



图解电工手册

快速接线模块：控制柜装配的全新概念

常规接线模式



快速接线模式



全球独家推出 全覆盖型省配线解决方案

接线端子柜

继电器柜

隔离器柜

安全栅柜



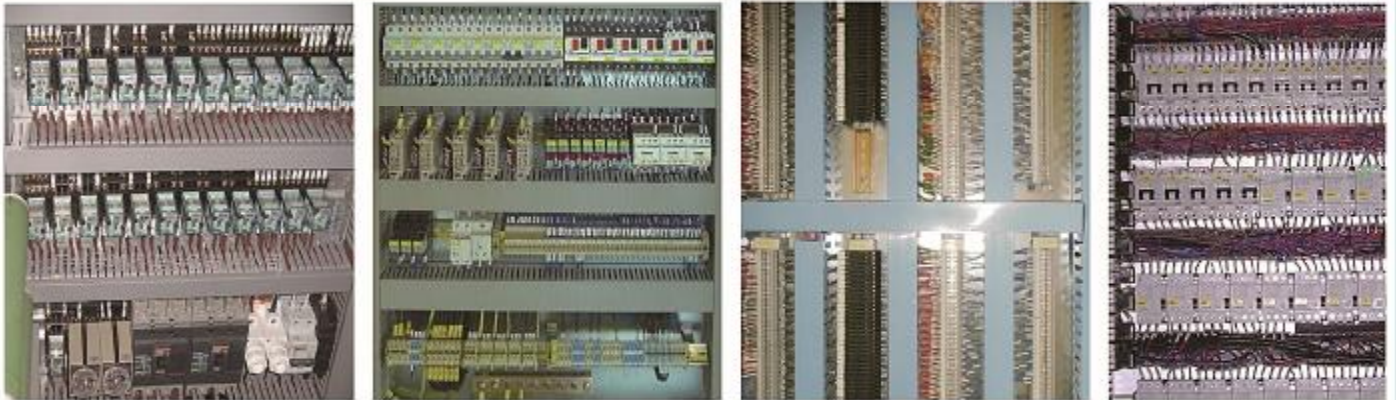
快速接线模块：控制柜装配的全新概念

传统接线模式

密密麻麻的电器元件：接线端子、保险、继电器、电源开关

塞满线槽的的配线：元件之间大量的连接导线，离开图纸无从下手

繁琐的工序：设计选型、配件采购、打孔、元件固定、配线、测试、整理



传统接线方式占空间大，导线多而杂乱，连接费时费力，出错不容易检修

适应现代工业的集成化模块产品

快速接线模式

适合多种DCS\PLC的标准化接口设计

LED电源指示

回路编号

双电源冗余输入—确保电源持续供给

电源异常报警输出—在线监控电源故障

接口输出电源供电设置可自由选择是否通过接口为DCS\PLC卡件供电

冗余接口

方便用记号笔标识端子板编号

方便拔插的隔离器或安全栅

用于固定隔离器或安全栅的卡扣

具有外观专利的高强度保护壳体和安装支架

方便地用记号笔标注回路及仪表位号

隔离器或安全栅接口

方便拔插的高强度端子，可以不拆线更换端子板

保护接地端子

方便用记号笔标识接口所对应的DCS卡件编号

模数化安装孔—配合模数化安装板可以免钻孔快速固定端子板

领先的技术 贴心的设计

快速接线模块：控制柜装配的全新概念

传统接线模式

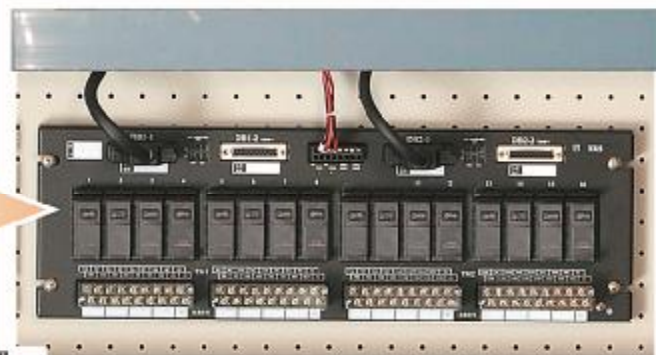
快速接线模式



控制组件



继电器隔离



隔离器安全栅



非隔离

- 一页简单表格替代配线蓝图
- 改变用途只需改动设置，为设计变更提供最大便利
- 让普工具备专业配线技工的装配水平
- 免拆线测试信号电流和故障指示功能轻松解决日常维护难题
- 丢掉米尺、电钻、打号机、压线钳、万用表和各式配件，一把螺丝刀搞定控制柜装配

快速接线模块：控制柜装配的全新概念

专利产品

多： 功能多、用途广

快： 设计快、施工快

好： 美观好用、可靠

省： 省人工、省材料

- **全系列模块化结构：** 将控制柜内接线附件设计成模块化结构的系列产品，包括信号输入输出、电源分配等，采用标准的安装尺寸，元器件透明化布置，指示一目了然，既美观又快捷。
- **功能全面：** 兼有信号隔离和驱动、本安保护、回路供电、卡件供电、信号指示、报警指示、回路保护、电源保护、信号转接等多项功能，全面提升配线质量。
- **简化设计和布线：** 采用板上跳线的型式解决了外部设备与系统卡件接线的差异化和复杂化问题。信号传输和供电巧妙有机的融合在一起，同一个卡件可以接驳不同类型的仪表和信号，只需改变板上跳线，减少了线路节点。盘内施工图纸简化为简单表格，降低了复杂线路对图纸的依赖性，彻底简化了施工图纸设计和盘内布线过程。
- **省略端子排：** 外部接线端配备的拔插式接线端子块可方便端子维修，更换端子板可不拆除接线。弹簧端子则具有接线快捷、压接可靠、故障率低的特点。1~2.5mm²导线可直接接驳端子板，不必再专门配备接线端子排。内部接线端采用专用接口，使用特制电缆与PLC或DCS快速插接。
- **全方位保护、不拆线停表、省略配电开关，避免误操作：** 各信号回路均配备了拔插方便的保险以提供全方位的安全保障，用户不必再为外部设备单独配备配电开关和保险端子。特别解决了DCS及PLC系统外围仪表停表的问题，检修、拆除外部设备只要拔下保险而不必拆线，既快捷高效又安全可靠防止错接。电源回路采用过压、过流、反接保护措施，确保系统设备安全运行。
- **LED指示、不拆线测电流，方便维护维修：** 电源回路和信号回路均配备全方位的LED信号指示及保险熔断报警，配合巧妙的不拆线测量信号电流技术，测量信号电流只要将电流表表笔插入测试孔即可，整个测量过程设备不断电、不影响正常测控过程，为维护工作提供了极大方便。
- **快速装配：** 使用本公司设计的带标准模数孔的专用安装背板，可以抛开钻孔工具，只需一把螺丝刀就能完成柜内电气元件的安装。

广泛兼容

兼容国内外主流品牌DCS\PLC控制系统



全面覆盖

涵盖非隔离、继电器隔离、隔离器、本安防爆四大类信号传输方式

快速接线模块方式



端子柜



继电器柜

第一章 电工基础知识

一、电工名词

电子:电子是带有负电荷的基本粒子,它的电量等于 1.6×10^{-19} 库仑。一库仑的电量等于 6.25×10^{18} 电子电量。一个电子的静止质量约为 9.1×10^{-31} 克。

电荷:电荷有两种,一种叫正电荷,一种叫负电荷,电子是电荷的最小单元。如果某物体失去或得到一些电子,则称该物体带电。失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电。电荷之间存在着相互的作用力,同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。

电流:带电质点有规则地运动这一物理现象称为电流。

电流强度:电流强度是用来衡量电流强弱的物理量。在数值上它等于单位时间内穿过导体横截面积的电量,单位为安培,简称安。

电流密度:在单位横截面积上通过的电流大小,称为电流密度。单位为安/毫米²。

电位:在电场中,单位正电荷从 a 点移到参考点时,电场力所做的功,称为 a 点对参考点的电位。在理论研究时,常取无限远点作为电位的参考点;在实际工程中,常取大地作为电位的参考点。电位的单位为伏特,简称伏。

电压:将单位正电荷由 a 点移到 b 点时,电场力所做的功,称为 a 点到 b 点的电压,亦叫 a 、 b 两点间的电位差。电压的单位为伏特,而称伏。

导体:带电质点能在其中自由移动的物体,称为导体。导体又分为第一类导体和第二类导体。各种金属,如金、银、铜、铝、铁、锡,以及人体、大地等,是第一类导体;各种酸、碱、盐的水溶液,即电解质,属于第二类导体。用金属直接接触正电和带负电的物体时,金属中的自由电子就移动到带正电的物体上,去补充电子的不足,而带负电的物体中的多余电子又跑到金属上来。至于第二类导体,则由于其内部存在着正、负离子,它们在导电时可以自由移动,因而成为导体。

绝缘体:某些物体,由于原子中的电子都被原子核紧紧地束缚住,几乎没有自由电子存在,所以导电能力是极为微弱的。这种几乎不能导电的物体,称为绝缘体,或称为电介质,如橡胶、塑料、云母、陶瓷、石蜡、胶木、纸、油类、绝缘漆、玻璃、干燥的木材和空气等。

半导体:导电性能介于导体和绝缘体之间的物体,称为

2 图解电工手册

半导体,目前应用最广的是硅、锗、硒等。

电导:表示导体传导电流的本领的物理量,称为电导,单位为姆欧(即 1/欧姆)。

电导率:电导率又称电导系数,是表示物质导电性能的参数,单位为(1/欧·米)。

电阻:导体一方面具有导电的能力,另一方面对电流通过又会产生阻碍作用,这种阻碍电荷移动的能力,称为电阻。电阻值的大小与导体的长度 l 成正比,与导体的横截面积 s 成反比。此外,它还与导体的材料有关。电阻

$$R = \rho \frac{l}{s} \text{ (欧)}$$

式中: ρ —导体的电阻率(欧·毫米²/米);

l —导体的长度(米);

s —导体的横截面积(毫米²)。

电阻率:电阻率又称电阻系数,是表示物质导电性能的参数,单位为欧姆·毫米²/米。电阻率的数值等于用该种物质做成的长为 1 米,横截面积为 1 平方毫米的导线的电阻值(在温度为 20℃ 时)。不同的材料,电阻率也不同,材料的电阻率愈大,导电性能愈差。

电阻温度系数:电阻的温度系数是表示物质的电阻率随温度而变化的物理量,单位为 1/℃。在一般温度条件下,电阻率随温度的变化可用下式表示:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

式中: ρ_0 —金属材料在 0℃ 时的电阻率;

ρ —金属材料在 t ℃ 时的电阻率;

α —金属材料的电阻温度系数。

若金属材料的温度由 t_1 变到 t_2 时,电阻率从 ρ_1 变到 ρ_2 , 两者之间可用下列关系式表示:

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha(t_2 - t_1))$$

直流:若电流的大小和方向不随时间而变化,而这种电流称为恒定流,又称直流。

电磁感应现象:当穿过闭合回路所包围的面积磁通量发生变化时,回路中就会产生电流。这种现象,叫做电磁感应现象。回路中所产生的电流,叫做感应电流。另一种现象是,当闭合回路中的一段导线在磁场中运动,并切割磁力线时,导线中也产生电流。这是用不同的方式对同一物质进行观察所得的两个现象。实际上,两种现象是统一的。要观察到切割磁力线的导体中有电流,必须建立一个闭合回路进行测量。切割磁力线的过程,亦可看作是闭合回路中磁通量变化的过程。故两种现象实际上是一致的。

感应电动势及其方向:根据电磁感应现象,可以知道回路中出现感应电流,表明回路中有一种力量在推动电荷运动,我们称它为感应电动势。闭合回路中的感应电动势又

总是企图产生一个电流,该电流产生的磁通量将力图附时原来磁通量的变化,该电流的方向就是感应电动势的方向。

电磁感应定律:回路中的感应电动势,与回路中磁通量对时间的变化率 $\frac{d\Phi}{dt}$ 成正比。如果回路由 N 匝组成,且线圈绕得很紧密,使每一匝都通过同一个磁通量 Φ 时,则感应电动势与匝数 N 亦成正比。感应电动势

$$e = \frac{d\Phi}{dt} \text{ (伏)}$$

式中: Φ —磁通量(韦伯)。

由于磁通的正方向和感应电动势的正方向是按右螺旋法则来规定的(即以翘起的大拇指所指的方向为磁通的正方向,并以右手弯曲的四指规定为回路感应电动势的正方向),故式中已现负号。亦即表示了当磁通是增加的变化时,在回路中所感应的电动势将力图产生一个磁通,来削弱这个变化。

右手定则:导体在磁场中作切割磁力线的运动时,将产生感应电动势。其中磁力线方向,导体运动方向和感应电动势方向三者间存在着固定的关系,称为右手定则。也就是伸开右手手掌,使拇指和其他四指垂直,让磁力线从手心正向通过,使拇指指着导体运动方向,则其他四指的指向即为感应电动势的方向。右手定则,又称为发电机定则。

左手定则:当载流导体置于磁场中,则载流导体将受

到力的作用。其中磁力线方向、载流导体中的电流方向和载流导体受到的作用力的方向三者之间存在着固定的关系,称为左手定则。即伸开左手手掌,使拇指和其他四指相垂直,让磁力线从手心正向通过,使四指指向电流的方向,则大拇指的指向即为导体受力的方向。左手定则,又称为电动机定则。

电感:由于通过闭合回路(或线圈)自身的电流变化,引起穿过它本身的磁通量跟着发生变化,而产生感应电动势的现象,叫做自感现象。穿过闭合回路(或线圈)的磁通与产生此磁通的电流之间的比值,叫做回路(或线圈)的自感系数,简称自感,通常以字母 L 表示,单位为亨利,或简称亨。

当两个闭合回路(或线圈)相互靠近,其中一个回路(或线圈)中的电流变化,引起穿过另一个回路(或线圈)所包围的磁通量跟着变化,而在该另一回路(或线圈)中产生感应电动势的现象,叫做互感现象。自第一个回路(或线圈)的电流所产生与第二个回路(或线圈)相链的磁通,同该电流的比值,叫做第一个回路(或线圈)对第二个回路(或线圈)的互感系数,简称互感,通常以字母 M 表示,单位为亨利,或简称亨。

电感这一名称,是自感与互感的统称。

感抗:当交流电流通过具有电感的电路时,电感具有阻碍

4 图解电工手册

碍交流电流通过的作用。这种作用,称为感抗,其数值可由下式求得:

$$X_L = 2\pi fL \text{ (欧)}$$

式中: X_L —自感抗(欧);

f —电流的频率(周/秒或赫);

L —自感(亨)。

或有 $X_M = 2\pi fM$ (欧)

式中: X_M —互感抗(欧);

f —电流的频率(周/秒或赫);

M —互感(亨)。

电容:表示两个分隔开来的导体储存电荷能力的一个参数,叫做电容,以字母 C 表示。它在数值上等于导体所具有的电量与所具有的电压(两导体的电位差)的比值。单位为法拉,或简称法。

容抗:当交流电流通过具有电容的电路时,电容具有阻碍交流电流通过的作用,称为容抗,其数值可由下式求得:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \text{ (欧)}$$

式中: X_C —容抗(欧);

f —电流的频率(周/秒或赫);

C —电容(法拉)。

阻抗:当交流电流通过具有电阻、电感和电容的电路时,它们所共同产生的阻止交流电流通过的作用,称为阻抗,其数值可由下式求得:

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2} \text{ (欧)}$$

式中: Z —阻抗(欧);

R —电阻(欧);

f —频率(周/秒);

L —电感(亨);

C —电容(法拉)。

交流:大小和方向随时间作周期性变化的电流,称为交流。

电动势、电压和电流的大小随时间作正弦规律变化的电路,称为正弦交流电路。它是交流电路最基本的形式。

频率:在一秒钟内,交流电所完成的交变次数,称为频率。用字母 f 表示,单位为周/秒,或称赫兹,简称赫。

我国发电厂所生产的交流电,频率为 50 周/秒。这一频率定为工业标准频率,简称工频。

周期:交流电完成一次交变所需要的时间,称为周期,用字母 T 表示,单位为秒。

周期和频率的关系为:

$$f = \frac{1}{T}$$

以及

$$T = \frac{1}{f}$$

振幅: 交流电流或电压在一个周期内出现的最大值, 叫做交流电流或交流电压的振幅。

相角与相角差: 交流电瞬时值的表达式中, 正弦(或余弦)符号后面相当于角度的量, 叫做交流电的相角, 又叫相位, 位相或周相。例如, 正弦交流电动势瞬时值 e 的表达式为:

$$e = E_m \sin(\omega t + \psi_0)$$

其中 $(\omega t + \psi_0)$ 即为正弦交流电动势的相角。当 $t = 0$ 时, 相角等于 ψ_0 , 称为初相角, 简称初相。两个频率相同的正弦量的初相角之差, 称为相角差或相差。相角差等于零的两个正弦量, 称为同相。

角频率: 相角在每秒中变化的角度以弧度数来表示, 称为角频率, 以 ω 来表示, 单位是弧度/秒。即

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} \text{ (弧度/秒)}$$

式中: f —频率(周/秒);

T —周期(秒)。

有效值: 将交流电流 i 通过一个电阻, 在一个交流周期内所损失的电能, 若与一个直流电流 I 通过同一电阻时所损失的电能相等的话, 则把该直流电流的大小, 作为交流电流 i 的有效值, 以 I 表示。

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

由于有效值是按上式定义的, 所以又称均方根值。

对于正弦交流电流 $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ 及交流电压 $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$, 其有效值用下式表示:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2(\omega t + \psi_i) dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \sin^2(\omega t + \psi_u) dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

在电气设备和电气元件上所标出的额定电压、额定电流, 如无特别说明, 则指的都是有效值。

平均值: 正弦交流的平均值, 是指一个周期内绝对值的平均值, 也就是正半周期内的平均值。故正弦交流电流或电压的平均值为:

$$I_a = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} I_m \sin(\omega t + \psi_i) dt = \frac{2}{\pi} I_m$$

$$U_a = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U_m \sin(\omega t + \psi_u) dt = \frac{2}{\pi} U_m$$

6 图解电工手册

瞬时功率: 交流电路中任一瞬时的功率, 称为瞬时功率。如电压的瞬时值用 u 表示, 电流的瞬时值用 i 表示, 且两者的方向相同, 则瞬时功率

$$p = ui$$

有功功率: 交流电路功率在一个周期内的平均值, 称为平均功率, 或称有功功率, 以 P 表示, 单位为瓦。

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt$$

对于正弦交流电路,

$$P = UI \cos \varphi \text{ (瓦)}$$

式中: U —电压有效值(伏);

I —电流有效值(安);

$\cos \varphi$ —功率因数。

视在功率: 具有电阻及电抗的电路, 其电压有效值与电流有效值的乘积, 称为视在功率, 以字母 S 表示, 单位为伏安。

$$S = UI \text{ (伏安)}$$

式中: U —电压有效值(伏);

I —电流有效值(安)。

功率因数: 有功功率与视在功率的比值, 称为功率因

数, 通常以 $\cos \varphi$ 表示, φ 角称为功率因数角。

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

式中: P —有功功率(即平均功率);

S —视在功率。

由于平均功率是小于或等于视在功率的, 所以功率因数 ($\cos \varphi$) 的数值在 0 与 1 之间。

无功功率: 在具有电感或电容的电路中, 电感或电容在半个周期的时间里把电源送来的能量储存起来, 而在另半个周期里又把能量送还电源, 这样周而复始, 只是与电源交换能量, 并不真正消耗能量, 为了电工计算上的需要, 将这个与电源交换能量的速率的振幅值, 称为无功功率, 并以字母 Q 表示, 单位为乏。

电路: 用导线将电源和负载按一定方式连接起来的通路, 叫电路, 即电流所经之路。电路的形式和作用多种多样, 有为了传送或分配电力而构成的电路; 有为了处理和传输信号而构成的电路等等。当电流通过电路时, 接在电路中的负载将电能转换成人们所希望获得的能量形式, 电源起着把其他形式的能量转变成电能的作用, 连接导线起着输送和分配电能的作用。

支路电流法:在复杂电路的计算中常采用这个方法。它是以支路电流为未知量,直接应用基尔霍夫第一定律及第二定律,列出所需要的方程,而后联立解出各未知支路电流的方法。

回路电流法:这是复杂电路计算中的常用方法。它是回路电流为未知量,并应用基尔霍夫第一定律及第二定律列出所需要的方程,而后联立解出各未知的回路电流,再利用迭加法,最后求得各支路电流的方法。

节点电位法:是从各节点电流代数和为零的思想出发,但 $\sum I=0$ 这个关系不以电流来表示,而是以电路中各节点电位为未知量的形式表示出来,并求解联立方程。求出各点电位后,可进一步确定电路中各支路电流及电压值。目前,在复杂电路的计算中,这是一个很重要的方法。

迭加定理:在线性电路中,任一支路电流(或电压),都是电路中各个电动势单独作用时,在该支路中产生的电流(或电压)的代数和。线性电路的这一性质称为迭加定理。

如果线性电路中几个电源同时作用,那末迭加定理仍然适用。此时,任一支路电流(或电压),都是电路中各个电源单独作用时,在该支路中产生的电流(或电压)的代数和。这是指的某个电源单独作用,就是把该电

源断开。

等效电源定理(即戴文宁定理):一个线性的有限二端网络,可以用一个等效电源代替,这一等效电源的电动势 E ,等于有限二端网络两个接线端的开路电压。它的内阻 R ,等于其内部电动势都设为零时,在两个接线端的等效电阻。这个定理叫做等效电源定理。

三相正弦交流电动势:由三相交流发电机产生的三个正弦交流电动势 e_a, e_b, e_c ,构成了一组三相电动势,并称为 a 相电动势, b 相电动势和 c 相电动势。它们的瞬时值可写为:

$$\begin{aligned} e_a &= E_m \sin \omega t \\ e_b &= E_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ e_c &= E_m \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$

式中: E_m —电压的振幅值;
 ω —角频率。

相电压:三相电源中,任一相火线与中性线之间的电压,叫做相电压。

线电压:三相电源中,任意两根火线之间的电压,叫做线电压。

相电流:三相负载中,每相负载中流过的电流,叫做相电流。

线电流:三相电源线各线中流过的电流,叫做线电流。

8 图解电工手册

磁场:若将磁生体或载流导体靠近磁体,或靠近另一载流导体的附近时,该磁性物质或载流导体将受到力的作用。这个现象说明,磁铁或该另一载流导体,在其周围的空气建立了磁场。

磁感应强度:在磁场中的某一点上,单位正电荷以单位速度向着与磁场方向相垂直的方向运动时,所受到的磁场力,称为该点的磁感应强度,以字母 H 表示,单位为韦伯/米² 或高斯。

磁通量:磁通量即磁感应强度的通量,简称磁通,以字母 Φ 表示,单位为韦伯或麦克斯韦。在均匀磁场中,通过垂直于磁场面积 S 的磁通量为:

$$\Phi = BS \text{ (韦伯)}$$

式中: B —磁感应强度(韦伯/米²);

S —垂直于磁场的截面积(米²)。

磁通密度:垂直于磁场单位截面积上通过磁通量的大小,叫磁通密度。因此,磁通密度和磁感应强度在数值上是一致的,也以字母 B 表示,单位为韦伯/米² 或高斯。

磁阻:表示磁路对磁通所起的阻碍作用,以字母 R_m 表示,单位为 1/亨。

剩磁:将铁磁物质放在外磁场之中,铁磁物质将被磁化(带有磁性)。当外磁场消失后,铁磁物质仍保留一定的磁性,就叫剩磁。永久磁铁,就是剩磁很强的磁性物质。

二、电工常用字母和图形符号

(一) 电工常用字母符号表

表 1-1 电工常用基本符号

基本符号	名称	基本符号	名称	基本符号	名称
R	电阻(器)	J	继电器	A	安培表
L	电感(器)	C	电容器	mA	毫安表
C	电容(器)	Q	启动器	μA	微安表
DK	电抗(器)	KZ	控制器	kA	千安表
W	电位(器)	T	调节器	V	伏特表
G	发电机	G	电子管	uV	毫伏表
M	电动机	ZL	整流器	VV	千伏表
L	扬声器	S	扬声器	W	瓦特表
FD	放大灯(组)	Y	扬声器	kW	千瓦表
Q	继电器	Z	整流器	var	乏表
T	变压器	XZ	组合器	Wh	千瓦时表
H	互感器	YA	预选器	Ah	安时表
UB	相位表	ZJ	中继器	varh	乏时表
FL	分频器	ZG	分频器	Hz	频率表
FL	分压器	LB	滤波器	cos ϕ	功率因数表
DQ	电桥	DB	电动机	Q	欧姆表
K	开关	DL	电动机	M Ω	兆欧表
ES	电铃	ED	灯	μ	相位表
AN	安匝	DX	电池	n	转速表
DL	断路器	HL	信号灯	r	阻表
RD	熔断器	X	导线		

表 1-2 通用文字符号表 (续)

文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称
BLK	饱风电抗器	DSD	多速电动机	BL	变频器	JK	极限开关
XLK	限流电抗器	SD	伺服电动机	YX	移相器	MK	灭磁开关
PKK	平波电抗器	DQ	定子绕组	ZZJ	自整角机	JDK	接地开关
JK	均衡电抗器	ZQ	转子绕组	YP	感应发送器	DK-KD	刀开关-熔断器
QK	启动电抗器	LQ	励磁绕组	D-F	电动机组	GK RD	隔离开关 熔断器
ZLF	直流发电机	BQ	并励绕组	GD	高压断路器	QA	启动按钮
JLF	交流发电机	GKQ	串励绕组	YOD	刀断路器	TA	停止按钮
GS(YF)	同步发电机	V(LB)	电力变压器	KQD	空气断路器	KA	控制按钮
YF	异步发电机	SYD	升压变压器	ZKD	真空断路器	CA	操作按钮
	(感应发电机)	JYB	降压变压器	CD	磁吹断路器	HA	合闸按钮
QF	汽轮发电机	ZDB	自耦变压器	KTJ	快速断路器	XA	信号按钮
SF	水轮发电机	LB	隔离变压器	DK	刀开关	YA	试验按钮
CYF	柴油发电机	DLB	电炉变压器	CO	串励绕组	JCA	检查按钮
TG(CSF)	调速发电机	ZB	照明变压器	TQ	他励绕组	TA	联锁按钮
ZLD	直流电动机	ZB	整流变压器	TXQ	换向绕组	SA	事故按钮
ILD	交流电动机	DHB	饱和变压器	BLQ	补偿绕组	DA	短路按钮
MS(TD)	同步电动机	QB	启动变压器	KQ	控制绕组	FA	复位按钮
YD	异步电动机	WB	稳压变压器	WQ	稳定绕组	GK	隔离开关
	(感应电动机)	WB	稳压变压器	SYK	水银开关	FK	负荷开关
LD	鼠笼电抗器	LB	励磁变压器	JJK	接近开关	ZK	自动开关
HD	滑环电抗器	LH	电抗互感器	JTK	脚踏开关	HK	转换开关
HXD	换向器电动机	YH	电压互感器	KK	控制开关		(组合开关)
QD	牵引电动机	TY	撞击器	CK	行程开关	WK	微动开关
		FL	变频器	XWK	限位开关	WJ	温度继电器
				ZDK	终端开关	RJ	热继电器

10 图解电工手册

(续)

(续)

文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称
PJ	频率继电器	GYJ	过电压继电器	WZ	稳态继电器	CT	插头
YLJ	压力继电器	LJ	电流继电器	ZZ	整流器	CZ	插片
SDJ	速度继电器	LLJ	零电流继电器	GHZ	汞弧整流器	SH	试验室
JSJ	加速继电器	QLJ	欠电压继电器	QC	启动接触器	WY	稳压器
TJ	同步继电器	GLJ	过电流继电器	JSC	加速接触器	WT	稳压器
H	热继电器	MLJ	过电压继电器	ZDC	自动接触器	DR	电热器
WCJ	无触点继电器	GJ	功率继电器	LC	电磁接触器	RDB	热电变换器
KJ	控制继电器	SJ	时间继电器	QJC	驱动接触器	SD	受心器
ZDJ	制动继电器	ZC	中间接触器	ZC	正转接触器	HD	红灯
HJ	合闸继电器	CQ	远方启动器	FC	反转接触器	LD	绿灯
TJ	脱钩继电器	ZQ	直流启动器	HC	合闸接触器	VD	灭灯
LSJ	联锁继电器	JYQ	降压启动器	LSC	限位接触器	SD	白灯
ZJ	中间继电器	XIQ	星-三角启动器	DM	动力母线	AD	灭灯
JCJ	检查(监察)继电器	OBQ	自耦变压器启动器	ZM	照明母线	MD	灭灯
XJ	信号继电器	TK	主令控制器	ZM	控制母线	XD	信号灯
JDJ	接地继电器	PK	平面控制器	ZDM	制动母线	ZSD	指示灯
CJ	差动继电器	TK	主令控制器	XM	信号母线	ZD	照明灯
GYC	高压控制器	XK	顺序控制器	DC	电铃	YDC	原电池
ZLC	有源接触器	CK	行程控制器	CM	操作母线	XDC	蓄电池
JLC	交流接触器	JF	自机放大器	DL	电铃	DCZ	电池组
XLC	直流接触器	CF	磁放大器	JD	警笛	FD	放电器
FZC	辅助接触器	GF	功率放大器(机)	FM	蜂鸣器	DT	电磁铁
YJ	电压继电器	MCF	脉冲放大器	ZS	指示器	CLH	电磁离合器
LYJ	零电压继电器	TZ	氧化亚铜整流器	SG	闪光器	DS	口吸
QYJ	欠电压继电器	XZ	整流器	LP	连接片	DL	电铃

表 1-3 电气设备常用基本文字符号

(续)

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元件种类	举 例	单字母符号	双字母符号	设备、装置和元件种类	举 例
A		组件	分频元件放大器	B			自整角机
A			激光器	B			旋转变压器
A		部件	调节器	B			模拟和数字变换器及传感器(用作指示和测量)
A			本表其他地方未规定的组件、部件	B	BP		压力变换器
A	AB		电 机	B	BQ		位置变换器
A	AD		晶体管放大器	B	BR		电阻变换器(测速发电机)
A	AI		集成电路放大器	B	BT		温度变换器
A	AM		磁放大器	B	BS		速度变换器
A	AV		电子管放大器	C		电容器	电容器
A	AP		印刷电路板	D			数字集成电路和插件:
A	AT		抽气机	D			延迟线
A	AR		交采盘	D			双稳态元件
B			热电传感器	D			单稳态元件
B		变换器(从非电量到电)	热电阻	D			磁芯存储器
B			光电池	D			寄存器
B		量传感器或	测功计	D			磁带记录机
B		电量到非电	液体换能器	D			盘式记录机
B		量变换器)	压电器	F			本表其他地方未规定的器件
B			热敏器	F	EII	其他元件	发热器件
B			热敏器	F	FI		照明灯
B			声 机	F	EV		空气调节器

12 图解电工手册

(续)

(续)

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	举 例
F		保护器件	过电压放电器件
F			避雷器
F	FA		具有瞬时动作的过流保护器件
F	FR		具有延时动作的过流保护器件
F	FS		具有延时和瞬时动作的限流保护器件
F	FU		熔断器
F	FV		限压保护器件
G		发电机	旋转发电机
G			微逆变器
G	GS		发电机
G	GS		同步发电机
G	GA		异步发电机
G	GB		蓄电池
G	GF		旋转式或固定式变频器
H	HA	信号器件	音响指示器
H	HL		光指示器
H	HL		指示灯
J			
K	KA	继电器	瞬时接触继电器
K	KA		瞬时或无牌电器
K	KA		交流继电器

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	举 例
K	KL		闭锁接触继电器 (机械闭锁或永磁式有锁闭继电器)
K	KL		双稳态继电器
K	KM		接触器
K	KP		交流继电器
K	KR		簧片继电器
K	KT		延时或无牌电器
K	KR		直流继电器
L		电感器	感应线圈
L			线路电感器
L			电抗器
M		电动机	电动机
M	MS		电动机
M	MC		可编发电机或电动机用的电机
M	MT		力矩电动机
N		运算器件	运算放大器
N			混合模拟/数字器件
O			
P		测量设备	指示器件
P			记录器件

(续)

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	举 例
P			测量仪器
P			信号发生器
P	PA	试验设备	电压表
P	PC		(脉冲)计数器
P	PJ		电度表
P	PS		记录仪器
P	PT		时钟、操作时间表
P	PV		电压表
Q	QF		断路器
Q	QM	电力电路的	电动机保护开关
Q	QS	开关器件	隔离开关
R		电阻器	电阻器
R			变阻器
R	RP		电位器
R	RS		测量分路器
R	RT		热敏电阻器
R	RV		压敏电阻器
S			数字显示器
S		控制、记忆、信	址接收
S	SA	电力电路的开关	控制开关
S	SA	操作选择器	试验开关

(续)

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	举 例
S	SB		按钮开关
S			阻电式有或无传感器(单级数字传感器)
S	SD		液体负荷传感器
S	SP		压力传感器
S	SQ		位置传感器(包括接近传感器)
S	SR		转速传感器
S	ST		温度传感器
T	TA		电流互感器
T	TC	变压器	控制电路电源用变压器
T	TM		电力变压器
T	TS		感温元件
T	TV		电压互感器
U		调节器 变频器 变换器	稳压器
U			整流器
U			变频器
U			整流器
U			变频器
U			逆变器
U			电压源逆变器

14 图解电工手册

(续)

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	举例
V			气体放电管
V		电子管	二极管
V		晶体管	晶体管
V			热敏管
V	VF		电子管
V	VC		控制电路用电源的稳流器
W		传输通道	导线
W		波导	电缆
W		天线	母线
W			波导
W			波导定向耦合器
W			偶极天线
W			抛物天线
X			连接插头和插座
X		端子	接线柱
X		插头	电缆制槽和接头
X		插座	焊接端子板
X	XB		过线片
X	XI		测试插孔
X	XP		插头

(续)

单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	举例
X	XS		插座
X	XT		端子板
Y		电气操作的	气阀
Y	YA	机械器件	电磁铁
Y	YB		电磁制动器
Y	YC		电磁离合器
Y	YH		电磁吸盘
Y	YM		电动机
Y	YV		电磁阀
Z		终端设备	
Z		混合变压器	电阻平衡网络
Z		滤波器	电压扩展器
Z		均衡器	晶体管放大器
Z		限幅器	可逆

辅助文字符号是用来表示电气设备、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”，“L”表示“限制”，“RD”表示红色等。

表 1-4 常用辅助文字符号

名 称	文字符号	名 称	文字符号
电 流	A	级 地	E
模 拟	A	级 地	EM
文 流	AC	快 速	F
自 动	A, AUT	反 控	FR
加 速	ACU	正 前	FW
能 量	ADH	继 电	GN
可 调	ADJ	高 输入	H
辅 助	AUX	增 加	IN
异 步	ASY	增 加	INC
制 动	D, DRK	感 应	IND
黑 色	BK	左 侧	L
同 后	EL	低 电	L
控 制	BW	低 电	L
顺 时	C	闭 锁	LA
逆 时	CW	主 机	M
延 时(延迟)	CCW	中 间	M
总 动	D	中 间线	M
数 字	D	手 动	M, MAN
降 压	D	中 性线	N
有 流	DC	断 开	OFF
频	DEC	闭 合	ON
		输 出	OUT

(续)

名 称	文字符号	名 称	文字符号
压 力	P	位 置 定 位	S, SCL
保 护	P	施 刑	SAT
保 护 接 地	PE	步 进	STE
保 护 接 地 与 中 性 线 共 用	PEN	停 止	STP
不 接 地 保 护	PC	同 步	SYN
记 录	R	温 度	T
右 侧	R	时 间	T
反 复	R	无 噪 声(或 干 扰)接 触	TE
复 位	RD	真 空	V
备 用	R, RST	速 度	V
运 转	RES	与 压	V
信 号	TUN	白 色	WH
起 动	S	黄 色	YE
	ST		

表 1-5 常用电工物理量符号及其单位

名 称	符 号	单 位	代 号	转 换 单 位	转 算 法
电 量 Q	库伦(C)	安培(A)	微安(μA)	微安(μA)	1C=1A·s
电 流 I	安培(A)	毫安(mA)	微安(μA)	毫安(mA)	1A=1000mA 1mA=1000μA

16 图解电工手册

(续)

名称符号	单位	代号	辅助单位	换算法
电阻	R	欧姆	Ω	千欧 = 1000 欧 = 10 ³ 欧 兆欧 = 10 ⁶ 欧
电压	V, U	伏特	V	千伏 = 10 ³ 伏 毫伏 = 10 ⁻³ 伏 微伏 = 10 ⁻⁶ 伏
电动势	E, ε	伏特	V	毫伏 = 10 ⁻³ 伏 微伏 = 10 ⁻⁶ 伏
电导	G	西门子	S	1 微姆 = 10 ⁻⁶ 姆
电导率	γ	西门子/米	S/m	1 微姆 = 10 ⁻⁶ 姆 1 微姆 = 10 ⁻⁶ (欧姆) 的倒数
电感	L	亨利	H	1 毫亨 = 10 ⁻³ 亨 1 微亨 = 10 ⁻⁶ 亨
互感量	M	亨利	H	1 毫亨 = 10 ⁻³ 亨
感抗	X _L	欧姆	Ω	
容抗	X _C	欧姆	Ω	
阻抗	Z	欧姆	Ω	
电抗	X	欧姆	Ω	
功	W(A)	伏耳	J	1 焦耳 = 10 ⁷ 尔格
微	W(W)	焦耳	J	1 瓦秒 = 1 焦耳 1 瓦时 = 3600 焦耳 1 千瓦时 = 3600000 焦耳
功率	P	瓦特	W	1 千瓦 = 10 ³ 瓦

(续)

名称符号	单位	代号	辅助单位	换算法
功率	P	千瓦	kW	1 千瓦 = 1.36 马力 (1 马力 = 736 瓦(公制)) 1 马力 = 746 瓦(英制)
热量 Q, (Q)	卡	Cal	大(千)卡 kcal	1 大卡 = 10 ³ 卡
磁通量 Φ, (Φ)	韦伯	Wb		1 韦伯 = 10 ⁸ 麦克斯韦
磁通密度 B	特斯拉	T	高斯 Gs	1 T = 10 ⁴ Gs
磁导率 μ	亨利/米	H/m	安培/安培 A/m	1 安培/安培 = 1 亨利/米
磁导率 μ _r	无单位			1 亨利/米 = 1.257 亨利/米
电动势 E _m (E)	伏/米	V/m		1 伏/米 = 1.257 高斯
磁阻 R _m (R)	安培/安培	A/A		1 安培/安培 = 0.796 安培
磁阻 R _l (R)	安培/安培	A/A		
频率 f	赫兹(Hz)	Hz	千赫 kHz	1 千赫 = 10 ³ 赫 兆赫 MHz 1 兆赫 = 10 ⁶ 赫 = 10 ³ 千赫
波长 λ	米	m	厘米 cm	1 米 = 100 厘米

表 1-6 常用技术参数符号
















量的名称	量的符号	量的名称	量的符号
频率	f	阳极电压瞬时值	U_a
角频率	ω	阴极电压瞬时值	U_c
周期	T	谐振频率, 中心频率	f_0
波长	λ	谐振频率	f_m
时间	t	击穿电压	V_p
时间常数	τ	上升时间	t_r
占空系数	q	(脉冲前沿宽度)	
幅度系数	a	下降时间	t_f
集流深度	δ	(脉冲后沿宽度)	
振幅	A	脉冲宽度	t_w
输入功率	P_n	脉冲后沿宽度	t_f
输出功率	P_x	脉冲间隔	t_p
容抗系数	α_c	特征阻抗(波阻抗)	ρ
电阻强度系数	α_r	截止角	θ
电流幅值	I_m	通频带	Δf
电流最大值	I_{max}	反馈系数	β
电流最小值	I_{min}	调制度	M
电压幅值	U_m	未调制电压	V
电压最大值	U_{max}	频率失真系数	M
电压最小值	U_{min}	噪声系数	F
电子管内阻	R_i	信噪比	N
电子管跨导	S	跨阻电阻	R_o

量的名称	量的符号	量的名称	量的符号
电子管放大系数	K	辐射功率	P_e
阳极电流	I_a	驻波系数	S
阳极电流瞬时值	i_a	行波系数	K
阴极电流	I_c	反射系数	ρ
阴极电流瞬时值	i_c	天线增益	G
屏极电流	I_k	天线方向性系数	D
屏极电流瞬时值	i_k	天线效率	η
灯丝电流	I_f	天线面积	A_f
饱和电流	I_s	发射效率	σ











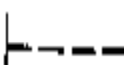

注: 同一个字母代表不同的概念, 而且在同一场合下经常会发生混淆时, 可以将其中一个下标而小写字母改为大写字母, 代表输入、输出、击穿等符号 α_c, α_r 等, 若与其他意义的下标组合使用时, 可以省略为 α_c, α_r 。

(二) 电工常用图形符号表

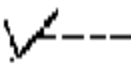



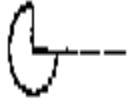

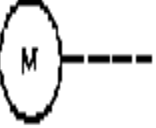
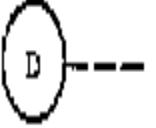
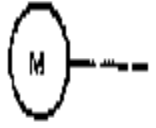
表 1-7

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
直 流	 或 	 或 	 或 
交 流			
交 直 流			
具有交流分量的 整流电流			

(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
低频(工频)			
中频(音频)			
高频 (超声波、射频或射线)			
手动操作			

(续)










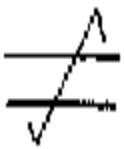
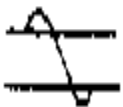
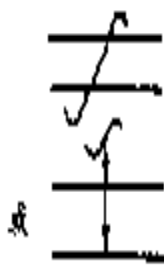
名 称	中 国		国际电工委员会
	原符号	旧符号	
脚踏操作			
制动器或能操作			
凸轮操作			
电动机操作			

(续)









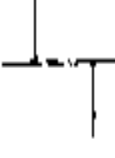




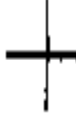

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
气动或液压操作			
接 地			
接机壳			
变频器			

22 图解电工手册

(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
永久磁性		N  S	
导线、母线和电缆的一般符号			
柔软导线			
板层台导线			

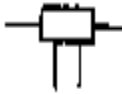








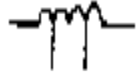

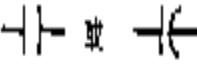




(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 号 号	旧 号 号	
绝缘导线			
屏蔽电缆			
导线的连接			
			
导线的不连接			

24 图解电工手册

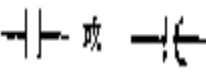
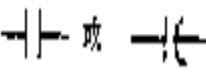
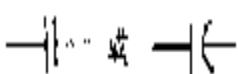


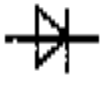


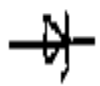
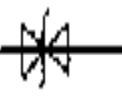
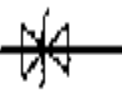

(续)

名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
端子			
插头和插座	 或 	 或 	 或
连接片	 或 		 或
电阻器的 符号与	 或 		 或

名称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
两个固定抽头的电感器			
电感器			或  或 
有两个抽头的电感器			 或 
电容器 旧符号	 或 		 或 

26 图解电工手册

(续)




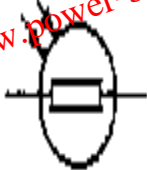

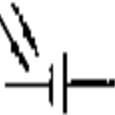
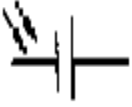
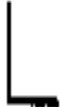

名称	内 置		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
极性电容器			
半导体二极管 新符号			
单向击穿二极管			
双向击穿二极管			

(续)

名 称	中 国		国际电工符号
	文字符号	图形符号	
二极管整流管			
MN型三极管			
PNP型三极管			
N型沟道结型场效应管			

28 图解电工手册

(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
P型肖特结型场效应管			
光敏电阻			
光电池			
两相绕组			










(续)

名称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
三个独立绕组			
三角形连接的三相绕组			
开口三角形连接的三相绕组			
星形连接的三相绕组			

(续)







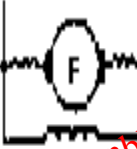




名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
中性点引出的星形连接的三相绕组			
曲折形连接的三相绕组			
两个绕组 V 形 (60°) 连接的三相绕组			
六个引出端			

(续)

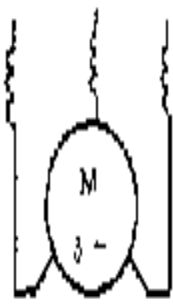
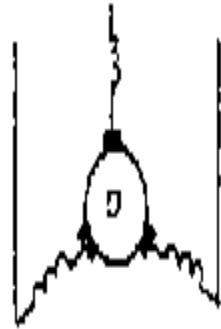




名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
双角连接的三相绕组			
多边形连接的三相绕组			
星形连接的三相绕组			

32 图解电工手册

(续)


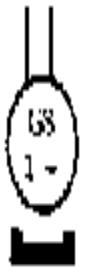






名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
串励直流电动机		 或  或 	
并励直流发电机			
永磁直流发电机			


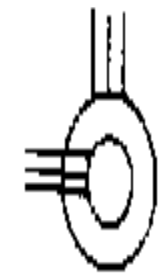




(续)

名称	中文		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
三相串励换向器电动机			
无中性点引出线的星形连接三相异步电动机			

34 图解电工手册


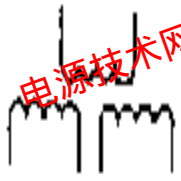










(续)

名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
单相永磁同步发电机			
三相永磁同步发电机			
三相异步电动机			












名 称	图 号		
	原 号	旧 号	实际电工委员会
三相绕线转子异步电动机			
双绕组变压器			

36 图解电工手册









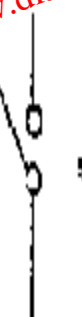



(续)

名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
三绕组变压器	 或 	 或 	 或 
自耦变压器	 或 	 或 	 或 


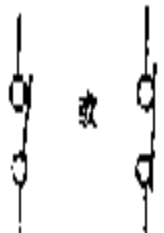



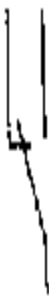

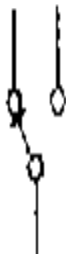

(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
电抗器	 或 		 或 
电压互感器	 或 	 或 	 或 

(续)

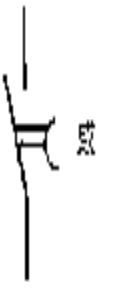




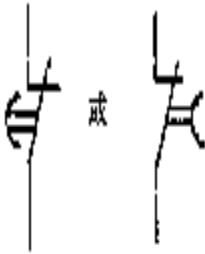
名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
电感互感器	 或 	 或 	 或 
	 或 	 或 	 或 

(续)

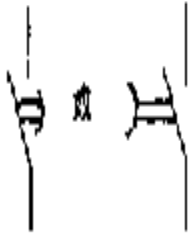
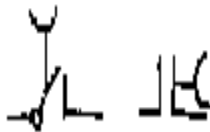
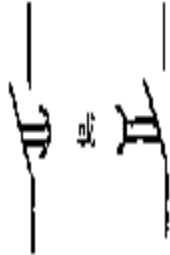


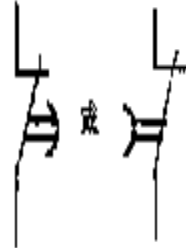

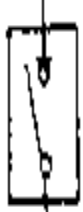

名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
动断(常闭)触点			
先断后合的转换触点			
先合后断的转换触点			

40 图解电工手册


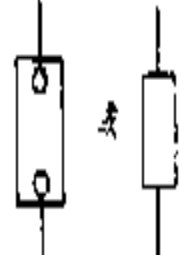


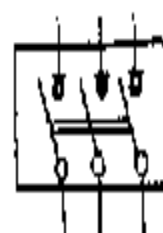


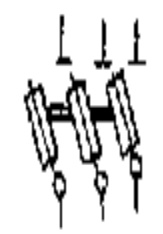

(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
延时闭合的动合 (常开)触点			
延时断开的动断 (常闭)触点			









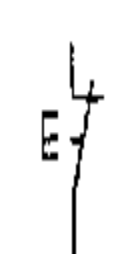
(续)

名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
延时断开的组合 (常开)触点			
延时闭合的动断 (常开)触点			
高压负荷开关			

(续)

名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
高压断路器			
三相高压负荷开关			
三相瓷断路器式隔离开关			

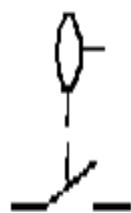

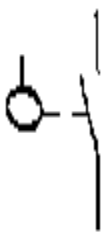


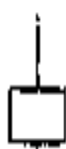



(续)

名称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
三极高压隔离开关			
动合(常开)按钮			
动断(常闭)按钮			

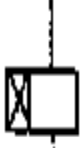
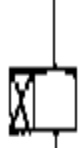
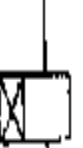






44 图解电工手册

(续)


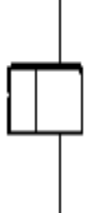

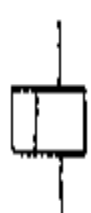

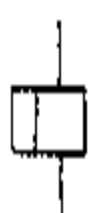





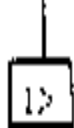
名称	图 号		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
脚踏开关			
脚踏开关			
温控开关			

名称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
接触器类			
继电器类 新符号			
释放继电器线圈			










(续)






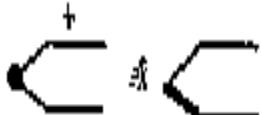



名 称	中 国		国 际 电 工 委 员 会
	新 符 号	旧 符 号	
交流继电器线圈			
交流和直流继电器铁芯			
热化继电器线圈			

(续)










名 称	国 际		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
剩磁继电器线圈	 或 	 或 	 或 
热继电器驱动器件			
分流器电阻			

(续)

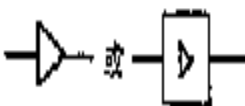

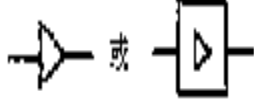





名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
欠压继电器			
熔断器			
火花间隙			

名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
电容器			
热电阻			
电 钟			

(续)

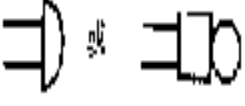





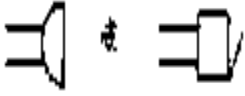


名 称	中 国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
电流表			
电压表			
电 压 表			

(续)

名称	中 国		国际电工委员会
	原符号	旧符号	
放大器			
桥式全波整流器			
电喇叭			








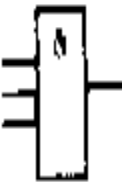
52 图解电工手册

(续)

名 称	图 号		国际电工委员会
	新 号	旧 号	
电 铃			
电 警 笛			
蜂 鸣 器			

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

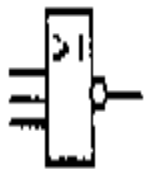
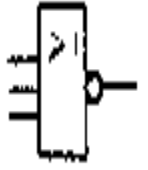

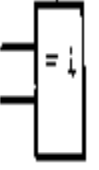

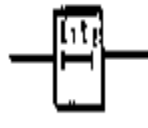
名 称	中 国		国际电工委员会
	新 符 号	旧 符 号	
信号灯			
白炽灯			
"与"门			

54 图解电工手册

(续)

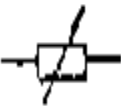
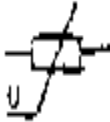

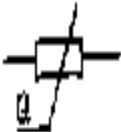




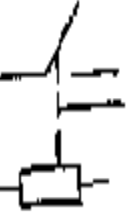

名 称	中 国		国 家 电 工 学 会
	新 符 号	旧 符 号	
“或”门			
“非”门反相器			
“与”门			

(续)

名称	中国		国际电工委员会
	新符号	旧符号	
“或非”门			
“异或”门			
规定延迟时间的延迟单元			

56 图解电工手册

表 1-4 电阻器常用图形符号

名 称	图形符号	名 称	图形符号
可变电阻器		压敏电阻器 注: U 可用 V 代替	
滑线式变阻器		热敏电阻器 注: R 可用 T 代替	
带滑动触点和断开位置的电阻器		两个固定抽头的可变电阻器	
滑动触点电位器		预调电位器	
转开关的滑动触点电位器		裸箔电阻器	

(续)


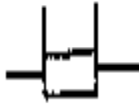









名称	图形符号	名称	图形符号
熔断电阻器		分路器	
0.125W 电阻器		0.5W 电阻器	
0.25W 电阻器		1W 电阻器	
加热元件		注: 大于 1W 的电 阻器均用阿拉 伯数字表示	

表1-9 电容器常用图形符号

名称	图形符号		名称	图形符号	
	优选形	其他形		优选形	其他形
穿心电容器					
可变电容器			旋动可变电容器		
双联可调可变电容器			分裂定片可变电容器 (扇形电容器)		
微调电容器			移相电容器		
热敏极性电容器 注:Q可用V代替			压敏极性电容器 注:U可用V代替		

表 1-10

半导体管常用图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
具有两个电极的压电晶体		具有两对电极的压电晶体	
具有三个电极的压电晶体		具有电极和连接的柱体 注：较细的线表示正极	

60 图解电工手册

表 1-11 半导体二极管常用图形符号




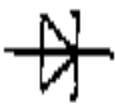




名 称	图形符号	名 称	图形符号
半导体二极管一般符号		双向击穿二极管	
发光二极管一般符号		隧道二极管	
利用温度效应的二极管 注: 0 可用 1 代替		反向二极管 (单结二极管)	
用作非线性器件的二极管 (变容二极管)		双向二极管 交流开关二极管	

表 1-12 压电晶体和驻极体用图例符号











名称	图形符号	名称	图形符号
NPN型有源半导体管		有横向偏压基极的 NPN型半导体管	
具有P型双基极单结型半导体管		与本征区有欧姆接触的 PNP型半导体管	
具有N型双基极单结型半导体管		与本征区有欧姆接触的 PNP型半导体管	
增强型、单栅、P沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		耗尽型单栅、N沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管	

62 图解电工手册

(续)








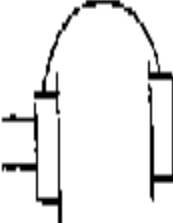
名称	图形符号	名称	图形符号
增强型、单栅、N沟道 和衬底无引出线的绝缘 栅场效应半导体管		耗尽型、单栅、P沟道和 衬底无引出线的绝缘 栅场效应半导体管	
增强型、单栅、P沟道 和衬底有引出线的绝 缘栅场效应半导体管		耗尽型、双栅、N沟道和衬 底有引出线的绝缘栅场效 应半导体管 注：上栅极与源极的引线应 在一条直线上。	
增强型、单栅、N沟道衬 底与源极在内部连接的绝 缘栅场效应半导体管		N沟道结型场效应半导体 双管	

表 1-13 其他器件常用图形符号











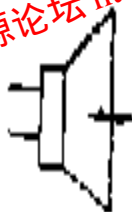

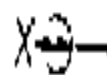
名 称	图形符号	名 称	图形符号
水阻式		磁敏式	
动圈式或带式		记录或播放 (箭头指示操作方向)	
动铁式		记录和播放	
水银式		消磁	
磁栅式		磷粉式	

64 图解电工手册

(续)






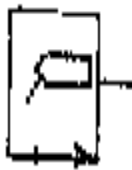


名称	图形符号	名称	图形符号
磁带式载铁片式		橄榄式扬声器	
扬声器一般符号		受话器一般符号	
单头送话器 一般符号		单头头戴受话器	
碳粒式扬声器		双头头戴受话器	

(续)

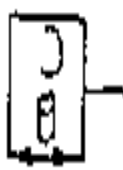







名称	图形符号	名称	图形符号
压电式扬声器 静电式(电容式)扬声器	 	几波磁头 注: n 应换成实际磁迹数且, 如果 n=1 时可以省略	 简化形 
手持型受话器		消磁头	 简化形 
扬声器—拾音器		消磁磁头	 简化形 
扬声器—传声器		传声、写入、读出和消磁磁头	 简化形 

66 图解电工手册

(续)

名 称	图形符号	名 称	图形符号
换能头一般符号		水听器 (超声波收发换头)	
帽针式立体声头		晶体头	
单音光敏接收 (读出、耦合)头		针式唱头接收器	
记录机或播放机一般符号 注:表示换能头特征的符号可 用其他限定符号代替		软片式调制光记录机	

(续)

名称	图形符号	名称	图形符号
磁带式录音机		带光唱头的唱机式录音机	
天线的一般符号		无线电台发射台	
无线电的一般符号		便携式电台(在同一天线上交替发射和接收)	
无线电收发电台(在同一天线上同时发射和接收)		可移动的无线电台(在同一天线上交替发射和接收)	

(续)




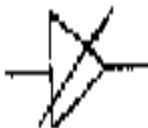
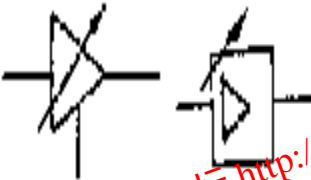


名称	图形符号	名称	图形符号
测向无线电接收电台		无线电控制台	
放大器一般符号 注:三角形指向传输方向		具有外部直接控制的放大器 注:控制盘可在箭头旁标出	
可调放大器		有限抗阻力的放大器	
		具有输入信号和供电电路的放大器	









表 1-14 电力器件设备常用图形符号

名称	图形符号		名称	图形符号	
	规划的	运行的		规划的	运行的
变电站(厂) 一般符号			风力发电站		
热电站 一般符号			等离子体发电站		
变电所、配电所 一般符号			移动发电站		
水力发电站			变电所 (引出交流电压)		

70 图解电工手册

(续)









名称	图形符号		名称	图形符号	
	规划的	运行的		规划的	运行的
火力发电站			变电所 (示出直流变交流)		
核能发电站			海上变电所		
地热发电站			移动变电所		
太阳能发电站			防爆式移动 变电所		
			地下变电所		

(续)			
名称	图形符号	名称	图形符号
屏、台、箱、柜一般符号		事故照明配电箱(注)	
动力或动力-照明配电箱 注:需要时符号可标示电 流种类符号		多种电源配电箱(注)	
符号板、符号箱(屏)		直流配电箱(屏) 注:若入进线、直流符号可 用符号“-”	
照明配电箱(屏) 注:需要时允许涂红		交流配电箱(屏)	







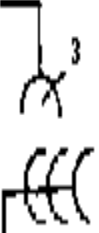
72 图解电工手册

(续)

名称	图形符号	名称	图形符号
起动机一般符号		带自动释放的起动机	
电动机起动机 一般符号		可逆式电动机带接触器 式起动机	
步进起动机 注: 起步步数可以示出		星-三角起动机	
调节-起动机		自耦变压器式起动机	

(续)			
名称	图形符号	名称	图形符号
带可整定设备的调节-起 动机		电动阀	
阀的一般符号		电磁分离器	
电磁式		电磁制动带	
按钮一般符号 注:若不注明,小圆允许涂 黑		带指示灯的按钮	

74 图解电工手册

名称	图形符号	(续)	
		名称	图形符号
按钮盒			
(1) 一般或保护型按钮盒 示出一个按钮		限制接近的按钮 (玻璃罩等)	
示出两个按钮			
(2) 密封型按钮盒		插座箱(板)	
(3) 防爆型按钮盒		多个插座(示出三个)	

名称	图形符号	名称	图形符号
单相插座			
暗装的单相插座		具有插板的插座	
密闭(防水)的单相插座			
防爆的单相插座		具有单相开关的插座	
带接地插孔的单相插座			
暗装的带接地插孔的单相插座		具有联锁开关的插座	
密闭(防水)的带接地插孔的单相插座			
防爆的带接地插孔的单相插座		具有隔离变压器的插座	

76 图解电工手册










(续)










名称	图形符号	名称	图形符号
带接地插孔的三相插座		电信插座的一般符号	
略收的带接地插孔的三相插座		注:可用下列文字或符号加以区别:TX——电话	
密闭(防水)的带接地插孔的三相插座		TX——电铃	
随机的带接地插孔的三相插座		M——传声器	
		TV——电视	
		FM——调频	
带熔断器打插座		密闭(防水)的单极开关	
开关 一般符号		熔断的单极开关	
单极开关		双极开关	
略收的单极开关		略收的双极开关	

		(续)	
名称	图形符号	名称	图形符号
密封(防水)的双极开关		双控开关(单极二线)	
防爆的双极开关		具有指示灯的开关	
三极开关		多控开关(如用于不同回路)	
防爆的三极开关		中间开关	
密封(防水)的三极开关		调光器	
防爆的三极开关		限时装置	
单极拉线开关		定时开关	
单极双控拉线开关		钥匙开关	
单极限时开关			




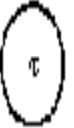

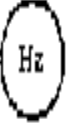



78 图解电工手册

(续)








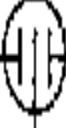
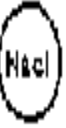
名称	图形符号	名称	图形符号
电缆交接箱		室内分线盒 注:同分线盒一般符号注	
架空交接箱		室外分线盒 注:同分线盒一般符号注	
落地交接箱		分线箱 注:同分线盒一般符号注	
壁挂交接箱		壁挂分线盒 注:同分线盒一般符号注	
分线盒的一般符号 注:可加注 A B C D A—编号 B—容量 C—线序 D—用户数			

		(续)	
名称	图形符号	名称	图形符号
避证针		刀开关箱	
电源自动切换箱(屏)		熔断器箱 刀开关箱	
电阻箱		熔断器箱	
浪形控制屏		组合开关箱	
自动开关箱			








(续)







名称	图形符号	名称	图形符号
电压表		功率因数表	
电流表		相位表	
无功功率表		频率表	
功率表		同步表 (同步指示器)	
无功功率表			

(续)

名称	图形符号	名称	图形符号
波长表		温度计、高温计 注：0可由r代替	
示波器		防潮器	
交流电压表		极性表	
价测计		静电计	
盐量计			

82 图解电工手册

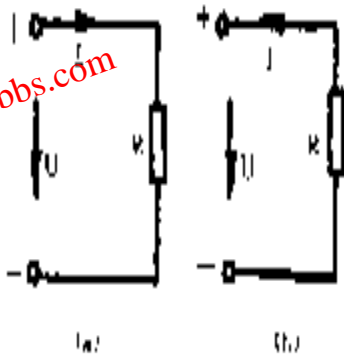
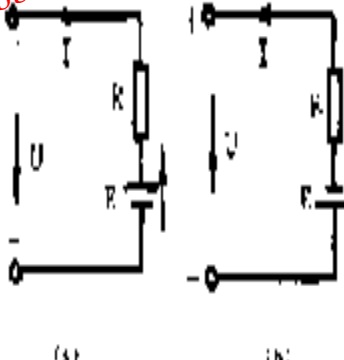
		(续)	
名称	图形符号	名称	图形符号
记录式功率表		电度表 (瓦特小时计)	
组合式记录功率表 和无功功率表		电度表 (测量单向传输能量)	
小时计		电度表 (测量从母线流出的 能量)	
安培小时计			

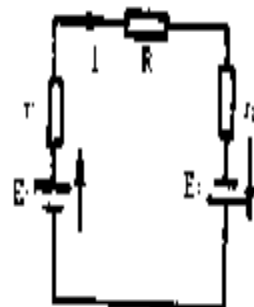
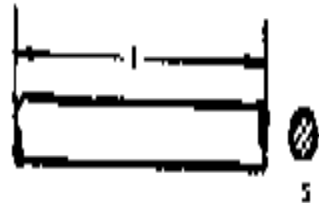
		(续)	
名称	图形符号	名称	图形符号
记录式示波器		多费率电度表 (示出两费率)	
电度表 (测量流向母线的能量)		测量电度表	
输入 输出电度表		无功电度表	

三、电工常用计算公式

(一) 直流电路的计算公式

表 1-12

项目	公 式	电 路 图
欧姆定律	<p>1. 无源支路 $I = \frac{\pm U}{R}$</p> <p>式中: U——支路端电压(V) I——支路电流(A)</p> <p>R——支路电阻(Ω)</p> <p>\pm——U与I同向取“+”号, 否则取“-”号</p> <p>图(a) $I = \frac{+U}{R}$ 图(b) $I = \frac{-U}{R}$</p>	
欧姆定律	<p>2. 有源支路 $I = \frac{\pm U \pm E}{R}$ (A)</p> <p>式中: E——支路电动势(V) U——支路端电压(V)</p> <p>\pm——U与I同向、E与I同向取“+”号, 否则取“-”号</p> <p>图(a) $I = \frac{U - E}{R}$ 图(b) $I = \frac{U + E}{R}$</p>	

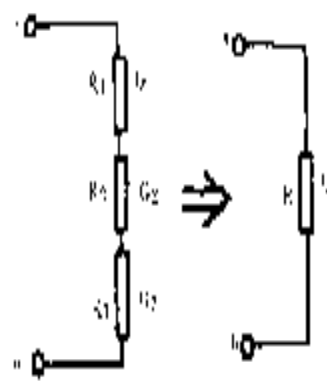

项目	公式	电路图
欧姆定律	<p>3. 全电路 $I = \frac{-E_1 \pm E_2}{\Sigma R} (\text{A})$</p> <p>式中: E_1, E_2 —— 回路电动势 (V) I —— 回路电流 (A)</p> <p>ΣR —— 回路电阻之和 \pm —— E_1, E_2 与 I 同向取“+”号, 否则取“-”号</p> <p>提示: $I = \frac{E_1 \pm E_2}{R + r_1 + r_2}$</p>	
导体电阻	<p>$R = \rho \frac{l}{S} (\Omega)$</p> <p>式中: R —— 导体直流电阻 (Ω) l —— 导体长度 (m)</p> <p>S —— 导体截面积 (cm^2) ρ —— 导体电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{m}$)</p>	
导体电阻与温度关系	<p>$R_t = R_{20} (1 + \alpha (t - 20)) (\Omega)$</p> <p>式中: R_t —— 导体 t 时的电阻 (Ω)</p> <p>R_{20} —— 导体 20℃ 时的电阻 (Ω)</p> <p>α —— 导体的电阻温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)</p> <p>t —— 温度 ($^\circ\text{C}$)</p>	

86 图解电工学量

(续)

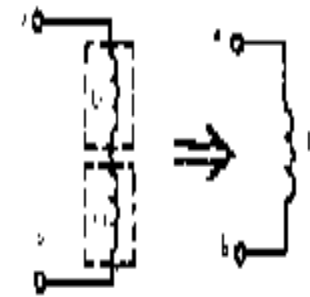
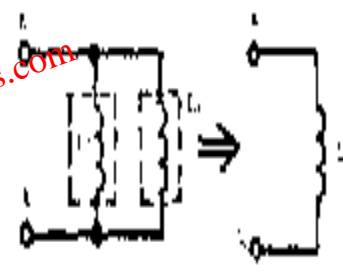
项 目	公 式	电 路 图
电导与电导率	$G = \frac{1}{R} (\text{S}) \quad \sigma = \frac{1}{\rho}$ <p>式中: G——电导(S) σ——电导率($\text{cm}^2/\Omega \cdot \text{cm}^2$) ρ——电阻率($\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{m}$)</p>	
焦耳定律	$Q = I^2 R t (\text{J})$ <p>式中: Q——热量(J) I——电流(A) t——时间(s) R——电阻(Ω)</p>	
功 率	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} (\text{W})$ <p>式中: P——功率(W) U——电压(V) I——电流(A) R——电阻(Ω) I不变(电阻串联)时, P与R成正比 U不变(电阻并联)时, P与R成反比</p>	
电 能	$W = P t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t (\text{Ws})$ <p>式中: W——电能(Ws)</p>	

(续)

项目	公式	电路图
电阻串联	<p>串联</p> <p>电阻: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$</p> <p>电导: $G = \frac{1}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3} + \dots}$</p> <p>当 $R_1 = 0$ 时, R_2 上承受电压</p> <p>$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{ab}$</p> <p>式中: U_{ab} —— ab 两端测电压 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ —— 分压比</p>	
	并联	<p>并联</p> <p>电阻: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$</p> <p>电导: $G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$</p> <p>当 $R_2 = \infty$ 时, R_1 上分电压</p> <p>$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_{ab}$ 式中: I_{ab} —— 流经 ab 的端电流 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ —— 分流比</p>
复联	<p>复联</p> <p>电阻: $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$</p> <p>电导: $G = \frac{1}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2 + G_3}}$</p>	

[续]

项目	公式	电路图
串联 并联 复联	<p>串联</p> $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ <p>当 n 个相等的 C_0 串联时 $C = \frac{1}{n} C_0$</p> <p>当 C_1 被短路时, C_1 上的分电压</p> $U_{C_1} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U_{ab}$ <p>式中: U_{ab} —— ab 端端电压 $\frac{C_1}{C_1 + C_2}$ —— 电压分压比</p>	
	<p>并联</p> $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$ <p>当 n 个相等的 C_0 并联时</p> $C = n C_0$	
	<p>复联</p> $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 - C_3}$	

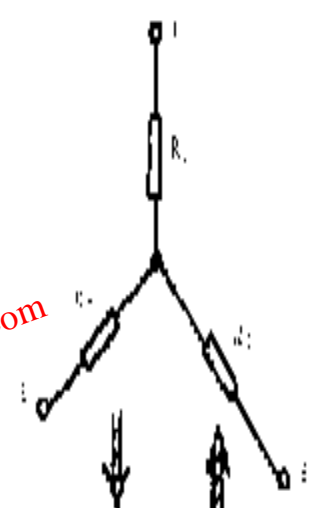
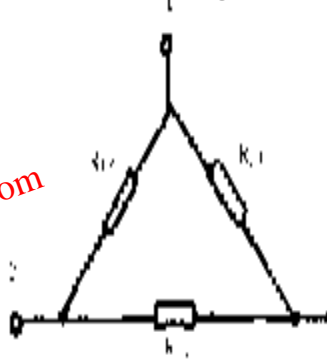
项 目	公 式	电 路 图
串联电路、并联电路等效电感	串联 $L = L_1 + L_2 + \dots$	
	并联 $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

项目	公式	电路图
电池串联、并联	串联	
	$E = E_1 + E_2 + \dots$ $I = I_1 = I_2 = \dots$ <p>r_1, r_2 分别为电池的內阻</p> <p>当 n 个电池的电动势均为 E_0, 內阻均为 r_0 时</p> $I = \frac{nE_0}{R + nr_0}$	
	并联	
	$E = E_1 = E_2 = \dots$ $I = I_1 + I_2 = \dots = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$ <p>r_1, r_2 分别为电池的內阻</p> <p>每个电池的电动势和內阻必须相等才能并联, 否则, 电池之间产生电流, 消耗能量</p>	

(续)


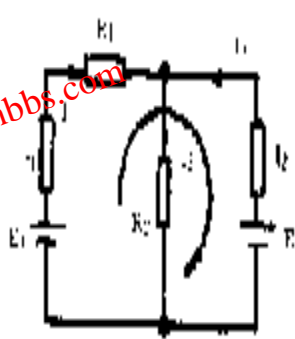
项目	公式	电路图	
电阻 电路	$Y \rightarrow \Delta$ $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{21} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$		
	Y \leftrightarrow Δ 变换	$\Delta \rightarrow Y$ $R_1 = \frac{R_{12} R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$ $R_3 = \frac{R_{13} R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$ $\cong \frac{1}{3} R_{\Sigma}$	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

92 图解电工手册

(续)

项 目	公 式	电 路 图
基尔霍夫定律	<p>第一定律</p> <p>电路中任一节点电流的代数和恒为零,即</p> $\sum I_i = 0$ <p>或者:流进任一节点电流之和等于流出该节点电流之和,即</p> $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$	 <p>$I_1 + I_2 - I_3 = 0$</p> <p>或 $I_1 + I_2 = I_3$</p>
	<p>第二定律</p> <p>绕任一闭合回路各段电压的代数和恒为零,即</p> $\sum U_i = 0$ <p>或者:绕任一闭合回路,各电压降的代数和等于各电压源的代数和,即</p> $\sum IR = \sum E_i$	 <p>$-E_1 + I R_1 - R_2 I - I R_3 - E_2 + I R_4 = 0$</p> <p>或 $I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = E_1 - E_2$</p>

(续)

项目	公式	电路图
支路电流法	<p>节点电流方程 图中 4 个节点只列 3 个独立方程</p> <p>节点 1: $-I_1 - I_2 - I_3 = 0$</p> <p>节点 2: $I_1 - I_4 - I_5 = 0$</p> <p>节点 3: $I_3 + I_4 - I_6 = 0$</p> <p>电流流入节点取“+”号,流出节点取“-”号</p> <p>回路电压方程 取 3 个网孔列 3 个独立方程</p> <p>网孔 I: $R_1 I_1 - R_1 I_2 - R_3 I_3 = E_1 - E_2$</p> <p>网孔 II: $R_1 I_2 + R_4 I_4 + R_2 I_5 = E_2 - E_3$</p> <p>网孔 III: $R_4 I_4 - R_3 I_3 - R_5 I_5 = 0$</p> <p>电流与绕行方向相同取“+”号,否则取“-”号</p>	
回路电流法	<p>假想 3 个网孔有 3 个回路电流 I_{II}, I_{III}, I_{IV}, 列 3 个回路电压方程</p> <p>回路 I:</p> $(R_1 + R_2 + R_3)I_{II} - R_3 I_{III} - R_2 I_{IV} = E_1 - E_3$ <p>回路 II:</p> $-R_1 I_{II} + (R_1 + R_2 + R_4)I_{III} - R_4 I_{IV} = E_2 - E_3$ <p>回路 III:</p> $-R_3 I_{II} - R_4 I_{III} + (R_3 + R_4 + R_5)I_{IV} = 0$ <p>支路电流:</p> $I_1 = I_{II}, I_2 = -I_{II}, I_3 = I_{II} - I_{III}$ $I_4 = I_{III}, I_5 = I_{III} - I_{IV}, I_6 = I_{III} - I_{IV}$ <p>自阻压降为“+”号,而互阻压降的符号由两相邻回路电流方向决定,若两回路电流方向在电阻上相同,取“+”号,否则取“-”号</p>	

(续)

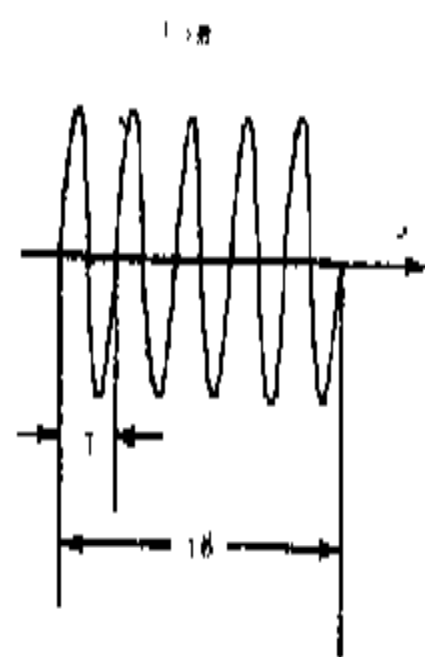
项 目	公 式	电 路 图
<p>节点电压法</p>	<p>设节点 1 为参考点, 则电压 $\varphi_1 = 0$, 列其他节点的电流方程</p> <p>节点 2: $(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})\varphi_2 - \frac{1}{R_2}\varphi_3 - \frac{1}{R_1}\varphi_1 = \frac{E_1}{R_1}$</p> <p>节点 3:</p> $\frac{1}{R_2}\varphi_2 - (\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5})\varphi_3 + \frac{1}{R_4}\varphi_4 = \frac{E_2}{R_2}$ <p>节点 4: $\frac{1}{R_4}\varphi_3 - (\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5})\varphi_4 = \frac{E_2}{R_4}$</p> <p>支路电流:</p> $I_1 = \frac{E_1 - \varphi_2}{R_1}, I_2 = \frac{E_2 - \varphi_4}{R_2}, I_3 = \frac{E_2 - \varphi_3}{R_1}$ $I_4 = \frac{\varphi_3 - \varphi_4}{R_4}, I_5 = \frac{\varphi_3 - \varphi_4}{R_5}, I_6 = \frac{\varphi_2 - \varphi_4}{R_3}$ <p>节点的自导电流恒为“+”号, 但互导恒为“-”号, 因为同一电流对本节点是流入, 但对相邻节点必然是流出, 所以为“+”号取“-”号</p>	

项目	公式	电路图
戴维南定理	<p>一个有限网络,从外特性看,可以用一个等效电压源代替,其电压等于有源二端网络的开路电压,其内阻等于有源二端网络的入端电阻</p> <p>求入端电阻时,应将“戴维南内部的所有独立电源置零,所有电流源开路”</p>	
	<p>开路电压 $U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$</p>	
	<p>入端电阻 $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$</p>	

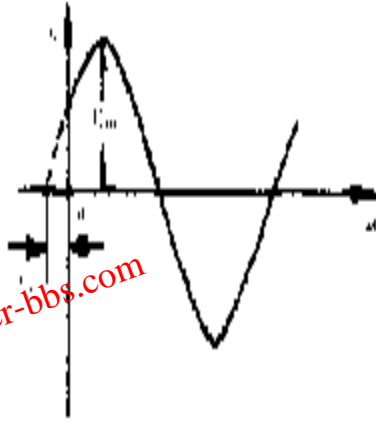
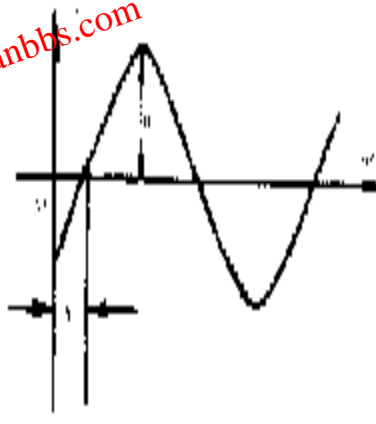
项 目	电 路 图
<p>任何一个有源二端网络,从外特性看,可以用一个等效电流源代替,其电流等于有源二端网络的短路电流,其内阻等于有源二端网络的入端电阻</p> <p>诺顿定理</p> <p>短路电流 $I_s = \frac{E}{r_0}$</p> <p>入端电阻 $R_0 = \frac{r_0 R_1}{r_0 + R_1}$</p> <p>支路电流 $I = \frac{R_0}{R_0 + R_2} \cdot I_s$</p> <p>求网络中某一支路电流时,应用戴维南定理或诺顿定理比较方便</p>	<p>The diagrams illustrate the process of finding the Norton equivalent for a network. The top diagram shows a network with a voltage source U, internal resistance r_0, and load resistors R_1 and R_2. The middle diagram shows the equivalent circuit with a current source I_s and parallel resistors r_0 and R_1. The bottom diagram shows the equivalent circuit with a current source I_s, parallel resistors R_0 and R_2, and the load resistor R_2.</p>

(二)交流电路的计算公式

表 1-10

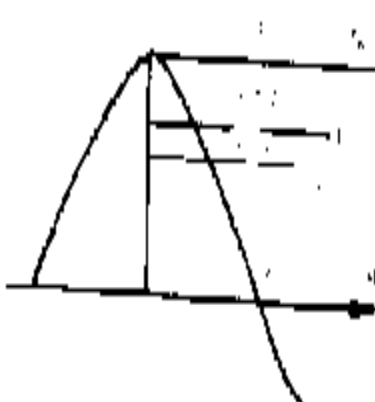
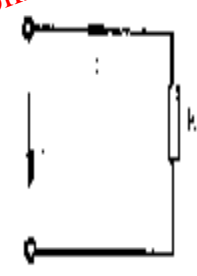
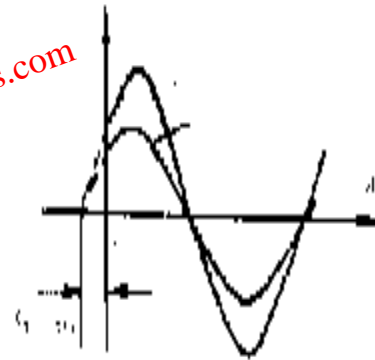
项目	公 式	电 路 图
周期和频率 周期——交流量变化一周所需的时间 频率——一秒钟内交流量变化的次数 $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ 式中：T——周期(s) f——频率(Hz) ω ——角频率(rad/s)		

(续)

项 目	公 式	示 波 图
<p>电压</p> $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$ <p>式中：u——电压瞬时值(V) U_m——电压最大值(V) φ_u——电压初相角(rad)</p>		
<p>电流</p> $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ <p>式中：i——电流瞬时值(A) I_m——电流最大值(A) φ_i——电流初相角(rad)</p>		

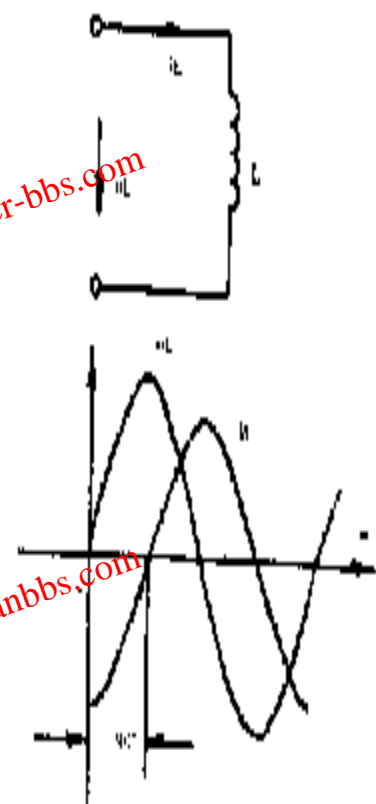
电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

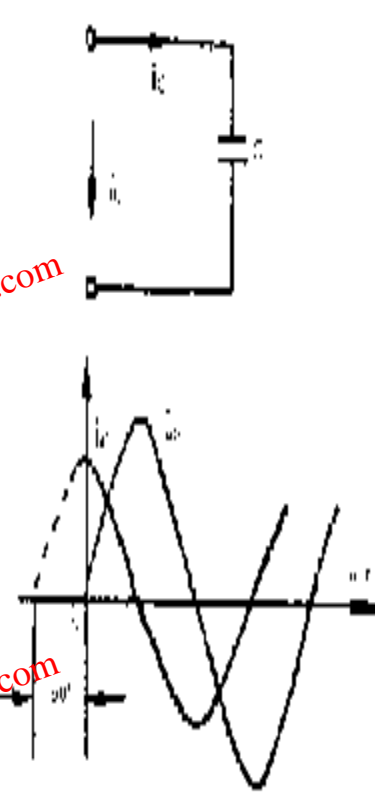
电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

项目	公式	说明
最大值 有效值 平均值	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m$ $I_{av} = \frac{2}{\pi} I_m = 0.637I_m$ <p>式中: I——电流有效值(A) I_m——电流最大值(A) I_{av}——电流平均值(A)</p>	
纯电阻电路	<p>瞬时值</p> $u = U_m \sin(\omega t)$ $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ <p>最大值 U, I, R, L, C 有效值 $U = RI$ 有功功率 $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ 无功功率 $Q = 0$ 功率因数 $\cos \varphi = 1$ (与 i 同相)</p>	 

100 图解电工手册


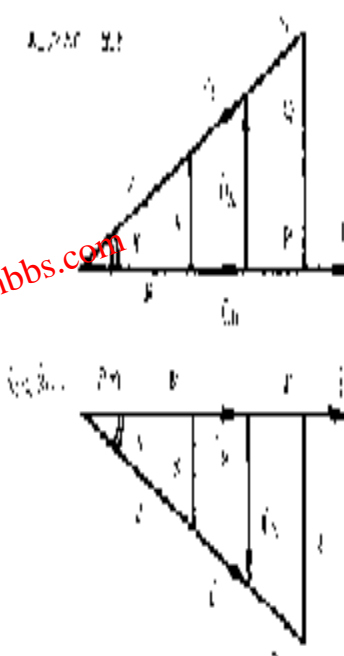
(续)

项目	公式	电路图
纯 电 感 电 路	<p>瞬时值</p> $u_L = U_{Lm} \sin(\omega t + \theta')$ $i_L = I_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ)$ <p>最大值 $I_{Lm} = X_L I_{Um}$</p> <p>有效值 $I_L = X_L I_u$</p> <p>式中, $X_L = \omega L = 2\pi fL$ 有功功率 $P_L = 0$</p> <p>无功功率 $Q = U_L I_L = X_L I_u^2$</p> <p>初相角 $\varphi_u = 0^\circ, \varphi_i = -90^\circ, u_L$ 超前于 $i_L 90^\circ$</p>	

类型	公式	电路图
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">纯电 容 电 路</p>	<p>瞬时值</p> $u = U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$ $i = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$ <p>最大值 $U_m = X_c I_m$</p> <p>有效值 $U_c = X_c I_c$</p> <p>式中: $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$</p> <p>有功功率 $P_c = 0$</p> <p>无功功率 $Q_c = U_c I_c = X_c I_c^2$</p> <p>初相角 $\varphi_u = 0^\circ, \varphi_i = 90^\circ, u_c$ 滞后于 $i_c 90^\circ$</p>	 <p>The diagram shows a simple AC circuit with a capacitor 'C'. The current 'i' is shown flowing clockwise through the circuit. Below the circuit, a graph plots voltage 'u' and current 'i' against time 't'. The voltage waveform 'u' is a solid sine wave starting at zero. The current waveform 'i' is a dashed sine wave that leads the voltage waveform by 90 degrees, starting at its positive peak when the voltage is at zero.</p>

102 图解电工手册

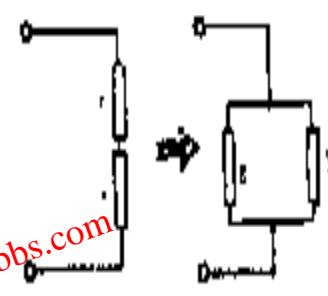
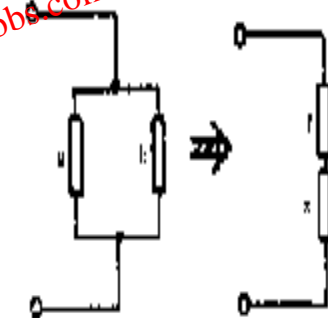
(续)

项目	公式	电路图
	<p>有效值电流</p> $I = \frac{U}{Z}$ <p>阻抗 $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$</p> <p>当 $X_L = X_C$ 时, $Z = R$, 与 C 和 L 无关, 称为串联谐振</p>	
<p>RLC 中 联 电 路</p>	<p>阻抗 $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$</p> <p>当 $X_L = 0$ 时, 成为 RC 串联电路</p> <p>当 $X_C = 0$ 时, 成为 RL 串联电路</p> <p>有功功率 $P = UI \cos \varphi$</p> <p>无功功率 $S = UI \sin \varphi$</p> <p>视在功率 $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$</p> <p>功率因数 $\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{I_w}{I} = \frac{R}{Z}$</p>	

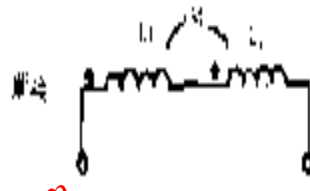


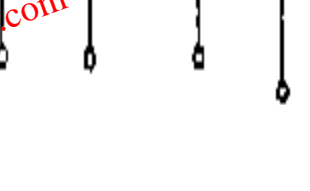
项目	公式	电路图
RLC 并 联 电 路	<p>有效值电压 $U = YU$</p> <p>导纳 $Y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$</p> <p>当 $b_L = b_C$ 时, $Y = g$, \dot{I} 与 \dot{U} 同相, 称为并联谐振 电纳 $b = b_L - b_C$</p> <p>当 $b_C > 0$ 时, 成为 RC 并联电路 当 $b_L > 0$ 时, 成为 RL 并联电路</p> <p>有功功率 $P = UI \cos\varphi$</p> <p>无功功率 $Q = UI \sin\varphi$</p> <p>视在功率 $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$</p> <p>功率因数 $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{I_g}{I} = \frac{g}{Y}$</p>	

104 图解电工手册

(续)

项目	公式	电路图
并联电路的等效电阻和电导	$Y = \frac{1}{Z}$ $\text{电导 } g = \frac{1}{\frac{1}{g_1} + \frac{1}{g_2}}$ $\text{电阻 } R = \frac{Z}{\frac{1}{g_1} + \frac{1}{g_2}}$	
	$Z = \frac{1}{Y}$ $\text{电阻 } r = \frac{Z}{k^2 + b^2}$ $\text{电抗 } x = \frac{b}{g^2 - b^2}$	

(续)

项目	公式	电路图
互感线圈的串并联	串联	
	顺接 $L = L_1 + L_2 + 2M$	
	反接 $L = L_1 + L_2 - 2M$	
	并联	

串联
顺接 $L = L_1 + L_2 + 2M$

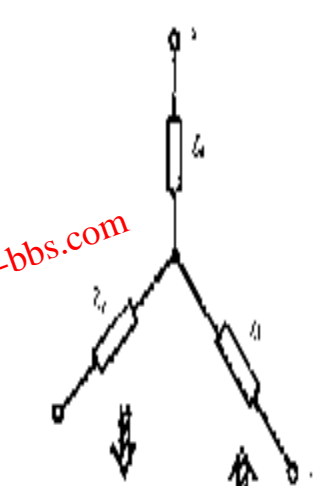
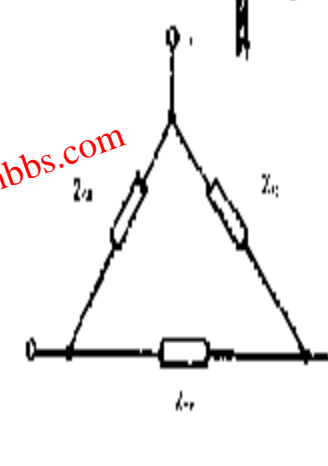
反接 $L = L_1 + L_2 - 2M$

并联
 $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$

式中: L — 总电感
 M — 互感

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>
 电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

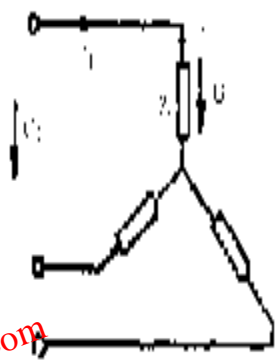
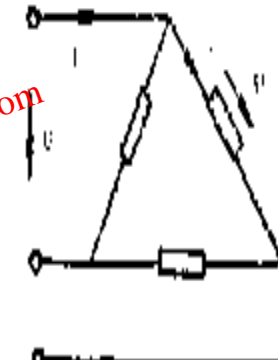
(续)

项目	公式	电路图
Y-Δ 阻抗变换	$I_m = I_c + I_1 + \frac{Z_c Z_2}{Z_1}$ $Z_m = Z_b + Z_c + \frac{Z_b Z_c}{Z_1}$ $Z_m = Z_a + Z_c + \frac{Z_a Z_c}{Z_2}$	
	$\Delta \rightarrow Y$ $Z_a = \frac{Z_{ab} \cdot Z_{bc}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$ $Z_b = \frac{Z_{bc} \cdot Z_{ca}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$ $Z_c = \frac{Z_{ca} \cdot Z_{ab}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$ <p>当 $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca} = Z_{\Delta}$ 时, $Z_Y = \frac{1}{3} Z_{\Delta}$</p>	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

(续)

项 目	公 式	电 路 图
对称三相电路线电压与相电压关系	Y接 线电压 $U_l = \sqrt{3}U_p$ 线电流 $I_l = I_p$ 线电压超前于对应相电压 30° 用功率表示 $P_l = \sqrt{3}U_l I_l \cos\varphi$	
	Δ接 线电压 $U_l = U_p$ 线电流 $I_l = \sqrt{3}I_p$ 线电流滞后于对应相电压 30° 用功率表示 $P_l = \sqrt{3}U_l I_l \cos\varphi$	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

108 图解电工手册

(续)

项 目	公 式	电 路 图
对 称 三 相 负 载 的 功 率	有功功率 $P = 3U_l I_l \cos\varphi$ $= \sqrt{3} U_l I_l \cos\varphi$ 式中: φ 为 U_l 与 I_l 的夹角	
	无功功率 $Q = 3U_l I_l \sin\varphi$ $= \sqrt{3} U_l I_l \sin\varphi$	
	视在功率 $S = \sqrt{3} U_l I_l = \sqrt{P^2 + Q^2}$	
	功率因数 $\cos\varphi = \frac{P}{S}$	
	如果三相不对称, φ 没有意义	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

(三) 其他计算公式

表 1-17

项 目	公 式	电 路 图
感 应 电 动 势	$E = 4.4fW\Phi_m$ <p>式中: E——感应电动势的有效值(伏); f——磁通的交变频率(赫); W——磁圈匝数; Φ_m——磁通的最大值(麦克斯韦)</p>	
导线切割磁场的感应电动势	$e = BLV$ <p>式中: e——感应电动势(伏); B——磁感应强度(韦伯/米²); L——导线在磁场内的长度(米); V——导线运动速度(米/秒)</p>	
单相交流电路的功率	$P = UI \cos\varphi = I^2R \quad Q = UI \sin\varphi = I^2X \quad S = UI$ <p>式中: P——有功功率(瓦); Q——无功功率(乏); S——视在功率(伏安); $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ 功率因数; $\sin\varphi = \frac{X}{Z}$ I, U——单相回路, 非正弦有效值(安, 伏)</p>	

110 图解电工手册

(续)

项目	公式	电路图
对称三相交流电路的有功功率	$P = \sqrt{3}U_l I_l \cos\varphi = 3U_p I_p \cos\varphi \quad Q = \sqrt{3}U_l I_l \sin\varphi = 3U_p I_p \sin\varphi$ $S = \sqrt{3}U_l I_l = 3U_p I_p = \sqrt{P^2 + Q^2}$ <p>式中: P——三相总的有功功率(瓦); Q——三相总的无功功率(乏); S——三相总的视在功率(伏安); U_l, I_l——线电压、线电流的有效值(伏、安); U_p, I_p——相电压、相电流的有效值(伏、安); $\cos\varphi$——功率因数; $\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$</p>	
载流导体的电力作用	<p>两平行导体间每米长度的作用力 $F = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} \cdot 10^{-3}$ (千克)</p> <p>式中: I_1, I_2——两导体中电流的安培数(若是交流电流则用有效值); d——两导体中心轴线间的距离(米)</p> <p>力的作用方向是: 电流流向相同为吸力, 电流流向相反为斥力</p>	
同轴电缆的电力	$F = 4B^2 S \times 10^4$ <p>或 $F = 4 \left(\frac{b}{1000i} \right)^2 S$</p> <p>式中: F——拉力(千克); B——磁感应强度(韦伯/米²); S——导体的截面积(厘米²)</p>	

单位	公式	电路图
交流电磁吸力	$F_M = \left(\frac{B_M}{5000}\right)^2 S \quad F = \frac{1}{2} \left(\frac{B_M}{5000}\right)^2 S$ <p>式中: F_M——一个周期吸力的最大值(千克); F——一个周期内吸力的平均值(千克); B_M——磁感应强度最大值(高斯); S——磁芯截面积(厘米²)</p>	
变压器出线与变比关系	$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = K$ <p>式中: E_1——原绕组电压(伏); E_2——副绕组电压(伏); W_1——原绕组匝数; W_2——副绕组匝数; K——变比</p>	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

112 图解电工手册

(续)

项 目	公 式	电 路 图
变压器每伏匝数	$W_0 = \frac{450000}{B} \text{ (匝/伏)}$ <p>式中: W_0 — 每伏匝数; B — 铁芯中磁感应强度(对一般材料, 可选 8000—10000 高斯)</p>	
电动机的额定转矩	$M = 975 \frac{P}{n}$ <p>式中: M — 电动机额定转矩(千牛·米); P — 电动机额定功率(千瓦); n — 电动机额定转速(转/分)</p>	

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

扁形铜软中线的规格,见表1-15。

四、电工材料

(一) 裸电线

裸电线系指仅有导体,而无绝缘层的电线。它包括铜、铝等各种金属和复合金属的单线,各种结构的架空输电线路用的绞线、软接线和型线等。常用裸电线的分类见图1-1。

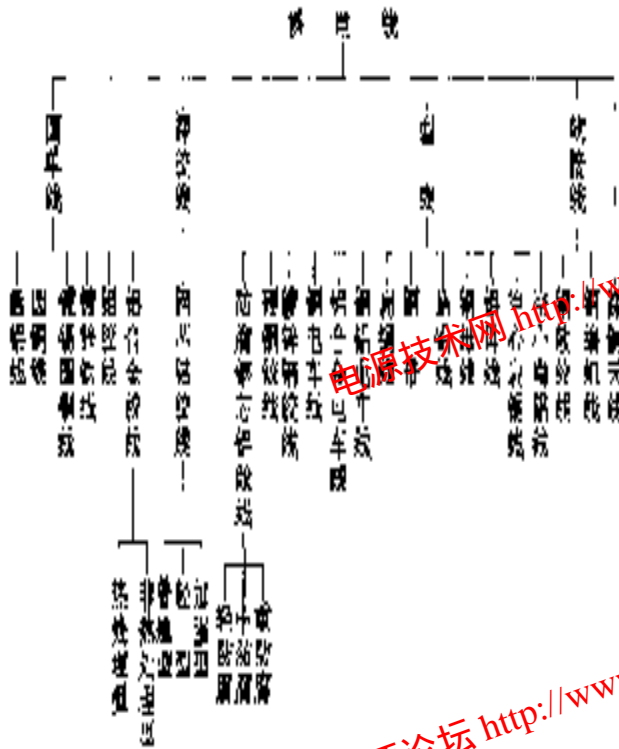


图1-1 常用裸电线的分类

表1-15 扁形铜软中线的规格

长度(毫米)	1.6	1.8	2.1	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9	6.9	8.0
截面(毫米 ²)												
2.8	3.6	4.2	4.7	5.5	6.3	-	-	-	-	-	-	-
3.3	4.2	4.7	5.5	6.3	7.4	8.6	-	-	-	-	-	-
3.8	-	5.5	6.3	7.4	8.6	9.9	11.5	-	-	-	-	-
4.4	-	-	7.4	8.6	9.9	11.5	13.4	15.5	-	-	-	-
5.1	-	-	-	9.9	11.5	13.4	15.5	18.0	21.0	-	-	-
5.9	-	-	-	-	13.4	15.5	18.0	21.0	24.0	28.0	-	-
6.9	-	-	-	-	-	18.0	21.0	24.0	28.0	32.0	38.0	-
8.0	-	-	-	-	-	-	24.0	28.0	32.0	38.0	44.0	51.0
9.3	-	-	-	-	-	-	-	32.0	38.0	44.0	51.0	59.0
10.8	-	-	-	-	-	-	-	-	44.0	51.0	59.0	69.0
12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.0	69.0	80.0

注:绝缘厚度:MM A a、B b为0.65-0.05毫米;

MEBMR A-a、B-b为0.85-0.05毫米。

(二) 电气装备用绝缘电线

电气装备用绝缘电线包括：将电能直接传送到各种用电设备、器具的电源连接线，各种电气装备内部的装接线，以及各种设备的控制、信号或仪表用电线。

聚氯乙烯绝缘电线及绝缘软线货源广泛，价格便宜，应当优先采用。尤其是在室内场所，它已逐步代替橡皮绝缘电线，以节约橡胶、棉纱等。为满足某些特定场合的使用，本手册仍将部分橡皮绝缘电线编入。如氯丁橡皮绝缘电线，耐日光、耐大气老化、耐低温等性能都优于聚氯乙烯绝缘电线，适用于户外使用。

选用绝缘电线时，必须按“以铝代铜”的原则，在严格要求的场合，应尽可能选用铝芯绝缘电线。

电气装备用绝缘电线的分类，见图 1-2。



图 1-2 电气装备用绝缘电线的类别

(三) 电力电缆

(续)

电力电缆一般用于电厂和工矿企业的动力引入或引出线路,以及地区之间的输配电线路和企业内部的主电力干线等要求较高的场所。

电力电缆有以下特点:具有优良的电气绝缘性能,能长期承受高压或低压电网的工作电压,在运行中并能经受住各种过电压(如操作过电压、大气过电压和故障过电压等),而不致损坏;具有优良的热性能,能可靠地传递额定允许功率;具有较好的机械强度、弯曲性能和耐腐蚀性能。与其他导线相比,经久耐用,安全可靠,敷设方便,维护量小。其缺点是,结构和制造工艺复杂,成本较高。

电力电缆品种很多,35千伏及以下的中低压电力电缆品种及应用范围,见表1-16。

表1-16 电力电缆的规格及应用范围

产品名称	产品型号	规格范围	应用范围
油浸纸绝缘铅包电力电缆	ZLQ, ZQ, ZLQ1, ZQ1, ZLQ2, ZQ2, ZLQ20, ZQ20, ZLQ3, ZQ3, ZLQ30, ZQ30, ZLQ5, ZQ5, ZLQF2, ZQF2, ZLQF20, ZQF20, ZLQF5, ZQF5	电压:1~10千伏 芯数:1~4 截面: 单芯:50~500毫米 ² 多芯:2.5~240毫米 ²	在交流电压的输配电网络中作传输电能之用。可用于直流、交流工频电压、低频交流电压的绝缘。

产品名称	产品型号	规格范围	应用范围
油浸纸绝缘铅包电力电缆	ZLQP2, ZQP2, ZLQP20, ZQP20, ZLQP5, ZQP5, ZLQP30, ZQP30, ZLQP5, ZQP5, ZLQPF2, ZQPF2, ZLQPF20, ZQPF20, ZLQPF5, ZQPF5	电压:1~10千伏 芯数:1~4 截面: 单芯:4~500毫米 ² 多芯:4~150毫米 ²	同上,但适用于高落差和垂直敷设的场所。
油浸纸绝缘纸包电力电缆	ZLL, ZL, ZLL11, ZL11, ZLL12, ZL12, ZLL120, ZL120, ZLL13, ZL13, ZLL130, ZL130, ZLL15, ZL15, ZLL22, ZL22, ZLL23, ZL23, ZLL25, ZL25	电压:1~10千伏 芯数:1~4 截面: 单芯:50~625毫米 ² 多芯:50~240毫米 ²	同油浸纸绝缘铅包电力电缆。
不滴流浸渍纸绝缘电力电缆	ZLQD, ZQD, ZLQD30, ZQD30, ZLQD5, ZQD5	电压:1~10千伏 芯数:1~4 截面: 单芯:50~625毫米 ² 多芯:10~240毫米 ²	同油浸纸绝缘铅包电力电缆,但可代滴流纸绝缘电力电缆之用。适用于潮湿地区。

(续)

产品名称	产品型号	规格范围	应用范围
橡皮绝缘电力电缆	XLQ, XQ,	XF 电压: 0.5~6 千伏 芯数: 1~4 截面: 直径: 1.0~500 毫米 ¹ 多芯: 1.5~185 毫米 ² 毫米 ²	4 芯及以下 绝缘电力电缆, 但可供塔式移动用的固定敷设用, 其中非铠装型电缆可用于要求非燃或不延燃的场所, 也能适应较大温差或潮湿且敷设
	XLQ2, XQ2,		
	XLQ20, XQ20,		
	XLV, XV,		
	XLV29, XV29		
聚氯乙烯绝缘和护套电力电缆	VLV, VV,	电压: 1, 6 千伏 芯数: 1~4 截面: 单芯: 1~300 毫米 ² 多芯: 1~300 毫米 ² 毫米 ²	1 层油浸纸绝缘电力电缆, 但无敷设位置的限制。与石棉护套为外护套结构, 对环境的防腐性能较差
	VLV29, VV29,		
	VLV30, VV30,		
	VLV39, VV39,		
	VLV50, VV50,		
	VLV59, VV59		

五、电工常用元器件

(一) 国产电阻器、电位器、电容器型号命名法

电阻器、电位器、电容器的命名由下列四部分组成: 第一部分(主称); 第二部分(材料); 第三部分(分类特征); 第四部分(序号)。它们的型号及意义见表 1-17。用数字表示特征的意义见表 1-18。

表 1-17

第一部分: 主称		第二部分: 材料		第三部分: 特征		第四部分
符号	意义	符号	意义	符号	意义	序号
R	电阻器	T	碳膜			用数字 1, 2, 3, …… 表示 说明: 对主称、材料、特征相同, 仅尺寸、性能指标稍有差别, 但不影响互换的产品, 以标号同一序号;
		U	有机膜			
		F	硅膜			
		H	合成膜			
		J	金属膜			
		Y	氧化膜			
		X	线绕			
S	实心(包括有机和无机)					
M	压敏					
C	光敏					

(续)

第一部分:名称		第二部分:材料		第三部分:特征		第四部分
符号	意义	符号	意义	符号	意义	序号
R	电阻器	R	电阻	B	温度补偿用	芯尺寸,作能指称的差别
				C	湿度测量用	影响4.轴时,则要用不同序号加以区别
				G	功率测量用	
				P	自热式	
				W	稳压用	
W	电感器	W	电感	Z	正温度系数	
				II	合成碳膜	用数字1, 2, 3, ……表示
				J	金属膜	
				Y	氧化膜	
				X	线绕	说明,对主称,材料,特征,用不同序号表示性能有差别与差别,但不影响互换
S	磁芯(包括有机和无机)					
□	导电塑料					

(续)

第一部分:名称		第二部分:材料		第三部分:特征		第四部分	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	序号	
C	电容器	C	电容	T	铁电	的产品,则标同一序号;若尺寸、性能指标的差别影响互换时,则要用不同序号加以区别	
				W	薄膜		
				Y	云母		
				J	玻璃釉		
				D	玻璃(浸)	W	微调
				B	聚苯乙烯	I	金属化
				L	聚四氟乙烯		
				L	涤纶	M	密封
				S	聚碳酸酯	X	小型,微调
				Q	橡胶	G	管型
				Z	纸质	T	筒型
				H	混合介电	L	立式矩形
				D	(铝)电解	W	卧式矩形
				A	钽	Y	圆形
				N	钽		
T	钽						
N	压敏						

表 1-18

序号 (数字)	特征(数字的第二部分)的意义					
	电阻器	电位器	瓷介电容器	云母电容器	有阻电容器	电解电容器
1	普通	普通	圆片	非密封	非密封	箱式
2	普通	普通	管型	非密封	非密封	箱式
3	超高频		瓷片	密封	密封	烧结粉液体
4	高温		玻布	密封	密封	烧结粉固体
5	可调		穿心		穿心	
6			支柱等			
7	精密	精密				无极性
8	高压	特殊系数	高压	高压	高压	
9	特殊	特殊系数			特殊	特殊

示例:KJ71 表示精密金属膜电阻器。

OCU1 表示管形瓷介电容器。

WSW1A 表示圆形瓷质有机实芯电位器。

(二) 电阻器和电位器的分类

电阻器是具有一定电阻作用的电子元件。它的主要用途是:参与和调节电路中的电流和电压;组成分流器和分压器;调节时间常数和作为消耗电能的负载等。

1. 电阻器的分类:

电阻器的分类方法很多,简介如下:

按电阻体的材料和结构特征分成线绕电阻器和非线绕电阻器两大类,后者又分为膜式和实芯型两种。

根据用途分类,电阻器又可分为五件:

① 通用电阻器 用于一般电子设备中,其功率为0.1~10瓦,阻值为10欧~10兆欧,工作电压一般在1000伏以下。

② 高压电阻器 用于微弱电流的测量仪器和设备中,阻值在 10^7 ~ 10^{13} 欧,由于电压低,电阻值很高,所以耗散功率很小。

③ 高压电阻器 用在高压设备中作为分压器的泄放电阻,工作电压10~100千伏。

④ 高频电阻器 主要是薄膜或箔式电阻,工作频率在10兆赫以上,多用于接收机、发射机及微波测试仪器中。

⑤ 精密电阻器 主要用于精密的测量仪器、计算设备、电压箱等装置,阻值1欧~1兆欧,精度2%~0.1%,其中箔式电阻可达0.005%。

另外,电阻器还可分成固定电阻器和可变电阻器(称为电位器)。

其缺点是对老化比较差,阻值范围窄(10 欧~100 千欧)。

2. 电位器的分类

电位器是一种阻值连续可调的电阻器。

按构成电位器的材料可分为:

1) 线绕电位器 线绕电位器用金属电阻丝绕在环状骨架上制成的,其结构如图 1-3 所示。它能承受较高的温度,其额定功率范围一般为 0.25~50 瓦,阻值范围为 100 欧~100 千欧,接触电阻在几欧到 50 欧左右。它的噪声很低,温度稳定性较好,但分辨率有限,容易断线。



图 1-3 线绕电位器的结构

线绕电位器可做成微小型、多圈型、功率型和特殊函数型等。

2) 非线绕电位器 按电阻体材料不同,又可分为:

① 合成碳膜电位器,常用的碳膜电位器的构造如图 1-4 所示,合成碳膜电位器的优点:a.阻值连续可变;b.阻值范围很宽,约为 100 欧~4.7 兆欧。其缺点是:a.功率不能太大(一般只做到 2 瓦);b.难以制造低于 100 欧的电位器;c.耐潮耐湿性能较差。

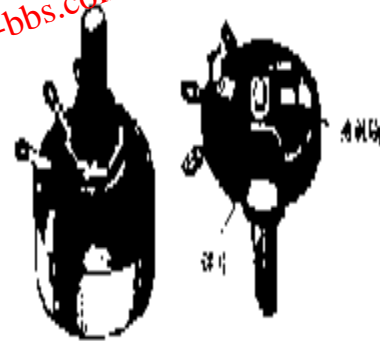


图 1-4 碳膜电位器的结构

② 金属膜电位器:由合金或金属和金属氧化物等材料经过真空溅射、沉积在瓷基体上制成。它具有高分辨力,耐热性好,接触电阻小,分布电容和分布电感低,适用于频率范围为直流至 100 兆赫的高频电路中,噪声电动势很低。

③ 玻璃釉电位器,又称金属陶瓷电位器。其特点是对湿性能好,电阻温度系数小,耐湿性和耐霉性好,寿命长,可靠性高,分布电感和电容很小,适用于射频范围工作。它的阻值范围很宽,特别适用于制造精密和高电压电位器。缺点是接触电阻变化大、电流噪声大。

120 图解电工手册

电位器按结构又可分为：

① 单圈电位器

② 多圈电位器 其结构如图 1-5 所示。

③ 单连、双连和多连电位器 单连电位器只有一个电位器，它有自己的转轴。双连电位器是将相同规格的两个电位器装在同一转轴上，即同轴双连电位器。用在某些线路统调的场合。还有一种同心异轴双连电位器，即所谓异轴异轴双连电位器。另外，还有把几个单圈电位器串在同一根轴上的多联电位器。

④ 带开关电位器 用在收音机、电视机上作为音量控制的电位器。其中有一种带有推拉开关的电位器，其开关动作与电位器中接触刷的位置无关，省去了每次推拉或新调节音量的麻烦。

⑤ 锁紧和非锁紧电位器 锁紧型电位器在调好后即可锁紧，以免变动，用于不需经常调整的电路中。非锁紧电位器不能将轴套锁紧，其转轴可以随时调节。

电位器按调节方式，可分为：

① 旋转式电位器 这种电位器调节时，按轴刷在电阻体上作旋转运动，例如多数的微调和平滑调电位器，普通单圈和多圈电位器均属这一类。

② 直滑式电位器 它是电阻体为板条形，通过与滑座相连的滑柄作直线运动的一种电位器，其结构如图 1-6 所示。这种电位器可节省面板位置，结构新颖、美观。调节方

便。它适用于电视机工作亮度和对比度的调节及收音机、录音机作音量、音调控制等。

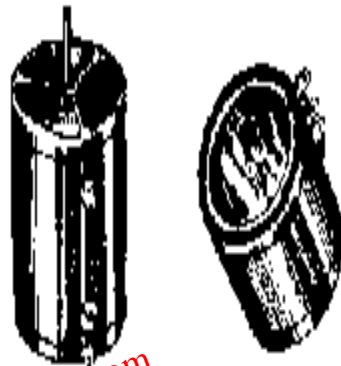


图 1-5 多圈电位器

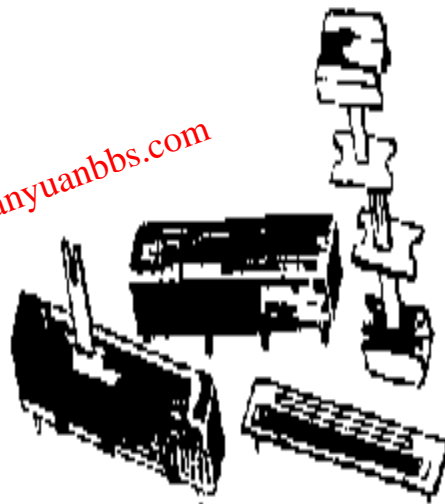

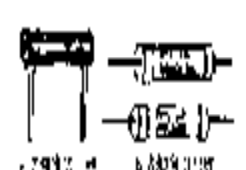



图 1-6 直滑式电位器


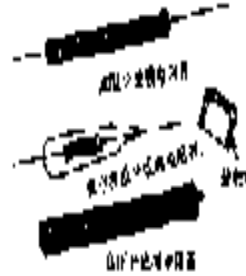
(三)电阻器的构造、特性和用途

电阻器的构造、特性和用途如表 1-19 所示。

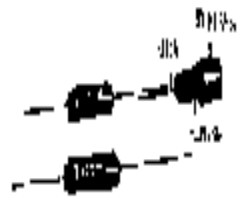

表 1-19 电阻器的构造特性和用途

种类	构造	特性	用途	外形图
绕线电阻器	用高比电阻材料作电阻丝绕在陶瓷骨架上制成	耐高温, 稳定性好, 温度系数小, 噪声小, 但分布电容、电感较大, 阻值较低	大功率电子管栅偏压电阻器, 电源电路中分压电阻器, 泄放电阻器, 电阻器, 固定衰减器, 精密测量仪器, 电子计算机和无线电定位设备	
碳膜电阻器	采用汽油或炭烧法在真空高温热分解出碳颗粒沉积在磁状或瓷状的陶瓷骨架上制成的薄层电阻器	电压稳定性好, 频率特性好, 固有噪声电动势小, 具有负的温度系数, 有较好的稳定性	可制成高频电阻器、精密电阻器, 大功率电阻器, 用于交、直流脉冲电路中	
金属膜电阻器	用多元合金的金属粉, 通过真空蒸发法合金粉沉积在瓷基上, 或把合金基体放入配好的溶液中进行热边浸渍, 使金属沉积在瓷基体上形成薄膜	体积小, 噪声低, 电压稳定性好, 噪声小, 温度特性好, 具有较好的高阻特性	可制成精密、高阻、高频、高压、薄型金属膜电阻器和供微波使用的各种不同形状及晶片	

续表

种类	制造	特性	用途	外形图
金属氧化膜电阻器	将稀和母盐类配成溶液,用喷雾器喷入500~550°C左右的加热炉内,被覆在旋转的陶瓷基体上而成	薄膜与基体结合牢固、耐酸、耐碱能力强,抗热震能力也较强,耐热性能很好,但阻值精度小于几十欧姆,长期工作稳定性差	可制成几百千瓦的大功率电阻器	
玻璃釉电阻器	以二氧化硅(SiO ₂)为基体的含铜玻璃釉的厚膜电阻器	温度系数小,噪声小,功率高,稳定可靠,耐湿性好	用于电子表中的小型玻璃釉电阻器,高压、高温、精密玻璃釉电阻器	
合成碳膜电阻器	用碳黑和填充料,按不同方法要求配制成各标称电阻的导电悬浮液,浸涂于陶瓷基体上,经烧结合而成	价格便宜,制作简单,但抗潮较差,电压稳定性差,频率特性差,因	用于电子探测器,微弱电流测试电路中,制成精密、高压电阻器	

续表

种类	构造	特性	用途	外形图
有机实芯电阻器	由颗粒状导电体和填充料、粘合剂等材料用机械方法混合均匀,通过专用设备热工型,然后装入塑料壳内组成	过负荷能力很强,可靠性高,价格低于薄膜电阻器。 但有噪声高,分布电容,电感大,电压与温度稳定性差		
热敏电阻器	由半导体制成的非线性敏感电阻器	阻值随温度改变而显著变化;随温度升高而阻值减小者为负温度系数热敏电阻;随温度升高而增大的称为正温度系数热敏电阻	温度补偿、温度测量、过热保护和温度稳定等电路	
压敏电阻器	由半导体制成的非线性敏感电阻器(半导体器件)	在其两端施加电压至一定值时,压敏电阻的电阻值会急剧变小。它具有电压范围宽、特性好、温度系数小、耐过载能力强等特点	电子电路中作过压保护和稳压元件	

124 图解电工手册

(四) 电阻器和电位器的主要特性参数

电阻器和电位器的主要特性参数有:标称电阻值和容许偏差(误差);额定功率;最高工作电压;稳定性;噪声;电动力;高频特性等。

(1) 标称阻值和容许偏差

① 线绕和固定或非线绕电阻器的标称阻值,应符合表 1-20 所列数值之一(或表列数值再乘以 10^n , 其中 n 为整数)。

② 线绕电位器的标称阻值采取 E12、E6 两个系列;容许偏差分为 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 四种,后两种仅限必要时采用。

③ 非线性电位器的标称阻值采取 E12、E6 两个系列;容许偏差分为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 三种, $\pm 5\%$ 仅限必要时采用。

表 1-20 电阻器的标称值和容许偏差

系列	容许偏差	电阻值									
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
E24	$\pm 5\%$ (I级)	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1
		5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1				
E12	$\pm 10\%$ (II级)	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	4.0	5.0	
		4.7	5.6	6.8	8.2						
E6	$\pm 20\%$ (III级)	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8				

注:表中数字乘以 10^3 、 10^4 、 10^5 ……称为各种标称阻值。

④ 标称阻值及容许偏差的表示法

a. 直标法:直接把标称阻值和容许偏差印在电阻上,规定 Ω 表示欧;k Ω 表示千欧;M Ω 表示兆欧。容许偏差用百分数表示(在我国产品中,容许偏差用罗马数字表示,I 代表 $\pm 5\%$;II 代表 $\pm 10\%$;III 或不标出时代表 $\pm 20\%$)。

如:100 Ω $\pm 5\%$ 表示 100 欧,容许偏差为 $\pm 5\%$;50k Ω II 表示 50 千欧,容许偏差为 $\pm 10\%$;2M Ω 表示 2 兆欧,容许偏差为 $\pm 20\%$ 。

b. 文字符号法:将标称阻值和容许偏差用文字、数字符号按一定规律综合标在电阻表面上。

a. 色标法:用色环和色点来表示电阻器的标称阻值及容许偏差,各种颜色表示的数值应符合表 1-21 的规定。

表 1-21 电阻器的色标

颜色	第 1 位数字		倍乘数	容许偏差
	A	B		
棕色	1	0	$\times 1$	
红色	2	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
橙	3	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
黄	4	3	$\times 10^3$	
绿	5	4	$\times 10^4$	
蓝	6	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
紫	7	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
灰	8	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
	9	8	$\times 10^8$	

颜色	A 第1位数	B 第2位数	C 倍乘数	D 容许偏差
白	9	9	$\times 10^9$	
金			$\times 0.1$	$\pm 5\%$
银			$\times 0.01$	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

示例：①在电阻体的一端标以彩色环，电阻的色标是由左向右排列的，图1-7的电阻为 $270000 \pm 5\%$ 。

②精密电阻器的色环标志用五个色环表示。第1至第3色环表示电阻的有效数字，第4色环表示倍乘数，第5色环表示容许偏差，图1-8的电阻为 $17.5 \Omega \pm 1\%$ 。

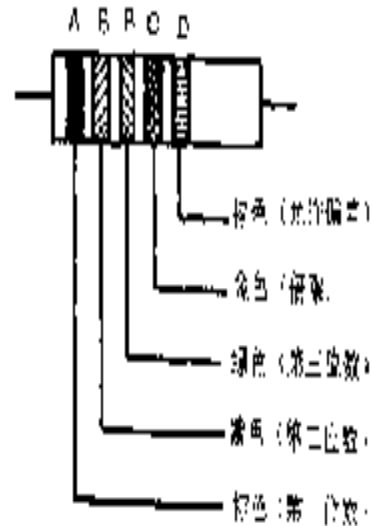


图1-8 表示 $17.5 \Omega \pm 1\%$ 。

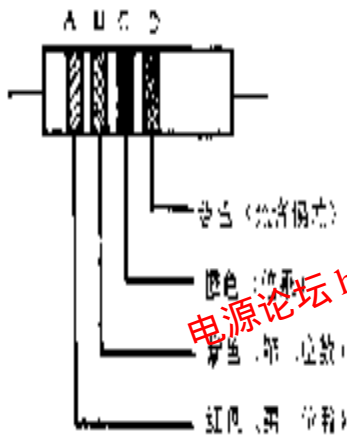


图1-7 表示 $270000 \pm 5\%$

(2) 额定功率

电阻器的额定功率是指电阻器在大气压力为 $(99.99 \pm 0.5) \times 10^3$ 帕斯卡 (750 ± 30 毫米水银柱) 和在规定的温度条件下，长期连续负荷所容许消耗的最大功率。

电阻器和电位器的额定功率系列见表1-20。

表1-20 电阻器和电位器额定功率系列

种类	额定功率系列(W)											
绕线电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	16	25	40	50
非绕线电阻	75	100	150	250	500							
绕线电位器	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100	
非绕线电位器	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2	5				

126 电阻电功率

表示电阻功率的通用符号见图 1-9。

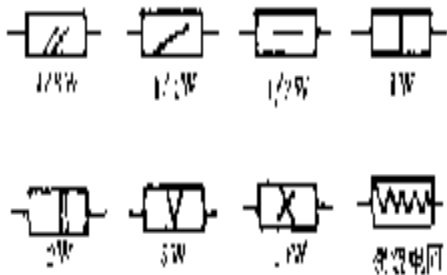


图 1-9 电阻功率的通用符号

(3) 最高工作电压

它是指电阻器长期工作不发生过热或击穿损坏时的电压。如果电压超过规定值，电阻器内部会产生火花，引起噪声，甚至损坏。表 1-21 列出碳膜电阻的最高工作电压。

表 1-21 碳膜电阻的最高工作电压

标称功率(W)	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
最高工作电压(V)	100	150	250	350	750	1000

(五) 怎样选用电阻器和电位器

(1) 按用途选用合适的型号

对于一般用途，可选择通用型电阻器。对于特殊用

途，应选用专用型电阻器。例如，对精密的电子设备，应选用误差小、精度高的碳膜、金属膜电阻和线绕电阻；用于潮湿高的地方，应选用防潮被釉线绕电阻；在高频电路中，应选用表面型电阻。

(2) 正确选取阻值及精度

应按照电路的要求选取阻值及误差。在精度要求高的场合，应选用精密电阻器。

(3) 额定功率的选择

应选得比实际消耗功率 (P_R) 大，一般选择计算消耗功率的两倍以上。在大功率场合下，应选用功率电阻器。有时也可以把小功率电阻器串、并联使用，以满足功率的要求。

(4) 注意最高工作电压

每个电阻器都有一定的耐压，超过这个电压，电阻器就会损坏。在高电压场合使用时，高阻值电阻器的使用电压值更应小于最高工作电压。

(5) 使用中应注意

① 在使用前先对电阻器进行人工老化，以减少其不稳定性；

② 电阻器要固定焊接在接线板上或底座上，较大功率的线绕电阻器应用螺丝或支架固定好，防止因振动而折断引线或造成短路。

③ 电阻器引线需要弯曲时,应从根部留一定距离(一般大小5毫米)才弯曲,以免折断或损伤引线;焊接电阻时,动作要快,以免电阻器长时间受热引起阻值变化;

④ 存放和使用电阻器时,都应保持电阻器瓷膜的完整,不要互相碰撞、摩擦,以免降低它的防潮性能或损坏它的导电层,导致电阻器失效。

(6) 电位器的选用

① 应根据电路要求,选择合适或相近阻值的电位器。要注意它的阻值调到最小时,其电流最大,应满足它所承受的功率不能超过额定功率。

② 根据用途选择合适的阻值变化特性。例如,音频控制电位器应选用指数式的或直线式的,不能选用对数式的。作分压器用时,应选择直线式的。作音频控制时,应选用对数式的。

③ 选用电位器,要注意尺寸大小和旋转轴柄的长短、轴端式样和轴上是否需要锁紧装置等。要经常调节的电位器,应选择轴端能成平面的,便于安装旋讯。不需经常调节的,可选轴端带有刻槽的,用螺丝刀调整后再不再转动。若一经调好就不再变动的,应选择带锁紧装置的电位器。

④ 对于带开关的电位器,要检查开关是否良好,还要使通过开关的电流不能超过规定的载流量。

⑤ 电位器轴应旋转灵活,松紧适当,无机械杂音。用欧姆表测量固定端和滑动端接线片之间的电阻值,缓慢旋转电位器轴时,表针应平稳变动,没有跳跃现象。









⑥ 由于电位器有转动机构,难以密封良好,故不能在高温下使用。电位器不应涂油,以免内部聚集灰尘和导电微粒。













(六) 常用电容器的种类、构造和特性

常用电容器的种类、构造和特性见表1-22。

表1-22 常用电容器的种类、构造和特性

种类	构造	特性	外形图
纸介电容器	用铝粉做电极,薄纸为介质,绕成圆柱形,浸渍清漆,用环氧树脂封装而成	制成容量大,体积小,电容量可以从1至20微法左右。但化学稳定性差,易老化,温度系数大,稳定性差,寿命短	 纸介电容器
瓷介电容器	用陶瓷作绝缘体,金属作电极,制成各种形状,用环氧树脂封装而成	制成容量小,体积小,电容量可以从1至20微法左右。但化学稳定性差,易老化,温度系数大,稳定性差,寿命短	 瓷介电容器




		(铁)			(瓷)		
种类	构造	特性	外形图	种类	构造	特性	外形图
铝壳电解电容器	在纸上涂一层导电膜，然后蒸发上一层导电膜，制成圆筒形，再封口，除去多余材料。	体积小，容量大，工作稳定，不占空间，且介电损耗小。	 <p>小型铝壳包封全氧化铁壳电容器</p>  <p>密封全氧化铁壳电容器</p>	铝壳电解电容器	在陶瓷上蒸发金属膜，制成圆筒形，再封口，除去多余材料。	介电常数大，稳定性好，耐高温，耐潮湿。	  <p>密封全氧化铁壳电容器</p>
纸介电容器	以纸为电介质，浸渍绝缘油，制成圆筒形，再封口，除去多余材料。	体积小，容量大，工作稳定，不占空间，且介电损耗小。	 	纸介电容器	在陶瓷上蒸发金属膜，制成圆筒形，再封口，除去多余材料。	介电常数大，稳定性好，耐高温，耐潮湿。	 



		(续)				(续)	
种类	特性	外形图		种类	特性	外形图	
瓷介电容器	均绝缘, 耐热性能达到 500~500°C, 有良好的高压性能, 绝缘性能, 温度系数范围宽, 可用于高频补偿。结构简单, 原料来源充足。但机械强度低, 不宜用于高频电路。			瓷介电容器	用金属箔或云母作介电质, 体积小, 损耗小, 频率特性好, 分布电感小。		
铝电解电容器	把氧化铝粉加入后, 介电常数增大, 损耗减小, 适于较高频率下工作, 抗湿性能好。			铝电解电容器	将附有氧化铝的铝箔和铝电极箔卷成筒状, 与阴极箔卷在一起, 密封而成。		
玻璃釉电容器	把氧化铝粉加入后, 介电常数增大, 损耗减小, 适于较高频率下工作, 抗湿性能好。			玻璃釉电容器	以瓷料作介电质, 体积小, 损耗小, 工作温度可达 200°C, 价格昂贵。		

130 图解电工手册

(续)

(续)

种类	构造	特性	外形图
真空电容器	采用两个圆形金属板同心布置，外面由玻璃壳密封。	容量较小，从几皮法到几百皮法，耐压高，介电损耗很小。	
可调电容器	空气作为介质，两金属片组成，互成电容。	按容量变化可分为： 1. 直流式：容量与成角关系； 2. 交流式：容量与成角关系； 3. 交流式：容量与成角关系。	 空气电容  单匝  双匝

种类	构造	特性	外形图
云母电容器	以云母和塑料作介质。	3. 直线式：容量与频率成反比。 4. 曲线式：容量与频率成反比。	
可调电容器	以云母或陶瓷作介质，能调节两板片间的距离及位置。	容量变化范围小，校正使用。	 

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>
 电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

(七) 电容器的简易测试方法

电容器类型不同,测试的方法也有所不同。

1. 固定式电容器

对高压电容器可用兆欧表测量其绝缘电阻,以判断电容器的好坏。通常,绝缘电阻应大于10兆欧~1千兆欧。若绝缘电阻值过低,说明漏电严重。对于容量较大的低压电容器,不能用兆欧表测绝缘电阻。可用通断电路的方法进行测试,用一节1.5伏的电池串联一只发声器(耳机或喇叭)断续地接入电容器两端,如果第一次接入时,发声器发出的声很响,以后接通几次,声音越来越小,直至无声,说明电容器良好,如果每次接通后发声器仍有声音,说明电容器漏电;如果一开始发声器就无声,说明电容器断路。这种方法对小容量的电容器作用不大,原因是电容量太小,充电太快,分辨不出来。

2. 电解电容器

测量电解电容器通常用万用表的欧姆档($R \times 1k$ 档或 $R \times 100\Omega$ 档)进行,先用黑笔(表内电池正极)接电容器

的“+”极,红笔(表内电池负极)接电容器的“-”极,接通瞬间表针摆动的角度很大,随后表针慢慢往回摆,此为电容器充电过程。容量愈大,摆动的角度愈大,待充电完毕,指针就返回到 ∞ 处。接着,把表笔反过来接电容器两极。一开始表针摆动的角度比上一次更大(原因是用表电池电压与电容器上充得的电压叠加,使电流更大),随后电容器放电,表针回摆至 ∞ 处。具有上述现象,说明电容器良好,如果指针每次回摆不到 ∞ 处,就说明了电容器存在着漏电现象。漏电的大小由表针指示的阻值来判断,阻值愈小,漏电愈大。如果初次接通电容器时,表针摆动的角度甚小,甚至不动,说明电容器内的电解质已干涸,失去电容器的作用。

(八) 二极管三极管的测量

二极管、三极管的测量如表 1-23 所示：

表 1-23 用万用表测二极管

名称	正向电阻	反向电阻
连接方法		
测试原理	<p>根据 极管的单向导电性,即在 极管正端加上正电压,外加 加正电压时,二极管导通,电阻变小的原理(将万用表打在“Ω”档,黑表笔接三用表内部电池的负极,红、黑表笔相当一个电阻,黑笔为电源正极,红为负)</p>	<p>二极管正接接电表负极,二极管负极接电源正极,二极管处上反向连接;二极管不导通,电阻值很大(当万用表置“Ω”档时,黑表笔代表电源正极,红为负极)</p>
测试方法	<p>当黑表笔接 极管的任一极,红笔接另一极,若表头指针指示在中断或中间偏右一点,表明此管正向导通,且为硅管,若表头指针指示在右端靠近满度的地方,表明是锗管</p>	<p>二极管处于反向连接,电阻值大,若表头指针指示在无穷大(∞)上,表明是硅管,若指示在∞右端附近表明是锗管</p>
极性鉴别	<p>根据 极管正向导通原理,可知黑表笔接的一极为 极管正接(正接正),红表笔接的一极为负极(负接负)</p>	<p>根据二极管反向不导通原理可知,黑表笔接的一极是二极管负极,红表笔的一极是正极</p>

表 1-24

用万用表判别三极管三个电极方法

名称	连接方式	测试方法
NPN型三极管 		<p>三极管(亦称由三个半导体(NPN管)或面对面(PNP)的二极管构成,那么可用单方向导电来判别基极。因为基极对另两极呈对称状态,将万用表拨至“Ω”档,并将量程调至×1k档,将黑表笔(代作电源正极)接任一管脚(红表笔(代作电源负极)分别接触另两极,这样可得三个读数,当其中一组二次测得电阻值均小时(指针指在“0”左边附近),则黑表笔接的是NPN型的基极。为防止管子可能处于开路,可将红、黑表笔调换位置,即红接任一极,黑笔分别接另两极,也会找出一组二次测得电阻值均大的情况,表明红笔接的是基极。同时可知,这是NPN型三极管。</p>
PNP型三极管 		<p>测试方法同上,所不同的是其中一组二次测得的电阻值均小(指针指在右端),那么红表笔所接的是基极。为了防止管子坏,也可将表笔对调即黑表笔取代测试时红表笔所接极,用红表笔分别接另两极,也会找出一组二次测得电阻值均大的结果,则黑表笔接的也是基极。</p>

(续)

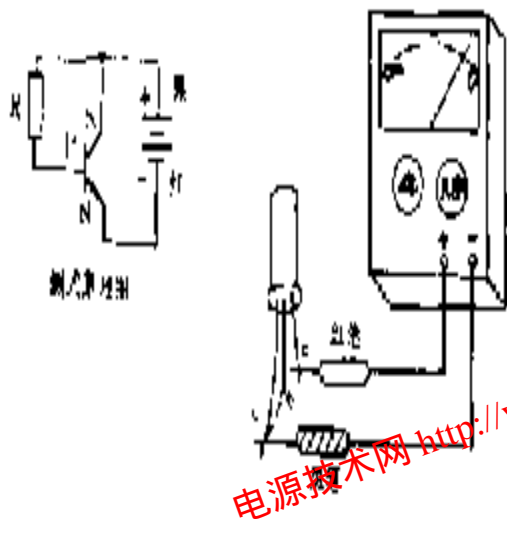
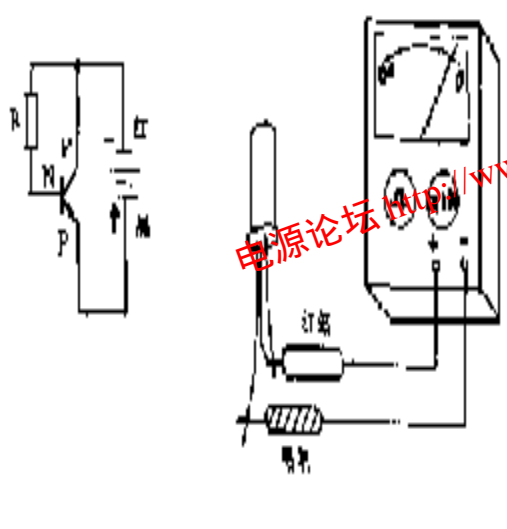
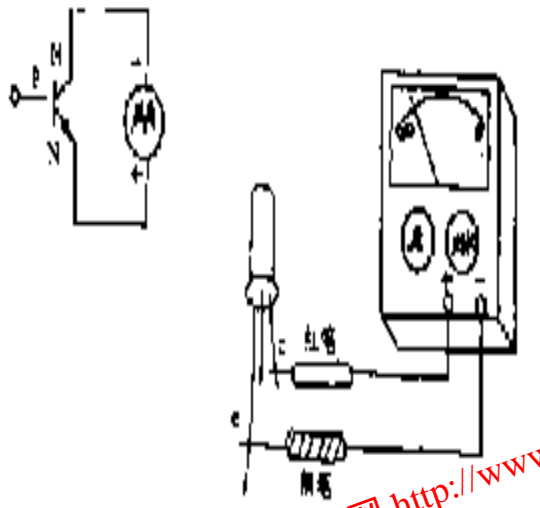
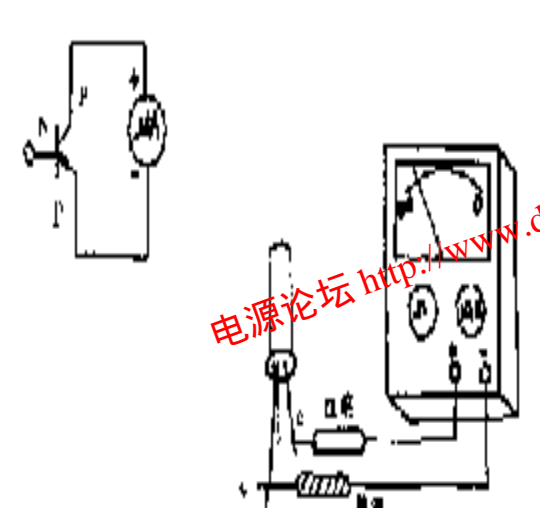
名称	连接方式	测试方法
NPN型三极管 第一步判别集电极		<p>根据三极管放大条件,即发射结加正向电压(a、b间加正偏),集电结加反偏(c、b间加反向偏置),则三极管电流放大系数的原理。万用表置“Ω”档,量程置R\times1k档,确定剩下两极中一极为集电极c,将黑表笔接到认定的c极,红表笔接剩下的一极,用舌尖将认定的c极与已认出的基极相连接(利用人体电阻作三极管的上偏置电阻见左上方原理图),则表头指针摆动,记下摆动的幅度。然后将黑、红表笔对换位置,用红表笔(代表电池负极)接认定的c极,黑表笔接剩下的一极,再用舌尖将认定的c极与基极接触一次,观察指针摆动的幅度,比较两次的结果,前一次的幅度大,表明前一次认定的c极为三极管的集电极。</p>
PNP型三极管 第二步判别发射极		<p>测试连接方法与同上,区别在于认定一极为集电极c,将红表笔接上,用黑表笔接另一剩下的电极,同样用舌尖碰认定的c极与基极,记下指示位置,再两表笔对调,记下指示位置,并比较,前一次幅度大,表明前一次认定的c极为三极管的集电极,剩下的一极则为发射极。</p>

表 1.25 用万用表判断三极管性能

名称	连接方法	测试方法
穿透电流 I_{CEO}		<p>I_{CEO}是指基极开路时,集电极与发射极之间的反向电流。万用表置“Ω”档,量程开关置$R \times 1k$档,实际上测出集电极—发射极反向电阻即可。反向电阻越大,表明I_{CEO}越小。如左图所示,指针靠右端(∞旁边),说明反向电阻大,I_{CEO}小。越靠左越好,一般硅管比锗管的阻值大。高频管比低频管阻值大,小功率管比大功率管阻值大。低频小功率管约在几千欧以上。</p>
		<p>测试原理及方法同上,所不同的地方是此处是黑表笔接集电极C,测出的反向电阻也应该越大越好。</p>

(续)

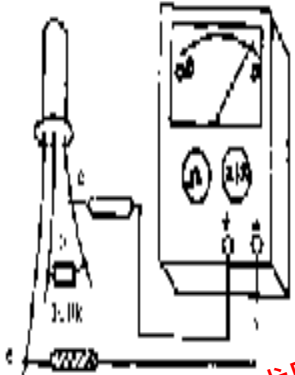
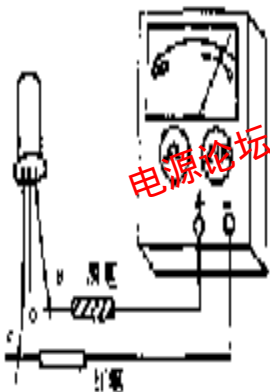
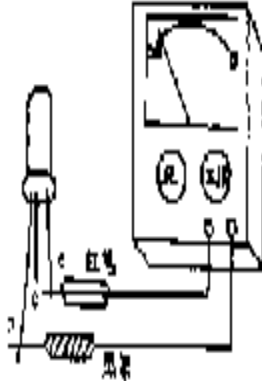
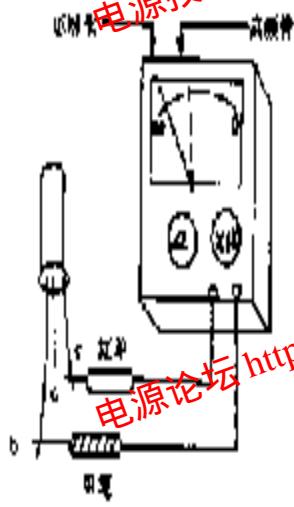
名称	连接方式	测试方法
电流放大系数 β		在判定集电极时, 指针摆动幅度越大则表明 β 越大。测试方法与前面介绍的判断负电极的方法相同
稳定性		在判断 β_{DC} 时, 用手捏住管子, 受人体体温影响, 管子的工作点即由正向基极减小。若指针摆动不大, 则管子稳定性较好, 反之, 稳定性不好

表 1-26 用万用表判别高、低频管的方法

步骤	连接方式	测试方法
<p>第一步</p>		<p>以 PNP 管例，将万用表置“Ω”档，量程放在 R×1k 档测发射极—基极间的反向电阻，表针应落在右端“∞”处附近，取不超过满刻度的 1/10</p>
<p>第二步</p>		<p>再用 R×10k 档测射—基间反向电阻，若表针位置与第一步测试时所在的位置没有多大变化，或变化甚小，取不超过满刻度的 1/3，则所测管为低频管。若表针指示位置变化很大，超过了满刻度的 1/3 以上，则所测管为高频管</p>

注：测 NPN 管的射—基间反向电阻时，只要将表笔对调一下即可。

五、电工安全用电常识

(一) 电工安装、维修、操作规程

1. 一般安全操作规程

- (1) 工作前必须写好工作单, 经主管部门批示。
- (2) 经批准后, 穿戴好和准备好有关防护用品。进入现场以前, 应仔细检查所用工具是否符合安全用电标准, 了解现场环境情况。电气设备事先要查明是否带电, 一般不允许带电作业。
 - (3) 在线路、设备上安装、维修时, 要先切断电源, 并挂上警告牌, 验明无电时, 方能进行操作。
 - (4) 装接电灯时, 开关必须控制相线。接临时线路时, 应先接地线。拆除临时线时, 应先拆相线。工作中所拆除的电线, 要及时处理好。带电的线头, 须用绝缘带包扎并标明带电标志。
 - (5) 高空作业时, 应带好安全带, 梯子应有防滑措施。所使用的工具以及其他东西, 不准随便往下乱扔乱抛, 须装入工具袋内吊送。地面工作人员应戴好安全帽, 并应离开施工区之外, 在雷雨和大风天, 不准在架空线路上工作。
 - (6) 低压架空带电工作时, 应使用有绝缘柄的工具, 并

应站在干燥的绝缘物上, 同时要穿上绝缘鞋, 戴好手套。工作时, 还要有人监护。

(7) 低压架空带电工作时, 人体不得同时接触两根线头, 并不得穿过未经采取绝缘措施的导线之间。

(8) 在带电的低压开关柜(箱)上进行安装或修理时, 应采取防止相间短路及接地等安全措施。

(9) 在发生触电事故时, 应立即切断电源, 戴上绝缘手套或用干燥衣物、干燥木棒将触电者与电源隔开。严重者, 应立即进行人工呼吸抢救。

(10) 线路、机电设备安装或修理完之后, 在正式送电之前, 必须仔细检查绝缘电阻、接地装置和传动部分防护装置。当达到安全标准后, 通知有关部门, 方能送电。

(11) 当电器设备发生火灾时, 应立即切断电源。如不能切断电源或未切断电源之前, 应用二氧化碳或二氧化氮或干砂灭火, 严禁用水或酸碱泡沫灭火器扑灭。

2. 带电工作的操作规程

- (1) 带电操作的工作人员, 必须经过考试合格后方能担任。在工作时, 应有人监护。监护人不能离开工作现场。
- (2) 带电工作时, 所用工具均有绝缘把手。
- (3) 带电操作的工作人员, 服装应为紧袖口的上衣, 严禁穿汗背心 and 短裤带电工作。
- (4) 带电工作之前, 应检查工作现场情况, 如有接近的

导电物体或接地物体,可将它们用绝缘物隔开或遮盖。处理好,方能进行工作。

(5) 在仪表的二次回路上进行带电工作时,不准将变流器的二次侧开路。如要断开变流器的二次回路,必须将变流器接线端子上的专用短路薄片短路。

(6) 在同一杆上不准两人同时在不同相上带电工作,穿越线档。不准相互接触或传递工具。

(7) 遇到工作位置狭窄、潮湿,影响人身安全时,一般在停电后进行工作。如必须带电工作时,应采取戴橡胶绝缘手套,穿绝缘鞋及用橡胶绝缘布遮盖等加强安全措施。

(8) 正确使用有关电气安全用具。这些工具应定期进行检验,保持性能良好。所有安全用具应放在指定地点,并应有专人负责保管。

(二) 触电伤亡事故发生的原因

什么叫触电?触电就是人体接触了带电体,电流便会从人体中通过,造成人体肌肉抖动,这就叫触电。当通过人体的电流强度达到50--100mA时,就会使人神经麻痹,心脏停止跳动,呼吸器官停止工作,生命垂危。通过人体的电流大小与电压有关,电压高,通过人体的电流也大,因此电压越高,越危险。经证明,对于人体,一般认为频率为50Hz的交流电在20mA以下和直流电50mA以下才是安

全电流,而低于36V的电压才算安全电压。高于36V的市电电压220V,动力电路电压380V都是危及生命安全的电压,触电伤亡事故的原因主要有以下几个方面,希望引起注意:

(1) 电器设备安装得过于简陋,不符合规定的安全要求。例如:电杆太细,挂得太低,容易受外力破坏倒塌,或采用竹和其他腐朽杉杆当电杆。又如电线太细,档距过大,电线裂接不牢固,与其他电力线、广播线、通讯线交叉跨越,不符合安全要求。又例如室内照明线乱拉乱扯,入墙线不装瓷瓦筒,布线不按规程规定,甚至采取极危险的一线一地供电方式。用电设备金属外壳不装接地线,以及用电不装开关和保险丝等。

(2) 用电设备、各种工具和送电线路严重破烂,没及时维护修理,采用不符合要求的代用品较多。例如:黑切线路绝缘破损,瓷瓶、瓷码、木方破烂脱落,开关、插座、马达接线盒的盖子和灯头损坏了不修理、不更换。

(3) 管电人员不责任心,不执行规章制度,不按时停、送电;不正确使用和保管安全用电工具;在高压线路工作,要更换接避雷器时,事先不同变电站联系停止送电,就擅自登杆工作;当发现有触电者不懂救护。

(4) 如图1-10所示,缺乏安全用电知识,例如:随便剪断电杆的板线,在电线上晒衣服,把牲畜拴在电杆或板线

140 图解电工手册

上,雷击电线断落,不及时通知有关部门处理等等。

(三) 触电的几种形式

1. 单相触电

单相触电是指人体接触电网中的任何一相电源。例如电动机外壳漏电,或照明灯头漏电,人体一触及,电流便从一个带电体通过人体流入大地,便形成电流回路。

2. 两相触电

两相触电是指人体同时触及三相供电线路中的任何两相,这时人体承受线电压,危险性极大。检修电路时应注意。

3. 电弧触电

当人体离带电部分的距离很近以致能够从电器装置对人体放电时,就有电弧产生,电弧通过人体而形成电路。这些电弧一般都使人体受到灼伤,严重的会烧死。

4. 跨步电压触电

跨步电压可分为两种情况:

第一种是由于电器设备的绝缘损坏,产生漏电,使电流与大地构成回路而形成。

第二种是高压电网的一相导线断落在地面,导线落地点的电位就是导线的电位,如果人站在距离导线落地点 8~10m 范围内,就可能发生触电事故。这种触电称为跨步

电压触电。大电流流入地之处越近,电压越高。以导线入地之处为圆心,半径 20m 之外才算安全。

(四) 防止触电事故发生的措施

(1) 电器设备要及时检修。

(2) 严格遵守操作规程。

(3) 供电变压器中性点不接地。

采用变压器中性点不接地的做法是在变压器中性点装一个过电压“保险击穿器”当线路绝缘良好时,线路泄漏电流不超过 20mA。即使有人无意中触着了带电体或漏电达的外壳,或有电流通过人体,由于电流很微弱,触电者不会有生命危险。

所谓“保险击穿器”实质上就是两块固定铜片造成的一一个平板空气间隙,这个间隙可以将过电压泄放到大地,从而起到保护的作用。一般穿戴的放电,其电压的大小高出变压器空载时中性点对地的电容电压 20~30%左右,例如变压器空载时中性点对地的电容电压是 1000V,则击穿器的间隙在 1200V~1300V 放电。这个平板的空气间隙应装在免受湿气和灰尘的密封装置中。

(五) 触电急救法

1 使触电者迅速脱离电源

(1) 迅速拉下电闸(断开开关)。

(2) 若开关装置距离较远,来不及断开时,可用周围的干燥木棒、干燥竹竿或其他绝缘工具将电线挑开。

(3) 如果在高压设备上触电了,救护人员应穿上绝缘靴,带上绝缘手套,并使用适合于该电压等级的绝缘工具,使触电者脱离带电设备。

(4) 对于高空触电者,要用保护绳保护,然后切断电源,防止触电者跌伤。

2. 对触电者施行人工呼吸法

人工呼吸法是触电急救行之有效的科学方法。施行人工呼吸之前,应确定触电者是否停止呼吸,只要呼吸存在,不管是否失去知觉都应抢救。抢救时,将触电者移至空气流通的地方,按摩他的全身,使他发热,用要求让他嗅,使其迅速恢复知觉。即使呼吸、脉搏及心脏跳动都已停止,也仍需努力抢救,因为有时虽然心脏停止,出现假死,只要全力抢救,也有救治的可能。

施行人工呼吸法之前应迅速解开触电者衣领、裤带等,并将其口中的血块、粘液取出,使呼吸道畅通,然后使触电者的嘴张开,拉出舌头即可开始进行人工呼吸,方法如下:

(1) 口对口人工呼吸法:

① 救护者站在触电者的一边,使触电者头部尽量后仰,让鼻孔朝天。这样,舌头根就不会阻塞气道。头下不

要垫枕头,否则会妨碍通气。

② 用一只手捏紧他的鼻孔,另一只手的拇指和食指分开嘴巴,深吸一口气,贴紧张开的嘴巴吹气。吹气时要使他的胸部膨胀,每五秒钟吹一次,吹二秒,放松三秒。小孩肺小,只能小口吹气。如果张不开嘴巴的触电者,也可对鼻孔呼吸,做法与上面相同。

③ 吹气完毕,立即放松触电者的口鼻,让其肺部自然收缩以达到排气或排气目的。

按照以上步骤,连续不断地进行操作,每分钟约12次。

(2) 心脏挤压法

① 使触电者仰卧在地上或硬板上(不可垫在软的地方),找到正确的挤压点。

② 救护者跪在触电者的一边,两手重叠(儿童用一只手),手掌根部放在心窝稍高一点的地方(即掌根放在胸骨之下三分之一部位处)。

③ 掌根用力向下垂直挤压,压出心脏里面的血液。成年人为3-5cm,每秒钟挤压一次。

④ 挤压后,掌根突然放松挤压(注意,手掌不要离开胸壁),依靠胸部的弹性自动恢复原状。

以上两法可同时进行。如果心跳、呼吸同时停止,两法可同时进行,如果只有一人救护时,两法可交替进行,先吹气2次,再心脏挤压15次,如此反复进行即可。见图1-12。

图 1-10 不符合安全要求的现象

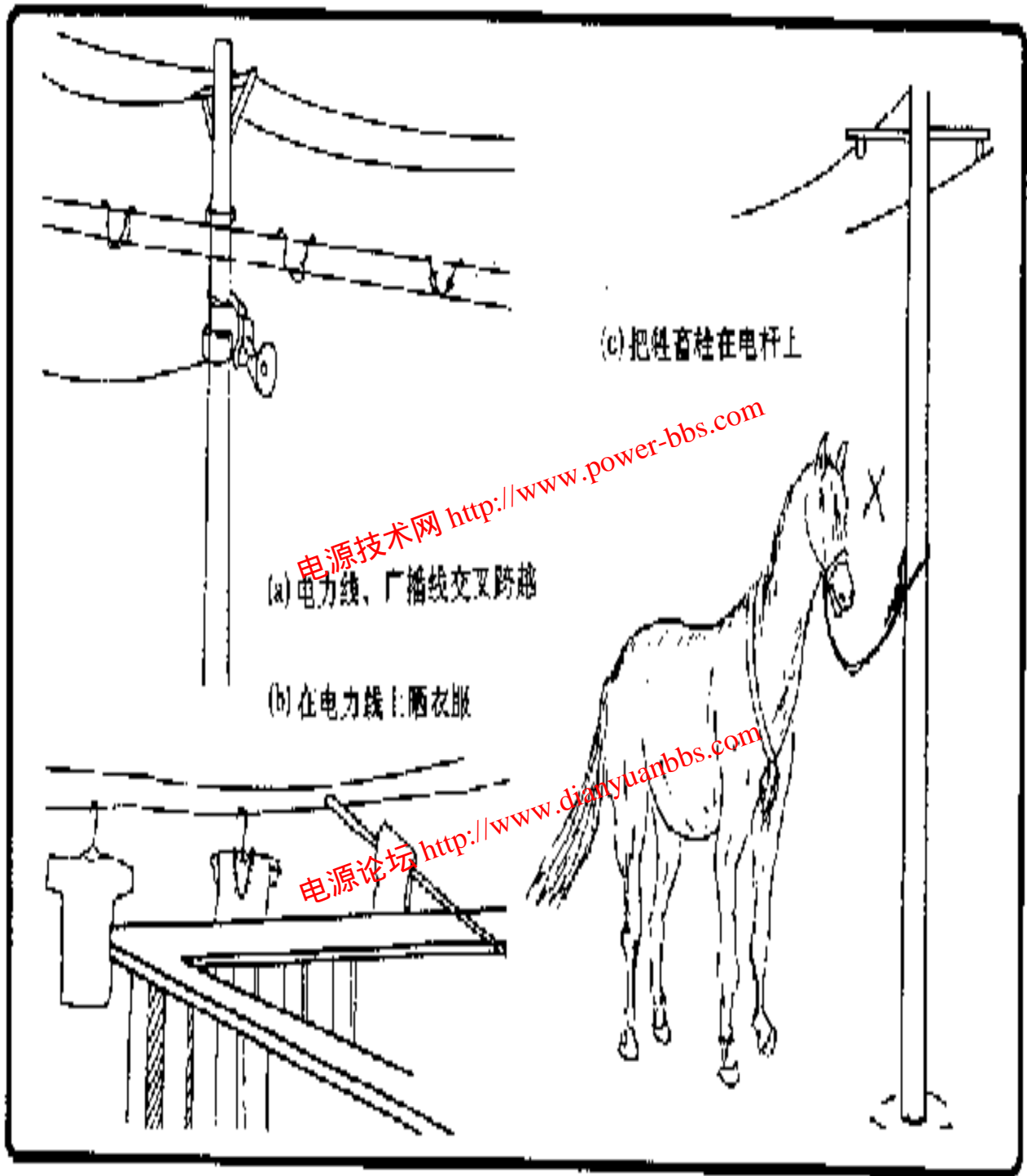
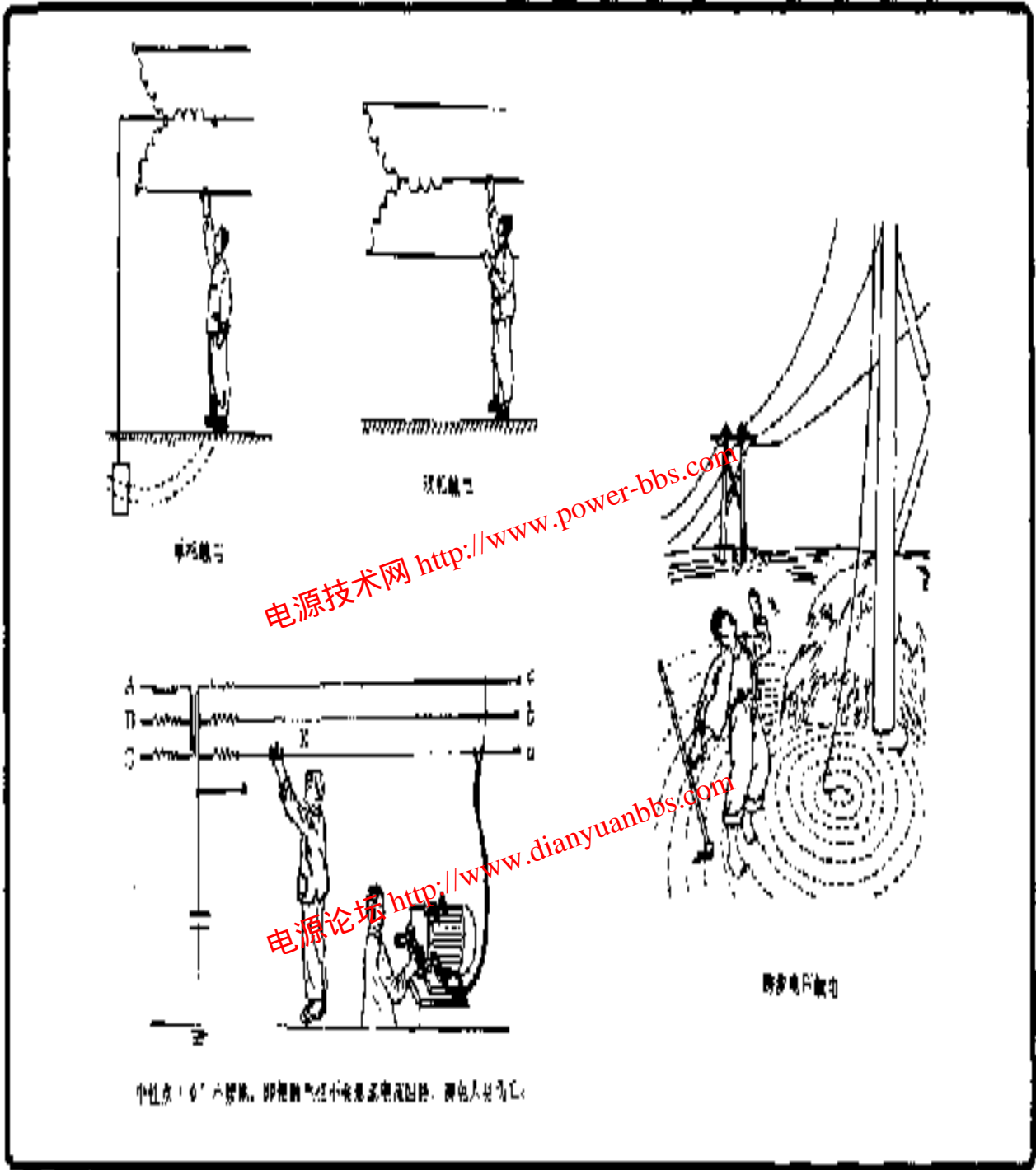
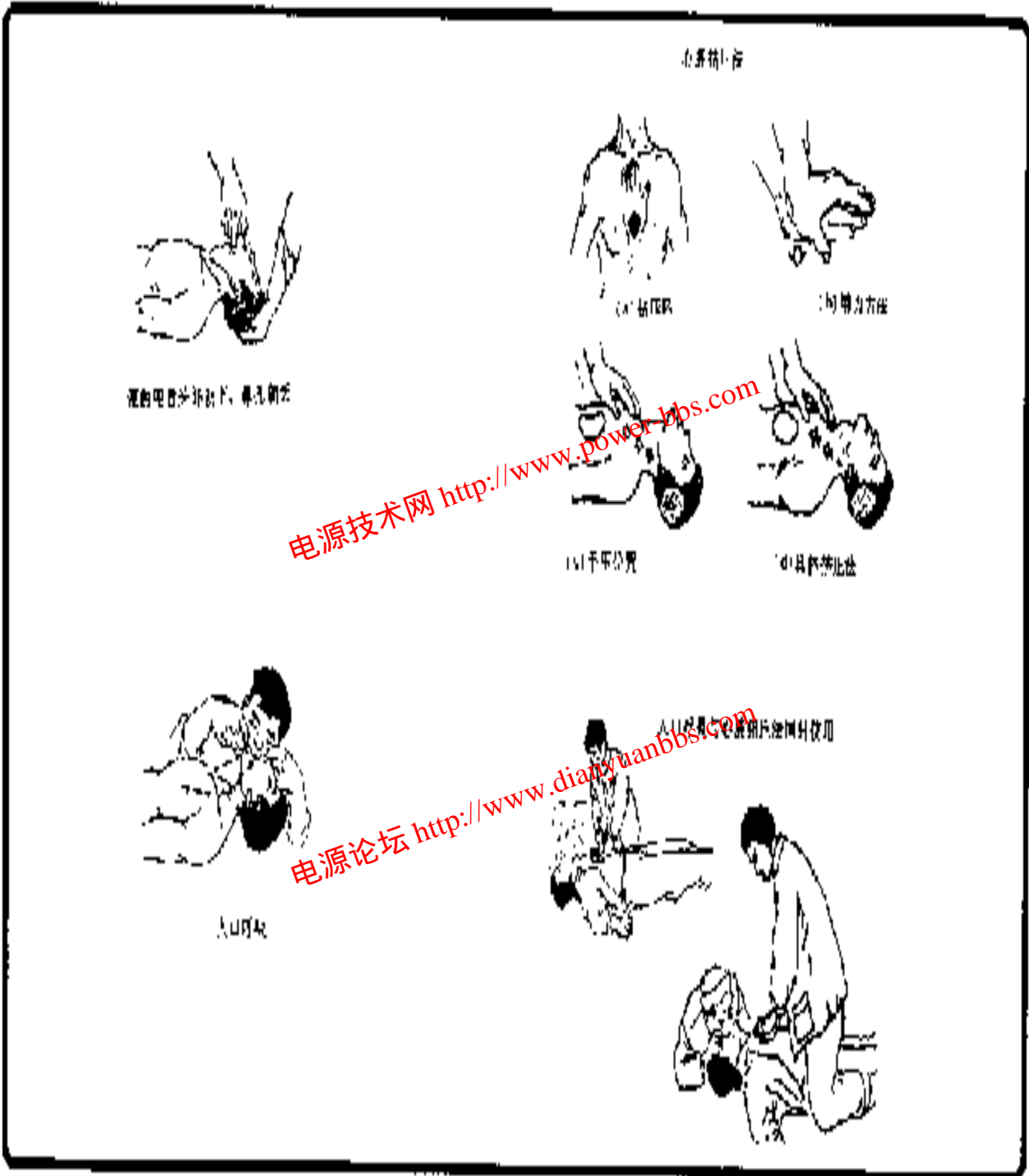


图 1-11 触电情形



144 图解电工手册

图 1-12 触电急救法



第二章 照明电路的安装

一、照明电路概况

1. 照明电路的电压标准

照明电路的电源通常是由电网低压供电线路提供的。在我国,电网低压供电线路统一采用的是三相四线制,即由三根相线和一根中性线组成。它的标准电压额定为线电压 380V(相-相间电压),相电压 220V(相-中性线间电压)。同时规定,照明电路由一根相线和一根中性线组成,其额定电压为 220V(取用相电压)。

电网低压供电线路起于配电变压器高压端,沿线分支出各供电分路,用户照明电路由此接取电源,然后通过进户装置,量电装置和配电装置,照明线路提供给各种照明负载。

2. 照明电路的供电方式

照明电路的供电方式有单相两线制(一相-中性线)和三相四线制(三相线-中性线)两种。

照明电路由一相线和一中性线构成,因而照明电路所使用的电源一般也只要提供单相两线电源(即一相-中性

线)。何由于低压电网的配电变压器容量一般都比较小,如遇较大照明容量的用户,仍使用单相电源供电,则可能造成该相电源电压过低,引起干线三相电源负载失衡,故一般规定,照明负载容量大于 30A(临时用电大于 50A)的照明用户采用三相四线制供电,或小于或等于 30A 的照明用户则采用单相两线制供电。

对于三相四线制供电的用户,应用户在三相四线制干线上均衡地分出各条照明分路,以期使干线各相所承受的负荷达到平衡。

照明电路负荷计算的一般计算方法:

照明电路的负荷电流一般根据下列三项数据计算得出:

- (1) 用户实际装接容量(kW);
- (2) 同一时间内使用的最大负荷电流值(A);
- (3) 考虑发展因素增加 20%左右富裕限度。

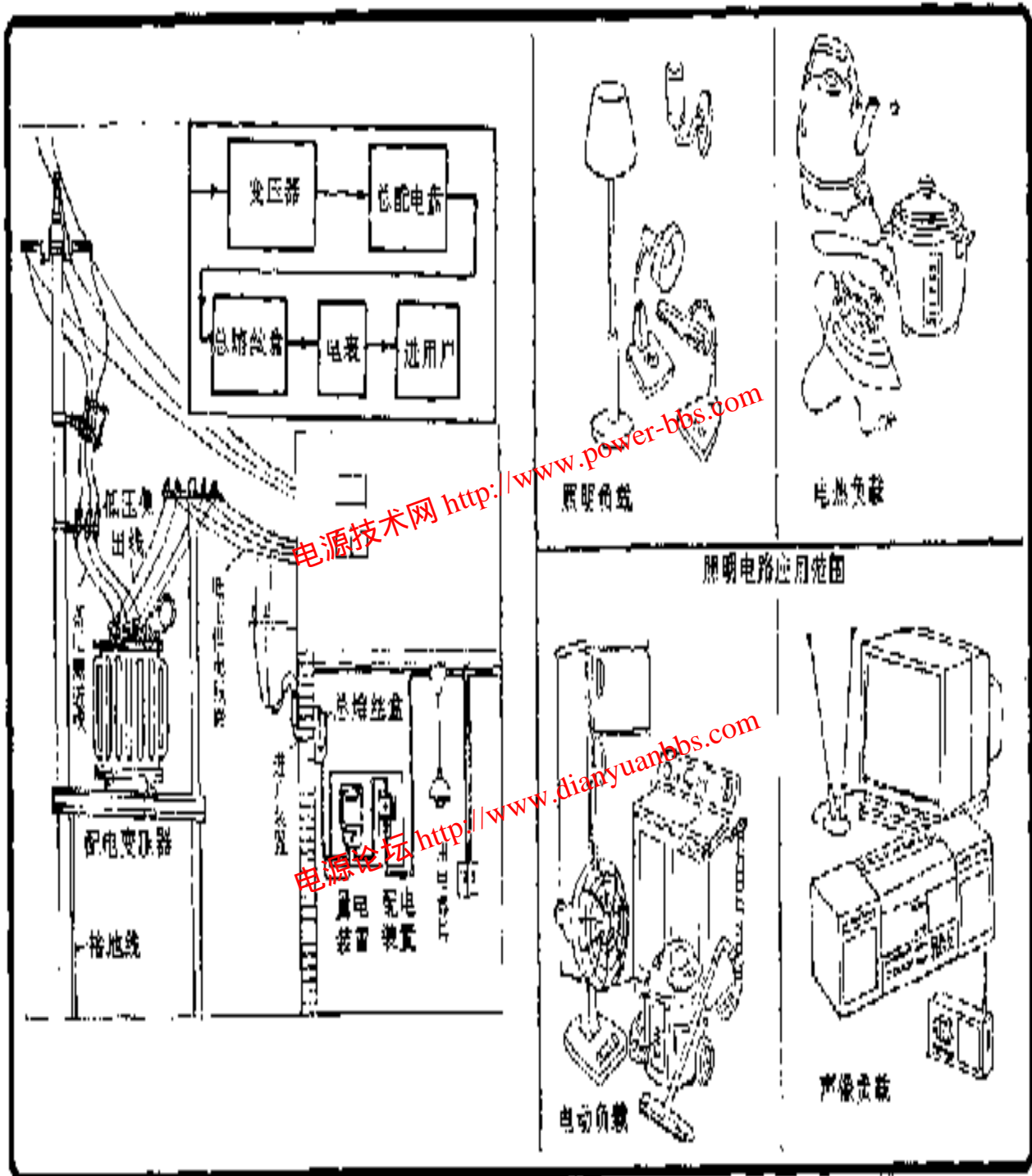
计算公式

$$\text{负荷电流(A)} = \frac{\text{用户实际装接容量(kW)}}{220\text{V}} \times 120\%$$

3. 照明电路的应用范围

照明电路广泛用于家庭、医院、工厂、机关、学校、商店等各种不同场合,照明电路的负载可以是照明负载、电热负载、电动机负载和声像负载等。根据我国用电分类规定,凡属

图 2-1 照明电路及其应用范围



于家庭生活需要或用于工作单位直接生活需要的属于照明用电,其中包括单位用于生活或工作需要的照明、取暖、降温等用电。

照明负载包括:

(1) 照明负载

它包括用于生活照明、工作照明和警卫照明的各种电灯等。如吊灯、壁灯、彩灯、移动灯、台灯、生产行灯等。

(2) 电热负载

它包括用来直接为生活服务或改善生活工作条件的各种电热器具,如生活电炉、电饭锅、电水壶、石菴取蛋器、电烤箱、电熨斗等。

(3) 电动负载

它包括用于单位或家庭的各种电动器具。如电风扇、电冰箱、洗衣机、抽油烟机、空调等。

(4) 声像负载

它包括用于娱乐和宣传的声像设备。如收音机、电视机、录音机、录像机、幻灯机、投影机、复印机等等。

上述四种负载都可以在照明电路中接入电源。一般情况下,照明负载通过某些装置附件直接与照明电路连接,而其他三种负载则通过安装在照明线路上的插座接入照明电路。某些照明负载(如台灯及临时照明用灯)也可以通过插座接入照明线路。

二、常用室内照明线路类型

如图 2.2 所示,照明线路采用的线路类型应与周围环境相适应。一般常用的照明线路类型有以下几种:

- (1) 瓷(塑料)夹板线路
- (2) 木槽板线路
- (3) 塑料护套线路
- (4) (明、暗)管线路

1. 瓷(塑料)夹板线路

用瓷(塑料)夹板支持导线的,称为瓷(塑料)夹板线路。它是一种老式的线路结构形式,适用于户内干燥的场所。瓷(塑料)夹板线路的结构简单,造价便宜,维修方便,但因其导线完全暴露在空间,容易遭到破坏,也不太美观,目前在照明线路中已普遍为护套线路所取代,唯容量较大的线路时或采用。

2. 木槽板线路

用木槽板来支持导线的,叫做木槽板线路。木槽板线路整洁安全,通常在尘埃较多或潮湿严重的场合采用,但由于造价较高,目前也为护套线路取代。

3. 护套线路

护套线路是指采用护套线的线路。护套线分有塑料

148 图解电工手册

护套线、橡皮线和铅包线三种。目前普遍采用的是塑料护套线。塑料护套线线路是照明线路中应用得最多、最广泛的线路类型。它具有安全可靠、线路简洁、造价低和便于维修的优点,除不能应用于易燃易爆环境外,各种场合均能应用。

4. 管线线路

管线线路是指用钢管或硬塑料管来支持导线的线路。管线线路有较好的防潮、防腐、抗腐蚀性,且有较好的抗外界机械损伤性能,是比较安全可靠的线路结构。

管线线路可分为明设管线线路和暗设管线线路。

在照明线路中,明设管线线路主要用于电度表总线安装。较大容量的总线几乎都采用明设管线线路。

暗设管线主要用于要求较高的用电环境。暗设管线线路有预埋管线线路和现埋管线线路两种。

表 2-1 常用照明线路适用范围

线路类型	敷 设 场 所				
	干燥场所	户外	有可燃物	有腐蚀性	有易燃易爆物
木槽布线	✓				
瓷夹线路	✓				
塑料护套线路	✓	✓	✓		✓
明(暗)设管线线路	✓	✓	✓		✓

说明:凡有“✓”表示适用,有可燃物质场所是指生产环境中具有一般性的可燃物质或原料;易燃易爆物质场所是指生产环境中具有强烈的或一般的易燃易爆物品和原料。

三、照明线路布线

1. 布线的基本要求

线路是电力的通道,线路的质量优劣会影响整个电路的安全运行。线路必须满足如下基本要求。

(1) 照明线路使用的导线额定电压应高于线路的工作电压,导线绝缘层应符合线路安装方式和敷设环境条件,截面的安全电流大于用电负荷电流。

(2) 照明线路所使用的导线应满足安装机械强度要求。

(3) 应避免过热,不在发热物体表面敷设。

(4) 照明线路禁止利用大地作中性线。

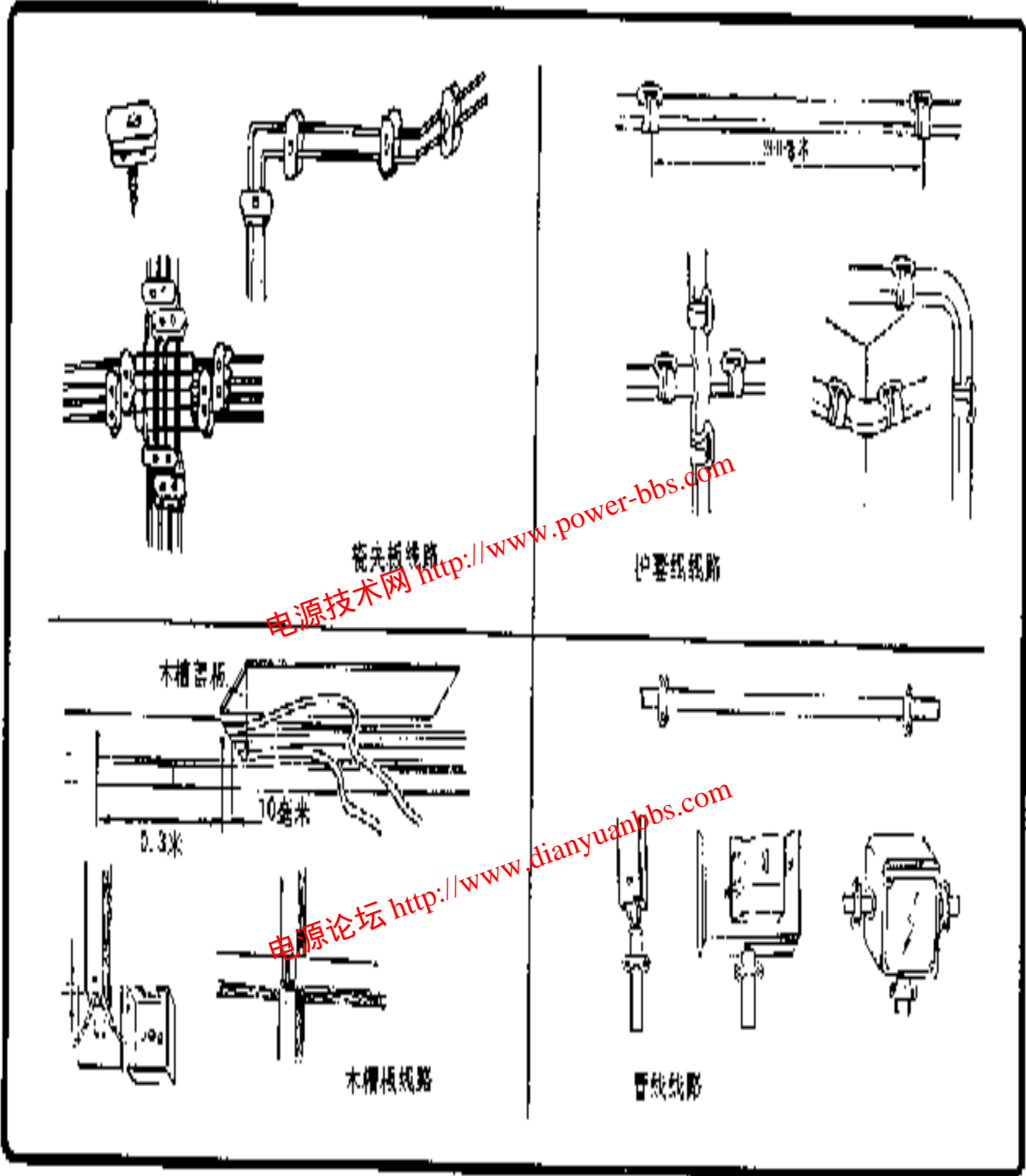
(5) 照明线路每一分路的最大负荷电流不大于 15A,电热线路不大于 30A。

2. 瓷(塑料)夹板线路安装技术要求

(1) 导线总线最小截面积的规定:铜总线不小于 1.0mm^2 ,铝总线不小于 1.5mm^2 。

(2) 必须选用适合导线截面需要的瓷(塑料)夹板。

图 2-2 照明线路类型



150 图解电工手册

(3) 导线截面积在 $1.0 \sim 2.5 \text{mm}^2$ 时, 两支持点之间距离为 0.6 米, 截面积在 $4.0 \sim 10.0 \text{mm}^2$ 时, 两支持点间距离为 0.8 米。

(4) 瓷(塑料)夹板线路在何 平面改变走向时, 转弯处应保持垂直。

(5) 瓷(塑料)夹板线路对地距离要求: 水平敷设时, 最低点不低于 1.3 米; 穿越楼板时, 在穿越楼板一段及 1.3 米以下部分导线应加穿管保护。

(6) 瓷(塑料)夹板线路应敷设得挺直牢固, 导线不得碰及建筑面。

型号	旧称	形状 图号	长度		两片合拢线槽 尺寸度		钉孔 直径	配用导线 截面 (mm^2)
			L	B	H	b		
N240	1/2"双槽		40	20	20	6	6	1~2.5
N251	2"双槽	c	51	22	24	6	7	4~6
—	2 1/2"双槽		61	26	29	8	7(2孔)	10~16
N364	2 1/2"三槽		64	27	29	8		4~16
N376	3"三槽	d	79	30	29	8	7	10~16
—	4"三槽		102	30	31	10		25~35

表 2-2 瓷夹板的规格尺寸及参数表

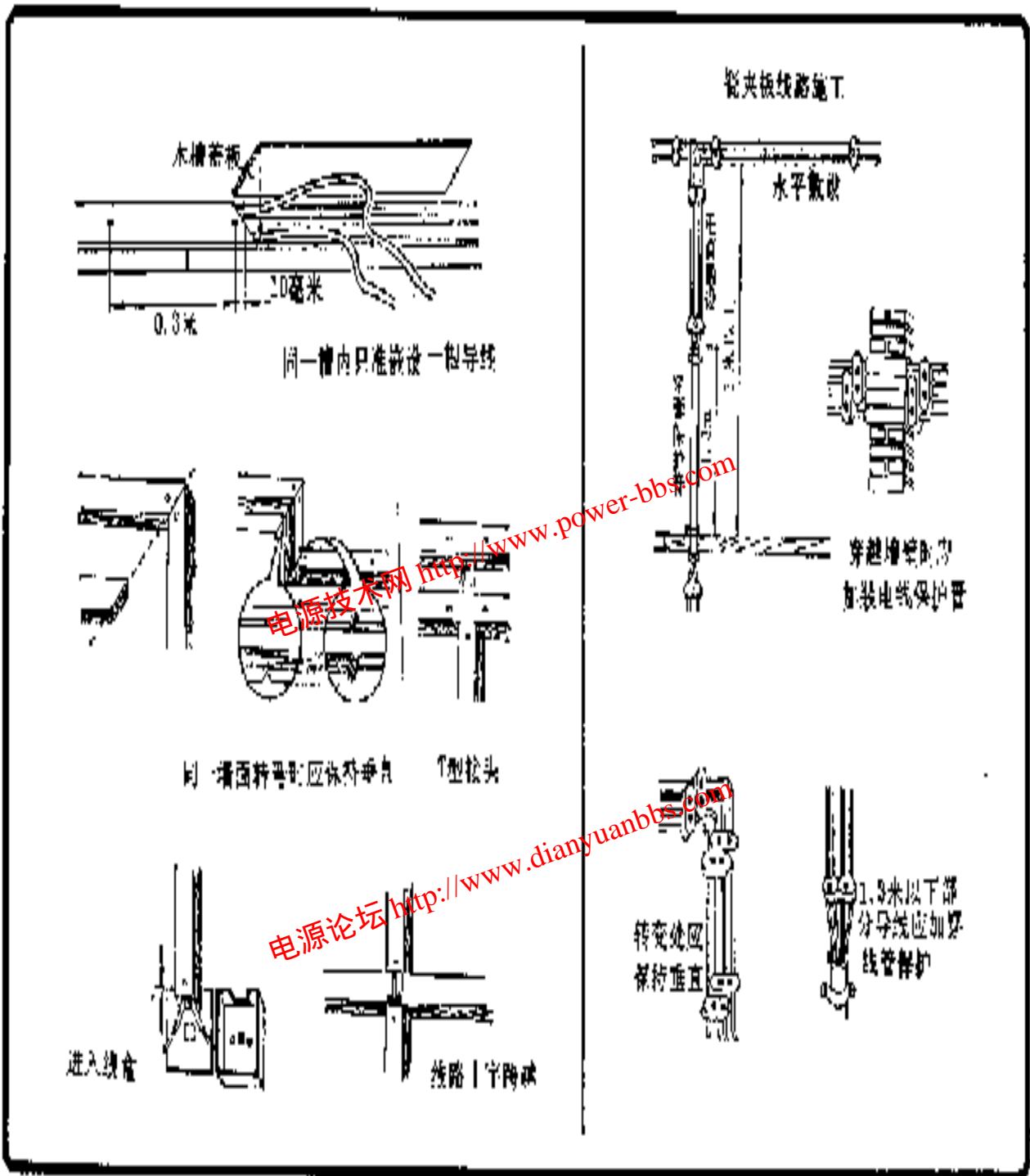
型号	旧称	形状 图号	长度 L	宽度 B	两片合拢线槽 尺寸度		钉孔 直径	配用导线 截面 (mm^2)
					H	b		
—	1/2"斜形	a	50	24	38	13		35~70
—	3/8"斜形		60	28	40			70~95
—	3/4"方形		54	40	48	19		95~120
—	1"方形	b	76	51	60	25	无钉孔	150~185
—	1 1/2"方形		84	54	64	38		≥240

1. 木槽板线路安装技术要求

如图 2-3 所示:

- (1) 导线截面的最小截面积的规定: 铜总线不小于 0.5mm^2 , 铝总线不小于 1.0mm^2 。
- (2) 必须根据线路需要和导线粗细选择合适的木槽板。
- (3) 木槽板线路安装在混凝土建筑面及泥砖砌建筑面时, 每 一支持点均需安装木棒; 安装在水泥砂浆建筑面时, 首尾端及接头处须采用木棒。
- (4) 木槽板内敷设的导线应采用绝缘导线, 并在木槽

图 2-3 瓷夹板和木槽板的施工



152 图解电工手册

内不准有接头。

(5) 同一槽内只准做设一根导线。

(6) 木槽板线路的丁字分支连接, 必须用接线盒, 导线线头应安装在瓷接线桥上, 同时应尽量避免十字交叉。

(7) 木槽板线路在同一端面转弯时, 必须保持垂直。

(8) 木槽板线路穿越墙壁时, 必须穿保护套管。

(9) 木槽板下沿端口离地最低距离为 0.15 米, 线路在穿越楼板一段及离地板 0.15 米以下部分的导线, 必须穿钢管或硬塑料管保护。

4. 护套线线路安装技术要求

如图 2-4 所示:

(1) 护套线总线的最小截面应符合规定。户内铜芯线不小于 0.5mm^2 , 铝芯线不小于 1.5mm^2 ; 户外使用时, 铜芯线不小于 1.0mm^2 , 铝芯线不小于 2.5mm^2 。

(2) 护套线不可采用线与线的直接连接, 应采用瓷线盒或借用其他电气装置的接线柱来连接线头。

(3) 护套线必须采用专用金属垫片连接。

(4) 护套线安装时两支持点间的距离为 0.2m; 线路在转角或交叉时应在转角或交叉处各安装一个支持点; 进入木台前或穿出(穿入)管子也需要安装一个支持点。

(5) 护套线在同一平面转弯时, 必须保持垂直。

(6) 护套线线路离地最小距离不得小于 0.15 米, 在穿

越楼板一段及在离地 0.15 米以下部分的导线, 应加钢管或硬塑料管保护。

5. 管线线路安装技术要求

(1) 穿入管内导线的最小截面规定: 铜芯线不小于 1.0mm^2 , 铝芯线不小于 2.5mm^2 。

(2) 穿入管内导线的绝缘强度不低于交流 500V。

(3) 明设、暗设管线线路所用的钢管必须经过防锈处理, 管壁厚度不小于 1.0mm^2 。明设用硬塑料管管壁厚不小于 2.0mm , 暗设用硬塑料管管壁厚不小于 3.0mm 。

(4) 管线线路所采用的线管管径由穿入导线总面积决定, 导线在管内所占面积不应超过管子有效面积的 40%, 线管采用的最小直径应不小于 13mm。

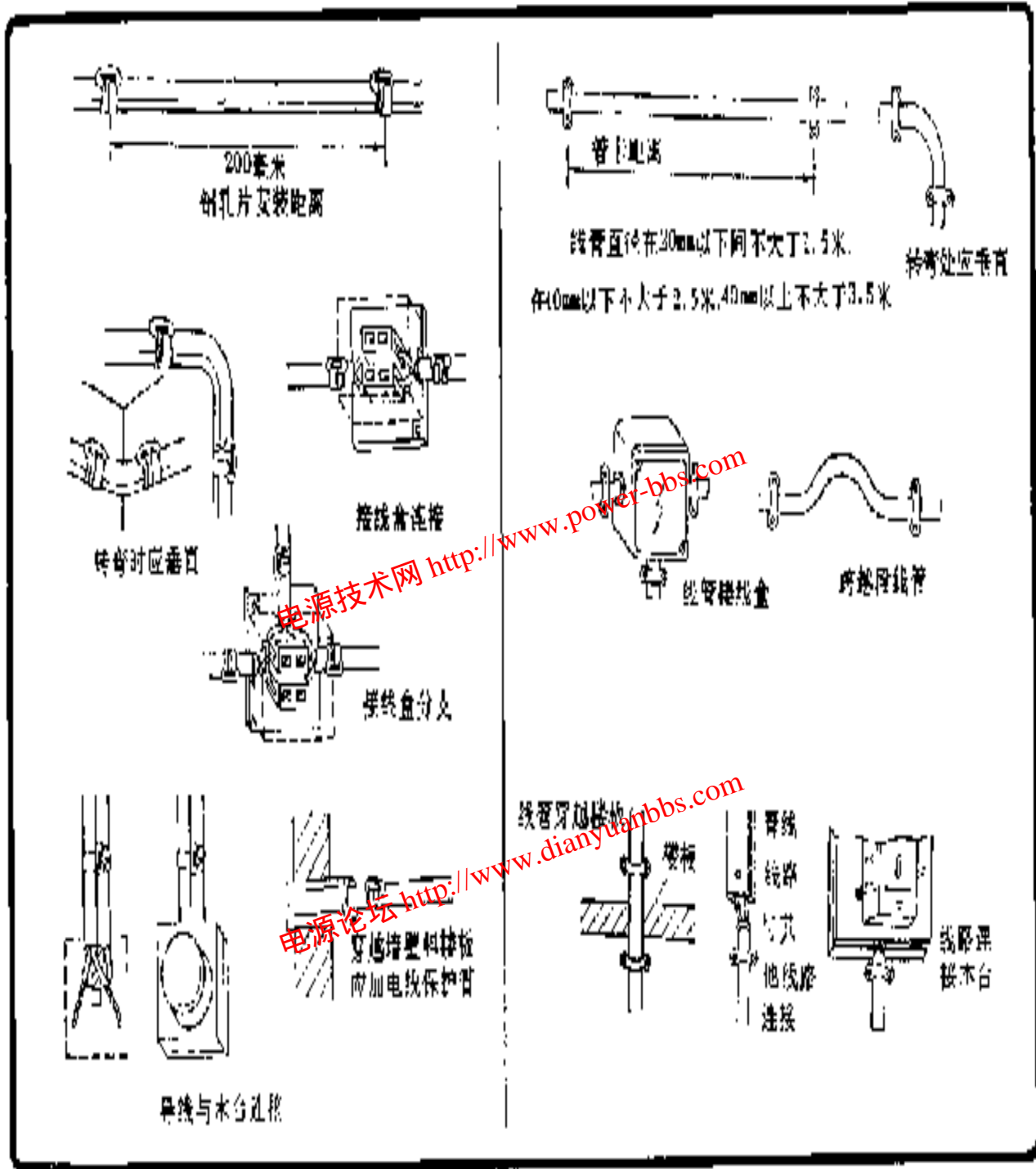
(5) 穿入线管内的导线不允许有接头。

(6) 线管与线管的连接应采用束节。

(7) 明设管线线路线管应有管子支持, 管子与管子之间距离, 在线管直径在 20mm 以下时不大于 1.5m, 在线管直径在 40mm 以下时不大于 2.5m, 在线管直径在 40mm 以上时不大于 3.5m。

(8) 线管在同一平面转弯时应保持直角。线管转角曲率半径明设应不小于线管外径的 4 倍, 暗设应不小于线管外径的 6 倍。埋设在混凝土内的暗管不小于线管外径的 10 倍。

图 2.4 护套线和布线施工图



154 图解电工手册

(9) 导线线路如采用钢管作线管时,钢管应妥善接地。

四、照明线路用线及进户装置

如图 2-5 所示:

1. 照明线路导线截面积的选用标准

(1) 导线截面积的安全载流量应大于最大的连续负荷电流。

(2) 线路的电压损失应在允许范围之内。

(3) 导线有足够的机械强度。

(4) 导线应与熔断器相配合。

2. 照明线路导线安全载流量计算方法

(1) 一般用电环境

导线安全载流量(A) \geq 电路中所有电具额定电流之和

(2) 高层住宅及较大装接容量用电环境

导线安全载流量(A) \geq 电路中所有电具额定电流之和 $\times 0.8$ (系数)

此外,根据每一分路用电负荷不超过 15A 的规定,可以求得每一分路的导线安全载流量应为:

导线安全载流量(A) $\geq 15A$

3. 照明电路进户装置

照明电路进户装置是指电力从配电线路上支持输入到用户内部这段线路上的电气装置。照明电路进户装置常见的两种进户方式是绝缘导线穿瓷管进户和塑料护套线穿瓷管或钢管(或硬塑料管)进户。绝缘导线穿瓷管进户要求进户点离地高度不小于 2.7m,进户管与接线管口的垂直距离为 0.5m。塑料护套线穿瓷管和钢管进户方式上要在进户点无法保证 2.7m 以上对地距离时采用。

(1) 进户线的安装技术要求

① 应采用绝缘结构完整,绝缘性能良好的铜质或铝质导线。

② 进户线全线不应有接头。

③ 进户线选择必须大于线路安全载流量的要求。进户线最小规格规定为:铜芯线不小于 1.5mm²,铝芯线不小于 2.5mm²。

④ 进户线在户内应有足够的长度。

⑤ 进户线户外端应保持合适的弛度。

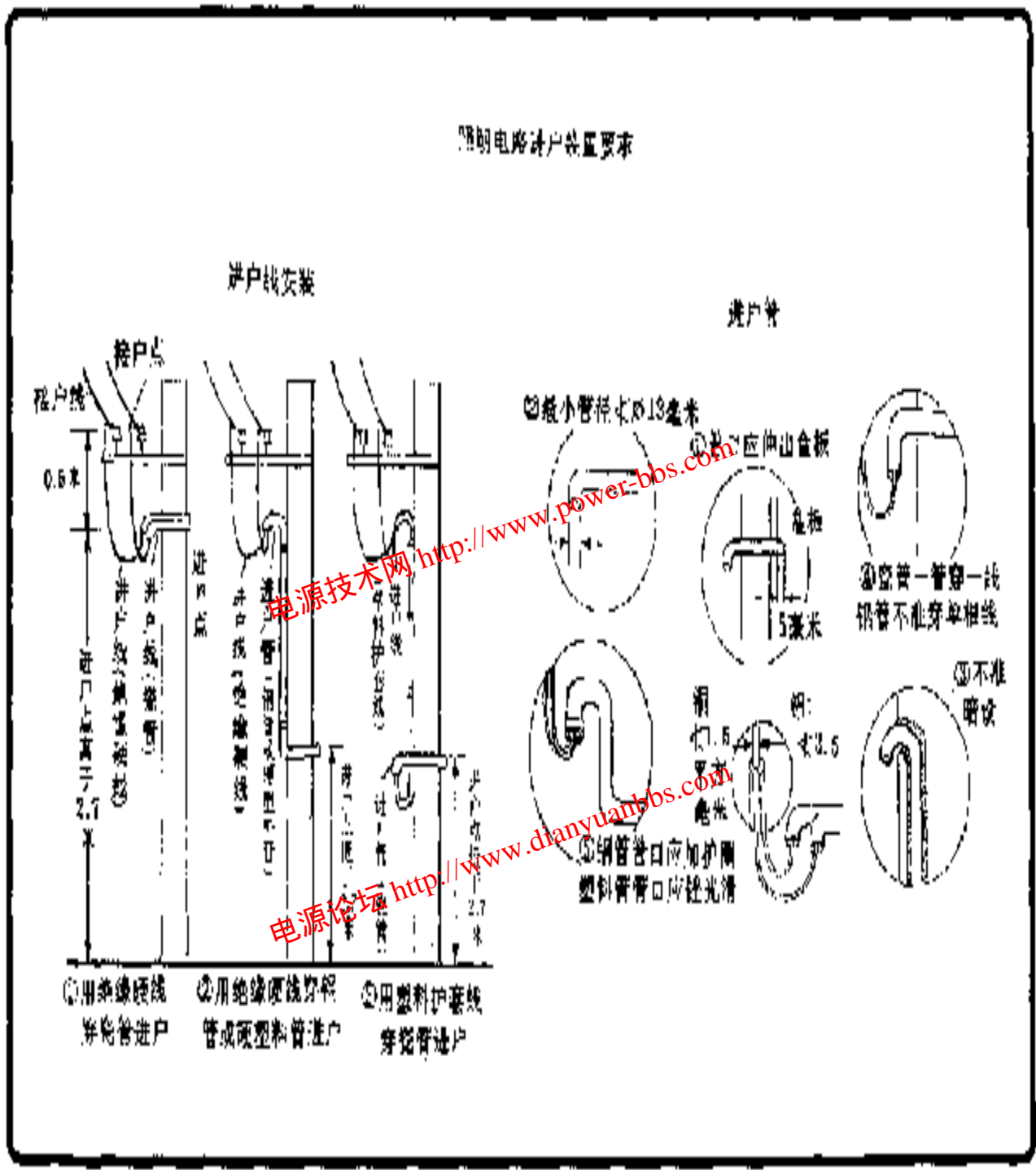
(2) 进户管安装技术要求

瓷管:

(1) 采用瓷管进线,每根瓷管只能穿一根进户线,不能一管多穿。

(2) 进户线截面小于 50mm² 时采用喇叭瓷管,大于 50mm² 时采用反口瓷管。

图 2.5



156 图解电工手册

(3) 进户管选择以导线占路管有效面积 40% 为标准, 最小管径不小于 13mm。

钢管或硬塑料管进户管:

(1) 钢管作进户管时, 进户线必须两根或 4 根穿入同根进户管内, 硬塑料管作进户管时可采用钢管的规格, 也允许采用一线一管的进户方式。

(2) 有裂缝、磨损等缺陷的钢管及硬塑料管不能用作进户管, 钢管作进户管必须经过防锈处理。

(3) 钢管作进户管, 管口、管内不能有毛刺, 管口应加护圈保护, 塑料管管口应用弹刀去除毛刺。

(4) 用作进户管的钢管, 管壁厚度应不小于 2.5mm, 进户硬塑料管管壁厚应不小于 2.0mm。

(5) 管子伸出户外端应制成防雨弯。

五、照明电路量电装置

照明电路量电装置通常由进户总熔丝盒和电表两部分组成。在一般照明用户中, 如图 2-6 所示, 常见的量电装置组成方式主要有:

(1) 一盒一表安装式

由一只总熔丝盒和一只总电表组成。

(2) 一盒多表集中安装式

由一只总熔丝盒和一只或多只分总熔丝盒及多具电表组成, 分盒和多具电表集中装在一只表柜(或表板)内。

(3) 一盒多表分散安装式

由一只总熔丝盒和一只或多只分总熔丝盒及多具电表组成, 分总熔丝盒及电表表分散装在较近用户的地方。

1. 总熔丝盒

进户总熔丝盒由熔断器、接线桥和封闭盒组成, 分有单相和多相总熔丝盒。由用户装用性质和用电量大小决定, 照明电路中常用的熔丝盒主要是 III 型和 IV 型熔丝盒。

(1) 进户总熔丝盒的作用

① 在量电装置后各级保护装置失效时, 能有效切断电源, 防止故障扩大, 影响其他用户。

② 能起限定电流作用, 防止用户盲目扩大用电量造成过载事故。

③ 能在故障发生故障时脱离电路, 保障维修安全。

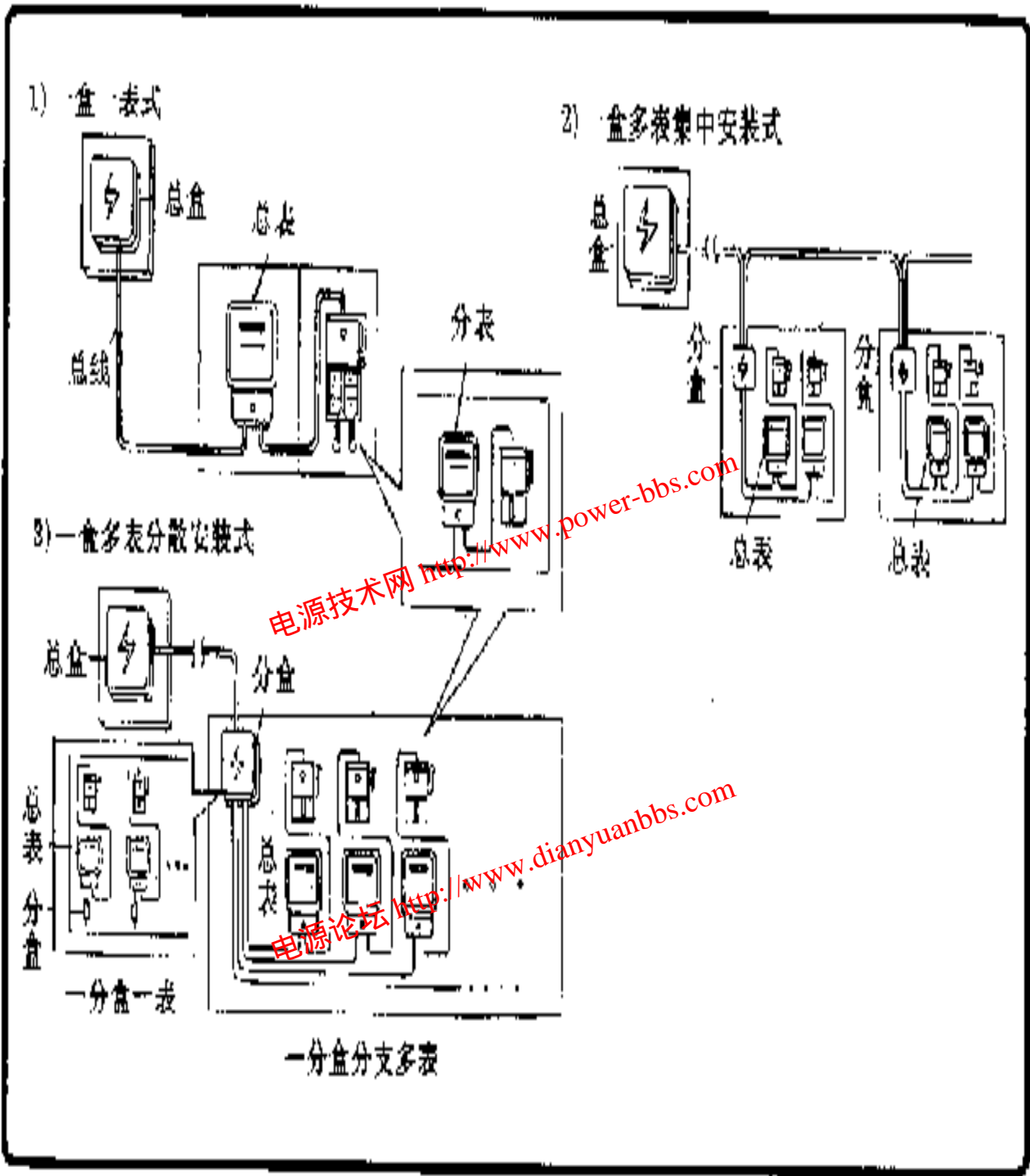
(2) 进户总熔丝盒的技术要求

① 每具电表应单独安装一只进户总熔断器, 并全部装在规定熔丝盒内。

② 进户总熔丝盒必须装在专用木板(盒板), 木板(盒板)上面及四周边缘必须涂漆防腐。

③ 中性线不准接在总熔丝盒的熔断器上, 应接在接线

图 2-6 量电装置的组成方式



158 图解电工手册

作上。

表 2.3 铁盒式进户总熔丝盒规格

熔丝盒 型号	熔丝盒实际尺寸 (宽×长) (毫米)	配用木台尺寸 (宽×长×厚) (毫米)	允许安装熔断器数量(只)					
			10 安	30 安	60 安	100 安	100 安以上	中性线 或线桥
I	500×500	600×500×20						3
II	450×330	550×400×20	3			3		1
			12					1
III	290×310	320×360×20	1			5		1
			5					1
			8					1
IV	360×190	400×240×20	1	1				1
			3					1

④每根相线都应接在熔丝盒内的熔断器上。

进户总熔丝盒安装方法如图 2-7 所示。

2. 电度表原理

电度表是计量耗电量的仪表,它属于感应式仪表。它

是利用一个或几个固定的载流回路产生的磁通,与这些磁通在活动部分(铝盘)感应的电流间相互作用,产生转动力矩而有指示的。电度表由驱动元件(电压元件,电流元件)、转动元件(铝盘)、制动元件(制动磁铁)和其他部件(计数器)组成。

(1) 单相交流感应式电度表工作原理

电度表的驱动部分由电压线圈和电流线圈构成。当接入线路后,电压线圈两端加上电压产生一个交变磁通 Φ_u ,大小与电压成正比。电流线圈在有线时通过负载电流也产生交变磁通 Φ_i ,其大小与通过的负载电流成正比。在铝盘上置 Φ_u 于两点而方向相反,同时将 Φ_i 置 Φ_u 的两点之间,将转动元件铝盘置于上述两线圈形成的磁场中,铝盘割切上述三点交变磁场产生力矩使其自身转动,转动速度取决于三点合力大小,继而通过传动带带动计数器完成负载耗电计量。电度表中制动元件由水磁组成,其作用是降低铝盘转速作用使铝盘越转越快以及在负荷消除时阻止铝盘继续旋转。

(2) 三相四线表和三相三线表的工作原理与单相电度表相同,分别是两组单相表和三相单相表组成磁磁,由一组走字系统组成复合计数。

3. 电度表的分类

电度表按用途分类可分为有功电度表和无功电度表。

图 2-7 III和IV型铁盒式总熔丝盒的安装

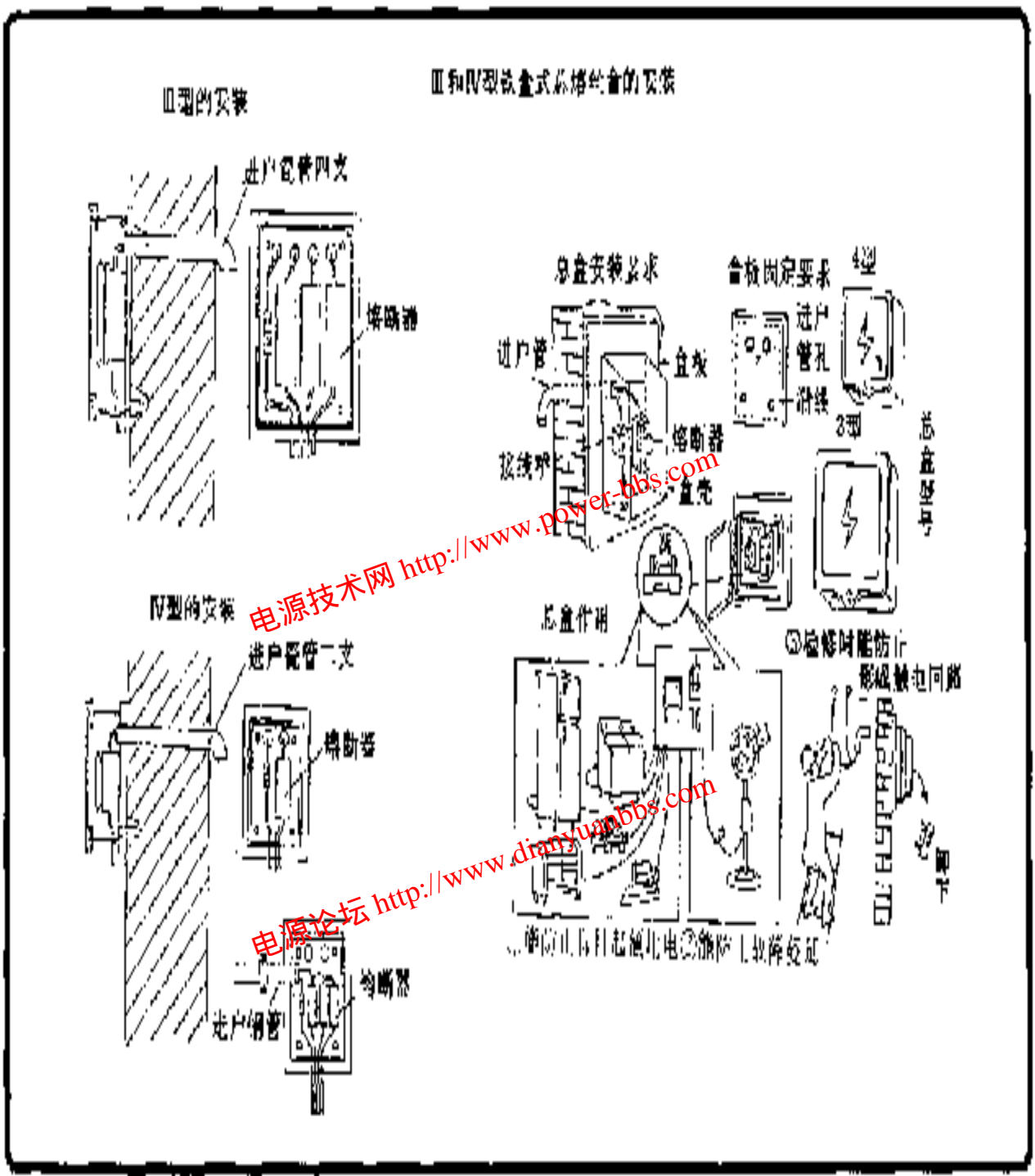
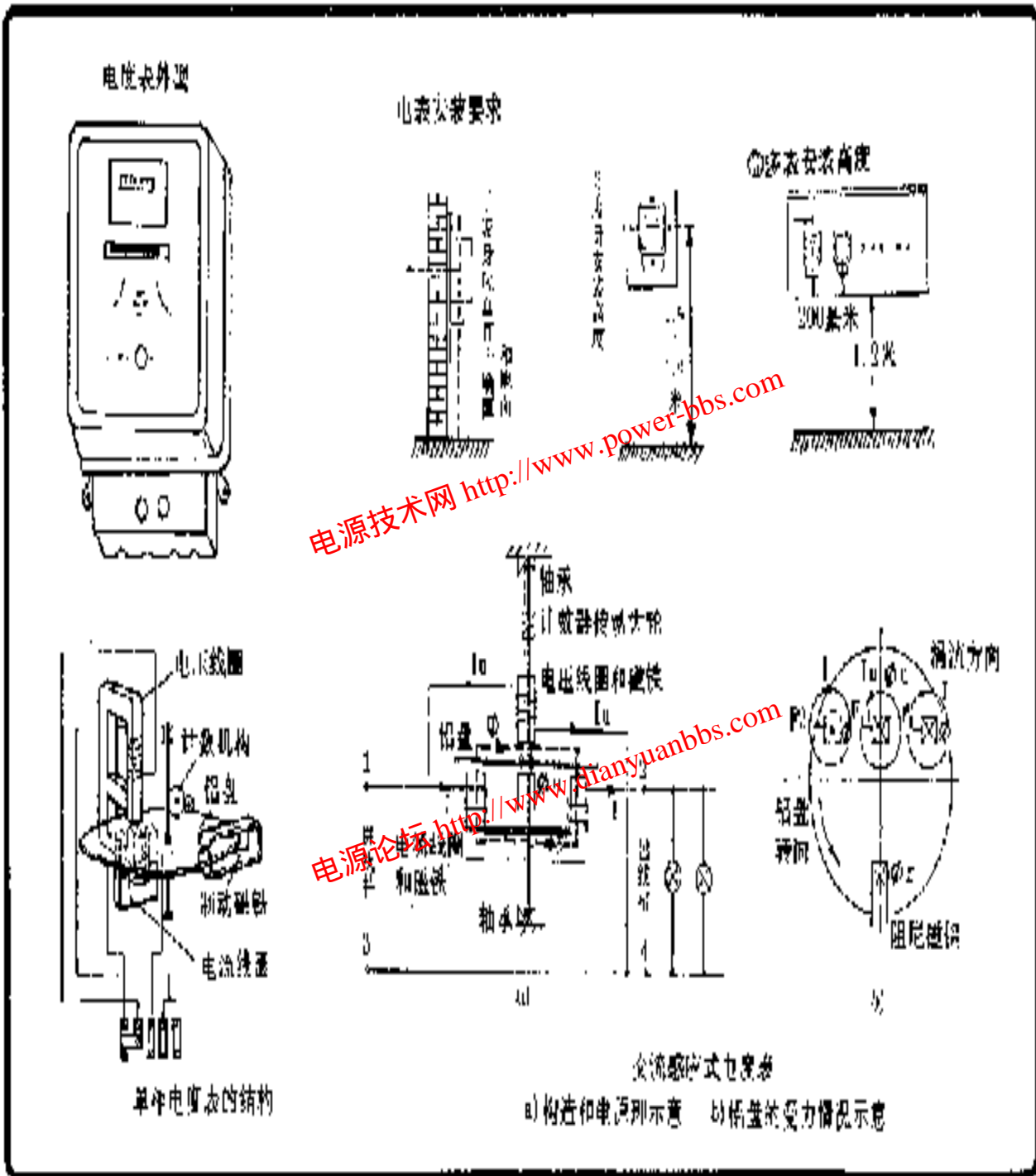


图 2-8 电度表及其原理



分别计量有功功率和无功功率的消耗。按结构分又有单相表、三相三线表和三相四线表三种。

有功电度表常用的规格有 3A、5A、10A、25A、75A 和 100A 等多种。无功电度表的额定电流通常只制成 5A 的，使用时必须与电流互感器配合。

一般照明电路采用单相和三相四线有功电度表进行耗电计量。

4. 电度表的安装要求

①电度表与配电装置通常要求装在一处。电度表必须装在平整无裂缝的实心木板上。木板正面及四周边缘均应涂漆防腐。

②电度表必须安装在干燥、无震动、无腐蚀性气体的场所。表板离地的垂直高度一般在 1.4~1.8m。大容量电度表板的下沿离地允许放低到 1~1.2m。电度表并列安装时，两表的中心距离不得小于 200mm。

③电度表本身应装得平直，纵横方向均不应发生倾斜，以免影响电度表的计量准确。

5. 电度表总线

电度表总线是指从进户总配电箱至电度表的这一段导线。

电度表总线的安装要求：

①电度表总线的最小截面规定选用不得小于

1.5mm²，必须采用铜芯线，不得采用铝芯线，更不能采用软线。

②电度表总线中间不得有接头（三只单相电度表联接中性线允许采用“T”字型连接）。

③电度表总线必须明线敷设，不准采用暗设安装形式。

④电度表总线应敷设在电度表左侧，电度表出线敷设在右侧，不得装反。

⑤电度表出线不得穿入电度表总线的管口，应另设出线管，以免漏油不清和发生短路时影响电度表的正常运行。

G. 电度表的安装

(1) 单相电度表安装

①表身的固定：

a. 先将表板用三只螺钉以三角分布固定在铝丝框上。注意，三只螺钉的安装位置应在能被表身盖没的区域，以形成拆板前先拆表的操作程序。

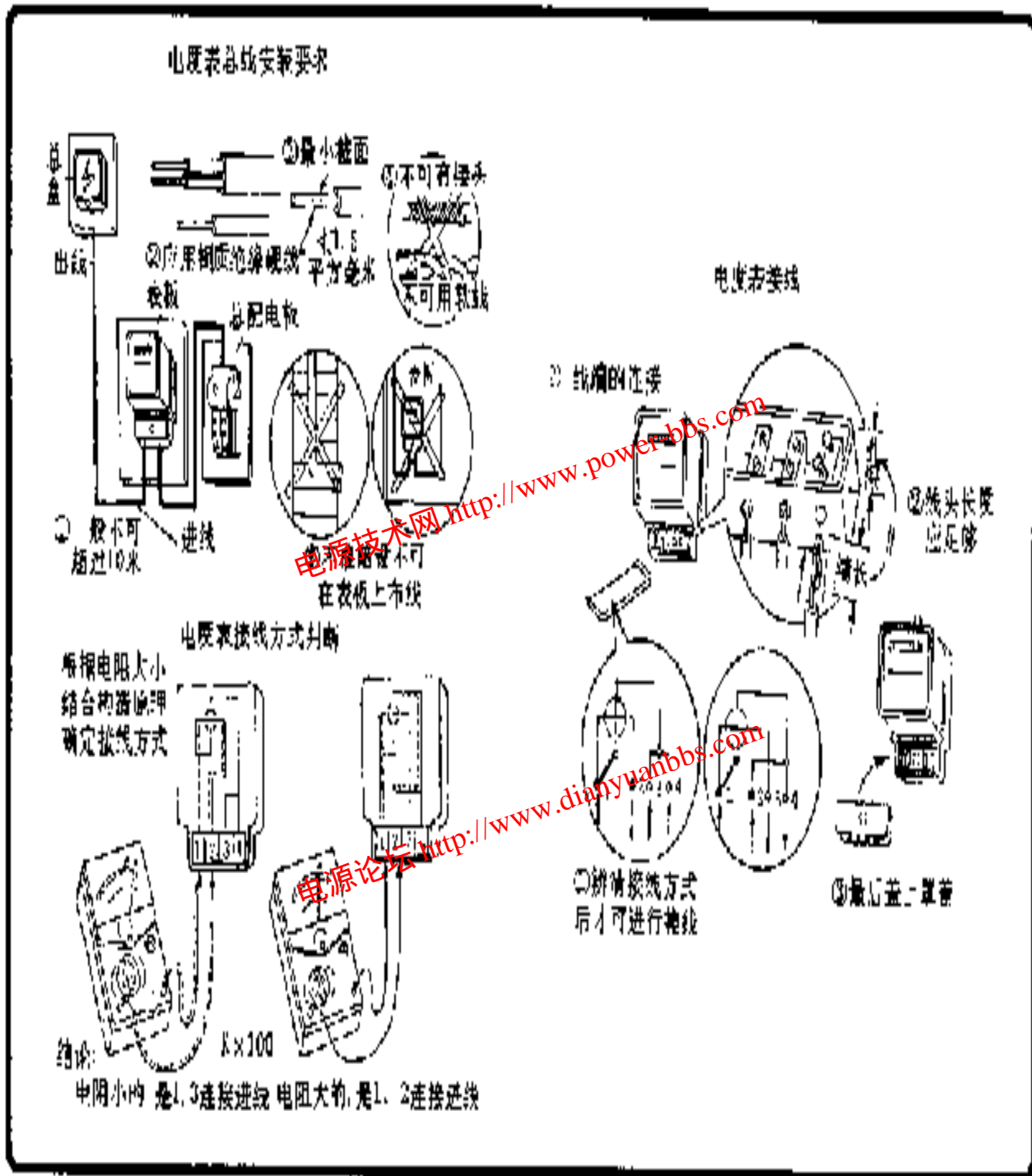
b. 将表身上端的三只螺钉拧入表板，然后挂上电度表。

c. 调整电度表位置使其符合安装要求（与墙面和地面垂直），后将表身下端的螺钉拧上，再调整表后完全拧紧。

②线端的连接：

单相电度表内共有四个供线端连接的接线柱，以自左向右的编号。根据产品的不同，有两种接线方式：a. 1、3 接

图 2-9 电表表总线安装及接线



进线(电源线端),2、4接出线(负载线路)。h.1、2接进线,3、4接出线。

其中,第a种是我国标准产品,应用比较普遍,但第b种接法也时有所见。一般电度表接线原理图会印在接线盒盖板背面(有些在使用说明书中标出),使用时只需按线接入即可。

③单相电度表接线方式的辨认

有时可能会遇到这样的情况,一个电度表接线盒盖背面没有接线原理图,又找不到使用说明,无法确认该表接线方式。这时可用二用表电阻档测量电度表1、2接线柱间的阻值加以判断。方法是先将二用表拨到 $R \times 100\Omega$ 档,然后用两支表笔分别接在接线柱1、2上测量两柱间的阻值,若测出阻值较小(表针略偏离“0”位),则表示该表的接线方式为1、3接进线,2、4接出线;若测出阻值较大(表针指向约 1000Ω 左右),则表示该表的接线方式为1、2接进线,3、4接出线。

在电度表不清楚是如何接线方式时,不可贸然接线,必须经过验证明确无误后方可进行,否则容易烧坏电度表,应予以注意。

(2)三相四线电度表的安装

对较大容量照明用户,一般采用三相四线制供电。三相四线制进户的照明电路规定应采用三相四线电度表进

行量功。但在有些地区也允许采用三只单相电度表组合安装加以代替。

①三相四线电度表接线方法

三相四线电度表有8个接线柱,按由左向右编号,1、3、5接线柱是电源相线的进线接线柱,依次连接A、B、C三条相线,2、4、6是电度表的相线出线接线柱。7、8两接线柱分别为电源中性线进出线接线柱。

三只单相电度表组合代替三相四线表

三只单相电度表组合代替三相四线表的组合方式只允许有四种,即按一字形排列或按一字形排列。要求水平向间距中心间距不小于200mm,垂直向中心间距一般在250mm左右。

②总配电装置

由单相电度表供电的全部电气装置应安装一套总的控制保护装置,这套装置即称为总配电装置。

7. 总配电装置的作用

- ①遇重大事故时,能有效地切断整个电路的电源。
- ②当电路发生短路或严重过载而分路保护装置又不起作用时,能自动切断电源,防止故障蔓延。
- ③当线路需要进行维修时,能切断整个回路电源,保证维修安全。

照明电路的总配电装置通常由总开关和总熔丝组成。

8. 照明电路总配电装置的安装要求

- ① 总配电箱与电度表箱装在一起,置于表板的右方或上方。
- ② 配电箱上的各连接线中间不应有接头,所使用的导线规格应与总线要求相一致,保证有足够的载流量。
- ③ 总配电装置的总开关、总熔断器应根据不同性质、不同功率的负载合理选用。

9. 配电开关安装要求

- ① 配电开关应装得平整,离地距离不小于 1.3 米。不允许直接将配电开关装置在建筑面上。
- ② 各种开关不准横装,更不可倒装,以免发生误动作。
- ③ 接线时进线接开关的静触头上,出线接开关动触头上,不允许动触头在分闸时带电,防止造成短路和触电事故。
- ④ 进出开关的连接导线规格应一致,并保证有足够的载流量。
- ⑤ 若采用瓷底胶盒刀开关时,开关底座熔断器部分应用裸导线连接,而在开关的出线后,另外装置一组熔断器。

10. 熔断器的安装要求

- ① 在单相线路上,中性线必须安装熔断器。
- ② 在二相三线和三相四线制线路中,中性线不准装熔断器。

③ 线路的保护熔体应按规定正确选配。线路上的熔体的熔断电流必须由前至后逐渐减小,以免出现越级熔断熔体现象。

④ 安装熔丝时,熔丝两端应接触良好,不能碰住,以确保使用熔丝的安全可靠。

照明线路熔丝选用可按

熔丝额定电流(A) > 所有用电器具总额定电流之和加以选择,具体选用规格按计算出的熔丝额定电流查下表。

表 2-4 常用熔体规格、额定载流量和熔断电流值

直 径 (毫米)	截 面 (平方毫米)	近似英规 线 号	额定电流 (安)	熔断电流 (安)
0.08	0.005	44	0.25	0.5
0.15	0.018	38	0.5	1.0
0.20	0.031	36	0.75	1.5
0.22	0.038	35	0.8	1.6
0.25	0.049	35	0.9	1.8
0.28	0.062	32	1	2
0.29	0.066	31	1.05	2.1
0.32	0.080	30	1.1	2.2
0.35	0.096	29	1.25	2.5
0.36	0.102	28	1.35	2.7
0.40	0.126	27	1.5	3
0.46	0.166	26	1.85	3.7

(续)					(2) 铜绞丝				
直径 (毫米)	截面积 (平方毫米)	近似规格 线号	额定电流 (安)	熔断电流 (安)	直径 (毫米)	截面积 (平方毫米)	近似规格 线号	额定电流 (安)	熔断电流 (安)
0.52	0.212	25	2	4	0.234	0.043	34	4.7	9.4
0.54	0.229	24	2.25	4.5	0.254	0.051	33	5	10
0.60	0.283	23	2.5	5	0.274	0.059	32	5.5	11
0.71	0.40	22	3	6	0.295	0.068	31	6.1	12.2
0.81	0.52	21	3.75	7.5	0.315	0.078	30	6.9	13.8
0.98	0.75	20	5	10	0.345	0.093	29	8	16
1.02	0.82	19	6	12	0.376	0.111	28	9.2	18.4
1.25	1.23	18	7.5	15	0.417	0.137	27	11	22
1.51	1.79	17	10	20	0.457	0.164	26	12.5	25
1.67	2.19	16	11	22	0.538	0.203	25	15	29.5
1.75	2.41	15	12	24	0.559	0.245	24	17	34
1.98	3.08	14	15	30	0.60	0.283	23	20	39
2.10	4.52	13	20	40	0.70	0.385	22	25	50
2.78	6.07	12	25	50	0.80	0.5	21	30	58
2.95	6.84	11	27.5	55	0.90	0.6	20	37	74
3.14	7.74	10	30	60	1.00	0.8	19	44	88
3.82	11.40	9	40	80	1.13	1.0	18	52	104
4.12	13.13	8	45	90	1.37	1.5	17	63	125
4.41	15.48	7	50	100	1.60	2	16	80	160
4.91	18.93	6	60	120	1.76	2.5	15	95	190
5.34	21.57	5	70	140	2.00	3	14	120	240
					2.24	4	13	140	280
					2.50	5	12	170	340
					2.73	6	11	200	400

六、照明线路安装

1. 塑料护套线路安装

塑料护套线路易装易修,是目前家用照明电路中最常见的一种。在进行塑料护套线路安装施工时,应注意以下事项。

(1) 应严格按照施工图纸所标注的总线规格要求选择总线,以避免发生总线机械强度不够引起总线断裂和总线选择过小造成负载端电压过低的故障。

(2) 应严格遵守线路安装离地标准的规定。线路走向高离地不能低于0.15米,以确保使用安全。

(3) 线路支持点必须采用专用的铝扎片固定。在线路直线段应每隔0.8~1m安装一个木棒,在线路转角处,进出木台和线管口等受力较大的支持点也应安装一个木棒以增加敷设的牢固程度。

2. 塑料护套线安装的施工步骤

(1) 准备施工用器材和工具,按施工图刻出线路走向。
(2) 凿打线路上所有木棒安装穿孔和导线穿孔孔,并凿好原有木棒。

(3) 安装所有铝扎片。

(4) 敷设导线。

(5) 安装各种木台。

(6) 安装各种用电器及线路装置(如开关、灯座、插座、接线盒等)。

(7) 检验线路安装质量

线路走向线的标划

线路走向线是线路敷设施工时的依据和标准,因此,对走向线标划的要求是既要满足施工图纸的原则要求,又要满足工程施工的实际要求。

3. 标划走向线的要求

(1) 标划走向线首先应找准基准点,一般取顶面基准为原则。

(2) 走向线应用粉线袋弹出,不得用直尺或直杆标划。

(3) 一个线段内铝扎片的档距应相等,档距可在150~200mm之间选择,相邻档距误差为5mm。

(4) 标划走向线的离地高度最小不低于0.15m,沿墙水平布设时,一般取离平顶50mm为走向位置。

4. 墙棒的凿打安装

高质量的墙棒安装是敷设线路弧度牢固的保证。墙棒一般有木棒、胀管、铝丝棒三种。木棒一般用于支承铁钉或承力不大的木螺钉,胀管则适用于在混凝土结构建筑面作承力不大的木螺钉支承点,铝丝棒主要用于受力较大的木

螺钉支承点。

(1) 木榫孔的凿打

木榫孔的凿打可用冲击钻或电锤进行,在不具备这类工具情况下,可用弹孔凿进行手工凿打。凿打木榫孔时,应按下述要求操作:

①用在砖墙上的木榫孔应凿打成矩形,凿孔打在砖与砖间的夹缝中;用在混凝土墙、柱和楼板上的木榫孔,应凿打成圆形。

②孔体必须打得与建筑面保持垂直,不可出现左右或上下歪斜;孔径必须里外一致,不得出现口大底小的喇叭口。

③木榫孔应略小于木榫(约小1~3mm),孔深应大于木榫长度约5mm。

④木榫孔应严格按在标划位置上,同一要求的木榫孔要打得大小、深浅一致。

(2) 木榫制作

木榫通常采用木纹较细的松木制成,木榫的规格应根据使用要求和安装场所来选定。

木榫的削制应使削得的榫体一律粗细,不能削成锥体或圆柱体。方榫通常削成矩形,圆榫为防止旋转应削成八角形。榫体长度至少应大于铁钉长度20mm,或大于木螺钉长度10mm。为便于塞入木榫子,榫的头部应倒角。

(3) 木榫安装

把木榫倒角的一端朝向塞入木榫孔,用手锤轻敲几下,待木榫进入榫孔内1/3后,检查榫体是否是端面垂直,以及进榫松紧程度是否合适,入榫正常后方可全部塞入孔内,否则过紧会打烂木榫,过松又使打入的木榫松动而不牢固。木榫安装时凡尾部被打得烂尾、断裂、凸尾物,均应报废重新安装。木榫尾部应打得与墙面齐平,不可突起或陷进太多。

(4) 胀管安装

胀管分小型和大型两种。常用规格有6、8、10、12mm几种规格。小型的胀管只适用支持力较小的木螺丝,除没有反向用垫片外,其形状与大型类似。胀管的安装方法与木榫相同,只是由于胀管是依靠胀管体与榫孔紧密配合的因而要求榫孔的大小必须与胀管相同,否则胀管难以安装牢固。

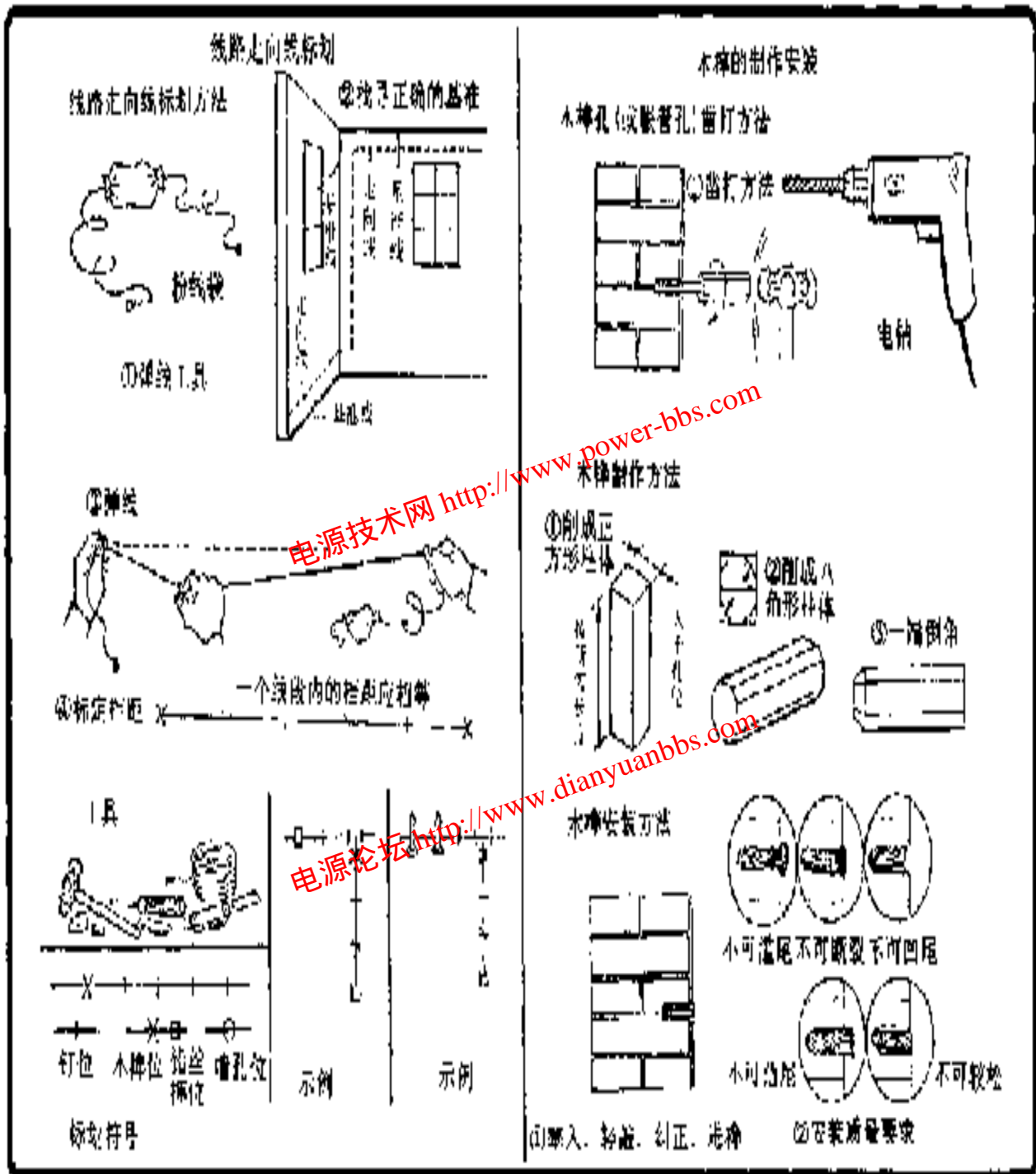
(5) 铅丝榫安装

铅丝榫由木螺钉和铁丝缠绕制成,主要用于安装承力较大的木螺钉支持点(如电灯或总配电箱)。

(6) 铅丝榫孔的凿打

铅丝榫的榫孔应凿成口小底大的正方梯形形状。孔口边长一般为30~40mm,孔底边长为40~50mm,孔深应按安装木螺钉长度及10~20mm。

图 2 10 线路走向标划和木棒的制作安装



(7) 铅丝棒的制作

铅丝棒的制作可按如下步骤进行:

①根据安装方式和设备大小选定采用何种规格的螺丝。

②在选用的木螺丝上涂上润滑油。

③选用 16# 或 17# 镀锌铁丝一段, 对折后将铁丝中段处互绞 3~5 圈, 然后将铁丝两端尾部分开。

④将铁丝卡在木螺钉中心位置, 铁丝两端分别沿螺紋向木螺钉头部和尾部缠绕。头部绕至螺紋结束, 尾部绕至离尖端尚余两牙处。

⑤将两条铁丝尾部折回至螺钉中间, 再互绞 3~5 圈, 剪断多余铁丝。

至此, 铅丝棒的制作即告结束。

(8) 铅丝棒的埋设

①先用水使铅丝棒孔润湿, 然后将水坭砂浆填入孔内至一半, 然后将铅丝棒打入。

②调整棒位使棒的轴向中心线对准安装孔中心, 然后将余下孔位置补填砂浆, 刮平孔口。

③砂浆完全凝固后取出棒内的木螺钉。

(9) 铝轧片安装

塑料护套线必须用专用的铝轧片固定。铝轧片又叫做铝轧头, 分为钉装式铝轧片和粘帖式铝轧片两种。粘帖式铝轧片主要应用在混凝土建筑面, 钉装式铝轧片则可应用

在除混凝土建筑面以外的各种场合。

(10) 铝轧片的安装要求

①铝轧片必须与线路走向垂直, 且高低(左右)一致, 不得歪斜或参差不齐。铝轧片间距在 150~200mm 之间。

②铝轧片的选用必须合理, 不应过大或过小, 否则影响美观和线路安装牢固程度。

③在多根并列敷设的塑料护套线线路上, 每片铝轧片所扣芯线以不超过三根为宜。

④钉装式铝轧片在安装时必须钉得平服, 不能出现钉子翘角或浮尾等缺陷, 否则影响安装质量。

七、敷设导线

1. 放线

敷线应先放线。放线的要求是整圈护套线不能搞乱, 放出的线不能产生扭出、打结、勾拉, 这样可以避免损伤塑料护套线, 影响放线质量。

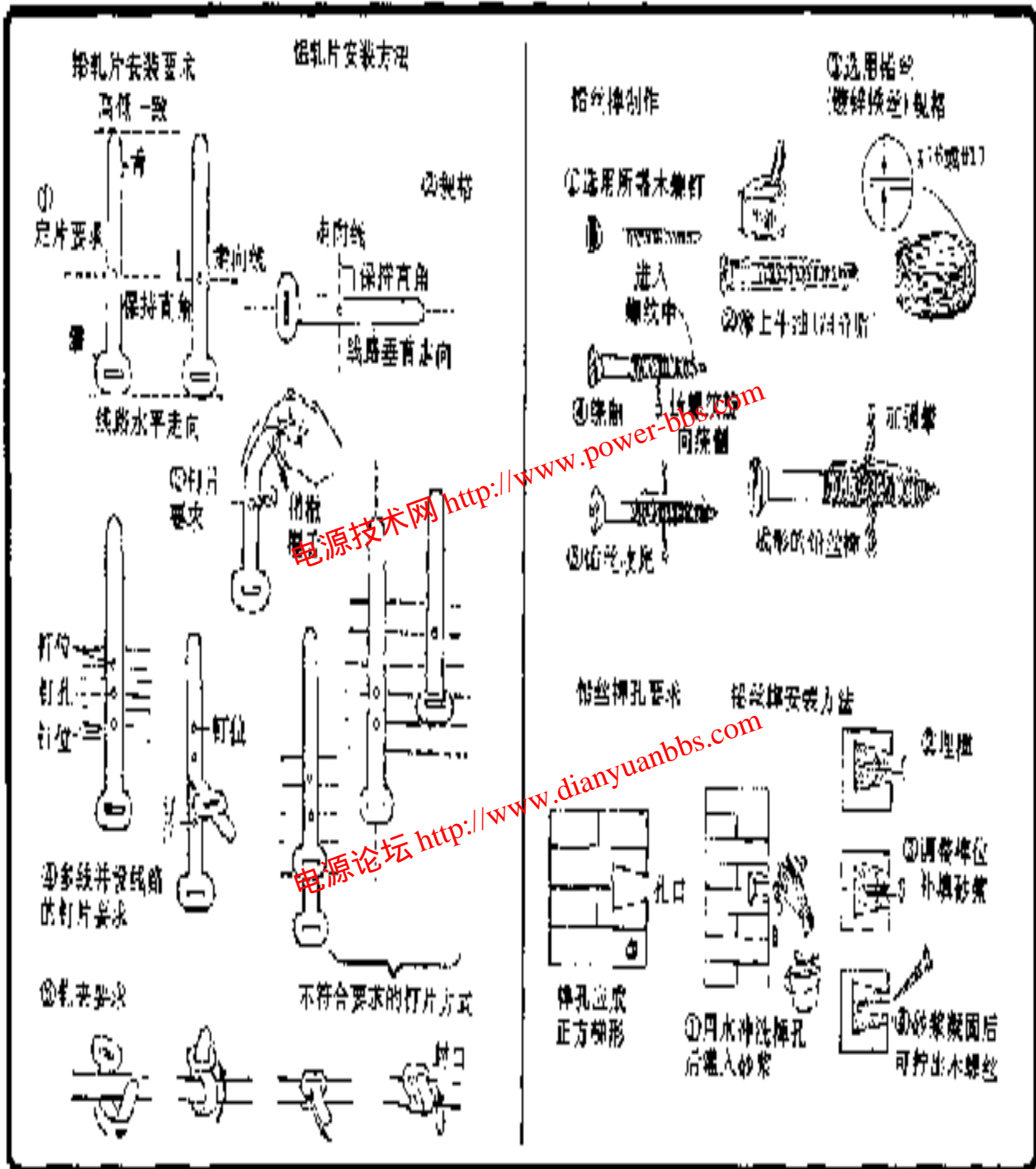
在无放线架的条件下, 放线时需两人操作, 一人将整卷护套线套在手上, 另一人将线头向前拉出。放出的护套线不可在地上拖拉, 以免损伤橡胶和弄脏护套层。

2. 敷线

敷线是护套线线路安装整齐美观的关键, 必须敷设得横平、

170 钳工手册

图 2-11 铜轧片和铅丝棒的安装方法



是直和平圆。几条护套线平行敷设时应紧密,线与线间不能有明显的空隙。

3. 护套线的勒直和收紧

勒直是指在护套线敷设前,先将线上有弯曲的部分用纱团裹线来回勒平,使之挺直。

收紧是指在敷设护套线时使护套线尽可能的收紧。

勒直和收紧均是护套线安装使之平直的校直方法。

在敷设护套线时,长距离的直线部分,可在直线部分两端建筑面上各临时架一副管夹,把收紧的导线夹入管夹中,然后逐一扣上铝轧片。对短距离的直线部分或转角部分,可用手指顺敷设方向捻紧,使导线挺直平整后夹上铝轧片。

4. 铝轧片夹持

将护套线置于已沿走向线安装好的铝轧片中,把铝轧片舌部穿入螺部抽紧折压封口,即完成了夹持过程。注意尽管每一铝轧片钉位均在走向线上,但在具体夹持过程上仍有可能每一支持点不能在同一条直线上,因此在进行夹持操作时每夹持完4-5个支持点后即应进行一次检查,在稍有偏斜的支持点上用小锤纠正方向轻敲此点,予以纠正,直到满意为上。

5. 木台安装

木台是安装配电开关、熔断器、灯座、开关、插座等照明设备的基座,因此必须装得牢固可靠,否则将严重影响这些

装置和设备的运行安全。在砖墙上安装木台时,应用铅丝棒作固定的支承点,在空心楼板上安装木台时,应用木板作固定支承点。

(1) 木台安装要求:

木台有单联木、双联木、三联木、四联木几种,安装要求如下:

① 圆木(或单联木)

用一只木螺钉在木台中心加以固定,要求木螺丝不可触及内部电线。

② 双联木

双联木用两只螺钉分别在两设备(如开关或插座等,下同)的安装中心进行固定,木螺丝不得暴露在本台正面。

③ 三联木

三联木用两只螺丝固定,方法与双联木相同,中间一只设备的安装中心不装木螺钉。

④ 四联木

四联木有长型和方型两种,长型四联木安装与两联木相同,中间两只设备中心不装木螺丝。方型四联木安装一般用两只木螺钉分别装在本台对角两只设备的安装中心位置。

⑤ 夹板安装

夹板通常用 $15 \times 3\text{mm}$ 或 $20 \times 3\text{mm}$ 扁钢制成。压紧木

图 2-12 护层线路安装

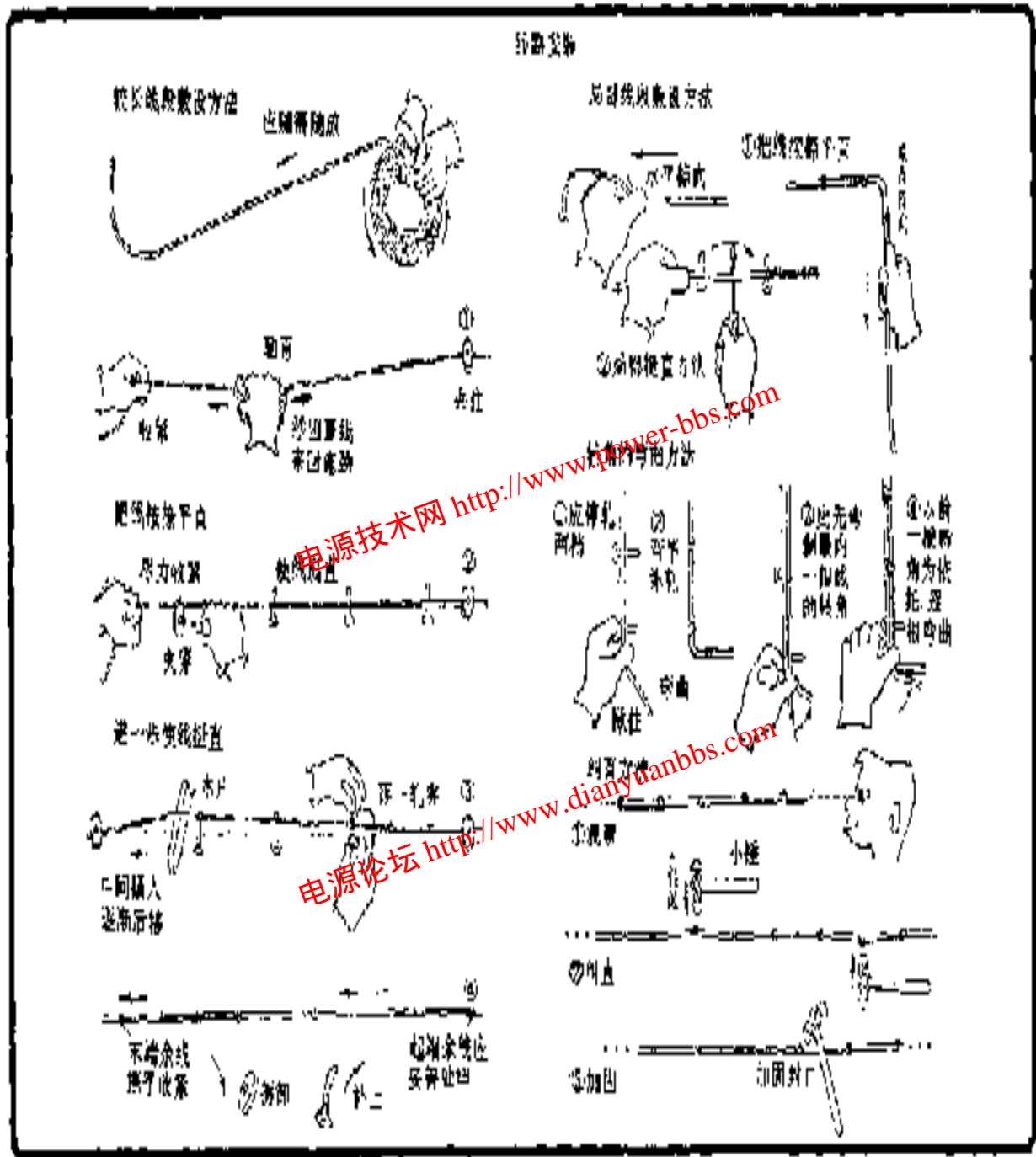
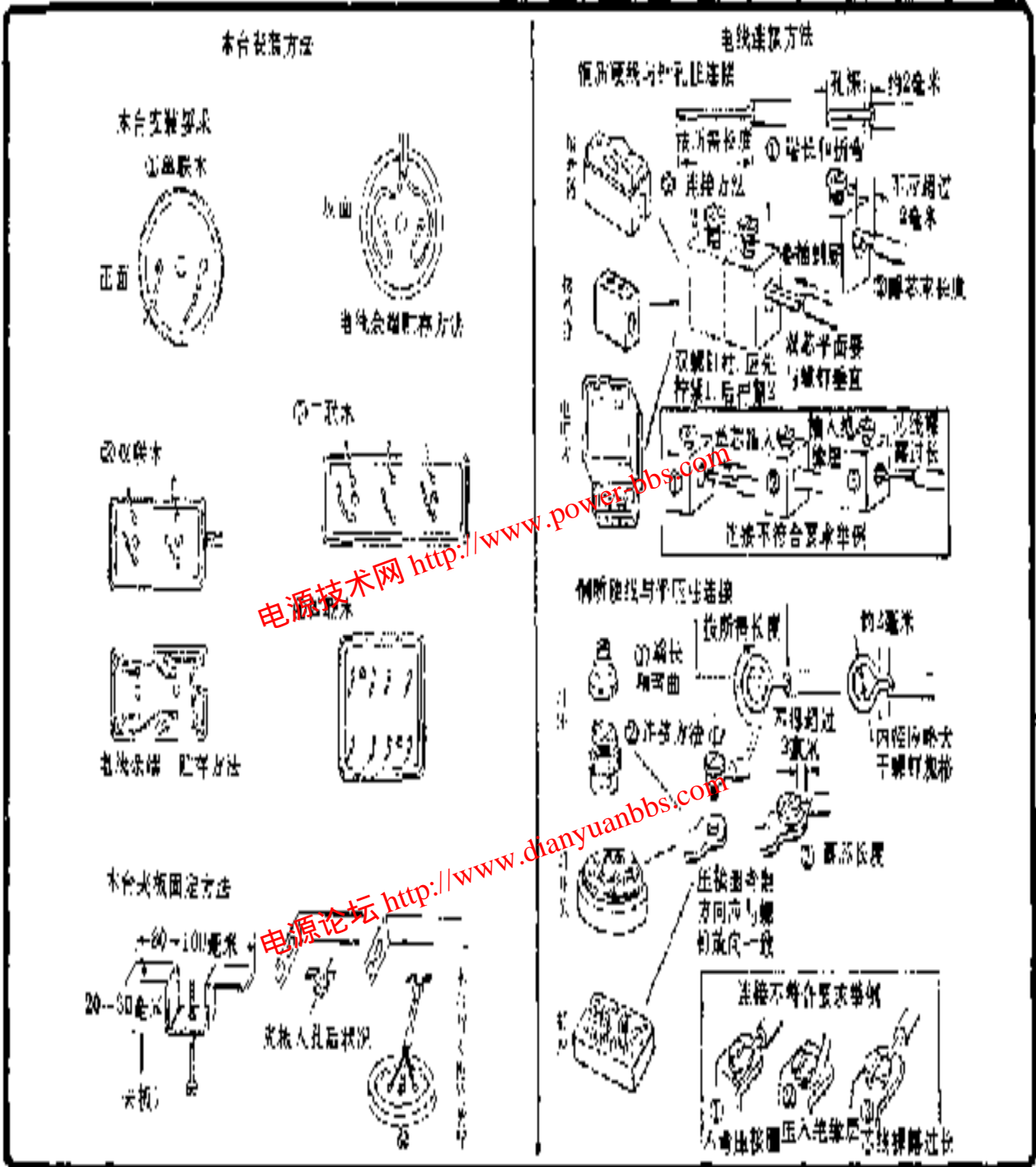


图 2-13 木台安装和电线连接方法



174 图解电工手册

台灯的螺丝一般采用 $M4 \times 40\text{mm}$ 或 $M4 \times 50\text{mm}$ 的螺丝。安装时,先将夹板插入楼板,然后用出紧螺丝把木台固定在夹板上。

6. 现埋暗设管线线路

现埋管线线路应用于原来预埋需采用暗设管线的场合。近年来随着人们生活水平的提高,室内装饰日益讲究,现埋暗设管线线路已逐渐推广采用。现埋暗设管线线路造价较低,既适用于新建多层住宅,也适用于一般旧房改明设为暗设的线路。

(1) 现埋暗设线路的安装要求。

① 现埋暗设线路所采用的线管应选用能承火自熄的半硬塑料管。线管转角处的曲率半径不小于线管外径的 6 倍。

② 线管的埋设深度离建筑面最小距离不小于 20mm (不含墙面粉刷层厚度),埋入线管应用水泥砂浆封固。

③ 安装时线管转角或较易翘起的部位应用 $16^\#$ 或 $17^\#$ 铁丝加固。

④ 线路接头和装开关、插座等处必须埋设接线盒,线管必须穿入盒内。

⑤ 线管内敷设的导线最小截面要求铜总线不小于 1mm^2 ,铝总线 2.5mm^2 。

7. 现埋暗设管线线路安装施工步骤

① 标划走向线

现埋暗设线路安装之时与塑料护套线线路安装一样也是先标出线路走向线,接线盒和管卡的位置。

② 按线路需要,截割和弯曲线管,并进行适当的整理以符合规范要求。

③ 按走向线画打线管槽槽和接线盒凹穴。

④ 连接和安装线管及接线盒。

⑤ 穿入导线,并在各接线盒中的绝缘线桥上连接导线。

⑥ 整理线路安装质量。

8. 线管的截割和弯曲

线管的弯曲转角,通常都是要求施工者根据施工要求自行弯制。现埋暗设线路线管采用的是半硬塑料管,它的弯制还是比较容易的。

① 硬塑料管在进行弯制前必须必须进行加热使其表面强度变软,用来加热的器具可以是电炉、煤气灶、煤炉等,若有专门加热油槽更佳。

② 在加热器具上对线管待弯曲段进行加热。加热时线管应不断抖动来回移动,使线管待弯曲段的全段表面受热均匀。

③ 管壁软化后将线管置于干净的本板上,以左手拇指顶住弯曲的内径管壁,右手轻轻扳动管体使之逐渐弯曲,一般线管的弯制需经多次加热,多次弯曲才能完成。

图 2-14 电线连接方法

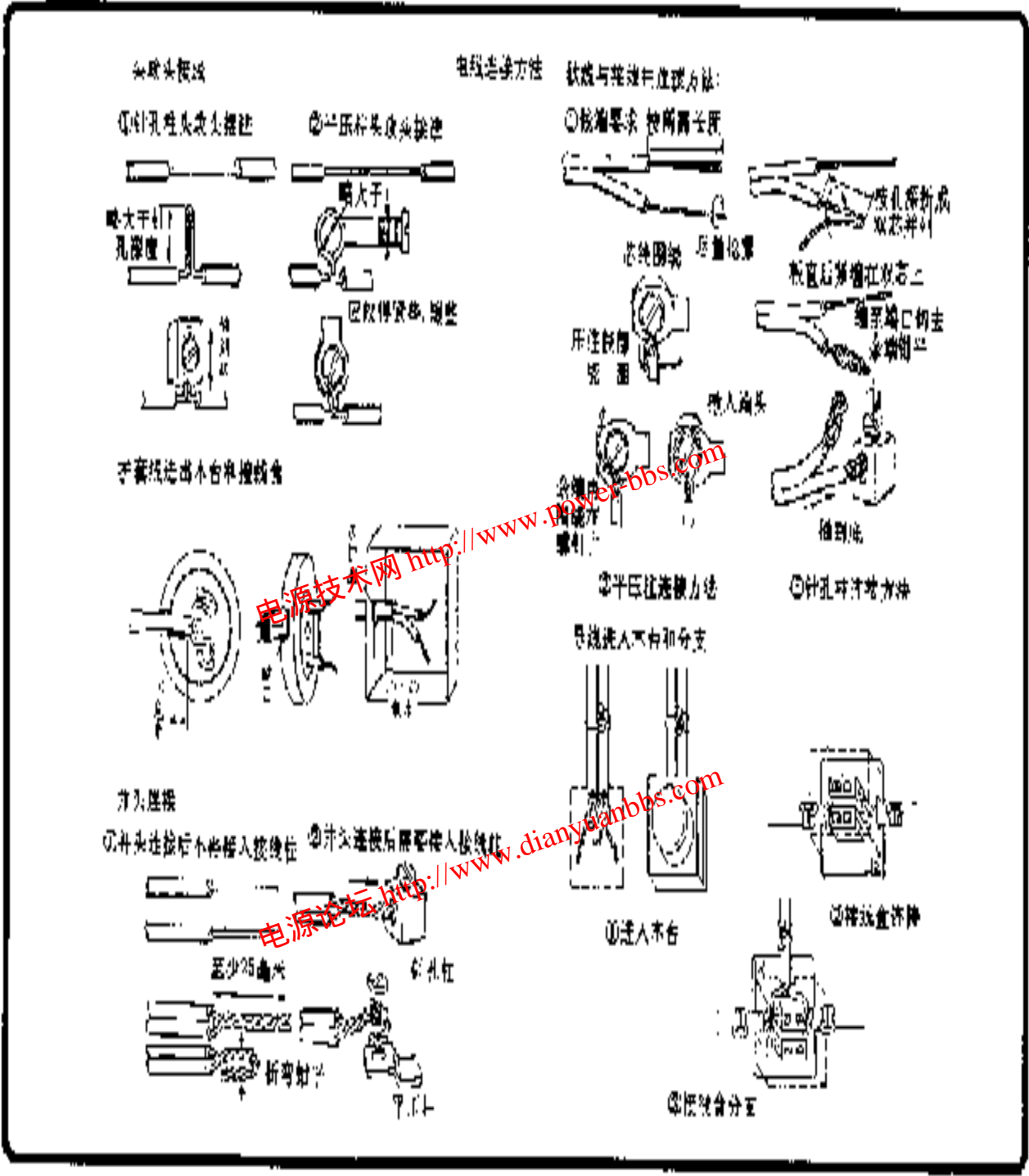
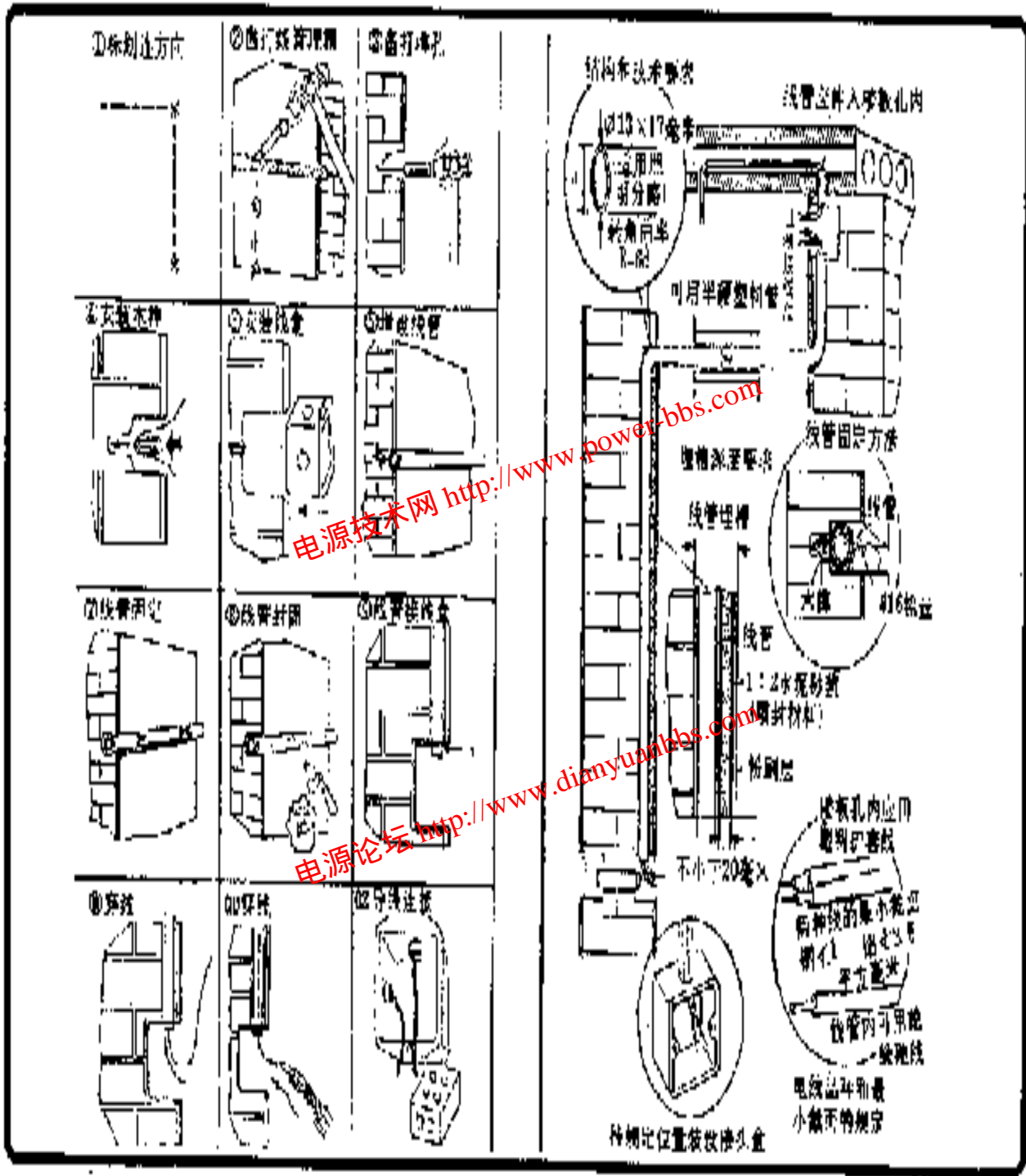


图 2-15 管线线路安装要求



成型后的线管转角,不可有折皱、瘪陷、裂缝等情况,同时必须使线管平服,垂直和有合格的曲率半径,否则需按要重新弯制。

9. 线管埋槽和接线盒埋穴的凿打

(1) 线管埋槽的凿打

线管埋槽的凿打一般要求槽宽只要比线管外径稍大就可以,不宜太大,槽底和槽壁须平整,不应忽高忽低,忽大忽小,埋槽的转角部分的曲率应满足线管标准曲率的要求,在线管需要固定的部位,还应逐一凿出木桩孔,桩孔的直径一般在8~10mm,孔距不小于30mm。

(2) 接线盒埋穴的凿打

接线盒埋穴的大小和深浅以能够顺利安装埋穴盒了为原则,不宜过大。接线盒埋穴时,四壁也要凿得平整,其深度以接线盒埋入后要出砖筋面5~10mm或低于墙面粉刷层5mm为准。接线盒埋穴凿打时应先标定埋穴位置,划出凿切范围轮廓线方能进行,以确保线管线路安装时线管与接线盒的准确配合。

在施工要求较高的场合,要求接线盒装入后能良好固定,在这种情况下,接线盒埋穴内还应凿打安装接线盒的木桩孔。

10. 线管接线盒的连接和埋设

(1) 线管的埋设应从一端接线点开始埋设到另一端接

线盒。要求管口必须伸入接线盒约20mm,线管的埋设应一段段的进行。

② 线管进线时必须塞到埋槽底部。线管入槽后不应立即将铁丝扎紧,应先将线管拉直接平后才最后加以固定。

③ 线管在埋设时,不可用金属片或钢筋等重物敲击,以免损伤或刮破塑料管壁。

④ 线管埋入槽内后应立即穿入铁丝或铜丝(即引线),如不是立即穿入导线时,每个管口还应加装塞子塞紧,以防鼠咬。

⑤ 用1:2~1:3的水泥砂浆填充线管埋槽。

11. 穿线和导线连接

穿线即是把导线穿入预埋的线管去。

穿线操作步骤:

① 规定两接线盒间为一穿线段,若两盒中设有接线块或接入开关、插座等设备,则该穿线段的电线可截断。

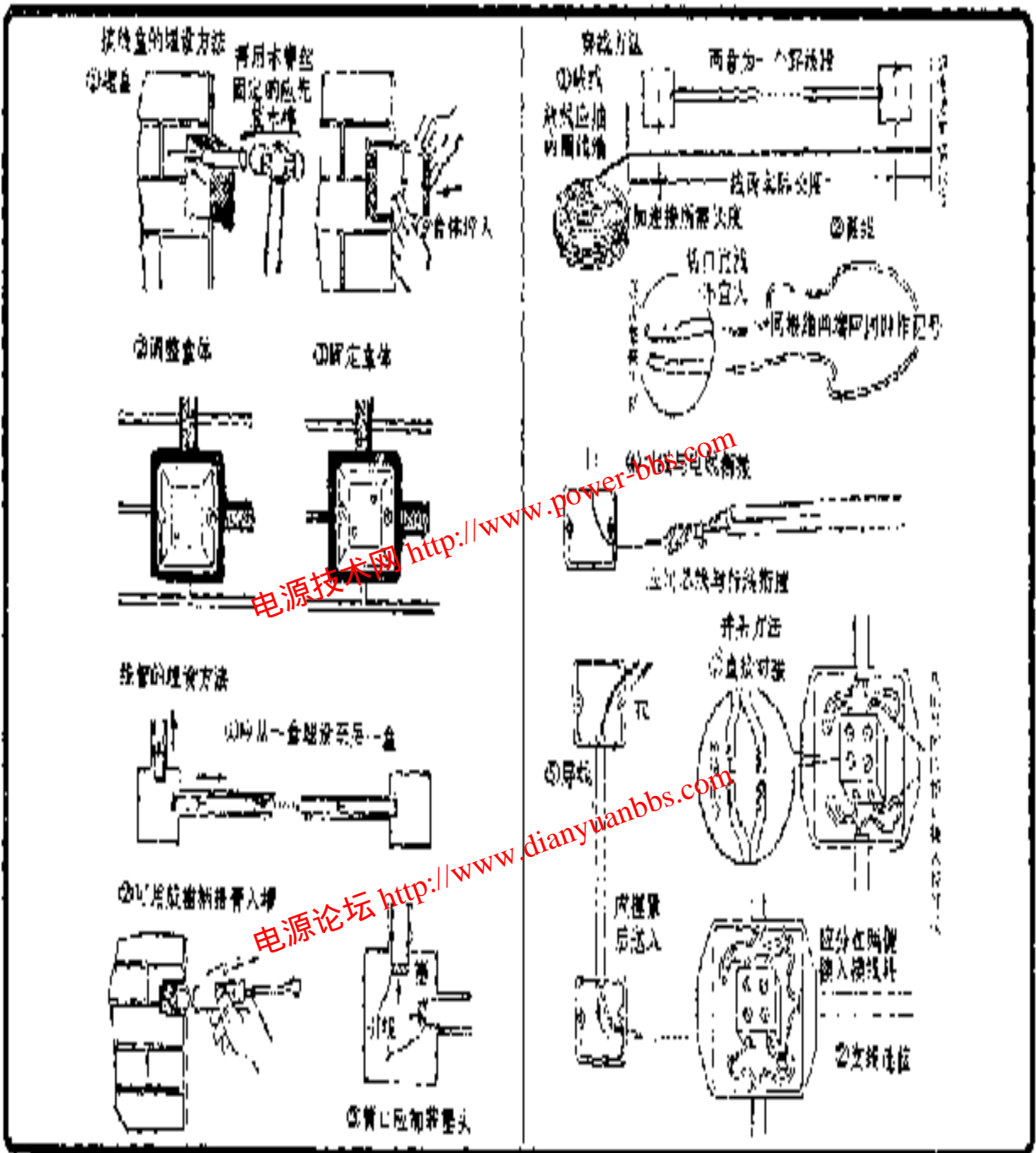
② 截取一定长度导线。

导线截取长度应为:线路实际长度+两端连接长度(约2~100mm)+与引线衔接所需长度(约50mm)的总和。

③ 穿入线管的导线,应有明确标记。若采用同种色号的导线时应在同根导线的两端标记记号加以识别。

④ 将需穿入线管的所有导线与引线铜丝结牢,由两人各在管口的一端,一人慢慢抽开铜丝引线,一人将导线慢慢送入线管内。

图 2-17 管线线路安裝



180 图解电工手册

(5) 将穿好的导线按相同标记连接。

12. 照明线路电线保护管安装

如图 2-18 所示,在敷设照明线路时会遇到需穿越楼板、墙壁的情况,此时应采用电线保护管对电线加以保护,确保安装质量和使用安全。

各类电线保护管及适用范围。

(1) 瓷管

瓷保护管有弯头和直口等多种型号保护管,常用规格有 13mm、16mm 和 20mm 等几种。

直口保护管主要用来保护穿越户内墙壁的导线。弯口保护管则用来保护穿越户内外墙壁的导线。截面积在 50mm^2 以下的导线均可采用这种保护方式。

(2) 钢管

钢管分有厚壁和薄壁两种,其中厚壁管中又可分为黑铁管和白铁管(统简称钢管)两种。钢管的常用规格有 13mm、16mm、20mm 和 25mm 等几种规格。

薄壁钢管通常只做导线管,它主要用于保护穿越不载重荷的导线,厚壁钢管(黑铁管和白铁管)则用来保护穿越处需载重荷的导线。

(3) 塑料管

塑料保护管分硬塑料管和半硬塑料管两种,同时硬塑料管又分为厚壁塑料管和薄壁塑料管两种。它的用途与铜

管保护管相同。

半硬塑料管不能用作导线过墙保护。

13. 电线保护管的安装要求

(1) 用瓷管作穿越户内外墙壁保护管时,应选用弯口瓷管,其安装位置离地距离不小于 2.7m,安装时应使弯口瓷管的弯口朝下,瓷管户内端应比户外端口略高。

(2) 用钢管和硬塑料管作穿越户内外墙壁保护管时,应在户外端口弯出防雨弯口,同时其安装位置亦应遵循地最低距离不小于 2.7m 的规定。

(3) 穿越户内墙壁安装的电线保护管安装时应尽可能与线穿高度一致。

(4) 穿越楼板的电线保护管安装,楼板下方端口应伸出平面 50mm,楼板上端口应高出楼板 150mm。如楼板穿越处是在过道、阳台等人员往来较多的环境,为安全起见,楼板上端口应高出离板 1.3m,或者伸至装开关等设备的木台(或配电箱、盒)内。

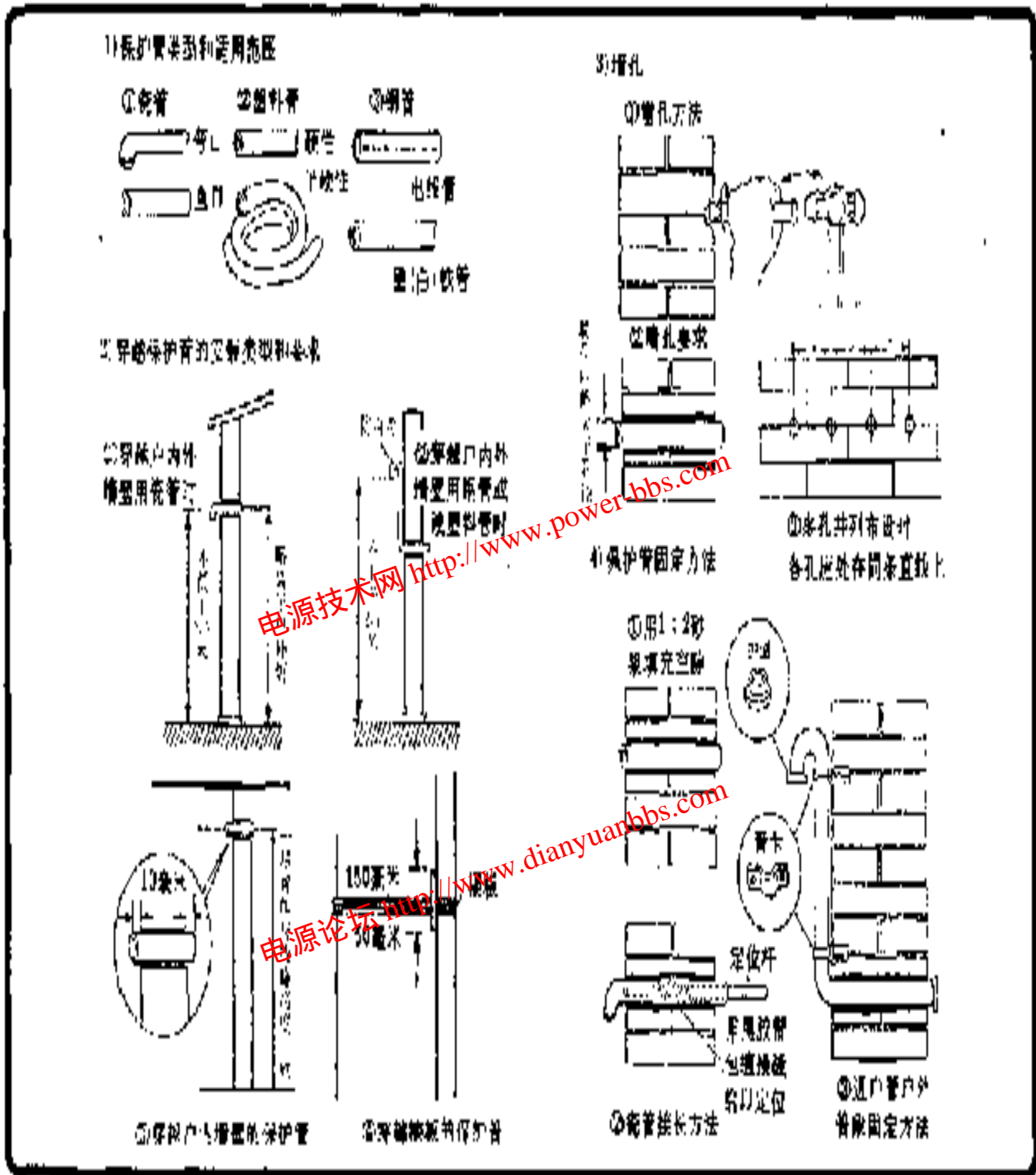
14. 电线保护管安装

电线保护管安装分两步进行。

(1) 凿孔的凿打

先在预定穿越墙处(或楼板)处进行凿打。凿孔凿打一般要求是凿孔略大于穿越管的直径,凿孔尽可能凿得里外大小一致,穿越户内外墙壁的应使户外一侧孔略低于户内一侧,

图 2-18 电线保护管安装



182 图解电工手册

墙孔呈直线状。

多支保护管并列安装时,此时墙孔的凿打应使各孔中心保持在同一直线上,且各孔间隔距离相等。

(2) 保护管的固定

电线保护管应可靠固定在穿越墙孔内才能起到应有的保护作用,通常采用 1:2~1:3 水泥砂浆作为保护管与墙孔间的固定材料。

先将保护管插入墙孔内并调整好固定位置,然后用一块磁砖石填在保护管四周使管位固定,最后填充砂浆使保护管四周不留空隙,要求砂浆应填满并充分结实。

固定穿越内外的钢管和硬塑料管保护管时,于户外侧要有防雨罩,将有一段距离高出墙孔以上,这段距离应用管卡加以固定。

八、照明装置及安装

照明以电光源最为普遍,而电光源发光器的气装置即称为照明装置。它包括灯具、灯座、开关、接线盒及所有附件等,此外,插座也属于照明装置。

照明装置安装技术要求:

① 照明灯具、开关、插座及各种附件采用的品种、规格和性能参数必须满足配用需要,如额定电流、耐压等。

② 灯具和各种附件的采用必须符合使用环境的要求,如应用在潮湿场所,具有腐蚀性气体的场所,易燃易爆场所的灯具及附件必须相应采用防凝、防爆的灯具和开关。

③ 灯具和各种附件的安装必须符合国家规定安装规范要求。

④ 各种灯具及所有附件都必须安装得牢固可靠,灯具总重超过 1kg 时,必须采用链吊或管吊安装。

灯具安装高度要求:

在干燥环境下,灯具安装高度一般要求最低不低于 2m,在潮湿、危险场所不低于 2.5m。

吊灯安装要求:

吊灯的安装方式有线吊、链吊和管吊三种。线吊和链吊的悬吊长度不能超过 2m,超过 2m 以上应使用管吊。

此外,若灯具重量超过 1kg 的也必须采用链吊和管吊方式。

对于开关和插座的安装高度要求:

各式明暗装户外开关及明装插座安装最小离地高度不低于 1.3m,拉线开关一般安装高度是离平顶约 200~500mm,暗装插座的最低离地高度不小于 150mm。

壁灯和吸顶灯安装要求:

必须牢固安装在建筑面上用固定安装线路接通电源,不许用软线和插头引接电源。

1. 各种照明装置安装

(1) 灯座

灯座又称为灯头,有卡口型和螺口型两种,相应配用卡口灯泡和螺口灯泡。

灯座按其应用分类,可分为普通型、安全型、防潮型和风雨型等多种。普通型灯座只适用于户内干燥场合使用,只要求按标准距离规定安装。对于低于规定高度的,必须采用安全型灯座,防潮型可用于潮湿环境,风雨型适用于户外可能受到雨雪侵袭的各种场所。

灯座按安装方式分,又可分为吊装式和平装式两种。

(2) 灯座的安装要求

① 灯座的两个接线桩接线,一个应当接电源中性线(蓝线),另一个接来自开关的每一根电源相线(火线)。

② 螺口灯座的两个接线桩,中性线接头应接在绝缘螺线隔一端的接线桩上,来自开关的相线接连通中心簧片的接线桩,以保证使用安全。

③ 吊灯灯座必须采用塑料软管(或花线)做为电源引线,引线接出接线盒端前应先在近处盒端打结,以免芯线承重引起故障。

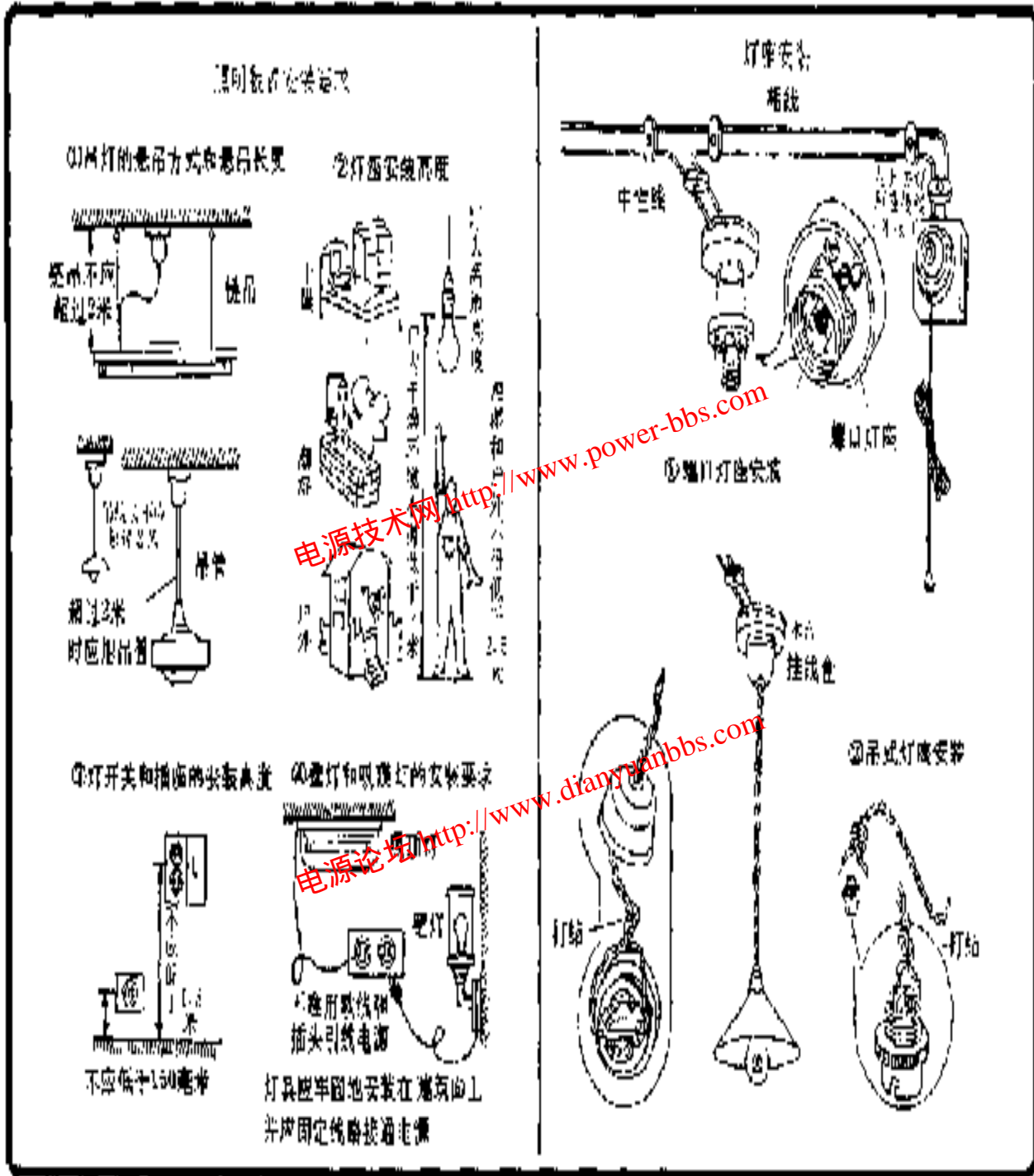
④ 平灯座在安装时,不可直接安装在建筑物表面,应用木台安装。

(3) 开关

表 2-5 常用灯座的选用

名称	材料	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	用途
插口吊灯座	胶木 绝缘	250	3	户内一般场合的吊式灯
插口平灯座	胶木 绝缘	250	3	户内一般场合的平装灯
插口安全灯座 (吊式)	胶木	250	3	户内较潮湿且易被人体触及场合的吊式灯
螺口吊灯座	胶木 绝缘	250	3	集体场所的一般户内吊式灯;民用户内潮湿环境或公用场合的吊式灯
螺口平灯座	胶木 绝缘	250	3	集体场所的一般户内平装灯;民用户内潮湿环境或公用场合的吊式灯
防水吊灯座 (螺口)	胶木 绝缘	250	3	户外吊式灯,或户内有水汽、漏水场所的吊式灯
螺口防水平灯座	胶木 绝缘	250	3	户外平装灯,或户内较潮湿、有漏水场所的平装灯
螺口安全吊灯座	胶木	250	3	户内人体易触及场所的吊式灯;或户内潮湿、导电地面等场所的吊式灯
螺口安全平灯座	胶木	250	3	户内人体易触及场所的平装灯;或户内潮湿、导电地面等场所的平装灯;或行灯

图 2-19 灯和灯座安装的安装要求



这里说的开关指用于控制灯具启明和熄灭的灯具开关(电灯控制开关)。这种开关因其结构只能控制电源的一根相线,故也称为单线控制开关。

开关按其结构分类,可分为拉线开关、扳把开关、键式开关等多种,按其功能来分,又有单联开关和双联开关、三联开关、四联开关等多种。较常用的是单联开关和双联开关。单联开关用于一灯一开关控制线路,双联开关用于一灯两开关控制电路。

开关的品种规格很多,常用的开关主要技术参数及适用范围见表 2-6。

(4) 单联开关的安装

① 开关内的两个接线柱一个与由相线来的相线相连接,另一个接线柱通过芯线连接与灯泡的一个接线柱。

② 安装拉线开关时,应使拉线口与线向保持一致,以免磨断拉线。

③ 安装扳把明及开关时,应注意使操作柄在上位时分断电路,下位时接通电路。

(5) 双联开关的安装

双联开关与单联开关安装的主要区别与接线方法不同。两联开关应用两处控制一个灯具的电路,常用的双联开关接线方式有两种,一种为电源双线进开关,另一种是电源单线进开关。

表 2-6 常用电灯开关的品种、规格和适用范围

名称	品种	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	适用范围
拉线开关 (普通型)	胶木 瓷质	250	3	户内一般场所 普遍应用
顶装式 拉线开关 (接线盒带 开关)	胶木 瓷质	250	3	户内顶装式灯 座(接线盒与开关合 一)
防水拉线 开关	瓷质	250	5	户外一般场所或户 内有水汽、有漏水等 潮湿场所
平开关	胶木 瓷质	250	3 5 10	户内一般场所
暗装开关	胶木 金属外壳	250	5 10	采用暗装布线线路 的建筑物
台灯开关	胶木 金属外壳	250	1 2 3	台灯和移动电具

186 家用电工手册

电源从线进开关的接法的特点是较为经济,所需导线较少,但较容易发生短路事故是其缺点。电源单线进开关接法则可避免这个缺点,但所需的导线较多。

(6) 插座

插座是照明电路中用以提供台灯、电扇及各种移动用电器具的电源接口,主要有双孔插座和三孔插座两种。

双孔插座用以提供具绝缘外壳的移动电气电源,三孔插座则提供金属外壳移动电气电源。三孔插座有一个专门的接地孔,它必须与接地线可靠连接。

单相双孔插座的额定电流通常为 5A,三孔插座有 5A、10A、15A、20A、25A 等多种规格。

(7) 插座的安装

① 明装插座应安在木台上,暗装插座应装在接线盒中,同时插座的两孔应处于水平位置,并使相线在右孔,中性线在左孔。

② 在安装三孔插座时,必须将接地孔装在插座上方,相线接插座右孔,中线接插座左孔。

③ 三孔插座的接地孔必须用铜质硬线与接地线相连接,并不得借用电源中性线头作为接地线。

2. 白炽灯安装

(1) 一只串联开关控制一盏灯

一灯一开关电路是白炽灯安装中最常用、最简单的一

种。

一灯一开关线路是由一只串联开关与卡口(或螺口)灯座及灯具构成。电源相线通过开关接入灯座,而后经白炽灯(照明负荷)由灯座的另一端回到中性线形成回路,使白炽灯上不断有电流通过而发光。

应当注意的是,电源相线(火线)必须先进入开关,然后接入灯头,这样在开关切断电源后,灯头上没有带电,利于安全。这是在安装操作时必须严格遵守的重要原则。

此外,如安装时采用的是螺口灯座,电源相线应接螺口灯座中心簧片的接线柱,以防更换灯泡时可能发生触电。

一灯一开关一插座线路:

一灯一开关一插座线路也是一种较常见的电路。

电源线先通过灯座,然后再与开关和插座接通。灯头与灯开关、插座需用三根导线连接(一根相线、一根来回线、一根中性线)。当采用三芯护套线作为这段主接线时,应按国家标准规定的芯线色泽区别,即红色芯线作相线,蓝色芯线作开关来回线,黑色芯线作中性线。

引入插座的相线接取,应从灯开关相线进线接线柱中引接,若接自开关连接来回线端接线柱,则插座中的电源受灯开关控制。

一灯两开关线路:

一灯两开关线路通常用于楼梯和走廊上的照明。如接

图 2-20 单联、双联开关安装

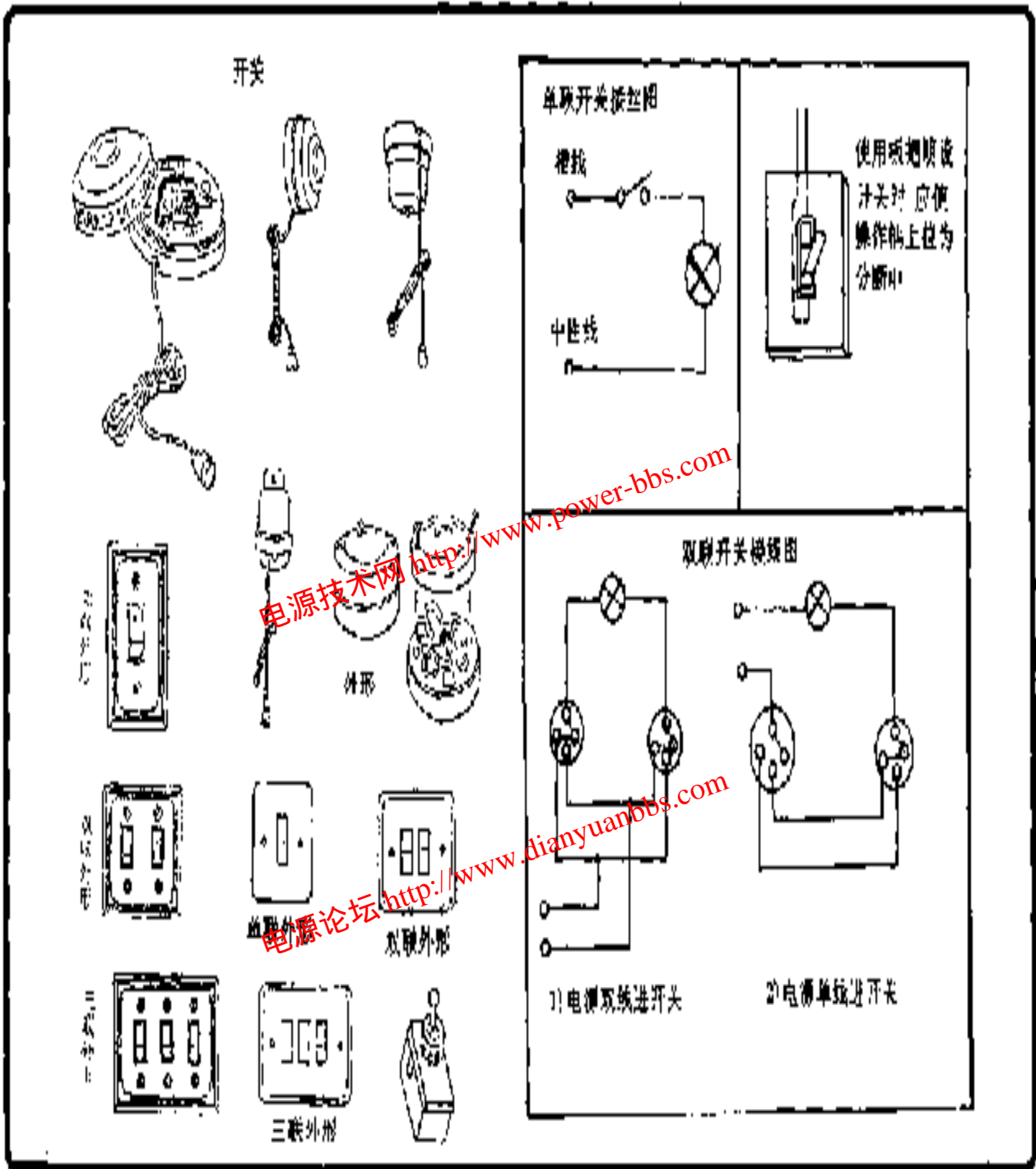
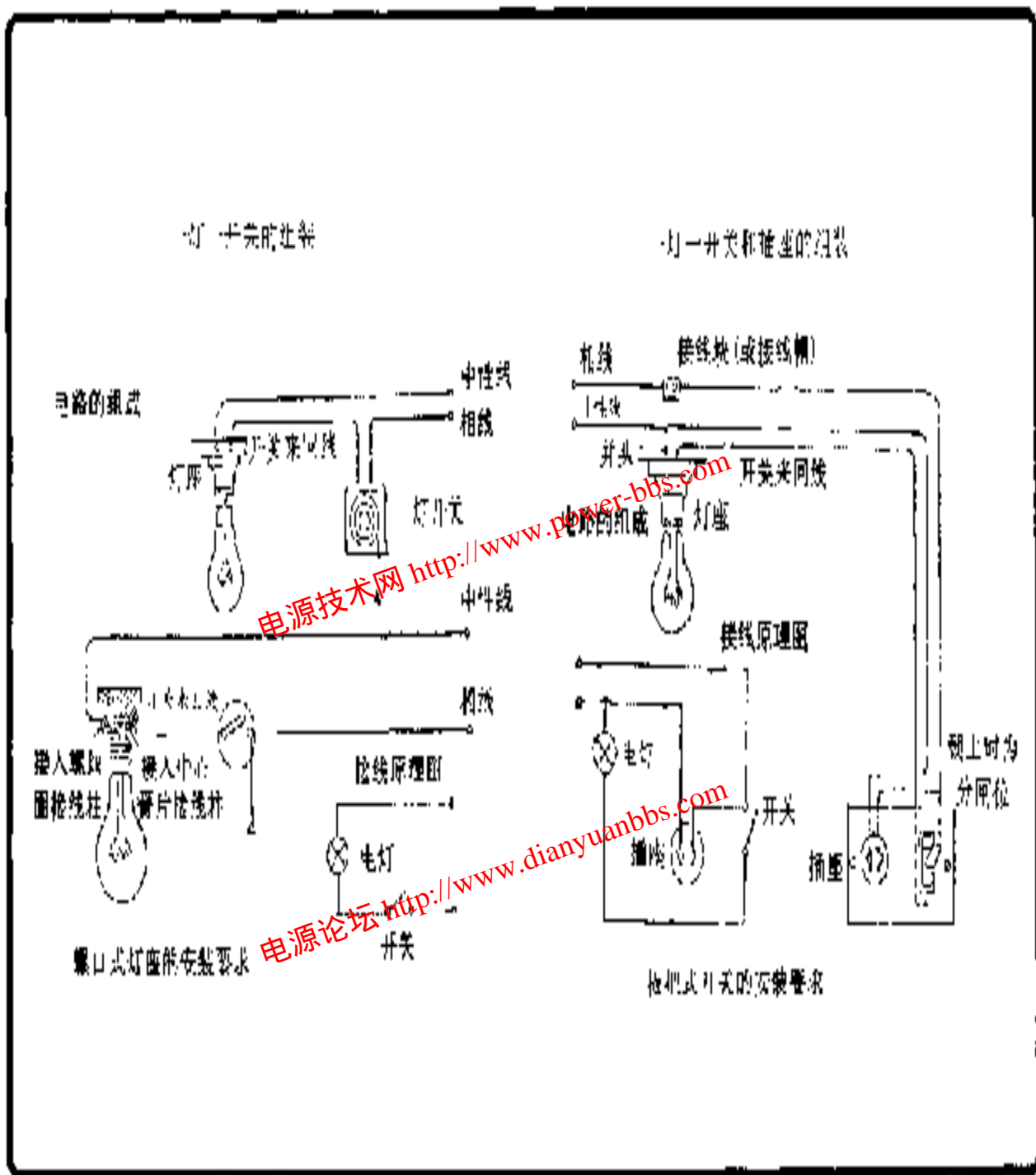


图 2-22 一灯一开关



190 图解电工手册

路上的电灯,楼上楼下均能控制,走廊上的灯,走廊两头都能控制。同时,它也适合于其他一灯需两处控制的各种场合。

一灯两开关线路必须选用双联开关。

一灯两开关线路的安装首先应辨清两只双联开关进线动触点的接线柱,其次应遵守相线先进开关,中线先进灯座的接线规定。

一灯两开关线路接线方法(电源单线进开关接法)

电源相线接一个双联开关的动触点接线柱,另一个双联开关的动触点接线柱通过开关来线线与灯座相联,两只双联开关静触点同用两根导线分别接通,就构成了一灯两开关线路。

一灯两开关线路的安装方法与一灯一开关线路安装方法类似。

其他接线方式:

除上述方式的白炽灯接线线路外,还有两只双联和一只单联控制一盏灯、多单元串联线路等多种接线方式。

3. 荧光灯安装

荧光灯又叫日光灯,是应用较普遍的一种电光源。它主要由灯管、镇流器、启辉器三个主要部件及灯座、启辉器座、开关等构成。

(1) 荧光灯管

它属于一种气体放电光源,具有发光效率高,使用寿命

长,光线柔和,色表和传色性好的优点。常用的规格有6W、8W、12W、15W、20W、30W和40W等。

荧光灯必须与其他附件合理配合使用。

(2) 镇流器

镇流器又称为扼流器,它是一个有铁芯的电抗线圈。镇流器的作用有两个,一是限制荧光灯的电流,二是在荧光灯启燃时,利用线路内的电流突变而产生一个脉冲高压,点亮灯管。

镇流器以结构形式分有单线圈(两线头)型、双线圈(四线头)型及双灯镇流器几种,常规镇流器一般采用单线圈镇流器。

(3) 起辉器

起辉器是由装在充有氖气的玻璃泡内的一条双金属U型片和一个静触片及泡外的小电容构成,它的作用是使电路接通。在线路接通后由于受热作用它又自动切断电路,使镇流器上感应产生一个脉冲高压,达到点亮灯管的目的。

(4) 灯架

有木制和胶制两种,规格配合灯管长度使用。

(5) 灯座

灯座分插入式和开启式两种,有小型和大型两种规格。小型配用6W、8W和12W(细管)灯管,只有开启式,大型则适用于15W以上各种灯管。

图 2-23 一灯两开关的组装

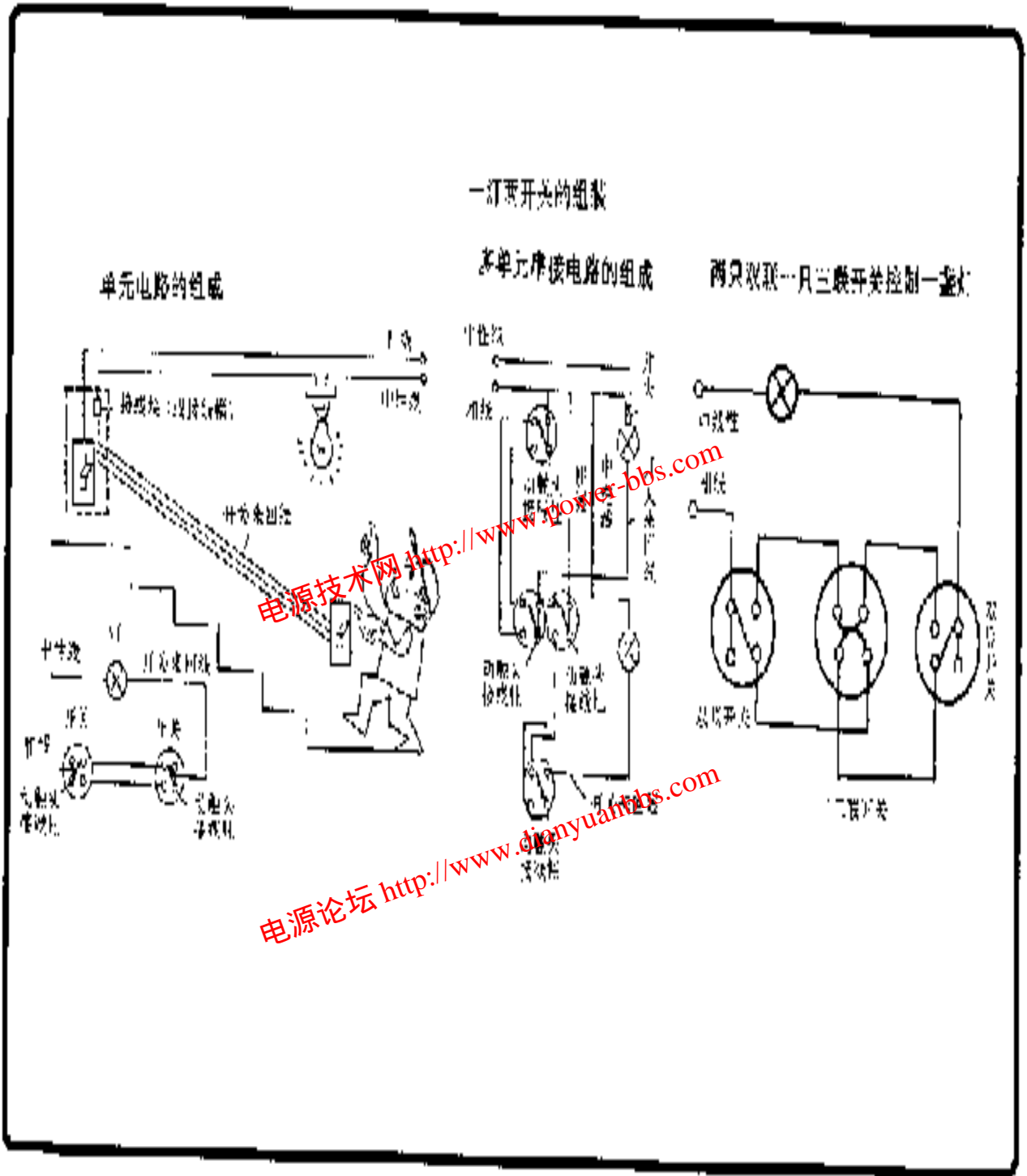


表 2-1 荧光灯附件的选配

标称功率 (瓦)	灯 管			镇 流 器				起 压 器		电 容 器	
	工作电压 (伏)	工作电流 (安)	起辉电流 (安)	规格 (瓦)	工作电压 (伏)	工作电流 (安)	起辉电流 (安)	额定电压 (伏)	规格 (瓦)	额定电压 (伏)	容量(微法)
6	50	0.135	0.18	6	202	0.14	0.18	220	2~8(或 4~40 通用型)	250	—
8	60	0.145	0.20	8	200	0.16	0.20				
15	50	0.32	0.44	15	202	0.33	0.44				
20	60	0.35	0.50	20	196	0.35	0.50				
30	89	0.35	0.56	30	180	0.36	0.56				
40	108	0.41	0.65	40	165	0.41	0.65				

(5) 荧光灯接线方式和工作原理

① 接线方式(单镇流器镇流器)

电源相线通过开关接镇流器的一头,镇流器线匝另一头与灯管的一端的一个触点相连,电源中性线连接灯管另一端的一个触点,灯管两端各余下一个触点分别连接启辉器两端。

② 工作原理

荧光灯工作全过程分起辉和工作两种状态。接通电源开始,电流通过镇流器、灯丝、起辉器形成回路,此时由于未起辉前的灯管内阻较高,使电源电压的绝大部分加上起辉器上,在较高电压的作用下,起辉器内的动静两触点间产

生辉光而发热,使泡内的双金属片受热弯曲,触点接通,极间放电停止,泡内温度下降使双金属片复位,两触点突然分离,于是在镇流器的电感线圈中产生较高的自感电动势,形成瞬间高压脉冲,在这高压的作用下,灯管内惰性气体被击穿而引起弧光放电,继而灯管内汞蒸气游离引起汞蒸气弧光放电,就发出光亮,这时灯管就进入正常工作状态。正在正常工作的灯管,其供电回路是相线—镇流器—灯管—中性线。

③ 荧光灯安装要求

a. 荧光灯的亮通量在中间部分最高,安装时应将灯管中部置于被照面下方,并使灯管与被照面横向平行。

b. 若采用吊式灯架结构,挂链的吊钩应与支持物可靠连接。

c. 接线时,电源相线(火线)应先接入开关,镇流器然后再按要求接入灯管。

d. 吊式灯架安装时,电源线必须从在线盒中引出。

4. 移动电具安装

凡在使用中经常移动位置,或不宜固定安装的用电设备和电气用具,均属移动电具,如落地灯、电扇、洗衣机、电视机等。

(1) 移动电具安装要求:

① 生活用移动电具的电源应在照明电路接取。

② 移动电具的电源插座插头在线路接取时,电具电源线应采用多股铜芯绝缘软线,若引取接地线的,应采用三芯橡胶塑料护套电缆。

③ 凡在导电地面(如泥地、混凝土地等)或严重潮湿场所使用的移动电具必须可靠接地。

④ 移动电具电源线长度最大不得超过5m,中间不准有接头。若必须延长时,应采用移动插座接线,并由移动插座板为移动电具提供电源。

⑤ 移动电具电源线接线必须安装牢固可靠,芯线不可裸露在外,引出接线口处,必须有防拉断的加固措施。

⑥ 严禁在三芯电缆上采用两芯插头,而以中芯线兼作

接地线使用。

九、照明线路安装质量检验

为保证照明线路投入使用后的安全可靠,线路在安装竣工后必须进行严格检查,方可运行。

1. 线路安装质量检查主要包括检查

① 选用的导线、支持物和线路器材是否符合技术要求的规范。

② 线路的类型是否适合使用的环境条件。

③ 线路的离地高度是否符合技术规范。

④ 线路和线路装置的各支持点是台牢固可靠。

⑤ 线路的回路是否接错,相线和中性线是否接错,应接地的有无漏接。

⑥ 测量线路绝缘电阻是否符合规范任何要求。

线路质量检验方法:

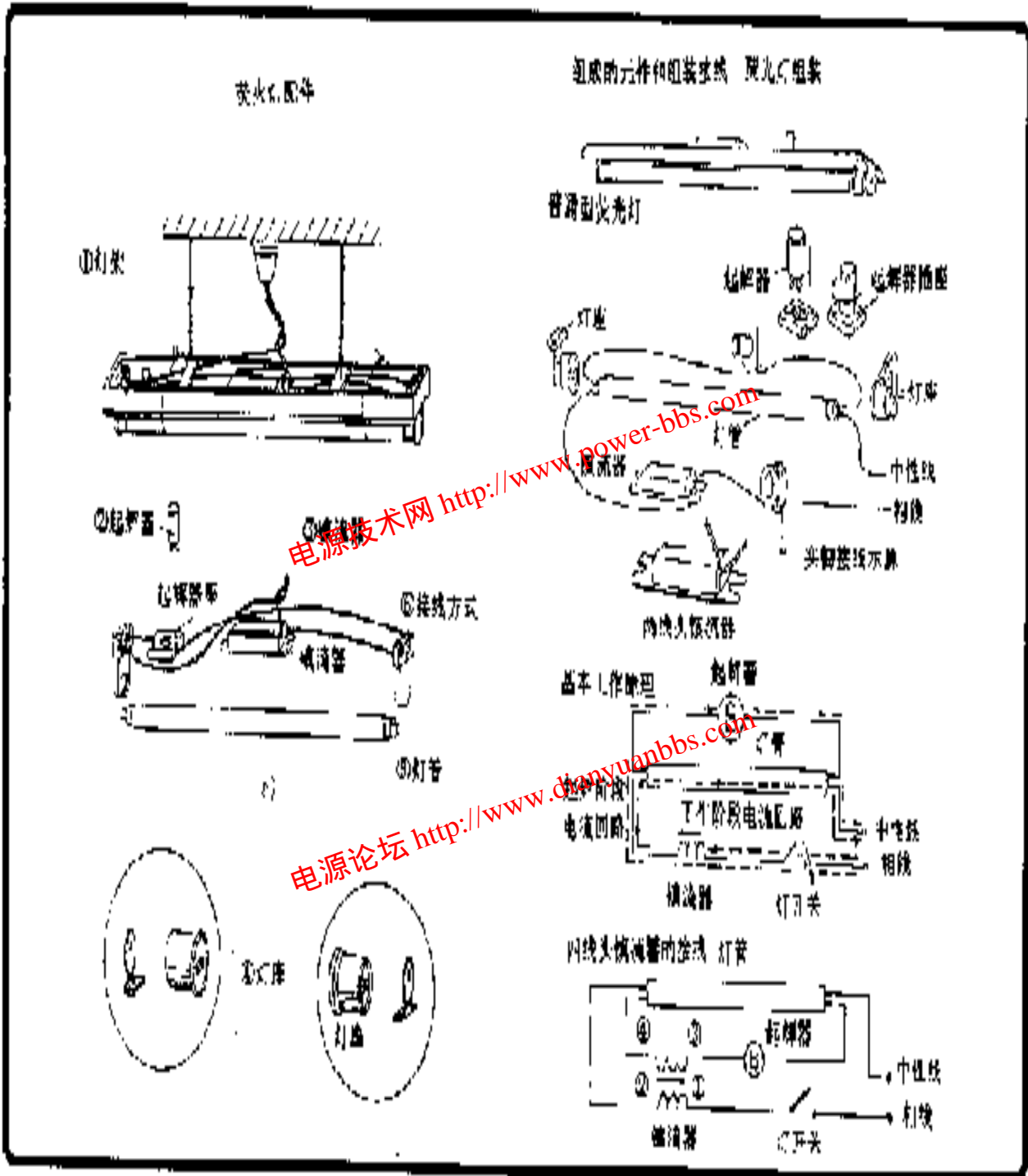
线路质量检验分两步,一是检验安装质量,二是检验线路绝缘性能。

2. 安装质量检验

安装质量检验主要是对照上述提出的质量检验项目要求,着重看有以下几项。

① 线路支持点是否牢固,线头是否并错,导线应恢复

图 2-24 荧光灯组装



绝缘层的有否漏包绝缘带。

② 线路转角处曲率半径有否过大过小,进出木台或进出保护管处,部分线路是否埋入粉刷层。

③ 灯开关、灯座、接线盒和插座等处的线头连接点芯线是否完全压入接线柱,芯线端头是否触及另外线头,散线芯线是否露毛。

④ 灯开关、插座并列安装时,相线连接线是否接错,三孔插座接地孔是否安装正确。

⑤ 暗设线路是否安装接线盒,芯线有否触及箱体或其他金属体,暗设线路是否埋得符合标准等等。

3. 线路绝缘性能检验

线路绝缘性能检验用高阻摇表进行,高阻摇表常用的有 10MV 和 500V 的两种,线路绝缘性能检验采用 500V 高阻摇表测量。

测量方法:

单线线路需测量两线间(相线和中性线)的绝缘电阻以及相线和大地之间的绝缘电阻。

三相四线制线路中,需分别测量四根导线的每两根线间的绝缘电阻及每根相线与大地间的绝缘电阻。

测量数据不得小于:线—线间:0.38兆欧,线—地间:0.22兆欧。

在进行线路绝缘性能测量前,应取下线路上所有熔断

器插座及接在线路上的所有用电设备和器具,然后在每段线路的熔断器下接线桩进行测量。

十、照明线路维修

一般线路的常见故障有以下几方面:

1. 短路

短路是短路电流未通过或部分通过负载就形成回路。回路发生短路故障时,电路电压急剧下降,电流剧增,若此时保护装置不起作用,将会烧毁线路的导线和设备。

短路故障可分为相间短路和相对地短路两类,相对地短路又可分为相线与中性线短路和相线与大地间短路。

一通电即熔断熔丝是短路故障的基本特征。

采用绝缘导线的线路,其本身发生短路的可能性较小,通常的短路原因可能是:

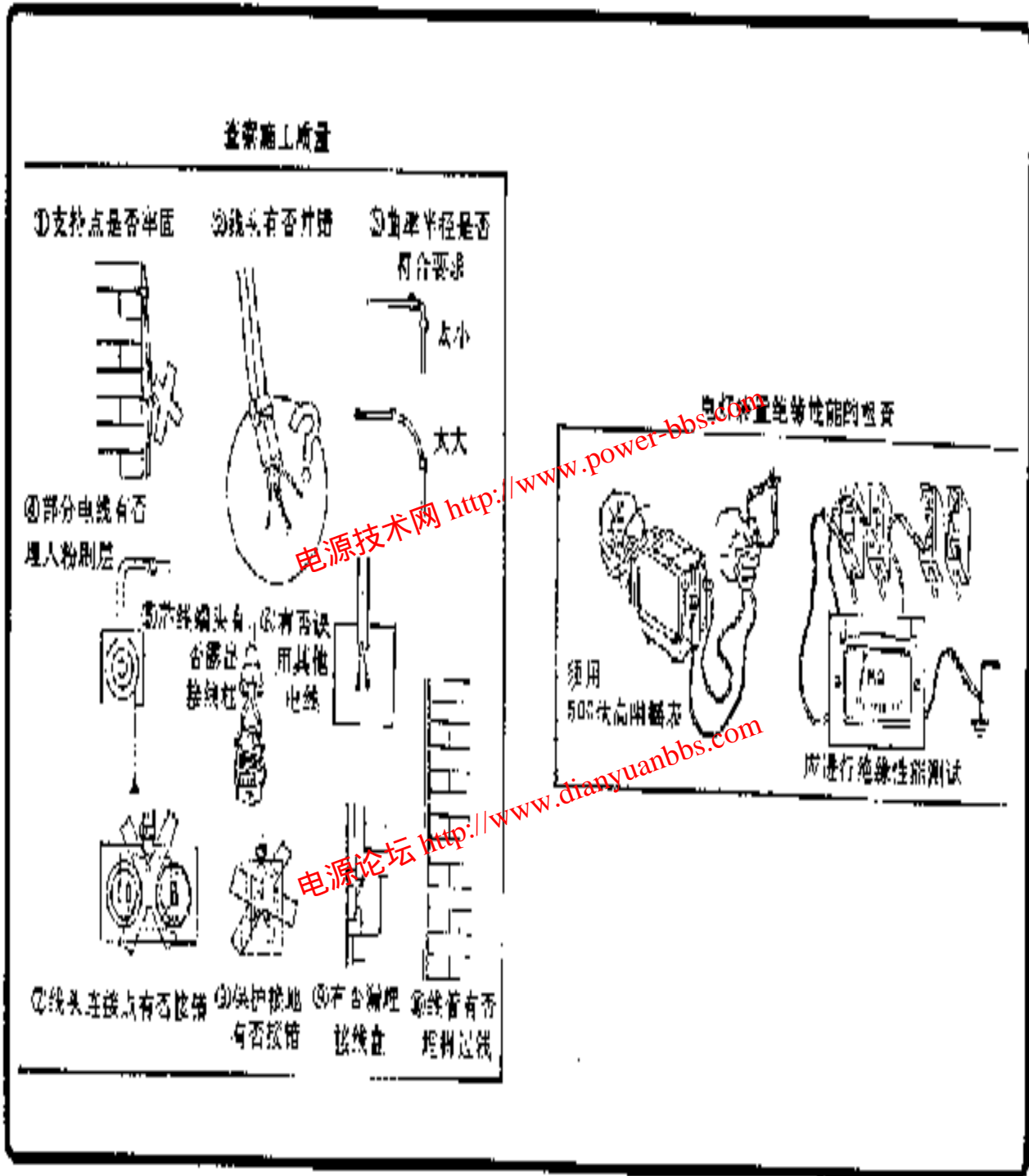
① 软线连接点露毛或芯线过长使两线头相碰引起。

② 移动式器具内部有局部或全部短路。

③ 在插座引接电源时,不采用插头而直接利用线头芯线连接,造成插座内或外部两芯线相碰而引起。

④ 电线绝缘层因线路存在严重过载故障使导线长期发热,破坏了导线的绝缘性能或因受外界机械损伤而破坏绝缘层引起短路。

图 2-25 室内施工质量



在检查和排除短路故障时,应先把故障区域内的用电设备脱离电源,试着故障是否能够解除,如此时故障消失则短路部分在各用电设备上,若故障依然存在,再逐一检查开关和保护装置以确定故障发生在哪一照明回路,予以排除。

2. 开路

开路指电路中因导线断裂或接点松脱等原因使电流不能形成回路所引起的一种常见故障。

造成电路开路故障最常见的原因是:

- ① 导线接头连接点松散或脱落。
- ② 小截面导线被鼠咬断。
- ③ 导线因受外物撞击或勾挂等机械损伤而断裂。
- ④ 小截面导线因严重过载或短路而烧断。
- ⑤ 单股小截面导线因质量不佳或为安装时受到损伤,绝缘层内部的芯线断裂。
- ⑥ 活动部分的连接线因机械疲劳而断裂。
- ⑦ 用电器具内部存在开路(如灯丝断裂、线圈断线等)。
- ⑧ 开关或熔断器等电器元件动触头接触不良。
- ⑨ 插塞触片过松或断裂,移动电具电源无法取出。

开路故障检查较为容易。首先应检查是否停电及是否芯线发生故障。若无异常,但整个分路无电,其他分路有电,则故障不是分路熔丝烧断,就是分路配电系统的接头松

脱。若同部回路无电,则故障很可能在支路的支持点,或回路中的某个接点上,也可能存在于用电器具内部中。

3. 漏电

若电路中的装置和设备存在绝缘缺陷,如绝缘老化、受潮等,就会形成绝缘电阻的漏电短路,使建筑物和电气设备外壳意外带电。

漏电故障也可分为相间漏电和相地间漏电两类。

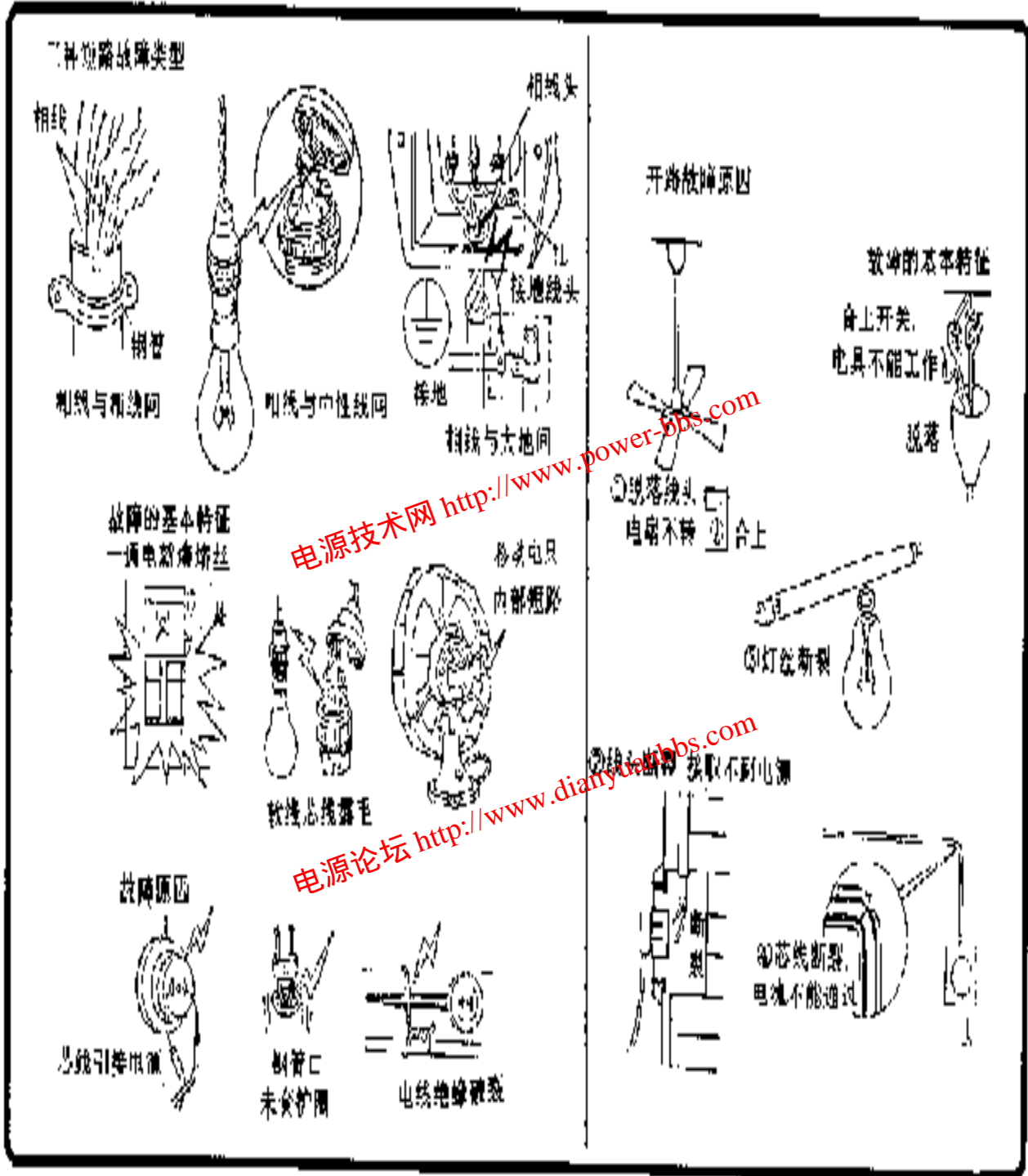
线路出现漏电故障时,其主要特征是耗电量较实际用电量有不可程度的增加,且与故障程度成正比,漏电越严重两者的差值就越大。随着漏电程度的发展,会出现类似过负荷短路故障的现象。

引起漏电故障的原因是:

- ① 线路和设备的绝缘老化或损坏。
 - ② 线路装置安装不符合技术要求,施工质量不佳(如在接线盒和木台内,芯线裸露过长或接头绝缘层被木螺钉刮破等)。
 - ③ 线路和设备因受潮、受热或遭受化学腐蚀而降低绝缘性能。
 - ④ 恢复的绝缘层不符合要求,或核算层绝缘带松数。
- 漏电通常发生在线路的某一部分或某一点上。检查漏电故障可以用高阻摇表进行线路绝缘电阻测量判断。

4. 过载

图 2-26 短路和开路故障



过载是实际用电量超过电路内各种装置或设备额定容量所引起的故障。

过载故障的特征是导体或连接点过热,且过载越严重,导体发热就越厉害。又由于线路中熔丝保护是利用电热效应原理实现的,因而过载又容易引起熔丝熔断。且过载越严重,熔丝也就越容易熔断。因此,熔丝频繁熔断和电路局部或全部装置过热是过载故障最具代表性的故障现象。

造成过载故障的原因有:

- ① 导线选用不符合技术要求,截面过小使导线过载发热。
- ② 用电设备的容量增大,使线路处于过载状态。
- ③ 线路短路和各种用电器具存在漏电现象。
- ④ 各种以电动机为动力的用电器具因电动机运转部分工作异常而使回路工作电流增大造成过载。

过载故障一般通过检查熔丝熔断情况和触摸怀疑部分导体表面温度即可确定故障部位及原因,然后针对故障原因采取相应措施排除。

5. 部分电路的增设和拆除

部分电路的增设

在不超过原申请用电量的情况下,可在原有线路装置上增设新的回路。

- (1) 增设分路或安装电表

应在总配电装置或干线上接电,一般不允许在原有线路末端延长,或在原有线路上任意分叉。同时新增设分路应单独敷设分路配与装置。

- (2) 添装若干灯头(或插座)支线

若添装的灯头(或插座)不超过原分路的电流或灯头限制,允许在原有分路配电箱上接电。

- (3) 添装个别灯头或插座

允许在就近灯座和灯开关、插座上引入。

6. 部分照明电路的拆除

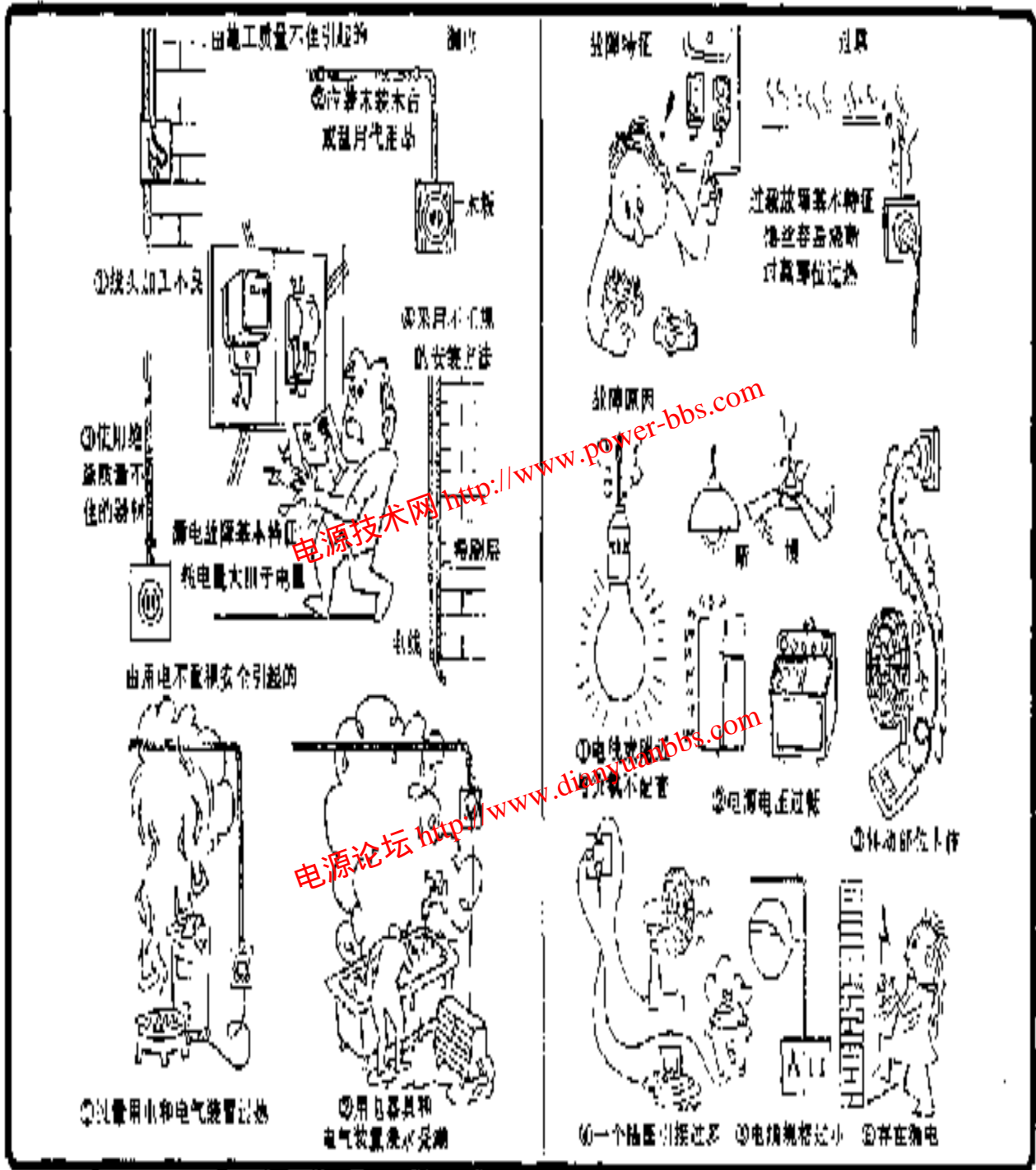
照明电路的拆除一定要拆得干净,不留隐患。在拆除个别用电设备时,不能只拆除设备,而留下电源线于原处,应将这段电源线全部拆除至干线引接处,并恢复好干线的绝缘。如拆除整段支线,应拆至上一级分支干线的熔断器处,不可在分支处与干线脱离,留下支线于原处,而应将所拆支线全部拆除。

在拆除个别灯座或插座时,如果只拆除一盏灯,有挂线盒的应从挂线盒内拆卸灯座电源引线,无挂线盒的应将电线头恢复绝缘后埋入木台内,不可露在木台的出线孔外。

如果拆除一盏灯的全部回路,应从这些灯支撑点拆起,把该灯所属的电线、灯座和灯开关以及木台等一并拆除。

插座的拆除也是如此,应从电源支撑点拆起,拆除所有装置配件。

图 2-27 漏电和过载



2. 白炽灯故障维修

(续)

白炽灯照明线路主要由电源、开关、负载和连接导线组成，只要其中的一个环节发生故障就会使白炽灯线路无法正常工作。

白炽灯常见故障及排除方法：

表 2-8 白炽灯常见故障和排除方法

故障现象	产生故障的可能原因	排除方法
灯泡不发光	1. 灯丝断裂； 2. 灯座或开关触点接触不良； 3. 熔丝熔断； 4. 电路开路； 5. 停电	1. 更换灯泡； 2. 把接触不良的触点修复，无修复时，应更换完好灯座； 3. 恢复熔丝； 4. 恢复线路； 5. 开自其他用电器予以验明，或观察邻近不是同一个进户点用户的情况予以验明
灯泡发 光强烈	灯丝局部短路(俗称搭桥)	更换灯泡

故障现象	产生故障的可能原因	排除方法
灯泡容易 烧毁 或时亮 时熄	1. 灯座或开关触点(或接线)松动，或因表面存在氧化层(铝质导线，触点易出现)； 2. 电源电压波动(通常由附近有大容量负载启动引起)； 3. 熔丝熔断不良； 4. 导线连接不妥，连接处松散	1. 修复松动的触头或接线，去除氧化层后重新接线，或去除触点的氧化层； 2. 更换配电变压器，增加容量； 3. 重新安装，或加固定夜螺钉； 4. 重新连接导线
灯泡 频繁 熔断	1. 灯座或插线盒连接处两线头互碰； 2. 负载过大； 3. 熔丝太细； 4. 线路短路； 5. 胶木灯座两触点间因产生电弧致(碳化)	1. 重新接受线头； 2. 减轻负载或扩大线路的导线容量； 3. 正确选配熔丝规格； 4. 修复线路； 5. 更换灯座

202 图解电工手册

(续)

故障现象	产生故障的可能原因	解除办法
灯光暗 且	1. 灯座、开关或导线对地严重漏电;	1. 更换完好的灯座、开关或导线;
	2. 灯座、开关接触不良, 及导线连接处接触电阻增加;	2. 修复、接触不良的触点, 重接连接接头;
	3. 线路导线太长太细, 线电压降太大	3. 缩短线路长度, 或更换较大截面的导线

8. 电灯开关常见故障

(1) 拉线容易断裂

由于拉线的位置装得不妥, 或使用时经常使拉线不处于垂直状态, 造成拉线摩擦加剧, 加速断裂。

(2) 接触不良

拉线开关通常是由于触头压力弹簧(或簧片)失效造成, 扳把开关则是由于静触片开距过大, 或由于触头表面沾有大量污垢; 或触头表面严重的伤(电弧)等原因引起。

(3) 控制失灵

由于复位弹簧失效而引起。

9. 插座常见故障

(1) 短路

由于接线不妥, 线头脱离接线柱或芯线裸露过长等原因造成。

(2) 烧焦胶木

由于短路或插入过大功率的移动电具等因素造成。

(3) 开路

由于接线不妥, 导线接断或短路烧断插座触片, 或插座触片错位等因素引起。

(4) 破损

插座罩盖被摔。

10. 荧光灯故障维修

荧光灯的构造原理比较复杂, 线路组成元件较多, 可能引起故障的因素也就较多, 因而荧光灯线路的维修难度也较白炽灯为大。

常见荧光灯故障及排除方法:(如图 2-8 所示。)

图 2-28 照明线路增设和拆除

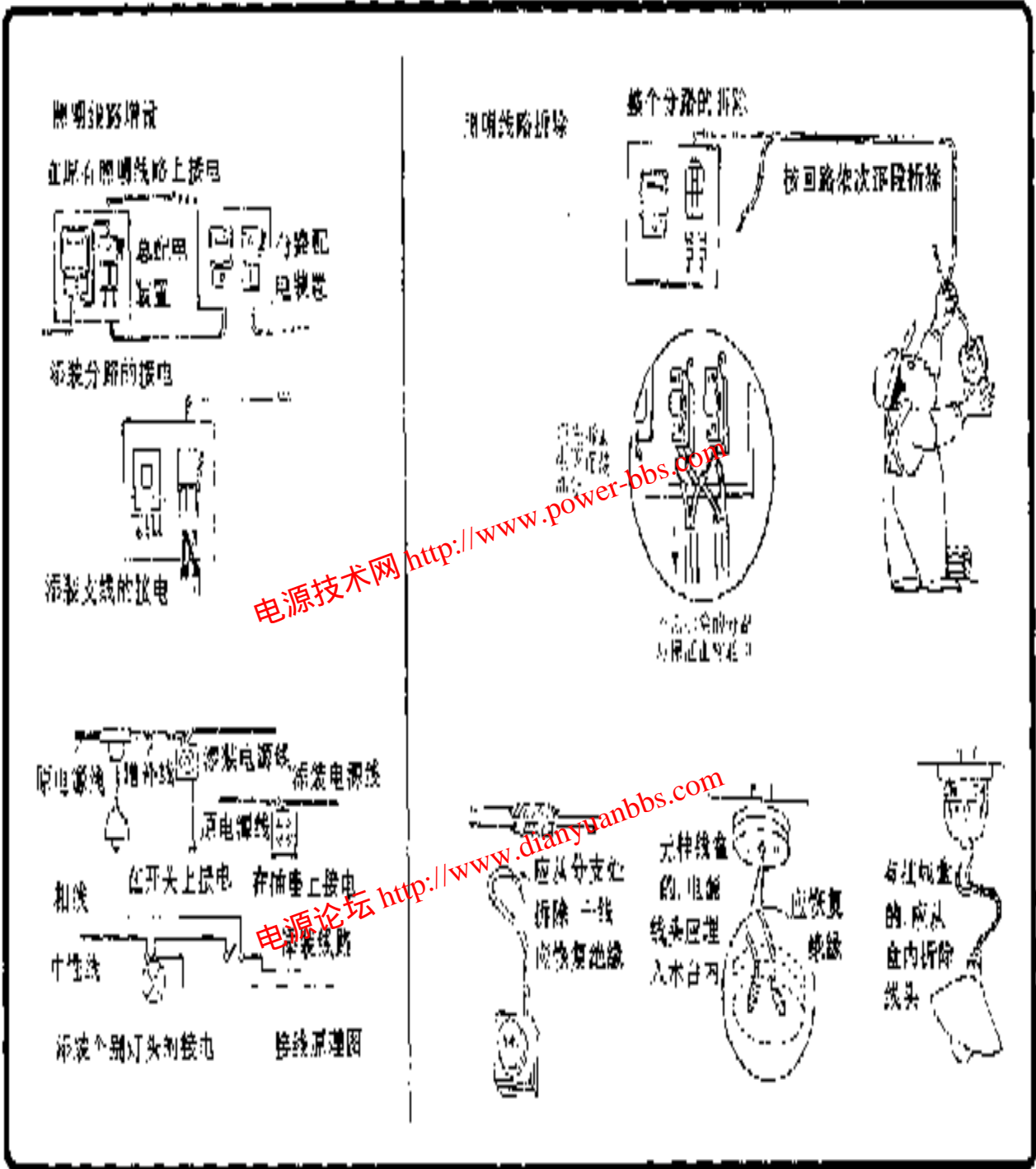


表 2-9 荧光灯常见故障的排除方法

故障现象	产生故障的可能原因	排除方法	故障现象	产生故障的可能原因	排除方法
灯管不发光	1. 无电源; 2. 灯座触点接触不良, 或电路接头松散; 3. 起辉器损坏, 或与灯座触点接触不良; 4. 镇流器线圈或管内灯丝断裂或脱落	1. 查明是否停电, 或熔丝烧断; 2. 重新安装灯管, 或重新连接已松散接头; 3. 旋转灯座触点, 试看是否发光; 再检查线头是否脱落, 排除后仍不发光, 应更换起辉器; 4. 用万用表电阻档测量镇流器和灯管是否通路	1. 起辉器配用不正确; 2. 电源电压太低; 3. 环境温度太低; 4. 镇流器配用不正确, 起辉器功率太小; 5. 灯管衰老	1. 换上匹配的起辉器; 2. 调整电压或稍延电源线路, 使电压保持在额定值; 3. 可用热毛巾在灯管上来回烫熨(应注意安全, 灯架和灯座处不可触及和受烫); 4. 换上匹配的镇流器; 5. 更换灯管	
灯管两端发亮, 中间不亮	起辉器接触不良, 或管内小电容击穿, 或镇流器头脱落; 或起辉器已损坏	按上例 3 方法检查, 小电容击穿, 可剪去后复用	1. 起辉器镇流器连接不良; 2. 镇流器不配套(工作电流过大); 3. 新灯管暂时现象; 4. 灯管质量不佳	1. 接好连接点; 2. 换上匹配的镇流器; 3. 包好一段时间, 会自行消失; 4. 无法修理, 更换灯管	

(续)

故障现象	产生故障的可能原因	排除方法
镇流器过热	1. 镇流器质量不佳; 2. 起辉情况不佳, 造成镇流器长时间产生触发, 增加镇流器负担; 3. 镇流器不配套; 4. 电源电压过高	1. 正常温度以不超过 65℃ 限, 过热严重的应更换; 2. 排除起辉系统故障; 3. 换上配套的镇流器; 4. 调整电压
镇流器异响	1. 铁芯叠片松动; 2. 铁芯硅钢片质量不佳; 3. 绕组内部短路(空载过热现象); 4. 电源电压过高	1. 紧固铁芯; 2. 更换硅钢片(应符合工作电压, 匝数按铭牌); 3. 更换绕组或镇流器; 4. 调整电压
灯管两端发黑	1. 灯管衰老; 2. 起辉不佳; 3. 电压过高; 4. 镇流器不配套	1. 更换灯管; 2. 排除起辉系统故障; 3. 调整电压; 4. 换上配套的镇流器
灯管光通量下降	1. 灯管衰老; 2. 电压过低; 3. 灯管处于冷风冷却场合	1. 更换灯管; 2. 调整电压, 或缩短电源线路; 3. 采取挡风措施

图 2-29 灯座、开关、插座、保险盒维修

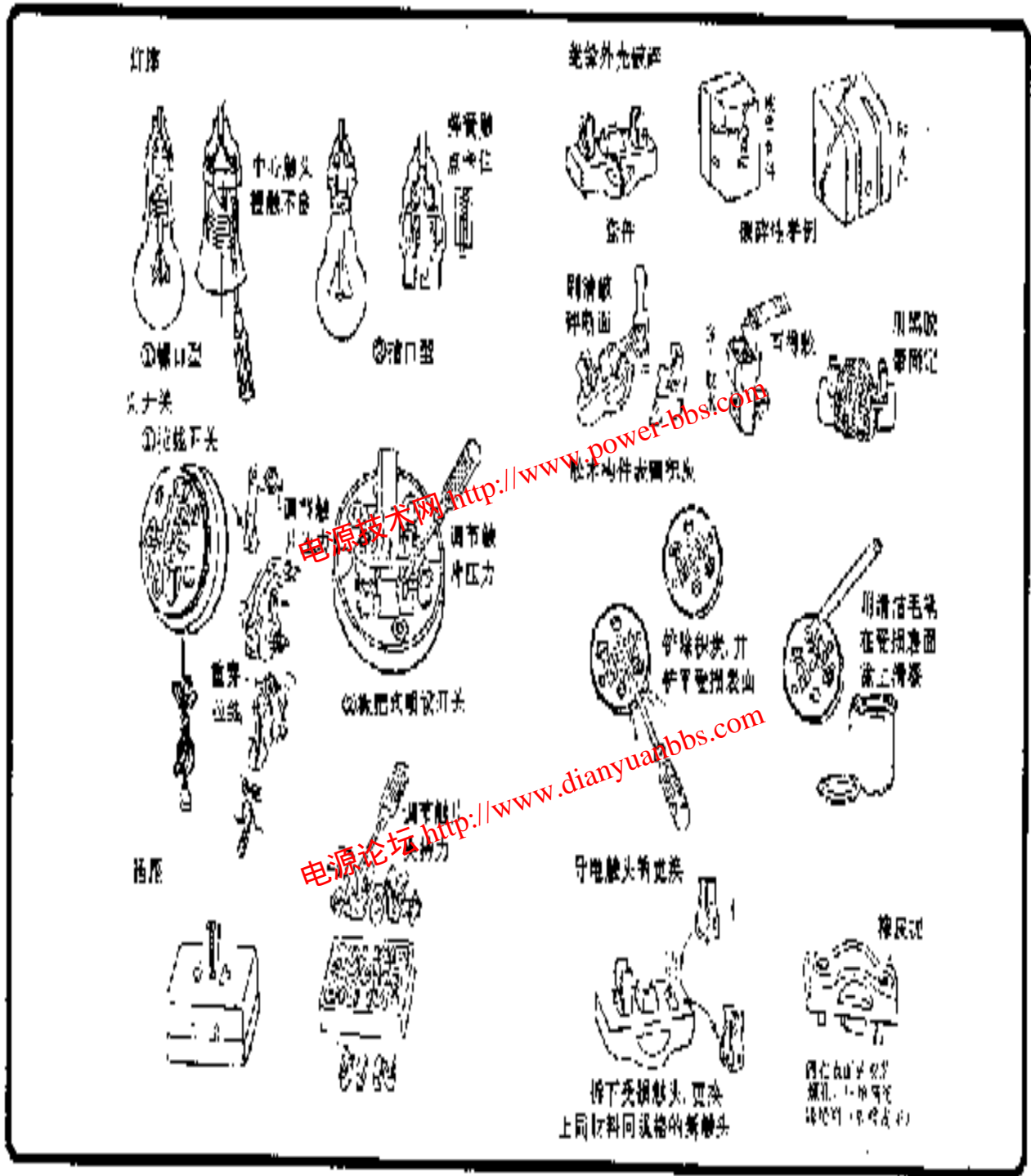
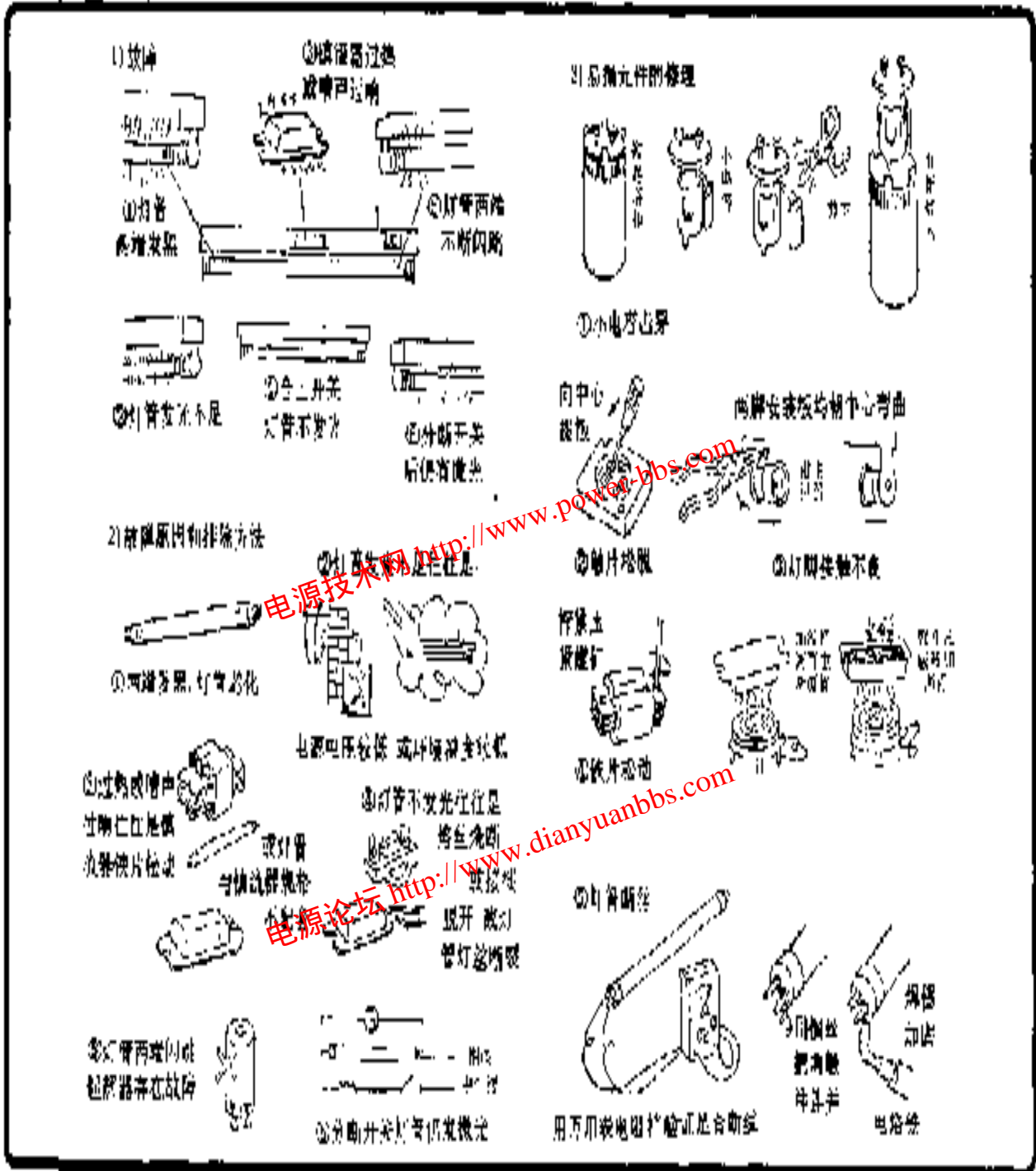


图 2-30 霓虹灯的检修



第三章 室外电线电缆的架设

一、输配电电路的概述

室外电路中的输电线路、配电线路和所属的线路设备的测量、施工、安装、维修、管理等工作,均称为室外的外线工作。

我们通常使用的电力一般由发电厂的发电机发电,通过输电线路输入升压变电站的变压器后,再由配电线路终端的降压装置降低到用户需要的电压等级后输送到工厂、农村以及其他用户使用。如图 3-1 所示,图 3-2 是发电、配电后输送到用户示意图。

发电厂分为火力发电厂、水力发电厂、风力发电厂、原子能发电厂、柴油发电厂、潮汐发电厂等。

超高压架空输电线路是电源输送的总渠道,它在一定供电范围地区内,把发电厂和变电站连通在一起,形成一个供电电网,这样可以大大提高电力的利用率和供电的可靠性,利于供用电的合理调度,提高地区的社会经济利益。在

全国已经普遍实行大电网供电,这些电网的等级为 330kV、220kV、110kV。

由超高压线路输送来的电源通过超高压变电装置降为高压级的电力,再供给高压架空输电线路,分别输送到供电规定的范围的用电中心变电站。通过等级电压(高压变电站)的变换,而输入配电架空线路,高压输电架空线路电压等级一般为 25kV,也有 60kV,特殊输电等级的高压配电架空线路有 110kV、6kV、3kV 的电压等级。通过配电变压器把电压等级后,即变为我们生产、生活用的低压电源。电源等级有低压三相四线制的动力电源 380V 和单相动力和照明用的 220V。

二、高压配电线路的架设

(一) 高压配电线路的供电方式和技术要求

从高压变电站的出线端到高压架空线路末端安装的配电变压器上,这一段线路称为高压配电线路。在这段线路中可分接到各用电干线、支线,图 3-3 所示为对向等列形供电线路和环状形供电线路。

为了保证供电安全、优质、低耗,要求原则为:

(1) 在规划供电区的用电量和计算架空线需要线径

图 3-1 发电、输电、变电整体概控图

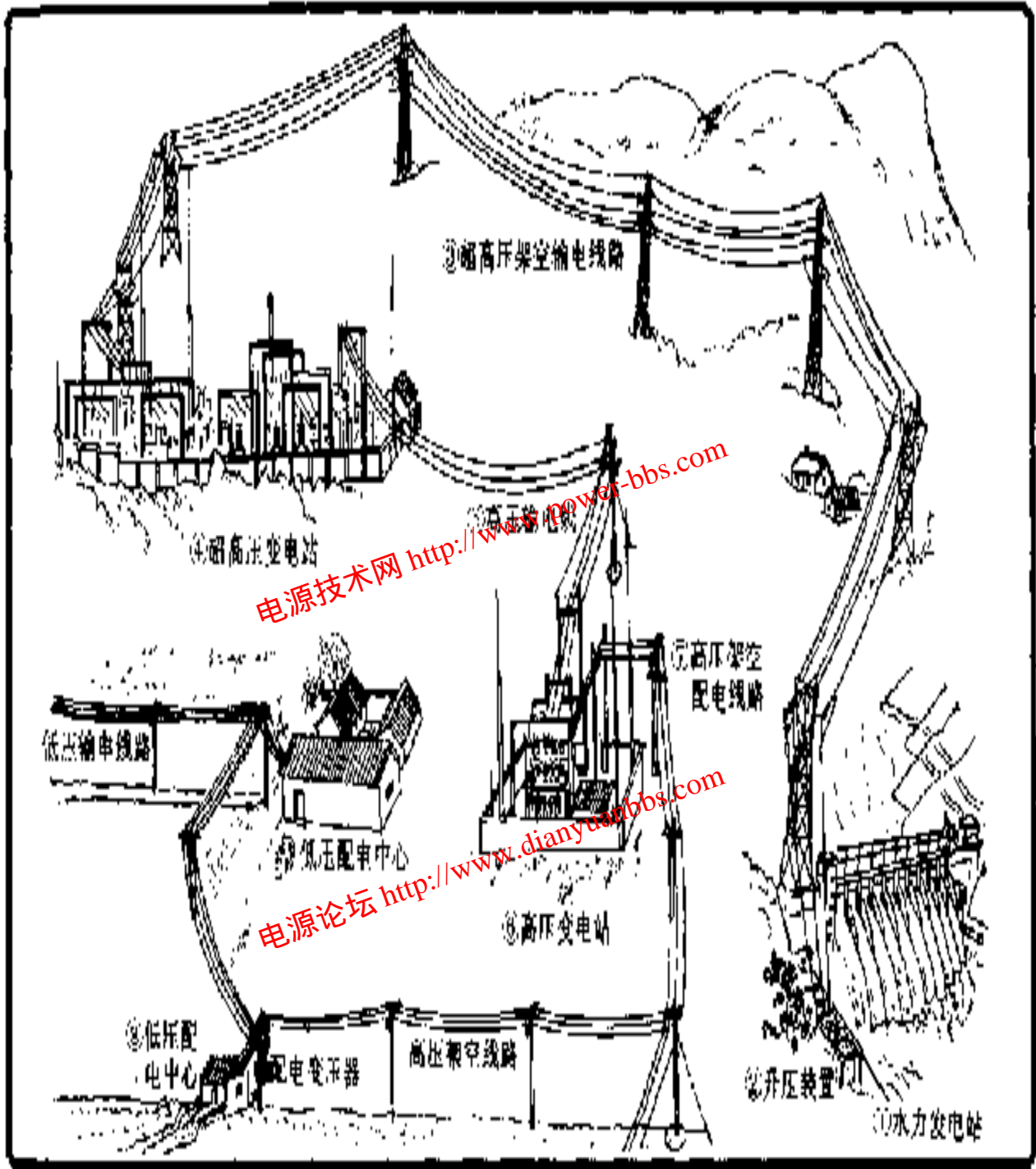


图 3.2 经变、配电后送到用户示意图

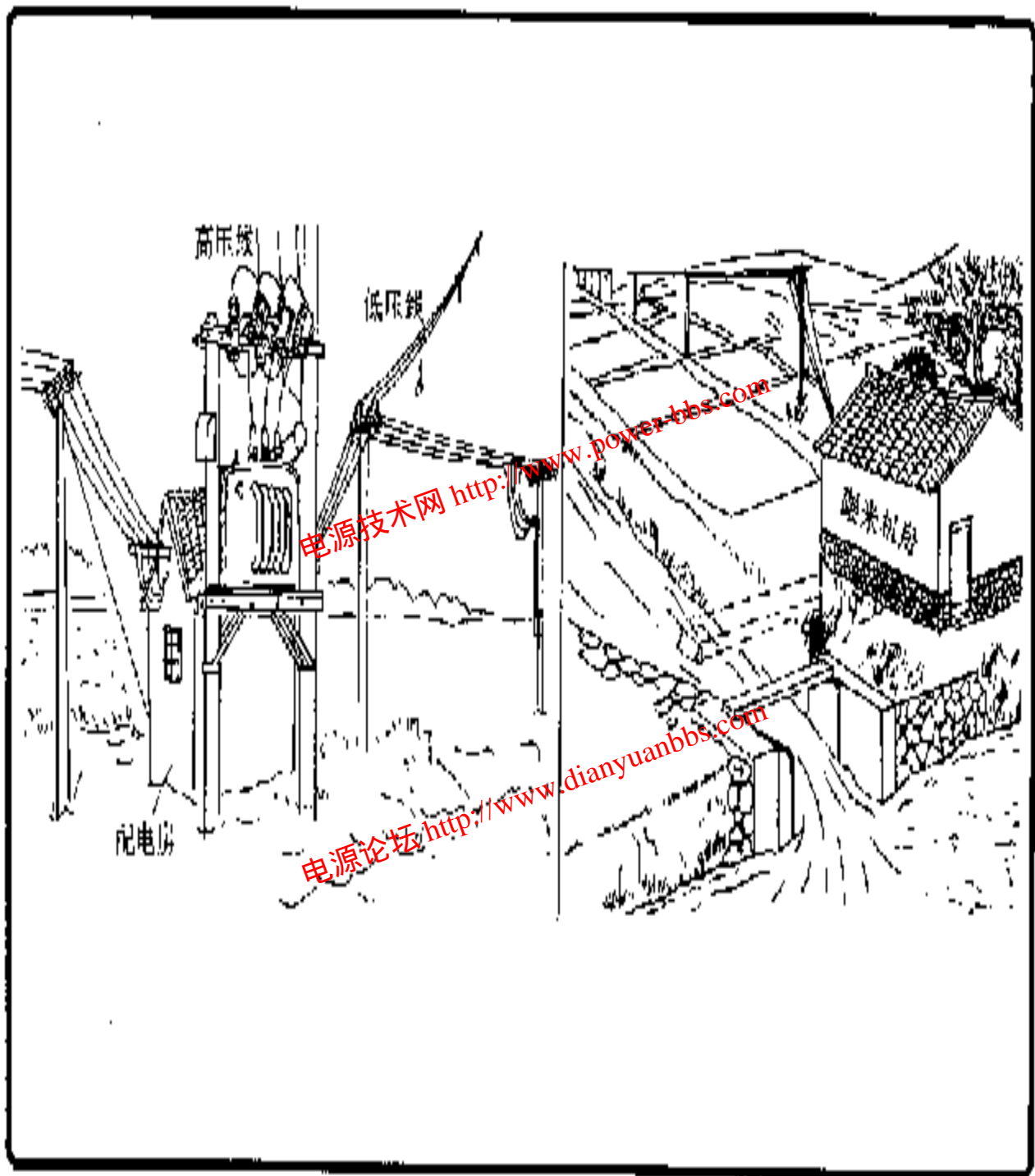


图 3-3 两种形式的供电线路图

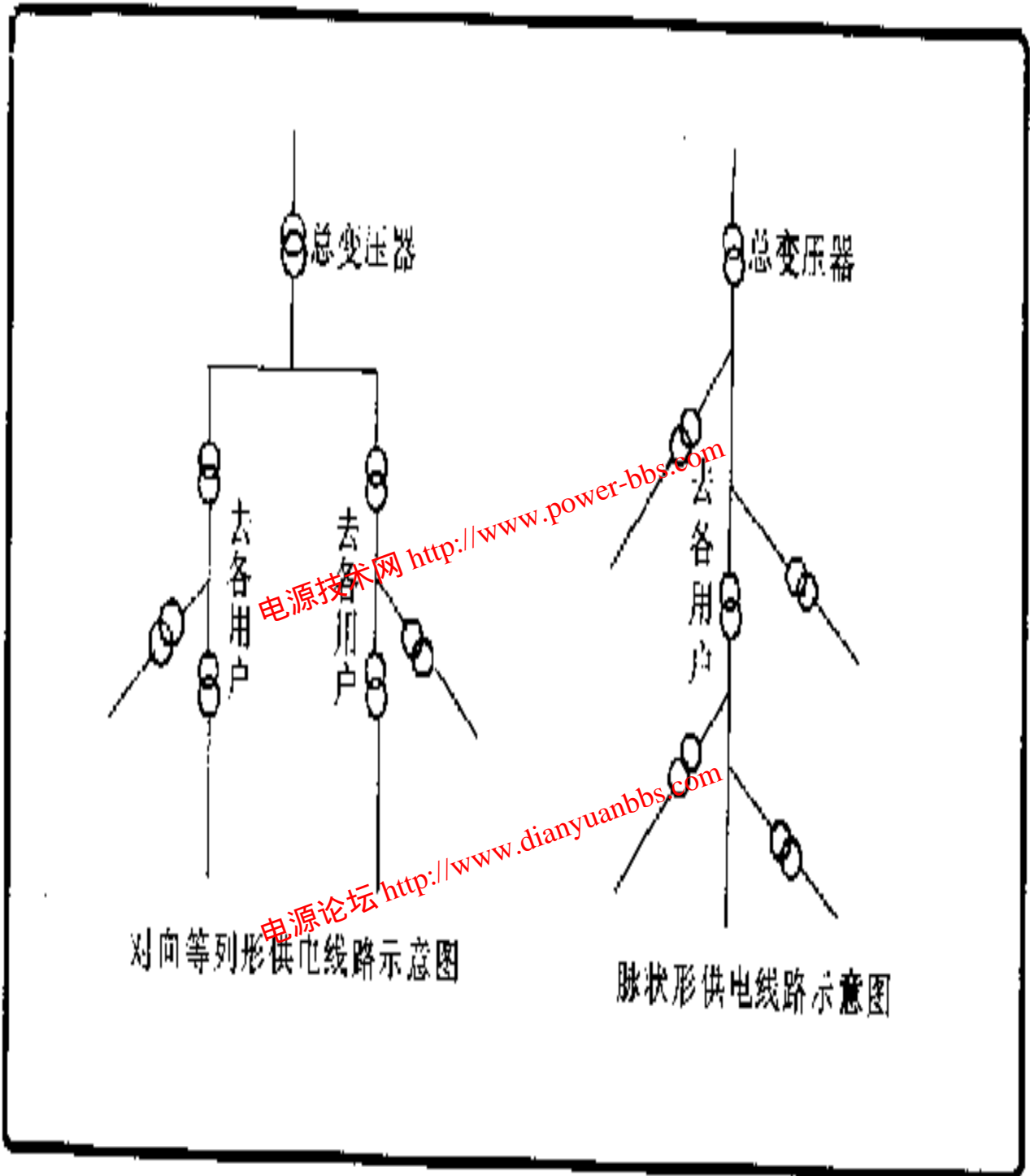
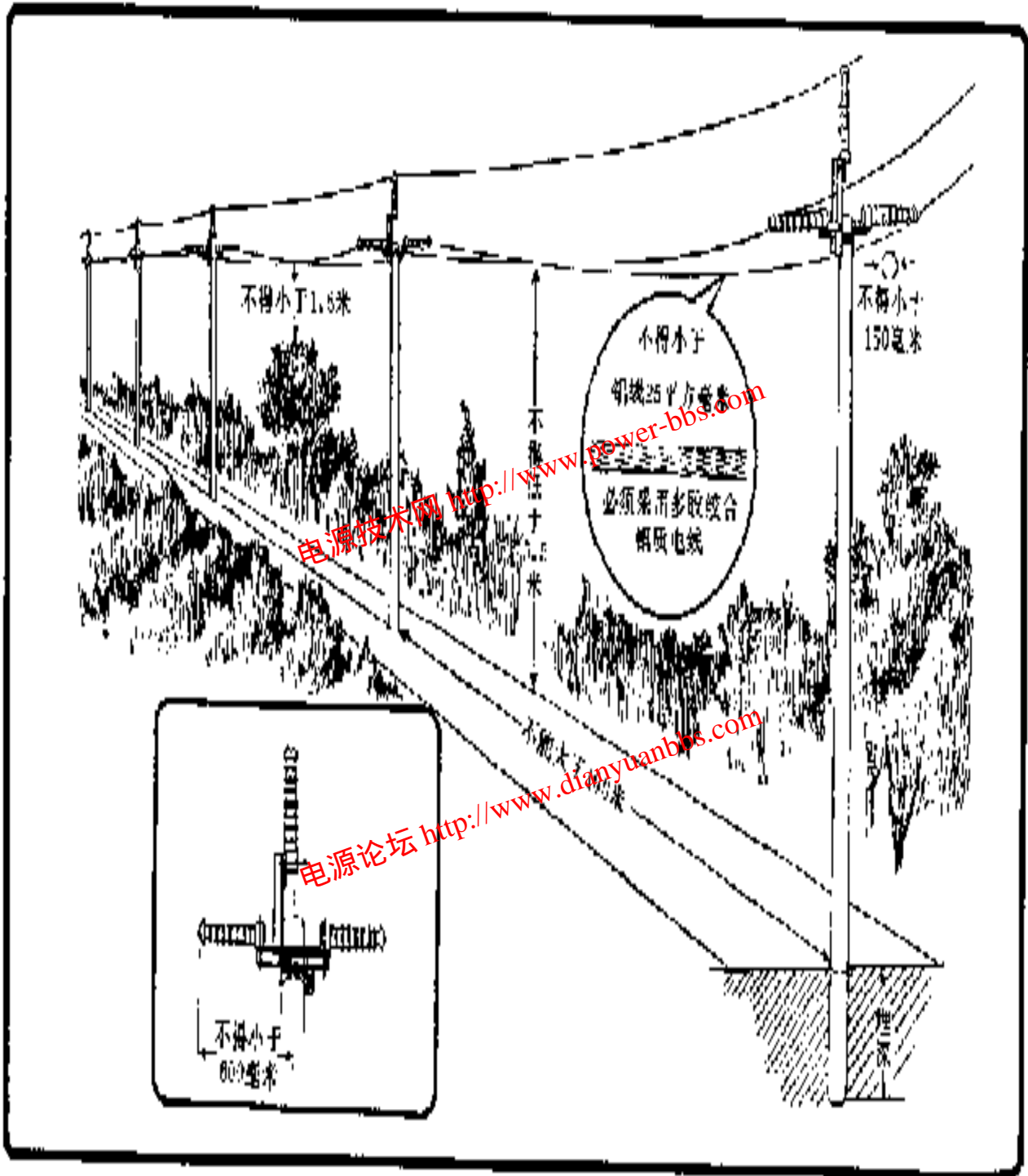


图 3-4 架设电线几种距离要求



时,必须全面考虑近期负荷和远景发展,原则上干线架空配电的干线的线径必须大于支线。

(2) 另一个原则高压配电线路的供电半径,应不超过规定供电半径数。在农村、工业区、城市的高压架空配电线路大都采用三线制,个别也采用二线制。

图 3-4 所示为架设电线的距离要求。

(二) 高低压架空配电线路的基本知识

1. 电线直线连接的方法

室外架空配电线路与室内线路不大一样,它架在电杆或铁塔支撑电路上,两根电线是处于悬垂状态工作,所以电线除承受自身重量外,还有风、雨、雪的外力影响,电线受力是相当大的。因而,连接电线必须做到安全可靠。直线连接的方法有机械压接法。

机械压接法如图 3-5 所示:多股铝绞线、铜芯铝绞线可直接连接目前多采用机械压接方法,其的连接方法如下:

(1) 根据电线规格选择相适应的钳接管和压模。

(2) 用铜丝刷清除电线表面和钳接管内壁的污物和氧化层,并在导线表面涂上一层凡士林,后再把两根线相对穿入钳接管内,线端应穿出管外 25~30mm,并在管内的

线间夹上一条铝质垫片。

(3) 用钳接管进行压接。压接时应掌握好:第一道压坑应在线端一侧,不能压反;每一道压坑压接时,必须保持好钳接管的位置正确,压坑不能偏斜,钳接管不可变形。压接一定保持牢固。

2. 钳接管的压接技术

(1) 尺寸规格要求要准确。

(2) 压坑之间的距离视线面积和线型号不同而距离不同。

(3) 铝绞线(或铜绞线)压接时应该从一端开始,按图 3-6 所示的 1、2、3、4、……,顺序进行,铜芯铝绞线在压接时应从中间开始顺序前进。2GJ-35 线应先在两端各压两坑后再分头压接。

(4) 所有压坑均应保持整齐、平直,间隔距离一定要严格控制。

3. 分支电线在干线上的连接方法

分支电力线路在干线上的连接,包括线路中的设备(配电变压器、高压熔断器、低压配电箱)的引线线路的衔接,以及入户线在低压配电线路上的引线,这些线与线间的连接,叫分支连接,也叫 T 形连接,其连接方法如图 3-7 所示。

(1) 在分支电力线路在干线上的连接有铜丝扎夹连接,在采用时应与电线规格匹配使用,每一处连接 2~4 只

图 3-5 用压接钳进行压接电线的方法

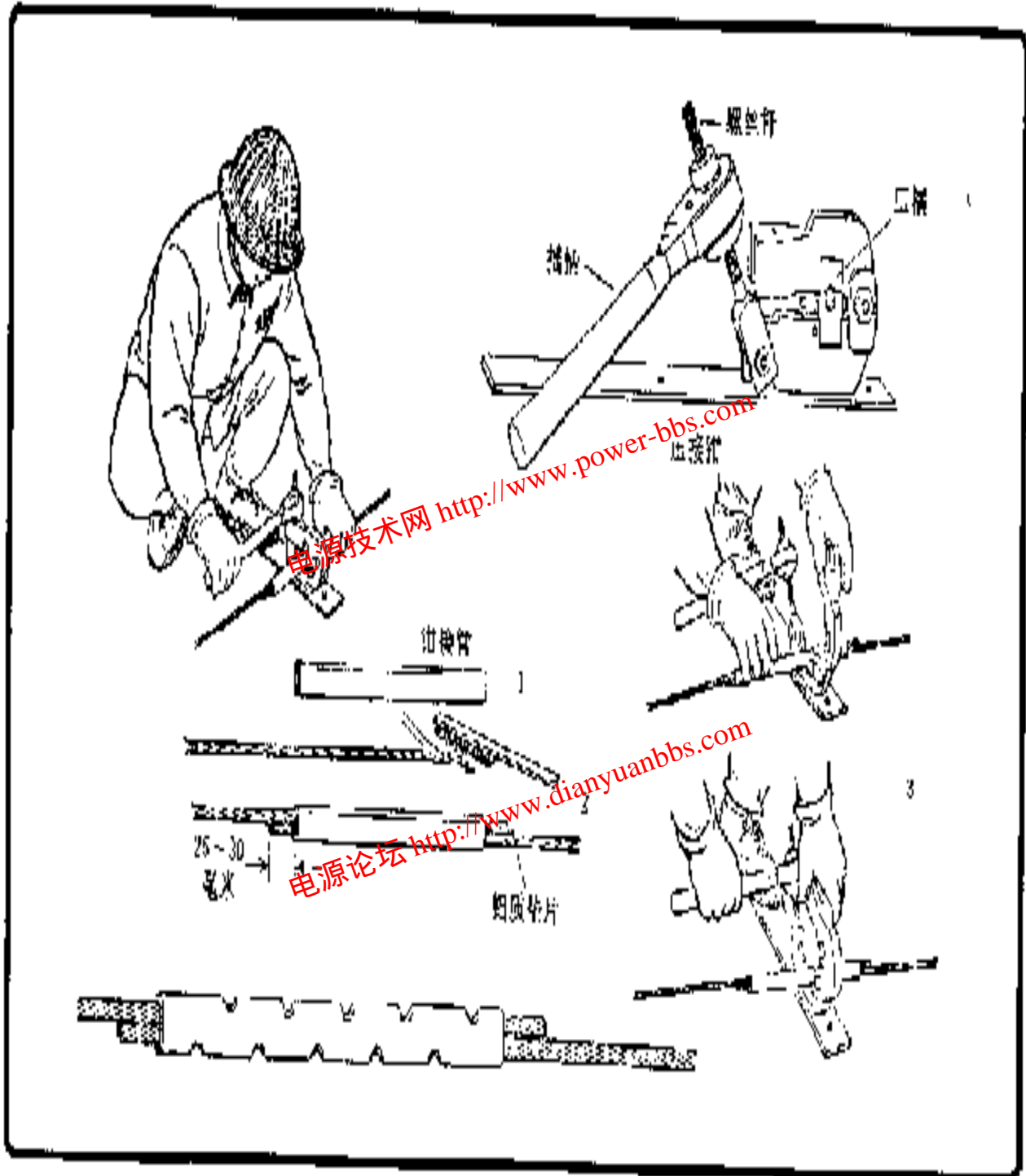


图 3-6 架空线路杆接管规格及做法图

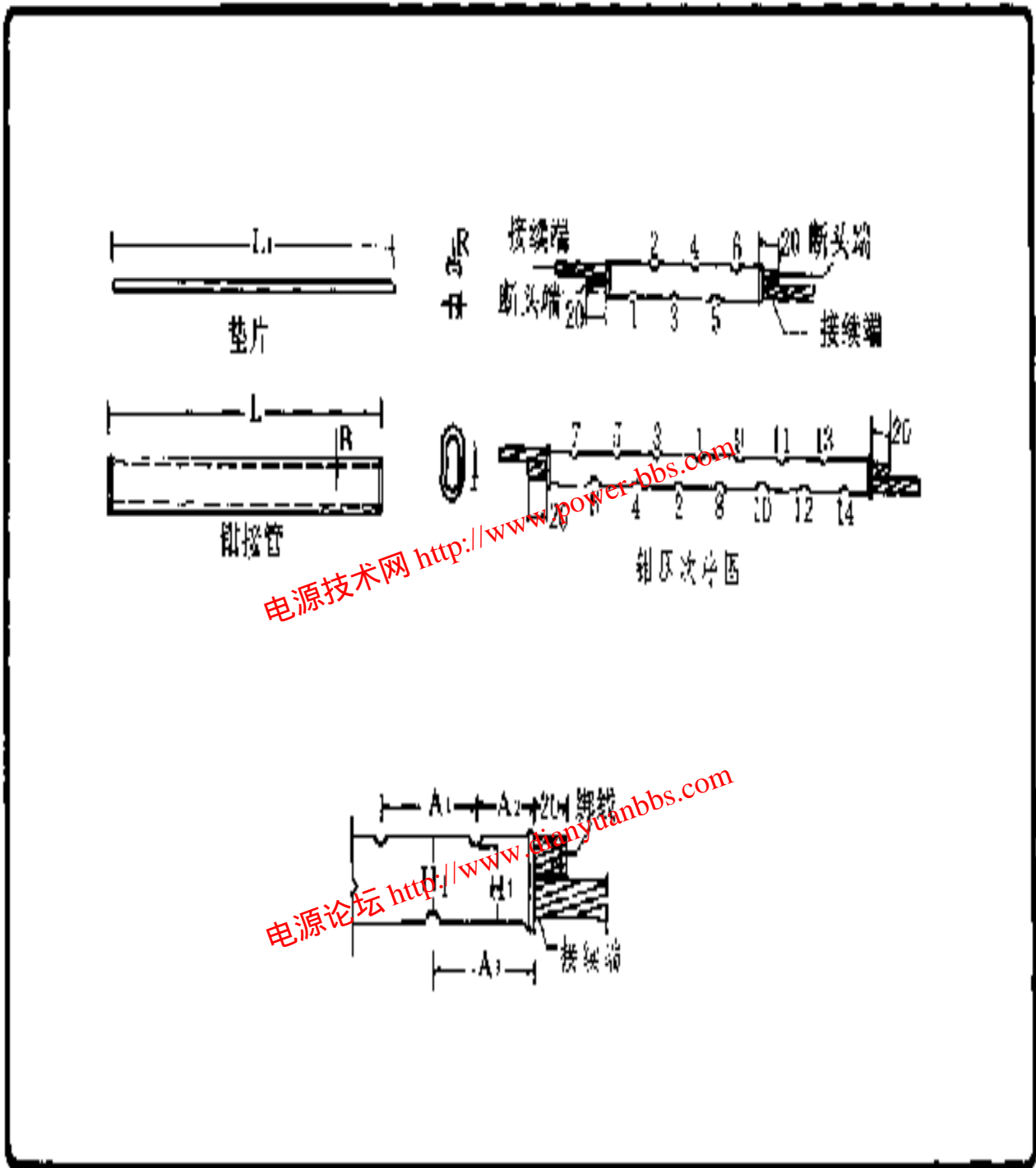
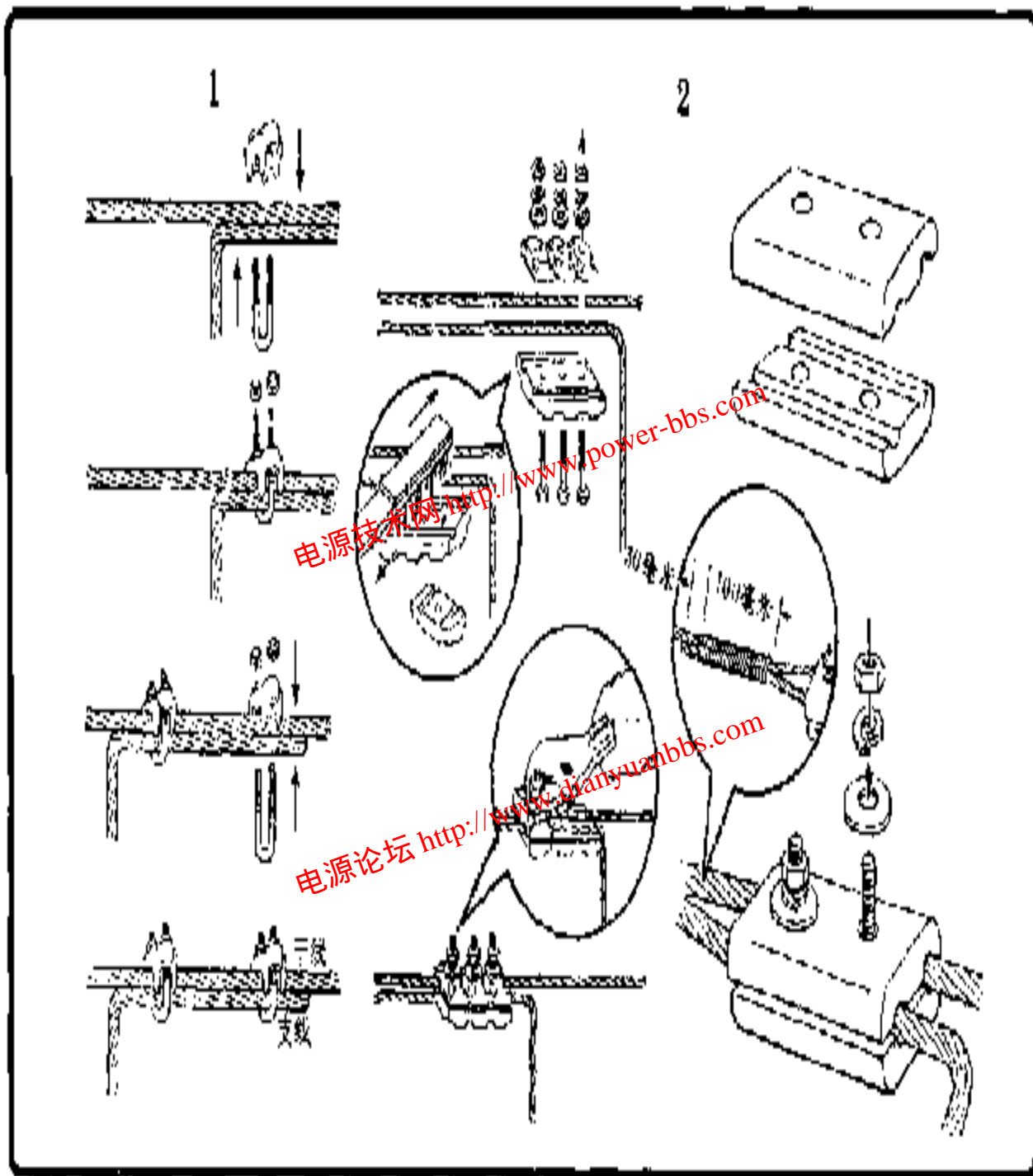


图 3.7 分支电缆在干线上的连接方法



铜丝线夹,每两只线夹间的中心距离保持在150~200mm。

(2) 在绝缘条件较好时,铜绞线和铜芯铝绞线在干线上的连接宜采用并沟线夹进行连接,连接时注意:①并沟线夹上的两条导线槽应严格与使用的同等规格选用。②线夹的夹线面,导线槽和电线表面均应用细丝刷或细嘴清除污物和氧化层,并涂上导电膏,然后进行工艺连接。③电流容量较大,使用线规格较大的连接点应使用两副并沟线夹,间距应保持300~400mm,载流量小,线规格小的连接可用一副并沟线夹即可,在分支线的尾端应用扎线加以绑扎,力求连接牢固可靠。

4. 电线在瓷瓶、瓷担上的绑扎和保护

瓷瓶(或瓷担)是支撑导线的一种绝缘材料,它的绝缘性能好,造价也低。目前也有使用钢化玻璃绝缘瓶(或担),虽然强度、绝缘性能较好,但造价较贵,在一般配线线上不太使用。为确保电线牢固绑在瓷瓶上(或瓷担上),必须正确掌握绑扎方法。铝质电线在瓷瓶(瓷担)上绑扎的表面处理如图3-8所示。

纯铝质多股绞线很软,铝质铜芯多股绞线较硬实,要在瓷瓶(或瓷担)上绑牢,必须进行认真的加固保护处理,否则绑扎处容易被擦伤、损坏,甚至发生断线事故。常用的方法是绑扎处用铝胶带(规格10×10×1mm)把导线表面包扎一层。从已确定的包扎中心开始,先从右方向包缠到保

护层的全长的1/2处,接着反向重迭朝中心方向包缠,通过中心后继续向左方向包缠,到保护层全长的左端1/2处,并反向重迭朝中心方向包缠,直到中心为止。在包扎带包缠时,必须紧紧地缠在铝线,一环紧靠一环,不要重叠,保持整齐紧凑,从瓷瓶(或瓷担)中心向两端延伸包扎的长度要保证绑扎后还要各端留有2mm以上的余地。

5. 电线在高压瓷瓶(瓷担)上的绑扎技术

高压架空配电路通过的电压比较高,技术要求比低压用电线路严格得多。为了保证配电路有可靠的运行条件,达到安全优质送电,电线在瓷瓶(或瓷担)上的绑扎尤其显得重要。图3-9、图3-10介绍了绑扎法和绑扎法。

(1) 绑扎法

① 把已经护扎好包带的电线放入瓷瓶的颈槽内,把预先卷成盘状的扎线(单股线长约1.6m左右,比使用的中绞单股线大或同一个档次的扎线)的一端自瓷瓶右侧的电线上(必须贴近瓷瓶)缠绕三圈,接着把扎线自绞6转。

② 按图所示方法,把盘状扎线从瓷瓶背后围绕过去,但是必须把电线紧靠在瓷瓶上,同时用力抽紧扎线,使其收得贴切。

③ 把扎线紧紧围绕缠在瓷瓶上的电线绕两圈,这两圈均在瓷瓶左侧的电线下方绕到瓷瓶右侧的中线上方。

④ 和③扎线步骤按③操作的反方向再紧紧地围绕瓷瓶

图 3-6 电线在瓷瓶、瓷担处的包扎方法

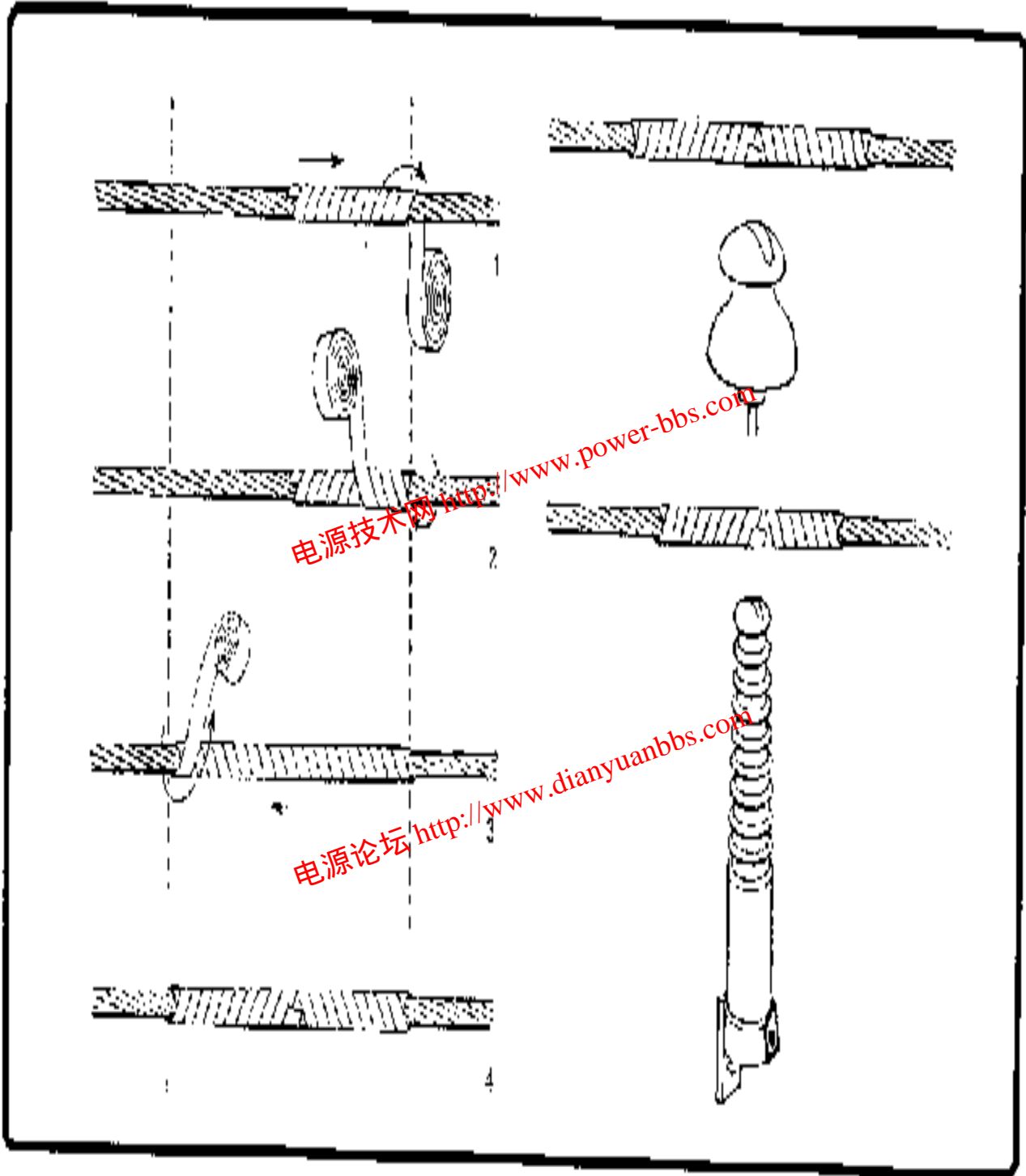


图 3-9 10 千伏针式绝缘子绑扎方法

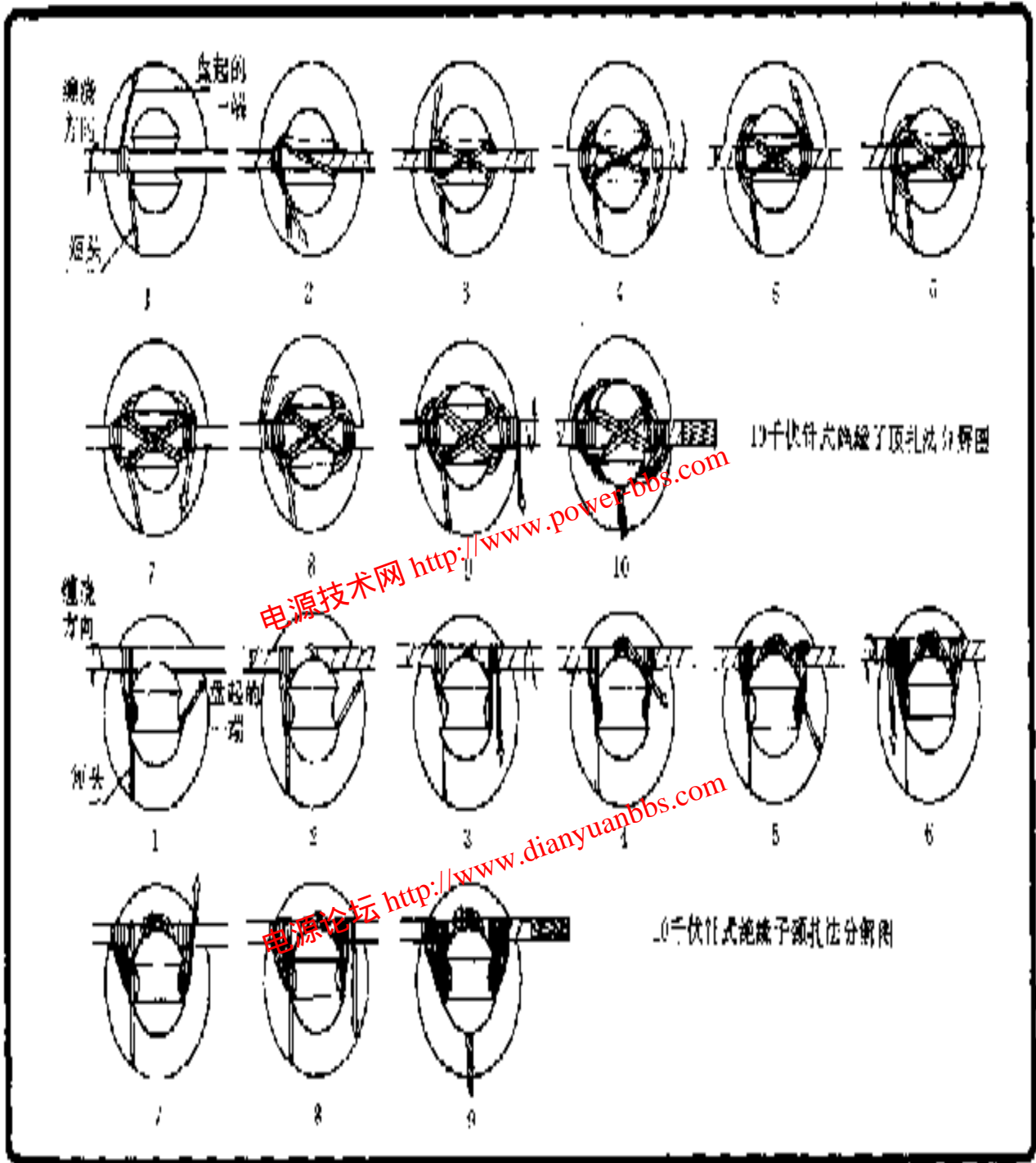
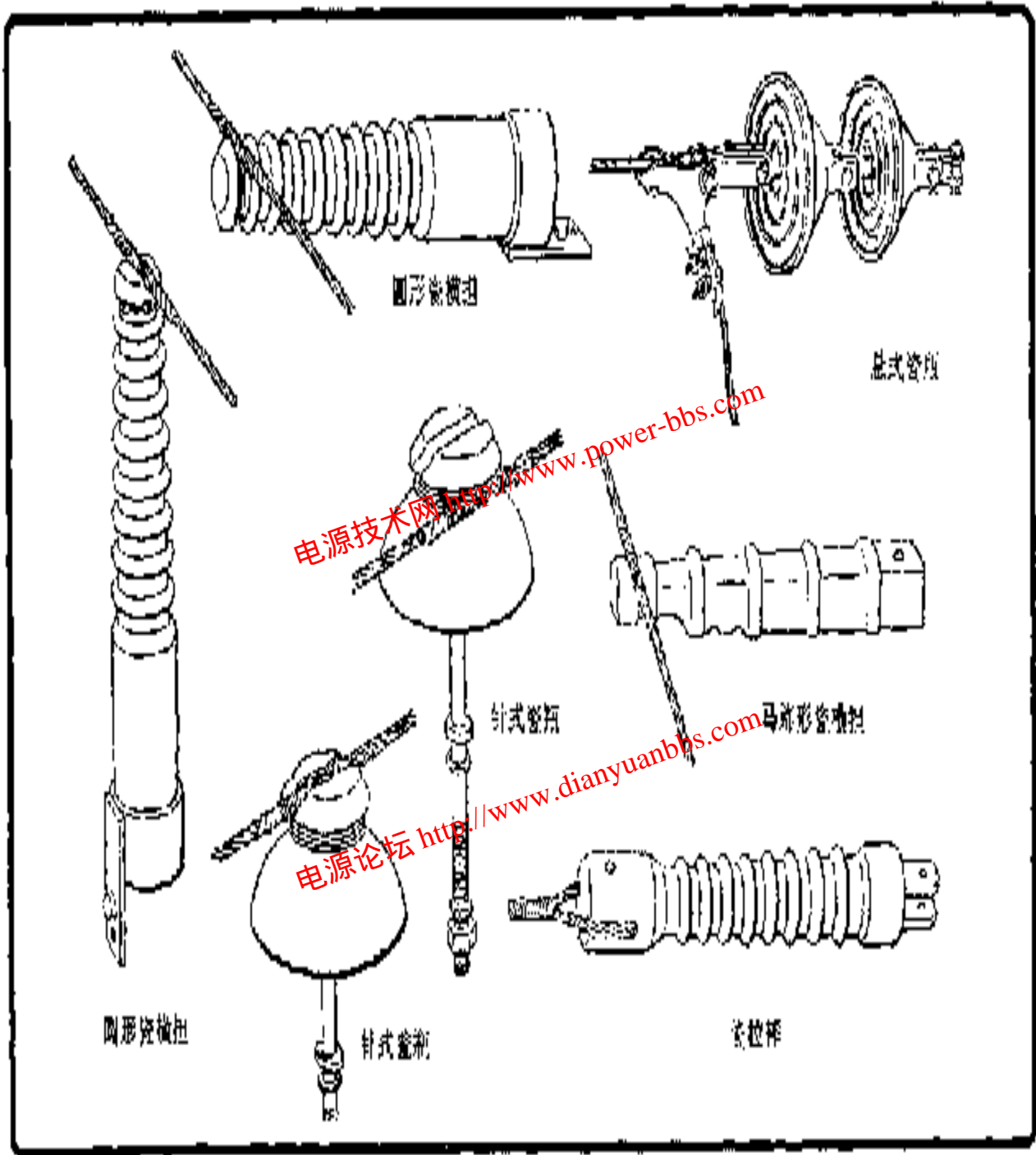


图 3-10 高压瓷瓶的顶孔法



上的电线扎两圈,使嵌在颈槽的电线被绑上两道“×”形的捆扎线,接着把扎线由右侧从瓷瓶(瓷顶担)背面绕到左侧,然后在瓷瓶左侧的电线上紧绕三圈。

⑥ 最后,把扎线再由左侧向瓷瓶背面反圈过去,和另一捆扎线合并在瓷瓶背面的中间位置,把两捆扎线互相绞成六转,然后剪去多余的端部,用钳子把结子压紧在瓷瓶横槽中,绑扎即告结束。

(2) 顶扎法

① 把已经穿扎线包带的电线放入瓷瓶(瓷顶担)顶槽内,把顶线弄成盘状的(单股线长约1.6m左右,此使用的中然单股线大一个档次的扎线)扎线扎上。

② 扎线在瓷瓶(瓷顶担)右侧的电线上,贴紧瓷瓶(瓷顶担)顶槽边缘绕扎一圈。

③ 把盘状扎线按顺时针方向在瓷瓶(瓷顶担)颈槽中围绕到瓷瓶(瓷顶担)左侧的电线上,但是要紧贴瓷瓶(瓷顶担)顶槽边缘又紧绕扎三圈。

④ 把扎线仍按照顺时针方向朝瓷瓶(瓷顶担)背面围绕到右侧电线上,在原绕扎一圈外边,再紧绕扎。

⑤ 重复以上顺序③的操作方法,进行绑扎。

⑥ 扎线由左侧瓷瓶(瓷顶担)背面围绕到右,接着绕过右侧电线,自右边的外档架顶槽中的电线后到左边的内档。

⑦ 把扎线再按顺时针方向在瓷瓶(瓷顶担)颈槽中围

绕到右边。

⑧ 扎线从右边电线内档斜压背后颈槽中围绕过去,和另一捆扎线合并在瓷瓶(瓷顶担)背面中间,把两捆线端互绞六转后剪去余端,并使它的结子紧在瓷瓶(瓷顶担)的颈槽中压平。在绑扎过程中,一定要把扎子绷紧,要与瓷瓶(瓷顶担)顶槽上的电线收紧贴切,绑扎后用电工钳面压迫一下斜边,以使平直,美观。工序即告完成。

6. 导线绑接方法

对于高压架空配电线路在终端、中间耐张、转角接线需不承受拉力的弓形耐张导线和弓形跳线时,可采用绑接法进行,用大线号的跳线或钢芯铝绞线跳线应用并内线来连接,绑接法如图3-11所示。

① 把导线两连接绑扎部分绷直,中间加一条长出绑扎长度4cm左右的辅助线。

② 用大一档的或同一档的扎线,绑成盘形扎线(主要为方便工作),然后在绑扎中间向两侧反时针绕扎至规定长度。

③ 把主线的多余部分向扎线内相对弯钩,后把扎线再向与端主线绕扎5~6圈,与辅助线合绞打结即完成绑扎工序。

7. 耐张杆导线的连结紧固方式

高压配电线路的输电导线除依靠有横杆及其他型式的杆型支撑外,每相需一段距离,或当跨度较大时,必须做成

图 3-11 导线绑接法

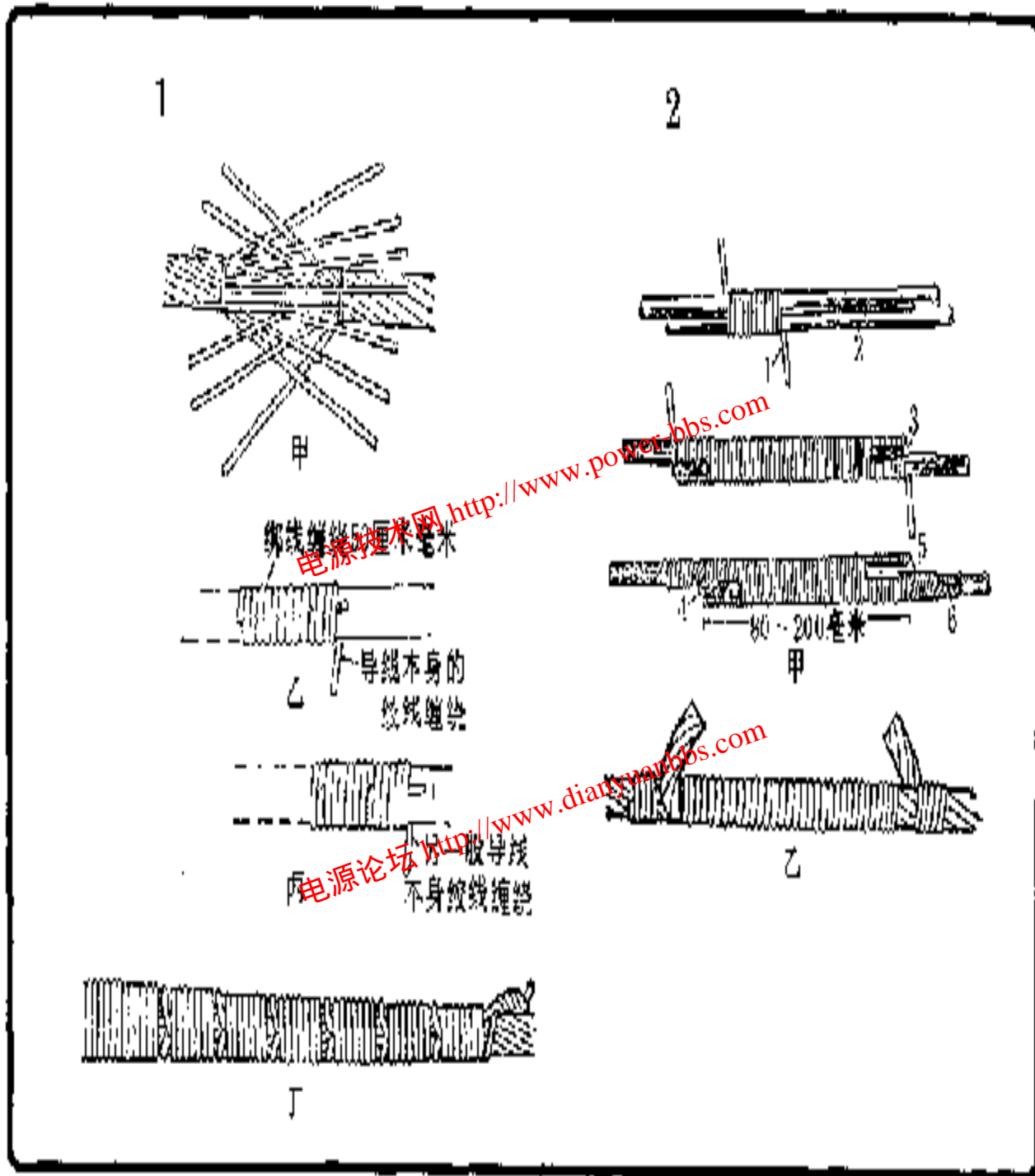
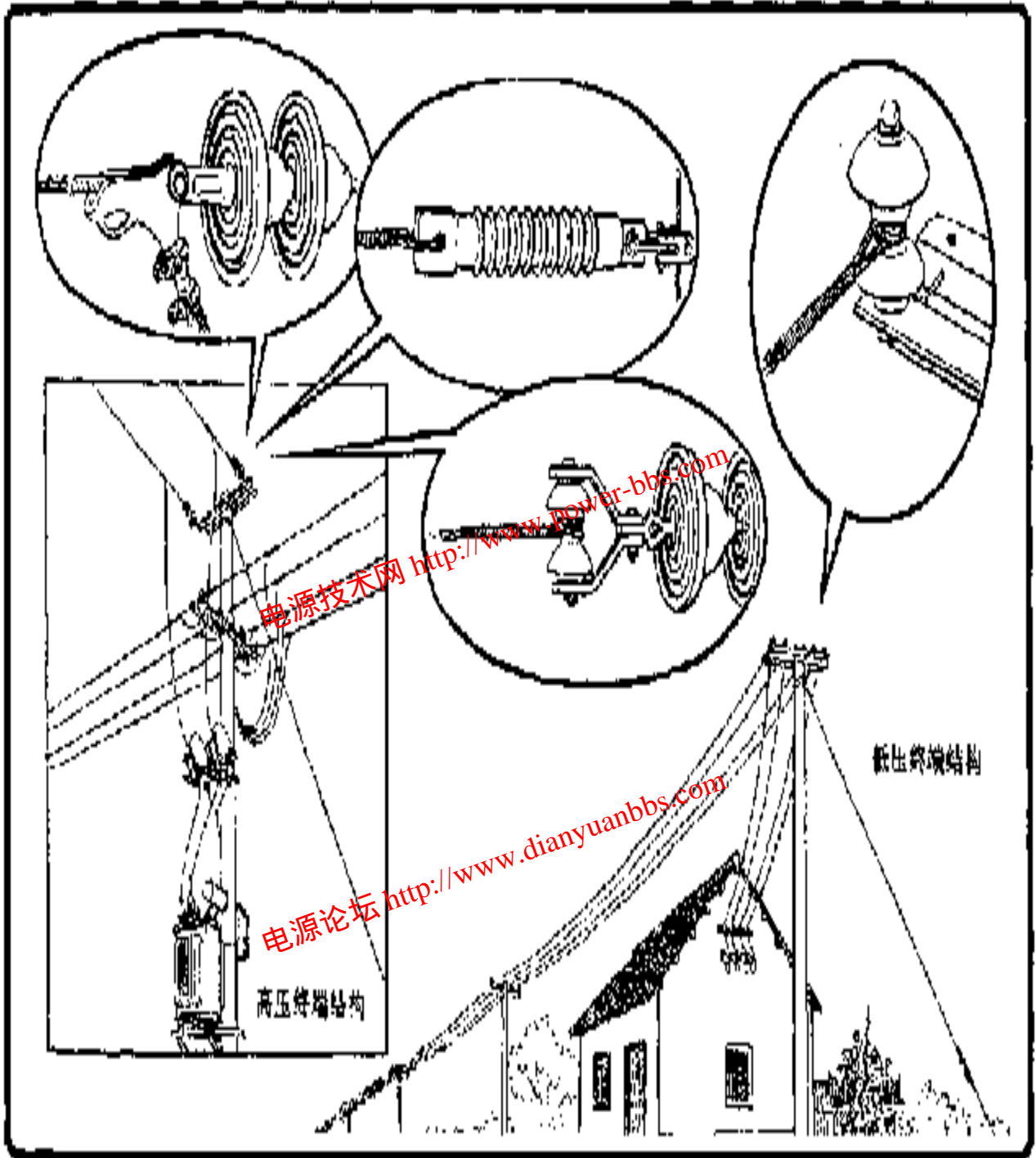


图 3-12 耐张杆导线的连接紧固方式



224 图解电工手册

耐张型的结构,以便承受收紧此段线时的强大拉力,由于放线时的磁环力、运行时的横向风力及其本身负载。导线的连接牢固,主要靠耐张附件:横担拉线、角铁耐张担、悬式瓷瓶、金具等。耐张杆导线的连接紧固方式如图 3-13 所示。

① 把该耐张段已设计的弧垂测定好,用紧线钳收紧导线,直到弧垂合适为止。

② 估测好导线在耐张线夹槽中的长度,然后按照上述所讲的导线扩孔方法,用钢包带缠紧端部穿孔。

③ 然后收紧线钳收上合适长度,以防松开紧线钳后导线产生一定松弛度,把耐张线夹的一只压线马子和 U 形小螺丝套上夹紧。

④ 扣紧并紧线钳后再测导线弧垂是否达到理想,若不合适需重复收紧,合适后拧紧螺丝,即可进行另外的紧线工作。

注意:在耐张线夹夹线处和两端绝不要有损伤、断线或有导线连接接头。

8. 终端杆、耐张杆、分支杆的耐张结构合成

要保证终端杆、耐张杆、分支杆的牢固、耐用,除了配好双条耐张角铁横担外,在耐张结构上要特别讲究高标准。角铁担上套上直角挂板,然后套上球头挂环,套入第一个悬式瓷瓶,开口处用开口销扣锁住悬式瓷瓶,再与另一个悬式瓷瓶串接,同样锁扣,在最后一个悬式瓷瓶装上球头挂环,

以便与耐张线夹连接牢固。见图 3-13。图中圆圈内是使用 10kV 钢螺栓作耐张线夹用,安装方法同上。

9. 拉线(板线)的结构和应用范围

架空配电线路中的拉线在不稳定型线路起到至关重要的作用。除直线杆外,它适用于其他杆型。设置拉线的目的是为了平衡电杆各个方向的拉力,防止电杆倾斜或倒杆,克服杆基薄弱,以达到电杆达到六平衡的一种加强设备。拉线可分为:普通拉线(耐张、终端、转角拉线);人字拉线;高桩拉线和自身拉线等形式,如图 3-14 所示。

拉线杆头装置一般分为上把、下把和拉箍三部分组成。上把有楔形线夹,人工等孔,刺丝扎夹等形式,与电杆上杆线抱箍螺丝连接。下把与上把之间有用花兰螺丝、VT 线夹等调节松紧装置。拉线现在一般使用条石和碗拉线并与用 $\Phi 12 \sim \Phi 18$ 元钢焊成的拉线棒连成一体后,再同下把联结。无论采用何种拉线形式,它的拉线部分最好使用钢筋制成。

10. 拉线的绑扎

拉线的紧固和连接用的是绑扎,可分为紧匝法、U 型钢丝扎头紧固法、楔形线夹紧固法和第三种方法。目前都采用第三种方法。图 3-15 示出的是三种紧固方法。

绑扎法:取一只 $\Phi 24 \sim \Phi 16$ 做成的“U”形环套入一个心形环,然后按照规定的缠绕长度把紧绞线扎入心形槽中,

图 3-13 终端杆、耐张杆、分支杆的耐张结构合成

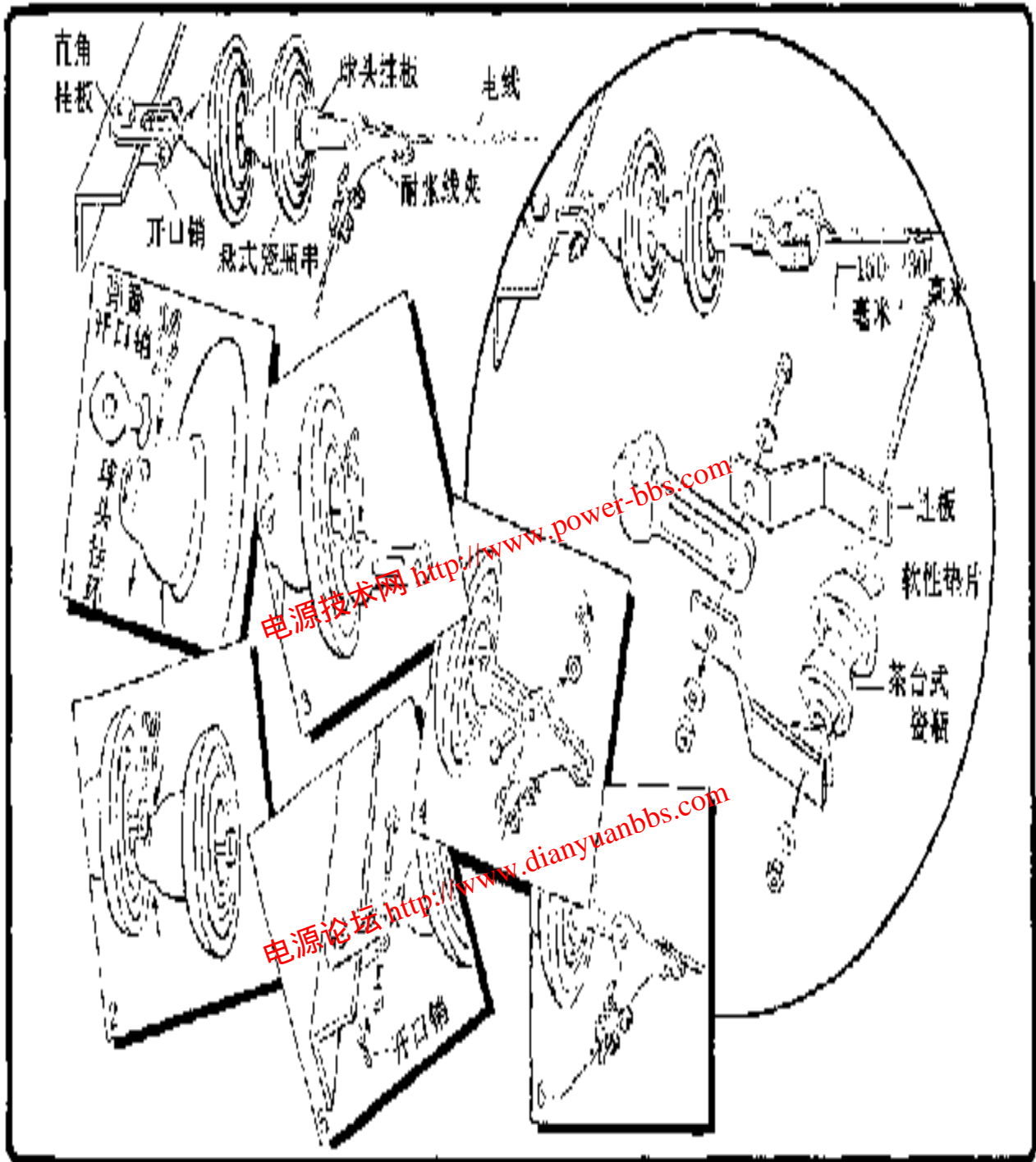


图 3-14 拉线结构示意图

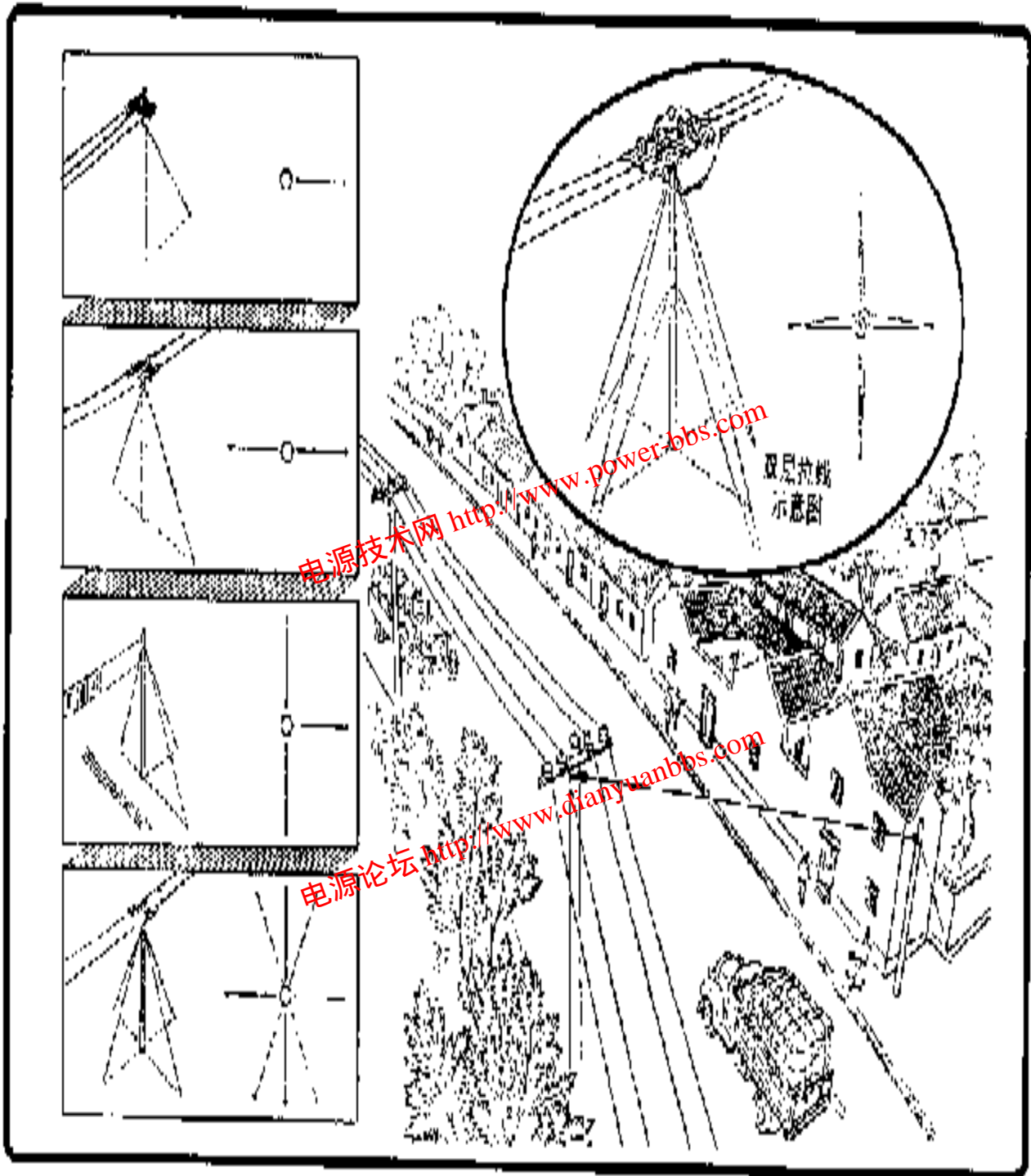
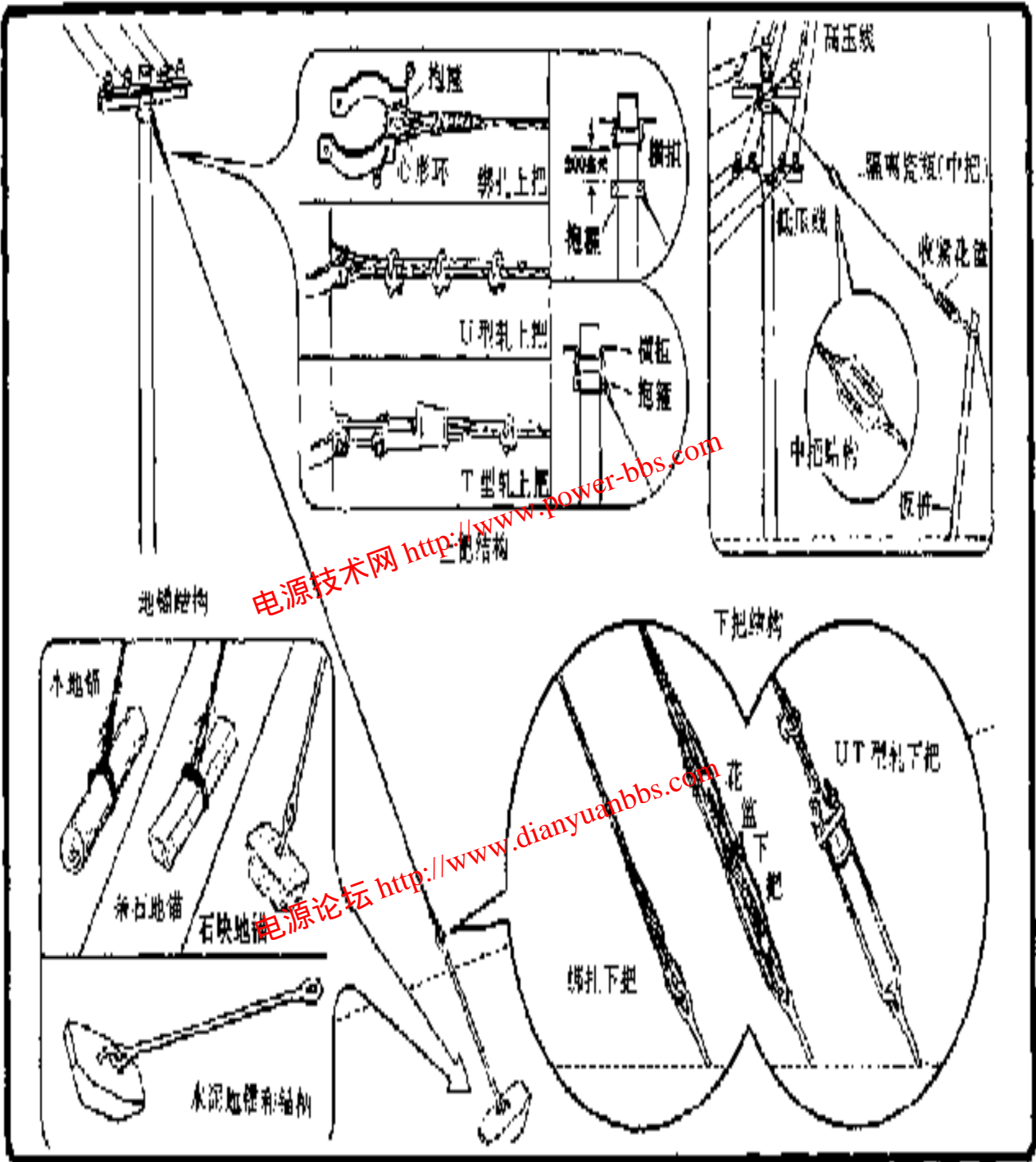


图 3-15 拉线的绑扎、紧固方法



228 图解电工手册

用12[#]~14[#]镀锌铁丝向下部顺绕架线线6圈后,用电工钳平口应迫导线至心形环尖口,后连续收紧缠绕,长度150~200mm,最后再向上压迫一次,使其紧贴,把预留伸出的扎线头与导线打成一个结子即成。

用U型钢丝扎头紧固法:把心形环套入“O”形环后,把钢丝脚压入槽中,然后顺序向下拧紧扎头三只,相间间隔150mm。

采用楔形线夹紧固钢绞线,是把选用的钢绞线的一个端头(用小铁丝扎好头),按照留有合适的绑扎尺寸后,交叉扭成一个相当于楔形线夹楔子大小的楔子,然后从下向上,推进,打入楔子,同时拉紧钢绞线,紧度直到符合规格为止,再用一只铁丝扎头或用14[#]线绑扎100~150mm,搭入“O”环,扣上夹钉,上好开口销即可进行下一步工作。

11. 低压架空线路中蝴蝶瓷瓶的绑扎法

蝴蝶瓷瓶也叫茶台式瓷瓶,也称蝴蝶瓷瓶,主要用于380V以下的低压架空配电网中作支持导线、担架、终端及杆拉紧线使用,其绑扎方法见图11-1。

① 把弧垂定好,将电线扎好铝包带后紧贴在线架瓷瓶的线槽上。

② 将绕成圆盘的铝扎线之短端压上,圆盘扎线绕瓷瓶一圈。

③ 圆盘扎线紧压电线以后再向瓷瓶背后绕到左边,在

电线上绕10圈,剪去多余部分,并把扎线端钳压在电线上。

④ 把铝扎线端也朝瓷瓶背后绕到右边电线上,绕10圈剪去多余部分,把扎线端钳压在电线上。

在瓷瓶及瓷担上蝴蝶瓷瓶的绑扎——是把导线端先在瓷瓶上面绕一个圆盘,接着把电线再作第二次圆盘缠绕,但要注意后一圈必须紧压住前一圈,用盘绕成圈的短端扎线做线与电线直径大小的卡线,伸向前方,用手压住卡线,另一只手把盘圈顺时针(或逆时针)向前方紧绕,一圈紧管一圈。当扎线在出盘口就是100mm长后,用电工钳把扎线拉紧,两端合拢,自绕六圈,剪去余端,把结子贴紧在电线上。

请注意:

① 绑扎时必须保证扎圈紧实、牢固、平整。

② 防止串二相损坏电线。

③ 用同品种的电线做扎线。

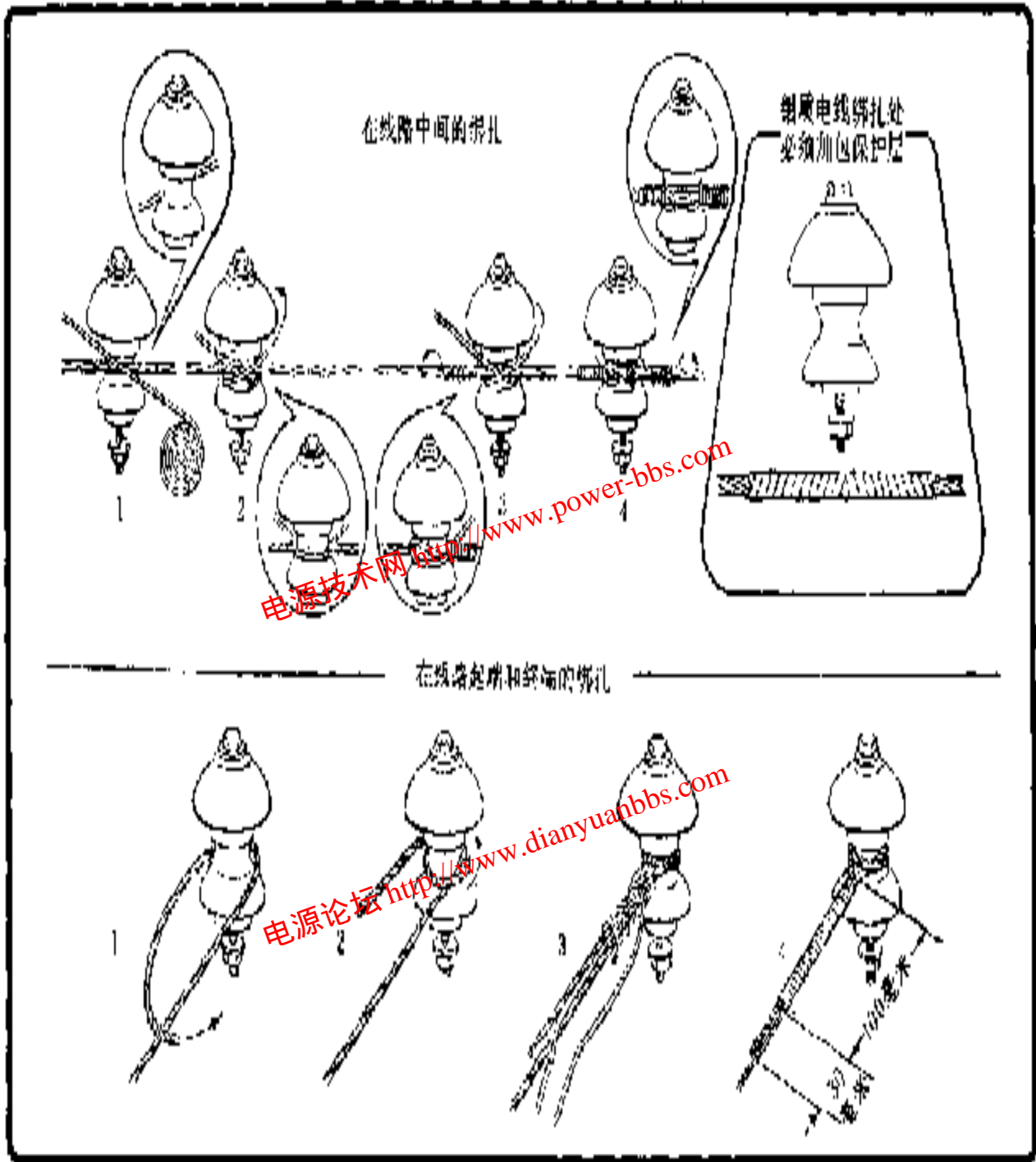
④ 截面在15mm²以下的用直径为2mm的做扎线,20mm²截面的用直径为2.6mm的做扎线。

三、高压架空配电网线路的杆型应用和部件结构

1. 直线杆

直线杆又叫中杆。它位于两个耐张杆之间的直线段

图 3-16 绝缘瓷瓶的绑扎方法



230 图解电工手册

上。在正常情况下,承受着导线的垂直荷载和从侧向吹动时的横向荷载,而不受顺线方向的导线拉力影响,这种杆型在一条线路中约占所有杆型的80%以上。直线杆的结构部件参看图3-17和表3-1。

表3-1 10千伏直线杆结构组装部件表

序号	名称	规格	单位	数量
1	绝缘杆电杆	9-12米梢径 Φ 150	条	1
2	角铁横担	16 \times 63 \times 560	条	1
3	L形抱箍	Φ 16 \times 450 \times 60(配母)	副	1
4	顶帽支架	6 \times 60 \times 350+16 \times 63 \times 300	副	1
5	横担瓶	CD10-1	条	2
6	顶瓷瓶	CD10-1	条	1

图3-18中示出了几种高、低压直线杆杆材的不同结构,可供选用时参考。

2. 直线加强杆

直线加强杆是设在直线杆排列中,用作防止倒杆或倒杆事故发生而可能导致全线断线的危险,也作为跨越村落、居民区、公路、铁路河流和较为重要的建筑物而设置的。

图3-19是跨越河渠架设示意图,安装架设时必须按照

中所示的方法和要求进行施工。

图3-20是重杆加强杆结构、组装图,其组装部件的名称,规格如表3-2所示。

表3-2 10千伏直线加强杆组装部件表

序号	名称	规格	单位	数量
1	绝缘杆电杆	9-12米梢径 Φ 150	条	1
2	角铁横担	16 \times 63 \times 560+16 \times 63 \times 200	条	1
3	顶帽支架	2 \times 16 \times 63 \times 300+6 \times 60 \times 350	副	1
4	绝缘担(瓶)	CD10-1	条	4
5	瓷瓶担(瓶)	CD10-1	条	2
6	铁垫片	6 \times 60 \times 60	块	6
7	石棉垫片	6 \times 60 \times 60	块	12
8	螺栓(瓷担)	M16 \times 120 \times 60(配母)	副	6
9	螺栓(支架)	M16 \times 75 \times 40(配母)	副	2
10	U形抱箍平丝	Φ 16 \times 450 \times 60(配母)	只	1

3. 直线跨越杆

直线跨越杆是在线路的直线段需通过河流、重要公路、厂矿、居民密集区、山区等大路交叉场所时应用。跨越杆

图 3 17 直线杆杆顶轴结构组装图

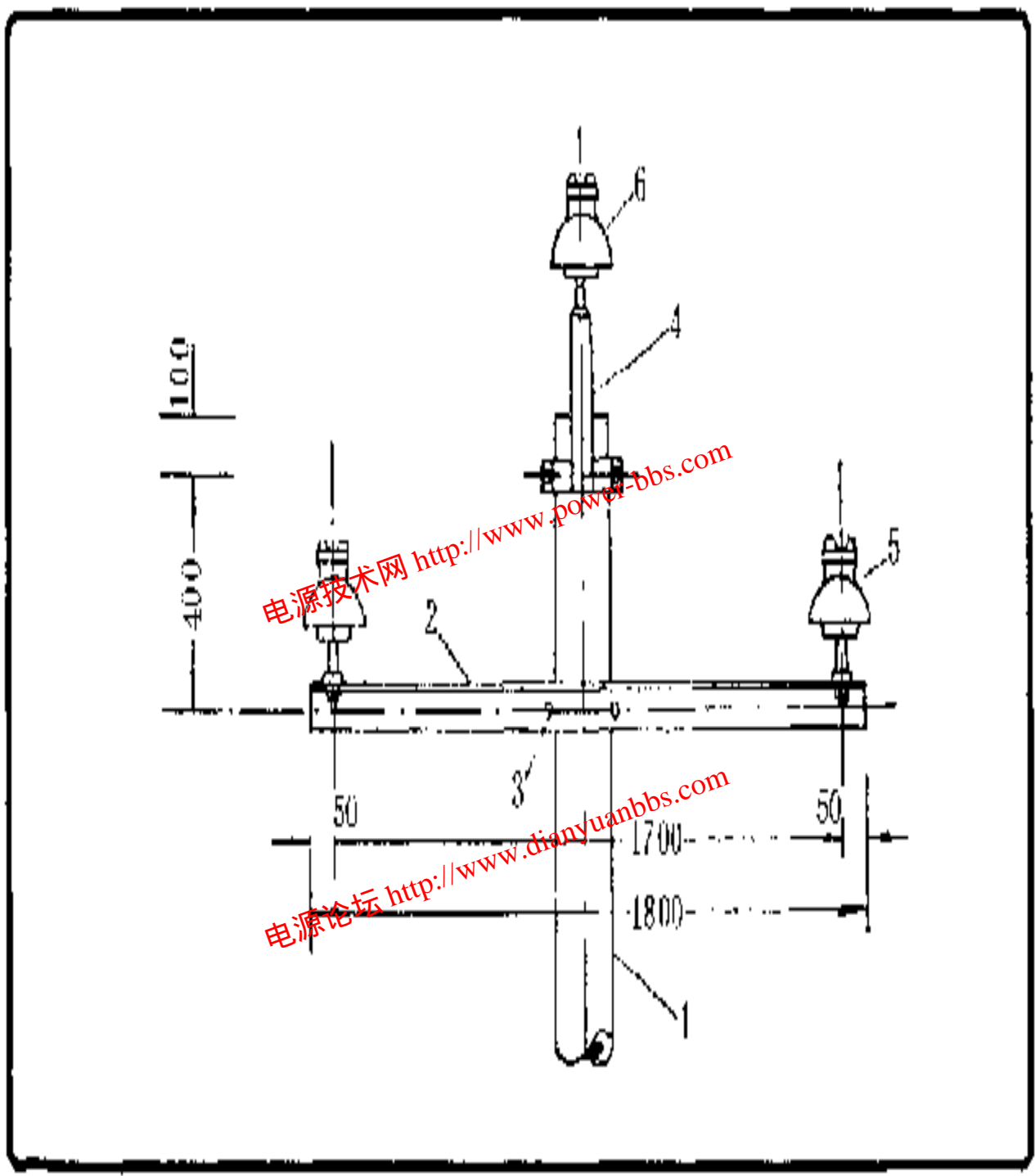


图 3-18 高、低压杆梢结构形式

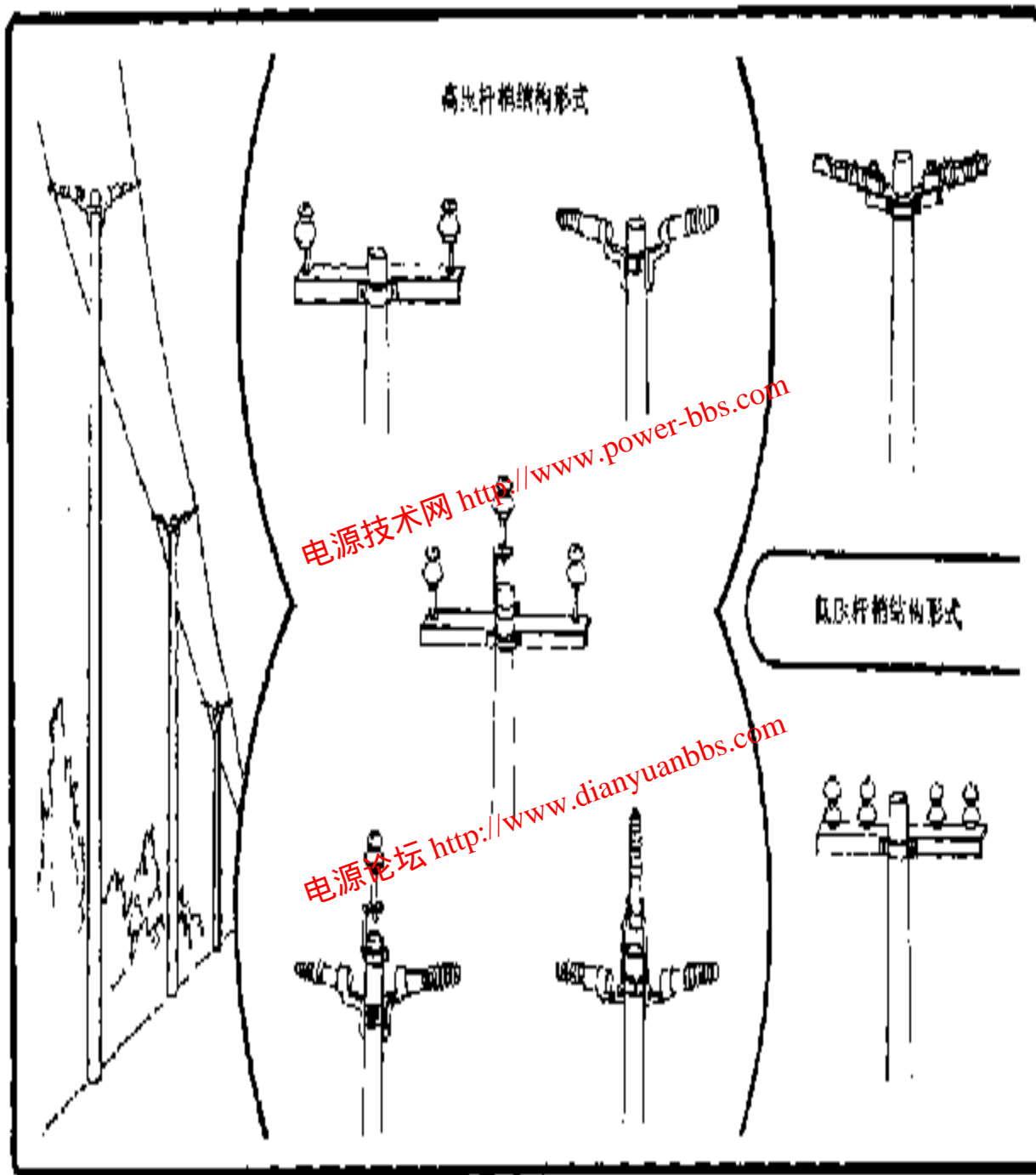


图 3.19 跨越河道架设示意图

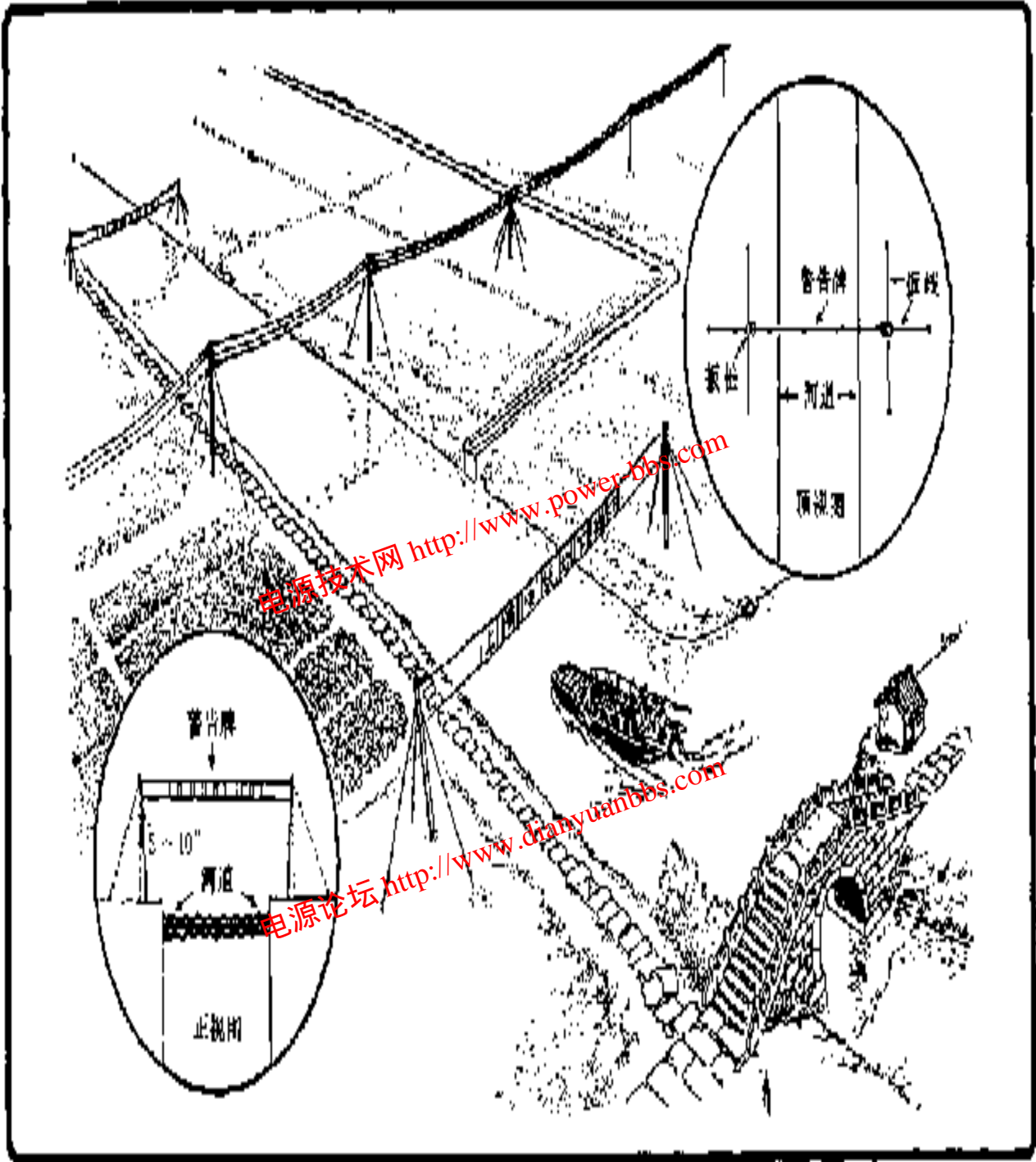
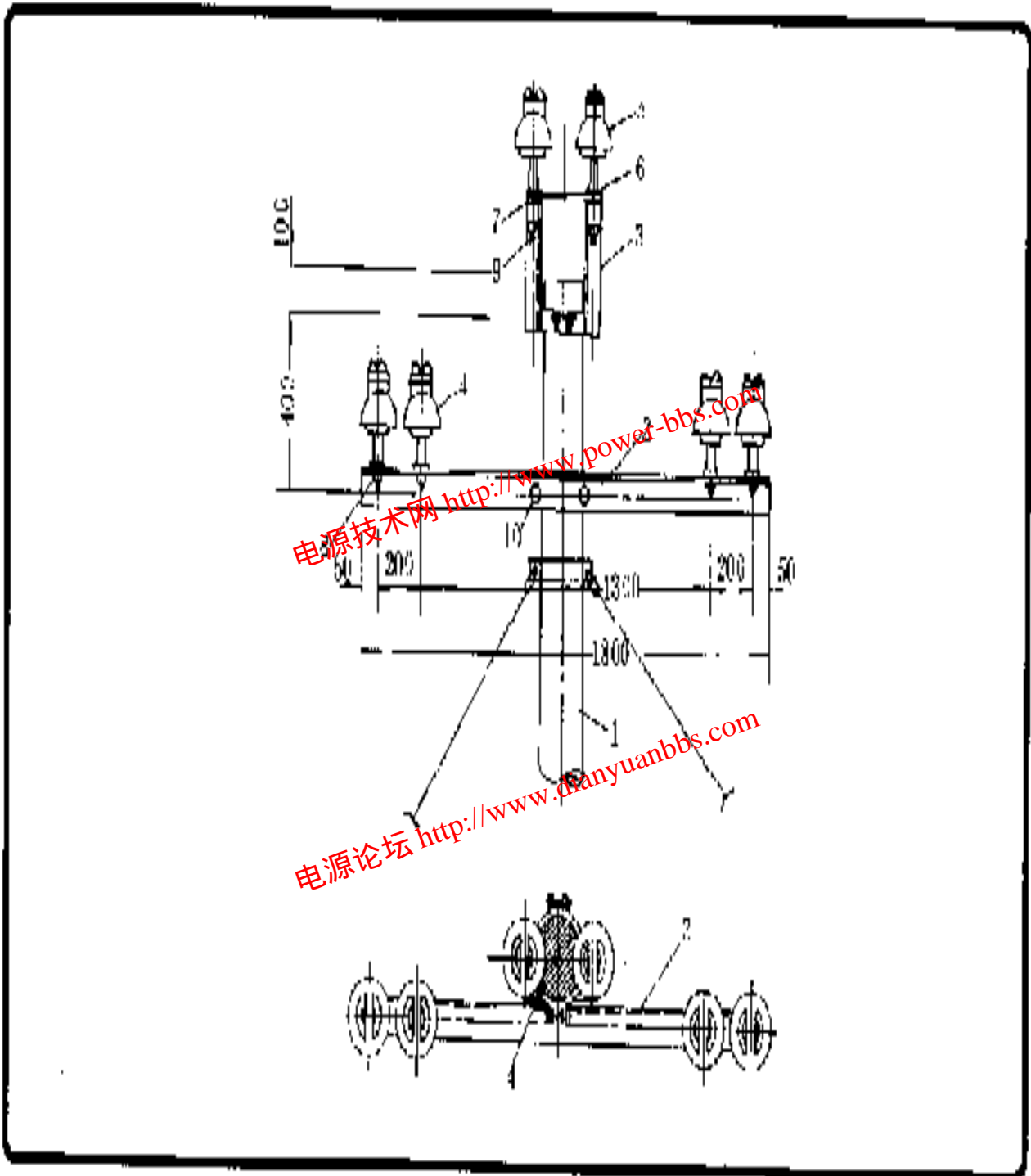


图 3-20 直线型重型加强杆组装图



通常需加高电杆,增长角铁横担,加强双担双瓷和导线。而且采用防风拉线来加强杆基。跨越厂矿、居民区时,难以架设拉线,可做成铁制塔架。若跨度较大,电杆又高时,要加装“+”或“×”型拉线。为保证跨越部分的线路可靠,避免断线事故发生,应采用补拉线。如图 3-21 所示。

表 3-3 直线跨越杆的结构组装部件表(一条杆用料)

序号	名称	规格	单位	数量
1	角铁横担	L6×63×1500	条	2
2	杆式瓷瓶		只	6
3	横担螺栓	M16×230×60	条	4
4	毛箍螺丝	M16×75×40	条	4
5	承架架	L6×63×300 (L6×60×350)	面	1
6	U形环	U4—1610	只	2
7	拉线抱箍	6×60×370	副	1
8	UT线夹	UT—1	副	2
9	楔形线夹	LX 1	副	2
10	铜绞线	GJ—25	千克	1
11	拉线棒	Φ16×1000	条	2
12	拉线盘	60×30×15	只	2
13	镀锌铁丝	14 [#]	千克	0.3

4. 直线分支杆

直线分支杆是在分支线路时的一个支持点,一般分为直线分支杆、耐张分支杆、转角分支杆和双交叉分支杆等多种。各种类型的分支杆承受着两部分的荷载:①直线分支、耐张分支、转角分支杆如同直线杆、耐张杆、转角杆承受一样拉力;②支线的拉力如同终端杆。总的来说,无论那一种杆,为保持自身平衡,必需用拉线作受力的保证。

图 3-23 是直线分支杆的杆塔结构,只要在直线横担下加装角铁横担,补梢的顶支架下加装维持瓷瓶和附件,套上一组拉线,即可以达到分支的目的。

在直线耐张杆上分支比起直线杆分支复杂些,但可杆加上分支角铁横担,中间向下装悬式瓷瓶和附件,套上一组拉线,也达到目的。但在线路连接时要注意加装引线瓷瓶(或瓷担)位置。

十字交叉分支杆,为达到杆的平衡,拉线的安装可参照直线耐张杆拉线进行,若采用“×”拉线,夹角必须保持在 90°。凡是碰到在转角杆上分支,拉线要安装两条,分支部分按终端杆,干线部分按照相应的转角杆要求处理。

为便于检修和避免扩大故障,在一定的杆段分支时,建议装上熔断开关。为使接线相序不混乱,在分支杆上应标上相序。规范规定:A相用黄色,B相用绿色,C相用红色。

图 3-21 直线跨越杆的应用

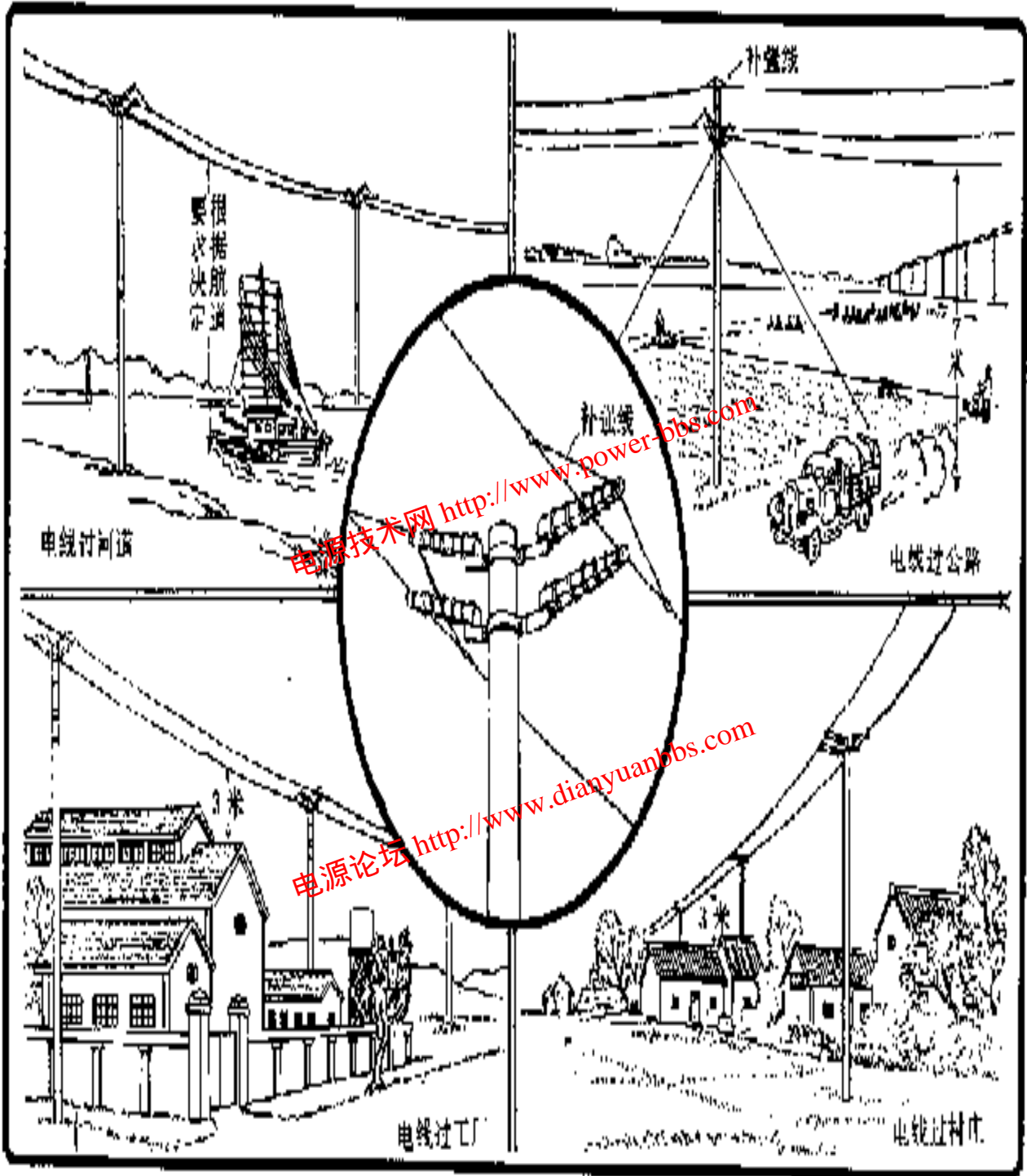


图 3 22 针式瓷瓶双重结构式

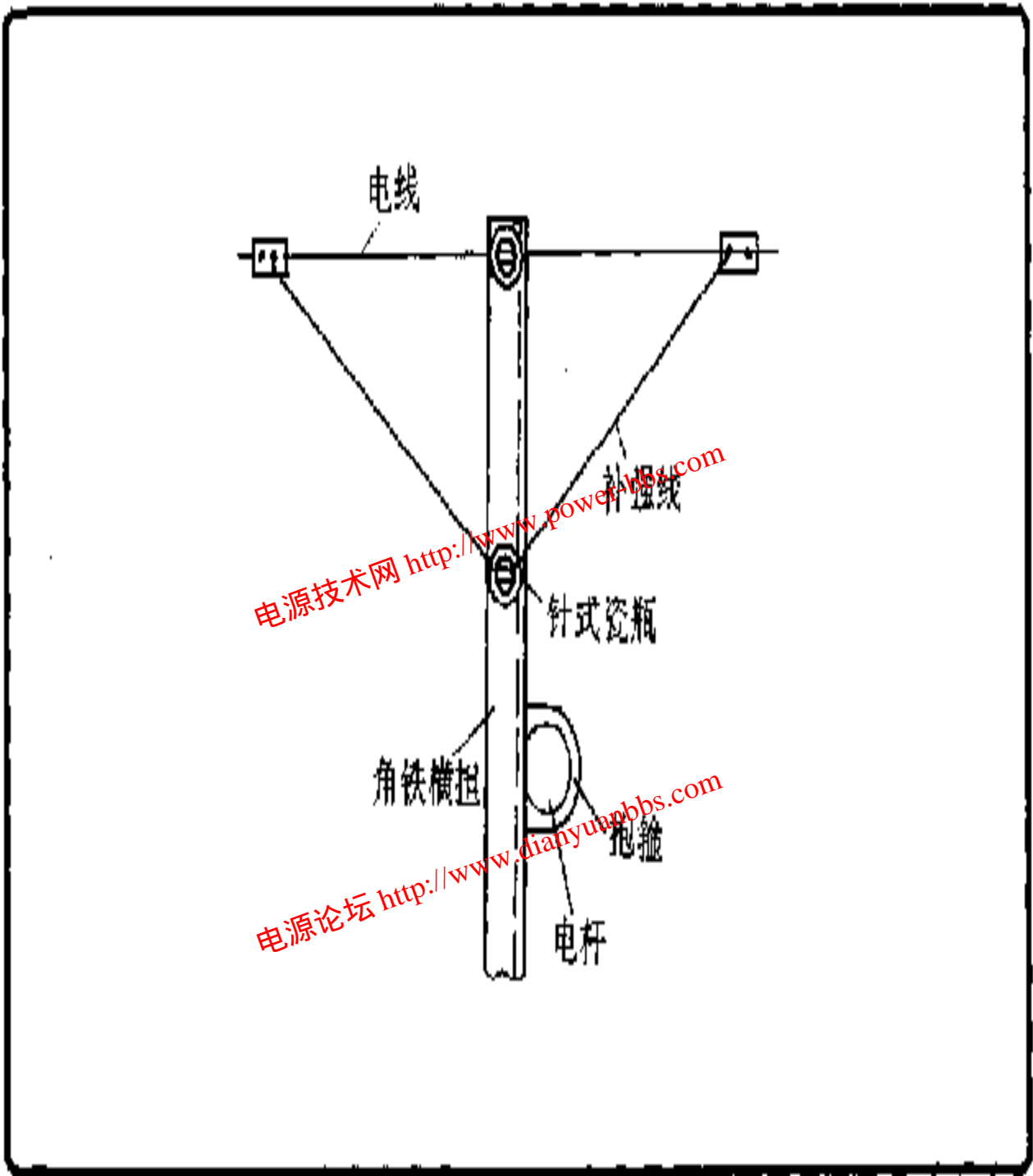


图 3-23 直线分支杆

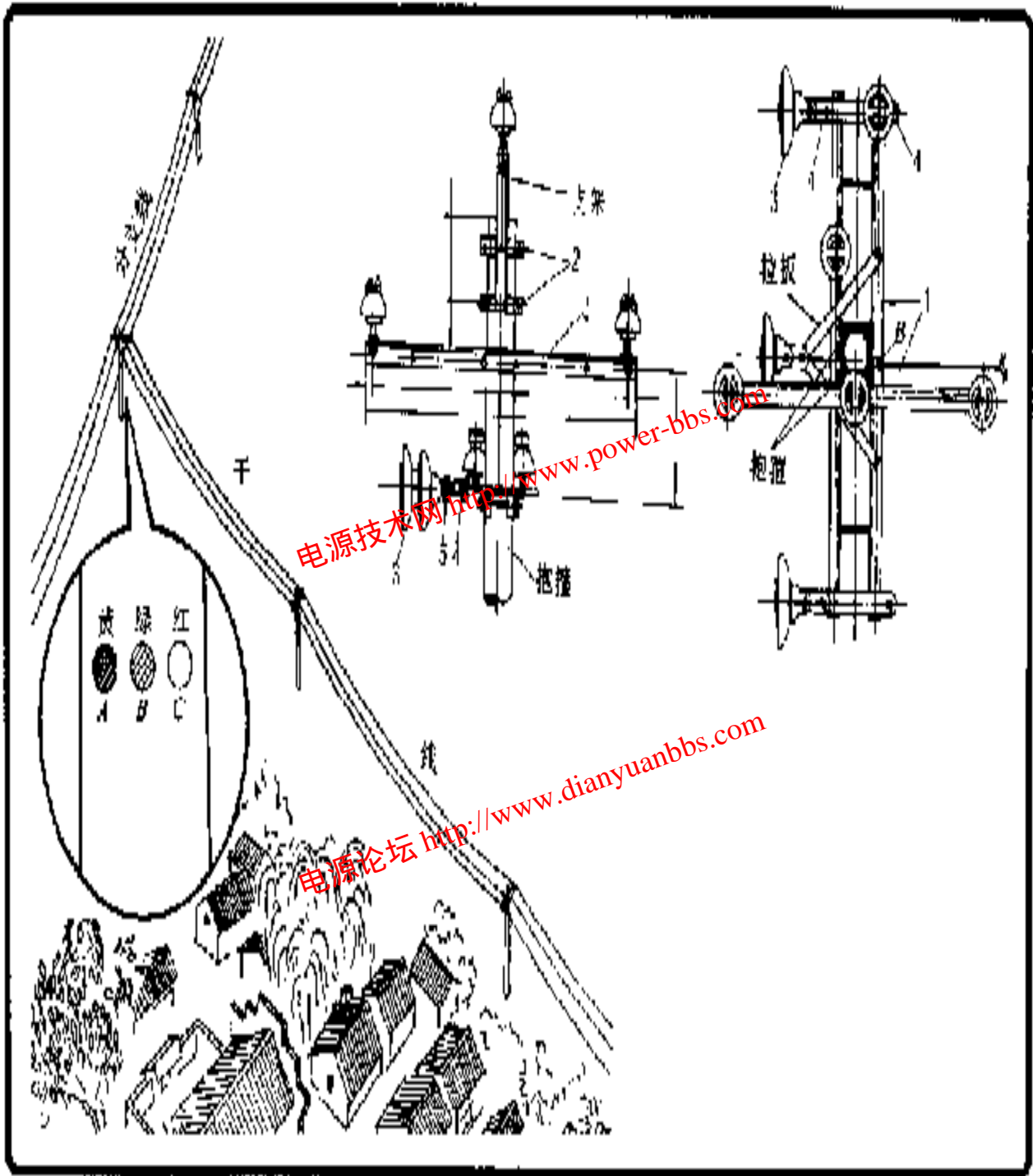


表 3-4 10 千伏置线分支杆结构组部件表(一杆用量表)

序号	名称	规格	单位	数量
1	角钢耐张杆	L6×63×1600	条	2
2	扁铁抱箍	~6×63×350	副	2
3	悬式瓷瓶	X 4.5	只	5
4	直针挂板	Z ₁ -6	套	3
5	球头挂环	Q-7	套	3
6	单联瓷头	W ₁ 7	套	3
7	耐张瓷头	NLD-1	套	3
8	O形环	HT 0610	只	2
9	楔形瓷夹	LX-1	副	1
10	UT线夹	UT-1	副	1
11	拉线盘	30×60×15	只	1
12	拉线棒	Φ16×3000	条	1
13	铜绞线	10 ² -25	千克	4
14	镀锌铁丝	14 [#]	千克	0.1
15	螺栓	M16×230×60	副	4
		M16×75×40	副	4

5. 转角杆($10^{\circ} \sim 10^{\circ}$)($11^{\circ} \sim 60^{\circ}$)($61^{\circ} \sim 90^{\circ}$)

线路的走向因受到地形条件限制和建筑物、村落、建设规划等影响,不能全部沿着直线延伸,而在一定的位置转弯了,支承改变方向的电杆即叫转角杆。转的角度大小视地形和需要确定。它承受力的大小与角度大小有关,导线传来的拉力靠拉线与杆平衡。转角的大小也使杆的结构有差异。按角度和结构不同可分为:

- a. $1^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 转角杆, b. $11^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 转角杆, c. $61^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 转角杆。

$1^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 转角的转角杆,在转弯外侧的角平分线,加一道拉线装置和双横担、双顶扣(或瓷瓶)就可以了。

$11^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的转角杆,除加内组角拉线外,还要在各相用两片悬式瓷瓶和双角铁横担双支架加固,以减小电线的折角,达到线路转角要求。

$61^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的转角杆,属转角耐张杆型,它由上、下两组双角铁横担,每相为四片悬式瓷瓶组成,在各向横担下各加一道顶头拉线。在拉线时,应同时加装一道顶头拉线,完工后拆除。

注意:

- (1) 前三种转角杆的横担必须装在转变角度的外角平分线上。

图 3 24 转角杆架设与转角角度示意图

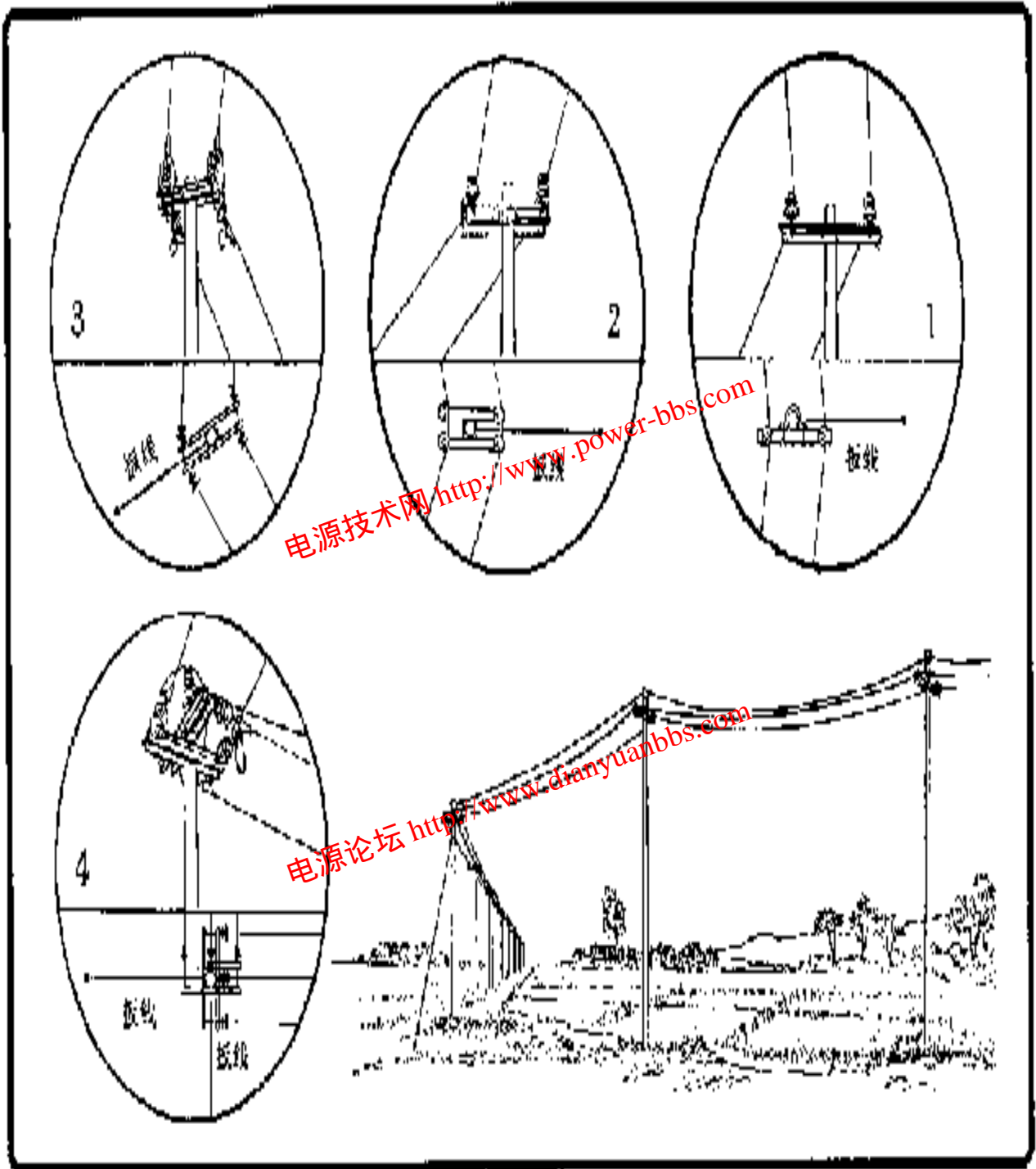
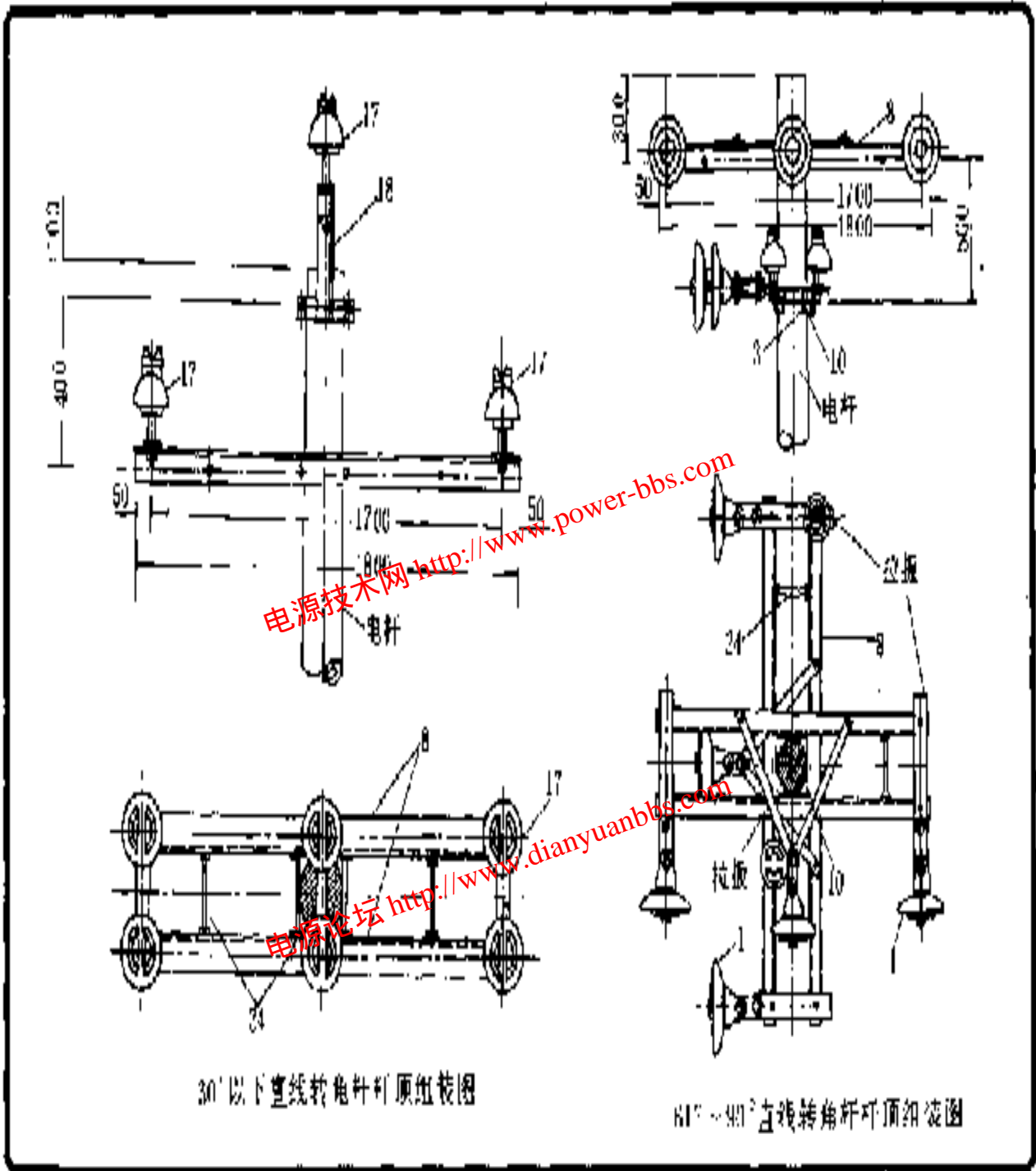


图 3-25



242 因特电工手册

(2) 若在转角处分别作一个底张板时, 无论角度大小, 都应以转角耐张杆的结构形式处理。

表 3-5 各种 10 千伏不同类型转角杆结构组装部件表
(表杆用料)

序号	名称	规格	单位	数量		
				45°	60°	90°
1	燕式瓷瓶	X-4.5	只	12	12	
2	直角拉板	Z ₁ -6	副	6	6	
3	球头挂环	Q-7	只	6	6	
4	串联碗头	W ₁ -7	副	6	6	
5	耐张线夹	NLJ-1	副	6	6	
6	并沟线夹	B-0	副	3	3	
7	U形环	UH-0610	只	4	4	
8	镀锌耐张担	1.8×63×1600	副	1	1	
9	镀锌抱箍	6×63×350	副	1	1	
10	跳线支架	1.5×63×300 -6×50×370	副	1	1	
11	拉线抱箍	6×50×370	副	1	2	3

(续)

序号	名称	规格	单位	数量		
				45°	60°	90°
12	圆形线夹	LX-1	副	1	2	2
13	UT线夹	UT-1	副	1	2	2
14	钢绞线	GJ-25	下克	3.5	7	7
15	拉线麻	φ15×3000	条	1	2	2
16	铝线带	30×60×15	只	1	2	2
17	瓷碗担(瓶)	CD10-1	条	4		2
18	瓷碗担(瓶)	CD10	条	2	1	1
19	铁压片	-6×60×60	块	6	1	2
20	石棉垫片	6×60×60	块	2	2	4
21	镀锌铁线	14 [#]	下克	0.1	0.2	0.3
22	螺栓	M16×230×60	副		4	8
23	螺栓	M16×190×60	副			2
24	螺栓	M16×120×60	副	6	1	2
25	螺栓	M16×75×40	副	4	6	8

6 耐张杆(A₁), 终端杆(AK)

耐张杆又叫承力杆, 分段杆。凡线路经过一段路程后要相应地立一个分段, 以便由耐张杆来承受分段一侧的导线的拉力, 两相邻耐张杆之间的线路称为耐张段。采用耐张杆的目的有三:

(1) 当线路一旦发生倒杆、断线事故时, 靠耐张杆来承受整段线、杆的破坏力, 从而缓解线路故障蔓延范围。

(2) 在架空线路施工的时候, 分段架线, 容易指挥, 容易安装。

(3) 便于线路的运行检修和用电调度。

耐张杆有直线耐张杆、转角耐张杆和终端耐张杆。其耐张段一般要求不超过 1.5-2km。

直线耐张杆除承受直线杆同样的各种力外, 还承受着线路两边方向的电线的不平衡拉力。因此, 单靠电杆本身是远远不能满足的, 由此必须用加装拉线来加强电杆本身的稳定。其形式有“一”字型和“×”型拉线, 但从实践中证明“×”型拉线收到效果比较好。

图 3-26 是直线耐张杆的几种结构形式。它们的杆上的中间相用一副挂线抱箍悬挂悬式瓷瓶外, 上要多加缠绕装置, 下面两相均用加长的合式角铁横担联接两边的悬式瓷瓶, 它们的联接形式用过线跨接方法来接通线路。在跨

接线路时, 两边相均向下垂跨, 中间相如上所述。两相跨接线均应用两副并沟线夹来联接。

终端杆与直线耐张杆结构基本相同, 只是相向边少 6 片悬式瓷瓶, 对向边只有一根拉线, 在此不再重复。

表 3-6 结构耐张附件表

序号	名称	规格	单位	数量	
				直线耐张杆	终端杆
1	悬式瓷瓶	X-4.5	只	12	6
2	4线挂板	Z-6	副	6	3
3	球头铁环	Q-7	只	6	3
4	单眼钢头	W ₁ -7	副	6	3
5	耐张线夹	NLD-1	副	6	3
6	并沟线夹	D-0	副	3	
7	O形环	0-0610	只	6	3
8	角铁耐张杆	2.6×63×1600	米	2	2
9	抗线抱箍	-6×60×370	副	2	1
10	楔形线夹	LX-1	副	4	1
11	UT线夹	UT-1	副	4	1
12	钢绞线	GJ-25	千克	14	3.5

244 图解电工手册

(续)

序号	名称	规格	单位	数量	
				支	张
13	拉线棒	Φ16×3000	条	4	1
14	拉线盘	90×60×15(新)	只	4	1
15	瓷顶担(瓶) CT10	1	条	1	
16	石格垫片	-6×60×60	块	2	
17	铁垫片	-6×60×60	块	2	
18	镀锌铁丝	14 [#]	千克	0.5	0.5
19	螺丝	M16×230×60	副	4	
20	螺母	M16×130×60	副	1	3
21	螺母	M16×75×60	副	6	2
22	杆线地线	×6×60×350	副	1	1

四、常用杆型的基础和加固

1. 电杆的埋深要求和杆坑的施工

杆坑是电杆竖立后是否保证稳固的一个重要因素,因此,与杆位的土质条件、杆的埋深要求,施工质量是相关联

的,电杆埋深的技术要求和施工要求如图 3-28、图 3-29 所示。

在线路走向测定的时候,在每一根电杆的位置确定后,打好竹木做成的中心桩,为保证施工不移位,相隔中心桩 2~3m 的同一一直线上加钉两条相对的边桩,即可在画好的中心桩动工挖坑。挖坑工具用锹、铲、勺、钢钎打成的扁扁进行。坑直径为杆根粗的两倍,坑深为 $\frac{1}{6}$ 杆高。挖时要垂直挖下,挖一层土要取一层土,直挖到要求深度为止。在坑方向线挖一道长 $\frac{2}{3}H$ (米),宽 0.4 米的斜口,以便立杆使用,若碰到有渗水必须及时淘干,遇到有流砂、松土、烂泥的土质或者碰到有岩石,必须把开口线扩大,方便施工。挖合格后作作补救加固。

表 3-7 电杆埋入土壤深度表

电杆长度 (米)	水泥电杆埋入土壤深度(米)		木杆埋深(米)	
	泥地	石块地	泥地	石块地
7-8	1.4	1.2	1.3	1.0
9-10	1.6	1.6	1.6	1.2
11-12	2.0	1.8	1.7	1.4
13	2.5	2.3		

图 3-26 几种耐张杆结构图

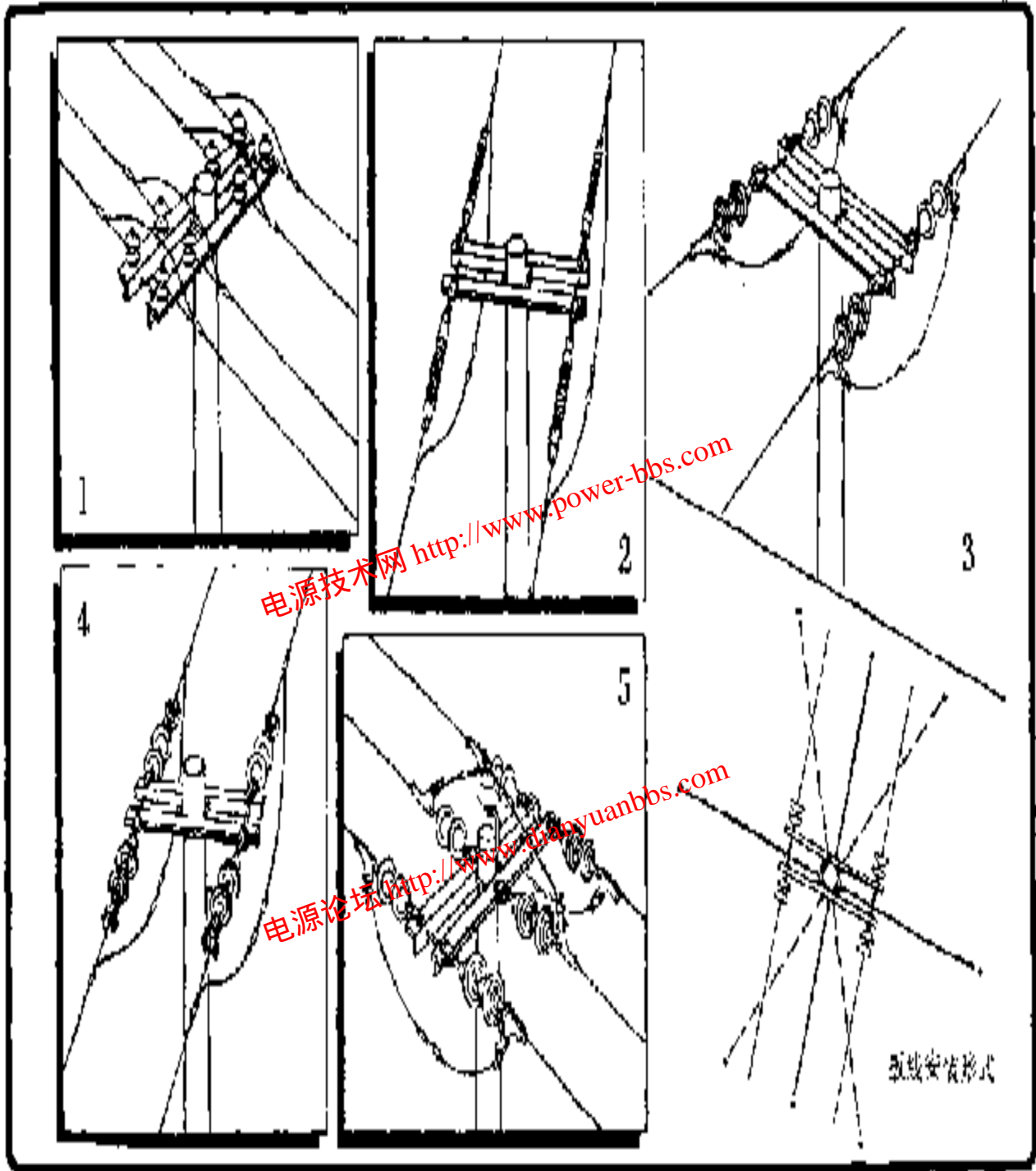


图 3-27 耐张杆杆顶组装图

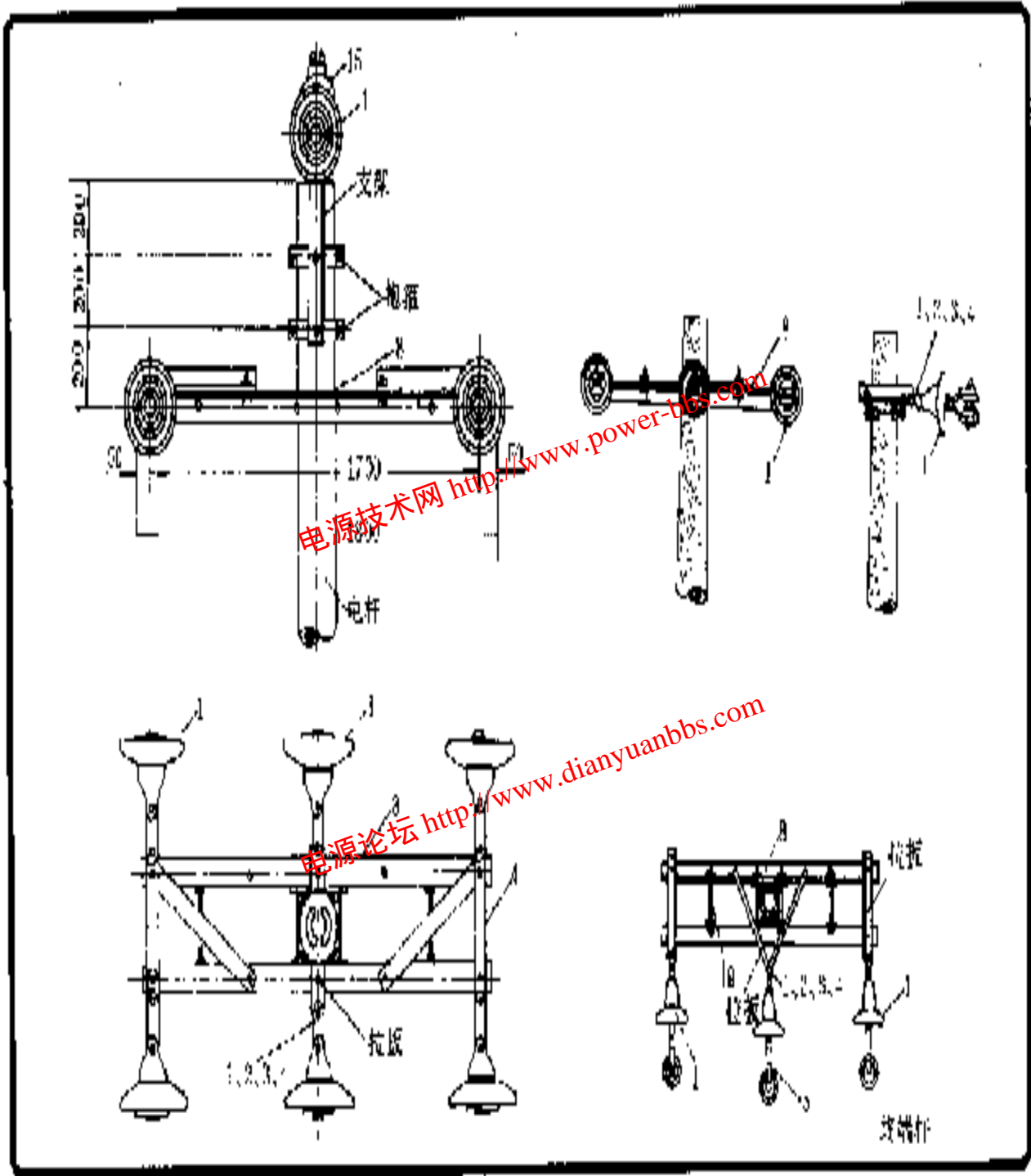


图 3-28 杆坑开挖方法示意图

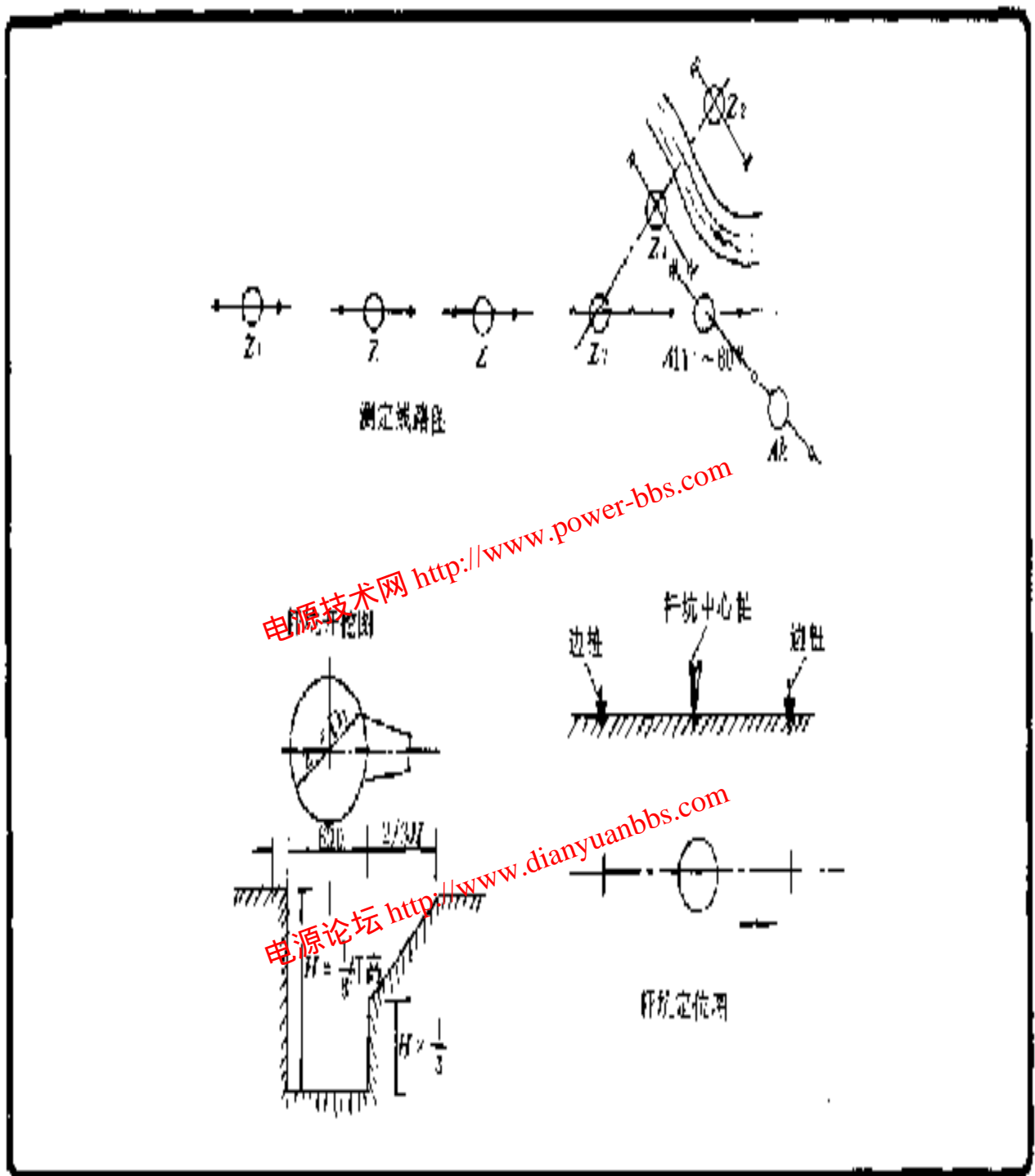
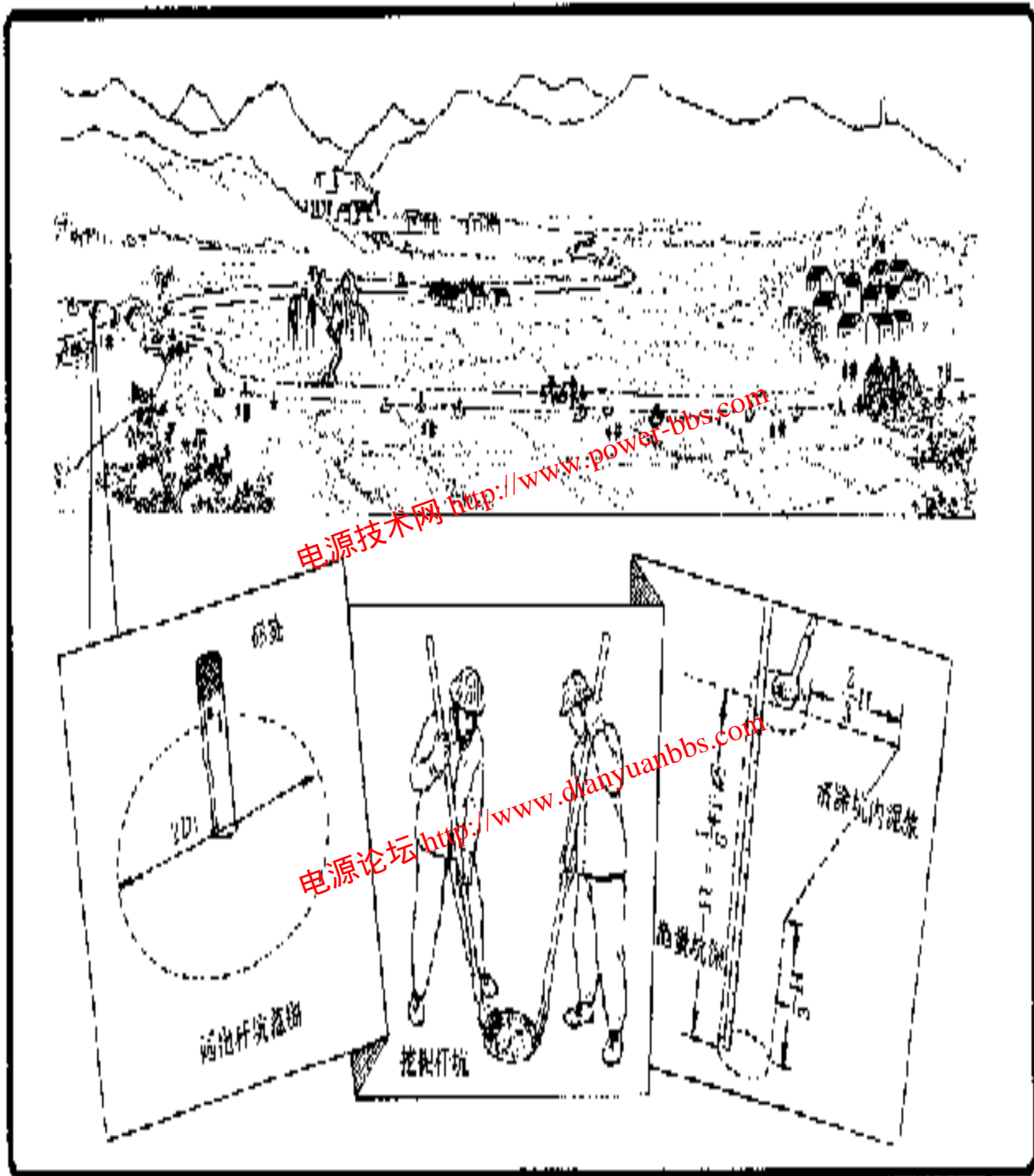


图 3-29 杆坑开挖整体示意图



2. 电杆坑的基础加固处理

电杆坑基础的加固处理方法如图 3-30 所示。

电杆坑的基础好坏,往往影响到电杆的稳定,但它又由土质和杆型来决定。因此,10 千伏架空线路的杆坑,在土质坚硬,承载能力可以满足,就不必加固处理。倘若遇到松散的流砂、烂泥地、岩层等难于开挖的情况,可以采取打木桩后捣制毛石砼作底盘,或捣制棱角石砼底盘,石块底盘可以预制,也可现场浇筑(但坑深一定要满足尺寸要求),铺上岩石的要作开、凿深,若困难,要护砌块石处理。

耐张杆、转角杆、终端杆、分支杆等杆型,承受拉力比较大,杆坑的土质又不良,将会发生倾杆危险,加上地形限制,无法安装拉线时,根据实际情况采用在电杆根部安装上、下和合卡盘,或者安装上和合,下单边卡盘,或安装上和合卡盘,或安装单边卡盘,安装的时候必须保证卡盘和拉力方向垂直,同时要用钢绳或螺丝把卡盘固定在杆的根部,按照图 3-30 的方法进行施工。

杆防风收到构能力及承受导线的拉力。根据拉线的作用可分如图 3-31 所示几种形式的拉线。

表 3-1 各种类型中把拉线的规格表

每层横担导线数量	二 线			四 线			六 线		
	二	三	四	二	三	四	二	三	四
受拉导线根数	二	三	四	二	三	四	二	三	四
适用拉线类型	普通型	Y 型	普通型	Y 型	普通型	Y 型	普通型	Y 型	普通型
架空导线截面 (毫米 ²)	采用直径为 4 毫米镀锌铁丝制成副子中把拉线								
架空与线截面 (毫米 ²)	采用铜绞线时中把的拉线截面(毫米 ²)								
16-25	3	3	3	3	5	3	3	3	7
35	3	3	3	5	5	5	5	5	7
50-70	5	7	5	5	7	5	7	7	9
95-120	7	9	7	7	9	7	9	9	11
16-25	C-25	C-25×2	C-25	C-25×2	C-35	C-35×2	C-35	C-35×2	C-35
35	C-25	C-25×2	C-35	C-35×2	C-35	C-35×2	C-35	C-35×2	C-35
50-70	C-35	C-35×2	C-50	C-50×2	C-35	C-35×2	C-35	C-35×2	C-35
95-120	C-35	C-35×2	C-50	C-50×2	C-50	C-50×2	C-50	C-50×2	C-50

五、拉线和拉线的安装

1. 拉线的种类

拉线也叫横板线,用于各种受力较大的杆型上,如终端杆、耐张杆、转角杆和加强杆(跨越杆),它主要用来加强电

图 3-30 立杆坑基础的加固处理方法

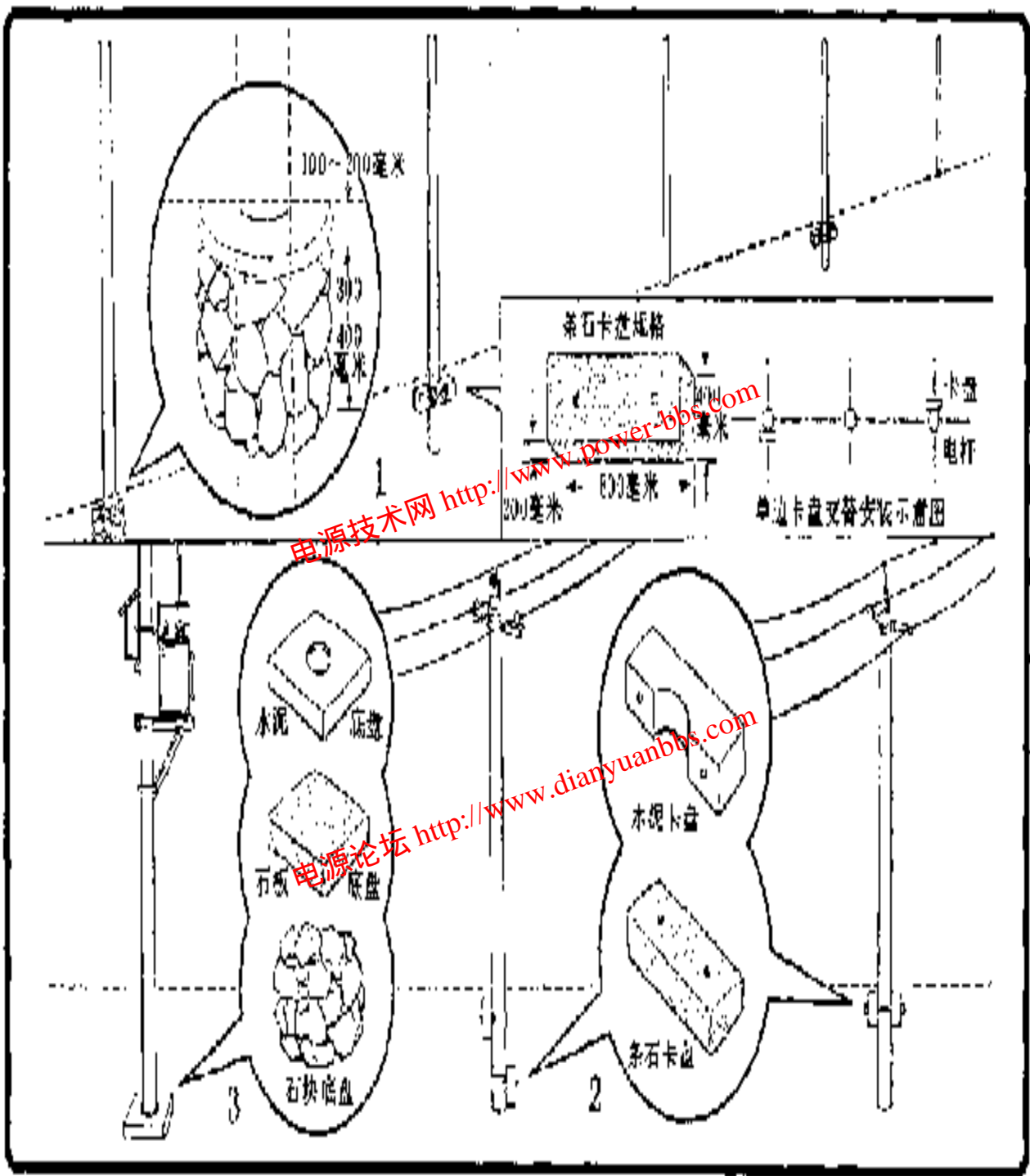
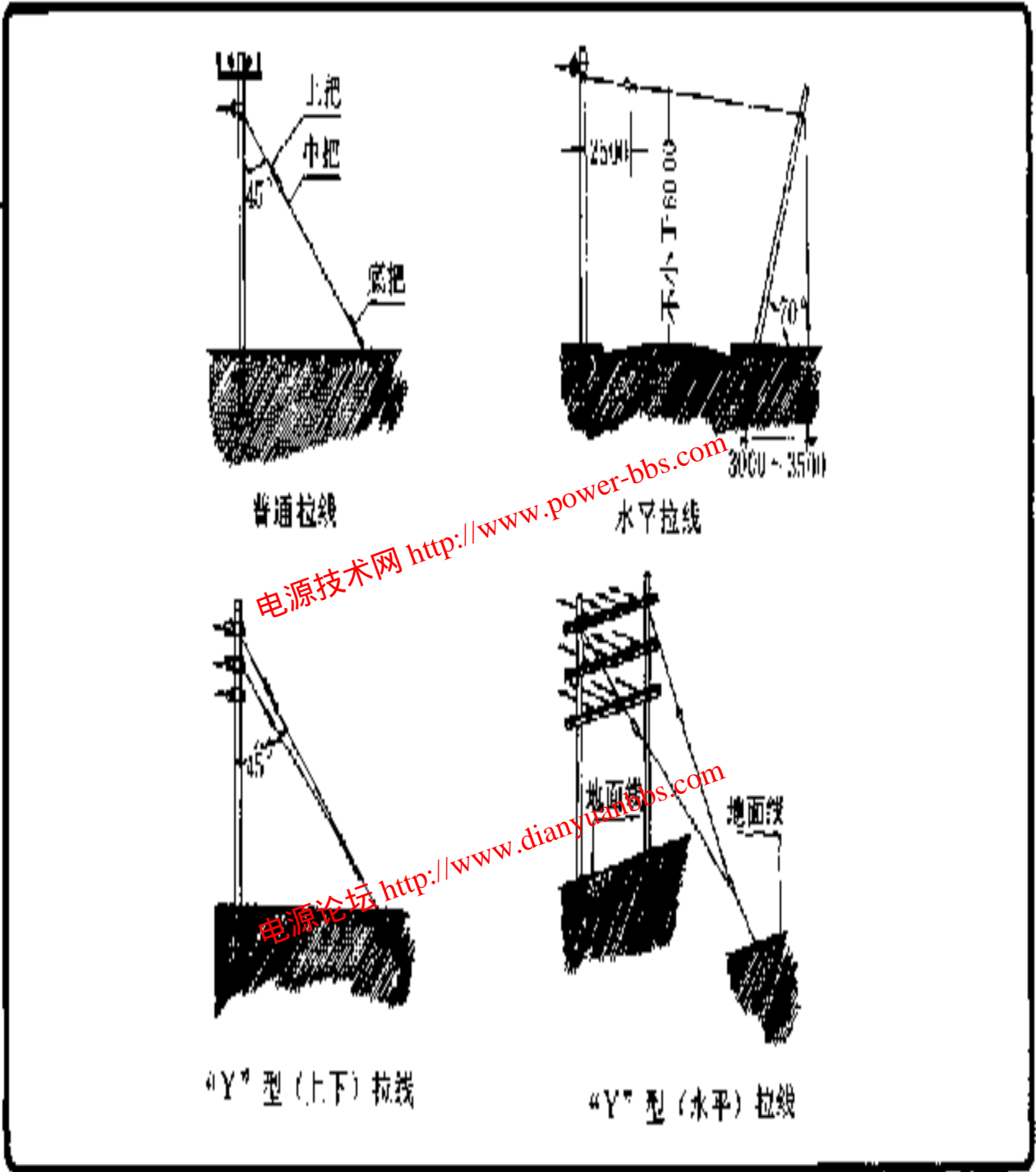


图 3-31 拉线示意图



252. 图解电工手册

(1) 普通拉线。这种拉线用于终端杆、转角杆和分线杆。装在电杆受力的反方向上,以求平衡电杆所受的单向拉力。

(2) 侧面拉线。也叫人字和风雨拉线。用于交叉跨越和耐张段较长的线路上,以使整个线路抗衡横向风力的袭击,保持电杆的稳定。

(3) 水平拉线。由于地形位置的限制在跨越道路、街道时难于设置理想的拉线时,而采取这种水平拉线。

(4) 自立拉线。用于版面狭窄,拉线位置不够且杆身受力不太大的电杆。有“Y”型(上)双法拉线杆和电杆的“Y”型(水平)拉线。

为方便读者选材和安装,列上底拉线规格表作如下解释:

(1) 表中拉线代号中脚规格股数,系指 $\phi 4$ 镀锌铁丝的合股股数,并分别为 3、5、7、9、21 股。C 为铜绞线。

(2) 拉线的底把如选用铜绞线时,则应改用同规格的。如选用 $\phi 4$ 镀锌铁丝时,底把应按底把股数加倍股(例如三股拉线,则底把应为 $3 \times 2 = 6$ 股)。选用 Y 型共用一底把,则底把拉线合股股数之外再加一股(即 Y5 股时为 10 股 $11 = 11$ 股)。

(3) 为了施工方便,对七股以上的底把可改用铜绞拉线。

(4) 当受拉侧的横担上所架设导线截面及导线条数不一致时,应按其中最大的作为选用标准。

(5) 拉线应在上把与中把之间加装拉线绝缘子。混凝土电杆的拉线可不加绝缘子,但穿越导线的拉线,应加拉线绝缘子,其他应在带电导线下方。

2. 拉线的技术要求

对于拉线的技术要求是:

(1) 能够承受起设计的拉应力,在选用拉线时尽量选取现成的铜绞线,若经济十分困难,或市面无货,也可用二至九股同规格的镀锌铁丝均匀绞合而成,其绞合股数参考表(详见“双”绞线收数参考表),但要求绞合时,不能有死弯,受力基本均匀。

(2) 拉线与电杆的夹角一般为 $30^\circ \sim 45^\circ$,取用的夹角按杆型不同而不同。

(3) 电杆的拉线必须有拉线盘、拉线棒、楔形线夹、UT 线夹、拉线钩、U 形环等附件组成,必要时加装拉线绝缘子。

(4) 拉线地锚(拉线盘、横木、条石等)必须深埋至设计要求,地基有实际困难,也应采取人工措施,加宽加重补救,以防抗拉力不足。

表 3-9 拉线规格参考表

拉线名称	导线规格	拉线股数(上把×下把)
侧面拉线 普通拉线	各种规格	3×3
	LJ-16-25 LGJ-	3×3
	16-25	3×3
	LJ-35-50 LGJ-35	7×3
	LJ-70 LGJ-50	7×3

注:凡线号均指mm镀锌铝线B'

3. 拉线的结构

拉线一般采用钢绞线,若市场货源紧张,可用铝绞线或铁绞线合成,但最好用钢绞线。通常钢绞线对应规格技术要求,拉线的形成和导线截面大小来确定。

表 3-10 各种类型拉线选用规格表

架空导线截面 (毫米 ²)	1. 一般线路采用钢绞线的拉线截面(毫米 ²)			
	二股制普通型	二股制 Y 型	三股制普通型	三股制 Y 型
16-25	GJ-25	GJ-25×2	GJ-25	GJZ-25×2
35	GJ-25	GJ-25×2	GJ-35	GJ-35×2
50-70	GJ-35	GJ-35×2	GJ-35	GJ-35×2
90-120	GJ-35	GJ-35×2	GJ-50	GJ-50×2

拉线分为上把和下把两部分。

上把是拉线上端与拉线抱箍螺丝连接部分。其连接形式有三种:

(1) 绑扎法。它适用于 8[#] 镀锌铁线绞合制成的拉线。

(2) 钢丝扎紧固定。用扎钢丝绳用的 U 型下夹紧固绞线(每相隔 150mm 安装一只,共装 3 只)达到紧固目的,它适于采用钢绞线的拉线。

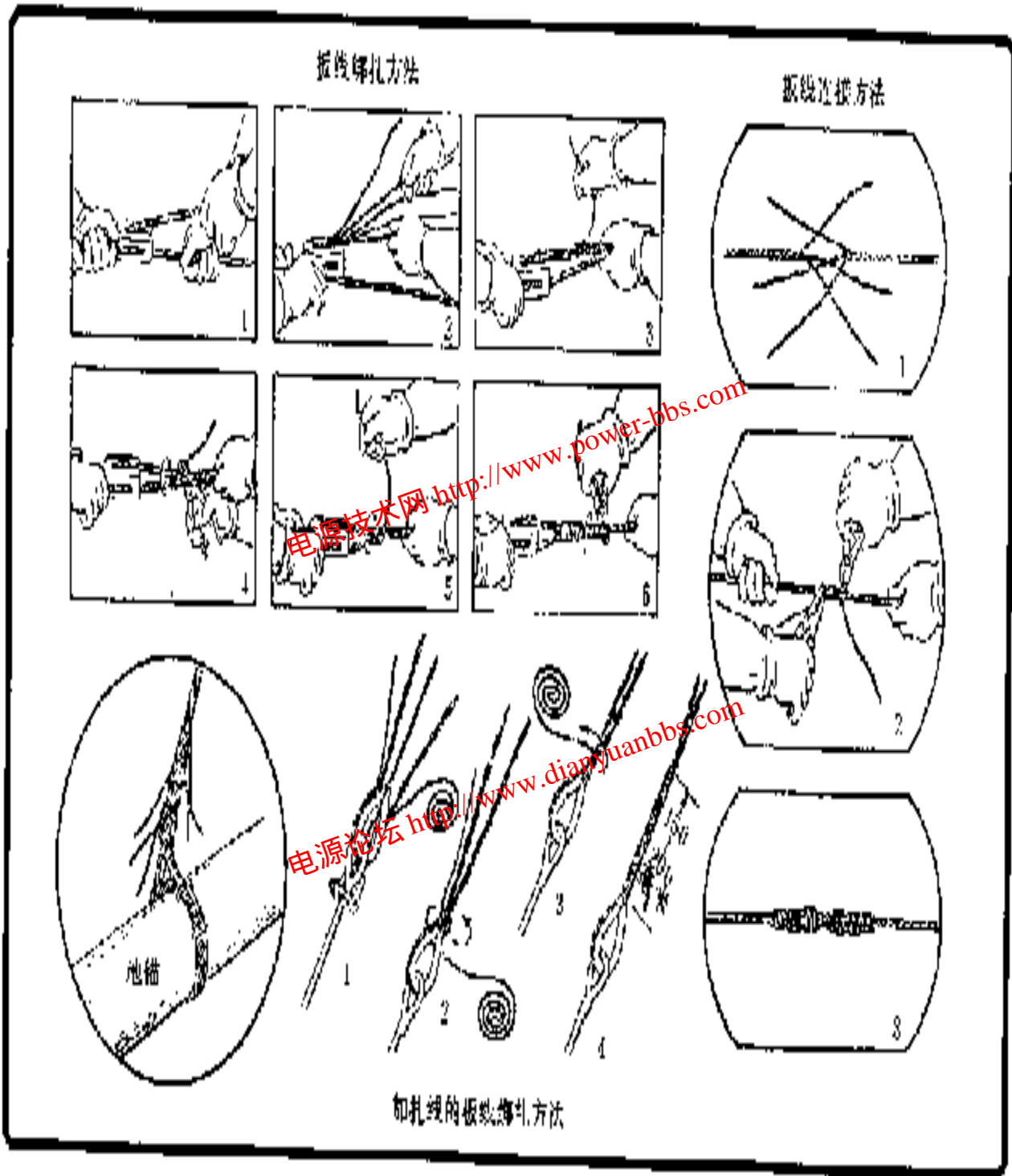
(3) 楔形线夹紧固法(也叫 U 型扎)。两种拉线都适用,但在 10kV 架空配电线路中大都采用第三种方法,它既容易安装,省工又安全。拉线专用的拉线抱箍,一般安装在横担底 200mm,若有四条拉线的电杆和横担位置是上下紧贴。

倘若一条杆上安装高压和低压线路,在两层横担之间必须在离拉线上把约 2m 处,装上一只隔离瓷瓶(也叫中把),其连接可用绑扎或 U 形钢丝绳固定。

下把是拉线下端和地锚的拉线棒(锚杆)连接点。连接紧固形式有绑扎法、钢丝绳扎紧法、UT 线夹紧固法、花兰螺栓收紧法(此种方法紧固后用铁线绑扎,防偷盗,也可把它移到上把位置)。

地锚是由钢筋制成拉线盘,条木或条石制成拉线盘。现在大都取用第一片。

图 3-32 拉线的几种绑扎方法



4. 拉线结构中的附件安装

拉线的安装如图 3-33 所示。步骤如下:

(1) 拉线坑的开挖和地锚的安装

①根据测量线路确定设计采用拉线的形式。

②在线路实地找出正确拉线坑的位置,按照要求实地放样,坑的宽、长、深尺寸要明确。一般坑的垂直深度为 1.5~2.5m,拉力越大的杆要求坑越深。

③在坑的顺拉线方向挖一垂与拉线角度相等的斜坑,以便使拉线与拉线棒角度相同,坑内外侧开挖成同样角度的斜坡(过坑边浅斜坡)。

④在地面上先固定好拉线盘和拉线棒后,然后将这个组合件吊放至拉线坑。

⑤校正拉线棒与线路电杆所形成的角度。

⑥分层回填好土并夯实。

(2) 总体安装

①以上工作完成后,即可进行安装,拉线也可同时安装。

②市上拉线卷盘,根据要求尺寸盘上紧固定好,每种拉线形式都要在抱箍螺丝上套装“O”形环。

③用紧线钳收紧钢绞线(或镀锌铁线综合拉线),但要指定一名安装员,测定电杆是否歪斜。

④套上下把紧拉线棒上,用 14[#]铁线绕好线头,扎牢。

六、架空配电线路的测量和设计

架空配电线路的架设是否达到可靠运行、安全供电、经济投入合理、施工管理方便、社会经济效益显著的要求,关键在于线路路径的测量和设计的优化。

1. 在地形图上估测方法

在用电点和用电负荷确定以后,首先在本地区的有关部门借用万分之一的有关地形图,在图上标出将要架设的电力线路的干线和支线,以及用电点的配电变压器的基本位置,选定线路的大概走向,在图上量出新线干线路的长度和各个分支线路的长度。然后在图上标出杆型,量出杆距,记录下来,标在图上。图 3-34 中,那宽村已由干线拉至村后,安装 1 台 100kVA 变压器供村民加工、照明使用,那村的耶渡村有 600 人,佛子村有 300 人,那渡新村有 180 人,佛子新村有 110 人。现计划四村联合从那宽支线上拉 10kV 高压线路,经村民、干部商榷讨论,变压器位置已确定,资金也已筹集,经供电技术部门在图上测得那宽村变压器前一支线引出分支线至佛子村变压器线路长 1.32 千米,需电杆 15 杆。从分支线至那渡村变压器 0.35 千米,需电杆 4 杆。又从变压器前分出小分支线至那渡新村线路长 0.64 千米,需电杆 7 杆。又从变压器前一支杆分

图 3-33 拉线安装与埋线过程

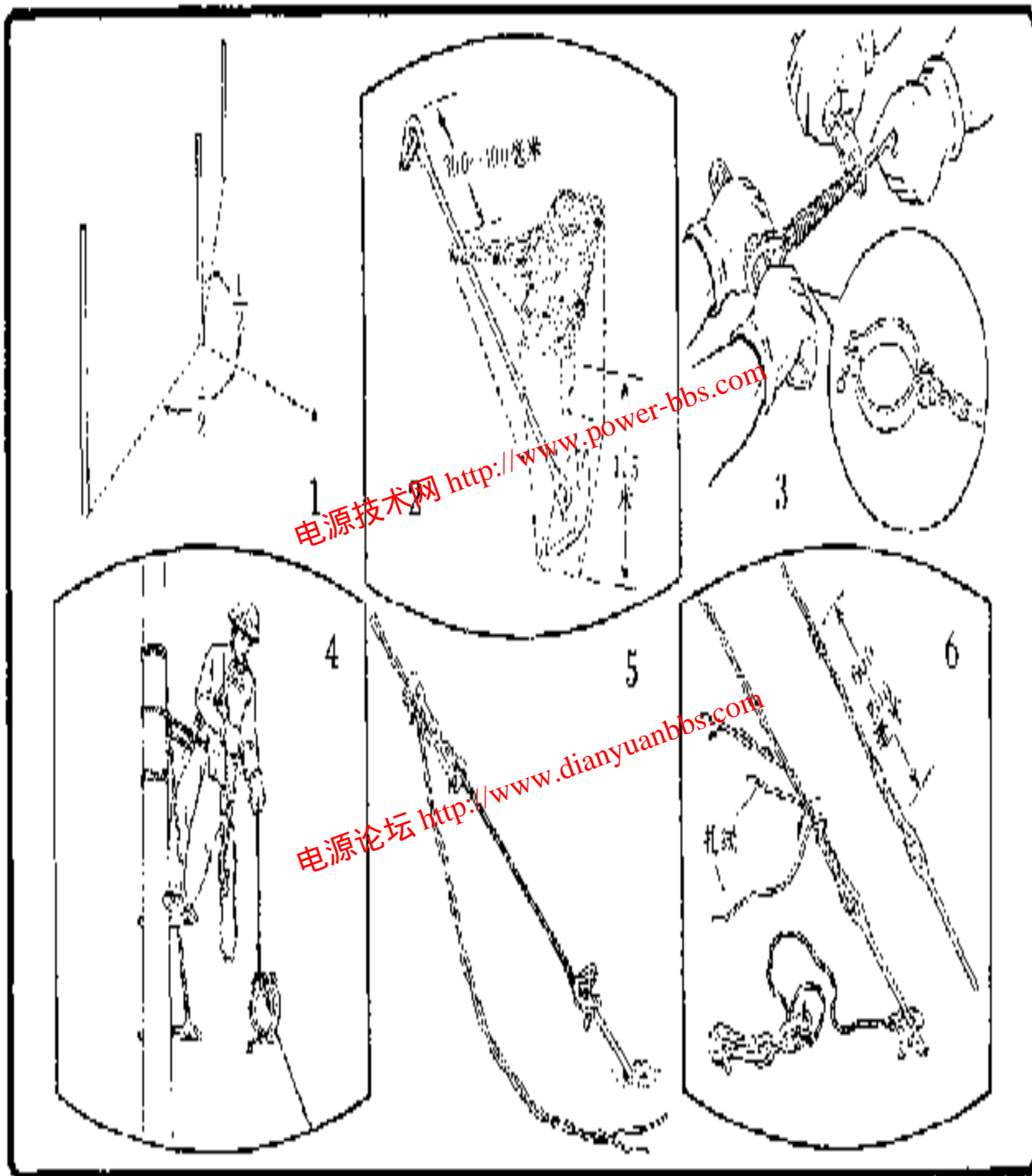
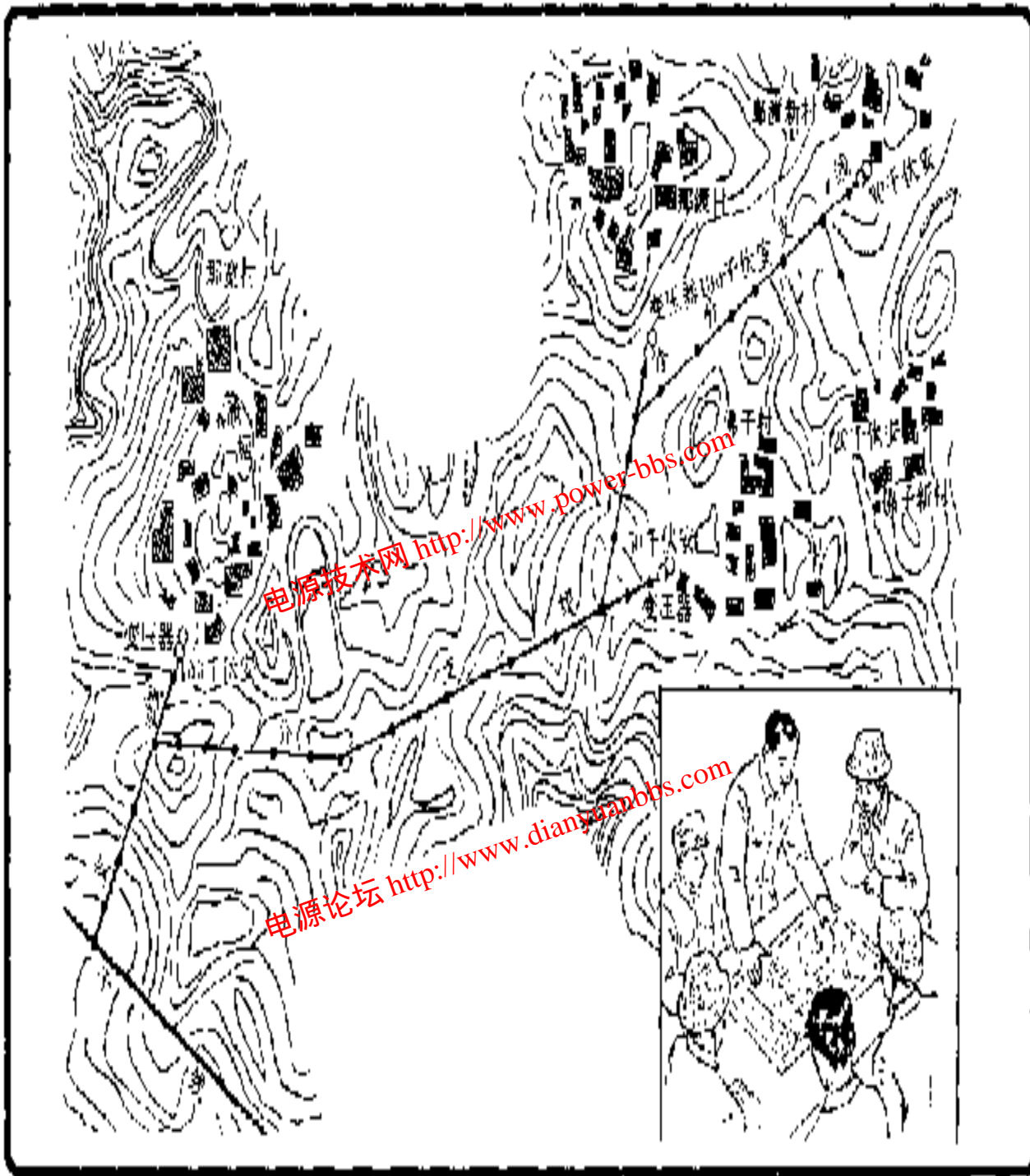


图 3-34 架空配电路的测量和设计概貌图



258 图解电工手册

小分支线至佛子新村线路长 0.27 千米,需电杆 3 根。

这样整个新用电小片 10kV 高压线路总长 2.58 千米,需电杆 29 根,其中分支杆 4 根,转角耐张杆 1 根,终端杆 4 根,直线路 20 根。从图上得出这些数据以后,就可以到现场考察和直接测量。

2. 路径的踏测

在地形图上初步选定架空线路以后,可以先进行现场实地踏测勘探工作,以便确定出是否是最佳的方案。在踏测前首先要明确几个选线路的原则和注意事宜。

路杆选择原则:

(1) 电力线路应尽量选择走近路,线路应避开道路、河流、交叉电力线、通讯线路等的交叉跨越。

(2) 在条件允许下,力争避开有污染环境的厂矿,尤其是那些有排放毒气的厂。

(3) 尽力避开林区、高山、河流和沼泽地,路径少走靠近交通较方便的地区或较平坦的地方。

(4) 线路所经过的沿线尽量避开房屋、仓库,还要详细询问当地群众有无发展规划和远景规划。

(5) 终端杆和装设变压器位置是否合适,是否是供电中心点。导线和变压器的选择既要照顾当前,又要考虑今后发展。

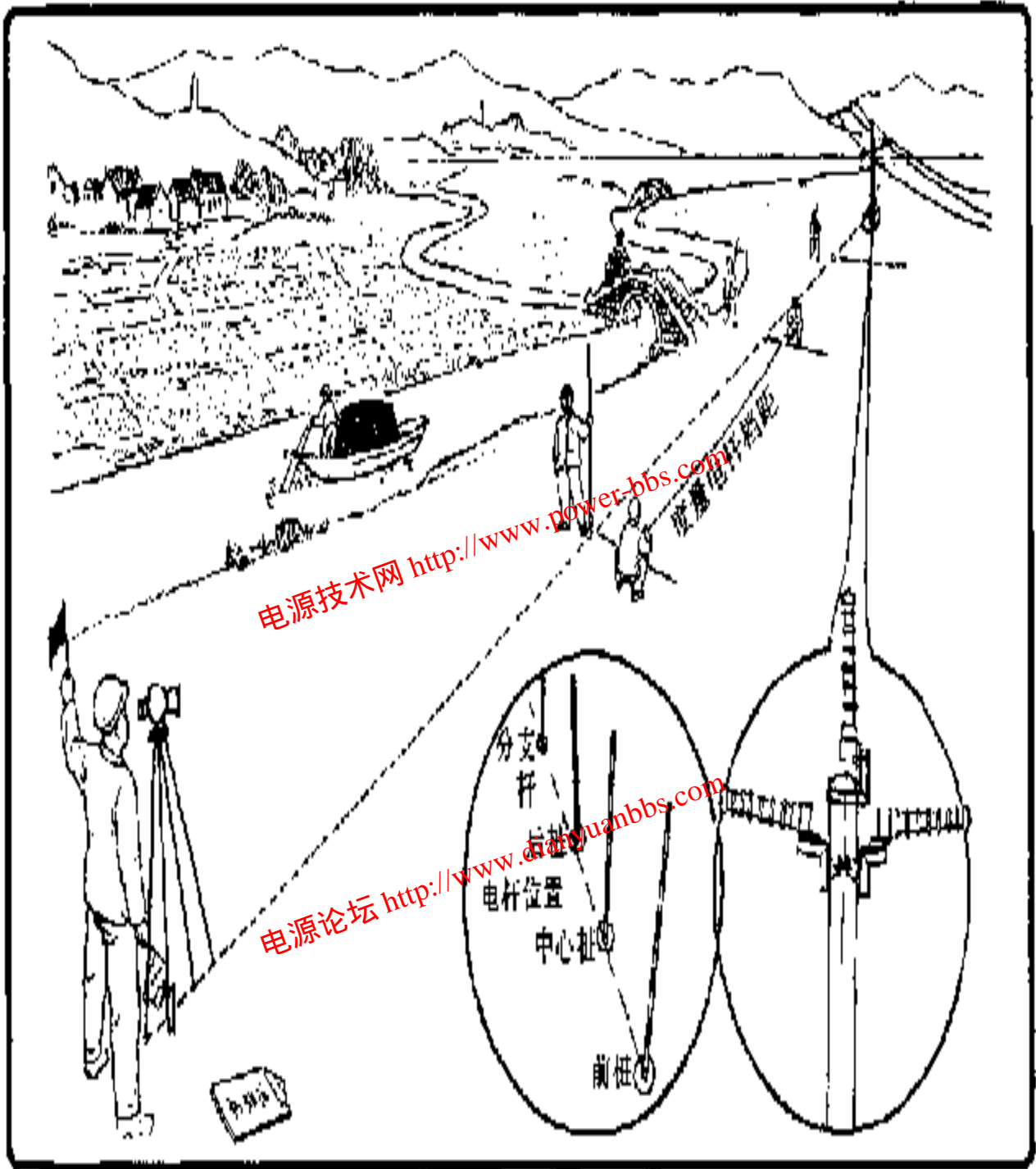
根据这些原则和在室内地形图初选好的线路走向,从

头到尾跑一遍,核准初选的线径与实际地形位置有无差异,确切无误后,即可以进行实地测量。

3. 线路施测

仪器测量法如图 3-35 所示。首先根据在室内选定的线路途径,现场核对走向是否合理。然后在线路的前面通视点(可看得见后面分支电杆为准,相距在 1000 米左右)立一条花杆,称为线路走向定点,然后操作经纬仪的司仪人员在立花杆点和分支杆的直线上安好经纬仪,倒镜瞄准检查一下仪器是否真正安在直线上,无误后即可开始测量定点。先倒镜瞄准后视的分支杆中心位置,立花杆人员按照技术员、选点员选定的杆位,立下花杆,按司仪员指挥,左右移动,仪器的中轴对准花杆后,这花杆点就作为线路直线路的中心桩。打桩员即可打高桩定位,司仪员同时在仪器中量出桩距,立花杆人员向前 3m 后 3m 立花杆定出打桩边桩,打好固定桩后,这一杆直线电杆位置就算定好了。记桩员在簿上记下桩号、杆位、距离。撒石灰记号的人员同时进行工作,掌握水准仪的人员引米水准点后测出各个电杆桩中心位置高程和地形起伏的线路走向纵剖面的高程,以供设计使用。测量时要用皮尺量出测点间的距离,记录好,经纬仪司仪员测完后摆桩后倒镜过来再测前视各桩点,移动仪器后再对中后视,准确后可以帽子前进,操作方法同上。

图 3-35 用仪器测量立杆线路示意图



260 图解电工手册

有转角、耐张杆拉时,要在桩点架立仪器,测出线路偏转角度,左转或右转多少度,并由技术人员现场计算出拉线桩位置,测好后打桩。

日测法如图 3-36 所示。

(9)测量人员组成:1 人目测和记录,2 人用经纬仪测距,3 人插花杆,3 人挂和撒石灰记号 2 人,技术员 2 人,共 10 人。

(10)测法:在室内选好线路在地形图上走向以后,带图到现场定位,先定出前面杆点合适的线路走向位置,插上一花杆,然后耐张分支杆后在中间立一根花杆,按三点成一直线的原理,在三点直线上移动花杆,测出第一杆杆的中心位置,同时测得中心杆桩和前后边桩位置,打好桩,圈好石灰记号,即完成这桩测量任务。做此方法类推进行。碰到转角、耐张、跨越杆时需测角度和放线时,由技术人员现场计算好后,就可按实数定出拉线桩中心位置了。

4. 杆型、杆高、拉线的确定

在外选好每根杆的杆位后,还根据地形、任务、需及技术人员和熟练工人就初步定出采用的杆型形式、电杆高度和拉线数量,电杆的高度确定要按照水准测量而生地形的纵剖面图,计算出每一档电线的垂垂度,对照技术规范规定的最小允许导线对地的垂直距离等来确定。拉线运用多少,要看杆型的情况在现场勘测决定。回到室内下

作时还要绘制线路设计图,包括平面布置图(如图 3-37 所示)、线路纵剖面图,标出地形、地物、中心桩、档距、杆型、拉线等项目,然后编制每一根杆的装部件图,表,做出施工预算,在测算电线通过河道、公路、工厂、村庄时,必须严格按照图 3-38 所示的高度距离进行设计,不得低于图中所标距离尺寸。

5. 导线的选择

导线截面的选用是根据线路输送给用电点的实际功率和今后发展规划需要容量而定的。目前农村一般城镇所使用的导线是铝绞线和钢芯铝绞线,从安全供电的角度考虑,至今以钢芯铝绞线使用率最高。

选择导线一定要满足以下几个条件:

- (1) 根据配电网电压、功率、输送距离考虑选用导线,线路的电压损失要在允许范围内,一般控制在 5~10% 之内。
- (2) 导线通过的电流不应超过允许的安全电流值。
- (3) 导线要有足够的机械强度,即应用的导线截面一定要大于最小允许截面。
- (4) 考虑到架线的投资、运行费用、成本回收等综合因素,选用导线时不宜过大,但亦不可过小,尽力达到经济合理,安全可靠,效益明显的目的。

图 3-36 目测立杆示意图

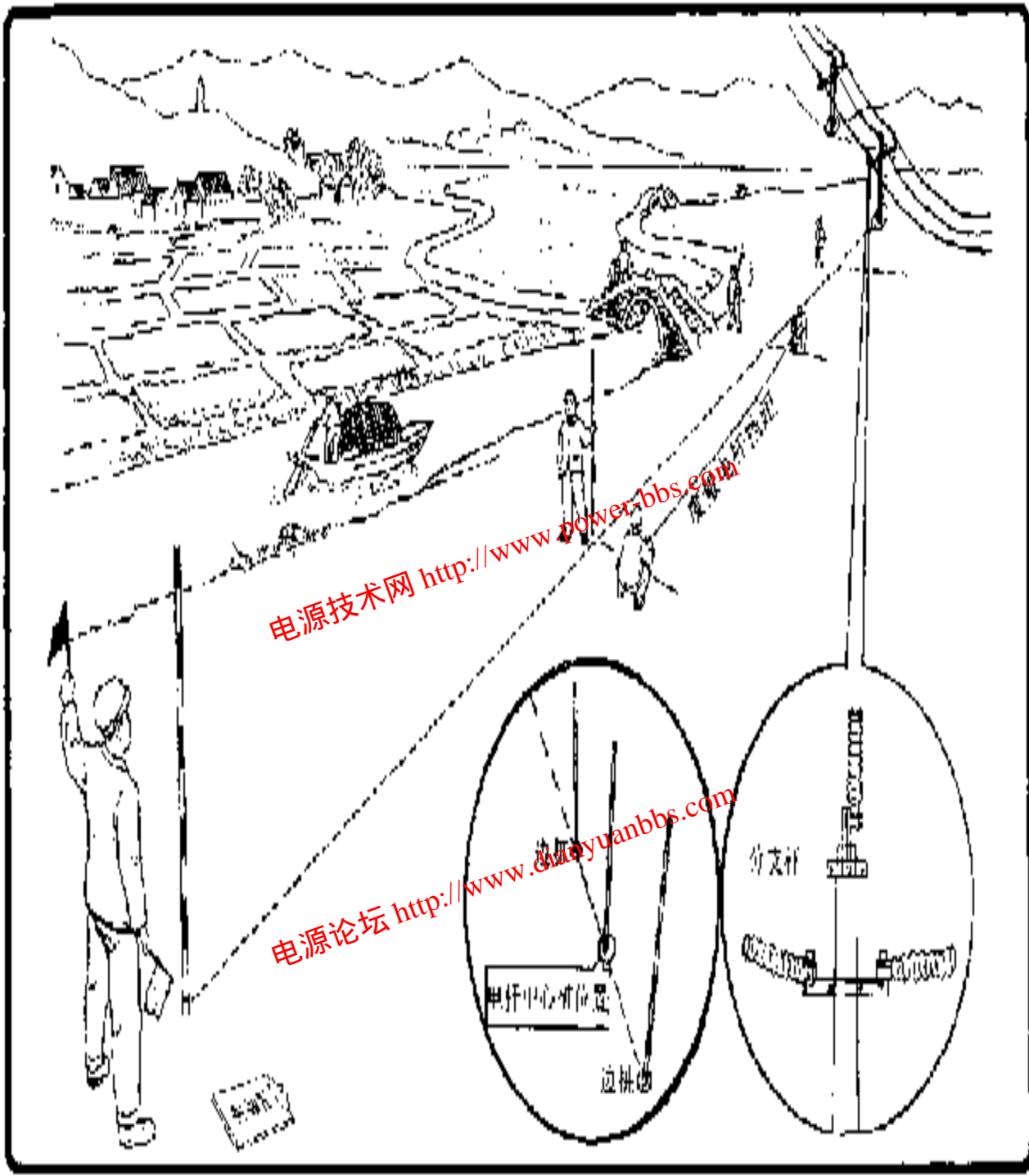


图 3-37 线路平面布置图

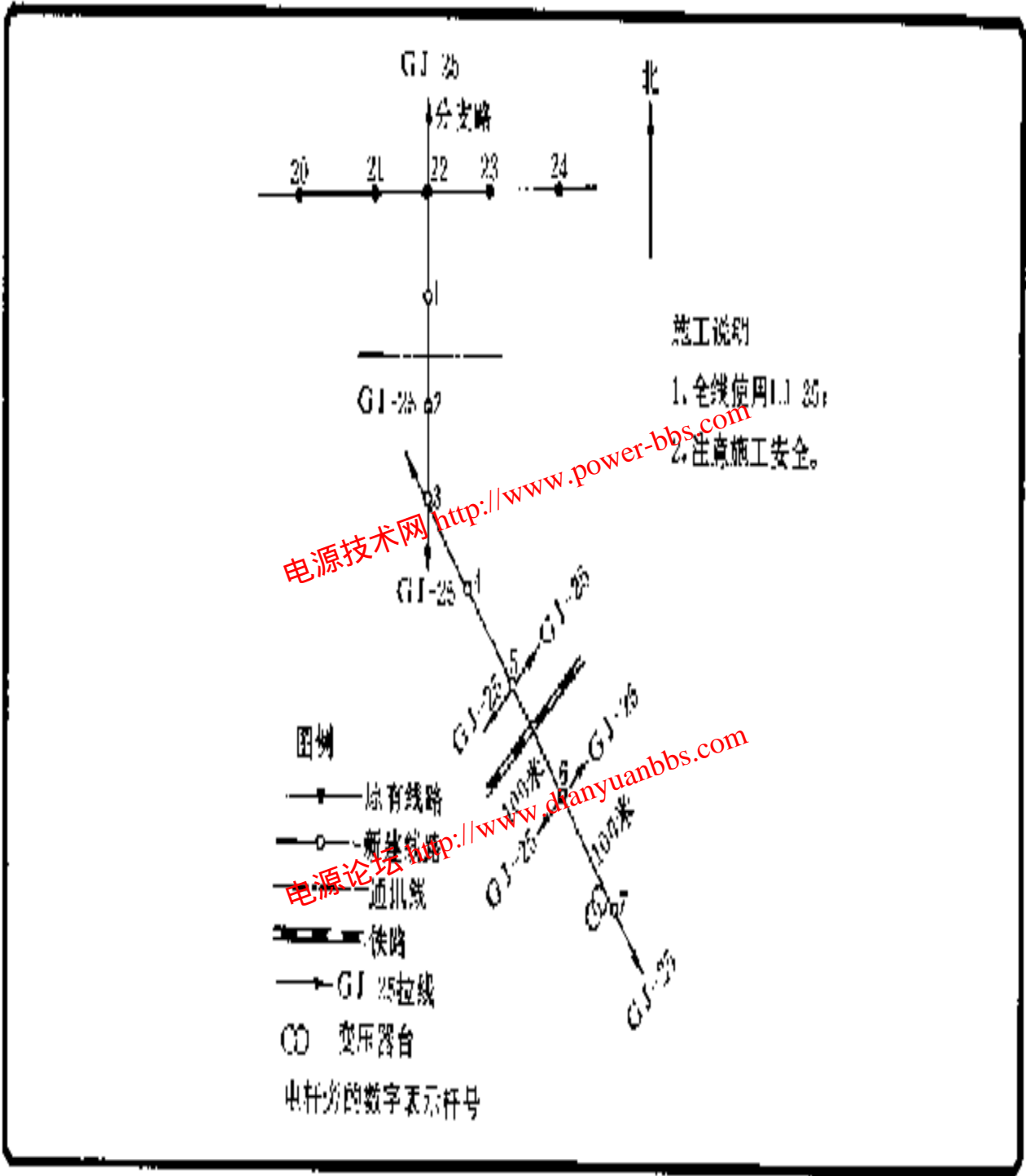
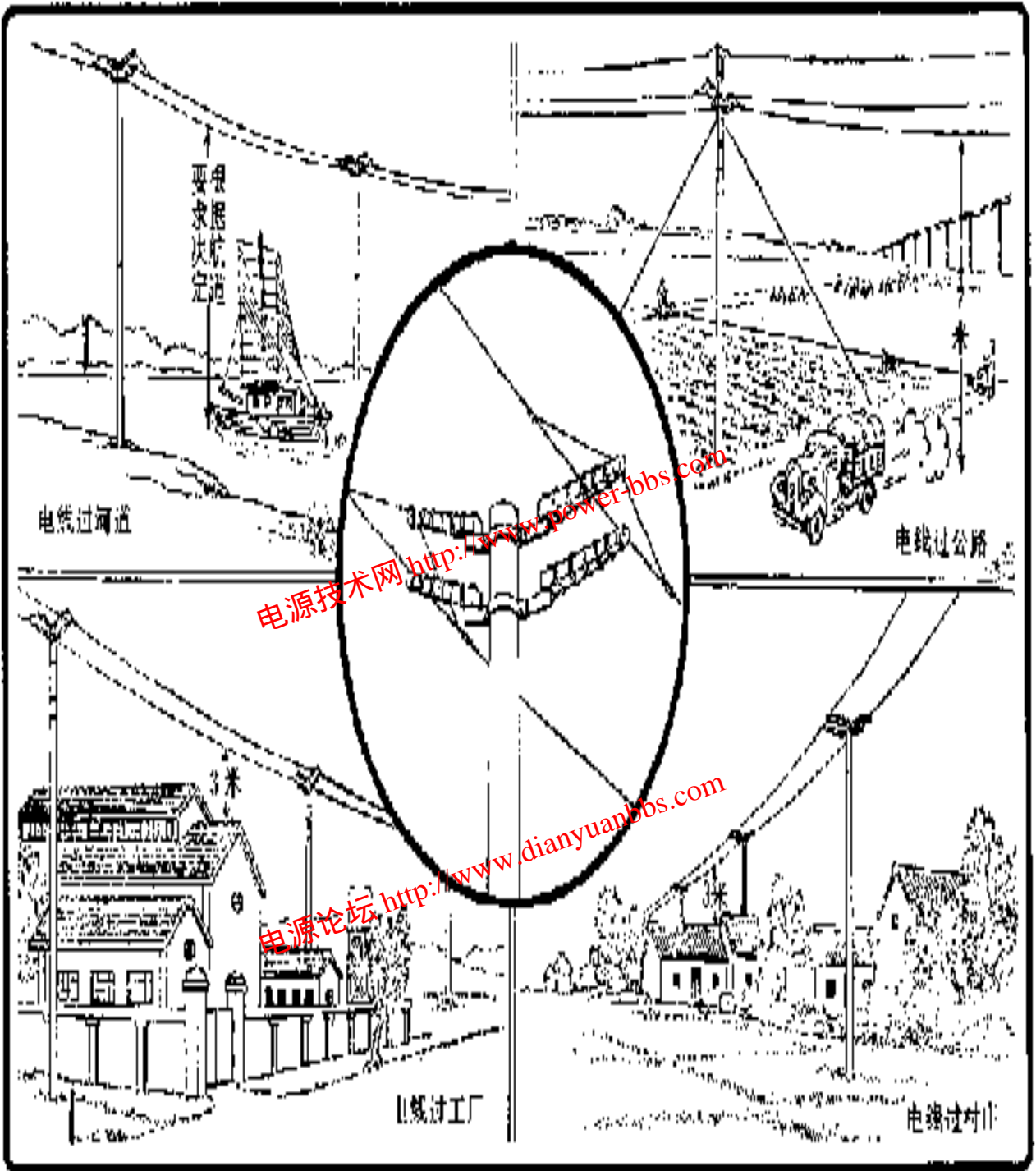


图 3-38 电线通过河道、公路、工厂、村庄时的高度



七、立杆

1. 立杆前结构部件的组装

部件组装关系到立杆安装质量,因此必须把好这一关。一般10kV线路的杆型零件都先在电杆竖立之前,把部件的大体分按技术要求尺寸安好并紧。特殊的杆结构部件适宜可以立杆后再安装。组装要点如下。

(1) 组装人员一定要全部掌握好各种线路电杆的结构型式和部件组装。

(2) 如图3-39所示,一般直线杆的顶担安装在杆梢下10cm处,圆铁横担安装在原担支架抱箍中心线下40cm处,耐张杆(跨越、终端、分支)中间相的各式瓷瓶挂线瓷瓶安装在杆尾下端20cm处,拉线抱箍安装在横担中线上20cm处。

(3) 圆铁抱箍、扁铁抱箍、瓷瓶、横担、螺丝一定要充足,防压附件不能缺少,横担卡口一定要符合要求,松动部位不能用东西垫紧代之。各个紧固件要用力拧紧。

(4) 绝缘瓷扣、瓷瓶,不可用锤或其他什物敲打,以免击坏。

(5) 安装部件一定要做到美观、实用、稳固、安全。

2. 立杆人员的组织

立杆人员组织应根据使用工具的情况和用杆的对象(如农村、居民、机关单位)而定。图3-40是立杆杆时的示意图。

3. 立杆工具的准备

立杆的方法有多种,无论采取何种方法都要提前做好立杆前的工具准备。图3-14是立杆需准备的各种工具。

4. 立杆的方法和步骤

如图3-42、图3-43所示。

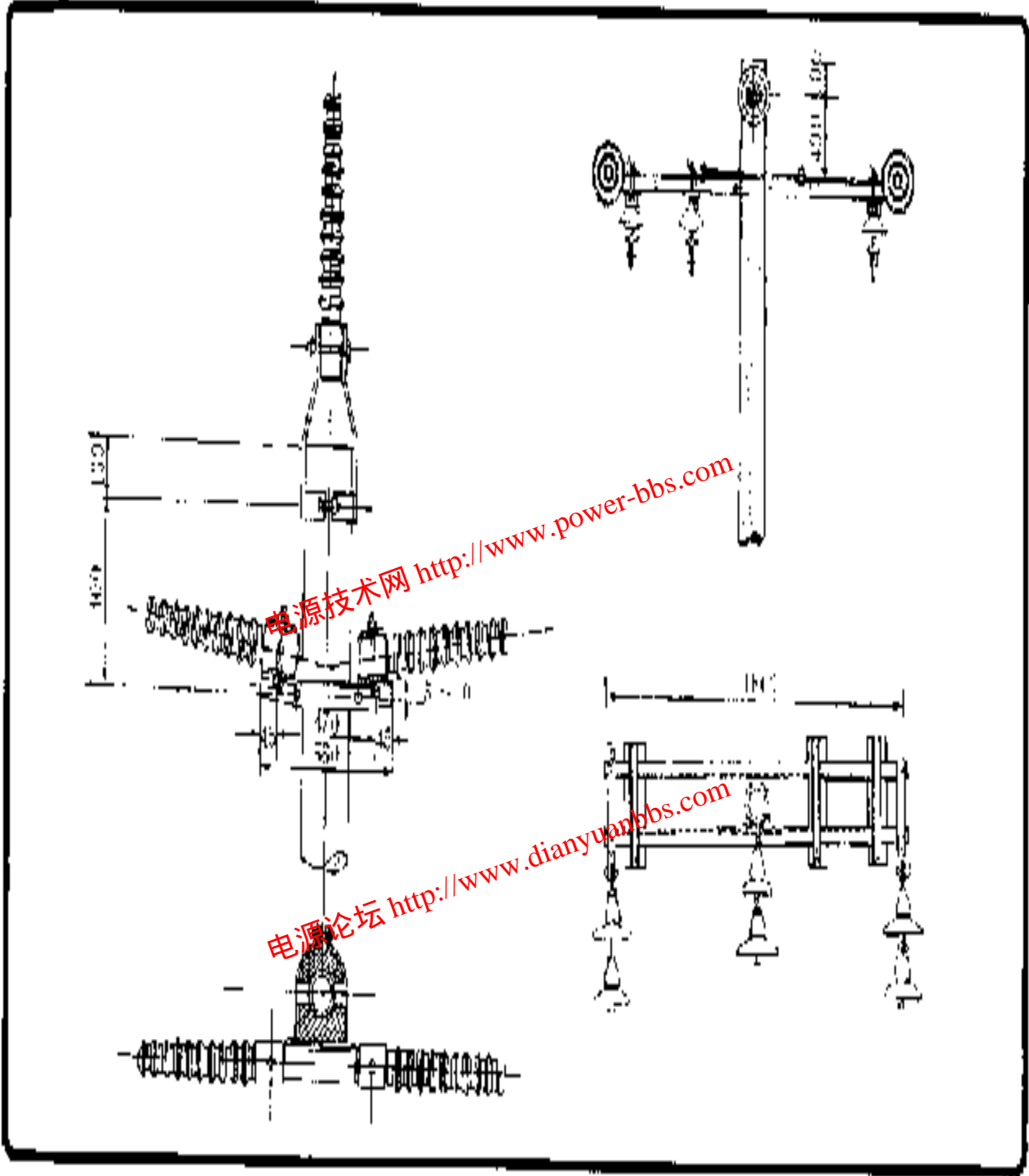
(1) 立杆架的竖起

① 把立杆架前脚对称地张开(以杆坑为中心,两脚各张开1m左右,总脚距约为2m左右),并使两脚距离杆坑的中心线约400mm,装上两根钢丝绳。在距杆坑前后各约15~20m处,各吊上一根角铁桩。

② 由2~4人牵拉一端牵绳,由2人各管一只立杆头脚,防止呆脚向前移动。由4~6人扛抬立杆架,使立杆架上抬高时,由一人照顾另一端牵绳。此外,应由一人担任施工指挥和安全监护。

③ 当立杆架上部离地约半人高时,牵绳人员应协力使劲牵拉牵绳,同时抬杆人员应弯腰用肩扛抬杆木,并渐渐伸直腰背,随之,前两人渐渐向前移动,后两人改用双手支

图 3-39 杆的组装



266 用钢电手册

图 3 40 立杆时各工位人员示意图

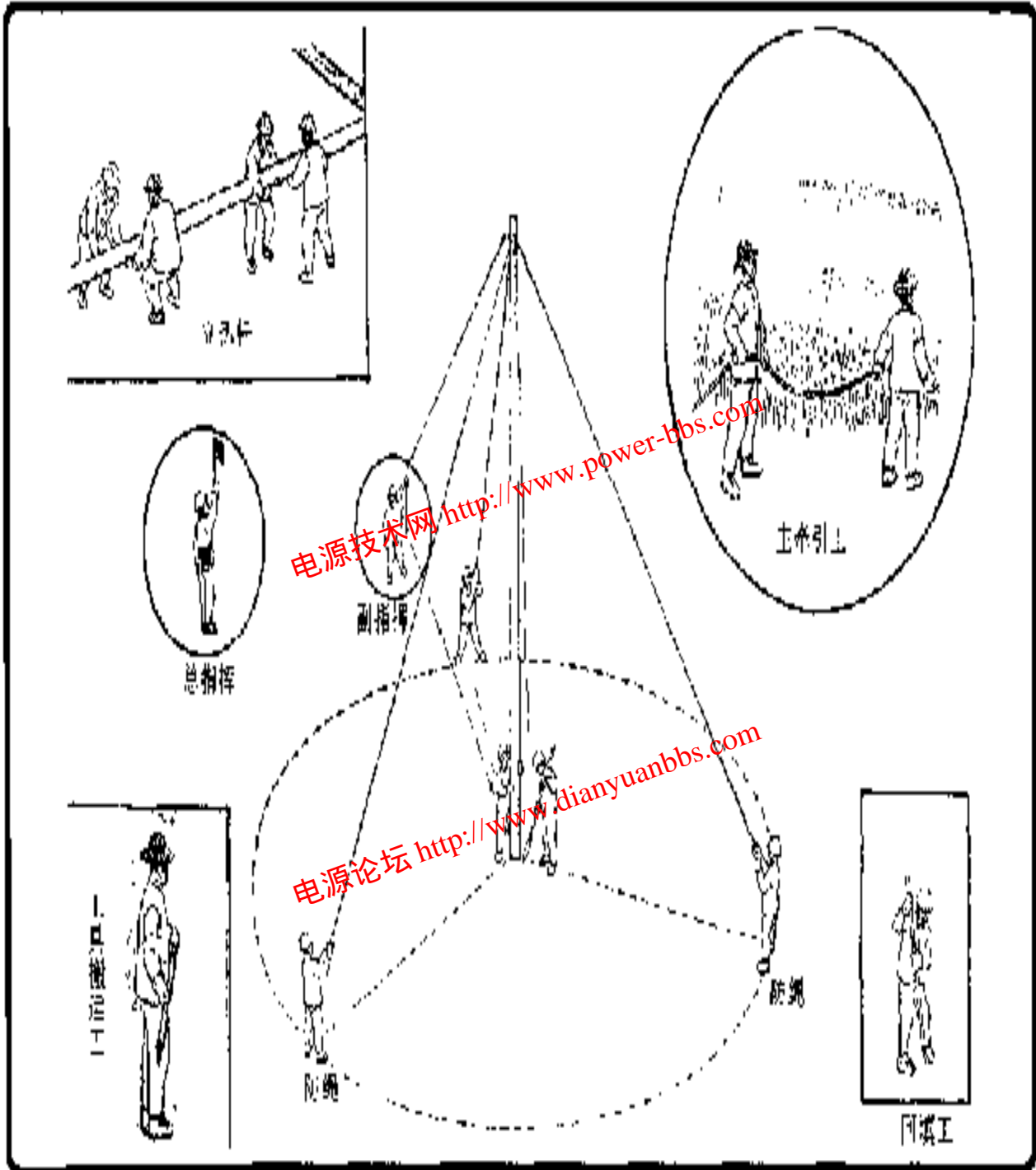


图 3.41 立杆需准备的各种工具

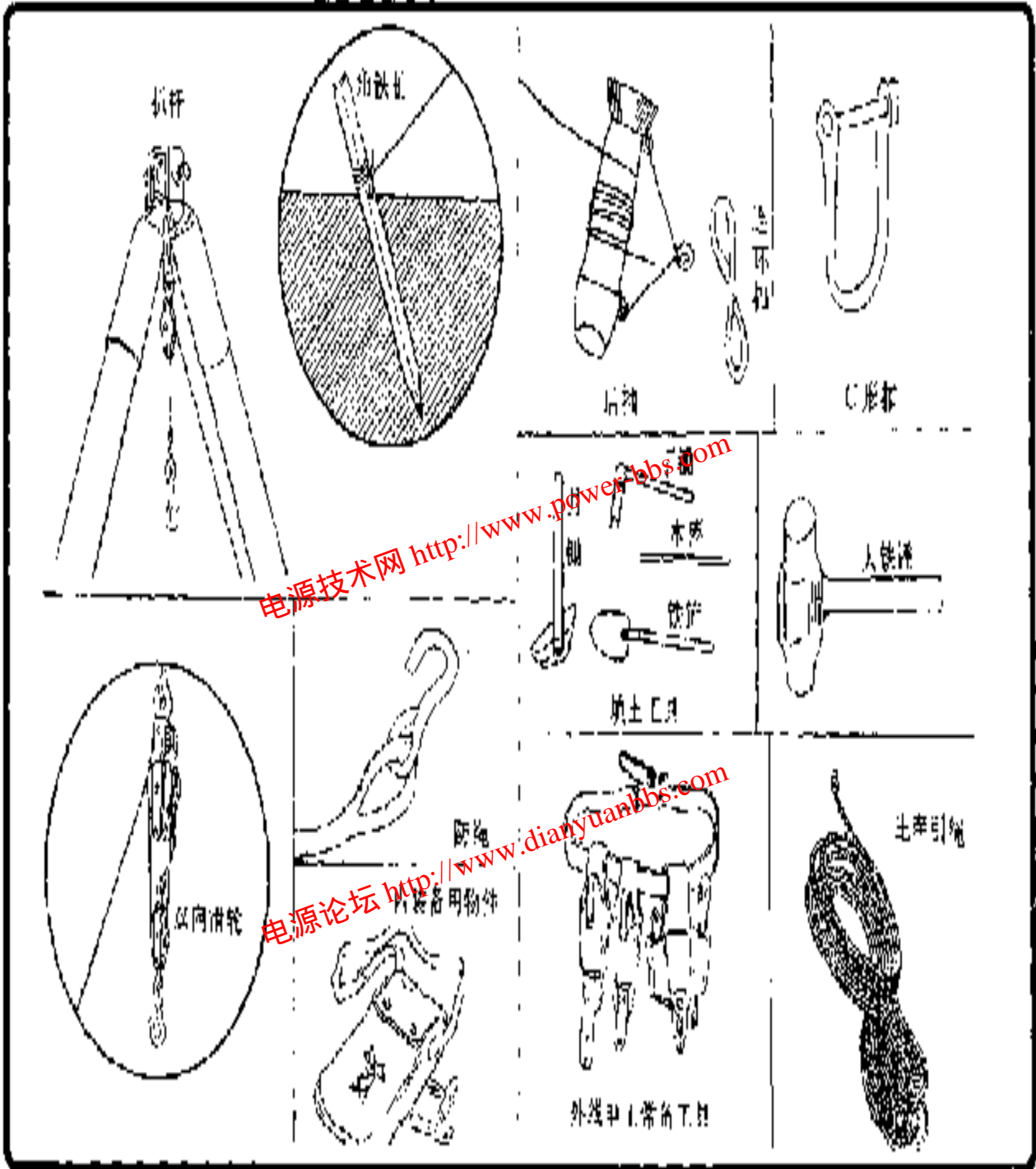


图 3-42 立杆架的竖起步骤一

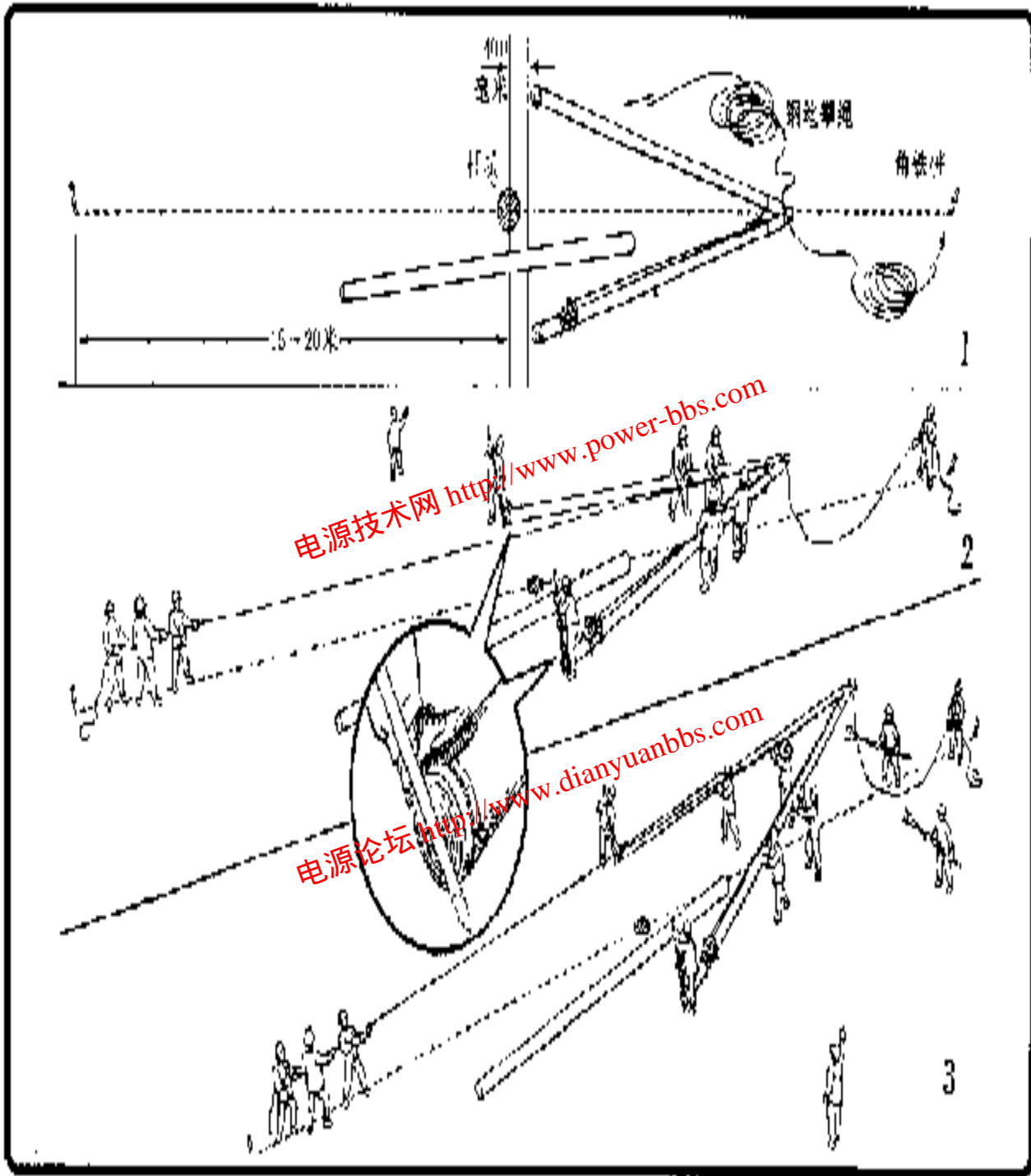
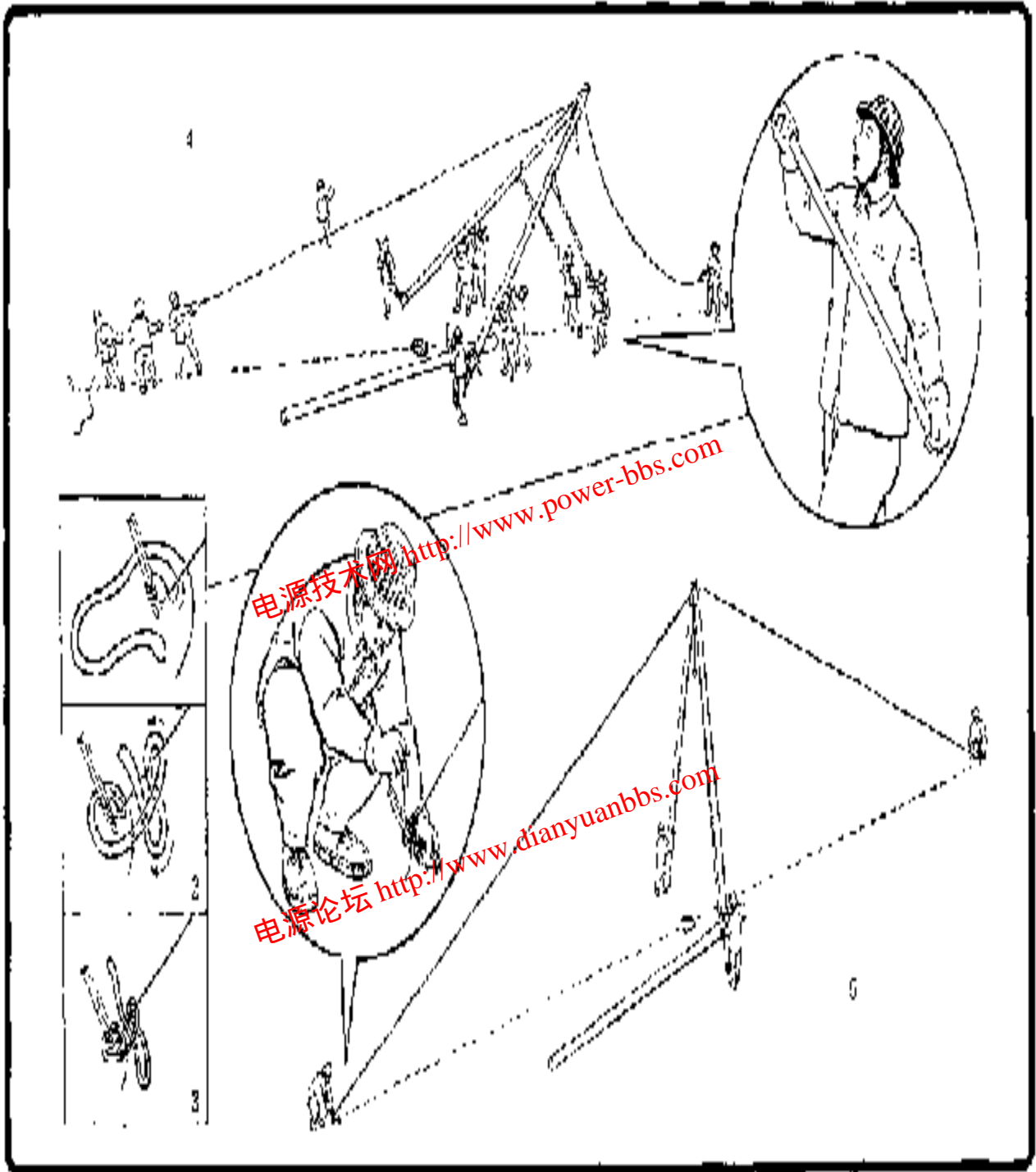


图 3.43 立杆架竖起步骤二



270 图解电工手册

撑柱木,使立杆架上部不断升高。

④ 当立杆架上部升高到用双手支撑已使不出劲时,应由两人立即用推杆叉来支叉柱木,使立杆架上部继续升高。当立杆架与地面的夹角超过 60° 时,继续升高所需的力,就主要依靠牵拉攀绳来完成。所以,那时牵拉者必须加劲,但抬拍和支撑人员工作不能停止,前两人可使用双手推撑柱木,后两人可把推杆叉的位置不断前移。当立杆架与地面夹角超过 75° 时,支撑工作可以停止,但原扶撑杆者仍需继续扶撑,直至立杆架完全立直。当立杆架完全立直后,应立即把钢丝绳两端收拢后分别扎结在两个角铁柱上。绳结必须打在着铁柱近地面的根部,切不可在角铁上端处。

(2) 电杆的起吊和入坑

当立杆架竖起后,就可吊装电杆,如图3-44、图3-45所示。

① 在杆梢上应先装好牵绳、脱离钩和脱离绳。牵绳应均匀地分布在电杆圆周上。

要用两或三只U型环,把长约是电杆圆周六倍的铁丝缠的两端,相距约250~300mm后扎紧(必须扎得牢固可靠),使之成为钢丝绳圈,然后扣套住电杆,扣位置约在离杆径 $2/5$ 处。

② 把立杆架上的吊钩勾住钢丝绳圈吊口。

③ 进行试吊。毫播几下绞盘机构手柄,使电杆上部离地,由一人去试推一下电杆根部,如果很轻松地能推起根部,证明钢丝绳扣套位置正确,否则应重新移动。观察立杆架被吊后有否出现反常现象,必须一切正常,才能正式起吊。

④ 渐渐摇动绞盘机构手柄,使电杆弓起。同时密切注意各种情况,如电杆离地是否平稳,立杆架各部分的工作是否正常等等。

⑤ 起吊前,应有两人站在电杆根部两侧,当电杆上段经吊起,两人即应扣紧铁钩,并随电杆继续上升而向前移动。

⑥ 当电杆吊直后,在根部离地约200mm时,即可停吊,此时两次抬电杆根部者即应把电杆导至杆坑上方,等待埋入杆坑。

⑦ 当电杆吊直后,把电杆根部插入杆坑,并加固杆套即可。

八、放线

线路的全部电杆架立好以后就可以进行导线的放线。导线在杆上的安装是线路杆上高空作业的一个最重要环节。

图 3-44 电杆的吊起

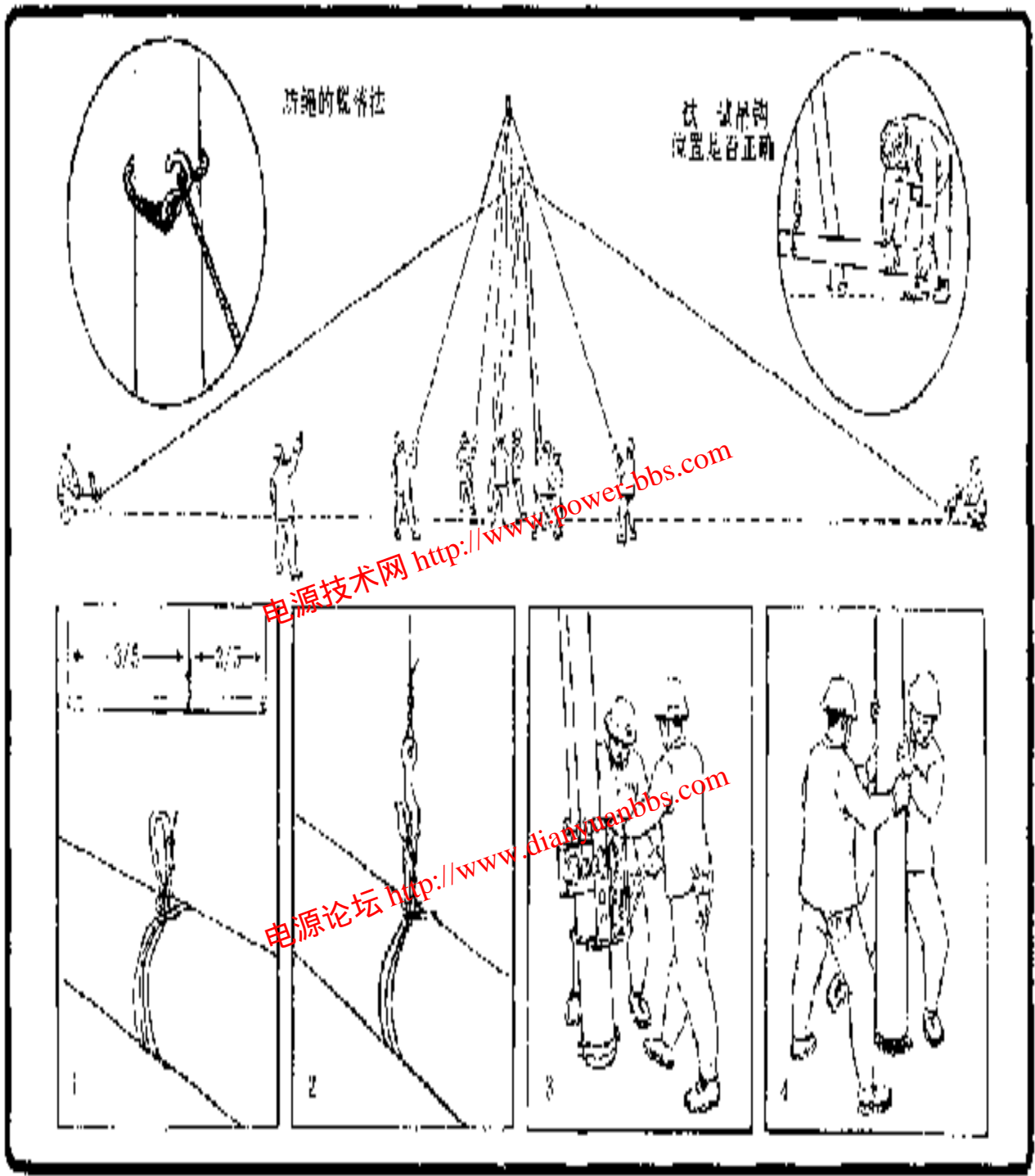


图 3-45 电杆的人坑和加固

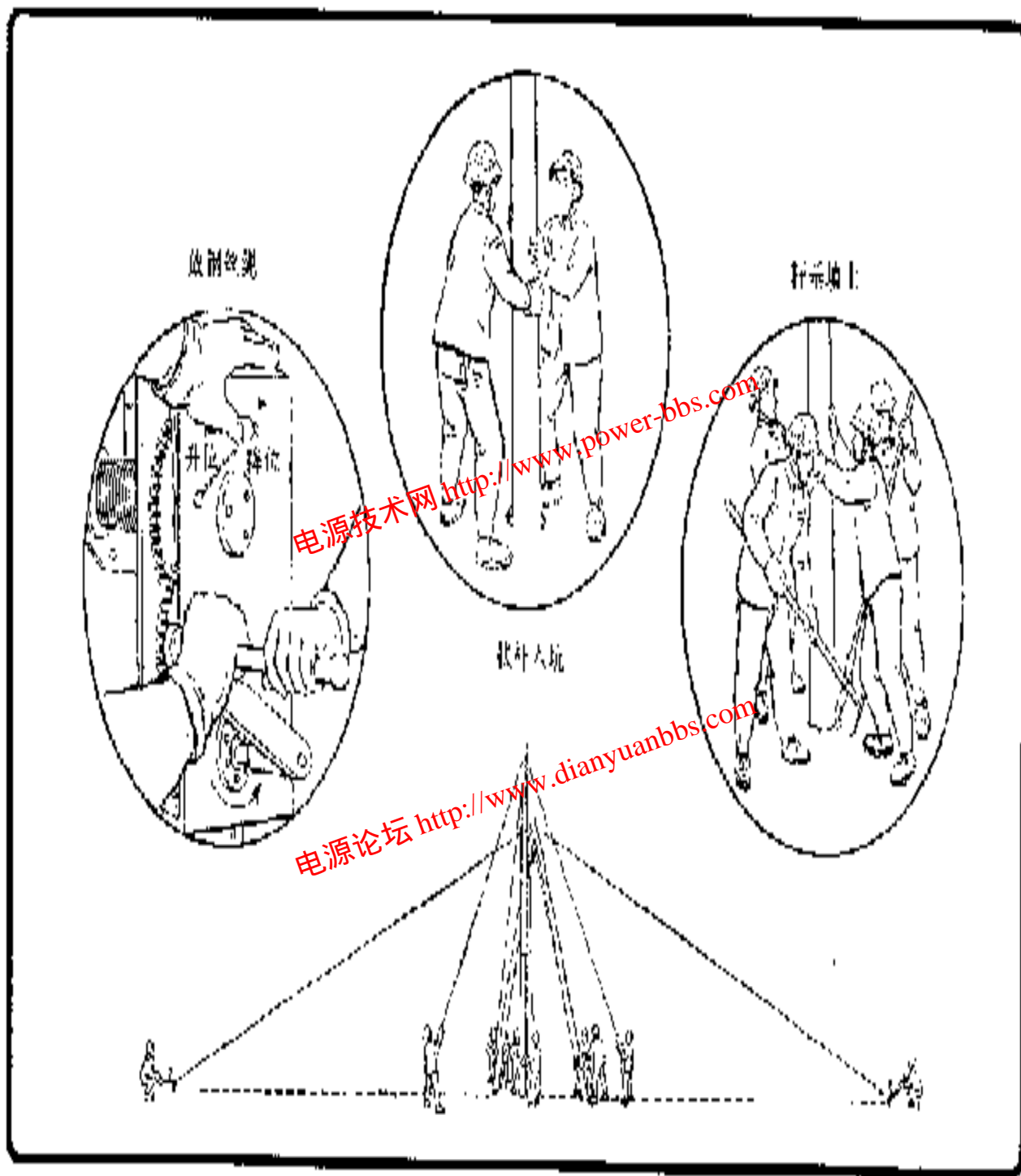


图 3-46 放线方法与步骤

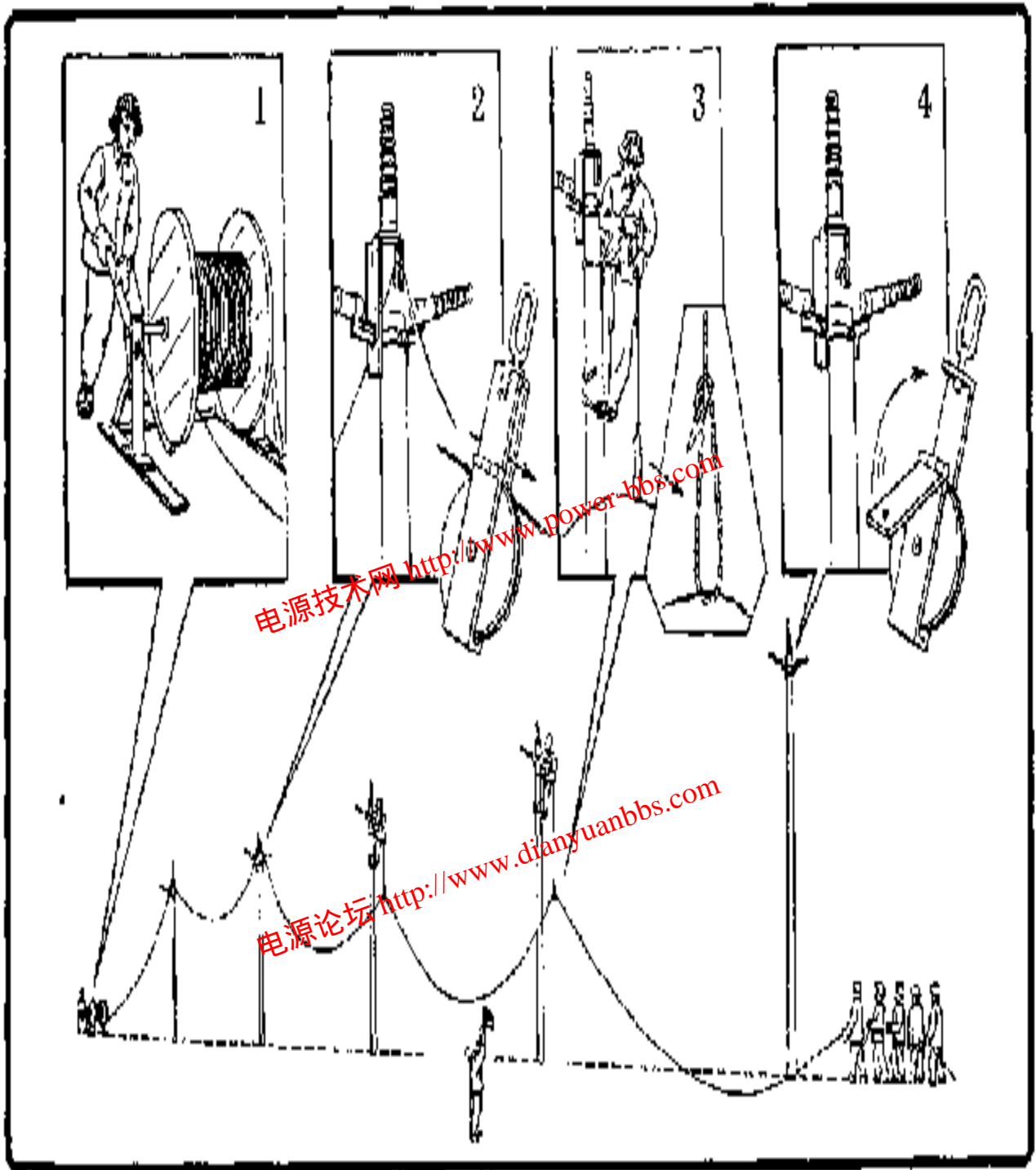


图 3-47 紧线方法

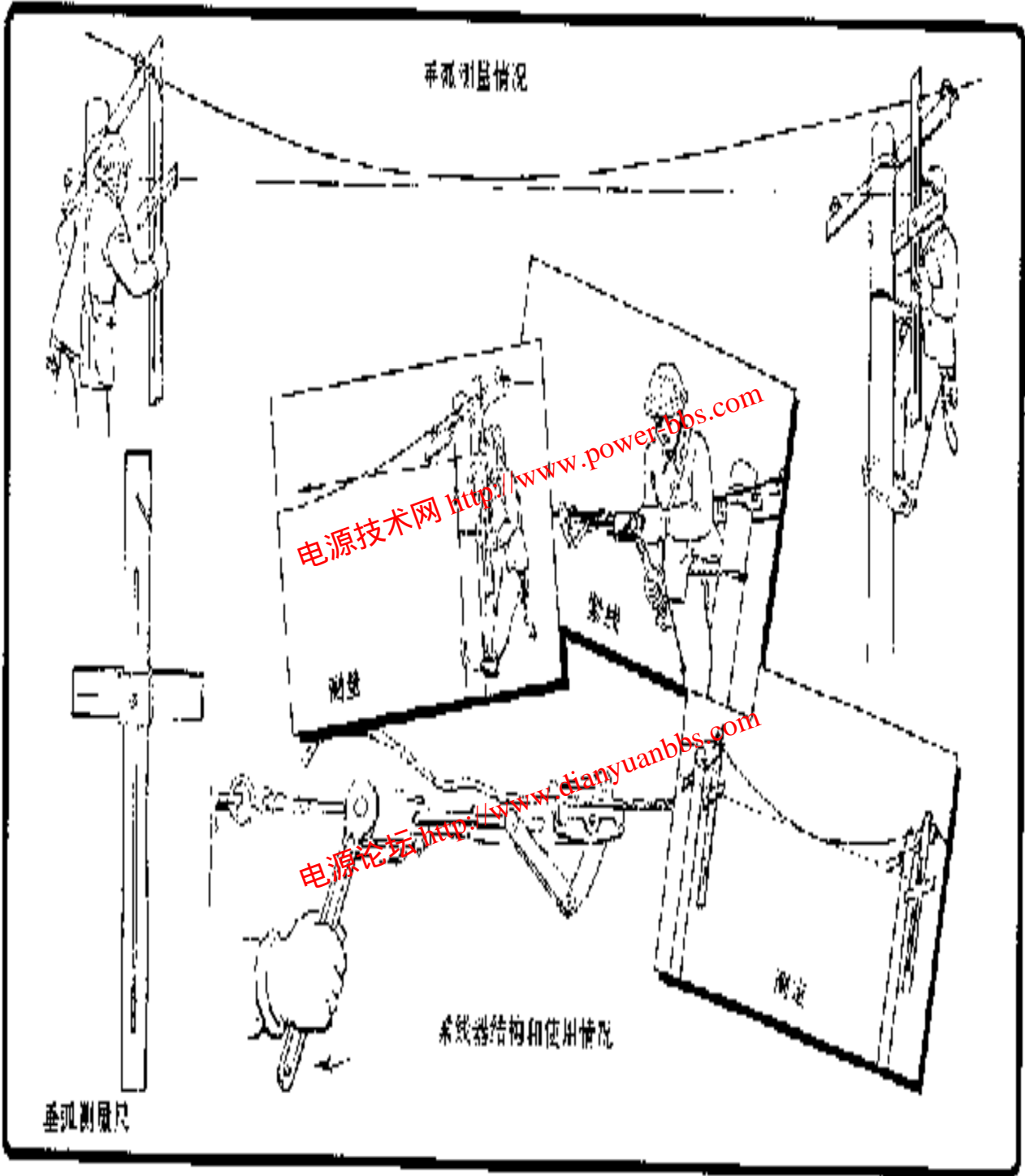
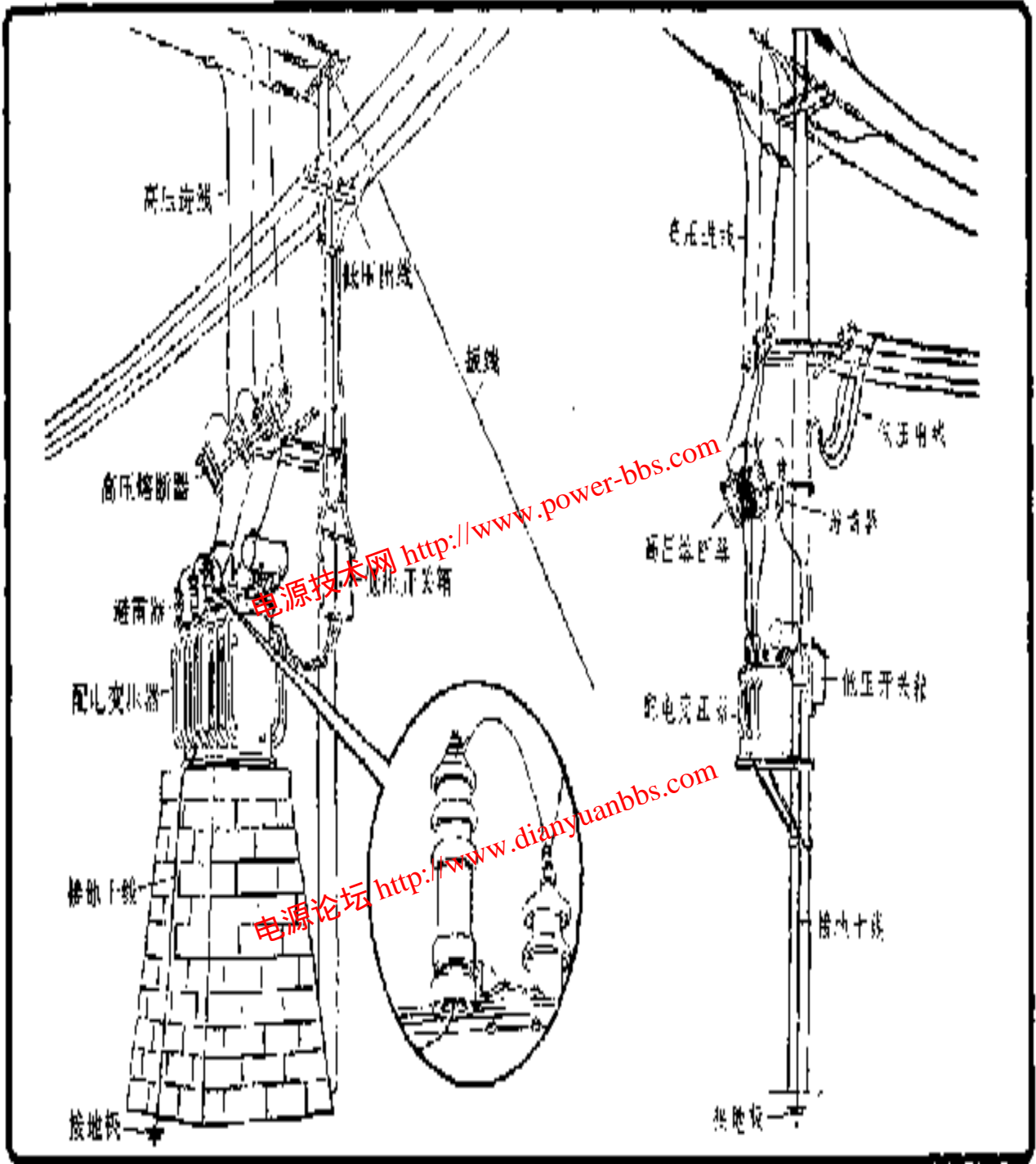


图 3.48 两种形式的配电变压器装置



276 图解电工手册

1. 放线步骤

(1) 把导线线盘装串圆铁线轴谨慎小心推入已擦好的放线坑, 垫上固有卡槽的木条(或铁架), 校好水平。

(2) 按照分工负责制, 各就各位。

(3) 放线可三根导线同时进行。为了加快放线进度, 负责挂线的安装员必须提前三杆, 做好把导线档入滑轮的准备。每一条线一到, 必须分清导线相序, 不要打乱, 再把导线挂上滑轮, 打好横盘。

(4) 当导线需要跨越带电导线时, 应停电进行。若停电有困难, 搭好跨越架后再放线(包括电话线)。通过公路、铁路、施工房屋时, 要注意车辆通行, 防止事故发生。

2. 紧线方法

当放线工序完成之后, 就可以开始紧线。紧线前先检查电杆(终端杆、分叉杆)转角杆、跨越杆等的拉线是否做好, 杆梢部位是否安完、紧固好。筹备工作无问题了, 可接着开始转入顺序的紧线。如图 3-47 所示。

九、配电变压器和辅助设备的安装

1. 配电变压器及其辅助设备

从高压变电站输送来的 10kV 电必须通过配电变压器和辅助设备降低电压, 才能供给用户所需电压(如 380V

和 220V)。

如图 3-48 所示配电变压器及其辅助设备有以下几个部分组成。

(1) 配电变压器为供电的三体设备, 主要功能是把高压变为低压。

(2) 跌落式熔断器(也叫高压熔断开关、令克)。它是在用电过线或变压器和用电设备短路时, 作保护作用, 并且可作隔离开关切断电源使用, 每一相附设有合适熔断丝一根。

(3) 避雷器。它主要作用是当雷电来时, 避免产生变压器。

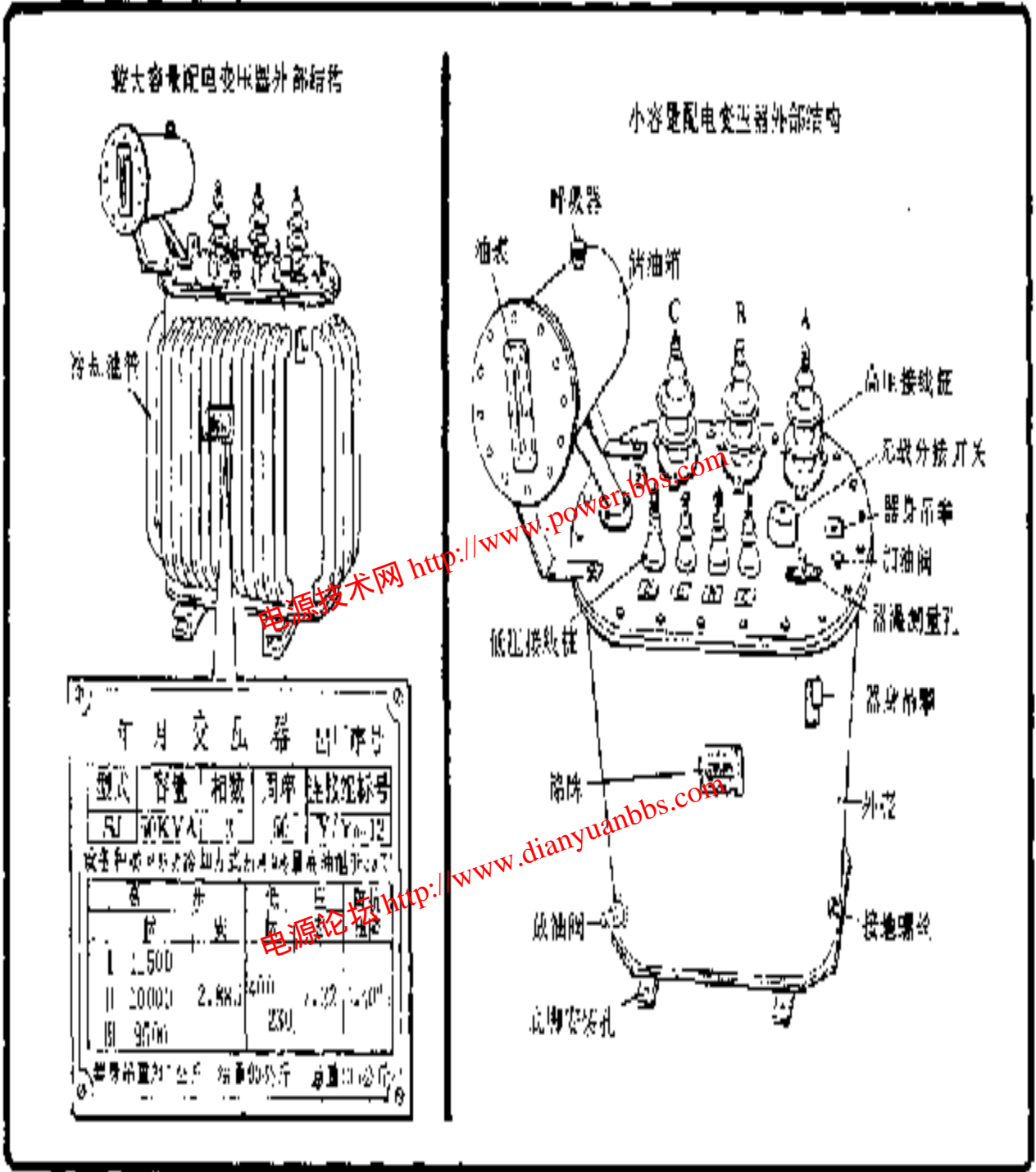
(4) 变压器降低电压后供给用户, 要设有配电箱或电表箱。

2. 配电变压器

配电变压器也叫电力变压器, 目前应用最为广泛, 是工业生产、生活一输电和配电不可缺少的设备, 如图 3-49 所示。

一般电力变压器外部有铁箱焊成的外壳, 油枕, 散热管, 温度计, 加油阀, 放油阀, 油位计, 温度表, 电压调整开关, 防爆管(这种设备是与容量在 1000kVA 变压器时才装), 呼吸器及高、低压绝缘套管。变压器内部由 0.35~0.5mm 的硅钢片叠压而成的铁芯(如绝缘漆), 还有绝缘物

图 3-49 配电变压器



278 图解电工手册

包扎好的铜线或铝线(漆包线、纱包线)绕制而成的原绕组(初级)和副绕组(次级)。外壳内装有变压器油(10°、25°)。

变压器是根据电磁感应原理工作的。当初级线圈送入电压时,线圈就产生交变磁场,次级线圈在这交变磁场的感应下,就产生感应电压,电压与线圈匝数成正比,匝数多,电压就高;匝数少,电压就低。而两个线圈内的电流大小与两个线圈的匝数却成反比。所以用户得到的电压就是通常使用的 380V 和 220V 电压。

3. 变压器的选用

选用一台适用于一个单位或一个村庄使用的变压器是根据近期使用电力容量大小和远景规模相结合进行的。一般变压器的容量是总电力容量的 80% 左右,如容量为 100kVA 的变压器,实际只有 80kW 容量输出。熟悉变压器铭牌的主要技术数据是选用变压器的前提,如表 3-49 所示。

(1) 变压器容量。以千伏安(kVA)为单位,大约按上面比率换算。

(2) 电压。分为高压侧电压和低压侧电压。高压侧电压一定要与高压线路输入电压相匹配,低压输出电压也应与用户使用电压相符合。大多数单位和农村都使用 10kV 电压输入,低压输出为 380V 和 220V,也有特殊使

用 35kV 输入,输出 3kV 和 6kV 级电压或 380V 电压级。

(3) 电流。分为高压输入电流和低压输出电流。用户在用电的时候,总的电流不许超过变压器规定的数值,过载会使变压器寿命缩短,甚至烧坏。

(4) 型式。目前使用的有 SJ、S、S₂、SL、SJL 等型式。S——三相变压器,J——指浸自冷式,L——铝线线圈,1 或 7 脚数——为产品设计序号(改进型)。

(5) y/yn-12——为内移线圈连接组别。

(6) 阻抗电压。百分比分计。

目前选配的配电变压器大都以 S₂ 为多。也可选用 SJ 变压器系列。

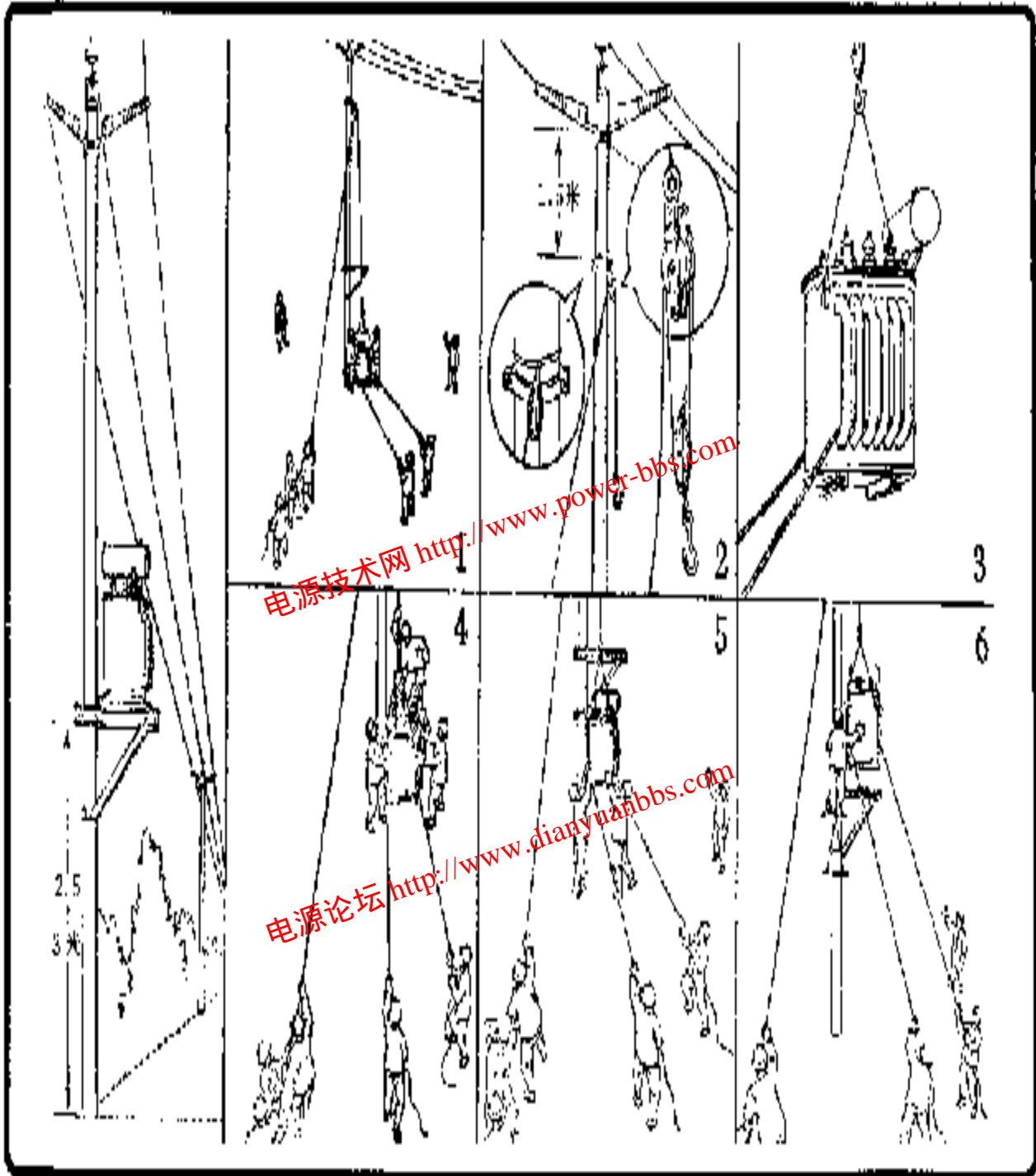
4 配电变压器的安装形式和具体安装步骤

由于安装变压器的位置受到地理位置和供电范围的限制,所以变压器的安装形式都有不同,采取何种方案由设计方案定。选用的形式和安装步骤如下。

(1) 单杆台式安装。直接把配电变压器安装在电杆上。这种形式农村应用得较多,但一般只适用于 50kVA 以下的小型配电变压器。如图 3-50 所示。

(2) 双杆台式安装。这种方式是把配电变压器制装在两根电杆上。此方式适用于 100kVA 以上的较大变压器。两杆电杆中一根是主杆(即架设有线路的电杆),另一根是为安装需要而竖立的副杆(一般较短,可用 7m 重型水泥

图 3.50 单杆安装变压器



280 图解电工手册

杆),两杆开档距离随变压器的安装尺寸而定。连接两杆的横合式横梁用槽钢或工字钢,横梁的安装高度在 2.5~3m 之间,不宜过高或过低,并在横担两端杆上各装一副抱箍来固定高度(使横担在抱箍上),变压器就装在横梁上,如图 3-51 所示。

(3) 墩台式安装。这是把配电变压器安装在石砌(或砖砌)墩台上的一种形式。它适用于农村常用的各种容量配电变压器。墩台面的大小应根据变压器的安装尺寸而定,要有余量,以便于工作,墩高应保持在 2.5~3m 之间,不宜过高或过低,如图 3-52 所示。

5. 配电变压器输入侧的接线

(1) 三线制线路的连接

配电变压器的输入侧,就是高压侧。一排共有三个接线柱瓷瓶,分别用颜色黄、绿、红和字母 A、B、C 同时标出。

为了防止鸟虫类在高压连接区域内造成短路事故,跌落式熔断器到输入侧接线柱之间的连接线,宜采用绝缘电线,并宜在每一接线柱上套一只绝缘帽。连接步骤见图 3-53。

三线制线路的三根架空线,应分别各用一根连接线串接一只跌落式熔断器后到一个接线柱连接,并各应对准相位,如黄——黄、绿——绿、红——红。铝质连接线应用铝质接线耳,用压接法连接,铜质连接线用铜质接线耳,用锡

接法连接。

(2) 二线一地制线路的变压器连接

图 3-54 示出了二线一地制线路的变压器输入接线装置。二线一地制高压配电线路,架空的只有两根电线,另一根利用大地作为导体,所以配电变压器输入侧的三个接线柱中,有一个要和大地进行可靠的连接,但三个接线柱中不可任意选一个接地,而必须和高压变电站中的电力变压器输出侧的接相相位取相一致。例如,高压变电站中的电力变压器是 C 相(即红)接地的,那么配电变压器也必须 C 相接地,如果电力变压器是 B 相(即绿)接地的,那么配电变压器也必须 B 相接地。切不可接错。根据各地的应用情况,没有采用 A 相(即黄)接地的形式。

注意:接地必须十分可靠。接地线规格要和架空连接线一致,并不可和其他接地线联片后通入大地(如不可和避雷器接地线、变压器外壳接地线,以及低压零线接地线零线并),必须单独和接地干线或接地极进行妥善连接。同时,接地电阻必须达到 10 欧姆以下,否则会影响电压的平衡和运行的安全。

6. 配电变压器的管理、维护保养和常见故障

如图 3-55 所示。

(1) 经常的管理和维修保养范围:

(a) 定期测试输出侧的电压和电流。必须使中压和电

图 3-51 双杆安装变压器

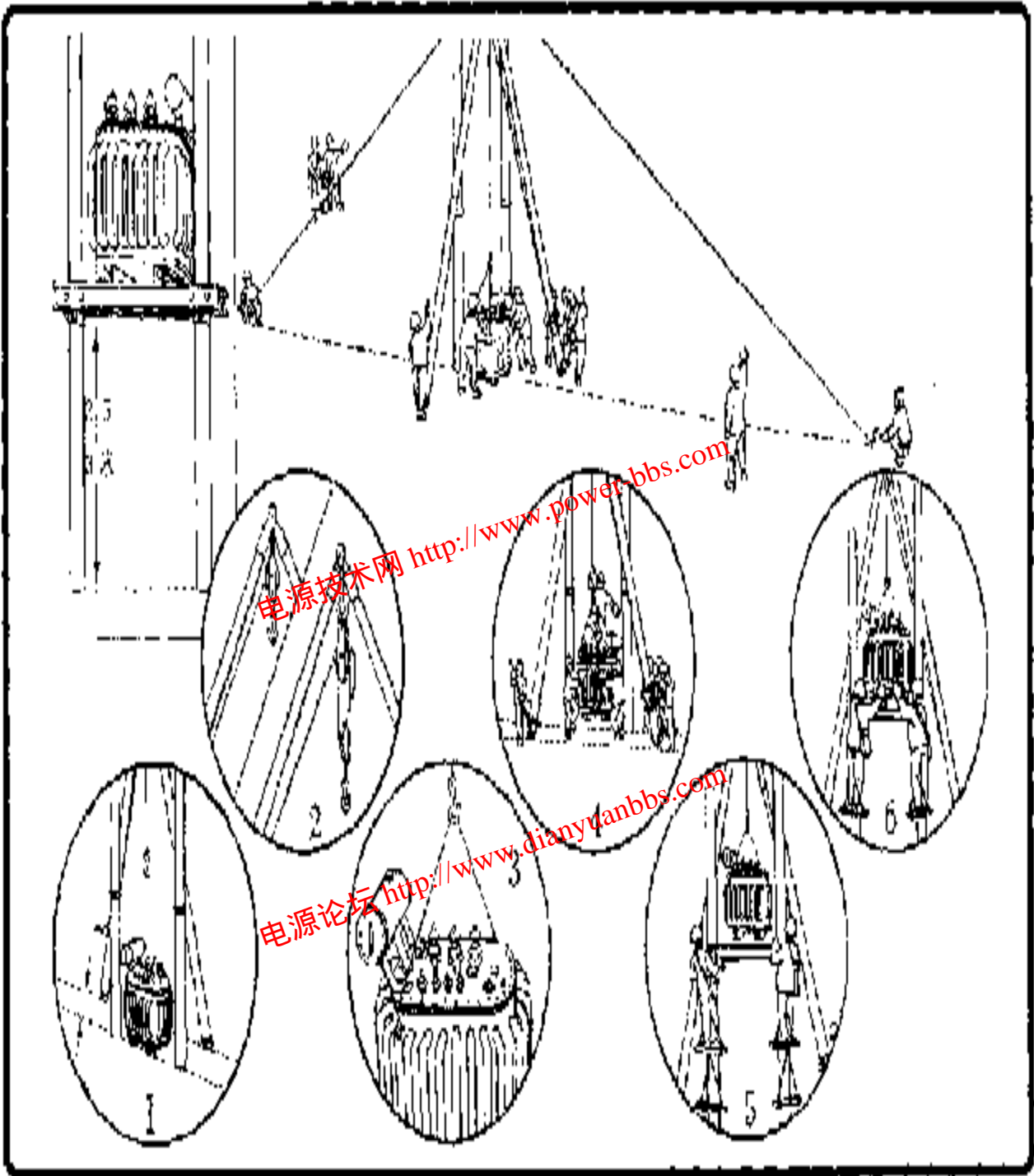


图 3 52 墩台式安装变压器

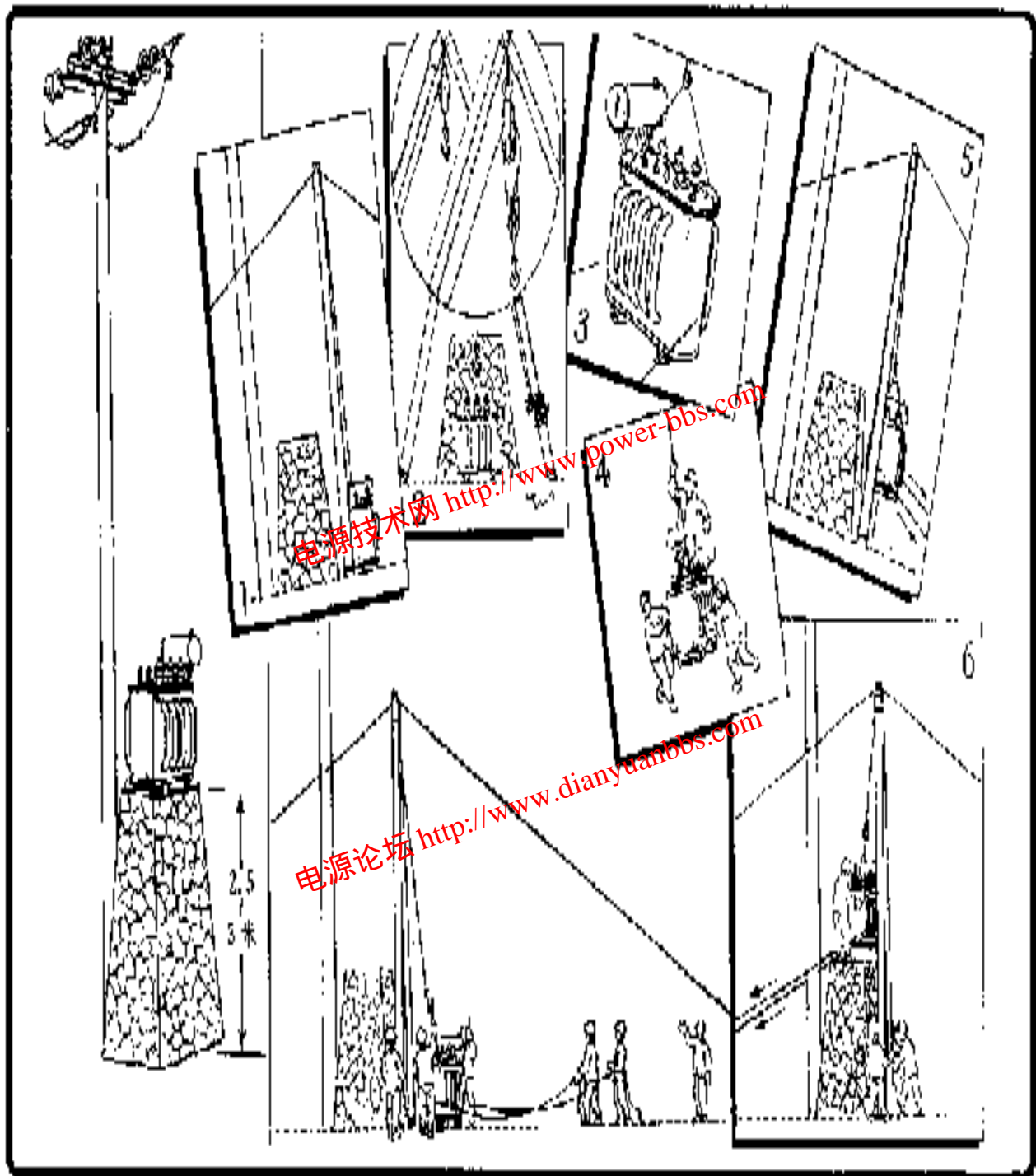


图 3-53 变压器输入侧接线图

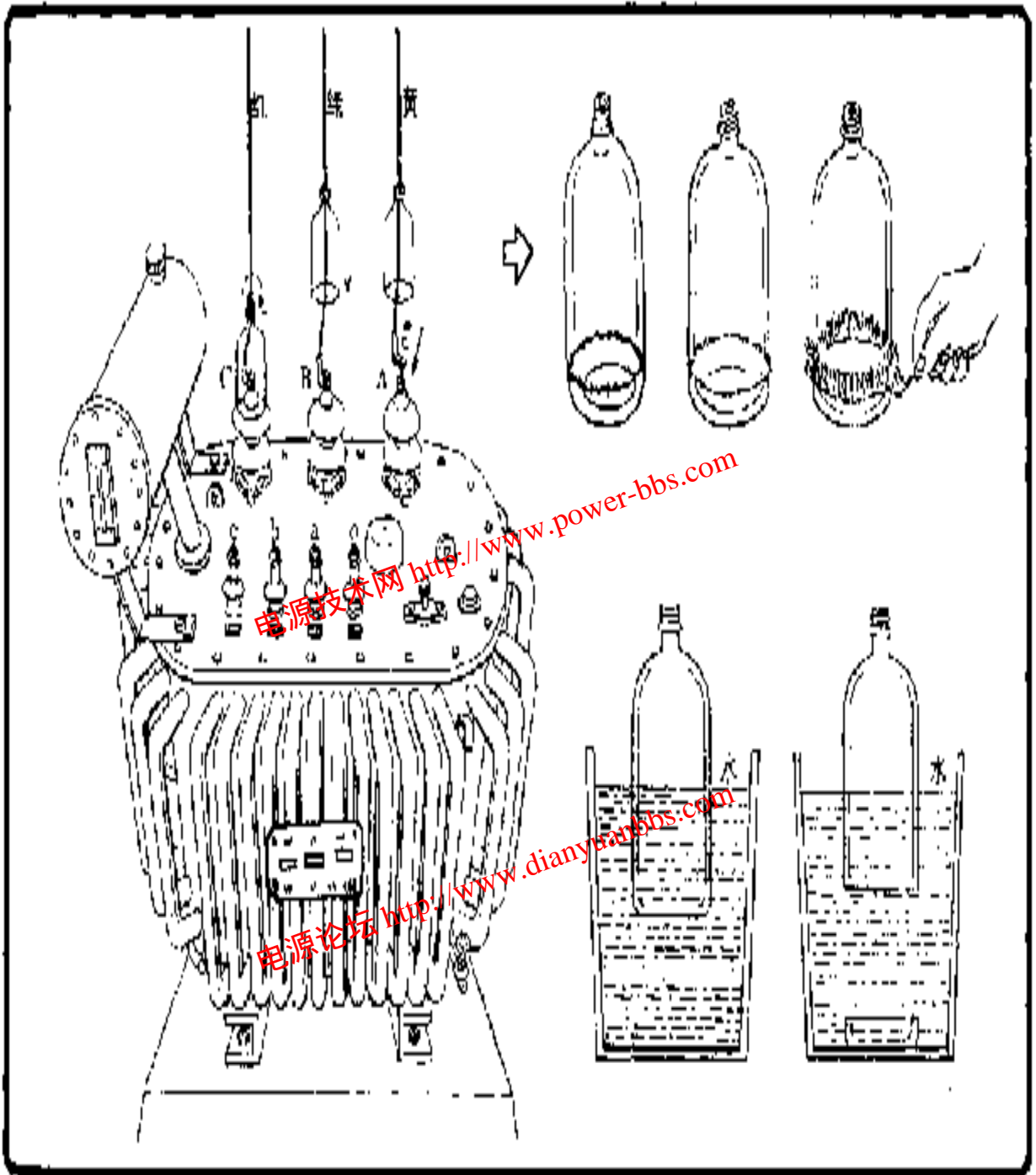


图 2-54 二线一地制线路的变压器连接

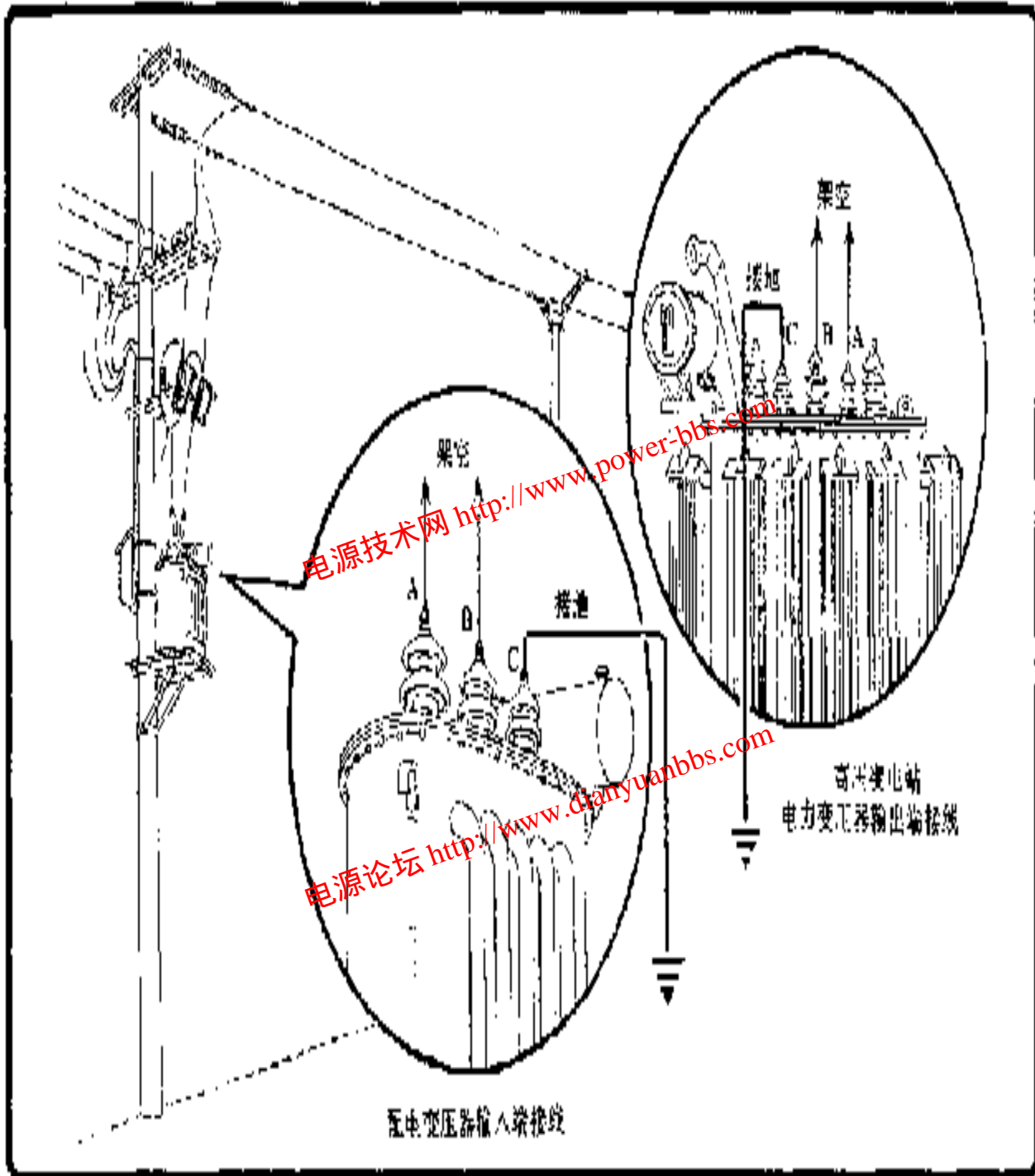
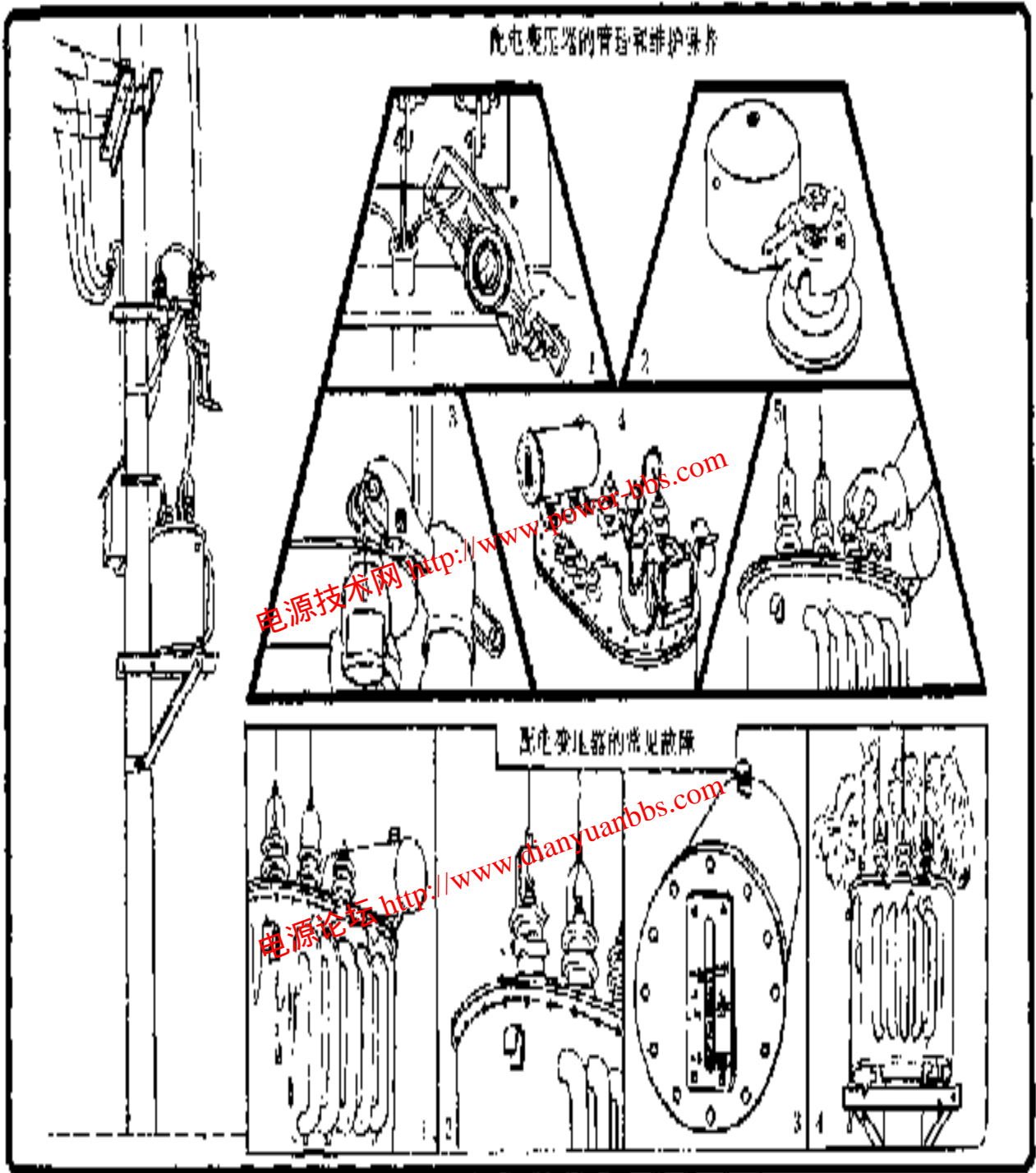


图 3-55 变压器常见故障及维护



286 图解电工手册

流保持在额定值范围内,如果出现电压过高(或过低),应调节分接开关。如果电源电压过大,应减少用电量,测试时注意安全,防止触电。

② 配电变压器上的分接开关有三档位置,在正常情况下,应放在Ⅱ档上。如果低压侧的电压高于420V时,应移Ⅰ上,当电压低于380V时,应移Ⅲ档上。一般应使输出电压保持400V为标准。

③ 定期取出变压器油样,送电力管理单位检验。若发现油样有水分或老化,应换油。

④ 定期测试配电变压器的绝缘电阻。必须测高低压之间和高压和外壳之间的绝缘电阻,符合要求。

⑤ 定期清除积垢(尤其在高压侧和瓷瓶上)。

应特别注意,在②、③和⑤的操作前应断开每只跌落熔断器的熔管,在保证无电情况下才可操作,万万不可粗心大意,以免发生事故。

(2) 常见故障:

① 漏油(常见的地方有放油阀、冷却管焊接处、管接头等处,以及接线柱瓷瓶安装处等)。

② 瓷瓶破碎。

③ 过磁(会出现油位升高,器温过热和响声加大等现象)。

④ 线圈烧毁(会出现严重溢油,响声严重加大、冒烟和

发出异味现象)。出现上述故障现象,应停用检修。

7. 高压熔断器的安装和操作时注意事项

(1) 跌落式熔断器。在熔丝烧断时,熔管会自动跌落,从而使电源切断,保护了线路,跌落式熔断器的型号较多,但主要结构和作用都一样。选购时只要按电流容量选用即可。

跌落式熔断器一般都安装在高压架空线和配电变压器之间,如图3-56所示。相距高压架空线约为1m,相距配电变压器高压接线柱顶端为2.5m,相距电杆中心应大于500mm,熔断器之间的间距应大于700mm,且要使每只跌落式熔断器与垂直线保持75°倾斜角。目前很多新安装的配电变压器把避雷器安装在跌落开关的下面对向侧。操作开关时避雷器比较安全,也比较科学。

(2) 操作方法。断开:用操作棒以头勾脱落瓷瓶上(在熔断器的上触点上)顶去,熔管就会脱落。合上:用操作棒钩插入熔管的上勾并与上排六(要满足,并作反方向的勾动,验证程头是否合牢),熔管就会合上。

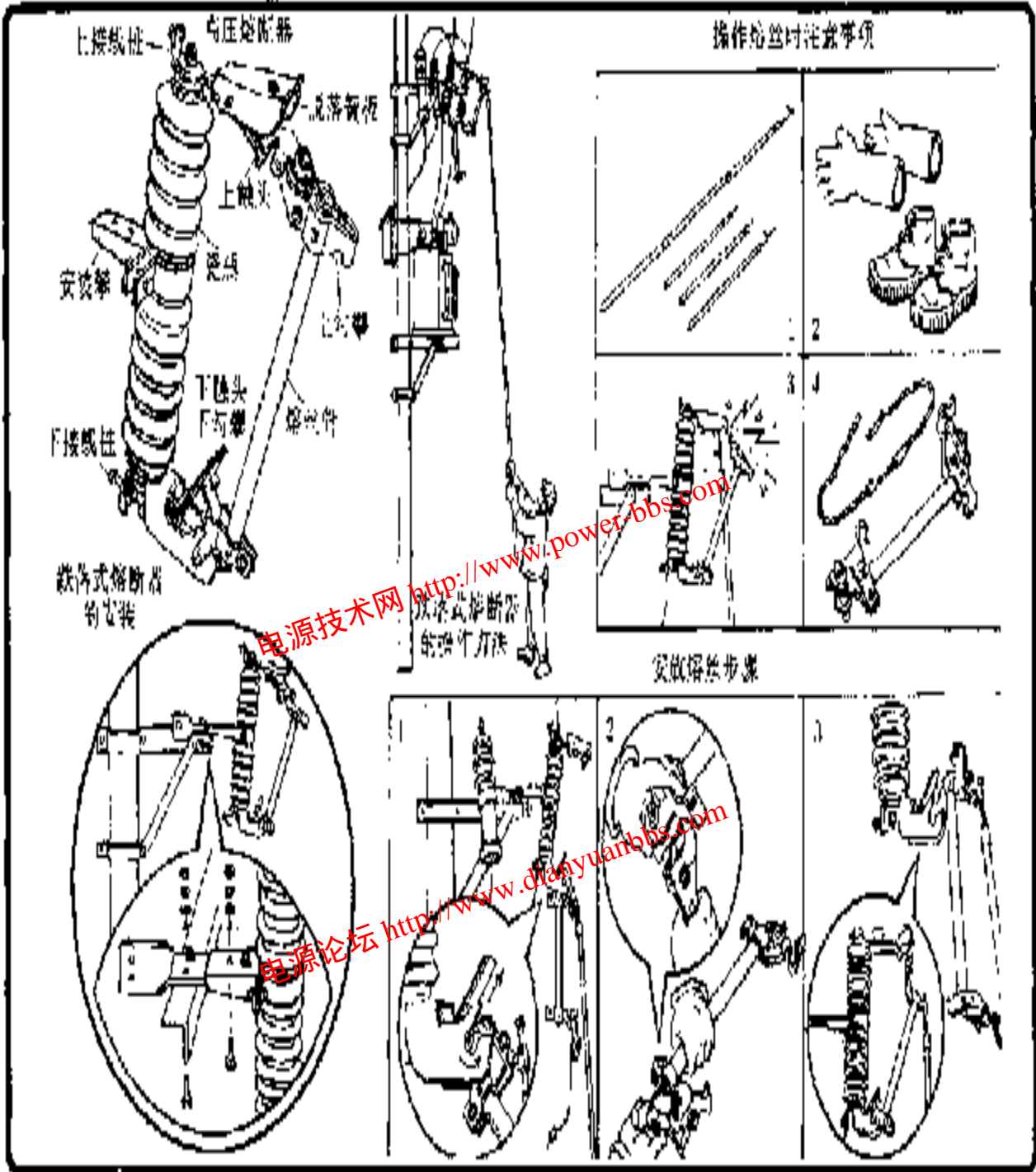
(3) 操作时注意事项:

① 要用符合耐压标准的操作棒操作,决不可用普通木棒或竹竿代替。

② 操作时必须戴绝缘胶手套,穿绝缘胶鞋。

③ 要在线路上没有负荷或负荷较小(不能超过10A)时断开熔管。

图 3-56 高压熔断器的安装和常见故障



288 图解电工手册

③熔管中的熔丝规格必须严格按照线路的实际负荷选配。

(4) 熔丝安装方法:

①用操作棒将熔丝插入熔管的下勾攀后,略向外转动,使熔管脱出。

②先把新熔丝(注意:必须按负荷选配)一端装在熔管上触头的接线桩上,接着将原熔丝,使上触头复位,然后把熔丝另一端装在熔管下触头的接线桩上。

③挂上熔管并合上。

(5) 常见故障:

①触头烧飞(往往发生在负荷断开或接触不良时)。

②熔管不能跌落(往往触头发生熔焊或轧住)。为了防止熔断器因卡在故障而失灵,所以必须定期进行检修和维护。

II. 避雷器的安装和常见故障

避雷器型式很多,用在10kV高压配电线路上的,通常是FS-10型阀式避雷器,其安装方法、检验和更换、常见故障等如图1-57所示。

(1) 安装方式:安装方式有两种。一种是和高压熔断器相对安装(装在同一根支架上),避雷器的上接线桩和熔断器的上接线桩连接,与电杆的距离保证在600mm以上。另一种是另用一根支架,装在熔断器下档,它的上接线桩和熔断器的下接线桩连接,距离要求与上同。或装在配电变

压器高压侧外向。每个避雷器利用扁铁挂在瓷瓶上,盖过瓷瓶上,和每只高压绝缘瓷瓶对应,并把上接线桩和每只高压绝缘瓷瓶连接,与接线桩瓷瓶距离保证在0.5m以上。不管那种安装方式,每只避雷器的下接线桩,均要联并后运行妥善接地。

(2) 检验和更换:避雷器在检验合格后方可应用。线路上的避雷器,每隔一年要检查一次,每隔两年应更换一次。换下的瓷瓶经检验合格,仍可应用。农村中如无检验设备,可送到县电力管理部门代行检验。

(3) 常见故障:

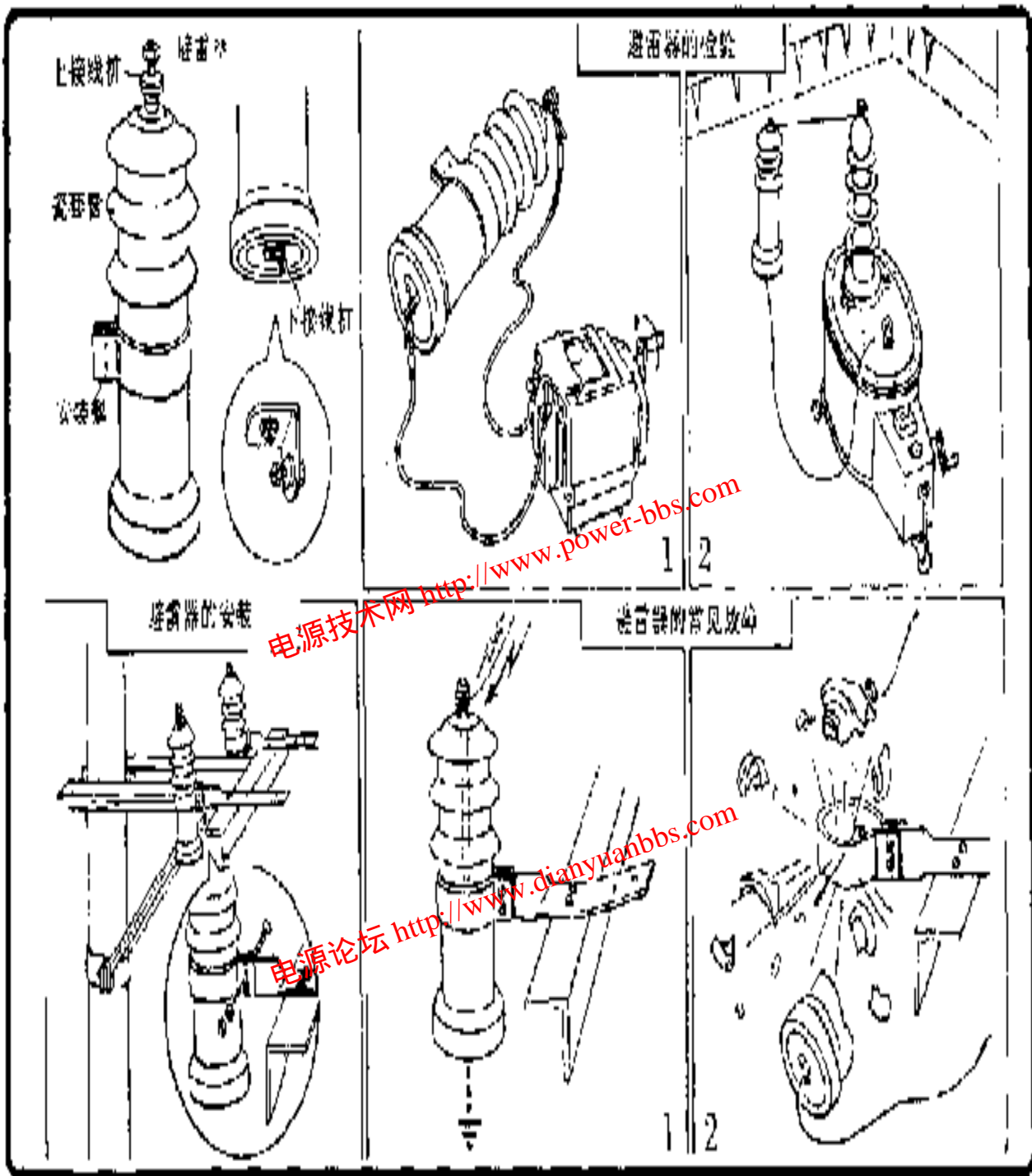
①失灵(失去避雷作用)。

②爆炸(通常是炸穿底部,但严重时会出现瓷瓶性爆炸)。这些现象的产生,都证明避雷器原已失效或质量不合规格。因此,加强对避雷器的检查是十分重要的,能避免因避雷器失效而造成的事故。

II. 配电变压器接地装置的施工及接地电阻测量

为了把影响变配电设备的非正常电流及时地放入地下,需要在土壤中间埋设金属导体(又叫接地体或接地极),将电气设备各个部分用导线(又叫接地线)与接地体连接,称为接地。而接地体和接地线的总体,称为接地装置。接

图 3-57 避雷器的安装和常见故障



290 图解电工手册

地发生作用,可分为工作接地、保护接地和防雷接地。

(1) 接地装置的总体结构

为了泄放雷击电流,对防雷设备进行接地称防雷接地,例如避雷针、避雷线、避雷带和避雷器的接地等。

避雷器的接地装置如表 3-58 所示。主接地分支线、接地干线和接地桩(极)组成。接地分支线可以用截面积不小于 $35(\text{mm}^2)$ 的铝线,或裸铜线,镀锌铁线与接地干线连接。接地干线宜选用宽 4mm 以上,截面积不小于 48mm^2 扁钢,或直径不小于 6mm 的圆钢与接地桩(极)焊接。根据土质的情况,接地桩(极)可取用 3×2 厘米的钢管,或用 140×10 以上的等边角铁,或 20mm 的圆钢,要求长度 $2 \sim 3\text{m}$ 并在打入土壤的下端加工成三角尖状制成为完整耐用的接地桩(极)。

(2) 接地装置的选型

选择接地装置型式的基本原则是:在保证钢材不被土壤腐蚀的条件下,使接地电阻达到最小值。避雷器、避雷针的接地装置如表 3-59 所示。

① 在土壤电阻率较低而且均匀(土壤厚度在 2m 以上)的地区(如平原、坡地),宜采用以垂直接地体为主的接地装置。

② 土壤电阻率较陡而不均匀的地区(如山坡)可采用以水平接地体为主的接地装置。

③ 变电站、变电所(站)的接地网,一般以水平接地体为主,并应采用网格形,以便使地面的电位比较均匀。接地网均压带的总根数(包括周圈四根)在 18 根及以下时,用长孔扁钢较为经济。在 19 根及以上时,用方孔扁钢较好。

④ 在土壤电阻率地区的接地装置可采用多根射线型的接地体,射线长度根据泄放雷击电流及地形、地质情况确定,型式有等长型和长短结合型的型式。

⑤ 在土壤电阻率地区的电气设备接地装置因地制宜地采用工程措施来降低接地电阻,如:增大引外线的截面积、根数,以镀锌铁或深管式接地体;利用山岩裂缝和地下水露头处打入垂直接地体或敷设水平接地体。

⑥ 在垂直或水平接地桩(极)坑内填充黑土、粘土、黄泥,或填入电石渣等(含盐 47.5% - 食盐 5%;黄泥 90% - 食盐 10%);坑尺寸为 $1 \times 1 \times 3$ 到 $3 \times 3 \times 3$ (长:宽×深,米)。

(3) 接地装置的材料选用

如图 3-60 所示。接地装置的材料选用原则:

① 考虑选用钢材为宜,经济实用。

② 材料要有较强的抗腐蚀作用。

垂直接地体,长度一般为 $1.5 \sim 3\text{m}$,其截面积:扁钢相应长度打入地中时,所需的机械强度来选择,角钢为 $20 \times 20 \times 3 \sim 50 \times 50 \times 5\text{mm}$;钢管直径为 $20 \sim 50\text{mm}$;圆钢直径

图 3-58 配电变压器的接地装置安装示意图

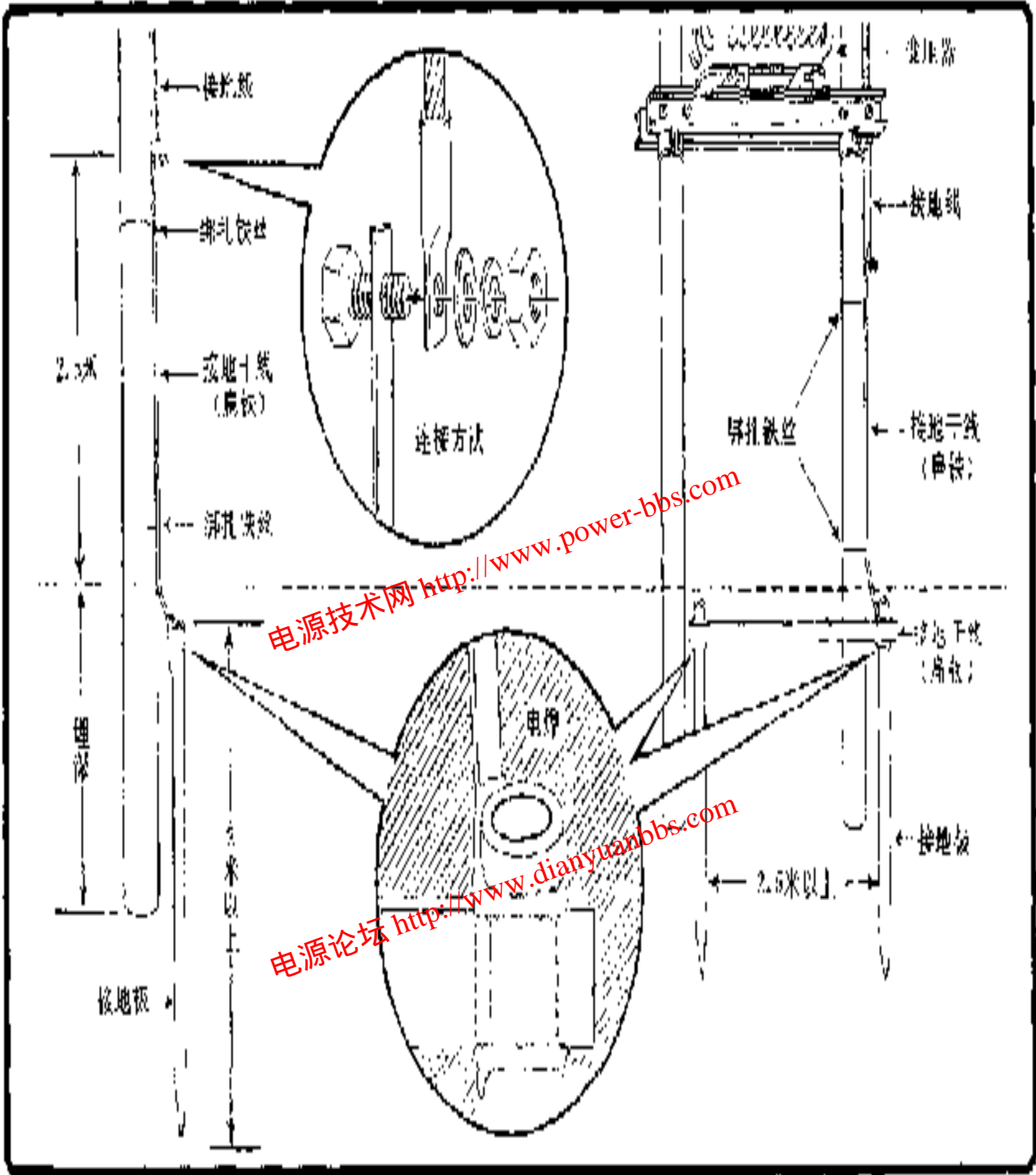


图 3-59 接地体的敷设方式

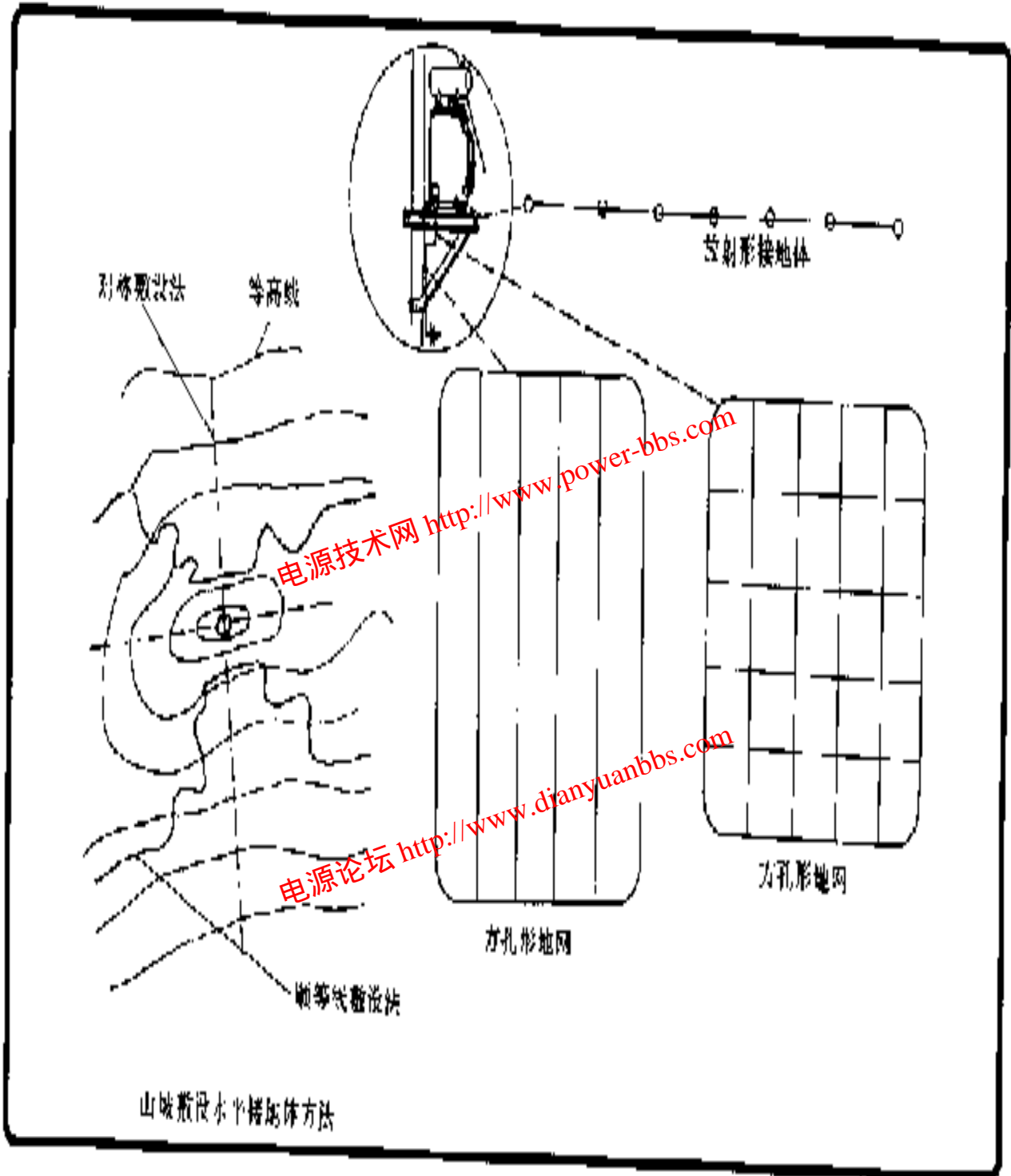
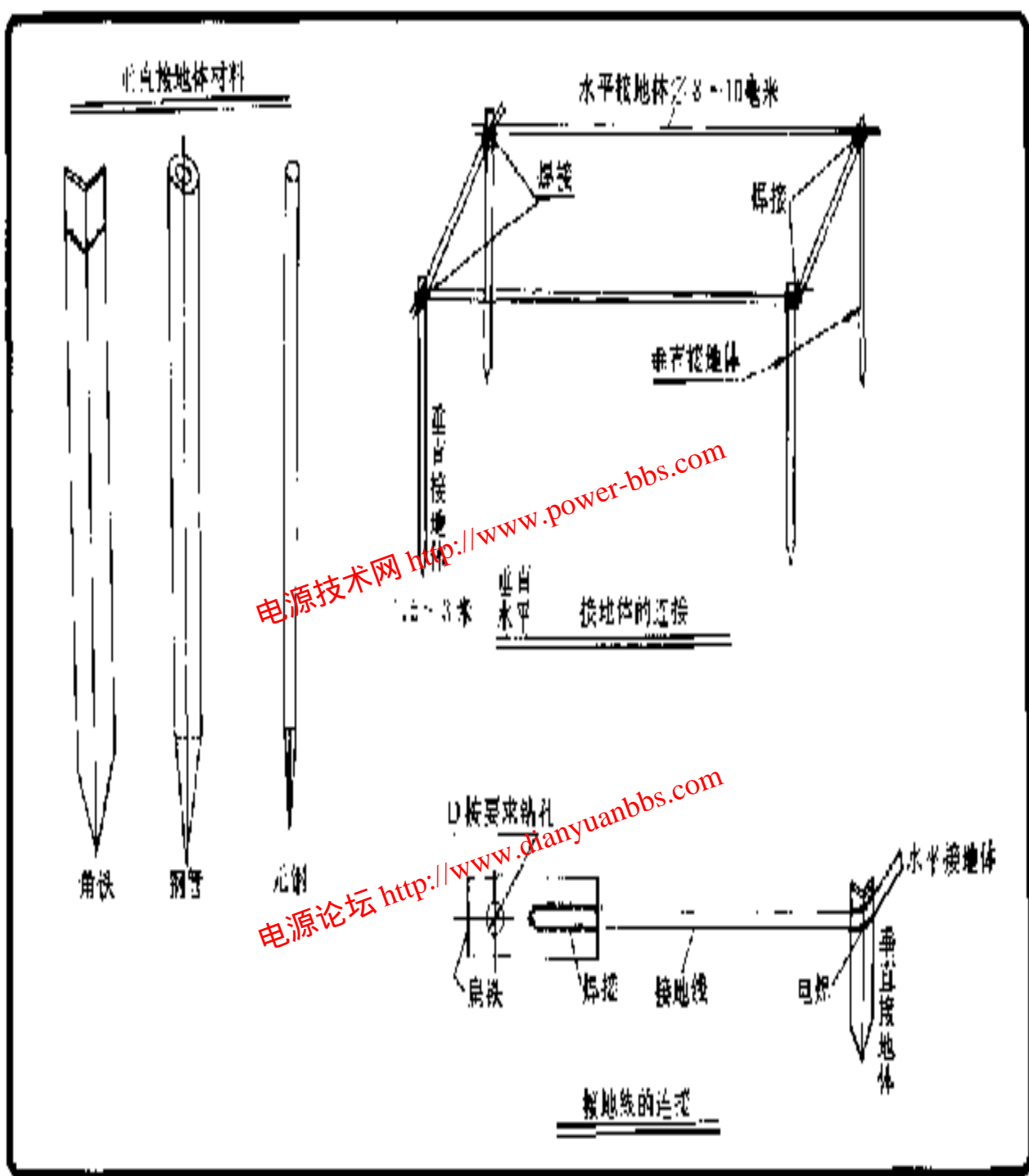


图 3-60 接地装置材料选用



294 图解电工手册

为10~20mm。

水平接地体。接地体的长度和板数、按接地电阻值的要求决定。但其截面规格,主要考虑在相当长的时间内不被腐蚀断裂为准。选材时,首先考虑采用直径8~10mm的圆钢,扁钢截面为 4×40 或 $4 \times 25\text{mm}^2$ 。

接地引下线。选用圆钢直径一般不小于8mm,扁钢截面不小于 $12 \times 4\text{mm}^2$ 。

(4) 接地装置的施工

如图3-61所示。

① 接地装置的埋设深度,一般不得小于0.5m。在耕作及内堆作业时,应适当增加深度,以不影响农作业为准。土层较薄时,埋设深度也不应小于0.3米。

② 接地装置的施工要求:

a. 开挖。按照设计要求开挖,水平接地体深度按设计,宽度以开挖方便有利工作为原则,一般为0.3~0.4m宽度就可以了。垂直接地体需要深度开挖,以方便打入地下即可。

b. 敷设。垂直接地体用大锤打入土中,打不入要重新开挖坑穴,深度要满足。水平接地体要沿着布设的格网敷设。

c. 焊接。焊接点包括水平接地体的连接接点,垂直接地体与垂直接地体的连接体,以及接地体引出线与接地体

的连接点,但接点要逐点进行,不能漏焊,更不许虚焊,焊完一个接点,用钳子认真敲打焊点是否已焊牢固。

d. 回填土层。各个部位都焊接成一个连续接地系统后,就可以回填土复盖,回填土时要加以夯实,把接地线拉上地面;上层要略高于地面,以防沉陷。

e. 为使接地线与变压器接地,所需接地良好,它的接头应用 3×40 扁钢与接地线焊成一体。

(5) 接地电阻的测量方法

接地电阻的测量方法有电流表-电压表法、接地摇表法等两种,其中以接地电阻测量摇表来测量比较方便也比较准确。如图3-62所示。

① 把接地分支线和接地干线连接处的紧固件拆开,如果变压器在运行,进行测量时,应加装临时接地极,并使它与接地线进行可靠的连接,然后再拆开连接处,拆装时工作人员要戴绝缘手套。

② 把两根测量接地棒(电流极、电压极)分别插入距离被测点(接地极)20m,和40m的地面,深度要插入地下100mm。

③ 两根测量接地棒(电流极、电压极)的布置方式,可根据具体情况确定,两根接地棒可在一条直线上,也可与接地网形成一个三角形。若采用直线布置时,其电流极与接地网的距离,取接地网最大对角线长度4~5倍;电压

图 3-61 接地装置施工示意图

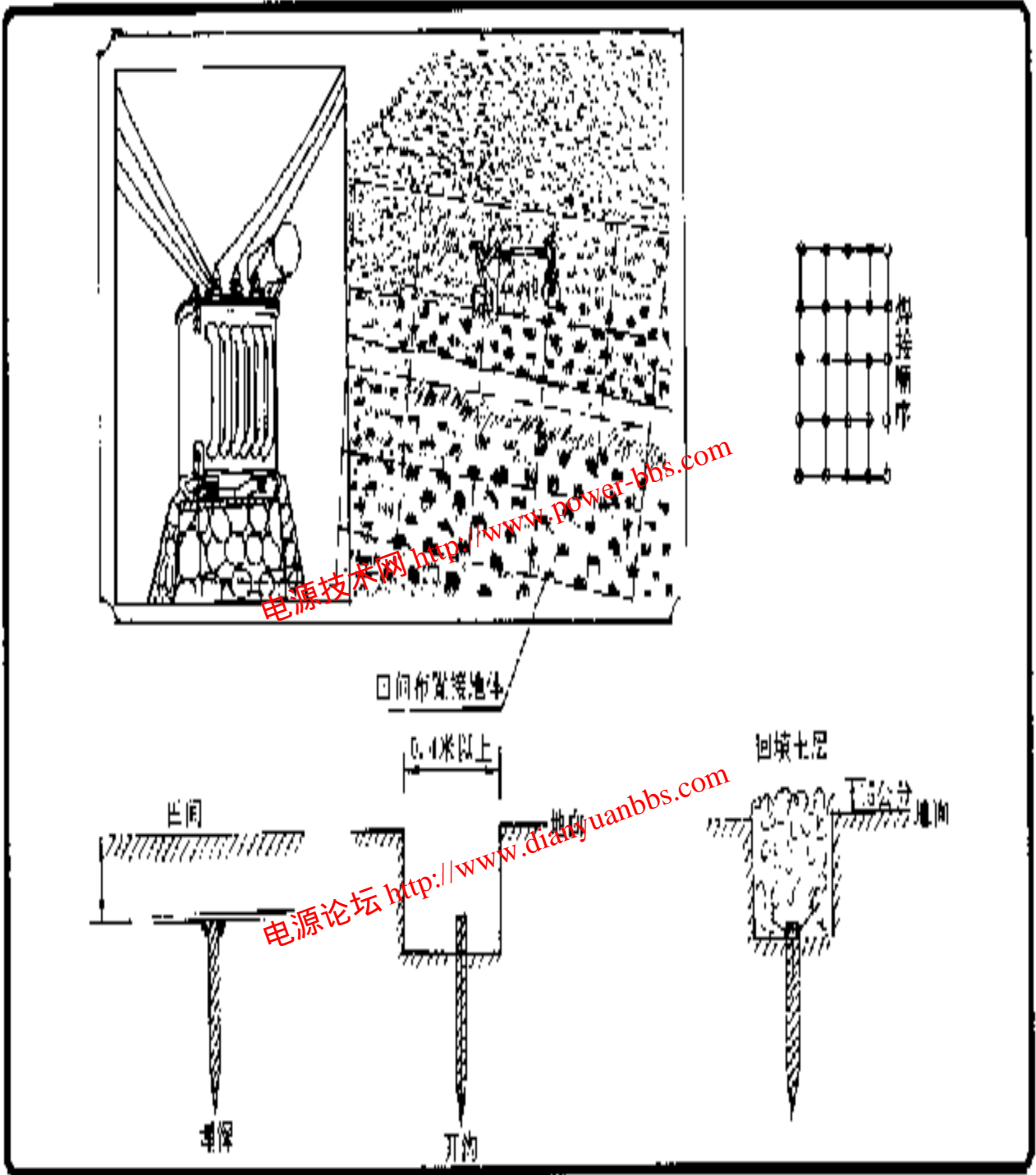
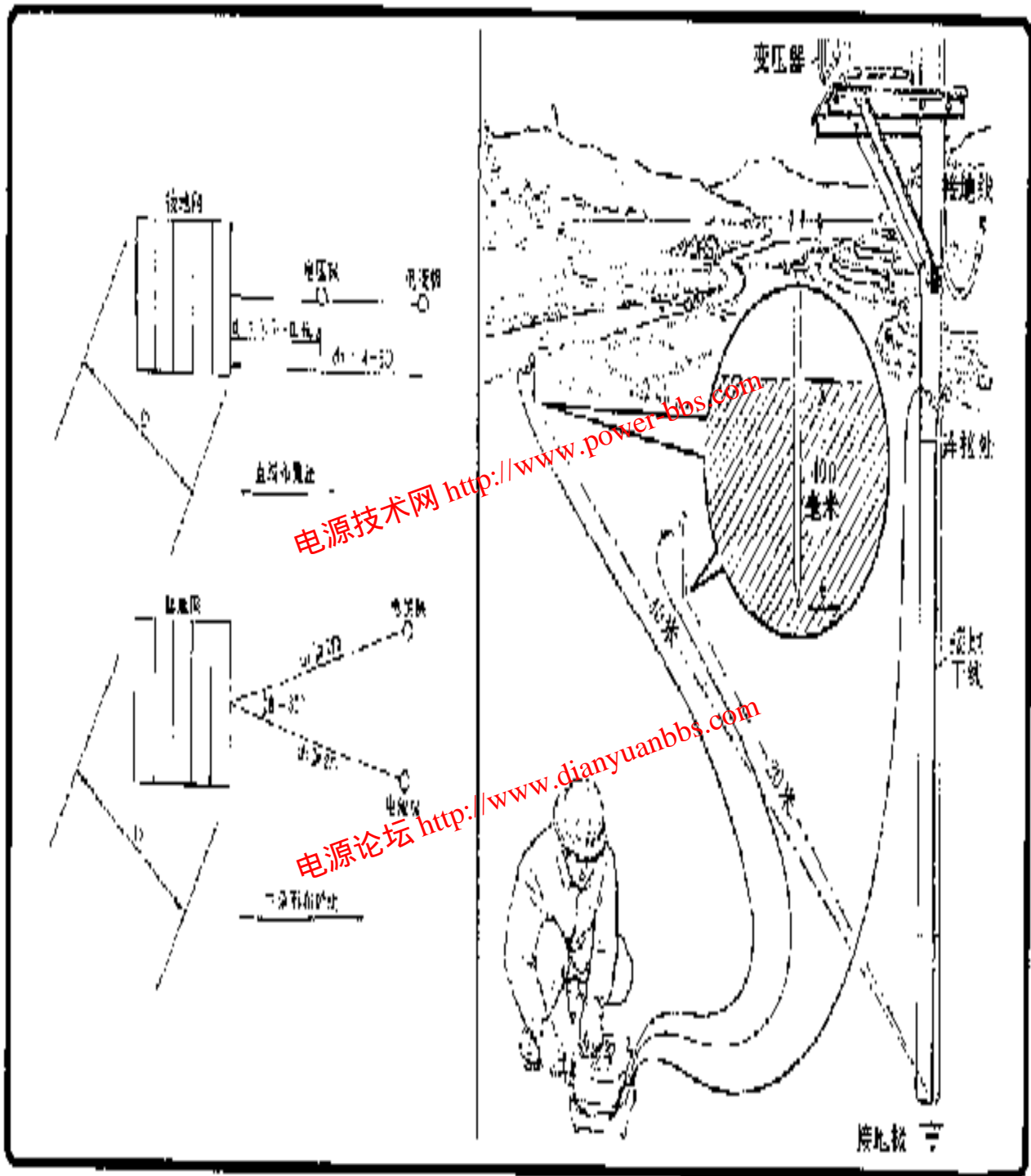


图 3-62 接地电阻的测量



线与接地网距离取电流线与接地网的距离0.5-0.6倍。

采用三角形布置时,两线到接地网距离相等,且应不小于接地网最大对角线D的2倍,夹角取30°左右。

十、室外低压配电线路分支线的架设

低压配电线路是由配电变压器经过电压等级变换后而成的工业、农业和其他行业的动力设备的运行电压,如10kV、6kV、3kV降为380V。由变压器低压出线柜到用电户的配电房输送的低压电线路是架空低压线路。为了保证用电户的电压质量,保证供电、用电设备的安全,由变压器低压出线柜到用户的输送距离不应超过200m,其大的用电设备和用电大户,距离应适当短些,不能超过60m。

1. 低压架空线路的技术要求

低压架空线路一般采用四线制,即三条相线(火线)和一条零线(中性线)。在分接支线时,可按实际需要而架设导线。若支线只作照明或供单相动力,可以只在支线上架一条相线,另一条接零线。但是分支线上用电量较多,为保证负荷和电压平衡,照明分支线也要架上下四根线。动力和照明同用,一定要接上下四根线。在野外架设低压配电线路主要技术要求如图3-63所示。

(1) 最小导线截面积不得小于:铜芯铝绞线 16mm²;

铝线 4.5mm²,用绞线,不得用单股线。

(2) 架空低压配电线路离地面最低点不得低于5m(居民点不得低于6m)。

(3) 电杆的长度应满足导线对地的距离,梢径不得小于φ120mm,尽量不采用木杆,要求使用正规厂家生产的砼杆。

(4) 在一般情况下,电杆档距不大于60m(居民区不大于50m)。

(5) 电线和电杆之间的距离不得小于200mm。

2. 高低压架空线路同杆架设的技术要求

图3-64所示为高、低压电线同杆架设图。

在居民密集的区域或村庄,由于地理位置和负荷分布的限制,往往采用两种电压等级的线路同架在一条电杆上。以达到节省投资、减少占地、整治市容、便于管理的目的。在同杆架两种线路时,一定要注意:高压配电线路应架在杆顶上,高低压线路之间的最小距离应保持在1.2~1.5m,以保证安全运行和检修。若附设有低压照明路灯的杆,则应增设低压横担,安装独立的相线和低压瓷瓶,零线公用。如果把低压线路架在高压线路的杆上,必须征得供电管理部门的同意,但应妥善考虑技术条件是否成熟,电杆强度、高度和杆的埋设深度是否满足要求。另外,低压配电线路不允许附加在通信线路的下方。

图 3-63 低压电线架设的要求

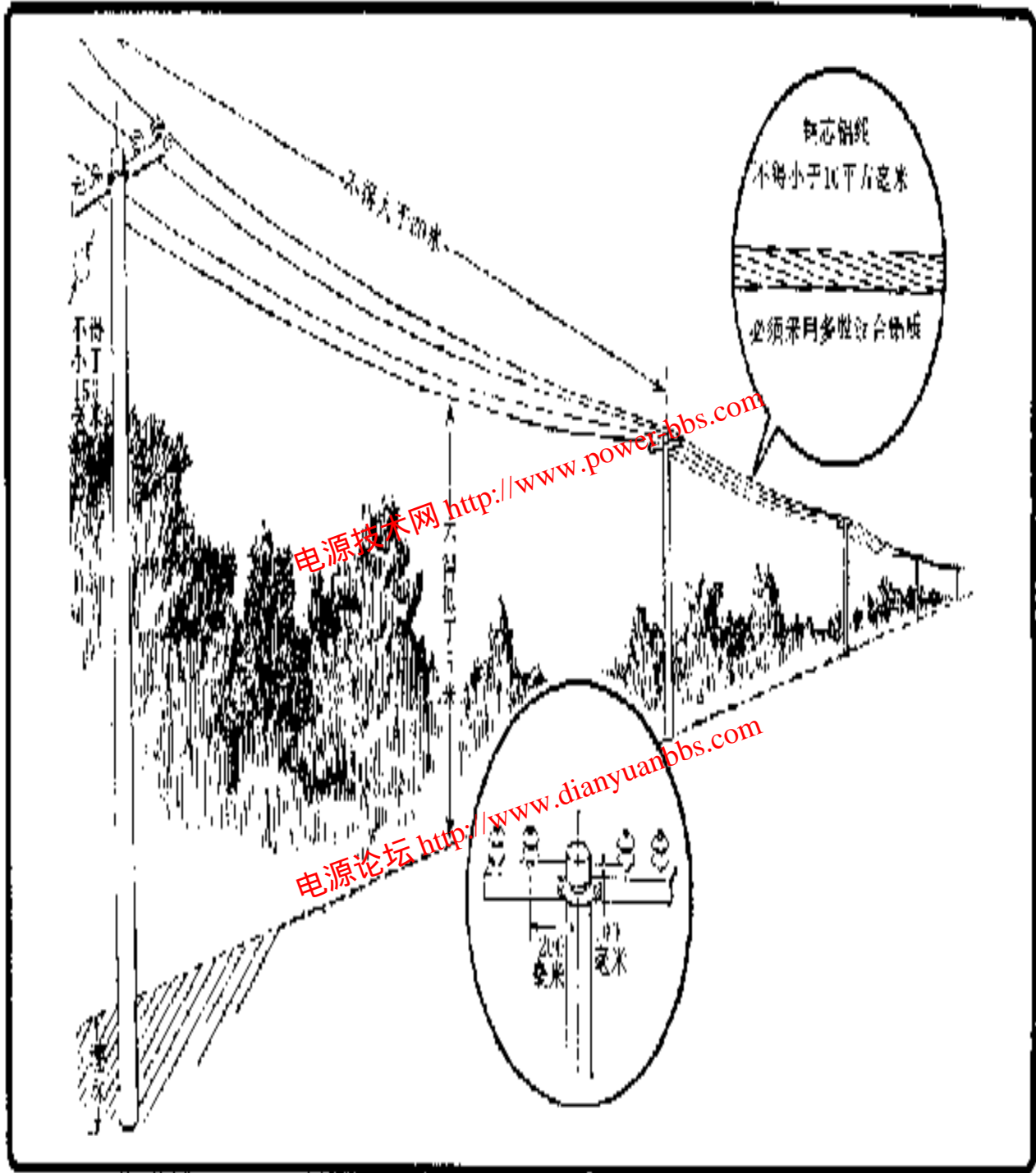
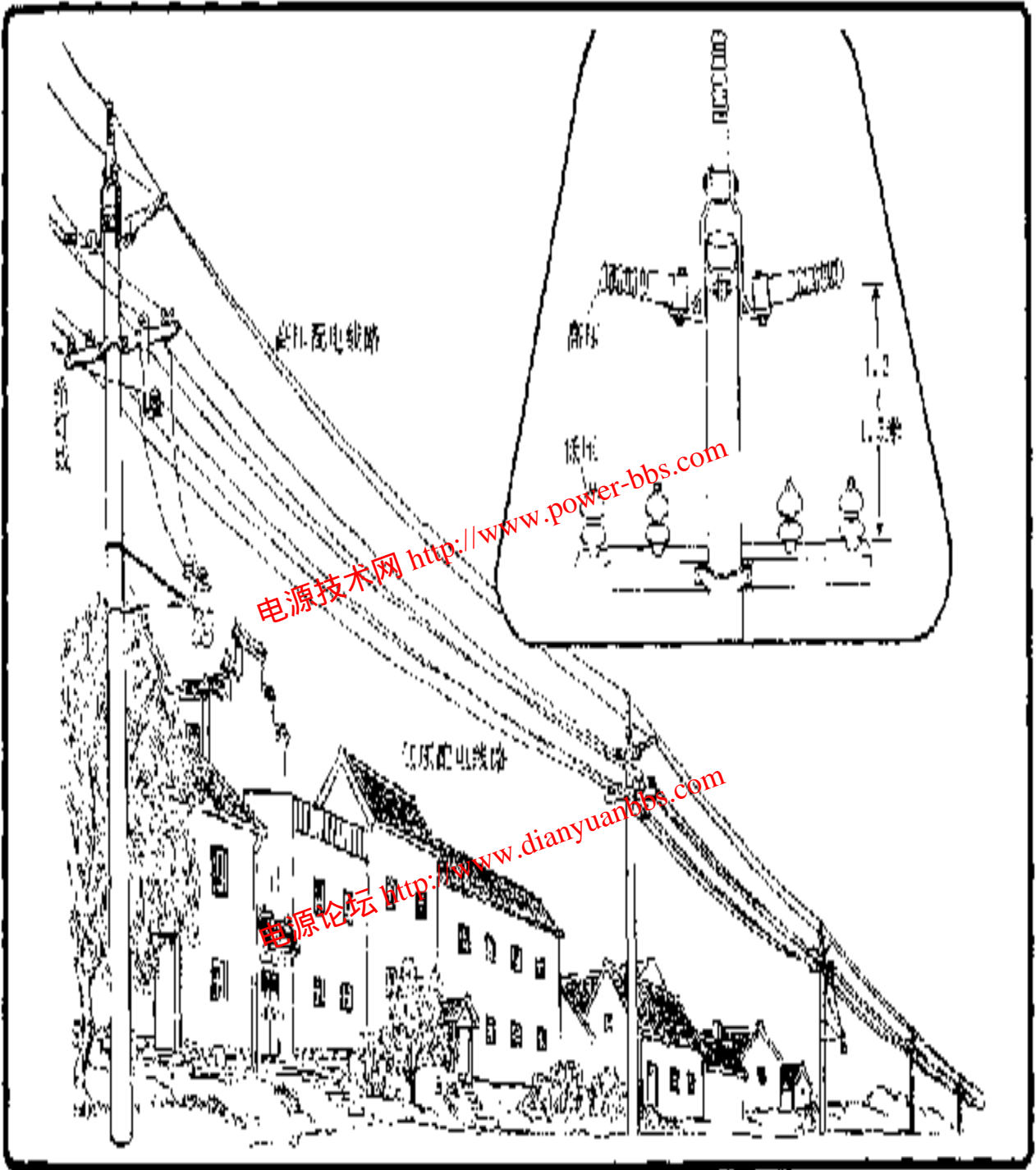


图 3-64 高低压串线同杆架设



300 图解电工手册

3. 低压配电线路的走向确定

室外低压架空配电线路的走向路径确定要比高压架空线路的走向复杂得多,因为它要考虑到市容、村落的容貌,又涉及到房屋座落复杂条件的影响,既要照顾到千家万户的用电,又要考虑到经济投入的诸多因素。由此,选择线路走向要慎重,搞好多方案的比较。但线路走向确定应根据下面几个原则来进行。如图 3-65 所示。

(1) 低压架空干线能够选择走直线的尽量走直线,最好干线的照顾大部分的用户,走近路、少转角。

(2) 在安装支线时,要考虑支杆位置是否适合过线打桩,是否影响交通市容、村景。同时分支线是否可供大片的用户用电。

(3) 支线以后,作为分支线接到用户,这时可以沿着用电户的房屋屋梁或屋檐转角布设,一户过一户分支直至入户。

(4) 布置的线路应本着投资节省、管理方便,照顾大局,特别是重点、大负荷的用户。

4. 沿墙安装低压配电线路的方法

如图 3-66 所示。

(1) 根据用电户的用电情况和环境条件,选择支架的结构形式,一般有二线制、三线制、四线制,如果过窄,可取用贴着墙壁垂直布设线路,过宽可用横担支架,水

平布置线路。

(2) 根据用电线路的技术要求,线路的延伸长度和建筑物的具体情况,在不影响安全用电的前提下,找出并标好每一栋楼、屋的支架安装位置。

(3) 视墙面的结构选择开凿墙孔的工具。砖墙的使用直径 $\varnothing 20 \sim 25\text{mm}$ 、长 400mm 的钎凿,先把砖凿开部分,后用钎凿剔除,直至合适为止。有条件的,砖墙凿孔也可以此方法进行。木结构的建筑支架安装在柱或梁等结实部位,不要装在大板上。

(4) 若用凿墙孔,应用水泥砂浆固定好支架螺丝。

(5) 待水泥砂浆结硬后,再安装支架和螺丝、横担、瓷瓶等。

(6) 电线的架设方法和步骤可按架空线路的方法进行。

十一、高低压架空配电线路的验收、管理与维修

1 验收

(1) 验收小组对整个线路一条杆一条杆内有关单位进行细致的验收。验收内容包含下面几点:

图 3 65 低压配电网的布设概貌图

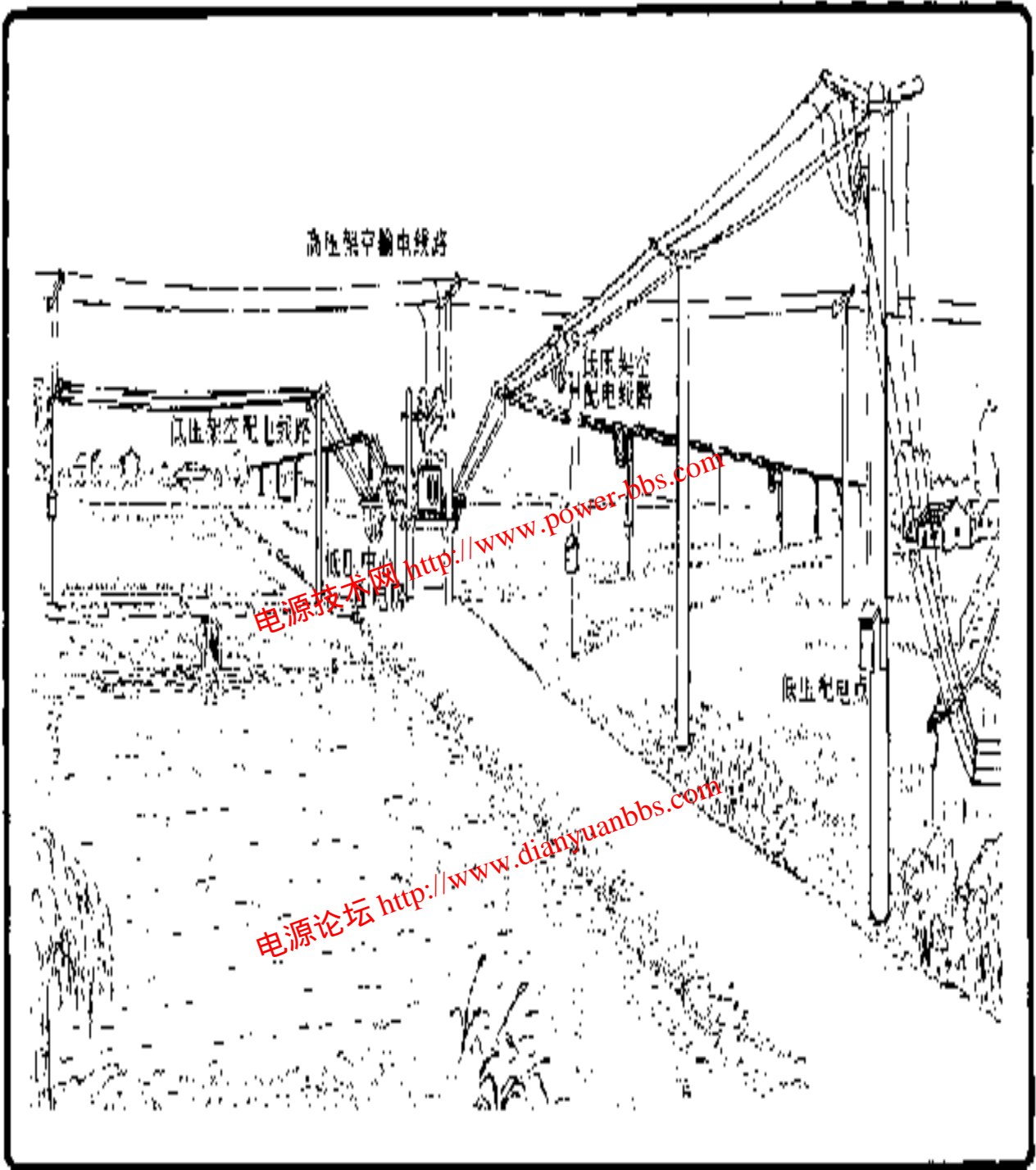
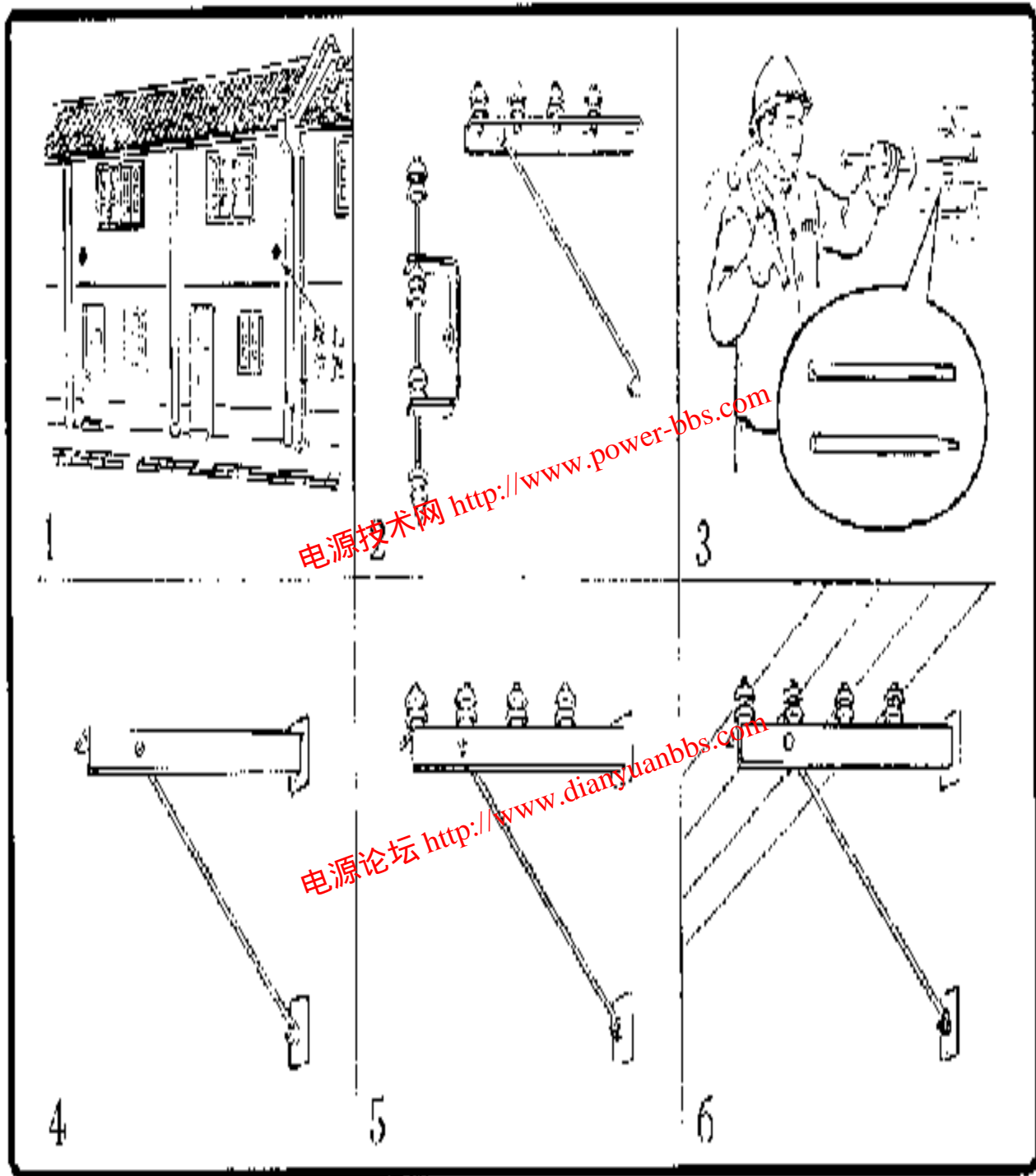


图 3-66 沿墙架设低压电线的方法



- ①杆塔排列是否按设计施工。
- ②电杆的埋深是否合格。
- ③杆塔有无歪斜。
- ④瓷瓶瓷担是否有损坏。
- ⑤线规是否符合标准,有无断股、又裂。
- ⑥拉线是按技术要求施工,埋深是否合格。
- ⑦电线的弧垂度是否合格,对地、物距离是否符合要求。
- ⑧瓷瓶瓷担的绑扎是否按程序扎好。
- ⑨金具是否齐全、无损。
- ⑩杆上线间有无异物。
- ⑪线路走向所过的路径有无障碍物,过路保护措施如何。

(2) 全线检查后,进行逐个耐张段绝缘程度的检查,各段合格后将各耐张段连接起来,进行全线绝缘测量。绝缘要测相同和相对地的绝缘程度。

(3) 进行变压器、避雷器的地网绝缘电阻测量,避雷器的地网绝缘电阻值一般不大于10Ω。

(4) 线路质量验收合格后,参加质量验收的成员应在验收单上签名盖章,报送管理单位,接火送电。

2. 线路的监护管理与维修

由于线路架设至露天,受到多方面的影响,诸如手

电,周围环境风霜雨雪,因此对线路要进行常规的监护和管理,确保送电的安全和正常。

(1) 监护

如图 3-67 所示,每经过一段时间送电后的线路,或多或少都有一些问题,需进行巡回检查。检查的方法有定期的和突击性检查。10kV 以下线路每个季度检查不少于一次。雷雨季节要增加一次。若遇上恶劣的气使加冰雹、台风、暴雨,对线路中的薄弱线路更要采用突击检查。巡线员应本着对工作负责态度,不要放过某一种故障和故障隐患。能及时排除的,应立即采取果断措施排除故障,自己不能排除的(倒杆、断线)要立即报告,组织人力抢修。未组织抢修前,应指定有人监护现场,划出警告线、危险区,严禁人畜接近。

(2) 线路的测量试验

测量和检查是巡视线路的主要手段,测试仪器可以检测线路有无大故障,其测量见表 3-8 所示。

(3) 线路的常见故障与维修

为了避免供电线路出现大的事故,线路的检查维修十分重要。维修分维护、大修和抢修。

①常见故障如图 3-68 中所示。

图 3-57 线路监护

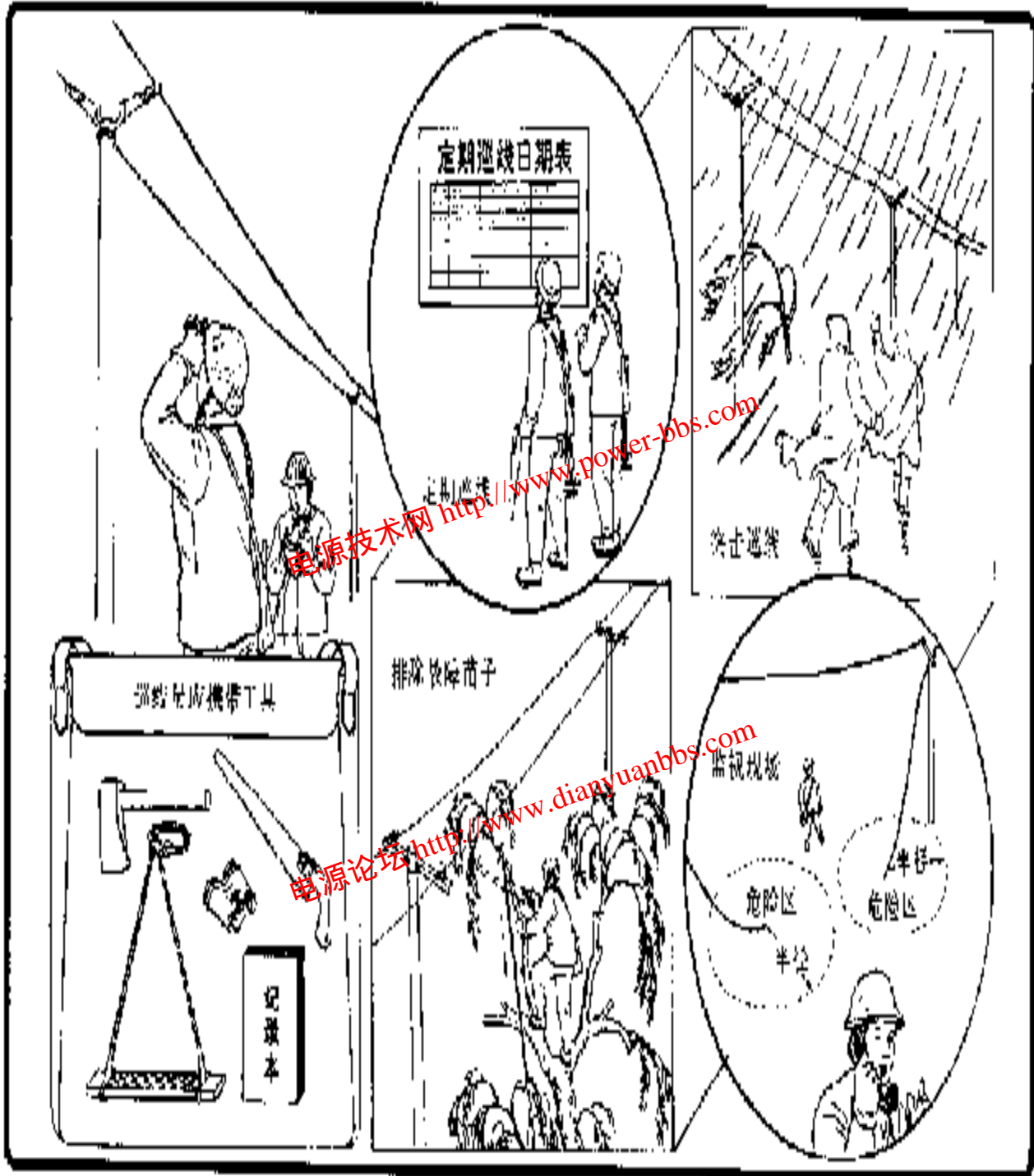


图 3-68 线路常见故障与维修

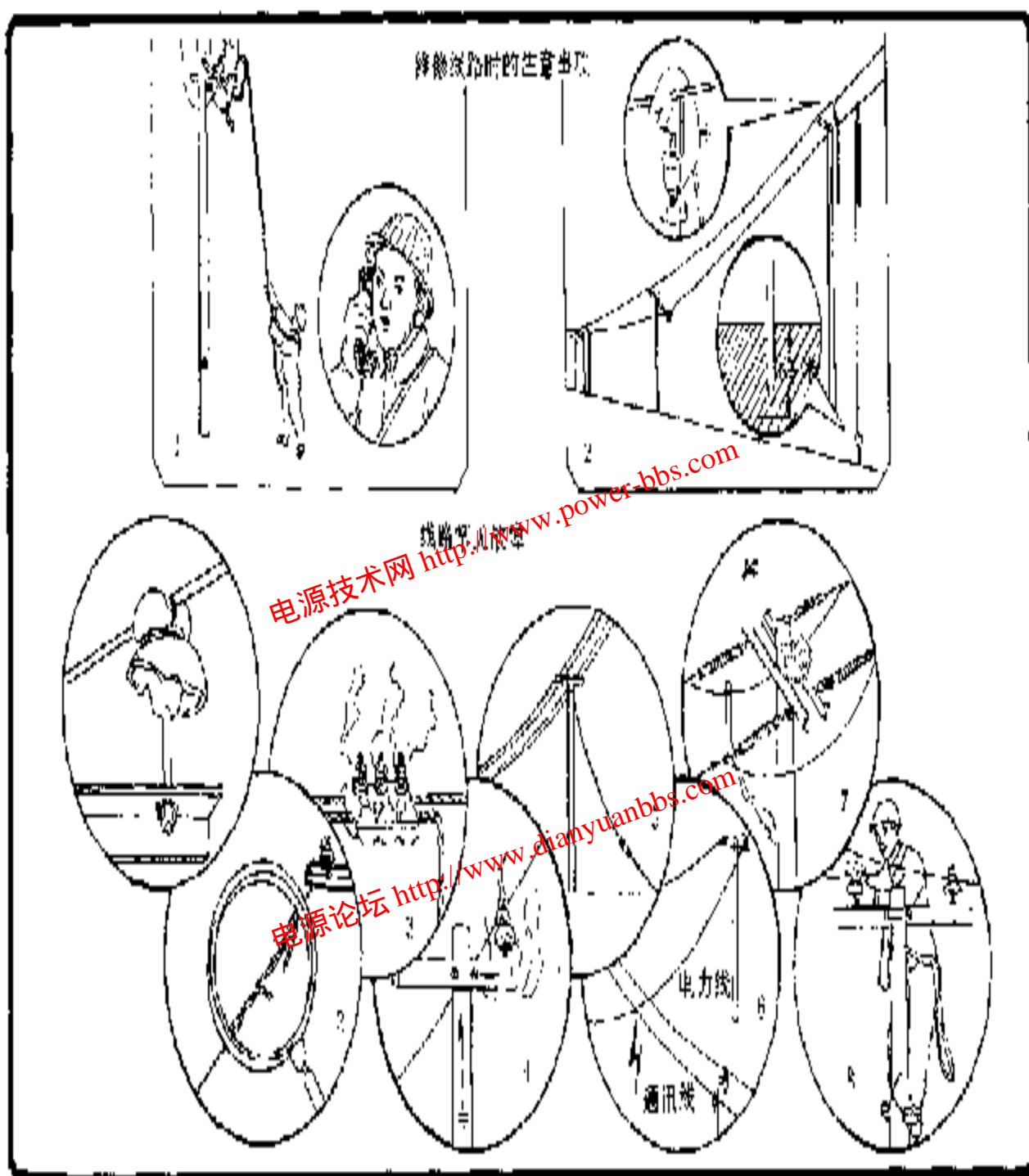


表 3-8 线路测量试验表

序号	项目	周期	内容
1	接地装置接地电阻	每 5 年 1 次。 两线一地系统 可以适当缩短	用接地电阻测试仪 测量,并检查接地装置情 况
2	绝缘子测试	35 千伏线路每 2 年测试 1 次	用固定绝缘测试器或 绝缘子,以查明绝缘性能 低而应予以更换绝缘子
3	测线路首末端电压	每年 1 次	在最高负荷期间进行
4	测线路电流	每年 1 次	10 千伏以下线路大支 线在高峰负荷时进行
5	木杆打眼检查	1~2 年 1 次	挖开地下 300~500 毫 米,刮掉腐朽木质,测量 防腐部分百分
6	瓷瓶检查	1~2 年 1 次	重点是检查绝缘子,情 况严重,检查瓷卡中瓷 管情况,紧固连接螺栓,查 查木元件腐朽情况等

② 维修

a. 维护:根据线路的运行情况定期进行,主要维护内
容有:瓷瓶清洗,拉线收紧、螺丝的拧紧,更换老化瓷瓶(或瓷
柱),清除影响运行的障碍物。

b. 大修:应根据线路质量情况,分线段、分时期检修。
检修内容,应将未停维持运行电杆、拉线、瓷瓶、横担、电线
和金具。

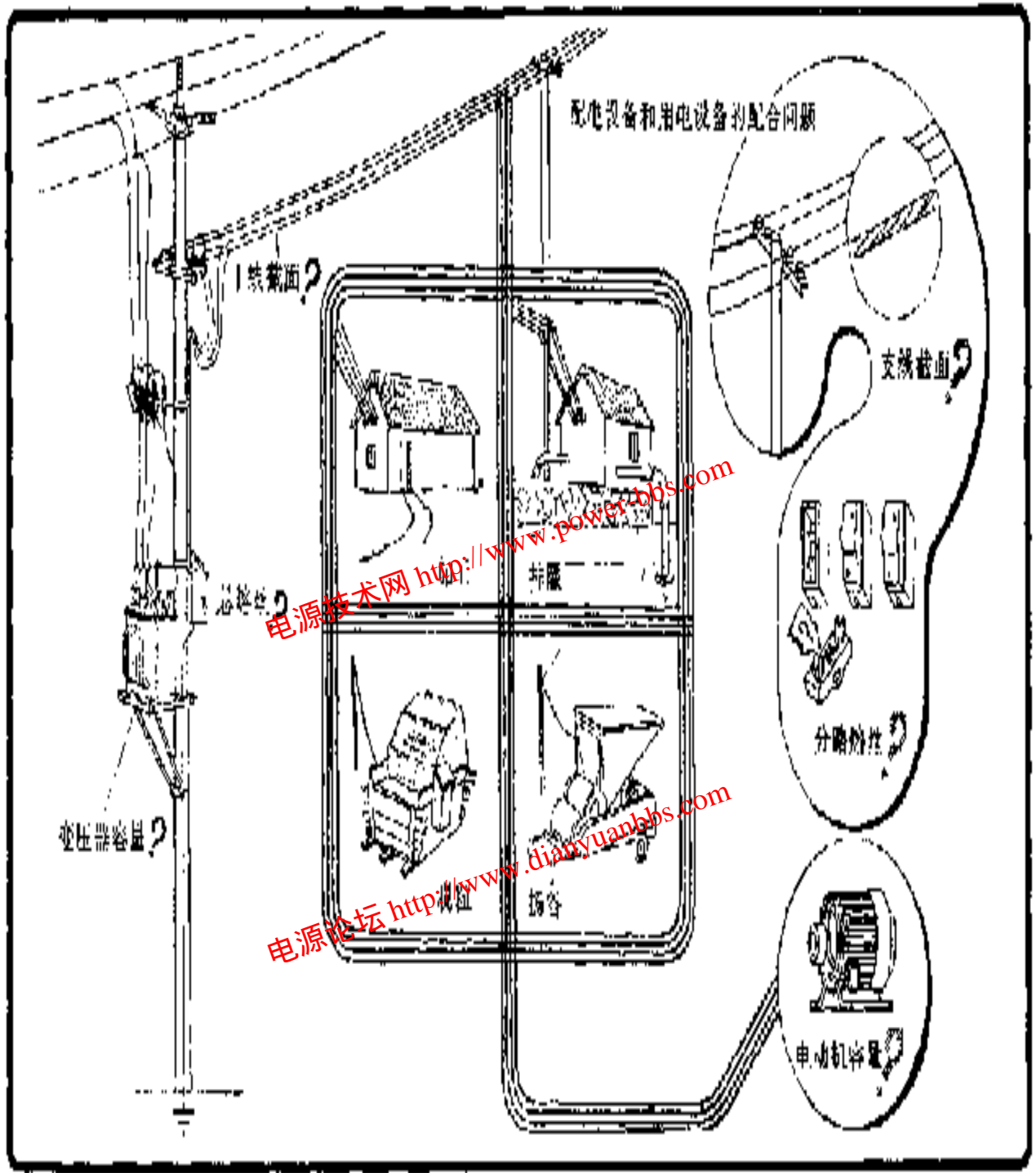
c. 抢修:是指线路障碍迫电的故障排除,如瓷瓶相断
裂、电线折断、电杆倒塌、耐张杆拉线失灵、人为故障起火、
鸟线接地、避雷器被雷击击穿等。

(3) 配电变压器、总保险丝与用电负荷的匹配

在高压架空线路终端杆和低压出线始端杆之间,有动
力源的变压器供给用户,它是主要的配电设备,它从供电
通过总保险丝后再输出各分路的用电,因而变压器的容量
大小的选择和总保险丝的规格匹配很重要。见图 3-69。

① 变压器选大了,设备投资过高,用电户经济负担过
重,不经济,选小了满足不了用电要求,合理选配变压器容
量大小,视各支路上设置动力机械的负荷多少,利用率高住
和生活照明负荷的总量来选,总的实际负荷(千瓦)不应
超过变压器铭牌标出的容载的 80%。如果已安装有固定
变压器过小,满足不了用电要求,只好采取分片供电、开
增负荷,达到减轻变压器超载,免于负荷过重而烧毁的目
的。

图 3-69 配电与用电设备应匹配



308 图解电工手册

② 总保险丝和各支路的保险丝应按规定的尺寸来选择,如三相 380V 支路上的负荷总量是 20kW,其每相额定电流是 38.7A,选用总保险丝可用紫铜丝 16#,此保险丝最高安全工作电流 78A,熔断电流 156A,是合理的。

③ 各支路线的截面选只不要过粗,也不要过细,过粗了投资过大,载流量过小不合算,过细了又承受不了负荷量,会出现导线发热现象。总要求,支路导线要小于干线截面积。

做好安全用电人人有责,合理装置供用电设备要照技术规程和需要,主熟悉电工作业人员协助搞好选配,不许盲目增加用电设备,更不许私拉乱接,违章用电。

3. 室外的低压用电的安装举例

(1) 室外作业流动式动力电源的要求和安装。

由于受到低压电源的限制和临时性的设施需要,不得不在外安装临时的低压电源。为保证用电安全,合理地用好电源,用电户必须掌握好室外临时作业线路安装要求和方法。见图 3-70。

① 流动式的临时作业电源线路必须高高架起,不要随地拖拉。电源线路必须离地 2.5 米以上。杆(竹或木)必须有足够的牢固度,埋入地下。

② 电线的电源引入端要在安装保险开关或理庵,靠在开关或插头处用绳子把市线缚扎好,以防脱落、松动。

③ 流动式的临时作业电源,尽量采用四芯的合格电缆

并应随时注意电缆的两端接线是否有松动。把应接电缆的相序标色保持进出相同。一般电缆标色是黑色芯线为接地线,白色接 A 相,绿色接 B 相,红色接 C 相。电缆线的长度不应超过 500 米。

④ 电动机、铁壳开关的一切外壳必须接地,应与电缆中的标有黑色的线进行可靠的接地。

⑤ 临时作业电源线不应长期保留,用完应迅速拆除。

(2) 临时电力排涝灌溉抽水船(站)的线路安装

图 3-71 示出了这种抽水船的概貌与装接方法。临时电力排涝灌溉的抽水船,都是为了抗御暴雨成灾的排涝设施。灾情严重时也要装临时的抽水机站,作为短时的抗旱使用,排完水,便溜结尾又“刀枪入库”。虽然经济方便,实用,但是比较麻烦,没有固定式抽水设备时,可以采用。

临时电力排涝灌溉船(或站)的主要抽水设备是由水泵、电动机、水管、电动机、电缆组成,其传动方式有直接用联轴器(半齿轮)传动和皮带传动。电动机和水泵的安装方法按泵型、排涝面积、扬程高低匹配好。选用 7 千瓦以下的电动水泵可采用直接启动方式,7 千瓦以上安装有开关控制板。当临时线路接到船(站)边沿时,用绝缘好的电缆或塑包线、麻皮线接至开关,或配电板的大线管,保险丝的上端,其接线方法详见图 3-71 所示。但必须注意的是,

① 船或站的电动抽水机组有可靠的接地。

图 3-70 野外流动电力电源装控要求

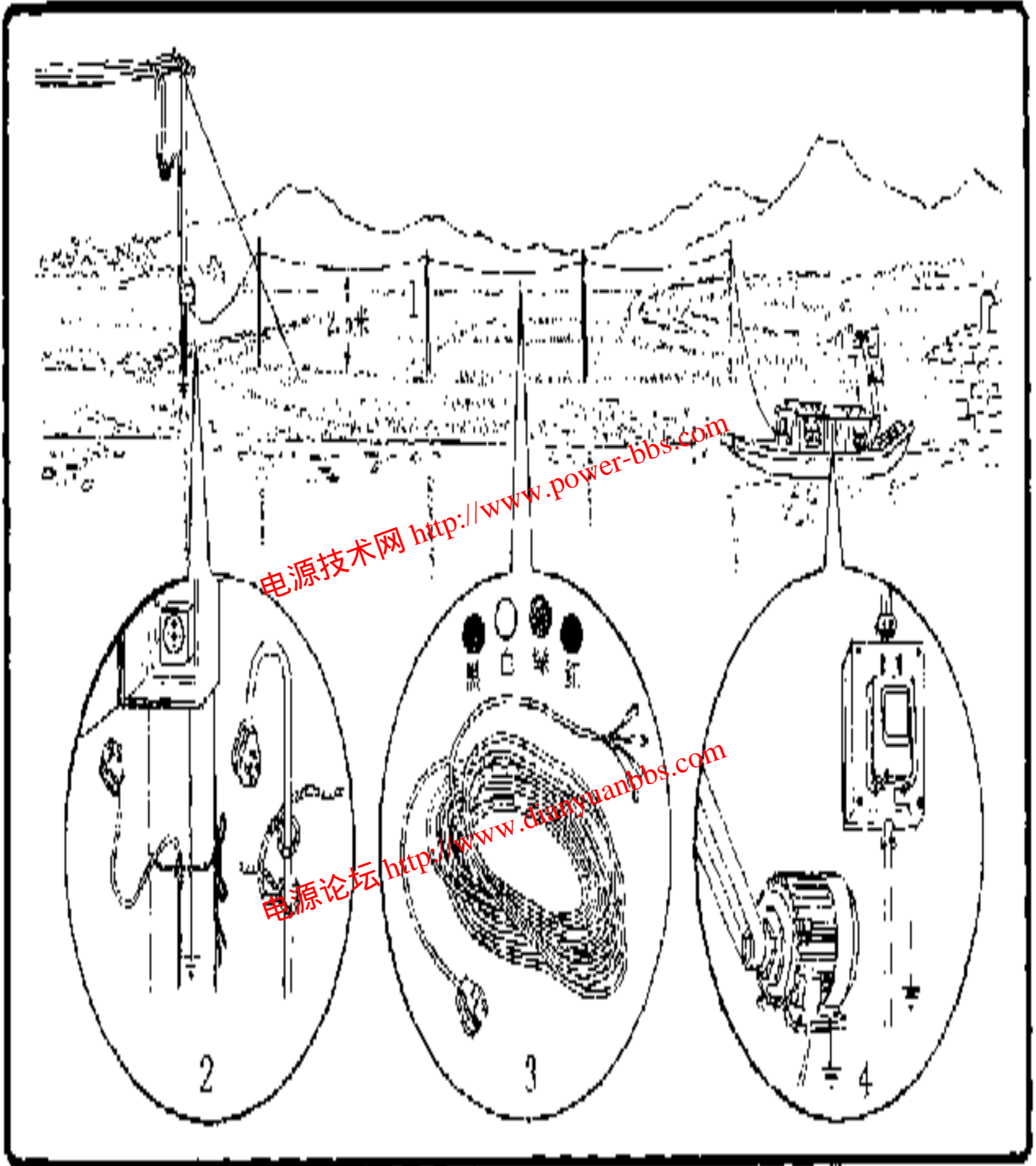
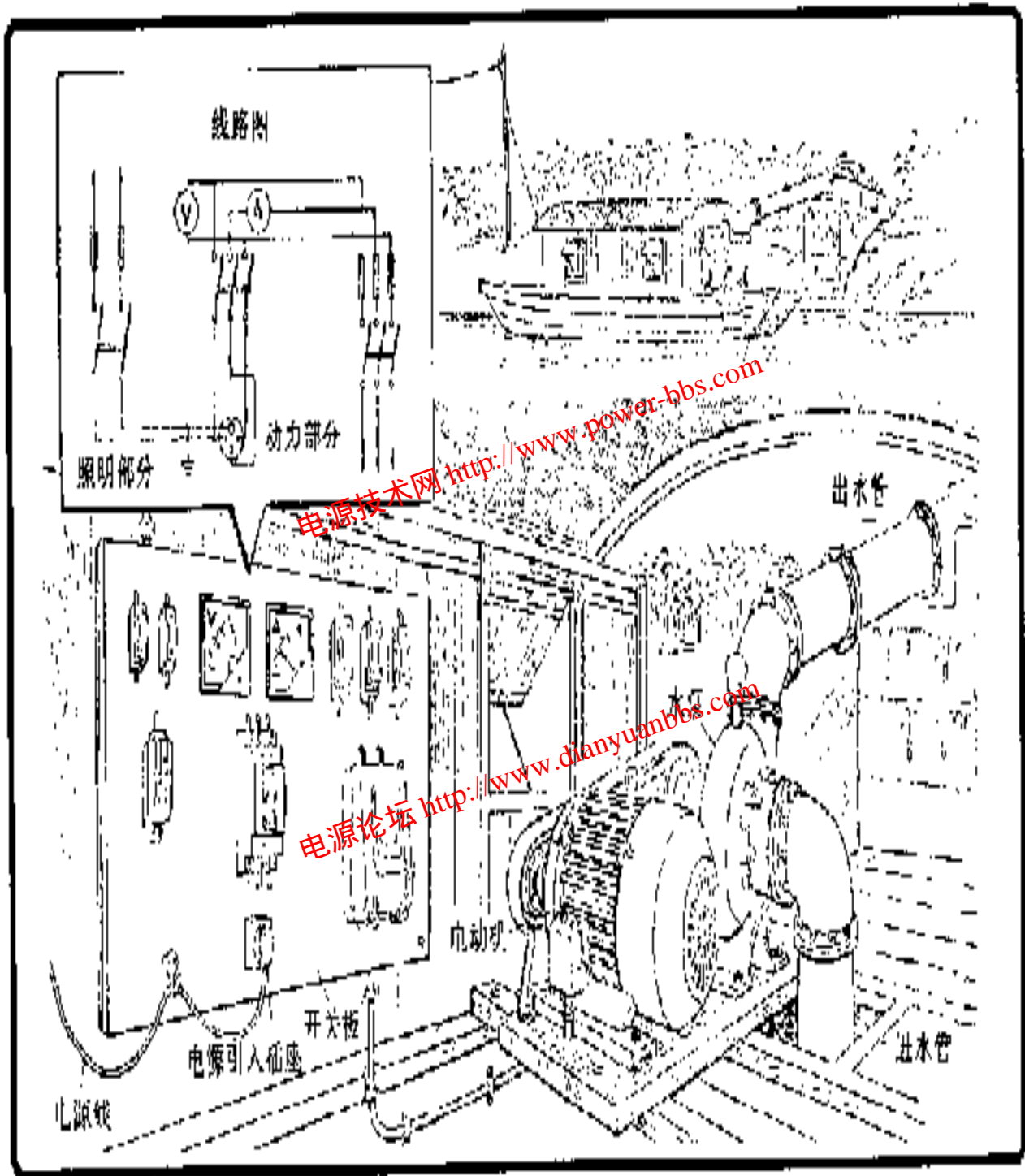


图 3-71 临时抽水机的概观



②要装有照明设施,以便夜间作业。

③开关和保险丝的选用参照上一节所叙述的进行。

④启动前应严格检查临时线的安全,电源开关情况,开机后也应监护好设备、开关、线路运行是否良好。

⑤桩(站)的一切电气设备应该保持干燥状态,不要受雨水淋湿。电气设备受潮应进行干燥处理,测量绝缘合格后方可重新使用。

(3) 潜水泵

如图 3-72 所示。潜水泵又称潜水电泵,潜泵。这种泵具有结构简单、灵活轻便、操作容易、适应性强等优点,所以使用也很广泛。如农田灌溉用水,建筑工地的基础排水,小型矿山排水等。有水泵和电源的地方都可以用它来抽水、排水。

潜水泵由泵体和电动机两部分组成。它的电动机有严格的密封装置,止水性也较好,保证电动机的绝缘保持在良好状态下工作。在工作时,把泵的整体放入水中,靠水冷却。一般在野外作业时,要拉好临时的电源线路,要求规格如上面所述。它可以用控制开关按钮开关、空气开关、交流接触器等作启动抽水使用。电动机的进线电缆由橡胶包皮、环氧树脂密封进口而接入机体,所以不许有破损现象。使用时,必须以不同方式吊起稳定好绳索,图 3-72 的吊挂方式是十分明确。注意的点是:吊运时,不要放到水底,以免

泥浆、石头吸入泵叶、破坏冷却和损坏叶轮。在运行的时候要十分注意线路、潜水泵、开关的良好情况,保证潜水的抽水连续性。

(4) 稻田、晒场上的电动脱粒

如图 3-73 所示。稻田、晒场上的电动脱粒器是野外工作的高效农用工具。必须注意的是:

①在使用时,它所用的电源必须由按规定架好的临时线路供给,切勿乱拉乱拉临时线,以防事故的发生。

②拉线和管理脱粒机要专人负责管理。

③架临时线后,所使用的一定是要用四芯电缆连接好,尤其是要注意机身接地。电缆剩余的部分要盘绕在脱粒机,防止人靠、机械磨损。移动脱粒机时,有人牵住电缆,顺序前进,不许拖拉。

④防止电动机受潮。

⑤图中的 1、2、3 图所示几种电动脱粒机,使用时一定要看清其电源接线接对接好方可使用。

(5) 室外固定临时照明和灭虫灯安装

在农村抢收季节,或稻、麦抽青苗时节需诱感害虫的灭虫灯,土地的绝对回施工板的新算算测及其他需要夜间作业的工作,都要安装临时的或固定的照明灯具。安装时必须符合电气安装规程,不可乱拉乱接,更不可为节省电缆,采用一线一地的用电方式。

图 3-72 使用潜水泵抽水安装示意图

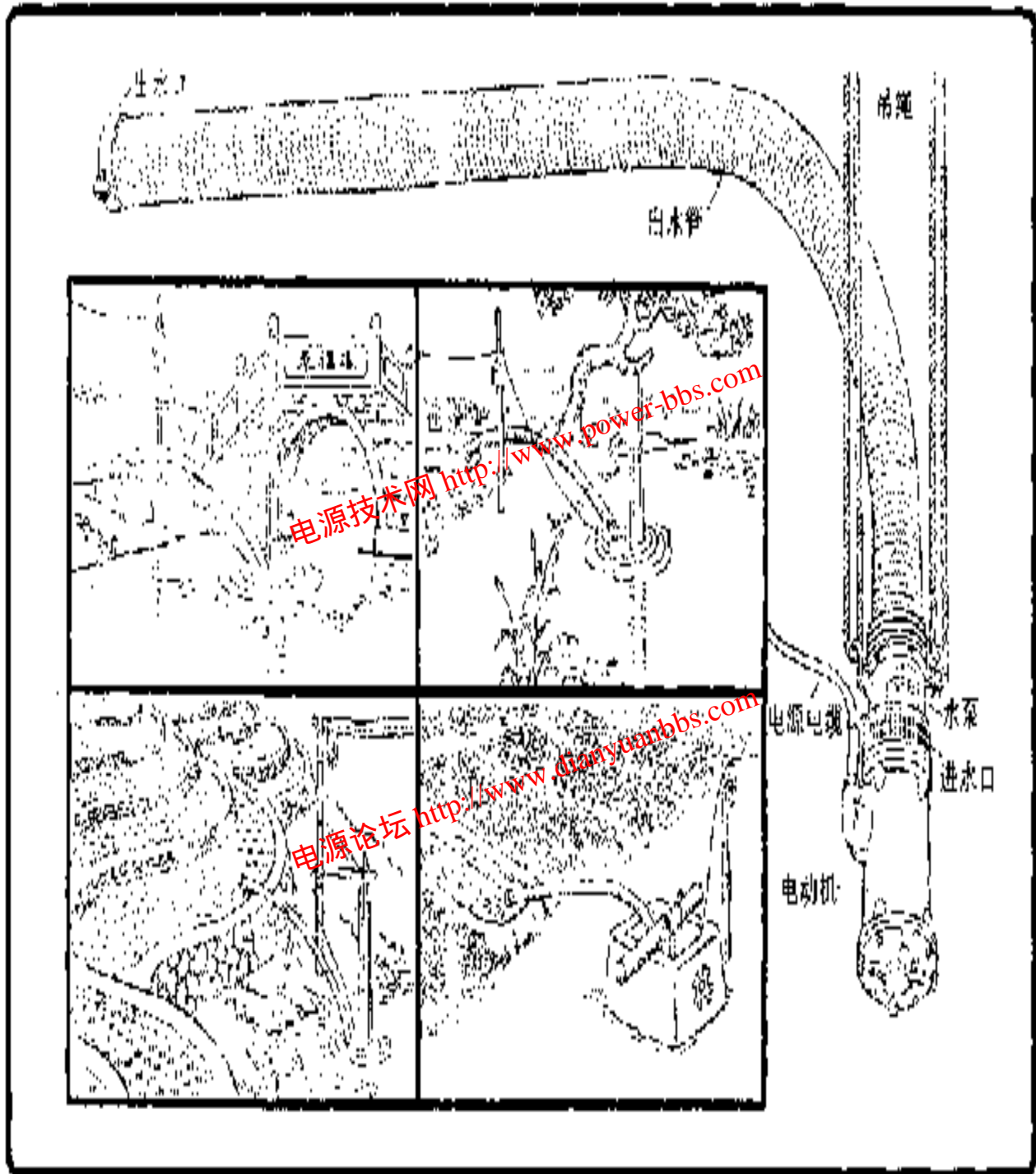
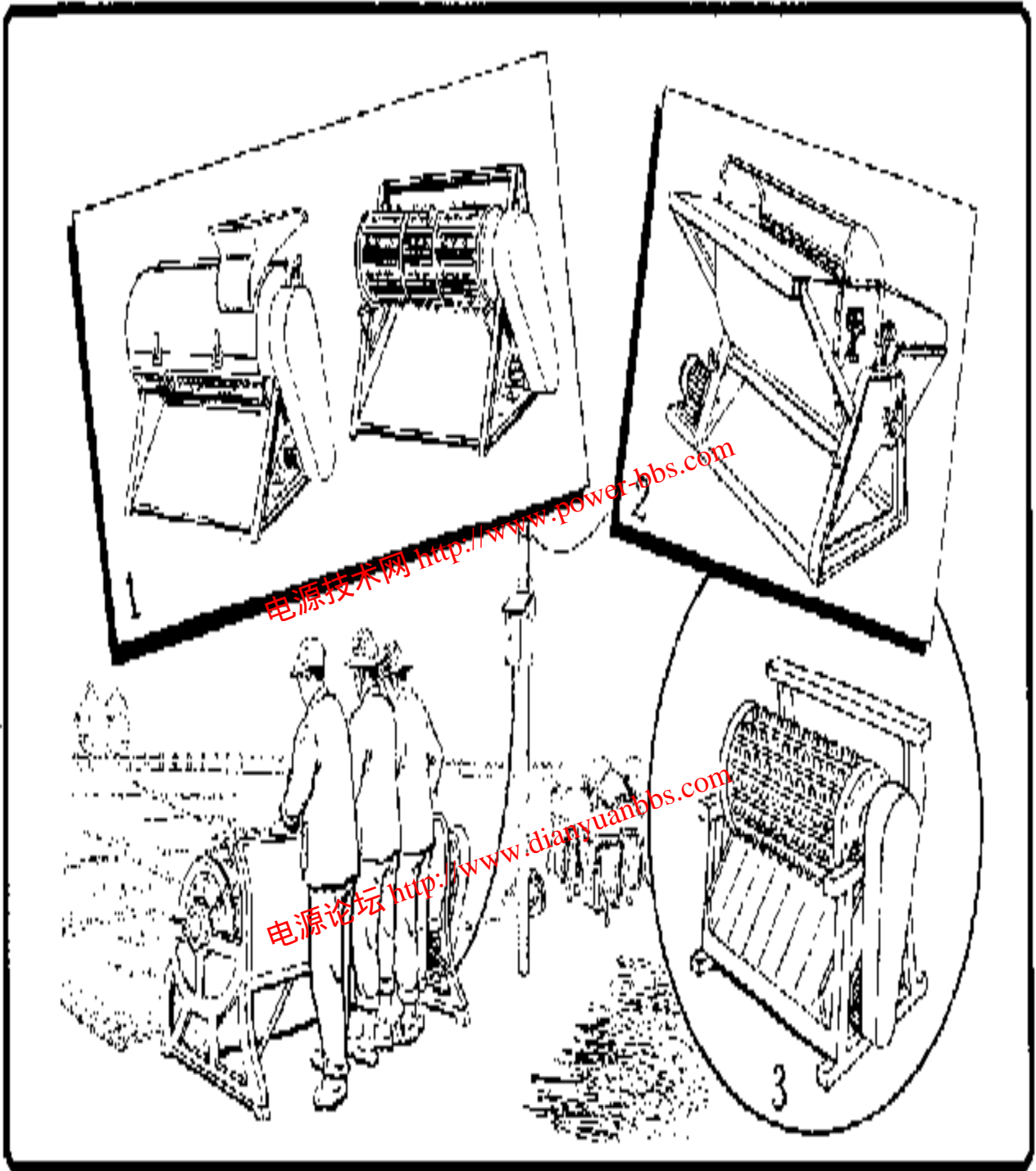


图 3-73 野外电动脱粒机的安装和操作



314 图解电工手册

①固定式照明

室外固定的照明形式有路灯、门灯和各种场地用灯(如会场、剧场、球场、上场)。如果路灯附装在低压架空配电线路的电杆上,路线只用一根相线或火线,零线可借用配电线上的。但是灯线要架在配电线路下方相距 0.5m 处,同时路灯线的对地距离要保证满足技术要求。在城镇,村庄保证装在 5m 以上,田间在 4m 以上。如果路灯不安装在低压配电线路电杆上,要另立电杆,引线必须由相线(火线),零线组成。路灯的开关控制必需串接在相线上。

门灯的安装要从室内用电线引出,并套上瓷套管或塑料管、钢管,不得依着墙乱拉乱接。

各种场地的固定式电灯均按技术要求进行。

室外的各种型式固定照明灯的开关,灯头都要用能防雨,以防潮湿短路。

室外的高亮度碘钨灯应水平安装,并加防雨罩作保护。

②临时式照明灯的安装

临时照明灯目前随着社会经济的发展,建设事业的迅速发展,越来越多,应用广泛,比如检修、施工、安装、种植、园艺及其他短时间的野外作业、演戏、放线、开会等多用临时架设电灯线照明。为了使临时照明安全使用,必须做好下面几点:

a. 在分路线上搭线的临时照明线路,必须用绝缘较好的优质线拉接,不许用劣质线,电线架高不应低于 2.5m。

时间使用较长的要用防雨开关和灯头。

b. 电线的连接必须如图 3-74 所示进行。应先把两根线打个结,然后分开两接头,两个连接点分别用绝缘黑胶布包扎。

c. 临时照明线路的电源一定要从配电箱上的开关或保险盒下端连出,不许搭接在架空配电线上。

d. 临时的照明线应由熟练中工安装,且要负责管理好。

e. 临时照明线路,作业完毕应立即拆除。

③灭虫灯

图 3-75 示出了灭虫灯的结构和安装方法。

农村中的病虫害测报部门通常为掌握病虫害的发展趋势,必须要到第一手资料,因而常用灭虫灯(黑光灯)诱杀害虫。晚间害虫见光后就会纷纷飞集到灯周围,当害虫碰到光源后,就会顺着灯周围装好的玻璃而自行跌落在臭油的水中,把害虫杀死。

安装灭虫灯的方法见图 3-75 所示。电灯线的引入必须从配电箱中引接,若把导线延伸,必须把线支撑高 2.5m 以上,终点导线要想法绑扎牢固。

图 3-74 临时照明灯的安装

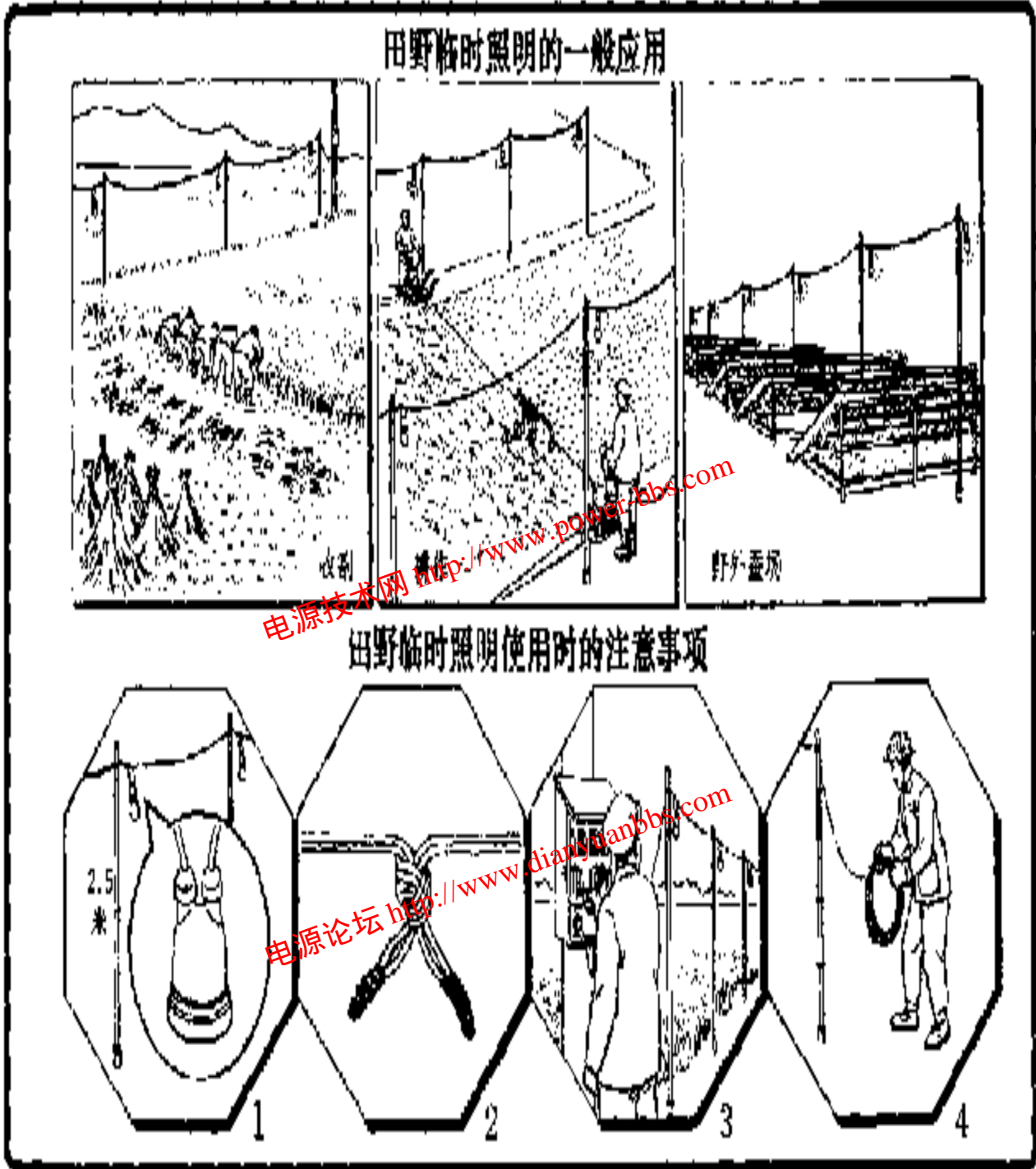
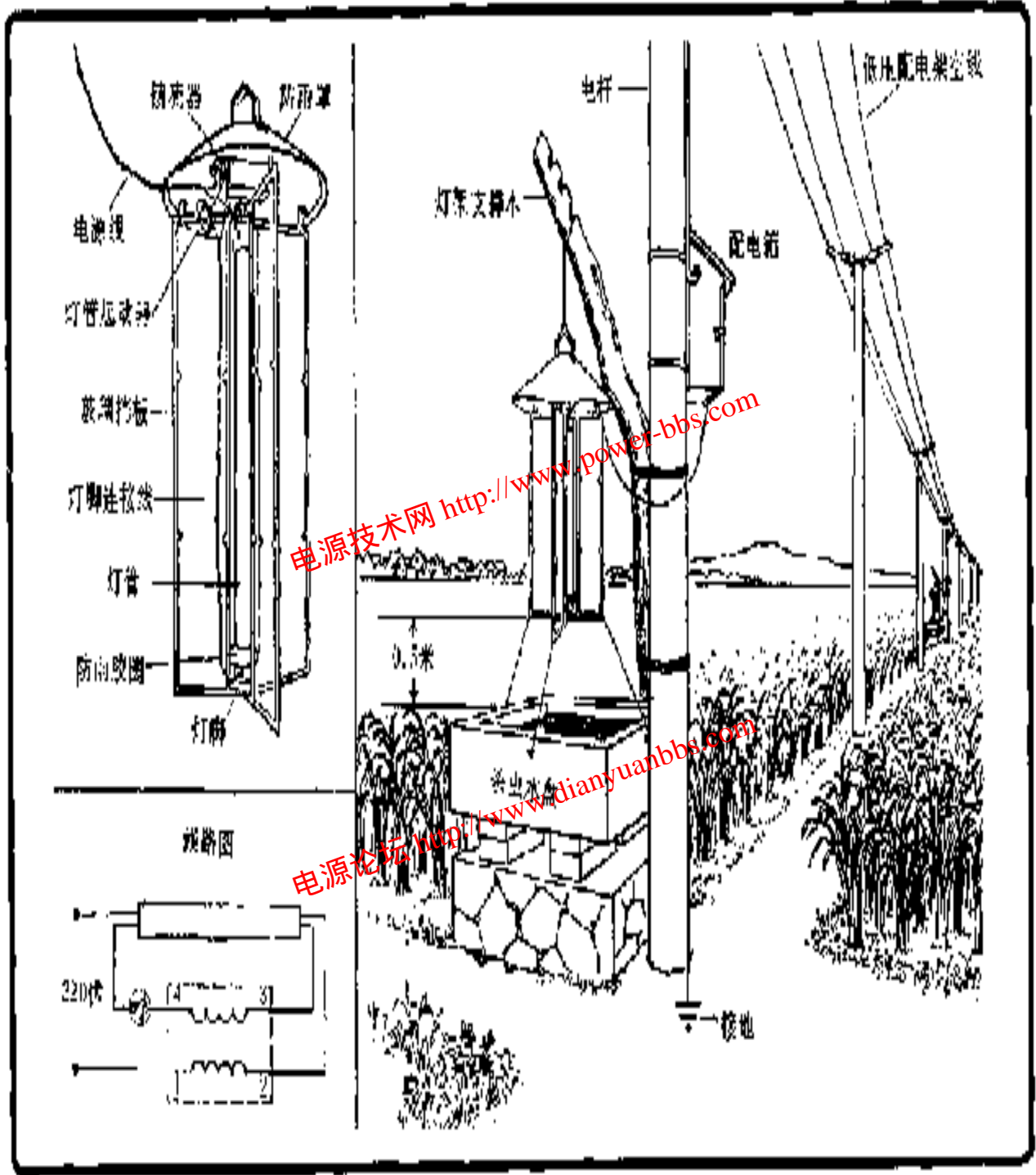


图 3-75 灭虫灯的结构和安装方法



第四章 室内动力线路

一、室内动力线路的敷设和安装

1. 室内动力线路的构成

动力线路装置概貌图如图 4-1 所示。

当二根相线(火线)和一根中性线(零线)引入到户内以后,首先是把电源端接到总保险盒,尔后经电表分别接到各支路配电箱上的电气装置、控制装置,最后接到用电设备上。如图 4-2 所示。

在这里强调一下,室内若装有多台电动机,各台电动机并联在室内动力电路,每台都要串联一个控制开关,以便在各台电动机的停止或运行时不受到相互影响。

在室内安装的总配电箱、控制开关设备、电动机等安装都要本着安全第一,投资节省,使用维修方便为原则。电器设备周围应设有安全护栏。电气设备的安装高度按规定进行,为便于晚间操作电气设备,配电箱上要有足够宽度的灯光。

2. 室内照明系统

室内照明系统包括总开关,分支开关,保险盒,计量电表等的装置。它们要自成一体,不要随便借用动力电线和动力电气设备电源。如图 4-3 所示。

二、室内动力线路的敷设工艺

(一) 接线法

1. 压接法

铜包和麻皮的多股综合铝线的连接,在条件允许的情况下,一般要求采用机械压接方法进行。如图 4-4 所示。

(1) 选用与电线规格相同的压接工具和套筒。

(2) 用钢丝刷(或汽油)清洗电线表面和铝接管内壁的污物或氧化物,接着在要压接的电线两端涂上一层导电膏。

(3) 压接时第一个压坑应在线端一侧,不要压反,每个压坑必须保持压接管的位正确,不许倾斜,更不要使钢管扭曲变形。

(4) 用黄蜡绸缠绕包扎裸露部分,后再用黑胶布重复包扎一层。

2. 叉接法

在没有机械压接条件下和小容量的电路上,用叉接法

图 41 动力线路概貌图

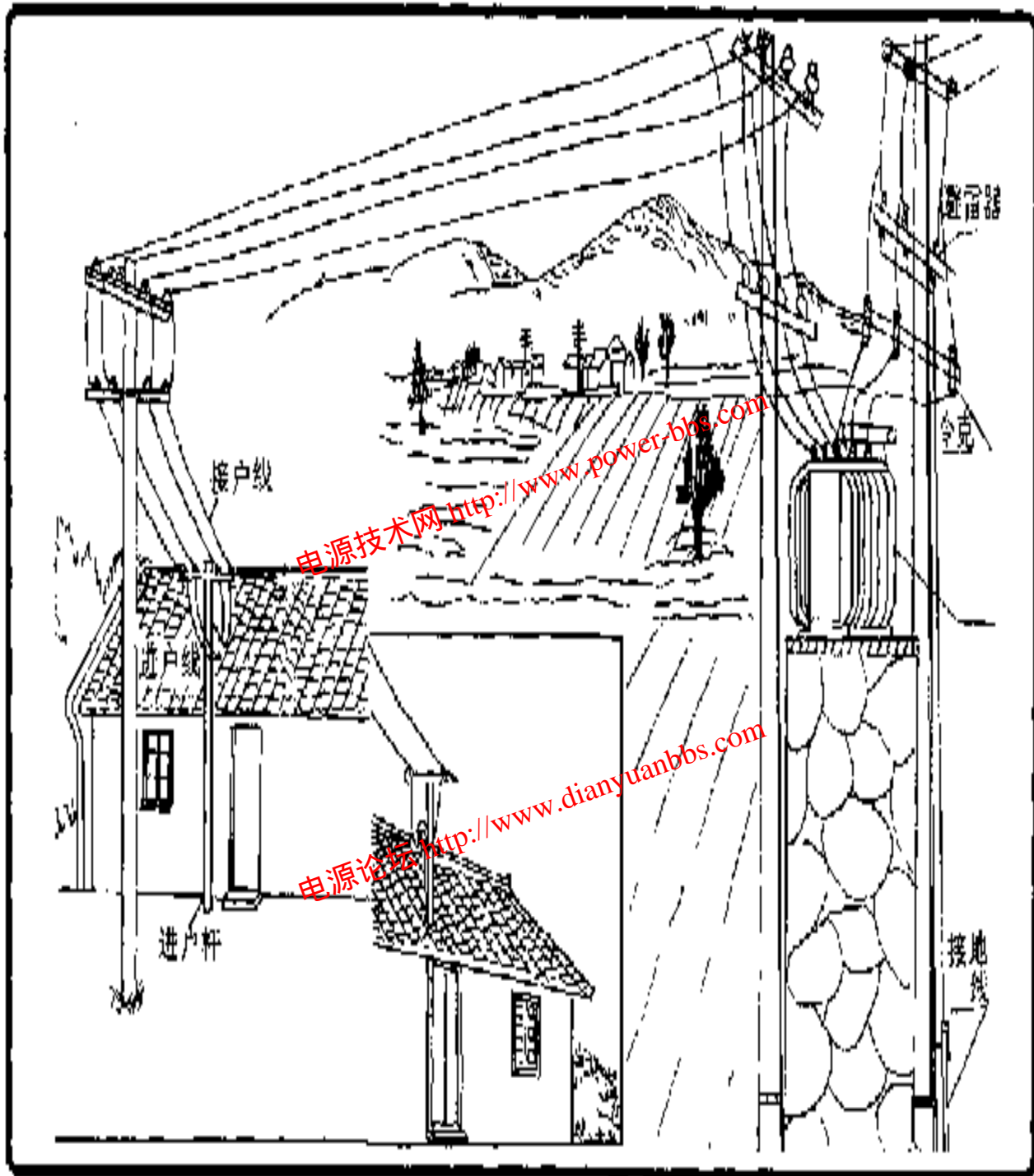


图 4-2 配电箱及其电路图

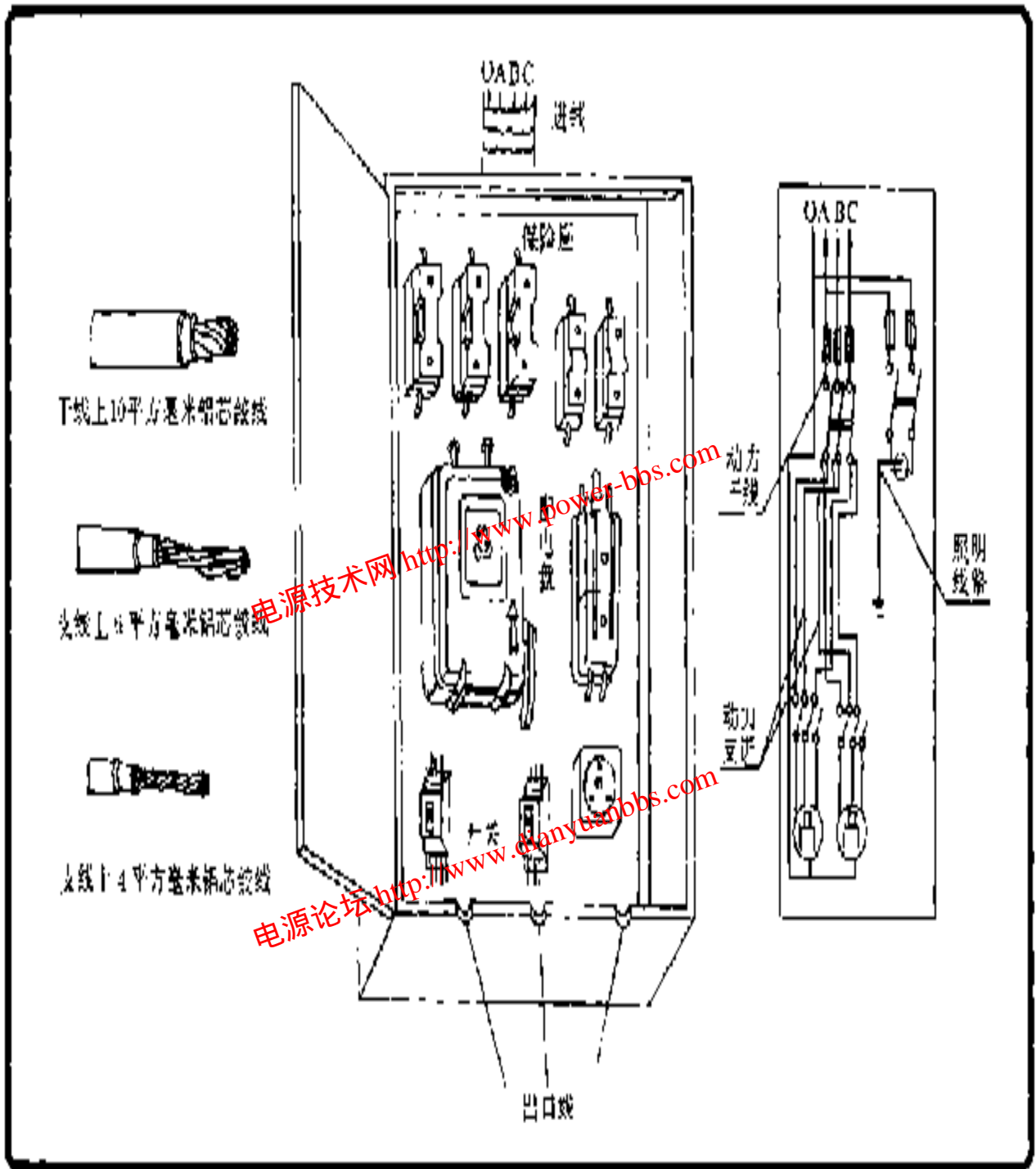


图 4-3 照明电路分装图

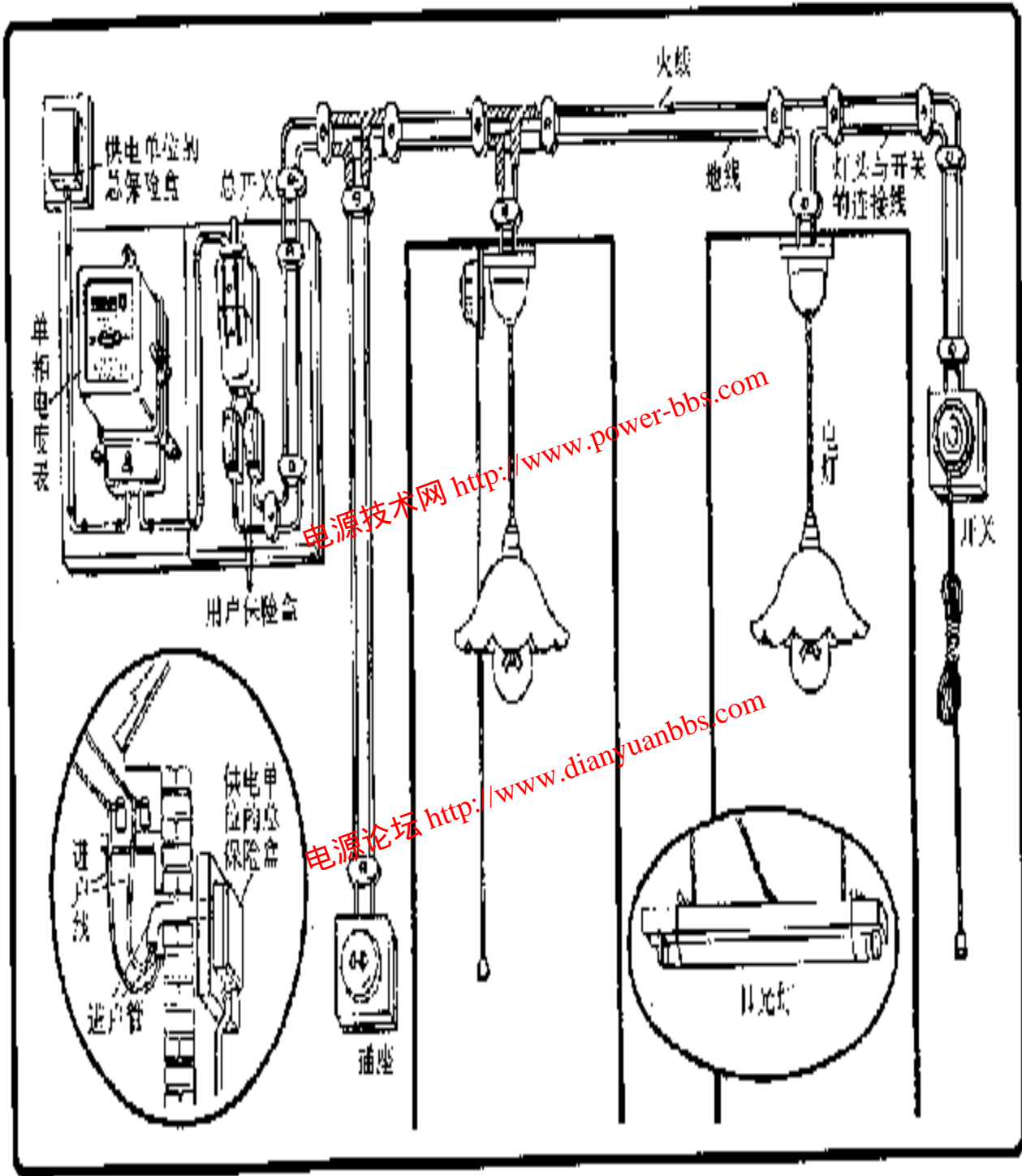
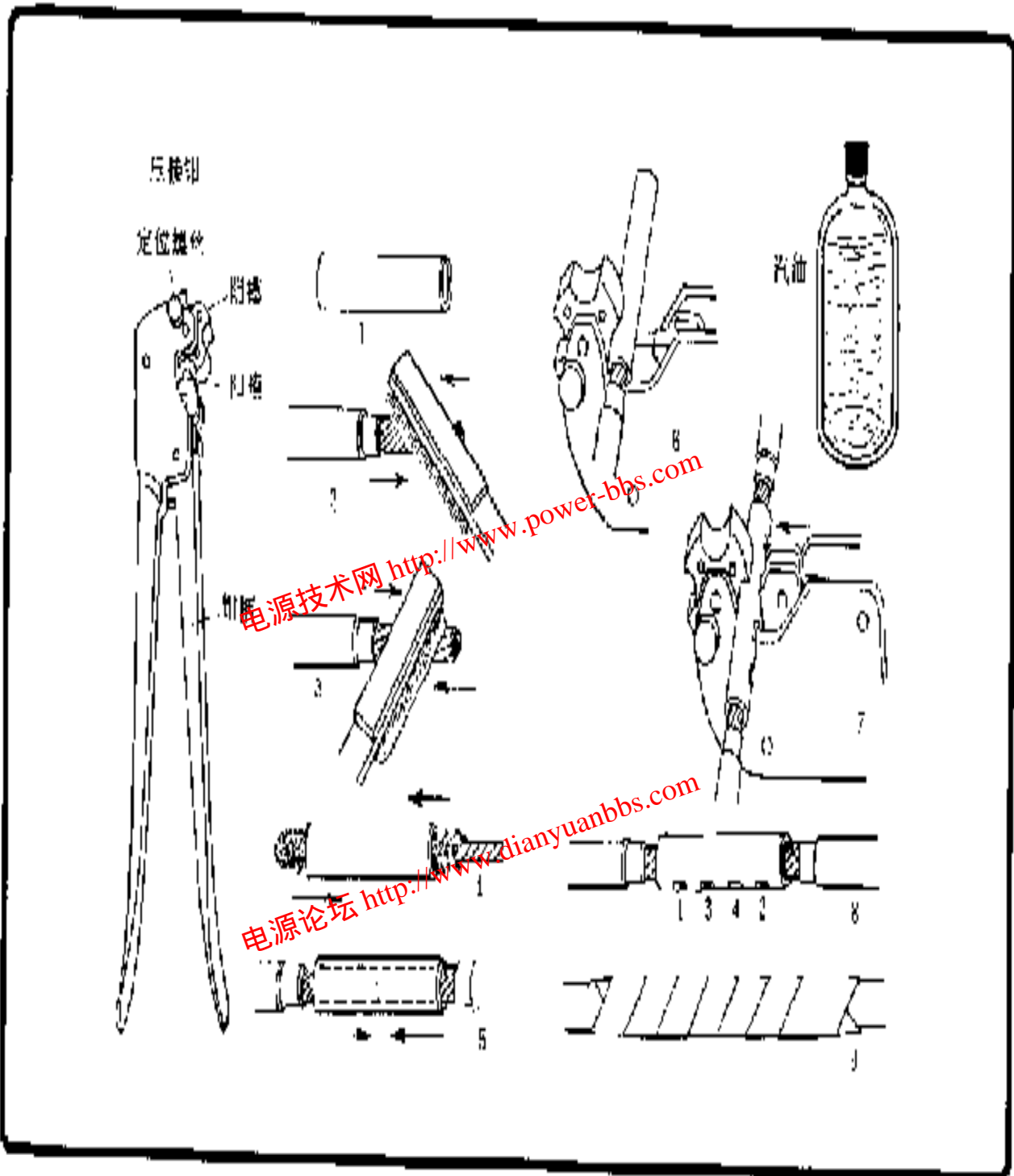


图44 压接法



322 图解电工手册

联接电线,它既容易施工又可达到技术要求的目的。如图 4-5 所示。

3 铝芯线与电气设备的螺栓压紧式接线方法

室内动力馈线与电气设备的连接使用方式大部分都采用螺栓压接式的接线方法。如图 4-6 所示。

(二) 室内动力线路的敷设和安装的技术要求

敷设室内动力线路时,应全面考虑到运行安全、美观、整洁、使用方便、节省材料、检修容易等因素,并且应符合安装的技术要求,如图 4-7 所示。

(1) 动力开关干线的选用要按照近期负荷和远期计划的总需求选用。

(2) 敷设的动力线离地面 一般在 2 米以上。

(3) 每一条动力线穿过墙壁时都应套上瓷管或钢管、钢管作保护。

(4) 动力线穿过楼板或在地面敷设时,应离楼板(或地面)1.3 米,电线应用金管保护,并装相应护线盘,以防损伤和鼠害。

(5) 按严格的接线要求进行线路连接。

(6) 用绝缘的黄蜡带、黑胶布对开包扎好芯线受损的裸露部位。

(7) 动力线路连接好后,用摇表测试各相间的和各相对零线(或地)的绝缘程度,要求相对相间的绝缘在 $0.38M\Omega$ 以上,相对地为 $0.22M\Omega$ 以上。

三、动力设备保险和开关的选用与安装

1. 动力线路保险装置的选用

动力线路自开关架穿墙接入户内后,进入总保险装置,如图 4-8 所示。其容量的大小应视室内近期和远期安装设备容量的大小来考虑。选用的总保险盒,一般有瓷柱保险、瓷壳开关、闸刀开关,无论选用何和保险装置都应应用螺钉固定在本板上,它的进线出线端头要用瓷夹或塑料扎固定在本板上。保险盒的总保险丝需经选定粗细后才可使用,不要随意加粗或减小,以免发生用电事故。

2. 室内动力设备开关的选择

图 4-9 所示是几种总开关的形状。其中空气开关的保护装置比较灵敏,起动时的灭弧较理想,保护的範圍也比较广。

总开关安装在电度表的右方,总开关在常规操作将手柄拉下时,电路即可断开。向上推合时电路即通。切不可

图 4-5 叉接法

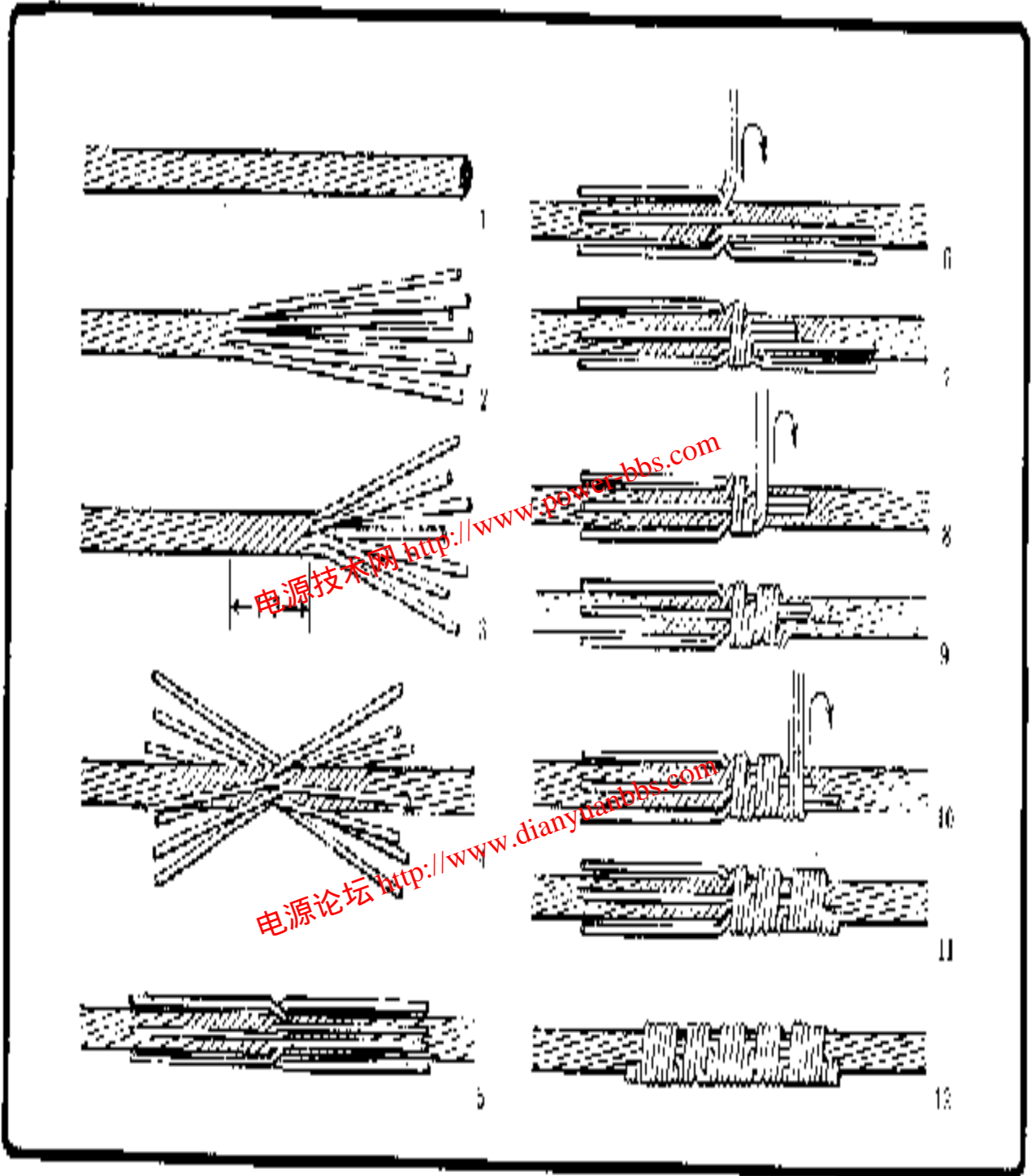


图 4-8 螺栓压接法

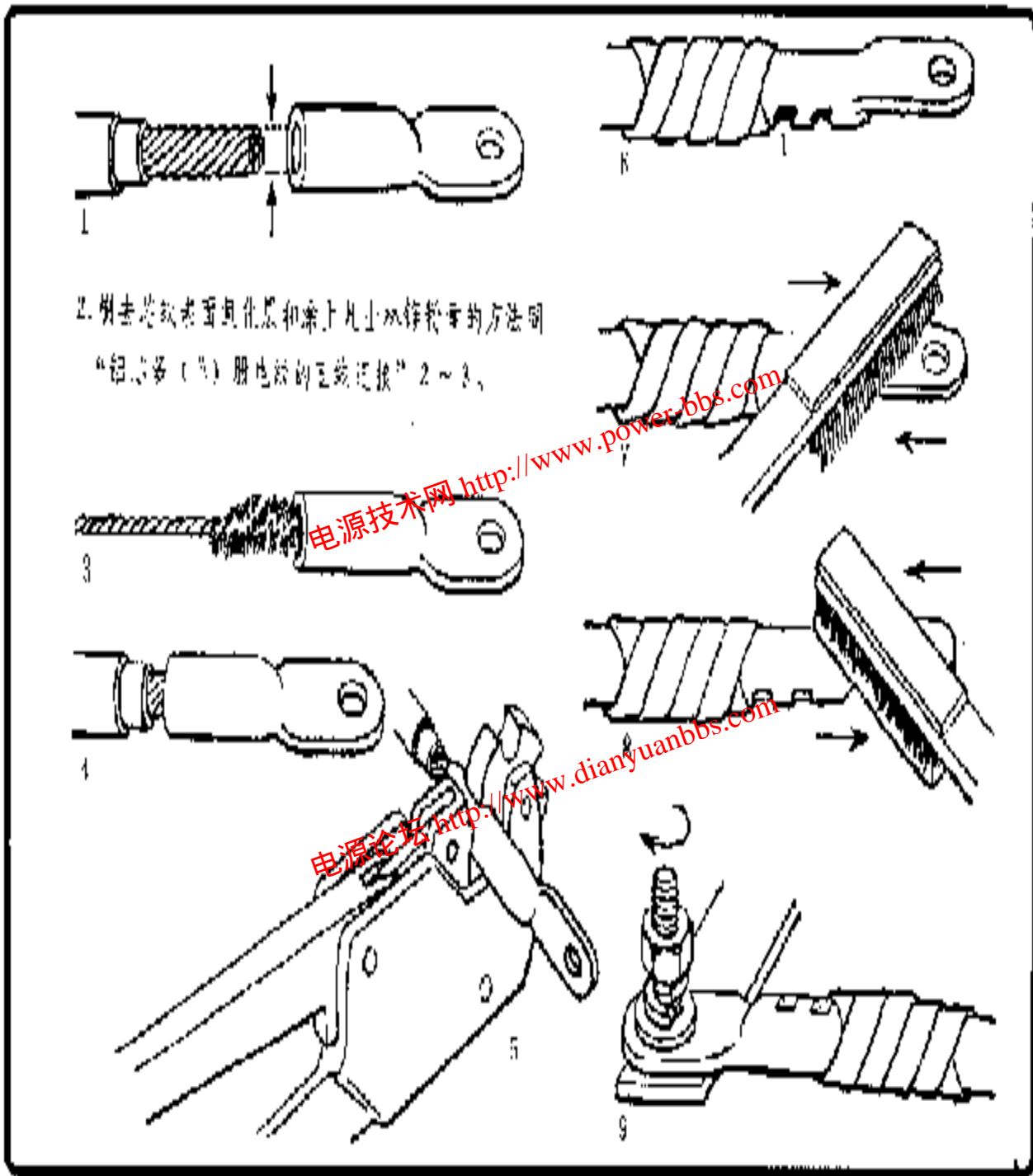


图 4.7 室内动力线路安装技术要求示意图

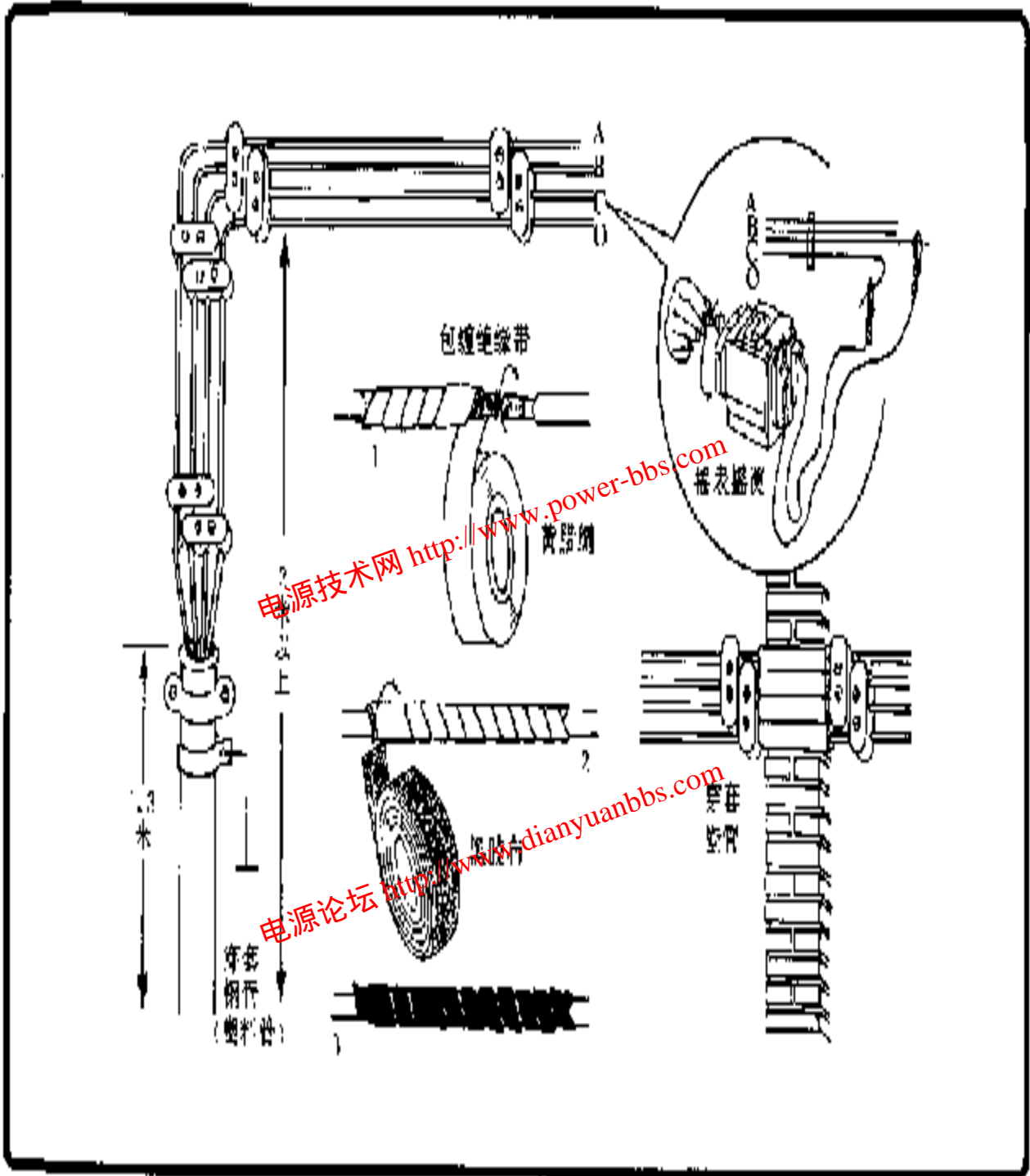


图 4-8 总保险装置

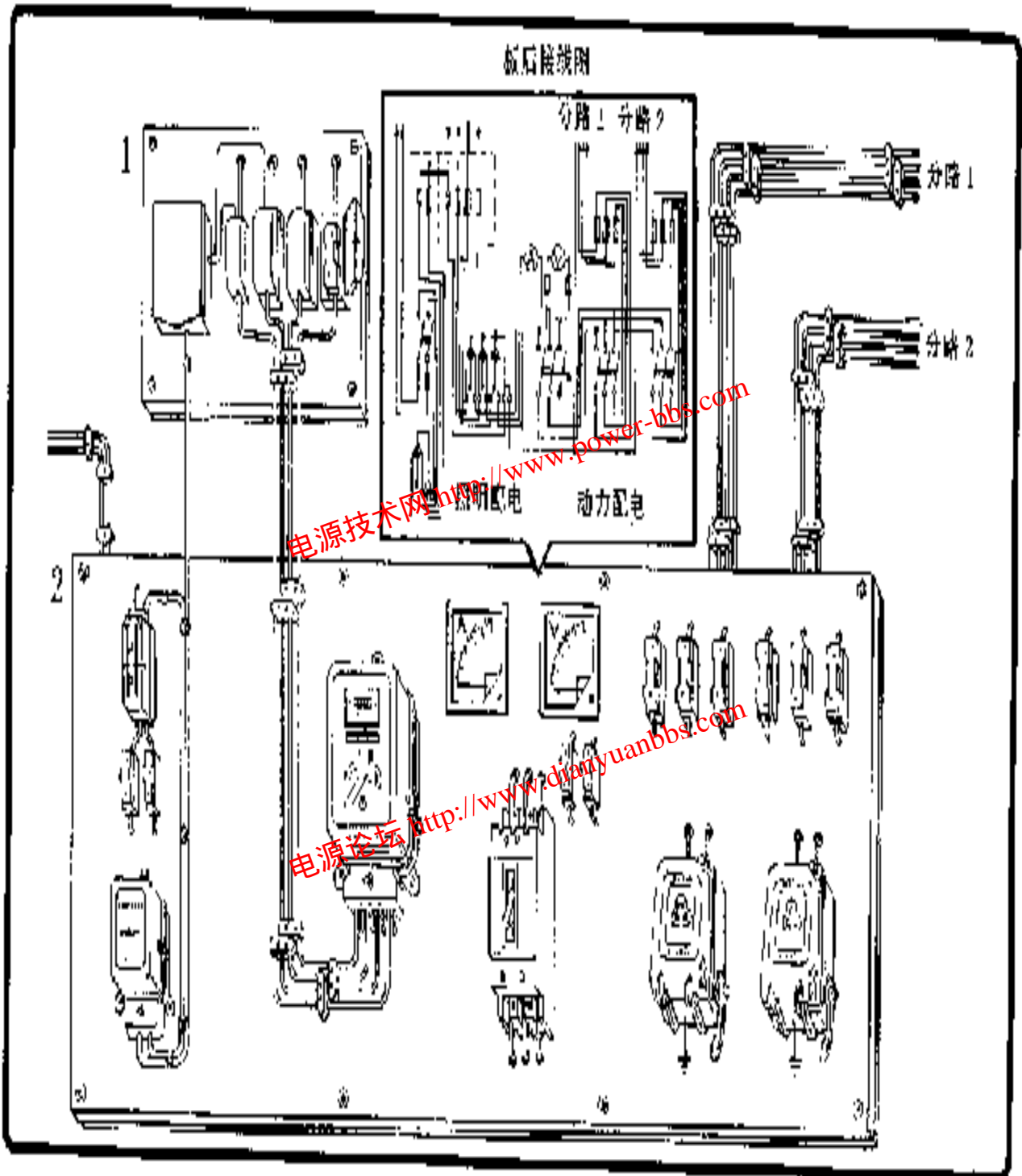
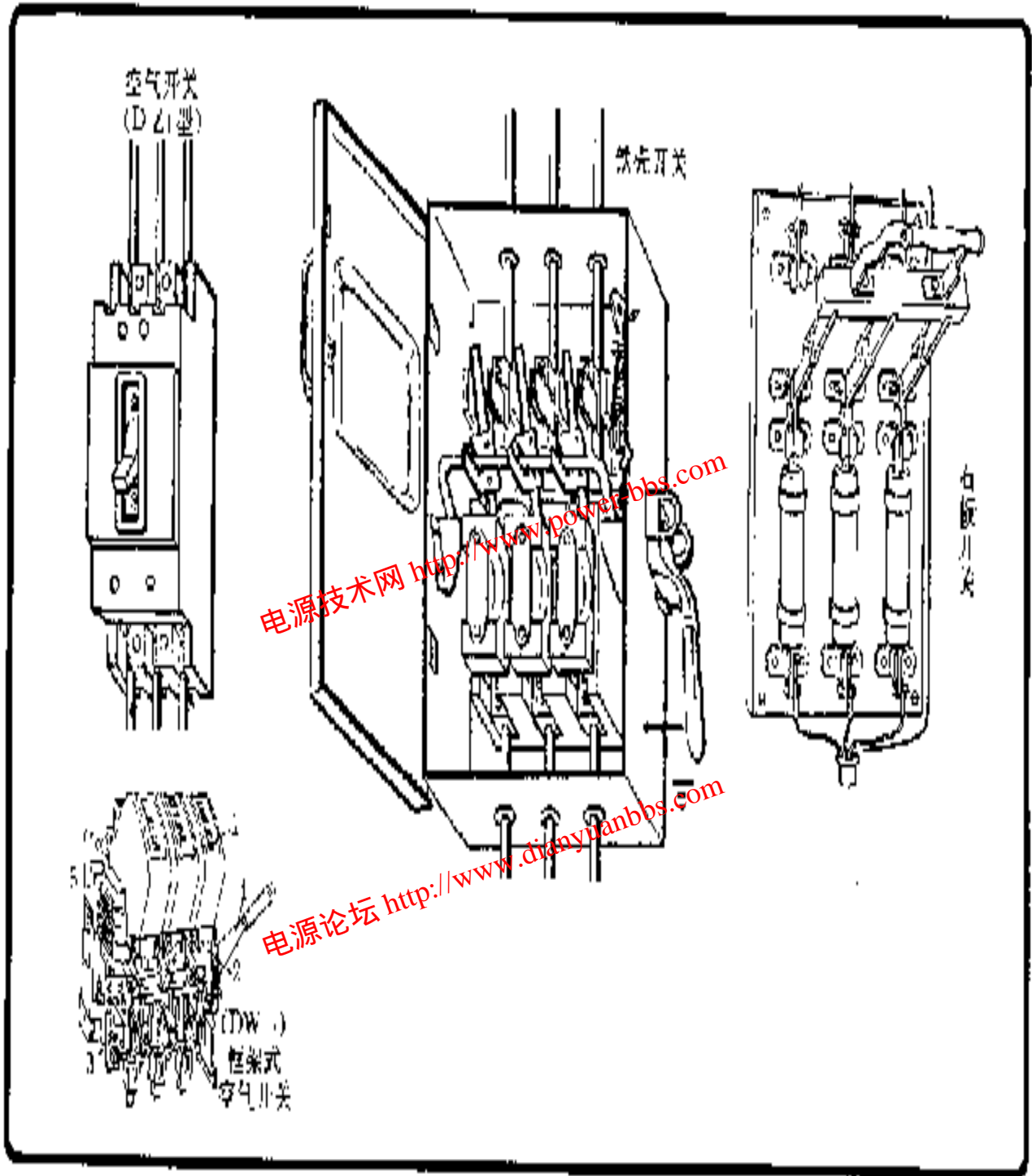


图 4-9 几种开关装置



328 图解电工手册

倒装,若用铁壳开关时,外壳必须接地。

铁壳开关、闸刀开关、石板开关里的保护装置有两只保险盒或三只保险瓷箱,二根限流保险丝。选用的保险丝大小视电路安装的设备容量情况而定,不宜过粗也不应过细。

装机在 7kW 以下的小容量电动机,采用保险丝作保护(如闸刀开关)装置时,为达到保护之目的,可以把保险丝选细一些,一般可按电动机额定电流的 1.5~2.5 倍的比例选用。

3. 室内小功率配电箱的安装

配电箱内包括动力进出电线、保护装置、起动开关、计量电表等。图 4-10 所示是动力部分和照明部分的小功率配电箱(10 千瓦以下)。

在这面配电箱上没有动力部分和照明部分,动力线路从总保险盒上引接来的三根相线(火线)和一根中性线(零线)接入支路,然后接入直装式的三相四线的电流表,后再接到有保护装置的空气开关(或其他起动开关上)。安装时配电箱的安装高度应离地在 1.5~1.8 米的地方,以便于抄表,开关和电表的位置视进线情况和操作方便而定。

4. 室内大功率配电箱的安装

图 4-11 所示是室内大功率配电箱(10~100kW),其线路布置,开关设备,计量设备要比小功率的配电箱复杂得

多,由于它的工作电流大,选择的各项设备也相应增大,板上布置的除了与小功率配电箱上有一只三相回线或(三相二线制)电度表外,还要附加安装有三只同规格,同型号的电流互感器,通过互感器使电度表的工作电流换算的比例变小,后接入计量电度表,作为用电数量的记录。电流互感器应安装在电度表和总开关的上端,它的初级接线和次级接线应与电度表成一个计量系统。连接电路所用的电线不许用铝质电线,以免氧化后引起断裂,或接线不好而造成事故,应采用截面不小于 2.5mm² 优质塑包的铜线芯线,中间不准有接头,裸露部分要用绝缘带包扎好。

四、三相电度表的接线法

1. 三只单相电度表联合使用时的间接接线法

图 4-12 所示为用三只单相电度表的直接式接线方法。单相电度表的接线桩共有四个,从左至右分别为 1、2、3、4 号,1、3 为电源进线,2、4 为出线。

(1) 室外电源来的三根相线(火线)分别接入三只单相电度表的桩头进线“1”号。

(2) 从三只单相电度表的出线桩头 2,引出三根相线,再与设备的总开关的三个进线桩头连接。

(3) 在三只单相电度表的出线桩头,即编号“3”用一根

图 4-10 小功率配电箱

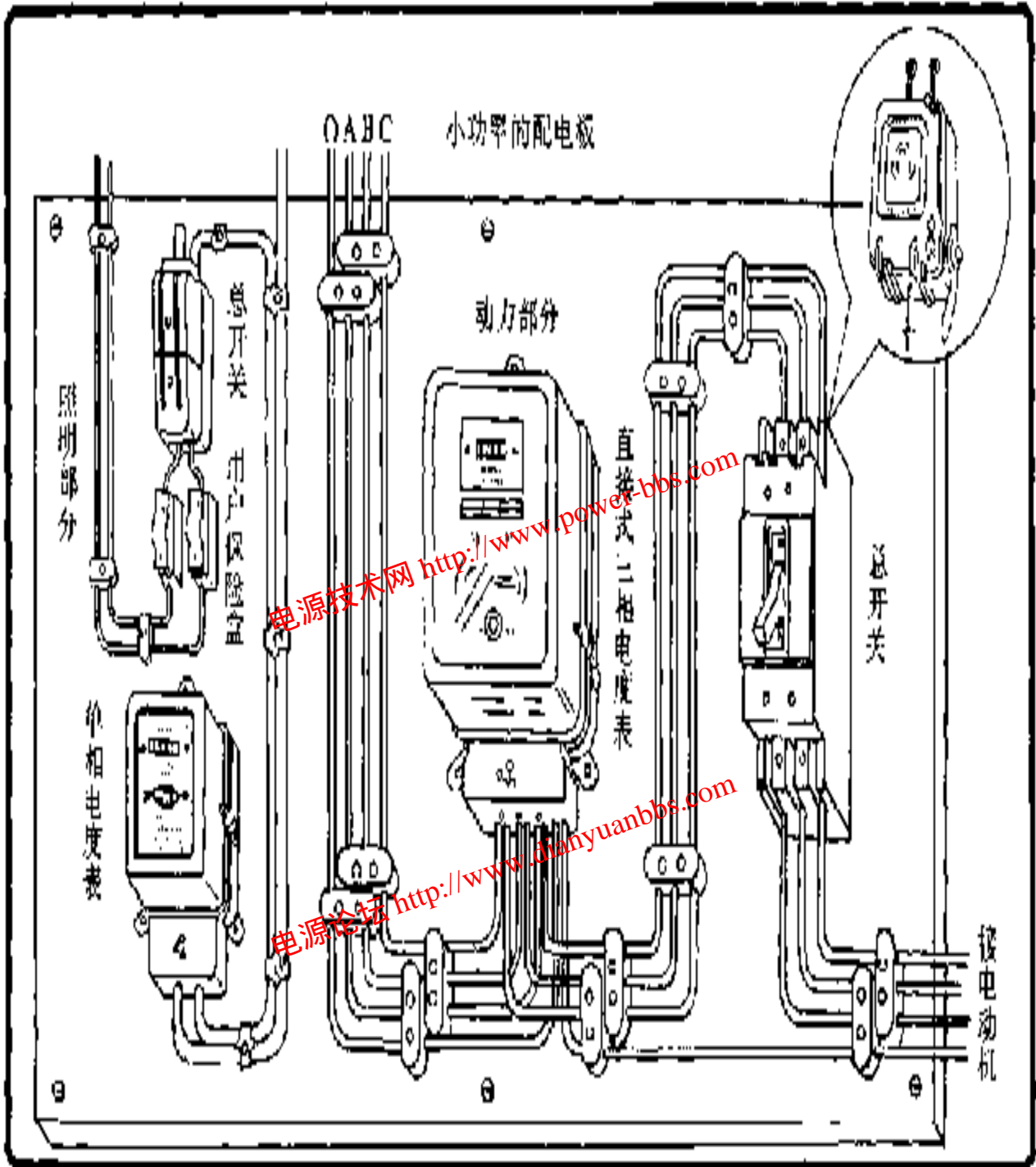


图 4-11 大功率配电箱

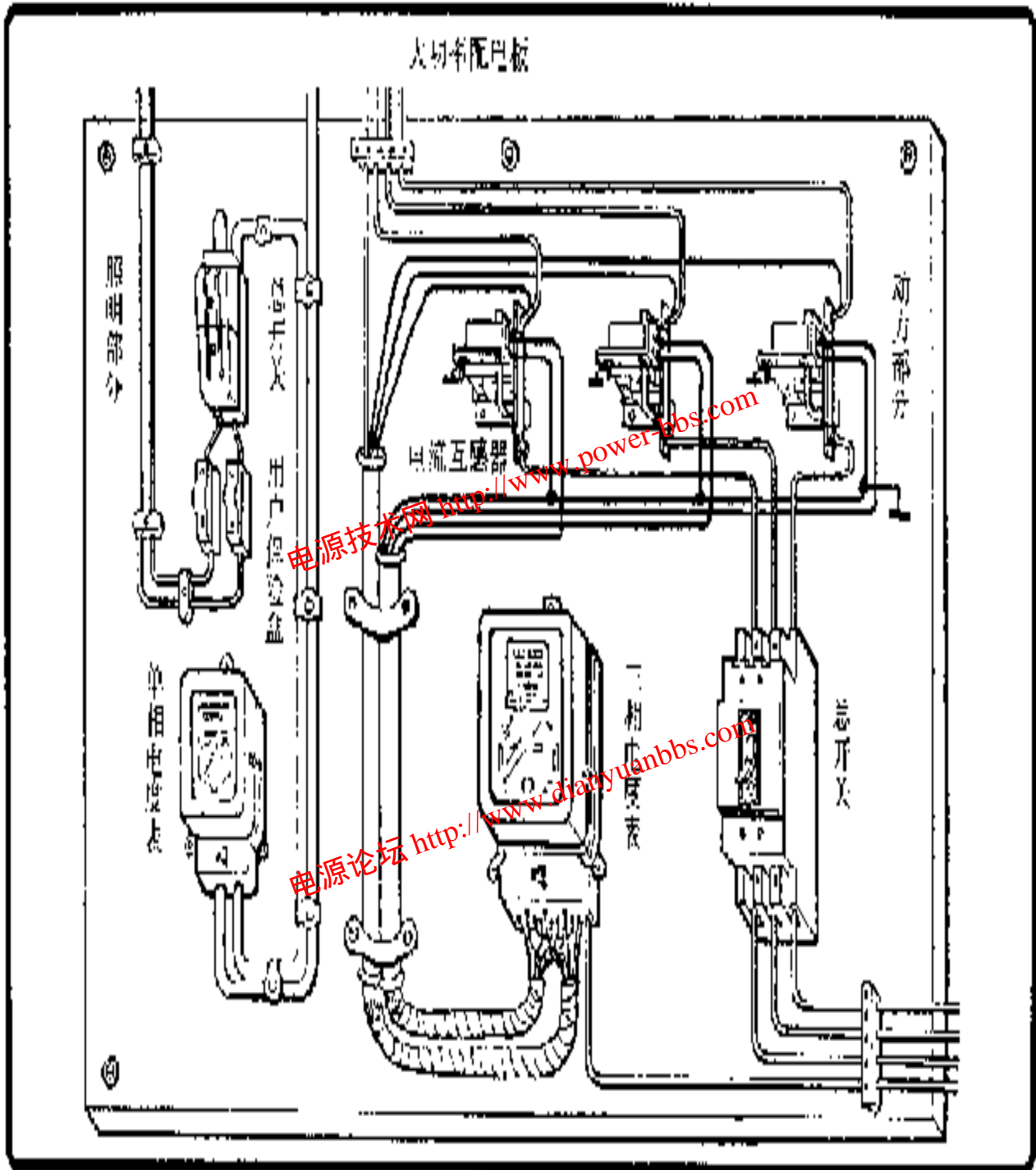
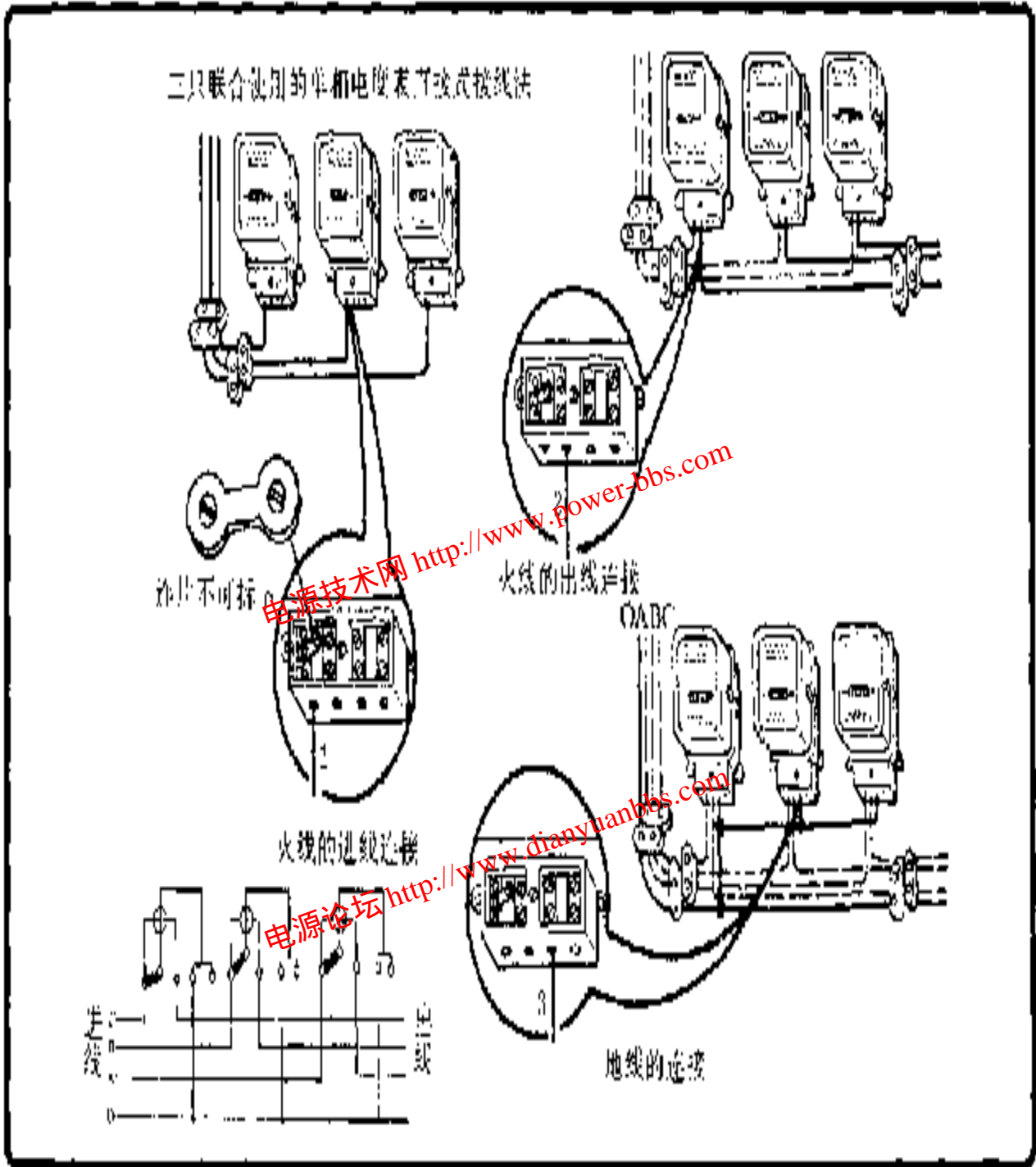


图 4-12 三只联合使用的单相电度表的直接式接线示意图



332 图解电工手册

塑包铜线连接后就与中性线(即零线)连接起来。

(4) 三只单相电度表的出线编号“4”空着,不接入线,但要注意各个单相电度表接线盒内的连片记住不可拆下来。

2. 三相三线制电度表的直接接线方法

配电板上的计量电度表除上述取用的三只单相电度表串用计量时,大都采用三相四线制和三相三线制的电度表。

图4-13所示是三相三线制在动力线路计量电度表的接线方法。这种三相三线制的电度表共有8个接线桩头,从左至右的编号为1、2、3、4、5、6、7、8,当总的1、4、6为进线桩头,三个桩头分别接于引入室内的三根相线(火线),1、5、8是出线桩头,它与总开关的三个进线桩头连接,2、7两个桩头可空着,但千万注意,接线盒内的两块连片不可拆下。这种电度表只适用于三相三线制电路,没有中性线(零线)的进线桩头。

3 直接式三相四线制电度表的接线方法

如图4-14所示,该种电度表共有11个接线桩头,从左至右按1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11编号。其中1、4、7是相线的进线桩头,用来连接从室内动力线路的接线桩头引来的三根相线(火线),3、6、9是相线的出线桩头,三根相线从这里引出后,分别接到总开关的三个进线桩头上,10、11

分别是中性线(零线)的进线桩头和出线桩头,用来连接中性线(零线)的进线和出线。(如果室内不使用单相动力电源,而接地方法又不采用保护接零,则接线桩头11可空着不用)。这里2、5、8三个接线桩头可空着,但电度表接线盒为三块分别接接线桩头1、2、4、5、7、8的二块连片不可拆下,因为2、5、8三个接线桩头是通电压线圈的,如果拆下连片电压线圈会因为没有电流通过而不起作用,电度表就不会转动了。

五、室内电动机的启动控制开关

1. 开关箱和开关板的形状

图4-15所示为开关箱和开关板。开关箱在照明灯(指示灯)、电度表、电度表、空气开关、熔丝保险、交流接触器、启动停止按钮等设备组成。此种开关箱一般用于功率较小的控制电路上,开关板除了上述的开关箱所具有的配套设备外,还有总开关(闸刀开关)、电流互感器、指示灯、电压转换开关和大功率的补偿启动器(交流接触器)。

2. 配电盘

图4-16所示是用于较大装机容量(板)的配电盘(板),它由闸刀开关、空气开关、交流接触器和辅助启动装置、计量指示仪表等组成。当运行失压过流或电动机电路断相,线

图 4 13 三相三线电度表的连接

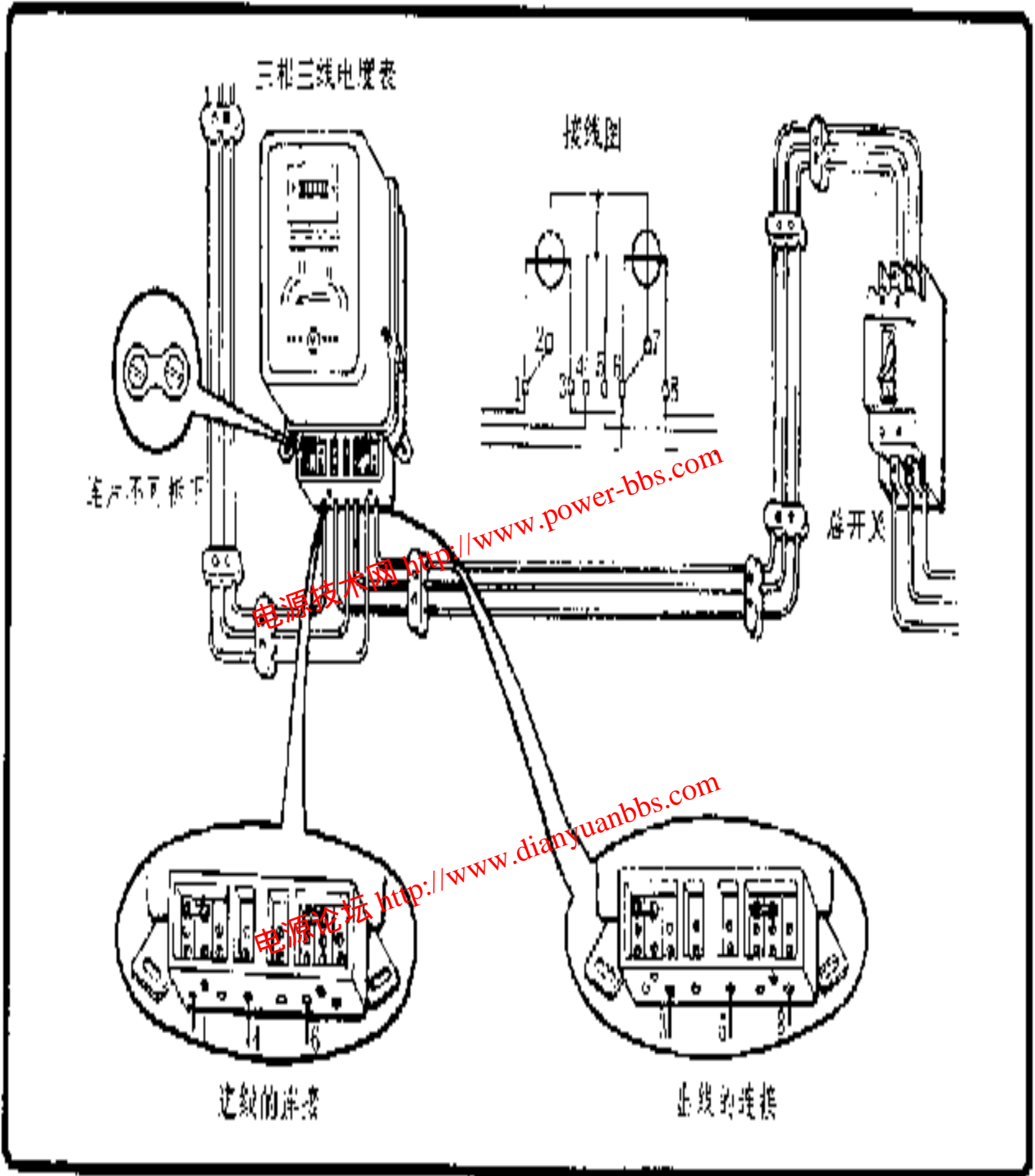


图 4-14 互接式三相四线制电度表的接线

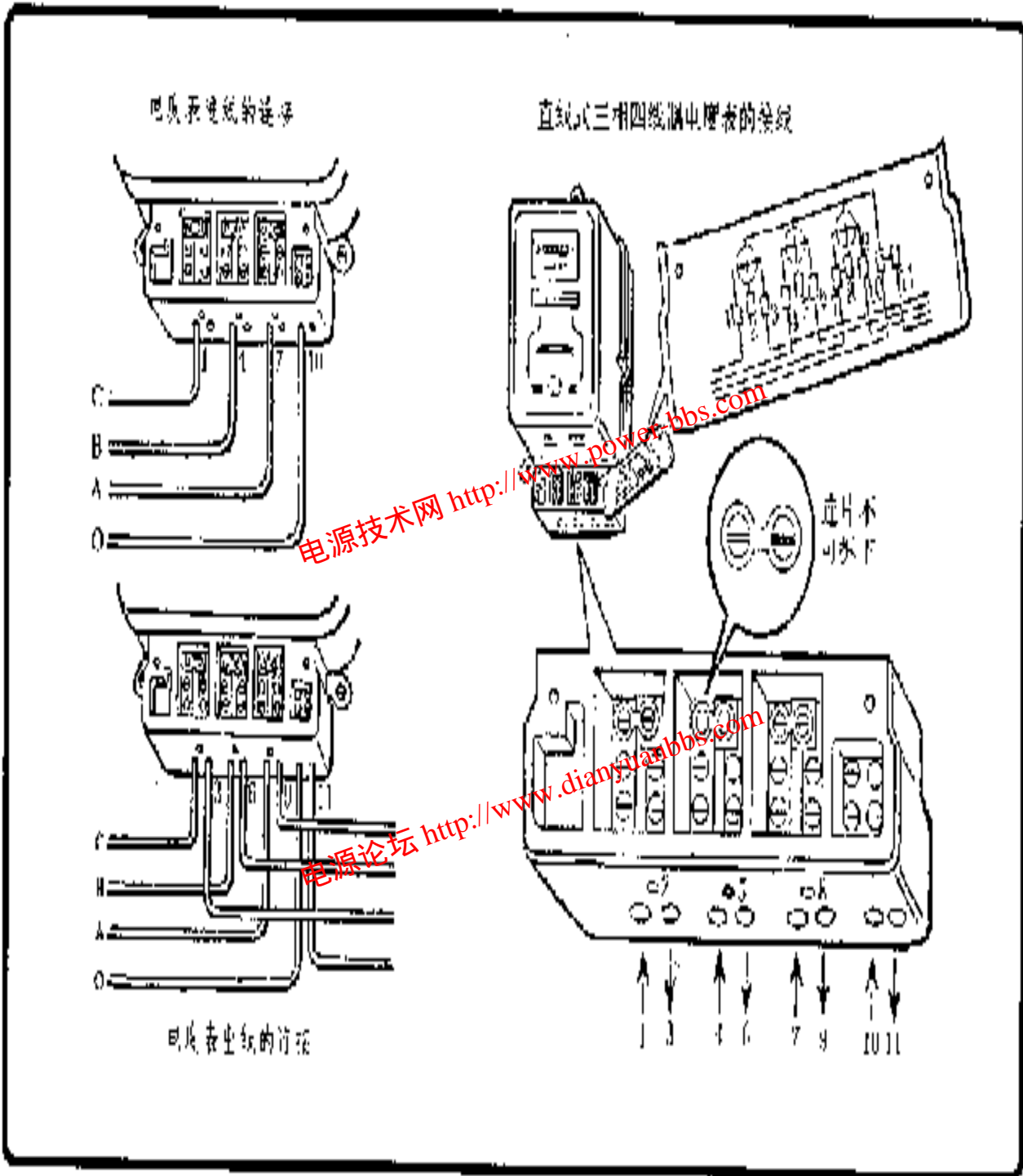


图 4.15 开井箱和开关板

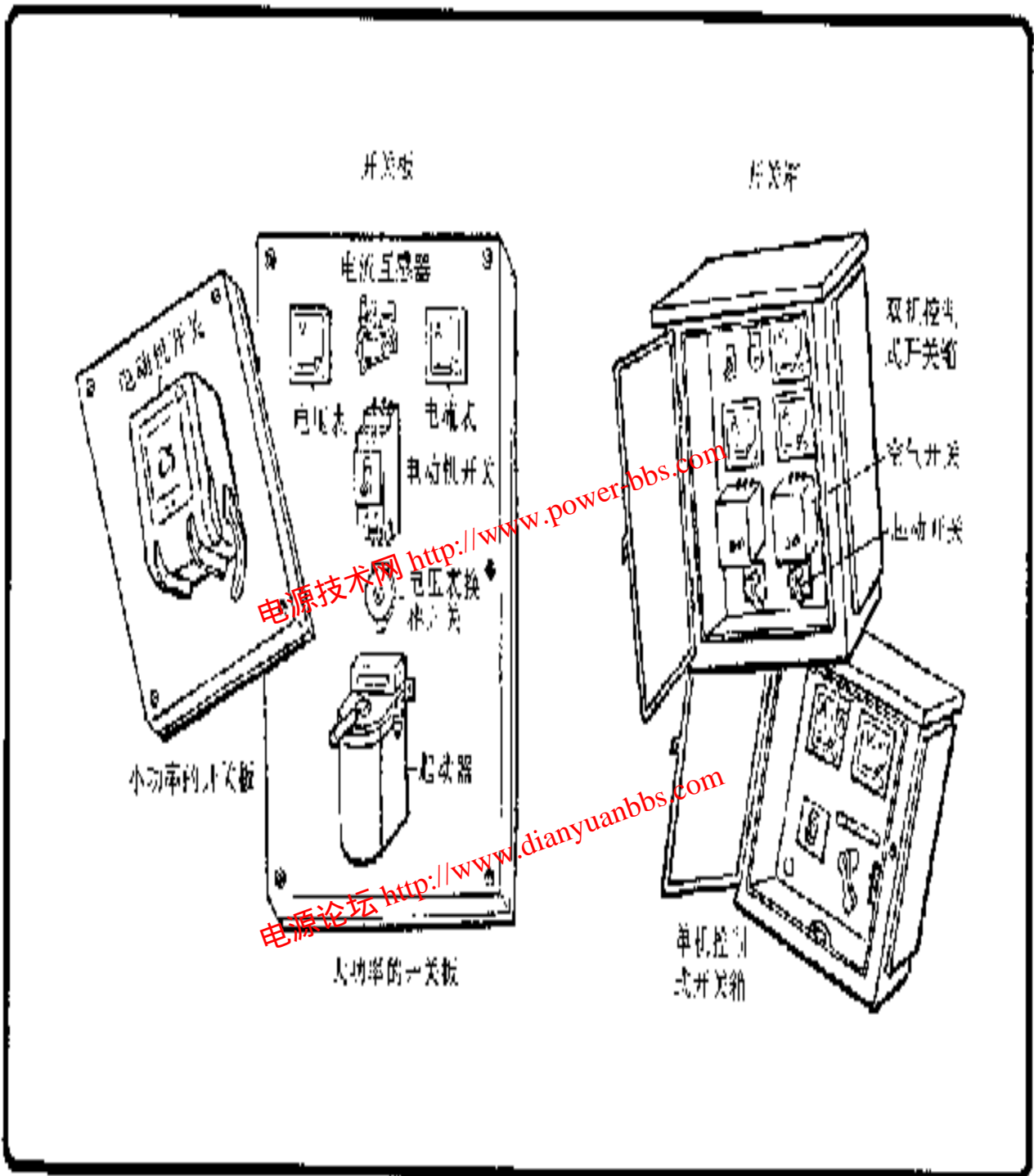
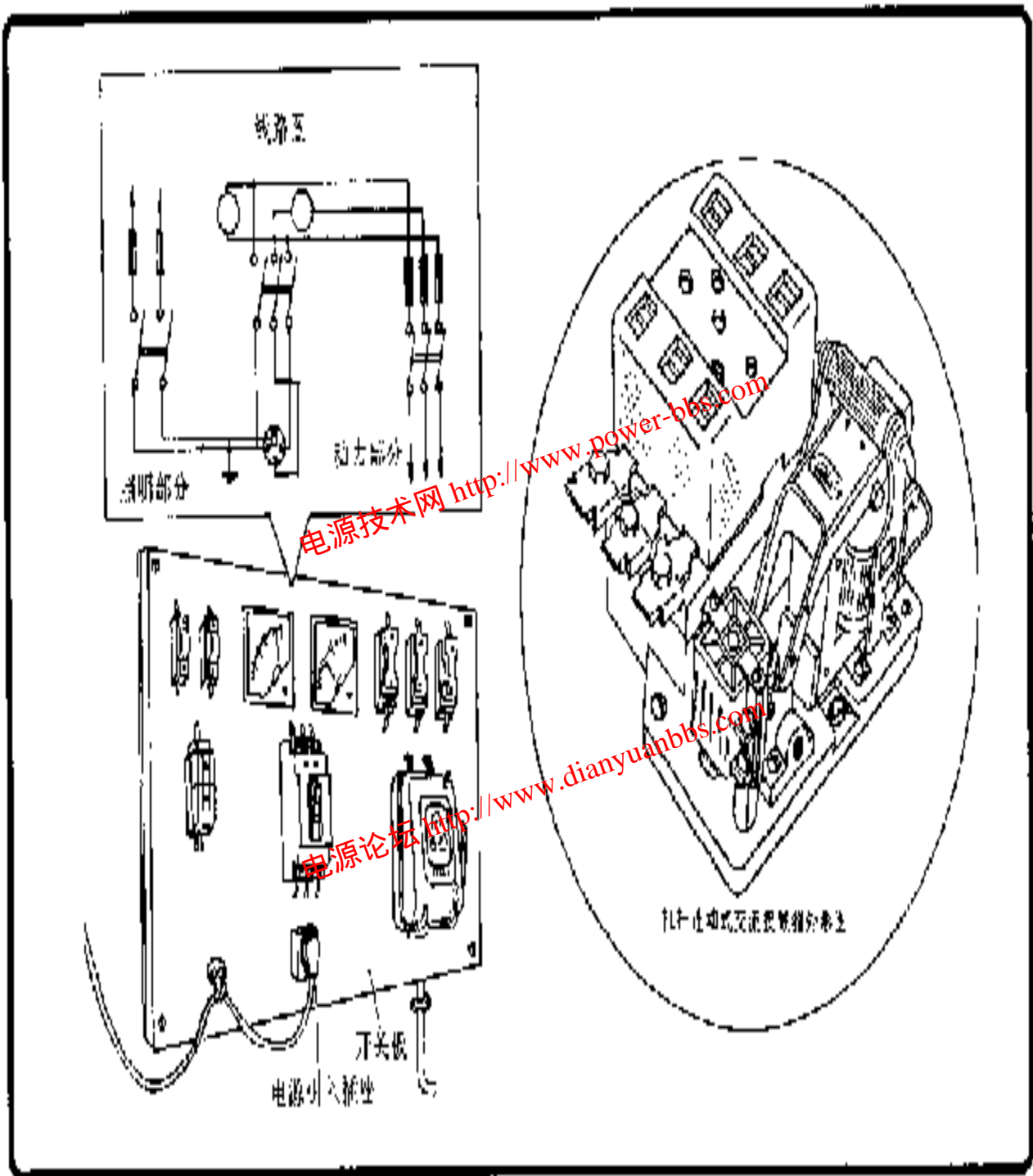


图 4-16 大容量交流配电箱



路缺相超载时,交流接触器、空气开关会自动跳闸,以防止事故的发生和扩大。

3. 开关箱的线路连接

图 4-17 所示为单机和双机控制式的开关箱接线立视图。单机控制式开关箱的接线桩头共有 11 个,其中 A、B、C 三个接线桩头是用来连接从配电箱引来的三根相线(火线), D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 用来分别连接电动机的六个相应接线桩头,如 D_1 与电动机的接线桩头 1 连接等。标有相线和中性线(0 线)的两个接线桩头是供室内照明灯接线用的。

双机控制式开关箱的接线桩头共有 17 个,标有 A、B、C 的三个接线桩头用来连接从配电箱引来的三根相线(火线)标有 1D 的六个接线桩头和 2D 的六个接线桩头分别供两台电动机接线使用,接线的方法与单机箱相同。标有中线和相线(火线)的接线桩头仍为供照明灯接线使用。在使用此种开关箱时,应注意:

- (1) 它的金属外壳一定接地。
- (2) 接线桩头的螺丝必须切实拧紧。
- (3) 接线的方式必须按厂家附在箱内的说明书或接线铭牌标示为程。

4. 小功率开关板的开关接线和安装

电动机功率在 7.5kW 以下,由于其启动方式大都采用

直接启动,所以使用的开关比较经济,也容易安装,这些开关是铁壳开关、闸刀开关、空气开关或交流接触器。接线的方法简单,只需从总配电箱上的干线上引出三根相线(火线)至开关的两个进线桩头,后再用电线在开关的出线桩头接至电动机接线板。如图 4-18 所示。

5. 小型交流接触器的安装

(1) 交流接触器

交流接触器广泛应用于自动或远距离控制三相异步电动机的启动、停止和反转等作用。小功率电动机的启动大都取用 C₁₀ 系列自动式交流接触器。

接线方法:

① 根据接触器吸引线圈的额定电压接线。若额定电压为 380V 时,线圈 C₂ 和开关一端应接在两根电源火线上,若是 220V 的,则应接在零线上。

② 启动、停机按钮用 1.5 平方毫米的塑包铜线串接在一起。交流接触器的辅助常开触点并联于启动按钮的两端,且与线圈一端紧密连接。

③ 在另一条相线上引线至热继电器和线圈的另一端,整个线路形成一个回路系统。

④ 启动时按下启动按钮,线圈通电,接触器发生吸合,各部位的常开触点立即闭合,把手移开按钮,其恢复常态,电动机就可以连续运行。

图 4-17 开关箱的接线桩头

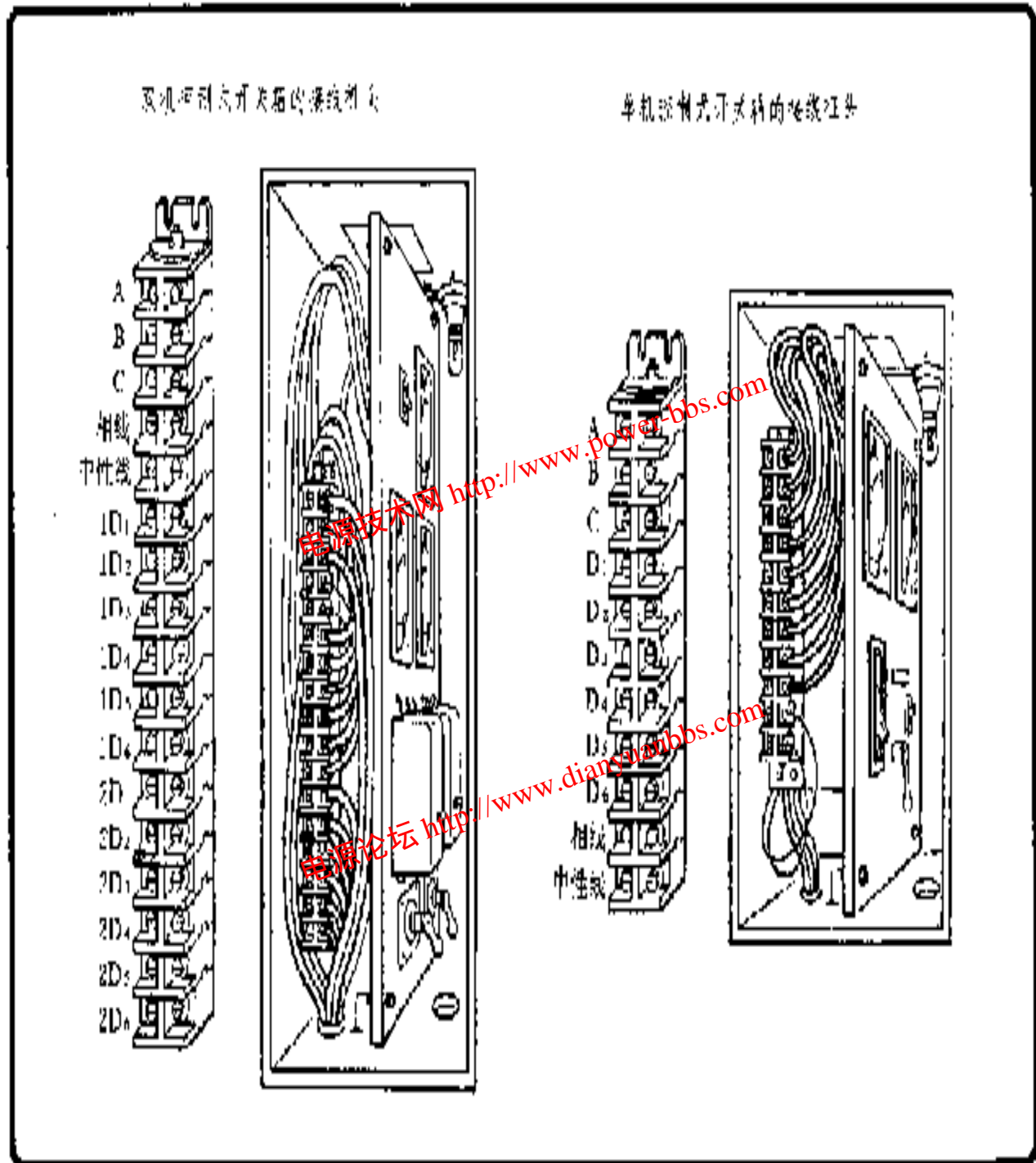
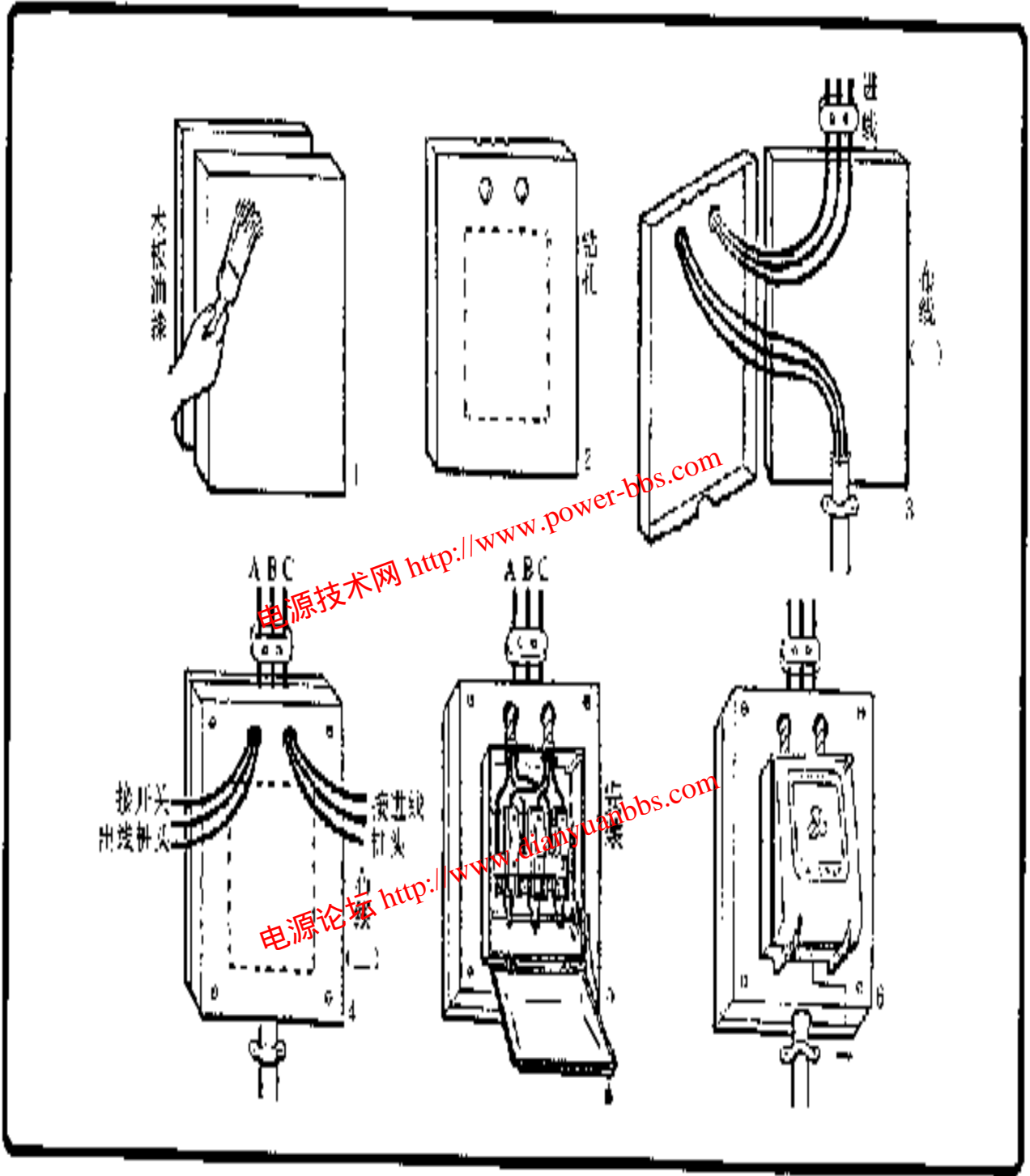


图 4-18 小功率开关板的开关接线和安装



340 图解电工手册

(2) 小型空气开关的安装

小型设备的启动用空气开关频繁接通和断开电源是较理想的。它可安装在配电箱的中间,比较好操作。三根相线的进出线均接在接线桩头上即可。这种空气开关当电动机电路产生短路时可作短路保护也可作过载保护,对于安全有可靠保证。推荐采用 LX24—25/330 系列的小型自动空气开关。

6. 大功率开关板(配电盘)的安装

在控制功率在 7.5 千瓦以上间接起动的电动机,一般视安装与不安装电流互感器可分为两个种类。

(1) 不装电流互感器的开关板

图 4-19 所示为不安装电流互感器开关板及补偿启动器示意图。这种开关板,用电流表直接测到电动机运行电流。农村的碾米机、粉碎机、剥木机等小容量电动机多用此种开关板。在板面上装有电压表(0—450V)、直接式电流表、电压转换开关、隔离开关(如闸刀开关、空气开关、铁壳开关等)、启动用的油浸式补偿器(交流接触器)等。开关板如接线步骤如下:

①把从配电箱上引来三根相线(火线)接到隔离开关的三个接线桩上。

②把隔离开关的两个出线桩头用电线与启动开关的进线桩头连接。

③用电线从隔离开关的一根出线桩头连接到直接式电流表的任意一个接线桩头。

④再从电流表的另一个接线桩头上用电线与启动开关余下接线桩头连在一起。

⑤电压转换开关和电压表连接。

⑥电动机的启动开关,隔离开关的金属外壳必须接地。

(2) 装有电流互感器的开关板(配电盘)

如图 4-20 所示,它将开关、电压表、电流表、电流互感器、保险装在一个柜体内。这种配电盘,装有电流互感器来测量电路中的电动机运行电流。在选用间接式电流表的时候,必须选用与电流互感器变化相同的表。如安装电动机为 30 千瓦,运行电流约是 60 安,选用市场上常售的电流互感器为 75/5A 匹配的测量电流表比率也应标有 75/5,安装接线时需将隔离开关的出线桩头余下的一个线桩接到电流互感器的 L₁ 桩头上,将另一根线在 L₂ 桩头上连接至启动开关的余下桩头。用 1.5 毫米的铜包铜线在电流互感器的次级“接线桩头”、“接线桩头”分别连接到电流表的两个接线桩头。注意:电流互感器和启动开关、隔离开关必须安全接地。

六、配电、开关联合控制板的安装

图 4-21 所示的配电、开关联合控制板适用于碾米机

图 4-19 无电流互感器的开关极

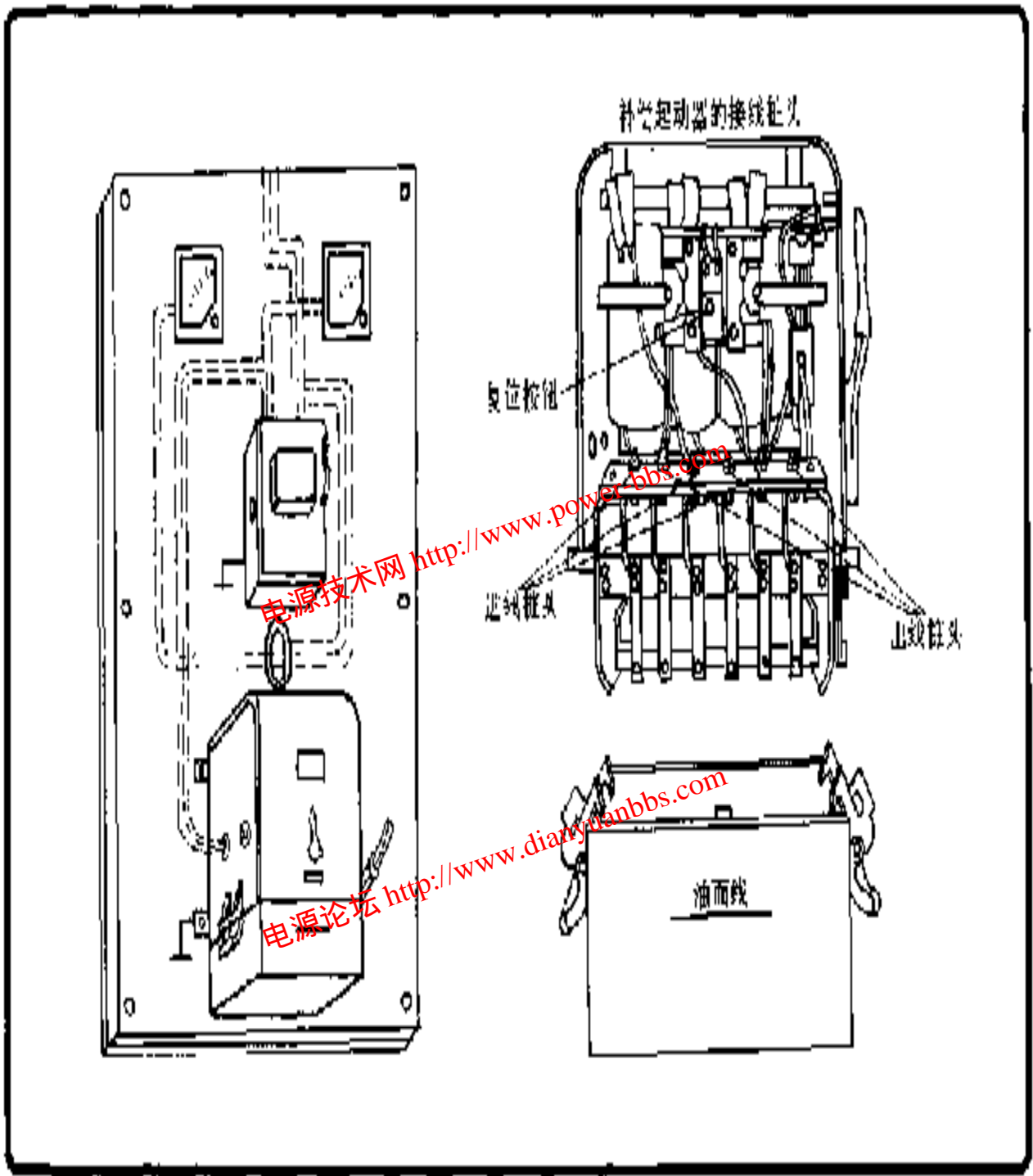


图 4-20 装有电流互感器的动力配电箱

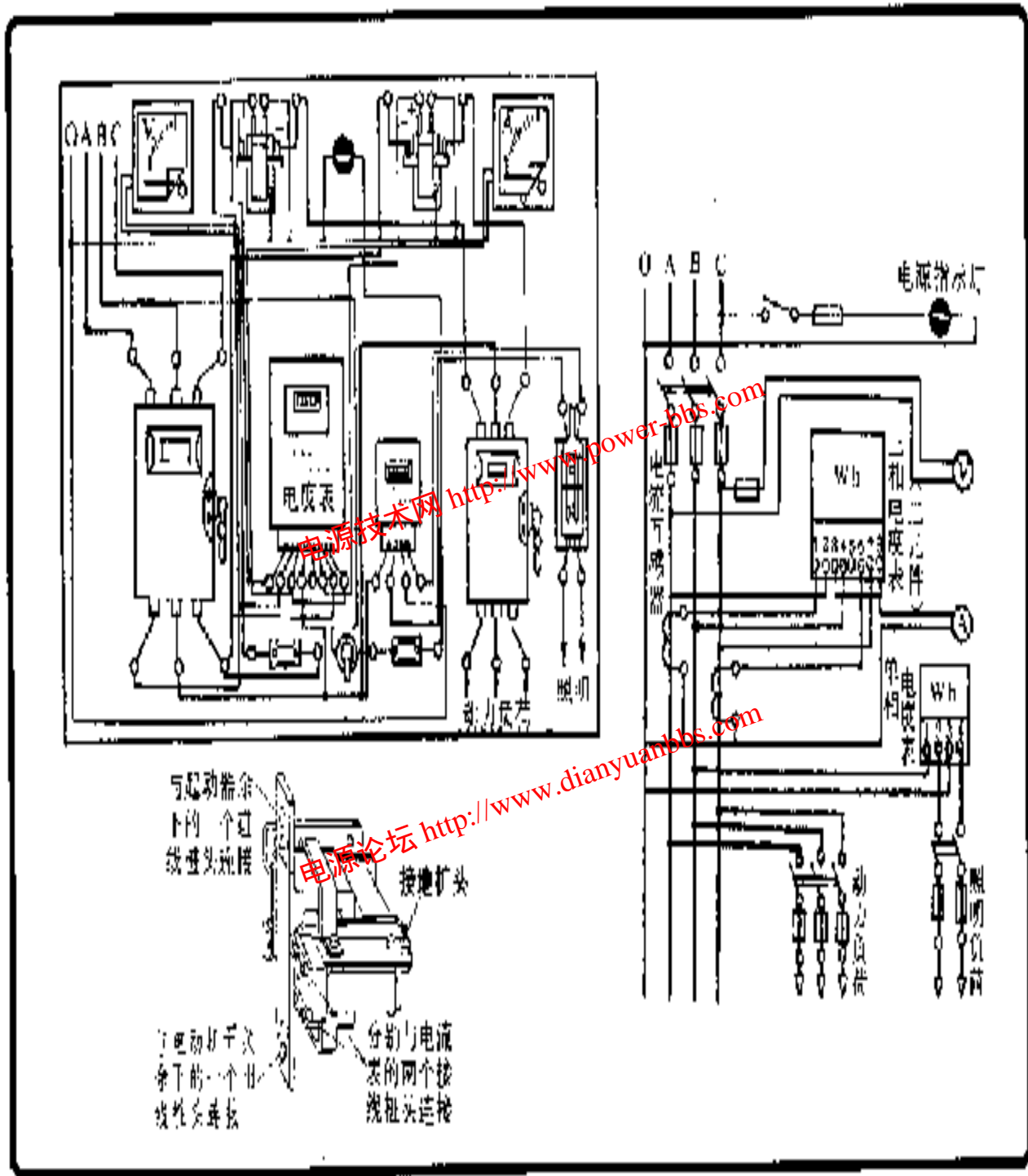
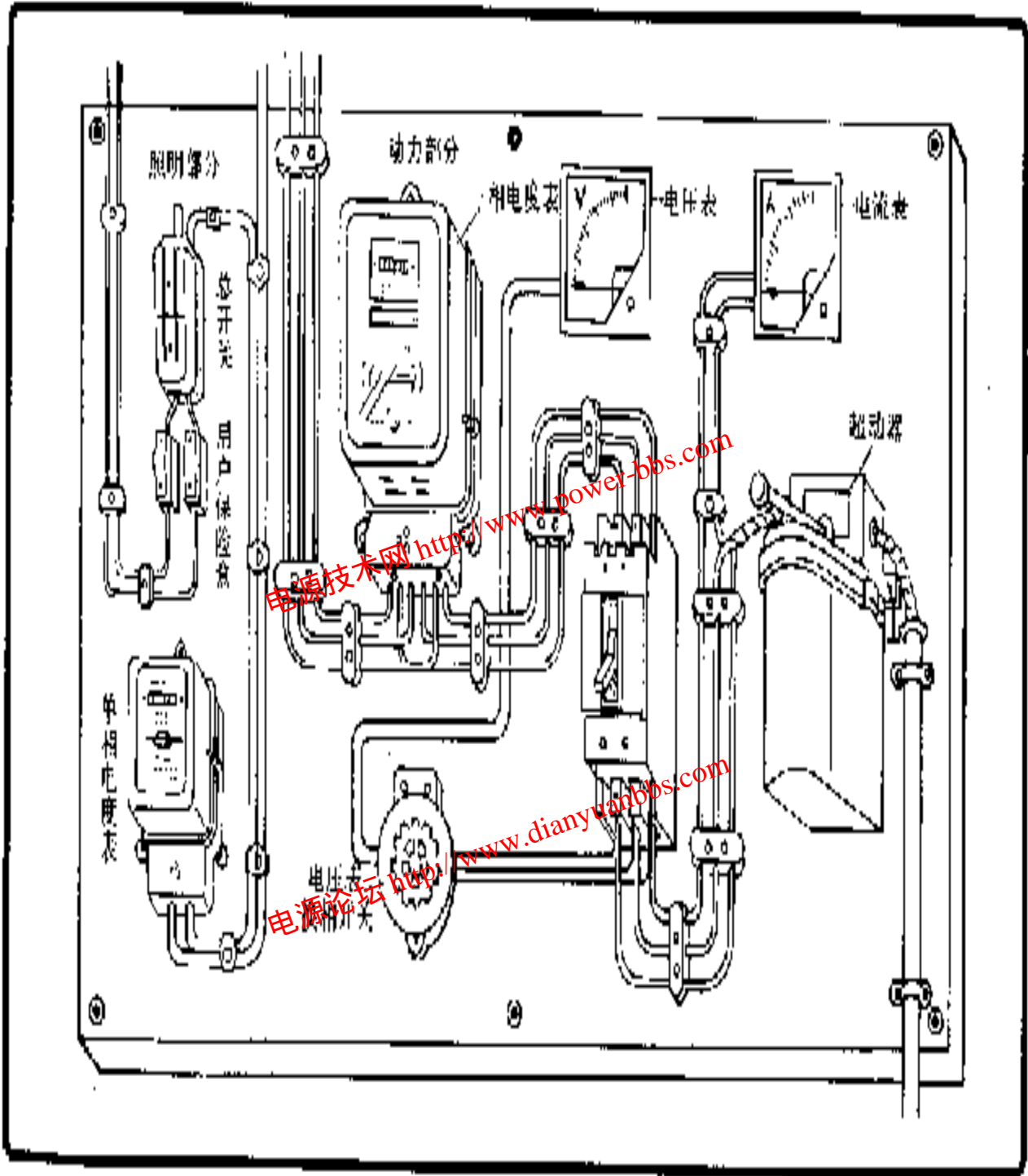


图 4-21 配电、开关联合控制板



344 图解电工手册

房,是用来控制单台电动机的。在板上一般装有三相电度表、电压表、电流表、总开关、电度表熔断开关和起动器。接线时,应使从总保险盒下接线桩头引来的导线先接入三相电度表,然后依次通过总开关和起动器。板上总开关如采用铁壳开关,它的外壳起动器的外壳都必须接地。安装的高度要做到:操作容易,抄表能见度高,安全可靠运行。一般要求明线布置的排式控制板底面离地面1米到2米,若用控制盘(铁制)固定在地面上10厘米的砼墩上。如图4-22所示。

七、室内开关控制设备与电动机的连接

如图4-23所示,电动机一般安装在平地捣制好的砼机墩上,开关控制设备一般装在墙上,它们之间的线路有一部分必须通过地面,为了不使这部分电线受损,必须采用钢管(或塑料管)保护。安装时应注意以下几点:

- (1) 在墙上可采用明管敷设,在地面上宜采用暗管敷设。
- (2) 钢管应伸入木板内边约10毫米,管口应加套木套。
- (3) 连接电动机一端的钢管管口离地不得低于100

毫米,并应使它尽量接近电动机的接线盒(如果可能的话,这段采用软钢管,并伸入接线盒)。

- (4) 钢管应接地。
- (5) 这部分电线切不可任意撒在地上或挂在墙上,以免发生用电事故。

八、电动机的接线方法

电动机一般都有一个接线盒。在有的电动机里,六个线头是用螺丝固定在盒内的接线板上的,分成上下两排,上排为1,2,3,下排为6,4,5;在有的电动机里六个线头分成两组,一组为1,2,3,一组为6,4,5,分别套有绝缘罩,散放在接线盒内。

在线电压为380伏特的三相电路里,如果电动机的额定电压为 $\Delta/660\text{V}$ 伏特,则应采用三角形连接法;如果电动机的额定电压为 $220\Delta/380\text{V}$ 伏特,则应采用星形连接法。

各种星形起动器的接线桩头的排列是不同的。图4-24介绍了普通式星-三角形起动器的接线方法。在普通式星-三角形起动器的接线盒里有九个接线桩头,分别标有R、S、T、U、V、W、X、Y、Z。接线时,要把其中R、S、T分别与电动机开关的三个出线桩头连线;其次用电缆把U、

图 4-22 挂式明布配电控制板

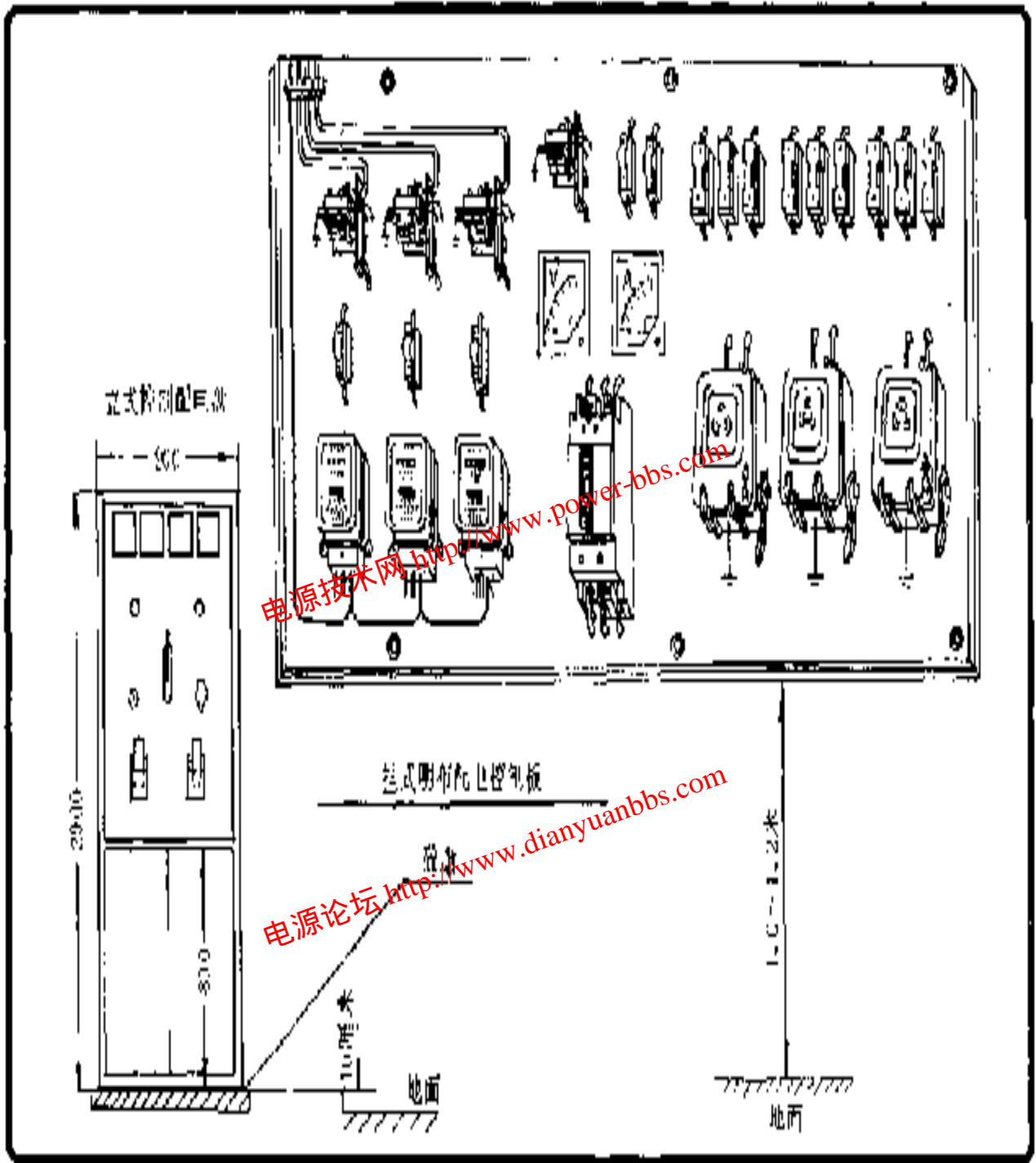


图 4-23 室内设备与电机的连接

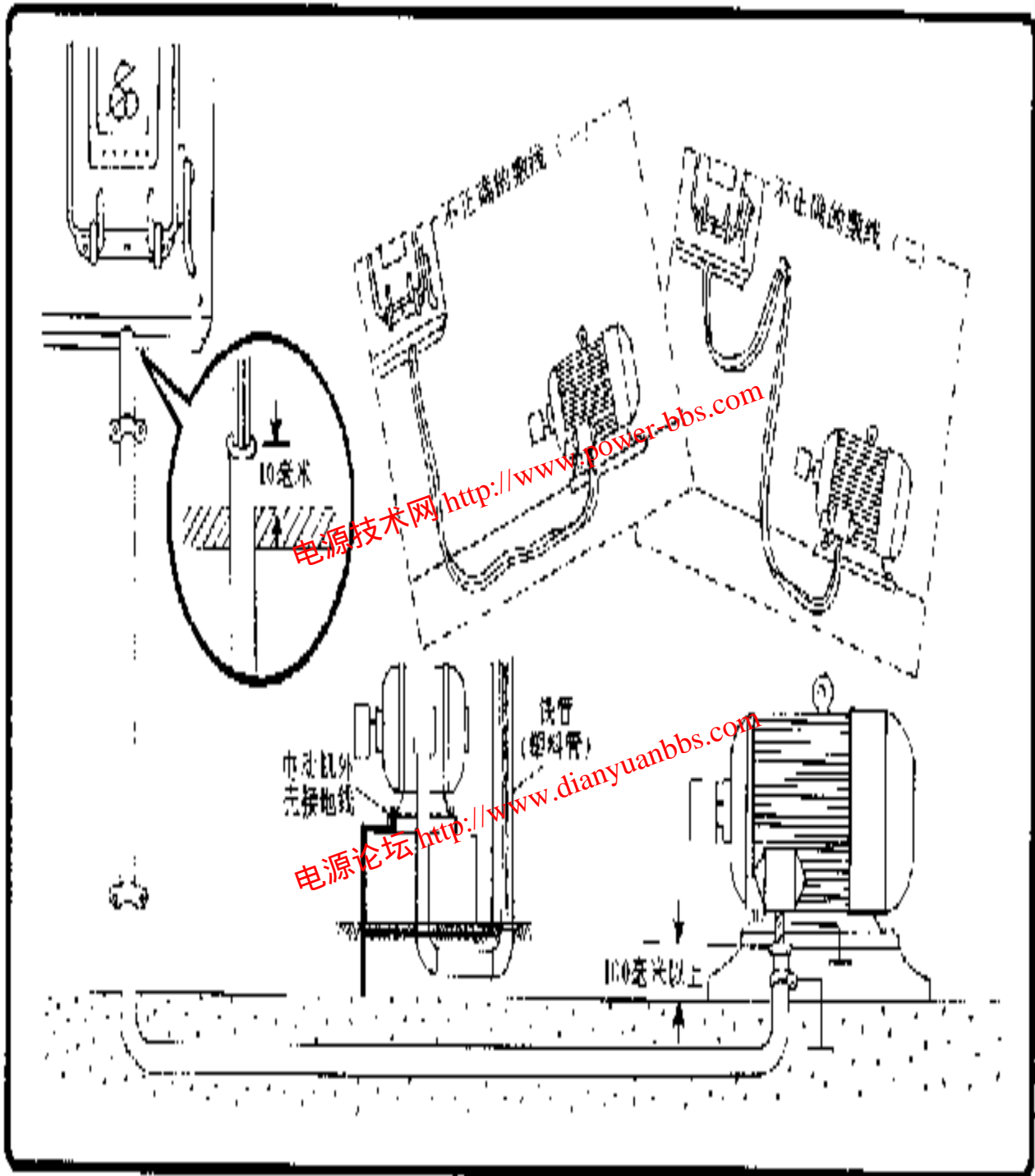
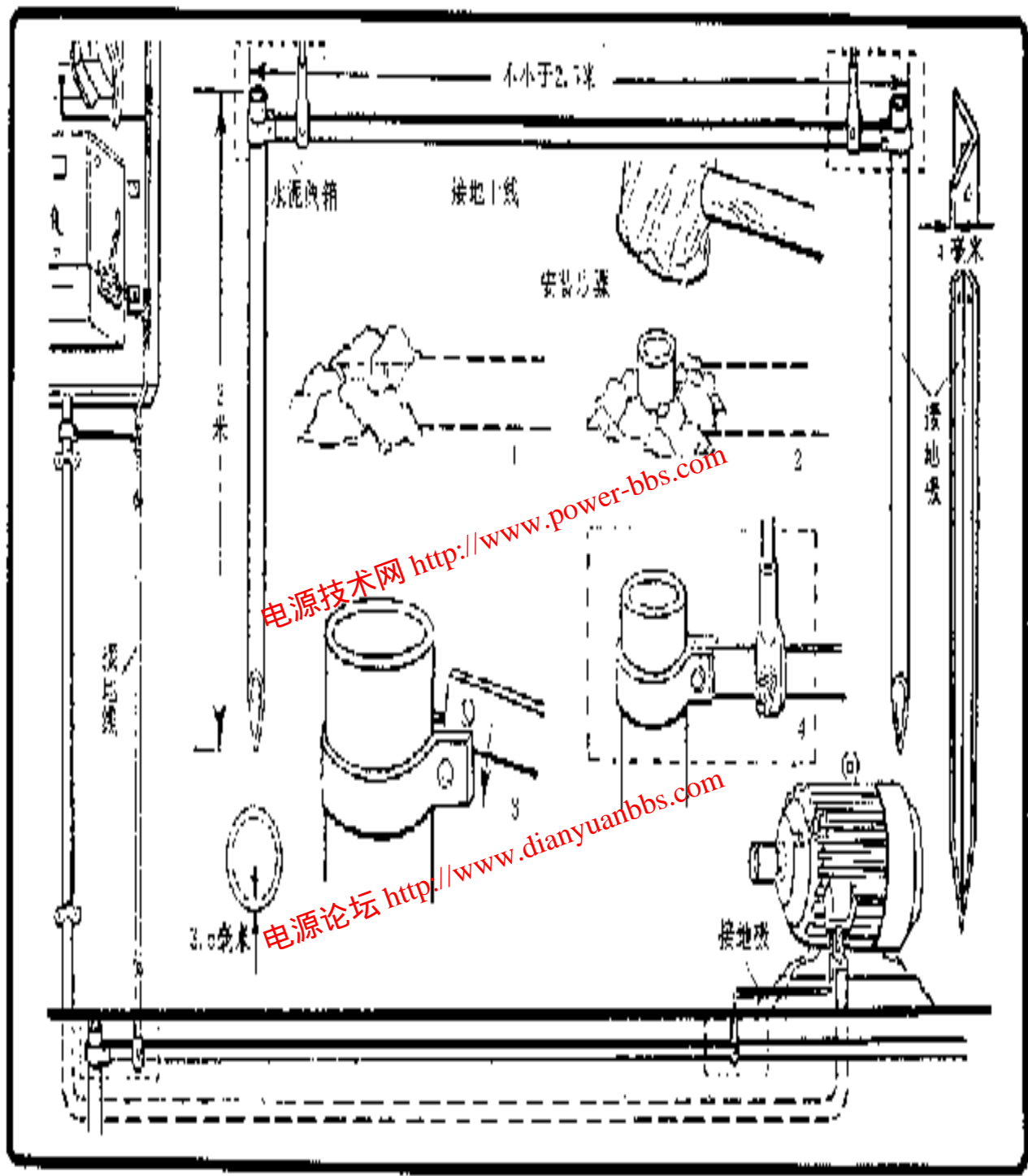


图 4 24 用星-三角形起动器起动的电动机接线方法



348 图解电工手册

V、W、X、Y、Z与电动机接线盒的1、2、3、4、5、6分别连接起来,使W—1, V—2, U—3, X—4, Z—5, Y—6相对应,切不可接错,以免造成用电事故。

电动机启动时,将起动器的手柄扳向起动部位,三相电源便分别与电动机定子线圈的三个首端接通,而三个尾端并接在一起,即电动机定子线圈接成星形(Y形)。等电动机转速稳定时,将手柄扳向运转部位,电动机定子线圈即接成三角形(△形)。

其他类型的星—三角形起动器,只要弄清处它的内部开关触头的变换情况与接线桩头排列之间的关系,接线就不难解决了。

有的星—三角形起动器的九个接线桩头用 L_1 、 L_2 、 L_3 和 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 标出,其中 L_1 、 L_2 、 L_3 分别与电动机开关的三个出线桩头连接; D_1 、 D_2 、 D_3 分别与电动机六个接线桩头连接。

九、接地装置的组成和安装

有金属壳的电气设备往往因绝缘不良,受潮或其他原因而使外壳带电,这时,如果人体触及这些金属壳,就会造成触电事故。同时,电气设备漏电流严重时,也会造成设备事故。因此,必须把电器设备的金属壳以及敷设电缆的

钢管等接地。

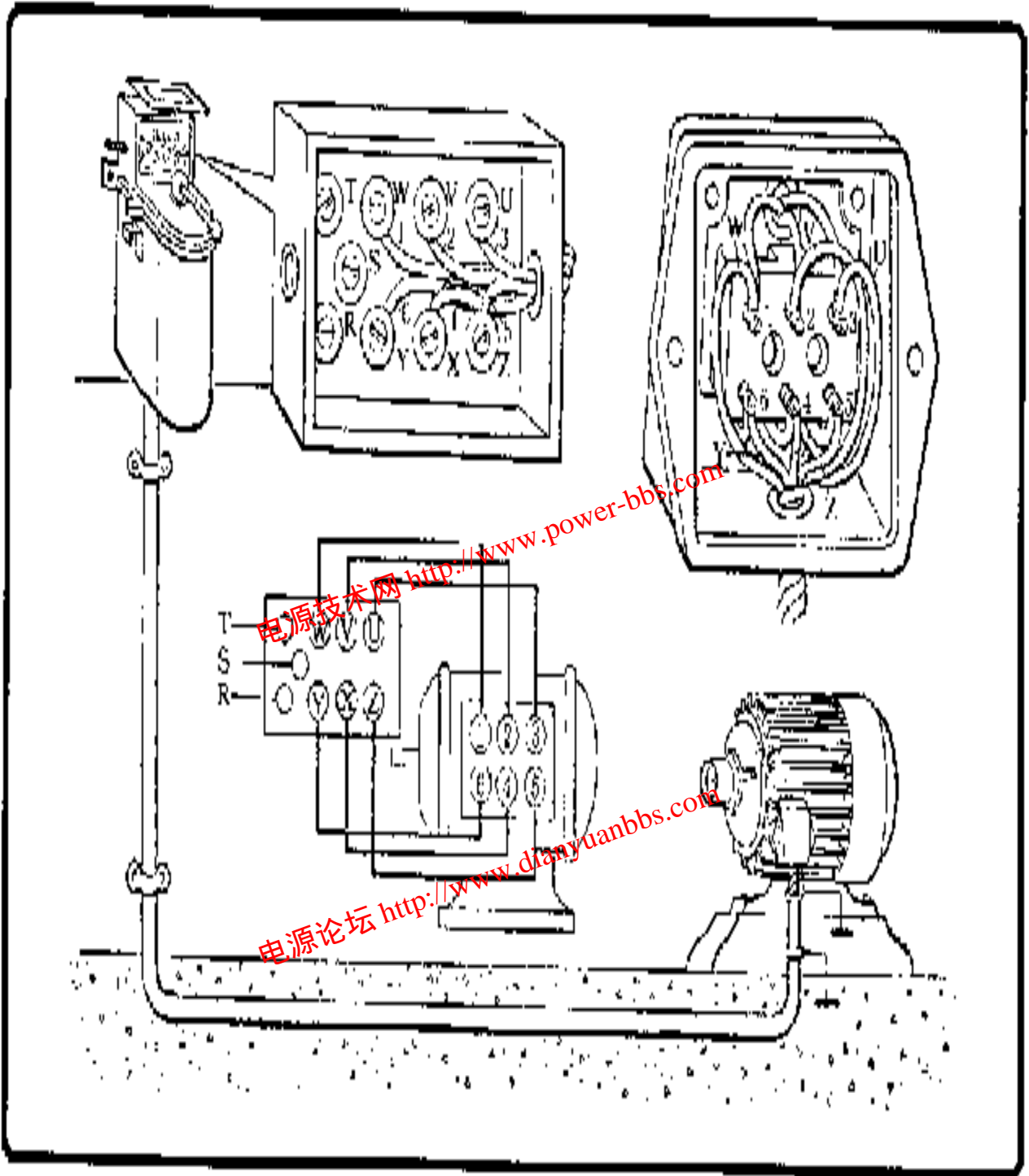
1. 一般的接地装置

图4-25为部分设备的接地装置,它包括接地极、接地干线和接地线三部分。人工接地极一般采用长2米,管壁厚3.5毫米的钢管或长2米,厚4毫米的扁钢,至少要有两根。接地干线一般采用厚度不小于3毫米,宽度不小于12毫米的扁钢,扁钢的长度根据两根接地极之间的距离而定,但不得小于2.5米。在扁钢上还应根据接地线的需要钻几个孔,并涂防锈漆。接地线一般采用铜质或铝质的绝缘电线或裸线。接地装置的安装步骤如下:

- (1) 标出接地极和接地干线的安装位置,开凿埋设接地干线的沟。
- (2) 把接地极打入土中。
- (3) 用套有绝缘和弹簧垫圈的螺栓把接地干线装在接地板上,连接处表面要涂漆,并应在连接处涂一水泥河粉,以便检查。接地干线—接地板的连接如能采用电焊焊接更好。
- (4) 用带有垫圈和弹簧垫圈的螺栓把各接地极的导线头分别装在接地干线上。
- (5) 用土盖设接地装置。

接地线与金属壳的连接应紧密,要用螺栓来固定接地线,接地线与接地线的连接应严格按照电线连接的要求进

图 4.25 室内设备接地装置



350 图解电工手册

行。

2. 利用自然接地体作接地装置

如图 4-26 所示,是介绍利用自然接地装置的两中方法。为了节省钢材,减少开支,室内动力设备的接地,可以利用直接埋入地下的自来水管的外皮层作到接地保护作用,当接地电阻符合要求时,不必再做人工接地装置。

当利用自来水作接地时,接地引出的线与水管应有可靠的电气连接。为此可用薄铁板做成与水管外径相同的抱箍固定在磨光除锈干净并加装有绝缘的管壁上,引出的接地线应焊(或绕)在抱箍的钢板上,加固好,并紧固定的螺丝。

十、运行中电线发热原因和故障的处理方法

如图 4-27 所示,电线发热(超过 55℃)的现象和原因一般有以下几种。

(1) 三根相线同时发热。可能是电线太细而通过电线的电流太大;也有可能是电动机的负载太大,如水泵里有东

西卡住,皮带轮的搭配不合理,等等。

(2) 两根相线同时发热。可能是两根相线之间发生严重的漏电或短路;也有可能是电动机一相断路,造成双相运行,使电流急剧增加。

(3) 单根相线发热。可能是电线连接得不好(尤其是铝质电线的连接);也有可能是一根相线发生严重的漏电,或电线裸露,与建筑物接触。

电线发热得厉害了,就会燃烧起来。这时往往会闻到臭味,或看到电线的冒烟,严重的甚至会造成火灾。

造成最严重的电路故障有:

- (1) 铁管内中线浸水受潮。
- (2) 铁管口的木圈脱落,电线的绝缘层被管口割破。
- (3) 电气装置和设备浸水受潮。
- (4) 穿墙进户的电线因瓷管破裂而直接与砖墙接触。
- (5) 电气设备的罩盖破裂,灰尘积聚在接线柱头或触

头上。

(6) 相交的电线未穿瓷套管或所穿瓷管口损坏,电线与电线或与瓷管接触。这些电线,电气装置和设备由于绝缘不好,就会漏电,进入大地,或与另一根电线形成相同短路。

图 4 26 接地线与自来水管的加固方法

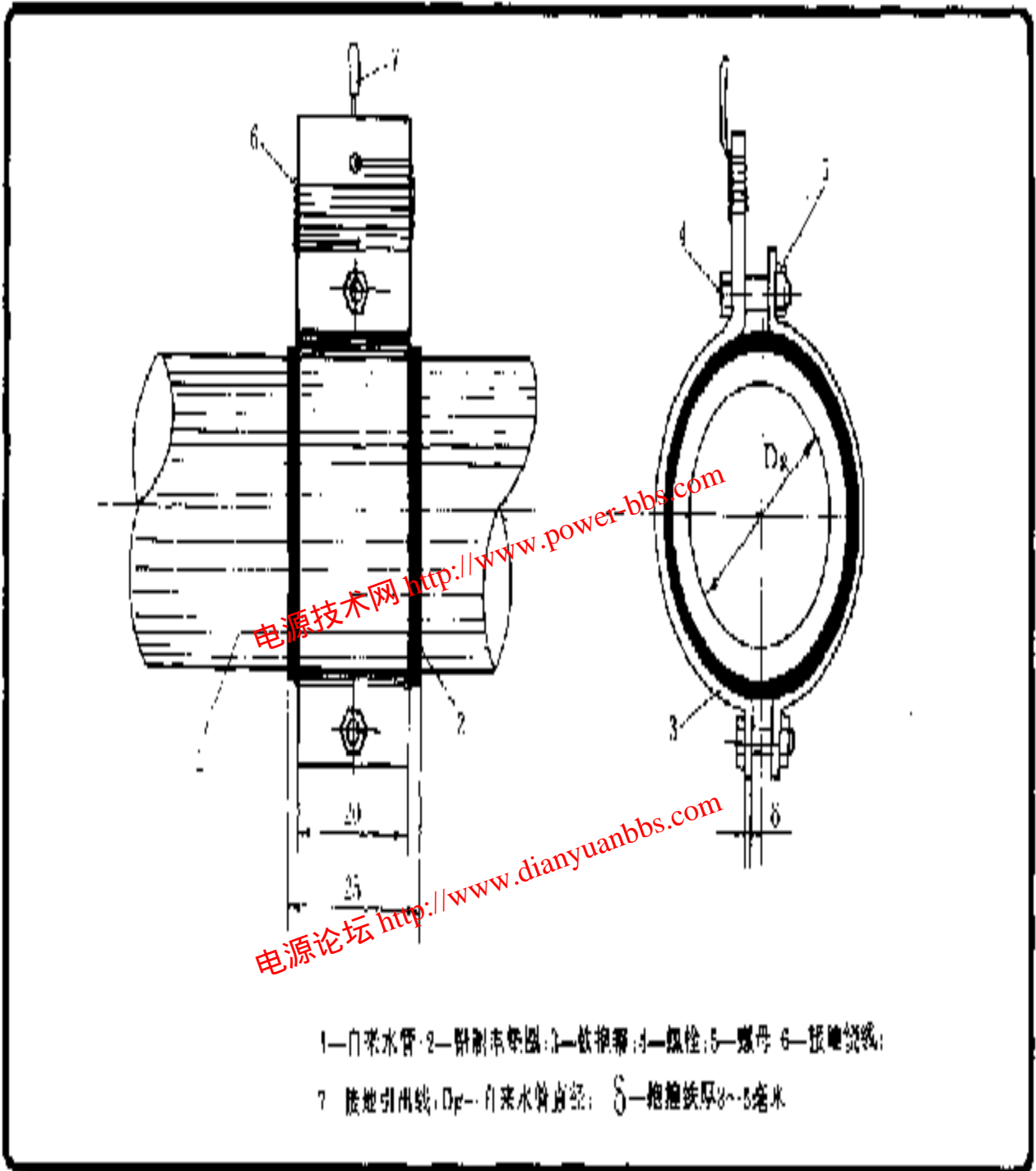
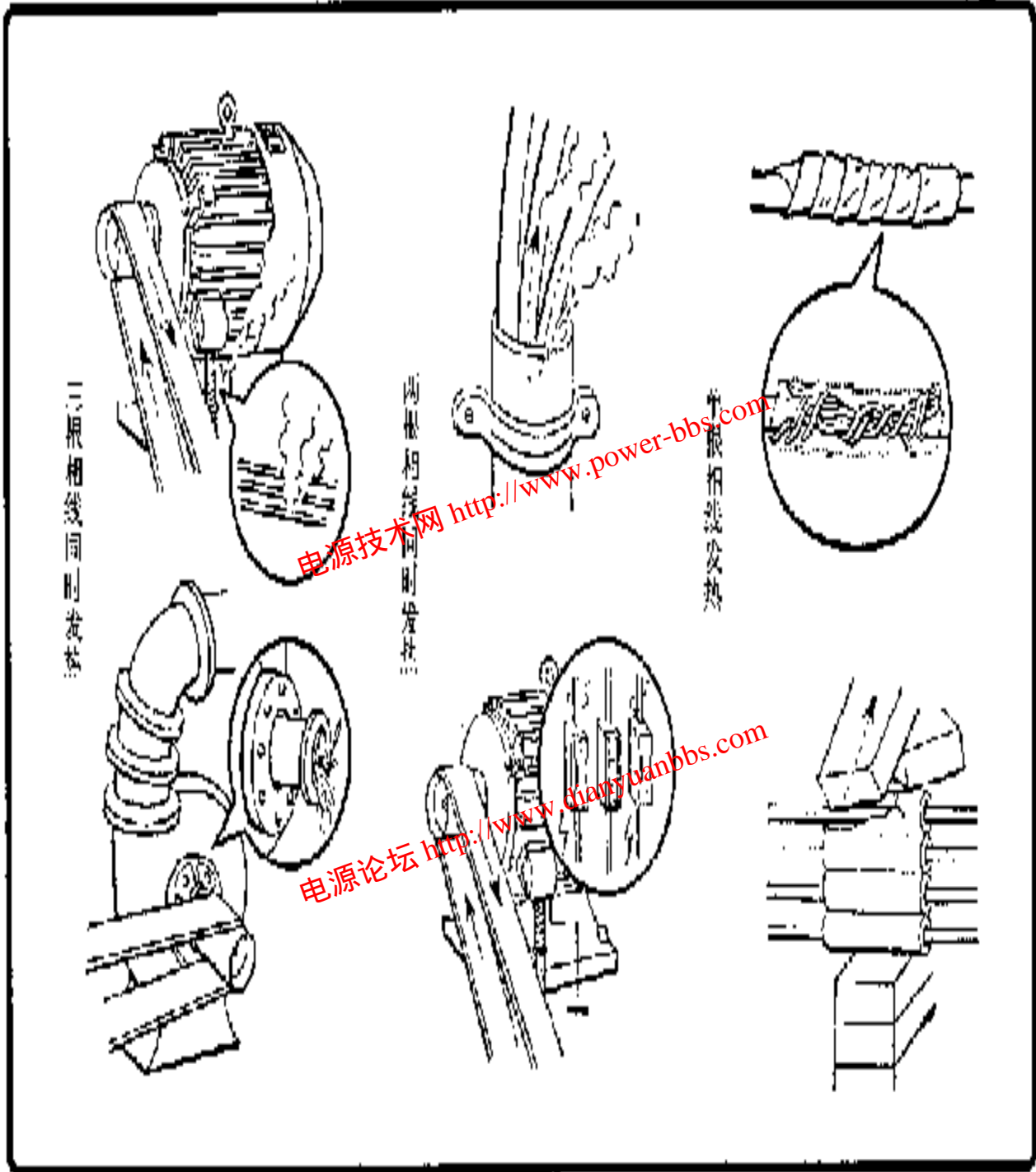


图 4 27 电线发热现象



第五章 小型电力排灌站

一、小型电力排灌站的规划要点

1. 规划中应注意的事项

小型电力排灌站是城乡广泛用于排涝灌溉的专用设备。电力排灌站由水泵和电动机等主体和排管、真空、抽油等附加设备配套组成,加上土建部分共同构成排灌站的关键工程。有的工程是单一灌溉,有的工程是排、灌相结合,有的是边排边灌。这些工程分别称为排涝抽水站及灌溉抽水站。图 5-1 示出了排涝(或灌溉)站的枢纽组成。从图中可以看出,枢纽由电力变电站供给抽水站动力电源,利用电动机,带动水泵运转,水源来自进水闸门、引水渠道直到进水池(前池),水泵运转吸入水源通过压力管道,输向出水池(压力池),由输水渠道输向出水池(压力池),由输水渠道输送至远方灌区供农田等使用,亦可排出积水用于灌溉或发电。这就是电力排灌站的相关设施和工作过程。

小型电力排灌站的建设需要按照从总体出发,全面考

虑,布局合理,实施可靠的原则,在规划中要处理好以下三个关系:

(1) 抽水与自流灌溉的关系。尽量避免重复建设,凡是水渠、引水工程已能满足灌溉用水就不再考虑新建电力抽水站,以免负担重,设备利用率低。

(2) 排、灌、蓄的关系。当一个灌区建有三位一体的灌、排、蓄系统时,在不影响全面布局的前提下,应该尽量利用坑岸进行蓄水调蓄,充分发挥原有工程的作用,减少装机容量,易涝区排出的积水,能够用来灌溉或排入山坑水库贮存起来的,呈普遍性。

(3) 集中兴办、统一管理、共用使用。兴建一座电力排灌站投资比较大,投入劳力也不少,因此兴建时要靠集体或者多个集体去办,做到合理布局,发挥工程效益。

(4) 用电量、灌站要综合利用,能排灌结合尽量结合,能解别人有困难水的,也要充分发挥设备的利用率。

(5) 近期与远景、局部与整体的关系。规划时要以立足当前用水,也要考虑今后灌溉用水需要,制定出一个比较切合实际的实施计划和方案,但也要服从流域治理和区方农田水利规划。

总之,制订规划的时候,必须根据当地自然条件、工农业发展、经济状况、电力资源等条件,分别主次缓急,分片实施,多方案比较,选择出一个优化方案,以达到经济合理、效

图 5-1 电力灌溉站枢纽布置示意图

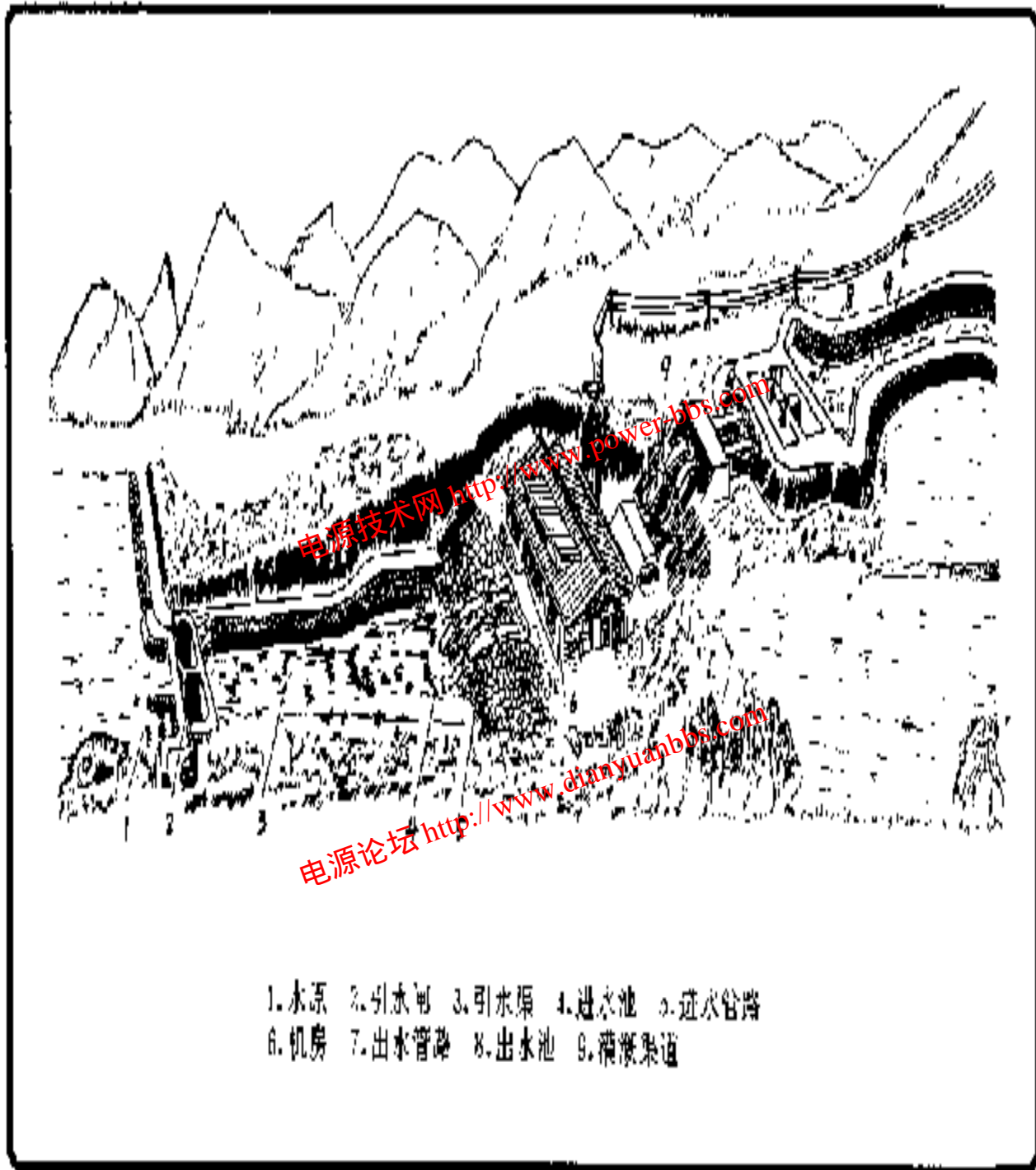


图 5-2 排灌站规划图

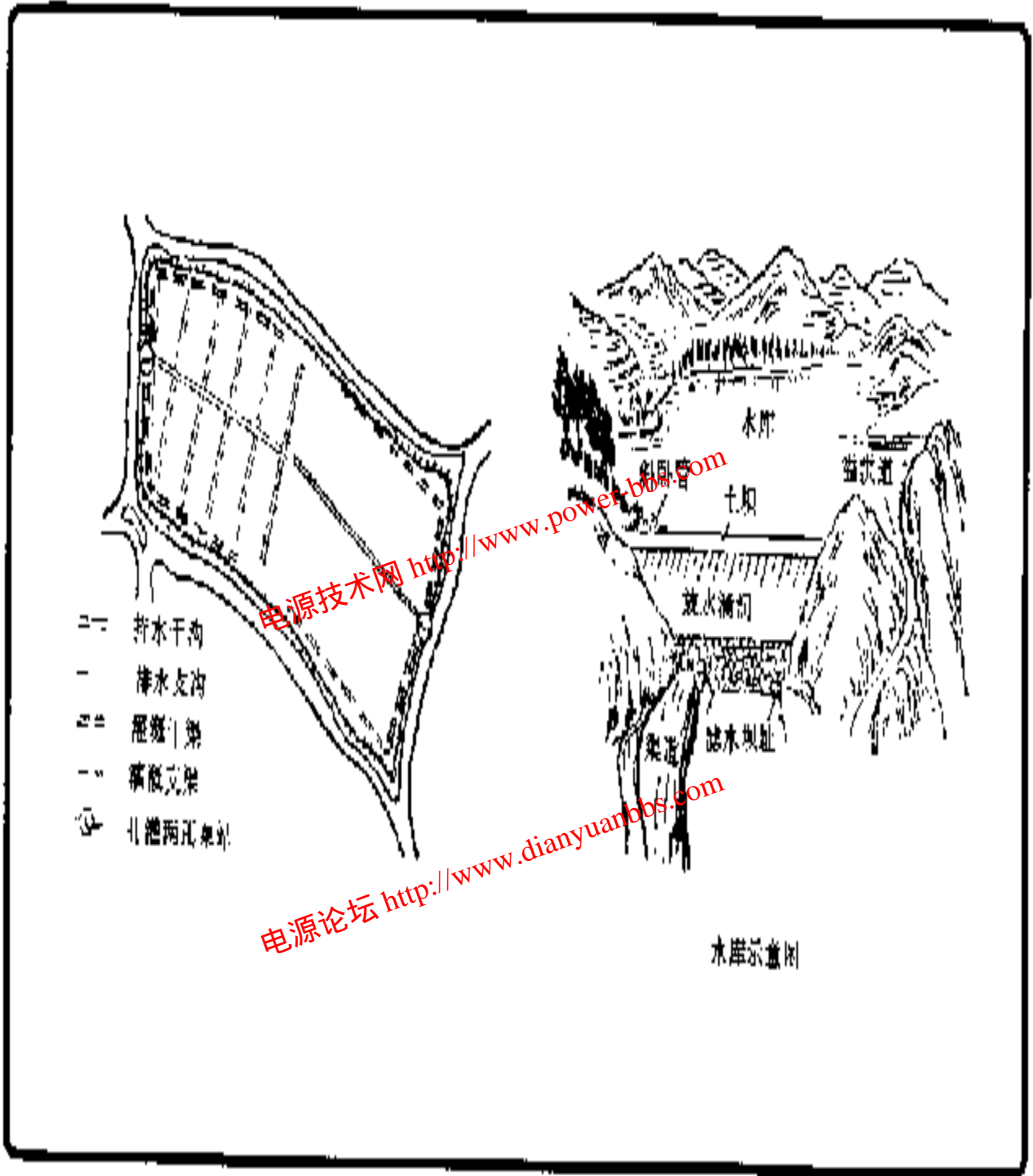
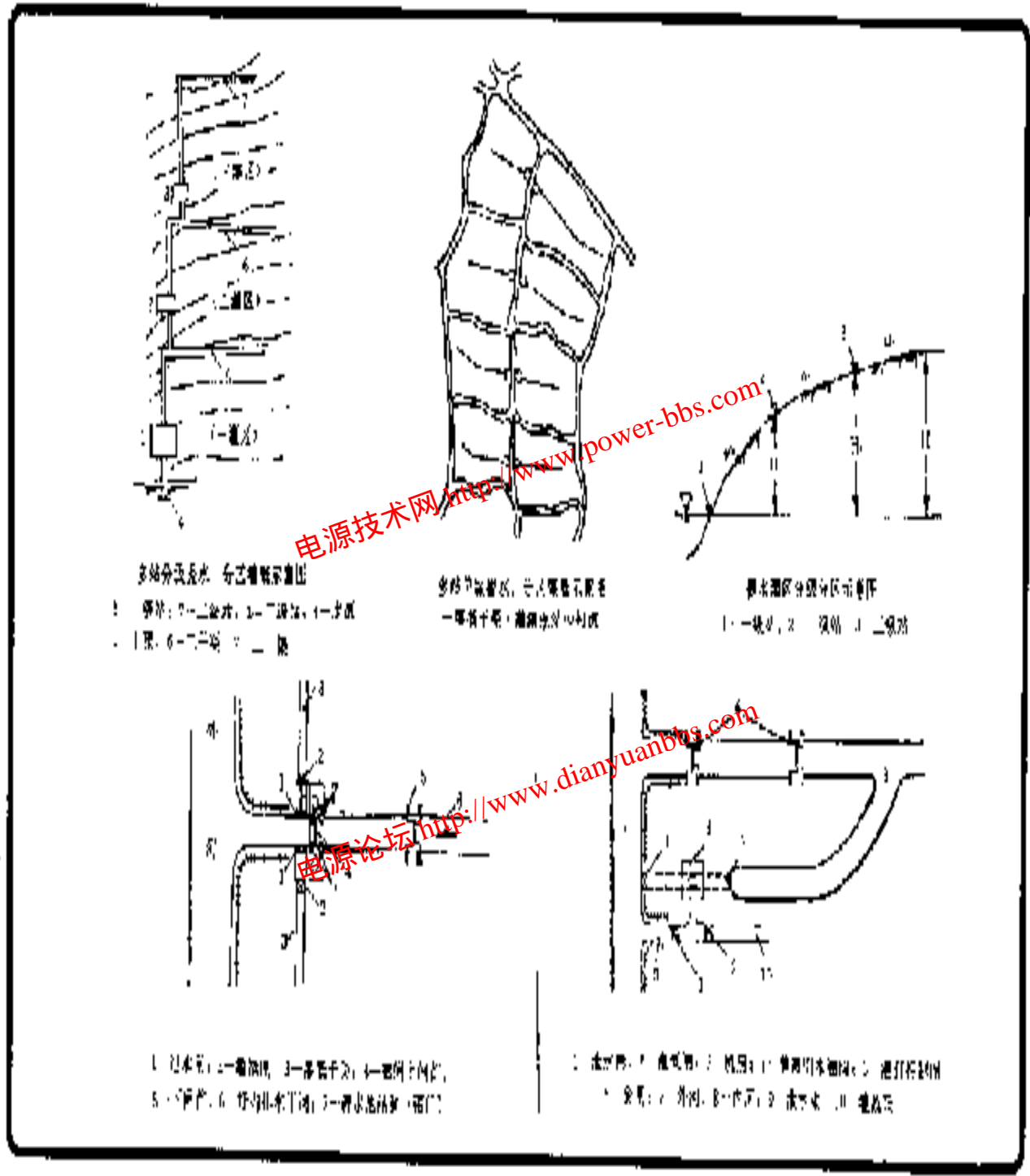


图 5-3 排灌站的选址



益显著的目的。排灌站规划如图 5-2 所示。

2. 小型电力排灌站的站址选择

站址的选择要根据建站处的具体情况因地制宜地确定灌溉抽水站排灌站枢纽的位置,包括取水口和机房的位置,选择是否得当,关系到安全取水,工程造价和运转管理等问题。设计时必须对水源、地形、地质等方面作深入调查,经过分析和多方案比较而确定。灌溉站的水源可以是天然河流、湖泊、水库、瀑布、水车、渠道或地下水。排灌站的任务是排除易涝区的积水,站址位置一般选在低洼的深水处,排涝容易,建站投资少。现将站址选择的一般要求叙述如下:

(1) 有利于引水、输水工程(渠道、管道等)的合理布局,做到取水可量,灌溉便利,工程量少。特别是遇旱时,有足够水量,水质适合灌溉。原站的位置应尽量布置在灌区中心,排灌站也要选在能把积水抽下位置,以便减少输水渠长度(引水渠),减少土方量和投资,提高灌溉效益。如图 5-3 所示。

(2) 电力排、灌站的站址应尽量靠近电源,减少投资,方便管理。

(3) 电力排灌站尽量建在交通方便,便于设备、材料运输。

(4) 站址应尽量靠近村庄,居民点,使管理方便,也可

考虑综合利用,提高机电使用效率。

(5) 结合水源(排水),地形、地质情况,尽量缩短压力水管,满足吸水,开挖少、施工方便,安全可靠。

(6) 倘若站址位置难于选择用一级抽(排)水,必须用多级抽(排)的,要搞好三结合,多方案比较,减少装机容量。

二、水泵的分类

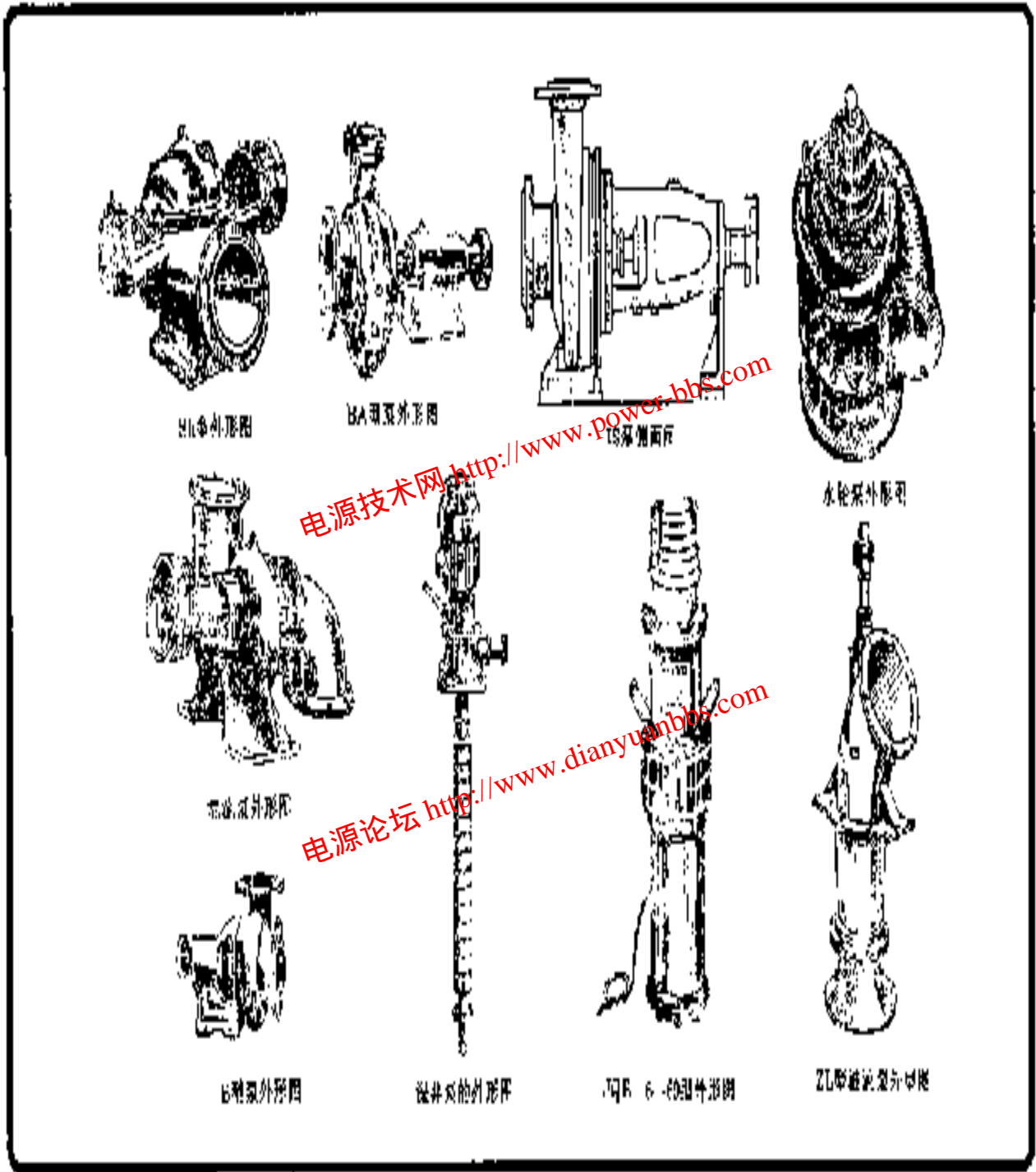
1. 水泵的型号

水泵的种类很多,每一种水泵又有很多规格。为了订货,使用方便,对不同的类型水泵,根据其尺寸大小、扬程、流量、转速和结构不同等情况,分别编出不同的型号。只要知道了一台水泵的型号,就可以从水泵样本或使用说明书中查到它的规格性能。常用水泵外形见图 5-4 所示。

2. 水泵的铭牌标志和技术参数

水泵的铭牌上标有主要技术参数,如泵类、泵型、扬程(H)、吸程(H_s)、配套电动机(或柴油机)功率(N)、流量(Q)、转速(n)、泵体重(千克),出厂年月、厂家、编号、效率等数字。如:

图 5-4 常用水泵外形图



×××水泵厂	
型号: GBA-12	水泵编号: 1734
扬程: 20.1(米)	流量: 160 米 ³ /时
转速: 1450 转/分	允许吸上真空高度 7.9 米
配用功率: 17 千瓦	效率: 81%
重量: 146 千克	1990 年 1 月制造

(1) B 型离心泵

此型离心泵与 IS 型离心泵结构基本相同, 且

Sh 型泵是一种单级双吸离心泵, 它的型号意义为:

12 Sh 19 A

表示该泵叶轮是由 12Sh-19 叶轮
车削的

表示该泵比转数的 $\frac{1}{10}$

表示该泵为单级双吸离心泵

表示该泵进水口直径为 12 英寸

(即 300 毫米)

(3) 轴流泵

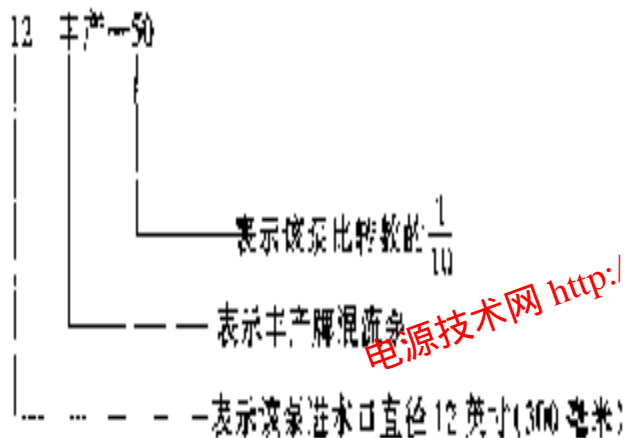
轴流泵的叶轮像个螺旋桨, 旋转时, 由于叶轮对水产生一个推力, 使水沿叶轮的轴方向流出。它的型号意义为:

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>
电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

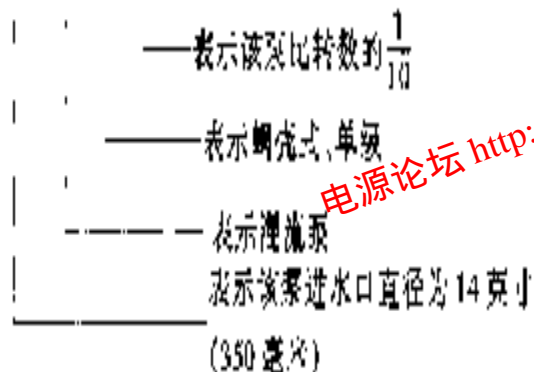
360 图解电工手册

(4) 混流泵

混流泵是介于离心泵和轴流泵之间的一种泵,进入叶轮的水流,既受到离心力的作用,还受到叶片推力的作用,混流泵是带这两种力进行抽水的。目前我国生产的混流泵主要有两种系列,一为丰产牌系列,另一种为III系列,其型号意义如下:



14 II B 40

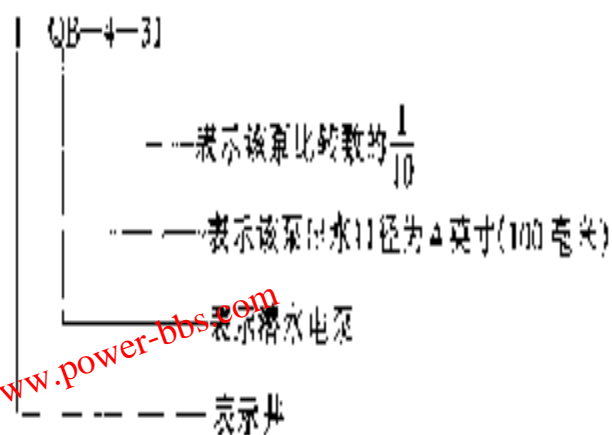


(5) 潜水电泵

潜水电泵是将电动机和水泵直接安装在一种轴

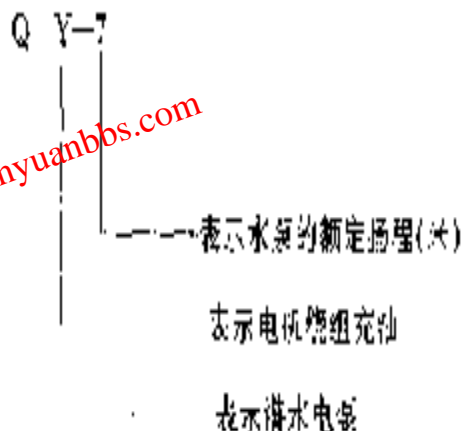
水机具。目前潜水电泵的种类很多,可分为下列几种:

(1) 干式潜水电泵,它由水泵、机械密封装置、电机三部分组成。一般水泵在上,电机在下,机械密封装置在中间。干式潜水电泵的型号意义为:



(2) 充油式潜水电泵

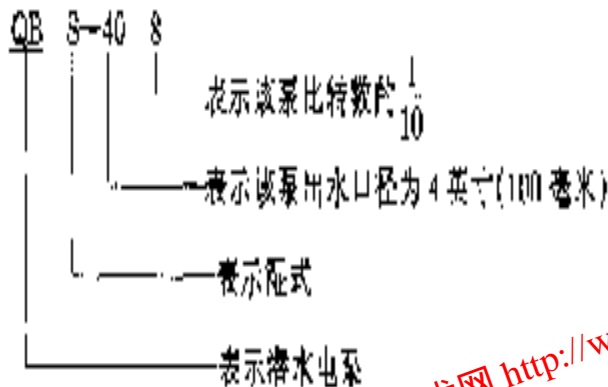
充油式潜水电泵型号的的意义为:



(3) 湿式潜水电泵

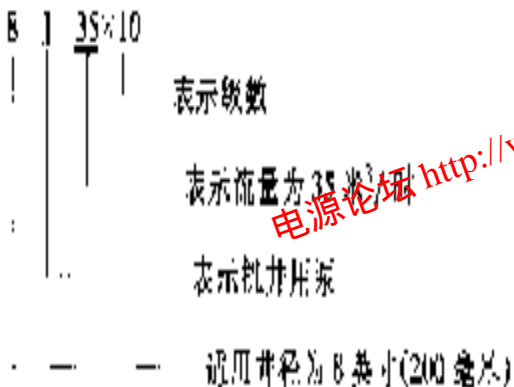
湿式潜水电泵运转时电机内部充满了清水,定子绕组

本身是防水的。一般采用聚脂漆包线外面涂两层聚乙烯,然后再挂一层尼龙护套,以增强绝缘强度。轴承两端用油封封住,防止水和砂侵入。机座和上端盖各有进出孔两种,孔内设有过滤器,使出入电机的水经过过滤,以防砂粒侵入电机内部,加剧磨损和刮伤薄层脱落。金属表面涂防锈漆以防锈蚀。潜水电泵型号意义为:



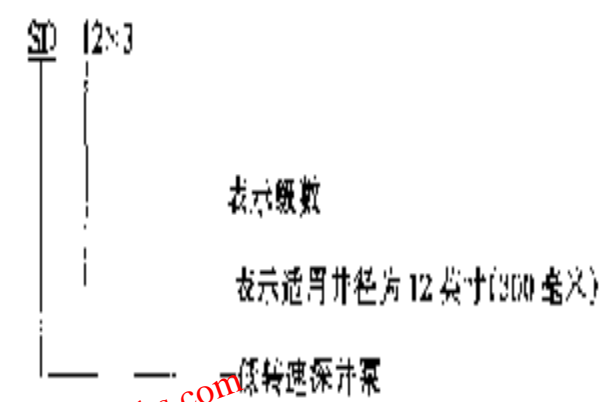
(5) 深井泵

深井泵是终泵式地下水井的水抽上来送往地面的设备。它是一种多级离心泵。它的型号意义:



另外一种深井泵SD型,它的外形,各部分的构造以及

输水管、传动轴的连接方式与SD型泵基本相同。唯有SD型泵的叶轮有两种形式一半开式和封闭式。SD8和SD10的叶轮为半开式,SD12和SD14的叶轮为封闭式。型号意义:



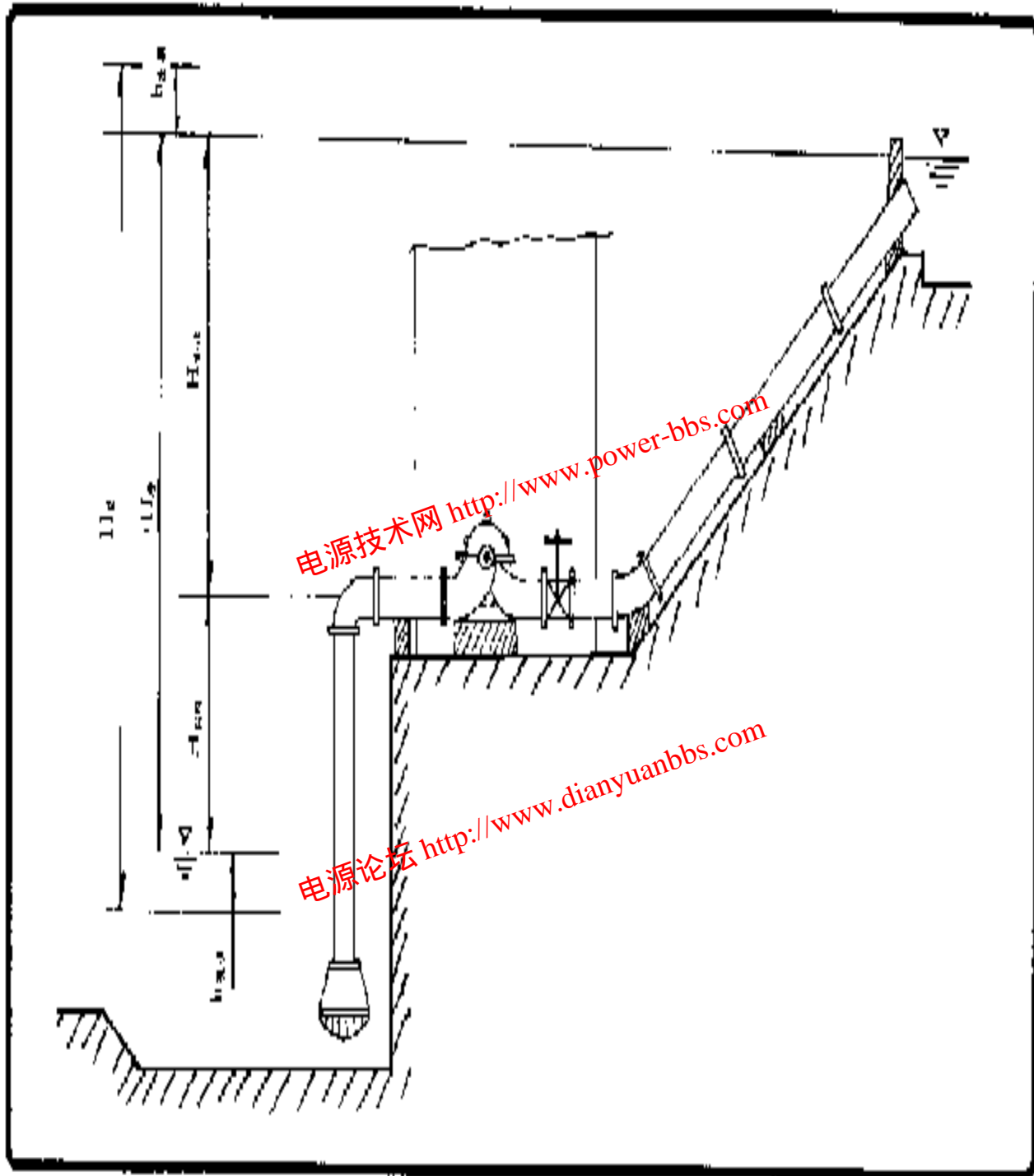
三、水泵的扬程

凡是正规厂家生产的水泵它的技术参数都标在铭牌上,这是选用水泵时的关键性数据,尤其水泵的扬程是一个重要性能,不可忽视。

水泵在抽水时,所能举起水的高度(或实际提水高度),叫扬程,以米计。

总扬程由两个部分组成,一部分是从进水池水面到出水池水面之间的垂直提升高度,通常把这部分高度叫做实际扬程,或叫净扬程(用 H_N 或 H_p 符号表示)。实际扬程中又包括吸水扬程(H_s)和出水扬程(H_d)两种。如图

图 3-5 泵站扬程计算示意图



5-5所示。

吸水净扬程(H_g)。它是指水泵轴中心线至吸水面的净垂直高度。

压水净扬程(H_d)它是指止水泵轴中心线至出水水面间的净垂直高度。

所以 $H_g = H_d - H_w$

四、水泵安装高度的确定

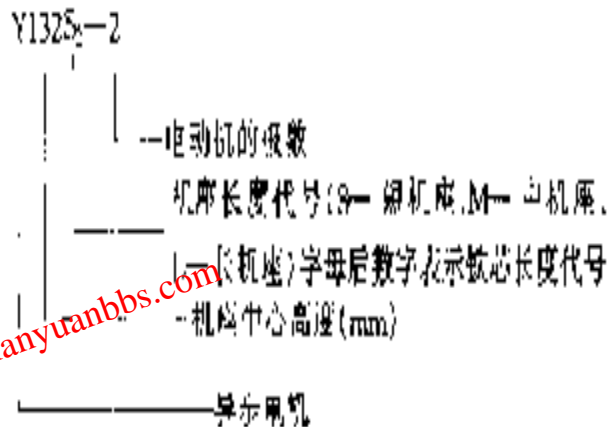
确定水泵的安装高度是水泵使用中的一个重要因素。水泵安装得过高,会使水泵进口处压力过低,当该处压力下降到低于饱和蒸汽压时,水开始汽化,水泵发生噪音、振动,时间长了就会引起金属表面剥蚀,出现蜂窝,甚至整块破裂。这种现象就叫做汽蚀。因此,为了不使水泵进口处的压力过份降低,在离心泵和混流泵的产品样本或说明书中,列出了水泵的允许吸上真空高度 H_s 这个重要技术参数(也叫真空吸程),规定水泵只能在这个真空高度以下工作,也就确定了水泵的安装高度依据。如132型110清水泵,在产品样本上规定允许吸上真空高度 $H_s = 6$ 米,要求安装水泵位置在轴中心线至水面不能超过6米,其中包含着吸水净扬程和吸水管道和附件的沿程(水头)损失。如图5-6所示。

五、小型电力排灌站的动力机配套

1. 电动机的型号和铭牌标志

(1) 型号。拖动水泵的电动机有两大类,一类是异步电动机,另一类是同步电动机。异步电动机,特别是鼠笼式异步电动机,构造简单,运行可靠,价格便宜,所以在电力排灌中使用量比较大。在原来电网容量不能满足鼠笼式电动机启动要求时,才选择构造比较复杂的绕线式异步电动机。功率在几千千瓦以上时,可选择同步电动机。

型号举例:



(2) 电动机的铭牌。电动机铭牌如图5-7所示。

2. 电动机的结构

电动机结构如图5-8所示。

(1) 机座。用于固定和保护定子铁芯,定子绕组,并用

图 5.6 水泵允许吸上真空高度

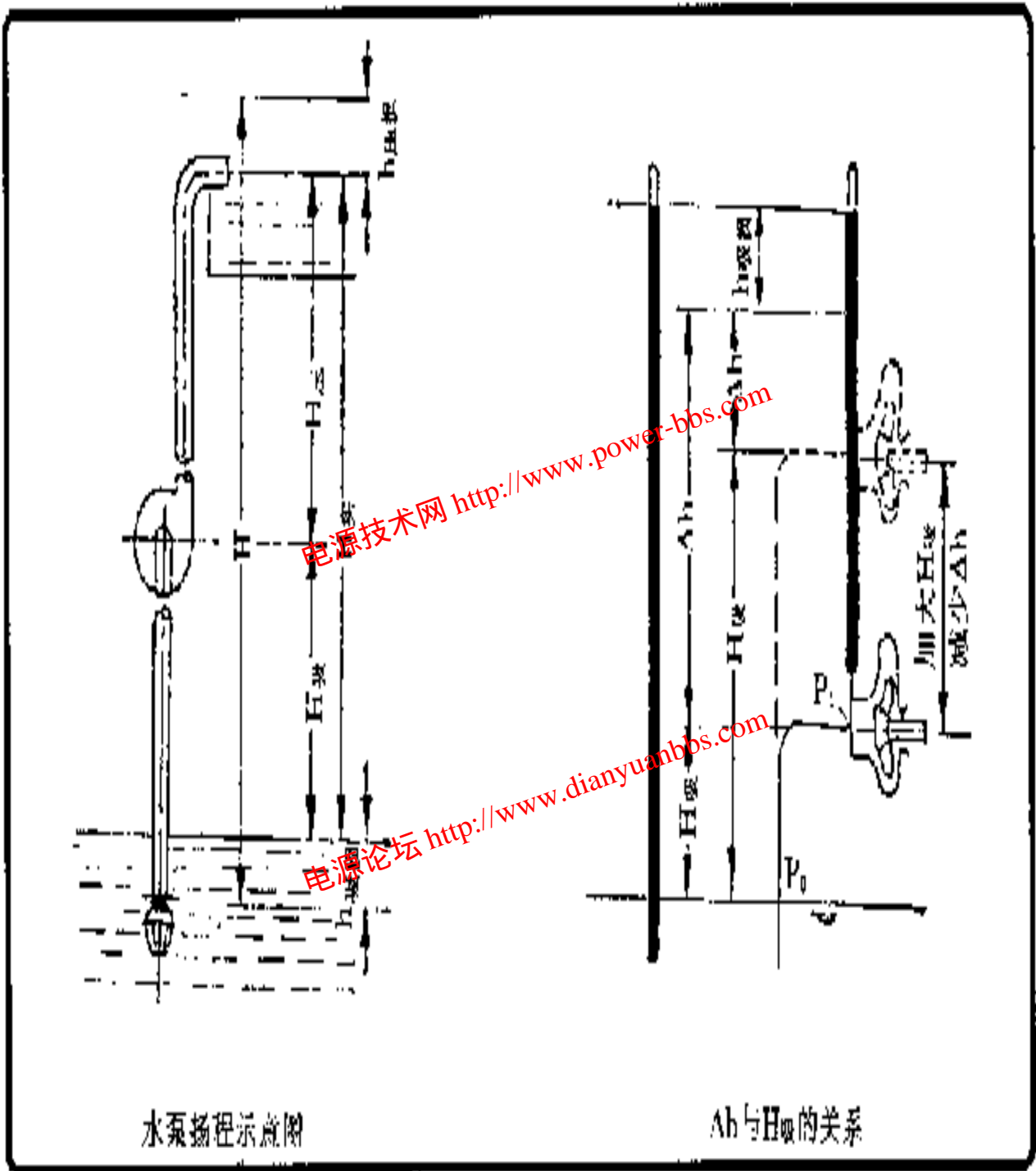
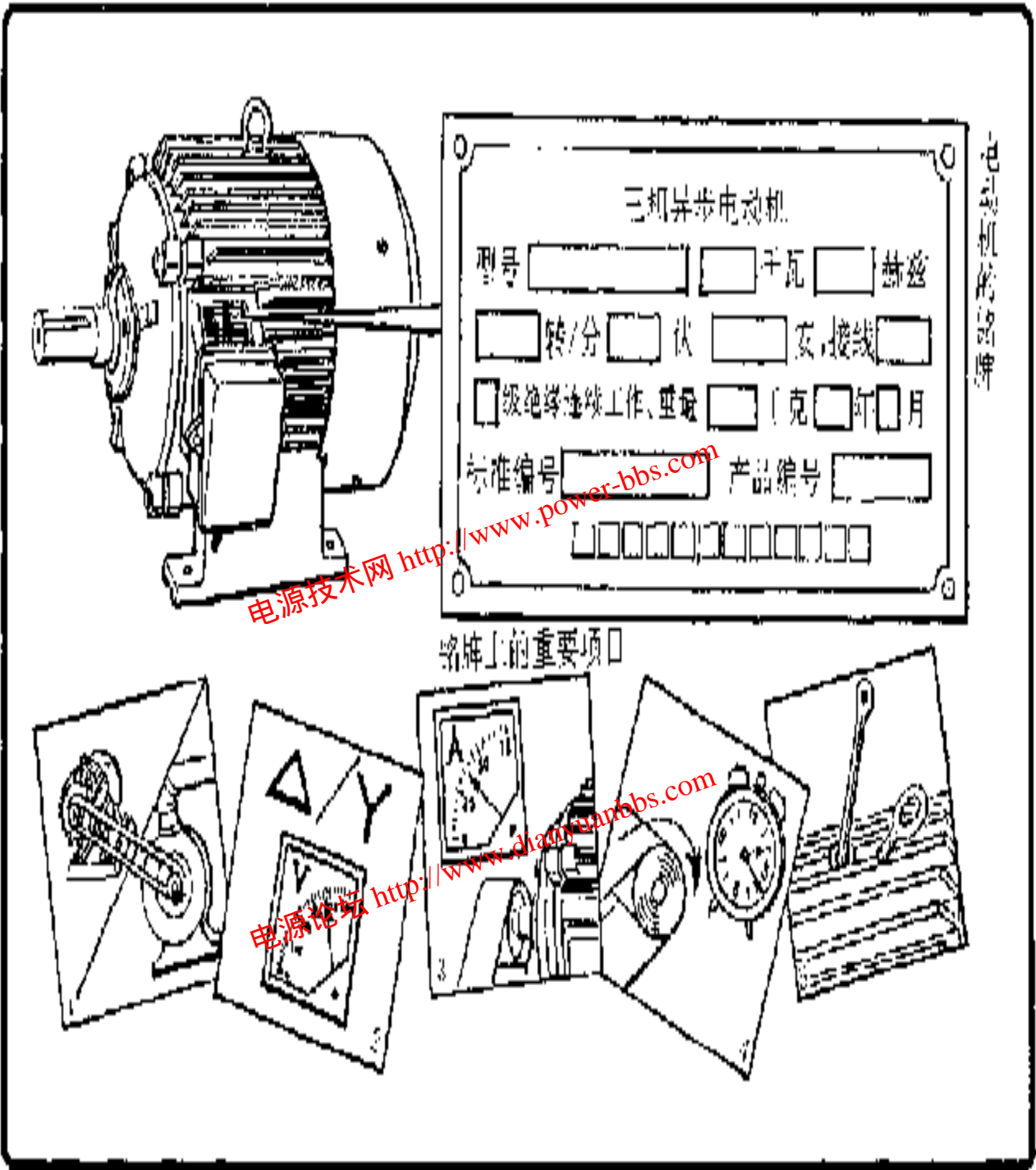
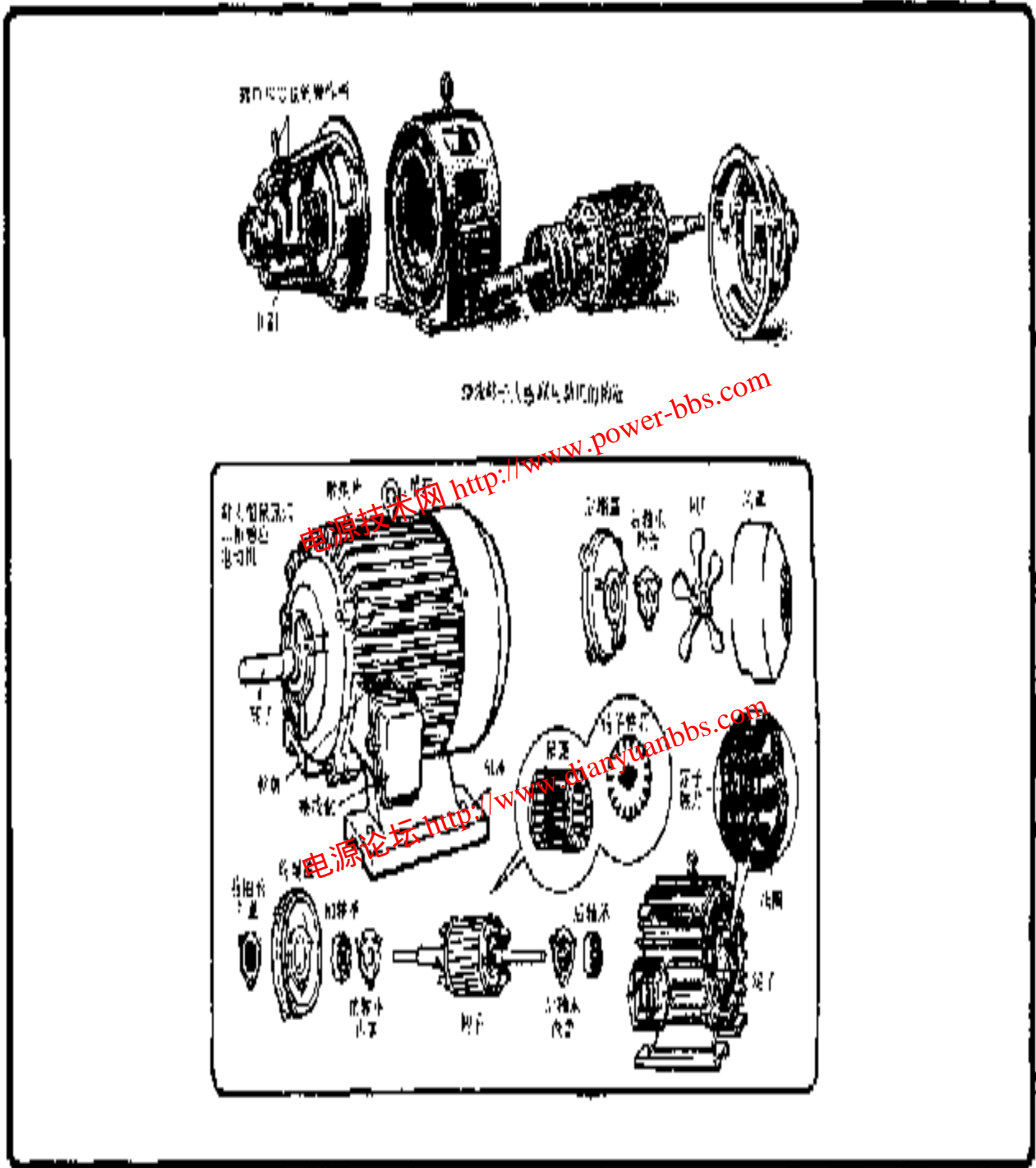


图57 电动机铭牌



366 雨期电工手册

图 5-8 电动机结构



以支承前后两个磁盖,是电动机的主要骨架。

(2) 定子铁芯。它的作用在于增加导磁性,使产生的磁力线容易通过,建立强有力的磁场。

(3) 定子线圈(绕组)。用绝缘的铜(或铝)导线,嵌入定子铁芯的凹槽中,并经过浸漆绝缘,烘干处理。

(4) 转子铁芯。作用和定子铁芯一样,用许多硅钢片压于转轴上,并在斜槽内嵌铸熔化的铸或嵌入铜条,形状象鼠尾。所以叫鼠尾式。

(5) 转轴和轴承。转子铁芯固定在转轴上,转子和定子相互作用,转轴转动。轴承用米支承转轴,安装在端盖中,可分为向心球轴承及圆柱滚子轴承。

(6) 端盖、风叶、风罩等起到支承、冷却保护作用。

3. 电动机工作原理简介

当一个力加在离轴心一定距离上,能使轴旋转时,那么,这个产生旋转运动的作用,叫做转矩。一切旋转的物体,都是由于转矩作用的结果。根据这个道理,可以推导出电动机能转动的原因:感应电动机的定子绕组在定子铁芯中是对称布置的,当二相交流电通入后,在定子绕组中就产生一个变化的磁场,这个磁场在空间旋转,称为旋转磁场。见图 5-9 所示。

当电动机定子绕组产生旋转磁场后,此旋转磁场通过转子可切割转子绕组,在转子绕组内就产生感应电流。

产生感应电流的转子绕组在磁场中受到作用力,使转子转动起来,转子的转动方向与旋转磁场的方向相同,这种电动机转子是靠感应电流而工作的。所以称为感应式电动机。又因电动机的转速永远小于定子旋转磁场的同步转速,所以称为异步电动机。

4. 电动机和水泵的匹配

如图 5-10 所示,电动机和水泵的选用应尽力做到配套合理,费用减少,管理维修方便。在选择水泵时要按实际计算的总扬程,灌溉面积,吸程,功率,转速等条件,按水泵的规格,技术性能选出配套合理的泵型。所选用的电动机功率、转速、电压要与水泵相互匹配,选泵一级抽水时尽量搞一级,避免二级、三级抽水,这要看实际情况,进行多方案比较。如总扬程为 16 米的抽水站,灌溉面积才 700 亩,通过计算,选用 80A 型电动机 30 千瓦比较合理。往往有的群众怕选水泵和电动机太小,灌溉不及时,那种想法是不对的。要灌溉及时灌溉,必须统一安排,互相照顾,全面得益为原则,殊不知,选大了设备,一次性投资多,管理高,利用率小,并不合算。另外在管道附件选用上也应该注意尽量减少那些水头损失大,不好管理的设备如底阀、进户阀等,管道也要尽量缩短,以减少扬程损失。

5. 电动机的接线辨认和接线方法

(1) 电动机的接线辨认

图 5-9 电动机工作原理

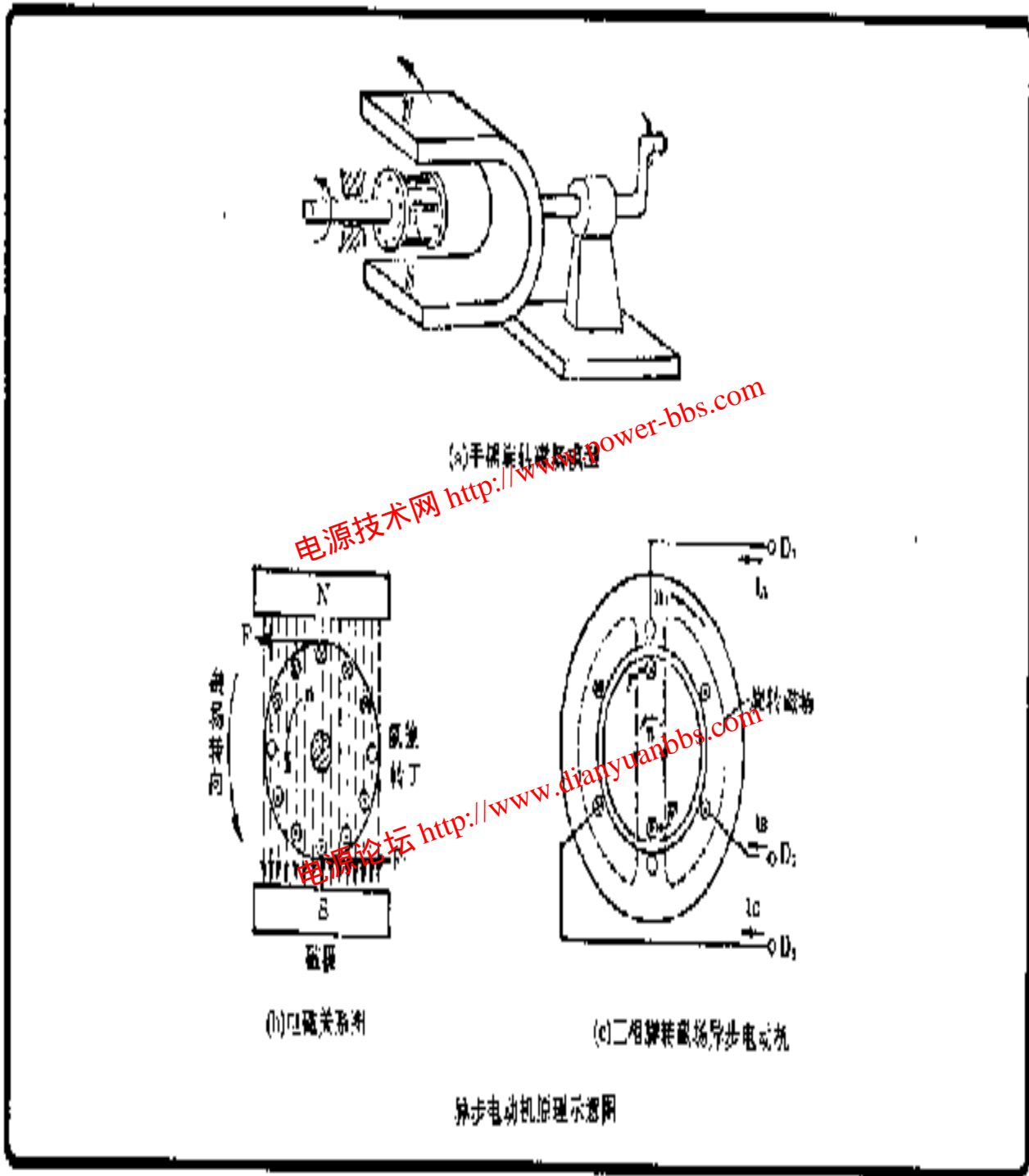
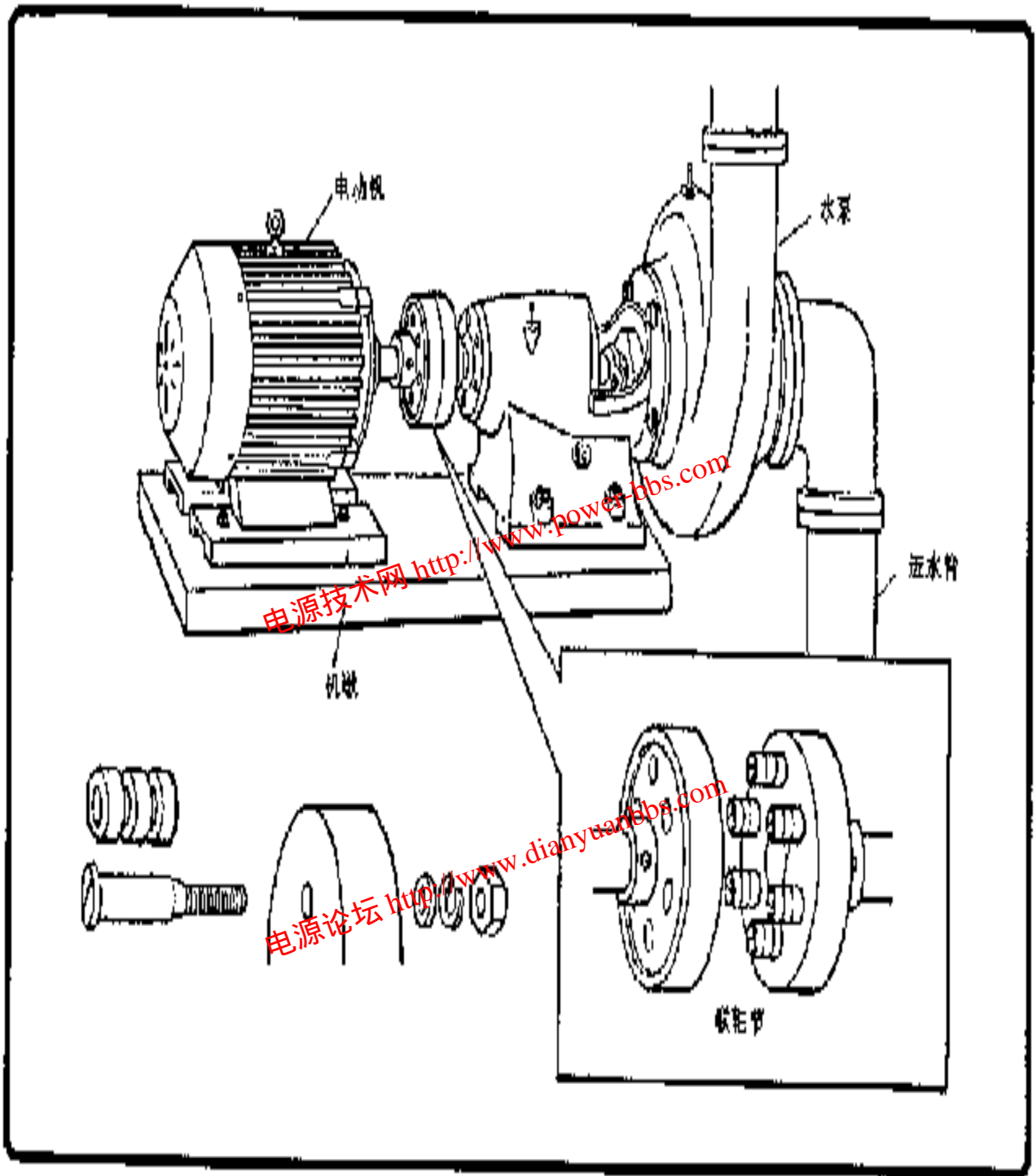


图 5 10 电动机和水泵的匹配



370 图解电工手册

有时候维修电动机接板盘的线耳忘记把编号编乱或让电动机的六个线头标记没有了,需要辨认后再接线。简易辨认方法如图 5-11 所示。

① 找出每个相线圈的两个头。取用 220V、25W 以上电灯一盏,串接在 220V 电源线上。把电灯的一个线头与任何一个电动机线头连接,并把这个线头记为“1”,把电源的另一个线头与电动机其余五个线头接触,当触到某一个电动机线头而电灯发光时,说明这个线头与“1”是同一线圈,并把它记上“4”。用同样方法继续辨认其余一相线圈,并把二个线头假定记上“2”“5”。余下两个线头就可假定记上“3”“6”。

② 找出每相线圈的头尾。先假定上述的编号是正确的,把“4”“2”联结,“1”“5”通接电源,“3”“6”接上电灯。通电后如果电灯灯丝发红,说明“2”“5”的编号正确,灯丝如果不发红,只要把“2”“5”编号对换即可。把“5”“3”联结,“2”“6”通接电源,“1”“4”接灯泡,灯丝发红,说“3”“6”编号正确,如果灯丝不发红,只要把“3”“6”编号对换即可。

(2) 电动机的接线方法:

如图 5-12 所示,鼠笼式异步电动机一般有三角形连接法和星形连接法。三角形连接法,是把电动机的接线鼻子 1、2、3 与 6、4、5 用连片相对连接起来,即是 1 与 6、2 与 4、3 与 5 编号头尾相联并与进线接线耳连接即可。星形连接法

是把电动机接线板上标有的 1、2、3(或 D_1 、 D_2 、 D_3) 符号的接线鼻子,压入接线柱后,再用两个连片连接起来,螺母拧紧。再在下端的接线柱上套入 6、4、5 的接线鼻子,后压入电动机进线接线耳,拧紧螺母即可。

注意在完成上述工序前,① 必须把接线铜鼻子、铜垫片,接线耳打磨光滑后,再拧紧螺母。② 外壳必须作接“零”接地保护。③ 接线耳与接线鼻子必须用绝缘材料包扎好,以防触电。

六、小型电力排灌站的 起动方式及其设备装置

鼠笼式异步电动机的起动方式有直接起动和降压起动两种。

(一) 电动机的直接起动方式

当电动机不经过任何环节而直接将定子绕组接上电源的额定电压,称之为直接起动或称为全压起动。全压起动的优点是:开关设备简单,操作起来比较方便,启动时间也较短,但是由于启动时,电动机的启动电流较大,对线路的电压会显著下降,影响着线路及其他设备的正常工作,所以

图 5.11 电动机的接线认辨

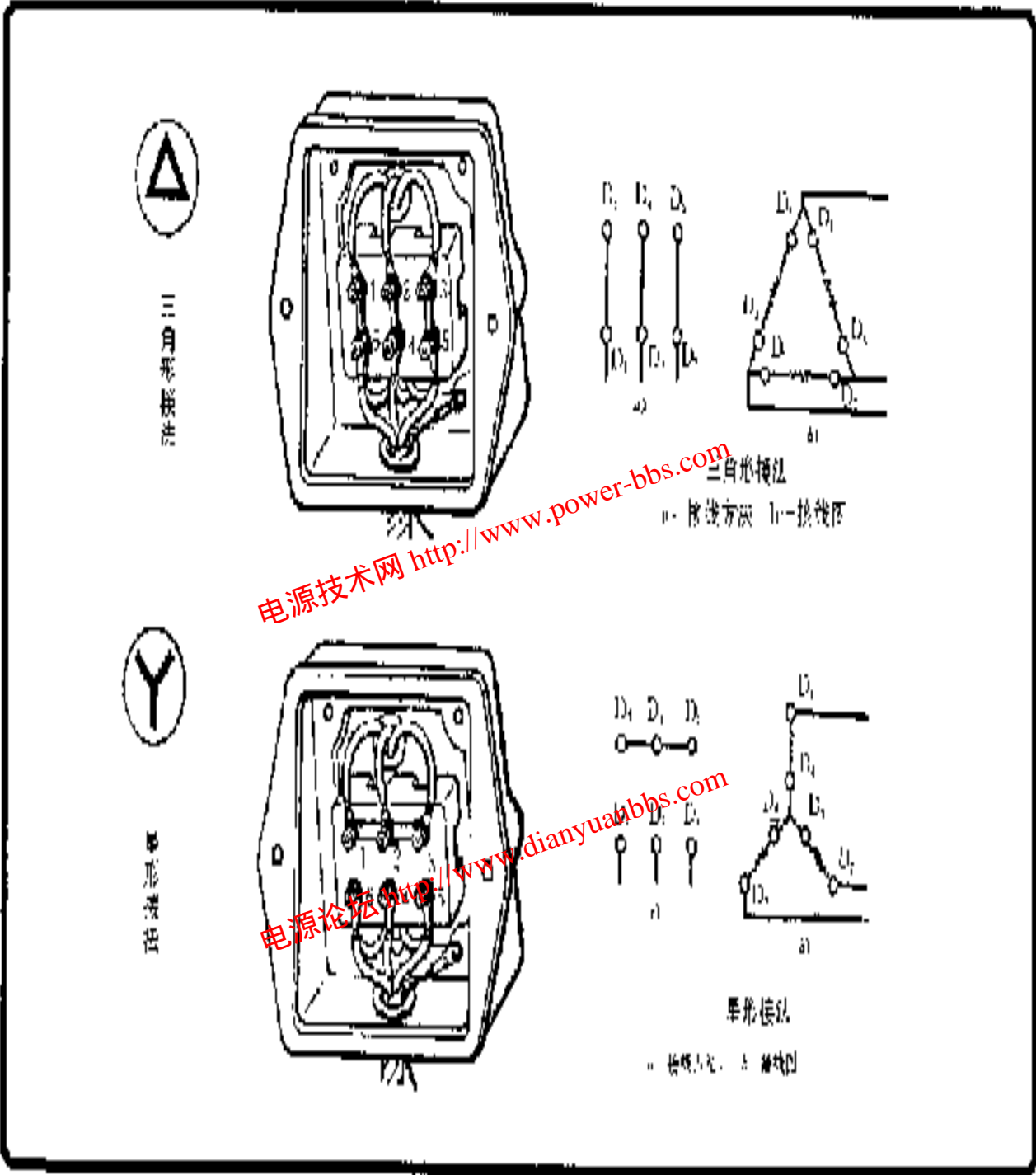
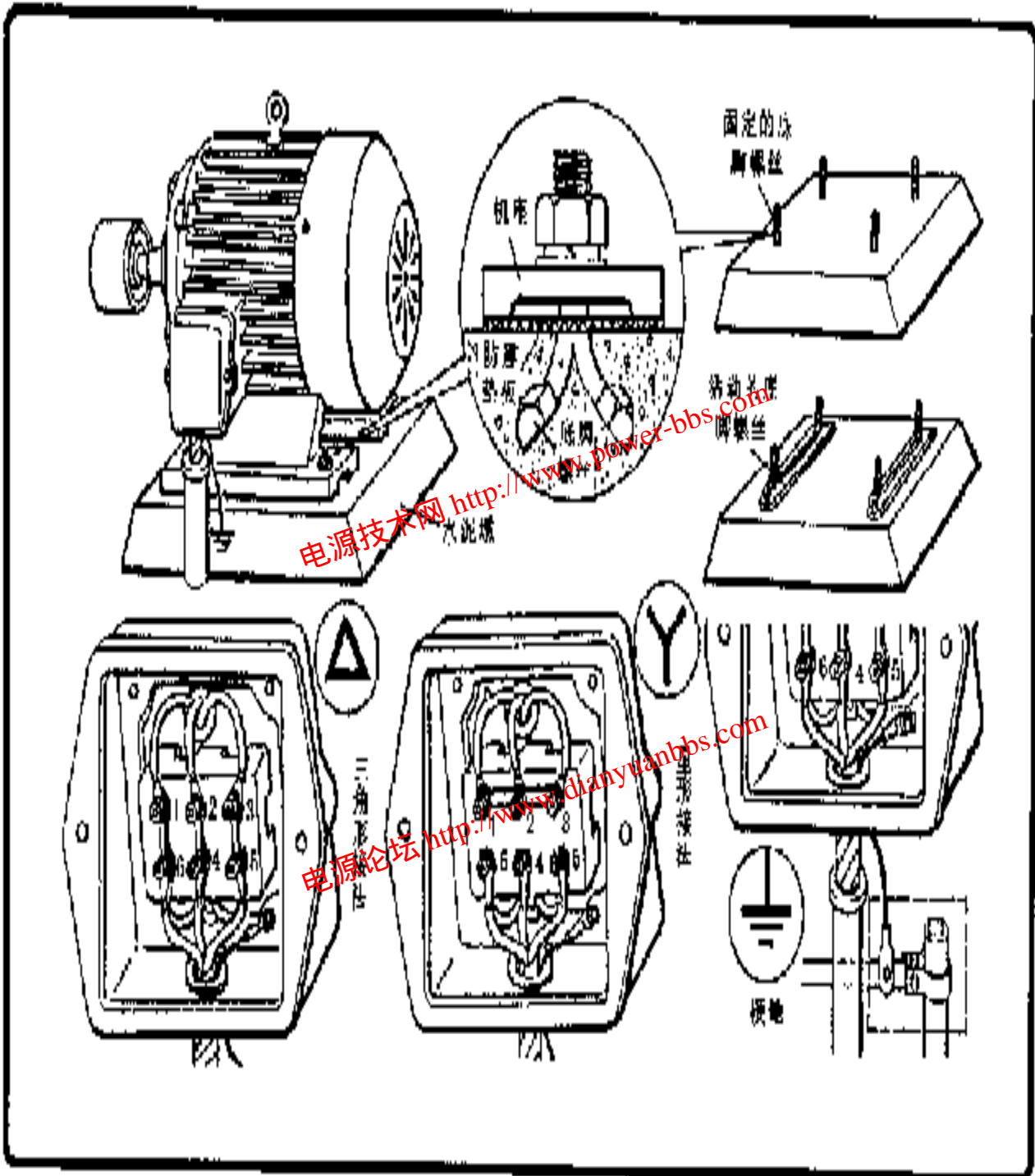


图 5-12 电动机的接线方法



在逐层直接起动时,一定要考虑对线路及其他设备有无影响,若没有影响,且装机容量又不大,可采用直接起动方式。

直接起动电动机的设备装置有闸刀开关,铁壳开关,交流接触器,磁力起动器,空气开关等。

1. 闸刀开关或铁壳开关

这两种开关是与熔断器(保险丝)组成的最简单的直接起动电路,在小容量的电动机上装上它,只要合上闸刀或铁壳开关,电动机就可马上转动起来。但由于起动过于简单,又只有短路保护,只能在装机容量在 20 千瓦以下才参考使用,如图 5-13 所示。

2. 交流接触器直接起动电动机

使用交流接触器起动电动机时,在接触器前加装一只闸刀开关或铁壳开关,石板开关,从图 5-14 的原理图中看出,接触器有两个回路,一个是直接把电动机与电源接通的主回路,另一个是控制回路。

在起动电动机前先合上闸刀开关(DK),然后按下起动按钮(QA),接通控制回路,接触器线圈得电后,其上的主触头(3)闭合接通主电路,电动机开始转动,与此同时和起动按钮(QA)并联的常开辅助触点(4)也闭合。当手松开按钮(QA)后,线圈并未断电,保证了主触头(3)仍处于闭合状态,电动机不停运转。辅助触点所起的作用称之为“自保”(自锁)。辅助触点(5)闭合,使(HD)红灯发亮,表

示电动机运行正常。当需要停机时,只要按下按钮(TA),使整个控制回路断电,主触头、辅助触头全部打开,电动机即断电停转。常闭触头(6)复位,绿灯(LD)发亮,红灯(HD)熄灭。这就是交流接触器的工作过程。

3. 磁力起动器直接起动电动机

磁力起动器用来直接起动三相异步电动机,具有失压短路,断相和过载保护的作片。如图 5-15 所示,当起动电动机时,按下起动按钮(QA),控制回路接通,磁力起动器吸引线圈得电动作,使其三个主触头闭合,主回路接通,电动机便起动运转。控制回路(QC)的辅助触点,既合自保。当因故障电动机过载时,热继电器(RJ)便加速动作,使控制回路中(RJ)的常闭触点打开,断开控制回路,电动机便停止转动。

磁力起动器一般用于装机容量在 75 千瓦以下的三相异步电动机起动之用。选用时在磁力起动器前加装闸刀开关。

4. 自动空气开关全压起动电动机

使用自动空气开关起动,停止三相异步电动机,具有接通、断开电源,自动切断过载或短路电源,以及欠压保护的作用,但是自动空气开关不宜频繁操作。

自动空气开关的工作原理如图 5-16 所示。当触头闭合,自动开关处在合闸工作状态。合闸时将分断弹簧拉伸,储有了能量,此时触头系统为锁钩扣住。三相电路中有一

图 5-13 闸刀和铁壳开关起动装置

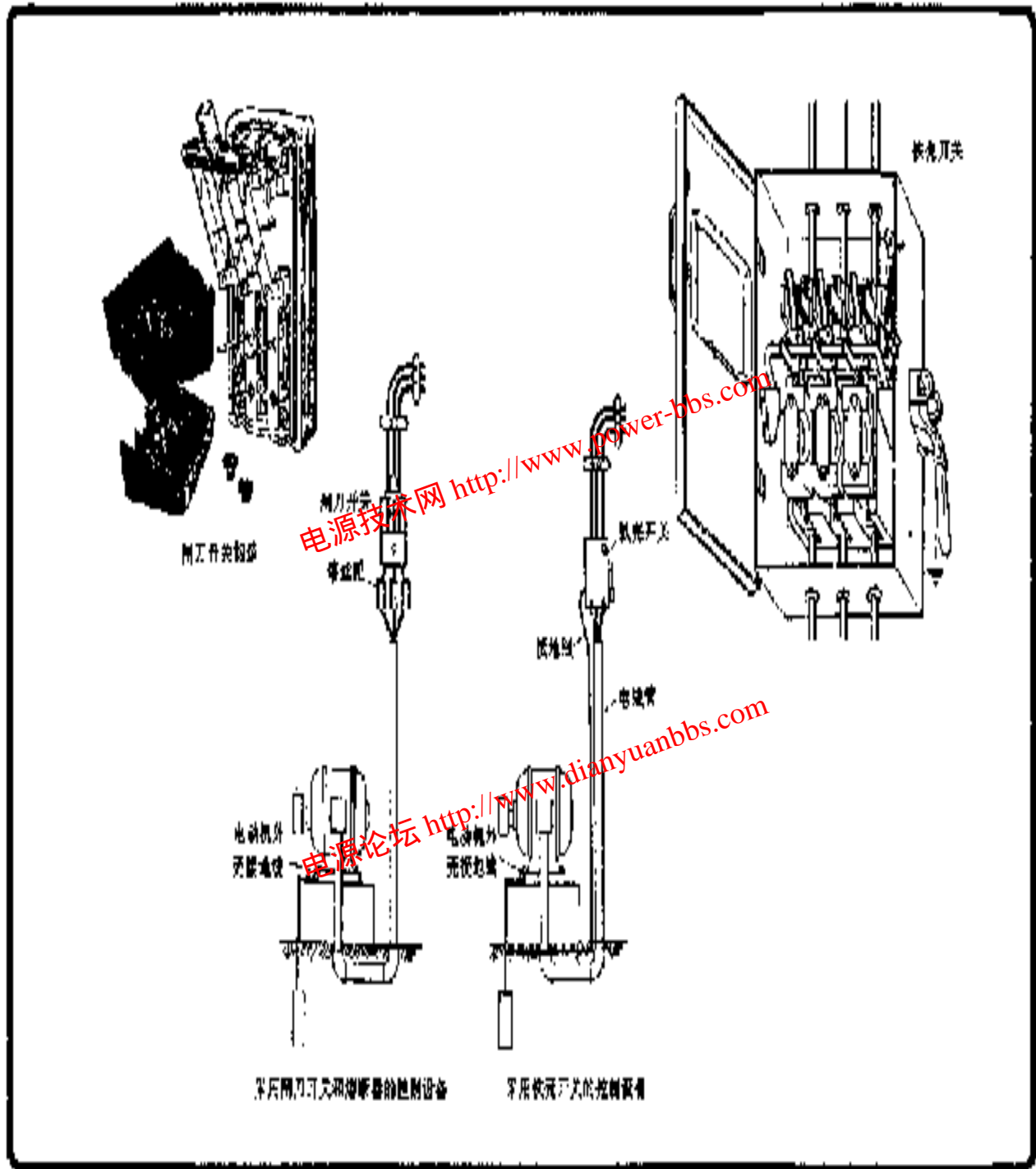


图 5-14 交流接触器启动

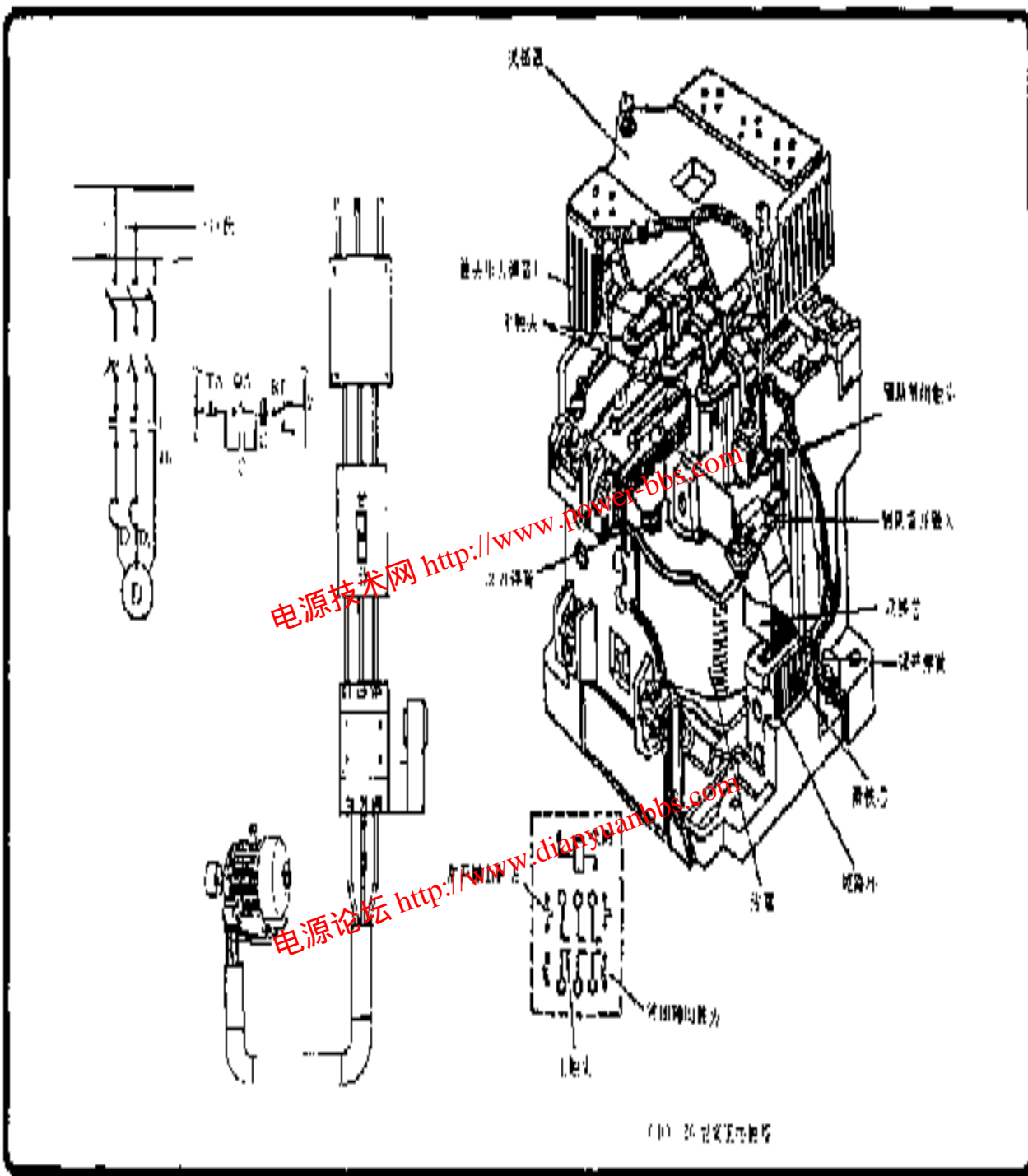


图 5-15 磁力起动器直接起动

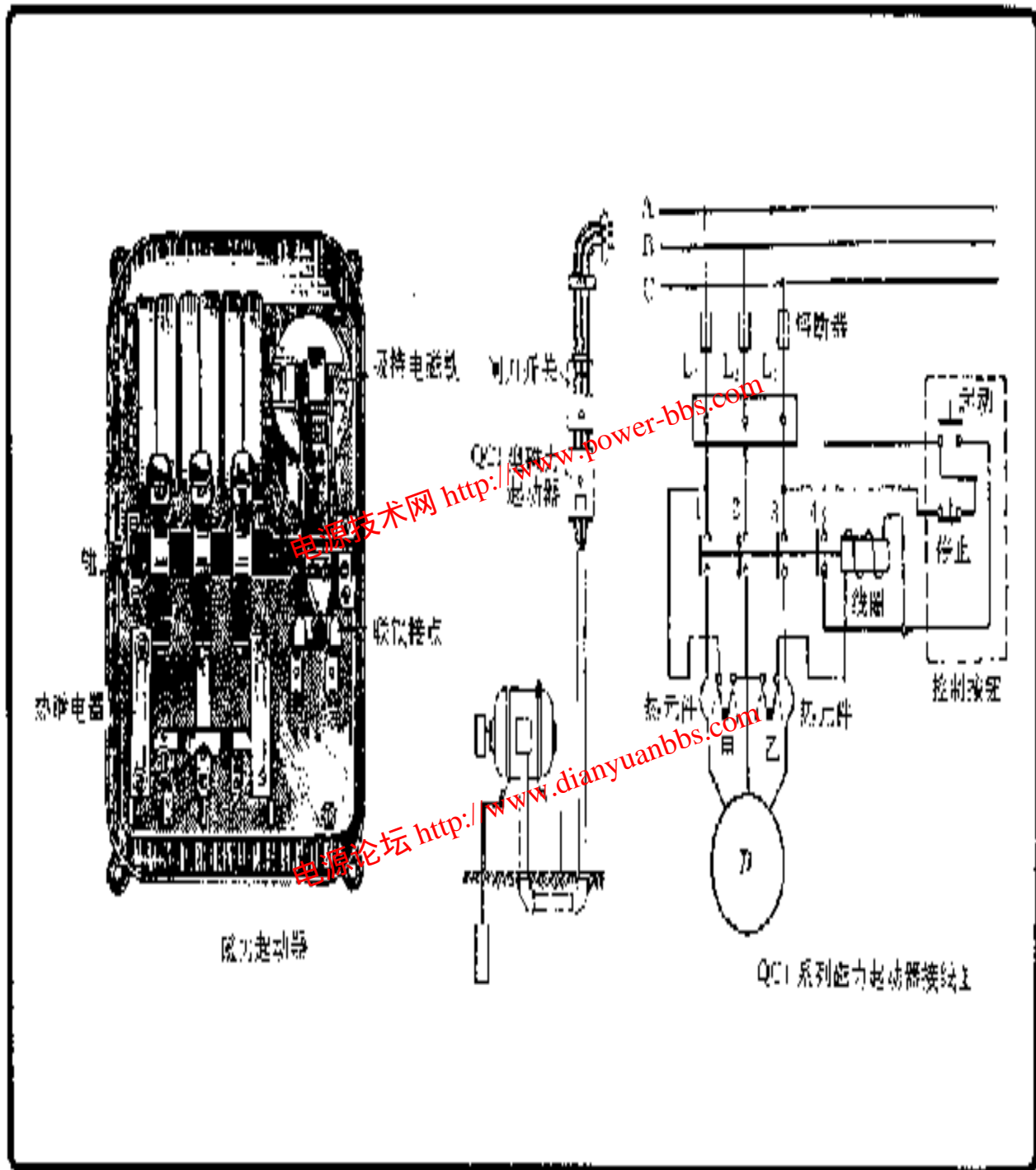
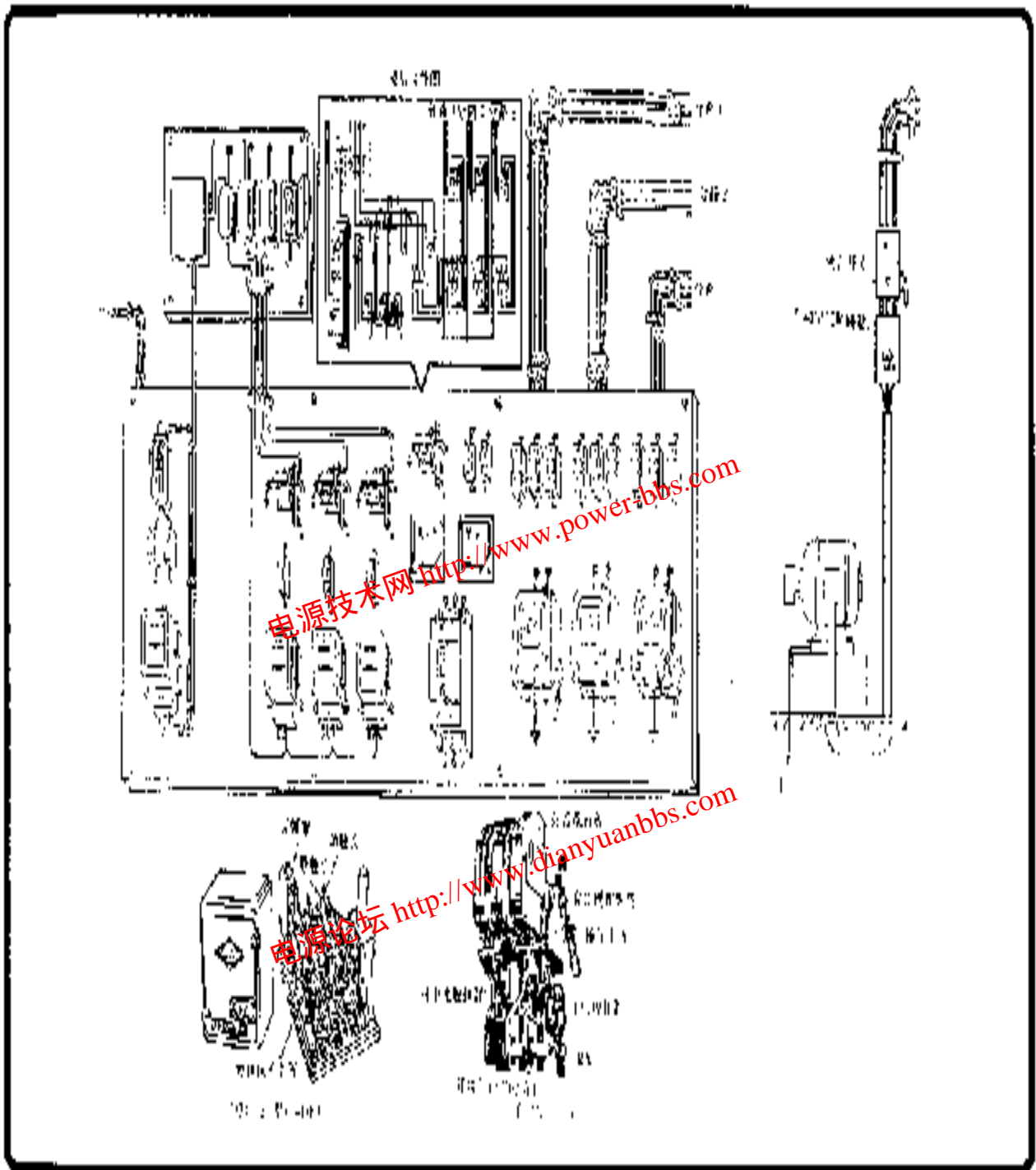


图 5.16 空气开关全压启动



378 图解电工手册

相串联了电流脱扣器。过电流脱扣器,这个脱扣器是一只电磁铁,在正常电流通过时,电磁铁不动作,当发生异常状态时(如短路电流)过流脱扣器迅速动作,克服锁钩弹簧的反作用力,打开锁钩,于是触头在分断弹簧的作用下迅速打开。在灭弧栅的作用下,使电弧迅速熄灭,便完成了自动断开电路的任务。触头断开后,过电流脱扣器的电磁吸力消失,杠杆恢复原位。若再起电动机,可用手柄或自动操作机构(由电磁铁或电动机带动的),克服分断弹簧的反作用力,用锁钩扣住,使触头闭合,将电路重新接通,电动机继续投入运行。

选用时,在空气开关前头加闸刀开关,作双重保护和检修使用。

(二) 三相异步电动机的 降压起动方式

降压起动三相异步电动机的目的是为减小和限制起动电流对电网的影响,但是结果不可避免地使起动转矩也减小了,因此对起动转矩较大的水泵等,不宜采用降压起动这种方法。

降压起动方式分别有:起动补偿器降压起动;星形-三角形降压起动;延边三角形起动法。

1. 起动补偿器降压起动

从图 5-17 中看到起动补偿器的结构是止三相自耦变压器(补偿器)和一套控制开关等组成,其的工作原理见电路图。A、B、C 为三相电力电源, D_1 、 D_2 、 D_3 为电动机的接线端。起动时用降压变压器降低电动机的电压。把电源接在变压器的高压侧,低压侧的电压就比电源电压低,起动时把闸刀开关合到“起动”位置,电动机就接到变压器低压侧,使它在降低了的电压下起动,起动起来时再把开关从“起动”位置迅速扳到“运行”位置,即把电动机直接接在电源上,便可在电源电压下正常运行。这就是补偿器的工作基本原理。

一般使用的补偿器中,不用降压起动器,是用自耦变压器,所以又叫自耦减压起动器,它每相只有一个绕组,变压器侧用整个线匝,接在电源上承受电源电压,从高三线绕组中抽出一部分作为低压绕组,低压侧电压只是电源电压一部分。

2. 星-三角起动器(Y- Δ)降压起动

三相异步电动机的降压起动方式还有星形-三角形起动器,常此的型号有 QX₁、QX₂、QX₃ 等系列,有抽棒式和铁壳式两种。

铁壳式星-三角起动器实际相当一个双投铁壳开关,只能起动容量较小的电动机,不能切断大电流。抽棒式星-三角起动器开关触头浸在绝缘油里,可以迅速熄灭电

380 图解电工手册

板,可用于较大容量电动机的起动使用。

星-角起动用“九线闸”,标有 L_1 、 L_2 、 L_3 (或A、B、C)的电源线,标有 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 (或1、2、3、4、5、6)的引线是接电动机的。见图5-18所示。星-角起动的闸柄在“O”、“Y”、“△”三个位置。电动机停止时,闸柄在“O”位,启动时把闸柄扳到“Y”位置,方轴上的凸轮就会使触头1、3、4、6、7接触,当中触头1、4、6接通,把电动机端子 D_1 、 D_2 、 D_3 接入电源,触头3、7接通把电动机端子 D_4 、 D_5 、 D_6 连在一起,这时电动机形成了“Y”式接法启动过程。

电动机运转以后,转速基本接近额定转速时,再把闸柄扳到“△”的位置,这时触头1、2、4、5、6、3接通,其中1、5接通将电动机端子 D_1 和 D_6 连在一起后与电源 L_1 接通,2、6接通将电动机端子 D_2 和 D_5 连在一起后与电源 L_2 接通,4、8接通将电动机 D_3 、 D_4 连在一起后与电源 L_3 接通。这时电动机成为“△”接法投入运行。

注意:QX₁-13只能启动13千瓦以下电动机。QX₁-30备有灭弧罩,可启动30千瓦以下电动机。

图星-三角起动用只适用正常运行时三角形接法电动机,对星形接线的电动机就不能用星-三角启动,可采用其他方式启动。

4. 绕线式异步电动机的启动方式

绕线式三相异步电动机的启动,通常采用在电动机转子回路中串接电阻的方法,以达到减少启动电流,增加启动转矩的目的。

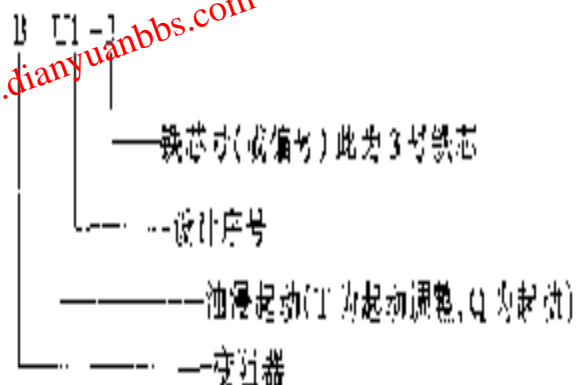
(1) 启动变阻器

常用的启动变阻器有BT₂和BU₁两个系列,它们主要由电阻元件和转换元件组成,两种元件均装在箱内,箱内加充变压器油,以作带电部份灭弧。BT₂系列启动变阻器一般用于20千瓦以下小容量的绕线式电动机启动,BU₁系列则用于200千瓦以下绕线式电动机的启动。

图5-19为变阻器启动原理图。

当启动电动机时把启动变阻器的电阻放在最大位置,然后逐渐减小电阻,待电动机接近额定转速时,将电阻全部退出,同时将转子线圈短路。

变阻器的型号含义,以BV₁-3为例,表示如下:



(2) 频敏变阻器

图 5.18 星-三角起动机降压启动

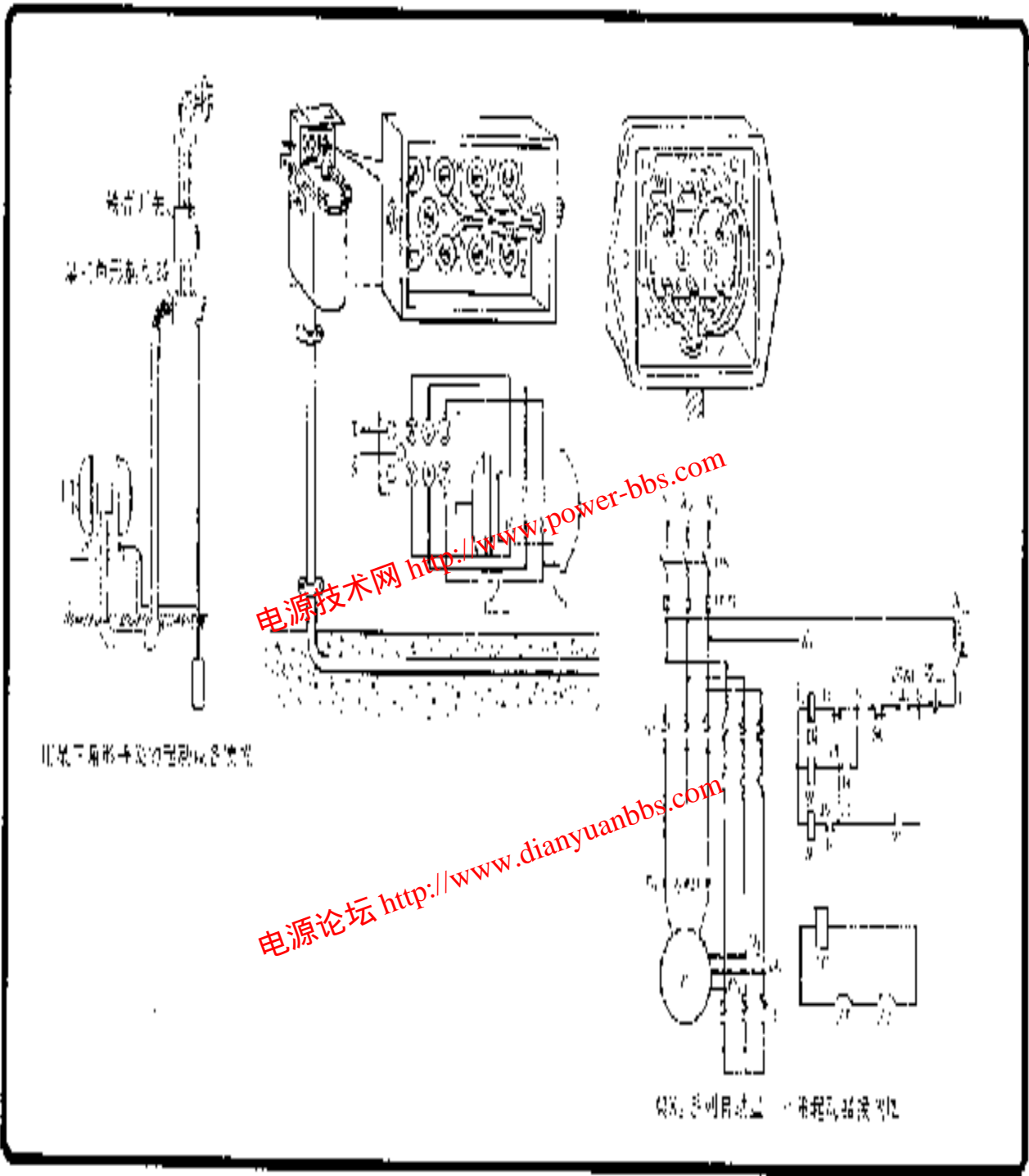
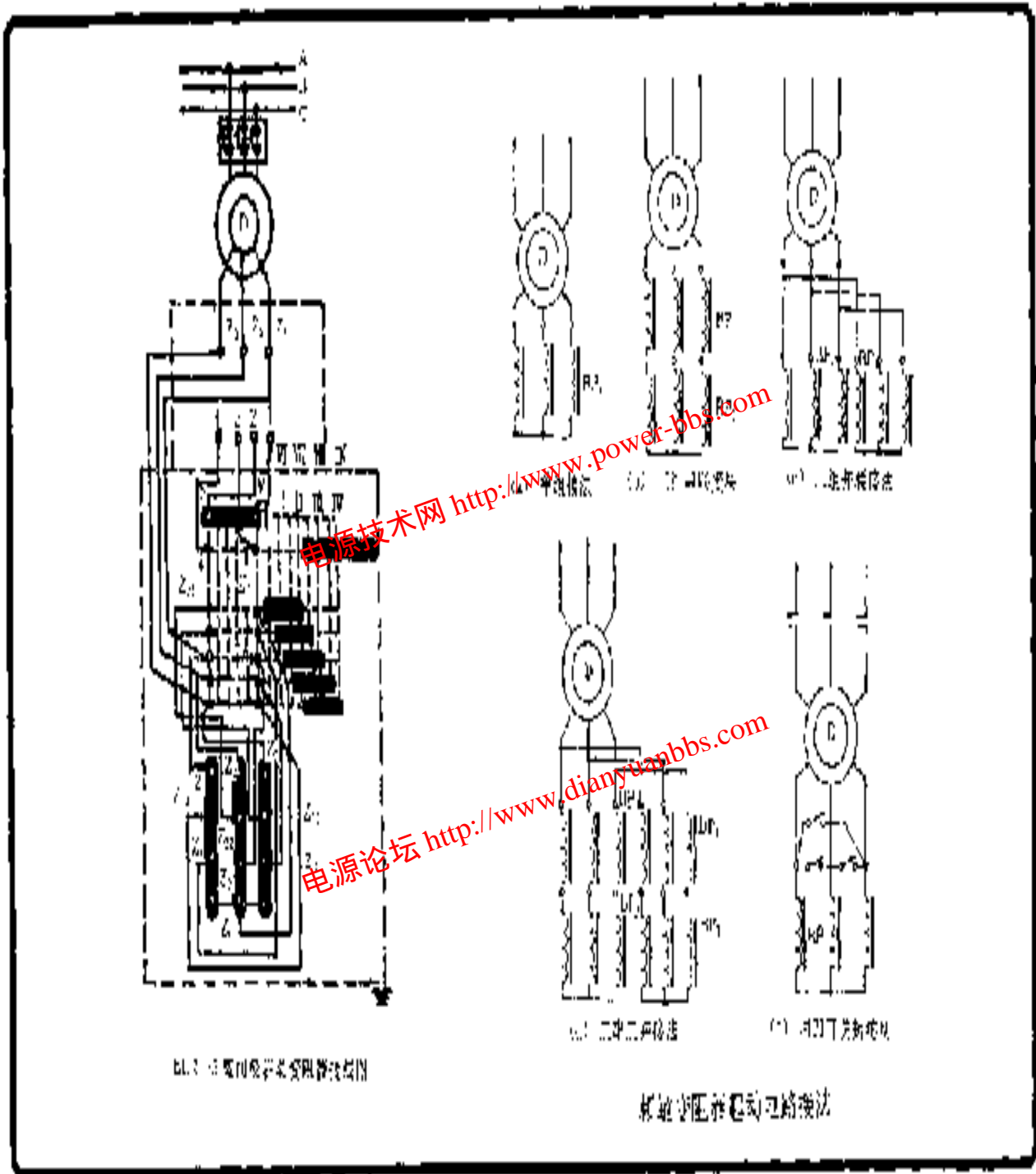


图 5-19 油浸、频敏变阻器接线图



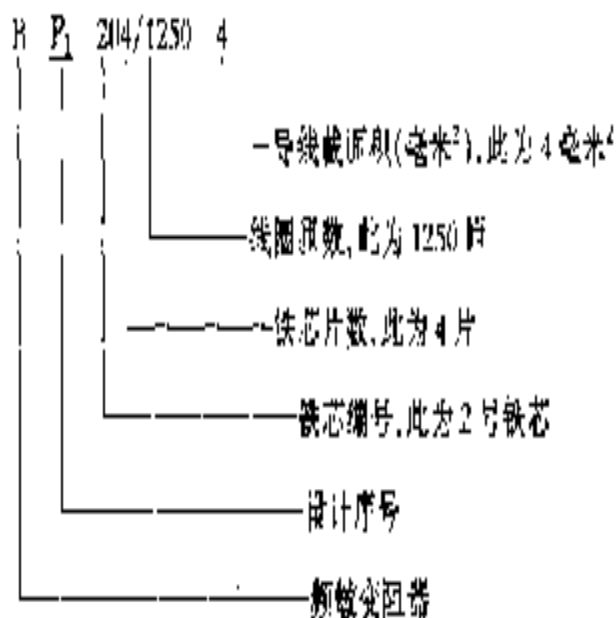
绕线式异步电动机启动使用的另一种方法是采用了新型变压器叫做频敏变阻器。如图 5-19 所示。

频敏变阻器主要由铁芯和绕组两部分组成，一般做成三相式，每个柱上有一个绕组通常接成星形。实际它是一个特殊的三相铁芯电抗器。这个变阻器由于阻抗大，起到了减少启动电流及提高启动转矩的作用。

采用频敏变阻器时，其接线与一般变阻器相同。电动机的定子绕组可经空气开关或接触器接入电源。转子回路如有举刷（或短路）装置，则频敏变阻器经电刷和滑环接入转子回路。启动前，举刷装置的手柄应在启动位置。启动时合上电源开关，启动完毕后将举刷装置手柄扳到“运转”位置。停机时断开电源开关，然后把举刷装置手柄扳到“启动”位置，准备下次启动。

没有举刷（或短路）装置的绕线式电动机，按图中所示接入频敏变阻器，启动时按下启动按钮（QA），启动完毕按下运转按钮（LA），使 2C 把频敏变阻器短接。停机时按下（TA）停机按钮即可。常用的频敏变阻器有 BP₁、BP₂ 两个系列，BP₁ 可控制电动机容量为 22~224kW，BP₂ 可控制电动机容量 2.2~125kW。

型号含义：（以 BP₁ 204/12504 为例）



七、电力排灌站主要设备的保护

为了保证电力排灌站电气设备及供电系统的安全运行，电力排灌站电动机、变压器和供电线路的控制回路中都装有一定数量和不同类型的保护装置，如熔断器、自动开关和继电保护装置等。

（一）对保护装置的基本要求

凡是保护装置应满足以下四个方面的要求，即选择性、速动性、可靠性及灵敏性。

384 图解电工手册

1. 选择性

当供用电系统发生故障的时候,要求保护装置能将故障设备迅速切除,保证无故障设备继续运行,从而尽量缩小停电范围。保护装置的这种动作叫做选择性动作。如:某一段线路的设备发生故障时,应由本段线路中的继电保护装置动作去切除故障设备,以保证无故障设备的正常运行,这时保护的动作为选择性动作。

2. 速动性

速动性是为了防止故障扩大,减轻其危害程度,并提高电力系统运行的稳定性,保护装置应尽快地动作,切除故障。对于35kV以下的供用电系统中继电保护装置动作时间的要求为0.5~0.7秒。

3. 可靠性

可靠性是保护装置在应该动作的时候,就应该动作,不应该拒动,不应该动作时,就不应该动。

4. 灵敏性

保护装置的灵敏性也叫灵敏度。它表示保护装置在其保护范围内发生故障和不正常工作状态时,反应能力的强弱。

(二) 继电保护装置和操作电源

小型电力变电站的控制配电盘一般都装设有二次回路和二次回路。一次回路(或叫一次母线)通常是指变压器、电动机、开关等电气设备,并用导线(包括母线)、动力电缆直接连接的电路。二次回路(也叫做二次接线,通常包括测量仪表、继电保护、自动装置、操作和信号器具,并同导线和控制电路将产器与电连接的全部低压回路。二次回路实际上是对一次回路各设备进行控制、测量和监视的重要部件,它关系到全部设备的运行可靠。

在二次回路中,继电器又是组成继电保护装置的主要元件,在电压较低,容量较小的电气设备上(如500A以下的电动机),一般采用熔断器和自动空气开关等简易保护装置。在电压较高,容量又比较大的电气设备上,采用简易保护装置不可能满足要求,因此考虑采用各种不同的继电器,组成继电保护装置,从而起到监视的作用。常用的继电器有:电流继电器,电压继电器,中间继电器,时间继电器,信号继电器,差动继电器。现分述如下:

1. 电流继电器

电流继电器用于当被保护设备(如电动机)发生设备过流或短路时,发出信号或将断路器(油开关、负荷开关)跳

同,它常被广泛用于各种继电器保护和自动装置中作起动元件,接线图和结构图见图5-20。电力排灌站常采用GL-10和GL-20两个系列。

$\frac{G}{D}L-10(20)$

——设计序号

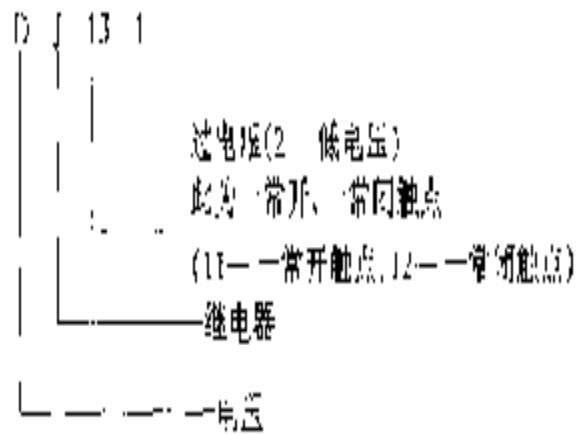
— — — 电压继电器

感应式(电磁式)

2. 电压继电器

在继电保护装置中广泛用作报警元件和低压元件,其型号有DJ-100型和DY-200(30)型电压继电器。当电压超过一定值时,常开接点接通,常闭接点打开,完成动作过程,这叫过电压继电器。当电压低于一定数值时,常开接点断开,常闭接点闭合,完成动作过程,这叫低电压继电器。其接线见图5-20。

型号含义:



小型电力排灌站大多使用DJ-112、DJ-122、DJ-132低电压继电器。

3. 中间继电器

中间继电器是继电保护装置,自动装置中的辅助元件,用以弥补电压、高压继电器接点数目和接点容量不足以及其他用途。

中间继电器的种类,用途较多,其接线图见图5-21。

型号含义:

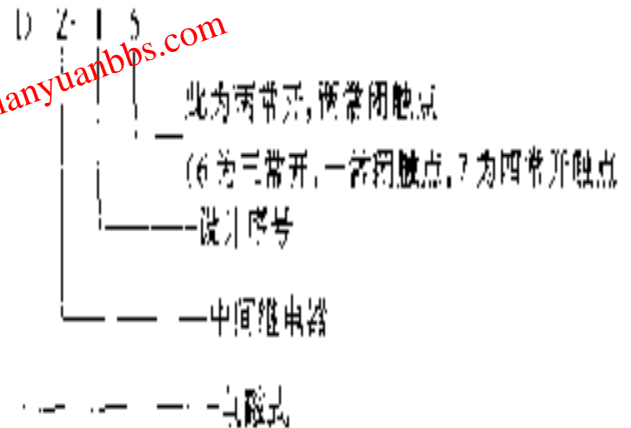


图 5-20 电流继电器的结构和接线

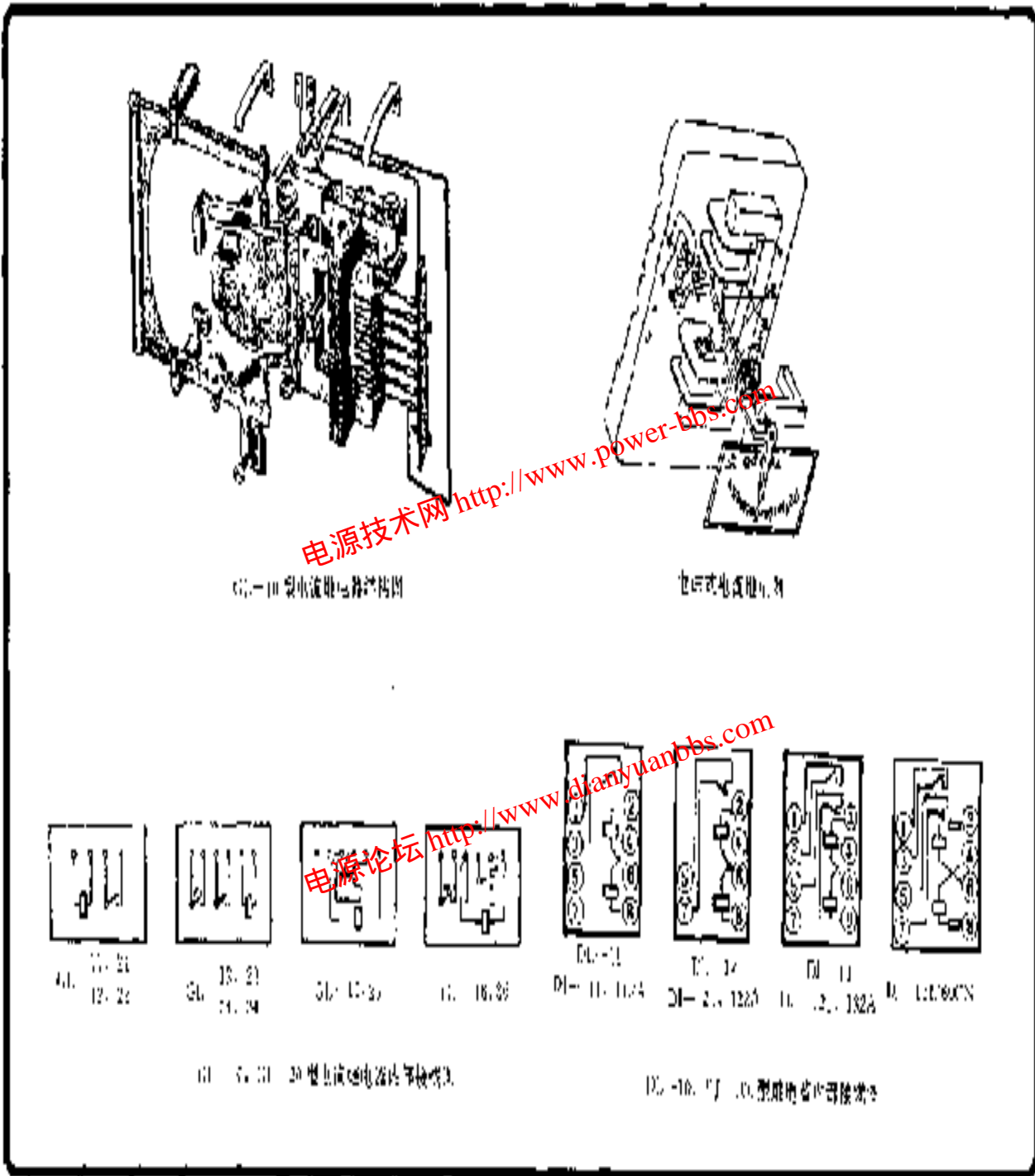
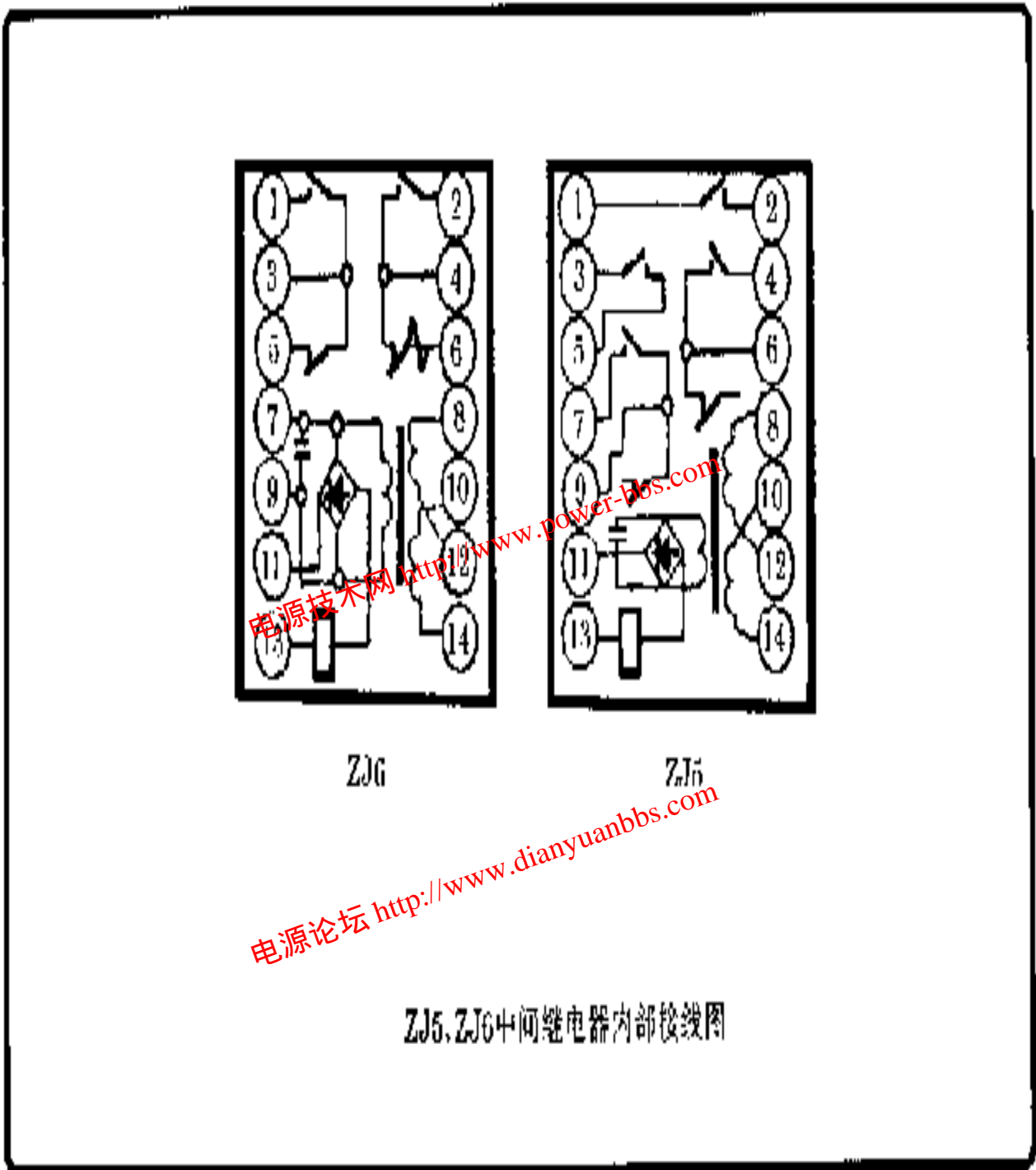


图 5-21 中间继电器接线



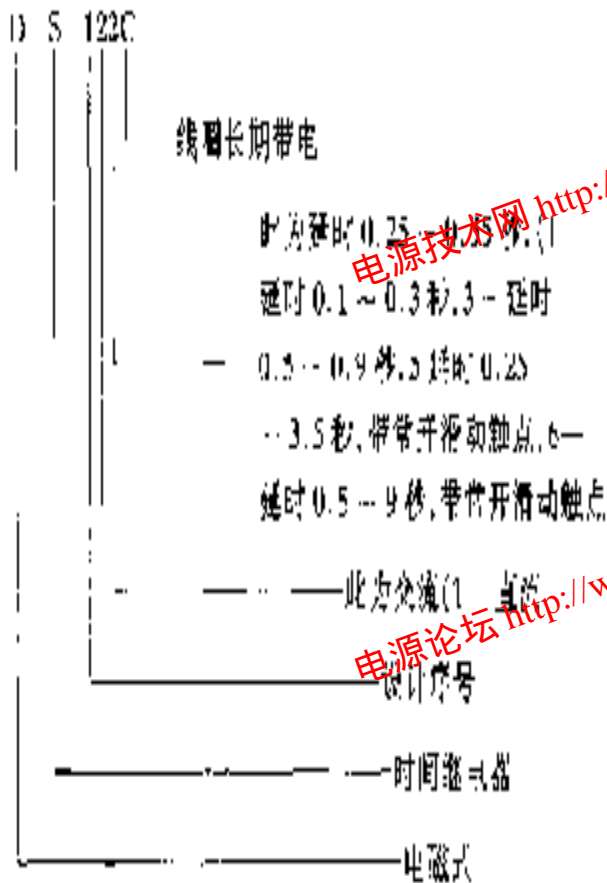
388 图解电工手册

电力排灌站常采用 DZ-10 及 DZ-50 等系列。

4. 时间继电器

时间继电器广泛用于各种机电保护及自动控制中, 用建立必要的动作时间。在电力排灌站中常用有电磁式时间继电器 JRS-100 系列, 其中 JRS-110 为直流电压式, JRS-120 为交流电压式两种。结构图和接线图见图 5-22。

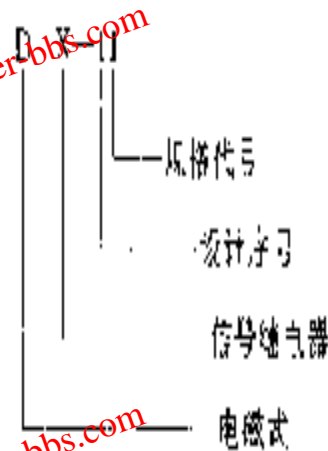
型号含义:



5. 信号继电器

JRX-11 型信号继电器是用来指示保护装置动作作为动作指示器。它是电磁式拍型继电器, 具有电磁式和带公共点的两副常开接点及一个信号端。内部结构图和接线图见图 5-23。常用的信号继电器: DX-11/0.01-DX-11/1.0 型为串联电压或信号继电器; DX-11/12-DX-11/220 型为并联(电压式)信号继电器。

型号含义:



(三) 电动机的保护

小型电力排灌站中, 电动机损坏及寿命的缩短, 除了机械磨损、人为事故等原因外, 电气方面的原因有断路(单相运行)绕组内部短路, 绕组接地, 过负载, 欠电压等几个方面。采取相应的防护措施是十分必要的。电动机的保护有

图 5-22 时间继电器的结构及接线

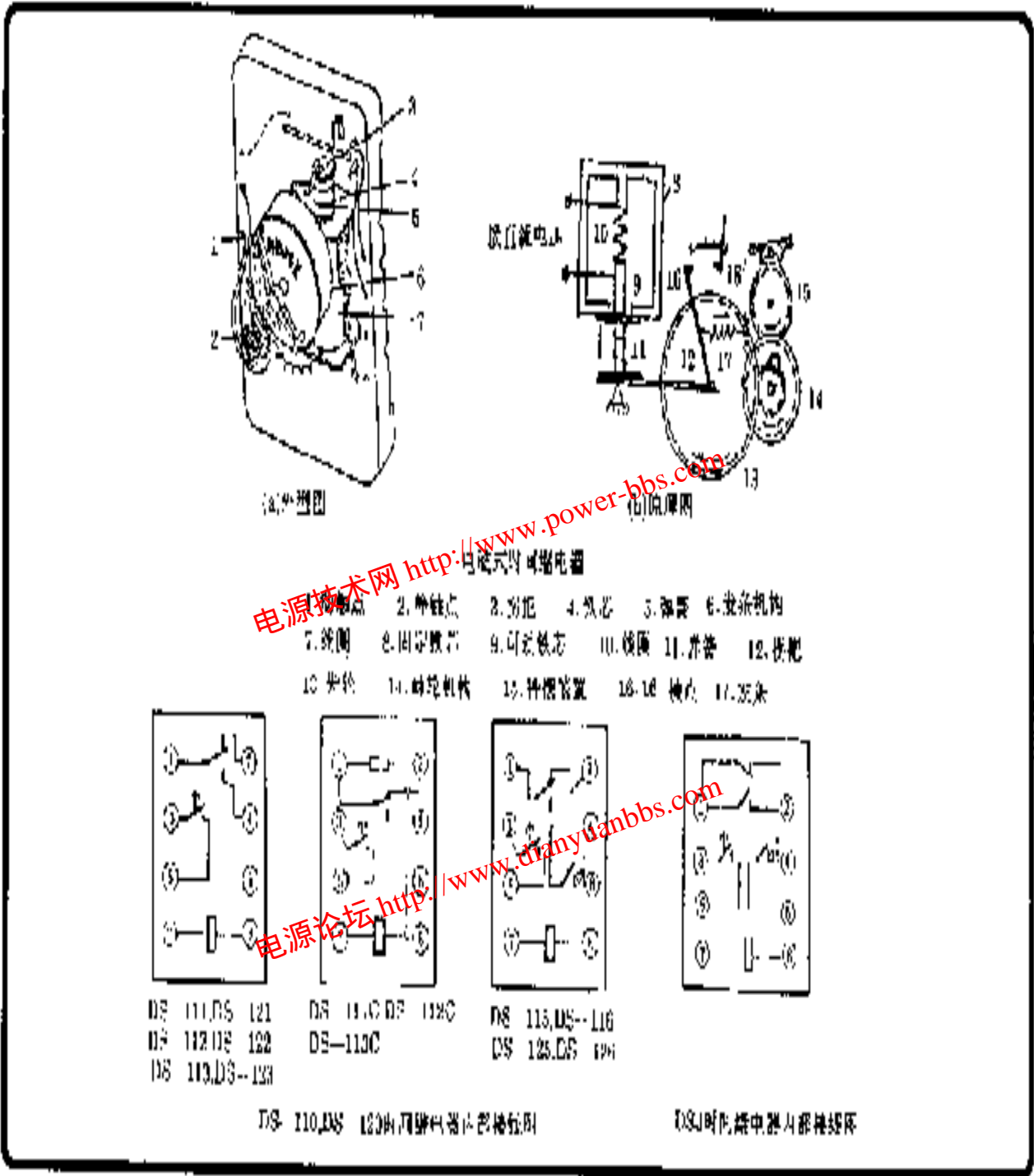
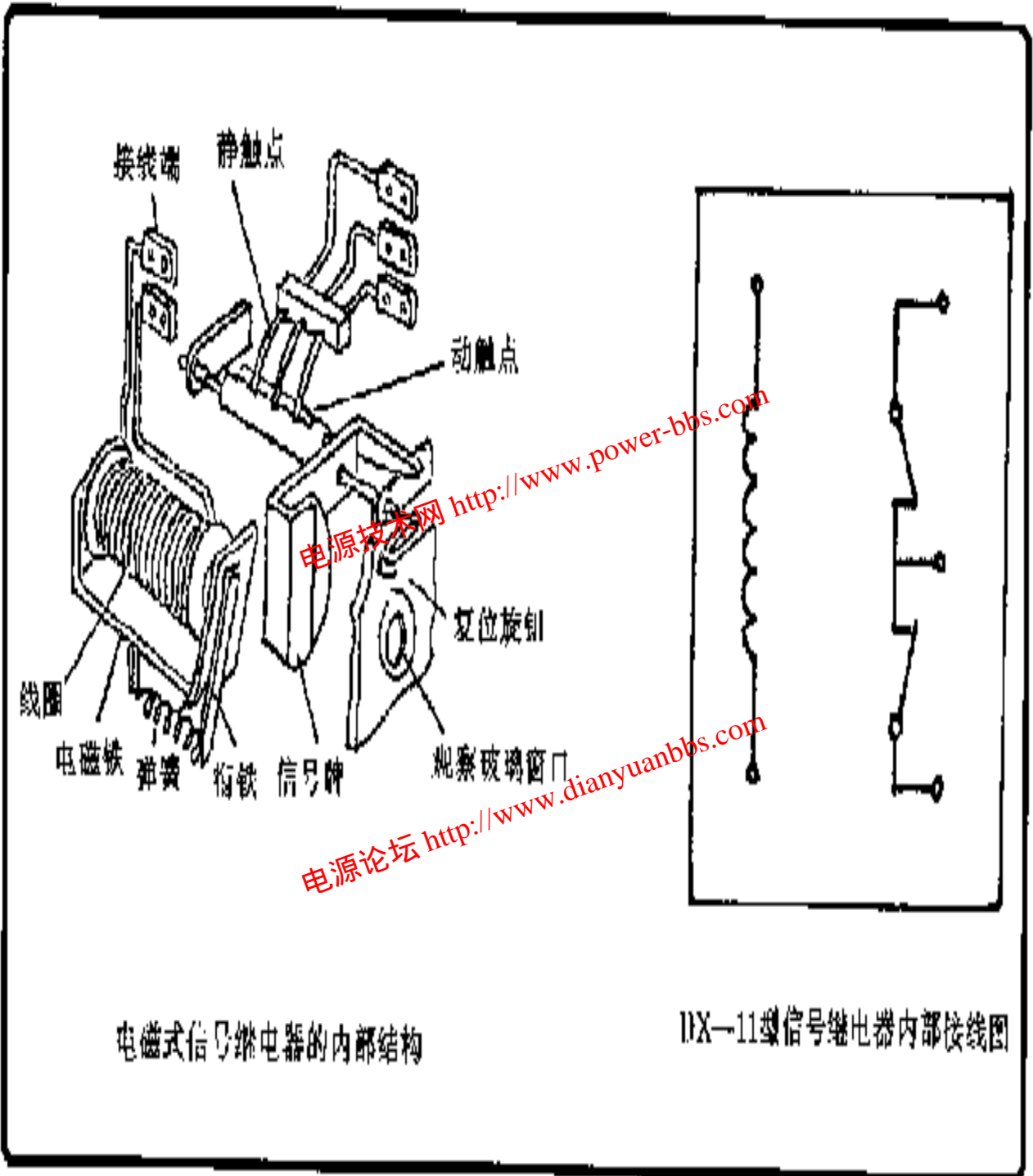


图 5-23 信号继电器的结构及接线



电磁式信号继电器的内部结构

11X-11型信号继电器内部接线图

短路保护、过载(或断相)保护及低电压保护等。

1. 短路保护

小型电力排灌站的电动机都应装设有短路保护,一般的短路保护用熔断器,自动空气开关。当电动机的装机容量较大时,可采用电流速断保护等方案。

(1) 熔断器和熔体的选用

当电力排灌站只安装一台电动机时,电路上的熔断器,按装机容量不可选用合适熔断器,如RC₁瓷插,RM₁₀壳闭管式熔断器,RT₀型熔断器,RT₁熔断器。熔体只要能满足电动机在起动过程中不会断开的情况下,尽可能选用小一些,这样可使熔断器对故障电流的反应得更灵敏一些。单台配箱式电动机电路熔断器的熔体(保险丝),额定电流的选用可按1.5~2.5倍电动机的额定电流(安)。应注意的是:①电动机的起动是直接起动还是,降压起动选小些;②电动机轻负荷起动选小些,重负荷起动选大些;③电动机起动电流倍数大,可靠系数要取得大一些。

(2) 自动空气开关作短路保护

由于自动空气开关结构中设置有脱扣器,按规定整定电流数值,在电动机发生短路时,能够迅速使电动机开关“跳闸”脱离电源,保护设备安全。

自动空气开关脱扣器整定电流按下列式计算(单台电动机):

DW 系列:脱扣器整定电流 I_1 ;电动机起动电流 I_2

$$I_1 = 1.35I_2$$

$$DZ \text{ 系列: } I_1 = 1.7I_2$$

(3) 电流速断保护

从图 5-24 看出,当电动机正常或一般过负载运行时,电流互感器(LH)的二次侧(次级)的电流不大,电流速断保护装置不会动作。当电动机发生相间短路时,由于短路电流很大,达到电流互感器(LH)的二次侧电流也变得比较大,从而使得电流继电器“1”迅速动作。其常接点闭合,接通中间继电器“2”的线圈,中间继电器“2”动作,其接点接通断路器线圈,使断路器跳闸;另一方面跳闸线圈使信号继电器“3”动作,掉牌,并发出音响或灯光信号。这种保护装置由于没有延时元件,动作迅速,所以称之为电流速断保护。

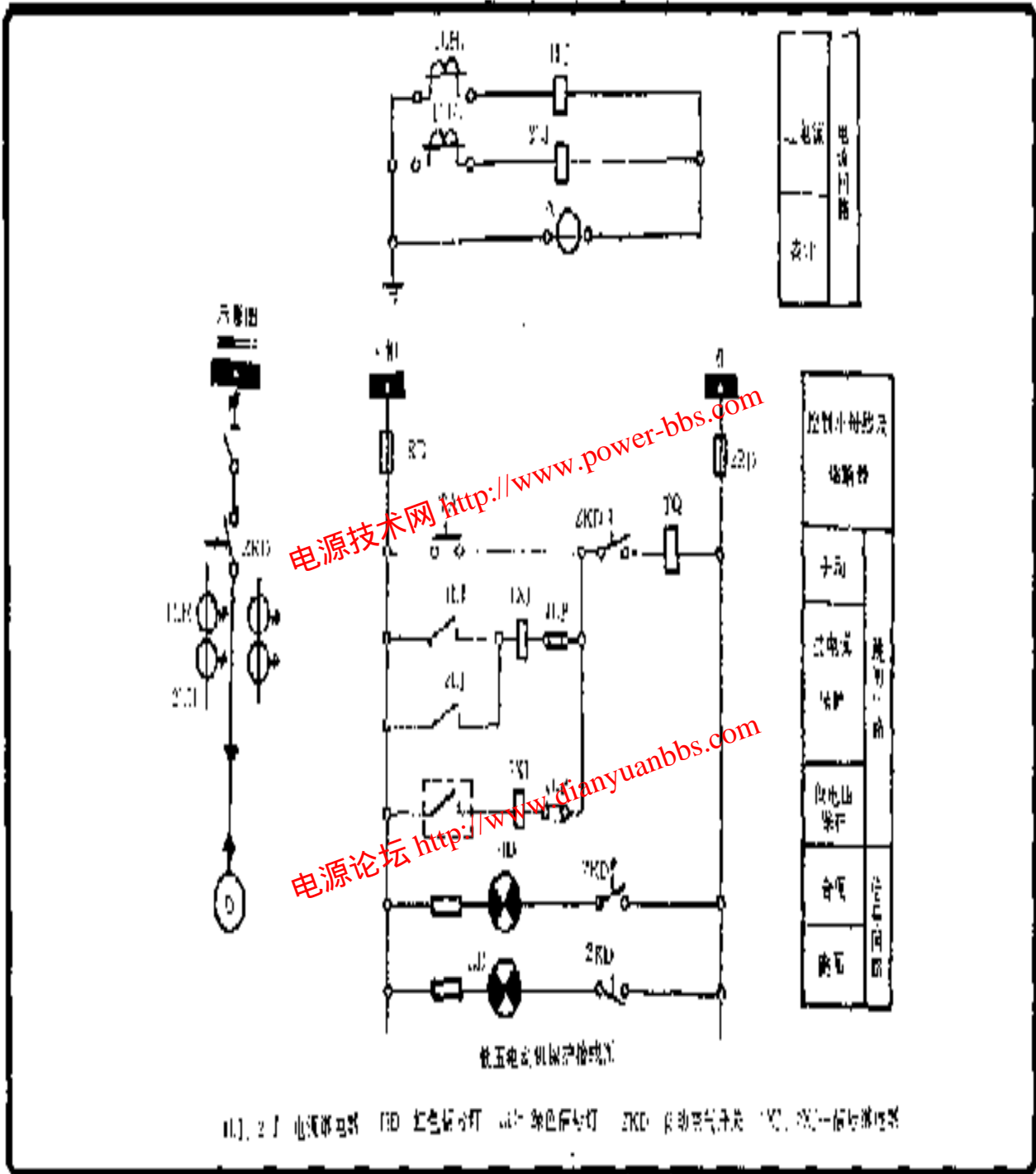
2. 过负载(过电流)保护

装机在 30 千瓦以上小型电力排灌站的电动机应安装过负载保护。低压三相异步电动机的过负载保护一般采用热继电器、自动空气开关、磁力起动器与漏电断路器等形式,自动空气开关、磁力起动器、电流继电器等几种装置的保护原理已在上述阐述,在这里只介绍一下热继电器的保护原理和方法:

前面已经讲过,用熔断器作为电动机保护时,应该考虑

392 图解电工手册

图 5 24 电流速断保护



启动电流的影响,我们在选择熔体时,只按1.5-2.5倍电动机的额定电流来选择,在这个范围就无法实现过载的保护,因此常用热继电器来弥补。

热继电器的外形结构,原理图如图5-25所示。固定在热继电器底座上的双金属片抵住扣板,扣板下端通过绝缘的曳引片与动触头相联。图中的热元件是一段电阻数值不大的电阻丝(或带),串连在电动机的主电路中。热元件的发热状况直接反映了主电路中电流的大小。双金属片是由两种不同热膨胀系数的金属轧压而成,下层膨胀系数大,上层则小,受热后其顶端(自由端)向上弯曲。不过载时,双金属片弯曲是有限的。当过载发生时,双金属片会进一步弯曲,结果与扣板离开,在弹簧的作用下,使曳引片向外移动,于是打开动触头(或叫脱扣),这个常闭触头通常接在电动机的控制电路中。控制电路切断后,便使其他电器动作(一般为交流接触器)断开电动机主电路,起到过载保护的作用。待双金属片冷却,再恢复原状,后按复位按钮,扣板扣住双金属片,热继电器恢复到工作位置,开始正常工作。

3. 低电压保护

低电压保护也叫欠电压保护。由于目前电网负荷大或者是线路长、线径小而导致了—些小型电力排灌站的电压降过大,电动机启动困难,因此要求在30千瓦以上的电动机应装有欠电压保护装置。交流接触器,自动空气

开关,自动补偿器及电压继电器等都可实施欠电压保护。由于在上面已经讲过几种控制设备原理,在此不再重复,只举例电压继电器作低电压保护原理。

从图5-26中看到(1YJ)(2YJ)为低电压保护的反应元件,当电动机的供电电压降低或中断后,两低电压继电器的串联常闭触点分别闭合,使时间继电器(ST)的线圈带电,时间继电器经过预先整定的时间后,其延时闭合的常开触点闭合,一方面接通电动机跳闸回路,使电动机的供电线路跳闸,另一方面通过信号继电器(XJ)发出电动机低电压保护动作信号。

(四) 变压器的保护

电力变压器是小型电力排灌站中的主要设备之一,提高变压器的运行可靠性和供电保证率是十分重要的,必须根据变压器的容量和重要程度,装置专门的保护装置,使它可能发这样那样故障和异常情况下不再损坏。

变压器的故障有内部故障、外部故障。内部故障主要是相间短路,绕组的匝间短路和单相接地短路。由于短路电流大,烧毁绝缘材料,分解大量气体,可能引起变压器油箱爆炸。外部故障主要是高低压侧套管爆裂、裂开、漏油等,引起相间短路或接地短路。变压器不正常工作情况主

图 5 25 热继电器

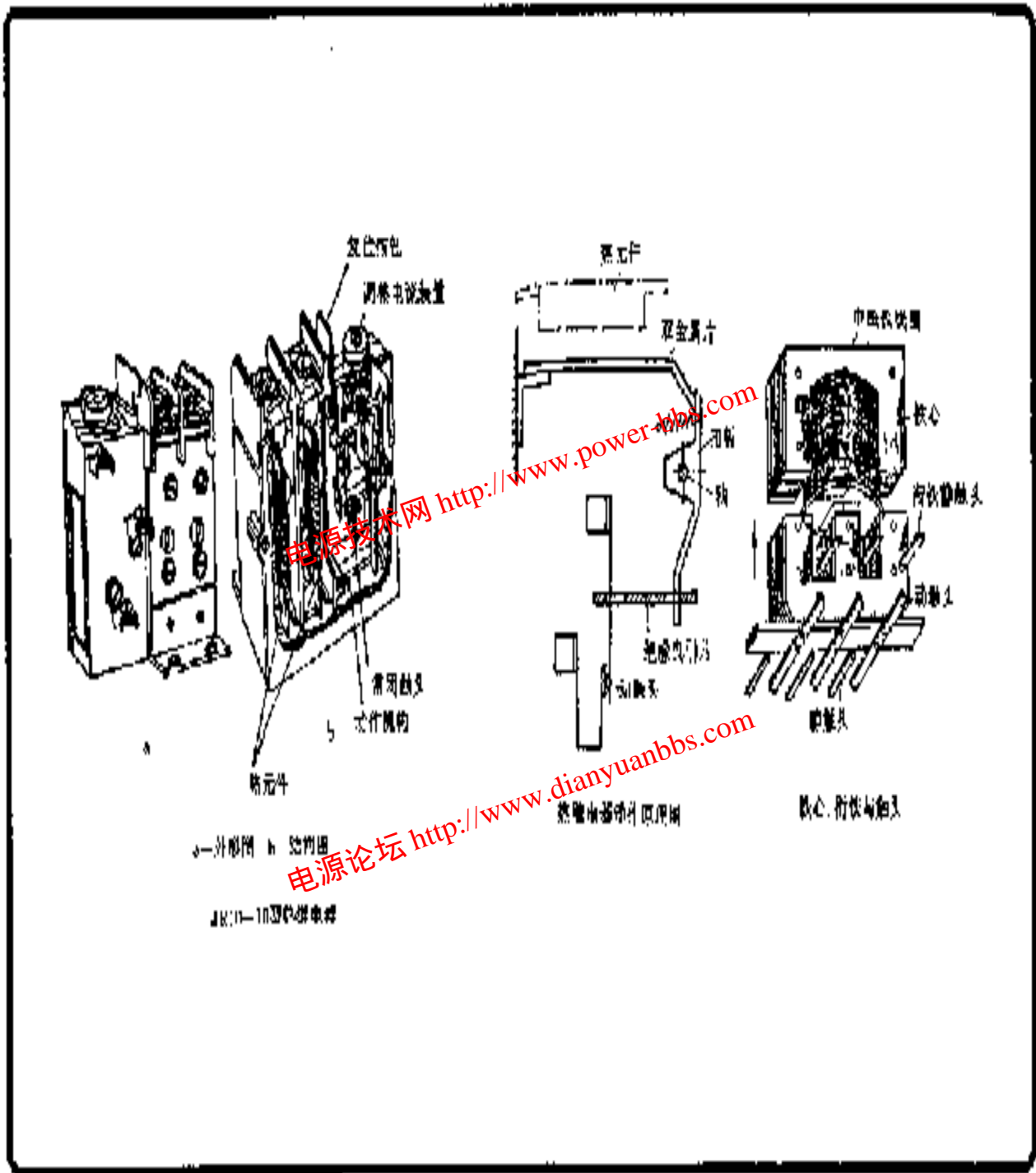
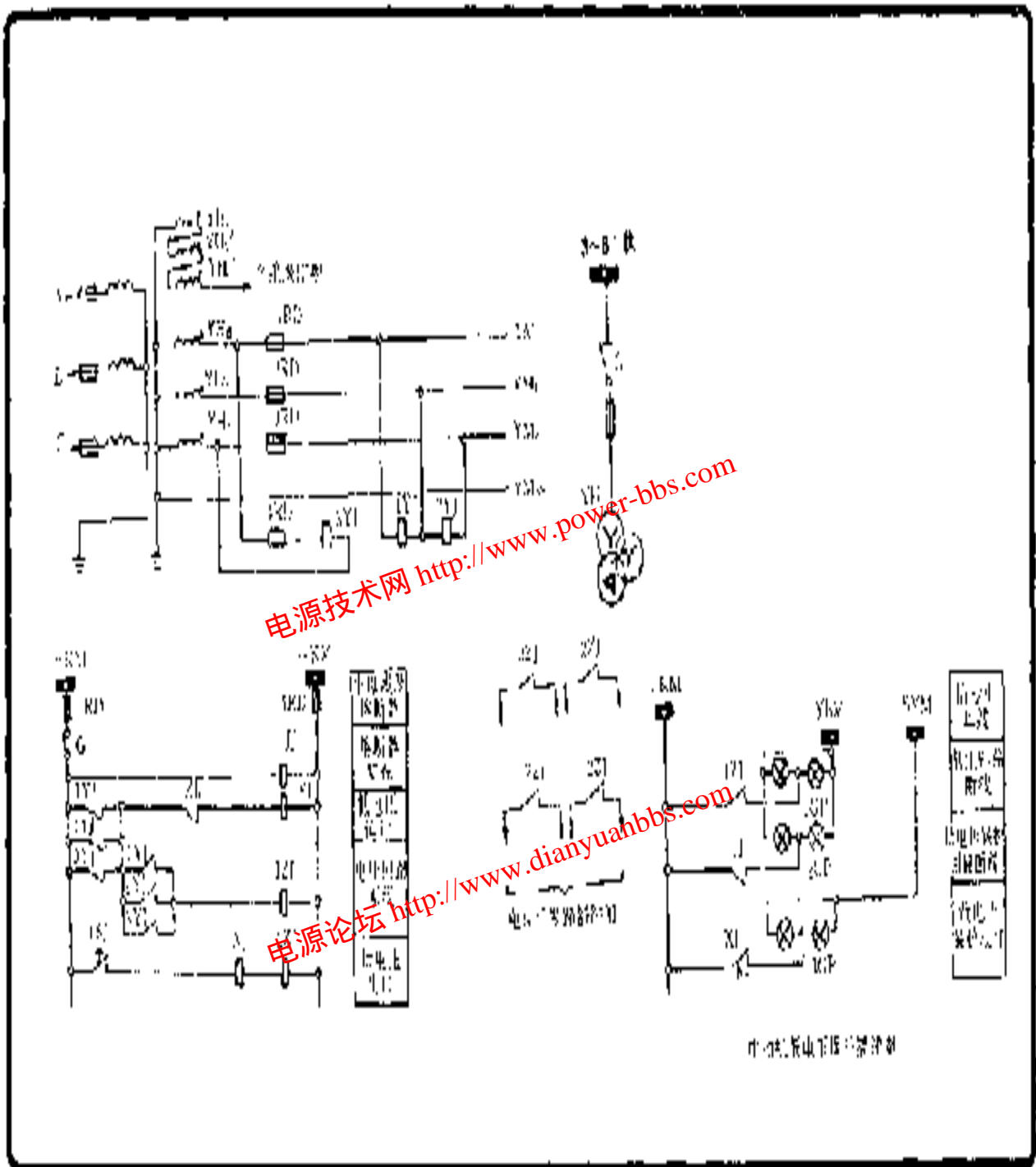


图 5-26 电压继电器作电动机低电压保护原理



396 图解电工手册

要是外部过负载引起过电流、过电压、油面降低等。

变压器的保护有瓦斯保护、电流速断保护、过流保护等。

防止变压器内部短路和油面降低的瓦斯保护,其测量元件是瓦斯继电器,瓦斯继电器随变压器成套安装在油箱或油枕的盖接壁上,容量在 800 千伏安,室内在 400 千伏安以上的变压器,均应装设瓦斯保护。见图 5-27。

励磁变压器绕组和引出线的相间短路,匝间短路,对 1000 千伏安以下的变压器,如安装电流速断器保护灵敏度不够,应安装差动保护装置。

在 35 千伏中网中,过电流保护一般采用两相式。为抵消 Y/△ 接线的变压器后(△侧)发生短路时过电流保护的灵敏度,可以采用两相三继电器接线。

为防止变压器铁芯刺(400 伏)单相接地保护,应在变压器 400 伏侧中性线上装设零序电压保护,也可装自动空气开关短路脱扣保护。

八、小型电力排灌站的管路与管路附件

小型电力排灌站的主要抽水机组由水泵、电动机及传动装置组成。为了把水扬到高处,或把积水排出,需要由管

路及管路附件来完成。现以离心式水泵为例介绍如下:

(一) 管路

离心式水泵的管路按其工作特点不同可分为吸水管路和出水管路两种。水管的结构形式有:①铸铁管(承插式、法兰连接式);②钢管(无缝管、焊接管、螺旋电焊管);③铝管(承插式、手接式、法兰式);④胶管;⑤钢丝胶管等五种。

1. 吸水管路的选用

吸水管路选用要求比较严格,一般选用铸铁管(法兰式)钢管(法兰式)、胶管及钢丝胶管等四种,见图 5-28 所示。因为吸水管的好坏,直接关系到离心式水泵的真空度和出水量,因此要求管身光滑,无针孔、漏气,法兰平整、牢固并有凸台,螺孔对中。一般水泵的吸水管,固定式泵站用法兰式钢管或铸铁管为宜,临时式泵站选用钢丝胶管(或铝管)比较方便。管径的大小是直接影响到水头损失和造价问题。通常进水管的管径要求同水泵进口径一样大,也可比水泵大一级。如 12Sh-19 水泵,进水管为 $\varnothing 300$,采用进水管也可,参考选用 $\varnothing 350$ 钢管(或铸铁管)。用公式计算也可以得到经济的进水管径。

计算式:
$$D = 2\sqrt{\frac{Q}{3.14V}}$$

图 5-27 瓦斯保护

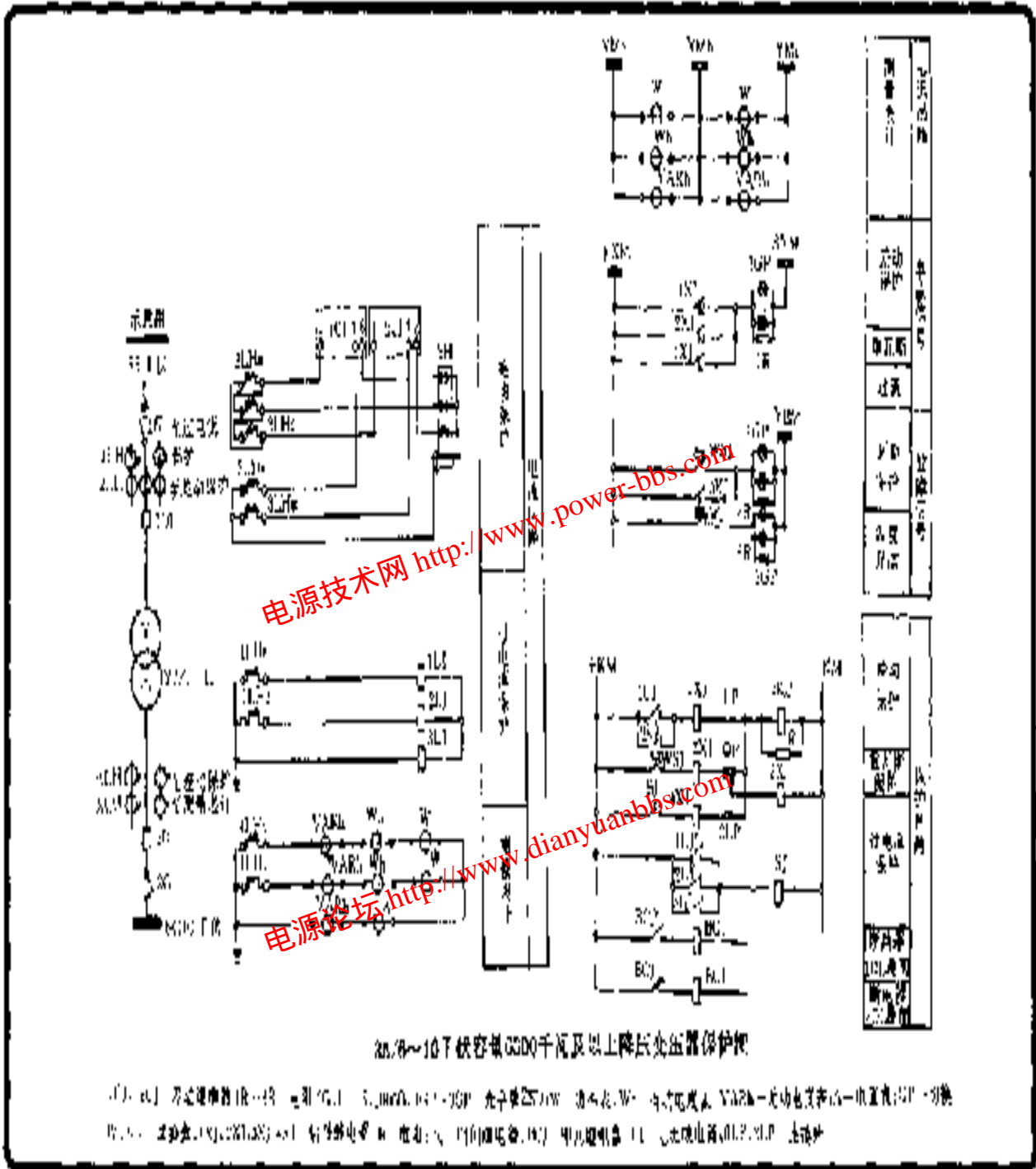
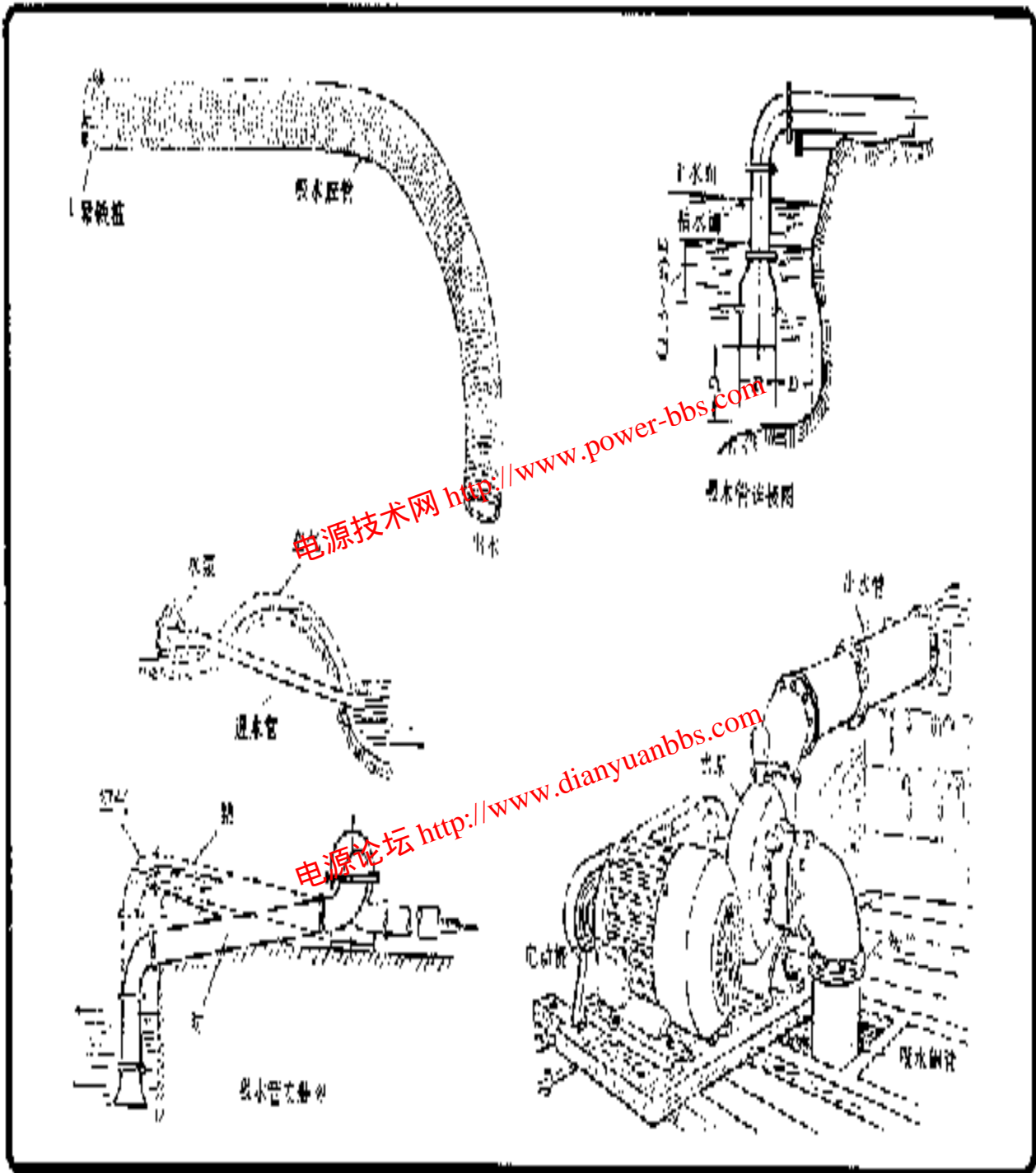


图 5-28 水泵吸水管



式中： D ——管径(米)

Q ——水泵额定流量(米³/秒)

V ——管壁控制流速,建议进水管流速不大于1.5米/秒

注意:①使用胶管时一定要配套好相应的铁法兰和水管管箍,以免开裂,防止漏气。

②进水管每一台机只能配套一条,不能有叉接管。

③进水管径不许小于水泵进水口径。

2. 出水管道

出水管道是由出水闸后接出至压力水池的管段,按照地形情况而设计出线的。管材取用方案有:①与闸网相接为钢管后与胶管再连接,中间段有不同的角度弯管,也要采用钢管焊接而成;②管道全长均用焊接管接至压力池;③斜管或水平管全部用法兰铸铁管或承插式铸铁管,不同角度的弯管用钢管焊接成形,见图5-29。管径的选用按上面所讲的吸水管径选用公式计算,又为出水管属于内衬受压力水管,要求任何类型管应有足够的强度,保证管道安全,出水管道一般比吸水管长,选用时也要多方比较,选择比较经济合理的管径和连接形式是十分必要的。另外,比较长的出水管道在一定距离要设置有镇墩,尤其是转弯管更需要有镇墩保护。取用钢管的管道最好是露天埋设,方便维修,增长寿命,胶管有深埋,

(二) 水泵的管道附件

水泵的管道附件主要为水泵正常启动、运行、停止工作服务的一整套附属设备,按照不同功能可分为:充分排气附件;流量控制附件;转换附件;安全附件。

1. 充水、排气附件

卧式离心式水泵在启动之前,必须把泵体、吸水管道、水泵出水口至闸阀等部位的空气排除,然后才能启动电动机抽水,要达到这个目的,使用的排气形式有人工充水排气法,有真空泵的机械排气法。有条件的都应采用后一种方式排气,可以增加出水量,减少扬程损失,减轻电动机的负载。装机在50千瓦以上,8吋以上水泵都主张安装真空泵排气。倘若投资有限只好取用人工充水排气方式。这种方式需要在吸水正常水面以下,淹没最小深度1倍进水管直径处,安装带有底阀的底阀:底阀有蝴蝶形底阀,也有内螺紋或直升降形底阀(随水泵配套),见图5-30所示。无论哪一种底阀都能在充水时起到防漏作用。在电动机带动水泵后,被水冲开、随泵连续运行。当水泵停止工作时,它又靠管中水的回流,能自动关闭,恢复原位。阀门底阀虽然投资少,可是局部水头损失太大,也容易发生故障。底阀止水密封或阀板稍有磨损,充水时间长,工作量大,甚至有

图 5-29 出水压力管路

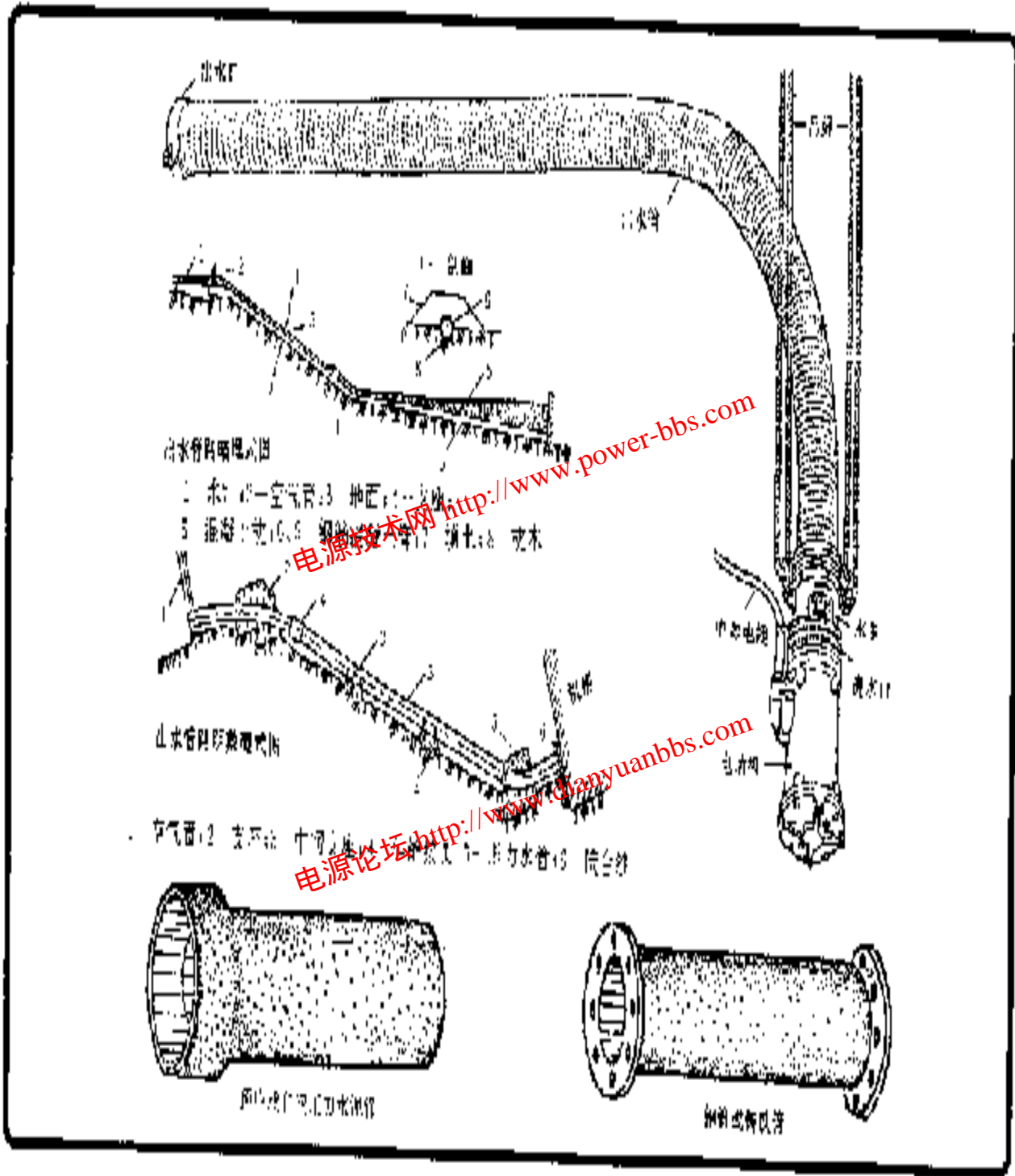
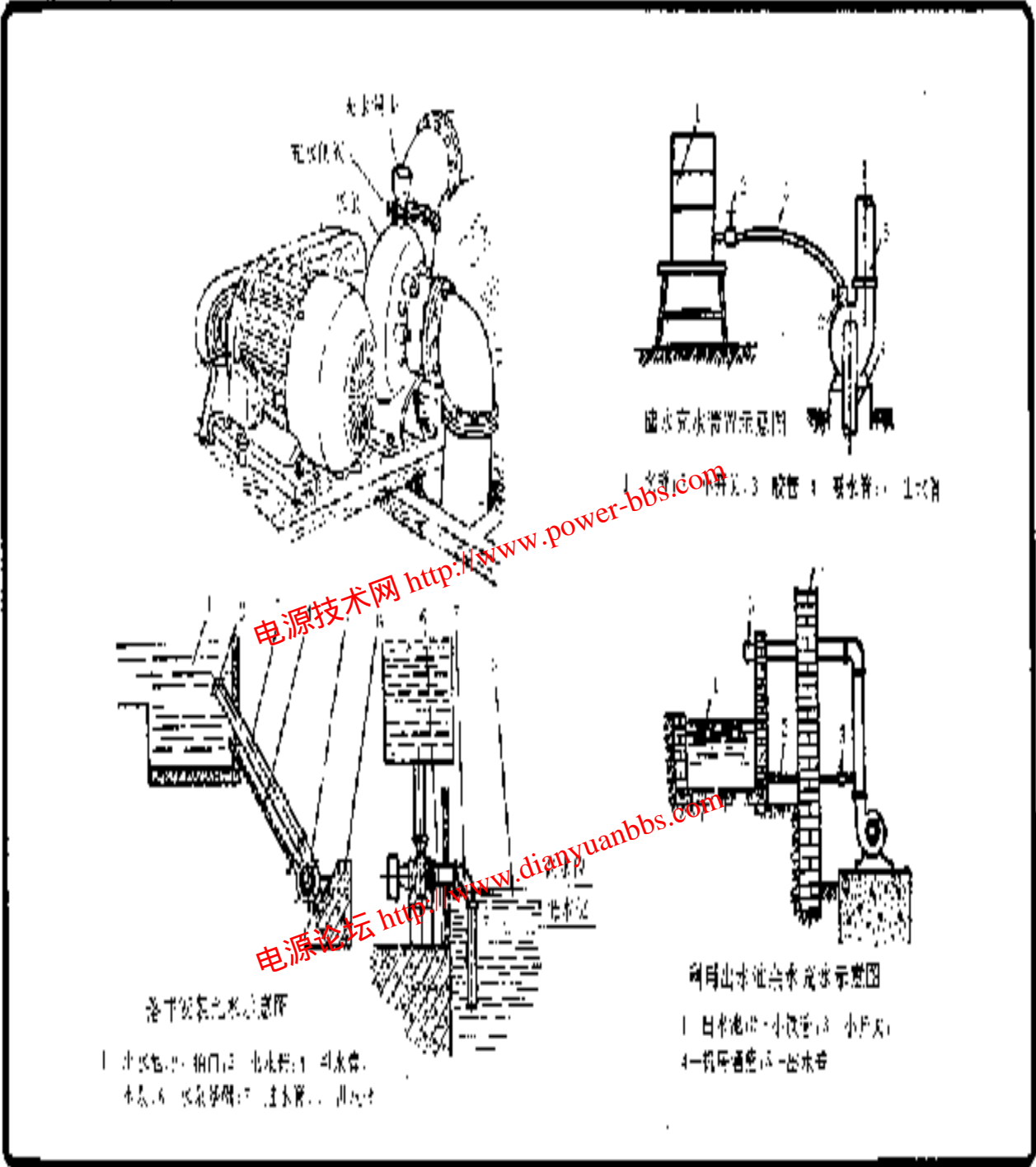


图 5-30 充水排气装置



402 图解电工手册

不满,排不了气再者出了问题维修又困难。若有条件还是机械排气好。

充水排气可在进水管道上第一节装有球阀(不翻气)和漏斗,高于水泵顶 20 厘米以上的充水管道,总向上开一排气孔(罗栓可拧紧)(一般水泵都有),以便充水时排气使用。出水抽压较深,贮有水,或水源近处也可在出水管口充水进去,用闸阀控制充水速度。取用何种人工充水方式,可因地制宜选择。

2. 控制附件——闸阀

从图 5-31 中看到在出水管路上(或排灌站的进水管道上)都安装有控制附件——闸阀。其的作用:因灌站和排灌站的出水管闸阀设置是为了控制出水速度和流量防止超量。同时为了真空泵能排除吸水管、水泵、泵室闸阀内的空气,再有是当电动机运动和停机时,动力机处于较轻的负荷状态。由灌站、排灌站若是半潜没式泵房,必须设有过水闸阀,以防水位高过水泵时,便于拆开水泵维修。当水泵或进水管闸阀出现了故障难于处理,另一个是起到控制进水量作用,这种形式的泵房不要设置过水闸阀。

在小型电力排灌站中使用的闸阀有暗杆式闸阀和明杆式闸阀,大都使用人工关闭。只有比较大的排灌站才安装有电动闸阀。

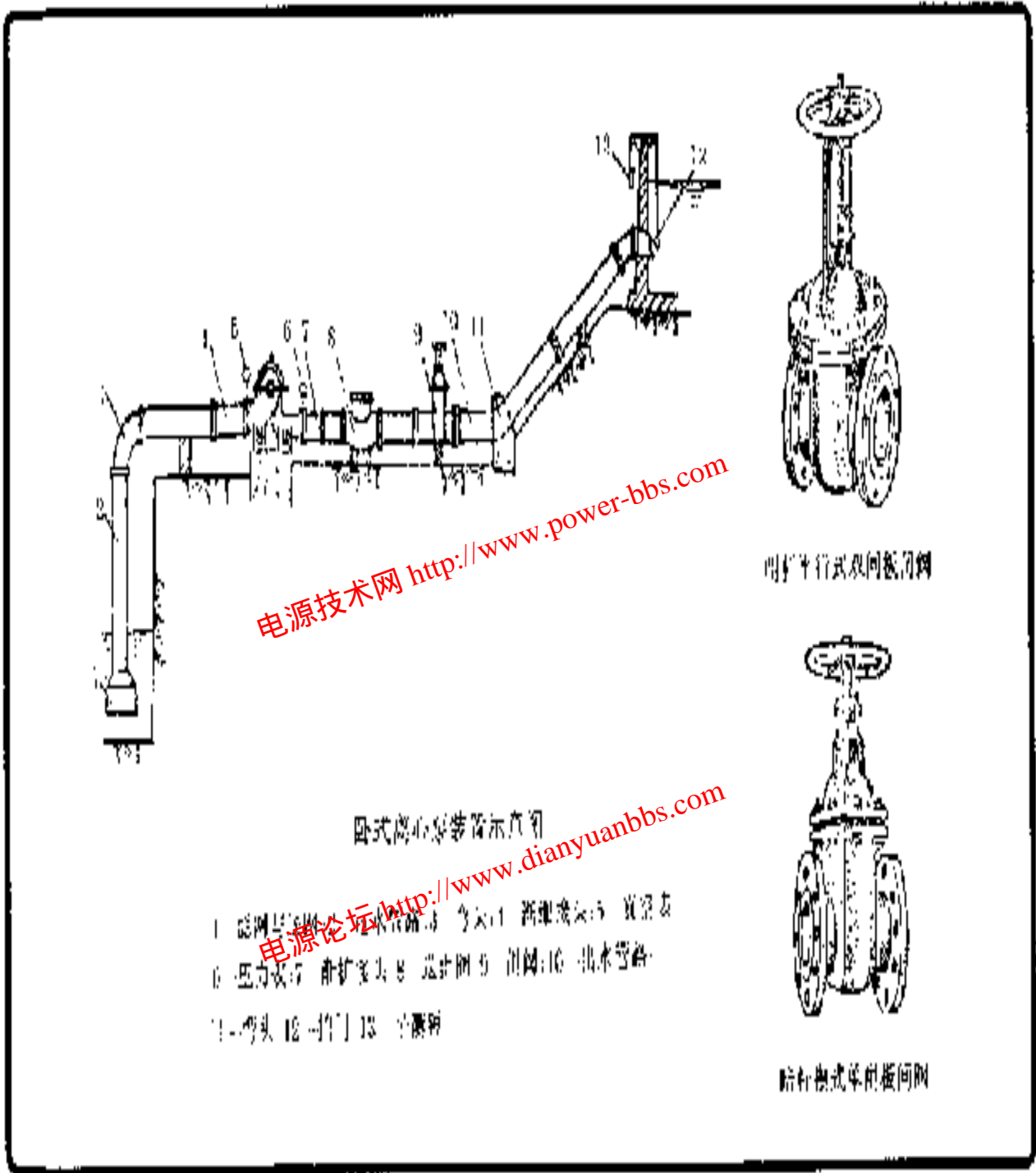
出水闸阀的安装位置视实际情况确定,但是一般安装在水泵出水口后加一渐接管(法兰规格与闸阀相同,不同闸阀另焊)或合适的焊接管(法兰也应与闸阀规格相同)相连接。闸阀后再接出水钢管。设有进水管道的泵站,也要安装在进水管口附近,均要垂直安装,以便于操作。

3. 安全附件——逆止阀和拍门

逆止阀和拍门都是安装在出水管路上的附件。如图 5-32 所示,逆止阀安在水泵出水口与闸阀之间;拍门安在出水管路末端的出水口。两种阀都是单向阀,当停泵或者突然断电中断时,自动切断水管和动力池中的水回流,防止回流水冲坏水泵,底阀和水泵反转。逆止阀又称止回阀,它的一端是由铰链固定,另一端向一边自由开启,由于它引水困难,水头损失也大,且容易发生水击,对机房和整个管路的安全都不利。在水头较高、管路较长的小型排灌站才安装,一般水头不大、管路不太长的泵站,多采用,而用拍门取代。拍门是由短管和活络盖板组成,水泵运行时,靠管中的水流冲开,停机或突然停电时,带水的回流自然关闭。为缓和拍门关闭时的冲击力,一般在短管口装橡胶填料,且在挡水墙上设通气孔与管道相通,补充停机、停电时的管内空气,防止水管发生真空破坏,为了减少出水管的水头损失,经常利用平嘴锤来增大拍门的开启度。

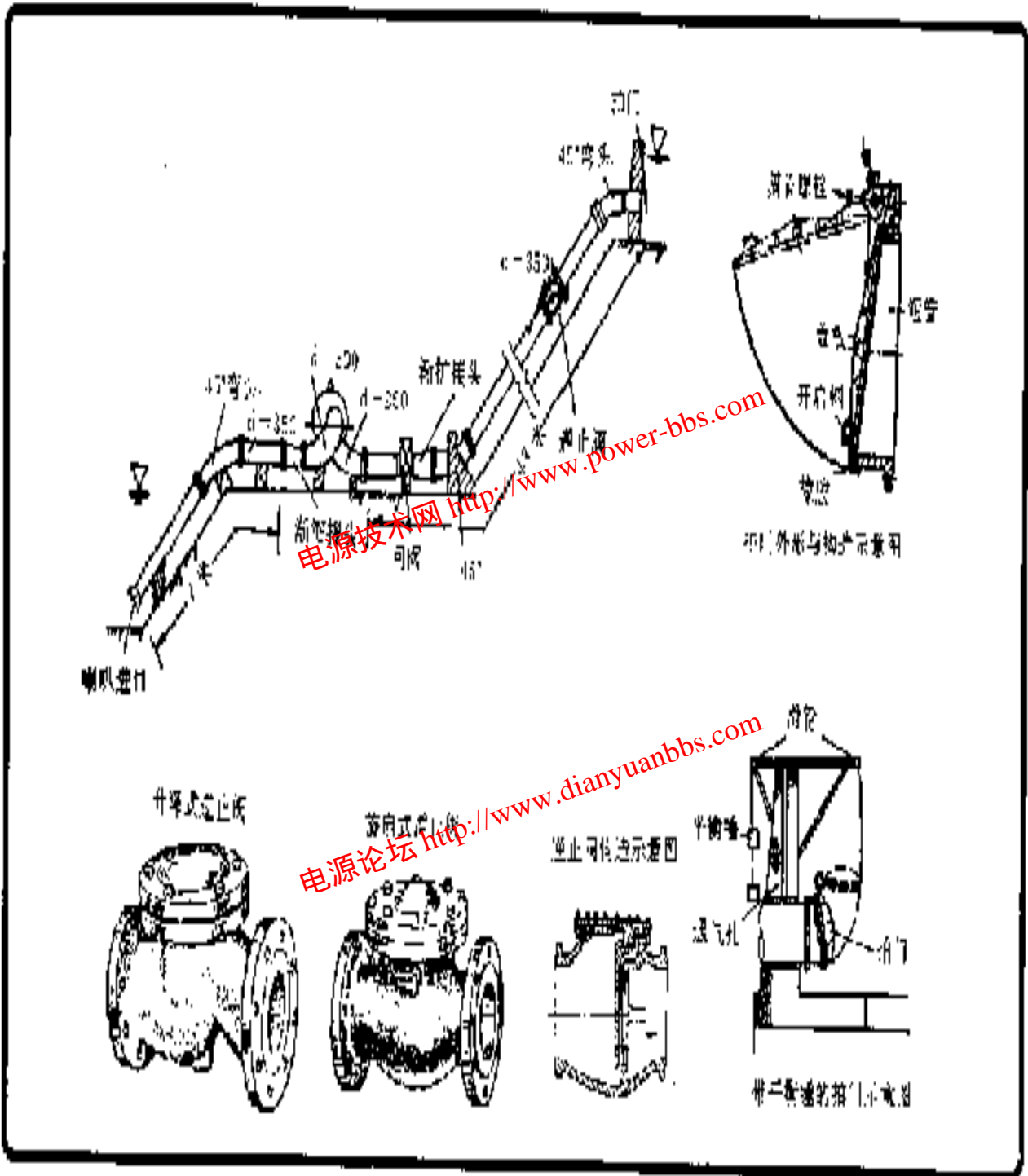
4. 转换附件——渐扩、渐缩管、各种弯头

图 5-31 闸阀



404 图解电工手册

图 5 32 逆止阀与拍门



小型电力排灌中的离心式水泵管路往往不能与水泵的进出口口径相配,必须进行管径变换后,才能联通,因而需要吸水管路中的渐缩管(大小头)和出水管路中的渐扩管大小头来完成,如图 5-33 所示。

(1) 吸水管路的管径往往大于水泵进水口径,由此必须安装偏心渐缩管。为着完成抽气,渐缩管的水平段安放在上方,变缩斜段安放在下方,不能就用同心大小管安装。

(2) 水泵的出水口径与渐扩管的小头法兰连接,大头与闸阀法兰(或延伸管)相连。渐扩管一段随水泵配套。

(3) 弯管是整个吸水、出水管路中不可缺少的转换附件。每一个小型电力排灌站都受地形所在的地形位置影响,不可能全部都是直线水平管,只有通过不同角度的弯管来完成管路。一般小型泵站的吸水管都装成 90°、45° 角的吸水型式。人工充水的水泵吸水管安装成 90° 吸水较好,它下垂且水重作用,底部会关得比较密实、不容易漏气。机械抽空的水泵,可安成 45° 或小一些大一些角度都可,视具体情况定。90°、45° 弯头随水泵配套。

出水管路中的弯头所取用的弯角按实际管道设计安装角度而定。不同角度的弯头的材料均用 5~8 厘米厚铁板焊成。

5. 水管接头的处理

水泵吸水、出水管路所使用的铸铁管(生铁管)、钢管、竹管、铜丝软管、胶管等都通过法兰、胶垫、止水胶圈和紧固螺栓来连接,如图 5-34 所示。接头的处理好坏是防漏水、漏气的关键。

(1) 法兰连接

法兰是焊接在铁管或铸管在水管两头的连接件。法兰的相互接触面一般要求平整、光滑、无尖角,无砂眼,孔位对正。标准法兰经车末车削,并有凸台,以便胶垫容易压紧。一般小型电力排灌站选用的法兰水管大都使用 M12~M24 的螺栓拧紧连接。

(2) 胶管连接

管路使用的胶管有预应力水泥管,自应力水泥管,自制平接水泥管,现浇胶管等多种。

(3) 承插式铸铁管

承插式铸铁管的头尾相接处,使用的止水填充料为沥青水泥砂浆。方法是:接口根部先塞油麻 2 匝,相互挤紧,长度 10~15 厘米,后用平头凿均匀塞进去,压紧。后在油麻外面用凿子均匀塞进由石膏 6 份水泥 4 份的比例调成的浆。最后在外面抹上 1:1 的水泥砂浆。或用石棉水泥浆汁更好。材料配合比:1 份干净水、3 份石棉、425 号水泥 7 份。

图 5-33 渐扩管、渐缩管、弯头、阀门

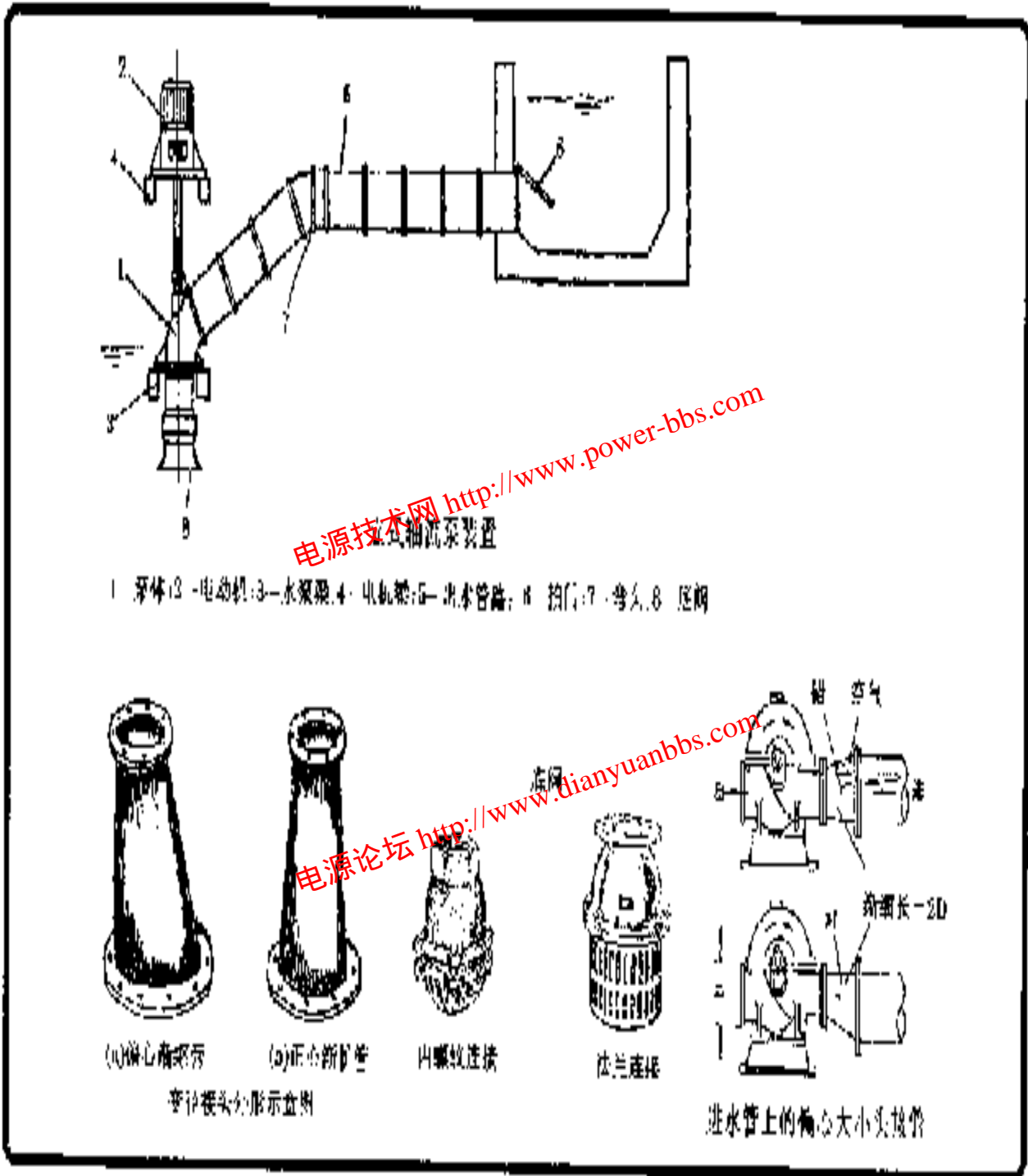
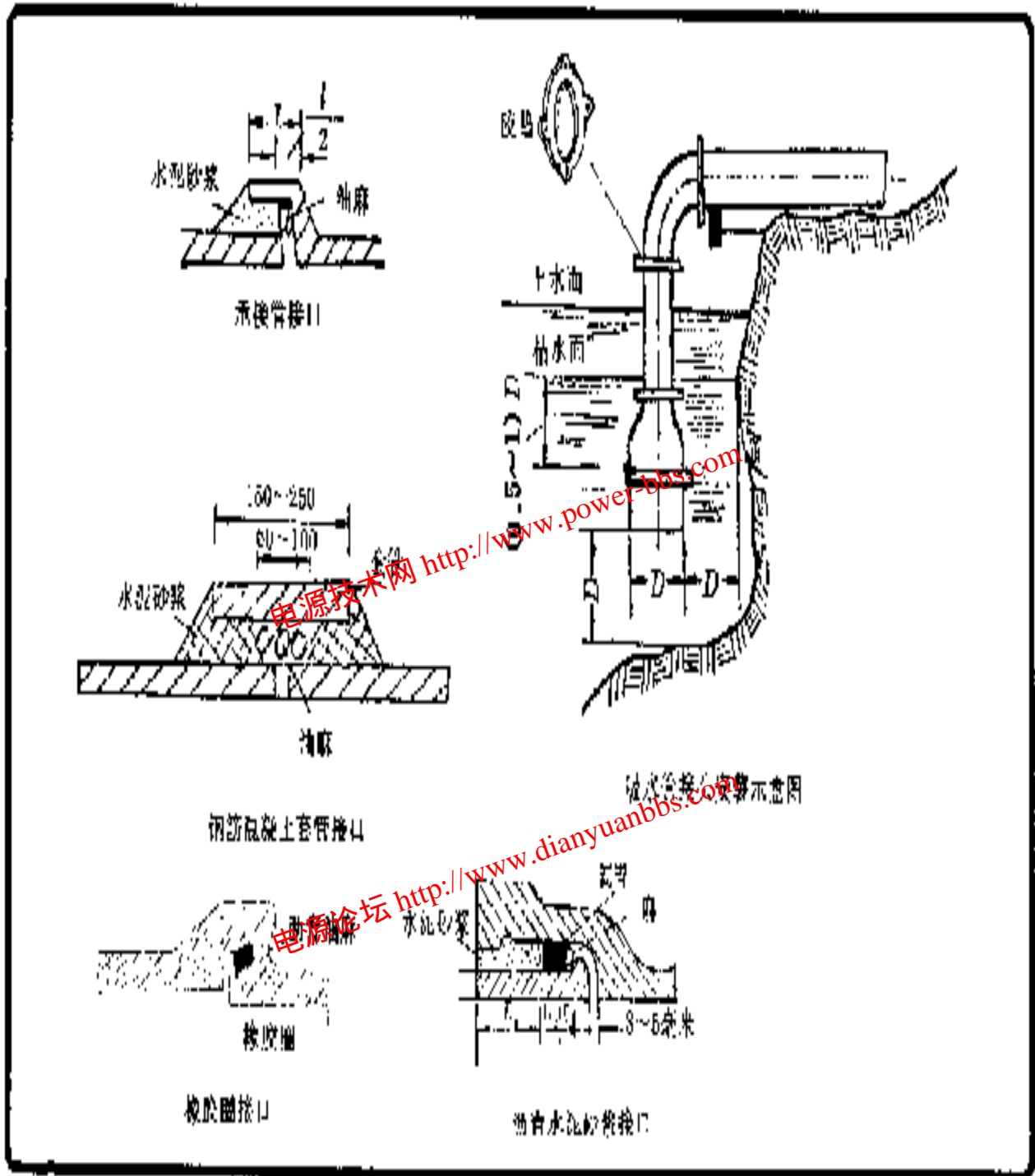


图 5.34 水管接头处理



九、真空系统的配套

小型电力排灌站的离心、混流式水泵要达到正常工作，出水量能够达到铭牌所指定的数量与水泵的真空度有着密切的关系。上述讲人工排灌泵内空气操作比较麻烦，水头损失也大。装机在 30 千瓦以上，管径在 250 毫米以上建议有条件都应选用真空泵排气。

1. 水环式真空泵的结构、规格和选用

从图 5-35 中看到，水环式真空泵是由叶轮、泵壳、进气口、排气口、联轴器等组成的。密封型叶轮偏心安装在圆筒形的泵壳内，当电动机带动叶轮旋转时，加入适量水后，形成水环与叶轮相切，其右半部形成真空腔，左半部造成压力腔，进气管开口于真空腔，排气管开口于压力腔。给叶轮高速旋转，通过加少量水后，即可达到抽气的目的。一般真空泵排除空气的真空度在 80% 以上。

水环式真空泵的型号有 SZ、SZB、SZC 等。SZ 为水环式真空泵和 SZB 射流式真空泵。一般小功率排灌站选用下面 3 种。

型号含义：

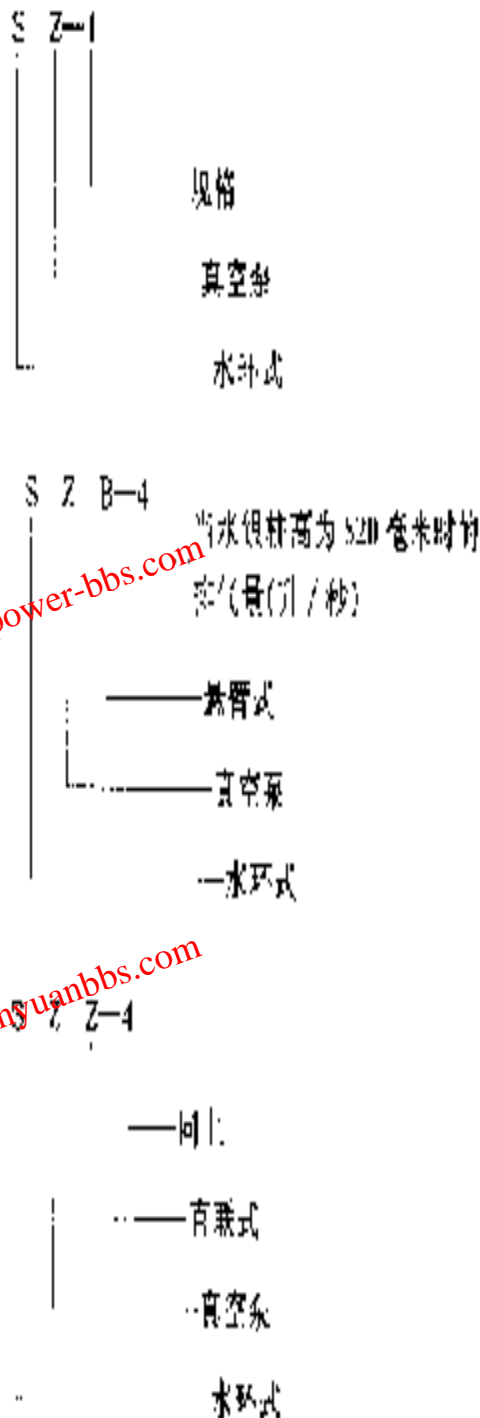
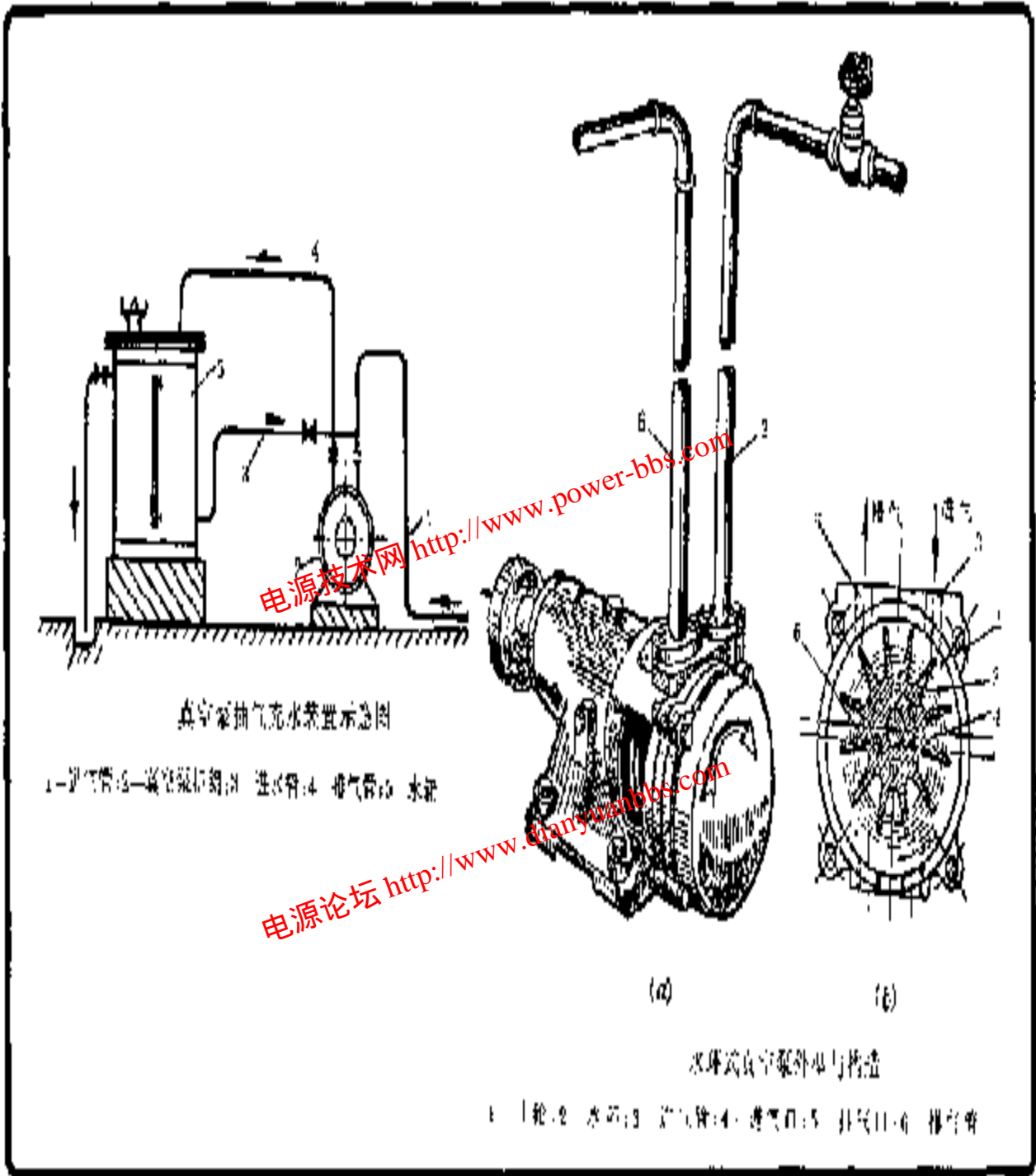


图 5 35 真空泵



2. 真空泵抽气排气系统附件

小型电力排灌站的水泵抽气和排气工序过程由真空泵机组和其管道附件进行。

从图 5-36 中看到,离心式水泵或混流泵的泵盖顶上漆工厂家铸有 $\varnothing 15 \sim 23$ 毫米的排气孔。当安装真空泵时把封口螺栓拧出来,安上同口径同牙距的镀锌钢管,长约 25~30 厘米,管中安上球阀或闸阀,控制排气和关闭进气口。阀上方装上真空压力表,排气镀锌水管直接伸至水箱(或安全排气罐),中间管道需装设 90°弯头、活接头、外接头等,按设计要求配套。排气的镀锌管的高度应高于泵房屋板 1.8 米以上(或沿泵房基础敷设),以便水操作司机手启动。水环式真空泵,在抽气前或抽气中间需不定期加适量的水过泵,此泵要设置一定容量的加水箱(约装水 100 千克),进水管路装上进水球阀(闸阀)控制水量。水箱位置视泵房情况设计确定,一般要求高于真空泵 1.5 米以上。

倘若一泵站内安装多台抽水机组,真空管道可以连通在一起,但一定要每台泵顶装有控制排气阀门。抽气的时候一台一台地进行,保证排气时间,满足电动机起动规范要求。

十、泵站

泵站是机电排灌系统的主体土建工程,它包含着排灌抽水设备安装的机房,以及附属土建建筑物,诸如进水池(前池),压力管路镇墩,出水池(压力池)等。

1. 泵站结构及要求

无论从河流、湖泊、水库、溪流、渠道等水中取水,或排除低洼涝区积水,从长期考虑都应兴建固定式的泵房,如图 5-37 所示。

(1) 斜坡式分基型机房,这种机房的特点是,水泵机组与地基分隔开来,机组安装在单独的基础上,与机房墙、柱分开,致使机组运行时,不影响泵房的稳定,与一般民用房基本相同,结构简单,就地取材,造价低廉,是采用比较多的泵站形式。

(2) 挡土墙式泵房。这种泵房的特点是,三面用挡土墙护砌,一面开放,(引水口段),泵房的一面灌砌筑在挡土墙上面,防止塌方。机墩筑在房内,但与地基分开。这种形式一般是在前池的挖方较深,方量较大而考虑的。

(3) 混合型泵房,即泵房墙基建在挡土墙上,在挡土墙根部用浆砌石砌成与进水管要求的坡度全有池底板混合式方案要因地制宜取用,其工程较少,引水比斜坡式好,一

图 5-36 真空系统附件

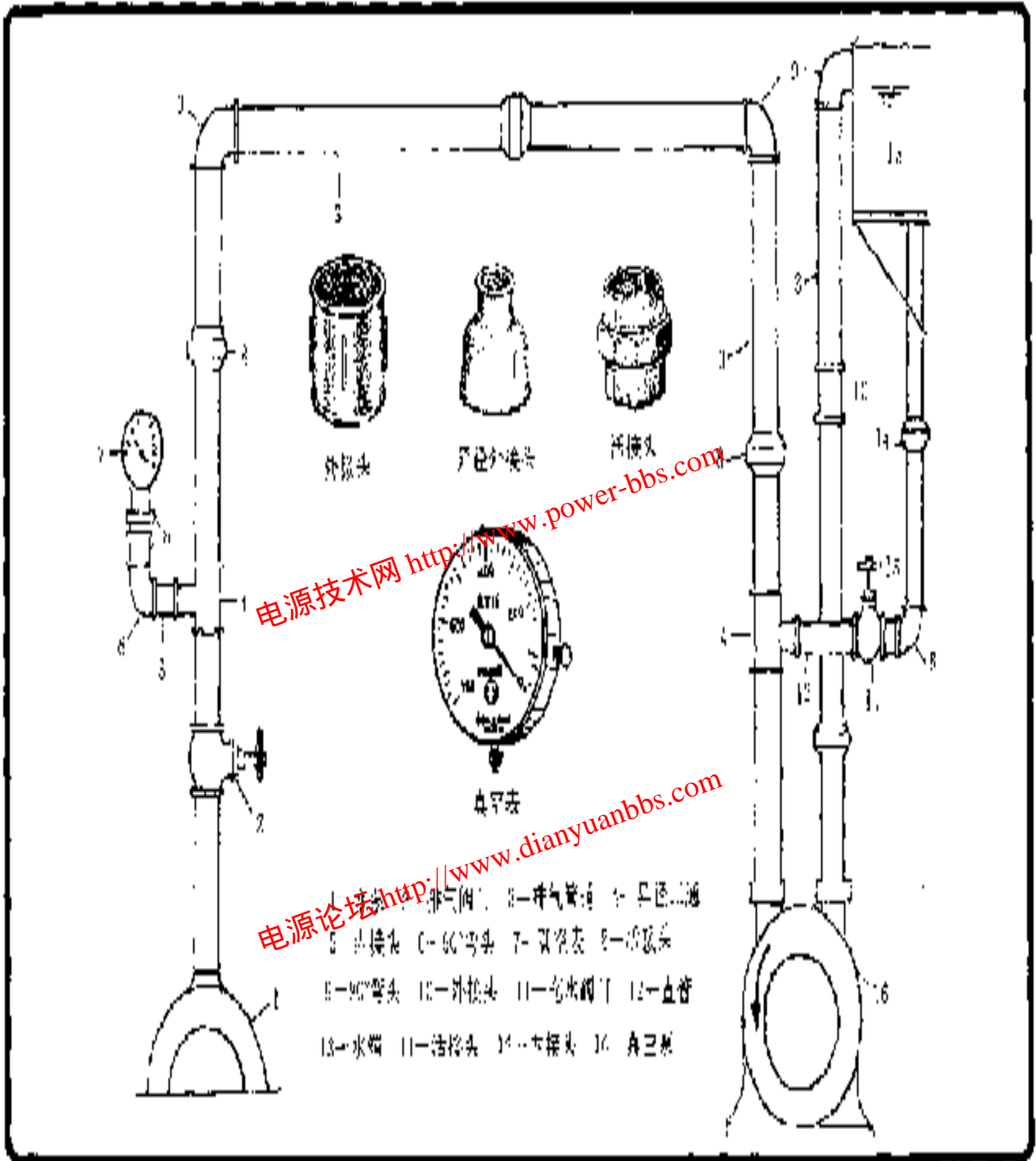
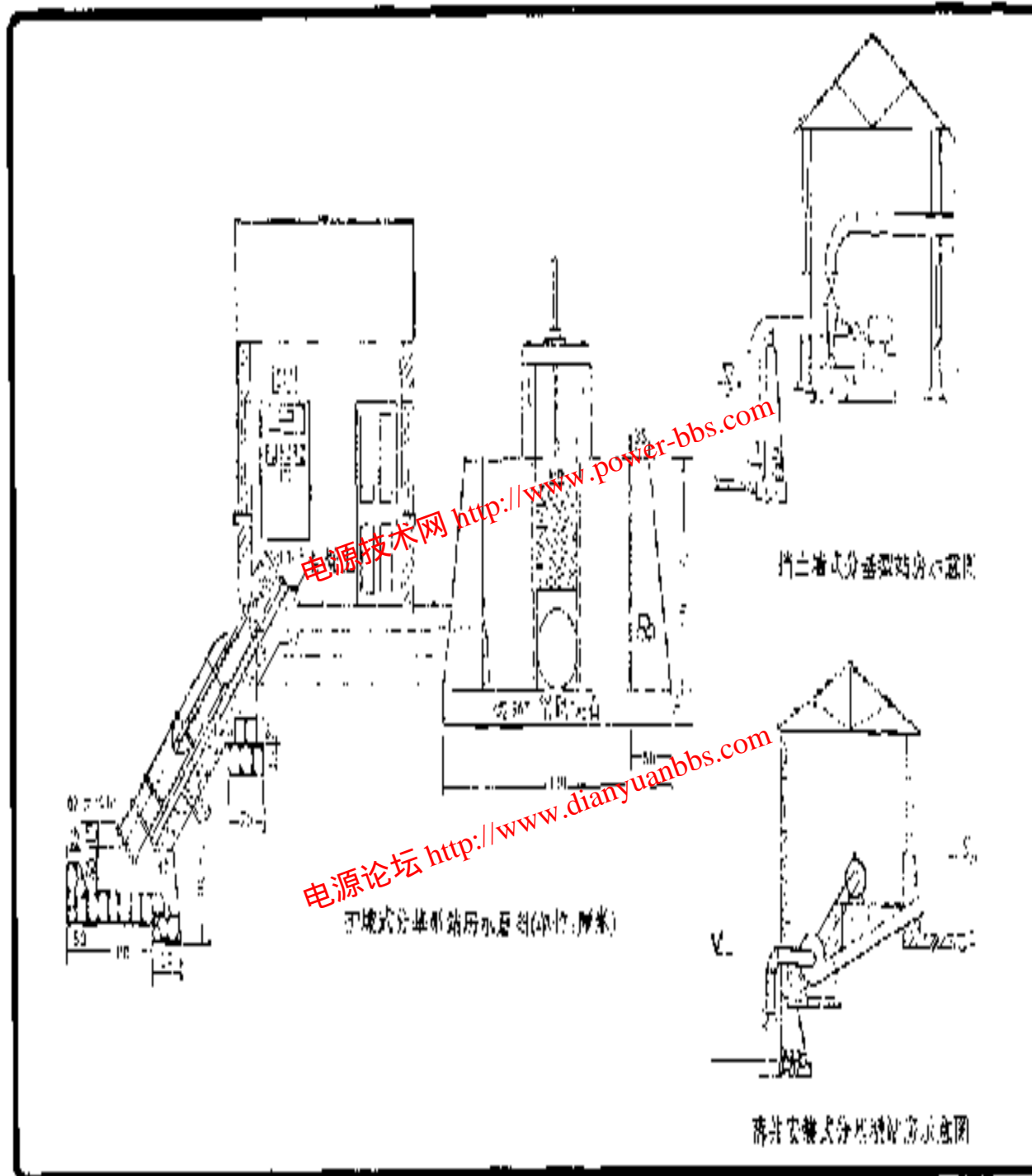


图 5-37 泵房结构形式



吸水高度满足,经方案比较,那种方案可以省工、省料、省投资,安全就取用那种施工方案。

(4) 船式泵房。船式泵房与一般货船结构基本相同,用于卧式水泵机组安装。接结构材料分为钢板泵房、钢丝绳泥船、木船。船体内除安装机组、真空系统外,还要安装控制盘和司机手休息室。在设计的时候,要充分考虑全面的布局来确定船体尺寸,船体的稳定性,如图 5-38 所示。

泵房的优点:能对付水位起伏较大的江河,结构简单,吸水管路短,布局紧凑,投资省。

泵房的缺点是:抗腐蚀不强,维修费用大,水位升降时操作困难。受风浪冲击时,摇摆度大,出水管易损坏。拍水时水管接头卡住麻烦,安全性差。目前有条件的地方大都不采用或更新改造成滑轨式泵房,或采用圆筒干室式泵房。

(5) 滑轨式泵房

在水位波动幅度较大的河流、湖泊、溪流、水库等水源,建造船的结构较多,建圆筒式泵房,框架式泵房施工投资又不足,选用滑轨式泵房比较经济,但是滑轨基础要求坚实,轨道坡度合适,如图 5-39 所示。

2. 进水池形式和尺寸确定

进水池又称集水池,是用兴专门供水泵的进水管吸水的水池。池中水的流态稳定不稳定关系到水泵的工作效率

问题。若进水池中产生漩涡,会使空气随漩涡卷入泵内,水泵出现出水量下降,或诱发汽蚀现象产生。尤其是立式轴流泵,因吸水管短,叶轮流道粗短,叶片少,导向性能差,漩涡影响的严重性不可忽视。

(1) 进水池形式

小型抽水站的进水池一般采用开放式矩形进水池。为了使水泵进水时有良好的水力条件,最好保持一泵一池,多条机组的站,可在泵的吸水管之间建一道隔水墙,这样保证每台泵都有一个进水池。在设计进水池时,要求水流正而流向各水泵或吸水管(即正面进水),使池的中心线与引水渠的中心线一致。由于条件限制时,侧面进水,可以设导流墙,使水流均匀,减少侧流的影响。

进水池根据其岸塘的状况,也有不同的形式,常见的有矩形、半圆形、梯形、八字形等,如图 5-40 所示。

(2) 进水池的尺寸确定

如图 5-41 所示,为了防止进水池中产生漩涡,而把空气卷入泵体内,降低水泵的吸水性能及运行效率,水泵的吸水管宜布置在池的后塘壁处。特别注意的是圆形或半圆形的进水池,不要把吸水管安装在圆心处,因为圆心处容易发生漩涡。实践证明,水泵中心到后塘壁距离越小越好,防漩涡的效果更好。条件限制时,也不宜超过 $0.75D_s$, D_s 为进水管的喇叭口径。

图 5-38 船用式泵房

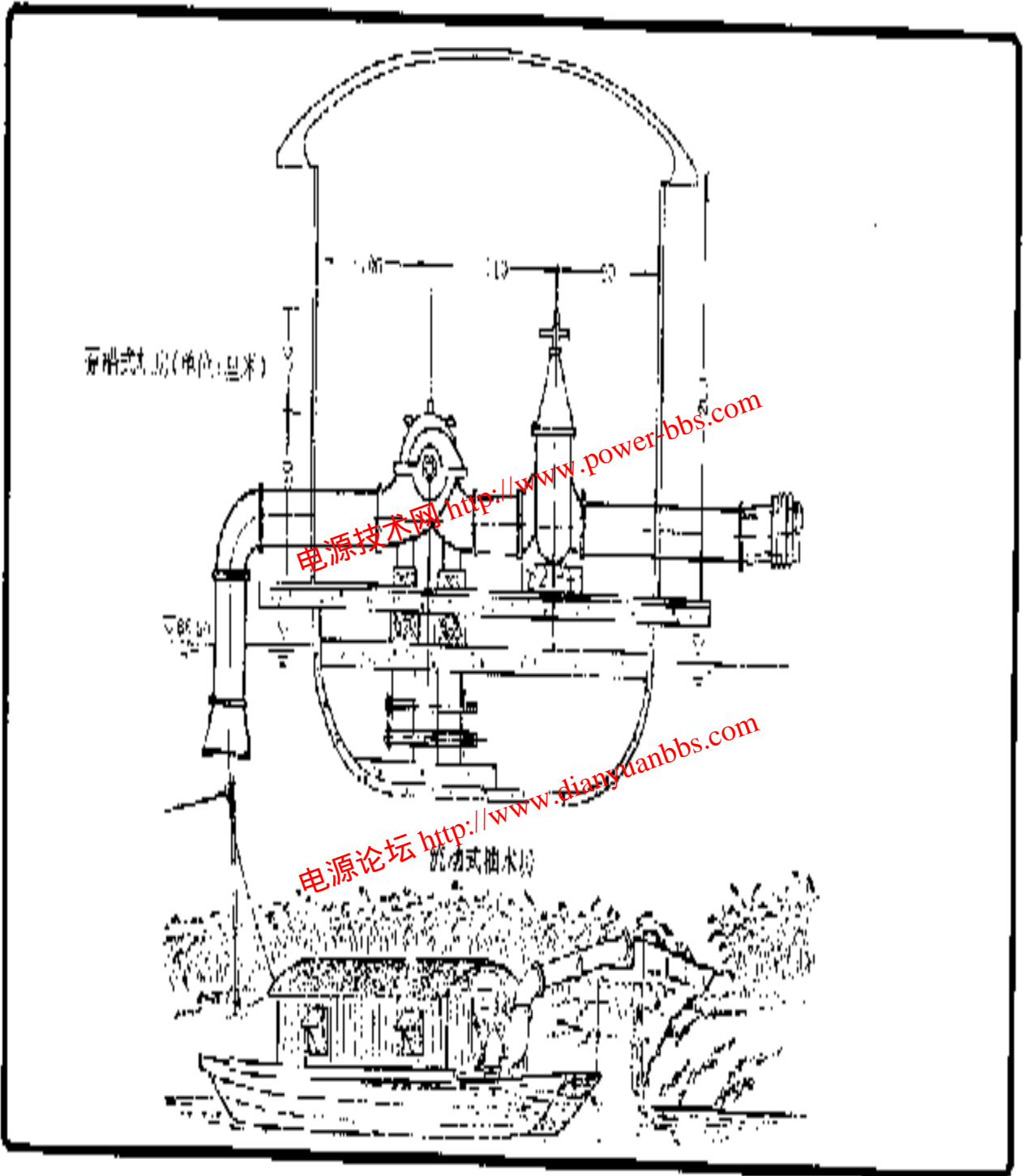
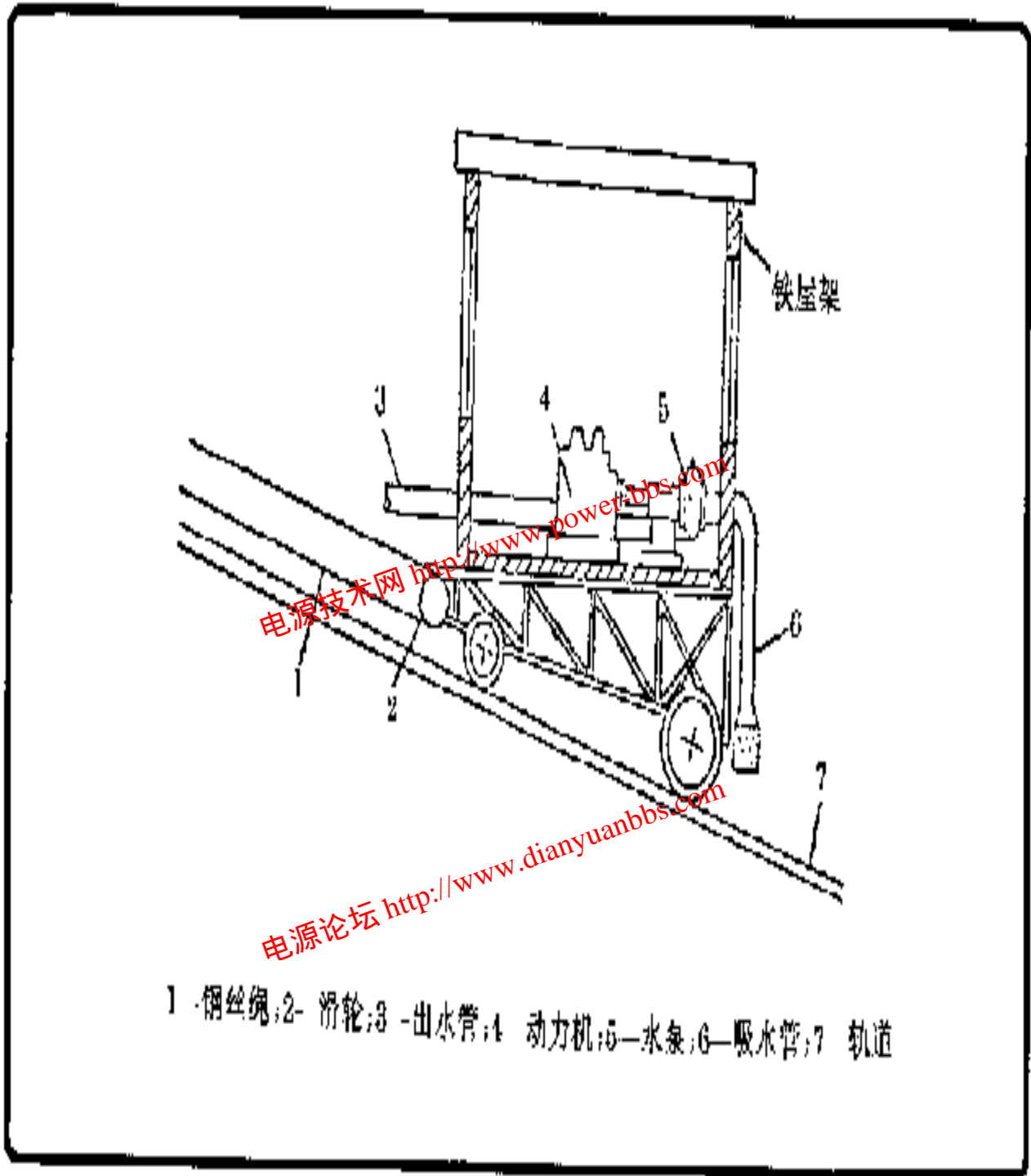


图 5.39 滑轨式泵房



416 图解电工手册

图 5-40 进水池的形式

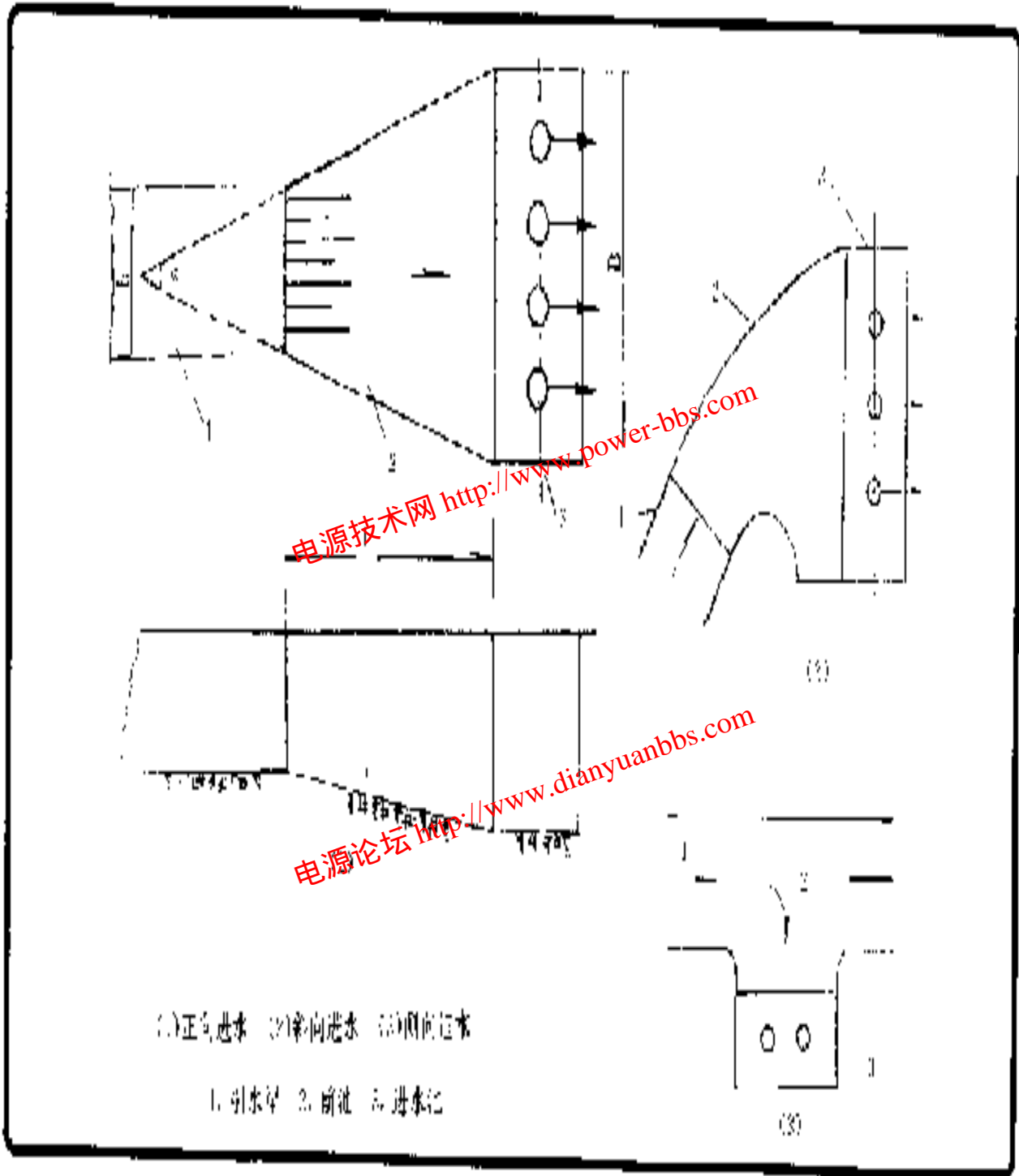
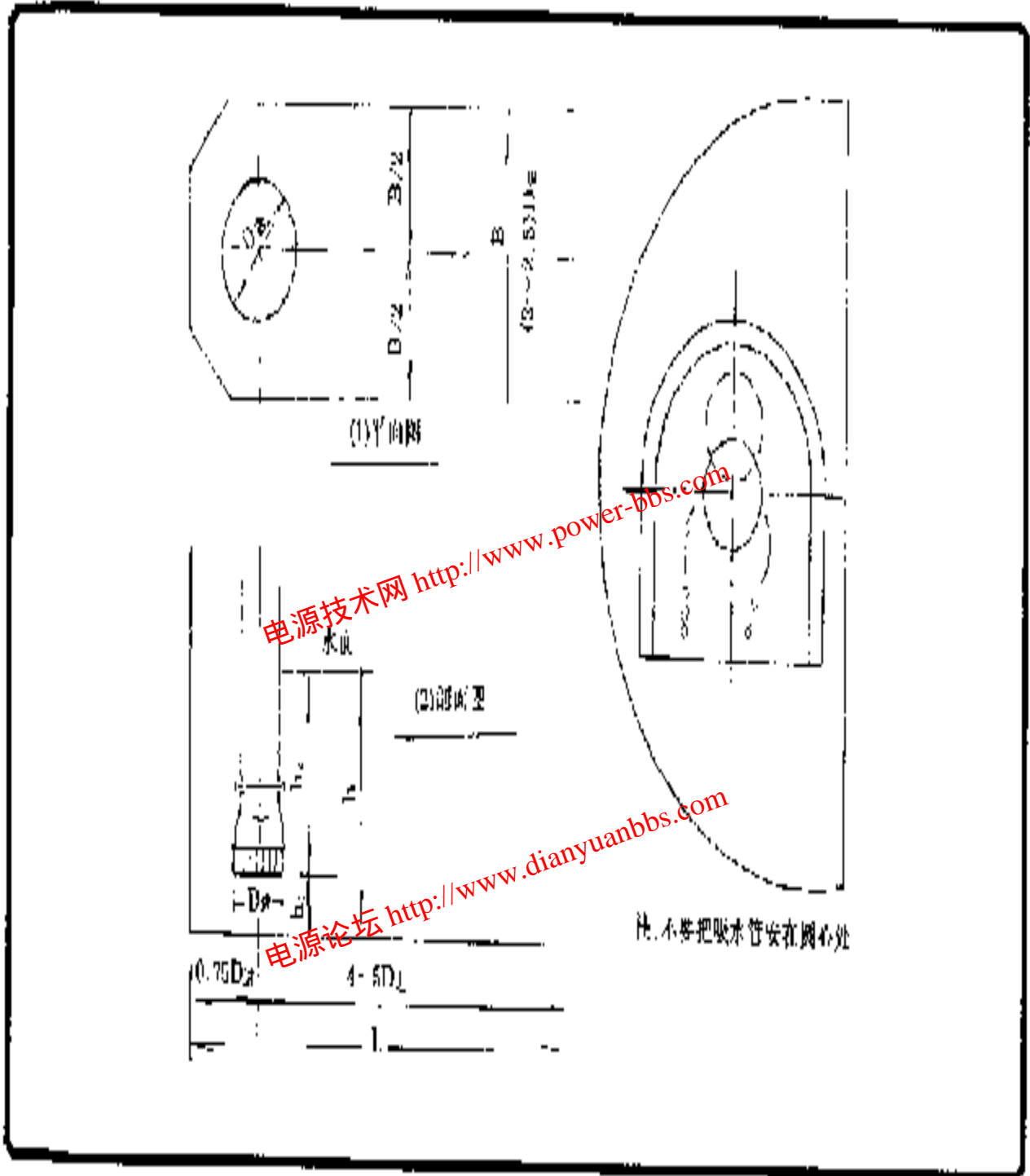


图 5-41 进水池尺寸



418 图解电工手册

进水池的最小水深(A)的最佳尺寸等于水泵吸水管口对池底的悬空高(h_1),加上水泵吸水管口以上淹没深度 h_2 。

实践经验证明:取 $h_1 = 0.62D_{\text{管}}$ 比较好,建议采用的 $h_2 = (0.6 \sim 0.8)D_{\text{管}}$,取小取上限,取大取下限。但为了照顾到安装检修方便,最小不宜小于0.5米。

十一、电气接线图

电气接线图是小型电力排灌站电气工程部分的工作,因为它决定着排灌站的电气布置、设备选型及运行的方式,达到可靠性、合理性和经济性。

1. 电气主接线图

将电力排灌站中的电气设备按照一定的方式联接起来的线路图叫做电气主接线图(也叫一次线路图)。接线图中用规定的符号绘制而成,分为完全接线图及单接线图,在生产上采用单接线图。

在完全接线图中,表示出电力变压器、电动机、开关等以及用三根相线(火线)表示它们之间的相互联接。在小型电力排灌站的主接线图中还表示出测量仪表、继电保护、信号装置等元件以及它们之间的联接。

单线图是将装置中的三根相线(火线)用一根线表示。为了便于使用,图中只表示出电路中关键性的基本元件,如电

力变压器、电动机、开关等,以及它们之间的联接。

对电气接线图在设计时要求:

①接线图选用要满足用电可靠性,电能质量好,接线简单、清晰,操作简便,运行灵活,检修方便。

②变压器的高压侧接线制要有跌落式开关和避雷器作短路及过流保护,并用以接通、切断变压器的空载电流,避雷器防止雷电损坏变压器,免受过电压,损坏电气设备。

③在保证电力排灌站安全运行情况下,开关数应尽量减少。

④在确保运行监察时,仪表采用应尽量减少。

2. 电气设备选型配套

小型电力排灌站的电气设备的选型配套和选用的抽水机如大小有着密切的关系。表5-1、表5-2是装机、台套和装机时台套的10/0.4千伏变压器高、低压侧电气设备配套表。

查表时应注意:

(1)高压侧的短路保护设备—避雷器(BL)和总开关(DK)可用同规格同型号的设备代换。

(2)测量计量仪表—电流表、电压表、电度表等可用同种类,同规格、同型号仪表代换。在容量较小(如10千瓦以下)可以不装电流表,可用熔断器代替保护,台数不多的如可以只用一只电流表代替三只。

表 5-1 10/0.4 千伏变电台高低压侧电气设备配套表(一台套)

配用电动机功率(kW)		10	13	17	22	30	40	55	75		
变压器容量(千伏安)		20	30	30	30	40	50	80	100		
项目	符号	设备名称	型 号	规 格							
1	RD	铁壳式熔断器 熔体额定电流	RN-10	50 安	50 安	50 安	50 安	50 安	50 安	50 安	
2	KL	阀型避雷器	FS ₂	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	
3	Q	干母钱	SKLX (DLX)	10 毫米 ²	10 毫米 ²	16 毫米 ²	16 毫米 ²	25 毫米 ²	35 毫米 ²	70 毫米 ²	95 毫米 ²
4	DK	总开关	HH ₁	60/3	60/3	60/3	100/3	100/3	200/3	HL ₁ -200 /30	HL ₁ -400 /30
5	LKJ	断路器	RM ₁ A	60/40 安	60/50 安	100/60 安	100/80 安	RM ₁ -200 /160 安	RM ₁ -200 /200 安	RM ₁ -350 /225 安	RM ₁ -350 /200 安
6	WT	电度表	DS ₁	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安
7	A	电流表	TT-A	30 安	40 安	50 安	75 安	100/5 安	150/5 安	200/5 安	300/5 安
8	V	电压表	TT-V	0-50 伏	0-50 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏
9	LK	电压切换开关	XLL-V	500 伏							
10	LH	电流互感器	LMK-5	30/5 安	40/5 安	50/5 安	75/5 安	100/5 安	150/5 安	200/5 安	300/5 安

表 5-2 10/0.4 千伏变电站高低压侧电气设备配套表(二台套)

配用电动机功率(kW)		10	13	17	22	30	40	55	75			
变压器容量(千伏安)		30	40	50	60	80	125	160	180			
项目	代号	设备名称	型号	规格								
1	RD	跌落式熔断器 熔体额定电流	RM ₁₀ -10	30 安	30 安	30 安	30 安	30 安	30 安	30 安	30 安	30 安
2	BL	熔断器	FR ₅	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏	10 千伏
3	S	主母线	BBLX (BLV)	16 毫米 ²	25 毫米 ²	35 毫米 ²	50 毫米 ²	70 毫米 ²	120 毫米 ²	150 毫米 ²	180 毫米 ²	240 毫米 ²
4	DK	总开关	HG ₂	100/30 安	200/30 安	200/30 安	200/30 安	300/30 安	400/30 安	400/30 安	400/30 安	400/30 安
5	LRD	熔断器	RC ₁ A	60/50 安	100/50 安	100/50 安	200/50 安	200/50 安	200/50 安	200/50 安	RM ₁₀ -350 /225 安	RM ₁₀ -350 /225 安
6	WJ	电压表	DS ₀	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安	380 伏 5 安
7	V	电压表	1T1-V	0-150 伏	0-150 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏	0-450 伏
8	HK	电压表 换相开关	XH ₁ -V	500 伏								
9	TH	电流互感器	LM ₀ -2	50/5 安	75/5 安	100/5 安	100/5 安	150/5 安	200/5 安	300/5 安	300/5 安	300/5 安
10	A	电流表	1T1-A	50/5 安	75/5 安	100/5 安	100/5 安	150/5 安	200/5 安	300/5 安	300/5 安	300/5 安

(3) 表所列的导线可选用橡皮绝缘线、麻皮线、塑料绝缘线等其中之一种。导线允许长度为 30 米。超过 50 米，应认真校验电压降是否超过。

3. 电气设备和配电盘选型配套实例

有一座半力灌排站，设计装机两台，选用水泵为 10Sh-19，配用功率 30 千瓦，型号 JQ₂-72-4 的电动机；另一台水泵为 12Sh-19，配用功率为 55 千瓦（型号 JQ₂-82-4）的电动机，各电动机性能如表 5-3 所示。

表 5-3

电动机 型号	额定 功率 (千瓦)	额定值				额定 电流
		转速 (转/分)	电压 (伏)	电流 (安)	功率因数 (cosφ)	
JQ ₂ -72-4	30	1470	360	57.6	0.88	7
JQ ₂ -82-4	55	1470	380	102.6	0.89	11.5

试选择二台机组的全部电气设备（机组采用直接启动方式）。

(1) 变压器容量：选用 100 千伏安变压器，型号为 S7-100 10/0.4kV。

(2) 跌落式开关：选用 RW₁-10/50。

(3) 避雷器：选用 FS₁-10。

(4) 电动机启动控制设备选择。

1号机组：

①自动空气开关：DZ₁₀-100/330，热元件额定电流 60

安

②星-三角启动器：60 安

③导线：BBLX-500，截面积 25 平方毫米；

④电流表：1T1-A/100 安

2号机组：

①铁壳开关：HD₁₃-200/3；

②熔体额定电流 60 安（抽头按 60% 计）；

③星-三角减压启动器：型号 QJ₂-55；

④导线：型号 BBLX-500，截面积 50 平方毫米；

⑤电流表：型号 1T1-A，300/5 安；

⑥电流互感器：型号 LQC-0.5，200/5 安。

总开关：

选用自动空气开关：DZ₁₀-600/300，额定电流 600 安，

电压 380 伏。

配电盘电表、互感器及其他配件选用：

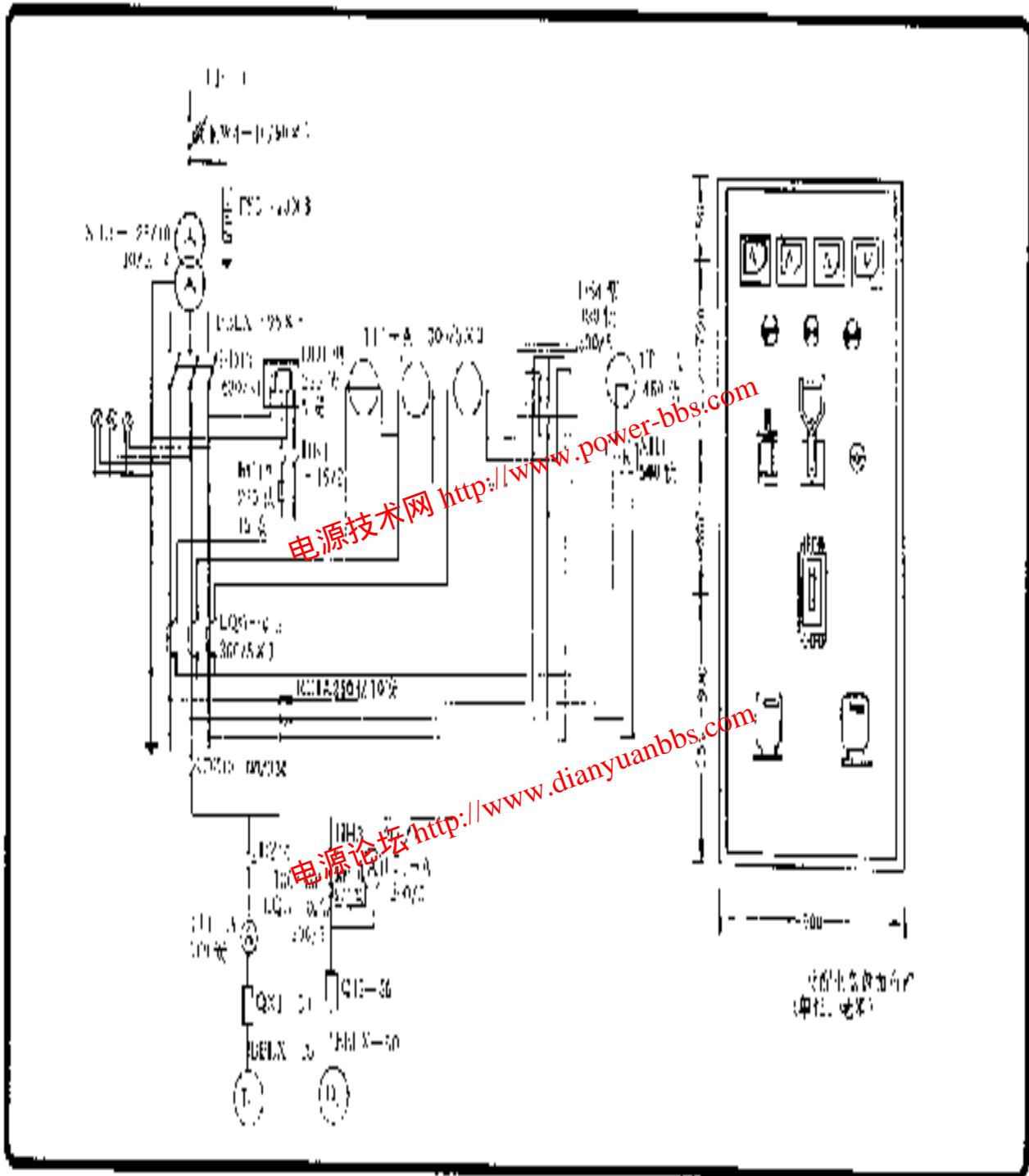
①电流表：型号 1T1-A，300/5 安；

②电流互感器：型号 LQC-0.5，300/5 安；

③电压表：型号 1U₁-V，0-450 伏；

④电度表：型号 D₆₃，三相三线制，300/5 安，380 伏；

图 5-42 主控线和配电盘



⑤电压转换开关选用:型号 XH₁-V型;

⑥指示灯型号可选用:ZSD-38型或 XD-3型,220伏,8瓦,红色3只;

⑦导线:电源回路用 BV-2.5平方毫米,其他连接用 BV-1.5平方毫米;

⑧照明用的单相闸刀开关, HK₁ 15/2。熔断器 RC₁A 10/2。单相电度表 DD₁型,5安,220伏。每轴轧2号,3号各一袋。

配电箱和主要设备所选用的总量见设备汇总表。

表5-4 设备汇总表

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	电动机	J0 ₂ -72-4 30千瓦	台	1	
2	电动机	J0 ₂ -32-4 55千瓦	台	1	
3	变压器	SJL ₁ -10/0 4 125 千伏安	台	1	
4	高压跌落保险	HW ₁ -10/50	个	3	
5	避雷器	FS ₃ -10	只	1	
6	熔断开关	HH ₃ -200/3	只	1	
7	自动空气开关	DZ ₁₀ -600/330	只	1	
8	自耦减压起动器	QJ ₃ -55	只	1	

(续)

序号	名称	规格	单位	数量	备注
9	三相电动机	QK-30	只	1	
10	自动空气开关	DZ ₁₀ -100/330	只	1	
11	闸刀开关	HK ₁ 15/2	只	1	
12	电压互感器	LCQ-0.5 300/5安	只	3	
13	电流互感器	LCQ-0.5 200/5安	只	1	
14	电度表	DT1-A 300/5安	只	3	
15	电度表	DT1-A 100安	只	1	
16	电度表	DT1-A 200/5安	只	1	
17	电压表	VT1-A 450伏	只	1	
18	三相三线电度表	DS ₃ 型,380伏,500/5安	只	1	
19	单相电度表	DD ₁ 型,220伏,5安	只	1	
20	电压转换开关	XH ₁ -V 500伏	只	1	
21	指示灯	ZSD-38型 220伏	只	3	红色
22	上母线	BBLX-95	米	50	
23	30kW电动机引线	BBLX-25	米	50	
24	55kW电动机引线	BBLX-50	米	50	

(续)

序号	名称	规格	单位	数量	备注
25	塑料绝缘线	BV, 500 伏, 2.5 毫米 ²	米	50	
26	塑料绝缘线	BV, 500 伏, 1.5 毫米 ²	米	50	
27	钢制轧头	2号	袋	1	
28	钢制轧头	3号	袋	1	
29	螺 母				带螺母
30	黄 蜡 布		卷	1	
31	带 胶 车		卷	2	
32	闸刀开关	HD-400/31	只	1	带熔断器
33	熔断器	RC ₁ A-10/2	只	2	
		RC ₁ A-15/6	只	1	

问题,然后再连接好各部分设备,再行投入开机运转。现将设备安装的具体工作进行程序介绍如下。

(一) 机组安装

1. 基础浇筑

(1) 机组的附件:基础一定要布置在坚实的地基上,以便承受机组本身的巨力和运行时产生的振动力。地基要求有足够的承载能力和刚度。因此在基础开挖时一定要挖到实土或实际一定的层形式。如遇到松软土层、冲积层,应打桩补强。坚实上层的基础,开挖尺寸如上下讲到计算尺寸定线检查,尽量规格化,不要扩大,也不要缩小。基础开挖前,首先定好水泵出水中心线和电动机中心线位置,后再按设计图尺寸放样挖坑。

(2) 砼基础(打桩)

二次浇筑基础法

在浇筑砼基础,应该再一次核对机组的设计尺寸有无错误,然后按照机组基础设计尺寸做好木模板,采用一次浇筑,还是采用二次浇筑法自定为好。一次浇筑(最好是有机盘的原组采用),实在要求浇筑快,时间短,投产及时,可在模板(底盘)上固定好机组属位位置,浇筑尺寸一定要准确无误。把机组中心线先在模板(底盘)找出

十二、设备安装和调试

排灌排水泵站的设备安装包括着机组(水泵、电动机)安装,配电箱安装,真空系统安装,电动机电路安装与管路安装、管路附件安装等。调试是在安装结束后,开机运行前对泵站各部分设备进行的量测和分别空载运行,确定无其他

采用铁钉固死好。如图 5-8 所示,在机房也确定好水泵纵向出水中心线位置,并固定好。后把模板(或底垫)搬到已挖好的土坑基础上,把水泵纵向中心线与模板上水泵纵向中心线置于重合,固定好模板后,即以 100 和 150 号砂浆捣。捣时注意检查基础螺栓有无走位,中心线是否保持在重合位置。同时注意,捣时砼质量一定要保证,用工具筑实。直到要求高度位置为止。待达到要求保养期(15 天以上)后,拆去砼基础螺栓固定模板,再把机组吊上去安装。

① 机组砼基础的二次浇筑法

先做好木模板,找出水泵进水管,电动机的纵向中心线,机组机脚螺栓位置,并固定好机脚螺栓的机脚打垫打个“十”字线。用木桩(芭蕉芯安管)打好一个记号脚螺栓头,取 10~15cm 的木桩放入坑内,隔一层 10~15cm 后用人工固定好模板和预埋孔模后,再连续浇筑砼(或石块砼),直至填满为止。注意,预埋孔模,模板中心线一定不能定位偏心,要一面浇筑一面校正。上述叫一测砼,捣好 3~5 天待砼初步凝固后,就可拆除预埋孔模,10~15 天再吊机组吊上砼基础(机座),校正安平机座,若用 1:1 的水泥砂浆把机脚螺栓孔灌满。在二次浇筑中,一定要将机脚螺栓垂直,中心线位置对准。二次浇筑较麻烦,影响稳定,但是保持好砼的浇筑过程,是可以满足质量要求的,其最大的优点就是机组位

置,机脚螺栓不会走样,保证安装的准确度。

2. 机组安装

目前厂家生产的标准化定型卧式离心泵产品中有带对机配套的机座,也有不带配套机座的形式,小型离心泵一般多用联轴与电动机方式联接传动,并由厂家配带铸铁共同机座,如无机座的机型,需要配用机座,也可以自己用槽钢和角铁焊接标准的机座。15、24cm 以上的离心泵或潜水泵产品,一般均不带机座,无座座的机组安装在砼的基础上(机墩)。

(1) 带机座的机组一般安装顺序和方法:

① 将机座吊放到砼基础上就位后,分别在机脚螺栓两侧放上厚薄不一的垫块,高约 20~40 毫米。

② 用铁(或木)水平尺,水平尺,检查机座的水平。检查时应将水平尺放在同一位置约相互垂直的两个方向上进行测量。同时将水平尺调头测试两次,并用垫块来调整高低,以达到全部水平为止。

③ 拧紧机脚螺栓的螺母。螺栓高出机座螺孔以两个螺母高度为好。如采用二次灌浆法,校正后再用水泥砂浆(1:1 比例)填充机座和机脚螺栓预留孔,待水泥砂浆凝固后,再认真检查一下机座的水平。

④ 比较小型的机组,整套机组都组装在机座上,安装时可以不卸下机座,直接吊上机组在基础上(机墩),按上述

426 图解电工手册

步骤进行就可以了。

(2) 无机座的机组安装

①把砼基础(机墩)的表面清扫干净,然后将水泵吊抬到上面,使泵体底脚螺孔对准预埋的螺柱(或二次灌浆预留孔)。

②校对水泵进、出口中心线与水管管路一致,并与基础(机墩)的纵向中心线成在垂直位置。

③一般小型电力排灌站用铁水平尺(或木制水平尺)校准进、出口垂线或轴向水平。

④铁板校正的水平尺,若气泡不居中,这是水泵未在水平位置,需用铜钎撬起不平的泵脚,垫上厚薄适当的铁垫片,反复多次,直到气泡居于水平位置为止。

⑤校正好后,一次将螺母的砼基础,可把细铅的螺母对称用力,适当拧紧,待整个机组安装无误后,再用力拧紧。

⑥采用二次灌浆的机墩,在水泵校正前,把孔洞螺栓套入四个泵脚孔,后再逐一校正。待校正结束,再用1:1的水源砂浆灌满预留孔,至泵脚底为止。

3. 电动机的安装

电动机的安装是在水泵安装完毕后进行的,关键是水泵安装合格了,电动机的安装就比较容易。现就直接传动和间接传动的安装方法介绍如下:

(1) 直接传动的要求是水泵轴与电动机轴安装在一条直线上,也就是联轴器(带齿轮)中心对准,并且两联轴器之间保持有一定的距离,安装时轴向间隙可采用下列数据调整:

30、48cm 以下的联轴器轴向间隙为 2—4 毫米;

35.5h~50.8cm 的机组轴向间隙为 4—6 毫米;

50.8cm 以上的机组轴向间隙为 4—8 毫米;

轴向间隙的校正,可用直尺初校,再用平面规和塞尺在联轴器中间分上下左右四点测量。四个位置的间隙允许偏差不得超过 0.3 毫米。两联轴器的同心度的偏差允许不得超过 0.1 毫米。如果超过这个数值,一般靠增减电动机机脚下所垫的铁垫片来调整。

注意:调整联轴器时应在每次测量时必须注意联轴器的轴向移动。塞尺塞入时不要太用力。电动机的机脚的垫片只能用铁片,不许用木、竹之类代替。

(2) 间接传动的安装

间接传动一般为皮带传动(平皮带、三角皮带)。为便于安装和调整皮带,通常在电动机底座下设一个能够伸缩的滑轨,滑轨与螺栓固定在砼基础上,如果不用滑轨,也可以按照规定相隔固定的机组距离安装上两机的反带轮。要求电动机与水泵的轴线相互平行,同时两皮带轮的宽度中心线在一条直线上,使运行时,皮带不易脱落。

检查两轴轴心线是否平行可以检查两轴是否平行。当皮带轮的宽度相同时,只要靠近皮带轮的侧面拉一根细线或细铁丝,如果两只皮带轮的四个边沿与拉线的距离相等,说明两只皮带轮平行,两轴轴心线也就平行。如边沿与细线的各点距离不等,则应予以校正。校正方法同上所述校正电动机的方法,用薄铁片或撬动电动机使之趋向平行。

当两皮带轮宽度不等,应先准确地画在皮带轮上画出它们的中心线,并拉一根线,使它先对准水泵皮带轮宽度中心线,然后看电动机3—4是否与细线重合。

4. 立式轴流泵的机组安装

立式轴流泵安装在专设的水泵梁上,电动机安装在上面的电机梁上,安装进行步骤如下:

(1) 泵体部件就位。先将泵体的喇叭口,导叶座吊入预先构筑好的进水池内。再将泵体弯管吊到水泵梁上就位,使其底脚螺丝孔与梁上的预留螺孔对准,并垫上校正用的铁皮,检查弯管,使其符合出水方向后,穿上机脚螺钉,螺母暂时不拧紧。穿机脚螺钉时要自下而上穿入,不要碰坏螺牙。25.4cm以下的小型轴流泵,其导叶座连同泵体弯管一齐起吊,35.56cm以上的轴流泵,泵体与叶座分开起吊。

(2) 将电动机座(如皮带传动时,即皮带轮座)吊到电动机梁上,对准螺孔部位,穿入机脚螺钉,暂时不拧紧螺母。

(3) 初步校正水平。电动机座以轴承座面为校准面,泵体弯管则以橡胶轴承座面为校准面。先校电动机座后校泵体弯管。一般用方框水平仪或铁(六)水平尺,放到校正部位,看气泡是否居中,偏移了应撬起电动机或弯管器角,除去(或垫起)铁垫片。

(4) 校正找平。校正就是找上机座上的传动轴孔与泵体弯管上的原轴孔同心。方法是在轴孔内装紧一块薄木板,并上通两个轴孔中心。此时在轴孔中心钻一小孔,将细线穿进孔,绑好吊锤,放至泵体弯管。以电动机座为准,按吊锤尖端指定的点撬动泵体弯管中心与吊锤指定点重合为止。反复多次,达到要求,校正工作才算结束。

(5) 固定底脚螺钉。上机座与泵体校正找平后,就可拧紧底脚螺钉,但要注意拧紧过程中对中补移位不要偏多。

(6) 泵体安装。先把导叶座抬到弯管下方装上导叶座,再把原轴吊装插入泵体内,装上叶轮,后再装喇叭口,最后将填料装好。泵轴上端的联轴器上要垫上一木块以防泵轴下掉。

(7) 传动轴安装。先把滚动轴承和轴套压到传动轴上,同时把轴承盖,传动轴上的圆螺母,推力盘上的上盖圈等部一齐装上。然后装上弹性联轴器,再将推力轴承装入电动机座内的轴承体内,把传动轴和滚珠轴承一起压入轴承座内,拧紧轴承压盖螺钉。随后检查传动轴和泵轴的垂

428 用电工手册

高度和弹性联轴器的同心度。最后调节传动轴圆螺母,使叶轮和与叶座的间隙符合要求。

(8) 基础灌浆。将整个泵体列上机座安装完毕后,用水泥砂浆将底座螺钉孔和底座接触面的空隙全部填满牢固。

(9) 吊装电动机。上述工序完成后,可把电动机(若是间接传动即为皮带轮)吊装在机座上,装好弹性联轴器,并拧紧螺钉,安装工作即告全部结束。

(二) 管路安装

管路在安装前,应该根据设计图纸详细检查管路的长度、直径、数量和重量情况。还应实地检查管道的开挖是否合乎要求。若果采用法兰检查接触面是否平整,孔位是否吻合。渐变管与水泵进出口是否对位;闸阀选用是否合适,孔位是否配合。止水胶垫大小是否适宜。当出水管道采用钢筋混凝土(预应力、自应力水管)连接出水管道时,要检查压力水管压力试验报告书与水管是否对上号。填充接头材料的准备如何。(油漆、沥青、橡胶圈)其他都清点完毕,方可进入安装现场。

1. 管路的连接

在管路安装中,工作量较大的乃是管段的连接。管路

接头方式不同,安装的方法也不一样。小型电力排灌站中常用的接头方式有法兰连接,承插式连接和套管式连接等三种形式。

(1) 法兰连接方式

水管的两个端头外径都焊接或铸有法兰的等形,为法兰连接。在安装的时候,应在管端的两管间的法兰面上配套好约3-5毫米厚的橡胶垫圈或石棉垫圈。橡胶垫圈时应该涂一层黄油,或白铅油,后将胶垫用螺钉连同法兰穿入胶垫(管垫)的孔内(螺钉向出水方向安装)见图5-43所示,把上一步法兰管接口连接好的两法兰,调整好螺孔,与全部穿上螺钉,校正管段位置及中心线,符合要求,就可以拧紧螺母。上紧时要左右上下对称交叉拧紧,尽量上紧一节,巩固一节,要做到管的法兰处不漏水,不漏气。

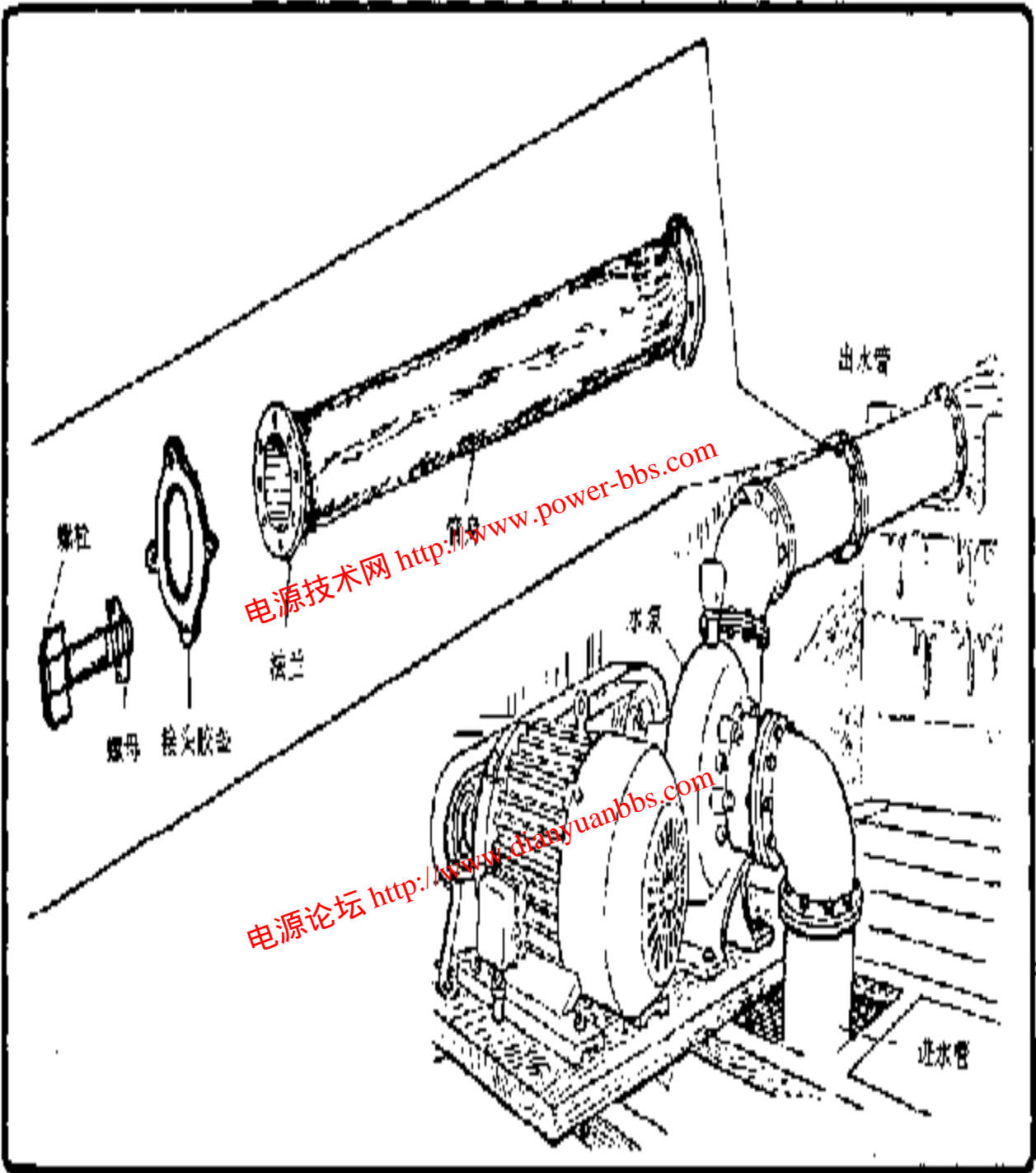
(2) 承插式管的连接

上,生产的自应力、预应力钢筋混凝土管和部分铸铁管的连接接头多采用承插式。在安装的时候,管段的承口应向延伸段方向,插口向下。安装顺序如下:

①清理好承、插口,用水清洗干净,不许带泥砂和什物。

②若是自应力、预应力承插管,应先把流下等的止水橡胶圈圈挂伸平直套入平台上,不要歪斜或扭曲,然后将套

图 5.43 法兰式水管连接



430 图解电工手册

有橡皮圈的插口,对准已安装好的水管承口,并输入少许,检查胶圈与承口内壁接触是否均匀。后用力压动或机器拉动待安装的管子,使其插口徐徐进入已安装好管子的承口内,使其达到要求安装线的范围。有歪斜、扭曲时,要立即校正或重新安装。安装灯的接头,允许纵向误差 ≤ 3 毫米,相邻两管承口间允许高差及左右偏差 $3\sim 5$ 毫米,回弹量最大不得超过 1.5 毫米。

③采用油麻或青填料的承插水管时,承口插入插口的底部,要均匀一致,以便嵌塞油麻绳填料(或沥青油麻)最后外口用石棉水泥或水泥砂浆封实。

(3) 套管式连接接头

比较大直径的钢筋混凝土管,其管段两端往往做成平口,自制或工厂生产都有。在管端外周与套管内壁(或玻璃、自制)之间嵌塞 $\frac{1}{5}$ 套管长的油麻和 $\frac{4}{5}$ 套管长的石棉水泥或水泥砂浆。安装之前,应先用铁帚把接触面打毛,以便良好接触,但是嵌填料部位不要打毛。

(4) 吸水及出水管路的安装要求

从图 5-44 中看到,在安装吸水管路(包括铸管、钢管、胶管)时,除其中心线与水泵进水管口纵向中心线一致外,要强调的是接头一定要严密,不漏气,整个吸水管道没有积存有空气,以免影响抽水效果。

出水管道一般比较长,在安装中除要求管道中心线与泵体纵向中心线一致,防止管道发生平面弯曲外,还应严格控制好每节管子的中心和高度,防止出现纵向弯曲。采用明式铺设时,整个管道必须支承在镇墩和支墩上。

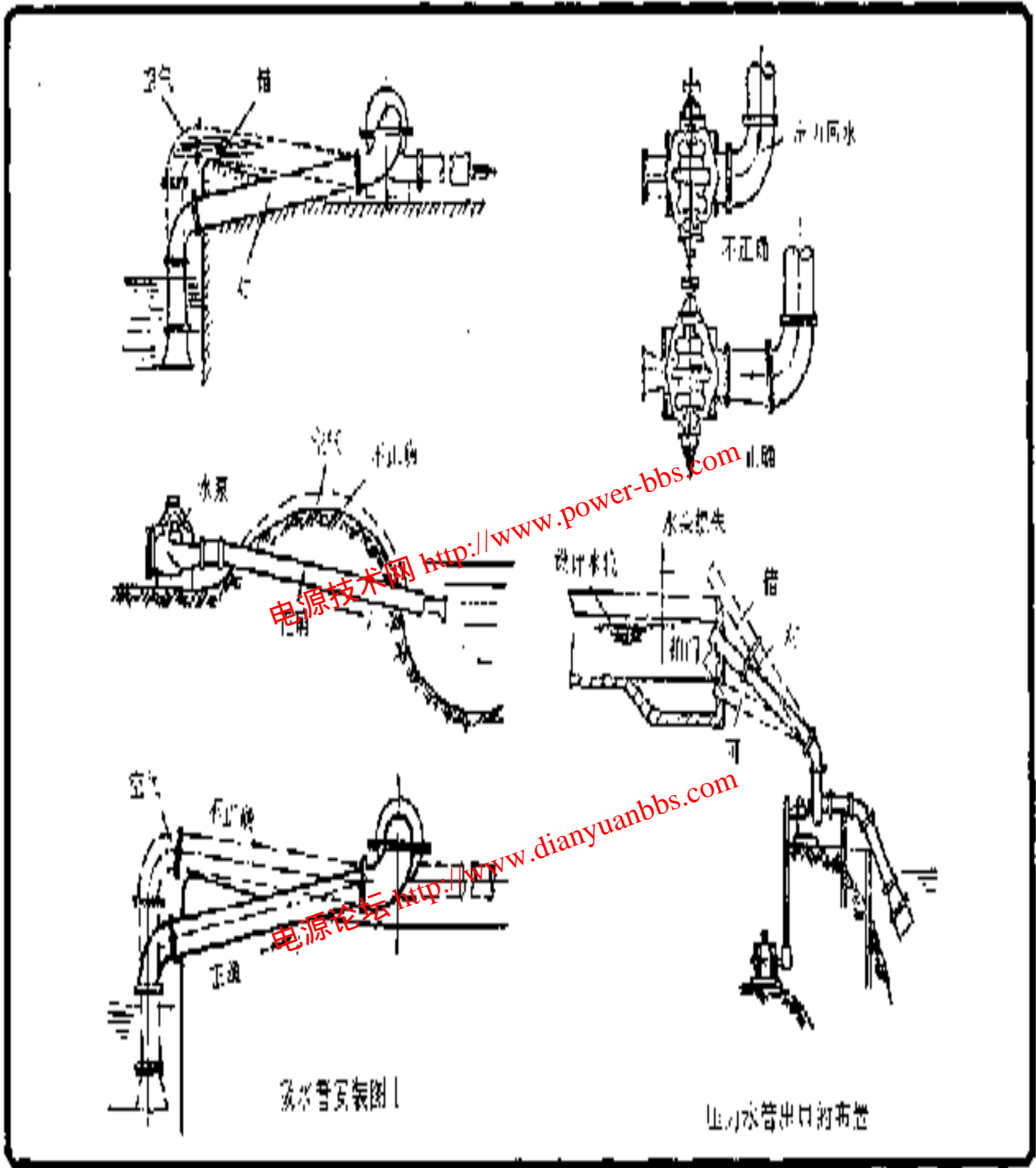
(三) 真空系统安装

小型电力排灌站使用充水槽(还是以抽空形式排除卧式水泵泵体内的空气,在安装水泵大小和经济情况确定,但要求水泵在 $25\sim 400$ mm以上口径应装设真空系统抽气为好。现就真空系统的安装简述如下。

真空泵主机组由真空泵和电动机组成。机组有卧式分体式 and 自联式两种,都是水环形式。无论使用何种形式,机组都固定在砼基础上,尺寸大小按机组组合情况而定,要求在纵横向机脚处有 $8\sim 10$ 厘米预留(但不要影响真空泵的安装),高度 300 厘米以下。砼基础安放位置视具体情况确定,尽量利用泵房的空间。校正方法同水泵机组安装方法一样。

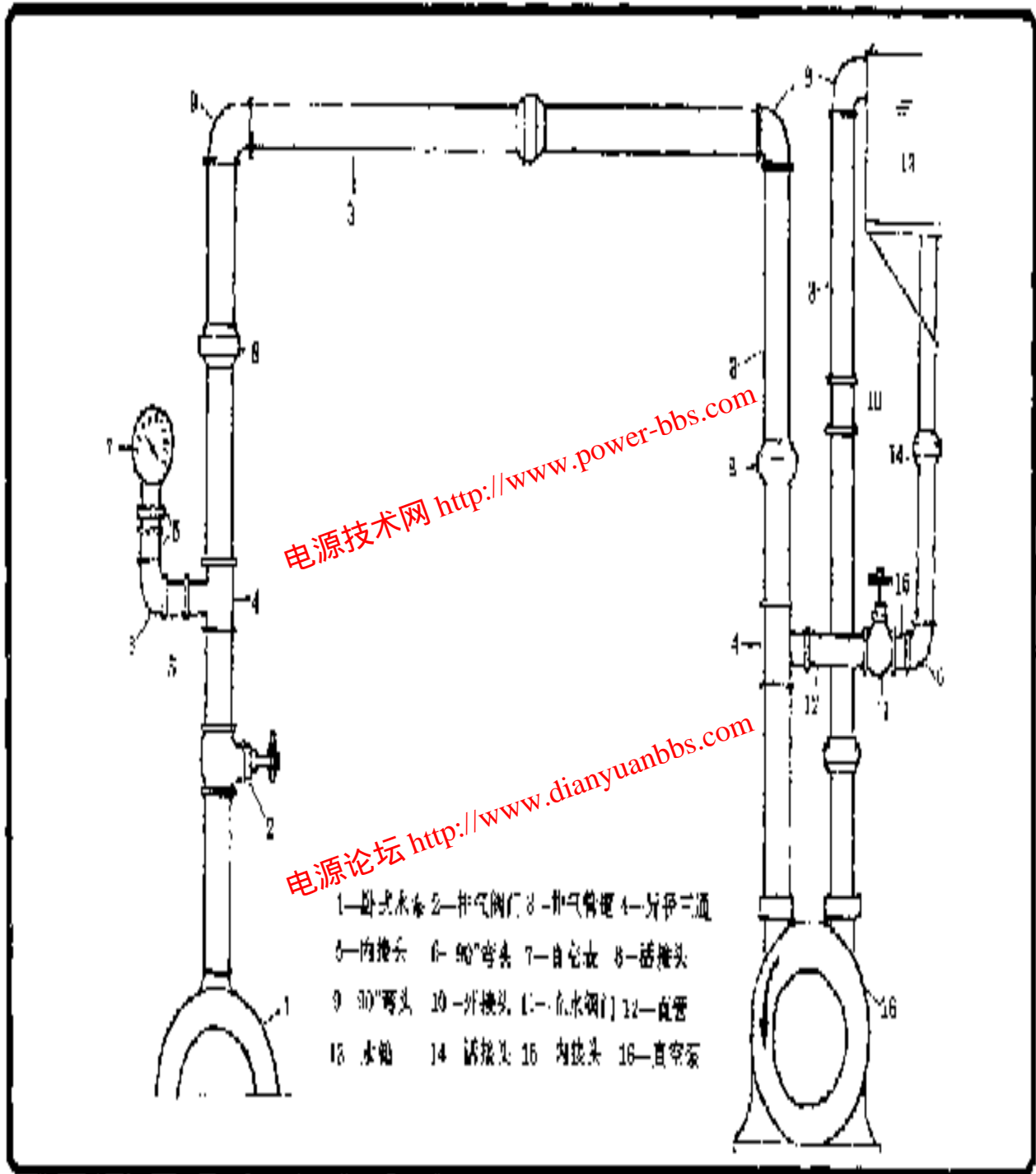
在水泵机组和真空主机组安装完成后,即可进入真空系统的组配。系统内包括真空抽气管道、控制阀、真空压力表(真空表)、管道连接配件(外套头,弯头,变通)和易于拆装部件(法兰或活接头);充水附件(水箱)等,见图 5-45。

图 5 44 吸水管路的安装



432 图解电工手册

图 5-45 真空系统支管示意图



安装的方法与自来水的安装一样,部件连接一定要缠上油麻或涂上油漆,抽气管道不许漏气,阀门,开关灵活;充水箱要高于真空机壳。

(四) 调 试

排灌站的抽水机组,水管管路及其附件,控制柜电装置,配电系统,真空系统,以及水工建筑物等一系列安装工作结束之后,下步工作是进入到全面检查,调试和验收。首先对设备进行一次全面的,仔细的检查,各个部位和建筑物是否达到技术设计的要求。合格后,即可试一随二的调整和试运行。

1. 变电系统调试

变压器,避雷器的绝缘电阻空载运行。先跌落式开关熔丝选用好后装上。

①变压器的跌落式开关和避雷器,避雷器的地网安装结束后,除进行接地电阻测量外(100千伏安以上不应大于4欧,100千伏安以下不应大于10欧)还应对变压器的高、低压侧和对地、避雷器的线路用摇表进行摇测。变压器的线路绝缘电阻见表5.5。

表 5.5

线圈上的温度 (°C)		线圈上的温度 (°C)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	备注
允许值	一次对地	1500	600	300	150	80	43	24	13	8	5	以 为 可 比 压 区 二 次 为 准 压 值
	次对二次											
(兆欧)	一次对地	80	40	20	10	5	3	2	1	1	1	为 准 压 值
	次对二次											
良好值	一次对地	2000	900	450	225	120	64	36	19	12	8	为 准 压 值
	次对二次											
(兆欧)	一次对地	120	60	30	15	8	5	4	2	2	2	为 准 压 值
	次对二次											

②10KV 网型避雷器的绝缘测量,用摇表测出接线端与接地端是否通路,绝缘是否达到技术规范要求,不达到或通路的避雷器不可用。接地电阻要求不能大于10欧。

③检查跌落式开关(令克)的绝缘子有无损坏,自动是否灵活,配件是否齐全。

2. 电动机的空载试运行

(1) 在投入机组运行抽水之前,必须先对电动机进行绝缘测量,用兆欧表(摇表)测量范围是:①线圈与线圈之间(相同)绝缘程度;②线圈对机壳(相对地)之间的绝缘性能,

图 5-46 变电系统的调试

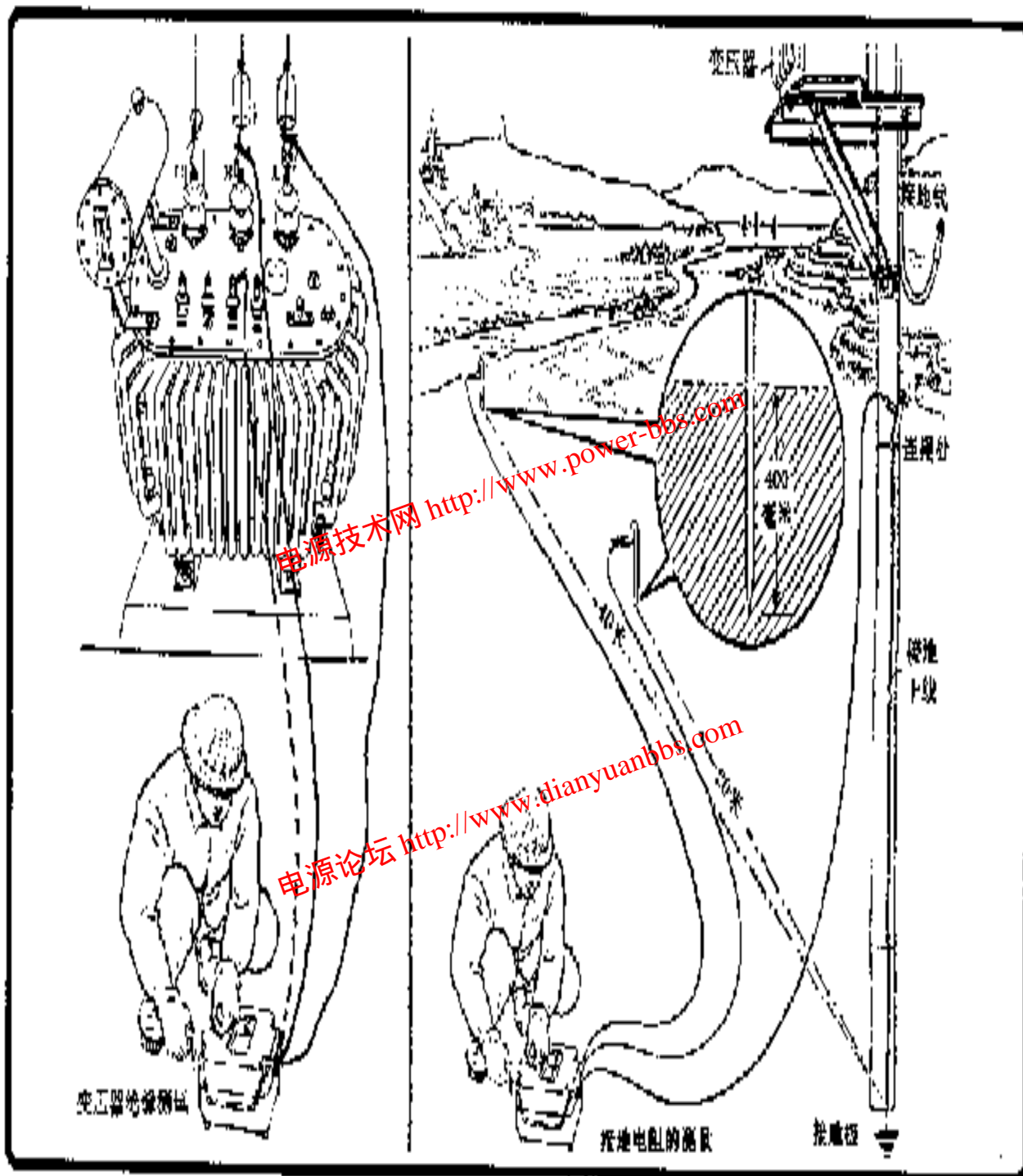
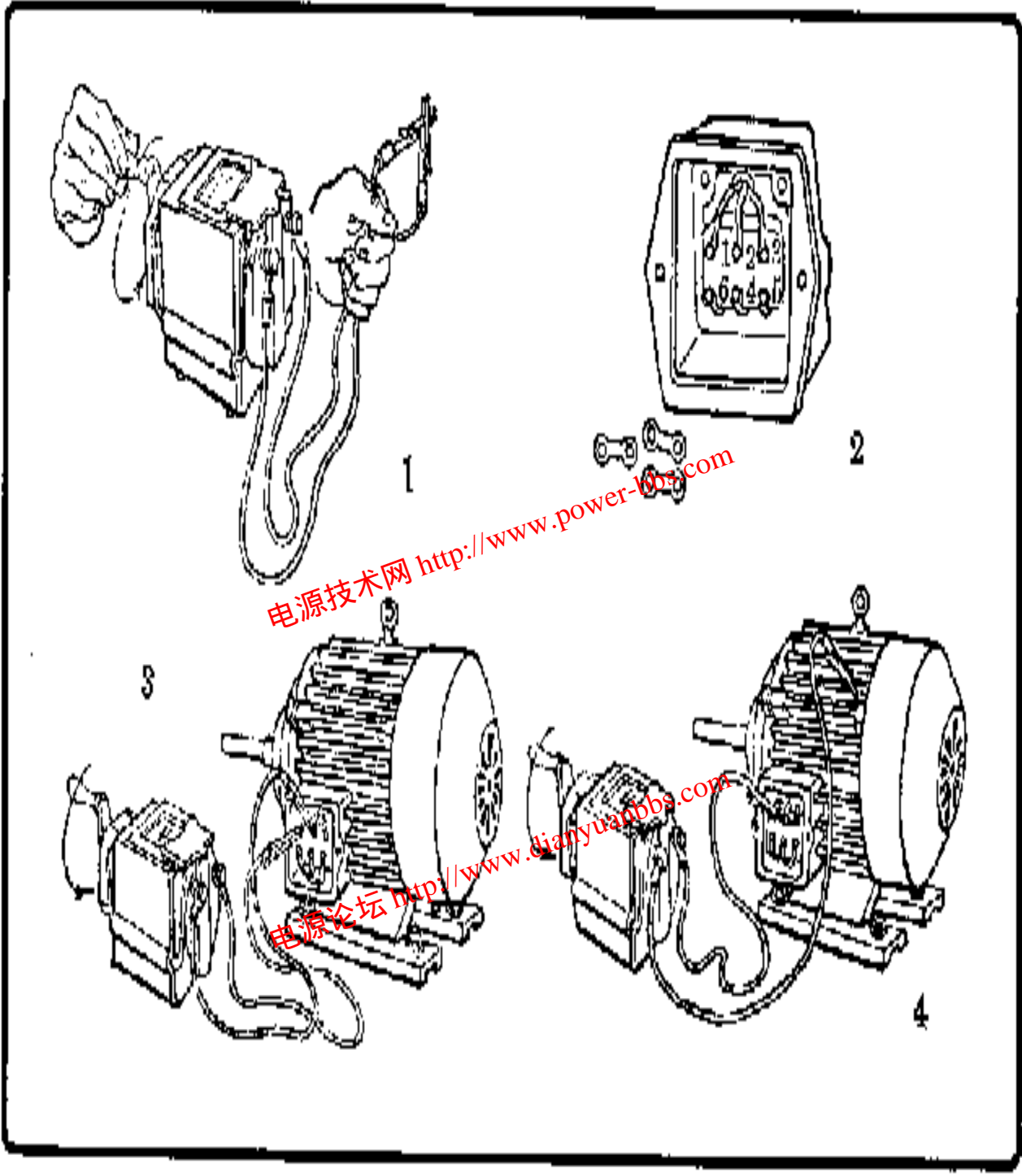


图 5-47 电动机的绝缘测量



436 图解电工手册

见图 5-47。400 伏的电动机的绝缘电阻,要求天气潮湿情况下,不得低于 0.5 兆欧,低于此值,必须采取烘干措施,在热态时,电动机的绝缘电阻应不低于下式所求得

$$\text{数值: } R \leq \frac{U}{1000 - P/100}$$

式中: R ——电动机绕组的绝缘电阻(兆欧)

U ——电动机绕组的额定电压(伏)

P ——电动机的额定功率(千瓦)

(2) 合上控制开关,看电动机的转向与水泵有没有相反,若果相反,在电动机接线盒(或配电箱控制开关的出线)调换其中二根相线中的两根位置即可。

(3) 观察电动机空载运行(不带负载)时的运行电流,一般无负荷时,电动机的空载电流与额定电流的百分比从表 5-6 中查出。

表 5-6 电机空载电流

极数	容量(千瓦)					
	0.125	0.5 以下	2 以下	10 以下	50 以下	100 以下
2	70-95	45-70	40-55	30-45	23-35	18-30
4	80-95	65-85	45-60	35-55	25-40	20-30
6	85-95	70-90	50-65	45-65	30-45	22-33
8	90-95	75-90	50-70	37-70	35-50	25-35

(4) 上述几项要求都达到以后,转动水泵的联轴器确实灵活后,再把联轴器所采用的连接方式相互连接起来,成为一个完整的抽水机组,随时可以带负荷运行,反之要重新检查、修理。

3. 真空系统的试抽空

真空系的电动机在运行前也要进行全面的检查,如绝缘测量,接线和转向等,各方面都具备了试运行条件,就可以与真空泵接起来,操作步骤如下:

(1) 打开第一台水泵(多机组抽水站)的放气阀门,并关闭进排水阀门。

(2) 从水箱中引适量水进真空罩体内。

(3) 合上起动开关(闸刀、空气开关等),电动机开始运转抽气。

(4) 一边排气,一边加少量水入真空罩内。

(5) 检查真空系统各附件和进水管有无漏气。(可用灯火、烟头、蜡烛,或叫声等辨别)。

(6) 当抽了一定时间泵内空气连续排出。进水泵的水受大气压力作用,水不断在真空泵排出至水箱,此时真空表(或真空压力表)的指针逐步指示 500~600 毫米汞柱,说明水泵的真空度达到 80% 以上。

(7) 关闭泵体顶上排气阀门,启动抽水机组运转,完成了抽空过程,再按上述步骤抽第二、第三台……泵体的

空气。

倘若真空泵工作连续后，泵体内水上来，真空表的指针又不停摆动不定，启动机组后，水又上不了压力管，这

种状况表明某一部分漏气，着重检查：进水管，填料函，闸阀，真空管，真空泵转向和叶轮间隙；那一部分有问题就检修处理那一部分，直到能抽空为止。

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

第六章 异步电动机和驱动微电机

一、概述

异步电动机应用极其广泛,它几乎占电气原动力的90%,与电力网总负荷的60%。异步电动机的类型繁多,在GB4831-84电机产品型号编制方法中,异步电动机产品代号就有140种。本章只能介绍最常用的Y及YR系列的部分内容。驱动微电机见本章第四部分。

表6-1 三相异步电动机分类

定子结构类型	冷却方式	安装方式	工作制	尺寸大小 中心高H(毫米) 定子铁心外径D(毫米)	用途
鼠笼式封闭式	自冷式	B3	连续	H>630, D>1000	普通工业
绕线式封闭式	自冷式	B5	断续	H≤350~630	起重机械
绕线式防护式	自冷式	B5	断续	D=500~1000	起重机械
绕线式他励冷却式	自冷式	B5/B3	断续	H 80~315 D=120~500	化工防腐
				小型	户外高压

注: B3-卧式, 4个底脚, 端盖上有凸缘;
 B5-卧式, 机座不带底脚, 端盖上有凸缘;
 TS/TR-卧式, 机座带底脚, 端盖上有凸缘。

表6-2 三相异步电动机的型号、结构特征及用途

名称	型号		结构特征	用途
	代号	含义		
异步电动机	JJO	封闭式	铸铁外壳, 小机座有散热筋, 大批座采用普通通风, 铸铝鼠笼转子, 大机座采用双鼠笼转子, 有防护式及封闭式之分	用于一般机器及设备上, 如水泵、磨粉机、机床等
	JQ	封闭式		
	JQD	封闭式		
	J ₂	封闭式		
	JY ₂	封闭式		
	JO ₂	封闭式		
	JK	封闭式		
	JL	封闭式		
	JS	封闭式		

(一) 三相异步电动机的分类、型号、结构特征及用途

(1) 三相异步电动机的分类见表6-1。

(2) 三相异步电动机的型号、结构特征及用途见表6-2。

(续)

(续)

名称	型号		型号的 数字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
绕线转子异步电动机	YK	JR JKO YR	异步	封闭式、铸铁外壳、绕线型转子	用于电源容量不足以启动大容量电动机及要求启动电流小、启动转矩高等场合
高启动转矩异步电动机	YQ	JQ JQO JGO	异步	同Y型	用于启动转矩大或惯性较大负荷的机械。如压路机、粉碎机等
高转速(带)异步电动机	YH	H TH	异步	结构同Y型, 转子一般采用滑环结构	用于传动较大转矩和较小冲击负荷的场合加工机械。如推土机、刨切机、冲压机、压路机、绞车等
多速异步电动机	YD	JD JED	异步	结构同Y型	同Y型, 使用不需要离心开关的转子的机械
精密机床用异步电动机	YJ	JG	异步	结构同Y型	同Y型, 用于要求转矩小、噪音低的精密机床

名称	型号		型号的 数字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
异步电动机(绕线式)	YEP	JPE	异步	封闭式	定子同Y型, 转子带有停磁结构。如电动机、卷扬机、行车、电动葫芦等机械
异步电动机(打式)	YEG	JZD	异步	打式	定子同Y型, 转子带有打式制动机构
异步电动机(带制动装置)	YEB	JZB	异步	带制动装置	定子同Y型, 转子带有制动装置
罩极异步电动机	YZP	JZP	罩极	罩极式	定子同Y型, 转子带有罩极式或罩极式, 铸铁外壳上有限热筋, 自扇吹冷
电磁调速异步电动机	YCT	JZT	异步	电磁调速	封闭式异步, 用于纺织、电动机与电焊机、冶金、造纸类合器出、船舶及要求变速的机械上

440 图解电工手册

(续)

名称	型号		型号的 汉字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
换向器式(整流子)调速异步电动机	YHT	JZS	异换调	图机式, 铸铁外壳, 手动及电动调速, 调速与换向器转子	同上, 调速与功率因数, 调速 YCT 前
齿轮减速异步电动机	YCI	JTC	异齿减	密封式, 异步电动机与减速器组成	用于要求低速, 大转矩的机械, 如运输机械、矿山机械、纺织机械、造纸机械及其他要求低转速的机械
滑线电阻调速异步电动机	YXJ	JXJ	异线减	十级调式异步电动机与滑线电阻调速器组成	用于要求调速, 大转矩的机械, 如运输机械、矿山机械、纺织机械、造纸机械及其他要求低转速的机械
力矩异步电动机	YLJ	JLJ	异力减	强迫通风, 铸铁外壳, 鼠笼转子, 导线、漆条采用高强度材料	用于纺织、印染、造纸、电机、冶金等具有较大转矩的机械上

(续)

名称	型号		型号的 汉字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
起重冶金用异步电动机	YZ	JZ	异重	封闭式, 铸铁外壳, 有散热筋, 自扇冷却, 风道倒转	用于起重机械及冶金辅助机械
起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	JZR	异重绕	同上, 转子为绕线式	
隔爆型异步电动机	YB	JB	异爆	防爆式, 钢板外壳, 铸铁转子, 小机座上有散热筋	用于有爆炸性气体的场合
电动葫芦用异步电动机	YDH		吊钩用	同 Y 型	用于起吊短与最大转矩的场合, 如电动葫芦
化工防腐用异步电动机	Y-F	IC-P	异腐	结构同 Y 型, 采取密封及防腐措施	用于化肥、医药系统等化工防腐场合
船用异步电动机	Y-H	(D)-H	异海	结构同 Y 型, 机座铸成铝或白铜, 通海具有铜料铸制	用于船舶上

(续)

名称	型号		结构特征	用途
	新型号	旧型号		
潜水异步电动机	YQB	TQB	由水泵、电动机及整体密封罩等三大部分组成	用于农业排灌及工矿的场合

(二) 三相异步电动机的主要技术指标

表 6-1 给出了符号、计算公式和提高技术指标的措施。

表 6-3 三相异步电动机的主要技术指标

索引名称	符号及定义	提高指标措施
效率	$\eta = \frac{P_2}{P_1}$ 输出功率 P_2 对输入功率 P_1 之比,用%表示	1. 放粗铁径,降低定、转子铜损耗 2. 采用较好的材料,降低铁损耗 3. 提高铜道深度,降低机械损耗

(续)

序号	名称	符号及定义	计算公式	提高指标措施
2	功率因数	有功功率与视在功率之比	$\cos\phi = \frac{P_1}{\sqrt{3}I_N U_N}$ 式中: I_N ——额定线电流 U_N ——额定线电压 P_1 ——输入功率	1. 减小定、转子之间空气隙数 2. 增加线圈匝数
3	堵转电流	堵转时定子的电流 注:一般采用堵转电流对额定电流或 I_N 倍数值表示	I_N (倍数) $\frac{I_{st}}{I_N}$	1. 增加匝数降低堵转电流 2. 增加转子电阻,降低堵转电流
4	堵转转矩	定子通电时转子不动需要的力矩 注:一般采用堵转转矩对额定转矩 M_N 的倍数值表示	M_N (倍数) $\frac{M_{st}}{M_N}$	1. 增加转子电阻,降低转子阻抗,即可增加堵转转矩 2. 减少匝数,增加起励电压,即可增加堵转转矩 3. 增加气隙,提高堵转转矩

442 图解电工手册

(续)

(续)

序号	名称	符号及定义	计算公式	提高指标措施	序号	名称	符号及定义	计算公式	提高指标措施
5	最大转矩	M_{max} 电动机得用起 动时产生的最大 转矩 注:一般用最大 转矩对额定转 矩倍数表示, K 称过载能力	$M_{max} = \frac{M_{max}}{M_N}$ $= K$ 式中: K ——过载能力	1. 减少匝数, 减少电抗, 提高最大 转矩 2. 增加气隙, 提高最大 转矩	9	绕组绝缘等级	$\theta = \frac{R_2 R_1}{R_1 (k+1)}$ 式中: R_1 ——电动机 在额定 负载下 定子绕 组电阻 R_2 ——电动机 转子绕 组电阻 k ——额定天 线阻抗 与绕组 电阻之 比 θ ——绕组 绝缘等级 的环 境温度 K ——铜线 的 2.5, 铝 线 2.25	1. 减少定、转 子铜耗 和铁耗 2. 采用高 绝缘材料	
6	最小转矩	M_{min} 电动机得用起 动时产生的最小 转矩 注:一般用最小 转矩对额定转 矩倍数表示	$M_{min} = \frac{M_{min}}{M_N}$	1. 选择适当 的定、转 子槽数, 提高最小 转矩 2. 增加气隙, 提高最小 转矩	7	绕组温度	$\theta = \frac{R_2 R_1}{R_1 (k+1)}$ 注:新标准以温度 单位按材料 表示	1. 减少定、转 子铜耗 和铁耗 2. 采用高 绝缘材料	

(三) 电动机的绝缘材料与温升限值

(续)

表 6-4 绝缘材料的耐热分级

耐热等级代号	极限工作温度 (°C)	绝缘材料举例
Y	90	未浸渍过的棉纱、丝及纸等或其混合物, 如棉纱、布带、木头等
A	105	用树脂浸渍的或者浸在液体电介质中的棉纱、丝及纸等材料或其混合物, 如漆布、漆线等 合成有机薄膜, 合成有机薄膜等材料或其混合物, 如玻璃布、环氧树脂等
B	130	用合适的树脂粘合或浸渍、经处理后的云母、玻璃纤维、石棉等, 以及其他无机材料、合适的有机材料或其混合物
F	155	用合适的树脂粘合或浸渍、经处理后的云母、玻璃纤维、石棉等, 以及其他无机材料、合适的有机材料或其混合物, 如云母布、玻璃漆布

耐热等级代号	极限工作温度 (°C)	绝缘材料举例
H	180	用有机树脂粘合或浸渍、经处理后的云母、玻璃纤维、石棉等材料或其混合物, 如碳纤维材料、有机硅云母制品、复合云母
C	180以上	纯无机材料, 如云母、玻璃、石棉、石英、陶瓷和特殊有机材料 (如聚四氟乙烯等)

表 6-5 三相异步电动机的最高容许温度和最大容许温升 (环境温度 +40°C 时)

电动机功率	A级绝缘		B级绝缘		F级绝缘		H级绝缘	
	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)	最高容许温度 (°C)	最大容许温升 (°C)
100	105	65	115	75	130	90	145	105
150	105	65	115	75	130	90	145	105
200	105	65	115	75	130	90	145	105
300	105	65	115	75	130	90	145	105
400	105	65	115	75	130	90	145	105
500	105	65	115	75	130	90	145	105
600	105	65	115	75	130	90	145	105
700	105	65	115	75	130	90	145	105
800	105	65	115	75	130	90	145	105
900	105	65	115	75	130	90	145	105
1000	105	65	115	75	130	90	145	105
1200	105	65	115	75	130	90	145	105
1500	105	65	115	75	130	90	145	105
2000	105	65	115	75	130	90	145	105
2500	105	65	115	75	130	90	145	105
3000	105	65	115	75	130	90	145	105
4000	105	65	115	75	130	90	145	105
5000	105	65	115	75	130	90	145	105
6000	105	65	115	75	130	90	145	105
7000	105	65	115	75	130	90	145	105
8000	105	65	115	75	130	90	145	105
9000	105	65	115	75	130	90	145	105
10000	105	65	115	75	130	90	145	105

(续)

电动机 的零件	A级绝缘		E级绝缘		B级绝缘		F级绝缘		H级绝缘	
	最高容许 温度 (℃)	最高容许 温升 (℃)	最高容许 温度 (℃)	最高容许 温升 (℃)	最高容许 温度 (℃)	最高容许 温升 (℃)	最高容许 温度 (℃)	最高容许 温升 (℃)	最高容许 温度 (℃)	最高容许 温升 (℃)
定子铁心	100	50	115	75	120	80	130	100	165	125
滑 环	100	50	110	70	120	80	90	140	100	-
滑动轴承	80	40	80	40	80	40	80	80	80	40
滚动轴承	75	55	105	75	95	75	85	95	95	75

表 6-6 直流电动机零件的温升限值

电 机 部 件	A 级		E 级		B 级		F 级		H 级	
	最高 容许 温度 (℃)	最高 容许 温升 (℃)	最高 容许 温度 (℃)	最高 容许 温升 (℃)	最高 容许 温度 (℃)	最高 容许 温升 (℃)	最高 容许 温度 (℃)	最高 容许 温升 (℃)	最高 容许 温度 (℃)	最高 容许 温升 (℃)
电枢绕组、励磁绕组	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
机座、端盖、轴承盖、补漆绝缘	60	60	75	75	80	80	100	100	125	125
与绕组接触的定子铁心及附件	60	75	-	-	80	-	100	-	125	-
铁钩座	60	75	-	-	80	-	100	-	125	-
不与绕组接触的定子铁心及其他零件	这些部分的温升不应达到足以使其任何相等的绝缘或其他材料与绕组相同的温升									

有关电动机温升测量的若干说明:

(1) 电动机的温升测量,在运行现场可直接用手感测量。当然这一定是在电动机外壳不带电的情况下进行。有经验的运行人员只要用手触及其外壳(非转动部分),就会知道该电动机当时大约的温升数值。一般对中小型电动机,电动机外壳中部的温升要低于对应部位绕组的温升低 10~20℃,电机数大则差值愈大。这种方法只适用于普通的轻载电动机。

(2) 用温度计测量电动机不同部位温升时,不允许使用水银温度计,因为一旦温度计损坏,水银对金属有强烈的腐蚀作用,另外电动机测温孔要清洁,以防温度测量不准。

(3) 电动机的绕组的温升测量,比较准确的方法是埋置测温计法。这种方法可以直接测出绕组的真实温度。

(四) 电动机外壳防护结构型式

Y 系列电动机有 IP23 和 IP44 等外壳防护结构型式,以满足不同使用环境条件的要求。

IP23 和 IP44 分别与传统的防护式和封闭式相对应,是国家标准 GB4942.1-85(电机 外壳防护等级)所规定的级别标志,其含义是:IP——表示防护等级的标志符号;

IP 后两位数字的要求如表 6-7 所示。

级 别	要 求
IP23	第一位数字 能防止手指触及机壳内带电或转动部分 能防止直径大于 12mm 的小固体异物进入
	第二位数字 与铅垂直线成 60°角或小于 60°角的淋水对电机应无有害的影响
IP44	第一位数字 能防止厚度大于 1mm 的工具、金属板或类似的物体触及壳内带电或转动部分 能防止直径大于 1mm 的小固体异物进入但不包括由外风磨吸风或送风用通风机和封闭式电机的犯水孔。这些部分应具有 2 级防护性能
	第二位数字 任何方向溅水于电机, 应无有害影响

(五) 异步电动机的工作制

工作制是列电机各种负载, 包括空载、停机和断电, 及其持续时间先后次序情况的说明。按照连续的、短时的和周期的, 共分为 9 类工作制, 即连续工作制(S1)、短时工

作制(S2)、断续周期工作制(S3)、包括起动的断续工作制(S4)、包括电制动的断续周期工作制(S5)、连续周期工作制(S6)、包括电制动的连续周期工作制(S7)、包括负载与转速相应变化的连续周期工作制(S8)和负载与转速作非周期变化的工作制(S9)。

常见的工作制是 S1~S3 三种。

Y 系列电机的基准工作制有 S1、S3 两种, 其中 S3 可用于 S2、S4~S8 工作制。

二、Y、YR 系列三相异步电动机

1. Y 系列三相异步电动机

Y 系列三相异步电动机是我国用以取代 J₂、J0₂、JK₂ 系列的新的基本系列电动机。Y 系列电动机完全符合国家标准, 并且功率等级与机座号均比 J0₂ 系列同机座号升高一级功率。Y(YR)系列为防护型, 效率比 J0₂ 系列平均提高 0.41%; 转差率平均提高 3.0%; 噪声平均降低 5~10 分贝; 体积平均缩小 15%; 重量平均轻 12%。

Y 系列三相异步电动机采用新型 D 级绝缘, 有 10°C 的温升裕量, 硅钢片采用 D₅₁, 电磁线为聚酯漆包线, 槽绝缘、层间绝缘、相间绝缘均采用聚酯薄膜与聚酯纤维纸复合材料, 浸渍漆也用聚酯系列的绝缘漆。

2. YR 系列三相异步电动机

Y 系列电动机的转子是鼠笼型的,而 YR 系列电动机转子是绕线型的。YR 系列电动机能在较小的启动电流作用下具有较大的启动转矩,并能在小范围内调速。

三、三相异步电动机绕组接线

(一) 三相异步电动机绕组参数

1. 电气角度

电动机绕组分布在一个圆周上,从机械角度看,一周是 360° 。但是从电气角度看则大不相同。电动机计算电磁关系的角度单位称为电气角度。电动机每转过一对磁极在电的方面等于转过一周,即 360° 电气角度;如为两对磁极则为 720° ;如为三对磁极则为 1080° ,以此类推。电动机每转过一个磁极在电的方面等于转过半周,即 180° 电气角度。

2. 槽电气角度 d

绕组每槽占的电气角度称为槽电气角度。设槽数为 p_1 ,定子槽数为 Z_1 ,则槽电气角度为:

$$d = \frac{p_1 360^\circ}{Z_1}$$

3. 相带

每级每相所占的扇形角更称为相带。一般的三相中速电动机相带为 60° 。

4. 每极每相槽数和极相组

每极每相所占的槽数简称每极每相槽数。设 q 为每极每相槽数; m 为相数,则每极每相槽数为:

$$q = \frac{Z_1}{2pm}$$

例如: $p_1 = 2, m = 3$ 的 $q = 2$ 。

把属于同一相的 q 个绕组按一定方式串联成条叫做相组。

5. 并联支路数

即每相绕组能够并联所形成的支路数,以 a 表示。并联时每个支路的匝数和线规应相同,否则会造成环流,使绕组发热。

6. 节距

每个绕组有两个放在槽内的有效边,这两个边所跨的槽数叫做节距,又叫跨距。节距等于极距的叫整节距或全节距,以 y_1 表示;节距小于极距的叫短节距,以 y 表示。一般的中速电动机是短节距的,以 $y = (0.75 \sim 0.85)y_1$ 为宜。也有用大写字母 Y 来统一表示全节距和短节距的,如:24 槽四极三相电动机,全节距为:

$$y(Y) = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6(\text{槽})$$

通常表示为 1~7; 如果采用短节距, 取节距为 5, 则通常表示为 1-6。

7. 各相绕组首尾新旧代号

第一相的新代号首为 U_1 , 尾为 U_2 ; 旧代号为 D_1, D_2 。

第二相的新代号首为 V_1 , 尾为 V_2 ; 旧代号为 D_3, D_4 。

第三相的新代号首为 W_1 , 尾为 W_2 ; 旧代号为 D_5, D_6 。

过去还常用的三相首尾分别为: A-X; B-Y; C-Z。

本部分仍引用旧代号。

8. 单层与双层绕组

每槽只安放一个绕组的叫单层绕组; 每槽安放两个绕组边的叫双层绕组。

(二) 三相异步电动机定子绕组的连接

(1) 2 极 18 槽单层交叉式绕组 1 路接法的展开图、接线原理图、内部接线示意图见图 6-1。

(2) 2 极 24 槽单层同心式绕组 1 路接法的展开图见图 6-2。

(3) 2 极 24 槽单层链式绕组 1 路接法的展开图见图

6-3。

(4) 2 极 36 槽双层叠绕组 2 路接法的展开图、接线原理图、内部接线示意图见图 6-3。

(5) 4 极 36 槽双层叠绕组 4 路接法的展开图、内部接线示意图、接线原理图见图 6-4。

(6) 6 极 36 槽单层链式绕组 1 路接法的展开图、接线原理图、内部接线示意图见图 6-5。

四、动力(驱动)微型小型电动机的选择

动力(驱动)电机功能是用来完成能量的变换, 具有较高的性能指标(如效率和功率因数等), 选择电机时主要考虑类型、功率、防护结构形式等; 而控制电机主要用来完成控制信号的传递和变换, 选择电机时着重可靠、快速响应、精度高等, 功率等降为次要因素, 下面分别讨论。

1. 选择电动机的原则

(1) 根据机械的负载性质和生产工艺, 得出对电动机的启动、制动、反转、调速等要求, 并兼顾维护、价格, 合理选择电机的类型。

可参考表 6-8 粗略地选择电机的类型。

图 6-1

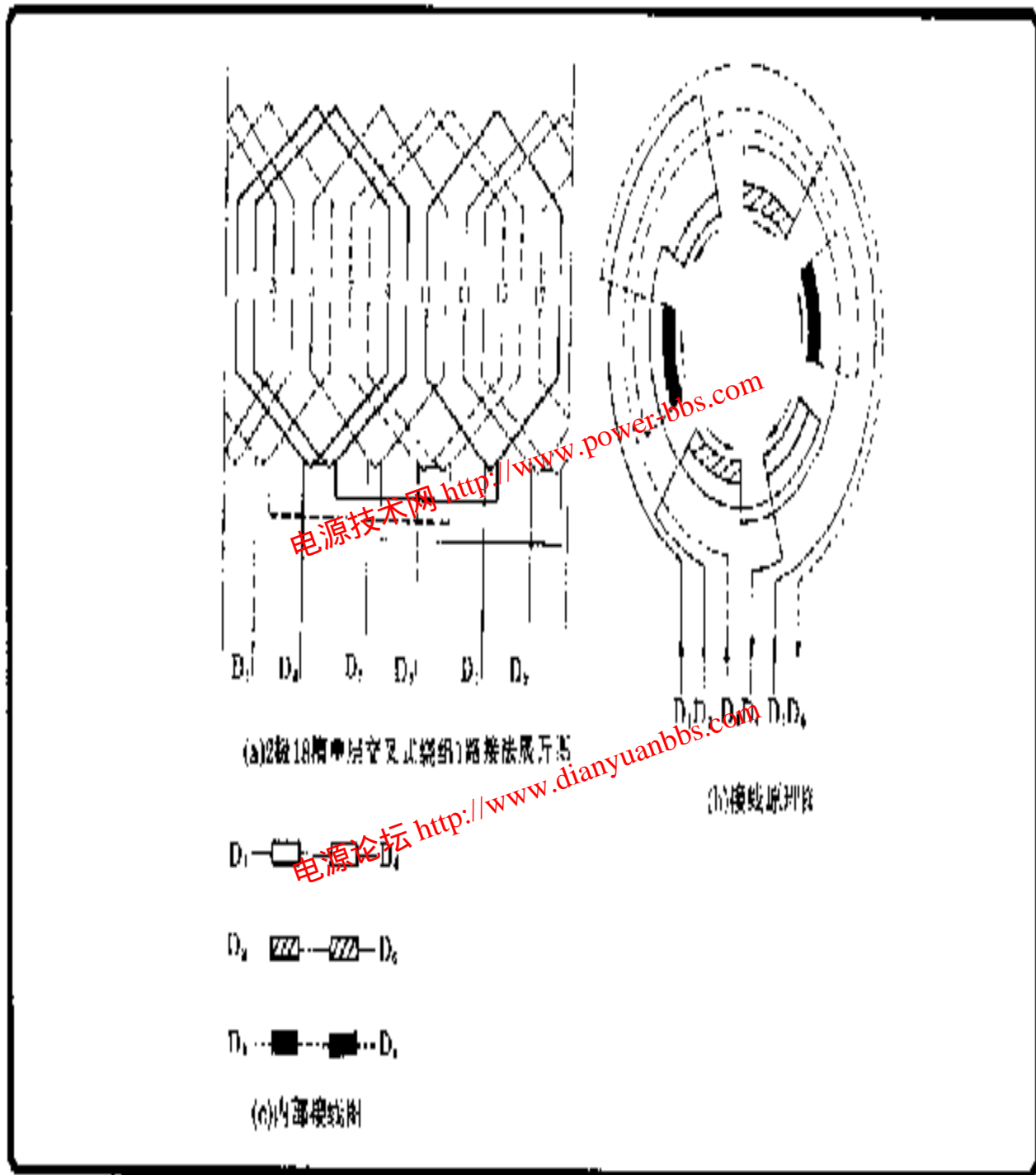


图 6-2

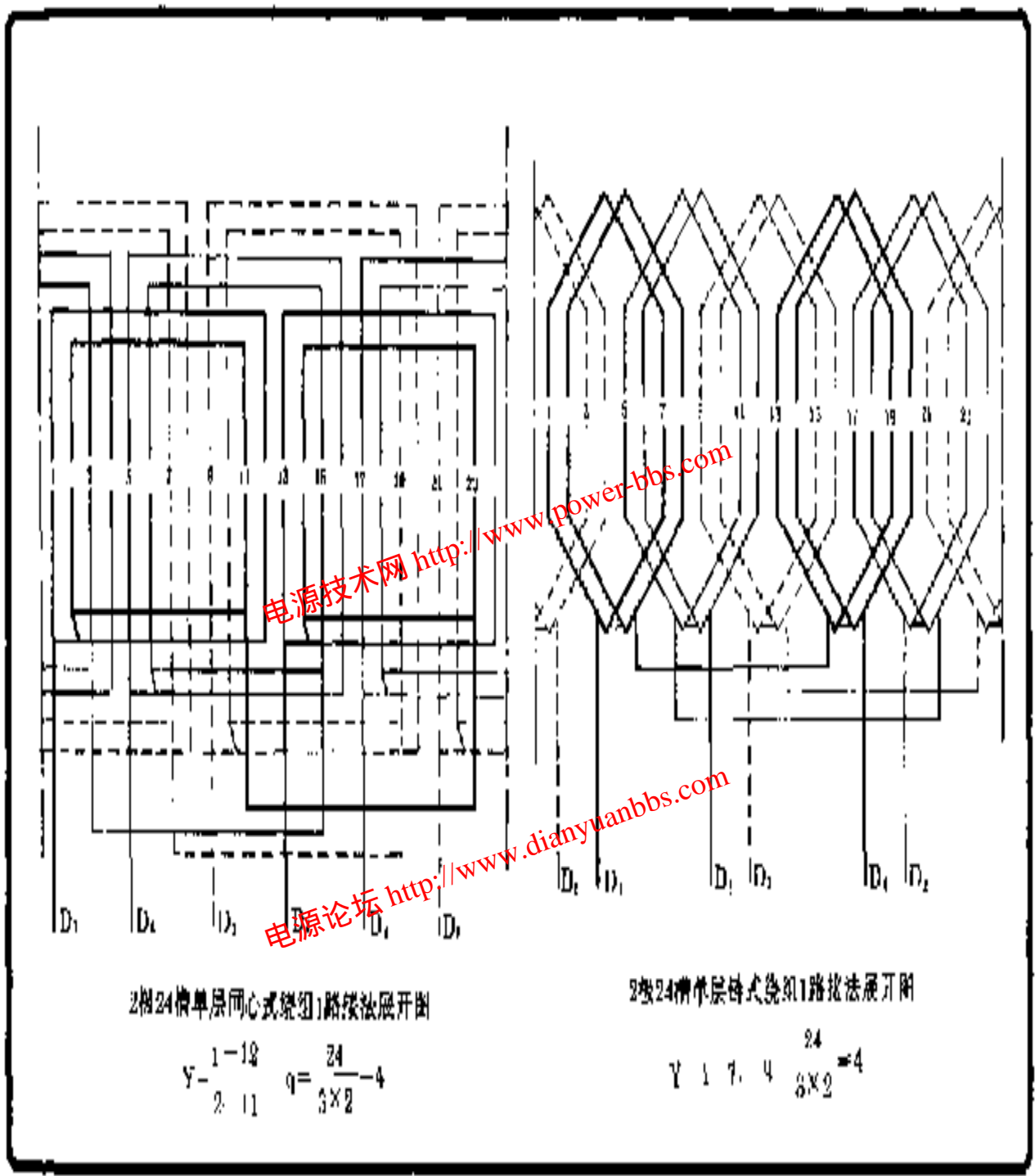


图 6-3

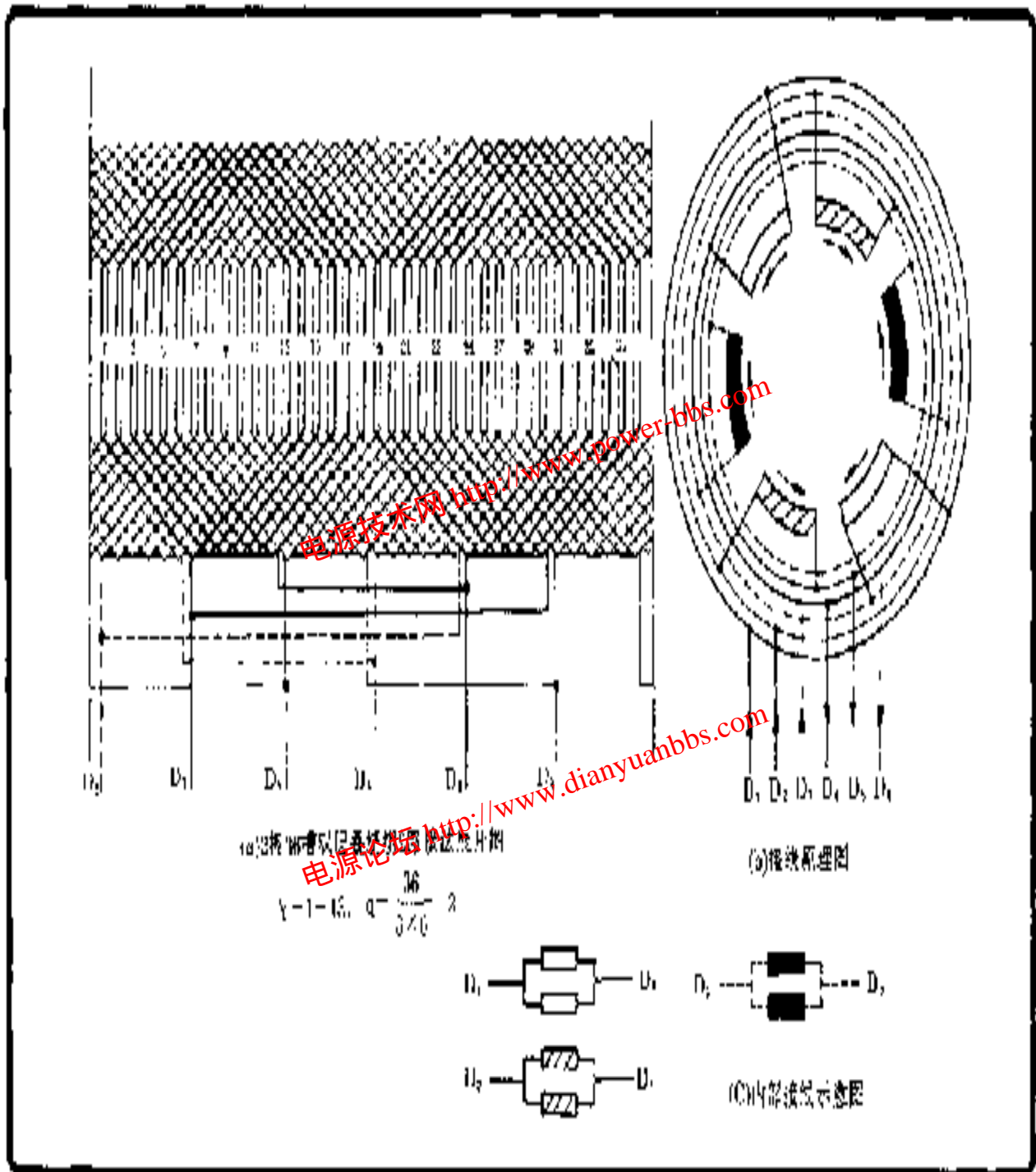
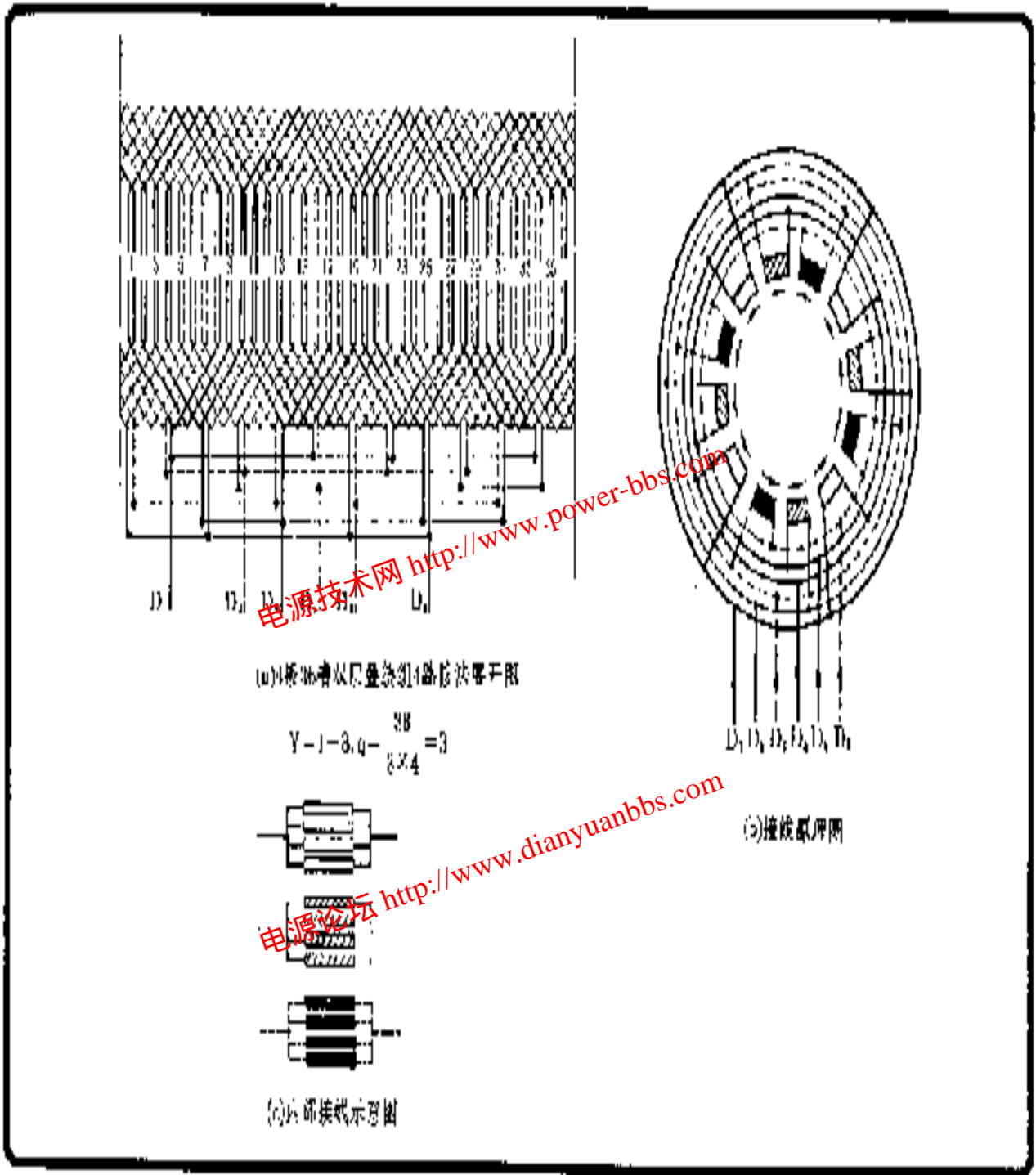


图 6.4



452 图解电工手册

图 6-5

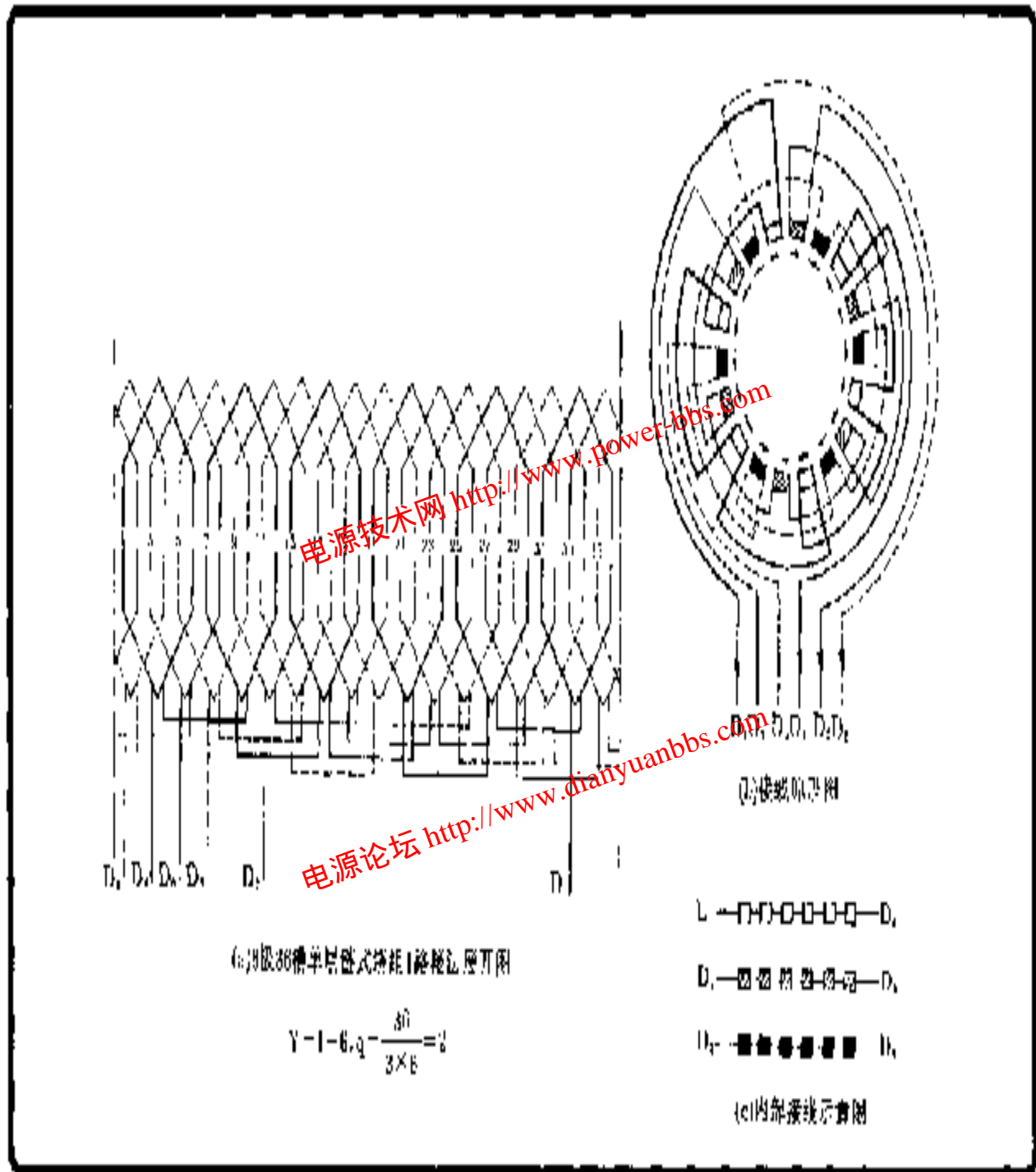


表 6-8 按对电动机起动、调速等要求选型

运行方式	优先使用形式 应用举例	
对起动、调速及制动有特殊要求	鼠笼型电动机	一般机械、风机、水泵
功率较大,且要长期运转	同步电动机	轧棉机、大型水泵
要求几种速度但不要求无级调速	多速鼠笼电动机	
调速质量要求不高,调速比不大时或按制成条件,采用鼠笼型电动机不合理时	绕线型电动机	
对调速和制动要求较高时	直流电动机	

(2) 功率的选择

功率的选择是很重要的课题。功率选小了,不能保证电动机和生产机械正常进行,不能充分发挥生产机械的效能,并会使电动机过早地损坏;功率选大了,虽能保证设备正常运行,不仅增加了投资,并且由于电动机经常不是在满负荷下运转,其效率和功率因数都不高,造成电力的浪费。

根据负载转矩、转速变化范围和起动频繁程度等要求,考虑电动机的温升限制、过载能力和起动转矩,合理选择电动机的功率,使功率匹配合适,力求安全、可靠、经济。

(3) 根据使用场所的环境条件,如湿度、温度、灰尘、雨水、瓦斯、腐蚀及易燃易爆气体含量等,考虑必要的保护方式,选择电动机的防护结构型式。

通常,可参照表 6-9 选择电动机的防护结构型式。

表 6-9 按使用环境选用电动机

电动机安装使用环境	优先选用的防护型式
在正常气候的室内	一般普通防护型 有水雾飞溅可能 防腐、防溅型
在总装带电压的场所	防爆型
在有较多灰尘的场所	导电性灰尘 防尘密封型
	非导电性灰尘 防尘型
空气中含有腐蚀性气体或磨蚀物	化工岩高型、管质通风型
在露天,要求防日晒、雨雪、风沙等	防雨型
用于油井、水池井等液体介质中	潜油式异步电动机(一般为立式三相、二级的 YQY 异步电动机,功率为 17kW 和 40kW 两种)

(1) 根据企业电网电压标准和功率因数的要求,选

454 图解电工手册

种电动机的电源(包括电压、频率和电压对称性)。

对于一般的通用机械,常采用 380V;电源电压的偏差一般不超过 1.5%。

我国的工频供电频率为 50Hz,但出口电机产品有些为 60Hz。因此, Y 系列电机的电源频率除有 50Hz 外,还有产生的 60Hz 系列。由于频率的高低,直接影响电机的转速,且对其运行性能也有影响,因此,实行电源频率与电机额定频率的偏差一般应不大于 1%。

电源电压为实际正弦波形(即波形畸变率不超过 5%),并为实际对称性,即电压的负序分量不超过正序分量的 1%(长期运行时)或 1.5%(在几分钟到几小时内),且与正序分量不超过正序分量的 1%;电压的对称性差对电机的性能影响很大,例如电源电压不平衡率为 3.5%时,电机的损耗将增加 26%。所以,企业用单相负载要搭配适当,尽量保持电源的实际对称。

(5) 根据生产机械的最高转速和对电力传动调速系统的要求,以及机械结构的复杂程度,选择电动机额定转速。

(6) 选择电机时,要考虑产品的价格、建设费用和运行费用,力求综合经济效益最好。如在干燥、洁净的场所,应尽量采用 IP23 的 Y 系列电机,因为这种电机的价格约为同容量 IP44 Y 系列电机的 70%,而且制造厂可以节约材

料;对于连续运行、负载率高的负载,宜选用 YX 系列高效率电机,以求节能和提高综合经济效益。

(7) 选择电机时,要考虑影响安装、运行和维护的因素,力求安装和检修方便,运行可靠。

(8) 要贯彻国家的技术经济政策,积极采用国家明令推广的新产品,不用被淘汰的产品(如 J2、JO2、JO3 系列电机)。

2. 微型小型异步电动机的选择

由于与设备生产厂家决定,以下讨论功率、类型、防护结构型式和转速的选择。

(1) 防护结构型式的选择

应根据使用环境条件选择适当防护型式的 Y 系列电动机及专用系列电动机,如表 6-10 所示。

表 6-10 按使用环境条件选择防护结构型式

使用环境条件	可选用的电动机系列
干燥、洁净的正常环境条件	Y(IP23)、Y(IP44)、YX、YD、YZC、YH、YLT、YUJ、YEP、YTJ、YR (IP44)、YR(IP23)、YZ(IP44)、YZK (IP44)等系列

(续)

序号	使用环境条件	可选用的电动机系列
2	热带或潮湿场所	同1,但电机应进行防腐处理,具有相应的前罩性能,电机型号应加上特殊环境代号TH
3	干热带或海拔高区	同1,或采用干热带型(TA)电动机
4	水滴淋漓的场所	同1
5	粉尘较多的场所	除Y(IP33)和YR(IP23)外,其余同1,还应加装出风罩或清扫,以免粉尘堆积
6	多粉尘特别脏的场所	同3,但应当降低电机的容量使用
7	户外露天场所,有轻腐蚀性化学介质	Y-W(IP54或IP55)
8	户外,有腐蚀性气体(中腐蚀性化学介质)	Y-WF ₁ (IP54或IP55)

(续)

序号	使用环境条件	可选用的电动机系列
9	有中等和强腐蚀性化学介质的环境	中等腐蚀性环境:Y-T ₁ 强腐蚀性环境:Y-F ₂ (IP54或IP55)
10	有爆炸危险的场所	2类爆炸危险场所:YA 煤矿井下固定设备:YB(KB类) 石油、化工厂:YB(D2c, D3d类)
11	有火灾危险场所	防护等级为IP44以上的各种Y系列电动机
12	户外,有腐蚀性或爆炸性气体的场所	由YB和Y-WF ₁ 组合而成的YBDF-WF型户外、防腐、防爆电动机,防护等级为IP54或IP55
13	潜水使用	YQS2系列

(2) 异步电动机转速的选择

① 中、高速机械如何选择Y系列电动机。

中、高速机械是指机械的转速大于1000r/min及以上

456 图解电工手册

的机械,如泵类、风机、压缩机等,宜选择相应转速的 Y 系列电动机,如 Y(IP44)、Y(IP23)、YX、YA、YB、Y-H、YF、Y-W 等系列,电机直接与机械连接。

② 不需调速的低速机械如何选择电动机。

这类机械运行转速低,但不需调速,如球磨机、旋转炉(窑)、轧机等,可选用 YCI、YXI 或其他 Y 系列电机(通过减速器与机械连接)。某些低速断续周期工作的机械,宜采用低速电机与机械直接连接。

③ 频繁启动、制动的断续周期工作的机械如何选择 Y 系列电动机。

这类机械如提升机等,工作速度较低,经常正反转,为了解知止、反转过长时间,提高生产效率,降低损耗,并降低噪声、节省投资,选择电机时,除保证机械所需的最高额定工作速度之外,还应选择最合适的传动比。

这类机械可选择 Yz、YzR、YH、EP 和 YEJ 系列电动机。

④ 需要调速的连续工作机械,如何选择 Y 系列电动机

(a) 调速范围要与机械的要求相符

在电动机承受额定负载下,转差率不大于某一规定值时,电动机能提供的最高工作转速(n_{max})和最低工作速度(n_{min})之比,称为调速范围,或称为调速比(D)。

不同的生产机械对调速范围的要求是不同的,如金属切削机床随其任务不同,要求 D=4~40,其中车床 10~

20,铣床 20~30,龙门刨 10~40。其他机械,如冲床机 D=3~10,造纸机、制浆生产机 3~20,轧钢机 3~120,某些空气压缩机和泵,要求调速改变流量,节约用电, D<2。

(b) 调速精度应满足机械的静转差率要求

不同的生产机械对静转差率(S)要求不同,如普通车床 S≤30%,而高精度的造纸机 S≤0.1%。大部分机械的 S≈1~3%。

(c) 调速方式要与生产机械的负载类型相符

如恒转矩负载不宜用恒功率调速方案;要求无级调速的,不宜采用变频调速;可有级调速的,则不必采用无级调速。

(d) 异步电动机的调速方式及其比较

异步电动机的转速 n 为

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

式中: f —电源频率; p —电机的极对数; S —电机的转差率。

因此,设法改变 S 、 p 和 f , 均可达到调速的目的。

(a) 改变转差率调速: 绕线转子异步电动机的串级调速、控制转子电阻调速, 笼型异步电动机的调压调速和串级转差离合器调速。

(b) 改变频率调速—变频调速。

(c) 改变极数调速—变极多速电动机。

(3) 根据负载性质合理选择电机系列。

(4) 各类机械所需的启动转矩和最大转矩

各类机械配套的异步电动机, 都应满足对启动转矩和最大转矩的要求, 才能稳定、可靠地工作。表 6-11 列出了部分机械所需的启动转矩和最大转矩。

表 6-11 各类机械所需的启动转矩和最大转矩

类 型	机 械	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
1. 冶金 业	轧机		
	(1) 粗轧机、细板轧机、扩管 机	0.4	2.4~3.6
	(2) 线材轧机	1.0	2.2
	(3) 黄铜及铜合金轧机	0.4~0.6	2.2
	(4) 其他各种轧机		
2. 建筑 机械	(1) 搅拌机(标准)、粉碎机、 芒梨型挤压浆料	1.25	1.4
	(2) 破碎机(空载启动)		
	1) 破碎机和排气风扇(大 用电动机)	1.05	1.6
	2) 破碎机(单速驱动)	1.75	1.5
	(3) 搅拌机(粉碎机)	1.25	1.6
	(4) 粉碎机(空载启动)	0.6	2.2
	(5) 瓦盘造纸机械	0.4~0.5	1.4

类 型	机 械	启动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
3. 水泥 机械	管磨机(球磨机)	1.4	1.6
4. 各种 粉碎机 (除碎铁 机之外)	(1) 谷物破碎机		
	(2) 球磨机(灰、岩石)		
	(3) 球磨机(矿石)	1.0	1.6
	(4) 卧式破碎机	1.4	1.6
	(5) 球磨机(碎煤、浮选器 动)	1.5	1.6
	(6) 球磨机(碎煤、浮选器 排汽风扇)	0.4	2.2
	(7) 单台驱动(破碎机)	0.9	1.4
	(8) 破碎机(空载启动)	1.4	2.2
	(9) 破碎机(空载启动)	1.0	2.2
	(10) 圆锥式破碎机(空载起 动)	1.0	2.2
	(11) 圆锥式破碎机(空载起 动)	1.0	2.2
	(12) 圆锥式破碎机(空载起 动)	1.5	2.2
	(13) 圆锥式破碎机(空载起 动)	1.0	2.2
5. 木 工机械	各类木工机械, 如各种锯切	0.4~0.6	2.2

458 图解电工手册

(续)

类型	机械	额定转矩	最大转矩
6. 鼓风机	各种鼓风机	0.3~0.4	1.3~1.5
7. 空气压缩机	各种空气压缩机	0.5~0.6	1.0~1.5
8. 泵类	(1) 无分段的三筒式往复泵	1.5	1.5
	(2) 其他各类泵	0.4~0.6	1.5
9. 发电机组	(1) 150kW 以上的自励电动机	0.2	2.0
	(2) 其他发电机组	0.2	1.5
10. 煤矿机械	(1) 采煤机	1.8~2.5	2~2.7
	(2) 装载机	2~2.8	2.8
	(3) 运输机	1.6~2.0	1.8~2.2
11. 其他机械	(1) 密闭式锻压机	1.25	2.2~2.5
	(2) 橡胶磨机	1.25	2.2~2.5
	(3) 整形机	1.25	2.2~2.5

② 根据生产机械的负载性质选择配套的异步电动机
 a. 生产机械要求配套电机效率高、转速小、如何选择 Y 系列电动机

这类负载性质,对配套电机的要求、设备类型和 Y 系列电动机的选择,如表 6-12 所示。

表 6-12 效率高、转速小时 Y 系列电动机的选择

负载性质及要求	设备类型	对电机的要求	电机系列
恒定转矩	1. 离心式、透平式、蜗旋浆式	小转矩	Y(IP44)、Y 系列
各种转矩与恒定转矩之比为:	风机、压缩机、	高效率	YX、YTB、
堵转转矩	风扇和泵类、	高效率	YD、Y-II、
0.2~0.4	液体搅拌机、	率	Y、W、Y
最小转矩	自励发电机组		D、YA、YB
0.1~0.25			
最大转矩	2. 小型机械(要求频繁启动或正反转的进刀传动,采用力矩电动机)	启动电流小 转矩率小	Y(IP44)、Y (IP23)、YX 系列 YV
1.3~1.5			
		高效率	Y(IP44)、Y (IP23)、
		小	YD、YTC

(续)			
负载性质及要求	设备类型	对电机的要求	电机系列选择
二、中等运动, 在可空载启动 各种转矩与额定转矩之比为: 堵转转矩: 0.4~0.7 最小转矩: 0.2~0.5 最大转矩: 1.3~1.5	输送机、轴传动、粉末搅拌机、破碎机、正压排量式旋转或往复式和压缩机(空载启动)	转差率小	Y(IP44)、Y(IP23)、YK
		启动电流小 转差率小	YR, 其他Y系列
三、重启动 1. 带负载启动 2. 各种转矩与额定转矩之比为: 堵转转矩: 1.0~1.5 最小转矩: 0.7~1.25 最大转矩: 1.3~1.75	大风扇、人输送机、轴传动(面粉、纸张、橡胶和金属轧设备的轴传动和搅拌机传动)正压排量式旋转或往复式和压缩机	启动转矩	Y(IP44)、Y(IP23)、Y-11、YA、YB、Y-W、Y-F
		1. 最小的启动电流 2. 高的启动转矩 3. 转差率小	YR

(续)			
负载性质及要求	设备类型	对电机的要求	电机系列选择
四、大的峰值负载 1. 带负载启动(破碎机除外) 2. 最大转矩启动 3. 各种转矩与额定转矩之比为: 堵转转矩: 0.65~2.0 最小转矩: 0.5~1.75 最大转矩: 2~2.5	面粉、纸张、橡胶和金属轧设备; 轴传动(橡胶、面粉); 冲机和搅拌机(橡胶、塑料); 金属滚压机、旋转真空泵(线); 破碎机(不带负载启动); 整前机械、排压机(无飞轮); 锤式破碎机	1. 高的启动转矩 2. 小的转差率 3. 有时要求大的堵转转矩	Y(IP44)、Y(IP23)、YK
		1. 最小的启动电流 2. 大的启动转矩 3. 小的转差率	YR

b. 要求转差率高的机械, 如何选择 Y 系列电动机
 这类机械或者要求频繁启动和正反转, 或者启动惯量大, 或者带有飞轮, 这类设备对电机的要求和 Y 系列电机

的选择,如表 6-13 所示。

(续)

表 6-13 要求转速提高时 Y 系列选择

负载性质和要求	设备类型	对电机的要求	电机系列选择
一、起重机械 1. 频繁起 动及正反转 2. 满载起 动 3. 断续工 作	提升机	1. 低的起 动电流,高的 启动转矩 2. 平稳运 行	YZ(要求效率 为 15~20%) YH YII
		要求同上,转 速可低	YZR
	小型吊车 起重机	1. 低的起 动电流,高的 启动转矩 2. 转 速	YI(要求效率 为 15~20%) YH
	大型工业 吊车和起重 机	调速	YZR

负载性质和要求	设备类型	对电机的要求	电机系列选择
二、塔吊和 上反转 1. 频繁起 动及正反转 2. 满载起 动 3. 连续工 作	自动机 械,要求频 繁正反转的 主轴传动; 进刀传动 (见本表 II、 3)	电机应满足 机床的有关要 求	YH(要求效率 为 15~20%, 13% 和 13~ 20%) YR
三、起重 吊钩 1. 不经常 或不频繁起 动 2. 负载惯 量大 3. 连续工 作	离心机 台架机 转炉(铸)	1. 启动时 间长 2. 低的起 动电流	YH(要求效率 为 15~20%) YK Y(IP44), Y (IP23)
四、飞轮传 动 1. 负载转 矩波动大的轴 传动 2. 不经常 或不频繁起 动 3. 连续工 作	带飞轮的 机械冲击	1. 要有足 够大的转差 率,允许飞轮 减速,电机不 过载 2. 在负载冲 击之间,电动 机必须加速飞 轮	Y(IP44), Y (IP23) (冲击) 40次/min) YR(调速) YH(要求效率 为 15~20%或 13%)

(续)

负载性质及要求	设备类型	对电机的要求	电机系列选择
五、大型传动 1. 塔桥工作 2. 从塔桥到增速, 塔桥与增速成反比 3. 频繁启动、停机和加群	电机长时运转: 静态传动 变频传动 变频器 电机断流 塔桥 夹钳或螺 旋传动装置 限位旋转 传动如闸门 操作	1. 在规定的时间内电机 塔桥不过热 2. 专门的 塔桥种类	YTJ(JTJ)力矩 电机 YLF 及门 用电机
	电机偶尔启动 塔桥机传动 和制动	转矩 转 冲转矩为额定 转矩的 2~3 倍 ——转矩为直 线	YLI(要求转速 率为 5~20%)
	快速换 位, 进给利 泰刀具	大的启动转矩 小的制动电流	YII(要求转速 率为 20~50%)

注: YH 为新型工作型(S3), 但可作 50% 使用, 转速率为 7~11%。

c、各类机械负载性质及 Y 系列电机选择一览表如表

6-14 所示。

表 6-14 各类机械负载性质及 Y 系列选择一览表

机械名称	负载性质	电机系列
液体搅拌机	VT	① ② ③~⑥ ⑦ ⑧
碾磨机	CT	① ② ③~⑤ ⑦ ⑧
砂磨机	d	① ② ③~④ ⑤~⑥
齿式破碎机	e	① ② ③~④ ⑤~⑥
带式输送机	d, e	① ② ③~④ ⑤~⑥
大带锯	d	① ②
小带锯	d	① ②
筒式粉碎机	d	① ② ③~④ ⑤ ⑥
压床机	CT	① ② ③
剥皮机	d	① ② ③~④ ⑤ ⑥
皮带运输机	CT	① ② ③~④ ⑤ ⑥
带式托辊机	d	①
吊钩式起重机	CTI	① ② ③ ④
鼓风机	VT	①~④ ⑤~⑥ ⑦ ⑧
造气机	CT	① ② ③ ④
冲管机	CH	① ② ③ ④
空分压机	CT	① ② ③ ④
制氧机	CT	① ② ③

462 图解电工手册

(续)

(续)

机械名称	负载性质	电机系列	机械名称	负载性质	电机系列
制动电动机	a	①	离心式压缩机	VI,t	
破碎机	d	① ② ③~④ ⑤~⑥	有负载往复压缩机	CT	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
压砖机	CT	① ② ③ ④	不带负载往复压缩机	CT	
热水搅拌机	CT	① ② ③ ④	旋转式压缩机	CT	①
压煤机	CT	①、②-③、④	人型带负载运输机	CT	① ② ③ ④ ⑤ ⑥~
自动拉削机	CT	①	链式运输机	①、②	
小拉削机	CT	① ② ③	小型运输机	CT	
大吊斗运输机	CT	① ② ③~④ ⑤~⑥	碎棉机	CT	① ② ③
小吊斗运输机	CT	① ② ③~④ ⑤~⑥	带飞轮破碎机	d	① ②
汽车除轮胎(大)	CH	①	自动压钻	CT,g	① ②
(小)	CH	① ② ③	小压钻	CT	① ② ③
空气压缩机	VT	①~④、⑤~⑥ ⑦ ⑧	梯形变器	CH	① ② ③~④
电风扇	V ₁	①~④、⑤~⑥ ⑦ ⑧	吊桥	CT	① ② ③
泵类	VT	①~④、⑤~⑥ ⑦ ⑧	平衡工字机	d	① ②
离心机	d	① ②	轧边机	d	① ② ③
充电(轻)	d	① ②	电动头焊	d	① ② ③ ④
煤渣粉碎机	d,t	① ②	升降机	CT	① ② ③
大圆锯	d	① ②	脱水机	CT	① ②
小圆锯	c	① ②	筛分两机	P	特殊设计
			破碎机(橡胶)	c	① ② ③ ④
			机床进刀机构	CT	①

(续)			(续)		
机械名称	负载性质	电机系列	机械名称	负载性质	电机系列
带飞轮的设备			卷扬机	CT	① ② ③
破碎机	d	② ③	快速冲床	CT	① ② ③ ④
金属加工机床	II	② ③	大转子(泵)	d	② ③
冲床	d	② ③	小转子(泵)	d	① ② ③
冲床	d	② ③	盐排机	CH	① ②
压片机	d	② ③	自动车床	CT	② ③
强迫通风电机	VT	①~④ ⑤~⑧ ⑨~⑫	车床进刀机构	CT	②
铸件抛丸机	CT	①	其他车床	CT, CH	C~④
泵类	II	① ③	分瓣式洗衣机	CT	④ ⑤ ⑥ ⑦
插齿机	CT	① ② ③ ④	脱衣机	CT	C ②
金属磨床	CT	① ② ③	烘干机	CT	① ②
纸浆机	c	① ② ③ ④	静止驱动装置	h	①
不带飞轮的冲床	CT	① ② ③ ④	总轴传动:		
大吊车	d	②	带负载	d	
小吊车	CT	② ③ ④ ⑤	不带负载	d	① ② ③
造纸机	d	① ② ③	橡胶打点轴	d	① ② ③
机床换刀机构	CT	② ③ ④	织布机:		
工业风扇	VT	①~④ ⑤, ⑥ ⑦~⑩	有离合器	d	①~④
内部搅拌机(碾胶用)	d	① ② ③	无离合器	d	①~④
印刷机	CT	②~④ ⑤	机床:		
木工加工机	CT	②	自动机床	CT	②

464 图解电工手册

(续)

(续)

机 械 名 称	负载性质	电 机 系 列	机 械 名 称	负载性质	电 机 系 列
通用机构	CT	①	小型泵类电机	CT	① ②
换位机构	CT	②	不带飞轮的冲床	CH	① ②
一般机床	CT, CH	① ② ③ ④	带飞轮的冲床	CE	③ ④
床内机	CT	① ②	不带飞轮的刨床	CE	① ②
液体混合器	CT	① ② ③ ④ ⑤	剥线机	CT	① ② ③ ④
粉末混合器	CH	① ② ③ ④ ⑤	有色金属轧机	① ② ③ ④	
塑料挤出器	CH	① ② ③ ④ ⑤	轧钢机	m	① ② ③ ④
电动机机组	CT	①-④	离心泵沙引	d	① ② ③
烘箱机	CT	①-④ ⑤-⑥	破碎机	CT	① ②
液态搅拌机	CT	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	刨床、修床	d	①
半固态搅拌机	CH	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	锯	d	①
盘式研磨机	CT	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	螺旋输送机	h	①
压片机	e	① ② ③	螺旋输送机	CT	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
刨床	CT	①-④			⑦
汽轮机		① ② ③ ④			
自动离心机	CT	①	液力耦合器	CT	① ② ③ ④-⑤ ⑥
交直流电机	h	①			
带飞轮的电动机	d	① ②			
螺旋桨风机	VT	①-④ ⑤ ⑥ ⑦-⑧			
螺旋泵	VT	① ② ③ ④ ⑤-⑥			
拌泥机	CH	① ② ③ ④	传动式运输机	d	① ② ③ ④ ⑤ ⑥-⑧
			大型压机	k	①

(续)

机械名称	负载性质	电机系列
小榨油机	CH	① ②
大型加煤机	CT	① ② ③ ④
小型加煤机	CT	① ② ③ ④
锤磨机	d	① ② ③
粉碎机	CT	① ② ③
轧管机	CT	① ② ③ ④
滚筒加煤机	CT	① ② ③ ④
滚筒造光机	CT	① ② ③
转台	CT	① ②
真空泵	CT	① ②
振动筛	d	① ②
绞车	CH	① ② ③ ④ ⑤ ⑥-⑦
卷扬机	CT	① ②
纸浆搅拌机	d	① ② ③
水锯切原机	n	① ②
尖锥传动机构	h	①
电动阀门		①

注:CT 恒转矩;VT 变频转矩;CH 恒功率;d 单速或变频
变速;n 有起停和脉冲转矩,由机械传动,采用特殊绝缘
或密封;f 变频频繁启动和反转;g 高速轻载、低速重
载、频繁启动和正反转;l 不同调速电机;m 低启动电流,
人的加速时间;n 单独启动,要求最大转矩为额定转矩的
2.5~3.5倍,启动转矩为额定转矩的1.0~3.5倍;n 要
求高的加速转矩;p 特殊设计。

电机系列代号:①-Y(IP24);②-Y(IP23);③-YX;④-
YD;⑤-YXC;⑥-YH;⑦-YA;⑧-YE;⑨-YCT;⑩-
YCI;⑪-YEP;⑫-YE;⑬-YLB;⑭-YR;⑮-Y-W;
⑯-Y-E;⑰-Y H;⑱-YZ,YZR;⑳-YWF;㉑-YU。

(4) 异步电动机功率的选择

① 电动机功率选择的前提、初步计算方法及选择顺序

首先要查明电机配套的生产机械负载变化的规律,通
过计算(或通过实测对比),绘出生产机械负载图 $T=f$
(t)或 $P=f(t)$ 。负载图是千变万化的,在计算电动机功率
时,应大致确定电动机在何种工作制下工作,然后按相应的
工作制,合理选择电动机的额定功率。

在选择电动机时,应从生产机械所需的负载图和工作
制中,选取最繁重的条件来计算功率,并校验电机的发热、
最小转矩、允许的增大转动惯量和过载转矩。

② 连续工作制电动机功率的选择方法

a. 确定最佳负载率:

b. 从现有负载的大小选择电机的功率;

c. 计算恒定负载连续工作制下异步电动机的功率;

d. 几种常用机械的电动机功率计算方法;

(e) 配套用异步电动机功率的计算公式如表 6-15 所

示:

466 图解电工手册

表 6-15 泵用异步电动机功率计算

(续)

泵 型	电动机功率计算公式	符号说明及单位	泵 型	电动机功率计算公式	符号说明及单位																			
离心式 轴流式 混流式 潜水泵	$P_N \geq k \frac{\gamma Q (H + \Delta H) \times 10^3}{102 \eta_m} \quad (\text{kW})$	<p>γ-液体密度, 水的 $\gamma=1$ (kg/m^3)</p> <p>Q-泵的流量(排水量) (m^3/h)</p> <p>H-水头(m)</p> <p>ΔH-总管损失水头(m)</p> <p>η-水泵的效率, 一般为 0.6~0.84</p> <p>η_m-传动效率, 与电动机直接连接时, 取 1</p> <p>k-余量系数, 按功率确定:</p> <table border="1"> <tr> <td>功率</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>(kW)</td> <td>1.1</td> <td>1.5</td> <td>1.06</td> <td>1.06</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.7</td> <td>1.15</td> <td>1.06</td> <td>1.06</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1.1</td> <td>1.06</td> <td></td> </tr> </table>	功率	2	2	5	50	(kW)	1.1	1.5	1.06	1.06		1.7	1.15	1.06	1.06			1.1	1.06		<p>轴流式 当轮泵</p> $P_N \geq k \frac{\gamma Q \rho_2}{\eta} \quad (\text{kW})$ <p>$\eta = \eta_0 \eta_m$</p>	<p>Q-流量(L/min)</p> <p>ρ_1-进出口压力, $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3$ (Pa)</p> <p>η-效率</p> <p>η_0-容积效率</p> <p>η_m-机械效率</p> <p>$\eta_m = 0.65 \sim 0.95$</p> <p>k-余量系数, 取值同轴流泵</p> <p>ρ_2-出口压力 (Pa)</p> <p>ρ_1-进口压力 (Pa)</p>
功率	2	2	5	50																				
(kW)	1.1	1.5	1.06	1.06																				
	1.7	1.15	1.06	1.06																				
		1.1	1.06																					
往复泵	$P_N \geq k \frac{Q \rho_2}{10.4 \eta} \quad (\text{kW})$	<p>Q-流量(m^3/h)</p> <p>ρ_2-出口压力 (Pa)</p> <p>η-总效率:</p> <p>电动机 $\eta = 0.6 \sim 0.9$</p> <p>k-余量系数</p> <p>功率(kW) ≤ 4</p> <p>k 1.5~1.5 1.06~1.2</p>	液环泵	$P_N \geq \frac{3.769 \rho_2 Q_1}{\eta} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (\text{kW})$	<p>Q_1-流量(m^3/min)</p> <p>η-效率, $\eta = 0.3 \sim 0.5$</p> <p>其他同轴流泵</p>																			

(续)

类型	电动机功率计算公式	符号说明及单位
容积泵	$P_{\text{容}} \geq \frac{AP}{\eta} \text{ (kW)}$	P_0 - 泵排气口处的排气压力(p) m - 多变指数, 对空气 $1 < m < 1.4$ η - 泵的最大机械效率
1. 旋片真空	$P_{\text{容}} = 10^{-6} S_j \frac{p_2}{m \cdot \eta}$ (kW)	对旋片真空泵: 单级泵 $\eta = 0.45 \sim 0.5$ 双级泵 $\eta = 0.4 \sim 0.45$ η - 传动效率 S_j - 几何抽速(L/s) k - 余量系数, $k = 1.2 \sim 1.5$
2. 滑阀真空泵	$P_{\text{容}} \geq k P_{\text{容}} \text{ (kW)}$ $P_{\text{容}} = 10^{-6} (P_{2\text{max}} - P_1) S_j \text{ (kW)}$	$P_{2\text{max}}$ - 泵正常工作时最大排气压力(Pa) P_1 - 泵在 n 下的吸气口压力(Pa) k - 余量系数, $k = 1.5 \sim 2.5$

(b) 金属机床用异步电动机功率的计算公式如表

6-16所示。

表 6-16 金属机床用异步电动机功率的计算

主轴传动电动机	过桥传动电动机	辅助传动电动机
$P_N \geq \frac{T_i n_N}{9555} \text{ (kW)}$ (不调速) T_i - 电动机负载转矩(N·m) n_N - 电动机额定转速(r/min)	$P_N \geq \frac{F_N V_{\text{max}}}{59976 \eta} \text{ (kW)}$ V - 最大进给速度(m/min) F_N - 进给运动的总阻力(N) η - 进给传动效率(不调速) $T_N \geq T_L \text{ (N·m)}$ T_N - 电动机额定转矩(N·m) T_L - 电机负载转矩(N·m) (采用多速电动机)	$P_N \geq \frac{G v}{624.5 \eta} \text{ (kW)}$ G - 移动件的重量(N) v - 移动速度(m/min) μ - 摩擦系数 $T_N \geq T_L$ $T_L = \frac{975 G v \mu}{6120 \eta}$ T_L - 电动机启动转矩(N·m) T_L - 负载启动转矩(N·m) μ - 摩擦系数 n - 电动机转速(r/min) η - 传动效率
$P_{\text{容}} \geq \frac{P_{\text{max}}}{\eta_{\text{min}}} \text{ (kW)}$ $P_{\text{容}}$ - 机床最大切削功率(kW) η_{min} - 传动最低效率(采用多速电动机)		

468 图解电工手册

(c) 风机配用异步电动机功率的计算公式列表 6-17

(续)

所示。

表 6-17 风机配用异步电动机功率的计算

类型	电机功率计算公式	符号说明及单位
离心式 轴流式 混流式 轴流式 混流式	$P_N \geq \frac{kQp}{10.4\eta_1\eta_2}$	Q - 送风量 (m ³ /s) P - 空气压力 (Pa) η ₁ - 传动效率: 电机直联 联轴器 减速器 三角皮带 1.0 0.98 0.95 0.92 η ₂ - 风机效率, 因叶轮参数而异: 轴流 离心 混流 多叶: 窄轮 宽轮 窄叶 宽叶 平板 机罩 0.6 0.7 0.7 0.75 0.75 0.75 0.78 0.88 0.88 0.88 0.9 0.92 k - 余量系数: 功率 kW 1 以下 1.2 2~5 >5 k 2 1.5 1.25 1.05~1.2 除风机效率现情况而定之外, 其他同上

类型	电机功率计算公式	符号说明及单位
离心式 轴流式	$P_N \geq \frac{KGH_{\Sigma}}{10.4\eta_1\eta_2}$	G - 质量流量 (kg/s) H _Σ - 多头给气头 (N·m/kg) η ₁ - 传动效率 η ₂ - 风机效率 0.96~0.98 k - 余量系数, 取 k=1.1

(d) 压缩机配用异步电动机功率计算公式列表 6-18 所示。

所示。

表 6-18 压缩机配用异步电动机功率的计算

类型	电机功率计算公式	符号说明及单位
1. 活塞式 压缩机	$P_N \geq k \frac{P_2}{\eta}$	P ₂ - 压缩机的指示功率 (kW) η - 压缩机的效率 η = 0.8~0.95
2. 螺杆式 压缩机	$P_N \geq k \frac{P_2}{\eta}$	皮带传动 η = 0.96~0.99 齿轮传动 η = 0.97~0.99 k - 余量系数, k = 1.05~1.15
3. 叶片式 压缩机		η = 0.95~0.98 (螺杆式) η = 0.7~0.75 (叶片式) 其他同上

(续)

类型	电机功率计算公式	符号说明及单位
4. 多级式鼓风机	$P_N \geq k1.61 \times 10^4 \times \frac{v(P_2 - P_1)}{i \eta} \text{ (kW)}$	v - 排风量 (m³/s) P ₁ - 进气压力 (Pa) P ₂ - 排气压力 (Pa) i - 排气系数 0.8 - 0.9 η - 机械效率 0.87 - 0.94 k - 其他同上
5. 离心式压缩机	$P_N \geq \frac{kQ}{10.47} \times \frac{A_d + A_r}{2} \text{ (kW)}$	Q - 压缩机生产率 (m³/s) A _d - 压缩 1m³ 空气量至绝对压力 P ₁ 的等温功 (N·m) A _r - 压缩 1m³ 空气量至绝对压力 P ₂ 的绝热功 (N·m) η - 总效率 η 0.62 - 0.8 k - 同上

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

第七章 变 电 站

一、变电站概述

在电力系统中,变电站是发电厂与用户联系的中环环节。变电站除了把输电线送来的电压、电流进行变换、集中和分配以外,还进行电压调整、负荷控制以及输电线路和变电站内部设备的保护。

除了发电厂的升压变电站以外,专门设置升压变电站是很少的。以下叙述降压变电站时简称变电站,涉及升压变电站和升压变压器时则以升压二字。

(一) 变电站的分类

按在电力系统中的地位分为:枢纽变电站;穿越变电站;终端变电站。

按电压等级分为:一次变电站;二次变电站。

按用途分为:联络变电站;工矿、企业变电站;农村变电

站;整流变电站;电车变电站。

按作用分为:仅仅变电的变电站;既变电又配电的变电站;仅仅配电的配电站。

按形式分为:户外式变电站;户内式变电站;半户外式变电站;地下变电站;移动变电站。

(二) 变电站的主要设备

变电站的主要设备有:主变压器,各种开关设备,避雷器,调压设备,控制保护装置,电压、电流互感器,其他附属设备。

1. 主变压器

主变压器的作用是变换电压。一般情况下主变压器采用三相电力变压器;高电压、大容量电力变压器在受到运输条件限制时,可耐压三个单相电力变压器代替一个三相电力变压器;当变电站有三个电压等级时采用三卷(即三绕组)电力变压器。变压器根据负荷允许停电与否采用无励磁调压分接开关或有载调压分接开关。大容量电力变压器的套管内常装有电流互感器。

2. 母线与开关设备

在变电站内汇集着许多为了集中和分配电能的输入线,它们与主变压器一起接在母线上,在每条线路的引出口

处装有断路器和隔离开关等开关设备。断路器通常用于电路的送出、停止或切换,当输、配电线路和设备发生故障时用来自动切断回路。隔离开关不允许带负荷电流,它用于当输配电线、变压器和断路器等进行维护维修时把它们从回路中断开,有时还用其切换母线环。输电线引出口处的隔离开关是为了容易取得接地而设置的,一般带有接地装置。

3. 避雷器

避雷器是把系统中发生的如雷击和操作过电压之类的异常电压抑制在规定的值以下,以保护主变压器及其他设备的绝缘。

4. 调相设备

主要用来调整功率因数(cosφ)。调相设备分两大类,一类是旋转型的调相机,它能迅速连续地进行调整;另一类是静止型的电力电容器和并联电抗器,它们的调整时间长,并且分段不连续,但价格便宜,维护方便。

5. 控制、继电保护装置和互感器

控制装置和继电保护装置安装在变电站的控制室内,值班人员通过控制盘(台)上的仪表和信号灯监视设备的运行状态,通过控制盘(台)上的开关、按钮改变设备的工作状态。电压互感器、电流互感器为各种测量表计以及继电保护装置提供必要的电压和电流。

6. 其他设备

除上述主要设备外,变电站内还有站用电设备,蓄电池室或整流设备,通讯设备,通风设备,照明设备,用于操作机构和空气断路器消弧的压缩空气系统,变压器油处理设备,污秽地区绝缘子类的清洗设备和消防设备。

(三) 中性点接地方式

电力系统中性点接地指的是系统中电力变压器星形接线中性点的接地。其方式有三种,即不接地、经消弧线圈或电阻接地、直接接地。前两种又统称为非直接接地系统。在不接地系统中,所有变压器的中性点均不接地。对于直接接地与经消弧线圈接地的系统,为了满足一定的技术条件,往往要求部分变压器的中性点不接地。

我国220kV及以上电压等级电网为中性点直接接地系统;154kV电网为经消弧线圈接地系统;110kV电网大多为直接接地系统,个别需经消弧线圈接地;60kV及以下电网均为非直接接地系统,其中20kV及以上电网单相短路电流大于10A,10kV及以下电网单相短路电流大于30A均需经消弧线圈接地。

变电站中电力变压器中性点采用何种接地方式首先要服从电力系统的整体安排,其次要考虑单相接地时继电保护实现的可能性,对通讯与信号设备影响的大小,以及运

472 图解电工手册

行可靠、安全方便等全面考虑,并根据不同电压等级的不同要求区别对待,不同中性点接地方式的比较见表 7-1。

表 7-1 各种中性点接地方式比较

项 目	中性点接地方式		
	不接地	经消弧线圈接地	直接接地
单相接地电流	为对地电容电流,一般小于 10A ⁽¹⁾ ,线路长时稍大	最小,几乎为零	最大可达到 100% I ₀ ⁽²⁾ 或更大
单相接地相对电压	等于或稍大于线电压	等于线电压	小 = 80% 线电压
单相接地的持续时间	长	长	短
短路时的处理方法	隔离故障段	短路时一般可自行消弧,永久性故障时必须隔离故障段	隔离故障段
事故操作情况	简单,对直接接地时复杂	较大系统要操作消弧线圈分接头,较复杂	简单

项 目	中性点接地方式		
	不接地	经消弧线圈接地	直接接地
事故检查	要有特殊设备	要用特殊设备	可以在一部分安全
中性点接地方式与系统的关系	只能与不接地系统或经绝缘变压器接地系统连接	只能与经消弧线圈及经绝缘变压器的接地系统连接	可与直接接地或经电抗器接地系统连接
设备选型	选用可用于中性点不接地的型式	选用可用于中性点不接地的型式	选用可用于中性点接地的型式
避雷器器的灭弧电压	不低于 100% 线电压	不低于 100% 线电压	可选用 80% 线电压避雷器
断路器的开断容量	按 I ₀ ⁽³⁾ 考虑,动作次数较多	按 I ₀ ⁽⁴⁾ 考虑,不经动作	按 I ₀ ⁽⁵⁾ 与 I ₀ ⁽⁶⁾ 中较大者考虑,动作次数多
短路时对通信线的感应	小,但双回路或中性点偏移时通信线会产生感应,而且时间较长	中性点偏移时产生静电感应	共磁时产生感应
短路时对通信线的感应	小,但双回路或中性点偏移时通信线会产生感应,而且时间较长	小,但应考虑变压器及电抗器的三次谐波影响	大,但采用断路器切除故障时,持续时间短

项 目	中性点接地方式		
	不接地	经消弧线圈接地	直接接地
单相接地 后果及供电 可靠性	电容电流产生电弧,可能发展为相间短路,危及系统	约有 60% 的故障能自动消除,不要求立即切除,供电可靠性较高,对设备损害小	可能损坏设备,要求尽快切除故障,以保证供电可靠性;一般以重合闸或双回路供电

二、主结线及站用电结线

(一) 概述

1. 对主结线的基本要求

(1) 满足系统和负荷需要,在正常运行或事故检修(包括定期维修)时,系统的电能应能送入变电站,同时用户所需的负荷应能从变电站送出;在质量上满足电压质量的规范。

(2) 满足系统调度的要求,应能适应各种可能的运行方式,能在系统调度限电的情况下确保一级负荷供电。

(3) 主结线力求清楚简单,操作程序简便,以减少误操

作机会。

(4) 应避免任一元件故障时出现大面积停电的现象。

(5) 应考虑近期建设,后续扩建,最终远景各阶段的过渡,力求方便过渡。

(6) 设备选择及布置方案合理,易于实现。

(7) 考虑安全性,经济性,美观协调。

2. 必要的原始资料

(1) 负荷资料

① 出、入线回路数。

② 统计最大负荷、小负荷变化曲线,月、日负荷变化曲线,考虑季节影响和最大负荷连续运行小时数。

③ 了解负荷等级对供电质量的要求。

④ 了解下一级变电站或用户的接线图,运行方式,自动装置情况,电压等级及负荷大小。

(2) 系统资料

① 近期及远景的电力系统接线,地理分布。

② 潮流分布情况,即输入、输出功率和穿越功率情况。各种可能的运行方式,对有功、无功负荷的要求及发电厂、上下级变电站母线的电压水平。

③ 了解系统远景的系统阻抗。

④ 掌握系统对本变电站的要求,如高压侧电压等级,主变压器的分接头,中性点接地方式,无功补偿设备等。

474 图解电工手册

(3) 主变压器、备用变压器、各种开关设备、电抗器、互感器、避雷器、母线、成套配电装置……等的资料齐全。

(4) 站址资料,包括站址报告、出线走廊情况、水文地质、空气污染等资料。

3. 主接线设计内容

(1) 明确本变电站在系统中的地位。

(2) 决定本变电站出现的电压等级,进行负荷分析后将负荷分配到各级电压母线上,提出变电站规模。

(3) 决定主变压器的容量、台数及型式。

(4) 决定各级电压母线的接线方式,单母线、双母线、分段或有旁路母线等。

(5) 编制主接线,进行短路电流计算和技术经济比较。

(二) 各级电压的主接线形式

1. 单母线接线

接线最简单,造价也很廉,但任一元件(母线、母线隔离开关等)故障或检修均需使整个配电装置停电。故只适用于小容量和用户对可靠性要求不高的装置中,但如果采用成套配电装置,也可用于重要用户的供电。如图 7-7(a)、(b)中 10kV 和 6~10kV 侧均采用单母线接线。

2. 单母线分段或带旁路母线的接线

为了提高供电可靠性,可用断路器将单母线分段,一般分为两段,也可以更多。分段后当某段母线发生故障时,断路器在继电保护装置作用下自动将故障段切除,从而保证了正常段的不断电。并且对于重要用户还可以从不同段引出两回线供电,提高了供电可靠性。如图 7-7(c)、(d)中的 10kV 和 6~10kV 侧和图 7-2 中的 110kV 和 35kV 侧(采用手车式少油断路器)均采用单母线分段。

单母线的分段断路器也可用隔离开关代替,但当一段母线发生故障时,全部装置仍须停电。在用隔离开关将故障母线分开后,方能恢复非故障段母线的供电。单母线分段的接线,广泛应用于各种电压的配电装置。

在单母线分段接线中,当一段母线故障时,与该段连接的线路必须停电,待修复后方可供电。另外,在检修母线时,若采用单母线分段加装旁路母线的形式,可通过切换隔离开关将有关线路切换到旁路母线上,可减少线路停电时间或不断电供电。设置旁路母线的方法也可用于下述的双母线接线。单母线分段带旁路母线的接线见图 7-3 110kV 侧接线和图 7-4 6kV 侧、35kV 侧和 110kV 侧接线。

3. 双母线接线、双母线带旁路母线接线

在重要的配电装置中,须将可靠的供电时均采用双母

线接线。这种接线中的变压器和线路都通过一只断路器和一对隔离开关连接到两套母线上,内套母线中的一套工作,另一套备用,与工作母线连接的隔离开关接通,与备用母线连接的隔离开关断开。两套母线用联络断路器联接起来,双母线接线可以轮流检修母线,而不中断对用户的供电;检修任何一个母线隔离开关时只断开此隔离开关所属的电路;工作母线发生故障时只需操作隔离开关,使配电装置迅速恢复供电;修理任何一条电路的断路器时不致使这条电路的供电长期中断。双母线接线见图 7-3 35kV 侧和 6kV 侧接线,双母线带旁路母线接线见图 7-1 220kV 侧和 110kV 侧接线。

4. 桥式接线

桥式接线分为内桥式接线和外桥式接线。如果在运行中变压器不需经常切换工作,且输电线较长时,采用内桥式接线较合适。因为这种接线当变压器从工作中退出时,需将带一条输电线短时停电,而输电线发生故障时,只切断故障线路本身,两台变压器仍可正常工作。在相反的条件下,则以外桥式接线为宜。此外,当系统有穿越功率流经本站时,也应采用外桥式接线。如图 7-5 是没有外桥条件的内桥式接线,如图 7-6 是外桥式接线。

下面进一步介绍图 7-1 到图 7-6 的其他内容。图 7-1 中 220kV 或 110kV 系统中性点直接接地,采用自耦变压

器,其 10kV 侧装调相机。220kV 和 110kV 采用空气断路器或少油断路器。装两台站用变压器互为备用。图 7-2 主变压器低压侧串联分裂电抗器限制 10kV 侧短路电流。10kV 侧为两组单母线分段接线,正常时四段母线并列运行,分段断路器在断开位置。10kV 侧采用 GFC-1 型手车式断路器。图 7-3 110kV 侧分段断路器兼作旁路断路器。6kV 侧出线带单独电抗器。图 7-4 的站用变压器带旁路。图 7-5 和图 7-6 的站用变压器接于两段母线上。图 7-7(a) 的变压器用高压熔断器保护,变压器只有瓦斯保护使接地开关动作跳开 35kV 侧电源开关。也可以将接地刀闸装于高压熔断器之后,变压器瓦斯保护动作于接地刀闸造成短路使高压熔断器熔断。图 7-7(b) 的变压器用 RW6-60 型熔断器保护,变压器瓦斯保护和差动保护动作于 RW6-60 的操作机构,使主管跌落,油管则熔断。桥连隔离开关正常断开,两台变压器并列运行。当一回进线带两台变压器时才合上桥连隔离开关。此时应注意桥连是否需要换大。当需要进线和变压器交叉供电时,可在变压器高压侧装一组隔离开关。图 7-7(c) 的变压器用 RW6-110 型熔断器保护,接线原则与图 7-7(b) 相同,但不用高压隔离开关,而用隔离插头。图 7-7(d) 中 110kV 侧用接地刀闸和仅分隔离开关。桥连隔离开关正常断开,两台变压器并列运行。当一回进线带两台变压器时才合上桥连隔离开关。

图 7-1 220kV 大型变电所主接线

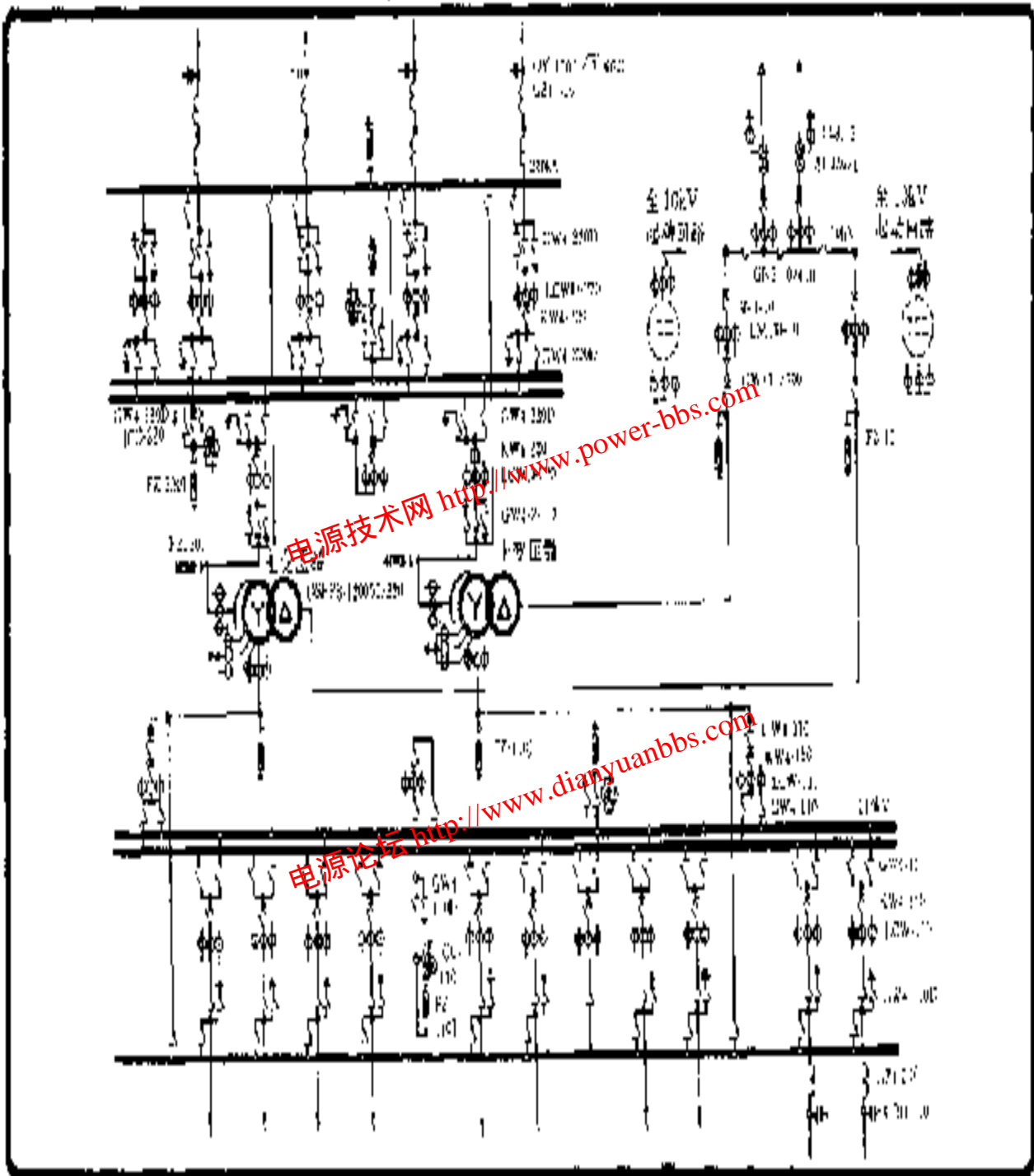


图7-2 110kV大型变电站主接线

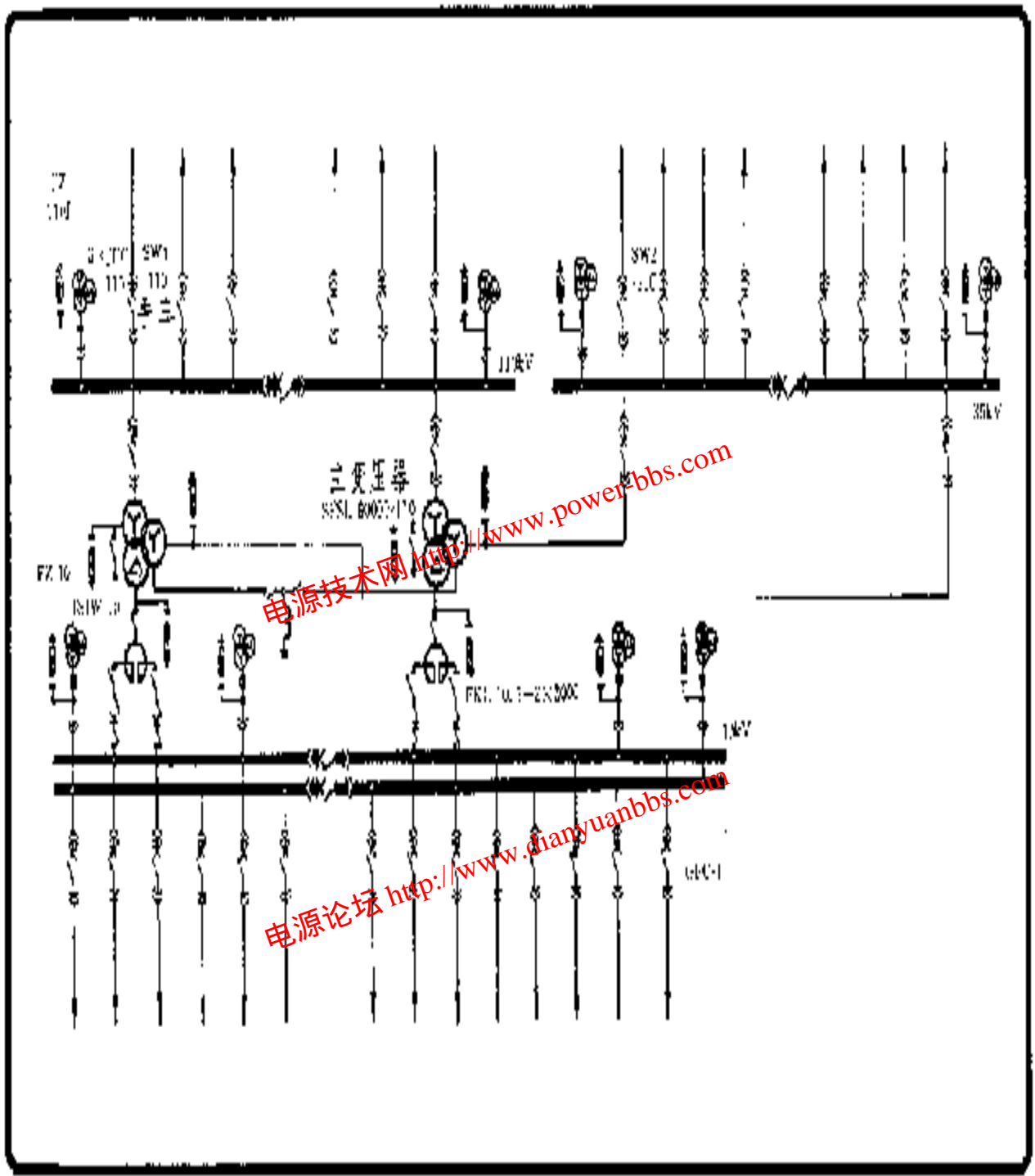


图 7-3 110kV 大型变电站主接线

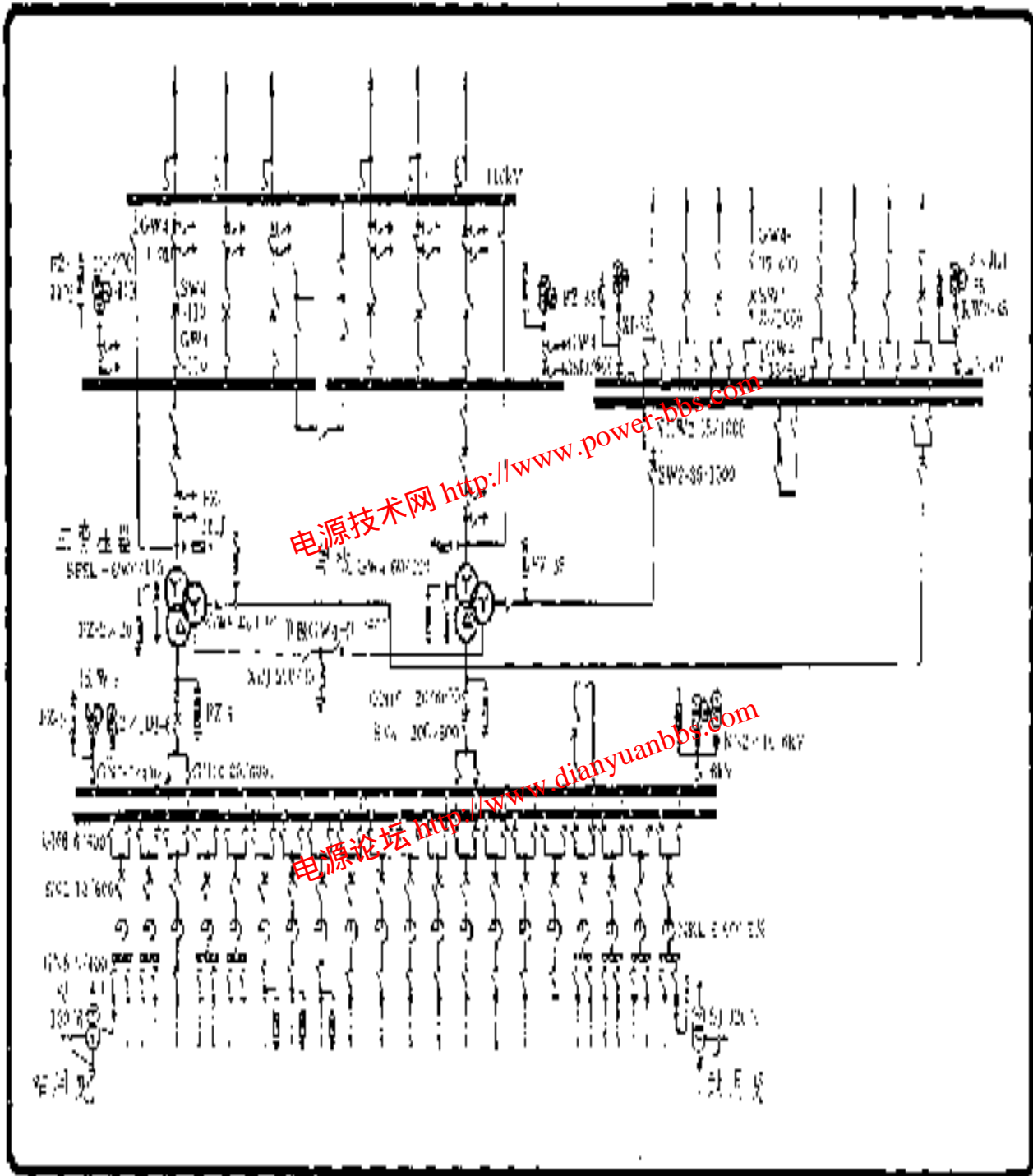


图7.4 110kV 中型变电站主接线

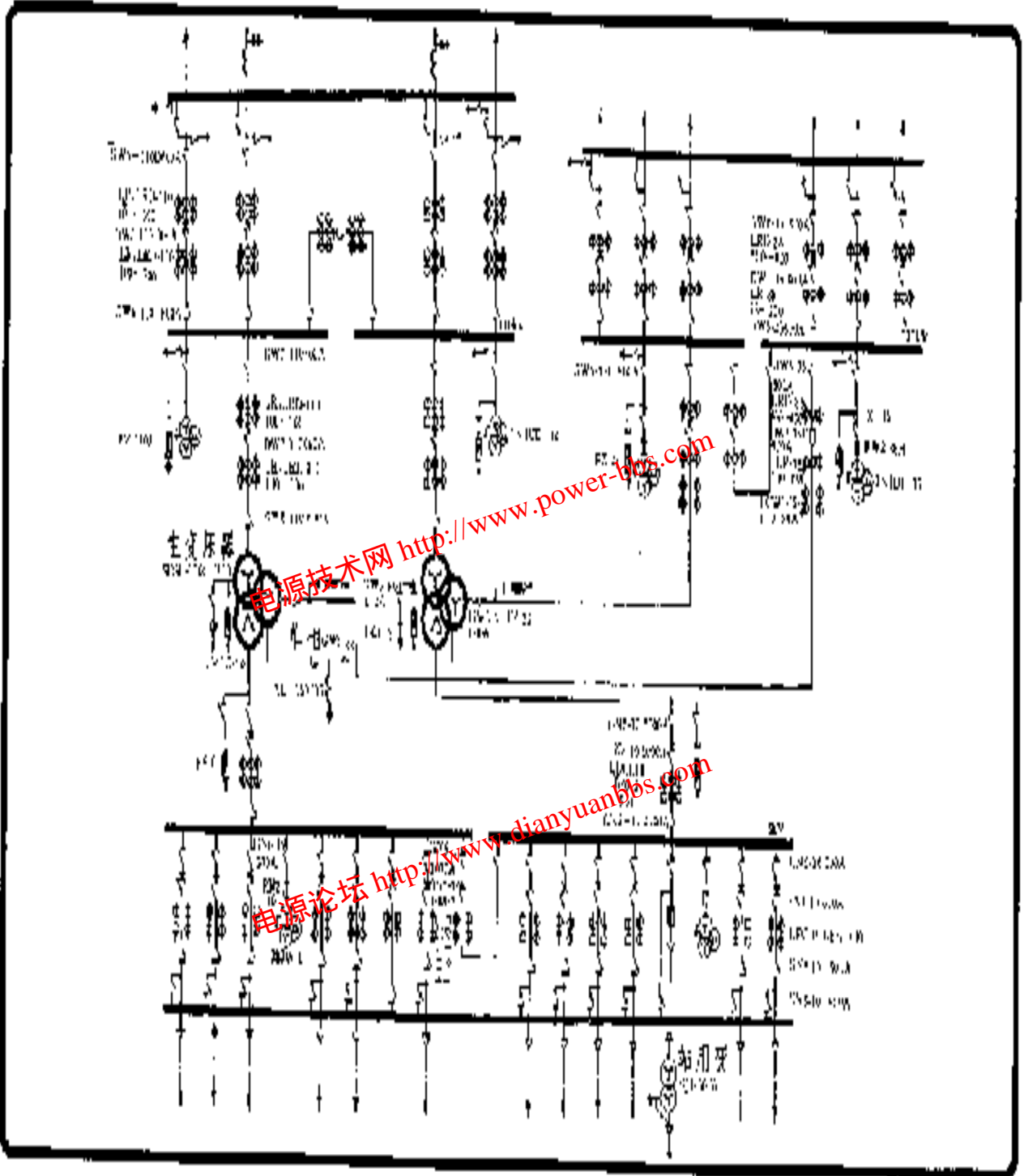


图7.5 设有外跨条的内桥接线

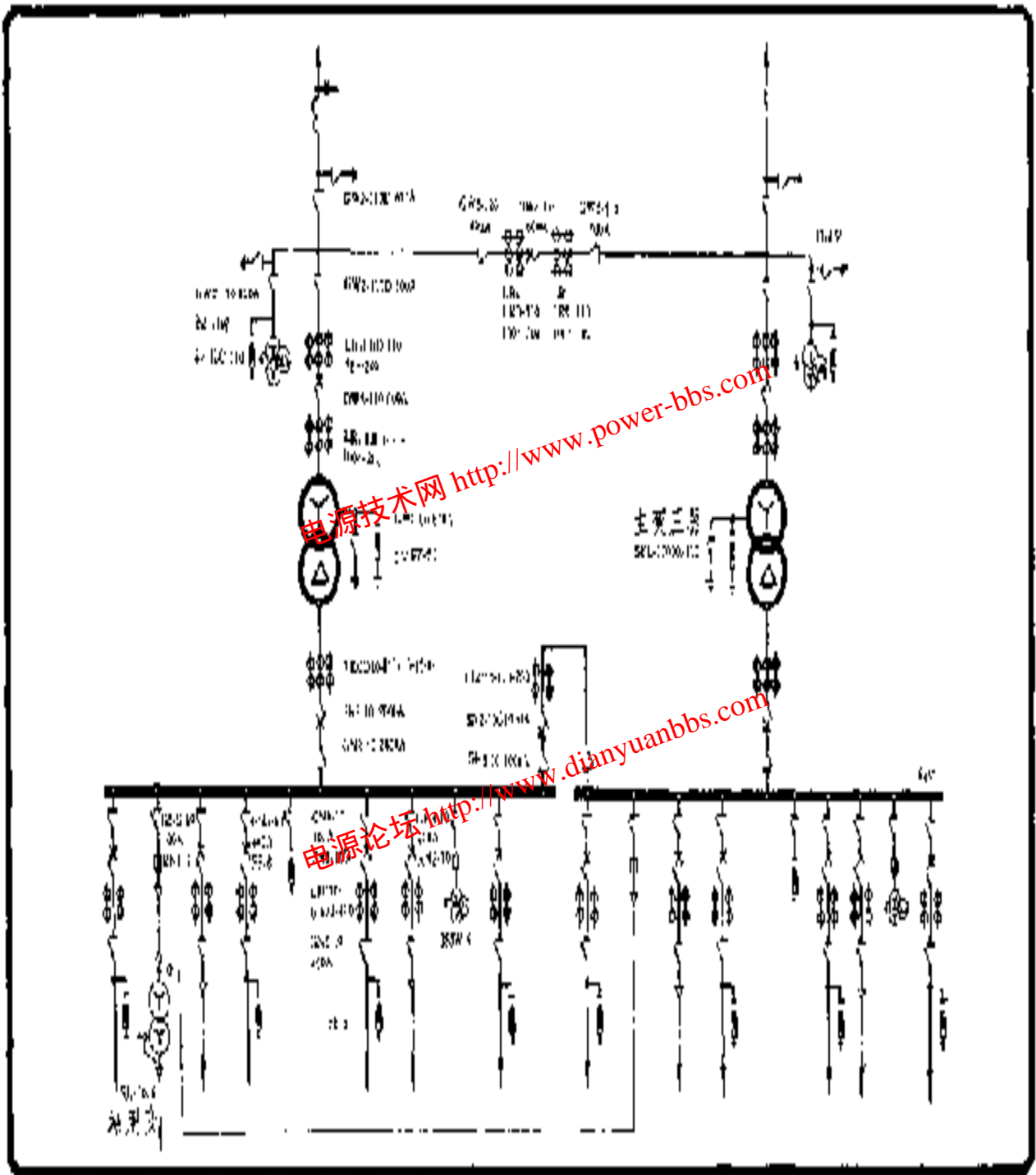


图 7.6 外桥接线

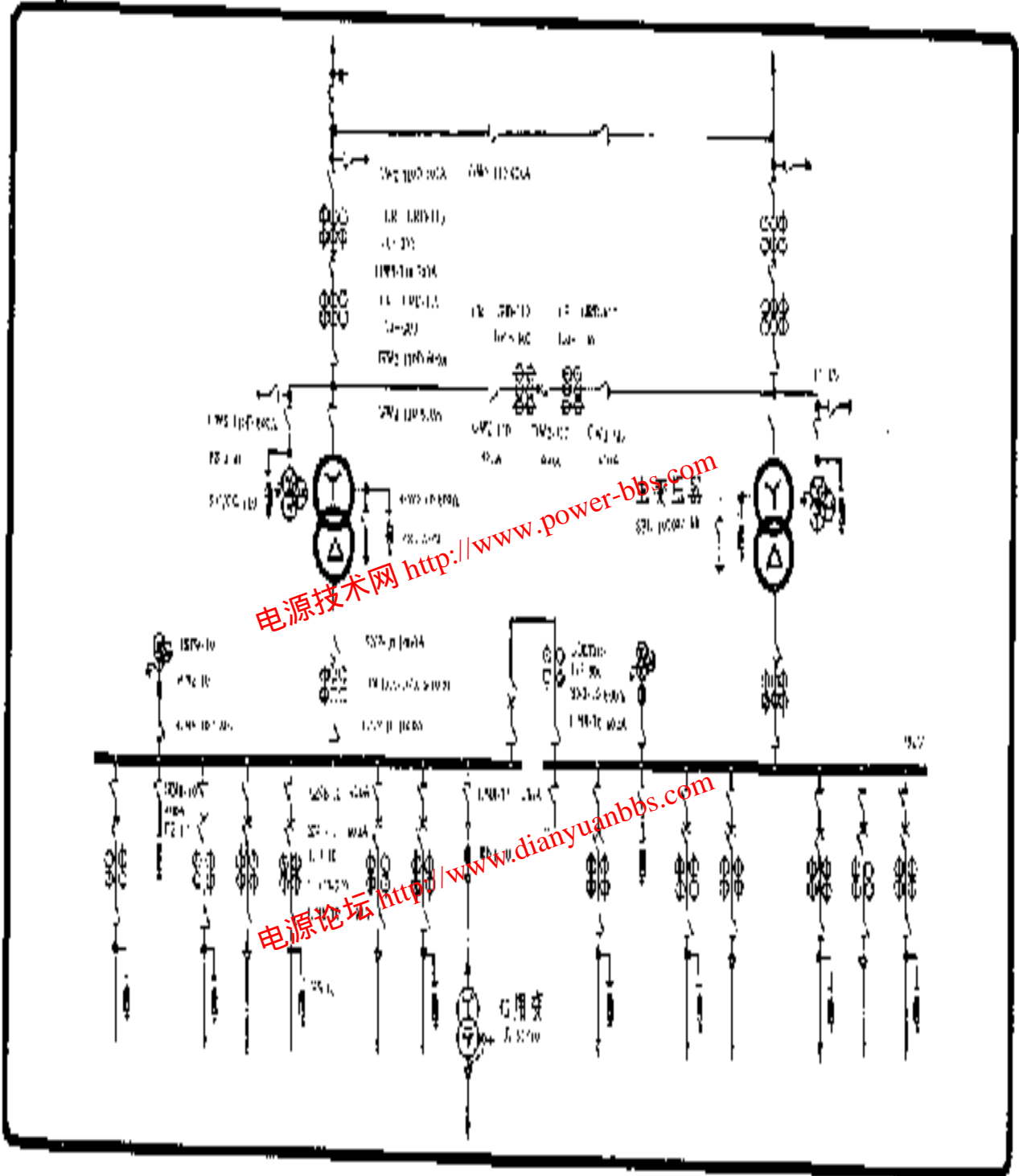
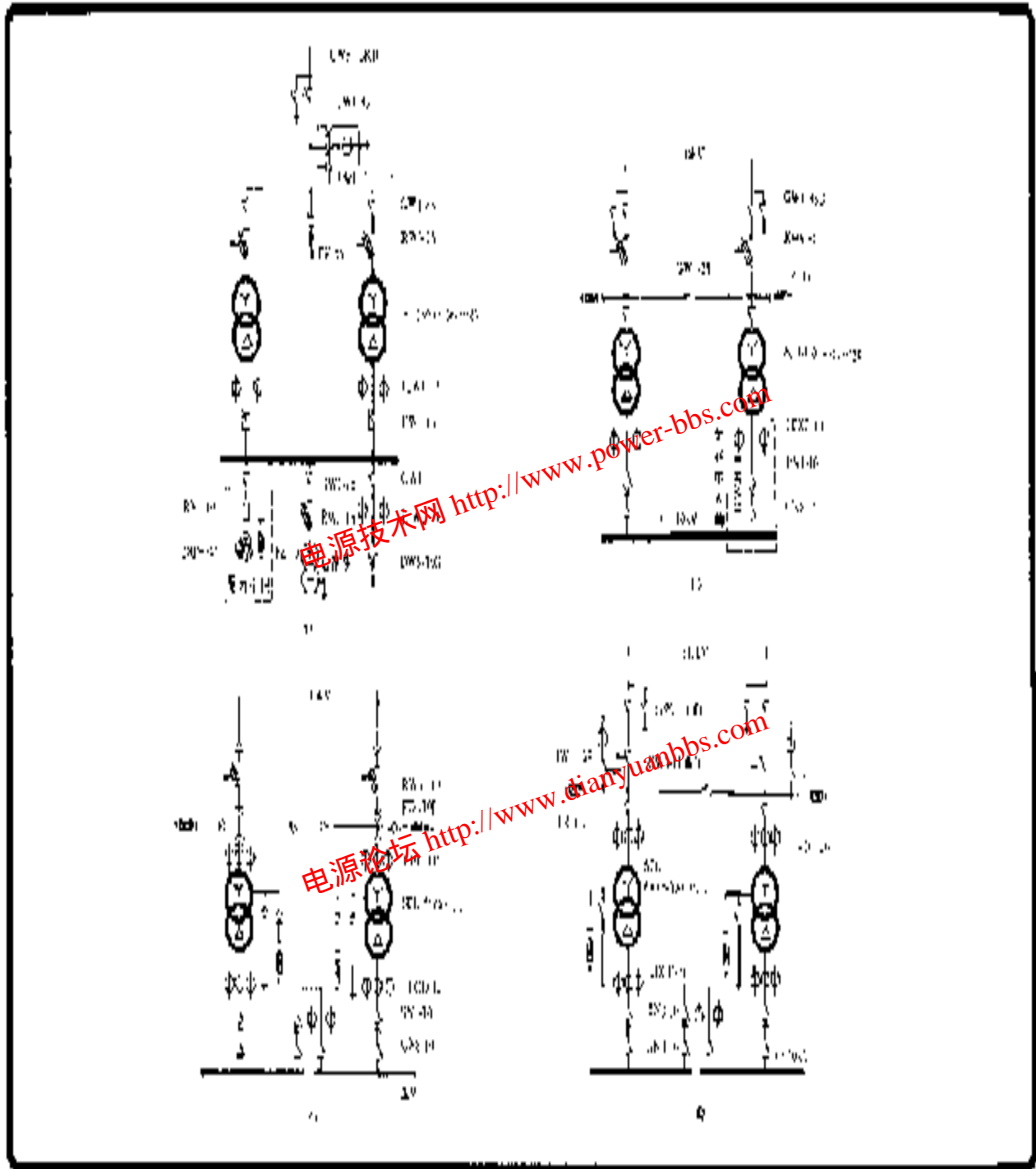


图 7-7 110kV 及以下中小型不太重要的变电站主接线原则接线



(三) 站用电接线

1. 站用变压器的台数

(1) 枢纽变电站中一般装设两台站用变压器,其他变电站一般只装设一台站用变压器,但变电站容量在 60MVA 及以上时,应装设两台站用变压器。

(2) 变电站中装有强迫油循环变压器或调相机时,均装设两台站用变压器。

(3) 当能从变电站外引入可靠的 380V 备用电源时,需要装设两台站用变压器的变电站,可只装一个站用变压器。

2. 备用电源

对于采用交流操作的变电站及取消蓄电池而采用硅整流或复式整流装置取得直流电源的变电站,要求交流站用电源可靠、连续和电压稳定,而且在全站停电时能继续供电,因此要求从站外引接可靠的第二电源。当引接有困难或投资很高时,可采用接于变电站断路器(断路器外侧)的站用变压器来供电,此时,以接于低电压侧的路用变压器作为站用备用电源。

上述变电站的站用电通常不许外供邻近负荷。

3. 可靠性

为了提高站用电的可靠性,可采取下列措施:

(1) 3~10kV 有旁路母线时,站用变压器与旁路断路器分别接在两段母线上,站用变压器回路也能利用旁路母线。

(2) 3~10kV 无旁路母线时,为了停母线不停站用变压器,可从 3~10kV 两段母线上引接站用变压器。

4. 其他

(1) 站用变压器高压侧尽量采用熔断器。

(2) 站用变压器的低压侧采用 380/220V 中性点直接接地的三相四线制,动力与照明合用一个电源,变电站内一般设置检修电源。

(3) 有些变电站为满足 6~10kV 用户对电压质量要求,使站用电运行电压相应偏高,故宜选用高压侧为 6.3kV 或 10.5kV 的站用变压器。

(4) 站用电接线方式与各级电压的主接线形式相同。

三、主变压器和站用变压器 选择原则、分类和技术数据

(一) 主变压器选择原则

(1) 非电力系统连接的主变压器一般不超过两组,当

484 图解电工手册

只有一个电源或变电站的一级负荷另有备用电源保证供电时,可装设一组主变压器。

变电站装设两组及以上主变压器时,每组容量的选择应按照其中一组停用时,其余变压器容量至少能保证全部一级负荷或变电站全部负荷的60%~75%,通常一次变电站为75%,二次变电站为60%。

已有两组主变压器的变电站,当负荷继续增长时,应首先采用增大容量主变压器的措施,但需研究主变压器的调拨与溢装装卸条件以及低压侧是否需要限制短路电流问题。

(2) 变电站的主变压器一般采用三相电力变压器,因为条件限制及初期只装一组主变压器的220kV枢纽变电站中,一般采用单相变压器组。当装设一组单相变压器时,应设备用柜;当主变压器超过一组,且各组容量满足上述条件时,单相变压器组可不设备用柜。

(3) 与两个中压点直接连接系统连接的变压器,除负荷较大或与高中压负荷潮流不定情况外,应采用自耦变压器,但仍应进行技术经济比较。

(4) 变电站中的主变压器在系统调压有要求时,一般采用带负荷调压变压器,如受设备制造限制时,可采用独立的调压变压器或预留位置。

(二) 三卷变压器的选择原则

(1) 具有三种电压的变电站,一般采用三卷变压器。

(2) 阻抗与分接头的选择:

① 三卷变压器的最大阻抗放在高一中侧还是高一低侧,和二、低侧的短路容量,对高压系统的稳定性、继电保护、供电的电压水平及调整等都有很大的影响,必须全面综合地考虑这些因素。

② 三卷变压器在制造上有两种基本的组合方式,“升压结构”的线圈排列为铁芯——中压——低电压——高压线圈,高——中间的阻抗最大。“降压结构”的线圈排列为铁芯——低电压——中压——高压线圈,高——低间的阻抗最大。

③ “降压结构”变压器的无功损耗约为“升压结构”的160%~170%。

④ “降压结构”的三卷变压器,适用于以中压母线供电为主,低压母线供电为辅的降压变电站。当变电站以向低压母线供电为主,中压母线供电为辅时,也可选用“升压结构”的三卷变压器。

⑤ 双卷、三卷变压器的变比及分接头可按制造标准选择,即变压器低压线圈的线间电压为受电设备额定电压的105%,中压线圈为110%,并带有 $\pm 2 \times 2.5\%$ 的分接

头。

(三) 站用变压器选择原则

确定站用变压器容量的方法有两种。一种“换算系数法”；另一种是分别将每台电动机的有功功率数(kW)换算成视在功率数(kVA)，再考虑不同时运行情况。

1. 换算系数法

首先统计站用负荷，如主变压器风扇、充电机、浮充电机、蓄电池室送、排风机、空压机、屋外配电装置电源及电热电源、变压器干燥电源、压裕式和离心式滤油机电动机、滤纸烘箱、所有照明、生活及载被电源、测相机循环水泵电动机、消防水泵电动机等，对于不经常使用的负荷如起动设备电源及修理间小负荷可不计入。

将统计出的总负荷数乘以换算系数0.85，最后考虑近期变电站扩建因素即可选定站用变压器。

2. 直接统计法

按每台电动机容量、功率因数、效率分别用kW换算成kVA，再将照明、加热和其他负荷用kVA表示，最后考虑同时系数算出总负荷即可选择站用变压器。

(四) 电力变压器的结构、分类与技术数据

1. 结构

(1) 典型中小型油浸式电力变压器结构见图7-8。各种电力变压器的结构大致分为：器身(铁心、线圈、绝缘、引线及分接开关等)；油箱(油箱盖、壁、底、放油阀门、活门、小车、油样活门、接地螺栓、铭牌等)；冷却装置(散热器或冷却器)；保护装置(储油柜、油表、安全气道、吸湿器、测温元件、油流器、气体继电器)；引线装置；高压套管、低压套管。

2. 分类

电力变压器的分类和代表符号以及产品型号的表示方式见表7-2。例如三相、油浸、风冷、双绕组、无励磁调压、铝导线、20000kVA、110kV级电力变压器的型号是SF1.7-20000/110；又如三相、油浸、风冷、自然循环、三绕组、有载调压、铝导线、31500kVA、110kV级电力变压器的型号是SFSZL7-31500/110

图 7-8 中小型油浸式电力变压器

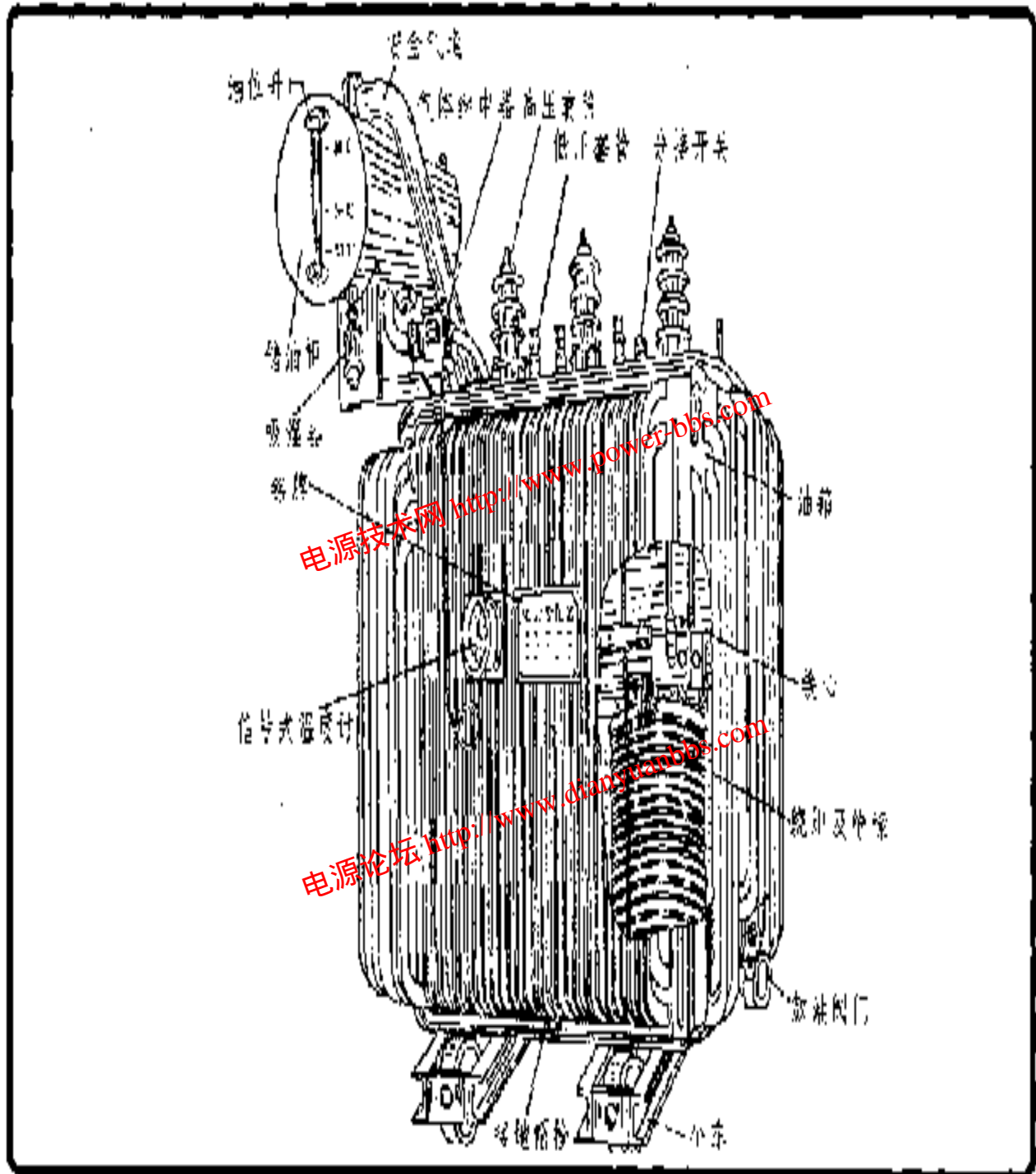


表 7-2 电力变压器分类和代表符号以及产品型号表示方法

序号	分类	含义	代表符号	序号	分类	含义	代表符号
1	绕组接合方式	独立	-	5	绕组环方式	自然循环	-
		自耦	0			强迫循环	P
2	相数	单相	D	6	绕组数	双绕组	-
		三相	S			三绕组	S
3	绝缘介质的	油浸式	-	7	调压方式	无励磁调压	-
		空气干式	G			有载调压	Z
4	冷却方式	自然循环风冷	-	8	绕组与铁芯结构	壳式	-
		强迫循环风冷	F			芯式	L
		水冷	S				

3. 技术数据

(1) 额定容量,是表现容量的惯用值,以 kVA 或 MVA 表示。以它作为设计、制造厂的保证和试验基础,并且当对变压器施加额定电压时,根据它来规定在国家标准的规定条件下不超过温升限值的额定电流。如变压器的容量由于冷却方式不同而变更时,则额定容量系指最大容量。双绕组变压器的两个绕组具有相同的额定容量,此容量即为双绕组变压器的容量。对于多绕组变压器,其额定容量系指

最大绕组的额定容量。额定容量以变压器连续运行为条件。

变压器的容量等级为:10、20、30、50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1000、1250、1600、2000、2500、3150、4000、5000、6300、8000、10000、12500、16000、20000、25000、31500、40000、50000、63000、90000、120000、150000、180000、240000、360000kVA 等。组成三相变压器组的单相变压器容量为上述数值的 1/3。

按国家标准,三相或三相组变压器的额定容量分为三个标准类别:第 I 类小于 3150kVA;第 II 类 3150~10000kVA;第 III 类 10000kVA 以上。

电力变压器高压侧电压等级与容量、调压方式有一定关系,一般不得随意选用,选用时,需查阅产品目录,有特殊需要时与生产厂协议。

(2) 额定频率,我国使用的是 50Hz。

(3) 额定电压,是指线电压,以有效值表示。对于组成三相组的单相变压器,如绕组为星形联结,则绕组的额定电压以线电压为分子, $\sqrt{3}$ 为分母表示,如 380/ $\sqrt{3}$ V。

降压变压器的高压侧与输电线末端连接,因此,高压侧的额定电压应与线路末端电压等同。而输电线路电压等级就是线路末端电压值即 0.38、3.6、10、15(20)、35、63、110、220、330、500kV

488 图解电工手册

线路始端(又称电源端)电压考虑了线路压降将比输电电压等级高。35kV以下电压等级的始端电压比电压等级高5%,35kV及以上的高10%,因此降压变压器的低压侧(与线路始端连接)应是

0.4、3.15、6.3、10.5、15.75、38.5、66、121、242、363、550kV

所以,高压额定电压等于线路始端的变压器是升压变压器,等于线路末端电压(电压等级)的变压器是降压变压器。

变压器产品系列按以高压的电压等级划分的,现行的电力变压器系列为:10kV及以下系列;35kV系列;63kV系列;110kV系列;220kV系列等。

(4) 额定电流:是由绕组的额定容量除以该绕组的额定电压及相系数(单相为1,三相为 $\sqrt{3}$)推算而得的流经绕组线端的电流。

因此,变压器的额定电流就是各绕组的额定电流。注意:是指线电流;是指有效值。

电力变压器可以过载。对于二相的额定容量不超过100MVA,或者对于单相或三相每柱容量不超过33.3MVA的变压器电流可小于1.5倍额定电流,并且当在1.5倍变压器额定电流下运行,所经历的时间为变压器寿命的3%时,有载分接开关可不作分接变换。如果需要有载分接开关

在1.5倍变压器额定电流下进行分接变换,则是以操作次数的3%为基础的;当其容量分别超过100MVA时允许小于1.3倍额定电流值的偶发性过载。偶发性过载时允许绝热的相对损耗率超过1。在这些条件下应不受到套管、有载分接开关或其他辅助设备的限制。超过1.5倍额定值的有关规则的每日过载或急救负载,考虑可能要受到辅助设备的限制时,应与制造厂协商确定。

(5) 绕组联结组标号

① 相绕组的联结方法:三相变压器的一组相绕组或连接成三相组的单相变压器的相同电压的绕组连接成星形、三角形、曲折形时,对高压绕组(H.V.)分别以字母Y、D或Z表示,对低压或中压(L.V.)绕组分别以字母y、d或z表示。如果是形联结或曲折形联结的中性点引出的,则分别以YN或ZN及yn或zn表示。

在整个绕组具有公共部分的自耦变压器中,两个绕组中额定电压较低的一个绕组以字母a表示。例如,中性点引出的星形联结的自耦变压器用YN,a表示。

单相绕组用罗马字“1”表示,按书写的先后次序分别表示高、(中)、低压绕组。

带有星三角变换绕组或分裂绕组的变压器,应在两个变换或分裂绕组间以“/”隔开表示。

这种方法具体运用于一台变压器时,是将代表高压、中

压和低压绕组联结方法的字母顺序安排,得出一组有序的字母组合,这组字母组合就是这台变压器的绕组联结组。绕组的写法如下例:

高压为 Y、低压为 y_n 的联结,则绕组联结组为 Y, y_n ; 高压为 YN、中压为 y_n 、低压为 d 的联结,则绕组联结组为 YN, y_n , d。

②绕组间的相位差,即绕组联结组,也就是绕组间电压的相位差。取高压绕组的电压相量为参考相量,此相量与钟表时针 12 点重合,用钟时序数表示低压绕组的电压相量与参考相量的相位差,即为联结组标号。

例 1:一台双绕组变压器,高压星形联结组额定电压为 10000kV,低压为中性点引出的星形联结绕组,额定电压为 400V。两个星形联结绕组的电压同相位(钟时序数为 12 或 0)。

其联结组标号为 Y, y_{n0}

例 2:一台三绕组变压器,高压为中性点引出的星形联结绕组,额定电压为 121kV;中压为中性点引出的星形联结绕组,额定电压为 38.5kV,低压为三角形联结绕组,额定中压为 10.5kV,两个星形联结绕组的电压同相位(钟时序数 0),而三角形联结绕组上的中压超前于其他电压 30° (钟时序数 11)。

所以,联结组标号为 YN, y_n , d11。

例 3:一台带第三绕组的自耦变压器,自耦联结的一对绕组为中性点引出的星形联结,其额定电压分别为 220kV, 121kV;第三绕组为三角形联结,额定电压为 11kV。自耦联结的一对绕组电压同相位(钟时序数 0),而三角形联结绕组上的中压超前于星形联结绕组上的电压 30° (钟时序数 11)。

所以,联结组标号为 YN, so , d11。

例 4:一台单相双绕组变压器,高压绕组额定电压为 550kV,低压绕组额定电压为 20kV,则联结组标号为 I, io 。

例 5:一台双绕组变压器,高压绕组为星形变换,低压绕组为三角形联结,低压绕组的电压超前于高压为星形联结时的电压 30° (钟时序数 11),与三角形联结时的电压同相位。

则联结组标号为 Y-D, d11-0。

例 6:一台带分裂绕组的变压器,高压绕组为星形联结有中性点引出,低压绕组为两个三角形联结的分裂绕组,低压绕组上的电压超前于星形联结绕组上的电压 30° (钟时序数 11)。

则联结组标号为 YN, d11-d11。

电力变压器绕组联结组标号新旧对照见表 7.3。

490 图解电工手册

表 7-3 电力变压器绕组联结组标号新旧对照

名称	GB1094-79			GB1094.1-5-85		
	高压	中压	低压	高压	中压	低压
星形联结 并有中性点引出	Y Y_0	Y Y_0	Y Y_0	Y YN	y yn	y yn
三角形联结	Δ	Δ	Δ	D	d	d
曲折形联结	Z	Z	Z	Z	z	z
并有中性点引出	Z_0	Z_0	Z_0	ZN	zn	zn
自耦变压器	联结组代号前加 O			本公共部分两绕组额定电压较低的用 o		
组数	用 1~12 且前加绕组			用 0~11		
联结符号间	联结符号间用斜线			联结符号间用点号		
联结组标号的类别	$Y_0/\Delta-11$			$YN, d11$		
	O $Y_0/Y-12-11$			YN, y_0-11		

(b) 分接范围,即调压范围。为了满足系统和用户的要求,变压器的额定电压和额定容量到达一定数值时,就可以通过调压装置改变高压绕组的分接头。变压器调压方式有两种:一种是无励磁调压,就是在高压侧不带负载,高压侧与系统断开情况下的调压;另一种是有载调压,就是在带负载情况下的调压。

电力变压器的调压范围和调压方式见表 7.4。

表 7.4 电力变压器标准调压范围和调压方式

方式	额定电压和容量	调压范围	分接级数	调压型式	分接开关
无励磁调压	25kV, 8000kVA 及 63kV, 6300kVA 以下	±5%	5	中性点调压	中性点调压分接开关
	25kV, 8000kVA 及 63kV, 6300kVA 及以上	±3×2.5%	7	中部调压	中部调压分接开关
有载调压	10kV 及以下	-4×2.5%	9	中性点调压	选择开关或有载分接开关
	35kV	±8×2.5%	7	中性点调压	中性点调压选择开关或有载分接开关
	63kV 及以上	±8×2.5%	17	中性点调压, 正反调压	有载分接开关

(7) 空载损耗:当以额定频率的额定电压施加于一个绕组的端子上,其余绕组开路时所吸取的有功功率,以 KW 表示。

(8) 负载损耗:当额定电流流经一个绕组的端子,而其余绕组短接时,在额定频率下吸收的有功功率,其相应折算到参考温度。

(9) 空载电流:当变压器的一个绕组施加额定频率的额定电压时,其余各绕组开路,流经该绕组线路端子的电流即空载电流。

一个绕组的空载电流通常以该绕组额定电流的百分数

表示,对多绕组变压器来说,这个百分数以最大额定容量的一个绕组为准。

对于三相变压器,流经不同线路端子的空载电流可能不相等,但不分别给出这些空载电流值,而取其算术平均值。

(10) 阻抗电压

①以绕组变压器当一侧绕组的端子短路,以额定频率的电压施加于三相变压器另一侧绕组的线路端子上,或单相变压器另一侧绕组的端子上,并使其中流过额定电流时所施加的电压。

②多绕组变压器以任意一对绕组组合为准,当该对绕组组合中另一侧绕组短路,以额定频率的电压施加于三相变压器该对中另一侧绕组的线路端子上,或单相变压器同一对中另一侧绕组的端子上,并使其中流过相当于该对中最小功率的额定电流时所施加的电压。

上述阻抗电压应换算到参考温度,除特殊注明外均以施加电压绕组额定电压的百分数表示。

(11) 温升

①正常使用条件下的温升限值。

对于空气冷却的变压器,系指所考虑的那部分(测量部分)的温度与冷却空气温度之差。对于水冷却变压器,系指所考虑的非部分(测量部分)的温度与冷却器入口处水的温度之差。

变压器的正常使用条件如下:

海拔不超过 1000m;

最高气温 +40℃;

最高月平均气温 +30℃;

最高年平均气温 +20℃;

最低气温 -30℃(适用于户外式变压器);

最低气湿 5% (适用于户内式变压器);

冷却器入口处冷却水最高温度 +30℃。

在上述条件下,油浸式变压器的温升限值见表 7-5。

油浸式变压器绝缘耐热等级是 A 级,对于没有不燃性无机绝缘载体且所用绝缘材料的耐热等级不是 A 级的变压器,其温升可以增加。

绝缘材料的耐热等级一般有 6 级

A 级	B 级	F 级	H 级	C 级	
105℃	120℃	130℃	155℃	180℃	220℃

②特殊温度条件下的温升限值:

如变压器的冷却空气的温度超过正常使用条件中温度段大值中的一个值,但超过值不大于 10℃ 时,绝缘、铁心及油的温升限值应予降低。

如果额定容量等于或大于 10MVA,则降低的数值相当于超过的数值。对容量较小的变压器,温升限值按如下规定降低:

当超过温度小于或等于 10℃ 时,应降低 10%;

492 图解电工手册

对于空气冷却的变压器,当冷却空气超过正常使用条件中温度最大值中的一个值而相应值大于10℃,或对于水冷变压器,当冷却水的温度超过30℃,则变压器的温升限值须经制造厂与使用部门协商确定。

③ 高温条件下的温升限值

制造厂与用户如无其他共同规定,对于在超过1000m海拔处运行,但在正常海拔试验的空气冷却变压器,表7-5所列温升限值应在1000m以上每500m为一级按下列数值减少:

油浸自冷变压器 2.0%;

油浸风冷及强迫风冷变压器 3.0%。

表 7-5 油浸式变压器的温升限值

部 分	温 升 限 值 K
绕组 绝缘的耐热等级为 A1 用电阻法 测量的平均温升	65°
顶层油(用温度计测量的温升)	55°*
铁心本体 槽楔及结构件表面	成温使绝缘材料不致损坏 的温度 80

- * 绕组的温升限值(用电阻法测量的)是这样选定的,使之对于不同循环种类都能得到同样的热点温升。通常,绕组的热点温升不能直接测量。对于强迫导向的循环

的变压器,其绕组最热点温升与其平均温升之差比自然循环或强迫循环非导向的变压器为小。因此,强迫导向的循环的变压器绕组的冷却效果须经验证时,其温升限值(用电阻法测量的)可较其他变压器高 5K。验证方法须经制造厂与使用部门协商确定。

* + 6300kVA 及以下的密封式变压器的顶层油温升限值允许为 60K。

四、高压断路器的选择、 型号和技术参数

(一) 高压断路器的选择

1. 按工作电压选择

制造厂保证的最高工作电压(kV)应大于或等于回路的工作电压(kV)。对于 3~35kV 的断路器,最高工作电压是额定工作电压的 1.15 倍;对于 110kV 的断路器,最高工作电压是额定电压的 1.1 倍。

2. 按工作电流选择

额定电流(A)应大于或等于回路持续工作电流(A)。

3. 按断流容量选择

(1) 按额定断流容量选择,额定断流容量应大于或等

于零秒的短路容量(MVA)(或0.2秒的短路容量(MVA))。

(2) 按额定开断电流选择: 额定开断电流应大于或等于短路次暂态电流(kA)(或0.2秒的短路电流(kA))。

4. 按动稳定校验

极限通过电流峰值(kA)应大于或等于回路中可能发生的三相短路电流最大冲击值(kA)。

5. 按热稳定校验

在 t 秒内的热稳定电流(kA)应大于或等于 $I_{th} \sqrt{\frac{t}{t_0}}$

式中: I_{th} ——回路中可能通过的最大稳态短路电流(kA);

t_0 ——短路电流作用的假想时间(s);

t ——热稳定电流允许的作用时间(s)。

(二) 高压断路器的型号含义

高压断路器的主要任务是熄灭动、静触头分离瞬间的电弧。熄灭电弧与动、静触头的形状、结构及分离速度有关外,还与灭弧介质有很大关系。因此断路器一般按灭弧介质分类,型号中也有相应的字母代表灭弧介质。

1. 分类

(1) 油断路器: 有多油断路器和少油断路器之分, 也都

是用油作为灭弧及绝缘介质。多油断路器的额定电流不大, 一般开断小电流时, 燃弧时间长, 动作慢。主要用于35kV及以下变电站; 少油断路器可做到各种使用电压等级, 开断电流大, 但额定电流不易做得很大。主要用于各级电压的户内、外变电站。

(2) 压缩空气断路器: 简称空气断路器。是以压缩空气作为灭弧、绝缘和传动介质的断路器。它的额定电流和开断电流都可以做得很大, 动作快, 开断时间短。主要用于110kV及以上大容量和操作频繁变电站。

(3) 真空断路器: 是指触头在高真空(真空度为 10^{-4} ~ 10^{-5} mmHg以下)中开断电路的断路器。主要用于变电站及工矿企业中要求频繁操作的场所, 电压等级一般为35kV及以下。

(4) 六氟化硫断路器: 简称SF₆。气体作为灭弧和绝缘介质的断路器, 其额定电流和开断能力都可以做得很大。主要用于110kV及以上要求频繁操作的大容量变电站。

(5) 磁吹断路器: 是以空气为灭弧介质, 利用开断电流本身产生的磁场, 将电弧吹入灭弧片狭缝内, 使之拉长、冷却, 直至最终熄灭的断路器。主要用于20kV及以下户内频繁操作场所。

(6) 固体产气断路器: 简称产气断路器。是利用固体产气物质在电弧高温作用下分解出气体灭弧的断路器。额

494 图解电工手册

定电流和开断电流都不易做得大，主要用于 15kV 及以下户外小容量变电站。

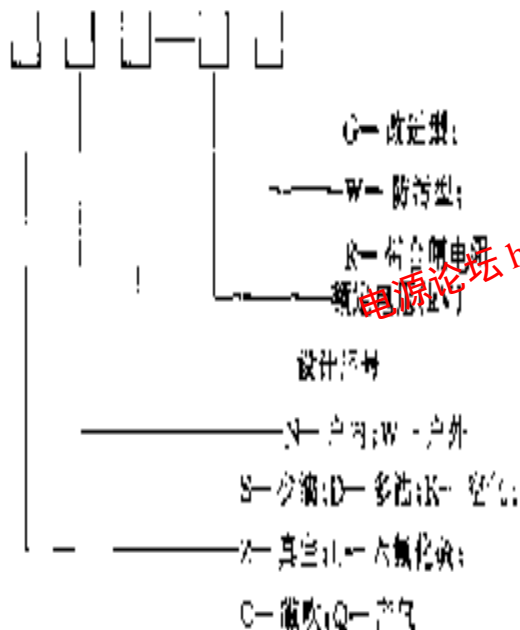
2. 高压断路器的型号含义

(二) 高压多油断路器

高压多油断路器通常有以下形式：

(1) 三相共箱式或分箱式，一般 10kV 以下是共箱式，60kV 及以上是分箱式，35kV 则两者都有可能。

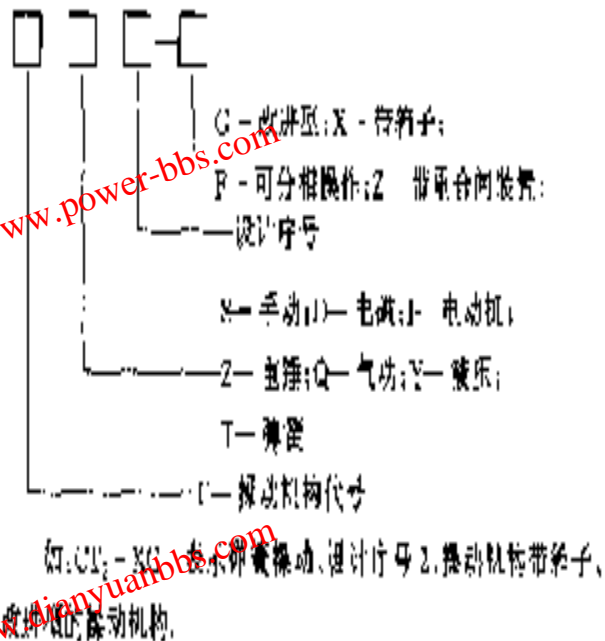
(2) 落地式或支架式，一般 110kV 及以上为落地式，35~60kV 为支架式，10kV 以下两者都有可能。



如：SN10-10 表示少油、户内式、设计序号 10、额定电压 10kV 的高压断路器。

也有写成 SN10-10/3000-750 的，斜线后的 3000 表示额定电流(A)；750 表示额定断开能力(MVA)。

3. 操动机构的型号含义



(四) 高压少油断路器

高压少油断路器的形式通常为：

(1) 户内 6~35kV 少油断路器可分为悬臂式、中间支持式、落地式三种。

(2) 户外 35kV 及以上少油断路器,尤其是 60kV 及以上的少油断路器全都是落棒式的。

(五) 高压空气断路器

空气断路器按灭弧室充气方式分为三类:

(1) 临时充气式,它的灭弧室内仅在分闸灭弧瞬间充有高压压缩空气。

(2) 分闸充气式,它的灭弧室在合闸状态下不充高压压缩空气,而在分闸灭弧过程中及分闸状态下均充有高压压缩空气。

(3) 常时充气式,它的灭弧室在合闸状态、分闸瞬间及分闸状态下均充有高压压缩空气。

(六) 高压真空断路器

① 悬臂式真空断路器示意图、落地式真空断路器示意图见图 7-9。真空断路器的动、静触头都是圆柱状对投式。

(七) 高压磁吹断路器

磁吹断路器可分为电磁式和电弧螺管式两类。电磁式

磁吹断路器是利用电弧电流流过专门的磁吹线圈,产生吹弧磁场,将电弧熄灭的。由于结构较复杂、笨重,开断性能较差,应用较少,电弧螺管式磁吹断路器是利用灭弧片和小弧角将电弧分割,并形成连续的电弧螺管,产生强磁场,驱使电弧在狭缝中迅速运动,直至灭弧。由于结构简单、体积小,应用较多。

(八) 六氟化硫断路器

SF_6 气体具有良好的绝缘和灭弧性能。 SF_6 断路器在高压和超高压电网中的应用越来越多。其基本形式可分为磁瓶支柱式和落地罐式两种。

五、隔离开关选择和型号

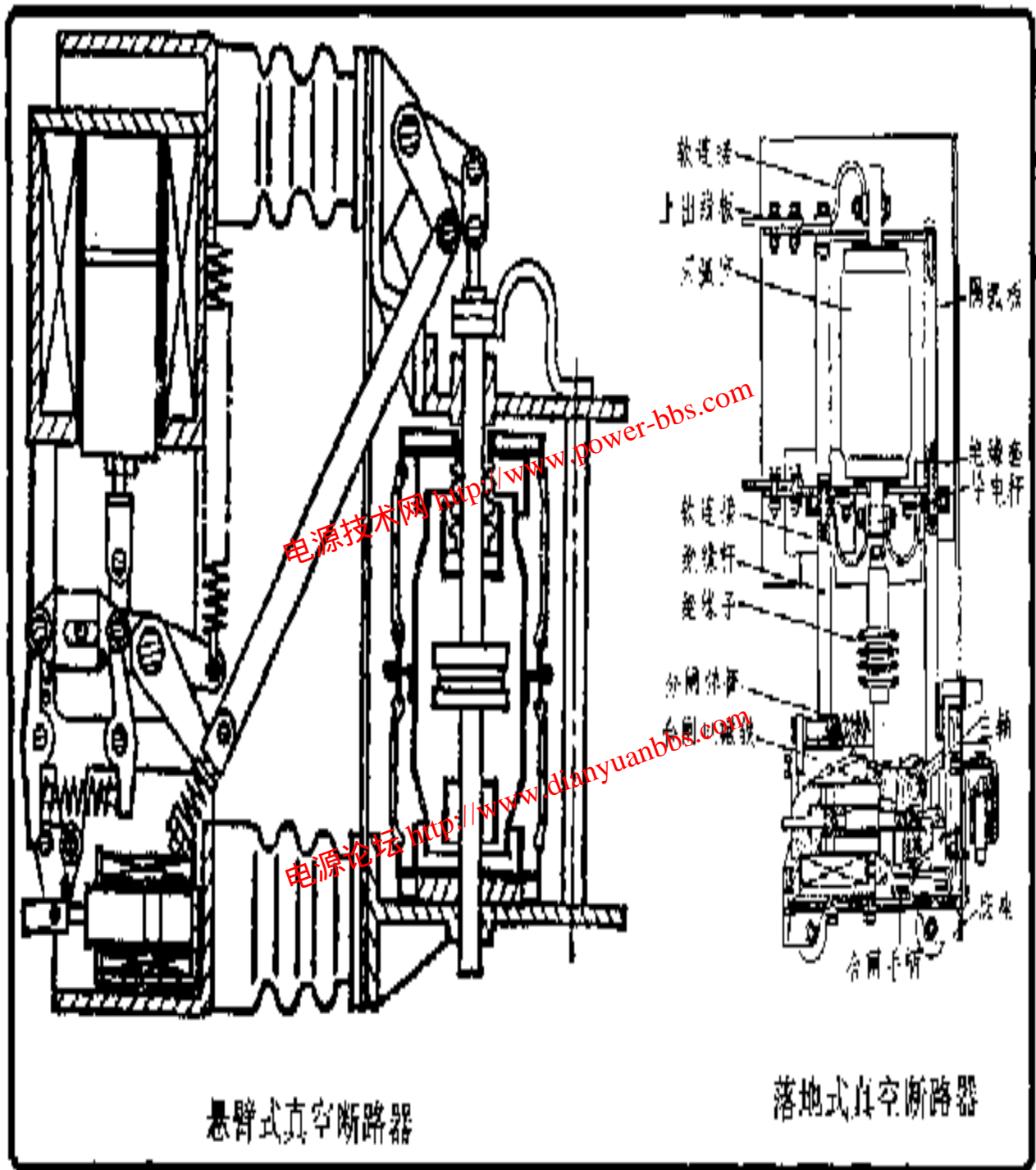
1. 隔离开关的选择

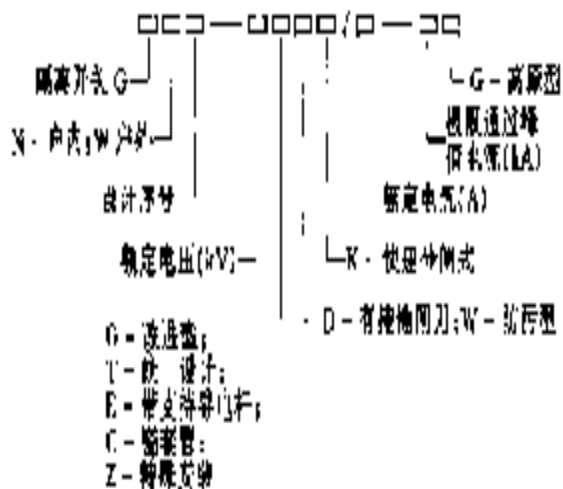
隔离开关的选择除不要求按额定容量选择外,其余与高压断路器相同。

2. 隔离开关的型号含义及结构形式

隔离开关的型号含义:

图 7-9 悬臂式和落地式真空断路器





如:GN6-6T 是户内式、设计序号 6、额定电压 6kV、统一设计的隔离开关;

GWS-110GD 是户外式、设计序号 5、额定电压 110kV、改进型、有接地闸刀的隔离开关。

3. 户内隔离开关

户内隔离开关用于 35kV 及以下户内配电装置中,三相常装在同一底座上。10kV 户内隔离开关见图 7-10。

4. 户外隔离开关

户外隔离开关的结构形式很多,其中双柱式隔离开关有 II 形和 V 形两种,II 形户外隔离开关见图 7-11, V 形户外隔离开关见图 7-12。以上两图都带有接地闸刀,从图中看出接地闸刀只有在主触头或主闸刀断开时才能闭合。单柱式隔离开关用于高压或超高压变电站中。

六、高压熔断器的选择

1. 高压熔断器的选择

(1) 按工作电压选择:制造厂保证的最高工作电压(kV)应大于或等于回路工作电压(kV)。但对充填石英砂有限流作用的熔断器还须满足熔断器的额定电压等于回路工作电压。

(2) 按工作电流选择:熔断器熔件的额定电流(A)应大于或等于回路持续工作电流(A),同时应小于或等于熔断器的额定电流(A)。但在投入空载变压器、静电电容器时,要避免由于正常的冲击电流而引起误动作。

(3) 按断流容量选择,

① 熔断器额定开断电流(kA)大于或等于短路次暂态电流(kA)。

② 或者熔断器的额定断流容量(MVA)应大于或等于短路时的短路容量(MVA)。

(4) 熔断器保的特性选择:根据保护动作选择性的要求来校验熔件的额定电流,以保证回路中前后保护动作时间的配合;各种熔件的熔断时间与短路电流的关系曲线由制造厂提供;保护电压互感器的高压熔断器只须按工作电压与开断能力两次进行选择。

图 7-10 10 千伏室内隔离开关

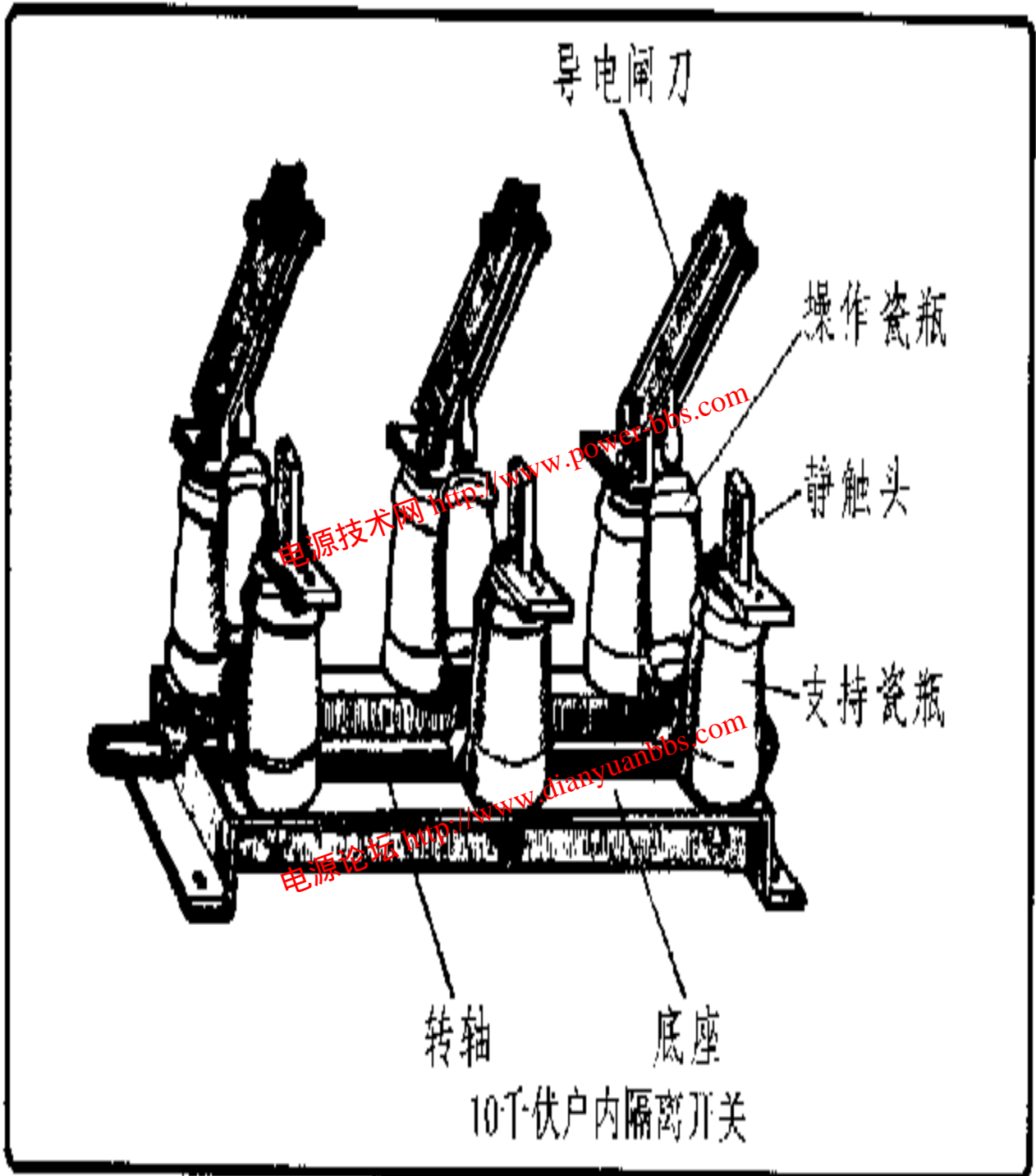


图 7-11 Ⅱ形户外隔离开关

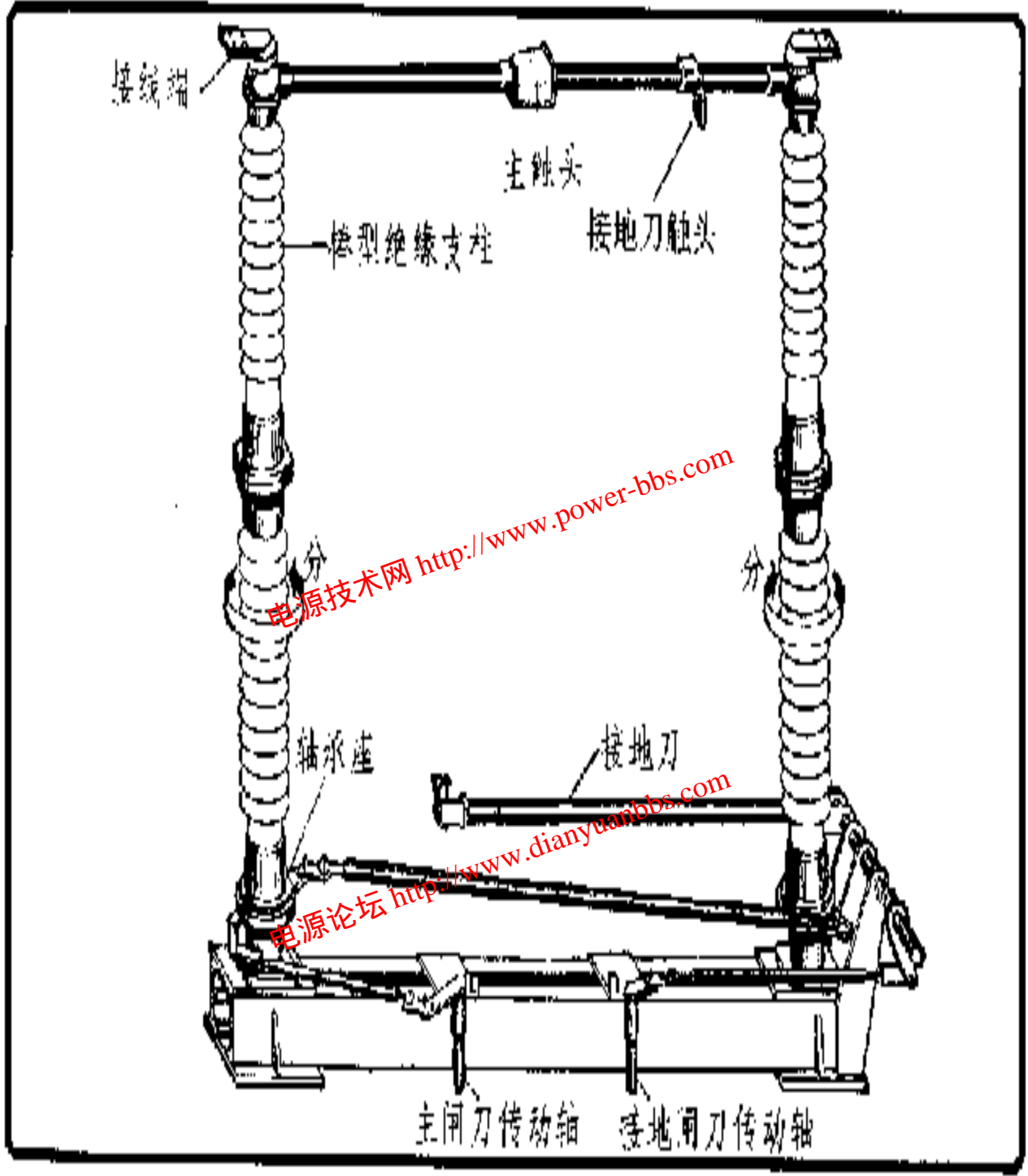
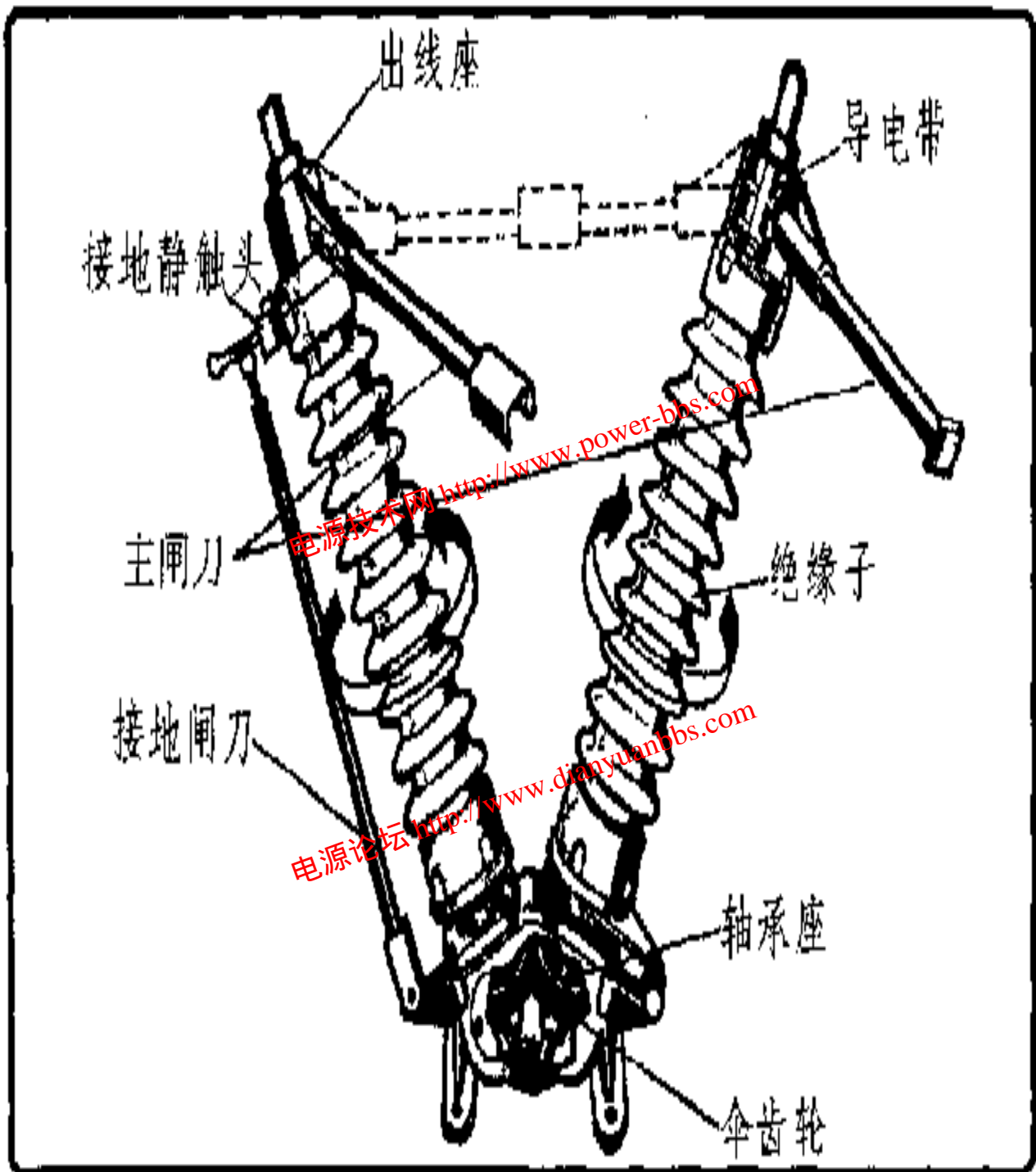
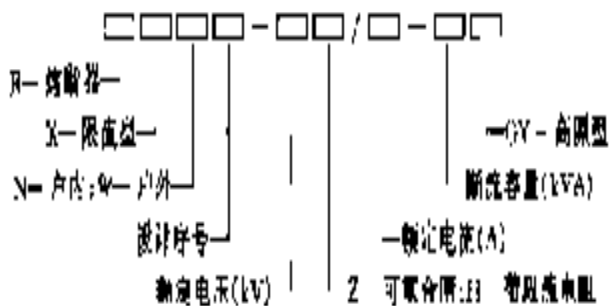


图 7-12 V形户外隔离开关



2. 高压熔断器的型号含义



如: RW7-10/50-75GY 是户外式、设计序号 7、10kV、50A、断流容量 75kVA、高原型的熔断器。

3. 限流式熔断器和跌落式熔断器

(1) 限流式熔断器

限流式熔断器的熔丝安装在充满石英砂的瓷管中,由于石英砂对电弧起冷却和去游离作用,所以限流式熔断器熄弧能力较强,能限制短路电流数值。限流式熔断器及熔丝管见图 7-13。

(2) 跌落式熔断器

跌落式熔断器在熔丝熔断时,熔丝管在重力作用下跌落,使触头明显断开而熄弧。RW4-10 型跌落式熔断器见图 7-13。

100/ $\sqrt{3}$ V,供测量仪表和继电保护装置使用的设备。

电压互感器一般分为电磁感应式和电容分压式。电容分压式电压互感器除可以供测量、保护用以外,还可以代替耦合电容器兼作高频载波使用。

供测量用的电压互感器,一般做成单相双线圈结构,它的一次电压是系统的线电压,可以单相使用,也可以接成 V/V 形作三相使用。

单相三线圈电压互感器的额定一次电压是系统相电压。用三台接成星形接线(中性点引出)/星形接线(中性点引出)/开口三角形接线,开口三角形两端与继电保护电压线圈接供接地保护用。

电压互感器的二次侧与仪表和继电器的电压线圈联结,由于电压线圈阻抗很大,所以电压互感器二次侧电流在正常工作时是很小的,一旦发生二次侧短路,则二次侧电流将变得很大,所以二次侧线圈不允许短路,否则将短路的二次线圈烧毁。

此外,电压互感器的二次侧线圈和开口三角形线圈的一端必须接地,以免在故障情况下一次侧的系统高电压窜入危及设备及人身安全。

2. 电流互感器

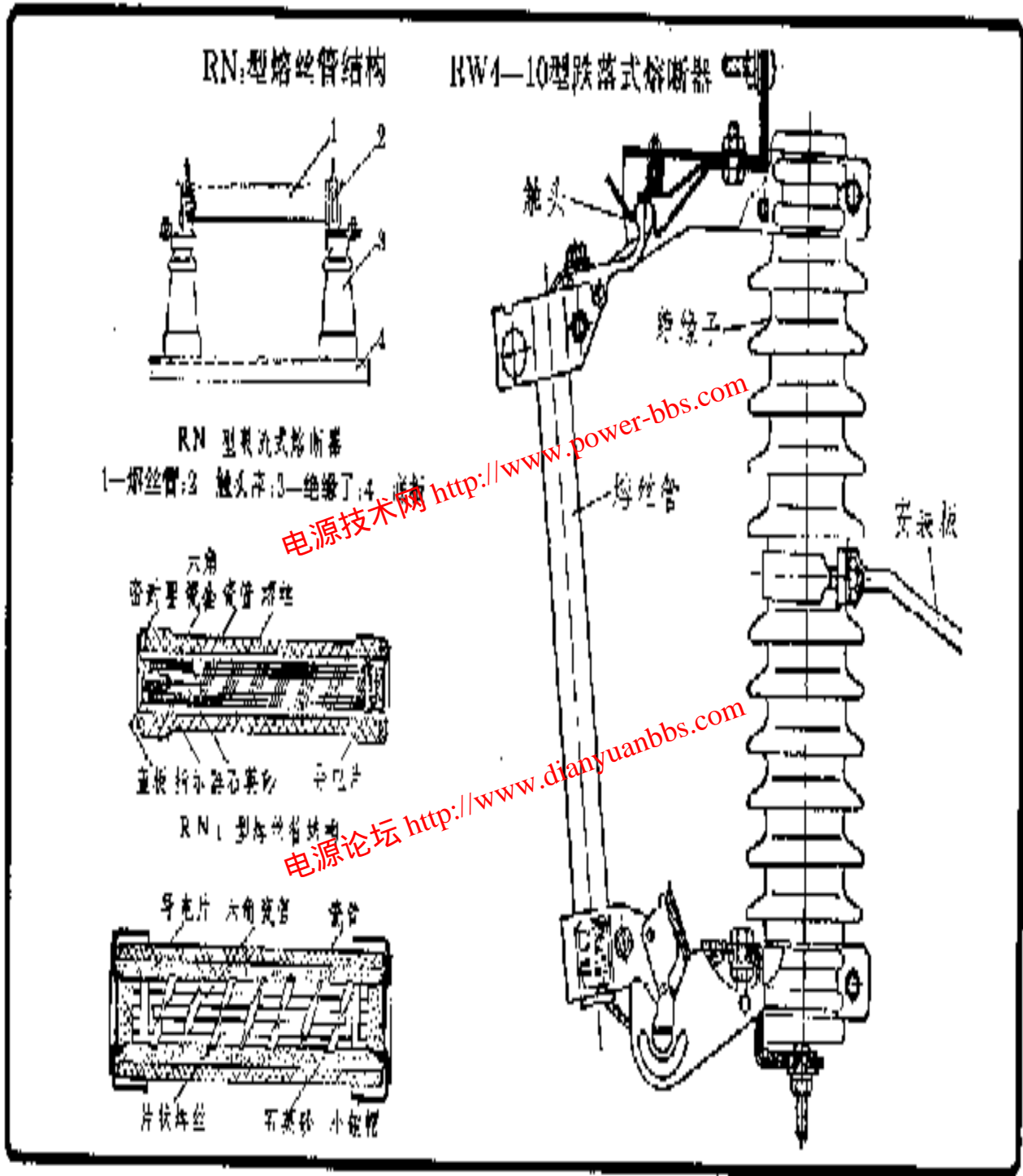
电流互感器是将系统中的高压电流和低压大电流转换成低压的标准 5A 或 1A 电流,供测量仪表和继电保护装置

七、电压互感器和电流互感器

1. 电压互感器

电压互感器是将系统的高电压转换成标准的 100V 或

图 7-13 熔断器



使用的设备。

电流互感器是按电磁感应原理工作的,其一次侧线圈串在电路中,二次侧线圈与测量仪表和继电器连接。由于仪表和继电器的电流线圈阻抗很小,所以电流互感器二次侧近于短路状态工作。正常工作时一旦二次侧线圈开路,则会产生很高的电压,危及设备和人身安全,因此在电流互感器一次侧有电流流过的情况下,绝不允许二次侧线圈断开。

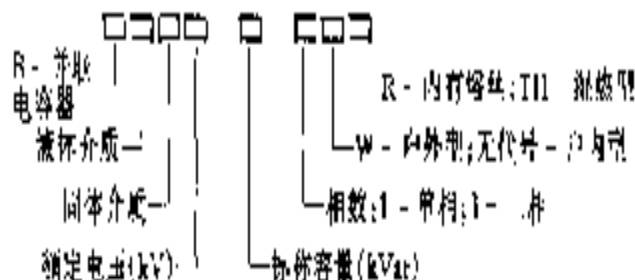
电流互感器有测量级和保护级之分,保护级用于系统短路故障或其他(如过流等)故障时与继电保护装置一起起保护作用,因此要求有良好的过电流特性;而测量级则要求有一定的准确度,测量级和保护级通常组合在同一互感器中。

八、并联电容器和并联补偿成套装置

1. 并联电容器

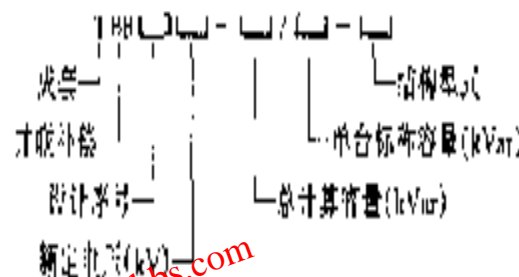
并联电容器的主要作用是补偿电力系统感性负载的无功功率,提高功率因数,改善电压质量,降低线路损耗。

并联电容器型号含义如下:



2. TBB型并联补偿成套装置

TBB型并联补偿成套装置用于50Hz、三相、电压为6~10kV的电力系统和工厂企业配电网中,用以提高功率因数和调整网络电压,可装于户内或户外。TBB型并联补偿成套装置型号含义如下:



九、高压配电装置

高压成套配电装置是变电站的主要装置之一,它由制造厂按需要在钢结构本身内安装相应的高压电气设备而成。

504 图解电工手册

按其表面形式可分为：全封闭式——表面全部用钢板覆盖，半封闭式——有部分可见部分；开启式——仅有面板，到现场安装时再按需要对其他面加以防护（如加网状遮栏）。

按其可否移动分为：手车式（移开式）和固定式。由于

手车式高压成套配电装置结构紧凑体积小，便于安装检修，已广泛用于35kV及以下的配电装置中，以3、6、10kV配电装置中用的最多。

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

第八章 配电系统

一、电力系统

电能属于二次能源,由一次能源如煤、油、水力、核能等在发电厂转换成电能。把发电厂发出的电能输送到用户设备。这中间要经过几个环节,所有环节统称电力系统。

本章重点介绍 6~10kV 降至 0.4/0.23kV 的工矿企业的变配电系统。

(一) 电力系统各环节

1. 发电厂

发电厂是把非电能形式的能量转换成电能,它的种类很多,诸如火力发电厂(燃煤、燃油、天然气)、水力发电厂、核电站、地热发电厂、潮汐发电厂、太阳能发电以及风力发电

等,占比例最大的是火力发电厂、水力发电厂。

2. 变配电所

输入、输出电压不变,由一路或二路输入变成多路输出的称配电所。

输入、输出电压变化的称变电所。

两者兼有的称变配电所。

变配电所的作用是变换电压和进行分配的场所。

为了电能的输送以及满足用电负荷对电压的要求,必须对电压进行多次变换。为了远距离输电,必须把电压升高,称升压变电所。电能到了负荷中心,又必须把电压降下来,称降压变电所。

3. 电力线路

电力线路也称输电线,对于高压线路,一般用铁塔、电杆架空敷设制芯绞线来输电,35kV 及以上除架空输电外,也有用电缆来输电的。

4. 用电负荷

用电负荷即消耗电能的设备,分类方法很多,可按电压的种类及高低来分,可按用电性质来分。在负荷计算中,一般按用电负荷的性质来分,如电热类、照明类、试验设备类、电动机类等,在负荷计算中将详细介绍。在用电量统计中,工业用电量最大,占 70% 以上,生活用电不超过 10%,其他还有农业用电,交通用电等。

(二) 电力系统电压等级及输送范围

(1) 额定电压是指用电设备名牌上标出的线电压, 各国都制订标准系列的额定电压及频率, 我国规定的频率是 50Hz, 交流电力网和电力设备的额定电压见表 8-1。

表 8-1

类 别	电力网和用电 设备各额定电压 (V)	发电机 额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
线 压 (V)	230/127 380/220 660/380	230 400 690	220/127 380/220 660/380	230/133 400/230 690/400
电 压 (kV)	3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
	6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
	10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	—	13.8、15、17.5	13.8、15、17.5	—
	—	18、20	18、20	—
	35	—	35	35、5
	63	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
500	—	500	550	
750	—	750	—	

从上表中可以看出, 同一电压等级中, 各种设备的额定

电压不完全相等, 这主要是考虑有线路压降。因为一般用电设备允许电压的偏差为 $\pm 5\%$, 故输电线路首端, 高于额定电压 5%, 如果线路压降为 10%, 则线路末端低于额定电压 5%, 正好满足用电负荷的要求。

(2) 各种电压下线路输送的功率和距离见表 8-2。

表 8-2

额定电压 kV	输出功率 架空线(电压)kW	输送距离 架空线(电缆)km
0.22	50(100)	0.15(0.2)
0.38	100(175)	0.25(0.35)
6	2000(3000)	10-5(8)
10	3000(5000)	15-8(10)
35	20000-100000	50-250
110	$10^4-5 \times 10^4$	150-500
220	$10^5-5 \times 10^5$	300-2500

目前, 我国电力系统, 220kV 及以上电压用于大电力系统主干线, 110kV 用于中小电力系统主干线, 也用于大电力系统二次网络, 35kV 多用于电力系统二次网络及大型工矿企业内部供电网络, 一般工矿企业均为 6-10kV。而 6kV 只有在邻近火力发电厂使用才有利, 一般用 10kV 供电较有利, 0.38/0.22kV 多用于工矿企业内部配电。

二、负荷计算

要进行工业企业变配电系统设计,首先要搞清楚全厂需要多少电,即要对负荷进行计算。工厂中各用电设备的使用量是随机的,时时刻刻在变化着,每个用电设备在使用过程中也会发生变化。譬如一个烤箱,升温时全负荷使用,当温度达到整定值就自动切断,负荷为零。又如一台车床,当切削的零件不同,其用电量也是时时变化的。因此,一个好的变配电系统设计,既不能将系统设计太小,而使设备无法开足,也不能将系统设计太大,而造成浪费。

1. 负荷计算的内容

(1) 计算负荷,即需要负荷或最大负荷。由于实际负荷是随时随地变化的,现在假定有一个持续不变的负荷,它在一定时间内的发热与实际负荷的发热相当,那么,这个假定的持续负荷就称之为计算负荷。在配电设计中,常采用30分钟的最大平均负荷作为按发热条件选择电器及导体的依据。

(2) 尖峰电流,指单台或多台用电设备持续1秒左右的最大负荷电流,用来计算电压损失、电压波动,选择熔断器和保护元件等。

(3) 平均负荷,指某一时间内用电设备消耗的电能与

该时间的比值。平均负荷用来计算最大负荷、电能消耗量和无功补偿装置。

2. 负荷计算的方法

(1) 需要系数法

把设备功率乘以需要系数和同时使用系数,就直接求出计算负荷。此法简单快捷,因此广泛使用,常常用于计算变压器功率及高压配电系统。

(2) 二项式法

二项式法的计算负荷包含二项,一项为平均负荷,另一项是考虑负荷中少数大功率运行的影响。这个方法也比较简单,但结果往往偏大,常用于低压配电线路及配电箱的负荷计算。

(3) 利用系数法

此法是采用利用系数求出最大概平均负荷,可考虑设备台数和功率差异的影响,它的理论依据是概率论和数理统计,因此计算结果比较精确,但由于计算较繁琐,只有在需要校核时才采用。

(4) 其他方法

其他还有单位面积法、单位产品耗电法、ABC法、变值需要系数法等,但只适用于某些工业,尚未推广,故不予介绍。

3. 设备功率的确定

用电设备的额定功率系指产品说明书或铭牌上标出之

508 图解电工手册

功率。但是,由于各用电设备的额定工作条件不同,如有的是长期工作制,有的是反复短时工作制,因此,这些铭牌上标出之额定功率不能简单直接相加,而必须换算成同一工作条件下的额定功率,然后才能相加。经过换算至统一规定工作制下的额定功率称为设备容量,用 P_e 表示。

(1) 用电设备按其工作制可分为三种

① 连续运行工作制,即长期工作制,是指在规定的环境温度下作连续运行,在设备任何部分产生的温度和温升均不超过最高允许值。

② 短时工作制:是指用电设备的运行时间而停歇时间长,用电设备在工作时,来不及发热到稳定温度就开始冷却。

③ 重复短时工作制:是指用电设备以断续方式反复进行工作,其工作时间 t_w 与停歇时间 t_s 相互交替,通常用暂载率的百分数来表示工作周期 T 内工作时间的长短。

$$\text{暂载率 } \epsilon \text{ 的定义为: } \epsilon = \frac{t_w}{t_w + t_s} (\%)$$

根据我国国家标准规定,工作周期 T 以 15 分钟为计算依据。

(2) 各种情况下设备容量(功率)与设备额定功率关系如下:

- ① 长期工作制时,电动机设备功率等于其额定功率。
- ② 反复短时工作制时,设备功率 P_e 与其设备额定功

率 P_N 的计算如下:

当采用需要系数法或二项式法时需统一换算至 $\epsilon = 25\%$ 暂载率

$$P_e = P_N \sqrt{\frac{\epsilon_c}{\epsilon_2}} = 2 P_N \sqrt{\epsilon_c}$$

式中: P_e —用电设备的设备容量(功率)(千瓦);

P_N —某台电动机铭牌功率(千瓦);

ϵ_c —设备电动机额定负载暂载率;

ϵ_2 —25% 暂载率。

当采用利用系数法时,需统一换算至 $\epsilon = 100\%$ 暂载率。

$$P_e = P_N \sqrt{\epsilon_c}$$

③ 电焊机设备功率是指将额定容量换算到暂载率为 100% 时的有功功率。

$$P_s = S_c \sqrt{\epsilon_c} \cos\varphi (\text{千瓦})$$

式中: S_c —电焊机在某一暂载率下的额定容量(千伏安);

$\cos\varphi$ —电焊机功率因素。

④ 电炉变压器的设备功率是指额定功率因数时的有功功率,

$$P_e = S_c \cos\varphi$$

式中: S_1 —电炉变压器额定容量(千伏安);

$\cos\varphi_1$ —电炉功率因数;

⑤ 整流器的额定功率是指额定直流功率;

⑥ 成组用电设备的设备功率是指不包括备用设备在内的所有单个用电设备功率之总和;

⑦ 照明设备功率为灯泡上标出的额定功率。对于荧光灯、高压水银灯等还应计入镇流器的功率损耗。

一般对荧光灯可增加灯管功率的 20%;

对高压水银灯增加灯管功率的 8%;

对金属卤化物灯增加灯管功率的 10%。

⑧ 不对称单相负荷的设备容量,当单相设备数量较多时,应将它们均匀的分接于三相上,力求避免三相不平衡状况,按设计守则,当单相用电设备的总容量不超过三相设备总容量的 15%时,可按三相平衡分配计算,否则,应按三倍最大相的负荷计算。

4. 需要系数法

(1) 用电设备组的计算负荷

$$\text{有功功率 } P_{js} = K_d \cdot P_e \quad \text{千瓦}$$

$$\text{无功功率 } Q_{js} = P_{js} \cdot \tan\varphi \quad \text{千乏}$$

$$\text{视在功率 } S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad \text{千伏安}$$

(2) 配电干线或车间变电所计算负荷

$$\text{有功功率 } P_{js} = K_d \sum (K_d P_e) \quad \text{千瓦}$$

$$\text{无功功率 } Q_{js} = K_d \sum (K_d P_e \tan\varphi) \quad \text{千乏}$$

$$\text{视在功率 } S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad \text{千伏安}$$

式中: P_e —用电设备组设备功率(千瓦);

K_d —需要系数;

K_d —同时使用系数(有功与无功采用同一值);

$\cos\varphi, \tan\varphi$ —用电设备功率因数及其功率因数角的正切。

各用电设备的利用系数、需要系数、功率因数等见表 8-3、表 8-4、表 8-5、表 8-6。

表 8-3 同时使用系数 K_d

应用范围	K_d
确定车间变电所、低压母线接入负荷时	0.7~0.8
1. 冷加工车间	0.8~0.9
2. 热加工车间	0.8~1.0
3. 动力站	0.8~1.0
确定配与母线接入负荷时	
1. 计算负荷小于 5000 千瓦	0.9~1.0
2. 计算负荷为 5000~10000 千瓦	0.85
3. 计算负荷大于 10000 千瓦	0.8

510 图解电工手册

表B-4 用电设备需要系数 K_d 及其 $\cos\varphi$, $\tan\varphi$

用电设备组名称	K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	用电设备组名称	K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
金属切削的金属加工机床	0.12~0.16	0.5	1.73	自动装料	0.7~0.8	0.95~0.98	0.33~0.2
小批生产的金属冷加工机床	0.12~0.16	0.5	1.73	下烘箱、加热器等	0.4~0.6	1	0
大批生产的金属冷加工机床	0.17~0.2	0.5	1.73	工业感应电炉(不带无功补偿装置)	0.8	0.75	2.67
小批生产的金属热加工机床	0.2~0.25	0.55~0.6	1.51~1.33	工业感应电炉(不带无功补偿装置)	0.8	0.6	1.33
大批生产的金属热加工机床	0.25~0.28	0.65	1.17	焊接用加热器高频加热设备	0.8~0.65	0.7	1.02
锻锤、压床、剪床及其他锻工机械	0.25	0.6	1.33	浴池用高频加热设备	0.8~0.85	0.8~0.85	0.75~0.62
木工机械	0.2~0.3	0.5~0.6	1.73~1.33	表面淬火电炉(带无功补偿装置)	0.8~0.85	0.8~0.85	0.75~0.62
液压机	0.3	0.6	1.33	电动机	0.65	0.7	1.02
生产用通风机	0.75~0.85	0.8~0.85	0.75~0.62	真空断路器	0.6	0.55	0.62
卫生用通风机	0.65~0.7	0.8	0.75	中频电炉(中频机组)	0.65~0.75	0.8	0.75
泵、给煤机、压带机、电焊发电机组	0.75~0.85	0.8	0.75	感应炉(带阿压器或电容器)	0.4~0.5	0.85~0.9	0.62~0.48
球磨机、破碎机、筛砂机、搅拌机	0.75~0.85	0.8	0.75~0.62	感应炉(带阿压器或电容器)	0.55~0.65	0.85~0.9	0.62~0.48
电阻炉(带调压器或变压器)	0.6~0.7	0.95~0.98	0.33~0.2	电弧炼钢炉变压器	0.9	0.85	0.62
自动装料	0.6~0.7	0.95~0.98	0.33~0.2	电弧炼钢炉的辅助设备	0.15	0.5	1.73
				点焊机、缝焊机	0.35, 0.3	0.6	1.33
				切割机	0.35	0.7	1.02
				自动感应电炉	0.5	0.5	1.73
				电炉用调压器	0.55	0.55	2.68

(续)

用电设备名称	K_c	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
多头手动弧焊变压器	0.4	0.35	2.68
单头有壳弧焊机	0.35	0.6	1.33
多头立轴弧焊机	0.7	0.7	1.02
金属、机修、装配车间、锅炉房用起重钩($\alpha = 25\%$)	0.1~0.15	0.5	1.71
铸造车间用起重钩($\alpha = 25\%$)	0.15~0.3	0.5	1.71
联锁的连续运输机械	0.65	0.75	0.86
非联锁的连续运输机械	0.5~0.6	0.75	0.88
一般工业用起重装置	0.5	0.7	1.02
电镀用硅整流装置	0.5	0.75	0.88
电解用硅整流装置	0.7	0.8	0.75
红外线干燥设备	0.85~0.9	1	0
电火花加工装置	0.5	0.6	1.33
超声波装置	0.7	0.7	1.02
激光设备	0.3	0.45	1.32
电子计算机主机(中大型机)	0.6~0.7	0.6	0.75
电子计算机外部设备	0.4~0.5	0.5	1.73
试验设备(电热为主)	0.2~0.4	0.8	0.75
试验设备(仪表为主)	0.15~0.2	0.7	1.02
磁粉探伤机	0.2	0.4	3.29

(续)

用电设备名称	K_c	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
铁屑加工机械	0.4	0.75	0.88
排气管	0.5~0.6	0.9	0.48
老练台	0.6~0.7	0.7	1.02
陶瓷窑炉	0.8~0.9	0.95	0.33
电阻炉	0.7~0.75	0.9	0.48
绝缘干燥设备	0.6	0.95	0.4
真空浸渍设备	0.7	0.95	0.33

* 弧焊机的需要系数 0.2 仅用于电子行业。

表 8-5 照明设备需要系数

建筑类别	K_c	建筑类别	K_c
生产厂房(有天然采光)	0.8~0.9	宿舍区	0.8~0.8
生产厂房(无天然采光)	0.9~1	医院	0.5
办公楼	0.7~0.8	食堂	0.9~0.95
设计室	0.9~0.95	商店	0.9
科研楼	0.8~0.9	学校	0.6~0.7
仓库	0.5~0.7	博物馆	0.7~0.8
锅炉房	0.9	旅馆	0.6~0.7

表 8-6 照明设备的 $\cos\phi$ 及 $\tan\phi$

光源类别	$\cos\phi$	$\tan\phi$	光源类别	$\cos\phi$	$\tan\phi$
白炽灯	1	0	高压钠灯	0.45	1.98
卤钨灯			金属卤化物灯	0.4~0.61	2.29~1.29
荧光灯 (无补偿)	0.55	1.52	碘灯	0.52	1.6
荧光灯 (有补偿)	0.9	0.48	汞灯	0.9	0.48
高压水银灯	0.45~0.65	1.98~1.16			

表 8-7 各车间低压负荷计算指标

车间类别	需要用电量指标		功率因数	
	K _v	kW/m ²	$\cos\phi$	$\tan\phi$
铸钢车间(不包括电炉)	0.3~0.4	0.055~0.06	0.65	1.17
锻钢车间	0.35~0.4	0.06	0.7	1.02
锻压车间(不包括高炉水泵)	0.2~0.3		0.55~0.65	1.52~1.17
热处理车间	0.4~0.6	-	0.65~0.7	1.17~1.02
焊接车间	0.25~0.3	0.04	0.45~0.5	1.98~1.73
金工车间	0.2~0.3	0.1	0.55~0.65	1.52~1.17
木工车间	0.28~0.85	0.05	0.6	1.33
工具车间	0.3	0.1~0.12	0.65	1.17

(续)

车间类别	需要用电量指标		自然功率因数	
	K _v	kW/m ²	$\cos\phi$	$\tan\phi$
修理车间	0.2~0.35		0.65	1.17
落锤车间	0.2	-	0.6	1.33
废钢铁处理车间	0.45		~0.68	1.08
电镀车间	0.4~0.62	-	0.85	0.62
中央实验室	0.4~0.6		0.6~0.8	1.33~0.75
化验站	0.6~0.7	-	0.8	0.75
煤气站	0.5~0.7	0.09~0.13	0.65	1.17
煤气站	0.75~0.85		0.8	0.75
冷冻站	0.7	-	0.75	0.88
水泵站	0.5~0.65	-	0.8	0.75
锅炉房	0.65~0.75	0.15~0.2	0.8	0.75
压缩空气站	0.7~0.85	0.15~0.2	0.75	0.88

(3) 各车间低压负荷估算指标

表 8-7 中的数据是对一些工厂统计后得出的,可供参考。

(4) 各种工厂的全厂需要系数及功率因数

表 8-8 中的数据也是对一些工厂统计后得出的,表中数据一般略偏大,可供参考。

表 8-8 各车间低压负荷估算指标

工厂类别	需要系数		最大负荷时功率因数	
	变动范围	建议采用	变动范围	建议采用
汽轮机制造厂	0.38~0.49	0.38		0.88
锅炉制造厂	0.36~0.53	0.27	0.73~0.75	0.73
柴油机制造厂	0.32~0.54	0.32	0.74~0.84	0.74
重型机械制造厂	0.25~0.47	0.35	-	0.79
机床制造厂	0.13~0.1	0.1	-	-
重型机床制造厂	0.32	0.32		0.71
工具制造厂	0.34~0.35	0.34	-	-
仪器仪表制造厂	0.21~0.42	0.37	0.8~0.82	0.81
轴承制造厂	0.24~0.34	0.28		-
器具工具制造厂	0.26~0.35	0.26		-
车灯制造厂	0.25~0.38	0.33		-
石油机械制造厂	0.45~0.5	0.45		0.78
电线电缆制造厂	0.35~0.36	0.35	0.65~0.8	0.78
电气开关制造厂	0.3~0.6	0.35		0.75
阀门制造厂	0.38	0.38		-
铸管厂		0.5		0.78
橡胶厂	0.5	0.5	0.72	0.72
通用机器厂	0.34~0.43	0.4		-

5. 二项式法

(1) 单个用电设备组计算负荷

$$\text{有功功率 } P_{js} = CP_n + bP_n \text{ 千瓦}$$

$$\text{无功功率 } Q_{js} = P_{js} \cdot \tan\varphi \text{ 千乏}$$

(2) 多个用电设备组计算负荷

$$\text{有功功率 } P_{js} = (CP_n)_{\max} + \sum bP_n \text{ 千瓦}$$

$$\text{无功功率 } Q_{js} = (CP_n)_{\max} \tan\varphi_n + \sum (bP_n \tan\varphi_n)$$

千乏

(3) 计算负荷的视在功率

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2}$$

(4) 计算电流

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_N}$$

式中： P_n —用电设备功率 千瓦

CP_n —用电设备组中 n 台最大设备功率之和， n

取与负荷种类有关：焊接设备的 $n=0$ ；电热设备 $n=1$ ；反复短时负荷的 $n=3$ ；电动机类的 $n=5$ 。

如某单位共 20 台自动机类设备，在这 20 台中功率最大的 5 台之和为其 P_n 值。如果是多个用电设备组，设有 20 台电机，30 台风机，10 台吊车，则要分别算出三类设备之 CP_n ，然后取其最大的一组，而不是三组的叠加。

514 图解电工手册

6. 利用系数法

利用系数法确定计算负荷时,不论范围大小,都必须求出该计算范围内的用电设备有效台数及最大系数 K_{\max} , 一次求出结果,不再乘其他系数。

(1) 用电设备组在最大负荷范围内的平均负荷 P_p, Q_p

有功功率 $P_p = K_p P_e$ 千瓦

无功功率 $Q_p = P_p \cdot \tan \varphi$ 千乏

式中: K_p —用电设备组在最大负荷范围内的利用系数;

P_e —用电设备组的设备功率;

$\tan \varphi$ —用电设备组功率因数角的正切。

利用系数、功率因数及其正切值见表 6-8

表 6-8 利用系数 K_p 值、功率因数及其正切值

用电设备组名称	K_p	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
一般工作制小批生产用金属切削机床(小型车、刨、钻、铣、磨、砂轮机等)	0.1-0.12	0.5	1.75
一般工作的大批生产用金属切削机床	0.12-0.15	0.5	1.75
重工作制金属切削机床(冲床、自动车床、六角车床、铣床、刨床、大型车床、刨、铣、立车、磨床)	0.16	0.55	1.51
小批生产金属热加工机床(锻锤、传动装置、锻造机、拉丝机、清理转塔等、碾磨机)	0.17	0.6	1.35

(续)

用电设备组名称	K_p	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
大批生产金属热加工机床	0.2	0.65	1.17
生产用通风机	0.55	0.8	0.75
生活用通风机	0.5	0.8	0.75
电焊机(包括电焊发电机组)	0.55	0.8	0.75
移动式电动机	0.05	0.5	1.75
不联锁的连续运输机械(提升机、皮带输送机、螺旋输送机)	0.35	0.75	0.86
联锁的连续运输机械	0.5	0.75	0.86
起重机械及电动葫芦($\eta = 100\%$)	0.15-0.2	0.5	1.75
电梯、下料机、加热设备	0.55-0.65	0.95	0.33
试验室用小型电热设备	0.35	1.0	0
电焊机额定功率 10 以下	0.65	0.8	0.75
单头直流弧焊机	0.25	0.6	1.33
多头直流弧焊机	0.5	0.7	1.02
单头交流弧焊机	0.25	0.35	2.67
多头交流弧焊机	0.3	0.35	2.67
自动焊机	0.3	0.5	1.75
点焊机及埋焊机	0.25	0.9	1.33
对焊机及铆钉加热器	0.35	0.7	1.02
工频感应电炉	0.75	0.55	2.67
中频感应电炉(采用真空电抗器)	0.7	0.8	0.75
高频感应电炉(用真空管整流器)	0.65	0.65	1.17

(续)

(2) 平均利用系数为

$$K_{Lp} = \frac{\sum P_p}{\sum P_s}$$

式中: $\sum P_s$ 各用电设备的设备功率 kW;

$\sum P_p$ 各用电设备平均负荷的有功功率(kW)。

(3) 用电设备的有效台数

$$n_{\text{有效}} = \frac{(\sum P_s)^2}{\sum P_s^2}$$

式中: P_s 单个用电设备的设备功率 kW。

(4) 计算负荷

有功功率 $P_{js} = K_{js} \cdot \sum P_p$ 千瓦

无功功率 $Q_{js} = K_{js} \cdot \sum Q_p$ 千乏

视在功率 $S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2}$ 千伏安

式中 K_{js} 为最大系数,可根据有效台数 $n_{\text{有效}}$ 和平均利用系数 K_{Lp} 从表 8-10 中查出。

表 8-10 最大系数 K_{js}

K_{Lp} \ $n_{\text{有效}}$	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
4	3.43	3.11	2.64	2.14	1.87	1.65	1.46	1.29	1.14	1.05
5	3.23	2.87	2.42	2.00	1.76	1.57	1.41	1.26	1.12	1.04
6	3.04	2.64	2.24	1.88	1.56	1.51	1.37	1.23	1.10	1.04

K_{Lp} \ $n_{\text{有效}}$	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
7	2.88	2.48	2.10	1.80	1.58	1.45	1.33	1.21	1.09	1.04
8	2.72	2.31	1.99	1.72	1.52	1.40	1.30	1.20	1.08	1.04
9	2.56	2.20	1.90	1.65	1.47	1.37	1.28	1.18	1.08	1.03
10	2.42	2.10	1.84	1.60	1.43	1.34	1.26	1.16	1.07	1.03
12	2.24	1.96	1.74	1.52	1.36	1.28	1.23	1.15	1.07	1.03
14	2.10	1.85	1.67	1.45	1.32	1.25	1.20	1.13	1.07	1.03
16	1.99	1.77	1.61	1.41	1.28	1.23	1.18	1.12	1.07	1.03
18	1.91	1.70	1.55	1.37	1.26	1.21	1.16	1.11	1.06	1.03
20	1.84	1.65	1.50	1.34	1.24	1.20	1.15	1.11	1.06	1.03
25	1.71	1.55	1.40	1.23	1.21	1.17	1.14	1.10	1.06	1.03
30	1.62	1.46	1.34	1.24	1.19	1.16	1.13	1.10	1.05	1.03
35	1.56	1.41	1.30	1.21	1.17	1.15	1.12	1.09	1.05	1.02
40	1.50	1.37	1.27	1.19	1.15	1.13	1.12	1.09	1.05	1.02
45	1.45	1.33	1.23	1.17	1.14	1.12	1.11	1.08	1.04	1.02
50	1.40	1.30	1.22	1.16	1.14	1.11	1.10	1.08	1.04	1.02
60	1.32	1.25	1.19	1.14	1.12	1.11	1.09	1.07	1.05	1.02
70	1.27	1.22	1.17	1.12	1.10	1.10	1.09	1.06	1.05	1.02
80	1.25	1.20	1.15	1.11	1.10	1.10	1.08	1.06	1.05	1.02
90	1.23	1.18	1.12	1.10	1.09	1.09	1.08	1.05	1.02	1.02
100	1.21	1.17	1.12	1.10	1.08	1.08	1.07	1.05	1.02	1.02
120	1.19	1.16	1.12	1.09	1.07	1.07	1.07	1.05	1.02	1.02
160	1.16	1.13	1.10	1.08	1.05	1.05	1.05	1.04	1.02	1.02
200	1.13	1.12	1.09	1.07	1.05	1.05	1.05	1.04	1.01	1.01
240	1.14	1.11	1.08	1.07	1.05	1.05	1.05	1.03	1.01	1.01

516 图解电工手册

表8-10的 K_m 数据是按半小时最大负荷计算的。计算以中小截面导线为基准,其发热时间常数它为10分钟,负荷的热效应达到稳态的持续时间 t 按指数曲线约为 3τ ,即半小时。对于变电所低压母线或低压干线来说, $t \geq 20$ 分钟, $t \geq 1$ 小时当 t 大于0.5小时,最大系数按下式换算:

$$K_m(t) \leq 1 + \frac{K_m - 1}{\sqrt{2t}}$$

多数情况下车间变电所低压母线上的负荷,其平均利用系数 K_p 为0.2~0.6,有效台数 n_m 相应为50~12及以上,持续时间半小时的最大系数 K_m 为1.05~1.23,则相应于母线 $t \geq 1$ 小时的最大系数 $K_m(t)$ 按下式求得为1.03~1.06。

7. 功率因数的提高

(1) 提高功率因数的意义

除电热设备、白炽灯等负载 $\cos\varphi$ 接近于1外,其他如三相异步电机、电焊机、变压器等均小于1,特别在轻载情况下, $\cos\varphi$ 更低。

$\cos\varphi$ 降低后,将产生不良的后果。

① 使电力系统内电气设备容量不能得到充分利用,根据公式 $P = \sqrt{3}UI\cos\varphi$,当 $\cos\varphi$ 降低,则有功功率 P 也随之降低,于是设备容量不能充分利用。

② 增加电力网中输出线路的有功损耗及电能损耗,从

公式 $P = \sqrt{3}UI\cos\varphi$ 看出,要保持有功功率 P 不变,如果 $\cos\varphi$ 降低,只有 I 增大, I 的增大,将引起 I^2R 、 I^2R_L 的有功消耗及电能损耗增加。

③ $\cos\varphi$ 过低,还将使线路电压损失增大,结果,负荷端电压降低,有时甚至超过允许值,这将影响异步电动机及其他用电设备的正常运行。

一般供电部门规定,工业企业的平均 $\cos\varphi$ 应不低于0.9。

(2) 提高 $\cos\varphi$ 的方法

① 提高自然功率因数

一般工业企业消耗的无功功率,异步电机约占70%,变压器占20%,线路占10%。

因此首先要合理选用电动机功率,不要人马拉小车,电动机在额定负荷下,其 $\cos\varphi$ 在0.83~0.9之间,而如果在空载时仅0.2~0.5,如果无法换下较大功率的电机,常用的方法是 Δ/Y 法,适用于原由 Δ 接线,在轻载(平均负荷40%以下)时用 Y 接线。

其次,对变压器容量的选择也不宜过大,一般变压器的负荷率在75~80%为宜,当变压器负荷率小于30%,则应更换变压器。

另外还有限制电焊机及异步电机空载运转的自动延时断电装置,异步电动机同步化运行等也是提高 $\cos\varphi$ 的方法。

④ 用补偿法提高 $\cos\varphi$

工业企业大多运用静电电容器来提高功率因数。另外,还有采用同步调相机,这一般在电力系统中使用,同步调相机,实际上是无功功率发电机。也有采用同步电动机在过励磁下工作,让它向电网输送无功功率,通常在功率较大的负荷下才有可能使用。我们重点还是介绍静电电容器补偿法。

(1) 静电电容器补偿法

a. 静电电容器补偿容量计算

$$Q_c = P_p (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

P_p 设备有功功率;

$\tan\varphi_1$ 补偿前功率因数角的正切;

$\tan\varphi_2$ 补偿后功率因数角的正切。

b. 补偿方法

补偿方式分三种:

a) 个别补偿:即补偿电容器在对电设备附近,它补偿最彻底,但布置分散,投资大,利用率低。

b) 低压集中补偿:可以装在变电所低压侧,也可装在车间配电母线上。

c) 高压补偿:装在高电压配电室,它无法补偿变压器的无功损耗,但它补偿集中,管理方便。

三、短路电流计算

供电系统应该不间断供电,但是往往由于故障而使供电中断,是严重的故障就是短路,发生的原因如绝缘老化、雷击、操作错误等。

故障的种类主要有三种:三相短路、二相短路、单相短路。

最严重的是三相短路。

供电系统发生短路,往往产生破坏性的后果。

(1) 短路电流的热效应,超过正常电流几十倍的电流通过,电气设备过热,破坏绝缘,甚至烧坏电气设备。

(2) 短路电流的电动力,可以使电气设备变形,扭曲,甚至炸开。

(3) 短路电流的磁效应,会干扰通讯,信号系统,会对电气控制系统产生干扰。

(4) 短路电流引起的电压降,可以影响电动机正常工作,气体放电灯熄灭等。

由于上述影响,我们在考虑供电系统及选用各种电气设备时,必须用短路电流进行校验,有时还需采用限制短路电流的电器(电抗器),以确保发生短路时,供电系统不致遭受破坏。

518 图解电工手册

短路电流的计算是比较复杂的,对于工业企业电气技术人员来讲,是必须掌握的基本计算方法。一般,整个电力系统各点的短路电流值,供电部门都有详细的资料,我们可以向供电部门索取资料,再通过简单的计算,可以求出工业企业进线处及高压配电系统各点的短路电流值,以确定单位为高压电器及线路的选择。

1. 采用欧姆法计算

对于无限大容量中发生三相短路时,其三相短路电流 $I_d^{(3)}$ 可按

$$I_d^{(3)} = U_{jy} / \sqrt{3} Z_2 \\ = U_{jy} / \sqrt{3} (\sqrt{R_2^2 + X_2^2})$$

式中: U_{jy} —短路计算点平均额定电压,它比同级电压高5%。

Z_2 —短路电路总阻抗。

R_2 —短路电路内总电阻。

X_2 —短路电路内总电抗。

对于高压电路,一般 $R_2 \ll X_2$, R_2 可略去不计,于是

$$I_d^{(3)} = U_{jy} / \sqrt{3} X_2$$

三相短路容量为 $S_d^{(3)} = \sqrt{3} U_{jy} I_d^{(3)}$ 。

2. 用标么值法进行计算

(1) 定义:标么值即相对值,也就是实际值与基准值之比。

短路计算时,先选择基准容量 S_j (一般取 100MVA) 和基准电压 U_j (取平均额定电压)。

用标么值表示的物基量,用“*”表示,如 X_{*k} 、 I_{*j} 等,已选基准容量 $S_j = 100\text{MVA}$ 。

基准电压 $U_j = U_{av}$ 。

$$\therefore \text{基准电流 } I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3} U_j} \text{ kA}$$

$$\text{基准电抗 } X_j = \frac{U_{jc}^2}{\sqrt{3} I_j} = \frac{U_{jc}^2}{S_j} \Omega$$

(2) 电力系统中各元件标么值

① 电力系统的电抗标么值 X_{*cr}

$$X_{*k1} = \frac{X_{kr}}{X_j} = \frac{U_{jc}^2 / S_{d1}}{U_{jc}^2 / (\sqrt{3} I_j)} = \frac{S_j}{S_{d1}}$$

式中: S_{d1} —正负母线变电所出口处断路器断前容量。

S_j —基准容量,一般取 100MVA

② 电力变压器电抗标么值 X_{*t}

$$X_{*t} = \frac{X_t}{X_j} = \frac{U_t \%}{100} \cdot \frac{U_{jc}^2 / S_t}{U_{jc}^2 / S_j} = \frac{U_t \% \cdot S_j}{100 \cdot S_t}$$

式中: S_t —变压器额定容量

③ 电力线路阻抗标么值 X_{*l}

31

图解电工手册

$$X_{\cdot L} = \frac{X_L}{X_j} = \frac{X_0 L}{U_{pj}^2 / S_j} = X_0 L \frac{S_j}{U_{pj}^2}$$

④求出各元件的电抗标么值后,将计算电序化简,求出总电抗 $X_{\cdot \Sigma}$ 。由于各元件电抗均用相对值,因此,与短路计算点电压无关,故不需换算。

(3)无限大容量电力系统三相短路电流标么值 $I^{(3)}$,按下式计算:

$$I^{(3)} = \frac{I_j^{(3)}}{I_j} = \frac{U_{pj} / \sqrt{3} X_{\cdot \Sigma}}{S_j / \sqrt{3} U_{pj}} = \frac{U_{pj}^2}{S_j \cdot X_{\cdot \Sigma}} = \frac{I_j}{X_{\cdot \Sigma}}$$

三相短路容量为:

$$S_j^{(3)} = \sqrt{3} U_{pj} I^{(3)} = \frac{S_j}{X_{\cdot \Sigma}}$$

四、高压配电系统

高压配电系统应保证可靠的供电,满足用电负荷的要求,又应力求简单,便于操作、维修方便,且能做到投资少,运行费用低,并有发展余地。

配电电压的选择,决定于工业企业的生产区大小、用电负荷的多少,一般工业企业采用 10kV,只有在发电厂附近,且 6kV 有明显的优点时,才考虑用 6kV。至于 35kV,只有企业用量大或能减少配变电级数,简化接线,电能节约及投

资的降低等方面有优越性时才采用。

(一) 负荷的分类及其供电方式

用电负荷的分类是根据其对可靠性的要求来划分的,共分三类。

1. 一级负荷

突然停电会造成人身伤亡危险,或重大贵重设备损坏且难以修复,或给国民经济造成重大损失者。

2. 二级负荷

突然停电将产生大量废品,大量原材料报废,大量减产或将发生重大设备损坏事故,但采取一定措施可以避免者。

3. 三级负荷

不属于一、二级负荷的用电设备。

对于一级负荷的供电,要求两个独立电源供电,采用自动或手动切换。如果一级负荷容量不大,也可用柴油发电机、蓄电池或邻近单位取得第二个电源。

二级负荷应由二回路供电,如确有困难,也可由一路专线供电。

三级负荷无特殊要求。

(二) 配电系统

1. 配电方式

(1) 放射式:供电可靠,故障后影响范围小,便于自动化,但造价高。

(2) 树干式:投资少,故障后影响范围大,供电可靠性较差。

(3) 环式:供电可靠性较高,运行比较灵活,但切换操作频繁。

2. 常用配电系统图 (6~10kV)

(1) 单回路放射式

这种配电系统可靠性不太高,投资较大,开关及出线较多,一般用于二、三级负荷,如有备用电源,也可用于一级负荷。

(2) 单电源双回路放射式

这种配电系统方案在一条线路有故障时,另一条线路通过低压联络开关仍可对故障线路的线路供电,但如果电源断,仍不能保证供电。

(3) 双电源双回路交叉放射式

此方案,不论高压电源中断一个,或高压线路中断一条,都能使负荷得到供电。可靠性很高,可对一级负荷供

电,但投资大,出线,维护都较复杂。

(4) 有公共备用的放射系统

此方案,当一条线路发生故障后,经短时停电操作,可使备用电源代替工作电源恢复供电,一般用于二级负荷。

(5) 单回路树干式配电系统

此方案一般用于三级负荷,每条线所接的变压器不超过5~6台,总容量不超过2000kVA--3000kVA。此方案投资少,但可靠性差。

(6) 单侧供电双回路树干式配电系统

此方案比单回路树干式供电可靠性有提高,可用于二级负荷。

(7) 双侧供电单回路树干式配电系统

此方案采用正常时由一源供电,或在中间断开,事故后手动切换,在寻找故障时要中断供电。

(8) 双侧供电双回路树干式配电系统

此方案供电可靠性较高,可供二级、三级负荷。

(9) 环式配电系统

此方案由同一电源供电,正常时开环运行,寻找故障时要中断供电,一般用于二、三级负荷。

(三) 6~10kV 配变电所

1. 6~10kV 配变电所的位置

确定 6~10kV 配变电所的位置,要考虑下列条件:

- (1) 接近负荷中心以减少线路损耗;
- (2) 进出线方便;
- (3) 便于运输;
- (4) 尽量避开多尘、潮湿、震动、高温及有爆炸和火灾的场所;
- (5) 适当考虑发展的需要;

2. 6~10kV 配变电所的型式

- (1) 独立配变电所;
- (2) 车间内附变电所,设在车间内,与车间共用外墙;
- (3) 车间外附变电所,不占车间面积;
- (4) 车间外附露天变电所,变压器设于室外;
- (5) 车间内变电所,不与车间的外墙相连;
- (6) 独立式露天变电所,变压器、配电设备均设于室外;
- (7) 杆上变电所,用于小容量分散负荷。

3. 6~10kV 配变电所的设备布置

配变电所内设备一般有:高压开关柜、变压器、高低压

电容器柜、低压开关柜。

配变电所内设备布置的一般要求为:

- (1) 布置紧凑合理,便于设备的操作、巡视、检修、试验;
- (2) 尽量利用自然采光及通风;
- (3) 值班室应尽量靠近变压器室;
- (4) 变压器室与高压电容器室应尽量避免相邻,控制室应尽量相邻;
- (5) 配电室的控制室、值班室地面,要比室外地面高出 150~300mm。当附设在车间内时,则可与车间地面相平;
- (6) 高压开关柜宜装在单独的高压配电室内,只有不超过 4 台时,才允许与低压配电屏装在一个房间内,两者单列布置,且净距不应小于 2m;
- (7) 配电室的值班室应单独设置,如装有低压配电屏时,则值班人员经常工作的一面,低压配电屏到墙的距离不应小于 3m;
- (8) 值班室应与高压配电室直通,值班地点应有门直接向外,值班室内不准有高压配电箱;
- (9) 供一级负荷的不同电源之电缆不应敷设在同一电缆沟内。

4. 高压配电室内布置要求

- (1) 当房间长 7m,应有两个门,且门宜布置在两端。如

522 用电工手册

用GG1A高压开关柜,搬运门宽1.5m,高2.5~2.8m;

(2)固定式开关柜的操作通道,单列布置为2m,双列布置为2.5m;

(3)架空出线时,出线套管至室外地面最小高度为4m,出线悬挂点离地不低于4.5m,配电室高一般为4.2~4.5m;

(4)室内电力电缆沟底应有坡度和集水坑,沟盖宜用花纹钢板;

(5)高压开关的选用:目前使用较多的是GG1A型,柜内可装油断路器、负荷开关、隔离开关、互感器等高压电器对线路、变压器、电容器柜进行操作保护,主回路有很多型式供选用。另外,抽屉式高压柜,结构紧凑,维护方便,但价格较高,具体选择可以参看各生产厂的产品样本。

5. 电力电容器室

(1)电容器装置载流部分的长期允许电流,不应小于电容器额定电流的1.3倍;

(2)电容器组应装设放电装置,电容器组两端的电压从峰值下降到75V所需的时间,低压电容器不大于1分钟,高压电容器不大于5分钟;

(3)室内高压电容器组一般装设在单独的房间内,但数量较少时也可与高压配电室装在一起。

(4)电容器组安装时,下层底部离地面不应小于0.3m,上层底部不大于2.5m,布置不应超过三层;

(5)电容器外壳之间(宽面)的净距不小于0.1m,(但对成套电容器装置无此要求);

(6)装设可燃性介质高压电容器的电容器室,其耐火等级不应低于二级,如是非可燃性介质的中低压电容器的电容器室,耐火等级不低于二级。

(7)电容器室应有良好的自然通风,其道风窗、门等应有防雨雪及小动物进入的措施,进风面积一般每100kVA需0.1~0.3m²(在下部),出风面积0.2~0.4m²(在上部)。

(8)电容器室长度超过7m时,应开两个门,门位置布置在两端。

6. 变压器室

(1)一般规定

①露天、半露天变压器应设围栏,变压器外壳与围栏或建筑物外壁距离不小于800mm,变压器底部离地面不小于100mm,相邻变压器外壳间距离不小于1.5m。

②变压器室耐火等级为一级。

③室内变压器每台油量 $\geq 60\text{kg}$ 时,应设单位。

④室内变电所不应设在三、四级耐火等级或有火灾危险甲、乙类的生产厂房内。如设在一级耐火等级的厂房内,应采取局部防火措施。

⑤在下列情况之一,门应为防火门,且门应向外开:

车间内变压器;变压器位于易沉积可燃物及可燃纤维场所;附近有棉絮等易燃物集中的露天堆场;变压器室位于建筑物二层及以上;变压器下有地下室。

⑥变压器室的通风窗应用非易燃材料制成。

⑦变压器室不应有与其无关的管道和明敷线路,并有防止雨、雪及小动物进入的措施。

⑧变压器室应有良好的通风。

⑨下列情况之一,应有100%变压器油贮存池:

车间变电所之变压器;变压器室不应位于易沉积可燃粉尘、纤维的场所;附近有棉絮等易燃物大量集中的露天场所;变压器有地下室。当变压器在建筑物二层及以上,还应有把油排到安全处的措施。

(2) 变压器室的高度和地坪;

变压器室的高度与变压器高度、进线方式及通风条件有关,根据通风的要求,变压器室地坪有抬高和不抬高两种。地坪不抬高时,变压器放在浇筑上的地面上,此时地坪高3.5~4.8m;当地坪抬高时,下面进风洞,地坪抬高的高度一般有0.8m,1m,1.2m三种,此时变压器室高度也应增加为4.8~5.7m。当变压器室进风、出风窗面积不能满足要求时,就需要抬高变压器室地坪。

(四) 高压电器的选择

1. 概述

高压电器是供电系统中重要的电气设备,由于其灭弧方式不同,因此,外形及结构有很大差别。开关电气必须迅速熄灭电弧,才能切断电路,常见的灭弧方法为:

(1) 冷却灭弧法:即用降低电弧的温度来灭弧。

(2) 速拉灭弧法:电弧燃烧必须有一定的电弧电压来维持,加速触头分离,使电弧电压不足以维持电弧的燃烧而灭弧。

(3) 短弧灭弧法:把长电弧切成几个短电弧,一般用绝缘夹板夹着许多金属片组成灭弧栅。开关分离时,使电弧进入灭弧栅而分割成许多短弧,使触头间电压不足以再击穿所有灭弧栅而熄弧。

(4) 狭缝灭弧法:利用狭缝灭弧是使电弧与固体介质接触,将电弧冷却,加强去游离,有利于电弧的熄灭。

(5) 气吹灭弧法:利用一种较冷的绝缘介质的气流来纵向吹弧,使电弧分散,加强冷却而熄弧。

(6) 真空灭弧法:真空具有较高的绝缘强度,开关触头置于真空中,电流过零时即能熄弧。

2. 选择的一般原则

524 图解电工手册

- (1) 按正常的工作条件选择设备的额定值。
- (2) 用短路电流热效应和动力来校验热稳定和动稳定。
- (3) 按三相短路电流校验断流能力(遮断容量)。
- (4) 按设置地点、工作环境、使用要求选择电器的适当形式。如户内、户外型;普通型、防爆型、湿热型、高原型、封闭型等。

3. 选择电器应校验的项目

表 8-11 选择电器应校验的项目

项目 设备	额定电压	额定电流	额定开断容量	短路电流校验	
				动稳定	热稳定
断路器	✓	✓	✓	✓	✓
负荷开关	✓	✓	✓	✓	✓
隔离开关	✓	✓		✓	✓
熔断器	✓	✓	✓		
电抗器	✓	✓		✓	
电流互感器	✓	✓			✓
电压互感器	✓				
支柱绝缘子	✓			✓	
空气断路器	✓	✓		✓	✓
母线		✓		✓	✓

项目 设备	额定电压	额定电流	额定开断容量	短路电流校验	
				动稳定	热稳定
母线	✓		✓		✓
自动空气断路器	✓		✓	✓	
开关柜	✓		✓	✓	
移相电容器	✓				

4. 高压断路器

高压断路器也称高压开关,是高压供电系统最重要的电器。

按灭弧介质的不同,可分为:多油断路器、少油断路器、磁吹式空气断路器、六氟化硫(SF₆)断路器、真空断路器。

现阶段国内 10kV 线路使用较多的 SN₁₀₋₁₀(Ⅱ) 高压少油断路器。

SN₁₀₋₁₀ 高压少油断路器用于保护和控制高压电气设备之用,也用于频繁操作和切断电容性负载。

它可配 CD10-1、Ⅱ 直流电磁操作机构,可安装在固定的高压开关柜内,也可装于小车上做成手车式断路器。

5. 负荷开关

负荷开关具有简单的灭弧装置,可以切断正常负荷电流所发生的电弧,但不能熄灭短路电流产生的电弧。为了

保证使用负荷开关时对短路故障也能起保护作用,采用带熔断器的负荷开关。这样就可以代替价格贵的高压断路器。

6. 隔离开关

隔离开关的主要用途是保证高压装置检修的安全。它无灭弧装置,故无法切断负荷电流和短路电流。因此,严禁带负荷操作。

在某些情况下,可以接通小功率电路,但必须满足开关触头不发生电弧,如通断电压互感器和避雷器回路;通断电压在10kV以下,容量320kVA以下变压器的空载电流。

它分户外型和户内型两种,操作机构多数采用CS6手动操作机构。

7. 熔断器的选择

(1) 高压熔断器有户内、户外之分。户内高压熔断器是将熔丝装在瓷管内,管内充满石英砂,石英砂用来灭弧冷却。

户外跌落熔断器,可用于10kV以下配电网箱变变压器及线路保护之用,平时可用刀闸断开,当发生短路时,熔丝熔断,保险自动跌落。

(2) 熔丝电流等级:3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200A。

(3) 选择熔丝时应按额定电流、发热情况、切断能力和

保护选择性这几项条件来选。

8. 仪用互感器的选择

仪用互感器可分电压互感器及电流互感器两种。

(1) 电流互感器

电流互感器的原方线圈串接于线路中,副方线圈与测量仪表及继电器相串联。电流互感器副方阻抗非常小,而且副方不准开路,否则,将烧毁互感器及有发生高压触电的危险,所以在需拆除与互感器副方连接的仪表及继电器前,一定要将其副方短路,而且在副方也决不允许使用熔断器。

电流互感器的原方线圈往往只有一根直导线,这种互感器简单可靠,只是小电流时准确度低。原线圈也有多于一匝的称为线圈式,互感器一次侧额定电流有5~5000A不等。

(2) 电压互感器

电压互感器按冷却方式分干式和油浸式,按相数分单相和三相;按安装地点则有户内式和户外式。

9. 母线及绝缘子

(1) 母线按持续工作电流或经济电流密度选择,用动稳定、热稳定来校验。除特殊场所外,一般采用铝线。

(2) 绝缘子用以支持载流部分,并使载流部分与地及处于不同电压下的其余部分绝缘,故应具有高的绝缘及机械强度,并能耐热,不忌潮湿。

526 图解电工手册

高压绝缘子可分电站用、电器用和线路用三种。

电站绝缘子用以使电厂和变电所中屋内和屋外配电装置
的母线固定并绝缘。

电器绝缘子用以支持电器载流部分,分支柱式和套管
式。

线路绝缘子用以支持架空线路和屋外配电装置的母
线,又分瓷瓶式和悬挂式。

10. 高压开关的操作机构

(1) 手动操作机构

可用于油断路器,负荷开关、隔离开关。它是用手动操
作来合闸的,脱扣除手动外,还可用失压器加有脱扣,过
流脱扣来进行远距离操作。它不能远距离合闸。

(2) 电磁操作机构

常用直流电磁操作机构,用于远距离对6~10kV,户内
少油断路器进行控制。

操作机构电磁系统主要部分为一个合闸线圈和一个安
装在合闸线圈中间的动铁心,当合闸线圈通直流电后,动铁
心被吸上,带动传动机构使断路器合闸。合闸回路接通和
断开是由直流接触器来完成。当供电系统发生故障,继电
保护动作接通电磁脱扣线圈电源,使断路器分闸,也可用于
空分闸。

(3) 弹簧储能操作机构

它由交直流两片串激电动机使弹簧储能(也可人力储
能)。利用弹簧释放的能量使断路器合闸,适用于6~10kV
断路器,它还能使断路器一次快速自动重合闸。

第九章 柴油发电机

一、概 述

柴油发电机是由柴油机拖动的一种同步发电机,由于它起动迅速,操作简便,因此在工矿企业,山区农村得到广泛应用。通常可作为备用电源,当电网停电时,作为动力、照明电源。另外,一些流动单位,在电网无法输送不到的地方,可用柴油发电机作为动力、照明及通讯的电源。

它的优点是:

- (1) 它与蒸汽轮发电机组比较,每单位出力的体积小,重量轻,系统简单,建设速度快。
- (2) 它的热效率高。
- (3) 它的起动、带负荷、停机时间短,可随时起动,很适用于应急电源。
- (4) 操作维护简单,所需操作人员少。它的缺点是:
 - (1) 所使用的燃料价格高,故电能的成本高。
 - (2) 柴油机磨损大,寿命较短,检修比较频繁。

③ 运行中噪音大,工人操作条件差。

柴油发电机采用自动恒压励磁系统,例如自并励静止可控硅励磁;三次谐波励磁;可控或不可控相复励磁等,因而改善了发电机的性能,提高了发电机的技术经济指标和运行的可靠性。

柴油发电机安装方式一般有两种,一种是安装在电源车内,可由汽车拖动至所需用电处,作为移动电源,常用于野外作业。二是安装在室内地上固定。这时,须按说明书要求做水泥基础,预埋地脚螺栓,以固定机组。机组上方还需随机组的工字梁安装吊车或电动葫芦,以便在检修时使用。目前生产的柴油发电机容量自几个千瓦至数千千瓦,最常用的是200千瓦以下的自动恒压发电机。

二、发电机与柴油机的功率匹配

柴油机功率(千瓦)与发电机功率(千瓦)之比称为匹配比。对于固定安装的机组,匹配比取1.2:1,对于移动机组可取1.5:1。发电机的功率应符合有关标准规定的功率等级,对于0.75~120千瓦,1500和3000转/分的低压发电机其功率应符合“三相同步发电机额定功率、电压及转速的规定”。

三、常用的自励恒压发电机的主要指标

1. 稳态电压调整率 Δu

Δu 是发电机恒压性能的指标, 当发电机的输出功率从零变化到额定值, 或从额定值变化到零, 功率因数在 0.8 (滞后)~1 之间变化, 发电机的转速变化不超过允许的转速变化率 Δn (一般 $\leq 5\%$), 用稳定电压的百分数表示的最大电压变化, 称为稳态电压调整率:

$$\Delta u = \frac{u_1 - u_0}{u_0} 100\%$$

式中: u_1 —在规定负载变化范围内与 u_0 相差最大的稳定电压(V)

u_0 —空载整定电压(V)

根据不同的技术要求, 规定了三个稳态电压调整率 $\Delta u \pm 5\%$ 、 $\pm 7\%$ 、 $\pm 13\%$ (当 $\Delta n \leq 5\%$ 时)

$$\Delta n = \frac{n_0 - n_1}{n_0} 100\%$$

式中: n_0 —空载转速 r/min; n_1 —额定转速 r/min

2. 电压整定

自励恒压发电机所装的电压调整装置, 一般应能对额定电压作 $\pm 5\%$ 的调节。

四、冷热态电压变化

发电机在额定工况下从冷态到热态的电压差并以额定电压的百分数表示, 称冷热态电压变化。

对采用可控硅励磁装置的发电机应 $\leq 2\%$;

对采用不可控励磁装置的发电机应 $\leq 5\%$ 。

五、启动异步电动机的能力

自励恒压发电机直接启动空载 4 极笼型异步电机的能力见表 9-2。

表 9-2 小型柴油发电机启动异步电动机的能力

发电机额定功率 P_N kW	被启动的异步电动机功率 kW
初以下	0.75 P_N
50, 64, 75	3%
90, 120	5%
150, 200	7%

对于此类油发电机供电的负载中, 如果有一台较大的异步电机, 往往会影响到柴油发电机组容量的选择。因此, 如何提高机组对异步电动机的启动能力是个值得探讨分析的问题。

限制柴油发电机启动异步电动机能力的因素有:

(1) 由于异步电动机直接启动,其启动电流一般为额定电流的5~7倍,启动所需的功率也远大于其额定功率,致使柴油机过载,速度降低,甚至停车。

(2) 启动电流的冲击,使发电机 U_1 下降, ΔU 上升,致使 U_2 低于额定电压。电动机的启动转矩是与其电压平方成正比的,电动机的启动转矩降低到低于负载的启动转矩时,电动机无法启动。

(3) 由于 U_2 远低于额定电压,使电动机控制线路中的继电器、接触器脱扣,从而电动机启动失败。

一般来说,柴油机本身受到电动机启动冲击,只会引起转速急剧下降,致使发电机 U_1 下降,因此,当 U_2 太低,是使电动机无法启动的重要因素。

通常可以采取如下措施:

(1) 异步电动机不用直接启动方式,增加降压启动设备,譬如用补偿启动器,以降低启动电流倍数。

(2) 调节发电机励磁,使 U_1 比额定值升高5~10%,启动完电动机后再调至正常值。

(3) 启动柴油机后,发电机先不加励磁,这时接通电动机回路,然后慢慢调节发电机励磁,使发电机电压慢慢上升,来启动电动机。

(4) 在电动机控制回路中加一套稳压装置供电,以保持

继电器、接触器、高压脱扣器等不致掉闸。

(5) 供电线路尽量不用架空线而用电缆供电。

当采取一定措施后,柴油发电机可以启动与它功率几乎相等的交流异步鼠笼型电机,尤其当交流异步电动机是带动所需运动功率较小的风机、水泵一类负载时,更为有效。

六、发电机绕组

1. 定子绕组

小型发电机一般采用双层叠绕组,而采用单相三次谐波励磁的发电机中,电机绕组为单双层式,谐波励磁绕组放在单层绕组的槽内,其节距约为电枢绕组节距的三分之一。

2. 磁极结构(转子)

大中型发电机一般采用凸极,而小型发电机则凸、隐极兼有。

凸极磁极有缺点,凸极转子的特点是,励磁绕组为集中式,绕制方便,但散热条件差,所需励磁功率较小,但金工工时较多。隐极的特点正好与凸极相反,金工工时少,电工时多,因为绕组嵌入槽内费工,但散热条件好,所需励磁功率较大。

七、发电机的运行

1. 无闪烁运行

因为柴油机的输出转矩是脉动的,所以发电机的旋转速度将是不均匀的,如果机组的飞轮力矩不够大,则将引起电压波动。因此,对于飞轮的转矩有一个最小的要求,以便输出电压稳定,不致使负载照明灯发生闪烁现象。

2. 并联运行

并联运行时要避免机组间负载分配不均匀,甚至产生大的环流或机组转速振荡。并联运行应当满足下列要求:

(1) 各台柴油机的调速特性打司,即负载增加某一百分数时,各机组的下降速度的百分比也一致,这样,负载分配将与各发电机的额定功率成正比。

(2) 柴油机的调速器不振荡,且能毫不延迟地使机组达到稳定速度。

- (3) 发电机装有阻尼绕组。
- (4) 自动电压调节器中要有环流补偿单元。
- (5) 机组具有适当的飞轮力矩。

八、柴油发电机的主要故障及处理方法

表 8-3 柴油发电机的主要故障及处理方法

现象	原因	处理方法
不发电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接线错误 2. 转速太低 3. 剩磁电压太低 4. 整流元件损坏 5. 励磁绕组断 6. 磁头松动,开关接触不良 7. 电枢与集电环接触不良,电刷压力不够 8. 刷握生锈,电刷不能滑动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 仔细检查 2. 测量转速,调整柴油机转速 3. 用蓄电池充电,注意极性 4. 更换 5. 修理 6. 磁头擦净、拧紧 7. 清除集电环,磨电刷表面,调整弹簧压力 8. 砂布擦净或更换
反复励磁发电机电压不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电抗器,电压互感器断线,短路(不发电) 2. 整定电阻太小(电压低) 3. 电抗器气隙太大(电压高)太小(电压低) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 找出故障,修理或更换 2. 调整整定电阻 3. 调整气隙
滑流励磁发电机电压不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 滑流励磁绕组断线,短路(不发电) 2. 分流可控硅短路(不发电) 3. 触发装置不正常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 找出故障修理或更换 2. 更换可控硅 3. 仔细检查修理
可控硅励磁发电机电压不正常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可控硅击穿或开路 2. 触发装置不正常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换 2. 仔细检查修复

第十章 家用电热器具

一、电饭锅

电饭锅是一种现代化的电热炊具。它具有自动煮饭、保持恒温、清洁卫生、不需看管、使用方便等特点。

电饭锅按其功能可分为普通自动保温式和定时自动保温式两种。随着新技术的不断应用,品种也在不断增加。如开发了煎煮两用电饭锅,电子式自动保温电饭锅,自动保温压力电饭锅,微型电脑控制的电饭锅等等。

1. 普通自动保温式电饭锅

普通自动保温式电饭锅的基本结构见图 10-1。电热板的发热部分为发热器,它有两种形式:云母片式和电热管式。

云母片式的发热器是将一定长度和直径的电热丝均匀地绕在内云母片上,上下再覆盖一层云母作为绝缘层。它的结构简单、易于修理,但不耐用,绝缘性差。

电热管式的发热器是由一定长度直径的电热丝绕成弹簧状嵌入电热管中央。管中的间隙填充绝缘材料,两端用

硅酸胶或环氧树脂封口,并伸出接线柱。最后将制作好的电热管弯成圆形,然后用铣削或压铸工艺直接嵌入传热的铝板内。

电饭锅的自动开关是用来控制电热板的发热器电源通断。常见的自动开关有双金属片和陶瓷磁体式两种。

普通自动保温电饭锅常用的自动开关的工作原理见图 10-2。煮饭时压下按键,通过操纵杆使开关的触点接上,接通发热器的电源,电饭锅开始自动煮饭。随着锅内的水汽蒸发,电饭锅底的温度不断升高,双金属片不断受热变形,逐渐向上弯曲。当锅底温度升高至限定温度时,双金属片带动环形弹簧弹起,使两触点脱离,切断电源,发热器即停止加热。图中实线为煮饭状态,虚线部分为饭熟切断电源状态。

陶瓷磁式自动开关的结构原理见图 10-2。煮饭时,按下操作按键 9,扣杆 12 托起硬磁体 13,硬磁体与软磁体 14 相吸,动作弹簧 5 被压缩。由于两磁体相吸,操纵杆仍向上弯曲。

现在生产的电饭锅一般都有恒温装置进行保温,通常称保温器。这种装置一般有两种形式:一种是利用发热器,通过保温器切换进行全功率保温;另一种是另外设计一个小型功率发热器进行独立保温。

双金属保温器以其结构可分为常闭式,常开式和简易

图 10-1

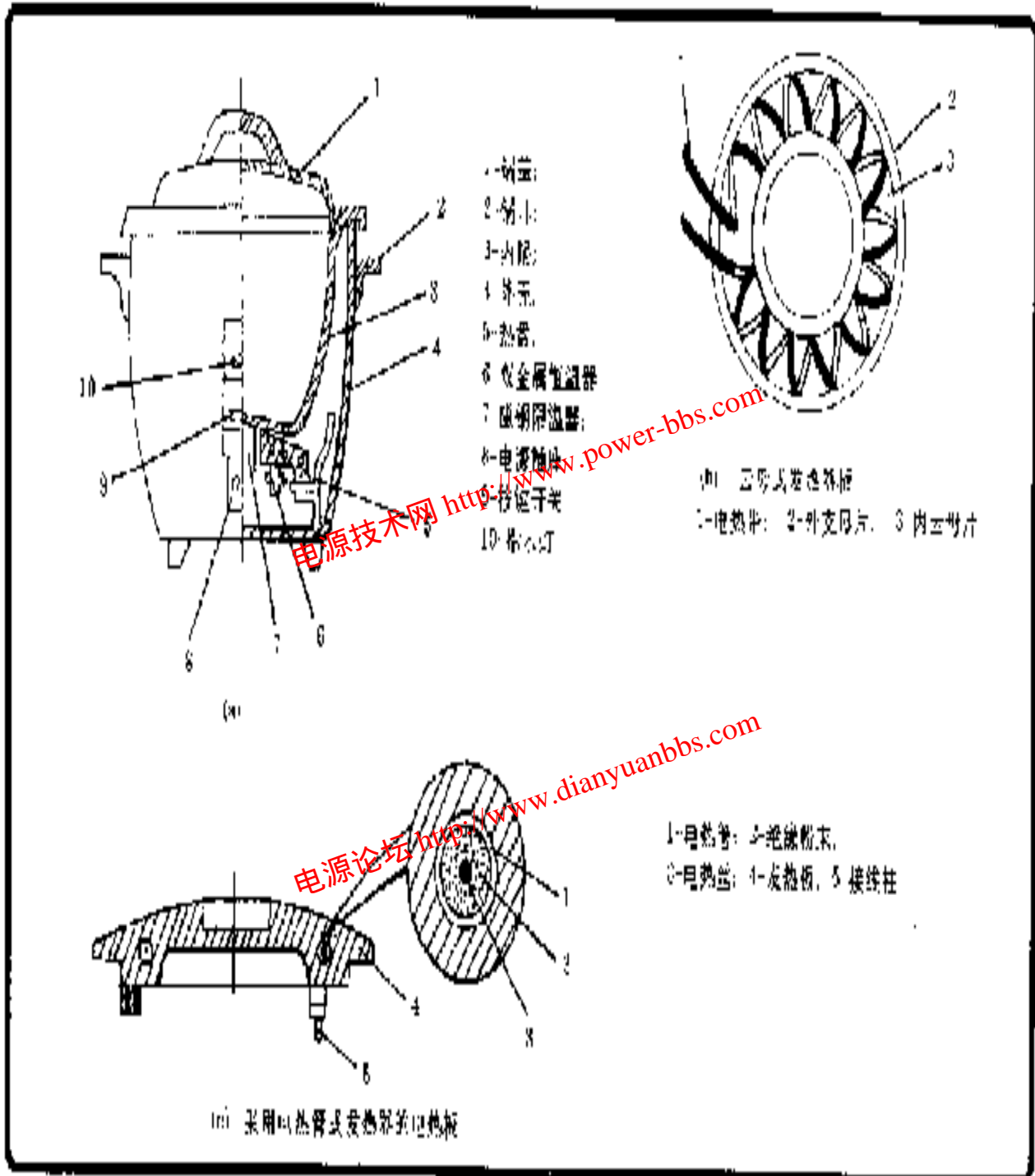
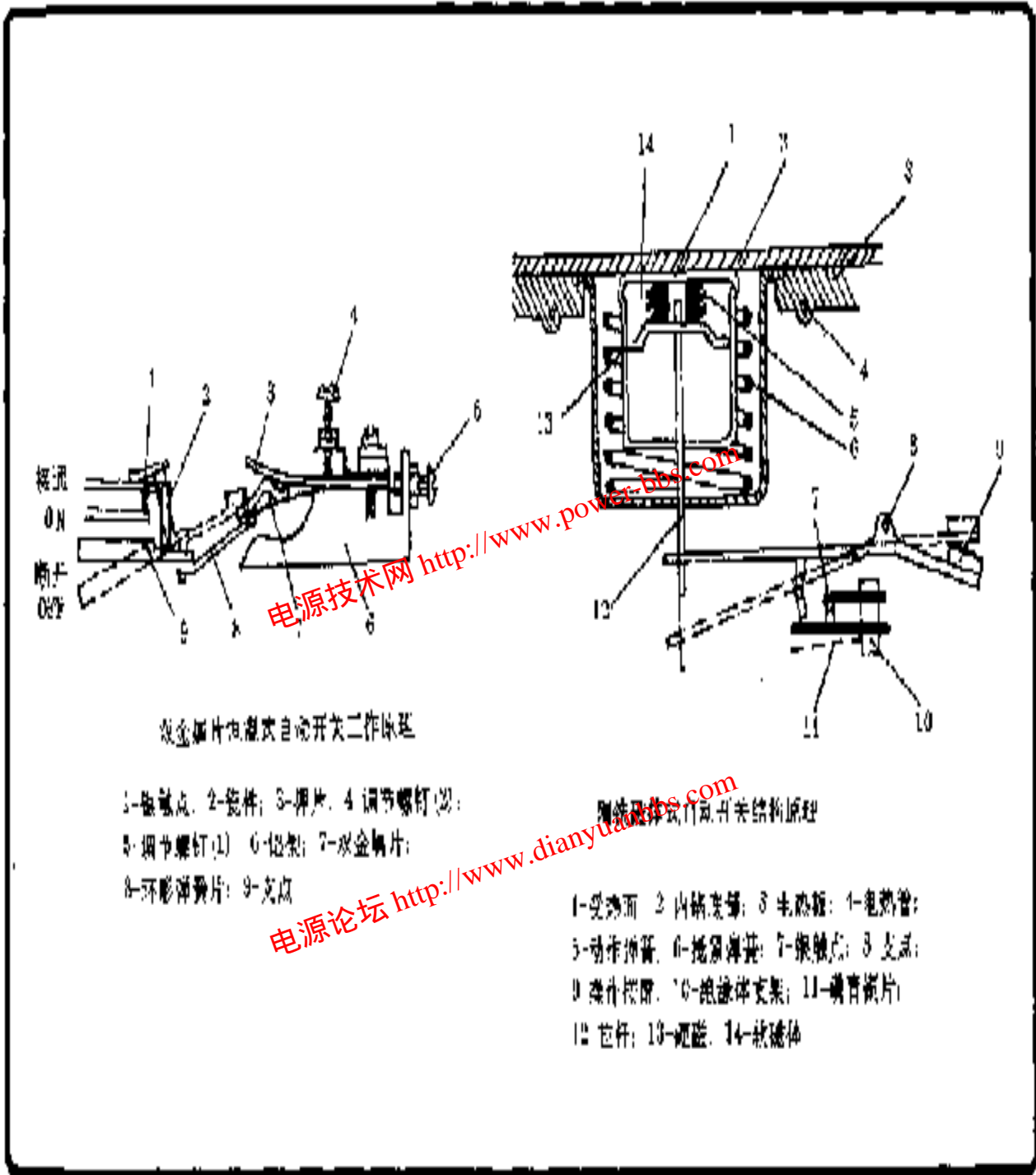


图 10-2



534 图解电工手册

式三种。图 10-3(a)是常闭式,(b)是常开式,(c)是简易式。两触点彼此接触,接通电热器的电源,电饭锅处于煮饭状态。当饭煮熟时,内锅温度约为 103℃ 左右,这时软磁体上的温度稍高一点,正好达到其居里点(所谓居里点温度,是指磁体的一种温度特性,当磁体温度在这一温度以下时,呈现出一般铁磁体的特性,即可以磁化,但一旦超过这一温度,即失去磁性),于是失去磁性变成非磁体,对硬磁体失去吸引力。在动作弹簧的作用下下坠,使操纵杆向下,致使磷青铜片下弯,两触点互相脱离,切断电热器的电源。使中实线部分为煮饭状态,虚线为饭熟切断电源。

常闭式保温器由于触点是常闭的,因此电饭锅接通电源时,通过常闭触点使接通的电热器迅速加热,随着内锅温度的不断上升,双金属片逐渐弯曲,两触点分离。当饭刚煮熟时,自动开关切断电源,电饭锅内锅温度开始下降。随着温度的下降,双金属片开始回弹。当温度下降到 65℃ 左右时,两触点又开始接触,电饭锅开始通电保温。当温度升高到规定温度(通过调节调温螺钉实现)两触点又分离,开始降温,周而复始达到保温目的。

常开式保温器与常闭式电饭锅的自动开关接通电热器电源,电饭锅进入煮饭状态。开始保温器定触点和动触点处在分离状态,随着内锅的温度上升,双金属片逐渐向上弯,

使两触点接触。当温度继续上升,双金属片也继续上弯,动触点在瓷簧的作用下,使定触点和动触点开始分离。当饭煮熟后,自动开关跳闸,切断电饭锅电源,锅内温度开始下降,双金属片也开始回弹。温度降至规定值时,两触点又接在一起,电饭锅开始通电保温。双金属片又向上弯曲,以致两触点又分离。常开式保温器就是通过两触点的接触又分离(即开闭→闭合→开闭)的方式,达到自动保温的目的。

简易保温器的工作原理与常闭式一样。只是简易式少用了磷青铜片,将触点直接焊接在双金属片上。

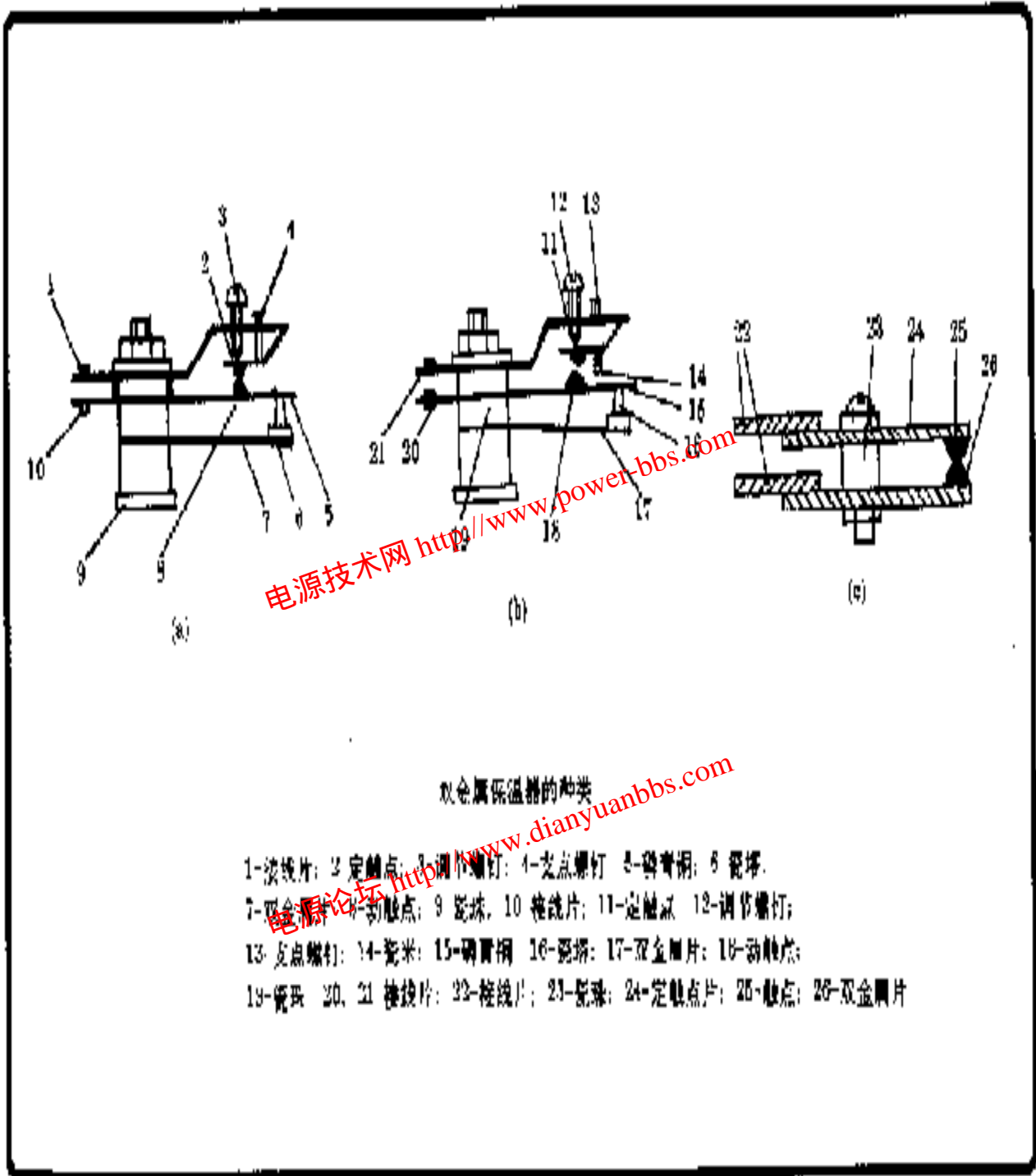
2. 电饭锅的检修

电饭锅的检修如图 10-4、图 10-5 所示。

(1) 电饭锅完全不通电的故障。这种故障的明显特征是指示灯不亮。首先检查有无 220V 市电,电饭锅保险丝是否熔断。如果保险丝熔断应换上符合电饭锅电流的保险丝,检查电饭锅插线板是否良好,如有松脱,应接好再用,不要在接触不良的状态下使用。检查插头与插座之间的接触是否良好。如果所用的插座接触不紧密,应更换配合紧密的插座。因为接触不良的电气线路工作时会产生电火花,轻则损坏电器,重则会造成火灾。

(2) 指示灯亮,但不煮饭。首先检查煮饭开关是否失灵,触点是否不能接触。往往因磷青铜片或铁片下垂不能与

图 10-3



双金属保温器的种类

- 1-波线片; 2-定触点; 3-调节螺钉; 4-支点螺钉; 5-磷青铜; 6-瓷塔;
 7-双金属; 8-动触点; 9-瓷珠; 10-接线片; 11-定触点; 12-调节螺钉;
 13-支点螺钉; 14-瓷米; 15-磷青铜; 16-瓷塔; 17-双金属片; 18-动触点;
 19-瓷珠; 20, 21 接线片; 22-接线片; 23-瓷珠; 24-定触点片; 25-触点; 26-双金属片

图 10-4

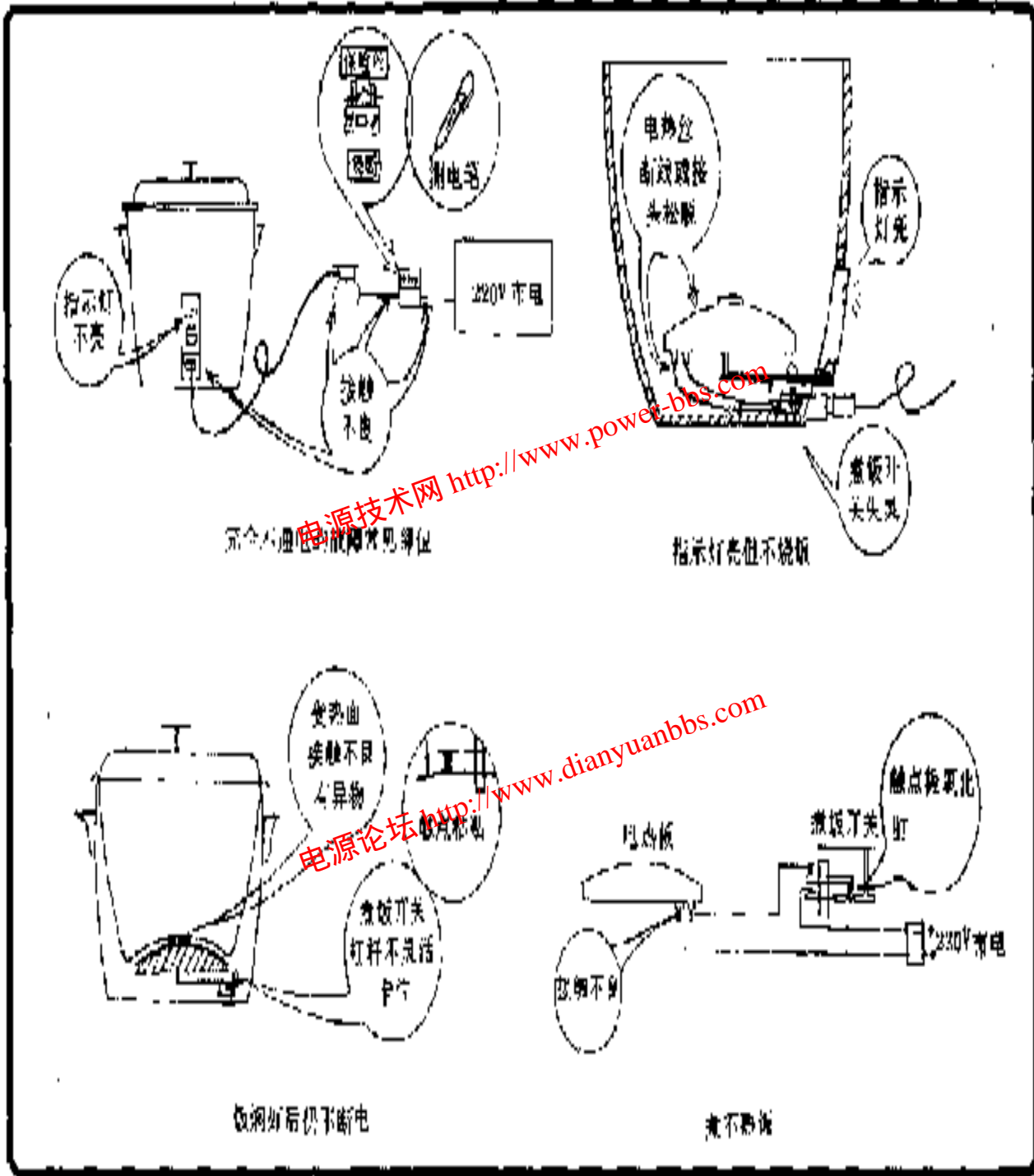
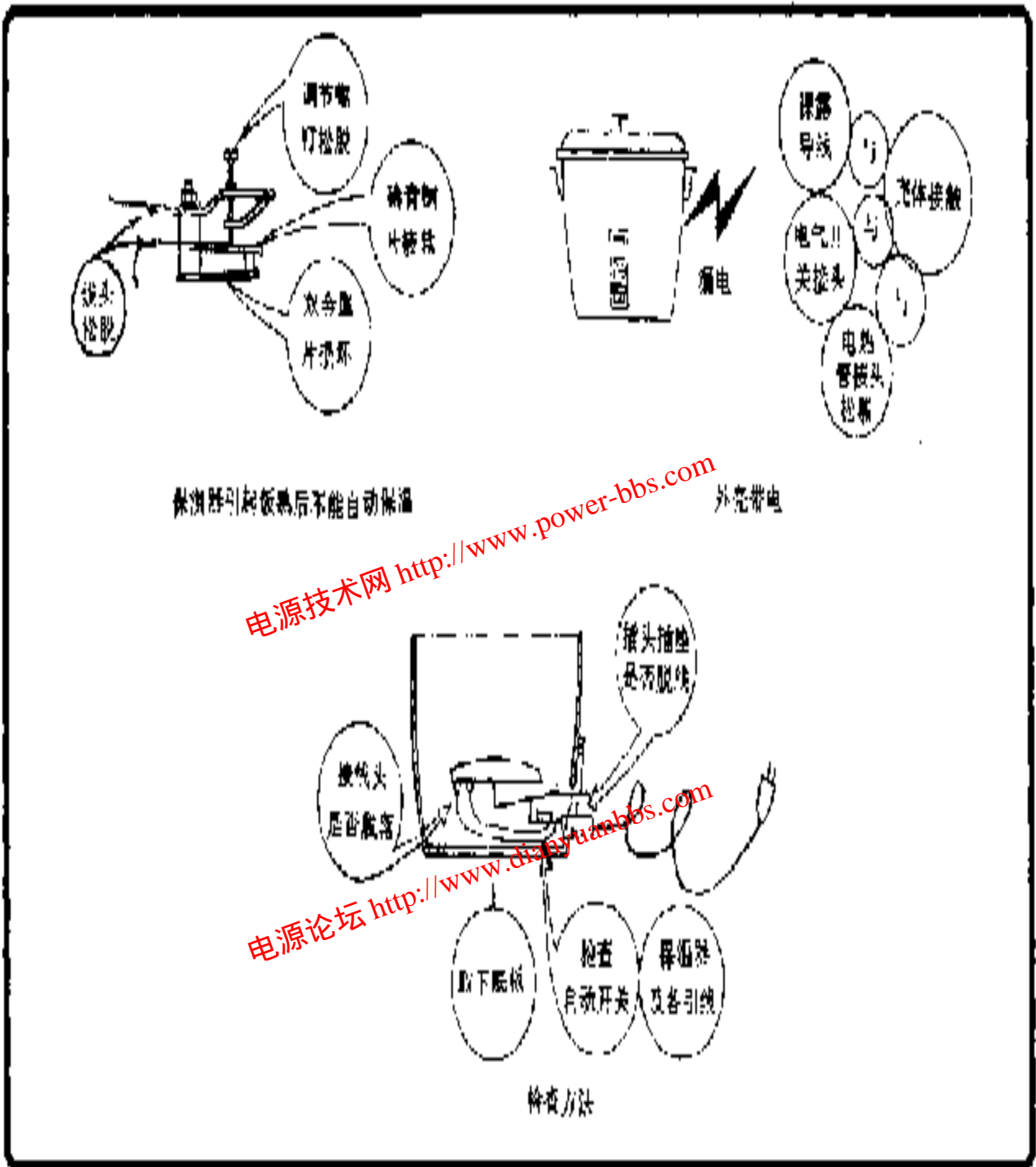


图 10-5



538 图解电工手册

定触点接触。这种情况应更换同规格的磷青铜片。检查电热板的电热管接头是否松脱。如果上述部位都没问题,故障则可能是电热管内部断电,这时就必须借助万用表进行检查了。

(3) 饭煮熟后仍不断电,以致烧焦饭

原因是:

① 自动开关动作点过高或有毛病。使用双金属片式开关,可适当收紧调节螺钉,使弯曲距离减少;使用陶瓷磁体开关,则需更换。

② 自动开关(加弹簧、拉杆、打杆、触片等)损坏扭曲或有障碍物阻塞,更换损坏的零件或清除障碍物。

③ 自动开关或保温器的触片失去弹性,触点腐蚀锈蚀损坏。双金属开关,应用细砂纸打磨触点致平或更换,如果是陶瓷磁体开关,则需更换。

④ 陶瓷磁体开关受热面有异物、污垢,致使开关反映不到实际温度而不能跳闸。清除异物、污垢可用细砂纸打磨光滑着受热面。

(4) 电热板效率低

原因是紧密接触不良。清除触点脏物,用细砂纸打磨光滑触点。

(5) 不能保温或保温不正常

这主要由保温开关引起。

① 开关线点松脱,开关处于开路状态,接好线头。

② 调节螺钉松脱,定触片回弹,致使定、动两触片分离太远。调紧调节螺钉,重新调整两触片的距离。

③ 磷青铜片变软,更换磷青铜片。

④ 保温器触片或触点损坏。更换触片、触点或壳体。

⑤ 双金属片损坏,使触点不能接触。更换双金属片或保温器整体。

⑥ 触点接触不良,被氧化或有脏物。用细砂纸轻轻打磨平滑。

(6) 漏电

① 电饭锅电气部分浸水或受潮。干燥处理后再使用。

② 电热管封口材料因过热而失效。重新封口或更换电热板。

③ 开关插头、插座及保温器。电源线等绝缘材料损坏。更换损坏的绝缘材料。

④ 电气部分带电体碰触壳体。将碰触部分移开或加以绝缘。

⑤ 云母片式发热器的云母片脱落,以致电热丝与壳体碰触。更换云母片或发热器整体。

(7) 一接通电饭锅电路马上烧保险

主要原因是:

① 电源线绝缘损坏。更换电源线。

② 锅内部电气部分短路。

二、电炒锅

1. 电炒锅规格、结构和原理

电炒锅通常分为自动式和非自动式两种。自动式装有自动恒温装置。这种装置分为中心接触式恒温器和插入式恒温器。自动式电炒锅不仅可以根据需要调节温度的高低,而且可以自动控制通电时间的长短。非自动式没有温度控制和定时装置,只有电热装置,需要人工掌握通电时间和炒菜火候,使用不够方便,而且容易造成食物的不熟或过火,有时还会因用电过长,温度过高而烧坏电热元件或锅体。但价格便宜,一旦掌握其使用规律,使用起来也是很好用的。

普通电炒锅主要由锅体、锅盖、电热管、支架、电热插座、电源线等组成。有的还带指示灯和保险丝。电热器的串接在锅体底部的中心处,不能分离,洗刷锅体时不太方便。有的电热管封装在传热板中,而传热板与锅体是分开的。使用时可象炒勺那样随时可移去锅体,洗刷、倒出食物等都很方便,而且也易于控制火候。

图 10-6 是自动式电炒锅主要由内锅 2、外锅 3、发热器 4、恒温器 6、座体 7、外盖 1、调温旋钮 5 等组成。

发热器装在锅底的中央位置。所用的发热器通常有云

母片式和电热管式两种。内锅里面,有的涂上一层薄薄的特殊材料(含氟树脂,非聚四氟乙烯),煎炒食物时,锅底不会粘着烧焦食物。恒温器同电饭锅用的双金属片式自动开关相似。将恒温器以弹簧压力压在内锅底部,通过锅底部传热,使恒温器动作,从而限制锅内的工作温度。

插入式恒温器的电炒锅结构与普通电炒锅很相似,只是多了一个电热插销。使用时,只要将电热插销的一端插入电源插座,另一端插入电炒锅,底座上的电热元件就可以自动控温了,用起来比较方便。

电热插销主要是由插销体、恒温器、感温探头、限流电阻及指示灯等组成。双金属恒温器的恒温装置装在感温探头中,把它插入锅体底部,即可“感知”到锅体底部温度。电热插销前端的两个突出物是接电端子,它们能将电流引到电热元件上。电热插销的恒温调节器不仅可以调节电炒锅的工作温度,而且可以恒温和自动切断电源。这类电热插销装置用途广泛,可以用在多种电热器具上。

2. 电炒锅的维修

(1) 电炒锅接上电源后不发热,指示灯也不亮

这种情况属电力线路中断。原因是:

① 保险丝被烧断。换上同规格的保险丝。

② 检查插头、插座、电源线、按键开关、保险丝管或电热插销等处接触不良或接头相脱、断线。接触不良的通过

540 图解电工学册

去除污物、刮除氧化层,拨动弹簧片等使之接触良好。松脱的重新焊接好、紧固好,断线的重新接好。

(2) 电炒锅指示灯亮,但锅不热

这种情况说明有电通过电炒锅,但部分电路有故障。

如图 10-7 所示,原因是:

① 温度调钮处于“停止”位置,重新调整至适当位置。

② 恒温器的触点未调节好或接触不良。如属未调好,则将螺丝调紧些,使触点良好接触;如属于触点损坏,则需更换新品。

③ 电热器拔线部位松脱,重接好,紧固。

④ 电热器内部短路,换同规格的新电热器。

(3) 自动式电炒锅温度失调

① 恒温器未调好或损坏,调好或更换恒温器。

② 恒温调节钮松动而与调节杆打滑。紧固旋钮螺钉,使旋钮与调节杆紧固在一起,消除打滑现象。

③ 恒温器内落入异物阻碍调节。清除异物。

(4) 电炒锅漏电

在电炒锅中凡是有电流通过的地方都有可能漏电,处理方法:

① 插头、插座、保险丝、开关、恒温器、电热器、电热插销等的绝缘损坏或积存的异电件污物过多引起漏电的,如绝缘层稍有损坏,可用绝缘胶布补缠。如损坏严重,则应更

换同规格的新品。如有导电性污物,则需用酒精擦洗干净,待酒精挥发后再使用,切勿用水清洗。

② 电源线或电路中的导线外皮损坏。轻者剥坏之处用绝缘胶布包好。如损坏较严重则需换同规格的新品。

③ 电热管封口材料因过热而损坏,重新进行封口。损坏严重则应更换同规格的新品。

④ 带有云母片绝缘层的电热器中的云母片脱落或损坏,导致电热丝碰触外壳。用新云母片更换脱落或损坏的云母片,重新包好电热丝,使电热丝与外壳绝缘。

⑤ 电炒锅中的电热管或电热插销浸水受潮,致使绝缘性能变差,进行干燥处理后再使用。以上各项处理之后,需用试电笔检验外壳确实不带电之后才能使用。

(5) 电炒锅能发热,但指示灯不亮

能发热,说明电路是畅通的。原因是:

① 指示灯灯泡损坏,更换同规格的新灯泡。

② 与指示灯串联的限流电阻损坏,更换同规格的新电阻。

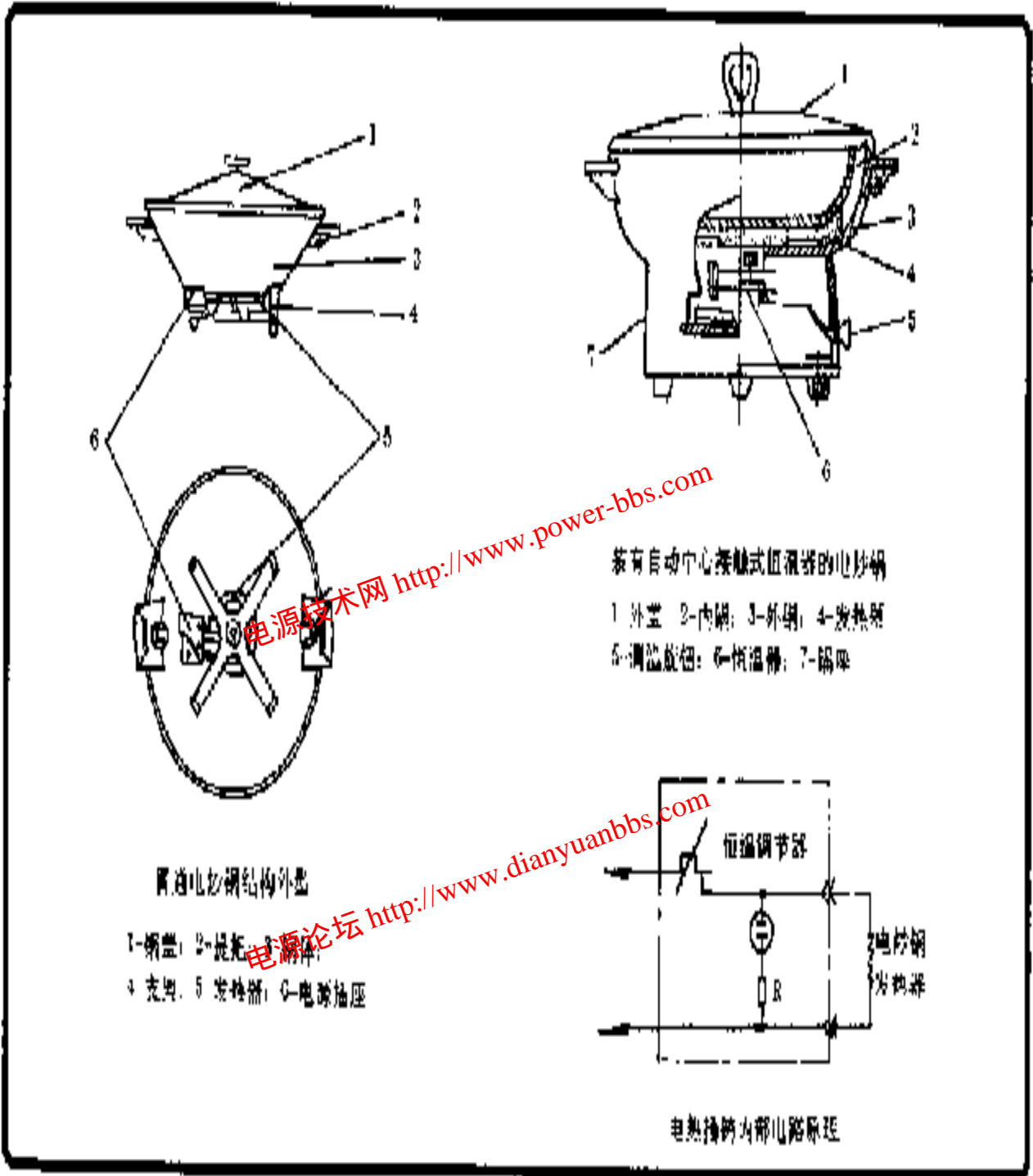
③ 指示灯线脱焊,将所脱焊的线头重新焊接好。

三、电 火 锅

1. 电火锅的规格与结构

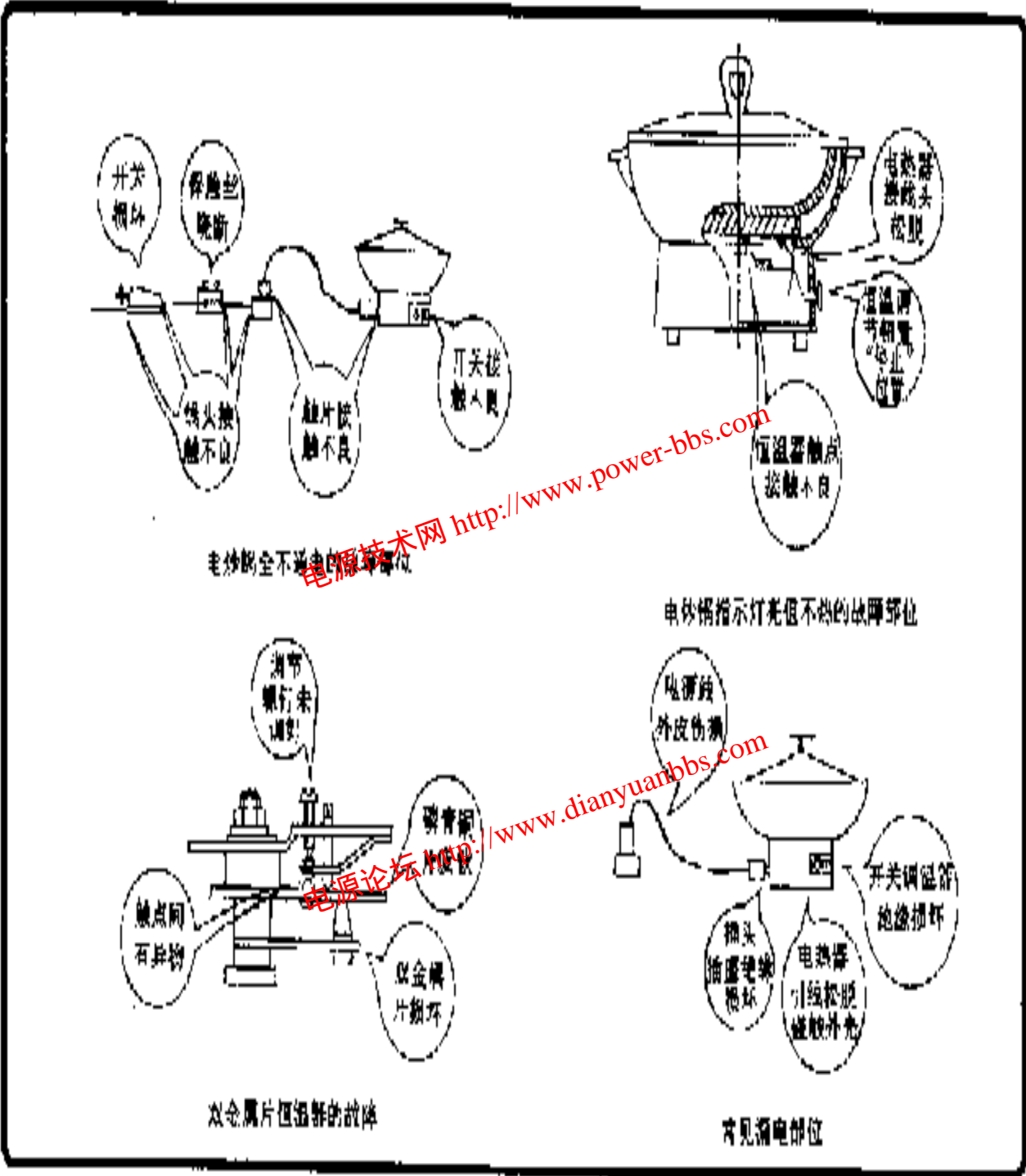
电火锅的种类主要有台式和落地式两种,台式是放

图 10-6



542 图解电工手册

图 10-7



在餐桌中间用,底座稍矮些,落地式是放在地板上使用,底座做得高些。电火锅以其温度能否自动控制可分为自动式电火锅和普通式电火锅。

电火锅主要由外锅、内锅、底座、电热器、外盖、旋钮开关、电源插座等组成。自动式电火锅,则还有温度控制装置。

电火锅的结构特点是:不仅在底部部位装有电热丝,而且内锅中去凸出部位也装有电热丝,所以加热速度快,供热均匀,可使火锅四周的汤水同时烧开,温度一致。

2. 电火锅的维修

电火锅的维修如图 10-8 所示。

(1) 不热

电火锅不热即无电流通过,其原因有:

① 电源线断开,用万用表电阻档测量,如果指针不摆动,则说明已断。找到断开处接好,用胶布包好,或更换新电源线。

② 插头、插座接触不良。其原因可能是触片分离过大,用尖嘴钳纠正,或有油污,用干布擦拭干净;或损坏,更换同规格新品。

③ 电热丝烧断。电热丝与空气接触,很容易氧化烧断。

(2) 漏电

造成漏电的原因:电火锅电热器是电热丝嵌入瓷槽中做成,由于振动,往往会使电热丝弹出瓷槽而与内锅接触造

成漏电。取下内锅检查电热丝弹出瓷槽的地方,将电热丝重新压入槽内。如电热丝变形,则需更换同规格的新电热丝。其次要检查电热丝的接头、开关的接头有无松动与外壳碰触。松动的地方要重新接牢。检查开关、电线的绝缘材料有无损坏,损坏的地方要用绝缘胶布包缠好,或更换同规格的新品。

(3) 烧保险

① 电源线的线头在两端接头处碰在一起。找出碰接的地方将其分开,并用绝缘胶布包缠,确保严格分开。

② 电源插座处有导电异物,或插座绝缘材料变质,降低绝缘性能。清除异物或更换同规格的新插座。

③ 插头插座或底座内部渗入水或沾有导电污垢,造成电热短路。用干布擦净水分或导电污垢。

四、电 烤 箱

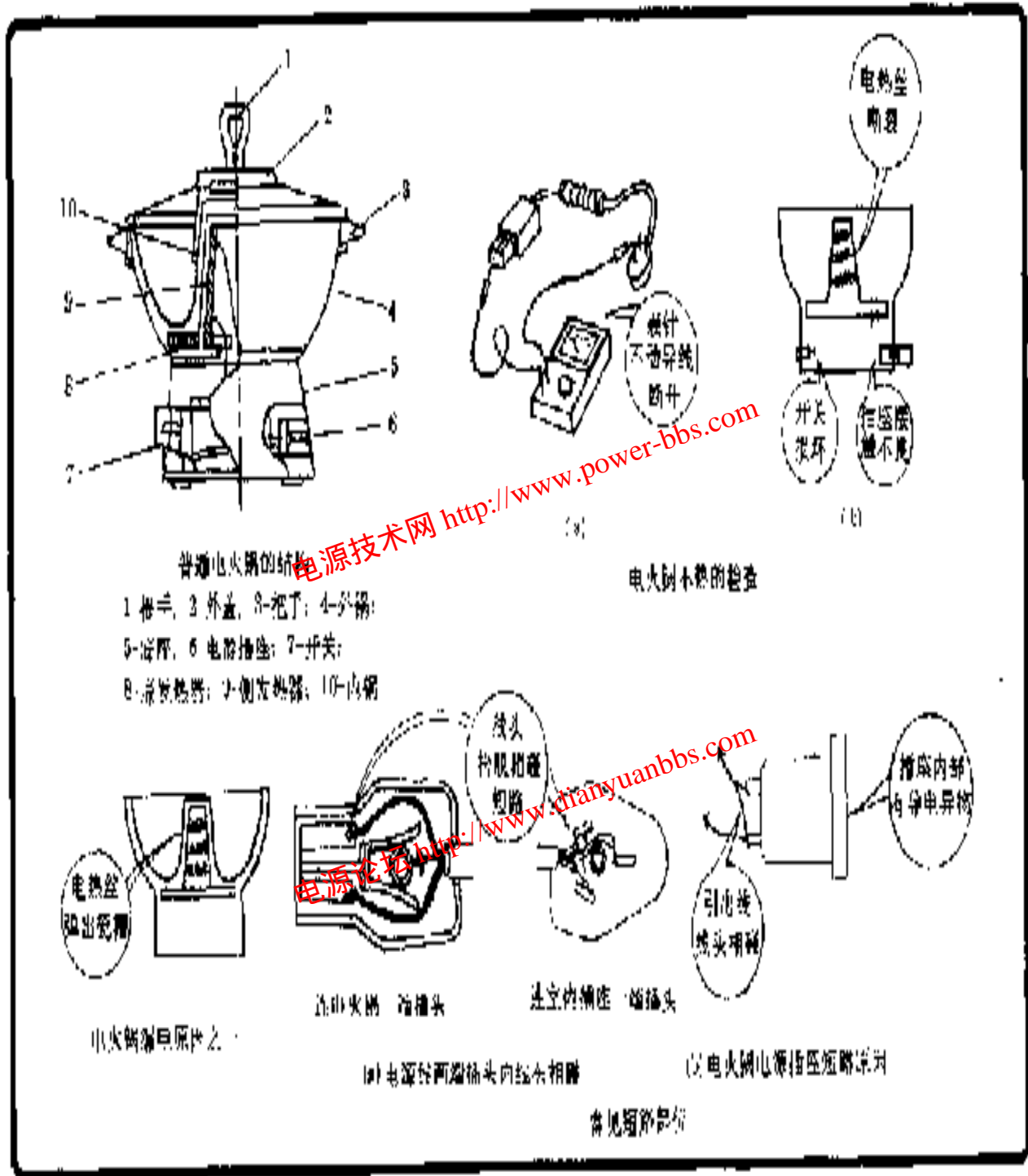
电烤箱的特点是结构简单,使用方便,维修容易。由于具有自动恒温、自动定时及选择上下加热控制装置,所以烘烤质量好而稳定,烤出的食物色香味俱佳。它清洁卫生,不污染环境,比以煤、煤气或液化石油气为燃料的烤炉优越得多。

1. 电烤箱的结构和原理

电烤箱有非自动控制普通型、恒温型、电子自动控制

544 图解电工手册

图 10-8



型、远红外线电烤箱和多士炉等。

电烤箱由箱体(外壳、内腔、炉门)、加热器、控制装置(调温器、定时器、转换开关等)、电气接线和炉具附件(烤盘、烤网、烤叉)等部分构成。

(1) 箱体

由图 10-9 可见电烤箱的箱体由外壳、内腔及炉门组成。外壳与内腔之间一般为空气夹层,这是为了提高保温效果。也有些是在中间填充硅酸铝纤维毡或其他保温材料以得到更好的保温效果。在电烤箱侧设有可拆卸的活动盖板。盖板内是安装电气控制元件的控制室。这样,卸下盖板可方便维修电气元件和控制器。电烤箱内腔经镀锌处理,镀层反射率高,可将加热器的一部分热量反射到烤食物和烤盘上。电烤箱内腔两侧设有烘烤架,是搁置烤盘或烤网用的,烘烤架有 3~4 层,各层具有不同的烘烤效果。

电烤箱的炉门内设有拉簧结构,能自如地开闭。炉门上装有耐热耐化的玻璃窗,通过玻璃可以随时观察箱内食物的烘烤火候。炉门与炉体之间留有适当的缝隙,烘烤过程中蒸发出的水份能及时地通过缝隙排出。

(2) 加热器

电烤箱的加热器一般分为两部分,一部分安装在内腔的上部,称为上加热器;另一部分安装在内腔的下部,称为下加热器。加热器由管状电热元件或乳白石英玻璃加热管构成。

管状电热元件的管壳一般由不锈钢制成,管内装有螺旋状电热丝。管壳与电热丝填充具有良好导热性的但不导电的氧化镁粉。管壳表面有远红外线涂层,涂层可使电烤箱提高烘烤效率 20%~30%。

石英玻璃加热器是在乳白石英玻璃管内装进布架的螺旋状电热丝制成。加热器一般有两根石英玻璃管,其两端有陶瓷管座支撑,两管一端相连,另一端分别做成电源接线端。石英玻璃加热器具有热容量小、升温快、热效率较高的优点。

(3) 电器控制装置

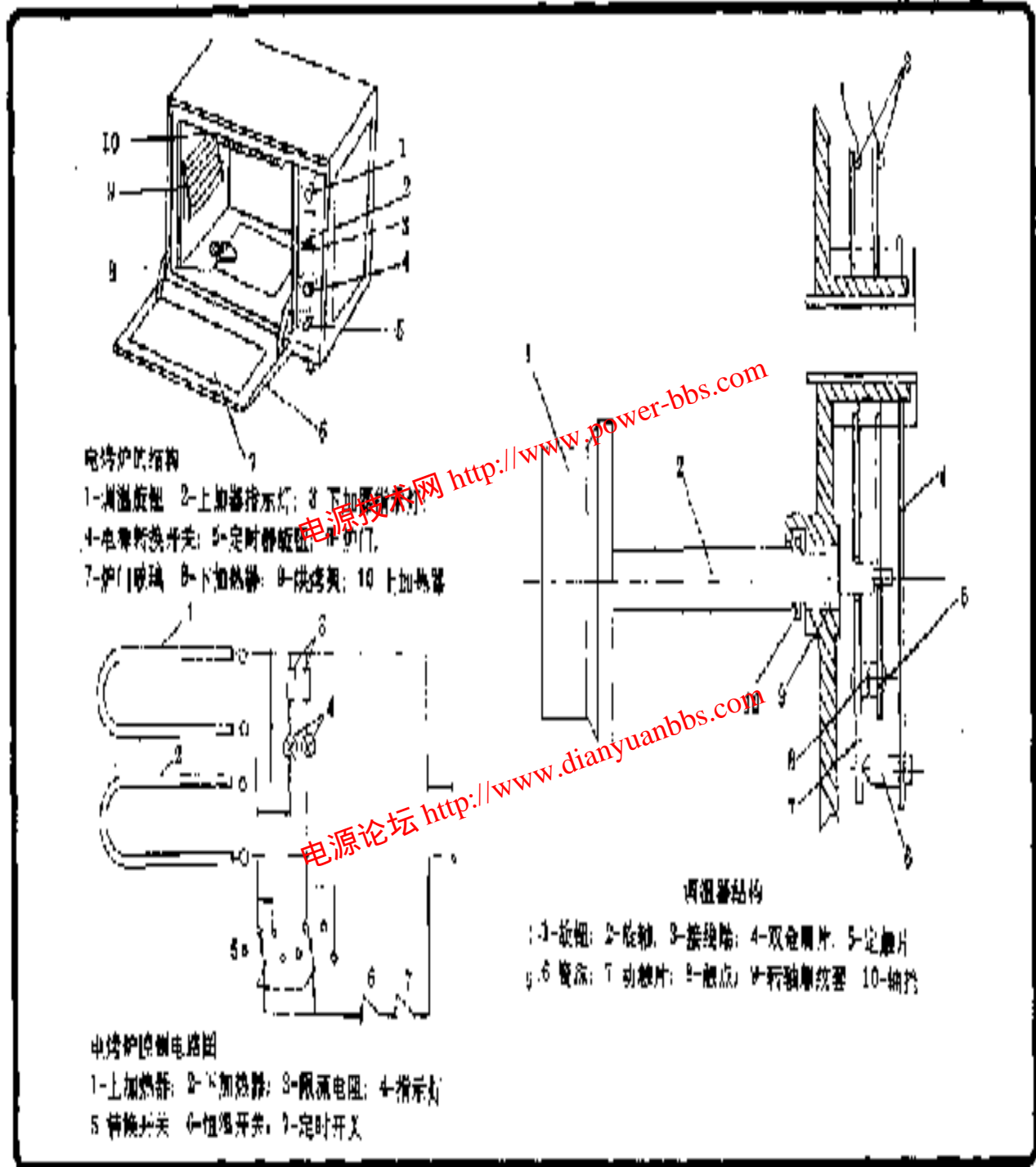
电气控制装置有转换开关、调温器和自整定定时器。转换开关用于控制加热器的电流通、断。一般转换开关有四个档。

调温器通常用双金属片做成。当电烤箱工作时,热量经装于烤炉内腔的铝板支架传至双金属片,双金属片受热后变形弯曲。当烤炉内温度达到预定值时,双金属片的弯曲正好将动触点顶开与定触点分开而切断电源。当炉内温度下降时,双金属片也逐渐回伸,回伸到预定位置又将电源接通,电烤箱又重新工作,温度回升。

调温器预定温度数值一般都标在旋钮周围的数字标牌上,通常分为 5 档或 7 档,最低档为 100℃,最高档为 250℃。

定时器采用钟表机构,主要部件是一个齿轮。使用时,

图 10-9



顺时针转动定时器旋钮拧紧定时发条, 把炉外圆环作开关
杠杆, 触点闭合通电, 定时器和发热器同时开始工作。由于
发条的作用, 迫使齿轮朝着反时针方向转动。当定时器预
定定时结束, 旋钮转到“关(OFF)”位置, 杠杆支点落入凹轮
的凹坑, 触点分离, 关断电源, 电烤箱停止工作。

2. 电烤箱的维修

电烤箱的维修见图 10-10 所示。

(1) 电烤箱不发热

检查:

- ① 确认室内电源是否停电。
- ② 检查电源线是否断线, 电源插头、插座是否接触不
良。找出断线重新接好, 并用绝缘胶布包缠好。若插头、插
座损坏, 则换上新的。
- ③ 检查发热器是否松动, 发热器与插座之间接触是否
良好。属接触不良, 重新接好。如损坏严重更换新品。
- ④ 电热丝烧断。更换同规格新品。
- ⑤ 转换开关、调温器、定时器的开关触片失去弹性; 触
点严重锈蚀或接触不良。找到损坏件进行修复或更换同规
格新品。

(2) 温度控制器失灵

检查:

- ① 恒温器触片失去弹性或触点粘结。更换失去弹性

的触片或用细砂布修磨触点。

② 转轴螺纹套随转轴旋转, 无法调节触片的位置,
固定螺纹套。

③ 双金属片上的瓷珠损坏或脱落, 致使双金属片无法
顶到动触片。更换瓷珠或紧固瓷珠。

④ 双金属片损坏。更换同规格新品。

(3) 定时开关损坏

检查:

- ① 触点腐蚀或粘结。用细砂纸小心打磨光滑。
- ② 动弹簧片疲软, 更换。
- ③ 钟表弹簧或齿轮损坏, 更换所损零件。

(4) 炉门卡住或关不牢

炉门卡住主要是门珠凸出弹簧众过多, 卡住无法缩回。
重新调整门珠。关不牢主要是弹簧疲软, 失去弹性。更换
新弹簧。

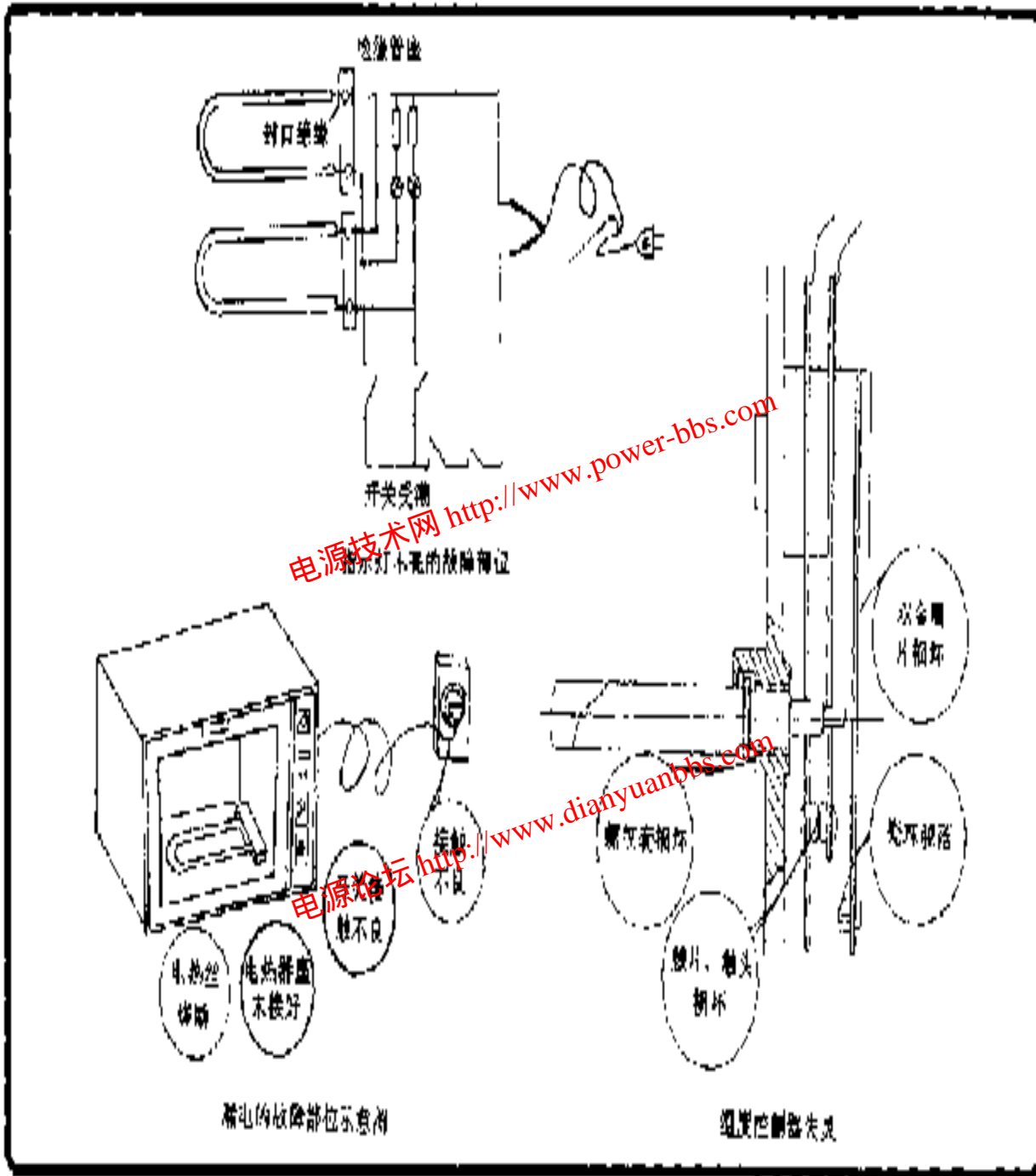
(5) 炉门玻璃损坏

造成这种故障主要原因是压紧螺钉压得太紧。或在高
温烘烤食物时玻璃门板冷水淋着。按原规格选用耐热玻璃
更换。再使用时要避免上面的状况发生。

(6) 漏电

① 加热器的封口绝缘材料经受高温而降低其绝缘性
能造成漏电。重新封口。

图 10-10



② 加热器插座有导电污垢降低其绝缘性能,用干布擦去导电污垢。

③ 转换开关、保温开关或定时开关受潮而降低绝缘性能,进行干燥处理。

④ 电源线或插头绝缘层损坏,更换新品。

⑤ 接线头松动与外壳碰触,将松动线头接好。

(7) 指示灯不亮

其原因有:

① 灯座或限流电阻损坏,按原规格更换灯泡或限流电阻。

② 指示灯线路接头松动或断裂,重新接好。

五、电 水 壶

1. 电水壶的结构及原理

电水壶的种类较多,按其性能的不同,可分为有温度控制器的自动式电水壶和没有温度控制器的普通式电水壶。按发热器形式和安装位置的不同,又可分为电热管直接投入式电水壶和云母片式电热器底部安装式电水壶。

电水壶主要由壶体、壶嘴、壶盖、发热器和手柄等组成,如图 10-11 所示。壶体、壶嘴、壶盖一般用铝拉铸而成,手柄用耐热塑料制成。电热器是钢管或不锈钢管弯成圆形,

壶壳经过电镀处理。管内装有螺旋状电热丝,电热丝与金属管之间填充导热和绝缘性能好的氧化镁粉。电热器安装在壶的底部,引出线穿过壶壁出于壶外,用螺母紧固。在电热器与壶壁之间加有耐热的橡胶垫片,使壶密封不漏水。

自动式电水壶的结构与普通电水壶的结构差不多,不同的是多了一个温度自动控制装置,水开后壶自动跳闸,切断电源。

2. 电水壶的维修

电水壶的维修如图 10-12 所示。

(1) 接通电源后发热器不发热不发热的原因:

① 热感应体上有水垢,不能正确反映壶内的温度。

② 温控元件损坏。

③ 恒温器的调节螺钉位置不对。

处理方法:

① 换上新保险丝。

② 修正插头,插座内触片,或更换新品,接好所断的电源线。

③ 更换新的发热器。

④ 用细砂纸将触头打磨光滑。重新调整弹簧片。

(2) 自动开关失灵,不能自动关电

不能自动关电的原因:

图 10-11

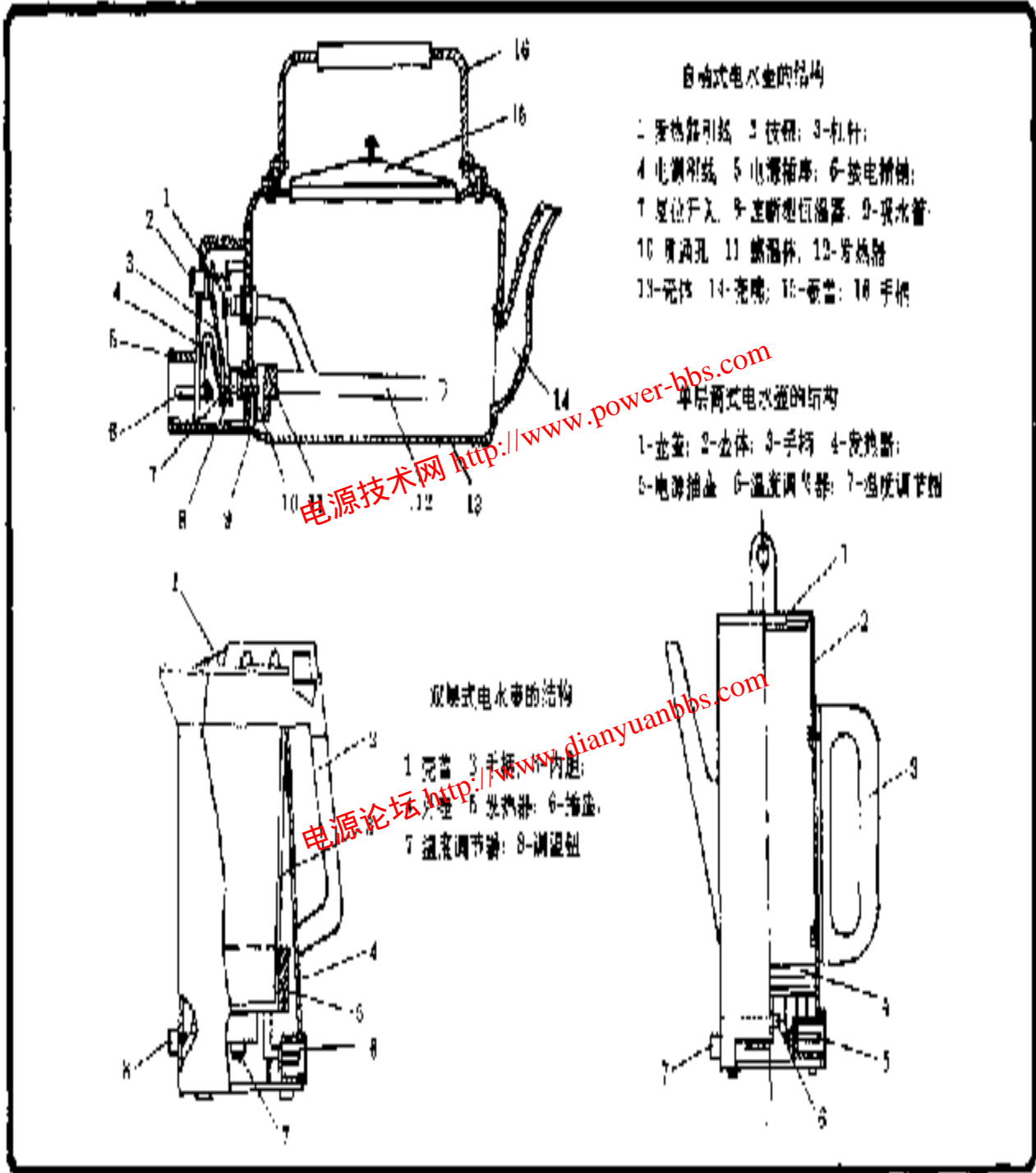
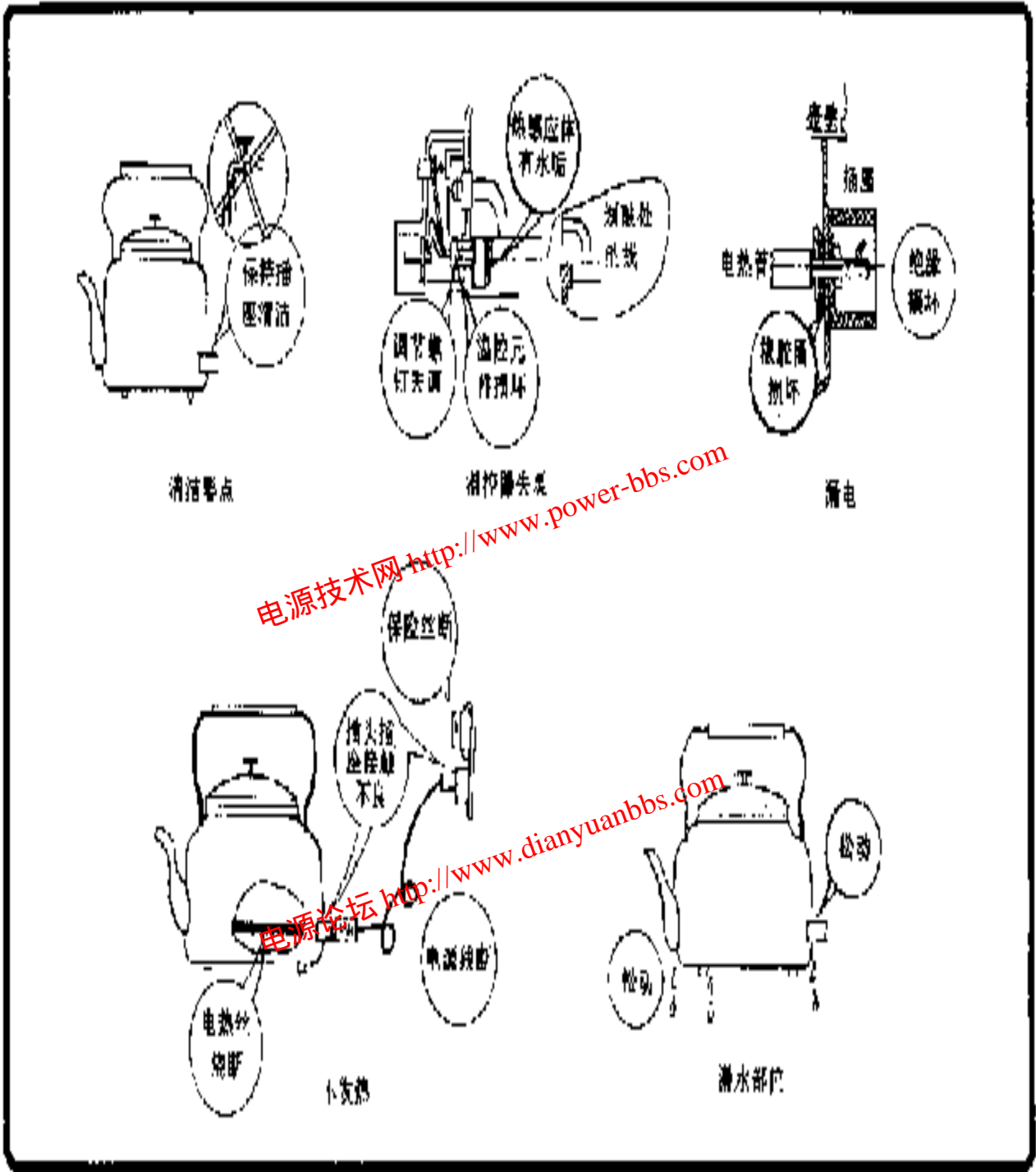


图 10-12



552 图解电工手册

① 热感应体上有水垢,不能正确反映室内的温度。

② 温控元件损坏。

③ 恒温器的调节螺钉位置不对。

处理方法:

① 清除感应体上的水垢。

② 更换温控元件。

③ 重新调整螺钉的位置。

(3) 漏水

漏水的原因:

① 发热器与壶体接口松动。

② 壶体与发热器之间的橡胶垫圈损坏。

③ 壶体腐蚀损坏严重。

处理方法:

① 重新紧固接口。

② 更换橡胶垫圈。

③ 更换壶体。

(4) 漏电

漏电的原因:

① 发热器封口绝缘性能降低。

② 发热器插座绝缘性能下降或有导电异物。

处理方法:

① 重新封口或更换发热器。

② 更换电源插座或清除导电异物。

(5) 短路

短路原因:

① 发热器与壶体之间的橡胶圈损坏,向电源引出线短路,应换上新的橡胶圈。

② 插座内有异电异物形成两电源触点短路,应清除异物。

六、电热水器

电热水器是提供热水的电热器具。电热水器的种类主要有槽浸式电热水器、新水式电热水器和瞬时作用电热水器。

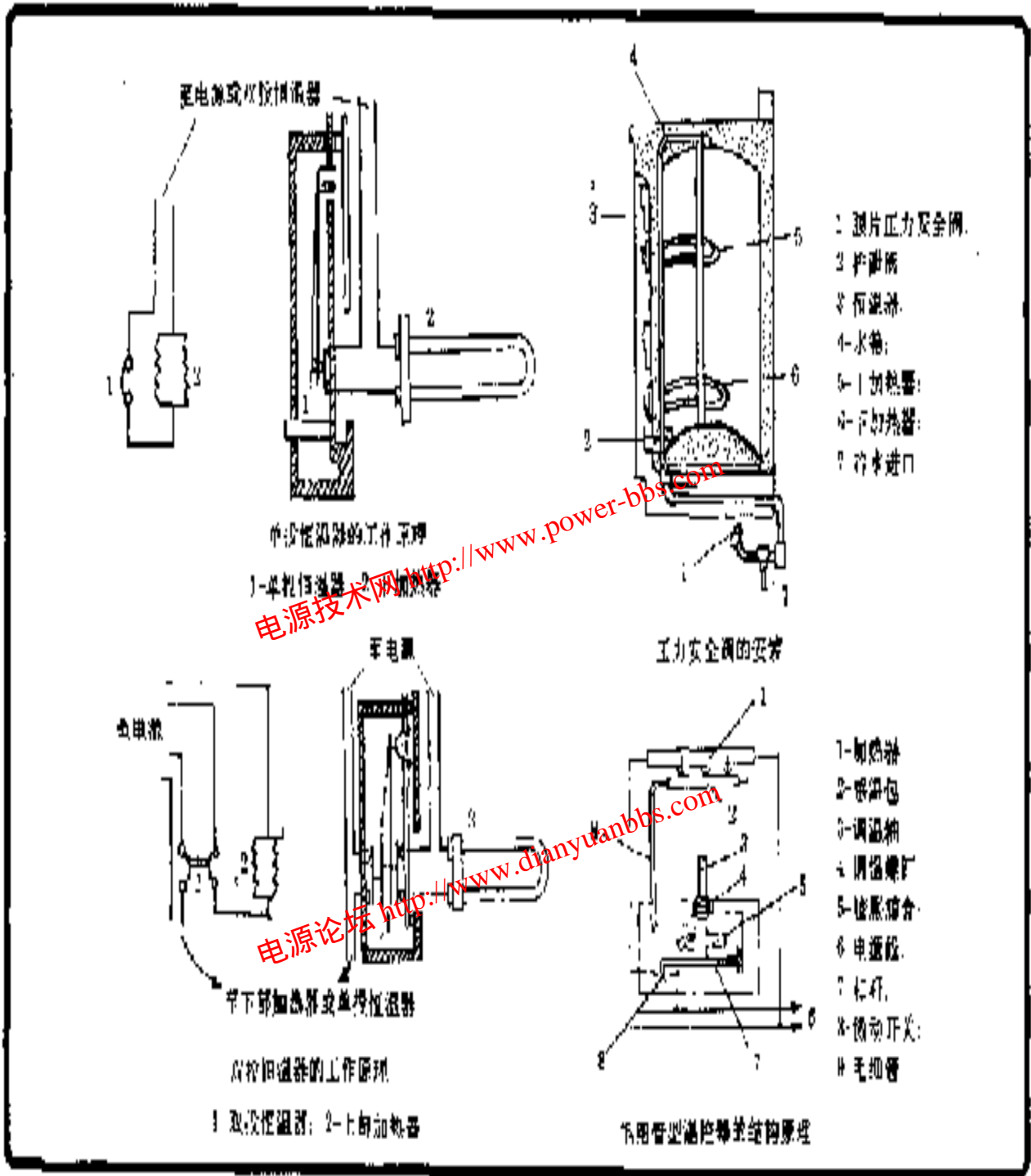
1. 电热水器的结构原理

电热水器的结构原理如图 10-13 所示。

(1) 贮水式电热水器

其主要部件是贮水箱、外壳、加热元件、恒温器、冷水箱、热水管等。贮水箱与外壳之间填充玻璃纤维等绝热材料,以防止热量的扩散。贮水箱一般采用不锈钢板制成。电热水器的发热器多为电热管式,有使用一组的,也有使用两组的。若使用一组,通常是竖直安装;若使用两组,则分上、下两处安装。电热水器的恒温器通常是采用双金属

图 10 13



554 田湖电工手册

片。工作时,由于传到双金属片上的温度不断上升,双金属片受热后变形弯曲。由于两种金属的热膨胀系数不一致,且弯曲程度与温度成正比,所以,温度越高,两金属片的弯曲差异越大,最后将开关的两触点分开。

恒温器通常有单投式和双投式两种。单投式恒温器只有一对触点,它与下发热器串联连接,受加热器底部的温度影响接通或关断发热器的电路。

双投式恒温器有两对触点,一对触点控制上部发热器的电路“接通”或“断开”,另一对触点控制下部发热器的电路。电热水器接通电源后先接通上部加热器,上部加热器工作,对上部水加热,待水加热到规定温度之后,温控开关控制断开上部加热器电路,同时接通下部加热器电路,下部加热器工作,对下部的水进行加热。

为了保持箱内的水压在适当的范围内,通常在冷水进入水箱之前通立压力安全阀。当压力在调定的安全范围时,安全阀才启开,让水溢出。当压力不合符时,安全阀中止供水。这就保证了电热水器的安全。

温控器的感温包一般用直径3~6mm的铜管制成,通过毛细管与膨胀膜盒接通,组成一个密封式的膨脹(或收缩)系统。管内注入有对温度较敏感的化学药水(如二氧二氟甲烷等),膨胀盒的杠杆与微动开关相连接。当箱内温度逐渐上升,感温包内的化学药水也逐渐膨胀。当温度升至

调定的温度时,膨胀膜盒通过杠杆推动微动开关的触点,切断电源,加热器停止加热。当温度下降时,感温包的化学药水发生收缩,当降至所调定的温度时,通过杠杆将加热器电源接通,电热水器又开始加热,这样周而复始,达到保温的目的。

有两组加热器的电热水器在电源接通时,双投恒温器先接通上部加热器,电热水器开始工作。当上部的水温度升至调定的值时,双投恒温器切断上部加热器,同时接通下部加热器,这里,下部加热器开始工作。当下部的水温度升至所调定的温度时,单投恒温器切断下部加热器的电路,电热水器停止加热。当其温度下降至调定深度时,又重新接通电源,电热水器又开始加热,如此循环,以保证电热水器供给的热水在一定范围内。

(2) 快热式电热水器

这种电热水器也称流水式电热水器,电常给器,主要由控制壳、电热元件、压力传感器、加热槽板、功率调节器、进水管、出水管和喷头等组成。由于快热式电热水器能使流经过加热板的冷水马上加热变成热水,所以其加热板的功率都设计比较大,一般设有6kW、4kW、9.2kW三种,有的产品甚至高达8kW、10kW、12kW。

2. 电热水器的故障与维修

电热水器的维修如图 10-14、图 10-15 所示。

图 10-14

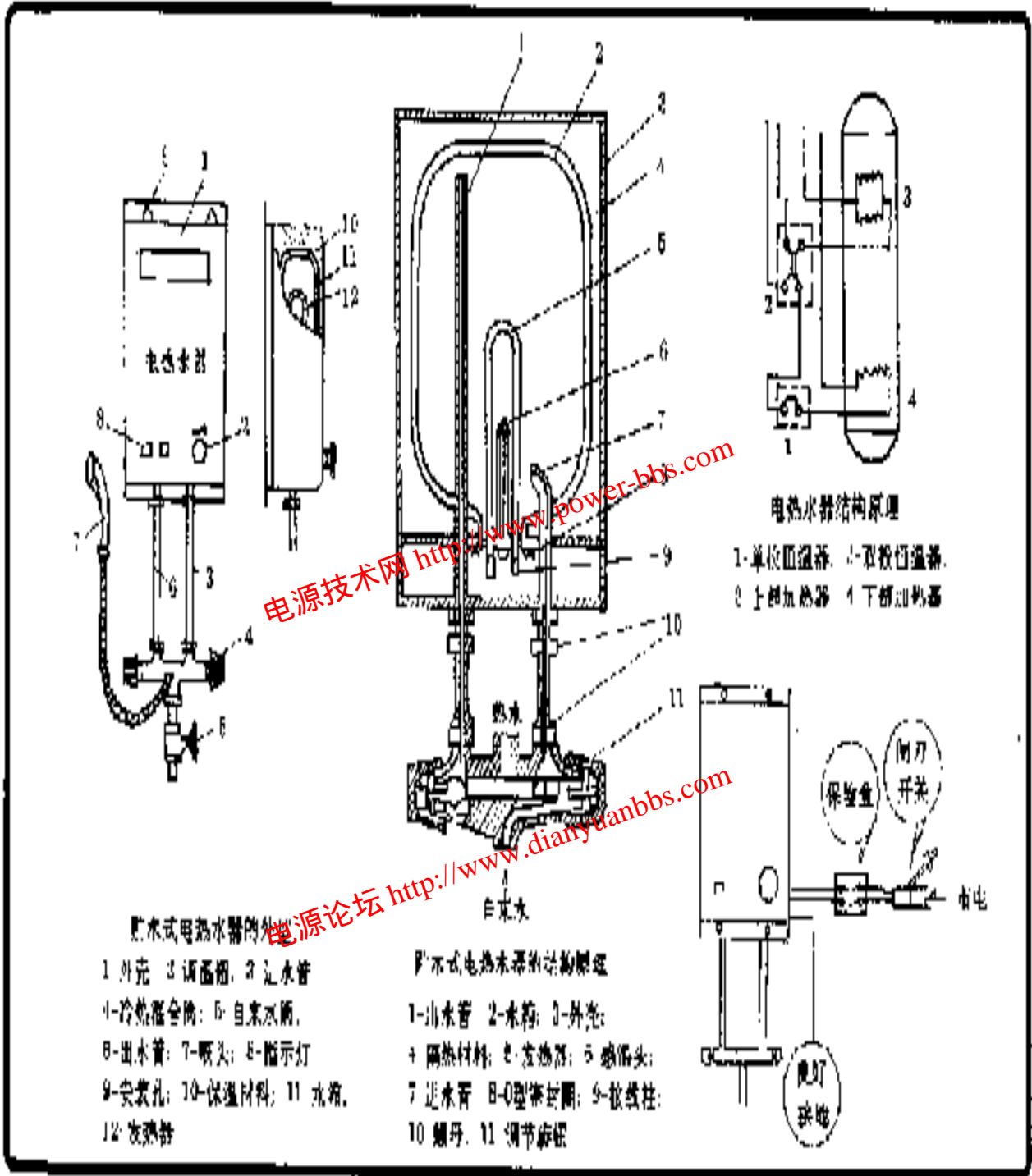
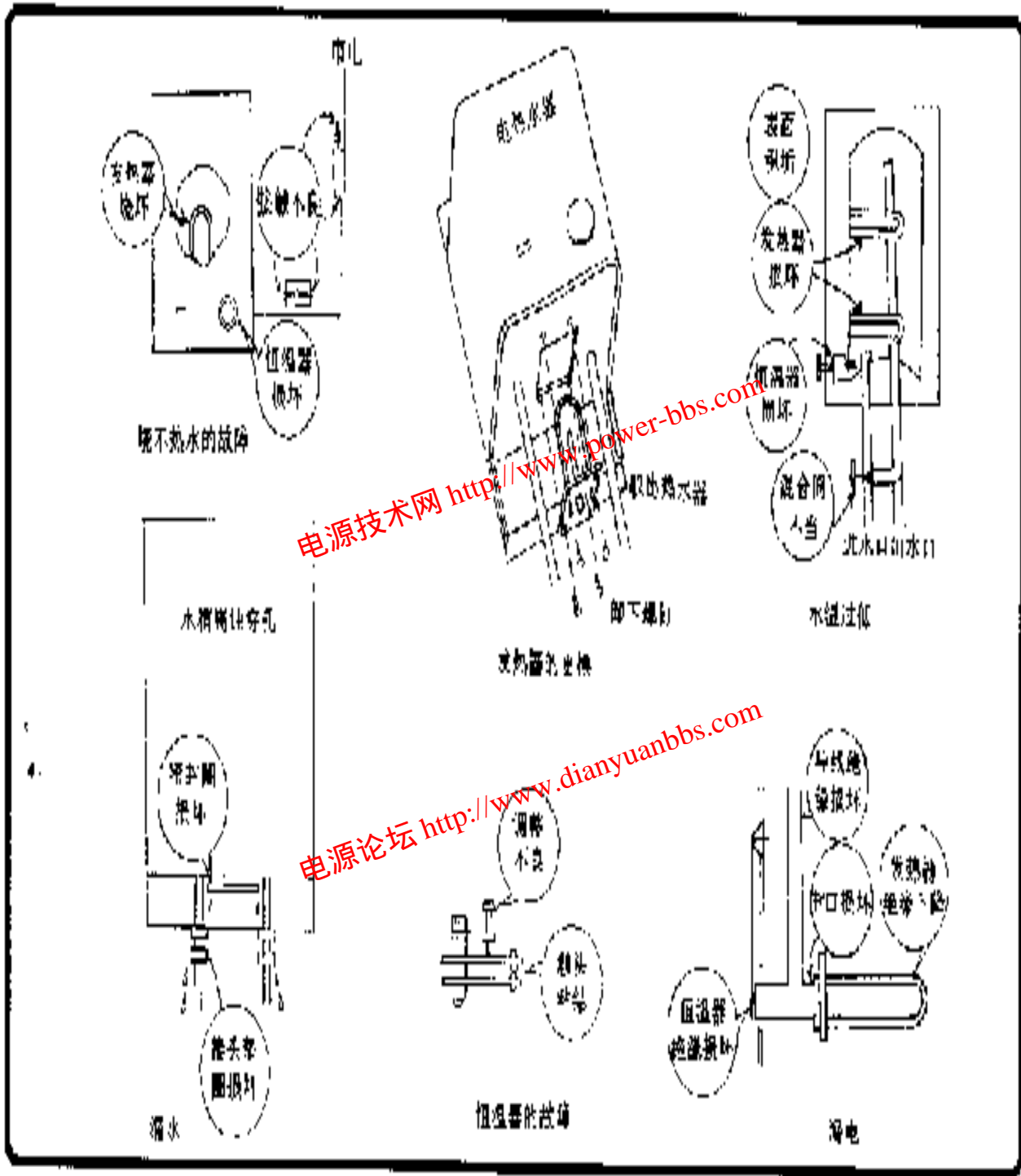


图 10-15



(1) 没有热水供出

故障可能发生的部位:

① 没有接通发热器的电源。如电源保险丝熔断、电源线接头松脱、保险盒与开关等接触不良或损坏。处理办法:换上新保险丝;找出松脱的线头接牢;更换损坏的器件。

② 发热器烧坏。用万用表 1×10 档检查。两表笔分别接触发热器的两个接线柱。如果表针不摆动,则说明发热器的电热丝烧断。处理办法:先切断电源,关好进水管,打开水箱排泄阀把水箱内的水排空,取下前面板,小心卸下发热器,安装更换新发热器。更换时不要忘了密封圈的安装。装好后水箱要注满水,检查是否有漏水的地方,才能通电烧热水。

③ 恒温器接触不良或损坏。处理方法:按下恒温器检查,重新调整接触不良的地方。损坏的,要更换同规格新品。

(2) 水温过低

故障可能发生的部位:

① 上部发热器或下部发热器损坏。按故障中发热器烧坏的办法处理,更换新的发热器。

② 恒温器调节不当。生口新调节。

③ 电压过低。用电压表确认线路电压,待电压升高后再使用。如果该地区经常处于低电压状态,应配置调压器。

④ 发热器严重有水垢。由于发热器周围积水垢,严重

影响了传热性能。这时应将发热器小心拆卸下来,用醋水溶液清洗水垢沉积物,再装回去。

⑤ 冷、热水混合阀调节不当。重新调整。

(3) 水温过高

故障可能发生的部位:

① 恒温器调节过高。重新调节恒温器的起控点。

② 恒温器触点烧焦粘死。将粘死的触点分开,用细砂布等烧蚀的触点小心打磨光滑,若损坏严重,应更换新品。

(4) 漏水。故障可能发生的部位:

① 炉水箱腐蚀性穿孔。检出穿孔并焊好。若属让产,应更换水箱。

② 进水管或止水管与水箱连接之间的垫圈损坏或连接处松动。若垫圈损坏则更换;若松动,则将松动处重新紧固。

③ 发热器与水箱连接处的密封圈损坏或松动。若是密封圈损坏,则更换密封圈;若是松动,则重新紧固。

④ 安全阀引气管处松动或损坏。若松动,则重新紧固;若损坏,则更换新品。

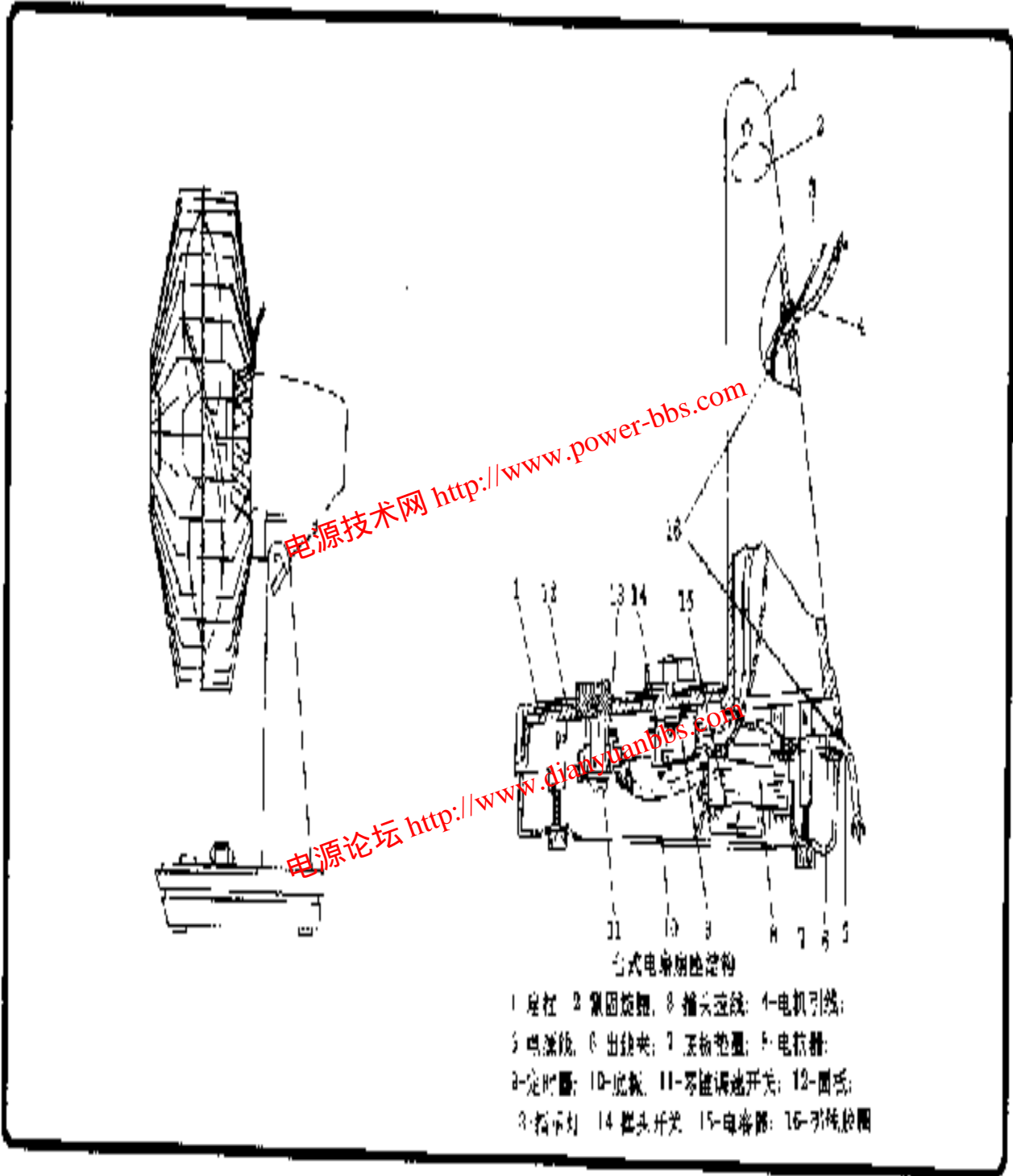
⑤ 排泄阀松动或损坏。若松动,则重新紧固;若损坏,则更换新品。

(5) 漏电

漏点故障可能发生的部位:

① 发热器绝缘性能下降或封口板坏。若是绝缘性能

图 10-16



下降,则需要换发热器;若是封口机坏,则需要重新封口。

② 电源引线绝缘体损坏或其他带电器件绝缘材料损坏、碰壳。将损坏的绝缘体重新绝缘。损坏严重的,更换同规格新品。

七、电风扇

在家庭中使用比较流行的有台式电风扇(如图 10-16)、落地式电风扇、落地式电风扇、吊式电风扇、箱式电风扇和窗式换气扇等。

1. 电风扇的电动机

电动机是风扇运转的动力。家用电风扇多采用单相罩极式感应电动机和单相电容运转式感应电动机。它们具有体积小、价格低、结构简单、运行可靠等优点。

(1) 单相罩极式电动机(如图 10-17 所示)

罩极式电动机又叫蔽极式电动机。它具有结构简单、造价低廉的优点,但也具有启动转矩小、过载能力差、效率低、噪音大等缺点。

(2) 单相电容运转式电动机

电容运转式电动机,主要由定子、转子、端盖和轴承几大部分组成。定子由铁芯和绕组成,用来建立一个旋转磁场。转子由铁芯、绕组和转轴组成。

它的工作原理是:主、副绕组放在不同的定子槽中,因此占有不同的空间相位。当主、副绕组接通单相电源后,主绕组中流过单相电流产生一个脉动磁场。该绕组串联于副绕组的电容器,使得副绕组回路中的电流相位约超前于主绕组电流相位 90° 。两绕组共同工作时,产生的合力成磁场接近一个圆形旋转磁场,在转子导体中感应电势并产生电流,转子中的电流与定子磁场的相互作用,产生电磁力矩,使电动机转动。

2. 电风扇常见故障与维修

电风扇常见故障的维修如图 10-18 所示。

(1) 通电后不转动

通电后不转动大致可分为三种原因:

① 电源插头插上电源后,指示灯不亮,风叶不转,也无任何声音。这种情况应首先检查有无电源,检查电源断路器、插头及电源导线是否断路,并予修复。

② 接通后指示灯亮,说明电源已加到电风扇,但按下运转开关,风叶不转动,有可能:a. 电容器损坏。电容器的容量通常在 $1\mu\text{F}$ 以上,可用万用表检查其内部是否短路、断路。用 $R \times 1k$ 以上的欧姆档检查,如果引线端之间的电阻读数很小,且长时间稳定,表明内部短路;若指针不动,交换一下表笔再测量,指针仍一直不动,表明内部断路。无论是短路或断路,都需更换同规格电容器。如果表笔接通的瞬

图 10-17

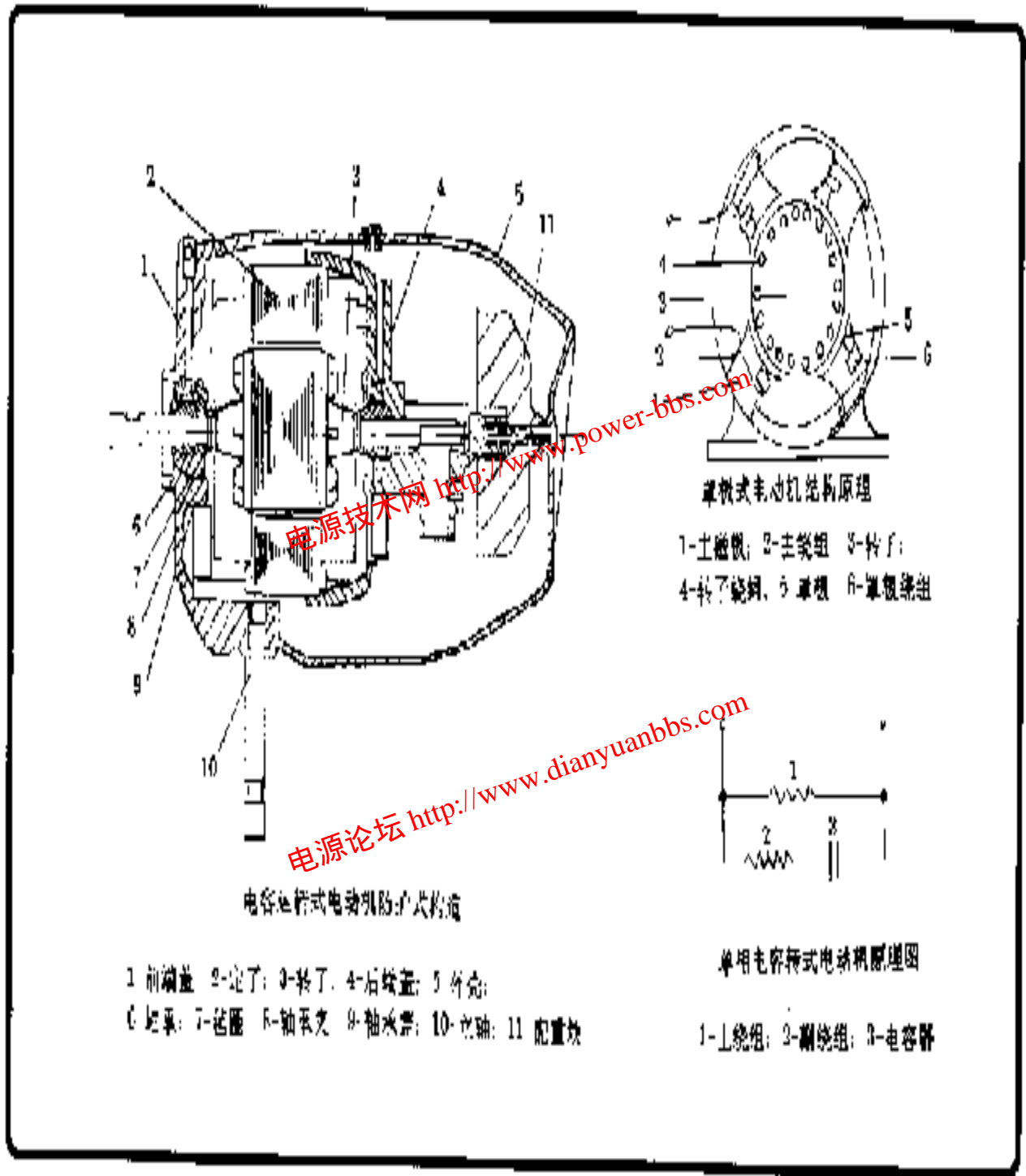
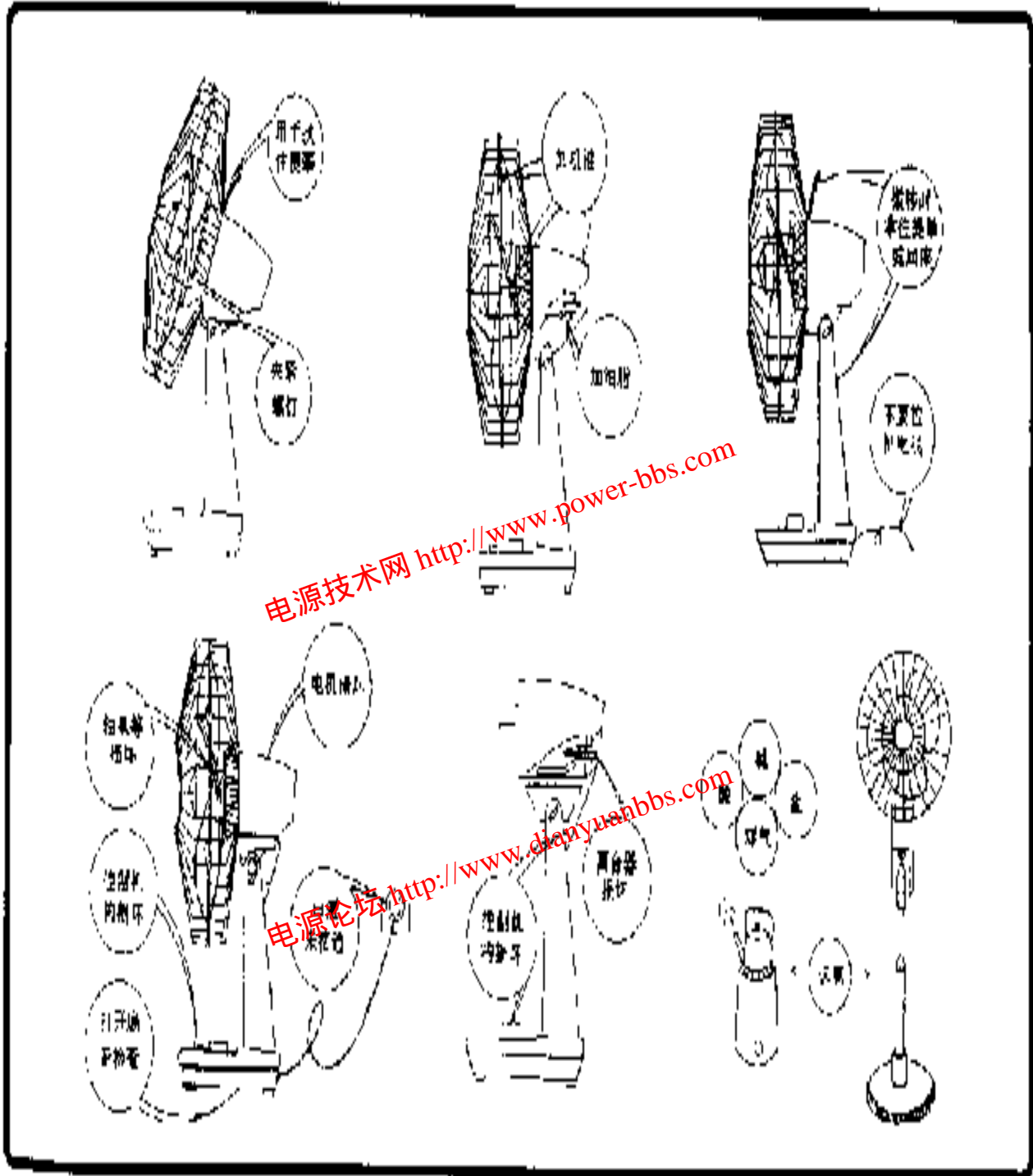


图 10-18



562 图解电工手册

间,指针偏转,以后恢复到原位不动(因电容量不大,这一过程应在短时间内完成。指针偏转大小取决于万用表所用的欧姆档测量电路电流的情况。充电电流大,放电电流小,这一过程就长。指针最后指示的欧姆数应接近无穷大),表明有充电电流。指针偏转越大,说明电容量越大;若指针偏转小,则说明电容量小。

b. 电抗器断路,调速开关接触不良、定对开关损坏等。此时可拔下插头,放倒风扇,打开盖板,按底板上的电气接线图,从插头的电源线起,顺序用万用表的电阻档检查各引线是否有断头之处、开关工作触点是否接触良好。查出故障后,接好断头或更换。

c. 定于绕组断路或烧坏。如果电源线、电抗器、开关等正常,这时可打开扇头的保护罩,找到电机绕组的引出线,用万用表的电阻档测量绕组电压。若指针不动,则说明绕组断路;若电压值为零或很小,则说明绕组短路。查出故障后,将断处接好,或重新绕线圈。

d. 电动机轴承档油污严重、轴承磨损、定于转子相磨擦。此种故障表现为用手转动风叶有阻力或转动不动。可进一步检查,六瓣扇头保护装置齐全。查出原因后,取下电机轴承档清洗或更换同规格轴承。

(2) 不摇头

其原因可分为两大类:一类为控制方面的原因。常见的有控制失灵(如控制拉线松动或损坏),不能将离合器啮合,因而造成不摇头。检查时可用手试扳杠杆,如果电扇立

即摇头,则说明故障出在控制部分。这种情况可仔细检查控制按钮到离合器一拨各零件是否完好,如有异常,对症修复即可。若是插头开关损坏,可换新的。如果是钢丝拉线松动或断开,可照原样紧固或换新。如果是离合器弹簧折断或过短,可换新或拉长弹簧解决。如果是离合器上弹簧片折断或翘曲变形,可换新弹簧片或校正翘板即可。如果是滚珠脱落或离合器被齿轮轴道上销钉卡住,可配齐滚珠或调整齿轮盖上的锁钉。

另一类为离合器方面的原因。对此应根据风扇不同的摇摆机构而采用不同的检查方法。如果是拨叉式摇摆机构的电扇,不摇头的原因是蜗轮蜗杆磨损。对此,应更换新的蜗轮蜗杆。若是棘爪离合齿式摇摆机构,其原因多是为离合棘槽销钉上有毛刺,或上离合齿的压缩弹簧失去弹性,使上离合齿不能沿齿合轴顺利下滑与下离合齿啮合。此时可用钝刀锉去离合棘槽销钉上的毛刺,或更换压缩弹簧,只要使上离合齿上下滑动自如即可。若是棘齿潜板式摇头机构,其原因常为潜板滑道上有异物或毛刺,阻碍潜板滑动。对此可用钝刀锉去毛刺或清除异物,然后再加注适量的润滑油,只要能使滑动自如即可。

(3) 震动及噪声大

电风扇震动过大主要是由于扇叶动平衡不好造成。电机定于绕组局部短路、断路也可以造成震动过大,这时电机

会产生局部过热,通过用手摸扇头是否发烫过头而判断其原因。若是由于扇叶碰擦变形,需用专门工具对扇叶进行动平衡调整。若是定子绕组短路或断路,必需重绕绕组。

除转动部件产生振动、噪音外,电机铁芯、调速电抗器铁芯松动等都可以产生。此时将松动部件紧固即可减轻或消除。

(4) 电扇外壳带电

电扇外壳带电意味着电扇中的电路导线与外壳相碰。一是连接线所致,这时先打开底座,以电源线开始顺序检查开关、定时器、电机引线端等有无导线裸露与外壳相碰。查出相碰处将其分开并用绝缘胶布包缠好。二是定子绕组绝缘层老化,漆层伤损碰外壳。这种情况需更换定子绕组。

(5) 调速失灵

调速失灵通常有三种原因:

① 调速开关接触点接触不良。由于开关经常活动,弹簧过于疲劳失去弹性使之接触不好,或受腐蚀件气体侵蚀使之接触不良。前者需更换开关,后者用细砂布仔细打磨触点。

② 调速器的导线脱焊。检查后将脱焊处焊牢。

③ 抽头式调速器的抽头绕组断线或短路。这时需更换电动机绕组。

(6) 定时器失灵

这种故障通常是定时器损坏。可能是由于使用时间久长,内部机械部分磨损。这时需更换定时器。也可能是定时器的触点接触不良。若是触点不好,需用细砂布打磨触点并进行修复。除此之外,可能是引线接触不良。检查出虚焊处重新焊牢。

八、电热毯

使用电热毯,可以在入睡前将其预热到30℃左右,而且热量均匀和暖,使人就寝时感到很舒服,即使数九隆冬的寒夜也能很快进入甜蜜的梦乡。

1. 电热毯的种类

电热毯的种类较多,分类方法也有多种。

(1) 以电热元件材料不同来分类

- ① 镍铬合金丝电热毯。
- ② 铁铬铝合金丝电热毯。
- ③ 康铜丝(镍铜合金)电热毯。
- ④ 单股线或多股铜软线电热毯。
- ⑤ 薄煤加热片电热毯。

(2) 以电调性能和控制型式来分类

- ① 发热元件交区调温型电热毯。

564 图解电工手册

- ② 普通型电热毯。
- ③ 二极管半波整流调温型电热毯。
- ④ 电容降压调温型电热毯。
- ⑤ 变压器降压调温型电热毯。
- ⑥ 双向可控硅调节器调温型电热毯。
- ⑦ 微型温度继电器自动控制式调温型电热毯。
- ⑧ “PTC”元件控制式恒温型电热毯。
- ⑨ 电子线路控制式可调温型电热毯。

(3) 以电热材料的形态来分类

- ① 螺旋型电热毯电热毯。
- ② 直线型电热毯电热毯。

目前国内比较流行的电热毯有普通型、二极管半波整流调温型、发热元件变压调温型和变压器降压安全调温型的镍铬合金丝螺旋型电热毯电热毯。

(2) 电热毯的结构原理

由于电热毯的种类比较多,所以其结构形式也比较多,但基本结构大致相同,分为电热元件、控制电路和分压层三部分。

电热元件的结构一般有两种形式,电热带型和专用安全电热线型。

电热带型电热元件采用圆型或扁形电热带,电热丝螺旋缠绕在石棉线上作为发热体,然后在其外面用耐热的绝

料或橡胶层包裹作为电气绝缘防护。电热带铺设于全棉帆布之上,再覆盖一层全棉粗布,并用线将其缝合。

专用安全电热线型是在制的石棉绝缘芯上绕上电热丝,在其上包一层耐高温熔层,外面缠有第一检测线,再包上具有负抗温特性的感温层,使感温层上缠有第二检测线,有的电热线只有一个检测线,然后再包一层耐热塑料作为绝缘保护层。这种专用电热线的优点是安全可靠度高,因此又称为安全电热线。它使用时需有相应的电子控制电路,以发挥检测线的作用。

控制电路有多种形式(如图 10-19、图 10-20 所示):

(1) 简易型

简易型电热毯的电路由电热线、控制开关、保险丝、电源引线、电源插头以及纤维织物等组成。电热线起加热作用,保险丝起过流保护作用。使用时,插上电源插头、打开电源开关就可以对电热毯加热升温了。

(2) 微型温度继电器型

微型温度继电器型电热毯,其电路结构与简易型电热毯基本相同,不同的只是在电热线元件较密或温度最高处串接一个密封的小型(一般只有一个纽扣大小)双金属继电器。

(3) 二极管半波整流调温型

二极管半波整流调温型电热毯其与简易型电热毯的不同之处在于电路里串接了一个阻值在 400 伏以上,电流最

图 10-19

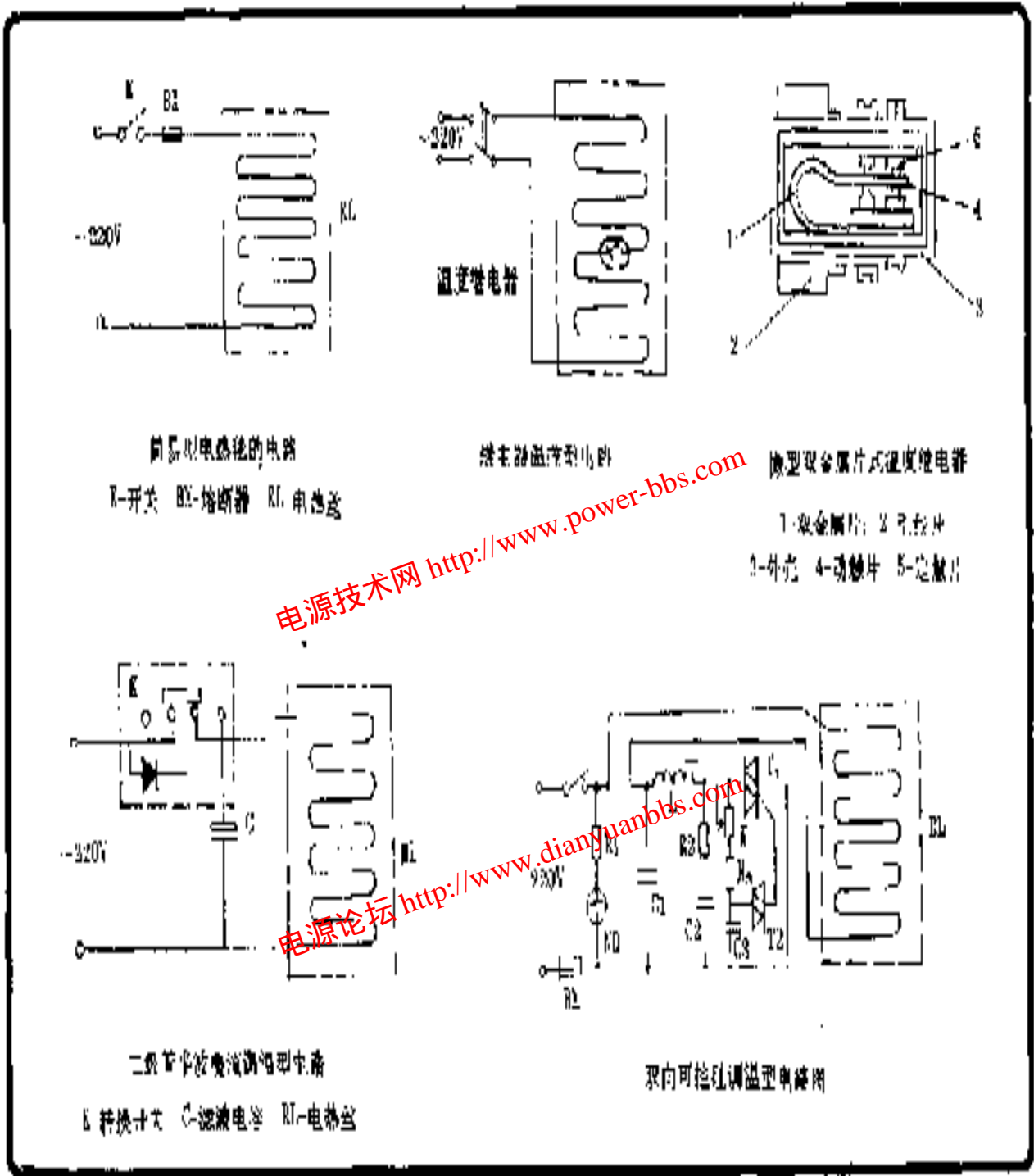
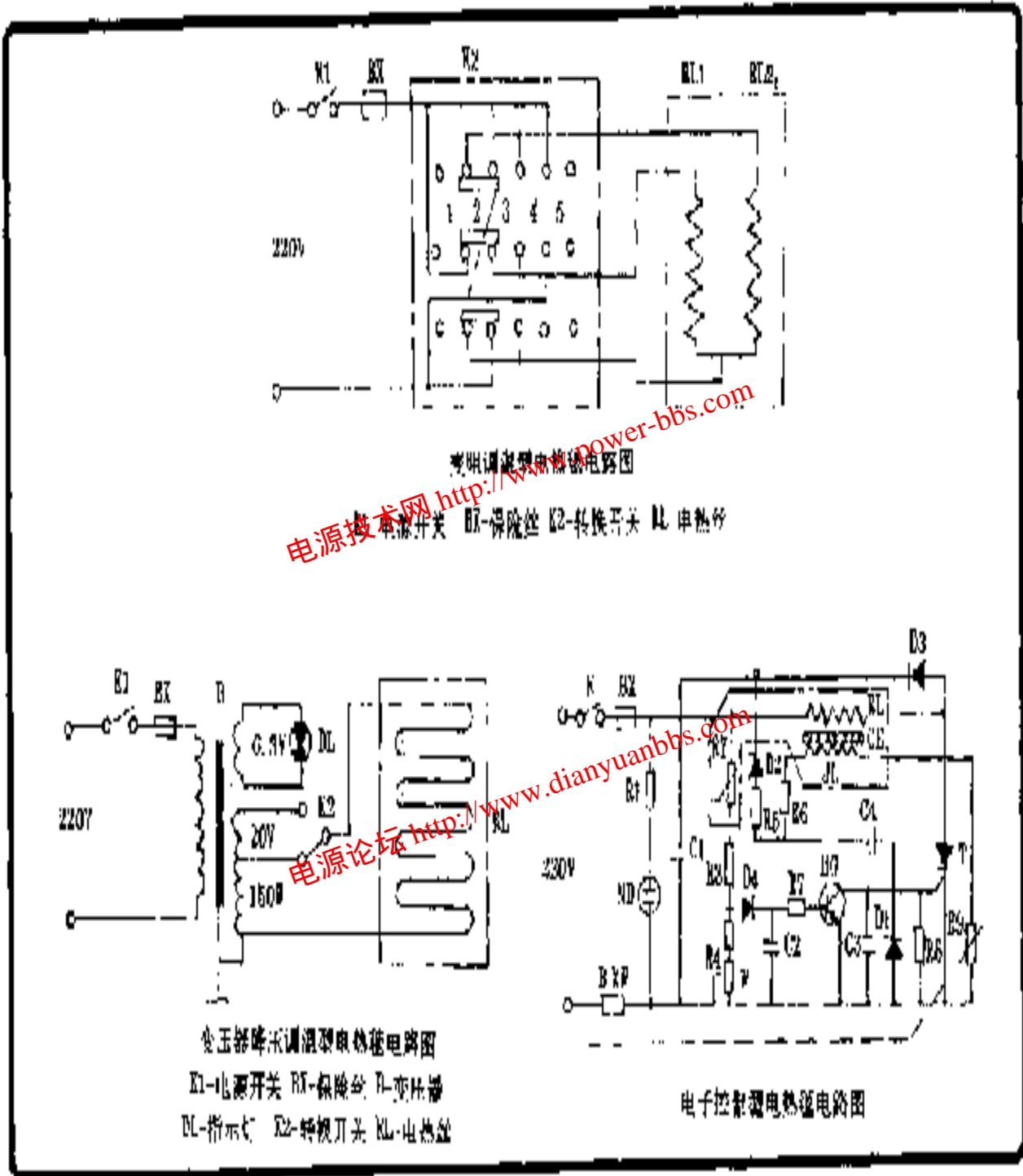


图 10-20



0.1~1 安培的整流二极管,由调温开关控制温度、调温分高温、低温和空档。当开关置于“低温”时,电路接入二极管与电热丝串联,此时二极管先对交流进行半波整流,然后再给电热丝加热。经整流后的电压有效值为 170 伏左右,所以电热毯的消耗功率只有原来的一半左右,即电热毯的温度下降了。当开关置“高温”时,二极管被短路,这时,电热毯的工作原理与简易型的一样。当开关置空档时,电源被切断,起电源开关的作用。

由于二极管在进行半波整流的过程中会产生高频谐波辐射,会干扰附近的收音机、电视机的工作,所以在二极管的输出端加接一个滤波电容排除这种射频干扰。

(4) 具有双向可控硅调节器的调温型

这种电热毯的电路,是在简易型电热毯的基础上安装一个双向可控硅调节器来调节电压,达到对电热毯的温度,在一定范围内进行无级连续调节。工作时,当双向可控硅 T_1 关断时, C_1 由电源经电热丝 R_1 及 L 、 W 、 R_2 充电,当 C_1 两端电压 U_{C1} 到双向二极管 T_2 转折导通电压时, T_2 导通, T_2 便通过 T_3 触发 T_1 , T_1 触发导通,使 R_1 通电发热并将发电电路短路,当电流电压过零反向时, T_1 关断, C_1 又开始充电,重复上述过程。由于触发电路工作于交流电路,交流正、负半周分别发出一个正脉冲和一个负脉冲触发 T_1 ,使 T_1 在正负半周内对称地各导通一次。减少电位器 W 的阻

值,可使电容器 C_1 充电加速,缩短 T_1 达到 T_2 转折导通电压的时间,即减少了 T_1 的控制角,增大了导通角,使输出电压升高;反之则使输出电压下降。

(5) 变阻调温型

改变发热元件电阻调温型电热毯的发热元件是两组长度相等、规格相同的电热丝。由转换开关 K_1 改变 RL_1 和 RL_2 的连接方式,以达到改变电热毯的消耗功率即调温的目的。当转换开关处在“2”时,电热丝 RL_1 和 RL_2 为并联连接,电热毯温度最高;处在“3”时,只有 RL_2 有电流通过, RL_1 断路,电热毯温度次之;处在“4”时, RL_1 和 RL_2 以串联连接,此时电热毯的温度最低。

(6) 变压器降压调温型

这种电热毯的电路是利用变压器 B 将 220V 的交流电压降至 36V 以下,一般设计有 9V、12V、16V、20V 和 24V。 K_1 是电源开关,起到控制电源的“通”和“断”的作用, K_2 是转换开关,通过操作不同的位置,可以供给电热丝 RL 不同的电压,达到调温的目的。 DL 是指示灯,当 K_2 接通时它便发亮,表示已接通电源。

(7) 单检测线电子控制型

单检测线电子控制型的电路使用的电热丝是专用安全电热丝。其工作原理是:当交流负半周时(对可控硅 T 而言),可控硅 T 关断, C_1 充电,当交流电过零时变为正半

568 图解电工手册

周, C_4 经 R_3 、 R_9 、电热毯的检测线 J_1 、 R_6 放电, 在 R_6 两端建立的电压将可控硅 T 触发导通。交流电正半周电流经 K 、 BX 、 BL 、 T 、 BXW 形成回路, 使电热毯发热, 并逐步散发热量。初始温度低感温线 T_1 的阻值大, 开关三极管 BG 的基极电压低, BG 处于截止状态, 对可控硅 T 的触发电压无影响, T 在正半周内处于连续导通状态, 即导通角 $\theta = 180^\circ$, 电热毯连续通电加热, 电热毯温度上升。感温线 R_7 降低, R_4 、 W 分压电压增大, 当 BG 基极电压增大到导通的门坎电压时, BG 导通, C_4 放电电流被 BG 分流, 此时可控硅 T 的触发电流变小而关断, 电热毯 RL 无电流通过, 停止发热, 电热毯温度下降, 感温线 R_7 阻值又增加, BG 基极电压下降, BG 处于截止状态, 可控硅 T 又触发导通, 电热毯通电加热, 周而复始, 电热毯就可在此给定的温度范围内保持恒温。通过调整电位器 W 的阻值, 可使电热毯在一定温度范围内, 保持任意合适的温度。

3. 电热毯的故障处理

电热毯的故障处理如图 10-21 所示。

(1) 电热毯局部过热

其原因可能有以下几种:

① 由于人体揉搓, 电热毯受力不均而堆集打褶, 导致堆集处热量集中过热, 用手摸时会发现电热毯麻密不均匀。如发现这种情况, 应细心地把堆集的电热线整理拉平, 且使

电热毯均匀分布。

② 电源线与电热毯的接头处接触不良, 因接触电阻过大而此处发热过高。此时, 要将接头处固定的人造革拆开, 将接头重新焊接。

③ 电热毯中使用的螺旋型电热毯中的电热丝在编织时螺旋不均, 局部过密, 导致此处发热过高。严重时更换电热毯。

④ 电热毯折叠使用, 使其热量集中, 温升过高造成局部过热。应将毯体展开使用。

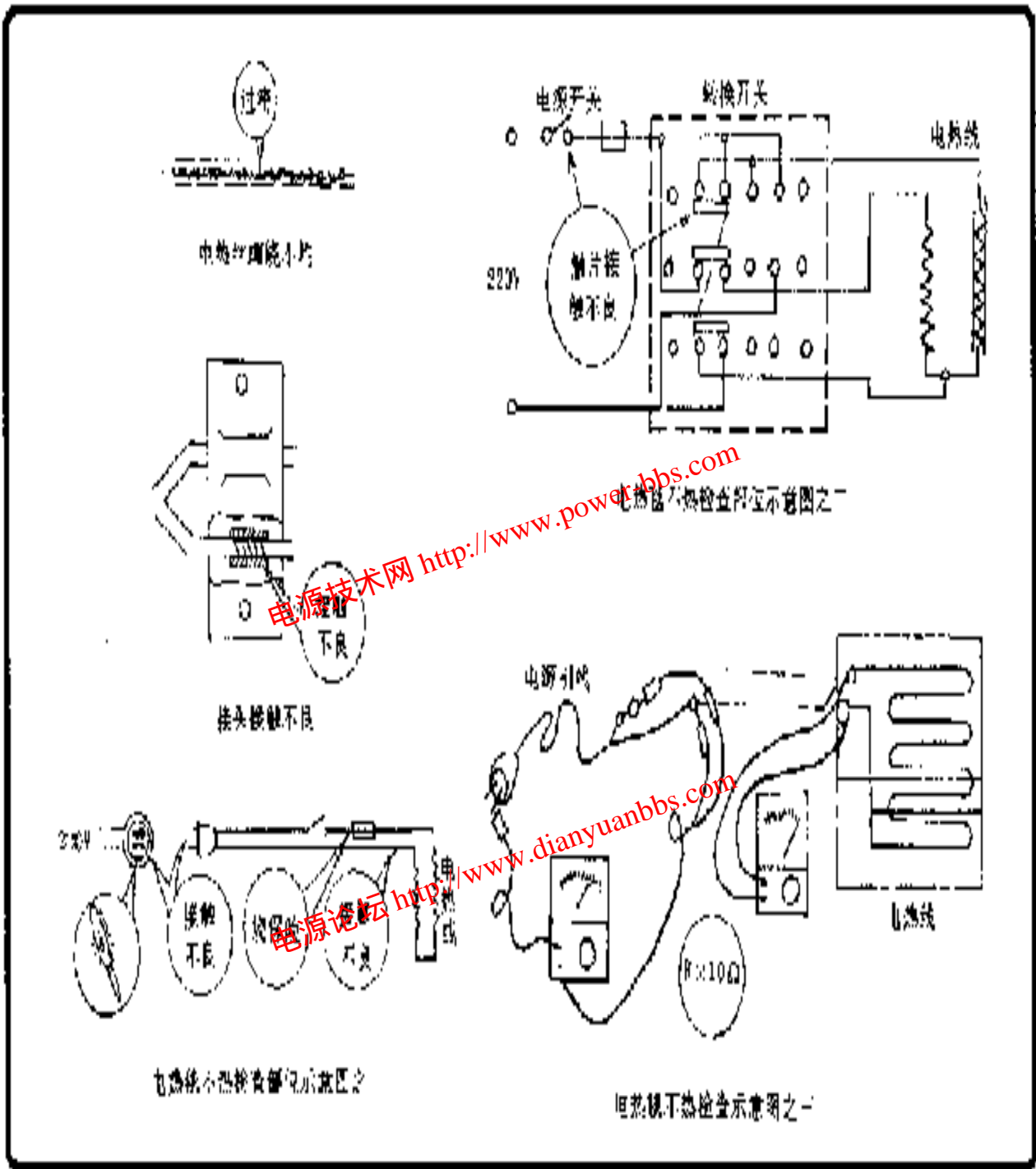
(2) 插上电源插头后, 电热毯不热

① 用验电笔检查市电插座有否电; 检查电源插头与插座是否接触良好; 若接触不良, 调整插片使其接触好, 或更换插座。检查保险丝座与保险丝座之间的接触是否良好, 保险丝是否被烧断, 如接触不良, 调整保险丝座的簧片使其接触好; 如烧断者, 则需更换同规格的保险丝。

② 检查电源开关、转换开关是否接触良好, 灵活可靠; 如接触不良, 则拆卸下修理, 损坏严重者可换同规格新品。

③ 用万用表检查电源线与电热毯是否内部断线。方法是: 将万用表置于电阻档 ($R \times 1k\Omega$), 两表笔分别同时接触电热毯的两端。如果表针不摆动, 说明电热毯已烧断, 需拆下电热毯查看断头, 或用手在毯体上沿着电热毯摸试, 找到断头, 将电热丝断头绞接焊好, 加以绝缘, 将电热毯布

图 10 21



570 图解电工手册

好,重新做好绝缘。如果表针向右偏转到头,说明电热丝未断,断线在电源引线。这时,万用表的两表笔之一同时接触电源插头的两插片,另一表笔分别接触电源引线与电热丝一端接头,将有四个结果:a、两次接触都使表针偏转到头,说明引线完好。b、其中一个端接触表针不动,说明与这个端连接的电源引线断路,需裁到新头焊接好。c、另一端的后果与b一样。d、接触两个端都不能使表针摆动,说明两根电源引线都有断线。为可靠应更换新线。

④ 具有温控装置的电热毯,如果经上述检查都正常的话,说明造成线路中断的原因发自温控装置,这时需针对各种类型的温控装置进一步对温控电路检查或到专业修理店修理。

(3) 电热毯一接通电源就烧保险丝

① 电热丝与电源引线接头处短路。

② 电源插头、控制开关和温控装置接头短路。

仔细检查,找出短路的地方,将其分开并加以绝缘。

(4) 电热毯漏电

造成漏电的原因可能是受潮严重,或绝缘层老化或破损。如属于受潮,可晾晒驱潮,也可在不使用的情况下,通电加热,利用电热驱潮,如果属于局部绝缘层老化破损,可对局部进行修补;如属于整个电热毯电热丝绝缘层老化,说明电热毯的寿命将终结,应及时更换新的电热毯,以消除成

大祸。

九、空调器

空调器是一种用来调节室内温度、湿度和空气新鲜度的家用电器,它可对空气进行冷却、加热、加湿、除湿及过滤净化等处理功能。

1. 空调器的种类和规格

空调器品种繁多从安装形式来分有窗式、柜式、分体式多种。从工作原理来分有压缩式和吸收式两种。

窗式空调器和分体式空调器按照工作特点又可以分为:

① 冷风型。这种空调器由制冷系统、风扇及风扇电机组成。它只能对空气进行降温,并有一定的去湿作用。

② 热泵冷风型。这种空调器可以进行降温和加热处理。降温时其工作与冷风型一样。加热时,利用一只二位四通换向阀换向,使原来的蒸发器变为冷凝器,原来的冷凝器变为蒸发器。这时室外侧蒸发器(原冷凝器)吸收室外的热量,然后送入室内,使室内温度升高。

③ 电热冷风型。这种空调器在冷风型的基础上加装电热元件组成。

④ 热泵电热冷风型。这种空调器是热泵冷风型和电

热冷风型两种空调的组合。

空调器的规格是以每小时制冷(制热)量来区分的。目前,国产的窗式空调器常见的有 5000、8400、12500、29300 千焦/时(1200、2000、3000、4500、7000 千卡/时)等多种,柜式空调器有 50/60 千焦/时等。

2. 空调器的结构和原理

(1) 窗式空调器

窗式单冷型空调器由压缩机、蒸发器、冷凝器、毛细管、电磁阀、制冷管路等组成。空调器的制冷系统采用压缩机式。压缩机和电动机装在一起放在密闭的容器中,其外壳焊接密封,里面封入制冷剂氟里昂 22。这种制冷剂被压缩机压成高温高压的状态,再冷凝液化,液化的制冷剂通过毛细管降压进入蒸发器;在蒸发器吸收室内的热,然后蒸发,蒸发的制冷剂成为气体,再次被吸进压缩机,反复循环。

房间的空气,通过送风机送进蒸发器冷却,空气冷却后再送回室内,由于这种循环反复,室内便渐渐凉快了。

小型窗式空调器其制冷量一般在 1160~1740W (1000~1500Kcal/h)之间,适用于 10~15²的房间,耗电量较少,比较适合家庭降温使用。

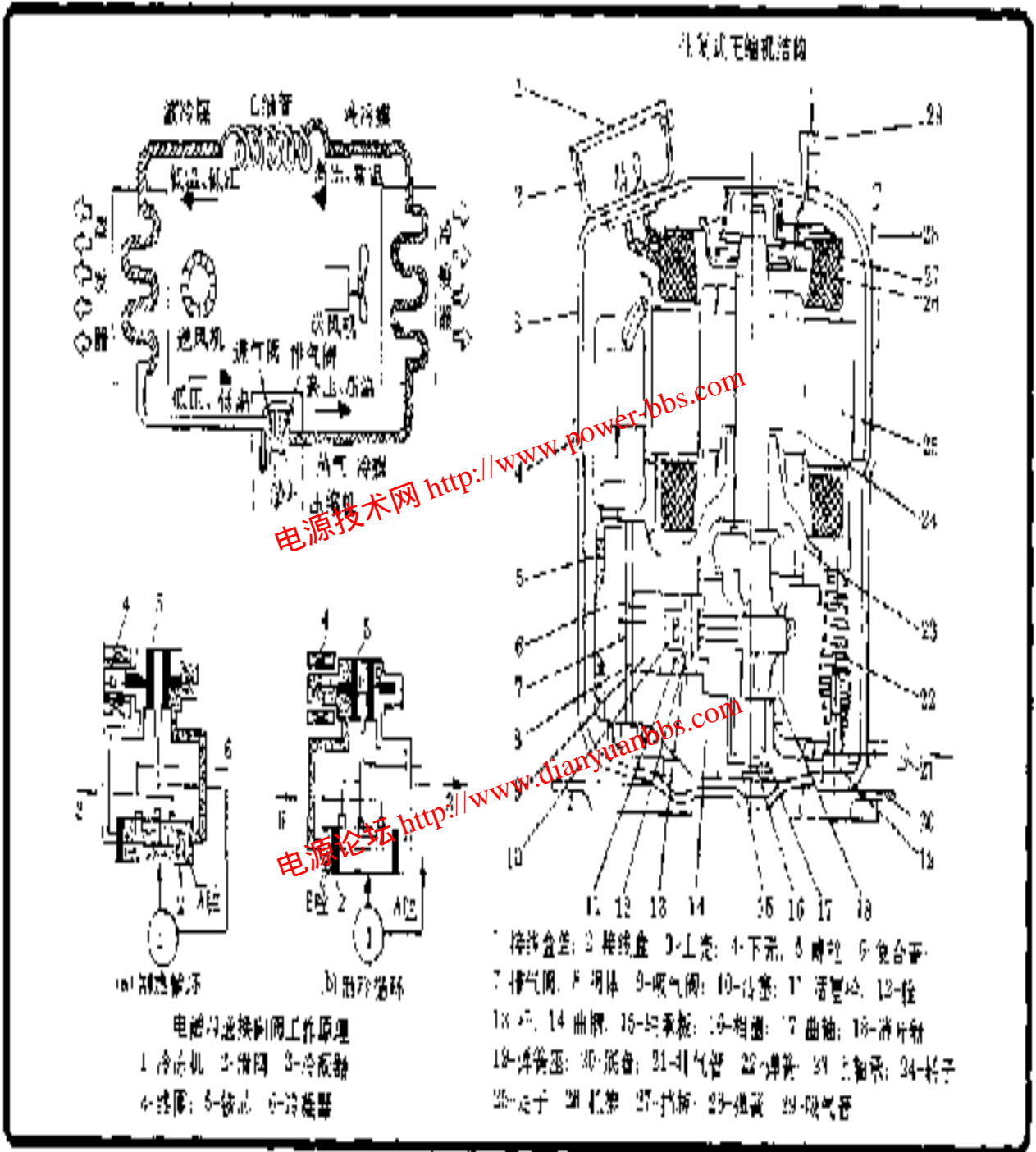
热泵型空调器的结构组成与单冷型基本相同,只多装了一个电磁四通换向阀(如图 10-22 所示)。换向阀能根据制冷或制热的需要来改变制冷剂的流动方向,从而使空调器

进行制冷或制热转换。制冷时,其工作过程与单冷型相似;制热时,其工作过程刚好相反,室外盘管作为蒸发器,室内盘管作为冷凝器,经过蒸发器的制冷剂吸收了周围的热进行蒸发变成气体,由压缩机吸入压成高温、高压状态,送进冷凝器冷凝液化,将所带的热量释到盘管的周围,反复循环,逐渐提高室内温度。

使用了电磁四通换向阀,空调器实现了一机两用。当热循环时,电磁阀的开关在“热”的位置,线圈通电并产生磁力,吸引铁芯左移,射形阀瓣 O 孔被关闭而 P 孔被打开。A、B 两腔的压力因压缩机的动作而形成一定的压差,在压差的作用下滑阀向左移,从而气孔 a、b 使室外侧的换热器与制冷机的吸气管相通,原来作为冷凝器的室外换热器变为蒸发器,室内换热器(冷凝器)向室内散热。制冷循环时,电磁阀的开关到了“冷”的位置,电磁线圈断电,磁力消失,铁芯在弹簧的作用下右移。P 孔关闭,O 孔打开,A、B 腔因压缩机动作产生压差,两腔压力使滑阀向右移,使气孔 a 不与蒸发器和制冷机的吸气管相通,而与冷凝器和压缩机的排气管相通。室内换热器(蒸发器)从室内吸热,使房间温度下降,室外换热器(冷凝器)向室外散热。

压缩机是空调器制冷系统的核心,是制冷系统中工作循环的动力。

图 10-22



往复式压缩机,在密闭的上下机壳内放置有电动机和压缩机构,电动机带动压缩机的连杆作运动,压缩机内的曲轴运动使活塞在气缸内往复运动,由于活塞的往复运动对制冷剂气体产生吸气、压缩、排气的作,制冷剂气体通过吸气阀片被吸入,压缩后经排气阀排出。在此过程中,低压制冷剂蒸发被压缩为高压高温气体。

旋转滑片式压缩机其结构主要有气缸、转子、滑片等。在气缸内装有偏心放置的转子,转子上有几个纵向凹槽,槽内装有可沿径向自由滑动的滑片。由于转子偏心,所以转子的外表面与气缸壁之间形成一个月牙形的工作腔。当转子逆时针方向旋转时,滑片在离心力的作用下沿凹槽轴向移动并紧紧地压在气缸壁上,月牙形的工作腔被滑片分隔成几个扇形基圆容积。当转子转动一周时,扇形基圆容积由最小变为最大,又由最大变为最小。在扇形基圆容积增大并处于吸气口连通时开始吸气,直至扇形容积达到最大。在扇形基圆容积最大开始变小时气体压缩。转子不停地旋转,完成吸、压、排的过程。

旋转活塞式压缩机其结构有偏心轴、旋转活塞、气缸、滑片及主轴承等。活塞的最大偏心刚好顶住滑片致气缸壁,前一轮的排气和吸气刚好结束,活塞继续逆时针旋转致入口又开始吸气。当滑片在弹簧的作用下始终保持对活塞的紧密接触,排气阀处于关闭状态,所以半圆形基

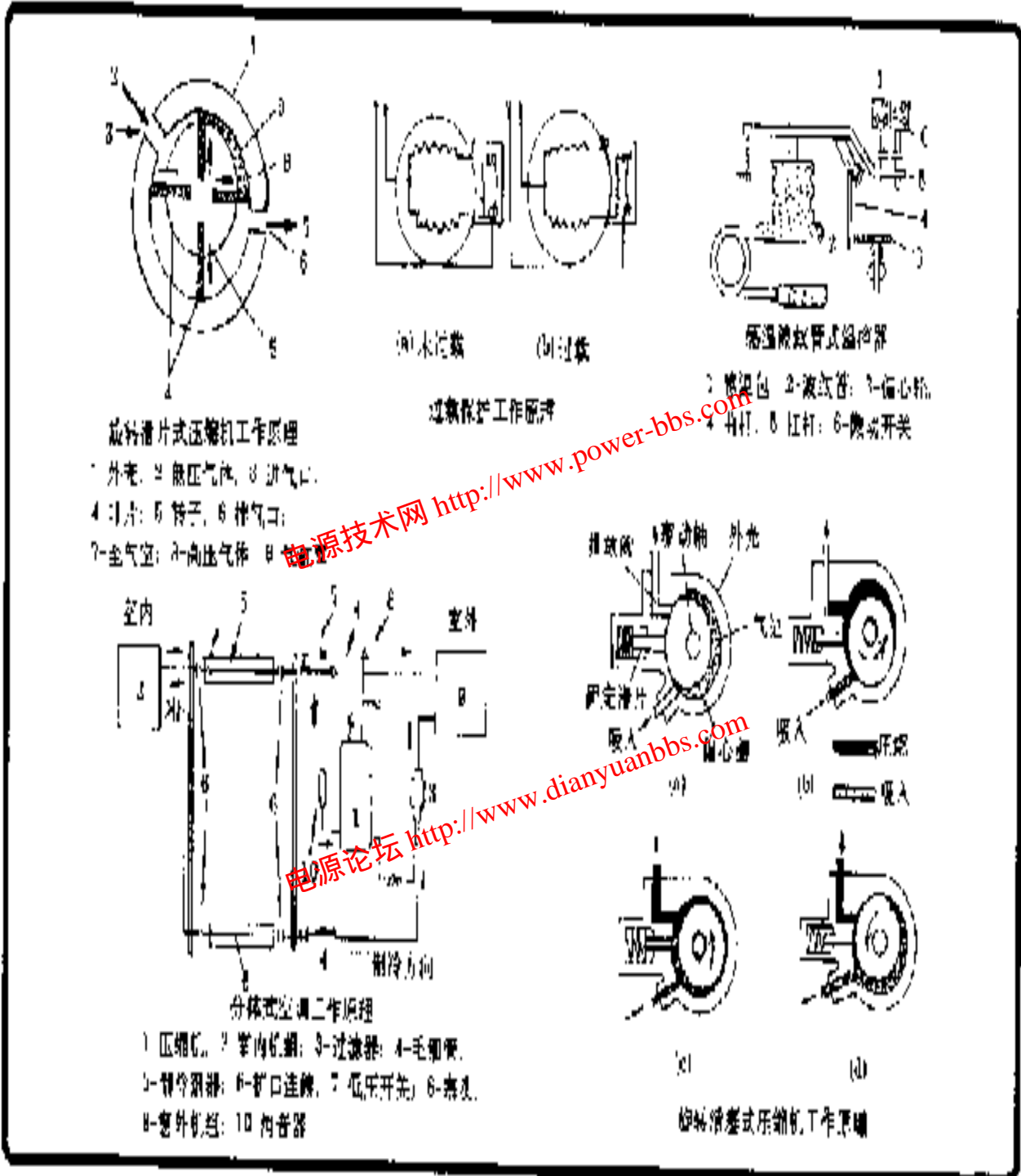
圆内的气体开始压缩,最大偏心圆旋到与滑片相对的位置上,受压缩制冷剂内的气体达到了一定的程度,打开排气阀,将高温高压的制冷剂气体排出压缩机。最大偏心圆旋到滑片侧,气缸内高压气体排完又将新吸入的低压气体开始压缩,整个过程是活塞逆时针旋转,完成吸气、压缩、排气、吸气循环,见图 10-23。

压缩机电动机是在全封闭的条件下,充制冷剂并润滑油中工作,它具有良好的耐制冷剂、耐润滑油、耐热和耐冲击的特性。

为了保护压缩机在过热和过载时不致于烧毁,在空调器压缩机中设有一个过载保护器。它采用双金属片结构,双金属片触点与一个电热元件串联于电动机的运转绕组。当运转绕组电流过大时,因电热元件与其串联,二人已远远过电热元件,电热元件发出大量的热,而电热元件与双金属片紧装在一起,双金属片温度升高,使其弯曲而导致触点断开,切断电动机电路。

温控器一般都设有温度控制器,它可以根据人们的需要控制和调节送风温度。波纹管式温控器由感温包、波纹管、偏心轮、曲杆、压杆和微动开关等组成。温控器的毛细管、感温包、波纹管组成封闭系统,在其中充入一定量的易挥发物质或制冷剂。将感温包置于空调器的回风栅处,以感应测试室内回风温度,通过调整偏心轮的位置设定需

图 10-23



要的温度。当温度低时，感应包的气体温度、压力均升高，气体膨胀使波纹管伸长，并通过杠杆装置使微动开关的触点闭合，使电路接通，压缩机与电动机运转制冷，空调器向室内送冷风。当室内温度降至需要温度以下，感应包内的气体温度、压力均下降，气体收缩，波纹管缩短，杠杆装置在弹簧的作用下使微动开关触点断开，切断电动机的电路，压缩机停止工作。

毛细管由小钢管制成，是小型空调器中的节流装置，串接在冷凝器和蒸发器之间的管道中。因为毛细管又细又长，对制冷剂产生一定的阻力，使通过的制冷剂降低压力。

热交换器是空调器中的重要部件，可进行制冷和制热的热交换，主要由紫铜盘管和散热翅片组成。小型空调器的热交换器是蒸发器和冷凝器。在热泵型空调器中，根据制冷剂流动方向不同，室内、室外热交换器的作用可以互换。

(2) 分体式空调器

分体式空调器也称分离式空调器，它由室内机组和室外机组两大部分组成。室内机组有风扇、热交换器及开关等；室外机组有压缩机、热交换器及风扇等。室内、外机组由制冷剂吸、排气管路及电气线路相连接。

分体式空调器为了减少室内噪声，满足室内各种形式的安装要求，将重量大、噪声大的压缩机、风扇等放置于室外。室内机组有多种形式，如壁挂式、落地式、立柜式、吊顶

式等。

分体式空调器的部件组成及工作原理：压缩机将从室内机组送来的低压制冷剂气体吸入进行压缩处理。经压缩后的高压、高压制冷剂气体送室外机组的冷凝器进行冷凝，经冷凝的制冷剂通过过滤器，经管道送至毛细管，再经毛细管送到室内机组。制冷剂在蒸发器中蒸发，吸收室内的热量。经蒸发的制冷剂气体通过制冷剂管，由压缩机吸入，又开始下一个循环。

分体式空调器的电路比一般窗式空调器的电路复杂，因为有室内机组室外机两种电路，在导线连接上也复杂些。分体式空调器有单相电压 220V 和三相电源 380V 两种电路。

3. 空调器常见故障与维修

空调器常见的故障种类大致分为：

- ① 使用不当。
- ② 零部件内外都损坏。
- ③ 电气系统的故障。
- ④ 制冷(热)系统的故障。

实际上故障内容一般以电气系统和制冷(热)系统划分。由于产品的型号、性能不同，有时故障也有不同。

(1) 电气系统故障检查方法

1) 外部因素的检查：

- ① 检查供给电源电压是否正常，是否满足空调器的额

576 图解电工手册

定二次电压。

② 检查在电路中所装的安全保护设备是否处在正常工作中或是在执行保护动作。

2) 内部因素的检查:

如图 10-24 首先检查电源插头、插座接触是否良好,接着检查各类电源控制器件如运转开关、转换开关、温控开关等是否开、关灵活可靠,接触良好。再检查各机件部件如延时继电器、四通阀线圈、电磁阀等是否能正常工作。然后检查保护装置如压力继电器、过电流继电器和温度保护器是否正常工作。最后检查压缩机、风扇电机等是否正常。

由于空调器的产品型号不尽相同,其电路结构也有所不同。检查时应按相应的电路图进行检查。

(2) 电气系统的零部件检查

① 电容器容量的检查:

检查电容器的容量:先将电容器从设备连线中取下,用一个带绝缘柄的螺丝刀将电容器两端端子短路放电,约 2~3 秒即可。用万用表的黑表笔接触电容器的正端子,红表笔接触电容器的负端子。在两表笔接触的瞬间,指针向右摆动并能返回到原来的位置为正常。指针摆动幅度越大,说明电容量越大;指针摆动幅度越小,说明电容器的容量越小;如果指针不摆动,说明电容器开路;如果指针摆动后不能返回原位,说明内部短路或漏电严重。

② 保护装置内检查:

电动热器、退磁继电器、温度保险丝的检查:用万用表电阻 $R \times 10$ 档,两表笔接于所串连的部件两端,查表指针是否摆动。如果指针不摆动,说明有断路故障。最后逐个检查出故障的部件,同时要检查触头有无粘焊等故障。

③ 压力继电器的检查:

在检查之前要弄清楚所使用的压力继电器是常闭触点或是常开触点。

检查动作压力是否合适。检查方法是在额定负荷状态下调整空调器(冷气时室外风机停止,暖气时室内风机停止)使压力上升后,再测定动作压力。解除超负荷状态后,随着压缩机出口压力下降,进行复原压力的测定。对于手动复位式压力继电器,在取消超负荷状态后,应静 3 分钟以上时间,才能自动复原到额定压力之复原。

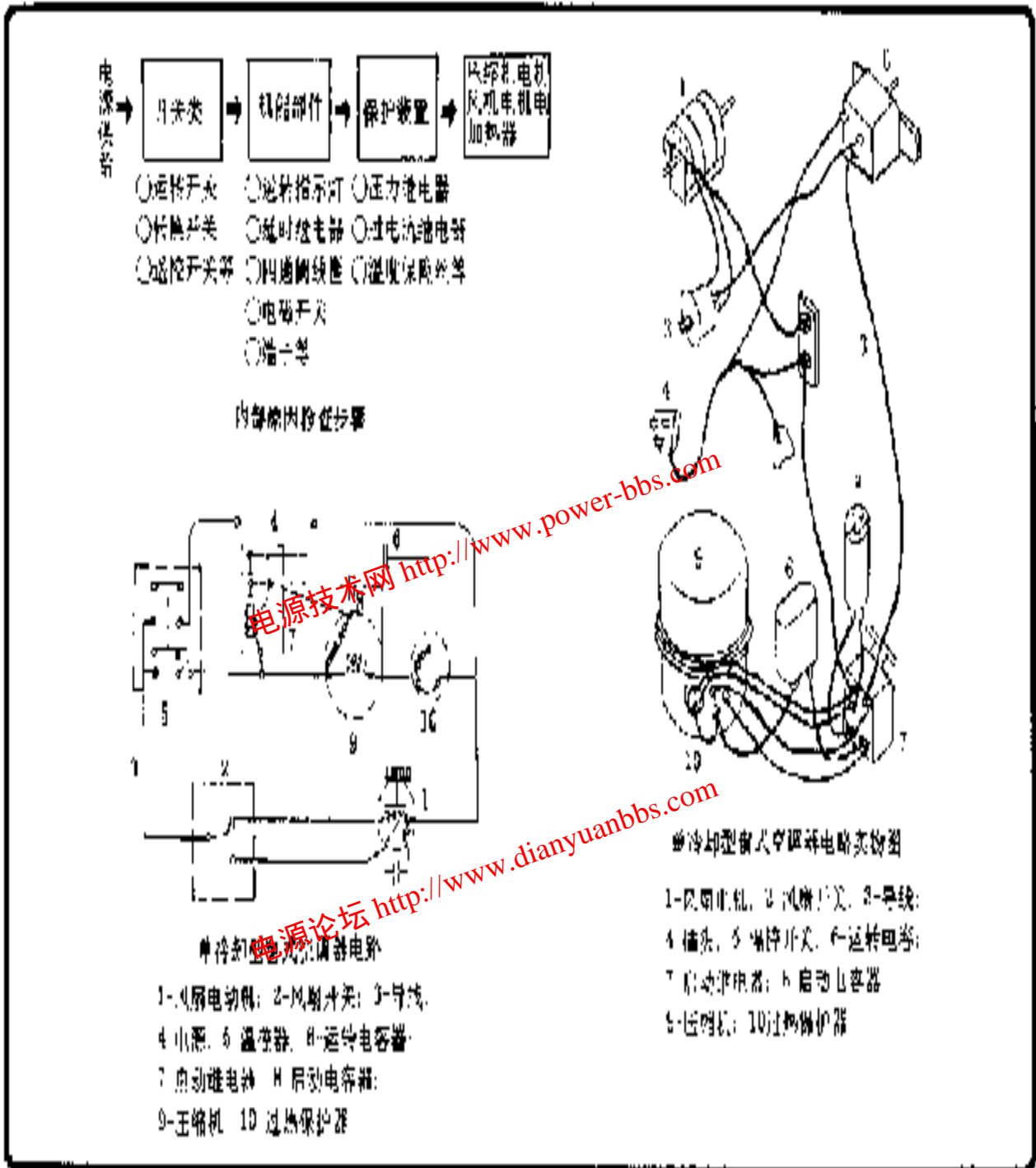
④ 四通阀线圈及其电磁阀线圈的检查:

在接通的电源线两端进行短路试验。在通电状态用万用表电压档监测线圈两端电压,查看其动作状态:如电压正常,而电磁阀不能动作,说明不正常。

⑤ 恒温器的检查:

取下恒温器接线柱的电源线,检查接线柱间是否有短路。然后将感温管处于 $15 \sim 20^\circ\text{C}$ 左右的温度,转动恒温器按钮,检查开或关是否正常。

图 10-24



578 图解电工手册

(2) 制冷系统的故障检查方法

在检查制冷系统之前应确定电气系统属正常状态,各功能开关、键及调半旋钮处于合适位置。在没有专门工具的情况下,可通过检查空调器的吸入与排出的气压力和
工作电流来简单判断制冷系统的工作是否正常。在回路中串入一个电流表,用温度计检查和比较室内外气温差。

若气温差在 5°C 以上,且工作电流为所用空调器的额定工作电流,说明空调器制冷系统属正常。

若气温差约为 0°C ,且工作电流在额定工作电流的80%以下,说明压缩机工作负荷不足,可能有严重漏气或制冷系统堵塞(如毛细管堵塞),使用肥皂水检出漏点焊补好,或重新充入制冷剂。

若气温差达不到 5°C ,且工作电流不足额定电流的80%,说明制冷系统还可以制冷,只是制冷效果低,可能是制冷不足、制冷系统有轻微堵塞或压缩机工作不良。

若气温差达不到 5°C ,但工作电流超过额定工作电流,说明压缩机在超负荷工作,可能制冷剂过量,应排适量的制冷剂。

(3) 几种常见故障及排除方法(见图10-25)

(1) 空调器不运转。

首先要检查电源电压,确认没有停电。在电源电压正常后要检查保险丝有没有熔断。若熔断,需更换同规格的

保险丝。若保险丝正常,应检查电源插头、插座是否存在接触不良现象。若接触不良,则重新焊接或更换不合规格的插座。随后检查电源开关是否接触良好及其电线引线是否有断裂现象。

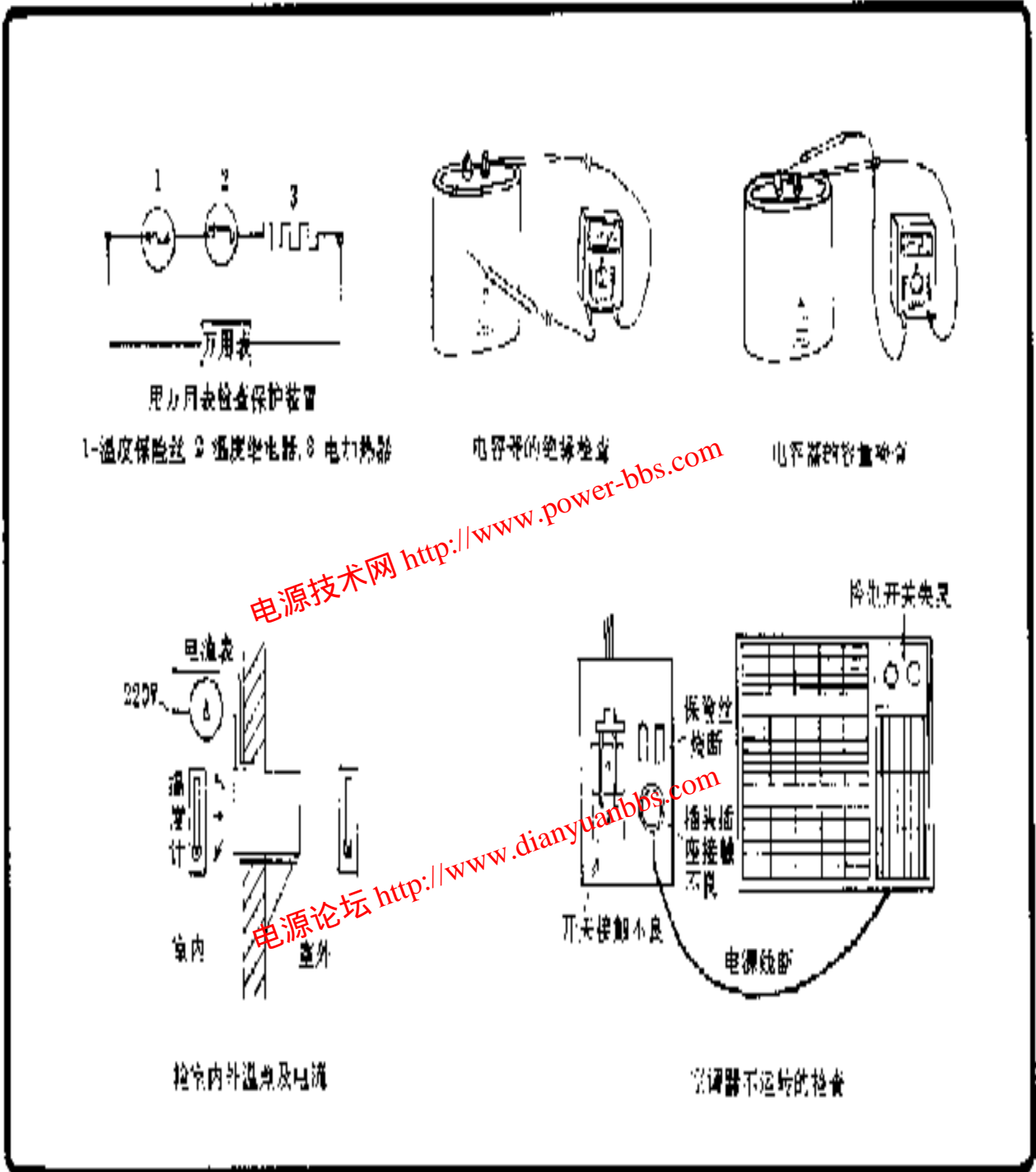
(2) 风扇运转,但压缩机不运转。

这种情况说明总电源线是通的,只是压缩机线路出现故障。a.检查电容器的启动电容器和运转电容器是否良好,如属于不良品,需更换同规格的电容器。b.可能是温度控制器调整不当或温度控制器失灵,可用电线短接温控器的引线端,迫使启动压缩机。若压缩机能启动,说明温控器损坏,需更换同规格新品。c.通过检查证实压缩机故障件属正常,则可能是压缩机损坏。确实为压缩机损坏,应找专业修理人员修理或更换同规格压缩机。

(3) 空调器运转正常,但制冷不足。

空调器运转正常,说明电气部分无故障,可能有下列原因引起。a.蒸发器、冷凝器上有灰尘等脏物,降低换热效率,清除脏物即可。b.空气过滤器堵塞,影响送风,应及时清除过滤网。c.制冷剂不足或制冷剂管堵塞,用肥皂水检漏法检查管道及管接头有无漏气或制冷剂不足,这项要补充制冷剂。若是毛细管堵塞则需更换毛细管。d.温控器失灵或调节旋钮调节不当,造成制冷不足。应仔细检查温控器旋钮调节是否正确,触点开关是否正常,感温包有

图 10 25



580 图解电工手册

无泄漏,如已无法修复,应予更换。

④ 有异常杂音。

这种故障多发生于机械部分。a. 风扇扇叶松动或变形都会发生异常杂音。若是松动引起的噪音,只要找到松动部位上紧即可;若是由于扇叶变形引起噪音,则需卸下扇叶进行校正,再装上紧固。b. 排气管或吸气管有敲打金属声,可将配管适当调整一下,使其与金属件分离。c. 风扇电动机轴承磨损,可更换磨损轴承或电动机。

⑤ 整机启动后迅速停机。

a. 若是新安装初次使用的空调器,则可能是接线错误所致。应详细阅读电控线路图,认真对照各零件的接线,查出错接之处,给予更正。b. 空调器内制冷剂过量,造成负荷过重。应适当排出制冷剂。c. 压缩机过热造成保护装置自动切断电源。若是新的压缩机,可能其机械配件配合较紧,运转后摩擦上升。解决办法可多次启动压缩机,消除摩擦阻力,注意每次启动间隔歇3分钟。若通过多次启动,运转正常,但压缩机仍过热,则可能是压缩机性能不好,需更换压缩机。

⑥ 压缩机频繁启动。

a. 可能是电源电压偏低。用万用表检查电源电压,确认电压确实偏低,应立即停用。如果所在地区经常处于低电压,则需增设稳压装置。b. 温度控制器或感温包安放位

置不当,太接近蒸发器,应重新安装,使其远离蒸发器。c. 过电流、过热双保护继电器失灵所致。应重新调整,若损坏严重则需进行更换。

⑦ 漏水。

a. 排水管堵塞。应清扫水管或更换水管。b. 冷凝水管比冷凝水盘高。应把管子调整低于冷凝水盘。c. 低压管的保温不好或保温材料损坏。应更换保温材料,重新包缠。d. 冷凝水盘上积有灰尘。应清扫灰尘。

十、电 冰 箱

电冰箱主要用于冷藏或冷冻食品、水果、蔬菜,也能制作 10°C 以下的清凉饮料,与许多层的食用冰块或美味的冰淇淋等冷食,电冰箱可以避免食品腐败变质,减少食品的营养损失,起到对食品的保鲜作用。

1. 电冰箱的分类和规格

电冰箱的类型比较多,一般分为直冷式和风冷式两大类。直冷式是目前流行的品种,它又分为单门、双门、三门三种。单门有前开、顶开两种,双门有上下开和左右两种,三门都是上、下前开门。

以冰箱冷冻的最低温度来分又可分为4类:一星级,其冷冻室的最低温度为 -6°C 。二星级,其冷冻室的最低温度

为 -12°C 。三星级,其冷冻室的最低温度为 -18°C 。高二星级,其最低温度为 -15°C 。

以其化霜方式又可分为人工化霜式、半自动化霜式和全自动化霜式。

人工化霜式是采用拔下电源插头,使压缩机停止工作的人工方法来化霜。

半自动化霜式,在温控器上附设有一个化霜按钮。当化霜时,按下此按钮,即开始停冰化霜,化霜完毕后,压缩机自动恢复运转。

全自动化霜式,按照设定的规律定时进行化霜,无需人工介入。

冰箱的规格是指其箱内有效容积,单位通常为“升”或“L”(1升等于1立方分米,它等于1000毫升)。当前国际上对冰箱的容积尚无统一规定,所以各国的规格也有差异。我国生产的冰箱以50升、80升、90升、100升、120升、130升、150升、160升和200升的较多。

2. 电冰箱的结构原理

不论哪一种电冰箱,从外表看,都有各种各样的形式,但其结构却是大同小异,其大体分为四大部分。

(1) 箱体:箱壁中充填隔热材料,以便尽量减少热量的导入,保持箱内的低温。同时,为适应对冷冻、冷藏食品的不同温度要求,一般把箱内分成冷藏和冷冻两部位。

(2) 制冷系统:它是电冰箱的心脏部分,其作用是降低箱内温度,达到冷冻、冷藏的目的。

(3) 自动控制系统:其作用是以各种方式使电冰箱根据不同的要求进行自动安全的运行。

(4) 附件:盖架、制冰盒、搁架、水具盒、瓶架等。

电冰箱的主要组成部件(见图10-26):

(1) 箱体。

(2) 蒸发器。

蒸发器是液态制冷剂吸热蒸发为汽态的热交换装置,其功能是从冰箱内吸热。

在工作中,经毛细管送来的低压低温液态制冷剂进入蒸发器中较大的管子中迅速蒸发沸腾而成为低压蒸气。在蒸发沸腾过程中,吸收冰箱内空间大量的热,从而使冰箱内温度下降,达到降温制冷目的。

(3) 压缩机(如图10-27所示)。

压缩机是一种增压设备,其功能是在制冷系统中建立压力差,以使制冷剂在系统中循环流动。其作用是把来自蒸发器的吸收了食品热量而变成低压的气体制冷剂吸收进来,引过一个气室内(压缩筒),然后将活塞推上,将它压缩成小体积,压力升高至某一定值后,另一个活塞放下,将高压气体排出。如此连续动作,就可以将低压气体压缩成高压气体,然后再把高温高压的气体输送到冷凝器中冷却变

图 10-26

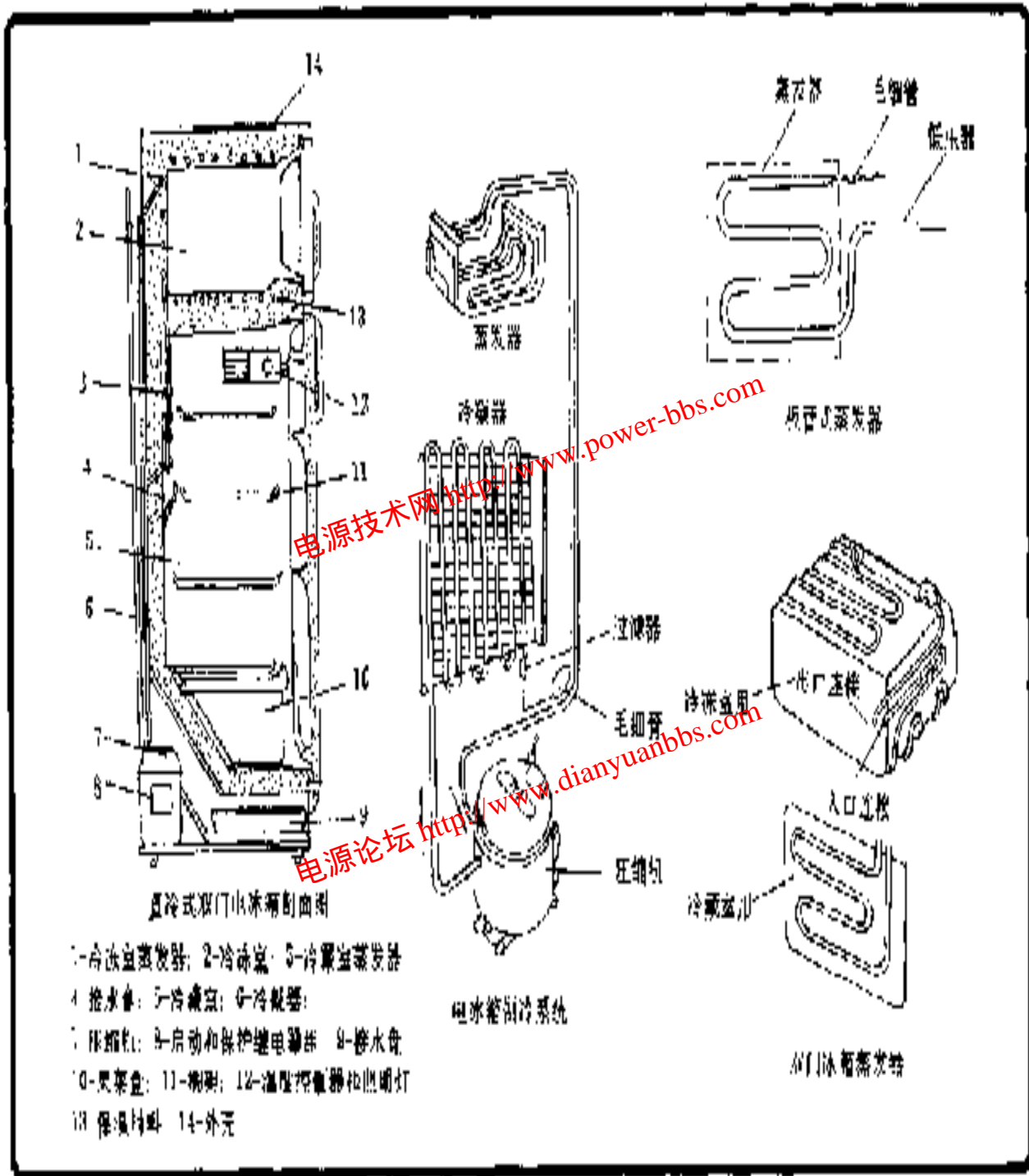
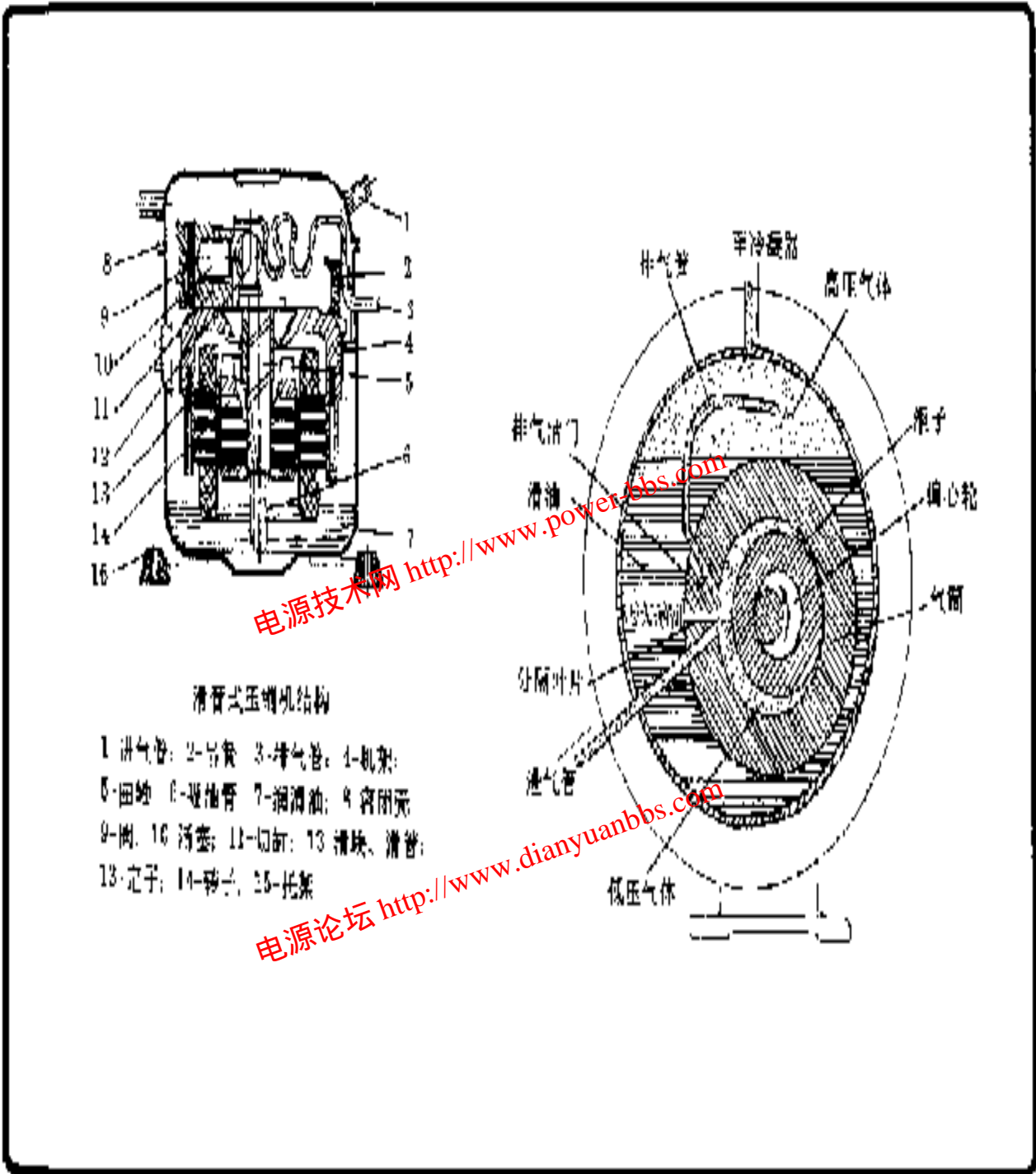


图 10-27



584 图解电工手册

成液体,同时由冷凝器把液体制冷剂压到蒸发器里去。

旋转式压缩机其压缩作用的获得是借一受偏心推动的滚子在一闭合的气筒中作漩涡式的运动,进气管与排气管系由一分隔叶片将其隔开,此叶片在滑油压力之下,永远与滚筒之表面相接。滚子与气筒之间有足够的空隙,中间加有润滑油作为两者之间表面的封合物,滚子并不与轴做同一速度转动,而只是绕轴的偏心部分慢慢地滚动,叶片与滚子经常接触,当滚子滚动时,就推动叶片来往摆动,使用愈久,则接触愈密合。

④ 冷凝器。

冷凝器的作用是将压缩机排出的高温高压气态制冷剂的热量散发到空间,从而使过热的气态制冷剂失热冷却变成液态。

根据冷却方法的不同,冷凝器可分为自然冷却式和强迫通风冷却式两种。家用电冰箱一般采用自然冷却式冷凝器。自然冷却式按其结构又可分为百叶窗式、栅格式和内藏式三种。

⑤ 毛细管。

毛细管的作用是在制冷系统中限制制冷剂的流通量,对高压液态制冷剂造成适当的“阻塞”,使高压液态制冷剂变成低压液态制冷剂送到蒸发器蒸发吸热。毛细管还能在停转后使系统中的高低压逐渐达到平衡,有利于压缩机的

再次启动。

毛细管是一根内径为0.5~1mm,长度为2~4.5m的细长铜管。其直径和长度是在设计中通过计算后而选择的,在维修时绝对不能随意改变。

⑥ 干燥过滤器。

干燥过滤器的作用是除去液态制冷剂中的水分和杂质。

⑦ 积液管。

积液管的作用是将蒸发器中未完全蒸发的制冷剂液体积存起来,再慢慢蒸发,以免制冷剂液体进入压缩机,影响正常运行。它是一个直径较大的圆管,多数接在蒸发器出口与压缩机进口之间。

⑧ 温度控制器。

温度控制器能使电冰箱内维持需要的温度。它由感温筒、毛细管和波纹管组成。感温筒安装在蒸发器上,在其内装有感温制冷剂,如二氧化硫或其它挥发性液体,其体积膨胀程度随感应的温度变化。当蒸发器的温度升高时,引起感温筒温度上升,其中的气体压力增加,此压力被送至弹簧囊,囊膨胀而推动杠杆操作突跳式开关,从而接通电路,启动机转动,压缩机开始运转。当感温筒受到冷却时,制冷剂收缩,致使弹簧囊中压力减低。当压力减至不足以抗拒弹簧之力时,弹簧就将杠杆推回原位,而使开关断开,

电动机及压缩机停止运行,然而由于温度渐升,温度控制器又使开关闭合,电动机转动,如此周而复始地进行工作,达到保持冰箱内的温度的目的。

④ 自动除霜装置。

由于电冰箱经过连续工作会在蒸发器上附着冰霜。当冰霜厚度超过 4~6 毫米时,将会降低制冷效果,通过除霜装置,可方便地除去附着在蒸发器上的冰霜。

⑤ 电冰箱的电气线路。

各种电冰箱虽然电路各有不同,但都包含有电动机、灯光线路和强度控制装置,如图 10-28、图 10-29 所示。

3. 电冰箱常见故障及其排除

(1) 电冰箱故障检查常用方法(如图 10-26 所示)。

① 感官检查法:

眼看:

a. 看蒸发器表面结霜情况。冰箱制冷工作正常时,蒸发器表面温度应该基本一样,结霜厚薄。若出现异常则有可能制冷剂泄漏、制冷管路堵塞或压缩机严重磨损等。

b. 看制冷管路是否有油迹。因为要利用毛细管,制冷剂渗透性极强,并且 R₁₂ 中总会含有冷冻机油。当管路,特别是管路接头处出现油迹时,便会出现油迹。

c. 看电源线、插头、插座、开关、接线等接线线有否损坏、短路、断路。

d. 看外壳、门封、压缩机、毛细管及冷凝器等有否碰撞划伤、变形。

通过眼看初查故障或异常部位与程度。

耳听:

听主机运行的声音。冰箱在正常工作时,主机运转应有轻微的震动声。如果长期听不到声响,说明压缩机没有工作。可能是电源断电;保险丝熔断;启动继电器、温度控制器失灵;电动机运行线圈断路。

若听到“嘶嘶嘶”的声音,这是高压气流声。说明压缩机内高压引管断裂。

若听到“咕咕咕”的声音,这是压缩机与密封外壳的撞击声音。这有可能是冰箱安放不平衡,压缩机向一边倾斜与外壳碰撞而发出的声音。如果经调整,声音仍不能排除,则可疑是压缩机的吊簧断裂或脱钩。

若听到“嗡嗡”的声音,这是电机运转的声音。这种故障可能是电源电压过低,电机无法启动;电容式电机的启动电容容量变小,电机无法启动;压缩机“抱轴”、“卡缸”而造成电机堵转。

鼻嗅:

用鼻闻有否油类烧焦气味,有否塑料烧焦气味。判断电机、电源线、开关有否异常。

手摸:

图 10 28

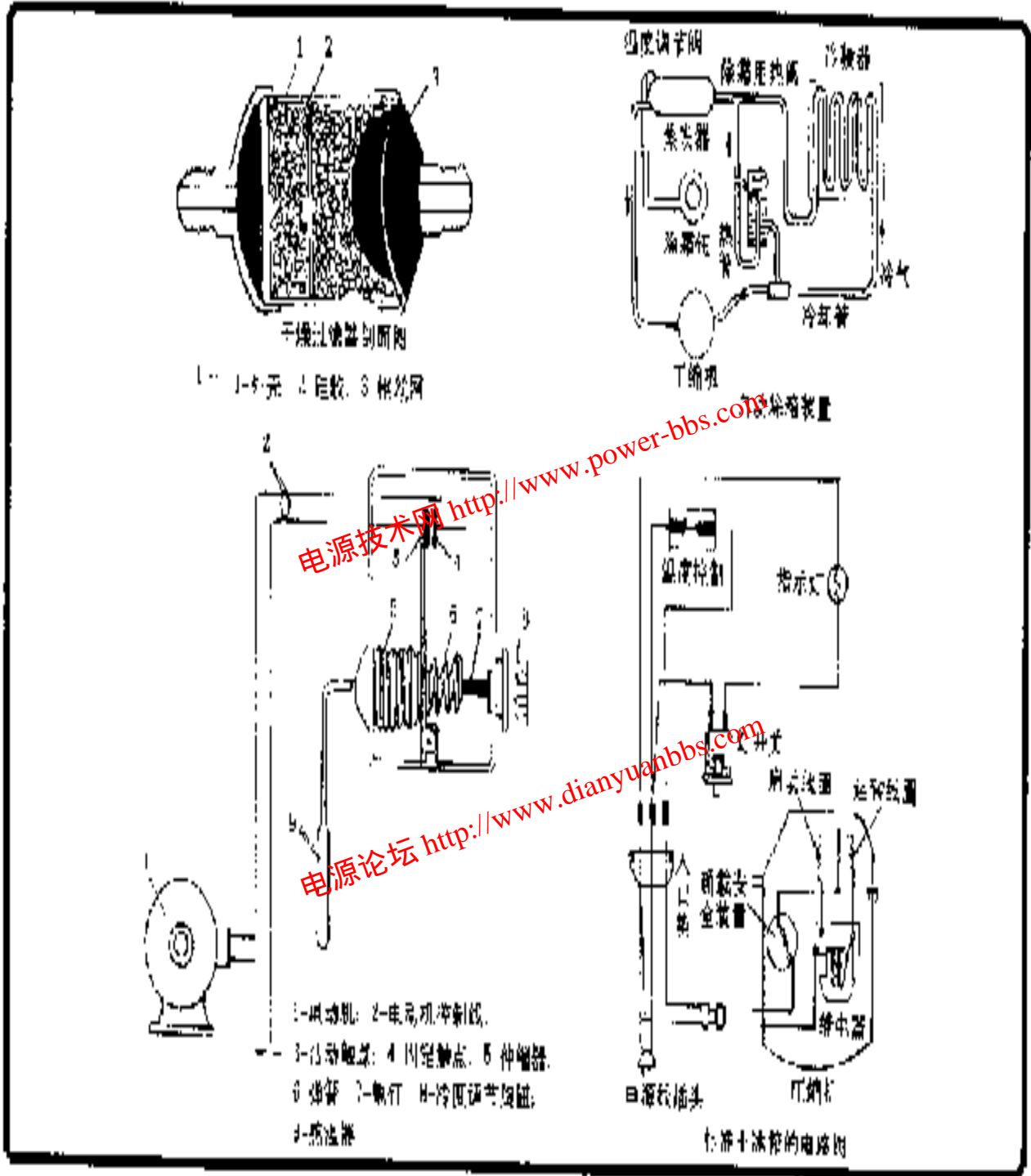


图 10-29

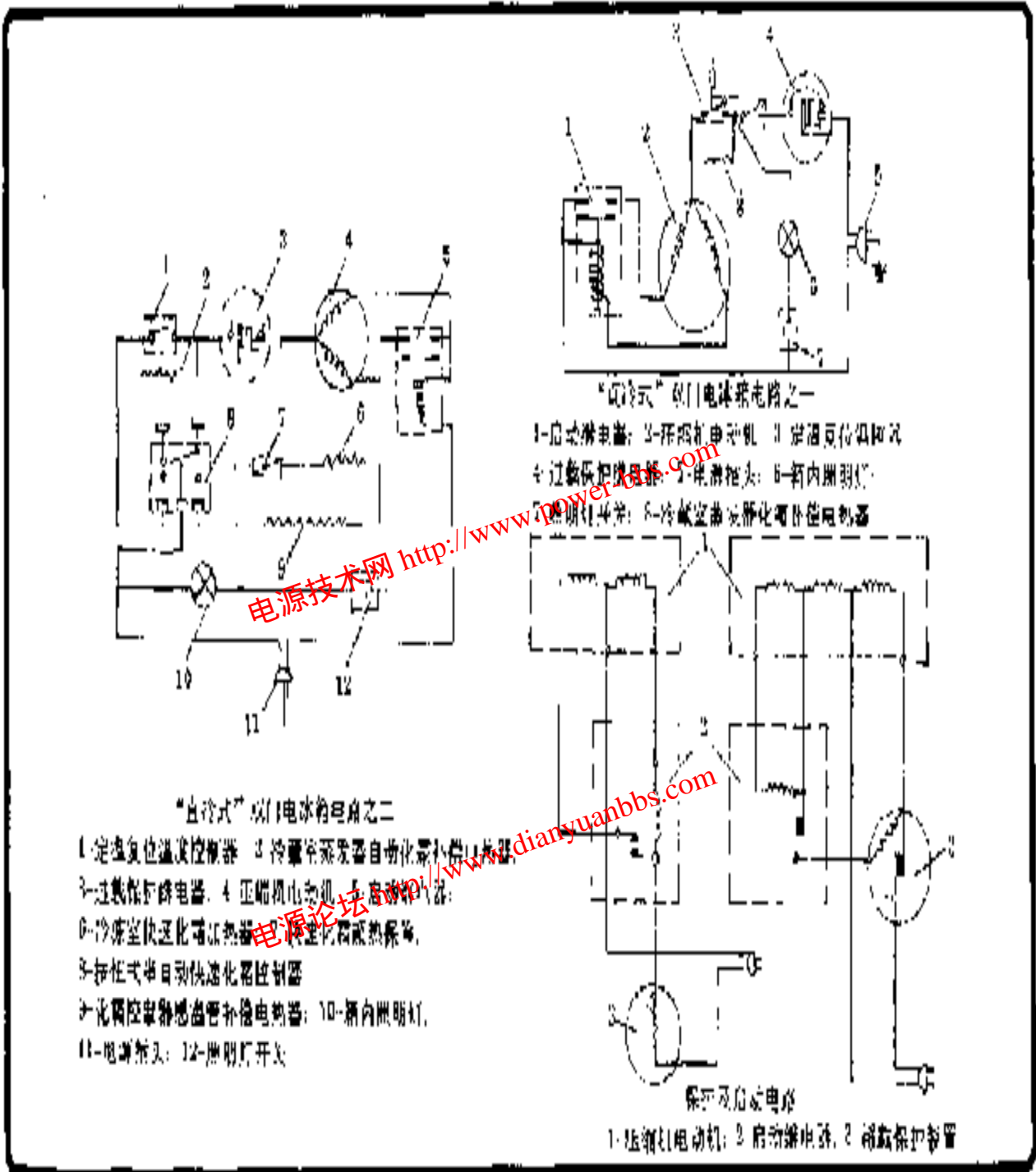
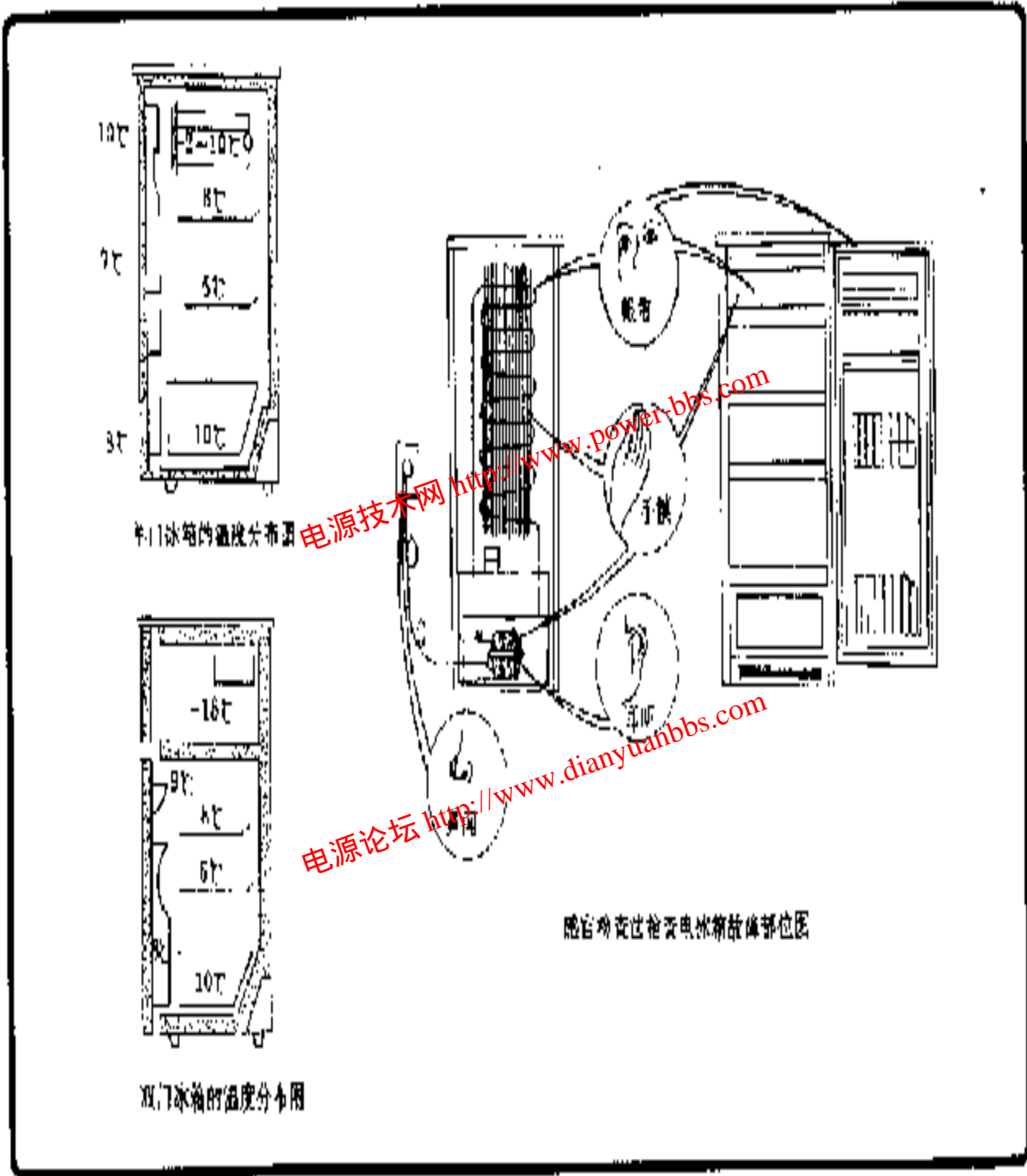


图 10.30



用手摸蒸发器表面温度是否下降来判断制冷系统是否异常。冰箱工作正常时冷凝器应该是热的,有时可达45°C左右。特别是进入冷凝器之前的那段管路,应该是很热的。若压缩机正常工作,而冷凝器不热,则说明制冷系统出现故障。

④ 万用表检查法:

电阻法:

用万用表的R×10档检查压缩机内部接线是否短路。

⑤ 过载保护器跳开,压缩机停止工作。故障排除如表10-3所示。

⑥ 电动机运转时发生过热现象。故障排除如表10-4所示。

⑦ 压缩机不停运转,蒸发器不结霜。故障排除如表10-5所示。

⑧ 压缩机不停运转,箱内温度达不到预定温度。故障排除如表10-6所示。

电源技术网 <http://www.power-bbs.com>

电源论坛 <http://www.dianyuanbbs.com>

590 图解电工手册

表 10-1

故障原因	排除方法
①电源未接通	检查电源插座、插头和电源线接触是否良好,查出故障排除之
②保险丝熔断	更换同规格的保险丝,如换上保险丝又马上熔断,则需要进一步仔细检查电路有无短路,给予排除
③电机绕组断路	对断点焊接,若无法焊接则需要更换绕组
④冰箱电容器接线松脱或断路	将松脱处紧固,断路接好
⑤启动继电器触点接触不良	用细砂纸打磨触点,校正触点或更换新品
⑥温度控制失灵	更换同规格新品或拆下修理
⑦过载保护继电器断路	拆下或更换

表 10-2

故 障 原 因	排 除 方 法
①电网电压低于正常电压的 85%	用万用表交流电压档测量电源电压,若低于 185 伏,则应关机,待电网电压正常再开机。电网电压经常低于 185 伏的地区,最好配上相应的启动继电器或冰箱保护器
②启动继电器触点粘连	拆修或更换同规格新品
③启动电容损坏	更换同规格新品
④电机启动绕组断路	拆修或更换原机组
⑤压缩机“卡缸”或电机“抱轴”	拆修或更换
⑥制冷系统充灌制冷剂过多	适当放掉一些制冷剂,对充灌制冷剂量进行调整

表 10 3

故 障 原 因	排 除 方 法
①电网电压太高	停机待电压正常后再启动冰箱,对于经常处于过高电压的地区,应配电压稳压器
②启动继电器触点粘死	用细砂布打磨触点
③电动机内部短路	拆换短路线圈,重新绕制
④过载保护器失控	更换新的过载保护器

592 图解电工手册

表 10-4

故障原因	排除方法
①电动机电源电压太低	查明和纠正电压低落的原因
②电容器损坏	更换新电容器
③绕组损坏。启动绕组或运转绕组短路、断路	重绕电动机绕组

表 10-5

故障原因	排除方法
①管路漏气	放气后补焊再充气
②毛细管、干燥过滤器完全堵塞	更换同规格的毛细管,清洗干燥过滤器
③低压连接管堵死	拆开清洗
④压缩机磨损严重,效率降低	更换新压缩机

表 10-6

故障原因	排除方法
①箱内放入温度较高的食品	将热食品拿出,待冷却至室温后再放入冰箱
②蒸发器表面结霜太重;自动化霜装置损坏	及时除霜;修理自动化霜装置

故 障 原 因	排 除 方 法
③制冷剂不足或泄漏,引起制冷效率低	添加制冷剂;补焊泄漏点,再加制冷剂
④箱门密封不严,漏冷严重	修理门或更换新门封
⑤冷凝器上灰尘堆积太多	清扫冷凝器
⑥毛细管、干燥过滤器等管路堵塞	清洗堵塞部位

表 10-7

故 障 原 因	排 除 方 法
①温度控制器温度调节太低	适当调节温度控制器
②制冷剂不足	补充制冷剂
③冰箱离热源太近	将冰箱搬到较凉爽的地方
④温度控制器的感温管松动	将感温管尾部贴着蒸发器卡紧
⑤温控器触点粘连	拆修,用细砂布打磨触点
⑥放置食品过多	减少冰箱内食品

594 图解电工手册

表 10-8

故 障 原 因	排 除 方 法
①放置冰箱的地板松动或不平	更换位置或调节冰箱的脚调节螺丝
②压缩机的减震胶垫老化或固定螺丝松动	更换新的减震胶垫、拧紧固定螺丝
③管路或箱体与周围物体接触摩擦发出	搬开冰箱周围杂物,纠正管路与箱体的距离
④压缩机本身质量差,噪声大	更换新的压缩机
⑤压缩机吊装弹簧断裂,使压缩机密封外壳变形	拆修,更换新吊簧
⑥压缩机润滑油不足	查修漏油处,并补充润滑油
⑦润滑油经过气阀流入压缩机气缸内	调整压缩机润滑油的数量
⑧冰箱外壳接触墙壁	移动冰箱与墙壁保持一定的距离

表 10-9

故 障 原 因	排 除 方 法
①温控器失控	更换新温控器
②过载保护器失控	拆修或更换

表 10-10

故障原因	排除方法
①输入电源电压过高或过低	停机,待电压正常再开机;电网电压长期异常的地区,加装稳压器
②启动继电器触点粘连	拨开粘连点,用细砂布打磨触点
③电冰箱电动机绕组绝缘损坏,匝间有短路	重绕电动机绕组

表 10-11

故障原因	排除方法
①温控器受潮漏电	避免箱内湿度过高,温控器绝缘不良者应更换新的
②照明灯头受潮漏电	去潮
③压缩机电机、继电器接线螺丝与外壳短路	排除短路点,检查绝缘合格后再使用
④电源线、电机绕组绝缘损坏	更换
⑤没按要求接上地线或接地不良	可靠接地

596 图解电工手册

表 10-12

故障原因	排除方法
①门开关弹簧失去弹性	更换新开关
②照明电路导线脱开	重新布线
③灯座接触不良	更换新灯座
④照明灯泡损坏	更换新灯泡

表 10-13

故障原因	排除方法
①开关损坏失灵	更换新开关
②开关位置安装不当,开门时不能按下限位开关按钮	调整开关位置

表 10-14

故障原因	排除方法
①冰箱门封有空隙	检修或更换磁条、门封
②四周环境温度太大	改变冰箱的安放地点,置于通风良好的地方