笔依次去接触列驱动线 a(㉒)、b(㉓)、c(⑲)、d(⑮)、e(①)、f(④)、g(⑦)、h(⑩),相应的列像素应同时发红光。例如,当用红表笔触碰㉒脚(n 端)时,a 列的 8 个像素应同时发红光。余者以此类推。

第三步:检查发复合光(橙色)的情况。

黑表笔接法不变。将 n 端和 n' 端短接(即把⑳脚与㉒脚短路),引出 n'' 端,用红表笔接触 n'' 端时,a 列的 8 个像素应同时发橙色光。按此法将㉑脚和㉓脚、⑰脚和⑲脚、⑭脚和⑮脚、②脚和①脚、⑤脚和④脚、⑧脚和⑦脚、⑪脚和⑩脚分别短接后进行测试,相对应的 b、c、d、e、f、g、h 列的像素均应分别发出橙光。

## § 4.94 检测电子管

由于晶体管和集成电路的优越性能和广泛应用,在家电产品中几乎全面取代了电子管。但近年来,因电子管音频放大器的线性好、动态宽、品质高,所以电子管又在音响设备中重新获

得应用,在市场上的占有量正逐步增加。

电子管分真空管和充气管,后者又称离子管,是抽空后充入低气压的惰性气体、氢气、汞蒸气等制成。真空管是因抽成  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  帕的“真空”而得名,应用比充气管广些。下面介绍常见电子管的使用常识及检测方法。

### 一、电子管的命名方法及使用注意事项

在我国,电子管的命名有如下两种方法。

第一种命名法是以数字开头的小型整流二极管和收、发信机用的小信号放大管,由4个字符组成。第一位是数字,表示灯丝电压的伏数,如1A2,2P2,6A2,12A7P等,其中,1代表1.2V;2代表2.4V;6代表6.3V;12代表12.6V。第二位是字母,表示电子管的类型,如:A为变频管;D为二极管;C为三极管;N为双三极管;P为功率放大五极管和束射四极管。第三位是数字,表示同类型管子的序号。第四位是字母,为管子的外貌,如P为普通玻璃管;K为金属陶瓷管,无字母时为外径19mm和22.5mm的花生管。如6N1是指灯丝电压为6.3V的双三极管,外径为22.5mm;6P3P为灯丝电压为6.3V的功率放大普通束射管。

第二种命名法是以字母开头的功率放大管及特殊用途的管子。最多也由四部分组成。第一部分为字母,表示管子类型,如FU为25~600MHz的发射管;T为调制管;WY为稳压管;O为十进制数字管。大功率放大管最后还注明其冷却方法,即S为水冷却、F为风冷却。如FU-500F是发射功率为500W的风冷却式功放电子管。

使用电子管时应严格遵照手册中规定的各极电压值,着重应注意以下事项。

(1) 灯丝电压不能过高或过低。如额定灯丝电压为6.3V时,上下限只有 $\pm 0.5V$ 的余地,即由5.8~6.8V。这是因为电压太低时灯丝产生热量不足,不能使电子管正常工作;电压太高,灯丝容易损坏,管子也易衰老,从而缩短其使用寿命。

(2) 屏极、帘栅极电压不能超过额定值。电子管手册中给出的各种管子“极限运用数据”是使用中的最高限值,实际使用时千万不能超过该值,否则容易使屏极功耗和帘栅极功耗过大而使电子管过早老化失效。

(3) 要有良好的散热条件,工作温度过高会使电子管过早老化而损坏。

(4) 更换电子管时,要对准管座沿垂直或水平方向拔插,不能左右摇晃以防管壳破裂。

(5) 电子管有一定的使用寿命,对一套设备来说,应有一套备用电子管,一旦有电子管低效,可以随时更换。

表4-103列出了常用功放电子管典型参数,供选用时参考。

表4-103 常用功放电子管典型参数

| 型 号         | 6P1 | 6P14  | 6P6P | 6P3P(6L6GC) | FU-7(807) | 6CA7(EL34) |
|-------------|-----|-------|------|-------------|-----------|------------|
| 灯丝电压(V)     | 6.3 | 6.3   | 6.3  | 6.3         | 6.3       | 6.3        |
| 灯丝电流(A)     | 0.3 | 0.76  | 0.45 | 0.9         | 0.9       | 1.5        |
| 屏极电压(V)     | 250 | 250   | 250  | 250         | 250       | 250        |
| 零信号屏极电流(mA) | 44  | 45~48 | 45   | 75          | 72        | 100        |
| 输出功率(W)     | 4.8 | 5~6   | 4.5  | 6~65        | 6.5       | 11         |

## 二、电子管的检测方法

### 1. 引脚识别

判别电子管引脚的方法根据国别、产地不同而略有区别,但对多数管子而言,引脚的排列是有规律可循的。把电子管引脚面对着识别者,找到引脚之间距离较大的一个缺口,然后按顺时针方向从1依次往下数。有管钥凸筋起定位作用的电子管,也是将引脚面对识别者,管钥凸筋向上仍从管钥凸筋右1脚按顺时针方向往下数。

(1) 小七脚、小九脚电子管引脚的排列。常用七脚管有 6A2、6K4、6J1、6Z4 等。常用九脚管有 6P1、6N2、6P14、6E2 等。这两类管子都属于玻璃外壳的小型电子管,亦称指形管或花生管。引脚排列见图 4-304(a)、(b)。

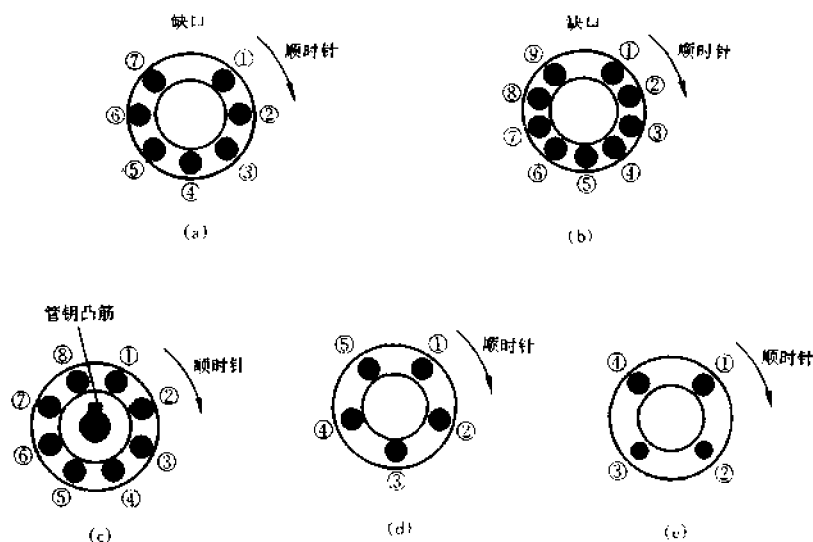


图 4-304 识别电子管引脚

(2) 八脚管的引脚排列。常用的八脚管很多,如 6P6P、6J8P、5Z3P 等,引脚排列见图 4-304(c)。

(3) 四脚管、五脚管的引脚排列。常见的五脚管有 FU-7;四脚管有 EG1-1.25/10、EG1-0.3/8.5。引脚排列见图 4-304(d)和(e)。对于四脚管,其较粗的两脚为灯丝。

### 2. 性能判定

电子管的性能检查一般应该使用专用的电子管测试仪器。但在业余条件下没有仪器也可用简便方法大致判断管子的好坏。

(1) 观察管子顶部的颜色。正常的管子,颜色是银色或黑色,如果是乳白色或浅黑色,则表明管子漏气或老化。

(2) 轻轻摇动或用手指轻弹管子,再细心上下颠倒几下,看管内有无碎片、白色氧化物、碎云母片等杂物,如有说明管子可能经过剧烈振动,内部可能有极间短路。

(3) 用万用表  $R \times 1$  电阻挡测量灯丝电阻,正常时约为几欧,如果电阻值为  $\infty$ ,则说明灯丝断路。对于不知灯丝引脚的电子管,可用  $R \times 1$  挡进行判别,将两表笔接在管子任意两脚间

测量,直到测得的电阻约为  $1 \sim 5\Omega$  时,则此二脚为灯丝引脚,两脚间电阻值即为灯丝电阻。具体灯丝电阻值视管型不同而异,大致规律是,灯丝电流越大,其电阻越小。如始终找不到电阻仅几欧的两引脚,则说明被测管的灯丝已断。

(4) 测量电极间是否漏电。用万用表  $R \times 10k$  挡测灯丝引脚与其他引脚间的电阻,除管内连通电极引出脚外(这两脚间电阻为  $0\Omega$ ),均应为  $\infty$ ,否则说明漏电,不能使用。因阴极受热易变形,故应特别注意检查阴极与灯丝间是否有漏电或短路现象。

(5) 检测阴极发射能力。判别电子管是否已经衰老,主要是看其阴极发射电子的能力如何。测试电子管阴极发射能力的简易方法是:给电子管灯丝加上额定电压,先预热  $1 \sim 2$  分钟,然后用万用表电阻挡测量阴、栅极间电阻。如果黑表笔接栅极、红表笔接阴极作正向测试,测得电阻为  $200 \sim 300\Omega$ ,再交换表笔作反向测试,测得电阻为  $500k\Omega$  以上,则说明被测管阴极发射能力正常。如果作正向测试所得电阻为  $400 \sim 500\Omega$ ,则说明阴极发射能力已经减弱。正向测试的电阻越大,表明衰老越严重。如有条件,可将旧管的测试数据与同型号的新管的测试数据作一比较,则更能准确判断旧管的衰老程度。

## § 4.95 检测石英晶体

### 一、石英晶体的性能特点

石英晶体也叫石英谐振器。它是利用石英的压电特性按特殊切割方式制成的一种电谐振元件,被广泛用于石英钟表、通讯设备、数字仪器仪表及家用电器中。此外,利用石英晶体还可制成压力、压差传感器。石英晶体的外形、电路符号、等效电路及电抗特性如图4-305所示。

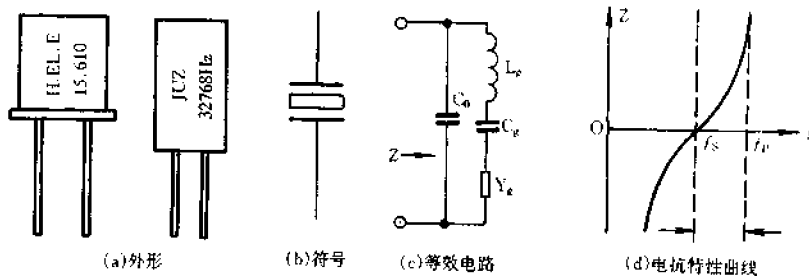


图4-305 石英晶体的外形、电路符号、等效电路和电抗特性曲线

石英晶体的特点是等效电感量很大,电容量很小,因此它的品质因数很高,一般可达几万乃至几十万,即具有很高的选频作用。所以用它做成的晶体振荡器具有很高的频率稳定度。

石英晶体的种类很多,大致分为普通型、精密型、高精密型三种,它们的频率稳定度分别可达  $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $> 10^{-8}$ 。电子表中用的  $32768\text{Hz}$  石英晶体属于普通型。高精密型石英晶体的壳内都带恒温槽,能进行温度补偿。例如国产 BA12 型高精密石英晶体的频率稳定度高达

$10^{-12}$ /日,可作为频率或时间的标准。

石英晶体是彩色电视机中必不可少的元件,主要用于解码电路中产生 4.43MHz 副载波信号或扫描电路中所需的 500kHz 振荡信号。另外,在遥控电路中也使用了石英晶体作振荡元件。

## 二、石英晶体的检测方法

方法一:

用万用表  $R \times 10k$  挡测量石英晶体两引脚之间的电阻值,应为无穷大。若实测电阻值不为无穷大甚至出现电阻为零的情况,则说明晶体内部存在漏电或短路性故障。注意,用测量晶体两引脚间电阻的方法判断晶体好坏是很粗略的。对于晶体引脚在内部断路性的故障,用测量电阻的方法是检测不出来的。

方法二:

先用万用表  $R \times 10k$  挡测量晶体两引脚间的电阻值,若为无穷大,说明晶体无短路或漏电。然后,将试电笔插入市电插座的火线孔内,用手指捏住晶体的任一引脚,将另一引脚触碰电笔顶端的金属部分,若试电笔氖泡发红,说明晶体是好的,若氖泡不亮,说明晶体已经损坏。

方法三:

晶体是在压电材料两面涂上银层,再在银层上焊上电极引线作引脚,并经封装而制成的。这种元件就像是一个小电容器,用测量小电容器的方法来判定晶体好坏是比较可靠的办法。具体的测量方法参见图 4-306 所示。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,用两只 NPN 型三极管(如 3DG6、3DG201A、9013 等)接成达林顿管后再接到万用表上。测量时,将两表笔分别接到待测晶体的两个引脚上,如果万用表的指针像测量电容器一样,从无穷大向右微微摆动一下,然后又回到无穷大,则说明被测件是好的;如果指针一动不动,说明被测件内部断线,已损坏;如果测出被测元件两个引脚间的电阻很小,说明该元件内部有短路性故障。

注意,在每次测量前,应将晶体的两个引脚短路,以便把其内部储存的电荷放掉。由于达林顿管的放大系数很高,测量时人手不要触碰被测元件的两个引脚,以免影响测量结果。

方法四:

以鉴别彩色电视机遥控器晶体的好坏为例,介绍此法的具体操作。

将遥控器后盖打开,找到晶体所在位置和电源负端(一般彩色电视机遥控器均采用两节 1.5V 干电池串联供电),把万用表置于 DC10V 电压挡,黑表笔固定接在电源的负端。先在不按遥控键的状态下,用红表笔分别测出晶体两引脚的电压值,并将两个电压数值记录下来;然后按下遥控器上的任一功能键,再用红表笔分别测出晶体两引脚的电压值,并将两电压值再次记录下来。将两次测得的电压值与表 4-104 所列数值进行比较,若基本一致说明晶体工作正常;若所得数值与表列数值差异较大,则说明晶体工作不正常。

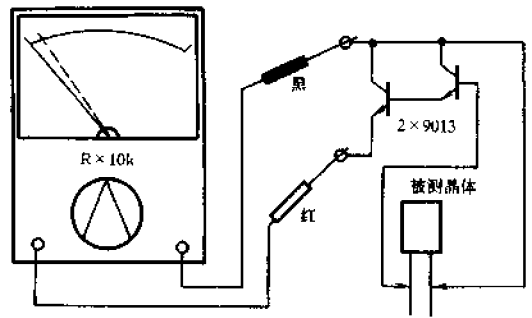


图 4-306 外加三极管测量晶体好坏

表 4-104

遥控器晶体的正常端电压

|       | 输入端  | 输出端  |
|-------|------|------|
| 未按功能键 | 0    | 3V   |
| 按下功能键 | 1.5V | 1.5V |

## § 4.96 检测驻极体话筒

### 一、驻极体话筒的结构和性能特点

驻极体话筒简称 ECM, 是一种常用的能将声音信号转换成电信号的声-电转换器件。它的突出特点是体积小、重量轻、结构简单、使用方便、寿命长、频响宽、灵敏度高, 且价格也比较低廉。因而被广泛应用于盒式录音机、无线话筒及声控开关等电子电路中。

构成驻极体话筒的核心器件是驻极体振动膜。它实际上是一种经永久性极化处理的电介质。其制作原理是, 将一片极薄的塑料膜片的一面蒸发上一层纯金薄膜, 然后将其置于高压电场之下驻极, 使两面分别驻有能长期保持的异性电荷。膜片的蒸金一面向外, 与金属外壳相通, 膜片的另一面与金属极板之间用很薄的绝缘衬圈隔离开。这样, 蒸金膜与金属极板之间便形成了一个电容。当驻极体膜片受到声波作用而振动时, 就引起电容两端的电场发生变化, 从而产生随声波变化的交变电压信号。

驻极体的输出阻抗值很高, 约几十兆赫以上。因此, 使用时不能直接与音频放大器匹配, 需加一级阻抗变换器, 将高阻抗变为几百欧或几千欧的低阻抗。通常, 阻抗变换器是由低噪声结型场效应管构成。场效应管的特点是输入阻抗极高, 噪声系数比较低。图 4-307 是驻极体话筒的实物结构分解、接线、外形和电路符号。

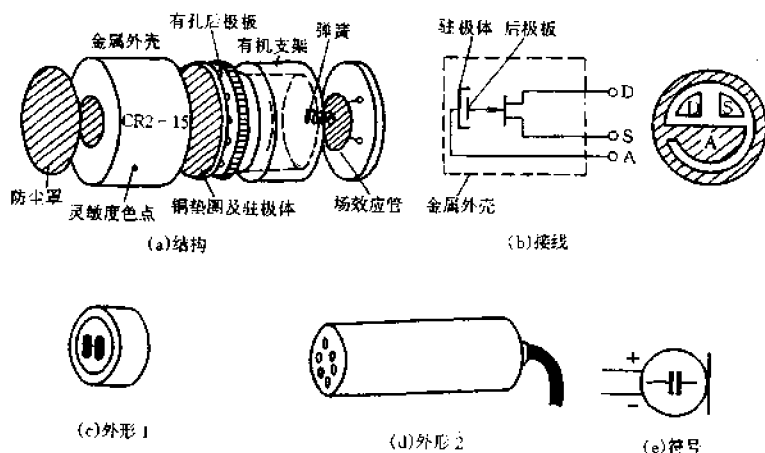


图 4-307 驻极体话筒的结构、外形和符号



驻极体话筒与应用电路有两种接法,如图 4-308(a)、(b)所示,分别为源极输出与漏极输出方式。

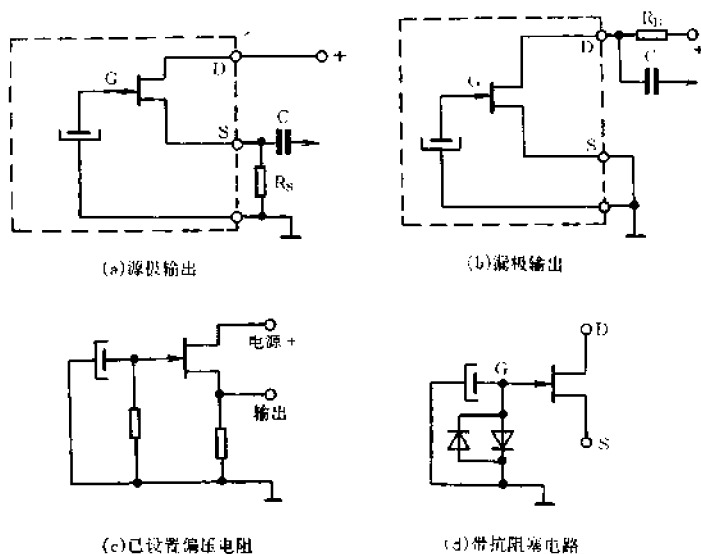


图 4-308 驻极体话筒与应用电路的连接方式

源极输出类似于晶体三极管的发射极输出,需设置三根引出线。漏极 D 接电源正极,源极 S 与地之间接一电阻  $R_S$  来提供源极电压,信号由源极 S 经电容 C 输出。编织线接地起屏蔽作用。源极输出方式的输出阻抗小于  $2\text{k}\Omega$ ,电路比较稳定,动态范围大,但输出信号比漏极输出小。

漏极输出类似晶体三极管的共发射极放大器,只需设置两根引出线。漏极 D 与电源正极间接一漏极电阻  $R_D$ ,信号由漏极 D 经电容 C 输出。源极 S 与编织线一起接地。漏极输出方式有电压增益,因而话筒灵敏度比源极输出时要高,但电路动态范围略小。

$R_S$  和  $R_D$  的大小要根据电源电压大小来决定,一般可在  $2.2 \sim 5.1\text{k}\Omega$  之间选取。例如电源电压为  $6\text{V}$  时,  $R_S$  为  $4.7\text{k}\Omega$ ,  $R_D$  为  $2.2\text{k}\Omega$ 。在图 4-308(a)、(b)所示输出电路中,若电源为正极接地时,只需将 D、S 对换一下,仍可成为源、漏极输出方式。

有些驻极体话筒内已设有偏置电阻,如图 4-308(c)所示,使用时无需另外再加偏置电阻。采用此种接法的驻极体话筒适用于高保真小信号放大场合,其缺点是在大信号下容易发生阻塞。图 4-308(d)是加有抗阻塞电路的驻极体话筒接线方法。话筒内的场效应管栅极(G)与地之间接有两只反向并联的二极管,其中一只二极管在大信号时起导通分流抗阻塞的作用,另一只起稳定栅压的作用。在这种话筒中,场效应管的源极与漏极是可以互换的。但是在有些话筒中,场效应管的源极与两只抗阻塞二极管是一起接地的,在不改变电压极性的情况下,源极与漏极不能互换。

少数驻极体话筒产品内部没有加装场效应管,两个输出接点可以任意接入电路,但最好把接外壳的一点接地,另一点接入由场效应管组成的高阻抗输入前置放大器。

在选用驻极体话筒时,重点应注意其灵敏度的高低。驻极体话筒的灵敏度通常用白、蓝

(绿)、黄、红等色点来分档,白点灵敏度最高,红点最低。有的话筒则以防尘罩的相应颜色来表示灵敏度,也有的用与型号有明显区别的 A、B、C 等字母表示, A 为最低灵敏度,顺序逐次类推。

使用驻极体话筒时应注意,内部带有场效应管的话筒不加偏压而直接加在音频放大器输入端是不能工作的。

国产驻极体话筒的典型产品有 CRZ2-9、CRZ2-11 和 ZCH-12 等型号。其中,CRZ2-9 的外形尺寸为  $\phi 11.5 \times 19(\text{mm})$ ,引出线使用的是屏蔽线,为两端引线方式,屏蔽层是正极。它的电压灵敏度为  $0.5\text{mV}/\text{mPa}$ ,频响范围为  $50 \sim 10000\text{Hz}$ ,输出阻抗为  $1\text{k}\Omega$ 。

## 二、驻极体话筒的检测方法

### 1. 电阻测量法

测量方法参见图 4-309(a)所示。测量时,将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1\text{k}$  挡,红表笔接驻极体话筒的芯线或信号输出点,黑表笔接引线的金属外皮或话筒的金属外壳。一般所测阻值应在  $500\Omega \sim 3\text{k}\Omega$  范围内。若所测阻值为  $\infty$ ,则说明话筒开路,若测得阻值接近  $0\Omega$ ,则表明话筒有短路性故障。如果阻值比正常值小得多或大得多,都说明被测话筒性能变差或已经损坏。

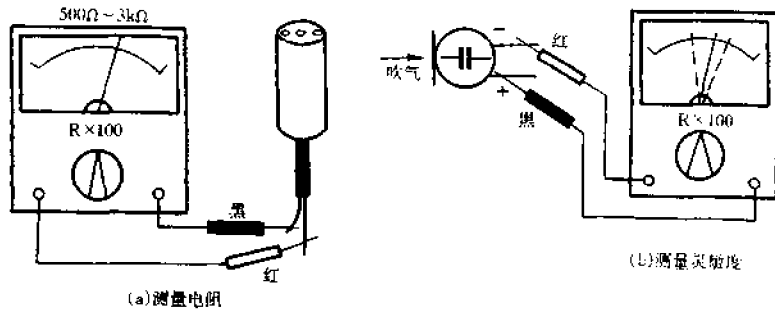


图 4-309 检测驻极体话筒

### 2. 灵敏度测量法

检测方法如图 4-309(b)所示。将万用表置于  $R \times 100$  挡,将红表笔接话筒的负极(一般为话筒引出线的芯线),黑表笔接话筒的正极(一般为话筒引出线的屏蔽层),此时,万用表应指示出某一阻值(例如  $1\text{k}\Omega$ ),接着正对着话筒吹一口气,并仔细观察指针,应有较大幅度的摆动。万用表指针摆动的幅度越大,话筒的灵敏度越高,若指针摆动幅度很小,说明话筒灵敏度很低,使用效果不佳。若吹气时发现指针不动,可交换表笔位置再次吹气试验,若指针仍然不摆动,则说明话筒已经损坏。另外,如果在未吹气时,指针指示的阻值便出现漂移不定的现象,则说明话筒稳定性很差,这样的话筒是不宜使用的。

对于有三个引出端的驻极体话筒,只要正确区分出三个引出线的极性,将黑表笔接正电源端,红表笔接输出端,接地端悬空,采用上述方法仍可检测鉴定话筒的性能优劣。下面举两个检测实例。

实例一:

驻极体话筒型号为 CRZ2-9,使用 500 型万用表  $R \times 100$  挡。当将红表笔接芯线,黑表笔接屏蔽层时,指针指示  $1\text{k}\Omega$  阻值。随即正对着话筒断续吹气,万用表指针在  $600\Omega \sim 2\text{k}\Omega$  范围

内摆动,幅度比较大,说明该话筒灵敏度正常。

实例二:

驻极体话筒型号不清,壳体上无标记。仍选择 500 型万用表 R $\times$ 100 挡。将红表笔接芯线,黑表笔接屏蔽层时,指针停在 700 $\Omega$  处,对着话筒用力吹气时,指针仅微微摆动,范围在 650~750 $\Omega$  之间。说明此话筒灵敏度很低,已不能正常使用。

### 三、驻极体话筒的代换

驻极体话筒损坏后,可用同型号的话筒更换,也可采用不同型号的话筒代换。

#### 1. 引出端相同的话筒代换

先分清原话筒是几端引出方式,然后对照原理图或实物找出各引线的去向,把电源线、输出线、接地线一一对应接到代换话筒相应端点。代换后的效果应与原话筒基本相同,如发现效果差、失真等异常现象,调整一下相应的偏置电阻即可。

#### 2. 引出端不同的话筒代换

用两端话筒代替三端话筒时,要在输出端与电源线之间串接一只 4.7k $\Omega$  左右的降压电阻 R,在输出端与电路之间串接一只隔直流电容 C。如图 4-310(a)所示。

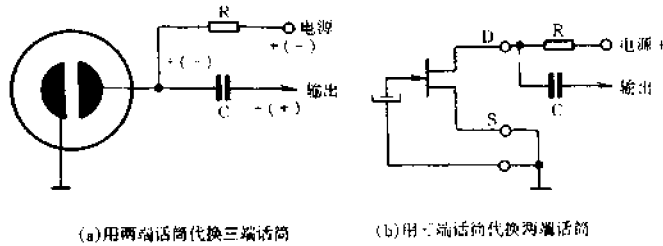


图 4-310 驻极体话筒的代换

用三端话筒代替两端话筒时,可将三端话筒的源极(S)或漏极(D)接外壳,再接入电路使用,如图 4-310(b)所示。

## § 4.97 检测电容式话筒

有的便携式收录机上用的是电容式话筒,这种话筒需要外加电压才能工作,因此它不能直接插入收录机的“MIC”插孔使用。

检测电容式话筒的电路如图 4-311 所示。使用万用表的 50 $\mu$ A 挡,将电路接好以后,未对话筒吹气时,万用表指针不摆动,当对着话筒吹气时指针应摆动。吹气时,离话筒越近,万用表指针摆动幅度越大,则说明话筒良好。如果离话筒很近时吹气,万用表指针仍摆动很小或根本就不摆动,则说明话筒灵敏度很差或已经失效。测量时,若

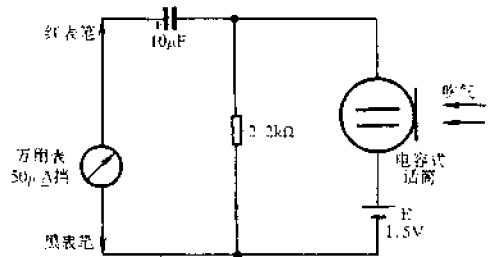


图 4-311 检测电容式话筒

未吹气时万用表指针出现游移不定现象,则说明被测话筒稳定性差。

此外,采用以上方法还可以比较两只电容式话筒的灵敏度。在相同距离条件下分别对两只电容式话筒发出同样大小的声音(可用磁带放音)进行测试,则万用表指针摆动幅度大的那只话筒灵敏度较高。

进行以上测试,也可用万用表的 1mA 挡,但指针摆动幅度比较小。

电容式话筒与驻极体话筒从外观上有时不好区分,这时可采用以下方法进行判别:将万用表置于  $R \times 1k$  挡,用两表笔先后测量待区分话筒的两根引线,若测得的电阻仅  $1k\Omega$  左右,且对其吹气时阻值不变,则是电容式话筒;若测得两根引线电阻为  $1.5 \sim 3k\Omega$ ,对其吹气时指针向左摆动(即阻值变大),则是驻极体式话筒。

## § 4.98 检测动圈式话筒

### 一、动圈式话筒的构造

动圈式话筒也称电动式话筒,其构造如图 4-312 所示。它由永久磁铁、音膜、音圈和阻抗匹配变压器等几个部分组成。音膜上粘有一个圆筒形的纸质音圈架,上面绕有线圈(音圈),见图 4-312(b)。音圈位于强磁场的缝隙中,当入射的声波到达膜片,并使膜片振动时,音圈随膜片振动的同时在磁场中切割磁力线便产生感应电动势,这样就把声能转换成电能。显然,它工作时不需外加电压。由于音圈圈数较少,阻抗较低,有时为了使它与扩音设备的输入电路实现阻抗匹配,在动圈式话筒中安装了一只升压变压器,用以进行阻抗变换。目前使用的动圈式话筒基本上都没有阻抗匹配变压器,它在音圈绕制工艺上采用细线多层绕制方法,使得话筒的输出阻抗能达到  $200\Omega$  左右,既省掉了变压器,又提高了话筒的技术指标。动圈式话筒有音质较好、结构简单、价格低廉、稳定可靠、使用方便、适应性强、固有噪声小、动态范围大等特点。适用于语言和高音强场合的拾音。

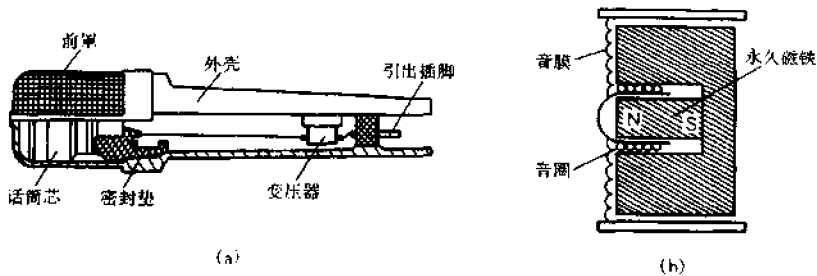


图 4-312 动圈式话筒的构造

### 二、动圈式话筒的检测方法

动圈式话筒分低阻(阻抗为几百欧)和高阻(阻抗为几十千欧,接有阻抗变压器)两种。检测方法如图 4-313 所示。用万用表电阻挡测量话筒芯线与屏蔽线(二者由插头引出)间的电

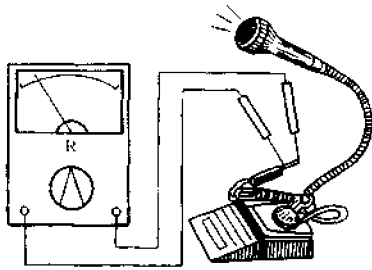


图 4-313 检测动圈式话筒

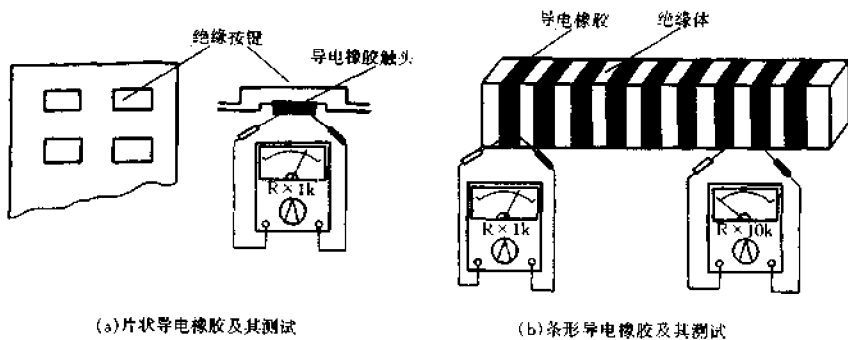
阻(测低阻话筒时置于  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡,测高阻话筒时用  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡),其阻值应与上述各自阻值相吻合(直流电阻值略低于阻抗值)。测试时,可将一支表笔固定接在插头的一电极上,用另一支表笔碰触插头的另一电极,此时应听到话筒发出“喀喀”声。注意,低阻话筒用  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡测量时电流比较小,碰触时流过话筒的电流也较小,因而话筒发声很微弱,但若被测话筒良好,只要仔细聆听,仍可听到“喀喀”声。

在进行以上测量时,如果电阻为  $0\Omega$ ,说明话筒已短路;若电阻为  $\infty$ ,则表明被测话筒内部断路。碰触插头电极时话筒一点也不发声,表明话筒已损坏失效。

## § 4.99 检测导电橡胶

常见的导电橡胶有两种:一种是片状导电橡胶,常用于彩色电视机遥控器和电子计算器按键开关;另一种是条形导电橡胶,常用于电子手表和电子计算器中联液液晶显示板和 CMOS 电极。

图 4-314(a)为片状导电橡胶的结构及其测试示意图。由于有多个按键,所以有多块导电橡胶,每块做成圆形或方形,其特点是各个方向导电性能基本相同。用万用表  $R \times 1k$  挡在任意方向测量任意两点间电阻时,均应导通。具体的阻值视要求不同而异,例如彩色电视机遥控器按键导电橡胶的电阻在  $100 \sim 200k\Omega$  以下,而电子计算器中用的导电橡胶的电阻则多在几十千欧以下。注意,这一阻值与测量点之间距离的远近,以及导电橡胶的成份(有的用碳黑,有的用银粉)、质量有关。如测得的阻值很大或为  $\infty$ ,则说明导电橡胶已老化失效。



(a) 片状导电橡胶及其测试

(b) 条形导电橡胶及其测试

图 4-314 导电橡胶的结构及其测试

图 4-314(b)为条形导电橡胶的结构及其测试示意图。这种器件为长条形状,主要由绝缘层和导电层相间组成,所以又称斑纹橡胶。测试时,先用  $R \times 1$  或  $R \times 100$  挡测量任一导电层上任意两点间电阻,均不应大于  $400\Omega \sim 2k\Omega$ ,如测得电阻值太大,则说明导电橡胶已经老化。然后用  $R \times 10k$  挡测任意两导电层(或任意导电层与绝缘层)之间的电阻,均应为  $\infty$ ,否则说明

绝缘层漏电,不宜使用。

## § 4.100 检测薄膜开关

### 一、薄膜开关的性能特点

薄膜开关也叫膜片式开关,具有体积小、重量轻、密封性好、抗划痕性能强、易于清洗、外观精美等突出优点,而且其实际使用寿命超过 100 万次。

薄膜开关分为柔性薄膜开关和硬性薄膜开关两种类型。柔性薄膜开关的结构如图 4-315 所示。它是将  $5\mu\text{m}$  厚的导电银浆印刷在柔性聚脂薄膜基片上而制成的。其特点是柔软性较好,能承受 50 万次弯折试验而不损坏,总厚度仅 1.2 ~ 1.5mm,安装时需加衬板。背面有强力压敏胶层,揭掉防粘纸后,即可贴在仪器面板上。引出线为薄膜导电带,并配以专用插座连接,经面板上的进线口引入到仪器的内部。

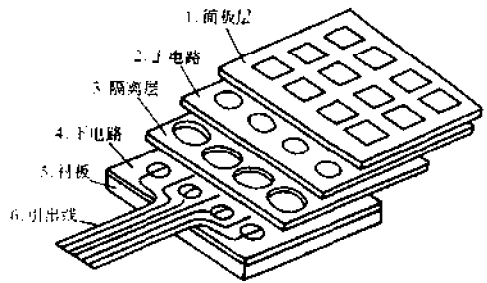


图 4-315 柔性薄膜开关的结构

硬性薄膜开关与柔性薄膜开关的不同是其开关电路直接印在双面印制电路板上,印制板上还可直接安装 LED 数码管、指示灯等器件。

### 二、薄膜开关的检测方法

现以国产 BLD-2 型薄膜开关为例,介绍检测方法。图 4-316 是 BLD-2 型薄膜开关的外形和内部电路图。它采用 16 键标准键盘,为矩阵排列方式,仅 8 根引出线。

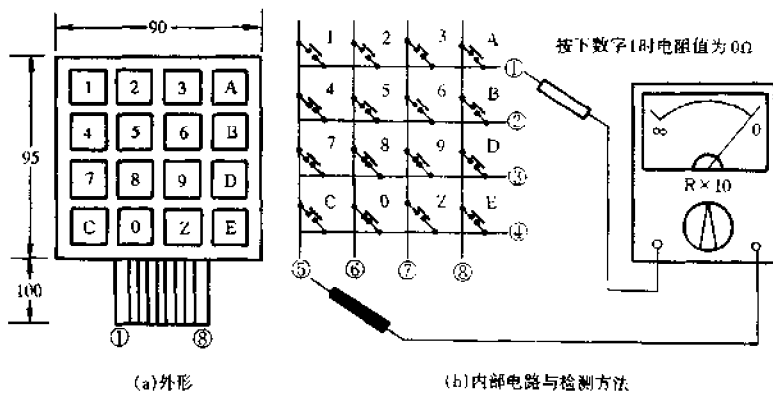


图 4-316 BLD-2 型薄膜开关的外形、内部电路及检测方法

#### 1. 检测开关通断是否正常

参见图 4-316(b)。图中,①~⑧为引出端的序号。将万用表置于  $R \times 10$  挡,两支表笔分别接①和⑤,当用手指按下数字键 1 时,若电阻值为  $0\Omega$ ,说明①~⑤接通,当松开手指时,电阻

值应为无穷大。若把两支表笔分别接到④和⑥上,则在按下0时,电阻值应为 $0\Omega$ 。依照此法可依次对其他开关键进行检查。

## 2. 检测线间绝缘情况

将万用表置于 $R \times 10k$ 挡,不按薄膜开关上任何一键,保持全部按键均处于抬起状态。先把一支表笔接在引出端①上,用另一支表笔依次去接触②~⑧;然后再把一支表笔接②,用另一支表笔依次接触③~⑧。以下参照此法依次进行,直到测完⑦、⑧端之间的绝缘情况。在整个检测过程中,万用表指针都应停在 $\infty$ 位置不动。如果发现某对引出端之间的电阻不是无穷大,则说明该对引出线之间有漏电现象。

# § 4.101 检测推推开关

## 一、推推开关的结构特点

此种开关在电子设备中一般作为电源开关使用。当用手指沿着推柄方向推一下时,电源接通;再推一下时,电源切断,因此称其为推推电源开关。

推推开关的外形、内部结构及触点通断关系如图4-317所示。初始状态时,触点1与触点2分离,电路断开。当推柄在外力作用下向左移动时,压簧和弹性弯曲片开始受力变形,活动触片的上端同时向左摆动(以触点1为轴心)。当活动触片的轴线越过推柄轴线的垂直方向时,在支撑片与弹性弯曲片共同作用下,活动触片下端开始离开固定端子1的凸起部分,触点

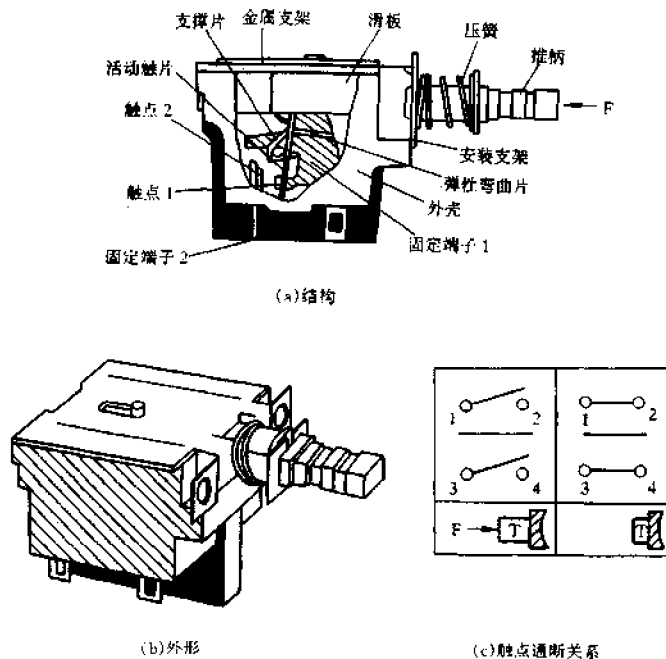


图4-317 推推开关的结构、外形及触点通断关系

1 与触点 2 迅速接触、闭合,开关发生转换。同时。自锁机构使滑块位置固定,开关触点一直闭合。当开关推柄再一次受到推力时,开关自锁机构松脱,在压簧与弹性弯曲片的作用下,滑块开始向右移动,活动触片也随之向右摆动,触点 1 迅速离开触点 2,电源切断。

推推开关是一种双刀开关,它能同时完成双路切换。图 4-317(c)是推推开关触点通断关系动作示意图,图中,1、2、3、4 分别是推推开关的四个固定端子,F 是开关受到的推力,T 是开关推柄。

## 二、推推开关的检测方法

由图 4-317 可知,推推开关实际上有两组触点,即触点 1、2 为一组,触点 3、4 为一组。测量时,将万用表置于  $R \times 1$  挡,先使开关处于原始状态,测 1、2 两触点和 3、4 两触点,阻值应为无穷大,然后将开关推入,此时测量 1、2 点应接通,3、4 点也应接通,阻值均为  $0\Omega$ 。如果接通时万用表指针不为  $0\Omega$ ,则说明开关内部触点有接触不良的故障。

# § 4.102 检测直键开关

## 一、直键开关的结构特点

直键开关常在收录机中作波段开关、声道转换、响度控制及电源开关使用。直键开关的外形结构如图 4-318 所示,其外壳为塑料结构,内部每组触点的接触方式为单刀双掷式,即每组开关有三个触点,中间的 2 为刀位,两端的 1 和 3 为掷位。直键开关又分为自复位式和自锁式两种。

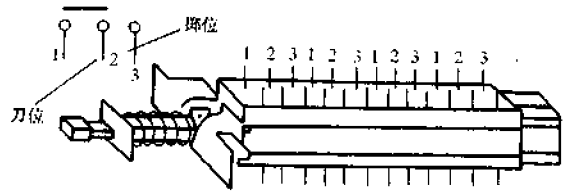


图 4-318 直键开关的外形和结构

自复位式开关在工作时须压下开关柄,当不压开关柄时,因开关上的弹簧作用而能自动复位。

自锁式开关设置了锁簧,当开关压下时,因开关柄被锁簧卡住而处于自锁状态。若欲使开关复位,必须再次压下开关柄。这种直键开关也有多只联动式的,当按下其中一只开关时,其余开关均复位。

## 二、直键开关的检测方法

由图 4-318 可知,这种开关的两排引脚是呈对应排列方式,且互相独立,各自的每三个引脚为一组。测量时,可将万用表置于  $R \times 1$  挡,检查各组开关的通断情况是否正常。当开关未按下时,刀位 2 应与掷位 1 接通而与掷位 3 断开;当开关按下时,刀位 2 应与掷位 3 接通而与掷位 1 断开。



## § 4.103 检测杠杆式开关

杠杆式开关的外形结构如图 4-319 所示。其操作柄与开关滑动杆是采用杠杆轴式连接,扳动开关柄,就会带动开关滑动杆运动,从而改变内部触点位置。开关内每组触点的方式有单刀双掷、单刀三掷和单刀四掷等数种。这种开关多用于录音机中的声道转换、等响度控制、磁带选择、收录转换和波段开关等。

图 4-319 所示为三掷式杠杆式开关,每四个引脚为一组,其中 0 为刀位,1、2、3 为掷位。检测时,可使用万用表  $R \times 1$  挡进行测量。当控制杠杆拨到最上端 A 的位置时,刀位 0 只与掷位 1 接通,与掷位 2、3 断开;当杠杆拨到 B 的位置时,刀位 0 只与掷位 2 接通,与掷位 1、3 断开;当杠杆拨到 C 的位置时,刀位 0 只与掷位 3 接通,与掷位 1、2 断开。依此规律可将各组引脚通断情况测出,以判断有无故障。

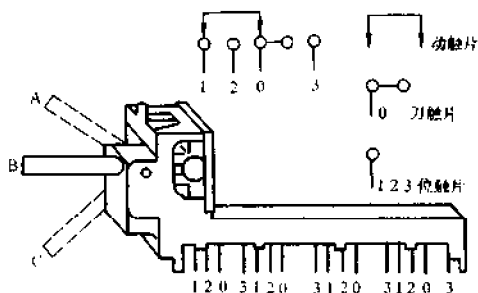


图 4-319 杠杆式开关的外形和结构

## § 4.104 检测收录机录放开关

该种开关是盒式收录机中专供转换录音、放音状态用的,其外壳为金属结构,内部触点是单刀双掷式,引脚为单排式,如图 4-320 所示。平时,录放开关的常闭触点接在放音位置。当录音时,机芯录音键上的压板动作,压下开关柄,则开关的刀位 2 由原来接通 1(放音状态)改为接到 3(录音状态)。当录音完毕时,由于录音键复位,开关柄不再受压,开关在弹簧的作用下自动复位,又处于放音状态。

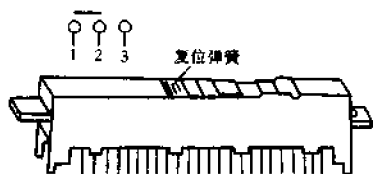


图 4-320 录放开关的外形和结构

由图 4-320 可见,这种开关的排列规律是每三个引脚为一组,一般常见的为 9 组共 27 个引脚。其中,2 为刀位,1、3 为掷位。检测时,将万用表置于  $R \times 1$  挡,先使开关处于自复位状态,此时测量刀位 2 应与掷位 1 接通而与掷位 3 断开;然后用手压下开关柄,此时测量刀位 2 应与掷位 3 接通而与掷位 1 断开。如此一组一组依次进行检查。如测试中发现该通时不通或该断时不断,则说明被测相应开关组的动触片和位触片有损坏现象。测试时要注意,测“断开”状态时,万用表指针应指在无穷大位置,测“接通”状态时,万用表指针应指在  $0\Omega$ 。如果在“断开”状态,指针不在无穷大位置,则说明引脚间有漏电;如果在“接通”状态时,万用表指针指示不到  $0\Omega$ ,则说明开关内部的动触片和位触片有接触不良的现象。

## § 4.105 检测收录机磁头

### 一、磁头的结构和种类

收录机中的磁头,分为录音磁头,放音磁头和抹音磁头。绝大部分盒式收录机的录音磁头和放音磁头合用一个磁头,称录放磁头。而抹音磁头则在电路中单独设置。

#### 1. 录放磁头

录放磁头分为单声道磁头和双声道磁头。图 4-321 所示的是单声道录放磁头的外形、内部结构和电路符号。双声道磁头是把两个单声道磁头组合在一起构成的。

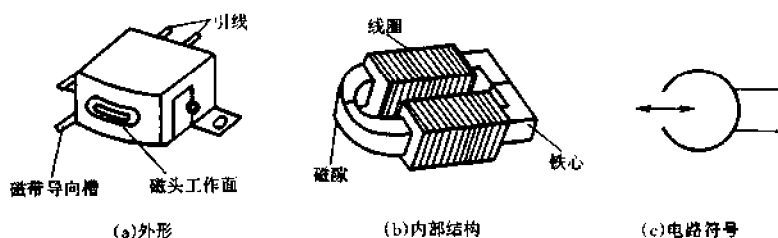


图 4-321 录放磁头的外形、内部结构和电路符号

从阻抗上分,录放磁头可分为高阻抗、中阻抗和低阻抗三种,目前国内外生产的录放磁头的阻抗有  $600\Omega$ 、 $1300\Omega$ 、 $2000\Omega$  等几种规格。

#### 2. 抹音磁头

抹音磁头在盒式收录机内是将磁带上的磁信号消去的元件。其外形和电路符号如图 4-322 所示。

根据抹音方式,抹音磁头分直流抹音、交流抹音和恒磁抹音三种类型。直流抹音磁头和交流抹音磁头的结构形式与录放磁头相类似。其工作缝隙较大,一般在  $0.02 \sim 0.5\text{mm}$  左右。直流抹音磁头的阻抗在  $500\Omega$  左右,交流抹音磁头的阻抗在  $100\Omega$  左右。恒磁抹音磁头为一块磁性较强的硬磁材料制成的磁钢,不需要铁心和线圈,也不需加直流电或交流电。

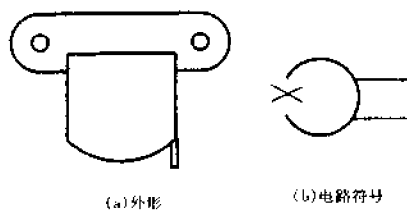


图 4-322 抹音磁头的外形和电路符号

### 二、磁头的检测方法

#### 1. 区分录放磁头与抹音磁头

根据磁头前端面上的工作缝隙的宽窄,可以很准确地把录放磁头和抹音磁头区分开。录放磁头的工作缝隙为  $1 \sim 3\mu\text{m}$ ,用眼睛是无法看到的。而抹音磁头的工作缝隙为几十微米,只要仔细观察,用眼睛完全可以看到垂直于磁头工作面上的缝隙。对于立体声磁头,凡是有 4 个引脚的都是录放磁头,而只有 2 个引脚的则为抹音磁头。

## 2. 判别单声道磁头与双声道磁头

单声道录放磁头内部有一组线圈,相应的工作缝隙只是完整的一段,其引脚为两个;而双声道立体声磁头的内部有两组线圈,相应的工作缝隙分为两段,其引脚则有四个。显然,根据这些特点可以很容易将单声道磁头和双声道磁头加以区分。

## 3. 判别交流抹音磁头与直流抹音磁头

交流抹音磁头线圈的直流电阻只有几欧,而直流抹音磁头线圈的直流电阻约为几百欧。根据电阻值的差异,用万用表相应的电阻挡可以很容易的将二者正确区分。

## 4. 判断磁头磨损程度

### (1) 根据工作端面来判断

良好的磁头,其工作端面呈均匀的圆弧状,且非常光洁,无任何划痕,工作缝隙用眼睛很难观察到。如果磁头工作端面出现被磨平、磨偏的现象,或磨出明显的缝隙,则表明该磁头已经严重磨损需要更换新件。

### (2) 根据录、放音效果来判断

录音机磁头的补偿电路、偏磁电流在出厂时均调整在指标要求之内。当磁头磨损较轻时,将使录音机的高频响应变差,放音信噪比下降。当磁头磨损严重时,录音灵敏度将显著下降,放音输出幅度减小,音量变轻,高音损失特别严重,信噪比大为下降,放出来的声音变得模糊浑浊而低沉。对于抹音磁头则表现为抹音不净的现象。

### (3) 根据使用时间判断

通常,普及型收录机所使用的坡莫合金磁头,其寿命为 500~1000 小时左右。而铁氧体磁头和铁硅铝磁头的耐磨性能大大提高,其寿命为坡莫合金磁头的 8~9 倍。磁头的实际寿命与使用条件有很大关系,温度过高、湿度过大、灰尘较多的环境,使用劣质或硬度较大的磁带( $\text{CrO}_2$ 带),磁带或磁头表面污物太多以及机械传动部分灵活与否等,都对磁头的使用寿命有直接的影响。

## 5. 测量直流电阻判别好坏

将万用表置于  $R \times 10$  挡,测量磁头两引脚间的电阻值时,一般录音磁头的直流电阻在 100~500 $\Omega$ 左右,交流抹音磁头直流电阻在 10 $\Omega$ 左右,直流抹音磁头直流电阻在 200~300 $\Omega$ 左右。测量时,如发现电阻值为  $\infty$ ,说明磁头内部线圈已经开路;若电阻值为 0 $\Omega$ ,则说明内部短路。

## 6. 测量绝缘性能

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量磁头引脚与外壳之间的电阻值,应为  $\infty$ 。对于双声道磁头,还应测量一下两个声道线圈之间电阻值,也应为  $\infty$ 。如果所测阻值为 0 $\Omega$  或不为  $\infty$ ,说明磁头内部线圈与外壳或两个声道线圈之间发生了短路或漏电性故障。

## 7. 测量直流电阻估算交流参数

首先用万用表电阻挡测出磁头线圈的直流电阻  $R_0$  值(双声道立体声磁头只测其一组线圈电阻即可),然后从表 4-105 相应栏中即能查出相应的交流参数的估算值。

表 4-105

磁头直流电阻与交流参数对照表

| 声道<br>参数                      | 单         |           | 双         |           | 单         |           | 双         |           | 单        |           | 双        |          |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
|                               | 单         | 双         | 单         | 双         | 单         | 双         | 单         | 双         | 单        | 双         | 单        | 双        |
| 直流电阻<br>$R_0$<br>( $\Omega$ ) | 200 ~ 500 | 240 ~ 500 | 130 ~ 240 | 220 ~ 360 | 110 ~ 200 | 200 ~ 300 | 100 ~ 160 | 160 ~ 240 | 90 ~ 140 | 140 ~ 200 | 40 ~ 110 | 90 ~ 160 |
| 阻抗 $Z_1$<br>( $\Omega$ )      | 2000      |           | 1600      |           | 1250      |           | 800       |           | 500      |           | 300      |          |
| 电感量 $L$<br>(mH)               | 300       |           | 250       |           | 200       |           | 125       |           | 80       |           | 60       |          |
| 放音<br>灵敏度<br>( $\mu V$ )      | > 500     | > 300     | > 450     | > 280     | > 400     | > 250     | > 320     | > 200     | > 250    | > 150     | > 200    | > 100    |
| 录音<br>灵敏度<br>( $\mu A$ )      | < 60      | < 44      | < 70      | < 56      | < 80      | < 63      | < 100     | < 80      | < 125    | < 100     | < 160    | < 125    |

### 8. 根据补偿电容估算磁头参数

在普及型收录机中,为改善高频端的频率响应特性,多在磁头的两端并联一只电容,如图 4-323 中的  $C$ 。 $C$  与磁头线圈组成了谐振电路,在一般三级盒式收录机中,此谐振频率  $f_0$  为 7 ~ 10kHz。据此可算出磁头电感量

$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C}$$

举例说明,若  $C$  取 4700pF,  $f_0$  取 8kHz,则

$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C} = \frac{1}{(2 \times 3.14 \times 8 \times 10^3)^2 \times 4700 \times 10^{-12}} \approx 84(\text{mH})$$

根据此电感量值,查表 4-105,便可得到磁头的几项参数。

注意,利用表 4-105 来查取磁头的参数值是比较粗略的。但对于检测判断一些型号不清的磁头性能也是有一定的参考价值的。

### 9. 磁头测试后的消磁

从理论上讲,采用万用表电阻挡(特别是低阻挡)对磁头进行检测时,会有电流流过磁头,此电流会对磁头充磁,以至影响录放音效果,但实际上要求并不是很严格。如果担心磁头已经带上剩磁,可以采用下述方法对其进行简易消磁。

#### (1) 用万用表对磁头消磁

- ① 先用  $R \times 10$  挡测量一下磁头的阻值,随后将红、黑表笔对调,给磁头反向充磁;
- ② 再调换红、黑表笔,用  $R \times 100$  挡充磁,随后再更换表笔再充磁一次;
- ③ 采取同样的方法,再用  $R \times 1k$  挡对磁头进行正、反向充磁。如此反复进行数次,即可将

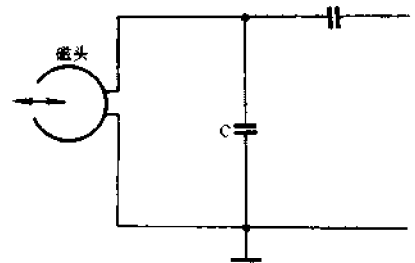


图 4-323 磁头上并联的电容

磁头剩磁消掉。

需注意的是,在整个消磁的过程中,每充磁一次都要将万用表红、黑表笔对调一次,直至消磁结束。

### (2) 利用彩色电视机对磁头进行消磁

此法简便易行,消磁效果良好。参见图 4-324 所示。把磁头置于彩色电视机机壳的前上方,然后将彩色电视机间隔开关几次,即可利用彩色电视机内的自动消磁电路将磁头的剩磁消去。注意,开关彩色电视机操作时,要使关与开之间有 1 分钟以上的间隔时间,即关掉彩色电视机 1 分钟以后,再进行下次开机。这样做的目的是为了使彩色电视机内部的消磁电阻彻底冷却后再开机加电,以保证良好的消磁效果。

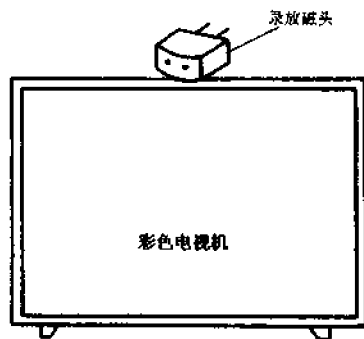


图 4-324 利用彩色电视机对磁头消磁

## § 4.106 检测收录机直流电机

### 一、直流电机的结构

在收录机中,电机的作用是带动机械传动机构转动,使磁带按要求的速度运行。盒式收录机中使用的电机全部为直流电机。

直流电机的结构如图 4-325 所示,主要包括定子、转子和电刷三部分。定子是固定不动的,由永久磁铁制成。转子是在软磁材料硅钢片上绕上线圈构成的,而电刷则是把两个小碳棒用金属片卡住,固定在定子的底座上,并与转子轴上的两个电极接触而构成的。电子稳速式电机还安装有电子稳速板。

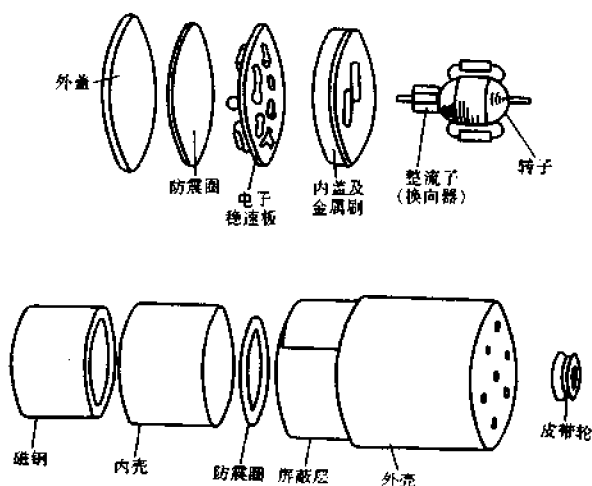


图 4-325 直流电机的结构

## 二、电机的检测方法

### 1. 电压检测法

测试方法如图 4-326 所示。将万用表置于 DC10V 电压挡,红、黑表笔接到电机两引脚端,测出其两端电压值,并与正常值比较,即可判断其工作情况。如果电机电子稳速器中晶体管短路,会使电机的电流增大,导致电机两端电压小于正常值。如果电机转速不稳,则电机两端电压也会表现为忽大忽小的变化,万用表指针将左右摆动不停。

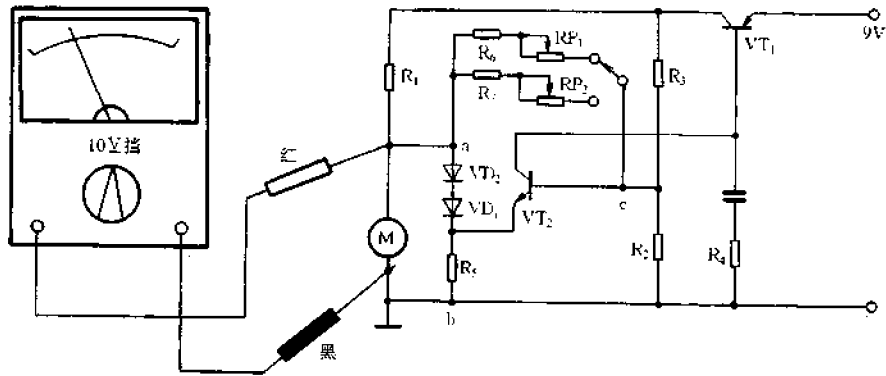


图 4-326 直流电机的电压检测法

用电压检测法还可检查、验证电机稳速电路的工作状态是否正常。测试时,调节  $RP_1$ ,若 a、b 之间电压随着  $RP_1$  的旋动在 1~2V 以内变化,则说明稳速电路基本正常。若电压变化范围很小或不变化,则表明电路失常。注意,在旋动  $RP_1$  前,应在其滑动片与电阻片上作个记号,以便复原。

### 2. 电流检测法

将万用表置于 DC500mA 电流挡串入电机引线与供电电源之间,在正常情况下,按下快进或快倒键时的电流约为 100~150mA。取下电机传动胶带,接通电机电源,这时所测为空载电流,一般应在 40mA 以下。若电流大于上述值较明显,则说明电机内部线圈或电子稳速系统有短路性故障。如果电流远小于正常值,甚至电流为零,则表明电机或稳速部分有开路性故障。如果万用表指针不停地摆动,则表明电机转速不稳。

### 3. 电阻检测法

对电机不转的故障,还可以在关机状态用万用表的电阻挡对其进行检测。电子稳速式电机的电阻在数百欧间则为正常。若阻值远大于正常值或远小于正常值,则说明电机可能开路或短路。另外,如果转速不稳,也可用万用表电阻挡测量电子稳速器(见图 4-326)中的电位器  $RP_1$  滑动点到 C 点间的电阻(注意,黑表笔应接  $RP_1$  的滑动点,红表笔接 C 点),并调节电位器  $RP_1$ ,若电阻值不是平稳地而是跳跃地变化,则说明电位器  $RP_1$  内滑动片产生了氧化膜或松动,与电阻片之间接触不良,造成电机转速不稳,需进行修理或更换。

## 三、电机的更换

在选配电机时,一般要注意以下几点。

(1) 选配的电机体积要与原电机的体积基本相同,以便于安装。

(2) 新电机的额定转速与原电机必须相同,否则,将不能保证原机带速,出现录放音失真现象。

(3) 新电机的工作电压要等于或低于原电机。若新电机电压低于原电机,可根据实际情况,采取相应的降压措施,然后供给新电机。例如,原电机供电电压为 12V,而新电机为 6V,两者相差较大,这时可考虑采用如图 4-327(a)所示的电子稳压滤波方式为新电机供电。若两者电压相差较小,则可以采用如图 4-327(b)所示的简单的电阻降压退耦的方式为新电机供电。降压电阻  $R$  的阻值可用下述公式计算。

$$R = \frac{U - U_m}{I}$$

式中:  $R$  ——电机降压电阻( $\Omega$ );

$U$  ——原电机供电电压(V);

$U_m$  ——新电机的工作电压(V);

$I$  ——电机的工作电流(A)。

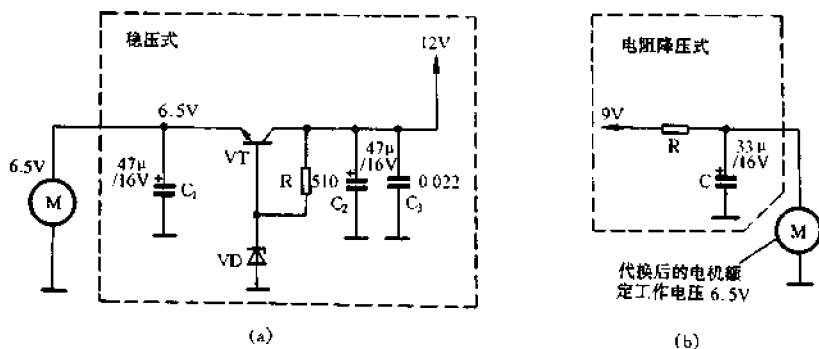


图 4-327 两种降压电路

例如,原电机供电电压为 9V,更换后的电机电压为 6V,其工作电流为 150mA,则降压电阻  $R$  的阻值为

$$R = \frac{U - U_m}{I} = \frac{9 - 6}{0.15} = 20(\Omega)$$

注意,所用降压电阻  $R$  的功率应大于 0.5W。

另外,若两者电压相差很小,如原电机为 7.5V,新电机为 6V,也可通过调节稳速装置来达到要求。

## § 4.107 检测黑白电视机偏转线圈

### 一、黑白电视机偏转线圈的结构特点

偏转线圈是套在显像管管颈上的,用来形成偏转磁场以驱动电子束按要求进行扫描。它

包括行偏转线圈和场偏转线圈。行偏转线圈是用专用的模具脱胎绕制而成,而场偏转线圈则是一对绕在磁环上的线圈。每组行、场偏转线圈都由两个圈数相等、形状相同的绕组构成。图 4-328 是偏转线圈的外形结构、文字符号和电路符号。

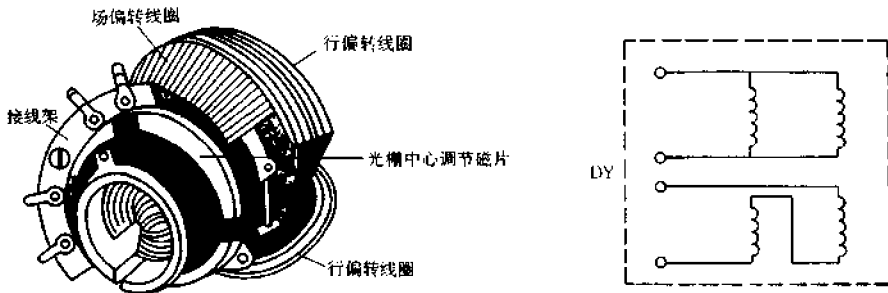


图 4-328 偏转线圈的外形和电路符号

在黑白电视机中,根据电路设计不同要求,每对偏转线圈可以串联使用,也可以并联使用。串联使用时要特别注意一定要使每对线圈的磁场方向一致。

## 二、黑白电视机偏转线圈的检测方法

### 1. 检测有无断路

将万用表置于  $R \times 10$  挡,分别测量行、场偏转线圈的相应绕组,都应处于通态。如果测得的阻值为  $\infty$ ,则说明被测绕组存在断路性故障。行、场偏转线圈的断路性故障多发生在各引脚与线圈端头的焊接处,应重点对这些部位进行检查。

### 2. 检测有无匝间短路性故障

判断偏转线圈匝间有无短路性故障,一般可视情况采用下述两种方法。

#### (1) 测量线圈铜阻

使用万用表的  $R \times 1$  挡,分别将行、场偏转线圈的直流铜阻测出,并与正常值进行对照比较。以 31cm 黑白电视机为例,行偏转线圈在串联使用时,线圈铜阻一般在  $1.6 \sim 2\Omega$  左右,并联使用时在  $0.8 \sim 1\Omega$  左右;场偏转线圈分为阻流圈输出方式和 OTL 输出方式两种,二者的线圈直流铜阻相差很大,一般在串联使用时,阻流圈输出方式的铜阻为  $70 \sim 90\Omega$  左右,OTL 输出方式的铜阻为  $7.5 \sim 9.5\Omega$  左右;在并联使用时,阻流圈输出方式的铜阻为  $35 \sim 45\Omega$  左右,而 OTL 输出方式的则为  $3 \sim 5\Omega$  左右。注意,不同屏幕尺寸及不同偏转角度的显像管所使用的偏转线圈,其直流铜阻值是相差较大的。用测量直流铜阻的方法来判断线圈匝间的短路性故障,特别是对于一些轻微性的短路,有时是很困难的。

#### (2) 铜阻比较

无论是行偏转线圈还是场偏转线圈,都是分别由两个相同的绕组组成的。绕制行(或场)偏转线圈的两个绕组线径相同,圈数相同,所以两个绕组的铜阻也应相同。根据这种规律,可分别将行(或场)绕组的两个线圈连接处焊开,用万用表  $R \times 1$  挡分别对行、场偏转线圈的两个绕组进行测量比较。正常的测试结果应该是:行偏转线圈的两个绕组铜阻值相等;场偏转线圈的两个绕组铜阻值相等。若测出差值,则表明其中铜阻小的一组有内部匝间短路故障。当然,如果两绕组同时出现匝间短路,这种判别方法就不一定准确了。但这种情况是非常罕见的。



在进行上述几项测试时均应注意:要将偏转线圈与电视机电路分开,单独对其进行测量,以防止电路对测试结果产生影响造成误判。有些偏转线圈的绕组两端并有一个电阻,在检测时一定要将其焊开。

### 3. 行、场偏转线圈绝缘测试

行、场偏转线圈的绕组是紧密固定在一起的,但它们的绕组却是互相独立的,两者之间应保持有良好的绝缘。在使用过程中,由于受潮、灰尘、绕组漆包线漆皮老化脱落等原因,有可能使行、场偏转线圈之间的绝缘性能变差,甚至短路,引起故障。检测行、场偏转线圈间绝缘情况时,可将万用表置于高阻( $R \times 10k$ )挡,找到行、场线圈各自的引出脚,把一只表笔接行偏转线圈任一引脚,另一只表笔接场偏转线圈的任一引脚,正常时,万用表指针应保持在 $\infty$ 位置不动。如果指针向右摆动,即使摆动幅度很小,也说明行、场偏转线圈之间有漏电或短路之处。

## § 4.108 检测黑白显像管

### 一、黑白显像管的构造和性能特点

显像管又称阴极射线管(CATHODE RAY TUBE)简称 CRT,是电视机的关键器件。其作用是将视频(电)信号转换成图像(光)信号,并在屏幕上显示。黑白显像管的基本构造如图4-329所示。它主要由玻壳、荧光屏和电子枪三大部分组成。玻壳包括管颈、锥体及玻璃屏面。这三者连接为一个封闭外壳,内部抽成真空。管颈是一个细长的圆柱形玻璃管,内装电子枪。锥体呈弧形,锥体内外壁都涂有一层石墨导电层,内壁石墨导电层接高压阳极,由高压嘴引出。外壁石墨导电层一般是用套在锥体上的金属编织丝引出,并接到电视机的公共地端。锥体内外石墨导电层互相绝缘,构成了一只几百皮法的电容,对阳极高压起滤波作用。玻璃屏面为矩形结构,内涂荧光粉形成荧光屏。电子枪的作用是将阴极发射的电子聚焦在荧光屏上,形成0.2mm左右的光点。电子枪通常由灯丝、阴极、控制栅极、加速极、聚焦极、高压阳极组成,各电极的引线在管颈尾端用金属脚引出。

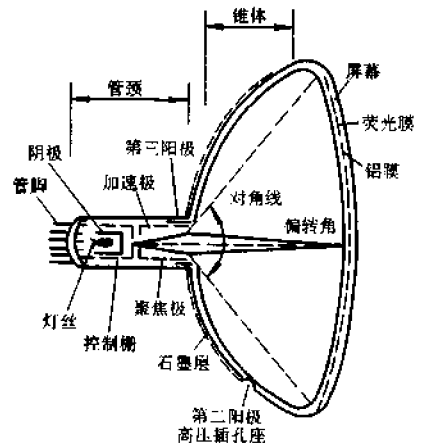


图4-329 黑白显像管的构造

### 二、黑白显像管的检测方法

#### 1. 测量灯丝电阻

将万用表置于 $R \times 1$ 挡,测量灯丝的两个引脚间的电阻值,应为数欧姆。若阻值为 $\infty$ ,说明已经断裂。

#### 2. 引脚间绝缘检测

将万用表置于 $R \times 10k$ 挡,测量各引脚间电阻,除灯丝本身两引脚相通外,灯丝引脚与其余

引脚以及其余各引脚之间的电阻值都应为 $\infty$ 。否则,说明有漏电性故障。需要注意的是,有的黑白显像管的控制栅极设置了两个引出脚,例如 31SX2B 型显像管的①脚与⑤脚是同一个电极,两者是相通的。测试时应注意正确区分,不要造成误判。

### 3. 阴极发射能力的检测

单独给灯丝加上额定工作电压(例如 12V),其他各电极悬空不加电。预热 10 分钟左右,用万用表 R $\times$ 1k 挡测量栅极和阴极之间的电阻(黑表笔接栅极,红表笔接阴极),根据所得值可判定阴极是否老化。

对于灯丝电压为 AC6.3V 的黑白显像管,若测得的栅、阴电阻值在 10k $\Omega$  以下,说明管子阴极发射能力正常;若测得的栅、阴电阻值在 10~100k $\Omega$  之间,说明管子阴极有轻度老化,但并不严重,仍可继续使用;若阻值为 100k $\Omega$  以上,则表明管子已经严重衰老,不能继续正常使用。

对于灯丝电压为直流 12V 的黑白显像管,若测得的栅、阴极电阻值在 5k $\Omega$  以下,说明阴极发射能力正常,性能良好;若阻值在 5~50k $\Omega$  之间,说明管子阴极有轻度衰老,但并不严重,仍可继续使用;若阻值为 50k $\Omega$  以上,则说明管子阴极衰老严重,不能继续正常使用。

显像管阴极老化后,发射电子的能力降低,突出表现为光栅暗淡,图像模糊不清,有时还出现散焦甚至负像。对于衰老的管子,可试采取下述方法进行修理,以延长其使用寿命。

#### (1) 激活法

具体方法如图 4-330 所示。在灯丝加上等于额定灯丝电压两倍的电压,例如额定灯丝电压为 12V 的显像管,可加上 24V 的电压。将阴极接地,在栅极加上 5V 正电压,其他电极(包括阳极)均悬空,通电 5 分钟左右。然后将灯丝电压降至额定电压,使栅极电压为零,在加速极加上额定工作电压,其他电极悬空,通电老化 30 分钟左右即可投入正常使用。

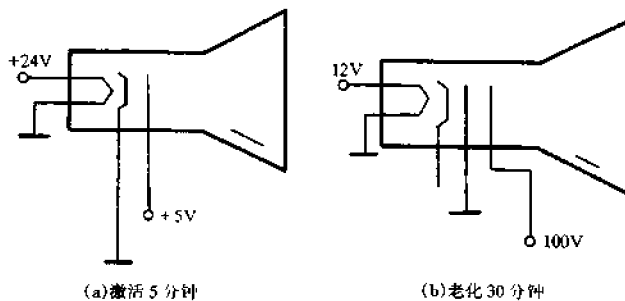


图 4-330 黑白显像管激活方法

此法操作时应注意,为防止灯丝被烧断,应先加额定电压将灯丝预热,尔后再将电压提高一倍进行激活。

#### (2) 提高灯丝电压法

提高灯丝电压,可使衰老的显像管增强阴极发射能力,有时能收到立竿见影的效果。采用此法时,要注意不能将电压提升过高,以免造成阴极快速衰老。提高灯丝电压的幅度应视显像管亮度恢复的具体情况来确定,以亮度基本恢复正常时为宜,一般提高幅度不应超过额定灯丝电压的 30% 左右。同时要在灯丝回路中串一只几欧的电阻,以防开机瞬间大电流冲击将灯丝烧断。灯丝电压提高后,有的显像管由于阴极发射能力恢复较好,在使用一段时间后亮度已恢复正常时,可试着再将灯丝电压适当降低,这样利于延长管子的使用寿命。

方法一：对于灯丝电压为 12V 的显像管，可如图 4-331(a) 所示，从原机稳压电源整流滤波输出端 (18V) 引出电压为灯丝供电，此时要在灯丝绕组串接一只  $10 \sim 50\Omega/1W$  的限流电阻。

方法二：在行输出变压器上加绕线圈为灯丝供电。如图 4-331(b) 所示，在原机行输出变压器的磁芯上穿绕一组线圈单独给灯丝供电。灯丝额定电压为 6.3V 的显像管，可加绕 4~8 圈，额定电压为 12V 的显像管，可加绕 7~12 圈。注意，加绕圈数不能太多。另外，不同机型所加绕的圈数也有所不同，要根据情况灵活处理，其原则是以不烧毁灯丝和光栅亮度适中为准。为了防止开机瞬间浪涌电流对灯丝的冲击，要在灯丝回路串一只  $2 \sim 5.1\Omega/2W$  的电阻。

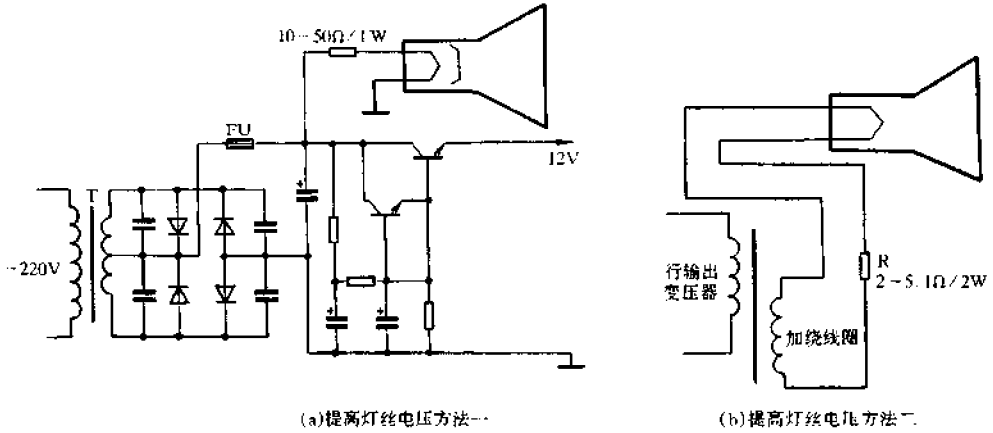


图 4-331 提高灯丝电压的两种方法

## § 4.109 检测彩色显像管

### 一、彩色显像管的基本构造

图 4-332 是彩色显像管结构示意图。由图可见，彩色显像管的结构、外形与黑白显像管有相似之处，主要也是由玻壳、电子枪和荧光屏组成。二者所不同的是，黑白显像管只显示黑白图像，而彩色显像管则要重现三基色(红、绿、蓝)彩色图像。所以，彩色显像管的荧光屏与黑白显像管的荧光屏截然不同，在它的内壁上不是涂有发白光的荧光粉，而是涂有竖向红、绿、蓝三种荧光粉条，并按红、绿、蓝三个一组排列，构成 40~50 万个像素。在荧光屏的后面还设置一个起分色作用的荫罩板，红、绿、蓝电子束通过荫罩板分别打在三种基色荧光粉条上。

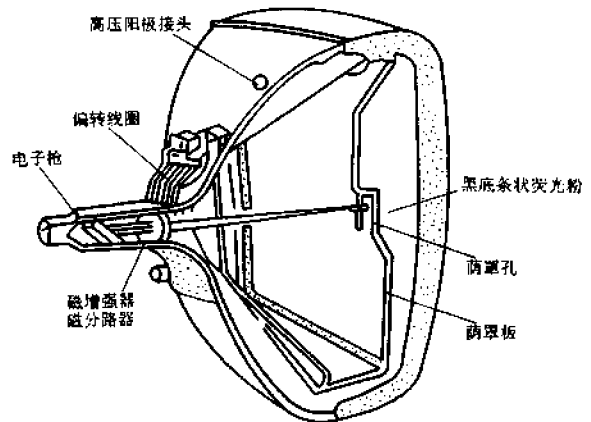


图 4-332 彩色显像管的构造

彩色显像管的电子枪采用一字型一体化结构,这与黑白显像管有较大不同。它的红、绿、蓝三个阴极呈一字形水平方向排列,三个控制栅极、三个加速极和三个聚焦极都各自分别在内部连成一体。这种结构设计使得电子束可处在同一水平面上,从而消除了垂直方向的失聚现象,只需进行水平方向上的会聚调整即可,大大简化了调整操作。

荫罩板是彩色显像管的关键部件。这是由 0.15mm 厚的薄钢板制成,上面有规律地排列着 40 多万个小孔,红、绿、蓝电子束可通过这些小孔打在相应的荧光粉条上。而黑白显像管则不设置荫罩板。

另外,彩色显像管使用了特制的环形精密偏转线圈,由厂家直接在工厂装在管颈上,并按要求调试好各项指标后与显像管一起出厂。

除了上面所述之外,彩色显像管还具有灯丝电流大、所需偏转功率大、阳极高压高、射束电流大等特点,且外围电路也比黑白显像管复杂。

## 二、彩色显像管的检测方法

### 1. 灯丝通断检查

将万用表置于  $R \times 1$  挡,红、黑表笔分别接灯丝两引脚测量其电阻值,正常时约  $10\Omega$  左右。如果测量时发现阻值为  $\infty$ ,表明灯丝已经断裂。

### 2. 引脚间绝缘检查

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,逐一测量各引脚间的绝缘电阻。阴极与灯丝之间或其他任意电极之间的电阻均应为  $\infty$ 。如果有短路现象,则表明电极相碰;如果阻值不是无穷大,说明相应电极间漏电。

### 3. 测量偏转线圈(DY)直流铜阻

彩色电视机行、场偏转线圈是用  $\phi 0.2 \sim \phi 0.5mm$  的高强度漆包线绕制而成。用万用表  $D\Omega$  挡(或  $R \times 1$  挡)测量相应绕组铜阻大小,可判断线圈内部有无断路、短路及引线接触不良等故障。一般行偏转线圈多为并联使用,而场偏转线圈多为串联使用,所以,二者直流铜阻的规律是行偏转线圈小,场偏转线圈大。若测得的阻值为  $\infty$ ,说明被测线圈引线开路或内部断线,若测得的阻值远小于正常值,很可能是内部匝间有短路故障。表 4-106 列出了部分彩色显像管配套使用的偏转线圈的主要参数。其中,行、场线圈电阻一栏可供检测时对照比较。

表 4-106 部分彩色显像管配用偏转线圈(DY)参数

| DY 型号              | 行 DY 参数    |                    | 场 DY 参数    |                    | 配用像管<br>型号(厂家)        |
|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------------|
|                    | 电感<br>(mH) | 电阻<br>( $\Omega$ ) | 电感<br>(mH) | 电阻<br>( $\Omega$ ) |                       |
| DC01               | 2.07       | 1.9                | 30         | 12.6               | 51SX102Y22            |
| DC02               | 2.07       | 1.9                | 120        | 51                 |                       |
| DC03               | 2.07       | 1.9                | 31.7       | 14.9               |                       |
| DC04               | 2.07       | 1.9                | 120        | 60                 |                       |
| DC01、DC31(同数据不同结构) | 1.93       | 2.2                | 108        | 58                 | 51SX105Y22、51SX106Y22 |
| DC02、DC32(同数据不同结构) | 1.93       | 2.2                | 28.5       | 14.5               |                       |

续表

| DY 型号       | 行 DY 参数    |           | 场 DY 参数    |           | 配用像管  |
|-------------|------------|-----------|------------|-----------|---|
|             | 电感<br>(mH) | 电阻<br>(Ω) | 电感<br>(mH) | 电阻<br>(Ω) | 型号(厂家)  |
| KY7398      | 1.8        | 2.23      | 5          | 2.5       | 510USB22(日立)  |
| KY74571P    | 1.5        | 1.5       | 26.6       | 9.6       | 510WZB22(TSB)   |
| KY100280    | 1.48       | 1.77      | 31         | 14.2      | 510YUB22(日立)  |
| KY10071S    | 2.7        | 3.7       | 29.5       | 14        | (RCA)   |
| KY10128N    | 1.65       | 2.46      | 110        | 55        | A48ADE00X(PECC)   |
| TC 01       | 1.71       | 1.8       | 27.5       | 13.6      | 510LAB22-TC01   |
| TC01        | 1.71       | 1.8       | 110        | 52        | 510RJB22(东芝)  |
| TC02(C)     | 2.39       | 3.2       | 28.7       | 13.8      | 510ABWB22(日立)   |
| TC02(C)     | 1.93       | 2.24      | 31         | 14        | 510YUB22(日立)  |
| TLY5383F    | 1.77       | 2.02      | 105        | 53        | 510WXB22(松下)  |
| TLY5384F    | 1.78       | 1.82      | 200        | 103       | 19VJFP22(RCA)   |
| TLY5455F    | 1.17       | 1.16      | 80         | 26        | 510INB22(MEC)   |
| TLY15332F   | 1.55       | 1.62      | 90         | 50        | 510UEB22(TSB)   |
| TLY15376F   | 2.14       | 2.49      | 34.8       | 10.6      | 510ZTB22(MEC)   |
| TLY16324F   | 1.32       | 1.37      | 29.6       | 13.1      | 19VMRP22(P社)  |
| TLY16329F   | 1.79       | 2.62      | 35.1       | 14.6      | A48JCD00X(MEC)  |
| TLY16332F   | 1.64       | 2.35      | 36         | 17.5      | 510YWB22(TSB)   |
| TLY16368F   | 1.77       | 1.65      | 30.5       | 12.4      | 510JB22(MEC)  |
| (Y),TC02(Y) | 1.89       | 2         | 29.2       | 13.6      | 510UFB22(Y)(东芝),510DFB22                                      |
| 05          | 2.45       | 3.6       | 111        | 56        | A51JUL91X   |
| 05C         | 1.85       | 2.18      | 24.6       | 10.4      | A51JFC01X(日立)   |
| DC01        | 1.95       | 2.43      | 30         | 14        | 54SX507Y22  |
| DC01        | 1.81       | 2.35      | 23.8       | 10.8      | 54SX508Y22  |
| DC01        | 1.95       | 2.43      | 30         | 14.3      | 54SX509Y22  |
| DC01        | 2.07       | 2.54      | 20.6       | 9.2       | 54SX506Y22  |
| DC02        | 2.15       | 2.6       | 88         | 40        |   |
| DC01        | 2.7        | 3.53      | 23         | 14.1      |   |
| DC02        | 2.7        | 3.53      | 92         | 57.2      | 54SX511Y22  |
| DC03        | 2.78       | 4.34      | 23.7       | 13.9      |   |
| DC01        | 2.37       | 3.16      | 22.5       | 11.3      |   |
| DC02        | 1.64       | 2.3       | 108        | 50        | 54SX505Y22, 54SX510Y22, 54SX513Y22,<br>54SX515Y22, 54SX520Y22 |
| DC03        | 1.64       | 2.2       | 22.5       | 11.3      |   |
| DC01        | 2.11       | 2.6       | 20         | 9.1       |   |
| DC02        | 2.45       | 3.6       | 110        | 56        |   |
| DC03        | 3.31       | 4.18      | 20         | 9.1       | 54SX501Y22, 54SX502Y22  |
| DC04        | 2.37       | 3.16      | 22.5       | 11.3      | 54SX503Y22, 54SX504Y22  |
| DC05        | 2.45       | 3.6       | 32.5       | 14        |   |
| DC06        | 2.45       | 3.6       | 26         | 14        |   |
| KY10022P    | 1.8        | 2.25      | 24.9       | 12        | A51JAR60XC(TSB)   |

续表

| DY 型号                  | 行 DY 参数        |           | 场 DY 参数    |           | 配用像管                      |
|------------------------|----------------|-----------|------------|-----------|---------------------------|
|                        | 电感<br>(mH)     | 电阻<br>(Ω) | 电感<br>(mH) | 电阻<br>(Ω) | 型号(厂家)                    |
| TLY16347F              | 1.32           | 1.56      | 30         | 13        | M51JGK00X(MEC)            |
| TLY16364F              | 1.68           | 1.85      | 34.8       | 11        | A51JL00X(MEC)             |
| TLY25330F              | 1.72           | 2.25      | 34.3       | 12        | A51JL00X(MEC)             |
| TLY25334F              | 2.52           | 3.4       | 23         | 14.1      | A51ACG31X(RCA)            |
| 89-2649-00             | 2.26           | 2.82      | 20.3       | 9.7       | 560BUB22(日立)              |
| DC03                   | 1.1            | 1.1       | 80(81)     | 31        | 56SX101Y22,563X105Y22(注2) |
| DC04                   | 1.1            | 1.1       | 20         | 7.8       |                           |
| KY7383TP               | 1.89           | 2         | 29.2       | 13.6      | 560DYB22(TSB)             |
| KY7451H                | 1.02           | 1.02      | 80         | 31        | 560AFB22(日立)              |
| KY7452T                | 1.14           | 0.95      | 3.9        | 3.36      | 560CXB22(TSB)             |
| TLY5456F               | 1.01           | 0.95      | 16.5       | 5.85      | 560CJB22(MEC)             |
| TLY15310F              | 1.5            | 1.5       | 90         | 46        | 560ELB22(MEC)             |
| TLY15340F              | 1.72           | 2.12      | 120        | 50        | A53JBM35X(MEC)            |
| TLY15412F              | 0.8            | 0.99      | 24.2       | 7.35      | A56JKX00X(MEC)            |
| 05                     | 1.2            | 1.35      | 20         | 6.7       | A59JMZ190X                |
| 01C                    | 0.69           | 0.82      | 19.1       | 6.86      | A59KFS81X                 |
| AT6010                 | 1.85           | 1.8       | 11.1       | 6.3       | A59EAK01X                 |
| DC01                   | 1.2            | 1.16      | 11.1       | 6.26      | 64SX503Y22,64SX504Y22     |
| DC02                   | 1.85           | 1.82      | 11.1       | 6.26      |                           |
| DC01                   | 1.2            | 1.35      | 20         | 6.7       | 64SX501Y22                |
| DC03                   | 0.69           | 0.88      | 17         | 6.7       |                           |
| DC04                   | 0.4            | 0.53      | 18         | 6         |                           |
| DC05                   | 与 DC01 同数据不同结构 |           |            |           |                           |
| DC06                   | 1.5            | 1.66      | 11         | 5.66      |                           |
| TLY5460F               | 0.88           | 0.95      | 14.5       | 5.85      |                           |
| TLY15402               | 0.78           | 0.86      | 24.5       | 9         | 670DWB22(MEC)             |
| TLY15504F              | 1.15           | 1.18      | 19         | 7.5       | 25VFMP22(NAP)             |
| TLY15510F              | 1.17           | 1.28      | 31.5       | 12.4      | 25VST6924A(PECC)          |
| TLY15515F              | 1.17           | 1.28      | 31.5       | 12.4      | A63JGX00X(MEC)            |
| DC01                   | 0.99           | 1.16      | 29.6       | 13.2      | A66ADS26X,71SX511Y2       |
| DC02                   | 0.99           | 1.16      | 27         | 13.2      | 71SX511YZ                 |
| KY7597N                | 1.15           | 1.32      | 15.5       | 7.82      | 26VST7176A(PECC)          |
| OLY15402F(同 OLY16401F) | 1.1            | 1.31      | 17.8       | 7.1       | A66ABU35X(RCA)            |
| TLY15406F              | 0.8            | 1.06      | 25         | 7.7       | M66JHX00X(MEC)            |

| DY 型号                  | 行 DY 参数    |                    | 场 DY 参数    |                    | 配用像管                      |
|------------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|---------------------------|
|                        | 电感<br>(mH) | 电阻<br>( $\Omega$ ) | 电感<br>(mH) | 电阻<br>( $\Omega$ ) | 型号(厂家)                    |
| DC01、DC31(结构不同数据同)     | 1.23       | 1.07               | 20         | 7.6                | 73SX501Y22、A68ACT00X(RCA) |
| DC02、DC32(结构不同数据同)     | 0.97       | 0.87               | 20         | 7.6                |                           |
| OTY16401F(同 OTY15402F) | 1.1        | 1.34               | 17.8       | 7.1                |                           |
| TLY15909F              | 0.97       | 1.43               | 25         | 8.7                | M68KPH195X                |
| 01                     | 0.97       | 1.43               | 18         | 6.62               | M68KPH195                 |
| 50                     | 0.97       | 1.43               | 18         | 6.62               | M68KPH165                 |

#### 4. 行、场偏转线圈之间的绝缘检查

行、场偏转线圈虽然是以一体化形式套在管颈上的,但两者之间是互相绝缘的。因此,可用万用表高阻挡检测它们之间的绝缘电阻,以判断两者间有无短路现象。具体方法是,将万用表置于  $R \times 10k$  挡,用任一表笔接行偏转线圈引脚的任一端,用万用表的另一表笔接场偏转线圈的任一引脚,阻值应为无穷大。若测出电阻值,说明二者之间有漏电或短路现象。测试时应将行场偏转线圈与电路脱开。

#### 5. 阴极发射能力的检测

彩色显像管的阴极发射能力的强弱直接标志着显像管使用寿命的长短以及所显示彩色图像的质量。鉴别彩色显像管是否老化,通常采用测量阴栅极间电阻的方法来判定。

将显像管管座拔下,只给灯丝加上额定工作电压,其余各电极不加电,使用万用表  $R \times 1k$  挡,黑表笔固定接栅极,用红表笔逐一去接红、绿、蓝三个阴极。这样可测出三个阴、栅电阻值。根据电阻值的大小,即可鉴定显像管的衰老程度。该阻值在  $10k\Omega$  以下时,说明阴极发射能力正常;阻值为  $10 \sim 100k\Omega$  时,说明管子阴极有轻度老化;阻值大于  $100k\Omega$  时,说明管子严重老化;若阻值超过  $200k\Omega$ ,则表明被测彩管阴极已经失效。另外,除了要求所测得的三个阴、栅电阻值要小以外,而且还要求它们的阻值要尽量一致,即三个阻值越接近越好。如果某一阻值比另外两个阻值高出  $5k\Omega$  以上,则说明该阴极比另外两个阴极老化程度严重。此时彩色显像管显示的图像必然要失去白平衡,造成偏色现象,且亮度明显变暗,当亮度调大时出现散焦。

对于衰老的彩管,可对阴极进行激活处理,以延长其使用寿命。具体方法见图 4-333 所示。将显像管管座拔下,使用稳压电源,给灯丝加上  $10V$  左右电压,在栅极上加  $6V$  左右正电压,保持  $5$  分钟左右。然后撤掉栅极电压,将灯丝电压调到  $6.3V$ ,用万用表  $R \times 1k$  挡测量阴、栅极间电阻(红表笔接阴极,黑表笔接栅极),若测得阻值比原来明显减小,则说明激活效果明显。一般经激活处理后,阴、栅电阻值恢复到  $10k\Omega$  左右时即可投入正常使用。对于衰老严重的管子,可按上述方法反复激活多次或将灯丝电压提高到  $12V$ ,栅极电压提高到  $10V$  进行试验,直到产生激活效果为止。

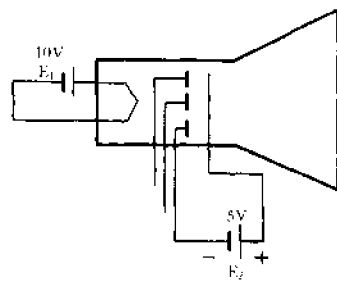


图 4-333 彩管阴极激活法

此外,若对衰老的管子进行激活法处理后效果不明显,则可视情况直接将灯丝电压提高到7~10V使用。具体做法是:将灯丝引脚与原电路脱开,用带塑料皮的细导线在行输出变压器磁芯上绕6~8圈(如有条件可用示波器测行逆程脉冲,峰峰值电压为32.5V左右),并在新绕线圈上串一只2 $\Omega$ /2W电阻,接到两灯丝引脚上即可。经如此处理的彩色显像管一般都能正常工作较长一段时间。但要注意的是,不能将灯丝电压提升太高,否则会加速其阴极的衰老,甚至使灯丝烧断,造成报废。

## 6. 碰极故障的检测

(1) 灯丝与阴极相碰。在显像管电路中,灯丝的一端往往是接地的,所以当灯丝与某一阴极相碰时,将导致该阴极电位明显下降,电子束电流大大增加,造成屏幕上仅显示单色光,如绿阴极碰极则显示为绿色光;红阴极碰极则显示红色光;蓝阴极碰极则显示为蓝色光。此时屏幕上出现满屏回扫线,亮度也会失去控制。灯丝与阴极相碰,分为“热态”和“冷态”两种。具体检测判断的方法是,关机后,迅速拔下管座,用万用表R $\times$ 1k挡测量灯丝与阴极之间的电阻值,正常时,此值为 $\infty$ 。若测得电阻为0 $\Omega$ ,则表明两电极已短路。如果阻值随着灯丝的冷却而增大,这种表现则为“热态”碰极现象。若阻值为一定值不变则为“冷态”碰极。由此可见,所谓“热态”碰极是指灯丝在工作一段时间受热后产生膨胀和变形,与阴极相碰,关机后,灯丝逐渐冷却又与阴极脱开,两者间的电阻值又恢复为无穷大;而“冷态”碰极则表现为无论灯丝是否加热,二者始终碰在一起不能分开。

对于灯丝与阴极碰极故障,可采用AC220V/6.3V小型电源变压器单独给灯丝供电的方法进行修理。具体电路见图4-334所示。将灯丝两引脚与原电路脱开(可通过对显像管尾板进行适当处理实现),另外制作一个5VA左右的小型变压器为其供电。变压器的铁心截面积为14cm $\times$ 20cm,初级绕组用 $\phi$ 0.1mm漆包线绕3520匝,次级用 $\phi$ 0.6mm漆包线绕103匝。将小型变压器固定在电视机内适当的位置,用绝缘导线将次级两个端线引出,接到灯丝两引脚,初级绕组的两引线接到电源开关上。注意,初级绕组不要直接接到AC220V进线端,而是要接到能被电源开关控制的一端。

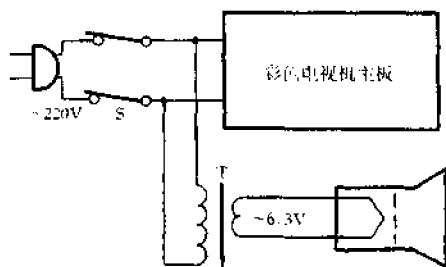


图4-334 灯丝单独供电

(2) 阴极与栅极相碰。此种碰极,也可分为“冷态”和“热态”两种情况。两者相碰时,亮度失控,荧光屏上呈现某种基色光栅,并伴有回扫线。检测时,先将管座拔下,然后用万用表R $\times$ 10k挡测量阴极与栅极间的电阻值,正常状态下,该值为无穷大,若测出阻值,则为碰极,电阻越小碰极越严重。阴、栅“热态”碰极多是由于显像管内部电极至芯柱的引线带靠得太近,受热后发生膨胀变形造成的。这种碰极故障,刚开机时无任何表现,待工作一段时间后才呈现碰极现象。检测鉴别时,可在关机后迅速拔下显像管管座,测量阴、栅极之间的电阻值,即会发现二者之间有漏电阻存在,而且随着关机时间的延长,灯丝不断冷却,阻值迅速增大,最后恢复到无穷大。另外,还可以采用单独给灯丝加电的方法进行测试判断。方法是,拔下管座,给灯丝加上额定电压,然后用万用表R $\times$ 1k挡测量阴、栅极之间的电阻值,若阻值随加热时间的延长而不断变小,则可确认为存在“热态”碰极故障。

测试时应注意的是,因为彩色显像管有三个阴极(红、绿、蓝)相应地有三个引脚,而栅极只



有一个引脚,所以,可先根据荧光屏上的故障表现,初步确定是哪一对阴、栅碰极,然后再重点对其进行验证测试。也可对三组阴、栅极分别进行测试检查,直到找到相碰电极。

发现彩色显像管有阴、栅碰极故障后,可采取相应方法进行修理。对于“冷态”阴、栅碰极的显像管,可试用电击法将相碰点分离,如果不奏效,只能更换新管;对于“热态”阴、栅相碰的彩管,可先将整机上下倒置,开机试工作一段时间后,如果故障消失,则可在关机状态将显像管卸下,旋转 $180^\circ$ 后重新安装固定好,然后分别将行、场偏转线圈各自的两接线对调,开机试验,故障排除即告成功。

### 7. 断极故障的检测

(1) 灯丝断裂。判断灯丝是否断裂的方法十分简单,先将显像管管座拔掉,用万用表 $R \times 1$ 挡测量灯丝两引脚之间的电阻值,若在 $10\Omega$ 左右,即为正常,若阻值为无穷大,表明灯丝已断裂。灯丝烧断后,须更换新管。

(2) 阴极断裂。彩色显像管的红、绿、蓝三个阴极同时都断的可能性极小,常见的是仅某个阴极内部断裂,光栅表现是缺少某个基色。判断阴极是否断路的常见方法是测量阴、栅极电阻。在单独给灯丝加上额定电压后,若测出阴、栅极之间电阻值极大,则可断定阴极已经断裂。

(3) 栅极断裂。彩色显像管栅极断裂后,会使束电流增大,导致亮度和色饱和度失控,光栅上出现满屏回扫线。显示彩色图像时出现严重失真。将彩色完全关掉时,屏幕上显示不出正常的黑白图像,而是出现整屏的假彩色。检测判断栅极是否断裂的方法仍可参照测量阴极发射能力的方法进行,即给灯丝加上额定电压,通过测量阴、栅极间电阻进行鉴别,阴、栅极间电阻值极大,则表明栅极断裂。注意,检测阴极断裂和栅极断裂两种故障时,所测得的阴、栅电阻值都表现为极大,究竟是二者中哪个电极断裂所致,要根据其引起的故障现象有较大差别这一点综合起来进行分析加以判别,最终得出正确结论。

(4) 加速极断裂。加速极断裂时,由于电子束得不到应有的能量进行运动,从而打不到荧光屏上,因此会导致无光栅的症状,自然也就显示不出图像。判断加速极是否断路的方法是,拔下显像管管座,给灯丝加上 $6.3V$ 额定工作电压,将阴极和栅极短路,用万用表 $R \times 10k$ 挡测量阴极和加速极之间的电阻值,正常时应为 $400k\Omega$ 左右。如果测得的阻值为无穷大,则说明加速极已经断裂。

阴极、栅极和加速极发生内部断裂故障后,在业余条件下是无法修复的,只能更换新管。

### 8. 漏气及其判别

(1) 慢性漏气。显像管有慢性漏气故障时,会使阴极中毒,降低其发射电子的能力。慢性漏气所产生的突出危害是使显像管早衰。

(2) 真空度不良。其突出表现是开机后在管颈处可见到蓝色或淡紫色的辉光,甚至出现跳火。只要仔细观察即可发现。

(3) 严重漏气。显像管出现严重漏气故障时,大量空气将进入管内,开机后可见到管颈处跳火严重,甚至形成一束紫光,并发出“呼呼”的响声。

(4) 玻璃锥体与管颈结合处颜色灰暗。此处正常颜色应该是十分光亮的,当发现颜色灰暗,即是漏气的标志。

显像管漏气后,只能更换新管。

### 9. 色纯度不良及消磁

彩色显像管的色纯度是指其红、绿、蓝各基色光栅的纯净程度。正常时,红、绿、蓝三个电

子束应分别准确地只击中与它们相对应的荧光粉条上。例如,红电子束只打在红荧光粉上,而不能偏移打到绿或蓝荧光粉上。否则,图像上的彩色就不纯。这就是所谓的色纯不良。其主要表现是,在收看黑白图像时,荧光屏上的某个部位有明显的杂色斑块;在收看彩色图像时,色彩出现严重失真。

当外部带有强磁力的物体靠近彩色显像管时,会将其内部的铁制件(如荫罩等)磁化,在荧光屏上就会产生一块一块的彩色斑痕。在彩色电视机的电路中,设置有消磁电路,其作用是在每次开机时,自动消掉显像管内部铁制件上的剩磁。当显像管被严重磁化后,本身的自动消磁电路将无能为力。在这种情况下,可用专用消磁线圈对显像管屏幕进行外部消磁。

在业余条件下,下述的彩色显像管外部消磁方法是非常实用的。用直径为0.6~0.8mm的漆包线绕制一个直径为300mm,匝数为1000圈左右的空心线圈,将线圈用绝缘胶带缠紧。消磁操作方法如图4-335所示。将线圈接入220V市电,此时约有1A左右的电流流过线圈。手持线圈,让线圈平面对着荧光屏,先沿着屏幕四周作圆周性的晃动,然后将线圈慢慢边晃动边离开彩色显像管,直到移至距荧光屏3m

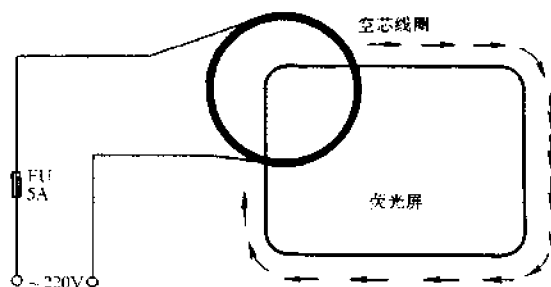


图4-335 彩色显像管外部消磁方法

以外处切断电源。如一次消磁作用不明显,可重新进行,直到达到满意效果为止。

另外,彩色显像管偏转线圈松动也会引起色纯不良。彩色显像管在出厂前,厂家已将色纯调整到规定指标要求的良好状态。但如果在运输或使用过程中,使其受到强烈震动或跌摔,就免不了使偏转线圈及磁性组件松动,导致其偏离调好的正常位置,使色纯度不良。检查时,只要仔细目测观察即可发现异常部位。若发现偏转线圈移位,可适当将其边调整恢复原位边观察屏幕色纯情况,直至色纯良好为止,并重新将偏转线圈固定好。

#### 10. 白平衡不良及其调整

所谓白平衡是指彩色电视机在接收黑白图像信号时,或者在显示彩色图像的黑白部分时,荧光屏上红、绿、蓝三种荧光粉所发出光的合成光在任何对比度和亮度的情况下都不带彩色。虽然白平衡是由电视机制造厂家在工厂里按指标要求已经调整好,但随着彩管使用时间的延长,三个电子束的截止点和调制特性会逐渐不一致,同时,三种荧光粉的发光效率和电光特性也会出现差异。这些因素会不同程度地引起白平衡不良。

白平衡不良的突出表现是满屏光栅上偏于某种颜色。检查判别时,可将色饱和度和电位器调到最小位置(关掉彩色),仔细观察屏幕上显示的黑白图像,如果此时屏幕上整个画面出现了某一种假颜色,即断定为白平衡不良。

当彩色显像管出现白平衡不良时,可以进行适当调整。白平衡调整分为暗平衡调整和亮平衡调整。使各电子束截止点一致的调整即为暗平衡调整,而使三个电子束的调制特性趋近一致的调整则为亮平衡调整。在实际应用电路中,暗、亮平衡的调整是通过调整三个电子束信号电流的比例大小来达到的。通常,在彩色电视机中,为了便于白平衡调整,都设有维修开关,当维修开关被置于“维修”位置时,亮度通道中的亮度信号被旁路到地,且使场扫描电路停止工作。

下面以图4-336所示电路为例介绍具体调整白平衡的步骤。

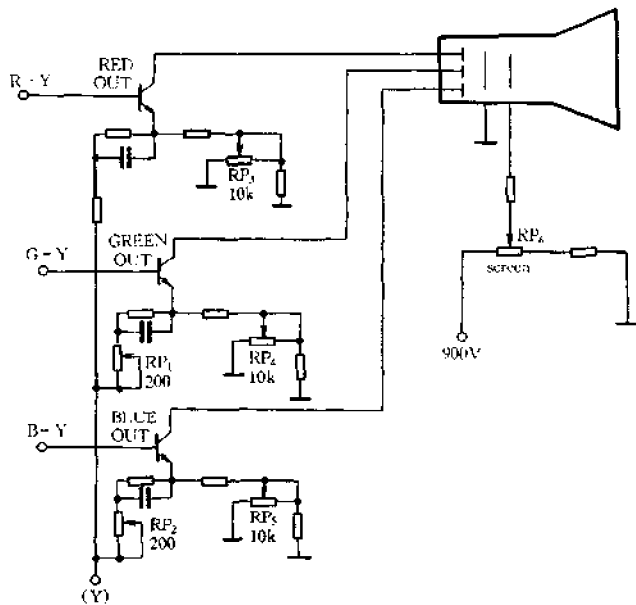


图 4-336 彩色电视机视放电路

(1) 将彩色电视机置于较暗的环境中, 开机预热 10 分钟以上。接收黑白图像。

(2) 将维修开关切到“维修”(service)位置, 此时场扫描电路停止工作, 屏幕上只有一条水平亮线。将两个亮平衡电位器 ( $RP_1$  和  $RP_2$ ) 旋转到中间位置, 三个暗平衡电位器 ( $RP_3$ 、 $RP_4$ 、 $RP_5$ ) 反时针旋转到底。若此时屏幕上仍有亮线, 则将加速极电压调节电位器  $RP_6$  反时针旋转, 直至水平亮线消失为止。

(3) 先调整三只暗平衡电位器中的一个, 例如绿色暗平衡电位器  $RP_4$ , 使屏幕上出现一条微可见的绿色水平线, 再慢慢地顺时针方向旋转红色暗平衡电位器  $RP_3$ , 使屏幕上出现一条黄色水平线, 最后调节蓝色暗平衡电位器, 使屏幕上出现一条暗灰色水平线。此时暗平衡已经调好。

(4) 将维修开关拨到正常收看位置, 恢复场扫描电路的工作。此时光栅充满整个屏幕。旋转加速极电位器  $RP_6$ , 使加速极电压达到额定值。将亮度和对比度调大, 调整两个亮平衡电位器 ( $RP_1$  和  $RP_2$ ), 使高亮度时屏幕不带色。

(5) 调节亮度和对比度电位器使屏幕处于低亮度状态, 检查暗平衡是否仍保持良好。如果已经调好的暗平衡发生了变化, 则再微调三个暗平衡电位器中的红、蓝暗平衡电位器, 使低亮度时不带色彩。

通常, 暗平衡和亮平衡的调整需要反复进行几次, 才能使整个亮度范围内的白平衡满足要求。

### 三、彩色显像管的更换和代换方法

经过采用各种方法对彩色显像管进行检测之后, 一旦确定了其故障部位, 且在采取一些应急修理措施不能奏效的情况下, 即可判定彩管已经报废。这时就需要将其更换或设法代换。

#### 1. 彩色显像管的更换

所谓更换, 是指采用相同型号的彩色显像管对损坏管进行替换安装。因新旧管子型号相

同、参数相同,所以一般不需要改动原机电路。更换彩色显像管时,通常按下列步骤进行。

(1) 桌面上垫上厚5mm左右的软垫(海绵或棉絮等)。将彩色电视机底部朝上平放在衬垫上,打开后盖。

(2) 将显像管与主板之间的所有连接插件都拔下。这些插件包括:显像管管座、阳极高压帽、偏转线圈插头、自动消磁线圈插头、显像管锥体石墨层接地线插头以及其他需要拆下的各种接插件。注意,如果显像管与主板的连接不是采用接插件,而是采用焊接线,则要一一将连接线焊下,并做好标记,以备安装新管时将其复原。另外,要特别注意在取高压帽时,一定要先用一只20 $\Omega$ /2W左右的电阻将高压嘴对地彻底放电。

(3) 视情况取下显像管周围妨碍更换操作的各种支架和元器件。必要时要将主板拉出。

(4) 取下偏转线圈及磁性组件。注意,如果新管上配有相同的偏转线圈则此步省略不做。

(5) 取下锥体上的自动消磁线圈。

(6) 对角松开显像管的紧固螺钉,用双手托住屏幕对角耳环处,小心地将显像管从机壳中取出。

(7) 对新管进行一般性外观检查,确定完好后,按与拆卸步骤相反的顺序将其安装于机壳上。安装操作时不要用力过猛,防止将显像管碰伤损坏。在恢复所有接插件与连线时,注意不得漏项或错插错焊。

(8) 新管安装后,经检查确认无误,即可加电试验。对新更换的彩管。一般应作如下几项检查和调整。

① 检查屏幕上的场幅度、场线性是否正常。如不正常,可适当调整相应的电位器予以校正。

② 检查光栅有无散焦现象。如有散焦,可通过调整聚焦电位器,使图像最清晰。

③ 检查色纯、会聚、白平衡等应良好。否则,要按有关方法进行调整。

## 2. 彩色显像管的代换

大量实际维修经验证明,在无原型号管子可换的情况下,采用性能相近的管子进行代换是很实用的方法。代换时,只要对原电路或相关的元器件进行必要的改动,使整机电路满足代换新管的工作参数要求,同样能取得比较满意的效果。下面介绍代换的方法步骤。

(1) 了解掌握原管的主要性能。在具体进行代换之前,要通过查阅有关资料或者对原电视机相应的显像管电路进行必要的测试,详细了解和掌握原管的主要性能,如管子型号、规格、供电电压、偏转线圈参数、引脚排列等。对这些内容,必须做到心中有数。

(2) 选择代换管。选择代换管是彩色显像管代换的关键步骤。一般应从以下几个方面来综合考虑。

① 屏幕尺寸:大小应与原管一致,即保证代换管能安装在电视机机壳内。

② 管径:一般应选用同管径的进行代换。但如果其他条件相同,粗、细管径显像管也是可以进行代换的。这时要使用与新管配套的偏转线圈。另外,由于粗、细管径的偏转功率一般是有差别的,所以代换时还应适当对偏转电路进行相应的改动和调整。

③ 引脚排列:正确判定引脚排列顺序和各引脚的功能直接关系到代换的成功与否。如果引脚识别不清,判断错误,尤其是把灯丝引脚搞错,一旦将新显像管接入电路,就很可能将其损坏。所以,要根据有关资料,正确判定原彩管和新彩管的引脚排列顺序,并通过对二者的比较,确定是否能使用原管管座。如果原管座能插入新显像管,只是引脚排列顺序不一致,可把显像管尾板上引脚电路切断,重新按适应新管排列的顺序进行焊接即可。如果原管管座无法利用,

要设法更换新管座,以便与新显像管相配套。

④ 加速极电压:一般可能遇到下述三种情况,要根据实际情况加以解决。

第一种,新管和原管的加速极电压范围有共同区域。只需简单调整就能达到新管要求。

第二种,新管加速极电压稍高于原管。可采用适当减小行逆程电容容量的方法来提高加速极电压。但要注意不能将逆程电容容量减的过小,以防止灯丝电压超出额定电压,影响显像管使用寿命。

第三种,新管加速极电压稍低于原管。可采用电阻分压的方法降低加速极电压以满足新管要求。

⑤ 聚焦极电压:一般也可能遇到与加速极电压相同的三种情况,相应的解决办法也相同。但因为聚焦极电压较高(一般在 1000 ~ 8000V 左右),所以在采用电阻分压法来降低电压时,要注意防止高压打火。有效的方法是使用多个 10M $\Omega$  电阻串联后达到某一电压值,并采用如图 4-337 所示的焊接方法。

⑥ 阳极高压:此电压一般均在 20 ~ 25kV 范围之内,新管和原管最好一致。如有差异,两者差值小于 2kV,可通过改变行逆程电容大小来达到新管的要求。若相差太多,可考虑更换能满足新管要求的行输出变压器来解决。

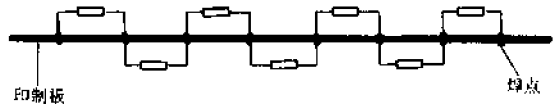


图 4-337 可防止打火的分压电阻接法

⑦ 偏转线圈:要将新管和原管偏转线圈的电感量、电阻值进行比较后,再确定是使用新管偏转线圈还是使用原管偏转线圈。一般根据比较结果,可有两种选择。第一种,若两偏转线圈参数基本一致,则可使用新管偏转线圈,这样,可实现偏转线圈与电视机电路的匹配;第二种,若两偏转线圈参数差异较大,则应使用原管偏转线圈,这样代换的优点是不需改动电视机相关偏转电路,缺点是需要进行会聚、色纯调整以保证显示图像的质量。

⑧ 灯丝电压:目前,几乎所有的彩色显像管的灯丝电压均为 6.3V,电视机在电路设计时都按此电压设计的。但显像管装机通电试验时,应进行必要的测试,以保证灯丝电压的准确。

经过综合分析新管和原管上述几项指标的相同点和不同点后,便可根据实际情况选择出合适的代换新管,进而确定代换方案。

(3) 拆卸原管,安装新管。操作方法、步骤和更换彩色显像管的方法完全相同。

(4) 开机试验调整。代换安装完毕后,要首先全面检查引线接法、电路改动、灯丝引脚等是否正确,高压帽是否装好,接插件是否插上,然后再开机试验,并视情对行幅、场幅、线性、色纯、会聚、白平衡、聚焦等进行必要的调整。

## § 4.110 检测彩色电视机轻触选台开关

### 一、轻触选台开关的结构特点

轻触选台开关也称预选器开关,安装在彩色电视机的面板上。其外形、结构及触点关系如图 4-338 所示。它是由 8 ~ 10 个基本开关单元组合而成,用一只共用的金属支架连成整体。每一个基本开关内部结构都相同。其中组合触片既要有良好的弹性又要有很高的导电率,

般采用锡磷青铜表面覆上一层银的复合金属材料制成。

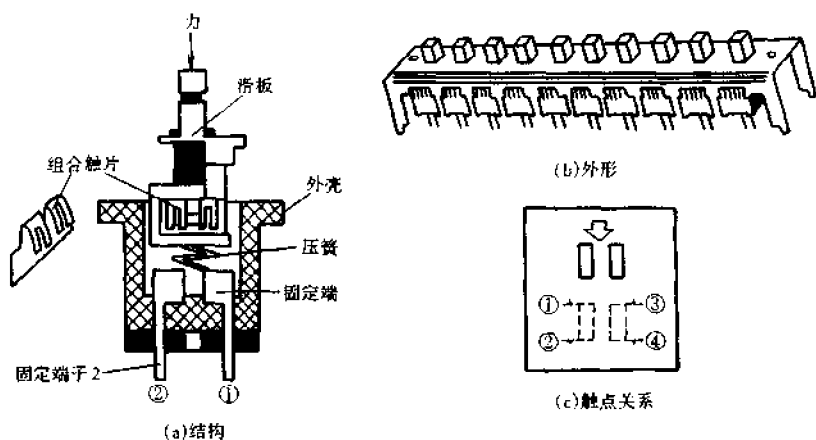


图 4-338 轻触选台开关的结构、外形及触点关系

按动开关的手柄(滑块),滑块就带着组合触片一起向下移动,压簧也受力变形。当滑块运动到工作位置时,组合触片就与固定端子①、固定端子②良好地接触在一起。外力消失后,滑块在选台开关互锁机构作用下,停留在触点①与触点②导通的位置。由于每一个基本开关单元包括了两组相同结构,因此触点③与触点④亦同时导通。只有当另一个基本开关单元的滑块受力后向下运动时,互锁机构才释放前一个被锁定的滑块,触点①与②,触点③与④这时才恢复关断状态。

轻触选台开关的主要技术参数如下。

接触电阻:常态 $\leq 0.02\Omega$ ,寿命试验后 $\leq 0.2\Omega$

额定电压:40V(直流)

额定电流:0.1A(直流)

寿命:100000次

使用轻触选台开关时应注意,动作要轻,尤其不要同时按动两个键,以免损伤开关内部的零件。焊接引线时,电烙铁不要过热,焊接时间不要超过3~5秒,防止外壳过热变形。

## 二、轻触选台开关的检测方法

检测时,可使用万用表R $\times 1$ 挡,依次逐个测量每个基本开关单元,当开关按下时固定端子①与②相通,③与④相通,当开关弹起时,两组端子分别断开。用此法对每个基本开关单元进行检测,其通断规律是相同的。

## § 4.111 检测彩色电视机变阻二极管

### 一、变阻二极管的性能特点

变阻二极管即变阻硅晶体二极管或硅压敏二极管,其外形与普通二极管相似。这种管子

在夏普系列彩色电视机中较为常见。图 4-339 是夏普 C 系列彩色电视机开关电源相关电路。在该电路中,  $VD_{711}$  (DX0027CE 或 SV-03) 就是一只变阻二极管, 主要起限幅保护作用。当电源厚膜集成电路 IC701 (IX0323CE) 的②、④脚间的激励电压因故明显增大, 超过规定值时,  $VD_{711}$  导通, 将 IC701②脚输入的激励电流予以分流, 从而保护 IC701 不被损坏。

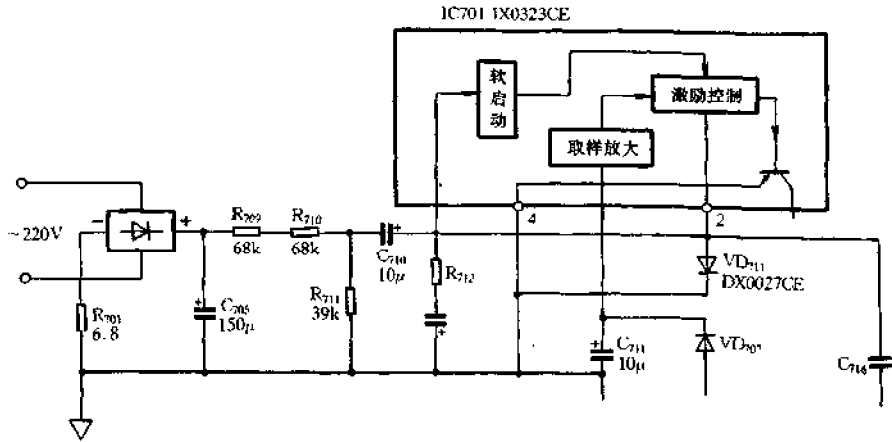


图 4-339 夏普 C 系列彩色电视机开关电源相关电路

变阻二极管的正向伏安特性比普通二极管的斜率小, 并且其正向导通电压阈值一般远大于普通二极管。表 4-107 列出了在夏普等型号彩色电视机中应用较多的 SV 系列变阻二极管的参数, 可供选用时参考。

表 4-107 SV 系列变阻二极管主要参数

| 型 号    | 正向压降 $V_{F1}$ (V)<br>$I_F = 1\text{mA}$ | 正向压降 $V_{F2}$ (V) $I_F = 7\text{mA}$ |     |      | 最大正向电流 $I_{FM}$<br>(mA) | 反向电流 $I_R$ ( $\mu\text{A}$ )<br>( $V_R = 100\text{V}$ ) |
|--------|---|--------------------------------------|-----|------|-------------------------|---|
|        |   | 最小                                   | 典型  | 最大   |                         |   |
| SV-02  | 1.2                                     | 1.25                                 | 1.5 | 1.75 | 200                     | 10  |
| SV-02Y | 1.2                                     | 1.25                                 | 1.5 | 1.75 | 200                     | 10  |
| SV-03  | 1.8                                     | 2.05                                 | 2.3 | 2.55 | 150                     | 10  |
| SV-03S | 1.88                                    | 2.05                                 | 2.3 | 2.55 | 50                      | 10 ( $V_R$ 为 10V)                                       |
| SV-03Y | 1.8                                     | 2.05                                 | 2.3 | 2.55 | 150                     | 10  |
| SV-04  | 2.35                                    | 2.7                                  | 3.0 | 3.3  | 100                     | 10  |
| SV-04Y | 2.35                                    | 2.7                                  | 3.0 | 3.3  | 100                     | 10  |
| SV-05  | 3.0                                     | 3.4                                  | 3.8 | 4.2  | 80                      | 10  |
| SV-05Y | 3.0                                     | 3.4                                  | 3.8 | 4.2  | 80                      | 10  |
| SV-06  | 3.5                                     | 4.05                                 | 4.5 | 4.95 | 70                      | 10  |
| SV-06Y | 3.5                                     | 4.05                                 | 4.5 | 4.95 | 70                      | 10  |
| SV-07  | 4.1                                     | 4.8                                  | 5.3 | 5.85 | 53                      | 55  |
| SV-08  | 4.7                                     | 4.8                                  | 6.0 | 6.6  | 50                      | 10  |

## 二、变阻二极管的检测方法

检测变阻二极管时,先将万用表置于  $R \times 1k$  挡,黑表笔接二极管正极,红表笔接负极(测其正向电阻),电阻值应约在  $50 \sim 100k\Omega$ ,此值比普通二极管对应值大得多。由于变阻二极管的正向导通电压多大于  $1.5V$ (普通硅管仅约  $0.6V$ ),而万用表  $R \times 1k$  挡不能提供这么高的电压使其导通,所以实测的电阻值大于普通二极管,这是正常现象。交换表笔测量变阻二极管的反向电阻,应为  $\infty$ 。否则说明质量不佳或已损坏。

接下来可再用万用表  $R \times 10k$  挡测量被测变阻二极管的正向电阻,其值约几千欧,此值与普通二极管基本相似,这是因为万用表  $R \times 10k$  挡电压多在  $9 \sim 22.5V$  间,已能使被测管正向导通。

用上述方法也可判别管子的正负电极。

## 三、变阻二极管的代换

变阻二极管损坏后,如无同型号管子更换,可根据其在彩色电视机电路中的实际作用,采用普通硅高频整流二极管或开关二极管(如  $1N4002 \sim 1N4007, 2CZ95, 2CG03$  等)来代换。用来代换的管子,其耐压一般应大于  $50V$ 。由于普通二极管的正向阈值电压通常为  $0.6 \sim 0.7V$ ,所以代换时要用两只或更多的管子串联才行。例如,  $5V-03$  型变阻二极管,其  $V_{PI}$  为  $1.8V$ ,需用三只普通二极管串接后方可代用,即  $0.6V \times 3 = 1.8V$ 。代换其他型号的变阻二极管时可照此类推。需要注意的是,如果串接管子的数量不够,会引起电路失常或不能工作;若串接的管子太多,将使其失去原有的保护功能,甚至导致相关电路元件烧毁。当不了解电路中所用变阻二极管的性能时,一般可先用两只普通二极管串接后代用,然后再根据电路的工作状态逐个增加串接二极管的个数,直至电路能正常工作为止。

## § 4.112 检测彩色电视机带阻尼行输出三极管

### 一、带阻尼行输出三极管的结构特点

带内部阻尼二极管的行输出大功率三极管是彩色电视机行输出电路中的重要器件。目前,绝大多数彩色电视机的行输出级都采用这种三极管。这种管子在结构上与普通大功率三极管有所不同。图 4-340 是带阻尼二极管的行输出三极管的内部结构。从图中可见,这种三极管的  $b, e$  极之间接有一只阻值较小的内置电阻,而在  $c, e$  极之间接有一只阻尼二极管。内置电阻与阻尼二极管连同大功率三极管一起被封装在同一管壳内。这种管子具有耐压高、功率大、开关特性好的特点,且在使用时,不需要另外单独设置阻尼二极管。带阻尼行输出三极管都为 NPN 型硅管,其外形与普通大功率三极管基本相同,也有塑料封装和金属封装两种。

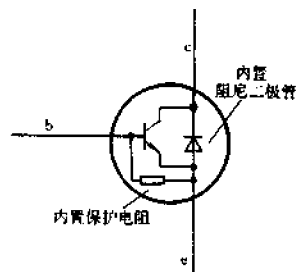


图 4-340 带阻尼行输出管的结构



## 二、带阻尼行输出三极管的检测方法

### 1. 判断管子的好坏

将万用表置于  $R \times 1$  挡,通过单独测量带阻尼行输出三极管各电极之间的电阻值,即可判断其是否正常。具体测试原理、方法及步骤如下(参见图 4-340)。

(1) 将红表笔接 e,黑表笔接 b,此时相当于测量大功率管 b-e 结的正向电阻与保护电阻 R 并联后的阻值,由于 b-e 结的正向电阻较小,而保护电阻 R 的阻值一般也仅有  $20 \sim 50\Omega$ ,所以,二者并联后的值也较小;反之,将表笔对调,即红表笔接 b,黑表笔接 e,则测得的是大功率管 b-e 结的反向电阻值与保护电阻 R 并联的阻值,由于 b-e 结的反向电阻值较大,所以,此时测得的阻值即是保护电阻 R 的值,此值仍然较小。

(2) 将红表笔接 c,黑表笔接 b,此时相当于测量管内大功率管 b-c 结的正向电阻,一般测得的阻值也较小;将红、黑表笔对调,即将红表笔接 b,黑表笔接 c,则相当于测量管内大功率管 b-c 结的反向电阻,测得的阻值通常为  $\infty$ 。

(3) 将红表笔接 e,黑表笔接 c,相当于测量管内阻尼二极管的反向电阻,测得的阻值一般都较大,约  $300k\Omega \sim \infty$ ;将红、黑表笔对调,即红表笔接 c,黑表笔接 e,则相当于测量管内阻尼二极管的正向电阻,测得的阻值一般都较小,约几欧至几十欧。

一般来讲,当用万用表按上述方法测得被测管的各电极间电阻值的大小符合上述规律时,即可大致判断该管是好的。这种方法也可用来识别行管中是否带有内置阻尼二极管和保护电阻。表 4-108 列出了部分行管的正常实测数据,供参考。

测试时应注意的是,由于带阻尼行输出管的种类不同,参数也不尽一致,所以测得的阻值不会完全一样;同时,若所用万用表的型号不同,电阻量程不同,所测得的阻值也会出现差异。在一般情况下,只要误差值不超过 10% 左右,就可认为被测管是好的。

表 4-108

实测部分行输出管电阻值

| 型号      | 表笔接法            | 红表笔           | e     | b        | c              | b            | e    | c            |
|---------|-----------------|---------------|-------|----------|----------------|--------------|------|--------------|
|         | 黑表笔             | 黑表笔           | b     | e        | b              | c            | e    | e            |
| 2SD900B | 量程              | $R \times 1$  |       |          |                |              |      |              |
|         | 阻值( $\Omega$ )  | 10            | 50    | 10       | $\infty$       | $\infty$     | 12   |              |
| 2SD950  | 量程              | $R \times 1$  |       |          |                |              |      |              |
|         | 阻值( $\Omega$ )  | 24            | 25    | 50       | $\infty$       | $\infty$     | 60   |              |
| 2SD869  | 量程              | $R \times 10$ |       |          |                |              |      |              |
|         | 阻值( $\Omega$ )  | 44            | 44    | 70       | $\infty$       | $\infty$     | 86   |              |
| 2SD1426 | 量程              | $R \times 1$  |       |          |                |              |      |              |
|         | 阻值( $\Omega$ )  | 16.9          | 40.5  | 16.2     | $\infty$       | $\infty$     | 20.5 |              |
| 2SD1403 | 量程              | $R \times 1k$ |       |          | $R \times 10k$ |              |      |              |
|         | 阻值(k $\Omega$ ) | 9             | 280   | $\infty$ | $\infty$       | $\infty$     | 300  |              |
| 2SD898B | 量程              | $R \times 1$  |       |          | $R \times 10k$ |              |      | $R \times 1$ |
|         | 阻值( $\Omega$ )  | 8~18          | 10~35 | 8~20     | 5M~ $\infty$   | 5M~ $\infty$ | 8~20 |              |

续表

| 型号     | 表笔接法   |         | e       |        | b |      | e        |   |
|--------|--------|---------|---------|--------|---|------|----------|---|
|        | 红表笔    | 黑表笔     | e       | b      | e | b    | e        | e |
| BU406D | 量程     | R × 1   |         |        |   |      |          |   |
|        | 阻值(Ω)  | 9       | 320     | 9      | ∞ | ∞    | 10       |   |
| BU205  | 量程     | R × 1k  |         |        |   |      |          |   |
|        | 阻值(kΩ) | 6.5     | 1600    | 4.4    | ∞ | 1800 | ∞        |   |
| BU407D | 量程     | R × 10  |         |        |   |      |          |   |
|        | 阻值(kΩ) | 37 ~ 41 | 37 ~ 41 | 69     | ∞ | 8    | 90 ~ 101 |   |
| BU208D | 量程     | R × 1   |         | R × 1k |   |      |          |   |
|        | 阻值(Ω)  | 28      | 28      | 3k     | ∞ | ∞    | 500      |   |

## 2. 测量 $\beta$ 值

由于这种行管自带内置阻尼二极管,且还接有内置保护电阻  $R$ ,因此,直接用万用表的  $h_{FE}$  档测量其  $\beta$  值,一般都没有读数,是不可行的。正确的测量方法如图 4-341 所示。在被测管的  $c-b$  之间接一只  $33k\Omega$  的电位器,即等于给基极加了偏置电阻,测试时,适当调整电位器的阻值(一般应向阻值小处调整),即可测出被测管的  $\beta$  值。

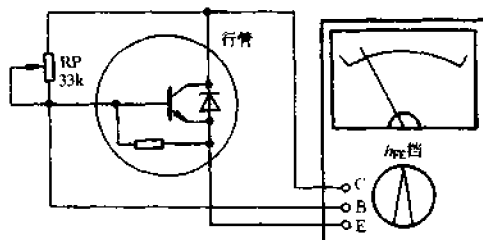


图 4-341 检测带阻尼行管的  $\beta$  值

## § 4.113 检测彩色电视机陶瓷滤波器和陶瓷陷波器

### 一、陶瓷滤波器和陶瓷陷波器的性能特点

陶瓷滤波器是用钛酸铅、锆酸铅等材料制成的,具有机电耦合系数大、温度系数小、稳定性好、机械  $Q$  值很高等特点。它利用陶瓷材料的压电效应,可将电信号转换为机械振动,并在输出端再将机械振动转化为电信号输出。由于机械振动对频率响应很敏锐,故其  $Q$  值很高。陶瓷滤波器有二端和三端两种类型,其外形、电路符号、等效电路及频率特性分别如图 4-342 所示。

陶瓷陷波器实质上是一种集总参数的 LC 陷波器。它是将电感元件和电容元件直接制作在基板上,然后经封装而成,也有二端和三端两种规格。

目前,陶瓷滤波器和陶瓷陷波器已被广泛用于电视机电路中。它的应用,不但使电视机省掉了许多可调电感元件,简化了调整程序,而且也提高了整机的可靠性。电视机中所使用的陶瓷滤波器主要有三种:6.5MHz 带通滤波器,6.5MHz 陷波器和 4.43MHz 陷波器。

表 4-109 和表 4-110 列出了几种常见的陶瓷滤波器和陶瓷陷波器的主要性能参数,供选用时参考。

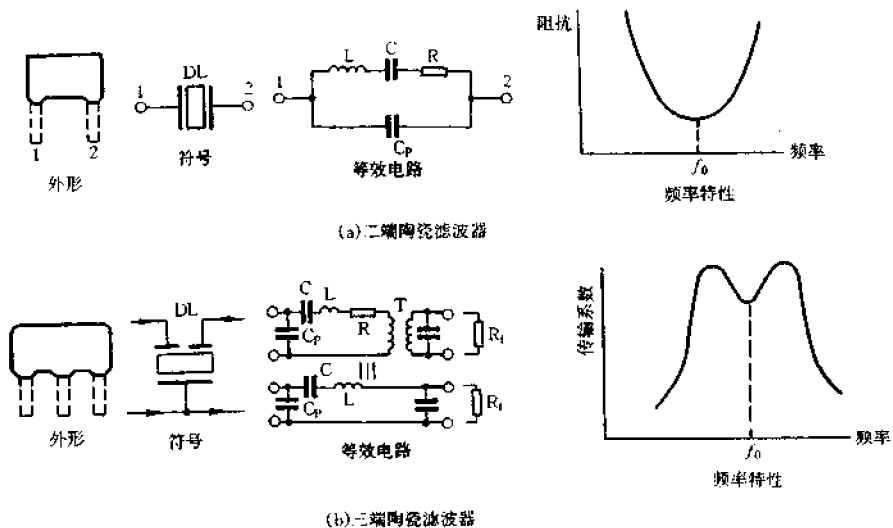


图 4-342 陶瓷滤波器的外形、符号、等效电路和频率特性

表 4-109 常见陶瓷滤波器的主要参数

| 型号             | 参数 | 3dB 带宽 (kHz)     | 20dB 带宽 (kHz) | 插入损耗 (dB) | 阻带衰减 (dB) | 匹配阻抗 ( $\Omega$ ) | 可代换型号   |
|----------------|----|------------------|---------------|-----------|-----------|-------------------|---------|
| A75417-AM      |    | $\approx \pm 80$ | $\approx 630$ | $\leq 6$  | $\leq 25$ | 470               | LT6.5MB |
| SFE6.5MB       |    | $\approx \pm 80$ | $\approx 630$ | $\leq 6$  | $\leq 6$  | 470               | LT6.5MB |
| LT6.5MB        |    | $\approx \pm 80$ | $\approx 630$ | $\leq 6$  | $\leq 25$ | 470               | LT6.5M  |
| RFIL-C0027CEZZ |    | $\approx \pm 80$ | $\approx 630$ | $\leq 6$  | $\leq 25$ |                   | LT6.5MB |

表 4-110 常见陶瓷陷波器的主要参数

| 型号            | 陷波频率    | 陷波深度               | 带宽                         | 绝缘电阻          | 可代换型号   |
|---------------|---------|--------------------|----------------------------|---------------|---------|
| RFILC0024CEZZ | 6500kHz | $\geq 35\text{dB}$ | -30dB, $\geq 70\text{kHz}$ | 100M $\Omega$ | XT6.5MB |
| TFS6.5MB      | 6500kHz | $\geq 35\text{dB}$ | $\geq 70\text{kHz}$        | 100M $\Omega$ | XT6.5MB |
| XT4.5MB       | 4500kHz | $\geq 30\text{dB}$ | -30dB, $\geq 50\text{kHz}$ | 100M $\Omega$ | XT4.5MB |
| XT6.5MB       | 6500kHz | $\geq 35\text{dB}$ | -30dB, $\geq 70\text{kHz}$ | 100M $\Omega$ |         |

## 二、陶瓷滤波器和陶瓷陷波器的检测方法

### 1. 单独检测

将陶瓷滤波器或陶瓷陷波器从电路板上焊下,用万用表 R $\times 10\text{k}$  挡进行测量,无论是三端器件还是二端器件,其引脚间的电阻值均应为无穷大。如果测出某两引脚间阻值不为无穷大甚至为零,则说明被测器件内部电极间有漏电或短路性故障。注意,对于开路性故障,例如内部引线断裂或电极镀银层脱落,用万用表电阻挡是无法检测的,需用替代法进行试验判断。

### 2. 在路检测

下面以电视机中使用的 6.5MHz 陶瓷滤波器和 6.5MHz 陶瓷陷波器为例,结合电视机的具

体故障现象,介绍具体检测方法,并给出应急代用方法。

### (1) 检测 6.5MHz 陶瓷滤波器

电视机中的 6.5MHz 陶瓷滤波器常使用如图 4-343 所示的电路符号表示,多为三端器件。一般位于预视放电路之后,是伴音中放的主要选频回路。对于 6.5MHz 陶瓷滤波器的不同故障,电视机有如下相应的故障表现。

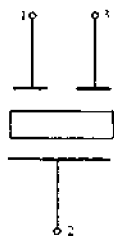


图 4-343 陶瓷滤波器的符号

① 当输入端①、②脚短路时,电视机的图像正常,但伴音中出现明显的“沙沙”噪声,有时还伴有“嗡嗡”的杂音。

② 当输出端②、③脚短路时,电视机图像基本正常,但无伴音。

③ 当①、③脚短路时,电视机图像基本正常,但伴音中有明显的“丝丝”声。

④ 当滤波器内部断极开路时,图像基本正常,但伴音彻底消失。

对于上述①、②、③故障,可将滤波器焊下,用万用表  $R \times 1$  挡测量①、②之间,②、③之间或①、③之间的直流电阻。若阻值不是无穷大,甚至接近于零,则很容易判定为短路性故障。

对于上述故障④,可将滤波器焊下,在安装滤波器的①、③脚位置上跨接一只 68pF 瓷片电容,若能出现伴音,则证明原滤波器已经损坏。

当查出 6.5MHz 陶瓷滤波器已经损坏,可采用电视机中频变压器进行应急修复。先将中频变压器的外部屏蔽罩、磁帽以及线圈全部拆掉,只保留尼龙骨架和磁芯,然后用  $\phi 0.1\text{mm}$  的高强度漆包线在原骨架上初级绕 24 匝,次级绕 6 匝,按照图 4-344 所示方法接入电路。

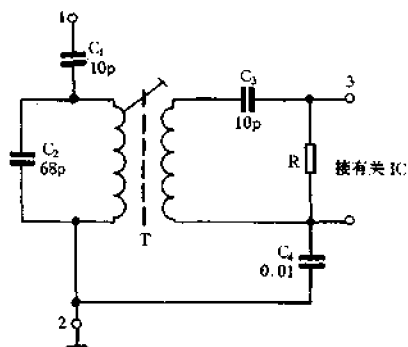


图 4-344 应急代换 6.5MHz 陶瓷滤波器

### (2) 检测 6.5MHz 陶瓷陷波器

因为陶瓷陷波器具有良好的吸收性能,所以电视机中的 6.5MHz 陷波器一般都设置在预视放电路中用来抑制伴音对图像的干扰。如图 4-345 所示的电路符号所示,常见的 6.5MHz 陶瓷陷波器也有二端型和三端型。对于该器件的不同故障,电视机有如下相应的故障表现。

① 当两端型的①、②端短路,三端型的输出端②、③端短路,则电视机表现为伴音正常,图像消失,并出现满屏回扫线。

② 当三端型的输入端①、②间短路,将造成伴音明显变小,图像消失,且光栅上出现粗而亮的满屏回扫线。

③ 当三端型的①、③端短路,则伴音中出现明显噪声,图像信号变弱,雪花噪扰点增多。

④ 当二端型或三端型的内部开路,声音图像均基本正常,但由于陷波器已经失效,会出现伴音干扰图像的现象。

在电视机电路中,6.5MHz 陶瓷陷波器的②脚大都直接接地,所以对于上述故障表现①和②,只要用万用表直流电压挡测量相应引脚对②脚的直流电压,若为零,即可断定为短路性故障。对于故障表现③,则可将陷波器的①脚或③脚从电路中焊开,用万用表电阻挡进行检查即可发现问题所在。对于故障表现④,一般只能用替换法进行检查试验。

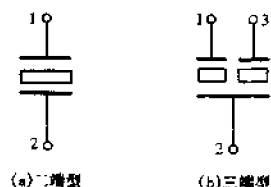


图 4-345 6.5MHz 陶瓷陷波器符号

二端陶瓷陷波器损坏后,可用 LC 串联电路进行应急代用。代用电路如图 4-346 所示。在电视机中频变压器的骨架上,用  $\phi 0.08\text{mm}$  高强度漆包线每槽绕 9 匝,三槽共绕 27 匝。将一只  $51\text{pF}$  瓷片电容与绕好的电感串联后接入电路,调整磁芯,使伴音对图像无干扰现象即可。

三端陶瓷陷波器损坏后,可用分立元件 T 型桥式吸收回路应急代用。具体电路如图 4-347 所示。所用骨架及线圈的绕法与上述代换二端陷波器的方法相同。制作好后装入电路也须对磁芯进行调整,以达到图像不受伴音干扰的状态。

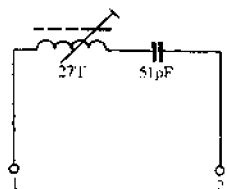


图 4-346 二端陶瓷陷波器代用电路

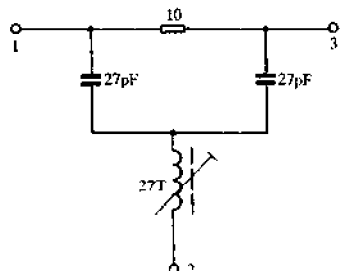


图 4-347 三端陶瓷陷波器代用电路

## § 4.114 检测彩色电视机亮度延迟线

### 一、亮度延迟线的性能特点

亮度延迟线也称 Y 延迟线,是彩色电视机中的专用器件。根据彩色电视机原理可知,一幅完整的彩色图像,是由亮度信号形成的黑白图像,再用色度信号大面积“着色”而成。亮度信号和色度信号是分别通过不同的信道进行传播和处理的。亮度信道频带宽,传输速度快;而色度信道的频带较窄,传输速度比亮度信号相对较慢。由于色差信号要在基色矩阵中与亮度信号相混合,此时色度信号和亮度信号之间的时差便造成两者不能同时到达显像管,因而出现如图 4-348 所示的亮、色错位拖尾现象,即在图像的右侧发生镶边性重影。为了进行延时补偿,使色度信号和亮度信号同时到达显像管,避免彩色镶边的图像出现,在彩色电视机的亮度信号处理电路中接入了一只亮度延迟线。图 4-349 为亮度延迟线的外形和电路符号。

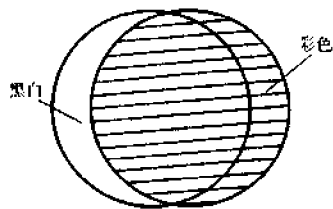


图 4-348 亮、色错位示意图

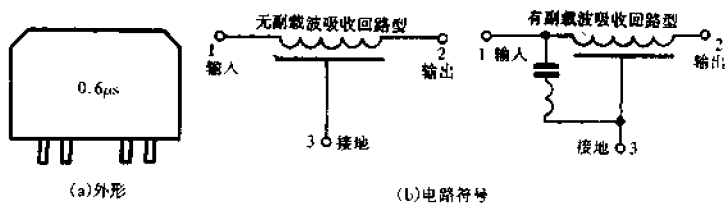


图 4-349 亮度延迟线的外形和电路符号

常见亮度延迟线的延迟时间有 0.33、0.4、0.5、0.6、0.7 $\mu$ s 等,特性阻抗有 1.0、1.2、1.5、1.6、1.8k $\Omega$  等。其结构分为不带副载波吸收回路型和内部带有副载波吸收回路型。选用时需要根据需要加以正确区分。

## 二、亮度延迟线的检测方法

单独检测电极间电阻的测试方法如图 4-350 所示,首先测量输入端与输出端之间的电阻。将万用表置于  $R \times 10$  挡,用任一表笔接输入端①脚,另一表笔接输出端②脚,此时若万用表的电阻读数为 30~40 $\Omega$  左右,即为正常值。如果测出的电阻值为无穷大,则说明内部已经开路。如果阻值大于正常值,则表明内部引脚有接触不良的故障;若阻值小于正常值较多,甚至为零,则表明内部线圈有短路现象。

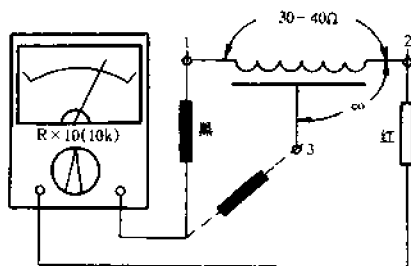


图 4-350 测量亮度延迟线引脚间的电阻值

接下来测量输入端、输出端与公共地端之间的电阻值。将万用表置于  $R \times 10k$  挡,用任一表笔接公共地端③脚,用另一表笔去依次接触输入端①脚或输出端②脚,若测得的阻值均为无穷大,则说明器件正常。如果测出电阻值为零,则说明输入、输出端与公共地端有漏电故障,或者已经短路。

## 三、亮度延迟线的应急代用

亮度延迟线损坏后,可用性能相同的器件予以更换。若一时购不到代换品,可以参照图 4-351 自制一个亮度延迟线进行应急代用。具体方法是,用一根直径 8mm,长 110mm 的塑料管,两端各塞进一根长 20mm 左右的绝缘塑料圆棒,塑料圆棒的直径以能紧密插进塑料管内而不松动为宜。用电烙铁将直径 1mm 左右的铜线烫入绝缘塑料圆棒的中心(两端各一根),作为亮度延迟线的输入和输出引脚。将香烟盒的铝箔剪成 6mm $\times$ 100mm 的长方形,把一根多股引出线的一端紧贴在铝箔片上,另一端作为接地脚引出。用万能胶将铝箔片和多股引出线一同平行粘贴在塑料管上。待胶干后,用万用表电阻挡测量铝箔与多股引出线应相通。然后在铝箔上卷绕一层聚酯薄膜绝缘层,在其上面用直径 0.08mm 的高强度漆包线单层密绕 1100 匝,漆包线两端头分别焊在输入、输出引脚铜线上。最后在最外层包上一层聚酯薄膜,并用万能胶或环氧树脂封固,尔后即可上机使用。

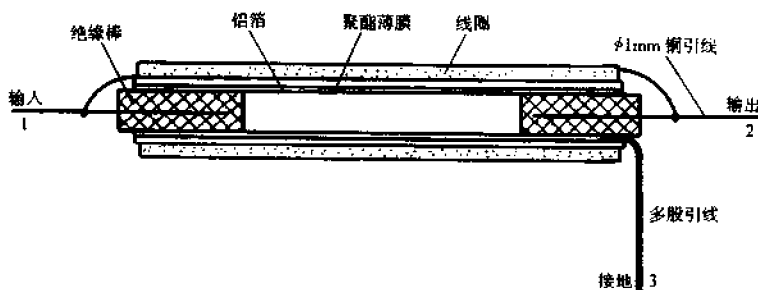


图 4-351 自制亮度延迟线

## § 4.115 检测彩色电视机色度延迟线

### 一、色度延迟线的性能特点

色度延迟线也称一行延迟线或超声延迟线,也是彩色电视机中的专用器件。

在 PAL 制彩色电视机中,为了把色度信号分离为两个已调色差信号  $F_U$  和  $\pm F_V$ ,再分别对  $F_U$  和  $\pm F_V$  进行信号分离,检出色差信号(B-Y)和(R-Y),设置了梳状滤波器(也称延时解调器)。梳状滤波器由色度延迟线、加法器和减法器组成。这里,色度延迟线是个关键器件。它能将中心频率为 4.43361875MHz,带宽为 2MHz 左右的色度信号延迟  $63.943\mu\text{s}$ ,即近似一行的时间,然后与直通信号在加法器和减法器中相加、减,分离出  $F_U$  和  $\pm F_V$  两个分量。

图 4-352 是色度延迟线的结构和电路符号。它的输入端是一种用压电陶瓷材料制成的换能器,先使信号变换成机械振动,在玻璃延迟介质体内形成具有指向性的超声波,然后通过另一同类型的换能器,再变换成电信号输出。为了缩小体积,色度延迟线做成 5 次、7 次或 8 次反射式,从而使器件的体积小、用材省,有利于批量生产。

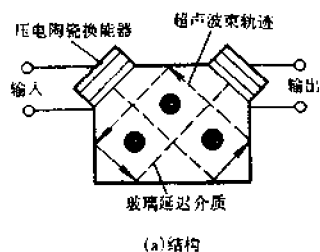


图 4-352 色度延迟线的结构和电路符号

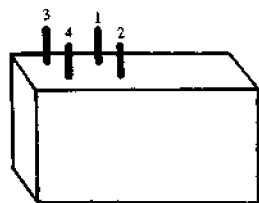


图 4-353 色度延迟线的外形和引脚

### 二、色度延迟线的检测方法

色度延迟线的外形及引脚排列如图 4-353 所示。检测时,用万用表  $R \times 10k$  挡测量各引脚之间的电阻值,正常时,电阻值都应为  $\infty$ 。若测试中发现某对引脚间电阻值不是  $\infty$  或者为零,则说明该对引脚间有漏电或短路性故障,这样的色度延迟线是不能使用的。对于内部引脚断路性故障,用测量电阻的方法是不能进行鉴别的。

## § 4.116 检测彩色电视机行推动变压器

### 一、彩色电视机行推动变压器的结构和作用

行推动变压器又称行激励变压器,是彩色电视机行扫描电路中的重要器件。它的外形结构如图 4-354 所示。主要由铁心(或磁芯)、线圈骨架、初次级绕组构成。通常采用铁心(硅钢片)结构的较多,但也有使用磁芯结构的。

彩色电视机行扫描电路中的典型行推动电路如图 4-355 所示(以 NP82 机芯为例)。这是

一个典型的脉冲放大器。VT<sub>701</sub>是行激励管,它工作在开关状态,经它放大的行频(15625Hz)脉冲信号,由行推动变压器 T<sub>701</sub>初、次级绕组耦合到行输出管 VT<sub>702</sub>的基极,从而控制行输出管 VT<sub>702</sub>工作在开关状态。将行推动变压器 T<sub>701</sub>设置在行激励级与行输出级之间,可起到二者间的耦合和阻抗变换的作用。

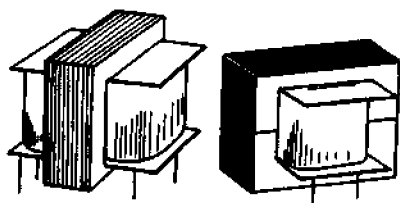


图 4-354 彩色电视机行推动变压器外形

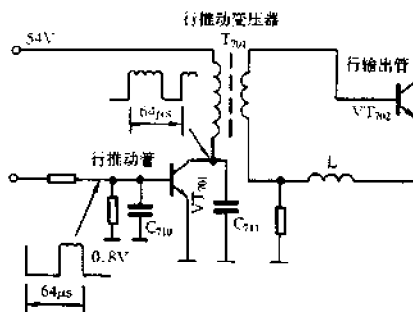


图 4-355 NP82 机芯彩色电视机行推动电路

## 二、彩色电视机行推动变压器的检测方法

### 1. 测量直流电阻判断好坏

行推动变压器的初级绕组一般是采用比较细的漆包线( $\phi 0.08 \sim 0.12\text{mm}$ )绕制而成,并且匝数较多,所以直流电阻比较大,通常为几十欧左右;而次级绕组则采用较粗的漆包线( $\phi 0.27 \sim 0.5\text{mm}$ )绕制,且匝数较少,所以直流电阻很小,通常在  $0.5\Omega$  以下。检测时,可用万用表  $R \times 1$  挡分别测出行推动变压器初、次级绕组的电阻值,如果所得阻值与正常值偏差较大,则可判定其有故障。

### 2. 判别初、次级绕组

对于初、次级绕组混淆不清的行推动变压器,可根据初级绕组电阻大,次级绕组电阻小的特点加以判别。具体方法是,将万用表置于  $R \times 1$  挡,先用两表笔任接行推动变压器某一侧的两引脚,测出一个电阻值;然后再测出另一侧两引脚间的电阻值,两次测得的电阻值必定是一大一小,其中阻值大的一个绕组即为初级绕组,而阻值很小的一个绕组则为次级绕组。

### 3. 检测绝缘性能

将万用表置于  $R \times 10\text{k}$  挡,测量行推动变压器初次级绕组之间、初级绕组与铁心之间、次级绕组与铁心之间的电阻值,均应为  $\infty$ ,若阻值不为  $\infty$ ,只要万用表指针稍向右摆动,就说明被测行推动变压器绝缘性能不良或已经损坏。

## 三、彩色电视机行推动变压器的重新绕制与代换

### 1. 重新绕制

彩色电视机的行推动变压器损坏以后,有时不易购到同规格的产品直接更换,此时可自行重新绕制。表 4-111 列出了部分彩色电视机行推动变压器的绕制数据,供维修绕制时参考。



表 4-111

部分行推动变压器绕制数据

| 机 型                    | 绕制数据   | 机 型                          | 绕制数据   | 机 型                | 绕制数据   |
|------------------------|--|------------------------------|--|--------------------|--|
| 松下 M11<br>(14in, 18in) | 1-3: $\phi 0.10 \times 1200$<br>4-5: $\phi 0.50 \times 33$ | 东芝 (25in, 29in)<br>(TLN1068) | 1-3: $\phi 0.12 \times 665$<br>4-6: $\phi 0.50 \times 19$  | 夏普 18in<br>(20059) | 1-3: $\phi 0.08 \times 1000$<br>5-4: $\phi 0.45 \times 32$ |
| 松下画王<br>牡丹 29in        | 1-3: $\phi 0.10 \times 1100$<br>4-6: $\phi 0.45 \times 23$ | 东芝 18in<br>(TLN1032)         | 1-2: $\phi 0.08 \times 1130$<br>5-3: $\phi 0.27 \times 42$ | 夏普<br>TS-2C        | 初级: $\phi 0.08 \times 900$<br>次级: $\phi 0.47 \times 30$    |
| 陆氏机 18in               | 2-1: $\phi 0.35 \times 39$<br>4-6: $\phi 0.10 \times 815$  | 金凤 29in<br>(TLN1083)         | 1-3: $\phi 0.12 \times 700$<br>4-6: $\phi 0.45 \times 24$  | 飞利浦<br>14in, 18in  | 1-2: $\phi 0.40 \times 36$<br>6-4: $\phi 0.10 \times 850$  |
| 康艺 18in                | 1-2: $\phi 0.10 \times 1200$<br>3-4: $\phi 0.35 \times 36$ | 索尼 18in                      | 1-2: $\phi 0.13 \times 650$<br>3-4: $\phi 0.40 \times 28$  | NEC18in            | 1-3: $\phi 0.10 \times 970$<br>5-4: $\phi 0.21 \times 49$  |
| 三洋 A3C 青岛<br>(SRS468)  | 1-3: $\phi 0.12 \times 512$<br>4-6: $\phi 0.40 \times 41$  | 三洋 18in<br>(AD001)           | 1-3: $\phi 0.12 \times 500$<br>4-6: $\phi 0.40 \times 40$  | 三星 18in            | 1-3: $\phi 0.16 \times 360$<br>5-4: $\phi 0.45 \times 35$  |
| 厦华<br>康佳               | 初级: $\phi 0.10 \times 1100$<br>次级: $\phi 0.50 \times 35$   | 日立 NP8<br>NP82               | 初级: $\phi 0.12 \times 550$<br>次级: $\phi 0.56 \times 25$    | 索尼<br>TS-4C2       | 初级: $\phi 0.10 \times 1200$<br>次级: $\phi 0.51 \times 33$   |

绕制时,先将原行推动变压器铁心和线圈拆下,并记住初、次级绕组的匝数和始末端引出脚的位置,以便按原数据重新绕线。原行推动变压器的骨架如果完好,便可直接利用,但所用漆包线必须换新。铁心可用原来的,也可用一般晶体管收音机的输出变压器铁心代替,但要注意选用体积与原损坏件基本相同的。绕线时,如无绕线机,可徒手绕制,但应戴手套操作,以防汗渍影响绝缘性能。先绕初级绕组,只要骨架能装下,可采用乱绕法进行。初级绕好后,包两层聚酯薄膜,然后再绕次级绕组。绕完后将硅钢片一一对插装入骨架,并用万用表测量直流电阻和绝缘性能。如果正常,再做浸绝缘漆处理,烘干以后装入电路试机,如果电视机不能正常工作,多是相位接反,可将初级或次级线圈的头尾进行对调试验。

## 2. 代换

在维修实践中,也可因地制宜,用下述方法进行应急代用。

### (1) 用黑白电视机的行推动变压器代用

这种方法很适合彩色电视机的行推动级工作电压为 12~30V 的机型,这与黑白电视机行推动级工作状态很接近。所以可直接进行代换。代换时,如果相位不对,只要将初级或次级的两个引脚接线对调一下即可。

### (2) 用 2~5W 小功率扩音机的线间变压器代用

2~5W 小功率线间变压器的初级和次级的抽头较多,可灵活选用匝数。只要合理选择线间变压器初、次级的匝数比,并注意相位的正确性,作彩色电视机行推动变压器的代用品是比较可行的。这种方法适用于一些老式彩色电视机。

## § 4.117 检测彩色电视机行输出变压器(FBT)

### 一、彩色电视机行输出变压器的结构及功能

彩色电视机均采用了多级一次升压式行输出变压器。这种行输出变压器的高压绕组分成

多段绕制,并在各段之间分别接上高压整流二极管,其输出的直流超高压是经过多级整流而产生的,因此被称为多级一次升压方式。由于这种行输出变压器的高压绕组、低压绕组和高压整流二极管均被封灌在一个壳体内,所以又常被称为一体化行输出变压器。

一体化行输出变压器的主要特点是体积小、可靠性高、输出的直流超高压稳定,使彩色电视机的高压调整率能得到显著的改善,大大减少了电视机在亮度变化时所引起的光栅幅度的变化。

图 4-356 是四级一次升压行输出变压器的结构和升压原理图。其低压绕组绕在一个紧贴磁芯的骨架上,外面套上高压绕组。高低压绕组分别绕在两个骨架上,以保证二者间的可靠绝缘。同时,高压绕组又是紧贴低压绕组平绕,这样可有效减少漏感。高压绕组分成四段分别平绕在高压绕组的骨架上的两个(有的是三个或更多个)槽内,所以可有效减少每段绕组的分布电容。高压整流二极管是一种性能优良的玻封二极管,被装配在分段绕制的高压绕组之间。一体化行输出变压器所用磁芯是直径为 10mm 的高导磁率( $\mu_0 > 2000$ )的优质磁芯。封灌壳体用的则是一种绝缘性好、无毒性、无腐蚀性、易固化、耐高温的材料。在彩色电视机行输出变压器的壳体上,还装有与其配套使用的聚焦电位器,用来调整彩色显像管需要的聚焦电压。

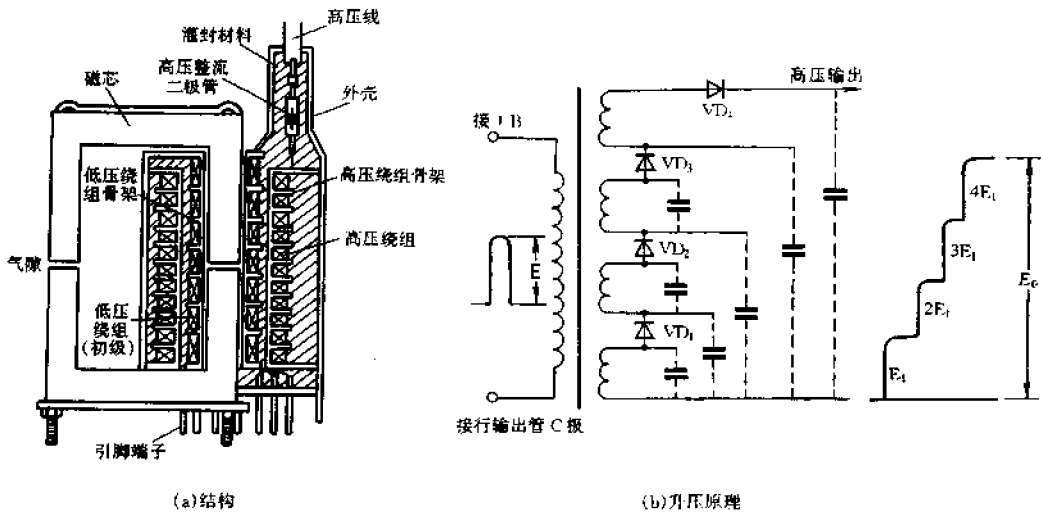


图 4-356 四级一次升压行输出变压器的结构与升压原理

图 4-357 是常见彩色电视机行输出级简化电路。在此,行输出变压器的初级线圈提供了行输出管工作的直流通路,次级线圈将行输出级产生的逆程脉冲进行提升并经整流提供彩色显像管工作所需要的阳极 20~25kV 的高压和聚焦、加速极中压。同时,还提供彩色显像管灯丝 6.3V 电压以及视放、中放、解码、伴音电路的 12V 低压,有的行输出变压器还提供场输出电路的泵电压。此外,行输出变压器还提供行扫描电路的 AFC 信号,通过积分电路供自动频率控制电路工作需要的锯齿波比较信号。有些彩色电视机的行输出变压器还提供开关稳压电源需要的行频脉冲电压、高压限制电路取样电压、自动亮度限制电路(ABL)的控制电压以及 PAL 解码电路使用的行频脉冲信号等。

## 二、彩色电视机行输出变压器的检测方法

维修实践表明,在彩色电视机电路中,故障率较高的部分,除了开关稳压电源以外就是行扫描电路。而行扫描电路中又以行输出变压器损坏最为常见。行输出变压器工作在高电压、大电流、高频率的脉冲开关状态下,工作条件比较恶劣,因而对其绝缘强度等电性能要求很高。当绕组绝缘不良时,很容易造成击穿短路。行输出变压器一旦损坏后,将导致整机不能正常工作,特别是当其内部绕组出现严重短路时,会使行扫描电流剧烈增加,造成电源输出电压大幅度下跌,有时甚至损坏电源电路。所以,正确地掌握一些检测判断行输出变压器好坏的实用方法,对于更准确、更迅速、更安全地排除故障是很有帮助的。下面综合介绍一些常用的检测彩色电视机行输出变压器的具体方法。读者可在维修实践中针对不同情况,灵活加以运用。

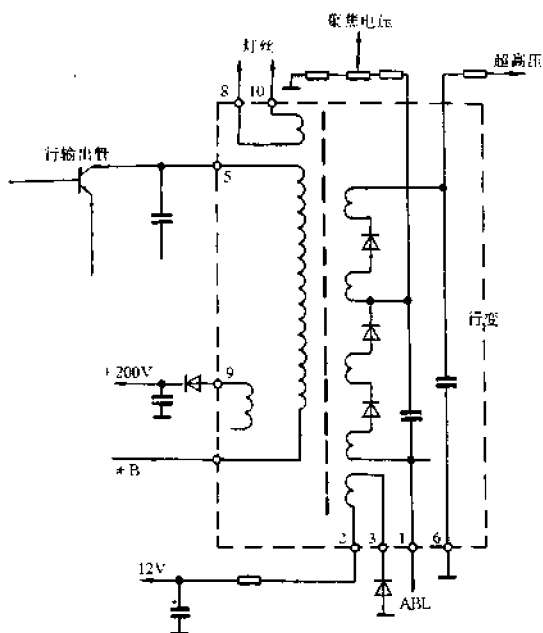


图 4-357 彩色电视机行输出简化电路

### 1. 电阻检测法

这是一种检测彩色电视机行输出变压器最为简捷易行的方法。具体操作方法是,在电视机不开机的状态下,用万用表  $R \times 1k$  挡在路测量行输出管集电极对地的正、反向电阻值,一般情况下正向测试时电阻为  $4 \sim 6k\Omega$  左右;反向测试时电阻为  $10 \sim 20k\Omega$  左右(个别机型可能超过  $20k\Omega$ )。如果行输出管集电极对地电阻基本正常,就说明与行输出变压器相关的元件如行输出管、行逆程电容等无明显的击穿或短路性故障,而故障点多是发生在行输出变压器本身。

### 2. 电压检测法

检测时,可用万用表 DC250V 挡测量行输出管集电极电压,根据电压值的大小来判断行输出变压器的工作情况。正常时,行输出管集电极电压应当接近供电电压值(多数机型为  $110V$  左右),如果行输出变压器存在故障,其电压就会不正常。一般情况下,行输出管集电极电压偏低,多数是行输出变压器有短路性故障所致。具体检测操作可分两步进行:第一步,先将行推动变压器初级断开,在行输出管无激励脉冲的状态下测量其集电极电压,如果不正常,可视情查找原因并对症排除。如果正常,则可进行第二步检测:将行推动变压器初级绕组恢复正常,开机,在行输出管加激励脉冲状态下,测量其集电极直流电压,并和第一步测量结果进行比较。正常情况下,两种状态下所测的行输出管集电极电压应无多大差异。如果所测电压变化较大,则说明行输出变压器可能存在故障。通常,当测得行输出管集电极电压低于正常值  $20 \sim 30V$  时,即可确定行输出级的工作出现了异常现象,而其中大多数是由行输出变压器损坏引起的。

注意,这种方法有一定的局限性,即偶尔会有不合其规律的情况。例如,行振荡频率偏移、行激励脉冲异常等,有时也会使行输出管集电极电压偏离正常值。因此,检测时要正确区分,防止误判。

### 3. 电流检测法

测量方法如图 4-358 所示。具体操作时可参照下述两种方法进行。

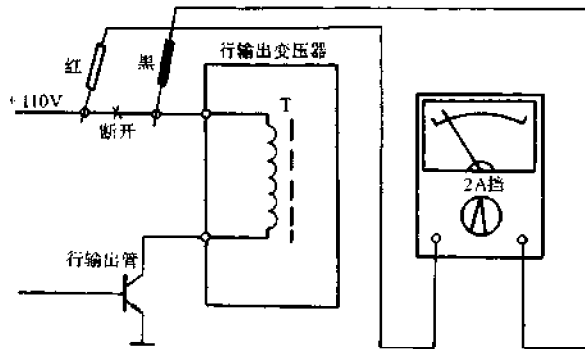


图 4-358 测量行输出管集电极电流的接线

#### 方法一：

先直接用万用表直流电流挡测量行输出管集电极电流的大小,以判断其工作正常与否。在正常情况下,行输出管集电极电流多在 270 ~ 350mA 之间;37cm 彩色电视机略小一些,在 230mA 左右;51cm 或 56cm 彩色电视机稍大一些,在 340 ~ 420mA 左右。然后断开行偏转线圈(注意:此时应同时拔下显像管尾板,以防止过亮的横亮线烧伤显像管荧光粉),再测一次行输出管集电极电流,此时,电流值要小得多,一般为 95mA 左右。当然,这是指一般规律而言,对于有些特殊情况,应根据其电路结构具体分析判断。大量维修经验证明,行输出变压器损坏引起行输出管集电极电流异常的具体故障部位及原因是多种多样的。绕组有短路时电流会增大;高压硅堆击穿时也会使电流骤增;聚焦电位器短路时同样会导致电流偏大。另外,测试时还可能根本测不出电流的现象,这说明行振荡级或行推动级存在故障,使开关脉冲未加到行输出管。同时,如果行输出管本身已经损坏,例如电极烧断等,有时也会引起无集电极电流。

在确认行振荡、行推动以及行输出管正常的前提下,通过对行输出管集电极电流的测量,基本上可以判定行输出变压器的好坏。现将上述电流检测法进一步进行概括归纳:第一步,先不断开行偏转线圈实测行输出管集电极电流是否正常;第二步,断开行偏转线圈,再测量行输出管集电极电流的大小。将第二步测得的结果与第一步测得的结果进行比较:如果电流明显减小则说明行输出变压器正常;如果电流基本保持不变,则难以说明问题,应视情况深入查找原因;如果电流有所增大,则多为行输出变压器损坏。

采用此法检测行输出管集电极电流时,要注意正确操作。应先在关机状态下将万用表按正确接法串入行输出管集电极回路(即行输出变压器初级回路),并且选用的直流电流量程要足够大,然后再开机测量,并仔细观察万用表电流指示情况。一旦发现有电流过大甚至超出万用量程而出现打表现象,应迅速关机,以免烧坏万用表表头或电路中的其他元件。

#### 方法二：

此法的检测操作比方法一要稍繁琐一些,但判断行输出变压器有无短路性故障的准确率要优于方法一。具体操作可按下述步骤进行。

首先断开行偏转线圈与彩色电视机主板的连线(或直接拔掉行偏转线圈的插头),用吸锡烙铁(或其他方法)吸掉除行输出变压器初级绕组的其他各引脚上的焊锡。目的是将这些引脚

与彩色电视机主板脱开,只保留初级绕组在路。然后按图 4-358 所示方法接好万用表,开机加电,用直流电流挡测量行输出管的集电极电流。正常时,此电流值应在 40~65mA 左右。如果测得的空载电流值大于正常值较多,则说明行输出变压器有匝间短路性故障。

这种检测方法的基本原理是,在断开行输出变压器次级负载以后,正常情况下初级绕组应只有较小的空载电流,所测行输出管的集电极电流应该较小。如果行输出变压器次级绕组发生匝间短路,则会形成较大的短路电流,从而使初级电流也大为增加;如果短路点是发生在行输出变压器初级绕组的匝间,则初级电感量将减小,结果便使初级电流增加。因此,无论是初级绕组还是次级绕组发生匝间短路故障,最终总会集中反映在行输出管集电极空载电流的增加上,而与其他外电路无关。

上述检测方法还适用于判别新购行输出变压器的好坏。只要将彩色电视机原行输出变压器拆下,用两根导线将新行输出变压器初级引脚连到电路板相对应的正确位置,其余引脚悬空,通电测量行输出管集电极空载电流,即可判明被测新行输出变压器是否有匝间短路故障。维修实践证明,在新行输出变压器上机前,采用此法检测一下其好坏是很有必要的。因为目前有些市售的行输出变压器质量较差,购买时只能测量绕组的直流电阻值,且均在正常值范围内,不易发现问题。但焊到主机电路板上时则不能正常工作,这样不但使彩色电视机的故障依旧,而且还给维修者造成错觉,影响故障的顺利排除。如果上机前将新行输出变压器按上述方法测试一下正常与否,便可做到心中有数,使维修少走弯路。

#### 4. 电阻、电压、电流综合检测法

检测判断行输出变压器的故障,有时只单独采用电阻法、电压法或电流法不一定能奏效。这时,可根据不同机型,将三种方法综合起来加以运用,以达到准确判断故障部位的目的。具体操作可按下列步骤进行。

##### (1) 用电压法区分故障部位

目前,多数彩色电视机开关电源输出的供整机工作的直流主电源电压多为 110~130V 左右。有的机型在行供电支路上串有一只限流电阻,有的则未加限流电阻。当开关电源本身异常或行输出变压器以及其他负载出现短路时,都会使主电源电压下降,有时会跌至 50~90V。若电路中设置有过流保护,则保护电路动作,使主电源电压无输出。区分是开关稳压电源自身故障还是行输出变压器及其他负载故障的有效方法是按照图 4-359 所示的电路进行测试判断。关机后,将开关电源输出端与主板断开,并在输出端对地接一只 300Ω/50W 电阻或 60~100W/AC220V 的白炽灯泡作假负载。开机,用万用表直流电压挡测量主电源电压。若仍不正常,则说明开关电源本身有故障;若恢复正常,则说明负载(包括行输出变压器)有问题,应作进一步检查。

##### (2) 用电阻法确定故障部位

经过上述测试,在排除开关稳压电源本身的故障以后,可按下述方法重点对行

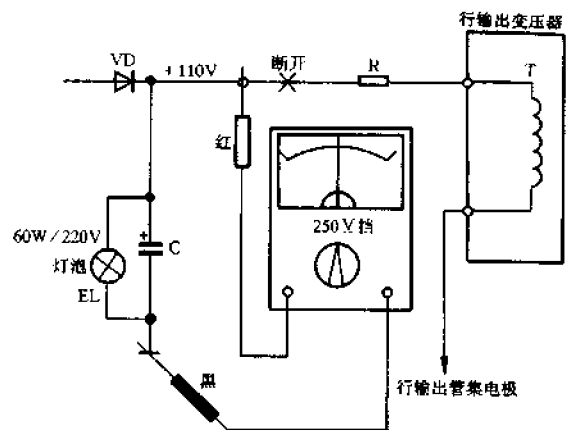


图 4-359 测量主电源电压接线

输出电路进行检测。将开关稳压电源输出端的假负载去掉,使电路恢复正常。用万用表  $R \times 1k$  挡,在不开机的状态下,测量行输出管集电极对地的正、反向在路电阻值。如果所测得的在路电阻值偏离正常值较大,说明行负载有关元件(如行输出管、行逆程电容等)有短路或变值现象,应进行相应的检查;如果在路电阻值正常,则说明行负载有关元件没有直流短路现象,基本上可以判定是行输出变压器有故障。

### (3) 用电流法核实判断结论的正确性

将万用表拨至 DC2A 以上的电流挡,串入行输出管的集电极回路,开机测量集电极电流。正常时应在 270 ~ 350mA 左右,如偏离此值较大,则可验证“行输出变压器有短路故障”的结论是正确的。

表 4-112 列出了几种彩色电视机的主电源电压值和实测的行输出管集电极对地在路电阻值,以及部分限流电阻的阻值和其端电压的正常值范围,供读者检修时参考。

表 4-112 几种彩色电视机行输出管集电极对地正常电阻及限流电阻端电压值

| 机 型                     | 长虹<br>CJK51A | 昆仑<br>S471 | 孔雀<br>KQ47-39-3 | 孔雀<br>KQ47-36 | 孔雀<br>KQ47-1882 |      |
|-------------------------|--------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|------|
| 适用机芯                    | 松下 M11       | 三洋 83P     | 三洋 93PE         | 夏普 Ne-2T      | 索尼 KV-1882      |      |
| 主电源电压值(V)               | +111         | +130       | +130            | +111          | +115            |      |
| 行管 e 极在路电阻(k $\Omega$ ) | 红笔测、黑笔接地     | 28         | 16              | 14            | 11              | 13.5 |
|                         | 黑笔测、红笔接地     | 6          | 4.5             | 6.5           | 4               | 6    |
| 限流电阻                    | 阻值           | 1.5/3W     | 5.6/6W          | 6.8/6W        | 3.9/5W          |      |
|                         | 端电压(V)       | 1.5~1.9    | 1.6~2           | 1.8~2.4       | 1.1~1.4         |      |

注:表中数值是用 MF47 型万用表  $R \times 1k$  挡测得。

## 5. 短路检测法

这种方法既简便又实用,对于检测判断行输出变压器局部短路性故障十分奏效。下面结合彩色电视机故障症状介绍具体检测方法。

故障现象:无光无声,开关电源输出的直流电压降至 50V 左右。

测试方法如图 4-360 所示。将万用表置于 DC250V 挡,红表笔接主电源正极,黑表笔接地。开机,电压指示为故障态的 50V 左右。用导线将行推动变压器的初级瞬间短路一下,如短路时主电源电压不上升,仍然为 50V 左右,则故障多是行输出管异常所致;如短路时主电源电压上升至正常值,则可判定行输出变压器内部存在短路现象。

这种检测方法的原理是,行输出变压器的匝间短路属于交流短路,只有行振荡脉冲信号加到行输出变压器时,才会出现短路电流,而将行推动变压器的初级瞬间短接后,就等于人为的迫使行输出级停振,即消除了交流短路电流对电路的影响,如果主电源直流电压下跌是行输出变压器匝间短路造成的,在行输出级停振后,电压自然就会回升到正常值。

注意,使用此法时,只能瞬间短路行推动变压器的初级而不能短路次级。若将次级短路,虽然也能达到迫使行输出级停振的目的,但这样操作的危害是加大了行推动级的负载电流,会烧毁行推动管或限流电阻。

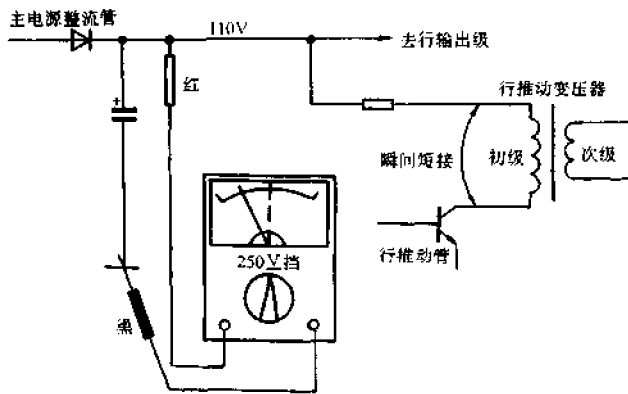


图 4-360 彩色电视机行输出变压器的短路检测法

## 6. 外接低压电源检测法

测试方法如图 4-361 所示。可按下述步骤操作测试。

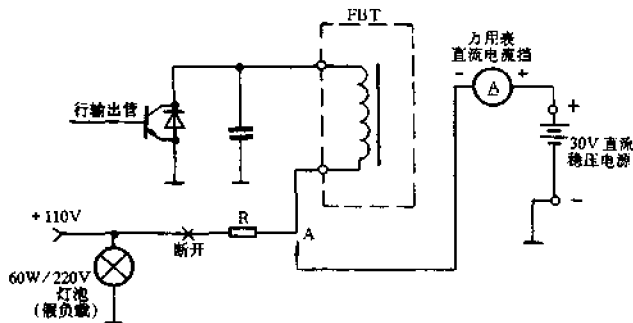


图 4-361 外接电源检测行输出变压器

(1) 断开行输出变压器的 110V 供电支路。有行限流电阻的机芯, 将限流电阻从电路板上焊开一端即可(见图 4-361 中的 R)。

(2) 备好一台输出电压为 DC30V、输出电流大于 1A 的直流稳压电源, 将其负极与彩色电视机主板地相接, 正极接万用表的红表笔, 万用表的黑表笔则直接接在行输出变压器的供电输入脚上(见图 4-361 中 A 点), 其余引脚保持与原机相接不变。万用表要选用直流电流挡, 且量程要大于 1A。

(3) 加电测试: 先开彩色电视机主机电源, 再开 DC30V 直流低压供电电源, 仔细观察万用表指针指示的电流值大小。正常情况下, 电流应小于 100mA, 如果实测值大于 100mA, 则可确定行输出变压器的某绕组有匝间短路故障。

采用上述外接低压电源法测试判断行输出变压器时有以下几点应加以注意。

(1) 切断行输出级的供电支路时一定要彻底, 否则易造成误判。遇到如图 4-362 所示的行输出电路时, 应在打叉的 D 处切断主电源。

(2) 在切断行输出供电支路后, 应在开关电源的直流输出主电源端对地并接一只 60W/

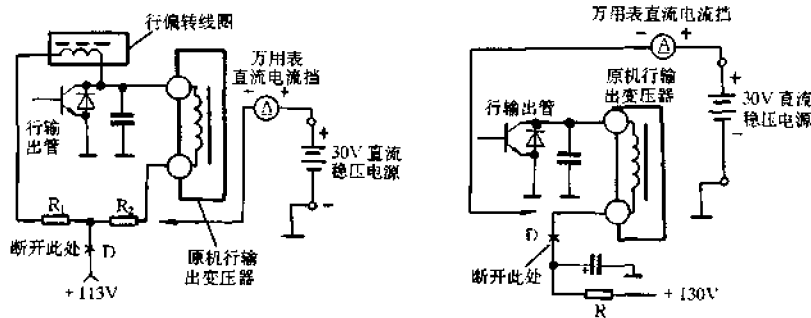


图 4-362 切断主电源的正确方法

AC220V 的白炽灯泡作假负载。否则,会由于行输出供电支路的空载而使开关电源不能正常工作。

(3) 一旦测出行输出变压器的电流值偏大时,最好将行、场偏转线圈断开后再复测一次,如果其电流仍偏大,则可判定行输出变压器损坏。否则,说明偏转线圈存在问题。

(4) 采用上述方法也可检测新行输出变压器的好坏。接线方法如图 4-363 所示,将被测行输出变压器的初级接入测试电路,其余绕组悬空。操作步骤不变。但应注意,这时所测的电流为行输出变压器的空载电流,一般应小于 85mA。否则,说明新件有短路性故障。另外,在测试过程中,应用绝缘塑料袋将高压帽包住,以防人体触及高压钩遭到电击。

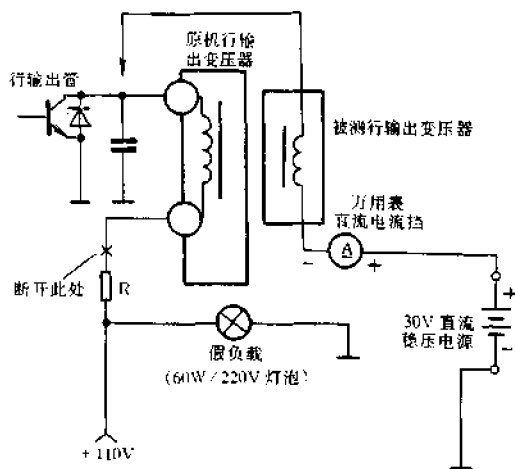


图 4-363 检测新行输出变压器的方法

(5) 对于主板带电的机芯,应使用 1:1 隔离变压器将彩色电视机与市电隔离开以后再进行测试操作,以防发生人身触电或损坏稳压电源等事故。

### 7. 电感模拟检测法

对于主电路供电电压为 DC110V 的彩色电视机,其行输出变压器初级绕组在 100 匝左右,电感量均在 3 ~ 5mH 之间。因此,可以自制一个电感线圈来替代行输出变压器初级绕组装入电路进行试验,并配以测行输出管集电极电流的大小来分析判断故障所在。具体方法如下。

(1) 将被怀疑有故障的原行输出变压器从电路板上焊下。

(2) 找一个废弃的 31cm 黑白电视机分离式行输出变压器,拆掉原高压包和低压线圈,在低压线圈骨架上,用直径 0.51mm 的漆包线绕 100 匝,装上磁芯,在磁芯对接处垫两层牛皮纸作为气隙,用原紧固螺钉拧紧,模拟电感线圈即告制成。

(3) 将制作好的模拟电感线圈装入原行输出变压器初级绕组的位置上,将万用表置于大于 DC1A 的电流挡,串入行供电支路。

(4) 开机试验。如果行电流小于 100mA,说明行扫描电路正常,而原行输出变压器存在匝间短路故障。



上述方法是一种比较灵活的检测方法,适用于判断行电流过大等故障,特别是对于一些开机即烧保险的彩色电视机,如果故障是由行输出变压器引起的,只要用此法进行模拟试验检测后便一目了然。

使用电感模拟检测法时要注意针对不同彩色电视机屏幕尺寸进行适当变通。按照一般规律,彩色电视机屏幕尺寸越小,行输出变压器的初级电感量越大,行输出管集电极电流则越小,反之,彩色电视机屏幕尺寸越大,行输出变压器的初级电感量则越小,而行输出管的集电极电流则越大。在维修中,若想改变模拟电感线圈的电感量,可采用增减磁隙的方法来实现,即磁芯对接处的垫纸越厚电感量越小,垫纸越薄则电感量越大。

#### 8. 电感测量检测法

这种方法是直接将彩色电视机的行输出变压器从电路板上焊下,用电感表单独测量其初级绕组的电感量是否在正常值范围内,以判断行输出变压器有无故障的一种方法。前面已经作过介绍,彩色电视机行输出变压器的初级电感量一般在 3~5mH,不同机型略有出入。

表 4-113 列出了几种彩色电视机行输出变压器初级的实测电感量,供维修时参考。

表 4-113 部分彩色电视机行输出变压器初级绕组电感量

| 彩色电视机型号      | 电感量    | 彩色电视机型号     | 电感量   |
|--------------|--------|-------------|-------|
| 松下 TC-483D   | 2.8mH  | 金星 C37-401  | 4mH   |
| 索尼 KV-1882CH | 3.5mH  | 金星 C56-402  | 3.5mH |
| 索尼 KV-2092CH | 3.2mH  | 金星 C514     | 4mH   |
| 德律风根 20in    | 5mH    | 佳丽 EC-142   | 3.8mH |
| 德律风根 22in    | 4.5mH  | 佳丽 EC-182   | 3.2mH |
| 三洋 83P       | 4.69mH | 夏普 C-1803DK | 3.3mH |

电感测量检测法的优点是不受彩色电视机原机电路的影响,可以单独对行输出变压器进行检测。通常,如果测得电感量为零或 $\infty$ ,即可判定行输出变压器已损坏无疑。如果测得的电感量在正常值内,则可初步表明行输出变压器无问题。但是这种检测方法也具有很大局限性。由于测量电感量需要专用的电感表,这在业余条件下不好实现。此外,用这种方法如果测出行输出变压器初级电感量不正常,便能正确作出其损坏的结论,但如没测出问题,也不能完全作出其性能完好的结论,还必须上机试验后再作定论。因为对于行输出变压器上机加电后是否有击穿、损耗增大等故障表现,只测出电感量是说明不了问题的。因此,用电感测量检测法判断行输出变压器的好坏,只能认定其是否是坏的,而不能完全有把握认定其是否是好的。这在维修实践中必须予以注意。

## § 4.118 检测彩色电视机声表面滤波器(SAWF)

### 一、声表面滤波器的结构和性能特点

声表面滤波器简称 SAWF,目前,彩色电视机的中频电路都采用了这种声表面滤波器。它

的应用不仅简化了电路结构,减少了分立元件,而且提高了整机参数的一致性和可靠性。声表面滤波器的结构、外形、电路符号和幅频特性如图 4-364 所示。由结构图可见,它是在一块具有压电效应的材料基片上蒸发一层金属膜,然后经光刻,在两端各形成一对梳子形电极构成的。当在输入端换能器的压电材料电极上输入交流信号时,由于压电效应,在电极压电材料表面将产生与外加输入电信号相同频率的机械振动波,该振动波沿着压电材料基片表面,以声速传播。当此机械振动波传播到输出端的换能器时,由于逆压电效应,又将机械振动波转换为交流电信号,再由输出电极输出。

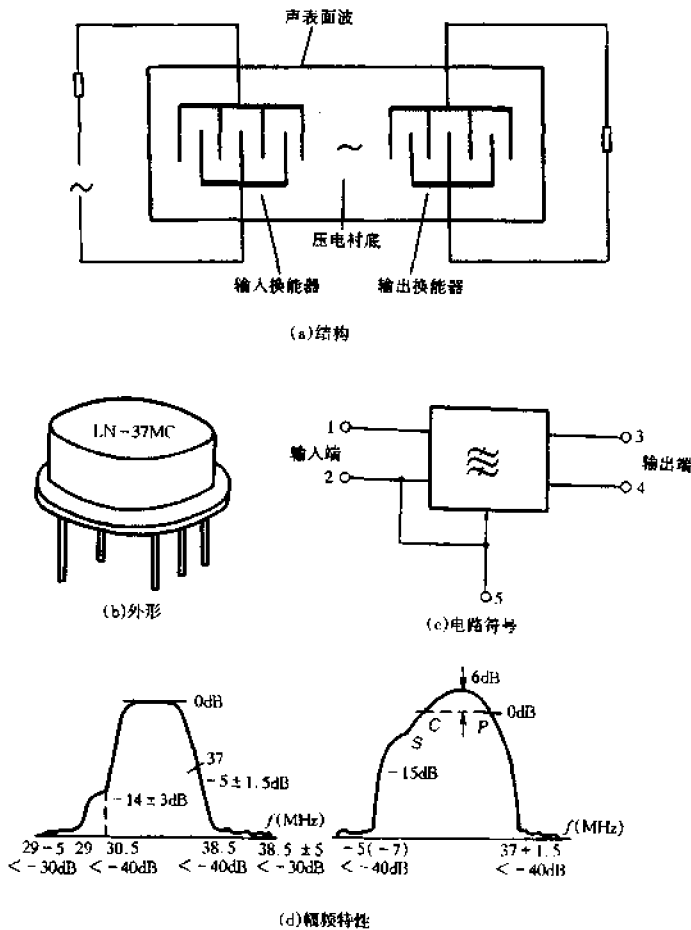


图 4-364 SAWF 的结构、外形、符号和幅频特性

## 二、声表面滤波器的检测方法

在彩色电视机中,声表面滤波器处于高频调谐器和中放电路之间,使用时一旦损坏,声像均会受到影响。检测判断声表面滤波器的好坏,通常采用下述方法。

### 1. 将 SAWF 从电路中取下单独测试判断

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量 SAWF 各引脚间的电阻值,对于性能良好的 SAWF,其两个

输入端①和②、两个输出端③和④以及两个输入端和两个输出端之间的电阻值均应为 $\infty$ 。除了②脚与⑤脚都与金属外壳相连,二者相通外,其他各脚与屏蔽极⑤脚之间的电阻值也应为 $\infty$ 。如果测量结果与上述规律不相符,说明器件存在故障。

## 2. 结合电视机故障表现进行在路检测判断

(1) SAWF 输入端两引脚短路或接地,电视机表现为无图无声但有杂波信号和“沙沙”声。用万用表直流电压挡测量输入端①脚对地电压,若为零,即可断定输入端对地短路。

(2) SAWF 输出端两引脚短路或接地,电视机表现为无图无声,无杂波信号和“沙沙”声。用万用表直流电压挡测量 SAWF 输出端对地电压,若电压值为零,则说明输出端短路或已经接地。

(3) SAWF 内部接触不良或对地漏电打火,电视机表现为图像频繁闪动,时而出现白色水平干扰亮线或图像噪波增大、彩色时有时甚至无彩色,行、场伴随有不同步现象;伴音亦表现异常,扬声器中发出“喀喀”声。检测时,用万用表直流电压挡测量输出端直流电压,会发现该点电压随“喀喀”声而波动不止。

(4) SAWF 内部开路,电视机表现为无图无声,但有杂波信号和“沙沙”声。检测时,用万用表一支表笔去触碰输入端①脚和输出端③脚,根据屏幕表现即可作出判断。当触碰①脚时,屏幕杂波图像和“沙沙”声无任何变化,而触碰③脚时,图、声均有变化,则可断定 SAWF 有内部断路性故障。

## 三、声表面滤波器的应急修理代用

### 1. 电击法修复漏电的 SAWF

对于极间漏电的 SAWF,有时采用电击法进行修复是很奏效的。例如,实测某型电视机一只声表面滤波器两输出引脚③、④间有  $50\text{k}\Omega$  漏电阻,将一只  $47\mu\text{F}/450\text{V}$  电解电容在电源整流电路上充好电,然后按图 4-365 所示的方法对输出端反复进行电击,当用万用表测量被击两端电阻为无穷大时,证明电击成功。最后装机试验,电视机故障排除。

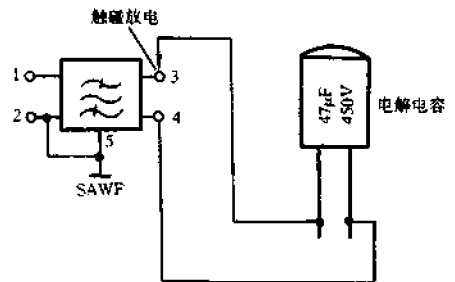


图 4-365 电击法修理 SAWF

### 2. 用 $1000\text{pF}$ 电容将 SAWF 输入、输出端直接连通

这是一种最常用的应急修复方法。将损坏的 SAWF 从电路中拆下不用,在原安装 SAWF①

和③脚的焊孔间接入一只  $1000\text{pF}$  的电容,即可恢复正常的图像和伴音。此法适合于电视台所用频道较少的地区,且频道使用为间隔分配的方式。在电视频道较多的地区使用此法应急修复 SAWF,易出现相邻频道的干扰现象。

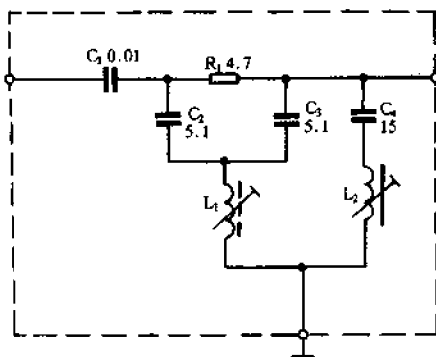


图 4-366 用分立 LC 组件代换 SAWF

### 3. 用分立式 LC 元件代用

图 4-366 所示为分立件式 LC 滤波器,它可以代替损坏的 SAWF 用于相应电路中。该分立件式 LC 滤波器中的电感线圈可用电视机中的中频变压器改制,  $L_1$  和  $L_2$  用直径  $0.1\text{mm}$  的漆包线分别绕 13 匝和 10 匝而成。代换后,可调整  $L_1$  和  $L_2$  的磁杆,使图像

和声音均为最佳状态即可。

## § 4.119 检测彩色电视机开关电源厚膜集成电路

### 一、彩色电视机开关电源厚膜集成电路的分类及性能特点

厚膜集成电路是一种利用“厚膜技术”，在陶瓷基片上制作成膜式元件和用银基浆料制成连接导线，构成某种专门用途的集成电路。近年来，彩色电视机的开关电源电路中均使用了厚膜集成电路，不仅使开关电源的设计大为简化，装配方便，有利于批量生产，而且大大提高了可靠性。彩色电视机开关电源所使用的厚膜集成电路的三种主要类型如图 4-367 所示。

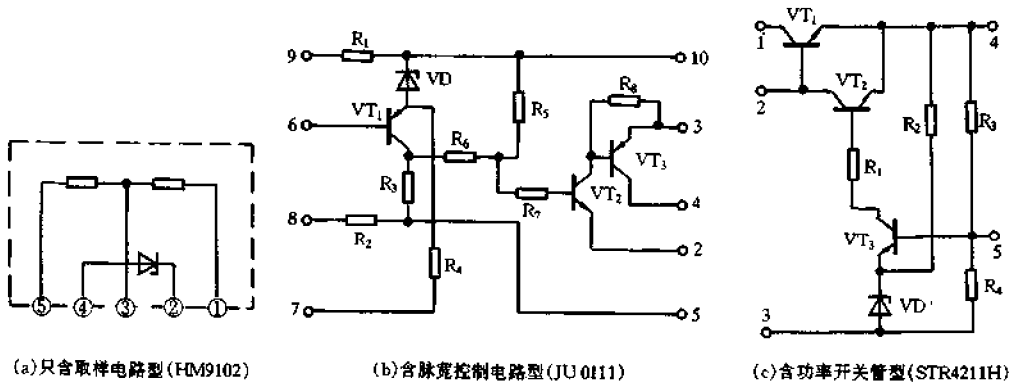


图 4-367 开关电源厚膜集成电路的三种类型

#### 1. 只含取样电路型

这种开关电源厚膜集成电路比较简单。例如，图 4-367(a)所示是用于金星牌彩色电视机开关电源中的 HM9102 型厚膜集成电路，它只由一只稳压二极管和两只取样电阻构成。

#### 2. 含脉宽控制型

这种开关电源厚膜集成电路内部结构比前一种较为复杂。图 4-367(b)是用于某型彩色电视机开关电源中的 JU0111 型厚膜集成电路的内部电路图。图中，VD 为基准电压稳压管，VT<sub>1</sub> 是误差电压取样管，VT<sub>2</sub> 和 VT<sub>3</sub> 小功率三极管组成直接耦合放大器。在开关稳压电源中使用此厚膜集成电路，即可实现误差电压取样放大和脉冲宽度控制功能。

#### 3. 含功率开关管型

图 4-367(c)是某型彩色电视机使用的含功率开关管型厚膜集成电路 STR4211H 内部电路原理图。这种类型的开关电源厚膜集成电路的集成度更高，功能更加完善。它既包含了误差电压取样放大、脉冲宽度控制电路，又包含了功率开关管。完全实现了一体化结构。

### 二、彩色电视机开关电源厚膜集成电路的检测方法

在彩色电视机的各单元电路中，开关电源是发生故障较多的部位之一，而在开关电源中，又以厚膜集成电路损坏率较高。当开关电源发生故障时，会直接造成整机“无图无声”，以至于

无法开机通电,不能测量引脚电压。在这种情况下,将厚膜集成电路从印制板上焊下,用万用表电阻挡单独测量各引脚之间的电阻来判断其性能好坏是一种最简捷可靠的实用方法。这种方法既可以排除外围电路对测量数据的影响,使测量结果真实可信,又不受机型和电路的限制,有很强的通用性。表4-114~表4-141是实测的彩色电视机常用开关稳压电源厚膜集成电路的自身电阻值,可供读者检查测试时参考。

表 4-114 STR451 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | MF47型, R × 1k |   |   |   |     |   |    |    |      |   |      |   |
|----------|---------------|---|---|---|-----|---|----|----|------|---|------|---|
|          | 黑表笔所接引脚       | ① | ② | ① | ③   | ① | ④  | ②  | ③    | ② | ④    | ③ |
| 红表笔所接引脚  | ②             | ① | ③ | ① | ④   | ① | ③  | ②  | ①    | ② | ④    | ③ |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | ∞ | ∞ | ∞ | 7.9 | ∞ | 34 | 48 | 10.5 | ∞ | 77.5 | ∞ |

表 4-115 IX0308CE 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | MF10型, R × 1k |     |   |     |    |   |    |   |     |   |     |
|----------|---------------|-----|---|-----|----|---|----|---|-----|---|-----|
|          | 黑表笔所接引脚       | ①   | ② | ①   | ③  | ① | ④  | ① | ⑤   | ① | ⑥   |
| 红表笔所接引脚  | ②             | ①   | ③ | ①   | ④  | ① | ⑤  | ① | ⑥   | ① | ⑦   |
| 电阻值(kΩ)  | 6             | 6   | 9 | 8   | 20 | ∞ | 14 | ∞ | ∞   | ∞ | ∞   |
| 黑表笔所接引脚  | ⑦             | ①   | ⑧ | ①   | ⑨  | ① | ⑩  | ① | ⑪   | ① | ⑫   |
| 红表笔所接引脚  | ①             | ⑧   | ① | ⑨   | ①  | ⑩ | ①  | ⑪ | ①   | ⑫ | ①   |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | ∞   | ∞ | ∞   | ∞  | ∞ | ∞  | ∞ | ∞   | ∞ | ∞   |
| 黑表笔所接引脚  | ③             | ④   | ⑥ | ⑦   | ⑥  | ⑧ | ⑦  | ⑧ | ⑦   | ⑨ | ⑧   |
| 红表笔所接引脚  | ④             | ③   | ⑦ | ⑥   | ⑧  | ⑥ | ⑧  | ⑦ | ⑨   | ⑦ | ⑨   |
| 电阻值(kΩ)  | 8             | ∞   | ∞ | 6.9 | ∞  | ∞ | 7  | ∞ | 7.5 | ∞ | 0.1 |
| 黑表笔所接引脚  | ⑨             | ⑧   | ⑩ | ⑨   | ⑩  | ⑩ | ⑪  | ⑪ | ⑮   | ⑩ | ⑮   |
| 红表笔所接引脚  | ⑧             | ⑩   | ⑧ | ⑩   | ⑨  | ⑪ | ⑩  | ⑮ | ⑪   | ⑮ | ⑩   |
| 电阻值(kΩ)  | 0.1           | 7.5 | 8 | 7.5 | 8  | 8 | ∞  | ∞ | ∞   | 6 | ∞   |

表 4-116 HM9201 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R × 1k |   |   |   |    |    |    |    |   |   |   |   |    |
|----------|--------------|---|---|---|----|----|----|----|---|---|---|---|----|
|          | 黑表笔所接引脚      | ⑤ | ① | ⑤ | ②  | ⑤  | ③  | ⑤  | ④ | ⑤ | ⑤ | ⑥ | ⑤  |
| 红表笔所接引脚  | ①            | ⑤ | ② | ⑤ | ③  | ⑤  | ④  | ⑤  | ⑤ | ⑥ | ⑤ | ⑦ | ⑤  |
| 电阻值(kΩ)  | ∞            | ∞ | ∞ | ∞ | 37 | 52 | 35 | 50 | 0 | ∞ | ∞ | ∞ | 35 |

表 4-117 IX0323CE 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R × 1k |   |     |   |    |     |      |      |   |
|----------|--------------|---|-----|---|----|-----|------|------|---|
|          | 黑表笔所接引脚      | ① | ④   | ② | ④  | ③   | ④    | ⑤    | ④ |
| 红表笔所接引脚  | ④            | ① | ④   | ② | ④  | ③   | ④    | ⑤    |   |
| 电阻值(kΩ)  | ∞            | ∞ | 4.5 | ∞ | 28 | 6.5 | 25.1 | 14.1 |   |

表 4-118

STR4211 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |   |     |   |    |    |    |    |
|----------|---------------|---|-----|---|----|----|----|----|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ④ | ②   | ④ | ③  | ④  | ⑤  | ④  |
| 红表笔所接引脚  | ④             | ① | ④   | ② | ④  | ③  | ④  | ⑤  |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | ∞ | 5.3 | ∞ | 63 | 33 | 30 | 30 |

表 4-119

IX0512CE 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |    |   |   |   |   |    |   |
|----------|---------------|----|---|---|---|---|----|---|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ④  | ② | ④ | ③ | ④ | ⑤  | ④ |
| 红表笔所接引脚  | ④             | ①  | ④ | ② | ④ | ③ | ④  | ⑤ |
| 电阻值(kΩ)  | 11            | 10 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | 10 | 8 |

表 4-120

STR4090 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |    |     |     |    |    |    |    |
|----------|---------------|----|-----|-----|----|----|----|----|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ④  | ②   | ④   | ③  | ④  | ⑤  | ④  |
| 红表笔所接引脚  | ④             | ①  | ④   | ②   | ④  | ③  | ④  | ⑤  |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | 12 | 4.4 | 4.5 | 29 | 21 | 27 | 19 |

表 4-121

IX0247CE 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |    |   |     |    |    |   |   |
|----------|---------------|----|---|-----|----|----|---|---|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ④  | ② | ④   | ③  | ④  | ⑤ | ④ |
| 红表笔所接引脚  | ④             | ①  | ④ | ②   | ④  | ③  | ④ | ⑤ |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | 11 | 4 | 4.2 | 28 | 20 |   |   |

表 4-122

STR4060 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |   |     |   |    |    |    |    |
|----------|---------------|---|-----|---|----|----|----|----|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ④ | ②   | ④ | ③  | ④  | ⑤  | ④  |
| 红表笔所接引脚  | ④             | ① | ④   | ② | ④  | ③  | ④  | ⑤  |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | ∞ | 4.1 | ∞ | 29 | 15 | 26 | 15 |

表 4-123

STR50103A 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | MF47 型, R × 1k |   |   |    |    |    |   |    |
|----------|----------------|---|---|----|----|----|---|----|
| 黑表笔所接引脚  | ②              | ③ | ① | ④  | ⑤  | ②  | ② | ②  |
| 红表笔所接引脚  | ③              | ① | ③ | ③  | ④  | ①  | ④ | ⑤  |
| 电阻值(kΩ)  | 7.2            | ∞ | ∞ | 1M | 1M | 75 | 9 | 70 |

表 4-124

STR54041 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | MF47 型, R × 1k |    |    |       |     |   |     |      |    |   |
|----------|----------------|----|----|-------|-----|---|-----|------|----|---|
| 黑表笔所接引脚  | ①              | ②  | ①  | ③     | ①   | ④ | ①   | ⑤    | ④  | ⑤ |
| 红表笔所接引脚  | ②              | ①  | ③  | ①     | ④   | ① | ⑤   | ①    | ⑤  | ④ |
| 电阻值(kΩ)  | 13             | 18 | 28 | > 250 | 4.9 | 8 | 1.5 | 1.71 | 10 | 7 |

表 4-125

STR440 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |   |    |    |   |   |
|----------|---------------|---|----|----|---|---|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ② | ③  | ②  | ④ | ⑤ |
| 红表笔所接引脚  | ②             | ① | ②  | ③  | ⑤ | ④ |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | ∞ | 20 | 17 | 6 | ∞ |

表 4-126

S1854LBM-4 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500 型, R × 1k |    |    |   |   |   |
|----------|---------------|----|----|---|---|---|
| 黑表笔所接引脚  | ①             | ③  | ①  | ② | ② | ③ |
| 红表笔所接引脚  | ③             | ①  | ②  | ① | ③ | ② |
| 电阻值(kΩ)  | 35            | 35 | 30 | ∞ | 5 | ∞ |

表 4-127

STR-S6307 自身电阻值

| 万用表型号及量程        | 500 型, R × 1k |   |     |   |     |   |   |     |   |   |
|-----------------|---------------|---|-----|---|-----|---|---|-----|---|---|
| 引脚号             | ①             | ② | ③   | ④ | ⑤   | ⑥ | ⑦ | ⑧   | ⑨ | ⑩ |
| 红笔接②脚, 黑笔测量(kΩ) | ∞             | 0 | 4.5 | ∞ | 1.4 | 1 | ∞ | 5   | 7 |   |
| 黑笔接②脚, 红笔测量(kΩ) | 9.5           | 0 | 4.5 | 4 | 1.4 | 1 | 5 | 4.4 | ∞ |   |

表 4-128

IX0508CE 自身电阻值

| 万用表型号及量程        | 500 型, R × 1k |      |   |     |    |    |    |     |     |    |
|-----------------|---------------|------|---|-----|----|----|----|-----|-----|----|
| 引脚号             | ①             | ②    | ③ | ④   | ⑤  | ⑥  | ⑦  | ⑧   | ⑨   | ⑩  |
| 红笔接③脚, 黑笔测量(kΩ) | 13.5          | 16.5 | 0 | 9.1 | 21 | 34 | ∞  | 3.9 | 3.9 | 11 |
| 黑笔接③脚, 红笔测量(kΩ) | 8.5           | 10   | 0 | 24  | 11 | 15 | 15 | 3.9 | 3.9 | 11 |

表 4-129

HM8901A 自身电阻值

| 万用表型号及量程        | MF10 型, R × 1k |    |    |    |     |   |   |
|-----------------|----------------|----|----|----|-----|---|---|
| 引脚号             | ①              | ②  | ③  | ④  | ⑤   | ⑥ | ⑦ |
| 红笔接⑦脚, 黑笔测量(kΩ) | ∞              | ∞  | ∞  | ∞  | 3.5 | ∞ | 0 |
| 黑笔接⑦脚, 红笔测量(kΩ) | 68             | 68 | 60 | 32 | 3.5 | ∞ | 0 |

表 4-130

STR6309 自身电阻值

| 万用表型号及量程        | 500型, R × 1k |   |    |   |      |   |   |    |    |
|-----------------|--------------|---|----|---|------|---|---|----|----|
|                 | ①            | ② | ③  | ④ | ⑤    | ⑥ | ⑦ | ⑧  | ⑨  |
| 红笔接⑦脚, 黑笔测量(kΩ) | ∞            | 9 | 26 | ∞ | 11.5 | 9 | 0 | 20 | 50 |
| 黑笔接⑦脚, 红笔测量(kΩ) | ∞            | ∞ | ∞  | ∞ | ∞    | ∞ | 0 | ∞  | ∞  |

表 4-131

TEA2261 自身电阻值

| 万用表型号及量程       | 500型, R × 1k |     |     |   |   |     |     |      |
|----------------|--------------|-----|-----|---|---|-----|-----|------|
|                | ①            | ②   | ③   | ④ | ⑤ | ⑥   | ⑦   | ⑧    |
| 红笔测量, 黑笔接地(kΩ) | 7.8          | 7.8 | 6.8 | 0 | 0 | 6.8 | 7.2 | 6.1  |
| 黑笔测量, 红笔接地(kΩ) | 8            | 7.8 | 9.5 | 0 | 0 | 8.7 | 9.1 | 12.2 |
| 引脚号            | ⑨            | ⑩   | ⑪   | ⑫ | ⑬ | ⑭   | ⑮   | ⑯    |
| 红笔测量, 黑笔接地(kΩ) | 6.1          | 6.9 | 7.2 | 0 | 0 | 5.1 | 5.4 | 5.2  |
| 黑笔测量, 红笔接地(kΩ) | 8.1          | 8.4 | 7.8 | 0 | 0 | 50  | ∞   | 44   |

表 4-132

STR5412 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | MF47型, R × 1k |   |   |    |   |    |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |   |   |
|----------|---------------|---|---|----|---|----|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|---|
|          | ①             | ② | ① | ③  | ① | ④  | ① | ⑤  | ②  | ③  | ② | ④  | ②  | ⑤  | ③  | ④  | ③ | ⑤ |
| 黑表笔接引脚   | ②             | ① | ③ | ①  | ④ | ①  | ⑤ | ①  | ③  | ②  | ④ | ②  | ⑤  | ②  | ④  | ③  | ⑤ | ③ |
| 红表笔接引脚   | ②             | ① | ③ | ①  | ④ | ①  | ⑤ | ①  | ③  | ②  | ④ | ②  | ⑤  | ②  | ④  | ③  | ⑤ | ③ |
| 电阻值(kΩ)  | ∞             | 7 | ∞ | 1M | ∞ | 1M | ∞ | 1M | 75 | 1M | 9 | 5M | 70 | 5M | 31 | 48 | 3 | 3 |

表 4-133

STR6020 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R × 1k |   |   |      |   |      |   |   |   |    |      |   |      |    |   |    |    |    |   |    |
|----------|--------------|---|---|------|---|------|---|---|---|----|------|---|------|----|---|----|----|----|---|----|
|          | ①            | ② | ① | ③    | ① | ④    | ① | ⑤ | ⑤ | ②  | ③    | ② | ④    | ②  | ⑤ | ③  | ④  | ③  | ⑤ | ④  |
| 黑表笔接引脚   | ②            | ① | ③ | ①    | ④ | ①    | ⑤ | ① | ④ | ③  | ②    | ④ | ②    | ⑤  | ② | ④  | ③  | ⑤  | ③ | ⑤  |
| 红表笔接引脚   | ②            | ① | ③ | ①    | ④ | ①    | ⑤ | ① | ④ | ③  | ②    | ④ | ②    | ⑤  | ② | ④  | ③  | ⑤  | ③ | ⑤  |
| 电阻值(kΩ)  | ∞            | 6 | ∞ | 200M | ∞ | 200M | ∞ | ∞ | ∞ | 20 | 100M | 6 | 100M | 30 | ∞ | 10 | 12 | 36 | ∞ | 30 |

表 4-134

JU0114 自身电阻值

| 万用表型号及量程         | MF47型, R × 1k |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|                  | ①             | ②   | ③   | ④   | ⑤   | ⑥   | ⑦   | ⑧   | ⑨   | ⑩ |
| 黑表笔接⑩脚, 红笔测量(kΩ) | 5.2           | 9.6 | 3.8 | 9.6 | 9.2 | 4   | 9.2 | 4.3 | 3.9 | 0 |
| 红表笔接⑩脚, 黑笔测量(kΩ) | 5             | 3.9 | 4.7 | 3.9 | 3.2 | 3.9 | 3.2 | 4.1 | 3.9 | 0 |



表 4-135

IX0689CE 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R×1k, 小于1kΩ用R×100测得 |     |     |      |   |      |      |      |   |     |   |     |   |   |   |   |   |   |
|----------|---------------------------|-----|-----|------|---|------|------|------|---|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|
| 黑表笔所接引脚  | ②                         | ③   | ⑩   | ⑥    | ⑧ | ⑨    | ⑬    | ⑮    | ⑯ | ①   | ② | ④   | ⑤ | ⑦ | ⑮ | ⑰ | ⑱ | ⑲ |
| 红表笔所接引脚  | ①                         | ②   | ④   | ⑤    | ⑦ | ⑤    | ⑫    | ⑫    | ⑬ | ②   | ③ | ⑩   | ⑥ | ⑧ | ⑨ | ⑬ | ⑮ | ⑮ |
| 电阻值(kΩ)  | 4.7                       | 0.5 | 1.7 | 0.49 | ∞ | 0.57 | 0.45 | 0.43 | ∞ | 4.7 | ∞ | 1.7 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |

表 4-136

TDA4600 自身电阻值

| 万用表型号及量程         | 500型, R×1k |     |     |   |     |   |     |    |     |
|------------------|------------|-----|-----|---|-----|---|-----|----|-----|
| 引脚号              | ①          | ②   | ③   | ④ | ⑤   | ⑥ | ⑦   | ⑧  | ⑨   |
| 红笔接散热片, 黑笔测量(kΩ) | 7.6        | 8.6 | 8   | 9 | 7.1 | 0 | 8   | 25 | 32  |
| 黑笔接散热片, 红笔测量(kΩ) | 6.5        | 6.5 | 7.5 | 6 | 12  | 0 | 5.5 | 14 | 4.8 |

表 4-137

S1854NLF-4 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R×1k |     |    |   |   |    |
|----------|------------|-----|----|---|---|----|
| 黑表笔所接引脚  | ③          | ③   | ①  | ② | ② | ①  |
| 红表笔所接引脚  | ①          | ②   | ③  | ③ | ① | ②  |
| 电阻值(kΩ)  | 28         | 6.5 | 38 | ∞ | ∞ | 28 |

表 4-138

SE140NL 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R×1k |     |     |   |   |     |
|----------|------------|-----|-----|---|---|-----|
| 黑表笔所接引脚  | ③          | ③   | ①   | ② | ② | ①   |
| 红表笔所接引脚  | ①          | ②   | ③   | ③ | ① | ②   |
| 电阻值(kΩ)  | 80         | 6.9 | 103 | ∞ | ∞ | 100 |

表 4-139

STR11006C 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | 500型, R×1k |   |     |     |    |     |      |    |
|----------|------------|---|-----|-----|----|-----|------|----|
| 红表笔所接引脚  | ①          | ② | ③   | ④   | ⑤  | ④   | ②    | ③  |
| 黑表笔所接引脚  | ②          | ① | ④   | ③   | ④  | ⑤   | ③    | ②  |
| 电阻值(kΩ)  | 19         | 2 | 303 | 72M | 24 | 72M | 7200 | 15 |

表 4-140

STRD1005T 自身电阻值

| 万用表型号及量程 | MF47型, R×1k |      |    |    |    |     |
|----------|-------------|------|----|----|----|-----|
| 红表笔所接引脚  | ②           | ④    | ①  | ②  | ③  | ③   |
| 黑表笔所接引脚  | ④           | ②    | ②  | ①  | ④  | ③   |
| 电阻值(kΩ)  | 13          | 10.5 | 11 | 13 | 40 | 8.5 |

表 4-141

STR-Z3302 自身电阻值

| 万用表型号及量程                 | 500 型, $R \times 1k$ |          |          |          |          |      |    |          |          |          |
|--------------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|------|----|----------|----------|----------|
|                          | ①                    | ②        | ③        | ④        | ⑤        | ⑥    | ⑦  | ⑧        | ⑨        | ⑩        |
| 引脚号                      | ①                    | ②        | ③        | ④        | ⑤        | ⑥    | ⑦  | ⑧        | ⑨        | ⑩        |
| 红笔测量, 黑笔接⑥脚( $k\Omega$ ) | 120                  |          | $\infty$ | 115      |          | 0    | 13 | 11.5     | 12.5     | 10.5     |
| 黑笔测量, 红笔接⑥脚( $k\Omega$ ) | $\infty$             |          | $\infty$ | $\infty$ |          | 0    | 25 | 19.5     | $\infty$ | $\infty$ |
| 红笔测量, 黑笔接⑩脚( $k\Omega$ ) | 26.5                 |          | $\infty$ | 25       |          | 16.5 | 42 | 42       | 40       | 44       |
| 黑笔测量, 红笔接⑩脚( $k\Omega$ ) | $\infty$             |          | $\infty$ | $\infty$ |          | 22.5 | 80 | 85       | $\infty$ | $\infty$ |
| 引脚号                      | ⑪                    | ⑫        | ⑬        | ⑭        | ⑮        | ⑯    | ⑰  | ⑱        | ⑲        |          |
| 红笔测量, 黑笔接⑮脚( $k\Omega$ ) | 11.5                 | 10       | 46       | 16.5     | $\infty$ | 22   |    | 50       | 43       |          |
| 黑笔测量, 红笔接⑮脚( $k\Omega$ ) | 30                   | 2M       | 500      | $\infty$ | $\infty$ | 16.5 |    | $\infty$ | $\infty$ |          |
| 红笔测量, 黑笔接⑱脚( $k\Omega$ ) | 44                   | 8.5      | 11.5     | 50       | $\infty$ | 0    |    | 8.5      | 8.5      |          |
| 黑笔测量, 红笔接⑱脚( $k\Omega$ ) | 110                  | $\infty$ | 55       | $\infty$ | $\infty$ | 0    |    | $\infty$ | $\infty$ |          |

## § 4.120 检测彩色电视机开关变压器

### 一、开关变压器的结构及特点

开关变压器是一种脉冲变压器,是彩色电视机开关电源中的重要器件。其作用是进行功率传送,为彩色电视机整机提供所需的电源电压以及实现输入与输出的可靠电隔离。开关变压器的外形如图 4-368 所示。其中,采用最多的一种是图 4-368(a)所示的标准型结构。

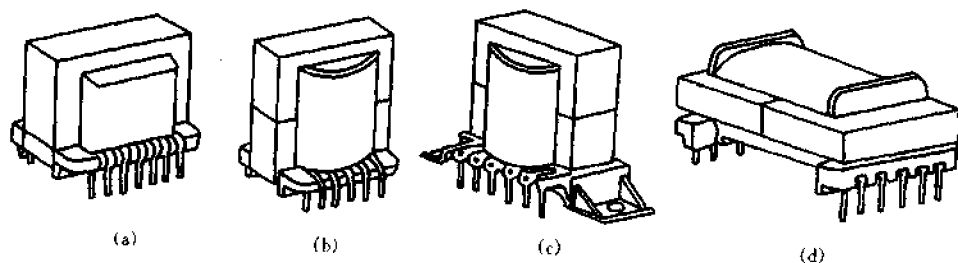


图 4-368 开关电源变压器的几种外形

为了有效地减小漏感,开关变压器的绕组结构大体可分为三种:双线并绕法、分层间绕法和夹心式绕法。双线并绕法是用一对绝缘导线同时并绕成两个匝数相等的绕组。由于两个绕组在几何位置上靠得很紧密,因此与一般绕法相比,漏感能够减小几个数量级,且开关特性好,功耗也大大降低。分层间绕法是先绕一层次级,再绕一层初级,余此类推。这种绕法的特点是可以把漏感减至最小,但工艺比较复杂。夹心式绕法不仅可以减小漏感和分布电感,同时还可以有效减小涡流损耗。

## 二、开关变压器的检测方法

在使用中,一旦开关变压器损坏,会导致整个开关电源工作异常,造成彩色电视机出现“三无”故障。在实际维修工作中,常见的开关变压器故障主要有:线圈开路;线圈匝间短路;绝缘性能降低。检测时,可按下述方法进行。

### 1. 外观检查

由于开关变压器紧贴印制板安装,且各引出脚的间距很小,所以很容易积聚灰尘。当环境潮湿时,在污物灰尘堆积处极易发生放电打火。检查时,应首先观察各引出脚是否有污物堆积,必要时要用棉球蘸无水酒精擦拭清理。此外,还要仔细观察变压器外表面有无烧焦击穿的痕迹,紧固件是否有松动现象等。

### 2. 检测绕组的通断

将万用表置  $R \times 1$  挡,按照开关变压器的各绕组的引脚排列图,逐组进行通断检测,若发现该通的绕组不通,则多是引脚断裂或接触不良造成的,可视情况进行适当修理。注意,测量线圈通断时,应将被测开关变压器从印制电路板上取下单独进行。

### 3. 检测绕组线圈有无短路

在彩色电视机电路图上,常将开关变压器各绕组间的直流铜阻直接标出。图 4-369 所示为某型开关变压器各绕组的电阻值。检测时,用万用表  $R \times 1$  (或  $D\Omega$ ) 挡,以图中标注的阻值为依据,逐一测出各绕组的电阻值,并与正常值进行对照

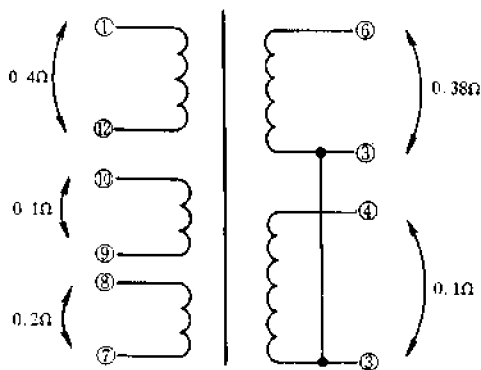


图 4-369 某型开关变压器各绕组电阻值

比较,可作出有无内部短路性故障的判断。注意,这种测量方法只是一种比较粗略的估测,有些轻微短路的开关变压器,尽管所测直流铜阻值无太大的偏差,但由于匝间绝缘击穿或层间绝缘击穿,装入电路使用时往往不能正常工作。此时只能采用替换法进行鉴别判断。

## § 4.121 检测彩色电视机集成电路

### 一、彩色电视机集成电路的分类和引脚的正确识别

在彩色电视机中,根据集成电路的不同功能,可分为图像中放集成电路、伴音集成电路、扫描集成电路、视频和色度信号处理集成电路以及其他(如电源、电子调谐器、遥控系统等)集成电路。

彩色电视机中使用的集成电路品种繁多,型号各异,这些集成电路的封装外形和引脚排列规律也不尽相同,特别是有些进口品种,引脚排列方法比较特殊,一旦使用者辨认方法不当,很容易将引脚位置装错,轻则使集成电路不能正常工作,重则瞬间烧毁器件。下面着重介绍几种彩色电视机集成电路的引脚排列规律以及识别方法。

### 1. 型号相同, 后缀字母不同, 引脚排列顺序相反

这类集成电路具有相同的外形尺寸, 相同的功能, 相同的型号, 只是型号的后缀字母有所差异。例如,  $HA \times \times \times W$  和  $HA \times \times \times WR$ , 两者相比, 后者比前者只多一个字母 R。没有后缀字母 R 的(如前者)称为正向引脚型器件, 而型号后面有一个后缀字母 R 的(如后者)则称为反向引脚型器件。这两种集成电路引脚排列顺序的规律如图 4-370 所示。识别时, 对于正向引脚型, 则将集成电路横向摆正, 识别者面对集成电路标有型号的一面, 从左至右依次为①、②、③、④、⑤……双列直插式集成电路则是从左下角数起依次为①、②、③、④、⑤……反向引脚型集成电路引脚排列顺序正好与此相反, 即单列直插式的引脚是自右向左依次排列, 双列直插式的引脚排列顺序则是自左上角最边端引脚开始, 按顺时针方向依次排列。

### 2. 标记不同, 但引脚排列规律相同

如图 4-371 所示, 这些单列直插式集成电路虽然各有各的标记, 但都是从左至右依次排列, 使用时注意不要搞错。

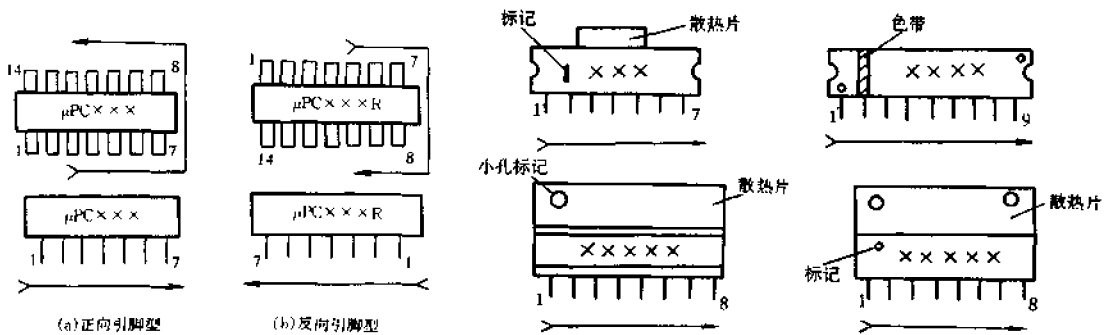


图 4-370 集成电路正、反向引脚排列

图 4-371 单列直插式集成电路引脚排列

### 3. 标记和引脚排序都比较特殊

图 4-372 示出了几种标记和引脚排序都比较特殊的集成电路。其中, 特别要注意的是图 4-372(a)所示的引脚排列顺序, 如集成电路  $HA11235$  和  $IX0065$  等采用的就是这种排列顺序。这种集成电路每一边端的两个引脚是连通的, 左边端的两个引脚为①脚, 右边端的两个引脚为⑧脚, 中间的 16 个引脚排序则与一般双列直插正向引脚型集成电路相同。这种集成电路从外观上看有 20 个引脚, 但实际上只有 18 个引脚的功能, 这种特殊点在使用时一定要加以注意。

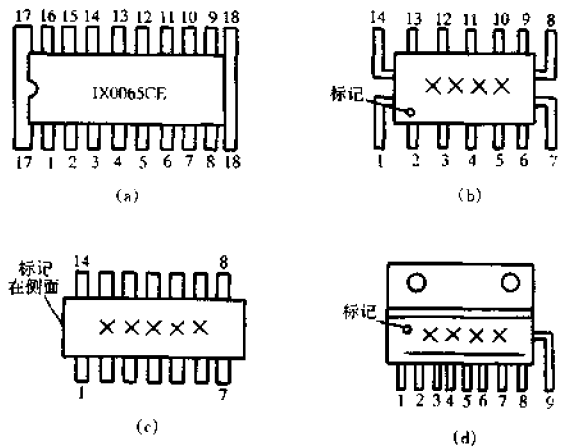


图 4-372 特殊标记的集成电路引脚排列

## 二、彩色电视机集成电路的检测方法

### 1. 集成电路引脚电阻测量法

测量集成电路引脚电阻的方法分为在路电阻测量和非在路(即单独对集成电路各引脚间

的电阻进行测量)两种。由于在路电阻测量受集成电路外围元器件影响比较大,所以一般采用较少。相比之下,由于集成电路非在路电阻测量法不受外围电路元器件的制约,所以是检测集成电路好坏的常用方法。集成电路非在路电阻测量法是指集成电路在完全与外围电路脱焊的状态下,用万用表电阻挡测量各引脚相对于接地引脚的正、反向电阻值,然后与正常值(可查阅相关资料)相比较,或结合内部电路对测量结果进行分析,以判断集成电路是否正常。一般凡阻值差别较大的引脚,很可能是其内部相应的电路已经损坏。测量时,可使用万用表  $R \times 1k$  电阻挡,读数超过  $150k\Omega$  时使用  $R \times 10k$  挡。操作时,先将一表笔固定接集成电路的接地引脚,以此为公共端,用另一表笔依次去触碰其他引脚,读出相应的电阻值。然后,调换表笔再测出相对应的一组电阻读数。

## 2. 集成电路直流电压测量法

这是一种判断集成电路有无故障最常用的方法,具有简捷、迅速、有效的特点。所谓直流电压测量法,是指用万用表直流电压挡,测出集成电路各引脚对地的在路电压值,然后与整机电路图所标注的或相关资料上介绍的正常工作电压值相比较,并且结合其内部和外围电路进行综合分析,以此判断集成电路正常与否。

由于集成电路内部元件主要以晶体管放大电路为主,各级之间均采用直接耦合方式,前后级之间的工作点相互影响,当其内部某元件损坏时,不但会使相应引脚电压值发生变化,而且必然要影响到与之相关的后级电路。所以,在采用电压测量法时,不能一概而论,要根据各引脚的不同功能区别处理,并且要综合分析测量结果,以期作出正确的判断。下面结合彩色电视机有关电路,具体介绍测量方法和注意事项。

### (1) 测量集成电路供电电压

这是检测集成电路引脚电压时应首先进行的一步。因为电源电压的变化将直接影响到其他各引脚电压的变化,所以检测时应首先检查集成电路接电源的引脚的电压值是否正常。如果测得此脚电压失常,可将外围电路与集成电路的电源引脚断开,直接测量电源电压是否与正常值相符。若断开外围电路后,电源电压恢复正常,则表明集成电路内部存在故障;如果仍不正常,就应重点检查供电电源本身或与之相关的外围电路。

### (2) 检测集成电路动态电压

集成电路的动态电压是指 AGC、AFC、同步分离、低频放大输出等电路相关引脚的电压。这类电压的数值是随信号的有无和大小而变化的。因此,可根据变化规律,通过检查这些关键引脚电压的变化情况,来正确判断集成电路有无故障。下面对四种动态电压的检测方法分别予以介绍。

① 检测 AFC、AGC 动态电压。检测 AFC、AGC 动态电压时,可将万用表置于直流电压挡,并接在集成电路相应引脚上,然后通过控制输入信号的有无或信号变化的大小测出相应电压的变化范围。例如,东芝四片集成电路彩色电视机的图像中放集成电路 TA7607AP 的⑭脚即为 AGC 电压的测试端(有关电路见图 4-373)。AGC 电压的大小取决于  $C_1$  上充电的平均电压,此电压的大

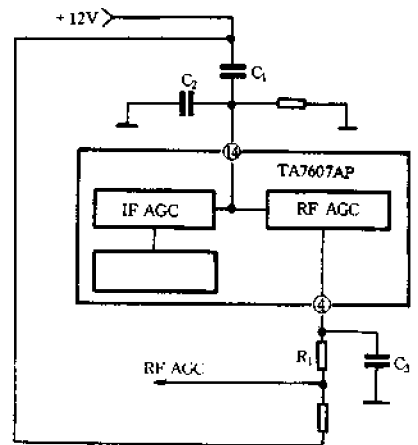


图 4-373 TA7607AP 相关电路

小又对应于输入信号的强弱。在正常情况下,此脚电压在 11~7V 间变化。若测得此脚电压不随输入信号强弱而变化或变化值与正常值出入较大,在排除了外围电路的故障原因后,即可作出集成电路内部电路损坏的判断。

② 检测解码集成电路的动态电压。解码集成电路有故障时,大多表现为无彩色。造成无彩色故障的原因很多,而测试解码集成电路有关引脚动态电压是否正常是快速排除此类故障的主要方法之一。图 4-374 是东芝两片机的解码(含扫描)集成电路 TA7698P 及外围相关电路。若出现无彩色故障,应首先检查 TA7698P 的⑤脚和⑥脚的直流电压是否正常。因为这两个引脚的电压正常与否直接关系到有无彩色。⑥脚是同步分离输出端,外接的  $R_{241}$ 、 $R_{242}$ 、 $C_{237}$  等元件将行同步脉冲延时,被延时的行同步脉冲与⑥脚输入的行逆程脉冲同时加入 TA7698P 内部的选通脉冲发生器,以选出正确的色同步脉冲。上述两者中只要有一个信号不正常,就无法选出色同步脉冲,使消色电路动作,造成无彩色。正常时,⑥脚电压为 3~3.6V,当色同步信号因故未正常选出时,⑥脚电压会下跌至 2~2.5V。所以,监测⑤脚和⑥脚电压的变化情况,就知道 TA7698P 的工作状态,进而查出故障所在。

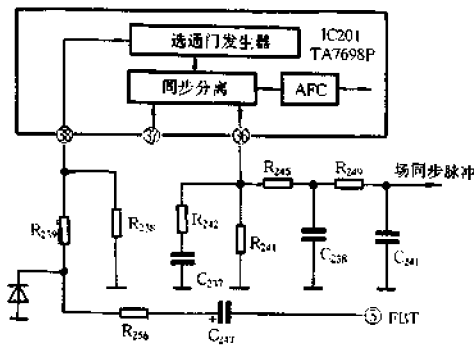


图 4-374 TA7698P 相关电路

③ 检测扫描集成电路动态电压。对扫描集成电路动态电压的检测,主要是通过测量其振荡、同步分离和输出电路有关引脚的电压变化情况来判断集成电路是否工作正常。例如在检查行或场振荡电路时,可将万用表接于与振荡电路有关的引脚上,然后调节行或场同步旋钮,观察万用表所测电压有无变化,以判断集成电路内部振荡电路有无异常。再如,在检查同步分离输出电压时,可将万用表置于直流电压挡,将表笔跨接在相应引脚与公共地之间,再切换频道,使电视信号从有到无变化,测得的电压值应随信号的有无而明显变化。

否则,在排除外围元件损坏的可能性之后,即判定是集成电路内部电路有问题。

④ 检测伴音功放动态电压。一般彩色电视机伴音功放集成电路大都采用 OTL 形式。图 4-375 所示的是某型电视机的伴音集成电路 TDA2611AQ 相关电路。其输出引脚(②脚)电压应为电源电压的 1/2,且动态时的电压比静态时要高。因此,通过检测该脚电压在有无信号时的变化,即可判断集成电路的具体工作情况。

### (3) 测量受外围可调元件控制的集成电路有关引脚电压

这类电压主要包括亮度、对比度、色饱和度及音量等受控引脚上的电压。此类引脚电压的大小是随控制元件(如电位器)的调节作用而变化的。检测时,可将万用表拨至直流电压挡,将表笔接在受控的相应引脚上,然后调节有关控制元件,电压应随可调元件的调节而改变。例如图 4-376 所示的 TA7193AP 彩色解码集成电路,正常时调节色饱和度电位器 RP 时,②脚电压应在 6~9V 之间变化。若②脚电压低于 1V,而且不随 RP 的调节而变化,则说明 TA7193AP 内部放大器已不工作,无色度信号输出,必然造成无彩色故障。

### (4) 集成电路其他引脚电压的检查

除上述几种引脚电压以外,彩色电视机集成电路其他引脚电压基本为固定值,通常在整机电路图上均一一标出。一般来说,当测出某脚电压与标注值相差较大,往往该脚就是故障部位。

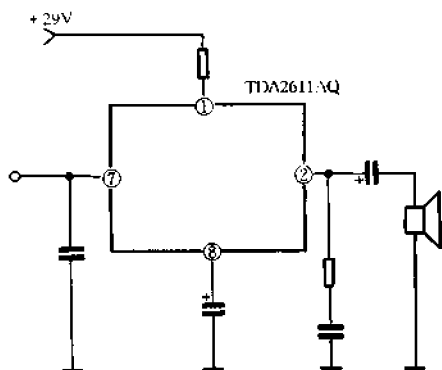


图 4-375 TDA2611AQ 相关电路

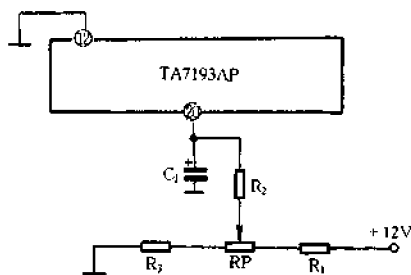


图 4-376 TA7193AP 相关电路

### (5) 检测集成电路引脚电压注意事项

① 集成电路属于较昂贵的器件,而且引脚多,拆卸不便。所以当发现某引脚电压与原理图或有关资料所标电压值不符时,切记不要急于断定就是集成电路已经损坏,盲目更换。一定要进行综合分析,先排除外围相关电路对电压的影响,再作出推断。另外,常有一些说明书、原理图所标注的电压数值与实际电压值有较大出入,甚至是错误的,所以,应多参考些技术资料对照、比较、分析或计算,来验证所标注电压是否有误,然后再作出判断。

② 测量时要注意正确操作,避免因操作不当人为造成集成电路损坏。集成电路引脚间距很小,测量时如不加小心,很容易因表笔滑动造成两相近引脚间短路,这是绝对不允许的。

③ 为了防止产生误差,应使用内阻大于  $20\text{k}\Omega/\text{V}$  的万用表进行测量。另外,还要注意电压挡量程的正确选择。不同电压挡上所测出的电压会有差别,特别是用大量程挡测量较低的电压,读数偏差影响会更突出。

## § 4.122 检测电冰箱压缩机 PTC 元件

图 4-377 是电冰箱压缩机的启动电路,在启动绕组上串接一只 PTC 热敏电阻器。在常温下,PTC 元件的电阻值为  $20\sim 40\Omega$ (视不同压缩机而异),使启动绕组处于“通”的状态,在接通电源的  $1\sim 2$  秒内,元件自身因通电发热使温度急剧上升,很快进入高阻状态(电阻升至几十千欧以上),此时启动绕组处于“断”的状态,完成压缩电机的启动。由于 PTC 元件“关闭”后不能马上降温,所以两次启动的间隔时间应为  $3\sim 5$  分钟,否则有烧坏压缩机绕组的危险。

用于电冰箱压缩机启动装置的 PTC 热敏电阻,通常具有如下主要技术参数:标称电阻值( $R_{25}$ )为  $20\sim 40\Omega$ ;额定电压为  $270\text{V}$ ;击穿电压  $\geq 400\text{V}$ ;最大启动电流为  $8\text{A}$ ;稳定时间为  $0.1\sim 1$  秒;稳态功耗  $< 4\text{W}$ ;恢复时间  $\leq 3$  分钟。

用万用表判别 PTC 元件是否正常,可先测其冷态(室温)电阻,用  $R\times 1$  挡测量时应为  $10\sim 30\Omega$ 。然后再将被测元件接入如图 4-378 所示电路单独进行测试。在开关 S 接通时,灯泡即点亮,经  $1\sim 2$  秒后熄灭,说明元件是好的。若灯泡一直亮或一直不亮,则表明被测 PTC 元件是坏的。注意,测试时不要使元件受潮,否则通电后会马上炸裂损坏。如不慎受潮后可置于烘

箱(温度调至 100℃)中烘 2 小时即复原。

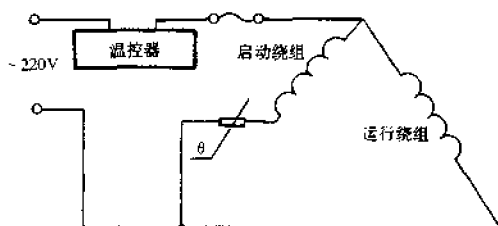


图 4-377 电冰箱启动电路

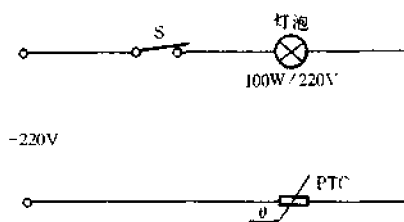


图 4-378 测试电冰箱 PTC 元件接线

### § 4.123 检测电冰箱化霜定时器

化霜定时器又称时间继电器,是电冰箱全自动除霜电路中的一个重要器件,它由一个双掷开关和一个被称为时间马达的电机  $M_T$  组成,有四个引出端(A、B、C、D)。图 4-379 为电冰箱全自动除霜相关电路。在此电路中,化霜定时器对冰箱制冷和除霜起自动转换开关的作用,这一作用是通过  $M_T$  转动驱动凸轮使开关 S 触点状态产生变化而实现的。它与压缩机同步运转,在运转 8 小时后开关 S 转到除霜电路上,除霜完成后,马达运转 2 分钟, S 又转到制冷位置上,如此周而复始。

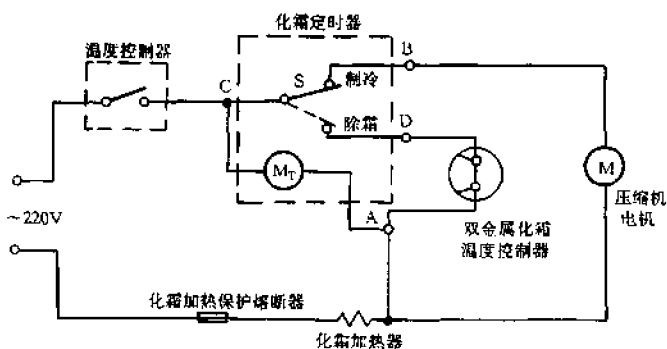


图 4-379 电冰箱全自动除霜相关电路

时间继电器装在冰箱后背的左下方,检测时,应将其卸下或断电后拔下四个接头再作相关检查。

先测量 A-C 间的电阻(即电机  $M_T$  电阻),用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡测量时,其正常阻值多在 5~10k $\Omega$  之间。例如,实测万宝牌某型号冰箱  $M_T$  两端电阻值为 6.5k $\Omega$ ,松下 NR-173TE 型冰箱为 7k $\Omega$ ,而两台不同型号的东芝冰箱则分别为 7.1k $\Omega$  和 10k $\Omega$ 。

接下来可测试转换开关的通断状态是否正常。将化霜定时器上的手动旋钮旋至制冷位置时,用万用表  $R \times 1$  挡测量, B-C 应为通路,而 D-C 则为断路;将其旋至除霜位置时, B-C 应断路,而 D-C 应为通路。通路时电阻应为 0 $\Omega$ ,若测出电阻值,则为接触不良;而断路时电阻



应为 $\infty$ ,否则,说明触点有异常。

由于化霜定时器中还有一些减速齿轮,所以还应对其传动性能作必要的检测。简易的方法是,将化霜定时器的接头插好,让电冰箱通电工作,并在手动旋钮上作一个记号,待电冰箱工作2小时左右后,观察所作记号,应顺时针转动了一定角度。否则,说明化霜定时器的传动机构失常。注意,等待的时间不宜太短,时间过短会因手动旋钮转动角度太小而不易分辨,以致引起误判。

### § 4.124 检测电冰箱温控器

在电冰箱中,温度控制器是用来控制箱内温度的器件。判别其好坏的简易方法是,当温控器旋钮在旋转过程中,用万用表的 $R \times 1$ 挡测量两引线间的电阻值,应为 $0\Omega$ ,因为此时温控器是处于闭合状态。另外,也可将温控器卸下来,放在温度为 $-24^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中,此时,无论温控器旋钮置于什么位置,用万用表电阻挡测量其两引线间的电阻值,均应为 $\infty$ ,因为这时温控器应很快处于断开状态。若测试中出现一直不断开的现象,说明温度控制器已损坏。

### § 4.125 检测电冰箱温度传感器

电冰箱冷藏室的温度是通过冷藏室里的传感器探知的,当温度达到预置值时,执行元件动作,从而控制压缩机的开与停。

冷藏室(冷冻室)用的传感器是具有负温度特性的热敏电阻(NTC),其外形与特性曲线如图4-380所示。用万用表检测温度传感器时,可参照表4-142所列数据加以判别。在业余条件下不可能对每一温度点都进行测试,但可测量零点、环境温度点及环境温度点与零点之间的 $1/2$ 点这三个典型值。将测量结果与表4-142中所列数据相比较,应很接近。若相差很大,说明传感器性能不良,应予以更换。

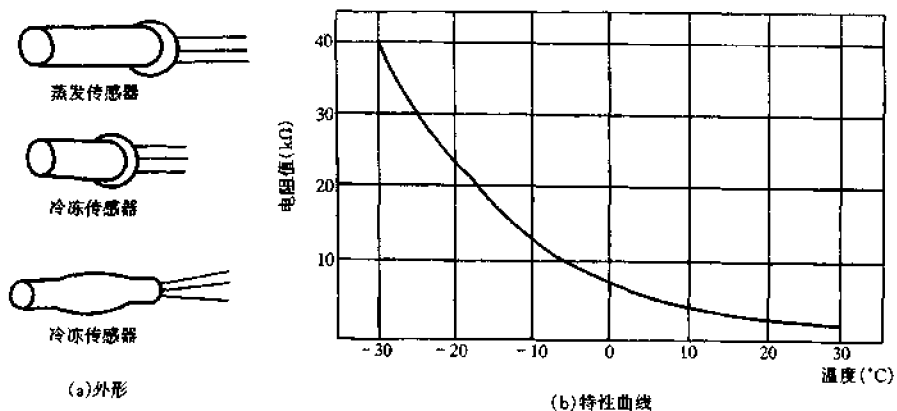


图4-380 温度传感器的外形和特性曲线

表 4-142

电冰箱温度传感器的特性数值

| 温度(°C) | 电阻值(kΩ) | 温度(°C) | 电阻值(kΩ) |
|--------|---------|--------|---------|
| -30    | 39.39   | 1      | 7.58    |
| -29    | 37.17   | 2      | 7.22    |
| -28    | 35.07   | 3      | 6.89    |
| -27    | 32.80   | 4      | 6.57    |
| -26    | 31.26   | 5      | 6.28    |
| -25    | 29.53   | 6      | 5.99    |
| -24    | 27.90   | 7      | 5.72    |
| -23    | 26.37   | 8      | 5.47    |
| -22    | 24.94   | 9      | 5.23    |
| -21    | 23.59   | 10     | 5.0     |
| -20    | 22.10   | 11     | 4.78    |
| -19    | 21.12   | 12     | 4.57    |
| -18    | 20.0    | 13     | 4.37    |
| -17    | 18.94   | 14     | 4.19    |
| -16    | 17.95   | 15     | 4.01    |
| -15    | 17.01   | 16     | 3.84    |
| -14    | 16.13   | 17     | 3.68    |
| -13    | 15.30   | 18     | 3.53    |
| -12    | 14.52   | 19     | 3.38    |
| -11    | 13.78   | 20     | 3.24    |
| -10    | 13.08   | 21     | 3.11    |
| -9     | 12.43   | 22     | 2.98    |
| -8     | 11.81   | 23     | 2.86    |
| -7     | 11.23   | 24     | 2.75    |
| -6     | 10.67   | 25     | 2.64    |
| -5     | 10.15   | 26     | 2.53    |
| -4     | 9.66    | 27     | 2.43    |
| -3     | 9.20    | 28     | 2.34    |
| -2     | 8.76    | 29     | 2.25    |
| -1     | 8.34    | 30     | 2.16    |
| 0      | 7.95    |        |         |

此外,也可用下述方法对温度传感器作简易定性测试。将被测传感器印制电路板(板上装有电桥等电路)的两个连线端子断开,用万用表  $R \times 100$ (或  $R \times 1k$  挡)测量其阻值,应为几千欧(20~30°C时)。再用手握住被测传感器,正常时其阻值应变小,如果阻值不变则说明已损坏。若想更准确测量,可将传感器置于 0°C 的冰水中,此时测量其阻值,应比在温度为 20~30°C 的

室温时大几倍。如阻值增大很小或根本不增大则说明已损坏。

## § 4.126 检测电冰箱双金属除霜温控器

在电冰箱中,双金属除霜温度控制器是一种感温开关器件,当温度等于或高于  $12^{\circ}\text{C}$  时断开,当温度在  $-5.5^{\circ}\text{C}$  以下时闭合。判别双金属除霜温度控制器好坏时,可视情采用下述两种方法。

方法一:

在室温条件下,将万用表置于  $R \times 1$  挡,把两只表笔分别接在其两端引线上,此时,万用表指示的阻值应为  $\infty$ ;接着用 R12(一种电冰箱制冷剂)喷射此元件,并注意观察万用表所指示的电阻值,随着器件开关的闭合,电阻值应为  $0\Omega$ 。这时停止喷射,继续观察万用表所测的电阻值,过几分钟后,可听到被测器件发出“啪”的一声,开关断路,电阻值为  $\infty$ 。

方法二:

把该元件放在温度为  $-5.5^{\circ}\text{C}$  以下的冰箱中,用万用表电阻挡测量其引线两端电阻,应为  $0\Omega$ ,说明器件是处于闭合状态。然后把被测器件放到耳边,一会儿可听到“啪”的一声,此时再用万用表测量其两引线间电阻,若为  $\infty$ ,则说明开关已可靠断开,器件是好的。

## § 4.127 检测电冰箱压缩机电机绕组

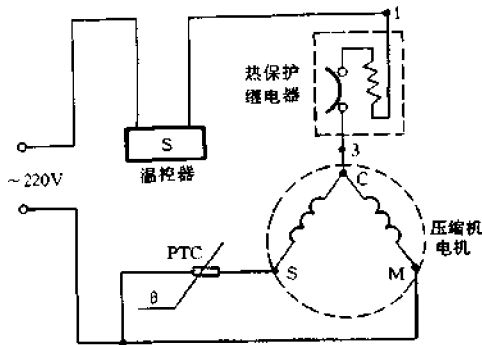
常见电冰箱压缩机电机电阻分相式启动电路(含电机内部线圈结构)如图 4-381(a)所示,它共有两个绕组三个接线端子。为了将两个绕组加以区别,国内外许多压缩机常用 C 标示公共端, M 标示运行绕组引出端, S(或 A)标示启动绕组引出端。常见电机端子排列方式如图 4-381(b)。注意,也有个别压缩机电机绕组不是两个而是三个,例如东芝 KL-12M 电机绕组就是如此,见图 4-381(c)所示。检测电机绕组之前应暂时断开 PTC 元件,然后用万用表  $R \times 1$  挡分下述两步进行测试。

(1) 任意测量两个接线端子之间的电阻值,直到找出电阻值最大的两个接线端子。这两个接线端子间的电阻值视不同电机型号而异,多为几十欧,但也有一百多欧的。另外的一个接线端子便是两绕组的公共接点 C。

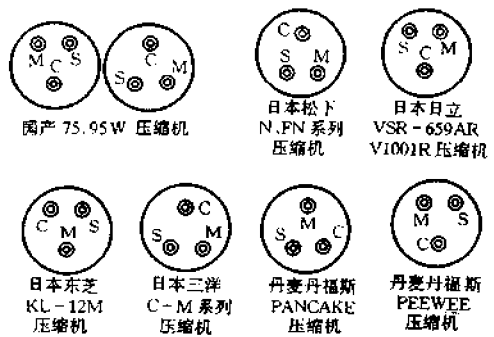
(2) 分别测量公共接点 C 与另外两端子(S、M)间的电阻值,所得电阻小的(多为  $10 \sim 15\Omega$ )是运行绕组,电阻大的(多为几十欧,也有  $100\Omega$  左右的)是启动绕组。若测得阻值为  $\infty$ ,则表明已开路;若阻值为  $0\Omega$ ,则说明有短路现象;若低于正常值许多,则很可能出现局部短路故障,应作深入检查。

图 4-381(d)是实测的两种压缩机电机绕组的数据,其中括号外的数据为通用 93W 电机绕组的电阻值,括号内的数据为松下 NR-173TE 双门间冷式电冰箱压缩机绕组电阻值。

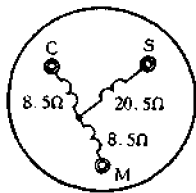
以上是以电阻分相式启动电路为例叙述检测方法的。对于电容启动式电路,测量时只要断开相关电容即可作类似的检查。而对于如图 4-381(e)所示结构的电机绕组,则其中两端子间的电阻值应是两绕组的电阻之和,应注意正确区分。以图中标示的电阻值为例,显然三次测量所得值应分别为  $17\Omega$ 、 $29\Omega$  和  $29\Omega$ 。



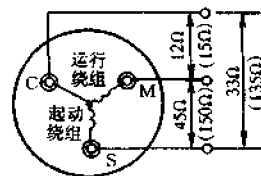
(a)电阻分相式启动电路



(b)常见压缩机电机端子排列方式



(c)东芝 KL-12M 压缩机接线柱



(d)两种电机绕组实测数据

图 4-381 压缩机启动电路、接线端子排列及实测数据

## § 4.128 检测电冰箱电热丝元件

电冰箱电热丝元件又叫除霜加热器,它被卡装在电冰箱的蒸发器中间,和蒸发器组成一个整体,是冰箱中的除霜器件。电热丝的冷态电阻值约  $320\Omega$ ,功率约  $120W$ 。当给其加电时,能发出热量并加热蒸发器,从而起到除霜的作用。

简易判别电热丝元件好坏的方法是:先切断电源,在其引线两端分别插入一枚小缝衣针,然后用万用表  $R \times 1$ (或  $R \times 10$  挡)测量两端电阻值,正常时应为  $320\Omega$  左右。若实测所得阻值偏离正常值很多,则表明被测元件性能不良或已损坏。

## § 4.129 检测电冰箱 $65^\circ\text{C}$ 超温保险丝

在电冰箱中, $65^\circ\text{C}$ 超温保险丝是一种保护元件,它被卡装在翅片管式蒸发器的边沿右侧,直接监测蒸发器的温度。当蒸发器温度因某种故障(例如双金属片除霜温度控制器的动静触头发生粘连现象,造成蒸发器上的电热丝不能断电)上升至  $65 \sim 70^\circ\text{C}$ 时,该元件即作一次性保险,断开电路,以防止由于蒸发器管路压力上升而引发的管路炸裂事故。

正常时,65℃超温保险丝应为通路状态,两引线之间的电阻值应为0Ω,所以可用万用表的电阻挡测量其电阻值来判断其好坏。方法是,先断开电源,在该元件两端引线上各插入一只小缝衣针,将万用表置于R×1挡,用两只表笔分别接触小缝衣针,若实测电阻值为0Ω,说明该元件完好,如不为0Ω,则表明已损坏。

## § 4.130 检测微波炉高压二极管

微波炉用高压二极管又称升压二极管,它工作在几千伏电压下,其电流为零点几安。高压二极管的作用是与高压电容配合,进行倍压半波整流,将变压器次级184V电压升至峰值368V电压供磁控管使用。检测这种管子时,用万用表R×10k挡,测量其反向电阻应为∞,若万用表指针微微向右偏转,则说明被测件有反向漏电现象,这样的管子是不能使用的。测量其正向电阻时,约几千欧至一百多千欧,此值视管子型号和所用万用表的型号不同而有较大差异。如测得的阻值为0Ω,则表明被测件已击穿损坏。

## § 4.131 检测微波炉磁控管

### 一、磁控管的性能特点

磁控管又名微波发射管,分连续波式和脉冲波式两种类型,后者用于雷达。家用微波炉(灶)使用的是能发出连续波的磁控管,它主要由灯丝、阴极(分直热式和旁热式两种)和阳极(由高电导率的无氧化铜作成的扇形谐振腔)构成。磁控管在约4000V(峰值)左右的阳极电压下工作,产生2450MHz(工业微波炉为915MHz)的微波加热食物,寿命约为1000~3000小时。磁控管的常见图形符号如图4-382所示。

表4-143列出了部分微波炉用磁控管的主要参数,供使用时参考。

表4-143 部分微波炉磁控管主要参数

| 参 数<br>型 号 | 输出功率<br>(kW) | 应用功率<br>(kW) | 灯丝电压<br>(V) | 灯丝电流<br>(A) | 阳极电压<br>(kV) | 阳极电流<br>(A) | 寿命<br>(h) | 重量<br>(kg) | 生产厂 |
|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|------------|-----|
| 2M167A     | 0.8          | 0.72         | 3.3         |             | 4.1          | 0.3         |           |            | 松下  |
| 2M186A     | 0.69         | 0.5          | 3.3         |             | 3.3          | 0.3         |           |            |     |
| 2M189A     | 0.77         | 0.6          | 3.3         |             | 3.6          | 0.3         |           |            |     |
| 2M164      | 1.3          |              | 4.0         | 20          | 3.5          | 0.55        |           |            | 东芝  |
|            | 1.6          |              | 3.6         |             | 3.6          | 0.7         |           |            |     |
| 2M172A     | 0.85         |              | 3.3         | 10          | 4.0          | 0.3         |           |            |     |
| 2M182      | 1.2          |              | 4.4         | 13          | 4.0          | 0.44        |           |            |     |
| 2M205      | 0.53         |              | 3.5         | 11          | 3.7          | 0.2         |           |            |     |

续表

| 参数<br>型号 | 输出功率<br>(kW) | 应用功率<br>(kW) | 灯丝电压<br>(V) | 灯丝电流<br>(A) | 阳极电压<br>(kV) | 阳极电流<br>(A) | 寿命<br>(h) | 重量<br>(kg) | 生产厂  |
|----------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|------------|------|
| 144      | 0.53         |              | 3.5         |             | 3.7          | 0.2         |           | 0.8        | 虹光   |
| CK623    | 0.9          |              | 3.3         |             | 4.1          | 0.3         |           | 0.9        |      |
| CK623A   | 0.84         |              | 3.3         |             | 4.0          | 0.3         |           | 0.9        |      |
| CK605    |              | 0.8          | 3.5         | 14          | 4.0          | 0.35        | 1000      | 1.7        | 漳光   |
| CK620    |              | 0.84         | 3.15        | 14          | 4.0          | 0.3         | 2000      | 1.2        | 上海灯泡 |
|          | 0.84         | 0.6          | 3.15        |             | 4.0          | 0.3         |           | 1.2        |      |
|          | 0.8          |              | 3.5         | 14          | 4.0          | 0.3         | 1000      | 1.2        |      |
| CK624    | 0.84         | 0.6          | 3.15        |             | 4.0          | 0.3         |           | ≤1         | 园光   |
| CK626    | 0.8          |              | 3.15        | 14          | 4.0          | 0.3         | 1000      | 1.2        | 漳光   |

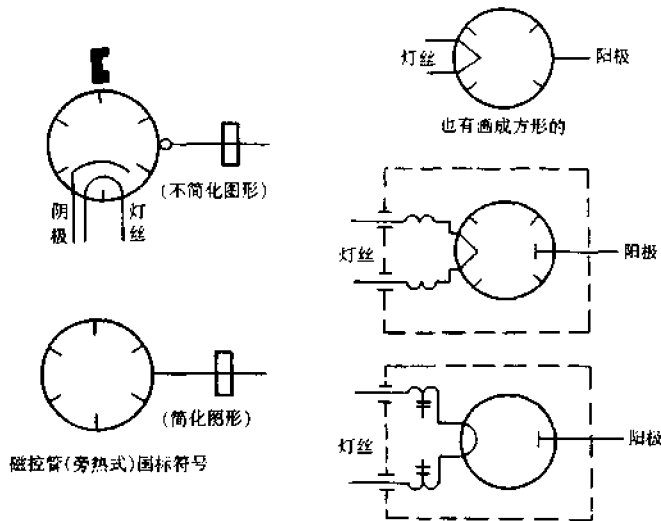


图 4-382 磁控管的电路图形符号

## 二、磁控管的检测方法

### 1. 测量灯丝电阻

由于磁控管的灯丝工作在 3.35V (各管因型号不同而略有差异, 见表 4-143) 电压和 1~20A 电流下, 故电阻很小。用万用表  $D\Omega$  挡或  $R \times 1$  挡测量灯丝冷态直流电阻, 应在  $0.3\Omega$  以下 (这一电阻应略小于热态灯丝电阻)。如电阻较大, 则说明已老化; 如电阻为  $\infty$ , 则说明断路, 均不能使用。注意, 由于各种型号的管子灯丝冷态正常直流电阻并不完全一样, 所以此方法对管子是否老化只能作粗略的判别, 不一定能准确判定。

### 2. 测量绝缘电阻

用万用表  $R \times 10k$  挡测灯丝与外壳、灯丝与阳极、阳极与外壳间的电阻, 均应为  $\infty$ 。如测得

的阻值为  $0\Omega$  或指针略有偏转,说明有短路或漏电性故障,这样的管子均不能使用。注意接在微波炉上的磁控管应断开电路并对高压电容放电后再测,以免引起电击及误判。

### § 4.132 检测微波炉转盘电机

家用微波炉中的转盘电机也称转动电机,其作用是转动承载食物容器的托盘,使食物得到均匀加热。通常转盘电机转速为几转/分,功率仅几瓦,例如飞跃 WL-5001 用日本 MUL-24ZA63 型微型同步电机,转速为 2.5~3 转/分,功率为 2.5~3W。

检测微波炉转盘电机时,可将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡,测量电机两根引出线间的电阻,其正常值应在 15~22k $\Omega$  之间,具体值视电机型号不同而略有差异。如果测得两引出线间的电阻为  $\infty$ ,则表明电机已断路;如远小于正常值,则说明有局部匝间短路;如测得的电阻值为  $0\Omega$ ,则说明有短路性故障。转盘电机损坏时,可用类似的电机代用,转速和功率略有差异不影响正常使用。

### § 4.133 检测电风扇电机绕组

一般电风扇绕组如图 4-383 所示,它有一个主绕组、一个副绕组,多采用电容启动电动机。主绕组圈数少,副绕组圈数多。各种电风扇绕组不尽相同,以下以一般 36~56 英寸(900~1400mm)吊扇为例说明检测方法。

#### 1. 区分主副绕组

在图 4-383 所示电路中, $L_1$ (未串电容)是主绕组, $L_2$  串联有一个电容 C,是副绕组。据此很容易从实物接线处将  $L_1$  的接线端点①、②与  $L_2$  两接线端①、③分辨出来,其中①为公共端。为了进一步确认,可用万用表  $R \times 10$  挡测量②、③之间的电阻,其值应大于①、②间或①、③间的电阻。

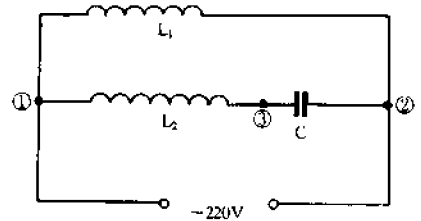


图 4-383 电风扇电机绕组的接线

#### 2. 测量绕组电阻

仍使用万用表  $R \times 10$  挡,测量  $L_2$ (①、③间)电阻时,应为 280~480 $\Omega$ 。测量  $L_1$ (①、②间)电阻时,应比  $L_2$  的阻值小 20%~40%。若所测电阻值为  $\infty$  或  $0\Omega$ ,则分别为开路或短路。如比正常值小许多,则有以下三种可能。

(1)  $L_1$  或  $L_2$  内部匝间短路。在查找具体短路部位时,应拆开过江线( $L_1$  或  $L_2$  均由若干个分线圈串联而成,其间连线称过江线),分别测量各分线圈电阻是否相等,如不等,电阻小的那个分线圈即有匝间短路现象。

(2) 主副绕组间、匝间直接短路。这时应从①点将  $L_1$  与  $L_2$  断开,再测②、③间电阻,如为通路,则说明  $L_1$  与  $L_2$  匝间已短路。此时再测③与铁心间电阻以及②与铁心间的电阻,如均为  $\infty$ ,则说明  $L_1$  与  $L_2$  间直接连通;如均为通路,则为  $L_1$  与  $L_2$  通过铁心短路。要找出  $L_1$  与  $L_2$  之间直接短路的具体部位,也应将  $L_1$  与  $L_2$  的各过江线分开,测量  $L_1$  的分线圈与  $L_2$  的分线圈之

间电阻,当测得有通路状态时,便是具体短路部位。

(3)  $L_1$  与  $L_2$  间通过铁心间接短路。这也可以从各分线圈与铁心之间电阻值很小的特征得到确认。测量②、①间( $L_1$ )的电阻时,应据  $L_1$  的电阻比  $L_2$  的电阻约小 20% ~ 40% 来判断正常与否。如有异常现象,应分析原因,找到故障所在。

### 3. 测量绝缘情况

将万用表置于  $R \times 10k$  挡,测量  $L_1$  与  $L_2$  间、 $L_1$  与铁心间、 $L_2$  与铁心间电阻,均应为  $\infty$ ,表明绝缘良好,若所得值不为  $\infty$ ,则不宜使用。注意,测量  $L_1$  与  $L_2$  间绝缘时,应从①点将  $L_1$  与  $L_2$  断开。

检测其他各类电风扇电机绕组时,方法基本相似,但要了解被测绕组的结构,才可作出准确的判断。例如,采用罩极式电机的风扇,仅一个绕组,而有抽头调速的电机,则多一个中间绕组,常嵌入定子槽内。这些,在测试时应做到心中有数,以防止作出错误的判断。

值得一提的是,上述测量操作应是在断电并对 C 放电后进行的。

## § 4.134 检测吊扇调速器

吊扇调速器通常安装在室内的墙壁上,用来调节吊扇的转速。这种器件实际上是一个由多个抽头的线圈构成的电抗器。常见的调速器通常设置有五个量程,其内部线圈为四个抽头。测试变速器时,可分两步进行。

### 1. 测量直流电阻

参见图 4-384(a)。断电后用  $R \times 1$  (或  $R \times 10$  挡) 测量时,线圈总电阻(见实线表笔)约为 20 ~ 40 $\Omega$ ,具体值视调速器规格型号不同而有所差异。而测量每两个引出线间(见虚线表笔)的电阻时,一般约为几欧。如果测得线圈总电阻正常,而测得某对引出线间电阻为  $\infty$ ,则表明该线圈引出线开路;若电阻为 0 $\Omega$ ,则说明有短路现象。

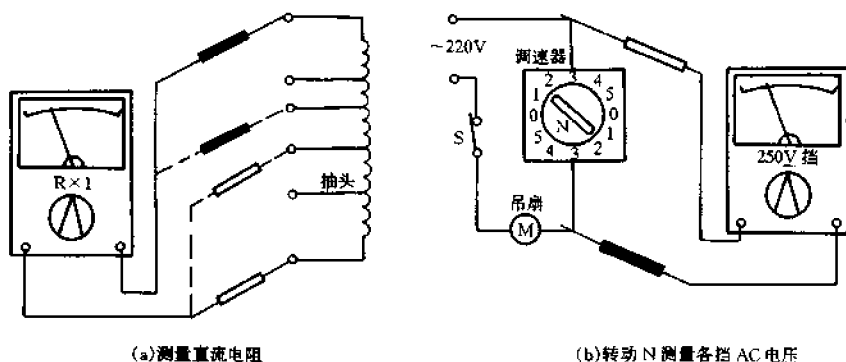


图 4-384 检测吊扇调速器

### 2. 测量电压

将调速器接入吊扇电路并通电。用万用表 AC250V 挡测量调速时调速器各抽头上分得的电压,应分别为 110V、120V、130V、150V、160V 左右。



对于调速器线圈局部短路性的故障,用上述方法是难以判别的。但在实际使用中,给调速器加电后,用手摸其外壳,若感觉发热严重,则多为线圈局部短路所致,日久必因过热而烫坏漆包线漆层使其损坏。

### § 4.135 检测电烙铁芯

在市场上购到的电烙铁芯,有时换上后用不了数小时就被烧断,其原因之一是由于有的厂家生产的劣质产品所用电阻丝绕得长度不够所致。实验证明,将工作在 AC220V 电路中的电烙铁视为纯电阻电路,其电阻阻值  $R = \frac{48.4}{P} (\text{k}\Omega)$ ,例如,25W 电烙铁工作(发热)时的电阻为  $R = \frac{48.4}{P} = \frac{48.4}{25} = 1.936 (\text{k}\Omega)$ 。电烙铁芯的冷态电阻比热态时的电阻小约 2%。表 4-144 列出了常用电烙铁芯功率与冷态电阻的对应数值。购买电烙铁芯时,用万用表电阻挡实测一下冷态电阻值,与此表对照比较,即可知其瓦数,并大体判别其质量如何。若测得相应功率的电烙铁芯冷态电阻值比正常值小得多(约小 10%),则表明其寿命不会太长。

上述方法既适合于内热式电烙铁,也适合于外热式电烙铁。

表 4-144 电烙铁芯功率与冷态电阻的对应数值

| 功率(W)     | 20  | 25   | 35  | 50   | 100  |
|-----------|-----|------|-----|------|------|
| 冷态电阻值(kΩ) | 2.4 | 1.97 | 1.4 | 0.95 | 0.47 |

### § 4.136 检测氖灯(氖管)

#### 一、氖灯的性能特点

氖灯(氖气辉光灯)是一种内部充有惰性气体的电致发光元件。所充惰性气体不同,发光颜色也不同。这种元件加限流电阻后多用于仪表指示,很省电。日光灯启辉器中也用到有双金属片的氖灯,用于启动日光灯。氖灯(含氖管)在一定电压范围内都能发光,使其开始发光的电压  $U_i$  称启辉电压。启辉后略降电压,氖灯不一定熄灭,当继续降低电压,直到熄灭,此时的电压称熄灭电压  $U_H$ 。图 4-385 是两种氖管的外形。其中,(a)为用于试电笔中的氖管,它与一个几十千欧至几兆欧的电阻串联后装在绝缘的塑料管内,两端用金属引出,可用于试电;(b)为用于日光灯启辉器中的氖灯。

表 4-145 列出了一些常见氖灯的主要参数,供选用时参考。

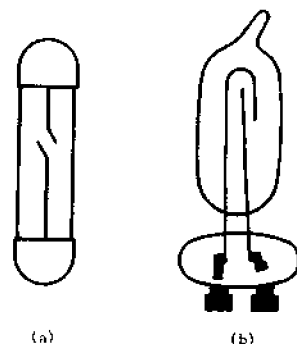


图 4-385 两种氖管的外形

表 4-145

常用氖灯主要参数

| 型号      | 参数 | 电源电压<br>(V) | 应串联电阻<br>(kΩ) | 启辉电压<br>(最大值)(V) | 参考工作电流<br>(mA) | 平均寿命<br>(h) | 光 色   |
|---------|----|-------------|---------------|------------------|----------------|-------------|-------|
| 试电笔用氖管  |    |             |               | 100DC            | 0.1            | 200         | 桔红    |
| NH0-13  |    | AC220       | 560(150)      | 65AC             | 0.3            | 25000       | 桔红    |
| NH1-10  |    |             | 150(130)      | 65AC             | 1.5            | 25000       | 桔红    |
| NH1-11  |    | AC220       | 150(130)      | 65AC             | 1.5            | 25000       | 桔红    |
| NH1-12  |    |             | 150(130)      | 75AC             | 1.5            | 25000       | 桔红    |
| NH1-13  |    |             | 120(27)       | 80AC             | 1.5            | 300         | 绿     |
| NH1-15  |    |             | 180(33)       | 80AC             | 1.0            | 1000        | 绿     |
| NH2-2   |    |             | 56(15)        | 85AC             | 2.7            | 1000        | 绿     |
| NH5-1   |    |             | 36(10)        | 65AC             | 5.0            | 15000       |       |
| NH0-15  |    |             | DC100         | 150              | 90DC           | 0.3         | 15000 |
| NH1-14  |    | 33          |               | 100DC            | 1.5            | 1000        | 桔红    |
| NHR-90  |    | 33          |               | 66-99DC          | 1.5            | 1000        | 桔红    |
| NH0-230 |    | DC300       | 1000          | 220-240DC        | 0.1            | 3000        | 雪青    |
| NH0-240 |    |             | 1000          | 230-250DC        | 0.1            | 3000        | 桔红    |
| NH0-250 |    |             | 1000          | 240-260DC        | 0.1            | 3000        | 桔红    |
| NH0-260 |    |             | 1000          | 250-270DC        | 0.1            | 3000        | 桔红    |
| NH0-270 |    |             | 1000          | 260-280DC        | 0.1            | 3000        | 桔红    |
| NH0-1   |    |             |               | 60AC             | 0.1            |             |       |
| NH0-2   |    |             |               | 100AC            | 0.1            |             |       |
| NH0-4B  |    |             |               | 130AC            | 0.5            |             |       |
| NH0-4C  |    |             |               | 50AC             | 0.5            |             |       |
| NH0-5A  |    |             |               | 60AC             | 0.07           |             |       |
| NH0-5B  |    |             |               | 130AC            | 0.1            |             |       |
| NH0-7   |    |             |               | 100AC            | 0.1            |             |       |
| NH0-8   |    |             |               | 90AC             | 0.05           |             |       |
| NH1-1B  |    |             |               | 130AC            | 1.0            |             |       |
| NH1-3   |    |             |               | 65AC             | 1.5            |             |       |
| NH1-4   |    |             |               | 130AC            | 1.0            |             |       |
| NH15-1  |    |             |               | 170AC            | 15.0           |             |       |

## 二、氖灯的检测方法

(1) 将万用表置于  $R \times 10k$  挡, 测量氖灯两端的电阻值, 应为  $\infty$ 。若测得阻值为  $0\Omega$ , 说明其内部两金属片已粘连短路; 若测得的阻值不是  $\infty$ , 则说明漏电, 这样的管子是不能使用的。

(2) 测量  $U_i$  和  $U_H$  值。测试方法如图 4-386 所示。摇动兆欧表后将看到氖灯发光, 这时万用表指示的值为  $U_i$ ; 再逐渐降低摇动兆欧表的转速, 使其输出的直流电压降低, 这时氖灯将变暗以至熄灭, 刚熄灭时万用表指示的电压值即为熄灭电压  $U_H$ 。注意, 未发光的氖灯加  $U_H$  至  $U_i$  间电压时, 它并不发光。

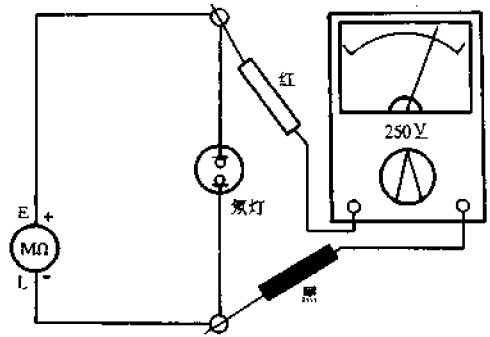


图 4-386 检测氖管的启辉、熄灭电压

## § 4.137 检测白炽灯泡

实验表明, 白炽灯泡刚接通电源瞬时电流为正常工作时的 12~17 倍, 也就是说灯丝冷态电阻为正常工作时(热态)的  $1/12 \sim 1/17$ 。有的白炽灯泡额定功率标记失落, 有的用后钨丝变细使实际功率减小。通常, 白炽灯泡的额定功率越大, 其冷态电阻越小, 所以可用测量冷态电阻的简易方法估测灯泡的实际功率。表 4-146 列出了灯泡冷态电阻与其实际功率的对应数值, 可供测量时比较对照。

表 4-146 灯泡冷态电阻与功率对应值

|                    |     |     |     |    |     |
|--------------------|-----|-----|-----|----|-----|
| 冷态稳定电阻( $\Omega$ ) | 450 | 240 | 140 | 60 | 40  |
| 灯泡实际功率(W)          | 15  | 25  | 40  | 60 | 100 |

测试方法如图 4-387 所示。使用万用表的  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡, 将两表笔接在灯泡两引出端, 保持 30 秒左右, 待指针不再向左移动时, 即可读出电阻值, 将此值与表列值对照便可查到

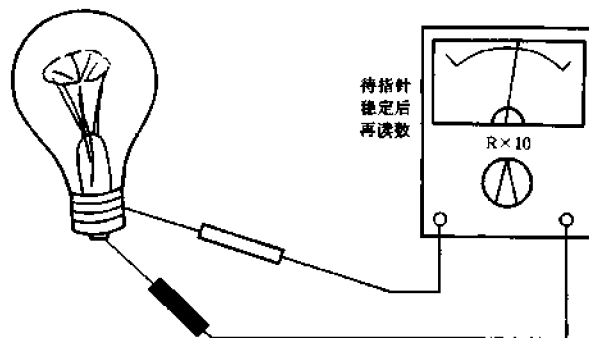


图 4-387 检测灯泡冷态电阻

被测灯泡的实际功率。

## § 4.138 检测日光灯管

由日光灯管的结构可知,在其两头各有一组灯丝,每组灯丝均有一定的冷态直流电阻,用万用表检测日光灯管时,可通过测量这两组灯丝绕组的冷态电阻值来判定其正常与否。表 4-147 所列是常用日光灯每组灯丝正常冷态电阻,可供测量时对照比较。

测量时,将万用表置于  $R \times 1$  (或  $D\Omega$ ) 挡,分别测出每个灯丝的冷态直流电阻,均应在表 4-147 所列范围内。如实测的阻值为  $\infty$ ,则说明灯丝断路;如比正常值大许多,则表明灯丝已在使用中消耗蒸发很多,使灯丝截面积大大减小,这样的灯管的寿命即将终结。此外,由于日光灯管两头的灯丝在启辉时是串联的,所以,如两灯丝电阻不等,电阻大的那头灯丝消耗电功率大,这将大大影响灯管寿命。故在选购灯管时,应检测一下两组灯丝的冷态直流电阻是否相等,以选择电阻相等的购用为宜。

表 4-147 常用日光灯管的正常冷态电阻

| 灯管功率(W)          | 6~8   | 15~20 | 30~40 | 56    | 100   |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 灯丝电阻( $\Omega$ ) | 18~15 | 5~4.5 | 4~3.5 | 3~2.5 | 2~1.5 |

## § 4.139 检测三相异步电动机

### 一、判定电机绕组头尾

三相异步电动机定子绕组通常有“ $\Delta$ ”和“Y”形两种接法,它们的头尾是不允许接错的。当电机的绕组端子失去标号或发生头尾错乱时,可采用下述方法加以判别。

先用万用表电阻挡找出属于同一绕组的两个引出端子,并任意将各相端子定为 A-a, B-b, C-c, 参见图 4-388(a) 所示。然后按照图 4-388(b)、(c) 所示的两种方法进行测试。

方法一:

将万用表置于 AC250V 挡,按图 4-388(b) 接入电路,当接通 AC220V 电源时,如果万用表的指示值为 0,则 B、C 是头, b、c 是尾;若万用表的指示值不为 0,则 B、c 是头, b、C 是尾。交换绕组用同样的方法即可找出 A、a 的头尾。注意,测试时通电的时间应短,以免线圈过热。

方法二:

参见图 4-388(c) 所示,仍使用万用表 AC250V 挡。当接通 AC220V 电压时,依次测出  $U_{A-a}$ 、 $U_{B-b}$  和  $U_{C-c}$  三个电压。根据所得结果进行判别:(1)三个电压均相同,则 a、B、C 是头, A、b、c 是尾。(2)两个电压相同,另一个较高(设  $U_{B-b}$  较高),则 a、b、C 是头, A、B、c 是尾。

上述两种方法可互相验证,以使判定结果更加准确无误。

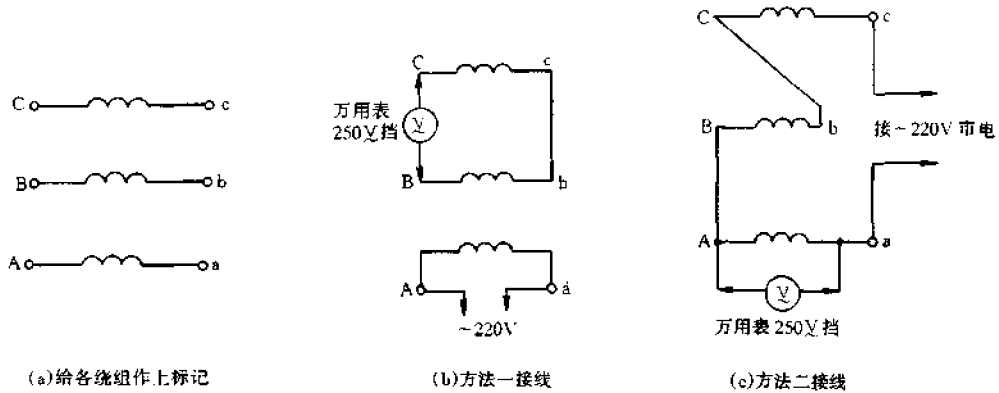


图 4-388 判定三相异步电动机绕组头尾的方法

## 二、测定电机磁极对数及转速

当电机铭牌字迹不清无法辨认其转速时,可用万用表进行测试。具体方法参见图 4-389 所示。将万用表置于最低直流电流挡( $\mu\text{A}$  或  $\text{mA}$ ),两表笔任意接在电机三根引出线中的两根上,慢慢将转轴匀速转动,此时会看到万用表的指针有所偏转,指针在转轴转动一周内摆动的次数(一个来回算一次)即为电机磁极对数,用 3000 除以此值,即为电机一分钟的转数。例如,用此法测得某电机在转动一周时,万用表指针来回摆动两次,说明此电机有两对磁极,则转速为  $3000/2 = 1500$ (转/分)。此法适用于采用 50Hz 交流电供电的电机,实际转速比此值低约 3%。

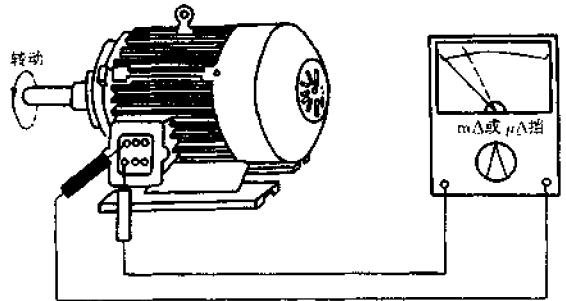


图 4-389 测定三相异步电动机磁极对数及转速

测试时应注意,转动电机时不要用力过猛,否则将不易准确观察旋转一周内万用表指针摆动的次数。另外,如果电机铁心剩磁太大,转动电机时,其产生的感生电流将很大,若旋转过猛,容易将万用表损坏。此方法仅适用于有剩磁的电机,但一般已使用过的电机均有一定剩磁。

对于三个绕组未接好线的电机(共 6 根引出线),可先用万用表  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡测出相通的两个端子,即找出其中任一绕组,然后再用前述方法测出磁极对数及转速。

## 第五章 万用表功能扩展与改进

本章介绍对万用表进行功能扩展与改进的方法共计 21 例。读者可根据实际情况,因地制宜地将这些方法灵活运用,使自己的万用表更加得心应手,有效地发挥其作用。

### § 5.1 给 500 型万用表增加直流 2.5A 量程

500 型万用表直流电流最大量程为 DC500mA,检修电视机时常感不足。为适应测量需要,可按下述方法将此表增加 DC2.5A 电流挡。

准备一只  $0.3\Omega/3A$  锰铜线绕电阻。打开表壳,将选择开关置于 DC500mA 挡,找到该挡  $1.5\Omega$  分流电阻,断开该电阻与“\*”插孔相连的一端,并拆去  $1/6$  长度(阻值约  $1.2\Omega$ ),再断开“dB”插孔与  $0.1\mu F$  电容的连线,将  $0.3\Omega$  电阻焊在“\*”插孔与“dB”插孔之间, $1.2\Omega$  电阻也焊在“dB”插孔上,“dB”插孔就变为 DC2.5A 电流挡插孔。用精确度为 1 级的电流表校对 DC2.5A 和 DC500mA 挡,调修  $0.3\Omega$  和  $1.2\Omega$  电阻使误差小于 1.5%,然后将  $0.1\mu F$  电容焊在“ $\Omega$ ”选择开关的“.”挡触点,此挡位就成为“dB”挡。测试时,“dB”挡电容与“+”插孔接通。

### § 5.2 将 500 型万用表 dB 挡改为直流 5A 挡

500 型万用表设有 dB 挡,在实际测量时,若 dB 挡用得较少,为了满足较常使用的 DC0.5A 以上电流的测量(例如收录机供电总电流的测量),可按下述步骤将 dB 插孔改为 DC5A 挡插孔。

(1)将 dB 插孔内接的  $0.1\mu F$  电容焊下。

(2)取一段  $\phi 0.8$  的  $0.15\Omega$  锰铜丝,将两端留出焊接余量,把两端分别焊在“\*”插孔和“dB”插孔内的焊片上。

(3)将原分流电阻改焊到“dB”插孔上。

(4)将原第一个分流电阻值由  $1.5\Omega$  改为  $1.35\Omega$ 。具体做法是,将原  $1.5\Omega$  电阻焊下,另换  $1.35\Omega$  的电阻;也可在原  $1.5\Omega$  电阻的两端并联一只  $13.5\Omega$  的电阻。

(5)测量时,原黑表笔仍插“\*”孔,红表笔插 DC5A 孔(即原“dB”孔)。如不准,可微调分流电阻值。按此法改动后,不影响万用表其他任何挡的使用。

## § 5.3 MF52 型万用表直流电流挡扩程方法

按照下述方法可很方便地将 MF52 型万用表的 DC250mA 挡扩大为 DC2.5A 挡。

(1) 打开万用表后盖, 取下电阻  $R_1$  ( $3\Omega$ ), 将其电阻丝松开, 按扩大 10 倍量程, 用长度比例法折合得到  $0.3\Omega$  阻值, 即取总长度的  $1/10$ 。

(2) 重新绕好  $R_1$ , 在  $0.3\Omega$  处抽头、接于原 DC250mA 挡处, 即成为 DC2.5A 挡, 而将原 DC250mA 挡改接到 DC25mA 挡处, DC25mA 挡不用。

## § 5.4 提高万用表直流电压挡输入阻抗的方法

通常, 万用表直流电压挡的内阻为几十千欧/伏, 实际使用中, 在测量高内阻电源电压时会因万用表输入阻抗低而产生较大的测量误差。增加高阻抗输入电路不仅能提高电压挡的输入阻抗, 而且还可以提高万用表的灵敏度。

采用图 5-1 所示的电路可以有效提高万用表的输入阻抗。该电路由运算放大器和电阻分压衰减器两部分组成。运算放大器采用 DG3140(国外型号为 CA3140), 它构成 100 倍同相放大器。当运算放大器 DG3140 的同相端输入  $100\text{mV}$  时, 它的输出端为  $10\text{V}$ 。该电路设有  $100\text{mV}$ 、 $1\text{V}$ 、 $10\text{V}$ 、 $100\text{V}$  四个直流电压量程, 后三挡的输入阻抗为  $10\text{M}\Omega$ 。由于 DG3140 是一种优良的器件, 采用独特的 Bi-MOS 工艺, 所以其输入端具有 PMOS 场效应管那样的高阻抗, 而输出端又有双极性晶体管的输出特性。DG3140 的 ⑥脚(输出端)可直接与万用表(置于 DC10V 挡)的红(正)表笔相连, 将黑(负)表笔接地。衰减器电阻应使用误差为 1% 的测量用金属膜电阻; 电位器  $\text{RP}_1$  用作表头调零, 最好采用线绕式的; 电容采用漏电流极小的聚苯乙烯电容。

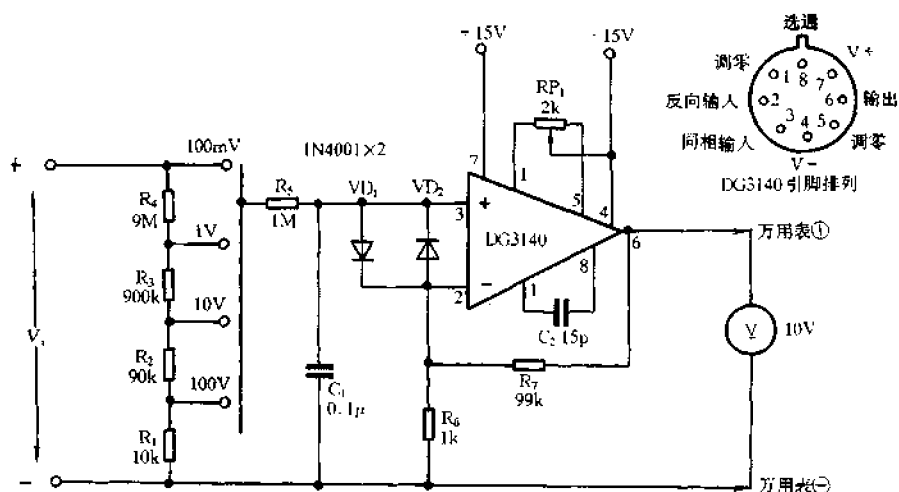


图 5-1 高输入阻抗放大电路

## § 5.5 提高万用表直流电压挡灵敏度的方法

选用高增益、低温漂、低噪声运算放大器制作一个前置放大器,预先将输入电压进行放大,然后再送至万用表测量,可有效提高万用表直流电压挡的灵敏度。设放大器的电压放大倍数为  $K$ ,将测量所得值除以  $K$ ,即可得到被测电压的实际值。如果使用万用表 DC10V 挡,当  $K = 100$  倍时,可测量  $0 \sim 100\text{mV}$  的微弱电压,当  $K = 10$  倍时,可测量  $0 \sim 1\text{V}$  的小值电压。

图 5-2(a)是由 LM324 构成的实用前置放大器电路。 $A_1$  接成电压跟随器,可起阻抗变换的作用,其输入电压接同相输入端,而输出端与反相输入端短接,这种接法可以大大提高输入阻抗。 $A_1$  的输入电压与输出电压同相,闭环电压增益为 1。 $A_2$  接成同相放大器, $R_f$  是负反馈电阻, $R_1$  是反相输入端的输入电阻。此电路的电压放大倍数计算公式为

$$K = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

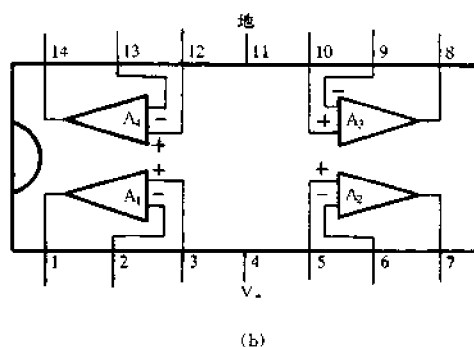
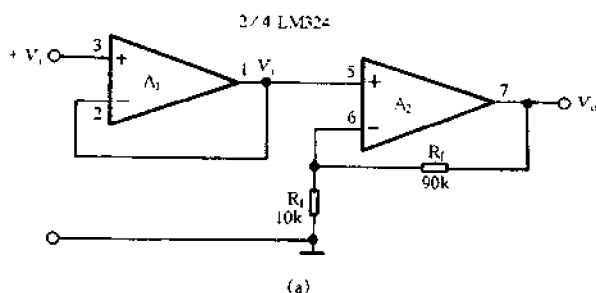


图 5-2 高灵敏度前置放大电路

设输出电压为  $V_o$ ,输入电压为  $V_i$ ,则

$$V_o = KV_i = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_i$$

若取  $R_f = 99\text{k}\Omega$ ,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,则  $K = 100$  倍,  $V_o = 100V_i$ 。若取  $R_f = 90\text{k}\Omega$ ,  $R_1 = 10\text{k}\Omega$ ,则  $K = 10$  倍,  $V_o = 10V_i$ 。



$R_f, R_i$  应选用误差为  $\pm 0.5\% \sim \pm 1.0\%$  的金属膜电阻。LM324 是美国模拟器件公司(AD)生产的单电源、低功耗四运放,它的内部有四个独立的运算放大器,采用 14 脚双列直插式封装(DIP-14),电源电压范围是 3~30V,开环电压增益为 100dB,共模抑制比为 70dB,工作温度范围是 0~70℃。LM324 的引脚排列如图 5-2(b)所示。

## § 5.6 使用万用表低电压挡测量高电压

最高电压挡为 DC500V 的万用表,无法直接测量更高电压。在实践中,常常采用如图 5-3(a)所示方法,利用串联分压电阻 R 的方法来测量更高的电压。设原电压挡量程为  $m$ ,电压灵敏度为  $\beta$ ,拟扩展的量程为  $n$ ,则应串联的电阻

$$R = \beta(n - m)$$

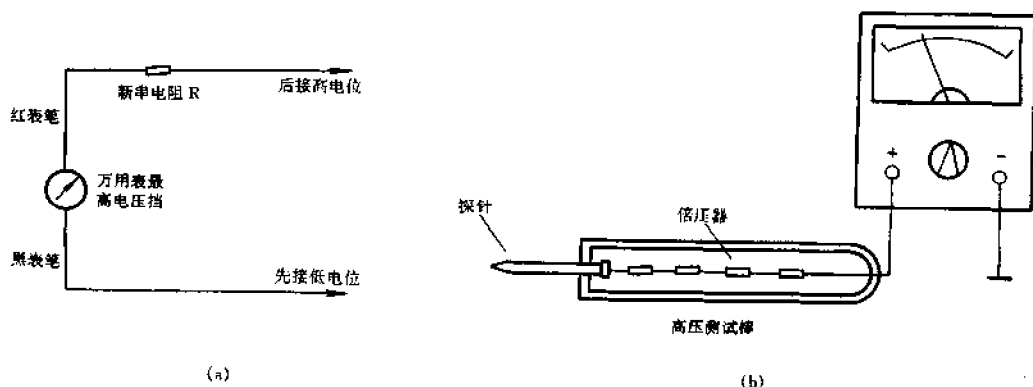


图 5-3 用万用表低电压挡测量高电压

举例说明,若将灵敏度为  $2k\Omega/V$  的 500V 挡(内阻为  $1M\Omega$ )扩展到 3000V 挡,则应串联的电阻

$$R = 2 \times 10^3 \times (3000 - 500) = 5(M\Omega)$$

电阻的额定功率应大于  $(3000 - 500)^2 / (5 \times 10^6) = 1.25(W)$ ,且应选用耐压 3000V 以上的高压电阻,或用多只普通电阻串联代替。

注意,测量高压时应单手操作,最好戴上绝缘手套。先将黑表笔用鳄鱼夹接到低电位,再手持红表笔接高电位进行测量。为了确保万无一失,防止人身触电,操作者应穿上绝缘鞋,测量时最好站在绝缘板上。

若需再扩大量程,则要用绝缘性能更好的“高压测试棒”进行测量。有的万用表(如 500-2 型)附带有这种高压测试棒。

高压测试棒内部结构与及与万用表的连接如图 5-3(b)所示。这种测试棒实际是将一个大阻值的电阻封装在一个绝缘体内制成的。测量高电压时,大阻值的电阻被串联于测试电路中。由于电压的分配与电阻大小成正比,所以该测试棒在测试时就分得很大电压而扩大了万用表的测量范围。

通常,市售的高压测试棒电阻  $R$  为  $500M\Omega$ ,配用电压灵敏度为  $\beta$ (单位  $\Omega/V$ )的万用表使用时,扩大后的量程

$$U = R/\beta$$

例如,U-20型万用表(该表电压灵敏度 $\beta$ 为 $10\text{k}\Omega/\text{V}$ )配用 $500\text{M}\Omega$ 测试棒后,其量程为

$$U = R/\beta = 500 \times 10^6 / (10 \times 10^3) = 50\text{kV}$$

也就是说,U-20型万用表配用高压测试棒后,可测量的最高电压为 $50\text{kV}$ 。使用时,可将万用表拨至任何直流电压挡,用高压棒测量 $50\text{kV}$ 以下的直流电压,但其真实值还应由下式进行换算得出

$$V_{\text{真}} = V_{\text{表}}(50\text{kV}/V_{\text{原}})$$

式中, $V_{\text{表}}$ 为万用表的指示值, $V_{\text{原}}$ 为原该挡量程。例如,用万用表的DC100V挡配合高压棒进行测量,指针的指示值为 $30\text{V}$ ,则真实电压值为

$$V_{\text{真}} = V_{\text{表}}(50\text{k}/V_{\text{原}}) = 30 \times (50\text{kV} \div 100) = 15000\text{V}$$

高压测试棒也可配用于交流电压挡,但由于同一万用表的交直流电压灵敏度往往是不同的,因而需参照上述方法另行计算实际电压值。

注意,灵敏度过低的万用表不宜配用高压测试棒进行测量,因为其精度太低,所得值可信度差。

## § 5.7 给万用表增设交流电流挡的方法

对于缺少测量交流电流功能的万用表,可采用下述方法为其增设交流电流挡。

方法一:用AC10V电压挡增设交流电流挡。

具体方法如图5-4(a)所示。在万用表AC10V挡上并联电阻 $R$ ,其阻值 $R = 10/I$ ,式中, $I$ 为欲设交流电流挡的最大值,也就是所要增设交流电流挡的量程。例如 $I = 1\text{A}$ ,则 $R = 10/1 = 10\Omega$ , $R$ 的功率由 $P = I^2 R$ 求出,即 $P = 1^2 \times 10 = 10(\text{W})$ 。可用大功率的线绕电阻或用锰铜丝绕制,只要阻值符合,功率大于 $10\text{W}$ 即可。测量交流电流时,应将万用表置于AC10V挡,并将其串联在电路中,读出电压数值,然后乘以100即得到交流的mA数。

注意事项:

(1) 不允许图方便把电阻临时并在表笔上进行测量。否则,一旦电阻与表笔接触不良,在电路中有高压时容易引起烧表事故。可参照图5-4(b)的方法,专门制作一只测量交流电流的表笔,将电阻与表笔焊接牢靠,并将其焊在两只香蕉插头上。测量时,将两只香蕉插头插入万用表的两个插孔中即可使用。

(2) 此法不宜使用更高的交流电压挡改设交流电流挡。

(3) 用这种方法测量交流电流,由于万用表内阻较大,当被测交流电路的电阻较小时,将会引起较大误差。

方法二:制作测量交流电流的附加器。

参照图5-5所示的电路制作一个测量交流电流的附加器,即可测量交流电流。该附加器利用MF30型万用表的DC0.5mA挡,共设置有 $3\text{A}$ 、 $1\text{A}$ 、 $0.5\text{A}$ 、 $0.1\text{A}$ 四个交流电流挡位。具体制作要点如下。

(1) AC3A量程时的分流电阻要选用大于 $1\text{mm}$ 的锰铜漆包线制作;

(2) 电位器 $\text{RP}_1$ 要选用线绕式的;

(3) 由于该附加器在大电流条件下工作,所以要选用良好的转换开关。

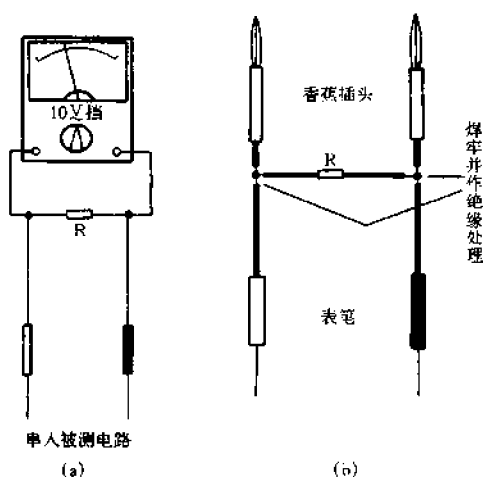


图 5-4 增设交流电流挡

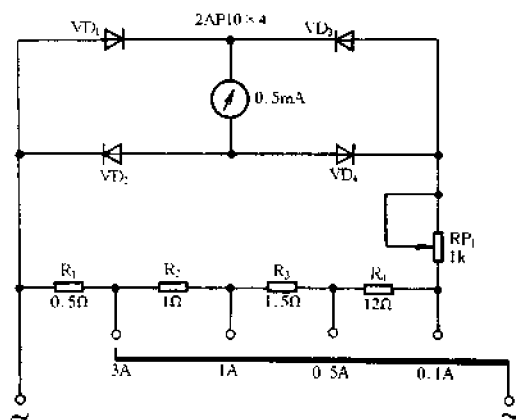


图 5-5 测量交流电流附加器电路

## § 5.8 将万用表 OFF 挡改为 $R \times 10k$ 电阻挡

有的万用表缺少  $R \times 10k$  电阻挡,这给使用带来很大不便。对于无  $R \times 10k$  电阻挡但有 OFF 挡的万用表,可将 OFF 挡改为  $R \times 10k$  挡。下面以 MF40 型万用表为例,介绍具体改制方法。

MF40 型万用表没有设置  $R \times 10k$  挡,但该表设有一个 OFF 挡,很适合用来改制  $R \times 10k$  电阻挡。

图 5-6(a)是 MF40 型万用表原电阻测量原理图。改制时,打开后盖,拆下电刷和组件板,

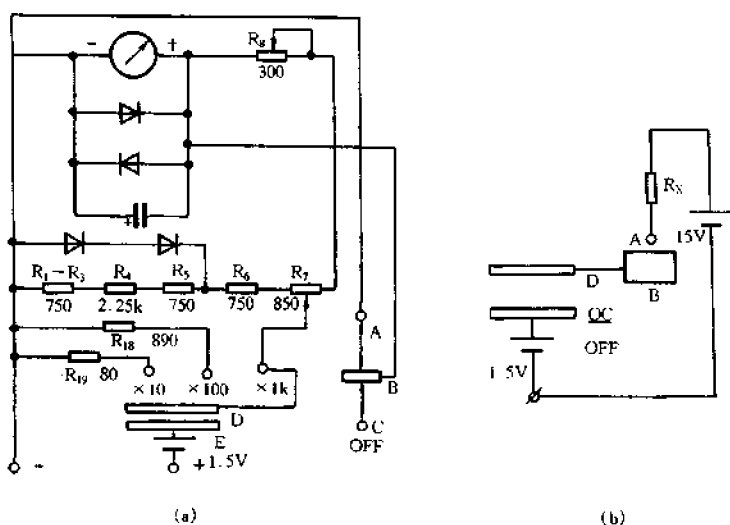


图 5-6 将 MF-40 型万用表 OFF 挡改为  $R \times 10k$  挡

将转换开关 OFF 挡的 A 端与表头负极的连线断开,将 B 端与表头正极的连线断开。然后如图 5-6(b)所示,将 B 端与 D 端连接,再将电阻  $R_X$  与 15V 的叠层电池相串联,接于 A 端和表头正端之间。

因该万用表表头电阻刻度的中心值为 8,所以应在两表笔之间接一只  $80k\Omega$  左右的电阻  $R_X$ 。 $R_X$  按下法确定,先用一只  $100k\Omega$  的电位器串联一只  $30k\Omega$  的电阻代替  $R_X$ ,慢慢调节电位器,使表头指针指在中心值  $80k\Omega$ ,然后测量  $R_X$  的实际值,并换上相同阻值的固定电阻即可。如测得的  $R_X$  是非标准值,可用一组几十千欧的电阻相串联而获得。15V 叠层电池可夹在表头箱和边框之间,并用橡皮膏将其固定。

## § 5.9 给万用表电阻调零旋钮增设刻度

目前,市售的各种万用表的欧姆调零旋钮均无刻度。实践中发现,如果给万用表电阻调零旋钮增设刻度,指示万用表各电阻挡调零后电位器所处的具体位置,就能在以后每次调零时做到心中有数,从而加快调零速度。同时,当万用表每次改换电阻挡时,可先将其调零旋钮调至与该电阻挡对应的刻度位置上,然后再短路调零。如果旋钮位置合适,有时无需调节。这种方法还能有效地防止短路调零时过流打表的现象。

图 5-7 是为 MF50 型万用表的电阻调零旋钮绘制的“电阻调零刻度”盘。该型万用表在  $R \times 1k$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 10$  和  $R \times 1$  这四挡调零时,旋钮刻度的位置依次是“2”、“2.5”、“3”和“4”,而在  $R \times 10k$  挡调零时旋钮则需置“3.5”。当从  $R \times 1$  挡改换到  $R \times 1k$  挡时,可先将调零旋钮由刻度“4”左旋至刻度“2”。短路表笔调零时,只需微调一下旋钮即可。

值得注意的是,万用表型号不同,电池新旧程度不同,调零旋钮位置亦有所不同。当电池变旧以后,随着电池电量的减小,电阻调零时,旋钮位置将逐渐增大。当旋钮位置已接近满度 10 时,表明表内电池电压已不足,应及时更换电池。

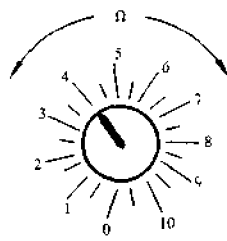


图 5-7 电阻调零刻度

## § 5.10 MF10 型万用表测试接口电路的改进

MF10 型万用表的面板上设计了一个刷形开关和三个测试接口。刷形开关实际上是“范围选择开关”,供使用者选择测量的参数及量程。三个测试接口分别为“\*”、“+”、“ $\Omega$ ”。其中“\*”为公共端子,通常插入黑表笔。接口“\*”与“+”配合(分别插入黑表笔和红表笔),可以测量电压、电流等参数。而接口“\*”与“ $\Omega$ ”配合(将红表笔移至“ $\Omega$ ”处),则用来测量直流电阻。这种设置是为了防止操作失误时(比如误用电阻挡去测量 220V 市电)损坏万用表。其不便之处是,在使用中需要经常变换红表笔的位置,操作比较麻烦,并容易造成表笔引线松脱或折断。对此,利用一个钮子开关按下述方法可对其进行改进。

打开万用表底盖,将接口“ $\Omega$ ”的接线柱拆除,并焊下“+”接线柱的连线,把钮子开关(单刀双掷)安装到“ $\Omega$ ”接线柱的位置。用一根导线将钮子开关的中点与“+”接线柱相连,将原表中“ $\Omega$ ”

接线柱和“+”接线柱的两根引线(长度不够,可另用合适的导线)分别焊在钮子开关的另外两只引脚上。注意,钮子开关应安装成上下拨动的状态,当需要测量电阻时,将钮子开关向下拨动,这样,恰好利用原接口的“ $\Omega$ ”标记;当需要测量电压、电流等时,将钮子开关向上拨动。若试验时发觉位置不对,可将钮子开关旋转  $180^\circ$ ,或将钮子开关两端的引线对调。经改进后,红、黑表笔的位置是固定不变的,测量时只需根据刷形开关所选择的被测参数,将钮子开关拨到相应位置即可,使用非常方便。

## § 5.11 给万用表增加声光通断测试功能

具体电路如图 5-8(a)所示。IC 为 CY 系列音乐集成电路,①脚为电源正极,②脚为触发端,③脚是输出端,④脚接地。VT<sub>1</sub> 可用 3DG201 或 9013,VT<sub>2</sub> 用 3AX31,  $\beta \geq 100$  即可。扬声器可用小型的,为减小体积,也可用低阻耳机代替。LED 可用红色发光二极管。万用表内部改动见图 5-8(b)所示。实线为原电路部分,虚线为增加的外接线。切断黑表笔插孔与内电路接线,两端分别接至一单刀双掷开关的 0、1 端,2 端接引出线 b 至图 5-8(a)B 点,G 正极引出线 a 接图 5-8(a)A 点。使用时,S 拨至 1 端为原表功能,拨至 B 端为通断测试功能。测试时,用红、黑表笔分别接线路两端即可。因本电路使用表内 1.5V 电池供电,故当所测线路阻抗为几十欧时,发声将很微弱或不发声。另外,当两表笔短接时,可从图 5-8(a)中所示 C、B 端输出高低频信号,作为信号源使用。

本电路装好后,可装在万用表内适当位置,直接用原表笔测量。

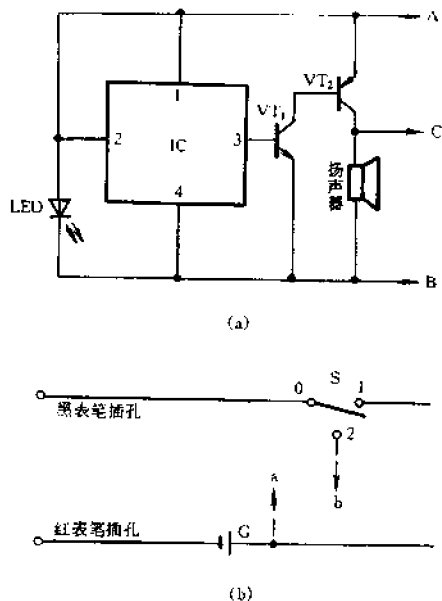


图 5-8 给万用表加装声光通断测试电路

## § 5.12 使万用表具有蜂鸣测试功能

现以 U-20 型袖珍万用表为例,介绍在其  $R \times 1$  挡增加蜂鸣测试功能的方法。该型万用表的电阻测量电路如图 5-9 所示。该表  $R \times 1$  挡的输出电流为 120mA,使用两节 1.5V 电池供电。在线圈 L 的位置原本是一个  $24\Omega$  的电阻,它是测量电路上电流所经过的第一个电阻。

### 1. 改装方法

改制时,用  $\phi 0.1\text{mm}$  漆包线作为电阻材料,用数字万用表或电桥装置量取  $24\Omega$  阻值(一定要精确)的漆包线,绕在圆铁心上即成为一只  $24\Omega$  电阻。把原  $24\Omega$  电阻焊下,将绕成的  $24\Omega$  电阻(铁心)装在表内空余处固定好,并把两引线焊到原  $24\Omega$  电阻的位置。以音乐贺年片上的所有器件(音乐集成电路、帮助声腔的压电陶瓷片、钮扣电池)作为讯响器件,将其固定安装在万

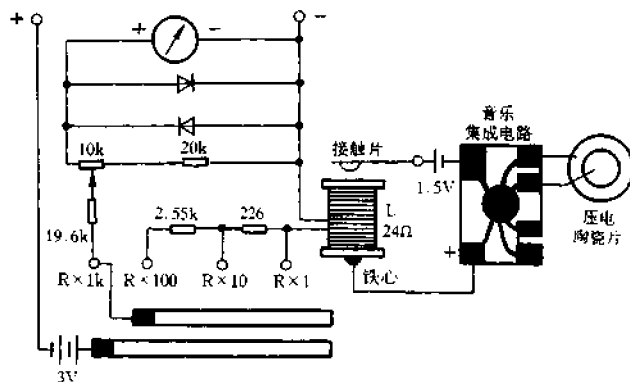


图 5-9 给 U-20 型万用表加装蜂鸣测试功能

用表内的空余处,用导线正确连接即可。

### 2. 工作原理

把万用表的转换开关拨到  $R \times 1$  挡,两表笔短接(相当于测通路), $24\Omega$  电阻值的线圈里便有电流通过,使铁心产生磁力,此磁力便把接触片吸下,从而使音响电路接通,压电陶瓷片便在万用表指针摆动的同时也发出声音。如果把两表笔分开(相当于测断路),则指针不摆动,蜂鸣片也不发声。

如果使用万用表  $R \times 10$  挡改制,则要把接触片与铁心之间的距离适当调小。凡具有  $R \times 1$  挡,且输出电流能达  $30\text{mA}$  以上,同时在其测量电路上具有  $20\Omega$  左右阻值的线绕电阻的万用表,均可照此法改装。

### 3. 注意事项

(1) 不能乱接表内电池作为集成电路的供电,更不能直接将导线接在“+”、“-”表笔的插口处,以免损坏集成电路或影响万用表的原功能。

(2) 接触片不能太靠近表头。接触片作水平方向运动接触时,要面向表头;接触片作垂直方向运动接触时,要倒置安装,即将接触片在下,铁心在上。

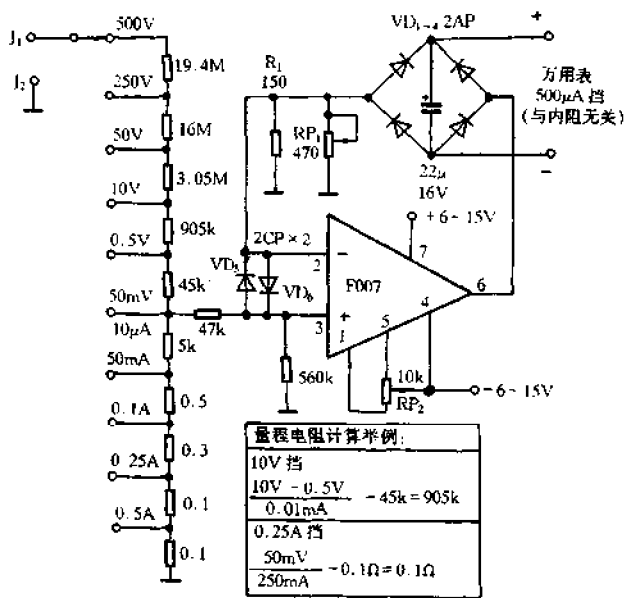
## § 5.13 提高 MF16 型万用表灵敏度的方法

MF16 型袖珍万用表的灵敏度比较低。为其增加图 5-10 所示电路,交、直流电压均可精测到  $10\text{mV}$ ,交、直流电流可精测到几个微安,从而有效提高其灵敏度。

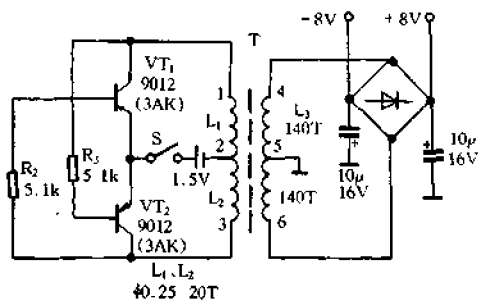
测试放大电路和电源电路如图 5-10(a)、(b)所示。这实际上是一个运放  $V/I$  变换器,设计中把交直流等效灵敏度统一为  $10\mu\text{A}$ ,参考输入电压为  $50\text{mV}$ 。

要求各量程所用电阻的精度在  $\pm 5\%$  以内。调试时,用直流  $50\text{mA}$  电流从  $100\text{mA}$  挡加入,调节  $\text{RP}_1$  使指示为中值(校中值的目的是照顾两端线性);再用直流  $25\text{V}$  电压从  $50\text{V}$  挡加入,看指示是否正确,如误差大,则可能是分流电阻不准确;若误差很小则最好以电压为准,稍调  $\text{RP}_1$  校正后即可。

电源电路中的振荡变压器 T 可用  $\phi 13 \times 13$  铁氧体磁罐绕制,初次级均分别采用双线并绕;



(a)



(b)

图 5-10 给 MF-16 型万用表加装放大电路与电源电路

VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub> 应基本配对,若使用 3AK 型管,电池电压降至 0.8V 仍能正常工作。调试电源时,可用一只 10kΩ 双联电位器代替 R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub> 接入电路进行调整,使输出电压为正常值后再换用相应阻值的固定电阻。此外,在①、③端并一只几千皮法至 0.01μF 的电容(或在④、⑥端并 2200pF 电容),可吸收一部分尖峰电压。

## § 5.14 改善万用表的阻尼特性

万用表头的阻尼较小时,将影响尽快读数。下面介绍几种改善阻尼特性的方法。

方法一:

如图 5-11(a)所示,在表头两端并接 C 和 R,即可有效改善阻尼特性。刚接通电路的瞬

间,一部分电流通过 R 向 C 充电,即 C 减少了这一瞬间流过表头的电流,使表针不致摆动过猛而因惯性大大超过最后应指示的值。在此之后,对 C 继续充电,直至充电完毕,指针就在直流的作用下不会超过应指示的值,达到了改善阻尼的目的。

在实际应用中,若原阻尼很小,C 可取大值,R 取小值;若原阻尼较小,则 C 取小值,R 取大值。具体值可由实验确定。R 也可不用,这时 C 应减小。C 还能旁路残余交流成份,减小指针抖动。

方法二:

如图 5-11(b)所示。此电路是在方法一的电路基础上增加一个电容 C' 形成的,可避免在测量电阻时由于电容器 C 有反向漏电造成的误差,从而提高测量精度。图中 R、C 的参数是在 MF110A 型万用表上实际加装时所采用的,阻尼效果很好。

方法三:

如图 5-11(c)所示。此电路是在方法二的电路基础上又增加了一只开关 S 构成的。在测量交流电压时,将 S 拨向断开的位置,从而可消除所加阻尼电路对测量交流电压产生的影响。

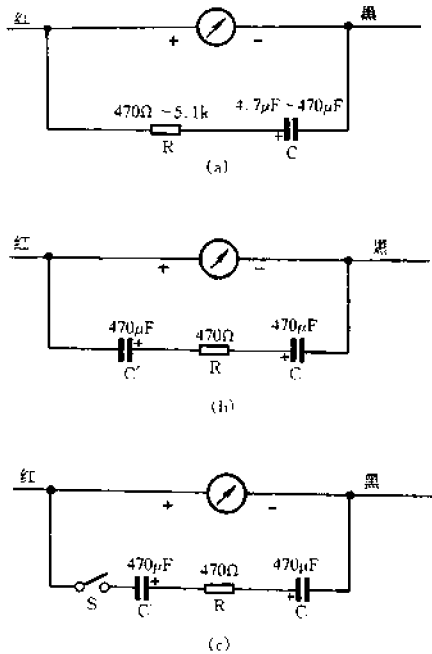


图 5-11 改善万用表阻尼特性电路

## § 5.15 低功耗高压电池代用电路

本电路是一种低功耗高压电池代用电路,适用于为各种型号万用表的 R×10k 挡供电。加装时不动或少动原电源电路,更不用加装开关,不仅在不用时处于不耗电状态,而且在万用表置于 R×10k 挡时也不耗电,仅在测量时才工作。

电路如图 5-12 所示。图中,VT<sub>1</sub> 与 T、C<sub>1</sub>、VD 构成振荡电路,VT<sub>2</sub>、R 为输出控制电路。在

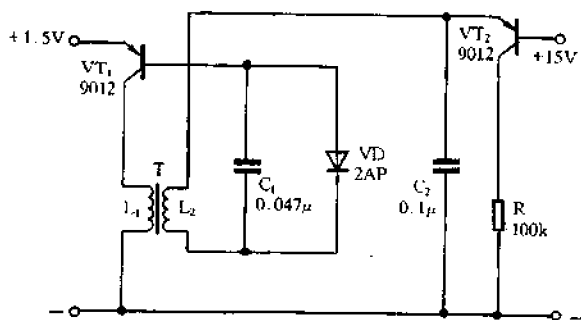


图 5-12 低功耗高压电池代用电路



不使用万用表测量时,15V端无负载,VT<sub>2</sub>因无偏流而截止,VT<sub>1</sub>也无偏流而不起振。此时,1.5V电压加在VT<sub>1</sub>发射极和集电极之间,通过VT<sub>1</sub>的e-b结、VD、L<sub>2</sub>加在VT<sub>2</sub>的发射极和集电极之间,耗电甚微。当使用万用表R×10k挡进行测量时,15V端(即VT<sub>2</sub>基极)与电路负极之间接入一个电阻(实际为被测元件),VT<sub>2</sub>导通,VT<sub>1</sub>基极得偏流而振荡,L<sub>2</sub>上产生的高压经VD、C<sub>2</sub>整流滤波后,由VT<sub>2</sub>基极输出。

元件选择:VT<sub>1</sub>的 $\beta$ 值大于60,VT<sub>2</sub>的 $\beta$ 值大于150,VD可以选用2AP9或1N4148等型号的二极管。振荡变压器T用 $\phi 0.1\text{mm}$ 的高强度漆包线在 $\phi 10 \times 6 \times 5(\text{mm})$ 的磁环上穿绕,L<sub>1</sub>绕20匝,L<sub>2</sub>绕600~800匝,对应输出电压为9~15V。绕制方法是,先将适当长度的漆包线绕在一根牙签上,外表要绕平整,不要有凸出的地方,其外径要小,以可穿过磁环为宜,然后拿着牙签像梭子一样在磁环上穿绕。最后将绕好的变压器T用胶粘在电路板上。电路焊接无误后,通常无须调试即可正常工作。若发现输出端无高压,则很可能是变压器T的线圈相位接反,只要将L<sub>1</sub>(或L<sub>2</sub>)的两端对调即可。

制作时要注意本电路与万用表供电电池的正确连接。目前使用较多的MF系列万用表,其1.5V电池与高压电池(9V或15V)基本上是共负极,工作中各自独立。安装时,将电路的负极与电池盒负极相连接,+1.5V端、+15V端分别与电池盒正极(+1.5V)、高压电池盒正极(+15V)相连即可。某些型号万用表采用9V电池与1.5V电池串联供电,遇到这种情况,只需将9V电池盒负极与1.5V电池盒正极连线断开,将两负极相连,再按上述方法连接即可。

本电路元件少,体积小,重量轻,可直接安装固定于高压电池盒内。

## § 5.16 万用表直流升压器

本升压器用万用表中的一节1.5V电池供电,输出电压可达22.5V,输出电流约为0.5mA,很适合用于万用表的高阻挡。

### 1. 工作原理

图5-13(a)是直流升压器的电原理图。其中,VT<sub>1</sub>与VT<sub>2</sub>组成互补多谐振荡器,它的振荡频率约为2000Hz。T是升压变压器,初级即是互补多谐振荡器的负载,次级为升压绕组,输出一个较高的脉冲电压。图5-13(b)是VT<sub>2</sub>集电极与升压变压器输出端(即二极管VD<sub>1</sub>的正极端)脉冲波形。由于这两点不是同名端,所以波形是反相的。电路工作时,互补多谐振荡器VT<sub>2</sub>处在开关状态,VT<sub>2</sub>的导通时间比截止时间短得多。当VT<sub>2</sub>由导通状态瞬间变为截止时,电感线圈内的电流不能突变,电感线圈里的磁能就会在其两端激起一个较高的脉冲。从而形成VT<sub>2</sub>集电极的脉冲电压。这个较高的反向脉冲一般可达电源电压的2~8倍,它的大小和VT<sub>2</sub>导通电流的大小成正比,与负载电感量成正比。

由于升压变压器T的次级线圈匝数比初级线圈匝数多得多,因此可将脉冲电压进一步提升,提升后的脉冲电压经过二极管VD<sub>1</sub>和电容器C<sub>2</sub>的整流滤波后变为直流高压,再经电阻R<sub>3</sub>与稳压管VD<sub>2</sub>稳压后即可输出较稳定的高电压。

### 2. 元器件选择

VT<sub>1</sub>可选用3DG6或9014等NPN型三极管,VT<sub>2</sub>可选用3AX31等PNP型三极管,要求它们的 $\beta$ 值大于50,耐压大于12V。VT<sub>2</sub>(3AX31)的穿透电流要小,不得大于0.2mA。VD<sub>1</sub>可用2CP

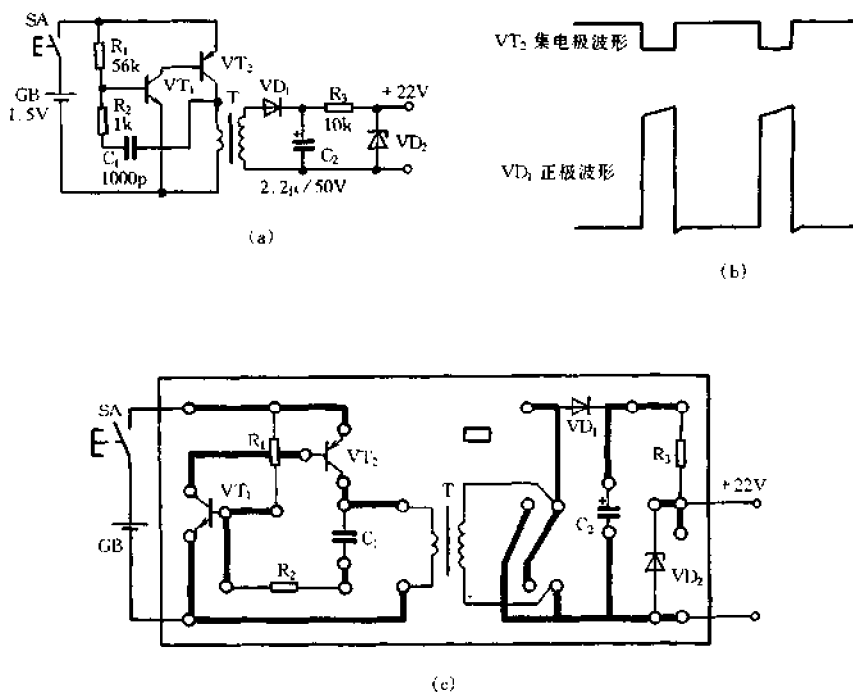


图 5-13 万用表直流升压器电路

型或 1N4148 型二极管,要求耐压大于 50V。稳压管  $VD_2$  的稳压值在 22~23V 范围内,稳压特性要好。 $C_1$  为 1000pF 的涤纶电容器, $C_2$  为 2.2 $\mu$ F/50V 的小型电解电容器。电阻均用 1/8W 碳膜或金属膜电阻器。

升压变压器 T 是一个关键元件,可用晶体管收音机用的 502 型输出变压器代替,但要将其次级作为升压变压器的初级,初级中间的抽头不用,两边两个头作升压变压器的次级。升压变压器 T 也可自制,选用收音机用的输出(或输入)变压器的硅钢片,初级用直径为 0.25mm 的高强度漆包线绕 110 匝,次级用直径为 0.12mm 的高强度漆包线绕 520 匝。初、次级间要加一层绝缘纸。要特别注意不能将初、次级线圈的同名端搞错。此外,如果选用的变压器的电感量或匝数比不合适,将得不到应有的电压输出。

### 3. 安装与调试

除电池和开关外,全部元器件均装在一块电路板上。图 5-13(c)是印制板图。电路装好后,要认真检查。安装无误后即可调试。电路加电以后,用万用表 DC50V 挡测量滤波电容器  $C_2$  两端的电压,正常值应在 30V 左右。如果电压偏低,可改变电阻  $R_1$  的阻值加以调整。同时,要测量一下电路的总耗电,应在 25mA 左右。如果  $C_2$  两端电压偏高,同时总电流也较大,可适当增加  $R_1$  的阻值。若  $C_2$  两端的电压很低,总电流亦较大,则可能是升压变压器的同名端接反了,这时将升压变压器次级的两个头对调即可。此外,输出电压的大小还与电容器  $C_1$ 、电阻  $R_1$  的大小有关。

最后,测量稳压管两端的电压,应为 22V 左右,如果不合适可更换稳压管  $VD_2$ 。如果需要 15V 的输出电压,可将  $VD_2$  更换一只 15V 左右的稳压管即可,其他均不必作任何改动。

## § 5.17 小型直流升压器

本电路是一种很简单的小型直流升压器,可替代万用表中的 15V 叠层电池。图 5-14(a) 是电原理图,图 5-14(b)是印制板图。它的核心元件是变压器 T,使用袖珍验钞器的专用变压器。电路耗电约 40mA。如果万用表 15V 电池的正极与 1.5V 电池的负极相接,只需将图中  $VD_1$ 、C 和  $VD_2$  的极性调过来,这时便可输出一个负 15V 电压。

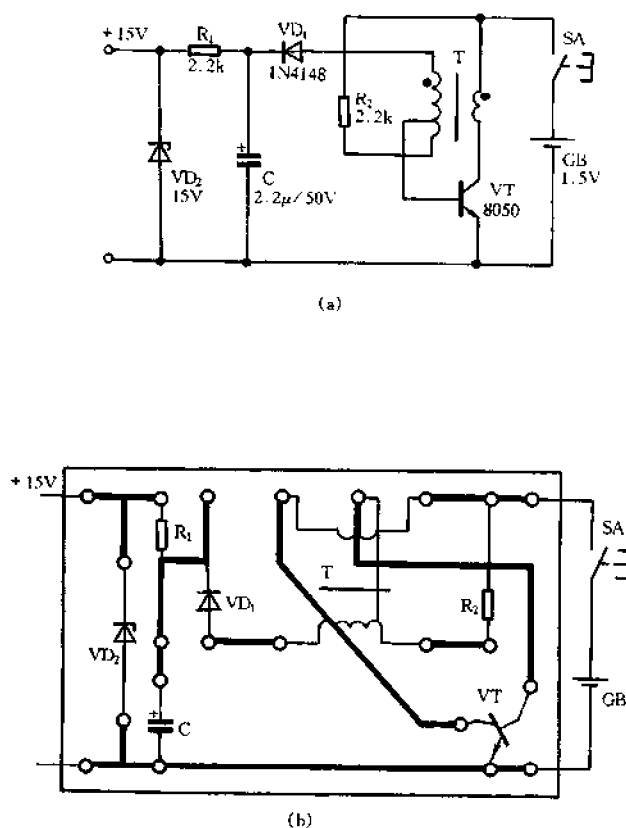


图 5-14 小型直流升压器电路

## § 5.18 高压电池替代电源

电路原理如图 5-15(a)、(b)所示,印制板见图 5-15(c)。将电路装好后置于原叠层电池位置即可。万用表内部电路无需作大的改动。图中 VT、R、 $C_1$  和变压器 T 组成间歇振荡电路,经升压、整流、滤波后供万用表高阻挡使用。变压器 T 用内径 3mm,外径 6mm 铁氧体磁环绕制,也可用 TTF-2 型中频变压器改制。下面介绍针对不同型号万用表的相应加装制作具体方

法。

(1) 用于替代 MF10 型万用表  $R \times 100k$  挡 15V 电池。T 用 TTF-2 中周, 用  $\phi 0.08 \sim 0.1mm$  漆包线, 1~2 绕 5 匝, 3~4 绕 15 匝, 4~5 绕 150 匝。也可将其初级留下(但原抽头要悬空)另绕 16 匝与原初级线圈串联, 接头处为 4, 将原次级去掉, 另绕 6 匝作为 1~2 端。连接方法如图 5-15(d) 所示。

(2) 用于 MF500 型万用表。连接方法见图 5-15(e)。该表  $R \times 10k$  挡用 9V 加 1.5V 供电。此时 T 的 1~2 绕 7 匝, 3~4 绕 20 匝, 5~6 绕 150 匝。

(3) 用于其他型号如震华 108、106、MF9 等。仍采用图 5-15(a) 所示电路, 但与万用表连接时, 需加一个开关, 见图 5-15(f)。使用此电路时, 如需要得到 22.5V 或 18V 等电压, 只要将电源电压由 1.5V 改为 3V 即可。电路中的  $C_1$  为  $0.01 \sim 0.1\mu F$ ,  $C_2$  为  $0.022 \sim 0.1\mu F$ , R 在几千欧到十几千欧之间调整。

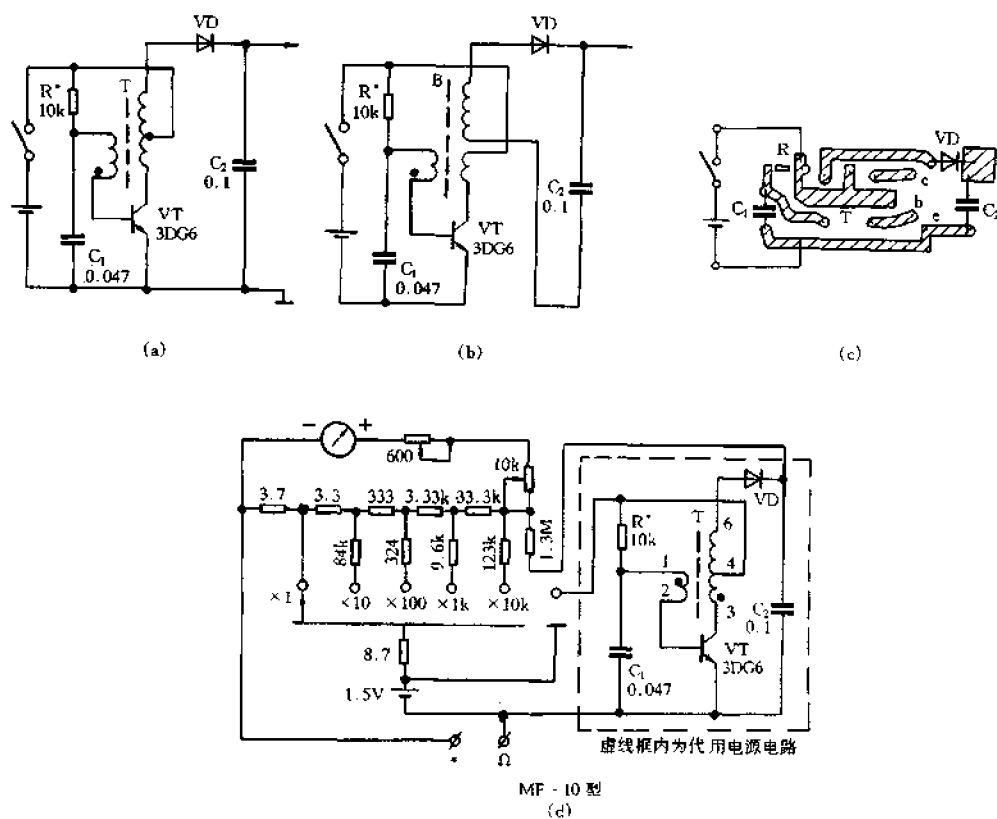


图 5-15 高压电池替代电源

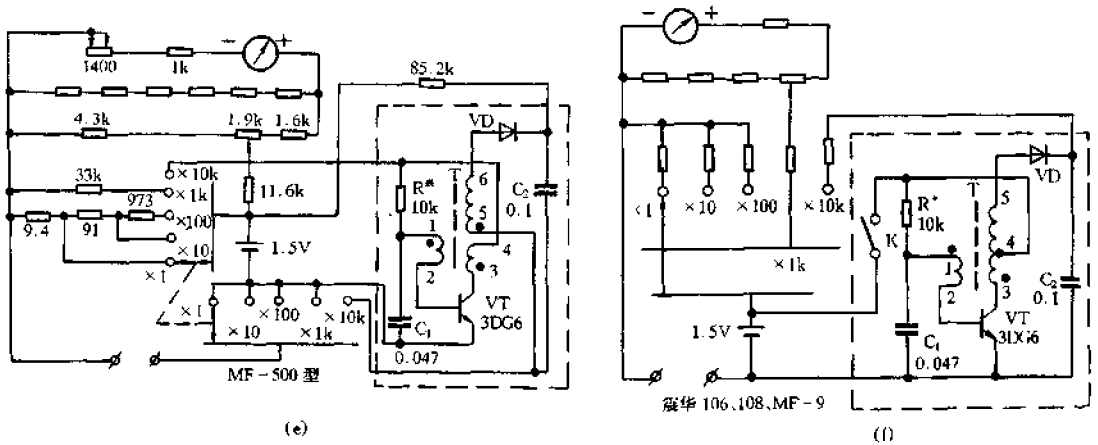


图 5-15 高压电池替代电源(续)

## § 5.19 万用表 9V 直流升压器

图 5-16 是一种稳压型直流升压电路,它可将一节 1.5V 的电池电压升压至 9V,用来取代万用表内的 9V 叠层电池使用。电路空载输入电流低于 1.2mA,转换效率高达 60%。该直流升压器由振荡电路和稳压电路构成,其中  $VT_1$ 、 $VT_2$ 、 $C_2$  组成振荡器,色码电感  $L$  为储能电感, $VD_2$  为整流二极管, $C_3$  为输出滤波电容, $VT_3$ 、 $VD_1$ 、 $VD_3$  及  $R_2$  为稳定输出电压的稳压电路,输出电压约等于  $VD_3$  的稳压值。

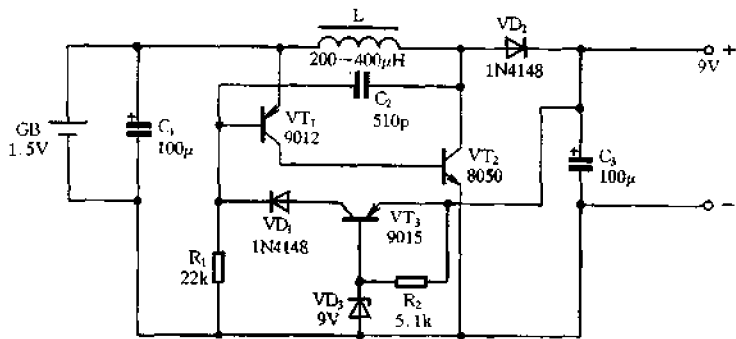


图 5-16 9V 直流升压电路

## § 5.20 MF63 型万用表改进

MF63 型万用表是一种多量程、宽量限、便携式万用表。它采用集成运算放大器构成前置放大电路,具有电压测量灵敏度高(直流 200k $\Omega$ /V,交流 100k $\Omega$ /V)和测量电流时损耗低(直流

电流量限满度压降仅 25mV)等特点。但该型万用表也存在不足之处,可进行必要的改进。

### 一、供电电路的改进

目前,市面上见到的 MF63 型万用表有两种供电方式,一种是采用 5 号电池供电,另一种是采用 4F22 电池供电。下面介绍针对这两种不同供电方式的不同改进方法。

#### 1. 使用 5 号电池供电电路的改进

这种表内装有七节 5 号电池供电,其中  $E_3(1.5V)$  作为电阻测量用, $E_1$ 、 $E_2(4.5V)$  作运放 FC55A 的正负电源。由于电池多,很容易出现漏液现象。

为了使该表改为一节电池供电,可制作一个简易 DC-DC 变换器。变换器电路如图 5-17 (a)虚线框外部分所示,虚线框内是万用表本身的供电电路。VT 用高  $\beta$  值的 9014 管,变压器 T 用节能灯电子镇流器中脉冲变压器的磁环代铁心,用  $\phi 0.2mm$  漆包线穿绕,匝数见图中标注数值。次级匝数为  $60T \times 2$ ,必须双线并绕,绕好后,一个线圈的头与另一线圈的尾相连作为 0V 抽头。本变换器耗电实测为 4.5mA,用一节 5 号电池变换出  $\pm 4.5V$  电压是完全可行的。

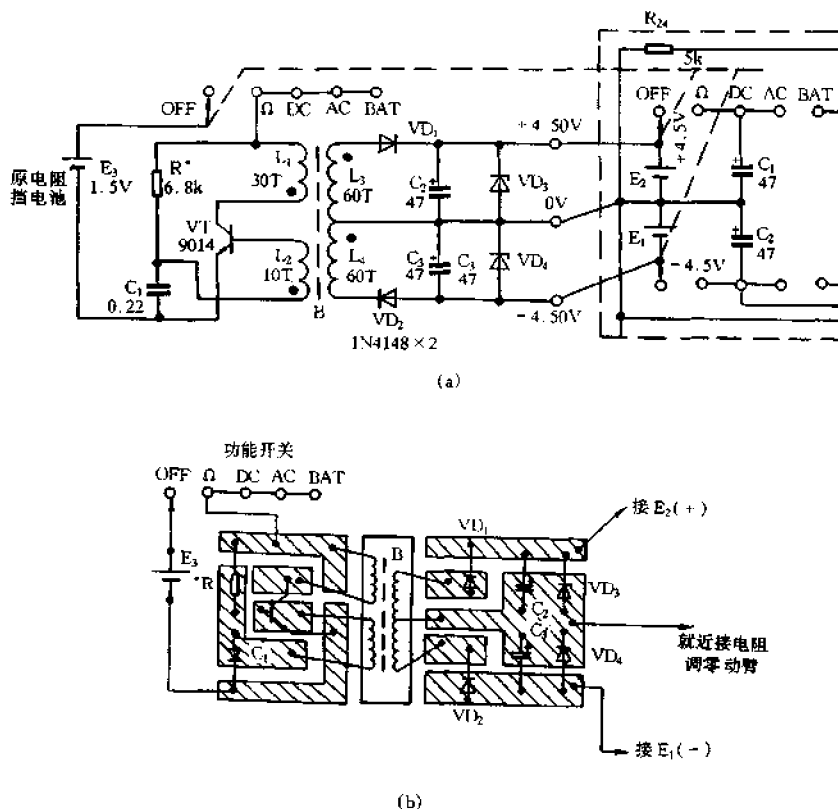


图 5-17 MF63 型万用表供电电路改进(一)

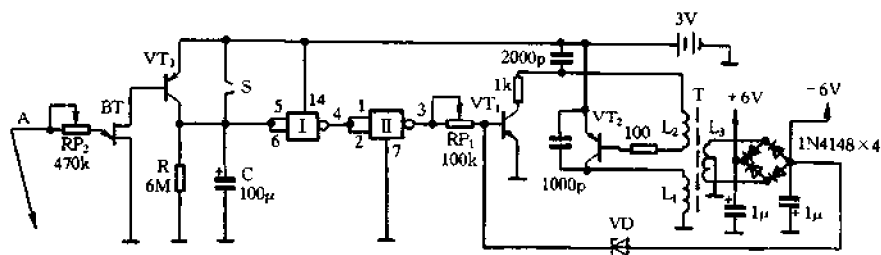
图 5-17(b)是变换器的印制板图。表内的表头旁恰有一小螺孔,此处有空位,印制板可用螺丝钉固定在螺孔上。MF63 型万用表原理图上 0V 线是与电阻调零电位器动臂相接的,所以印制板上 0V 线可就近接电阻调零动臂。本万用表采用六刀五位开关作功能开关,实际只用了四刀,因此可利用其中空闲的一刀作  $E_3$  与变换器间的通断开关,这样,当不使用万用表

时,将功能开关置于 OFF 挡,电池便不再耗电。

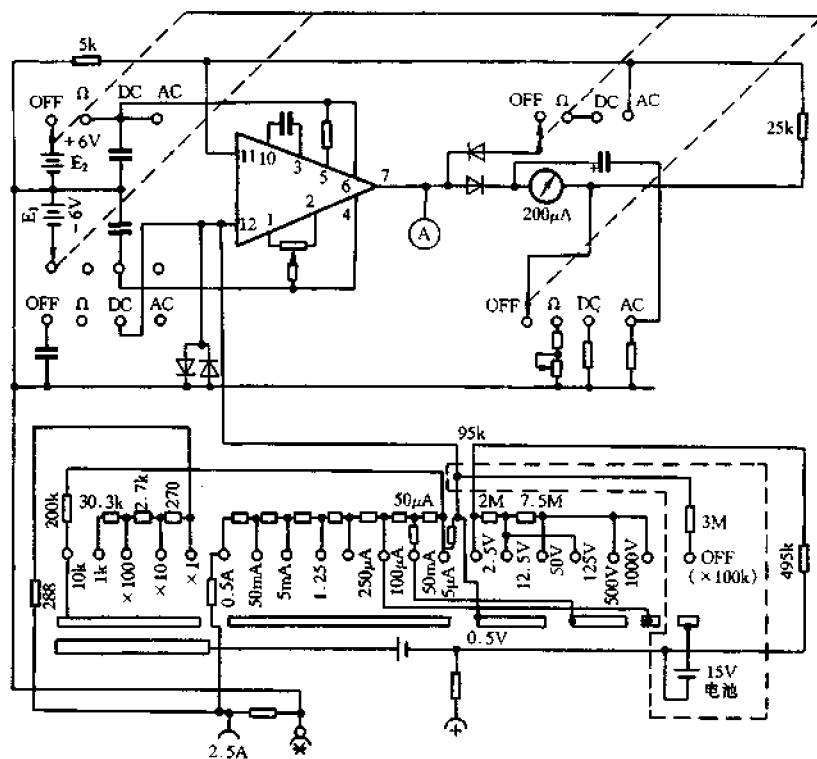
## 2. 使用两节 4F22 型电池供电电路的改进

这种表采用两节 4F22 型电池向集成运算放大器 FC55A 提供电源。当不使用万用表时,必须将功能开关置于 OFF 挡,否则 4F22 电池的使用寿命会显著缩短。在实际使用中,测量操作后,难免会忘记将功能开关置于 OFF 挡,则 4F22 电池会空耗掉。而且 4F22 电池价格高且不易购买,更换极不方便。

对于上述问题,可采用图 5-18(a)所示电源电路加以解决。本电源电路具有触碰开机、



(a)新增供电电路



(b)MF63 型万用表电路原理

图 5-18 MF63 型万用表供电电路改进(二)

延时自动关机及累计重新延时功能。电路中使用两节 5 号电池,用逆变器逆变、稳压后产生  $\pm 6\text{V}$  电压供运算放大器使用。并采用触碰控制开机,延时一段时间后自动关机(延迟时间可自行调整),同时可累计重新延时,使功能开关不必有开、关机动作。

### (1) 工作原理

当用正表笔触碰 S 上下两极片,使两者相接时,TC4011 门 I 的⑤、⑥脚为高电位,④脚输出低电位,经门 II 反相后从③脚输出高电位。 $\text{VT}_1$ 、 $\text{VT}_2$  均导通,由于强烈正反馈的作用,使电路产生高频振荡。于是在变压器 T 的次级得到两组经整流的对称电压。接入稳压管 VD (6.7V),便得到  $\pm(\text{VD}-0.7) \approx 6\text{V}$  对称电压,为运放 FC55A 提供电源。当过一段时间(约 15 分钟,延迟时间由 R、C 决定)之后,门 I 的⑤、⑥脚变为低电位,④脚输出高电位,门 II 的①、②脚输入高电位,③脚为低电位, $\text{VT}_1$ 、 $\text{VT}_2$  都截止,电路停止振荡,T 的次级输出为 0V,整个电源电路停止工作。再次使用时,用正表笔触碰 S 上下两极片,电源电路又起振,万用表又可以工作,这时,使用万用表测量电压、电流或电阻时,表头的指针就会偏转。于是便有电流流过表头,A 点[见图 5-18(b)]电压就会上升一定值,双基极管 BT 导通, $\text{VT}_3$  也会导通,电容 C 被充电至高电平。也就是说,当延时时间不到 15 分钟时,如做过一次测量,使表头偏转,电路将重新延时 15 分钟。

### (2) 元器件选择

门电路选用 TC4011, $\text{VT}_1$  用 9016 等小功率管, $\text{VT}_2$ 、 $\text{VT}_3$  采用 9015 型管,要求  $I_{\text{CEO}}$  很小,VD 稳压值为 6.7V。其他元件参数见图 5-18(a)中所标数值。

### (3) 变压器 T 的制作

采用小环形磁芯,先用  $\phi 0.07$  漆包线双线并绕  $L_3$  (120 匝),再用  $\phi 0.31$  漆包线绕  $L_1$  (40 匝),最后用  $\phi 0.1$  漆包线绕  $L_2$  (10 匝)。线径要求不很严格。

### (4) 调试步骤

第一步,先使用略低于 3V(这里选 2.4V)的电压为电路供电,调整  $\text{RP}_1$  使电路刚能输出  $\pm 6\text{V}$ ,这样可提高电池的利用率;

第二步,使用万用表的任一挡,使指针偏转一定角度,调整  $\text{RP}_2$  使 BT 刚刚导通;

第三步,在关机状态下,测量工作电流应为微安级,否则,说明元件性能不良,或调整不当,应查找原因。

将上述电路尽量用小型元件装好,置于万用表内的空闲处,在原两节 4F22 电池处装入两节 5 号电池,将 S 固定于表壳某处。最后,将图 5-18(a)、(b)的电路连接起来,改进即告完成。

## 二、增加 $R \times 100\text{k}$ 功能

该表虽然设有  $R \times 10\text{k}$  电阻挡,但电阻挡(包括  $R \times 10\text{k}$  挡)都使用 1.5V 电池。在测量硅柱,粗测低值稳压管稳压值,判断高低频管时,就显得无能为力。为此,可为其增设  $R \times 100\text{k}$  挡。电路改装比较简单,只需在图 5-18(b)的 P 点处断开接入一只  $3\text{M}\Omega$  电阻,增加 1 只 15V 叠层电池即成。改装部分如图 5-18(b)虚线部分所示。由于在  $R \times 100\text{k}$  挡时,耗电电流小于  $5\mu\text{A}$ ,所以一节 15V 叠层电池可使用几年。

## 三、制作高压测试探头

在  $2.5\text{M}\Omega$  电阻中,挑选一只精确阻值为  $2.45\text{M}\Omega$  的电阻,制作一个测试探头,如图 5-19



所示,把正表笔连接探头,便可方便地测量较高的电压,且测量值准确。当探头接正表笔测量时,原 0.5V、2.5V、12.5V、50V、125V 量程分别变为 12.5V、15V、25V、62.5V、250V。

上述改进方法对其他型号万用表也有一定的参考价值。

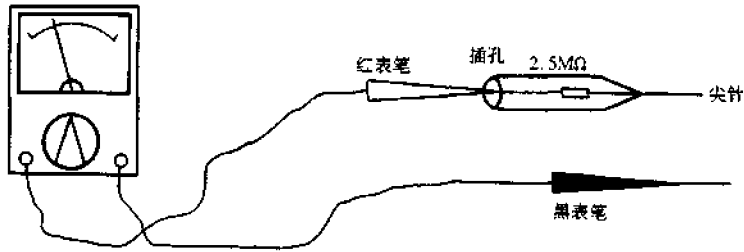


图 5-19 给 MF63 型万用表加装高压测试探头

## § 5.21 给万用表加装保护二极管

在万用表表头的两端并上两只硅整流二极管(参见图 5-20 所示)即可起到“保险”作用。正常工作时,由于一般表头的满度电压仅 0.1V 左右(以  $50\mu\text{A}$ 、 $2\text{k}\Omega$  算),而硅管的导通电压为 0.6V 左右,所以两只二极管均截止,电阻极大,对表头工作不产生影响。

当表头电流超载而使加在表头上的电压超过 0.6V 左右,其极性为左负、右正时,  $\text{VD}_1$  导通,这时由于  $\text{VD}_1$  的动态电阻很小,约  $10\Omega$  数量级,可分走约 99.5% 的电流,从而保护了表头。当过载电压为左正右负时,  $\text{VD}_2$  导通,同样起到对表头的保护作用。所加二极管一般不必考虑耐压,但要求最大电流应大于 0.1A(如 ZCP11 型)。同时,要求二极管的反向漏电流应小于  $5\mu\text{A}$ ,越小越好,否则将增大误差。例如,常见的 1N4001 ~ 1N4007 系列硅整流二极管,其工作电流 1A,漏电流小于  $5\mu\text{A}$ ,很适合作万用表表头的保护二极管。

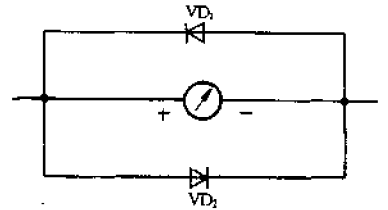


图 5-20 给万用表加装保护二极管

注意,虽然表头被  $\text{VD}_1$ 、 $\text{VD}_2$  所保护,但并不是万无一失,过流时仍有可能烧坏万用表测量电路的其他元件,如分流、分压电阻及转换开关触点等。所以,有的万用表还设置了熔断保险丝起双重“保险”作用。对于未装熔断保险丝的万用表,可在表内适当位置固定加装一只微型塑料保险盒,并将其串联在表笔(红、黑表笔端均可)电路中。选择的保险丝(管)的熔断电流应为该表最大电流挡的 2~3 倍,例如该表最大电流挡为 500mA,则应选 1A 或 1.5A 的保险丝。此外,所用保险丝(管)电阻应尽量小(例如小于  $0.5\Omega$ ),若阻值较大,在测大电流时将会产生较大的压降而影响测量的准确性。

## 第六章 万用表附加测量装置制作

万用表加装附加测量装置后,既不影响其原有的功能,又可增加某种新的测量功能,这在电子实践中是很实用的。本章共介绍 30 种万用表附加测量装置的具体制作方法,供读者制作时参考。

### § 6.1 万用表附加测量电解电容容量刻度线

人们在使用万用表电阻挡测量电解电容器的实践中总结出如下两点规律。

(1) 用某个电阻挡测量某个电容,万用表指针偏转的最大值为  $\alpha$ ,若将所用电阻挡减小十倍,用以测量容量增大十倍的电容,万用表指针偏转的最大值仍为  $\alpha$ ,就是说,两次测量时指针向右的摆幅是相同的。举例说明:  $1\mu\text{F}$  电容用  $R \times 1\text{k}$  挡测量时指针偏转最大值与  $10\mu\text{F}$  电容用  $R \times 100$  挡、 $100\mu\text{F}$  电容用  $R \times 10$  挡、 $1000\mu\text{F}$  电容用  $R \times 1$  挡测量时指针偏转最大值相同。其他数值的电容与扩大十倍或减小十倍的电容之间也符合上述规律,可依此类推。

(2) 电压刻度线与测量电容量时指针偏转的大小近似成倍数关系。因此,用 10V 电压刻度线读取测量电容时指针偏转最大值,便于估算电容量。若在表盘空闲处附加一个电容量对照表,测量时直接与对照表比较,则非常方便实用。

按上述规律把不同容量的标准电容用电阻挡测量后,在 10V 电压刻度线上读取其最大值,并记录和整理后,就可制成电容量对照表。具体制作步骤方法如下。

(1) 首先选择数只规格齐全、容量准确的电容作为标准电容,用相应的电阻挡一一测量这些电容的充放电情况。

(2) 测量时,  $1 \sim 10\mu\text{F}$  用  $R \times 1\text{k}$  挡,  $10 \sim 100\mu\text{F}$  用  $R \times 100$  挡,  $100 \sim 1000\mu\text{F}$  用  $R \times 10$  挡,  $1000 \sim 10000\mu\text{F}$  用  $R \times 1$  挡。

(3) 测量时,为了使电容充电到最大值,在指针向右偏转再向左侧回到 0 后,应将表笔接触电容的两电极的时间保持 5 秒以上。

(4) 要反复调换表笔,使电容充电两次以上,在指针向右偏转角度基本相同时,再记录下指针偏转的最大值。要在 10V 电压刻度线上读取指针偏转最大值,并将容量、量程、指针偏转最大值均作相应的记录。

(5) 将记录结果按量程左右排列,按电容量十倍数上下排列,就可得到简单实用的电容量对照表。

(6) 测量被测电容时,其操作方法与上述 1~4 项相同。将指针偏转的最大值与容量对照表进行比较,据此便可估算出被测电容的容量。

(7) 若将电容量对照表进一步扩充、变通使用,可按万用表上电压挡指示数,绘制出如图 6-1 所示的刻度线,在万用表电压刻度线上直接用符号标出,并注明 1、2.2、3.3、4.7、10、22、33、47、100 的容量数,使用起来更加方便。表 6-1 是用两种万用表实测的电容量对照表,可供参考。

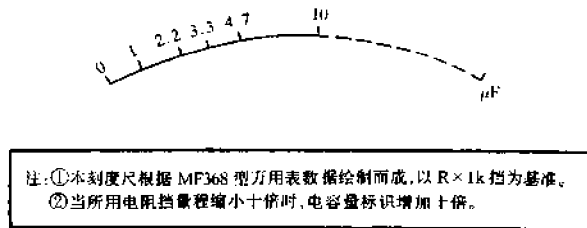


图 6-1 电容量刻度线

表 6-1 两种万用表实测电容量对照表

| 适用万用表:MF368 |      |      |      |      | 适用万用表:MF95 |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| 指针<br>挡位    | 0.8  | 1.8  | 2.6  | 3.4  | 指针<br>挡位   | 1.4  | 2.6  | 3.6  | 4.8  |
| R×1k        | 1    | 2.2  | 3.3  | 4.7  | R×1k       | 1    | 2.2  | 3.3  | 4.7  |
| R×100       | 10   | 22   | 33   | 47   | R×100      | 10   | 22   | 33   | 47   |
| R×10        | 100  | 220  | 330  | 470  | R×10       | 100  | 220  | 330  | 470  |
| R×1         | 1000 | 2200 | 3300 | 4700 | R×1        | 1000 | 2200 | 3300 | 4700 |

## § 6.2 电解电容极性测试装置

测试电路如图 6-2 所示。用本装置测量判别表面磨掉字迹的电解电容的“+”、“-”电极很方便、准确。GB 可用两节 1.5V 电池,也可用 3V 稳压电源。将万用表置于最小直流电压挡。接通电源后,测试电容器外壳对其中一引脚的漏电压,若读数是 +200mV 左右为“顺接”,黑表笔所接的引脚为电容器的“+”极;若为 -200mV 左右则是“逆接”,黑表笔所接的是电容器的“-”极。在测试过程中,若万用表的读数大于 +1V 或 -1V,可将切换开关 S 打到另一边再测。

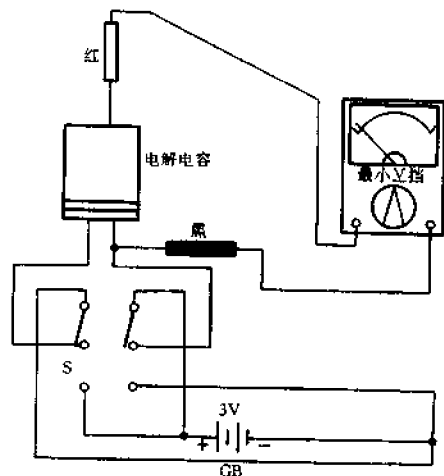
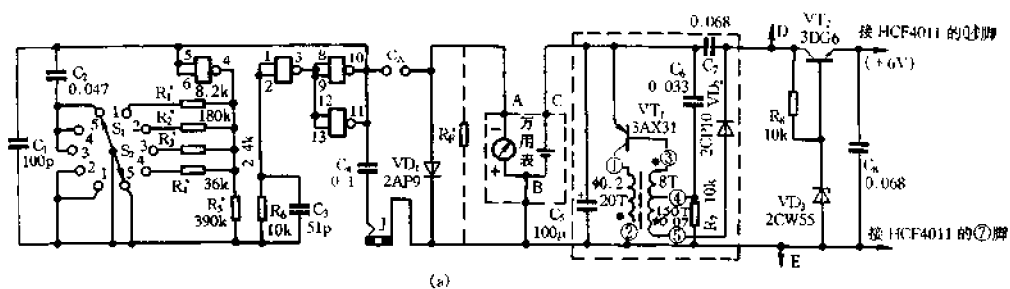


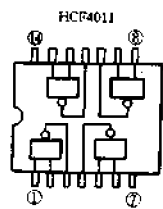
图 6-2 电解电容极性测试装置

## § 6.3 万用表测量电容附加器

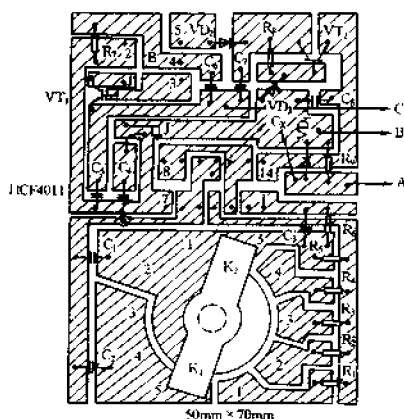
附加器电路如图 6-3(a)所示。测量部分使用一只二输入四与非门 CMOS 集成电路,将其输入端并接作为反相器,组成一个大环路多谐振荡器。 $C_3$ 、 $R_6$  可以改善振荡波形,以利于刻度的线性。振荡频率由  $R_1 \sim R_5$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  决定,通过改变  $S_1$ 、 $S_2$  的位置来选择合适的振荡频率,以适应各挡测试的需要。当振荡频率为定值时,流过电表的电流与电容的容量成正比关系,从而指示出容量值。



(a)



(b)



(c)

图 6-3 万用表测量电容附加器

在图 6-3(a)中,虚线框内为直流电压变换器。由于本附加器是和万用表配合使用,所以不另设电源,而是在万用表上加一插孔,将表内 1.5V 电池正极引出,通过变换器升压后,再经过简单的稳压电路后供给集成电路使用,若万用表内带有 9V 或 15V 叠层电池,则可去掉虚线框内变换器电路,将高压电池正极引出,接在稳压输入端 D(+)、E(-)两点上即可。

集成电路采用 HCF4011,其引脚排列见图 6-3(b)所示。也可用 CD4011、CC4011 代用。 $S_1$ 、 $S_2$  是在印制板上直接制成的,也可使用小型双刀五掷波段开关。电容应选用漏电小的云母电容或涤纶电容。 $C_1$  可在 50~200pF 范围内选择; $C_2$  的容量为 0.033~0.068 $\mu$ F。直流电压变换器中的变压器用小型“E”形磁芯或磁罐绕制。本附加器可装在 50mm×70mm 的小盒内,印制板如图 6-3(c)所示。为避免分布电容对测试小电容产生影响,可用废圆珠笔芯的铜头或

空芯铆钉做两个小插孔,将被测电容直接插入插孔进行测试。

万用表的电流挡应选用  $200 \sim 500\mu\text{A}$  挡为宜。如果电流挡的灵敏度在  $150\mu\text{A}$  以内,由于  $1\mu\text{F}$  挡的振荡频率必然低一些,有时会使指针抖动。解决的办法是在 A、B 两点间并接一只分流电阻  $R_f$ ,使灵敏度降为  $200\mu\text{A}$  左右。

将所有元件均焊好以后,先调试直流电压变换器电路。在 B、C 两端临时接上一节  $1.5\text{V}$  电池,测量整流输出端 D 点的电压,应为  $9 \sim 11\text{V}$ 。稳压输出端电压应比稳压管两端的电压低  $0.65\text{V}$  左右。如果上述各点均无电压,可将变压器初级两线头对调。

直流电压变换器调好以后,便可进行各测试挡位的调试。准备五只容量与各挡满度值相近的电容,作为标准电容供校准刻度使用。调试时,从大容量挡开始逐挡进行。

现以  $1\mu\text{F}$  挡为例,介绍调试方法。将准备好的标准电容插在  $C_x$  端,拆去外接的  $1.5\text{V}$  电池,连好与万用表相接的 A、B、C 三条线,用一个  $500\text{k}\Omega$  的电位器代替  $R_5$  接入电路,调整电位器的阻值,使万用表指针指示标准电容的容量值,在  $10\text{V}$  刻度线上读数。如标准电容为  $1\mu\text{F}$ ,则调整电位器使指针指在满刻度处;如标准电容为  $0.82\mu\text{F}$ ,则将指针调在  $8.2\text{V}$  处;如标准电容为  $0.68\mu\text{F}$ ,则将指针调在  $6.8\text{V}$  处。以后使用时也照此读数。调整完毕后,焊下电位器,量出其阻值,换为同阻值的固定电阻。其他各挡的校准和读数可以此类推。

使用时,插入被测电容,即可由表盘刻度上读出容量。对于不明容量的电容,要先用大容量挡测出大致范围后,再改用合适的挡位测其准确值,以防打表。

该附加器作为信号发生器使用时,可由插孔 J 输出不同频率的信号,如开关在  $1\mu\text{F}$  挡,可输出  $30\text{Hz}$  的信号,开关在  $0.1\mu\text{F}$  挡可输出  $300\text{Hz}$  的信号等。

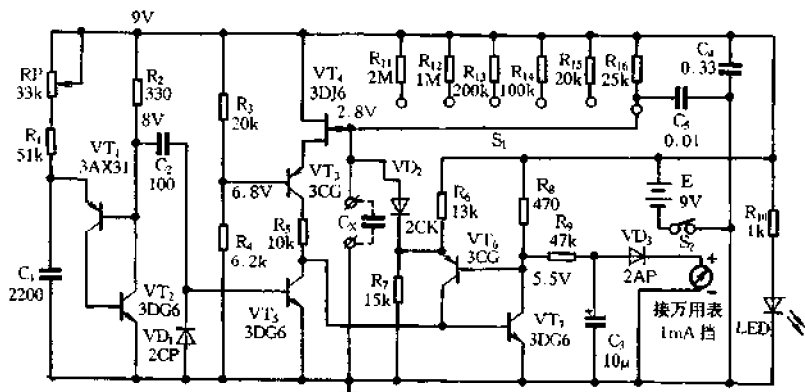
## § 6.4 直读式电容计

### 1. 工作原理

直读式电容计与万用表  $1\text{mA}$  电流挡连接,可测量各种小容量电容器的电容值。量程有  $125\text{pF}$ 、 $250\text{pF}$ 、 $1250\text{pF}$ 、 $2500\text{pF}$  和  $12500\text{pF}$  ( $0.0125\mu\text{F}$ ) 挡。通过表头  $0 \sim 250$  刻度线直接读数,精度在  $5\% \sim 8\%$  左右。电路中还有校准装置,可消除电池电压降低时所引起的误差。

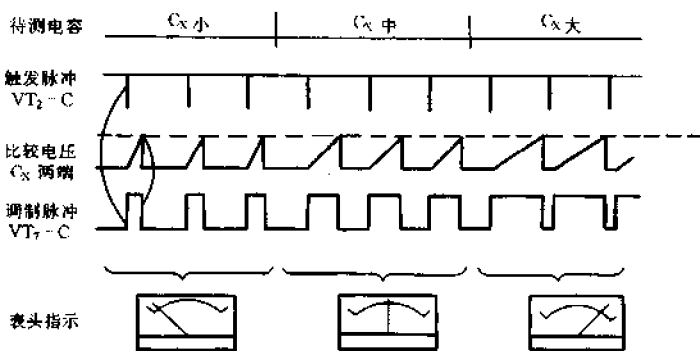
电路如图 6-4(a) 所示。它由脉冲发生器 ( $\text{VT}_1 \sim \text{VT}_3$ )、比较器 ( $\text{VT}_4$ 、 $\text{VT}_5$ ) 和双稳态触发器 ( $\text{VT}_6$ 、 $\text{VT}_7$ ) 等组成。本电路是按照待测电容器的充电时间来调制脉冲宽度,然后通过积分电路取出脉冲平衡值,并由万用表的表头指示电容读数。脉冲振荡器的频率约为  $38\text{kHz}$ ,振荡信号经  $\text{VT}_3$  倒相后形成触发脉冲。由于触发脉冲的宽度决定了本装置的固有误差,因此要求宽度尽量窄。按图 6-4(a) 所示电路元件参数,触发脉冲宽度约  $3 \sim 4\mu\text{s}$ 。如果改变振荡信号的周期,调制脉冲的占空比将发生变化,即平衡值相应变化。为此,电路中设置了电位器  $\text{RP}$ ,可用于满刻度核准。

比较电压由  $R_3$ 、 $R_4$  分压取得,并通过  $\text{VT}_4$ 、 $\text{VT}_5$  与待测电容  $C_x$  充电电压相比较。当  $C_x$  两端电压升至一定值时, $\text{VT}_4$ 、 $\text{VT}_5$  同时导通,使触发器翻转, $C_x$  电容量越小,充电时间越短(斜率越陡峭); $C_x$  电容量越大,斜率越平坦,充电时间也就越长,对应的调制脉冲宽度也就越宽,其波形参见图 6-4(b)。由于结型场效应管  $\text{VT}_4$  具有很大的输入阻抗,所以可防止对量程扩展电阻  $R_{11} \sim R_{15}$  产生并联作用,从而减小各挡级的相对误差。触发器输出信号由  $R_2$ 、 $C_3$  平滑后

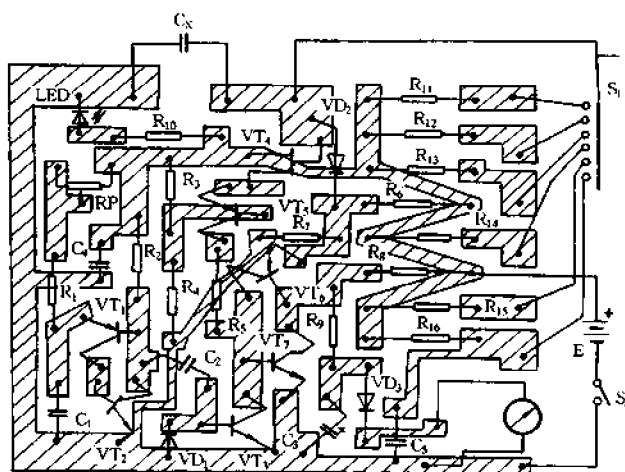


图中电压为  $S_1$  置于校准位置测得

(a)



(b)



(c)

图 6-4 直读式电容计

经  $VD_3$  送出机外,与万用表电流挡连接。由于电表指示平衡值与调制脉冲的宽度成正比,故与待测电容  $C_X$  值也成正比。 $VD_3$  为补偿二极管,用以减小  $VT_7$  集电极饱和压降和  $VT_3$  触发脉冲引起的固有误差。

### 2. 元件选择

二极管、三极管可按图 6-4(a)中标注的型号选用。 $VD_2$  漏电越小越好。电阻  $R_{11} \sim R_{15}$  用精度优于  $\pm 2\%$  的金属膜电阻, $R_{16}$  电阻值由调试决定。印制电路板如图 6-4(c)所示。 $S_2$  为电源开关,可用拨动开关或钮子开关。 $S_1$  为  $1 \times 6$  波段开关,如欲减小整机体积则可省略不用,而改用插针插孔连接,将 7 个插针焊在电路板对应孔内,两个插孔用 80mm 长的导线连接组成灵活的连接线,可以代替波段开关。印制板上  $C_X$  位置可焊上两个插针,将带有插孔和鳄鱼夹的测试夹插在插针上,组成测试插座。电池选用 9V 叠层电池。

### 3. 调试与使用

将  $S_1$  置于“校准”位置,把万用表 1mA 电流挡接入电路,接通电源开关  $S_2$ ,检查各点电压应与图 6-4(a)所标注的数值接近,总电流约 20mA。调节 RP 使电表指示满刻度。然后将  $S_1$  置于“12500p”位置,指针接近零点,此时若有 1~2 小格指示仍属正常。当  $S_1$  置“125p”或“250p”位置时,表头有 10~20p 的指示,这是由于电路的分布电容所致。使用时,只要将分布电容引起的指示值扣除,即为待测电容器的容量,故不影响精度。

选取一个标准容量的电容器(例如 1000pF 或  $0.01\mu\text{F}$ )插入  $C_X$  插孔, $S_1$  置于对应位置,调节 RP 使表头指示与电容标称值相同。再将  $S_1$  置于“校准”位置,但表头指示值并不一定在满刻度位置。此时,适当选择  $R_{16}$  的阻值使表头指示满刻度即可。至此,仪器校准即告完成。最后找几个不同规格的标准电容器分别进行测量,计算出具体的精度。

使用注意事项如下。

- (1) 如用插针插孔代替波段开关,当连接线断开时,表头指示无效。
- (2) 当被测电容的容量远大于量程额定值时,整机不能正常工作,表头指示并非超过满度,故指示无效。
- (3) 测量时,不能将人体电阻并联在被测电容的两端,否则将影响读数的准确性。

## § 6.5 万用表附加电容计

本电路由一只 NE555 时基电路和一只模拟开关集成电路 CD4051 组成。

具体电路如图 6-5 所示。NE555 时基电路构成一个方波发生器,方波幅值接近  $V_{DD}$ ,频率

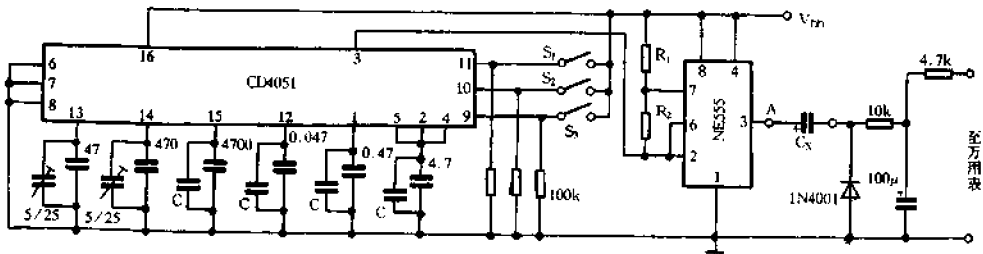


图 6-5 万用表附加电容计

由  $R_1$ 、 $R_2$  和  $C$  决定。这里  $V_{DD}$  取  $10V$ ， $R_1$ 、 $R_2$  取  $100k\Omega$ ， $C$  的取值由切换开关决定，它与  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  的关系如表 6-2 所示。 $C_X$  为被测电容。本电容计有六个量程，可测量  $100pF$  到  $10\mu F$  电容的容量。接口电路接至万用表  $100\mu A$  挡，读数刻度具有线性。如万用表只有  $50\mu A$  挡，可将  $V_{DD}$  改为  $5V$ 。核准时，将 A 点接数字频率计，调节微调电容使输出频率为给定值即可。

表 6-2 C 与  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  的关系

| $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | C             | 输出频率   | 满额容量值        |
|-------|-------|-------|---------------|--------|--------------|
| 0     | 0     | 0     | 47pF          | 100kHz | 100pF        |
| 0     | 0     | 1     | 470pF         | 10kHz  | 1000pF       |
| 0     | 1     | 0     | 4700pF        | 1kHz   | 0.01 $\mu F$ |
| 0     | 1     | 1     | 0.047 $\mu F$ | 100Hz  | 1 $\mu F$    |
| 1     | 0     | 0     | 0.47 $\mu F$  | 10Hz   | 10 $\mu F$   |
| 1     | 0     | 1     | 4.7 $\mu F$   | 1Hz    |              |
| 1     | 1     | 0     |               |        |              |
| 1     | 1     | 1     |               |        |              |

注：0 表示断开；1 表示接通。

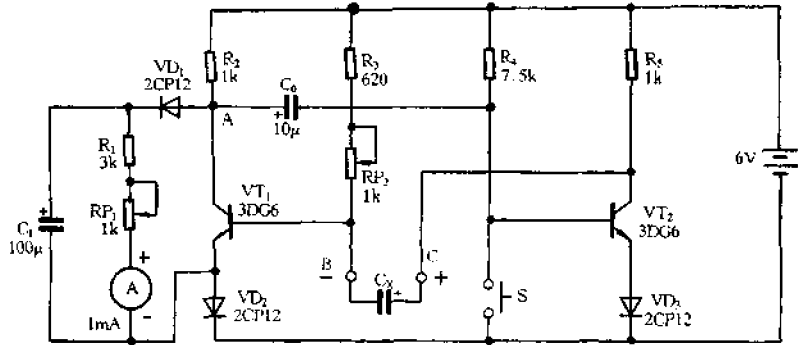
## § 6.6 大电容简易测量装置

电路如图 6-6(a) 所示。该装置的量程为  $1 \sim 100\mu F$ ，可与万用表  $1mA$  挡配合使用。能测量有极性电容，也可以测量无极性电容。它实际上是一个多谐振荡器，A 点的输出波形是方波，频率约为  $10 \sim 20Hz$ 。在一个周期内  $VD_1$  的导通时间为  $T_1$ ，所以被测电容  $C_X$  越大， $VD_1$  导通时间越长，电流表的读数就越大，反之则小。 $VD_2$ 、 $VD_3$  的作用是保护  $VT_1$ 、 $VT_2$  发射结不被击穿。因为  $R_2$ 、 $RP_2$  的阻值太小，当被测电容容量较小时，电路不易起振，所以在电路中设置了按钮开关 S，当测量较小容量的电容时，按动 S 可触发电路起振。

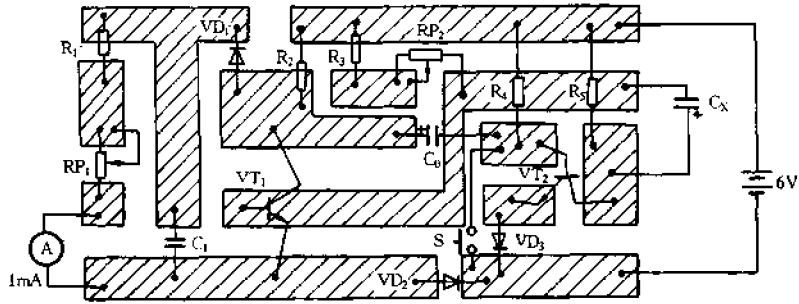
安装与调试：图 6-6(b) 是本装置的印制电路板，供制作时参考。整个电路安装完成后（先不焊  $C_1$ ），在测试端接上一只  $100\mu F$  的标准电容，接通电源。此时电路应起振，电流表有指示，且指针左右晃动。如果电流表没指示，多为电路连接有误，应认真检查。电路起振后，将  $C_1$  接入电路，调节  $RP_1$ 、 $RP_2$  使电流表满度。注意， $RP_2$  的阻值调到太大时振荡频率过低，有时会引起电流表指针晃动，影响读数，遇到这种情况，可适当调小  $RP_2$  阻值。调试好后，可以将  $RP_1$  换成固定电阻，然后将不同容量的标准电容接在测试端确定刻度。

使用：将被测电容接在测试端，直接从表头上读出容量。假如被测电容容量较小时电路不能起振，可按一下开关 S 再进行读数。如果放开 S 时电流表还没指示，说明电容容量已超出被测范围。





(a)



(b)

图 6-6 大电容简易测量装置

## § 6.7 电解电容器损耗内阻测试器

对于电解电容器的容量消失、击穿、严重漏电、开路等故障，用万用表的电阻挡是很容易检查出来的。但电解电容器还常出现一种因其内部电解液干涸而引起的损耗内阻增大的故障。当使用阻抗电桥来测试电解电容器的这种故障时，可发现其存在很大的损耗角，等效于一个电阻  $R_S$  与电容器相串联。将这种大损耗内阻的电解电容器用在某些电路（如彩色电视机开关电源、行场扫描电路）中将使电路不能正常工作，有时会引发软性故障。经验证明，良好的电解电容器，其内阻应小于  $30\Omega$ ，而当其内阻大于  $100\Omega$  时，即会引起电路工作失常。用万用表是无法直接检测电解电容器损耗内阻增大故障的。但在业余条件下，可按下述方法制作万用表附加器来实现这种测试功能。

附加测试器电路如图 6-7(a) 所示。本测试电路除了利用发光二极管 LED 作为指示器外，还巧妙地利用了 LED 的非线性。图 6-7(b) 为发光二极管的  $I-V$  曲线。由图可见，在  $1.5V$  附近有明显的转折点。在转折点以下，电流很小，发光二极管不发光，而在转折点以上，

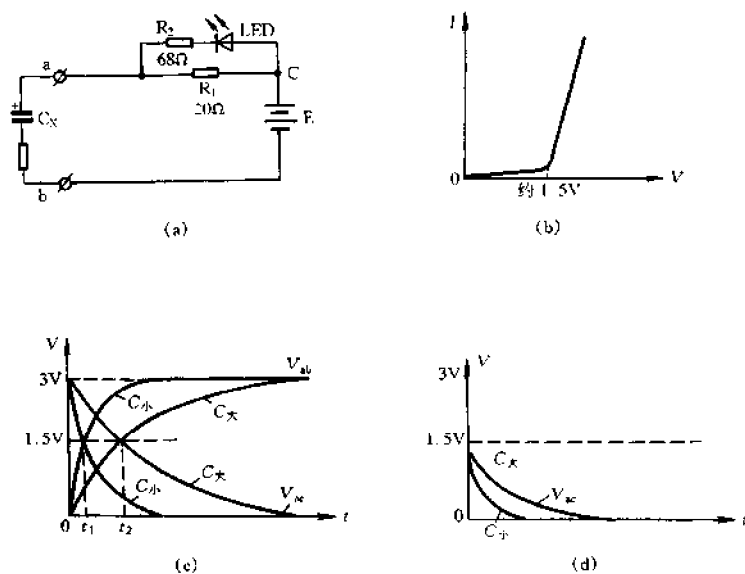


图 6-7 电解电容器损耗内阻测试器

则电流迅速增大,发光二极管发光。当将质量良好的(已放电)被测电解电容器接到图 6-7(a)中的 a、b 两端时,电容器上的电压  $V_{ab}$  如图 6-7(c) 所示,其曲线随容量的大小而有所不同。发光二极管电压如图 6-7(c) 的  $V_{ac}$  曲线所示。 $V_{ac}$  曲线与转折电压 1.5V 虚线交点以上部分,发光二极管闪亮,交点以下则不发光。 $t_1$  为测小容量电容时发光二极管发光时间, $t_2$  为测大容量电容时的发光时间。若被测电容器有较大内阻,则  $V_{ac}$  曲线顶端不是在 3V 处,而是在  $V_{ac} = \frac{R_1}{R_1 + R_s} \times 3V$  处。若被测电容的损耗内阻  $R_s > 20\Omega$ ,则使  $V_{ac}$  曲线顶端低于 1.5V,无论被测电解电容器有多大容量也不能使发光二极管发光,参见图 6-7(d)。所以,根据电容器接入 a、b 两端时,LED 是否能闪亮,就可判定电容器是否有过大内阻。这种测试器适合加装在任何电阻挡用 3V 电池供电的万用表上。

现以常见的 MF368 型万用表为例介绍加装方法。图 6-8 为该型万用表的电路图。加装时,只需在  $R \times 1$  挡的 18.6 $\Omega$  电阻两端并联一只发光二极管及限流电阻,装入万用表内即可。具体接法见图 6-8 虚线部分所示。在万用表的表面上方适当位置钻一个直径为 3mm 的孔,从表面直透表壳底部。钻孔位置要选在表针活动扇区以外,而且底部又不妨碍安装电池。LED 应选用高灵敏、高亮度、透明而无漫射的  $\phi 3$  发光二极管。将发光二极管从万用表内部向上插入孔内,但不宜外伸太多,从表面可窥视发光管的发光状况即可。测试时,将万用表拨至  $R \times 1$  挡,用表笔接触被测电容器两引脚,如果发光二极管闪亮,则说明该电容器良好,如果发光二极管不闪亮,则判为内阻增大,性能不良,不宜再继续使用。值得一提的是,如果将被测电容接到 a、b 两测试点上以后,发光二极管不是一闪即灭,而是一直发光,则说明被测电解电容已经击穿损坏。

上述测试器的缺点是,它只适用测量容量大于  $10\mu F$  的电解电容。由于发光二极管的发光亮度和发光时间与被测电容器的容量有关,在测试容量 2.2 ~  $10\mu F$  的电解电容器时,亮度较低,要反复变换电容器的极性,才可勉强观察到发光二极管发出的亮点。当被测电解电容器的

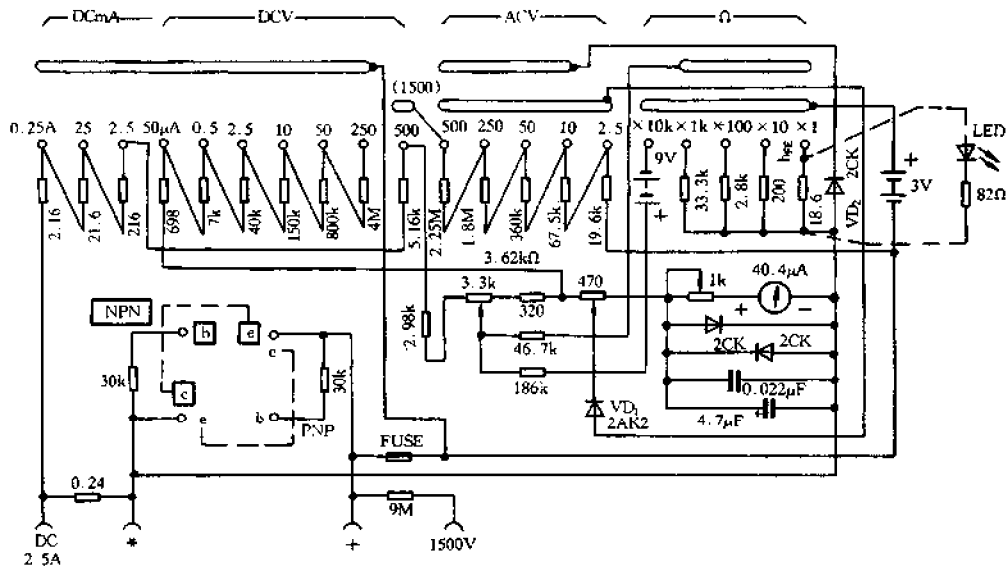


图 6-8 MF368 型万用表加装电解电容器内阻测量电路

容量小于  $2.2\mu\text{F}$  时,基本上已无法判明发光二极管是否发光了。

为克服上述缺点,可采用图 6-9(a)所示的电路,专门制作一个测试器,使用起来十分方便。图中,  $\text{IC}_1$  为一块 555 时基电路,  $\text{S}_1$  为按钮开关,用以控制电源的通断。这里采用按钮式开关的目的是为了避免因忘记关电源而使电池长时间空耗电。  $\text{S}_2$  为测试开关,此开关要带有常闭刀位。  $\text{R}_1$  决定测试阈值,  $\text{R}_2$  与  $\text{C}_1$  的值可决定触发保持时间,亦即发光二极管闪亮时间。整个电路接成类似单稳态触发器。测试前,将待测电容器接在 a、b 端子上,  $\text{S}_2$  置于“放电”位置,此时常闭接点使电容器放电。测试时,先用一只手按下  $\text{S}_1$  接通电源,再将测试开关  $\text{S}_2$  拨至“测试”位置,如果被测电容器良好,则电容器通过 R 充电形成一个负脉冲,如图 6-9(b)中  $\text{C}_{\text{好}}$  曲线所示,电路被触发,  $\text{IC}_1$  的 ③脚输出高电平,使发光二极管闪亮。闪亮时间基本上与 C 的

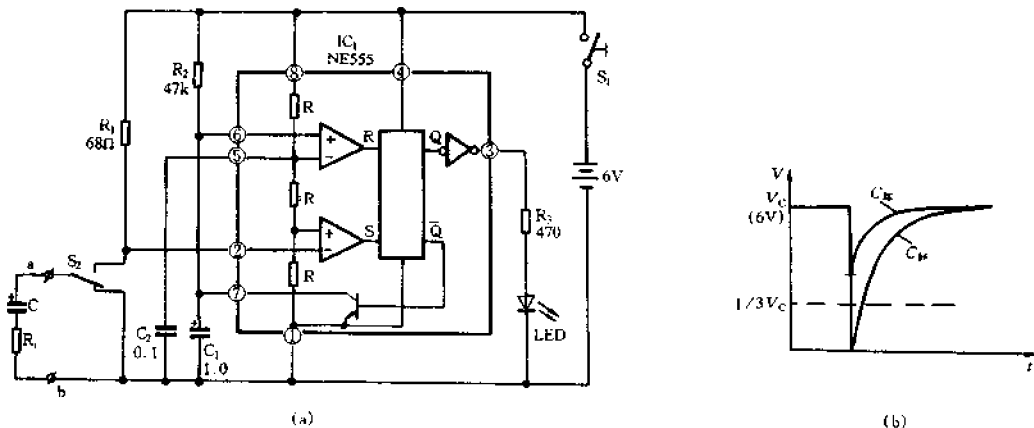


图 6-9 改进型电解电容器内阻测试器

容量无关,仅与  $C_1$ 、 $R_2$  的时间常数有关。如果被测电容器已损坏,其内阻  $R_c > 1/2R_1$ , 产生的脉冲顶端电压高于  $1/3$  电源电压,如图 6-9(b)中  $C_{环}$  曲线所示,电路将不能被触发,发光二极管不闪亮,此时即可判定被测电容器已损坏。该测试器最大优点是不用将被测电容器从电路板上焊下,可直接在电路板上进行在路测试。

需要注意的是,如果被测电容已击穿短路,发光二极管会一直发光,而不是闪亮。

## § 6.8 万用表测电容及频率的附加装置

利用本装置,配合万用表可方便地测出  $0 \sim 1\mu\text{F}$  的电容量或  $0 \sim 100\text{kHz}$  的频率值,如使用精密阻容元件,测量精度可达 1%。

附加装置电路如图 6-10 所示。当  $S_3$  拨到电容挡 a 时,定时器  $IC_1$  与  $R_1$ 、 $C_1$  构成 90Hz 多谐振荡器,输出占空比近 100% 的方波,  $IC_2$  与  $R_2 \sim R_6$  及  $C$  构成单稳态触发器,  $C$  为被测电容,  $IC_2$  输出的脉冲宽度与  $C$  的大小成正比。当  $S_3$  拨到频率挡 b 时,  $IC_2$  闲置,  $IC_1$  与运算放大器构成  $f-V$  转换器,由于两者皆为线性读数,所以可利用万用表原刻度读数。

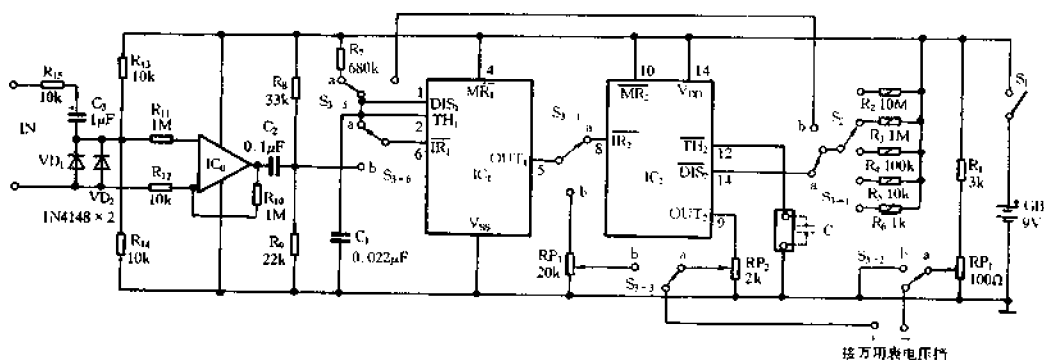


图 6-10 万用表测量电容及频率附加装置

$IC_0$  可选用任何型号的运算放大器,转换速率高些为佳,  $IC_1$  与  $IC_2$  为一只双定时器,可采用 CMOS7556,电阻除  $R_1 \sim R_6$  选用精度为 1% 的  $1/4\text{W}$  金属膜电阻外,其余用  $1/16\text{W}$  碳膜电阻。

电路装调好以后,可装入万用表内部,电源可用表内叠层电池。使用电容挡时,先不接  $C$ ,调节  $RP_3$  使表头指针归零,再接一只标准电容器,调节  $RP_2$  使指示正确。测频率时,只需在  $IN$  端输入已知频率信号,调节  $RP_1$  使读数准确即可。 $S_2$ 、 $S_3$  各挡配合的满度量程如表 6-3 所示。

表 6-3 各挡满度量程值

|       |      | $S_2$ |        |                    |                   |                 |
|-------|------|-------|--------|--------------------|-------------------|-----------------|
|       |      | 1     | 2      | 3                  | 4                 | 5               |
| $S_3$ | a 满度 | 100pF | 1000pF | 0.01 $\mu\text{F}$ | 0.1 $\mu\text{F}$ | 1 $\mu\text{F}$ |
|       | b 满度 |       | 100Hz  | 1kHz               | 10kHz             | 100kHz          |

## § 6.9 晶体管耐压测试装置

电路一：

如图 6-11 所示。按此电路制成简易晶体管耐压测试仪，可以测量二极管或三极管的反向击穿电压。电流表和电压表可用两块万用表分别置于直流电流挡和电压挡代替。T 为电源变压器，可以用电子管收音机的电源变压器。整流二极管 VD 可使用 1N4007 等。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 为限流电阻，可选用 1/2W 金属膜电阻，RP<sub>1</sub> 和 RP<sub>2</sub> 是用来调节测试电流大小的电位器。由于被测管的功率不同，规定的测试电流也有所不同，所以分为“大功率”和“小功率”两挡。S 为转换开关。

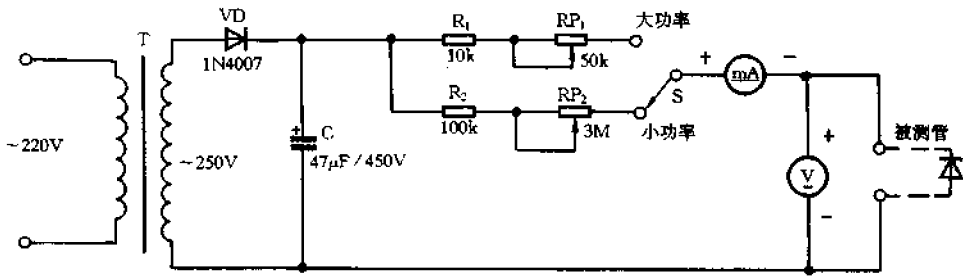


图 6-11 晶体管耐压测试装置(一)

电路二：

如图 6-12 所示。按此电路制成晶体管耐压测试仪，不仅能测量二极管和三极管的反向击穿电压，还可以测试稳压二极管的稳压特性。其特点是安全可靠，测试过程中，即使误将被测管极性接反了也不会损坏管子。

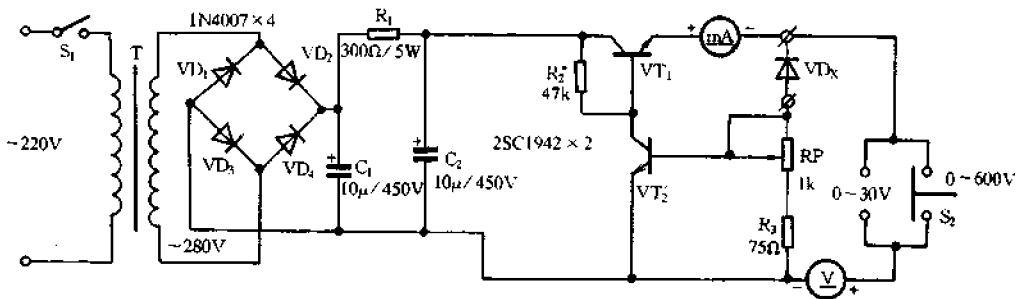


图 6-12 晶体管耐压测试装置(二)

由图 6-12 可以看出，这实际上是一个简单的可调串联型稳压电路。测试时，先将被测管 VD<sub>x</sub> 的两个电极接好，把电位器 RP 调到最大值，使输出电压最低，VD<sub>x</sub> 的反向电流最小。然后接通电源开关 S<sub>1</sub>，逐渐调节 RP，使其阻值慢慢减小，当加到 VD<sub>x</sub> 两端的反向电压达到击穿值时，VD<sub>x</sub> 的反向击穿电流通过 RP、R<sub>3</sub> 给 VT<sub>2</sub> 加上一个正向偏压，此时 VT<sub>2</sub> 开始导通，集电极电

位下降,从而使  $VT_1$  的基极电位下降,  $VT_1$  的内阻增大,  $V_{ce}$  增大,这样便自动限制了加在  $VD_X$  上的电压值,使其不再继续增大,从而将击穿电流限定在某一值,起到自动保护被测管的作用。从电压表上可直接读出被测管的耐压值,从电流表上可直接读出击穿电流值。电压表和电流表可使用万用表的电压挡和电流挡代替。

本测试电路的最大测试电压为 320V,最大测试电流为 10mA。要求  $VT_2$  和  $VT_1$  的  $BV_{CEO}$  大于 400V。如果将电源变压器 T 的次级电压提高,还可以用来测更高反压的二极管或三极管,但所用  $VT_2$  和  $VT_1$  的  $BV_{CEO}$  值也要相应提高。另外,如果将电源电压降为几十伏,可不改变电路结构,即能很方便地测试反向击穿电压值较低的管子。

## § 6.10 稳压管测试器

该装置能可靠地测试稳压管在不同工作电流时的稳压值,并可测试稳压管的动态特性。

测试电路如图 6-13(a) 所示。总共仅由 9 个元件组成,晶体管  $VT_1$  和  $VT_2$  组成电压调节反馈电路,  $VT_1$  的基极由电阻  $R_4$  偏置,  $VT_1$  的发射极电压被稳定在 0.6V 左右。反馈时的稳压过程是,一旦  $VT_1$  发射极电压升高,则  $VT_2$  基极电位升高,  $VT_2$  集电极电位降低,  $VT_1$  管基极电位立即降低,即使  $VT_1$  发射极电压降低,也能重新达到稳定状态。

如果分别闭合开关  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  或同时闭合二个或三个开关,根据  $I = \frac{0.6}{R}$  ( $R$  分别为  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  以及它们之间的并联值),可以得到 7 种不同电流,电流流经  $VT_1$  和稳压管,用一只万用表即可测出稳压管两端的电压值。万用表输入阻抗越高,则测量精度也越高。根据测得的数据,可进一步描绘出稳压管的特性曲线(如图 6-13(b) 所示),并从曲线中得出稳压管的动态内阻( $R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$ ),从而了解被测稳压管的性能好坏。

由于本电路供电电源采用 +25V,所以能够测量的最大稳压值约为 22V。如果需要测量更高稳压值的稳压管,则应将电源电压提高,并选用更高耐压的  $VT_1$  管,且要适当注意功耗。表 6-4 列出了按下不同开关 S 时的电流值。由于所用元件的离散性,表 6-4 中电流可能有 10% 的误差。

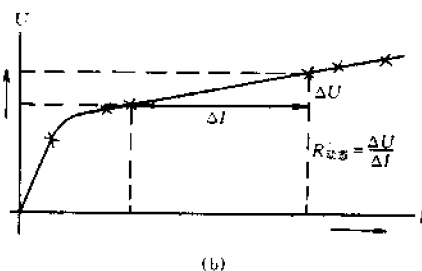
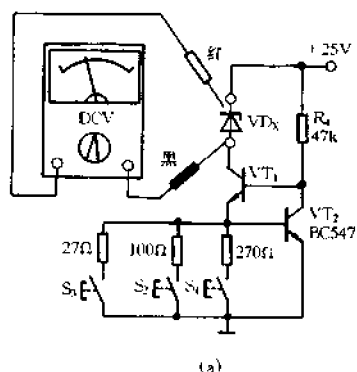


图 6-13 稳压管测试器

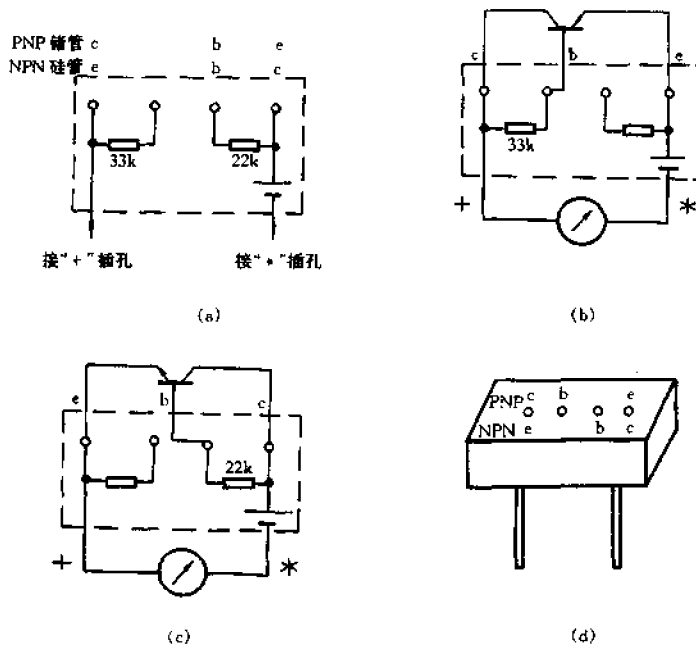
表 6-4

实测不同开关组合时的电流值

| 闭合开关              | $V_{CC}(V)$ | $I(mA)$ |
|-------------------|-------------|---------|
| $S_1$             | 25          | 2.22    |
| $S_2$             | 25          | 6       |
| $S_3$             | 25          | 22.2    |
| $S_1 + S_2$       | 25          | 8.2     |
| $S_1 + S_3$       | 25          | 24.4    |
| $S_2 + S_3$       | 25          | 28.2    |
| $S_1 + S_2 + S_3$ | 25          | 30      |

### § 6.11 万用表晶体管 $h_{FE}$ 测试附加器

本附加器适合给各种无晶体管  $h_{FE}$  测试功能的万用表加装。附加器电路如图 6-14(a) 所示, 它由一节 5 号电池、一只  $22k\Omega$  电阻及一只  $33k\Omega$  电阻组成。在实际使用时, 附加器接于万用表的 10mA 挡。

图 6-14 晶体管  $h_{FE}$  测试附加器

因为一般小功率锗管的  $V_{be} = 0.2V$ , 所以用图 6-14(b) 所示的电路测试 PNP 锗管时

$$I_b = (1.5V - V_{be}) / (33 \times 10^3)$$

$$= (1.5\text{V} - 0.2\text{V}) / (33 \times 10^3)$$

$$= 0.04(\text{mA})$$

$$h_{FE} = I_c / I_b = I_c(\text{mA}) / 0.04(\text{mA})$$

因为一般小功率硅管的  $V_{be} = 0.6\text{V}$ , 所以用图 6-14(c) 所示的电路测试 NPN 硅管时

$$I_b = (1.5\text{V} - V_{be}) / (22 \times 10^3)$$

$$= (1.5\text{V} - 0.6\text{V}) / (22 \times 10^3)$$

$$\approx 0.04(\text{mA})$$

$$h_{FE} = I_c / I_b = I_c(\text{mA}) / 0.04(\text{mA})$$

本附加器测试 PNP 锗管与测试 NPN 硅管时, 计算  $h_{FE}$  的值相同。万用表的读数虽然为  $I_c$  与  $I_b$  之和, 但由于  $I_b$  远小于  $I_c$ , 故可认为万用表的读数即为  $I_c$ , 当万用表指针满刻度偏转时,  $I_c = 10\text{mA}$ , 故  $h_{FE} = 10 / 0.04 = 250$ , 即晶体管  $h_{FE}$  的测试范围为 0 - 250, 这恰好与万用表的 250V 电压挡刻度相对应, 所以可直接从 250V 挡刻度上读出数值。该附加器如果用于测试 NPN 锗管或 PNP 硅管, 则读数要加以修正。因为晶体材料不同, 故  $V_{be}$  也不同, 所以测试 NPN 锗管时, 读数将偏大, 应将读数乘以 0.7 加以修正; 若测试 PNP 硅管, 读数将偏小, 要乘以 1.5 加以修正。附加器外形可参照图 6-14(d) 所示形状制作。

## § 6.12 万用表兼作高精度晶体管 $h_{FE}$ 测试仪

在普通万用表里增设一个恒流二极管和一个开关就可以精确测定 NPN 型或 PNP 型小功率锗管、硅管、复合管及高  $\beta$  值管的共发射极电流放大系数  $h_{FE}$ 。本电路结构简单, 具有定量测试功能, 可直接利用万用表相应刻度读数, 业余仿制很容易成功。

### 1. 测试原理

参见图 6-15(a) 所示。根据相关定义可知,  $h_{FE} = I_c / I_b$ , 一般  $I_b$  由  $R_b$  提供, 即  $I_b = (E - V_{be}) / R_b$ 。由于锗管与硅管的  $V_{be}$  不同, 因此用专为锗管设计的偏置电阻来测试硅管的  $h_{FE}$ , 将产生很大的误差, 有些万用表的测试误差甚至达 40% 以上。为制造能使锗管与硅管通用的  $h_{FE}$  测试仪, 可以使  $I_b$  为一固定值, 且为  $1\text{mA}$ , 这样便有:  $h_{FE} = I_c$ 。

### 2. 实际测试电路

具体电路如图 6-15(b) 所示。电路中用恒流二极管取代了  $R_b$ 。因恒流二极管可在很宽的电压范围内提供稳定电流, 且具有交流动态阻抗高、直流等效电阻低、温度系数小等优点, 因此不仅简化了电路设计, 而且还能保证测量精度。如果采用 2DH5(红点)  $0.1\text{mA}$  的恒流二极管, 据实际测试, 当  $E$  在  $\pm 30\%$  的范围内变化时,  $I_b$  几乎保持不变。所以, 这种电路不仅可以测试普通三极管, 而且还可以测试达林顿接法的复合管。只要选择万用表的合适量程,  $h_{FE}$  就可直接读出。为了适应测试 NPN 管的需要, 电路中设置一个拨动开关, 用以转换恒流二极管和电池的极性。

### 3. 改进型测试电路

图 6-15(c) 为改进后的测试电路。本电路采用场效应管可调恒流源, 当波段开关  $S_2$  在 1、2、3 挡位时, 能分别提供  $0.01\text{mA}$ 、 $0.1\text{mA}$ 、 $1\text{mA}$  三种基极电流, 配用具有  $1\text{mA}$ 、 $10\text{mA}$ 、 $100\text{mA}$ 、 $1\text{A}$



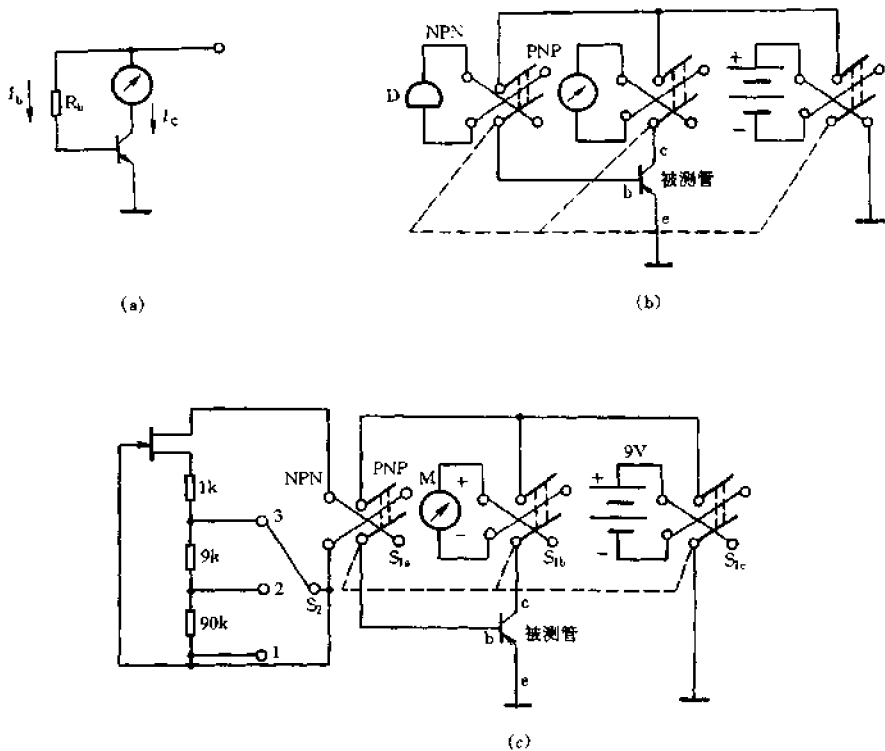


图 6-15 万用表兼作高精度  $h_{FE}$  测试仪

挡位的万用表可以测试  $h_{FE}$  在 0~1000 范围内的三极管。

### § 6.13 万用表附加测试晶体管装置

电路原理如图 6-16 所示。3AX31B 是升压电路中的振荡三极管, 可选用  $\beta$  为 50~100,  $V_{CES}$  较小的管子。升压振荡变压器 T 的  $L_1$  用  $\phi 0.08$  漆包线在磁芯 (E5MXO-2000) 上绕 1000 圈,  $L_2$ 、 $L_3$  用  $\phi 0.21$  漆包线分别在磁芯上绕 25 圈。绕时要注意同名端。调整  $R_5$ , 使  $I_c$  在 30mA 左右即可。

测量  $I_{CEO}$  时, 将  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  均拨到“1”。万用表拨至 DC1mA 挡, 如此时万用表读数很小, 则可将其拨到 DC100 $\mu$ A 挡, 万用表的读数即是  $I_{CEO}$ 。测量  $\beta$  值时, 将  $S_1$ 、 $S_2$  拨到“1”,  $S_3$  拨到“2”, 万用表拨到 DC10mA 挡或根据其读数选择合适的电流挡。为了能大致了解三极管的放大线性, 可以分别测试  $I_b = 10\mu A$  和  $I_b = 100\mu A$  时的两个  $\beta$  值, 即将  $S_3$  分别拨到“2”和“3”, 如果测得的两个  $\beta$  值相差不大, 则可认为该三极管的放大线性较好。  $\beta$  的计算方法如下。

$$\beta = (I_c - I_{CEO}) / I_b = (I_c - I_{CEO}) / (E - V_{be}) / R_b$$

式中,  $V_{be}$  是基极和发射极之间的正向压降, 一般锗管约为 0.2V, 硅管约为 0.6V。如将  $I_{CEO}$ 、 $V_{be}$  忽略不计, 则上式可简化成  $\beta = I_c / E / R_b = I_c / I_b$ 。

测量  $BV_{CEO}$  时, 将  $S_1$ 、 $S_2$  拨至“2”,  $S_3$  拨至“1”, 万用表拨至 DC250V 挡, 合上  $S_4$ , 此时万用表

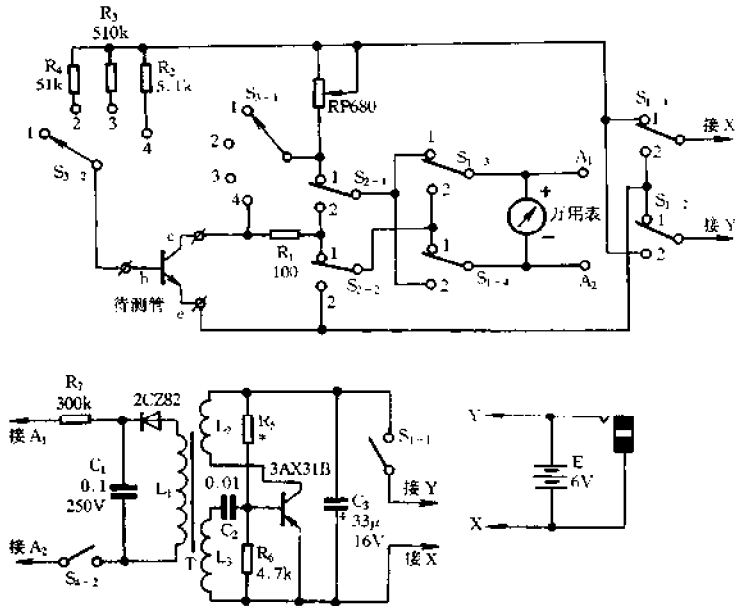


图 6-16 万用表附加测试晶体管装置

读数即为被测三极管的  $BV_{CEO}$ 。

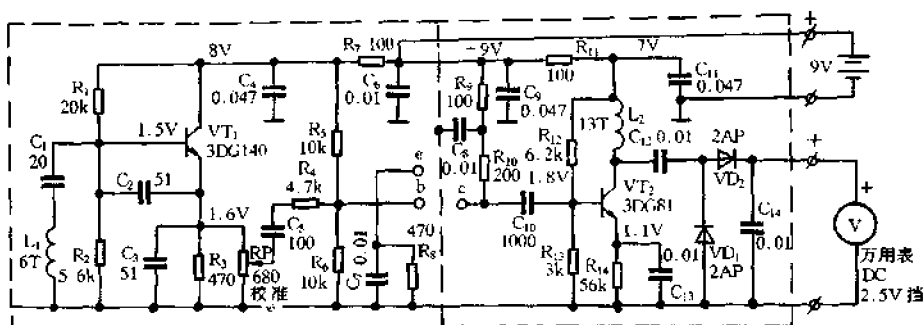
测  $V_{CES}$  时, 将  $S_1$  拨向“1”、 $S_3$  拨向“4”, 万用表拨向 DC2.5V 挡,  $S_2$  先拨向“1”, 调节 RP 使万用表读数为 1V, 此读数为电阻  $R_1$  (100Ω) 上的压降, 此时  $I_c = U/R_1 = 1V/100\Omega = 100mA$ 。然后把  $S_2$  拨向“2”, 此时万用表上的读数即为  $V_{CES}$ 。

## § 6.14 简易晶体管 $f_T$ 特性测试器

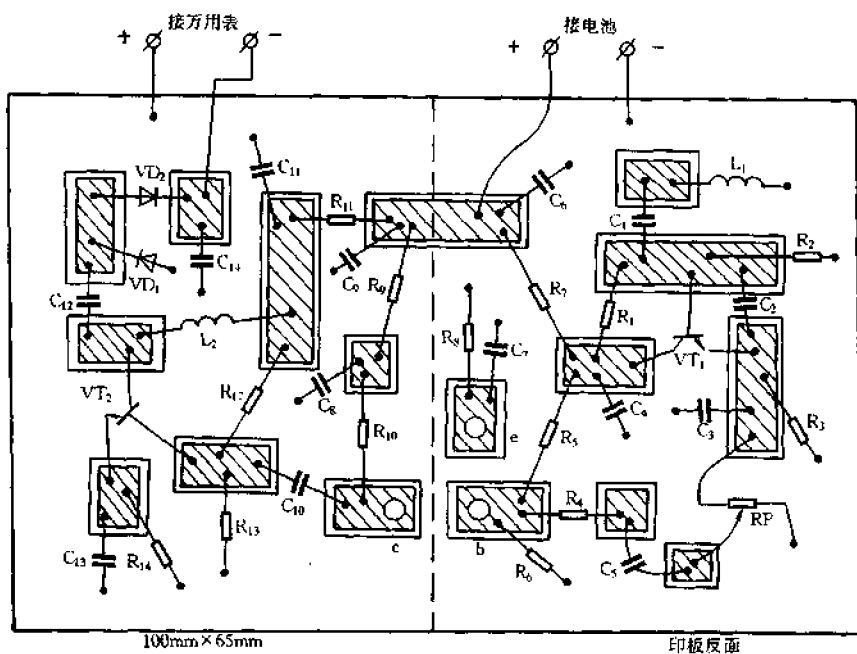
本三极管  $f_T$  特性测试仪具有简单易做、性能良好的特点, 可测量 NPN 型小功率三极管的  $f_T$ , 读数由外接万用表 DC2.5V 挡指示。测量范围为 100 ~ 1000MHz。

测量原理: 晶体管的放大系数  $\beta$  与工作频率  $f_0$  有关, 当  $f_0$  超过一定值时,  $\beta$  将急剧下降。对应  $\beta = 1$  的工作频率称为特征频率  $f_T$ 。如果工作频率  $f_0$  选在  $f_T/10 \sim f_T$  的范围内,  $f_T$  就与  $\beta$  成正比, 即  $f_T = \beta f_0$ 。根据这个原理, 可通过测量高频  $\beta$  来求得  $f_T$ 。例如, 工作频率选为 100MHz, 实测  $\beta$  为 6, 则  $f_T$  为 600MHz, 实际使用时可用万用表直读  $f_T$  值。

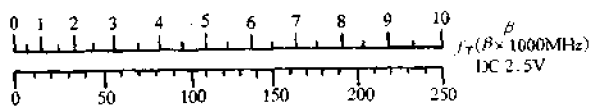
测试电路如图 6-17(a) 所示。主要由 100MHz 振荡器、测试回路和放大检波器组成。电容三点式振荡器 (VT<sub>1</sub> 等) 产生 100MHz 工作频率, 信号的输出幅度由电位器 RP 调节, 用以核准电压表指示值。测试回路由  $R_4 \sim R_{10}$ 、 $C_5 \sim C_{10}$  和晶体管插座组成。其中  $R_4$  为输入信号的恒流电阻,  $R_{10}$  为被测管的集电极负载。当被测管插入管座后, 测试回路就组成了一级 RC 耦合放大器, 为使  $f_T$  测试结果尽量接近被测管本身的  $f_T$  值, 本机采用小信号测试法, 因此  $R_{10}$  两端的信号比较微弱, 需要由放大器 (VT<sub>2</sub> 等) 担任输出放大, 才能使 VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub> 工作在大信号检波状态, 以改善电压表的指示线性。



(a)



(b)



(c)

图 6-17 简易晶体管  $f_T$  特性测试仪

元器件选择:  $VT_1$  的  $f_T > 500\text{MHz}$ ,  $VT_2$  的  $f_T > 1000\text{MHz}$ ; RP 选用线性电位器; 电容均选用瓷片电容器; 电感  $L_1$  用  $0.72\text{mm}$  漆包线在  $6\text{mm}$  钻头上平绕 6 圈后脱胎而成,  $L_2$  为扼流圈, 用  $0.51\text{mm}$  漆包线绕 13 圈, 内径为  $5\text{mm}$ , 电感量要求并不严格。

印制电路板如图 6-17(b) 所示。印制板中央的三个小孔分别铆装  $2\text{mm}$  空心铜铆钉, 以代

替晶体管插座,要求铆钉与铜箔焊接牢靠。印制板正反面的接地铜箔通过对穿孔连接。全部元件焊在印制板的反面,要求元件引脚尽量短,元件装好后,在虚线位置焊一条 10mm × 60mm 的隔离板,以减少被测管 e、b 间的寄生反馈电容。机壳可利用卡式磁带盒改制。

调试时,接上外接 9V 电池和万用表 DC2.5V 挡,先检查各点电压,应与图 6-17(a)标注基本相符。然后对 100MHz 振荡器的频率进行校准。选用一台带调谐指示的调频接收机(收录机),将本装置系在收录机的天线上,在 88 ~ 108MHz 范围内进行搜索。当调谐指示最大时,刻度板上的频率读数即为本机的振荡频率,如偏离 100MHz,可用无感起子拨动电感的形状或增减圈数。

100MHz 校准后,再进行电压表校准,用一段短导线将插座的 c、b 短接,即测试回路工作于  $\beta = 1$  的状态。调节 RP 使电压表指示为  $\beta = 1$ ,即  $f_T = 100\text{MHz}$ ,电压表刻度如图 6-17(c)(以 500 型万用表为例)所示。然后拔去短路线,将 NPN 被测管插入管座,电压表指示即为被测管的  $f_T$  值。如果  $f_T$  指示超过满刻度,也可扩展  $f_T$  量程。在校准时将电压表指示在  $\beta = 0.5$  的位置,然后按 2000MHz 为满度指示进行读数,但此时误差较大,故只适宜比较  $f_T$  的大小。注意,扩展使用时,切勿变换万用表的电压挡量程,否则因为各挡内阻不同,将产生更大的误差。

## § 6.15 可自动鉴别极性的晶体管筛选器

本筛选器能快速测出小功率晶体管的放大能力和极性,并可测量二极管的好坏。具体电路如图 6-18 所示。

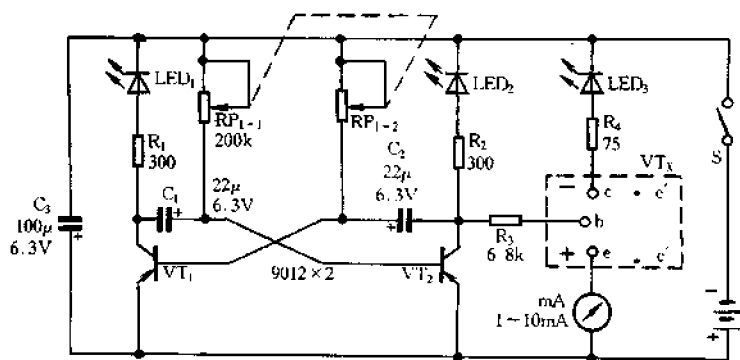


图 6-18 可自动鉴别极性的晶体管筛选器

当将需要筛选的三极管引脚相应地插入  $VT_x$  插座中时,若  $LED_3$  周期性的点亮与熄灭,且毫安表(万用表的相应直流电流挡)指针周期性地摆动,则表明管子良好可用。 $LED_3$  发光的强、弱对应被测管放大能力的大小。 $\beta$  值由毫安表指示。当  $LED_3$  和  $LED_2$  同时点亮时,插入  $VT_x$  的是 NPN 型管(引脚插法为 e、b、c)。当  $LED_3$  和  $LED_1$  同时点亮时,插入  $VT_x$  的是 PNP 型管(引脚插法为 e、b、c)。若  $LED_3$  常亮,毫安表指示值不变,则说明被测管的 c、e 极间已击穿。若  $LED_3$  不发光,毫安表无指示,说明被测管内部断路或无放大能力。测试引脚不明的三极管时,可将被测管反复调换引脚插入插座,找出符合上述发光二极管点亮的规律,即可判断出被

测管的引脚排列和管子的类型(PNP 或 NPN 型)。

测试二极管时,先将被测二极管的两只引脚分别插入  $VT_X$  的“+”、“-”端,观察并记下  $LED_3$  的发光情况,然后再将被测二极管的引脚对调插入“+”、“-”端。若两次插入  $VT_X$ ,  $LED_3$  都常亮,则说明被测二极管内部短路;若两次插入  $VT_X$ ,  $LED_3$  都不发光,则说明被测二极管内部断路。若其中一次  $LED_3$  发光,说明被测二极管是好的,此时,  $VT_X$  的“+”端对应二极管的正极,“-”端对应二极管的负极。 $LED_3$  发光的弱与强,对应二极管 PN 结正向电阻的大与小。

元件选择:  $VT_1$ 、 $VT_2$  选用  $\beta$  值为 80~120 的 9012 型管,两管  $\beta$  值要相近;  $LED_1$  ~  $LED_3$  选用普通发光二极管;  $VT_X$  的插座选用集成电路插座或连接多股线的插座;电源为两节五号电池;阻容元件规格见图 6-18 中所标数值,毫安表使用万用表的 DCmA 挡。

## § 6.16 万用表测量行、场脉冲附加器

### 1. 测量行频脉冲附加器

在检修彩色电视机时,为了判断行扫描电路的工作情况,经常要检查行频脉冲的有无及大小。行扫描电路中的行同步脉冲、行振荡外接定时元件端上的行频脉冲、行推动级输入及输出端的行频脉冲、输入到行输出级的行频脉冲,这些行频脉冲信号是检查行扫描电路正常与否的重要依据。

在检修彩色解码电路时,也经常需要检查作为选通脉冲的行同步脉冲及行逆程脉冲等信号是否加到解码电路。

若采用示波器观测上述这些行频脉冲信号,当然是最为直观、清晰的。但在没有示波器的情况下,直接用万用表来检查幅度较小(峰峰值电压  $< 2.5V$ )的行频脉冲,是无能为力的。

实践证明,采用万用表直流电压挡附加行频检波器的方法来检测行频脉冲小信号是否正常,在业余条件下是可行的。

#### (1) 工作原理

行频检波器电路如图 6-19(a)所示。此电路为典型的倍压检波电路。行频脉冲由高频屏蔽线输入,在输入信号为负半周时(即地为正,输入至  $C_1$  端为负),信号电压通过  $VD_1$  对  $C_1$  充电,  $C_1$  两端形成左负右正的电压;当信号为正半周时,信号电压与  $C_1$  上右正左负的电压相迭加,通过  $VD_2$  向负载  $R_L$  及万用表放电,同时向  $C_2$  充电。 $C_2$  为平滑滤波电容。 $R_L$  为干扰脉冲及行幅射感应电压的吸收电阻。在测量时,由于使用万用表低量程直流电压挡(1V 或 2.5V 挡),其内阻不是很大,故电阻  $R_L$  一般可不加,万用表内阻就代替了  $R_L$ 。为防止行幅射感应电压的影响,检波器输入线必须用高频屏蔽线。

#### (2) 元件选择

高频屏蔽线可采用常用的  $75\Omega$  的同轴电缆。 $C_1$  采用瓷片电容或云母电容,其容量为 300~2000pF,耐压要大于 100V。 $C_2$  也采用瓷片电容,容量为 1000~4700pF,耐压为 50V。 $VD_1$ 、 $VD_2$  采用 2AP9 型锗检波二极管。万用表拨至直流电压挡,量程根据行频信号的大小而定。

#### (3) 安装和使用

由于本行频检波器所用元器件很少,故安装十分方便。需注意的是,连接万用表“+”、“-”插孔端的导线要尽量短。可用铜皮或铝皮做成小盒进行屏蔽,内部用绝缘布或绝缘纸将

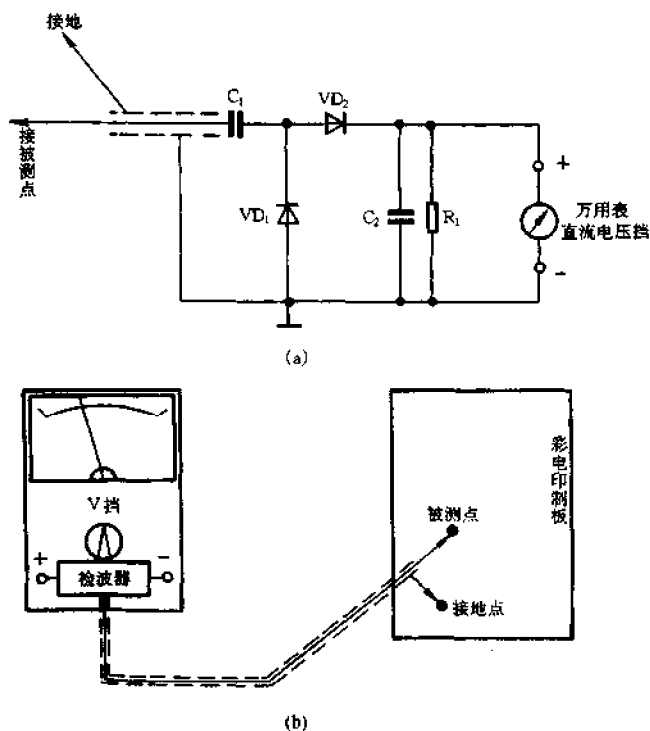


图 6-19 测量行场脉冲附加器

元器件与外壳绝缘,外壳接地线。

使用时,将高频屏蔽线的地线接到被检修彩电的地线,芯线接到被测端,如图 6-19(b)所示。万用表测得的电压值大小与检波器中元件值有关,也与被测行频信号幅度大小有关,一般为被测点行频电压峰值的  $1/10 \sim 1/5$ 。

注意,不能用本附加器去测量行输出管集电极的行频脉冲电压(因其幅度很大),否则,可能会将检波器中元件击穿或将万用表损坏。

## 2. 测量场频脉冲附加器

在检修彩色电视机场扫描电路故障时,需要检查各级场频脉冲(如场锯齿波电压、场同步信号等)是否正常。由于场扫描电路中有直流反馈电压,这给检查场频脉冲信号增加了难度。当然,用示波器观测场频脉冲是很直观的,然而在不具备这种条件的情况下,用万用表附加场频检波器进行测试,也能有效地检查场频脉冲的正常与否。

### (1) 工作原理

场频检波器的电路与行频检波器相同(参见图 6-19)。由于场频信号频率比行频信号低很多,故电路中的电容  $C_1$ 、 $C_2$  的容量要比行频检波器电路中所用的电容大得多。行频检波器的工作原理已在前面作了介绍,场频检波器的工作原理与行频检波器完全相同,此处不再重复。

### (2) 元件选择

场频检波器电路中的电容  $C_1$ 、 $C_2$  采用容量为  $0.1 \sim 0.47\mu\text{F}$  的涤纶电容,耐压为 63V。其他元件与行频检波器完全相同。

### (3) 安装与使用

场频检波器的安装与使用方法与行频检波器完全相同。

## § 6.17 万用表色度信号检查附加器

在检修彩色电视机的彩色故障时,有时往往仅靠测量电路各点的直流电压是较难判断故障所在的,这就需要通过检查色度信号是否正常来查找故障部位。由于万用表交流电压挡能测量的频率范围一般小于 10kHz,而色度信号副载波为 4.43MHz,所以用万用表直接测量色度信号是不可行的。但是在实际检修时,可以像检查行频脉冲那样,采用万用表附加色度信号检波器的方法来测量色度信号的大小。用这种方法可以很方便地检测色度信号、色同步信号、色副载波信号的大小。这样,在没有示波器的情况下,检修彩色电视机的彩色故障,就显得十分简便。实践证明,这是一种行之有效的方法。

### 1. 工作原理

色度信号检波器的电路与行频检波器及场频检波器基本相同(参见图 6-19)。由于色度信号的频率要比行、场的频率高得多,故  $C_1$  及  $C_2$  的容量要小得多。色度信号检波器的工作原理与行频检波器完全相同,此处不再重复。

### 2. 元件选择

色度信号检波器除  $C_1$ 、 $C_2$  的容量与行频检波器不同外,其他元件参数要求与行频检波器完全相同。 $C_1$ 、 $C_2$  采用云母电容或高频瓷片电容, $C_1$  容量为 200 ~ 560pF, $C_2$  容量为 560 ~ 1000pF,耐压为 63V。

### 3. 安装与使用

色度信号检波器的安装、使用方法与行频检波器完全相同,可参照进行。

## § 6.18 检修彩色电视机多用检波头的制作

从前三节介绍的内容可知,由于色度信号检波器、行频检波器及场频检波器这三者的电路结构相同,仅仅  $C_1$ 、 $C_2$  这两个电容容量有所不同,因此可以把这三个检波器做成一个检波探头,采用拨动开关来选择不同的电容,这样会给使用带来很大的方便,可以做到一头多用。

这种多用检波头的电路原理如图 6-20(a)所示。其中 S 为拨动开关,S 拨在“1”的位置时,多用检波头起场频检波作用;S 拨在“2”的位置时,起行频检波作用;S 拨在“3”的位置时,起色度信号检波作用。

多用检波头的元器件具体参数如下: $C_1$ 、 $C_4$  采用 0.22 $\mu$ F/63V 涤纶电容; $C_2$ 、 $C_6$  采用 1000pF/100V 云母电容; $C_3$  采用 300pF/100V 云母电容; $C_5$  采用 3300pF/50V 瓷片电容; $VD_1$ 、 $VD_2$  采用 2AP9 型锗检波二极管;S 选用 2×3 拨动开关。

多用检波头的 1:1 印制电路板如图 6-20(b)所示。其外壳尺寸如图 6-20(c)所示,可用铜皮制作,外壳接地。外壳的顶部安装 2×3 拨动开关 S。S 拨至左边为场频检波,拨至中间位置为行频检波,拨至右边为色度信号检波。检波盒左右输出线分别接万用表“-”、“+”端子,

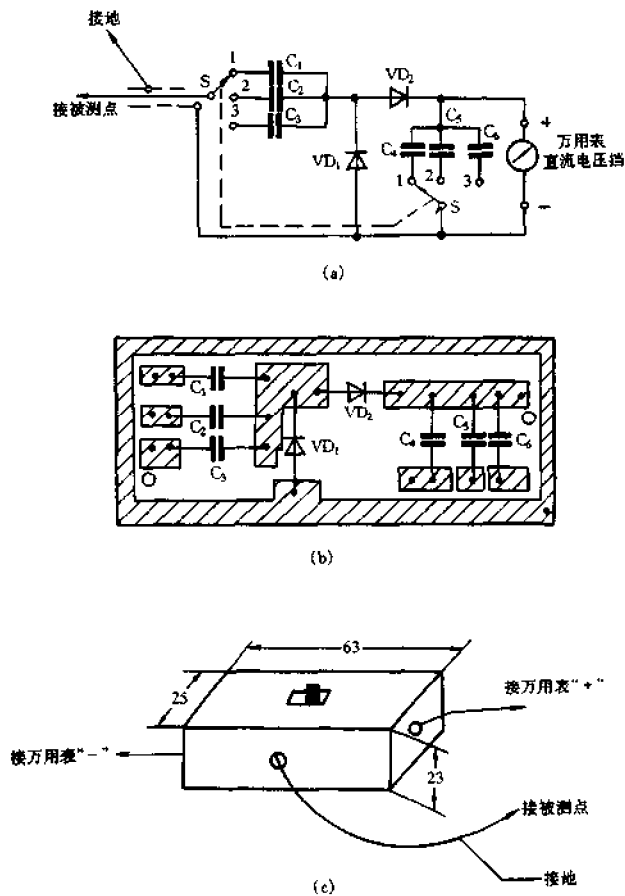


图 6-20 检修彩电多用检波头

检波盒中间输出线采用高频屏蔽线(75Ω同轴电缆),用来接待测彩色电视机的地线及被测端。

注意事项:

- (1) 检波头内元器件的耐压都较低,故不要用检波头去触及峰峰值大于 100V 的信号。
- (2) 检波头所触及测试点的直流电压一般应小于 100V,以免损坏检波头内元器件。
- (3) 使用检波头检修底板带电(热底板)的彩电时,应注意安全,防止触电。

## § 6.19 万用表加装行输出变压器测试装置

加装本附加器后,既不影响万用表的正常功能,又为其增加了一个新功能,使用起来,非常方便。电路如图 6-21 所示。图中, S 为一只小型双刀双掷拨动开关; E 为万用表中原有的 9V (或 15V) 叠层电池; G 为万用表的交流电压挡; A、B 分别为万用表两支表笔插孔在表内的接线端。印制电路板可根据万用表内的空余位置自行设计制作。所有元件焊接无误后,将印制板固定在万用电表内。开关 S 装在万用表外壳适当位置(左侧或右侧)。



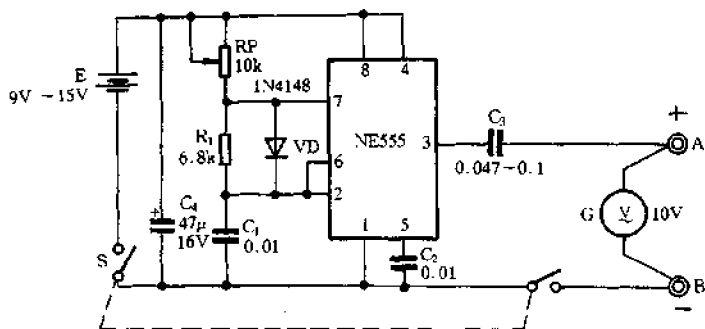


图 6-21 万用表加装行输出变压器测试装置

调试与使用:

- (1) 安装完毕后,将万用表置于 AC10V 挡,闭合开关 S,此时万用表的读数应为 5V 左右。
- (2) 将万用表的两个表笔接在一只完好的电视机行输出变压器的正电源输入端和行输出管集电极端(即行输出变压器的初级线圈两端)。如果行输出变压器已装在电视机上,则无需焊下,但应关掉电视机电源。
- (3) 调整 RP,使万用表读数达到最大值。
- (4) 将万用表表笔撤离行输出变压器,万用表指针应回落到某一读数。
- (5) 用一段导线在行变压器的磁芯上穿绕 1~2 圈,并将线圈两端短接,使之形成一短路环,再用两表笔去接触行输出变压器的初级线圈,这时,万用表指示的电压读数应有所减小,指针向左偏转。至此,调试即告完成。
- (6) 使用时,应按如下步骤进行。
  - ① 将万用表置于 AC10V 电压挡。
  - ② 将开关 S 闭合,万用表指示某一读数。
  - ③ 用万用表两表笔去接触被测行输出变压器的初级线圈,如果电压读数上升,则说明被测行输出变压器无内部短路现象;如果电压读数下降,则说明行输出变压器有内部短路现象。
  - ④ 测试完毕后,切断开关 S,此时万用表恢复原有的所有功能。

## § 6.20 简易行输出变压器短路测试仪

测试彩色电视机行输出变压器是否有短路现象的方法很多。下面介绍一种用 CD4011 集成电路制作的简单测试电路,此法实用可靠。

测试电路如图 6-22 所示。这是一个由 CD4011 构成的振荡电路,通过调整 RP,在 CD4011 ①脚输出振幅较强的方波且频率接近于 15625Hz 行频。将测试端接在行输出变压器初级,用示波器合适挡位监测行输出变压器次级信号,若行输出变压器无短路现象,可以观察到一串由强渐弱的波形,在  $C_2$  的微分作用下,此信号已不再是方波。将万用表 AC10V 挡接在图中所示位置,其指示值为 8V 左右。为检验测试效果,可进行行输出变压器匝间短路模拟试验。用一段导线在行输出变压器磁芯上绕 1~2 匝,将此线圈短接后,示波器上所显示的波形变为一条

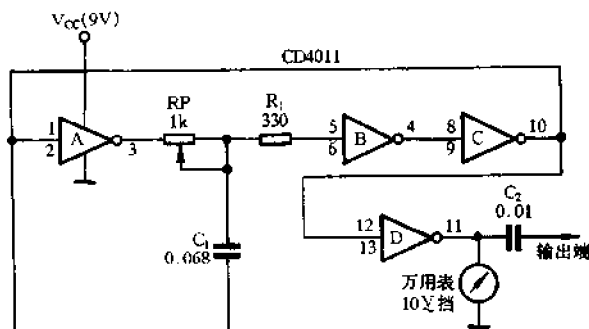


图 6-22 简易行输出变压器短路测试仪

直线,与此同时,万用表所指示的电压值也略有下降。行输出变压器未短路时,万用表指示数几乎保持不变。实验表明, $C_2$ 取得小些较好。

本测试仪也可作为信号源使用,将RP调大后使输出频率接近3kHz,可用于检测收音机和录音机相关电路。

## § 6.21 万用表测量峰峰值电压附加器

电路如图 6-23 所示。此电路实际上是一种检波式峰值电压表,被测信号从①、②端输入,正半周时  $VD_2$  截止,  $VD_1$  导通,对  $C_1$  充电至峰值,负半周时  $VD_1$  截止,  $VD_2$  导通,对  $C_2$  充电至峰值。将万用表直流电压挡接至③、④两点,万用表指示  $C_1$ 、 $C_2$  上电压之和即为峰峰值电压。 $C_1$ 、 $C_2$  的容量要足够大,它们与万用表内阻组成的时间常数应远大于输入信号的周期。为了提高测量的准确性,要求检波二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  的穿透电流要小,耐压要足够高,开关特性要好,可选用 2AP 或 2CK 型管。由于检波管、电容器、万用表内阻等存在损耗,检波效率不可能为 100%,故实际的峰峰值电压可按下式计算:

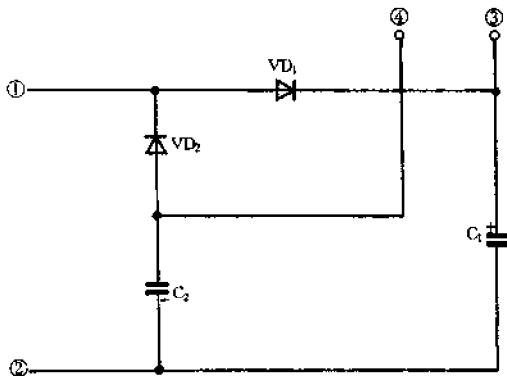


图 6-23 万用表测量峰峰值电压附加器

$$V(\text{峰峰值}) = V + 0.02V + 2V_D$$

式中, $V$ 为万用表读数; $V_D$ 为二极管的压降,如  $VD_1$ 、 $VD_2$  选用硅管,则  $V_D$ 取 0.65V;如  $VD_1$ 、 $VD_2$  选用锗管,则  $V_D$ 取 0.2V。

表 6-5 列出了不同频率和电压下,电容和二极管的数据和型号,供制作时参考。其量程范围的最低值取决于检波管导通的门限电压。该附加器可测量电视机的场幅、行幅和视频电压,还可以用来观察伴音中放、信道的中频电压幅度。

表 6-5

不同频率和电压选用的电容和二极管数据

| 工作电压(峰峰值) | 频率      | 电容( $C_1$ 、 $C_2$ ) | 检波管( $VD_1$ 、 $VD_2$ ) |
|-----------|---------|---------------------|------------------------|
| < 50V     | < 1kHz  | $10\mu/50V$         | 2CP                    |
|           | < 50kHz | $0.47\mu/63V$       |                        |
|           | < 50MHz | $1000p/160V$        |                        |
| < 500V    | < 1kHz  | $1\mu/500V$         | 2CK                    |
|           | < 50kHz | $0.02\mu/500V$      | 2AP                    |
| > 500V    | < 50kHz | $0.01\mu/1000V$     | 2CP                    |

## § 6.22 给万用表增加逻辑测试功能

本装置的具体电路如图 6-24 所示。它由一只反相器、两只电阻和一只发光二极管组成。用发光二极管的三种状态分别指示被测点的高、低电平及脉冲状态。当被测点为高电平(即为“1”)时,A 输出为“0”,B 输出为“1”,发光二极管 LED 发红光;当被测点为低电平(即为“0”)时,A 输出为“1”,B 输出为“0”,发光二极管发绿光;当被测点为脉冲时,发光二极管为红、绿交替闪烁。在脉冲频率较高时,LED 发橙光。使用时,可根据 LED 的显示状态,准确地判断被测点的逻辑状态。由于 MOS 集成电路的输入电阻很高,所以测试时对被测点的电路状态没有影响。

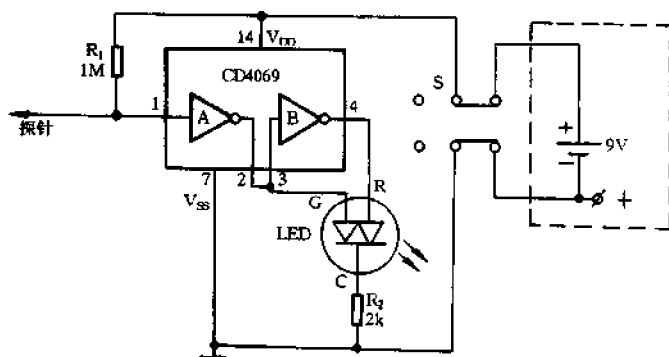


图 6-24 给万用表增加逻辑测试功能

IC 选用六反相器 CD4069,LED 选用变色发光二极管 2EF302,S 选用双刀两掷波段开关。在表盘的右下角钻一个  $\phi 5$  的孔,将发光二极管装入孔内固定好。S 装在表壳侧面。在表壳正面装一个插座。使用时,将 S 置于“逻辑”位置,把黑表笔的插头插入新装插座,红表笔接地,用黑表笔接被测点即可进行测试。

## § 6.23 万用表附加测温装置

修电冰箱时,若用普通温度计测量低温,其范围常感不够用。此时,可利用普通晶体二极管的负温度特性制成简单的测温装置进行测量。电路如图 6-25 所示。 $VD_1 \sim VD_6$  接成一整体作为温度传感器,在小电流的情况下以  $-12\text{mV}/^\circ\text{C}$  近似线性关系变化。不用加放大器,但要使用万用表的  $\mu\text{A}$  挡,在原刻度线上,可方便地显示温度值。例如,用 MF40 型万用表  $250\mu\text{A}$  挡,正好可省掉  $R_0$ ,直接显示  $-20 \sim +30^\circ\text{C}$  的温度,精度相当于普通酒精温度计。对于不同内阻的万用表表头,要先算出每格电流数,再根据内阻及  $-12\text{mV}/^\circ\text{C}$  关系式算出变化  $1^\circ\text{C}$  时的电流数,然后算出  $R_0$ ,并直接在电流刻度上算出温度数,定出测温范围。

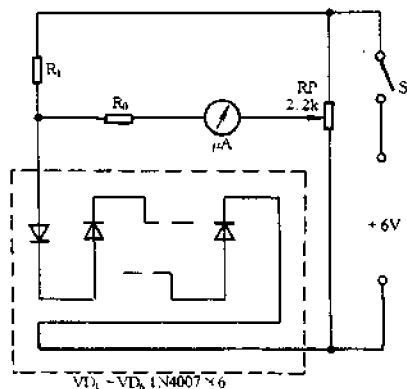


图 6-25 万用表附加测温装置

## § 6.24 万用表附加测温仪

将本电路和万用表一起使用,就可测量  $-50 \sim +150^\circ\text{C}$  范围内的温度。电路如图 6-26 所示。主要由温度传感器 LM134 和运放 LM010 组成。LM134 在  $150^\circ\text{C}$  时能送出几微安的电流,此电流与温度成线性变化关系,经 LM010 运放放大器调整后送到万用表的  $100\mu\text{A}$  挡直接读出。万用表跨接在 A、B 两端。 $RP_1$  用来校准电流与温度的线性变化关系。 $S_1$  开关也可以不用,因为电路消耗电流甚少。GB 可采用四只电子表的  $1.2\text{V}$  钮扣电池。

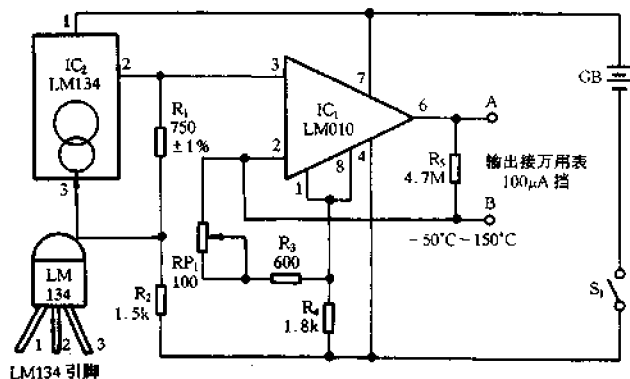


图 6-26 万用表附加测温仪

## § 6.25 万用表附加电子温度计

本电子温度计是利用热敏电阻的阻值随温度变化的特性而制成的。将它与万用表电阻挡配合使用,可用来测量体温或气温。

附加电路如图 6-27 所示。万用表要使用  $R \times 1k$  挡,因为该挡电流一般小于  $0.1mA$  级,不致于在通电后使电阻明显升温而引起阻值变化。若  $R \times 1k$  挡中心阻值为  $10k\Omega$ ,则  $10k\Omega$  热敏电阻消耗的功率约为  $\frac{1.5^2}{4 \times 10000} = 0.06(mW)$ 。这与热敏电阻的“测量功率” $0.04 \sim 0.1mW$  相符,此时电阻的温升小于  $0.1^\circ C$ 。同时,由于耗电很小,所以可连续长时间使用。

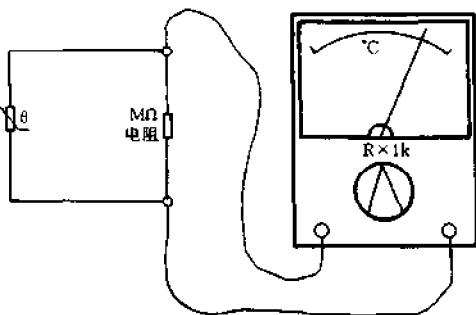


图 6-27 万用表附加电子温度计

对于热敏电阻,应将其阻值选在温度约为  $20^\circ C$  时使  $R \times 1k$  挡指针偏中为宜。这样,正好可利用该挡的灵敏区域,当温度为  $20^\circ C$  上下时,万用表指针的摆动变化有较大的分辨率。热敏电阻的具体阻值视万用表型号不同,可在几千欧至几十千欧内选取。电阻选择合适以后,将其焊在一个  $5M\Omega$  左右的大值电阻的两引脚上,并将大值电阻两引脚适当折弯,插入原表笔插孔处。定温度刻度时,可先与标准温度计进行定量比较,然后另列一个阻值与温度对照的表格,以便测量时读数使用。

另外,热敏电阻应选择材料系数大的正品使用,因为其材料系数越大,对温度越敏感。表 6-6 列出了几种热敏电阻材料系数,可供制作电子温度计时选用参考。

表 6-6 几种热敏电阻的材料系数

| 热敏电阻型号  | 材料系数 (kK) |
|---|-----------|
| MF12-0.25, MF12-0.5, MF12-1, MF15, MF16, RRC2 | 3.9~5.6   |
| RRC7B, RRW2                                   | 3.9~4.5   |

注:“kK”为“千开尔文”。

## § 6.26 万用表附加测量场强装置

本节介绍一种自制用万用表测量场强的附加装置。此装置除了可用于野外查找信号源外,还可用来选择天线位置,调整天线方位,比较天线增益等。电路原理如图 6-28(a)所示。信号放大采用机械式高频调谐器,在高频调谐器后面跟随一级放大,用高频整流二极管采用倍压检波方式,检出直流电,用 500 型万用表  $1mA(50\mu A)$  挡进行测量,当输入信号强时,电流大,

输入信号弱时,电流小。测量时,将读数对照表 6-7 量出分贝数。

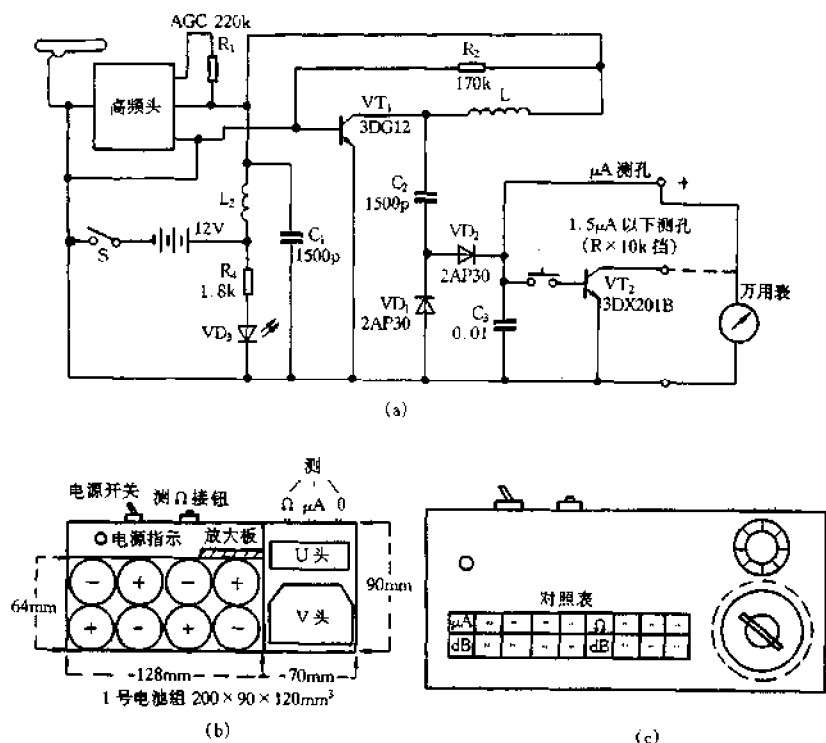


图 6-28 万用表附加测量场强装置

表 6-7  $\mu\text{A}$  数与 dB 值对应关系

|               |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| $\mu\text{A}$ | 420 | 380 | 360 | 300 | 250 | 100 | 32 | 7  | 3  |
| dB            | 66  | 57  | 56  | 54  | 45  | 40  | 35 | 30 | 27 |

### 一、装配及元器件参数要求

(1) 将高频调谐器中高放管发射极上的电阻(跨接在发射极与 12V 之间,一般为  $1.8\text{k}\Omega$ )去掉不用。

(2)  $220\text{k}\Omega$  电阻是高放管的偏置电阻,可以装在印制电路板上,如果电阻体积较大,也可以跨接在电源线与 AGC 输入线上。

(3) 放大管可用 3DG12 或 9013 型管,其静态集电极电流约为  $18\text{mA}$  左右。

(4)  $R_2$  为放大管的偏置电阻,阻值为  $170\text{k}\Omega$ ;L 用  $\phi 0.4$  的漆包线在  $4\text{mm}$  的钻头上绕 20 匝脱胎而成。

(5)  $C_2$  为  $1500\text{pF}$ 。

(6)  $VD_1$ 、 $VD_2$  用 2AP30 型二极管,也可用报废的高频三极管如 3DG80、3DG79、3DG56B 等的 e-b 结代替。

(7)  $C_3$  用  $0.01 \sim 1\mu\text{F}$  电容均可,  $L_2$  (10 匝) 和  $C_1$  (1500pF) 组成退耦电路, 用以阻止高频信号串入电源。

(8)  $R_6$  ( $1.8\text{k}\Omega$ ) 和  $VD_3$  (发光二极管) 组成电源指示。

(9) 用四对 1 号电池作电源 (12V)。

(10) 在  $C_3$  两端安装测量孔,  $VD_2$  和  $C_3$  的交点处为“+”表笔插孔。

(11) 将电池组、高频调谐器和放大板安装在一只  $200\text{mm} \times 90\text{mm} \times 12\text{mm}$  的盒内 (木制的或金属的均可), 参见图 6-28(b)、(c) 所示, 其中, (b) 为剖面, (c) 为面板形状。

(12) 由于高频调谐器的增益不尽一致, 因此  $\mu\text{A} - \text{dB}$  对照表也不可能完全一致, 有条件者, 在装好以后可进行测试得出对照表, 并用油漆写在面板上, 便于使用时对照。

## 二、调试与使用

(1) 用扫频仪作信号源进行调试。用扫频仪作信号源时, 因在衰减 30 以前几乎无变化, 所以只能从衰减 30 开始依次往下降。例如, 使用 BT-3 型扫频仪, 在衰减 30、宽度 (频率偏移) 调到适中时, 输出为 55dB, 然后往下衰减, 并分别记下电流数和分贝数。这是最简单的一种调试方法。

(2) 用扫频仪与场强仪配合测试。将不同强度的扫频信号输入场强仪测出 dB 数, 然后再输入本装置测出相应的电流, 逐一记下数值。这是较精确的一种方法。

(3) 用电视信号发生器进行测试。经实测, XT-2 型电视信号发生器输出的信号为 2mV、66dB, 所以要采用串接电阻的方法对信号进行衰减, 然后输入到本装置, 并测出电流, 作好记录。测量顺序如表 6-8 所示。测量时, 要用三频道 (或以上频道), 三频道以下的频道反应不灵敏, 不便测量。

表 6-8 串接电阻与 dB 及  $\mu\text{A}$  值对应关系

|                   |    |     |     |     |     |      |      |    |      |    |      |    |
|-------------------|----|-----|-----|-----|-----|------|------|----|------|----|------|----|
| 串接电阻 ( $\Omega$ ) | 0  | 270 | 300 | 400 | 900 | 1.5k | 2.7k | 3k | 3.5k | 4k | 6.5k | 7k |
| dB                | 66 | 57  | 56  | 54  | 48  | 44   | 39   | 38 | 36   | 35 | 34   | 22 |
| $\mu\text{A}$     | ?  | ?   | ?   | ?   | ?   | ?    | ?    | ?  | ?    | ?  | ?    | ?  |

(4) 上述条件均不具备者, 也可参照表 6-7 所列值对照使用。

(5) 测试  $1.5\mu\text{A}$  以下信号另设一测量孔, 见图 6-28(a) 所示。VT<sub>2</sub> 用放大倍数较高的 3DX 类低频小功率管, 基极上加开关。用万用表 R  $\times$  10k 挡测集电极对地电阻 (正表笔接地), 阻值越小 dB 数越高, 阻值越大 dB 数越低, 因此, 可以方便地测量 30dB 以下的弱信号。

## § 6.27 简易场强表

组装遥控、遥测、无线电话机等装置常常需要对发射机进行调试, 使其输出场强达到最大值。图 6-29 所示电路是一个不需要电池的二倍压场强表。电位器起灵敏度控制作用。可使用万用表  $\mu\text{A}$  挡指示相对场强, 还可用耳机监听调整。使用时, 将场强表离开发射机一段距

离,然后调整发射机输出至最大场强即可。

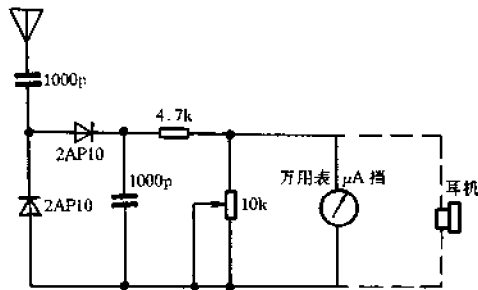


图 6-29 简易场强表

## § 6.28 简易土壤湿度测试仪

本装置可配合万用表  $\mu\text{A}$  挡使用。电路如图 6-30 所示。VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub> 将电源电压钳制在 1.2V 左右。S 在自测位置,用于检查电压及万用表表头是否正常。S 在测试位置,即可测土壤湿度。探头可用 30mm 长的金属片制成。测试时,两个探头之间的距离必须要固定。

调节 RP 或探头间距都可改变测量灵敏度。最有效的调试方法是先对各种不同湿度的土壤分别测试,对最湿的土壤,如指针摆幅超出满刻度,可调节 RP 或探头间距来进行校正。

如果所用万用表只有 1mA 挡,则 R<sub>1</sub> 可改用 1.2k $\Omega$  电阻。

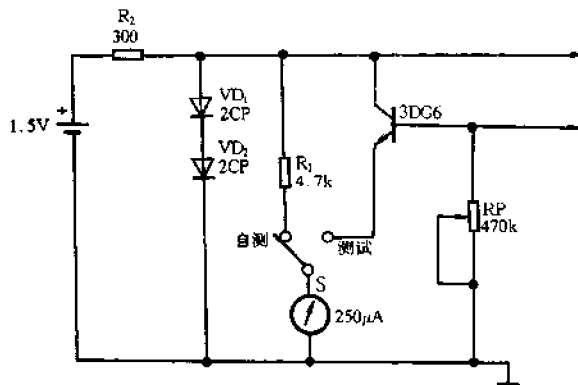


图 6-30 简易土壤湿度测试仪

利用本湿度测试器还可测量大气湿度等。

## § 6.29 万用表兼作照度计

测试电路如图 6-31 所示。该电路为一个简单的照度计,它由一片 CA3140 型运算放大器



(也可用  $\mu A741$  型)和一支光电三极管 3DU33 组成测光放大器,加装在万用表上,利用万用表的 DC10V 挡,可测量光的照度。

$RP_1$  是 CA3140 的调零电位器。调试时,将万用表置于 DC10V 挡,先在黑暗的环境中,调节  $RP_1$  使万用表指针指示最小,再在照度为 70 勒克斯的环境中,调节可调电阻  $RP_2$  使指针指示为 6V。这样调整后,当该表指示大于 6V 时,可认为照度合格,否则可认为光照太暗,不宜阅读学习。

如果能够利用正规照度计和可见光源进行逐点刻度,这种测光器还可以制作得更精确。若分别按照白炽灯和日光灯刻上两组刻度,便可制成很实用的照度计了。

可调电阻  $RP_2$  的阻值应根据所用万用表 DC10V 挡的内阻选择。如万用表表盘上标有  $20000\Omega/VDC$  的字样,说明该表 DC10V 挡的内阻为  $200k\Omega$ ,则  $RP_2$  选  $100k\Omega$  即可,如万用表盘上标有  $2000\Omega/VDC$  字样,说明 10V 电压挡的内阻为  $20k\Omega$ ,为此, $RP_2$  应选用  $10k\Omega$  左右的电阻。

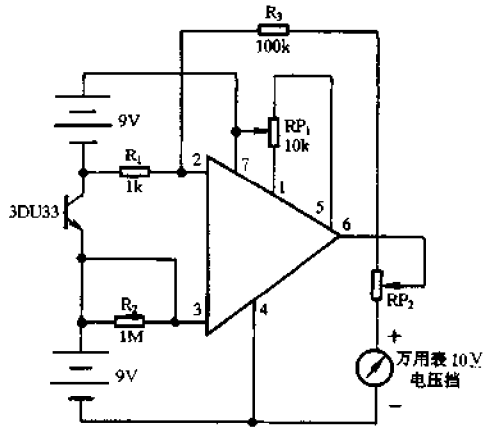


图 6-31 万用表兼作照度计附加器

### § 6.30 测量变压器或同轴电缆绝缘电阻附加器

用万用表的  $R \times 10k$  挡测量变压器的绝缘电阻有时是不可靠的。因为表内电池电压太低,而且绝缘电阻太大时,读数误差是很大的。利用下述万用表附加器可比较可靠地测量变压器及同轴电缆的绝缘电阻。

附加器电路如图 6-32 所示。两只三极管可用  $h_{FE}$  大、 $I_{ceo}$  小的 3DG 或 9013 等 NPN 型管。

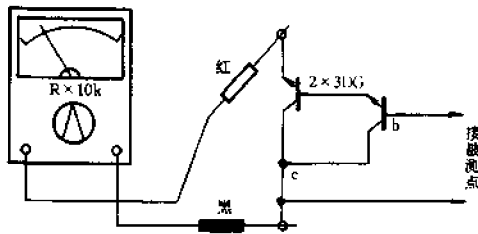


图 6-32 测量变压器或同轴电缆绝缘电阻附加器

间的绝缘电阻。

另外,利用上述方法,还能测量电视机用同轴电缆的绝缘电阻。当同轴电缆中心的导体与屏蔽层之间的介质老化、变脏、受潮,均可引起绝缘下降而导致电视机图像质量变差。特别是阻抗变换器与高频调谐器之间,有时因污垢堆积,极易出现绝缘不好。对这些故障,有时只用  $R \times 10k$  挡是测不出来的。其他各类屏蔽线的绝缘也存在相似的问题。这时也可采用本附加装置进行测量。

测试时,将变压器初级的任一端和次级某绕组的任一端接入附加器的 b、c 间。刚接入的瞬间,应能观察到万用表指针摆动(这是由于绕组间小电容充电所致),否则说明某绕组已经断路;接着,指针应回到  $\infty$ ,这说明绝缘良好。若指针回不到  $\infty$ ,则说明有漏电现象。指针偏离  $\infty$  位置越远,表明漏电越严重。采用此法,可测量各绕组之间、各绕组与初次极屏蔽层之间、铁心与各绕组及屏蔽层之间的绝缘电阻。

此方法还可用于筛选同轴电缆或其他屏蔽线,其测量方法与测量变压器绝缘电阻的方法类似。为防止误判,可将接 b、c 的两根线对调后再接 b、c 重复测量,以得出正确的结论。

注意,当导线间的电容太小时(例如匝数少的变压器和短电缆),用此法是不能测到充电现象的,因而也就无法判断其绝缘情况。

## 第七章 万用表故障检修

万用表常见的故障基本可归纳为三大类型,即:所有量程均失效;某一量程失效;指示不准确。本章先结合万用表相关电路,分类介绍检查各种故障的方法,然后给出常见故障简明寻查表,最后介绍万用表故障检修 28 例。

### § 7.1 所有量程均失效故障的检查方法

所有量程均失效故障的主要特征是,无论是电流、电压,还是电阻挡等,各量程全都失灵无指示。这种故障大多出在公共通路部分。

图 7-1 是常见万用表的直流电流、电压挡相关电路。为了扩大电流量程,在直流电流测量电路中,选用  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  和  $R_5$  作分流器,组成  $50\mu\text{A}$ 、 $1\text{mA}$ 、 $10\text{mA}$ 、 $100\text{mA}$  和  $500\text{mA}$  等五个量程。设置  $\text{RP}_1$  的目的是为了提高表头支路的电阻。因为每个表头的内阻都不相同,利用  $\text{RP}_1$  进行调整,可给生产和维修带来很大方便。

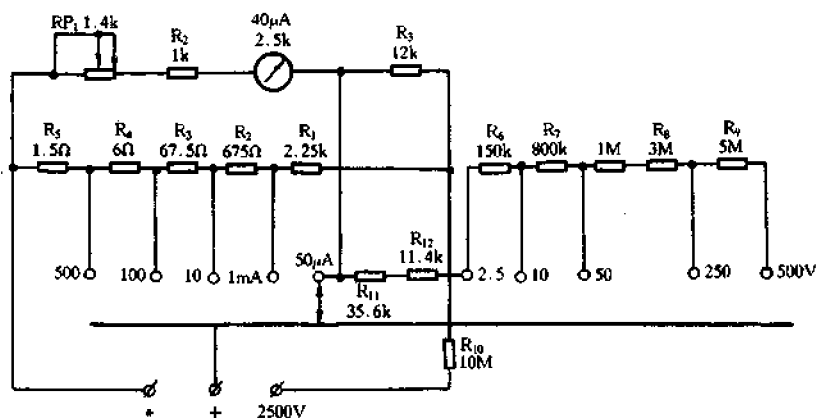


图 7-1 万用表直流电流、电压挡相关电路

由图 7-1 可以看出,在直流电压测量电路中,为了扩大量程,电路中串入了电阻  $R_6$ 、 $R_7$ 、 $R_8$  和  $R_9$ ,从而可实现  $2.5\text{V}$ 、 $10\text{V}$ 、 $50\text{V}$ 、 $250\text{V}$  等多量程直流电压的测量。

常见万用表测量交流电压的电路如图 7-2 所示,它与测量直流电压和电流的原理基本相

似。不同之处是因表头有正负极性,需要把交流变成直流,所以电路中使用两只二极管 2CP11 接成半波整流器。利用这一整流方式的万用表的电压挡,还可用来测量音频电平。

电阻测量电路如图 7-3 所示,从图中可以看出,电路中的 1.5V 电池是  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$  和  $R \times 1k$  的电源,而  $R \times 10k$  挡的电源由 9V 电池提供。电阻量程的转换,是通过转换分流器电阻来实现的。图中的 RP 是  $1.9k\Omega$  电位器,它的功能是用于电阻调 0 $\Omega$ 。

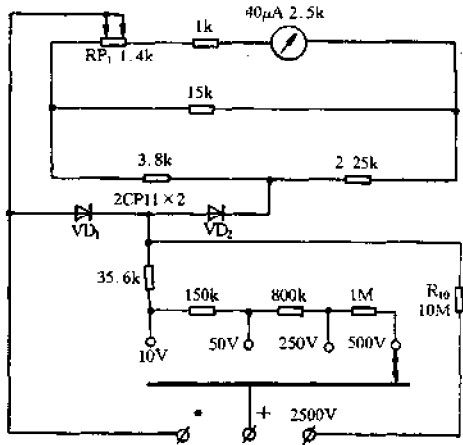


图 7-2 万用表交流电压挡相关电路

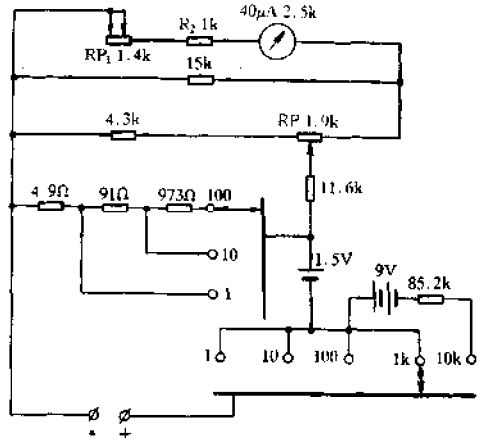


图 7-3 万用表电阻挡电路

当万用表出现所有量程均失效的故障时,可按下述程序重点对公共电路部分进行检查。

### 1. 直观检查

直观检查的项目主要有:表笔是否断线;插头插孔是否接触不良;表头是否损坏;与表头串联的电阻是否开路;晶体二极管是否击穿;公共通路的接头是否断脱或虚焊等。

### 2. 测试表头是否良好

先将被测表头引出线的任一端焊开,另使用一块好的万用表,将其置于  $R \times 100$  挡,用黑表笔接表头正极,用红表笔串联一只  $10k\Omega$  电阻后断续触碰表头负极,如表头指针不动,说明故障出在表头。此时可将表头外壳拆开,检查游丝是否脱落,看是否有虚焊,动圈有无断线,游丝或接头是否碰壳短路等。如手头上没有万用表,也可用一节 1.5V 的干电池串联  $10k\Omega \sim 20k\Omega$  的电阻去触碰表头引线螺丝。方法是,先将电池负极接在表头的负极,然后将电阻的一只引脚接在电池的正极,用电阻的另一只引脚去断续触碰表头的正极,若指针有摆动,说明表头良好;若指针不摆动,则说明表头已经损坏。

进行上述测试时一定要注意,绝对不能在不加串联电阻的情况下,直接用电池的两电极去触碰表头引线,这样会把表头烧坏。同时,还要注意不能将极性搞错。

### 3. 检查公共电路元件

参见图 7-2。可检查  $RP_1$  线圈电阻是否开路 and 虚焊;表笔插孔上的接线是否开焊断路;公共通路上串联的电阻是否虚焊或失效;公共通路上并联的电阻是否损坏。此外,若表头上所接的两只二极管  $VD_1$  和  $VD_2$  击穿短路或变质,也会造成整个量程失效,对其应作重点检查。

## § 7.2 某一量程失效故障的检查方法

万用表某一量程失效是指其中的一个挡位发生故障,导致该挡测量时无指示,而其他量程正常。针对这种故障,可按下述方法进行检查。

### 1. 电阻挡失效,其他量程良好

出现这种故障的主要原因是,电池夹、转换开关接触不良,表内电池可能耗尽,也可能是本量程挡位的电路元件损坏所致。图 7-4 是常见万用表电阻挡的简化电路,如果电路中的  $R_{12}$  断路,调零电位器  $RP$  活动臂接触不良,均可造成电阻挡失效的故障。通过检查,如果确认  $R \times 1M$  挡正常,只有  $R \times 1k$  挡不通,则故障很可能是  $R_{13}$  断路所造成的,只需测量一下其阻值即可见分晓。

### 2. 直流电压挡失效,其他挡良好

图 7-5 是常见万用表的直流电压挡电路。当该挡失效时,应着重检查转换开关接触是否良好,相关电路元件有无虚焊,降压电阻  $R_7$  是否开路。如果 10V、50V 挡正常,而 250V 以上的挡位不通,则肯定是电阻  $R_9$  断路所致,应重点将其从电路板上焊下进行测试。注意,有少数万用表的降压电阻采用并联方式,这类万用表如果出现某一直流电压量程失效故障,则主要原因可能是相关挡的降压电阻断路或转换开关接触不良引起的。

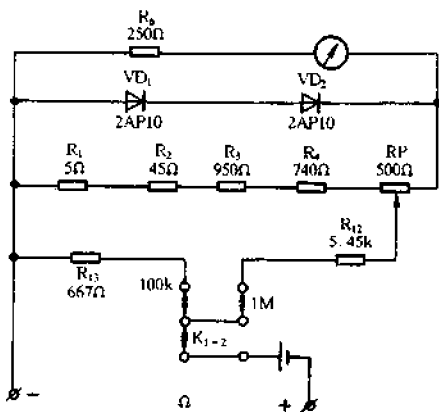


图 7-4 万用表电阻挡简化电路

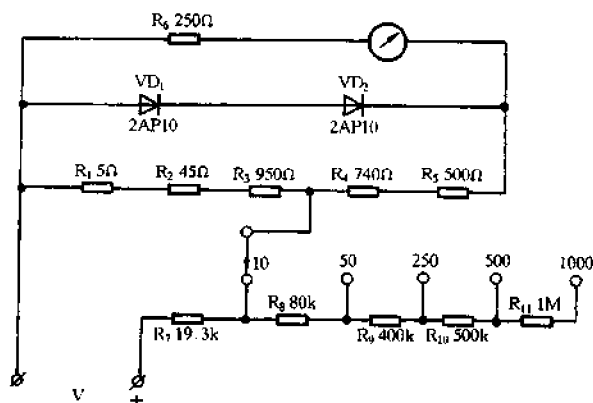


图 7-5 万用表直流电压挡相关电路

### 3. 交流电压挡失效,其他挡良好

常见万用表交流电压挡简化电路如图 7-6 所示。由图可见,如果交流电压挡不正常,其原因可能是,  $VD_1$  短路;  $VD_2$  断路; 转换开关氧化或磨损; “B”点断线或虚焊等。注意,有的万

用表的降压电阻在交流挡与直流挡没有合用,如果最小交流电压量程的降压电阻出现断路现象,也会引起全部交流电压量程失效的故障,因此,在检查时要细心分析和检测,以查出故障点。

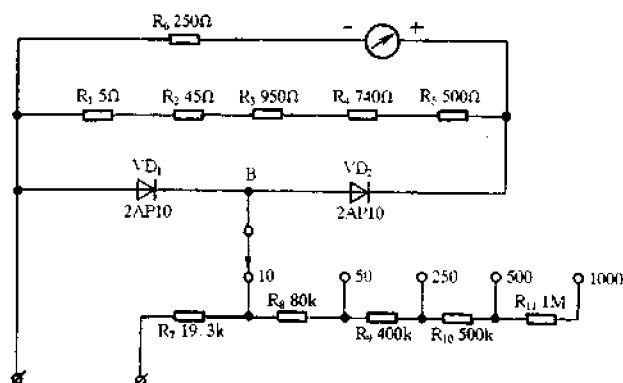


图 7-6 万用表交流电压挡简化电路

## § 7.3 指示不准故障的检查方法

正常的万用表都允许有一定的误差,按出厂的精度等级,从 $\pm 0.1\%$ 至 $\pm 10\%$ 不等。如各挡都有少量误差,可通过调整与表头串联的电位器或表头内磁分流片来校正。倘若误差超过了规定值使指示不准,这说明相关的测量电路有故障。此时,可按下述方法进行检查判断。

### 1. 检查表头机械部分

重点要检查万用表的指针是否有卡碰表盘、平衡或复位不良等现象。可拆开表头外壳,轻轻地吹动指针,观察上下游丝是否平整均匀,指针是否平衡,轴尖与轴承间隙是否适当,铁心与极靴距离、动圈和铁心极靴的距离是否均匀,转动时与极靴铁心有没有摩擦,极靴或铁心上是否吸附有铁屑、灰尘或纤维杂物等。

### 2. 检查电流挡

万用表的电流挡是其他挡的基础,因此,出现各个量程都有误差的故障现象时,首先应从直流电流测量电路各挡着手查起,并从最小的电流量程开始。为了使读数稳定准确,多数万用表的直流电流挡电路中均使用线绕电阻,但阻值较大的个别电阻也有采用碳膜电阻的。线绕电阻一般采用无感绕法,通过的电流过大会烧坏电阻上的绝缘层,发生短路使阻值变小,或烧坏电阻丝发生断路。但线绕电阻一般不会出现阻值变大的现象。对于碳膜电阻,当其通过电流较大时,容易发生断路或阻值变大故障,但碳膜电阻一般不会出现短路或阻值变小的情况。常见万用表直流电流挡的简化电路如图 7-7 所示,如果除电阻挡指示数字偏小外,其余各挡指示数值都偏大,则可能是与表头并联的分流电阻  $R_1$  断路或与表头串联的电阻  $R_4$ 、 $R_6$  等阻值变小。如果电阻挡指示偏大,其余各挡都偏小,那么很可能是与表头并联的分流电阻阻值变小或与表头相串联的电阻阻值变大。可先对相关电阻进行外观检查,看电阻表面有无焦黑、变黄或发霉等现象,然后对有疑问的电阻进行测量,判明其好坏,进而查出故障原因。

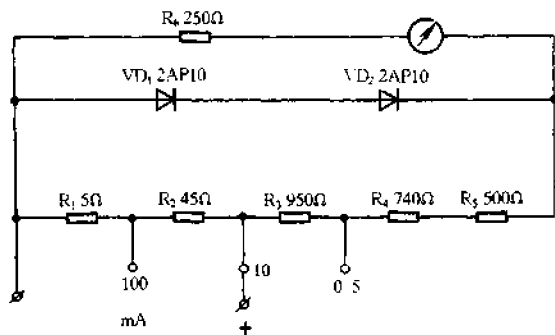


图 7-7 万用表直流电流挡简化电路

### 3. 检查电阻挡

对电阻挡的检查,应重点校验每一电阻量程的中心阻值。中心阻值就是与直流电流刻度的中心值相对应的电阻值。检查时应先测试电池电压是否正常(一般单节电池电压不得低于 1.2V)。校正时最好采用电阻箱。如发现电阻各挡中心阻值都偏大(或偏小),则故障可能发生在电阻测量电路中共用的串联电阻(如图 7-4 中的  $R_{12}$ )。如只有个别量程不准,只需检查该量程转换开关,看是否接触良好,再就是测试

一下串联电阻和分流电阻的阻值,看是否变值。例如  $R \times 100k$  挡不准,可检查图 7-4 中的分流电阻  $R_{13}$  是否损坏。注意,在调整电路中串联的公用可调电阻时,不能仅将其作为调整个别量程用,否则该挡校好了,会影响其他量程。

### 4. 检查直流电压挡

检查时,先要分清是直流电压全部量程都有误差,还是仅个别量程有误差。应弄清楚降压电阻是串联式的,还是并联式的。如果是并联分接式的,则哪一个量程不准,就应检查或更换哪一个量程的降压电阻。倘若降压电阻是串联式的,就应从最小量程的降压电阻开始校正。

### 5. 检查交流电压挡

首先应检查整流元件  $VD_1$  和  $VD_2$ ,看其是否击穿或变质。然后可参照检查直流电压挡的方法,对相关降压电阻进行测试。如果是最高挡有误差,除检查降压电阻外,还要检查高压电路的绝缘情况,看是否有绝缘下降的现象。如各量程的误差都很大,则很可能是整流元件  $VD_2$  击穿,只需测试一下其正反向电阻值便可确诊。

## § 7.4 万用表常见故障简明速查表

表 7-1 列出了万用表常见故障的表现和原因,可供读者检修时速查使用。

表 7-1 万用表常见故障简明速查表

| 故障部位  | 故障表现         | 故障原因  |
|-------|--------------|---|
| 表头    | 摇动表头,指针摆动不正常 | 1. 指针支撑部位卡住;2. 游丝太脏,有粘圈现象;3. 机械平衡失调   |
|       | 不回零          | 1. 轴尖生锈或磨损变钝;2. 轴承锥孔磨损,光洁度降低;3. 游丝弹性疲劳  |
|       | 不平衡误差大       | 1. 仪表过载指针打弯;2. 平衡锤位移;3. 转动部分或其他部位螺钉松动   |
| 直流电流挡 | 指针无指示        | 1. 表头短路;2. 动圈断路;3. 表头串联电阻损坏   |
|       | 各量程误差有正有负    | 1. 表头特性改变;2. 分流电阻某挡焊接不良,电阻阻值变大。出现此情况时一般先为正误差,后为负误差;3. 分流电阻某挡烧坏而短路。出现此情况时一般先为负误差后为正误差。正负误差转化的一挡的分流电阻短路 |

续表

| 故障部位  | 故障表现                        | 故障原因   |
|-------|-----------------------------|--|
| 直流电流挡 | 测量误差大,且各挡都为比例相同的正误差         | 1. 与表头串联的电阻阻值变小或短路;2. 表头灵敏度偏高(例如重绕动圈或换过游丝所致);3. 分流电阻阻值变大 |
|       | 各挡都为比例相同的负误差                | 1. 与表头串联的电阻阻值变大;2. 表头灵敏度降低                               |
| 直流电压挡 | 指针无指示                       | 1. 电压部分转换开关公共接点脱焊;2. 最小量程挡附加电阻损坏或断开                      |
|       | 某挡失效而其他挡正常                  | 转换开关接触不良,或该挡附加电阻脱焊                                       |
|       | 小量程挡误差大,随量程增大误差变小,或某量程显著不准确 | 小量程或某量程附加电阻变值或短路   |
| 交流电压挡 | 指针轻微摆动,指示值极小,读数比实际值小一半左右    | 整流元件损坏   |
|       | 各挡测量值偏低,且为同一误差率             | 整流元件反向电阻阻值变小   |
|       | 小量程误差大,随量程增大而误差变小           | 该挡附加电阻有异常  |
| 电阻挡   | 指针无指示                       | 1. 电池引线断;2. 转换开关触点引线断;3. 调零电位器中心焊点引线断                    |
|       | 指针不能调到零位                    | 1. 电池容量不足;2. 串联电阻阻值变大;3. 转换开关接触电阻增大                      |
|       | 调零时指针跳跃                     | 调零电位器接触不良  |
|       | 某量程误差大                      | 该挡分流电阻有异常  |

## § 7.5 万用表常见故障检修 28 例

### 例 1 指针变形或折断

故障表现:

由于使用不当(例如误用电阻挡或电流挡去测量电压),使表头通过极大电流导致指针打弯变形或折断。

分析检修:

对变形的指针必须加以校正。校正的办法是,打开表壳,用镊子夹住弯曲部位,轻轻地校直,不可用力过大,边校正,边吹动指针,看其能否转动自如,有无摩擦表盘的现象。如指针与表盘摩擦,应进行垂直校正。对折断的指针,可用香烟盒中的铝箔作为套管,用快干胶粘在断针上。但将指针接长后,因重量有所改变,可能失去平衡,所以还需要进行平衡调整。

### 例 2 指针不平衡

故障表现:



万用表指针出现不平衡故障的特征是,当将表水平放置时,指针能指示在零位,但当将表向任一角度抬起时,指针离开零位。例如,使万用表零刻度线垂直于水平面时,指针偏左;当零刻度线平行于水平面时,指针向下偏离,并且超出允许的误差范围。

分析检修:

这种故障是由于以轴尖为支点,由动圈、指针及指针支撑所组合的整体的重心力偏离中心所致。

万用表表头转动部分的零件是不对称的,其重心应与转轴重合。制造仪表时,用配重的方法来实现转动部分重心与转轴的重合。有的配重除了使用易熔金属外,还可在金属上加涂料的方法来微调,这样的涂料年长日久后或蒸发干缩重量减轻,或吸水受潮重量增重,因而使转动部分失去平衡。转动部分不平衡的表头应当重新配重。配重用的材料要无磁性,不吸潮不干缩,如焊锡、铜丝、虫胶、塑料等。涂料一般用指甲油。

万用表常用的配重方式有两种,一种是“十”字形配重;另一种是夹角小于 $90^\circ$ 的“Y”形配重,俗称燕尾形配重。下面分别介绍调整平衡的方法。

### 1.“十”字形配重的调整方法

(1) 将表头水平放置,调好零位。

(2) 将表头零刻度线与水平线平行,如图 7-8(a)所示。这时指针有两种可能,一是指针可能低于零刻度线,二是指针可能高于零刻度线。当偏低时,应将 b 锤向右移动,或将配重焊锡向右移焊;当偏高时,应将 b 锤向左移动,直至指针与零刻度线重合为止。接着再将表头向右旋转 $180^\circ$ ,仍然保持零刻度线与水平线平行,进行复校,若指针发生偏离,应调整 b 锤,使指针指在偏离值的 $1/2$ 处,保证 c、d 锤均通过轴心垂直于水平线。

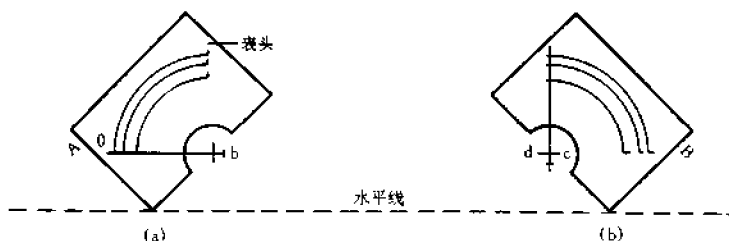


图 7-8 “十”字形配重的调整

(3) 将表头按零刻度线垂直于水平线放置,见图 7-8(b)。当指针偏左时,是由于 d 锤比 c 锤重,这时可增加 c 端的重量或减少 d 端的重量。当指针偏右时,说明 c 锤比 d 锤重,这时可增加 d 端的重量或减小 c 端的重量,直至指针指向零刻度线为止。然后再将表头旋转 $180^\circ$ ,保持 c-d 平行于水平线,若指针发生偏离,再重复上述调整过程,使指针在偏离值的 $1/2$ 处,以保证指针和 b 锤通过轴心垂直于水平线。

### 2.“Y”形配重的调整方法

(1) 将表头水平放置,调好零位。

(2) 如图 7-9 所示,分别将万用表的零刻度线按垂直于水平线、平行于水平线放置,观察指针在两个不同位置时偏离零位的方向,通常指针变化有四种可能。

① 当零刻度线与水平线平行时,有指针偏高或偏低低于零刻度线两种状态。

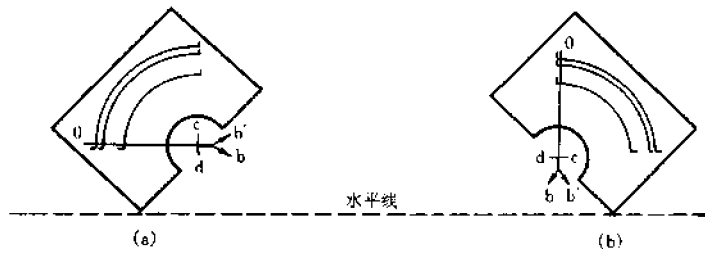


图 7-9 “Y”形配重的调整

- ② 当零刻度线垂直于水平线时,有指针偏左或偏右于零刻度线两种状态。
- ③ 当零刻度线与水平线平行时,有指针指在零刻度线上的情况,而将零刻度线垂直于水平线时,有指针偏左或偏右两种状态。
- ④ 当零刻度线垂直于水平线时,指针指在零位,而转到零刻度线平行于水平线时,指针出现偏高或偏低两种状态。

调整中应根据上述四种可能出现的情况综合分析,确定出合理的调整点。

平衡调整举例。当零刻度线与水平线平行时,指针偏高,如图 7-9(a)所示,这说明  $(b+b')$  比  $a$  重。当零刻度线垂直于水平线时,指针偏右,如图 7-9(b)所示,这说明  $b'$  比  $b$  重(指针必须处于  $1/2cd$ )。根据上述两种情况分析表明,造成不平衡是由于  $b'$  锤重的缘故。因此,适当减小  $b'$  锤的重量就可予以校正。

(3) 复校。若将万用表在  $x$  和  $y$  两个方向调好平衡后(见图 7-10),可将仪表由  $x$  方向转动  $180^\circ$ ,定位于  $x'$  方向,这时会有偏离值存在,但不大,可通过调整  $b$ 、 $b'$  锤,使之成为偏离值的  $1/4$  时即可满足要求。若偏离值过大,可能有机机械故障存在,应予排除。只有当轴尖与轴承间的故障排除后,平衡调整才能取得较好的效果。同样,当将表头由  $y$  方向旋转  $180^\circ$  定位于  $y'$  方向时,指针也会发生偏离,其调整方法同上。

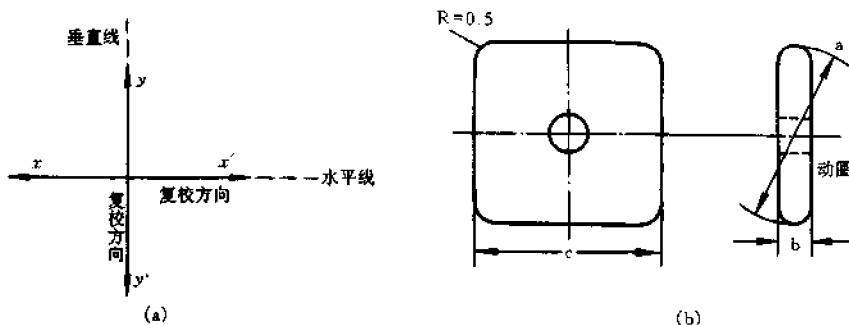


图 7-10 平衡调整的复校方向

平衡的调整是以万用表向任一方向倾斜时,指针均能指在零位为佳,但通常是很难调到这种理想状态的。只要最大误差不超过技术指标规定的基本误差即可。无论那种类型配重的调整,都很难一次成功,其相互间都是互相牵连的,在排除一种不平衡状态时,又会出现另一种不平衡状态。但只要掌握配重体与力点中心的相互关系,并反复认真调整,就会获得满意的效果。

### 3. 注意事项

- (1) 严禁用铁磁材料作配重物。
- (2) 不得用吸潮性强的涂料作配重物。
- (3) 游丝脏污、变形时应予排除。
- (4) 应避免使轴尖、轴承变形的压力存在。
- (5) 表头指针应无机械摩擦。
- (6) 要将配重物焊牢,配重物应力求体积小,并不得与其周围的零件有摩擦现象。同时,要注意不得将配重物粘在动圈上。
- (7) 用电烙铁熔化配重物时,不得用力过猛,以免造成指针支撑件变形。电烙铁头在配重物上停留的时间不得过长,以避免轴尖座与动圈间的胶质被熔化引起轴尖座脱落。
- (8) 操作场所应保持清洁,防止各种灰尘、铁屑或纤维物落入表头内。调节平衡时应保持室内空气相对静止。

#### 例 3 表头游丝变形

故障表现:

由于万用表连续使用(通电)的时间过长,致使表头发热,游丝变形,造成指示数不准。

分析检修:

万用表表头游丝是控制指针偏转的一种装置。对已变形的游丝,可先用小功率电烙铁焊下其外面的一端头,再将固定游丝的装置取下,最后将游丝里面的一端头也焊下,这样即可将游丝取下。校正时,把取下的游丝放在 300W 左右的电烙铁头的平面上(平面应大于游丝直径),然后插上电源,使电烙铁加热,让游丝慢慢地加温,并随时注意游丝形状的变化。当游丝恢复原状时,即刻将炽热的游丝放入冷水中作淬火硬化处理。冷却后将其取出,待水渍干后,即可装回表头。往表头装游丝时,要先装下头,后装上头。装好后还应视情校准指针零位。

#### 例 4 非电路故障引起的交直流挡小范围误差

故障表现:

万用表的各测量电路均正常,但交直流挡均出现小范围误差。

分析检修:

在对万用表维修与计量时,如出现小范围超过允许值的误差,而不属于电路故障时指示不准的问题,可作如下调整:以 500 型万用表为例,在调整直流量程时,先把量程开关拨到  $50\mu\text{A}$  挡,用万用表校验仪送  $50\mu\text{A}$  标准电流。调整  $\text{RP}_1$  电位器的上动片,使表头指示偏差为最小。交流挡误差的调整,是在直流调整之后进行。调整前先把量程选择开关置于 AC10V 挡,用万用表校验仪送 AC10V 标准电压,调整  $\text{RP}_1$  电位器的下动片,将指示偏差调到最小。如果不是表头游丝老化,磁铁失磁太多或其他问题,经过以上方法处理,基本上能够将指示调到允许误差范围之内。必须指出的是,调整指示读数不准的万用表时,应先弄清电路结构,分清误差原因,通过认真分析和研究之后,再对症下药,不要一开始就动手调整可调元件,因为万用表是多用途的复用表,电路之间互有牵连,如果调整不当,将会造成不良后果。

#### 例 5 静电引起指针回零缓慢或不回零

故障表现:

在使用中,万用表的指针回零缓慢,甚至有时停在离“零点”很远的位置。在冬天气候干燥时更是如此。

分析检修:

目前,许多万用表都采用有机玻璃作面罩,具有透明度高(透光率为99%,一般玻璃仅92%)、不易破碎等优点。但也有易产生静电等缺点。由于万用表的指针很轻,当面罩存在静电时,有将指针吸住的可能。这时轻则读数不准,重则便出现指针不能回零的现象。

修复此类故障时,可取一块湿布(以不滴水为宜),轻轻在有机玻璃表面擦拭,直至使指针回零正常。也可用干布蘸防静电剂擦拭。若经擦拭仍不能排除故障,应将面罩取下,放入清水中洗涤,然后将面罩晾干,装回原位即可。此外,用5%的新洁尔灭(西药水)对30%的蒸馏水涂刷面罩内外两面,晾干后也有防静电的作用。

注意,千万不能用酒精、香蕉水、汽油等清洗或擦拭万用表的有机玻璃面罩,否则,会使面罩“发毛”或“溶胀”。更不能用三氯甲烷、丙酮等有机玻璃的溶剂清洗或擦拭面罩,因为它们会引起面罩变形,使其报废。

### 例6 更换保险管后R×1挡不能调零

故障表现:

一只装有保险管的万用表,因操作不当将保险管烧毁,但换上相同规格的保险管后,发现R×1挡不能正常调零和使用,但其他挡调零未发现异常。

分析检修:

产生这种现象多是由于所换保险管电阻比原保险管电阻大得多的缘故。一般万用表所用保险管规格多为0.5A/0.5Ω~0.5A/0.8Ω。在R×1挡调零时,电流较大,多约几十毫安。若以50mA计算,则在保险管上的压降仅0.025~0.04V,对电路影响极小,可忽略不计。但如果所换保险管质量不佳,电阻较大,那么在其上的压降就会对电路产生不可忽视的影响。例如,假设保险管电阻大于6Ω,某万用表使用1.5V电池,其R×1挡调零时的电流仍以50mA计算,则保险管上的压降将为 $0.05 \times 6 = 0.3(V)$ ,这就相当于电池电压下降了0.3V,所以将引起R×1挡不能调零的现象。但对于其他电阻挡,调零时电流很小(R×10挡也仅几毫安),由保险管引起的压降显得微不足道,所以仍然能正常调零使用。

经验证明,电阻大于10Ω的劣质保险管屡见不鲜,有个别保险管的电阻甚至达20Ω之大。所以,在更换保险管时,除了注意电流值外,还应实测所换保险管的电阻,其值应等于或接近于原保险管的电阻,以免造成R×1挡调零失常。

### 例7 电阻挡调零时指针游移不定

故障表现:

在进行电阻调零时,指针来回摆动不已,左右游移不定。

分析检修:

造成万用表电阻调零时指针游移不定的原因主要有以下几点。

#### 1. 电池严重衰竭或耗尽

通常,万用表R×1k及以下挡使用1.5V电池,若发现在调零时指针持续缓慢左移,则基本可断定是电池电量耗尽使其内阻增大所致。当电池用久电量严重不足时,其电动势随调零

过程逐渐下降,电池内阻也同时逐渐增大。随着通电进程,电池已无供给满度电流的能力,于是指针缓缓左移。这种现象常在  $R \times 1$  或  $R \times 10$  挡出现。 $R \times 10k$  挡多是采用 9V、15V 或 22.5V 叠层电池。由于  $R \times 10k$  挡电流仅在 0.1mA 左右,其高压电池可用几年,所以不要轻易怀疑此挡电池耗尽,随便将其更换。

检查电池新旧可采用“直接测量”或“间接测量”法。

“直接测量”如图 7-11(a)所示。先将电池取出,用该万用表 DC2.5V 挡直接测量其电压值,应在 1.2V 以上。然后,将该万用表置于最大直流电流(例如 500mA)挡,把黑表笔固定接在电池的负极上,用红表笔瞬时碰触电池正极,如图 7-11(b)所示,应看到指针偏转到 0.2A 以上,否则说明电池已基本耗尽,不能使用。这是在测量电池的“短路”电流,目的是检查电池是

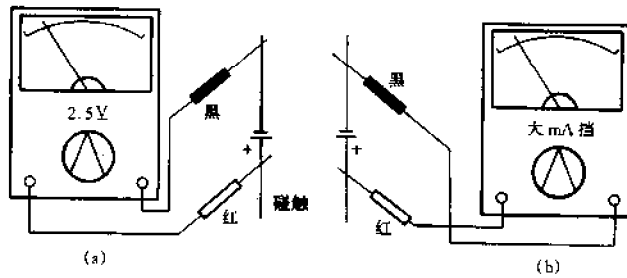


图 7-11 直接测量万用表电池的方法

否能给出最小电阻挡所需的最大电流(一般在 0.1A 级)。注意,叠层电池(又称积层电池)不宜用此法测量短路电流。这是由于叠层电池正常使用的平均电流很小(如 4F22 和 6F22 仅 10mA),如测量短路电流,会大大超过这个值而使电池寿命大大缩短。这也是在叠层电池上标示“只可测电压、不可测电流”的原因。耗尽的电池往往伴有发软、局部鼓起、锌皮裂开等现象。

“间接测量”是指勿须打开万用表后盖取出电池即可检查电池新旧的方法。下面介绍两种具体测量方法。

方法一:

第一步,如图 7-12(a)所示。将一只万用表(称表 I)拨至 DC2.5V 挡,将待测电池的万用表(表 II)拨至电阻最低挡(如  $R \times 1$  挡),两只万用表的表笔红、红相接,黑、黑相接,此时,表 I 的电压示值即为表 II 的电池电压;表 II 指针仅微微偏转,其示值为表 I 该挡的内阻。注意,不能用此法直接测量高阻挡( $R \times 10k$  挡)的高压电池电压。

第二步,如图 7-12(b)所示。将表 I 拨至最大直流电流挡(例如 500mA),表 II(被测电池表)仍置于电阻最低挡,此时,表 I 应测得电

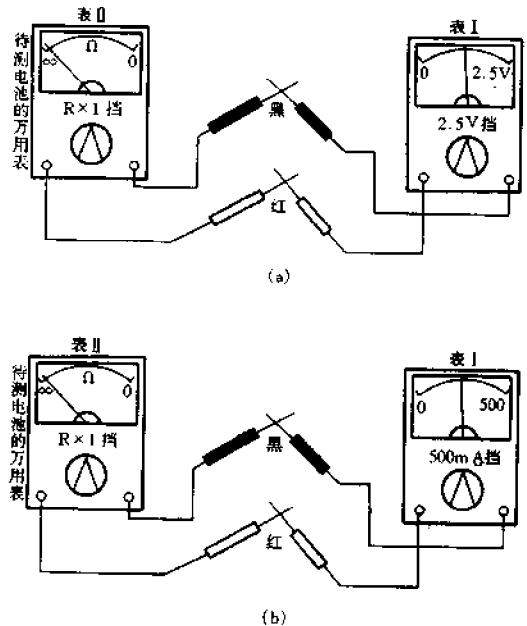


图 7-12 间接测量表内电池的方法

流值约为  $\frac{1.2}{R_0 + R}$  (A), 否则说明电池已耗尽。式中  $R_0$  为表 II “R×1”挡内阻, 即中心阻值,  $R$  为表 I 该电流挡内阻, 1.2 为所设表 II 的旧电池电压; 如  $R_0 = 10\Omega$ ;  $R = 2\Omega$ , 则应有 0.1A 的电流。

方法二:

如图 7-13(a)所示。将待测电池的万用表拨至最小电阻挡(如 R×1 挡), 对准备好的漏电流小的大容量电解电容(一般应大于  $100\mu\text{F}$ )充电几秒钟后取下, 再如图 7-13(b)所示, 将万用表迅速拨至 DC10V 挡测量电解电容两端电压, 其初始值即为表内电池的电压。若用 DC2.5V 挡测量, 电容放电将很快(特别是内阻小的表), 不易测出准数值。由于指针的惯性, 不能误以为指针开始达到的最大值就是电容电压。若用此法检查 R×10k 挡的电池, 因充电时间太长, 并不方便。此法的另一缺点是, 不能查出电池能输出的最大电流。注意, 这里略去了电池的内阻等因素, 但如电池将耗尽, 则电池内阻不可忽略, 这时的示值将减小。

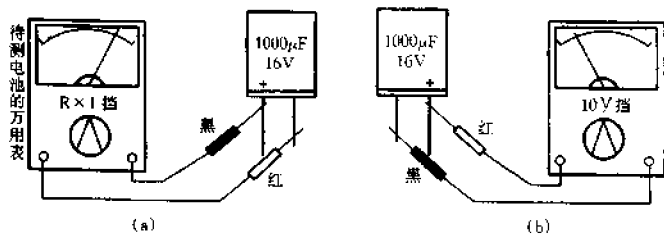


图 7-13 用电解电容检测表内电池

经上述检测后, 若确定电池已旧, 便可更换电池, 最好是用原型号的电池直接更换, 并注意不要将正负电极接反。

大万用表的 R×1k 挡及以下挡多用 1 号电池, 容量大(2Ah)、内阻小(约  $0.5\Omega$ ); 小表多用 5 号电池, 容量小( $0.2\text{Ah}$ )、内阻稍大(约  $1\Omega$ ), 也有用 2 号电池( $0.5\text{Ah}/0.8\Omega$ )的。对于采用 5 号电池的万用表, 若不考虑体积, 可用 1 号电池代换, 但要在 R×1 挡串一个  $0.5\Omega$  的电阻, 以免引起 R×1 挡新的误差。相反, 若用 5 号电池代替 1 号电池, 则应将两节并联使用。

高压小体积叠层电池的内阻比较大, 为几十至几百欧左右(具体值视型号而异)。若不考虑体积, 可用多节 5 号电池串联代替, 这时应串上几十至几百欧的电阻, 可用与准确表分别测量同一电阻比较指针位置的方法确定具体值。

## 2. 接触不良故障

接触不良故障主要包括, ①电池与簧片间接触不良; ②表笔插头与插孔间接触不良; ③转换开关触片与触点间接触不良; ④调零电位器动片与触点间接触不良。

检查判别此类故障时, 可将两表笔短接, 调节调零旋钮使指针指向(或尽可能指向)  $0\Omega$ , 这时用手指轻敲表壳或移动表体, 若指针左右大幅度无规律摆动, 则原因是①, 可用砂纸除锈。对原因③、④, 可将少许轻质油(如缝纫机油)滴于触点处即可。对于原因②, 可采用以下四种方法之一进行处理, 一是将插头表面用电烙铁均匀镀锡, 使其略加粗, 但应注意先焊下表笔线, 旋下塑料帽, 以免镀锡时将塑料烫坏; 二是将中间有裂缝的插头掰开一点, 并同时加进一小橡皮筋; 三是将插头略加弯曲后, 再插入插孔; 四是在插孔内加一细橡皮筋, 将插头挤紧。

## 3. 轴承质量不佳或未调节好

对于此类故障, 仍可采用上述短接两表笔后敲动表壳的方法予以判别。如指针仅随敲击

或左或右小幅度移动,且敲一次动一次,则其故障大多是由于轴承质量不佳或调节不好造成的。若要进一步核实,则可在电压、电流挡时做类似的敲击试验,如仍有上述现象,则确诊无疑。这种故障常见于一些低挡表和一些中挡表。排除此类故障时,可先试调节轴承螺丝松紧,看故障现象是否能消除。经调节后,若故障仍存在,则说明轴承质量低劣。有时交换上下轴承也可消除此类故障。

#### 4. 调零电位器选配不当

在使用中,有时在电阻调零时会发现指针游移、跳跃不稳,不是在  $0\Omega$  左侧就是在  $0\Omega$  右侧,似乎偶然才能对准  $0\Omega$ 。这种现象是由于调零电位器选配不当(单位长度阻值过大)所致,通常在劣质表或低挡表中常见。遇到这种情况,可更换电位器,但换电位器后应注意兼顾各挡是否都能调零。

#### 例 8 唯独 $R \times 1$ 挡不能调零

故障表现:

其他电阻挡均能调零且能正常使用,唯独  $R \times 1$  挡不能调零。特别是体积较小的万用表,出现这种现象更为常见。

分析检修:

这种故障是由于表内  $1.5V$  电池耗尽所造成的。当电池电量耗尽时,不能提供  $R \times 1$  挡调零时所需的几十毫安电流,而仍能提供其他挡调零时所需的几毫安电流。例如,对 MF47 型万用表,其  $R \times 1$  挡调零时,通过表内分流电阻( $20.5\Omega$ )的电流达  $73mA$ ,这是电能耗尽的电池所无法提供的。

体积较小的万用表,一般采用 2 或 5 号电池供电,其电量比 1 号电池更小,电能更容易耗尽,所以更易出现唯独  $R \times 1$  挡不能调零的现象。

排除此种故障的办法是更换电池。

顺便一提的是,若尽可能减少  $R \times 1$  挡的使用,可有效延长电池的使用寿命。

#### 例 9 怎样替换烧坏的电阻

故障表现:

由于使用万用表时操作不当,造成表内某个电阻烧坏,相关的挡位出现失灵或测量误差。

分析检修:

万用表内部的电阻烧坏后,一般多表现为电阻体表面出现烧焦的痕迹,可通过直观检查找到损坏的电阻。当查出烧坏的电阻或者要制作新电阻时,均应考虑电阻的阻值、功率、误差、体积是否合适。如电阻是用于高压电路,还应考虑其耐压是否满足使用要求。

大值电阻一般可用碳膜或金属膜电阻替换,误差应不大于  $\pm 1\%$ 。但有时可能找不到专用的非标称的精密电阻,这时就可在体积允许的前提下采用电阻串联或并联的方法进行修复。例如,在 MF28-A 型万用表内,有一只  $666\Omega$  的非标电阻,用  $(620 + 47)\Omega$  标称电阻串联替代,仅差  $1/667$ 。

在采用并联电阻的方法时,可利用“并阻定理”来加快并联时选择所需电阻的速度。并阻定理的定义为,大小两电阻并联后的总电阻,大于小电阻的一半,而小于两电阻和的四分之一(或叙述为小于两电阻一半之和的一半)。用数学式表示为

$$\frac{R_{小}}{2} < R < \frac{R_{小} + R_{大}}{4} = \frac{1}{2} \left( \frac{R_{小} + R_{大}}{2} \right)$$

例如,将一只  $15\Omega$  的电阻与一只  $22\Omega$  的电阻并联,不用电阻并联公式,而直接利用并阻定理即可算出并联后的总电阻,其值为:  $\frac{15}{2} < R < \frac{15+22}{4}$ , 即  $7.5(\Omega) < R < 9.25(\Omega)$ 。

小值电阻一般可视情采用下述两种方法之一获得。

方法一:

用多只精密电阻并联,达到要求的阻值及功率。例如,需要一只  $0.5\Omega/2W$  的电阻,可用四只  $2\Omega/0.5W$  的电阻并联使用。

方法二:

用锰铜丝绕制,最好是漆包锰铜丝。如无锰铜丝,也可用电熨斗芯、电炉丝、线绕电阻上的电阻丝来代用。绕制前经老化处理则阻值更为稳定。方法是,将电阻或电阻丝置于约  $140^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘  $6\sim 8$  小时,再渐降至室温(其过程约  $2\sim 3$  小时),再保存约两周即可。绕制之前,最好用电桥测量有效长度,因为所用小值电阻如相差  $0.1\Omega$ ,即可引起万用表很大的相对误差,例如制作  $1\Omega$  的电阻,其相对误差就达  $10\%$ ,这是不容忽视的。测量好电阻丝的有效长度后作上记号,再在两头各加长  $10\sim 15\text{mm}$  作焊接固定用。

具体制作方法如图 7-14 所示。绝缘板可用胶木或环氧树脂板,最好不用纸基板或其他热塑性塑料板。应注意右边一枚焊片要在绕好电阻丝后再用铆钉铆上。最后,将电阻线与焊片用锡焊牢。若有新电炉丝,可将其略拉长且使两圈间不相碰,再取合适的一段,直接套在一粗细合适的大值电阻上,两端绕在电阻引脚上焊后引出即可使用。

注意,不能用铜丝绕制小值电阻。这是由于:(1)铜的电阻率小,要绕很多圈才能达到要求阻值,这时电感已不可忽略,而电感的存在会影响交流测量的准确性;(2)电阻值随温度变化很大,从而使稳定性较差。

此外,有的电阻在焊接后阻值可能会发生改变,所以应进行必要的复查,特别是对要求较高的电阻,更应复查,以确保其阻值的准确。表 7-2 列出了三种电阻丝的一些参数,供读者参考。

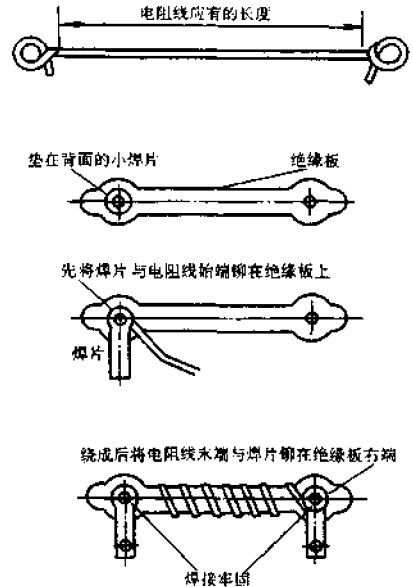


图 7-14 制作小值电阻的方法

表 7-2 康铜、锰铜及镍铬合金裸线规格 ( $20^{\circ}\text{C}$ )

| 直径<br>(mm) | 截面积<br>( $\text{mm}^2$ ) | 每米电阻值( $\Omega/\text{m}$ ) |        |        | 每公斤长度(m/kg) |          | $5\text{A}/\text{mm}^2$ 下的<br>容许载流量(mA) |
|------------|--------------------------|----------------------------|--------|--------|-------------|----------|---|
|            |                          | 康铜                         | 锰铜     | 镍铬     | 康铜、锰铜       | 镍铬       |   |
| 0.025      | 0.00049                  | 958.01                     | 937.63 | 2242.6 | 234289.7    | 248575.6 | 2.45                                    |
| 0.03       | 0.000706                 | 665.25                     | 651.09 | 1556.9 | 162692.8    | 172613.1 | 3.53                                    |



续表

| 直径<br>(mm) | 截面积<br>(mm <sup>2</sup> ) | 每米电阻值( $\Omega/m$ ) |        |        | 每公斤长度(m/kg) |         | 5A/mm <sup>2</sup> 下的<br>容许载流量(mA) |
|------------|---------------------------|---------------------|--------|--------|-------------|---------|------------------------------------|
|            |                           | 康铜                  | 锰铜     | 镍铬     | 康铜、锰铜       | 镍铬      |                                    |
| 0.04       | 0.001256                  | 374.20              | 366.24 | 875.79 | 91514.75    | 97094.9 | 6.30                               |
| 0.05       | 0.001962                  | 239.49              | 234.39 | 560.50 | 58569.4     | 62140.7 | 9.80                               |
| 0.06       | 0.002826                  | 166.31              | 162.77 | 389.24 | 40673.2     | 43153.2 | 14.15                              |
| 0.07       | 0.003846                  | 122.20              | 119.60 | 286.01 | 29886.2     | 31708.5 | 19.30                              |
| 0.08       | 0.005024                  | 95.550              | 91.56  | 218.94 | 22878.6     | 24273.7 | 25.20                              |
| 0.09       | 0.006358                  | 73.923              | 72.349 | 173.01 | 18078.4     | 19180.7 | 31.80                              |
| 0.10       | 0.007850                  | 59.872              | 58.598 | 140.12 | 14642.3     | 15535.1 | 39.20                              |
| 0.12       | 0.0011304                 | 41.578              | 40.693 | 97.310 | 10168.3     | 10788.3 | 56.55                              |
| 0.13       | 0.0013266                 | 35.428              | 34.675 | 82.918 | 8664.4      | 9192.7  | 66.50                              |
| 0.14       | 0.015386                  | 30.547              | 29.897 | 71.493 | 7470.6      | 7926.1  | 77.00                              |
| 0.15       | 0.017662                  | 26.610              | 26.043 | 62.278 | 6507.7      | 6904.5  | 88.40                              |
| 0.16       | 0.020096                  | 23.387              | 22.890 | 54.737 | 5719.6      | 6068.4  | 100.5                              |
| 0.17       | 0.022686                  | 20.717              | 20.276 | 48.486 | 5066.5      | 5375.4  | 113.4                              |
| 0.18       | 0.025434                  | 18.479              | 18.086 | 43.249 | 4519.2      | 4794.8  | 127.5                              |
| 0.19       | 0.028338                  | 16.585              | 16.232 | 38.816 | 4056.1      | 4303.8  | 144.2                              |
| 0.20       | 0.0314                    | 14.968              | 14.649 | 35.009 | 3660.5      | 3883.7  | 157.0                              |
| 0.23       | 0.04152                   | 11.318              | 11.077 | 26.489 | 2767.9      | 2936.7  | 207.6                              |
| 0.25       | 0.04906                   | 9.5801              | 9.3762 | 22.426 | 2342.8      | 2485.7  | 245.5                              |
| 0.27       | 0.05722                   | 8.2129              | 8.0382 | 19.223 | 2028.6      | 2131.0  | 286.1                              |
| 0.28       | 0.06154                   | 7.6368              | 7.4743 | 17.873 | 1867.6      | 1981.5  | 307.7                              |
| 0.30       | 0.07065                   | 6.6525              | 6.5109 | 15.569 | 1626.9      | 1726.1  | 354.0                              |
| 0.32       | 0.08038                   | 5.8469              | 5.7225 | 13.684 | 1429.9      | 1517.1  | 401.9                              |
| 0.35       | 0.09616                   | 4.8375              | 4.7835 | 11.438 | 1195.2      | 1268.1  | 481.0                              |
| 0.37       | 0.10746                   | 4.3734              | 4.2804 | 10.235 | 1070.6      | 1134.7  | 537.3                              |
| 0.38       | 0.11335                   | 4.1463              | 4.0583 | 9.7041 | 1014.0      | 1075.8  | 566.8                              |
| 0.40       | 0.1256                    | 3.742               | 3.6624 | 8.7579 | 915.15      | 970.94  | 630.0                              |
| 0.45       | 0.1589                    | 2.9567              | 2.8938 | 6.9199 | 723.09      | 767.18  | 795.0                              |
| 0.50       | 0.1962                    | 2.3949              | 2.3439 | 5.6050 | 585.69      | 621.40  | 980.0                              |
| 0.55       | 0.2374                    | 1.9792              | 1.9371 | 4.6322 | 484.03      | 513.55  | 1190                               |
| 0.60       | 0.2826                    | 1.6631              | 1.6277 | 3.8924 | 406.73      | 431.53  | 1415                               |
| 0.70       | 0.3846                    | 1.2220              | 1.1960 | 2.8601 | 298.86      | 317.08  | 1925                               |
| 0.80       | 0.5024                    | 0.9355              | 0.9156 | 2.1894 | 228.78      | 242.73  | 2515                               |

续表

| 直径<br>(mm) | 截面积<br>(mm <sup>2</sup> ) | 每米电阻值(Ω/m) |        |        | 每公斤长度(m/kg) |        | 5A/mm <sup>2</sup> 下的<br>容许载流量(mA) |
|------------|---------------------------|------------|--------|--------|-------------|--------|------------------------------------|
|            |                           | 康铜         | 锰铜     | 镍铬     | 康铜、锰铜       | 镍铬     |                                    |
| 0.90       | 0.6358                    | 0.7392     | 0.7234 | 1.7301 | 180.78      | 191.80 | 3180                               |
| 1.00       | 0.785                     | 0.5987     | 0.5859 | 1.4012 | 146.42      | 155.35 | 3925                               |
| 1.20       | 1.1304                    | 0.4157     | 0.4069 | 0.9731 | 101.68      | 107.88 | 5650                               |
| 1.40       | 1.5386                    | 0.3054     | 0.2989 | 0.7149 | 74.70       | 79.26  | 7930                               |
| 1.60       | 2.0096                    | 0.2338     | 0.2289 | 0.5473 | 57.19       | 60.68  | 10050                              |
| 1.80       | 2.5434                    | 0.1847     | 0.1808 | 0.4324 | 45.19       | 47.94  | 12750                              |
| 2.00       | 3.1415                    | 0.1476     | 0.1464 | 0.3500 | 36.60       | 38.83  | 15710                              |
| 2.30       | 4.1526                    | 0.1131     | 0.1107 | 0.2648 | 27.67       | 29.36  | 20760                              |
| 2.60       | 5.3066                    | 0.0885     | 0.0866 | 0.2072 | 21.66       | 22.98  | 26630                              |
| 3.00       | 7.065                     | 0.0665     | 0.0651 | 0.156  | 16.26       | 17.26  | 35350                              |
| 3.20       | 8.038                     | 0.0584     | 0.0572 | 0.1368 | 14.29       | 15.17  | 40190                              |
| 3.50       | 9.616                     | 0.0483     | 0.0478 | 0.1143 | 11.95       | 12.68  | 48080                              |
| 4.00       | 12.56                     | 0.0374     | 0.0366 | 0.0875 | 9.15        | 9.70   | 62800                              |
| 4.50       | 15.89                     | 0.0295     | 0.0289 | 0.0691 | 7.23        | 7.67   | 78450                              |
| 5.00       | 19.62                     | 0.0239     | 0.0234 | 0.0560 | 5.85        | 6.21   | 98100                              |
| 5.50       | 23.74                     | 0.0197     | 0.0193 | 0.0463 | 4.84        | 5.13   | 118700                             |
| 6.00       | 28.26                     | 0.0166     | 0.0162 | 0.0389 | 4.06        | 4.31   | 141300                             |
| 6.50       | 33.16                     | 0.0141     | 0.0138 | 0.0331 | 3.46        | 3.64   | 165800                             |
| 7.00       | 38.46                     | 0.0122     | 0.0119 | 0.0286 | 2.98        | 3.17   | 192300                             |
| 8.00       | 50.24                     | 0.0093     | 0.0091 | 0.0218 | 2.28        | 2.42   | 251200                             |

说明:

①表中相关数据以康铜(镍铜)、锰铜、镍铬三种电阻合金线的电阻率分别为  $4.7 \times 10^{-7}$ 、 $4.6 \times 10^{-7}$ 、 $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$  计算。

②三种合金线的每一种组成成分略有差异,因而有不同的电阻率。例如,一种康铜(54%铜+46%镍)的电阻率为  $5.0 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ ,而一种锰铜(85%铜+3%镍+12%锰)的电阻率则为  $4.4 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ 。

③由于康铜(电阻率范围为  $4.5 \times 10^{-7} \Omega \cdot m \sim 5.2 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ )含镍价高,故后来有一种不含镍的“新康铜”出现,其电阻率与康铜相似,在  $4.5 \sim 5.2 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$  间。

④表中未列出每  $\Omega$  电阻线的长度,但可由公式  $L = \frac{S}{\rho}$  算出。例如,直径为 0.025mm 的康铜线(电阻率  $\rho = 4.7 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ ),则每  $\Omega$  长度

$$L = \frac{(0.025/2)^2 \times 3.14}{4.7 \times 10^{-7}} \approx 0.104(m)$$

### 例 10 读数始终偏大或偏小

故障表现:

进行测量时,万用表的读数始终偏大或始终偏小。

### 分析检修:

通常,高灵敏度表头的满偏电流都小于由它制作的万用表最小直流电流挡的量程(例如MF30型万用表用 $40.6\mu\text{A}$ 的表头,其最小直流电流挡为 $50\mu\text{A}$ ),所以都要在表头回路中接一可调电阻来降低灵敏度,将其调至符合要求为止。这是为了便于用有离散性的表头成批生产万用表。由于所串入的这一可调电阻各挡都要用到,所以一旦它的性能不良,就会使各挡读数均偏离正常值。另外,当表头磁钢磁场强度及其磁分路参数发生改变时,会直接影响表头的灵敏度,同样会引起各挡都有偏差。还有,若电路出现故障,也可能引起读数偏大或偏小的现象。

当各挡读数都偏小时(指针指在正常值之左,但对反向刻度的电阻挡等则是偏大),多是由于磁钢磁场强度减弱、磁分路短路环偏移或前述可调电阻值变大(变质或剧震后移位)所致。磁场减弱可采用加装小磁铁的方法予以修理。方法是,将万用表置于 $R \times 1k$ 挡,使两表笔短接,调节电阻调零器使指针指到 $0\Omega$ 左边一点,然后用一小磁铁选择适当位置贴在表头磁钢上增加磁力,直至指针指向 $0\Omega$ 右边一点。再旋至某电压挡与准确表同测一电压,并调整磁分路使两表读数相同为止,最后用粘合剂将小磁铁粘牢,干后装入表壳之前,应核对并再调磁分路。

此外,有时误用量程使指针受到猛烈冲击,同时也烧坏保险丝,更换保险丝后试测,也会出现各挡读数偏小的现象。这有可能是游丝在受到猛烈冲击后与附近的焊片等勾住,使其有效长度减小而反作用系数变大所致,这时应用镊子小心轻拨将其复原。

各挡读数都偏大时,其原因与读数偏小正好相反,但一般不存在磁钢磁场强度自然增大的情况。电阻变质阻值变小的情况一般只有在严重受潮后才有可能发生。磁分路位移和可调电阻震松后阻值变小的修理方法基本与读数偏小的修理方法相同。电阻受潮时,可用电吹风吹干,也可将整个表在 $100^\circ\text{C}$ 左右的温度下烘干。

此外,读数偏大还可能是由于电路异常所引起。图7-15为电阻挡原理图, $R$ 代表一系列分流电阻(分别供各挡用),显然,当 $R$ 断路时, $I_2 = 0$ , $I_1$ 会增大,从而使流过表头的电流增大而使读数偏大。 $R$ 通常多为康铜丝绕制的线绕电阻,在维修实践中,常遇到该电阻锈蚀而断裂的现象,从而造成读数偏大的故障。此外,还可能有 $R$ 断路而出现不能调零的现象。最后,游丝变软也可能引起各挡值都偏大。遇此情况,可更换游丝。但这种情况是不多见的。

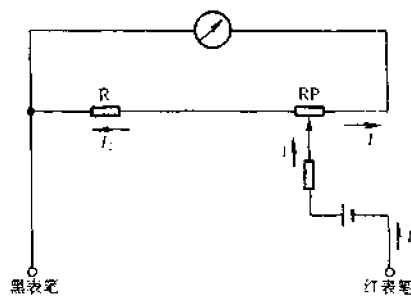


图 7-15 电阻挡电路原理

### 例 11 表头动圈损坏后的修复方法

#### 故障表现:

表头动圈是用细漆包线绕成的,过载时很容易损坏。表头线圈损坏后,万用表的所有量程将均无指示。

#### 分析检修:

判断表头动圈通断的简便方法是,首先将万用表转换开关拨在直流电流最小量程挡,然后把黑表笔与铝质物接触,用一只手的拇指和食指把它们捏紧,再用另一只手的拇指和食指捏紧红表笔,这时指针就应有指示,如果将两手捏紧处润湿,指示就大些。假使再把捏红表笔的手指去触及铝质物(注意,表笔不可与它短路),则指示值更大。这个方法适用于最小量程在 $1\text{mA}$ 以下的绝

大多数表头,若大于 1mA,则此法无效。应用这个方法,对于 100 $\mu$ A 挡,可指示到 20 $\mu$ A 以上,1mA 挡亦可指示一格左右。进行上述试验时,如果指针纹丝不动,则说明动圈已断路。

表头动圈损坏时,有时故障出在外层,经细心查找断头焊好后,若仍能保持原来特性,则不必重绕。

对于内部断路的动圈,需重新绕制。重绕动圈时必须查清原来的匝数和漆包线直径,应采用同规格的漆包线绕制。如实在无相同直径的导线,在载流量允许的情况下,可用相近的稍细的漆包线代替,但不能用较粗的漆包线绕制,否则会使动圈体积和重量增大而降低万用表质量。

绕制表头动圈的方法如下。

按原动圈尺寸做一副模架。图 7-16(a)为模架组成图,(b)为装配图。在业余条件下,模架不一定做得十分规范,只要能在其上绕动圈就行。为便于脱模,绕前可在模具表面涂一层凡士林。将模架装于绕线机上用规定线径的漆包线绕规定圈数,可每两层涂一些粘合胶(如万能胶)。绕好后将线头末端固定绕在模具螺栓⑤上,以防散开。然后带模放进 120~140 $^{\circ}$ C 的烘箱中烘烤 4~5 小时后成形取出,趁热小心用镊子将线圈从模架脱出。烘烤时温度不宜过高,以免损坏漆包线的绝缘漆层。线圈脱模后应立即浸入硝基清漆中浸泡 1 分钟左右,然后用细线悬于烘箱中(约 60~80 $^{\circ}$ C)烘 1 小时。从烘箱中取出后,测量线圈应通路,最后装轴尖座与游丝等复原即可。

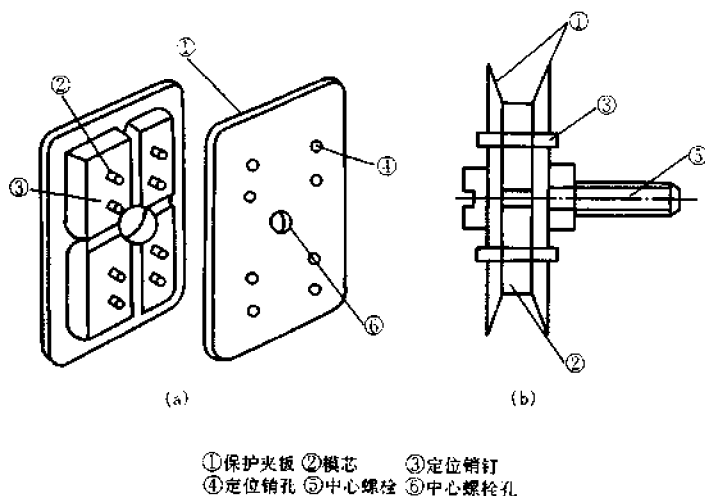


图 7-16 无框架动圈模具的组成及装配

表 7-3 列出了各型万用表的表头主要参数,供维修时参考。

表 7-3 各型万用表表头参数

| 型 号    | 表头灵敏度<br>( $\mu$ A) | 表头内阻<br>( $\Omega$ ) | 动圈匝数 | 线 径<br>(mm) | 游丝力矩(mg·cm/90 $^{\circ}$ ) |              |
|--------|---------------------|----------------------|------|-------------|----------------------------|--------------|
|        |                     |                      |      |             | 上游丝<br>外径·力矩               | 下游丝<br>外径·力矩 |
| 100    | 89                  | 1000                 | 1100 | 0.03        | 5.6                        |              |
| 105    | 400                 | 300                  | 300  | 0.04        |                            |              |
| 105 大芯 | 60                  | 1600~2800            | 1400 | 0.03        |                            |              |

续表

| 型 号    | 表头灵敏度<br>( $\mu\text{A}$ ) | 表头内阻<br>( $\Omega$ ) | 动圈匝数    | 线 径<br>(mm) | 游丝力矩(mg·cm/90°) |              |
|--------|----------------------------|----------------------|---------|-------------|-----------------|--------------|
|        |                            |                      |         |             | 上游丝<br>外径·力矩    | 下游丝<br>外径·力矩 |
| 105 大芯 | 120                        | 800                  | 800     | 0.04        | 17.19           |              |
| 105 内磁 | 160                        | 1000                 | 1000    | 0.04        |                 |              |
| 106    | 135                        | 950                  | 800     | 0.03        | 17.17           |              |
| 108-1  | 63.5                       | 1850                 | 1000    | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| 108-T1 | 60                         | 2200                 | 1100    | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| 108-T2 | 40+1                       | 2600                 | 1500    | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| 500    | 40±0.5                     | 2500±200             | 1500±10 | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| 500 新  | 40±0.5                     | 2050±150             | 1200±10 | 0.03        | 9×14            | 9×14         |
| 501 老  | 400                        | 300                  | 350     | 0.05        | 9×21            | 9×14         |
| 501 新  | 300                        | 400                  | 400     | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| 501 最新 | 200                        | 600                  | 600     | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| 505 半波 | 75-1                       | 1000                 | 1350    | 0.03        | 8×9             | 8×5          |
| 505 全波 | 90                         | 1000                 | 1000    | 0.03        | 8×9             | 8×5          |
| 508    | 120                        | 1500                 | 1100    | 0.03        | 8×9             | 8×6          |
| U10    | 150                        | 900                  | 600±30  | 0.03        | 9×5             | 9×5          |
| U20    | 75                         | 1490                 | 1000±30 | 0.025       | 9×5             | 9×5          |
| U101   | 100                        | 850                  | 850±30  | 0.03        | 9×10            | 9×10         |
| U201   | 50                         | 2200                 | 1600±30 | 0.025       | 9×10            | 9×10         |
| U202   | 130                        | 600                  |         |             |                 |              |
| DY1    | 45                         | 1900                 |         |             |                 |              |
| MF3    | 250                        | 500                  |         |             |                 |              |
| MF4    | 150                        | 1500                 | 1250    | 0.03        | 7×21            | 7×21         |
| MF4-1  | 150                        | <800                 | 660.5   | 0.03        | 7×21            | 7×21         |
| MF5    | 50                         | 1700                 | 820     | 0.025       |                 |              |
| MF5-1  | 50                         | 1000                 | 820     | 0.03        |                 |              |
|        |                            | 16000                | 900     | 0.025       |                 |              |
| MF6T   | 62                         | 1850                 | 1000    | 0.03        |                 |              |
| MF7    | 63±0.5                     | 1720±125             | 1000±10 | 0.03        | 9×21            | 9×14         |
| MF8    | 240                        | 200±4                |         |             |                 |              |
| MF9    | 41±0.5                     | 2050±150             | 1200±10 | 0.03        | 9×14            | 9×14         |
| MF10   | 9.3±0.15                   | 3350±250             | 1200±10 | 0.02        | 8×7             | 8×7          |
| MF11   | 85±0.2                     | 900±35               | 0.03    | 0.03        | 张丝 0.38         | 张丝 0.38      |
| MF11   | 85±0.2                     | 1200±100             | 1000±10 | 0.03        | 8×8             | 8×8          |
| MF12   | 45±0.5                     | 330±17               | 400±6   | 0.04        | 9×10            | 9×10         |

续表

| 型 号                 | 表头灵敏度<br>( $\mu\text{A}$ ) | 表头内阻<br>( $\Omega$ )  | 动圈匝数           | 线 径<br>(mm) | 游丝力矩( $\text{mg}\cdot\text{cm}/90^\circ$ ) |                                 |
|---------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|-------------|--|---------------------------------|
|                     |                            |                       |                |             | 上游丝<br>外径·力矩                               | 下游丝<br>外径·力矩                    |
| MF13                | 415                        | 203                   | 300            | 0.04        | 张丝 0.36                                    | 张丝 0.36                         |
| MF14                | $161 \pm 1$                | $110 \pm 6$           | $200 \pm 4$    | 0.05        | $9 \times 17$                              | $9 \times 17$                   |
| MF15                | $176 \pm 1.5$              | $268 \pm 6$           | 500            | 0.04        | $8 \times 10$                              | $8 \times 7$                    |
| MF15A               | $178 \pm 1.5$              | 758                   | 800            | 0.03        | $9 \times 14$                              | $8 \times 10$                   |
| MF16                | $157 - 1.5$                | 700                   | 680            | 0.03        | $8.5 \times 1$                             | $8.5 \times 15.2$               |
| MF17                | $63 \pm 0.5$               | $1720 \pm 125$        | $1000 \pm 10$  | 0.03        | 张丝 2.2                                     | 张丝 2.2                          |
| MF18                | $45 \pm 0.5$               | $330 \pm 17$          | $400 \pm 6$    | 0.04        | $9 \times 10$                              | $9 \times 10$                   |
| MF19                | $39.5 \pm 0.5$             | $2700 \pm 135$        | $1500 \pm 10$  | 0.03        | $9 \times 21$                              | $9 \times 14$                   |
| MF20                | $45.5 \pm 0.5$             | $330 \pm 17$          | $400 \pm 6$    | 0.04        | $9 \times 10$                              | $9 \times 10$                   |
| MF21                | $85 \pm 0.6$               | $330 \pm 17$          | $400 \pm 6$    | 0.04        | $9 \times 21$                              | $9 \times 17$                   |
| MF22                | 270                        | $175 \pm 5$           | $300 \pm 6$    | 0.05        |  |                                 |
| MF24                | 37.5                       | 265                   | 360            | 0.05        | 张丝 0.7                                     | 张丝 0.8                          |
| MF24 - I            | 35                         | 500                   | 500            | 0.04        |  |                                 |
| MF25<br>(108 - I 改) | $72.5$<br>70               | $1400 \pm 500$        | 1500           |             |  |                                 |
| MF26                | 70                         | $1400 \pm 50$         |                |             |  |                                 |
| MF27                | 157                        | 700                   | 700            | 0.03        | $7 \times 10.7$                            | $7 \times 10.7$                 |
| MF27 - I            | $\leq 157$                 | 680                   | 700            | 0.03        | $7 \times 8$                               | $7 \times 8$                    |
| MF28 - A            | 157                        |                       | 650 ~ 850      | 0.03        |  |                                 |
| MF30                | $40 \pm 0.6$               | $2800 \pm 200$        | 1500           | 0.02        | $8 \times 10$                              | $8 \times 10$                   |
| MF30 新              | 37.5                       | 1300                  | $1750 \pm 150$ | 0.025       | $8 \times 7$                               | $8 \times 7$                    |
| MF35                | $45 \pm 0.4$               | $400 \pm 20$          | $500 \pm 5$    | 0.04        | $9 \times 12$                              | $9 \times 12$                   |
| MF37 - T            | 40                         | 600                   | 640            | 0.04        | $9 \times 14$                              | $9 \times 14$                   |
| MF40                | 130                        | 1050                  | 1000           | 0.03        | $8 \times 12$                              | $8 \times 12$                   |
| MF40 新              | 61                         | $1700 \pm 150$        | 1000           | 0.03        | $8 \times 7$                               | $8 \times 7$                    |
| MF43                | 37.5                       | $1750 \pm 150$        | 1300           | 0.025       | $8 \times 7$                               | $8 \times 7$                    |
| MF44                | 37.5                       | $1750 \pm 150$        | 1300           | 0.025       | $8 \times 7$                               | $8 \times 7$                    |
| MF45                | 75                         | $1750 \pm 15$         | 1300           | 0.025       | $8 \times 10$                              | $8 \times 10$                   |
| MF46                |                            |                       |                |             | $8 \times 10$ 老<br>$8 \times 5$            | $8 \times 10$ 老<br>$8 \times 5$ |
| MF47                | 50                         | $1700 \pm 100$        | 1100           | 0.025       | $8 \times 5$                               | $8 \times 5$                    |
| MF50                | 83.3                       | 1100                  | 1100           | 0.03        | $8 \times 10$                              | $8 \times 6$                    |
| MF63                | 200                        | $650 \pm 50$          |                | 0.03        | $8 \times 20$                              | $8 \times 14$                   |
| MF64                | 40.8                       | $1000 + 150$<br>- 200 | 1000           | 0.03        | $8 \times 10$                              | $8 \times 7$                    |
| MF81                | 230                        | $310 \pm 50$          | $320 \pm 5$    | 0.04        | $9 \times 7$                               | $9 \times 7$                    |
| JFX                 | 100                        | $1500 + 200$<br>- 100 | 900            | 0.025       | $9 \times 10$                              | $9 \times 10$                   |

## 例 12 误测后偏转及回零慢

故障表现:

某万用表用低电压挡误测高压,使指针剧烈偏转后,发现指针在测量时偏转和回零均比原来缓慢,并且测量误差增大。

分析检修:

出现这种故障现象的原因之一,是表头线圈因电流过大造成局部短路,使阻尼作用增强,从而造成偏转与回零缓慢,灵敏度降低,使误差增大,这时应更换或重绕动圈。另一原因是上下轴承尖与轴承因刷震错位而使其间摩擦力增大造成转动不灵活。这时可拆开表头用放大镜仔细观察并使其复位。

## 例 13 U-10 型万用表 R×1 挡烧坏

故障表现:

使用该表 R×1 挡误测高压烧坏,不能测小电阻。其余电阻挡正常。

分析检修:

图 7-17 为 U-10 型万用表电阻挡的电路。由该电路可知,当 R×1 挡失效时,必定是  $R_{16}(40\Omega)$  烧坏所致。经检查,证实  $R_{16}$  确已烧断。该  $40\Omega$  电阻是非标准电阻,一般不容易找到。故选用一只标称值为  $39\Omega$  的碳膜电阻,将该万用表置于 R×10 挡,把两表笔接于该电阻两端监测其阻值,然后用锉刀锉其碳膜,直至达  $40\Omega$  为止。修整完毕,再在电阻表面涂一层清漆,以防日久变质。将此修整的电阻更换  $R_{16}$ , R×1 挡功能恢复正常。

## 例 14 MF15 型万用表表头灵敏度变低

故障表现:

该表已经使用多年,表头灵敏度明显下降,各电压、电流挡均出现测量负误差,且都为 5% 左右。

分析检修:

这种故障通常是由于表头失磁所引起的。经调整表头磁分路器仍不能彻底解决。试用一只坏耳机中的小永久磁铁贴在表头磁钢上,经仔细调整其方位,找到使表头灵敏度最高的地方,然后用 502 胶粘好,再调整磁分路器使灵敏度恢复正常。经如此处理后,万用表各电压、电流挡测量负误差均消除。

## 例 15 MF16-1 型万用表电阻挡烧坏

故障表现:

一只 MF16-1 袖珍万用表,在使用时,因操作失误造成烧表,电阻挡失效。

分析检修:

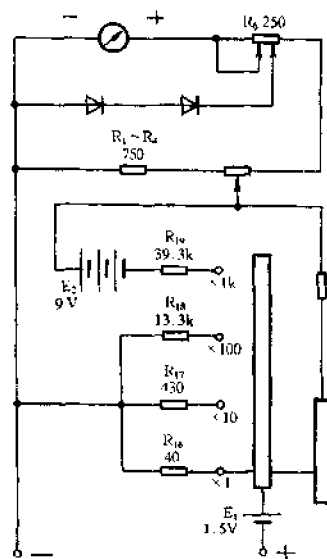


图 7-17 U-10 型万用表电阻挡电路

检修时,拆开万用表,经仔细观察,发现右边第一个非标准线绕电阻因过流而烧黑。将此电阻焊下后检查,发现其断头是在焊点处,故进行重绕将其修复。具体方法是,把烧坏的电阻丝逐圈拆开,然后再重新绕制,绕时注意每匝之间留有间隙,层间用绝缘胶带隔离。经这样处理后,电阻的阻值不变,将其装回原电路,万用表电阻挡恢复正常功能。

对于上述故障,在无电路图且无法查到被烧毁电阻的标称阻值的情况下,也可采用调试法进行修理。将一个  $50\Omega$  左右的电阻与  $100\Omega$  的电位器串联后,焊在原烧毁电阻的位置上,把万用表拨到有故障的电阻挡上(例如  $R \times 10$  挡),将两表笔短接,调节表上的调零电位器,若不能把指针调到零位,可调节外接的电位器,直到将指针调到零位为止。然后用该万用表试测某只标准电阻,如果读数误差过大,则重新调整外接电位器及表上调零电位器,直到把  $R \times 10$  挡刻度读数校准。此时焊下外接电位器及其所串联的电阻,测出两者串联的总电阻值后,换上相同阻值的固定电阻装入原烧毁电阻的位置,即可正常使用。在调试过程中,最好使用新电池,以免原表内的旧电池内阻过大,调不准刻度,增加调试的困难。

### 例 16 MF16 型万用表屙烧二极管

故障表现:

将万用表置于交流电压挡,测量交流电压时,表头所接的两只二极管被烧毁。换新二极管后,使用一段时间,两只二极管又被烧坏。

分析检修:

这是 MF16 型袖珍万用表的一个通病。该表铝质表盘是裸装在机壳里的,很容易与电池卡子的固定螺栓相碰短路,测量交流电压时便造成两只二极管烧毁。在修理时,仅靠更换新二极管是不能根除故障的。解决的办法是,在铝质表盘背面粘贴一层塑料纸或涂覆一层绝缘漆,使其与电池卡子的固定螺栓可靠绝缘,即可杜绝屙烧二极管的故障发生。

### 例 17 MF188 型万用表电阻挡烧坏的检修

故障表现:

该万用表的量程选择开关处在电阻挡位置时,误用其测量市电 220V 电压,电阻挡被烧坏。

分析检修:

#### 1. 确认哪一电阻挡电阻器被烧坏

测量电阻时,若发现某挡出现异常,则可打开后盖,查看该挡电阻是否有烧焦的迹象,进而确定该电阻挡的故障部位。

#### 2. 从电路原理图上查出被烧电阻器的阻值

图 7-18 是 MF188 型万用表电路图。从右上方电阻挡单元电路可知,烧坏  $R \times 1$  挡电阻器的阻值就是  $11\Omega$ ;在  $R \times 10$  挡时,是  $120\Omega$ ;在  $R \times 100$  挡时,是  $1333\Omega$ 。同理可查到  $R \times 1k$  和  $R \times 10k$  挡的电阻值。被烧坏的电阻查出后,换上新的同值电阻器即可。

#### 3. 确认电阻挡各量程的中心电阻值

(1) 首先看表盘上电阻挡的中心值是多少,以第二条线性刻度线(共 50 格)为基准,第 25 格刻度(图中打  $\triangle$  处)所对应的第一条刻度线的刻度,就是要找的电阻挡的中心值。MF188 型万用表电阻挡的中心值是 12。

(2) 确定电阻挡各量程的中心电阻值。该万用表共分 5 个量程,即:  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、



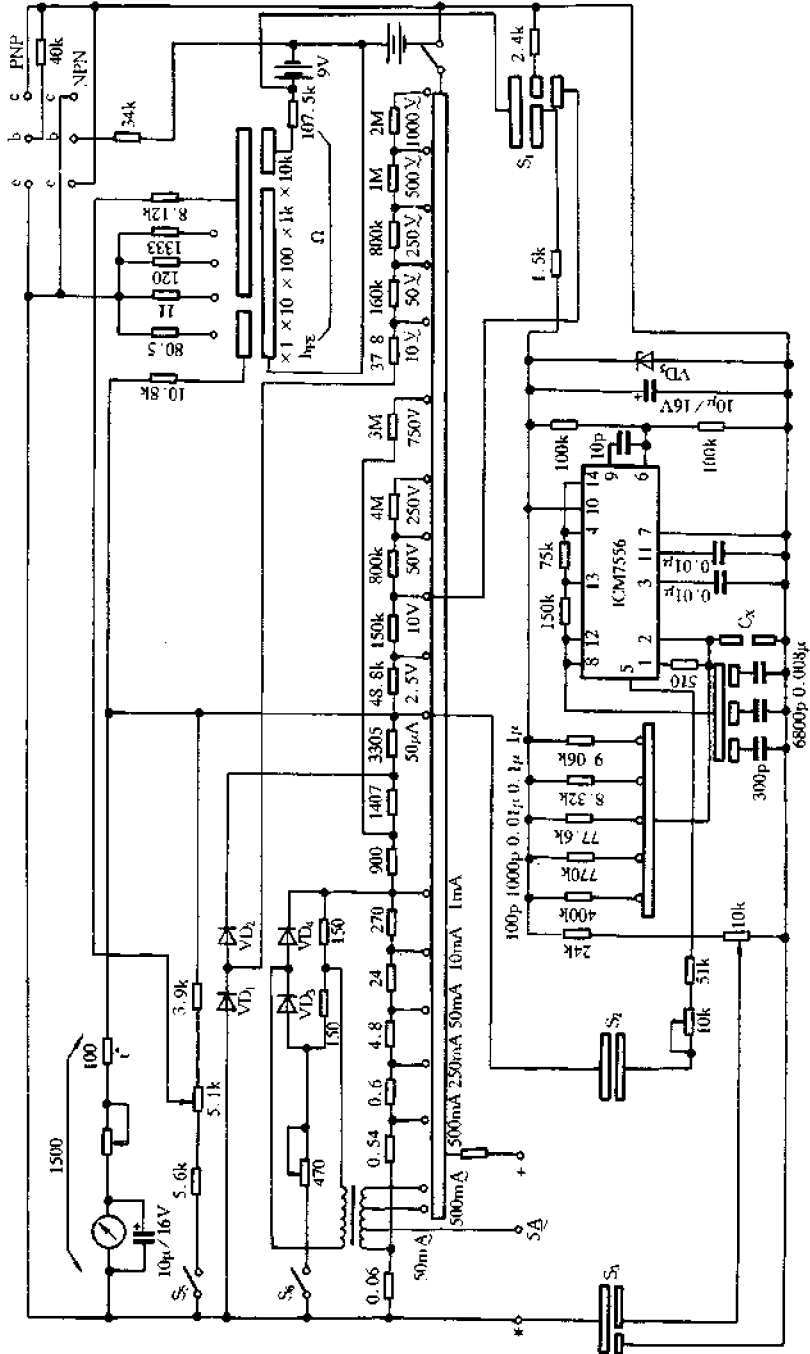


图 7-18 MF-188 型万用表电路

$R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 。各电阻挡的中心电阻值分别为： $12\Omega$ 、 $120\Omega$ 、 $1.2k\Omega$ 、 $12k\Omega$ 、 $120k\Omega$ 。

#### 4. 计算被烧坏电阻的阻值

设计电阻挡时，均要有一个标准挡，一般都以  $R \times 1k$  挡为基准，其他挡均以该挡为基础，采用并联分流电阻的方法（ $R \times 10k$  挡除外）来获得各挡所需要的中心阻值。其通用公式为

$$\frac{R_D R_X}{R_D + R_X} = R_Z$$

$$R_X = \frac{R_D R_Z}{R_D - R_Z}$$

式中， $R_X$  为所求挡的电阻值， $R_D$  为  $R \times 1k$  挡中心阻值， $R_Z$  为所求挡中心阻值。检修中，若确认是  $R \times 1$  挡的电阻被烧坏了，可计算出

$$R_X = \frac{12k\Omega \times 0.012k\Omega}{12k\Omega - 0.012k\Omega} - r_0$$

$$= \frac{12k\Omega \times 0.012k\Omega}{12k\Omega - 0.012k\Omega} - 0.001k\Omega = 0.011012k\Omega$$

实际值取  $11\Omega$ 。式中， $r_0$  为电池内阻，1号电池为  $0.6\Omega$ ，2号电池为  $1\Omega$ （MF188 型万用表即用 1 节 2 号电池供电）。在  $R \times 10$  以上的挡位，可不考虑电池内阻的影响。用同样的计算方法，可求出其他电阻挡的电阻值。

MF188 型万用表  $R \times 10k$  挡不采用并联电阻分流方式，而是采用 9V 叠层电池和 1.5V 的 2 号电池串联供电，从而提高了该挡测试电压。9V 叠层电池的  $r_0$  为  $500\Omega$ 。所以， $R \times 10k$  挡的电阻为  $120k\Omega - 12k\Omega - 0.5k\Omega = 107.5k\Omega$ 。

被烧电阻器的阻值计算出来后，换上相应阻值的电阻即可。几十欧以下的低阻值电阻可用电阻丝自行绕制。

#### 例 18 MF27-1 型万用表电阻挡故障

故障表现：

在电阻调零时，指针打过头（超出满度值）而不能调零。用  $R \times 10$  挡及  $R \times 1k$  挡去测一只  $47k\Omega$  的标准电阻时，指针都偏转在同一角度上。

分析检修：

MF27-1 型万用表电阻测量电路如图 7-19 所示。由图可知，调零时满度电流太大而不能调零，一般是由于分流电路中的  $R_1 \sim R_6$  中某电阻开路所致。经检查，发现  $R_4$  脱焊，重新焊好后，调零恢复正常。对于用  $R \times 10$  与  $R \times 1k$  挡测量同一电阻时指针都偏转同一角度的现象，这多是由于  $R_{14}$  开路或转换开关  $S_1$  接触不良，使  $R \times 10$  挡与  $R \times 1k$  挡的测量电路没有区别所造成的。经检查  $R_{14}$ ，完好无损。接着将  $S_1$  置于  $R \times 10$  挡进行相应检查，发现  $S_1$  开关片有接触不良现象，修复  $S_1$  后，故障排除。

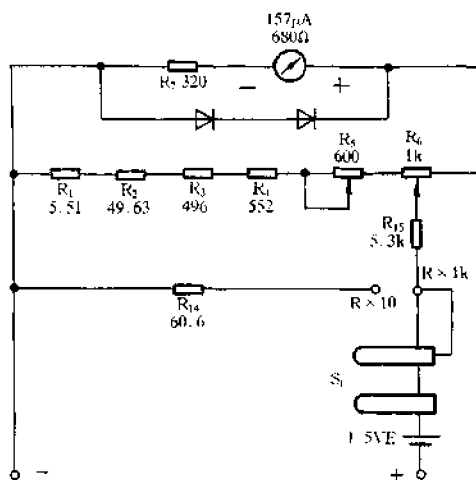


图 7-19 MF27-1 型万用表电阻挡电路

### 例 19 MF27-2 型万用表电阻挡调零失常

故障表现:

该万用表电阻挡经常调不准零位,将两表笔短接,指针向右摆动到尽头,无论怎样调整“0 $\Omega$ ”电位器都不奏效。

分析检修:

首先检查表内电池电压,未见异常。将转换开关旋至 DC250V(或 DC500V)挡,测量一下 220V 交流市电,再将转换开关旋至电阻挡,把两表笔短接,调节“0 $\Omega$ ”电位器,调零位功能恢复正常。有此类故障的万用表可以用上述方法一试,效果极佳。

### 例 20 MF27-2 型万用表分流电阻的应急代用

故障表现:

一台 MF27-2 型万用表,由于在使用中误用直流电流 100mA 挡测量 220V 交流电,使其丧失了测量直流电流的功能。

分析检修:

经检查,发现表内分流电阻已被烧毁。因为一时找不到合适的锰铜电阻丝,试用 1/4W 的金属膜电阻代用,效果很好。具体方法是,打开万用表后盖,将被烧毁的分流电阻焊下,然后把锰铜电阻丝一圈圈拆下(约 66 圈),测出它的电阻值(此值也可以直接从使用说明书的原理图中查出)。再找一只同阻值的 1/4W 的金属膜电阻焊上去即可。如果没有相同阻值的电阻,也可以用串联或者并联的方法获得相应的电阻值。经这样处理以后,万用表即可及时恢复测量直流电流的功能。需要注意的是,代用的金属膜电阻阻值一定要和原电阻值相同,最多不能相差 0.05 $\Omega$ ,否则,将引起相关直流电流挡出现测量误差。如果换上的电阻值比原来的大,则测出的直流电流就会偏大;反之,如果换上的电阻值偏小,那么测出的直流电流值就偏小。

### 例 21 MF30 型万用表 DC500V 挡和 R $\times$ 10k 挡误差大

故障表现:

使用该型万用表的 DC500V 挡测量直流电压时,示值偏大;用 R $\times$ 10k 挡测量电阻时,示值偏小,且在表笔开路时,指针略向右偏转。

分析检修:

该表 DC500V 和 R $\times$ 10k 挡测量相关电路如图 7-20(a)、(b)所示。由图可知,此故障与表

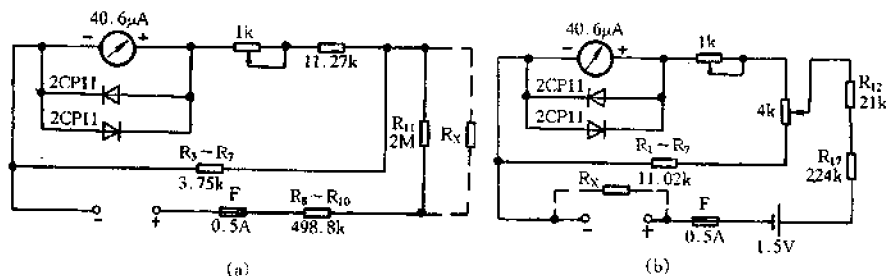


图 7-20 MF30 型万用表 500V 挡与 R $\times$ 10k 挡电路

头串联电阻、分压电阻有关。经仔细检查表头串联的电阻,未见异常。在路测量  $R_{11}$  ( $2M\Omega$ ) 两引脚间的电阻时,发现其阻值很小。经进一步检查,发现转换开关板受潮绝缘电阻下降,相当于在图 7-20(a)中的  $R_{11}$ 上并联了一个漏电阻  $R_X$ ,也相当于在图 7-20(b)中表笔两端接入了一只漏电阻  $R_X$ ,因而引起上述故障。经用无水酒精清洗转换开关并作干燥处理后,故障排除。

### 例 22 MF30 型万用表直流低压量程误差较小而高压量程误差很大

故障表现:

使用该表测量直流电压时,低压量程误差较小,而高压量程误差很大。

分析检修:

MF30 型万用表直流电压测量电路如图 7-21 所示。由图可知,微安表与变阻器  $RP_1$  是直流电压挡的表头组件。当同轴步进开关  $S_1$  和  $S_2$  置低压量程挡“1V”、“5V”、“25V”位置时,电阻  $R_1 \sim R_7$  和电位器  $RP_2$ 、 $RP_3$  组成表头组件的串接式分压器,使表头组件扩展成  $50\mu A$  的微安表(原为  $40.6\mu A$ ),这时表头灵敏度为:  $1/50 \times 10^{-6} = 20k\Omega/V$ ,当  $S_1$  和  $S_2$  置于高压量程挡“100V”或和“500V”位置时,电位器  $RP_2$ 、 $RP_3$  和电阻  $R_1$ 、 $R_2$  成为与表头组件串联的电阻,而电阻  $R_3 \sim R_7$  成为分流器,这时表头组件扩展成  $200\mu A$  的微安表,相应的灵敏度为:  $1/200 \times 10^{-6} = 5k\Omega/V$ 。由此可知,如果串联的分流电阻  $R_3 \sim R_7$  之一开路,对低压量程挡来说,表头组件的灵敏度从  $50\mu A$  变成  $40.6\mu A$ ,其测量误差较小。对高压量程挡来说,表头组件的灵敏度则从  $200\mu A$  变成  $40.6\mu A$ ,其测量误差就很大。所以,发生此故障时,只要检查串接的分流电阻  $R_3 \sim R_7$  是否烧坏或脱焊即可将故障排除。

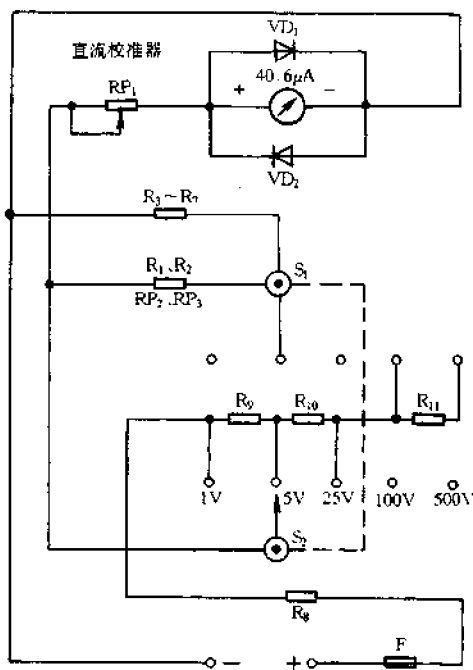


图 7-21 MF30 型万用表直流电压测量电路

### 例 23 MF40 型万用表 $R \times 10$ 挡烧坏

故障表现:

使用该表时,用  $R \times 10$  挡误测高压而被烧坏,不能使用。其余电阻挡均正常。

分析检修:

仅  $R \times 10$  挡失常,其余电阻挡仍正常,因而应重点检查与  $R \times 10$  挡有关的电路。经检查,发现  $R_{19}$  ( $80\Omega$ ) 烧坏。 $R_{19}$  是用电阻丝绕在一胶木片上而成的,只要找些漆包或丝包电阻丝重绕一下即可。若没有准确度较高的表(如电桥等)测定新绕制的  $R_{19}$  的阻值,则可用该表的  $R \times 100$  挡来进行测量( $R \times 10$  挡损坏后并不影响  $R \times 100$  挡的正常使用)。但直接用  $R \times 100$  挡来测得较精确的  $80\Omega$  阻值是比较困难的,通常可采用以下方法确定  $R_{19}$  的准确值。

先用  $R \times 100$  挡初步将绕好的  $R_{19}$  的阻值( $80\Omega$ )测定后,将其焊入电路,使  $R \times 10$  挡恢复测量功能,然后再取一只阻值较准的  $150\Omega$  电阻作为标准电阻,用  $R \times 10$  挡边测这个电阻,边增

减  $R_9$  电阻丝的长度,以修正其阻值,当指针指示值为  $150\Omega$  时,说明  $R_9$  的阻值已校准,  $R \times 10$  挡故障已排除。

在本例故障的修理中,若手头暂时没有电阻丝,也可用  $68 \sim 75\Omega$  的小型碳膜电阻经修锉电阻槽后使之达  $80\Omega$  进行应急修复。

#### 例 24 MF47 型万用表 $R \times 100$ 挡失效

故障表现:

该表因误操作而将  $R \times 100$  挡烧坏,用此挡测量时无指示。

分析检修:

经检查,发现该表  $R \times 100$  挡串接的一只电阻(原理图中标明是  $1.78k$ )已被烧断开路。因为此电阻属非标电阻,在市场上买不到,故试用一只  $1.6k\Omega$ 、 $1/4W$  和一只  $180\Omega$ 、 $1/4W$  的金属膜电阻串联后接入原电路,故障排除。

注意,采用串联、并联或串并混联来获得所需电阻值时,原则上是所用的电阻个数越少越好,以免万用表内装不下。

#### 例 25 MF47 型万用表电流挡失效

故障表现:

该万用表在测量电流时无指示,电流挡已失效。

分析检修:

首先怀疑分流电阻可能被烧坏,但把分流电阻逐一测试并与印制板上标注阻值核对,未见有异常现象。经仔细分析电流挡电路,发现电阻挡调零电位器串在其中。经检查,发现该调零电位器有一焊片上的引线已呈开路状态,电流挡的通路已被此电位器切断,因而造成表头无指示。将调零电位器焊片上的焊点重新加焊后,试用电流挡测量,功能恢复正常,故障排除。

#### 例 26 MF50 型万用表测量行频脉冲时读数偏大

故障表现:

用该型万用表直流电压挡测量彩电行输出管集电极电压( $110V$ )时,DC250V 挡读数为  $150V$ ,DC1000V 挡读数为  $300V$ 。

分析检修:

试将表头并联的  $0.047\mu F$  电容加大至  $20\mu F$ ,读数不变,将此电容减小至  $0.01\mu F$  时,读数成负值。根据故障表现分析,估计是表内分布参数对测量有影响所致。试将三支总阻值为  $2M\Omega$  的电阻串联后接在表笔上(注意绝缘),把万用表拨至 DC50V 挡,使用 DC250V 挡刻度读数,测量结果完全正确。此法实际上是将 DC250V 挡的  $2M\Omega$  分压电阻由表内移至表外,从而避免了脉冲电压对测量精度的影响。

#### 例 27 MF6 型万用表指示值出现偏差

故障表现:

校准零位后,各挡示值均同等程度偏向一方,电压、电流挡的示值偏大,电阻挡偏小。

分析检修:

将该表的后盖打开,可观察到在表头“U”形磁铁的开口端有一块横跨两极的铁片,此铁片被一只螺丝紧固着。先将螺丝扭松动,然后改变铁片在磁铁两极之间所占的空间位置的多少,即可将故障排除。注意,调整好以后,应将螺丝拧紧,使铁片固定牢靠,不得有松动现象。

### 例 28 MF91B 型万用表读数偏差

故障表现:

在用该表的 AC500V 电压挡测量交流 220V 市电电压时,显示电压值为 300V,读数明显偏高。

分析检修:

本故障是由于转换开关弹簧片与印制板之间有接触不良现象所引起的。其原因主要是,在使用万用表时,由于频繁转动转换开关,使开关的弹簧动片在印制板上反复磨擦,久而久之,留下一道印痕(金属粉末),使 AC250V 和 AC500V 电压挡位之间的等效电阻降低,引起测量时的读数偏大。检修时,打开机壳后盖,用无水酒精擦去印制板开关簧片磨擦处的污垢,试用 AC500V 挡测量市电,电压指示数恢复正常,故障排除。

## 附录 表笔改造小窍门

### § 1 用音箱线作表笔线

虽然市售的万用表表笔导线较粗,但其内部的铜线往往只有十几股甚至几股,因而质地偏硬,使用日久很容易出现折断现象。扁平透明音箱线的芯线多达几十股,且柔软性和绝缘性都很好,非常适合用作表笔线。具体制作方法是,取长度适中的双 50 股以上的扁平透明音箱线一段,将一端的两根线扯开 10cm 左右,去皮后分别焊接在表笔两插头接线处,再灌注少量 703 硅胶并旋紧插头盖帽。将音箱线另一端两根线扯开约 20cm 左右,与红、黑表笔(应和红黑插头相对应)焊接后也用 703 硅胶封固即可。采用此法制成的表笔不仅经久耐用,而且十分美观。

### § 2 具有夹持功能的表笔

找一嵌压式圆珠笔,取出笔芯,拨下笔头,清除油污。再找一小段  $\phi 1.0\text{mm}$  左右的铜导线焊在笔头上,套上笔芯塑料管,在适当位置割开塑管,留下焊接点。笔头用什锦锉加工成如附图 1 所示的形状,在笔杆上开一个长形孔,焊上导线,表笔即告成功。测量时按压笔杆上端的压帽使笔头勾往被测元件的引脚即可。



附图 1 具有夹持功能的表笔

### § 3 适合测量 IC 的表笔

用表笔测量集成电路各引脚电压时很容易滑动,有时还会引起短路,烧坏被测元件。对表笔稍加改进,即可克服此缺点。

方法一：

用小锉刀将表笔尖头锉平，再用细钻头在中间钻一个凹孔，孔径稍小于表笔测针直径，最后用细锉打磨光滑。测试时，表笔测针端头凹孔套在集成电路引脚焊点上，便不会打滑了。

方法二：

用 $\phi 1.2\text{mm}$ 的医用不锈钢针头一段，长约3cm，前端锉成约 $45^\circ$ 角，形成一椭圆形筒状笔尖，作为表笔测量端，用这个筒状表笔尖能很方便准确地将IC焊脚套住，不易滑脱，使测试操作安全可靠。

方法三：

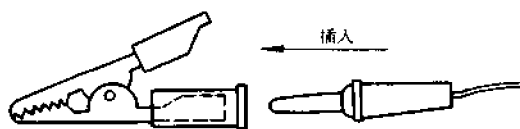
将表笔锉尖，这样易扎进硬度小的焊锡内，就不会滑开了。此法还有易刺破氧化层使之接触良好不造成误判的优点。如将大小适宜的医用注射针头的针尖段套在表笔尖上，则更有硬度大和不生锈的优点。也可用透明胶布将缝衣针固定在表笔上。

方法四：

用自行车气门芯橡皮管或小塑料管套在表笔尖上，使金属笔尖仅露出约1mm，测时即使滑开也不致造成短路。

## § 4 鳄鱼夹表笔

如附图2所示，将万用表笔线头焊接一个香蕉插头，插头上再套一个鳄鱼夹，使用时，将鳄鱼夹夹住所需测试的部位，这样就能腾出手来做其他工作。将鳄鱼夹拔下后，可像一般表笔那样使用。



附图2 鳄鱼夹表笔

## § 5 利用废旧签字笔自制表笔

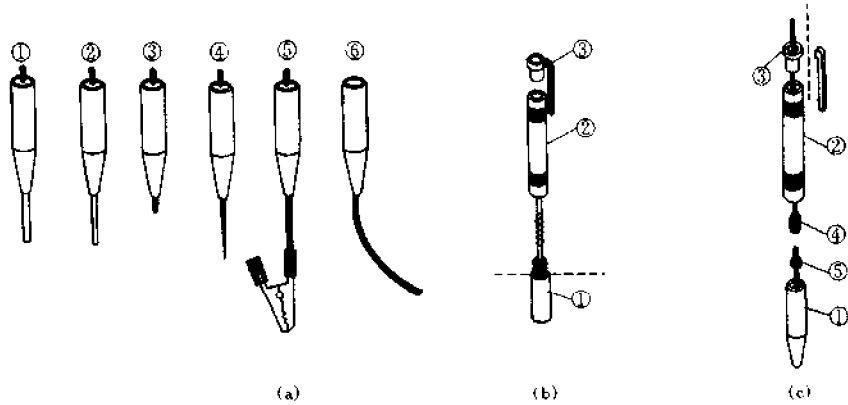
找两支废旧签字笔，清除内部残留墨迹。取下笔杆上盖，并在笔盖上钻一 $\phi 3.5 \sim 4\text{mm}$ 的小孔，以能穿过导线为准。尔后把笔尖拔出，再用针把笔尖内的脏物挑干净，放点焊油，把准备好的表笔导线端头插入笔尖内的小孔处焊牢。焊牢后把笔尖再装到笔杆上，并将表笔导线穿过笔杆和笔盖。导线另一端焊在与万用表插孔相配合的香蕉插头上，这样一付实用的表笔就做好了。使用此表笔检测电视机、录像机、微电脑的电路芯片时，具有灵活、方便、安全、可靠的特点。

## § 6 自制组合表笔

附图3是制作组合表笔的示意图。本套组合表笔由6种测试笔头(分别为标准笔头、超细



笔头、超短笔头、钢针笔头、鱼夹笔头及焊线笔头,见附图3(a)的①~⑥)和两根表笔线组成。使用时,把6种测试笔头之一按需要拧在红、黑两根表笔的测试杆上,便可适应不同功能的测试。



附图3 制作组合表笔

### 1. 所需材料

- (1) 12只头部可以拧下的塑料圆珠笔。
- (2) 普通表笔1副。
- (3)  $\phi 3\text{mm} \times 6\text{mm}$  特殊圆形铜螺丝帽2只。
- (4)  $\phi 3\text{mm} \times 5\text{mm}$  铜螺丝12只,有电镀的更好。
- (5) 小号鳄鱼夹2只。
- (6)  $\phi 2\text{mm} \times 60\text{mm}$  电镀硬铜杆2根,用来做标准笔头。
- (7)  $\phi 1\text{mm} \times 60\text{mm}$  电镀硬铜杆2根,用来做超细笔头。
- (8)  $\phi 1\text{mm} \times 42\text{mm}$  电镀硬铜杆2根,用来做超短笔头。
- (9)  $\phi 1\text{mm} \times 60\text{mm}$  钢针2根,用来做钢针笔头。
- (10) 长25mm焊接线红、黑各2根,用来做焊线笔头和鳄鱼夹笔头。

### 2. 制作方法

(1) 表笔杆的制作。把12只圆珠笔截体,取出笔芯及所有元件,用钢锯条按附图3(c)中虚线处将笔后堵③与笔挂截断,再用钢锥把笔后堵③从中心钻一小孔(可穿过表笔线),然后把准备好的普通表笔用电烙铁将测试杆从表笔线上焊下。取一只截了体的红色圆珠笔杆②,把红色表笔线按附图3(c)所示从圆珠笔后堵③中穿过,再从笔杆②中穿出,用电烙铁焊接在圆形螺丝帽④上,焊好后可将表笔线连同螺丝帽一起拉入笔杆②内,最后用环氧树脂胶把螺丝帽④封灌在笔杆内。可按上述方法再制作一只黑色表笔杆。

(2) 6种测试头的制作。首先把12只截了体的圆珠笔头有螺纹的部分用钢锯条截掉[见附图3(b)中虚线部分],取一根 $\phi 2\text{mm} \times 60\text{mm}$  电镀硬铜杆,用锉刀将其头部锉尖,再取一只 $\phi 3\text{mm} \times 5\text{mm}$  铜螺丝,然后用烙铁把硬铜杆焊接在铜螺丝⑤的后端,焊好后将其插入一只红色圆珠笔头①内,用环氧树脂胶封灌好。待胶干后,可用同样的方法再制作一只黑色表笔测试头。这就完成了两只标准测试笔头的制作。其余5种测试笔头可按上述方法分别进行制作。

而且每种笔头要红、黑各做一只。

### 3. 各测试笔头使用说明

(1) 标准测试笔头与普通表笔用法相同。

(2) 超细笔头可用来测试标准笔头插不进去的狭窄测试部位。

(3) 超短笔头的金属测试端极短,用来测试集成电路密集的焊点,不容易造成短路。

(4) 钢针测试笔头的端部为一根细钢针,用它在一些表面氧化或有杂质的导体上进行测试,不会出现接触不良现象。还可用来测试表面喷漆或有绝缘皮层的导体。

(5) 鳄鱼夹笔头是在测试杆上安装一只小号鳄鱼夹制成。可用黑色鳄鱼夹笔头夹在电路板的“地”线上,用红表笔去测试待测点。

(6) 焊线笔头的端部为一根长 200mm 左右的焊接线。测试时,可将其直接焊在电路板的相应焊点上。这非常适用于长时间用万用表监测相关测试点电压的变化情况,即使测试操作时表笔线不断地摆动,也不会出现接触不良的现象。

## 参 考 文 献

1. 邓泰林主编. 新型万用表实用手册. 第一版. 福州:福建科学技术出版社,1997
2. 陈仁政等编著. 巧学活用万用表 236 例. 第一版. 北京:人民邮电出版社,1999
3. 杜虎林编著. 用万用表检测电子元器件. 第一版. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1998
4. 沙占友、李学芝著. 最新万用表妙用 100 例. 第一版. 北京:电子工业出版社,1993
5. 沙占友主编. 常用仪器仪表维修技术精选. 第一版. 北京:电子工业出版社,2000
6. 蔡国清编著. 用万用表修理彩色电视机. 第一版. 北京:电子工业出版社,1989
7. 王锡胜编. 彩色电视机元器件检修与代换. 第一版. 北京:电子工业出版社,1993
8. 袁光明编. 常用电器主要元器件代换手册. 第一版. 北京:电子工业出版社,1994
9. 电子报. 1984~2000. 合订本
10. 电子报. 2001. 第 1~23 期
11. 北京电子报. 1993~2000. 合订本
12. 北京电子报. 2001. 第 1~22 期
13. 电子文摘报. 1992.2000. 合订本
14. 无线电. 1993~2000. 合订本
15. 无线电. 2001. 第 1~6 期
16. 电子世界. 1995~2000. 合订本
17. 电子世界. 2001. 第 1~6 期
18. 家电维修技术. 1994.1996. 合订本
19. 家电维修. 1993~2000. 合订本
20. 家用电器. 1998. 第 9 期
21. 家庭电子. 1991~1992. 合订本
22. 电子制作. 1994. 合订本