

实用机床电路图集

芮静康 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn



实用机床电路图集

芮静康 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内容提要

本书主要内容有：机床电路基本知识，车床的控制电路图，刨、插、拉床的控制电路图，磨床的控制电路图，钻、镗床的控制电路图，铣床的控制电路图，电加工机床控制电路图，数控机床与PC机控制电路图，其他机床电路图。绝大部分控制电路图中具有简要的文字说明，以利阅读。全书采用新国标的图形符号和文字符号，以适应新的要求。

本书可供工矿企业、乡镇企业的厂矿安装、运行、维修电工和专业设计、施工技术人员使用，也可供大、中专院校及职业高中师生作教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用机床电路图集/芮静康编著. —北京：中国水利水电出版社，1999. 8

ISBN 7-5084-0063-1

I. 实… II. 芮… III. 机床-电路图-图集. I. W. 735.02.34

中国版本图书馆CIP数据核字 (1999)第21801号

书 名	实用机床电路图集
作 者	芮静康 编著
出 版 、 发 行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
版 次	北京密云红光照相排 北京市密云县印刷厂 787×1092毫米 横 16开本 23.75印张 598千字 7插图
印 次	2000年2月第1版 2000年2月北京第一次印刷
定 价	0001--4160册 49.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

随着我国国民经济的快速发展,机床数量迅速增加,品种规格更是繁多,机床的应用范围也变得特别宽广,而机床电气部分是重要的环节,从事机床电路的电气技术人员和电气工人数很多。为了机床的正常运行,为了帮助广大电气人员和广大维修电工更好地从事机床电路的设计、安装、施工、运行和调试维修工作,特编绘此水电路图集。

作者早在1968年曾当了8年电工,又长期从事机床和设备电气技术工作。近几年来,将积累的资料,按新的电工图形符号和电工制图方法重新绘制,进行了大量的整理工作,终于编绘成了此图集。要说明一点,对接触器、继电器电路的制图,垂直制图比较没有争议,而水平制图不太统一,存在着对国家标准的理解上有差异。

本书中基本上采用“左开右闭、上开下闭”的原则,因为这样比较符合实际电工制图的习惯。希望这本图集能对广大电气人员有所帮助,或可作为一本工具书,能对机床电路的学习有益。希望读者在实际工作中得以应用,取得良好的效果。

因为时间关系,尚有一些电路图待重新绘制,暂时不能搜集到图集中来,可参阅日后出版的有关机床电路阅读的书藉。

对在多年来关心和帮助编者的教授、专家、工程师、技术人员和工人师傅们,在此表示衷心的感谢。对关怀本书编写出版工作的各级领导,也表示深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有许多缺点和错误,敬请广大读者和专业人员批评指正。

编 者

1999年8月

目 录

前言	
第一章 机床电路基本知识	1
第一节 常用电工图形、文字符号、术语	1
一、常用电工图形符号	1
二、常用电工文字符号	9
三、术语	14
第二节 接触器继电器电路典型环节	15
一、电动机的点动控制电路	15
二、电动机单向起动的控制电路	15
三、电动机的可逆起动的控制电路	16
四、用辅助触点作联锁保护的电动机可逆起动的控制电路	17
五、用按钮作联锁保护的电动机可逆起动的控制电路	17
六、复合联锁保护的电动机可逆起动的控制电路	18
七、可逆点动、起动的混合电动机控制电路	19
八、可逆起动的行程开关作自动停止的电动机控制电路	19
九、自动往返电动机控制电路	19
十、串电阻(电抗器)减压起动的控制电路	21
十一、自耦变压器(补偿器)电动机减压起动的控制电路	21
十二、星—三角(Y— Δ)电动机起动的控制电路	24
十三、延边三角形电动机减压起动的控制电路	25
十四、绕线转子电动机转子串电阻起动的控制电路	25
十五、绕线转子电动机转子串频敏变阻器起动的控制电路	28
十六、双速电动机的控制电路	29
十七、三速异步电动机起动的自动加速控制电路	30
十八、单向起动的反接制动控制电路	31
十九、双向起动的反接制动控制电路	32
二十、单向起动的半波整流能耗制动控制电路	32
二十一、双向起动的半波整流能耗制动控制电路	33
二十二、单向起动的全波整流能耗制动控制电路	33
二十三、再生制动电路	35
二十四、电容制动电路	36
第三节 电子典型电路	37
一、整流电路	37
(一)单相半波整流电路	37
(二)单相全波整流电路	38
(三)桥式整流电路	38
(四)整流电路的保护和整流元件的串并联	39

(五) 滤波	39	图 2-2 C616 型车床电气原理和接线图	59
(六) 整流电路的设计考虑	40	图 2-3 能使用但不合理的 C620 型车床电气原理图	60
二、晶体管稳压电源	40	图 2-4 设计错误的 C620 型车床电气原理图	60
(一) 稳压电源的工作原理	40	图 2-5 C630 型车床电气原理图	61
(二) 稳压电源的主要环节	43	图 2-6 CA6140 型车床电气原理图	61
(三) 稳压电源的主要参数 (指标)	44	图 2-7 C650 型车床电气原理图	62
(四) 稳压电源的设计考虑	45	图 2-8 带快速的 C650 型车床电气原理图	62
(五) 稳压电源的设计举例	46	图 2-9 C650 型车床电气接线图	63
三、晶体管典型电路	47	图 2-10 电机转子旋风车床 (C630 型车床改装) 电气原理图 (主回路)	64
(一) 晶体管放大电路	47	图 2-11 电机转子旋风车床 (C630 型车床改装) 电气原理图 (控制回路)	65
(二) 几种晶体管时间继电器电路	50	图 2-12 1K62 型 (原苏联) 普通车床电气原理图	66
第四节 逻辑电路的基本知识	51	图 2-13 CW6140 型车床电气原理和接线图	67
一、数制及数字编码	51	图 2-14 CW6163 型普通车床电气原理图	68
二、计算机语言	52	图 2-15 CQC6140 型普通车床电气原理图	69
(一) 机器语言	53	图 2-16 165 型 (原苏联) 车床电气原理图	70
(二) 汇编语言	53	图 2-17 C618K—1 型普通车床电气原理图	71
(三) 高级语言	53	图 2-18 C618K—1 型普通车床电气配线主电路	71
三、硬件和软件	53	图 2-19 C618K—1 型普通车床电气配线控制电路	72
四、逻辑电路的构成	53	图 2-20 C618K—1 型普通车床配电板外电气接线 线路	72
(一) 运算器	54	图 2-21 C618K—1 型普通车床电气接线图	73
(二) 存储器	55	图 2-22 C640 型普通车床 (改进) 电气原理图	74
(三) 控制器	55	图 2-23 CW61100E 型普通车床电气原理图	75
(四) 输入输出设备	55	图 2-23 CW61125E 型普通车床电气原理图	75
(五) 总线	56		
(六) CPU	56		
第二章 车床的控制电路	57		
图 2-1 C620 型车床的电气原理和接线图	58		

图 2-24	L—1630 型精密高速车床电气原理图 L—1640	.....	76	图 2-40	CB3450 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (1)	.....	91
图 2-25	L—1630 型精密高速车床电气接线图 L—1640	.....	77	图 2-41	CB3450 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (2)	.....	92
图 2-26	C0330 型仪表六角车床电气原理图	.....	78	图 2-42	CB3450 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (3)	.....	93
图 2-27	C336—1 型回轮式六角车床电气原理图	.....	79	图 2-43	C1160 重型车床电气控制电路原理图	.....	94
图 2-28	C1325 型单轴六角自动车床电气原理图 C1336	.....	80	图 2-44	C516A 型单柱立式车床电气原理图 (1)	.....	95
图 2-29	C1312 型单轴六角自动车床电气原理图 C1318	.....	81	图 2-45	C516A 型单柱立式车床电气原理图 (2)	.....	96
图 2-30	CE7120 型半自动仿形车床电气原理图 (1) (2)	.....	82	图 2-46	改进后的伺服电路	.....	97
图 2-31	CE7120 型半自动仿形车床电气原理图 (3)	.....	83	图 2-47	JS11 系列时间继电器的接线图	.....	97
图 2-32	CE7120 型半自动仿形车床电气原理图 (4)	.....	84	图 2-48	C523 型双柱立式车床主电路	.....	98
图 2-33	C2132.6D、C2150.4D、C2163.6、C2150.6 型卧式六角自动车床电气原理图 (1)	.....	85	图 2-49	C523 型双柱立式车床控制电路 (1)	.....	99
图 2-34	C2132.6D、C2150.4D、C2163.6、C2150.6 型卧式六角自动车床电气原理图 (2)	.....	86	图 2-50	C523 型双柱立式车床控制电路 (2)	.....	100
图 2-35	CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (1)	.....	87	图 2-51	C523 型双柱立式车床控制电路 (3)	.....	101
图 2-36	CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (2)	.....	88	图 2-52	C534J1 型立式车床主电路	.....	103
图 2-37	CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (3)	.....	89	图 2-53	C534J1 型立式车床控制电路 (1)	.....	104
图 2-38	CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (4)	.....	90	图 2-54	C534J1 型立式车床控制电路 (2)	.....	105
图 2-39	CB3450 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (1)	.....	91	图 2-55	C534J1 型立式车床控制电路 (3)	.....	106
				图 2-56	C534J1 型立式车床控制电路 (4)	.....	107
				图 2-57	C534J1 型立式车床的电阻测温计电路	.....	108
					电液离合器线圈的基本控制电路	.....	108
					电液离合器的基本控制电路	.....	109
					创、插、拉床的控制电路	.....	109
				图 3-1	B516、B5020、B5032 型插床电气原理图	.....	109
				图 3-2	B540 型插床电气原理图	.....	110
				图 3-3	B635—1 型牛头刨床电气原理图	.....	110

图 3-4	B690—1 型牛头刨床电气原理图	111	图 3-26	B2012A 型龙门刨床电气原理图 (1)	126
图 3-5	B7430 (原苏联) 型插床电气原理图	111	图 3-27	B2012A 型龙门刨床电气原理图 (2)	127
图 3-6	B7430 (原苏联) 型插床电气接线图	112	图 3-28	B2012A 型龙门刨床电气原理图 (3)	128
图 3-7	L710 型立式拉床电气原理图	113	图 3-29	B2012A 型龙门刨床电气原理图 (4)	128
图 3-8	A 系列龙门刨床电气设备示意图	114	图 3-30	B220 型龙门刨床电气原理图 (1)	129
图 3-9	B20 ₁₆ ¹² A 型龙门刨床工作台前进后退速度变化图	114	图 3-31	B220 型龙门刨床电气原理图 (2)	130
图 3-10	工作台的行程开关的零位	115	图 3-32	B220 型龙门刨床电气原理图 (3)	131
图 3-11	电压负反馈环节电路图	115	图 3-33	B220 型龙门刨床电气原理图 (4)	132
图 3-12	加速度调节器电路	116	图 3-34	B220 型龙门刨床电气原理图 (5)	133
图 3-13	前进和后退励磁控制电路	117	第四章 磨床的控制电路图		
图 3-14	电流正反馈环节电路	118	图 4-1	M125K 型外圆磨床电气原理图	135
图 3-15	桥形稳定环节电路	118	图 4-2	M131 型外圆磨床电气原理图	136
图 3-16	电流截止负反馈环节电路	119	图 4-3	M135 型外圆磨床电气原理图	137
图 3-17	前进减速时的励磁控制电路	119	图 4-4	M1432A 型万能外圆磨床电气原理图	138
图 3-18	步进、步退的给定励磁部分电路	120	图 4-5	M250 型内圆磨床电气原理图	139
图 3-19	停车制动和自消磁电路	120	图 4-6	KU250/750 型万能磨床电气原理图	140
图 3-20	欠补偿能耗制动环节	121	图 4-7	Y7131 型齿轮磨床电气原理图	141
图 3-21	电流截止环节整流桥片击穿后的电路	121	图 4-8	M5080 型导轨磨床电气原理图 (1)	142
图 3-22	B2016A 型龙门刨床电气原理图——主电路	122	图 4-9	M5080 型导轨磨床电气原理图 (2)	143
图 3-23	B2016A 型龙门刨床电气原理图——电机放大机控制系统	123	图 4-10	M7120 型平面磨床电气原理图 (1)	144
图 3-24	B2016A 型龙门刨床电气原理图——控制电路 (1)	124	图 4-11	M7120 型平面磨床电气原理图 (2)	145
图 3-25	B2016A 型龙门刨床电气原理图——控制电路 (1)	124	图 4-12	M7130 型卧轴矩台平面磨床电气原理图	146
			图 4-13	M131W 型万能外圆磨床电气原理图	147
			图 4-14	M7120A 型平面磨床电气原理图	148
			图 4-15	M7120A 型平面磨床电气接线图	149
			图 4-16	M7475 型立轴圆台平面磨床电气主电路	150

图 4-17	M7475 型立轴圆台平面磨床的控制电路	151	图 4-33	励磁和给定信号电路	165
图 4-18	M7475 型立轴圆台平面磨床的退磁控制电路	152	图 4-34	控制电路	166
图 4-19	M7475 型立轴圆台平面磨床的磁力吸盘退磁电路	153	图 4-35	高速起动脉保护环节	167
图 4-20	M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (1)	154	图 4-36	限幅环节	167
图 4-21	M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (2)	155	图 4-37	校正环节	167
图 4-22	M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (3)	156	图 4-38	MGB1420 型磨床晶闸管无级调速系统原理图	168
图 4-23	M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (4)	157	图 4-39	M7130 型卧轴矩台平面磨床电气原理图	169
图 4-24	M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (5)	158	图 4-40	M1332C 型外圆磨床电气原理图	170
图 4-25	M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (6)	159	图 4-41	M1332C 型外圆磨床电气接线图	171
图 4-26	MM7120 型平面磨床交流拖动电气线路	160	图 4-42	立磨 (C512 立车改装) 电气原理图	172
图 4-27	MM7120 型平面磨床横向进给电路	161	图 4-43	立磨 (C512 立车改装) 电气接线图	173
图 4-28	MM7120 型平面磨床无触点行程开关 LXU 原理图	162	第五章 钻、镗床的控制电路图		
图 4-29	MM7120 型平面磨床 BL1—Y1 断开延时元件原理图	162	图 5-1	Z35 型摇臂钻床电气原理图	175
图 4-30	MM7120 型平面磨床电磁吸盘的退磁电路	163	图 5-2	Z3040 型摇臂钻床电气原理图	176
图 4-31	371M1 型平面磨床电气原理图	164	图 5-3	Z5163 型立式钻床电气原理图	177
图 4-32	M7120A 型提高精度卧轴矩台平面磨床电气原理图	164	图 5-4	Z3040 型摇臂钻床电气原理图 (改进)	178
			图 5-5	Z32A、Z32K、Z3025I 型摇臂钻床电气原理图	179
			图 5-6	Z37 型摇臂钻床电气原理图	180
			图 5-7	Z3025 型摇臂钻床电气原理图	181
			图 5-8	Z3063、ZQ3080、Z3080 型摇臂钻床电气原理图	183

图 5-9	ZW3225 型车式万向摇臂钻床电气原理图	184			
图 5-10	ZH3140 型摇臂钻床电气原理图 (1)	185	图 6-10	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (8)	205
图 5-11	ZH3140 型摇臂钻床电气原理图 (2)	186		(单向自动控制的牵引电磁铁电气回路)	206
图 5-12	T68 型卧式镗床电气原理图 (1)	188	图 6-11	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (9)	207
图 5-13	T68 型卧式镗床电气原理图 (2)	190		(半自动循环电路)	207
图 5-14	T68 型卧式镗床电气原理图 (3)	191	图 6-12	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (10)	208
图 5-15	T68 型卧式镗床下层配电板配线图	192		(圆形工作台控制电路)	208
图 5-16	T68 型卧式镗床上层配电板配线图	193	图 6-13	X8120W 型万能工具铣床电气原理图	209
图 5-17	T4163A 型单柱坐标镗床电气原理图 (1)	194	图 6-14	龙门铣床外观结构图	210
图 5-18	T4163A 型单柱坐标镗床电气原理图 (2)	195	图 6-15	主轴控制电路	210
第六章 铣床的控制电路					
图 6-1	X62W 型万能铣床电气原理图	197	图 6-16	横梁控制图	211
图 6-2	X52K 型立式升降台铣床电气原理图	198	图 6-17	控制电路图	212
图 6-3	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (1)	199	图 6-18	进给行程极限控制图	213
	(主轴电动机的控制)	199	图 6-19	交流进给控制图	214
图 6-4	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (2)	200	图 6-20	稳压电源原理图	215
	(升降台向上与工作台向右时的回路)	200	图 6-21	调节器原理图	215
图 6-5	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (3)	201	图 6-22	放大器原理图	216
	(工作台向前、升降台向下时的回路)	201	图 6-23	直流控制系统故障检查流程图	217
图 6-6	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (4)	202	图 6-24	触发器原理图	218
	(工作台向右时的回路)	202	图 6-25	变速启动控制电路图	219
图 6-7	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (5)	203	图 6-26	变速中挡位控制	220
	(工作台向左时的回路)	203	图 6-27	变速中各工作网控制图	221
图 6-8	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (6)	204	第七章 电加工机床控制电路		
	(进给变速冲动时的回路)	204	图 7-1	静电储能式晶体管脉冲电路	224
图 6-9	X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (7)	204	图 7-2	利用 3 个不同直流电源的同步电源电路	224
		204	图 7-3	QC 晶体管脉冲电源方框图	225

图 7-4	从属型晶体管脉冲电源原理图	225	图 7-28	多回路加工脉冲电源电路示意图	236
图 7-5	高低压复合晶体管脉冲电源示意图和波形图	225	图 7-29	晶闸管粗加工线路形式 (1)	237
图 7-6	等脉冲晶体管脉冲电源原理图	226	图 7-30	晶闸管粗加工线路形式 (2)	237
图 7-7	直流偏磁系统	227	图 7-31	晶闸管精加工线路形式 (3)	238
图 7-8	单结晶体管触发电路	227	图 7-32	晶闸管精加工线路形式 (1)	238
图 7-9	晶体管触发电路	228	图 7-33	晶闸管精加工线路形式 (2)	238
图 7-10	用变压器升压的高低压复合回路的高压附加电路	229	图 7-34	晶闸管精加工线路形式 (3)	239
图 7-11	另一种高压附加电路	229	图 7-35	晶闸管精加工线路形式 (4)	239
图 7-12	电磁储能式电路	230	图 7-36	晶闸管精加工线路形式 (5)	240
图 7-13	和间隙串联的晶体管电路	230	图 7-37	等脉冲式晶闸管脉冲电源的主电路	240
图 7-14	和间隙并联的晶体管电路	231	图 7-38	小晶闸管触发电路	241
图 7-15	多晶闸管脉冲电路	231	图 7-39	晶闸管调压电路	241
图 7-16	晶闸管脉冲电源其他形式 (1)	232	图 7-40	变压器复合式晶闸管脉冲电源的主电路	242
图 7-17	晶闸管脉冲电源其他形式 (2)	232	图 7-41	双电源复合式晶闸管脉冲电源的主电路	242
图 7-18	晶闸管脉冲电源其他形式 (3)	232	图 7-42	典型的晶体管脉冲电源方框图	243
图 7-19	电磁储能式回路 (1)	233	图 7-43	晶体管自激多谐振荡器	244
图 7-20	电磁储能式回路的原理示意图	233	图 7-44	改进后的振荡器电路	244
图 7-21	静电储能式电路及波形图	233	图 7-45	防停振电路	245
图 7-22	电磁储能式回路 (2)	234	图 7-46	较完善的防停振电路	245
图 7-23	非储能式电路及波形图	234	图 7-47	缓冲射极输出原理图	246
图 7-24	非储能式电路及间隙电压、电流波形图	234	图 7-48	常见的典型锯齿波发生器电路	246
图 7-25	大电流晶闸管脉冲电源电路	235	图 7-49	环形振荡式脉冲发生器电路	247
图 7-26	重叠式脉冲电源电路及波形图	235	图 7-50	置零功能系统示意图	247
图 7-27	晶闸管和 RLC 联合应用的电路	236	图 7-51	集成电路数字式脉冲发生器电路框图	248
			图 7-52	单稳态电路图	248
			图 7-53	简单可靠的电路	249

图 7-54	反相放大器	249	图 7-77	四回路晶体管脉冲电源电路	266
图 7-55	典型的脉冲反相放大器电路	250	图 7-78	D703 型小孔机床操作面板图	267
图 7-56	功率放大器电路原理图	250	图 7-79	D703 型小孔机床主轴伺服印刷板图	268
图 7-57	JF—40A 晶体管脉冲电源前置放大器原理图	251	图 7-80	D703 型电火花高速小孔机床电气原理图 (见插图)	
图 7-58	典型的互补射极输出放大器原理图	252	图 7-81	SG—100B 型步进电机伺服控制原理图 (见插图)	
图 7-59	几种保护电路功耗曲线和波形图	252	图 7-82	SG—30C 型键盘接口板原理图 (见插图)	
图 7-60	采用 MOS 管的功率放大器电路	253	图 7-83	直流电机拖动原理图 (见插图)	
图 7-61	高压功率级原理图	254	图 7-84	SG—100B 型计算机板图 (见插图)	
图 7-62	微细加工电路图	255	图 7-85	引燃式电火花加工脉冲电源框图	269
图 7-63	等脉冲电路控制系统线路图	255	图 7-86	放电间隙状态检测环节工作原理框图	270
图 7-64	伺服板的工作原理框图	256	图 7-87	步进电机伺服进给控制主程序框图	271
图 7-65	SG—300A 型晶体管脉冲电源电柜布置图	257	第八章 数控机床与 PC 机控制电路图		
图 7-66	D6125G 型电火花穿孔机床脉冲电源电路	258	图 8-1	数控装置的基本组成框图	274
图 7-67	SG—30C 型电火花加工机床面板图	259	图 8-2	点位控制系统加工	274
图 7-68	SG—50B 型电火花加工机床器件排布图 (1)	260	图 8-3	直线控制系统加工	275
图 7-69	SG—50B 型电火花加工机床器件排布图 (2)	261	图 8-4	连续控制系统加工	275
图 7-70	SG—100B 型电火花加工机床伺服电路框图	262	图 8-5	开环控制系统	275
图 7-71	SG 型电火花加工机床脉冲电源框图	262	图 8-6	闭环控制系统	275
图 7-72	SG—30C 型脉冲电源电路	263	图 8-7	半闭环控制系统	275
图 7-73	SG—30 型计算机原理图 (见插图)		图 8-8	FANUC 公司 OM 系统框图	276
图 7-74	D6140A 机床晶体管脉冲电源电路 (见插图)		图 8-9	步进电机工作原理示意图	277
图 7-75	四回路晶体管脉冲电源面板图	264	图 8-10	交流伺服电动机的控制方法	277
图 7-76	四回路晶体管脉冲电源低压主电路	265	图 8-11	FANUC 交流主轴驱动控制系统原理	278
			图 8-12	SIMODRIVE 交流主轴驱动系统结构框图	278
			图 8-13	直线式感应同步器定尺、滑尺结构	279
			图 8-14	感应同步器工作原理	280

图 8-15	鉴幅型感应同步器检测系统方框图	281	图 8-41	条件步进型顺序控制器简化原理图	294
图 8-16	鉴相型感应同步器检测系统方框图	281	图 8-42	左移码步进器	295
图 8-17	干涉条纹式光栅工作原理	282	图 8-43	D 触发器组成的步进器	296
图 8-18	光栅信号的光电转换	282	图 8-44	CP 脉冲发生电路	296
图 8-19	光栅运动方向的判别	283	图 8-45	步进器单稳电路	296
图 8-20	光栅信号的四倍频线路	284	图 8-46	晶体管多“1”检测电路	297
图 8-21	数控系统工作流程图	285	图 8-47	集成电路多“1”检测电路	297
图 8-22	译码缓冲存储区	285	图 8-48	跳步电路	298
图 8-23	数字积分法直线插补	285	图 8-49	输入矩阵	298
图 8-24	数字积分法圆弧插补	285	图 8-50	输出矩阵及联锁矩阵原理图	299
图 8-25	两坐标联动的数字积分插补器	286	图 8-51	定时电路	299
图 8-26	DDA 圆弧插补框图	286	图 8-52	显示电路	300
图 8-27	逐点比较法直线插补	287	图 8-53	控制电路	300
图 8-28	逐点比较法圆弧插补	287	图 8-54	KSJ-200H 型条件步进式顺序控制器原理图	301
图 8-29	圆弧插补进给方向	287	图 8-55	继电器与 PC 控制系统的比较	302
图 8-30	时间分割法直线插补	287	图 8-56	PC 的构成框图	302
图 8-31	时间分割法圆弧插补	288	图 8-57	编程板	303
图 8-32	扩展 DDA 直线插补	288	图 8-58	小功率晶闸管—电动机单闭环调速系统原理图	304
图 8-33	扩展 DDA 圆弧插补	288	图 8-59	给定电压与转速负反馈环节	305
图 8-34	零件轮廓与刀具中心轨迹	288	图 8-60	放大和电压微分负反馈电路	305
图 8-35	刀具半径偏移计算	288	图 8-61	电流截止环节	306
图 8-36	数控机床操作面板	289	图 8-62	触发脉冲电路	306
图 8-37	符号组合使用例	290	图 8-63	采用运算放大器的调速系统框图	307
图 8-38	数控机床操作盘原理示意图 (1)	291	图 8-64	运放应用电路	307
图 8-39	数控机床操作盘原理示意图 (2)	292			
图 8-40	KSJ-1 型顺序控制器简化逻辑图	293			

图 8-65	线性集成电路在调速系统中的应用	308	图 8-89	表头逻辑电路	322
图 8-66	无静差调速系统原理框图	309	图 8-90	预整定和校对电路	322
图 8-67	比例积分调节器组成的无静差调速系统	309	图 8-91	脉宽放大器的主电路	322
图 8-68	速度与电流双闭环调速系统框图	310	图 8-92	单极性输出脉宽调制放大器	323
图 8-69	双闭环调速系统(单相桥式整流电路)	310	图 8-93	V5 系列调速装置方框图	324
图 8-70	双闭环调速系统(晶闸管触发电路)	311	图 8-94	SKC—630 型数控车床逻辑图(见插图)	
图 8-71	双闭环调速系统(速度调节和电流调节电路)	311	图 8-95	MJ—3215 型带锯机床数控进尺装置逻辑图(1)(见插图)	
图 8-72	SF13 型数显原理方框图	312	图 8-96	MJ—3215 型带锯机床数控进尺装置逻辑图(2)(见插图)	
图 8-73	SF13 型数显电路图(预置工作方式)	312	图 8-97	KD—350 型数控水压机逻辑图(见插图)	
图 8-74	SF13 型数显电路图(稳幅电路及显示计数器)	313	图 8-98	ZSK25 型数控钻床逻辑图(见插图)	
图 8-75	SF13 型数显电路图(振荡器及脉冲形成)	314	图 8-99	SKY—80 型数字程序控制冲模回转压力机逻辑图(见插图)	
图 8-76	振荡电路	315	图 8-100	DT16—28 型粗镗电气原理图(1)	325
图 8-77	脉冲形成电路及其波形	316	图 8-101	DT16—28 型粗镗电气原理图(2)	326
图 8-78	前置放大器	317	图 8-102	DT16—28 型粗镗电气原理图(3)(PC 输入、输出点分配)	327
图 8-79	高通滤波器	318	图 8-103	Y132 型端盖油压机(轴承)电气原理图(1)	328
图 8-80	主放大器	318	图 8-104	Y132 型端盖油压机(轴承)电气原理图(2)	329
图 8-81	精门栅电路及波形图	319	图 8-105	梯形图(1)	330
图 8-82	防闪门和计数脉冲门电路	319	图 8-106	梯形图(2)	330
图 8-83	函数变压器构成框图	319	图 8-107	梯形图(3)	330
图 8-84	两级函数变压器	320	图 8-108	梯形图(4)	330
图 8-85	转换计数器与译码电路	320			
图 8-86	运动方向判别电路	321			
图 8-87	符号及加减判别电路	321			
图 8-88	粗糙转换电路	321			

图 8-109	梯形图 (5)	.....	331	图 9-20	晶闸管中频电源控制和保护系统图	.....	351
图 8-110	梯形图 (6)	.....	331	图 9-21	晶闸管中频电源操作系统图 (见插图)	.....	352
图 8-111	梯形图 (7)	.....	331	图 9-22	JSMJ 型晶体管脉冲式时间继电器电路	.....	352
图 8-112	梯形图 (8)	.....	331	图 9-23	JSJ 型晶体管时间继电器电路 (1)	.....	352
第九章 其他机床电路图				图 9-24	JSJ 型晶体管时间继电器电路 (2)	.....	353
图 9-1	JB23—80 型 80T 开放式双柱可倾压力机 (80T 冲床) 电气原理和接线图	.....	333	图 9-25	JSJ 型晶体管时间继电器电路 (3)	.....	353
图 9-2	80T 冲床电气原理图和接线图	.....	334	图 9-26	JSJ 型晶体管时间继电器电路 (4)	.....	354
图 9-3	G607 型圆锯床电气原理图	.....	335	图 9-27	JSI3 型晶体管时间继电器电路	.....	354
图 9-4	G607 型圆锯床电气接线图 (1)	.....	336	图 9-28	JSB 型晶体管时间继电器电路	.....	355
图 9-5	G607 型圆锯床电气接线图 (2)	.....	337	图 9-29	JSJ0 型晶体管时间继电器电路	.....	355
图 9-6	G607 型圆锯床电气接线图 (3)	.....	338	图 9-30	JSJ1 型晶体管时间继电器电路	.....	356
图 9-7	JDW91—10 型外定位冲槽机电气原理图 (1)	.....	339	图 9-31	JSJ1 型晶体管断延时继电器电路	.....	356
图 9-8	JDW91—10 型外定位冲槽机电气原理图 (2)	.....	340	图 9-32	JSKJ 型晶体管时间继电器电路 (直流)	.....	357
图 9-9	JDW91—10 型外定位冲槽机电气接线图	.....	341	图 9-33	JSKJ 型晶体管时间继电器电路 (交流)	.....	357
图 9-10	JDW91—10 型外定位冲槽机电气箱面板接线图	.....	342	图 9-34	JSU 型晶体管时间继电器电路	.....	358
图 9-11	Y38 型滚齿机电气原理图	.....	343	图 9-35	TJSB1 型晶体管时间继电器延时型电路	.....	358
图 9-12	Y3150 型滚齿机电气原理图	.....	343	图 9-36	TJSB1 型晶体管时间继电器脉冲型电路	.....	359
图 9-13	手动电气控制装置原理图	.....	344	图 9-37	JSI4 型晶体管时间继电器电路	.....	359
图 9-14	电工鳞板线电气原理图 (1)	.....	345	图 9-38	JS20 型系列晶体管时间继电器所用场效应管断延时电路	.....	360
图 9-15	电工鳞板线电气原理图 (2)	.....	346	图 9-39	JS20 型系列晶体管时间继电器所用场效应管通延时电路	.....	360
图 9-16	电工鳞板线电气原理图 (3)	.....	347	图 9-40	BJWO—1/□型热继电器电路	.....	361
图 9-17	15/3t 桥式起重机电气原理图	.....	348	图 9-41	BJWO—3/□型热继电器电路	.....	361
图 9-18	20/5t 桥式起重机电气原理图	.....	349	图 9-42	LJ2 系列晶体管接近开关原理电路图	.....	362
图 9-19	晶闸管中频电源主电路系统图	.....	350	参考文献		.....	363

第一章 机床电路基本知识

第一节 常用电工图形、文字符号、术语

一、常用电工图形符号

GB4728《电气图用图形符号》国家标准包括以下 13 个部分：

- (1) GB4728.1—85 总则。
- (2) GB4728.2—84 符号要素、限定符号和常用的其他符号。
- (3) GB4728.3—84 导线和联接器件。
- (4) GB4728.4—85 光源元件。
- (5) GB4728.5—85 半导体管和电子管。
- (6) GB4728.6—84 电能的发生和转换。
- (7) GB4728.7—84 开关、控制和保护装置。
- (8) GB4728.8—84 测量仪表、灯和信号器件。
- (9) GB4728.9—85 电信：交换和外围设备。
- (10) GB4728.10—85 电信：传输。
- (11) GB4728.11 85 电力、照明和电信布置。
- (12) GB4728.12—85 二进制逻辑单元。
- (13) GB4728.13—85 模拟单元。

GB4728《电气图用图形符号》的制订参照采用了国际标准

IEC617《绘图用图形符号》。

通常用于图样或其他文件以表示一个设备或概念的图形、标记或字符称为图形符号。

一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合以构成一个设备或概念的完整符号（例如灯丝、栅极、阳极、管壳等符号要素组成电子管的符号）称为符号要素。符号要素组合使用时，其布置可以同符号表示的设备的实际结构不一致。

用以表示一类产品和此类产品特征的一种通常很简单的符号称为一般符号。

用以提供附加信息的一种加在其他符号上的符号称为限定符号。限定符号通常不能单独使用，但一般符号有时也可用作限定符号。如电容器的一般符号加到传声器符号上即构成电容式传声器的符号。

用以表示元件、设备等的组合及其功能，既不给出元件、设备的细节，也不考虑所有联接的一种简单的图形符号称为方框符号。方框符号通常用在使用单线表示法的图中，也可用在示出全部输入和输出接线的图中。

某些特定装置或概念的符号在标准中未作规定，允许通过已规定符号的适当组合进行派生。符号可以缩小和放大，但各符号相互间及符号本身的比例应保持不变。导线符号可以用不同宽度的线条表示。“优选形”是供优先采用的。在同一张电气图样中只能选用一种图形形式，图形符号的大小和线条的粗细亦应基本

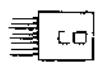
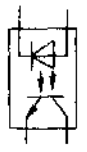
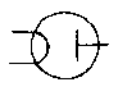
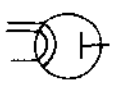
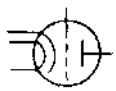
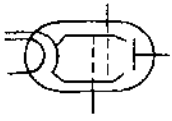
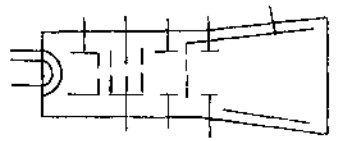
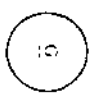
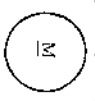

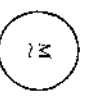
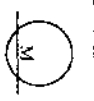
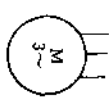
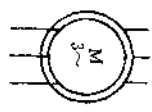
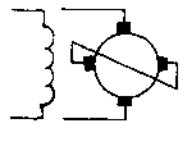
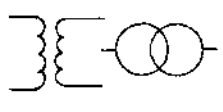
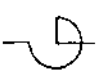
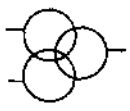
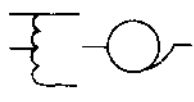
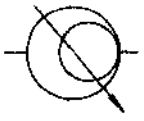

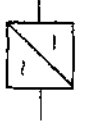
一致。
 标准中规定的图形符号，均按无电压、无外力作用的正常状态示出。图形符号中的文字符号、物理量符号等，应视为图形符

号的组成部分。
 符号适应计算机辅助绘图系统，标准并作了相应的规定。
 常用的电工图形符号，见表 1-1。

表 1-1

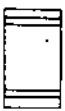






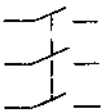

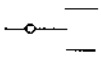

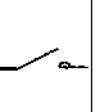

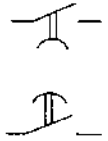



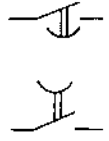

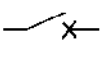

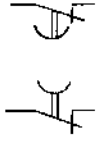

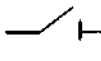

常用电工图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	直 流		插 头		带磁芯的电感器		PNP 型半导体管
	交 流		插头和插座		具有两个电极的压电晶体		NPN 型半导体管
	转速控制		电阻器		延迟单元		P 型基极单结晶体管
	接地…般符号		可变电阻器		半导体二极管		N 型基极单结晶体管
	三根导线		滑动触点电位器		单向击穿二极管 电压调整二极管		光敏电阻
	端 子		电容器		双向二极管 交流开关二极管		光电二极管
	导线的联接		可变电容器		阳极管 晶体闸流管		光电二极管
	导线的联接		电感器、线圈绕组、扼流圈		明极管 晶体闸流管		光电二极管
	导线的联接(跨越)						
	插 座						

	发光数码管		光耦合器 光隔离器		阴极式阴极管		阴极式阴极管		阴极式阴极管		束射四极管
	示波管		直流发电机		直流电动机		交流发电机		交流电动机		直流电动机
	三相鼠笼式异步电动机		单相绕线转子异步电动机		电机扩大机		双绕组变压器		电抗器 扼流圈		
	二绕组变压器		自耦变压器		感应调压器		桥式全波整流器		逆变器		


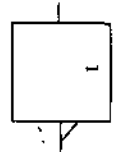

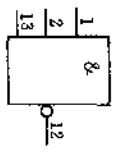
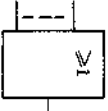
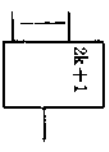
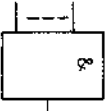

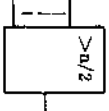
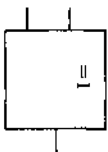
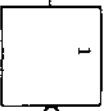
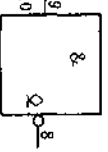
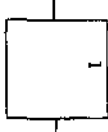
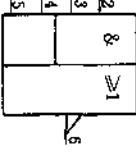
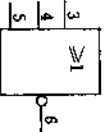
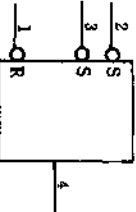
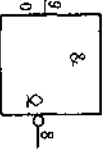
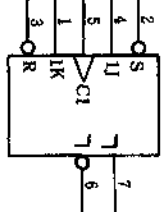
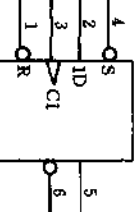
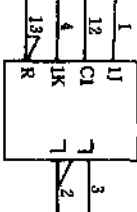
续表

续表

	热 源							
	动合 (常开) 触点开关		延时断开的动断触点 (通电)		热继电器的热元件 (单元件) 两元件 三元件		负荷开关	
	动断 (常闭) 触点		手动开关		多极开关		操作器件 (线圈)	
	中间断开的双向触点		按钮开关		接触器 动合触点		熔断继电器线圈	
	延时闭合的动合触点 (通电)		旋钮开关 旋转开关		接触器 动断触点		熔断器 式开关	
	延时断开的动合触点 (断电)		位置开关 动合触点 限制开关		断路器		跌开式熔断器	
	延时闭合的动断触点 (断电)		热继电器的动断 (常用) 触点		隔离开关		避雷器	

图形符号	说明	图形符号	说明	图形符号	说明	图形符号	说明
	天线		检波器		屏、盘、架		单相插座
	无线电台		光纤、光缆		人工交换台、中继台、测量台		密闭(防水)防爆
	脉冲发生器		发电站(厂)		两路分配器		单极开关
	放大器		变电所 配电所		分支器		密闭(防水) 防爆
	滤波器		局、所、台、站		均衡器		钥匙开关
	调制器、鉴别器		有线广播台、站		电阻加热装置		定时开关
			风扇		投光灯		

续表

	分线盘		反相器
	壁灯		3输入与非门
	“或”单元		奇数单元 模2加单元
	“与”单元		偶数单元
	多数单元		异或单元
	非门		2输入与非门 (L型 OC)
	输入无专门放大的缓冲单元		2路2-2输入与或反相器
	3输入或非门		R-S 锁存器
	2输入与非门 (L型 OC)		数据锁定出(主从) JK 触发器
	边沿上升沿 D 触发器		脉冲触发(主从) JK 触发器

续表

二、常用电气文字符号

新国家标准 GB7159—87《电气技术中的文字符号制订通则》对常用电气文字符号有明确的规定。文字符号适用于电气技术领域和技术文件的编制,也可表示在电气设备、装置和元器件上或其近旁,以标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征。文字符号作为限定符号与一般图形符号组合使用,以派生新的图形符号。

文字符号分为基本文字符号(单字母或双字母)和辅助文字符号。

在基本文字符号中,单字母符号是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类,每大类用一个专用单字母符号表示。如“C”表示电容器类,“R”表示电阻器类等,单字母符号应优先采用。单字母符号与 GB5094—85《电气技术中的项目代号》中“项目种类的字母代码表”的规定相一致。

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一字母组合,其组合型式应以单字母符号在前、另一字母在后的次序列出。

如“GB”表示蓄电池,“G”为电源的单字母符号。只有当用单字母符号不能满足要求、需要将大类进一步划分时,才采用双字母符号,以便较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件。如“干”表示保护器件类,而“FU”表示熔断器,“FR”表示具有延时动作的限流保护器件等。各专业可以补充标准未列出的双字母符号。

辅助文字符号是用以表示电气设备、装置和元器件,以及线路的功能、状态和特征的。如“SYN”表示同步,“RD”表示红色等。辅助文字符号也可放在表示种类的单字母符号后边组成双字母符号,如“KT”表示时间继电器,“YB”表示电磁制动器。为简化文字符号,若辅助文字符号由两个以上字母组成时,允许只采用其第一位字母进行组合,如“MS”表示同步电动机等。辅助文字符号还可单独使用,如“ON”表示接通,“M”表示中间线,“PE”表示保护接地等。文字符号的字母采用拉丁字母大写正体字,“I”、“O”不允许单独做为文字符号,以免混淆。电气设备常用基本文字符号和常用辅助文字符号,见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2

电气设备常用基本文字符号

设备、装置和元器件种类	名称	文字符号	
		单	双
分离元件放大器	激光器		
	调节器		
	电桥		
	晶体管放大器		
	集成电路放大器		
	磁放大器		
电子管放大器	印刷电路板		
	抽屜柜		
	支架盘		
非电量和电量变换器	热电传感器		
	热电池		
	测功计		
	晶体转换器		
	送话器		
	拾音器		
	扬声器		
	耳机		

续表

设备、装置和元件种类	名称	文字符号		设备、装置和元件种类	名称	文字符号	
		单	双			单	双
非电量和电量变换器	自整角机 旋转变压器 模拟和多级数字 变换器或传感器 压力变换器 位置变换器 旋转变压器 (测速发电机) 速度变换器 速度变换器	B	BP	发生器发电机电源	旋转发电机 振荡器	G	GS
			BQ		发生器 同步发电机		GA
			BR		异步发电机		GB
			BT		蓄电池		GF
			BY		旋转式或 固定式变频器		
电容器	电容器	C		电容器			
二进制元件 延迟器件 存储器	数字集成电路和器件： 延迟线 双稳态元件 单稳态元件 磁芯存储器 磁芯存储器 磁芯记录机 磁芯记录机	D		信号器件	声响指示器	H	HA
					光指示器		HL
					指示灯		HL
					瞬时接触继电器		KA
其它 元件	其它未规定的器件 发热器件 照明灯 空气调节器 过电压放电器件避雷器 具有瞬时动作的限流保护器件 具有定时动作的限流保护器件 具有延时和瞬时动作的限流保护器件 熔断器 限压保护器件	E	EH	继电器 接触器	瞬时或有继电器	K	KA
			EL		交流继电器		KA
			EV		热敏接触继电器(机械闭锁或永磁式 有或无继电器)		KA
					双稳态继电器		KL
					接触器		KM
					极化继电器		KP
保护器件		F	FA		簧片继电器		KR
			FR		延时或有继电器		KT
			FS		逆流继电器		KR
			FU				
			FV				

续表

设备、装置和 元器件种类	名称	文字符号		设备、装置和 元器件种类	名称	文字符号	
		单	双			单	双
电感器 电抗器	感应线圈 线路电抗器 (并联和串联)	L		电阻器	电阻器	R	
					电抗器		RP
					测量分路表		RS
电动机	电动机	M		压敏电阻器		RV	
	同步电动机		MS	热敏电阻器		RT	
	可编发电动机或电动机用的电机		MG	投号接触器 连接袋			
	力矩电动机		MT	控制开关			
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N		选择开关		SA	
				按钮开关		SB	
测量设备 试验设备	指示器件 记录器件 积分测量器件 信号发生器 电流表 (脉冲)计数器 电度表 记录仪器 时钟、操作时间表 电压表 断路器	P		控制、记忆、信号 电路的开关器件 选择器	机电式有或无传感器(单级数字传感 器)	S	
					液体标高传感器		SL
					压力传感器		SP
					位置传感器(包括接近传感器)		SQ
					转数传感器		SR
					温度传感器		ST
					电流互感器		TA
					控制电路电源用变压器		TC
					电力变压器		TM
					磁稳压器		TS
电力电路 的开关器件	电动机保护开关 隔离开关	Q		变压器			
						电压互感器	TV

续表

设备、装置和元件种类	名称	文字符号		设备、装置和元件种类	名称	文字符号		
		单	双			单	双	
调压器变换器	整流器 解调器 变频器 编码器 变频器 逆变器 整流器 电液转换器	U		端子插头插座	连接插头和插座	X	XB	
					接线柱			XJ
					电缆封端和接头			XP
					焊接端子板			XS
					端子板		XT	
					气阀		YA	
					电磁铁		YB	
					电磁制动器		YH	
					电磁离合器	Y	YC	
					电磁吸盘		YH	
					电动机		YM	
					电磁阀		YV	
					电气操作的机械器件			
					终端设备	Z		
					混合变压器			
					滤波器			
					均衡器			
					限幅器			
电子管晶体管	气体放电管 二极管 晶体管 晶闸管 电子管	V	VE VC	电气操作用的机械器件	终端设备	Y	YH	
					混合变压器			
					滤波器			
					均衡器			
					限幅器			
传输通道波导天线	导线 电缆 母线 波导 波导定向耦合器 偶极天线 天线	W		终端设备	Z			
				混合变压器				
					滤波器			
					均衡器			
					限幅器			

表 1-3

常用辅助文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号
电 流	A	反 馈	FB	记 录	R	交 流 系 统 3 相	W
模 拟	A	正、向前	FW	右	R	交 流 系 统 中 性 线	N
交 流	AC	绿	GN	反	R	保 护 接 地	PE
自 动	A, AUT	高	H	红	RD	接 地	E
加 速	ACC	输 入	IN	复 位	R, RST	无 噪 声 接 地	TE
附 加	ADD	增	INC	备 用	RES	机 壳 或 机 架	MM
可 调	ADJ	感 应	IND	运 转	RUN	等 电 位	CC
辅 助	AUX	左	L	信 号	S	交 流 系 统 的 电 源	
异 步	ASY	限 制	L	起 动	ST	1 相	L1
制 动	R, BRK	低	L	置 位, 定 位	S, SET	2 相	L2
黑	BK	闭 锁	LA	弛 和	SAT	3 相	L3
蓝	BL	大	M	步 进	STE	中 性 线	N
向 后	BW	中	M	停 止	STP	直 流 系 统 的 电 源	
控 制	C	中 间 线	M	同 步	SYN	正	L+
顺 时 针	CW	手 动	M, MAN	温 度	T	负	L-
逆 时 针	CCW	中 性 线	N	时 间	T	中 间 线	M
延 时 (延 迟)	D	断 开	OFF	无 噪 声 (防 干 扰)	TE	保 护 接 地 线	PE
差 动	D	闭 合	ON	接 地		不 接 地 的 保 护 导 线	PU
数 字	D	输 出	OUT	真 空	V	保 护 接 地 线 和 中 性 线	
降	D	压 力	P	速 度	V	共 用 一 线	PEN
直 流	DC	保 护	P	电 压	V	接 地 线	E
减	DEC	保 护 接 地	PE	白	WH	无 噪 声	
接 地	E	保 护 接 地 与 中 性 线 共 用	PEN	黄	YE	接 地 线	TE
紧 急	EM			交 流 系 统 1 相	U	机 壳 或 机 架	MM
快 速	F	不 接 地 保 护	PU	交 流 系 统 2 相	V	等 电 位	CC

三、术语
 关于名词术语，国家标准已作了规定，例如：“激磁”“励磁”，规定称为“励磁”；“可控硅”规定为“晶闸管”。但还是有
 些名词、术语及名称，叫法很多，全国极不统一，如“改锥”、“起子”“螺丝刀”，现推荐称为“一字旋具”、“十字旋具”。为出版图书统一起见，推荐常用术语，其中涉及电工范围的见表 1-4。

表 1-4

常用电工术语

推荐术语	不宜采用术语	推荐术语	不宜采用术语
集肤效应 方均根值 电导率 磁导率 电阻率 磁动势、磁通势 电势 等效电路 基尔霍夫定律 欠电压 笼型异步电动机 绕线转子异步电动机 中励 并励 他励 铁心、磁心 初级（用于电动机） 次级（用于电动机） 一次侧 二次侧 一次电压（电流、绕组） 二次电压（电流、绕组） 熔体（熔片、熔丝） 熔断器 失重 介质损耗 换向器 换电环 转差（率）	均方根值 导电率 导磁率 电阻系数 磁势 电势 等值电路 定希荷夫定律 低电压 鼠笼型异步电动机 绕线型异步电动机 串激 并激 他激 铁芯、磁芯 原边 副边 初级、副边 一次侧电压（电流、绕组） 二次侧电压（电流、绕组） 保险丝 保险器 向量 介电损耗、介质损失 砂流子 磨环 滑差（率）	联接组 星形（Y）联接 三角形（D）联接（用于变压器） 电压比（互感器） 变压比（互感器） 阻抗电压 相位差 刀开关 （低压）断路器 螺线管 气体继电器 按钮 电磁起动器 减压起动器 绝缘管子 晶闸管 印制电路板 存贮器 外围设备 门控（晶闸管） 信号 图像 起辉器 录像机 摄像机 数/模转换器 模/数转换器	联接组 星形（Y）连接（接法） 三角形（Δ）连接（接法） 三角形（Δ）连接（接法） 变比 变比 短路电压 角差、相角差 闸刀开关 自动开关 螺管线圈 瓦斯继电器 按钮开关 磁力起动器 降压起动器 瓷瓶、碍子、隔电子 可控硅元件 印制电路板 存贮器 外部设备 控制板（晶闸管） 讯号 图象 启辉器 录像机 摄像机 数/模转换器 模/数转换器

第二节 接触器继电器电路 典型环节

机床电路主要分三大类：接触器继电器控制电路、电子电路、逻辑电路。在接触器继电器控制电路中，有许多相同的环节。所谓典型环节，也可以说一个复杂的接触器继电器控制电路就是典型环节的组、重复和派生。所以熟悉典型环节，对阅读机床电路图显得特别重要。

接触器继电器的典型环节有：电动机点动控制电路，电动机单向起动的控制电路，电动机的可逆起动控制电路，用辅助触点作联锁保护的电动机可逆起动控制电路，用按钮作联锁保护的电动机可逆起动控制电路，复合联锁保护的电动机可逆起动控制电路，可逆点动、起动的混合电动机控制电路，可逆起、停行程开关作自动停止的电动机控制电路，自动往返电动机控制电路，串电阻（电抗器）减压起动控制电路，自耦变压器（补偿器）电动机减压起动控制电路，星—三角（Y— Δ ）电动机起动控制电路，延边三角形电动机减压起动控制电路，绕线转子电动机转子串电阻起动控制电路，绕线转子电动机转子串频敏变阻器起动的控制电路，双速电动机的控制电路，三速异步电动机起、停和自动加速控制电路，单向起、停反接制动控制电路，双向起、停反接制动控制电路，单向起、停半波整流能耗制动控制电路，双向起、停半波整流能耗制动控制电路，再生制动电路，电容制动电路等。具体说明如下。

一、电动机的点动控制电路

电动机的点动控制电路，可以控制机械的步进和步退，又叫

寸动，电动机只作短时动作，不连续供电而旋转。控制电路原理图见图 1-1。

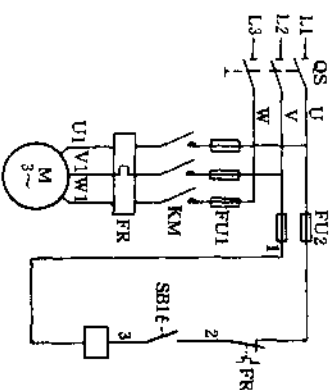


图 1-1 电动机的点动控制电路

将按钮 SB1 按下，使 2 与 3 之间触点 SB1 闭合，2、3 两点接通，接触器 KM 线圈有电流流过，接触器的吸引衔铁吸合，KM 的常开主触点闭合，使电动机接通三相交流电源，按规定方向旋转。当松开按钮 SB1 时，2、3 两点断开，接触器 KM 的线圈失压释放，同时 KM 的常开触点断开，电动机停止转动。这种控制电路在快速行程以及有调整功能的机床中也常采用。其应用是很广泛的。

二、电动机单向起动的控制电路

单向起动控制电路是最简单、最常用的一种控制电动机单向运转的电路。这个电路与点动电路基本相同，仅在按钮 SB2 上并联了一对接触器 KM 的常开触点，多了一只停止用的按钮 SB1。当按下起动按钮 SB2 时，接触器线圈 KM 得电吸合，使接触器常开主触点闭合，电动机接通电源而旋转，同时又使其与 SB2 并联的 4、5 之间的常开触点 KM 闭合。这样，当松开按钮 SB2 时

电路就可通过KM和4、5两点，使线圈KM继续得电。凡是接触器或继电器利用它自己的副触点来保持线圈吸合的，称之为“自锁”（或“自保”），这个触点就叫做自锁触点，它起着电路自锁作用。如要使电动机M停止转动，则须按下停止按钮SB1，3、4之间触点SB1断开，接点器KM释放，其常开触点即打开，所以松开按钮M停止。同时与SB2并联的常开触点KM也断开，所以松开按钮SB1到原来位置，虽然使3、4之间两触点SB1又接通，但接触器KM却不能动作，这就为再次起动准备了条件。单向起动的控制电路见图1-2。

若将电源联接到停止按钮SB1和起动按钮SB2之间，可以作

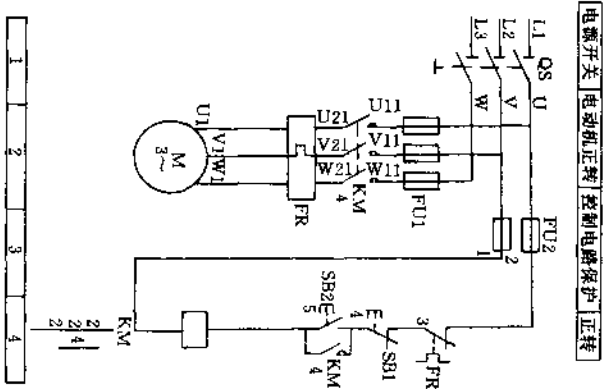


图 1-2 电动机单向起动的控制电路

为单向起动。若同时按下SB1、SB2时，自锁触点不起作用，就相当于点动控制电路。这在许多场合有实际应用，如在牛头刨床上采用，既可连续运转，正常加工使用，也可以点动，对刀时很方便。而且实际接线时，不需增加任何器件，不作大的变动，只需对调一下按钮上的线头即可实现，极为简单、方便和实用。电动机单向起动或点动的控制电路，见图1-3。

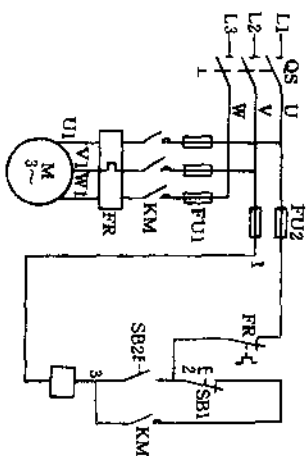


图 1-3 电动机单向起动或点动的控制电路

三、电动机的可逆起动控制电路

电动机的可逆起动控制，又称为接触器正、反转控制，在主电路中只需利用两只接触器的主触点把主电路三相正弦交流电源的两对电源线对调，就能实现。这是因为改变了电动机三相正弦交流电源的相序，如原来接U、V、W，而现在变或U、W、V，由电机学知识可知，电动机的旋转磁场的方向改变了，也就是电动机反向旋转了。但是，对调线头只能一次，若对调两次，则方向还是原来的旋转方向。没有联锁的可逆起动控制电路，见图1-4。

当按下按钮SB2时，接触器KM1线圈得电，KM1通过4、5自锁，同时KM1主触点闭合，电动机正转。当按下按钮SB3时，

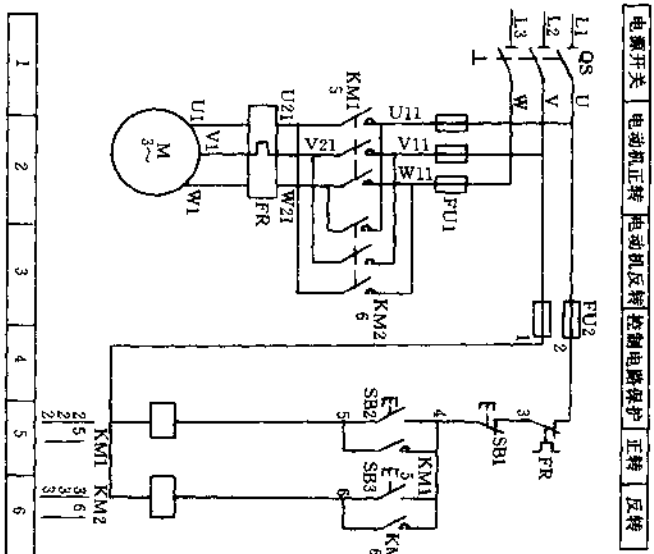


图 1-4 电动机的可逆启动控制电路

接触器 KM2 线圈得电，KM2 通过 4、6 自锁，同时 KM2 主触点闭合，电动机反转。按下停止按钮 SB1，无论是电动机正方向运转或反方向运转，均停止旋转。但是这控制电路虽能完成正、反转控制，但如果同时按下 SB2 和 SB3，此时接触器 KM1、KM2 的主触点同时闭合，将发生电源相间短路，所以一定要采取联锁保护。

四、用辅助触点作联锁保护的电动机可逆启动控制电路

控制电路中，接触器 KM1、KM2 两对常闭触点为联锁触点。

当 KM1 动作后，其常闭触点打开，将 7、8 之间断开，保证了这时如果按下 SB3 时 KM2 不能吸合；同理如 KM2 吸合时，KM2 断 5、6，KM1 也不会吸合，所以它能避免主电路的相间短路。用辅助触点作联锁保护的电动机可逆启动控制电路，见图 1-5。

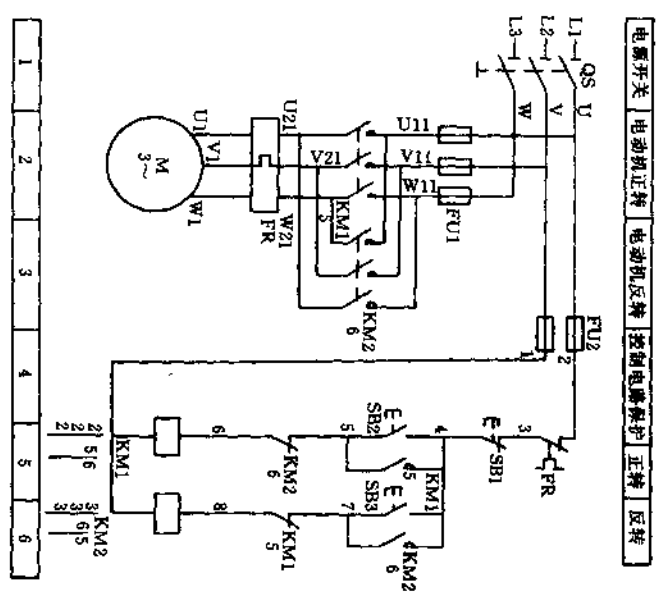


图 1-5 用辅助触点作联锁保护的电动机可逆启动控制电路

五、用按钮作联锁保护的电动机可逆启动控制电路

将图 1-5 中两个接触器辅助触点的联锁触点，换成两个复合

按钮的常闭触点，实现按钮作联锁保护的电动机可逆控制。当KM1启动后，如再按SB3，那么SB3必须先经5与6之间的触点SB3断开，使接触器KM1释放，这时SB3才能接通KM2的电路，使KM2吸合，电动机才反向旋转。反转若要改正转，也是同样原理。复合按钮一般是先断开常闭触点后，才能接通常开触点，这样既保证了正、反转接触器不会同时通电，又方便了控制。但在操作时，应将启动按钮按到底。否则，只有停车而无反向启动。用按钮作联锁保护的电动机可逆启动控制电路，见图1-6。

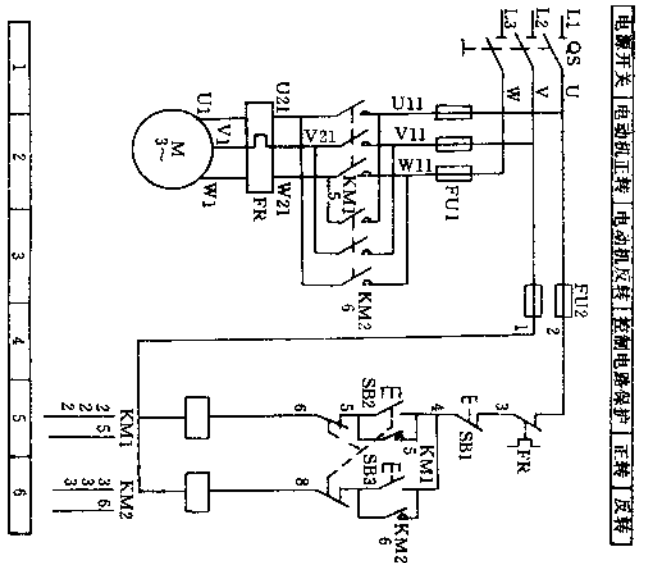


图 1-6 用按钮作联锁保护的电动机可逆启动控制电路

六、复合联锁保护的电动机可逆启动控制电路

以上保护电路仍不太安全可靠，若接触器主触点发生熔焊而分断不开时，直接操作按钮进行换向，仍会发生短路故障。为了安全可靠，果用复合联锁保护的电动机可逆启动控制电路。由于采用了接触器常闭辅助触点的电气联锁和按钮的机械联锁的双重联锁，即能实现直接可逆控制的要求。两种同时联锁保护的复合联锁，效果更好，电路工作更可靠，是电气控制中经常采用的

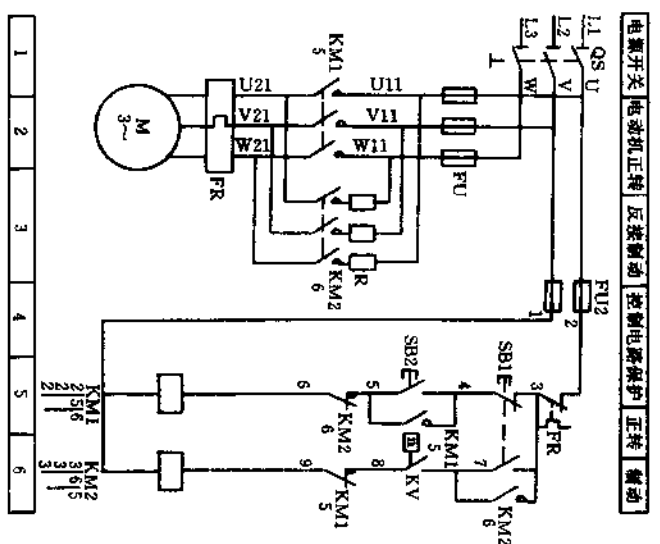


图 1-7 复合联锁保护的电动机可逆启动控制电路

可逆启动控制电路。复合联锁保护的电动机可逆启动控制电路，见图 1-7。

七、可逆点动、启动的混合电动机控制电路

这个控制电路是以上几个控制电路的综合，它具有可逆点动及可逆运转，并具有按钮及辅助触点联锁保护，使操作方便、保护可靠，适用于工作较为复杂的场所。SB4 和 SB5 是正、反向点动控制按钮。在按下 SB4 或 SB5 时，SB4 和 SB5 的常闭触点分别断开 KM1 或 KM2 的自锁电路，因而起到分别控制点动正、反转的作用。

八、可逆启动以行程开关作自动停止的电动机控制电路

行程开关作为限位控制时，可把行程开关安装在行程的两个终端处，并将这两个行程开关的常闭触点分别串接在电动机正、反向接触器线圈电路中，是带有半自动性的电路。特点是能使设备每次启动后自动停止在规定的地方，达到定点停车的目的。

当接触器 KM2 或 KM3 启动后，电动机即作正向或反向运转，带动撞块（挡铁）分别作进或退、升或降、向左或向右的移动。当行至规定点时，撞块拨动限位开关 SQ1—1 或 SQ1—2，使 3 与 4 之间或 5 与 6 之间的常闭触点 SQ1 或 SQ2 断开，相应地接触器 KM2 或 KM3 释放，电动机即停止运转。

它的回程是依靠反向运转来达到的，这时撞块脱离了行程开关，即 3 与 4 或 5 与 6 之间的触点又恢复闭合，为下一次工作行程作好准备。

但是依靠普通型的行程开关，难以作到准确定位，所以在以前用死挡铁来作配合，近年采用接近开关非机械接触，使定位精度得以大大提高。

可逆启动以行程开关作自动停止的电动机控制电路，见图 1-8。

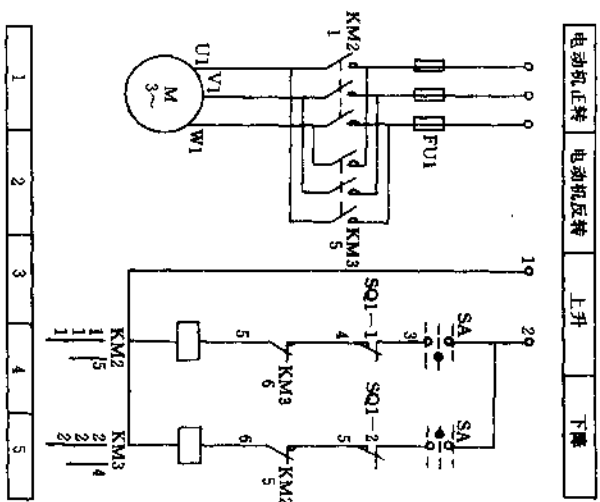


图 1-8 可逆启动以行程开关作自动停止的电动机控制电路

九、自动往返电动机控制电路

有些设备要求工作台在一定距离内能自动往返，以便对工件连续加工。如平面磨床，采用行程开关达到自动控制电动机的正、反转的目的，从而实现工作台的自动往返。

自动往返电动机控制电路，见图 1-9。合上电源开关 QS，若要求工作台先向左再往返运动，工作过

程见表 1-5。
由以上叙述可知，限位开关能起到自动换接正、反转控制电

图 1-9 自动往返电动机控制电路

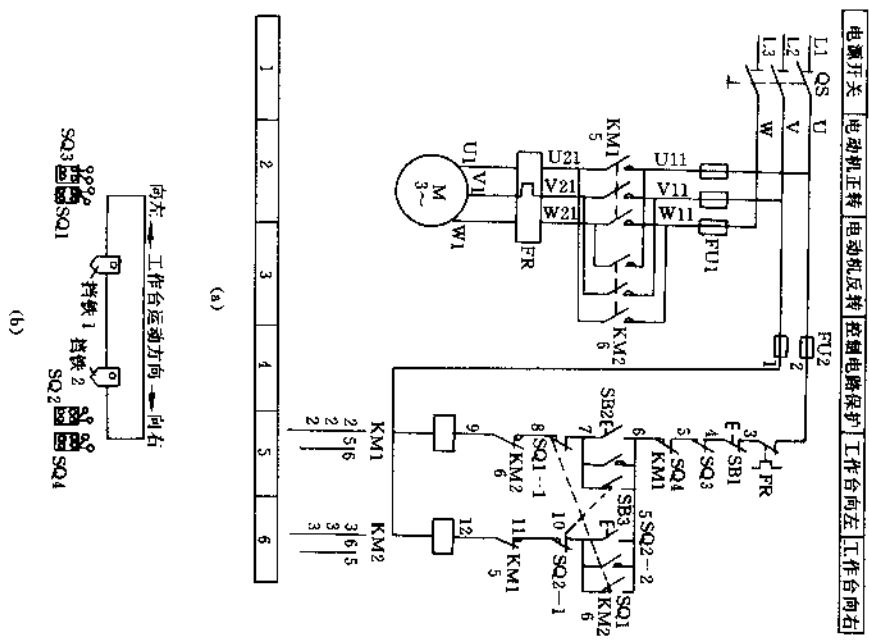
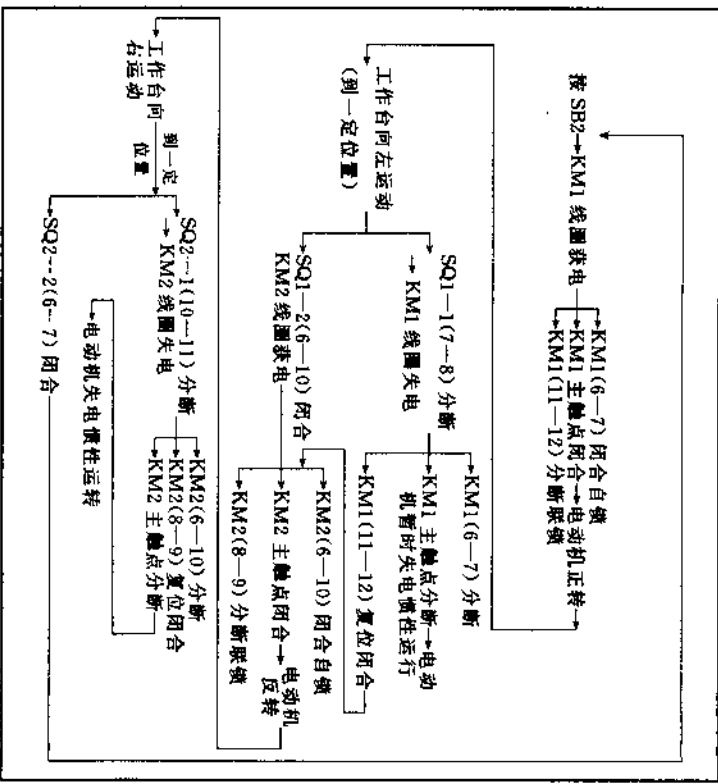


表 1-5

控制电路工作过程



路的作用。限位开关 SQ3 和 SQ4 起终端保护作用。这样在 SQ1 或 SQ2 失灵时，以作极限保护作用，所以 SQ3 和 SQ4 又称终端开关。
这个电路因为电动机由正转变反转，又从反转变正转，连续不断，所以电动机容易发热。一般适用于控制小功率电动机。
另外，加限位控制就可变成带有点动的自动往返电路。点动部分可作微调整用。

十、串电阻（电抗器）减压启动控制电路
 当电动机额定电压为220/380V(△/Y)时,是不能用Y—△方法作降压启动的。串联电抗器的启动电路,常应用于高压电动机的启动。

串电阻（或电抗器）减压启动,就是在电动机启动时,将电阻（或电抗器）串联在定子绕组与电源之间的方法。由于串电阻（或电抗器）起到了分压作用,电动机定子绕组上所承受的电压只是额定电压的一部分,这样就限制了启动电流,当电动机的

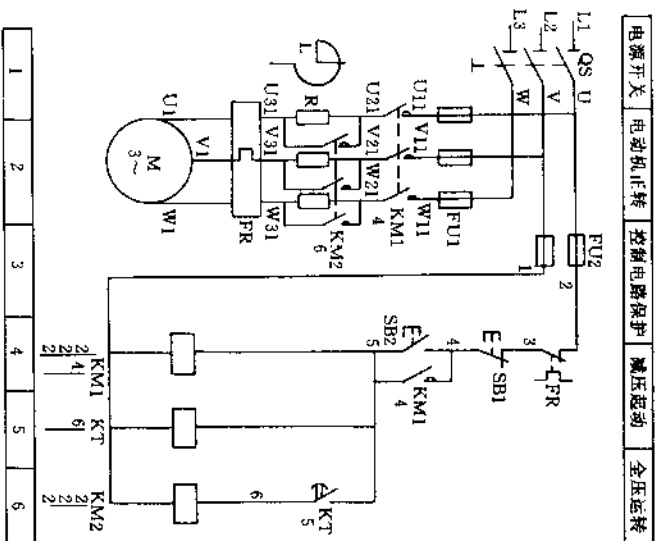


图 1-10 串电阻（电抗器）减压启动控制电路

转速上升到一定值时,再将电阻（或电抗器）短接,电动机便在额定电压下正常运转。

串电阻（电抗器）减压启动控制电路,见图 1-10。

合上电源开关 QS,按下按钮 SB2,接触器 KMI 和时间继电器 KT 的线圈同时得电, KMI (4—5) 闭合自锁, KMI 主触点闭合,电动机串电阻（或电抗器）减压启动。KT (5—6) 延时闭合, KM2 线圈获电, KM2 主触点闭合,电阻（或电抗器）被短接,电动机开始以额定电压运转。

十一、自耦变压器（补偿器）电动机减压启动控制电路

这是利用自耦变压器来降低启动时的电压,达到限制启动电流的目的。启动时,电源电压加在自耦变压器低压绕组联接,待电动机转速上升到一定数值时,再将自耦变压器切除,电动机以额定电压运行。

自耦变压器减压启动原理,见图 1-11。

启动时,将开关 QS 合上,再将开关 SA 扳向“启动”位置,此时电动机的定子绕组与自耦变压器的低压侧联接,电动机减压启动,待转速升到一定数值时,再将开关 SA 迅速扳向“运行”位置,切除自耦变压器,电动机将直接接通电源,以全压运行。

自耦变压器减压启动,有手动控制和自动控制两种。

QJ3、QJ5 为手动启动补偿器,其结构和控制电路,见图 1-12。

QJ3 型补偿器主要由自耦变

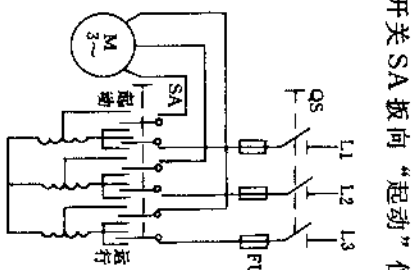
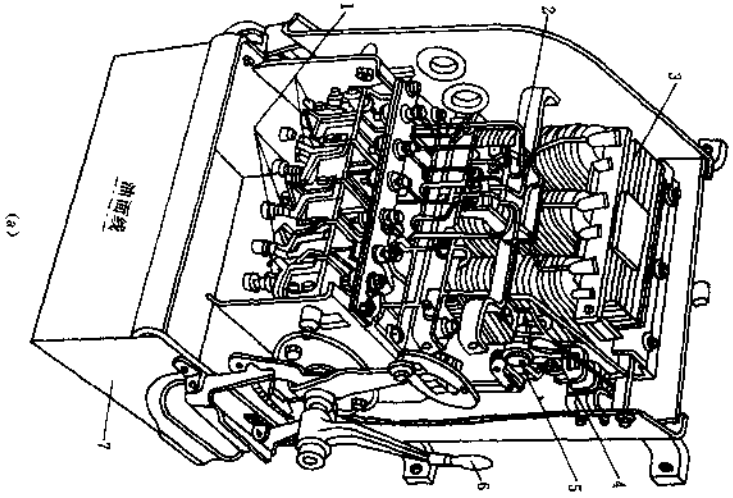
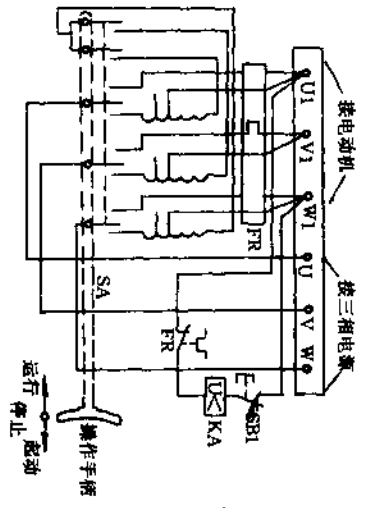


图 1-11 自耦变压器减压启动原理



(a)



(b)

图 1-12 QJ3 型补偿器

(a) 结构图; (b) 控制电路图

- 1—启动静触点; 2—热继电器; 3—自耦变压器;
- 4—欠压保护装置; 5—停止按钮; 6—操纵手柄; 7—油箱

器、触头系统、保护装置和操作机构等几部分组成。

自耦变压器的抽头，有 65% 和 80% 额定电压等两种电压，可根据负载进行选择（出厂时为 65% 接线）。保护装置有过载、欠压、失压保护。欠电压线圈 KA 跨接在电源上，当电源电压降低到一定数值时，衔铁跌落，通过机械机构使补偿器跳闸，保护电动机不致在电压过低的情况下运转而损坏电动机。当电源突然断电时，也使补偿器跳闸，防止电源恢复供电时，电动机自行全压起

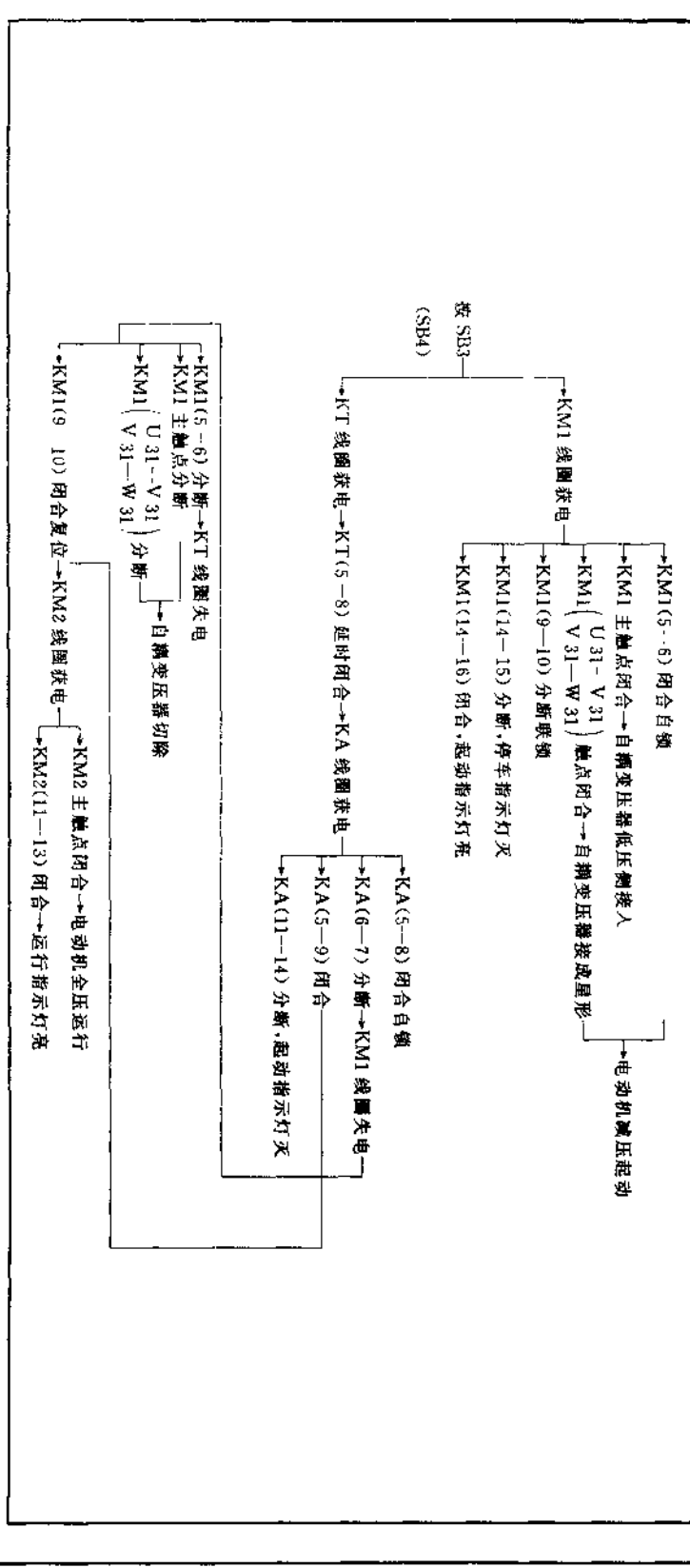
动。过载保护用热继电器来完成。自耦变压器和保护装置，位于补偿器的上方。触头系统浸在绝缘油内，有两排静触头和一排动触头。操作机构有手柄、主轴和联锁装置等。

常采用的 XJ01 型自动启动补偿器是自动控制的自耦变压器降压启动器，见图 1-13。

整个电路由主电路、控制电路和指示灯电路三部分组成。电路的工作过程，见表 1-6。

表 1-6

电路的工作过程



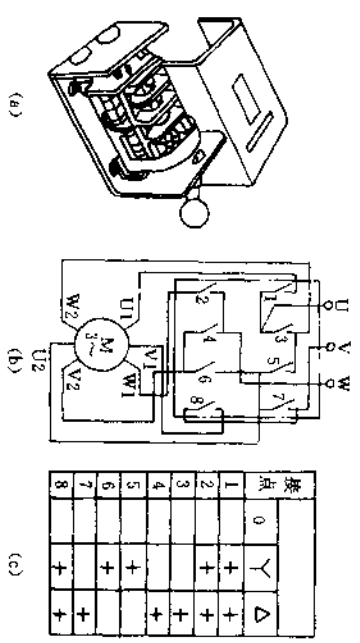
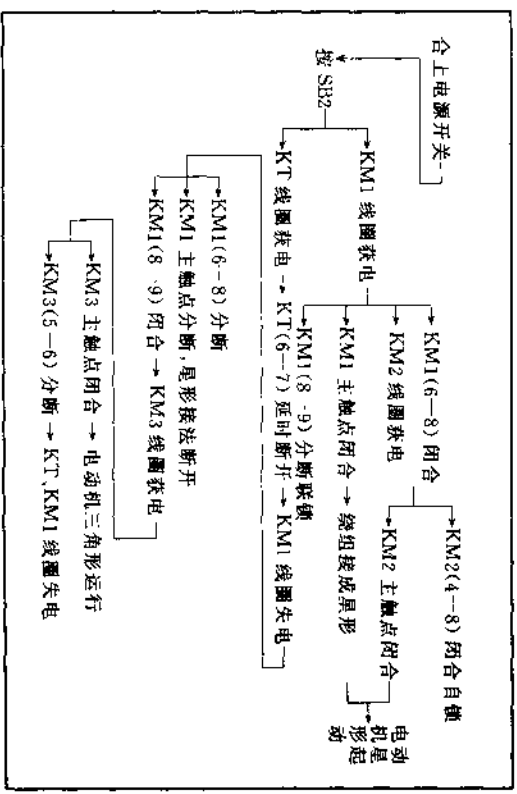


图 1-16 QX1 型 Y—Δ 起动机
(a) 外形图；(b) 接线图；(c) 触点分合图

表 1-7 控制电路工作过程



电源开关 Y 形启动 Δ 形运行 控制电路保护 Y 形启动 Δ 形运行

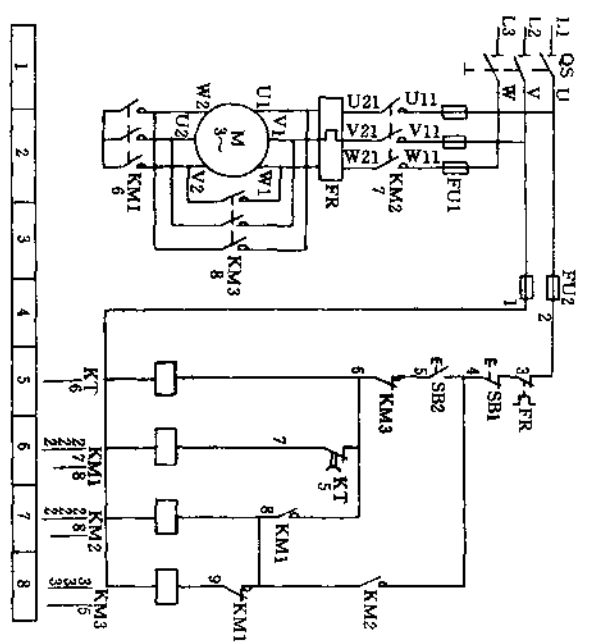


图 1-17 时间继电器控制 Y—Δ 减压启动电路

其工作过程与图 1-17 大体相同。

十三、延边三角形电动机减压启动控制电路
控制电路及其工作过程，见图 1-19 及表 1-8。

延边三角形的电动机绕组需要抽头，以便启动时接成延边三角形，运行时接成三角形，见图 1-20。

十四、绕线转子电动机转子串电阻启动控制电路

这种电路启动特性好，适合于绕线转子异步电动机，是利用电动机转子电流大小的变化来控制电阻的切除。当电流大时电阻不切除，当电流小到某值时，短接一段电阻，电流又重新增大，这

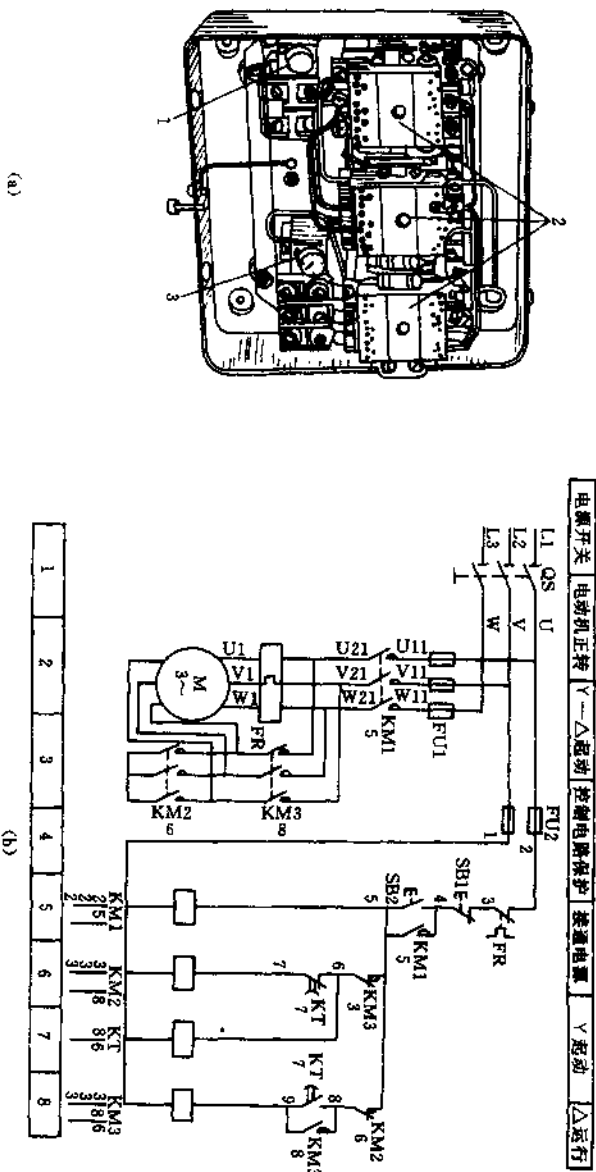
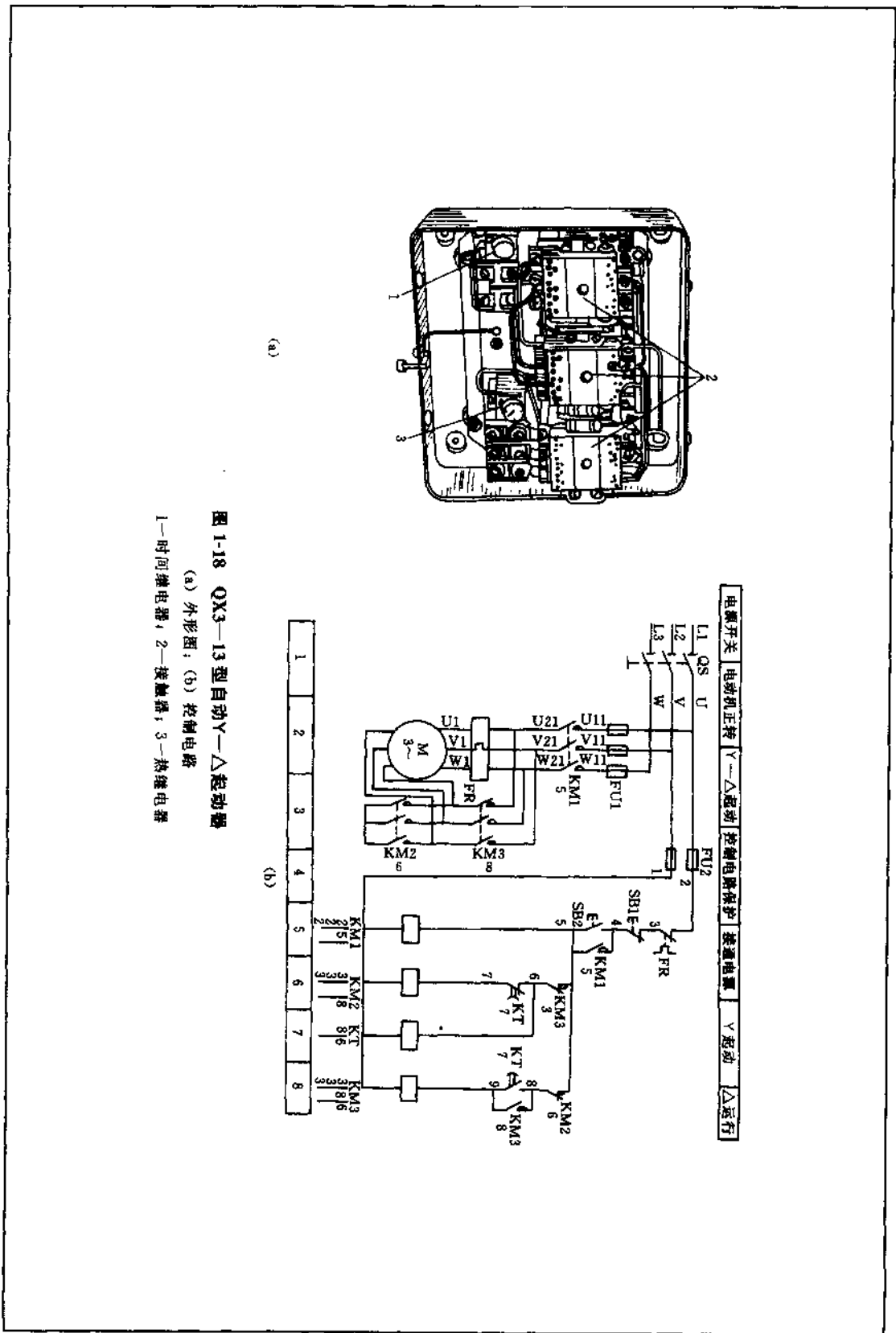


图 1-18 QX3-13 型自动 Y-Δ 起动机
 (a) 外形图；(b) 控制电路
 1—时间继电器；2—接触器；3—热继电器



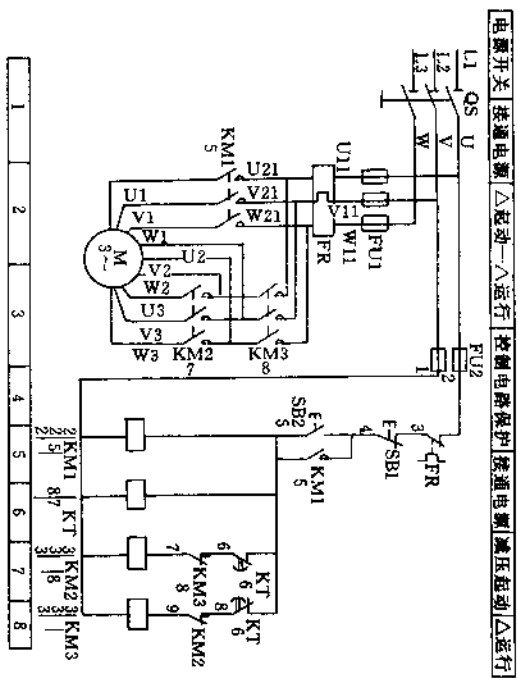


图 1-19 延边三角形电动机减压启动控制电路

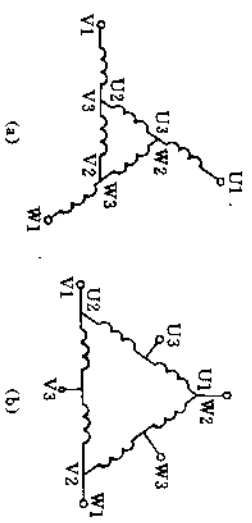
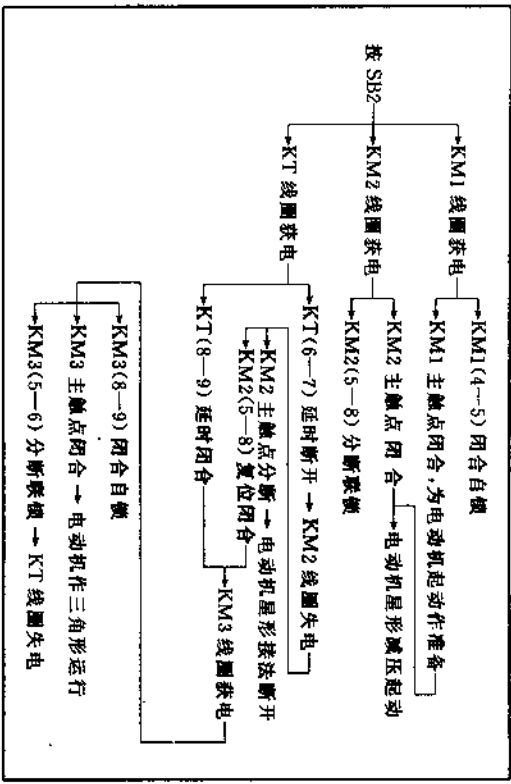


图 1-20 电动机绕组连接图
(a) 延边三角形联接; (b) 三角形联接

表 1-8

控制电路工作过程



样便能控制启动电流在一定的范围内。KA2、KA3、KA4 是欠电流继电器，其线圈串接在电动机转子电路里。这三个继电器的吸合电流都相同，释放电流不同，KA2 释放电流最大，KA3 次之，KA4 最小，见图 1-21。

启动时电流大，KA2、KA3、KA4 都吸合，其常闭触点均处于断开状态，加速接触器 KM2、KM3、KM4 均不吸合，电阻 R1、R2、R3 全部接在转子回路中，随电动机转动起来。转速逐渐升高，启动电流下降，KA2 首先释放，其常闭触点闭合而使 KM2 吸合，其常开触点短接电阻 R1，这时转子电流又重新增大。随转速升高，电流又下降，KA3 释放，KM3 吸合，短接电阻 R2，直至 KA4 吸合，将 R1、R2、R3 全部短接，电动机启动结束。中间继电器 KA1，

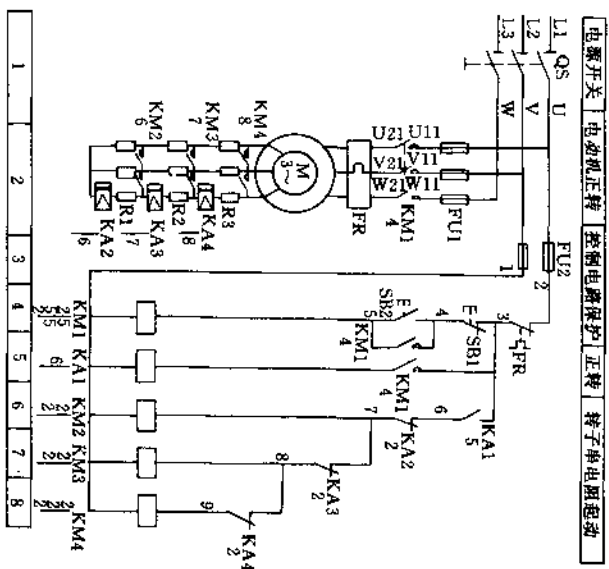


图 1-21 绕线转子电动机转子串电阻启动控制电路

使电流增大，使 KA2、KA3、KA4 均吸合，保证电动机串接全部电阻情况下启动。

这种启动方法和其他启动方法相比较，启动电流小，启动转矩大，启动过程平稳（电阻级数越多越平稳），运行转矩又小等优点。缺点是只适用于绕线转子异步电动机，投资较笼型转子异步电动机大。

绕线转子异步电动机有举刷和不举刷两种，举刷机构可以减少电刷的磨损。在串电阻或串频敏变阻器启动中常应用。

十五、绕线转子电动机转子串频敏变阻器启动的控制电路

转子串入频敏变阻器的启动方法，启动电流减小，启动转矩

提高，启动过程中转矩曲线平滑、启动平稳，电阻变化为无触点式，结构简单，可靠性好，使用寿命长，维护方便，频敏变阻器可以串并联，因此被广泛使用。为了提高功率因数，也可加感应圈。

频敏变阻器实际上是一个特殊的三相铁心电抗器，它有一个三柱式铁心，每个铁心柱上绕有一个绕组，三相绕组的接线，以星形联接为基础，串联和并联后扩大电流范围和电压等级。

频敏变阻器的铁心用 6~12mm 厚的钢板叠成，厚钢板起导电和导电二次侧绕组的双重作用。频敏变阻器可看成是二次侧绕组是铁心所组成的单匝短路绕组变压器。交变磁通穿过铁心产生很大的涡流，铁心中磁通交变频率越高，铁心的涡流越大，且集肤效应越严重，磁路就越饱和，频敏变阻器所呈现的等效阻抗越大。

在电动机启动时，因为转子和定子磁场的相对速度大，切割磁力线快，转子感应电流频率高，而随着转子速度的升高，转子电流频率降低，这里的转子电流就是频敏变阻器产生交变磁通的电流。启动时，频敏变阻器呈现较大阻抗；启动完毕，呈现较小阻抗，阻抗还随转子的加速而自动降低，既满足了异步电动机启动的要求，又满足电动机的运行要求，而且是随着转子的启动自动达到的。这就是转子串入频敏变阻器启动的优点。

这种控制电路很简单，在水泵、空压机、轧钢机、矿用输送带、吊车、升降台等场合广泛使用。在电动机功率增大时，不采用单组，而采用两组串联、两组并联或两串联两并联，见图 1-22。

在电动机没有转子短路装置时，可外加开关或接触器，在串接频敏变阻器启动完毕后，将转子绕组短接。

在启动电流过大、启动太快时，应增加频敏变阻器的匝数。在

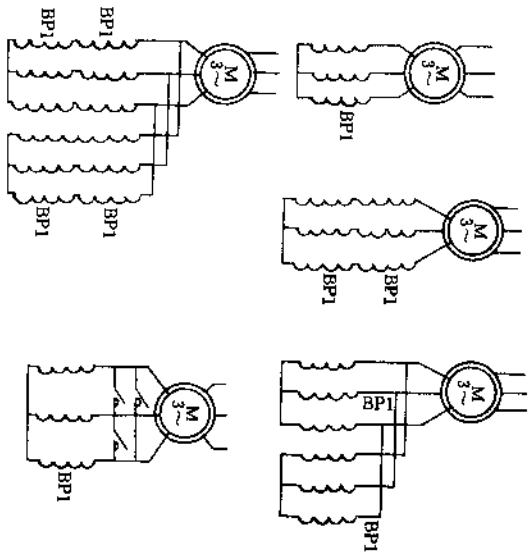


图 1-22 变频变压器接线图

启动电流过小、启动转矩不够、启动太慢时，应减少匝数。在刚启动时，启动转矩过大、机械冲击力大，但启动结束后稳定转速又太低，短接时有时冲击电流又大的情况下，可增加铁心的气隙。

十六、双速电动机的控制电路

异步电动机（特别是笼型电动机）的优点是结构简单、坚固、造价低廉、运行可靠、维修方便、转速基本恒定，并可与一般工频交流电网直接联接。

交流三相异步电动机的转速公式是

$$n = (1 - S)n_1 = (1 - S) \frac{60f_1}{p}$$

式中 n ——异步电动机的转速；

n_1 ——同步转速；

S ——转差率；

f_1 ——电源频率；

p ——极对数。

从式中可知，要想改变异步电动机的转速，拟改变 f_1 、 p 、 S 就可实现。然而， f_1 决定于电网电源， p 决定于电机内部的构造， S 在运行过程中主要决定于负载大小，在稳定运行中， S 随负载变化的范围不大。所以改变 f_1 、 p 、 S 都是不太容易的。

以前解决机械调速所采取的办法是采用齿轮箱调速（变速），或采用直流电动机（有较好的调速特性），或采用交流换向器和电磁滑差离合器的异步电动机。但是齿轮箱体积庞大、比较麻烦，直流电动机结构复杂、制造困难，所以人们一直在寻找交流调速的途径。

解决三相异步电动机的调速（交流调速）的途径有变极调速、变转差率调速、电磁调速（滑差电动机）、交流整流于机、变电压调速、变频调速等。

双速异步电动机若是采用改变极对数以改变其转速的，在控制电路中只要改变绕组的接法，见图 1-23。

从控制方面讲，双速电动机启动方法有三种，一是手柄操作的双速开关，二是用交流接触器改变接线，三是自动加速电路。

从图中可见，电机是以 Δ - Y 形切换。在低速运行时，将 SA 扳向“低速”位置，接触器 KM1 获电动作，电动机定于绕组 U1、V1 和 W1 出线端与电源联接，电动机定于接成三角形联接，低速运行。高速运行工作过程，见表 1-9。

电源开关 电动机高速运行 电动机低速运行 控制电路保护 △联接低速 VV 联接高速

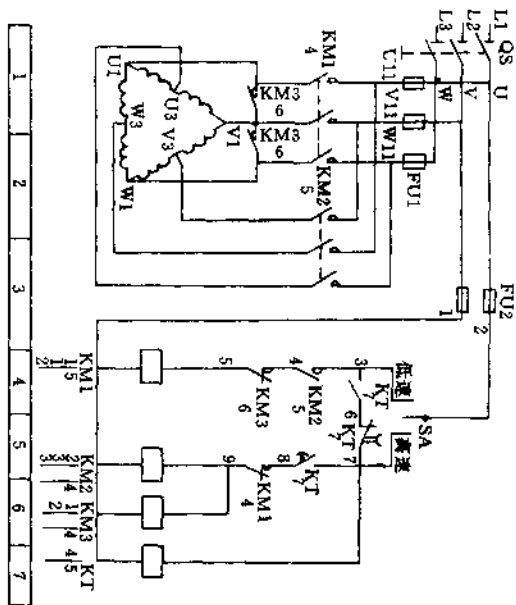


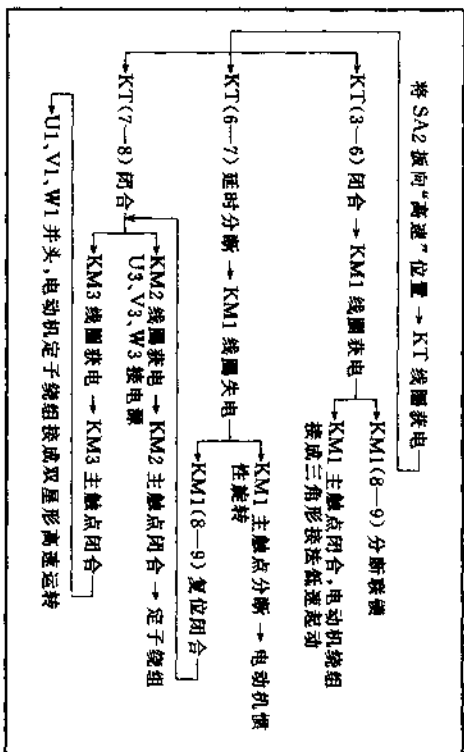
图 1-23 双速电动机控制电路

十七、三速异步电动机启动和自动加速控制电路

改变极对数的方法基本上有 3 种：①定子上同时有两个以上不同极对数的独立绕组；②定子上只有一套绕组，通过改变绕组的接法来达到改变极对数的目的；③把以上两种结合起来，若两套绕组，一套有两个极对数，则电动机有三种速度，若两套绕组都有两个极对数，则电动机就有四种速度。

变极调速有“倍极比”和“非倍比”两种。如 2 极变 4 极、4 极变 8 极、6 极变 12 极，均为“倍极比”；而 4/6、6/8 的极比就为“非倍极比”。YD 系列（包括 JD2、JDO2 系列）多速电机系列，除 2/4、4/8 以外，还有 4/6、6/8，以及 2/4、6/8、4/6、8/8、4/6/8/10、4/6/8/

表 1-9 高速运行工作过程



12 等各种变极调速的规格。

变少极为多极的关键是使每相绕组一半元件中的电流改变方向，并且绕组元件的节距对少极来说，是将近或等于 90°的短距，以使它对多极来说是接近整距或等于整距，而改接前后线圈的端点是串联或并联对变极来说没有什么影响。

改接前后是使两线圈两相邻有效边的电流方向不同或相同。相同同时，两相邻有效边间不出现磁极；若不同时，则两相邻有效边间出现磁极。这样改接前后极对数不同，就是变极的原理。线圈引出线有串联接线和并联接线两种。

三相绕组中，每相的两个“半相绕组”由反向串联改为顺向串联（即 Y/V 改接），或反向并联改为顺向并联（即 YY/VY 改接）。此外，还有 Δ/Δ 和 $\Delta/\Delta/\Delta$ 改接方案。但这种改接方法定子绕组引出线头较多，一般 9 个以上，这样换接装置的触头也随即增

多。事实上， Δ 、 $\Delta\Delta$ 、 Y 、 YY 4种接法可以搭配出16种改接方法。而常采用的是 Y 、 YY 、 Δ/YY 、 YY/Δ 这几种改接方法，引出线头只需6个，有利于简化控制装置。

应该注意，三相绕组改接后定子绕组的相序变反了。为了使转子的旋转方向在改接前后不变，则在定子绕组改接后，有时应对调电源的相序。因为在 $2p$ 情况下，接 U 、 V 、 W 三相绕组位置在空间关系是 0° 、 120° 、 240° （电角度），而在 $2 \times 2p$ 情况下，则接 U 、 V 、 W 三相绕组位置就变为 0° 、 $2 \times 120^\circ$ 、 $2 \times 240^\circ$ ，即 0° 、 240° 、 120° （电角度），这样定子绕组的相序就变反了，结果使电动机反转。

改接前后气隙磁密幅值、电磁转矩及输出功率是有变化的，这在设计时应加以考虑。

三速电动机是在双速电动机的基础上发展的。三速电动机可用手柄操作的三速开关来操纵，也可用交流接触器控制来选择三种不同的转速，交流接触器配合时间继电器就可实现电动机的自动加速。自动加速的三速电动机的控制电路，见图1-24。

按下按钮SB2，则中间继电器KA得电，随即接触器KM1和时间继电器KT1得电，电机低速启动。延时后，时间继电器延时打开的常闭触点打开9—11，同时接通21—23，使接触器KM2接通，电动机以中速运转，当KT2延时后又打开23—25，使接触器KM2断开，同时接通31—33，使接触器KM3接通，并由其常开副触点自锁，使电机以高速连续运转。按下按钮SB1，可使电动机停止运转。

十八、单向启动反接制动控制电路

控制电路见图1-25。

单向启动反接制动电路工作过程，见表1-10。

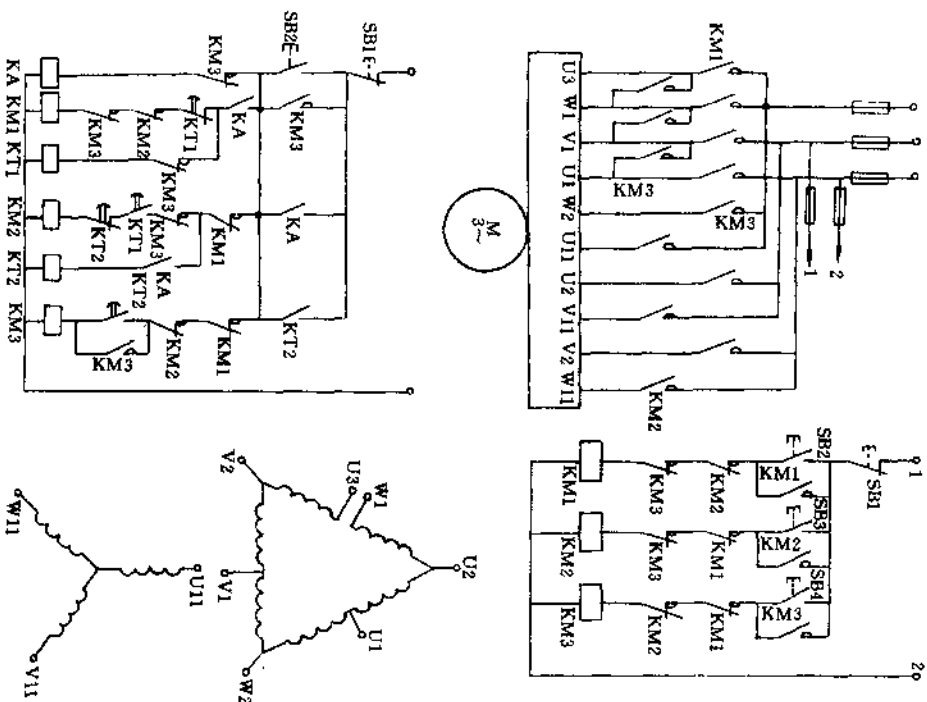


图1-24 三速异步电动机启动和自动加速控制电路

电源开关电动机正转 电动机反转 控制电路保护 正转 反转

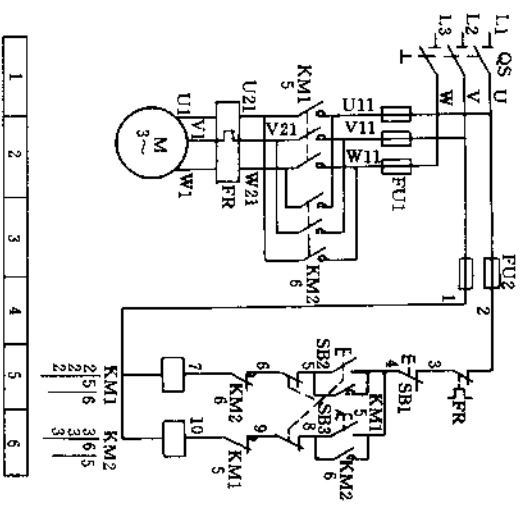


图 1-25 单向启动反接制动控制电路

十九、双向启动反接制动控制电路

控制电路见图 1-26。

双向启动及接制动电路工作过程，见表 1-11。

二十、单向启动半波整流能耗制动控制电路

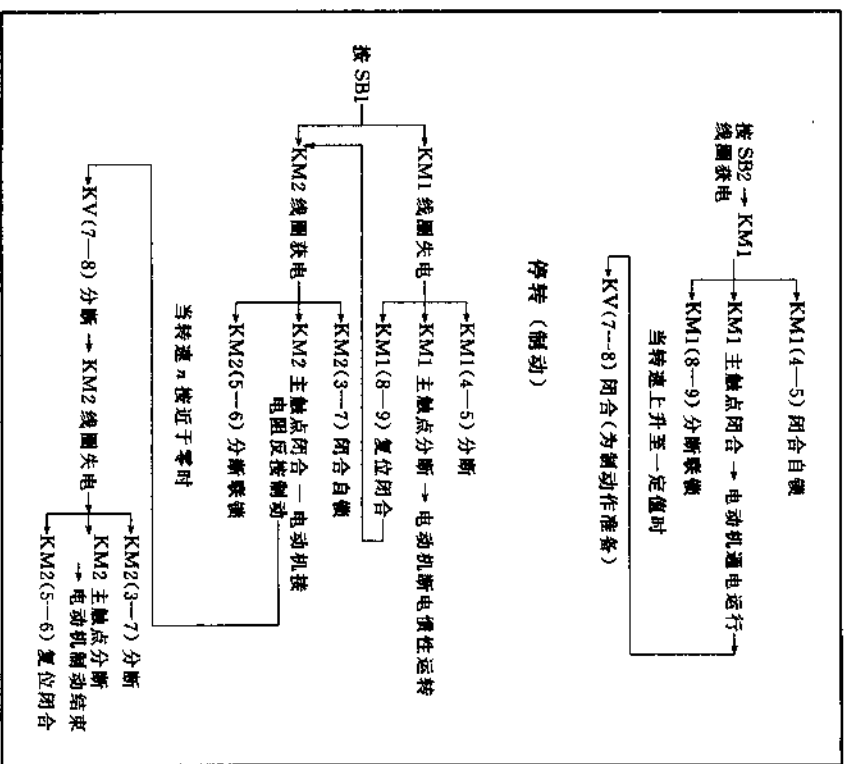
控制电路见图 1-27。

能耗制动的原理见图 1-28。

单向启动半波整流能耗制动电路工作过程见表 1-12。

表 1-10

电路工作过程



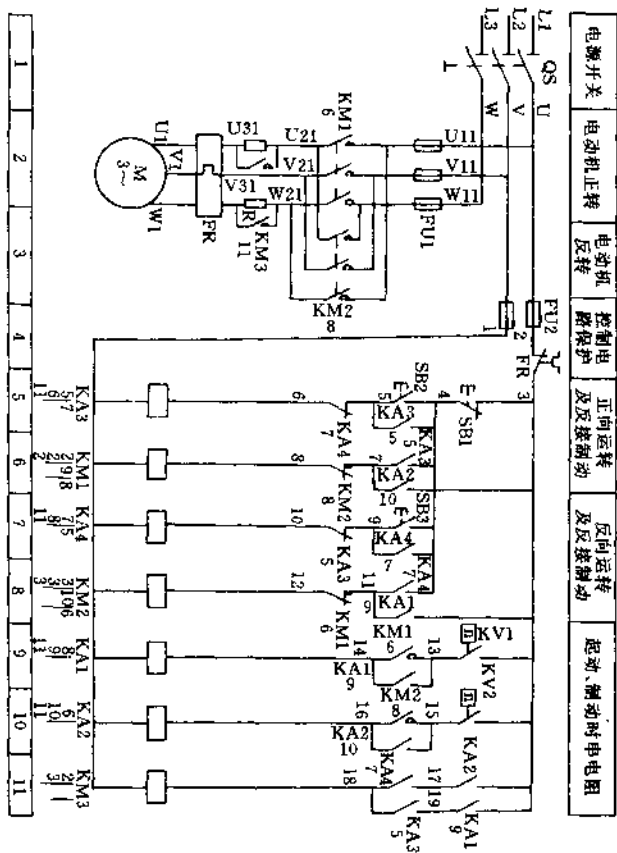
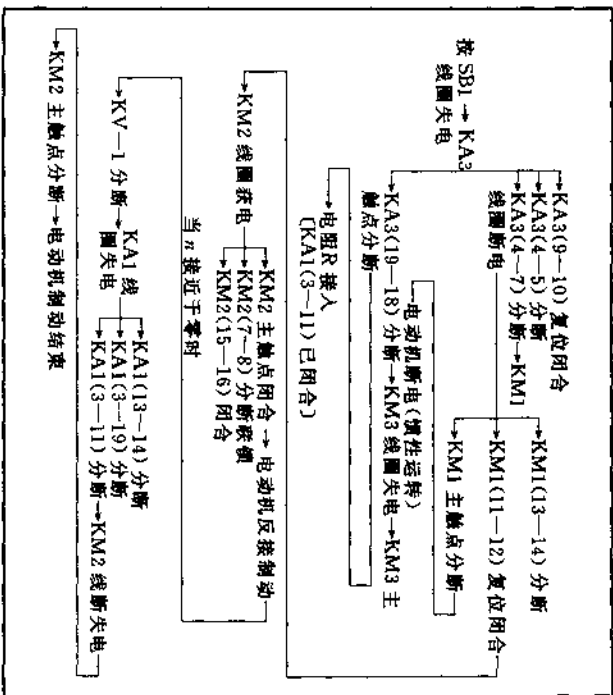


图 1-26 双向启动反接制动控制电路

二十一、双向启动半波整流能耗制动控制电路
控制电路见图 1-29。

双向启动半波整流能耗制动控制电路的工作过程，可参考以

表 1-11 电路工作过程



上电路分析方法，不再赘述。

二十二、单向启动全波整流能耗制动控制电路
控制电路见图 1-30。

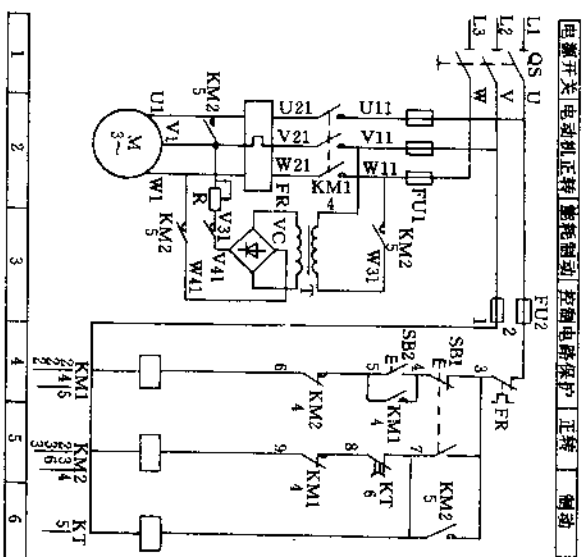


图 1-30 单向启动全波整流能耗制动控制电路

单向启动全波整流能耗制动控制电路的工作过程，见表 1-13 和表 1-14。

二十三、再生制动电路

再生制动的特点是既消耗电能，又消耗机械能。再生制动的示意图见图 1-31。

表 1-13

电路工作过程

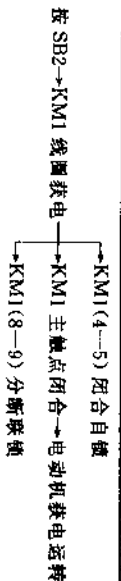


表 1-14

电路工作过程

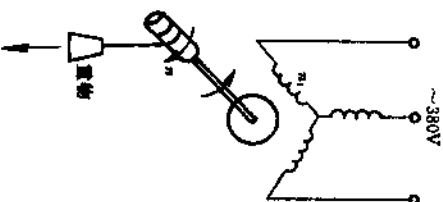
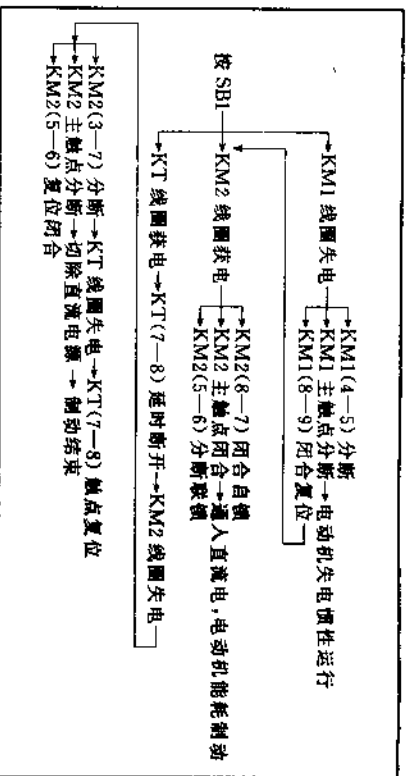


图 1-31 再生制动示意图

二十四、电容制动电路

三相异步电动机从切断电源起到完全停止转动，由于惯性总要经过一段时间。时间的长短与负载、电机质量和转动惯量有关。为了提高生产效率或安全，有的还要求准确停车，所以要采用制动方法来使电动机的惯性旋转时间缩短，以满足设备的要求。但是制动转矩的大小和引起定子电流的增加的程度，都是在采用各种制动方法时需要考虑的。如制动转矩太小，制动时间就长；若制动转矩太大，制动时间是缩短了，但制动时冲击力太大，会影响机械的精度，甚至损坏机械件。若制动时引起电动机定子电流的大大增加，对电网就有影响。而且某些制动在选择不当时，产生过渡过程，引起电流的冲击，引起电器元件的损坏。所以要根据不同的设备，选择不同的制动方法。设计合理的控制电路，选择正确的参数，以保证安全地达到电动机停车的目的。

制动方法有机械制动（如电磁抱闸、摩擦离合器等，或其他机械方法）和电气制动两大类。对于电气制动又有自身的和外加的，如电动机从电网断开的自制动、反接制动、能耗制动、再生制动（发电制动），以及派生的电容制动等方法。这几种制动方法各有特点，各自适用不同的场合，对于其存在问题，也采取必要的措施，如控制电路的设计等，来克服在实际使用中各种制动方法存在的问题。

在电动机定子绕组与交流电源断开之后，电动机两相定子绕组接上一直流电源，于是在定子绕组中产生一个恒定（静止）磁场，转子在这个磁场中旋转，产生感应电动势。转子带电导体与恒定磁场所产生的转矩阻碍了转子的继续转动，因而产生制动作用。或者说，转子导体切割恒定磁场产生感应电动势，从而产生感应电流，消耗了转子的动能，使电动机转子停下来。制动转矩的

大小与通入的直流电流的大小及电动机的转速有关。电流越大，直流磁场越强，产生的制动转矩就越大，但通入的直流电流一般为电动机空载电流的3~5倍。否则，过大时有损于定子绕组。

在制动过程中，转子的动能转换成电能，又变成热能消耗在转子电路中。从能量的观点来讲，这种制动方法是在定子绕组中通入直流电以消耗转子的动能来制动的，所以叫能耗制动。因为是利用直流电产生恒定磁场，所以又叫做直流制动。

有时电路设计未考虑到接触器的触点接通与真正断开是需要一点时间的，因而产生交流电未彻底断开，直流电就接入，引起瞬变过程，产生电流冲击。有时甚至会熔断主电路的熔断器，导致机床不能工作。改进的办法是加延时继电器，保证交流电真正断开后，再通上直流电流。如165型车床和C640普通车床（改进）的电气原理图的设计，采用了延时的方法。另外的能耗制动电路，直流电源的交流变压器一次侧长期接入，不利节能。改进的办法是需要直流电接入时，变压器一次侧才接入电源。

电容制动是以自励发电制动和能耗制动为基础的。当电动机并联电容从电网上断开的瞬间，由于转子有剩磁和惯性，电动机运转在自励发电状态，从而获得发电制动转矩。在自励电压建立起来后的某一瞬间，将电容器和定子绕组短接，电动机定子绕组流过一近似于恒定的电流，从而获得能耗制动转矩。

在制动过程中，也有同时改变定子绕组的接线方式，从而得到更满意的制动效果。

电容制动电路，见图1-32。

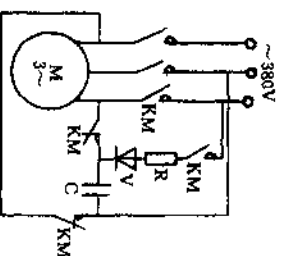


图 1-32 电容制动电路

1-34。电容也可以接成三相星形联接和三角形联接,见图 1-33 和图

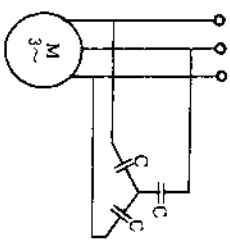


图 1-33 星形联接电容制动示意图

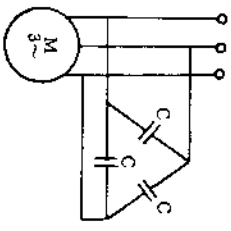


图 1-34 三角形联接电容制动示意图

第三节 电子典型电路

一、整流电路

几乎所有的电子器件和电子电路都需要直流电源供给, 常采用整流电路。整流电路是利用二极管的单向导电的特性, 通常有单相半波整流电路、单相全波整流电路、单相桥式整流电路、三相桥式整流电路, 以及可控整流电路等。

(一) 单相半波整流电路

单相半波整流电路见图 1-35, 其波形图见图 1-36。从波形图中可以看出, 输出电压 U_o 是一系列脉冲冲电压, 其平均电压 U_o 为

$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_d d(\omega t) = \frac{U_{2m}}{\pi}$$

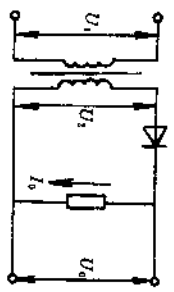


图 1-35 单相半波整流电路

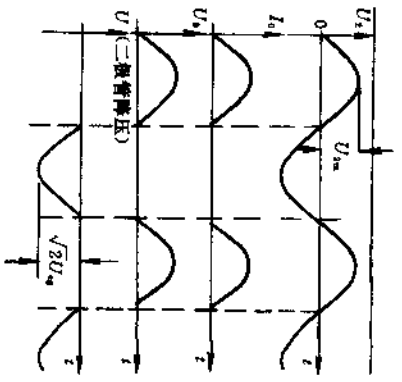


图 1-36 单相半波整流电路波形

$$U_o = 0.45U_{2m}$$

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_{2m}}{R_L}$$

$$I_{2m} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{2m}^2 \sin^2 \omega t d(\omega t)} \approx 1.57I_o$$

$$U_u = U_{2m} = \sqrt{2}U_{2\text{avg}} \approx 3.14U_o$$

式中 U_o ——平均电压, V;

$U_{2\text{avg}}$ ——有效值, V;

I_o ——整流管的平均电流, A;

I_{2m} ——变压器次级电流有效值, A;

U_u ——整流管的最大反向电压, V。

半波整流的特点是输出电压只有半个正弦波, 电压的直流成

分较低，交流成分较多，输出电压低，变压器利用率低，负载 R_L 上的直流电流会流过变压器的二次侧绕组，而使变压器效率降低，此种电路仅用于小功率整流和纹波要求较低的情况。

(二) 单相全波整流电路

单相全波整流电路见图 1-37，其波形图见图 1-38。

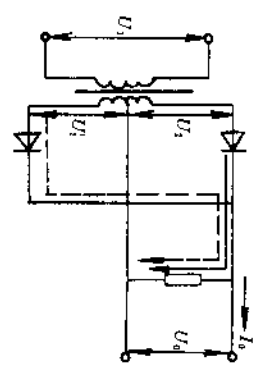


图 1-37 单相全波整流电路

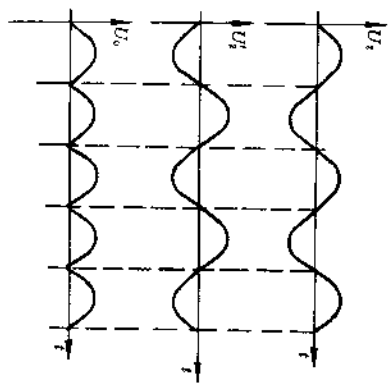


图 1-38 单相全波整流电路波形

从图中可以看到两二极管导电电流经负载的方向是一致的，都从负载的上端流向下端，再回到变压器中心头，所以在负载 R_L 上的输出电压在两个半周内都有，且同方向。全波整流电路输出的直流成分比半波整流输出的直流成分增加了一倍。

$$U_0 = 2 \times 0.45U_{2\text{有效}} = 0.9U_{2\text{有效}}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_L} = 0.9 \frac{U_{2\text{有效}}}{R_L}$$

全波整流电路中二极管交替导电，每管通过的平均电流和单相半波时相同，而变压器二次侧绕组电流的有效值 $I_{\text{有效}} = I_{\text{管}} =$

$0.79I_0$ ，但每管所承受的最大反向电压 $U_{\text{反}}'$ 将增加一倍， $U_{\text{反}}' = 2U_{2\text{有效}}$ ，而且变压器上要有中心抽头。而纹波比半波整流好，一般在比半波整流纹波要求较高的情况下使用。

(三) 桥式整流电路

单相桥式整流电路见图 1-39，其波形图见图 1-40。

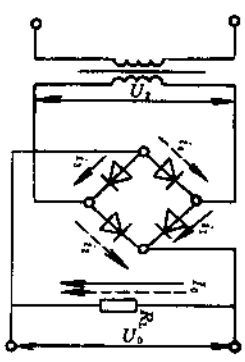


图 1-39 单相桥式整流电路

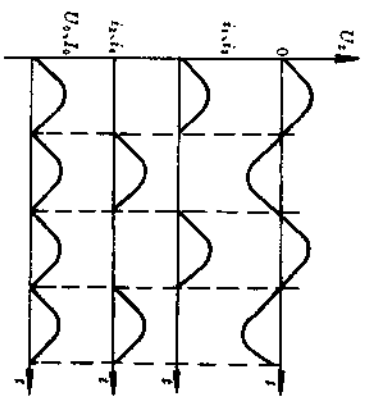


图 1-40 单相桥式整流电路波形

在单相桥式电路中，输出电压 U_0 ，即

$$U_0 = 0.9U_{2\text{有效}}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_L} = 0.9 \frac{U_{2sc}}{R_L}$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 0.45 \frac{U_{2sc}}{R_L}$$

单相桥式整流电路，具有单相全波整流电路波纹纹好的优点，又克服了全波整流电路的缺点。

三相桥式整流电路见图 1-41，其波形图见图 1-42。

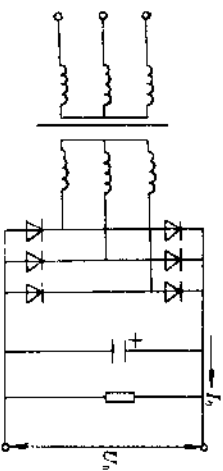


图 1-41 三相桥式整流电路

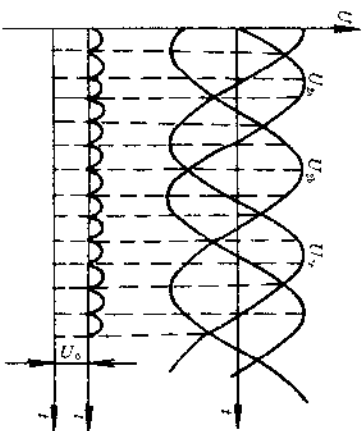


图 1-42 三相桥式整流电路波形

在三相桥式整流电路中有

$$U_2 = 0.816U_0$$

$$I_2 = 0.816I_0$$

整流元件电流 $I_V = 0.577I_0$ 。

整流器峰值电压 $U = 1.05U_0$ 。

三相桥式整流电路变压器利用率高，输出电压比三相半波电路大一倍，脉冲小，二极管最大反向电压小。适用于脉动小而电压高的场合，且采用三相桥式整流电路时，对电网三相平衡有好处。

(四) 整流电路的保护和整流元件的串并联

整流电路常发生过载和短路，或因电感而产生反电势 ($E = -L \frac{di}{dt}$) 引起过电压，所以整流电路常采用保护线路，如接电容防止电压突变，又加电阻防止振荡，构成阻容吸收电路。另外还可以采用一般熔断器和快速熔断器及过电流继电器作为保护。为了防止二极管击穿，滤波电容单个容量要大一些好。

整流元件的串并联以承受更高电压和更大电流为目的，又为使电压、电流分布均匀，所以又采用均压电阻和均流电容。

(五) 滤波

为了整流电路整流出来的电压，电流波动小，更接近于直流，所以采用滤波电路。滤波电路常有：

- (1) 平波电感线圈。
- (2) 平波电容器。
- (3) Γ 型滤波器。
- (4) RC 组成的 Γ 型滤波器。
- (5) Π 型滤波器。
- (6) T 型滤波器。

- (7) 串联支路谐振的谐振滤波器。
 - (8) 并联支路谐振的谐振滤波器。
- 滤波电路见图 1-43。

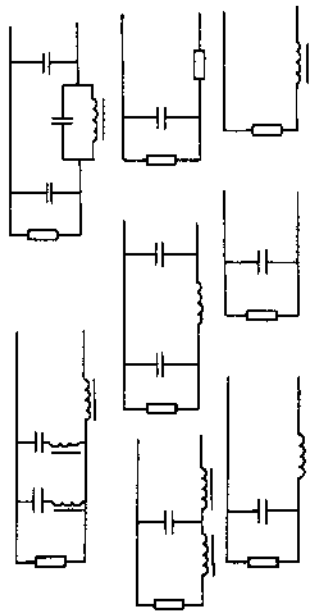


图 1-43 滤波电路图

以电容滤波为例，设电容器上的初始电压为零，开始二极管导电，电容器充电，电容器上电压升高。当接入负载后，电容器充电，电容器上电压升高。当接入负载后，电容器与负载电阻组成一个放电回路。二极管不导电时，电容器贮存电荷经负载电阻放电，放电时间常数为电容与负载电阻的乘积，通过电容器的充放电，使负载上得到一个比较平稳的电流。

带电容滤波器的单相桥式电路波形图，见图 1-44。

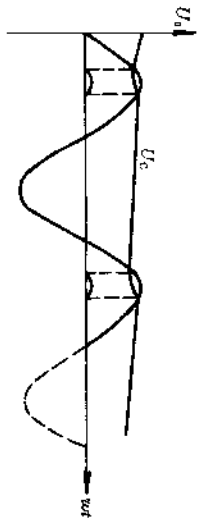


图 1-44 带电容滤波器的单相桥式电路波形图

(六) 整流电路的设计考虑

- (1) 选择整流电路型式、整流元件类型和滤波器电路，根据对波纹的要求、电流和电压的要求、单相或三相电路选择电路。根据上述特点进行考虑和决定。
 - (2) 初选整流元件的具体型号，进一步根据整流管电流及击穿电压等参数，查手册确切的选定整流元件的具体型号。
 - (3) 计算变压器的电参数和校验整流元件。
 - (4) 计算滤波器的电参数。
 - (5) 设计变压器和滤波扼流圈的结构和具体制造数据。
- 因为篇幅限制不再详述，详细整流电路的设计，请参阅有关书籍，初学者可以按现成的数据进行制作。各种整流电路的数据，见表 1-15。

二、晶体管稳压电源

(一) 稳压电源的工作原理

电网电压波动 } 的情况下——维持输出
 输出电流变化 } 电压不变。

(1) 稳压电源的任务：输出电流变化 } 电压不变。

(2) 稳定电压，有两种方法

- 串联调整法——调整器与负载串联。
- 并联调整法——调整器与负载并联。

(3) 串联调整法——在整流器输出电压 U_2 与负载 R_L 之间串联一个可变电阻 R'_1 。示意图见图 1-45。

从图中可以看出：

- 1) 若输出电压 $U_0 \uparrow \rightarrow R'_1 \uparrow \rightarrow U_0 \downarrow$ 。
 - 2) 若 $U_0 \downarrow \rightarrow R'_1 \downarrow \rightarrow U_0 \uparrow$ 。
- 用调整 R'_1 来补偿 U_0 的变化。

表 1-15

各种整流电路数据表

整流方式	单相半波	单相全波	单相桥式	三相半波	三相桥式	六相双反星形
电 路 图						
变压器二次电压 U_2	$2.22U_0$	$1.11U_0$	$1.11U_0$	$0.855U_0$	$0.816U_0$	$0.855U_0$
变压器二次电流 I_2	$1.57I_0$	$0.785 (0.707) I_0$	$1.11 (1.0) I_0$	$0.577I_0$	$0.816I_0$	$0.289I_0$
变压器一次电流 I_1	$1.21I_0$	$1.11 (1.0) I_0$	$1.11 (1.0) I_0$	$0.816I_0$	$0.816I_0$	$0.408I_0$
变压器二次容量 P_2	$3.48P_0$	$1.74 (1.57) P_0$	$1.23 (1.11) P_0$	$1.48P_0$	$1.05P_0$	$1.48P_0$
变压器一次容量 P_1	$2.68P_0$	$1.34 (1.11) P_0$	$1.23 (1.11) P_0$	$1.21P_0$	$1.05P_0$	$1.05P_0$
整流元件电流 I_{D1}	$1.57I_0$	$0.785 (0.707) I_0$	$0.785 (0.707) I_0$	$0.577I_0$	$0.577I_0$	$0.289I_0$
整流元件电流 I_{D2}	$1.0I_0$	$0.5I_0$	$0.5I_0$	$0.33I_0$	$0.33I_0$	$0.167I_0$
整流器峰值电压 U_m	$3.14U_0$	$3.14U_0$	$1.57U_0$	$2.09U_0$	$1.05U_0$	$2.09U_0$
脉动频率 f	f	$2f$	$2f$	$3f$	$6f$	$6f$
脉动电压有效值 U	$1.11U_0$	$0.472U_0$	$0.472U_0$	$0.177U_0$	$0.04U_0$	$0.04U_0$

(4) 并联调整法——在负载 R_L 两端并联一可变电阻 R'_2 , 而 R'_1 为固定电阻 (又称镇定电阻)。其示意图见图 1-46。

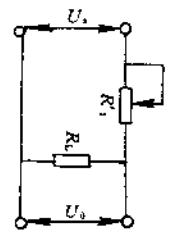


图 1-45 串联调整法

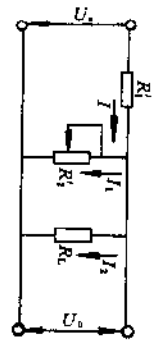


图 1-46 并联调整法

1) 若 U_0 不变, 在 $R_L \downarrow \rightarrow I_0 \uparrow \rightarrow$ 使 $R'_2 \uparrow \rightarrow I_1 \downarrow \rightarrow$ 使 I 不变 \rightarrow 使 U_0 不变。

2) R_L 不变, 而 $U_0 \uparrow \rightarrow$ 使 $R'_2 \downarrow \rightarrow I_1 \uparrow \rightarrow I \uparrow \rightarrow$ 使 R'_1 上的压降 $\uparrow \rightarrow$ 使 U_0 不变。

达到稳定输出电压的目的。

(5) 用晶体管三极管实现自动调整。用晶体管三极管——易于控制的调整元件来代替串联调整法中的 R'_1 。因工作在放大区的晶体管的集—射电压 U_{ce} 可以随基极注入电流的大小变动, 见图 1-47。

问题在于如何根据输出电压 U_0 的变化来控制晶体管的基极注入电流, 见图 1-48。

在图中可以看出:

1) 若 $U_0 \uparrow \rightarrow$ 应使 $I_b \downarrow \rightarrow$ 使 $U_{ce} \uparrow \rightarrow$ 使 $U_0 \downarrow$ 。

2) 若 $U_0 \downarrow \rightarrow$ 应使 $I_b \uparrow \rightarrow$ 使 $U_{ce} \downarrow \rightarrow$ 使 $U_0 \uparrow$ 。

所以, U_0 与 I_b 应反相。这就表明, 输出端到晶体管基极间应有一控制电路, 它以 U_0 的变动为输入讯号, 经放大倒相后去控制晶体管的基极。

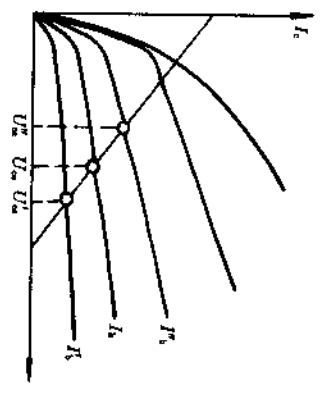


图 1-47 集—射电压 U_{ce} 和集电极电流 I_c 的关系

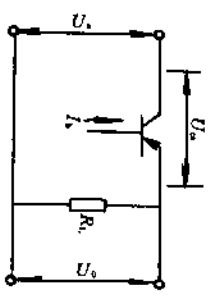


图 1-48 改用晶体管的调整电路

(6) 具有简单控制电路的稳压电源。电路图见图 1-49。

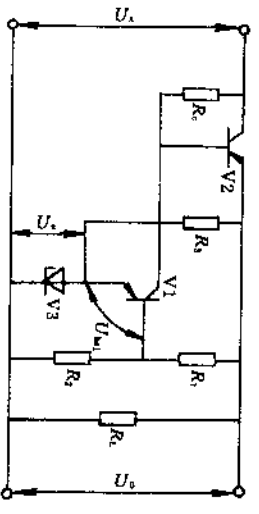


图 1-49 具有简单控制电路的稳压电源电路

在图中, V_1, V_2 组成一个放大器, V_3 稳压管, 它使 V_1 的发射极有一固定电压 U_0 , 以使 V_1 正常工作; R_1, R_2 分压器, 保证 V_2 的基极电位为

$$U_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0 \approx U_0$$

电路工作原理分析如下：

1) 先设负载电流不变(即 R_L 不变)。输入电压 U_i 上升(往往由于电网电压上升引起)→输出电压 U_o 上升→变化的讯号经 R_1 、 R_2 分压加到 V_1 的基极→使 V_1 基极电位变得更负→ V_1 的发射极由于 V_3 的作用,其电位不变→ $|U_{be1}|$ 上升→ I_{E1} 上升→ R_e 上压降上升→ U_{e1} 上升→ V_2 的基极电位上升→ $|U_{be2}|$ 下降→ V_2 的基极注入电流下降→ V_2 的 U_{ce2} 上升→ U_o 下降→从而稳定了 U_o 。

2) 再设 U_i 不变,而 R_L 下降,负载电流上升使 U_o 下降。讯号经 R_1 、 R_2 加到 V_1 基极→ V_1 基极电位上升→ $|U_{be1}|$ 下降→ I_{E1} 下降→ U_{e1} 下降→ V_1 集电极输出一放大的变化讯号到 V_2 的基极→ V_2 基极电位下降→ $|U_{be2}|$ 上升→ V_2 的基极注入电流上升→ V_2 的 U_{ce2} 下降→ U_o 上升→从而稳定了 U_o 。

(二)稳压电源的主要环节

常见的稳压电源的主要环节有基准电压、取样环节、比较放大器和调整环节。

1. 基准电压

基准电压是一个稳定性较高的直流电压,否则由于基准电压改变,使得稳压电源直流输出电压变化,就破坏了稳压电源的稳定性。基准电压常采用半导体稳压管来实现。

2. 取样环节

取样环节是一个电阻分压器(R_1 和 R_2)。取样电路的任务是将输出电压 U_o 的一部分取出,送至比较放大器,放大后去控制调整环节,输出电压的大小,直接由取样分压比 n 和基准电压来决定。

3. 比较放大器

比较放大器是一个直流放大器。它将取样电路得到的电压 nU_o 与基准电压 U_z 进行比较,然后二者之差进行放大再去控制调整管,以稳定输出电压。最简单的比较放大器是一个单级直流放大器,在放大管 V_1 上的输入电压,即

$$U_{ie} = nU_o - U_z$$

式中 n ——取样分压比;

U_z ——基准电压, V;

U_{ie} ——输出电压, V。

4. 调整环节

调整环节是稳压电源的核心环节,输出电源最后要靠调整环节的调节作用才达到稳定,稳压电源能输出的最大电流主要取决于调整环节。调整环节是由一个工作在线性区的功率管组成,它的基极注入电流受比较放大器输出信号控制。由于整个稳压电源的输出电流全部要经过调整管,因此应保证所选用的调整管具有足够的功耗和集电极电流 I_{cm} 。调整管的电流增益 β 越大,输出导纳 h_{ie} 越小,则稳压电源的稳压系数和动态内阻越好。

选择调整管时,应注意使用参数不应超过器件的极限运用数据,如击穿电压 βU_{cem} ,最大允许功耗 P_{cm} ,最大允许电流 I_{cm} 等。

当一只管子的功率不能满足要求时,可将几只晶体管并联使用,见图 1-50。当需要较高的耐压时,可将晶体管串联起来使用,见图 1-51。

为了使调整管具有较好的调整作用,应保证晶体管在任何情况下都工作在线性区。采用组合调整管(又称复合调整管)可以解决负载电流大时直接用比较放大器来控制调整管的基极电流的困难。见图 1-52。

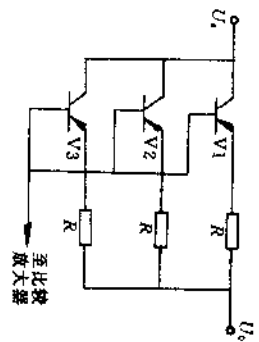


图 1-50 并联的调整环节

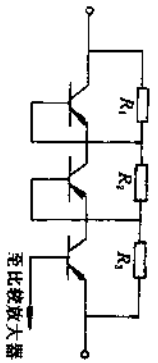


图 1-51 串联的调整环节

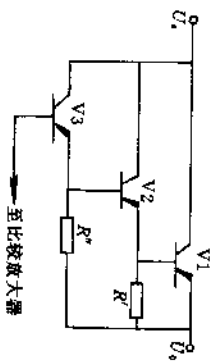


图 1-52 复合调整管

(三) 稳压电源的主要参数(指标)

1. 特性指标

(1) 输出电流 I_0 (即最大负载电流)。输出电流的大小决定于调整管的最大允许功耗 P_{cm} 和最大允许电流 I_{cm} ，要求

$$I_0 (U_{\text{smax}} - U_{\text{omin}}) \leq P_{\text{cm}}; I_0 \leq I_{\text{cm}}$$

式中 U_{smax} —— 输入电压最大值, V;

U_{omin} —— 输出电压最小值, V;

P_{cm} —— 调整管最大允许功耗, W;

I_{cm} —— 调整管最大允许电流, A。

(2) 输出电压 U_0 。 U_0 的大小决定于基准电压的大小和取样电

阻分压比, 关系式即

$$nU_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_0 \approx U_s$$

$$U_0 \approx \frac{R_1 + R_2}{R_2} U_s = (1 + \frac{R_1}{R_2}) U_s$$

式中 U_0 —— 输出电压, V;

n —— 取样分压比;

R_1, R_2 —— 分压电阻, Ω ;

U_s —— 输入电压, V;

U_s —— 基准电压, V。

(3) 输出电压调节范围: $U_{01} \sim U_{02}$

$$U_{01} = \frac{R_1 + R_2 + R'}{R_2} U_s$$

$$U_{02} = \frac{R_1 + R_2 + R'}{R_2 + R'} U_s$$

为了对输出电压 U_0 进行调整, 所以在取样电阻中间串一只电位器 R' , 见图 1-53。

2. 质量指标

(1) 稳压系数 (即电压调整率)。稳压系数表示在负载电流与环境温度不变的情况下, 由于输入电压 U_s 的变化而引起的输出电压 U_0 变化的比值。用 S 表示, 即

$$S = \frac{\frac{\Delta U_0}{U_0}}{\frac{\Delta U_s}{U_s}} \Big|_{\Delta I_0 = 0, \Delta T = 0}$$

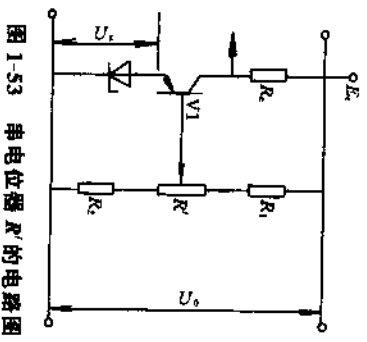


图 1-53 串电位器 R' 的电路图

(2) 动态内阻(输出阻抗、电流调整率)。动态内阻表示当输入电压及环境温度不变时负载电流的变化,引起的输出电压变化量之比,用 R_0 表示,即

$$R_0 = \frac{\frac{\Delta U_0}{\Delta I_0}}{\left| \frac{\Delta U_0}{\Delta T} = 0 \right|}$$

(3) 最大纹波电压。经过稳压电源的作用,可以使纹波电压大大降低,降低的倍数反比于调整率 S , 即

$$U_{0(\text{纹波})} \approx S \frac{U_0}{U_s} U_{s(\text{纹波})}$$

采用电容耦合到比较放大器有利于减小纹波。

(4) 温度系数。温度系数表示在输入电压和负载电流都不变时,由于环境温度的变化,引起输出电压的漂移。常用温度系数 K_T 来表示稳压电源的温度指标,即

$$K_T = \frac{\frac{\Delta U_0}{\Delta T}}{\left| \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0} = 0 \right|}$$

(四) 稳压电源的设计考虑

设计前应已知:输出电压 $U_0 \pm \Delta U_0$ (ΔU_0 为 U_0 的调节范围)、输出电流 I_0 、稳定系数 S 、内阻 R_0 、纹波电压。

设计稳压电源,包括设计稳压电路和对滤波电路(稳压电源的输入部分)提出要求两个方面。

1. 确定输入电压 U_i

当 U_i 最大、 U_0 最小时,调整管管压降不大于击穿电压; U_i 最小、 U_0 最大时,调整管管压降不小于饱和压降。

$$U_{i \text{ max}} = [U_s(1+M) - U_{\text{omax}}] \leq \beta U_{ce} \left| I_0 \right|$$

(相当于 $I_0 = I_0$ 时的击穿电压)

$$U_{i \text{ min}} = [U_s(1-M) - U_{\text{omin}}] \geq (1.5 \sim 2)U_{ce}$$

式中 M 为输入电压的波动系数(包括电网来电的波动系数和整流后的纹波),通常 $M \leq 15\%$ 。

2. 确定基准电压和取样环节

取样电路分压比 n 和基准电压 U_z 的大小决定了输出电压。当 $n \uparrow$ 、 $S \uparrow$ 、 $R_0 \downarrow$ 时,有利于提高电路指标,但 n 太大时,比较放大器的基极电位太高,不利于电路正常工作。通常 $n = 0.5 \sim 0.8$ 。

基准电压 $U_z \approx nU_0$

稳压管限流电阻 R 的计算式为

$$\frac{U_{\text{omax}} - U_z}{I_{z \text{ max}}} < R < \frac{U_{\text{omin}} - U_z}{I_{z \text{ min}}}$$

取样电阻 R_1 、 R_2 和微调电位器 R' 的计算式为

$$\frac{R_1 + R_2 + R'}{R_2} U_z = U_0 + \Delta U_0$$

$$\frac{R_1 + R_2 + R'}{R_2 + R'} U_z = U_0 - \Delta U_0$$

$$I_0 \ll \frac{U_0}{R_1 + R_2 + R'} \leq \frac{1}{10} I_0$$

3. 确定比较放大器

设计比较放大器时,要考虑与其他部分直流电平的配合,电压增益,常采用分差放大电路,见图 1-54。

根据稳定系数 S , 估算出电路必要的增益 K , 计算式为

$$K_s \approx \frac{1}{S n \mu}$$

若一级放大器不能达到这一要求的话,则应考虑采用两级放大电路。

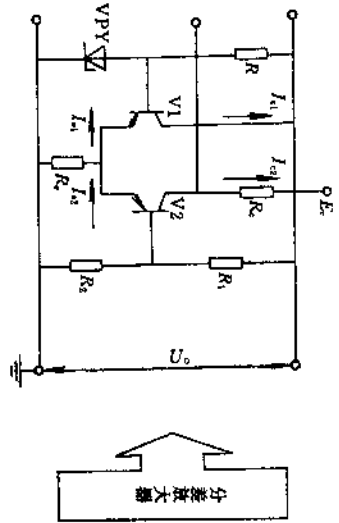


图 1-54 分差放大器

根据增益 K , 要求, 确定集电极电阻 R_c , 计算式为

$$R_c = \frac{2K_i(h_{ie} + R_b)}{h_{ie}}$$

$$R_b = \frac{R_1}{R_2}$$

式中 h_{ie} ——放大管的输入阻抗;
 h_{ie} ——放大管的电流增益。
 常选择集电极电流为 $1 \sim 2\text{mA}$ 。
 发射极电阻 R_e 的计算式为

$$R_e = \frac{U_s - U_{be}}{2I_e} \approx \frac{U_s}{2I_e}$$

集电极辅助电源电压 E_c 的计算式为

$$E_c = U_{be(\text{调整管})} + I_c R_c$$

或 $E_c \approx I_c R_c$

若计算得出的 E_c 较小, 则 I_c 宜选 2mA , 若 E_c 过大, 则 I_c 宜选 1mA 。若 $I_c = 1\text{mA}$ 时, E_c 仍很大, 表明一级放大器无法适应, 应选

用两级放大。

4. 确定调整管

调整管的最大功耗 P_{omax} 的计算式为

$$P_{\text{omax}} \approx (U_{\text{omax}} - U_{\text{omin}}) I_{\text{omax}}$$

调整管数目 m 的计算式为

$$m = \left(\frac{P_{\text{omax}}}{P_{\text{om}}} \right) \text{的整数} + 1$$

为了提高调节灵敏度和减小动态内阻, 可采用组合调整管。
 组合管的等效增益 H_{ie} 的计算式为

$$H_{ie} \gg \frac{I_o}{I_i}$$

式中 I_o ——比较放大器的工作电流, A;
 I_i ——比较放大器的输出电流, A。

(五) 稳压电源的设计举例

(1) 要求: 输出电压: $1.5\text{V} \pm 2\text{V}$ 。

输出电流: 3A 。

电源电压: $220\text{V} \pm 22\text{V}$ 。

稳定系数、电源内阻、输出纹波电压均为一般。

(2) 输入电压 U_i 。选用 3AD30, 其 $\beta U_{\text{ce}} \approx 24\text{V}$, $U_{\text{ce}} \leq 2\text{V}$ 。

$$\therefore U_{i(1.15)} - U_{\text{omin}} \leq 24\text{V}$$

$$\text{得 } U_i \leq 32\text{V} (U_{\text{omin}} \approx 1.3\text{V})。$$

$$U_{i(0.85)} - U_{\text{omax}} > 2U_{\text{ce}} (U_{\text{omax}} = 17\text{V})$$

$$\therefore U_i \geq 25\text{V}, \text{取 } U_i = 27\text{V}。$$

(3) 基准电压 U_s 。

$$U_s = 8\text{V}, n = 0.5$$

选用稳压管 2CW6 (稳压值: $7.0 \sim 8.5\text{V}$)。

稳定电流 $> 10\text{mA}$, 动态电阻 $\leq 10\Omega$ 。

(4) 取样电阻。

$$17 \approx \frac{R_1 + R_2 + R}{R_2} \times 8$$

$$13 \approx \frac{R_1 + R_2 + R'}{R_2 + R} \times 8$$

取流过取样电阻电流为 50mA , 则

$$R_1 + R_2 + R' = \frac{15}{0.05} = 300(\Omega)$$

计算结果为

$$R_1 = 116\Omega, R_2 = 141\Omega, R' = 43\Omega$$

取标准值后为

$$R_1 = 120\Omega, R_2 = 150\Omega, R' = 47\Omega$$

(5) 比较放大器。

选 $S = 10^{-2}$, $\mu \approx 25$, 则

$$K \geq \frac{U_i}{5mV U_0} = \frac{27 \times 10^2}{0.5 \times 5 \times 1.5} \approx 72$$

$R_b = R_1, R_2 \approx 64\Omega$

选 3AX31 的 $h_{ie} = 50, h_{be} = 1k\Omega$

则集电极电阻 R_c 为

$$R_c \geq \frac{2K_c(h_{ie} + R_b)}{h_{ie}} = \frac{2 \times 72 \times (1000 + 64)}{50} \approx 3(k\Omega)$$

可选 $R_c = 4k\Omega$, 选集电极工作电流为 2mA , 则发射极电阻 R_e 为

$$R_e = \frac{U_i}{2I_e} = \frac{8}{2 \times 2} = 2(k\Omega)$$

集电极辅助电压 E_c 为

$$E_c \approx I_c R_c = 8(V)$$

(6) 调整管的选择。最大功耗 P_{max} 为

$P_{\text{max}} = I_o(U_{\text{max}} - U_{\text{on(sat)}}) = 3 \times (27 \times 1.15 - 13) \approx 50(\text{W})$
 若选 3AD30C 为调整管, 其 $P_{\text{om}} \approx 20\text{W}$, 所以选 3 只 3AD30C 并联。因为

$$H_{fe} \geq \frac{I_o}{I_e} = 1500$$

所以用组合管。

(7) 稳压电源的实用电路。稳压电源的实用电路见图 1-55。

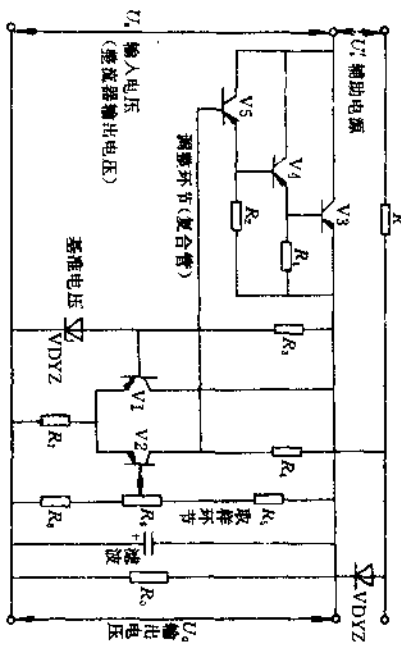


图 1-55 稳压电源实用电路

三、晶体管典型电路

(一) 晶体管放大电路

1. 共发射极基本放大电路

见图 1-56。

V 为 PNP 型半导体三极管, E_c 为供电的直流电源, 它的正端接发射极 e, 负端一方面通过 R_c 接集电极, 同时通过 R_b 接在基极

b.上。

R_b 为集电极电阻，它相当于电子管放大器中的阳极负载电阻。 R_b 为基极偏流电阻，它的作用是为了获得适当的基极电流（常称偏流）。C1 是隔离电容，其作用是隔离输入信号中的直流成分，而把交流成分送到基极。共发射极放大电路的电压、电流和功率放大倍数都比较大，因此最常用，但在高频和要求稳定性高时，共基极电路就比较适合；而提高输入电阻、减小输出电阻方面，则共集电极电路具有它独特的优点。

晶体管电路的分析和计算方法有图解法、微变、等效电路法和信号流图法等。

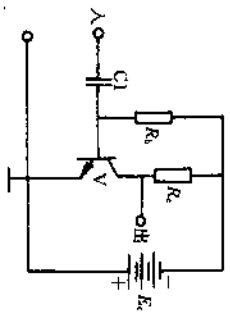


图 1-56 共发射极基本放大电路

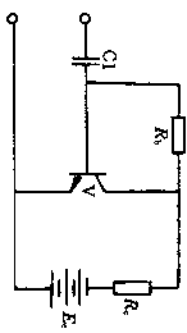


图 1-57 电压负反馈的偏置稳定电路

2. 负反馈的偏置稳定电路

(1) 电压负反馈的偏置稳定电路，见图 1-57。
在图 1-57 所示电路中，偏流 I_{b0} 为

$$I_{b0} = \frac{U_{Ee} - U_{be}}{R_b} \approx \frac{U_{Ee}}{R_b}$$

稳定工作点的原理如下：

设温度升高，则 i_c 增加， R_c 上的压降也随之增加。所以集电极电压 $U_{ce} = E_c - R_c i_c$ 便下降，从而使基极偏流会自动地减小，虽

然工作点移动比固定偏流的小些，从而达到了稳定工作点的目的。

(2) 电流负反馈的偏置稳定电路，见图 1-58。

在图 1-58 所示电路中，基极电流

I_{b0} 为

$$I_{b0} = \frac{E_b - I_{ce} R_e}{R_b} \approx \frac{E_b - I_{ce} R_e}{R_b}$$

从式中可见，当温度升高引起 I_{ce0} 增加时， i_c 增大， R_e 上的电压降 $i_c R_e$ 增加，从而使基极偏流 I_{b0} 自动减小，工作点被稳定。实际上从图 1-58 中可以看出，由于三极管基极 b 点的电位 U_b 被 R_1 和 R_2 组成的分压器所固定，则当温度升高时， i_c 随着增加，此时 U_b 将要下降，则 $U_{be} = U_b - U_b$ 将比以前减小，因此， i_b 也要减小，从而使工作点回到原来的位置。

(3) 晶体管正常的进行放大，必须建立一个合适的稳定工作点，在共发射极电路中当集电极的电压及直流负载线确定后，晶体管的工作点可由基极偏流来确定。晶体管工作点不受温度等外界影响而变动，所以应当稳定工作点，否则放大器性能变坏，甚至失去放大作用，可以采用电压、电流负反馈或非线性的补偿元件。

3. 阻容耦合放大器

两级阻容耦合放大器见图 1-59。

两级放大器通过电容 Cohl 联系起来，它将第一级的直流分量隔离，而将第一级放大的交流信号送到下一级放大器，所以，它称为耦合电容。在这种电路中，第一级和第二级是通过电容 Cohl 和电阻 R_{b12} 、 R_{b2} 等组成的耦合电路而联系，因此，电路被称为阻

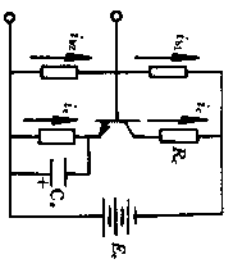


图 1-58 电流负反馈的偏置稳定电路

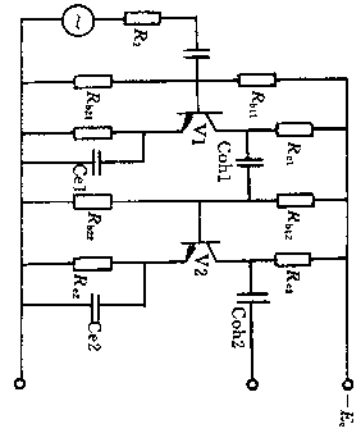


图 1-59 两级阻容耦合放大器

容耦合放大器。

阻容耦合放大器省材料、体积小，又可获得较大的放大倍数，且较易获得稳定偏置，缺点是效率低、在前置放大器中广泛应用。在阻容耦合放大器中，信号源的内阻、负载电阻都是给定的，又各级的输入阻抗、输出阻抗也是由电路参数决定的，因此很难获得良好的匹配。为获得好的匹配效果，采用变压器耦合放大器，也即前后放大器间采用变压器作为耦合元件。

4. 直流放大器

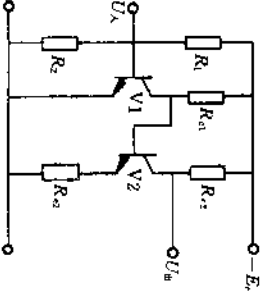


图 1-60 直流放大器

直流放大器的主要作用是放大直流或频率很低的微弱信号，这种场合若采用阻容耦合或变压器耦合，则会被隔离和短路，所以采用直接耦合放大器，见图 1-60。此外，还有差动放大器和调制型直流放大器。

5. 晶体管功率放大器

(1) 单边甲类功率放大器。单边甲类功率放大器的常用电路见图 1-61。

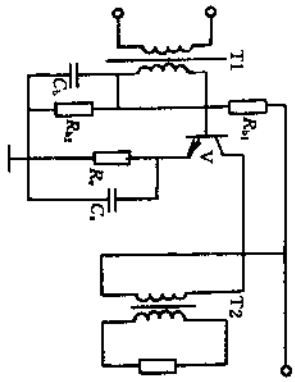


图 1-61 单边甲类功率放大器

在图 1-61 中， R_{b1} 、 R_{b2} 和 R_c 组成偏置稳定电路。 C_b 和 C_c 为旁路电容器， $T2$ 为输出变压器，它的作用是使晶体管能得到最佳的负载，以期获得大的功率输出和小的非线性失真。

$T1$ 为输入变压器，也是作为阻抗变换之用，以便前一级得到合适的负载。

(2) 推挽功率放大器。推挽功率放大器的电路见图 1-62。

在图 1-62 所示电路中实际上是由两个单管电路并联组成的一个对称电路。其中 $V1$ 和 $V2$ 是两个特性参数相同的同型号晶体管， E_c 为两管公用集电极电源， $T2$ 为原绕组具有中心抽头的输出变压器，负载接在它的副绕组两端。两管的输入信号由一个副绕组具有中心抽头的输入变压器 $T1$

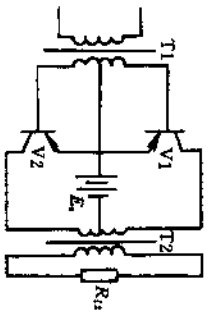


图 1-62 推挽功率放大器

供给，从而使两管得到一个大小相等而相位相反的输入信号。由于推挽电路在减少非线性失真方面的效能，所以它一般工作在乙类或甲乙类，在图 1-62 中没有偏流装置，因而晶体管的静态工作点很低，故放大器处于乙类工作状态。

(3) 功率放大器的分类。若按晶体管的工作状态来分，可分为甲类（静态工作点取在线性区域内，动态工作点移动的范围在线性区域内），乙类（静态工作点在 $i_b=0$ 的输出特性曲线上，动态时工作点移动的范围一半在线性区，一半在截止区）和甲乙类（静态工作点靠近截止区，动态时工作点移动的范围大部分在线性区，小部分在截止区）。

(二) 几种晶体管时间继电器电路

时间继电器在机床电气控制电路中经常采用，而过去常采用空气式和钟表式等时间继电器，近年来，晶体管时间继电器广泛采用，对典型电路具体说明如下：

(1) 单管延时吸合继电器见图 1-63。

在图 1-63 中可以看出，当开关 Q 接通时，电容 C 被短路，此时 $U_c=0$ ，晶体管 V1 截止，继电器 KA 释放，当开关 Q 断开，电容器 C 充电，两端电压 U_c 开始由零逐渐增大。经过一定时间 t_d 后 $U_c=-U_c$ （称为门限电压），晶体管 V1 导通，使继电器 KA 吸合。当 Q 再接通时，KA 释放，当 Q 再断开后经过延时时间 t_d ，继电器 KA 才再吸合，所以称为延时吸合继电器。

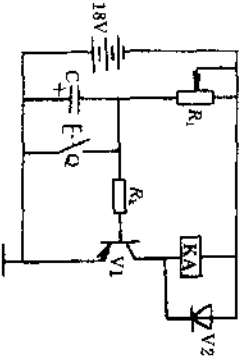


图 1-63 单管延时吸合继电器

这种电路的延时时间受饱和条件的限制，不可能太长，当电

路其他参数决定后， $R_3=R_1$ 时，电路延时最长， $R_3、R_1$ 减小，则延时时间变短，调节电位器，即可改变延时时间。

(2) 简单的延时电路见图 1-64。

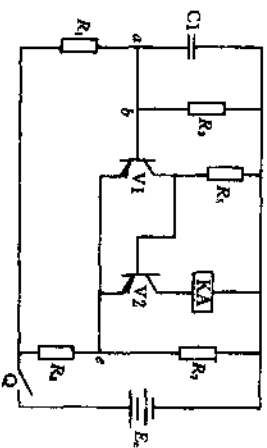


图 1-64 简单的延时电路

在图 1-64 所示电路中，由 4 个部分组成，C1、R1 组成定时器，V1、V2 组成触发器， $R_2、R_3$ 组成分压器，KA 为继电器，触发器的工作状态是由 a、c 两点的电位来控制。

当电源开关 Q 刚合上时，由于电容 C1 上无电荷，a 点电位比 e 点低，所以触发器处于 V1 导通 V2 截止的工作状态，继电器线圈没有电流，继电器不动作。

e 点电位由分压器固定，a 点电位是随电源对电容 C1 的充电而变化，C1 的充电对电路的工作状态起着决定性的作用，C1 充电的结果使 a 点电位逐渐升高，b 点和 V1 基极电位升高；到 a 点电位等于 e 点时，V1 截止，V2 导通，继电器 KA 动作。从电流开关 Q 合上到继电器 KA 动作需要一定的时间（即延时时间），而这延时时间与分压器和定时器有关。

(3) 改进的延时电路。为了进行电路改进，所以加入二极管，其电路图见图 1-65 和图 1-66。

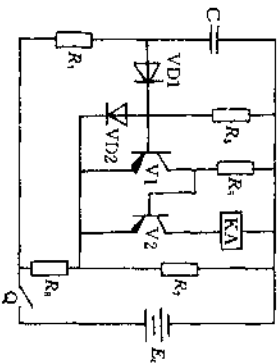


图 1-65 加入二极管的改进
延时电路 (1)

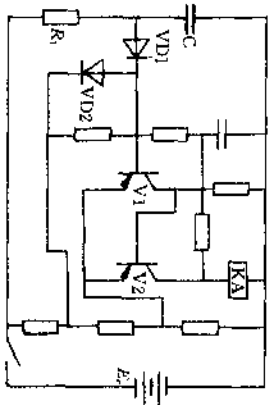


图 1-66 加入二极管的改进
延时电路 (2)

在图 1-65 中, VD1 的作用是防止经 R_1 和 V1 发射极向 C1 充电, VD2 的作用主要是在电路恢复时给 C1 一个短时间常数的放电回路。VD2 的另一个作用是保护 V1, 避免 V1 的基极和发射极间不受过大的反向电压, VD2 接入后又引起了新的问题, 它使触发起灵敏度降低了, 为了改善电路性能, 所以电路中加入了 R_2 、 R_3 、

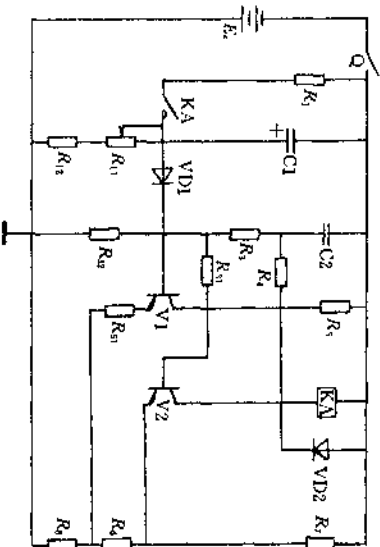


图 1-67 采用单个电源的延时继电器的实际电路

和 C_2 、 R_1 是起反馈作用, 加入 C_2 是为了避免继电器误动作。

(4) 采用单个电源的延时继电器的实际电路, 见图 1-67。在图 1-67 中可以看到, 在继电器 KA 的线圈上并联了二极管 VD2, 会引起继电器线圈的缓慢释放, 增加了电路的恢复时间。此电路一般延时为 60s, 若 C1 改用 100 μ F 的电容可延时到 120s。另外还有采用两个电源的延时继电器。

第四节 逻辑电路的基本知识

一、数制及数字编码

数字逻辑电路是以二进制数字形式存储的, 它只有两个最基本的信息, 就是“真”和“假”; 用电路的语言来描述就是“接通”和“断开”; 用电压状态可表示为“高电平”和“低电平”; 用数字表示就是“1”和“0”, 这样的数对电器元件来说很容易实现和识别, 也就是我们常说的二进制数, 它的特点是“逢二进一”, 它的一个最小单位 (一个“1”或一个“0”) 称为一个“比特”(bit) 或叫二进数的位, 若干个比特组合起来是一个字, 若若干个组合能够表达出很复杂的信息, 计算机就是识别和处理这种数字。换句话说, 用逻辑电路组成的计算机只认识“0”和“1”。

但在日常生活中, 使用的大都是十进制数, 即“逢十进一”, 为了使用方便, 希望这两种数制能够互相转换, 如

$$1994_{10} = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$

$$\text{同理 } 11011_2 = (1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0)_{10} \\ = (16 + 8 + 0 + 2 + 1)_{10} = 27_{10}$$

式中的下标表示不同的数制。

由此可见一般任意二进制数都可转换成十进制数, 表达式为

$$B = B_{n-1}2^{n-1} + B_{n-2}2^{n-2} + \dots + B_12^1 + B_02^0 + B_{-1}2^{-1}$$

$$+ B_{-2}2^{-2} + \dots + B_{-m}2^{-m}$$

$$= \sum_{i=n-1}^{-m} B_i 2^i$$

式中 B ——任意二进制数；

n ——小数点左边的位数，为正整数；

m ——小数点右边的位数，为正整数。

由于二进制只有数字“0”和“1”，在表示较大数值时，书写起来比较麻烦、冗长，所以有时采用八进制和十六进制数表示，它们之间的转换也非常方便，只要将二进制数向左（整数部分）或向右（小数部分），每三位一组就得到一位八进制数，同样将二进制数向左（整数部分）或向右（小数部分）每四位一组就得到一位十六进制数，例如

$$111_2 = 7_{10} = 7_8, \quad 1111_2 = 15_{10} = F_{16}$$

$$1000_2 = 8_{10} = 10_8, \quad 10000_2 = 16_{10} = 10_{16}$$

$$1010_2 = 10_{10} = 12_8, \quad 01010_2 = 10_{10} = A_{16}$$

在十六进制中，除了0~9个数字外，还用字母A~F分别表示十进制数中的10~15，见表1-16。

表1-16 几种数制的数码对照表

十进制	十六进制	八进制	二进制
0	0	0	0000
1	1	1	0001
2	2	2	0010
3	3	3	0011
4	4	4	0100

续表

十进制	十六进制	八进制	二进制
5	5	5	0101
6	6	6	0110
7	7	7	0111
8	8	10	1000
9	9	11	1001
10	A	12	1010
11	B	13	1011
12	C	14	1100
13	D	15	1101
14	E	16	1110
15	F	17	1111
16	10	20	10000

由此可见，一个数写成八进制或十六进制的形式要比二进制形式的位数少。

除了上述数制之外，还有一种常见的编码称为BCD码，即二进制编码的十进制数，也就是说将十进制的每一位用四位二进制编码来表示。例如：

十进制数 1, 6, 4, 9

BCD码 0001, 0110, 0100, 1001

还有一种常用的国际通用信息交换码叫做ASCII码，计算机用的键盘和显示器都采用这种编码。

二、计算机语言

计算机最基本的功能是对数值的运算和处理，但是计算机是

如何按照人们的意图工作，接受人们向它发出的指令和信息呢？人与计算机是通过“计算机语言”来传递信息、互相沟通的。

(一) 机器语言

在计算机中，数是以二进制表示的，这种能为机器所识别的二进制数码称为机器语言，机器只要能够识别“0”和“1”就行了。按照“0”和“1”代码的形式告诉计算机，完成计算和处理。例如，在某种16位机中，1011011000000000指令表示要求计算机进行一次加法运算，由这样的“0”“1”代码编写的程序对机器来说是最直接的“语言”了，执行的速度非常快，计算机的指令系统都是用机器语言来编写的。机器语言编写出来的指令程序都是一连串的“0”“1”代码，程序繁琐，与硬件关系密切，通用性差。

(二) 汇编语言

为了克服机器语言的不足，人们就用一种便于记忆的助字符（通常是指令功能的英文缩写）来代替机器语言，如上述的加法运算可用助字符ADD来表示，这就大大地减化了程序，并能够明确地反映出指令功能的主要特征，易于理解和记忆。

(三) 高级语言

虽然汇编语言较机器语言进了一步，但是汇编语言的语句和机器指令是一一对应的，编程仍然是一件冗长而繁杂的工作，况且汇编语言仍然不能脱离具体的机器，编程人员对机器指令要求非常熟悉。为了方便用户和编程人员编制程序，出现了高级语言，如在BASIC语言中，若要做 $A+B$ 的算术题，只要将 A 、 B 变量赋值写上语句 $C=A+B$ ，告诉计算机将变量 A 的数值加上变量 B 的数值，结果送往变量 C ，但计算机必须有把它翻译成机器指令，即“0”“1”代码，计算机才能识别。这个翻译可以是编译程序，也可以是解释程序，事先存放在机器中或磁盘中，将输入的高级

语言源程序翻译成机器指令的目标程序，计算机便按照程序逐条执行，其过程见图1-68。

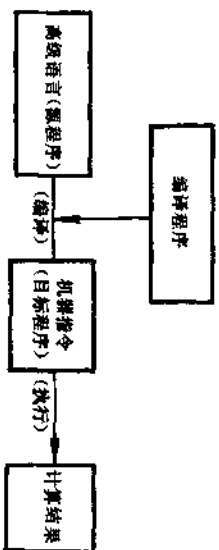


图 1-68 高级语言的编译过程

常见的高级语言有BASIC、FORTRAN、COBOL、PASCAL和C语言，它们各自都有相应的编译程序，这便得用户不必了解和掌握机器的内部结构以及它的指令系统，就可利用高级语言编制程序，解决实际问题，使计算机发挥出强大的功能。

三、硬件和软件

计算机有形的实体，如逻辑电路所组成的器件等就是计算机的硬件。用于管理、运行计算机而编制的各种程序，像算盘的口诀一样，统称为软件，是各种指令程序的总称。硬件在软件支持下工作，而软件的实现又有赖于完善的硬件系统，软件和硬件互为依存，缺一不可。既有好的硬件结构，又有好的软件配合，计算机才能发挥出强大的功能。

四、逻辑电路的构成

通常比较简单的控制系统有单片机、单板和微机。

一般把CPU和一定容量的存储器以及输入输出接口电路集成在一个芯片上，叫做单片机(Single Chip Computer)；把CPU、ROM、RAM、输入输出电路装在一块印制电路板上，成为单板机(Single Board Computer)，而做机的基本结构见图1-69。

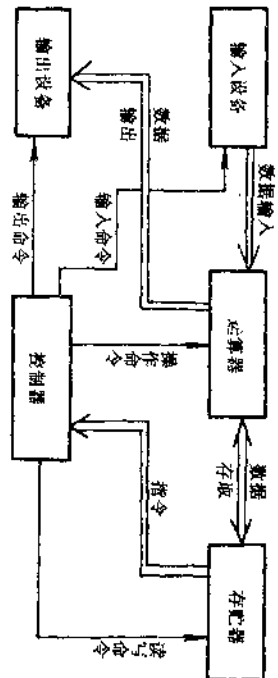


图 1-69 微机的基本结构框图

逻辑电路是计算机的原理电路图，随着计算机技术的发展和小型化、微型化，又因为它的功能之优越，又通常称之为“电脑”。现在逻辑电路已不只是反应计算机本身的电路，而广泛应用于各个领域，渗透到每个角落，高至国防和航天技术、工业上的各种机床，低至每个家庭的生活用品，计算机的运算功能和控制功能都得到了广泛应用。学习逻辑电路本来是要掌握逻辑代数、电子电路知识、脉冲技术、门电路，了解集成电路知识，但是对于运行和维修人员（而不是逻辑电路设计人员）来说，从应用的角度看，这个学习过程就显得过于漫长。对于智能电工，还必须掌握高低压强弱电的知识，要掌握供配电系统、通讯系统、电梯系统、空调制冷系统、广播电视（包括公共天线、有线电视、卫星电视、闭路电视）系统、消防系统、监控系统、楼宇自控系统、计算机网络及办公自动化、照明和显示系统……等的相关专业知识。否则对计算机的应用对象不了解，就不能充分地运用好计算机技术。所以对逻辑电路的阅读要找一些捷径，以便非计算机专业人员尽快地掌握计算机的硬件，侧重去了解计算机的控制功能，从计算机的应用角度去了解计算机。

逻辑电路较接触器、继电器电路复杂，可以说有的相当复杂，但归纳起来通常的逻辑电路由存储器、控制器、运算器、输入输出电路、总线等组成，或是说由CPU、存储器、接口电路、输入输出电路、总线等组成，见图 1-70。

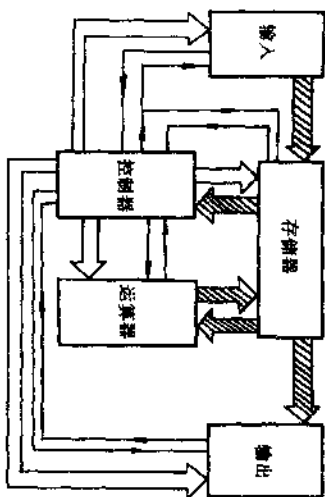


图 1-70 逻辑电路的构成

数据线
 地址线
 控制线和反馈线

(一) 运算器

运算器是完成算术和逻辑操作的部件，所以又称算术和逻辑运算单元 (ALU)。运算器能够接收数据，并对接收的数据进行诸如加、减、乘和除等算术运算，以及“与”、“或”等逻辑运算。运算器具有用于存放一系列数据的若干寄存器。这些寄存器的数量和类型取决机器的特点，主寄存器成为累加器。运算开始时，累加器用来存放一个操作数。运算结果时，累加器一般用来存放计算结果。总之运算器是由寄存器、累加器和算术逻辑单元等许多

逻辑电路组成。

(二) 存储器

存储器相当于一个仓库，有许多房间，把这些房间编上号码，就称为地址，用来存放输入设备送来的代码或数据，以及运算器送来的运算结果等，见图 1-71。

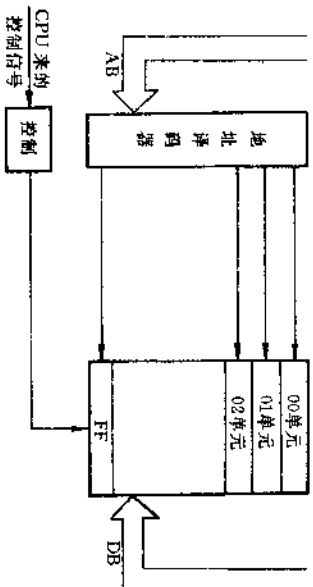


图 1-71 存储器的示意图

或者说，存储器是用来存放计算所需的原始数据、中间数据、输出之前的最终结果以及指示计算机对数据如何进行操作的指令的器件。

存储器又分为内存储器和外存储器。

(1) 内存储器。配置在主机内部的存储器，又分只读存储器 (ROM-Read Only Memory) 和随机存储器 (RAM-Random Access Memory)。只读存储器就是预先以某种特殊方式将资料写在芯片上，用户只能从其中逐条读取指令、资料，然后执行，而用户不能改写其内容。开机后即可使用，若断电源后，ROM 存储的内容仍然保留，不会消失。而随机存储器 (也叫读写存储器)，顾名思义，用户在开机后可以随时将信息写入 RAM 内，也可以从

RAM 中读取已存好的信息，也就是说 RAM 中的内容可由用户根据实际需要重新改写，当电源断开时，RAM 中存储的内容也随着消失，因此不能用它来存储永久性的程序。

(2) 外存储器。在主机之外配置的存储设备，用来弥补内存储器容量的不足，又有硬盘存储器和软盘存储器之分，外存储器容量大，所存信息可以永久性地保留，价格便宜，但存取速度不如内存储器。

(三) 控制器

从存储器顺序地取出指令，翻译指令代码，安排操作顺序，并向各部件发出相应的命令，使它们一步一步地执行程序所规定的任务，这种部件叫控制器。控制器是统一指挥和控制计算机各部件的中央机构，它一方面向各个部件发出执行任务的命令，另一方面又接收执行部件向控制器发回的有关任务执行情况的返回信息，如运算器向控制器“报告”计算结果的大小是否超出预定界限等。这种由运算器、存储器及输入输出电路发回控制器的返回信息，将针对控制器下一步的工作状态产生重要影响，控制器将这些信息作为下一步发出那些命令的工作条件，根据各种工作条件的成立与否，来确定下一步相应地发出哪一种命令。

控制器是一个指挥部，它不断地从主存储器中取出控制计算机操作所需的指令，通过数据总线传送到指令寄存器，再经译码后产生一个系列脉冲去控制机器的各个部件协调一致地工作，控制器由时序逻辑电路组成，它对计算机的控制是通过电压和脉冲来实现的。

(四) 输入输出设备

输入输出设备是计算机和用户或者其他电子设备联系的桥梁。输入设备提供计算所需的数据和告诉计算机如何对数据进行

操作的程序。各类机器对于输入设备的要求不完全相同。常见的输入设备有键盘、鼠标器、光笔、纸带输入机、卡片输入机，以及磁带、磁盘、磁鼓等。当计算机用于过程控制或过程测量时，可用直接通道接收数据。

输出设备是一个输出窗口，它把人们所需的结果、中间运算过程以及各种信息以数字、字符、图形、表格等形式表现出来，常见的输出设备有打印机、绘图机，以及磁盘、磁鼓进行输出，如果需要输出中间结果，可使用显示器（或叫监视器）等。

(五) 总线

计算机内各部分之间的信息传递是通过它们之间的联线进行的，这种联线就称为总线，分为3种：

(1) 数据总线。传递各种数据信息的通路，它是双向的，即可以供输入之用，又可以供输出之用。

(2) 地址总线。是为寻址而设的，存储器就像一个仓库或房间，每一个房间都编有号码，称为地址，按照具体的地址就可以寻址访问一个房间。它是单向的。

(3) 控制总线。各部分之间能够准确地互传信息，必须对各个部分的工作进行控制，那些作控制用的信号线就是控制总线。

(六) CPU

通常人们把运算器和控制器看成是一个整体，叫做中央处理器(Central Processing Unit)，简称CPU。它是计算机的核心部分，相当于大脑，控制各种信息在各部分间传递及在各种存储器上的读写操作，就如同中心控制台指挥逻辑电路各部分协调一致地工作。CPU芯片，常有Z80CPU、8086/8088CPU、80286CPU、80386CPU、80386SLCPU、80486CPU等。

第二章 车床的控制电路图

车床是应用最为广泛的金属切削机床，其种类也最多，常用的有普通车床、仪表车床、六角车床、转塔车床、仿型车床、齿轮车床、立式车床和自动半自动车床等。其中普通车床又最常用，数量也占首位。而立式车床和自动车床的控制电路又最为复杂。

车床可以用来车削外圆、内圆、平面、端面以及车制螺纹，并可以用钻头、铰刀等进行孔的加工。

普通车床有两个主要运动部分：一是卡盘或顶尖带着工件的旋转运动，也就是车床的主轴运动；另外一个溜板带着刀架的直线运动，称为进给运动。车床工作时，绝大部分功率消耗在主轴运动上面。车床主轴一般只需要单方向旋转，只有在加工螺纹时，才用主轴反转来进行退刀。车床主轴的旋转速度应根据工件的材料、尺寸，工艺要求以及刀具的种类不同而不同，所以要求能够在相当宽的范围内进行调节。中小型普通车床的主轴运动大多采用不调速的笼型三相异步电动机拖动，用齿轮变速箱调节主轴的转速。主轴的旋转方向可以用机械方法改变，也有用电动机的正反转变改变主轴的旋转方向。刀架也常用主轴电动机带动，用走刀箱来调整加工时的纵横走刀量。普通车床常装有冷却水泵或油泵，常用单向旋转的笼型异步电动机拖动。电气原理图由主

电路和控制回路组成。

立式车床适用于加工直径大，长度短的工作，这种工件不适用于一般卧式车床上加工。中型和重型立式车床的主要部件有圆形工作台、床身、龙门型立柱、横梁和刀架。圆工作台设计在两立柱中间，围绕着垂直轴心旋转。工作台与床身之间有圆形导轨，以固定工作台的位置和承受工作台的巨大重量。立柱上装置横梁，横梁可以沿立柱上下移动，在机床加工时，横梁必须夹紧在立柱上面，常设计有夹紧电机或相应的夹紧电路。横梁上装有左右垂直刀架或侧刀架，刀架能左右上下移动。立式车床工作台直径达二十多米之多，其结构复杂，床身庞大，通常采用多电动机拖动，控制电路比较复杂，许多主电机要求采用减压起动，并有调速要求，但相当多工作台的调速还是靠机械装置来实现。有的机床应用电磁离合器和测量装置，采用悬挂操纵纵箱和多种保护电路。

仿形和自动车床，常采用程序控制，设计有机床的各种调整的电路，并实现机床的自动行程，以完成工件的程序或仿形加工。这种车床常常和液压装置配合使用。

车床的控制电路，见图 2-1~图 2-57。

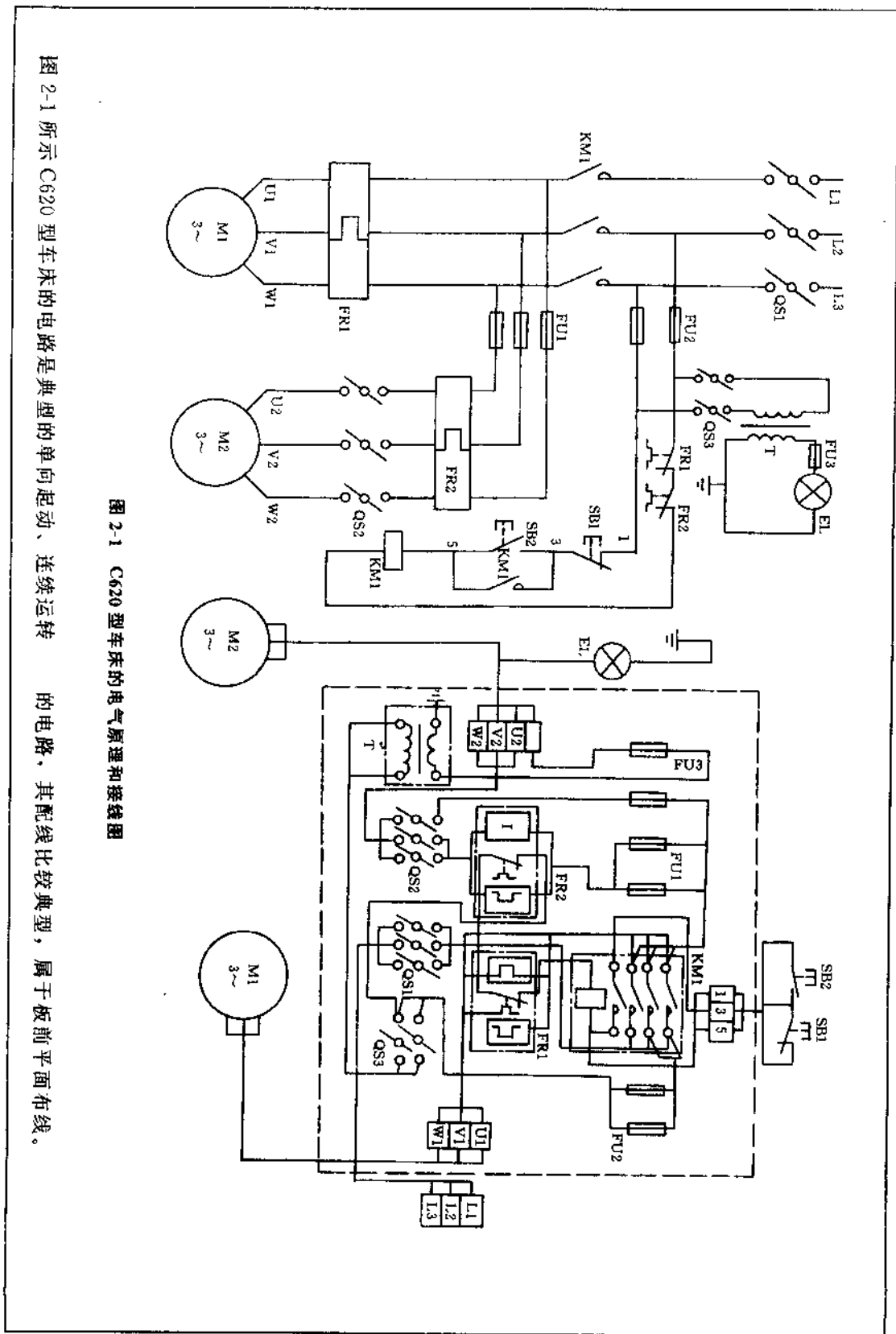


图 2-1 C620 型车床的电气原理和接线图

图 2-1 所示 C620 型车床的电路是典型的单向启动、连续运转的电路，其配线比较典型，属于板前平面布线。

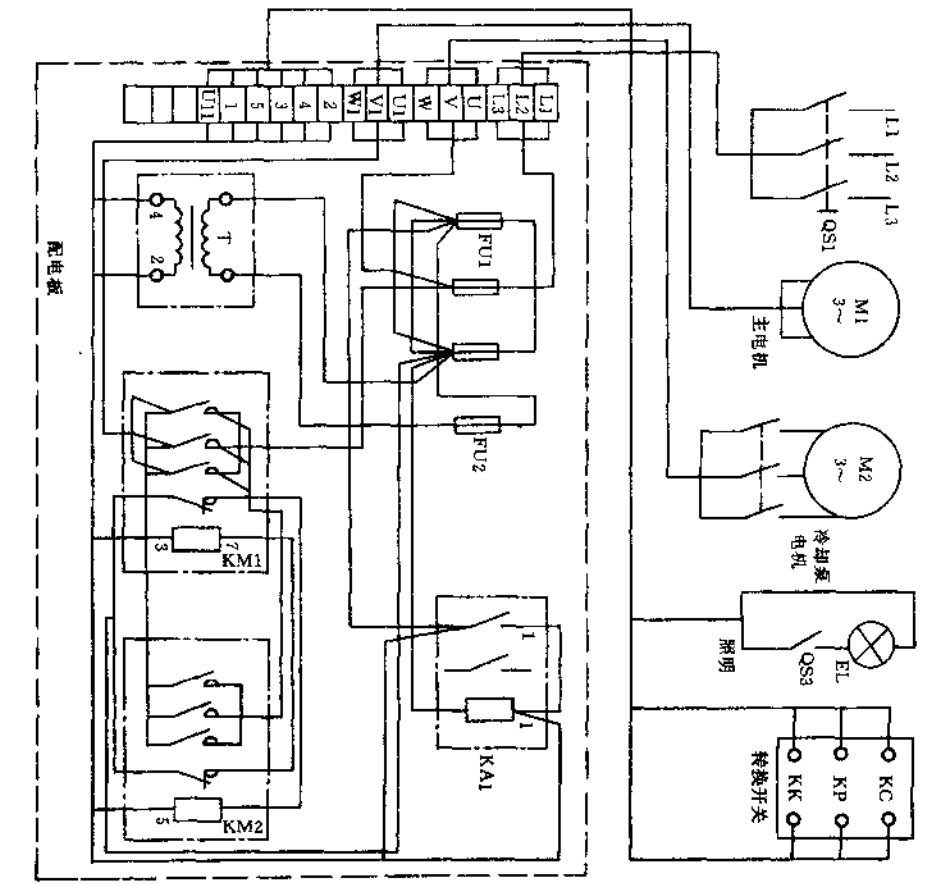
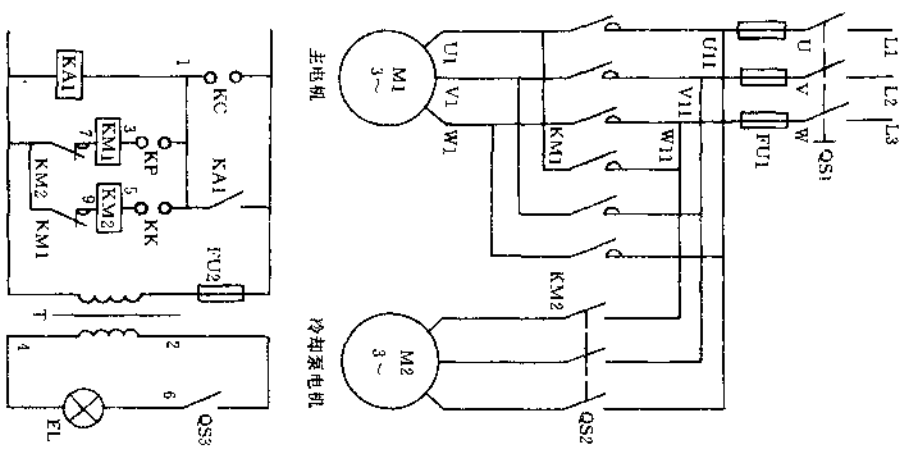


图 2-2 所示 C616 型车床电路的特点是可逆运转，带有零压保护。

图 2-2 C616 型车床电气原理和接线图

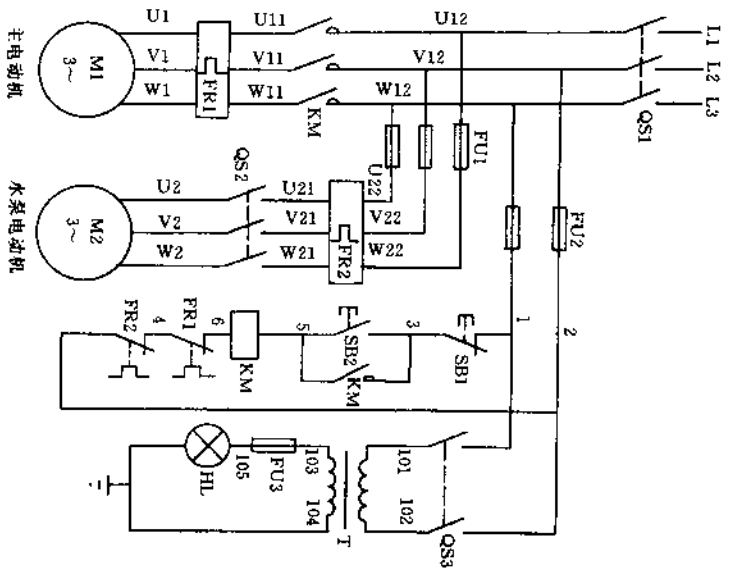


图 2-3 能使用但不合理的 C620 型车床电气原理图

图 2-3 所示电路的问题是水泵电动机的电源接在接触器 KM 的输入端，因此，热继电器 FR2 不起保护作用。

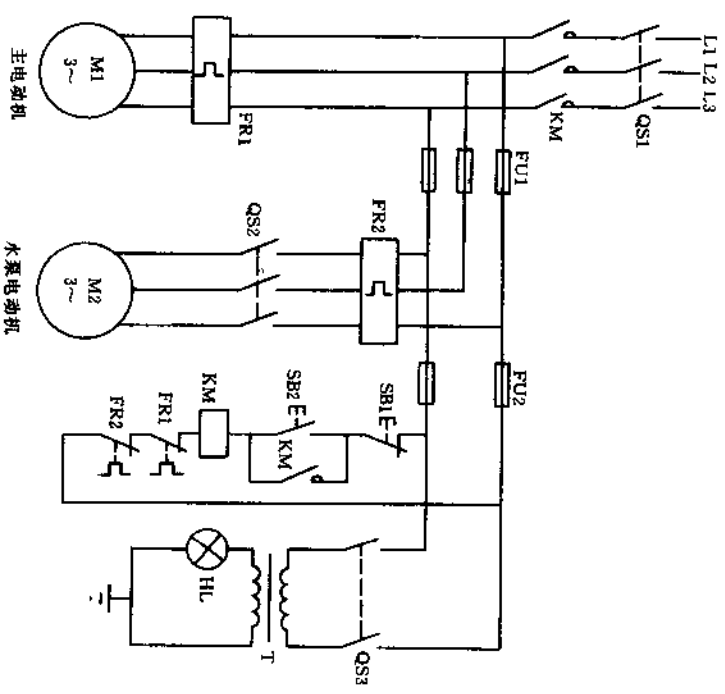


图 2-4 设计错误的 C620 型车床电气原理图

图 2-4 所示电路的问题是控制电路的电源接在接触器的下侧，电路不能工作，因此设计是错误的。

电源开关	主轴及进给传动	冷却泵	电路保护	主电动机控制	开关	照明装置变压器	照明灯
------	---------	-----	------	--------	----	---------	-----

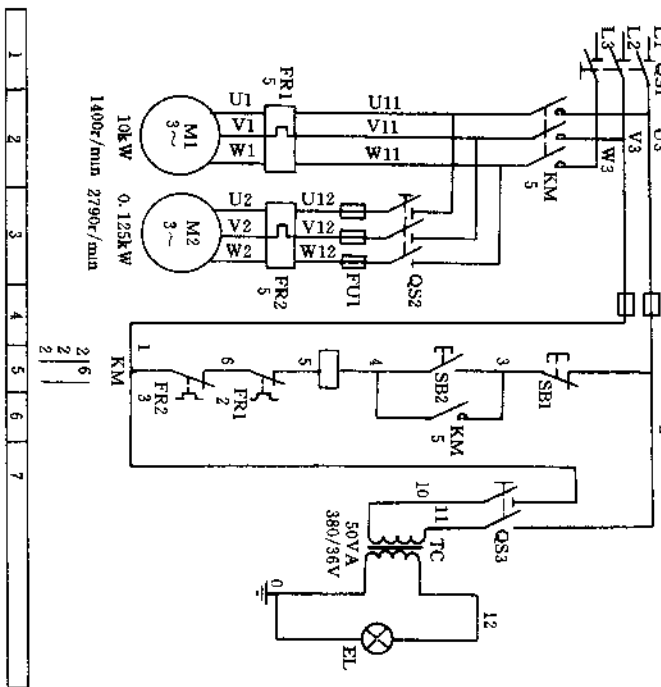


图 2-5 C630 型车床电气原理图

图 2-5 所示 C630 型车床电路设计和 C620 型车床类似。

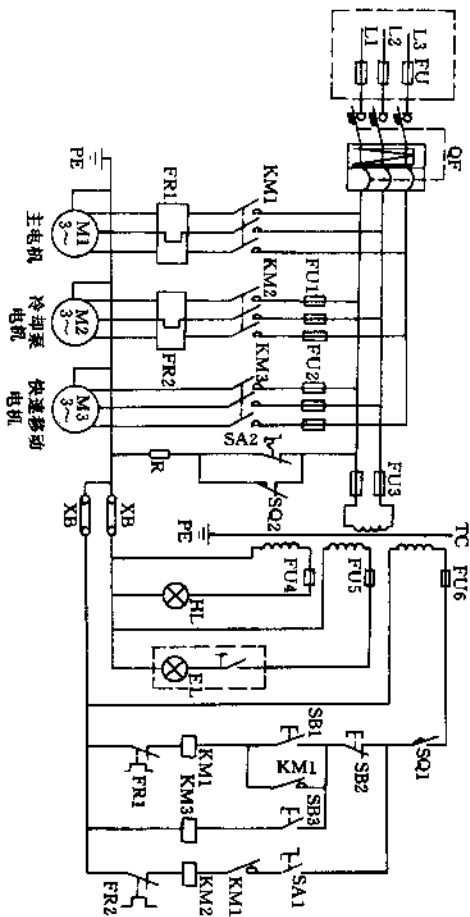


图 2-6 CA6140 型车床电气原理图

图 2-6 所示 CA6140 型车床电路中，备有快速移动电机，能拖动拖板、刀架快速移动，因此设备相应的控制电路，拖板、刀架的移动方向改变，均是由机械装置来完成的。

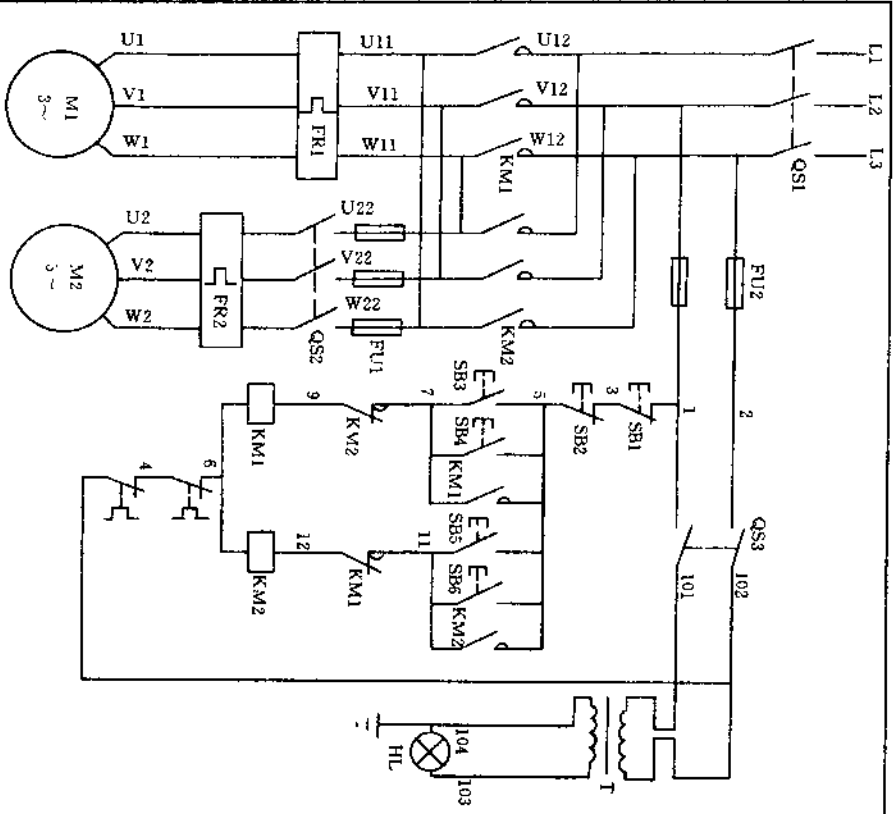


图 2-7 C650 型车床电气原理图

图 2-7 所示 C650 型车床体积比较大，床身很长，所以设计有两地操作按钮，其常闭按钮接点是串联的，而常开按钮触点是并联的。

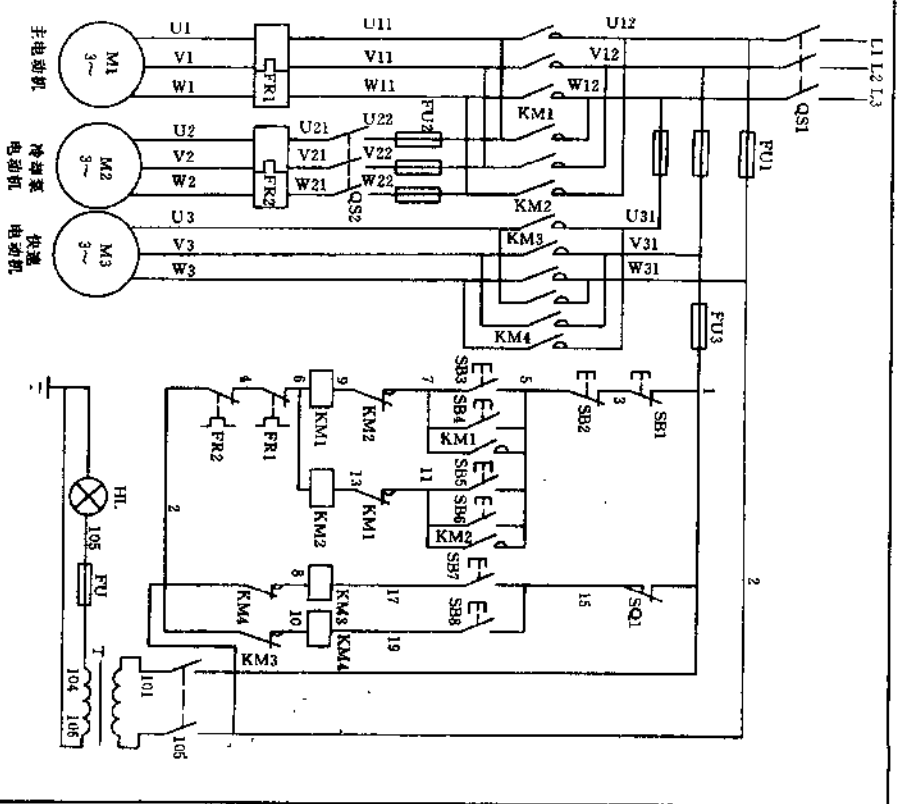
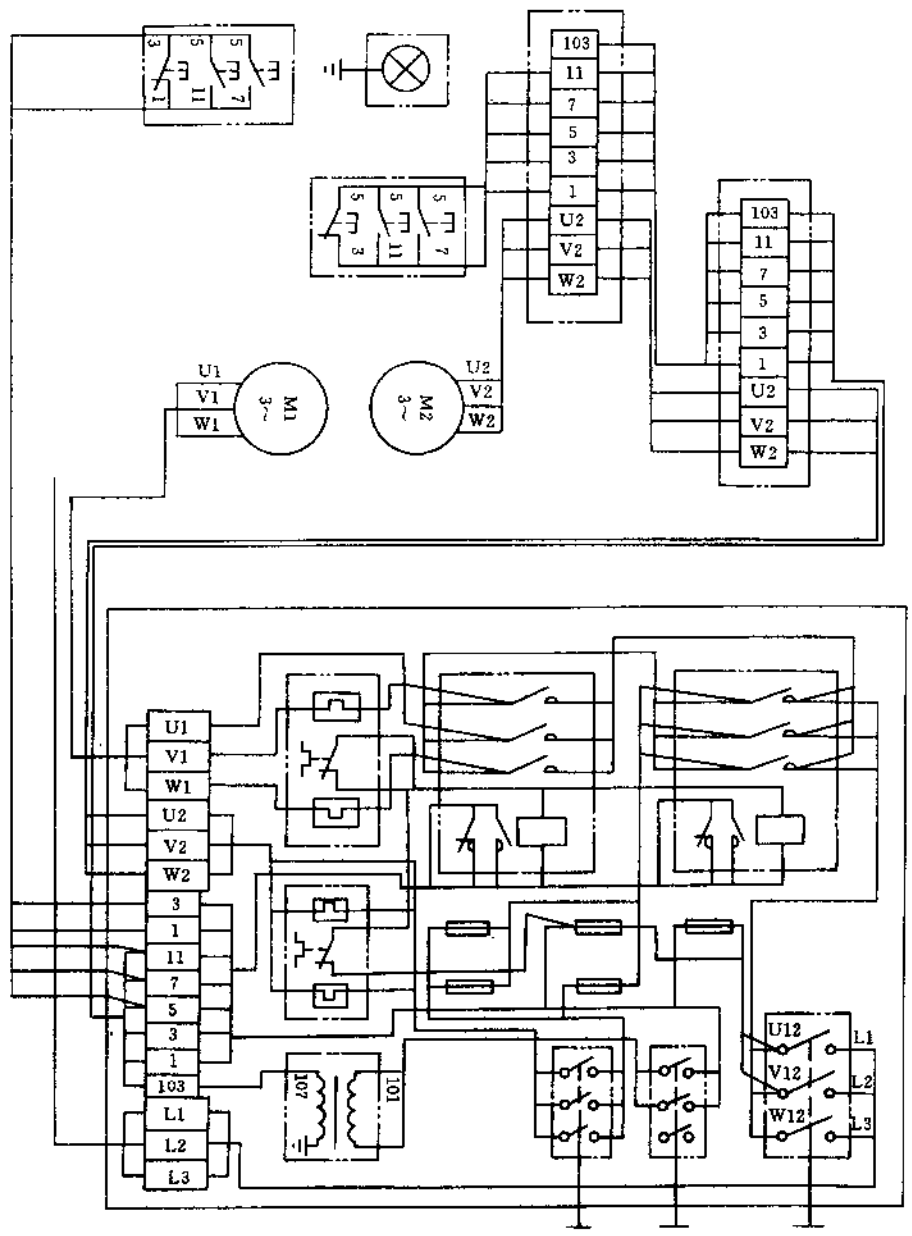


图 2-8 带快速的 C650 型车床电气原理图

图 2-8 所示电路是带有快速电机的 C650 型车床电路，其有两个接触器使快速电机可逆转，并设计相应的控制电路，具有辅助触点联锁。

图 2-9 所示 C650 型车床电气接线图并不太复杂，因床身较长，又因两地操作控制，所以布线很长，且中间备有较多的端子

图 2-9 C650 型车床电气接线图



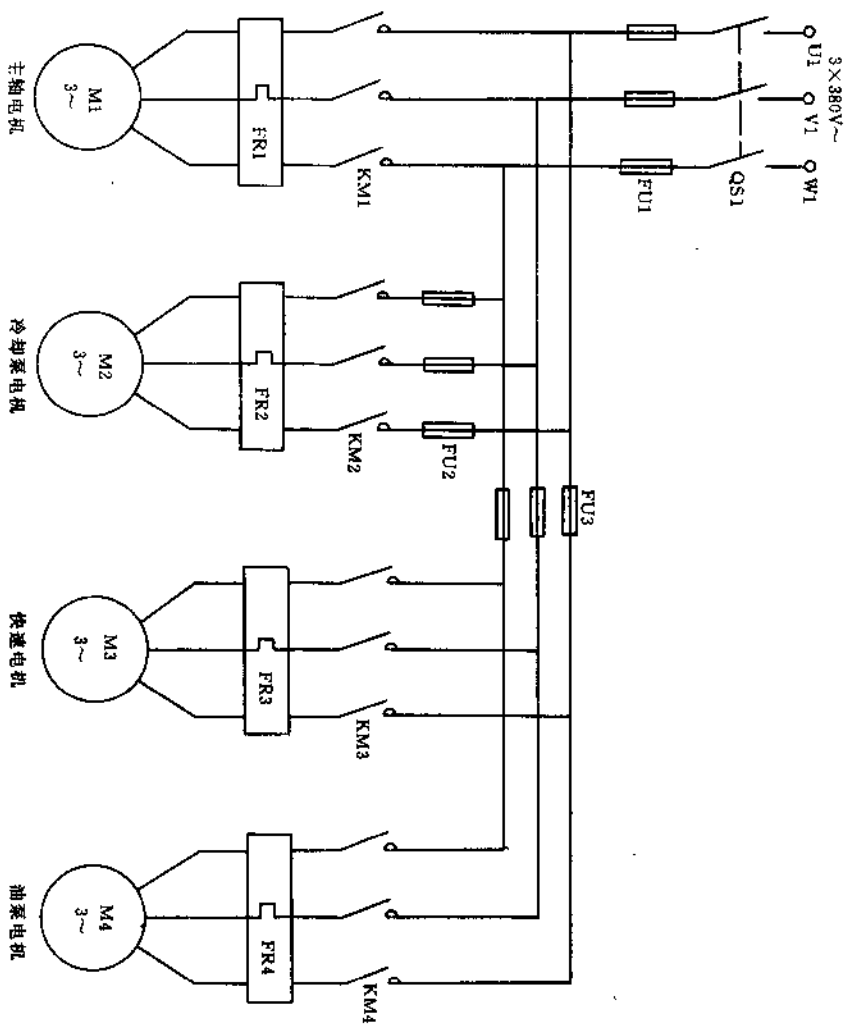


图 2-10 电机转子旋风车床 (C630 型车床改装) 电气原理图 (主回路)

图 2-10 所示电路是电机转子旋风车床的主电路，由 C630 型车床改装，但比普通 C630 型车床的电机数量增加，以满足工艺加工要求。

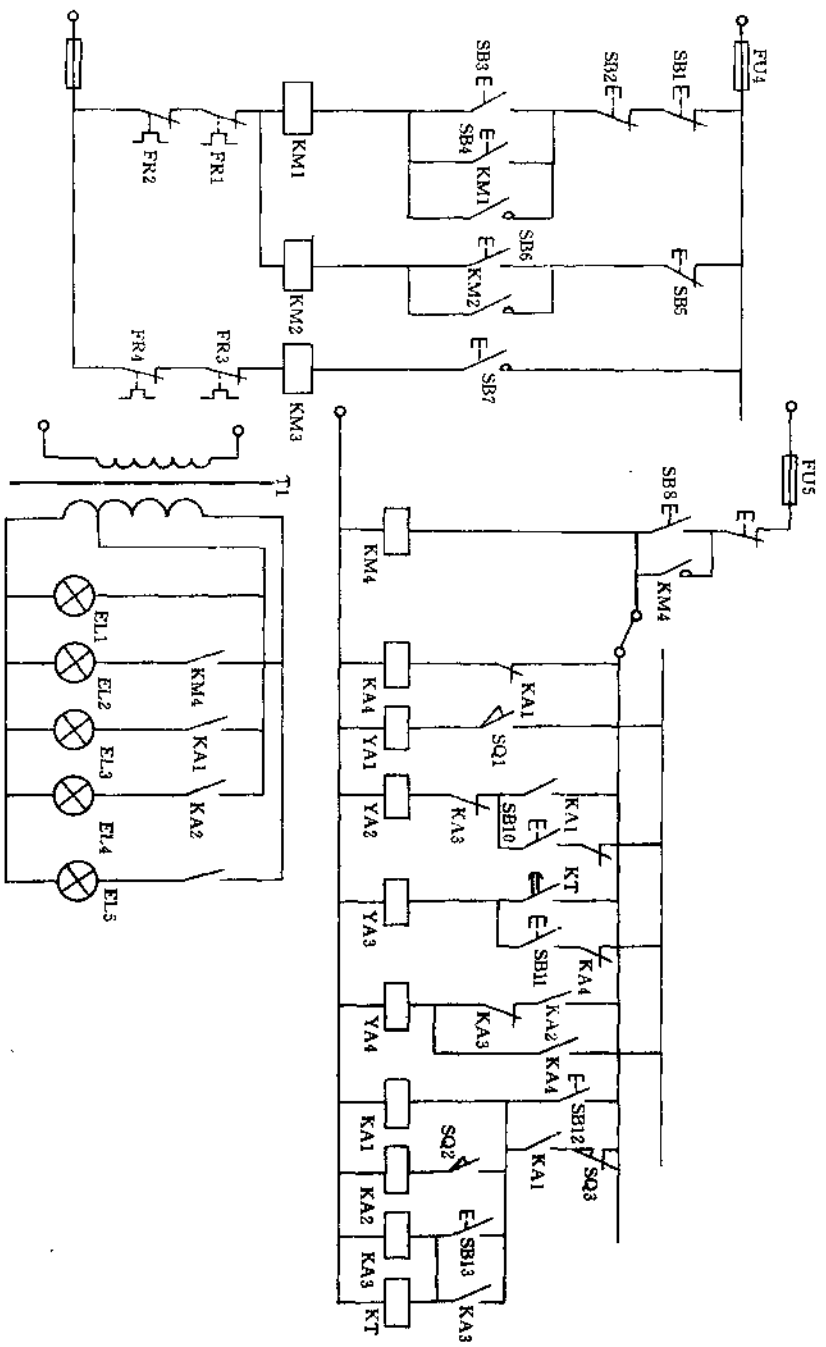


图 2-11 电机转子旋风车床 (C630 型车床改装) 电气原理图 (控制回路)

图 2-11 所示电路中, 电机转子旋风车床是用 C630 型车床改装, 以达到旋风车床机械动作的要求。(此图仅供参考) 装的, 电路设计较 C630 型车床复杂, 采用了时间继电器和限位开

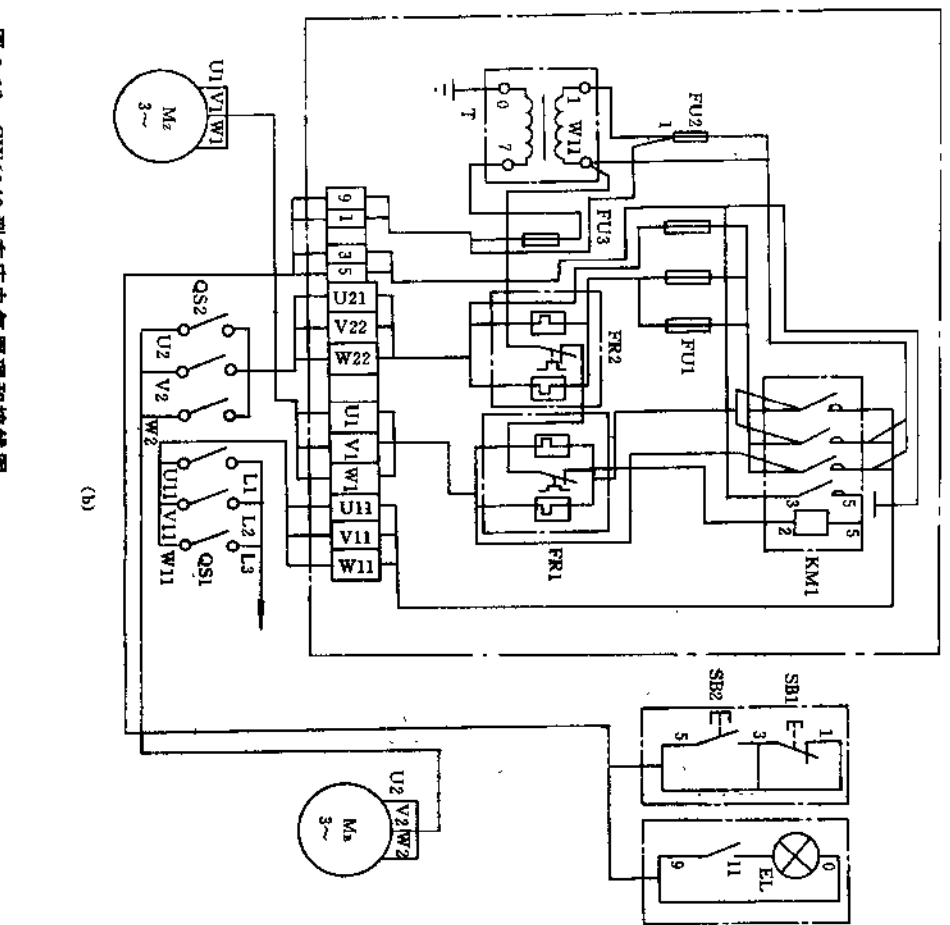
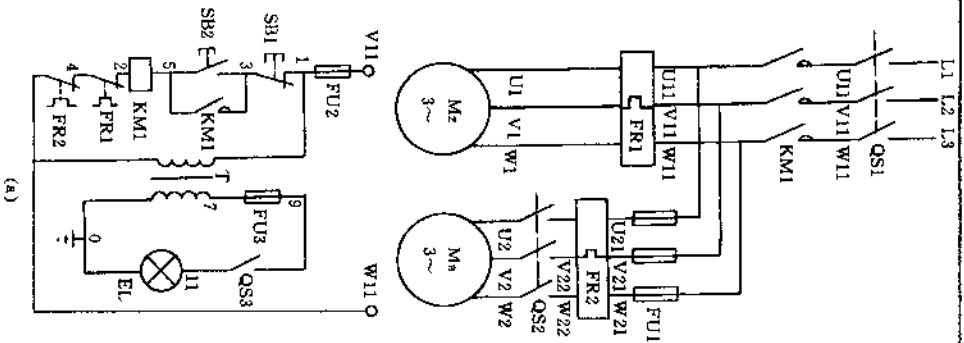


图 2-13 CW6140 型车床电气原理和接线图

(a) 电气原理图；(b) 电气接线图

图 2-13 所示 CW6140 型车床电路和 C620 型车床电路类似，制。但配电板的施工不如 C620 典型和合理。是典型单向启动连续运转的电路，冷却泵电机用开关 QS2 来控制。

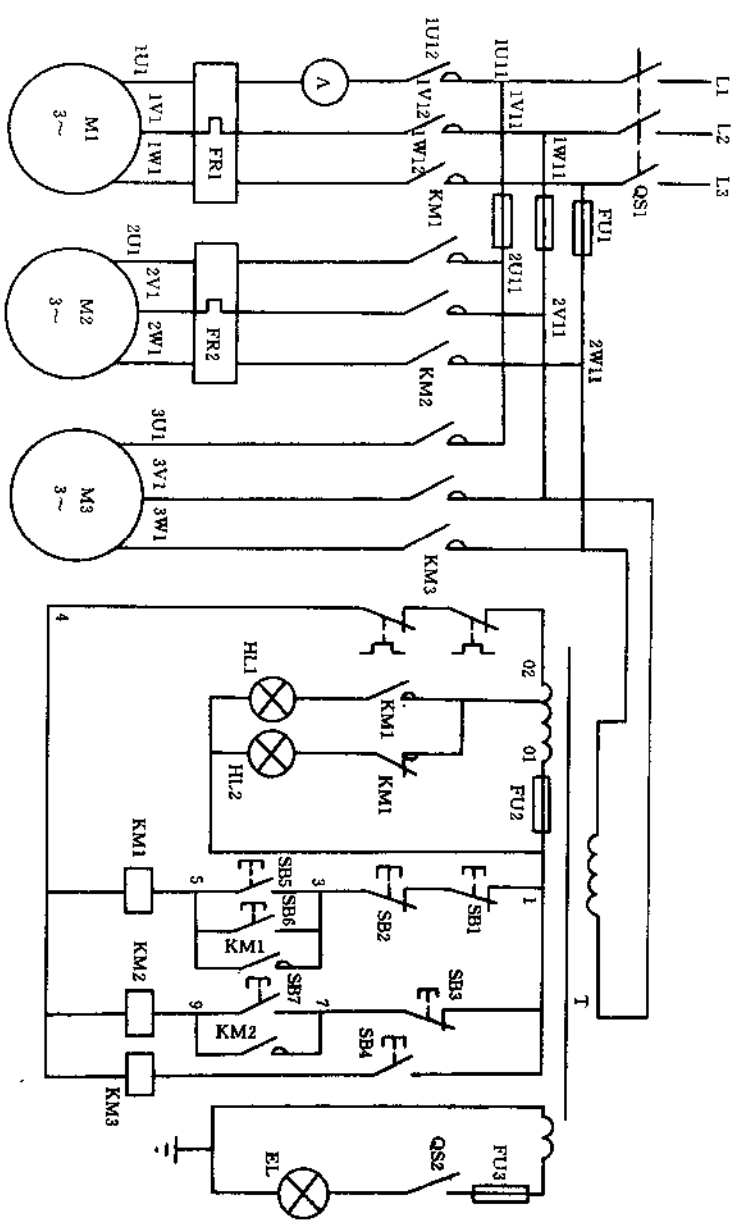


图 2-14 CW6163 型普通车床电气原理图

图 2-14 所示为 CW6163 型车床电路，主电机为两地操作（起 主电机有电流表进行电流测量。
 动按钮并联，停止按钮串联），对电动机 M3 是点动（寸动）控制。

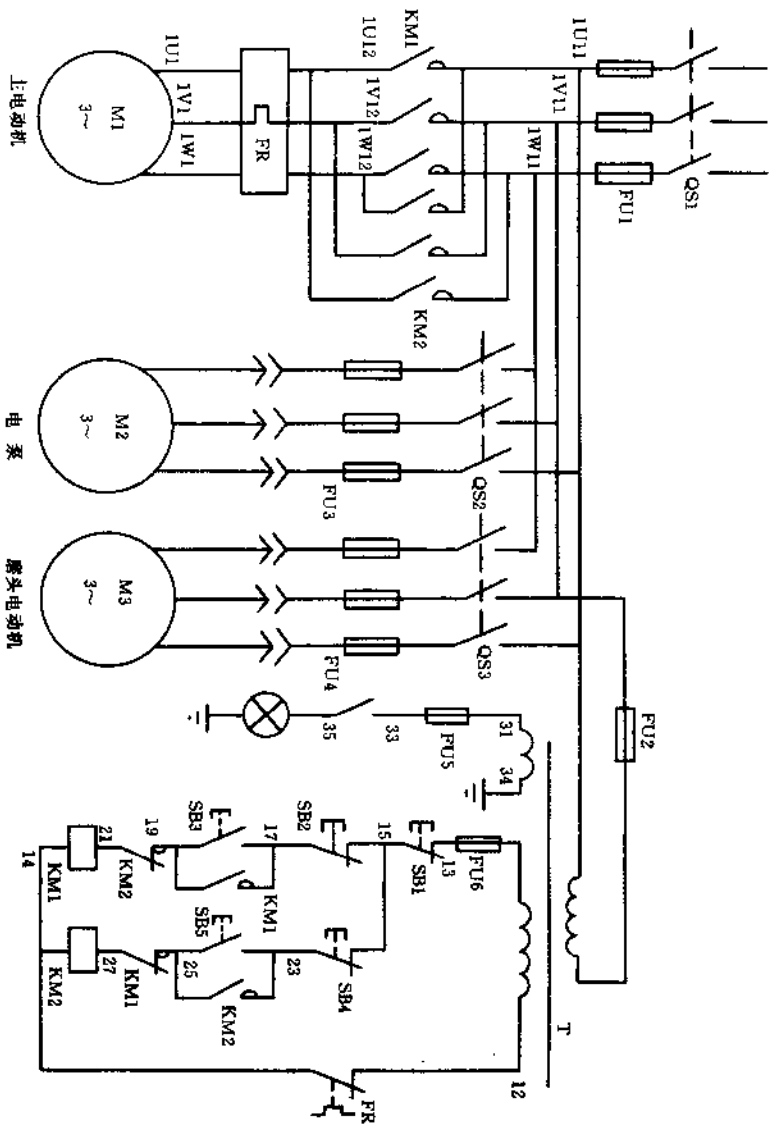


图 2-15 CQC6140 型普通车床电气原理图

图 2-15 所示为 CQC6140 型车床的电路，主电机为可逆运转 头电动机均直接用开关控制。电路，并用辅助触点联锁，具有短路保护和过载保护，电泵和磨

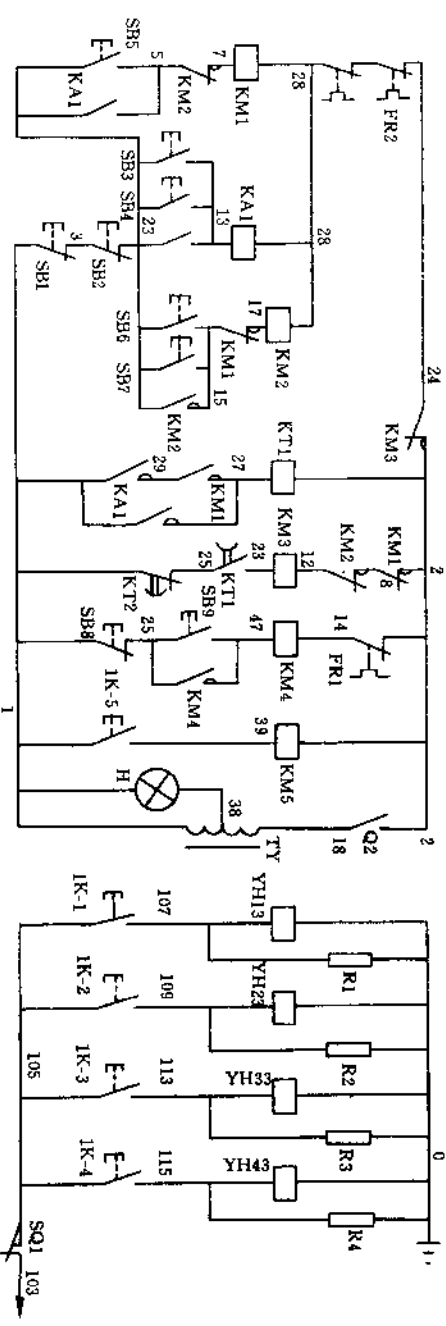
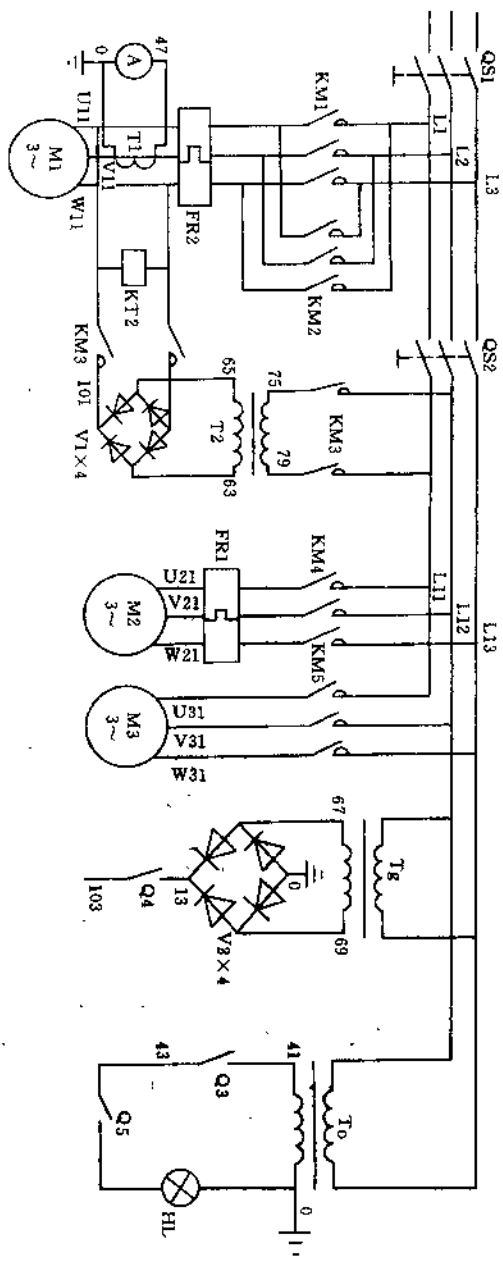


图 2-16 165 型 (原苏联) 车床电气原理图

图 2-16 所示为 165 型车床电路，其特点是两地操作，有电流产生交流未断直流就通人的过电流冲击的现象发生。表检测主电机电流，直流能耗制动，且采用了延时装置，保证不

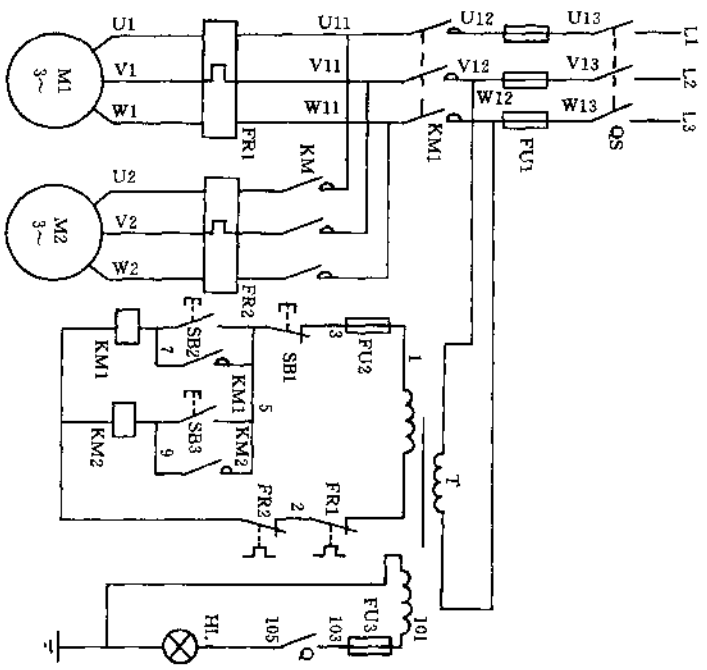


图 2-17 C618K—1 型普通车床电气原理图

图 2-17 所示 C618K—1 型车床电路特点是电机 M1 和 M2 均为单向启动连续运转电路，有热继电器作过载保护，但从主电路可以看出，只有当电机 M1 启动后，电机 M2 才能启动。

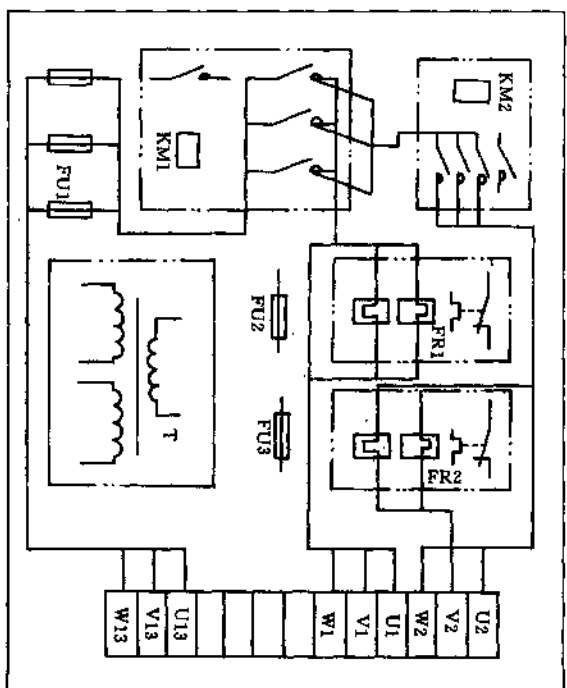


图 2-18 C618K—1 型普通车床电气配线主电路

图 2-18 所示电路介绍了 C618K—1 型车床的配线和布线过程，在电器件安装好后，首先进行主电路的配线，配线的依据是电气原理图。

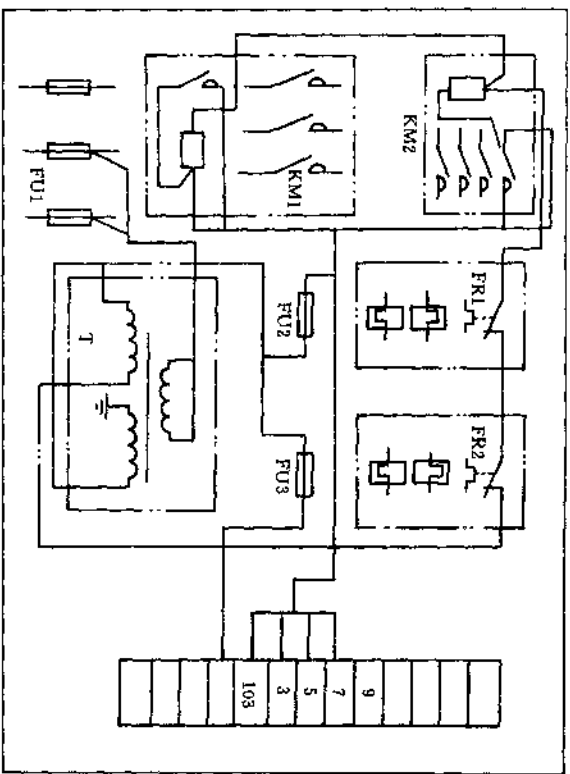


图 2-19 C618K-1 型普通车床电气配线控制电路

图 2-19 所示为 C618K—1 型车床的配电板,在主电路配线后,第二步进行控制电路的配线。实物中已存在主电路导线,此图只是将控制电路单独表达出来,以便参阅。

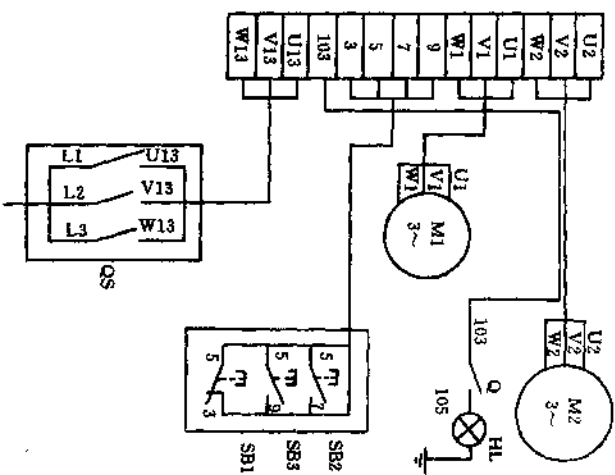


图 2-20 C618K-1 型普通车床配电板外电气接线线路

图 2-20 所示电路表明了配电板和配电板外的电机的连接情况。

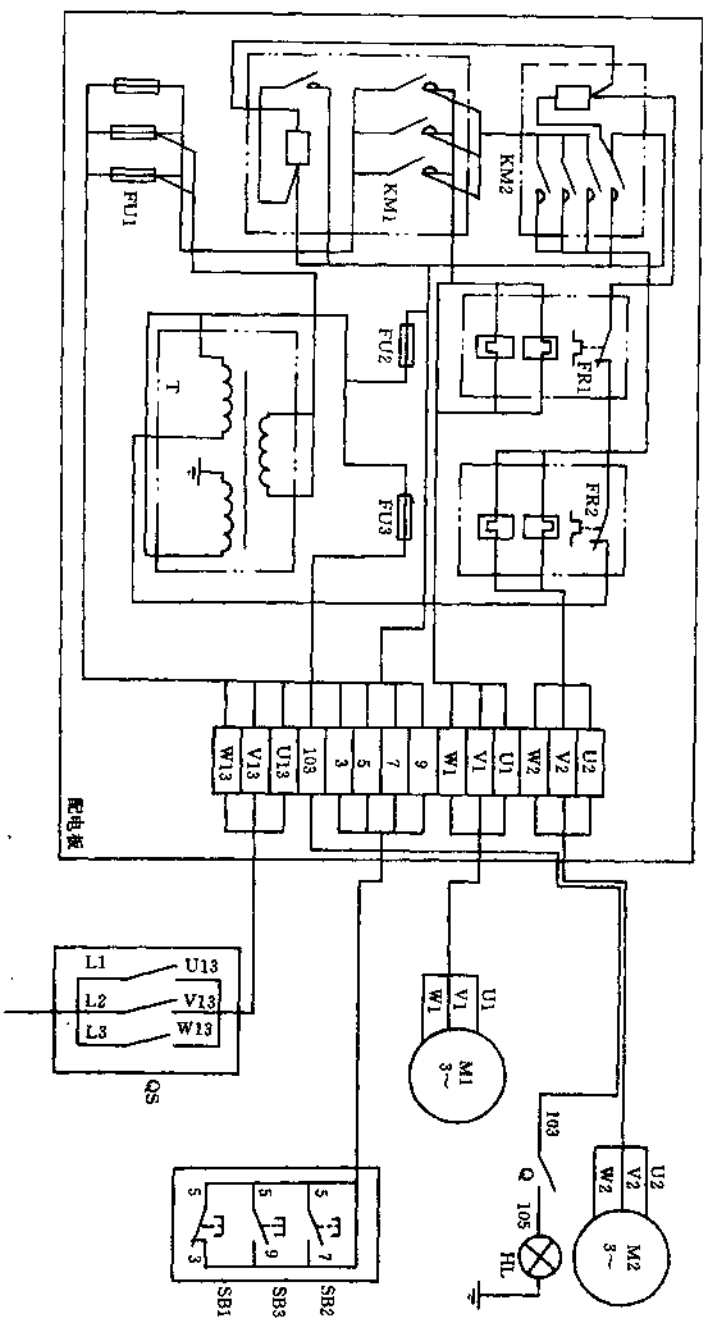


图 2-21 C618K—1 型普通车床电气接线图

图 2-21 所示电路是完整的 C618K—1 车床的电气接线线路。操作的电工应能依据电气接线图再翻译成电气原理图，以便分析电路和分析故障。好象外文的翻译一样，既能中译外，又能外译

中。电气图也是这样，既能从原理图画出现接线图，又能从接线图翻回原理图。

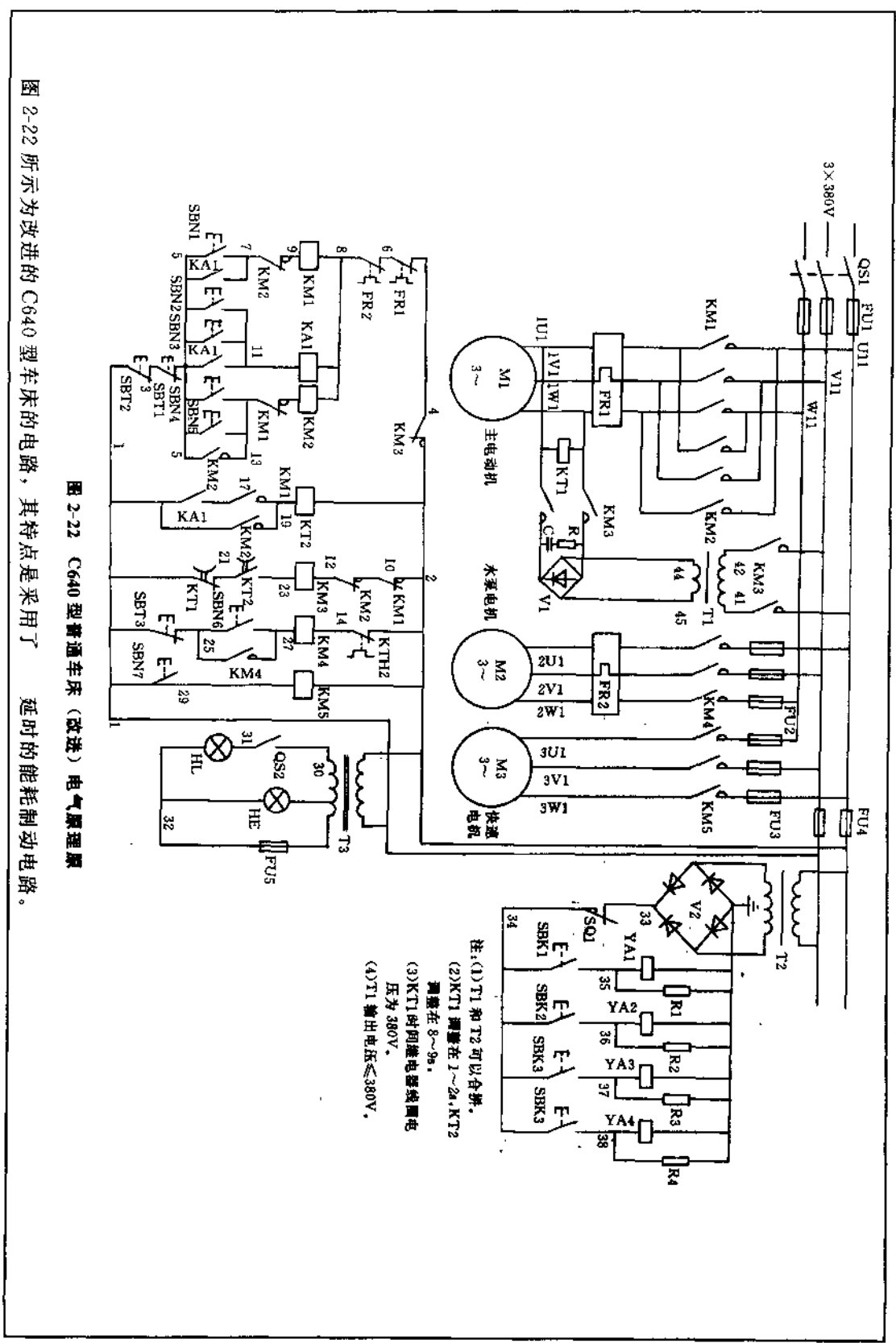


图 2-22 所示为改进的 C640 型车床的电路，其特点是采用了延时的能耗制动电路。

图 2-22 C640 型普通车床 (改进) 电气原理原

注：(1) T1 和 T2 可以合并。
 (2) KT1 调整在 1~2s, KT2 调整在 8~9s。
 (3) KT1 时间继电器线圈电压为 380V。
 (4) T1 输出电压 ≤ 380V。

主电动机	冷却泵电机	油泵电动机	快速电动机	照明	控制变压器	电源指示灯	门开关	快速电动机	主电动机	正转	反转	制动电磁铁	正转电磁铁	反转电磁铁
										主	轴			

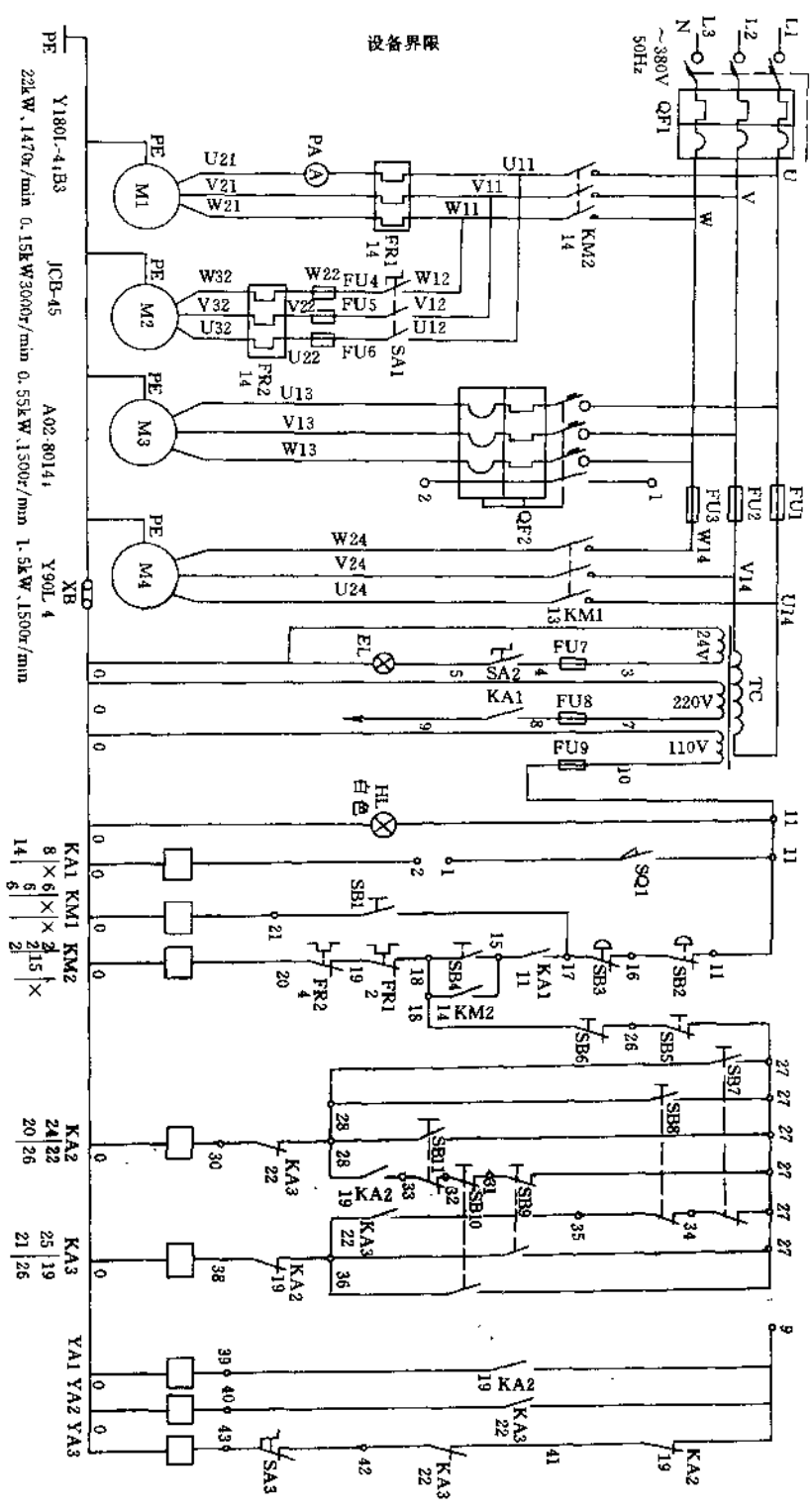


图 2-23 CW6112SE型普通车床电气原理图

图 2-23 所示电路带按钮联锁装置,并备电磁铁控制机械动作 装置, M1、M2、M3 带过载保护。

电 源	电机正转	电机反转	冷却泵	变压器	水泵启动	电机高速	电机低速	辅助制动	主轴反转	主轴正转	工作灯	冷却指示	电源指示
-----	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----	------	------

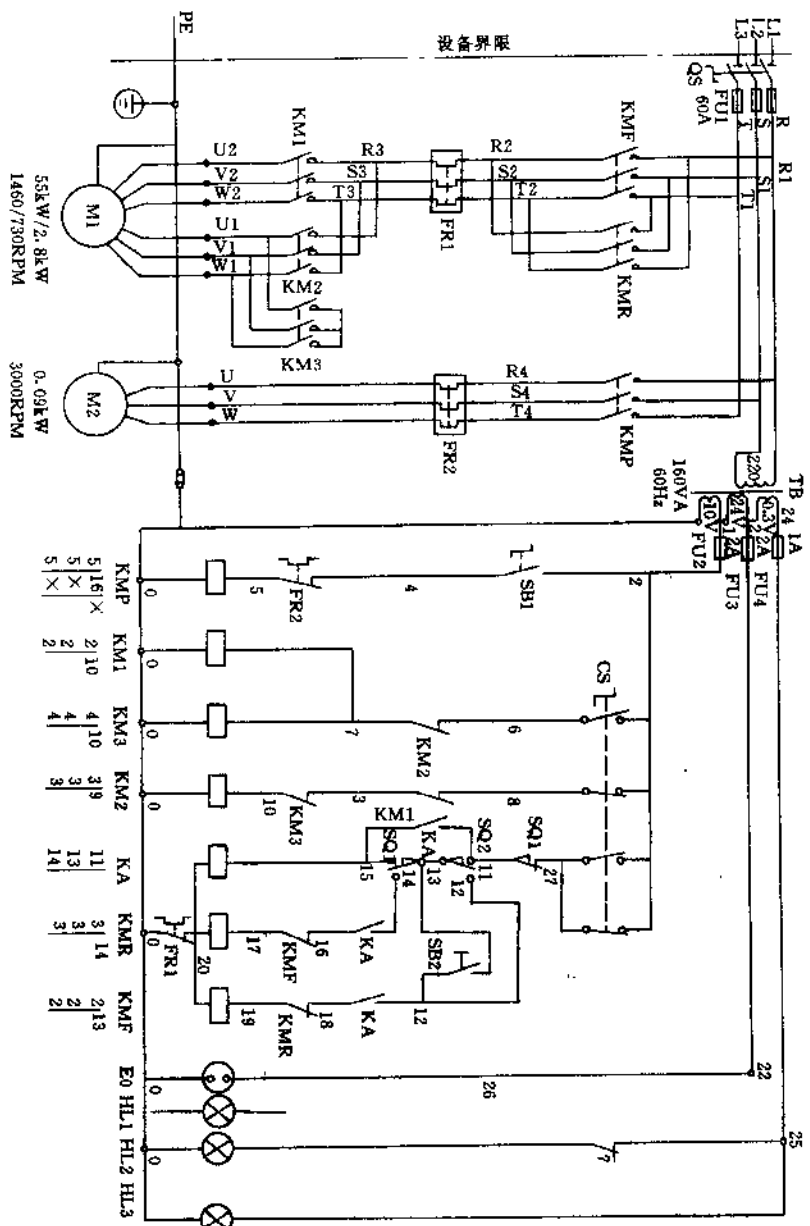


图 2-24 L-1630 型精密高速车床电气原理图

图 2-24 所示电路中采用了多速电机作为主拖动，M1、M2 均有过载保护，主轴具有正反转功能。

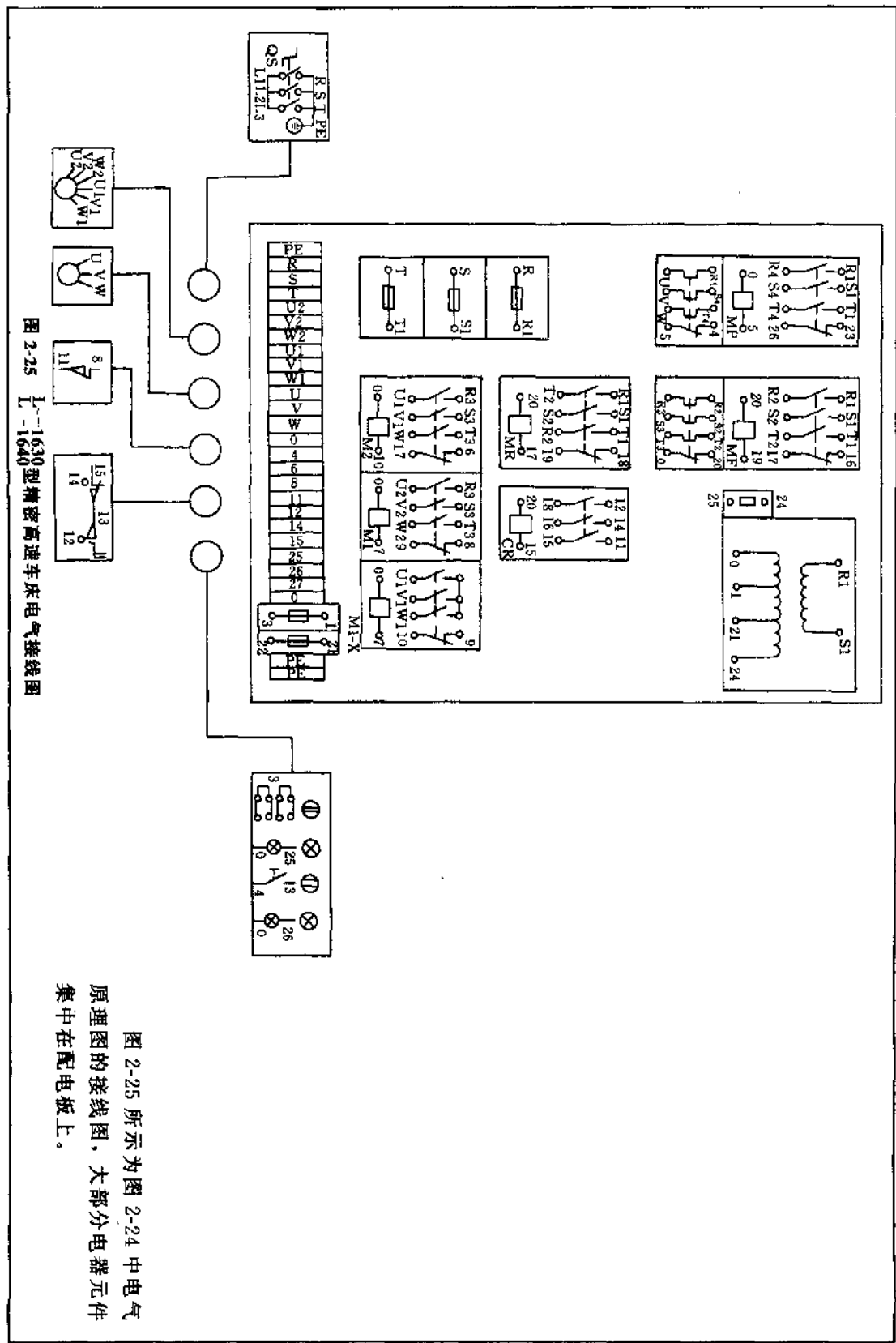


图 2-25 所示为图 2-24 中电气原理图的接线图，大部分电器元件集中在配电板上。

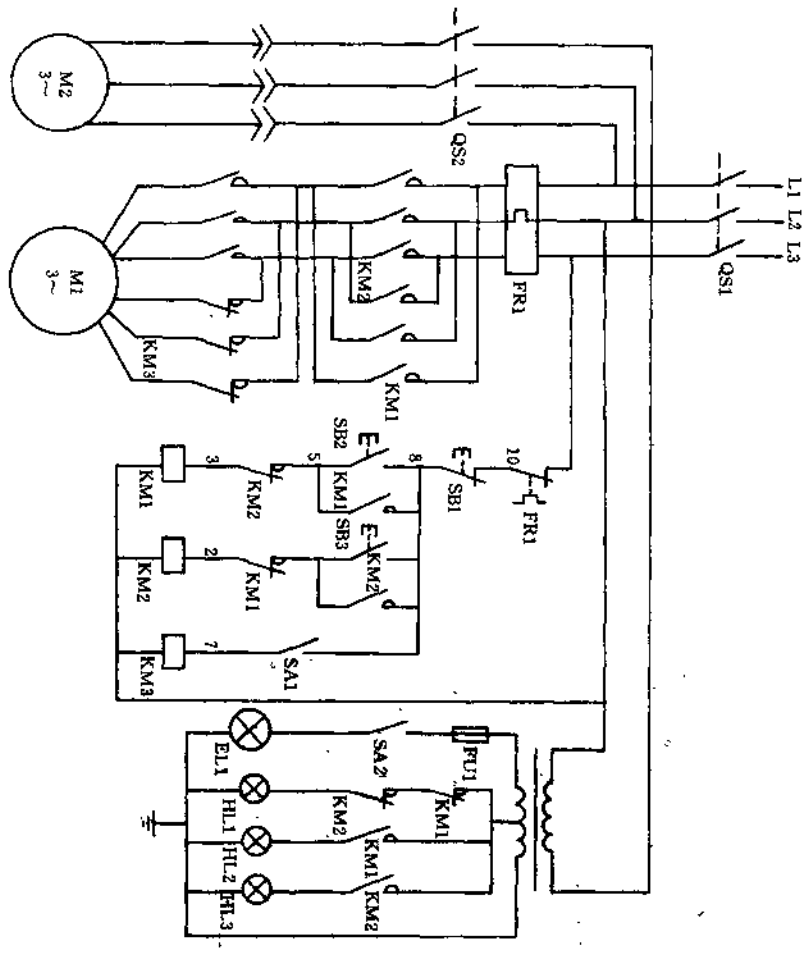


图 2-26 C0330 型仪表六角车床电气原理图

图 2-26 所示为 C0330 型车床的电路，其特点是主轴电动机 M1 为 8/2 极双速电机，且可逆转。变频器接触器 KM3 控制，冷却泵电机 M2 由开关 QS2 控制。主电机可逆转有辅助触点联锁，并有热继电器 FR1 作过载保护。机床未设计有总电源熔断器，因此在连接外电源时，动力箱内应有熔断器，以作短路保护。

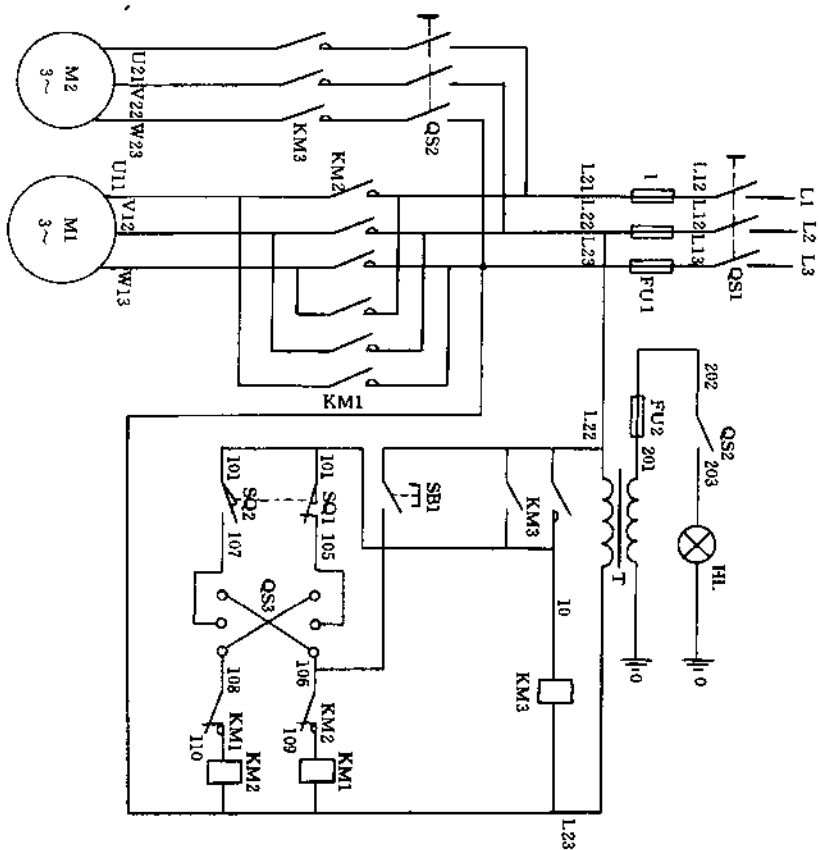


图 2-27 C336-1 型回转式六角车床电气原理图

代号	名称
M1	主电动机
M2	油泵电动机
QS1	电源转换开关
QS2	油泵转换开关
QS3	倒顺转换开关
FU1	主电路熔断器
FU2	照明灯熔断器
KM1	交流接触器
KM2	交流接触器
KA0	中间继电器
SQ1, SQ2	行程开关
SBI	按钮
HL	照明灯
QS2	照明灯开关
T	控制变压器

图 2-27 所示为 C336-1 型六角车床电路,其特点是用转换开关控制主电机的可逆运转,并有限位保护。

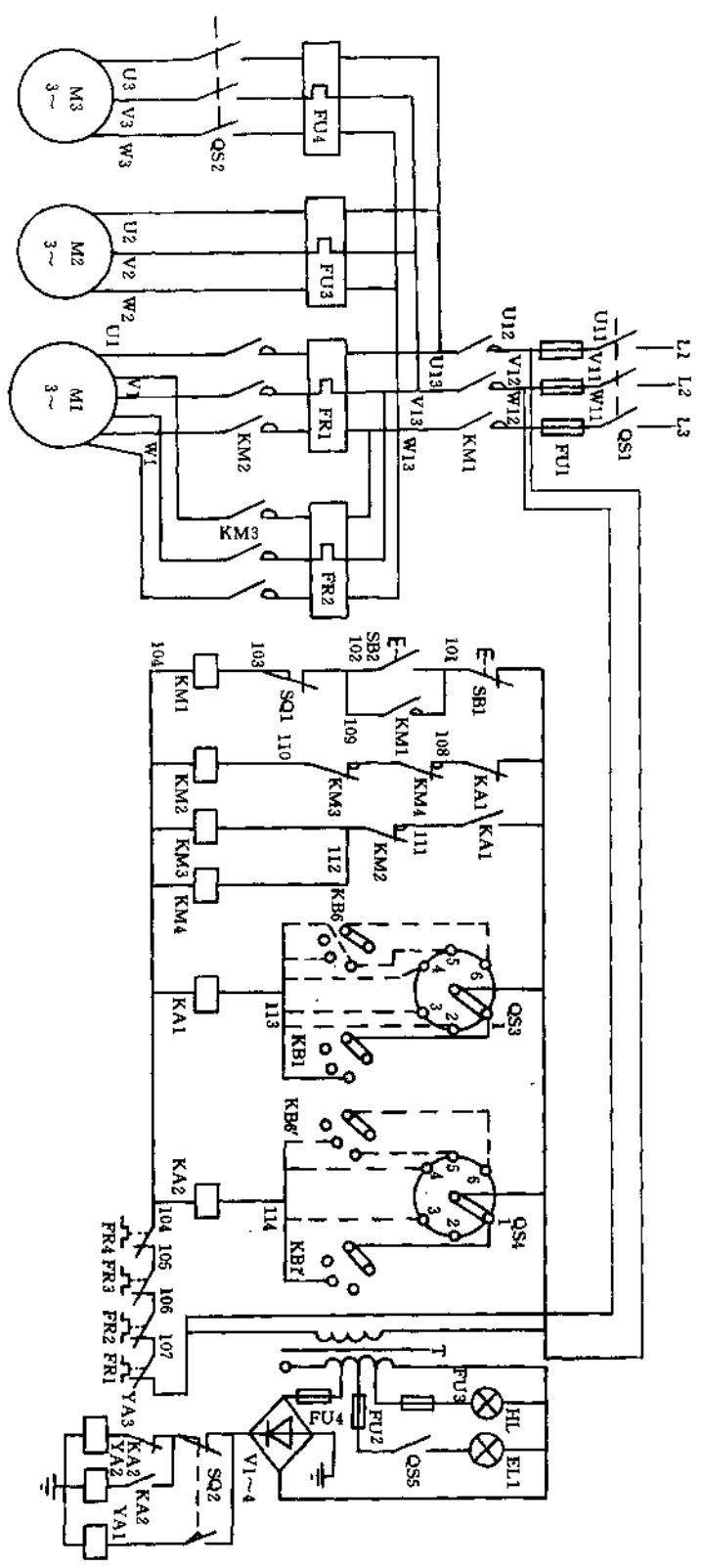


图 2-28 C1325型单轴六角自动车床电气原理图

图 2-28 所示电路中的主电机为 4/2 极双速电动机，采用了电 有辅助触点联锁，电机均有热继电器作为过载保护。磁分离器，双速电机由转换开关 QS3、QS4 控制，KM2、KM3 具

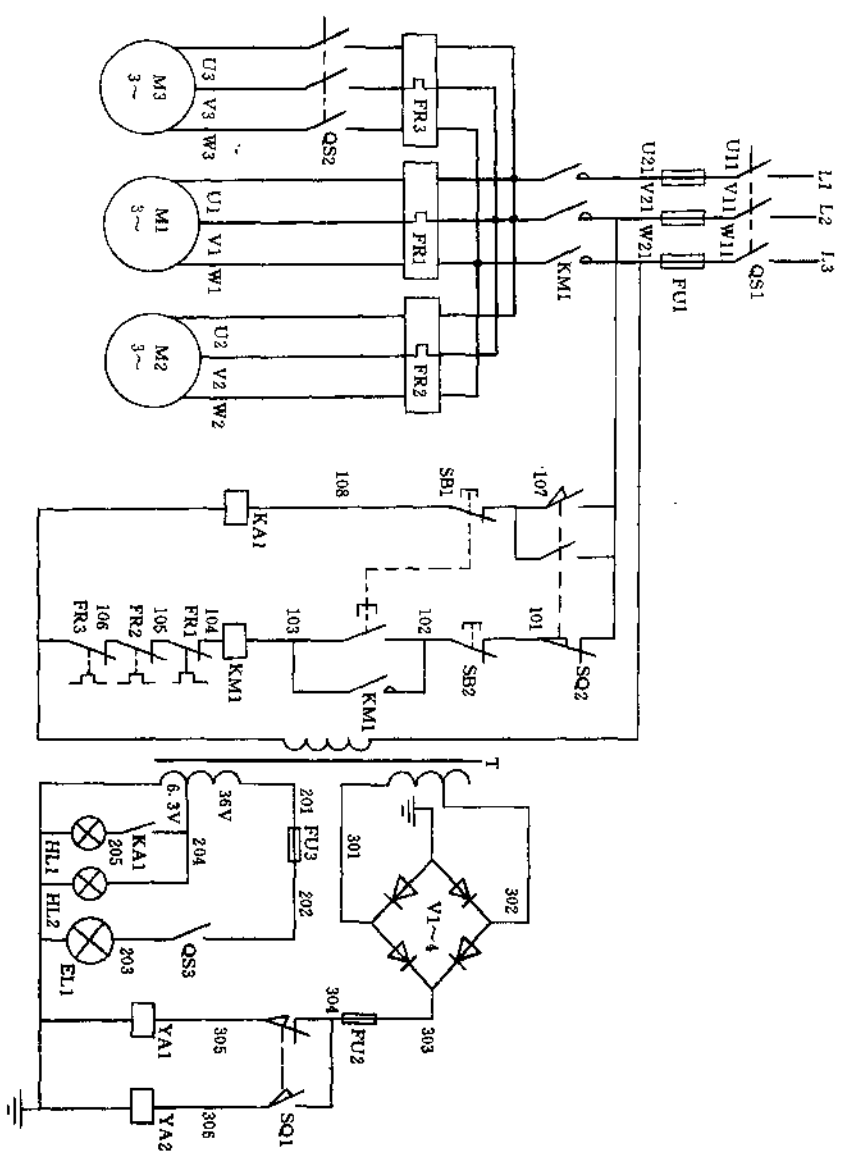


图 2-29 C1312 型单轴六角自动车床电气原理图

图 2-29 所示为 C1312、C1318 型六角车床电路，其特点是用 关 SQ1 来控制直流供电的电磁离合器。M1 为主电动机，M2 为辅 微动开关对中间继电器 KA1 和接触器 KM1 进行控制，用限位开 助电动机，M3 为油泵电动机。

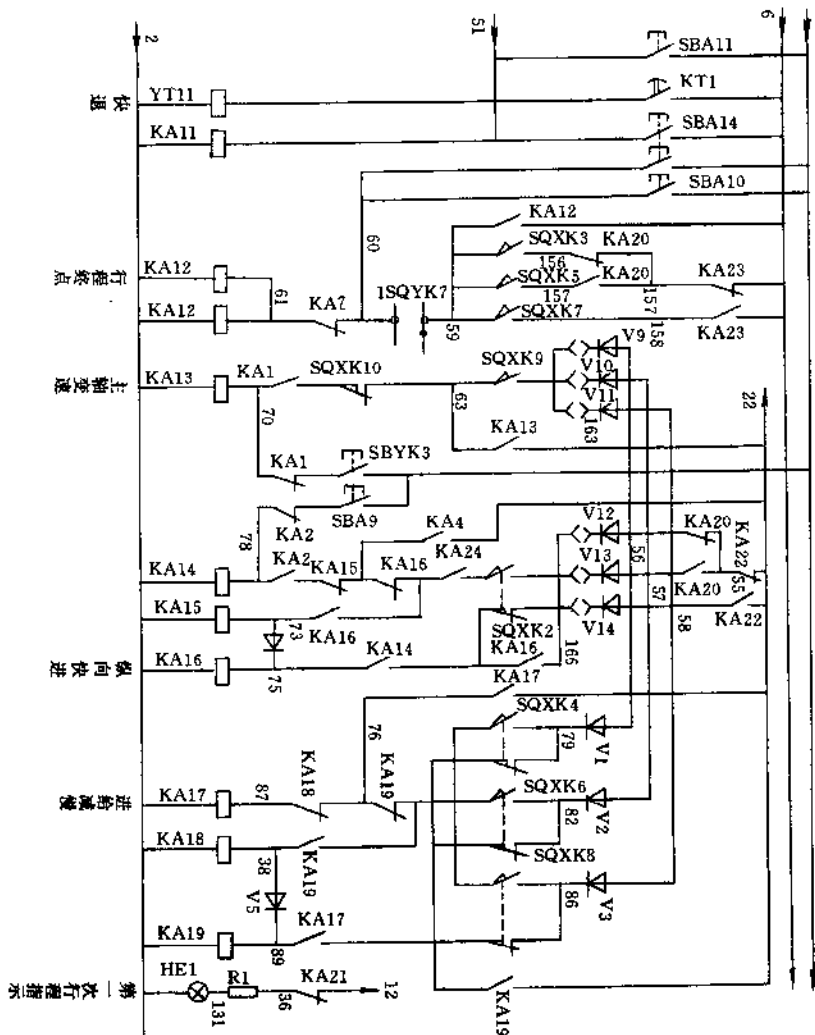
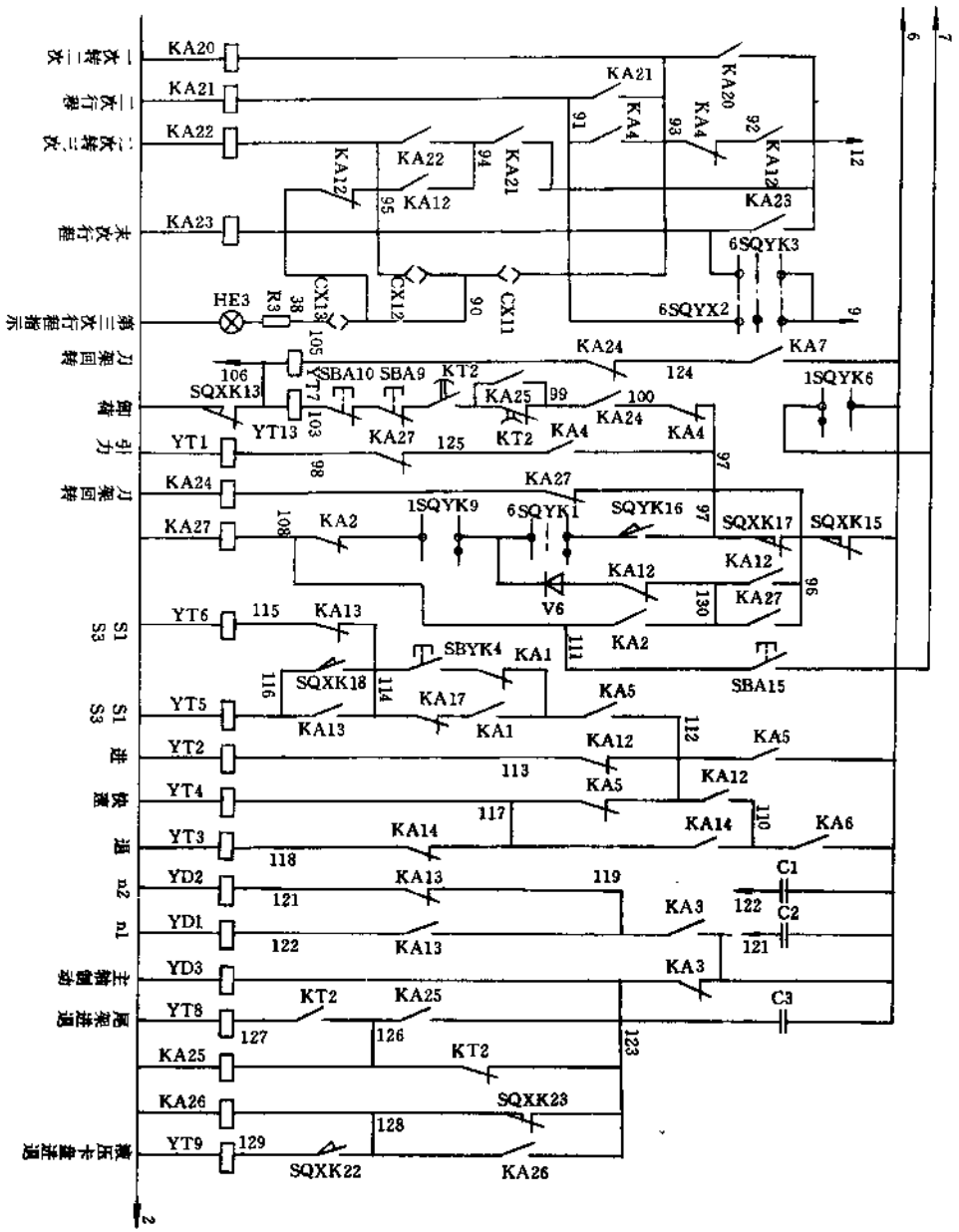


图 2-31 CE7120 型半自动仿形车床电气原理图 (3)

图 2-30、图 2-31、图 2-32 所示为 CE7120 型半自动仿形车床的电路，该车床的程序控制采用继电器—接触系统，程序的选择在“程序预选板”上预选。程序的转换由安装在转鼓上的行程挡铁液压相应的行程开关，接通中间继电器控制的电磁液压力阀来实现。行程转鼓由与仿形床鞍的瓦架相啮合的螺旋杆驱动。主电机由电源开关（空气断路器）作短路和过载保护，油泵和冷却泵电机由熔断器和热继电器作短路和过载保护。全部电机均为直接起动。机床有“自动”和“调整”两种线路，机床的调整分尾架、液压卡盘、主轴、仿形刀架及床鞍、回转刀架及下切刀架的调整，机床的自动工作具体三次工作行程，均按程序预选的动作进行工作。

说明见图 2-31。

图 2-32 CE7120 型半自动仿形车床电气原理图 (4)



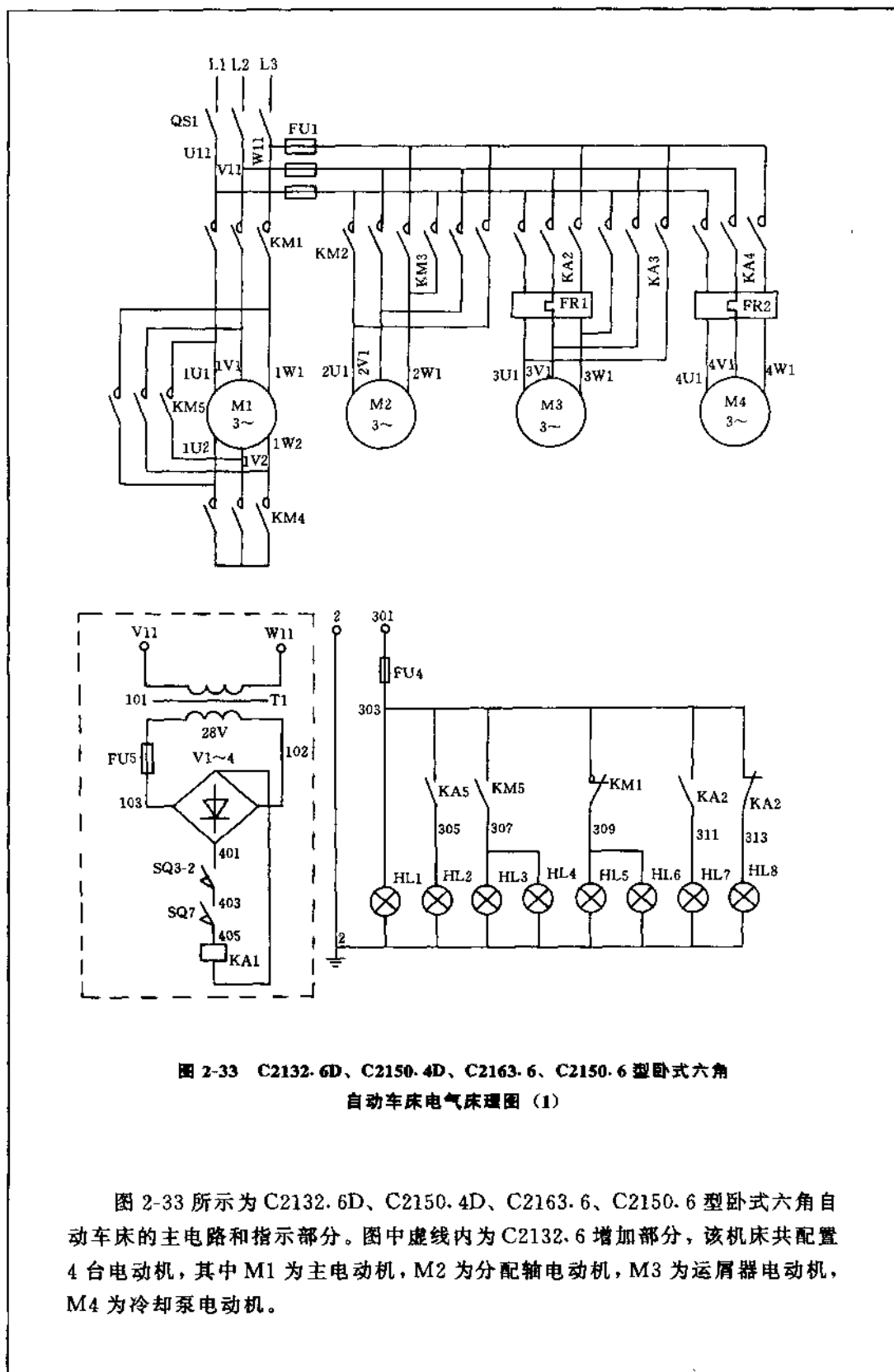


图 2-33 C2132.6D、C2150.4D、C2163.6、C2150.6 型卧式六角
自动车床电气床理图 (1)

图 2-33 所示为 C2132.6D、C2150.4D、C2163.6、C2150.6 型卧式六角自动车床的主电路和指示部分。图中虚线内为 C2132.6 增加部分，该机床共配置 4 台电动机，其中 M1 为主电动机，M2 为分配轴电动机，M3 为运屑器电动机，M4 为冷却泵电动机。

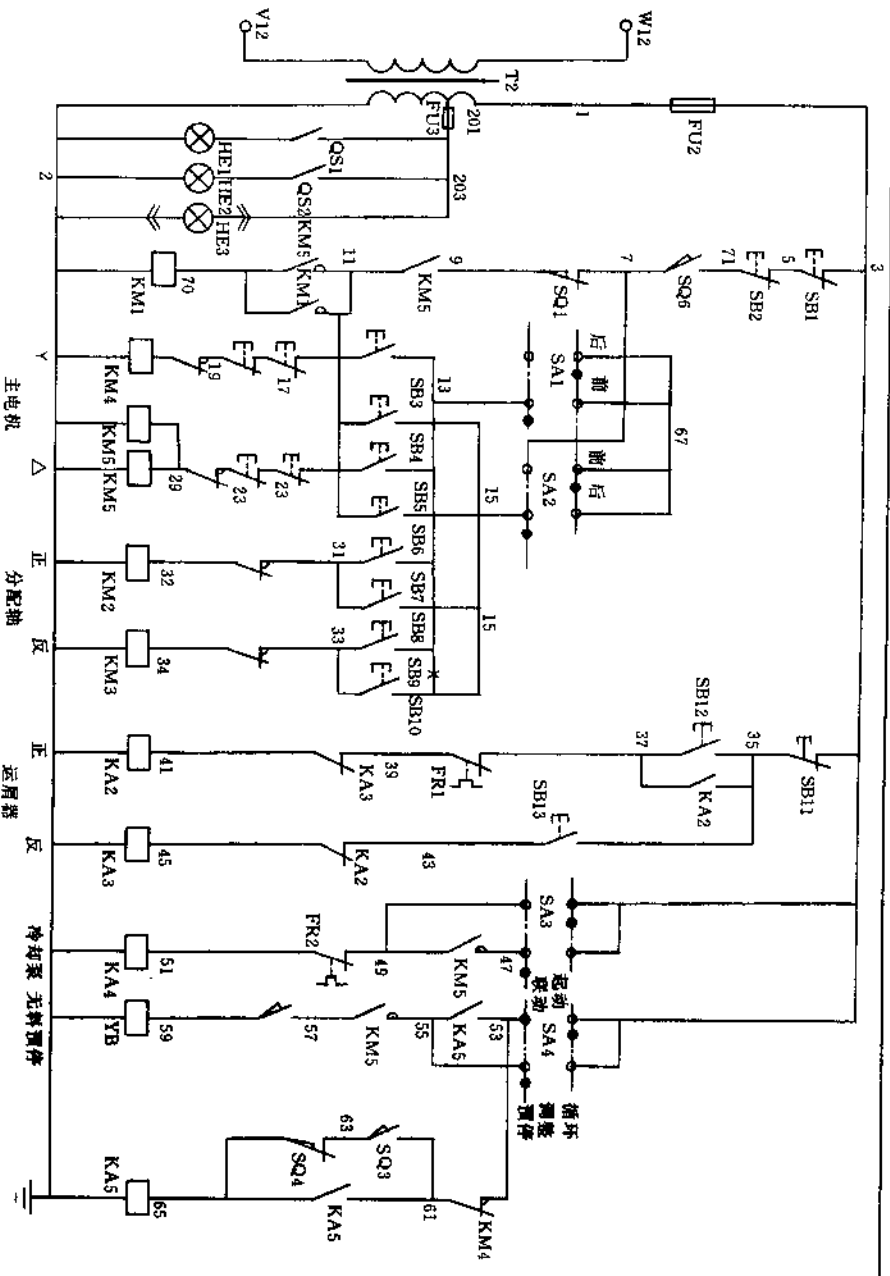


图 2-34 C2132.6D、C2150.4D、C2163.6、C2150.6 型卧式六角自动车床电气原理图 (2)

图 2-34 所示为 C2132.6D、C2150.4D、C2163.6、C2150.6 型卧式六角自动车床电气原理图的控制回路部分。电路中采用转换开关 SA1、SA2、SA3、SA4 作为动作和程序的选择和控制，控制

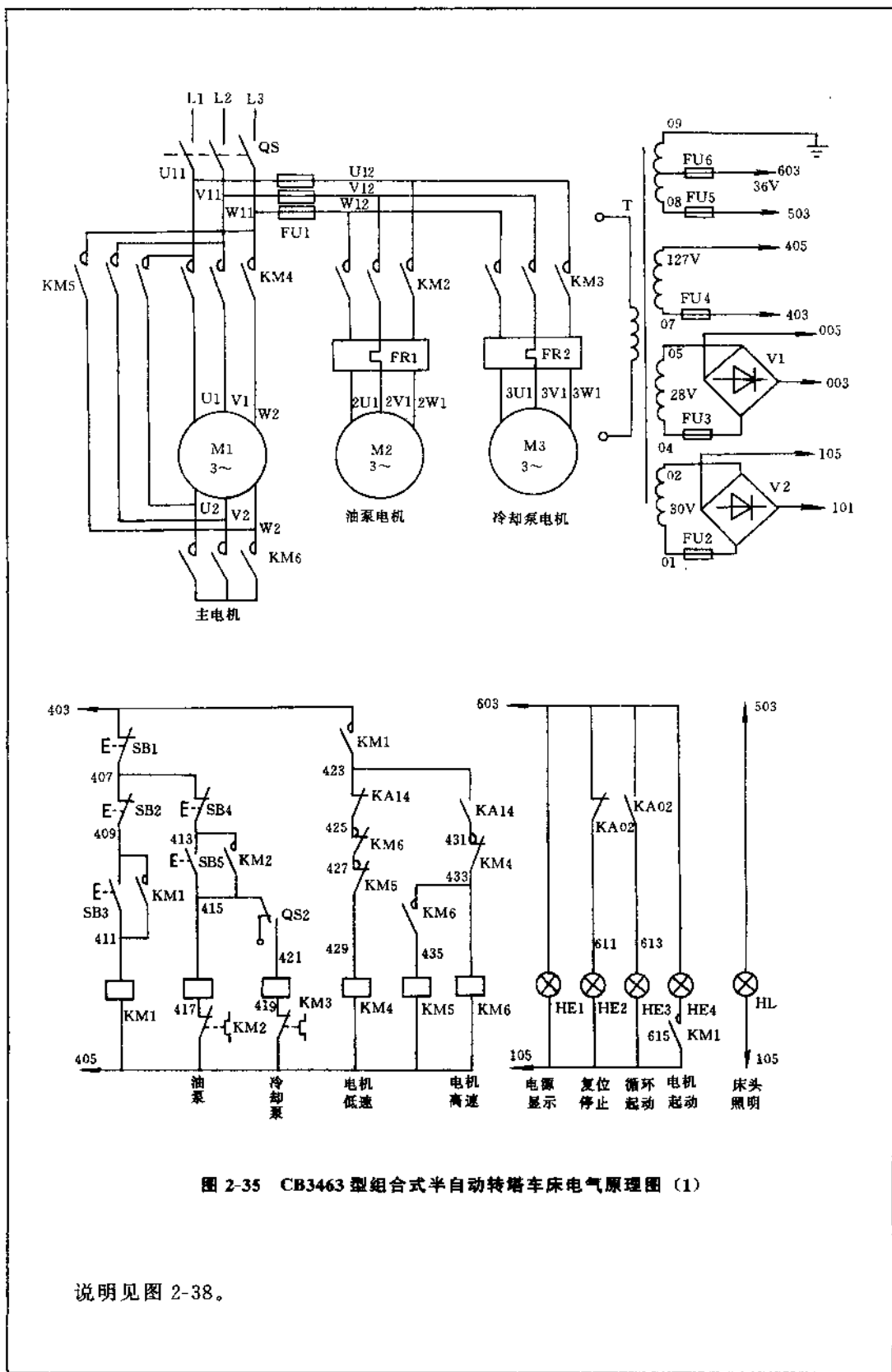
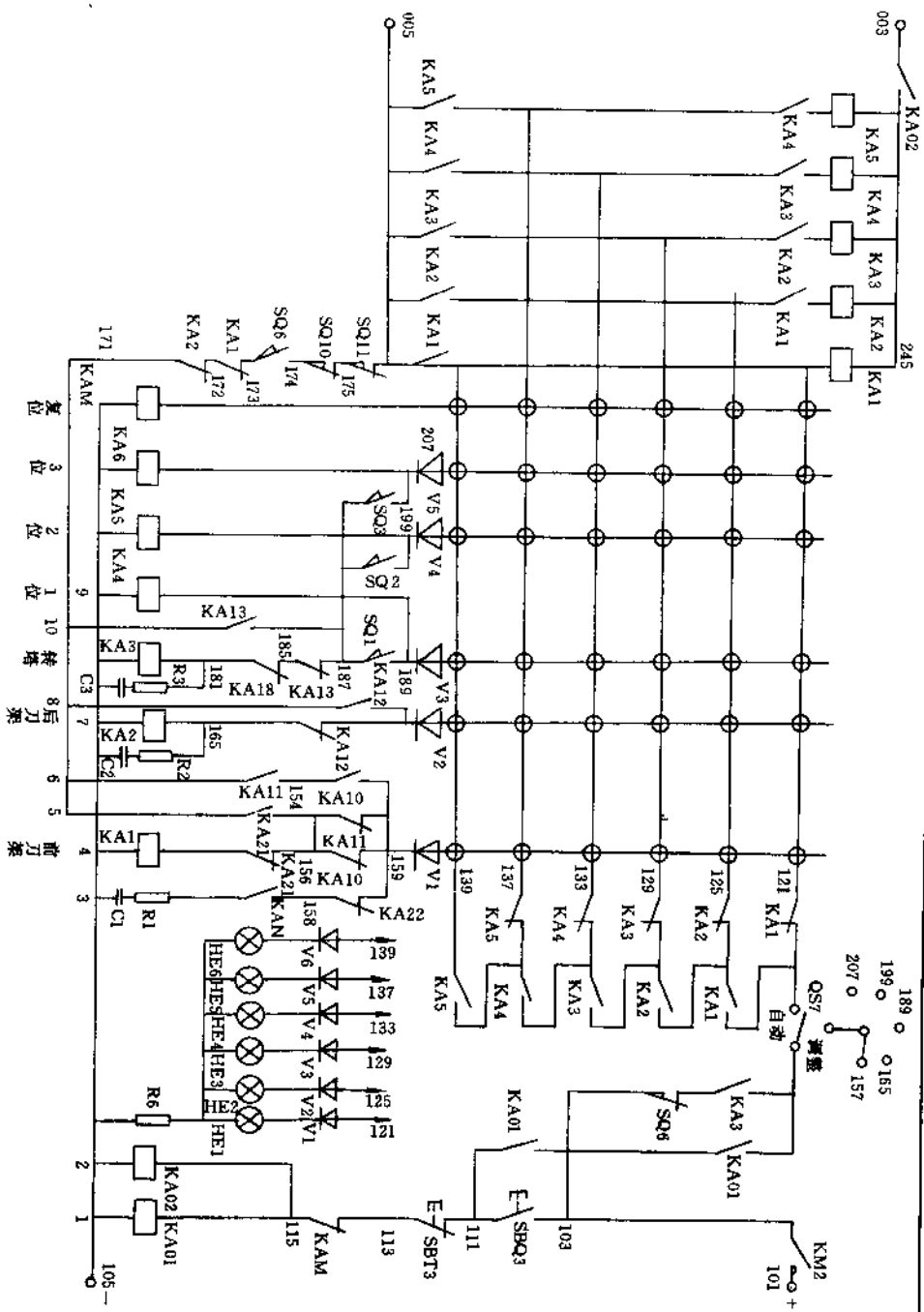


图 2-35 CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (1)

说明见图 2-38。

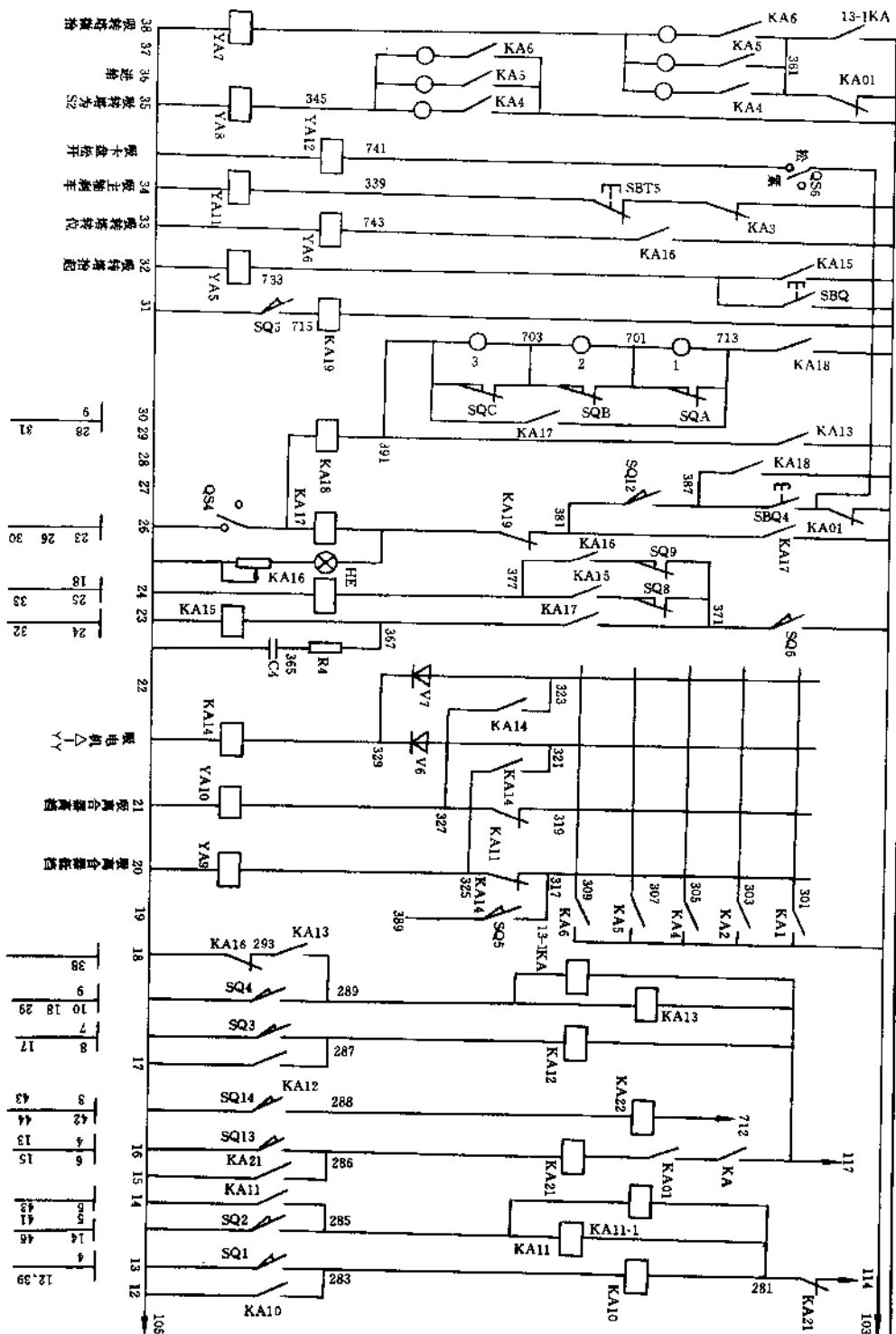
说明见图 2-38。

图 2-36 CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (2)



说明见图 2-38。

图 2-37 CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (3)



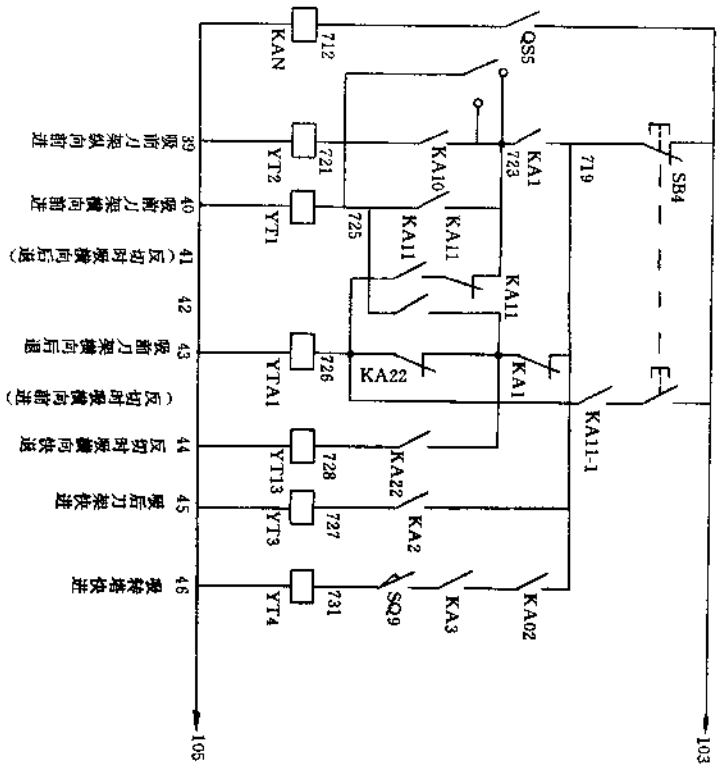
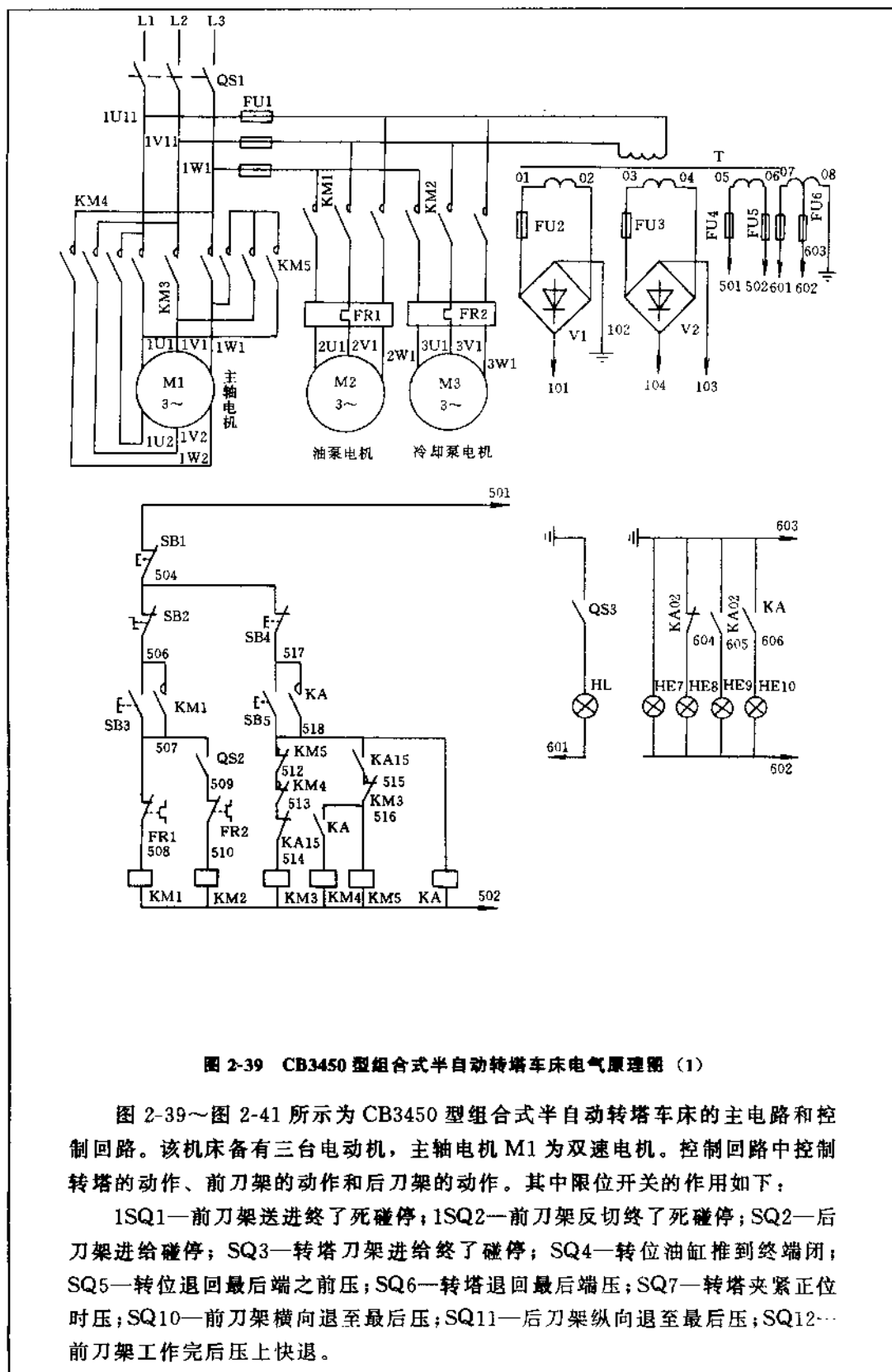


图 2-38 CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (4)

图 2-35~图 2-38 所示为 CB3463 型组合式半自动转塔车床电气原理图的主电路和控制回路。CB3463 型转塔车床电路的特点是主电机具有 Y/ Δ 两种联接方法，油泵和冷却泵分别由接触器 KM2、KM3 控制。机床控制回路分别控制前刀架的动作、合力架的动作、转塔刀架的动作、转塔刀架转位的动作、转塔抬起的动作、主轴的旋转和停止、微抬的动作（预选）。



说明见图 2-39。

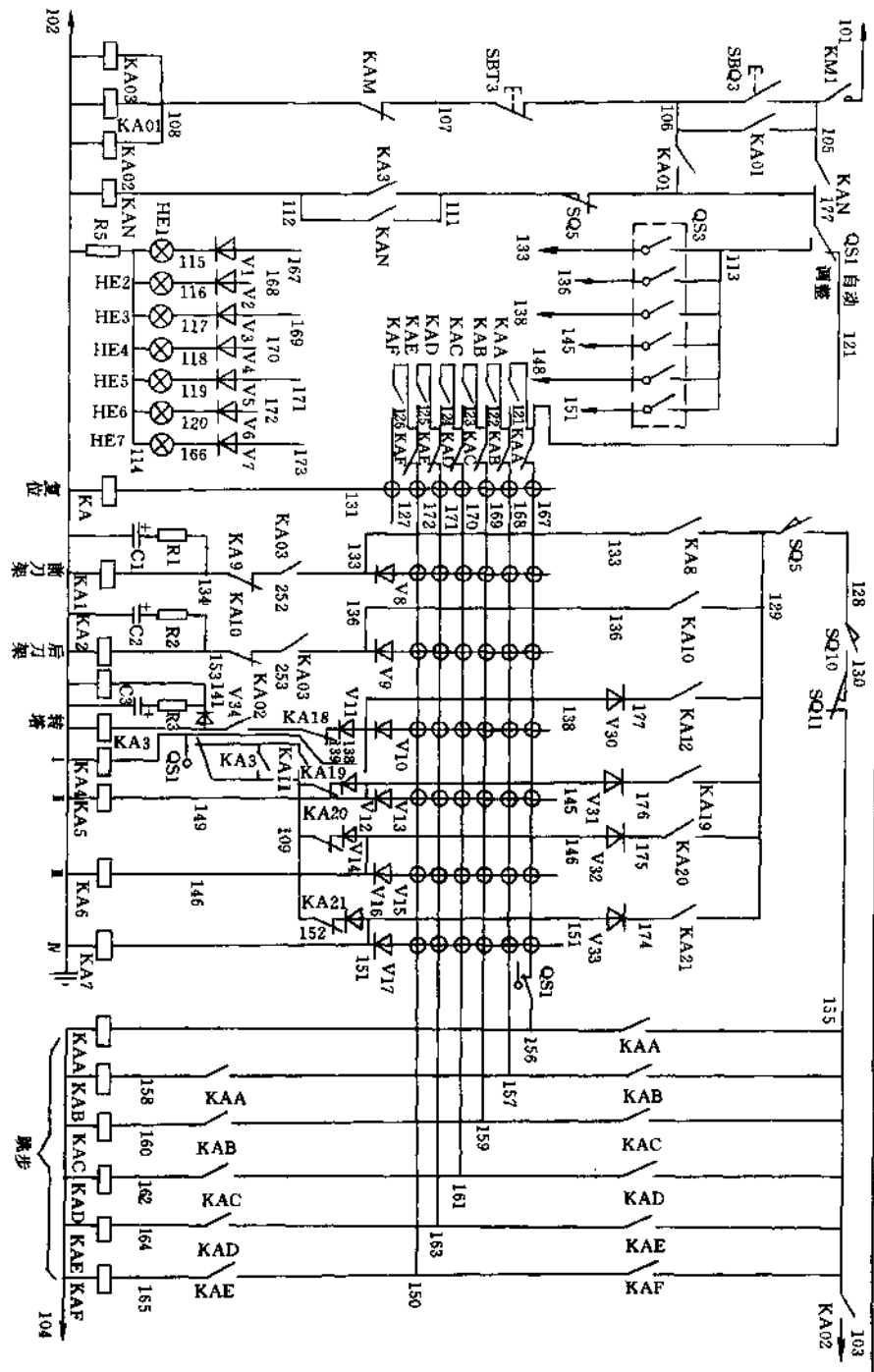
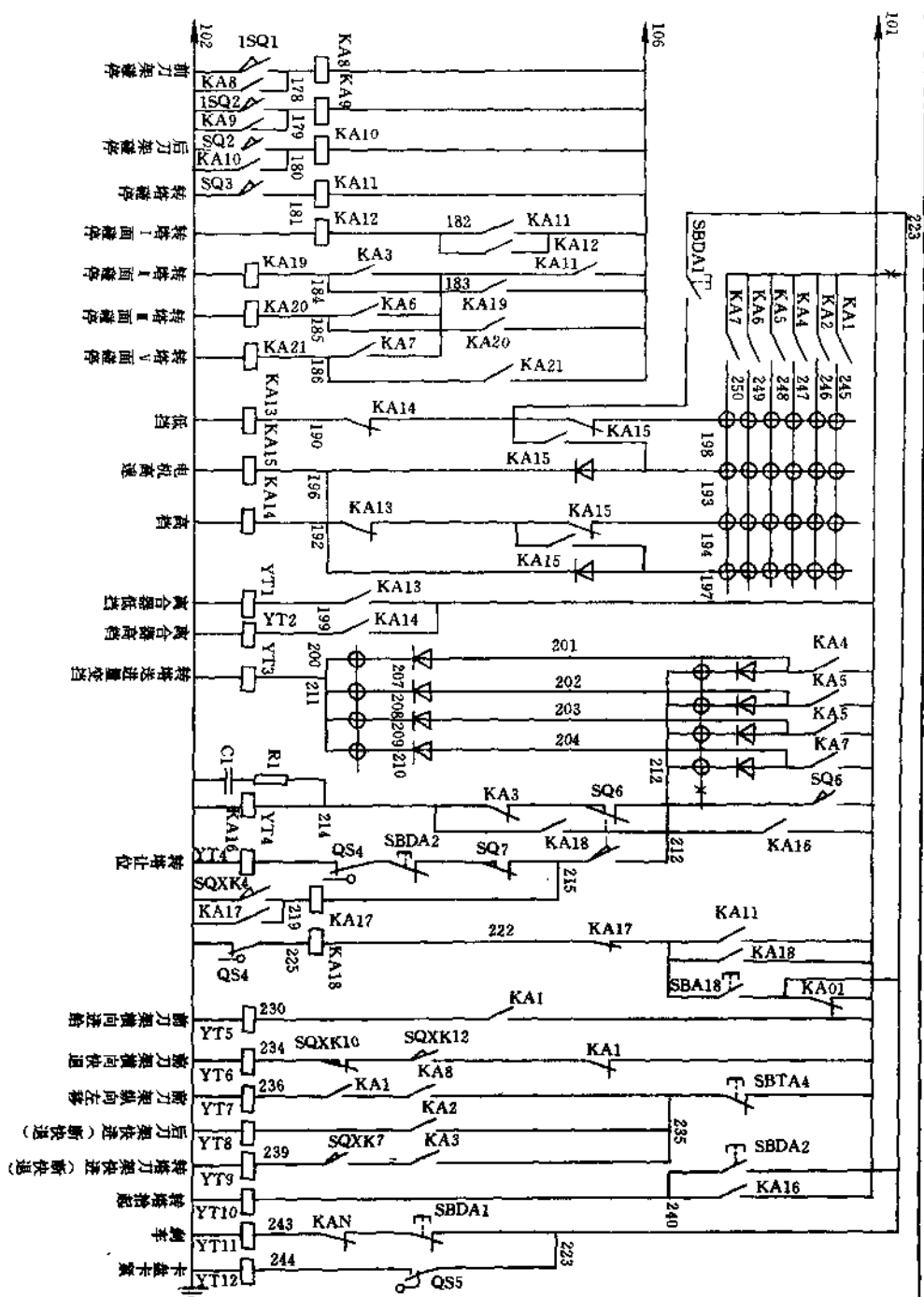


图 2-40 CB3450 型组合式半自动转动车床电气原理图 (2)

说明见图 2-39。

说明见图 2-39。

图 2-41 CB3450 型组合式半自动转塔车床电气原理图 (3)



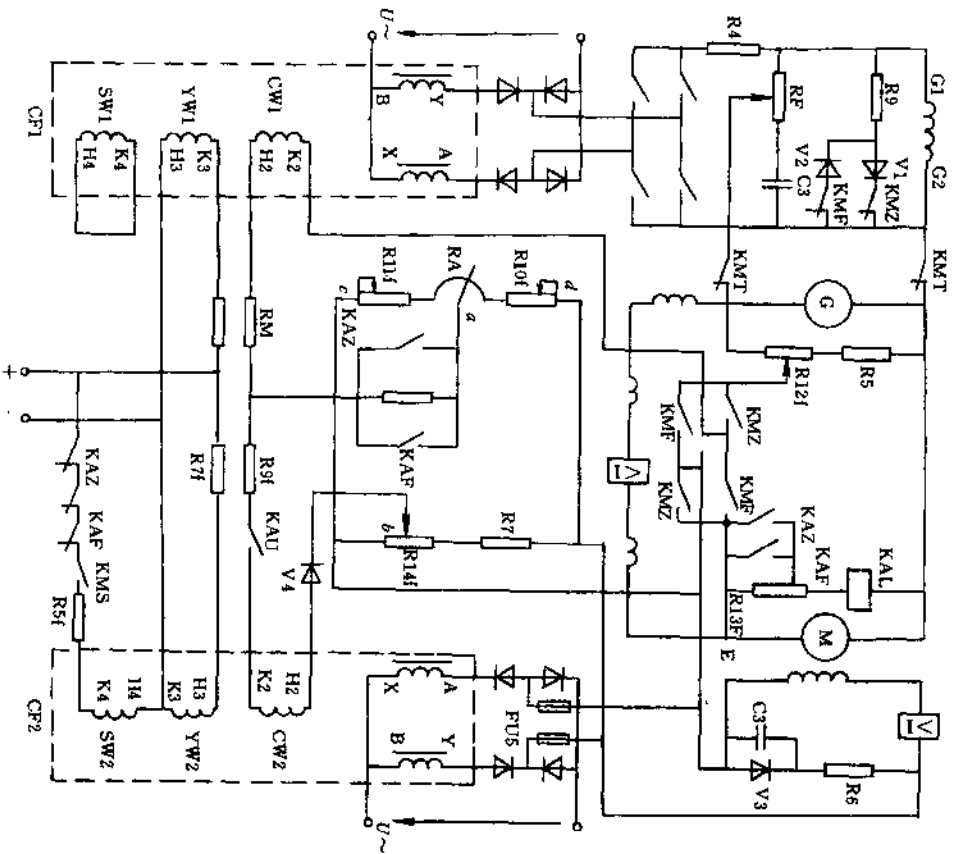


图 2-42 C1160 重型车床电气控制电路原理图

图 2-42 所示为 C1160 重型车床的部分电气图，是发电机—电动机机组电路。从图 2-42 可以看到 C1160 重型车床的电气原理图是一种典型的电力拖动系统。但复杂程度较 B2016A 型龙门刨床的控制电路要简化一些。

说明见图 2-45。

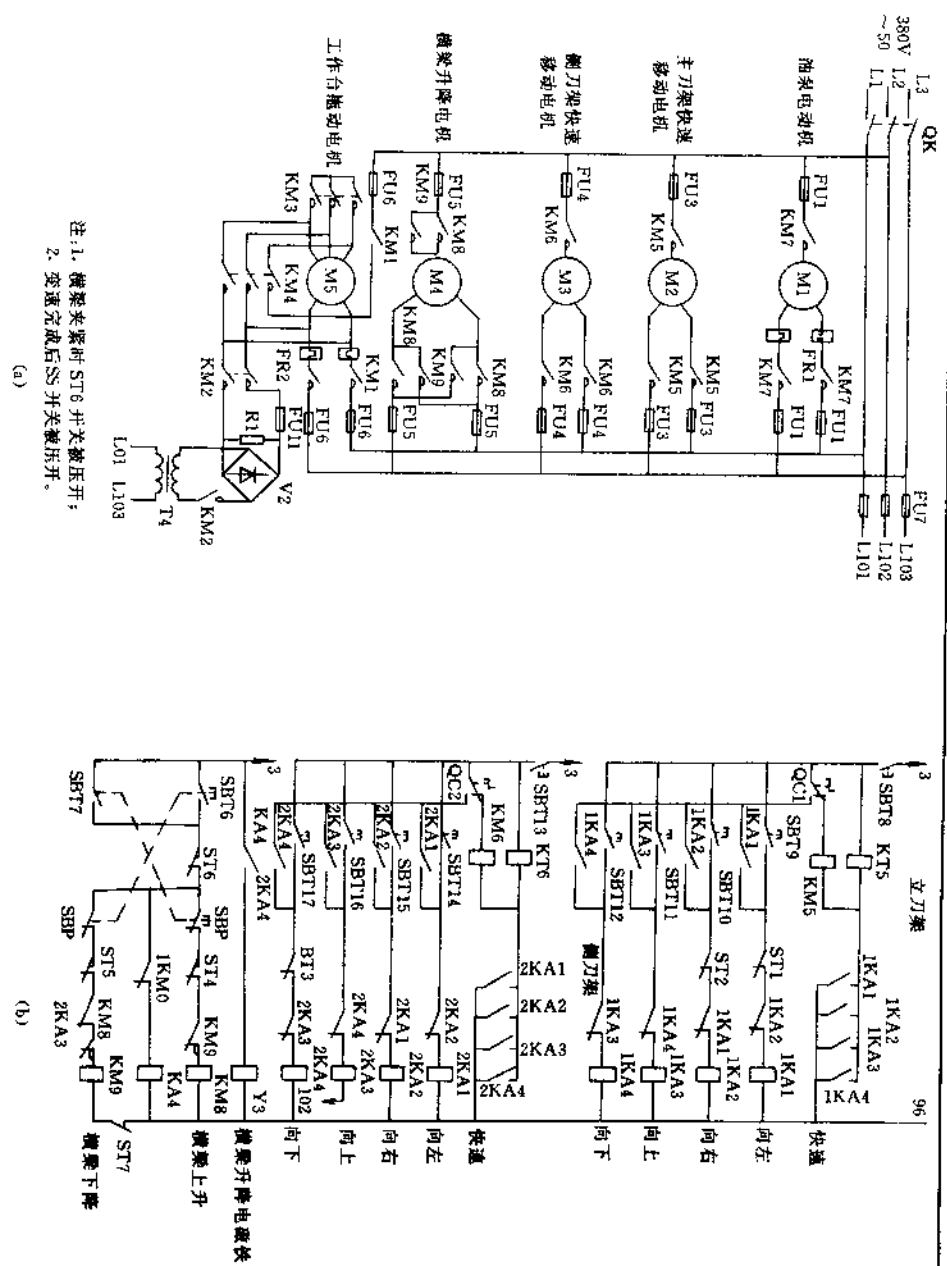


图 2-43 CS16A 型单柱立式车床电气原理图 (1)

说明见图 2-45。

各级转速接触点开闭情况

电磁铁	开关接点	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
Y4 Y5 Y6 Y7 Y8	C10 C9 C8 C7 C6 C5	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X

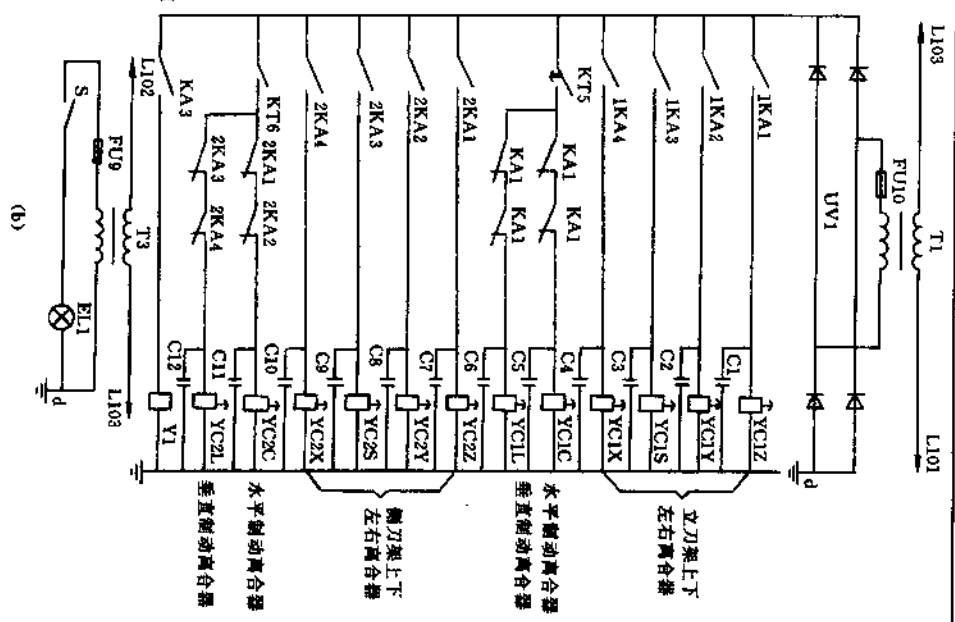
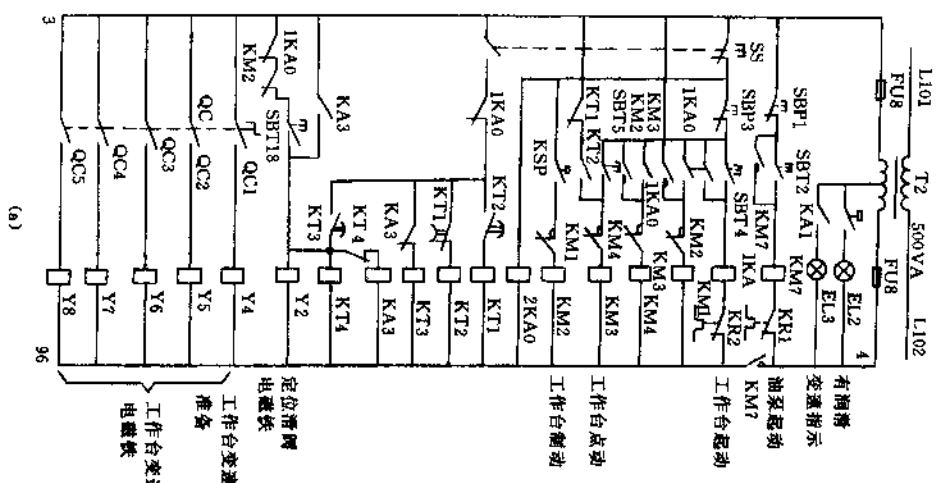


图 2-44 C516A 型单柱立式车床电气原理图 (2)

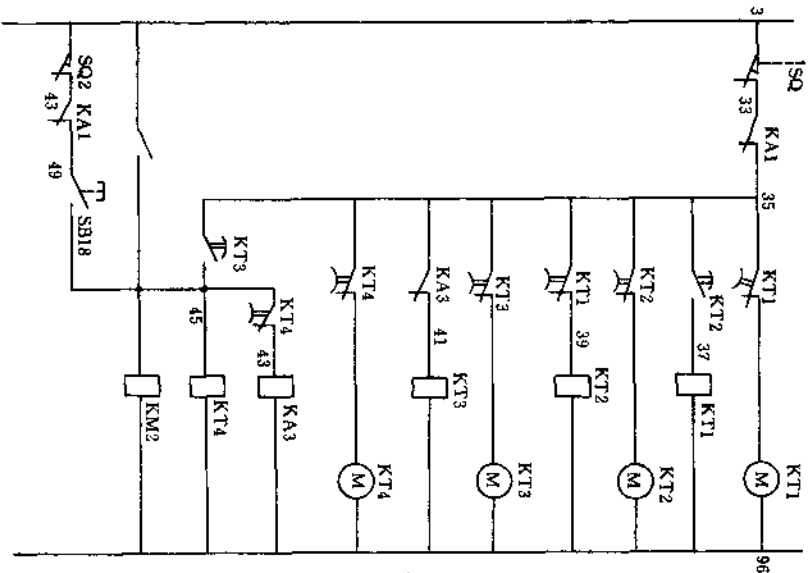


图 2-45 改进后的伺服电路

图 2-43~图 2-46 所示为 C516A 型单柱立式车床的电气原理图。图 2-43 所示为主电路和刀架控制回路，图 2-44 为控制回路和离合器电路，图 2-45、图 2-46 为改进的伺服电路和时间继电器接线。

C516A 型单柱立式车床由 6 台三相异步电动机进行拖动。有

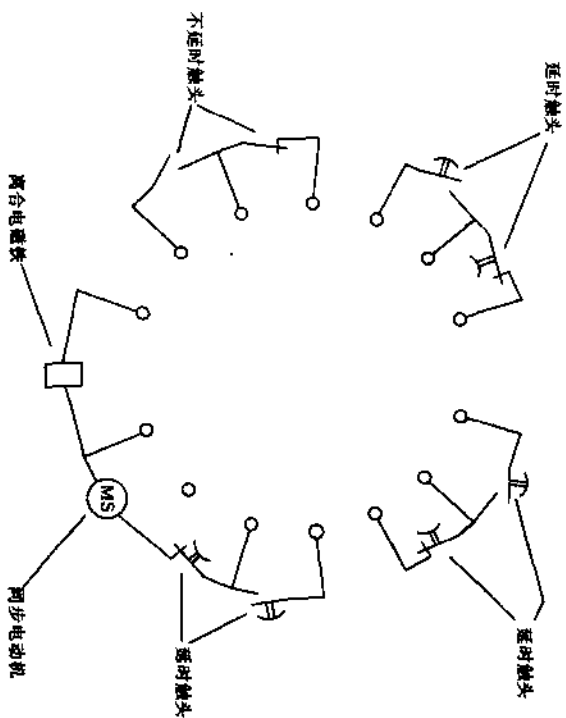


图 2-46 JS11 系列时间继电器的接线图

主拖动电动机、横梁升降电动机（是可逆转的）、立刀架电动机、左右侧刀架电动机、油泵电动机。所有电动机均有熔断器作短路保护，主电动机并有热继电器作过载保护。

C516A 型立式车床的电路有：工作台启动控制电路、工作台点动控制电路、工作台变速控制电路、横梁升降控制电路、刀架控制电路等。为工作台的变速还设计有何服冲动线路。

C516A 型立式车床常发生错变速打齿或拨叉断裂现象。采取加长时间继电器的延时，使电机冲动时间缩短，停歇时间加长，并采用延时准确的时间继电器，相应的原伺服电路须改成改进后的伺服电路。

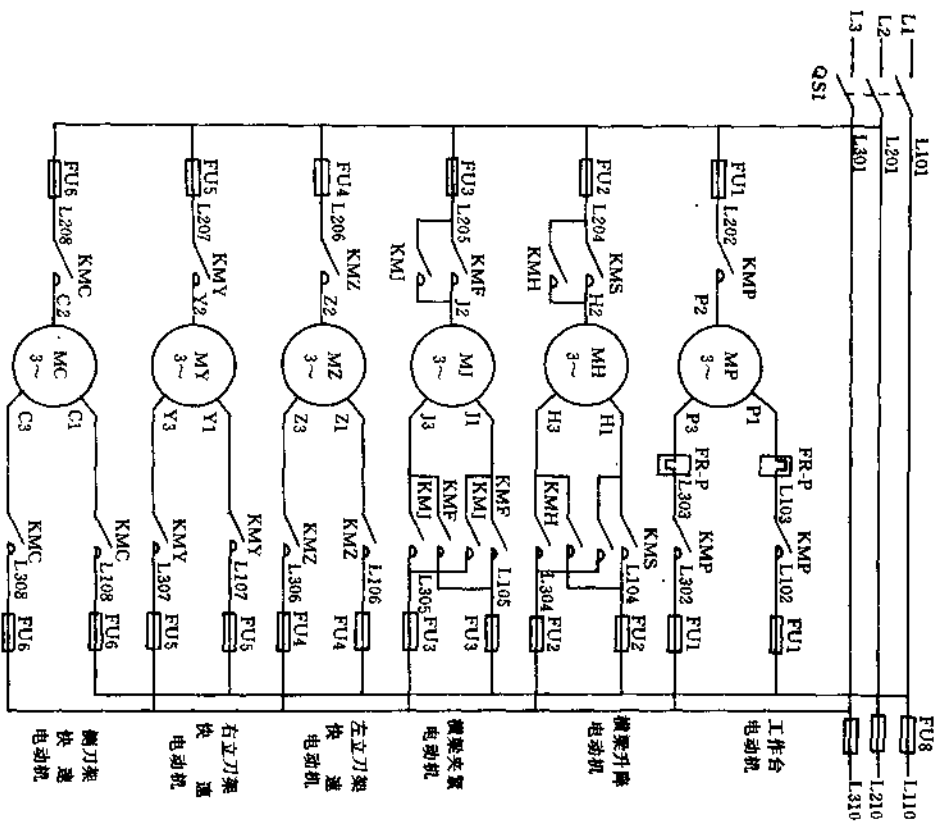


图 2-47 C523 型双柱立式车床主电路

图 2-47 所示为 C523 型双柱立式车床的主电路。该机床由 6 台三相异步电动机拖动，从图中可以看出，MP 为工作台拖动主电动机，MH 为横梁升降电动机，MJ 为横梁夹紧电动机，MZ、MY 分别为左、右垂直刀架（立刀架）、快速电动机，MC 为侧刀架快速电动机。

机床全部电路由 380V、50Hz 的三相交流电源供电，而控制回路电压为 127V。

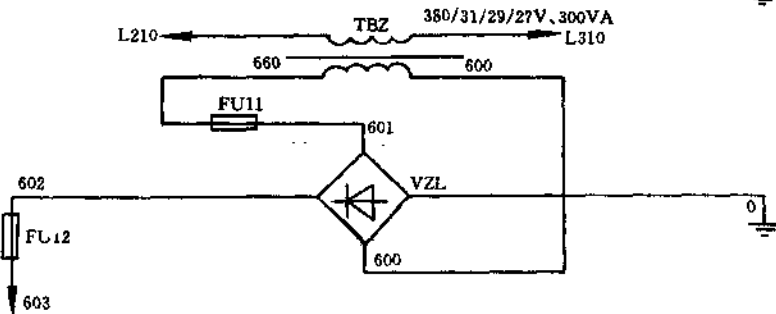
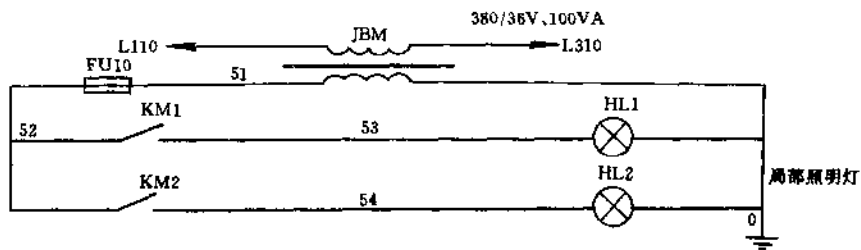
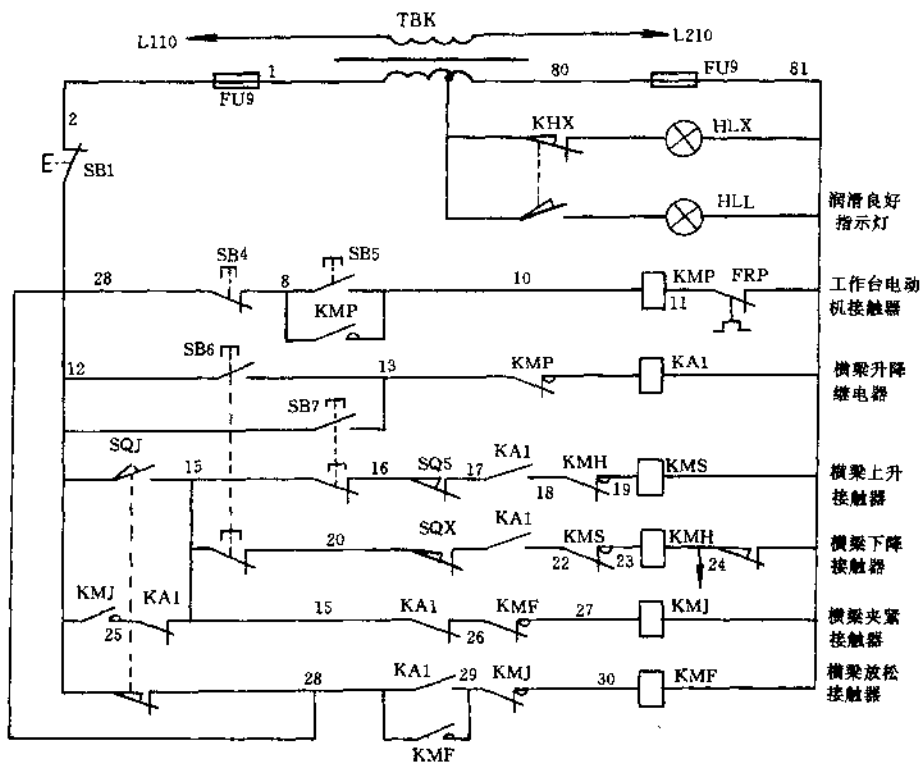


图 2-48 C523 型双柱立式车床控制电路 (1)

说明见图 2-50。

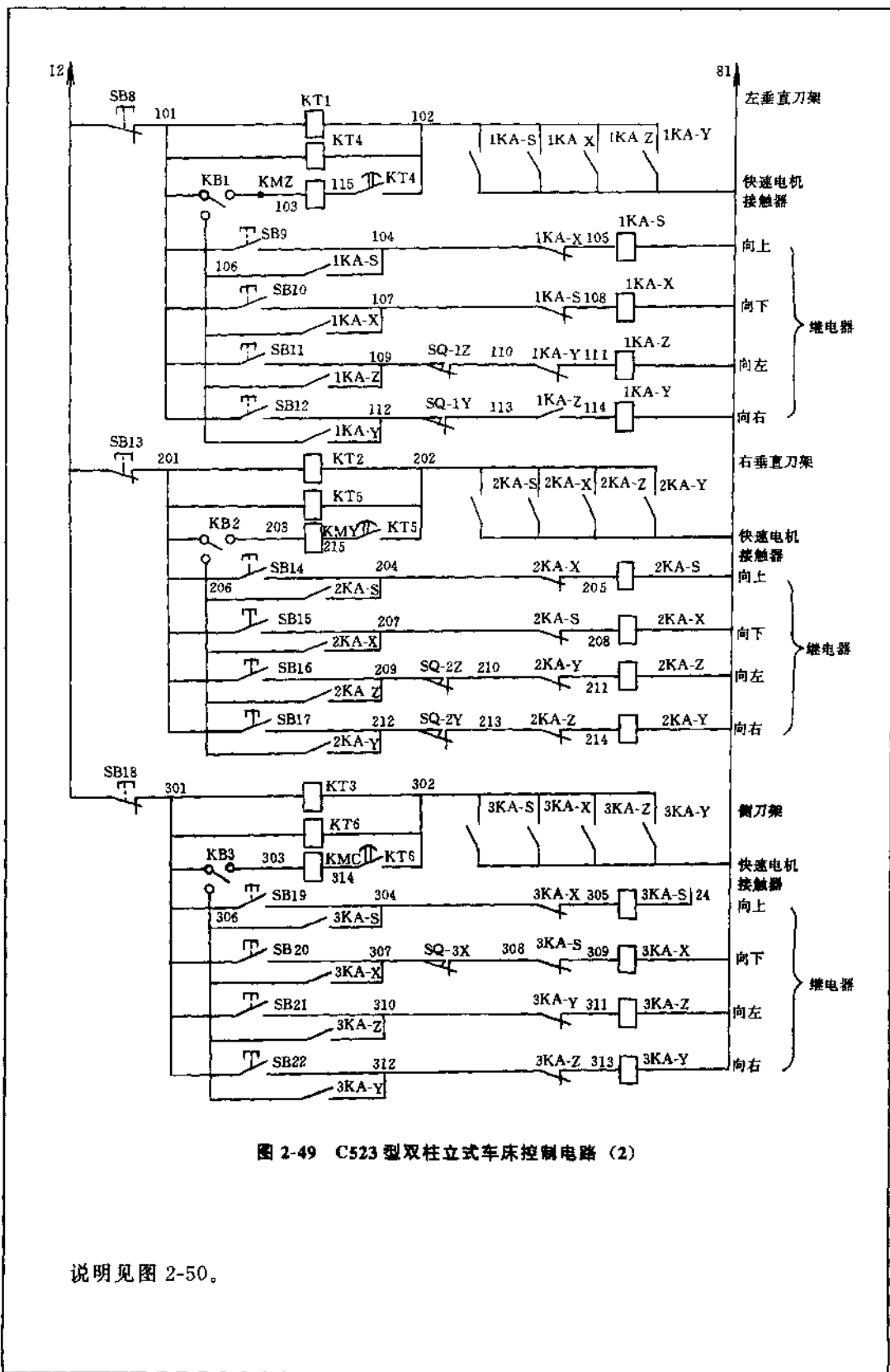


图 2-49 C523 型双柱立式车床控制电路 (2)

说明见图 2-50。

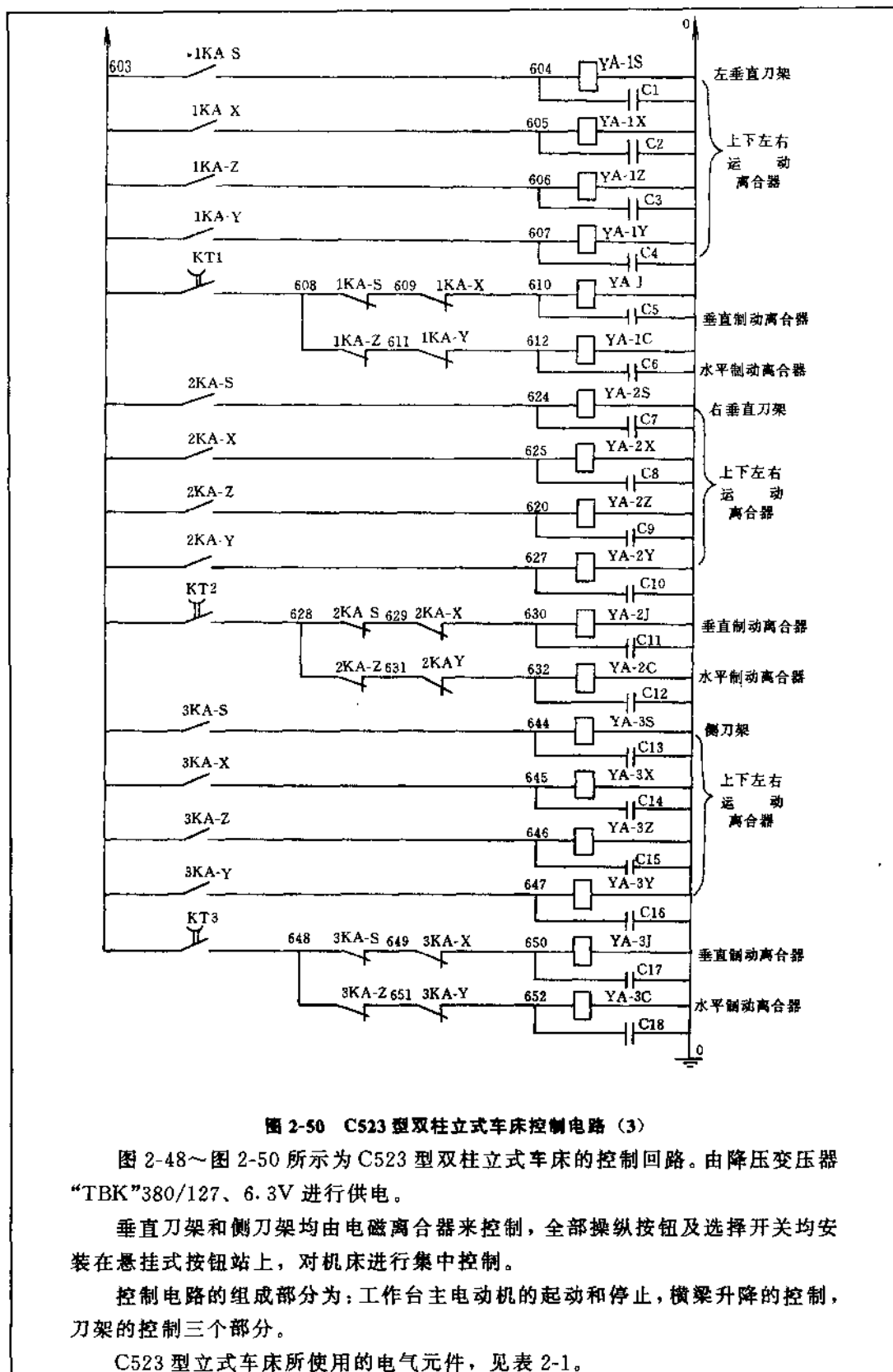


图 2-50 C523 型双柱立式车床控制电路 (3)

图 2-48~图 2-50 所示为 C523 型双柱立式车床的控制回路。由降压变压器“TBK”380/127、6.3V 进行供电。

垂直刀架和侧刀架均由电磁离合器来控制，全部操纵按钮及选择开关均安装在悬挂式按钮站上，对机床进行集中控制。

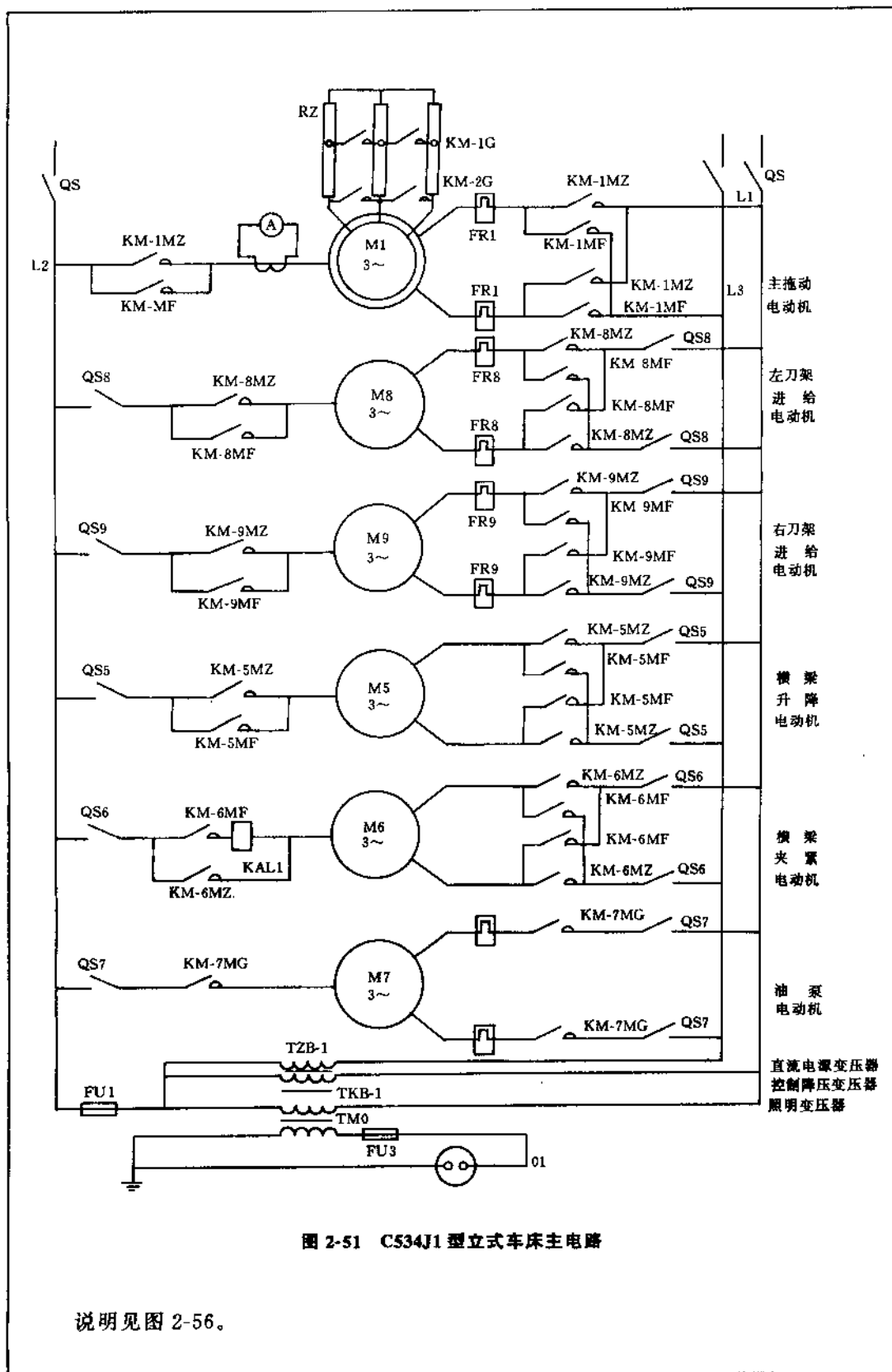
控制电路的组成部分为：工作台主电动机的起动和停止，横梁升降的控制，刀架的控制三个部分。

C523 型立式车床所使用的电气元件，见表 2-1。

表 2-1

C523 型立式车床电气元件

符 号	名 称	型 号 或 规 格	数 量	符 号	名 称	型 号 或 规 格	数 量
M1	工作台上电动机	40kW、380V、980r/min 三相异步电动机	1	KT4~6	时间继电器	JS7-1型, 线圈电压 127V (吸合延时, 延时时间 60s)	3
M2	横梁升降电动机	2.5kW、380V、720r/min 三相异步电动机	1	KT1~3	时间继电器	JS7-3型, 线圈电压 127V (断电延时, 延时时间 60s)	3
M3	横梁夹紧电动机	2.2kW、380V、1435r/min 三相异步电动机	1		过电流继电器	DL-12/10型, 板前接线, 电流范围 2.5~4A, 线圈串联	1
M4、M5	左、右刀架电动机	1.5kW、380V、1425r/min 三相异步电动机	2	TBK	控制变压器	BK-300型, 300VA, 380/127、6.3V	1
M6	剃刀架电动机	1.5kW、380V、1425r/min 三相异步电动机	1	TBM	控制变压器	BK-100型, 100VA, 380/36V	1
	总电源开关	HDI-200型, 500V、200A 带侧面传动手柄的三相闸刀开关	1	TBZ	控制变压器	BK-300型, 300VA, 380/31、29、27V	1
FU1	熔断器	RT0...200型, 500V、200A, 熔断体 200A	3	VZL	硅整流元件	ZD6型 60/10 输入交流 30V, 输出直流电压 24V, 电流 10A	4
FU2	熔断器	RL1-60A、500V、60A, 熔断体 50A	3	C1~C18	电容器	CZID-2型 400V、4μf, 带固定底座	18
FU3~6	熔断器	RL1 15A、500V、15A, 熔断体 15A	12	SB1、4、8~13、5、18	按钮	hA2型	6
FU11	熔断器	RL1-15A、500V、15A, 熔断体 10A	1	SB6、7、9~12、14~17、19~22	按钮	hA2型	14
FU9、FU12	熔断器	RL1-15A、500V、15A, 熔断体 6A	3		转换开关	hS2-3 三个位置	3
FU8、FU10	熔断器	RL1 15A、500V、15A, 熔断体 4A	4		信号灯及信号灯池	DX1-0型, 6.3V、2W	2
	接触器	CJ9-75, 线圈电压 127V	1		行程开关	hX2-1ZJ 型防碰、自动复位、滚子在中间	9
	热继电器	JR2-3型, 电源 735A	1		行程开关	hX2-1ZJ 型, 防碰、自动复位、滚子在中间	
	接触器	CJ0-20A型, 线圈电压 127V	2		行程开关	hX2-1ZJ 型, 防碰、自动复位、滚子在中间	
	接触器	CJ0-10B型, 线圈电压 127V	5		微动开关	hX5-11型	1
1KA-S、X、Z、Y; 2KA-S、X、Z、Y	继电器	JZ7-44, 线圈电压 127V	13		局部照明灯	机床灯、2节、带开关	2
3KA-S、X、Z、Y, 1KA	继电器	JZ7-44, 线圈电压 127V	9		灯 池	36V、40W	2



说明见图 2-56。

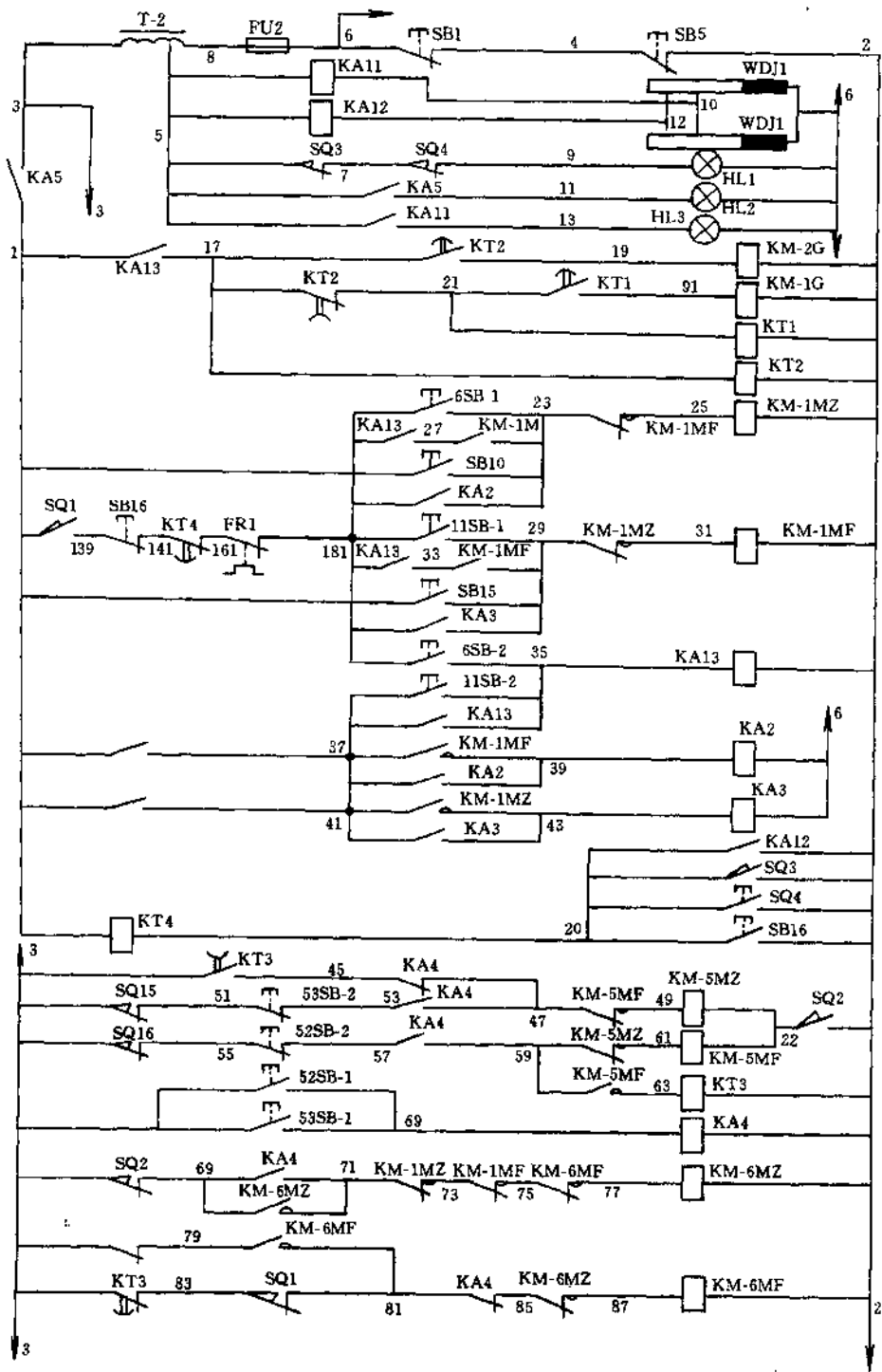


图 2-52 C534J1 型立式车床控制电路 (1)

说明见图 2-56。

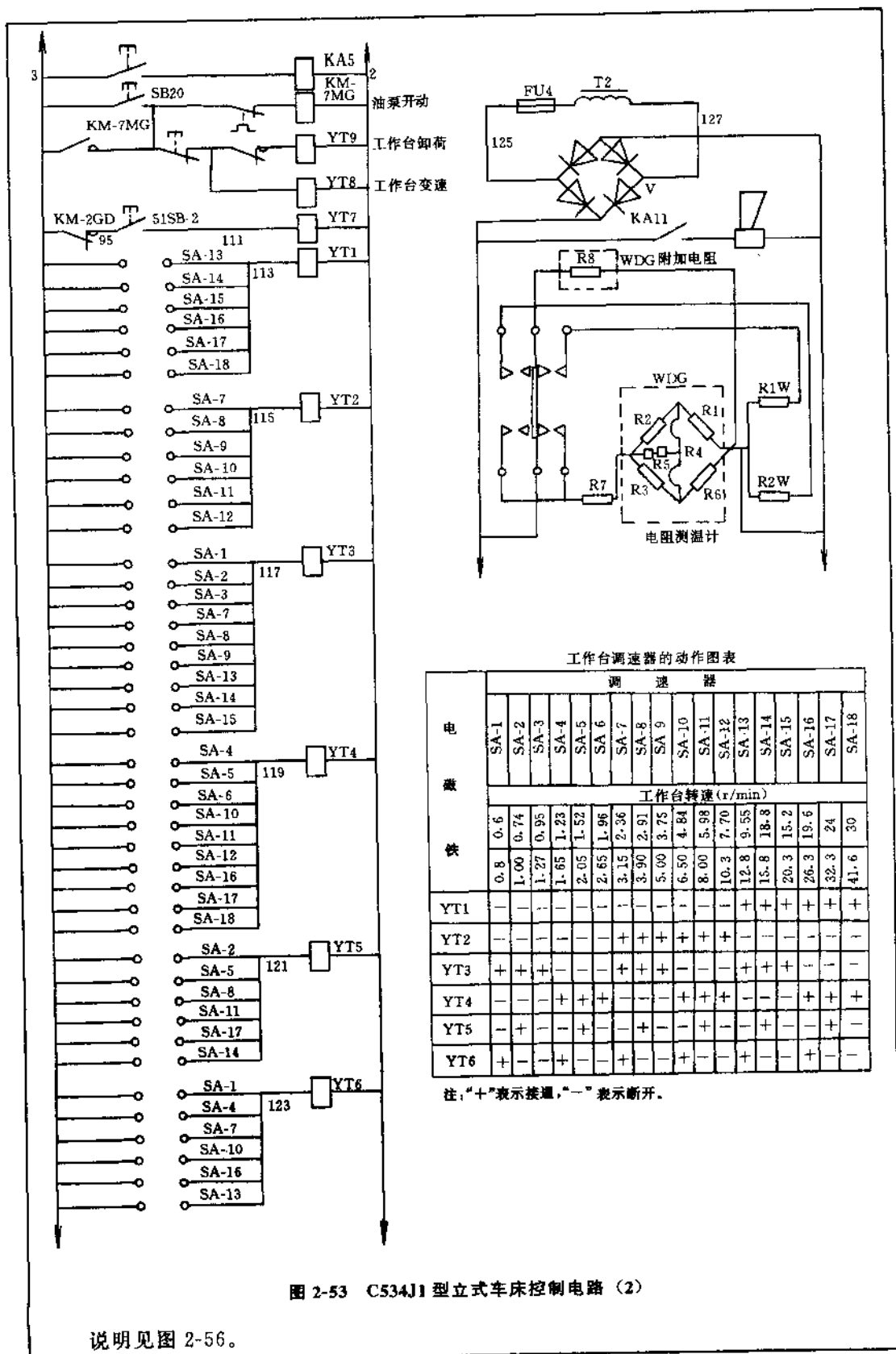


图 2-53 C534J1 型立式车床控制电路 (2)

说明见图 2-56。

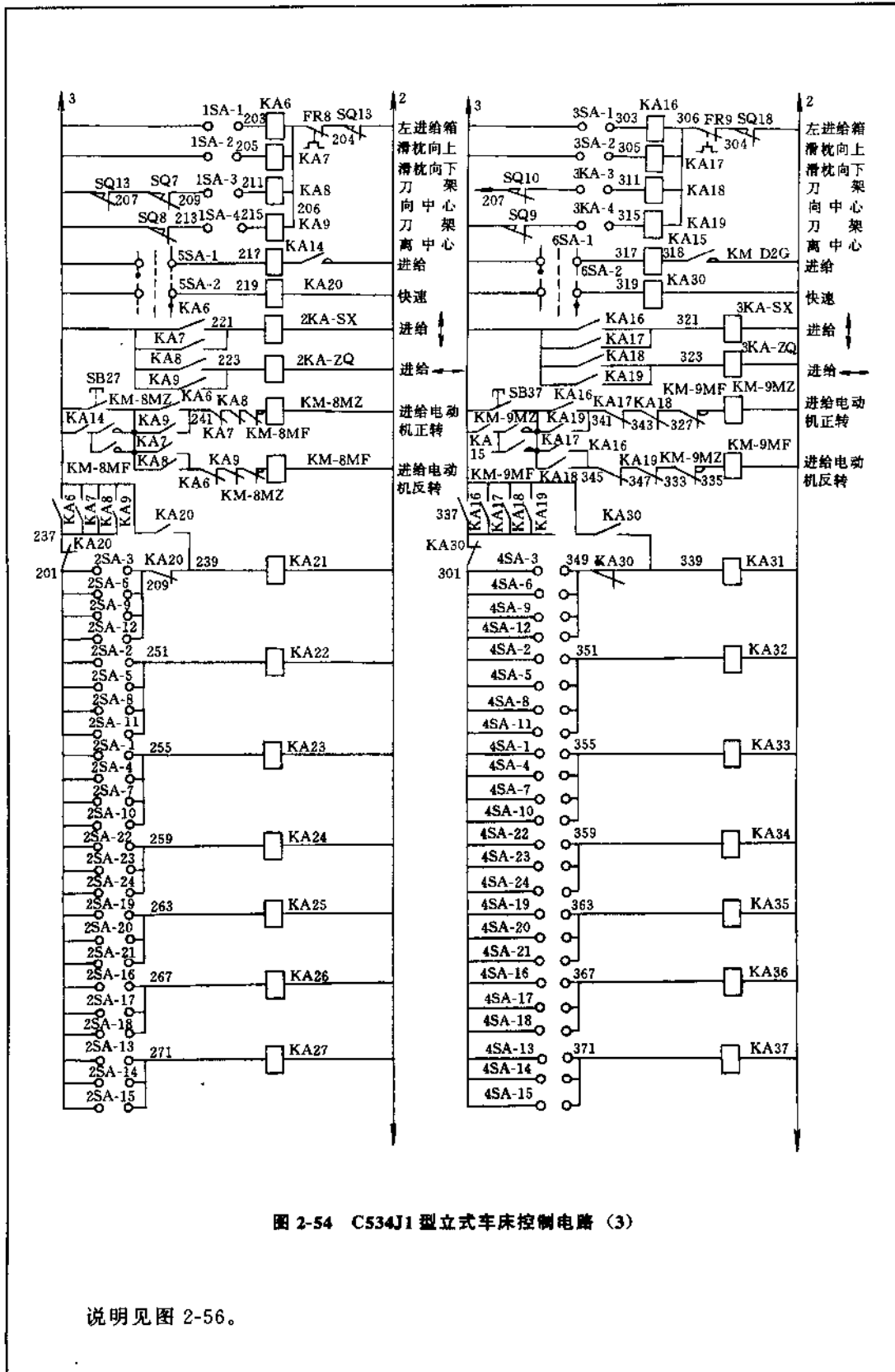


图 2-54 C534J1 型立式车床控制电路 (3)

说明见图 2-56。

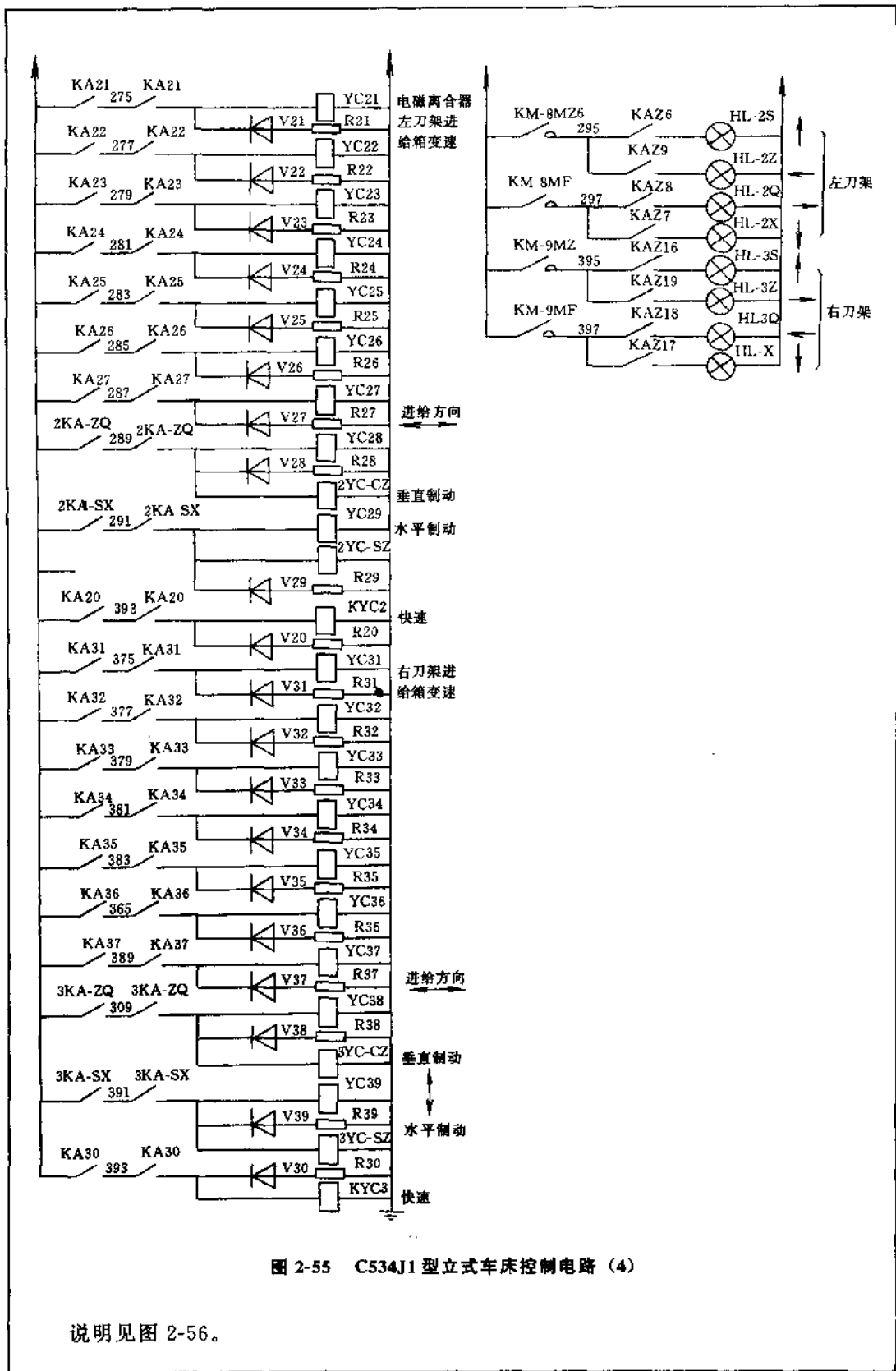


图 2-55 C534J1 型立式车床控制电路 (4)

说明见图 2-56。

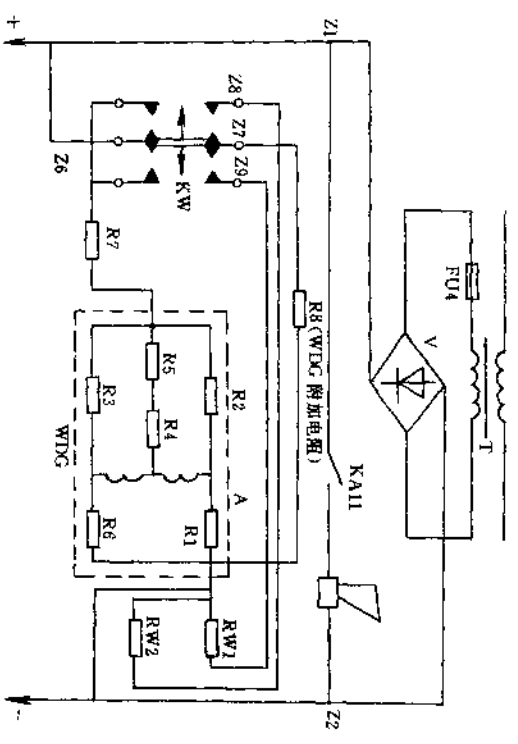


图 2-56 C534J1 型立式车床的电阻测温计电路图

RW1、RW2—铜电阻；KW—操纵台的选择开关；WDG—偶平衡指温计；
R1、R2、R3—电阻电桥

图 2-51~图 2-57 为 C534J1 型立式车床的电气原理图，其中图 2-51 为主电路，图 2-52~图 2-55 为控制回路，图 2-56 为测温计电路，图 2-57 为电磁离合器线圈的各种吸收电路和保护电路。C534J1 型立式车床的工作台直径大、重量大、惯性大，所以在启动时用液压装置将工作台稍微抬起，以减少导轨摩擦，使工作台易于启动。工作台导轨有严格的温度要求，控制电路有相应

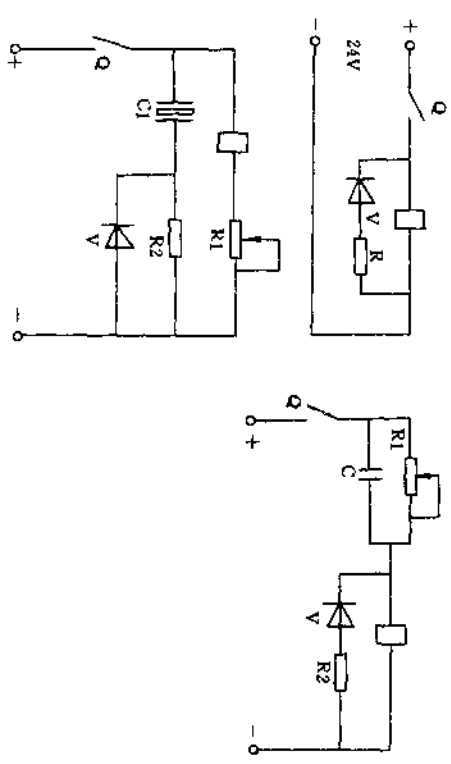


图 2-57 电磁离合器线圈的基本控制电路

Q—开关；V—二极管；R—保护电阻 (R=4~10, 离合器线圈电阻)；R1—串联可变电阻；R2—保护电阻 (约为 10Ω, 离合器线圈电阻)；
C—电容器；C1—双向电容器

的措施。并且横梁升降也有夹紧装置，控制电路有相应的设计。C534J1 型立式车床电路有工作台的启动机制动、工作台的转速调节、横梁升降控制等电路。C534J1 型立式车床设计有电阻测温计电路，电磁离合器的保护电路设计有二极管和电阻电路，以吸收线圈在通断电流时产生的反电势。

第三章 刨、插、拉床的控制电路图

刨、插、拉床中的牛头刨床、插床、拉床的控制电路较为简单，所以龙门刨床的控制电路最为典型。

龙门刨床主要用来加工各种平面、斜面、槽，特别适宜于加工大型的、狭长的工件，如机床床身、箱体、导轨等。

龙门刨床的工作台往返交替作直线运动，工件固定在工作台上与刀具作相对运动；工作台在工作行程时，进行切削加工；工作台返回行程时，刀具自动抬起（称为抬刀），不进行切削加工；工作台返回时的速度较高，以减小空行程时间。刀具的进给，由刀具周期移动来实现。有些龙门刨床还可以进行磨削加工，扩大了龙门刨床的使用范围，在床身的以磨代刮技术应用中起了很大作用。

龙门刨床的主拖动系统，通常采用直流发电机—电动机拖动系统，要求是相当高的，不仅要求有足够大的切削功率，较大的调速范围，而且要按照要求实现自动的速度循环。对于刀架移动、进刀、退刀、抬刀，横梁放松与夹紧、横梁上升与下降，工作台步进、步退等各种运动，都由电力拖动系统配合电器控制环节来完成。使用的电动机较多，控制电路较为复杂，除了通常的接触器继电器典型环节外，还采用电压负反馈、电流正反馈、电流截止反馈、加速度调节环节，以及桥形稳定环节、自消磁、欠补偿能耗制动环节等，以实现龙门刨床的自动控制。所以龙门刨床是电气化程度较高的机床。

刨、插、拉床的控制电路图，见图 3-1~图 3-34。

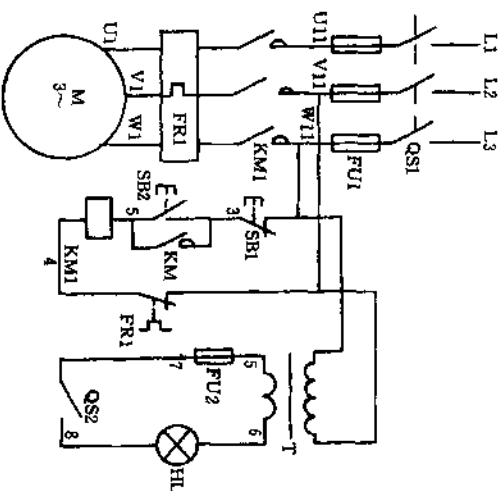


图 3-1 B516、B5020、B5032 型插床电气原理图

图 3-1 所示电路为 B516、B5020、B5032 型插床的电气原理图。主电路 M 具有短路和过载保护。属于典型的单向起动连续运转的电路。机床电源由开关 QS1 控制。

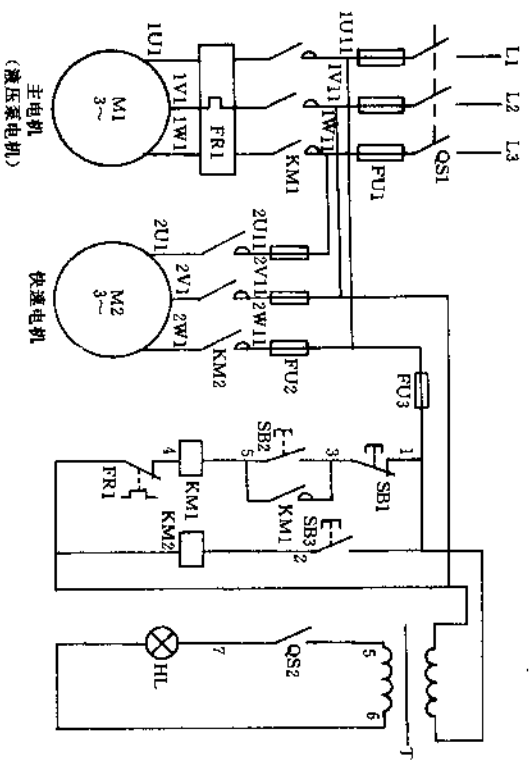


图 3-2 B540 型插床电气原理图

图 3-2 所示为 B540 型插床的电路,该机床有两台电动机,M1 为液泵电动机, M2 为快速电动机,均由接触器控制。M1 具有短路和过载保护, M2 只具有点动控制,不带有过载保护。

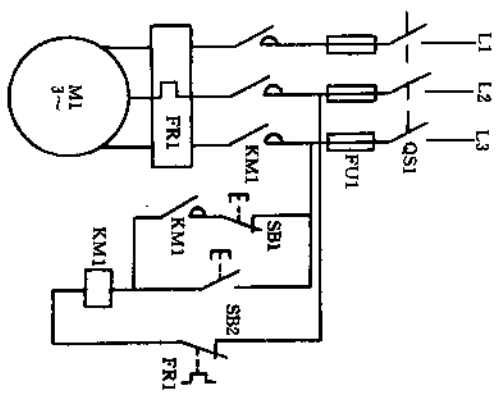


图 3-3 B635—1 型牛头刨床电气原理图

图 3-3 所示为 B635—1 型牛头刨床的电路,主电路 M1 具有短路和过载保护。当按下按钮 SB2 为启动,按下 SB1 时为停止,当 SB1 和 SB2 同时按下时为点动,可以作调整使用。

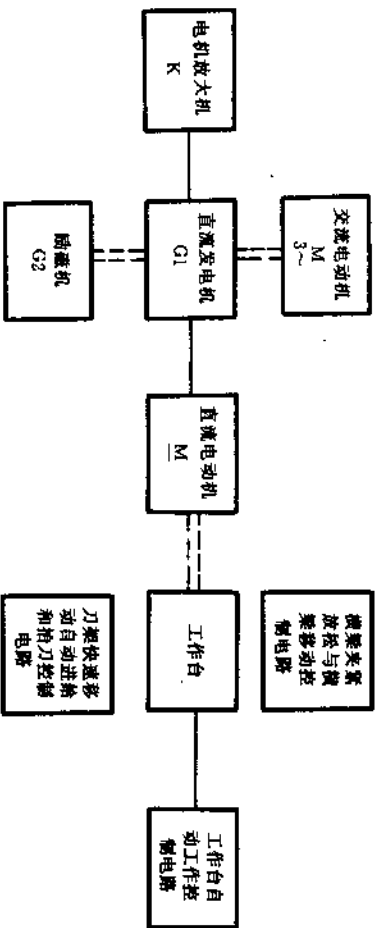


图 3-8 A 系列龙门刨床电气设备示意图

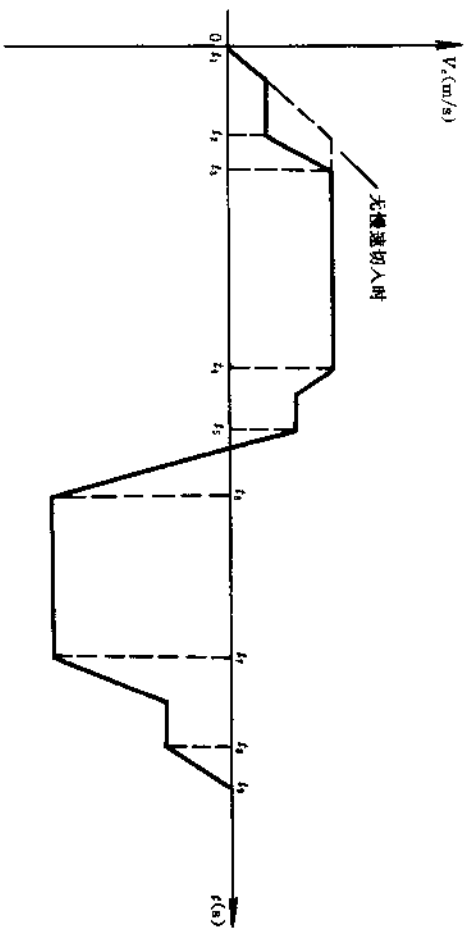


图 3-9 B20 12A 型龙门刨床工作台前进后退速度变化图

图 3-8 所示为 A 系列龙门刨床的电气设备。A 系列龙门刨床采用直流发电机—电动机组拖动系统，系统中并采用电机放大器。当直流发电机的发电电压变化时，直流电动机的转速随之变化，而直流电动机直接拖动龙门刨床的工作台运动，是龙门刨床的主运动。另外还有刀架的进给运动，以及横梁的夹紧放松、上下移动，刀架的快速移动、抬刀等辅助运动。

图 3-9 所示为 B20 12A 型龙门刨床工作台前进后退速度的变化图。0— t_1 为工作台前起运动阶段， t_1 — t_2 为刀具慢速切入阶段， t_2 — t_3 为加速至稳定工作速度阶段， t_3 — t_4 为稳定工作速度阶段， t_4 — t_5 为减速退出工作阶段， t_5 — t_6 为反接制动到后起运动阶段， t_6 — t_7 为后退稳定速度阶段， t_7 — t_8 为后退减速阶段， t_8 — t_9 为后退反接制动阶段。

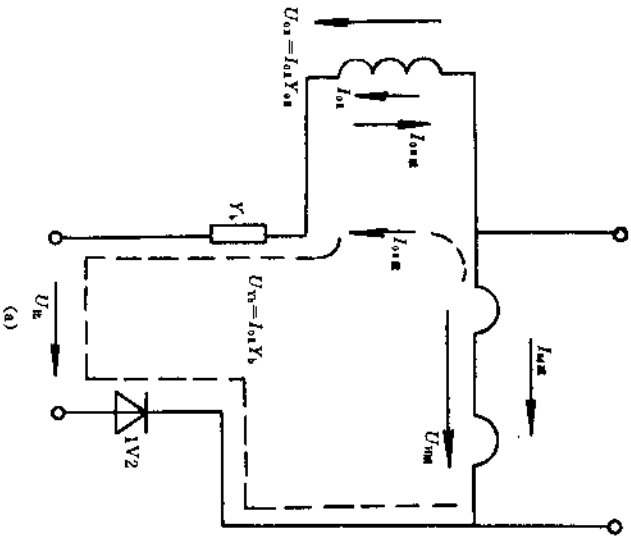


图 3-12 加速度调节器电路
(a) 电流截止负反馈作用的调节, (b) A 系列刨床的加速度调节器环节

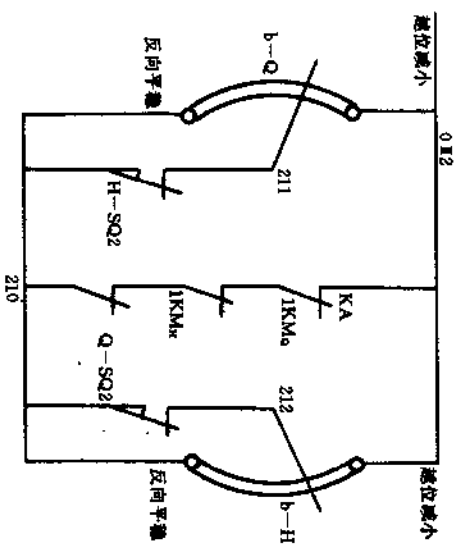


图 3-12 所示为 B20 1¹/₆A 型龙门刨床中的加速度调节器电路。在电流截止负反馈回路中, 增加一个串联电位器, 使导通所需的换向极压降减小, 即主回路的截止电流减小。这个可调节的电位

器称为加速度调节器, 实际上是用于调节过渡过程中主回路电流的峰值, 从而控制过渡过程的加速度或减速度。

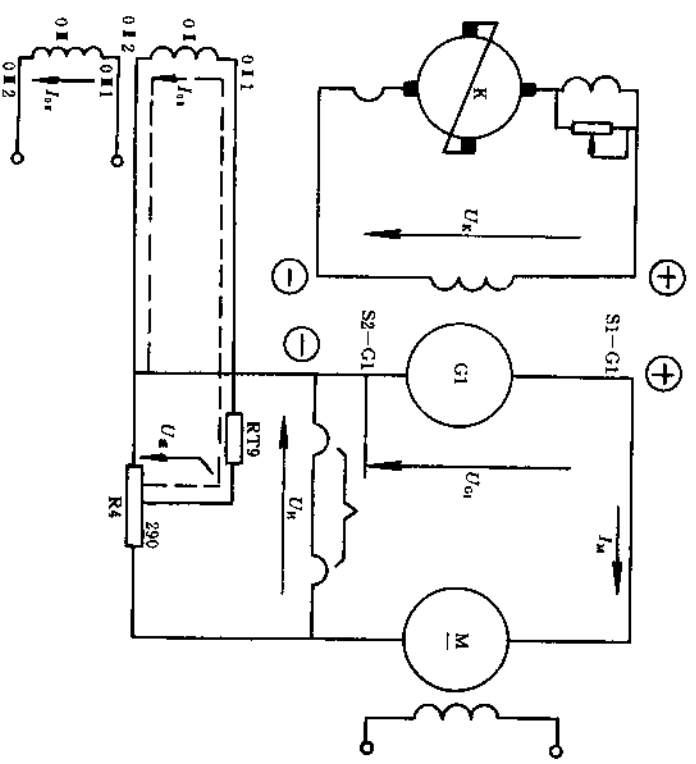


图 3-14 电流正反馈环节电路

图 3-14 所示为电流正反馈环节电路。为了解决电动机的转速下降问题，提高机械特性硬度，调速系统设有电流正反馈电路。电路起到补偿由于发电机和电动机的内部压降而引起的电动机转速降落，并使机械特性平直和加快过渡过程。

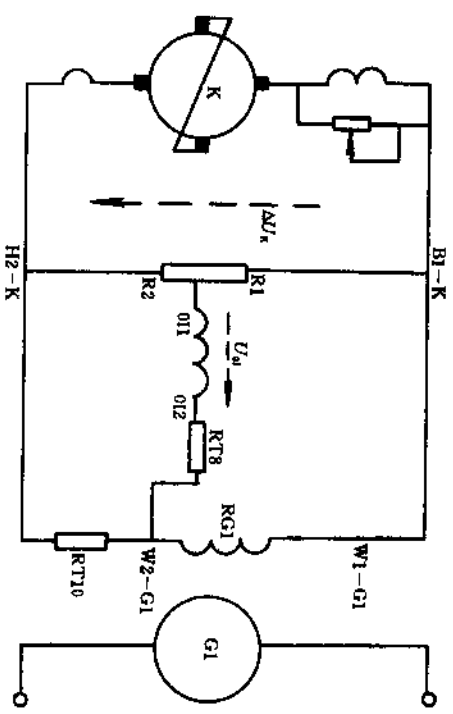


图 3-15 桥形稳定环节电路

图 3-15 所示为桥形稳定环节电路。这个电路是利用发电机电刷磁绕组的电感作用而设置的放大机输出电压的动态负反馈，它能阻止放大机输出电压的强烈变化，使得放大机电压和主回路电流的峰值减小，使起动、反向、制动过程平滑，越位加大些，而传动机构的冲击减小，有效的抑制了系统的超调，消除振荡，使系统稳定。

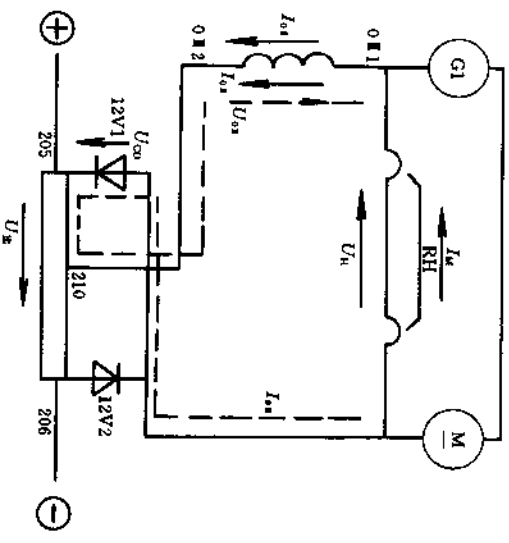


图 3-16 电流截止负反馈环节电路

图 3-16 所示为电流截止负反馈环节电路。为了限制主回路的电流及起动电流、过载电流、电动机过转矩、保护直流发电机和电动机及改善过渡过程的状态,在 B30 16 A 型龙门刨中,设计了电流截止负反馈环节。等过渡过程中,其作用是减小主回路电流的峰值,改善电流波形,使过渡过程既快又平稳,加强了系统的稳定性。图 3-17 所示为前进减速时的励磁控制电路,是减速环节。

当工作台进行减速时,减速继电器通过其触点将给定励磁部分进行切换,使给定励磁电压减小,同时加速度调节器串入 0M 绕组回路。

前进减速时的给定励磁电压为 231、210 之间的电压,与调速手柄的位置无关,当工作台高速挡超过

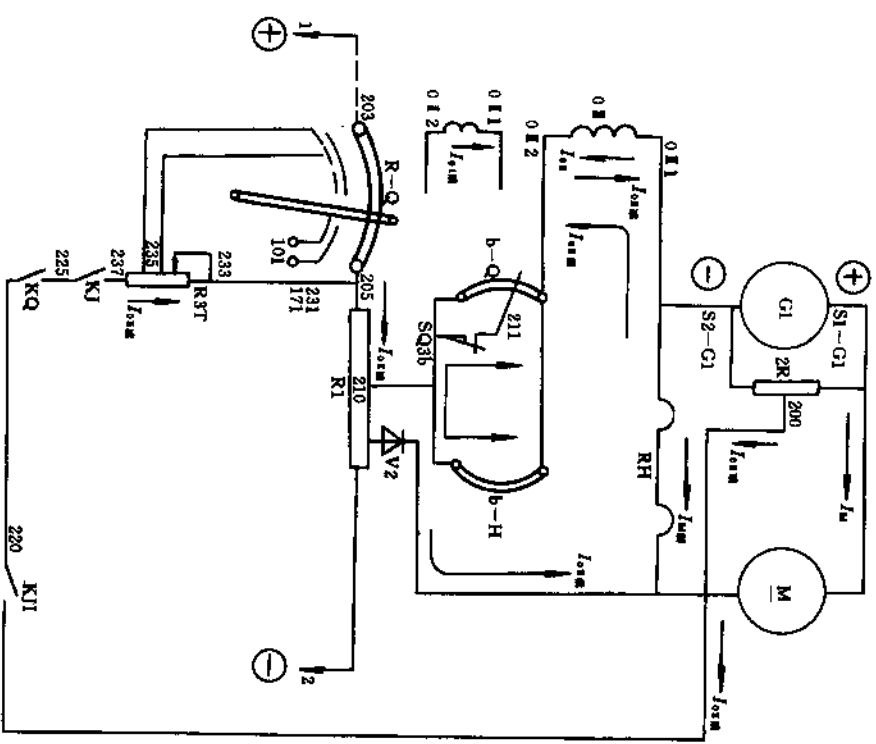


图 3-17 前进减速时的励磁控制电路

20 m/min (低速挡超过 10 m/min) 时,由前进变成前进减速后,给定励磁电压很快减小,引起发电机电势减小。由于电动机的转动惯性,电动机处于发电制动状态,在减速过渡过程中加强了减速制动,而稳定和截止环节是减弱减速制动的。

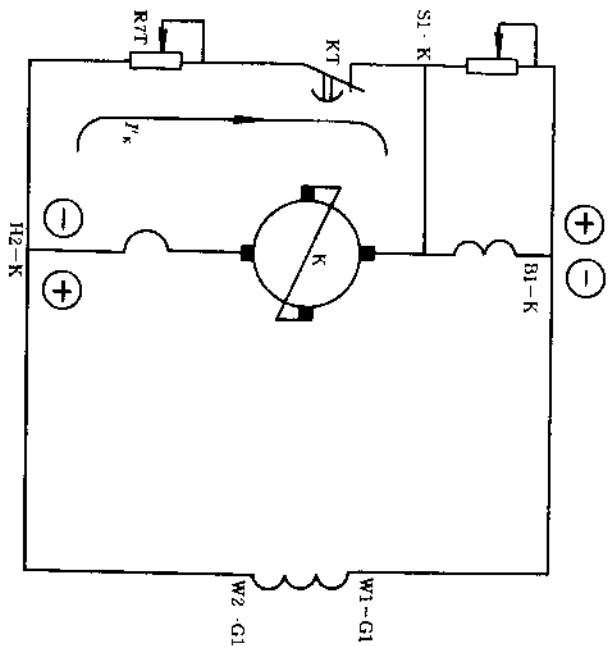


图 3-20 欠补偿能耗制动环节

图 3-20 所示为 B20 $1\frac{1}{2}$ A 型龙门刨床的欠补偿能耗制动环节。这个环节的作用是使工作台停车准确，并消除高速停车时的振荡。放大机处于强烈的欠补偿状态，其输出电压会快速降低，大大减小了对发电机的励磁，从而起到这个环节的作用。改变时间继电器 KJ 的延时或 R7T 的阻值，能调节欠补偿能耗制动的作

用。
图 3-21 所示为电流截止环节晒整流片击穿后的电路。如果 205—D 晒整流片被击穿，只要时间继电器 KT 常开点闭合后，流

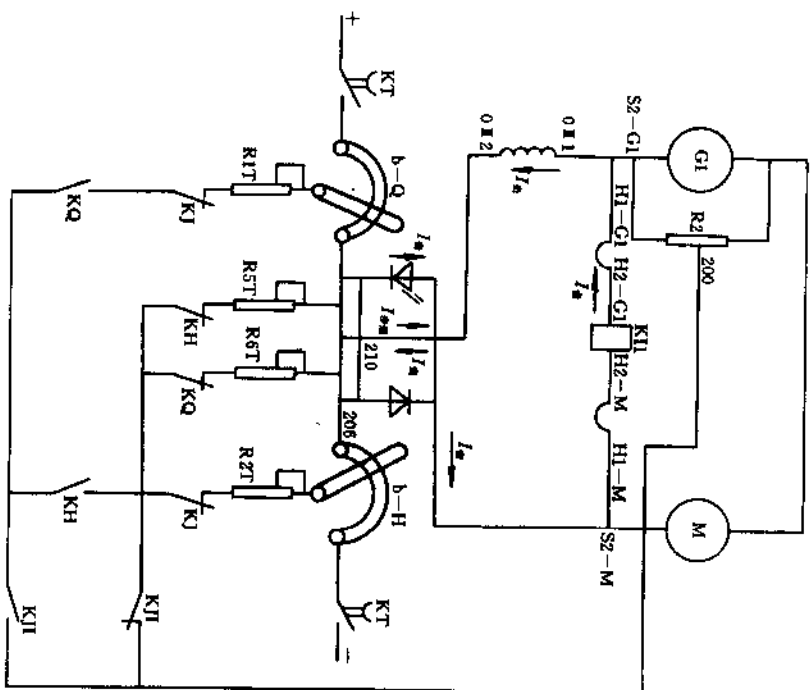
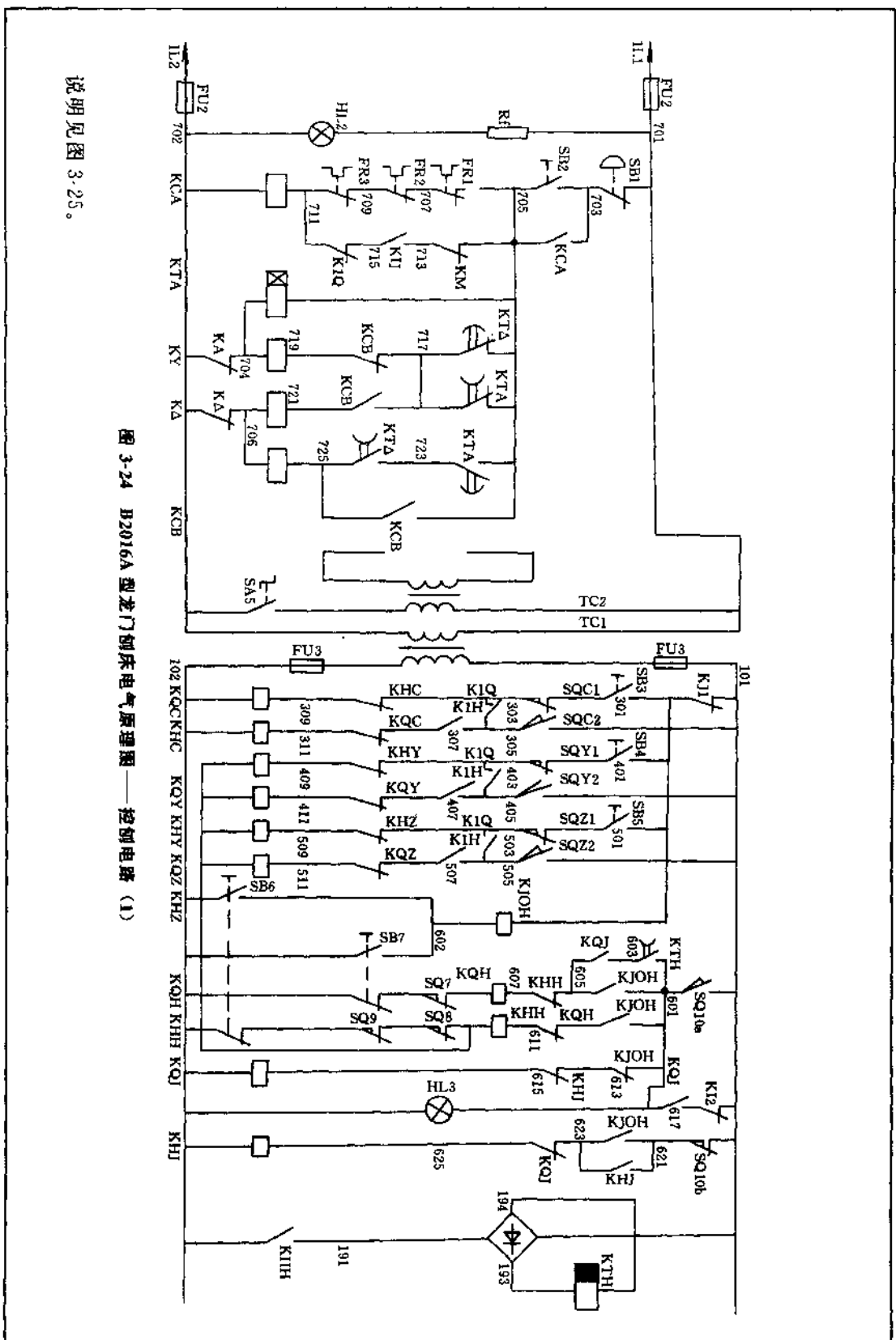


图 3-21 电流截止环节晒整流片击穿后的电路

过晒片的电流 I_a 是较大的。所以开步进时，工作台速度很高，方向为前进的方向；开步退时，由于 $I_a \gg I_{步退}$ ，所以方向仍为前进方向，而且速度仍是非常高的，仅比开步进时稍为低一些。



说明见图 3.25。

图 3-24 B2016A 型龙门刨床电气原理图——控制电路 (1)

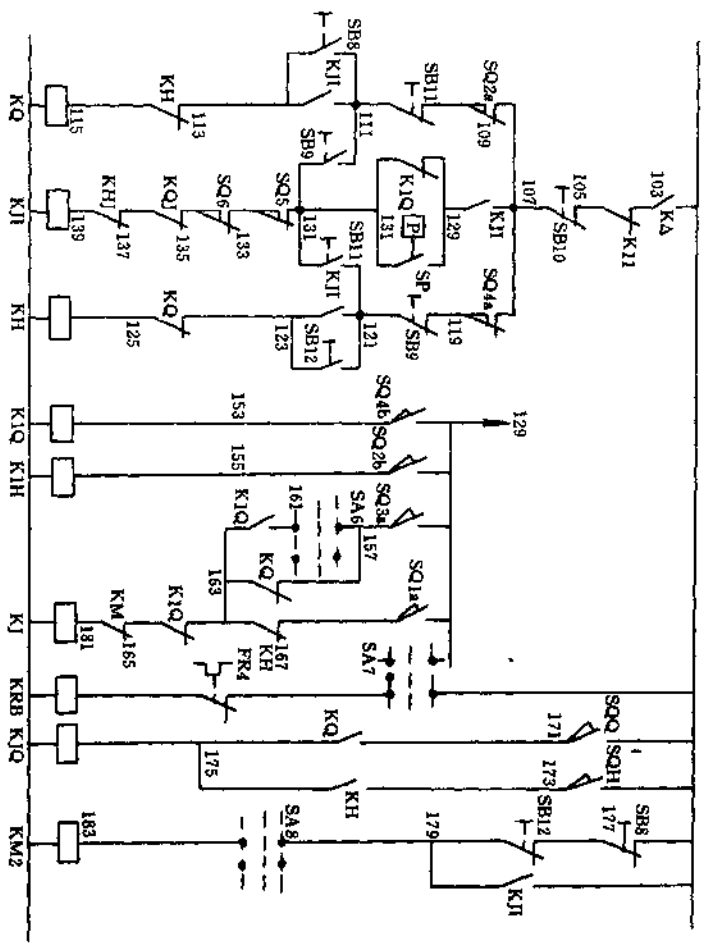


图 3-25 B2016A 型龙门刨床电气原理图——控制电路 (2)

图 3-22~图 3-25 所示为 B2016A 型龙门刨床的电气原理图。在校长时期中，使用最多的龙门刨床是 A 系列中，尤以 B2016A 数量最多。图 3-22 为主电路，共有 9 台电机。图 3-23 中交磁放大机控制系统，采用直流发电机—电动机组拖动系统，具有电压负反馈、电

流正反馈、电流截止负反馈、加速度调节器、稳定环节等，是一个典型的电力拖动系统。图 3-24 和图 3-25 为控制线路，包括刀架（垂直刀架和左、右侧刀架）控制电路、横梁控制电路（横梁上升、下降、夹紧、放松）、工作台控制电路（有步进、步退、前进、后退、减速、换向等）、工作台磨削电路、抬刀控制电路等。

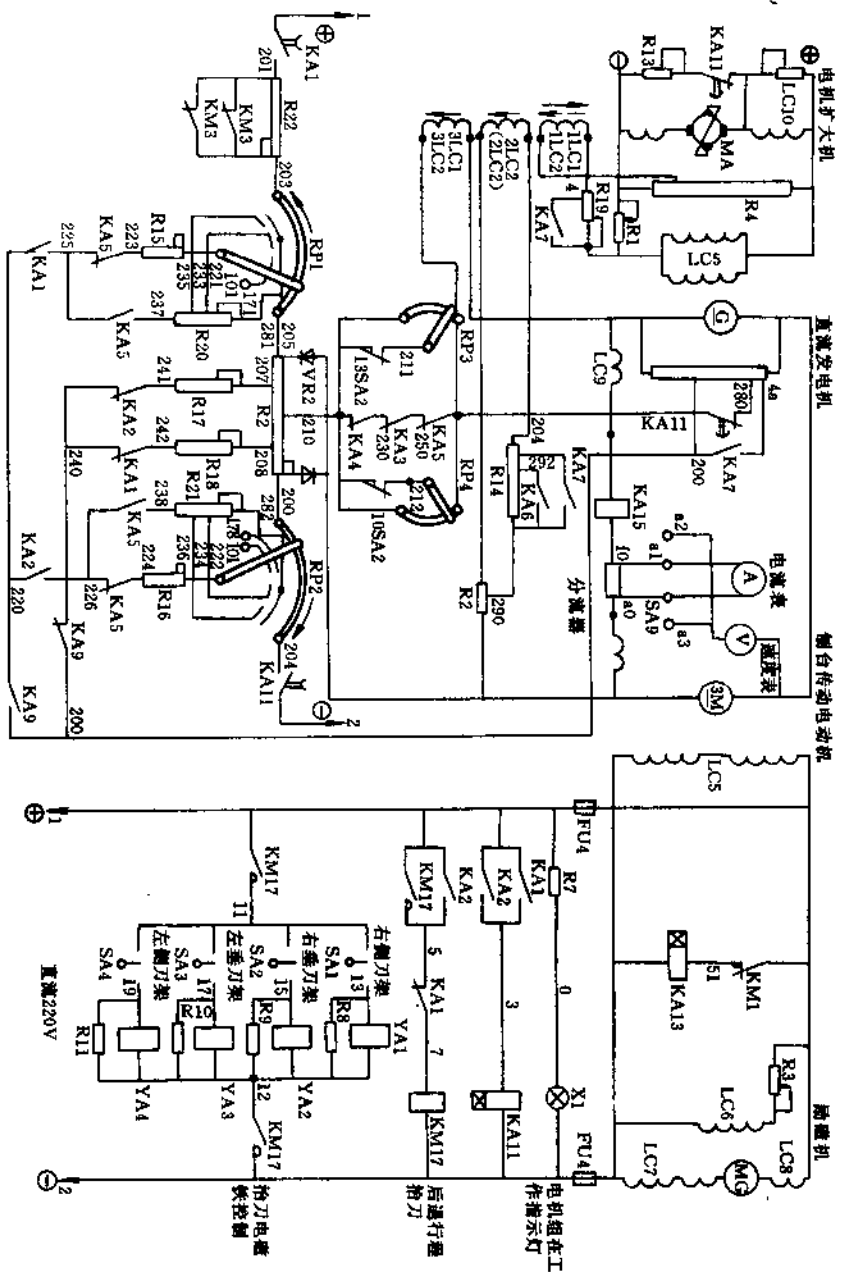


图 3-26 B2012A 型龙门刨床电气原理图 (1)

图 3-26 所示为 B2012A 型龙门刨床的交磁放大机控制系统，环节等。采用电机放大机（又叫电机扩大机、交磁放大机），比转和 B2016A 型一样采用直流发电机—电动机组拖动系统。具有电 控系统具有更多优点。这种系统在电梯中也有应用。压负反馈、电流正反馈、电流截止负反馈、加速度调节器、稳定

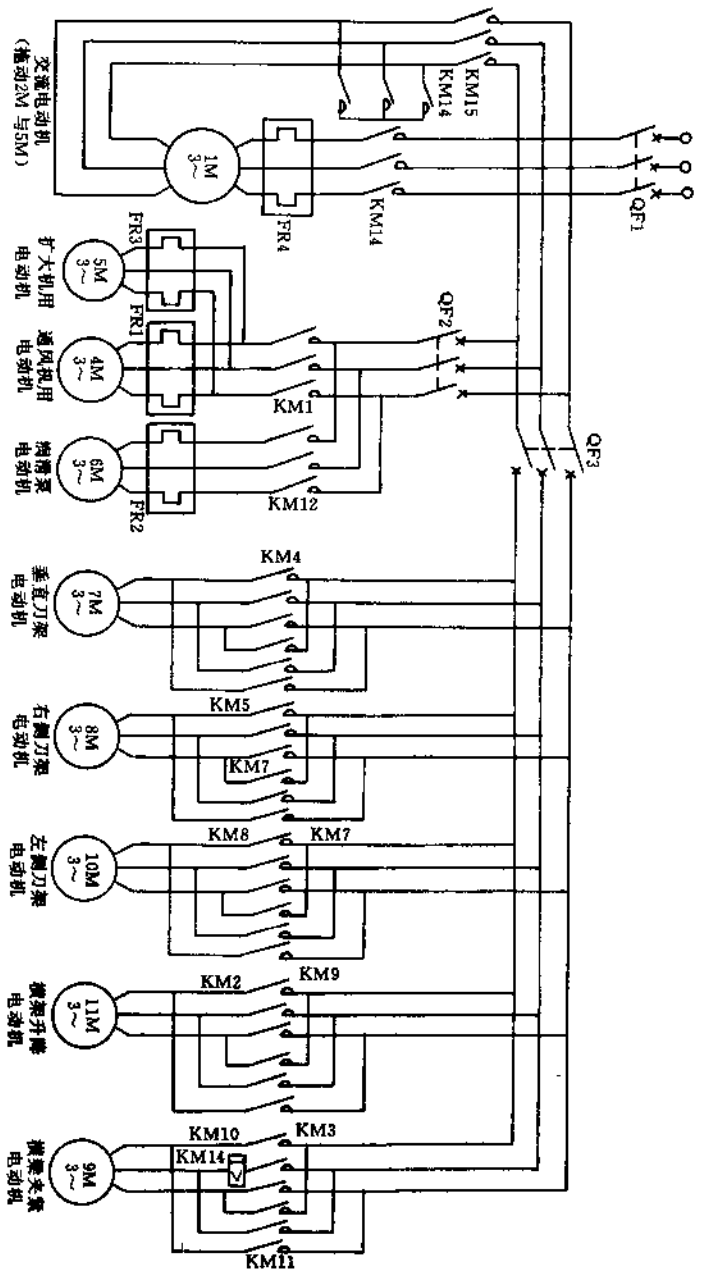


图 3-27 B2012A 型龙门刨床电气原理图 (2)

图 3-27 所示为 B2012A 型龙门刨床的交流主回路。从图中可以看出共有三相异步电动机 9 台, M1 为主拖动电动机, M5 为扩大机用电动机, M4 为通风机用电动机, M6 为油泵电动机, M7、M8、M10 为刀架电动机, M11、M9 为横梁升降和夹紧电动机。M1 为星形启动、三角形运行; M5、M4、M6 为单向启动控制, M7、M8、M10、M11、M9 均为可逆启动控制。

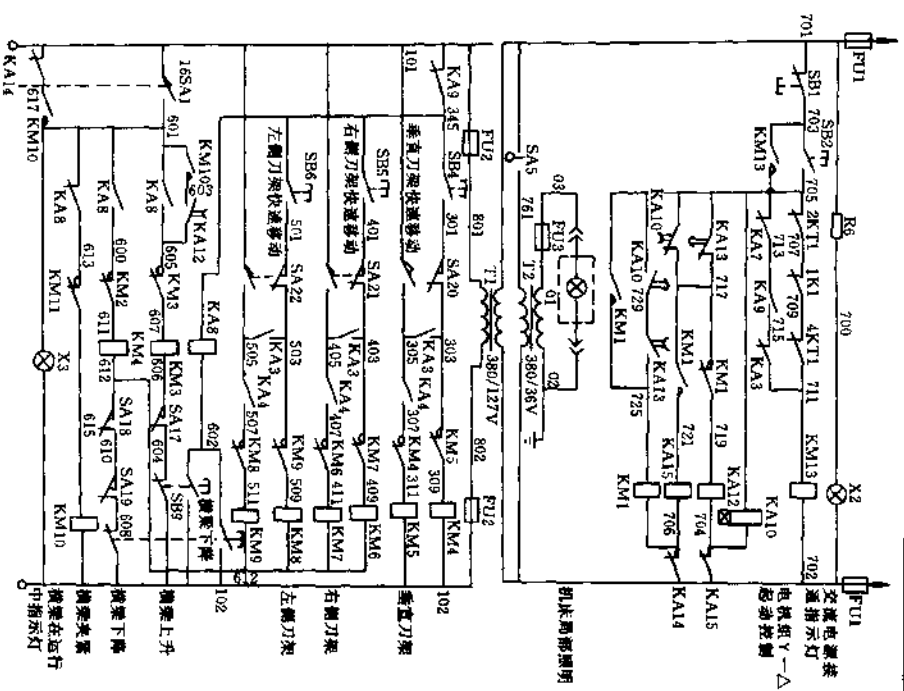


图 3-28 B2012A 型龙门刨床电气原理图 (3)

图 3-28 所示为 B2012A 型龙门刨床的部分控制电路，包括电机的启动控制，垂直刀架和左、右侧刀架的控制，横梁升降和夹紧的控制。

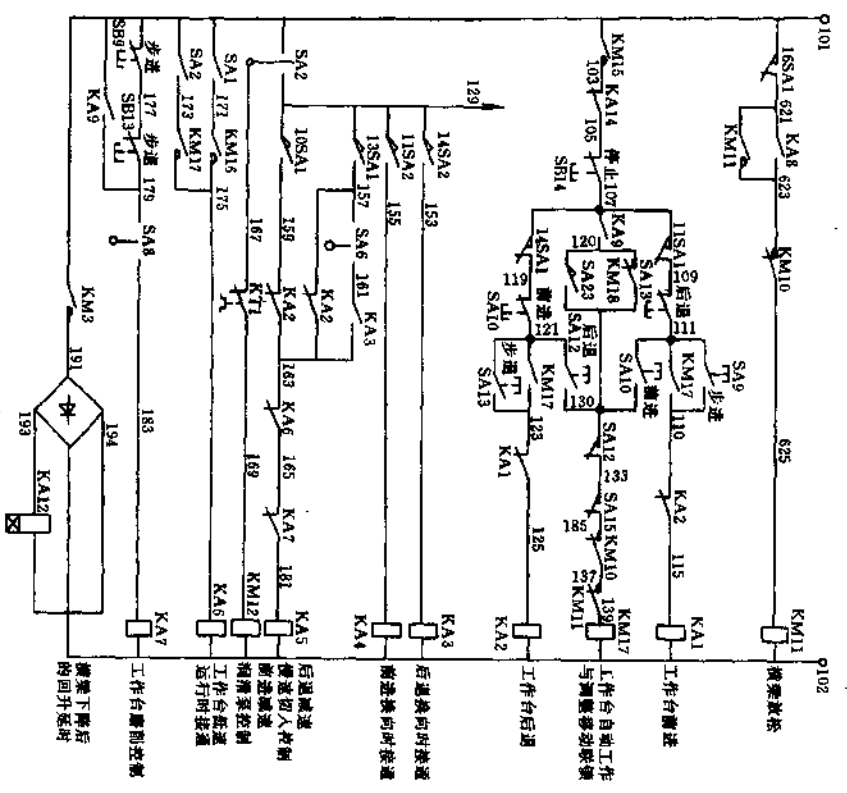


图 3-29 B2012A 型龙门刨床电气原理图 (4)

图 3-29 所示为 B2012A 型龙门刨床的部分控制电路，包括工作台前进、后退、减速、换向的控制，润滑油的控制，横梁放松以及工作台磨削的控制等。

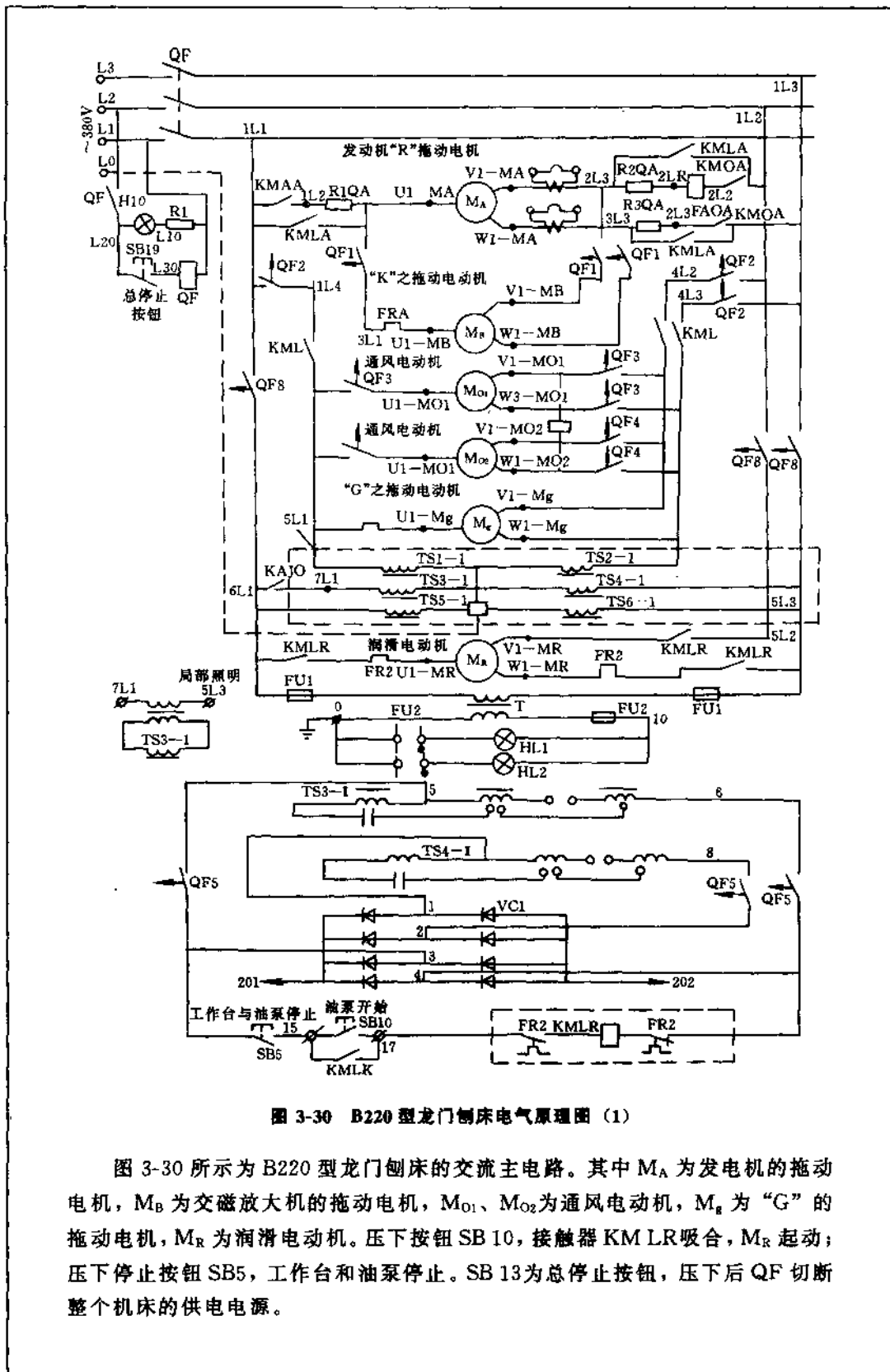


图 3-30 B220 型龙门刨床电气原理图 (1)

图 3-30 所示为 B220 型龙门刨床的交流主电路。其中 M_A 为发电机的拖动电机, M_B 为交磁放大机的拖动电机, M_{O1} 、 M_{O2} 为通风电动机, M_g 为“G”的拖动电机, M_R 为润滑电动机。压下按钮 SB 10, 接触器 KMLR 吸合, M_R 启动; 压下停止按钮 SB5, 工作台和油泵停止。SB 13 为总停止按钮, 压下后 QF 切断整个机床的供电电源。

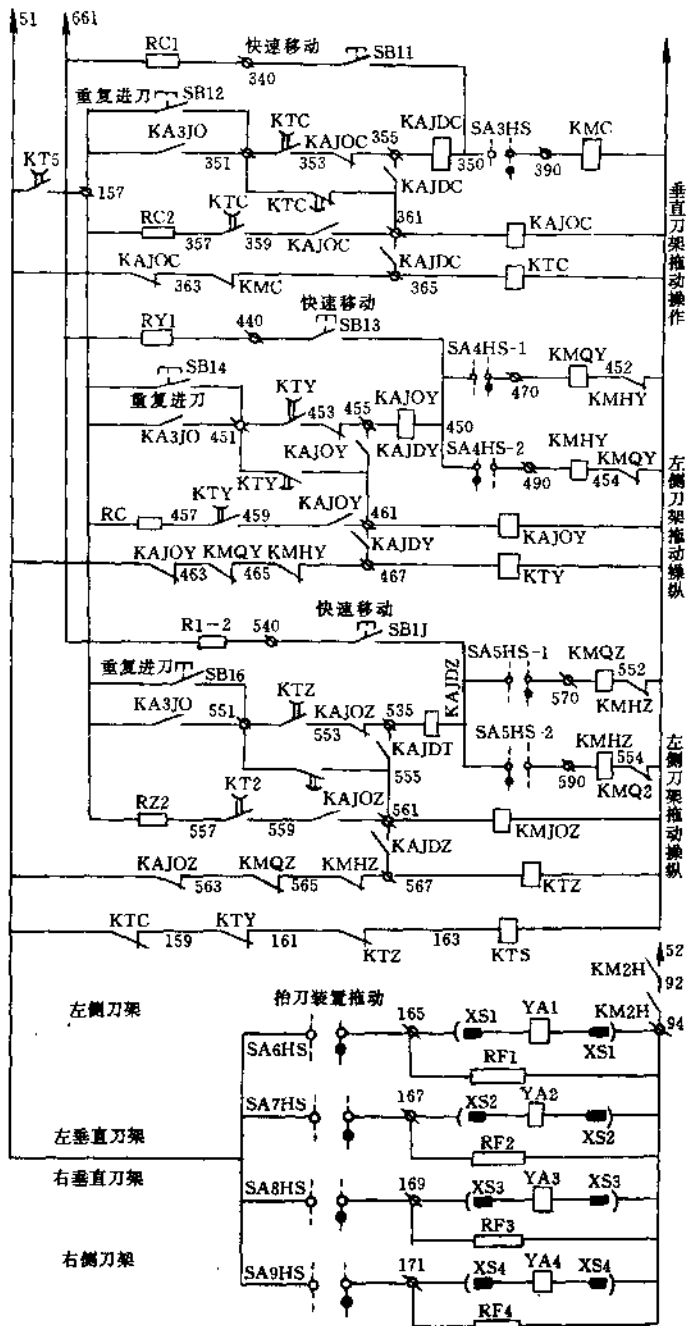


图 3-34 B220 型龙门刨床电气原理图 (5)

图 3-34 所示为 B220 型龙门刨床的刀架控制电路。主要有垂直刀架的进给和快速移动控制，左、右侧刀架的进给和快速移动控制，垂直刀架和侧刀架的抬刀装置控制等。

第四章 磨床的控制电路图

磨床是用砂轮的周边或端面进行磨削加工的精密机床。磨床的种类很多，有平面磨床、万能磨床、外圆磨床、内圆磨床、导轨磨床、工具磨床、齿轮磨床、无心磨床、花键磨床、卡规磨床、曲线磨床、轴承专用磨床、珩研磨床、坐标磨床、中心孔磨床等。

磨床的砂轮，其转速一般固定不变，有些磨床考虑砂轮磨损和砂轮修正，使砂轮转速有 $1.2\sim 3$ 的调速范围，也可以用双速电动机拖动。

磨床的进给运动要求有较宽的调速范围，许多磨床的进给运动都采用液压拖动。

磨床的电路为满足各种不同的磨床的机械、液压要求，有很简单，也有很复杂的。对于磨床的控制电路，常有行程控制、时间控制、尺寸控制、电动机的启动和停止具有顺序动作要求的控

制。对于平面磨床电气部分和其他机床不同的，也是磨床电路的特点，就是具有电磁吸盘装置，因而设计有吸盘电路和退磁电路，有的磨床的退磁电路是很具有特色的，如M7475型立轴圆台平面磨床。

磨床工件电机通常有调速要求，如MGB1420型磨床采用晶闸管无级调速系统，由励磁和给定信号电路、控制电路、高速启动保护环节、限幅环节、校正环节等电路组成，尤其是失磁保护环节设计得很具有特色。该系统是通过给定信号的调节来控制晶闸管的导通角，从而调节直流电动机的转速。

平面磨床常采用行程开关来控制工作台的自动往返动作，从而实现磨床的自动进给。

磨床的控制电路，见图4-1~图4-43。

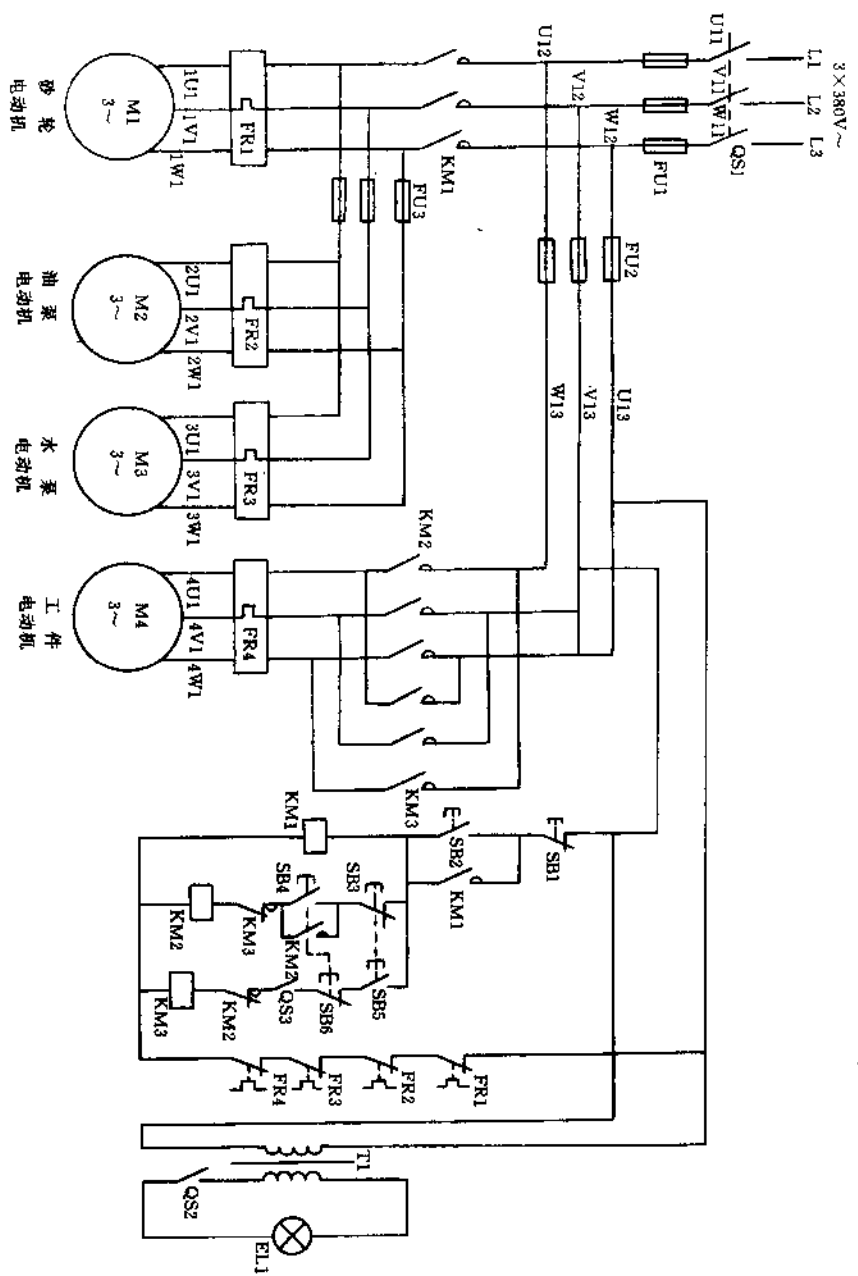


图 4-1 M125K 型外圆磨床电气原理图

图 4-1 所示为 M125K 外圆磨床的电气原理图，其电路特点是 油泵、水泵电动机和砂轮电动机同时启动和停止，这在主电路中 可以看出。而在控制电路中也只有在接触器 KM1 吸合后，接触器 KM2、KM3 才能吸合，这样就表明了工件电动机也必须在砂轮电 动机启动以后才能启动。

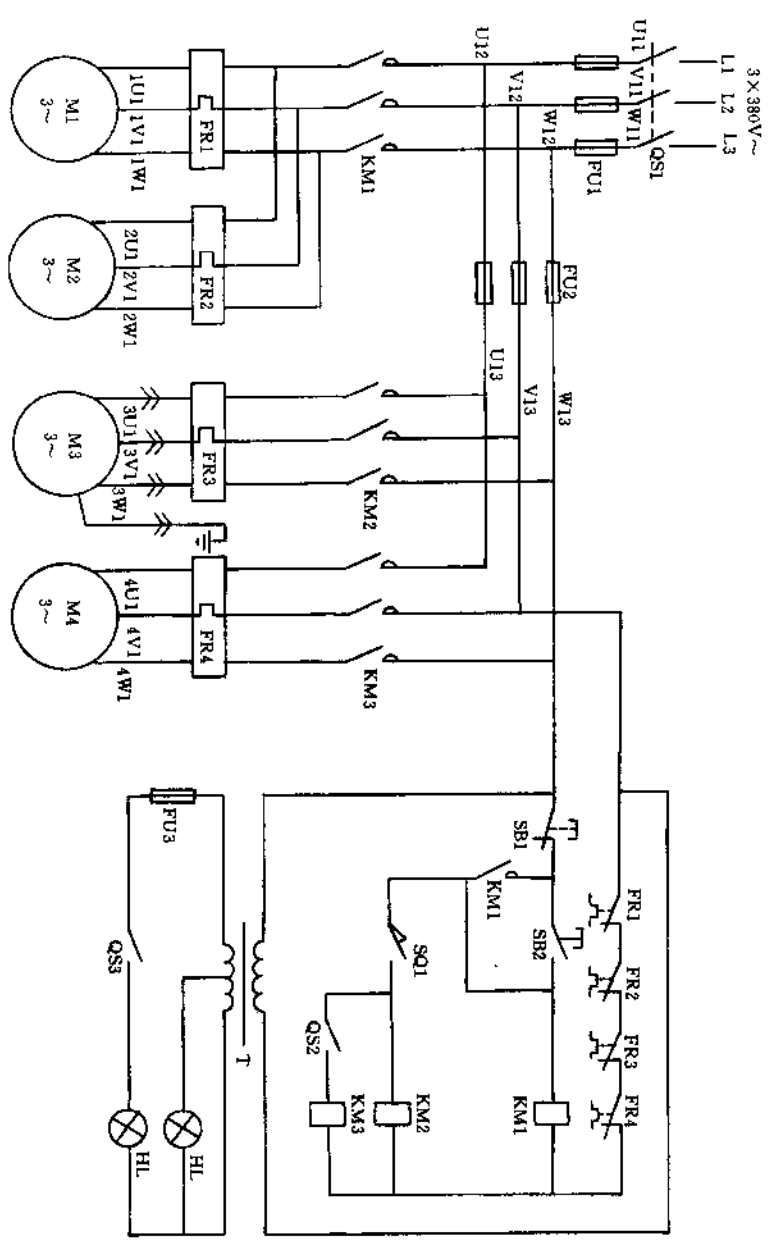


图 4-2 MI31 型外圆磨床电气原理图

图 4-2 所示为 MI31 型外圆磨床电气原理图，四台电动机 M1、M2、M3、M4 由接触器 KM1、KM2、KM3 控制。每台电

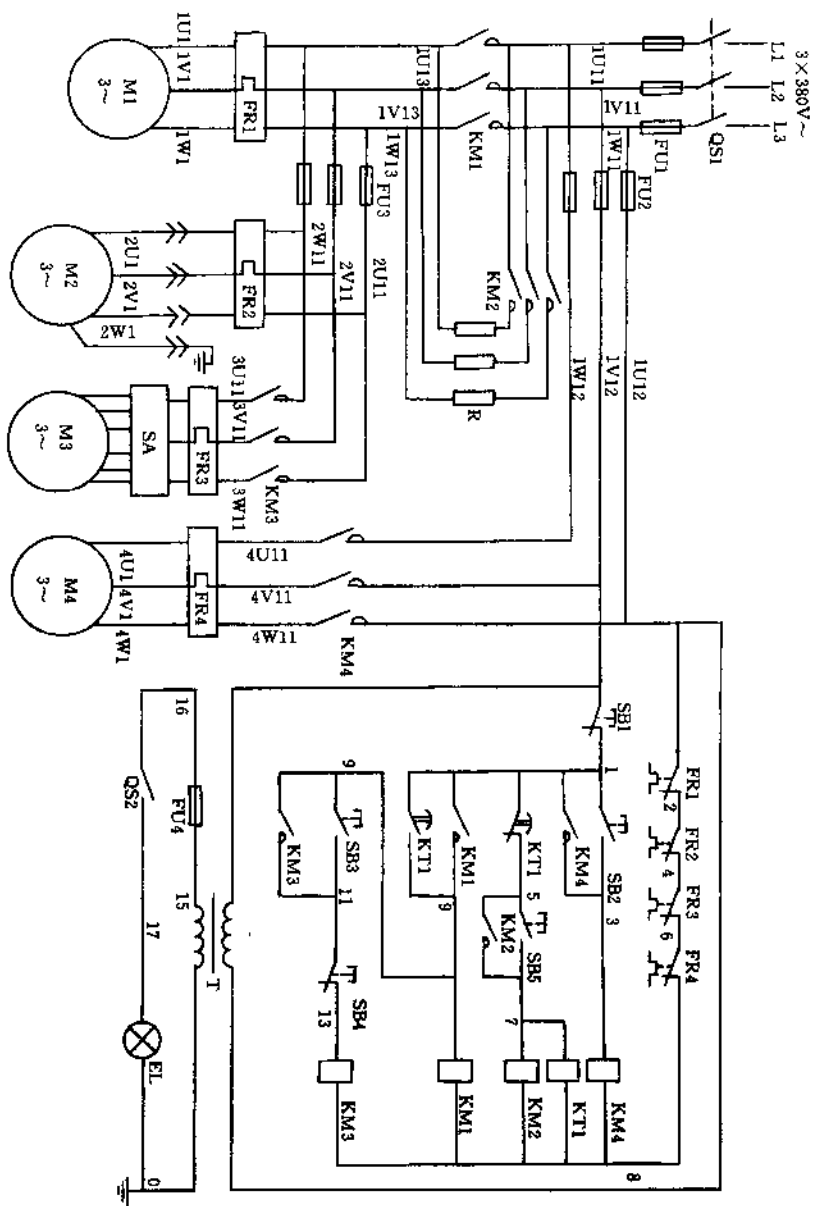


图 4-3 M135 型外圆磨床电气原理图

图 4-3 所示为 M135 型外圆磨床电气原理图。从图中可以看出，有四台交流电动机拖动，每台电动机均有热继电器进行过载保护。主电动机 M1 为串电阻降压启动，时间由 KT 控制。当 M1 启动时，M2 同时启动。M3 为双速电机，由开关 SA 转换，并由接触器 KM3 进行控制。M135 型外圆磨床是较大型的机床，所以主电动机的功率是较大的，用来磨削较大型工件的外圆。

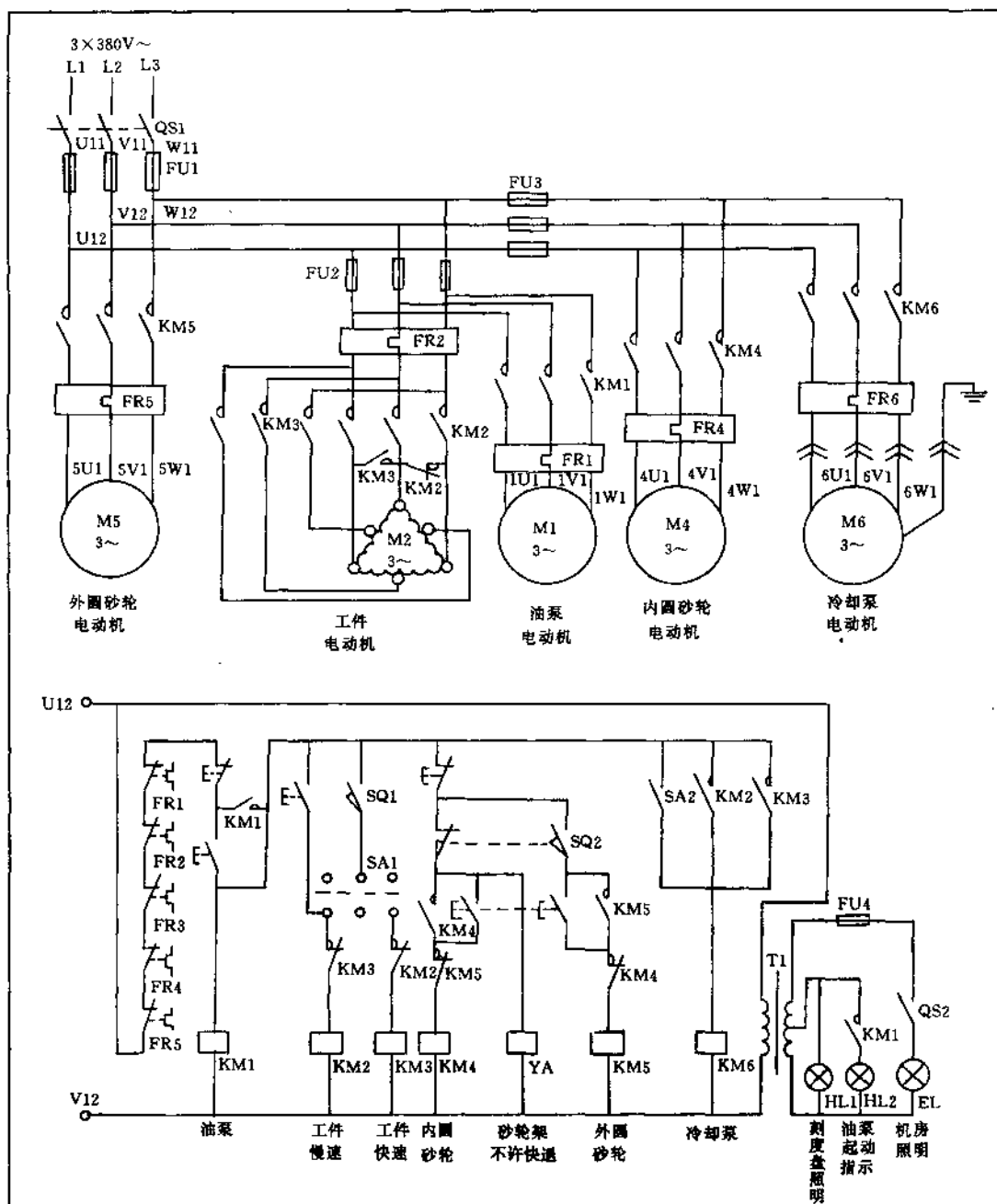


图 4-4 M1432A 型万能外圆磨床电气原理图

图 4-4 所示为 M1432A 型万能外圆磨床的电气原理图。从图中可以看出，在主电路中共有 5 台电动机，M1 为油泵电动机，M2 为工件电动机，M4 为内圆砂轮电动机，M5 为外圆砂轮电动机，M6 为冷却泵电动机。全部电机均有热继电器作为过载保护。工件电动机为双速电机，由接触器 KM2 和 KM3 进行转换，KM3 吸合时为高速，KM2 吸合时为低速。其他电动机均为单向起动控制电路。

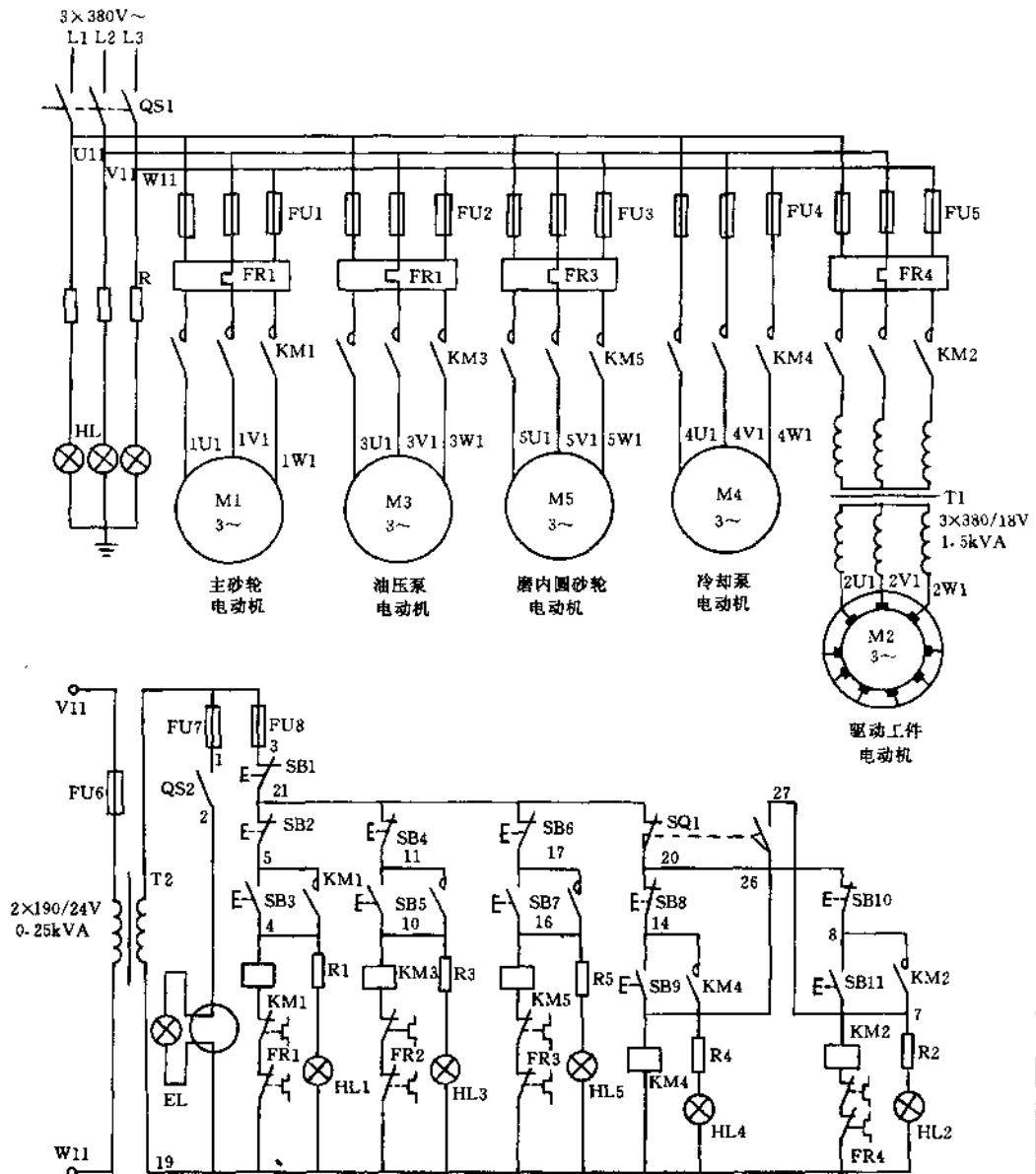


图 4-6 KU250/750 型万能磨床电气原理图

图 4-6 所示为 KU250/750 型万能磨床电气原理图。从图中可以看出，主电路中有 5 台电机，M1 为主砂轮电动机，M2 为驱动工件电动机，M3 为油泵泵电动机，M4 为冷却泵电动机，M5 为磨内圆砂轮电动机。M2 为无级变速电机，是经转子馈电的三相整流子电机，调节炭刷的位置即可改变电机的转速。还需说明一点，全部指示灯都串有电阻，以降低电压。

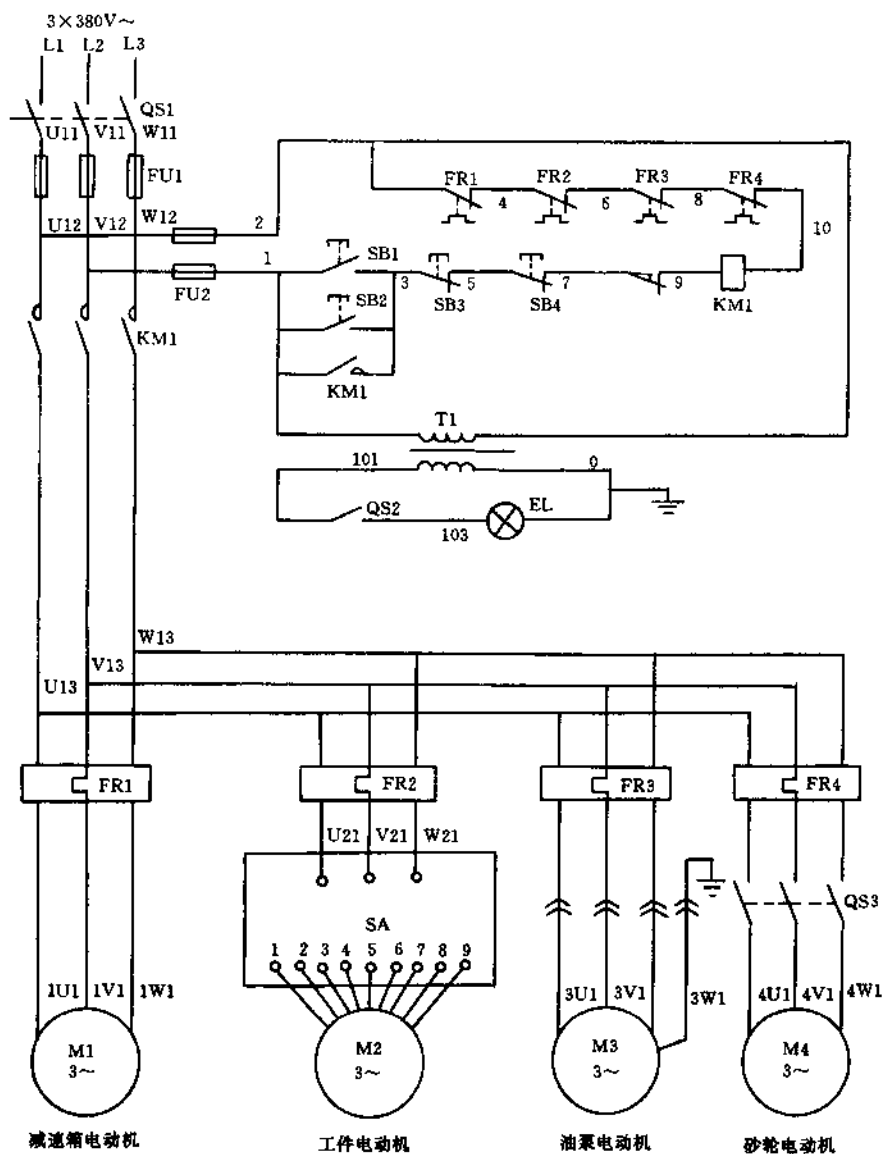
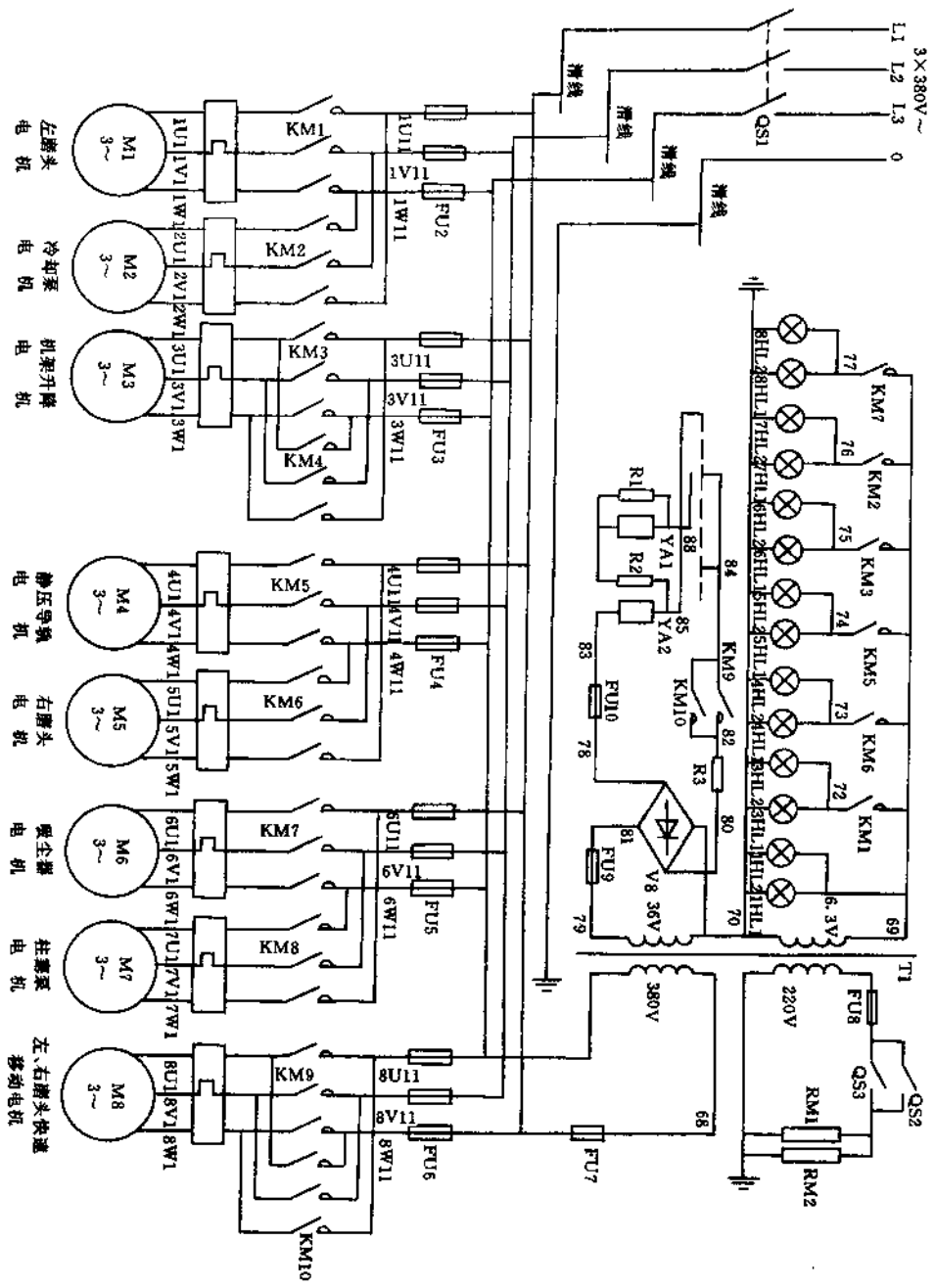


图 4-7 Y7131 型齿轮磨床电气原理图

图 4-7 所示为 Y7131 型齿轮磨床电气原理图。从图中可以看出，主电路中有 4 台电机，M1 为减速箱电动机，M2 为工件电动机，M3 为油泵电动机，M4 为砂轮电动机。四台电机均由接触器 KM1 控制，所以控制回路特别简单。而 M2 为滑差电动机，用三速开关 SA 变换转速。四台电动机均有热继电器作过载保护。

说明见图 4-9。

图 4-8 M5080 型导轨磨床电气原理图 (1)



说明见图 4-9。

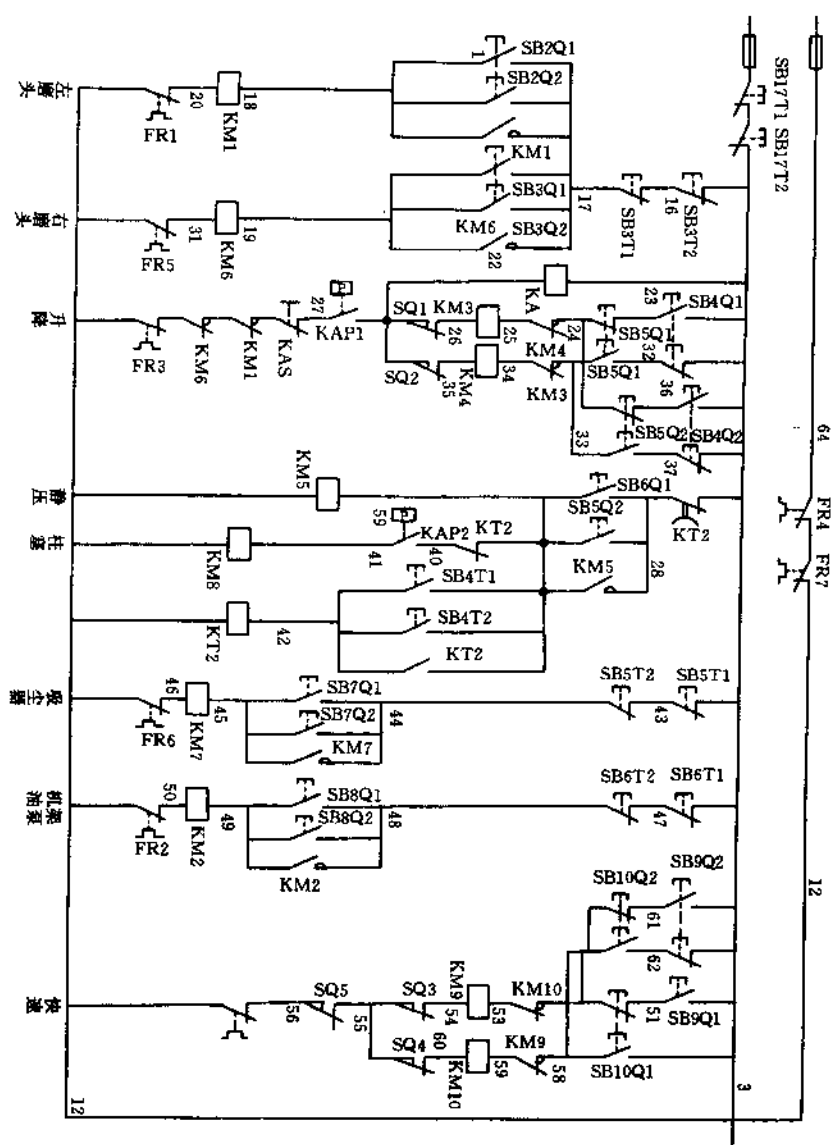


图 4-9 M5080 型导轨磨床电气原理图 (2)

图 4-8、图 4-9 中所示为 M5080 型导轨磨床的电气原理图。导轨磨床身极长，大部分电气件在移动床架上，所以采用很长的滑线，对滑线的结构一定要设计好。导轨磨床所使用的电机较多，从图中可以看到共有九台电动机，都有熔断器和热继电器作短路和过载保护之用。除 M3 和 M8 为可逆转控制电路外，其他 6 台电机均为单向启动控制电路。从图 4-9 中可以看出，机架油泵电机、吸尘器电机、左右磨头电机为两地操作设计，机架升降和左右磨头快速移动电机控制接触器均有按钮和辅助触点联锁，并有限位开关作终端保护。

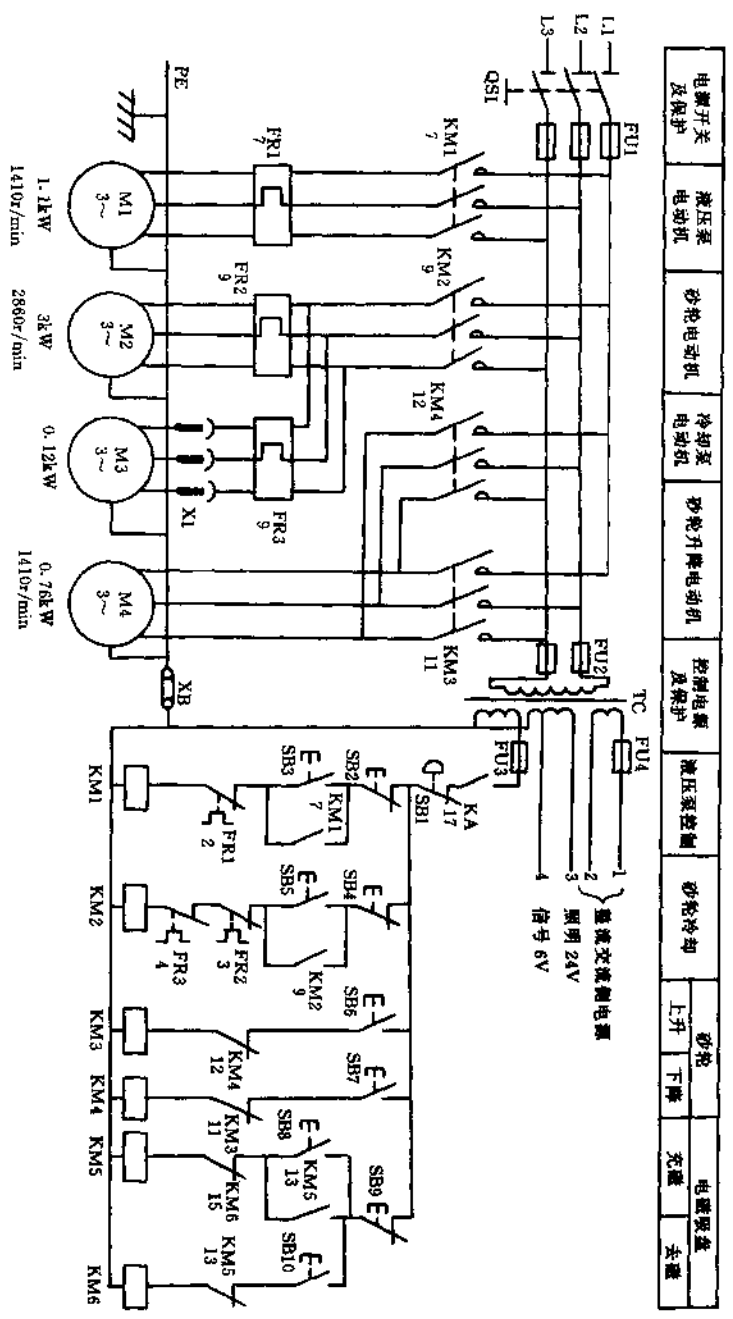


图 4-10 M7120 型平面磨床电气原理图 (1)

图 4-10 所示为 M7120 型平面磨床的电气原理图。主电路中 共有 4 台电动机, M1 为液压泵电动机, M2 为砂轮电动机, M3 为冷却泵电动机, M4 为砂轮升降电动机。M1、M2、M3 均有过载

保护, 由接触器 KM1、KM2 控制, 为单向启动控制电路。而 M4 是可逆运转的, 由接触器 KM4、KM3 控制, 为点动控制电路。

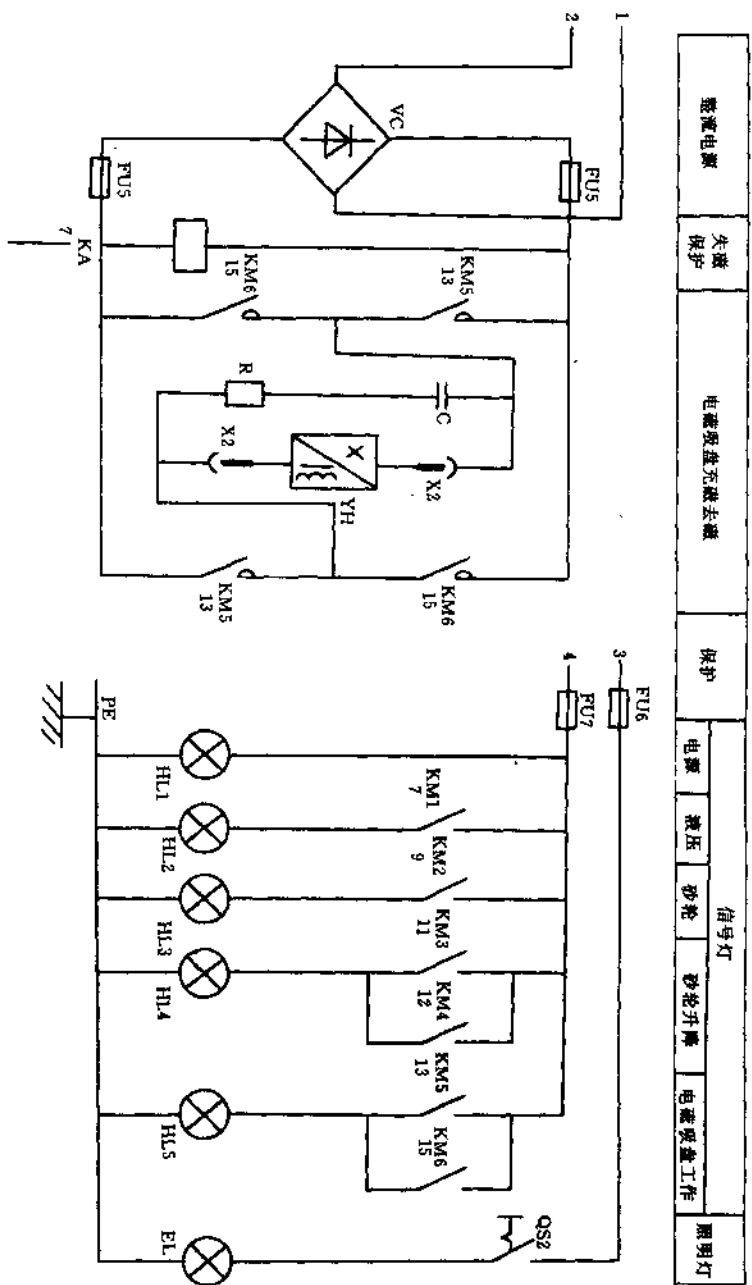


图 4-11 M7120 型平面磨床电气原理图 (2)

图 4-11 中所示为 M7120 型平面磨床的电磁吸盘电路和指示灯电路,从图中可以看出:当接触器 KM5 吸合时,电磁吸盘有磁,用以将工件吸牢在工作台上,保证磨削时工件不致飞出。当磨削完毕后, KM6 吸合,使吸盘退磁,由点动电路的按钮 SB 10 控制,

去磁后即放松 SB 10, 以免反向定磁。要强调说明一点,在吸盘 YH 有磁后,继电器 KA 吸合,在图 4-10 中的控制电路才能工作,砂轮等电机才能起动。以保证安全。

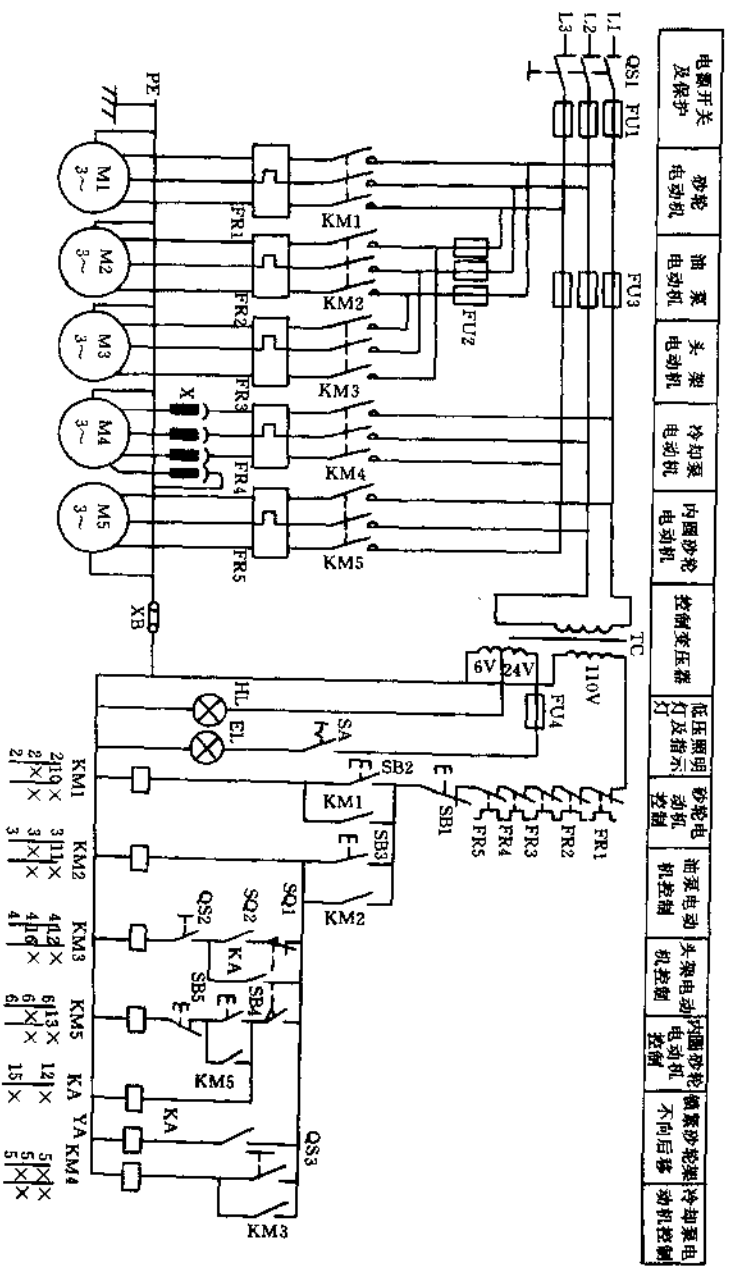


图 4-13 M131W 型万能外圆磨床电气原理图

图 4-13 所示为 M131W 型万能外圆磨床电气原理图。从图中可以看出共有 5 台电动机, M1 为砂轮电动机, M2 为油泵电动机, M3 为头架电动机, M4 为冷却泵电动机, M5 为内圆砂轮电动机。由接触器 KM1、KM2、KM3、KM4、KM5 分别控制 M1、M2、M3、M4、M5。5 台电动机均有过载保护。头架电动机有极限控制。继电器吸合时, YA 有电, 锁紧砂轮架不向后移。

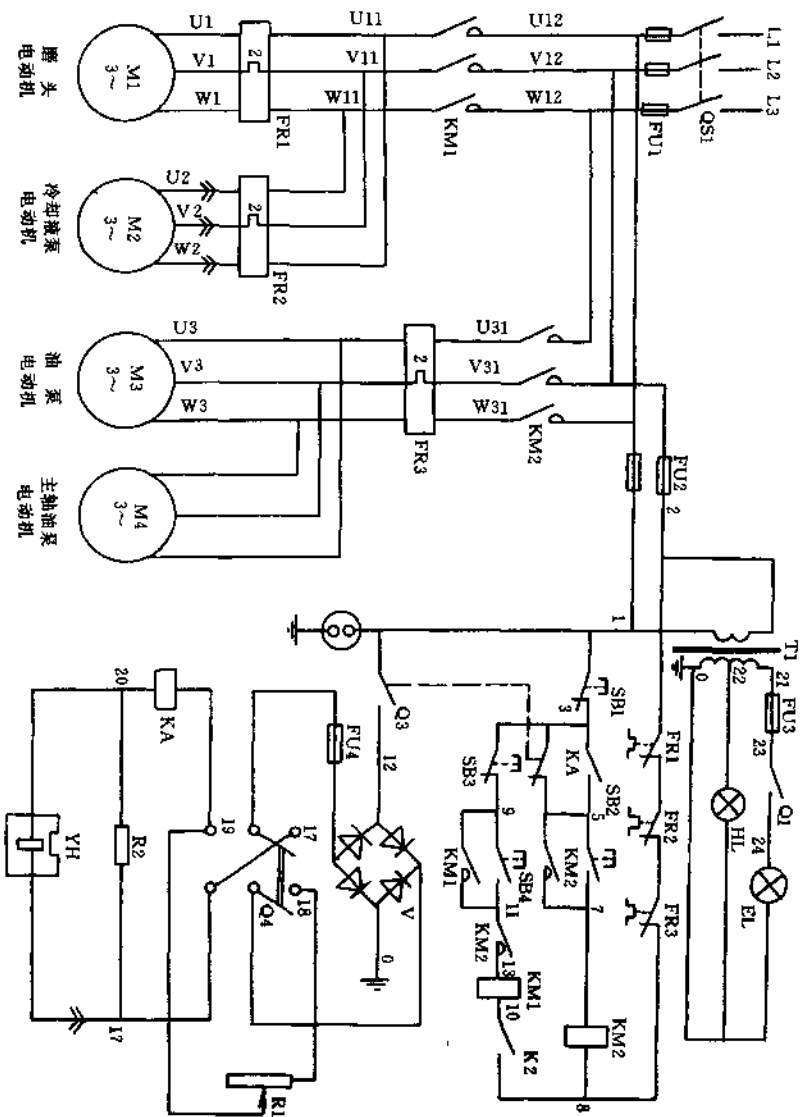


图 4-14 M7120A 型平面磨床电气原理图

图 4-14 所示为 M7120A 型平面磨床电气原理图。在图中可以看出分主电路和控制回路两部分。在主电路中有 4 台三相异步电动机, M1 为磨头电动机, M2 为冷却泵电动机, M3 为油泵电动机, M4 为主轴油泵电动机。熔断器 FU1 起主电路的短路保护作用。热继电器 FR1、FR2、FR3 起电动机 M1、M2、M3、M4 的过载保护作用。M1 和 M2 由接触器 KM1 控制, 同时启动和停止; M3 和 M4 由接触器 KM2 控制, 同时启动和停止。

控制电路中有磁力吸盘电路, 由桥式整流器供以直流电流, 使吸盘体具有磁性, 成为磁力夹具来固定加工工件, 具有夹紧迅速、不损伤工件、工作效率高、一次能吸牢多个小工件等优点。用转换开关来变换直流电压的方向, 从而打乱磁分子的排列, 达到退磁的目的。电阻 R1 是限流电阻, R2 用作释放工作台在切断电源的瞬间所产生的反电势的通路。

电流继电器 KA 的作用是当吸盘有电时, 才能启动电动机, 以保证安全。

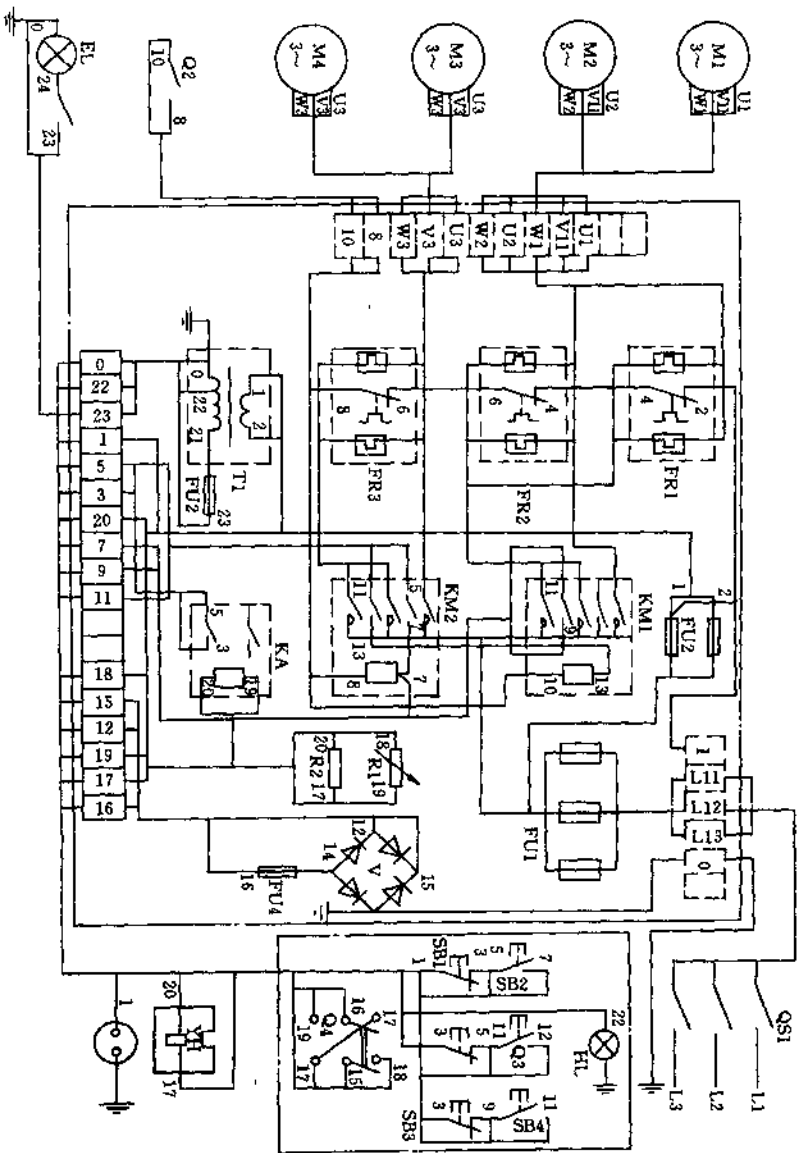


图 4-15 M7120A 型平面磨床电气接线图

图 4-15 所示为 M7120A 型平面磨床电气接线图。在接线图中 关和按钮、照明灯等均在配电板外机床的适当部位。配电板引出线 可以看出接触器、熔断器、继电器、变压器、热继电器、整流装置 均经过端子板连接。接线图是根据原理图来绘制的，但是它更接近 等均在配电板上，而电动机、总电源开关、电磁吸盘、操纵开 于实物，是配线、布线等项施工中的依据。

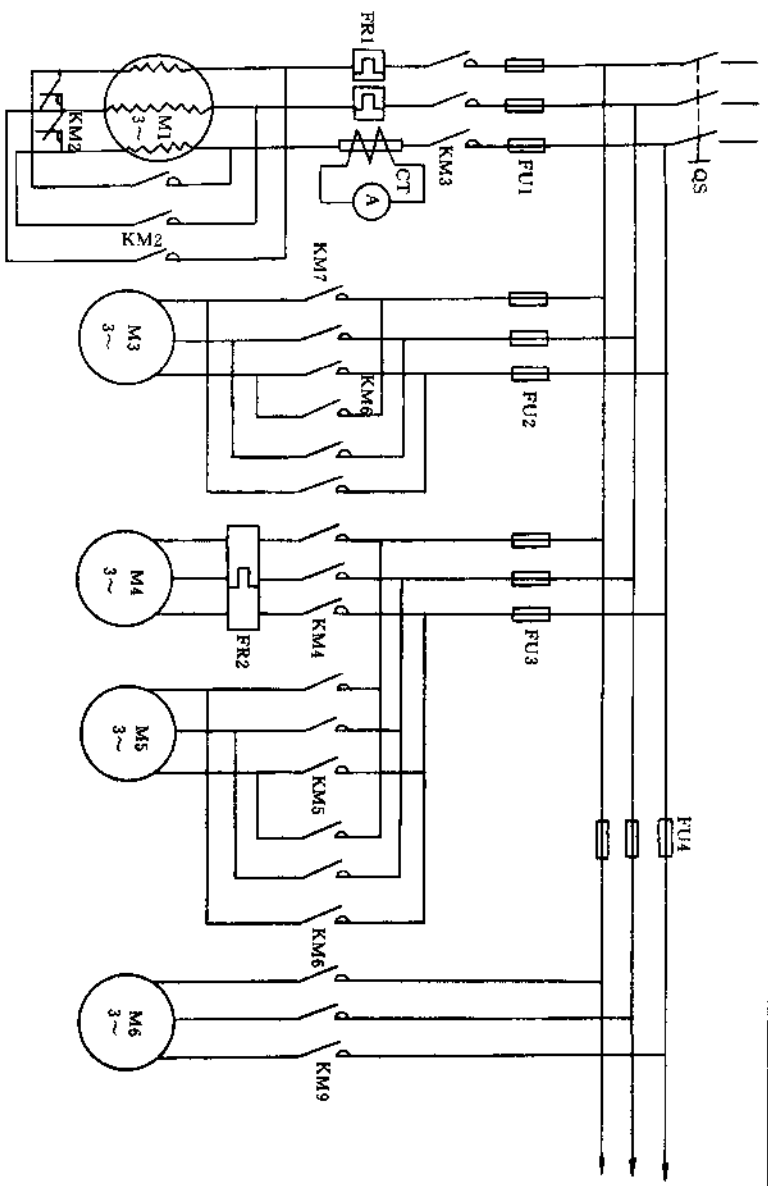


图 4-16 M7475 型立轴圆台平面磨床电气主电路

图 4-16 所示为 M7475 型立轴圆台平面磨床电气主电路。M7475 型立轴圆台平面磨床，系圆形电磁工作台、立式磨头，采用砂轮端面进行磨削的高效率平面磨床，主要用来粗磨毛坯或磨削一般精度的工件，适宜于成批生产使用。

从图中可以看出，共有五台电动机。M1 为磨头电动机，M3

为工作台移动电动机，M4 为工作台旋转传动电动机，M5 为磨头升降传动电动机，M6 为冷却泵电动机。均有熔断器作短路保护。M1 为星形联接起动，三角形联接运行，并有电流表指示电流。M1 和 M4 有过载保护。

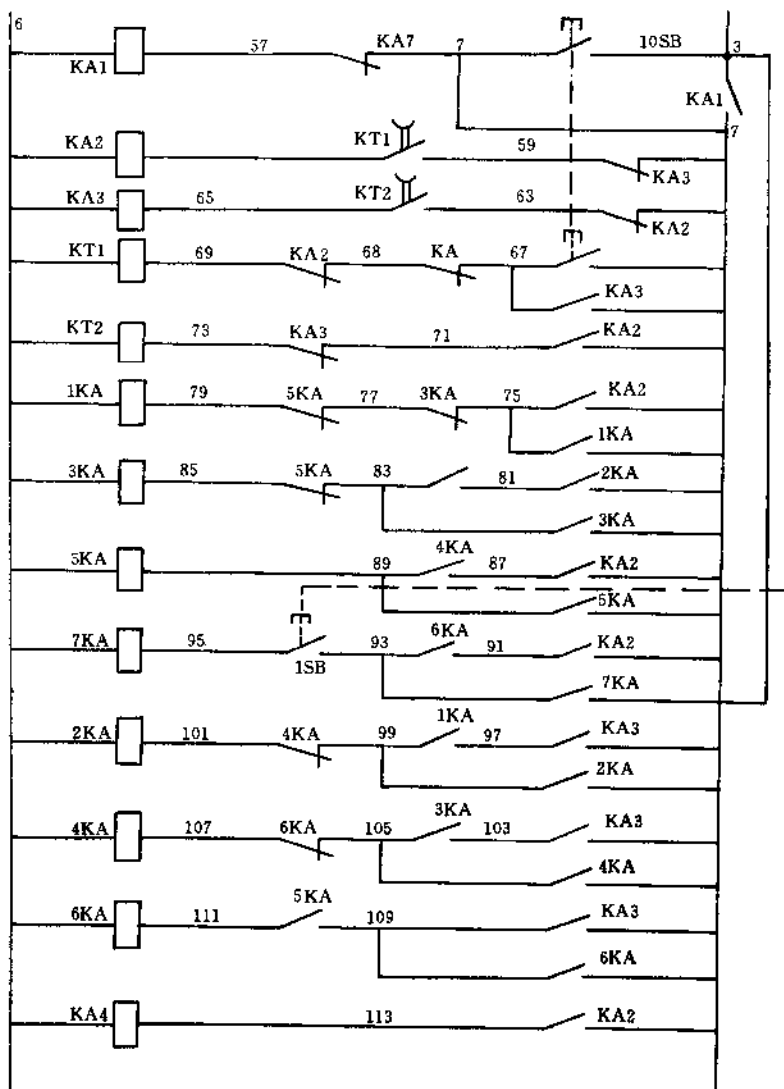


图 4-18 M7475 型立轴圆台平面磨床的退磁控制电路

图 4-18 所示是 M7475 型立轴圆台平面磨床的退磁电路。当工件磨好后，需要退磁时，退磁继电器动作，正、反接吸盘电源，能将吸盘磁分子打乱，并逐步串入越来越大的电阻，达到退磁并且是良好退磁之目的。退磁电路动作过程见图 4-18~图 4-25。

按下按钮 10SB，继电器 KA1 接通，砂轮电动机 M1 和旋转工作台电动机 M4 停止运转，指示灯 EL2 发光表示退磁。

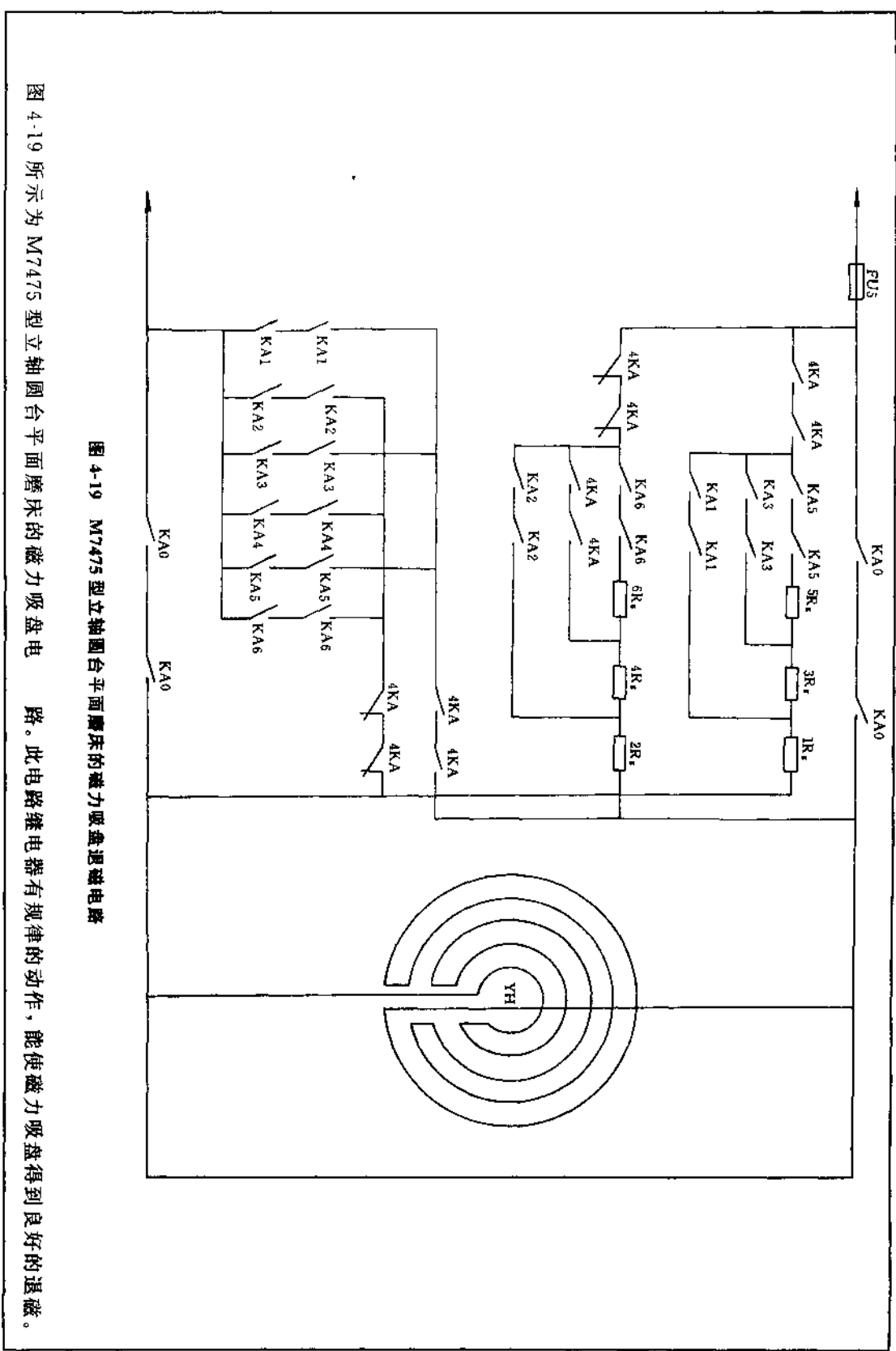


图 4-19 M7475 型立轴圆台平面磨床的磁力吸盘退磁电路

图 4-19 所示为 M7475 型立轴圆台平面磨床的磁力吸盘退磁电路。此电路继电器有规律的动作，能使磁力吸盘得到良好的退磁。

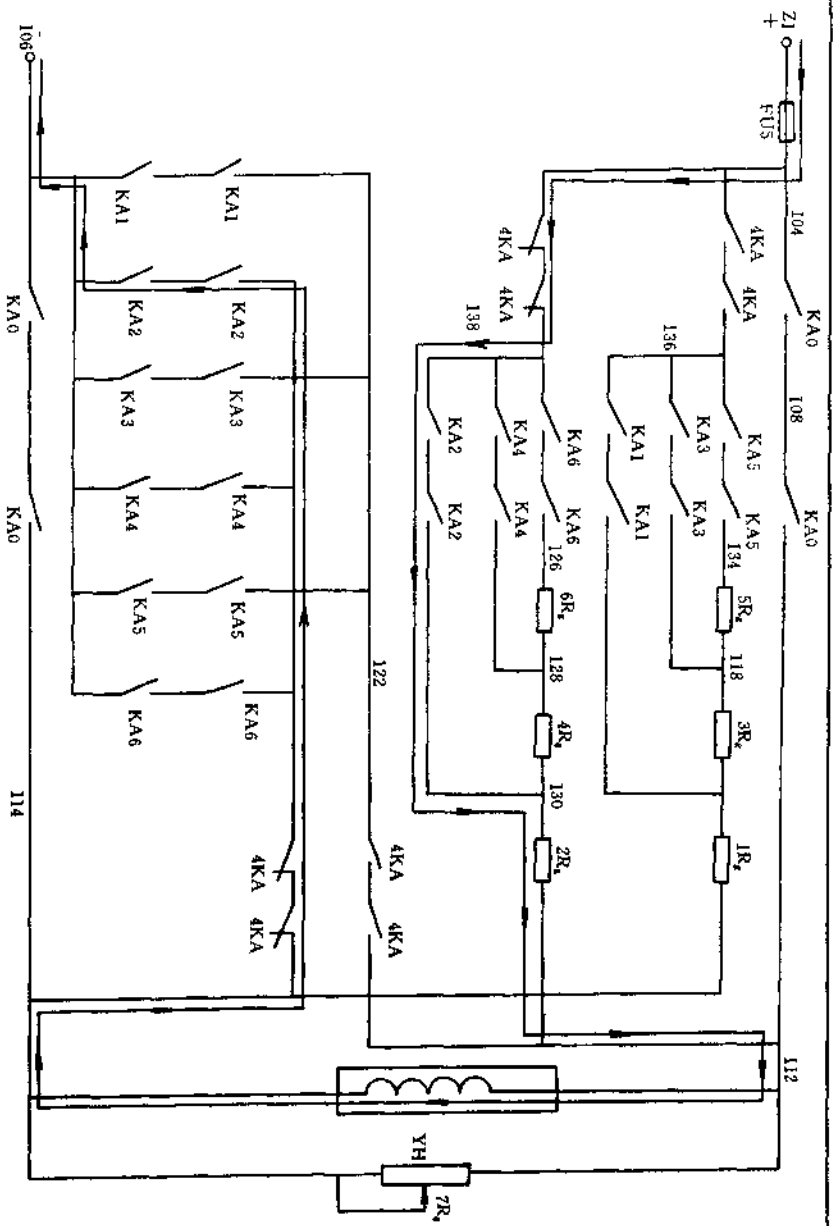


图 4-21 M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (2)

时间继电器KT1经过一定的时间延时(在1.5s左右),时间继电器KT1的延时打开的常开触点延时打开,继电器KA2、KA4释放,继电器KA3的线圈得电,此时继电器KA1的常开触点已接通(97—99),继电器KA3的常开触点接通(3—97),继电器KA2也接通,时间继电器KT1的线圈又得电,时间继电器KT1

的延时打开的常开触点闭合,接通(59—61),时间继电器KT2开始延时,时间继电器KT2的延时打开的常开触点将延时打开。此时由微吸盘XP又正接,并串入 $2R_g$ 电阻(此电阻 $2R_g > 1R_g$,吸盘此时电源电压又降低)。

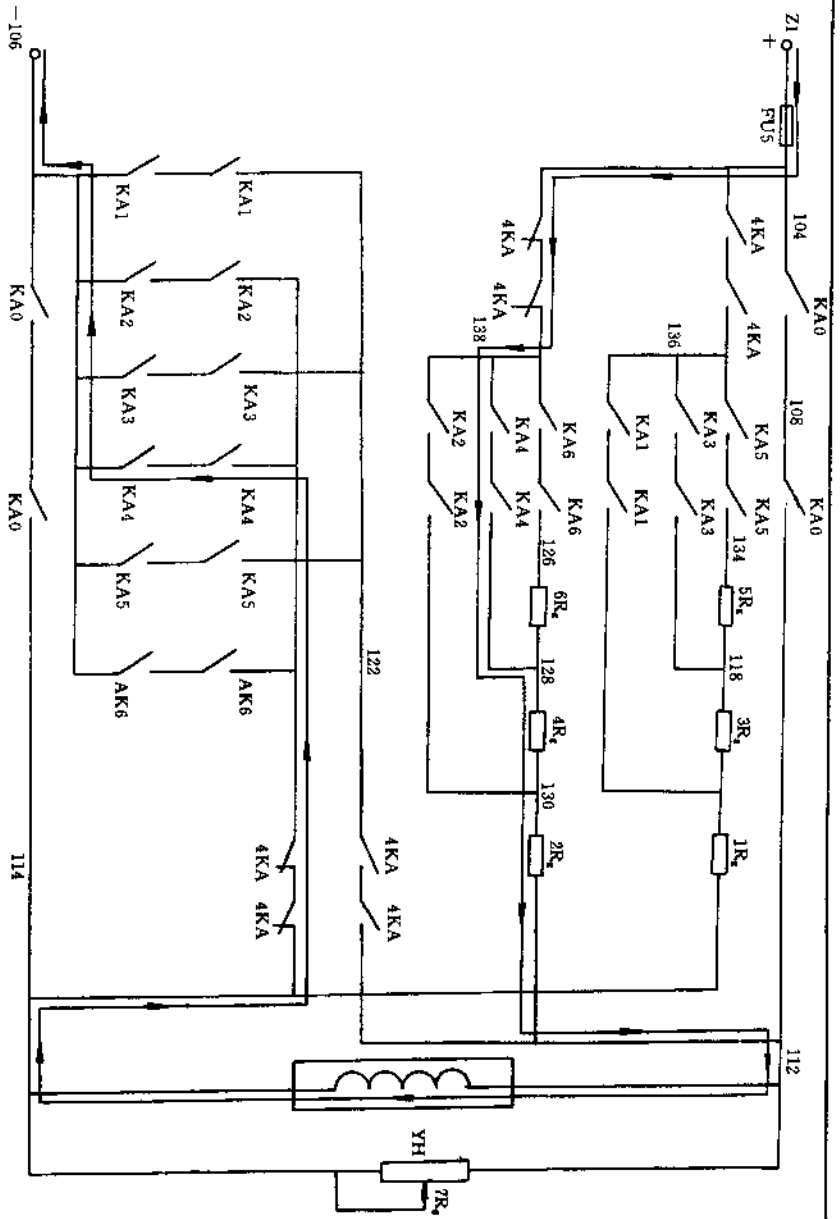


图 4-23 M7475 型立轴圆台平面磨床磁力吸盘退磁电路 (4)

时间继电器 KTI 经过一定的延时后 (在 1.5s 左右), 时间继电器 KTI 的延时打开的常开触点打开 (59—61), 则继电器 KA2 释放, 其常开触点打开 (7—113), 继电器 KA4 释放, 继电器 KA2 的常闭触点接通 (7—63)、(68—69), 则继电器 KA3 的线圈得电, 继电器 KA3 的常开触点闭合, 接通 (7—103), 此时继电器 KA3

未释放, 所以继电器 KA4 接通, 其常闭触点接通 (7—67), 时间继电器 KTI 接通, 其延时打开的常开触点速合, 接通 (59—61), 因为继电器 KA2 释放, 所以继电器 KA2 的常开触点断开 (7—71), 时间继电器 KTI 开始延时, 此时将电磁吸盘 XP 正接, 并串入电阻 $2R_g$ 、 $4R_g$ 。

图 4-18~图 4-25 所示为 M7475 型立轴圆台平面磨床退磁电路的动作过程。不难看出，继电器 KA3 的常开触点通电（7—67），时间继电器 KT1 的线圈得电，其延时打开的常开触点速合，接通（59—61），当时时间继电器 KT2 的常开触点速合，其常开触点（63—65），继电器 KA3 释放，其常开触点速合，接通（7—59），则继电器 KA2 吸合，其常开触点速合，又已接通（91—93），所以继电器的常开触点又已接通（91—93），继电器 KA7 吸合，其常开触点速合（7—57），继电器 KA1 释放，其常开触点速合，退磁过程结束。

从以上的动作过程中可以看到磁力退磁，且顺序串入电阻值递增的电阻，则进行磁力退磁的目的。电压逐级减小，从而达到退磁的目的。

电压逐级减小，使反充磁的可能减小，从而能良好退磁。在此退磁的过程中，关键就是时间继电器 KT1、KT2 的运用，而且要注意一点就是时间继电器它是速合的，在失电时才延时打开这一特点，在电路中使继电器 KA1、KA2、KA3、KA4、KA5、KA6 各依次动作，以满足退磁电路动作的要求。

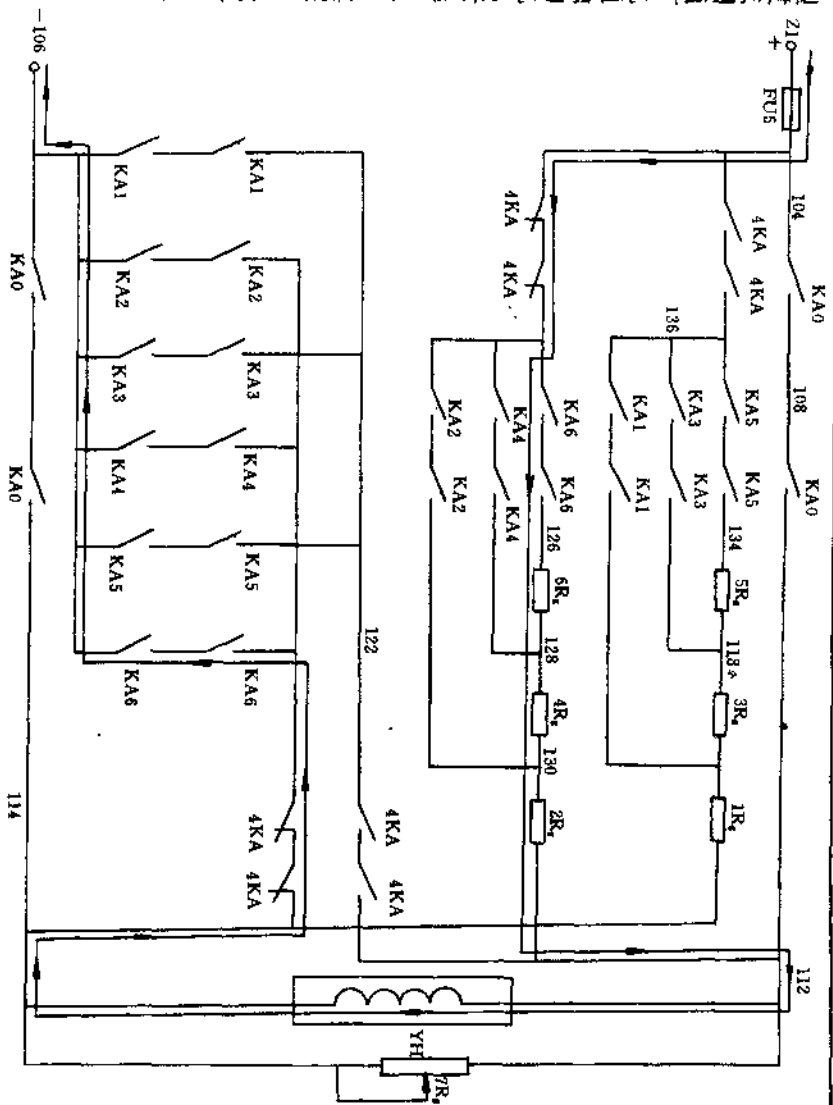


图 4-25 M7475 型立轴圆台平面磨床磁力退磁电路 (6)

时间继电器 KT1 经过一定的延时后（在 1.5s 左右），其延时打开的常开触点打开（59—61），则继电器 KA2 释放，其常开触点打开（7—113），则继电器 KA4 释放，继电器 KA2 的常开触点闭合，接通（7—63），则继电器 KA3 接通，其常开触点闭合，接

通（7—109），又继电器 KA5 的常开触点已接通（109—111），所以继电器 KA6 的线圈得电，并由其常开触点自锁，其常开触点断开（105—107），则继电器 KA4 释放，此时磁力吸盘 XP 又正接，并串入 $2R_s$ 、 $4R_s$ 、 $6R_s$ 。

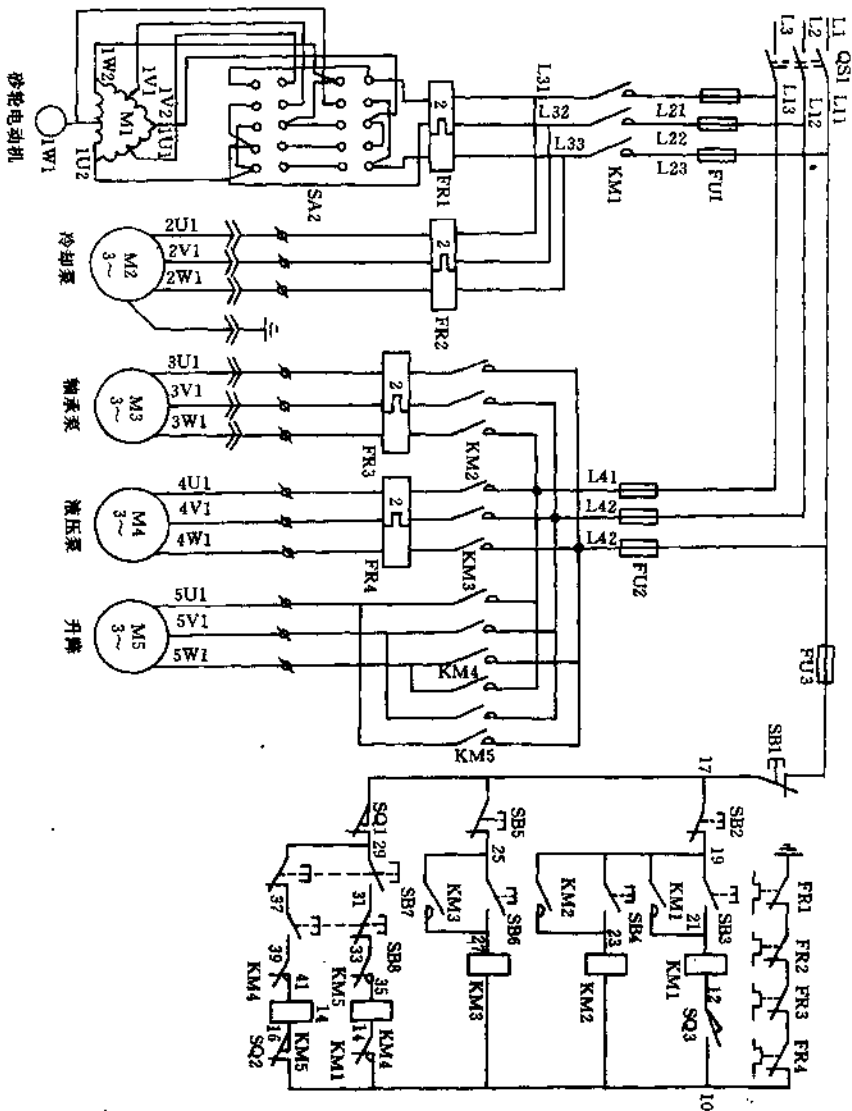


图 4-26 MM7120 型平面磨床交流拖动电气线路

图 4-26 所示为 MM7120 型平面磨床主电路和电机的控制电路。从图中可以看出主电路中有 5 台电动机，M1 为砂轮电动机，M2 为冷却泵电动机，M3 为轴承泵电动机，M4 为液压泵电动机，M5 为升降电动机。M1 为双速电动机，用变速开关 SA2 转换

速，电动机从△形联接变成双Y形联接，从 4 极变为 2 极。接触器 KM1 给 M1、M2 供电，KM2 给 M3 供电，KM3 给 M4 供电，KM4、KM5 使 M5 可逆转，FU1、FU2 和 FR1、FR2、FR3、FR4 对电动机进行短路和过载保护。

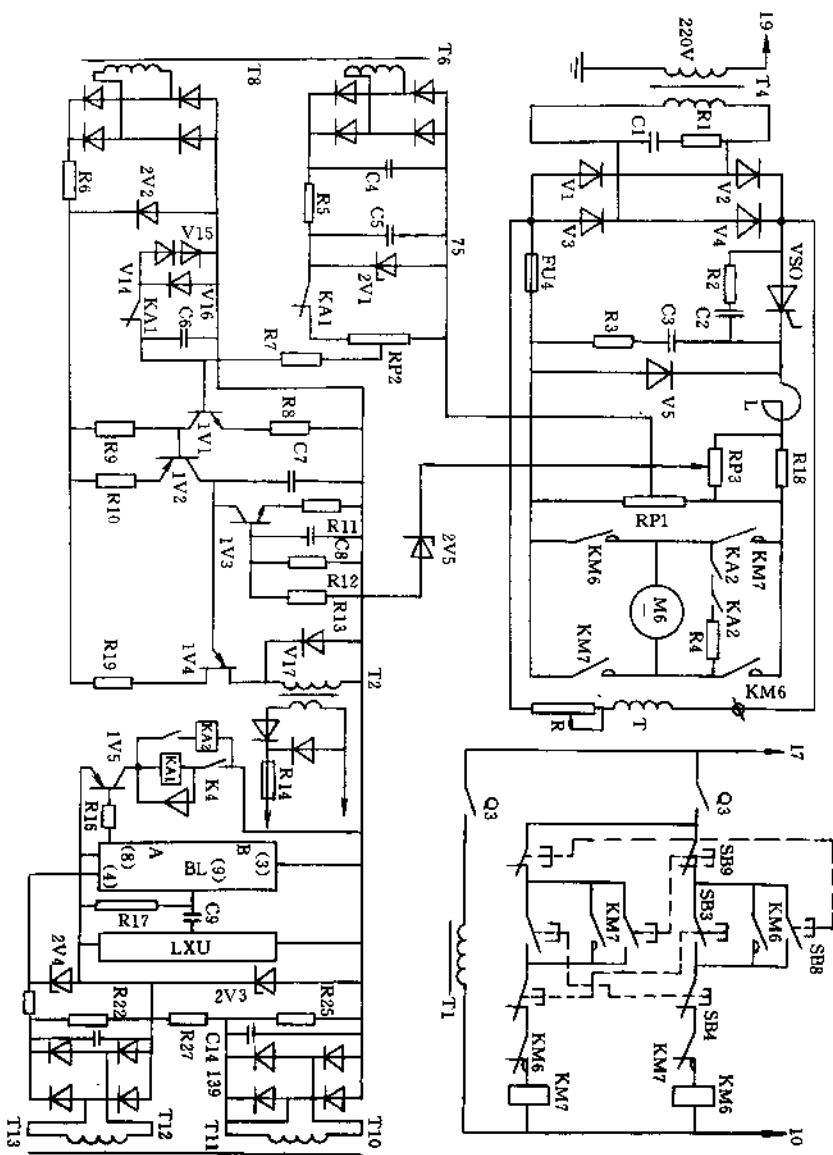


图 4-27 MM7120 型平面磨床横向进给电路

图 4-27 所示为 MM7120 型平面磨床横向进给电路。MM7120 平面磨床的横向进给，有连续进给和断续进给两种工作方式。横向进给采用晶闸管直流电动机调速，并用无触点行程开关控制断续进给。

从图 4-27 中可以看出，电动机的电源采用单相桥式整流电路 (V1~V4)，用晶闸管 (VSO) 控制输出直流电压的高低，单相桥式整流电路的输出是全波整流电压，输出直流电压的大小由 VSO 的导通角所决定。触发电路采用典型的单结晶体管触发电路。调节给定电压，就可调节横向进给的速度。电路中具有电流截止环节，以防止主电路的过电流。

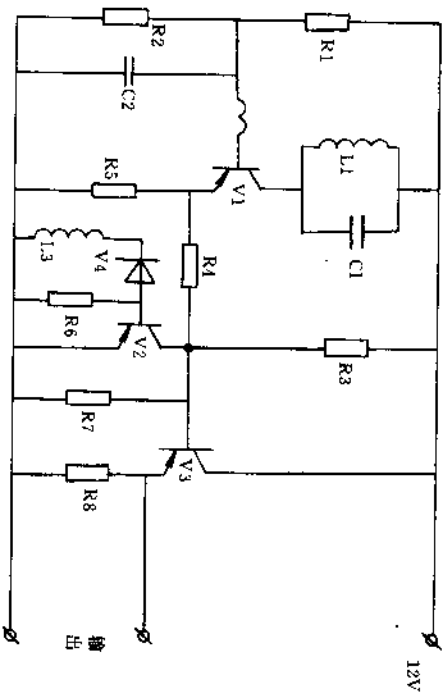


图 4-28 MM7120 型平面磨床无触点行程开关 LXXU 原理图

图 4-28 所示为 MM7120 型平面磨床无触点行程开关 LXXU 的原理图。从图中可以看出，电路由振荡器、放大器 and 射极跟随器三级组成，三极管 V1、电感、电容组成 LC 振荡器。V2 导通时 V3 截止，输出电压为零。当工作台的机械块通过 LXXU 时，振荡器停止，V2 截止，V3 导通，有电压输出，晶闸管导通，电动机转动，工作台横向进给。

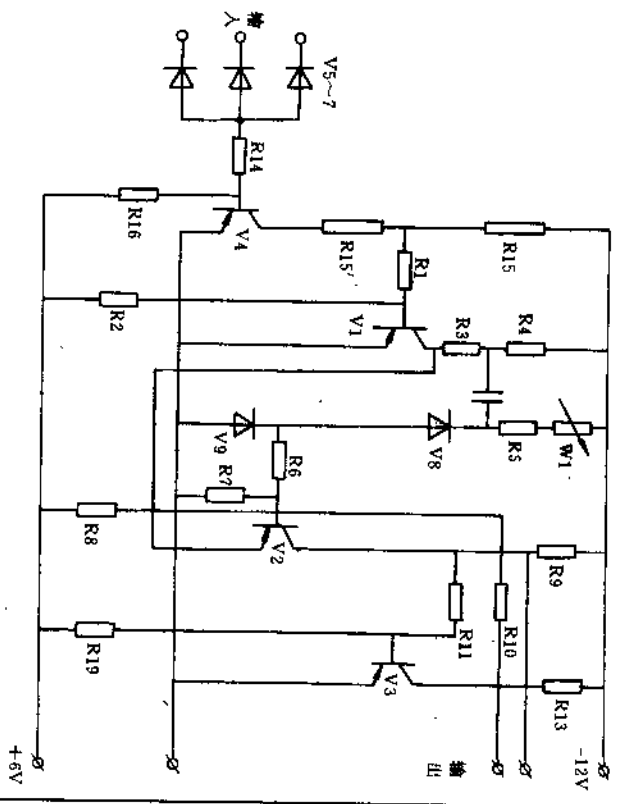


图 4-29 MM7120 型平面磨床 BL1—Y1 断开延时元件原理图

图 4-29 所示为一个逻辑元件，它也是一个晶体管延时电路。当输入端任何一端有负电压输入时，V4 导通，V1 截止，V2 截止，V3 导通，没有输出电压，电容充电。当输入端负电压消失时，V4 截止，V1 导通，V3 截止，输出端有负电压输出。阻容时间常数均有一定延时，并且可以调节。

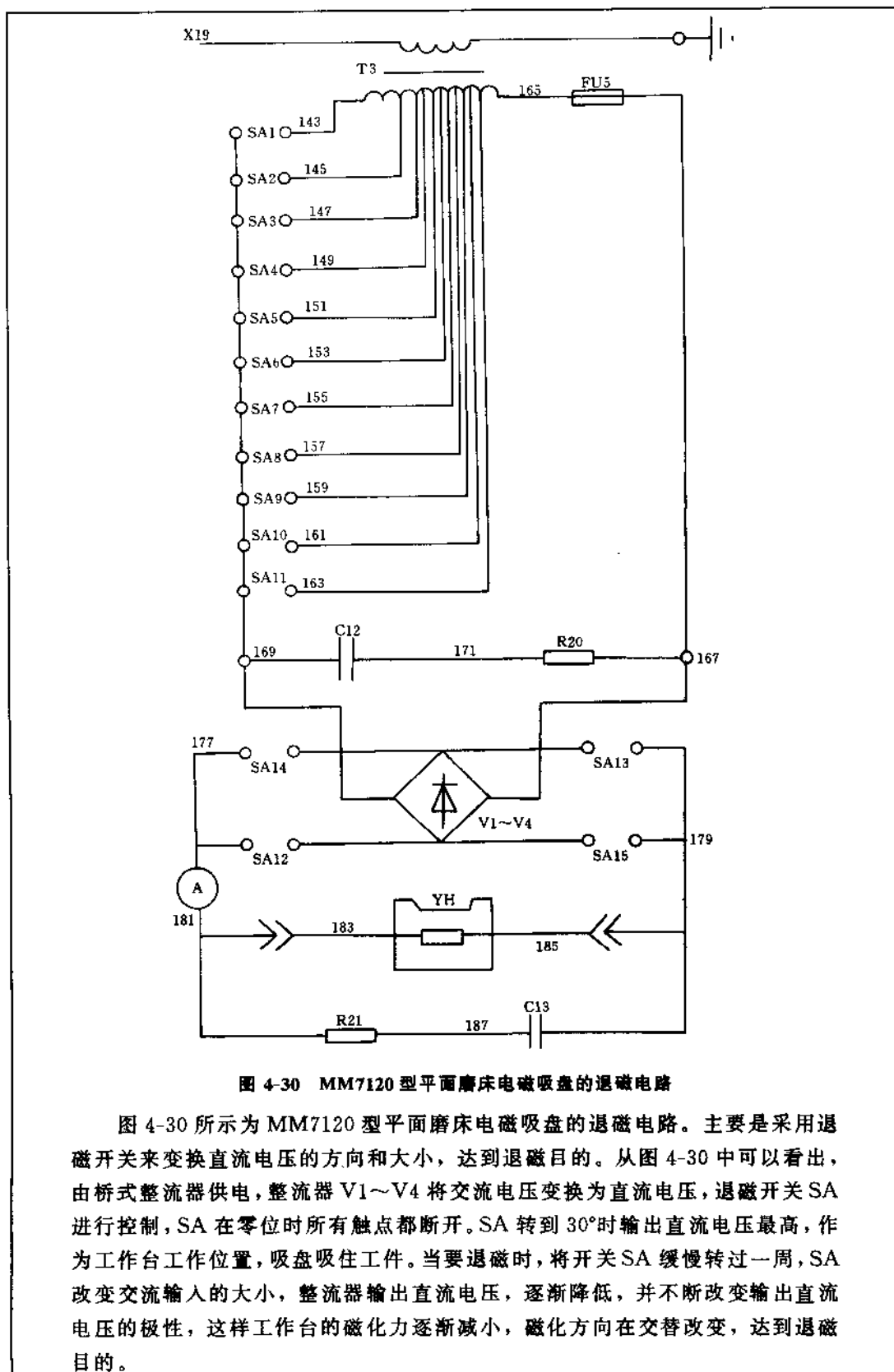


图 4-30 MM7120 型平面磨床电磁吸盘的退磁电路

图 4-30 所示为 MM7120 型平面磨床电磁吸盘的退磁电路。主要是采用退磁开关来变换直流电压的方向和大小，达到退磁目的。从图 4-30 中可以看出，由桥式整流器供电，整流器 V1~V4 将交流电压变换为直流电压，退磁开关 SA 进行控制，SA 在零位时所有触点都断开。SA 转到 30° 时输出直流电压最高，作为工作台工作位置，吸盘吸住工件。当要退磁时，将开关 SA 缓慢转过一周，SA 改变交流输入的大小，整流器输出直流电压，逐渐降低，并不断改变输出直流电压的极性，这样工作台的磁化力逐渐减小，磁化方向在交替改变，达到退磁目的。

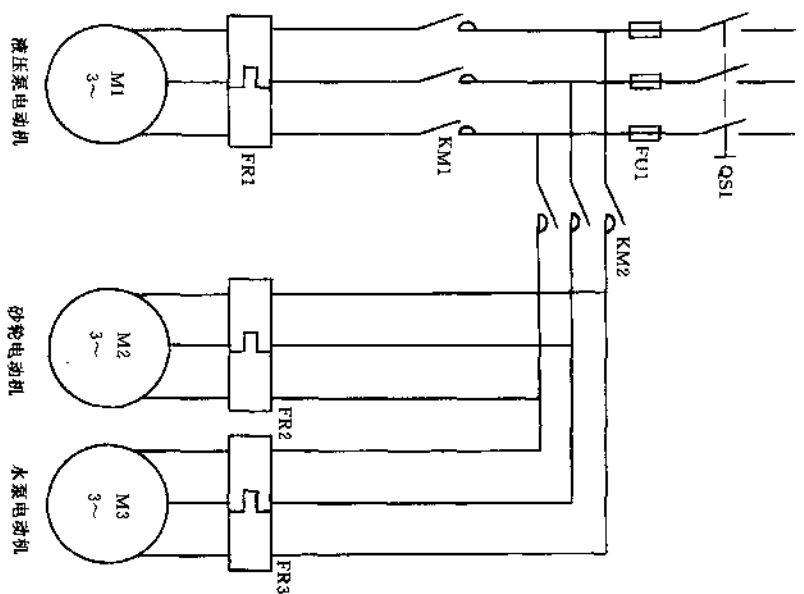


图 4-31 371M1 型平面磨床电气原理图

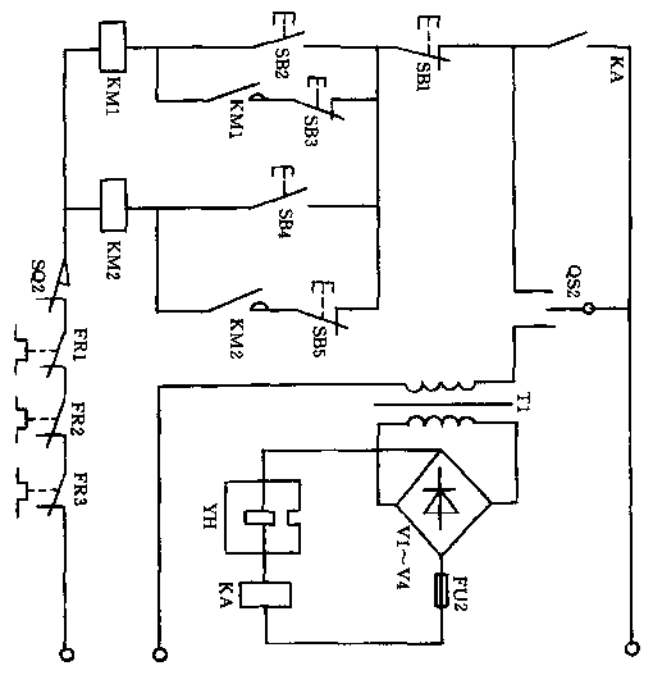


图 4-31 所示为 371M1 型平面磨床电气原理图，371M1 型磨床的电路比较简单，从图 4-31 中可以看出，主电路有 3 台电动机，M1 为液压泵电动机，M2 为砂轮电动机，M3 为水泵电动机。M1 由接触器 KM1 控制，M2、M3 由 KM2 控制，3 台电动机均有热

继电器进行过载保护。YH 为电磁吸盘，由整流器 V1~V4 供直流电，KA 为电流继电器，当吸盘有电时才能开动电机，当需要调整时，可将开关 QS2 进行转换。

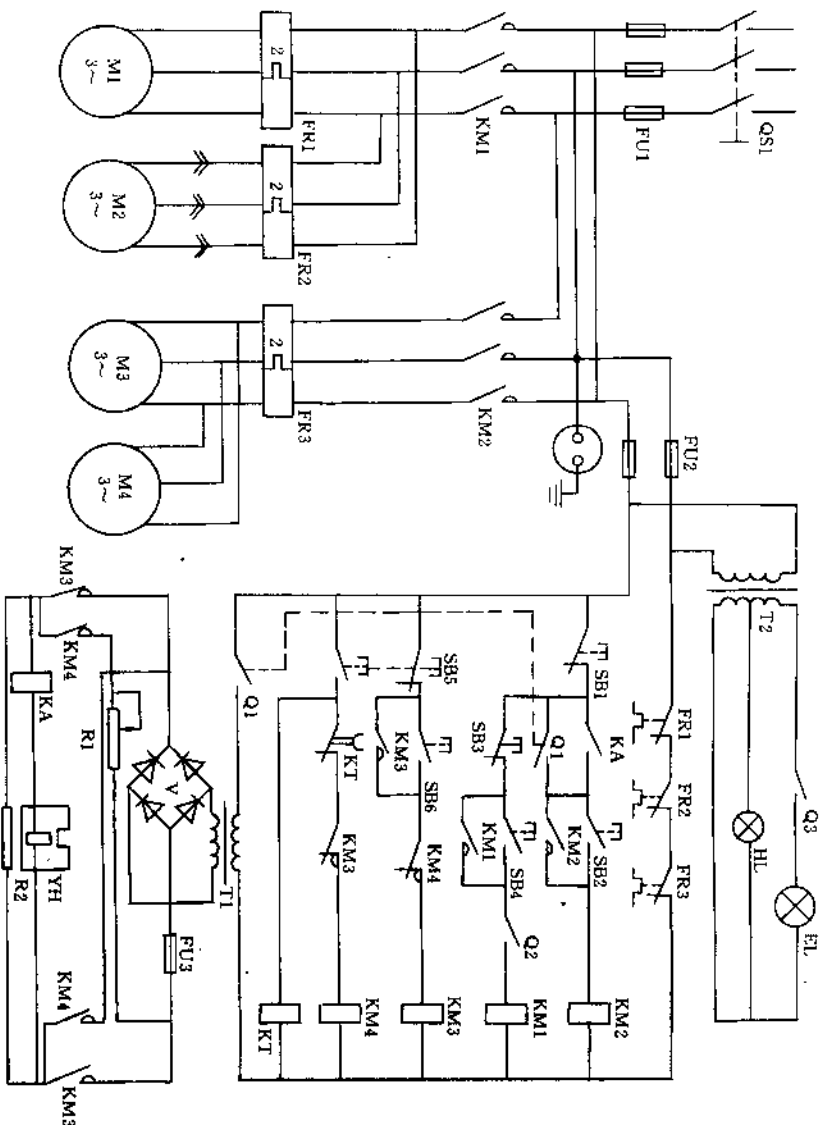


图 4-32 M7120A 型提高精度卧轴矩台平面磨床电气原理图

图 4-32 所示为 M7120A 型提高精度卧轴矩台平面磨床电气原理图。从图 4-32 中可以看出，主电路中有 4 台电动机，M1 为磨头电动机，M2 为冷却泵电动机，M3 为油泵电动机，M4 为主轴油泵电动机。M1、M2 由接触器 KM1 控制，M3、M4 由 KM2

控制。控制电路中有磁力吸盘电路，由桥式整流器供以直流电，由接触器 KM3、KM4 控制其极性。R1 为限流电阻，R2 用作释放工作台在切断电源的瞬间所产生的反电势的通路，KA 为电流继电器。只有在磁力吸盘有电时，才能启动电机。

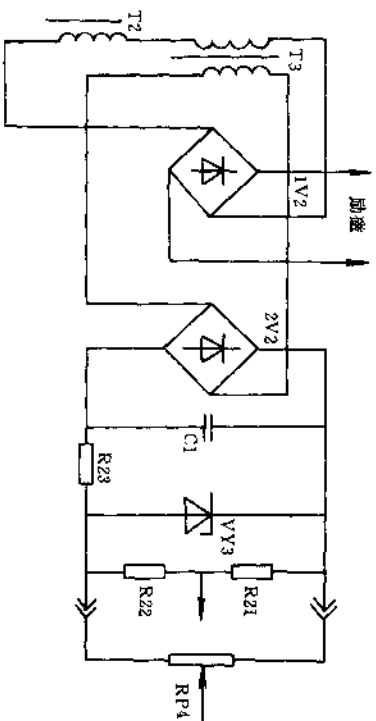


图 4-33 励磁和给定信号电路

图 4-33 所示为晶闸管无级调速系统的励磁和给定信号电路。从图 4-33 中可以看出, R 84 为调速电位器, 调节给定信号 $U_{\text{给}}$ 的大小。 $U_{\text{给}} \uparrow \rightarrow$ 触发信号 $\uparrow \rightarrow$ 晶闸管导通 \rightarrow 电机端电压 $U_{\text{t}} \uparrow \rightarrow n \uparrow$ 。反之 $U_{\text{给}} \downarrow \rightarrow n \downarrow$ 。 R 21、R 22 为分压电阻, VY3 起稳压作用, R 23 是稳压管 VY3 的负载电阻, C1 滤波。当 $i_{\text{q}} = 0$ 时 \rightarrow T3 原边 $i_{\text{t}} = 0 \rightarrow U_{\text{给}} = 0 \rightarrow U_{\text{t}} = 0 \rightarrow n = 0$ 。起到失磁保护作用。

当 $i_{\text{q}} \downarrow \rightarrow n \uparrow$, 但 T3 的 $i_{\text{t}} \downarrow \rightarrow U_{\text{给}} \downarrow \rightarrow$ 触发信号 $\downarrow \rightarrow U_{\text{t}} \downarrow \rightarrow n \downarrow \rightarrow$ 使之平衡达到补偿目的。

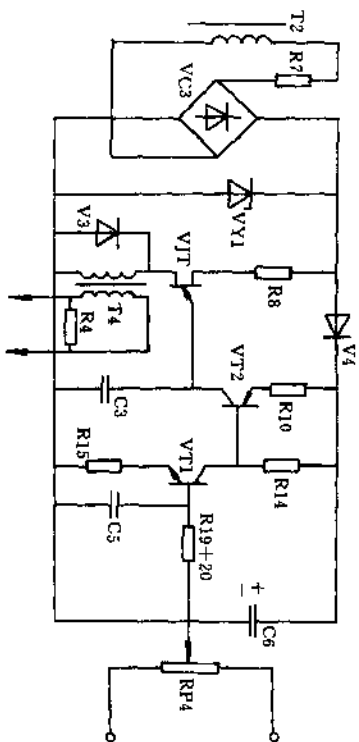


图 4-34 控制电路

图 4-34 所示为晶闸管无级调速系统的控制触发电路。由 RP4 来的综合信号 \rightarrow C5 滤波 \rightarrow VT1 导通 \rightarrow VT2 导通 \rightarrow C3 充电 \rightarrow 当充电到 U_{p} (VJT 的峰点电压) 时 \rightarrow VJT 导通 \rightarrow C3 放电 \rightarrow T4 输出脉冲 \rightarrow C3 放电至 VJT 的谷点电压时 \rightarrow VJT 截止 \rightarrow C3 又充电 \rightarrow 重复以上过程, T4 不断输出触发脉冲, 去触发主电路的晶闸管。

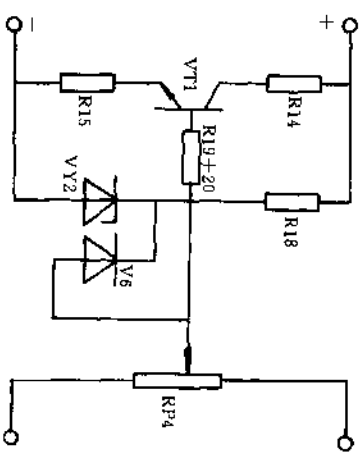


图 4-35 高速启动保护环节

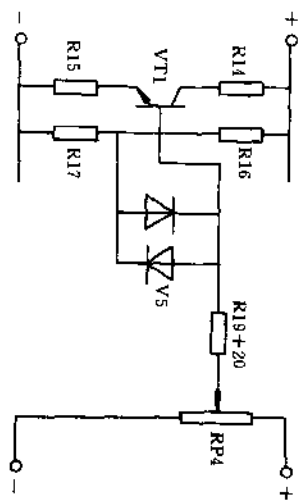


图 4-36 限幅环节

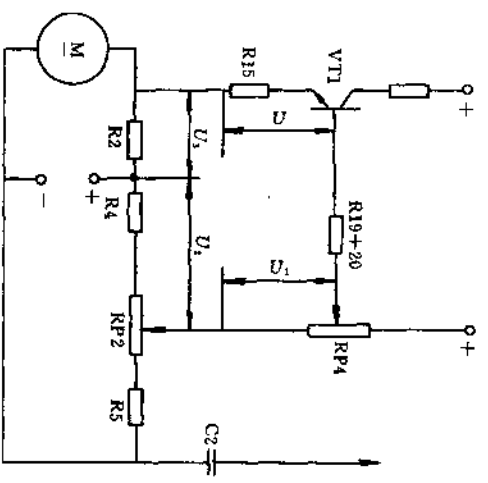


图 4-37 校正环节

图 4-35 所示为晶闸管无级调速系统的高速启动保护环节。当高速启动时，负反馈信号电压未建立起来，给定信号电压很大，综合信号中主要由给定信号电压决定，晶体管受到启动电流的冲击，所以加稳压管 VY2，又采用二极管 V6 作阻塞稳定用。当给定信号电压大于稳压管 VY2 的稳定电压时，稳压管就起保护作用，达到高速启动保护的目的。

图 4-36 所示为晶闸管无级调速系统的限幅环节。限幅环节由

电阻 R16、R17 和二极管 V5 构成，电阻 R16、R17 的分压比一定，所以三极管 VT1 的基—射极间的电压，即综合信号电压，就限制在一定范围内，从而克服三极管导通前的一段死区，达到保护三极管的目的。

图 4-37 所示是校正环节。校正环节的作用，一是使机械特性变软，二是使调整容易，电路简单且可靠。在校正环节中的电容 C2 起电压微分反馈作用。

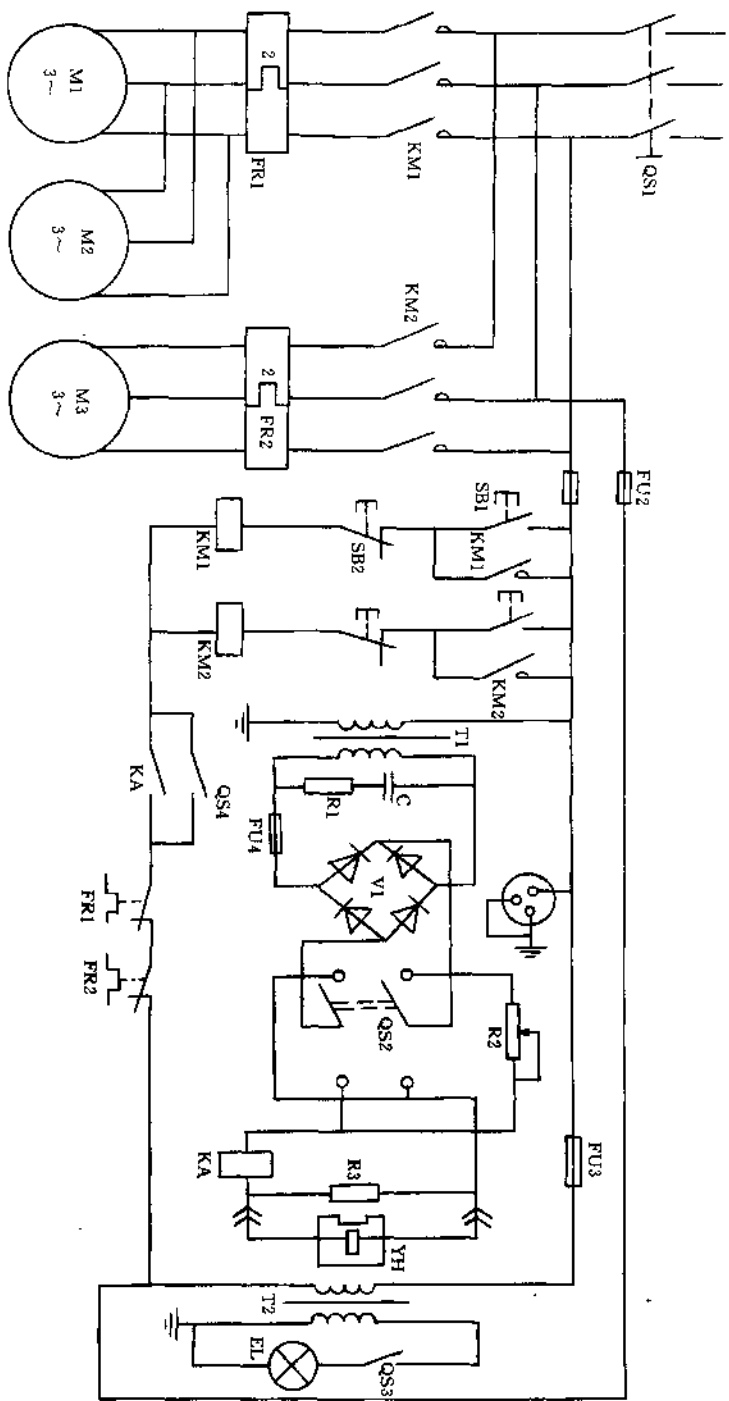


图 4-39 M7130 型卧轴矩台平面磨床电气原理图

图 4-39 所示为 M7130 型卧轴矩台平面磨床电气原理图。从图 4-39 中可以看出，主电路有 3 台电动机 M1、M2、M3，M1 和 M2 由接触器 KM1 控制，M3 由 KM2 控制，并设计有吸盘电路，电

磁吸盘 YH 由整流器 V1 供电，开关 QS2 可以改变直流电的极性，作为退磁使用。电流继电器 KA 起保护作用，开关 QS4 作调整用。

电源保护	电源开关	油泵电机	外磨电机	内磨电机	冷却架	床头电机	控制变压器	电源及工作灯	急停和油泵启动	内、外磨	冷却架	床头电机	尾架伸缩		
								手轮灯			单操	集操	集操	单操	点动

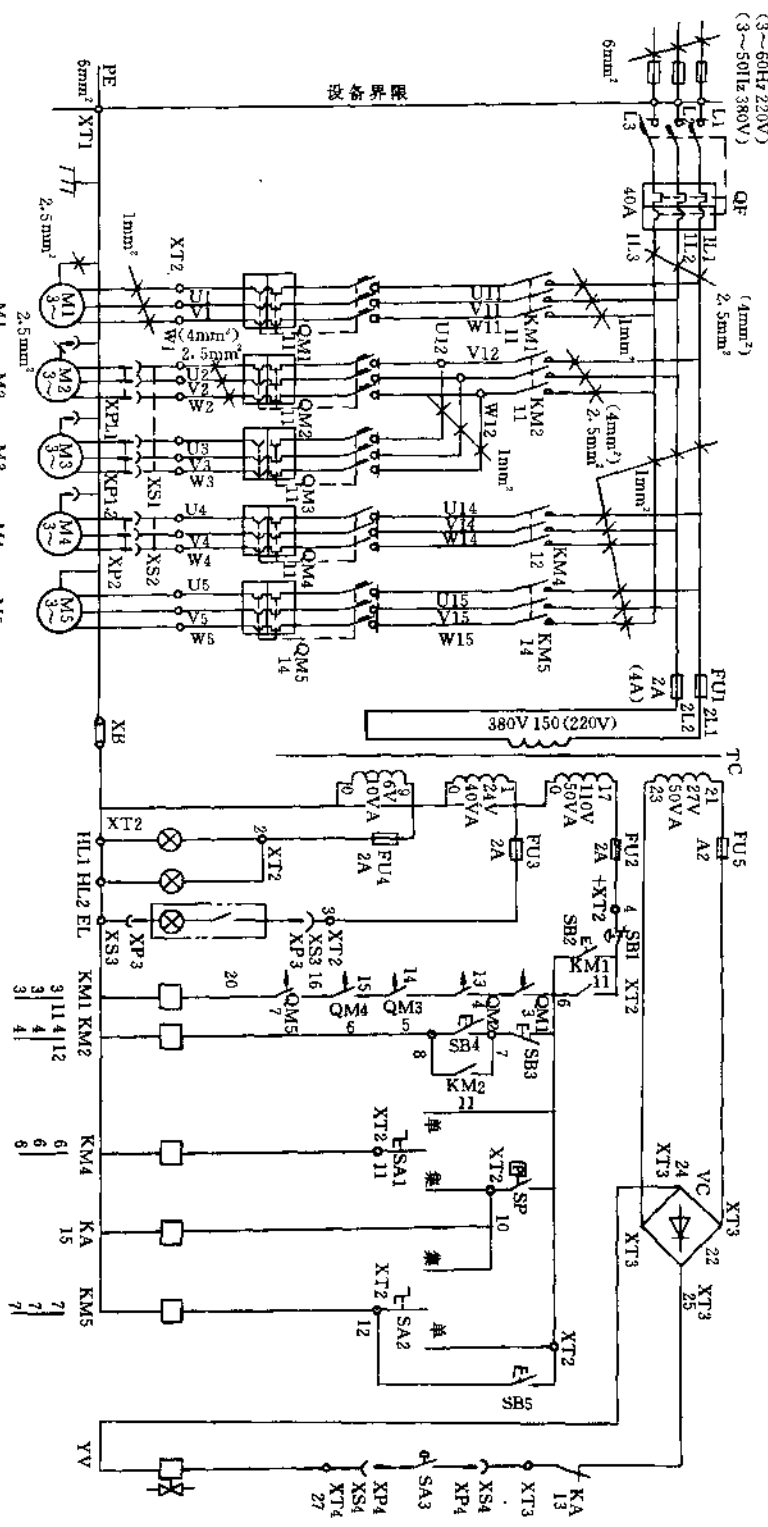


图 4-40 M1332C/M1332CX15 型外圆磨床电气原理图

电动机参数表:

M1	M2	M3	M4	M5
1.5kW	4kW	1.1kW	0.15kW	0.75kW
1500r/min	1500r/min	3000r/min	1500r/min	3000r/min

图 4-40 所示为 M1332C/M1332CX15 型外圆磨床电气原理图。从图 4-40 中可以看出，主电路有 5 台电机，M1 为油泵电机，M2 为外磨电机，M3 为内磨电机，M4 为冷却架电机，M5 为床头电机。M1 由接触器 KM1 控制，M2、M3 由 KM2 控制，M4 由 KM4 控制，M5 由 KM5 控制。尾架伸缩由 VC 供电的 YV 来实现。

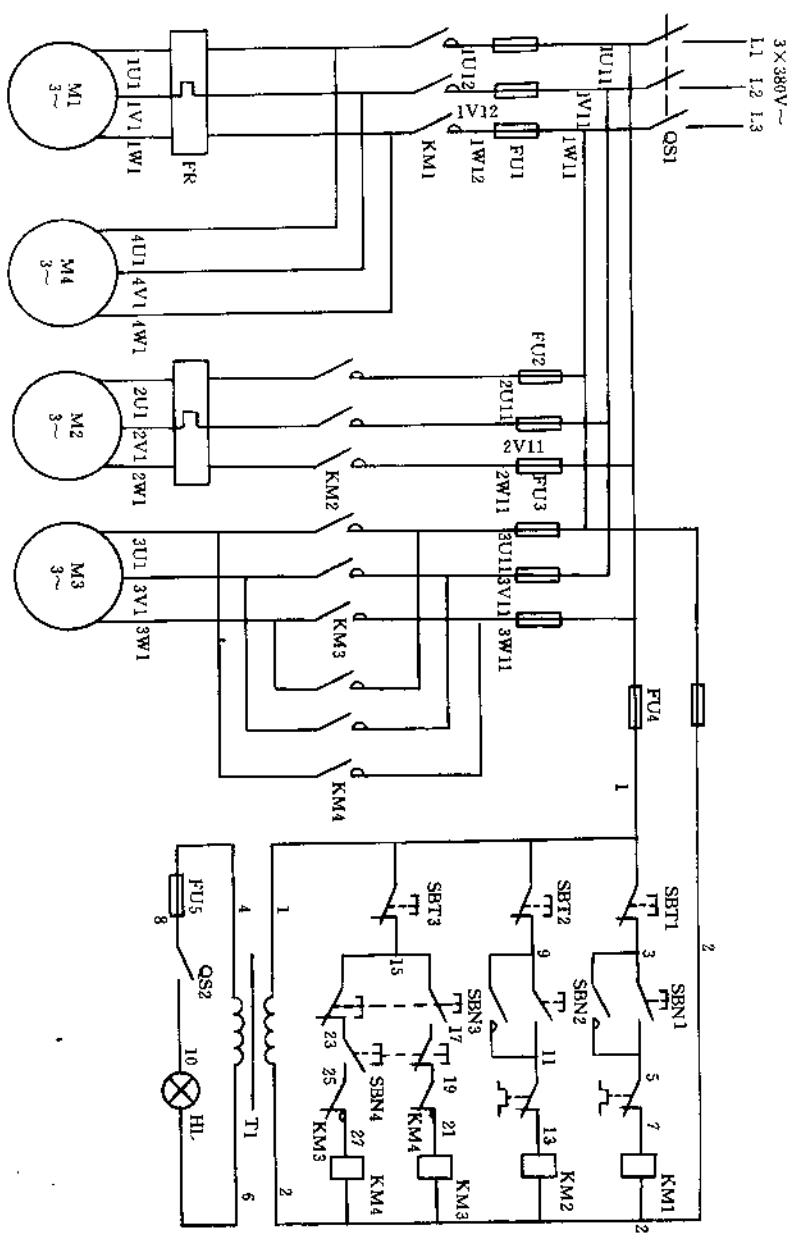


图 4-42 立磨 (C512 立车改装) 电气原理图

图 4-42 所示为立磨 (C512 立车改装) 电气原理图。从图 4-42 单向启动控制, 而 M3 为可逆运转电路。并有按钮和辅助触点联中可以看出, 主电路有 4 台电机, M1、M4 由接触器 KM1 控制, 锁。M1 为主电动机, M2 为磨头电动机, M3 为传动电动机, M4 由 KM2 控制, M3 由 KM3、KM4 控制。M1、M2、M4 均为 水泵电动机。

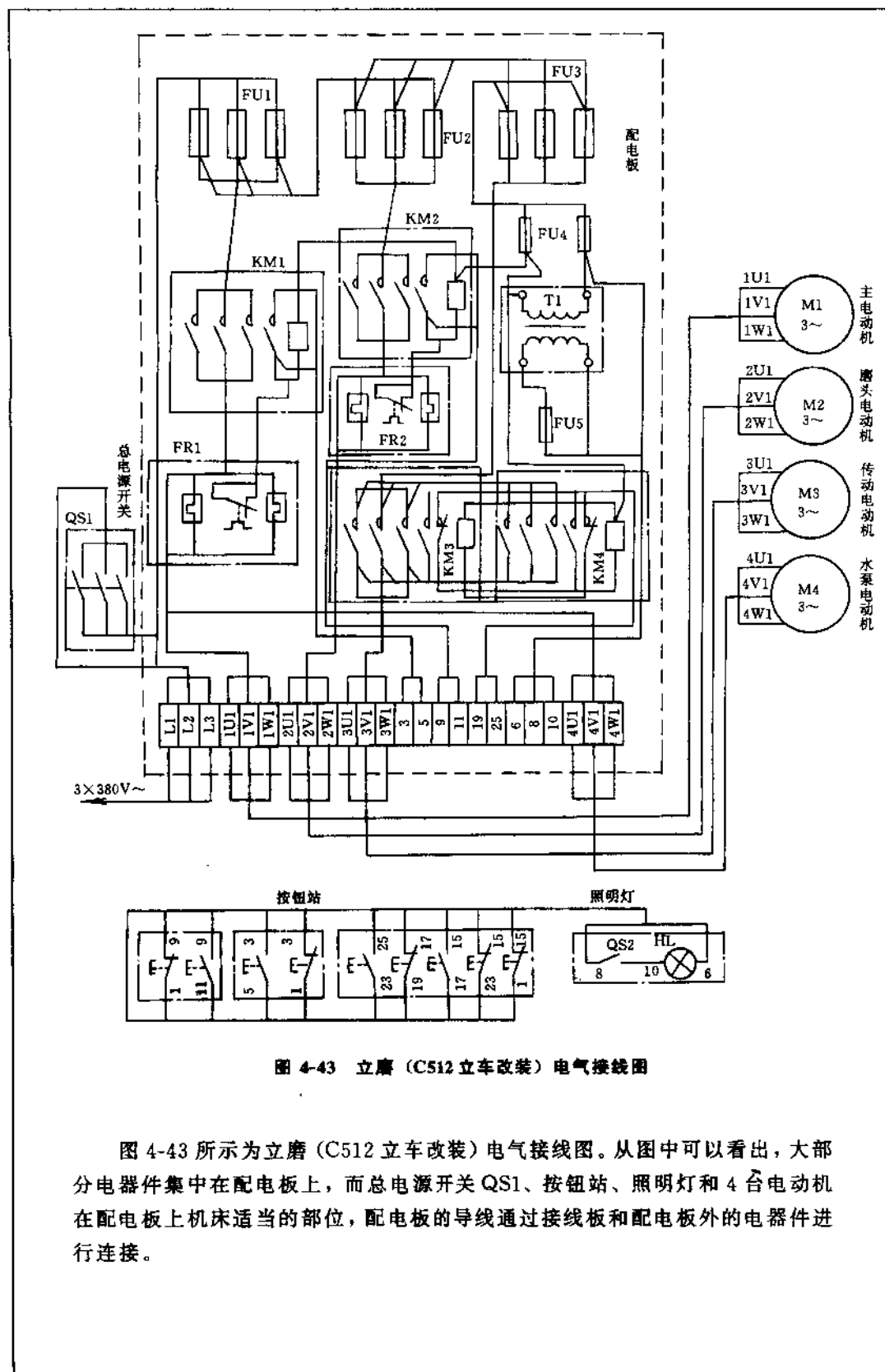


图 4-43 立磨 (C512 立车改装) 电气接线图

图 4-43 所示为立磨 (C512 立车改装) 电气接线图。从图中可以看出, 大部分电器件集中在配电箱上, 而总电源开关 QS1、按钮站、照明灯和 4 台电动机在配电箱上机床适当的部位, 配电箱的导线通过接线板和配电箱外的电器件进行连接。

第五章 钻、镗床的控制电路图

钻床的结构型式很多，有立式钻床、卧式钻床、深孔钻床及多轴钻床等。摇臂钻床是一种立式钻床，由于它的运动部件较多，常采用多电动机拖动。

一般钻床都能够进行多种形式的加工，如钻孔、扩孔、铰孔、镗孔，以及刮平面、攻螺纹等。所以钻床的主轴和进给都须有较大的调速范围。摇臂钻床一般采用三相笼型异步电动机拖动，用变速箱调节主轴转速和进刀量，摇臂钻床也有采用多速异步电动机拖动的，可以简化变速箱的机械机构。

钻床主轴带着钻头的旋转运动是机床的主运动，而主轴的轴向运动就是机床的进给运动，有手动和自动轴向前进移动两种。主轴变速机构和进给变速机构都装在主轴箱内，两种运动由一台电动机拖动。

钻床加工螺纹时，主轴需要在正反两个方向转动。摇臂钻床的正反转一般用机械方法变换，电动机只作单方向旋转。

摇臂钻床除了主运动和进给运动，还有其他的辅助运动，如摇臂连同外立柱围绕内立柱的回转运动、摇臂在外立柱上的升降运动、主轴箱在摇臂上的左右移动等。外立柱、摇臂和主轴箱都有夹紧装置固定其位置。摇臂的升降和夹紧放松由一台异步电动机拖动，摇臂的回转和主轴箱的左右移动在中小型摇臂钻床上

都采用手动，只有大型摇臂钻床才采用单独电动机拖动。立柱的夹紧松开通常需要有一台电动机，如Z3040型摇臂钻床用液压装置夹紧立柱，通过电气联锁同时使主轴精夹紧，所以用一台异步电动机拖动一台齿轮泵，供给夹紧装置所用的压力油。

钻床一般配备有电动冷却泵，用冷却液来冷却刀具。摇臂钻床的主轴旋转和摇臂升降不允许同时进行，以保证安全生产。

钻床和其他机床一样，常采用短路保护、过载保护和联锁保护，以对电动机和电器件等进行保护。

镗床是一种精密加工机床，主要加工任务为镗孔和钻孔。通常使用较普遍的有卧式镗床和坐标镗床。卧式镗床是一种多用途的机床，能够钻孔、镗孔、扩孔和铰孔，并能车削端平面和圆柱表面，又能装上铣刀进行铣切加工。坐标镗床主要为一个平面内有很多孔的工件加工，这些孔的位置有严格的要求。主轴与平旋盘的旋转运动是卧式镗床的主运动，而卧式镗床的进给运动是多种多样的，如主轴的轴向进给、主轴箱的上下进给、工作台的纵向和横向进给等。

根据钻、镗床的动作要求，设计相应的控制电路，钻、镗床的典型控制电路，见图5-1~图5-18。

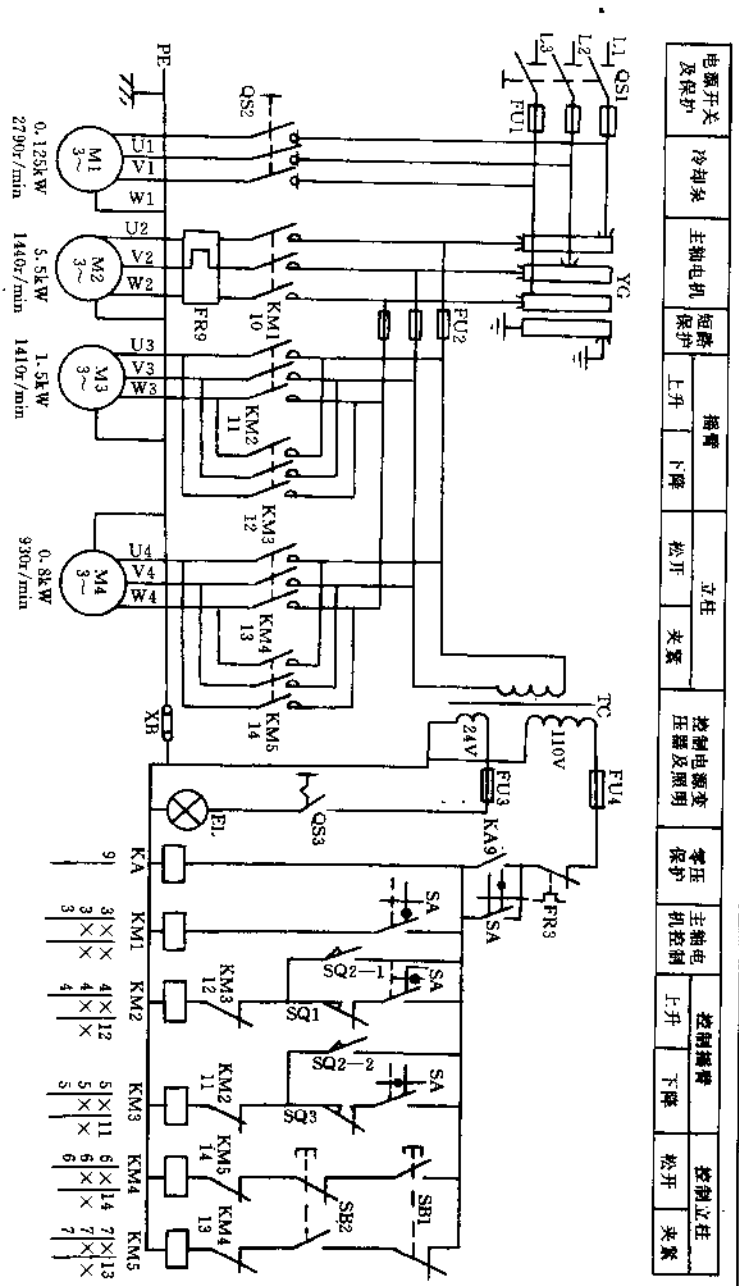


图 5-1 Z35 型摇臂钻床电气原理图

图 5-1 所示是 Z35 型摇臂钻床的电气原理图。主电路中有 4 台三相异步电动机，M1 为冷却泵电动机，M2 为主轴电动机，M3 为摇臂升降电动机，M4 为立柱夹紧放松电动机。M2 只作正方向运转，主轴的正、反向旋转是靠离合器来实现的；M3 和 M4 均要求能正、反方向旋转。M2、M3、M4 三台电动机的电源均由滑环

引出，M1 由开关 QS2 控制，带动冷却泵供刀具和工件冷却。控制电路包括主轴电动机 M2 的控制，摇臂升降电动机 M3 的控制，立柱的夹紧和松开电动机 M4 的控制，冷却泵电动机 M1 的控制等具体电路。

电源开关及保护	冷却泵电动机	主轴电动机	摇臂升降电动机	液泵电动机	控制变压器	指示灯	照明灯	主轴电动机起刹	摇臂上升	摇臂下降	主轴箱和立柱松开	主轴箱和立柱夹紧	电源网控制
---------	--------	-------	---------	-------	-------	-----	-----	---------	------	------	----------	----------	-------

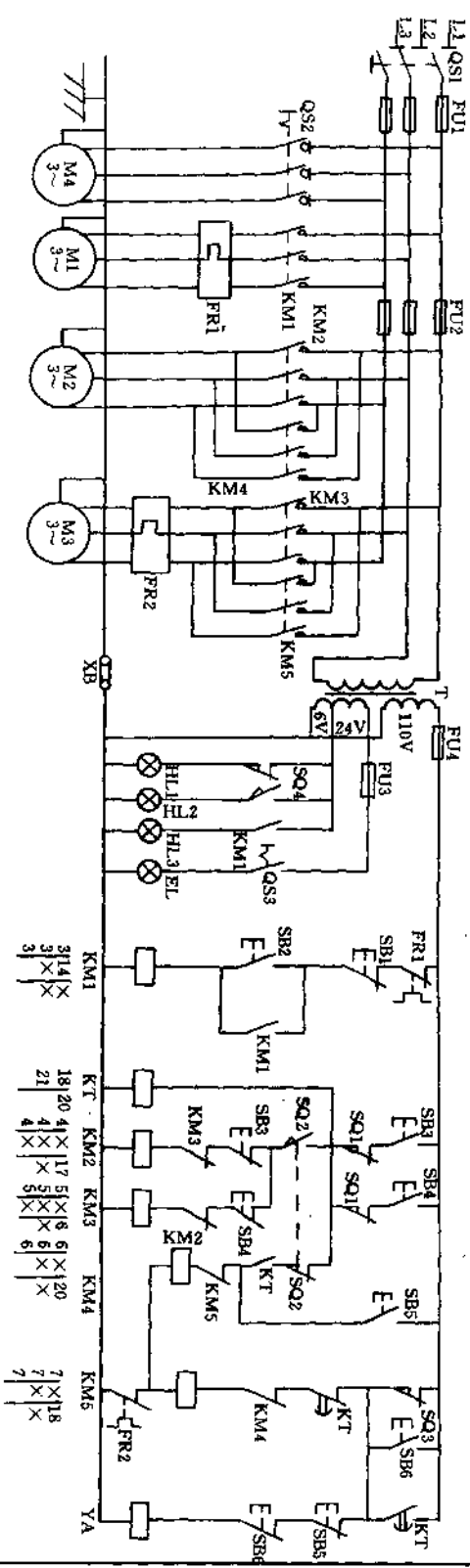


图 5-2 Z3040 型摇臂钻床电气原理图

图 5-2 所示是 Z3040 型摇臂钻床电气原理图。Z3040 型摇臂钻床电路复杂程度和 Z35 型差不多，但机械机构如摇臂夹紧和松开装置是不相同的。Z3040 型摇臂钻床的主电路中有 4 台三相异步电动机。M1 为主轴电动机，M2 为摇臂升降电动机，M3 为液泵电动机，M4 为冷却泵电动机。

电源相序必须接对，可以用夹紧、松开动作与标牌的指示相

符合来作检查。Z3040 型摇臂钻床没有回转滑环，为避免损坏电源线，摇臂不允许总沿一个方向旋转。

控制电路中包括主轴电动机 M1 的控制，立柱、主轴箱的松开和夹紧控制，冷却泵电动机 M4 的控制等。

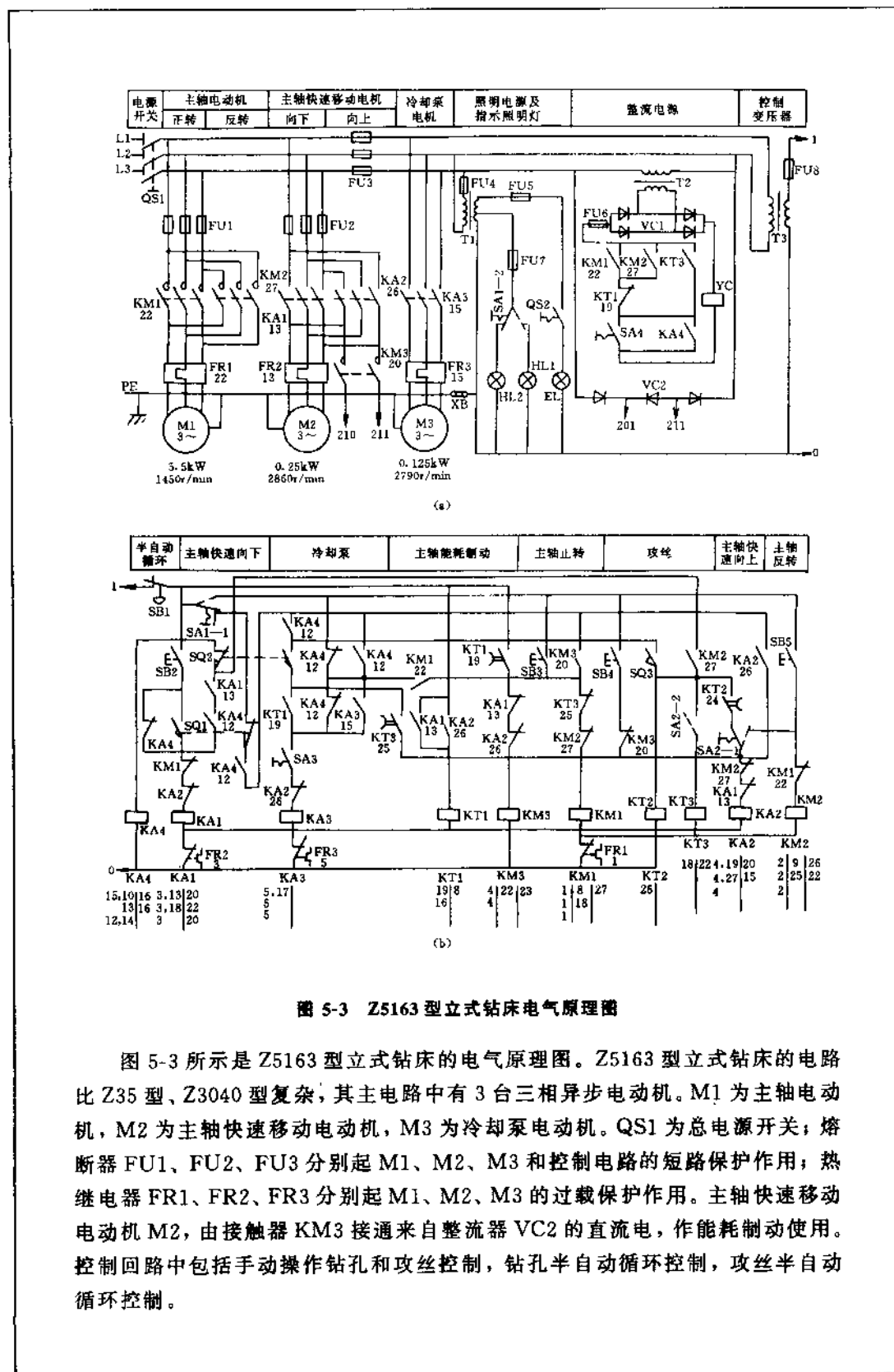


图 5-3 Z5163 型立式钻床电气原理图

图 5-3 所示是 Z5163 型立式钻床的电气原理图。Z5163 型立式钻床的电路比 Z35 型、Z3040 型复杂，其主电路中有 3 台三相异步电动机。M1 为主轴电动机，M2 为主轴快速移动电动机，M3 为冷却泵电动机。QS1 为总电源开关；熔断器 FU1、FU2、FU3 分别起 M1、M2、M3 和控制电路的短路保护作用；热继电器 FR1、FR2、FR3 分别起 M1、M2、M3 的过载保护作用。主轴快速移动电动机 M2，由接触器 KM3 接通来自整流器 VC2 的直流电，作能耗制动使用。控制回路中包括手动操作钻孔和攻丝控制，钻孔半自动循环控制，攻丝半自动循环控制。

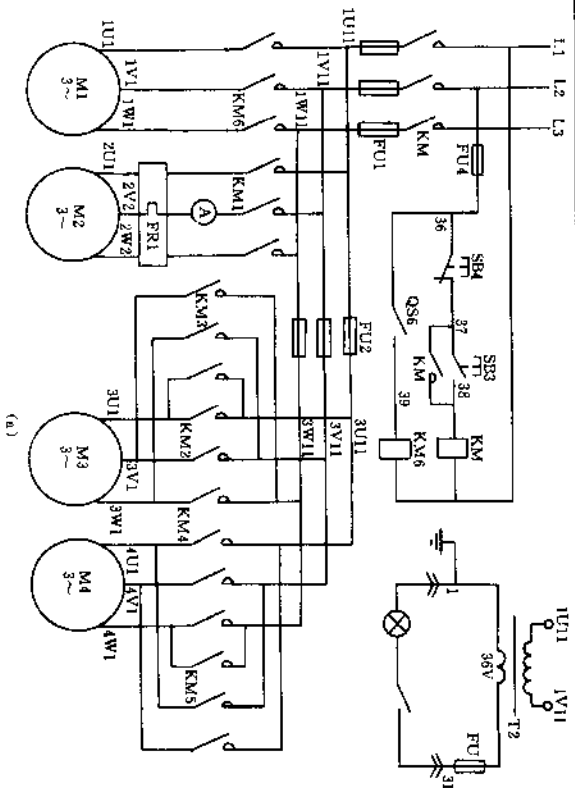


图 5-4 Z3040 型摇臂钻床电气原理图 (改进)

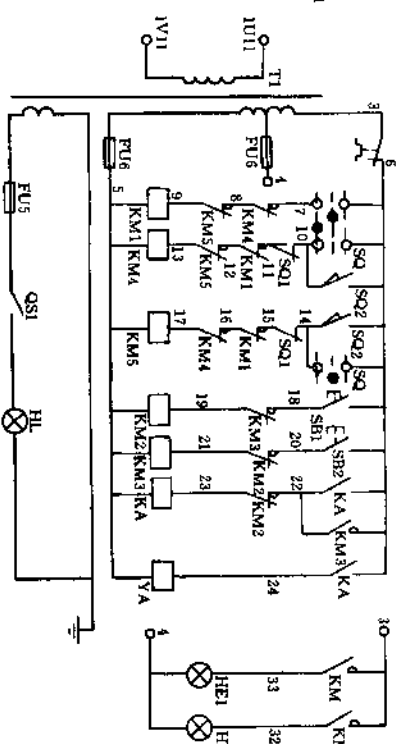


图 5-4 所示是 Z3040 型摇臂钻床电气原理图 (改进), 电路中电源开关不用一般的手动开关, 而是采用接触器 KM, 这是由于本机床的主轴旋转和摇臂升降不用按钮操作而采用了不自动复位的开关操作。用按钮和接触器来代替一般的电源开关, 就可以具有零压保护和一定的欠压保护作用。

主电动机和冷却泵电动机都只需要单方向旋转, 所以用接触

器 KM1 和 KM6 分别控制。立柱夹紧电动机和摇臂升降电动机都需要正、反转, 所以各用两只接触器控制, KM2 和 KM3 控制立柱的夹紧和松开, KM4 和 KM5 控制摇臂的升降。

机床安装时, 应该注意相序。控制回路包括电源接触器和冷却泵的控制, 主轴电动机和摇臂升降电动机的控制, 摇臂升降和夹紧工作的自动循环控制, 立柱和主轴箱的夹紧控制。

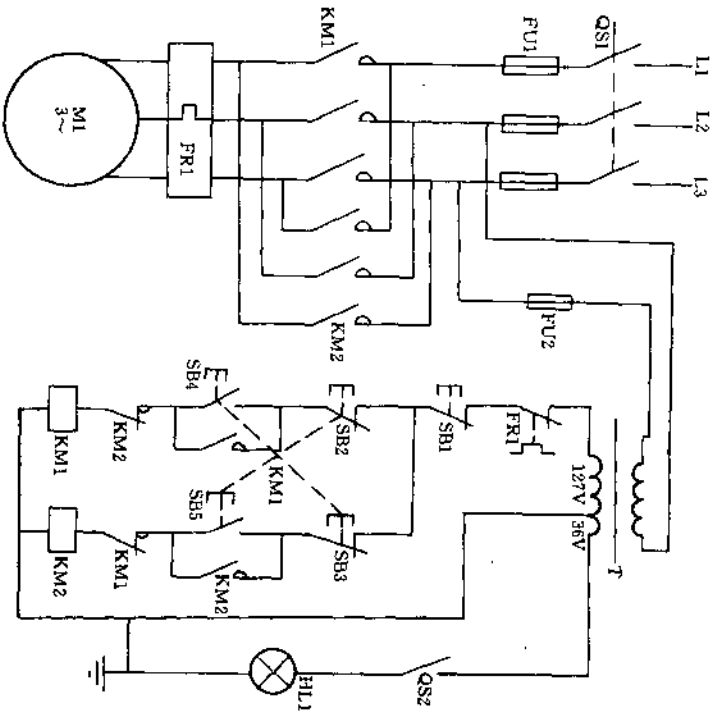


图 5-5 Z32A、Z32K、Z3025J 型摇臂钻床电气原理图

图 5-5 所示为 Z32A、Z32K、Z3025J 型摇臂钻床电气原理图。从图中可以看出控制比较简单，主电动机 M1 由接触器 KM1、KM2 控制，为可逆运转电路，主电动机并具有熔断器和热继电器

表 5-1 说明

符 号	名 称
M	主电动机
KM1	正转交流接触器
KM2	反转交流接触器
FR1	过载保护热继电器
QS1	总电源开关
FU1	主电路短路保护熔断器
FU2	控制回路短路保护熔断器
T	控制回路变压器
SB1	总停按钮
SB4	正转启动按钮
SB5	反转启动按钮
SB2、SB3	正反转联锁按钮
QS2	照明开关
HL1	照明灯

进行短路和过载保护。控制回路中具有按钮和辅助触点的联锁保护。之器件说明，见表 5-1。

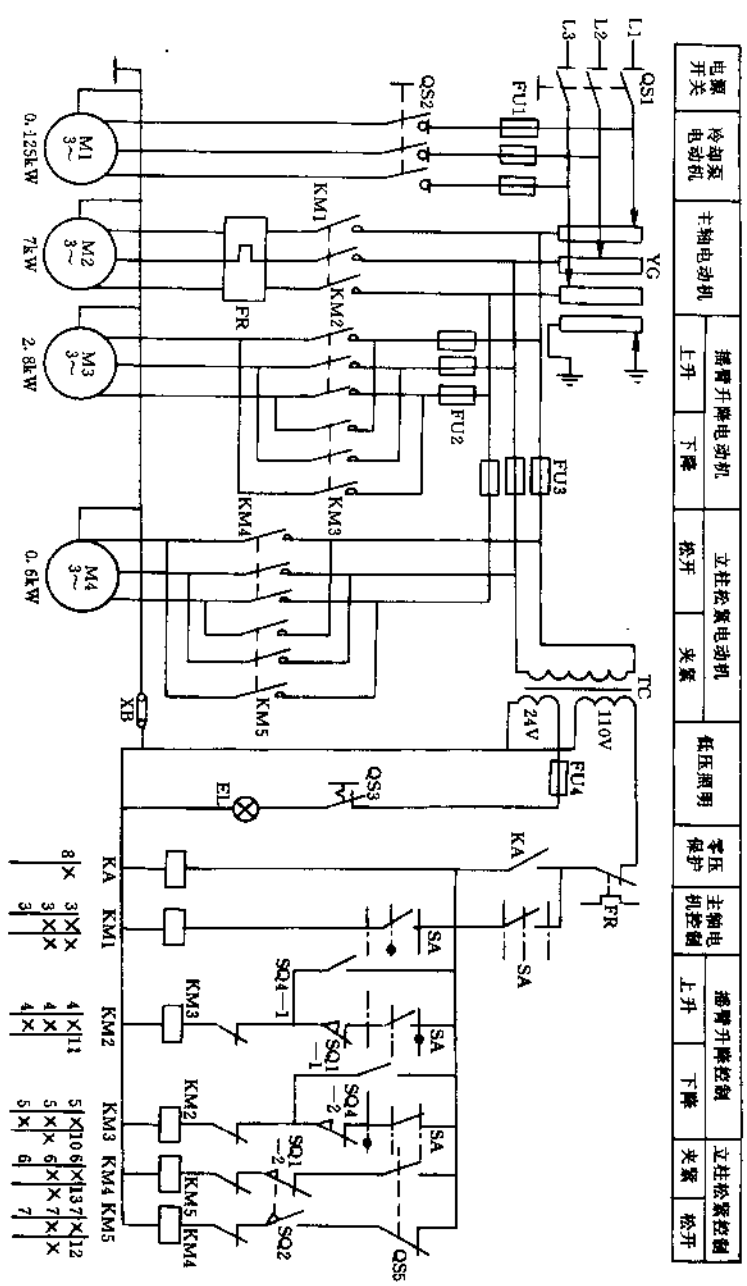


图 5-6 Z37 型摇臂钻床电气原理图

图 5-6 所示为 Z37 型摇臂钻床电气原理图。在立柱上装有整压保护继电器 KA、热继电器 FPR 及控制变压器 TC 都装在摇臂壁台上的控制箱内。另外，控制箱内还装有摇臂升降终端保护的限位开关 SQ1 和自动控制摇臂夹紧用的限位开关 SQ2。

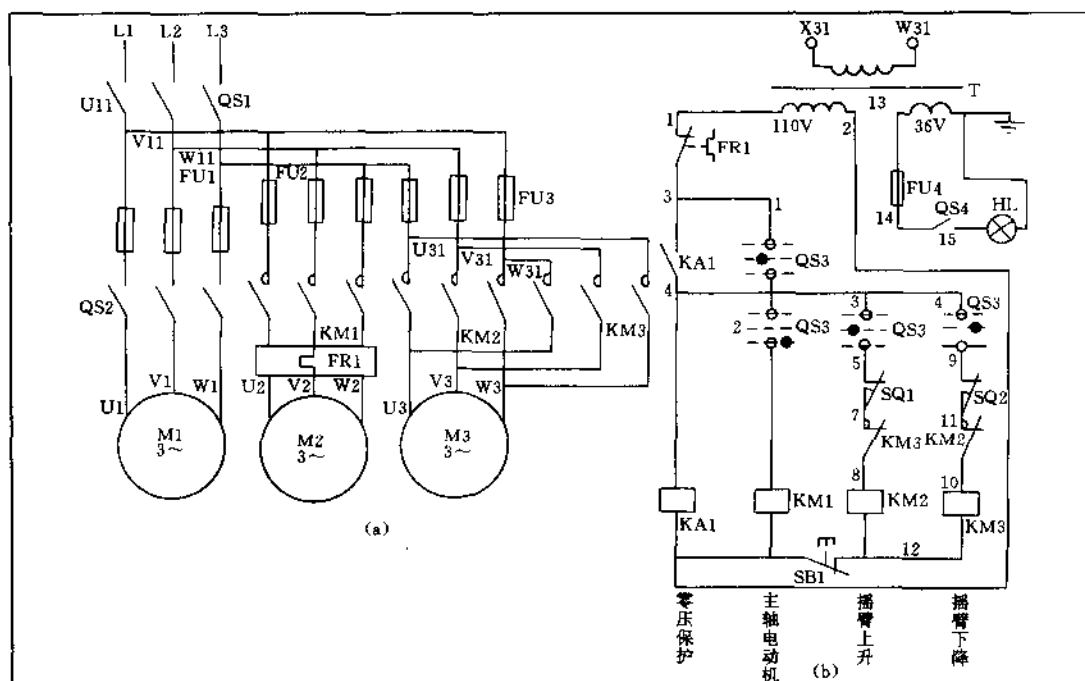


图 5-7 Z3025 型摇臂钻床电气原理图

表 5-2

说 明

符号	说 明	符号	说 明
M1	冷却泵电动机	FR1	主电机过载保护用热继电器
M2	主轴箱电动机	T	控制变压器
M3	摇臂升降电动机	SB1	摇臂升降停止按钮
QS1	总电源开关	KA1	零位保护中间继电器
QS2	冷却泵起停开关	SQ 1~2	摇臂升降限位开关
FU1~4	短路保护熔断器	QS 3	十字形主令开关
KM1~3	交流接触器	QS4、HL	照明开关和照明灯

表 5-3

QS3 十字开关触点开闭表

触点 编号	零压 保护	摇臂 上升	0	摇臂 下降	主 轴 电动机
1	×				
2					×
3		×			
4				×	

图 5-7 所示为 Z3025 型摇臂钻床的电气原理图。主电路中有 3 台电动作件。M1 为冷却泵电动机，M2 为主轴箱电动机，M3 为摇臂升降电动机。M1 由开关 QS2 控制，M2 由接触器 KM1 控制，M3 由 KM2、KM3 控制。而 KM1、KM2、KM3 均由十字开关 QS3 控制，继电器 KA1 起零位保护作用。无器件说明及开关动作表，见表 5-2~表 5-6。

表 5-4

Z3025 型摇臂钻床电气元件表

符 号	名 称	型 号、规 格	数 量
M1	冷却泵电动机	DB-25B, 0.12kW、2760r·p·m	1
M2	主轴箱电动机	JO3-100S-4T2, 2.2kW、1500r·p·m	1
M3	摇臂升降电机	JO3 80J-4T2, 0.75kW、1500r·p·m	1
QS1, QS2	组合开关	HZ-10/E16 三极 10A	2
FU2	熔断器	RL1-15, 熔丝 15A	3
FU3	熔断器	RL1-15 熔丝 10A	3
FU4	熔断器	RL1-15 熔丝 2A	1
KM1, KM2, KM3	交流接触器	CJ0-10 线圈 110V	1
FR1	热继电器	JR0-40 整定电流 4.9A	1
T	变压器	BK-100 380/110、36V	1
SBI	按钮	LA2	1
KAI	中间继电器	JZ7-44	1
SQ1, SQ2	行程开关	KW1-1	2
FU1	熔断器	3AG 芯 3A	3

表 5-5

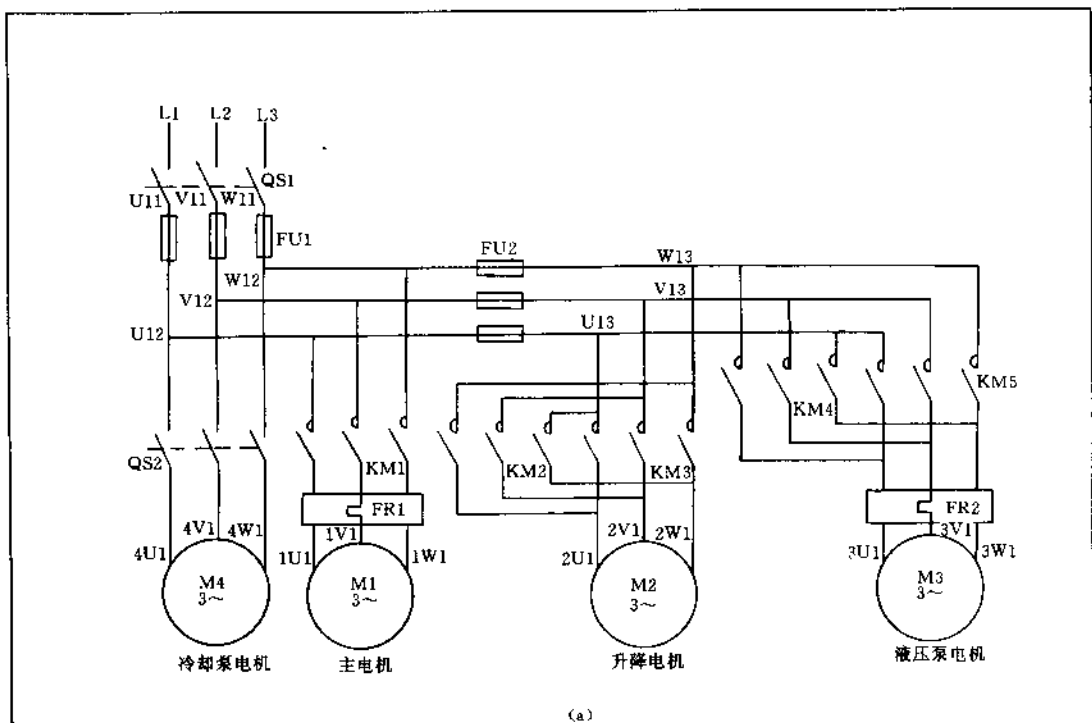
QS3 触点开闭表

十字形主令开关				
触点 编号	零压 保护	摇臂 上升	摇臂 下降	主轴 电动机
1	×			
2				×
3		×		
4			×	

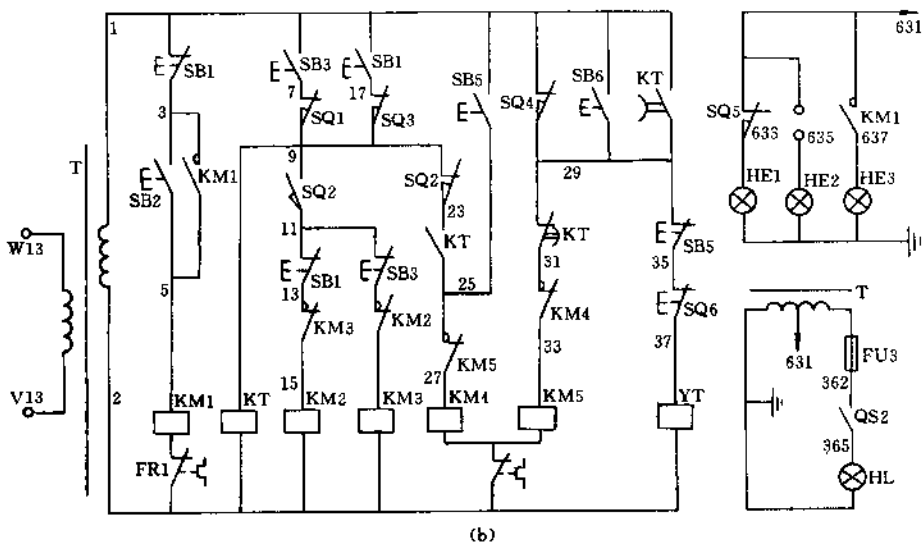
表 5-6

SBI 触点开闭表

LA2 控制按钮		
触点 编号	摇臂被 夹紧	摇臂被 松开
1		×
2	×	



(a)



(b)

图 5-8 Z3063、ZQ3080、Z3080 型摇臂钻床电气原理图

图 5-8 所示为 Z3063、ZQ3080、Z3080 型摇臂钻床的电气原理图。本机床采用三相 380V、50Hz 交流电源，控制电路、照明灯和指示灯电源由控制变压器供给，分别为 127V、36V 和 6.3V。主电路中有 4 台电动机，M1 为主电机，M2 为升降电机，M3 为液压泵电机，M4 为冷却泵电机。控制电路包括主电动机的起动和停止控制，摇臂升降控制，主柱和主轴箱的松开及夹紧控制。

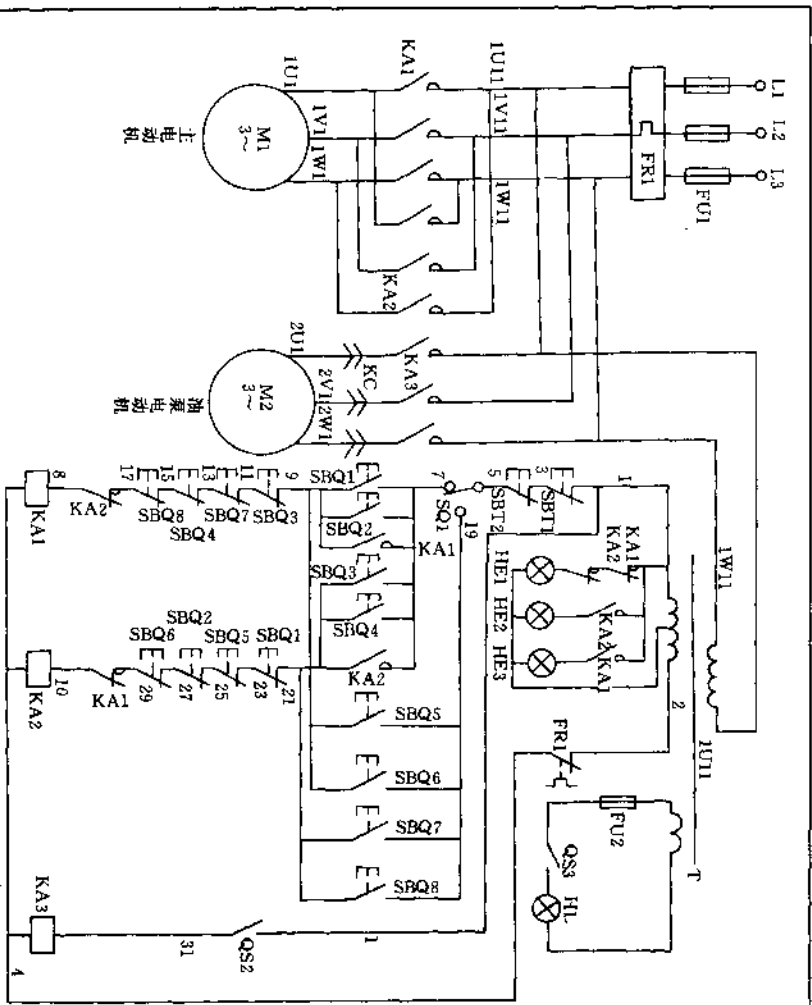


图 5-9 ZW3225 型车式方向摇臂钻床电气原理图

图 5-9 所示为 ZW3225 型车式方向摇臂钻床的电气原理图。本机床使用 380V、50Hz 三相交流电源，控制电路、照明电路和指示灯均由控制变压器供给 127V、36V、6.3V 电源。主电路中有 2 台电动机，M1 为主电动机，M2 为油泵电动机。使用时首先接

表 5-7 说明

符号	说明
M1	主电动机
M2	油泵电动机
KAI~KA3	中间继电器（经交流接触器作用所以用接触器图形符号）
T	控制变压器
SQ1	限位开关（点动和连续转换）
KC	插销
QS2	主令开关
QS3、HL	照明开关、照明灯
SBQ1~2	两地操作连续运转按钮（正转）
SBQ3~4	两地操作连续运转按钮（反转）
SBQ5~6	两地操作点动按钮（正转）
SBQ7~8	两地操作点动按钮（反转）
SBT1~2	两地操作停止按钮
FR1	过载保护热继电器
FU1-2	短路保护熔断器

通电源与检查相序，然后将变速手柄拨至所需转速挡，开动主轴、冷却泵，以及使横臂升降。本机床中设计有短路保护、过载保护以及接地保护。元器件的说明，见表 5-7。

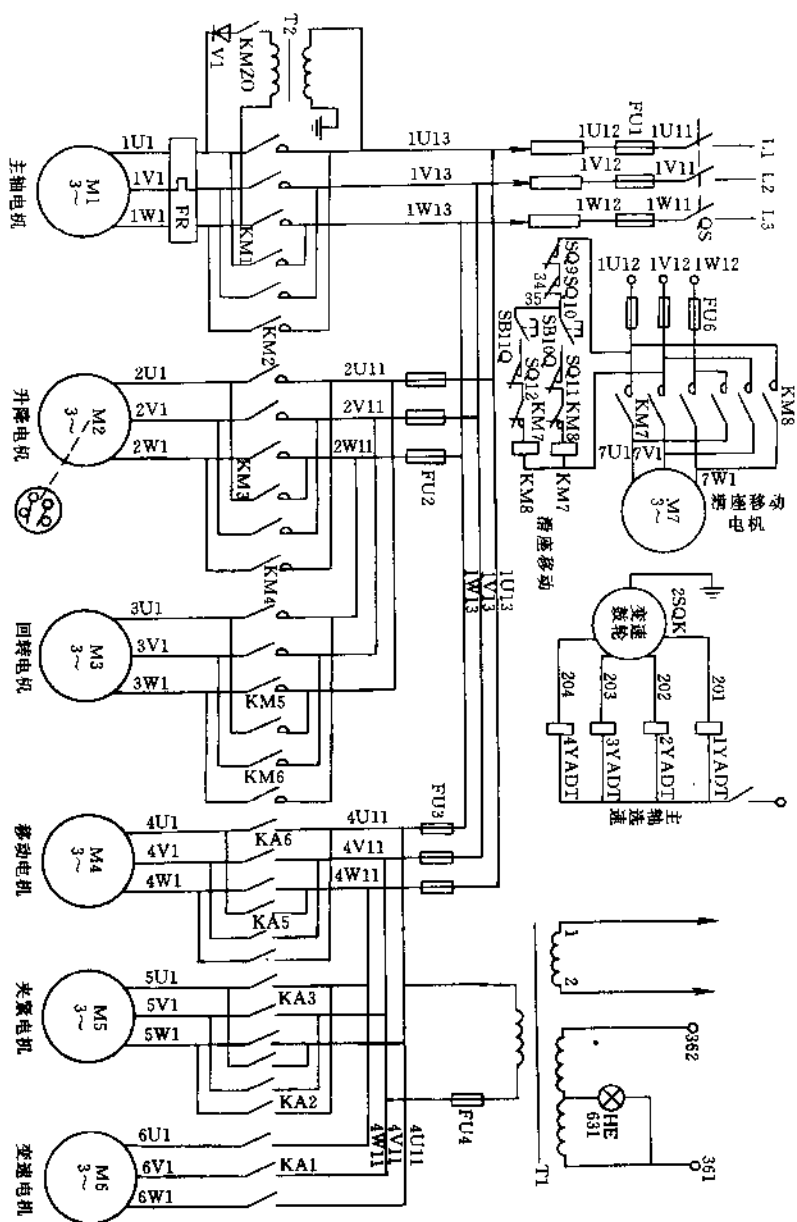


图 5-10 ZH3140 型摇臂钻床电气原理图 (1)

图 5-10 所示为 ZH3140 型摇臂钻床的主电路。从图 5-10 中可以看出，主电路为交流 380V，共有 6 台电动机，M1 为主轴电机，M2 为升降电机，M3 为回转电机，M4 为移动电机，M5 为夹紧电机，M6 为变频电机。M1 由 KM1、KM2 作可逆运转控制，制动

为直流 70V 能耗制动；M2 由 KM3、KM4 作可逆运转控制；M3 由 KM5、KM6 作可逆运转控制；M4 由 KA5、KA6 作可逆运转控制；M5 由 KA2、KA3 作可逆运转控制；M6 由 KA1 作单向起

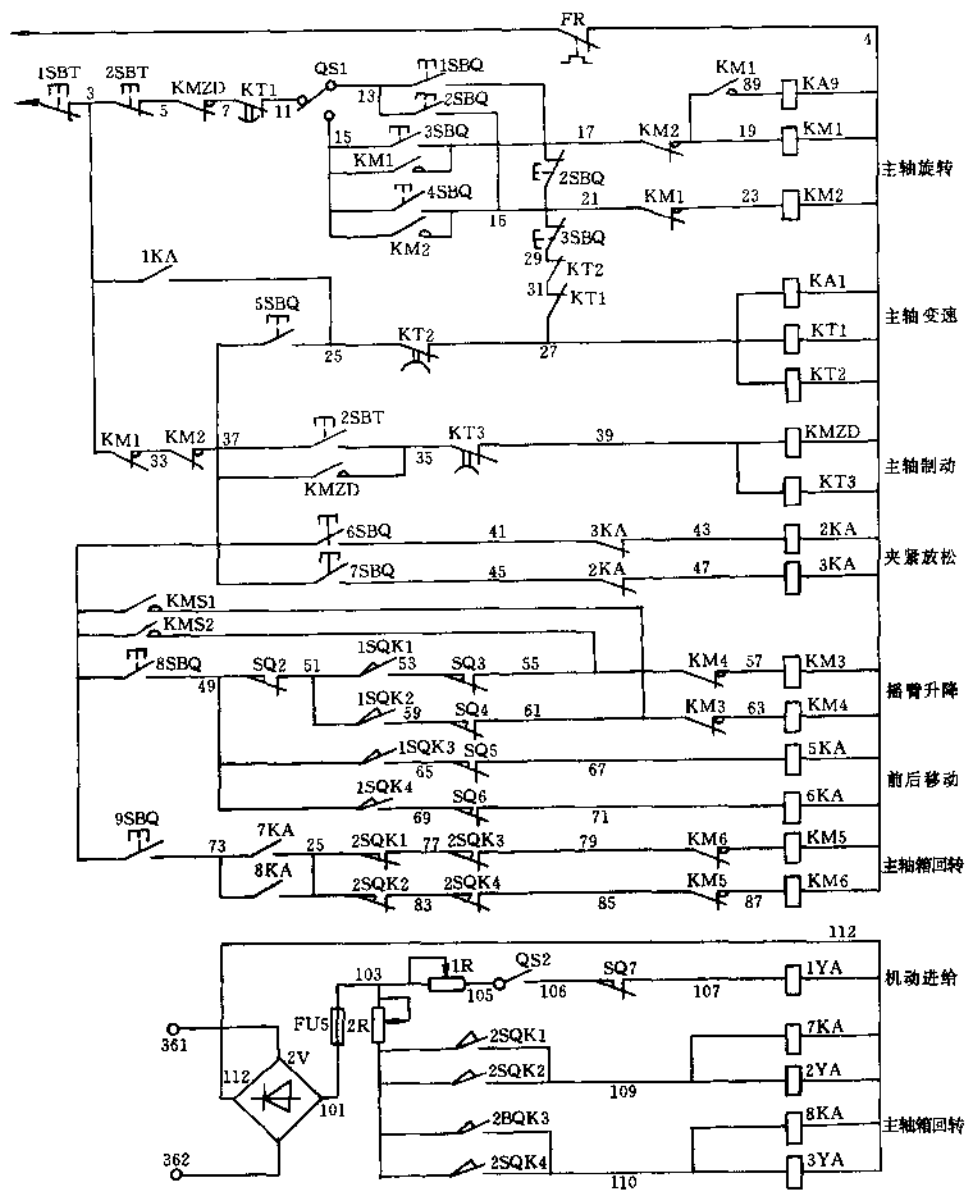


图 5-11 ZH3140 型摇臂钻床电气原理图 (2)

图 5-11 所示为 ZH3140 型摇臂钻床的控制回路。从图 5-11 中可以看出电路包括主轴旋转控制，主轴变速、制动的控制，夹紧放松、摇臂升降的控制，滑座移动、机动进给以及，主轴箱回转的控制。在开动机床前应作电源相序的检查。元器件说明、以及开关动作，见表 5-8 和表 5-9。

表 5-8

ZH3140 型摇臂钻床说明

符号	名称	说明	符号	名称	说明
M1	三相异步电动机	主轴旋转	M2	三相异步电动机	横臂升降
M3	三相异步电动机	主轴箱回转	M4	三相异步电动机	横臂前后移动
M5	三相异步电动机	立柱、套筒夹紧与松开	M6	三相异步电动机	主轴变速
M7	三相异步电动机	锥座移动	KM1、KM2	交流接触器	M1 正、反转
KM3、KM4	交流接触器	M2 正、反转	KM5、KM6	交流接触器	M3 正、反转
KM7、KM8	交流接触器	M7 正、反转	1KA	中间继电器	M6 正转
2KA、3KA	中间继电器	M5 正、反转	5KA、6KA	中间继电器	M4 正、反转
7KA、8KA	中间继电器	控制主轴箱回转	KT1、KT2	时间继电器	主轴变速
KT3	时间继电器	主轴制动	KMZD	交流接触器	主轴制动
FR	热继电器	M1 过载保护	1YA	有环环牙嵌电磁离合器	机动进给 (直流 24V)
2YA、3YA	电磁离合器	主轴箱回转 (直流 24V)	1V、2V	硅二极管	整流
1~4YADT	交流电磁铁	接通变速电磁阀	KMS1~2	速度继电器	反馈制动
1~2SQK	小型十字开关	升降、移动及主轴箱回转 (短滚轮)	2SQ	微动开关	升降与夹紧互锁
3SQ~6SQ	微动开关	升降及移动限位 (长杠杆)	7SQ	微动开关	机动进给停止
9SQ、10SQ	行程开关	移动与夹紧互锁	11SQ、12SQ	行程开关	清除移动限位
QSI	钮子开关	主轴冲头和旋转选择	QSQ	钮子开关	机动和手动进给选择
QS	自动空气开关或组合开关	电源总开关	ISBT	按钮	总停
2SBT	按钮	M1 停止	1~2SBQ	按钮	M1 正反转冲动
3~4SBQ	按钮	M1 正反转起劲	10、5、11SBQ	按钮	主轴变速
6、7SBQ	按钮	立柱、套筒的夹紧与松开	8、9SBQ	按钮	升降、移动及主轴箱回转
1T	变压器 BK-150	380/127、36、6.3V 控制及讯号指示	2T	变压器 BK-150	380/127V 主轴制动
HE	指示灯	电源指示	1R、2R	电阻	降压
FU1~6	熔断器	短路保护作用			

表 5-9

ZSQK 变速鼓轮工作表 (电磁铁——主轴转速)

I	16	25	40	60	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	800
IYADT	+			+			+	+			+	+			+
2YADT			+					+	+			+	+		+
3YADT		+							+					+	
4YADT			+							+					

总开关 及保护	主轴转动		快速移动		变压器及照明		通电指示		主轴控制		快速		高速		快速移动	
	主轴运转		制动		正转 反转				正转 反转						正转 反转	

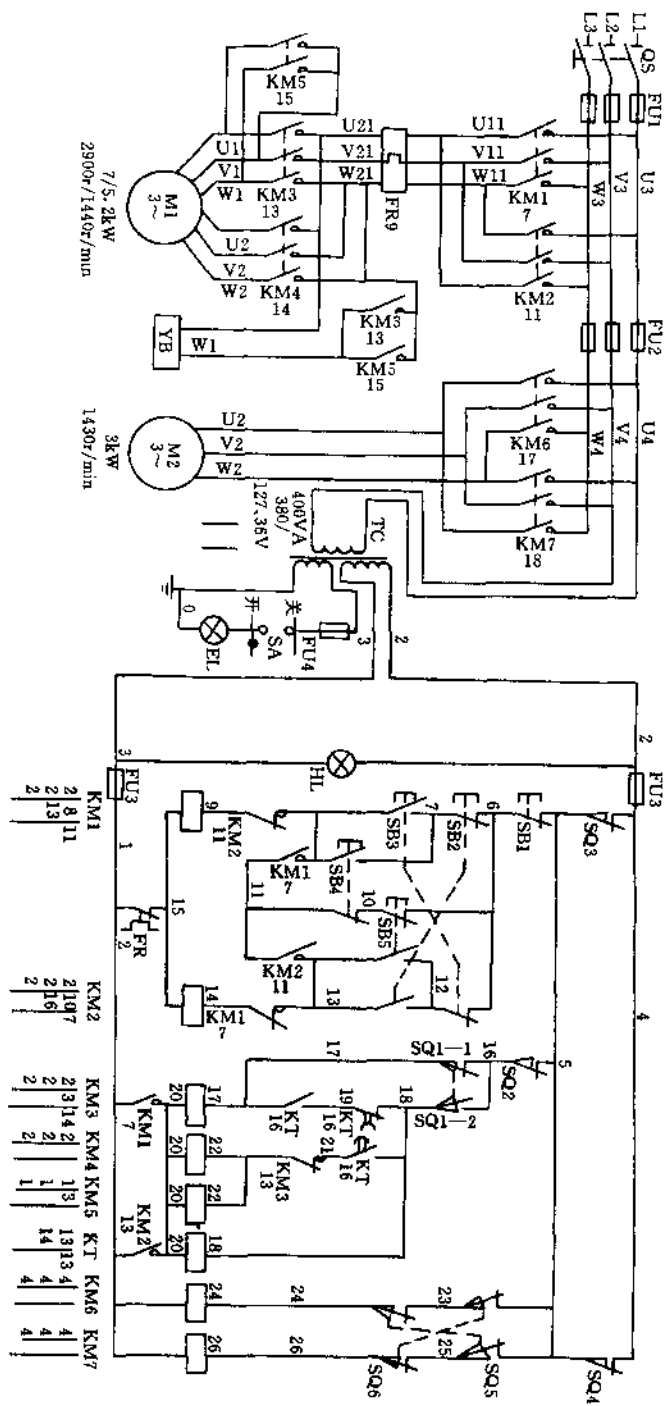


图 5-12 T68 型卧式镗床电气原理图 (1)

图 5-12~图 5-14 所示为 T68 型卧式镗床电气原理图。它的主电路有 2 台电动机, M1 为主拖动双速电动机, 带动主轴旋转和作进给用, 要求正反转、正反点动、制动、高低速调速, 并有双速电动机的两极启动控制, 保证主轴的旋转和进给量都有足够的调节范围; 三角形联结时为低速运行, 双星形联结时为高速运行。M2 为快速移动电动机, 它通过不同齿轮、齿条、丝杆的不

同连接来完成各运动方向的快速移动。QS 为总电源开关, 熔断器 FU1、FU2 起短路保护作用, 热继电器 FR 起主拖动电动机 M1 的过载保护作用。T68 型卧式镗床采用电磁操作的机械制动装置, 电路中的 YB 是机械制动电磁铁线圈。M1 无论是正方向或反方向运转, YB 均通电吸合, 并使电动机轴上的制动轮松开, 电动机即可自由转动。M1 和 YB 同时断电时, 在弹簧作用下,

杠杆将制动带紧箍在制动轮上制动，电动机很快就停转。

控制电路主要有下述几个部分。

(1) 主拖动电动机 M1 的控制。M1 由接触器 KM1、KM2、KM3、KM4、KM5，按钮 SB1、SB2、SB3、SB4、SB5 和时间继电器 KT、行程开关 SQ1、SQ2 等控制。

1) 低速控制。将变速手柄扳到低速档，SQ1—1 (16—17) 闭合、SQ1—2 (16—18) 断开。压下按钮 SB3，KM1 吸合并自锁，接触器 KM1 的主触头闭合，为 M1 通电作好准备。KM1 (1—20) 闭合，使接触器 KM3 吸合、YB 获电，松开制动轮，主电动机 M1 以三角形 (△) 联结低速启动运转，接触器 KM3 (21—22) 联锁断开。

2) 高速控制。将变速手柄扳到高速档，行程开关 SQ1—1 (16—17) 断开，SQ1—2 (16—18) 闭合。压下按钮 SB3，接触器 KM1 (1—20) 闭合，时间继电器 KT 通电吸合，KT (17—19) 闭合，接触器 KM3 吸合，主电动机 M1 以三角形 (△) 联结低速启动。时间继电器 KT (18—19) 延时断开后，接触器 KM3 释放，M1 切除三角形 (△) 联结，接触器 KM3 (21—22) 又闭合，接触器 KM4、KM5 吸合，制动轮保持放松状态，主电动机 M1 以双星 (YY) 联结高速启动，完成两级启动。反向运转时压下按钮 SB2，工作过程和正向运转控制相同，不再重复。

3) 主轴的点动。主轴点动控制时，压下点动按钮 SB4 或 SB5。点动按钮是复合按钮，其常闭触头 (10—11) 或 (6—10) 断开，断开了 KM1 或 KM2 的自锁回路。压住按钮 SB4 或 SB5 时，接触器 KM1 或 KM2 吸合，主电动机 M1 旋转，当松开按钮时，接触器 KM1 或 KM2 即断电释放，主电动机 M1 停转实现点动控制。

4) 主轴的停止和制动。压下停止按钮 SB1，接触器 KM1 或

KM2 则断电释放，主轴电动机 M1 停止运转，并进行机械制动。M1 断电时制动电磁铁 YB 线圈同时断电，由于弹簧的作用抱闸制动，电动机很快停止转动。

(2) 主轴变速及进给变速的控制。主轴变速和进给变速在电动机 M1 运转时进行，主轴手柄拉出来时，行程开关 SQ2 (5—16) 被压断开，使接触器 KM3、KM4 释放，主轴电动机 M1 停止运转。主轴转速选好后推回调速手柄，行程开关 SQ2 复位，M1 自行启动工作。进给变速时，拉出进给变速操纵手柄，SQ2 被压断开，M1 停止转动；当进给置选好后，将变速手柄推回，SQ2 复位，主轴电动机 M1 自动工作。变速手柄推不上时可来回推动，使手柄轴通过弹簧装置作用于行程开关 SQ2，使主轴电动机 M1 进行冲动，便于齿轮啮合，变速完成后正常工作。

(3) 快速移动电动机 M2 的控制。机床各部分的快速移动由单独的电动机 M2 来拖动。由快速移动手柄操纵压下按钮 SQ5 (5—25) 或 SB6 (5—23) 闭合，接触器 KM6 或 KM7 吸合，电动机 M2 旋转实现快速移动。

(4) 机械和电气联锁保护。联锁行程开关 SQ4 有一个机械机构和工作台及主轴箱进给操作手柄相连，操作手柄处于“进给”的位置时，联锁行程开关 SQ4 的常闭触头 (4—5) 处于断开状态。行程开关 SQ3 也有一个机械机构和主轴及平旋盘进给操作手柄相连，这操作手柄处在“进给”位置时，SQ3 的常闭触头 (4—5) 也处于断开状态。这两个手柄在任一手柄在“进给”位置时，主轴电动机 M1 和快速移动电动机 M2 均可启动。若两个手柄同时扳在“进给”位置时，则联锁行程开关 SQ3 和 SQ4 的触头都处于断开状态，切断控制电路，电动机 M1 和 M2 则无法启动，保证了在误操作时避免造成事故，起到联锁保护作用。

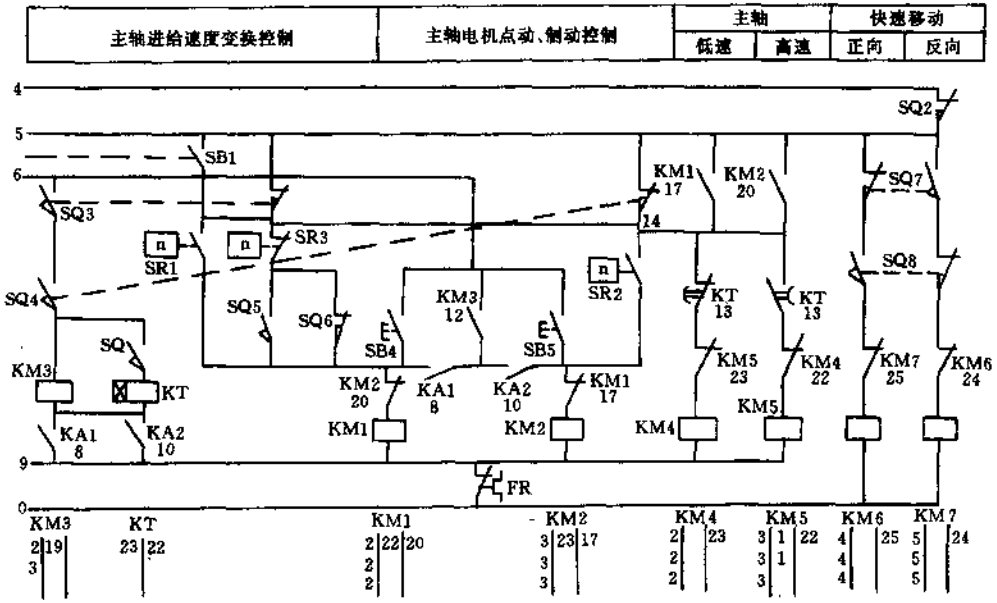
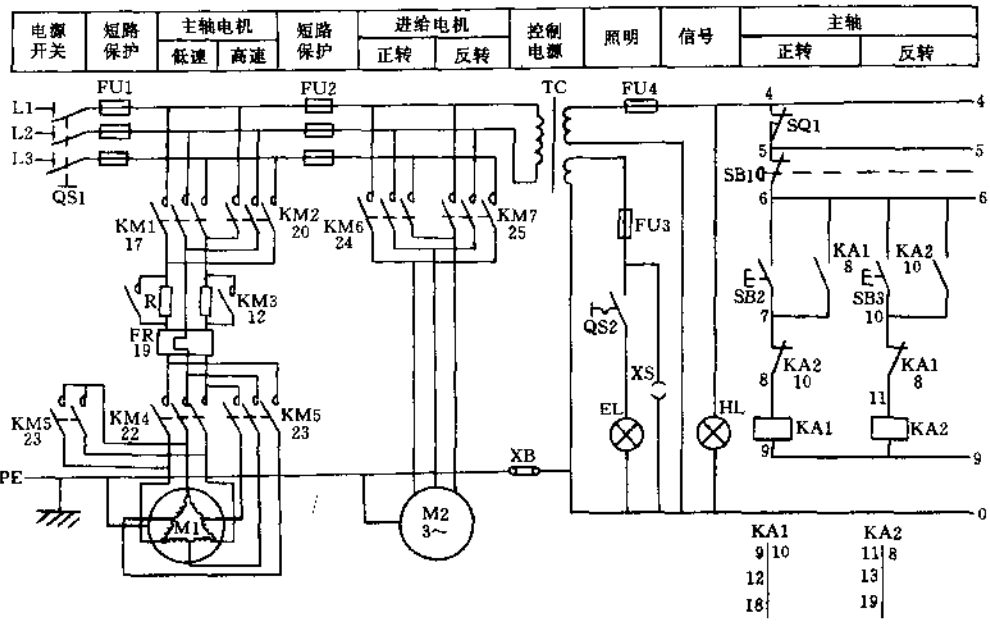


图 5-13 T68 型卧式镗床电气原理图 (2)

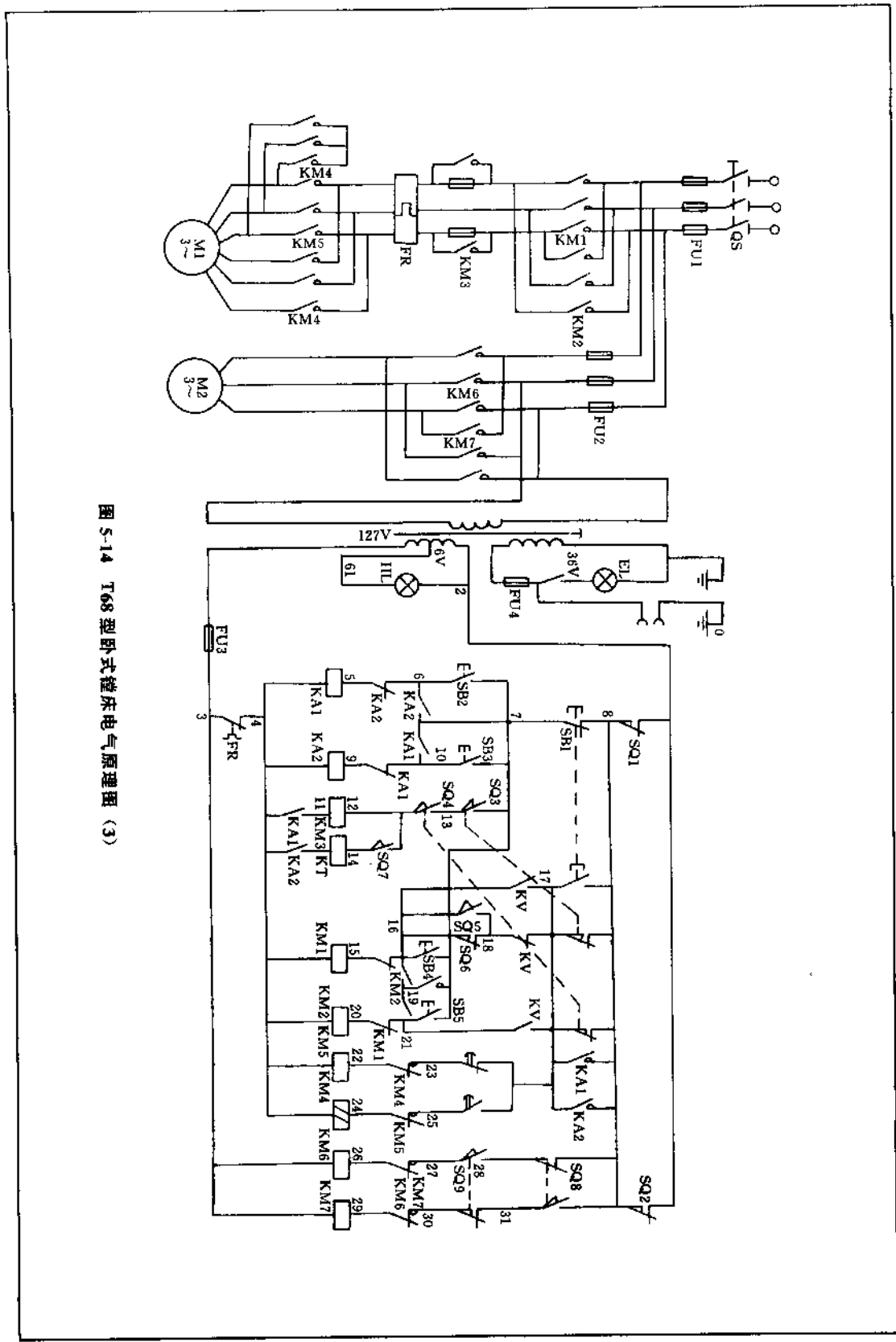


图 5-14 T68 型卧式车床电气原理图 (3)

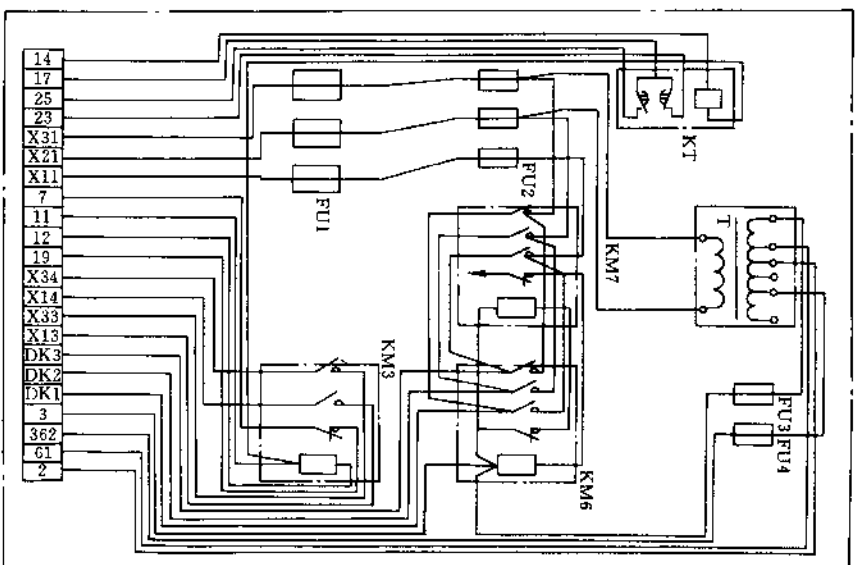


图 5-15 T68 型卧式镗床下层配电板配线图

图 5-15 和图 5-16 所示为 T68 卧式镗床的配电板配线路，其中图 5-15 为下层配电板配线路，而图 5-16 为上层配电板配线路。从图中可以看出此配线路和配电板实物是完全相同的，电器元件的安装位置以及导线的布线不同于常画的接线图。配线路方法中常采用板前平面布线、板后布线、走线槽布线。而 T68 型卧式镗床为定型产品，其配电线属于板前平面布线。从大修理、重新配线的实践中可以知道，配线图纸提供以后，中、初级技术水平的电工依照这种实物配线图很方便、快速地配出很好的配电板，大大的提高大修理的质量。操作人员板前配线，一是要横平竖直，避免交叉，主电路导线尽量集中布线，控制电路导线也尽量集中；二是布到端子板处的导线也是依次排列的；三是从上层配电板可以看出，控制电路的导线是对称均匀的。

配线时导线的弯曲和长短的控制至关重要，导线（常选用的是独股铜导线）不宜重复弯曲，以免损坏导线，不能选用外包塑料强度差的导线。在批量生产时，每个弯曲段的长度都已计算好，在专用的模胎器具上弯曲。单件施工时常常出现问题，要求尺寸的长短控制要准确，导线弯曲时很规矩，但在电器件的触头上一压紧，就发生导线的翘曲现象。这是由于导线的应力引起的，所以每根导线弯曲时，尺寸要控制得有分寸，特别是高度要以触头的压接接触面为准，尺寸控制严格，可避免很难处理的翘曲现象。工艺操作中还有铜线头弯曲问题，可先将一定长度（相当于铜线头的圆周长度）折弯，再将尖嘴钳由折弯处逐段逐段地作小小的弯曲，再夹在铜线头一下弯曲成圆形。导线都配布完毕后，应用钢筋扎头将导线固定，接接头处还应标好线号，最好采用异型塑料管和打号加热固化的工艺。配布线的水平是一系列小工艺的綜合积累，每个细小的工艺讲究程度，标志着施工的技术水平。

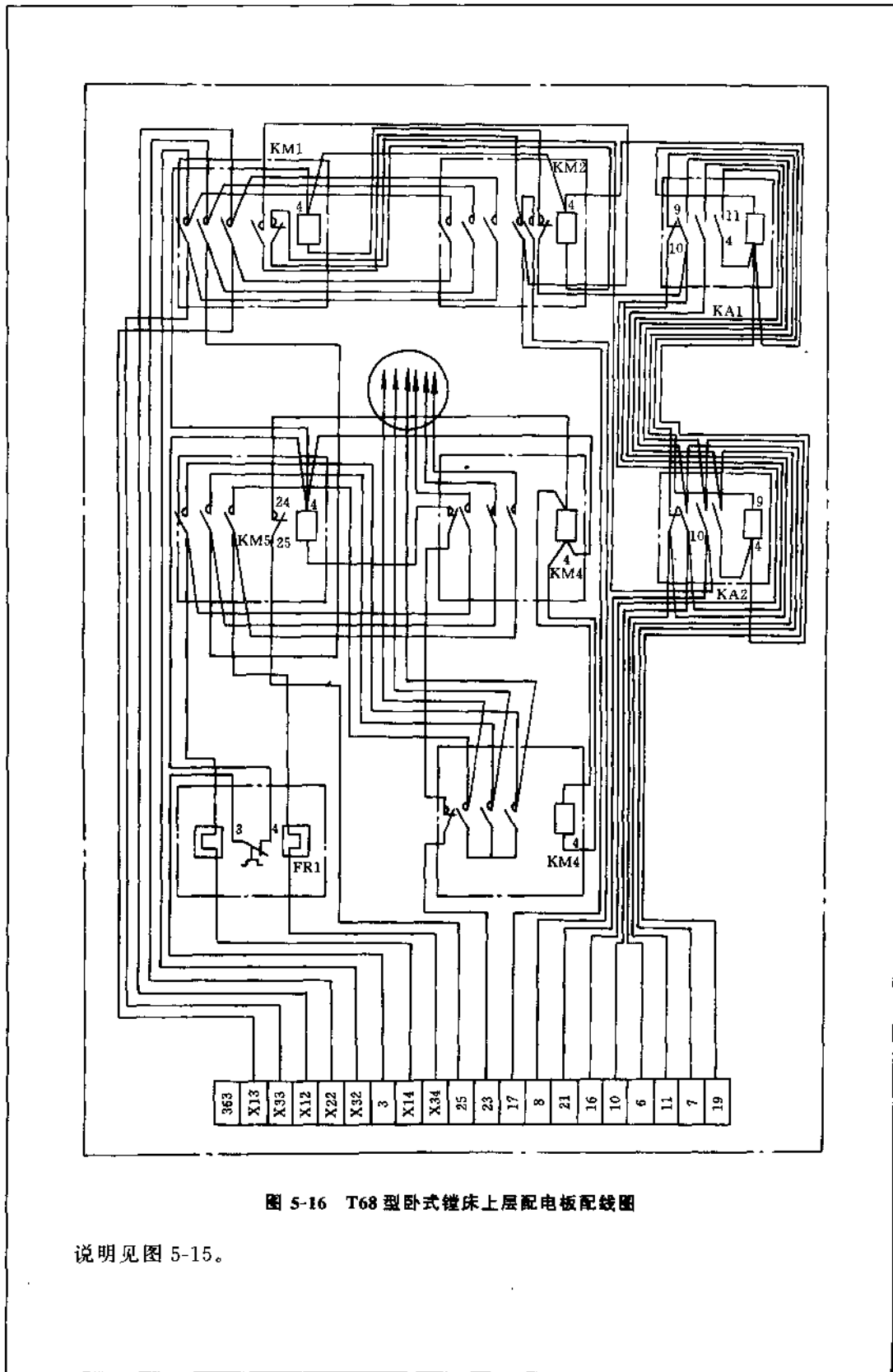


图 5-16 T68 型卧式镗床上层配电箱配线图

说明见图 5-15。

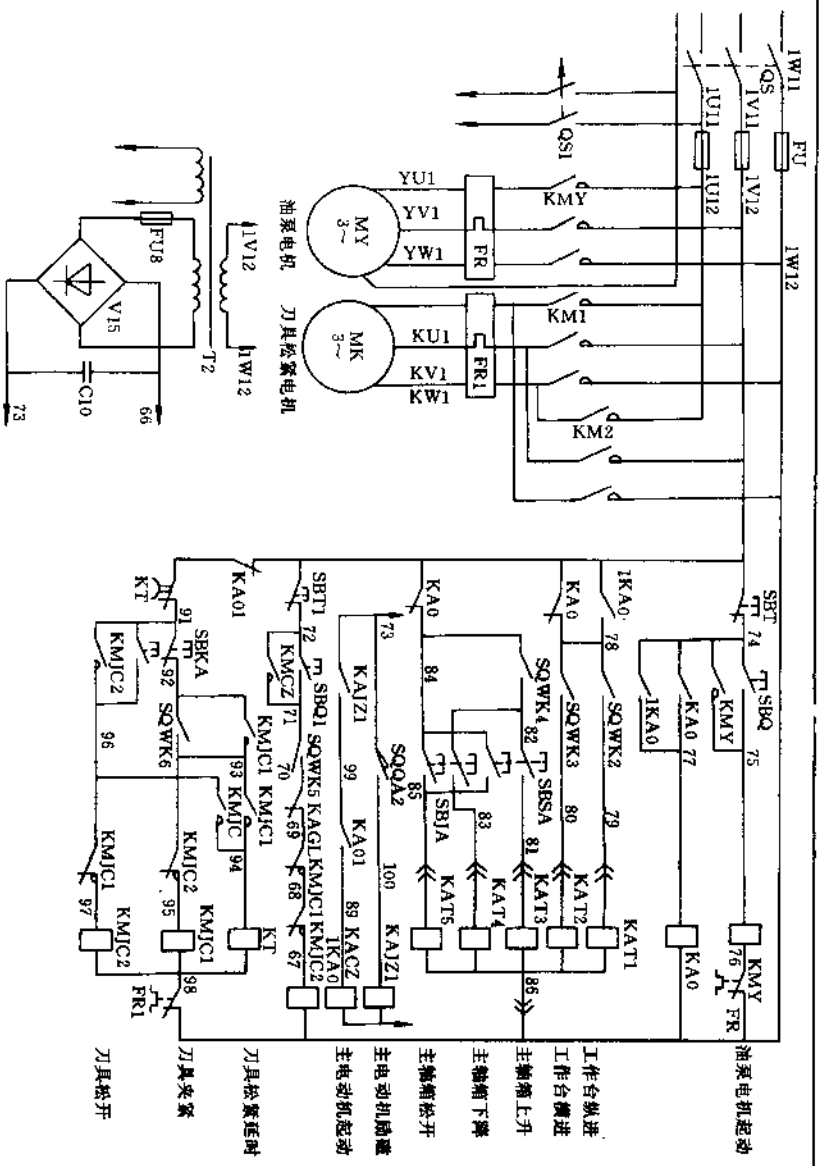


图 5-17 T4163A 型单柱坐标镗床电气原理图 (1)

图 5-17 所示为 T4163A 型单柱坐标镗床电气原理图中接触器、继电器电路部分。T4163A 型单柱坐标镗床，主轴采用直流电机拖动，由晶闸管整流电路供电。机床的进给运动，如工作台的

纵向和横向进给、主轴箱的升降等都采用液压装置和电气控制。刀具的放松、夹紧用异步电动机拖动。控制电路有比较完善的联锁关系。

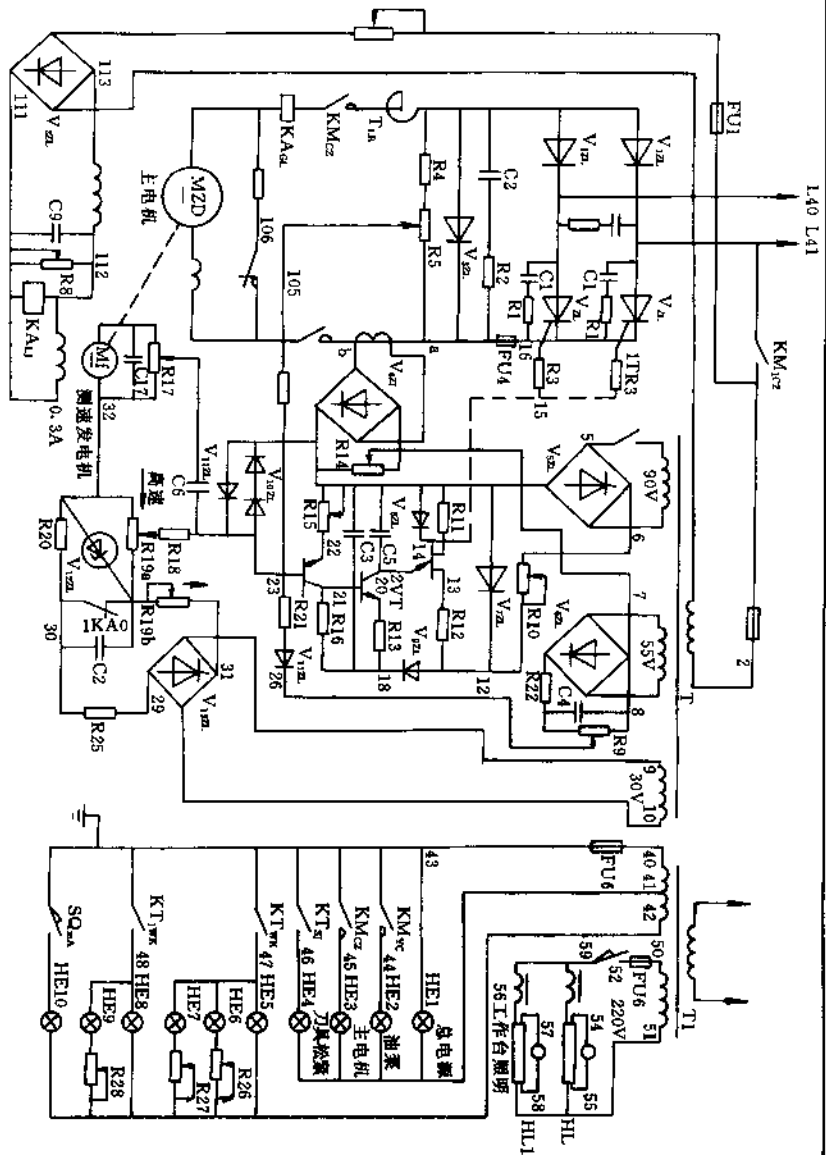


图 5-18 T4163A 型单柱坐标镗床电气原理图 (2)

图 5-18 所示为 T4163A 型单柱坐标镗床电气原理图中晶闸管整流电路部分。T4163 型单柱坐标镗床主轴的调速范围达到 25:1, 而且要求无级调速, 所以采用直流调速。图中采用调压调速, 主电动机 M_{sd} 由晶闸管整流器供电。

T4163 型单柱坐标镗床采用单结晶体管触发电路, 利用移相

的工作原理来改变晶闸管的导通角, 从而改变直流电动机的电枢电压, 改变直流电动机的转速。采用测速发电机电机 M5 的目的是要稳定电动机的转速, 在负载变化时, 电动机的转速不会有显著的变化。测速发电机在整个拖动控制系统中起了电动机转速的自动调节作用。

第六章 铣床的控制电路图

铣床按照结构型式和加工性能的不同，可分为立式铣床、卧式铣床、龙门铣床以及仿形铣床和各种专用铣床。各种铣床的结构和使用范围虽然不同，但大多数采用主轴和工作台分别用单独电动机拖动的方案。中小型铣床一般采用笼型三相异步电动机拖动。

铣切加工有顺铣和逆铣两种方式，所以要求主轴可以正反转。铣床主轴带着铣刀旋转，它的惯性很大，在停车时需加制动。铣床的工作台，可以在上下、左右和前后三个方向进给，但在同一时间内，一般只能接通一个方向的进给运动；某些铣床还可以加装圆工作台，扩大机床的加工能力；在使用圆工作台时，上下、左右和前后三个方向的进给运动都应该停止。

工作台的进给运动常用一台进给电动机拖动，用手柄来选择垂直、纵向或横向进给；进给电动机应当正反转，电动机正转时如果工作台为向左、向后或向上进给，则电动机反转时，工作台就可以向右、向前或向下进给。进给电动机停车时也可以加上电气制动作用，以提高停车位置的准确度。

开动铣床时应先开动主轴电动机，然后开动进给电动机。如果工作台进给时主轴还没有转动，则工件与铣刀接触时将使机床和工件受到损伤。铣床停车时最好先停止进给电动机，然后停止主轴电动机，或者两台电动机同时停止。

铣床的控制电路，见图 6-1~图 6-27。

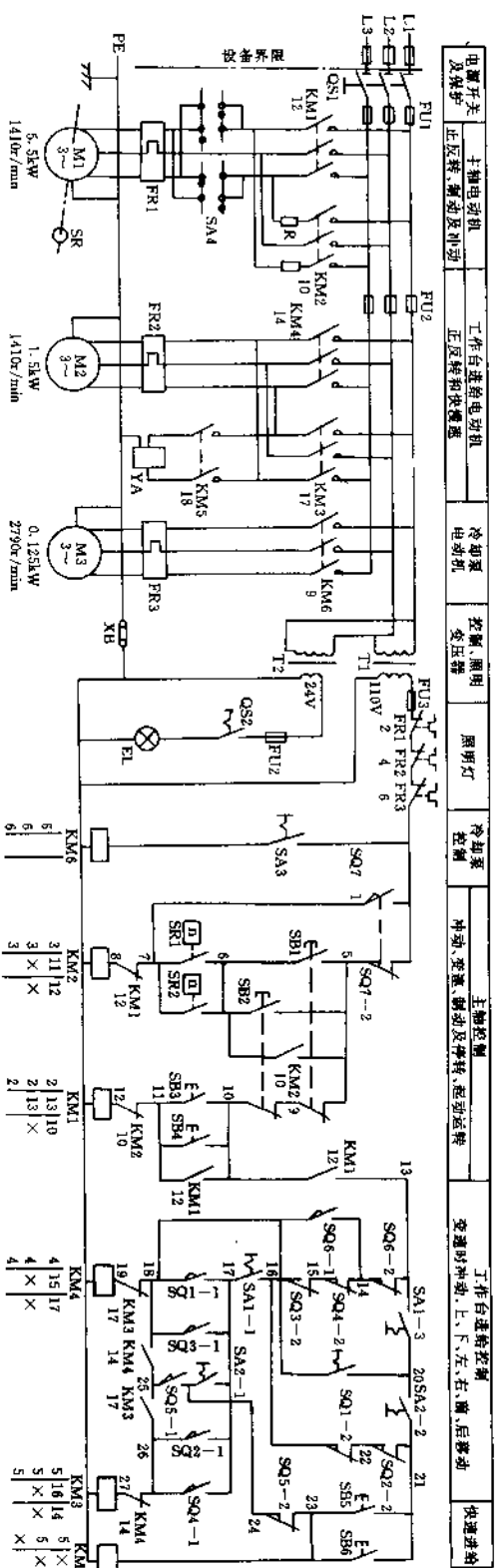


图 6-1 X62W 型万能铣床电气原理图

图 6-1 所示为 X62W 型万能铣床电气原理图。铣床的主轴和工作台常采用单独电动机拖动，铣切加工有顺铣和逆铣两种方向，要求主轴可逆运转。主轴带铣刀旋转，惯性大，在停车时需加制动。铣床的工作台可以上下、左右和前后三个方向进给。X62W 型万能铣床以最少电器件实现了主轴电动机的控制，升降台向上与工作台向后的控制，工作台向前与升降台向下的控制，工作台向右的控制，工作台向左的控制，进给变速冲动的控

制，快速行程的控制，单向自动牵引电磁铁的控制，半自动循环控制，圆形工作台的控制等多种形式的控制。

在主电路中，M1 为主轴电动机，M2 为工作台进给电动机，M3 为冷却泵电动机。M1 由接触器 KM1、KM2 以反转换开关 SA4 进行正、反转和降压、反接制动及瞬时冲动的控制。M2 由 KM3、KM4 进行正、反转控制，实现工作台的上下、左右、前后方向的快慢和限位控制。M3 由接触器 KM6 仅作正方向运转控制。

电源开关	主轴电动机 正转 反转	冷却泵电动机	进给电动机 正转 反转	照明电 器及灯	控制变压器及直流电源	能耗制动	启动主轴电动机	工作台快速移动	工作台进给速度 向右、前、下进给 向左、后、上进给
------	----------------	--------	----------------	------------	------------	------	---------	---------	------------------------------

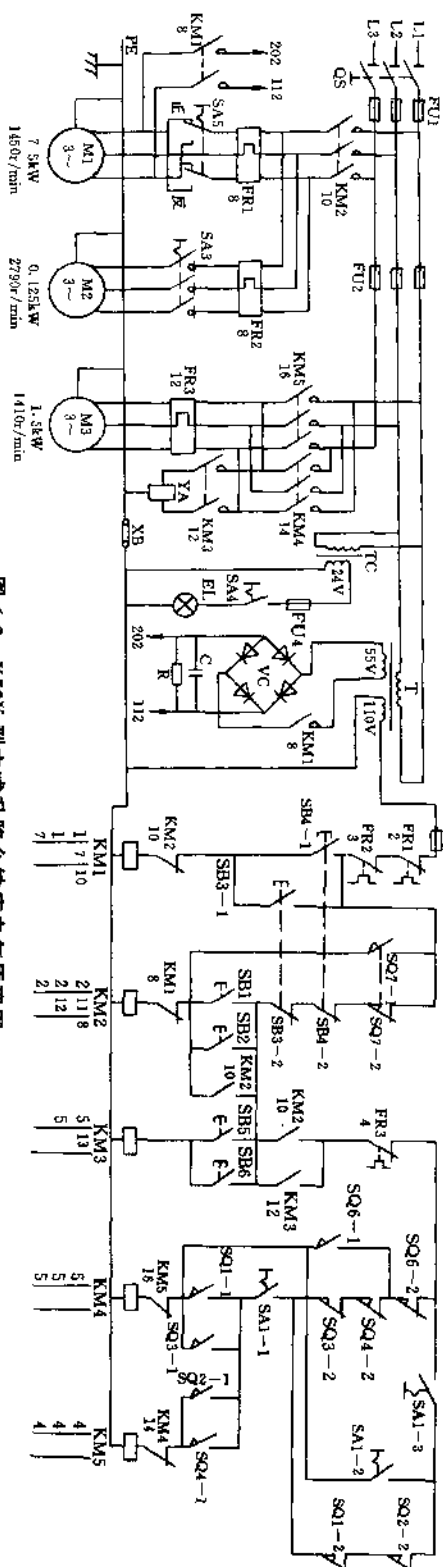


图 6-2 X52K 型立式升降台铣床电气原理图

图 6-2 所示为 X52K 立式升降台铣床电气控制电路。在图 6-2 中可以看出,主电路中有 3 台电动机, M1 为主轴电动机, M2 为冷却泵电动机, M3 为工作台进给电动机。转换开关 SA5 控制 M1 的正、反向运转,并由桥式整流器 VC 供给直流能耗制动,由接触器 KM4 和 KM5 控制 M3 的正、反向运转,由机械传动得到前后、左右和上下的进给和快速移动。在变速时 M1 和 M2 都能有冲动动作。控制电路分为几部分,主要如下:

(1) 主轴电动机 M1 的控制。按钮 SB1 或 SB2 可以两地操作启动主轴电动机 M1。压下按钮 SB1 或 SB2, 接触器 KM2 吸合并自锁, M1 启动, 方向由 SA5 选定。同时接触器 KM2 的常开触头闭合, 接通工作台控制电路。按下按钮 SB3 或 SB4, 接触器 KM2 释放, KM1 吸合, 单相桥式整流器 VC 供给直流电, M1 进行能耗制动。松开按钮 SB3 或 SB4 时, 接触器 KM1 释放, 主轴电动机 M1 的制动结束, M1 停止转动。变速时, 接通行程开关 SQ7, 使主轴电动机 M1 冲动。

(2) 工作台进给电动机 M3 的控制。加工过程中, 接触器 KM4 吸合, 工作台进给电动机 M3 正方向运转, 工作台可向右、向前、向下进给。接触器 KM5 吸合时, M3 反向运转, 工作台可向左、向后或向上进给。接触器 KM3 和电磁铁 YA 吸合时, 工作台作快速移动由按钮 SB5、SB6 操纵。工作台纵向进给由操纵手柄压合行程开关 SQ3 或 SQ4 获得, SQ1—2 和 SQ2—2 串联, SQ3—2 和 SQ4—2 串联, 可防止误操作。行程开关 SQ6 短时压合, 可使 M3 短时冲动。

接通转换开关“SA1”, 接触器“KM4”吸合, 圆工作台转动, 不使用圆工作台时, 断开转换开关 SA1。

(3) 冷却泵电动机 M2 的控制。接通转换开关 SA3, 接触器 KM2 吸合时, 主轴电动机 M1 和冷却泵电动机 M2 同时启动, M2 通过冷却泵和管道供给切削时的冷却液, 进行加工冷却。

(4) 机床照明灯 EL 的控制。合上开关 SA4, 变压器 T 将电源电压降为安全电压供给照明灯 EL。

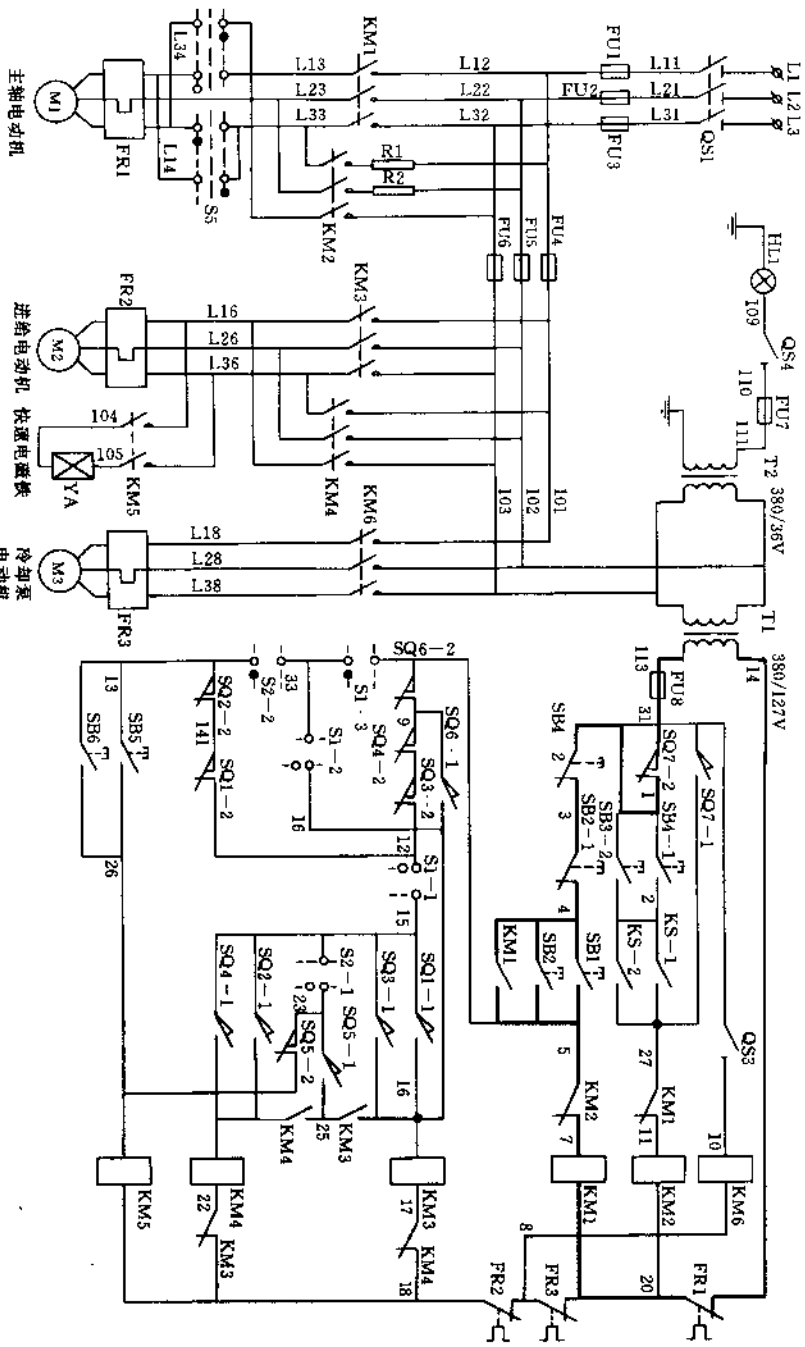


图 6-3 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (1)
(主轴电动机的控制)

图 6-3 所示为 X63 型万能升降台铣床电气原理图(1),图中粗线表示主轴电动机的控制回路。M1 为主轴电动机,由接触器 KM1 控制,其正反转是采用换相开关 S5 手动控制。停车时的制

动是通过制动接触器 KM2 的主触点并串入不对称电阻 R 进行反接制动。另外还通过机械机构和接触器 KM2 进行变速冲动控制。

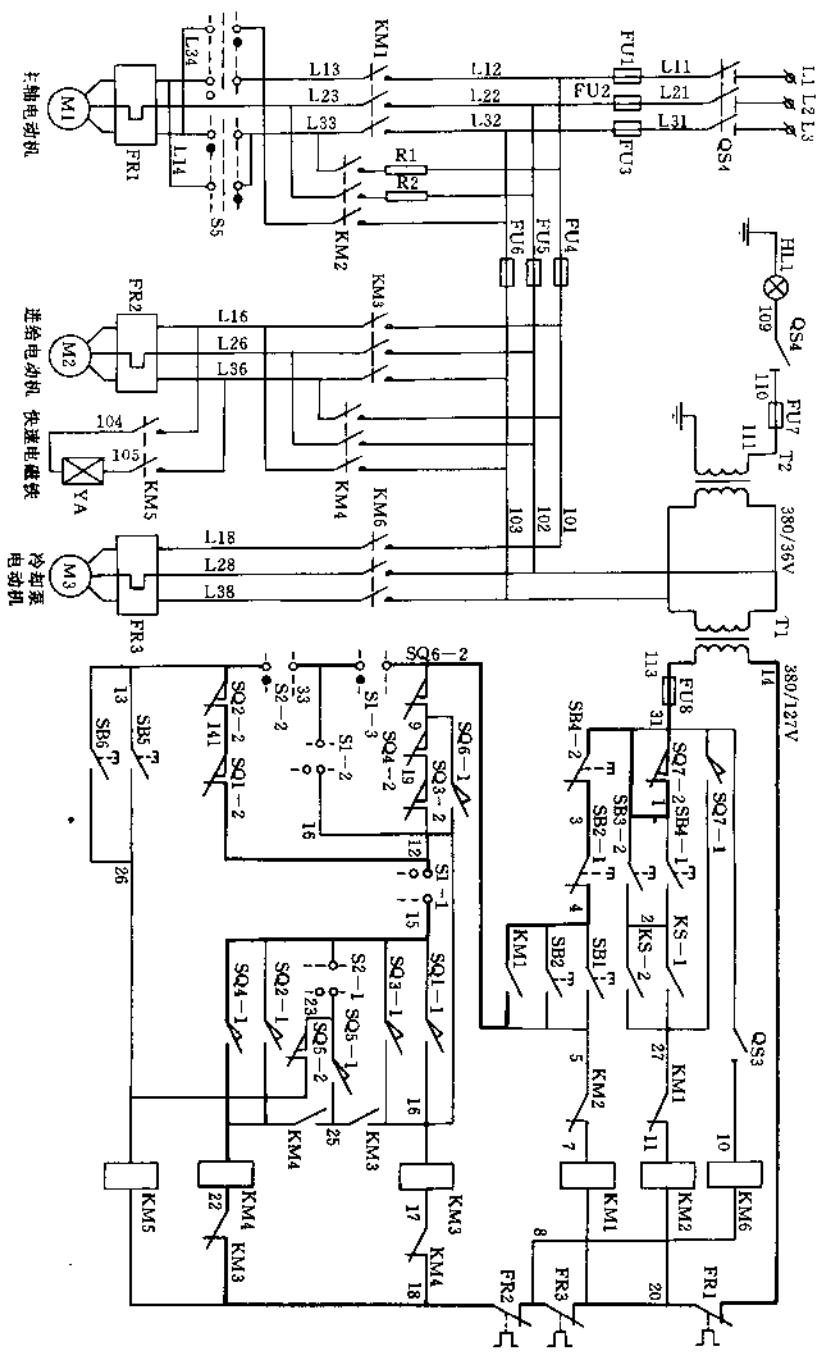


图 6-4 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (2)
(升降台向上与工作台向右时的回路)

图 6-4 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图(2),图中粗 台上垂直进给的机械离合器,压下行程开关 SQ4(SQ4-1 闭合)接 触器KM4 得电吸合,电动机 M2 反转,升降台向上与工作台向右运动。 线表示升降台向上与工作台向右时的回路。此时十字手柄扳向上方,

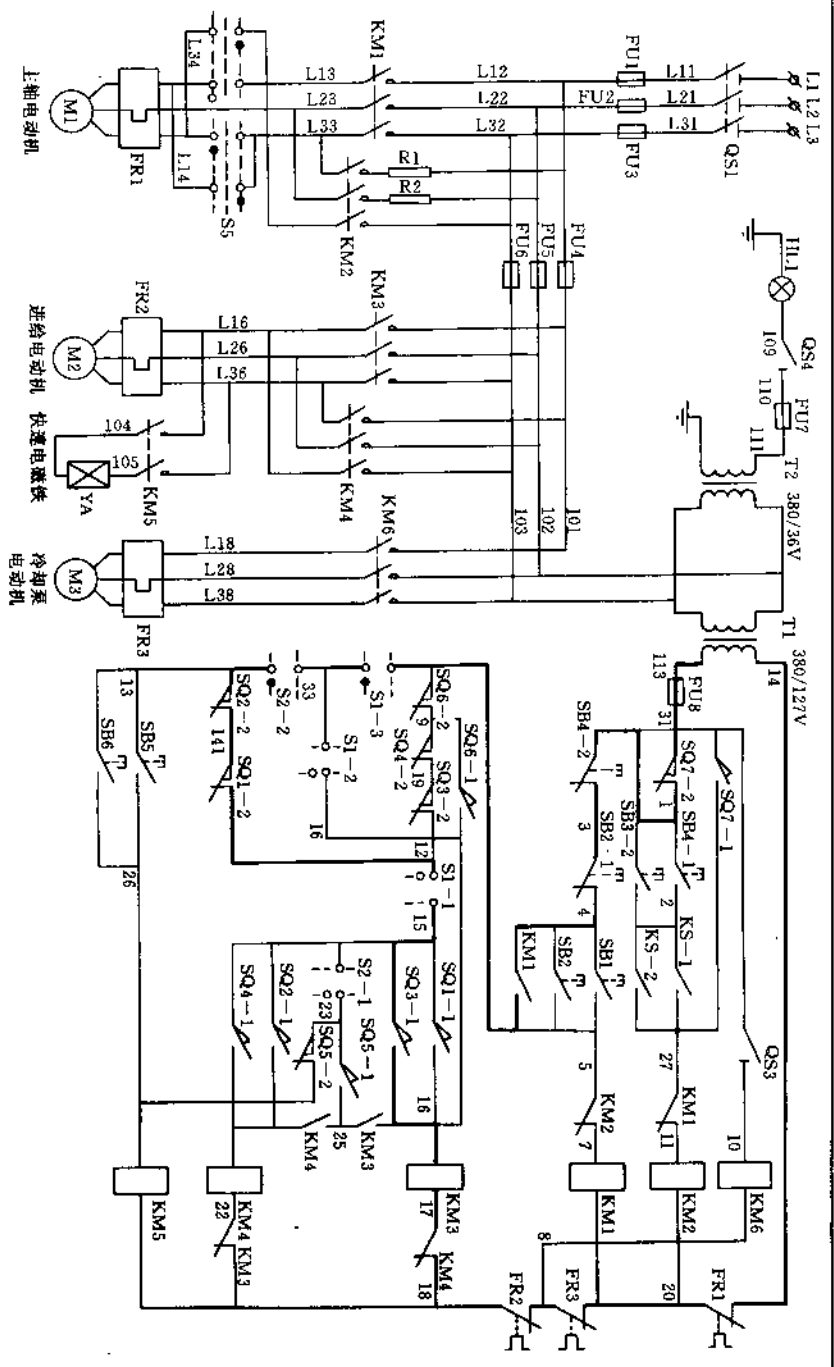


图 6-5 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (3)
(工作台向前、升降台向下时的回路)

图 6-5 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图(3),图中 闭合),接触器 KM3 吸合,电动机 M2 反转,工作台向前、升降粗线表示升降台向下、工作台向前时的回路。此时十字手柄扳回台向下运动。欲停止下降,只要把十字手柄扳回中间位置即可。下方,台上垂直进给的机械离合器,压下行程开关 SQ3 (SQ 3—1

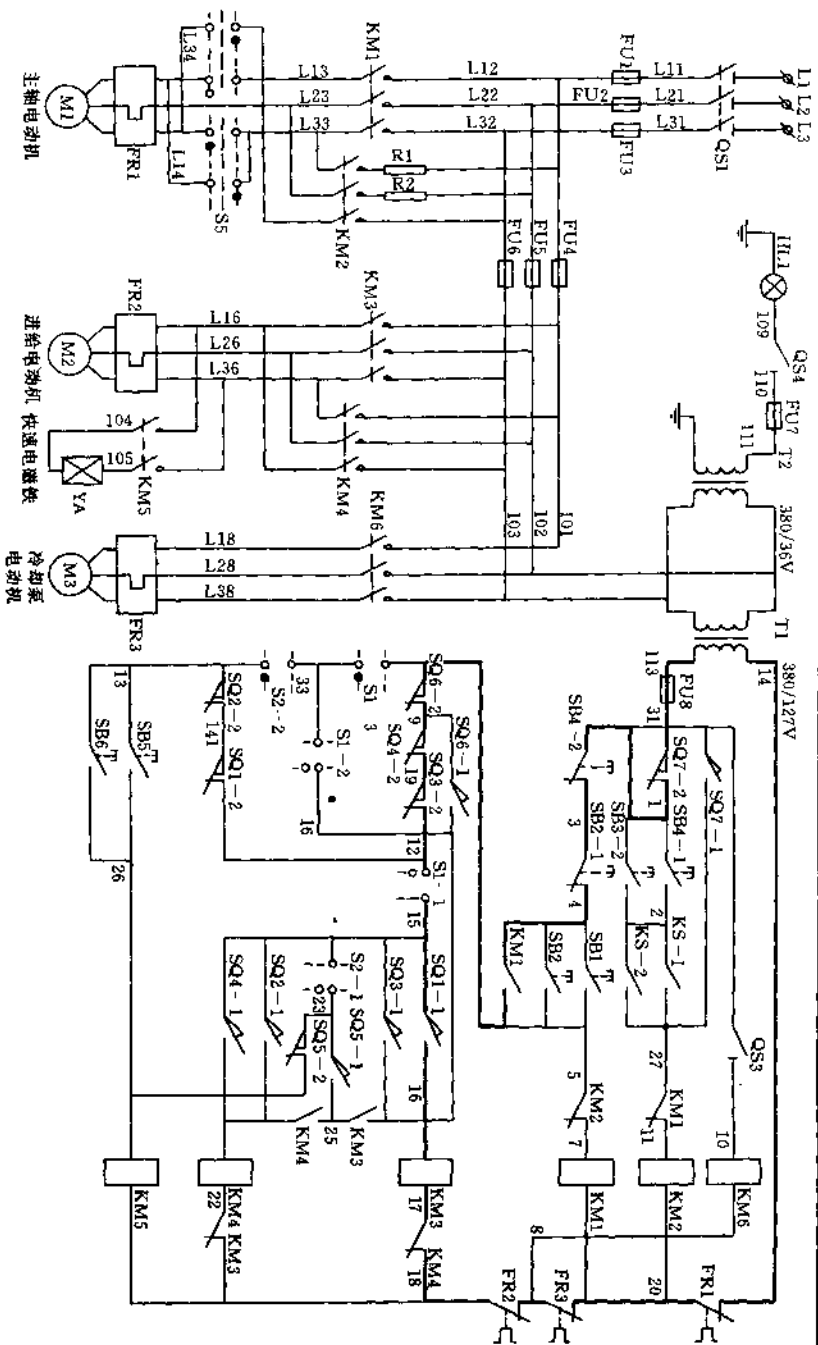


图 6-6 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (4)
(工作台向右时的回路)

图 6-6 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (4), 图中粗线表示工作台向右时的回路。此时, 将十字手柄扳向右方, 合上横向进给的机械离合器, 压下行程开关 SQ1 (SQ1-1 闭合), 接

触器 KM3 获电吸合, 电动机 M2 正转, 工作台向右移动。欲停止向右运动, 将手柄扳回中间位置, 此时行程开关 SQ1 不受压, 纵向机械离合器也脱开, 电动机 M2 失电停转, 工作台停止运动。

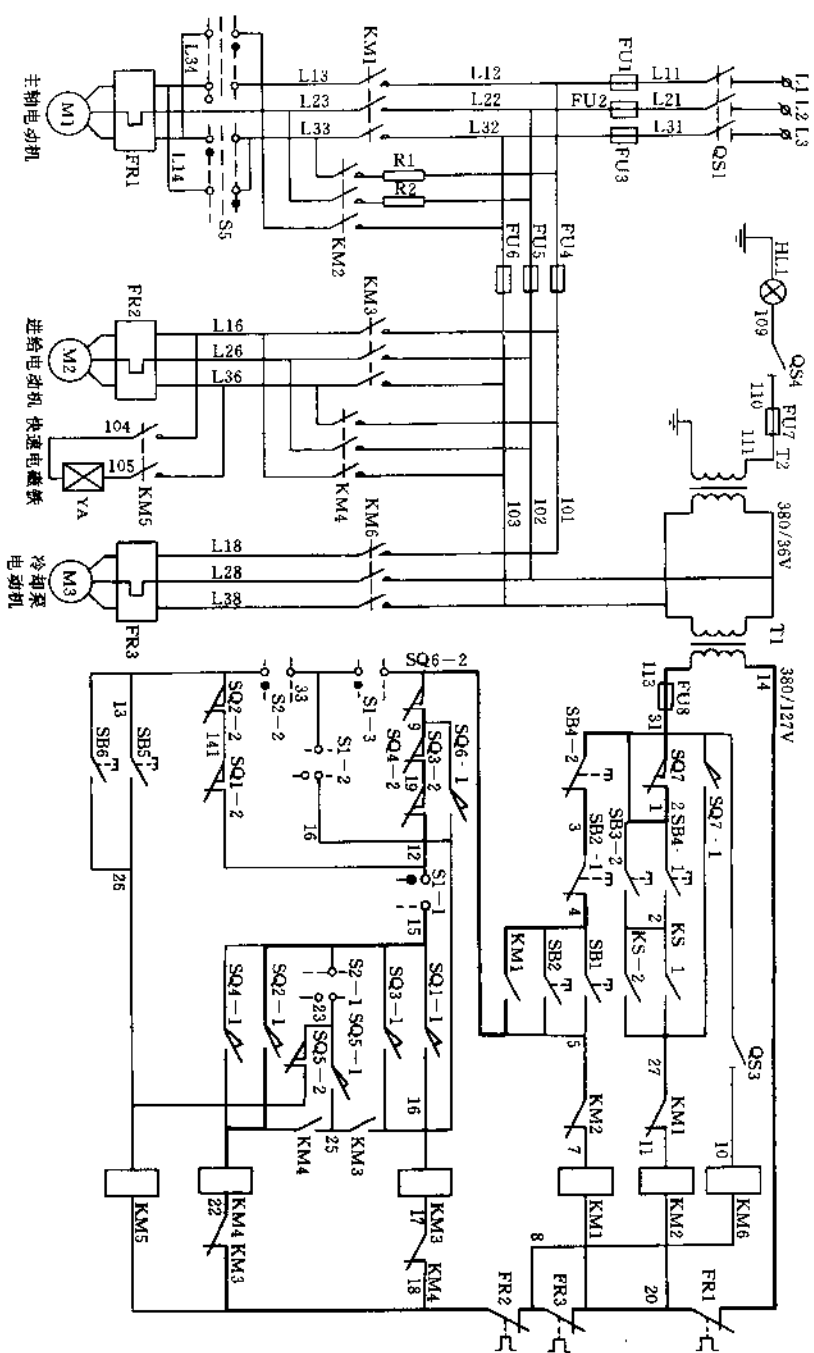


图 6-7 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (5)
(工作台向左时的回路)

图 6-7 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (5)，图中粗线表示工作台向左时的回路。此时，将十字手柄扳向左方，合上行程开关 SQ2 (SQ2-1 闭合)，接通进给机械离合器，压下行程开关 SQ2 (SQ2-1 闭合)，接

触器 KM4 获电吸合，电动机 M2 反转工作台向左移动。工作台纵向进给运动的终端限位，利用工作台上安装的左右终端撞块撞击操作手柄，使手柄回到中间停车位置，实现了终端保护。

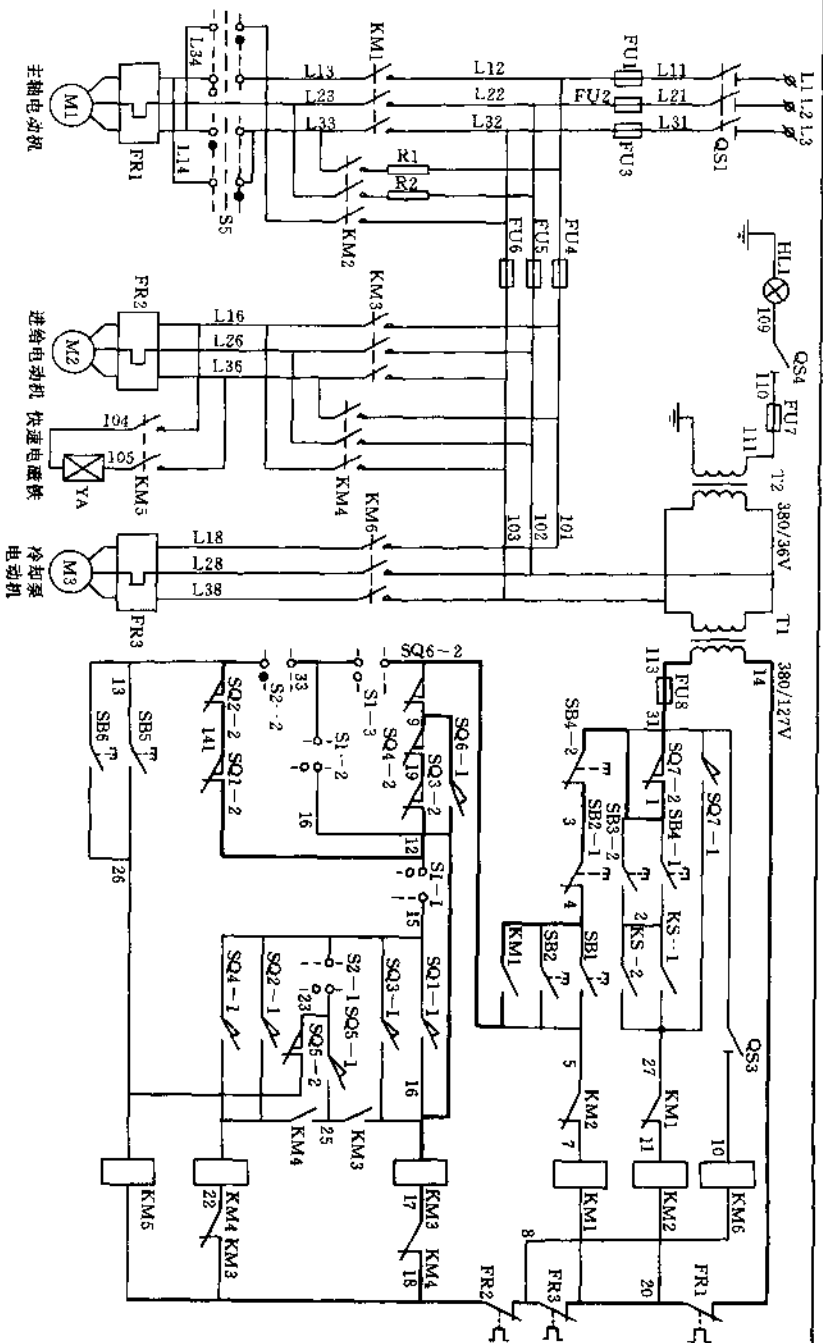


图 6-8 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (6)
(进给变速冲动的回路)

图 6-8 所示为 X63 型万能升降台铣床电气原理图 (6), 图中粗线表示进给变速冲动时的回路。此时的冲动控制由变速手柄与冲动开关 SQ6 通过机械上的联动机械控制。其操作顺序是, 将蘑菇形变速手柄向外拉出一些, 再转动该变速手柄, 选择好进给速度, 再把手柄用力向外一拉, 并立即推回原位。就在拉到极限位置的瞬间, 其连杆机构推动 SQ6, 使 SQ6-2 断开, SQ6-1 闭合, 接触器 KM3 瞬时获电, 电动机 M2 瞬时转动, 从而使变速时齿轮易于啮合, 完成了变速冲动。

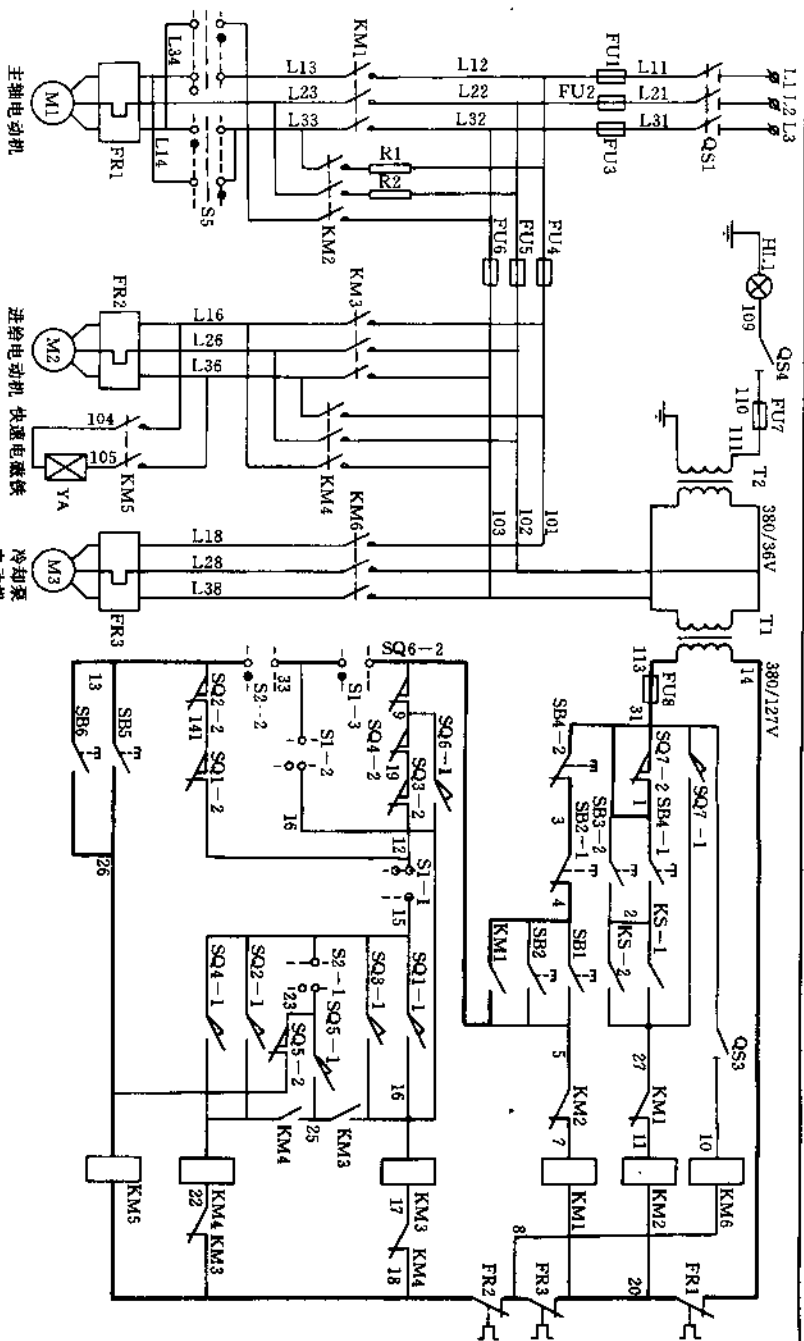


图 6-9 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (7)
(快速行程回路)

图 6-9 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (7)，图中粗线表示快速行程回路。工作台六个方向的快速移动，也是由进给电动机 M2 拖动，它是当工作台进行工作进给 (慢速移动) 时，再按下快速移动按钮 SB5 或 SB6，即能实现快速移动。按下按钮 SB5 (或 SB6) → KM5 获电 → KM5 全触点闭合 → 快速电磁铁 YA 线圈

获电 → 通过机械机构接传动链 (减少中间传动装置) → 工作台按原进给方向快速移动。松开快速移动按钮，快速移动停止，工作台按原方向继续进给。若要求快速移动在主轴电动机不转的情况下进行，可先将主轴换向开关 S5 扳至“停止”位置，然后再扳动进给手柄，按主轴启动按钮和快速进给按钮，工作台就可进行快速调整。

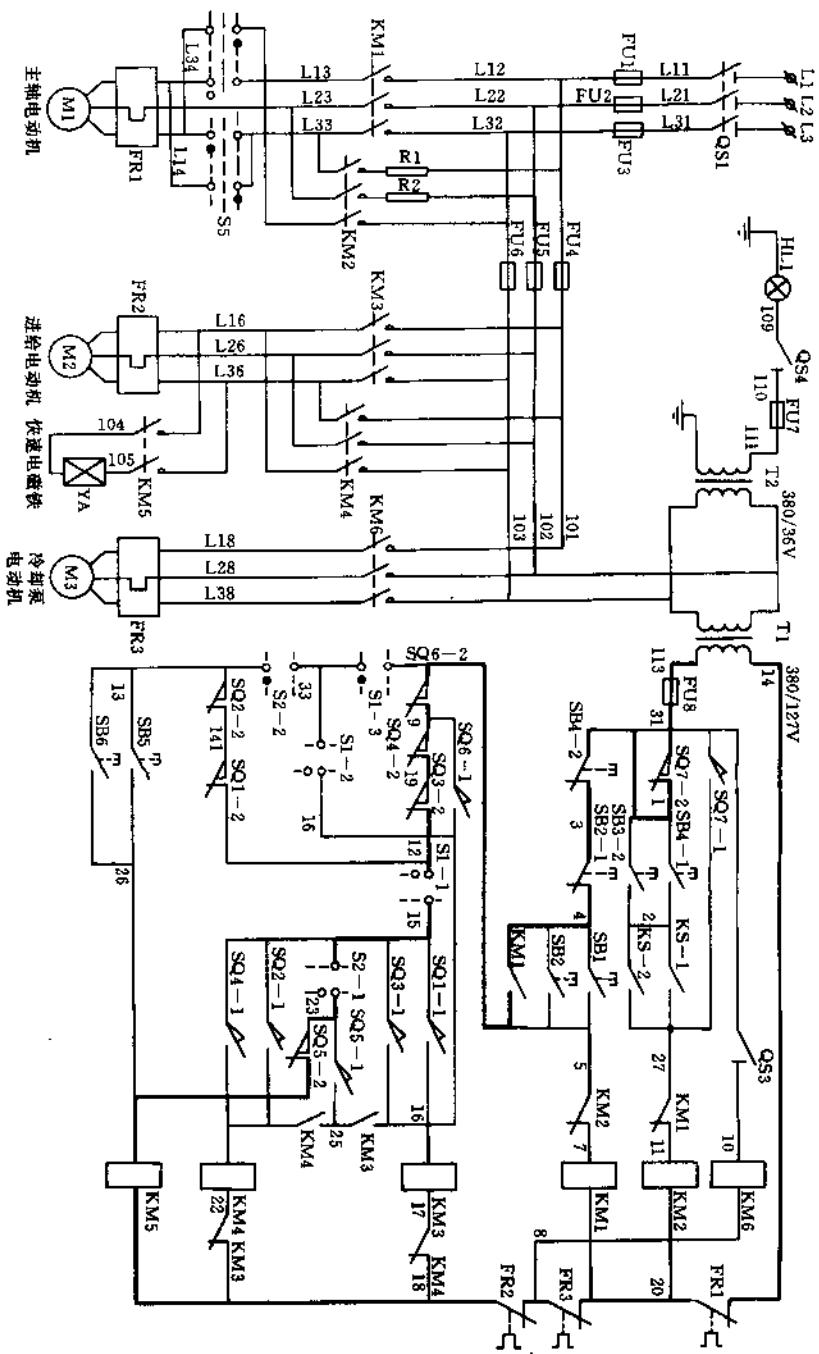


图 6-10 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (8)
(单向自动控制的牵引电磁铁电气回路)

图 6-10 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (8), 图 6-10 中粗线表示单向自动控制的牵引电磁铁电气回路。此时, 行程开关 SQ3、SQ4、SQ5、SQ6 均处于未被压下位置, 转换开关 SI-1、SI-2-1 处于接通位置。接触器 KM5 吸合, 电磁铁 YA 获电。

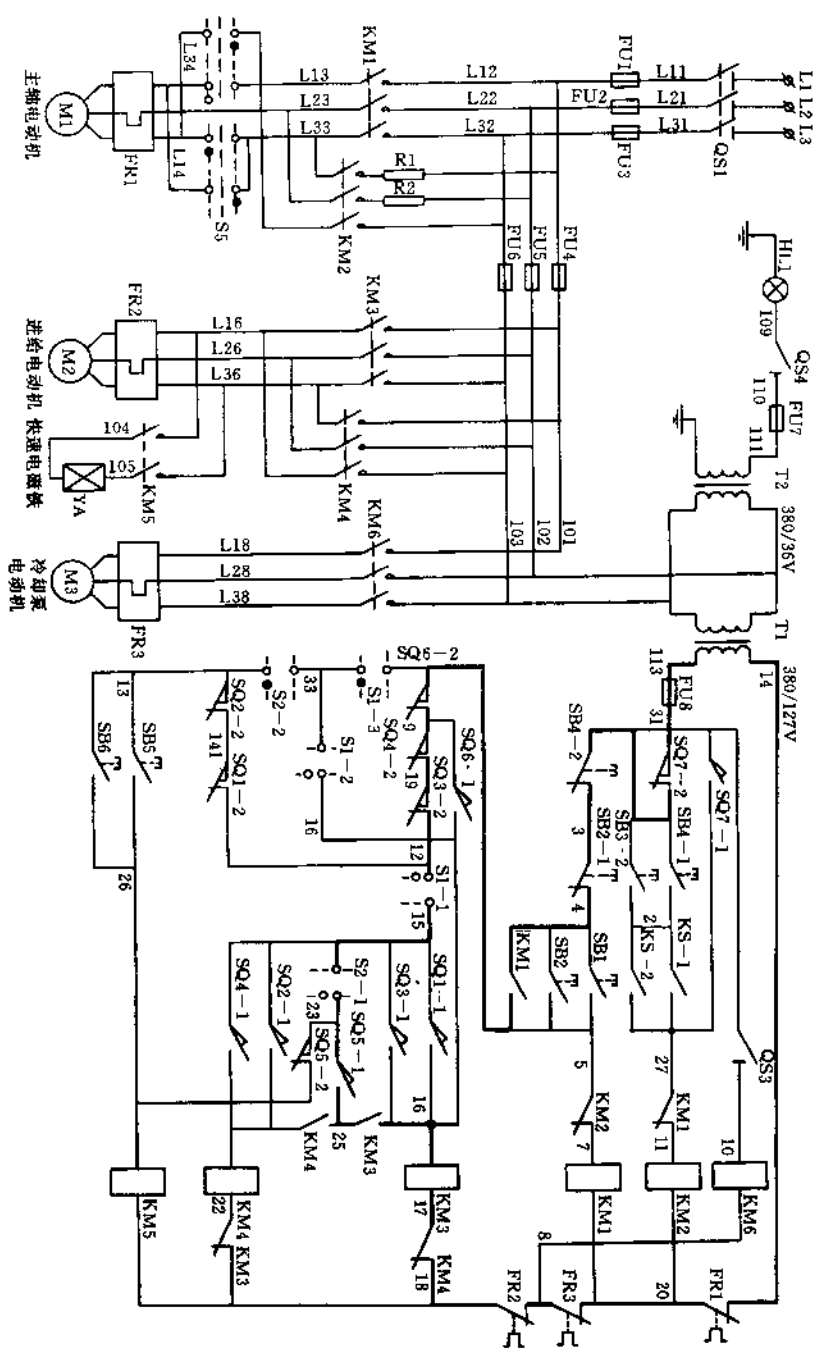


图 6-11 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (9)
(半自动循环电路)

图 6-11 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (9)，图中粗线表示半自动循环的一个回路。这时电动机 M2 正转，工作台向右运动，到达终点时，行程开关控制工作台向左运动，半自动中粗线表示半自动循环的一个回路。这时电动机 M2 正转，工作台循环。

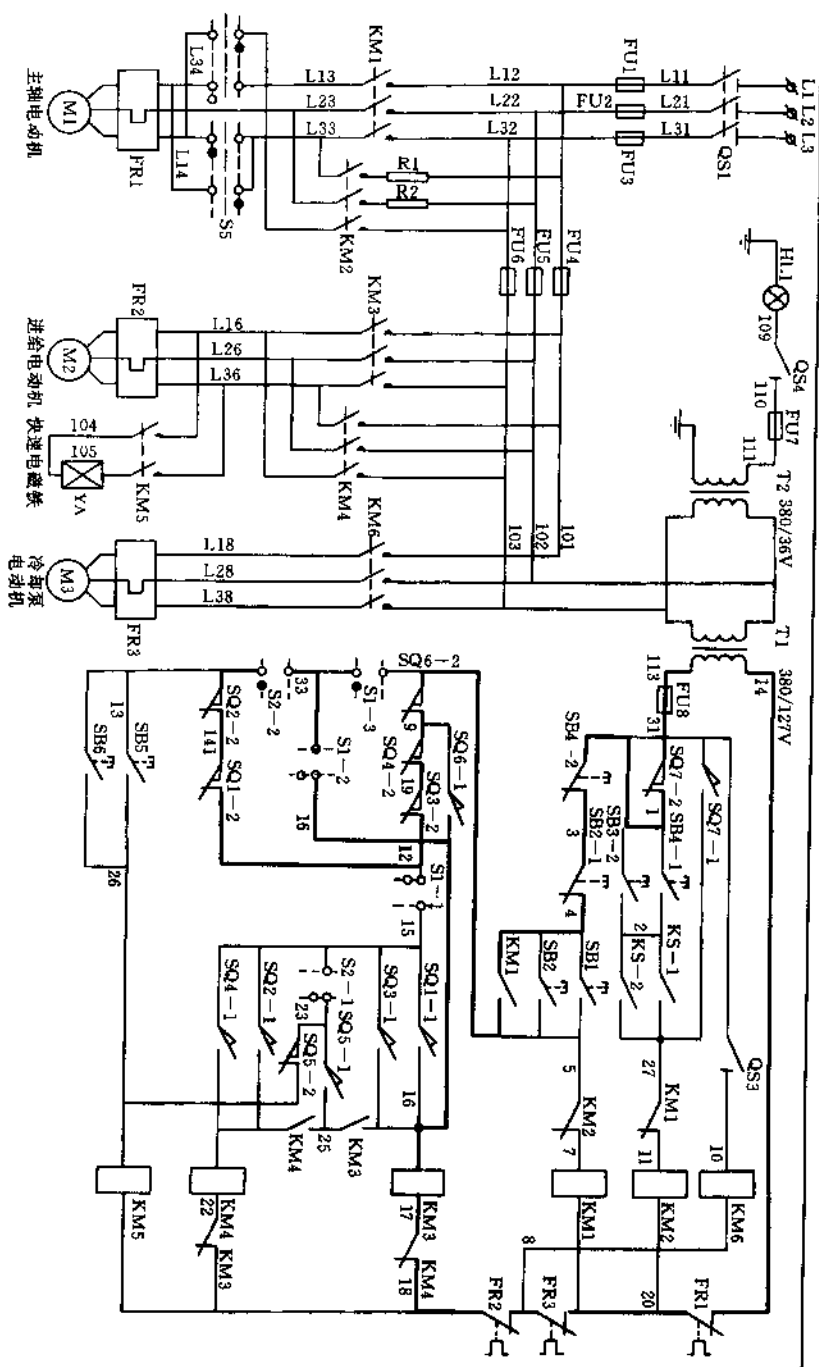


图 6-12 X63W 型万能升降台铣床电气原理图 (10)
(圆形工作台控制电路)

图 6-12 所示为 X63W 型万能升降台铣床电气原理图(10), 图中粗线表示圆形工作台控制电路。圆工作台的回转运动是由进给电动机 M2 经传动机构拖动的。在机床开动前, 先将圆工作台转换开关 S1 扳到“接通”位置, 工作台的全部操作手柄扳到中间(零位)位置, 因此行程开关 SQ1~SQ4 都不受压, 此时若按下主轴启动按钮 SB1 或 SB2, 主轴电动机便启动, 因而进给电动机 M2 也因

接触器 KM3 通电而旋转。
电动机 M2 正向旋转, 拖动圆工作台转动, 圆工作台只能单向旋转。圆工作台的控制电路串联了 SQ1~SQ4 的常闭触点, 所以只要扳动工作台的任一进给手柄, 都将会使圆工作台停止转动, 这就起到了工作台的进给运动与圆工作台的联锁保护。

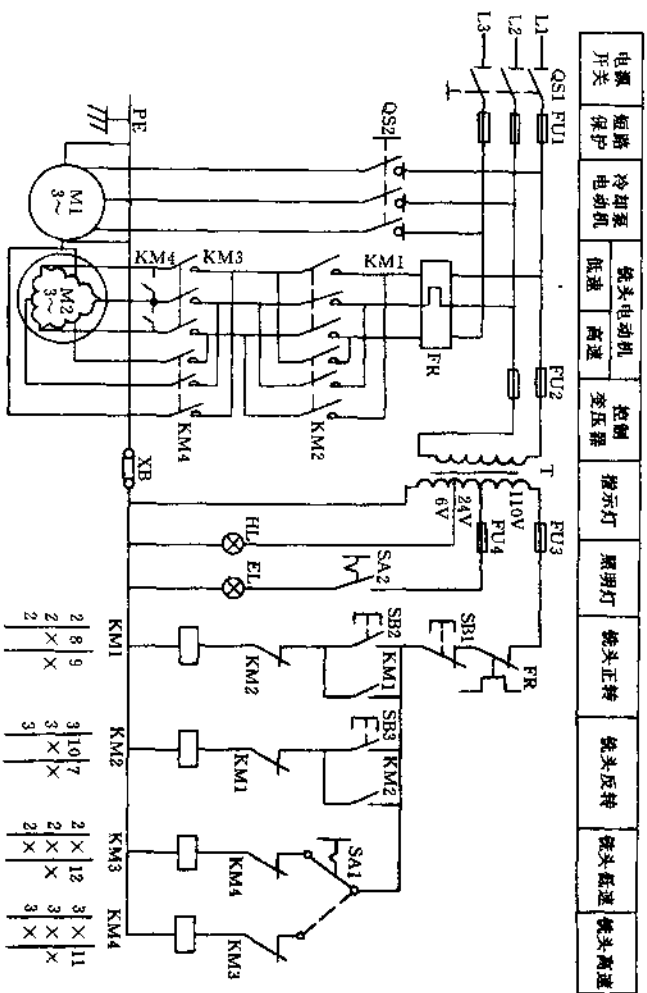


图 6-13 X8120W 型万能工具铣电气原理图

图 6-13 所示为 X8120W 型万能工具铣电气原理图。在图 6-13 中可以看出，主电路有 2 台三相异步电动机，M1 为冷却泵电动机，M2 为双速铣头电动机。转换开关 QS2 控制 M1 的启动和停止。M2 由接触器 KM1 和 KM2 控制其正反转方向运转；由双速开关 SA1 控制接触器 KM3 和 KM4，使双速电动机 M2 接成三角形（△）联接低速运转，或接成双星形（YY）联接高速运转。

X8120W 万能工具铣的控制电路主要有下述几部分：

(1) 铣头电动机 M2 的控制。合总电源开关 QS1 后，把双速开关 SA1 扳到“低速”位置，压下按钮 SB2，此时接触器 KM1 和

KM3 吸合，铣头电动机 M2 低速正方向运转。若把双速开关 SA1 扳到“高速”位置，压下按钮 SB2，接触器 KM1 和 KM4 吸合，铣头电动机 M2 高速正方向运转，若压下按钮 SB3，则接触器 KM2 吸合，铣头电动机 M2 反方向运转。

(2) 冷却电动机 M1 的控制。合上转换开关 QS2，M1 启动并带动冷却泵供给加工冷却液。

主电路和控制回路均有熔断器作短路保护，铣头电动机设有热继电器作过载保护。照明电路由变压器 T 供电。

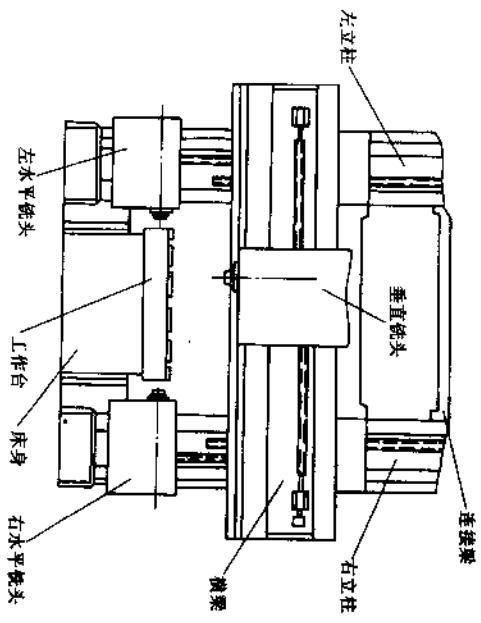


图 6-14 龙门铣床外观结构图

图 6-14 所示为龙门铣床的外观结构。龙门铣床可以加工较大工件，备有立铣刀头和左、右侧铣刀头。

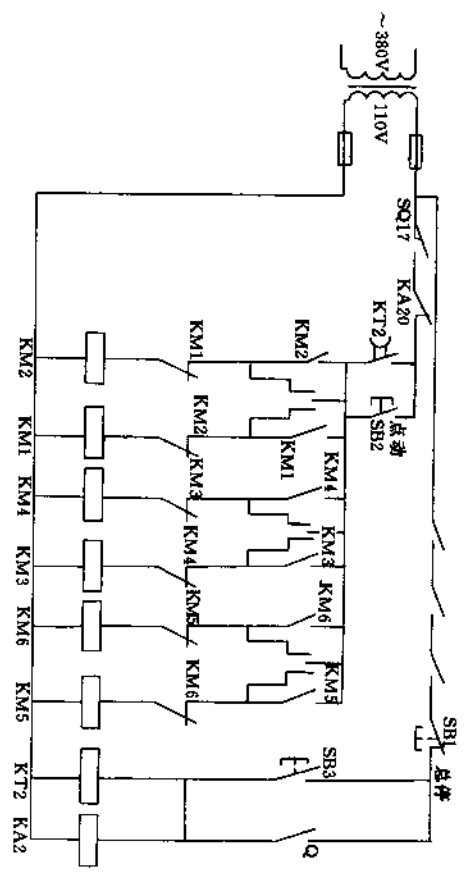


图 6-15 主轴控制电路

图 6-15 所示为龙门铣床主轴控制电路，从图中可以看出，主要是采用交流接触器 KM1~KM6，配合使用时间继电器和中间继电器。

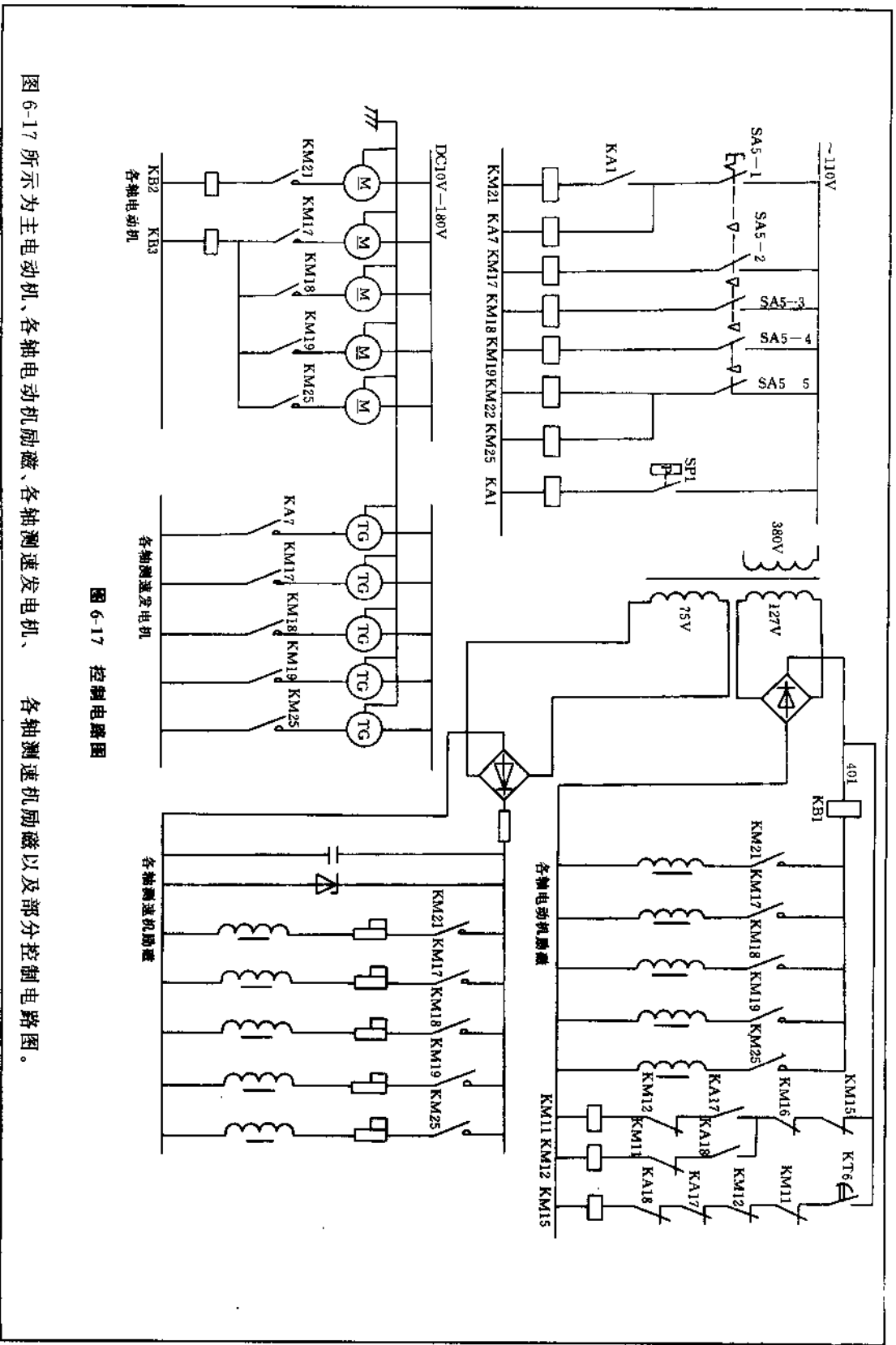


图 6-17 所示为主电动机、各轴电动机励磁、各轴测速发电机、各轴测速机刷磁以及部分控制电路图。

图 6-17 控制电路图

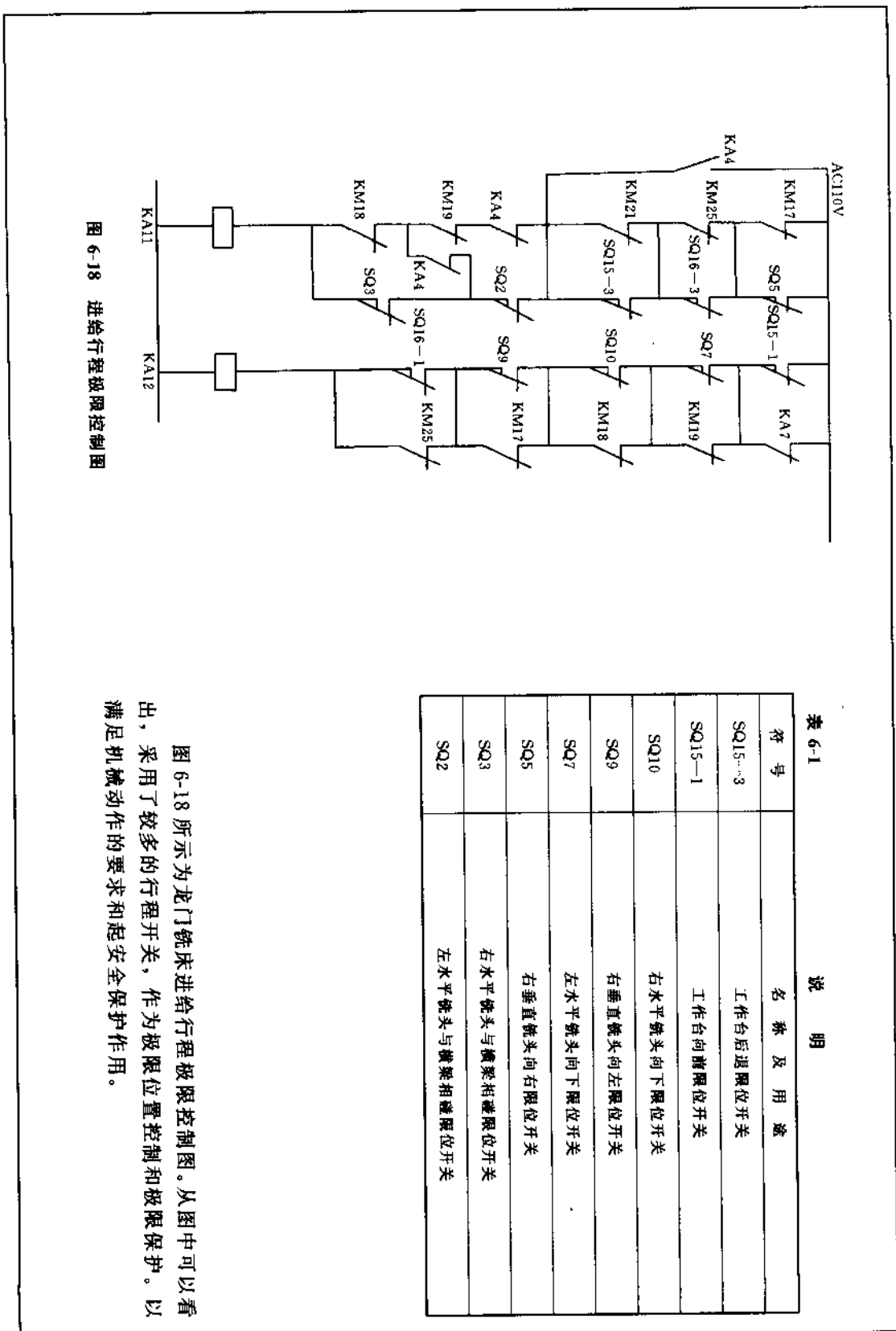


表 6-1 说明

符 号	名 称 及 用 途
SQ15-3	工作台后退限位开关
SQ15-1	工作台向前限位开关
SQ10	右水平铣头向下限位开关
SQ9	右垂直铣头向左限位开关
SQ7	左水平铣头向下限位开关
SQ5	右垂直铣头向右限位开关
SQ3	右水平铣头与横梁相碰限位开关
SQ2	左水平铣头与横梁相碰限位开关

图 6-18 所示为龙门铣床进给行程极限控制图。从图中可以看出，采用了较多的行程开关，作为极限位置控制和极限保护。以满足机械动作的要求和起安全保护作用。

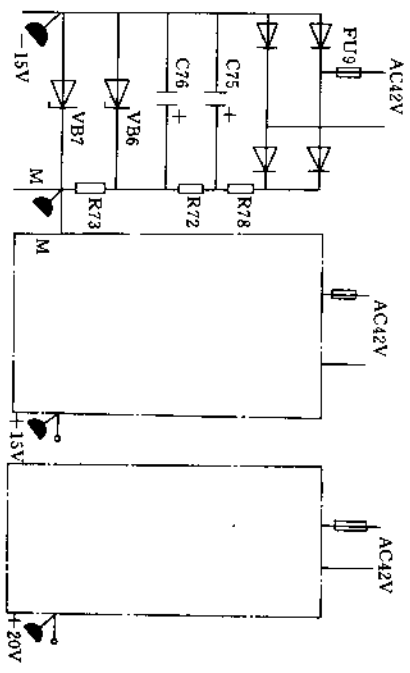


图 6-20 稳压电源原理图

图 6-20 所示为龙门铣床的稳压电源电路图，从图中可以看出，电路由单相桥式整流电路和稳压管来实现稳压电源的要求。

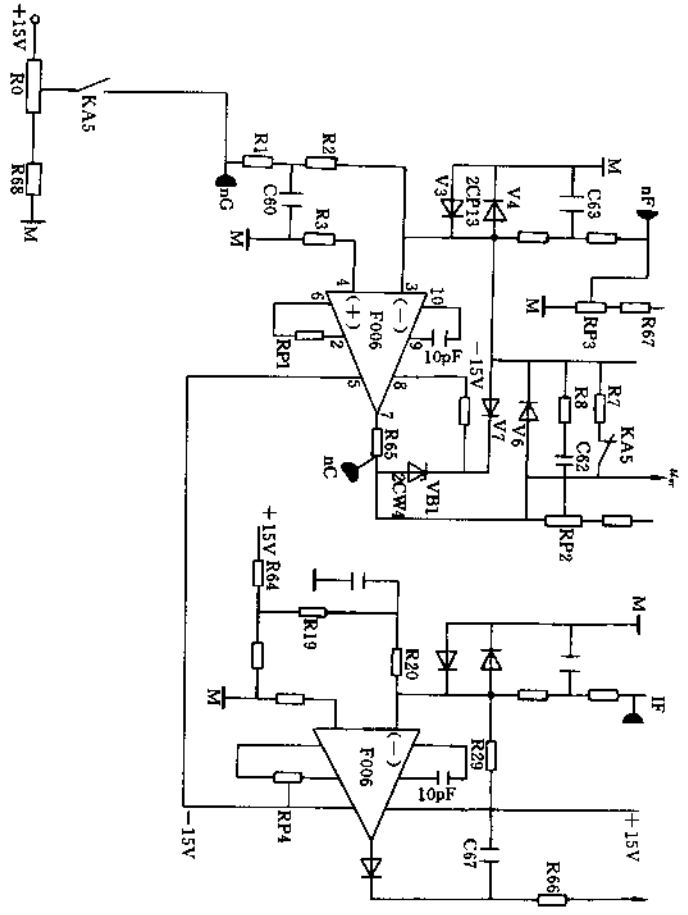


图 6-21 调节器原理图

图 6-21 所示为龙门铣床调节器电路图。从图中可以看出主要由集成电路 F006 组成。

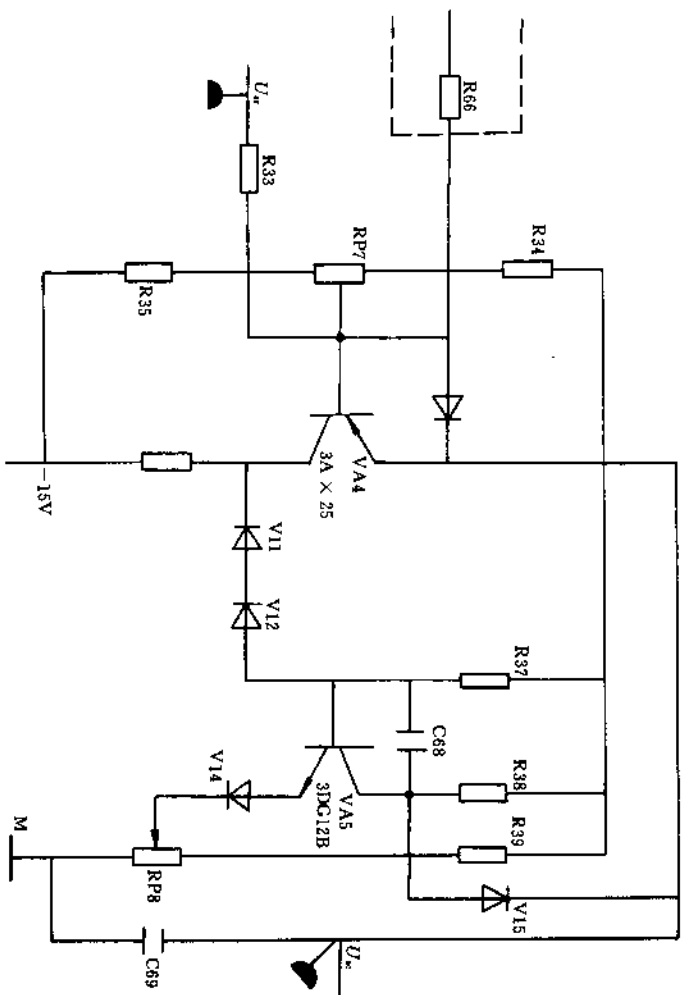
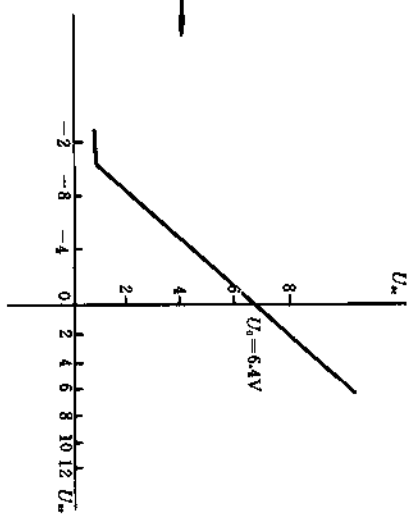


图 6-22 放大器原理图

图 6-22 所示为龙门铣床的放大器电路。从图中可以看出，电 VA5 采用 3DG12B 型晶体管。路为两级晶体管放大器，前级 VA4 采用 3AX25 型晶体管，后级



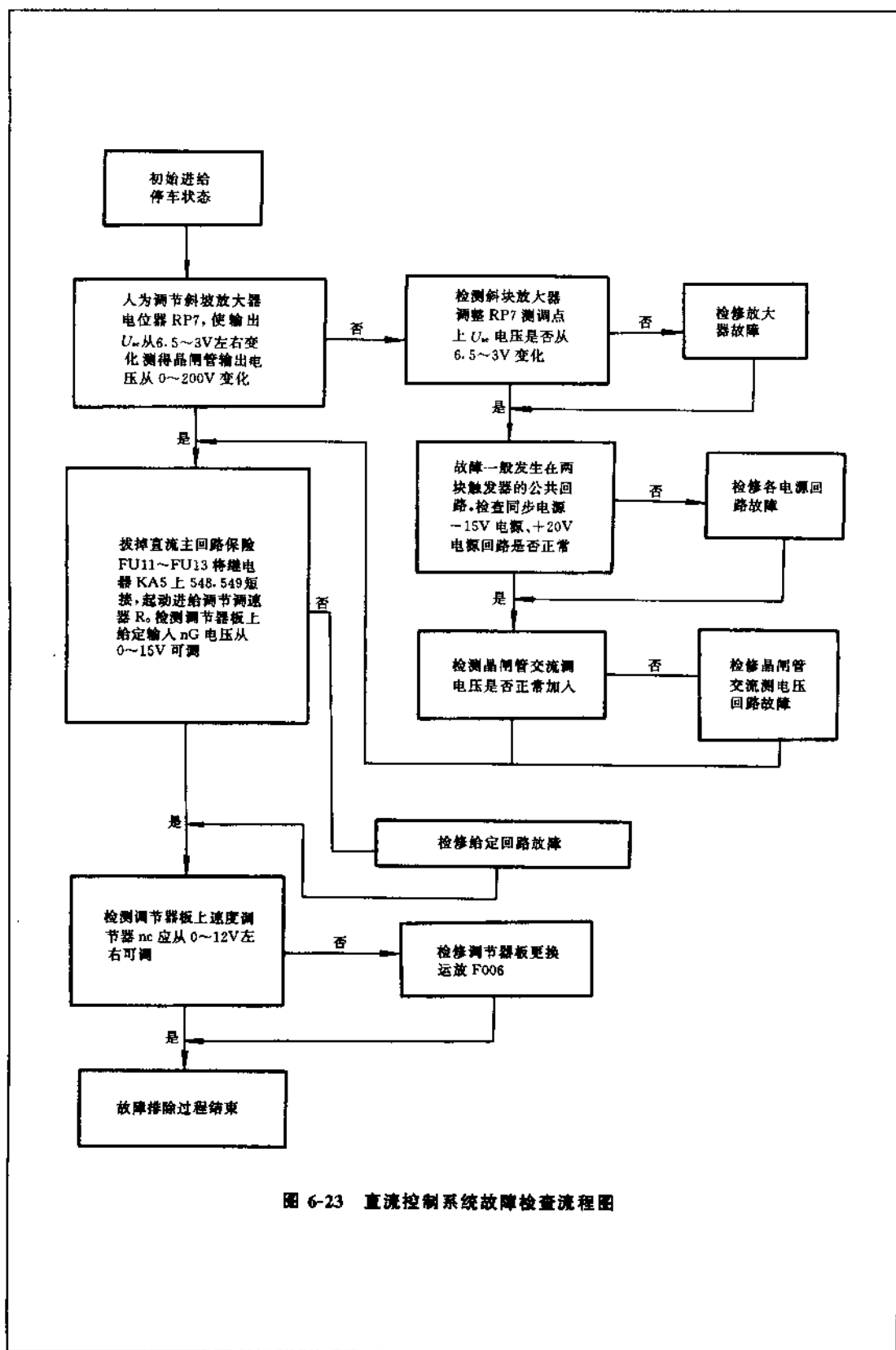


图 6-23 直流控制系统故障检查流程图

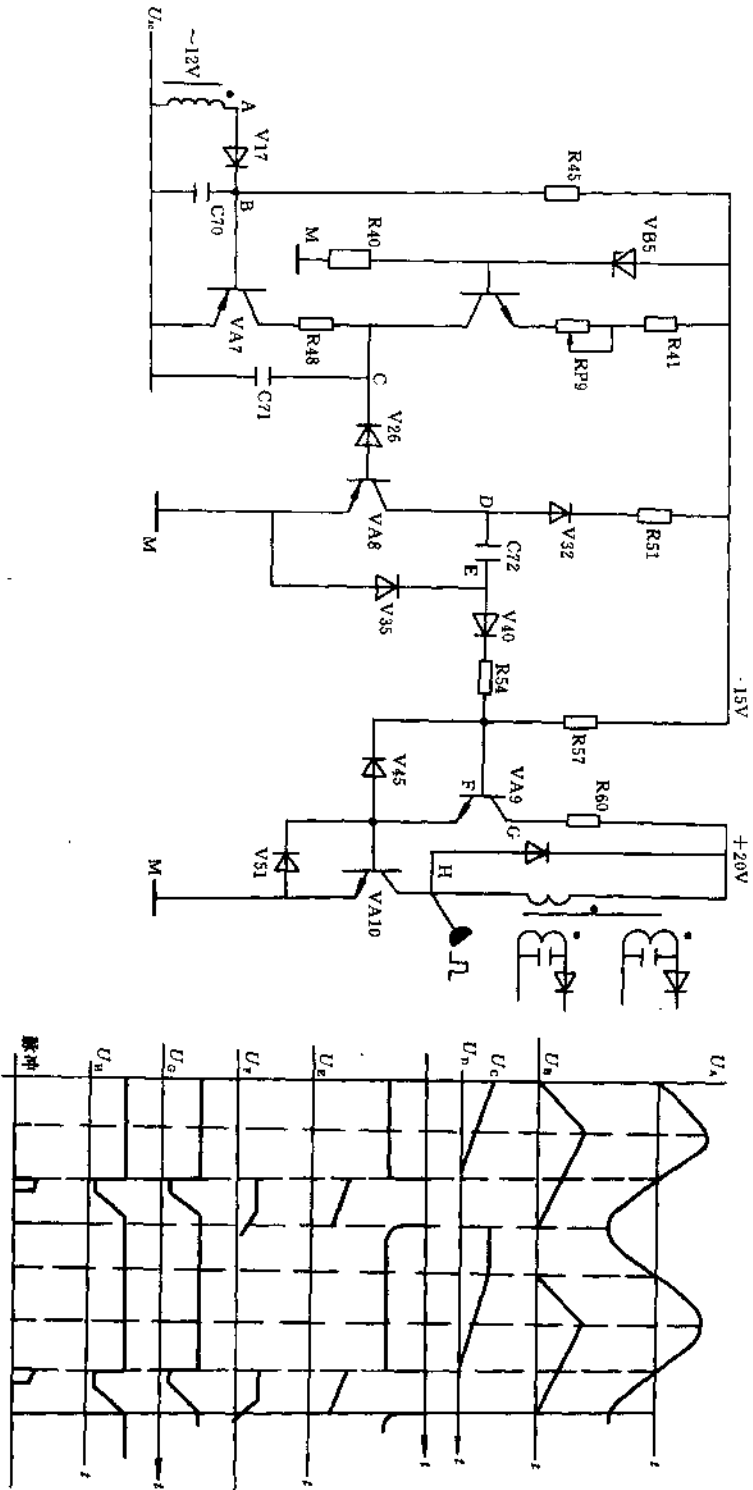


图 6-24 触发器原理图

图 6-24 所示为龙门铣床的触发电路图。从图中可以看出，触 发器采用晶体触发电路由脉冲变压器输出脉冲，去触发晶闸管。

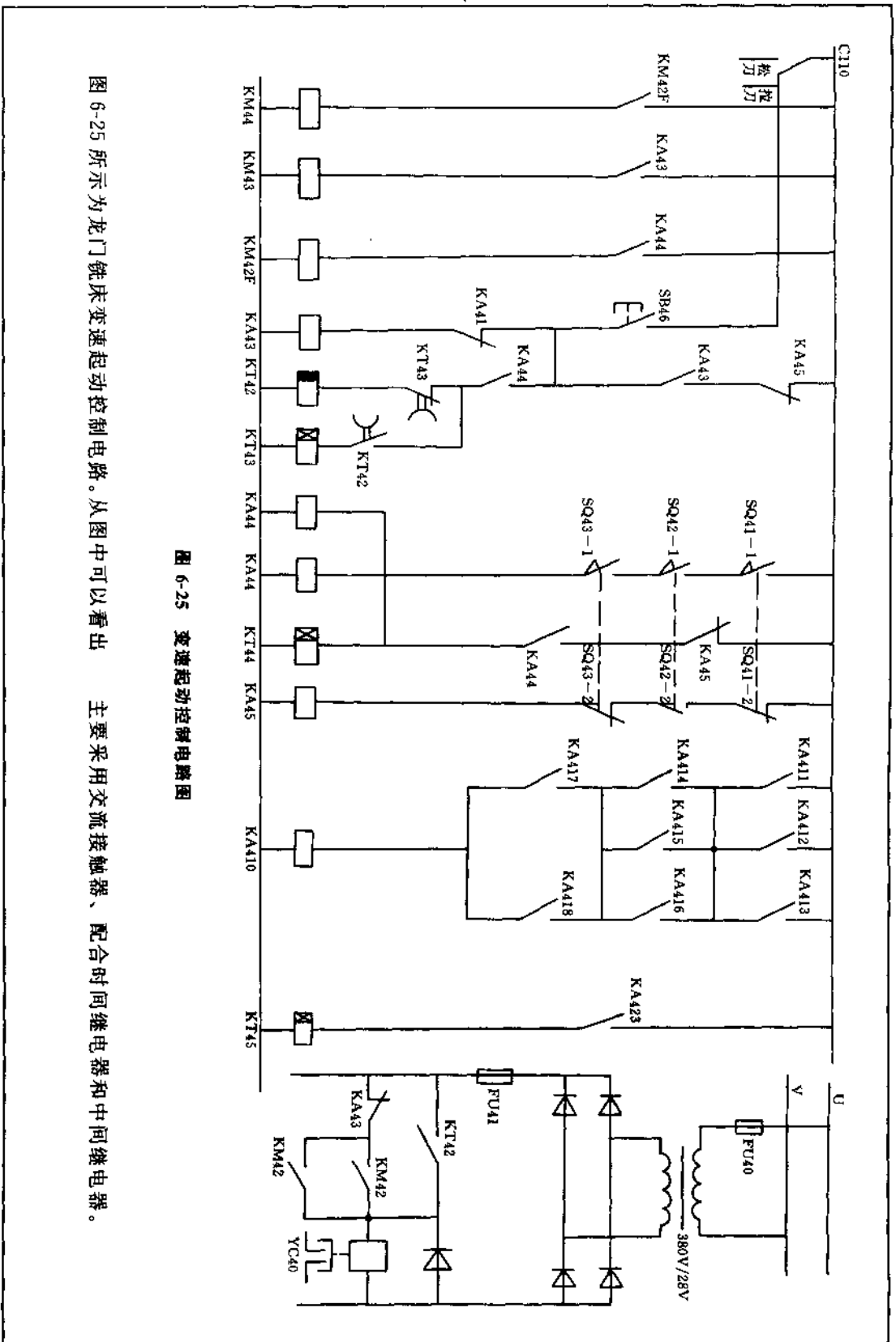


图 6-25 变速启动控制电路图

图 6-25 所示为龙门铣床变速启动控制电路。从图中可以看出 主要采用交流接触器、配合时间继电器和中间继电器。

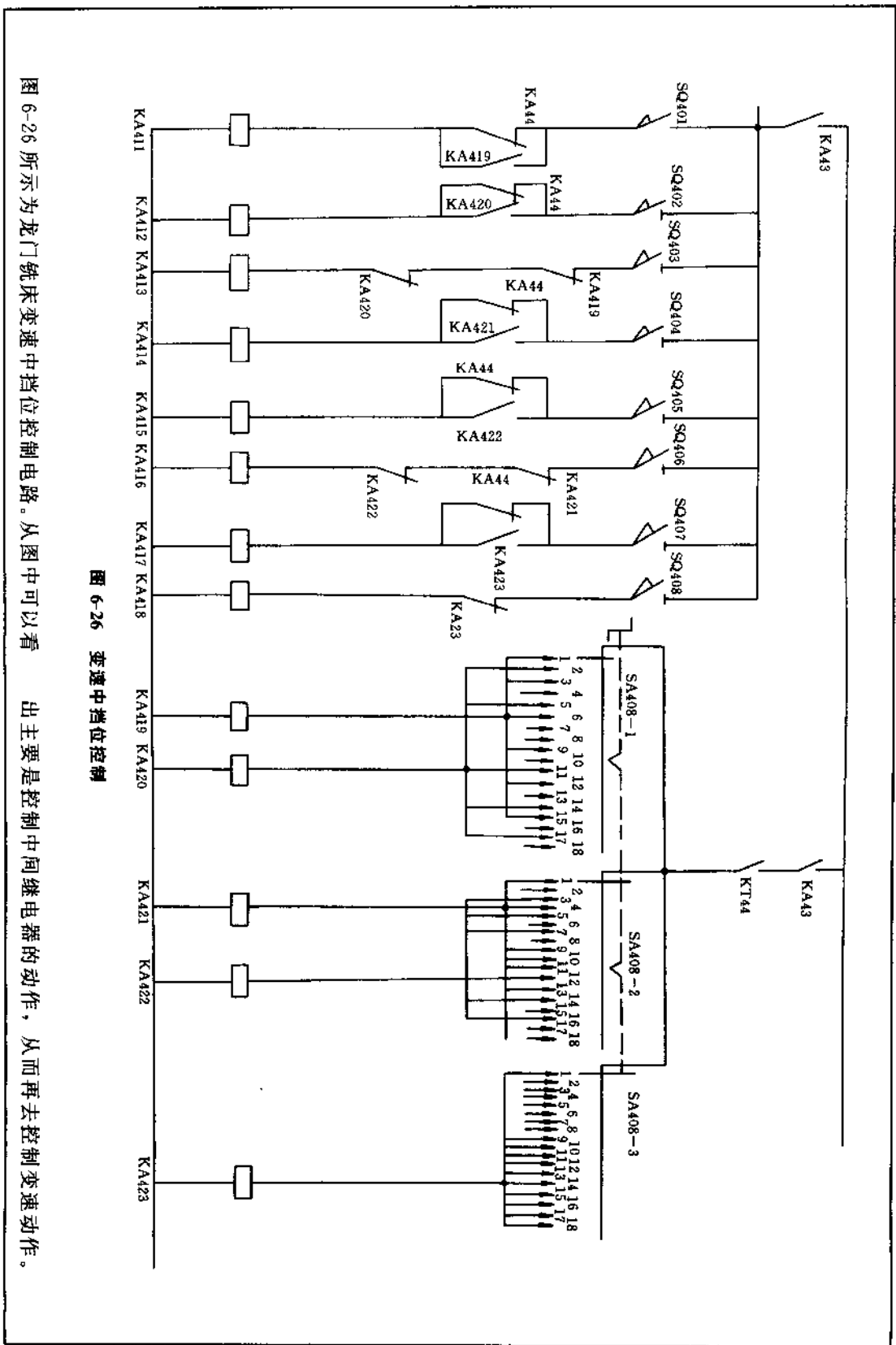


图 6-26 变速中挡位控制

图 6-26 所示为龙门铣床变速中挡位控制电路。从图中可以看出 出主要是控制中间继电器的动作，从而再去控制变速动作。

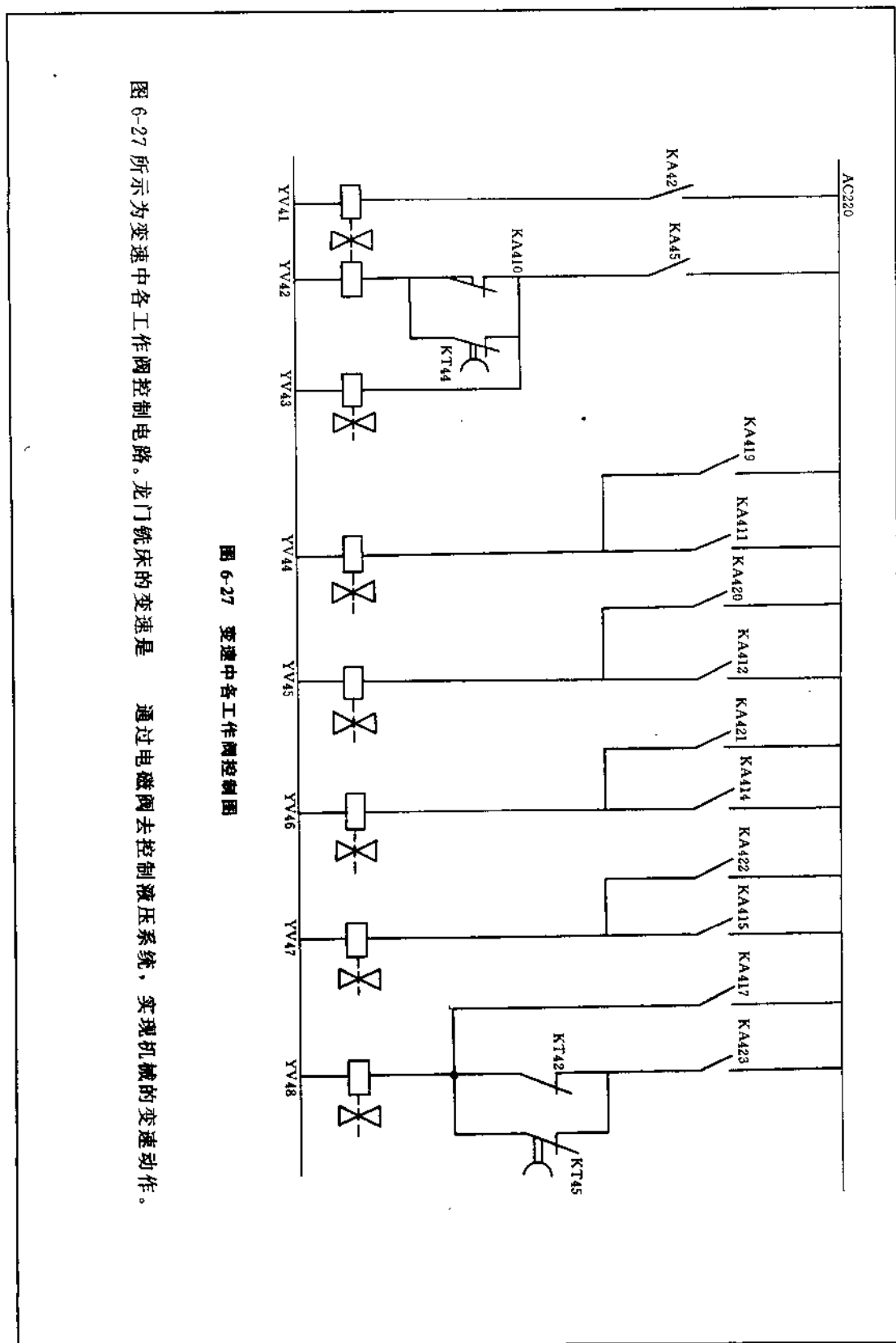


图 6-27 所示为变速中各工作阀控制电路。龙门铣床的变速是通过电磁阀去控制液压系统，实现机械的变速动作。

图 6-27 变速中各工作阀控制图

只有慢走丝的 1/2~1/3。其性能价格比更佳，有新颖的锥度切割装置和喷水嘴随电极倾斜机构，HP444A 系列采用工业控制机（386、486、586 等）国际标准 ISO 代码方式，编程、控制一体化，彩显，跟踪 X、Y、U、V 轨迹，具有人机对话、锥度切割、异形切割、间隙补偿等功能。为电极加工和磨料下模加工提供了优质设备。

对于微细加工方面，D703 电火花高速加工小孔机床，可加工 $\phi 0.3\text{mm}$ 超深孔 150mm，主轴可作 $\pm 30^\circ$ 的转动，可在工件上加工斜孔。D703 型机有独特的主轴密封及导电机构，致使主轴导电性与高压切削液的密合性非常好，从而保证了电火花高速深孔加工，机、电、液一体化，占地面积不到 1m^2 ，主轴行程为 350mm，X、Y 向行程为 300mm、200mm。在 SPD 系列机床上还可以微、细孔加工，效果非常良好。

深大型腔锻模、一般型腔模具（压、铸型模等）、落料模的成型加工、电火花线电极切割、微细加工、超硬材料加工等，近年都有整套的电加工机床，并具备了成熟的电加工工艺，使模具制造开拓了一个新天地，使模具制造的水平大大提高，同时在电火花数控技术的应用方面上了一个新台阶，加速了模具制造业的发展。

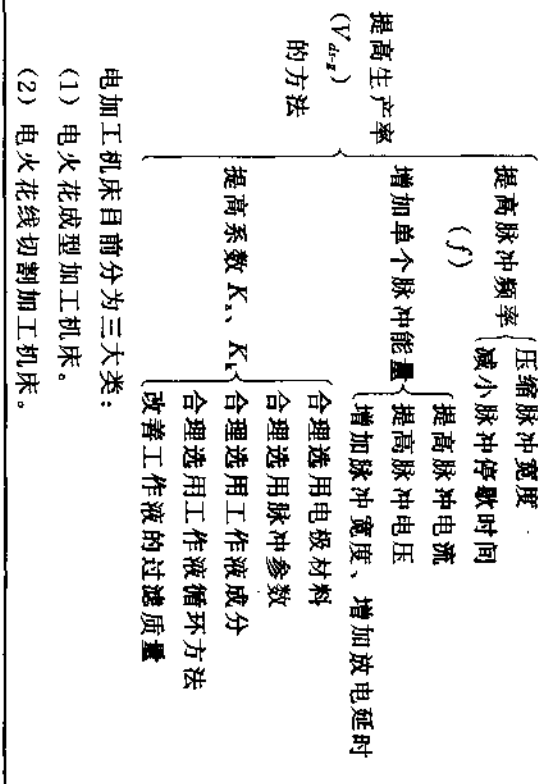
为了进一步解决生产率与精度、表面光洁度的矛盾，曾一度使用多回路加工，如采用四回路加工，分割效率在 65% 以上，但多回路加工对加工型腔模具调换极性不便，并且电极制造和调整工艺较为复杂。

对于电加工来说，粗、中、精的加工生产率、电极损耗、加工精度、形状尺寸、光洁度、间隙、斜度、脉冲利用率、回路分割效率等都是很重要的指标。对于脉冲电源来说，脉冲频率、脉

冲宽度、脉冲停顿时间、脉冲前后沿陡度、脉冲波形、脉冲电压、电流幅值、平均值、脉冲功率、电源效率、耗电功率等又都是很重要的参数。

在电火花加工时，每一个脉冲所抛出的金属总量中，气体状态的约占 15%~40%，其余的都是在液体状态下抛出的。当单个脉冲能量一定时，脉冲持续时间越短，热量就越集中，金属以气态抛出的百分比也越大。具体数字与单个脉冲的能量、延时，金属的熔点、沸点、导热系数、熔解热、气化热等热学常数有关。能量愈大、热学常数愈小，气态抛出的百分比则愈大。

电火花加工的好坏用电腐蚀量、生产率、工具电极损耗、加工精度和表面质量来衡量，而电火花加工本身有“极性效应”，影响电火花加工的因素有脉冲能量、脉冲频率、脉冲电压、脉冲电流等。提高生产率的方法如下：



(3) 电火花微细和小孔加工机床。

电加工机床由脉冲电源和控制系统、机床主体、过滤系统等几部分组成。这三部分具有独立性，又是互相紧密联系的，它们对电火花加工过程的生产率、加工精度和表面质量及其他技术指标有着决定性的作用，这是一个完整的电火花装备。

电火花加工机床的型号由机床工作台面的宽度为数字，前面加上代表“手动”“数控”的字母组成，如 SPK 代表数控型，SPD 代表手动型，SPD500 型即为工作台面宽度为 500 的手动机床。所谓手动、数控是指 X、Y 运动的拖动方式，手动的拖动方式是靠人力旋转丝杠手柄，丝杠拖动工作台（拖板）作往复运动；面数控的拖动方式是靠电驱动元件（电机）旋转丝杠，使工作台（拖板）作往复运动。手动的运动距离由手轮刻度盘读数确定，如果配上光栅尺，距离读数在光栅表上显示。数控的运动距离在电控系统的 CRT 上显示。

主机所实现的基本运动：

纵向运动（X 运动）：由工作台传动机构实现；

横向运动（Y 运动）：由拖板传动机构实现；

Z 运动：由主轴头传动机构实现；

C 运动：回转主轴传动机构实现。

主轴头是机床的关键部件。

电加工机床的控制电路，见图 7-1~图 7-87。

图 7-1 所示为静电储能式晶体管脉冲电路。图中的 V1、V2、V3 为晶体管，储能式电路的关键是有储能元件，在此电路中储能元件为电容（图中的 C2）。这个电路是利用晶体管作为电容的充电电路。

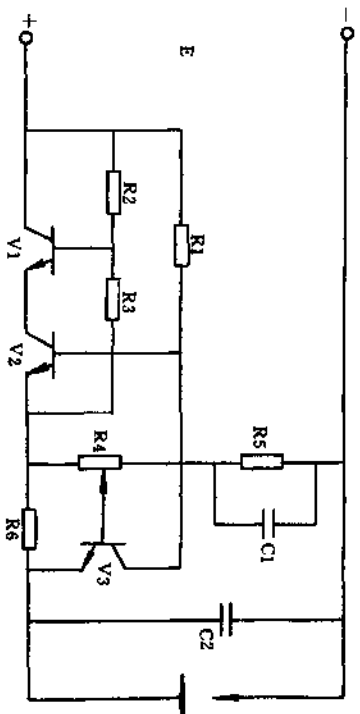


图 7-1 静电储能式晶体管脉冲电路

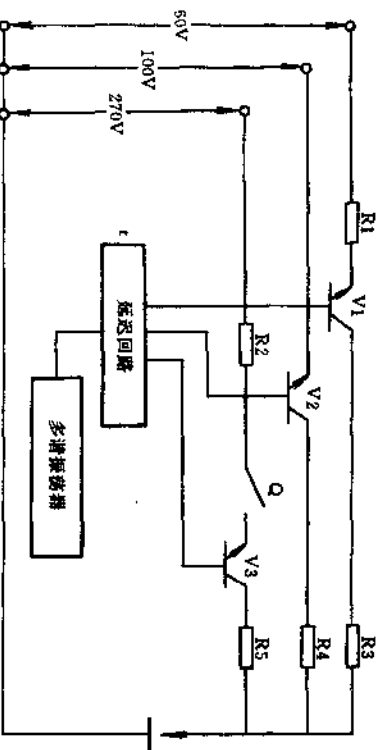


图 7-2 利用 3 个不同直流电源的同步电源电路

图 7-2 所示为利用 3 个不同直流电源的同步电源电路。这个电路是一种复合回路，晶体管脉冲电源电路中有 1 个同步电源，利用多谐振荡器来触发。在这个脉冲电源中具有三种不同的直流电源，电压有 60V、100V、270V，并有 3 个多谐振荡器电路，这 3 个电路并不完全同步，在它们之间插入一延迟电路，即所谓阶段调整器。

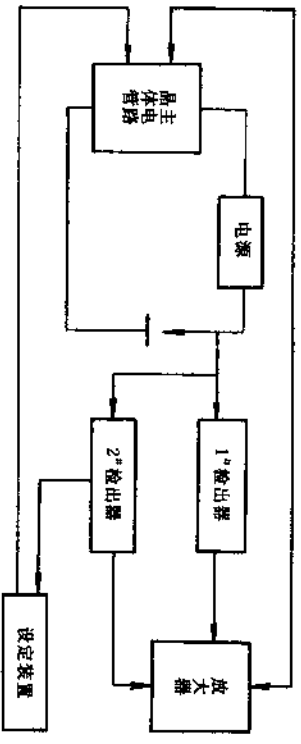


图 7-3 QC 晶体管脉冲电源方框图

图 7-3 所示为 QC 晶体管脉冲电源方框图。QC 电源是等脉冲半从属型电源，除具有等脉冲电源的特点外，QC 电源的脉冲能量能自动控制，实现放电间隙在一定变化范围内脉冲能量不变。

图 7-4 所示为从属型晶体管脉冲电源电路图。在电火花放电加工时，脉冲幅值是任意的，那是不利的，所以需要按着极间状态选择脉冲幅值。在放电间隙中铁屑增加时，绝缘强度恢复就差，这时施加脉冲电压就容易产生电弧。为了适当再加脉冲电压，所以设计了从属型晶体管脉冲电源。

图 7-5 所示为高低压复合晶体管脉冲电源示意图和波形图。这个复合晶体管脉冲电源是有两个回路组成的，一个是高压回路，一个是低压回路，通常是高压击穿间隙，低压进行放电、腐蚀加工，得到了较好的加工效果。

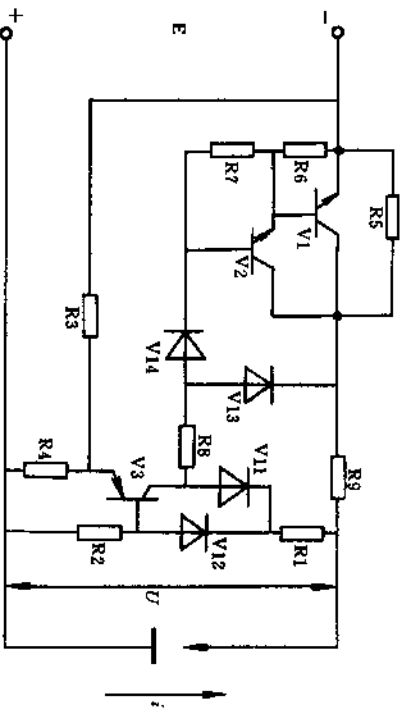


图 7-4 从属型晶体管脉冲电源原理图

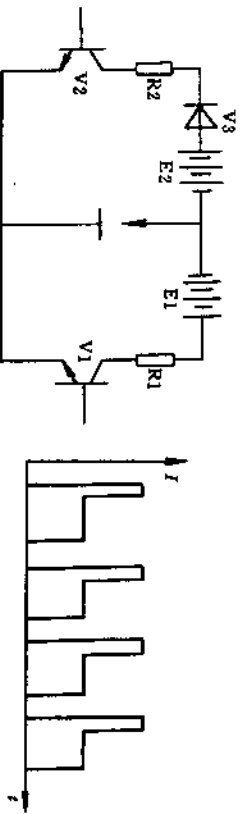


图 7-5 高低压复合晶体管脉冲电源示意图和波形图

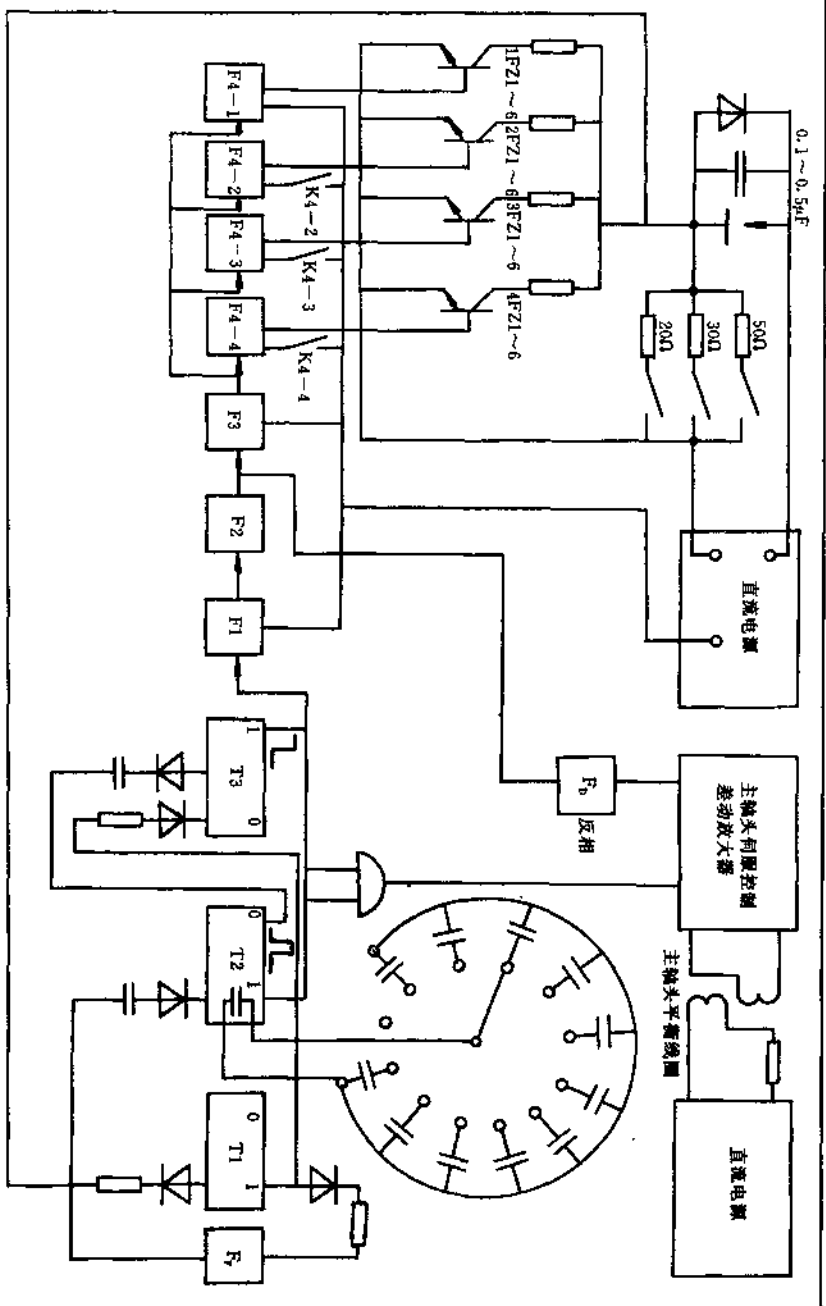


图 7-6 等脉冲晶闸管脉冲电源原理图

图 7-6 所示为等脉冲晶闸管脉冲电源原理图。自振式晶闸管输出脉冲电流的宽度是相同的，而且脉冲停歇时间是能根据放电脉冲电源输出的脉冲电压宽度和停歇时间在加工过程中是固定不变的，但由于间隙击穿点时间变化，脉冲电流的宽度实际上是变化的，并且快速切断也不理想。等脉冲式电路克服 3 以上的缺点，它

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 11

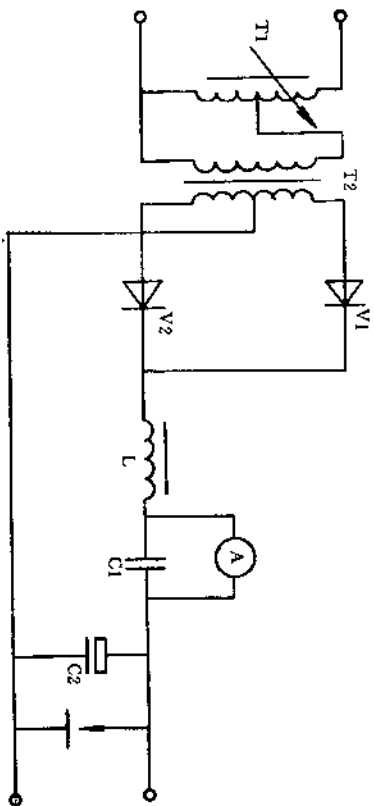


图 7-7 直流偏磁系统

图 7-7 所示为直流偏磁系统电路。在一些脉冲电源中常采用
的直流偏磁系统,即在脉冲磁场相反方向附加一个固定磁场,增加
脉冲导磁系数,提高磁感应增量,使得脉冲励磁电感成正比增加,
改善脉冲变压器工作状态,或得到宽脉冲;又使得脉冲结束瞬间励
磁电流减小。变压器中贮存磁能减小,所以使粗规范的负半波幅
值也减小。因此加偏磁系统对提高工艺指标有好处,但在精规范
窄脉宽时一般不加。

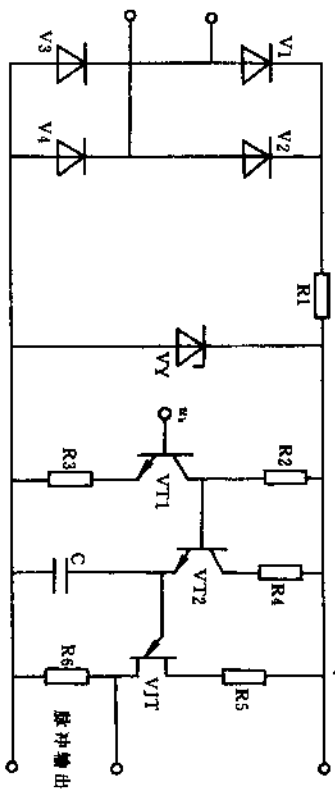


图 7-8 单结晶体管触发电路

图 7-8 所示为单结晶体管触发电路。这是一个典型的触发电
路,当 VT1 截止时,VT2 基极电位升高,然后 VT2 导通,给电容 C
充电。当充电到单结晶体管 VJT 的峰点电压(门限电压)时,VJT
导通,输出触发脉冲,同时电容 C 放电,再充电,周而复始,不断输
出脉冲。

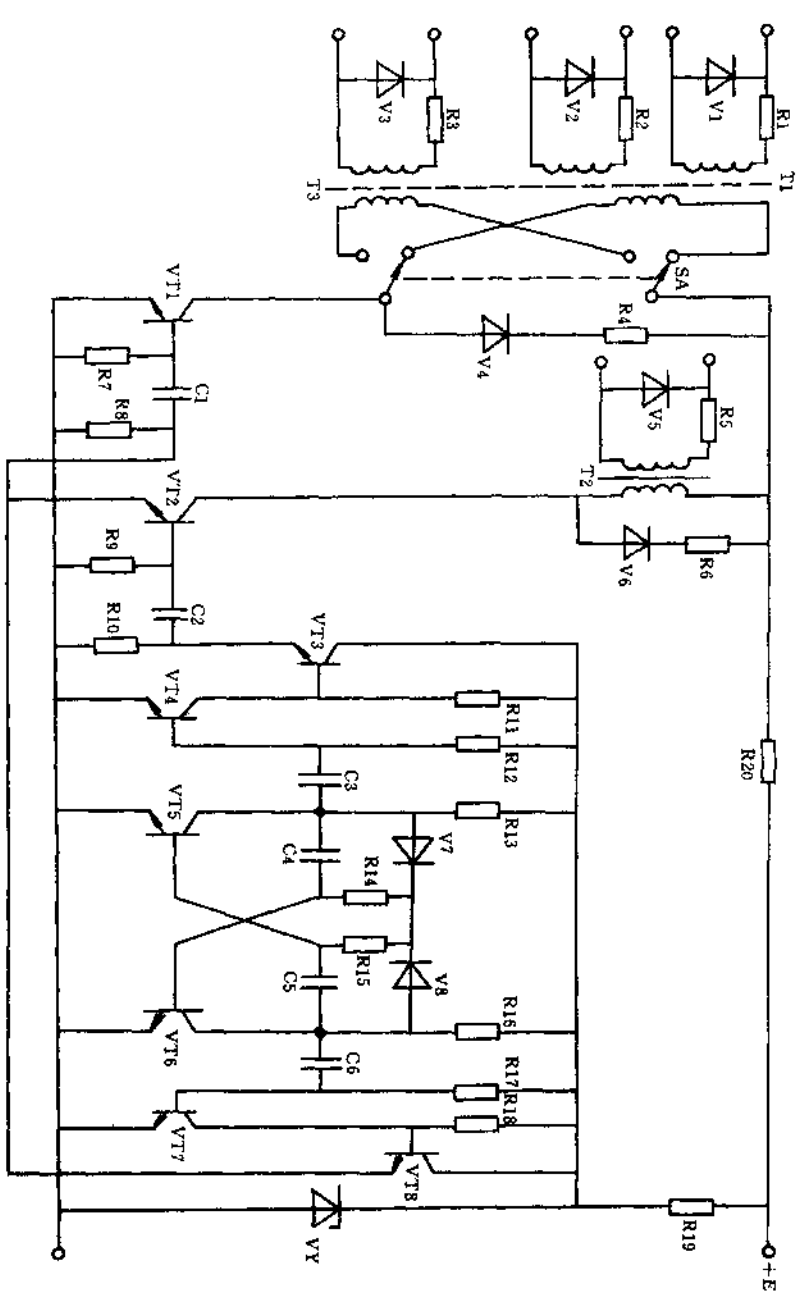


图 7-9 晶体管触发电路

图 7-9 所示为晶体管管触发电路。这个电路是采用自防饱和和多谐振荡器电路,不必担心因过饱和和不起振,可大大提高脉冲源的抗干扰能力。该电路还对脉冲源发出的矩形脉冲后进行微分,以获得较大幅度的尖脉冲,保证触发时间的准确,同时受温度影响较小。调节电路中 RC 的时间常数,即可调节脉冲频率。这个电路常在电火花加工脉冲电源中得到应用。

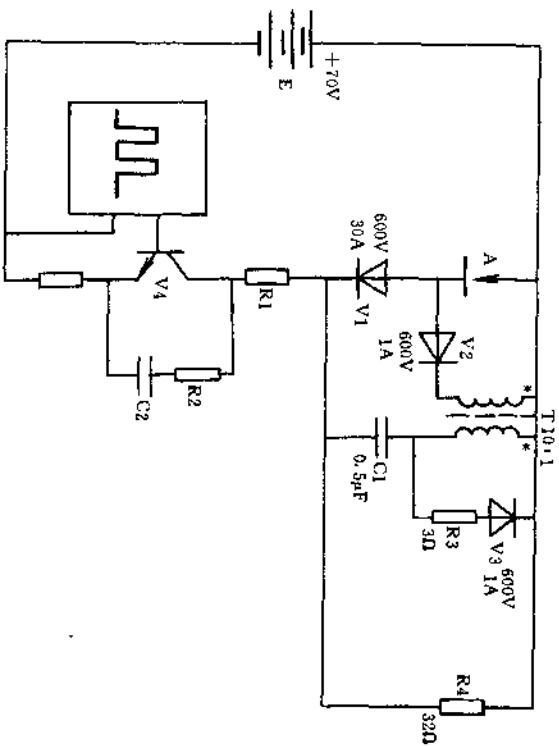


图 7-10 用变压器升压的高低压复合回路的高压附加电路

图 7-10 所示为用变压器升压的高低压复合回路的高压附加电路。图中 V1 是隔离二极管,把脉冲变压器 T 的二次侧输出的脉冲电压和主电源隔离开,这样高压脉冲不致被主电路短路。电路工作时的矩形脉冲电压经电容 C 和 T 的一次侧微分,再经变压器升压,使二次侧获得较高的脉冲电压,经二极管 V2 加于火花间隙。

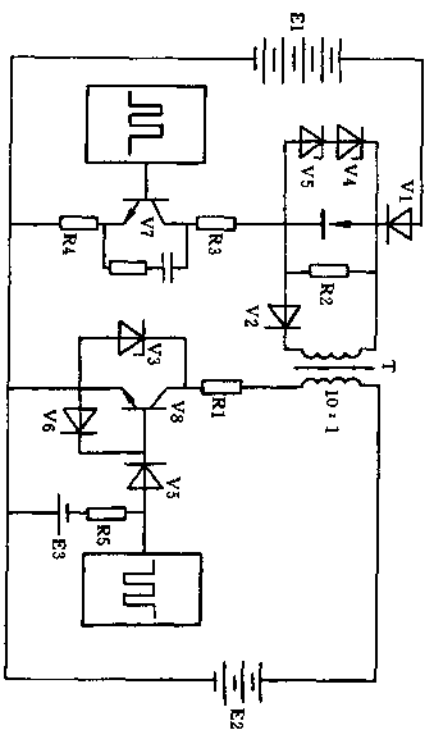


图 7-11 另一种高压附加电路

图 7-11 所示为用变压器升压的高低压复合回路的另一种高压附加电路。图中 V1 为隔离二极管,晶体管 V7 相位与主电源功率管反相,即主电源功率管截止时 V7 导通。磁化电流流经脉冲变压器 T 的一次侧, T 的二次侧产生的小电压被二极管 V2 截止,主电源功率管导通时,矩形脉冲前沿使 V7 截止。此时贮存在脉冲变压器一次侧绕组中的磁能瞬时释放,产生反励过电压,经脉冲变压器升压,再经过二极管 V2 加到火花间隙。

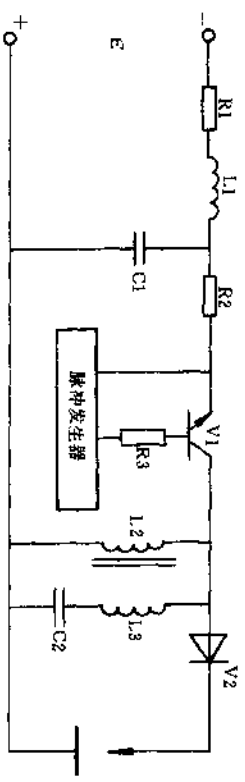


图 7-12 电磁储能式电路

图 7-12 所示为电磁储能式电路。此电路中采用了储能元件电感 L 和电容 C ，此电路为两段电路，加工电源先给 C 储能，然后能量再移入电感，再经间隙放电，反复进行。晶体管起开关作用。脉冲系数、脉冲幅值都比较高，波形好，低消耗。

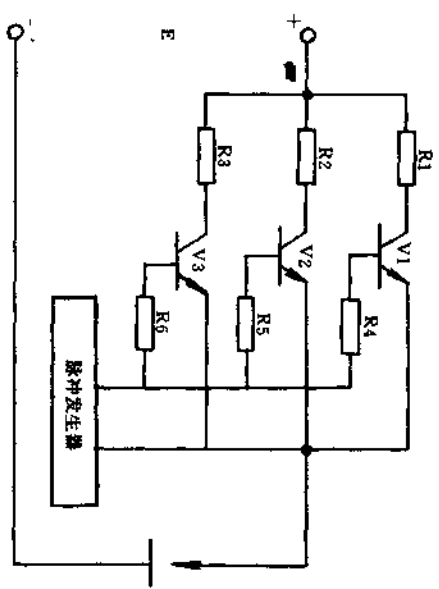


图 7-13 和间隙串联的晶体管电路

图 7-13 所示为和间隙串联的晶体管电路，在此电路中晶体管作为开关，当此开关接通后，间隙即加上电压，并放电加工；当此开关断开后，则不放电，又为了限流，所以串联电阻起均流作用，脉冲发生器提供脉冲信号。

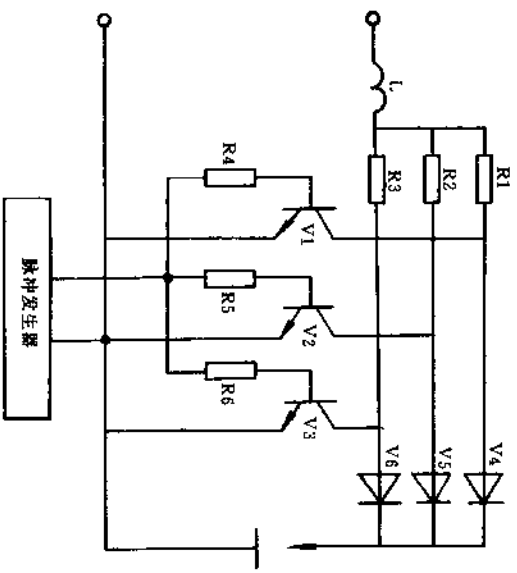


图 7-14 和间隙并联的晶体管电路

图 7-14 所示为和间隙并联的晶体管电路, 这个电路的波形有利于火花间隙的击穿, 波形利用率高, 和串联电路一样也一定要有有限流电阻。

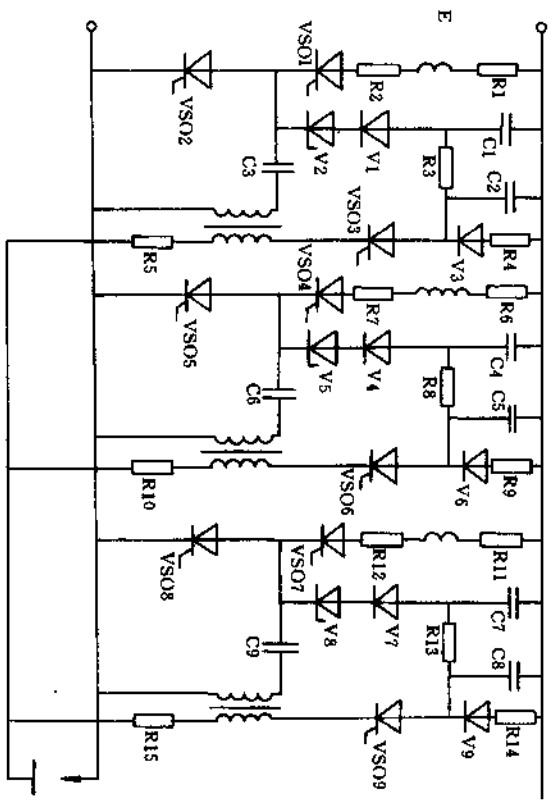


图 7-15 多晶闸管脉冲电路

图 7-15 所示为多晶闸管脉冲电路, 这种电路因有多只晶闸管并联, 所以脉冲电流较大, 在粗加工对具有较高的加工生产率。当然还需要一些辅助电路, 以保证电路的正常工作。

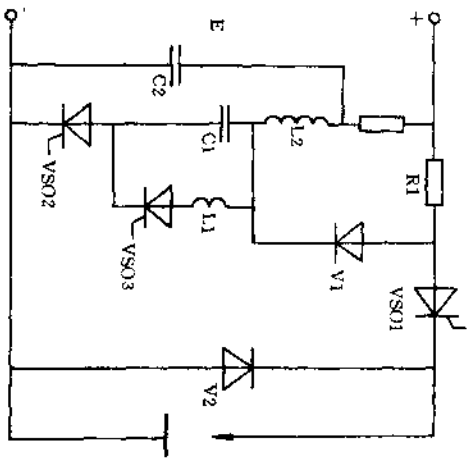


图 7-16 晶闸管脉冲电源其他形式(1)

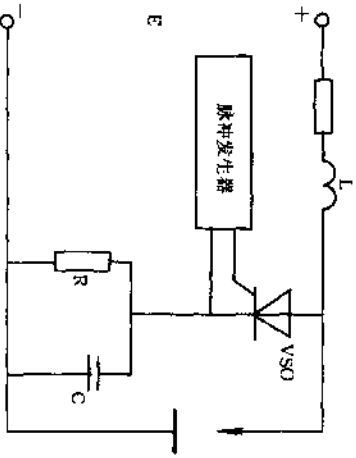


图 7-17 晶闸管脉冲电源其他形式(2)

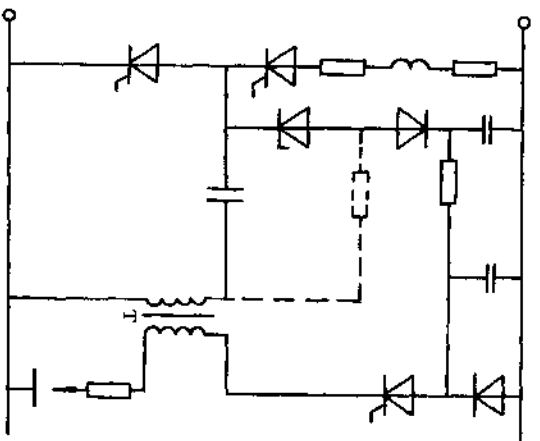


图 7-18 晶闸管脉冲电源其他形式(3)

图 7-16 所示为晶闸管脉冲电源其他形式(1)。电路中晶闸管作为开关,有 3 个晶闸管配合使用,储能元件为电感和电容。

图 7-17 中所示为晶闸管脉冲电源其他形式(2)。这个电路的特点是无需辅助晶闸管和晶体管电路一样,也是他励式的。

图 7-18 中所示为晶闸管脉冲电源其他形式(3)。这个电路需要几只晶闸管配合使用,其波形前沿较陡,有利于间隙的击穿。

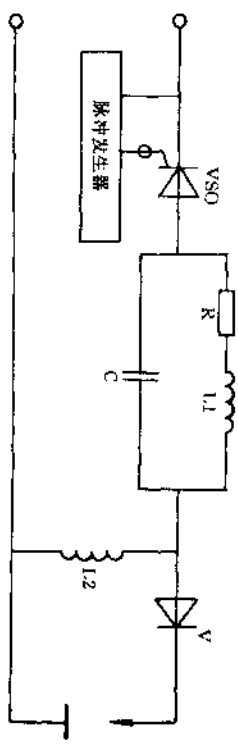


图 7-19 电磁储能式回路(1)

图 7-19 所示为电磁储能式回路(1)。这是一个并联方式的电路,晶闸管作为开关,电能存储在电感中,由于电容的帮助,将脉冲电能周期性地送至间隙,进行放电加工。

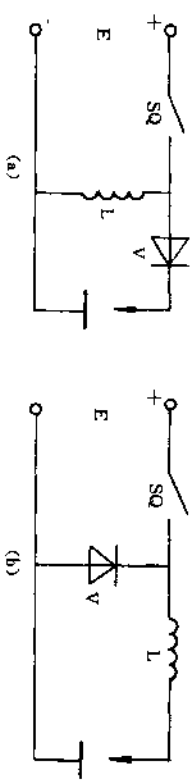


图 7-20 电磁储能式回路的原理示意图

图 7-20 所示为电磁储能式回路的原理示意图。SQ 为开关,可以采用晶闸管,图中(a)为并联方式电路,(b)为串联方式电路。从图中可以看出,电感中所储的脉冲能量在火花间隙中释放。

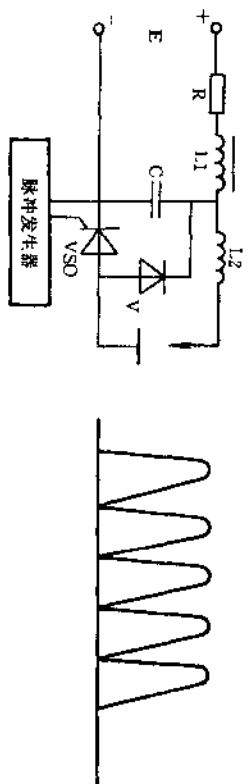


图 7-21 静电储能式电路及波形图

图 7-21 所示为静电储能式电路及波形。晶闸管作为开关,电容和电容作为储能元件,脉冲发生器提供触发脉冲。

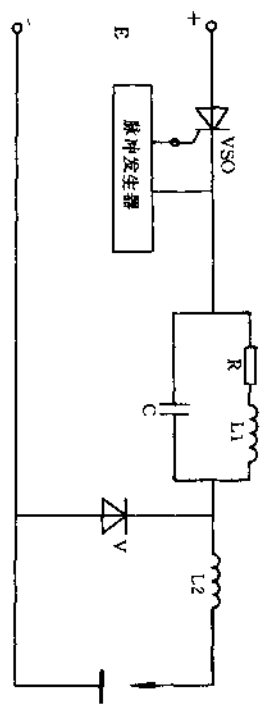


图 7-22 电磁储能式回路(2)

图 7-22 所示为电磁储能式回路(2),这是一种串联方式的电磁储能式电路。VSO 为开关,VSO 导通后开始放电,加工电流能在电感中储存;VSO 截止时,电感放电,完成脉冲加工。

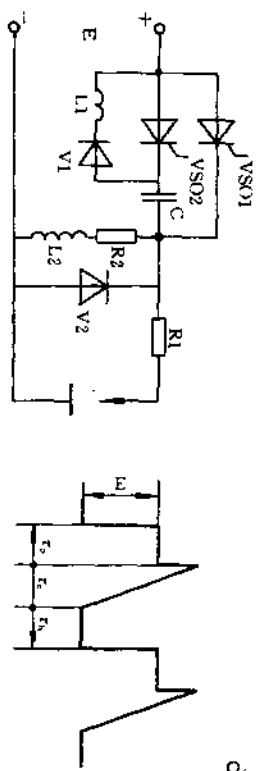


图 7-23 非储能式电路及波形图

图 7-23 所示为非储能式电路及波形图。这个电路利用晶闸管作为开关,两只晶闸管轮流导通,电容 C 起着改变电流方向的作用。

VSO2 导通时,电容充电;当 VSO1 导通时,电容 C 又放电。加入电感 L,便组成 L-C 谐振电路。这个电路还能调节脉冲宽度和停顿时间。

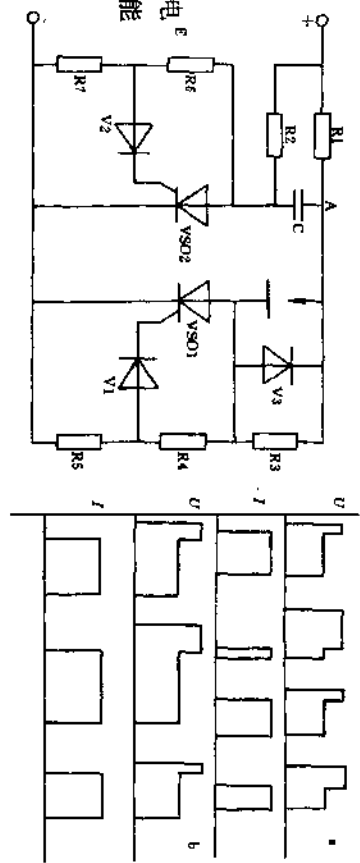


图 7-24 非储能式电路及间隔电压、电流波形图

图 7-24 所示为非储能式电路及间隔电压、电流波形图。从图 7-24 中可以看出,这个电路是利用晶闸管来作开关的非储能式电路。当间隙开路时,VSO2 回路中通过 R2 和 R6 通电,VSO2 导通,R2 上有大电流流过,同时 C 从 R1 得电充电,A 点以 R1C 时间常数电位上升,这个电压通过 R3 和 R4 又加到 VSO1 回路中去,一直上升到触发电压为止,VSO1 导通,有放电电流通过火花间隙。

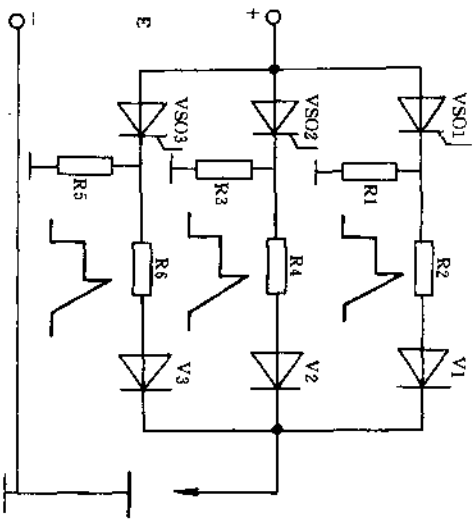


图 7-25 大电流晶闸管脉冲电源电路

图 7-25 所示为大电流晶闸管脉冲电源电路，有 3 只晶闸管并联使用，可以获得大电流，属于非储能式电路。二极管 V1、V2、V3 可防止相互干扰，脉冲的停歇时间可以调整。

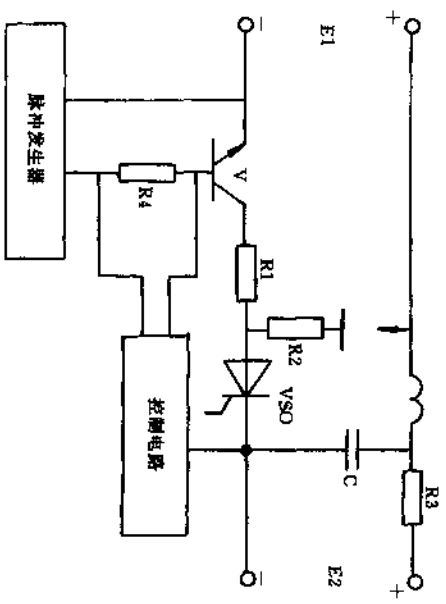


图 7-26 重叠式脉冲电路及波形图

图 7-26 所示为重叠式脉冲电路及波形图。电路中晶闸管是一个开关，并利用晶体管管发生矩形波，在此波形上叠加了一个 RC 回路的波形，所以实际上是一种复合回路。

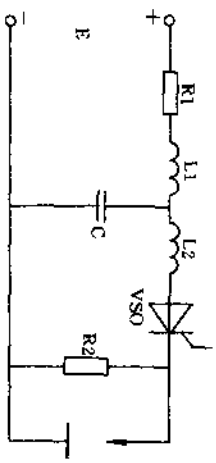


图 7-27 晶闸管和 RLC 联合应用的电路

图 7-27 所示为晶闸管和 RLC 联合应用的电路。在这个电路中，晶闸管为开关，电感和电容为储能元件，脉冲电流送至火花间隙，进行放电加工。

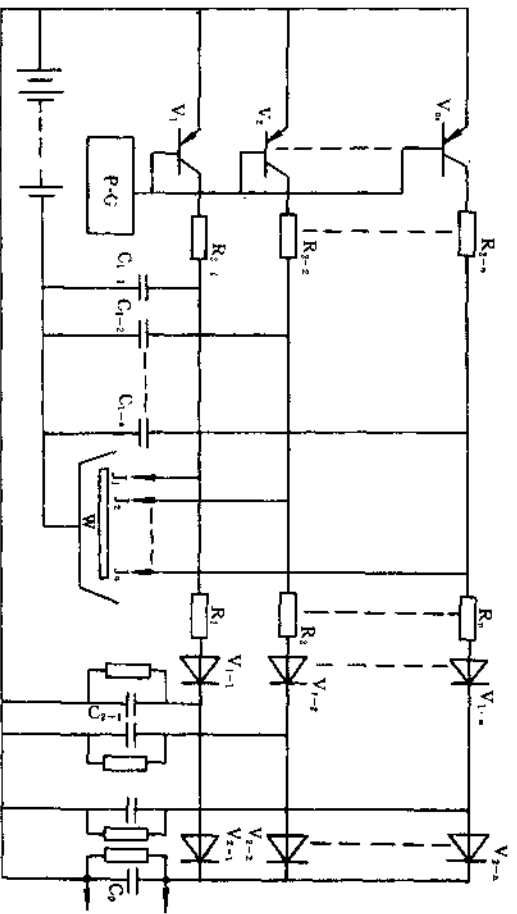


图 7-28 多回路加工脉冲电源电路示意图

图 7-28 所示为多回路加工脉冲电源电路。从图中可以看出，多回路电路采用分割电极，由若干个（如几个）电源组合加工，它相当于几个电源在加工，可以在保证一定的光洁度和精度下提高生产率，可比单个回路提高接近几倍。多回路电源的控制部分，则需利用门电路来选择最恶劣的一个回路取得信号来控制主轴头回升，以保护电极不被烧伤。

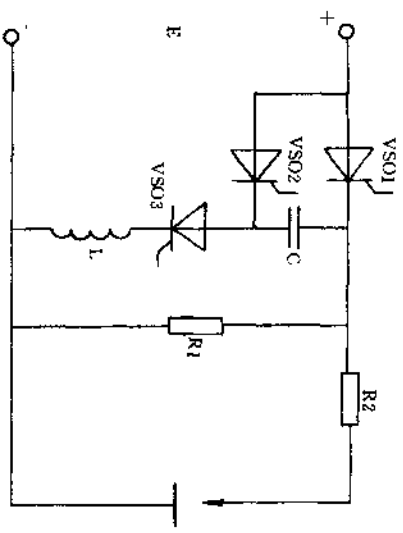


图 7-29 晶闸管粗加工线路形式 (1)

图 7-29 所示为晶闸管粗加工线路形式 (1)。开始同时给晶闸管 VSO1 和 VSO3 触发脉冲, VSO1 和 VSO3 都导通, VSO1 导通后, 直流电压 E 全都降落在火花间隙上, 若间隙被击穿, 火花间隙放电。晶闸管 VSO3 导通后, 对电容 C 充电, 反向电压加在 VSO3 上, VSO3 可靠关断。VSO1 导通一定时间后, 给 VSO2 触发脉冲, 使 VSO2 导通, 形成放电回路, 电容器 C 通过 VSO1 和 VSO2 放电。

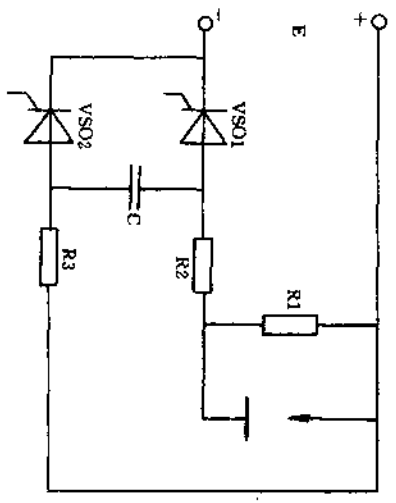


图 7-30 晶闸管粗加工线路形式 (2)

图 7-30 所示为晶闸管粗加工线路形式 (2)。若 $t=0$ 时晶闸管 VSO1 导通, 电阻中流过电流, VSO2 截止, 从 VSO1 导通起, 电容 C 充电。当 $t=t_0$ 时, VSO1 截止, 当 $t=T$ 时电容电压 U_c 为上正下负, VSO1 再次导通。这个过程重复出现, 完成电火花放电加工。

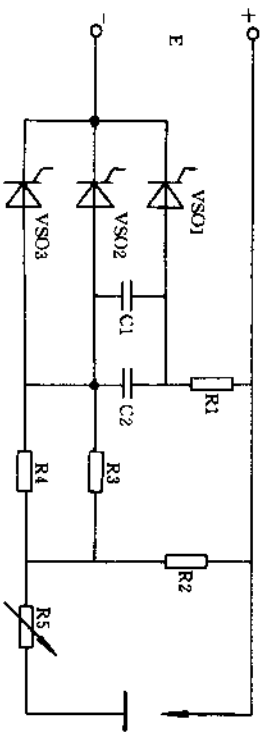


图 7-31 晶闸管粗加工线路形式 (3)

图 7-31 所示为晶闸管粗加工线路形式 (3)。此电路工作原理和粗加工线路形式 (2) 相同，不同的是在线路形式 (3) 中采用了 3 只晶闸管。

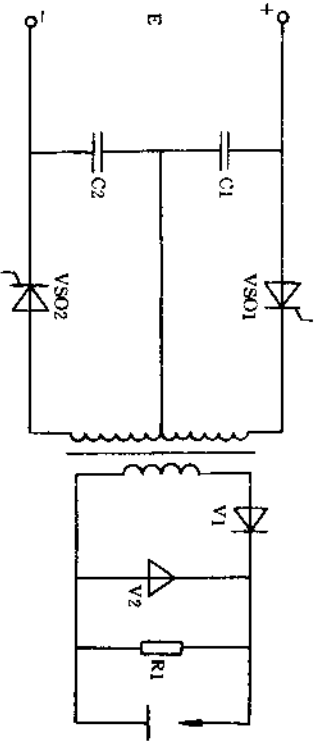


图 7-32 晶闸管粗加工线路形式 (1)

图 7-32 所示为晶闸管粗加工线路形式 (1)，是带脉冲变压器的线路。晶闸管 VSO1 先导通，C2 充电，充电到一定程度时，VSO1

关断。然后 VSO2 触发导通，C2 放电，C1 充电，VSO2 自行关断，再往后 VSO1 再次导通，C1 放电，C2 充电，脉冲能量通过脉冲变压器加于火花间隙，完成放电加工。

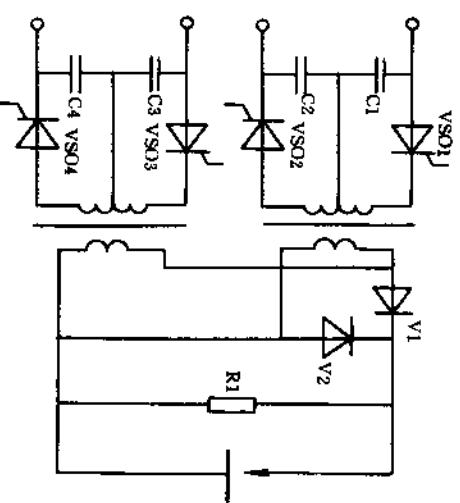


图 7-33 晶闸管粗加工线路形式 (2)

图 7-33 所示为晶闸管粗加工线路形式 (2)，它是精加工线路形式 (1) 的并联线路，工作原理和精加工线路形式 (1) 相同。这种线路使用脉冲变压器，具有电感性质，有较高的反电势，且与电流梯度 di/dt 有关，对晶闸管不利，线路工作频率不能提得很高。

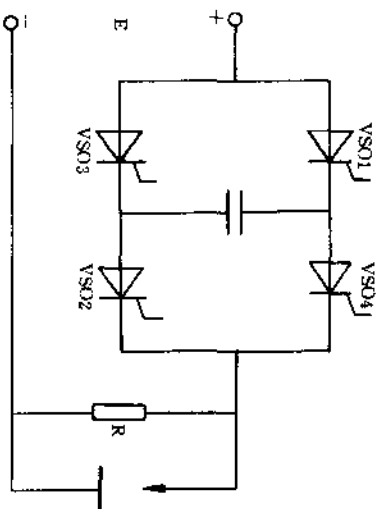


图 7-34 晶闸管精加工线路形式 (3)

图 7-34 所示为晶闸管精加工线路形式 (3), 是为克服带脉冲变压器的缺点而设计。VS01、VS02 为一路线, VS03、VS04 为另一路, 两路触发相位差 180° , 这样在火花间隙所得到的脉冲频率是两路脉冲频率之和。

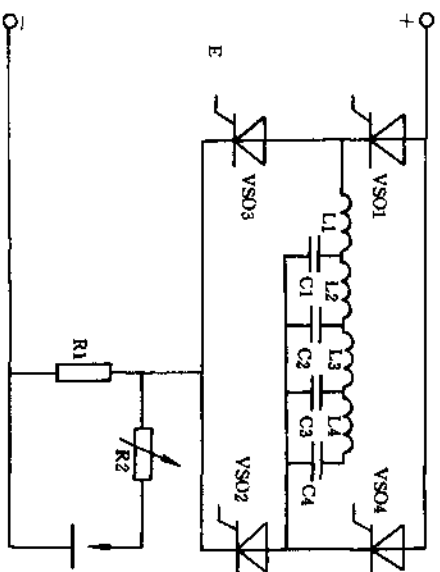


图 7-35 晶闸管精加工线路形式 (4)

图 7-35 所示为晶闸管精加工线路形式 (4), 是 LC 仿真线路, 可以改善晶闸管导通瞬间电流的冲击, 以及得到适当的脉冲和波形。图中晶闸管 VS01、VS02 同时触发, VS03、VS04 同时触发, 而相位相差 180° 。

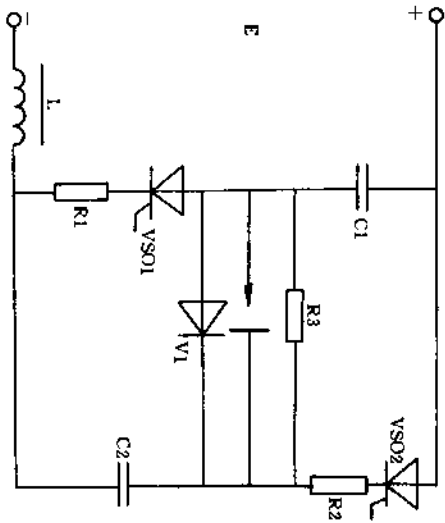


图 7-36 晶闸管精加工线路形式 (5)

图 7-36 所示为晶闸管精加工线路形式 (5), 先是 VSO1 触发导通, C1 充电, C2 放电, 然后 VSO1 关断, 经过一定时间 VSO2 导通, C2 充电, C1 放电, 与上述过程相同, VSO2 关断。VSO1 和 VSO2 轮流触发导通和截止, 火花放电, 完成脉冲加工。

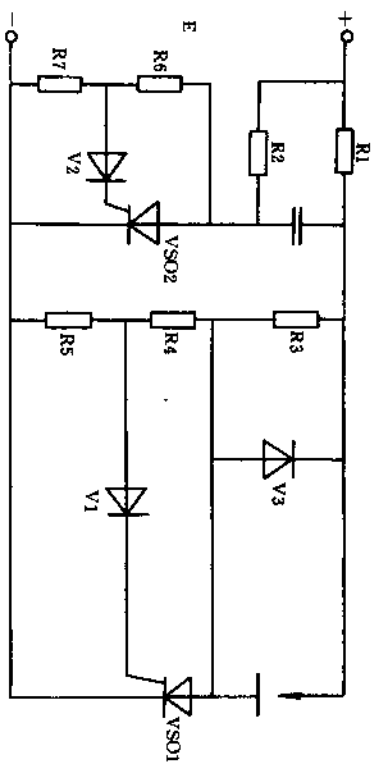


图 7-37 等脉冲式晶闸管脉冲电源的主电路

图 7-37 所示为等脉冲式晶闸管脉冲电源的主电路。一般的晶闸管脉冲电源由于火花间隙击穿的时间不一, 加工脉冲电流的宽度也不一样, 随加工状态的变化而变化, 影响了加工工艺指标的提提高。所以设计了此图中的以相同的脉冲电流宽度、相等的脉冲能量进行放电加工的等脉冲电源。

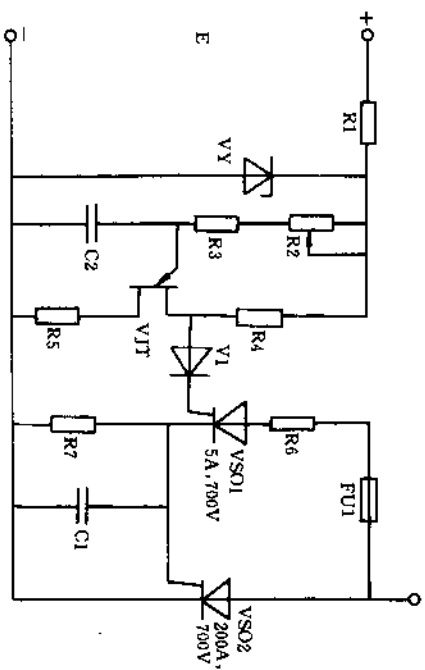


图 7-38 小晶闸管触发电路

图 7-38 所示为小晶闸管触发电路。当晶闸管脉冲电源的输出功率很大时，要求其触发脉冲也要有较大的功率与脉冲宽度，所以采用小晶闸管二次触发电路。它采用单结晶体管组成弛张振荡器去触发功率较小的晶闸管，当小晶闸管导通后，给电容充电，充电到一定程度去触发大晶闸管。

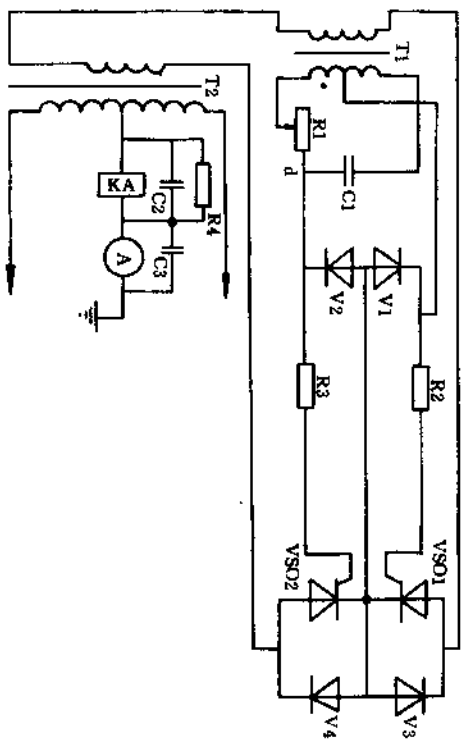


图 7-39 晶闸管调压电路

图 7-39 所示为晶闸管调压电路。电路采用了一个阻容移相桥，其中 R1、C1 为桥的两臂，“od”为输出。当改变电阻时，则改变了移相角度，即改变了晶闸管的导通角，使变压器 T2 输出电压改变，从而调节电阻 R1 就进行了调压。

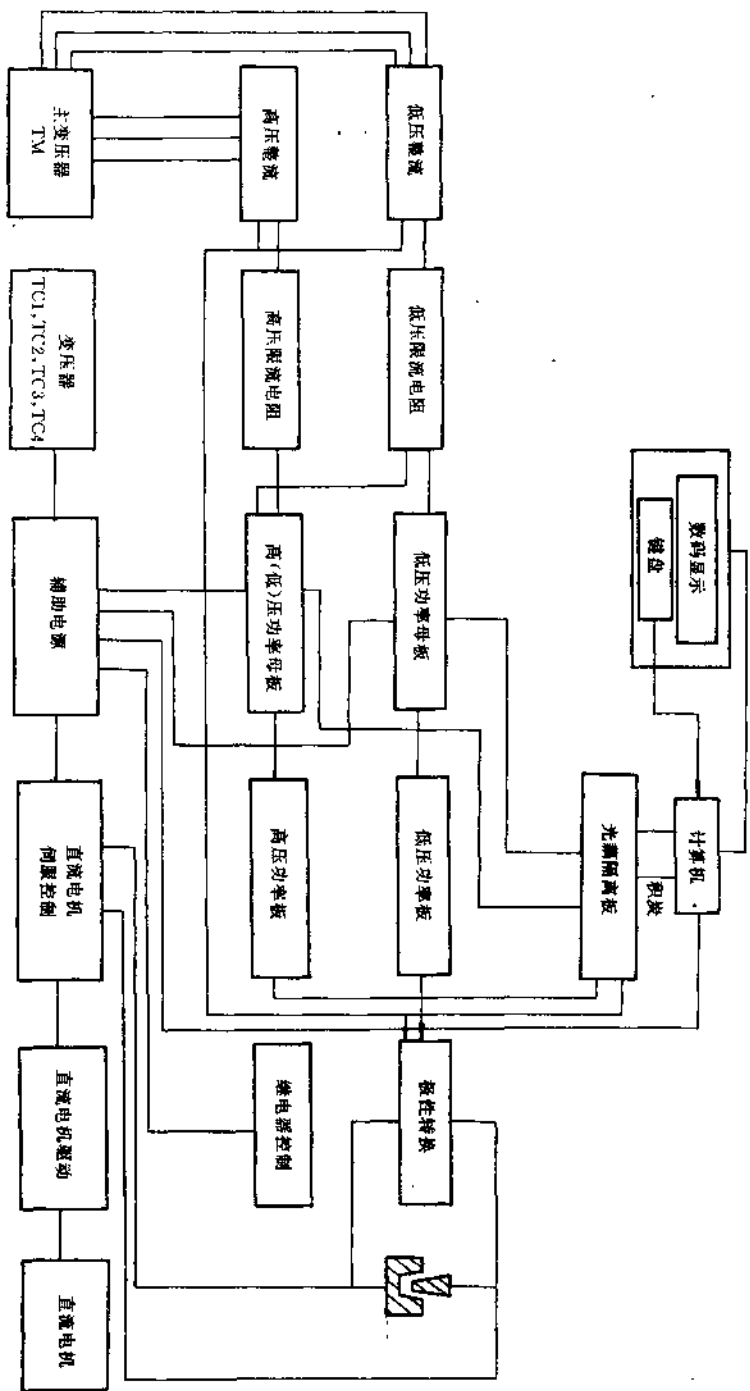


图 7-42 典型的晶体管脉冲电源方框图

图 7-42 所示为典型的晶体管脉冲电源方框图。晶体管脉冲电源有自振式脉冲电源、复式脉冲电源、等脉冲式脉冲电源三种。晶体管脉冲电源主要由主振级、前置放大级、功率放大级以及直流电源组成。主振级的作用是产生所设定的脉冲波形。脉冲电源的脉冲宽度、脉冲间隔、重复频率等主要参数由主振级来决定。前

置放大级的作用是将主振级输出的脉冲信号放大到足以推动功率放大级的工作。功率放大级将前置放大级输出的脉冲信号进行功率放大，然后输送到放电间隙，进行电火花加工。采用 MOS 管作为功率级以后，前级大大简化，采用了计算机电路后，实现了自

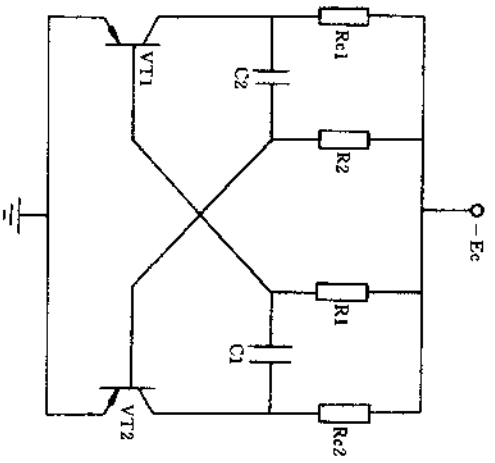


图 7-43 晶体管自激多谐振荡器

图 7-43 所示为晶体管自激多谐振荡器电路。当电路接通电源后，电路将不断翻转。设某一瞬间，VT1 导通，VT2 截止，C1 充电到 $-E_c$ ，同时 C2 放电，由于放电电流衰减，放电电流在 R2 上的压降也下降， U_{b2} 下降近于 0 时，VT2 导通，引起 U_{b1} 上升，而 U_{c1} 下降，使 U_{b2} 更下降直至 VT1 截止，VT2 饱和导通，而 C2 又放电，连锁反应。当 VT1 截止，VT2 导通时，C2 充电、C1 放电……，不断翻转。

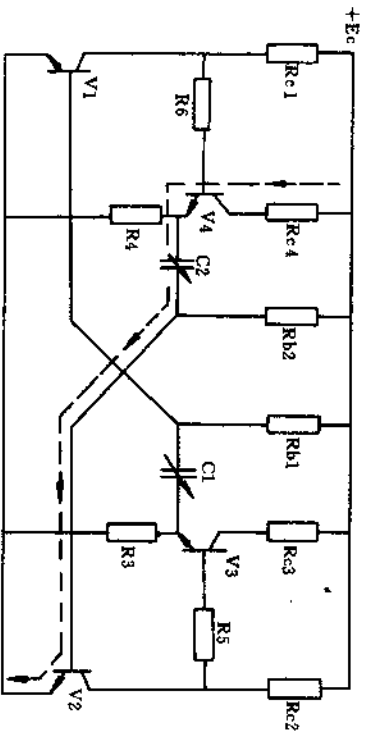


图 7-44 改进后的振荡器电路

图 7-44 所示为改进后的振荡器电路。因为振荡器有盖睡效应，几级放大后，脉宽加宽，所以加工要求小于 $2\mu s$ 时，则在功率管不能完全同步的情况下，要求振荡器的脉宽更窄一些，改进后的振荡器电路能满足这一要求。

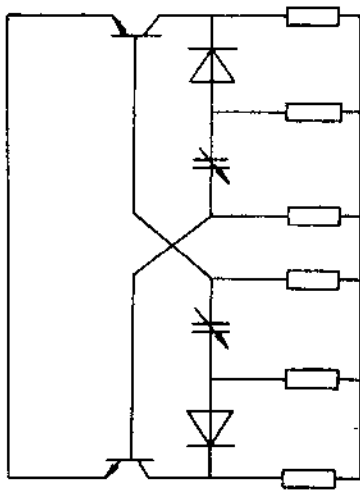


图 7-45 防停振电路

图 7-45 所示为防停振的多谐振荡器电路。因为晶体管的放大倍数太大，引起深饱和，不起振时，在加工过程中往往会因为没有火花放电，所以采用防停振的电路。

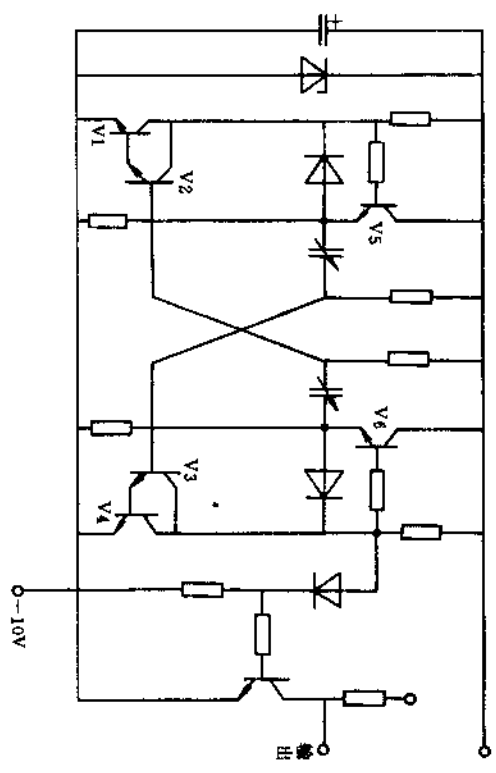


图 7-46 较完善的防停振电路

图 7-46 所示为较完善的防停振电路。从图中可以看出，V1、V2、V3、V4 组成多谐振荡器，晶体管为复合管， β 值增大以保证起振，防止停振，保证晶体管在导通时很快进入饱和区，另外增大缓冲级基极电阻，使输入电流减小，减轻主振荡器负载，也可以保证多谐振荡器起振。

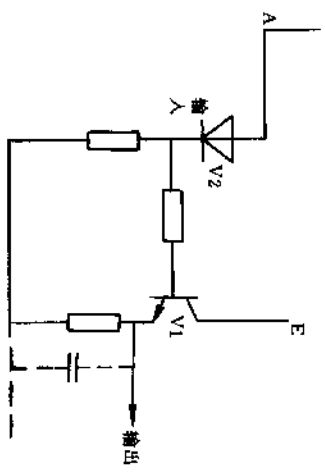


图 7-47 缓冲级射极输出原理图

图 7-47 所示为缓冲级射极输出原理图。因射极输出器有输入阻抗高、输出阻抗低的特点，所以缓冲级采用射极输出电路。

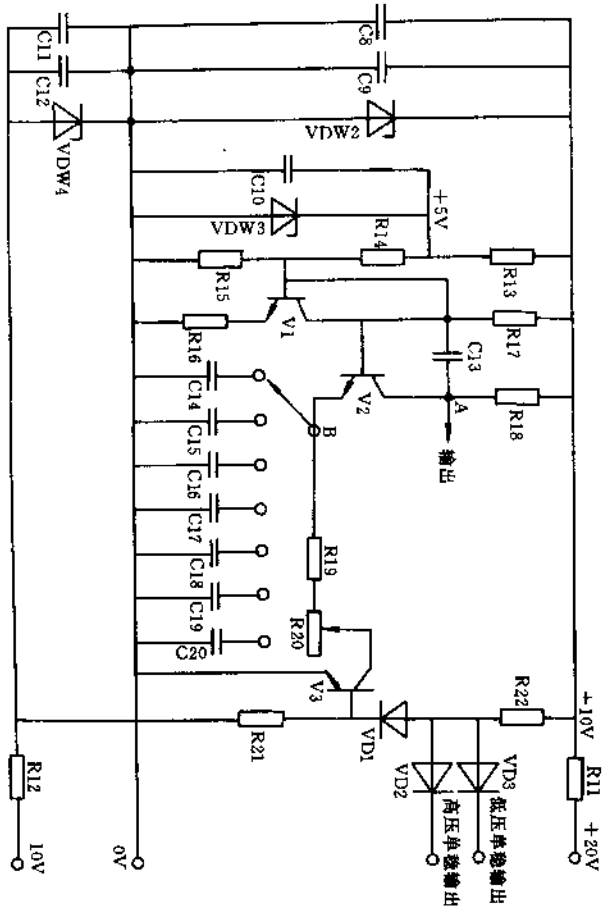


图 7-48 常见的典型锯齿波发生器电路

图 7-48 所示为常见的典型锯齿波发生器电路。锯齿波发生器工作稳定，克服了一般多谐振荡器易停振的缺点，而且可以很方便地任意调节脉冲间隔时间。

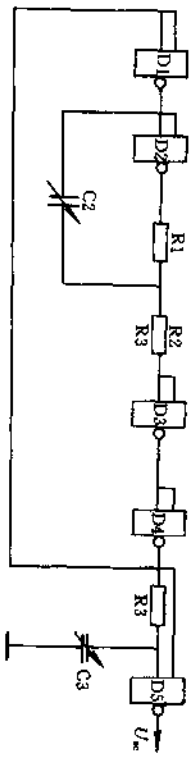


图 7-49 环形振荡式脉冲发生器电路图

图 7-49 所示为环形振荡式脉冲发生器电路图。此图为集成电路环形振荡式脉冲发生器电路，电路是用与非门构成的。此电路的各点没有稳定状态，因而不会停振。电路中与非门 D1、D3、R1、R2、C2 组成奇数门环形振荡器，与非门 D4、D5、R3、C3 组成积分式单稳态触发器电路。调节 C2 可以改变输出的脉冲宽度，调节 C3 可以改变脉冲间隔。

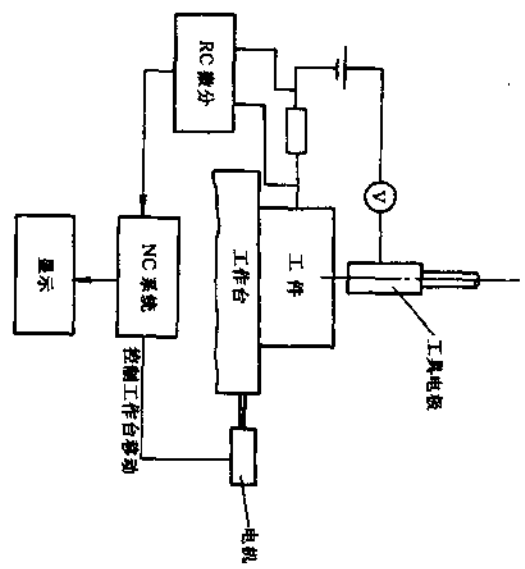


图 7-50 置零功能系统示意框图

图 7-50 所示为置零功能系统示意框图。CNC 技术的采用具有精确定位功能、轨迹控制功能、可编程性、适应控制、具有数据库可供选择，并在 JAPAN 的技术基础上开发新系统，硬件采用 PLC，除具置零功能、坐标原点功能、任意位置设置功能、点动功能、伺服功能外，还具有可编程和典型程序的调用功能，并有显示、汉显及通讯、语言对话功能，间隙控制、短路监控，通过机床参数的设定来确定机床的工作行程，通过键盘可编程安全行程的限制、子程序、存储器调用、可任意程序段启动、加工参数寄存、加工参数的自动设定、程序段跳转、插补功能、出错检查、自诊断功能等。置零功能也是其中重要的功能之一。

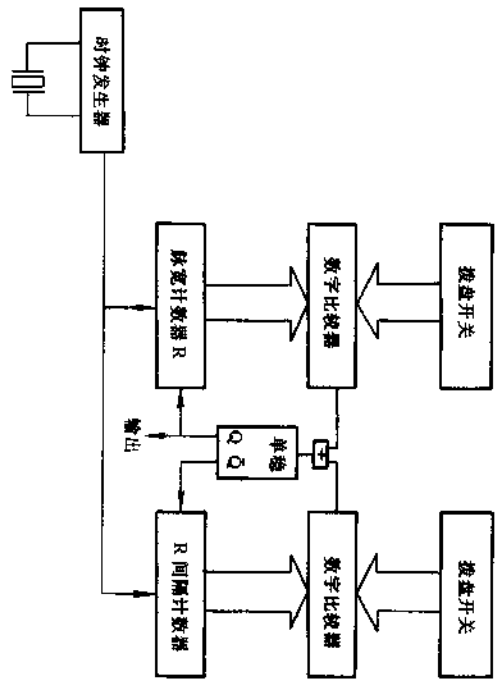


图 7-51 集成电路数字式脉冲发生器电路框图

图 7-51 所以为集成电路数字式脉冲发生器电路框图。此电路采用石英晶体作为稳频器，其脉冲频率的稳定度极高，可以做到 $1\mu s$ 甚至小于 $1\mu s$ 的脉冲宽度，其脉冲宽度和间隔的精度非常高。

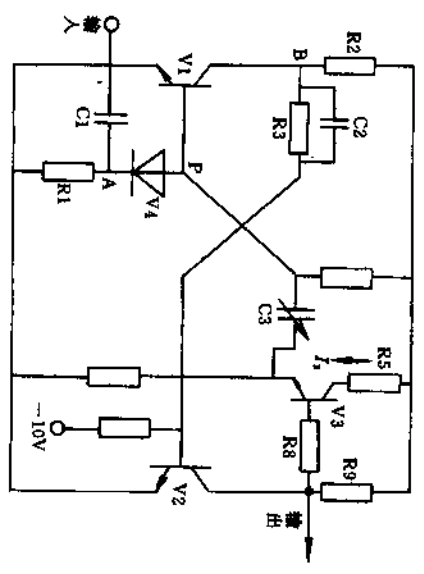


图 7-52 单稳态电路图

图 7-52 所示为单稳态电路图。脉冲电源中常采用单稳态电路，从图中可以看出，改变电容 $C3$ 可以改变延时时间，若 $V2$ 处于截止状态，当无信号时 $V1$ 、 $V3$ 导通， $C3$ 充电。电路中 $C1$ 和 $R1$ 为微分电路。

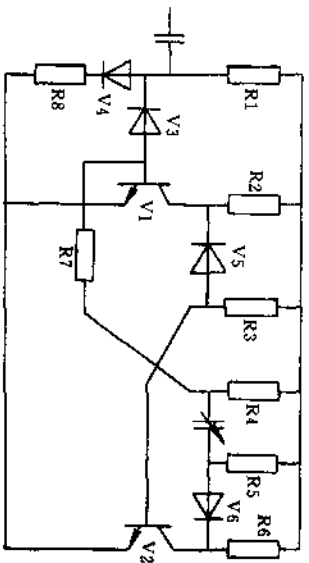


图 7-53 简单可靠的电路

图 7-53 所示为简单可靠的电路。此电路输出脉冲推动高压回路，其脉宽比低压回路窄。V3 的作用是改善窄脉冲前沿，充电过程是经过 V3 而充电的。此电路能起到改善波形的作用。

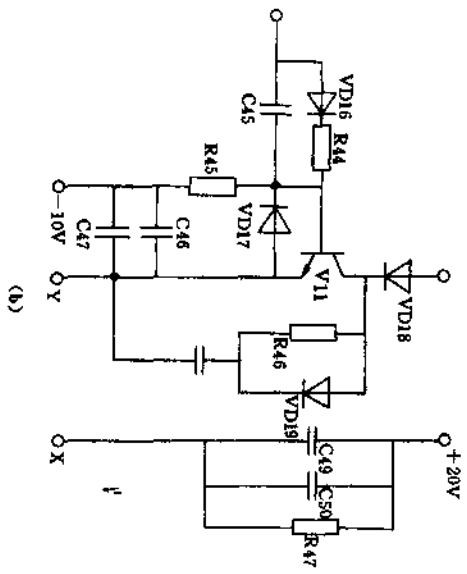
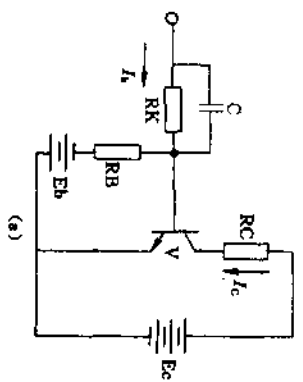


图 7-54 反相放大器

图 7-54 所示为反相放大器电路。图中 (a) 为反相放大器原理图，(b) 为反相器式功率放大电路。

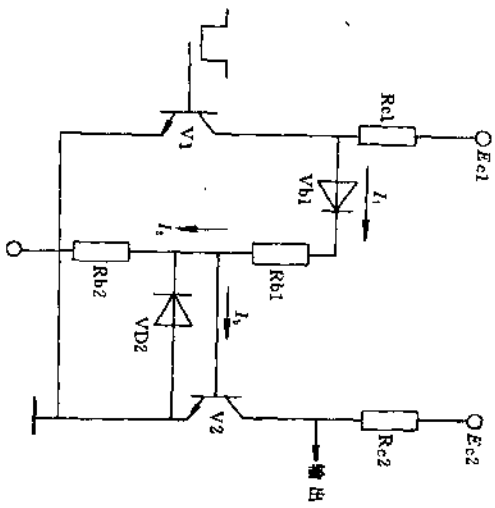


图 7-55 典型的脉冲反相放大器电路

图 7-55 所示为典型的脉冲反相放大器电路。从图中可以看出， R_{c1} 越大，就越不能带动 $V2$ 工作，如 R_{c1} 太小， $V1$ 就不能进入饱和区。

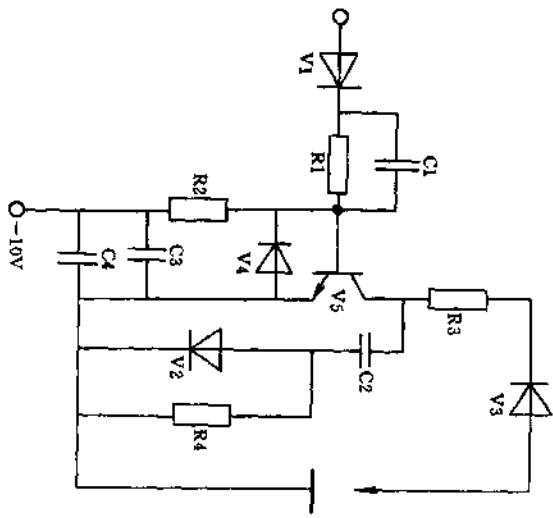


图 7-56 功率放大级电路原理图

图 7-56 所示为功率放大级电路原理图。图中晶体管 $V5$ 起开关作用，和电阻 $R3$ 、二极管 $V3$ 、火花间隙组成放电回路。为了使间隙输出较大的脉冲能量，常采用多管并联，每只功率应是同步的。主振级停歇时间，功率管关断。

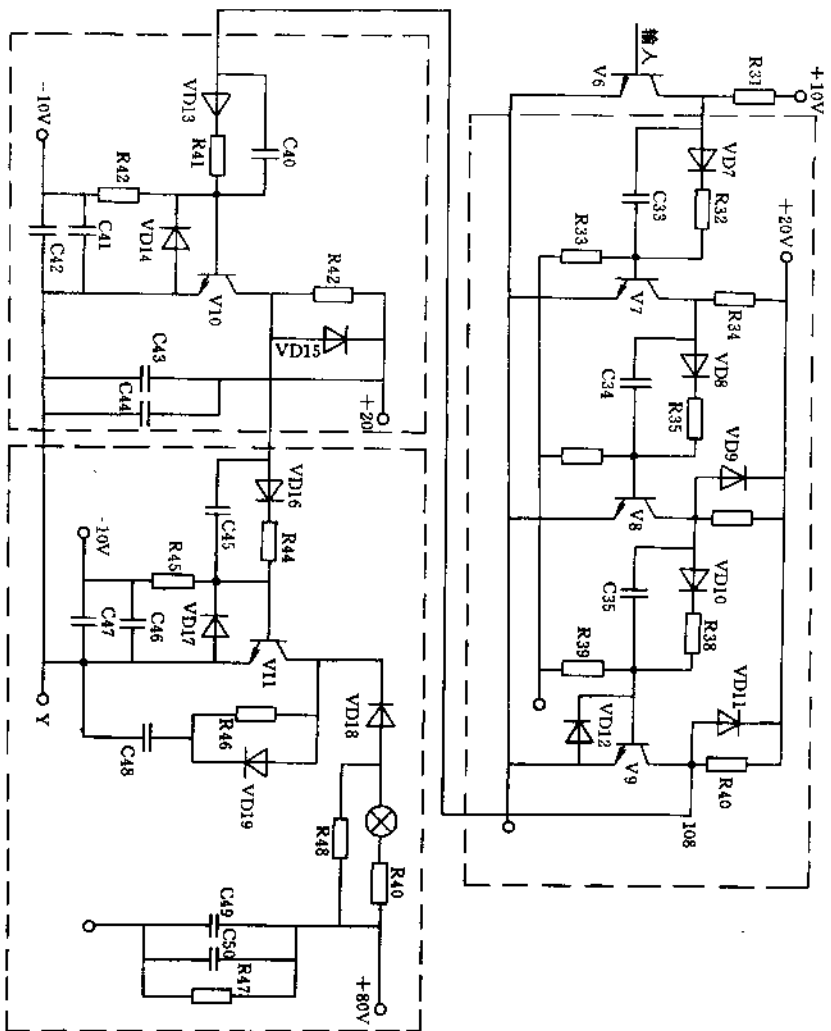


图 7-57 JF-40A 晶体管脉冲电源前置放大器原理图

图 7-57 所示为 JF-40A 型晶体管脉冲电源前置放大器原理图。从图中可以看出，从脉冲发生器的脉冲信号经晶体管 V6 输入，再经过 V7、V8、V9 三级放大后，输送到功率级。利用三级放大的目的是为了提
 高晶体管 V10 带负载的能力，以使 V10 能带动多只功率管工作。

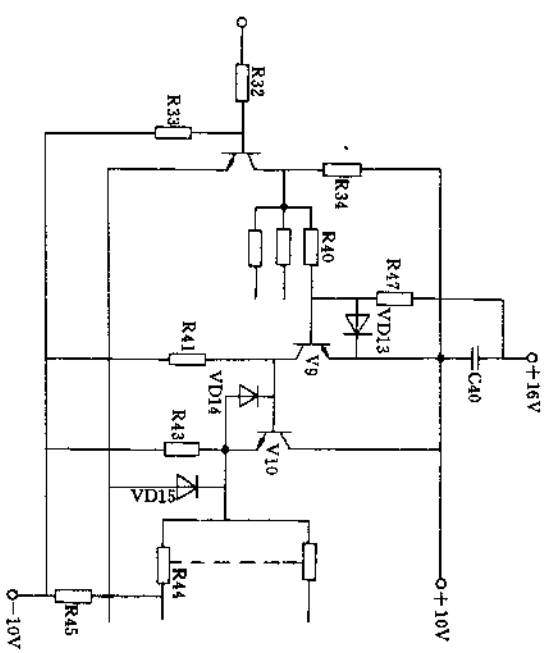


图 7-58 典型的互补射极输出放大器原理图

图 7-58 所示为典型的互补射极输出放大器原理图。因为反相放大器的缺点是，当输出管 V10 截止时，输出高电位去推动功率级，使末级功率管处于导通状态，从而向火花间隙输送能量；当输出管处于饱和导通时，则功率管基极电压低于导通门限电压，功率管截止，但是随着晶体管老化，有时会使饱和电压增大，使得末级功率管出现不可靠截止的状态，从而进入放大区，功耗大大增加，导致功率管损坏。而采用互补射极输出放大电路，可克服这一缺点。

图 7-59 所示为几种保护电路功耗曲线和波形图。功率管的损坏是个重要问题，主要原因有电压、电流、功率的过载引起的电

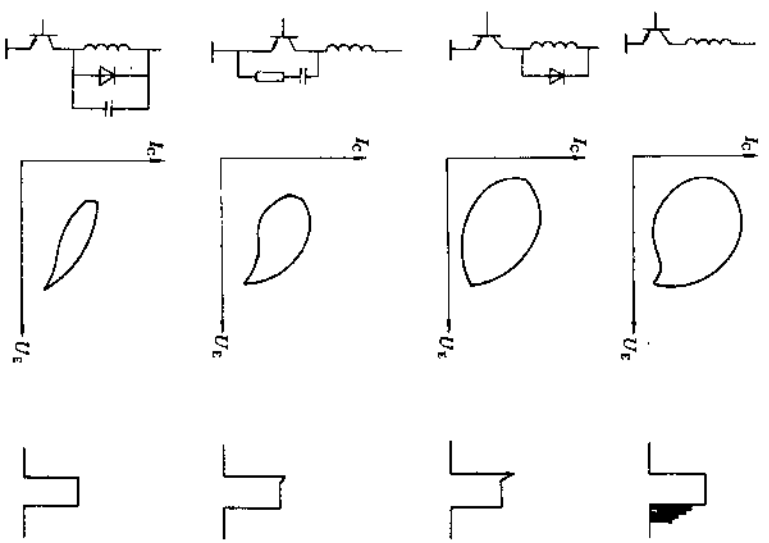


图 7-59 几种保护电路功耗曲线和波形图

击穿和振动、冲击、潮湿、化学因素引起的损坏等，以及由于设计时对稳定度、安全系数取得不合理引起的损坏。为了防止功率管的损坏，要采取许多措施。从图中可以看出，在采取保护电路时，功耗曲线和波形得到明显的改善。

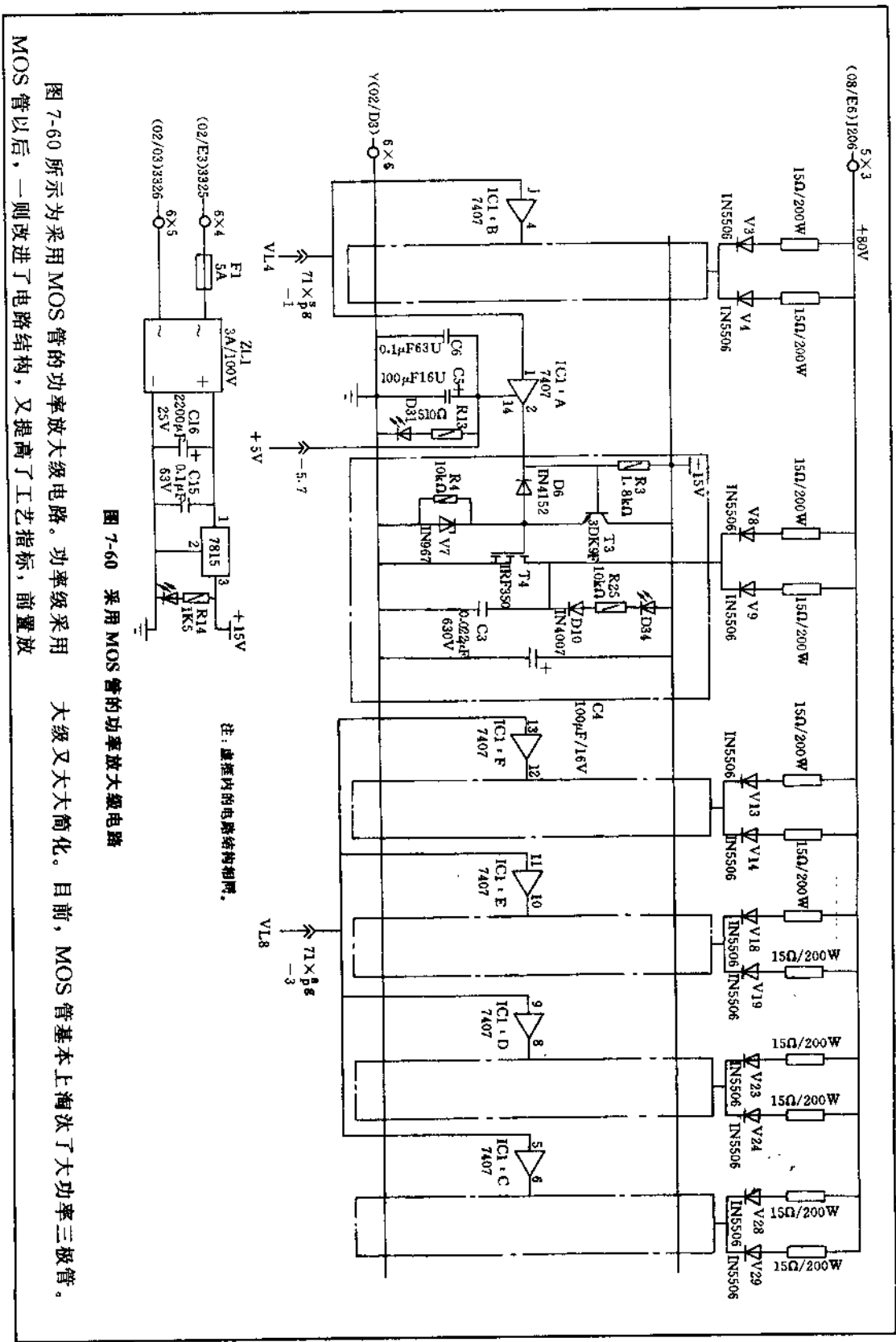


图 7-60 所示为采用 MOS 管的功率放大级电路。功率级采用 MOS 管以后，一则改进了电路结构，又提高了工艺指标，前置放

大级又大大简化。目前，MOS 管基本上淘汰了大功率三极管。

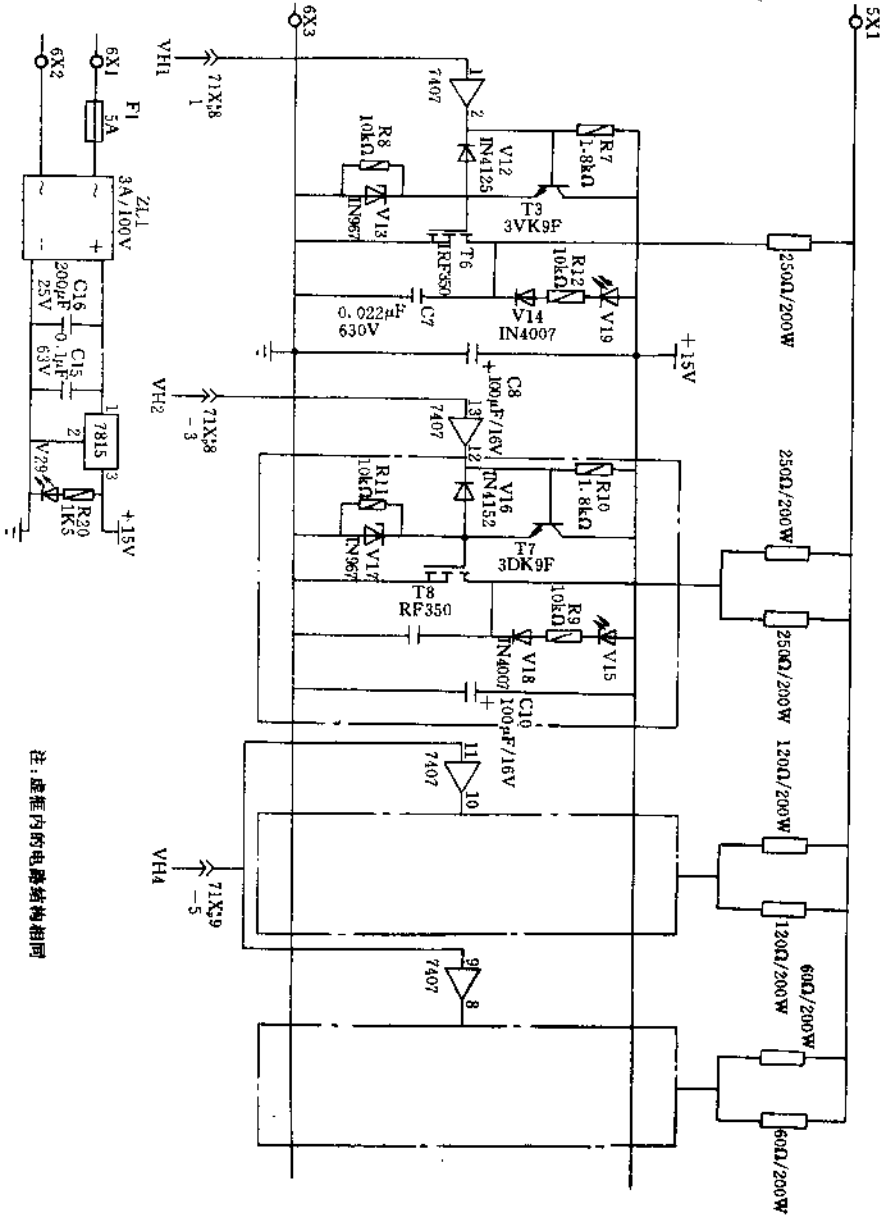


图 7-61 高压功率级原理图

注：虚框内的电路结构相同

图 7-61 所示为高压功率级原理图。对于高压复合晶体管脉冲电源，采用独立的高压主回路，脉冲电压较高（200~300V），平均电流小，并联管数小，主要是起击穿火花间隙的作用，控制低压脉冲的放电击穿点，保证回路的击穿，又称高压引燃回路。带有高压回路的复合晶体管脉冲电源，具有效率高、电极损耗小、加工稳定等优点。特别是钢打钢时，具有明显的优越性。高压回路的电原理图和低压回路的电原理图相近，但工艺结构、采用的元器件、以及电参数是不同的。

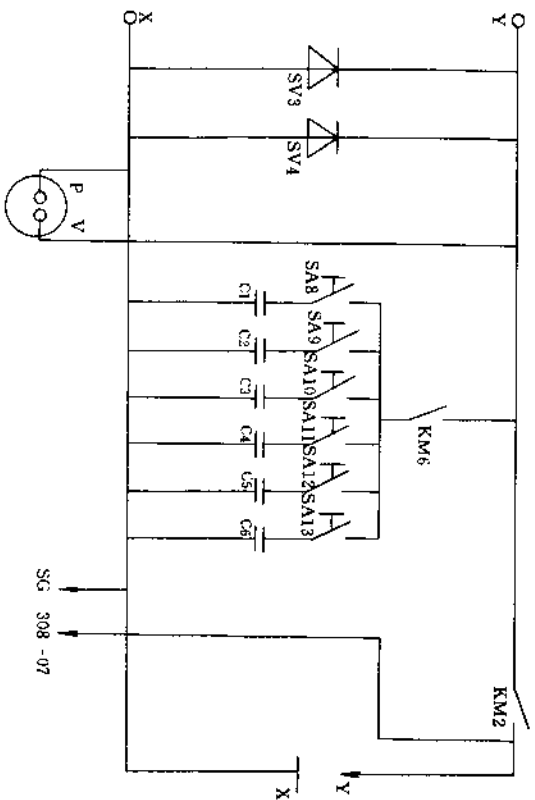


图 7-62 微细加工电路图

图 7-62 所示为微细加工 T 电路图。晶体管电源加工的表面粗糙度，要想达到 $R_a=0.80\sim 1.60\mu\text{m}$ （即 $\nabla 7$ ）是很困难的，即使是脉冲宽度压窄、峰值电流减小也很难达到，所以采用微细加工电路。

图 7-63 所示为等脉冲电路控制系统线路图。独立式脉冲电源的脉冲空载电压宽度、脉冲停顿时间等参数按工艺要求选定后，在加工过程中是固定不变的。但是，由于火花间隙击穿点先后不

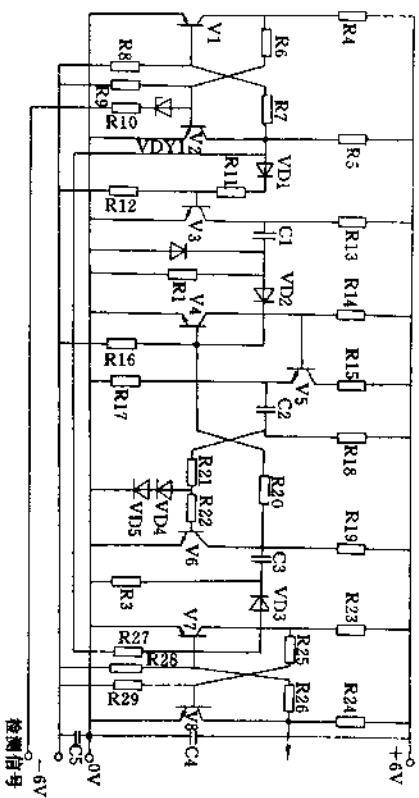


图 7-63 等脉冲电路控制系统线路图

一，导致脉冲电流宽度是变化的。附加高压击穿的复式脉冲电源，虽然在很大程度上克服了这一弱点，但仍然存在问题，有所差别。特别是在等脉冲加工时，这种差别就相对显著。等脉冲式晶体管脉冲电源，则以相同的电流脉冲宽度、相同的脉冲能量输送到放电间隙，使放电加工得到较好的工艺效果。等脉冲电路由检测级、脉冲宽度调节级和控制级等组成。

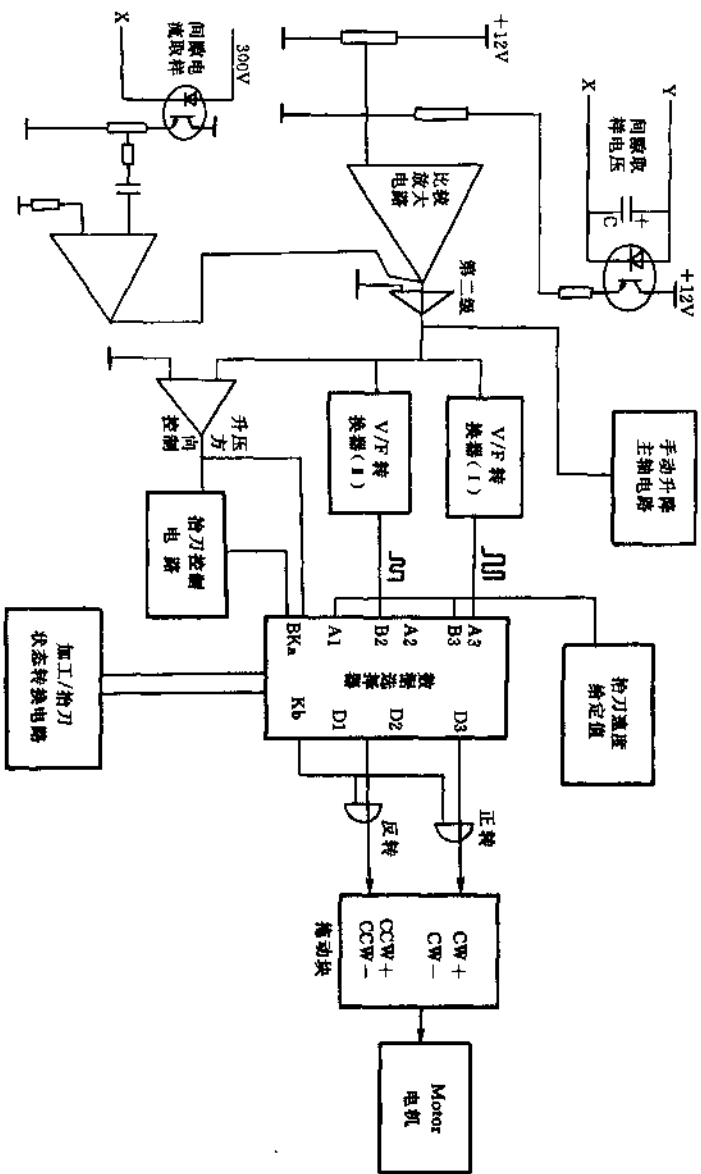


图 7-64 间隙板的工作原理框图

图 7-64 所示为伺服板的工作原理框图。电加工机床主轴头的运动取决于两个控制量，一个是给定信号另一个是间隙的反馈电压信号。伺服控制系统就是通过调节给定信号，使间隙的电压保持在一个稳定的值上，而间隙的电压值和电极与工件的间隙量是成正比的，这样伺服控制系统就控制了间隙量，保证了在加工状态间隙时间即不开路也不短路，维持稳定加工。在不加工时，主

轴的上升、下降也是通过这个系统来完成的。伺服板是伺服控制系统的核心部件，使用的元器件较多，调试起来有一定的难度。系统的执行元件是步进电机，伺服板的功能是将一切调整量转换为步进电机推动块所需要的脉冲频率值，才能控制电机按要求运动。

图 7-65 所示为 SG—300A 型晶体管脉冲电源电柜布置图。SG—300A 型晶体管脉冲电源分电源部分、伺服部分、控制部分等几部分,由控制柜、电源柜、控制吊箱组成。脉冲电源部分采用 V—MOS 管作为输出级,具有输出波形好、加工效率高、功率级输出峰值电流高达 810A,可以确保 300A 加工电流的稳定输出。伺服部分采用全数字位置控制,可靠性好,精度高,间隙检测采用 JAPAX 技术。控制部分机床电气全部由计算机控制,可靠性高,脉冲形成、伺服控制采用 JAPAX 技术,对长距离传输的信号采用长线传输技术,以确保信号无畸变的可靠传递。

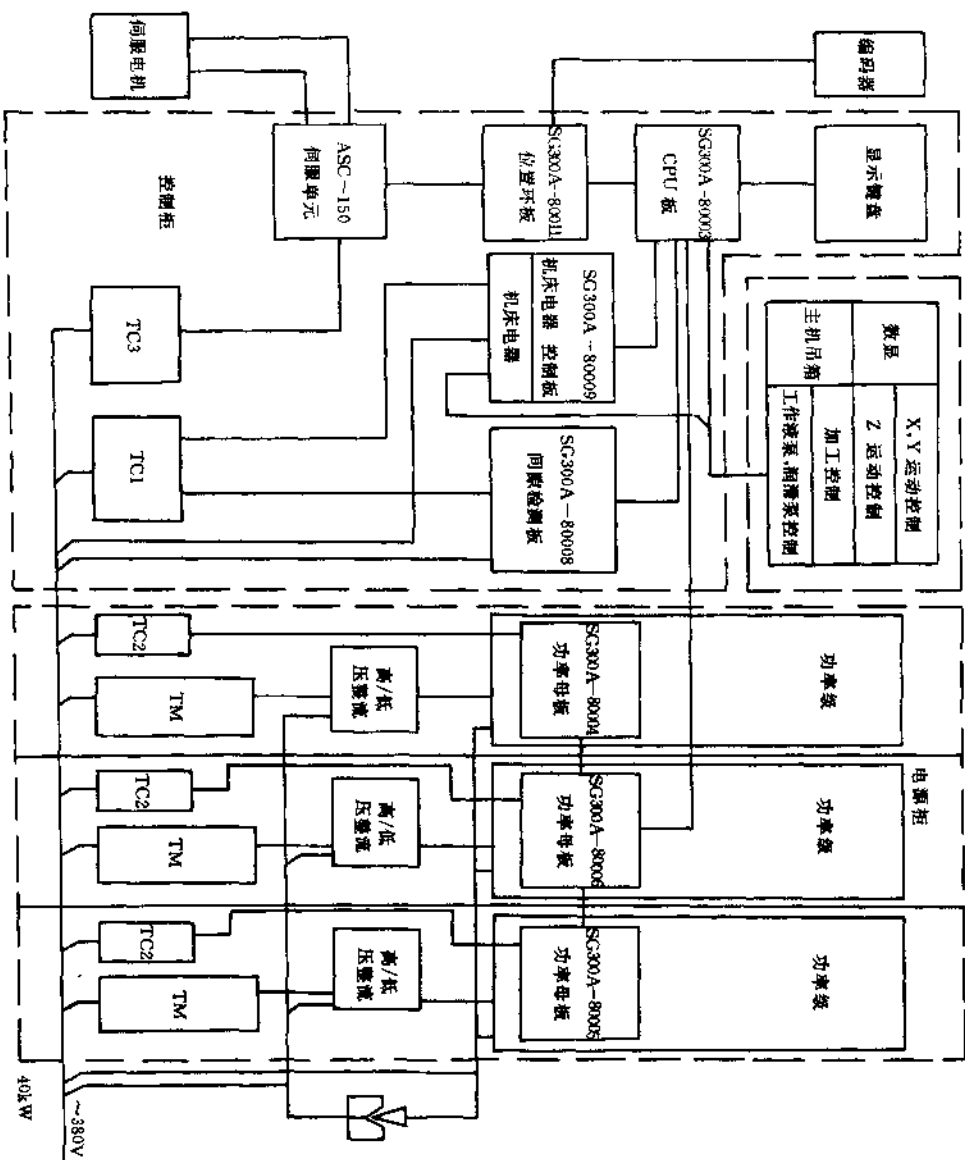


图 7-65 SG—300A 型晶体管脉冲电源电柜布置图

图 7-66 所示为穿孔机床电火花电源即 ZQM1-130/10 双闸整流管脉冲电源。脉冲电源由主电路、触发电路和控制电路三部分组成。在主电路中 V24、V25 为冲闸 ZQM1-130/10 脉的冲主要元件，是电源可控开关管，它是起可控开关管作用的。TS 为脉冲变压器，将高压小电流流变成低压大电流。V14~V23 是高压整流管为消除负尼管，V26、V27 也是高压整流管。微分电路由主振级、触发电路、电压放大级、阴极输出级和整流器等几部分组成。在自动组峰峰值测量电路，R30、C15、R25 为电压放大电路，V10/2 为电压放大，进而功率放大，控制线圈自动调节火花回隙，维持稳定放电加工。

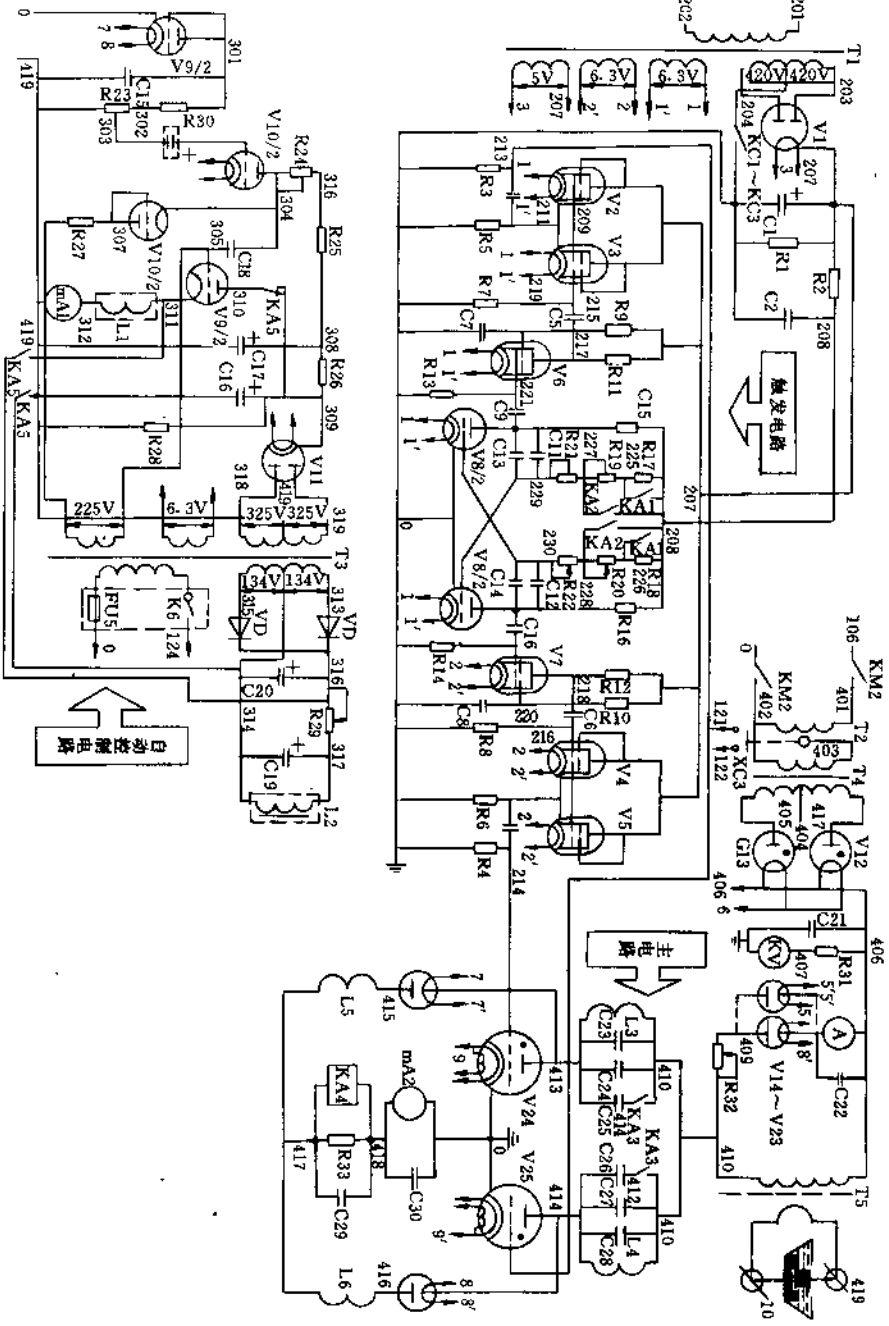


图 7-66 D6125G 型电火花穿孔机床脉冲电源电路

图 7-67 所示为 SG-30C 型电火花加工机床操纵面板图，其中：

- 1—电压表 (指标加工中的间隙电压)
- 2—电流表 (指标加工中的平均放电电流)
- 3—数码显示
- 4—拾刀按键
- 5—键盘 (与脉冲参数相关)
- 6—脉冲输出启动按键
- 7—脉冲输出停止按键
- 8—主轴上升按键
- 9—主轴下降按键
- 10—油泵启动按键
- 11—蜂鸣报警按键
- 12—碰边按键 (上面指示灯亮为碰边有效)
- 13—液面报警按键 (上面指示灯亮为报警有效)
- 14—微精按键 (可选择微精加工状态)
- 15—电源启动按钮 (绿色)
- 16—电源急停按钮 (红色)
- 17—电源指示灯 (POWER)
- 18—伺服加工指示灯 (SERVO)
- 19—油温报警指示灯
- 20—液面报警指示灯
- 21—加工时间调节电位器
- 22—拾刀时间调节电位器
- 23—伺服旋钮 (GV)
- 24—调速旋钮 (ADJUST)

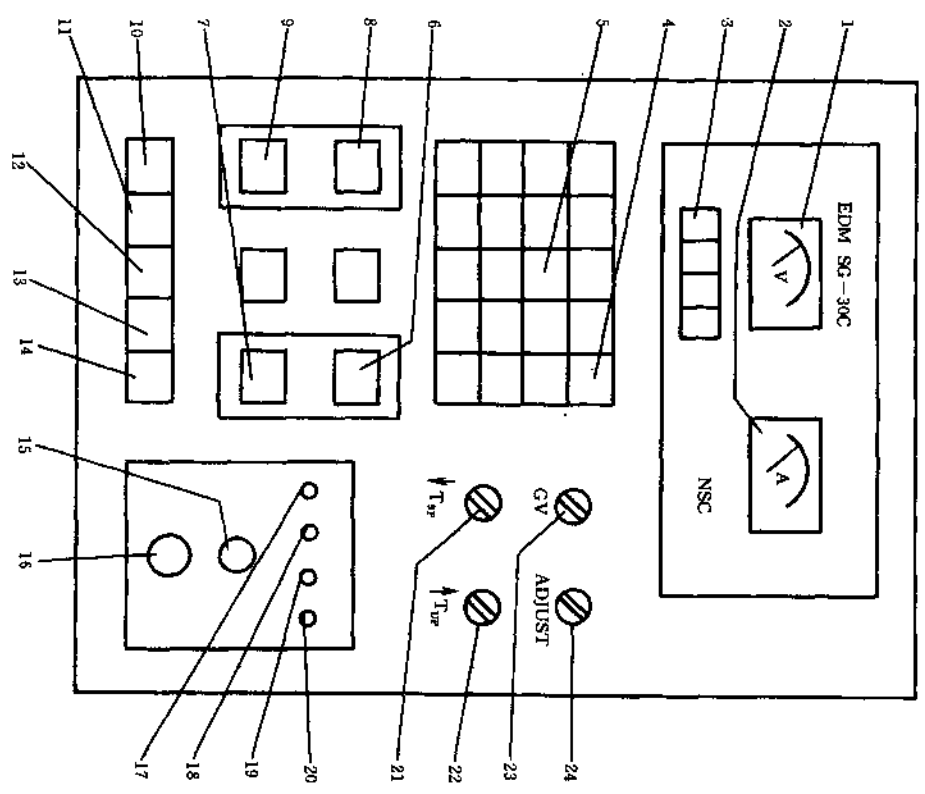


图 7-67 SG-30C 型电火花加工机床面板图

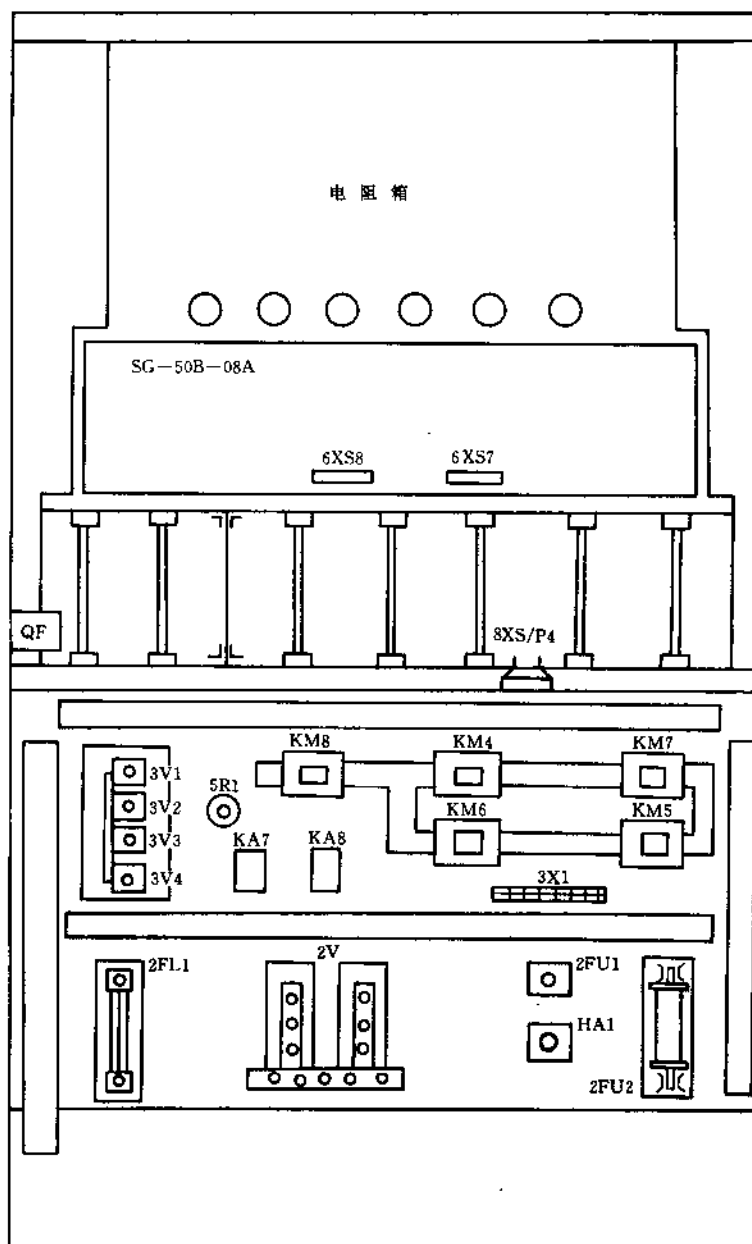


图 7-68 SG—50B 型电火花加工机床电器件排布图 (1)

图 7-68 所示为 SG—50B 型电火花加工机床电柜的电器件排布图(1)。从图中可以看出,电阻箱在上面,保证有良好的通风和散热;接触器和变压器在下方,保证电柜的稳定性。

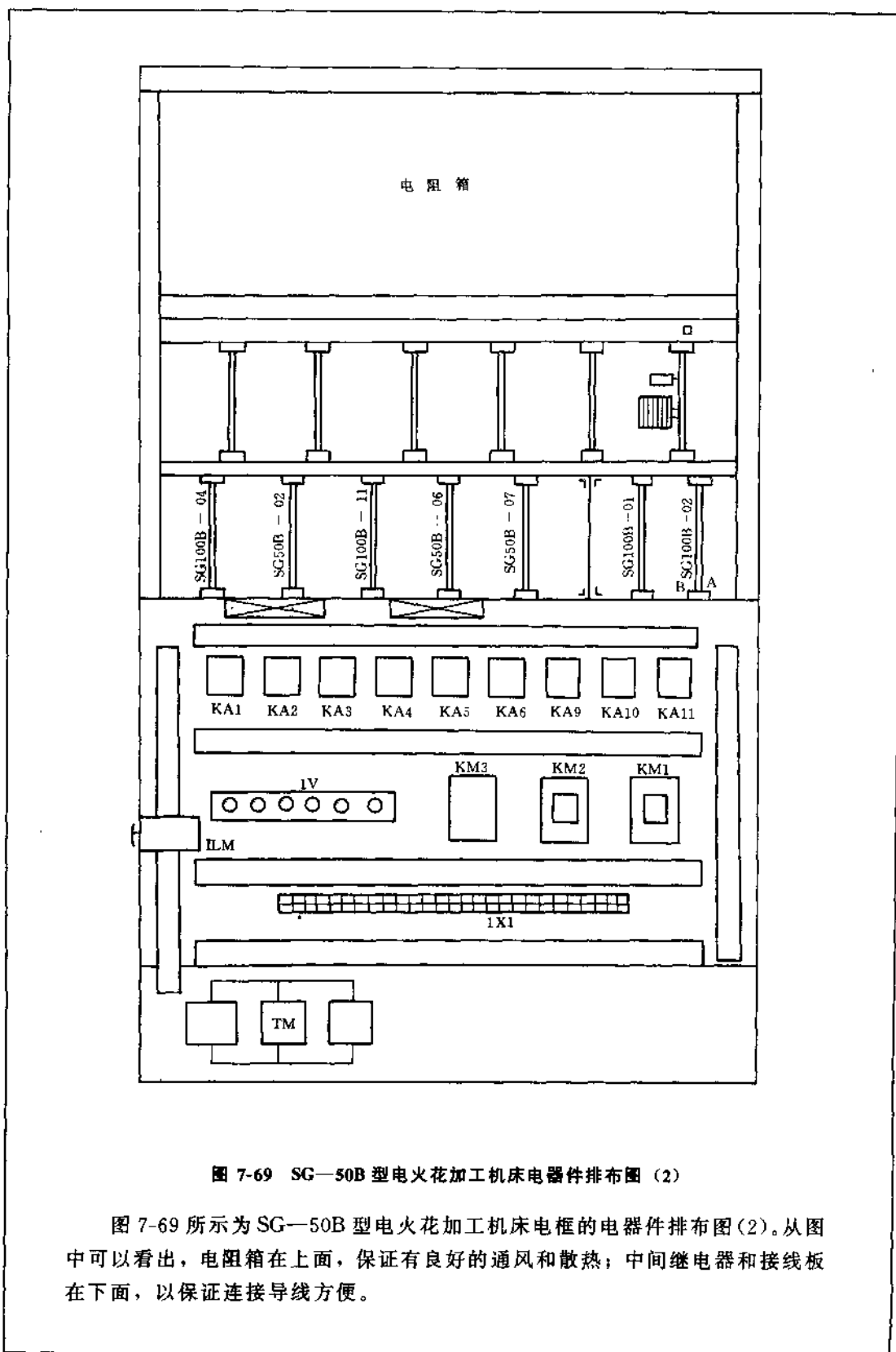


图 7-69 SG—50B 型电火花加工机床电器件排布图 (2)

图 7-69 所示为 SG—50B 型电火花加工机床电柜的电器件排布图(2)。从图中可以看出,电阻箱在上面,保证有良好的通风和散热;中间继电器和接线板在下面,以保证连接导线方便。

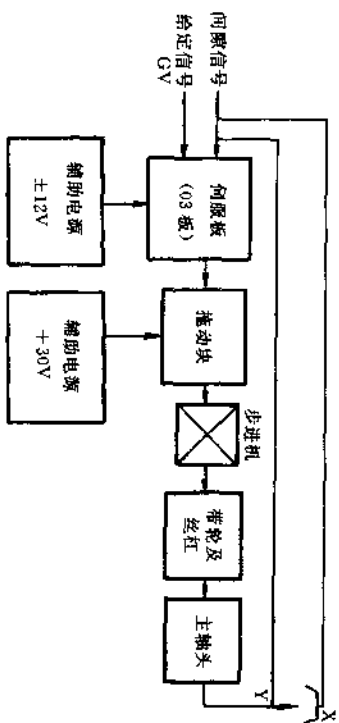


图 7-70 SG—100B 型电火花加工机床伺服电路框图

图 7-70 所示为 SG—100B 型电火花加工机床伺服电路的方框图。SG—100B 的伺服控制板(03 板)步进电机拖动块和 86BY—Ⅱ 型步进电机构成，其功能是通过传动装置，带动主轴头上下运动，保证放电加工的正常进行。从框图中可以看出，所谓伺服电路标准的名称应为“伺服控制及拖动系统”，其工作状态的好坏直接关系到机床的加工性能。

图 7-71 所示为 SG 型电火花加工机床脉冲电源框图。从图中可以看出，计算机板产生用户可选择的波形输出后，先通过光耦隔离电路转换送给电源的功率极，然后通过驱动电路去控制电源功率极电流输出能量。

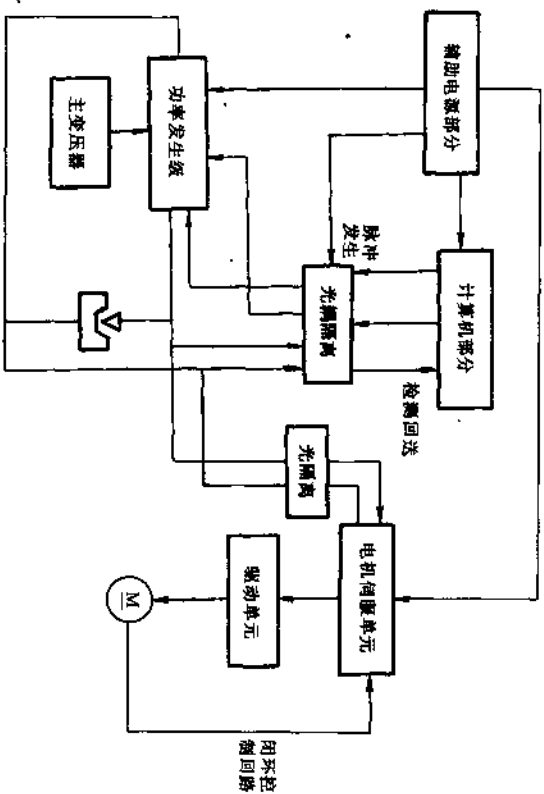


图 7-71 SG 型电火花加工机床脉冲电源框图

图 7-72 所示为 SG—30C 型脉冲电源电路。SG—30C 型电源可以输出、高压矩形脉冲、低压矩形脉冲、高压复合脉冲、高压复合分组脉冲、高压包络低压分组脉冲等波形。电源采用 V—MOS 场效应管功率输出。SG—30C 型脉冲电源电路由高低压功率级电路、计算机电路、伺服拖动电路、微精加工电路、整流电路、机床电器电路等组成。对于脉冲加工电流的产生，直接由计算机板的晶振发出脉冲，经“7407”使晶体管 3DK9F 导通，然后直接触通 V—MOS 管产生脉冲电流。直流伺服机的同轴上有一小直流测速发电机，其电压直接控制伺服机的转速。

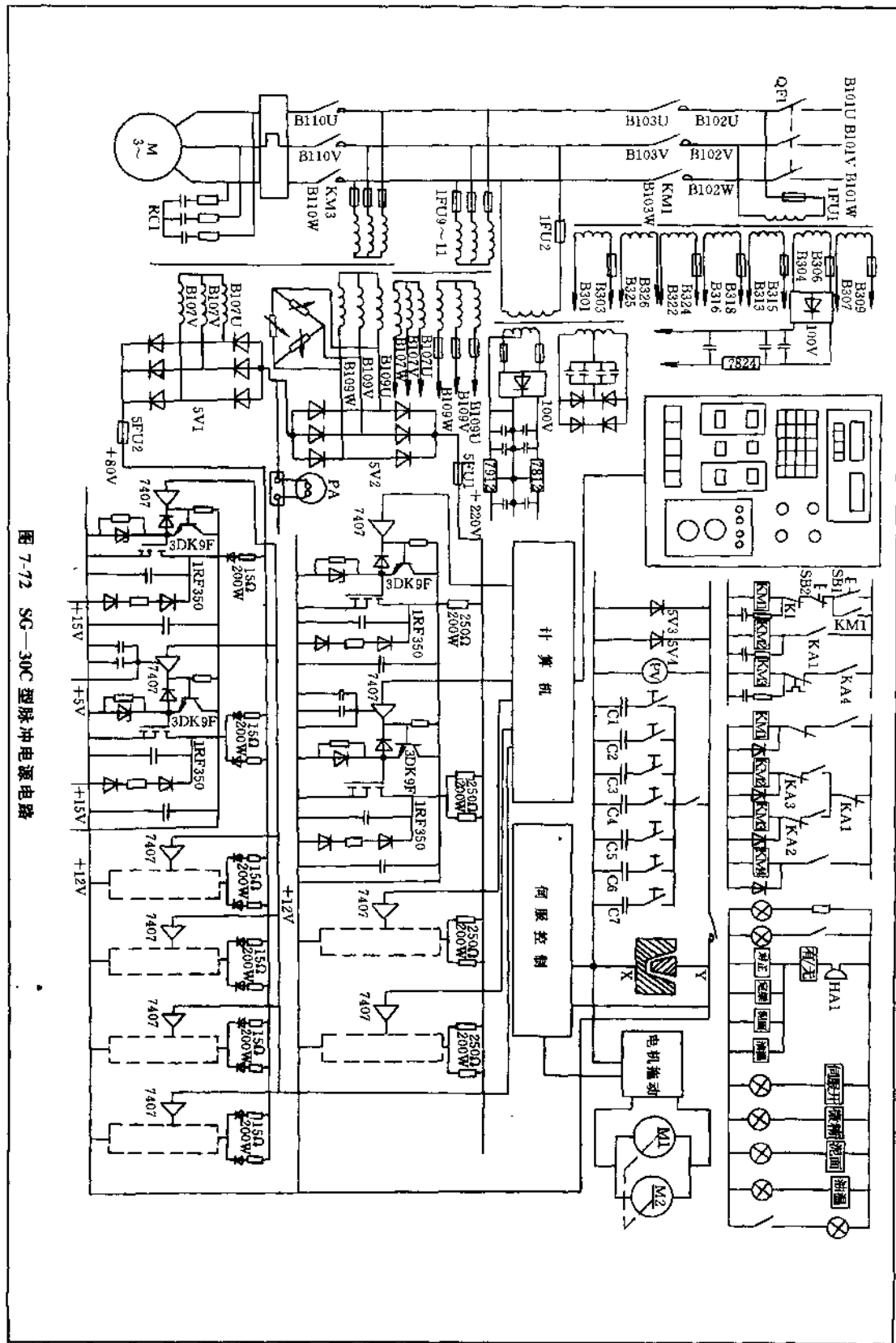


图 7-72 SG-30C 型脉冲电源电路

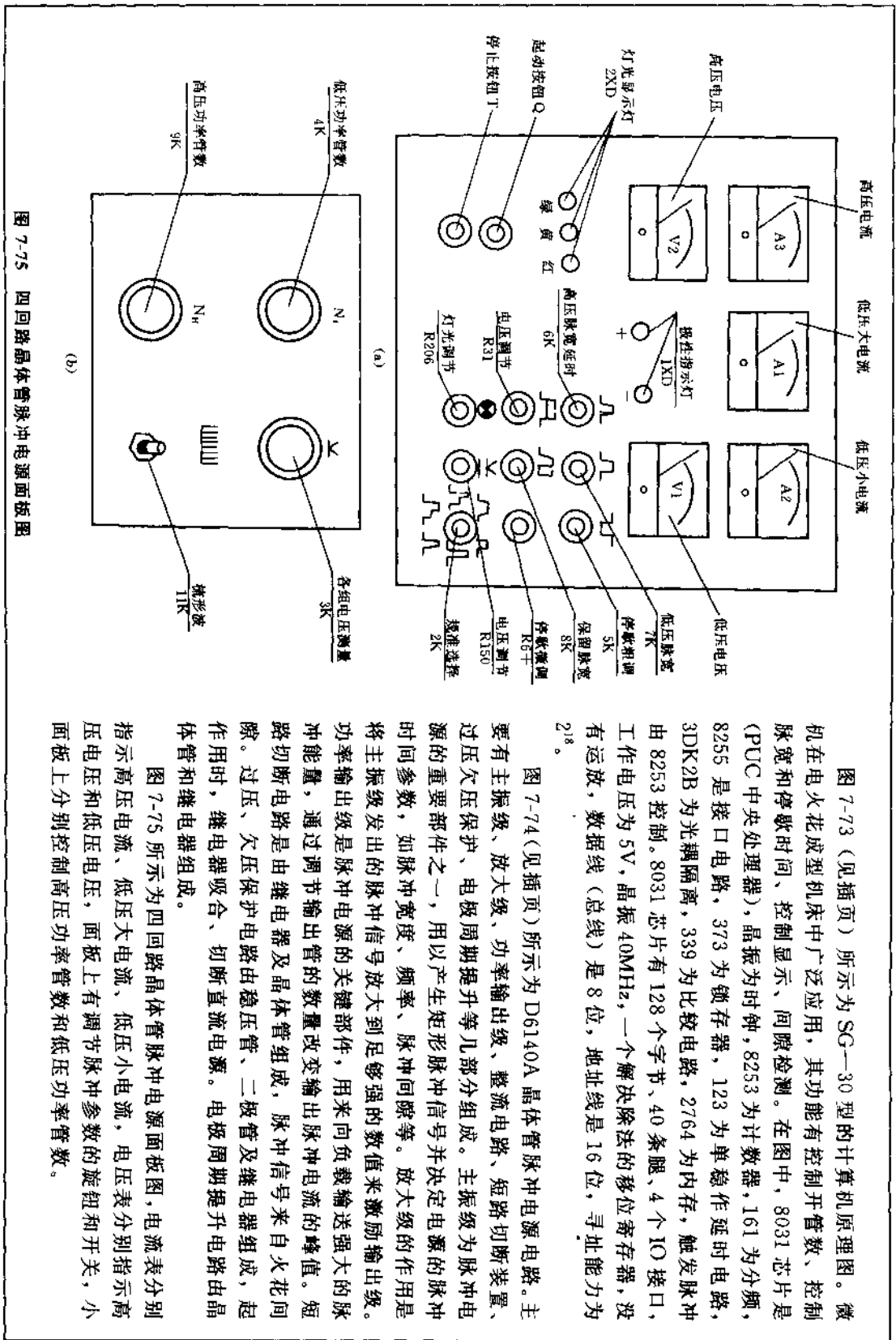


图 7-75 四回路晶体管脉冲电源面板图

图 7-73 (见插页) 所示为 SG—30 型的计算机原理图。微机在电火花成型机床中广泛应用，其功能有控制开管数、控制脉宽和停歇时间、控制显示、间隙检测。在图中，8031 芯片是 (PUC 中央处理器)，晶振为时钟，8253 为计数器，161 为分频，8255 是接口电路，373 为锁存器，123 为单稳作延时电路，3DK2B 为光耦隔离，339 为比较电路，2764 为内存，触发脉冲由 8253 控制。8031 芯片有 128 个字节、40 条腿、4 个 IO 接口，工作电压为 5V，晶振 40MHz，一个解决除法的移位寄存器，没有运放，数据线 (总线) 是 8 位，地址线是 16 位，寻址能力为 2^{18} 。

图 7-74 (见插页) 所示为 D6140A 晶体管脉冲电源电路。主要有主振级、放大级、功率输出级、整流电路、短路切断装置、过压欠压保护、电极周期提升等几部分组成。主振级为脉冲电源的重要部件之一，用以产生矩形脉冲信号并决定电源的脉冲时间参数，如脉冲宽度、频率、脉冲间隔等。放大级的作用是将主振级发出的脉冲信号放大到足够强的数值来激励输出级。功率输出级是脉冲电源的关键部件，用来向负载输送强大的脉冲能量，通过调节输出管的数量改变输出脉冲电流的峰值。短路切断电路是由继电器及晶体管组成，脉冲信号来自火花间隙。过压、欠压保护电路由稳压管、二极管及继电器组成，起作用时，继电器吸合、切断直流电源。电极周期提升电路由晶体管及继电器组成。

图 7-75 所示为四回路晶体管脉冲电源面板图，电流表分别指示高压电流、低压大电流、低压小电流，电压表分别指示高压电压和低压电压，面板上有调节脉冲参数的旋钮和开关，小面板上分别控制高压功率管数和低压功率管数。

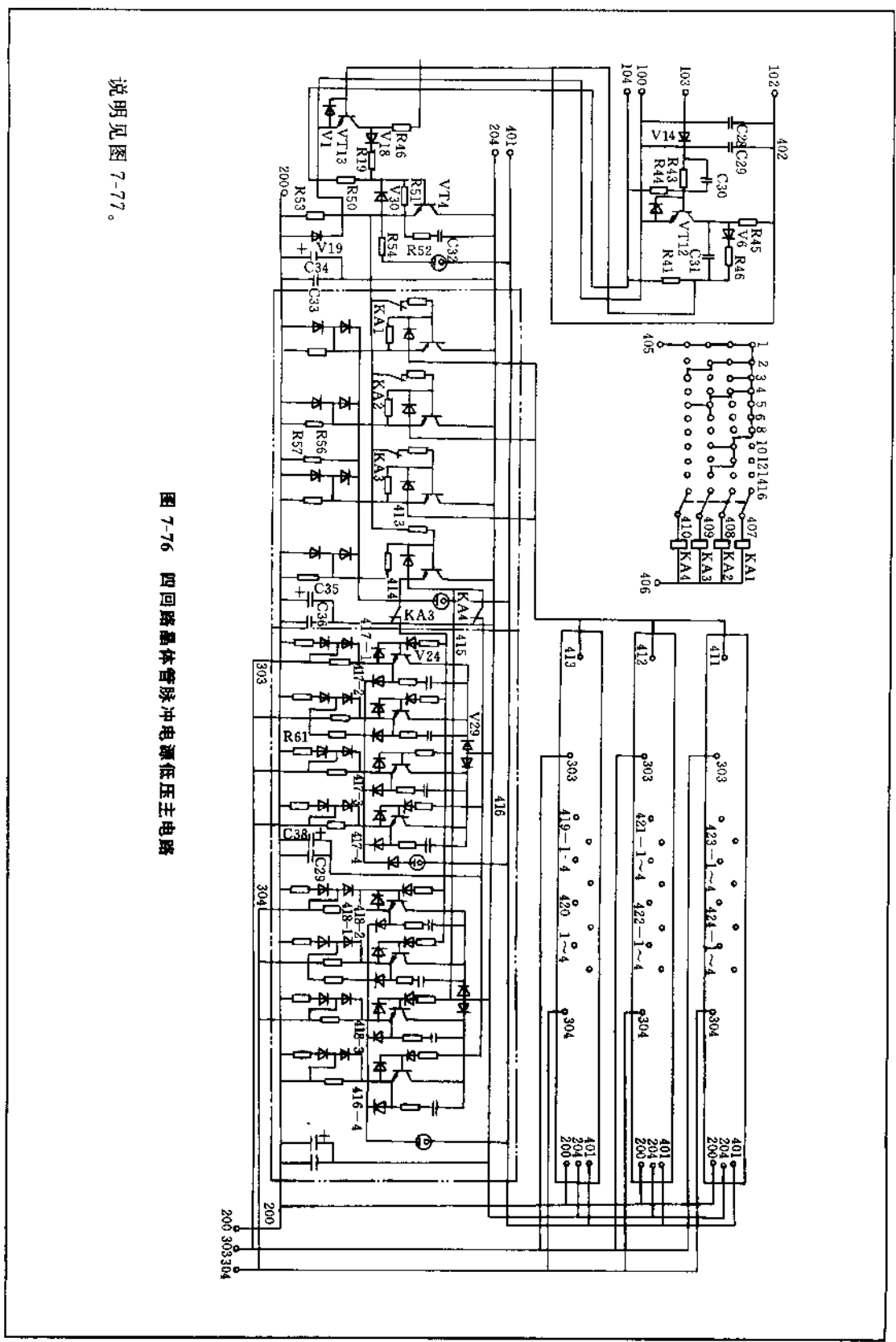


图 7-76 四回路晶体管脉冲电源低压主电路

说明见图 7-77。

图 7-76 和图 7-77 分别为四回路晶体管脉冲电源低压主电路和回路晶体管脉冲电源高压主电路。多回路晶体管脉冲电源电路由主振、低压电路、高压电路以及附属的稳压电路、检测切断电路等组成。多回路脉冲电源有几个回路就相当于有几个独立的脉冲电源加工同一个工件，但是几个电极必须是相互隔离的，这样就提高了生产效率。脉冲电源采用射极输出的晶体管高、低压复合回路，因而适用于冷冲模和型腔模的加工，尤其是钢打钢加工效果极佳。此脉冲电源加工时可以是四回路、二回路和单回路，既可分割又可组合，加工各种工件均能达到较高的工艺指标。采用了良好的切断电路，可以根据放电间隙的工作状态，自动控制脉冲电源的有关参数，大大提高了加工的稳定性和精度。这个脉冲电源对于钢打钢获得了小间隙的良好效果。

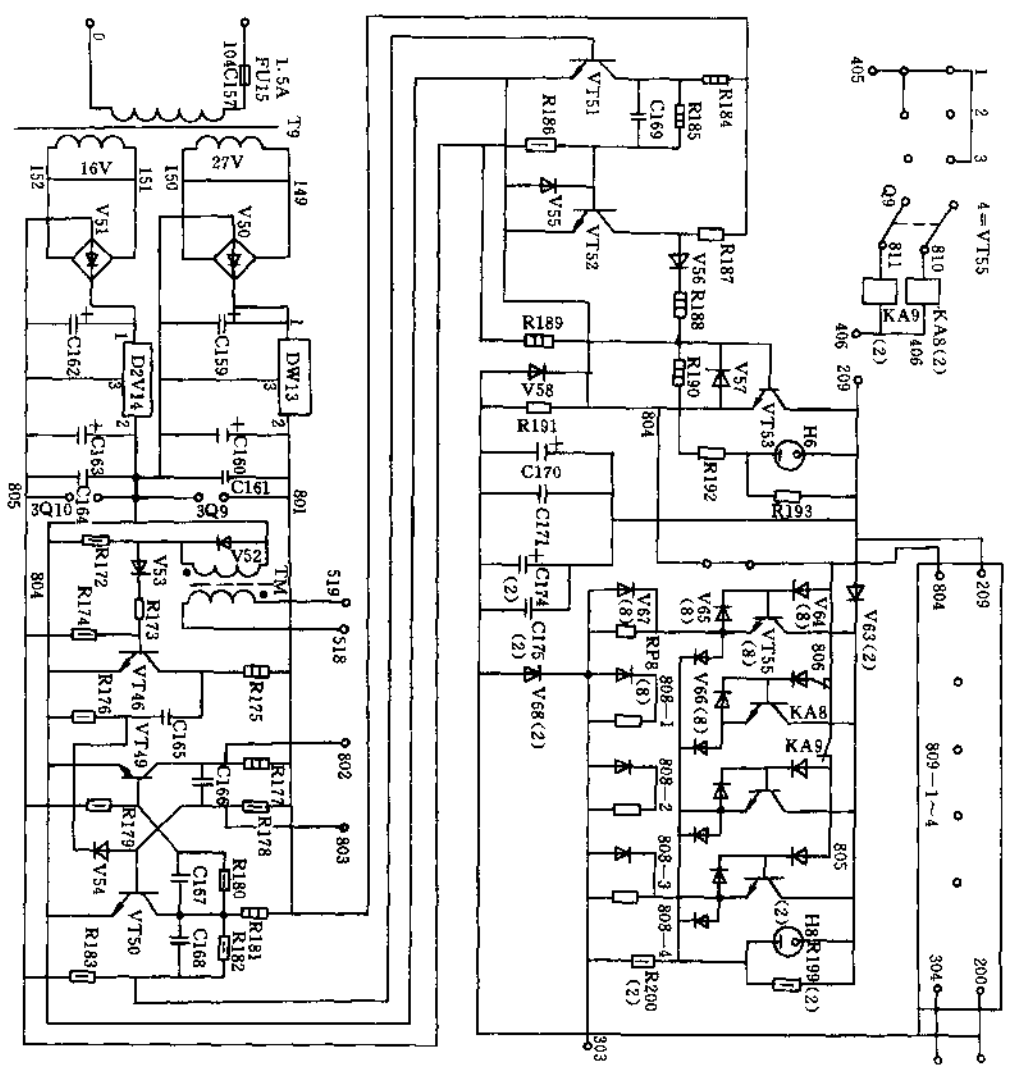


图 7-77 四回路晶体管脉冲电源电路

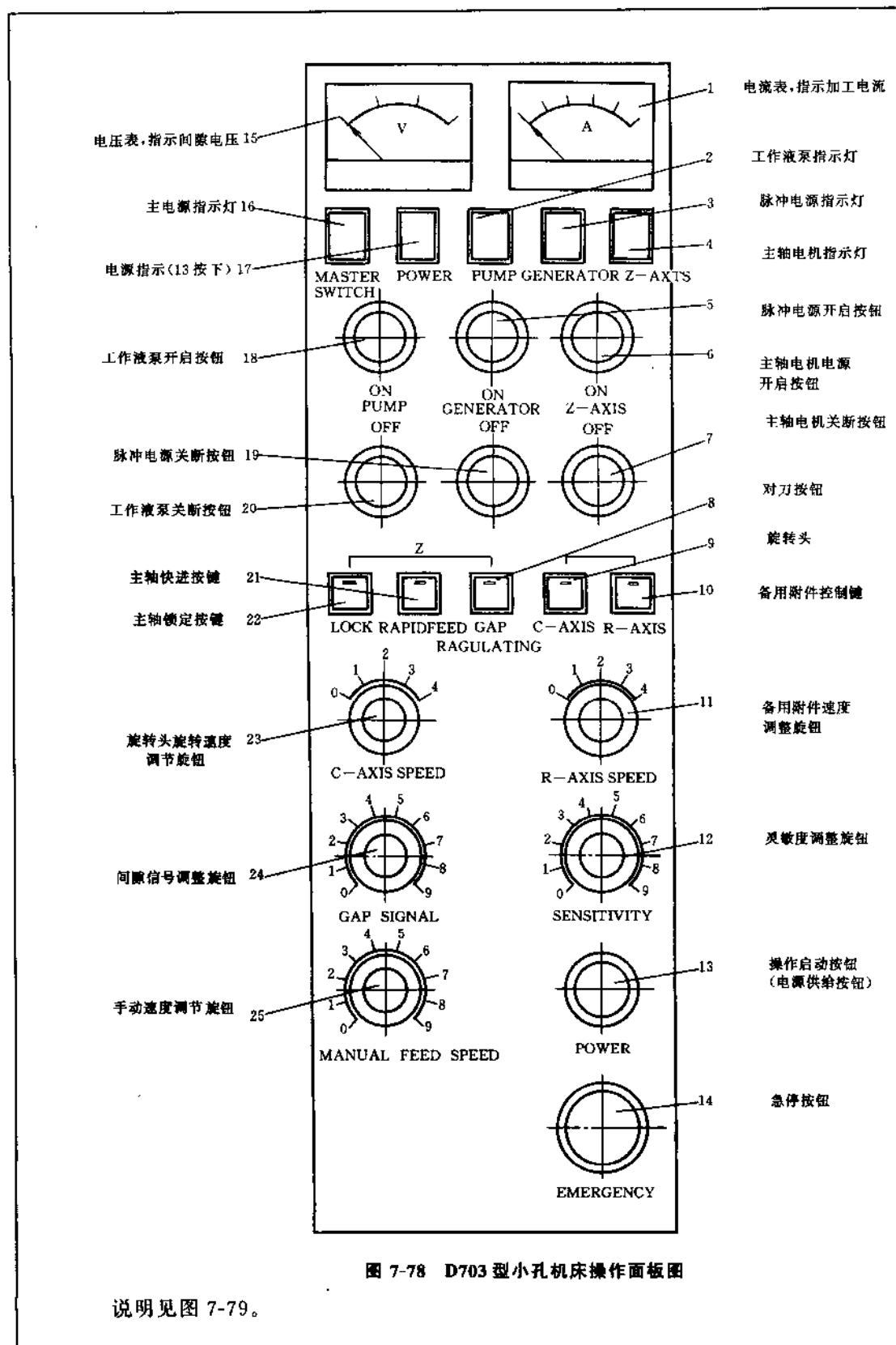


图 7-78 D703 型小孔机床操作面板图

说明见图 7-79。

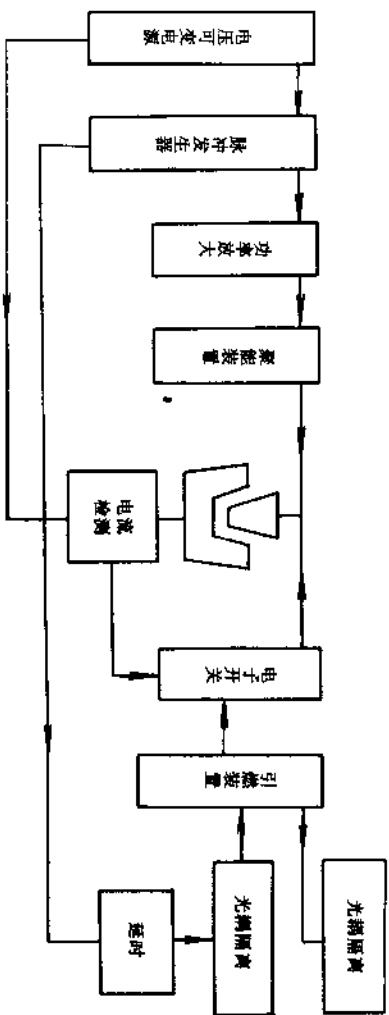


图 7-85 引燃式电火花加工脉冲电源框图

图 7-81 (见插页) 所示为 SG—100B 型电火花加工机床的步进电机伺服控制电路。步进电机是拖动电火花机床的主轴的, 使它随着加工间隙的放电情况实现自动的进给和回升, 以维持稳定放电加工。

图 7-82 (见插页) 所示为 SG—30C 型键盘接口板电路图。SG—30C 型电火花机床是微机控制的机床, 具有菜单达到各种参数下的稳定加工。通过接口电路, 将人工操作的指令实现微机的控制。

图 7-83 (见插页) 所示为电火花加工机床的直流电机拖动电路图。采用直流电机拖动也是经常采用的, 通过直流伺服电机拖动主轴头, 实现火花放电的间隙控制, 从而得到稳定的放电加工。

图 7-85 所示为引燃式电火花加工脉冲电源框图, 此脉冲电源是用于超硬材料的加工。超硬材料是指其硬度与天然金刚石相近

的材料。采用电火花加工方法是利用紫铜材料来加工超硬材料。加工机床包括: 主机、工作液循环过滤系统、电气控制系统 (包括脉冲电源、单轴数控伺服进给系统、工作台往复运动驱动系统、主轴旋转驱动系统等)。关键技术问题是: 脉冲电源、机理、间隙检测、微机控制单轴数控步进电机变步距伺服进给系统等。

从图中可以看出, 采用了可调节的电压可变电源, 脉冲发生器发出的脉冲, 一方面直接进入功率放大器, 另一方面经延时后通过光电耦合环节触发引燃装置, 再经电子开关去点燃放电间隙, 又经一组光电耦合环节打开功率放大器, 进行电火花放电加工, 又采用聚能装置, 以便把功放级输出的能量进行积累提高放电时的能量密度。电流检测环节, 使检测到放电间隙已被击穿时去关闭电子开关, 使引燃装置积蓄能量, 为下一个脉冲放电作准备, 又为伺服进给系统的间隙状态检测提供电流检测信号。

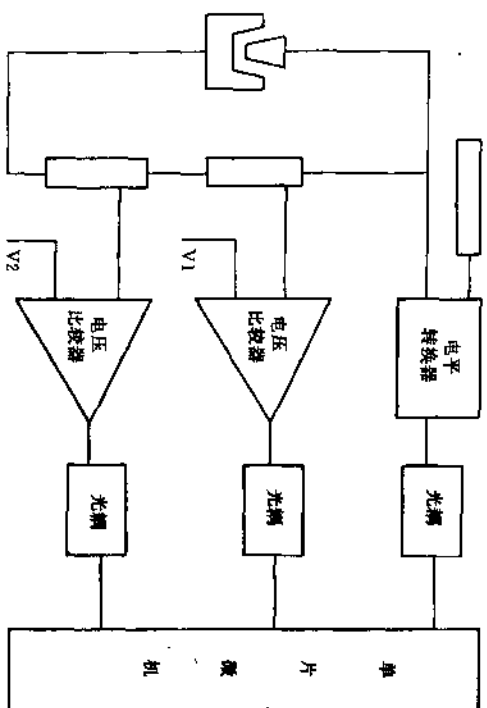


图 7-86 放电间隙状态检测环节工作原理框图

图 7-86 所示为放电间隙状态检测环节工作原理框图。由于超硬材料电火花加工的脉冲电源的特殊性，以及步进电机的伺服性能，因而放电间隙状态的检测电路也有其特殊性。

检测信号包括电流和电压信号的检测。电流信号分有、无两种信号，经电平转换器转换为“0V”低电平和“5V”高电平的电平信号输入单片微机。间隙电压信号取两个门限值，高电位门限值 V2 和低电位门限值 V1。当有加工电流信号，而所测到的加工电压在门限值 V2 和 V1 之间时，微机判断为正常放电状态，步进电机停止进给；当所测到的加工电压低于低电位门限值 V1，且有

电流信号时，微机判断为偏短路状态，或为电弧放电状态，工作台迅速退回，使工件迅速离开工具电机；当测到的加工电压高于高电位门限值 V2 时，微机判断为偏开路状态，工作台微步距伺服进给。这一判断由电压比较器 LM318 芯片来完成，在检测电路板和单片微机系统之间采用光电隔离，防止了检测信号对单片微机系统的干扰。

脉冲电源的加工电压是可调的，检测电路中的高、低电位门限值的基准电压也必须随之改变，电路中已经调好，在改变加工电压的同时，也改变了电压门限值的基准电压。

图 7-87 所示为步进电机伺服进给控制主程序框图。伺服进给系统的品质对电火花加工机床的性能有很大的影响。

直流伺服和交流伺服电机的伺服主轴头，当作数控伺服主轴头时，需增加一套磁尺或光栅等位置检测装置和显示系统，成本很高，所以采用低速性能好的步进电机驱动系统。由于感应式、混合式步进电机细分技术的研制成功，可以满足快进、快退和小步距进给，有足够的输出力矩等满足电火花加工机床的要求。采用了 8098 单片机微机控制的步进电机变步距伺服进给系统，主轴头的工作程序由软件实现，工作程序的修改、补充只需修改软件即可。有关电火花加工的各个工作指令包括：快进、快退、加工、暂停、伺服进给速度、加工深度等，均可通过操作面板上的按键或拨码开关由人工设置，关于加工过程中的间隙状态判断、伺服跟踪、自动调谐等功能，则由单片机微机在加工过程中自行完成。

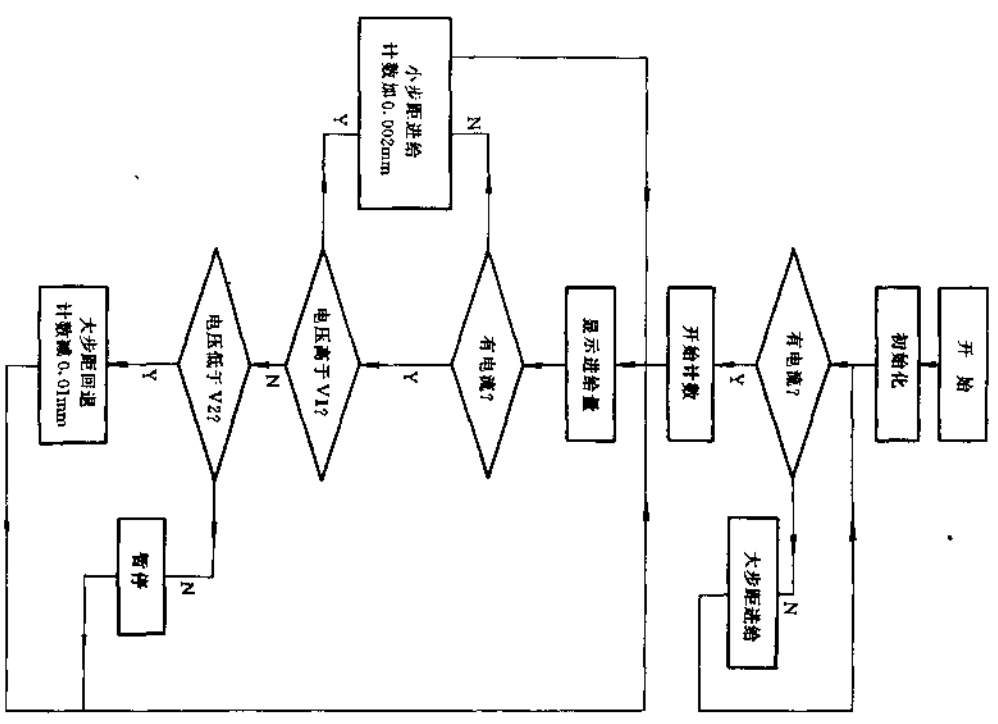


图 7-87 步进电机伺服进给控制主程序框图

第八章 数控机床与PC机控制电路图

数控技术是指用数字量及字符发出指令并实现控制的技术，简称NC (Numerical Control)。它所控制的一般是位置、角度、速度等机械量，也有温度、压力、流量、颜色等物理量，这些量的大小不仅可以用数字表示，而且是可测量的。如采一台设备（机床、锻压机械、切割机）实现其自动工作过程的命令是以数字形式来描述的，则称其为数控设备。数控机床是用数字和符号组成的数值信息自动控制若干个运动的机床。

数控机床加工零件的工作过程为：首先，根据被加工零件的图纸与工艺方案，用规定的代码和程序格式编写零件加工程序；然后，将编写的程序指令输入机床数控系统；数控系统将程序（代码）进行译码、运算后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助装置发出信号，以驱动机床的各运动部件，并控制所需要的辅助动作，以加工出合格的工件。

我国第一台数控机床产生于1952年，这是第一代产品，其数控装置采用电子管元件，体积非常庞大。1959年采用了晶体管元件，成为第二代数控装置。1965年改用集成电路，又使第三代的数控装置达到了新的水平。70年代以后，大部分数控装置都已采用了微处理机，随着计算机技术的不断发展，数控装置的性能和水平显著提高。应用软件技术以后，通常称为CNC系统，通用性加强。随后又发展到群控、适应控制及柔性加工系统等。群控是一台数控装置控制多台机床；适应控制能对机床加工过程中的各

种变量连续地进行监控，并使之保持在预定的最佳条件下加工；而柔性加工系统可将加工对象、零件的传送甚至行车等设备也纳入数控之中，功能已达尽善尽美的地步。

目前国内使用的大都是NC数控装置及CNC数控装置。介于两者之间的简易数控（或称经济型数控）装置，如用单片机、单板机等，也很有实用价值。

一般的数控机床工作时，不需要工人直接去操作机床，要对数字控制机床进行控制，编制加工程序，加工程序上存有加工工件所需的全部操作信息和刀具相对工件的位移信息。加工程序存储在控制介质（信息载体）上，一般的控制介质如穿孔纸带、磁带和磁盘等。

输入装置的作用是将控制介质上保存的加工程序转为相应的电脉冲信号，传递并存储在数控系统内。一般的输入装置有光电阅读机、磁带机、软盘驱动器。零件加工程序也可以在现场用手工方式（MDI方式）直接输入数控系统，或者将零件加工程序通过通信接口从编程计算机直接传送到数控系统中。

数控系统是数控机床的核心，它实际上是专用的电子计算机，数控系统接收输入装置送来的脉冲信息，经过编译、逻辑运算和处理后，输出各种信息和指令，控制机床的执行机构按照预定的程序动作。在这些控制信息中最基本的信息包括：经插补运算后得出的各坐标轴（即作进给运动的执行部件）的进给速度、方

向和进给位移量等指令；主运动部件的速度、方向和开停指令；刀具选择和交换指令；冷却、润滑控制等辅助控制指令。

伺服系统接受来自数控系统的指令信息，经功率放大后，严格按照指令信息的要求驱动机床的运动部件动作，以加工出符合要求的工件。伺服系统的精度、动态响应特性是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素。伺服系统包括驱动装置和执行机构两部分，常见的执行机构包括步进电机、直流和交流伺服电机。

测量元件不断将数控机床各坐标轴的位移值检测出来并经反馈回路送回数控系统，数控系统将反馈回来的实际位移值与程序设定值进行比较，根据比较结果向伺服系统发出指令，使其达到设定位置。

对应于数控系统发出的每一个进给脉冲信号，机床移动部件量称为最小设定单位，也称脉冲当量，不同精度的机床脉冲当量一般为 $0.01\sim 0.001\text{mm}$ 。

辅助装置的主要作用是接收数控系统发出的主运动方向、速度、开停以及刀具的选择、交换等辅助动作指令，对这些指令进行编译、逻辑判断和运算，并经功率放大后驱动相应的电器元件，带动机床机械部件、液压或气动等辅助装置完成指令规定的动作。此外机床上的各类开关信号经辅助装置送经数控系统进行处理。

由于可编程控制器(PLC)具有响应快、性能稳定可靠、易于使用、编程调试简便，并可直接驱动机床电器等优点，现已广泛作为数控机床的辅助装置。某些数控系统内部已含有可编程控制器，也有的是独立于数控系统之外，装在机床强电柜中。

与传统机床相比，数控机床本体仍然由主传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、

冷却装置等组成。但数控机床的整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都发生了很大变化。这种变化可充分满足数控机床高速、大功率、自动化加工的需要。

总之，数控机床的运动是由加工指令信息来进行自动控制的。在普通机床上用手工操作难于进行加工的复杂二维、三维轮廓，数控机床可以利用2轴、3轴，甚至4或者5轴联动进行加工。而且数控机床的加工精度远高于手工操作。此外数控机床在工作过程中不需要操作人员始终参与，在加工的同时，操作人员可以完成其他工件的装夹、调整、编程等工作，收到省时省力的效果。而对于不同工件的加工，只需改变指令信息(加工程序)即可，同一般自动机床相比，具有较高的“柔性”。因此数控机床特别适合于多品种中、小批量生产。

数控技术的发展非常迅速，在机床行业，已得到普遍应用。出现了各种采用数控技术的机床，例如数控车床、数控铣床、数控冲床、数控齿轮加工机床、数控电火花、线切割、激光加工机床等。但不论哪种加工方式，当机床进行加工时，对加工要求、工件尺寸及其他参数、加工步骤等都是用代码化的数字来表示，通过控制介质，输入到数控装置，经过微机进行处理与计算，发出各种控制信号与数据，使机床各坐标轴的运动自动工作，实现按要求的加工。

数控设备的品种虽然繁多，但从基本原理及主要性能分有以下几种类型：

(1) 按被控制对象的运动轨迹可分为点位控制系统、点位直线控制系统和轮廓控制系统。

(2) 按伺服系统的控制方式可分为开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制系统。

通常比较简单的控制系统有单片机、单板机和微机。
 一般把 CPU 和一定容量的存储器以及输入输出接口电路集成在一个芯片上，为单片机；把 CPU、ROM、RAM、输入输出电路装在一块印刷电路板上，为单板机；或直接采用微机。
 常见的数控系统有美国 A—B 公司数控系统、德国 SINUMERIK 系列数控系统、日本 FANUC 数控系统等。

微机技术已经并继续在改变世界，以微机技术为基础的程控控制器也正在改变着工业自动控制的面貌。近 20 年来随着科学技术的迅猛发展，可编程控制器以其可靠性极高、能经受恶劣环境的考验、使用极方便的巨大优越性，迅速占领工业自控领域，成为工业自动控制的首选产品，与机器人、CAD/CAM 并称为工业生产自动化的三大支柱。

可编程控制器 (Programmable Controller) 缩写为 PC，为了与个人计算机的 PC (Personal Computer) 相区别，有时在 PC 中人为地增加了 L (Logical) 而写成 PLC。

可编程控制器已经成为一种重要的、普及的、应用场合极多的工业控制器，它有称为工业控制计算机。因此，初期是用于逻辑控制场合，代替接触器继电器控制，现在发展成为包括过程控制、位置控制等场合的各种控制领域的综合控制系统。产品品种也越来越多。

可编程控制器的工作过程包括输入处理、程序处理和输出处理。可编程控制器由硬件和软件两部分组成。硬件包括：单板机、输入接口电路、输出接口电路、电源、扩展接口、编程器接口、存储器接口、编程器。软件包括监控程序、用户程序等。

可编程控制器的结构型式分为单元式和模块式两种。
 数控机床与 PC 机的图例，见图 8-1~图 8-112。
 图 8-1 所示为数控装置的基本组成框图。对数控机床而言，由

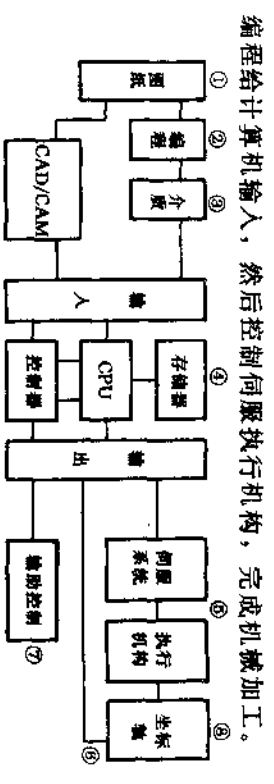


图 8-1 数控装置的基本组成框图

编程给计算机输入，然后控制伺服执行机构，完成机械加工。
 图 8-2 所示为点位控制系统图。数控机床通过控制系统进行点位加工，这是一种最简单的加工方式。

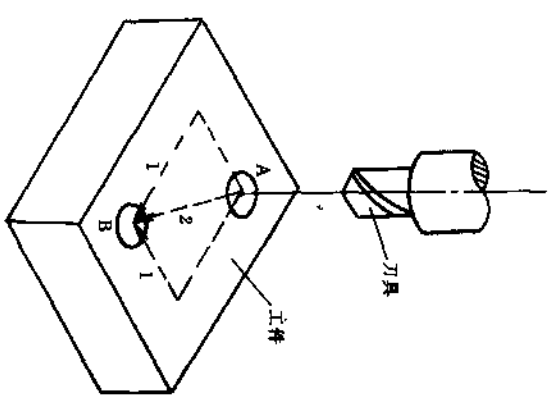


图 8-2 点位控制系统加工

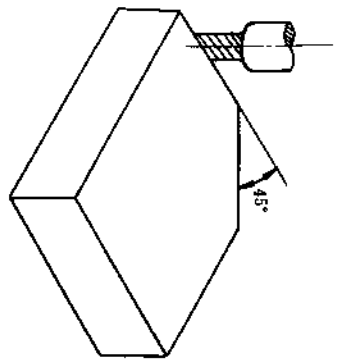


图 8-3 直线控制系统加工

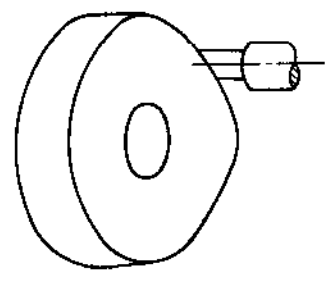


图 8-4 连续控制系统加工

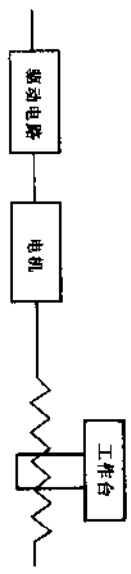


图 8-5 开环控制系统

数控机床通过控制系统进行直线加工，图 8-3 所示是直线控制系统加工的示意图。

数控机床经过计算机控制，可以进行曲线形状的连续加工，图 8-4 所示为连续控制系统加工的示意图。

图 8-5 所示是开环控制系统。将输入量通过控制器放大、变换后直接控制被控对象的系统，它由被控对象和控制器组成。此类系统无反馈联系。

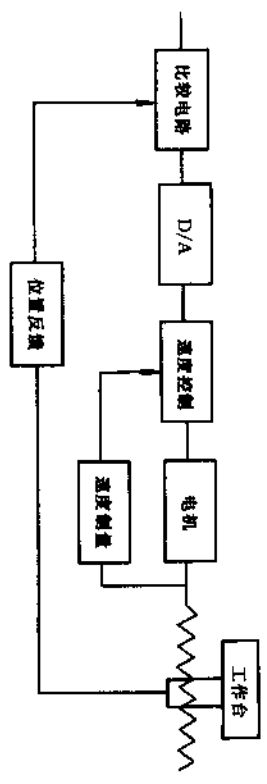


图 8-6 闭环速度控制

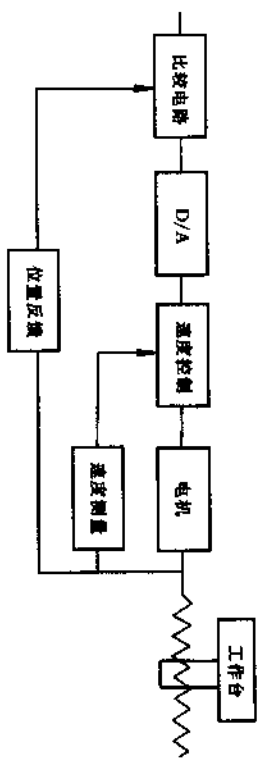


图 8-7 半闭环控制系统

图 8-6 所示是闭环控制系统。闭环控制系统是具有反馈的控制系统。将系统输出量的一部分反馈至输入端，与给定量进行比较，并按两者偏差量的大小进行控制的系统。

图 8-7 所示是半闭环控制系统。半闭环控制系统是介于开环控制系统和闭环控制系统之间的一种控制系统。

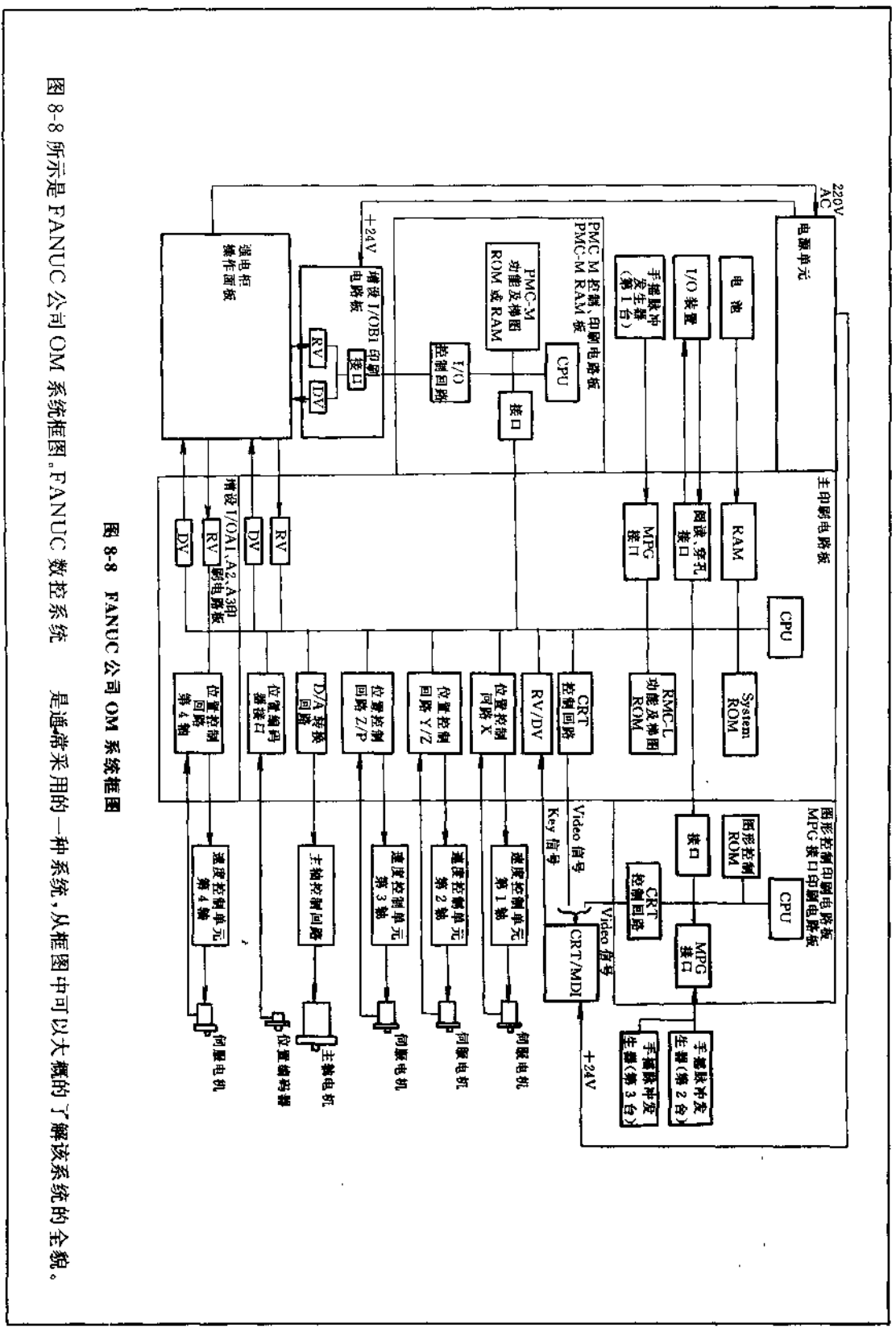


图 8-8 FANUC 公司 OM 系统框图

图 8-8 所示是 FANUC 公司 OM 系统框图。FANUC 数控系统是通常采用的一种系统,从框图中可以大概的了解该系统的全貌。

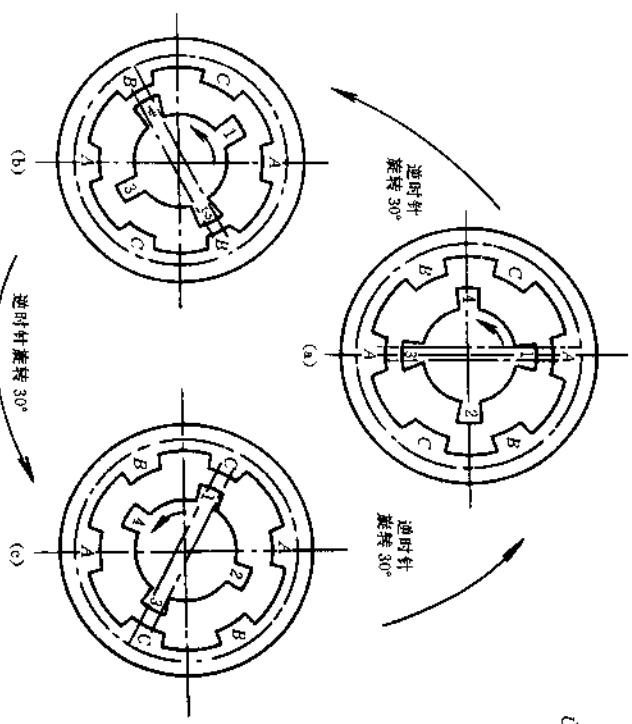


图 8-9 步进电机工作原理示意图
(a) A 相通电; (b) B 相通电; (c) C 相通电

图 8-9 所示是步进电机工作原理示意图。步进电机是数控机床的驱动件，步进电机的工作受脉冲控制，具有给一个脉冲转动一个步距的特性。

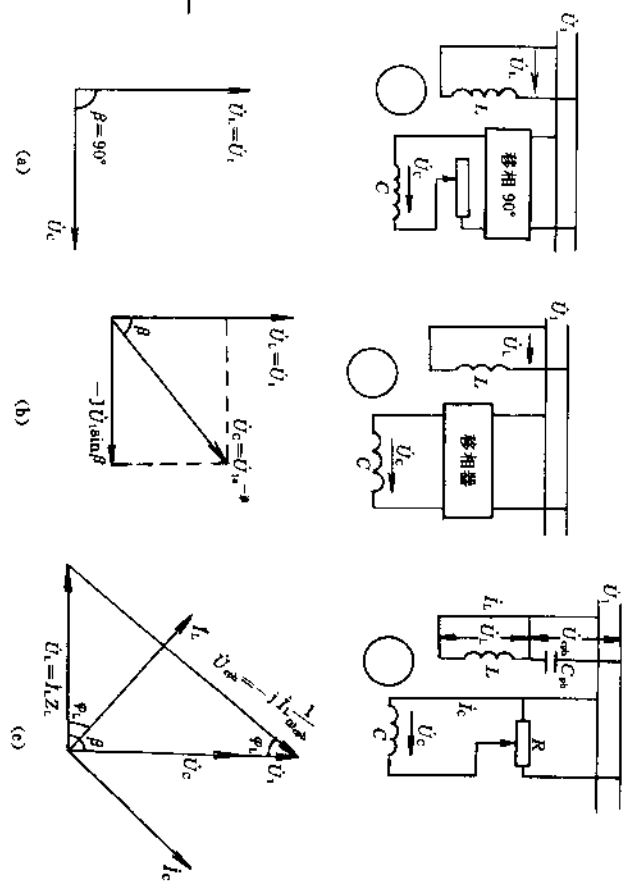


图 8-10 交流伺服电动机的控制方法

交流伺服电动机也是数控机床床常采用的驱动件，除此外还常采用直流伺服电动机，图 8-10 表示了交流伺服电动机的控制方法和工作原理。

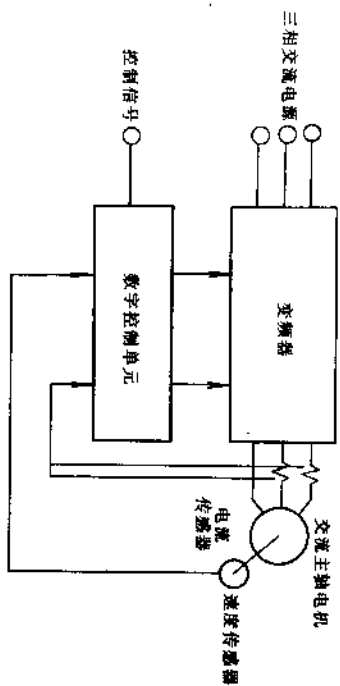


图 8-11 FANUC 交流主轴驱动控制系统原理

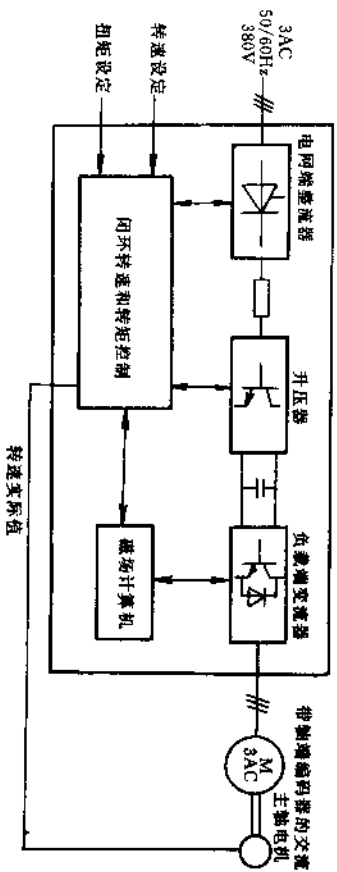


图 8-12 SIMODRIVE 交流主轴驱动系统结构框图

图 8-11 所示为 FANUC 交流主轴驱动控制系统原理图。数控机床中,交流主轴驱动件通常采用变频器,可实现无级调速,而变频器又较容易的可以由计算机来控制。

图 8-12 所示为带抽头编码器交流主轴电机电源的连接和计算机对它的控制的示意图。

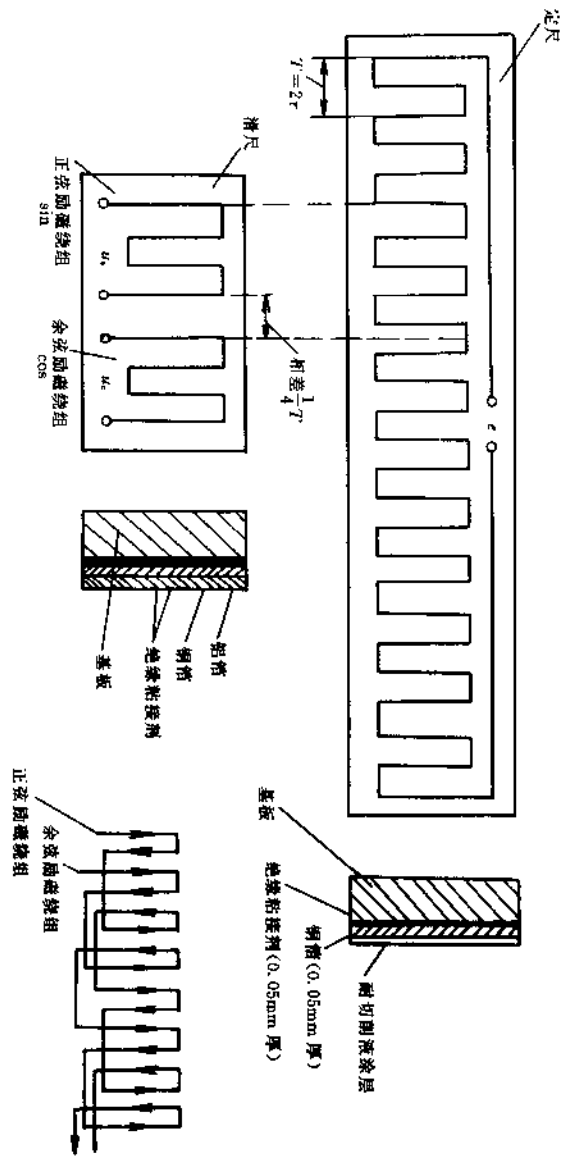


图 8-13 直线式感应同步器定尺、滑尺结构

图 8-13 所示是直线式感应同步器定尺、滑尺结构。直线式感应同步器是一种位置检测元件，而信号处理常采用鉴幅型电路。

除此之外还有磁栅和光栅。

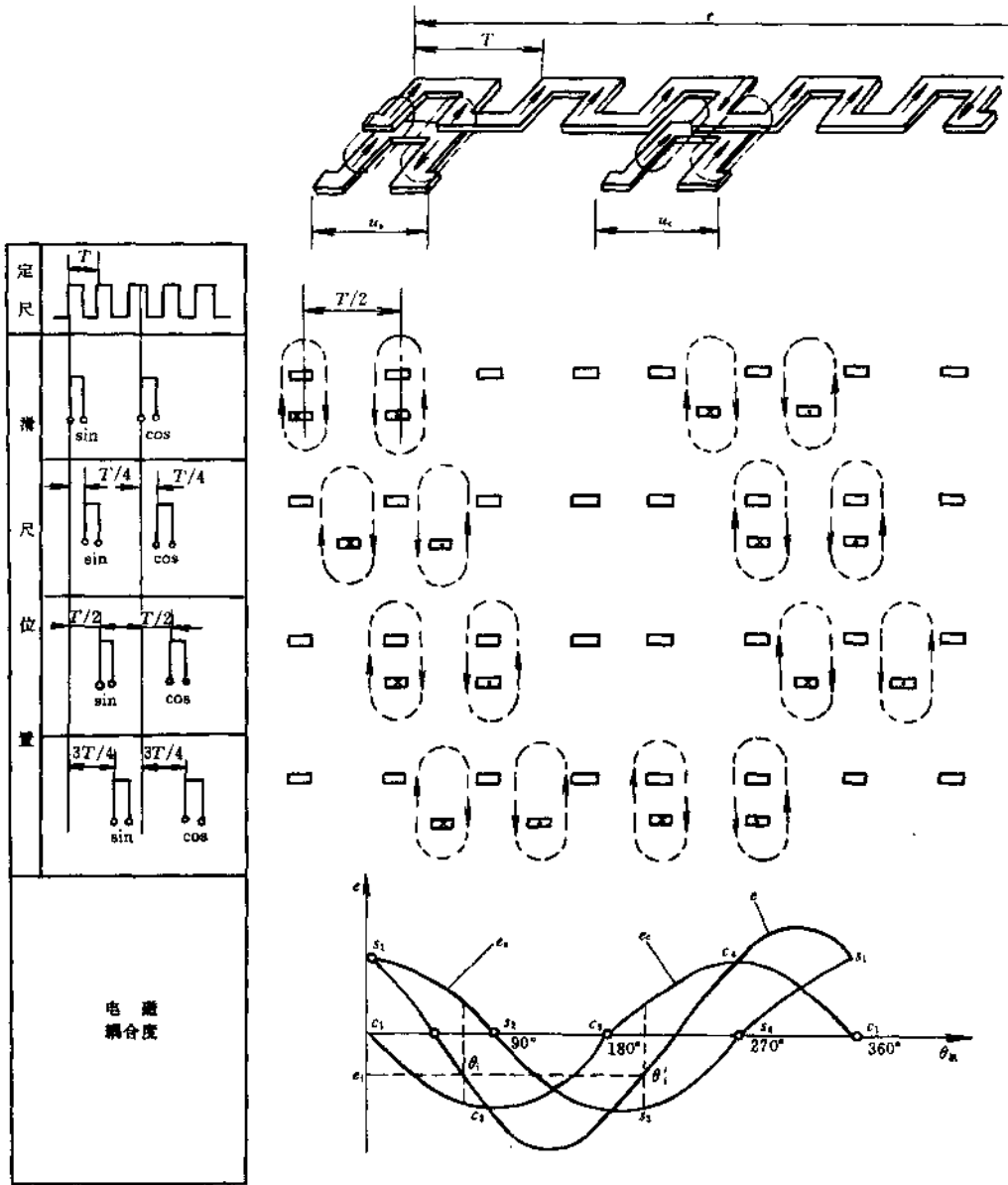


图 8-14 感应同步器工作原理

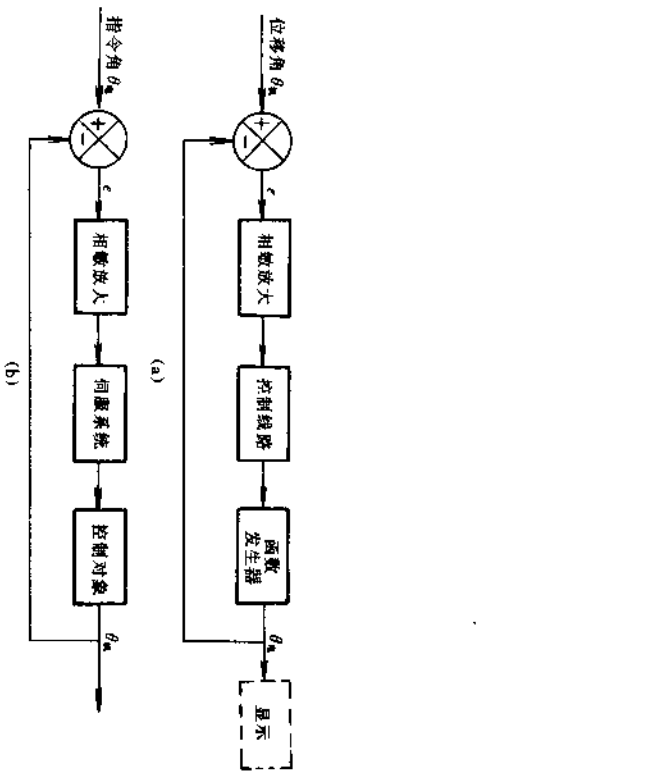


图 8-15 鉴幅型感应同步器检测系统方框图
 (a) 感应同步器位置系统；(b) 感应同步器定位控制系统

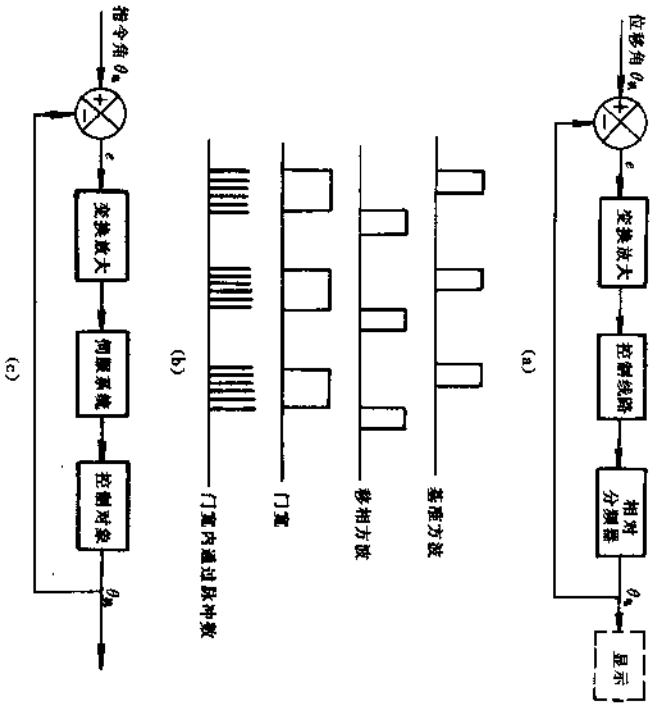


图 8-16 鉴相型感应同步器检测系统方框图
 (a) 位移量定时信号程图；(b) 直译法位移检测电路波形图；
 (c) 定位控制时信号流程图

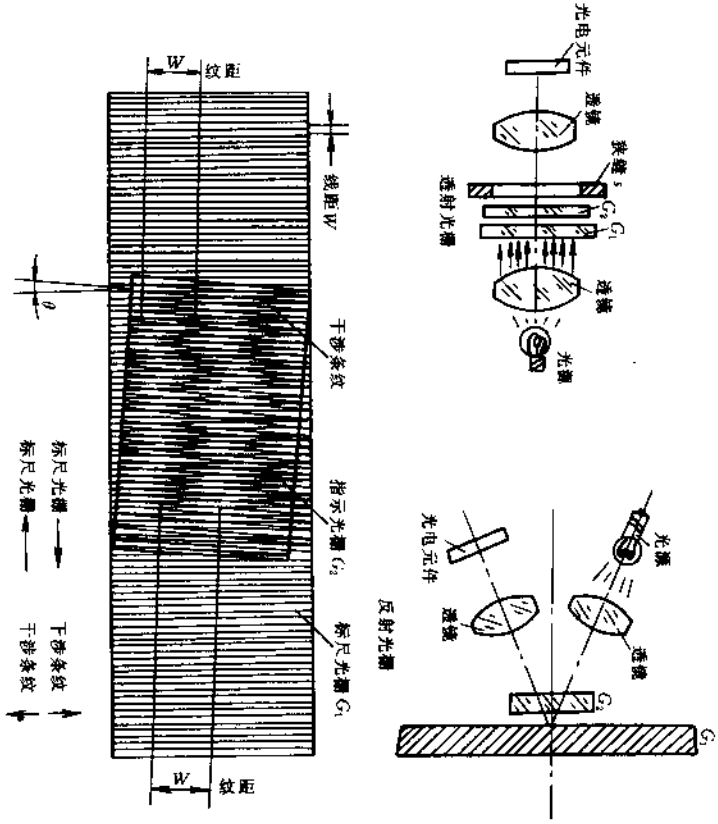


图 8-17 干涉条纹式光栅工作原理

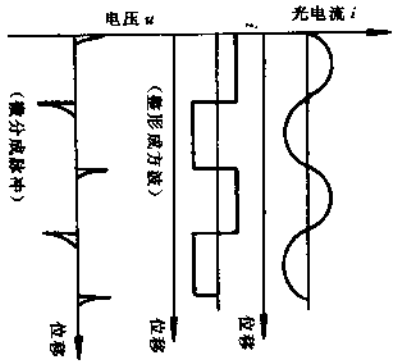


图 8-18 光栅信号的光电转换

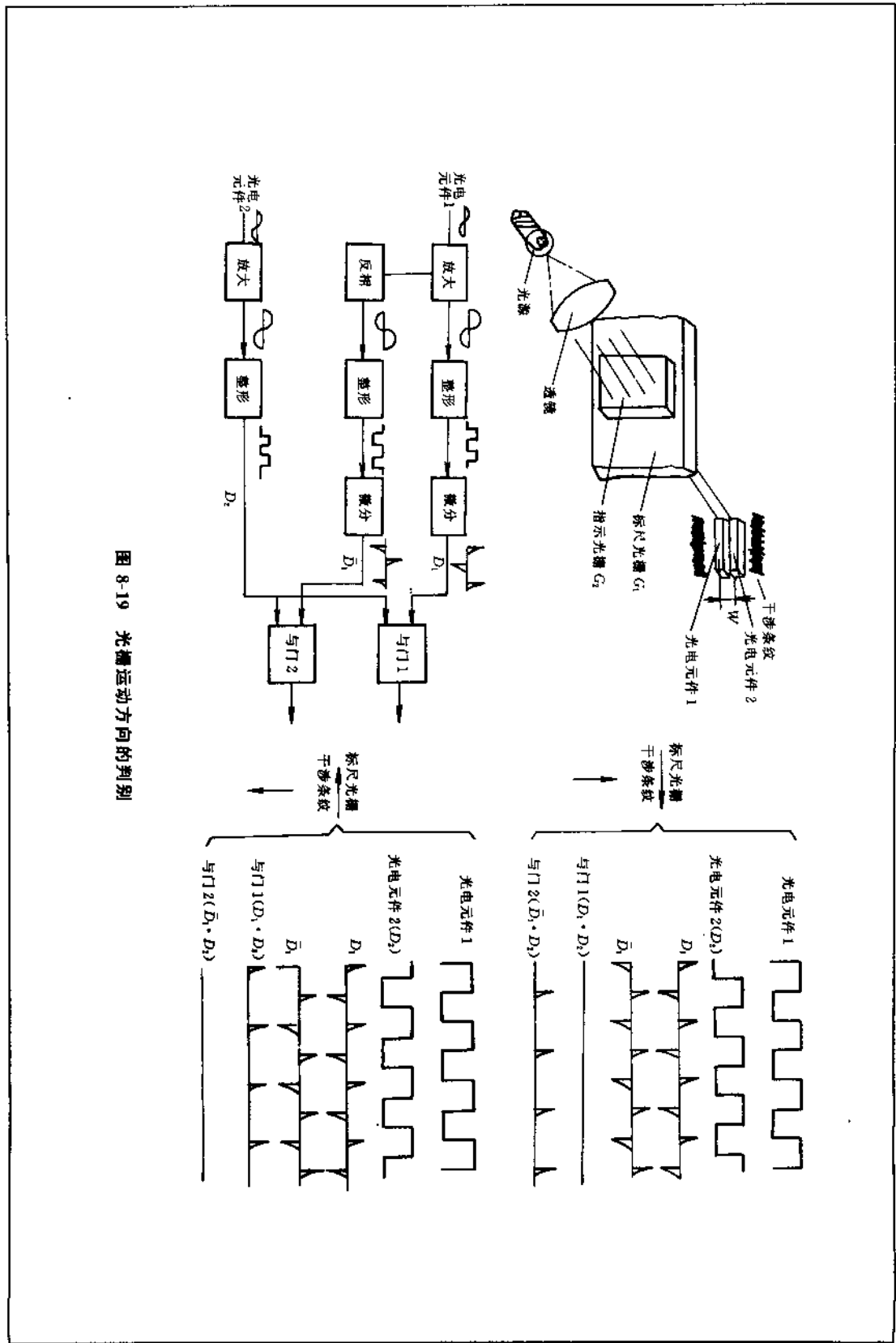


图 8-19 光栅运动方向的判别

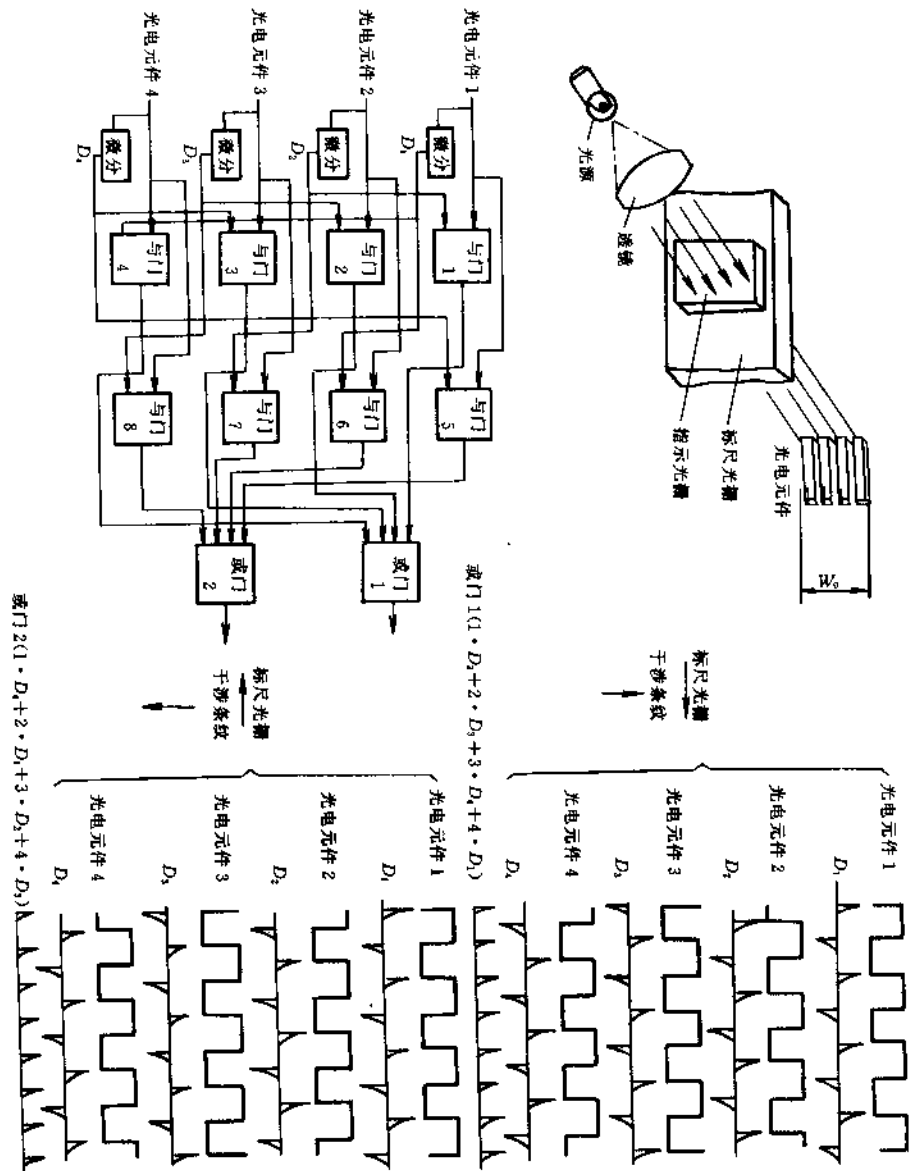
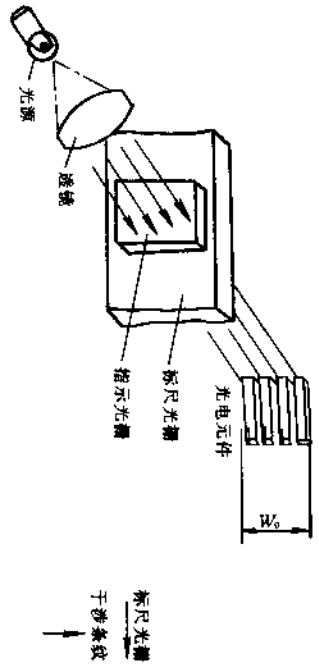


图 8-20 光栅信号的四倍频线路

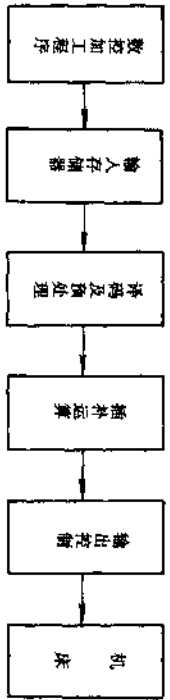


图 8-21 数控系统工作流程图

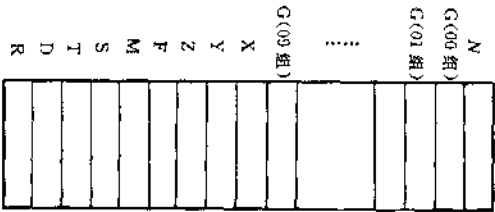


图 8-22 译码缓冲存储区

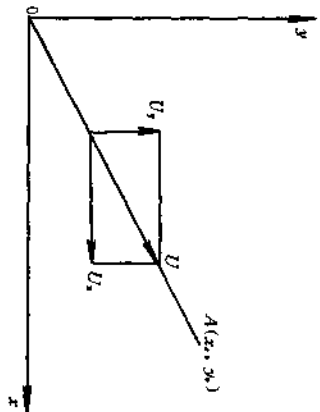


图 8-23 数字积分法直线插补

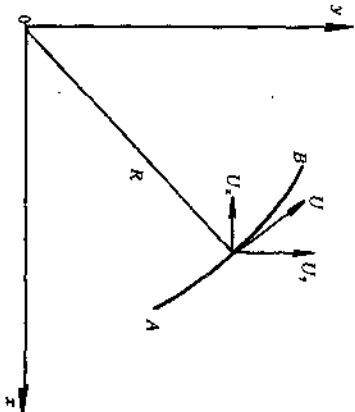


图 8-24 数字积分法圆弧插补

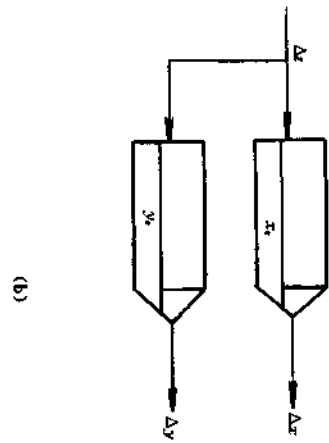
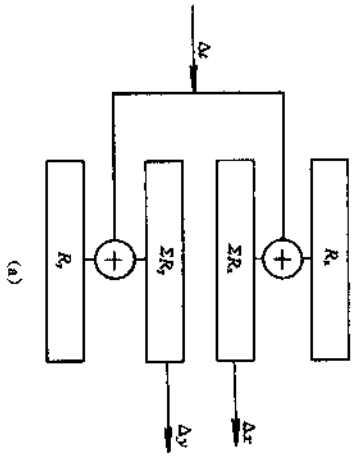


图 8-25 两坐标联动的数字积分插补器

(a) 运算框图；(b) 积分器符号图

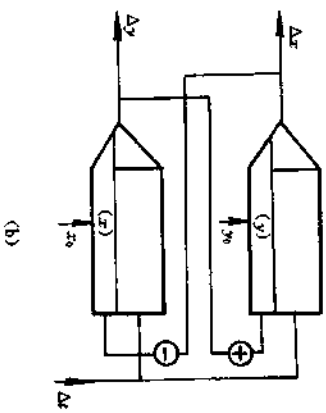
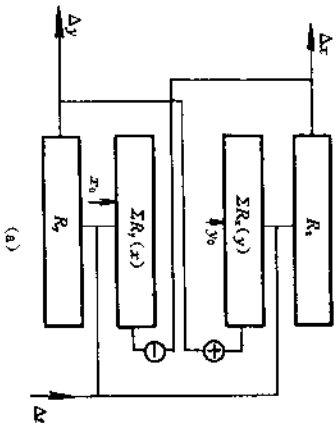


图 8-26 DDA 圆弧插补框图

(a) 运算框图；(b) 积分器符号图

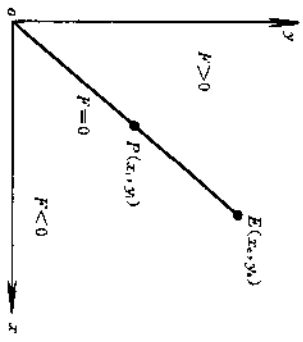


图 8-27 逐点比较法直线插补

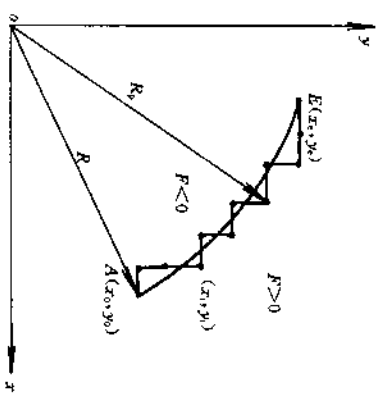


图 8-28 逐点比较法圆弧插补

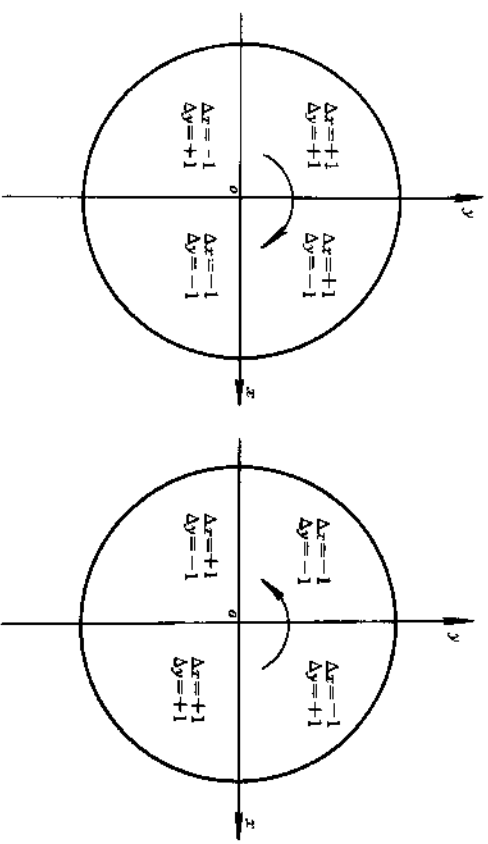


图 8-29 圆弧插补进给方向

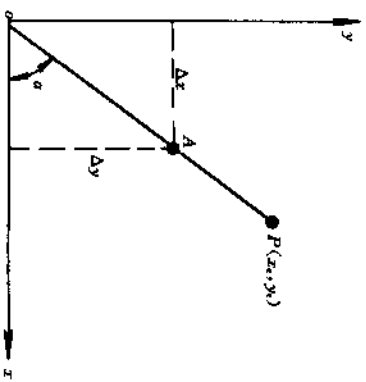


图 8-30 时间分割法直线插补

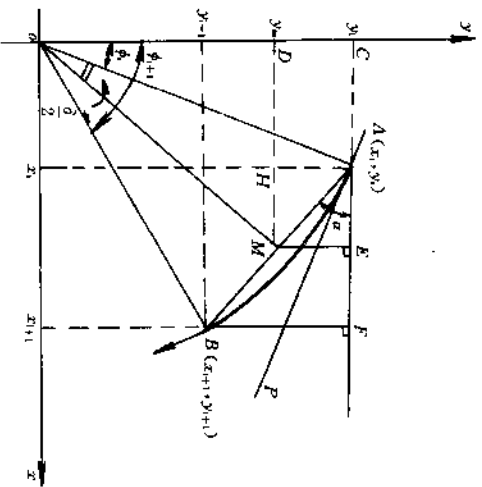


图 8-31 时间分割法圆弧插补

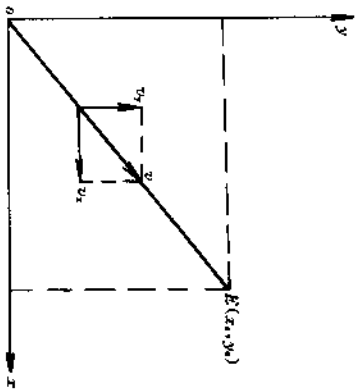


图 8-32 扩展 DDA 直线插补

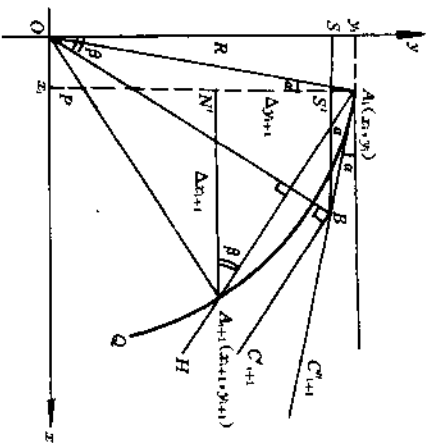


图 8-33 扩展 DDA 圆弧插补

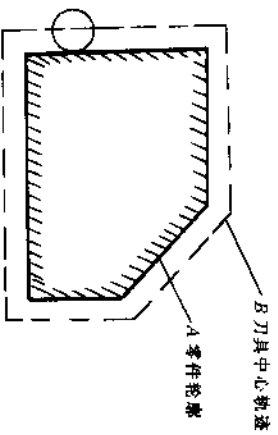


图 8-34 零件轮廓与刀具中心轨迹

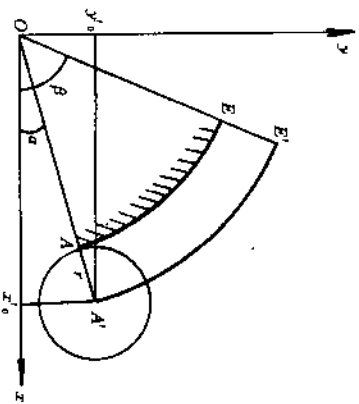


图 8-35 刀具半径偏移计算

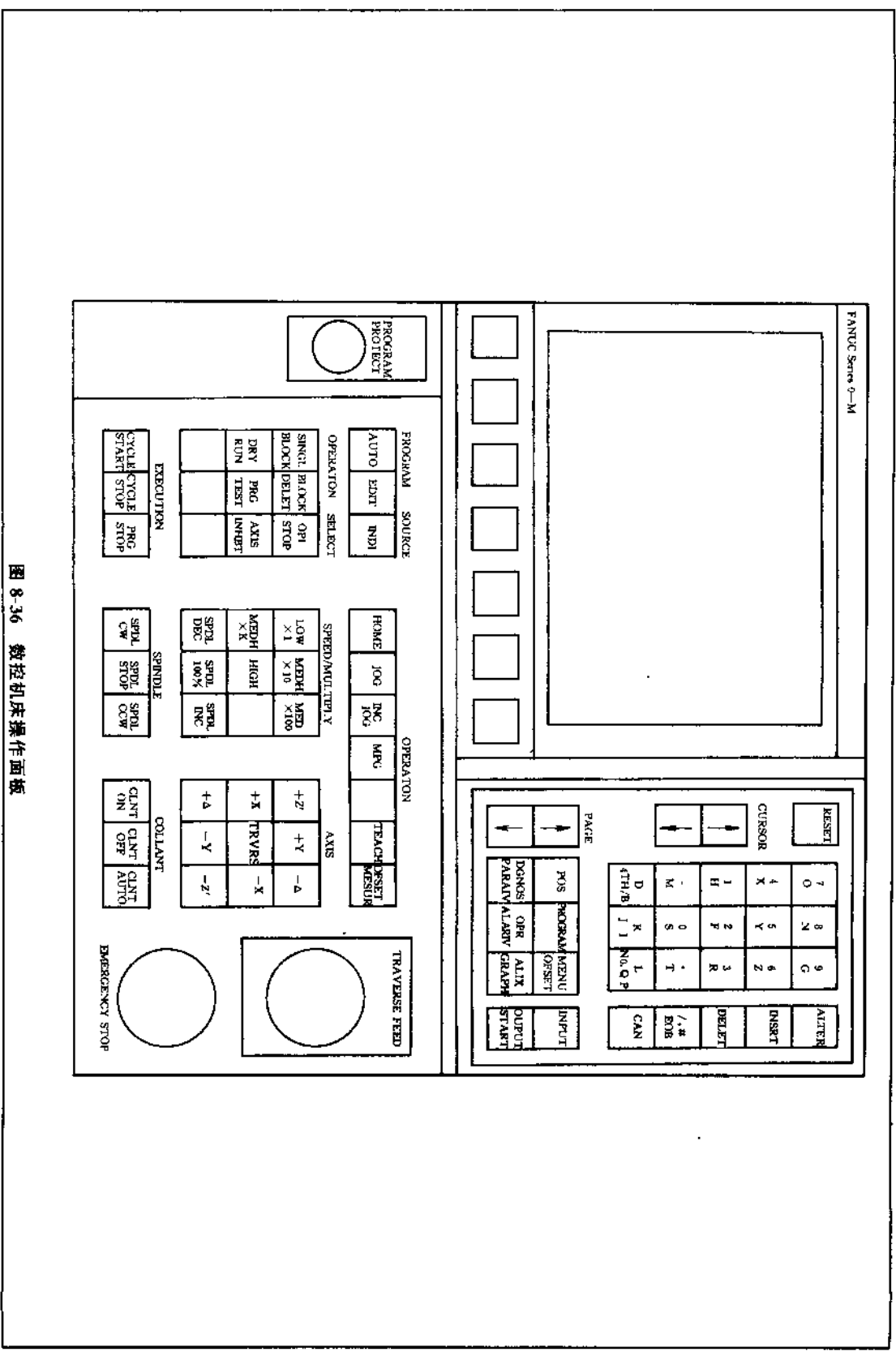


图 8.36 数控机床操作面板

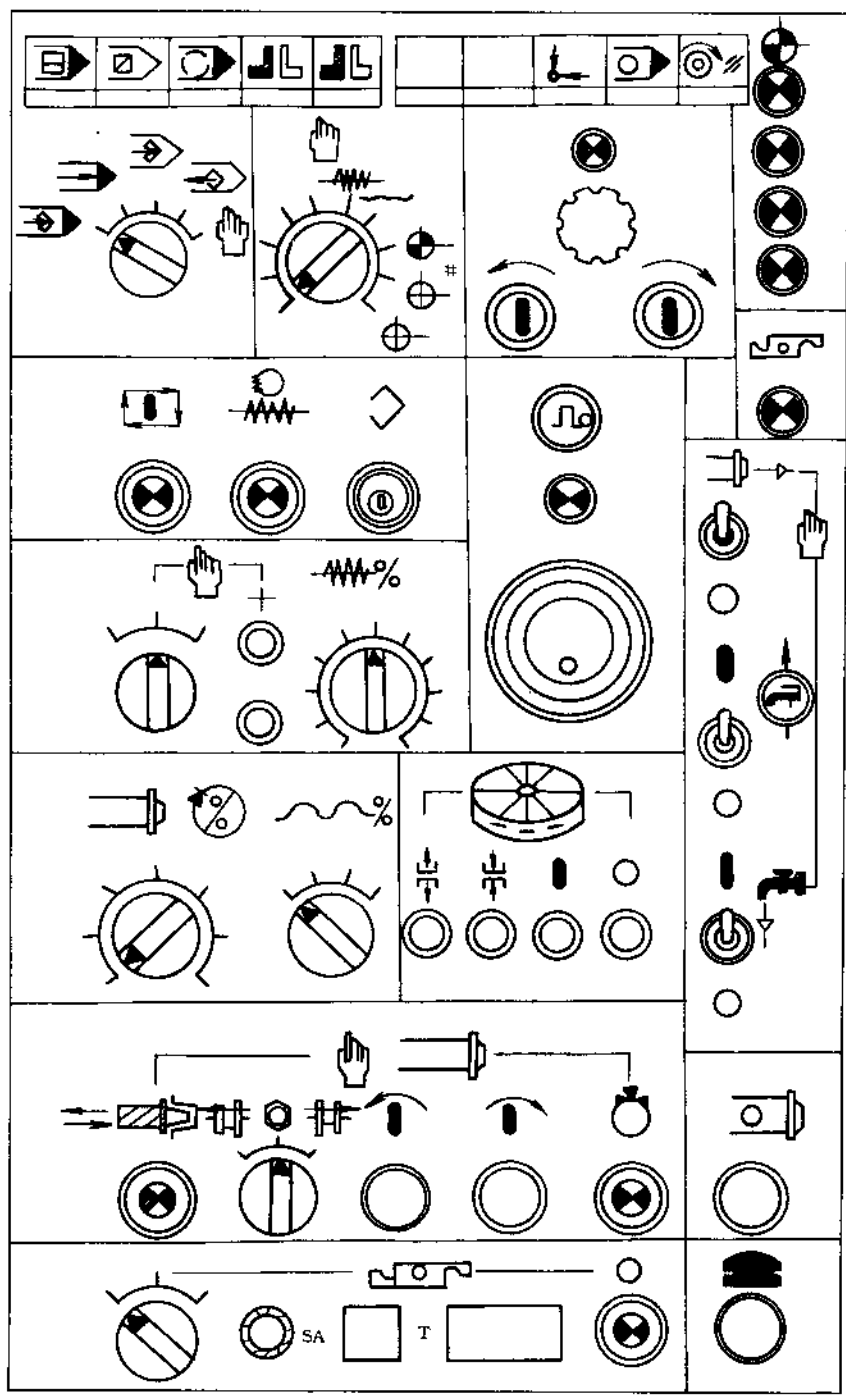


图 8-37 符号组合使用例

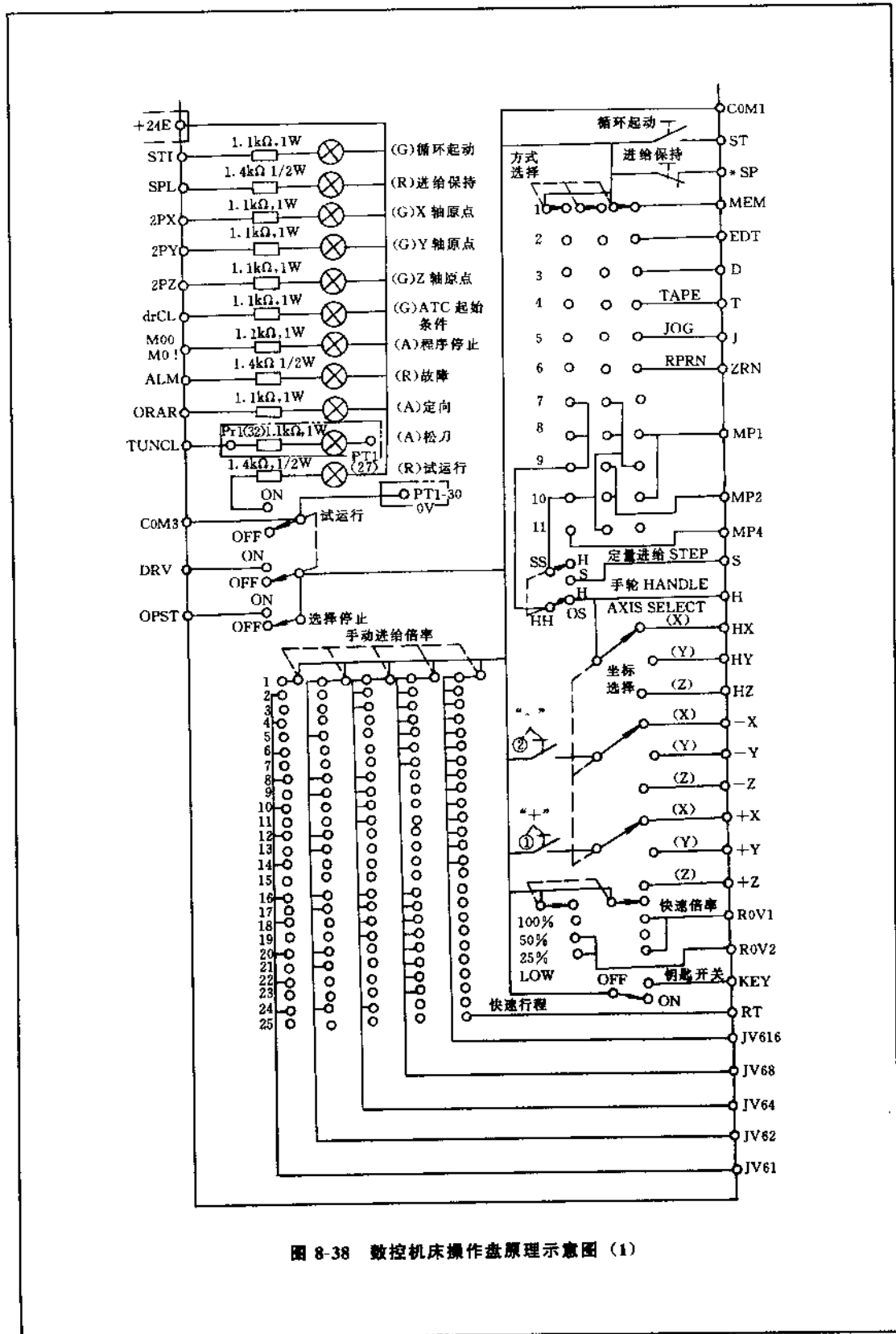


图 8-38 数控机床操作盘原理示意图 (1)

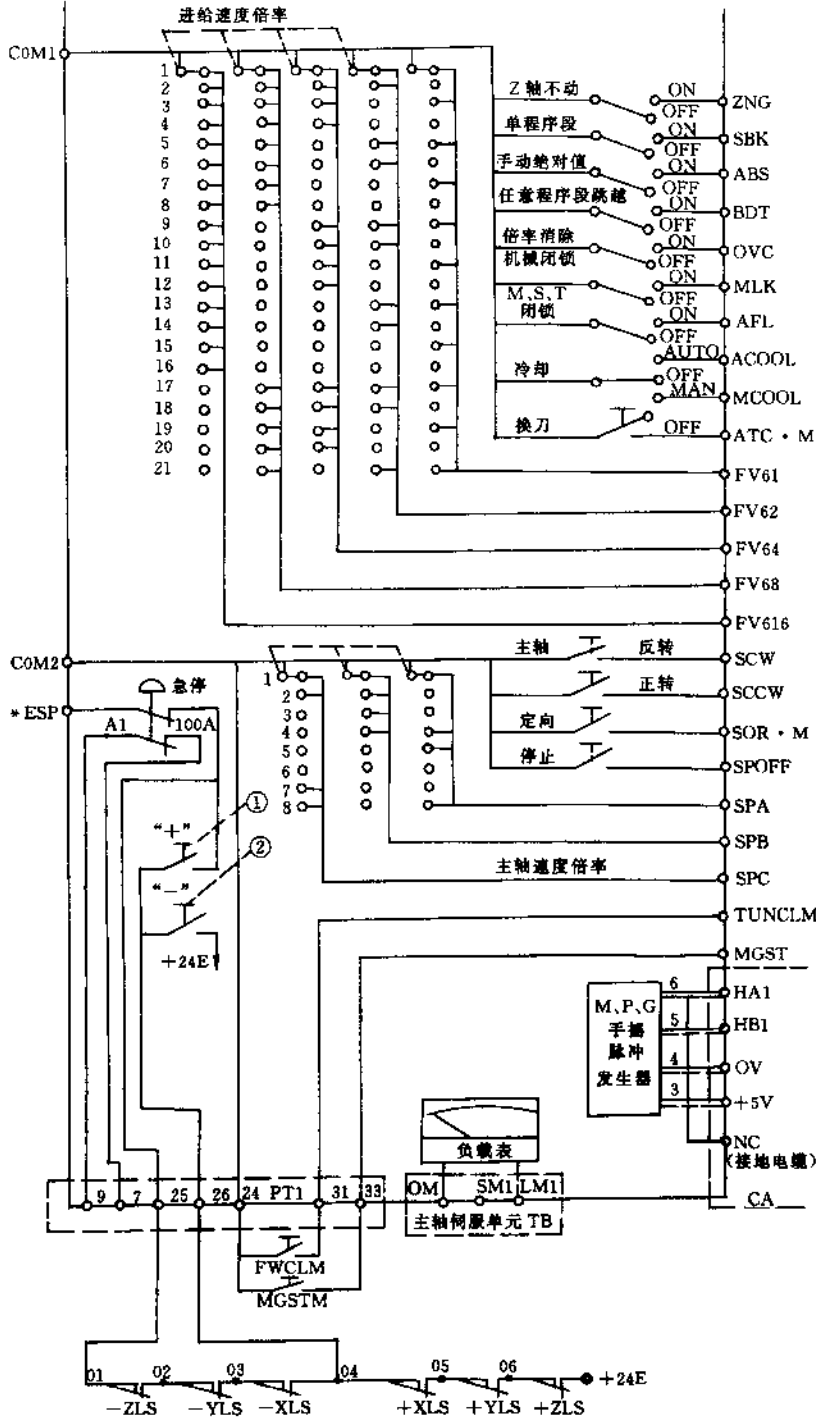


图 8-39 数控机床操作盘原理示意图 (2)

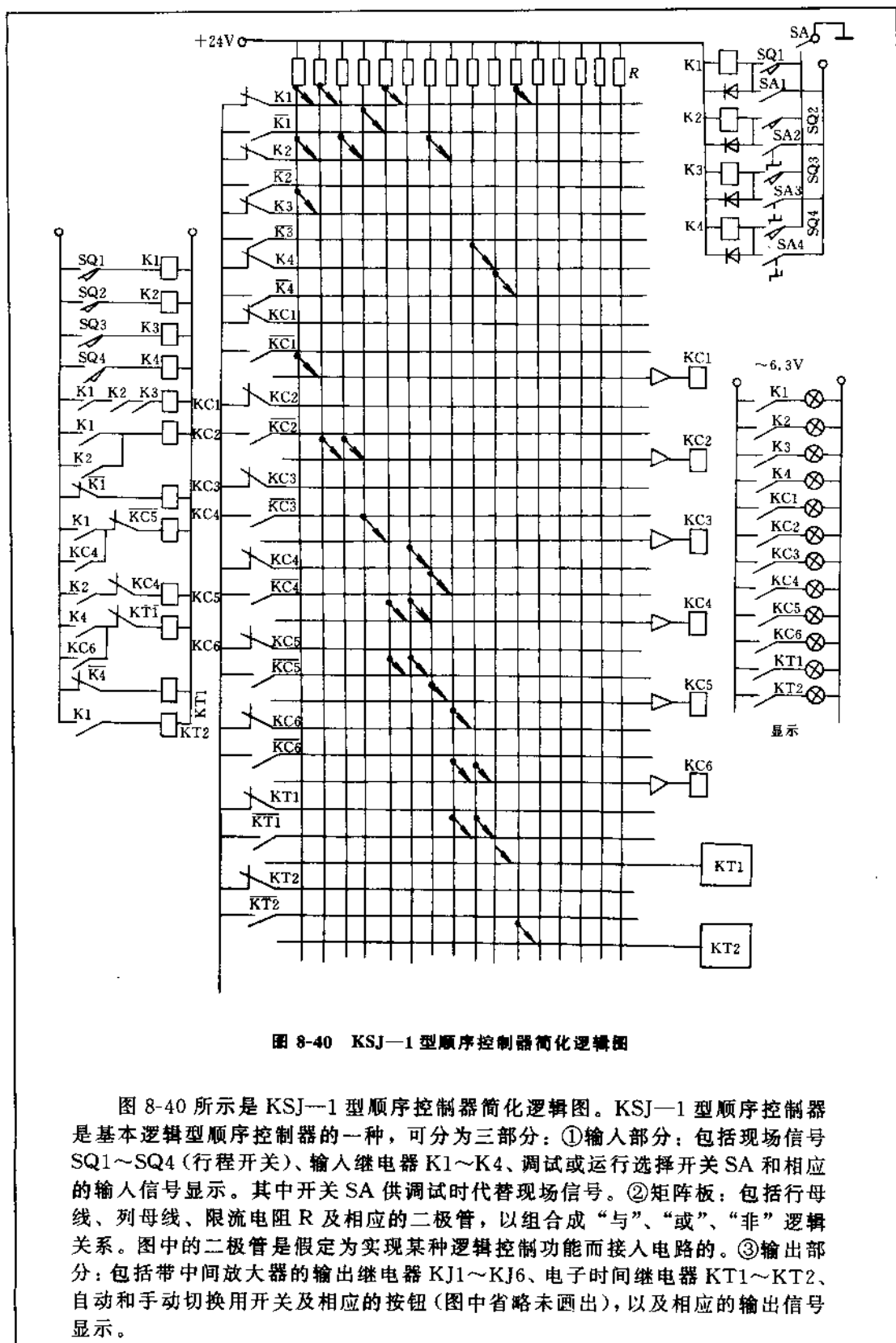


图 8-40 KSJ—1 型顺序控制器简化逻辑图

图 8-40 所示是 KSJ—1 型顺序控制器简化逻辑图。KSJ—1 型顺序控制器是基本逻辑型顺序控制器的一种，可分为三部分：①输入部分：包括现场信号 SQ1~SQ4（行程开关）、输入继电器 K1~K4、调试或运行选择开关 SA 和相应的输入信号显示。其中开关 SA 供调试时代替现场信号。②矩阵板：包括行母线、列母线、限流电阻 R 及相应的二极管，以组合成“与”、“或”、“非”逻辑关系。图中的二极管是假定为实现某种逻辑控制功能而接入电路的。③输出部分：包括带中间放大器的输出继电器 KJ1~KJ6、电子时间继电器 KT1~KT2、自动和手动切换用开关及相应的按钮（图中省略未画出），以及相应的输出信号显示。

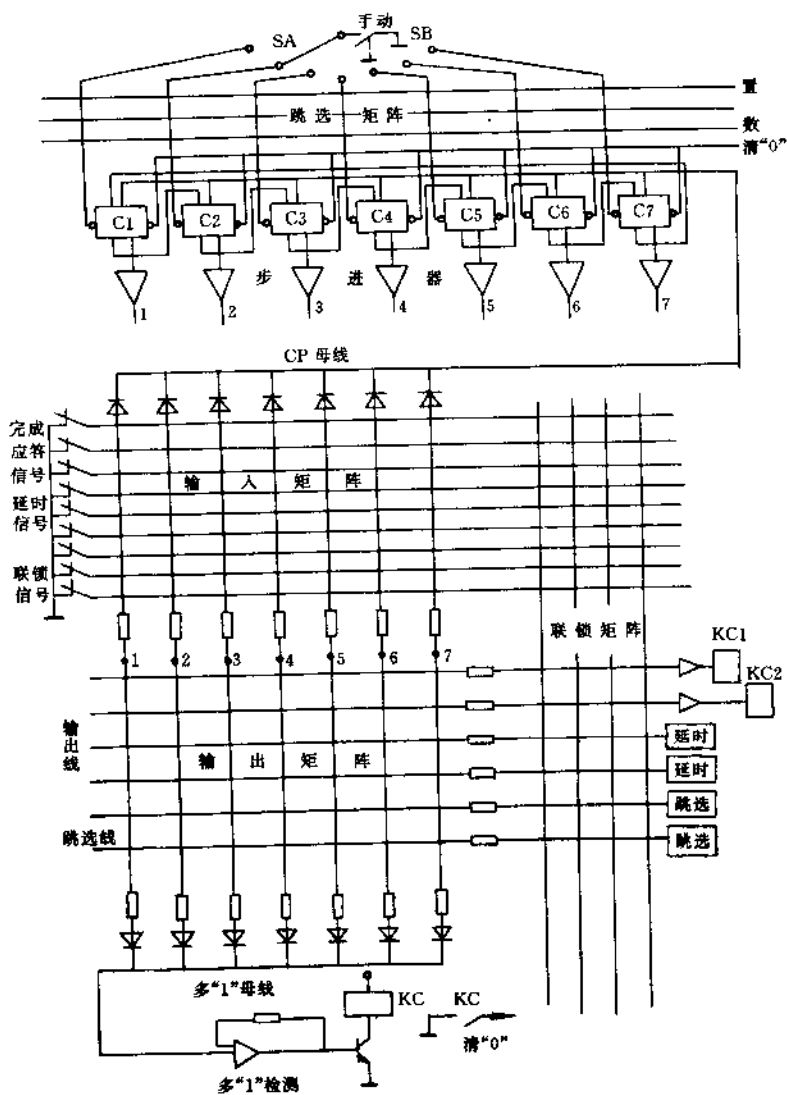


图 8-41 条件步进型顺序控制器简化原理图

图 8-41 所示是条件步进型顺序控制器简化原理图。简化条件步进型顺序控制器逻辑电路包括步进器、多“1”检测电路、跳步电路、输入矩阵、输出矩阵和联锁矩阵、定时单元、显示电路、控制电路。

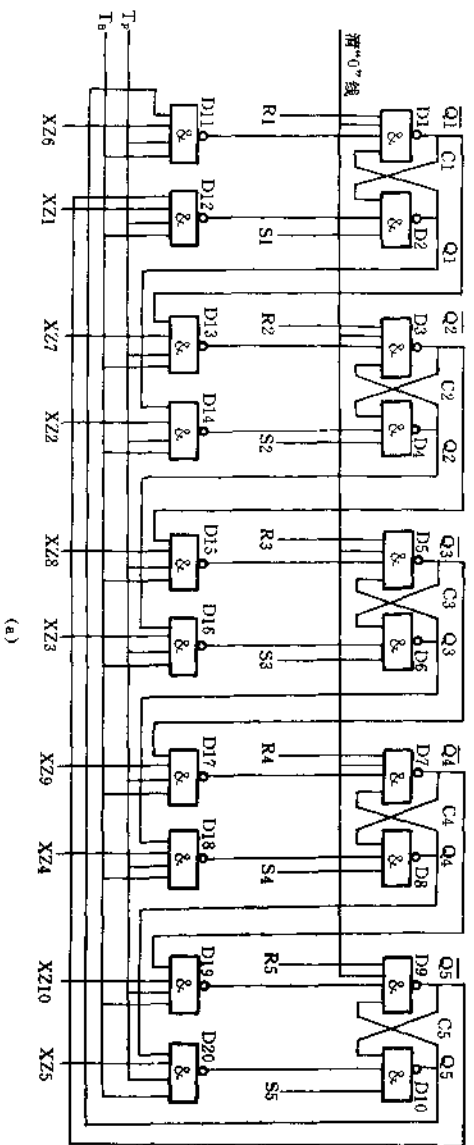


图 8-42 左移码步进器
(a) 触发器; (b) 译码器

图 8-42 所示是左移码步进器。左移码计数器组成的步进器主译码的输出就代表十个程序，从而去控制相应的十个程序的电
 要由 R—S 触发器为核心部件，步进器为左移码步进。五个 R—S 触
 发器状态的变化，受十个与非门组成的导引门控制，使触发器
 组成十个有规律的状态。再将此十个状态用十个与非门译码。

从图中 (a) 可见，与非门 D1~D10 组成五个 R—S 触发器，
 图中 (b) 是步进器的全译码电路，由 D21~D31 十个与非门组成。

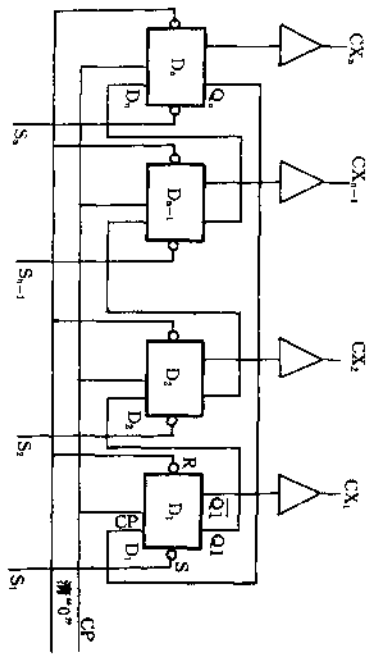


图 8-43 D 触发器组成的步进器

图 8-43 所示为 D 触发器组成的步进器。D 触发器组成的移位寄存器式步进器是由几个 D 触发器把前一位的 Q 端与后一位的 D 端连接而成。这样就构成了环形计数器的形式，并作为步进器使用。其输出由 D 触发器的 Q 端经反相放大器引出。各位触发器的 R 端连接在一起为清“0”线，各位触发器的 S 端则为各自的置“1”线。

图 8-44 所示为 CP 脉冲发生电路。自左向右，即 1~7 为列母线。第一条代表第一程序，其余类推。

图 8-45 所示为步进器单稳电路。步进器单稳电路是生产 CP 脉冲的，其中稳压管 V3 和 R2、C1 组成抗干扰网络，V1 管作电平转换用，与非门 D2、D3 和电阻 R4、电容 C2 组成积分型单稳整形器。V2 管作功率放大，单稳的输入端 m 接 CP 母线，输出端 B 送出移位脉冲 CP 到步进器。

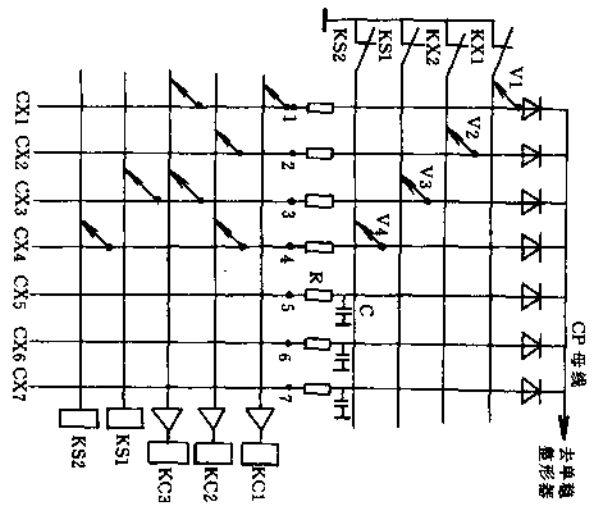


图 8-44 CP 脉冲发生电路

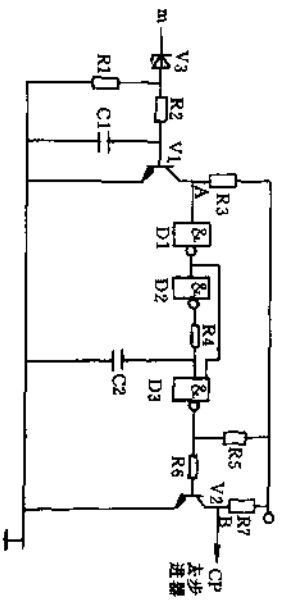


图 8-45 步进器单稳电路

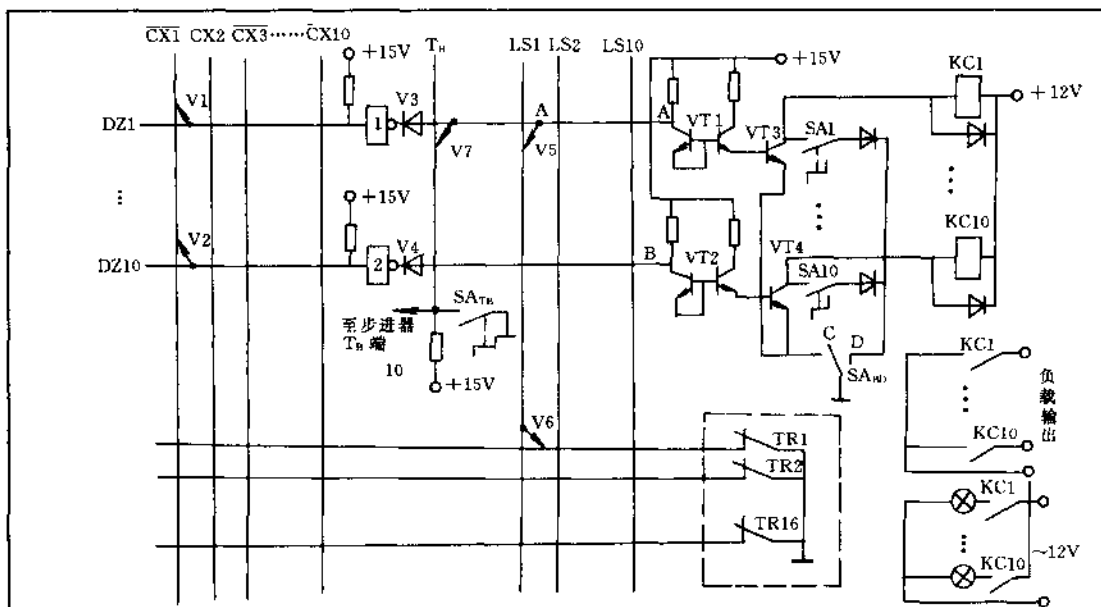


图 8-50 输出矩阵及联锁矩阵原理图

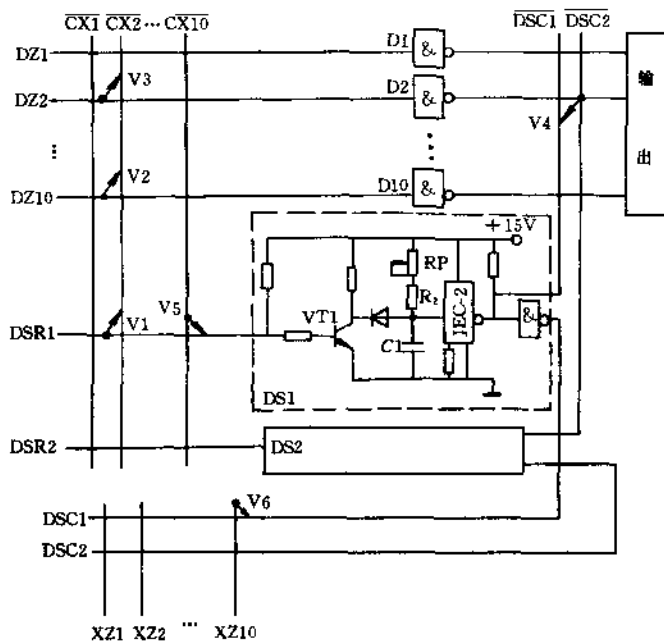


图 8-51 定时电路

$\overline{CX1} \sim \overline{CX10}$ —输出矩阵程序行母线； $DZ1 \sim DZ10$ —输出矩阵列母线； $DSR1$ 、 $DSR2$ —定时输入线； $DSC1$ 、 $DSC2$ —定时输出线； $\overline{DSC1}$ 、 $\overline{DSC2}$ —反相定时输出线； $XZ1 \sim XZ10$ —程序转换信号； $DS1$ 、 $DS2$ —延时单元

图 8-50 所示为输出矩阵及联锁矩阵原理图。输出矩阵是对各输出继电器按预定的安排起分配作用的。配合联锁矩阵还可以达到输入、输出间的联锁作用，起到保护及程序扩展的作用。

图 8-51 所示为定时电路。所谓定时是指由时间来实现开关信号之间的变换和传递。它由晶体管、电阻、电容及驱动整形电路组成的延时电路来实现的，称为定时电路。

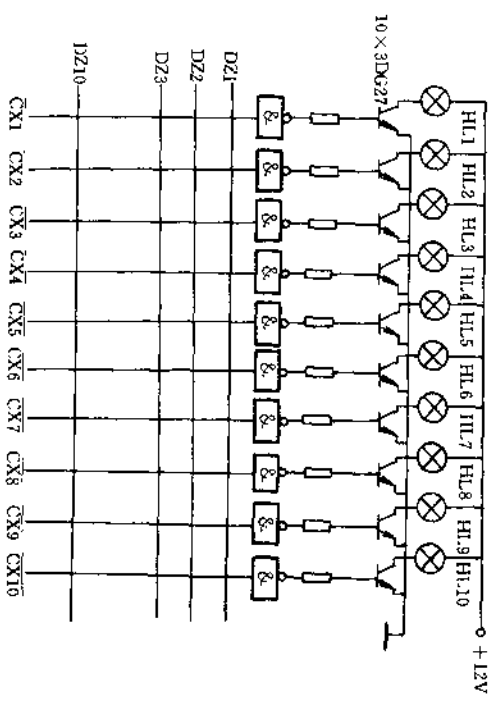


图 8-52 显示电路

图 8-52 所示为显示电路。显示电路取步进器的译码输出 $\overline{CX1} \sim \overline{CX10}$ 作为十个程序显示的输入信号，经过反相器控制相应的十只 30G27 然后驱动显示灯 HL1~HL10，用以指示顺序器工作在那一程序段。

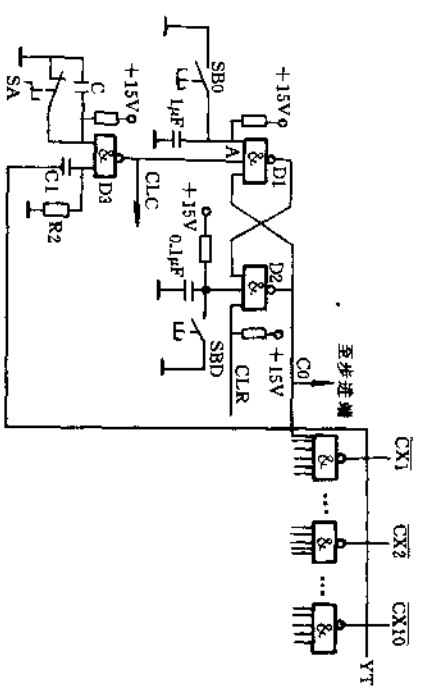


图 8-53 控制电路

图 8-53 所示为控制电路。控制电路的作用是清除“零”、启动、预停以及扩展程序等。控制电路由与非门 D1、D2 组成的 R—S 触发器及控制门 D3 所组成。

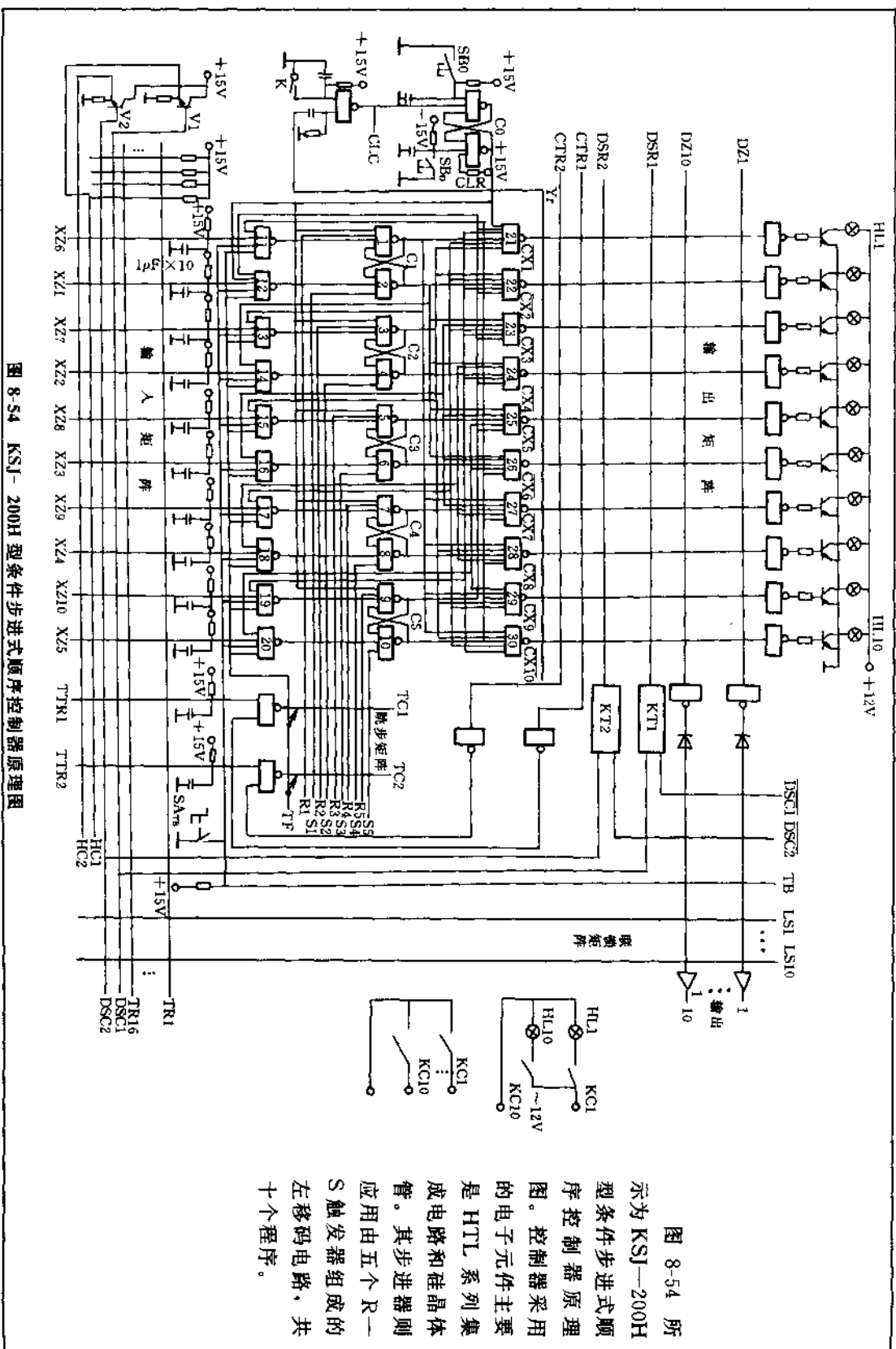


图 8-54 KSI-2001H 型条件步进式顺序控制器原理图

图 8-54 所示为 KSI-2001H 型条件步进式顺序控制器原理图。控制器采用的电子元件主要是 HTL 系列集成电路和硅晶体管。其步进器则应用由五个 R-S 触发器组成的左移码电路，共十个程序。

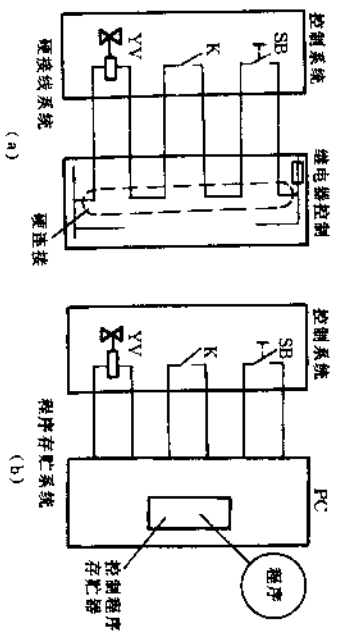


图 8-55 继电器与 PC 控制系统的比较
(a) 继电器控制系统; (b) PC 控制系统

图 8-55 所示为继电器与 PC 控制系统的比较。继电器从“与”控制变为“或”控制，则需改变接线，将串联改成并联。而 PC 机无需改动接线，只要用编程器将“与”运算改成“或”运算写入到 PC 机中就行了。

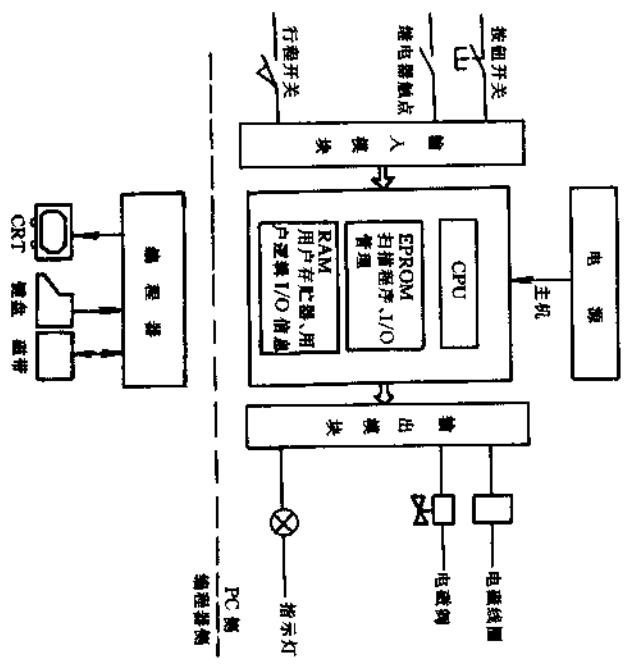


图 8-56 PC 的构成框图

图 8-56 所示为 PC 的构成框图。PC 机由三部分组成：①连接现场信号的输入部件；②驱动执行元件的输出部件；③主机及电源。

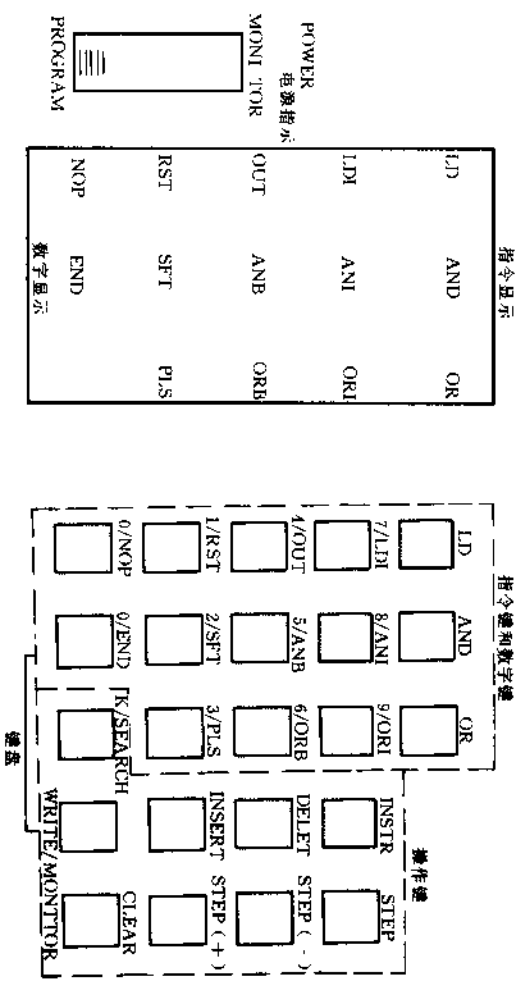


图 8-57 编程板

图 8-57 所示为编程板。编程板键盘上的按键分为三部分：操作键、指令键、数字键。

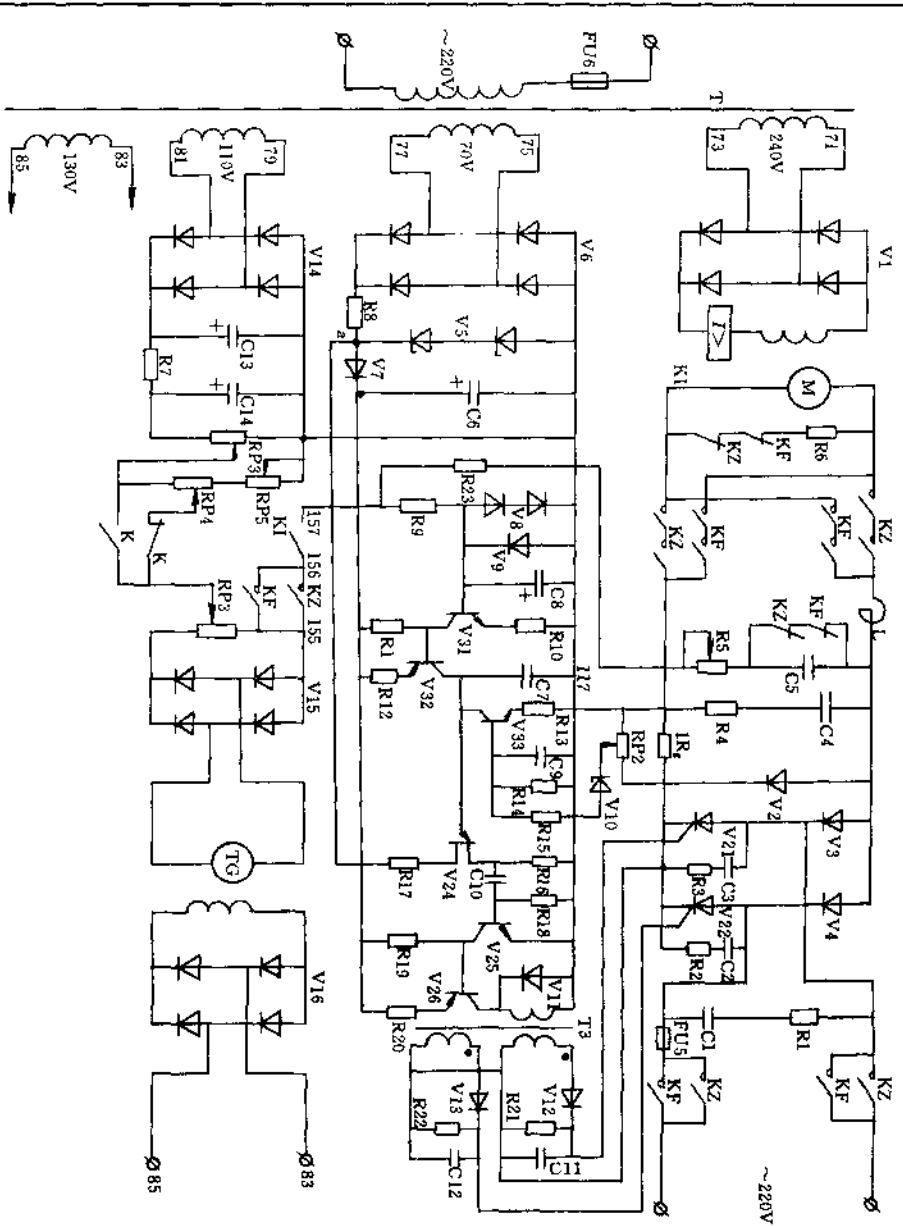


图 8-58 小功率晶闸管—电动机单闭环调速系统原理图

图 8-58 所示为小功率晶闸管—电动机单闭环调速系统原理图。利用直流发电电动机—电动机组成的龙门刨床工作台传动电路是一种闭环调速系统。它的放大器是交磁电机放大器，在交磁电机放大器控制绕组中综合了给定电压与电压负反馈、电流正反馈、电流截止负反馈及稳定环节等各类信号。在晶闸管组成的调速系统中，放大器是用晶体管或集成运算放大器元件组成。运算放大器本质上也是晶体管放大器。当各种信号电压都集中在一级放大器的输入端进行综合时，为单闭环调速系统。图中主回路采用单相半桥或全波整流电路。

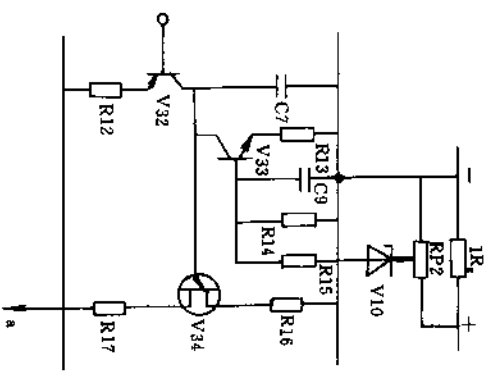


图 8-61 电流截止环节

图 8-61 所示为电流截止环节。电流截止环节可以防止电动机在高速启动、正反转换等情况下电流过大。

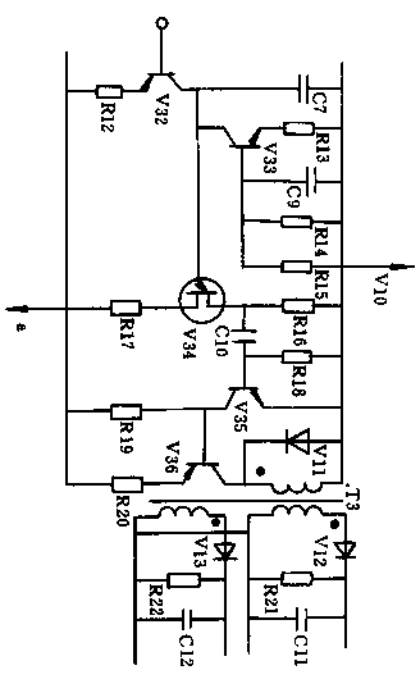


图 8-62 触发脉冲电路

图 8-62 所示为触发脉冲电路。触发脉冲电路由同步信号、移相环节和脉冲形成三部分组成。脉冲形成部分可以根据电路工作的需要而在脉冲形成之后加上放大和整形以及输出装置。

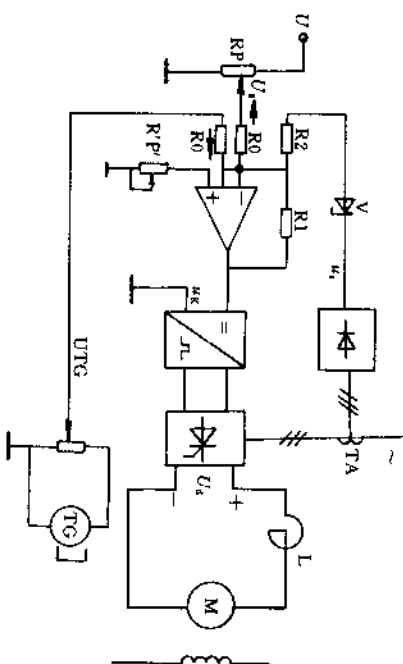


图 8-63 采用运算放大器的调速系统框图

图 8-63 所示为采用运算放大器的调速系统框图。在调速系统中，为了提高调速的精度和动态性能，必须在系统中采用放大器，常采用线性集成电路的运算放大器，它是一种放大倍数很高的直流放大器，接负反馈，用来实现信号的综合和运算。

图 8-64 所示为运放应用电路。运放应用电路是带反馈限幅的集成电路比例放大器的线路。

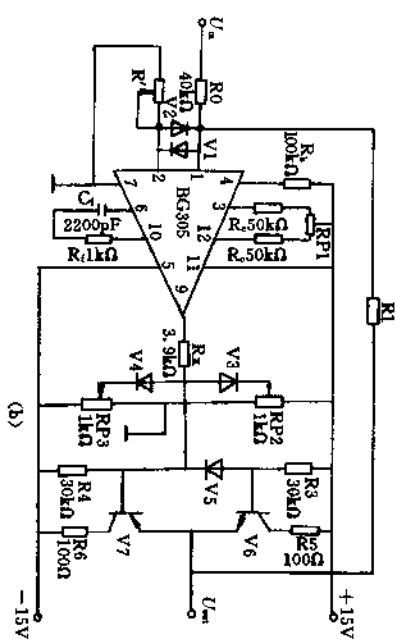
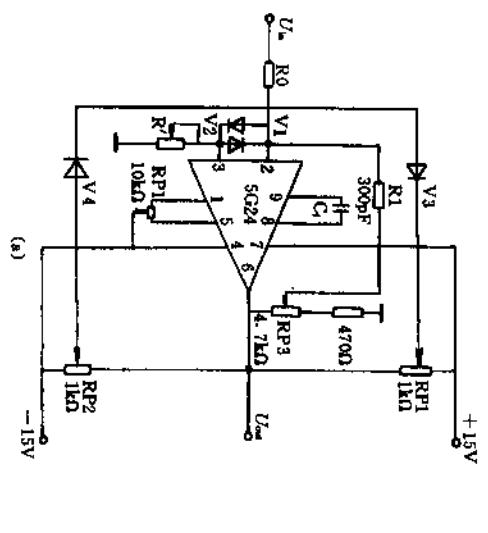


图 8-64 运放应用电路
(a) 典型接法；(b) 增加功率的接法

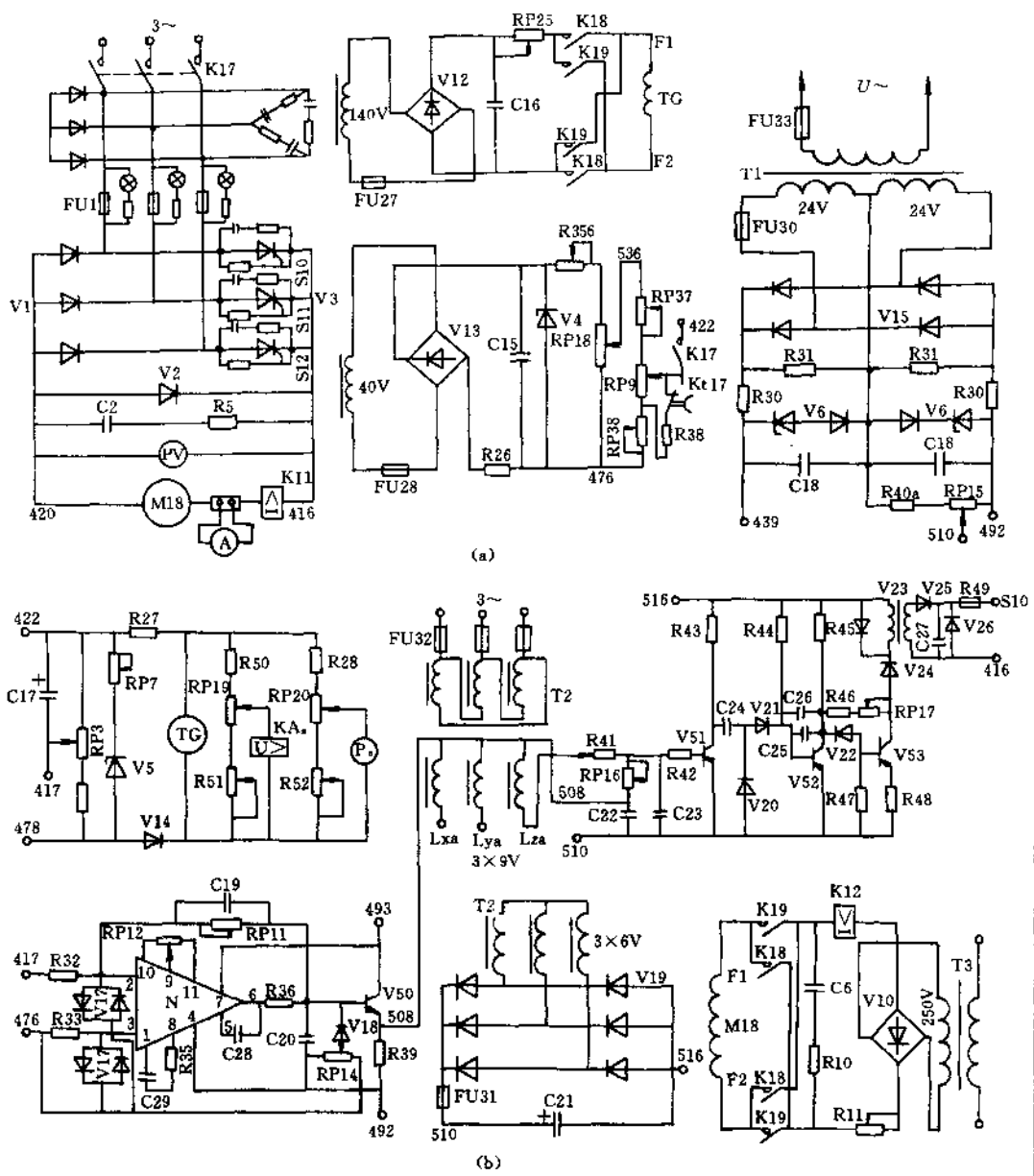


图 8-65 线性集成电路在调速系统中的应用

图 8-65 所示为 MM52125A 型导轨磨床万能磨头的调速电路，是一个有差的单闭环调速系统，用线性集成电路组成调节器的调速系统。

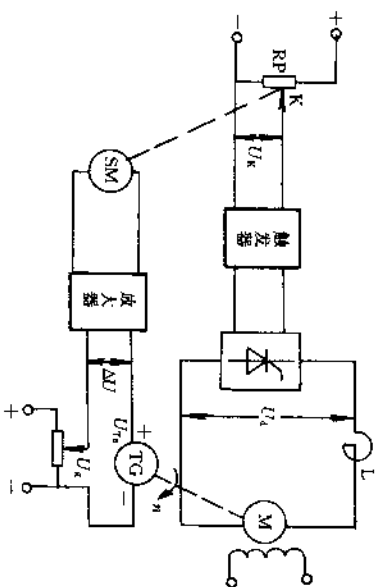


图 8-66 无静差调速系统原理框图

图 8-66 所示为无静差调速系统原理框图。无静差调速系统和有静差调速系统的差别在于能保持输出量，即电动机的转速恒定不变，和负载大小无关，机械特性是一条水平直线。在理论上说能完全消除偏差，也就是说，在调节过程结束时，系统的反馈量总和给定量相等，偏差等于零。

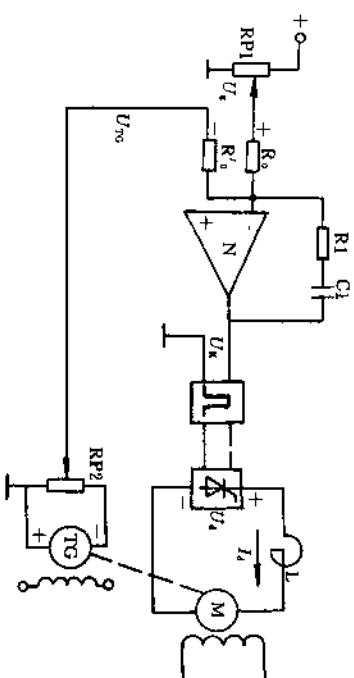


图 8-67 比例积分调节器组成的无静差调速系统

图 8-67 所示为比例积分调节器组成的无静差调速系统。电动机转速动态时，形成的偏差电压经调节器作用，使转速稳定，放大器有负反馈，是开环性质，放大倍数高，调速精度高，组成无静差调速系统。

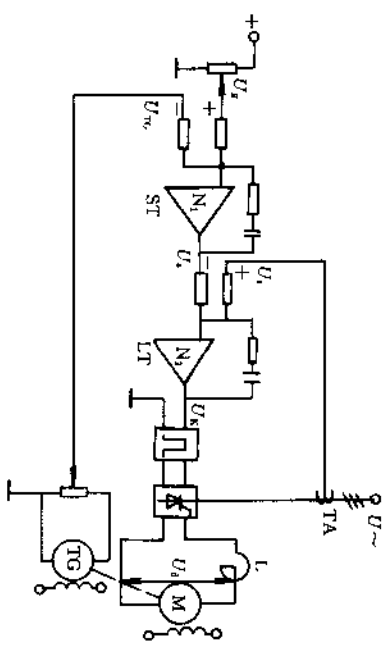


图 8-68 速度与电流双闭环调速系统框图

图 8-68 所示为速度与电流双闭环调速系统框图。单闭环调速系统快速性不好，在速度反馈调节器后，再加入电流反馈调节器，分别调节转速和电流，而将转速调节器的输出和电流反馈信号综合后作为电流调节器的输入，再用电流调节器的输出作为晶体管触发装置的控制电压，这样就形成了双闭环调速系统。

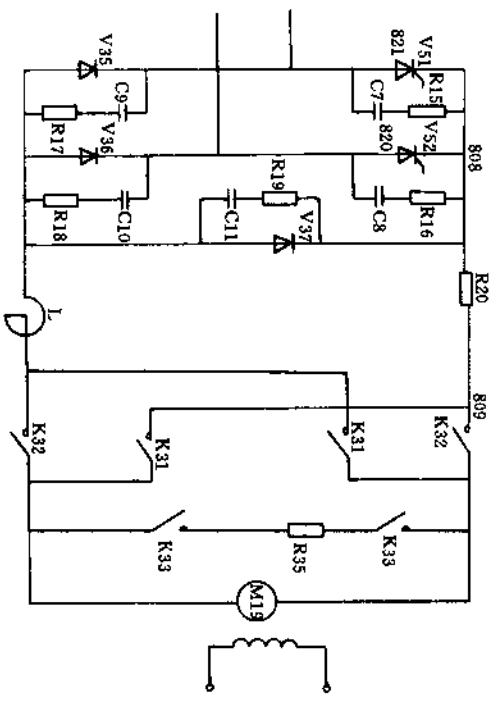


图 8-69 双闭环调速系统
(单相桥式整流电路)

图 8-69 所示为晶闸管单相桥式半控整流主电路。从图中可以看出，V 51 和 V 52 为晶闸管，V 35 和 V 36 为二极管，构成单相桥式半控整流电路，采用调压调速，控制电动机，K 31 和 K 32 可以改变电压的正负极，从而改变电机的旋转方向。

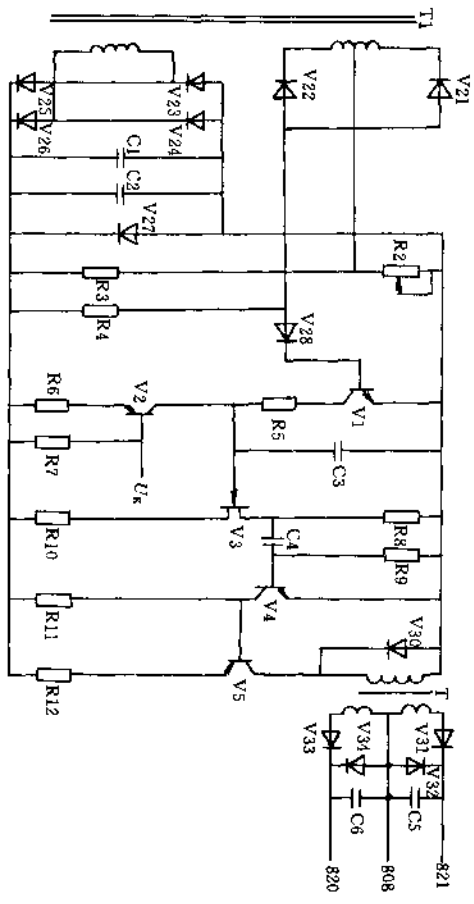


图 8-70 双闭环调速系统
(晶闸管触发电路)

图 8-70 所示为双闭环调速系统(晶闸管触发电路)。T1 和 V1 组成同步电路, 单结晶体管 V3 形成脉冲, V4、V5 为脉冲整形及脉冲功率放大, 再由脉冲变压器 T 输出到晶闸管。

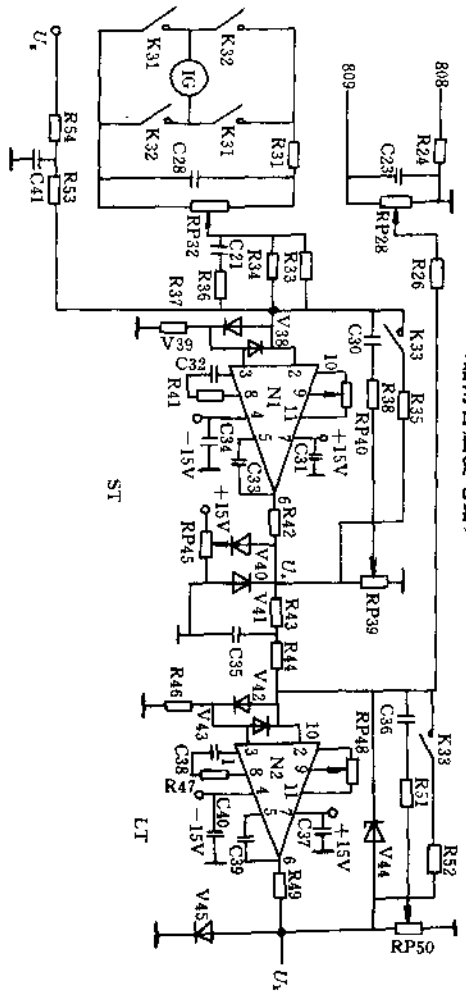


图 8-71 双闭环调速系统
(速度调节和电流调节电路)

图 8-71 所示为速度调节器 ST 和电流调节器 LT 的电路, 速度及电流放大器采用线性集成电路 FC3, 是中增益运算放大器, 接成比例积分调节器的工作方式。这样就组成无静差双闭环调速系统。

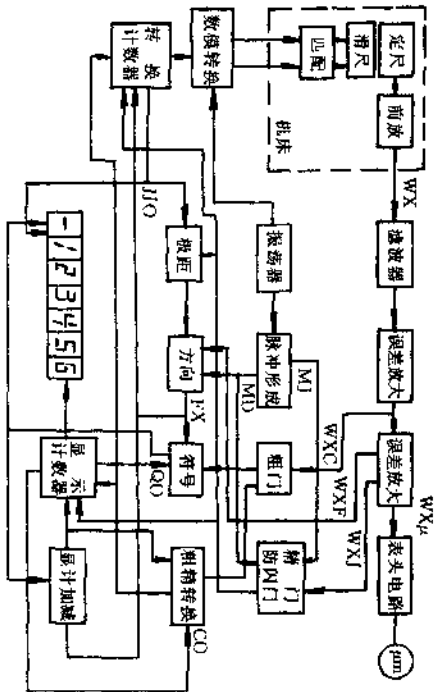


图 8-72 SF13 型数显原理方框图

图 8-72 所示为 SF13 型数显原理方框图。机械位移量在定尺的感应电势中表现出来，所以只要检测定尺的感应电压，就可显示出位移的数字值，采用感应同步器和函数变压器为基础。

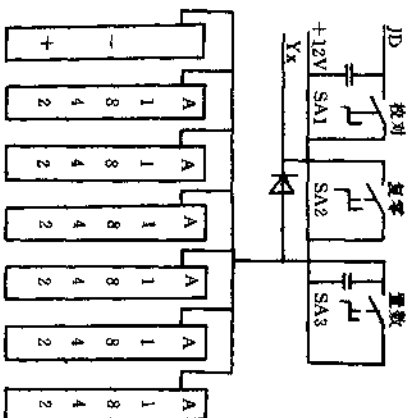


图 8-73 SF13 型数显电路图
(预置工作方式)

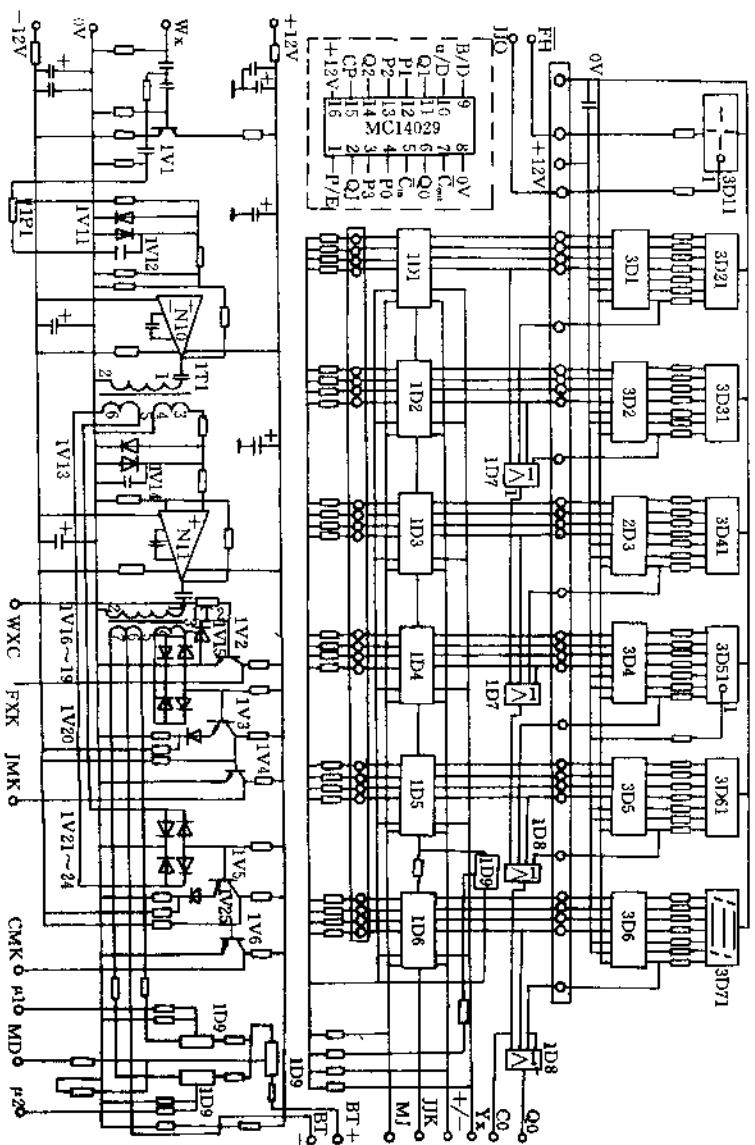


图 8-74 SF13 型数字显示电路图
(稳幅电路及显示计数器)

图 8-74 所示为 SF13 型数字显示电路图 (稳幅电路及显示计数器和计数脉冲门、函数变压器 (完成数模转换一)、转换计数器及电子开关 (数模转换二)、周期划分电路、符号显示和加减判别电路、粗精转换电路、表头逻辑一微米级数值指示电路、预整定和校对前置放大器、高通滤波器、主放大器组成)、门控电路、防闪门电路)。

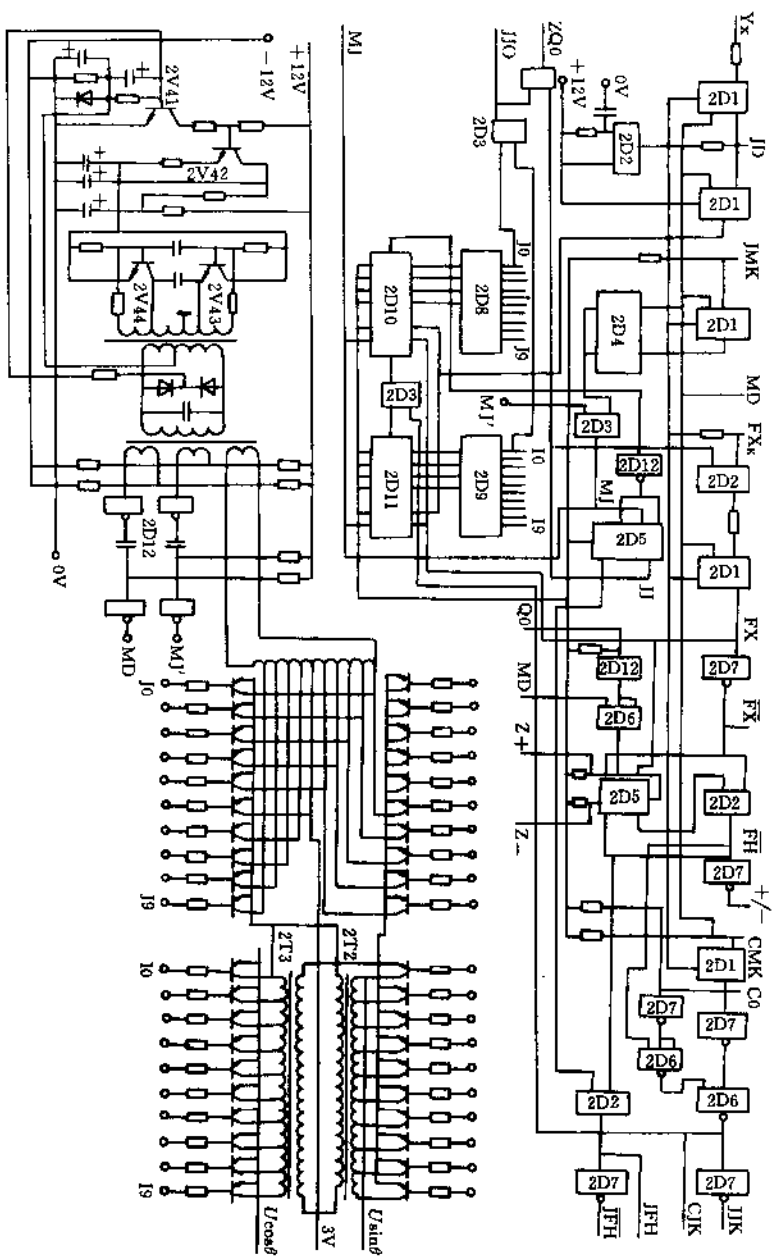


图 8-75 SF13 型数显电路图
(振荡器及脉冲形成)

图 8-75 所示为 SF13 型数显电路图，图中所示为振荡器及脉冲形成部分。以振荡器和德幅电路组成的正弦波振荡器以及脉冲形成部分。形成电路是数显电路的重要组成部分。

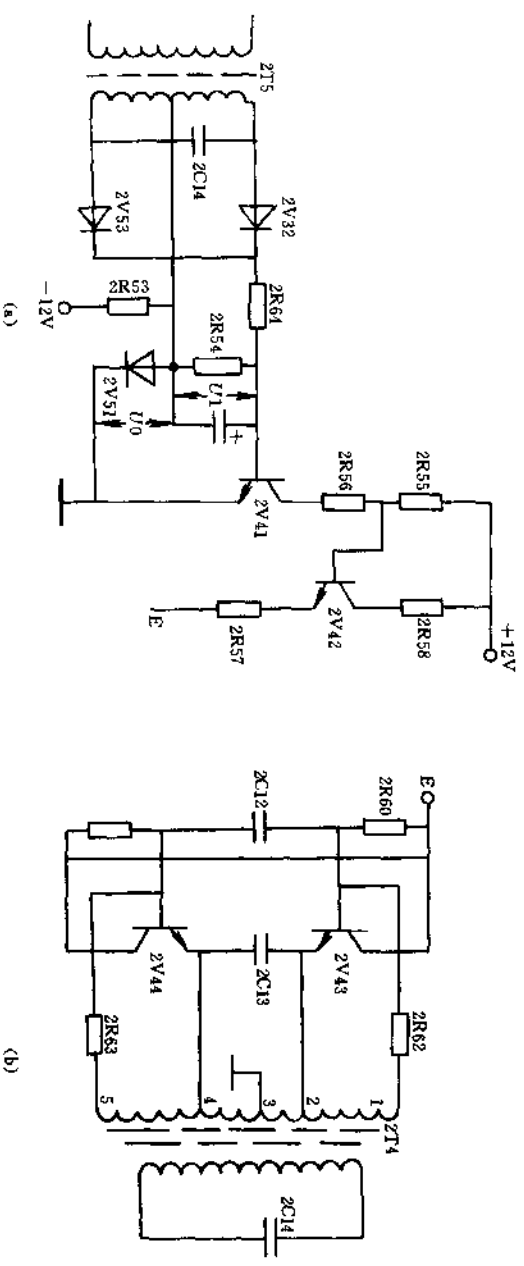
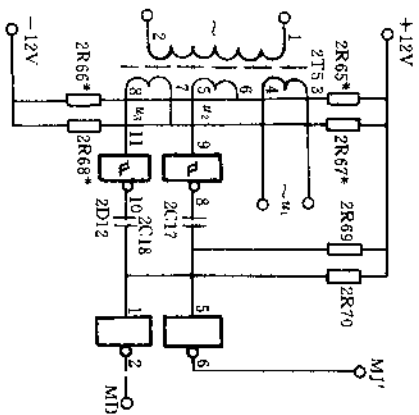


图 8-76 振荡电路
(a) 稳幅电路; (b) 振荡器

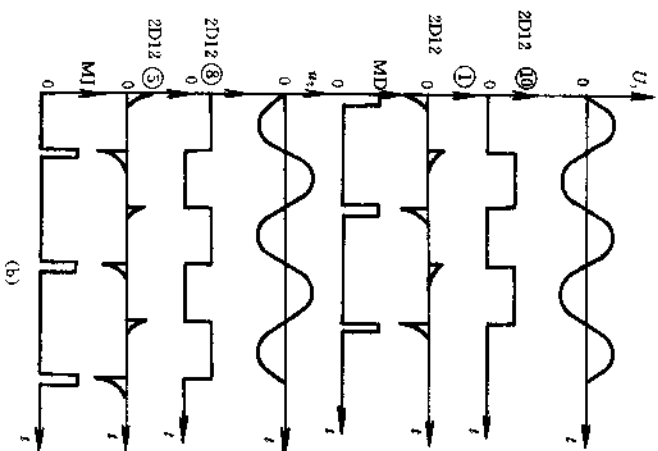
图 8-76 所示为振荡电路。振荡器有两个用途，既作滑尺的励磁电源，又是脉冲电路的脉冲源。为了增加输出功率和改善输出波形，振荡器采用推挽振荡电路。为了减少励磁电源不稳定带来

的误差，必须对交流电压采取稳幅措施，通过自动稳定推挽振荡管的供电电压来实现。



(a)

图 8-77 脉冲形成电路及其波形
(a) 脉冲形成电路；(b) 脉冲波形



(b)

图 8-77 所示为脉冲形成电路及其波形。数显电路中的脉冲有两种功用，一是作计数脉冲，另一是作为定时脉冲，即管理脉冲，

以协调整个电路的正常工作秩序。

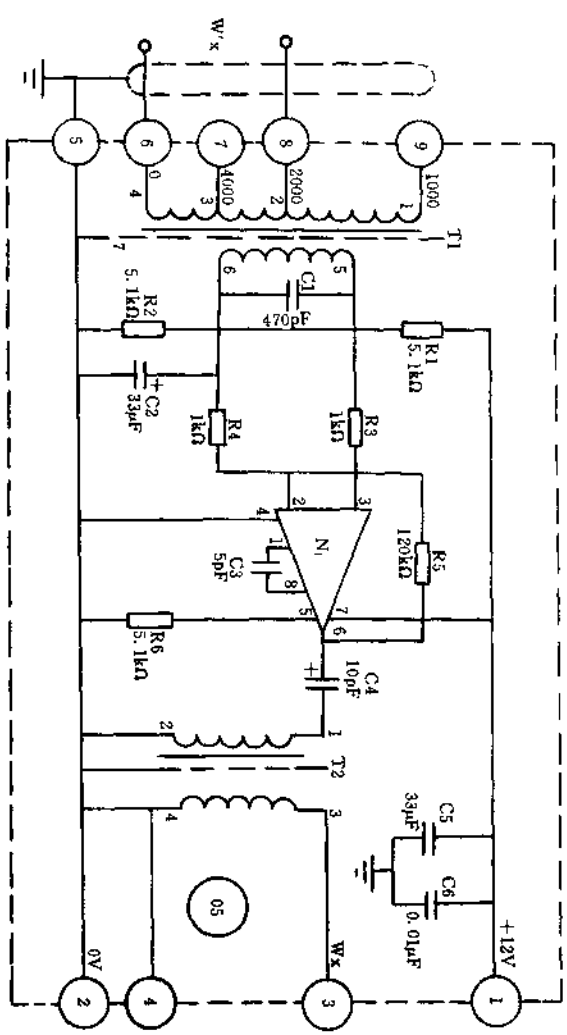


图 8-78 前置放大器

图 8-78 所示为前置放大器。定尺输出的电压幅值太小，为了提高信噪比，于是在定尺的输出处先经前置放大，然后将信号送往主放大器。前置放大器由线性集成电路和输入、输出变压器组

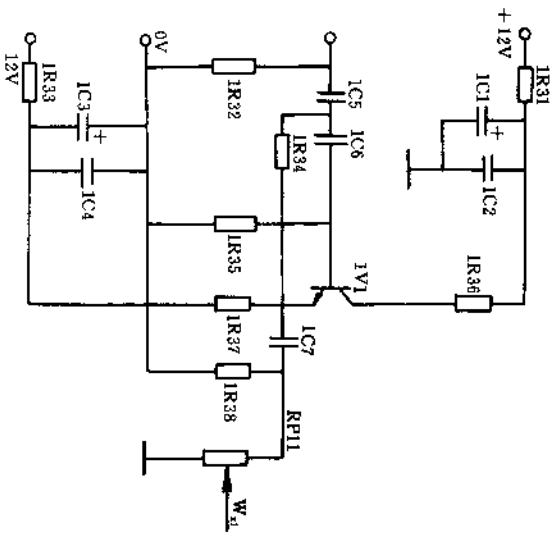


图 8-79 高通滤波器

图 8-79 所示为高通滤波器。经前置放大器放大后的信号 Wx，经 1V1、IC5、IC6 组成的高通滤波器，只让 6kHz 以上的信号通过，其输出经“增益”电位器 RP1 送往主放大器。

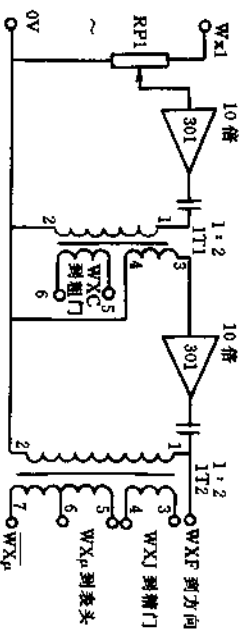


图 8-80 主放大器

图 8-80 所示为主放大器。主放大器由两级 LM301 组成同相比例放大器。由高通滤波器来的信号电压，经增益电位器 RP1 输入到第一级放大器。

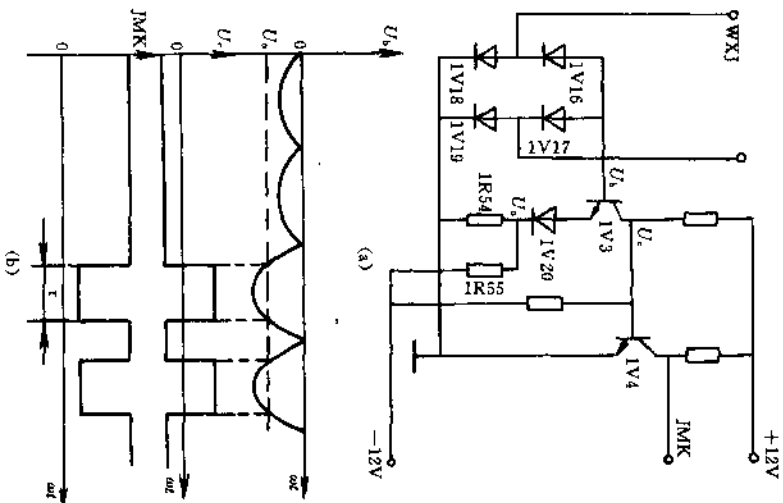


图 8-81 精门电路及波形图
(a) 电路图; (b) 波形图

图 8-81 所示为精门电路及波形图。门电路由门幅整幅器 1V3 和反相器 1V4 组成。误差信号是模拟量, 经过门幅电路之后, 就有可能转换为数字量, 即脉冲。门电路分为精门及粗门电路。

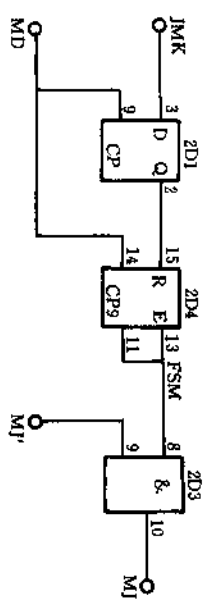


图 8-82 防闪门和计数脉冲门电路

图 8-82 所示为防闪门和计数脉冲门电路。防闪门由 2D1 触发器和 2D4 十进制译码计数器组成, 起延时开门, 避开尖脉冲干扰的作用。计数脉冲门电路由与门电路 2D3 组成, 通过计数脉冲门输出计数脉冲, 作为显示计数器及转换计数器的计数脉冲。

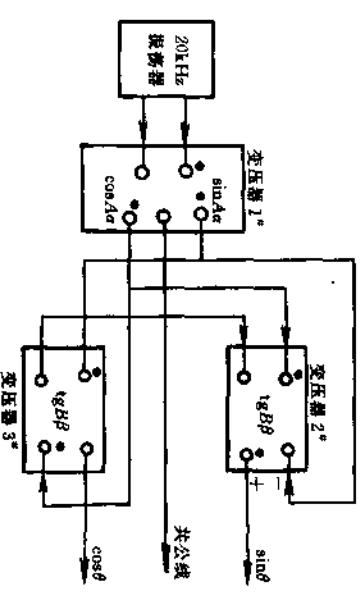


图 8-83 函数变压器构成框图

图 8-83 所示为函数变压器构成框图。把数字量转换为模拟量的电路, 称为数/模转换器。三个函数变压器均利用自耦形式, 每只变压器均有 10 个抽头, 输出的切换利用转换器驱动电子开关自动进行。

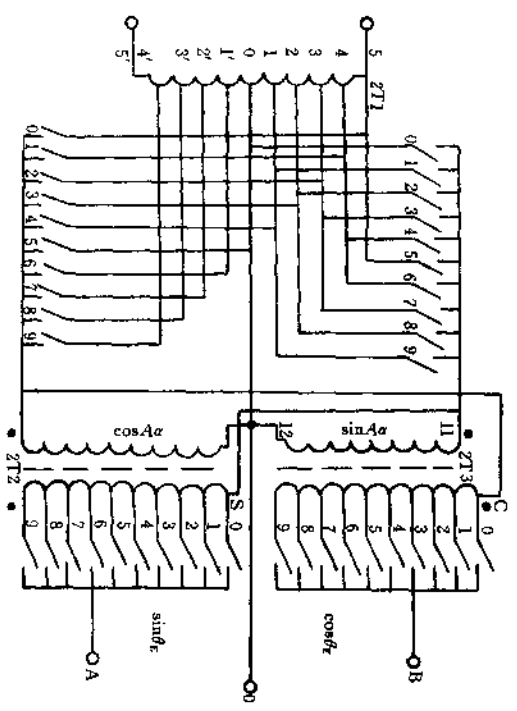


图 8-84 两级函数变压器

图 8-85 所示为转换计数器与译码电路。计数器采用 MC14029, BCD, 十进制译码器采用 MC14028。当滑尺移动时, 函数变压器以一定单位自动切换励磁电压, 来达到跟踪的要求。函

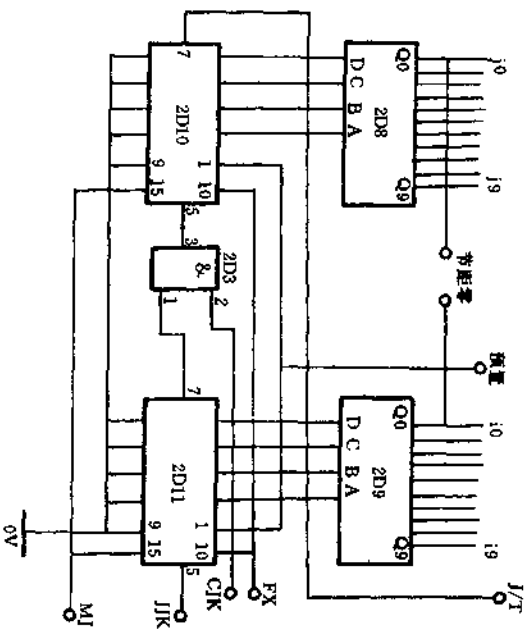


图 8-85 转换计数器与译码电路

数变压器设置了“十位”及“个位”组, 则转换计数器也对应由“十位”及“个位”组成。

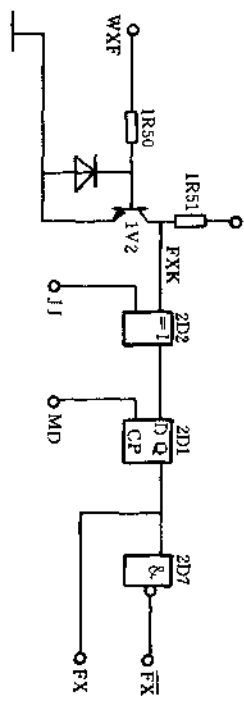


图 8-86 运动方向判别电路

图 8-86 所示为运动方向判别电路。滑尺的移动方向由运动方向来判别，显示计数器和转换计数器是作加法或作减法，也和运动方向密切相关。根据误差信号的极性和所在的极距位置，可判断出滑尺的运动方向。

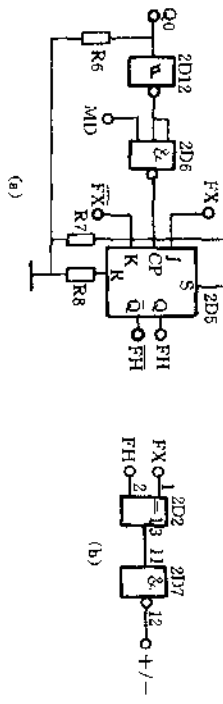


图 8-87 符号及加减判别电路
(a) 符号电路；(b) 加减判别电路

图 8-87 所示为符号及加减判别电路。符号电路由反相器、与非门和 JK 触发器组成。显示计数器作加法或减法，不仅和运动方向有关，而且与显示符号有关，表示相互的关系为加减判别电路。

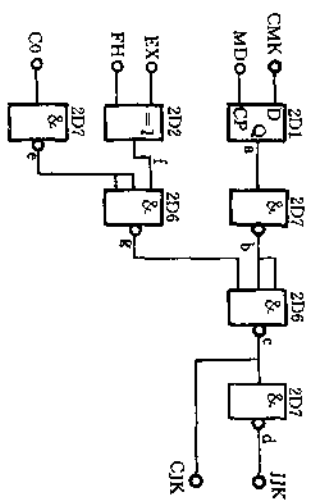


图 8-88 粗精转换电路

图 8-88 所示为粗精转换电路。在图中 CMK 为粗门控制信号，FX 为方向信号，FH 为符号信号；C0 为粗零信号；JJK 为粗门控制信号；CJK 为粗门控制信号。

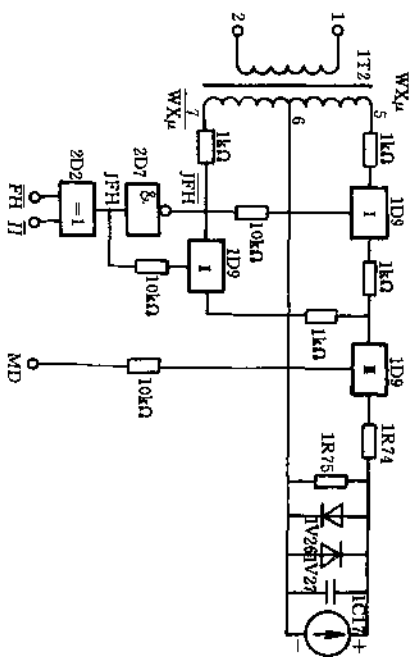


图 8-89 表头逻辑电路

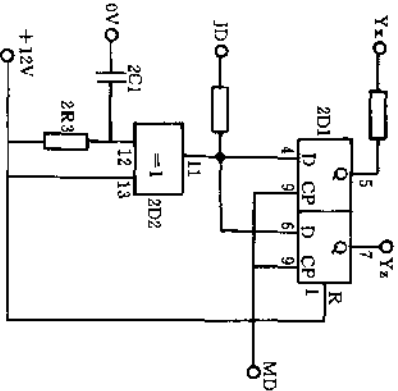


图 8-90 预整定和校对电路

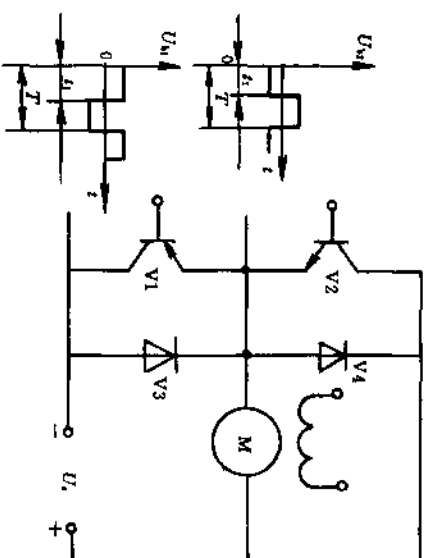


图 8-91 脉宽放大器的主电路

图 8-89 所示为表头逻辑电路。表头逻辑电路是利用峰值取样的方法，将交流信号（误差信号）的幅度和极性，解调为直流电平的大小与方向。电路由 3 个双向开关、异或门和变压器等元件组成。

图 8-90 所示为预整定和校对电路。为了消除开机后计数器的随机性形成的不定状态，电路中设置了预整定电路。采取在开机合上电源就发出清零信号的措施。电路由 2C1、2R3、异或门 2D2 及 D 触发器、2D 组成。

图 8-91 所示为脉宽放大器的主电路。伺服电机的驱动电路一般有晶闸管可逆整流电路、晶体管调速电路及脉宽调速电路等。作开关用的晶体管及其控制电路组成了脉宽调制放大器和脉宽调速电路主电路由 V1、V2、V3、V4 组成。

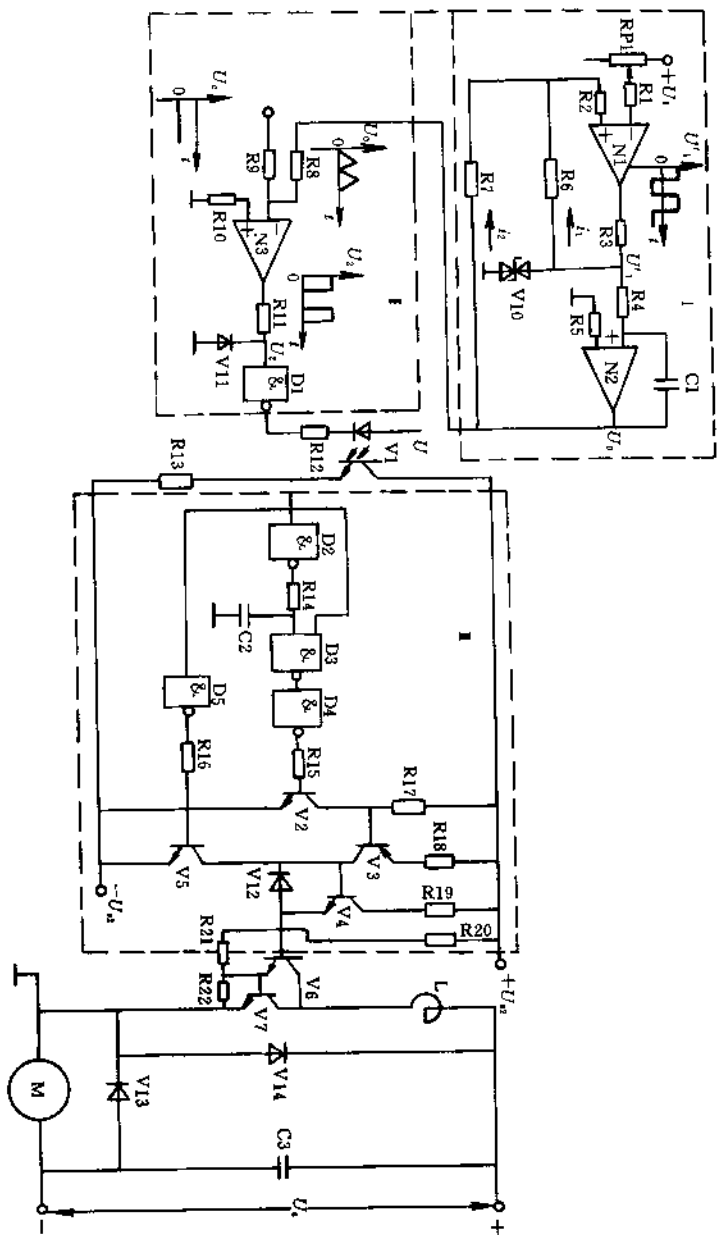


图 8-92 单极性输出脉宽调制放大器

图 8-92 所示为单极性输出脉宽调制放大器。单极性输出脉宽调制放大器由三角波振荡器 (I)、电压—脉冲变换及分配器 (II)、功率放大驱动电路 (III) 组成。

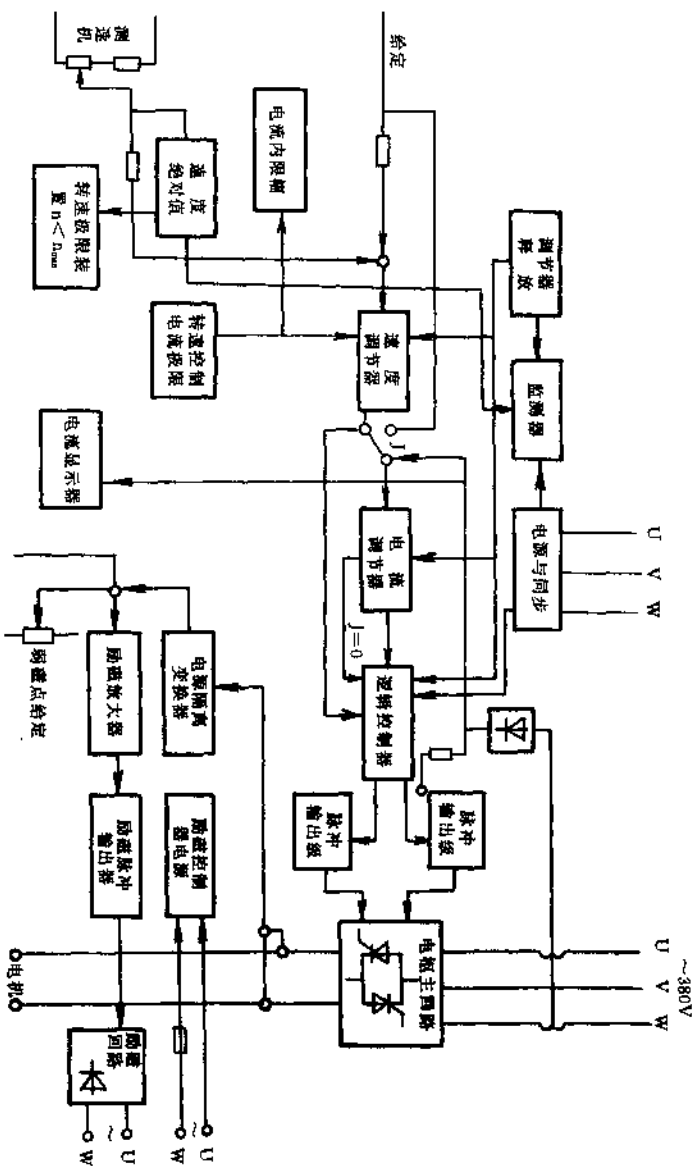


图 8-93 VS 系列调速装置方框图

图 8-93 所示为 V5 系列调速装置方框图。数控机床的主轴传动通常采用晶闸管—电动机系统。V5 系列调速装置是三相桥式可逆双层环调速系统，该装置用于将可调节直流电源供给他励直流电动机的电枢和磁场，它借助于电机电枢电流反向，可在四个象

限内运行。其中 1、3 象限为电动机状态，2、4 象限为发电机状态，从而保证了可逆运行及快速反向优异性能。其调速是无级的，且分为两个区域，低于额定转速采用调节电枢电压方式，高于额定转速采用弱磁调速。

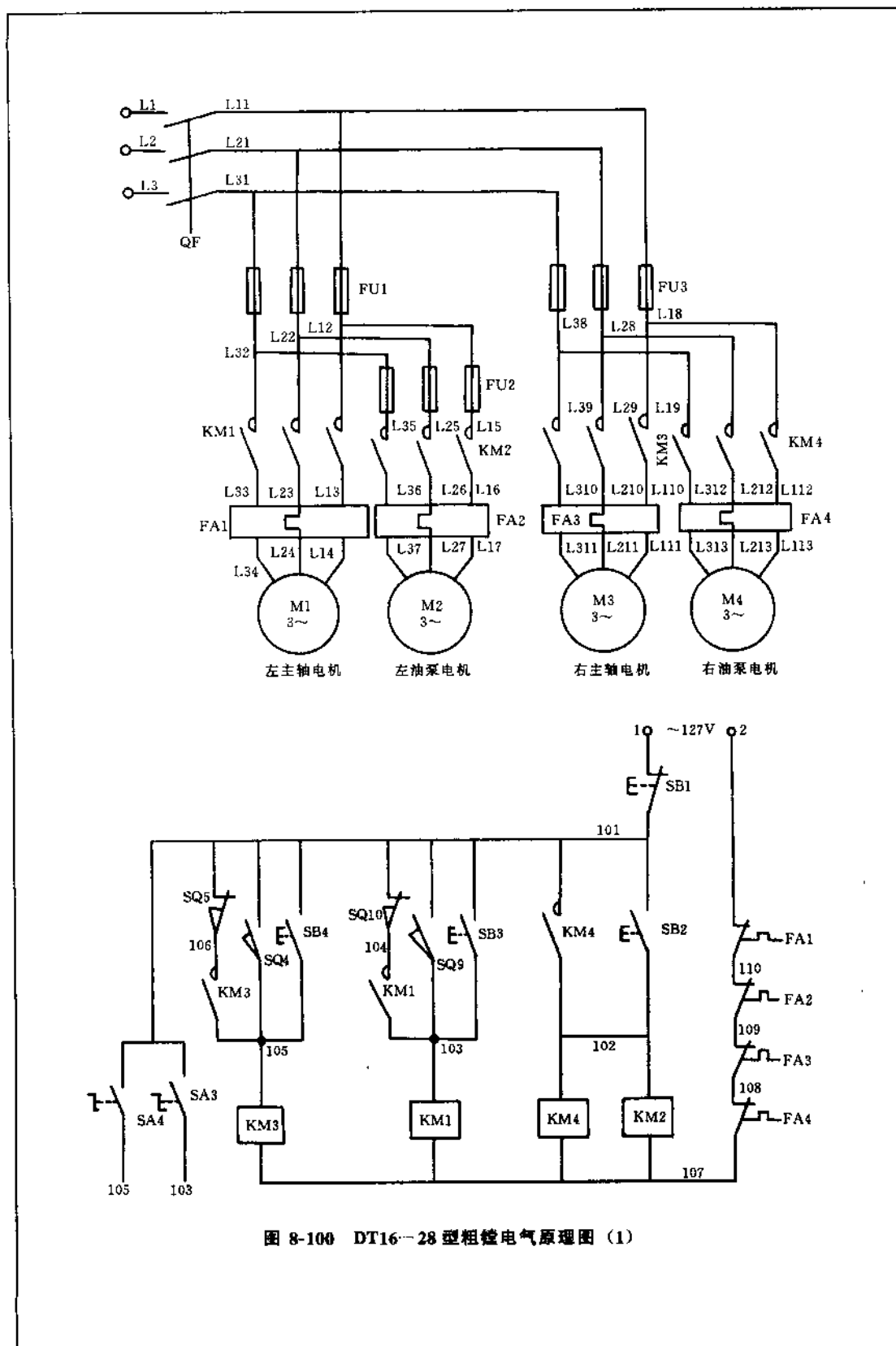
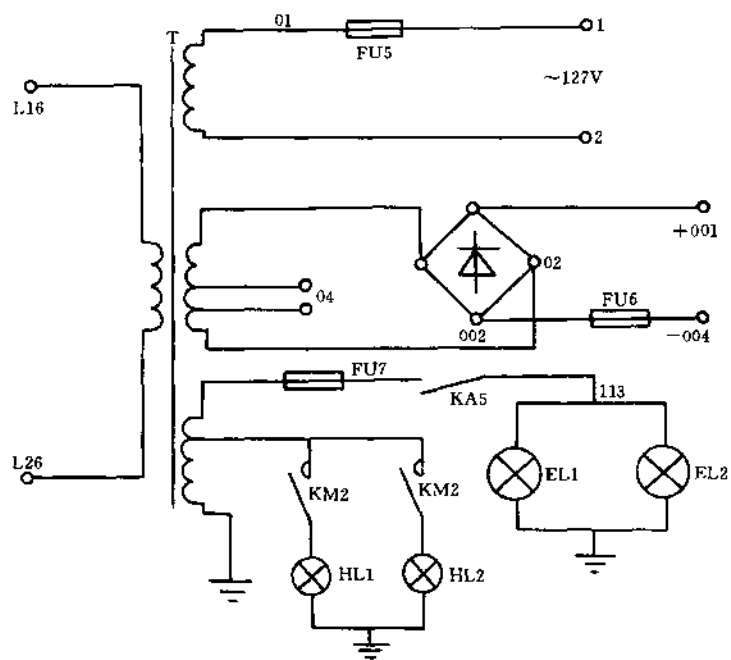
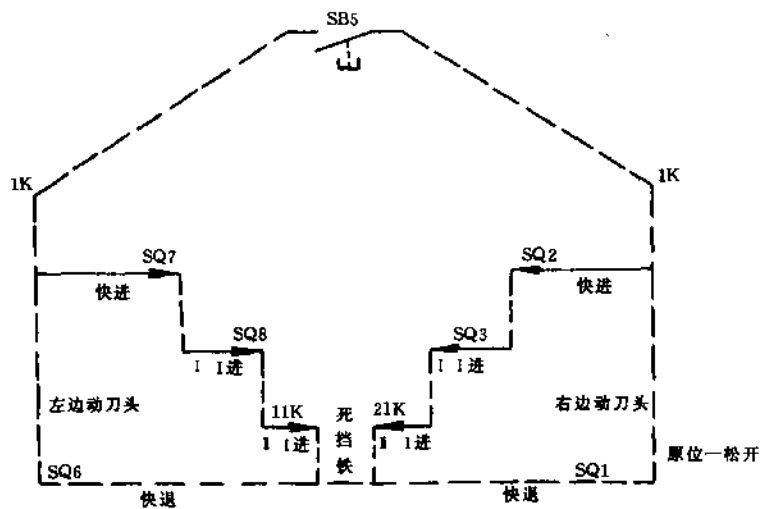


图 8-100 DT16-28 型相控电气原理图 (1)



(a)

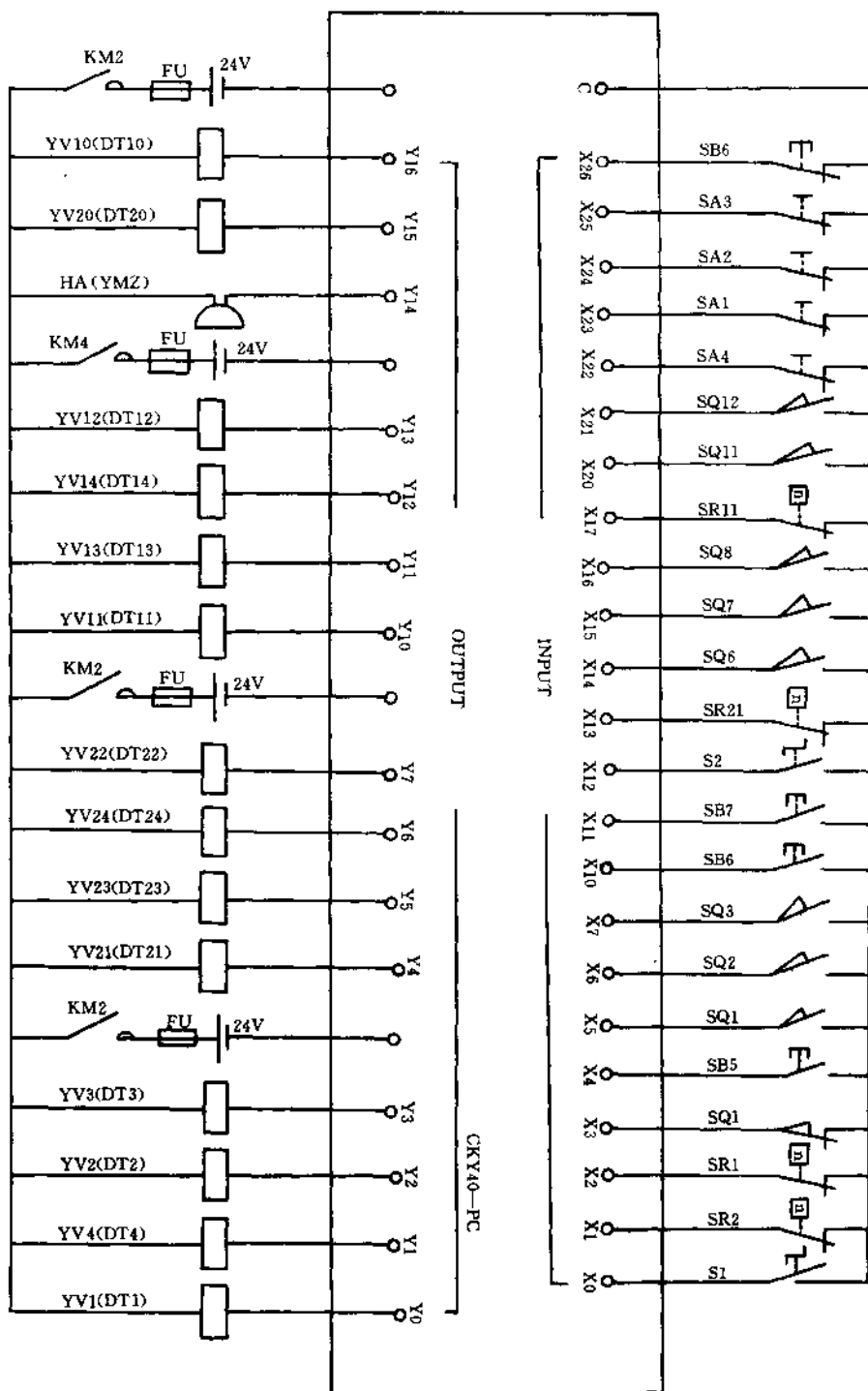


(b)

图 8-101 DT16—28 型粗镗电气原理图 (2)

(a) 控制电源图; (b) 机床循环图

图 8-102 DT16—28 型相繼电气原理图 (3) (PC 输入、输出点分配)



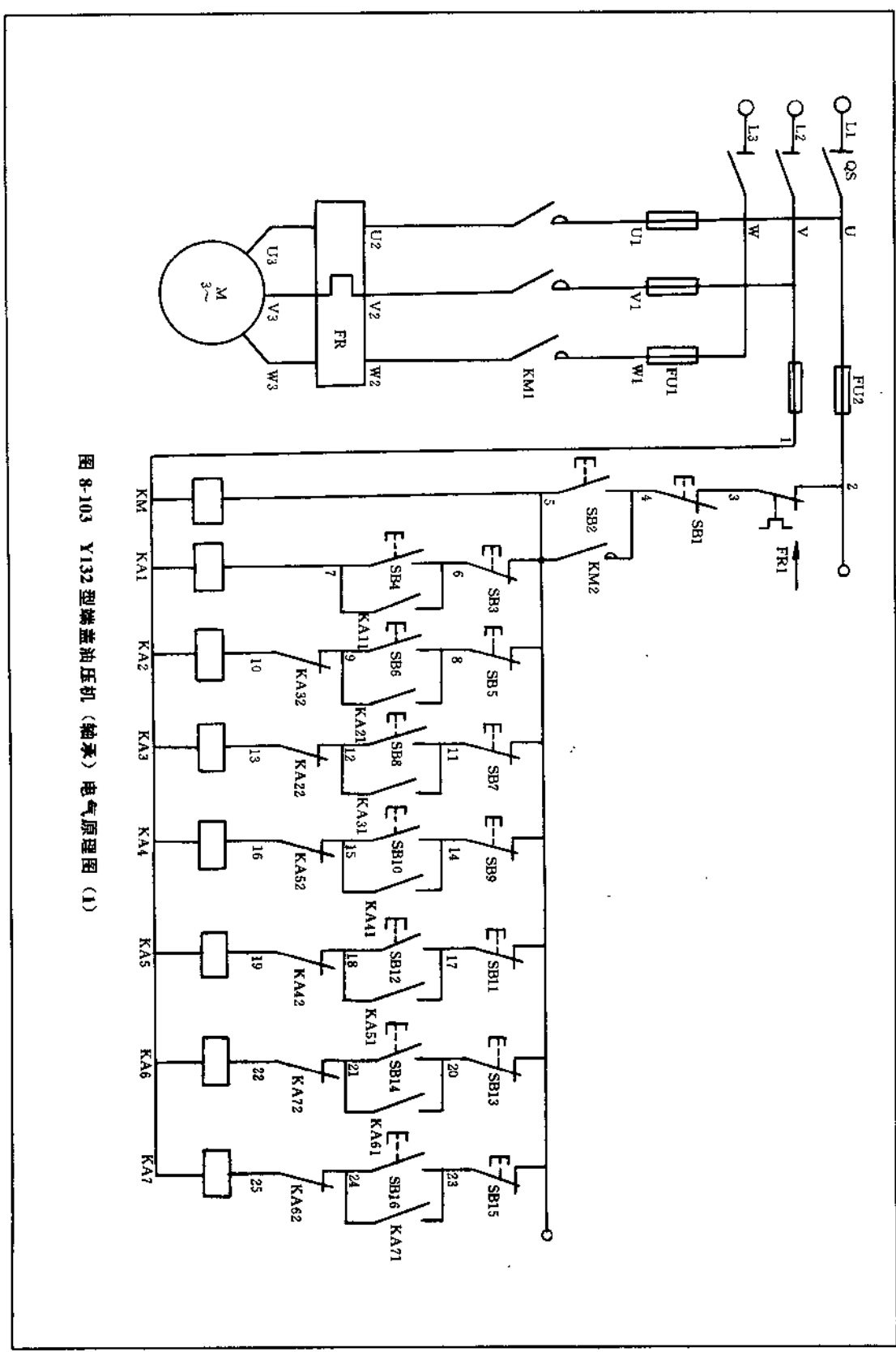


图 8-103 Y132 型异步电动机 (轴承) 电气原理图 (1)

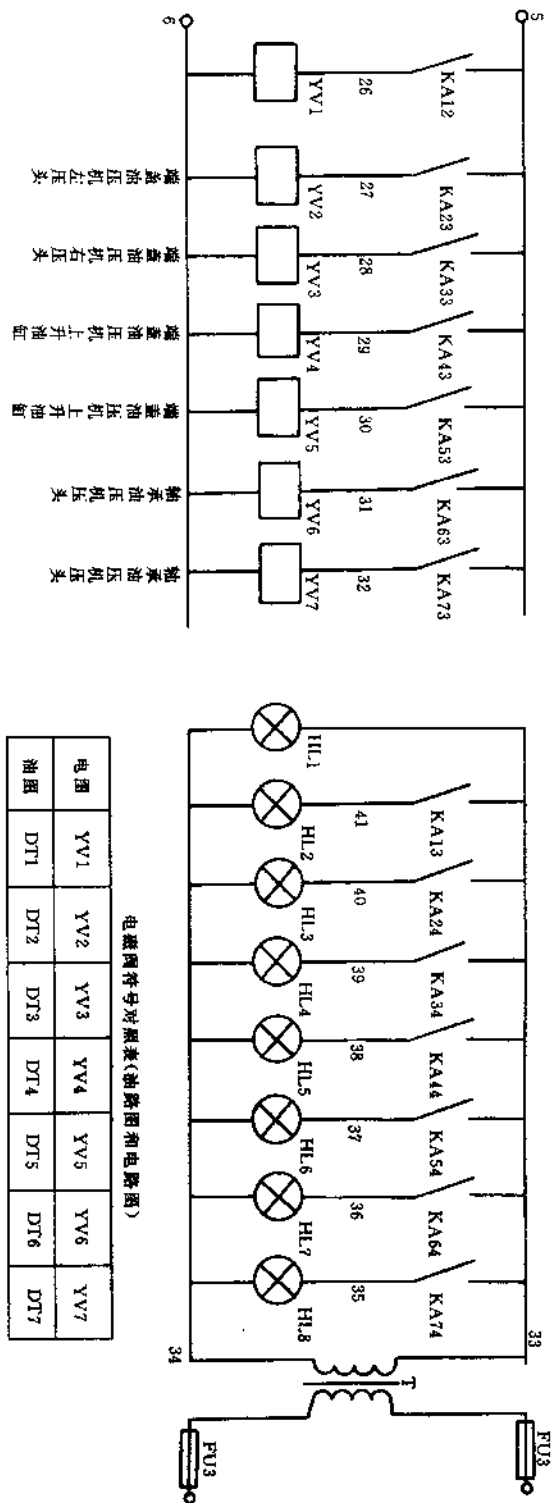


图 8-104 Y132 型喷盖油压机 (轴承) 电气原理图 (2)

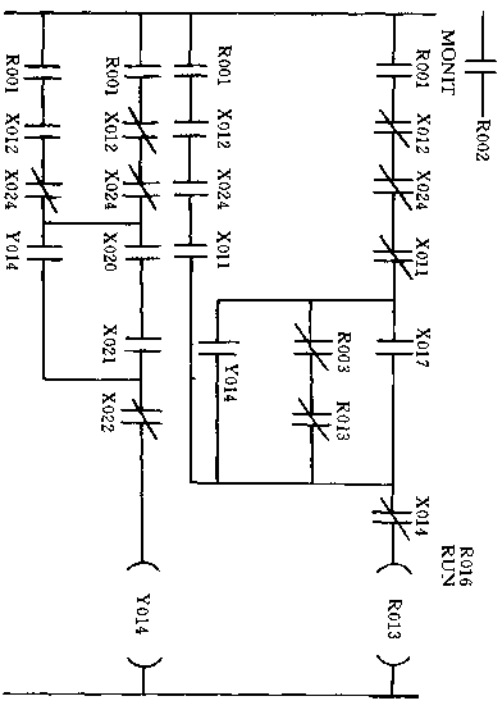


图 8-105 梯形图 (1)

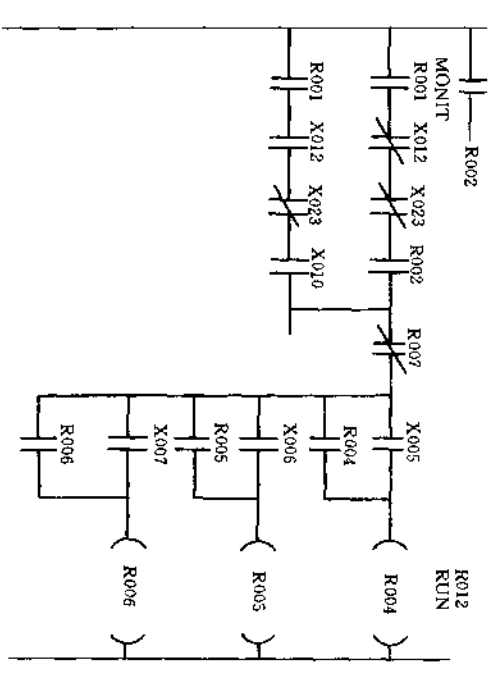


图 8-106 梯形图 (2)

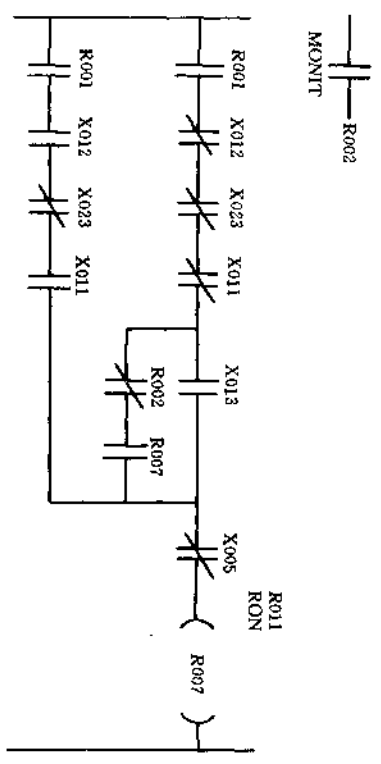


图 8-107 梯形图 (3)

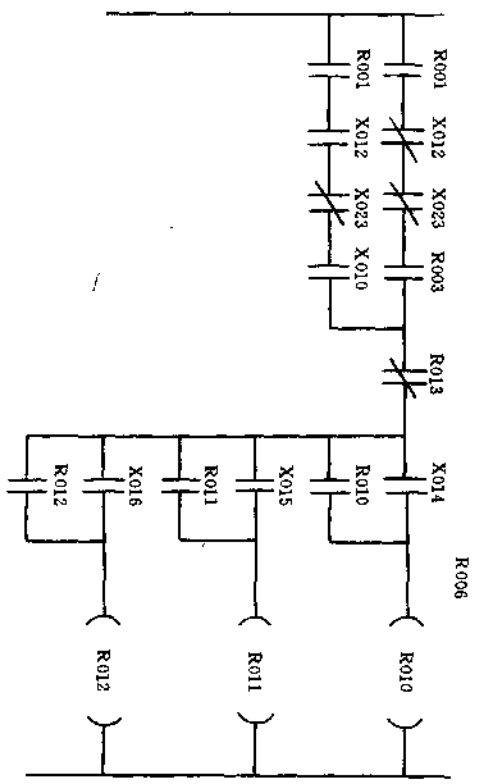


图 8-108 梯形图 (4)

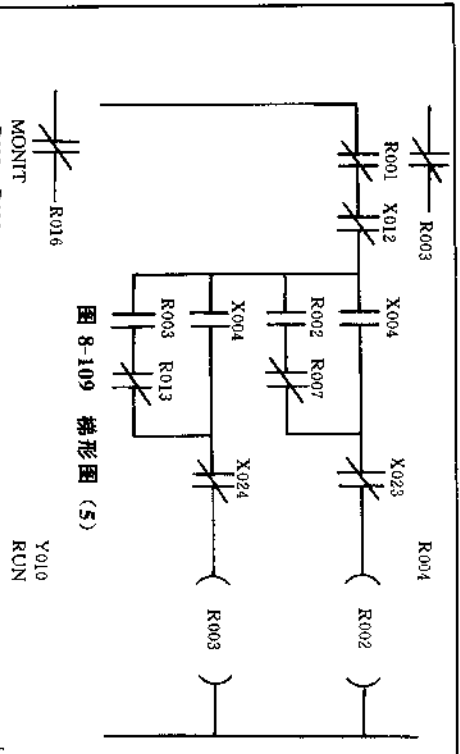


图 8-109 梯形图 (5)

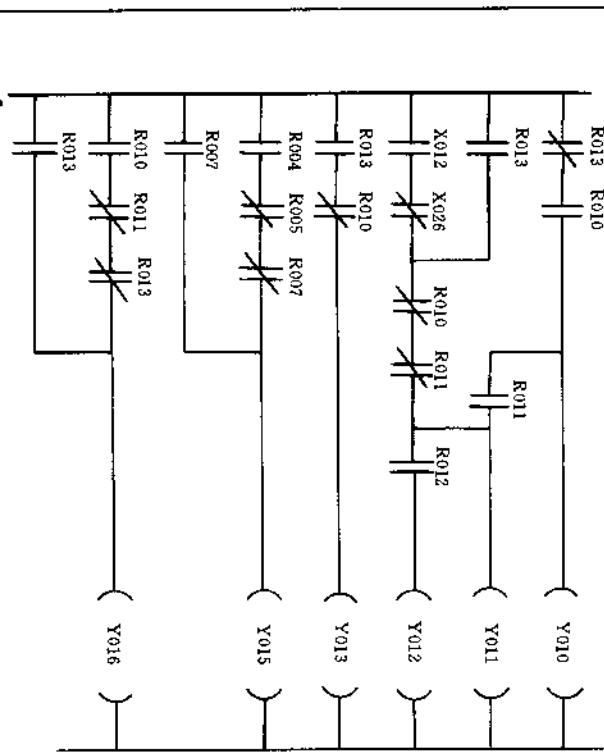


图 8-110 梯形图 (6)

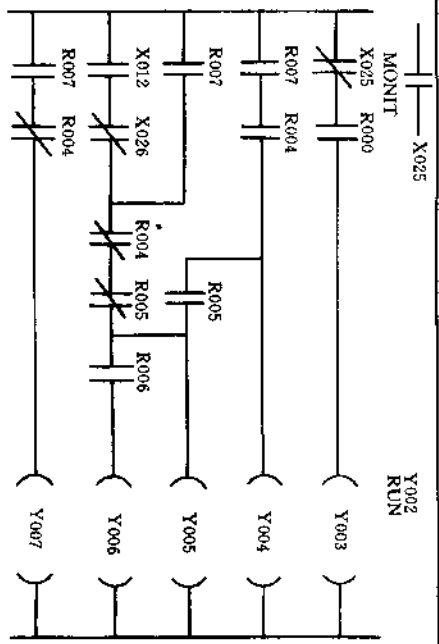


图 8-111 梯形图 (7)

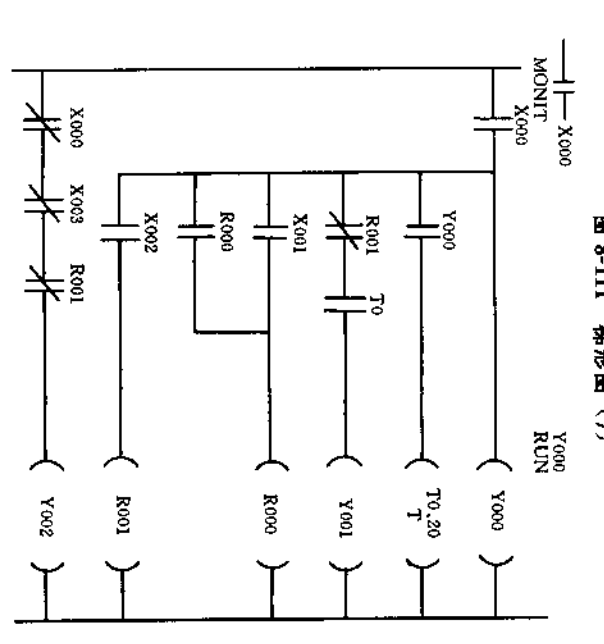


图 8-112 梯形图 (8)

第九章 其他机床电路图

机床的种类很多，除了车、铣、刨、磨、钻、镗以外，还有许多机床。其应用也是很广泛的，例如冲压设备，从几吨一直到几百吨，甚至有万吨水压机。锯割机床也是工业上常采用的。另

外，在不同行业，为了加工成批的工件，还采用各种专用机床，以提高生产效率。其他机床的典型电路，见图 9-1~图 9-42。

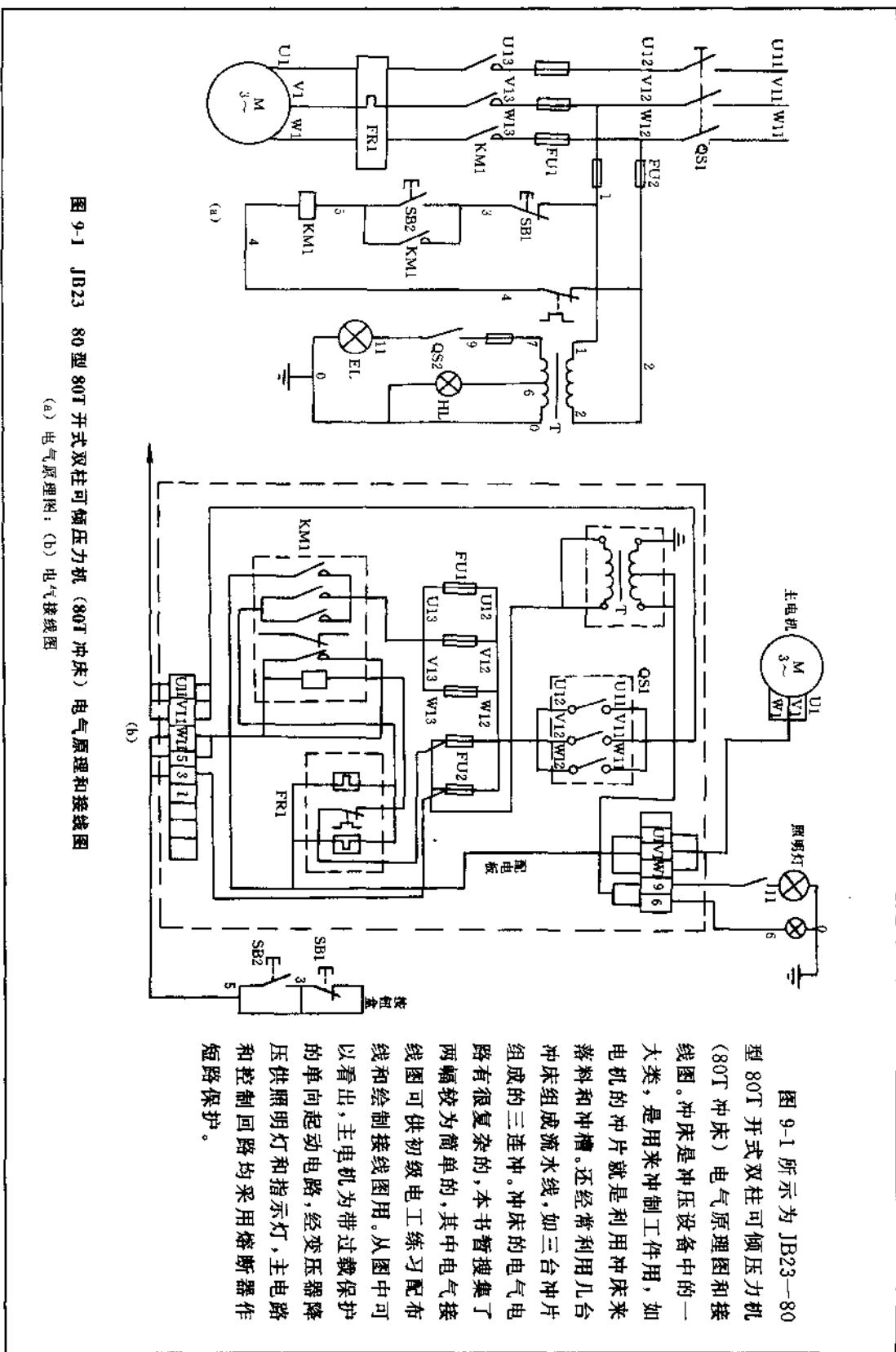


图 9-1 JB23 80 型 80T 开式双柱可倾压力机 (80T 冲床) 电气原理和接线图
 (a) 电气原理图; (b) 电气接线图

图 9-1 所示为 JB23—80 型 80T 开式双柱可倾压力机 (80T 冲床) 电气原理图和接线图。冲床是冲压设备中的一大类, 是用来冲制工件用, 如电机的冲片就是利用冲床来落料和冲槽。还经常利用几台冲床组成流水线, 如三台冲片组成的三连冲。冲床的电气电路有很复杂的, 本书暂搜集了两幅较为简单的, 其中电气接线图可供初级电工练习配电箱和绘制接线图用。从图中可以看出, 主电机为带过载保护的单向启动电路, 经变压器降压供照明灯和指示灯, 主电路和控制回路均采用熔断器作短路保护。

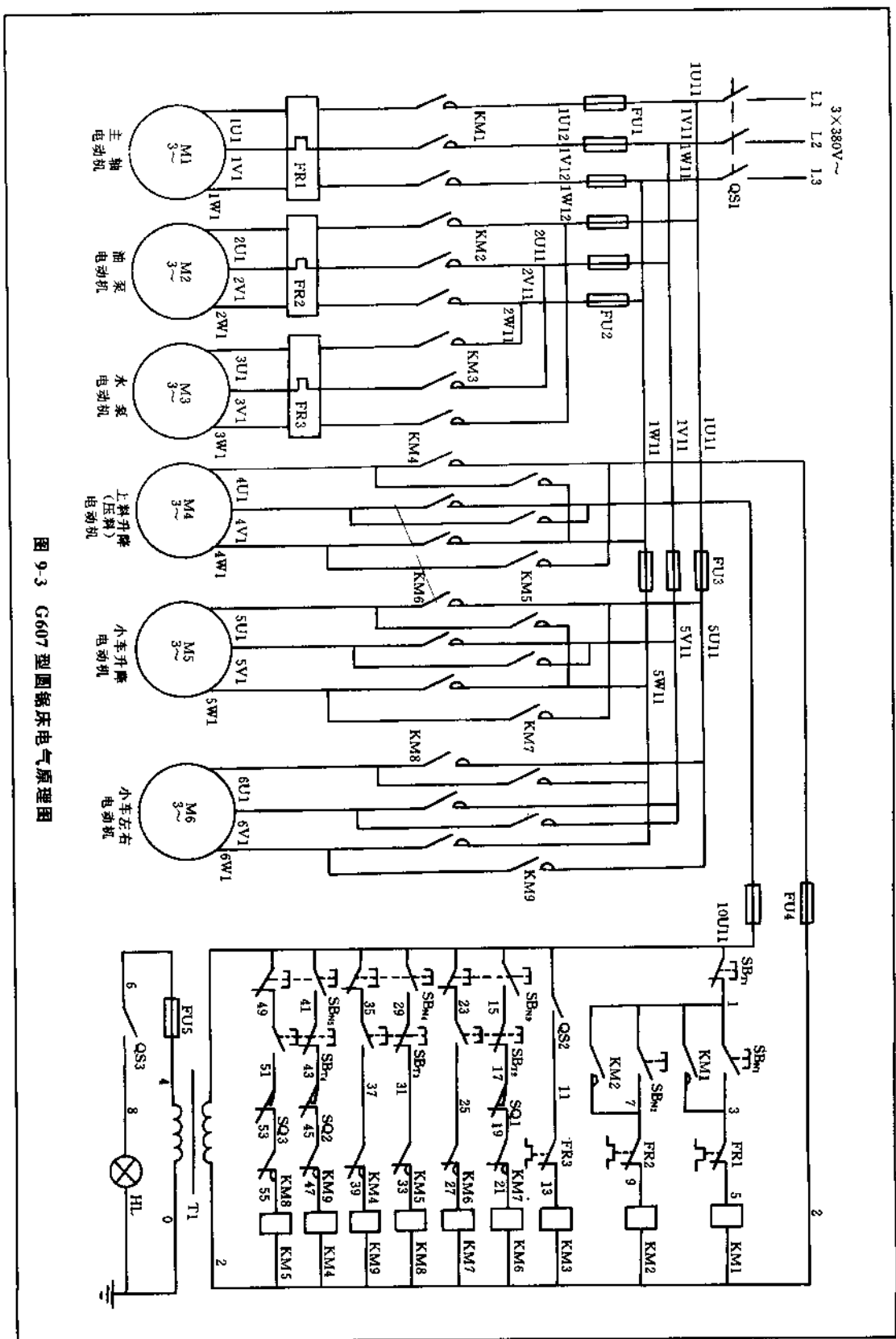


图 9-3 G607 型圆锯床电气原理图

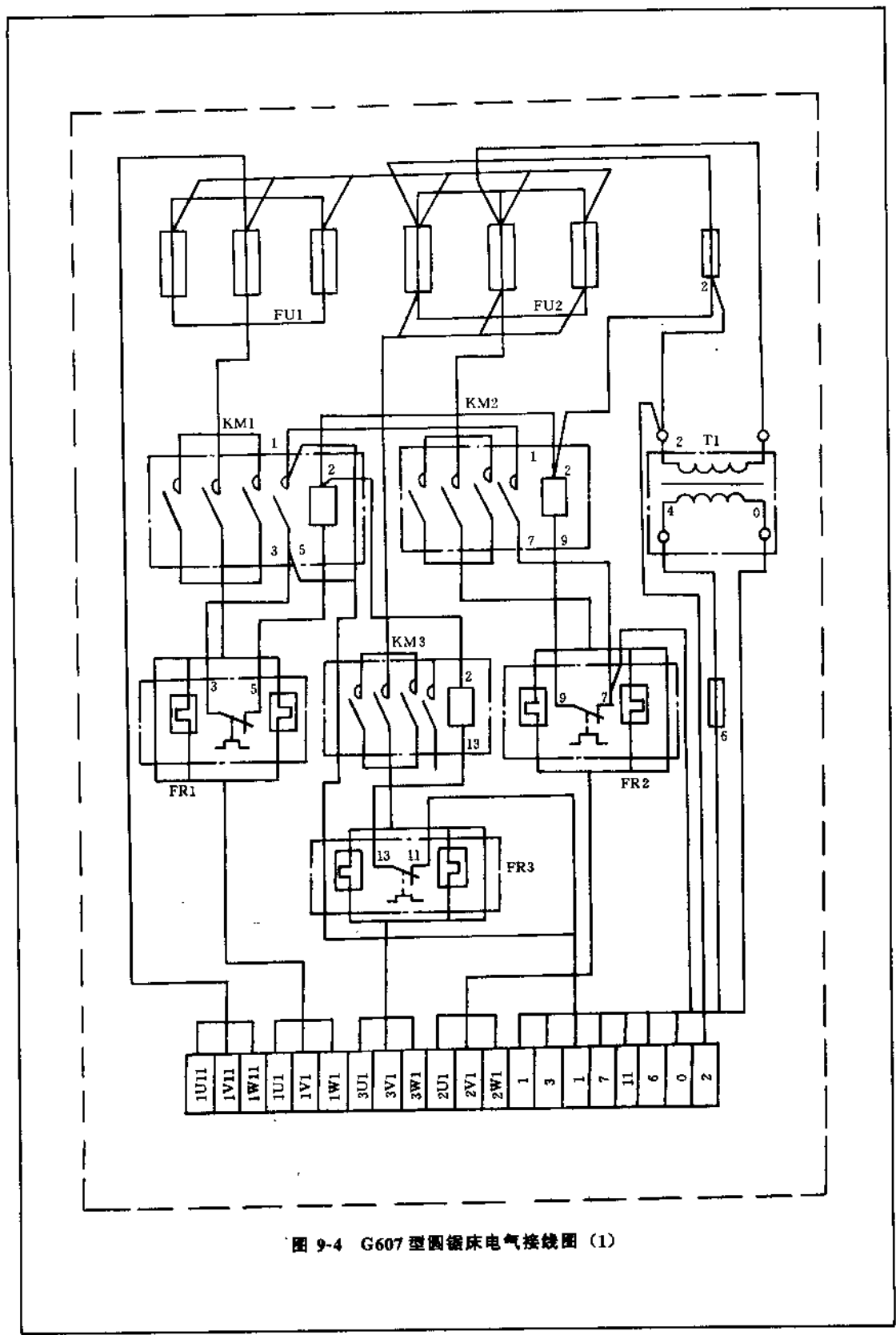


图 9-4 G607 电动机开闭电气接线图 (1)

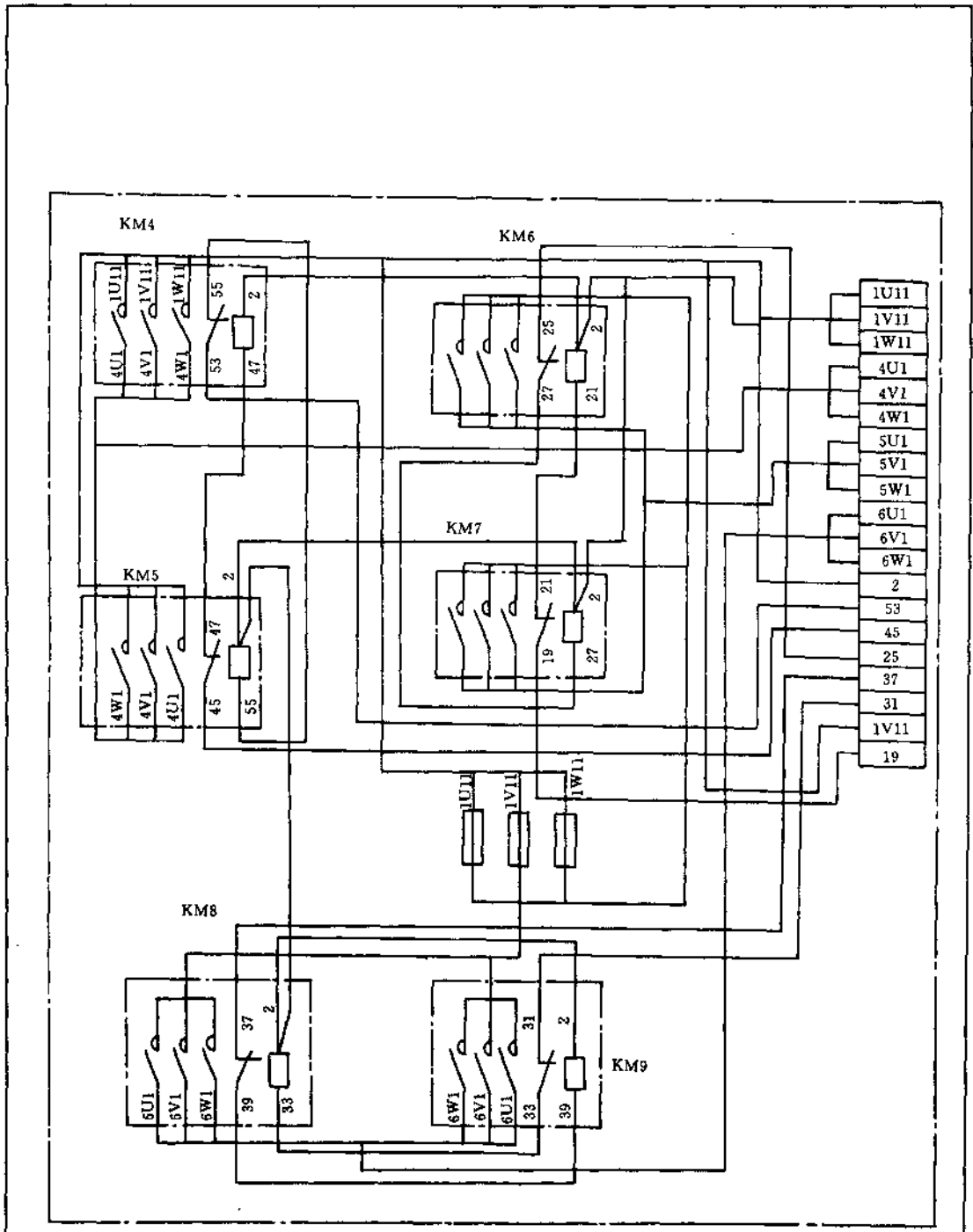


图 9-5 G607 型圆锯床电气接线图 (2)

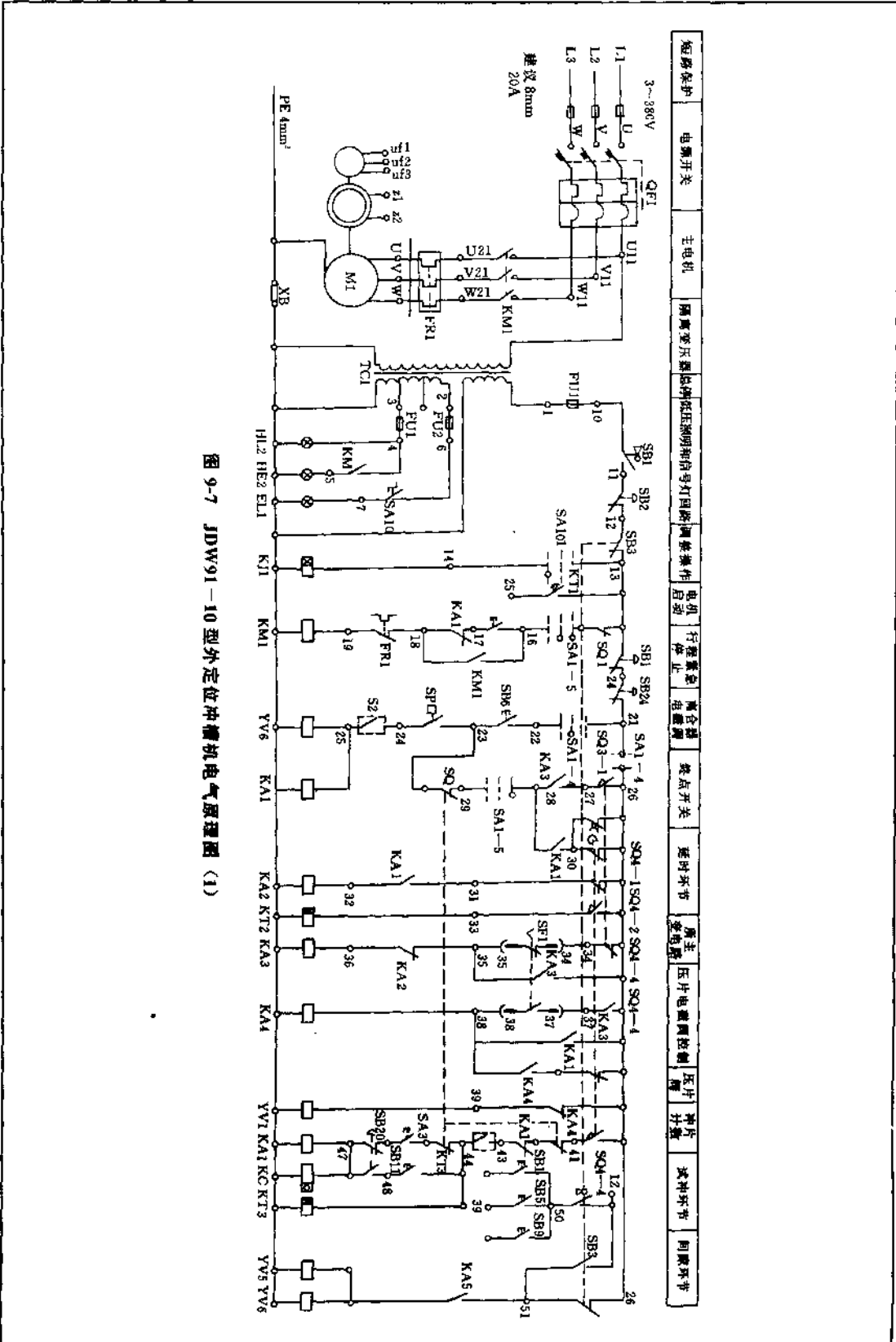


图 9-7 JDW91-10 型外定位冲床机电气原理图 (1)

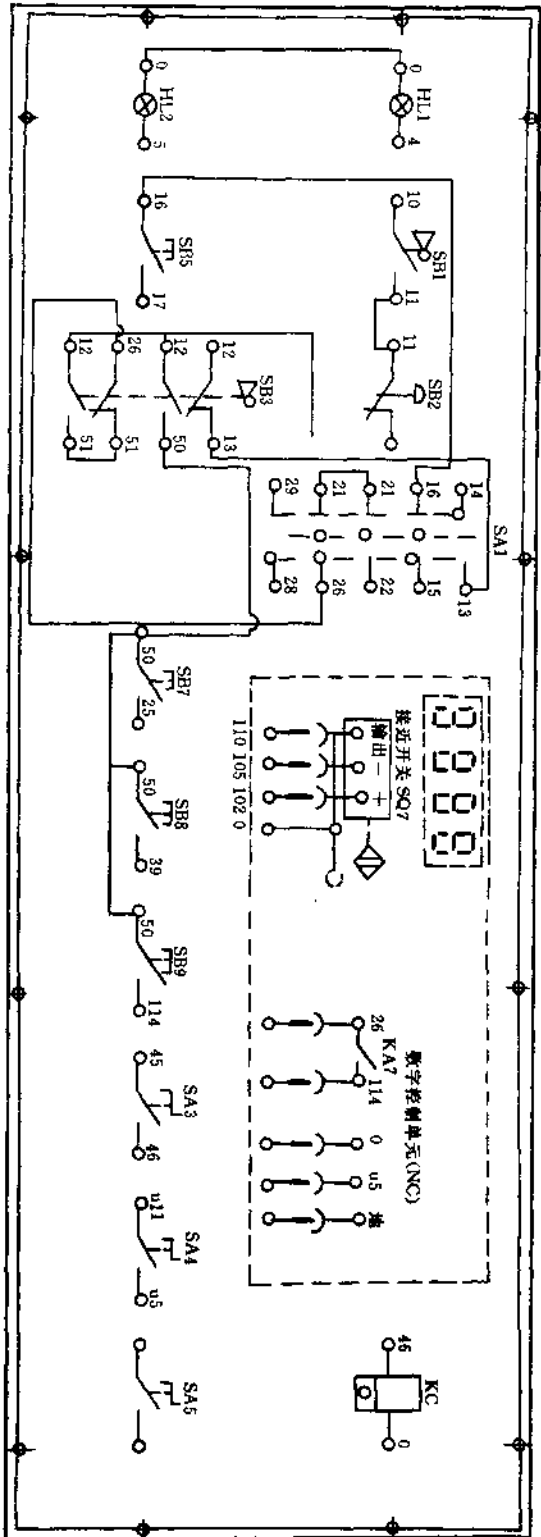


图 9-10 JDW91-10 型外定位冲槽机电气箱面板接线图

12

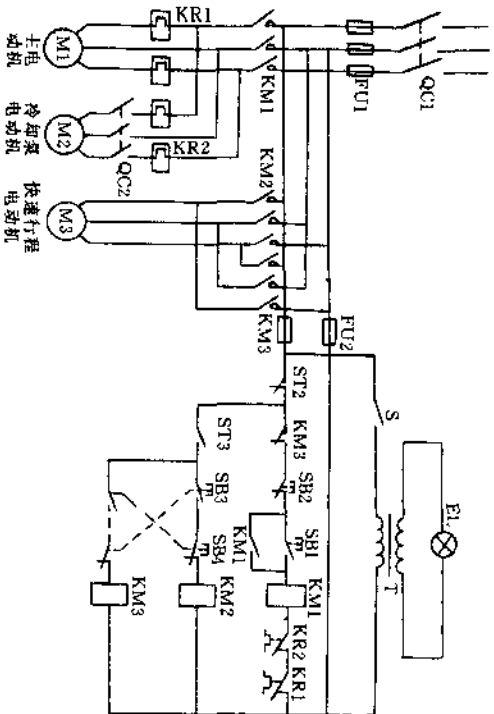


图 9-11 Y38 型滚齿机电气原理图

图 9-11 所示为 Y38 型滚齿机电气原理图。主电路中有 3 台电动机, M1 为主电动机, 为典型的带热继电器过载保护的单向启动控制线路; M2 为冷却泵电动机, 随主电动机启动后, 用开关 QC2 进行操作; M3 为快速行程电动机, 由可逆点动控制线路组成。

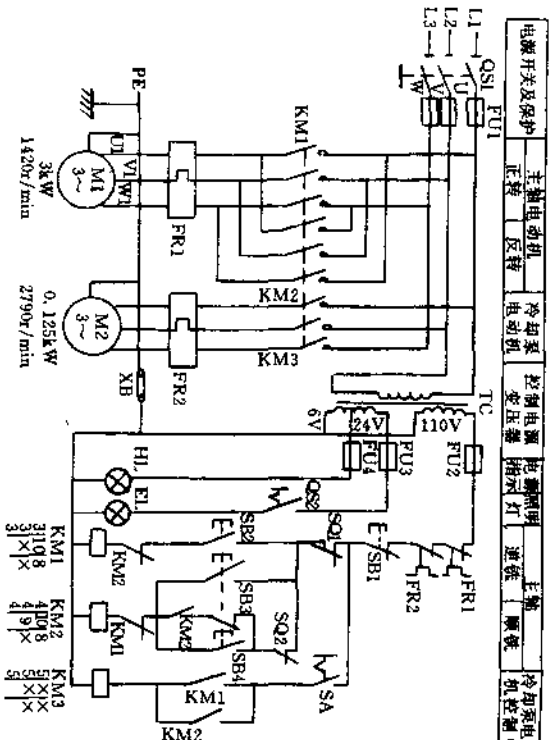


图 9-12 Y3150 型滚齿机电气原理图

图 9-12 所示为 Y3150 型滚齿机电气原理图。从图中可以看出, 主电动机 M1 是带过载保护的可逆启动控制电路, 冷却泵电动机 M2 由接触器 KM3 控制。

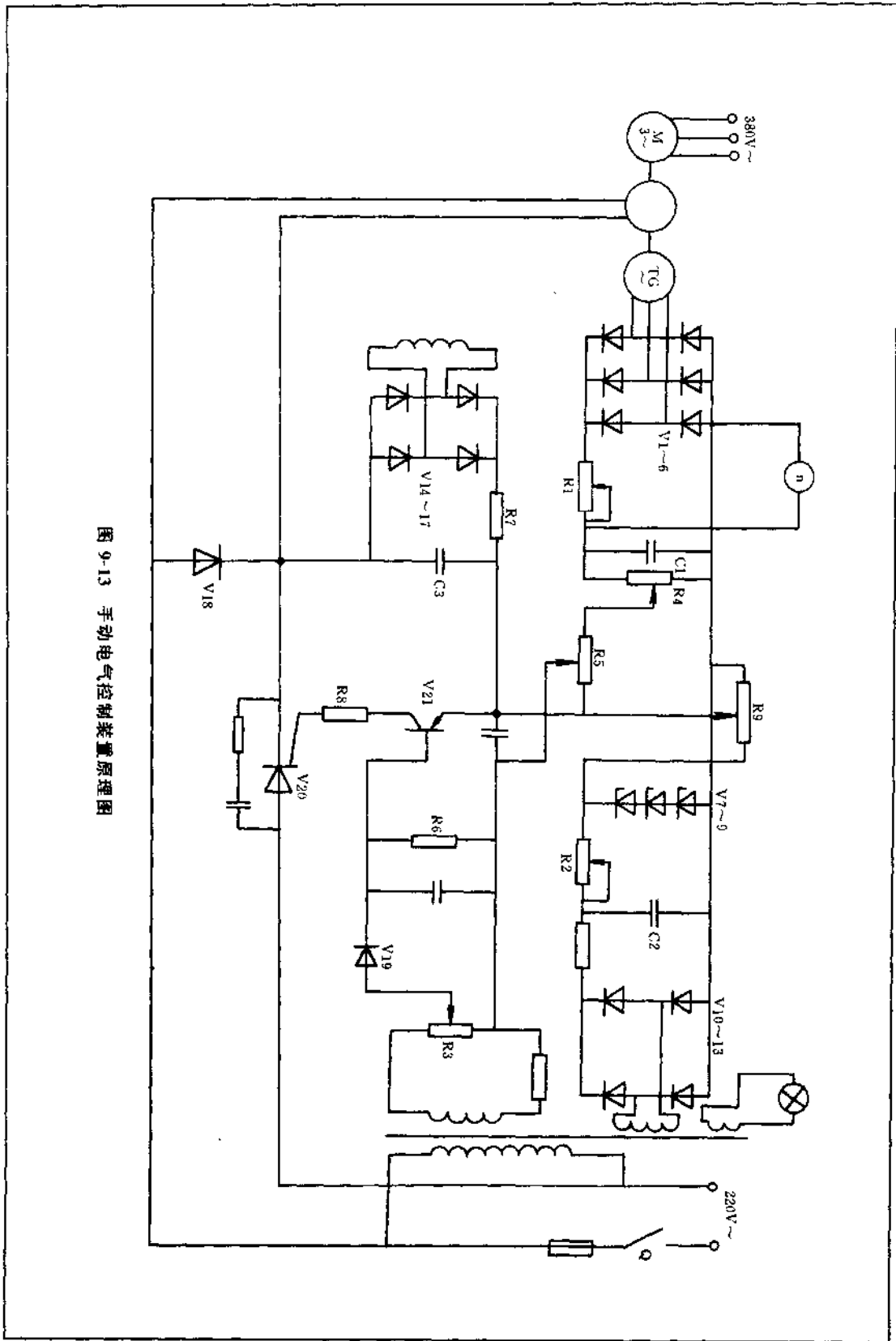
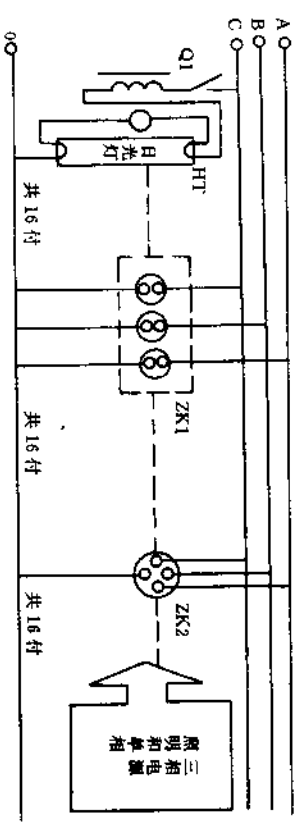
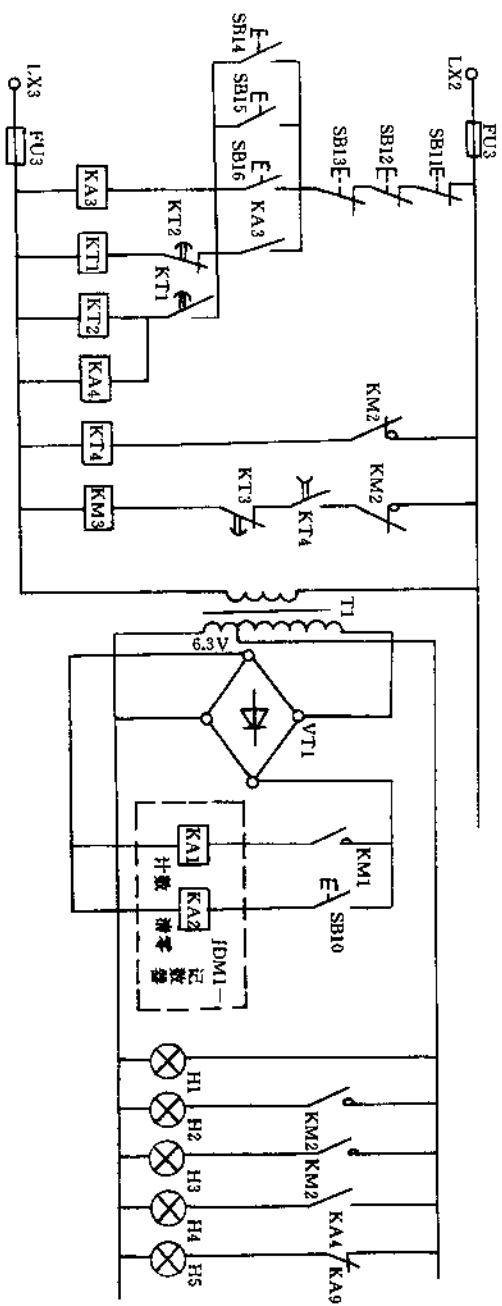
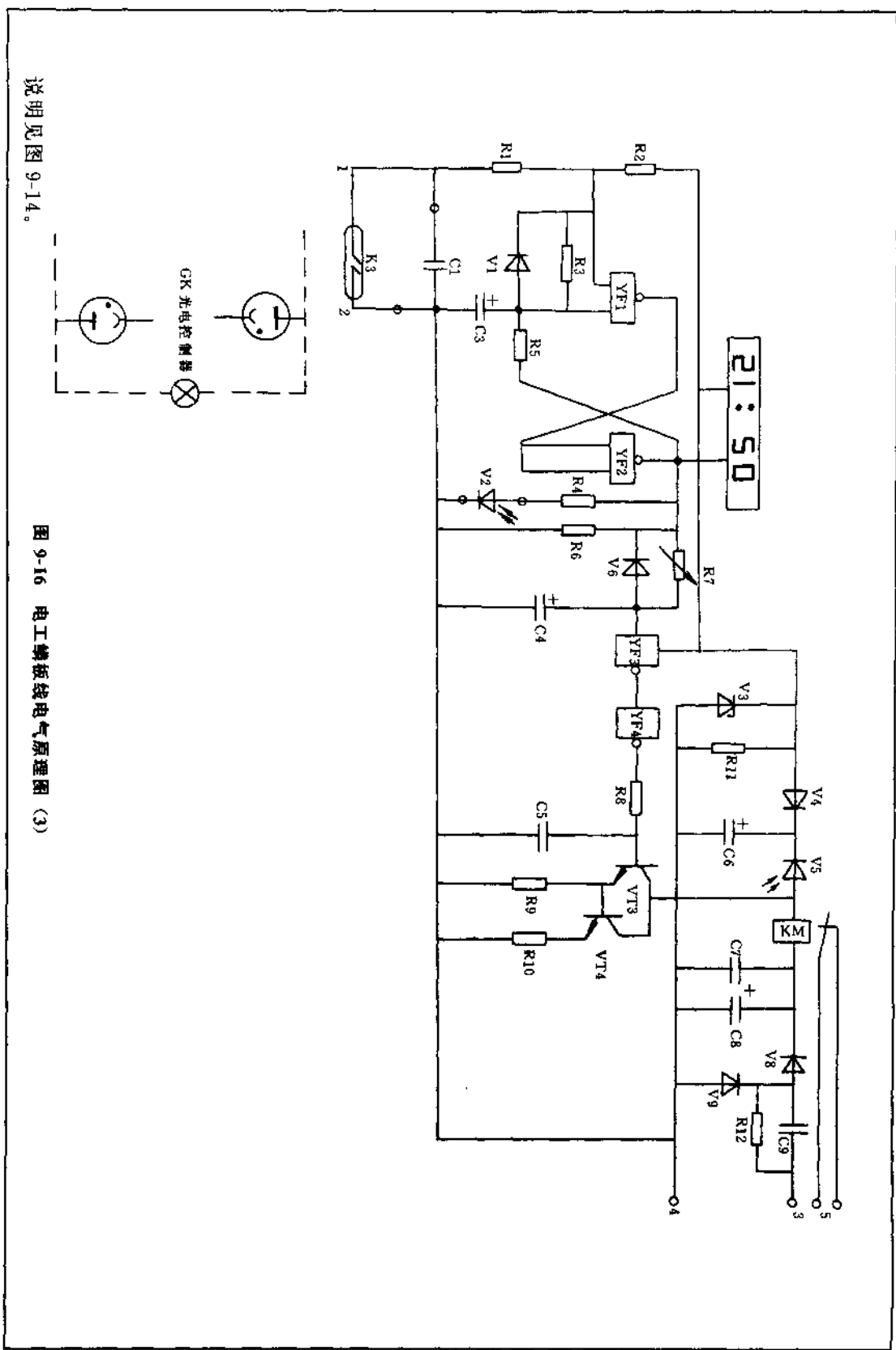


图 9-13 手动电气控制装置原理图



说明见图 9-14。

图 9-15 电工模板线电气原理图 (2)



说明见图 9-14。

图 9-16 电工操作线电气原理图 (3)

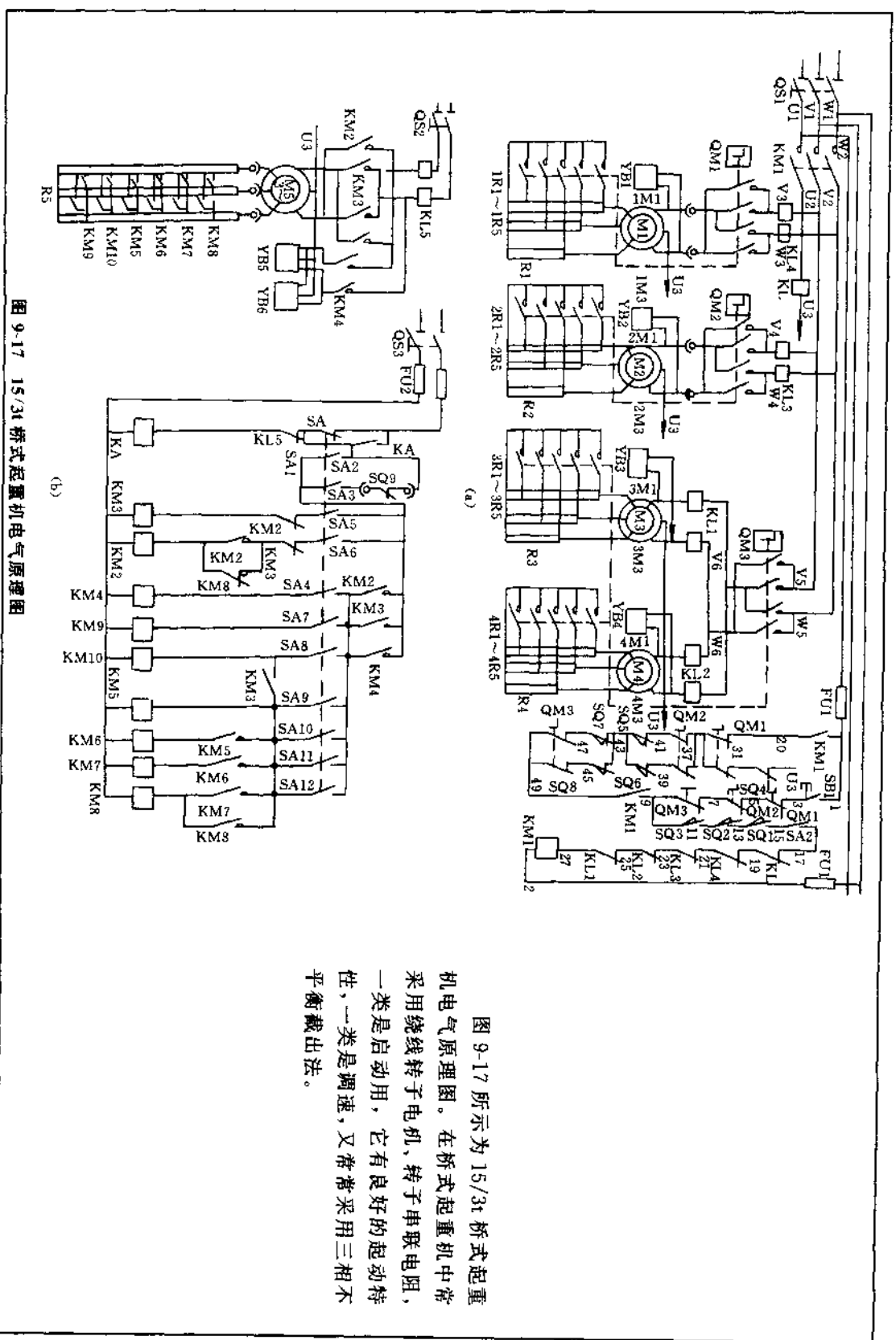


图 9-17 15/3t 桥式起重机电气原理图

图 9-17 所示为 15/3t 桥式起重机电气原理图。在桥式起重机中常采用绕线转子电机、转子串联电阻，一类是启动用，它有良好的启动特性，一类是调速，又常常采用三相不平衡截出法。

QM3: 大车凸轮控制触点点状态表

状态量	向右					向左				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

QM2: 小车凸轮控制触点点状态表

状态量	向后					向前				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

QM1: 副钩凸轮控制触点点状态表

状态量	向上					向下				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

SA2: 十个控制触点点状态表

状态量	下降					上升				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

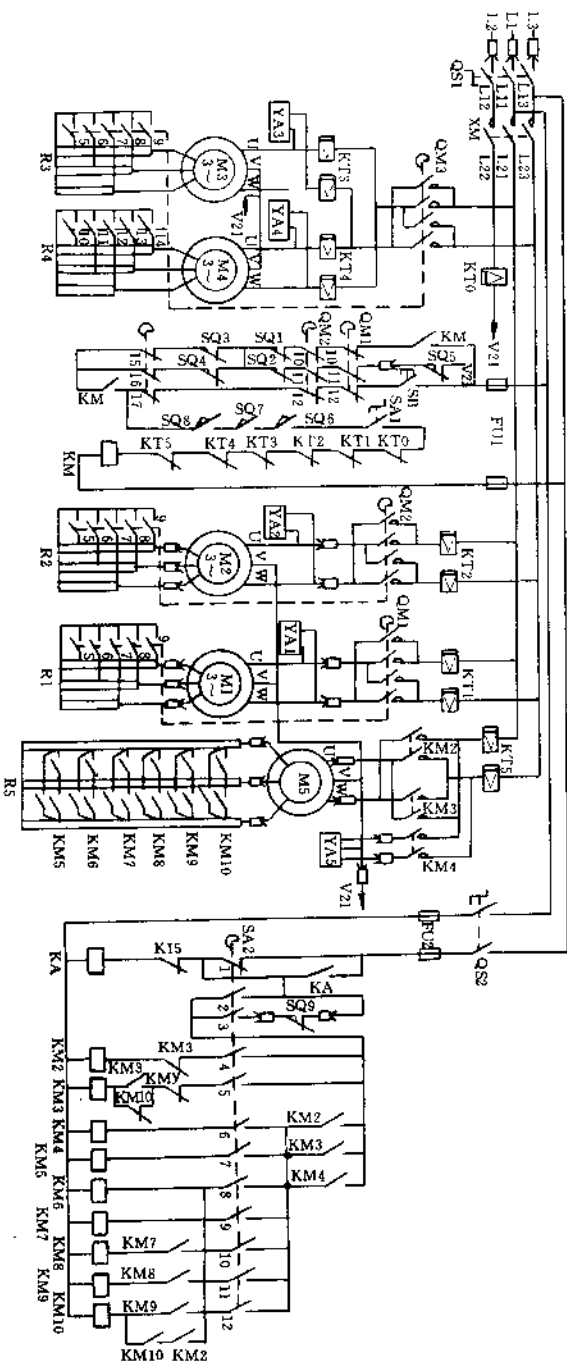


图 9-18 20/5t 桥式起重机电气原理图

图 9-18 所示为 20/5t 桥式起重机电气原理图,其特点和 15/3t

桥式起重机相同。

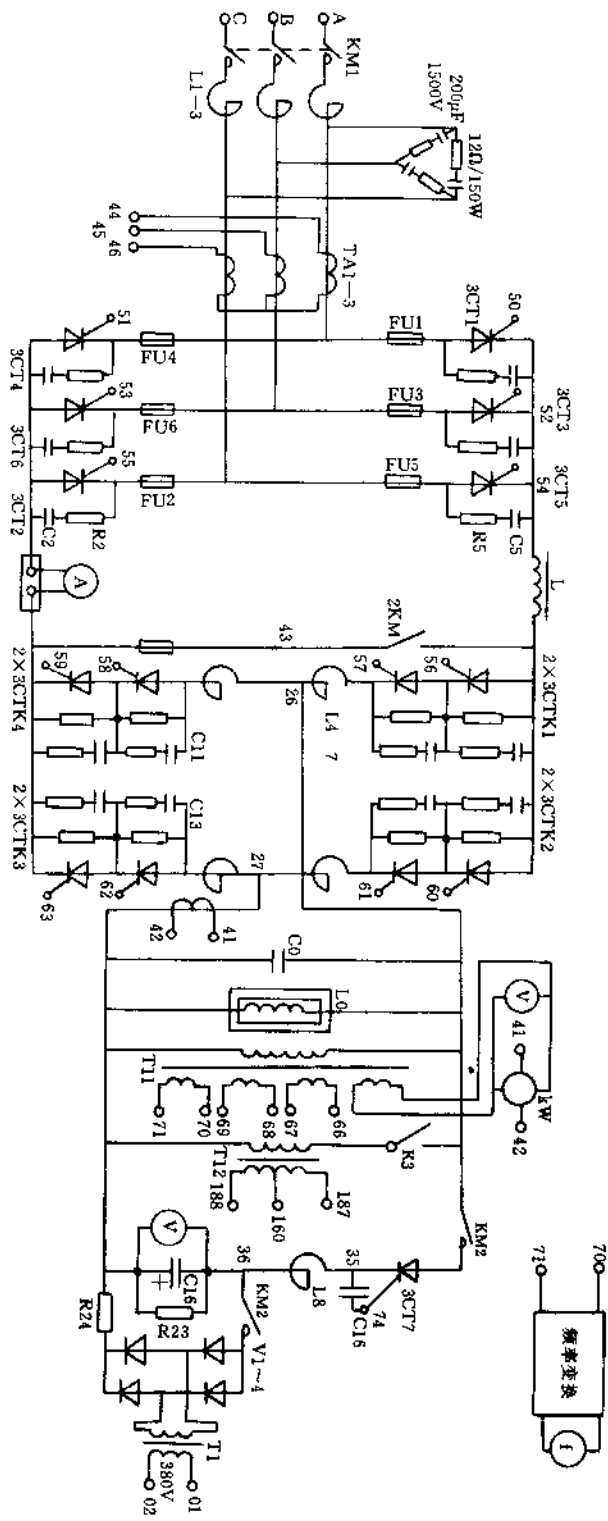


图 9-19 晶闸管中频电源主电路系统图

图 9-19 所示为晶闸管中频电源主电路系统图。主电路的作用是把 50Hz 的交流电经三相全控桥式整流器变成直流，经过电抗器滤波，最后经单相桥式并联逆变器将直流电转变为单相 1000Hz

的中频交流电供给负载。逆变器技术在电机的交流调速中广泛应用。龙门铣床采用变频调速后使发电机—电动机系统大大简化。

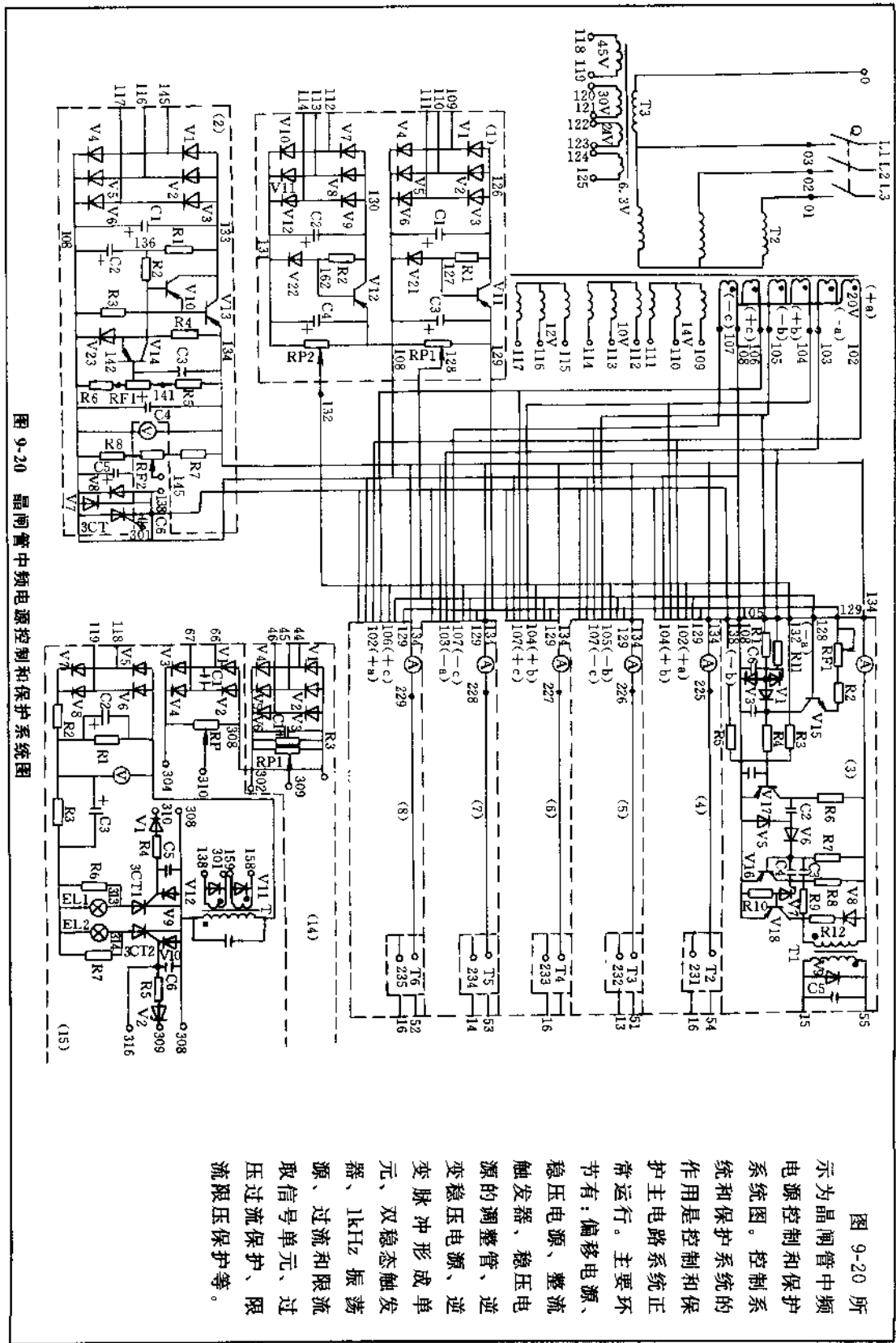


图 9-20 晶闸管中频电源控制和保护系统图

图 9-20 所示为晶闸管中频电源控制和保护系统图。控制系统和保护系统的作用是控制保护主电路系统正常运行。主要环节有：偏移电源、稳压电源、整流电源的调整管、逆变脉冲电源、逆变脉冲形成单元、双稳态触发器、过流和限流源、过流和限流信号单元、过压过流保护、限流限压保护等。

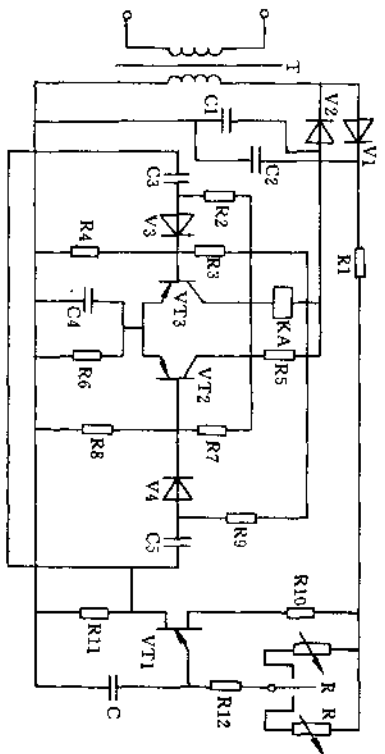


图 9-22 JSMJ 型晶体管脉冲式时间继电器电路

图 9-21 (见插页) 所示为晶闸管中频电源操作系统图。这一部分的作用是实现整个装置的“起动”和“停车”的操作，如电源接通、主回路接通、逆变桥起振等。

图 9-22 所示为 JSMJ 型晶体管脉冲式时间继电器电路。晶体管时间继电器在机床中经常使用，图中的继电器电路由电源、RC

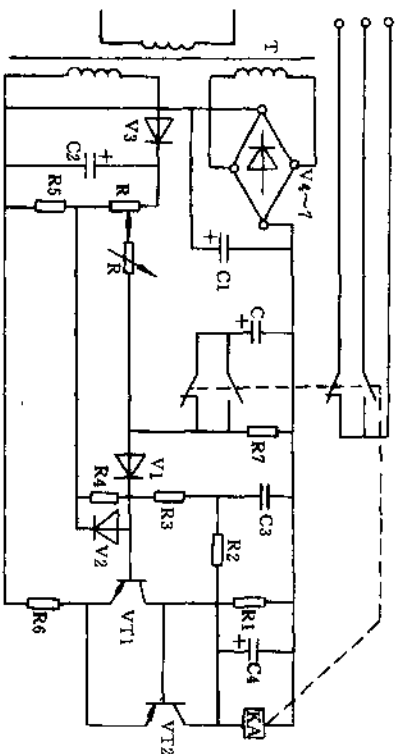


图 9-23 JSJ 型晶体管脉冲发生器和晶体管双稳态触发器组成

回路、单结晶体管脉冲发生器和晶体管双稳态触发器组成。

图 9-23 所示为 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (1)，继电器电路由电源、RC 积分回路、触发器及执行继电器等部分组成。图中电源是交流的，自变压器接通电源开始，至预置的时延时间，继电器动作，接通或断开电路。

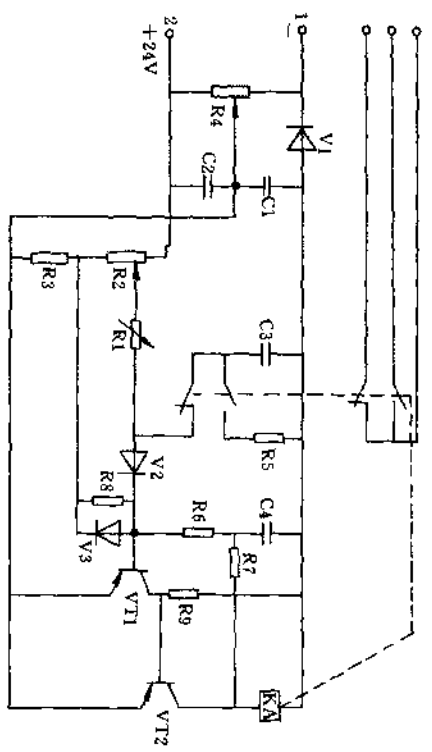


图 9-24 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (2)

图 9-24 所示为 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (2)。继电器电路由电源、RC 积分回路、触发器及执行继电器等部分组成。图中电源是直流的，经外部控制接入 24V 直流电源，经分压滤波后向继电器供电。

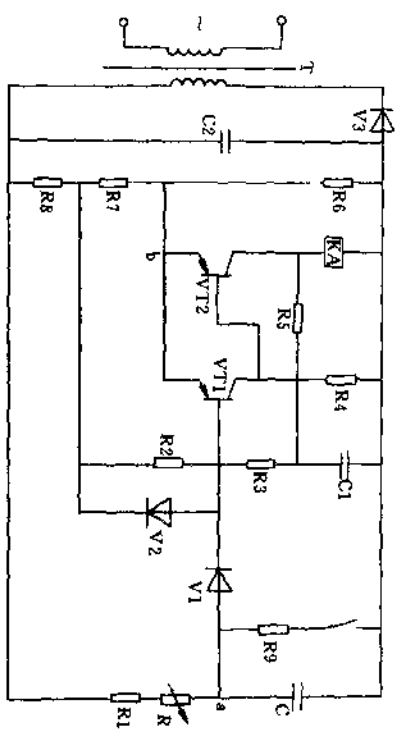


图 9-25 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (3)

图 9-25 所示为 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (3)。继电器电路由电源、RC 积分回路、触发器及执行继电器等部分组成。从图中可以看出，其电源是交流的，整流电路为单管半波整流供电。其他电路原理和 JSJ 型的其他电路基本相同。

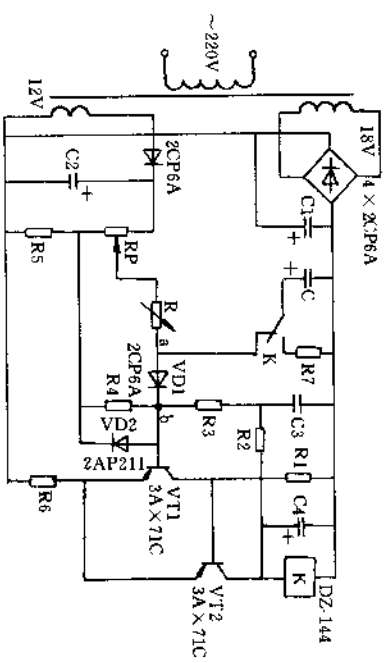


图 9-26 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (4)

图 9-26 所示为 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (4)，此电路和 JSJ 型晶体管时间继电器电路 (1) 基本相同，仅是控制触点的画法上略有区别。

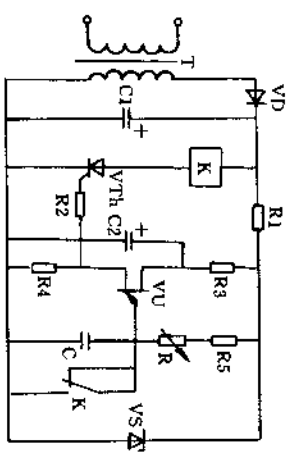


图 9-27 JS13 型晶体管时间继电器电路

图 9-27 所示为 JS13 型晶体管时间继电器电路。电路中采用了延时元件——电容，还采用了单结晶体管和小功率晶闸管，推动了继电器 K 动作，因而达到延时控制的作用。

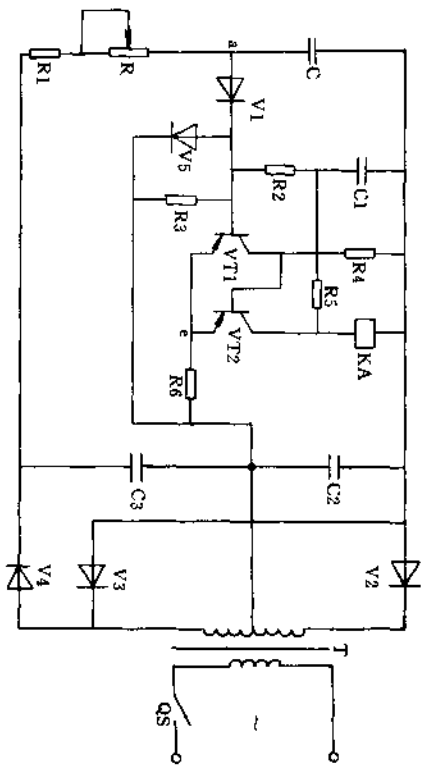


图 9-30 JSJ1 型晶体管时间继电器电路

图 9-30 所示为 JSJ1 型晶体管时间继电器电路。电路由电源、RC 积分回路、触发器及执行继电器四部分组成。
 图 9-31 所示为 JSJ1 型晶体管断电延时继电器电路。电路由电源、RC 回路、触发器及执行元件组成。当电源接通后，执行继

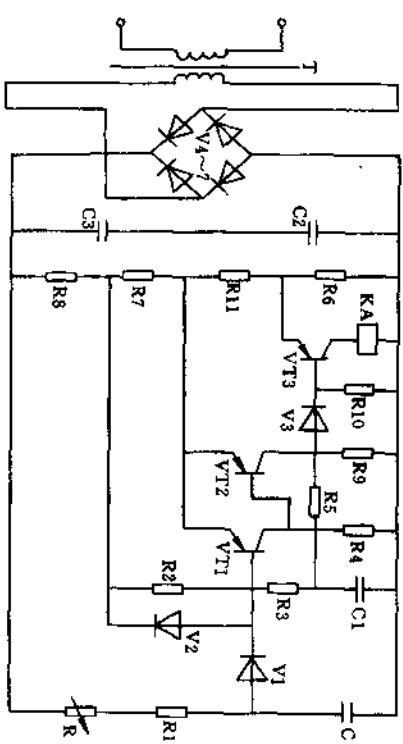


图 9-31 JSJ1 型晶体管断电延时继电器电路

电器立即动作，经过预定的延时时间后，继电器触点复位，是在 JSJ 电路基础上增加第二阀门管 V3 和第三晶体管 VT3 组成带瞬动延时工作的电路，可满足要求带瞬动延时自动控制系统的需要。

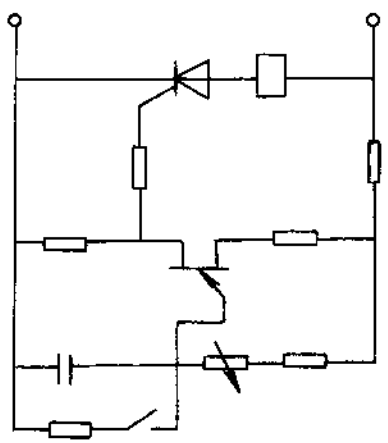


图 9-32 JSKJ 型晶体管时间继电器电路 (直流)

图 9-32 所示为 JSKJ 型晶体管时间继电器电路 (直流)。电路由电源、RC 积分电路、单结晶体管、晶闸管及执行继电器等几部分组成。从图中可以看出,无电源部分,为直流时间继电器。

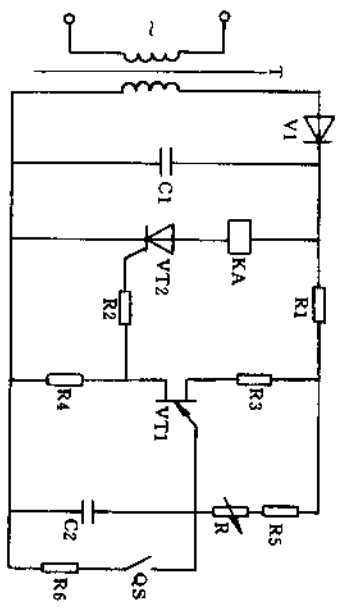


图 9-33 JSKJ 型晶体管时间继电器电路 (交流)

图 9-33 所示为 JSKJ 型晶体管时间继电器电路 (交流)。电路和直流时间继电器相似,由电源、RC 积分电路、单结晶体管、晶闸管及执行继电器等几部分组成。从图中可以看出,和直流继电器不同的是有变压器和整流二极管,为交流时间继电器。

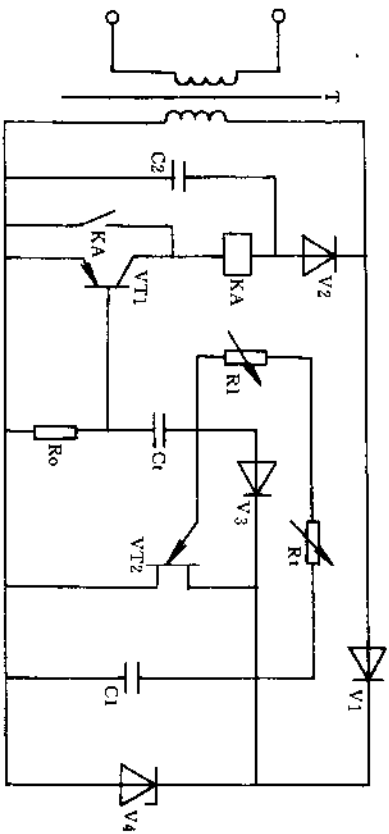


图 9-34 JSU 型晶体管时间继电器电路

图 9-34 所示为 JSU 型晶体管时间继电器电路。电路由电源、RC 充电回路、触发器及执行继电器四部分组成。当电源接通后，经整流、稳压，电阻 R_t 向电容 C_t 充电，当单结晶体管达到峰点电压后触发， C_t 经 R_0 放电， R_0 上产生脉冲电压，晶体管 VT1 从截止转变为导通，使继电器 KA 工作，KA 的触点提供所需的时延。电源断开后，电容 C_t 经二极管 V3 放电，为下一次延时作好准备。

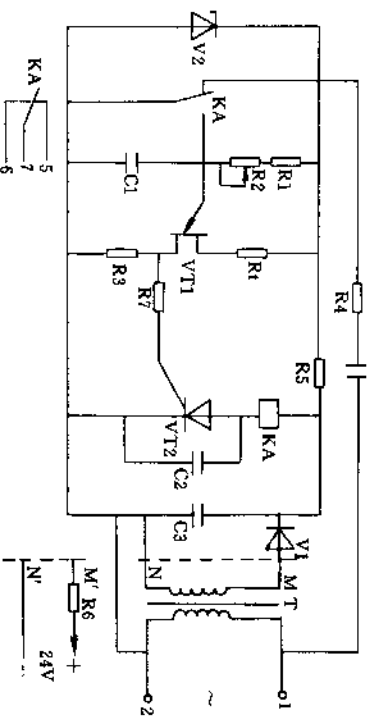


图 9-35 TJSB1 型晶体管时间继电器延时型电路

图 9-35 所示为 TJSB1 型晶体管时间继电器延时型电路。在电路中，控制电压经过降压、整流、滤波和稳压后，供单结晶体管 RC 元件组成的脉冲发生器。当单结晶体管导通时，电容放电，产生一个正脉冲电压加到晶闸管的控制板上，而后晶闸管导通，继电器 KA 动作。

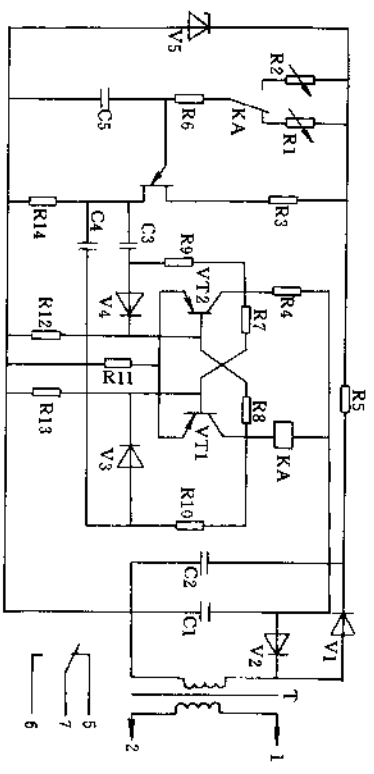


图 9-36 TJSB1 型晶体管时间继电器脉冲型电路

图 9-36 所示为 TJSB1 型晶体管时间继电器脉冲型电路。在电路中，单结晶体管按第一种时间规律 (R1C) 发出脉冲，触发双稳态触发器，使之翻转。接在触发器一侧的继电器线圈通电，继电器 KA 动作，同时继电器 KA 的辅助触点转换了 RC 积分电路，单结晶体管又按第二种时间规律 (R2C) 发出下一个脉冲，可使继

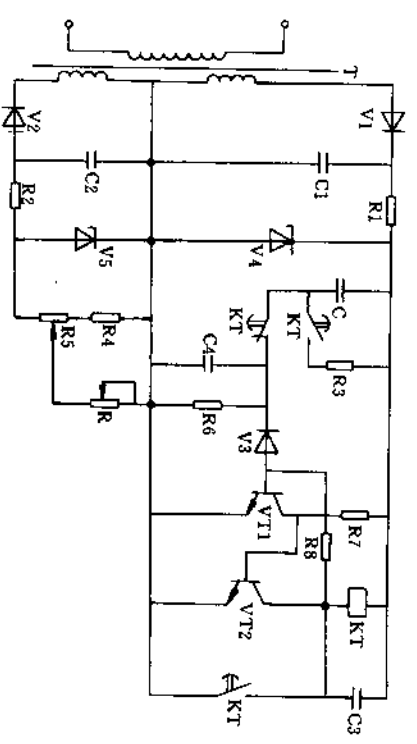


图 9-37 JS14 型晶体管时间继电器电路

电器复位，这样继电器就按两种时间规律往复动作，可有其特有的应用。

图 9-37 所示为 JS14 型晶体管时间继电器电路。从时间继电器电源变压器一次侧接通电源开始到预定延时，时间继电器动作，接通或断开外电路。

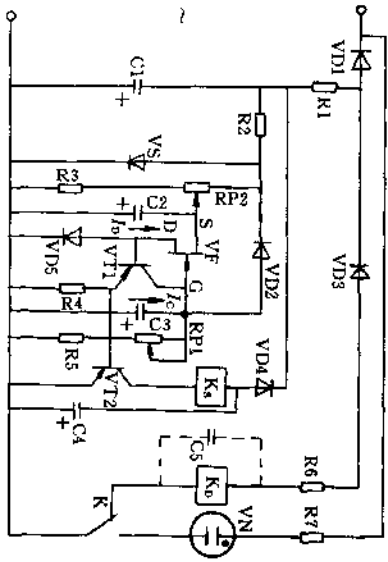


图 9-38 JS20 型系列晶体管时间继电器所用场效应管断电延时电路

图 9-38 所示为 JS20 型系列晶体管时间继电器所用场效应管断电延时电路。继电器的特点是采用场效应管和带单结晶体管，而且是断电延时型。

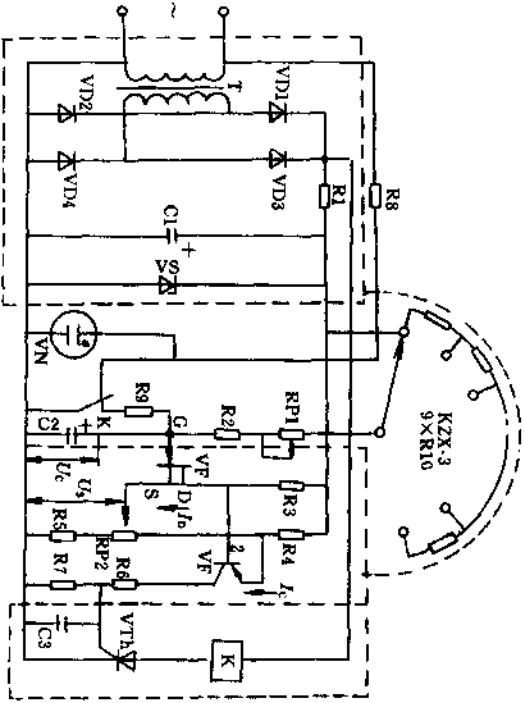


图 9-39 JS20 型系列晶体管时间继电器所用场效应管通电延时电路

图 9-39 所示为 JS20 型系列晶体管时间继电器所用场效应管通电延时电路。继电器的特点是采用场效应管、带单结晶体管和晶闸管，而且是通电延时型。

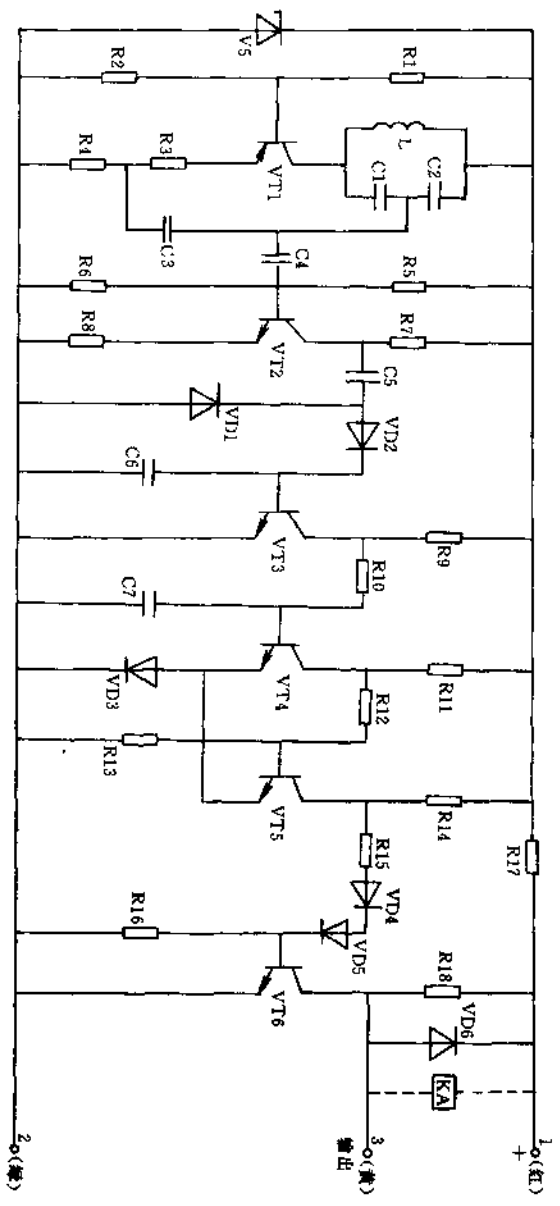


图 9-42 L12 系列晶体管接近开关原理电路图

图 9-42 所示为 L12 系列晶体管接近开关原理电路图。晶体管接近开关没有像普通行程开关那样的机械碰撞，克服了普通行程开关定位不准的缺点，可以作到准确定位，因而在机床中得到广泛应用。

参 考 文 献

- 1 国家标准局·电气制图及图形符号国家标准汇编·北京：中国标准出版社，1989
- 2 浙江大学工业电气自动化教研组·怎样读机床电路图·北京：机械工业出版社，1976
- 3 姜德希，齐继昭，王殿润，刘朴，王正伟，何尚义·机床电气线路图册·北京：中国农业机械出版社，1985
- 4 刘光源主编·实用维修电工手册·上海：上海科学技术出版社，1992
- 5 国家机械工业委员会统编·机床电气控制·北京：机械工业出版社，1988
- 6 国家机械工业委员会统编·机床电气控制设备·北京：机械工业出版社，1990
- 7 芮静康主编·中小型电机修理手册·北京：机械工业出版社，1997
- 8 芮静康编著·实用电工典型线路图例·北京：中国水利水电出版社，1998
- 9 钟肇新，彭侃·可编程序控制器原理及应用·广州：华南理工大学出版社，1991
- 10 谭家玉，陈荣耀，温力，宋志琴编著·家用电器的微机控制及维修技术·北京：电子工业出版社，1996
- 11 《电工手册》编写组·电工手册·上海：上海科学技术出版社，1978
- 12 《中国集成电路大全》编写委员会编·微型计算机集成电路·北京：国防工业出版社，1988
- 13 《电镀加工》编写小组编·电镀加工·北京：国防工业出版社，1969
- 14 李礼贤编·电子拖动与控制·北京：机械工业出版社，1986
- 15 李恩林·龙门刨床自动控制·北京：科学出版社，1978
- 16 清华大学电子工程系，工业自动化系编·晶体管脉冲数字电路·北京：科学出版社，1975
- 17 清华大学电子工程系；工业自动化系编·晶体管电路·北京：科学出版社，1974
- 18 复旦大学物理系编·半导体线路·上海：上海人民出版社，1972

[General Information]

书名=实用机床电路图集

作者=

页数=363

SS号=10900854

出版日期=

封面	-15
书名	-14
版权	-13
前言	-12
目录	-11
正文	1