

目 录

前 言

第一章 常用工具和仪表的使用	1
第一节 常用的电工工具.....	1
第二节 其他用途的常用工具.....	4
第三节 常用的起重搬运工具.....	7
第四节 起重和搬运.....	9
第五节 常用电工仪表的使用.....	13
第二章 室内照明及低压配线	17
第一节 导线截面的选择.....	17
第二节 导线的连接.....	27
第三节 室内配线.....	32
第四节 照明灯具的安装.....	44
第五节 单相电能表的安装.....	54
第三章 低压电器的安装	58
第一节 熔断器.....	58
第二节 刀开关.....	68
第三节 交流接触器和磁力启动器.....	73
第四节 自动空气开关.....	86
第五节 行程开关和时间继电器.....	104
第六节 低压配电屏.....	109
第四章 室外电力线路的安装	123
第一节 室外电力线路的组成.....	123
第二节 登杆操作.....	134
第三节 电杆组立.....	139
第四节 导线的架设.....	148
第五节 接户线.....	157

第一章 常用工具和仪表的使用

第一节 常用的电工工具

一、验电器

验电器是用来检验导线、电器和电气设备是否带电的一种电工常用工具。

(一) 验电器分类

验电器分低压和高压两种。

低压验电器又称测电笔，有钢笔式和螺丝刀式两种，如图 1-1 所示。



图 1-1 低压验电器

(a) 钢笔式验电器；(b) 螺丝刀式验电器

钢笔式验电器由氖管、电阻、弹簧、笔身和笔尖等组成。

螺丝刀式验电器的构造和钢笔式验电器基本相同。

使用低压验电器时，必须按照图 1-2 所示的方法把笔握妥。以手指触及笔尾的金属体，使氖管小窗背光朝向自己。

当用验电笔测试带电体时，电流经带电体、电笔、人体到大地形成通电回路，只要带电体与大地之间的电位差超过 60V 时，电笔中的氖管就发光。

低压验电笔检测电压的范围为 60~500V。

高压验电器又称高压测电器，10kV 高压验电器由金属钩、氖管、管窗、固紧螺丝钉、护环和握柄等组成，如图 1-3 所示。

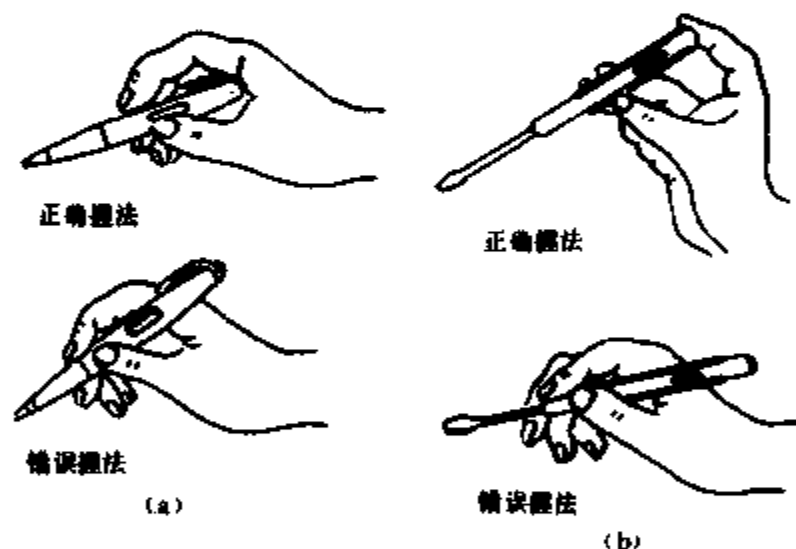


图 1-2 低压验电器握法

(a) 钢笔式握法；(b) 螺丝刀式握法

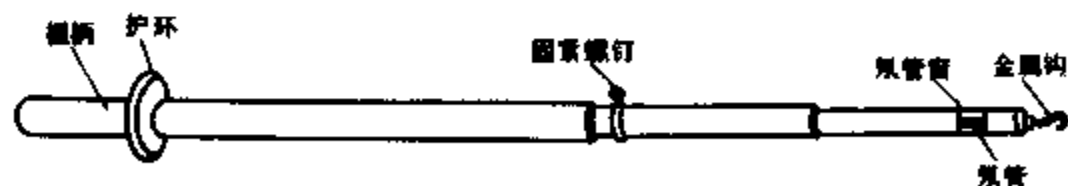


图 1-3 10kV 高压验电器

使用高压验电器时，应特别注意手握部位不得超过护环，如图 1-4 所示。

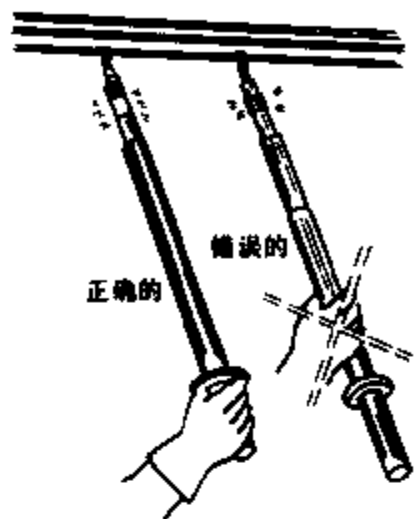


图 1-4 高压验电笔握法

(二) 使用验电器的安全知识

(1) 验电器在使用前应在确有电源处试测，证明验电器确实良好，方可使用。

(2) 使用时，应逐渐靠近被测物体，直至氖管发光。只有氖管不发光时，才可与被测物体直接接触。

(3) 室外使用高压验电器，必须在气候条件良好的情况下；在雪、雨、雾及湿度较大的情况下，不宜使用，以防发生危险。

(4) 使用高压验电器测试时必须戴符合耐压要求的绝缘手套，不可一个人单独测试，身旁要有人监护；测试时要防止发生相间或对地短路事故；人体与带电体应保持足够的安全距离，10kV 高压为 0.7m 以上。

发生相间或对地短路事故；人体与带电体应保持足够的安全距离，10kV 高压为 0.7m 以上。

二、螺丝刀

螺丝刀又称旋凿或起子，它是一种紧固或拆卸螺丝钉的工具。

螺丝刀的式样和规格很多，按头部形状不同可分为一字形和十字形两种，如图 1-5 所示。

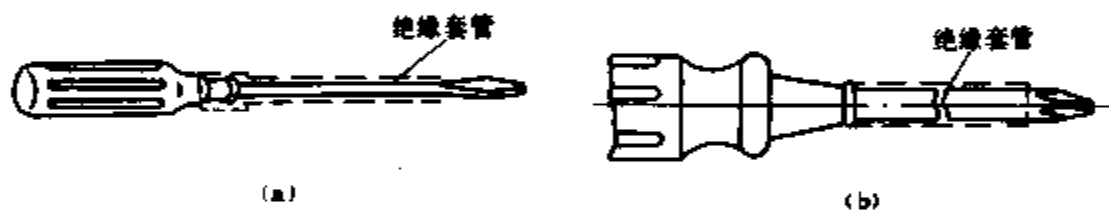


图 1-5 螺丝刀

(a) 一字形螺丝刀；(b) 十字形螺丝刀

一字形螺丝刀常用的规格有 50、100、150mm 和 200mm 等规格，电工必备的是 50mm 和 150mm 两种。十字形螺丝刀专供紧固或拆卸十字槽的螺钉，常用的规格有四种：I 号适用于螺钉，直径为 2~2.5mm，II 号为 3~5mm，III 号为 6~8mm，IV 号为 10~12mm。按握柄材料又可分为木柄和塑料两种。

使用螺丝刀的安全知识如下：

(1) 电工不可使用金属杆直通柄顶的螺丝刀，否则使用时很容易造成触电事故。

(2) 使用螺丝刀紧固或拆卸带电的螺丝时，手不得触及螺丝刀的金属杆，以免发生触电事故。

(3) 为了避免螺丝刀的金属杆触及皮肤，或触及邻近带电体，应在金属杆上穿套绝缘管。

三、电工刀

电工刀是用来剖削电线线头，切割木台缺口，削制木枕的专用工具，其外形如图 1-6 所示。

使用电工刀时，应将刀口朝外剖削，剖削导线



图 1-6 电工刀

绝缘层时，应使刀面与导线成较小的锐角，以免割伤导线。

使用电工刀的安全知识如下：

- (1) 使用电工刀时应注意避免伤手。
- (2) 电工刀用毕，随即将刀身折进刀柄。
- (3) 电工刀刀柄是无绝缘保护的，不能在带电导线或器材上剖削，以免触电。

四、剥线钳

剥线钳是用于剥削小直径导线绝缘层的专用工具，其外形如图 1-7 所示。它的手柄是绝缘的，耐压为 500V。

使用剥线钳时，将要剥削的绝缘长度用标尺定好以后，即可把导线放在相应的刃口中（比导线直径稍大），用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被割破自动弹出。

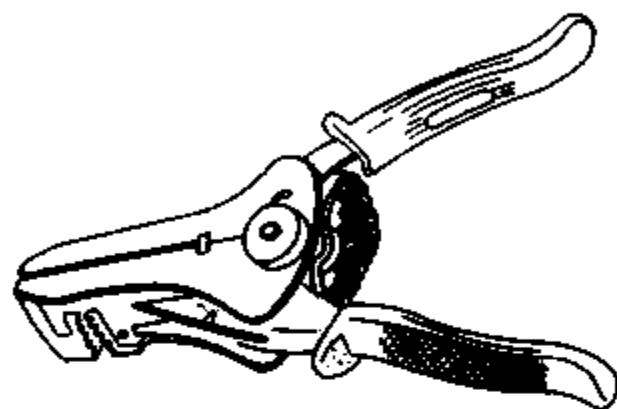


图 1-7 剥线钳

五、电工钢丝钳

常用的电工钢丝钳有 150、175mm 和 200mm 三种规格。

电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成，钳头有钳口、齿口、刀口和侧口四部分。钢丝钳用途很多，钳口用来弯绞或钳夹导线线头；齿口用来紧固或起松螺母；刀口用来剪切导线或剖削软导线绝缘层；侧口用来侧切电线线芯、钢丝或铝丝等金属丝，其构造及用途如图 1-8 所示。

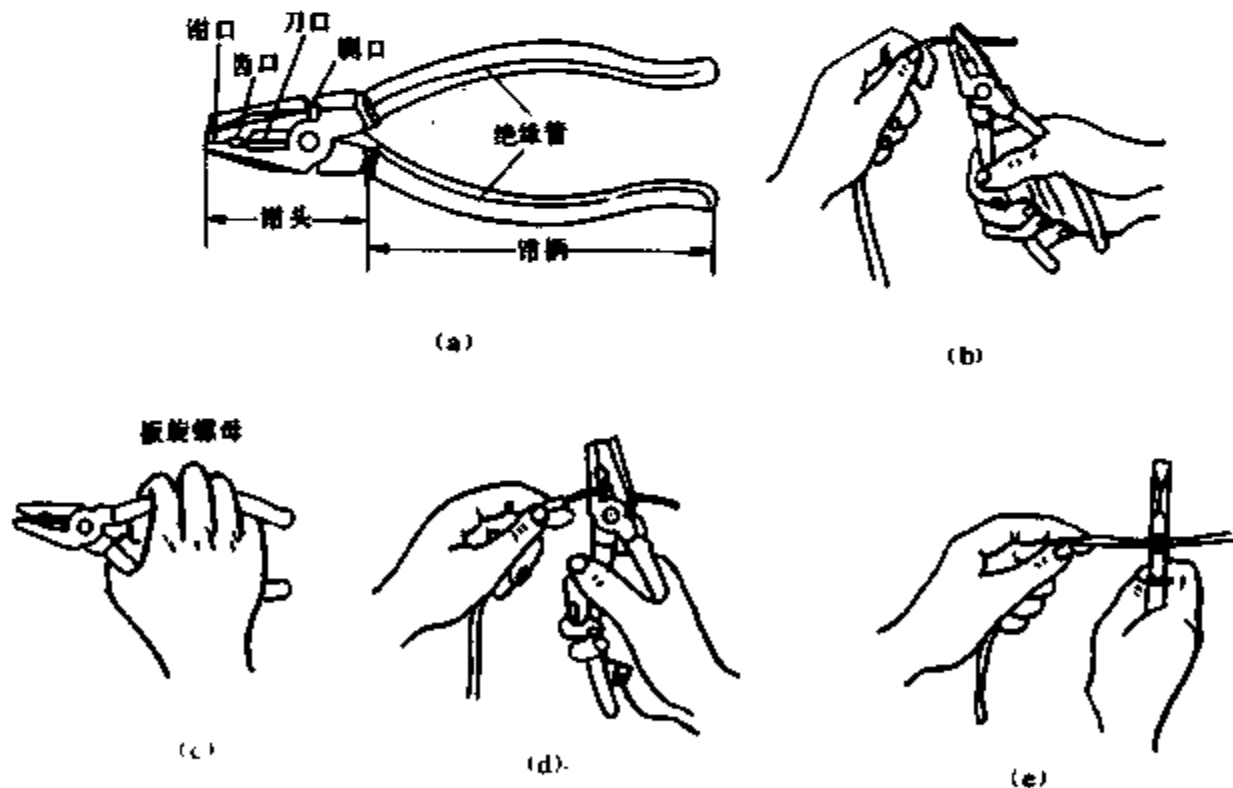


图 1-8 电工钢丝钳的构造及用途

(a) 构造；(b) 弯绞导线；(c) 紧固螺母；(d) 剪切导线；(e) 侧切钢丝

使用电工钢丝钳的安全知识如下：

- (1) 使用电工钢丝钳以前，必须检查绝缘柄的绝缘是否完好。绝缘如果损坏，进行带

电操作时会发生触电事故。

(2) 用电工钢丝钳剪切带电导线时，不得用刀口同时剪切相线和零线，以免发生短路故障。

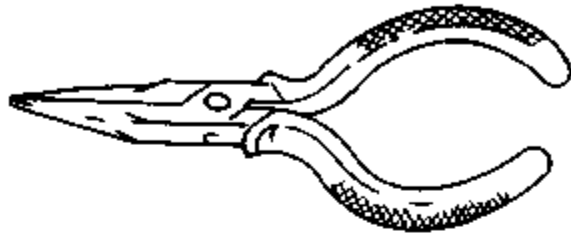


图 1-9 尖嘴钳

六、尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的工作空间操作。尖嘴钳的外形如图 1-9 所示。尖嘴钳绝缘柄的耐压为 500V。

尖嘴钳的用途为：

- (1) 带有刃口的尖嘴钳能剪断细小金属丝。
- (2) 尖嘴钳能夹持较小螺钉、垫圈、导线等元件。
- (3) 在装接控制线路板时，尖嘴钳能将单股导线弯成一定圆弧的接线鼻子。

七、活动扳手

活动扳手又称活络扳手，是用来紧固和起松螺母的一种专用工具。

活动扳手由头部和柄部组成，头部由活动扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销构成，如图 1-10 (a) 所示。旋动蜗轮可调节扳口的大小。规格以长度×最大开口宽度（单位：mm）来表示，电工常用的活动扳手有 150×19（6in）、200×24（8in）、250×30（10in）和 300×36（12in）等四种。

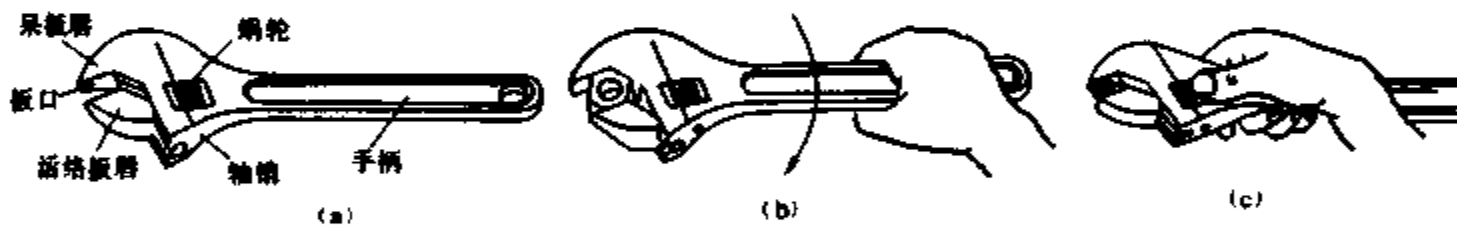


图 1-10 活动扳手

(a) 活动扳手构造；(b) 扳较大螺母时握法；(c) 扳较小螺母时握法

活动扳手的使用方法如下：

- (1) 扳动大螺母时，需用较大力矩，手应握在近柄尾处，如图 1-10 (b) 所示。
- (2) 扳动较小螺母时，需用力矩不大，但因螺母较小易打滑，故手应握在近头部的地方，如图 1-10 (c) 所示，可随时调节蜗轮，收紧活动扳唇防止打滑。
- (3) 活动扳手不可反用，以免损坏活动扳唇，也不可用钢管接长手柄来施加较大的扳拧力矩。
- (4) 活动扳手不得当作撬棒或手锤使用。

第二节 其他用途的常用工具

一、喷灯

喷灯是一种喷射火焰对工件进行加热的工具，常用来焊接铅包电缆的铅包层，大截面

铜导线连接处的搪锡，以及其他导体连接表面的防氧化镀锡等。

(一) 喷灯的构造及使用方法

喷灯的构造如图 1-11 所示。按使用燃料不同，喷灯可分为煤油喷灯和汽油喷灯两种。喷灯的使用方法如下：

(1) 加油。旋下加油阀上面的螺栓，倒入适量的油，一般以不超过筒体的 3/4 为宜，保留一部分空间贮存压缩空气以维持必要的压力。加完油后应旋紧加油口的螺栓，关闭放油阀的阀杆，擦净洒在外部的汽油，并检查喷灯各处是否有渗漏现象。

(2) 预热。在预热燃烧盘中倒入汽油，用火柴点燃，预热火焰喷头。

(3) 喷火。待火焰喷头烧热后，燃烧盘中汽油烧完之前，打气 3~5 次，将放油阀旋松，使阀杆开启，喷出油雾，喷灯即点燃喷火，而后继续打气，到火力正常时为止。

(4) 熄火。如需熄灭喷灯，应先关闭放油调节阀，直到火焰熄灭，再慢慢旋松加油口螺栓，放出筒体内的压缩空气。

(二) 使用喷灯的安全知识

- (1) 不得在煤油喷灯的筒体内加入汽油。
- (2) 汽油喷灯在加汽油时，应先熄火，再将加油阀上螺栓旋松，听见放气声后不再旋出，以免汽油喷出，待气放尽后，方可开盖加油。
- (3) 在加汽油时，周围不得有火。
- (4) 打气压力不可过高，打气完后，应将打气柄卡牢在泵盖上。
- (5) 在使用过程中应经常检查油筒内的油量是否少于筒体容积的 1/4，以防筒体过热发生危险。
- (6) 经常检查油路、密封圈、零件配合处是否有渗漏跑气现象。
- (7) 使用完毕应将剩气放掉。

二、电烙铁

电烙铁是在锡焊过程中对焊锡加热并使之熔化的最常用的电热工具。结构如图 1-12 所示。

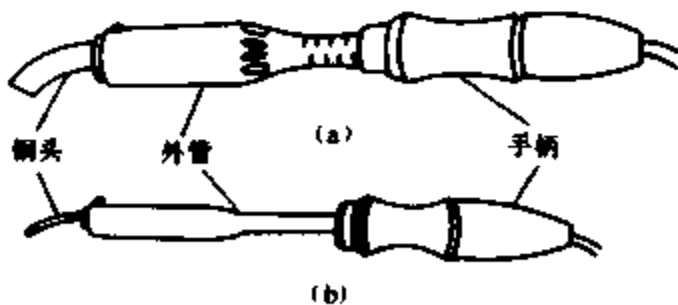


图 1-12 电烙铁

(a) 大功率电烙铁；(b) 小功率电烙铁

它一般由手柄、外管、电热元件和铜头组成。按铜头的受热方式来分，有内热式电烙铁和外热式电烙铁两种类型。电烙铁的规格是以其消耗的电功率来表示，通常在 20~500W 之间。

锡焊材料分焊料和焊剂两类。焊料是焊锡或纯锡，焊剂有松香、松香酒精溶液、焊膏等。各种焊剂均有不同程度的腐蚀作用，所以焊接完毕必须清除残留的焊剂。

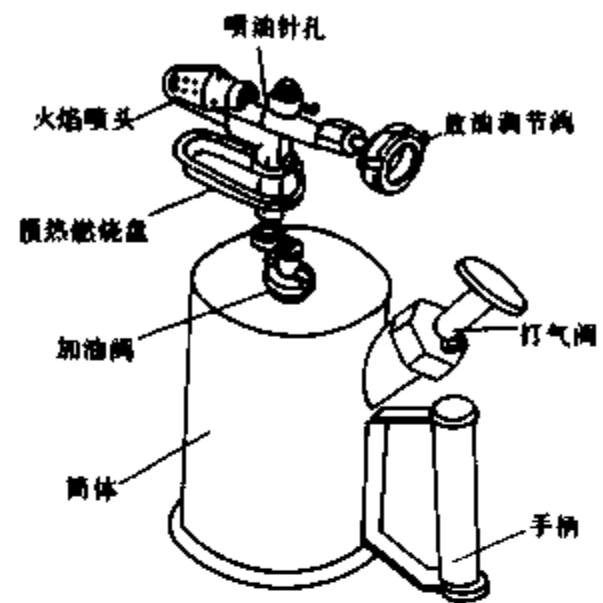


图 1-11 喷灯

（一）电烙铁锡焊的方法和要求

（1）用电工刀或砂布清除连接线端的氧化层，并在焊接处涂上焊剂。

（2）将含有焊锡的烙铁焊头，先沾一些焊剂，然后对准焊接点下焊，停留时间要根据焊件的大小而决定。

（3）防止虚假焊点和夹生焊点的产生。虚假焊是因焊件表面没有清理干净或焊剂用得太多，焊件表面没有充分镀上锡层，焊件之间没有被锡所固住。夹生焊是锡未被充分熔化，焊件表面的锡晶粒粗糙，焊点强度大为降低，原因是烙铁温度不够高和留焊时间太短而造成。

（4）焊接点必须焊牢、焊透。焊接点的锡液必须充分渗透，焊接点表面处光滑并有光泽。

（二）使用电烙铁注意事项

（1）电烙铁金属外壳必须接地。

（2）使用中的电烙铁不可搁置在木板上，要放置在专用烙铁架上。

（3）不可用烧死（烙铁头因氧化不吃锡）焊接，以免烧坏焊件。

（4）不准甩动使用中的电烙铁，以免锡珠溅出伤人。

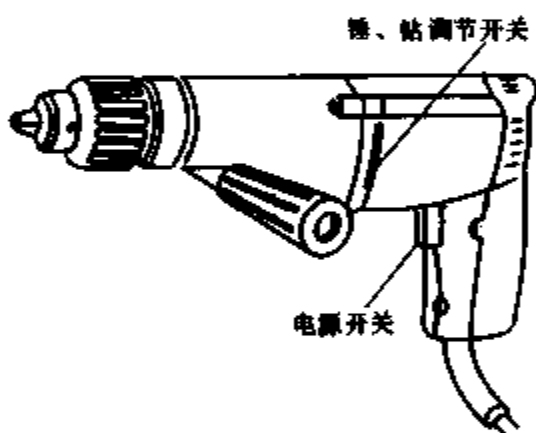


图 1-13 冲击电钻

三、冲击电钻

冲击电钻是一种专用电动钻孔工具，通常具备普通电钻和冲击电钻两种功能，其外形如图 1-13 所示。当作普通电钻用时，可将调节开关调到标记为“钻”的位置；当作为冲击电钻用时，可把调节开关调到标记为“锤”的位置，即可用来冲打砌块和砖墙等建筑材料的木榫孔和导线穿墙孔，通常可冲打直径为 6~16mm 的圆孔。

使用冲击电钻的注意事项如下：

（1）检查冲击电钻的接地线是否完整，检查电源电压是否与铭牌相符，电源线路上是否有熔断器保护。

（2）钻头必须锋利，钻孔时不宜用力过猛，以防电动机过载。如发现钻头转速降低，应立即切断电源并进行检查，以免烧坏电机。

（3）使用冲击电钻时严禁戴手套。

（4）装卸钻头时，必须用钻头钥匙，不能用其他工具来敲打夹头。

四、射钉器

射钉器是一种先进的紧固安装工具，它以火药为动力，将专用钉射入钢板、混凝土、坚实砖墙或其他基体内，用以代替预埋固定、打洞浇注、焊接等繁重作业。射钉器由优质钢材制造，由射钉器和射钉弹两大部分组成，其结构外形如图 1-14 所示。

（一）射钉器的使用方法

（1）射前准备。把未装弹的射钉器前端抵在施工面上，然后再松开，垫圈夹应凸出防护罩 20mm，活动部分应灵活，管内不允许有障碍物，各螺丝不允许松动。

(2) 装弹。将前枪部拆开，如果需要，将钉垫圈放在垫圈夹内。选用合适的射钉放入管内。放入相应的弹，一手握把手，一手握防护罩，管口朝下。合上前后部，其前后管应成一直线。并试撤钉管，活动自如。

(3) 作业准备。将防护罩刻线对准事先画好的十字坐标线，钉管必须与施工面垂直抵紧。

(4) 击发。先按下保险阻铁，后扣动扳机，因该扳机不是微力扳机，因此扣扳机有两个步骤：轻扣扳机，扣到一定位置即有扣不动的感觉；再用力扣动扳机，保险阻铁跳出，立即发火，完成作业。

(5) 退壳。钉管垂直退出施工面，各工作结构复位，扳开压弹处弹壳退出，如有退不出现象，可将钉管口对施工面，轻拍几下即可退出弹壳。

(二) 使用注意事项

(1) 装弹时管内不可有杂物，装弹后，严禁管口对人，停止作业时，应退出钉弹。

(2) 严禁在易燃、易爆场所施工；严禁在容易做穿透的建筑物及钢板上作业，在作业面背后禁止有人。

(3) 如弹药哑火，钉管口可不必离开施工面，再按阻铁，扣动扳机。也可取出弹药，转动 90° ，继续按步骤击发。如再次哑火，应在原位稍停 $15\sim 30\text{s}$ 后，再将哑火弹药取出，作妥善处理。

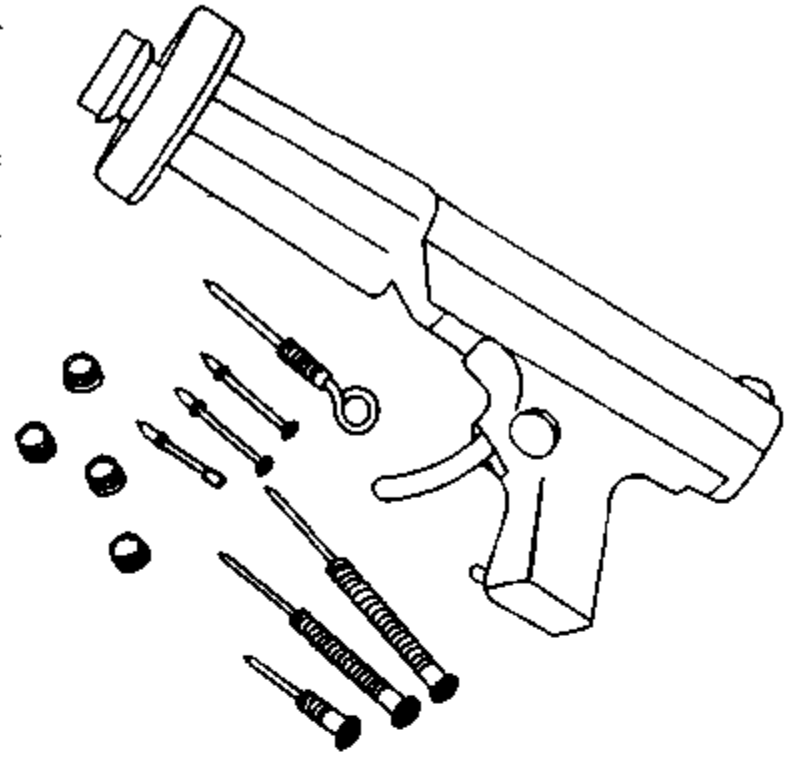


图 1-14 射钉器

第三节 常用的起重搬运工具

一、撬杠

撬是利用杠杆原理的一种简单的起重方法，其工具称为撬杠。用撬杠将重物撬离原地的操作即为撬。撬适用于起重重量不大，起重高度不高的情况，如在重物下安放滚杠，在构件下放置垫木等。

撬杠的使用方法为：先将构件、设备的一端撬起，垫上枕木，再撬起另一端，垫上枕木，重复进行操作逐渐把构件、设备垫高。撬杠在使用时，应将撬杠的支点尽量靠近重物，以增长力臂，缩短重臂。支点宜利用坚硬的石块或铁块，石块或铁块应有一定底面积，以避免用力时陷入土中。操作时，可一根撬杠单独使用或几根撬杠同时使用。向下压撬杠时，应侧身操作。

撬杠通常用硬木棍或螺纹钢、六棱钢制作。搬运、组装构件中使用的撬杠一般由外径 $18\sim 24\text{mm}$ ，长 $600\sim 1300\text{mm}$ 的螺纹钢或圆钢制成。撬杠一端打尖，另一端打扁并有一适当弯角。

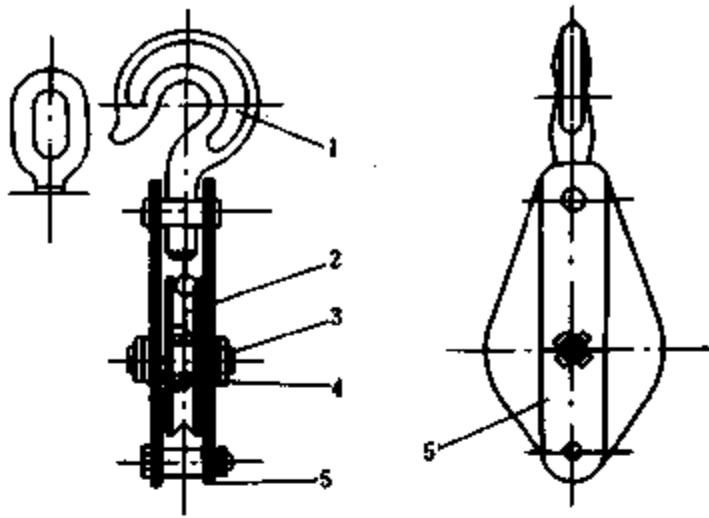


图 1-15 滑轮示意图

1—吊钩（链环）；2—滑轮；
3—轴；4—轴套；5—夹板

二、滑轮

起重用的滑轮，根据使用的绳索不同可分为麻绳用的滑轮和钢丝绳用的滑轮。根据轮子数目可分为单轮、双轮和三轮等。滑轮是由吊钩、滑轮、轴、轴套和夹板等组成，如图 1-15 所示。

滑轮按使用的方法分为定滑轮和动滑轮，一定数量的定滑轮和动滑轮组成的轮系叫滑轮组。定滑轮的滑轮安装在位置固定的轴上，它的作用是改变绳索或拉力的方向，而不能省力，见图 1-16 所示。滑轮的位置可以移动的叫动滑轮，动滑轮的滑轮安装在运动的轴上，它与被牵引重物一起升降，但不能改变力的方向。

动滑轮可分为省力滑轮和增速滑轮两种。如图 1-17 所示。滑轮组由一定数量的定滑轮和动滑轮及绳索组成，如图 1-18 所示。

使用滑轮的注意事项如下：

- (1) 使用时应严格遵照滑轮出厂时的允许使用负荷吊重，不得超载。
- (2) 滑轮在使用前应检查各部件是否良好，如发现滑轮和吊钩有变形，裂痕或轴的定位装置不完善，应不予使用。
- (3) 选用滑轮时，其滑轮直径的大小，轮槽的宽窄应与配合使用的钢丝绳直径的大小相适应。
- (4) 滑轮在使用过程中，应对滑轮、轴定期加油润滑。

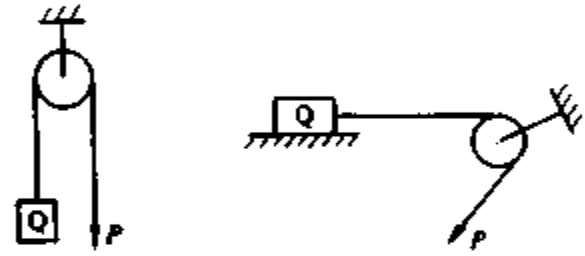


图 1-16 定滑轮示意图

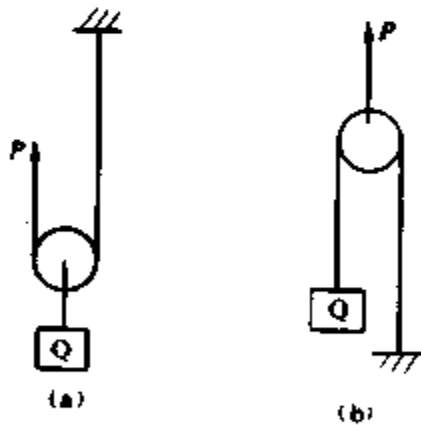


图 1-17 动滑轮示意图

(a) 省力滑轮；(b) 增速滑轮

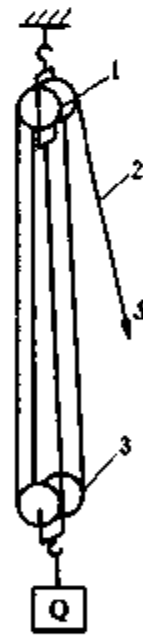


图 1-18 滑轮组示意图

1—定滑轮；2—绳索；3—动滑轮

三、手拉葫芦

手拉葫芦也叫倒链，是一种轻便省力的起吊设备。它的结构紧凑，手拉力小，携带方便，其外形如图 1-19 所示。

手拉葫芦的起重重量为 0.5~10t 多种。使用时，将挂钩挂在固定稳妥的高处，先将手

拉链条反拉，将起重链条倒松，使葫芦有合适的起重距离，然后慢慢拉紧，起吊重物。手拉葫芦只用于短距离内起吊和移动重物，以及绞紧物件以控制方向。它可在垂直、水平和倾斜等方向使用。

手拉葫芦使用时注意事项如下：

- (1) 在起吊物件前应估计一下重量，切勿超载使用。
- (2) 在使用前必须对吊钩、起重链条及制动部分等，进行认真细致地检查，确认完好无损后，方可使用。
- (3) 起重前应检查上下吊钩是否挂牢，不得偏歪，起重链条应垂直悬挂，绝对不得绞扭。
- (4) 对上述各项检查确认无误后，操作者站在手拉链条同一平面内，拉动手拉链条，使手拉链条轮顺时针方向运动，重物即可上升。当重物离开地面 0.2m 左右时，停留一段时间，试验制动器部分是否可靠并检查有无其它不正常现象，确认正常后，再继续起吊到需要高度。当需要降落时，拉动手拉链条的另一端，使手拉链条轮逆时针方向转动，重物即可缓慢下降。
- (5) 在起吊过程中，无论重物上升或下降，拉动手拉链条时，用力应均匀和缓，防止手拉链条跳动或卡住。

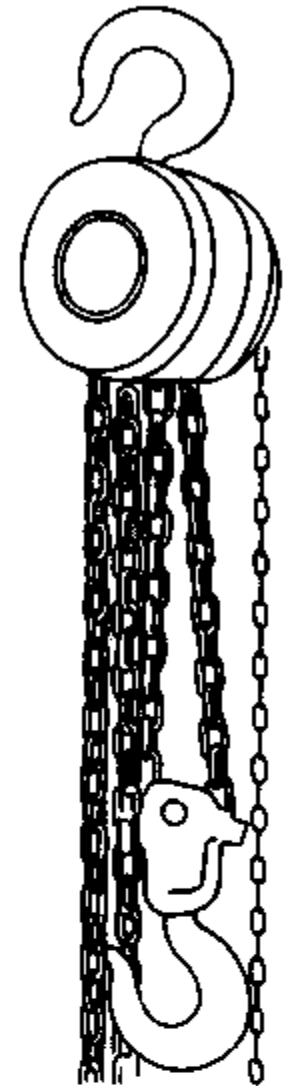


图 1-19 手拉葫芦

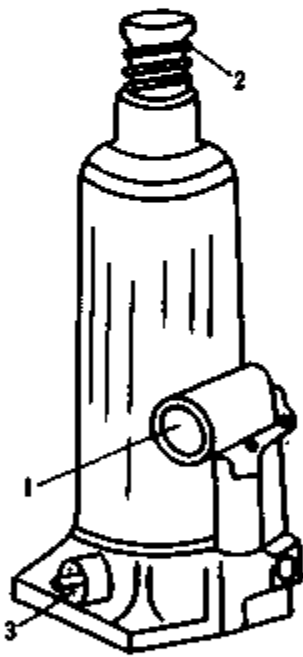


图 1-20 油压千斤顶
1—手动泵套筒；2—活
塞杆；3—放油阀

四、千斤顶

千斤顶通常是用来将一个有一定重量的物件顶起的简单起重工具。在安装工作中，可用它来矫正物件的斜歪或将构件顶直、顶弯。常用的油压千斤顶其结构形状如图 1-20 所示。这种千斤顶效率高，结构紧凑，能保证平稳地升起和降落，以及准确地将物品停留在给定的水平位置上，并有自锁作用。需要顶起物件时，将手柄插入手动泵套筒内，上下往复操作，使其活塞杆平稳上升。需要降落时，则将下部放油阀按逆时针方向微微旋松，即可使活塞杆渐渐下降。

千斤顶使用时注意事项如下：

- (1) 选用千斤顶时，千斤顶的起重能力不得小于被顶物体重量，严禁超负载使用。
- (2) 千斤顶的起升高度不得超过规定的数值，以免将活塞杆全部顶出而损坏千斤顶并造成事故。
- (3) 重物重心要选择适当，底座放平，两只以上千斤顶同时使用时，要照顾到使每只千斤顶受力平均。
- (4) 千斤顶操作时，其基础必须稳定可靠。

第四节 起重和搬运

一、绳和各种绳扣系法

常用的绳有麻绳和钢丝绳两种。麻绳具有较大的柔性，使用较方便，但强度较低，尤

其应注意当它受潮后强度将大为降低，所以常用于较轻物体的手工起重操作中。钢丝绳是由 19、37、61 等根钢丝捻成股线，再由六股股线中间加浸油麻芯合成的，这种钢丝绳强度大，亦有一定的弹性和柔性，不易生锈，但不耐折，使用时应防止钢丝绳打结。若须结扣时应于结扣处垫上木块。钢丝绳的两端，一般都作成绳套。

常用的绳扣有下面十种（如图 1-21 所示）：

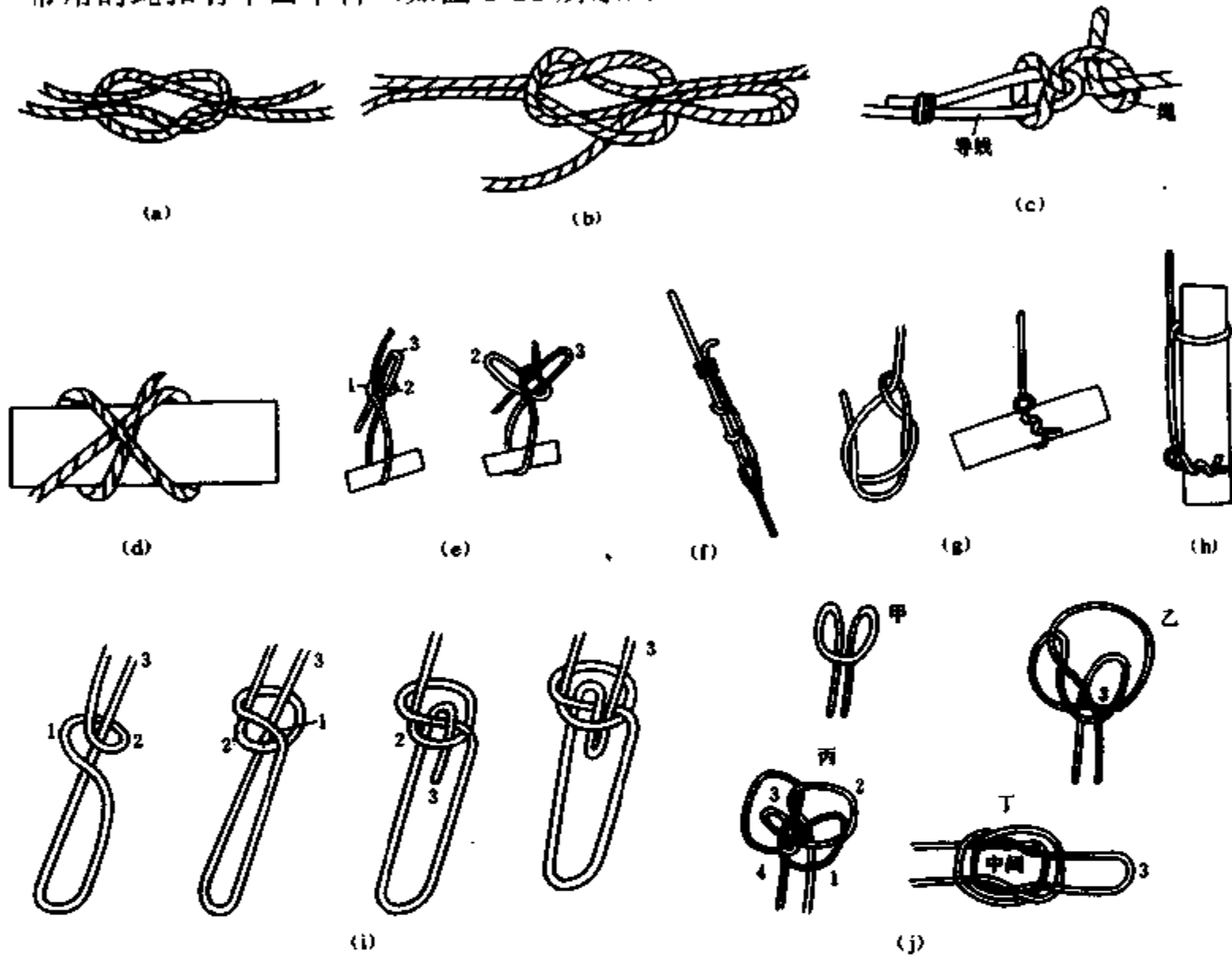


图 1-21 绳扣

(a) 直扣；(b) 活扣；(c) 紧线扣；(d) 猪蹄扣；(e) 抬扣；
(f) 倒扣；(g) 背扣；(h) 倒背扣；(i) 拴马扣；(j) 瓶扣

- (1) 直扣：用于临时将麻绳的两端结在一起。
- (2) 活扣：用途与直扣相同，但它用于需要迅速解开的情况下。
- (3) 紧线扣：紧线时用来绑结导线，也可用作腰绳系扣。
- (4) 猪蹄扣：在传递物件和抱杆顶部等处绑绳用。
- (5) 抬扣：抬重物件时用此扣，调整或解开都比较方便。
- (6) 倒扣：临时拉线往地锚上固定时用。
- (7) 背扣：在高空作业时，上下传递工具材料等用。
- (8) 倒背扣：垂直吊起轻而细长的物件时用。
- (9) 拴马扣：绑扎临时拉绳时用。
- (10) 瓶扣：吊物体时用此扣，物体吊起后可以不摆动，而且扣较结实可靠，吊瓷套管等物体多用此扣。

二、起重搬运

(一) 起重搬运方法

起重搬运是将重物移位的操作，由于重物的重量大小不同，因而起重的操作方法及使用的工具也不相同。

1. 撬

撬的步骤为：先将构件、设备一端撬起，垫上枕木；再撬起另一端，垫上枕木，重复进行操作逐渐把构件、设备垫高。若一次垫不进一根枕木时，可先垫小一些的枋子，第二次垫进枕木后再将小枋子抽出。图 1-22 为撬垫机器示意图。要将构件或设备从枕木上落下，用类似的方法，按照上述相反的操作步骤来进行即可。



图 1-22 撬垫机器示意图

1—机器；2—枕木；3—枋子

2. 顶与落

用千斤顶把重物从较低位置顶至较高位置的操作称为顶；落则是用千斤顶把重物从较高的位置放到较低位置的操作。

构件或设备的重量很大时，起重机械不能适用，此时可考虑使用千斤顶。千斤顶的起重能力很大，可顶起几吨到几百吨的重物。

若构件或设备顶升的高度超过千斤顶的起升高，就要分成几次顶升，即先将重物顶升到千斤顶的一个起升高，如图 1-23 所示，在重物下垫枕木垛，落下千斤顶，使重物停置在枕木垛上，然后尽量垫高千斤顶，再将重物顶起一个起升高。照这样连续操作下去，直到重物被顶升到要求位置为止。

落的操作则按与顶相反的操作步骤进行：先用千斤顶将重物略微顶起，把支承重物的枕木垛拆去一层，慢慢落下千斤顶。为确保安全，拆去枕木后，应及时放入不同厚度的木板，使重物离木板的距离保持在 5cm 以内，一面落下重物，一面拆去后放入的木板。木板拆完后，将重物停置在枕木垛上，然后取出千斤顶，拆去千斤顶下的部分垫木。再把千斤顶放回，重复以上操作，直到将重物落至要求的高度。

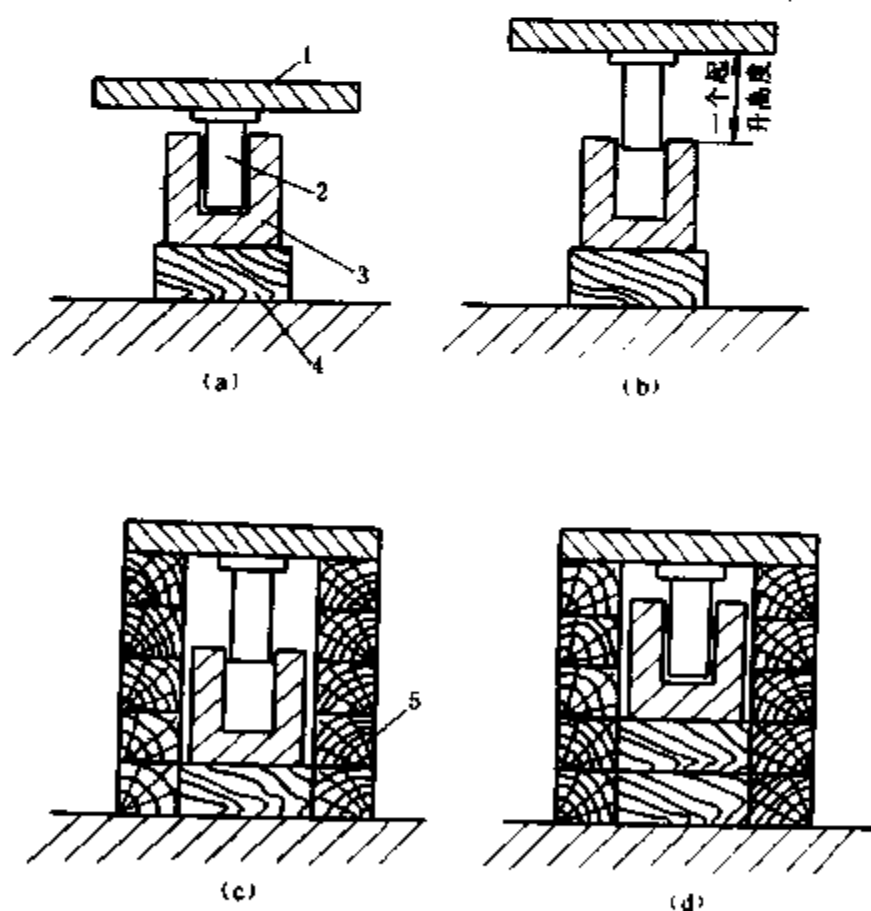


图 1-23 千斤顶顶升过程

1—重物；2—千斤顶；3—千斤顶外壳；

4—垫木；5—枕木

3. 转

转是将重物在平面上旋转一定角度的操作。如果重物重量较小，用起重机能够吊起，则采取吊起重物旋转的办法比较方便。如果重物重量较大，起重机械吊不起来，就需要采取滚杠或利用转盘来旋转重物的办法。

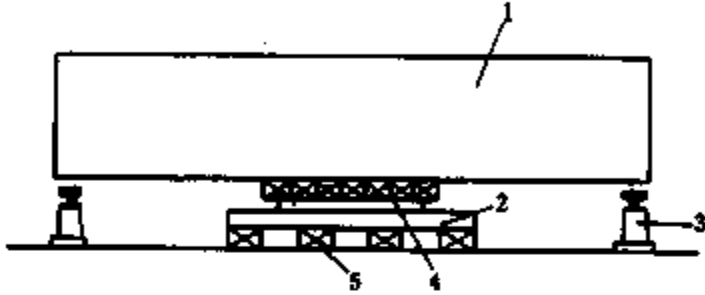


图 1-24 用转盘法转动重物示意图

1—重物；2—转盘；3—千斤顶；4—枕木；5—枕木垛

移动重物时，滚杠向某一侧偏转，重物沿移动方向也随着逐渐转向某一侧。对于底座为正方形的物体，可在四角放置短的滚杠，一角牵引或对角牵引，物体即绕其中心旋转。

转盘法是利用木制或钢制的转盘来转动重物。如图 1-24 所示。在重物下设置千斤顶，顶起重物，然后在重物下搭设具有承载能力的枕木垛和枕木排，枕木垛应搭设在经过碾压夯实的坚硬地面上。枕木排上托重物，枕木排与枕木垛之间有两层

10~20mm 厚的钢板制成的圆形转盘，钢板转盘间涂以润滑油脂，稳妥后落下千斤顶，重物平稳地搁置在枕木排上。用人力或卷扬机牵引推动重物顶部，即可使重物转动至任何角度。

4. 拨

拨就是利用撬杠将构件前方略微移动的操作。构件就位进行校正时，经常使用拨的方法。安装长管校正焊接口时，也使用拨的办法使焊缝对准。

5. 滑和滚

滑是移动重物常用的方法。在大型设备和构件的短距离搬移工作中使用得很普遍。滑就是把重物放在滑道上，用人力或卷扬机牵引，使重物滑动的操作。滑道通常采用钢轨，也可采用型钢。

滚是在重物下放置上下滚道和滚杠，如图 1-25 所示，使物体随着上下滚道间的滚杠的滚动不断向前移动的操作。由于滚动摩擦力比滑动摩擦力小得多，所以用滚移重物较滑移重物省力。

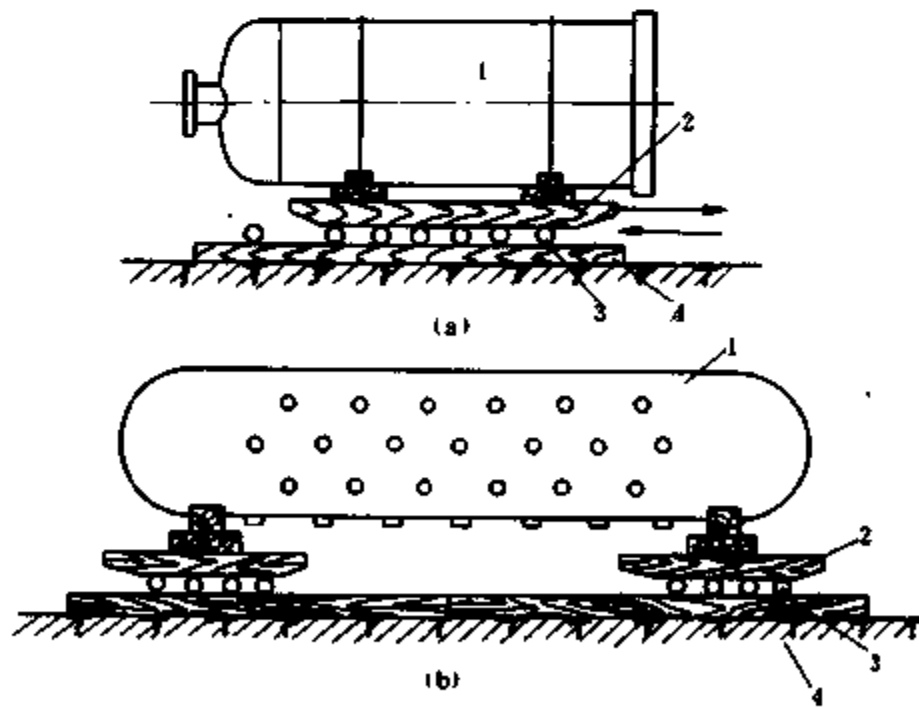


图 1-25 滚道类型

1—重物；2—托板；3—滚杠；4—枕木

6. 吊

吊是用起重机械、起重木杆或其他吊装设备将重物吊起或一面吊起，一面移动到某个确定位置的操作。吊的方法是由起重机械、起重木杆、或吊装设备的性能，所吊重物的结构特点、吊重、位移、工作场地的具体条件等因素决定的。

(二) 起重搬运时的注意事项

(1) 起重前必须检查起重机械和起吊工具，要求所用的工具和绳索必须经过试验检查合格，起吊中受力不超过规定数值。

(2) 起吊前检查挂钩或滑轮上的钢丝绳不许扭曲，滑轮与物体的重心应在一条垂直线上，以免物体起吊时旋转或摇摆。所有开门式滑轮的闭门钩子和滑轮的大钩，都应用细铁丝封牢。

(3) 起重搬运中，工作人员必须集中精力，一切行动听指挥，无关人员不得进入工作现场。起吊物体下面不许有人员停留。

(4) 物体刚离地时，应进行一次全面检查。检查起重机械、起重工具、钢丝绳及各处绳扣，全部合格方可继续起吊。

(5) 物体下降时，应缓慢平稳，避免发生向下冲击，并作托接搬运的准备工作。

(6) 搬运重物所经过之处光线应明亮，并注意附近的带电设备。

第五节 常用电工仪表的使用

一、万用表

万用表也称万能表，一般可用来测量直流电流、直流电压、交流电压和电阻等，有的还可测量功率、电感和电容等。万用表的型式很多，使用方法也有所不同，但基本原理是一样的，其最简单的测量原理如图 1-26 所示。

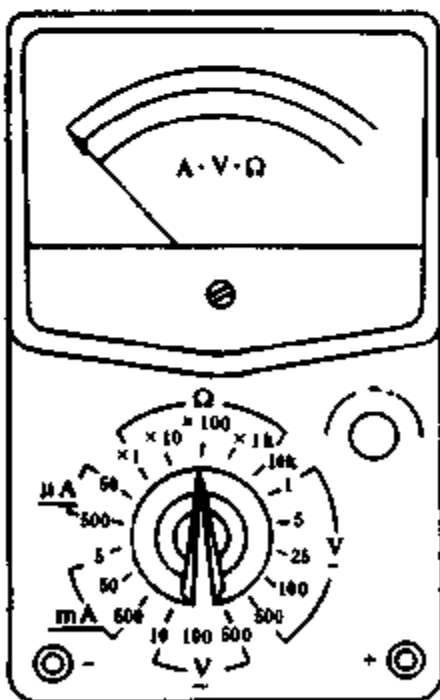


图 1-27 MF-30 型万用表面板图

现以图 1-27 所示的 MF-30 型万用表的面板图为例来说明使用情况。

(一) 万用表的使用方法

(1) 测量交流电压。将转换开关转到“ \sim ”符号，测量交流电压时不分正负极，所需量程由被测量电压的高低来确定。如果被测量电压的数值范围预先不知道，可选用表的最高测量范围 500V，指针若偏转很小，再逐级调低到合适的测量范围。

(2) 测量直流电压。将转换开关转到“V”符号，测量直流电压时正负极不能搞错，“+”插口的表棒接至被测电压的正极，“-”插口表棒接至被测电压的负极，不能接反，否则指针会因逆向偏转而被打弯。如果无法弄清被测电压的正负极，可

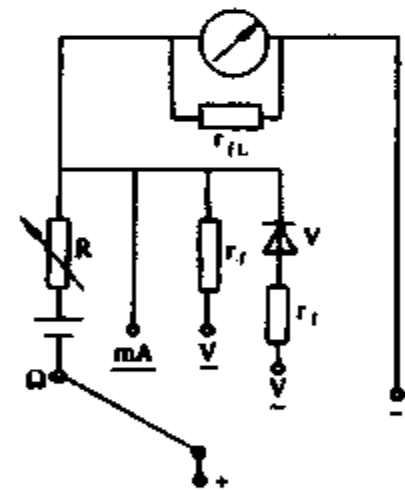


图 1-26 万用表最简单的测量原理

选用较高的测量范围档，用两根表棒很快地碰一下测量点，看清表针的偏转方向，就可找出被测电压的正负极。

(3) 测量直流电流。将转换开关转到“mA”或“ μ A”符号的适当量程位置上，然后按电流从正到负的方向，将万用表串联到被测电路中。

(4) 测量电阻。把转换开关转到“ Ω ”符号的适当量程位置上，先将两根表棒短接，旋动调零旋钮，使表针指在电阻刻度的“0”欧上，然后用表棒测量电阻。面板上 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1K$ 、 $\times 10K$ 的符号表示倍率数，从表头的读数乘以倍率数，就是所测电阻的阻值。

(二) 使用万用表时的注意事项

(1) 转换开关的位置应选择正确，选择测量种类时，要特别细心，若误用电流档或电阻档测电压，轻则表针损坏，重则表头烧毁。选择量程时也要适当，测量时最好使针在量程的 $1/2$ 到 $2/3$ 的范围内，读数较为准确。

(2) 端钮或插孔选择要正确，红色表棒应插入标有“+”号的插孔内，黑色表棒应插入标有“-”号的插孔内。在测量电阻时注意万用表内干电池的正极与面板上“-”号插孔相连，干电池的负极与面板上“+”号插孔相连。

(3) 当测量线路中的某一电阻时，线路必须与电源断开，否则会烧坏万用表。

二、兆欧表

兆欧表又叫摇表，是用来测量大电阻和绝缘电阻的，它的计量单位是兆欧，用“ $M\Omega$ ”表示。

兆欧表的种类很多，但其工作原理大致相同，常用的兆欧表的外形如图 1-28 (a) 所示。

(一) 兆欧表的选用

测量额定电压在 500V 以下的设备或线路的绝缘电阻时，可选用 500V 或 1000V 兆欧表；测量额定电压在 500V 以上的设备或线路的绝缘电阻时，应选用 1000~2500V 兆欧表。

量程的选用，一般测量低压电气设备绝缘电阻时，可选用 0~200 $M\Omega$ 量程的表，测量高压电气设备或电缆时可选用 0~2000 $M\Omega$ 量程的表。

(二) 摇表的接线和测量方法

摇表有三个接线柱，其中两个较大的接线柱上分别标有“接地”(E)和“线路”(L)，另一个较小的接线柱上标有“保护环”(或“屏蔽”)(G)。

(1) 测量照明或电力线路对地的绝缘电阻。将兆欧表接线柱的(E)可靠地接地，(L)接到被测线路上，如图 1-28 (b) 所示。线路接好后，可按顺时针方向摇动兆欧表的发电机摇把，转速由慢变快，一般约 1min 后发电机转速稳定时，表针也稳定下来，这时表针指示的数值就是所测得的绝缘电阻值。

(2) 测量电机的绝缘电阻。将兆欧表接线柱的(E)接机壳，(L)接到电机绕组上，如图 1-28 (c) 所示。

(3) 测量电缆的绝缘电阻，测量电缆的导电线芯与电缆外壳的绝缘电阻时，除将被测两端分别接(E)和(L)两接线柱外，还需将(G)接线柱引线接到电缆壳与芯之间的绝缘层上，如图 1-28 (d) 所示。

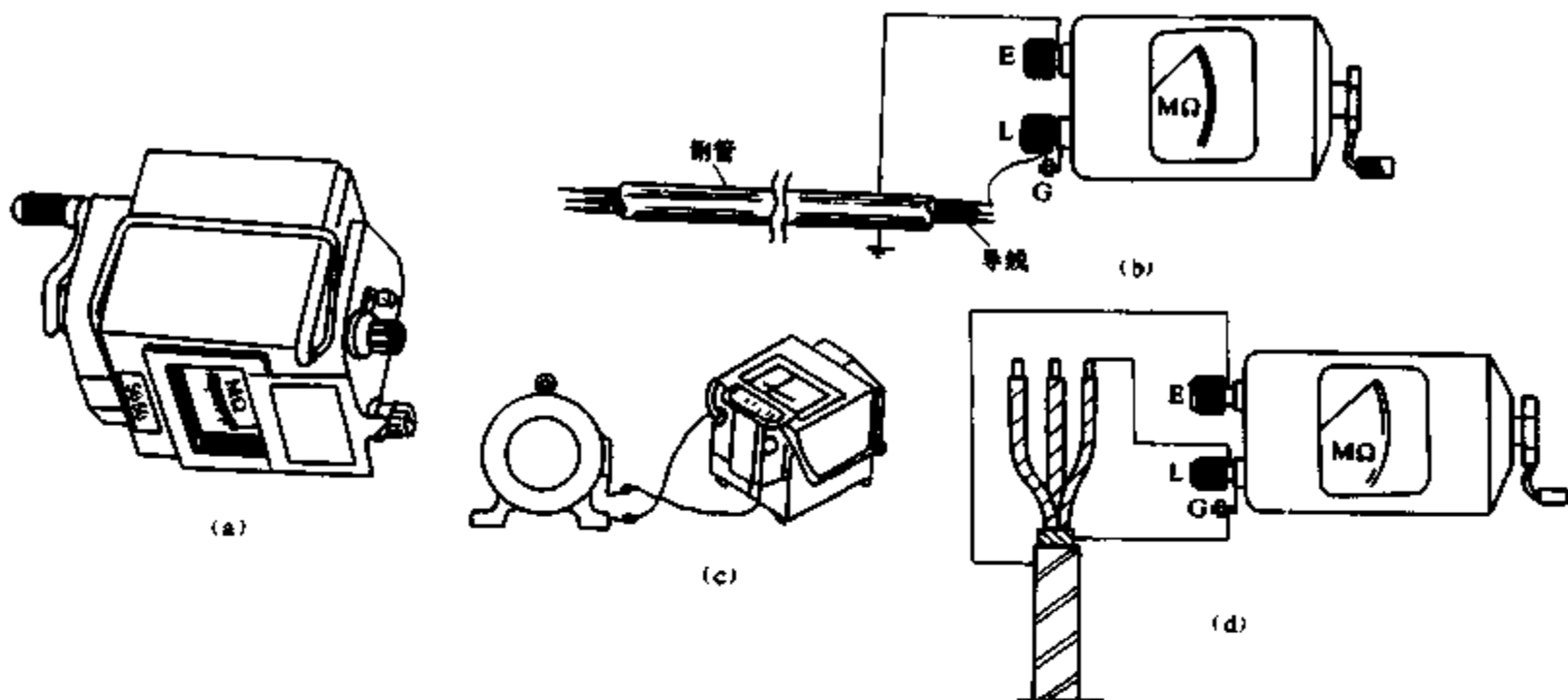


图 1-28 兆欧表及兆欧表的接线方法
 (a) 外形；(b) 测量照明或动力线路绝缘电阻；
 (c) 测量电机绝缘电阻；(d) 测量电缆绝缘电阻

(三) 兆欧表使用时的注意事项

(1) 测量电气设备的绝缘电阻时，必须先切断电源，然后将设备进行放电，以保证人身安全和测量准确。

(2) 兆欧表使用时应放在水平位置，未接线前先转动兆欧表作开路试验，指针是否指在“∞”处，再将(L)和(E)两个接线柱短接，慢慢转动摇表，看指针是否指在“0”处，若能指在“0”处，说明兆欧表是好的。

(3) 兆欧表接线柱上引出线应用多股软线，且要有良好的绝缘，两根引线切忌绞在一起，以免造成测量数据的不准确。

(4) 兆欧表测量完后应立即使被测物放电，在兆欧表的摇把未停止转动和被测物未放电前，不可用手去触及被测物的测量部分或进行拆除导线，以防触电。

三、钳形表

钳形表又称钳形电流表，在不断开电路而需要测量电流的场合，可使用钳形表。钳形表是根据电流互感器的原理制成的，其结构如图 1-29 所示。

(一) 钳形表的使用方法

钳形表使用时，将量程开关转到合适位置，手持胶木手柄，用食指勾紧铁芯开关，便可打开铁芯，将被测导线从铁芯缺口引入到铁芯中去，然后放松铁芯开关，铁芯就自动闭合，被测导线的电流就在铁芯中产生交变磁力线，表上就感应出电流，可直接读数。

(二) 钳形表使用时注意事项

(1) 不得用钳形表测量高压线路的电流，被测线路的电压不能超过钳形表所规定的使用电压，以防绝缘击穿，人身触电。

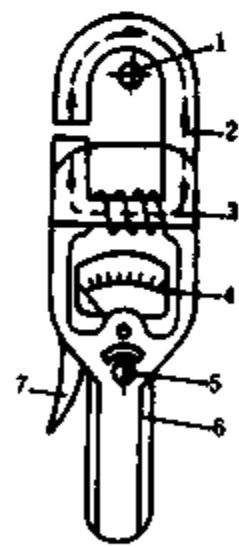


图 1-29 钳形表
 1—被测导线；2—铁芯；
 3—二次绕组；4—表头；
 5—量程调节开关；6—
 胶木手柄；7—铁芯开关

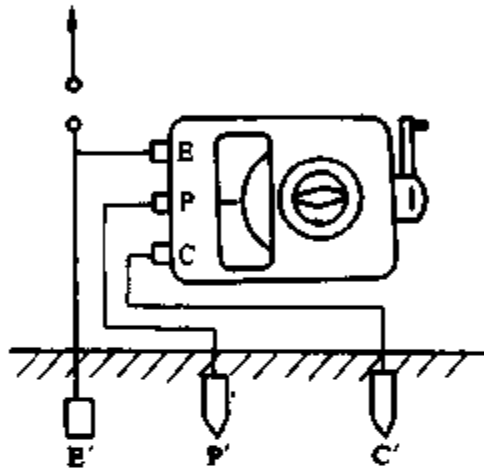
(2) 测量前应估计被测电流的大小，选择适当的量程，不可用小量程去测量大电流。

(3) 每次测量只能钳入一根导线，测量时应将被测导线置于钳口中央部位，以提高测量准确度，测量结束时应将量程开关扳到最大量程位置，以便下次安全使用。

四、接地电阻测试仪

接地电阻测试仪也称接地摇表，主要用于直接测量各种接地装置的接地电阻。接地电阻测量仪型式很多，常用的有 ZC-8 型和 ZC-29 型等几种。

ZC-8 型接地电阻测试仪有两种量程，一种是 $0\sim 1\sim 10\sim 100\Omega$ ，另一种是 $0\sim 1\sim 100\sim 1000\Omega$ 。它们都带有两根深测针，其中一根为电位探测针，另一根为电流探测针。



测量前，首先将两根探测针分别插入地中，如图 1-30 所示。使被测接地极 E' 、电位探测针 P' 和电流探测针 C' 三点在一条直线上， E' 至 P' 的距离为 20m， E' 至 C' 的距离为 40m。然后用专用线分别将 E' 、 P' 和 C' 接到仪表相应的端钮上。

测量时，先把仪表放在水平位置，检查检流计的指针是否指在红线上，若未在红线上，则可用“调零螺丝”进行调零，然后将仪表的“倍率标度”置于最大倍数，慢慢转动发电机的手柄，同时调整“测量标度盘”，使检流计指针指向

红线。当指针接近红线时，加快发电机手柄的转速，达到 $120\text{r}/\text{min}$ ，再调整“测量标度盘”，使指针位于红线上。如果“测量标度盘”的读数小于 1，则应将“倍率标度”置于较小的倍数，再重新调整“测量标度盘”，以得到正确的读数。

当指针完全平衡在红线上以后，用测量标度盘的读数乘以倍率标度，即为所测的接地电阻值。

使用接地电阻测量仪时，应注意以下两点：

(1) 当检流计的灵敏度过高时，可将电位探测针 P' 插入土中浅一些；当检流计灵敏度不够时，可在电位探测针 P' 和电流探测针 C' 周围注水使其湿润。

(2) 测量时，接地线路要与被保护的设施断开，以便得到准确的测量数据。

第二章 室内照明及低压配线

第一节 导线截面的选择

一、常用架空线路导线

在架空线路中，采用铝线和钢芯铝绞线，其常用导线的型号和规格见表 2-1~表 2-4。

表 2-1 常用架空导线的型号及截面范围

型号	名称	截面范围 (mm ²)
LJ	铝绞线	10~600
LGJ	钢芯铝绞线	10~400
LGJQ	轻型钢芯铝绞线	150~700
LGJJ	加强型钢芯铝绞线	150~400

表 2-2 常用架空导线的规格

标称截面 (mm ²)	结构尺寸			[根数/直径 (mm)]			
	LJ	LGJ		LGJQ		LGJJ	
	铝	铝	钢	铝	钢	铝	钢
10	3/2.07	5/1.6	1/1.2	—	—	—	—
16	7/1.7	6/1.8	1/1.8	—	—	—	—
25	7/2.12	6/2.2	1/2.2	—	—	—	—
35	7/2.5	6/2.8	1/2.8	—	—	—	—
50	7/3.0	6/3.2	1/3.2	—	—	—	—
70	7/3.55	6/3.8	1/3.8	—	—	—	—
95	9/2.5	28/2.07	7/1.8	—	—	—	—
120	19/2.8	28/2.3	7/2.0	—	—	—	—
150	19/3.15	28/2.53	7/2.2	24/2.76	7/1.8	30/2.50	7/2.5
180	19/3.5	28/2.88	7/2.5	24/3.06	7/2.0	30/2.80	7/2.8
240	19/3.98	28/3.22	7/2.8	24/3.67	7/2.4	30/3.20	7/3.2
300	37/3.2	28/3.8	19/2.0	54/7.65	7/2.6	30/3.67	19/2.2

表 2-3

常用橡皮绝缘电线型号、用途及截面范围

型号	名称	主要用途	芯数	标称截面 (mm ²)
BLXF	铝芯氟丁橡皮线	固定敷设 适用于户外	1	2.5~95
BXF	钢芯氟丁橡皮线		1	0.75~95
BX	钢芯橡皮线	固定敷设	1 2、3、4	0.75~500 1~95
BLX	铝芯橡皮线	固定敷设	1 2、3、4	2.5~630 2.5~120
BXR	钢芯橡皮软线	室内安装, 要求电线较柔软用	1	0.75~400

表 2-4

橡皮绝缘线外径 (mm)

标称截面 (mm ²)	导线线芯根数 直径 (mm)	BLX、BX				BLXF BXF	BXR
		1 芯	2 芯	3 芯	3 芯附中性线		
0.75	1/0.97	4.4	—	—	—	3.4	4.5
1	1/1.13	4.5	8.7	9.2	10.1	3.5	4.7
1.5	1/1.37	4.8	9.2	9.7	10.7	3.7	5.0
2.5	1/1.76	5.2	10.0	10.7	11.7	4.1	5.6
4	1/2.24	5.8	11.1	11.8	13	4.6	6.2
6	1/2.73	6.3	12.1	13.0	14.3	5.6	6.8
10	7/1.33	8.1	15.8	16.9	18.7	7.0	8.2
16	7/1.70	9.4	18.3	19.5	21.7	8.7	10.1
25	7/2.12	11.2	21.9	23.5	26.1	10.1	12.6
35	7/2.5	12.4	24.4	26.2	29.1	11.8	13.8
50	19/1.83	14.7	28.9	31.0	34.6	13.6	15.8
70	19/2.14	16.4	32.3	34.7	38.7	15.7	18.4
95	19/2.5	19.5	38.5	41.4	46.1	17.7	21.4
120	37/2.0	20.2	39.9	42.9	47.8	—	22.2
150	37/2.24	22.3	—	—	—	—	24.9
185	37/2.50	24.7	—	—	—	—	27.3
240	61/2.24	27.9	—	—	—	—	30.8
300	61/2.5	30.8	—	—	—	—	34.6

二、电力线路的参数及电压损耗计算

(一) 电力线路的参数

电力线路主要的电气参数有电阻和电抗。导线每千米的电阻 r_0 , 可由下列公式计算, 也可由电工手册查出

$$r_0 = \frac{\rho}{S} \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-1)$$

或
$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma S} \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-2)$$

式中 ρ ——导线的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$;
 γ ——导线的电导率, $\text{km}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$;
 S ——导线的截面积, mm^2 。

线路的电抗, 是当交流电流通过导线时, 其周围产生的交变磁场所造成的。它随着线间距离, 导线的直径而变化。三相线路在任何排列方式下, 每千米的电抗 X_0 可由下式确定

$$X_0 = 0.144 \lg \frac{2D_{ij}}{d} + 0.016 \quad (\Omega/\text{km}) \quad (2-3)$$

$$D_{ij} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}$$

式中 d ——导线的计算直径, mm ;
 D_{ij} ——三相导线几何平均距离, mm 。

当水平等距排列的三相导线, 如图 2-1 所示, 其几何均距为

$$D_{ij} = \sqrt[3]{DD \cdot 2D} = 1.26D$$

当等边三角形排列的三相导线, 如图 2-2 所示, 其几何均距为

$$D_{ij} = \sqrt[3]{DDD} = D$$

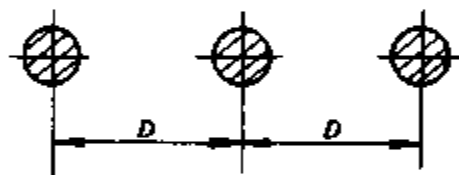


图 2-1 导线水平排列

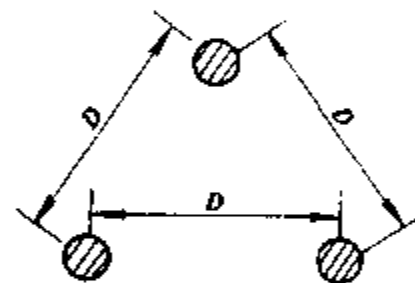


图 2-2 导线三角排列

由此可见, 三角排列的几何均距小于水平排列的几何均距, 故此, 三角排列的电抗小于水平排列的电抗。各种型号导线的电抗值 X_0 可由表 2-5 和表 2-6 中查出。

表 2-5 LJ 导线的阻抗值

导线型号		LJ-16	LJ-25	LJ-35	LJ-50	LJ-70	LJ-95	LJ-120
阻抗 (Ω/km)	电阻	1.98	1.28	0.92	0.64	0.46	0.34	0.27
	电抗	0.398	0.385	0.375	0.363	0.349	0.339	0.332

表 2-6 LGJ 导线的阻抗值

导线型号		LGJ-35	LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95	LGJ-120	LGJ-150
阻抗 (Ω/km)	电阻	0.85	0.65	0.46	0.33	0.27	0.21
	电抗	0.432	0.421	0.411	0.400	0.394	0.387

(二) 线路电压损耗的计算

对于末端带三相集中负荷线路, 如图 2-3 (a) 所示, 可用简化的等效电路代替, 如图 2-3 (b) 所示, 图中 L 为线路长度, $R = r_0 L$ 和 $X = X_0 L$ 分别为每相导线在线路全长的电阻

(Ω) 和电抗 (Ω)。

单相电压相量图, 如图 2-4 所示, 实轴正方向 $oa=U_{\dot{2}}$ 表示末端的相电压, 电流 I 滞后于 $U_{\dot{2}}$ 的角度为 φ_2 , 在相量 oa 的终点 a 作与电流 I 平行的电压降 $ab=IR$, 而线路电抗压降 $bc=jIX$ 垂直于 IR , 连接点 o 和 c , 即得到首端的相电压 $U_{\dot{1}}$ 。 $U_{\dot{1}}-U_{\dot{2}}=ac$ 为线路的电压降落, $U_{\dot{1}}-U_{\dot{2}}=oe-oa=ae$ 为线路的电压损耗。

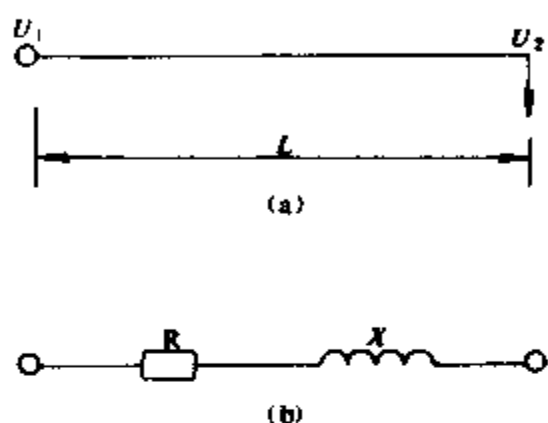


图 2-3 末端带三相负荷

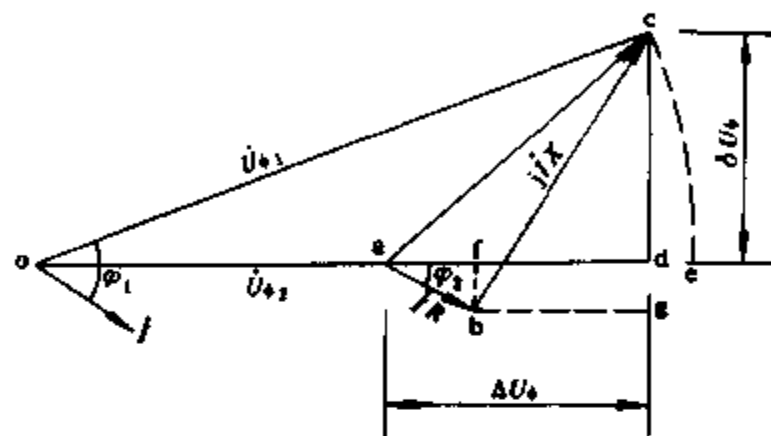


图 2-4 末端带负荷电压相量图

图 2-4 中的 $ad=\Delta U_{\phi}$ 称为电压降落的纵分量, $cd=\delta U_{\phi}$ 称为电压降落的横分量。于是有

$$\begin{aligned} U_{\dot{1}} &= oc \\ &= \sqrt{(oa+ad)^2 + cd^2} \\ &= \sqrt{(U_{\dot{2}} + \Delta U_{\phi})^2 + \delta U_{\phi}^2} \\ \Delta U_{\phi} &= ad \\ &= af + bg \\ &= IR \cos \varphi_2 + IX \sin \varphi_2 \\ \delta U_{\phi} &= cd \\ &= gc - dg \\ &= IX \cos \varphi_2 - IR \sin \varphi_2 \end{aligned}$$

由图 2-4 可知, 电压降的横分量 $\delta U_{\phi}=cd$, 取决于 $\cos \varphi_2$ 。当 $\cos \varphi_2=1$ 时, 电压降的相量 ac 与末端电压 $U_{\dot{2}}$ 同方向, 此时 $\delta U_{\phi}=0$ 。在感性负荷中, 虽然 $\cos \varphi_2 \neq 1$, 但 $\cos \varphi_2$ 的允许值为 0.8, δU_{ϕ} 值也很小, 即 cd 可忽略, 所以常以电压降落的纵分量 ad 代替真正的电压损耗, 其误差不会超过额定电压的 0.5%, 即

$$\Delta U_{\phi} = IR \cos \varphi_2 + IX \sin \varphi_2 \quad (2-4)$$

式 (2-4) 两边各乘以 $\sqrt{3}$, 即可得到以线电压和三相功率表示的电压关系式

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \Delta U_{\phi} \\ &= \sqrt{3} IR \cos \varphi_2 + \sqrt{3} IX \sin \varphi_2 \\ &= \frac{\sqrt{3} IR U_2 \cos \varphi_2}{U_2} + \frac{\sqrt{3} IX U_2 \sin \varphi_2}{U_2} \\ &= \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2} \end{aligned}$$

式中 P_2 ——线路末端有功功率, kW;

Q_2 ——线路末端无功功率, kvar。

在实际计算中, 用线路额定电压 U_N 代替 U_2 , 电压关系一般形式为

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_N} \quad (2-5)$$

电压损耗常以额定电压百分数表示

$$\begin{aligned} \Delta U \% &= \frac{\Delta U}{U_N} \times 100 \\ &= \frac{PR + QX}{U_N^2} \times 100 \\ &= \frac{PR}{U_N^2} \times 100 + \frac{QX}{U_N^2} \times 100 \\ &= \Delta U_r \% + \Delta U_x \% \end{aligned} \quad (2-6)$$

$$\begin{aligned} \Delta U_r \% &= \frac{PR}{U_N^2} \times 100 \\ &= \frac{PLr_0}{U_N^2} \\ &= \frac{PL}{\gamma S U_N^2} \times 100 \end{aligned} \quad (2-7)$$

式中 $\Delta U_r \%$ ——导线电阻引起的电压损耗, %;

$\Delta U_x \%$ ——导线电抗引起的电压损耗, %;

S ——导线截面, mm^2 ;

γ ——导线电导率, $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$;

PL ——负荷距, $\text{kW} \cdot \text{km}$, 见表 2-7 和表 2-8。

线路上有几个负荷时, 其电压损耗为

$$\Delta U = \sum_i \left(\frac{PR + QX}{U_N} \right) \quad (2-8)$$

在低压线路中, 由于导线截面较小, 其电阻比电抗大许多, 或功率因数接近 1 时, 可忽略电抗对电压损耗的影响, 其电压损耗为

$$\Delta U = \frac{PR}{U_N} = \sqrt{3} IR \quad (2-9)$$

三、架空线路导线截面的选择

(一) 按发热条件来选择导线截面

按导线发热条件选择导线截面积, 应按各种不同运行方式以及事故状态下的输送容量进行发热校验。在导线选择时, 不应使预期的输送容量超过导线发热所允许的数值。校验载流量时, 铝及钢芯铝绞线在正常情况下的温度不应超过 70°C , 事故情况下不超过 90°C 。

持续输送容量计算公式为

$$S_N = \sqrt{3} I_N U_N \quad (2-10)$$

式中 S_N ——持续输送容量, kVA;

U_N ——线路额定电压, kV;

I_N ——持续允许电流, A。

表 2-7 380/220V 三相四线制供电时铜导线负荷矩与电压损失对照表

导线截面 (mm ²)	导线截面											
	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
0.2	25	42	66	106	166	266	415	581	830	1160	1580	1990
0.4	50	83	133	199	332	531	830	1160	1660	2300	3150	3980
0.6	75	125	199	299	498	797	1250	1740	2500	3490	4780	5980
0.8	100	166	266	398	664	1060	1670	2320	3320	4656	6300	7970
1.0	125	208	332	498	830	1330	2080	2950	4150	5800	7890	9960
1.2	150	248	398	598	996	1590	2490	3490	4980	6970	9460	11950
1.4	175	291	465	697	1160	1860	2900	4070	5810	8130	11000	13900
1.6	200	332	531	797	1330	2120	3320	4650	6640	9300	12600	15900
1.8	225	374	598	896	1490	2390	3750	5230	7470	10500	14200	17900
2.0	250	415	664	996	1660	2660	4150	5810	8300	11000	15800	19900
2.2	274	457	730	1106	1830	2920	4570	6390	9130	12800	17300	21900
2.4	299	498	797	1200	1990	3190	4980	6970	9960	13900	18900	23900
2.6	324	540	863	1290	2160	3450	5400	7550	10800	15100	20500	25900
2.8	349	581	930	1390	2320	3720	5820	8130	11600	16300	22100	27900
3.0	374	623	996	1490	2490	3980	6230	8720	12500	17400	23700	29900
3.2	398	664	1060	1590	2660	4250	6640	9300	13300	18600	25200	31900
3.4	423	706	1130	1690	2820	4520	7060	9880	14100	19800	26800	33900
3.6	448	747	1200	1790	2990	4780	7470	10500	14900	20900	28400	35900
3.8	473	789	1260	1890	3150	5050	7900	11000	15800	22100	30000	37800
4.0	498	830	1330	1990	3320	5210	8300	11600	16600	23200	33000	39800
4.2	523	872	1390	2090	3490	5580	8720	12200	17400	24400	31500	41800
4.4	548	913	1460	2190	3650	5840	9130	12800	18300	25600	34700	43800
4.6	578	955	1530	2290	3920	6110	9550	13400	19000	26700	36300	45800
4.8	598	996	1590	2390	3980	6370	9970	13900	19900	27900	37800	47800
5.0	623	1038	1660	2490	4150	6640	10400	14500	20800	29000	39400	49800

表 2-8 10 kV 线路负荷矩 (kW·km)

导线	cos φ	1.0	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7
LGJ-16		5100	4780	4640	4520	4380	4300	4240
LGJ-25		7880	7140	6840	6620	6400	6200	6020
LGJ-35		11000	9600	9160	8760	8400	8060	7760
LGJ-50		15900	13300	12300	11600	11100	10500	10000
LGJ-70		22200	17500	16100	15600	14000	13200	12500
LGJ-95		30300	22600	20200	18500	17100	15900	14800
LGJ-120		37000	26300	23200	21000	19200	17600	16400

当导线周围空气温度为 25℃ 时, 计算出的铝绞线和钢芯铝绞线的持续输送容量分别如表 2-9 和表 2-10 所示。

如果最热月份导线周围平均空气温度不等于 25℃ 时, 应将查得的持续输送容量乘以表 2-11 的温度修正系数 K , 进行负荷修正。

表 2-9

LGJ 型导线持续输送容量 (kVA)

导线截面	持续容许 电 流 (A)	电 压 (kV)		
		0.38	6	10
16	105	69	1090	1820
25	135	89	1404	2340
35	170	112	1765	2940
50	220	145	2285	3810
70	275	181	2860	4760
95	335	220	3480	5800
120	380		3950	6580
150	445		4630	7700
185	515		5350	8900
240	610		6339	10565
LGLQ-300	710		7378	12297
LGIQ-400	845		8781	14635

表 2-10

TJ 型钢导线持续输送容量 (kVA)

导线截面	持续容许 电 流 (A)	电 压 (kV)		
		0.38	6	10
16	130	85	1350	2250
25	180	119	1870	3120
35	220	145	2285	3810
50	270	178	2805	4675
70	340	224	3530	5890
95	415		4310	7190
120	485		5040	8400

表 2-11

不同周围空气温度下的修正系数 K

周围空气温度 (C)	5	10	15	20	25	30	35	40
铝导线修正系数	1.2	1.15	1.11	1.05	1.0	0.94	0.88	0.81

(二) 按电压损耗选择导线截面

我们知道, 电流通过导线会产生电压损耗, 如果电压损耗过大, 线路末端电压降低, 会使电动机转矩降低, 照明灯昏暗。因此规定高压配电线路允许电压降为额定电压的 5%; 低压配电线路为 4%。根据式 (2-7) 可得导线截面积为

$$S = \frac{PL}{\gamma \Delta U, \% U_N^2} \times 100 \quad (\text{mm}^2) \quad (2-11)$$

式中 P ——通过线路的有功功率, kW;
 L ——线路的长度, km;

γ ——导线的电导率, $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$;

$\Delta U, \%$ ——容许电压损耗中电阻分量, %。

对于 220V 单相线路其导线截面为

$$S = \frac{KPL}{\gamma \Delta U, \% (0.38)^2} \times 100 \quad (\text{mm}^2) \quad (2-12)$$

式中 K ——校正系数, 随功率因数和导线截面大小而变化, 对于感应电动机, K 可取 1.3。

配电线路一般按电压损耗选择导线截面, 但必须按发热条件进行校验。

在三相四线制电网中, 由于在大多数情况下三相回路不易作到完全对称, 零线电流不为零, 所以规程规定, 零线截面积不得小于相线截面积的一半。单相回路的零线应与相线的截面积相同。

例 2-1 有一条额定电压为 10kV 线路, 用 LGJ 型导线架设, 线间几何均距为 1m, 线路长度为 3km, 有功功率为 1500kW, 功率因数为 0.8, 试选择导线截面。

解 (1) 视在功率为

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{1500}{0.8} = 1875 \quad (\text{kVA})$$

(2) 无功功率为

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{1875^2 - 1500^2} = 1125 \quad (\text{kvar}) \end{aligned}$$

(3) 电抗中的电压损耗。取平均电抗 $X_0 = 0.38 \Omega/\text{km}$, 根据式 (2-6) 得

$$\Delta U_x, \% = \frac{QX}{U_N^2} \times 100$$

若 Q 以 kvar 表示, U_N 以 kV 表示, 则

$$\begin{aligned} \Delta U_x, \% &= \frac{QX}{10U_N^2} \\ &= \frac{1125 \times 0.38 \times 3}{10 \times 10^2} \\ &= 1.28 \end{aligned}$$

(4) 电阻中的电压损耗。允许电压降 $\Delta U\% = 5$, 则

$$\begin{aligned} \Delta U_r, \% &= \Delta U\% - \Delta U_x, \% \\ &= 5 - 1.28 \\ &= 3.72 \end{aligned}$$

(5) 导线截面。根据式 (2-11) 得

$$\begin{aligned} S &= \frac{PL}{\gamma \Delta U_r, \% U_N^2} \times 100 \\ &= \frac{1500 \times 3 \times 100}{38 \times 3.72 \times 10^2} \\ &= 37.8 \quad (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

所以选用 LGJ-50 导线, 其 $r_0 = 0.65 \Omega/\text{km}$, $X_0 = 0.421 \Omega/\text{km}$ (参见表 2-6)。

(6) 线路实际电压损耗校验为

$$\begin{aligned}\Delta U\% &= \frac{PR+QX}{U_N^2} \\ &= \frac{(1500 \times 0.65 + 1125 \times 0.421) \times 3}{10 \times 10^2} \\ &= 4.3 < 5\end{aligned}$$

(7) 按发热条件进行校验。线路通过的电流

$$\begin{aligned}I &= \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi} \\ &= \frac{1500}{\sqrt{3} \times 10 \times 0.8} \\ &= 108 \text{ (A)}\end{aligned}$$

查表 2-9 可知, LGJ-50 导线容许的载流量为 220A, 大于 108A, 故选定的导线满足发热条件。

所选取的导线还要按机械强度校验, 因为在一些特殊情况下, 如负荷电流在 10~20A 的范围内, 无论是按哪种方法选择的导线截面都很小, 机械强度不够, 易断线。所以规程规定架空线路的最小导线截面积不得小于表 2-12 规定的数值。

表 2-12 导线的最小截面积 (mm²)

导线种类	高压配电线路		低电配电线路
	居民区	非居民区	
铝绞线及铝合金线	35	25	16
钢芯铝线	25	16	16
钢线	16	16	(直径 3.2mm)

四、电缆导电线芯截面的选择

电缆导电线芯截面, 一般按发热条件选择。

当电流通过导线时, 导线中就会产生电能损耗, 使导线发热, 温度升高。若温度过高就会使电缆绝缘老化, 甚至损坏。为此, 在表 2-13 中规定了各种类型电缆线芯最高允许发热温度。

表 2-13 导体电缆线芯最高允许温度 (°C)

额定电压 (kV)	电缆种类				
	天然橡皮绝缘	粘性纸绝缘	聚氯乙烯绝缘	聚乙烯绝缘	交链聚乙烯绝缘
3 及以下	65	80	65		90
6	65	65	65	70	90
10		80		70	90

电缆线芯截面 S 和长期允许电流 I 间的关系如表 2-14 所示。此表中的允许电流值, 对于敷设在空气中的电缆, 是按周围空气温度 25°C 计算的, 对于埋在土中或水中的电缆, 和水的温度按 15°C 计算。当介质的实际温度 (最热月平均温度) 不同于上述值时, 其长期容许电流应按表 2-15 规定乘以修正系数。



表 2-14 铝芯、油浸纸绝缘或滴流油浸纸绝缘、铅包或铝包电缆架空敷设（直接埋入地下）时的长期允许载流量

电缆线芯的 截流面积 (mm ²)	长期允许载流量 (A)					
	1 kV			三芯统包型电缆		
	单芯电缆	双芯电缆	四芯电缆	3kV 及以下	6kV	10kV
2.5	31 (—)	26 (29.7)	24 (28)	24 (28)	— (—)	— (—)
4	48 (53)	34 (39)	32 (37)	32 (37)	— (—)	— (—)
6	60 (68)	44 (50)	40 (40)	40 (46)	— (—)	— (—)
10	80 (90)	60 (66)	55 (60)	55 (60)	48 (55)	— (—)
16	100 (120)	80 (88)	70 (80)	70 (80)	60 (70)	60 (65)
25	140 (155)	105 (112)	95 (105)	95 (105)	85 (95)	80 (90)
35	175 (190)	128 (135)	115 (130)	115 (130)	100 (110)	95 (105)
50	215 (235)	160 (168)	145 (160)	145 (160)	125 (135)	120 (130)
70	270 (285)	197 (204)	180 (190)	180 (190)	155 (165)	145 (150)
95	325 (340)	235 (243)	220 (230)	220 (230)	190 (205)	180 (185)
120	375 (390)	270 (275)	255 (265)	255 (265)	220 (230)	205 (215)
150	435 (440)	307 (316)	300 (300)	300 (300)	255 (260)	235 (245)
185	495 (500)	— (—)	345 (340)	345 (340)	295 (295)	270 (275)
240	580 (580)	— (—)	410 (400)	410 (400)	345 (345)	320 (325)

表 2-15 环境温度不同于计算温度时的修正系数

线芯温度 (°C)	不同温度 (°C) 下修正系数								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	1.17	1.13	1.09	1.04	1.0	0.95	0.9	0.85	0.8
65	1.22	1.17	1.12	1.06	1.0	0.94	0.87	0.79	0.71
60	1.25	1.20	1.13	1.07	1.0	0.93	0.85	0.76	0.66
50	1.34	1.26	1.18	1.09	1.0	0.90	0.78	0.63	0.45

如有数条电缆并列埋入地下时，则应按表 2-16 进行校正。

表 2-16 直埋多根并列敷设时允许电流的修正值

根数		1	2	3	4	5
电缆之间净距 (mm)	100	1	0.88	0.84	0.80	0.76
	200	1	0.90	0.86	0.83	0.80
	300	1	0.92	0.89	0.87	0.85

例 2-2 某工厂变电所需要增加一台 750kVA、10/0.4kV 的三相变压器，高压侧使用电力电缆，准备埋入原有两条电缆的旁边，电缆间净距为 200mm，地下最热月平均温度为 10°C，线芯温度为 65°C，试按长期发热条件选择电缆线芯截面。

解 变压器高压侧额定电流为

$$I_N = \frac{750}{\sqrt{3} \times 10} = 43.4 \text{ (A)}$$

地下最热月平均温度为 10°C。查表 2-15 得温度修正系数为 1.17；查表 2-16，得修正系数为 0.86。所以

$$I'_N = \frac{43.4}{1.17 \times 0.86} = 43 \text{ (A)}$$

查表 2-14 可知，应选用 $3\text{mm} \times 16\text{mm}$ 的 10kV 三芯纸绝缘铝芯电缆。

第二节 导线的连接

安装线路时，经常遇到导线不够长或要分接支路，需要把一根导线与另一根导线连接起来，或把导线端头固定于电气设备上。这些连接点处通常称为接头。

导线的连接应符合下列要求：连接要紧密，使接触电阻最小，连接处的机械强度和绝缘强度应该与非连接处相同。

由于导线的材料、线径的大小和对连接的要求不同，所以连接的方法也不同。常用的连接方法有直接连接法、分路连接法、接线柱的连接法及导线的压接等方法。

绝缘导线的连接分为剥切绝缘、导线连接、接头焊接或压接、恢复绝缘四个步骤。

一、导线绝缘层剥切方法

在导线连接前，须把导线端部的绝缘层剥去，剥去绝缘层的长度，依接头方法和导线截面不同而定。剥切方法通常有单层剥法、分段剥法和斜削法三种，如图 2-5 所示。其中单层剥法适用于塑料线；分段剥法适用于绝缘层较多的导线，如橡皮线、铝皮线等；斜削法就是像削铅笔一样。剥切时，应使刀口向外倾斜 45° 角切入绝缘层，如图 2-6 所示。不可垂直切入，不可割伤芯线，否则，就会降低其机械强度，且会因导线截面小而增加电阻。

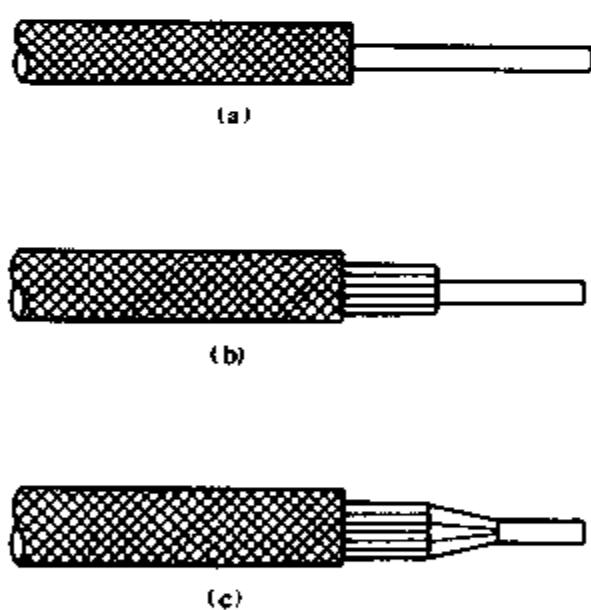


图 2-5 导线绝缘层剥切方法
(a) 单层剥法；(b) 分段剥法；(c) 斜削法

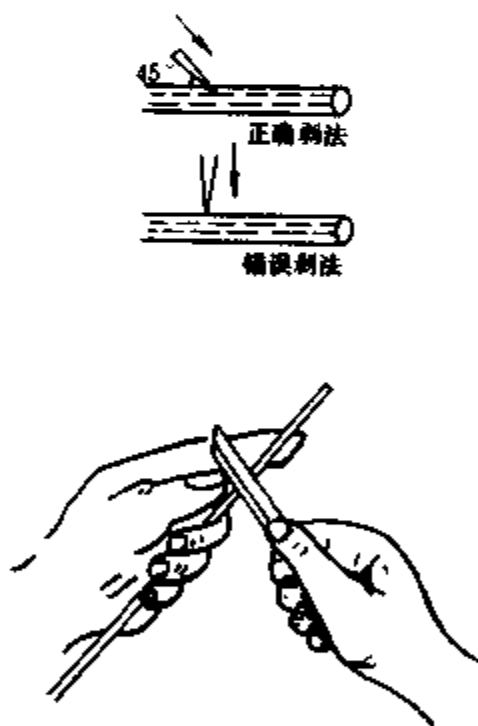


图 2-6 线头剥切方法

二、导线连接方法

(一) 直接连接法

1. 单股导线的绞接连接法

单股导线的直径在 2.6mm 以下者，可采用绞接法连接，如图 2-7 所示，其方法是：

- (1) 把两个相等长度的芯线绞绕 2~3 圈。
- (2) 把绞绕后的线头扳直，按绞绕方向分别把线头在对应的芯线上紧密地缠绕 5~6

圈，用钢丝钳剪去余下的芯线，并钳平芯线的末端。

2. 单股导线的绑接

单股导线直径在 2.6mm 以上者，常采用绑接连接法，如图 2-8 所示。

(1) 把两线的端部用钢丝钳弯起一些，然后把线合并在一起，并在两根导线的凹缝处加上一根辅助线。

(2) 用一根直径为 1.6mm 的裸线做绑线，绑线从中央开始，用钢丝钳分别向左右两端缠绕 5~6 圈。

(3) 把主线多余部分弯曲，使它紧密贴在缠绕层上，绑线再绑缠 5 圈，把余下的绑线和辅助线绞合在一起，互相捻绞 5~6 圈。

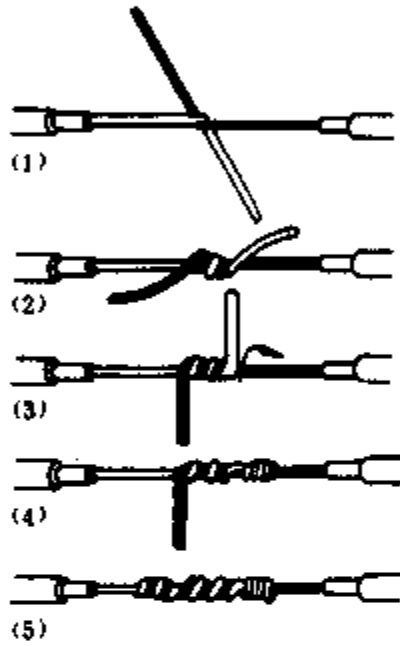


图 2-7 单股导线的绞接连接法

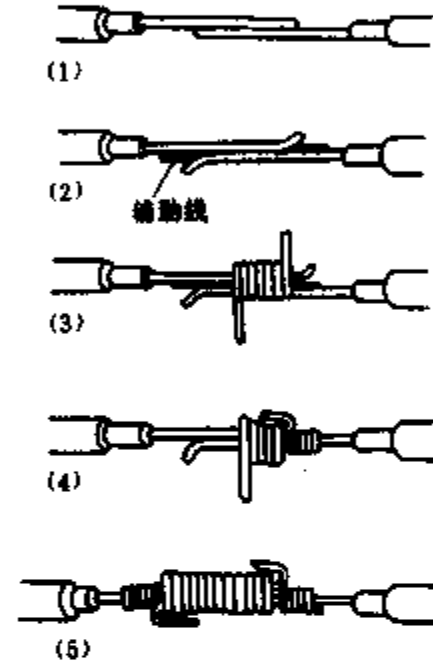


图 2-8 单股导线的绑线连接法

3. 多股导线的绞接连接法

多芯导线中用得最多的是 7 根芯线的导线，它的连接方法如图 2-9 所示。

(1) 把线头的绝缘层剥掉。

(2) 把线芯松散开来并钳直。

(3) 把靠近橡胶层 $1/3$ 的线头绞得比松散前更紧，并把余下部分扳成伞骨形。

(4) 把两个伞骨形线芯一根隔一根地交叉插在一起。

(5) 捏平互相交叉插入的线芯。

(6) 把左边线头的任意两根相邻线芯扳直并按箭头方向缠绕。

(7) 缠绕两圈后，也把它们向右折直。

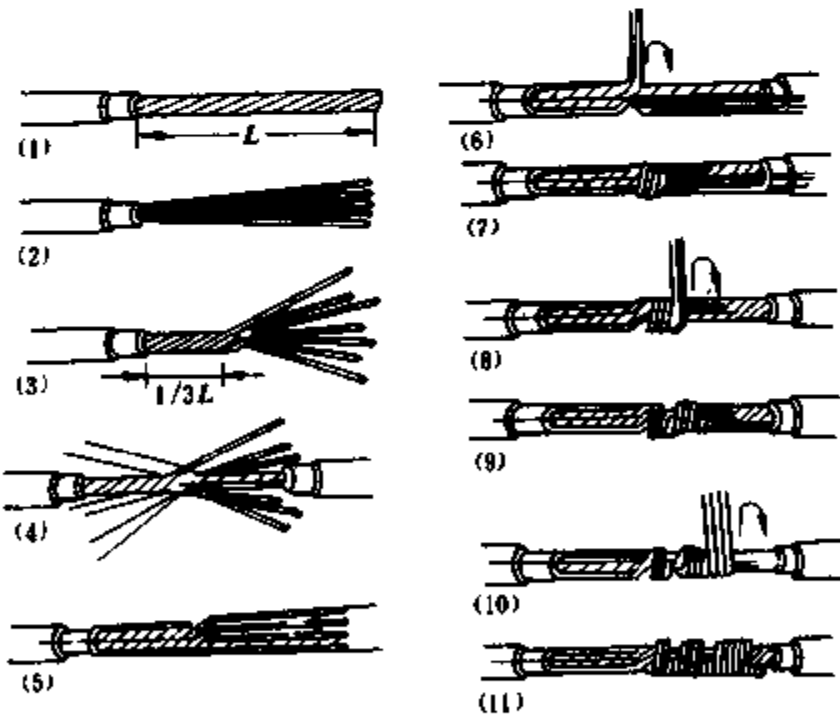


图 2-9 多股导线的绞接连接法

(8) 再把左边线头的另外两相邻的线扳直，按箭头方向紧紧地压住前两根向右折直的芯线进行缠绕。

(9) 缠绕两圈后，也把线头向右折直。

(10) 把左边余下的三根线芯扳直，按箭头方向紧压在已向右折直的前四根线芯上缠绕。

(11) 缠绕 3 圈后，切去余下的线芯，并钳平端头。

(12) 用 (6) ~ (11) 的方法再缠绕右边线头的线芯。

4. 多股导线的绑线连接法

(1) 把两根同股数的多股导线的线芯分别从剥除绝缘部分的 $1/2$ 处顺着次序解开板成伞骨形，拉直并弄干净。

(2) 把两伞骨形线芯互相交叉着插到底，最后把两边线芯顺着次序合拢成一体。

(3) 在合拢的芯线上加上辅助线，用绑线从接头中间开始分别向两端缠绕（宜用钢丝钳钳紧绑线），绕到将近芯线端时，把芯线头弯回压在缠绕层上面，此后再用绑线继续缠绕 5 ~ 6 圈后，把多余的绑线剪去。绕好后的接头如图 2-10 所示。

5. 粗细不等单股导线的连接法

(1) 用细导线往粗导线上缠绕 5 ~ 6 圈，再将粗导线端头弯回压在细导线缠绕层上。

(2) 继续用细导线将粗导线和弯回的粗导线线头缠在一起，缠绕 3 ~ 5 圈后，剪去多余的线头，连接好的接头如图 2-11 所示。



图 2-10 多股导线的绑线连接法



图 2-11 粗细不等的导线连接

(二) T 型连接法

1. 单股导线的 T 型绞接连接法

如果支线是直径 1.6mm 左右的单股细导线，可采用绞接法连接，如图 2-12 所示。

(1) 把分支线的线芯垂直放在干线上。

(2) 将支线线头按顺时针方向紧密地缠绕在干线上。

(3) 缠绕 5 ~ 8 圈后，用钢丝钳剪去余下的芯线，并钳平支线芯线的末端。这时要求支线不能在干线上滑动。

2. 单股导线的 T 型绑线连接法

支线直径为 5mm 左右的粗导线，宜采用绑线法连接，如图 2-13 所示。

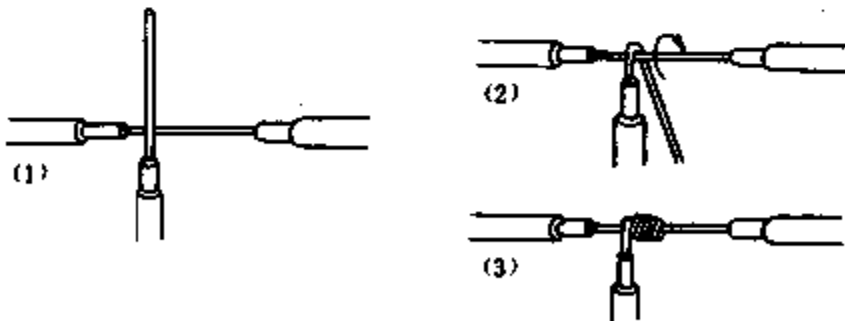


图 2-12 单股导线的分路绞接连接法

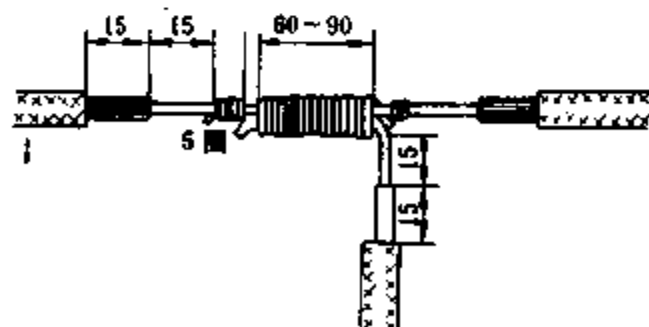


图 2-13 单股导线的分路绑线连接法

(1) 把支线的芯线弯成 90° 靠在干线芯线上，并把线端稍微弯曲。

(2) 在支线和干线之间的凹缝处加一直径为 1.6mm 的裸线作辅助线，再用一根同样 1.6mm 的裸线做绑线。

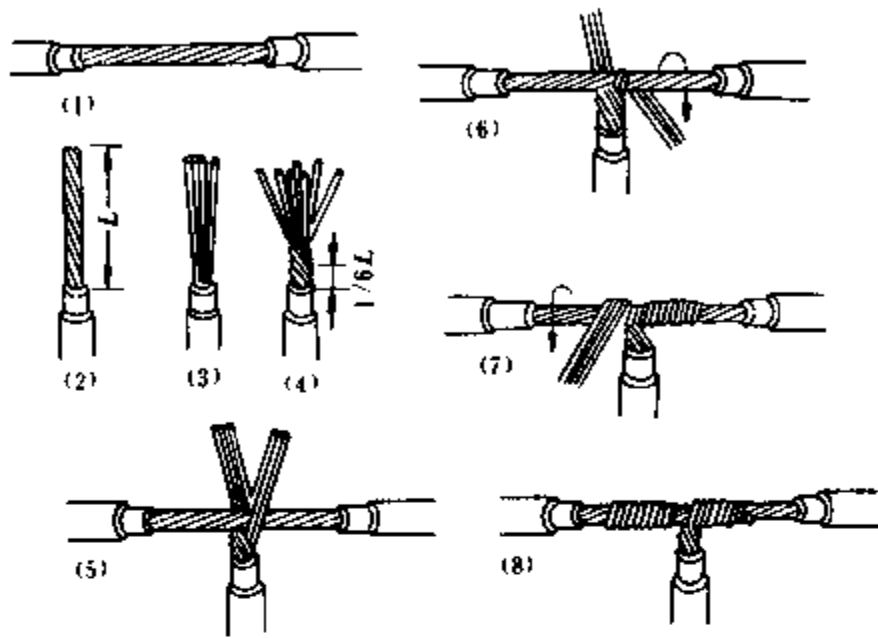


图 2-14 多股导线的分路绞接连接法

4. 多股导线的 T 型绑线连接法

当支线芯线比较粗大而坚硬时，可采用绑线方法连接，如图 2-15 所示。

(1) 把支线芯线线头分成大体上相等的两组并各向左和右弯折 90°，紧贴在干线芯线的下半面。

(2) 用一根直径 1.6mm 的裸线作绑线，将绑线中点放在支线叉开的地方，自中部开始分别向左、右两边紧密缠绕。

(3) 缠绕到将近支路芯线末端时，把支路芯线线头略向外弯曲，绑线继续在干线上紧密缠绕 5~6 圈，最后把余下的绑线剪去。

(三) 导线与接线柱的连接

在用电器或电气设备上连接导线，要利用接线柱。常见的接线柱有针孔式和螺丝压接式两种。导线端头接到接线柱上或压装在螺丝帽下的时候，一定要使接触面光洁，连接紧密、牢固，使接触电阻最小。

截面在 10mm^2 以下的单股导线，截面在 4mm^2 以下的多股导线以及截面在 2.5mm^2 以下的软线，可以直接接到用电设备的接线柱上。单股导线的线头，应按顺时针方向弯成比接线柱直径略大的圆圈，然后套在接线柱上，将螺丝拧紧，如图 2-16 所示。

多股导线或软线的线头，必须预先把它绞紧，再焊上焊锡，使线头成为一个整体，像单股导线一样，然后按单股导线的安装办法连接。

截面在 10mm^2 以上的单股导线，截面在 4mm^2 以上的多股导线以及截面在 2.5mm^2 以上的软线，由于线粗，不容易弯成圆圈，同时接头的接触面太小，传导电流大，容易发热，因此应焊装铜接头，如图 2-17 所示。

(3) 用绑线将干线、支线和辅助线紧密地绑在一起，其绑绕长度为 60~90mm，然后继续用绑线在干线和辅助线上分别向两端各绕 5~6 圈。再将绑线和辅助线在两端各绞拧 5~6 圈，剪去多余的线头。

3. 多股导线的 T 型绞接连接法

支线的芯线比较细软时，可用绞接法连接，如图 2-14 所示。剪去中间的股线把剩余股线分成相等的两部分并理顺，交叉插到干线芯线的中点上，然后左右两边各缠绕三圈或四圈，但缠绕方向要相反，最后将分支线稍微拧紧。

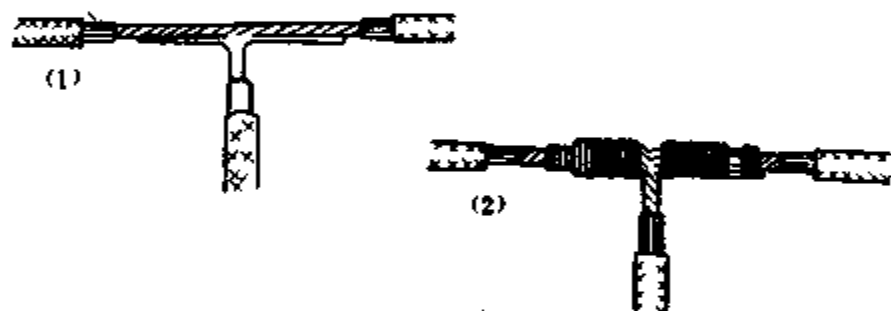


图 2-15 多股导线的分路绑线连接法

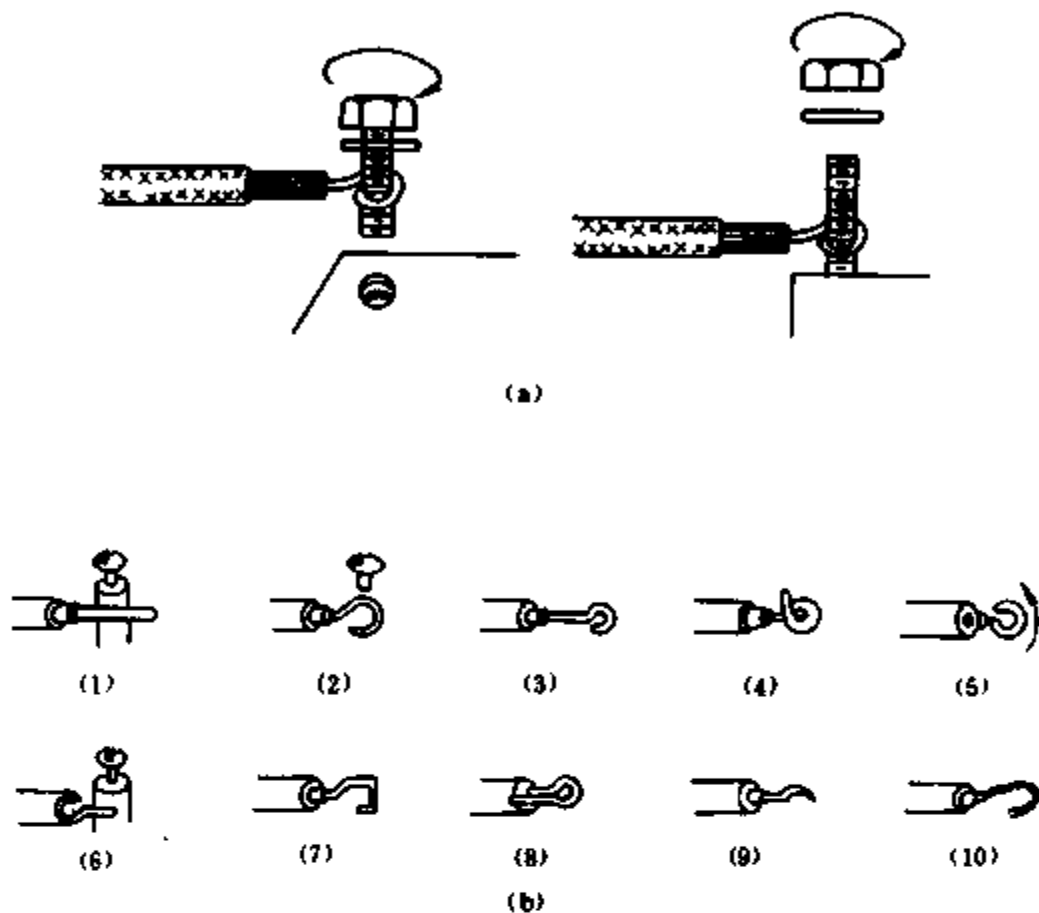


图 2-16 小直径单股导线与接线柱的连接
(a) 正确的接线；(b) 错误的接线

- (1) 一线芯头太长；(2) 一圆圈太大；(3) 一根部太长；(4) 一线芯头太长；(5) 一圆圈反向；
(6) 一线芯头太短；(7) 一圆圈不圆；(8) 一根部太短；(9) 一线芯头太短；(10) 一露出细丝

导线连接处，为了恢复绝缘，应包缠绝缘带。常用的绝缘带有橡胶带、黄蜡布带和黑胶布带三种。它们具有不同的特性，如橡胶带有粘性，但不吸潮，适用于包缠橡胶绝缘的导线接头；黄蜡布带绝缘性能好，表面光洁，但没有粘性；黑胶布带则有粘性，并能耐风雨。

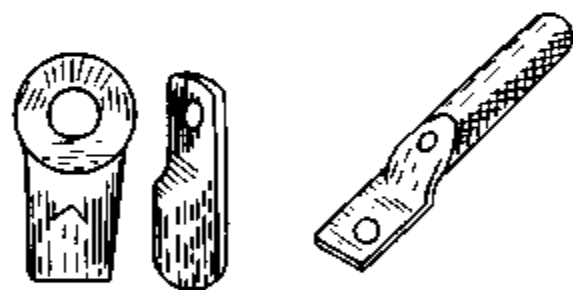


图 2-17 铜接头

在橡胶绝缘导线接

头上缠绕绝缘层时，应先用橡胶带或黄蜡布带紧缠两层，自接头一端导线的绝缘层开始，缠绕到另一端导线的绝缘层上面为止。采用斜迭加缠绕，使每圈压迭绝缘布带宽度的一半。第一层缠绕完毕后，再用另一斜迭方向缠绕第二层，如图 2-18 所示。绝缘层的缠绕厚度应与导线的原有橡胶层一样。然后，在橡胶带或黄蜡布带上面，再用黑胶布带依照上面同样方法紧密缠绕两层，并且要包一段纱编织层使潮气不能浸入。

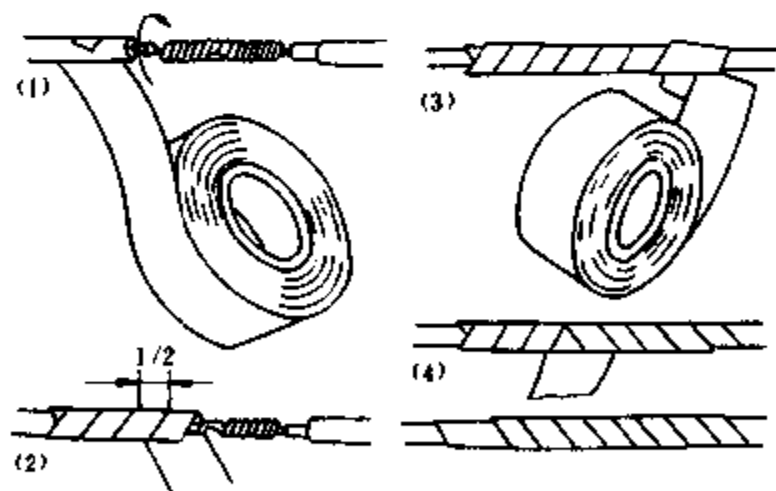


图 2-18 绝缘布带的缠绕

连接用电设备上的导线端头和铜接头的导线端，应以黄蜡布带或橡胶带先缠绕两层，然后再用黑胶布缠绕两层。

上述几种绝缘带，也可以用聚氯乙烯带来代替，聚氯乙烯具有粘性和很好的绝缘性能。

第三节 室内配线

一、室内配线的种类、技术要求及工序

(一) 种类

室内配线有明配线和暗配线两种。导线沿墙壁、天花板、桁架及柱子等明敷设称为明配线；导线穿管埋设在墙内、地板内或装设在顶棚里称为暗配线。配线方式通常有瓷（塑料）夹板配线、瓷瓶配线、槽板配线、钢（塑料）管配线，铝片卡（铝皮轧头）配线以及钢索配线等。

(二) 技术要求

室内配线不仅要使电能传送安全可靠，而且要使线路布置合理、整齐、安装牢固，其技术要求如下：

(1) 使用的导线其额定电压应大于线路的工作电压。导线的绝缘应符合线路的安装方式和敷设的环境条件。导线截面应能满足供电和机械强度的要求。

(2) 配线时应尽量避免导线有接头，因为常常由于导线接头不好而造成事故。必须接头时，应采用压接和焊接。导线连接和分支处不应受到机械力的作用。穿过管内的导线，在任何情况下，都不能有接头。必要时，尽可能把接头放在接线盒或灯头盒内。

(3) 明配线路在建筑物内应水平或垂直敷设，水平敷设时，导线距地面不小于 2.5m；垂直敷设时，导线距地面不小于 2m，否则，应将导线穿在钢管内加以保护，以防机械损伤。配线位置，应便于检查和维修。

(4) 当导线穿过楼板时，应设钢管加以保护，钢管长度应从高于楼板面 2m 处，到楼板下出口为止。

导线穿墙要用瓷管保护，瓷管的两端出线口，伸出墙面不小于 10mm，这样可以防止导线和墙壁接触，以免墙壁潮湿而产生漏电等现象。导线过墙用瓷管保护，除穿向室外的瓷管应一线一根外，同一回路的几根导线可以穿在一根瓷管内，但管内导线的总面积（包括绝缘层）不应超过管内截面积的 40%。

当导线沿墙壁或天花板敷设时，导线与建筑物之间的距离一般不小于 10mm。在通过伸缩缝的地方，导线敷设应稍有松弛，对于钢管配线，应装设补偿盒，以适应建筑物的伸缩性。

当导线互相交叉时，为避免碰线，在每根导线上套以塑料管或其他绝缘管，并将套管牢靠地固定，不使其移动。

(5) 为确保安全用电，室内电气管线和配电设备与其它管道、设备间的最小距离都有一定规定，详见表 2-17，表中有两个数字者，分子数为电气管线敷设在管道上的距离，分母为电气管线敷设在管道下面的距离。施工时，如不能满足表中所列距离，则应采取其他保护措施。

表 2-17

室内电气管线和配电设备与其它管道、设备之间的最小距离 (m)

类别	管线及设备名称	管内导线	明敷绝缘导线	裸母线	滑触线	配电设备
平行	煤气管	0.1	1.0	1.0	1.5	1.5
	乙炔管	0.1	1.0	2.0	3.0	3.0
	氧气管	0.1	0.5	1.0	1.5	1.5
	蒸气管	1.0/0.5	1.0/0.5	1.0	1.0	0.5
	暖水管	0.3/0.2	0.3/0.2	1.0	1.0	0.1
	通风管	—	0.1	1.0	1.0	0.1
	上、下水管	—	0.1	1.0	1.0	0.1
	压缩气管	—	0.1	1.0	1.0	0.1
	工艺设备	—	—	1.5	1.5	—
	交叉	煤气管	0.1	0.3	0.5	0.5
乙炔管		0.1	0.5	0.5	0.5	—
氧气管		0.1	0.3	0.5	0.5	—
蒸气管		0.3	0.3	0.5	0.5	—
暖水管		0.1	0.1	0.5	0.5	—
通风管		—	0.1	0.5	0.5	—
上、下水管		—	0.1	0.5	0.5	—
压缩气管		—	0.1	0.5	0.5	—
工艺设备		—	—	1.5	1.5	—

(三) 工序

- (1) 按设计图纸确定灯具、插座、开关、配电箱、起动设备等的位置。
- (2) 沿建筑物确定导线敷设的路径、穿过墙壁或楼板的位置。
- (3) 在土建未抹灰前, 将配线所有的固定点打好孔眼, 预埋绕有铁丝的木螺钉、螺栓或木砖。
- (4) 装设绝缘支持物、线夹或管子。
- (5) 敷设导线。
- (6) 导线连接、分支和封端, 并将导线出线接头和设备连接。

二、瓷夹板和瓷瓶配线

在室内配线中, 经常采用瓷夹板、塑料夹板和瓷瓶配线。由于瓷夹板和塑料夹板比较薄, 机械强度小, 而且导线距建筑物较近, 因此, 只适用于电量较小及干燥的地方。瓷瓶绝缘强度高, 机械强度大, 它适用于用电量较大、用电环境较潮湿的地方。

(一) 准备工作

(1) 定位。定位工作应在土建未抹灰前进行。首先按施工图确定灯具、开关、插座和配电箱等设备的安装地点, 然后再确定导线的敷设位置、穿过墙壁和楼板的位置, 以及起始、转角、终端夹板和瓷瓶的固定位置, 最后确定中间夹板或瓷瓶的安装位置。在开关、插座和灯具附近约 50mm 处, 都应安装一付夹板或瓷瓶。

(2) 划线。划线工作应考虑所配线路适用、整洁、美观, 尽可能沿房屋线脚、墙角等处敷设, 并与用电设备的进线口对正。划线可用粉袋线, 也可采用边缘有正确尺寸刻度的木

板条。划线时，沿建筑物表面由一端向另一端逐段划出导线所经过的路径，用铅笔或粉笔划出夹板或瓷瓶的安装位置，并在每个开关、灯具、插座固定的中心处划一个“×”号。如果室内已粉刷，划线时应注意不要弄脏建筑物表面。

划线时相邻夹板或瓷瓶间的距离不要太大，排列要对称均匀。导线固定点间的距离和绝缘导线间的距离，见表 2-18。

表 2-18 绝缘导线间和导线固定点间距离 (mm)

配线地点	配线方式	导线截面 (mm ²)	固定点间最大允许距离 (mm)	导线间最小允许距离 (mm)
室内配线	瓷(塑料)夹板	1~2.5	600	—
		4~10	800	—
	瓷瓶	1~2.5	2000	70
		4~10	2500	70
		16~25	3000	100
		35~70	6000	150
95~120	6000	150		

(3) 凿眼。可按预定的位置进行凿眼。在砖墙上凿眼，可采用钢凿或电钻。用电钻钻眼时，应采用合金钢钻头。用钢凿眼时孔口要小，孔内要大，孔深按实际需要确定，要尽量避免损坏建筑物，如在墙上凿穿通的孔，在快要打通时注意减小工具上的压力，以免将墙壁的另一面打掉大块的砖。在混凝土结构上凿眼，可采用钢钎或电锤。用钢钎打眼，操作时钢钎要放直，用铁锤敲击，边敲边转动钢钎，切不可用力过猛，以防把钢钎头打断。

(4) 埋设紧固件。所有的孔眼凿好后，可埋设木砖（经过干燥浸沥青的）、支架或缠有铁丝的木螺钉。埋设时，首先在孔眼中洒水淋湿，然后用水泥灰浆填充。图 2-19 是缠有铁丝的木螺钉形状，这是一种习惯用的方法，因为它比较可靠，所以目前还普遍采用。埋设时，将缠有铁丝的木螺钉用水泥灰浆嵌入凿好的孔中，当灰浆干燥至相当硬度后，放出木螺钉，装上夹板或瓷瓶。

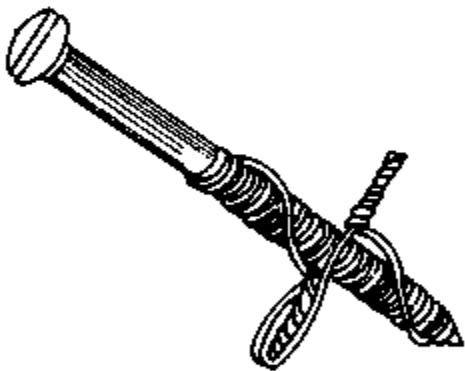


图 2-19 绕有铁丝的木螺钉

(5) 埋设保护管。穿墙瓷管或过楼板钢管，最好在土建时预埋，这样可以减少凿孔眼的工作量。过梁或其它混凝土结构上预留穿管孔，应当在土建铺模时进行，按正确位置放好适当大小的塑料管。

(二) 瓷夹板与瓷瓶的固定

瓷夹板与瓷瓶固定方法随支持面的形状而定，在木结构上固定瓷夹板和瓷瓶，可用木螺丝直接拧入。用于瓷夹板时，木螺丝的长度为瓷夹板高度的两倍；用于鼓形瓷瓶时，木螺钉的规格可按表 2-19 选择。在砖墙上，可利用预埋的木砖缠有铁丝的木螺钉固定，也可装在预埋的支架上。

表 2-19

固定鼓形瓷瓶所用木螺钉的规格

导线截面 (mm ²)	瓷瓶规格	木螺钉规格	
		号数	长度 (in)
10 以下	G-20	12	2 $\frac{1}{2}$
16~50	G-35	13	3
75 以上	G-38~50	14	3 $\frac{1}{2}$

在混凝土结构上，瓷夹板和瓷瓶的固定方法通常有四种：一种是利用上面所讲的绕有铁丝的木螺钉固定。这种方法只能固定瓷夹板和鼓形瓷瓶。第二种是利用支架固定。这种方法常用于固定鼓形瓷瓶蝶形瓷瓶、针式瓷瓶等，如图 2-20 所示。第三种方法利用膨胀螺栓固定。这种方法也适用于砖墙上固定瓷夹和鼓形瓷瓶。第四种是利用粘接剂粘接。这种方法常用来粘接瓷夹板、塑料夹板和鼓形瓷瓶等。它不仅用于混凝土结构上粘接，而且也适用在钢结构、木结构上的粘接。瓷夹板、塑料夹板和鼓形瓷瓶，用环氧树脂粘接固定，方法如图 2-21 所示。粘接时，用钢丝刷把粘接面刷干净，再用湿布揩净晾干，否则就会影响粘接强度。粘接面处理干净后，将粘接剂涂在瓷夹板或瓷瓶底部。涂料要均匀，不能太厚。粘接时，可用手稍加一定压力，边压边转，使粘接面有良好的接触。粘接后，养护 1~2 天，使粘接剂充分硬化，夏天养护时间可短些。

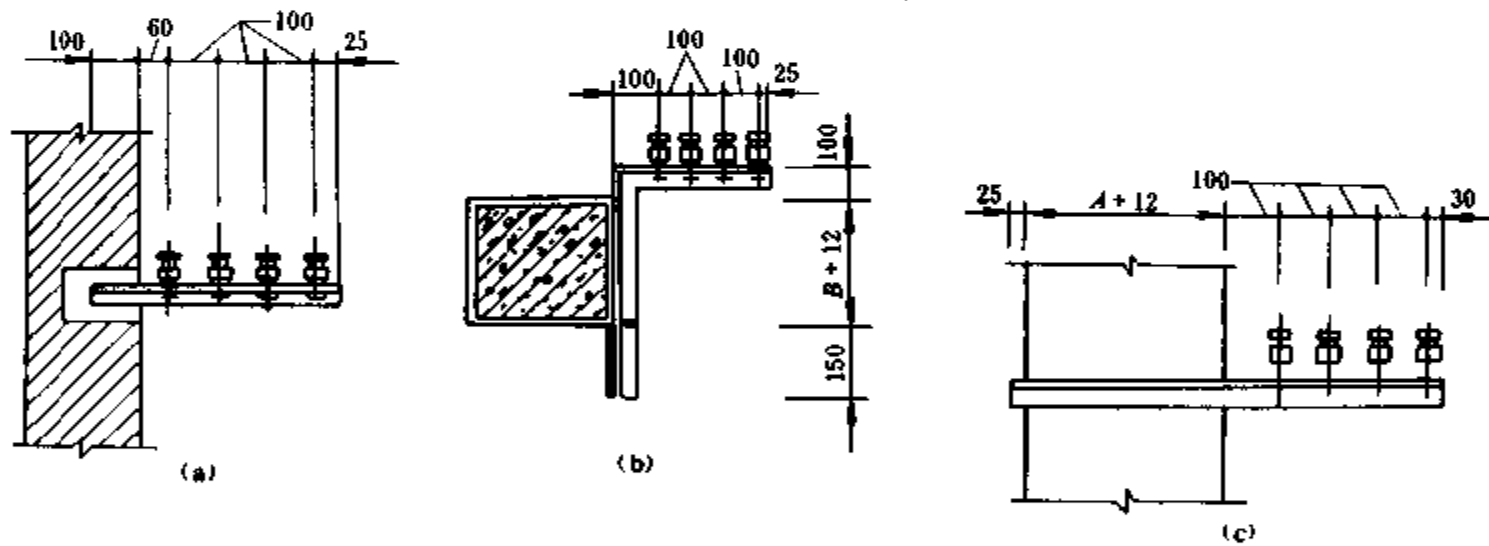


图 2-20 瓷瓶在支架上固定的方法

(a) 在墙上；(b) 在桁架上；(c) 在柱上

环氧树脂粘接剂的配方见表 2-20。为施工方便，可先将环氧树脂与苯二甲酸二丁酯按配比调和，加入填料再搅拌成糊状。调好后的粘接剂，须在 1h 内用完，因此，不要一次调制过多，要适当掌握好，以免凝固不能使用，造成浪费。乙二胺和二乙烯三胺是有毒的固化剂，调制时应加以注意，不要用手直接接触，应带橡皮手套、手指套和口罩等防护用具。

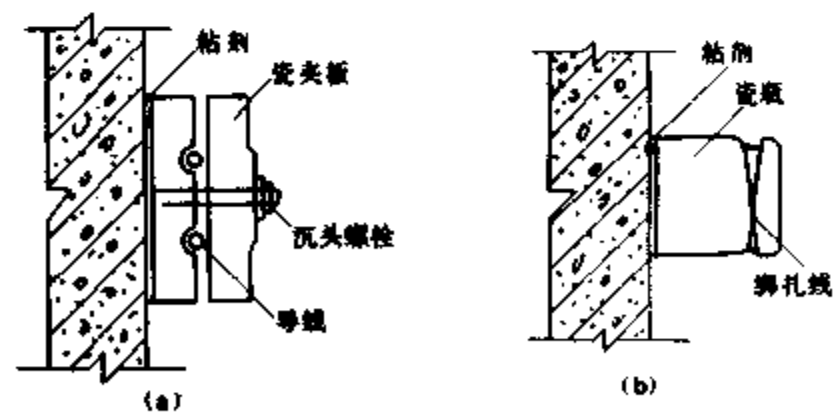


图 2-21 用环氧树脂粘接固定的方法

(a) 瓷夹板粘接法；(b) 瓷瓶粘接法

表 2-20

环氧树脂粘接剂配比 (重量比)

环氧树脂 石棉粉粘剂	环氧树脂粘接剂配比 (重量比)			
	6101 环氧树脂	苯二甲酸二丁酯	二乙烯三胺	石 棉 粉
	100	20	6~8	10
环 氧 树 脂 水 泥 粘 剂	配 比	6101 环氧树脂	苯二甲酸二丁酯	乙 二 胺
	1:2	100	30	13~15
	1:3	100	40	13~15
	1:4	100	50	13~15
				水 泥
				200
				300
				400

在导线分支转弯和交叉的地方，瓷瓶的固定方式如图 2-22 所示。

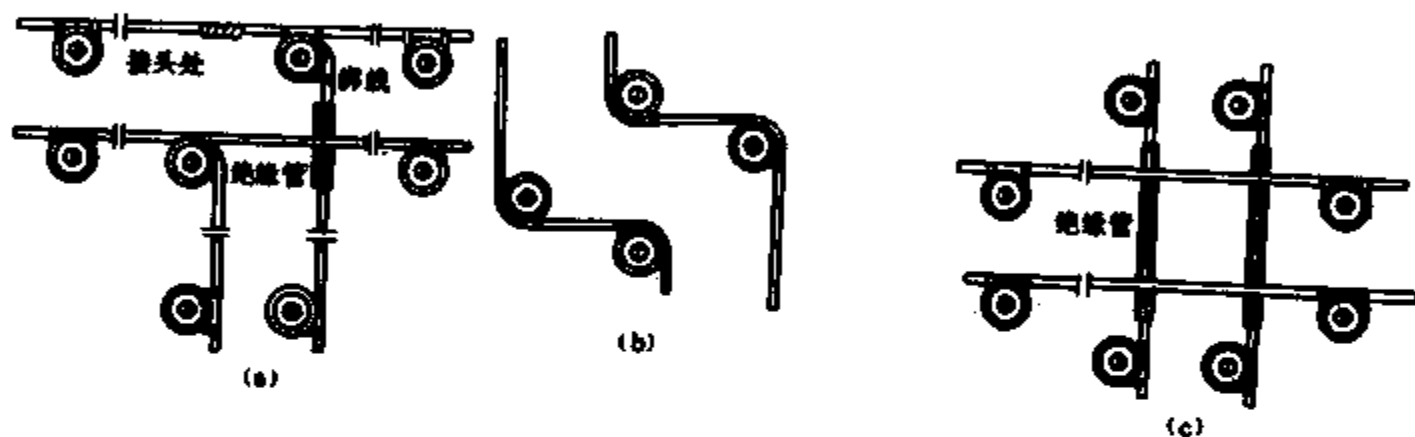


图 2-22 瓷瓶在转弯、交叉、分支处的固定方法
(a) 分支; (b) 转弯; (c) 交叉

(三) 导线的敷设

敷线时，如果线路较长，数量较多，可采用放线架，如图 2-23 所示。将整盘导线放在放线架上，从线盘上松开导线，并将导线拉直。如果线路较短，可采用手工放线，放线时，应顺着导线盘的缠绕方向，边转边放，如图 2-24 所示。放松导线应避免产生急弯。架线时，若需要加套管的地方要事先套好套管。

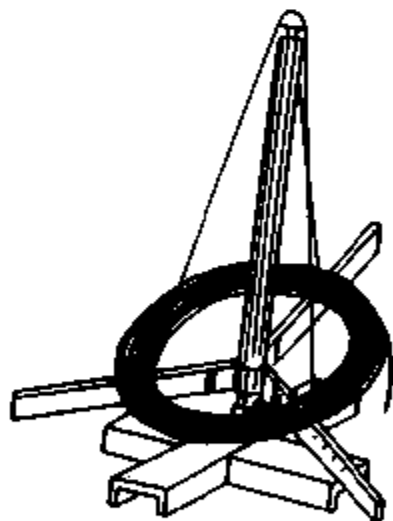


图 2-23 放线架

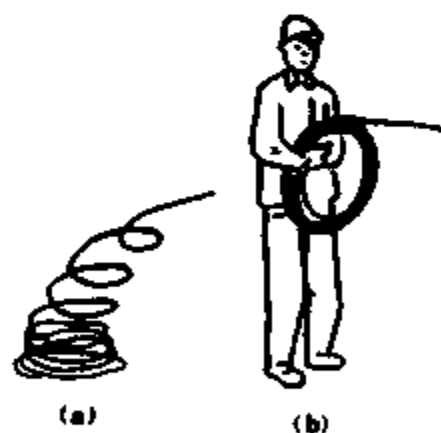


图 2-24 手工放线
(a) 错误的放线法; (b) 正确放线法

在瓷夹板和瓷瓶上固定导线，应从一端开始，先将导线夹在瓷夹板的槽内，或绑扎在瓷瓶的颈部。如果导线弯曲，应事先调直，对于小截面导线，可用螺丝刀的木柄在导线弯曲部分来回擦动几次，使导线挺直，也可用抹布捋直；对于截面较大的导线，可用滑轮调直；个别不直的地方，可用木锤轻轻打平。调直后，再将导线向另一端拉直固定，最后把

中间导线固定。

当导线穿过墙壁时，应将导线穿在预先埋设的瓷管内，并在墙壁的两边用瓷瓶或瓷夹板固定。当导线自潮湿房屋通入干燥房屋时，瓷管两端应用沥青胶封住，以防潮气浸入。

当导线穿过楼板时，也应将导线穿在预先埋设的钢管内。穿线时，先在钢管两端装好护线套，再进行穿线，这样就可避免管口割破导线的绝缘。

在低压瓷瓶上，直线段导线的绑扎方法有两种。截面在 6mm^2 以下的导线，可采用单绑法，如图 2-25 (a) 所示。截面在 10mm^2 以上的导线，可采用双绑法，如图 2-25 (b) 所示，导线的终端可绑回头线，如图 2-26 所示。其公卷数和单卷数与导线截面关系如表 2-21 所示。

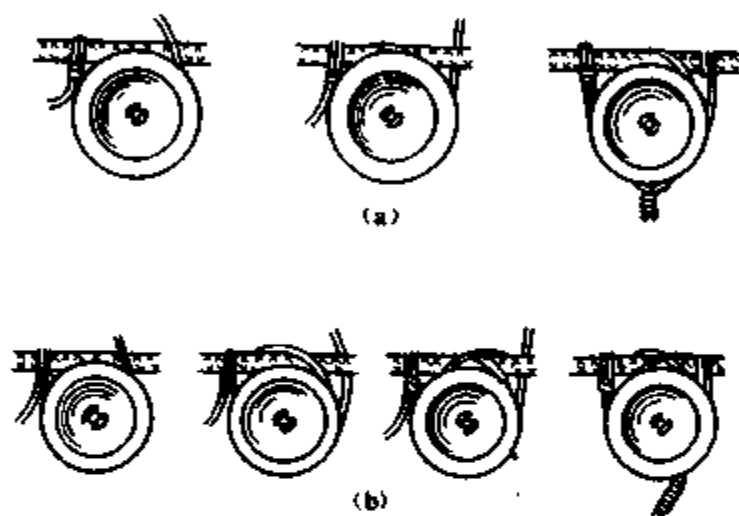


图 2-25 导线的绑扎方法
(a) 单绑法；(b) 双绑法

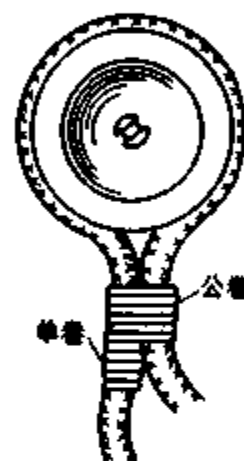


图 2-26 终端导线绑扎法

表 2-21 瓷瓶配线终端回头绑扎的公卷与单卷数

导线截面 (mm^2)	1.5~2.5	4~25	35~70	95~120
公卷数	8	12	16	20
单卷数	5	5	5	5

在绑扎导线时，两根导线应放在瓷瓶的同侧，或同时放在瓷瓶的外侧，但不可同时放在瓷瓶的内侧，如图 2-27 所示。

三、槽板配线

槽板配线就是把绝缘导线敷设在槽板的线槽内，上面用盖板把导线盖住。这种配线方式适用于办公室、生活间等干燥的房屋内。常用的槽板有两种，一种木槽板，另一种是塑料槽板。槽板有双线的，也有三线的。槽板配线施工步骤如下：

(一) 定位划线

槽板配线的定位划线，预埋穿墙和过楼板保护管等与前述方法相同。为使线路安装得

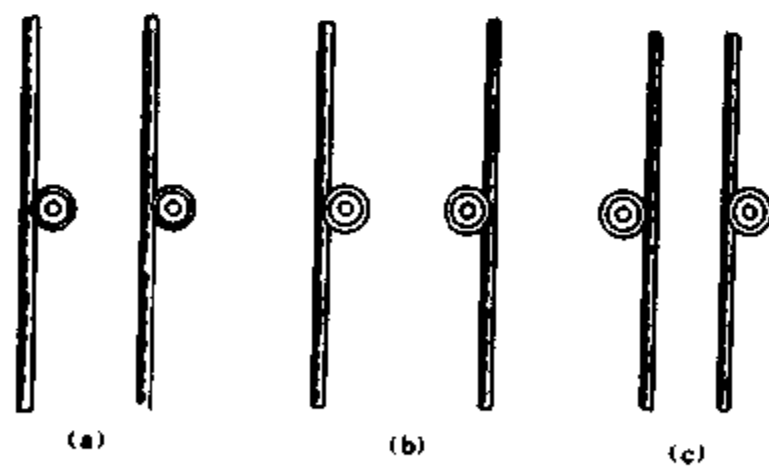


图 2-27 导线绑扎
在瓷瓶上的位置

(a) 正确；(b) 正确；(c) 不正确

整齐、美观，应尽量沿房屋的线脚、槽梁、墙角等处敷设，与建筑物的线条平行或垂直。

选好线路敷设路径后，根据每节木槽板的长度，测定木槽板底槽固定点的位置。

(二) 槽板固定

安装时，首先将平直和弯曲槽板分别挑选出来，以便在安装时把平直的用于平顶及明显处，弯曲的用于较隐蔽的地方。

槽板的锯断和弯曲可用钢锯或特制的小木锯。锯弯时，底板的内弯要锯在面部，外弯须锯在底部，盖板无论内弯和外弯，一律锯在盖板的背部。塑料槽板的弯曲，可用局部加热撬弯。

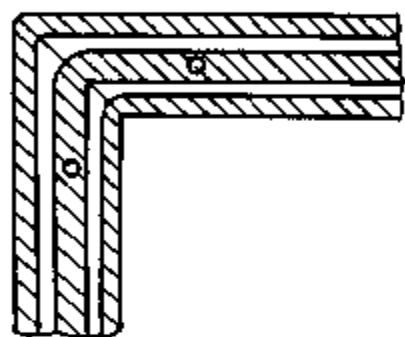


图 2-28 槽板底
槽转角处的加工方法

在底板拼接时，线槽要对准，拼接应紧密。如遇分支“T”型拼接时，在拼接点上把底板的筋用锯子锯掉后铲平，使导线在线槽中能够宽畅地通过。如在凹凸不平的墙面上安装槽板，应把底板锯成适合墙面凹凸的形状，使它紧贴墙面。

槽板在转角处连接时，应把两根槽板端部各锯成 45° 斜角，并把转角处的线槽内侧削成圆形，以免碰伤导线绝缘。安装方法如图 2-28 所示。直线处两底槽连接时，应各自锯成 45° 角相拼接。线槽封端处，将底槽锯成斜角。

在固定底槽时，可在距底槽起点或终点 30mm 处用钉子或木螺钉固定；在中间两钉之间距离一般不大于 600mm。三线槽板的底槽应左右交错固定。在砖墙上固定槽板，可用钉子把槽板钉在预先埋好的桩或木板条上。在混凝土上，可利用预先埋好的绕有铁丝的木螺钉固定。在灰板墙上和天棚上固定槽板，可用钉子直接钉入，方法是先用铁锤轻轻敲击，寻找灰板层内的筋条，敲击时听到声音坚实者即为筋条处，然后将底槽用钉子钉在筋条上，如果槽板的固定点在筋条档的间距内时，可用平头木螺钉将底槽拧在灰板条上。

(三) 导线敷设

槽板的底槽固定好后，就可敷设导线。为便于检修，所敷线路以一分路一条槽板为原则。槽板内导线尽量避免有接头，因为接头常常是故障的所在处。当导线敷设到灯具、开关、插座等接头处，要留出线头，一般以 100mm 为宜，以便连接。在配电箱及集中控制的开关板等处，则可按实际需要余留足够长度导线，并在线端作好统一记号，以便接线时识别。

(四) 固定盖板

这道工序和敷线同时进行，边敷线边将盖板固定在底槽上。固定盖板可用钉子直接钉在底槽的中心线上。钉子钉入时，钉子要放正，不能钉到导线上，两端钉子离盖板端部不应大于 40mm，中间钉与钉之间的距离不应大于 300mm，如图 2-29 所示。盖板的接口和底槽的接口应错开，其间距一般为槽板宽度。接口处锯成 45° 斜角，使接口紧密、不留空隙。槽板在终端处的安装方法如图 2-30 所示，将盖板按底槽斜度折覆固定。

四、护套线配线

塑料护套线是一种具有塑料保护层的双芯或多芯绝缘导线，具有防潮、耐酸和耐腐蚀

等性能，可以直接敷设在空心楼板、墙壁以及建筑物上，用铝片卡作为导线的支持物。塑料护套线的施工方法如下：

(一) 定位划线

定位划线工作与前面所讲的一样，确定起点、终点及导线走向后，按护套线安装要求，每隔 150~300mm 划上固定铝片卡的位置。距开关、插座、灯具的木台 50mm 处和导线转弯两边的 80mm 处，都为设置铝片卡的固定点。

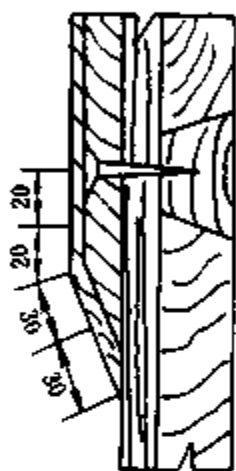


图 2-30 槽板的封端 (单位: mm)

(二) 铝片卡的固定

在混凝土结构上，可采用环氧树脂粘接；在木结构上，可用钉子钉牢；在有抹灰层的墙上，可用鞋钉直接钉住铝片卡。

采用环氧树脂粘接固定铝片卡的方法，如图 2-31 所示。粘接剂可按表 2-20 配制。粘接前须将建筑物上的粘接面用钢丝刷擦净，然后把配制好的粘接剂用薄竹片或玻璃棒涂在固定点的表面和铝片卡底座的接触面上。粘接剂抹得要均匀、涂层要薄。操作时，可用手稍加一定压力，使两个粘合面有良好的接触。

粘完后，一般要养护 1~2 天，待硬固后即可敷线。

(三) 护套线敷设

在水平方向敷设护套线时，如果线路较短，为便于施工，可按实际需要长度将导线剪断，把它盘起来。敷线时，一只手扶持导线，另一只手将导线固定在铝卡片上。如果线路较长，又有数根导线平行敷设时，可用绳子将导线吊挂起来，使导线的重量不完全承受在铝片卡上，然后把导线逐根扭平并轧牢，再轻轻拍平，使其与墙面紧帖。

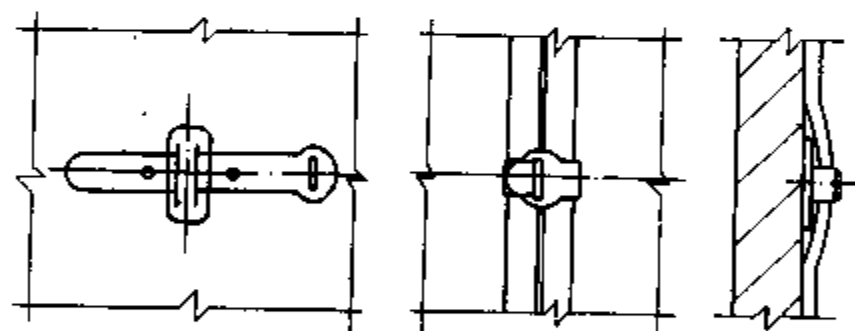


图 2-31 铝片卡粘接固定法

垂直敷线时，应自上而下，以便操作。

转角处敷线时，弯曲护套线用力要均匀，其弯曲半径不应小于导线宽度的 6 倍。导线通过墙壁和楼板也应穿在保护管中，具体要求同前所述。

塑料护套线的接头，最好放在开关、灯头或插座处，以求整齐美观；如果接头不能放在这些地方，则可装设接线盒，将接头放在接线盒内。

导线敷设完后，需检查所敷的线路是否横平竖直，方法是用一根平直木板条靠在敷设线路的旁边，如果导线不完全紧靠在板条上，可用螺丝刀柄轻轻敲击，让导线的边缘紧靠在板条上，使线路整齐美观。

五、线管配线

把绝缘导线穿在管内敷设，称为线管配线，这种配线方式比较安全可靠，可避免腐蚀

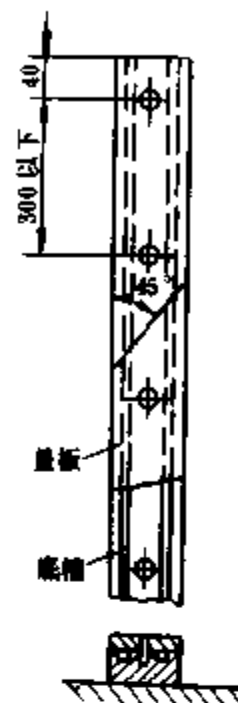


图 2-29 直线段槽板固定 (单位: mm)

性气体侵蚀和遭受机械损伤，一般用于公用建筑内和工业厂房中。

线管配线有明配和暗配两种，明配要求配管横平竖直，整齐美观。暗配只要求管路短，弯头少。

线管配线的操作程序，通常是先选好管子，对管子进行一系列加工后，再敷设管路，最后把导线穿入管内，并与各种用电设备连接。

(一) 选择线管

(1) 根据敷设场所来选择线管类型。在潮湿和有腐蚀气体的场所内明敷或埋地，一般采用管壁较厚的白铁管(又称水煤气管)。干燥场所内明敷或暗敷一般采用管壁较薄的电线管。民用照明，一般采用尼龙管或塑料管。

(2) 根据穿管导线截面和根数来选择线管的直径，一般要求穿管导线的总截面(包括绝缘层)不应超过线管内径截面的40%，白铁管和电线管的管径可根据穿管导线的截面和根数按表2-22所示选择。

表 2-22 导线穿管管径选用

线管种类 穿导线根数 线管规格 (直径) (mm) 导线截面积 (mm ²)	铁管的标称直径(内径)(mm)					电线管的标称直径(外径)(mm)				
	二 根	三 根	四 根	六 根	九 根	二 根	三 根	四 根	六 根	九 根
1	13	13	13	16	25	13	16	16	19	25
1.5	13	16	16	19	25	13	16	19	25	25
2	13	16	16	19	25	16	16	19	25	25
2.5	16	16	16	19	25	16	16	19	25	25
3	16	16	19	19	32	16	16	19	25	32
4	16	19	19	25	32	16	19	25	25	32
5	16	19	19	25	32	16	19	25	25	32
6	19	19	19	25	32	16	19	25	25	32
8	19	19	25	32	32	19	25	25	32	38
10	19	25	25	32	51	25	25	32	38	51
16	25	25	32	38	51	25	32	32	38	51
20	25	32	32	51	64	25	32	38	51	64
25	32	32	38	51	64	32	38	38	51	64
35	32	38	51	51	64	32	38	51	64	64
50	38	51	51	64	76	38	51	64	64	76

注 管径为：13mm— $\frac{1}{2}$ in；16mm— $\frac{5}{8}$ in；19mm— $\frac{3}{4}$ in；25mm—1in；32mm— $1\frac{1}{4}$ in；38mm— $1\frac{1}{2}$ in；51mm—2in；64mm— $2\frac{1}{2}$ in；76mm—3in。

(二) 弯管

对于直径50mm以下的弯，可采用手动弯管器弯管，直径50~100mm及以上的弯，应采用电动或液压弯管机进行弯管。为便于线管穿线，管子的弯曲角度Q，一般不应小于90°，如图2-32所示。明管敷设时，管子的曲率半径 $R \geq 4d$ (d为管子外径)；暗管敷设时，管子的曲率半径 $R \geq 6d$ 。

凡管壁较薄而直径较大的线管，弯曲时，管内要灌满沙，否则要把钢管弯瘪，如采用

加热弯曲，要用干燥无水份的沙灌满，并在管两端塞上塞，如图 2-33 所示。

对有缝管弯曲时，应将接缝处放在弯曲的侧边，作为中间层，这样，可使焊缝在弯曲变形时，既不延长又不缩短，焊缝处不易裂开，如图 2-34 所示。

硬塑料管弯曲时，先将塑料管用电炉或喷灯加热，然后放到木坯具上，弯曲成型。如图 2-35 所示。

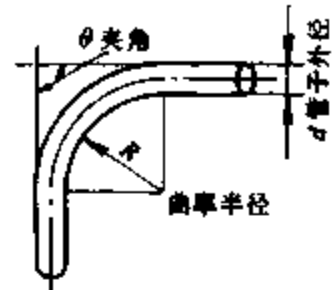


图 2-32 线管的弯度

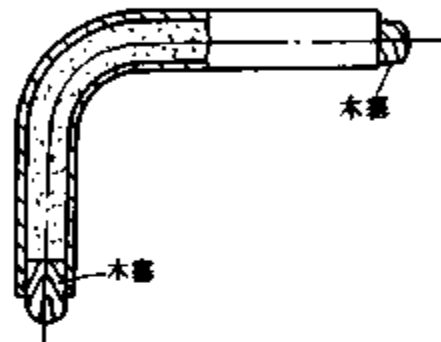


图 2-33 钢管灌沙弯曲

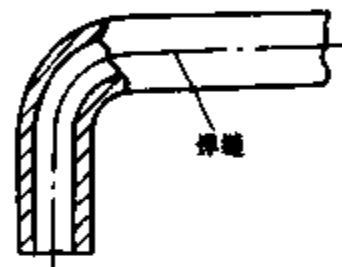


图 2-34 有缝管的弯曲

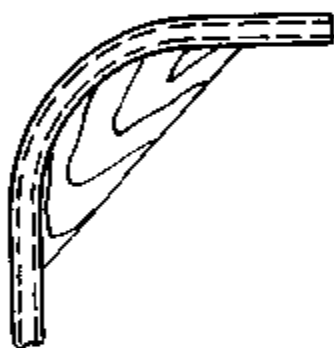


图 2-35 塑料管弯曲

(三) 锯管套丝

按实际长度需要用钢锯锯管，锯割时应使管口平整，并要挫去毛刺和锋口。为使管子与管子之间或管子与接线盒之间连接起来，就需在管子端部进行套丝，钢管套丝时，可用管子套丝纹板。

套丝时，应把线管钳夹在管钳或老虎钳上，然后用套丝纹板来绞出螺纹。操作时，用力要均匀，并加润滑油，以保持丝扣光滑，螺纹长度等于管箍长度的 $1/2$ 加 $1\sim 2$ 牙。第一次套完后，松开板牙，再调整其距离比第一次小一点，再套一次。当第一、二次丝扣快要套完时稍微松开板牙，边转边松，使其成为锥形丝扣。

(四) 线管连接

(1) 钢管与钢管连接。钢管与钢管之间的连接，无论是明配管还是暗配管，最好采用管箍连接，尤其是埋地和防爆线管，管箍连接如图 2-36 所示。为了保证管接口的严密性，管子的丝扣部分，应顺螺丝方向缠上麻丝，并在麻丝上涂一层白漆，再用管子钳拧紧，并使两首端间吻合。



图 2-36 管箍连接钢管

(2) 钢管与接线盒的连接。钢管的端部与各种接线盒连接时，应采用在接线盒内外各用一个薄形螺母（又称锁紧螺母）夹紧线管的方法，如图 2-37 所示。即安装时，先在线管管口拧入一螺母，管子穿入接线盒后，在盒内再套拧入一个螺母，然后用两把扳手，把两个螺母反向拧紧，如果需要密封，则在两螺母之间各垫入封口垫圈。

(3) 塑料管连接。塑料管的连接有两种方法。一种是插入法连接，在连接前先将连接的两根管子的管口分别作内倒角和外倒角，如图 2-38 (a) 所示。然后用汽油或酒精把管子插接段的油污物擦干净，接着将外倒角管插接段（长度为 $1.2\sim 1.5$ 倍的管子直径）放在电炉

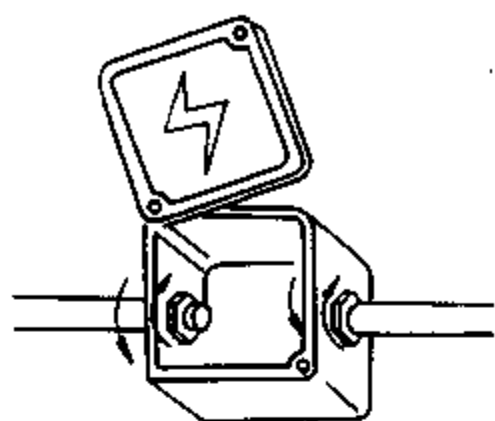


图 2-37 线管与接线盒连接

或喷灯上加热至 145℃ 左右, 呈柔软状态后, 将外倒角管插入部分涂一层胶合剂后迅速插入内倒角管, 立即用湿布冷却, 使管子恢复原来硬度, 如图 2-38 (b) 所示。第二种方法是套接法连接, 连接前先将同径的塑料管加热扩大成套管, 然后把需要连接的两端倒角, 并用汽油或酒精擦干净, 待汽油挥发后, 涂上粘接剂, 迅速插入热套管中, 如图 2-39 所示。

(五) 线管的接地

线管配线必须可靠接地, 为此, 在钢管与钢管、钢管与配电箱及接线盒等连接处, 用 $\phi 6 \sim 10\text{mm}$ 圆钢制成的跨接线连接, 如图 2-40 所示。并在干线始末两端和分支线管上分别与接地体可靠连接, 使线路所有线管都可可靠的接地。

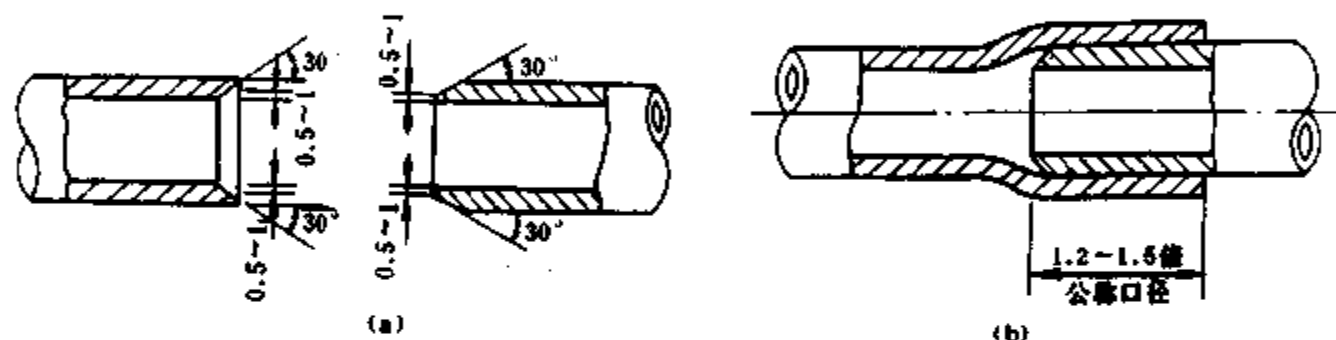


图 2-38 塑料管的插入法连接

(a) 管口倒角; (b) 插入法连接

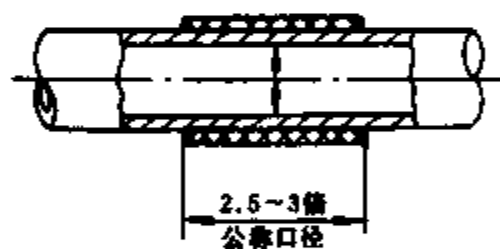


图 2-39 塑料管的套接法连接



图 2-40 线管连接处的跨接线

(六) 线管固定

(1) 线管明线敷设时, 应采用管卡支持, 线管直线部分, 两管卡之间的距离应不大于表 2-23 所规定。

表 2-23 线管直线部分管卡间最大距离

管卡间距 (m)	线管直径 (mm)	13~19	25~32	38~51	64~76
		$(\frac{1}{2} \sim \frac{3}{4})$	$(1 \sim 1 \frac{1}{4})$	$(1 \frac{1}{2} \sim 2)$	$(2 \frac{1}{2} \sim 3)$
2.5 以上	管壁厚度 (mm)	1.5	2.0	2.5	3.5
2.5 以下		1.0	1.5	2.0	—

当线管进入开关、灯头、插座和接线盒孔前 300mm 处及线管弯头两边均需用管卡固定, 如图 2-41 所示。

(2) 线管在砖墙内暗线敷设时,一般在土建砌砖时预埋,否则应先在砖墙上留槽或开槽,然后在砖缝里打入木楔并钉钉子,再用铁丝将线管绑扎在钉子上,进一步将钉子钉入。

(3) 线管在混凝土内暗线敷设时,可用铁丝将管子绑扎在钢筋上,也可用钉子钉在模板上,将管子用垫块垫高 15mm 以上,使管子与混凝土模板间保持足够距离。

(七) 扫管穿线

穿线工作一般在土建粉刷工程结束后进行。

(1) 穿线前,先清扫线管,用压缩空气(或在钢丝上绑上擦布),将管内杂物和水份清除。

(2) 选有 $\phi 1.2\text{mm}$ 的钢丝做引线,当线管较短且弯头较少时,可把钢丝引线由管子一端通向另一端;如果线管较长或弯头较多,将钢丝线从一端穿入管子的另一端有困难时,可从管的两端同时穿入钢丝引线,引线端弯成小钩,如图 2-42 所示。当钢丝引线在管中相遇时,用手转动引线使其钩在一起,然后把一根引线拉出即可将导线牵引入管。

(3) 导线穿入线管前,线管口应先套上护圈,接着按线管长度,加上两端连接所需的长度余量截取导线,削去两端导线绝缘层,同时在两端头标出同一根导线的记号,然后将所有导线按图 2-43 所示方法与钢丝引线缠绕,一个人将导线理成平行束并往线管内送,另一个人在另一端慢慢抽拉钢丝引线。

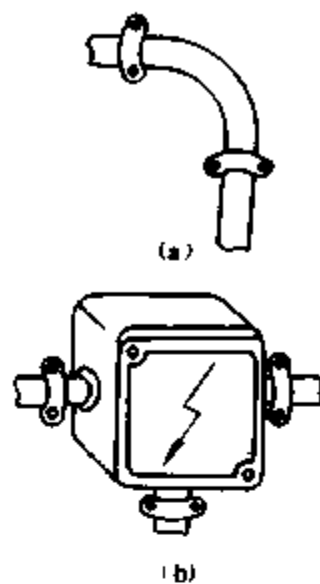


图 2-41 管卡固定

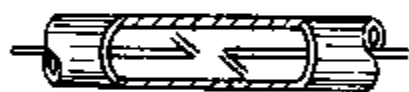


图 2-42 管两端穿入钢丝引线



图 2-43 导线与引线的缠绕

(八) 线管配线时的注意事项

(1) 穿管导线的绝缘强度应不低于 500V,导线最小截面规定为铜芯线 1mm^2 ,铝芯线 2.5mm^2 。

(2) 线管内导线不准有接头,也不准穿入绝缘破损后经过包缠恢复绝缘的导线。

(3) 管内导线一般不得超过 10 根,不同电压或不同电度表的导线不得穿在同一根线管内,但一台电动机包括控制和信号回路的所有导线,及同一台设备的多台电动机的线路,允许穿在同一根线管内。

(4) 除直流回路导线和接地线外,不得在钢管内穿单根导线。

(5) 线管折弯时,应采用弯曲线管的方法,不宜采用现成的弯管加以连接,以免造成管口连接处过多。

(6) 线管线路应尽可能少转角或弯曲,因转角越多,穿线越困难。为便于穿线,规定线管超过一定长度时,必须加装接线盒。

(7) 在混凝土内暗线敷设的线管,必须使用壁厚为 3mm 的电线管。当电线管的外径超过混凝土厚度的 $1/3$ 时,不准将电线管埋在混凝土内,以免影响混凝土的强度。

第四节 照明灯具的安装

一、常用照明灯具、开关及插座的安装

(一) 白炽灯照明线路

白炽灯的结构简单，使用可靠，价格低廉，白炽灯线路、结构和安装都比较简单。

1. 灯具种类

(1) 灯泡。灯泡由灯丝、玻璃壳和灯头三部分组成。灯泡的灯丝一般都是用钨丝制成，当钨丝通过电流时，就被燃至白炽而发光。灯泡的外壳一般用透明的玻璃制成，但也有用各种不同颜色的玻璃制成。灯泡的灯头，有插口式和螺口式两种，功率超过 300W 的灯泡，一般采用螺口式灯头，因为螺口式灯头在电接触和散热方面都优于插口式灯头。

白炽灯灯泡的种类很多，按工作电压分有 6、12、24、36、110V 和 220V 等六种，其中 36V 以下的属于低压安全灯泡。在安装灯泡时，注意灯泡的工作电压与线路电压必须一致。

(2) 灯座。灯座又称灯头，品种较多，常用的灯座如图 2-44 所示。可按使用场所进行选择。

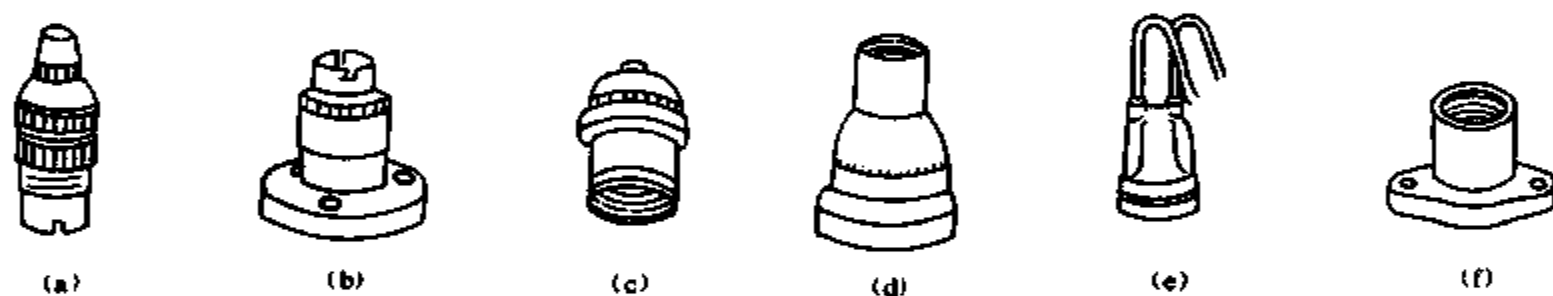


图 2-44 常用灯座

(a) 插口吊灯座；(b) 插口平灯座；(c) 螺口吊灯座；
(d) 螺口平灯座；(e) 防水螺口吊灯座；(f) 防水螺口平灯座

(3) 开关。开关的品种很多，常用的开关如图 2-45 所示。开关按应用结构又分为单联开关和双联开关。

2. 白炽灯照明线路原理图

(1) 单联开关控制白炽灯。一只单联开关控制一只白炽灯的接线原理图如图 2-46 所示。

(2) 双联开关控制白炽灯。二只双联开关控制一只白炽灯的接线原理图如图 2-47 所示。

3. 白炽灯照明线路的安装

(1) 灯座的安装。平灯座上有两个接线柱，一个与电源的地线连接，另一个与来自开关的火线连接。插口平灯座上有两个接线柱，可任意连接上述两个接头。而螺口平灯座上两个接线柱，为了使用安全，必须把电源地线线头连接在连通螺纹圈的接线柱上，把来自开关的火线线头，连接在连通中心簧片的接线柱上，如图 2-48 所示。

吊灯灯座必须用两根绞合的塑料软线或花线作为与挂线盒的连接线。两端均应将线头绝缘层削去，将上端塑料软线串入挂线盒盖孔内打个结，使能承受吊灯的重量，然后把软线上端两个线头分别穿入挂线盒底座正中凸起部分的侧孔里，再分别接到两个接线柱上，罩上挂线盒盖。接着将下端塑料软线串入吊灯座盖孔内也打一个结，然后把两个线头接到吊灯座上的两个接线柱上，罩上吊灯座盖即可，安装方法如图 2-49 所示。

(2) 开关的安装。单联开关的安装，在墙上准备装开关的地方安装木楔，将一根相线和一根开关线穿过木台两孔，并将木台固定在墙上，同时将两根导线穿进开关两孔眼，如图 2-50 所示，接着固定开关并进行接线，然后，装上开关盖子即可。

双联开关一般用于两处控制一只灯时的线路，线路安装方法如图 2-51 所示。

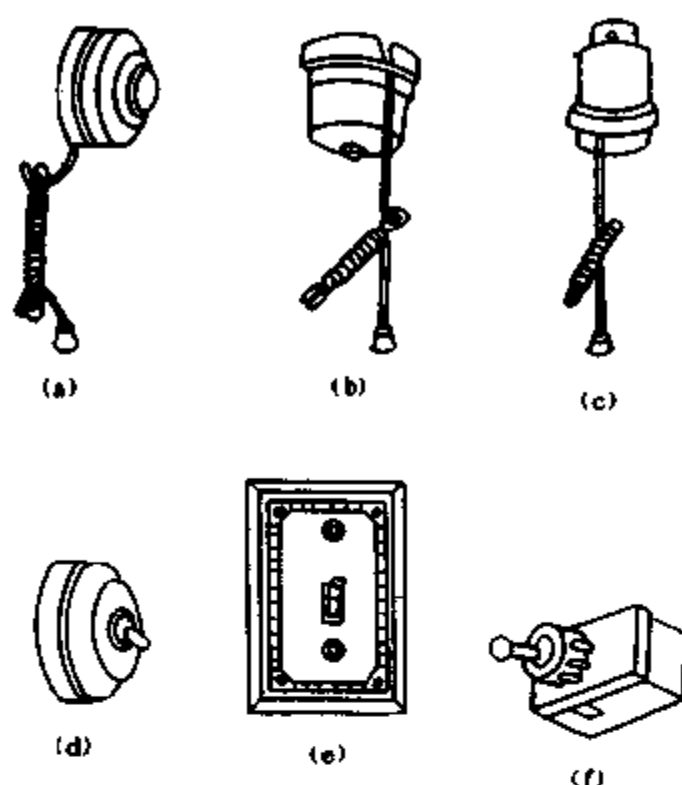


图 2-45 常用开关

(a) 拉线开关；(b) 顶装式拉线开关；
(c) 防水式拉线开关；(d) 平开关；
(e) 暗装开关；(f) 台灯开关

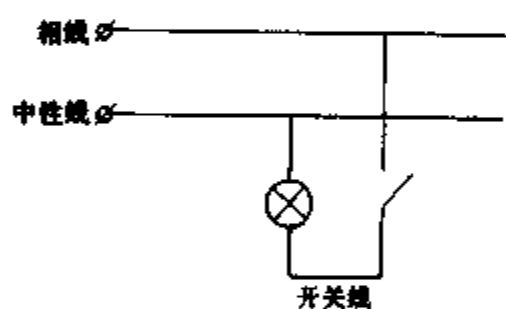


图 2-46 单联开关控制白炽灯接线原理图

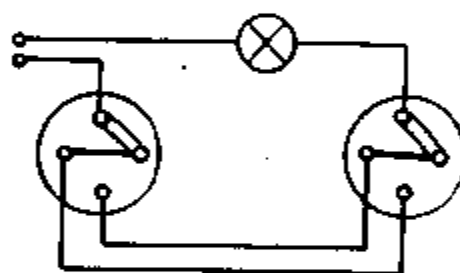


图 2-47 双联开关控制白炽灯接线原理图

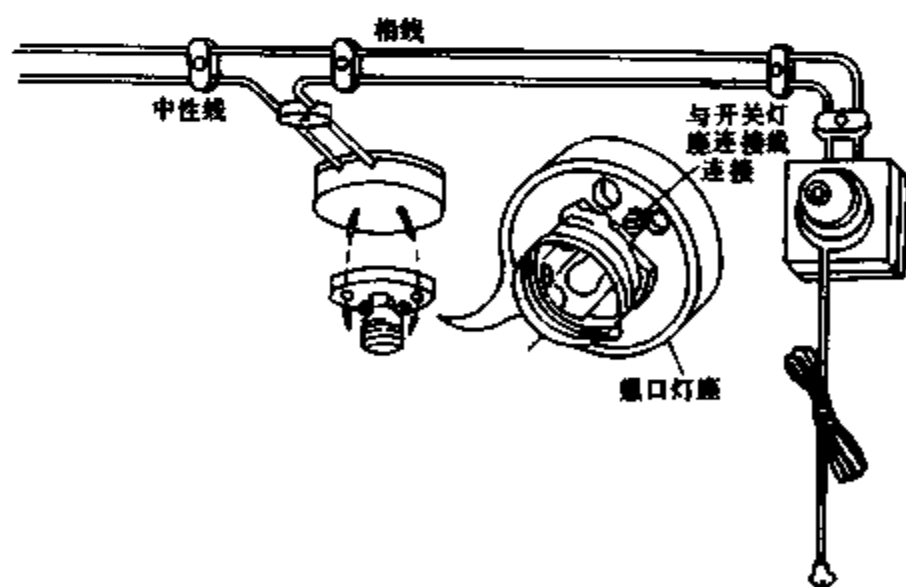


图 2-48 螺口平灯座安装

图 2-51 中 1 和 6 分别为两只双联开关中连铜片的接头。该两个线头不能接触，双联开关的接线错了易发生短路事故。所以，接好线后应经过仔细的检查才可通电使用。

(3) 插座的安装。插座的种类如图 2-52 所示。

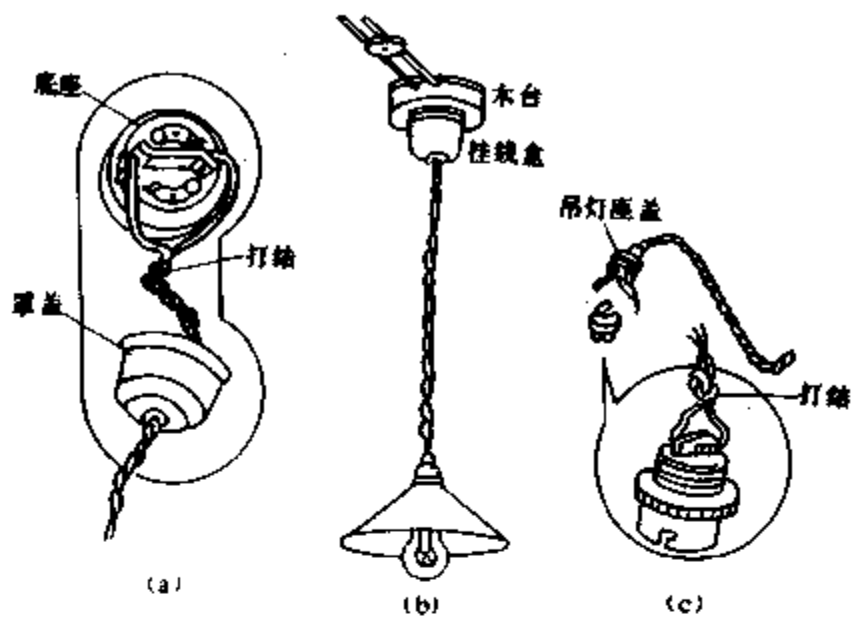


图 2-49 吊灯座安装

(a) 挂线盒内接线; (b) 装成的吊灯; (c) 吊灯座安装

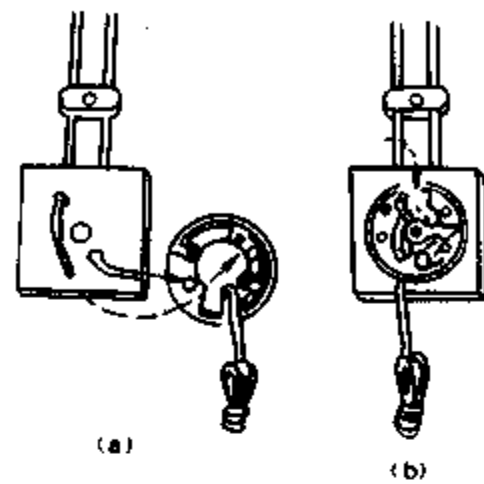


图 2-50 开关安装

(a) 装上木台; (b) 装上开关并接线

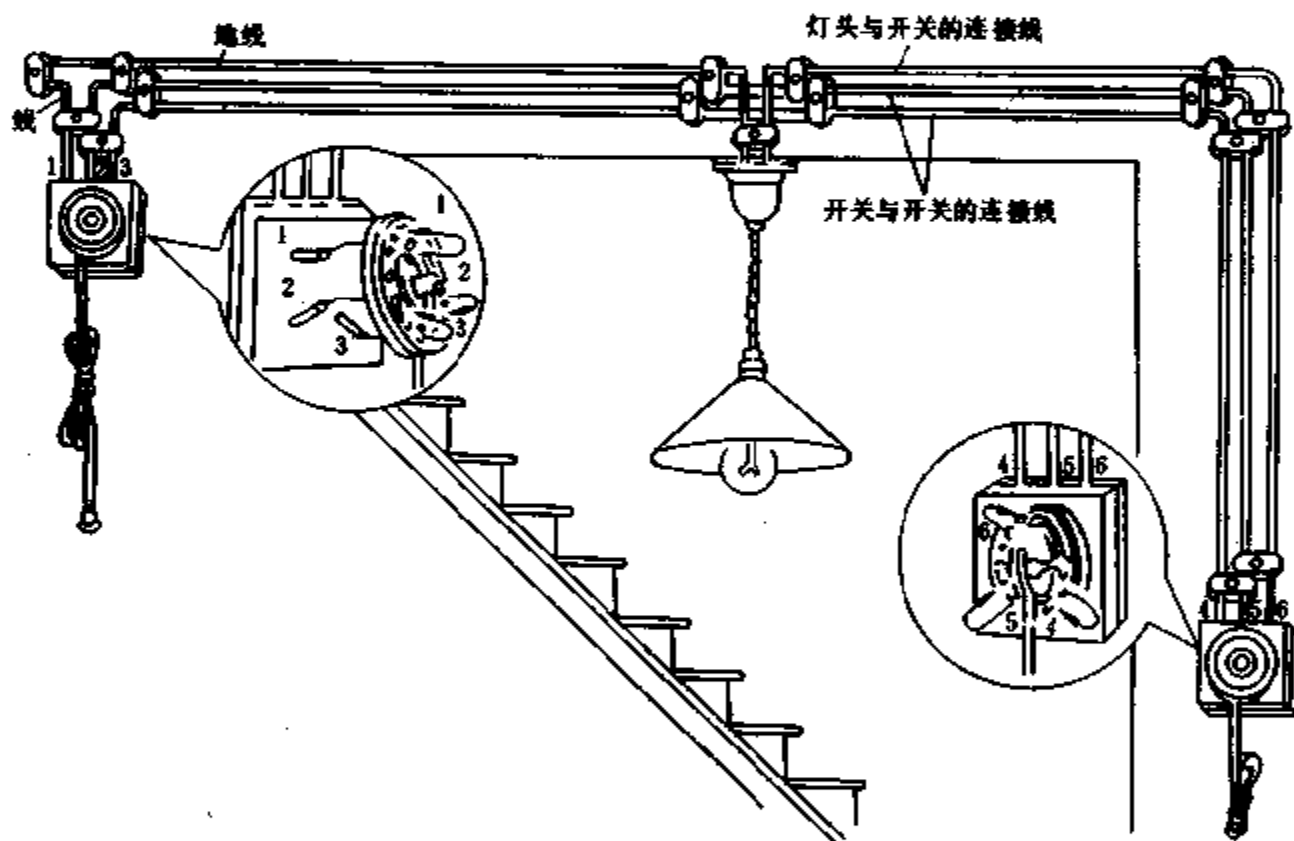


图 2-51 双联开关安装办法

单相三极插座的安装方法如图 2-53 所示。插座中接地的接线柱必须与地线连接。

(4) 白炽灯照明线路的常见故障分析如表 2-24 所示。

(二) 荧光灯照明线路

1. 荧光灯照明线路的结构及工作原理

荧光灯又叫日光灯，是应用较普遍的一种照明灯具。

(1) 荧光灯照明线路的结构。荧光灯照明线路由灯管、起辉器、镇流器、灯架和灯座等组成。

灯管由玻璃管、灯丝和灯丝引出脚等组成，玻璃管内抽真空后充入少量汞和氩等惰性气体，管壁涂有荧光粉，在灯丝上涂有电子粉，如图 2-54 所示。灯管常用的有 6、8、12、

15、20、30W 和 40W 等规格。

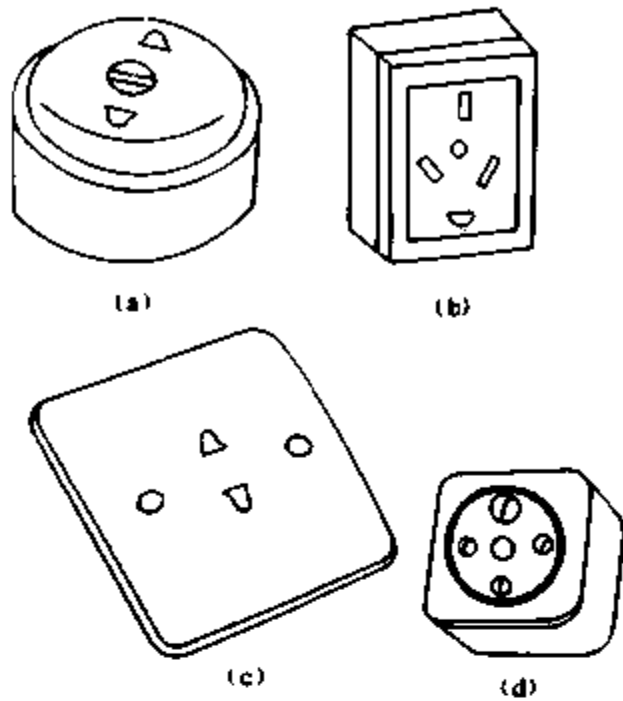


图 2-52 插座

(a) 圆角通用双极插座；(b) 暗式圆角通用双极插座；
(c) 扁式单相二极插座；(d) 圆式三相四极插座

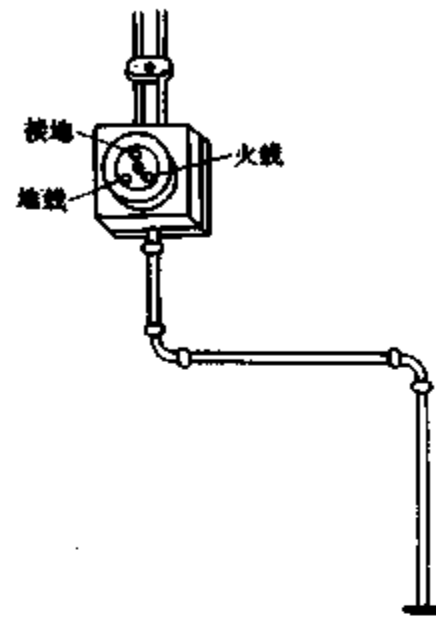


图 2-53 单相三极插座安装

表 2-24 白炽灯照明线路常见故障分析

故障现象	产生原因	检修方法
灯泡不亮	(1) 灯泡钨丝烧断 (2) 电源熔断器的熔丝烧断 (3) 灯座或开关接线松动或接触不良 (4) 线路中有断路故障	(1) 调换新灯泡 (2) 检查熔丝烧断的原因并更换熔丝 (3) 检查灯座和开关的接线处并修复用电气或用校火灯头检查 (4) 检查线路的断路处并修复
开关合上后熔断器熔丝烧断	(1) 灯座内两线头短路 (2) 螺口灯座内中心铜片螺旋铜圈相碰、短路 (3) 线路中发生短路 (4) 用电器发生短路 (5) 用电量超过熔丝容量	(1) 检查灯座内两接线头并修复 (2) 检查灯座并扳准中心铜片 (3) 检查导线是否老化或损坏并修复 (4) 检查用电器并修复 (5) 减小负载或更换熔断器
灯泡忽亮忽暗或忽亮忽熄	(1) 灯丝烧断，但受震后忽接忽离 (2) 灯座或开关接线松动 (3) 熔断器熔丝接头接触不良 (4) 电源电压不稳定	(1) 调换灯泡 (2) 检查灯座和开关并修复 (3) 检查熔断器并修复 (4) 检查电源电压
灯泡发强烈白光并瞬时或短时烧坏	(1) 灯泡额定电压低于电源电压 (2) 灯泡钨丝有搭丝，从而使电阻减小，电流增大	(1) 更换与电源电压相符的灯泡 (2) 更换新灯泡
灯光暗淡	(1) 灯泡内钨丝挥发后，积聚在玻壳内表面透光度减低，同时由于钨丝挥发后变细，电阻增大，电流减小，光通亮减小 (2) 电源电压过低 (3) 线路因年久老化或绝缘损坏、有漏电现象	(1) 正常现象，不必修理 (2) 调高电源电压 (3) 检查线路，更换导线

起辉器又叫跳泡，由氖泡、纸介质电容、出线脚和外壳等组成，如图 2-55 所示。氖泡内装有 T 形动触头和静触头。起辉器的规格有 4~8W、15~20W 和 30~40W 以及通用型 40W 等。



图 2-54 荧光灯管

镇流器主要由铁芯和线圈等组成，其外形和结构如图 2-56 所示。镇流器功率必须与灯管相符。

灯架有木制和铁制两种，其长度规格配合灯管使用。

灯座有开启式和弹簧式两种，弹簧式灯座如图 2-57 所示。

(2) 荧光灯的工作原理。荧光灯的原理如图 2-58 所示。

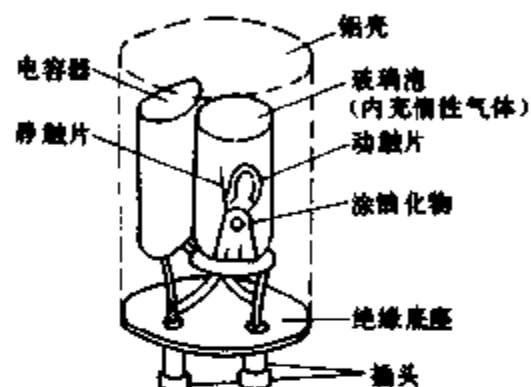


图 2-55 起辉器

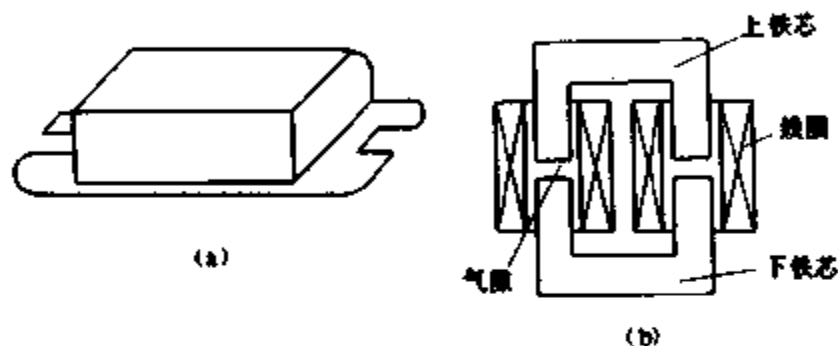


图 2-56 镇流器

(a) 外型；(b) 结构

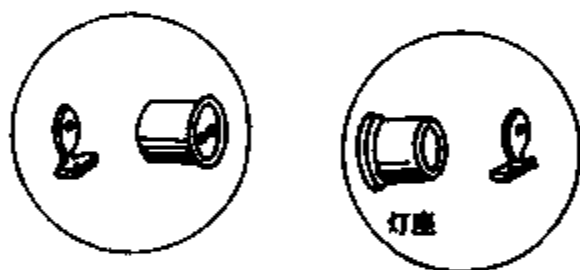


图 2-57 灯座

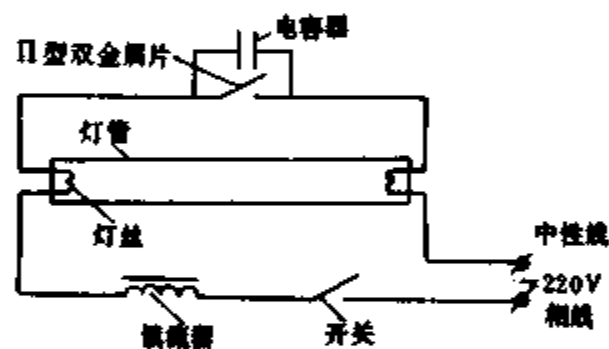


图 2-58 荧光灯的工作原理

当荧光灯接通电源后，电源电压经过镇流器、灯丝，加在起辉器的 Π 型动触片和静触片之间，引起辉光放电，放电时产生的热量使双金属 Π 型动触片膨胀并向外伸张，与静触片接触，接通电路，使灯丝预热并发射电子。与此同时，由于 Π 型动触片与静触片相接触，使两片间的电压为零，而停止辉光放电，使 Π 型动触片冷却并复原脱离静触片，在动触片断开瞬间，在镇流器两端会产生一个比电源电压高得多的感应电动势，这个感应电动势加在灯管两端，使灯管内惰性气体被电离而引起弧光放电，随着灯管内温度升高，液态汞就汽化游离，引起汞蒸汽弧光放电而发出肉眼看不见的紫外线，紫外线激发灯管内壁的荧光粉后，发出近似日光的灯光。

镇流器还有两个作用，一是在灯丝预热时，限制灯丝所需的预热电流值，防止预热过高而烧断，并保证灯丝电子的发射能力；二是在灯管起辉后，维持灯管的工作电压和限制灯管工作电流在额定值内，以保证灯管能稳定工作。

并联在氙泡上的电容有两个作用，一是与镇流器形成 LC 振荡电路，能延长灯丝的预热时间和维持感应电势；二是能吸收干扰收音机和电视机的交流杂声。当电容击穿时，剪除后起辉器仍能使用。

当灯管一端灯丝断裂时，连接两引出脚后还可继续使用。

镇流器有四个线头的接线原理图如图 2-59 所示。

2. 荧光灯照明线路的安装

荧光灯照明线路安装方法如图 2-60 所示。

(1) 起辉器座上的两个接线柱分别与两个灯座中的各一个接线柱连接。

(2) 一个灯座中余下的一个接线柱与电源的地线连接，另一个灯座中余下的一个接线柱与镇流器的一个线头相连，而镇流器的另一个线头与开关一个接线柱连接，而开关另一个接线柱与电源中火线连接。

(3) 荧光灯照明线路的常见故障分析如表 2-25 所示。

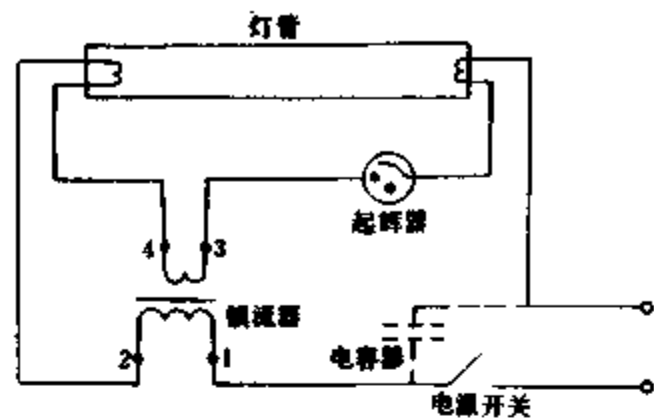


图 2-59 四线头镇流器接线原理图

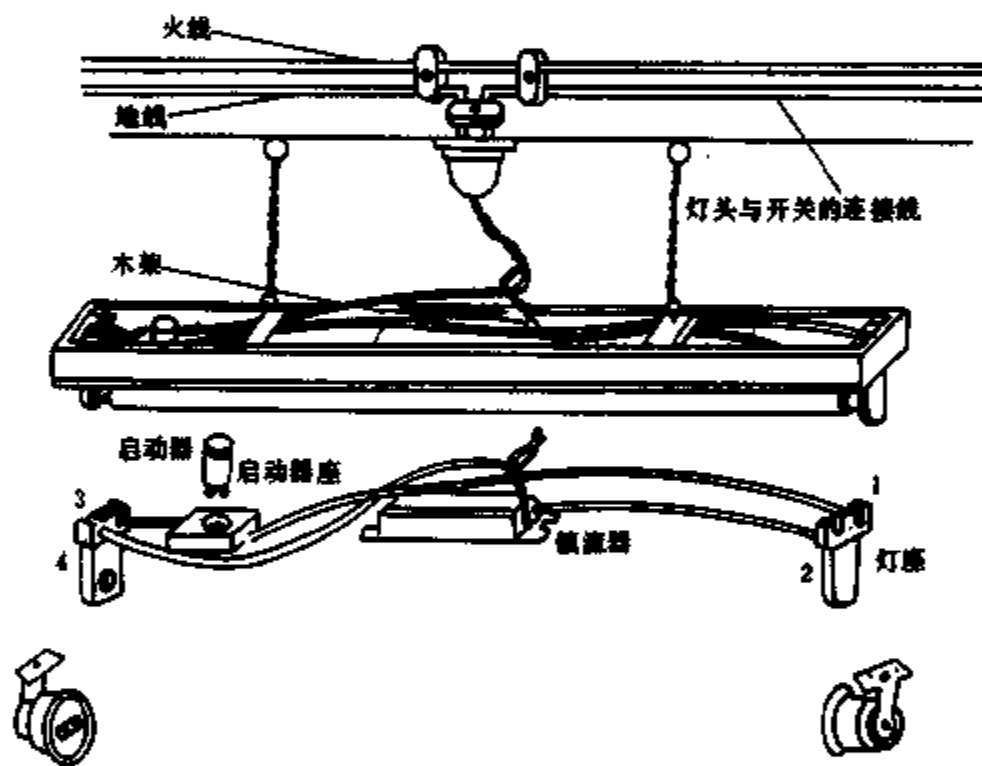


图 2-60 荧光灯线路的安装

表 2-25

荧光灯照明线路常见故障分析

故障现象	产生原因	检修方法
日光灯管不能发光	(1) 灯座或起辉器底座接触不良 (2) 灯管漏气或灯丝断 (3) 镇流器线圈断路 (4) 电源电压过低 (5) 新装日光灯接线错误	(1) 转动灯管，使灯管四极和灯座四夹座接触，使起辉器两极与底座二铜片接触找出原因并修复 (2) 用万用表检查或观察荧光粉是否变色，确认灯管坏，可换新灯管 (3) 修理或调换镇流器 (4) 不必修理 (5) 检查线路

续表

故障现象	产生原因	检修方法
日光灯抖动或两头发光	(1) 接线错误或灯座灯脚松动 (2) 起辉器氖泡内动、静触片不能分开或电容器击穿 (3) 镇流器配用规格不合适或接头松动 (4) 灯管陈旧, 灯丝上电子发射物质将尽, 放电作用降低 (5) 电源电压过低或线路电压降过大 (6) 气压过低	(1) 检查线路或修理灯座 (2) 将起辉器取下, 用两把螺丝刀的金属头分别触及起辉器底座两块铜片, 然后将两根金属杆相碰, 并立即分开, 如灯管能跳亮, 则起辉器是坏了, 应更换起辉器 (3) 调换适当镇流器或加固接头 (4) 调换灯管 (5) 如有条件升高电压或加粗导线 (6) 用热毛巾对灯管加热
灯管两端发黑或生黑斑	(1) 灯管陈旧, 寿命将终的现象 (2) 如果新灯管, 可能因起辉器损坏使灯丝发射物质加速挥发 (3) 灯管内水银凝结是细灯管常见现象 (4) 电源电压太高或镇流器配用不当	(1) 调换灯管 (2) 调换起辉器 (3) 灯管工作后即能蒸发或灯管旋转 180° (4) 调整电源电压或调换适当的镇流器
灯光闪烁或光在管内滚动	(1) 新灯管暂时现象 (2) 灯管质量不好 (3) 镇流器配用规格不符或接线松动 (4) 起辉器损坏或接触不好	(1) 开用几次或对调灯管两端 (2) 换一根灯管试一试有无闪烁 (3) 调换合适的镇流器或加固接线 (4) 调换起辉器或加固起辉器
灯管光度减低或色彩转差	(1) 灯管陈旧的必然现象 (2) 灯管上积垢太多 (3) 电源电压太低或线路电压降太大 (4) 气温过低或冷风直吹灯管	(1) 调换灯管 (2) 清除灯管积垢 (3) 调整电压或加粗导线 (4) 加防护罩或避开冷风
灯管寿命短或发光后立即熄灭	(1) 镇流器配用规格不合或质量较差, 或镇流器内部线圈短路, 致使灯管电压过高 (2) 受到剧震, 将使灯丝震断 (3) 新装灯管因接线错误将灯管烧坏	(1) 调换或修理镇流器 (2) 调换安装位置或更换灯管 (3) 检修线路
镇流器有杂音或电磁声	(1) 镇流器质量较差或其铁芯的硅钢片未夹紧 (2) 镇流器过载或其内部短路 (3) 镇流器受热过度 (4) 电源电压过高引起镇流器发出声音 (5) 起辉器不好引起开启时辉光杂音 (6) 镇流器有微弱声, 但影响不大	(1) 调换镇流器 (2) 调换镇流器 (3) 检查受热原因 (4) 如有条件设法降压 (5) 调换起辉器 (6) 是正常现象, 可用橡皮垫衬, 以减少震动
镇流器过热或冒烟	(1) 电源电压过高, 或容量过低 (2) 镇流器内线圈短路 (3) 灯管闪烁时间长或使用时间太长	(1) 有条件可调低电压或换用容量较大的镇流器 (2) 调换镇流器 (3) 检查闪烁原因或减少连续使用的时间

(三) 碘钨灯照明线路

1. 碘钨灯结构及工作原理

(1) 碘钨灯结构。碘钨灯一般制成圆柱状玻璃管, 两端灯脚为电源接点, 管内中心的螺旋状灯钨丝, 放置在灯丝支架上, 管内充有微量的碘, 在高温下, 利用碘循环而提高发光效率和延长灯丝的寿命, 其结构如图 2-61 所示。

(2) 碘钨灯的工作原理。碘钨灯的接线原理如图 2-62 所示。碘钨灯的发光原理与白炽

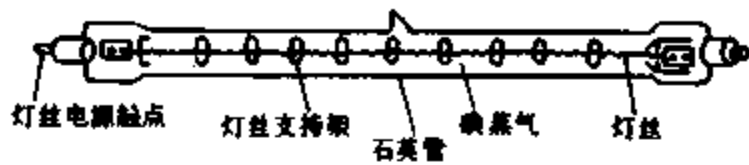


图 2-61 碘钨灯

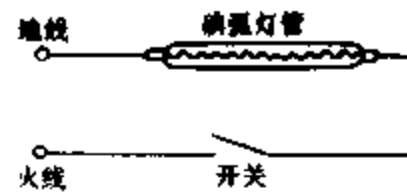


图 2-62 碘钨灯的接线原理图

灯一样，都由灯丝作为发光体，所不同的是碘钨灯管内充有碘，当管内温度升高后，碘和灯丝蒸发出来的钨化合成为挥发性的碘化钨。碘化钨在靠近灯丝的高温处又分解为碘和钨，钨留在灯丝上，而碘又回到温度较低的位置，依此循环，从而提高了发光效率和灯丝寿命。

2. 碘钨灯照明线路的安装

碘钨灯的安装方法如图 2-63 所示。

(1) 碘钨灯安装时，必须保持水平位置，水平线偏角应小于 4° ，否则会破坏碘钨循环，缩短灯管寿命。

(2) 碘钨灯发光时，灯管周围的温度很高，因此，灯管必须装在专用的有隔热装置的金属灯架上，切不可安装在易燃的木质灯架上。同时，不可在灯管周围放置易燃物品，以免发生火灾。

(3) 碘钨灯不可装在墙上，以免散热不畅而影响灯管的寿命。碘钨灯装在室外，应有防雨措施。

(4) 功率在 1000W 以上的碘钨灯，不应安装一般电灯开关，而应安装胶盖瓷底刀开关。

3. 碘钨灯照明线路常见故障分析

碘钨灯除出现类似白炽灯的故障外，还有可能发生如下故障：

(1) 灯脚密封处松动，其主要原因是工作时灯管过热，经反复热胀冷缩后，使灯脚松动，此时可调换灯脚。

(2) 灯管使用寿命短，主要原因是灯管没按水平位置安装，故应重新安装灯管，使其倾斜度小于 4° 。

(四) 高压水银荧光灯

1. 高压水银荧光灯的结构和工作原理

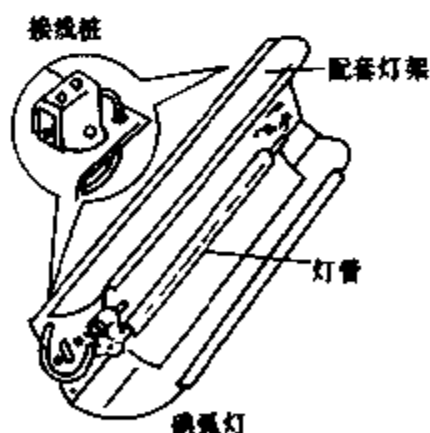


图 2-63 碘钨灯的安装

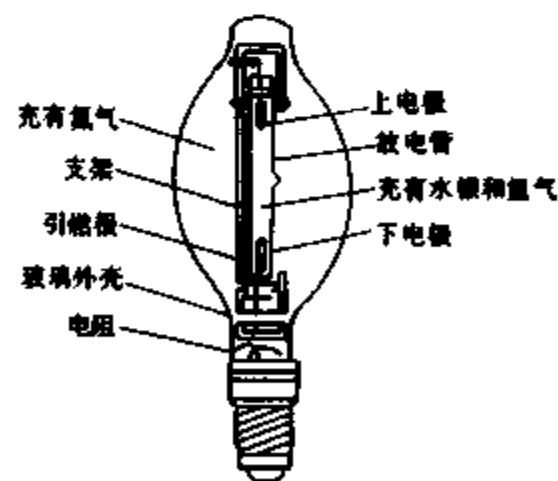


图 2-64 高压水银荧光灯

(1) 高压水银荧光灯的结构如图 2-64 所示。高压水银荧光灯主要有放电管，玻璃外壳

和灯头等组成；放电管内有上电极、下电极和引燃极，管内还充有水银和氩气。

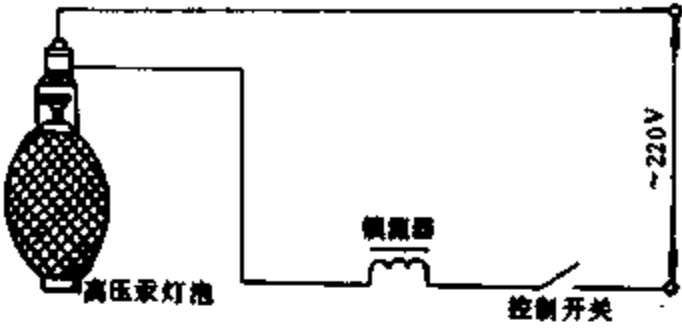


图 2-65 高压水银荧光灯接线原理图

(2) 高压水银荧光灯的工作原理和接线原理图如图 2-65 所示。当电源接通后，电压加在引燃极和相邻的下电极之间，也加在上、下电极之间。由于引燃极和相邻的下电极靠近，电压加上后即产生辉光放电，使放电管温度上升，接着在上下电极之间便产生弧光放电，使放电管内水银气化而产生紫外线，紫外线激发玻璃外壳内壁上的荧光粉，发出近似日光的光线，灯管就稳定工作了。此时，由于引燃极上串联着一个很大的电阻，当上、下电极间产生弧光放电时，引燃极和下电极间电压不足以产生辉光放电，因此引燃极就停止工作了。灯泡工作时，放电管内水银蒸汽的压力很高，故称这种灯为高压水银荧光灯。高压水银荧光灯需点燃 4~8min 才能正常放光。

极和下电极间电压不足以产生辉光放电，因此引燃极就停止工作了。灯泡工作时，放电管内水银蒸汽的压力很高，故称这种灯为高压水银荧光灯。高压水银荧光灯需点燃 4~8min 才能正常放光。

2. 高压水银荧光灯线路的安装

(1) 高压水银荧光灯功率在 125W 及以下时，应配用 E₂₇ 型瓷顶灯座；功率在 175W 及以上时，应配用 E₄₀ 型瓷顶灯座。

(2) 镇流器的规格必须与荧光灯泡功率一致，镇流器宜安装在灯具附近人体又触及不到的位置，并在镇流器接线柱上覆盖保护物。镇流器装在室外应有防雨措施。

3. 高压水银荧光灯常见故障分析

(1) 不能起辉。一般由于电源电压过低，镇流器选择不当、开关柱头接线松动或灯泡内部构件损坏等原因引起。

(2) 只亮灯芯。一般由于灯泡玻璃故障或漏气等原因引起。

(3) 亮后突然熄灭。一般由于电源电压下降，或线路断线和灯泡损坏等原因所致。

(4) 忽亮忽灭。一般由于电源电压波动，在起辉电压的临界值上，或灯座接触不良，接线松动等原因所致。

(5) 开而不亮。一般由于停电、熔丝烧断、连接导线脱落或镇流器、灯泡烧毁所致。

另外，高压水银荧光灯熄灭后，需隔 5~10min 才能再起动。

二、临时照明装置和特殊用电场所的照明装置安装

(一) 临时照明装置的安装

凡不属于永久性的照明装置，称为临时照明装置。

(1) 临时照明线路应用绝缘导线。户内临时线路的导线必须安装在离地 2m 以上的支架上，户外临时线路必须安装在离地 2.5m 以上的支架上。导线的中间连接，或终端与接线柱的连接，均需采取防拉断措施，直线部分的中间接头防拉断措施如图 2-66 所示。



图 2-66 导线中间接头防拉断措施

(2) 用电量较大的应接临时进户形式接取电源，用电量较小的，可以从用户线路配电板上、总熔断器的出线柱上接取电源。

(3) 临时线路上所有金属外壳都必须进行可靠的接地，临时装置

需用的接地装置，尽可能装在临时配电板附近，接地电阻不可超过 10Ω 。

(二) 特殊场所照明装置的安装

凡是潮湿、高温、可燃、易燃、易爆的场所，或有导电尘埃的空间和地面以及具有化工腐蚀气体等，均称为特殊场所。

1. 特别潮湿房屋内照明装置的安装

(1) 采用瓷瓶敷设导线时，应使用橡胶绝缘导线。导线互相间距离应在 6cm 以上，导线与建筑物间距离应在 3cm 以上。

(2) 采用电线管施工时，应使用厚电线管，管口及管子连接处应采取防潮措施。

(3) 开关、插座及熔断器等电器，不应装设在室内潮湿场所。如必须安装在潮湿场所，应采取防潮措施，灯具应选用具有洁晶水放出口的封闭灯具或带有防水灯口的敞开式灯具。

2. 多尘房屋内照明装置的安装

(1) 采用瓷瓶敷设导线时，应使用橡皮绝缘导线或塑料线，塑料护套线，导线间距离应在 6cm 以上，导线和建筑物间距离应在 3cm 以上。

(2) 电线管敷设时，应在管口缠上胶布。

(3) 开关、熔断器等电器设备，应采取防尘措施，灯具应采用封闭式灯具，灯头应采用不带开关的灯头。

3. 有爆炸性危险场所的照明装置安装

(1) 配线方式一般采用钢管明敷设或暗敷设。

(2) 灯具应选用防爆灯座和防爆开关，且灯具接线盒接线后应密封，密封方法是采用细棉绳在导线外面缠绕，要求绕到管子内部接近时为止。

(3) 为了防止静电产生火花，所有非导电的金属部分，都要可靠接地，且只能利用专用接地线。

(4) 在易燃易爆场所，禁止使用电钻、电焊机及各种开启式开关和熔断器等易产生电弧和火花的电器及设备。

三、移动电具及照明装置的安装规定

1. 移动电具的安装

(1) 生活用单相移动电具的电源，均应用插头在照明线路的插座上引取。

(2) 移动电具的电源引线应采用三芯橡胶线或多股铜芯塑料护套软线，长度一般不得超过 5m ，中间不准有接头。

(3) 移动电具的电源引线必须装得牢固可靠，芯线不可裸露在外。

(4) 移动电具的金属外壳的接地线应装在可靠的接地桩上，其接地电阻不应超过 10Ω 。

2. 照明装置的安装规定

(1) 在特别潮湿，有腐蚀气体的场所，以及易燃、易爆的场所，应分别采用合适的防潮、防爆、防雨的灯具和开关。

(2) 吊灯应装有挂线盒，每一只挂线盒只可装一盏灯（多管荧光灯和特殊灯具除外）。吊灯线的绝缘必须良好，并不得有接头。在挂线盒内的接线应防止接头处受力使灯具跌落。超过 1kg 的灯具须用金属链条吊装或用其它方法支持，使吊灯线不承力。

(3) 螺口灯头必须采用安全灯头，并且必须把火线接在螺口灯头座的中心铜片上。

(4) 各种吊灯离地面距离不应低于 2m，潮湿、危险场所和户外应不低于 2.5m，低于 2.5m 的灯具外壳应妥善接地，最好使用 12~36V 的安全电压。

(5) 各种照明开关必须串接在火线上，开关和插座离地高度一般不低于 1.3m。特殊情况插座可以装低，但离地不应低于 150mm。幼儿园托儿所等处不应装设低位插座。

第五节 单相电能表的安装

电能表是电能测量仪表，由于电能的单位是 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，有时称电能表为千瓦时表。电能表有单相电能表 and 三相电能表；有有功电能表和无功电能表。电能表有由电动系测量机构构成的电动系电能表和由感应系测量机构构成的感应系电能表，由于电动系电能表的结构、工艺复杂、成本很高，所以只在直流电路中使用，而交流电路电能的测量都采用感应系电能表。本节只介绍单相感应系电能表的结构，原理、接线方式、安装要求等。

一、单相感应系电能表结构

单相电能表的产品型号很多，目前常用的型号为：DD862、DD862a 型，其外形和结构分别如图 2-67 和图 2-68 所示。对其结构的主要部分简述如下：

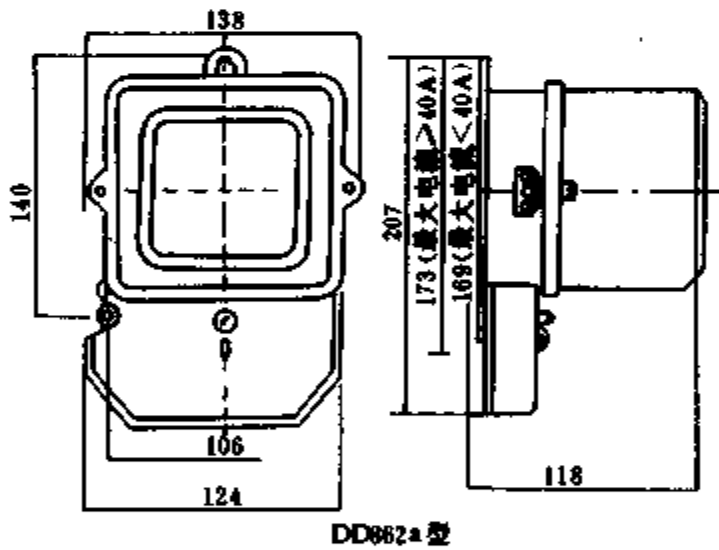


图 2-67 单相电能表外型

(1) 驱动元件。用来产生转动力矩，由电流元件 1 和电压元件 2 组成。电流元件由铁芯和电流线圈组成；电压元件也由铁芯和电压线圈组成。电流线圈和电压线圈分别串联和并联于交流电路中，由于交流电流和电压的作用产生交变磁通穿过铝盘 3，从而产生转动力矩使铝盘旋转。

(2) 转动元件。由铝盘 3 和转轴 4 及蜗杆 6 等组成。其作用是铝盘在驱动元件作用下连续转动，并通过蜗杆将铝盘的转数传递给积算器。

(3) 积算器。用来积算铝盘的转数，以便达到累计电能的目的。积算器由蜗杆和钟表机构组成。

(4) 制动元件。电能表的制动元件是永久磁铁 5，其作用是当铝盘转动时，铝盘上的涡流和永久磁铁作用产生制动力矩，使铝盘匀速旋转，铝盘的转速和被测的功率成正比，以便可用铝盘的转速反映电路中电能的大小。

单相电能表的标定电流(A)：DD862型为 2.5(10)、5(20)、10(40)、15(60)、30(100)；DD862a 型为 1.5(6)、2.5(10)、5(20)、10(40)、15(60)、20(80)，括弧内的数值为最大电流值，即电能表扩大到最大电流使用时，其误差不超过规定。

二、单相感应系电能表的工作原理

单相电能表的电路和磁路如图 2-69 所示。当电能表接入交流电路时，电压线圈在电源电压作用下产生电流 I_U ， I_U 产生磁通为 ϕ_U 和 ϕ_U' 。磁通 ϕ_U 穿过铝盘，称工作磁通； ϕ_U' 不穿

过铝盘而由电压元件左右铁轭构成通路，称非工作磁通。负荷电流 I 通过电流线圈产生磁通 ϕ_1 ，该磁通从两处穿过铝盘。

磁通 ϕ_0 穿过铝盘时产生涡流 I_1 ，磁通 ϕ_1 穿过铝盘时产生涡流 I_2 和 I_2' 。磁通和涡流的方向如图 2-70 所示，图中用符号“·”表示磁通由下向上穿过铝盘；符号“×”表示磁通由上向下穿过铝盘；涡流的方向如图中虚线所示。

负荷功率因数为 $\cos\phi$ ，若忽略电压元件、电流元件铁芯的涡流损耗和磁滞损耗，则 $\dot{\phi}_0$ 与 I_U (ϕ_0 产生的涡流) 同相位， $\dot{\phi}_1$ 与 I (ϕ_1 产生的涡流) 同相位；若忽略电压线圈的电阻，将其看作是纯电感电路，则 I_U 滞后于 U 90° 。 U 、 I 、 I_U 、 $\dot{\phi}_0$ 、 $\dot{\phi}_1$ 及 I_1 、 I_2 的相量关系见图 2-71 所示。

由图 2-70 可知，涡流 I_1 处在 ϕ_1 磁场中，而涡流 I_2 和 I_2' 又处在 ϕ_0 磁场中。根据左手定则可以确定， I_1 与 ϕ_1 相互作用以及 I_2 、 I_2' 与 ϕ_0 相互作用分别产生反时针方向转动的力矩 M_1 和顺时针方向转动的力矩 M_2 ，如图 2-72 (a) 和图 2-72 (b) 所示，其关系式如下

$$M_1 = -K_1 \phi_0 \phi_1 \sin\phi$$

$$M_2 = K_2 \phi_0 \phi_1 \sin\phi$$

式中 K_1 、 K_2 ——系数；

ϕ —— ϕ_0 和 ϕ_1 之间相位差。

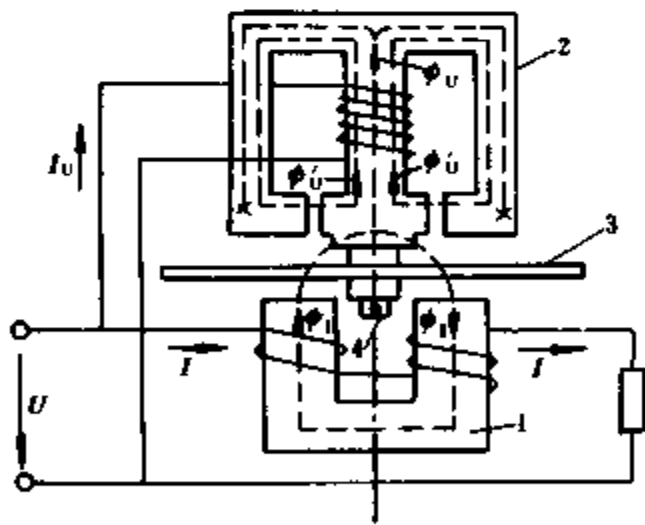


图 2-69 电能表的电路和磁路

1—电流元件；2—电压元件；
3—铝盘；4—转轴

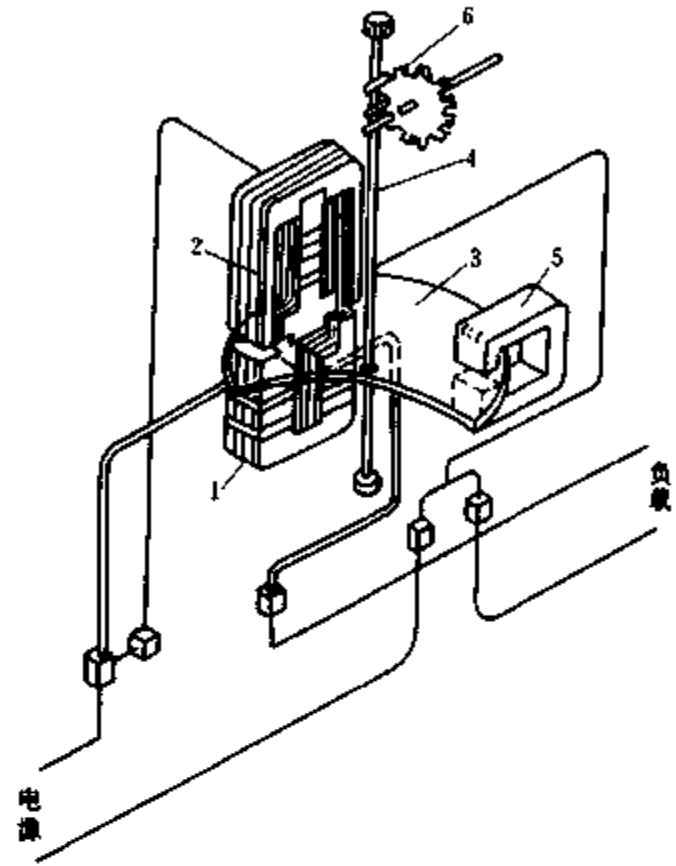


图 2-68 单相电能表结构示意图

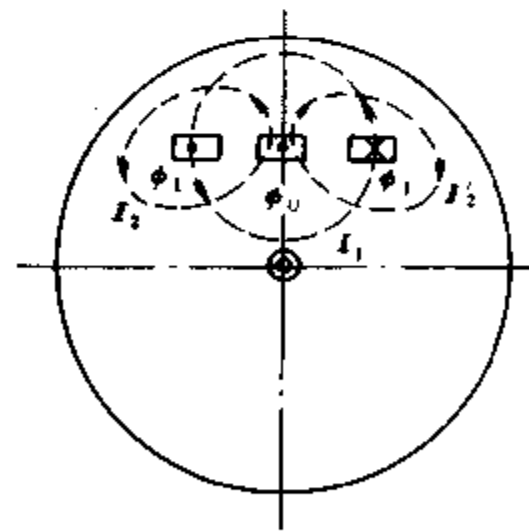


图 2-70 磁通和涡流方向

我们规定顺时针方向作为转矩的正方向，所以铝盘的合成转矩 M 为

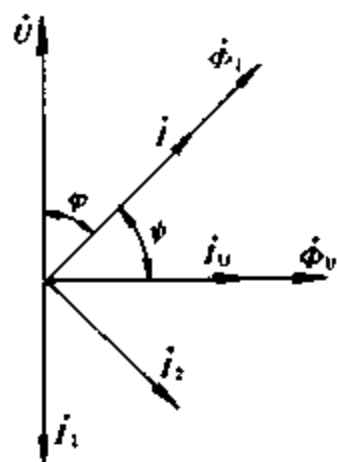


图 2-71 单相电能表相量图

矩 M 为

$$\begin{aligned} M &= M_2 - M_1 \\ &= K_2 \phi_0 \phi_1 \sin \psi - (-K_1 \phi_0 \phi_1 \sin \psi) \\ &= (K_1 + K_2) \phi_0 \phi_1 \sin \psi \\ &= K \phi_0 \phi_1 \sin \psi \end{aligned}$$

由于 ϕ_0 正比于 I_0 、 I_0 正比于 U ； ϕ_1 正比于 I ， $\psi = 90^\circ - \varphi$ ，所示上式可改为

$$M = K' UI \cos \varphi$$

铝盘转动后，将切割永久磁铁产生的磁通 ϕ_2 ，并在铝盘中产生涡流 I_2 ，如图 2-73 所示。根据左手定则， I_2 和 ϕ_2 的作用产生转矩 M_2 ，其方向与铝盘转动方向相反，称制动力矩。铝盘转动愈快， I_2 愈大， M_2 愈大，所以制动转矩 M_2 与铝盘转速 n 成正比，即

$$M_2 = k_3 n$$

式中 k_3 ——比例系数。

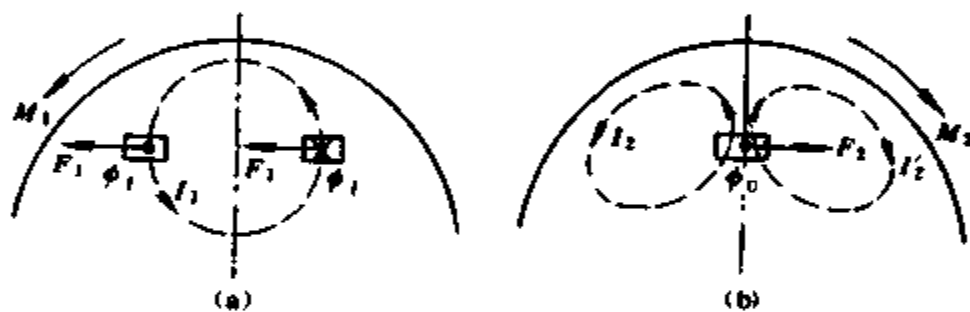


图 2-72 涡流和磁通作用示意图

当电能表接入交流电路后，在转动力矩作用下，铝盘开始转动，当铝盘转速增加时，制动力矩也增加，当负荷不变时， n 也不变，制动力矩和转动力矩相平衡，即

$$\begin{aligned} M &= M_2 \\ K' UI \cos \varphi &= k_3 n \\ UI \cos \varphi &= \frac{k_3}{k'} n \end{aligned}$$

由上式可知，电能表转速 n 与负荷功率成正比。如果在时间 t 内，负荷所消耗的电能 A 为

$$A = (UI \cos \varphi) t = \frac{k_3}{k'} n t = \frac{k_3}{k'} N$$

其中， $N = nt$ ，表示在时间 t 内铝盘的转数，因此，电能可用电能表的转数来测量。

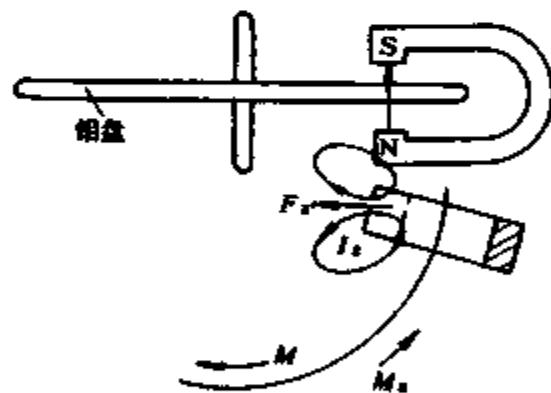


图 2-73 制动力矩产生示意图

三、单相电能表的接线

单相电能表接线时，应使电流线圈串联在火线中并通过负荷电流，电压线圈并联在电源上，使其电源电压直接加在电压线圈上。单相电能表的接线还应遵守“发电机端原则”，

即在电流线圈和电压线圈对应于电流流进端子，都加上“*”标志，此标志称“发电机端”。电能表接线时，应使电流线圈和电压线圈的发电机端接到电源同一极性的端子上。单相电能表接线方式如图 2-74 所示。图 2-74 (a) 为跳入式接线；图 2-74 (b) 为顺入式接线，这两种接线方式，取决于单相电能表端子盒内端子的排列；图 2-74 (c) 为带电流互感器的接线方式，电流线圈和电压线圈内的电流方向，和不用互感器接入电路时相同。

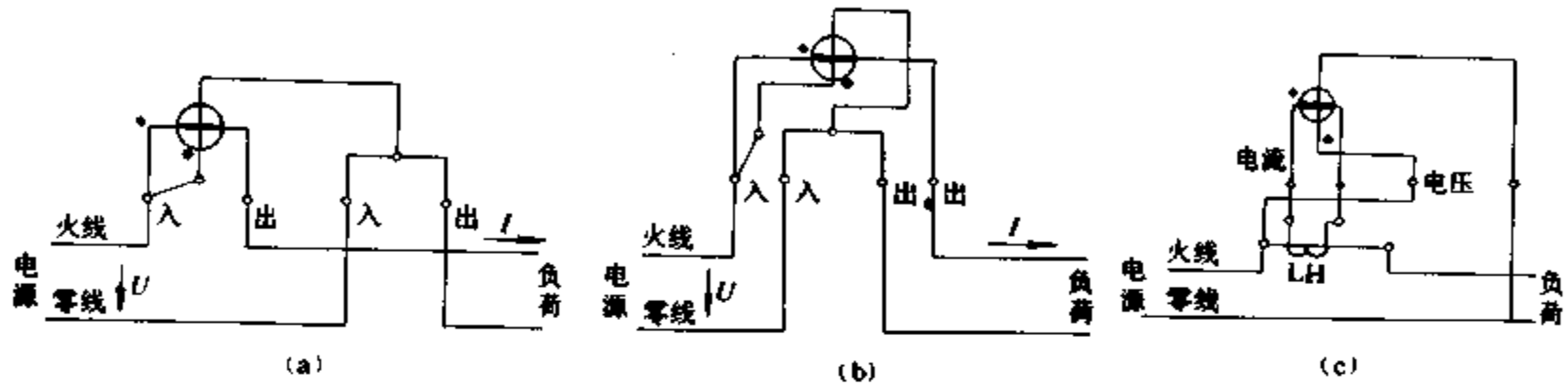


图 2-74 单相电能表的接线方式

四、单相电能表安装及其注意事项

(一) 电能表安装场所

(1) 电能表安装在干燥及不受震动的场所，且便于安装、试验和抄表工作。其周围环境温度应在 $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围之内，相对湿度不超过 85%。

(2) 电能表安装在定型开关柜内，或在电能表板、电能表箱或配电盘上。

(3) 电能表不应安装在易燃、易爆的场所；不能安装在有腐蚀性气体或高温场所；不能安装在磁力影响、多灰尘、潮湿的场所。

(二) 电能表安装高度

(1) 距地面 1.8~2.2m；

(2) 装于成套开关柜时，不应低于 0.7m；

(3) 电能表表板底口距地面不应低于 1.8m；

(4) 电能表箱安装时，底口距地面不应低于 1.4m。

(三) 电能表表板、盘、箱的要求

(1) 电能表盘、箱采用金属板时，其厚度不应小于 2mm，采用绝缘板不应小于 8mm。

(2) 立式盘的金属框架，角钢不应小于 $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 4\text{mm}$ 。

(3) 电能表上端距表盘上边沿不小于 50mm。距表箱顶端不小于 80mm；电能表侧面距表盘、表箱侧边沿不小于 60mm。

(4) 电能表侧面距相邻的开关或其他电器装置不小于 60mm。

第三章 低压电器的安装

第一节 熔断器

熔断器是在低压电路中用作过载及短路保护的电器。可防止电气设备因过载或短路而损坏。它串联在线路中，当线路或设备发生过载及短路时，熔断器中的熔体首先熔断，使线路或设备与电源脱离，从而起到保护作用。它具有结构简单，价格便宜，使用、维护方便，体积小、重量轻等优点，因而得到广泛应用。

一、熔断器的结构、类型及特性

熔断器由金属熔体、连接熔体的触头装置及外壳、底座四部分组成。

(一) 熔断器的熔体

熔体是熔断器的主要元件，也是熔断器的执行元件，在正常工作时，有正常的负荷电流流过；在过载及短路时，在过载及短路电流的作用下，熔体发热达到熔点而熔化，电路断开，起到保护作用。

熔体材料有铜、银、锌、铝、铝锡合金等。铝锡合金及锌熔体的熔点比较低（大约 200°C 和 420°C ）、导电率小，因此，熔体的截面较大，灭弧能力低，主要应用于低压熔断器中。

熔体一般制成三种形状：丝状、片状和笼状。低压熔体一般做成丝、片状。

(二) 熔体的工作原理及保护特性

熔体有两种不同的工作情况：一种是正常工作情况，熔体中通过不超过额定电流值的工作电流，熔体和其他部分，触头、外壳、底座等均达到一稳定的温度，这个温度不会超过各载流部分的长期容许发热温度，熔体亦不会熔断，电路处于接通状态。另一种是过载或短路的工作情况，熔体中通过过载或短路电流，当熔体的温度升高到一定值后（即熔体的熔点），熔体熔断，电弧熄灭后电路被断开。

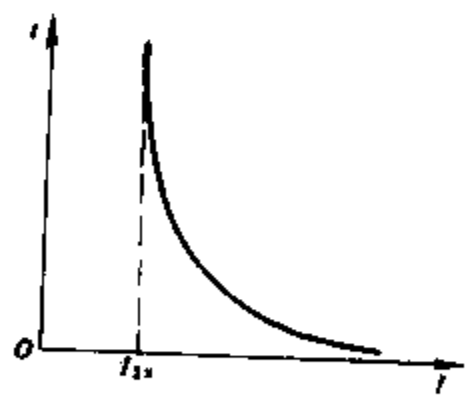


图 3-1 熔断器的安秒特性曲线 / 所示。

熔断器熔体熔断过程实际上是熔体熔化过程和电弧的熄灭过程。也就是说熔断器的动作时间实际上就是这两个过程的时间之和。熔断时间的长短，决定于熔断器中流过电流的大小及熔断器的结构。熔体熔断电流与熔断时间相互间的关系我们称之为熔断器的保护特性，又称安秒特性。安秒特性是选择熔体的依据，使熔断器的动作具有选择性。熔断器的安秒特性与熔体截面大小有关，如图 3-1

图 3-1 中 I_{2x} 称为最小熔断电流。当熔体中通过 I_{2x} 时，熔断器不应熔断。而当通过熔体电流大于 I_{2x} 很多时，熔断时间迅速降低至最小值。所以说，熔断器的安秒特性实际上是反时限特性。

(三) 熔断器的型号及类型

熔断器的型号的含意可分六部分。

1 2 3 4-5/6

第一部分：汉语拼音字头“R”，表示此电器为熔断器。

第二部分：熔断器的类型。

字母：C 表示插入式；

L 表示螺旋式；

M 表示密封式；

T 表示填料式；

S 表示快速式。

第三部分：设计序号。通常用阿拉伯数字表示。

第四部分：改型设计标志，通常用英文字母表示。

第五部分：熔断器的额定电流，单位为 A（安培）。

第六部分：熔体的额定电流，单位为 A（安培）。

二、几种常用的熔断器

(一) RC1A-□型瓷插式熔断器

瓷插式熔断器适用于交流 50Hz，额定电压 380V 及以下的线路末端，供配电系统作为电缆、导线及电气设备的短路保护，其结构如图 3-2 所示。瓷插熔断器是由瓷盖、瓷座、动触头、静触头及熔丝五部分组成。瓷盖和瓷座均用电工陶瓷制成，电源线及负载线可分别接在瓷座两端的静触头上。瓷座中间有一空腔，与瓷盖构成灭弧室。容量较大的熔断器在灭弧室中还垫有熄弧作用的编织石棉，以利于快速灭弧。RC1A 系列熔断器技术数据见表 3-1。

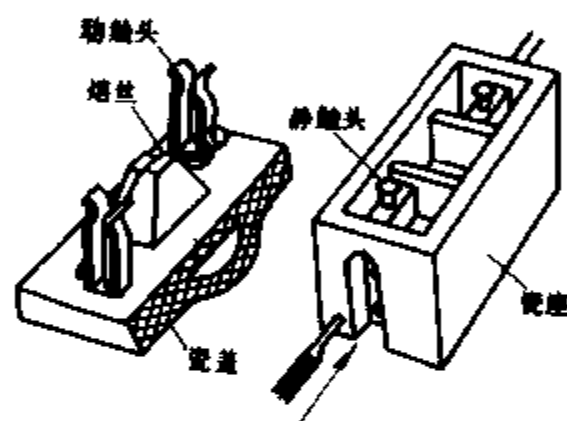


图 3-2 RC1A 系列瓷插式熔断器结构

表 3-1

RC1A 系列熔断器技术数据

额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	$\cos\varphi$	极限分断能力 (A)
220	5	1、2、3、4	0.8	750
	10	2、4、6、10	0.8	
	15	6、10、15	0.8	1000
	30	15、20、25、30	0.8	4000
380	60	30、40、50、60	0.5	
	100	60、80、100	0.5	
	200	100、120、150、200	0.5	

RC1A 系列熔断器安装比较方便,10A 以下的熔断器在瓷座中心有一孔,用以固定熔断器,15A 以上为双角固定,见图 3-3 所示。

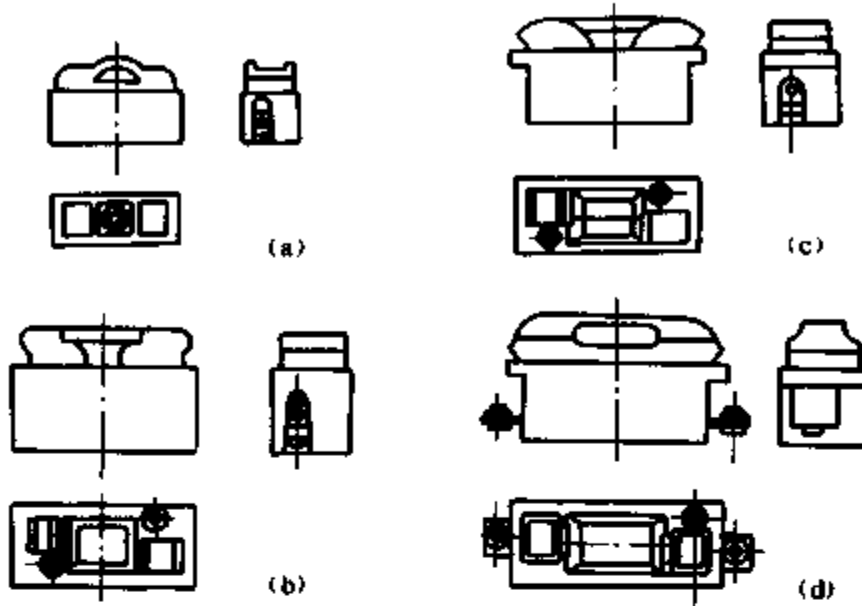


图 3-3 RC₁A 系列熔断器外形

(a) 5、10A; (b) 15、30A;

(c) 60、100A; (d) 200A

为 10A, 熔体额定电流有: 0.5、1、2、3、4、5、6、8、10A 九种, 可根据需要选择其中的一种。熔管工作电流在额定电流的 1.5 倍时, 1h 内不应熔断, 2.1 倍时, 必须熔断, 其结构及外形尺寸如图 3-4 所示。

(三) RL1 系列螺旋式熔断器

RL1 系列熔断器主要应用在 50Hz, 额定电压 380V、直流电压 440V 及以下, 额定

器,15A 以上为双角固定,见图 3-3 所示。当熔丝熔断后, 取下瓷盖, 便可更换熔丝。更换熔丝时, 注意不要用工具把熔丝损伤, 以免影响其熔断特性。

(二) R1 系列熔断器

R1 系列熔断器适用于交、直流电压 220V 以下, 额定电流 10A 及以下的控制电路及信号电路的室内电气设备中, 作短路或过载保护之用。

R1 系列熔断器由底座和熔断管两部分组成。底座为胶木压制而成, 熔断管有玻璃管和胶木管两种, 胶木熔断管内充石英砂。熔断管内有熔体, 两端紧箍铜帽。熔断器额定电压为 220V、额定电流

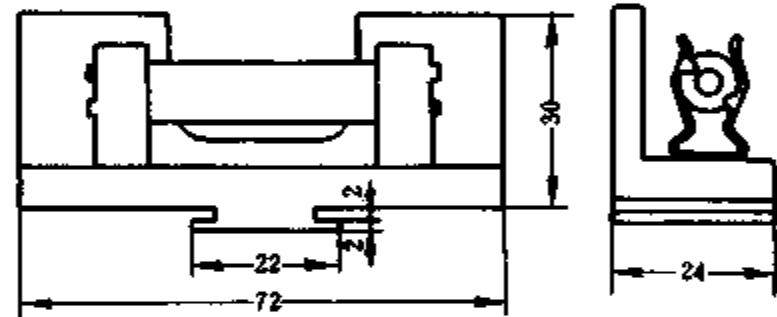


图 3-4 R1-10 系列熔断器外形及安装尺寸

电流 200A 及以下的电路中, 作为过载及短路保护。RL1 系列熔断器主要由瓷帽、熔断管 (芯子)、瓷套、上、下接线端子及底座组成。其结构及外形见图 3-5 所示。熔断管内装有熔丝 (片) 和石英砂。熔管上端盖中装有熔断指示器, 当熔体熔断时, 指示器跳断, 表明熔丝已熔断, 并可通过瓷帽的玻璃孔观察到。

在安装时, 负荷侧应接在连接金属螺纹壳的上接线端, 电源侧接到瓷底座上的下接线端, 这样可保证更换熔断管时, 不触及带电部分。RL1 系列螺旋式熔断器额定电压为 380V, 额定电流有 15、60、100、200A 四种, 熔体额定电流有

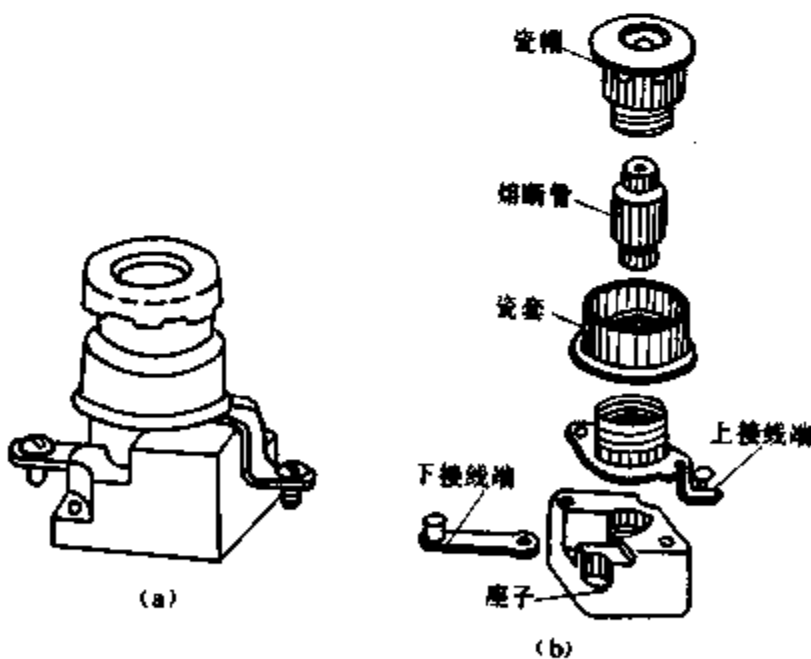


图 3-5 RL1 系列熔断器

(a) 外形; (b) 结构

2~200A 20 余种。

(四) RM10 系列无填料封闭管式熔断器

RM10 系列无填料封闭管形熔断器适用于 50Hz、额定电压 380V 或直流电压 440V 及以下各电压等级动力网络、成套配电设备中，作短路及连续过载保护。其结构如图 3-6 所示。它由钢纸管、两端紧套黄铜套，在套管上旋有黄铜帽用来固定熔体，熔体在装入钢纸管前用螺钉固定在插刀上。熔体用锌片制成，锌片冲成宽窄不同的截面，宽处电流密度小，窄处电流密度大。当有大电流通过时，窄处温度上升快，首先达到熔点而熔化。RM10 系列熔断器具有板前及板后两种接线形式、技术数据见表 3-2。它具有断流能力高、特性好、更换方便，运行安全可靠等优点。

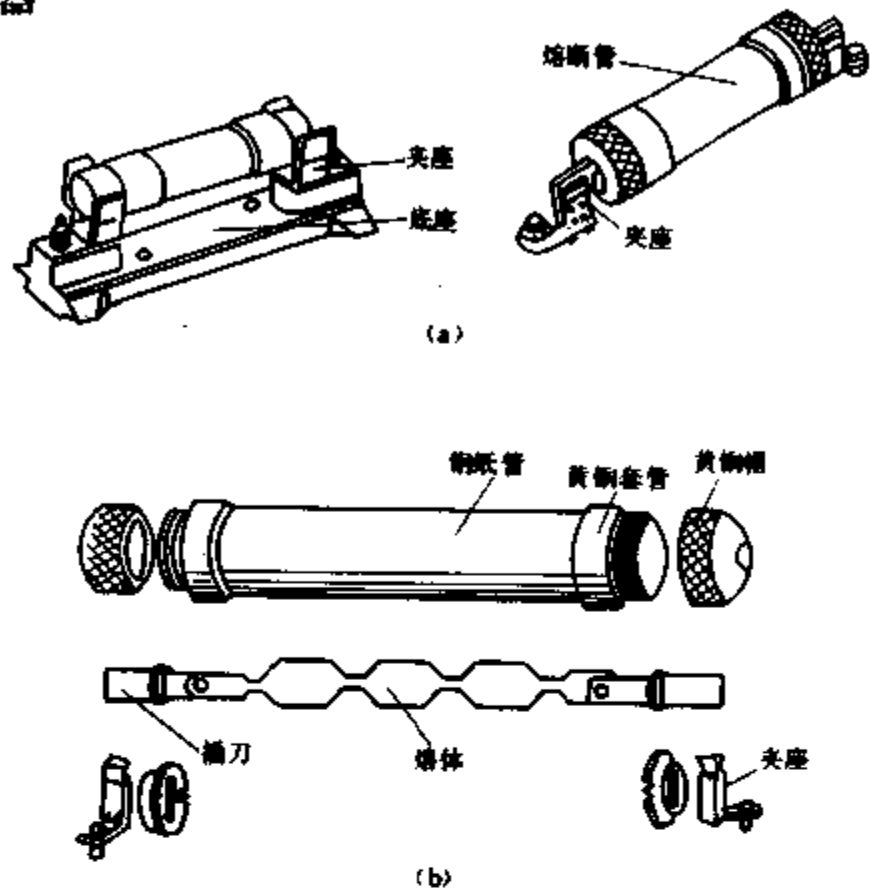


图 3-6 RM10 系列无填料封闭管式熔断器
(a) 外形；(b) 结构

表 3-2 RM10 系列熔断器技术数据

额定电流 (A)		极限分断能力 (A)
熔断管	装在熔断管内的熔体	
15	6、10、15	1200
60	15、20、25、35、45、60	3500
100	60、80、100	10000
200	100、125、160**、200**	
350	200、225*、260**、300*、350*	
600	350*、430*、500*、600*	
1000	600*、700*、850*、1000*	12000

* 电压为 380、220V 时，熔体需两片并联使用。

** 仅在电压为 380V 时，熔体需两片并联使用。

(五) RT0 系列有填料封闭管式熔断器

RT0 系列是有填料封闭管式熔断器，用于交流 50Hz、额定电压 380V，直流额定电压 440V 及以下短路电流大的网络或配电装置中，作为电缆、导线及电气设备的短路保护及导线、电缆的过载保护。

熔断器主要由熔断管、指示器、石英砂和熔体组成。其结构见图 3-7 所示。

熔断管是高频电瓷制品，耐热性、机械性能都很好。指示器为一机械信号装置，指示器有与熔体并联的康铜丝，在熔体熔断后烧断、弹至红色指示件，表明已熔断。熔体采用

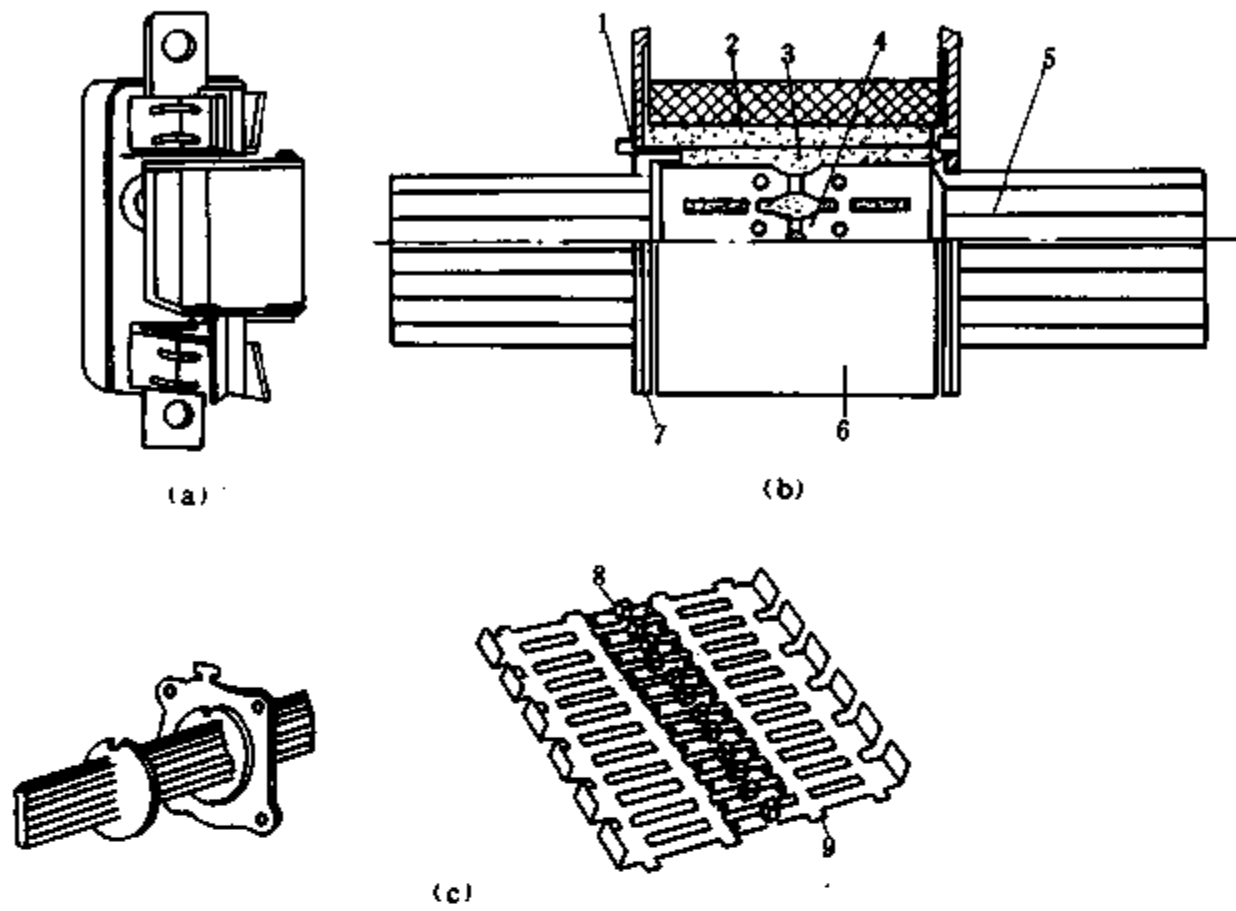


图 3-7 RT0 系列熔断器结构

(a) 外形；(b) 内部结构；(c) 熔体内部结构

1—熔断指示器；2—指示熔体；3—石英砂；4—工作熔体；5—插刀；
6—熔管；7—盖板；8—锡桥；9—点燃栅

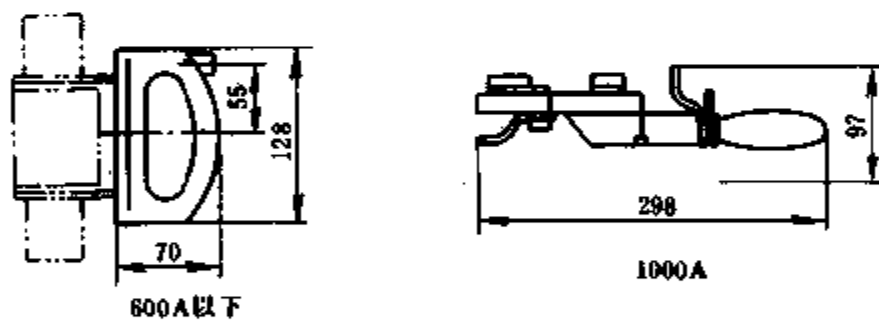


图 3-8 RT0 系列熔断器操作手柄

网状紫铜薄片，有高分断能力和变截面形状的锡桥，从而改善短路、过载保护性能。熔断管内充满石英砂填料，以利迅速灭弧。

在带电情况下更换熔断管时，利用绝缘的操作手柄进行操作，操作手柄如图 3-8 所示。

RT0 系列熔断器技术数据见

表 3-3。

表 3-3

RT0 系列熔断器技术数据

额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	极限分断能力 (kA)		回路参数	
		交流 380V	直流 440V	交流 380V	直流 440V
50	5、10、15、20、30、40、50	50 (有效值)	25	$\cos\phi=0.1\sim 0.2$	$T=15\sim 20\text{ms}$
100	30、40、50、60、80、100				
200	80*、100*、120、150、200				
400	150*、200、250、300、350、400				
600	350*、400*、450、500、550、600				
1000	700、800、900、1000				

* 尽可能不采用。

熔断器安装时与外连接母线规格见表 3-4。

表 3-4 熔断器安装时，外部连接母线规格

熔断器底座的额定电流 (A)	单根母线尺寸 (mm)	
	铝质母线	铜质母线
50	—	10mm ² 绝缘铜线
100	20×3	—
200	25×3	—
400	40×5	—
600	—	50×5
1000	—	80×6

(六) RT10、RT11 系列有填料封闭管式熔断器

这两种熔断器结构与 RT0 结构大致相同，不带底座。直接安装在母线排上，其结构如图 3-9 所示。

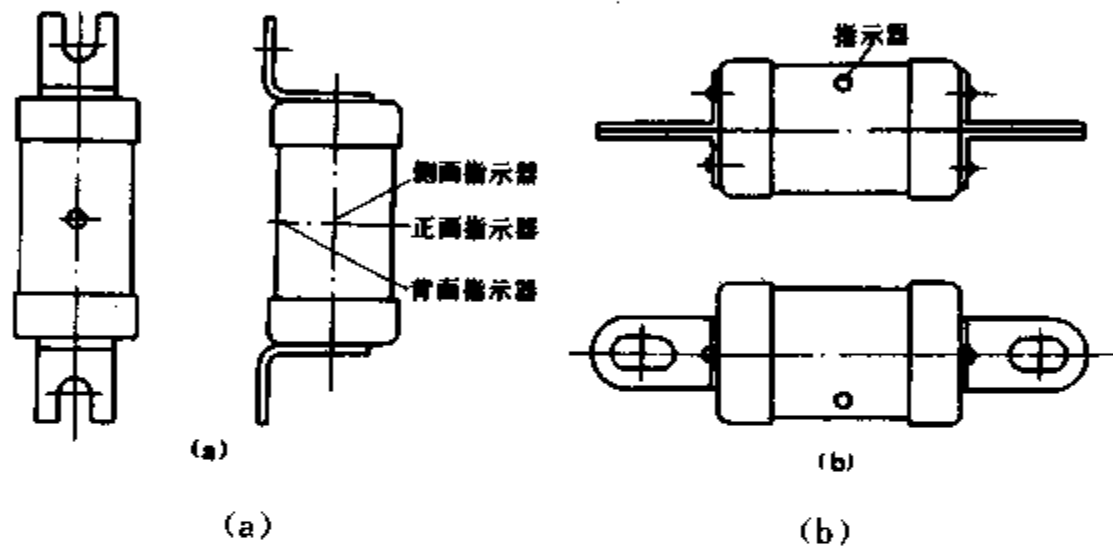


图 3-9 RT10、RT11 系列熔断器外形

(a) RT10 系列；(b) RT11 系列

RT10 系列熔断器额定电流有 20、30、60、100A 四种；RT11 系列熔断器额定电流有 100、200、300、400A 四种。

(七) RT14 系列有填料封闭管式圆筒形熔断器

这种熔断器是一种高分断能力熔断器，适用于交流 50Hz，额定电压 380V 的配电装置中，作短路及过载保护。

RT14 系列熔断器分为带撞击器和不带撞击器两类，熔断器由圆筒形帽熔断管、熔体和支撑件（底座）组成。熔断管为圆管状瓷管，两端有帽盖，熔体设计成变截面形状，并配以低熔点锡基合金，以保证熔断器在最小熔断电流至额定分断能力范围内可靠地分断。带撞击器的熔体熔断时，撞击器弹出，即可作信号指示。

RT14 系列熔断器外形如图 3-10 所示，其技术参数见表 3-5。

表 3-5 RT14 系列熔断器技术数据

额定电流 (A)	额定电压 (V)	熔体额定电流 (A)	额定分断能力 (kA)	额定功耗 (W)
20	380	2、4、6、10、16、20	100	3
32		2、4、6、10、16、20、25、32		5
63		10、16、20、25、32、40、50、63	cosφ=0.1~0.2	9.5

(八) RS0、RS3 系列有填料封闭管式快速熔断器

RS0、RS3 系列快速熔断器主要作为硅整流器、可控硅元件及其成套装置的短路保护及

某些不允许过电流的过负荷保护。这两种熔断器分断能力高，在分断较大的短路电流时，有显著的限流作用。熔断器装有红色明显的指示器或带触头的信号指示装置。

RS0 系列快速熔断器基本结构如图 3-11 所示。RS3 系列与 RS0 系列内部结构基本一致，外型略有差别。RS 系列熔体用含锡量不少于 99.9% 的薄银片制成 V 形的狭窄截面和网状多根并联形式，如图 3-12 所示。

RS0 系列熔断器额定电压为 250、500、750V、额定电流 50~350A；分断能力为 30~50kA，RS3 系列熔断器额定电压为 500、750、1000V，额定电流为 50~700A，分断能力为 50kA。

RS 系列接线端子做成汇流排式，可用螺栓直接固定在母线排上或安装在绝缘板上。

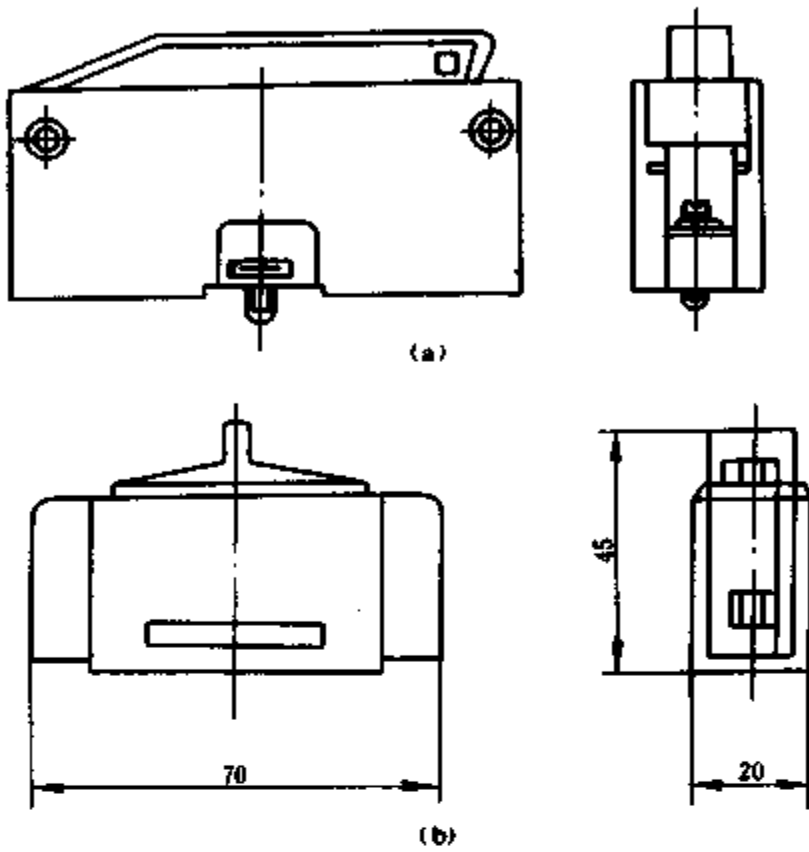


图 3-10 RT14 型熔断器外形
(a) RT14-32、63 型熔断器外形；
(b) RT14-20 型熔断器外形

(九) NT 系列低压高分断能力熔断器

NT 系列低压高分断能力熔断器，适用于 50Hz，电压在 660V 及以下的电力网络或配电装置中，作短路或过载保护。该熔断器具有功耗小，分断能力高，特性较稳定，限流能力好，体积小等优点。

熔断器由熔管、熔体和底座三部分组成。熔管为高强度陶瓷，内充优质石英砂。更换熔断器时应用载熔体（即手柄）进行操作。其外形如图 3-13 所示。载熔体外形如图 3-14 所示。

(十) SF-2 型和 FH-2 型熔断器盒

SF-2 和 FH-2 型熔断器盒均使用 FA4 型有填料封闭管式熔断体，在额定电压 220V，额定电流不大于 15A，频率为 50Hz 的低压配电系统中，用来保护线路过载及短路。这种熔断器由熔管、底座和插板三部分组成，具有体积小，结构合理，使用方便，安全可靠的优点。FA4 型熔管见图 3-15 所示；SF-2、FH-2 型熔断器盒外形及其安装图如图 3-16 所示。

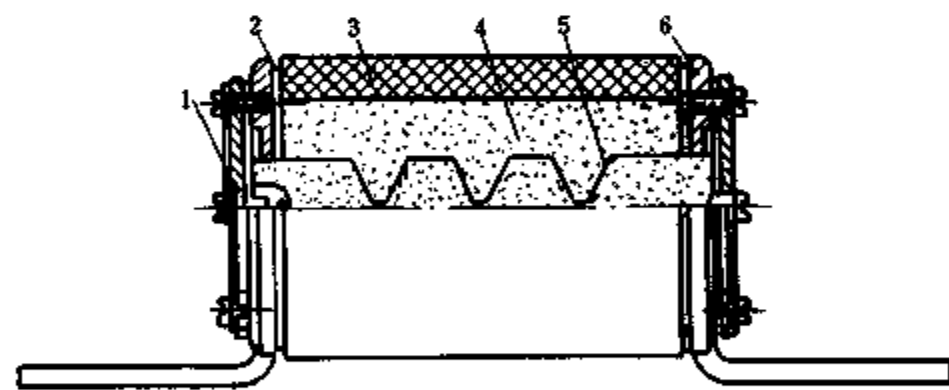


图 3-11 RS0 系列快速熔断器基本结构
1—指示器；2—衬垫；3—瓷管；
4—石英砂；5—熔体；6—盖板

(十一) RL6 型螺旋式熔断器

RL6 型螺旋式熔断器适用于频率为 50Hz，电压在 500V 及以下的电路中，作过载及短路保护。为 RL1 的替代产品，执行国际标准，可与国外同类产品互换。设有防护罩，具有高分断能力，限流特性好，功耗小、选



图 3-12 RS 系列快速熔断器熔体

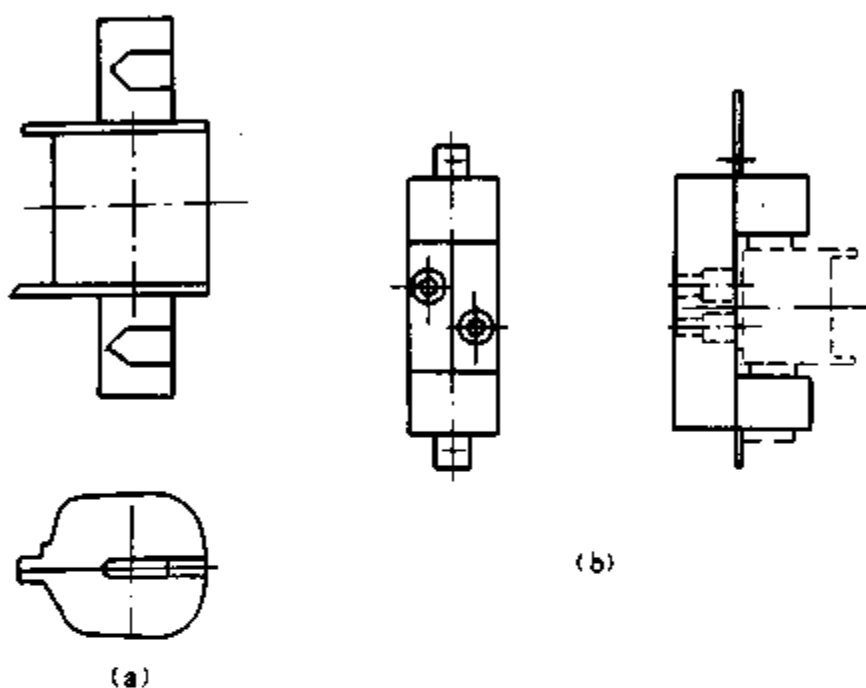


图 3-13 NT 型熔断器熔断管及底座外形

(a) 熔断管外形；(b) 底座外形

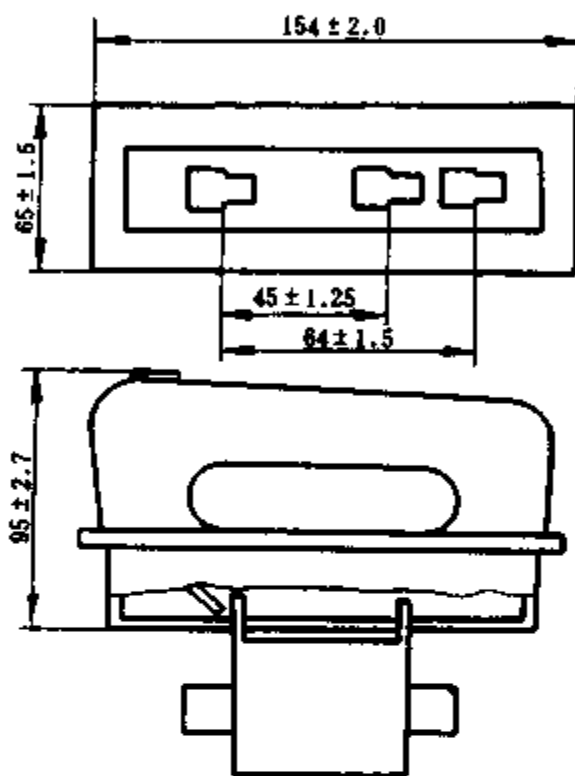


图 3-14 载熔体外形尺寸

择性好、带有熔断指示、安装方便等优点。

RL6 型熔断器由载熔体、熔断体及底座组成。熔断体内装有熔体并填充石英砂，装有外互换片的限位装置。当熔体熔断时，其熔体及填料均无效，必须及时更换。

RL6 型熔断器额定电流有 25、63、100、200A 四种，其防护罩外型及熔断器、熔体外形分别见图 3-17、图 3-18、图 3-19 所示。

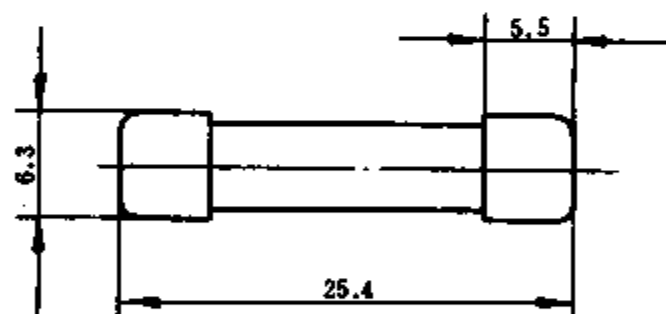
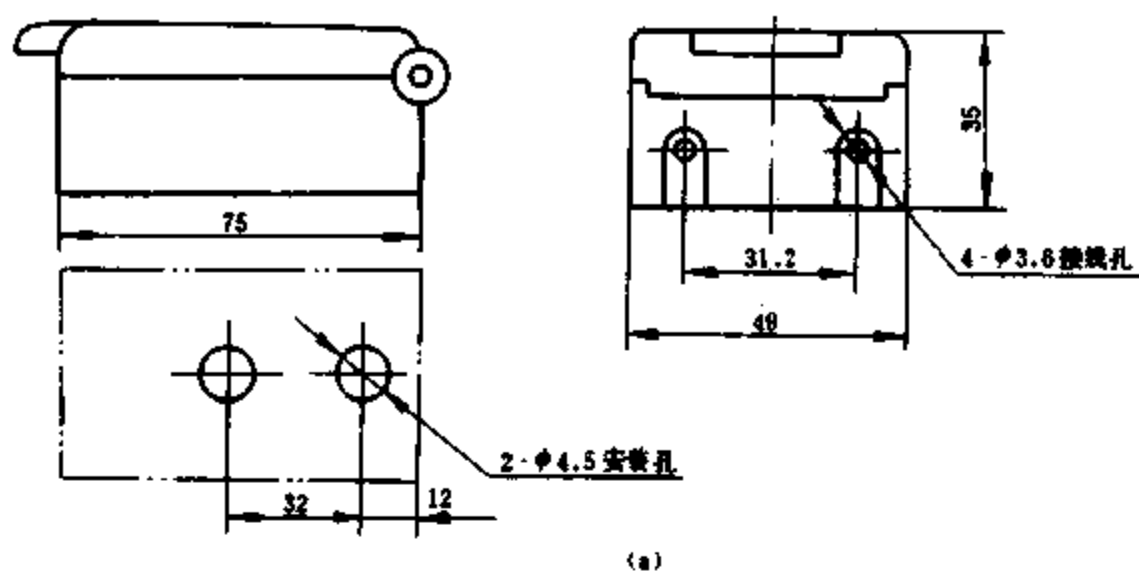


图 3-15 FA4 型熔断体外形尺寸

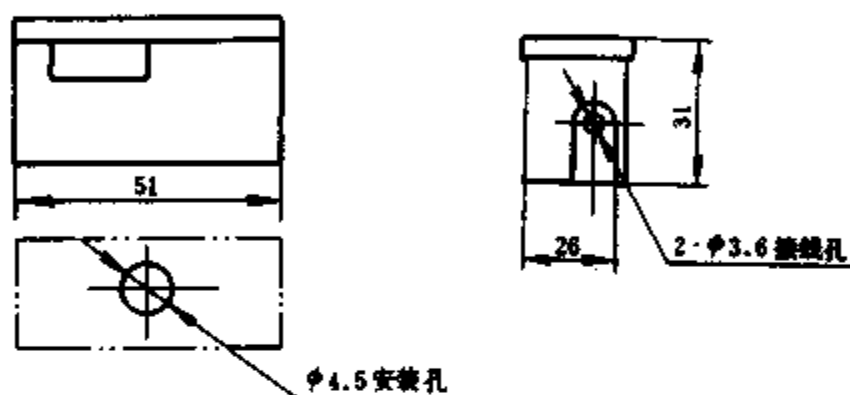
三、熔断器的选择

熔断器的选择，关键在于熔体的选择，熔体额定电流选择的合适与否，直接影响供电的可靠性及设备的安全运行。

如果电路内有几级熔断器串联，当一支路发生短路及过载时，该支路应熔断，未故障支路可继续运行，这就叫做熔断器动作的选择性，图 3-20 所示系统中，在电源出口侧和各出线上分别装有 2FU 和 1FU，显然，每一出线负载电流的值均小于电源出口电流，所以，1FU 熔体的额定电流应小于 2FU 熔体的额定电流。



(a)



(b)

图 3-16 SF-2、FH-2 型熔断盒外形及安装尺寸
(a) SF-2 型; (b) FH-2 型

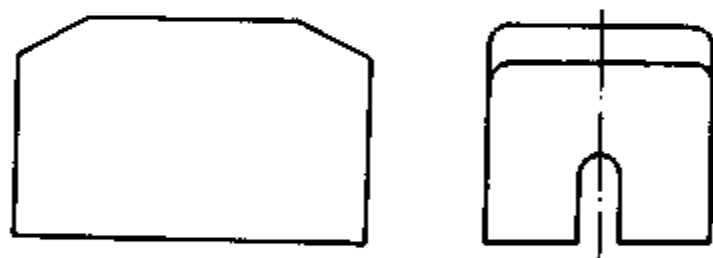


图 3-17 RL6 型熔断器防护罩外形

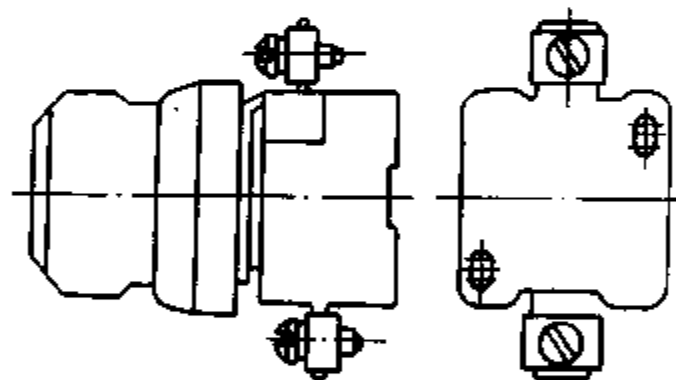


图 3-18 RL6 型熔断器外形

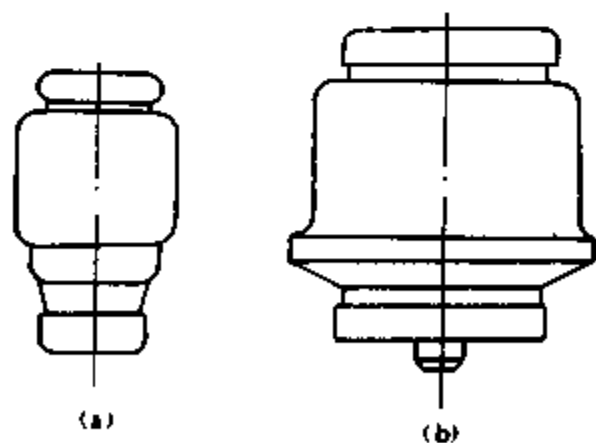


图 3-19 RL6 型熔断体外形
(a) 25A (30)、63A; (b) 100A、200A

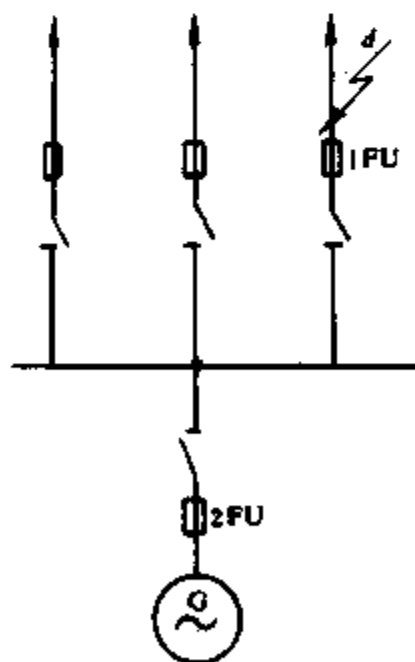


图 3-20 多级熔断器的配置

假设 1FU、2FU 熔体的保护特性曲线如图 3-21 中曲线 1 和曲线 2 所示。当 d 处(见图 3-20)发生短路时,短路电流为 I_{d1} ,在保护特性曲线上可看到,1FU 的熔断时间为 t_1 ,2FU 的熔断时间为 t_2 ,且 $t_1 < t_2$,则 1FU 先熔断,故障被切除。如果短路电流值(I_{d2})很大时,则 t_1 与 t_2 相差很小,2FU 由于机械损伤等因素的影响,可能先熔断,造成所有供电线路停电。在 d 处短路时,1FU 先熔断是有选择性动作,而 2FU 先熔断则是非选择性动作。

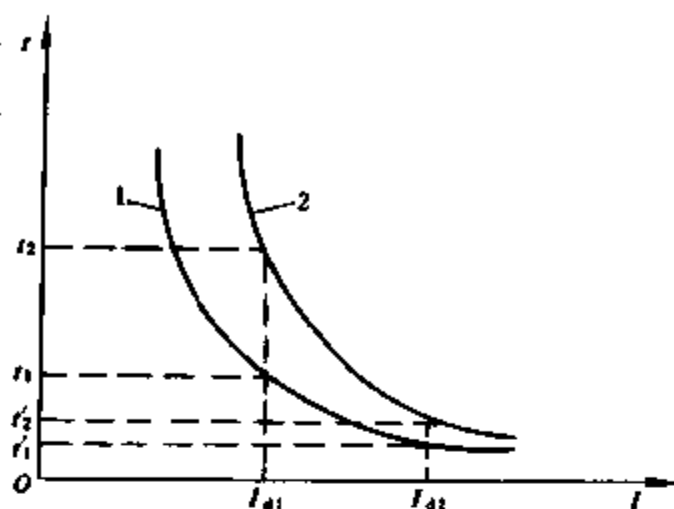


图 3-21 熔断器的保护特性曲线

经验表明,前、后级熔断器间额定电流之比为 1.5 ~ 2.4 时,是可以保证有选择性熔断的。

现将不同用电设备的熔断器熔体额定电流的选取分述如下:

(一) 照明电路熔断器熔体额定电流的选择

一般照明电路中熔体材料采用铅—锡或铅—锡合金,其规格见表 3-6。

表 3-6 常用低压熔体的规格

种 类	直 径 (mm)	近似英规 线 号	额 定 电 流 (A)	种 类	直 径 (mm)	近似英规 线 号	额 定 电 流 (A)
铅锡合金 (铅占 98%以 上、锡占 0.3% ~1.5%)	0.08	44	0.25	铅锡合金 (铅 95%、锡 5%)	0.508	25	2
	0.15	38	0.50		0.559	24	2.3
	0.20	36	0.75		0.61	23	2.6
	0.22	35	0.8		0.71	22	3.3
	0.25	33	0.9		0.813	21	4.1
	0.28	32	1		0.915	20	4.8
	0.29	31	1.05		1.22	18	7
	0.36	28	1.35		1.63	16	11
	0.40	27	1.5		1.83	15	13
	0.46	26	1.85		2.03	14	15
	0.50	25	2		2.34	13	18
	0.54	24	2.25		2.65	12	22
	0.60	23	2.5		2.95	11	26
	0.71	22	3	3.26	10	30	
	0.98	20	5	铜 丝	0.23	34	4.7
	1.02	19	6		0.25	33	5
	1.25	18	7.5		0.27	32	5.5
	1.51	17	10		0.30	31	6.1
	1.67	16	11		0.32	30	6.9
	1.75	15	12		0.38	28	9.2
1.98	14	15	0.46		26	12.5	
2.40	13	20	0.56		24	17	
2.78	12	25	0.60		23	20	
2.95	11	27.5	0.70		22	25	
3.14	10	30	0.80	21	29		
3.81	9	40	0.90	20	37		
4.12	8	45	1.00	19	44		
4.44	7	50	1.13	18	52		
4.91	6	60	1.37	17	63		
5.24	4	70	1.60	16	80		
			1.76	15	95		
			2.03	14	115		

(1) 在照明配电支路中，熔体额定电流应大于或等于该支路实际的最大负荷电流，但应小于支路中最细导线的安全电流。

(2) 照明电路的总熔体的额定电流应按下式选择

$$\text{总熔体额定电流 (A)} = (0.9 \sim 1) \times \text{电能表额定电流 (A)}$$

总熔断器一般装在电能表出线上，熔体额定电流不应大于单相电能表的额定电流，但必须大于电路中全部用电器具的工作电流之和。

(二) 电动机电路中熔体额定电流的选择

(1) 当电路中只有一台电动机时，其熔断器熔体额定电流为

$$\text{熔体额定电流 (A)} \geq (1.5 \sim 2.5) \times \text{电动机额定电流 (A)}$$

当电动机容量小，轻载或有降压起动设备时，倍数可选取小些；重载或直接起动时，倍数可取大些。

(2) 多台电动机时，其熔断器熔体额定电流为

$$\text{总熔体额定电流 (A)} \geq (1.5 \sim 2.5) \times \text{容量最大的一台电动机的额定电流 (A)} \\ + \text{其余台电动机的额定电流之和 (A)}$$

(三) 硅整流的快速熔断器熔体的额定电流选择

快速熔断器熔体的额定电流为

$$I \leq 0.8 I_e$$

式中 I —— 快速熔体的额定电流，A；

I_e —— 硅整流器额定工作电流，A。

综上所述，熔断器熔体的选择基本程序如下：

- (1) 确定熔体的额定电流。
- (2) 确定熔断器额定电流、电压。
- (3) 根据负荷性质确定熔断器类型。

熔断器在使用中应注意：

- (1) 正确选择熔体，保证其工作的选择性。
- (2) 熔断器内所装熔体的额定电流不能超过熔断器的额定电流。
- (3) 熔体熔断后，应更换相同规格和材料的熔体，不能随意改变，更不能用不易熔断的其它金属丝去更换。
- (4) 熔体安装时，不应受到损伤；否则将引起不可靠的熔断。
- (5) 熔断器的熔体两端应接触良好。
- (6) 更换熔体时，要切断电源，不能带电更换熔断器。更换时，工作人员要戴绝缘手套、穿绝缘鞋，戴防护目镜。

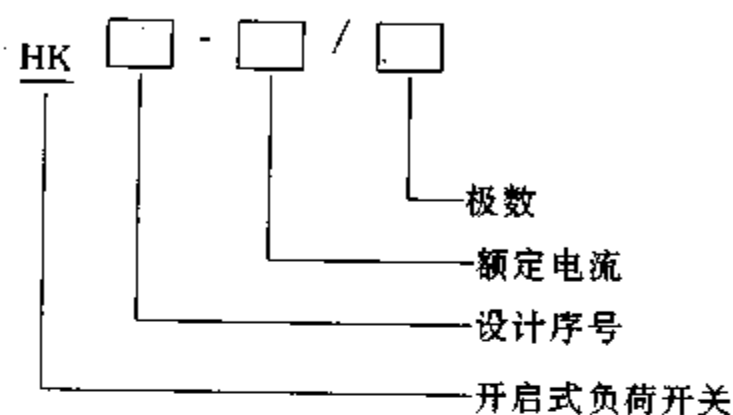
第二节 刀 开 关

刀开关也叫闸刀开关，是一种最为简单的低压开关，适用于交流 380V，直流额定电压为 440V，额定电流 3000A 及以下系统中，作为不频繁手动接通和分断交直流电路或作隔离开关用。

刀开关的种类很多，按极数来分：有单极、双极和三极；按灭弧结构来分：有带灭弧罩和不带灭弧罩两种；按操作方式来分：有直接手柄操作和链杆操作；按用途来分：有单投和双投。

一、开启式刀开关（瓷底胶盖开关）

型号意义为：



HK 系列刀开关应用较多的有两种，即 HK1 和 HK2 系列，现分述如下。

（一）HK1 系列开启式刀开关

HK1 系列刀开关适用于交流频率 50Hz、电压 380V、电流 60A 及以下的线路中，主要作为电照、电热等回路的控制开关用。三极开关也可作为小型感应电动机不频繁操作的直接启动及断开。刀开关装上熔体后，

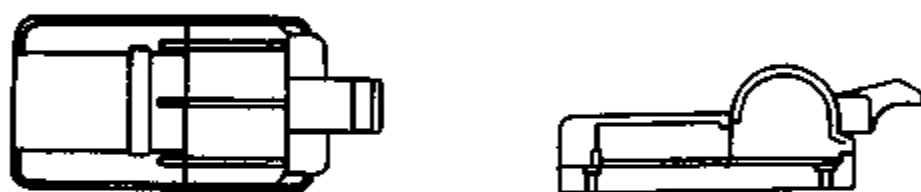


图 3-22 HK1 系列刀开关外形

具有短路保护作用。其外形如图 3-22 所示，是由刀开关和熔断体组合的一种电器，瓷座板上装有进线座，静触头、熔断丝、出线座及刀片式动触头，上面覆有胶盖以保证用电安全，下盖以铰链连于底板，使更换熔体方便。

HK1 系列刀开关有 15/2，15/3，30/2，30/3，60/2，60/3 六种产品。

（二）HK2 系列开启式刀开关

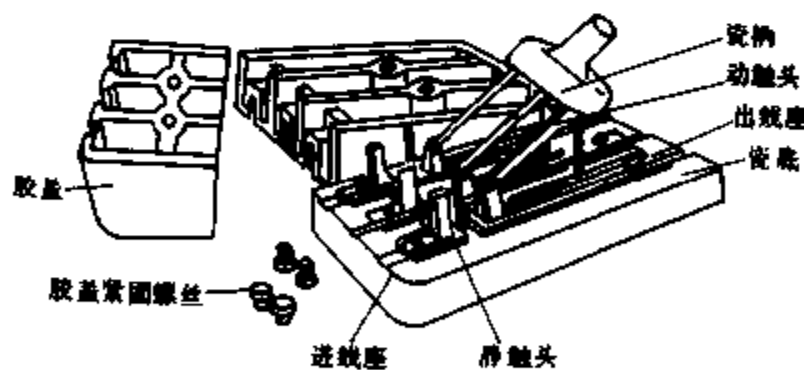


图 3-23 HK2 系列刀开关结构

HK2 系列负荷开关的用途与 HK1 基本相同，其结构如图 3-23 所示。额定电压 380V 为三极开关，额定电压为 220V 的为两极开关。额定电流最大为 100A。

HK 系列刀开关没有专门灭弧装置，用胶木盖来防止电弧灼伤人手，拉、合闸时动作应迅速，使电弧较快地熄灭，可减轻电弧对刀片和触座的灼伤。

二、HH 系列铁壳开关（封闭式刀开关）

型号意义为：

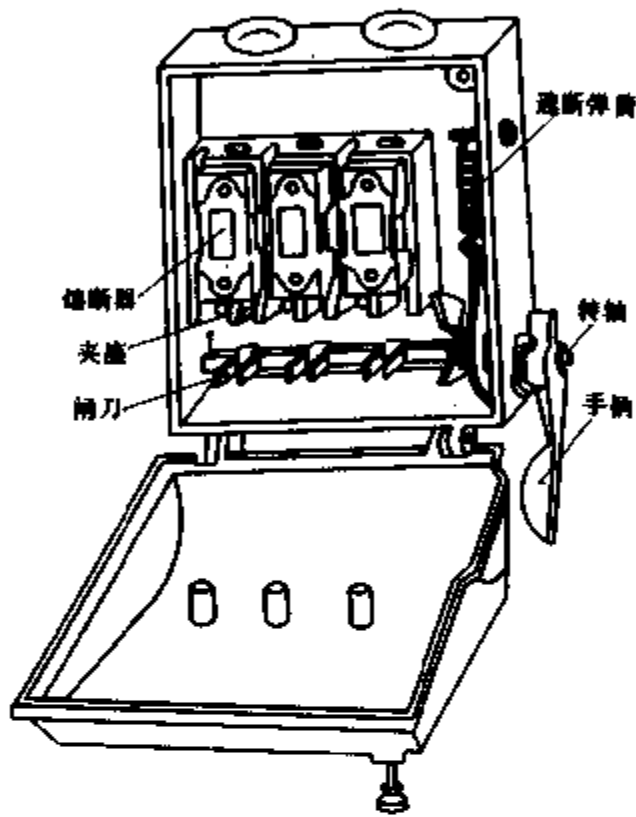
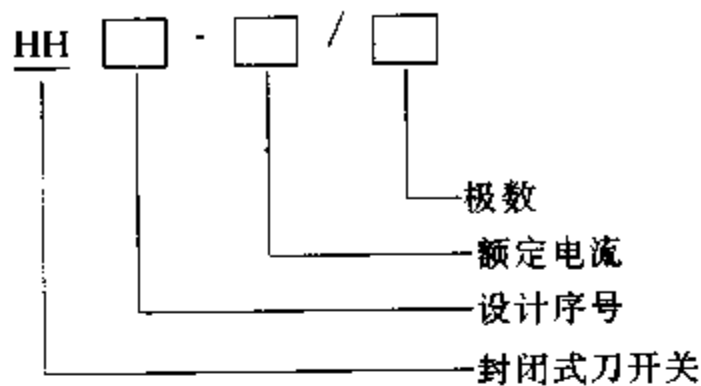


图 3-24 HH 系列铁壳开关

常用 HH 系列铁壳开关结构如图 3-24 所示。它是由刀开关与熔断器组合而成的组合电器，其外壳为铁壳，故称铁壳开关。这种开关装有速断弹簧。对于容量较大的开关，当闸刀断开电路时，闸刀与夹座之间将产生很大的电弧，速断弹簧可加快分闸速度，从而提高灭弧效果。速断弹簧装在操作手柄转轴与底座之间，用钩子扣在转轴上，当手动分、合闸时，开始阶段 U 形双刀片并不移动，只拉伸弹簧、储备能量；当转轴转到一定角度时，弹簧力就使 U 形双刀片快速动作，进行分、合闸，电弧被快速熄灭。

为保证安全用电，铁壳上装有机电联锁装置，当箱盖打开时，不能合闸；闸刀合闸后，箱盖不能打开。

HH3 系列刀开关额定电流为 100A、200A，在配电装置和设备中作不频繁接通、断开负荷电路及短路保护用。

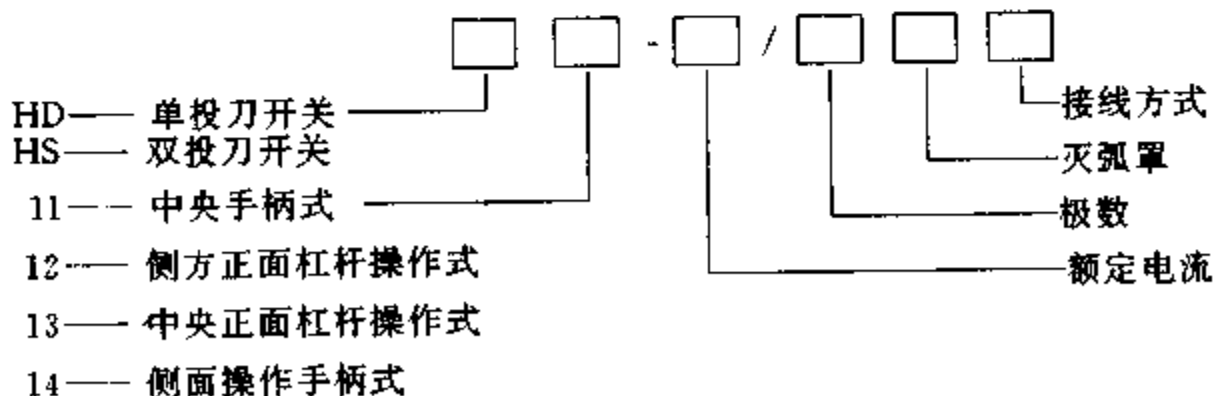
HH4 系列刀开关为 100A 及 60A、30A、15A 四个规格，HH3、HH4 均为侧面操作。

HH11 系列刀开关有 400A 及以下规格产品，具有中性线接线柱及连板，为前操作杆操作。

三、HD、HS 系列刀开关

HD、HS 系列刀开关适用于交流 50Hz，额定电压 440V，额定电流 3000A 及以下的低压成套配电装置中，作为不频繁手动分断及接通交直流电路或隔离电源用。

(一) 型号意义



其中，接线方式：8——板前接线；9——板后接线。

灭弧罩：0——不带灭弧装置；1——带灭弧装置。

极数：1——单极；2——二极；3——三极。

额定电流：共分 100、200、400、600、1000、1500、3000A 七种。

图 3-25 所示为 HD11 系列刀开关外形，图 3-26 所示为 HS11 系列刀开关外形。

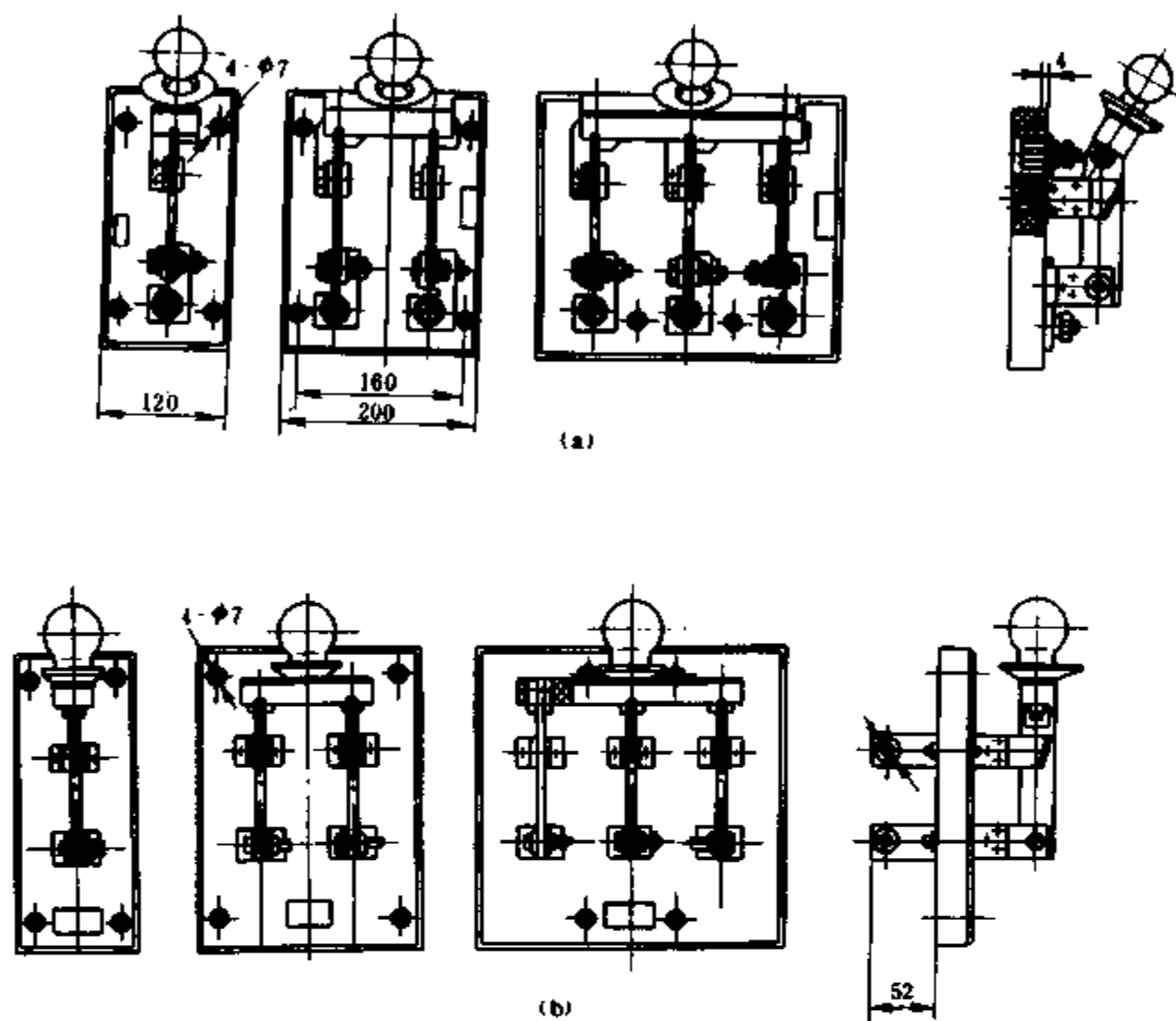


图 3-25 HD11 系列刀开关外形

(a) 板前接线；(b) 板后接线

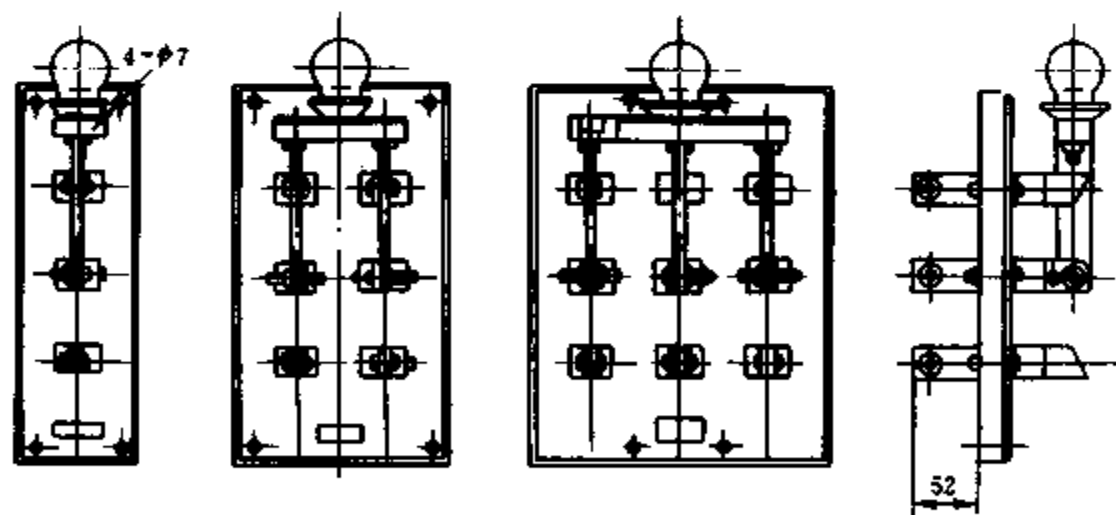


图 3-26 HS11 系列刀开关外形

(二) 分类

各系列刀开关按其结构的形式、转换方向、极数、电源等级分类见表 3-7。

表 3-7

各系列刀开关分类

项	结构形式	转换方向	极数	额定电流等级 (A)	系列型号
1	中央手柄式	单投	1, 2, 3	100, 200, 400	HD11-□/□8
2	中央手柄式	单投 双投	1, 2, 3	100, 200, 400, 600, 1000	HD11-□/□9 HS1-□/□
3	侧方正面杠杆操作机构式 (有灭弧罩)	单投 双投	2, 3	100, 200, 400, 600, 1000	HD12-□/□11 HS12-□/□1
4	侧方正面杠杆操作机构式 (无灭弧罩)	单投 双投	2, 3	100, 200, 400, 600, 1000, 1500	HD12-□/□0 HS12-□/□0
5	中央正面杠杆操作机构式 (有灭弧罩)	单投 双投	2, 3	100, 200, 400, 600, 1000	HD13-□/□1 HS13-□/□1
6	中央正面杠杆操作机构式 (无灭弧罩)	单投 双投	2, 3	100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 3000	HD13-□/□0 HS13-□/□0
7	侧面操作手柄式 (有灭弧罩)	单投	3	100, 200, 400, 600	HD14-□/31
8	侧面操作手柄式 (无灭弧罩)	单投	3	100, 200, 400, 600	HD14-□/30

四、熔断器式刀开关

熔断器式刀开关是由刀开关和熔断器组合而成的一种电器，因此在工程中我们也常称其为刀熔开关。它适用于交流 50Hz，电压 380V 至 660V，直流电压 440V、额定电流 100A 至 630A 的工业企业配电网中，作为电气设备及线路的过负荷及短路保护用，也用于在正常供电情况下不频繁接通和切断的电路之中。

(一) HR3 系列刀熔开关

HR3 系列刀熔开关用于交流 50Hz，电压为 380V、额定电流 100~600A 的配电网中，作为过载及短路保护，并可用于正常供电情况下不频繁接通和断开的电路之中。其型号意义如下：

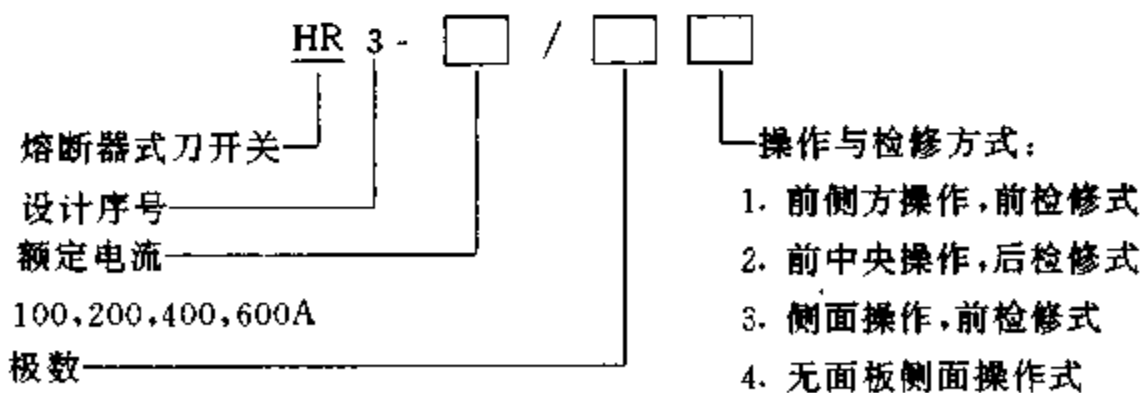


图 3-27 所示为前操作、前检修式刀熔开关外形。

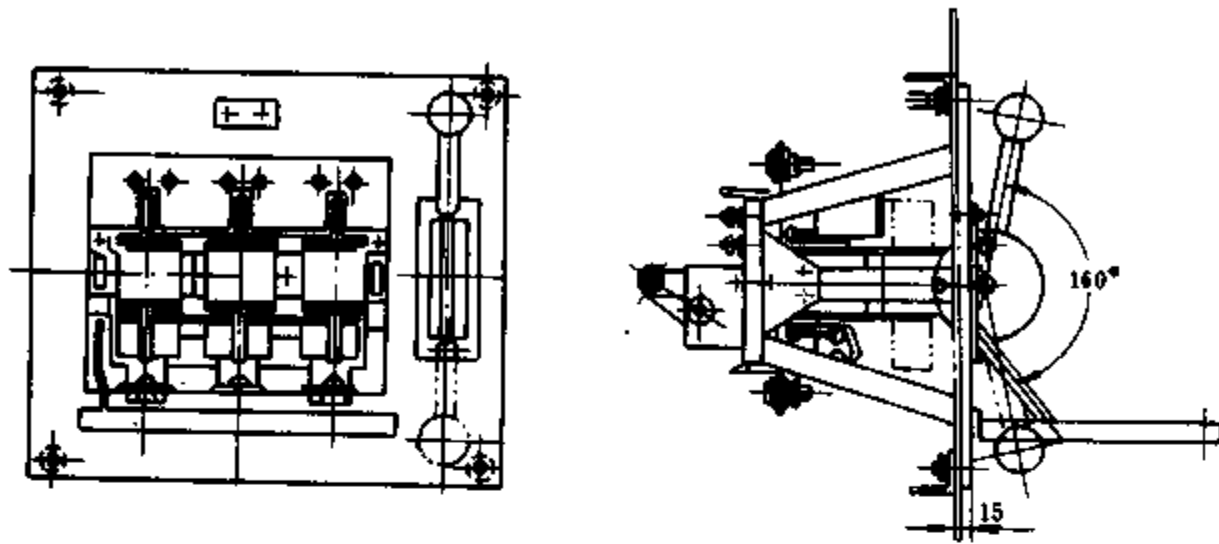


图 3-27 前操作、前检修式刀熔开关外形

(二) HR5 系列刀熔开关

HR5 系列刀熔开关为 HR3 系列刀熔开关的替代产品，它具有通断能力高、额定熔断短路电流大、特性好、结构紧凑、使用检修方便、操作安全可靠的特点。HR5 系列刀熔开关还具有单相熔断监测装置，能有效防止因熔断器单相熔断而造成的电动机缺相运行事故。它主要应用在交流 50Hz，额定电压为 660V，额定电流 630A 及以下有高短路电流的配电电路和电动机电路中，用作电源开关、隔离开关和应急开关，并作电路保护。

五、刀开关及刀熔开关的安装

- (1) 刀开关的刀片应垂直安装，只用为隔离用时，允许水平配置。
- (2) 双投开关应能在分闸位置时，将刀片可靠地固定，不得使刀片有自行合闸的可能。
- (3) 动触头与静触头间应有足够大的接触压力，以免过热损坏。
- (4) 合闸操作时，各刀片应同时顺利地投入固定触头的钳口，不应有卡阻现象。
- (5) 刀开关的底板绝缘良好。
- (6) 刀开关的接线端子应有足够的接触面及接触压力，以保证接触良好。
- (7) 带有快分触头的刀开关，各相的分闸动作应迅速一致。
- (8) 刀开关垂直安装时，手柄向上时为合闸状态；向下时为分闸状态，其操作应灵活、可靠。

第三节 交流接触器和磁力启动器

一、交流接触器

交流接触器也是一种常用的低压开关电器，它具有操作方便、安全、动作迅速、灭弧性能好等优点。同时，它还具有低电压释放保护性能，可进行频繁操作，能实现远方及自动控制等优点，因此得到广泛应用。

(一) 交流接触器的基本原理

交流接触器原理是基于电磁吸力，可动部分带动执行元件（结点）动作，实现其操作

的，其原理接线如图 3-28 所示。交流接触器都是由电磁铁（静铁芯及衔铁）、触头、线圈和灭弧装置四部分组成，为保证其工作性能，各系列交流接触器也都有一些重要的附件，由于其结构有所差别，其附件也不同。

从结构上看，交流接触器不具有保护短路及过载的功能，所以在使用时，要与熔断器或刀开关等配合，以满足对保护短路及过载的要求。图 3-28 中，QK 为刀开关，FU 为熔断器，M 为电动机，RD、GN 分别为红、绿指示灯，SB₁、SB₂ 分别为起、停控制按钮。接触器要启动时，先合上 QK，按下 SB₁ 时，线圈 9 通电，铁芯 10 被磁化，产生电磁力，吸引衔铁 8，拖动触头 1~7 系统克服弹簧 7 的反作用力，使主触头 3~5 闭合，接触主回路；辅助触头 1 闭合，红灯亮，2 断开，绿灯灭，辅助触头 6 闭合实现自保持。断开电路时，按下 SB₂ 按钮，线圈失磁，闭合触头在弹簧作用下断开，辅助触头 2 闭合，绿灯亮。交流接触器展开接线图如图 3-29 所示。虚线框①内为交流接触器本体，虚线框②内为控制按钮。

对照图 3-29，控制的动作过程如下：

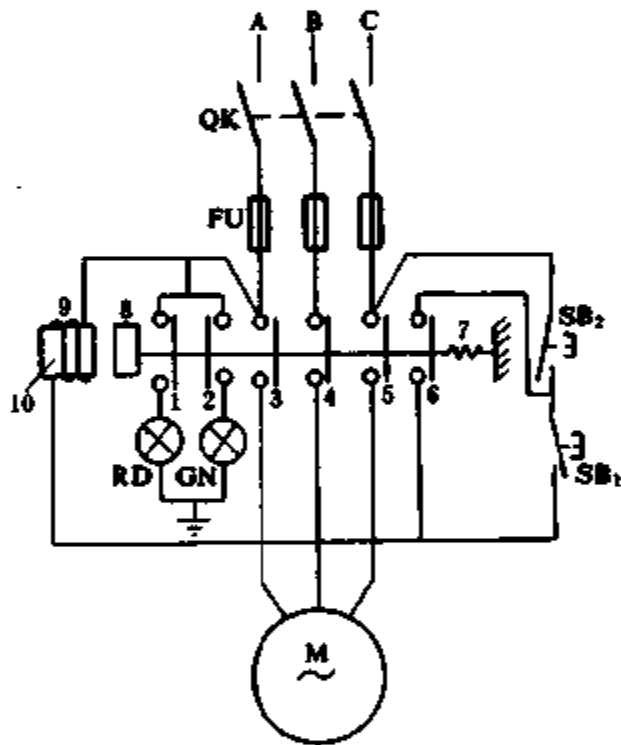


图 3-28 交流接触器原理结构及接线

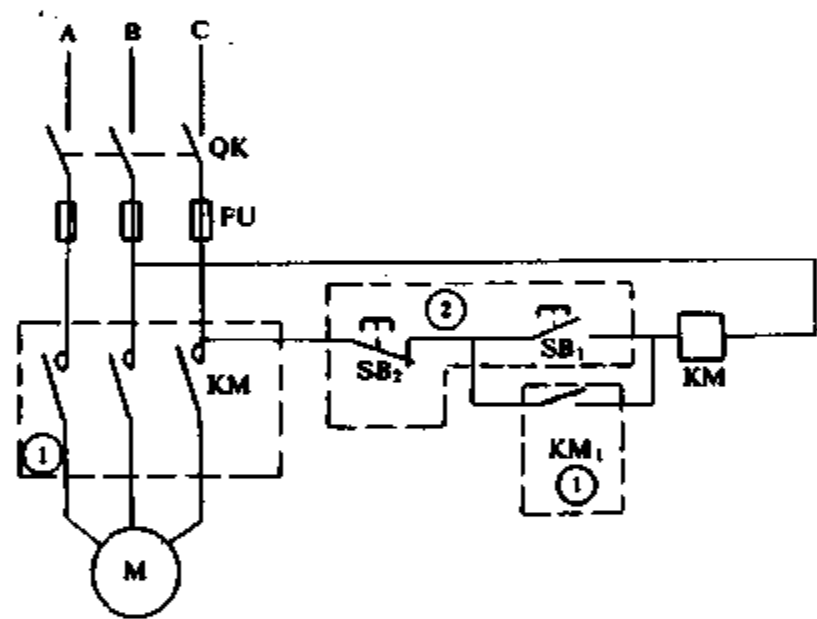


图 3-29 交流接触器控制电路

当按下按钮 SB₁ 时，电流由电源 B 相→线圈 KM→按钮 SB₁（常开节点）→按钮 SB₂（常闭节点）→电源 C 相而形成通路，线圈励磁，主节点 KM 闭合，辅助常开节点 KM₁ 也闭合，电动机 M 启动。

当释放按钮 SB₁ 时，由于接触器辅助常开节点 KM₁ 闭合，代替 SB₁ 常开节点，保持启动的状态不变。

当需停机时，按下 SB₂，线圈 KM 失电，常开节点断开，负荷立即切断。

（二）交流接触器的结构

1. 触头系统

交流接触器触头分主触头和辅助触头两类。主触头是接通和断开主电路的执行元件，辅助触头是用作控制、联锁等。触头一般采用紫铜镀银或银合金制成，具有良好的导电性能。主触头的形式通常有指式和桥式两种，如图 3-30 所示。辅助触头大都采用桥式双断口触头。

一般 100A 以上接触器采用指式主触头，100A 以下接触器采用桥式主触头。触头系统中，可动部分称为动触头，静止部分称为静触头。动、静触头间的压力靠动触头上的压力弹簧片取得。

2. 电磁系统

电磁系统由线圈、铁芯和衔铁组成。线圈通以交流电流使铁芯磁化，产生电磁力，吸引衔铁动作、衔铁再带动动触头动作，接通电路。电磁系统一般有 E 形直动式和转动拍合式两种。额定电流 40A 以下接触器一般采用 E 形直动式；额定电流 60A 以上接触器通常采用转动拍合式，其结构形式见图 3-31 所示。

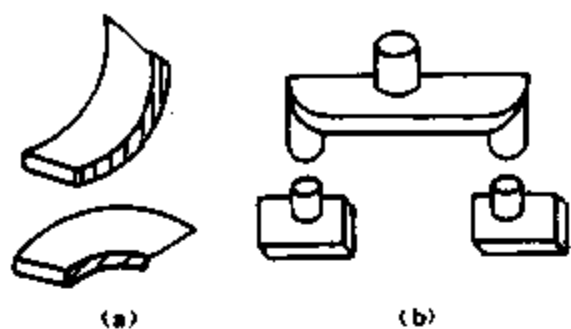


图 3-30 触头形式
(a) 指式；(b) 桥式

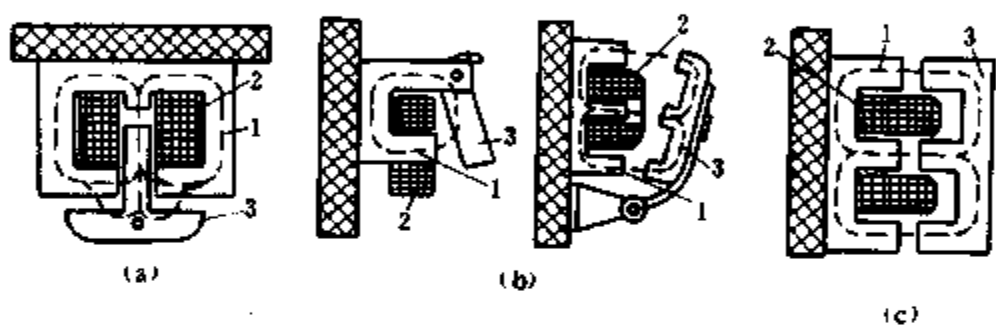


图 3-31 交流接触器电磁系统形式
(a) 螺管式；(b) 转动拍合式；(c) E 形直动式
1—静铁芯；2—线圈；3—动铁芯

电磁线圈额定电压分为，380V，110V，127V，220V 和 36V 五种，以适用于不同的控制系统中。

电磁线圈采用铜漆包线在胶木骨架上绕制而成，外用黄腊带封装绝缘。

铁芯采用硅钢片迭压铆成，以减少交变磁场在铁芯中产生涡流及磁滞损耗，避免过热。在铁芯上装有短路环（又称减振环），如图 3-32 (a) 所示。

由于线圈中通过的电流是交变的，所以在铁芯中产生的磁通也是交变的。当交变磁通过零时，铁芯对衔铁的吸力也为零，衔铁在反作用弹簧的作用下，有释放衔铁的趋势。当磁通经过最大值时，铁芯对衔铁的吸力是变化的，衔铁不能牢牢地被铁芯吸住，而将在铁芯上振动，并发出噪音。短路环能有效地克服这一缺陷。当交变磁通穿过短路环时，在环中感应一个电动势，并在闭合的短路中产生电流。此电流产生的磁通 ϕ_B ，与线圈电流产生的磁通 ϕ_A 相位不一致。理想状态下 ϕ_B 滞后于 ϕ_A 90° 。 ϕ_A 与 ϕ_B 的时间函数如图 3-32 (b) 所示。两磁通在铁芯中分别产生电磁吸力 F_A 和 F_B ，对衔铁的合成电磁力为 F_P ，如图 3-32 (c) 所示。

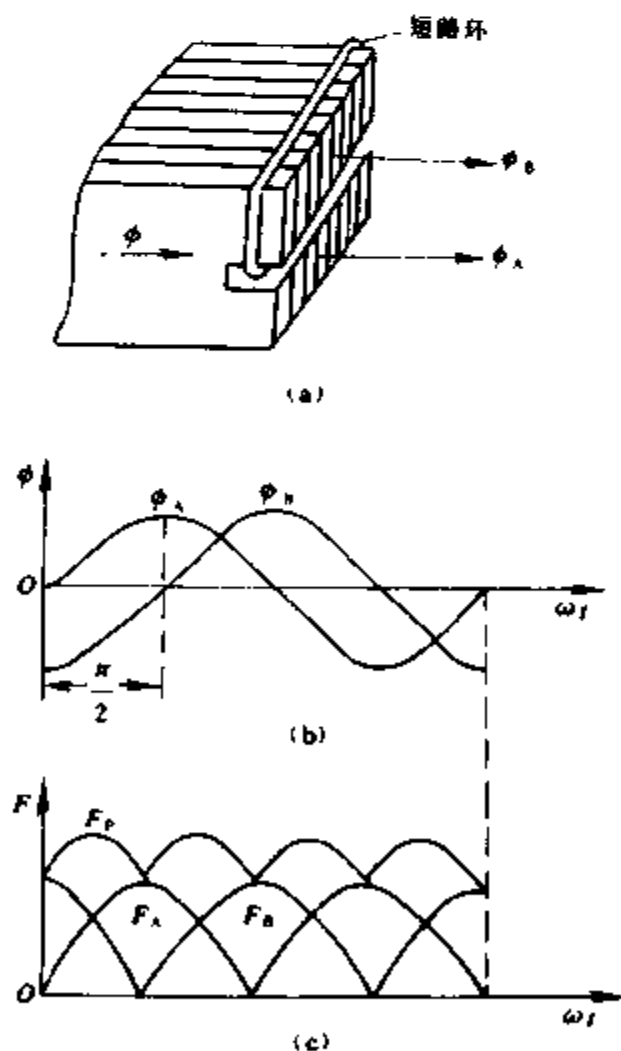


图 3-32 交流接触器的短路环

由图中可看出 F_p 随时间的变动较小，而无零值，所以衔铁始终被铁芯吸住，因此，振动和噪音就显著减小。

3. 灭弧装置

在接触器分断电流时，在动静触头之间要产生电弧，电弧的高温作用将灼伤触头，严重时，可能造成相间放电，从而造成相间短路或接地短路。灭弧装置能尽可能在短时间内熄灭电弧，使电路可靠地分断。交流接触器一般采用有灭弧栅的灭弧装置，其结构及原理如图 3-33 所示。

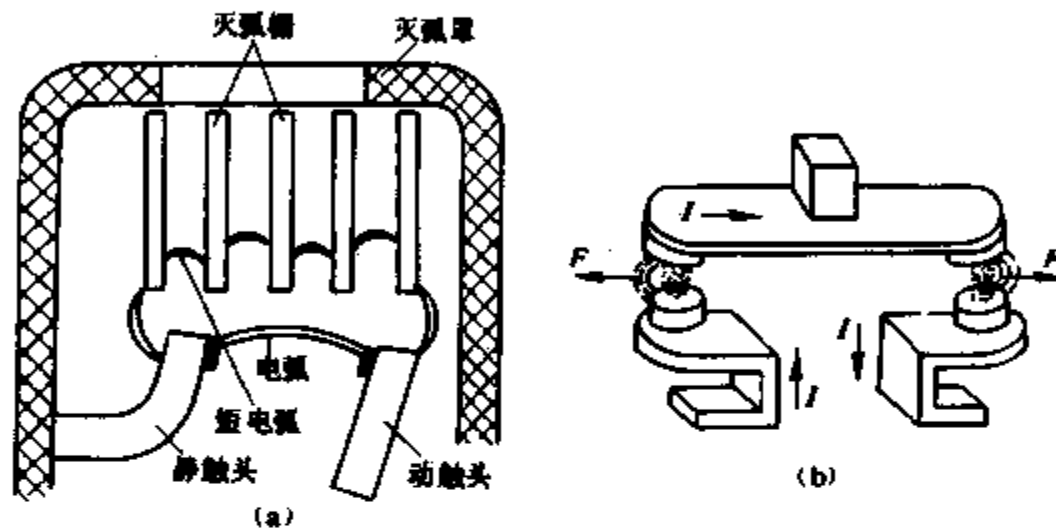


图 3-33 灭弧原理图

(a) 栅片灭弧；(b) 双断口和电动力灭弧

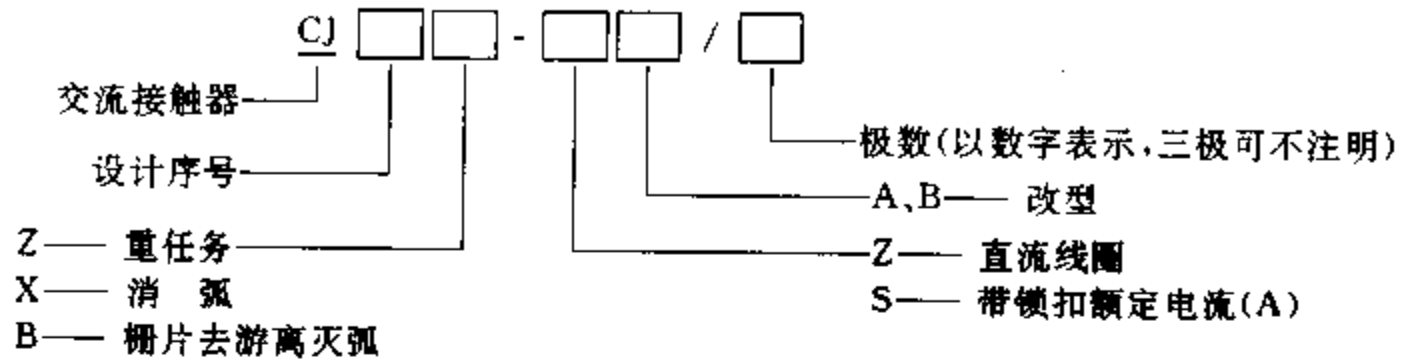
图 3-33 中灭弧栅由镀铜的薄铁片制成，薄铁片插在由陶土低温焙烧而成或由石棉水泥材料制成的灭弧罩中，各片之间互相绝缘。当动触头与静触头分开时，触头间气体在强电场作用下产生放电，从而形成电弧，电弧的周围也产生磁场。由于薄铁片的磁阻比空气小得多，因此电弧上部的磁通容易通过灭弧栅而形成闭合磁路，于是电弧上部的磁通非常稀疏，而电弧下部的磁通却非常稠密，这种上稀下密的磁通产生向上运动的力，把电弧拉到灭弧栅片当中去，栅片将电弧分割成若干段短弧，每个栅片就成为短电弧的电极，栅片间的电弧电压低于燃弧电压，同时栅片将电弧的热量散发，促使电弧熄灭。小容量触头一般采用双断口触头灭弧和电动力灭弧方法，如图 3-33 (b) 所示。这种方法是将整个电弧分成两段，同时利用触头回路本身的电动力 F 把电弧拉长，电弧热量在拉长的过程中散发冷却而使电弧熄灭。

4. 其他附件

交流接触器除了触头、电磁、灭弧三大系统外，还有一些必不可少的辅助零部件，包括反作用弹簧，缓冲弹簧，触头压力弹簧片，传动机构和接线柱等。

反作用弹簧的作用是当线圈断电时，使主触头复位分断。缓冲弹簧是安装在静铁芯与胶木底座之间的一个钢性较强的弹簧，它的作用是缓冲动铁芯在吸合时对静铁芯的冲击，从而保护胶木外壳免受冲击，不易损坏。触头压力弹簧片的作用是增加动、静触头之间的压力，从而增大接触面积，以减小接触电阻；否则由于动、静触头之间的压力不够，使动、静触头之间的接触面积减小，接触电阻增大，触头表面发生氧化，触头因此而过热灼伤。

5. 交流接触器型号意义



(三) CJ10 系列交流接触器

CJ10 系列交流接触器是一般任务接触器,适用于交流 50Hz、电压 380V 及以下、电流 150A 及以下的电力线路中,供远距离接通与分断电路之用,并适用于频繁起动和控制交流电动机。

CJ10 系列交流接触器主触头及辅助触头均采用双断点桥式触头,5A 接触器设有三对常开主触头,一对常开辅助触头,其余各级接触器均设有三对常开主触头和常闭、常开辅助触头各两对。灭弧系统因电流不同,配装形式有所差别,5A 接触器采用半封闭式灭弧罩壳,10A 接触器采用隔弧板相间隔弧;20A 及以上接触器采用新型半封闭式纵缝陶土灭弧罩,并配以强磁吹回路,因此,具有良好的灭弧性能;40A 及以下为直动 E 形铁芯;60A 及以上采用转动式 E 形铁芯。CJ10 系列交流接触器结构如图 3-34 所示。

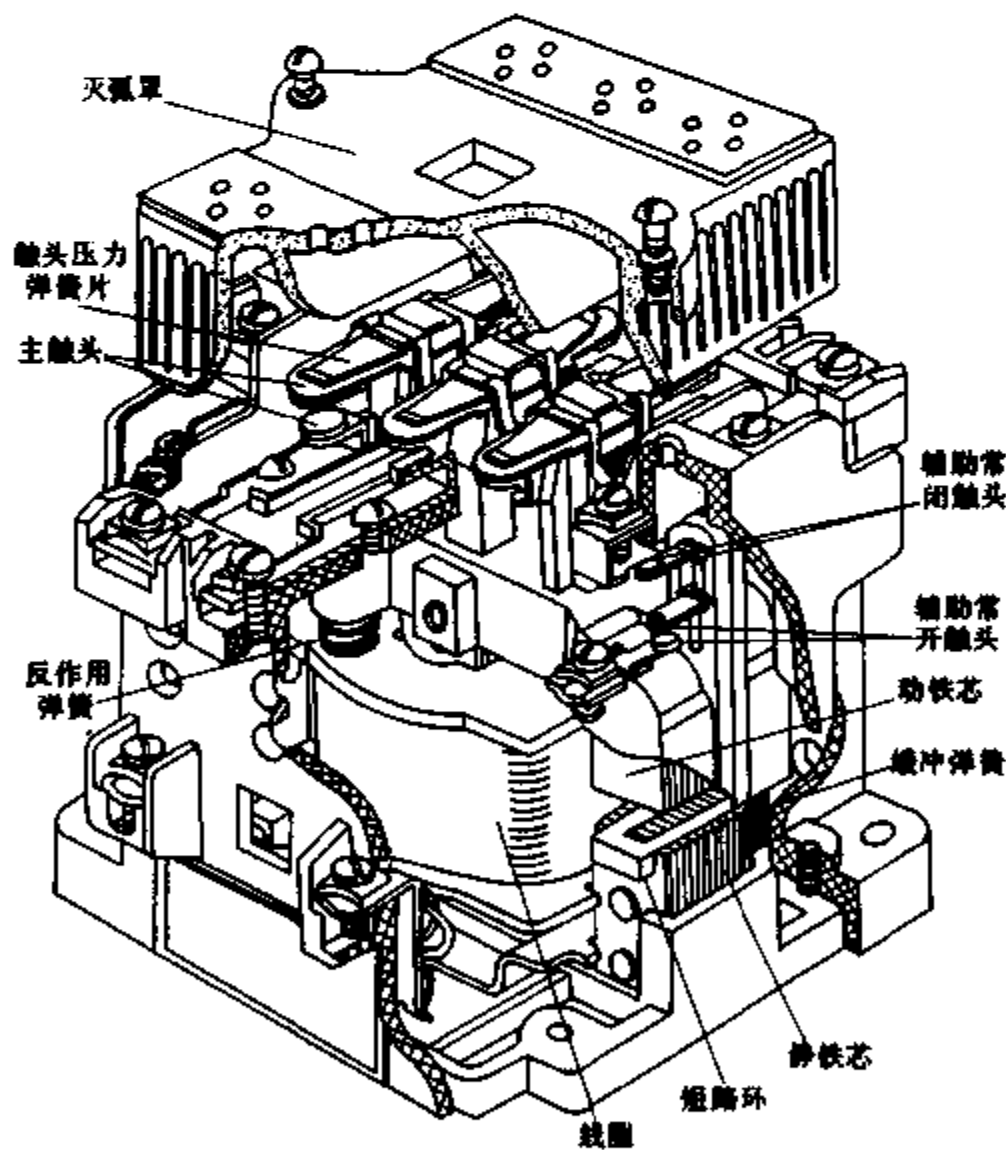


图 3-34 CJ10-20 系列交流接触器结构及外形

CJ10 系列接触器按额定电流分为 5A、10A、20A、40A、60A、100A 和 150A 七种;线圈额定电压有 36V、110V、220V、380V、440V 等,并且能保证在线圈额定电压 85%~105%

范围内可靠吸合。

(四) CJ12 系列交流接触器

CJ12 系列交流接触器适用于交流 50Hz, 电压 380V 及以下, 电流有 100、150、250、400、600A 五类, 供远方操作用, 主要用于频繁操作的三相电动机回路和减压启动柜内。从图 3-35 可知, 交流接触器结构为条架式平面布置, 在一条要装用的扁钢两端上开有相互垂直的长孔, 安装十分方便。电磁系统居右, 中间为触头系统, 左侧为辅助触头, 整体结构便于监视和维护。主触头采用单断点指式触头, 灭弧系统采用串联磁吹结构, 并配有纵缝式灭弧罩, 具有良好的灭弧性能。辅助触头为双断口桥式触指, 外有透明防护罩。主触头有二极、三极、四极、五极, 可根据需要自行选用。电磁线圈有交流和直流两种类型, 交流为单线圈, 直流为双绕组, 使用时, 可不配置附加电阻, 以减少接触器的自身损耗。接线图见图 3-36 所示。

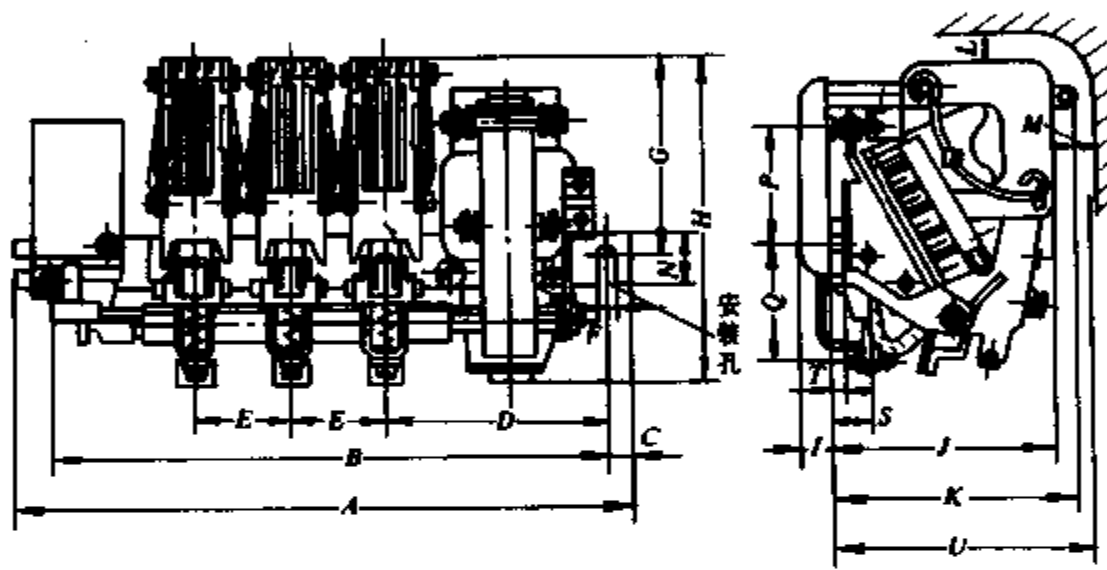


图 3-35 CJ12 系列交流接触器外形

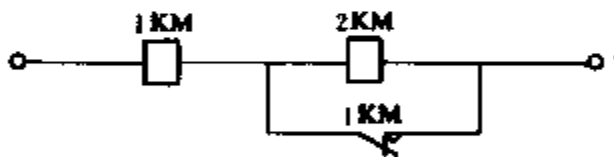


图 3-36 直流吸引线圈接线
1KM—接触器起动线圈及触点;
2KM—接触器保持线圈

为提高 CJ12 系列交流接触器的灭弧性能和减小飞弧距离, CJ12 系列产生了改型产品, 即 CJ12B 型。所谓飞弧距离是指触头断开产生电弧飞出灭弧罩的最大垂直距离, 设备安装时, 灭弧罩外端面到其它部件 (带电或非带电) 的距离必须大于飞弧距离。

在不频繁操作供电线路中, 为减少接触器损耗,

CJ12B 系列接触器加装锁扣机构, 构成 CJ12B-S 系列接触器。锁扣机构靠吸引线圈通电, 骨板在锁扣衔铁斜面转动后锁住, 吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置即合闸位置, 见图 3-37, 由于线圈不通电, 不但无电能损耗, 且无噪声。脱扣时必须使吸引线圈与脱扣线圈同时通电, 否则脱扣线圈吸力不足以使锁扣机构脱扣。其动作原理和接线见图 3-38 和图 3-39。

(五) CJ20 系列交流接触器

CJ20 系列交流接触器有 6.3~630A 11 个等级, 额定电压 380~1140V 的交流接触器为开启式立体布置、双断点结构。动

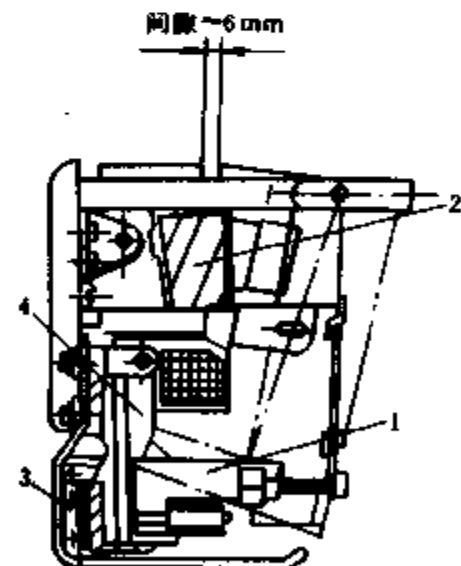


图 3-37 CJ12B-S 系列交流接触器

1—滑板; 2—吸引线圈;
3—脱扣线圈; 4—锁扣衔铁

触桥为船形结构，具有较高的强度和较大的热容量。触头材料选用银氧化镉，具有较高的抗熔焊和耐电磨损的性能。灭弧罩分纵缝式和栅片两种形式，双线圈 U 形和 E 形铁芯。磁系统的缓冲装置采用新型高温防震的硅橡胶材料。辅助触头在主触头两侧，采用无色透明聚碳酸脂做成封闭式结构，以防灰尘浸入，确保接触良好。CJ20-63 型交流接触器的结构如图 3-40 所示。该系列接触器可配用 NT 系列熔断器作短路保护电器。

(六) B 系列交流接触器

B 系列交流接触器具有交流和直流两种，适用于频繁操作的供电线路，具有电寿命、机械寿命长，功能多，体积小，重量轻，线圈消耗功率小，安装维护方便等特点。其功能多，一是指 B 系列交流接触器可加装专用辅助触头，即可增加辅助触头的对数；二是指可配用 TP 型气囊式延时继电器，即延时控制下一级控制回路进行延时动作；三是可加装机械联锁装置，即两台接触器组成的可逆接触器，用于控制电动机的可逆运转，加装机械联锁后，可防止两台接触器同时闭合而造成的短路事故；四是可加装自锁装置；五是可加装专用连接件，可使三个主触头并联、增加容量，也可使三个主触头串联形成六断点单回路等。因此，B 系列交流接触器在动作可靠性、灵活性，及自动化程度较高的系统中得到广泛的应用。

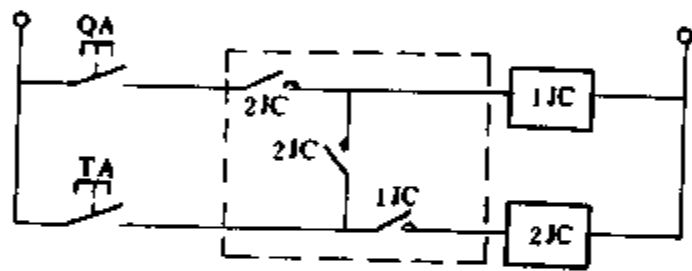


图 3-38 CJ12B-S 系列交流接触器动作原理

(七) 交流接触器的安装及选用

1. 交流接触器安装注意事项

- (1) 交流接触器一般为垂直安装。
- (2) 交流接触器具有失压、自动释放功能，但不具有短路和过载保护，因此在使用时一般与熔断器和热继电器配合使用。

(3) 交流接触器在安装时，应满足飞弧距离的要求，以免发生飞弧造成的相间和对地的短路。

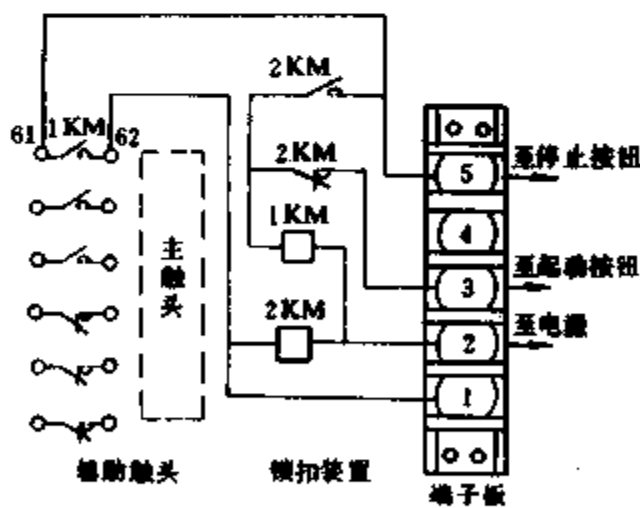


图 3-39 CJ12B-S 系列交流接触器锁扣接线图

1KM—接触器吸脱线圈及辅助触头；
2KM—锁扣机构的脱扣线圈及自锁触头

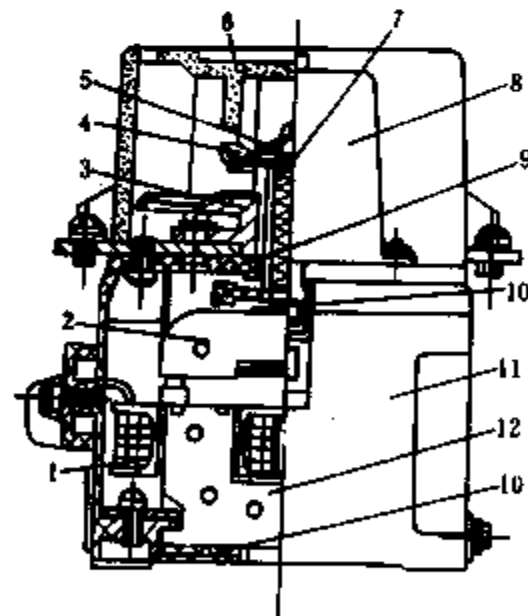


图 3-40 CJ20-63 型交流接触器结构

1—线圈；2—衔铁；3—静触头；4—桥形触头；5—片状弹簧；6—灭弧罩；7—触头支持件；8—辅助触头；9—底板；10—缓冲件；11—底座；12—磁轭

2. 交流接触器的选择

(1) 接触器触头的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压。

(2) 主触头的额定电流按负载额定电流选择，即

$$I_N \geq I_f$$

式中 I_N —— 接触器额定电流；

I_f —— 接触器所控制的回路负载额定电流。

对于频繁启动、控制和频繁正反转的回路中，一般将接触器主触头的额定电流降低一个等级。

(3) 接触器吸引线圈电压一般从人身和设备安全角度考虑，可选低一些，但当控制线路简单，用电不多时，为了节省变压器，则选用 380V。

(4) 接触器的触头数量、种类等应满足控制线路的要求。

二、热继电器

我们在叙述交流接触器时说到，交流接触器不具有保护过载功能，故要与热继电器配合使用。热继电器是保护电动机长期过载的一种自动控制电器。它是利用电流的热效应来切断电路，从而保护过载设备。热继电器种类很多，双金属片结构的热继电器由于具有结构简单，体积小和良好的反时限特性而得到广泛的应用。

(一) 热继电器的外型结构

热继电器由热元件、触头、动作机构、复位按钮和定值装置组成，如图 3-41 和图 3-42 所示。

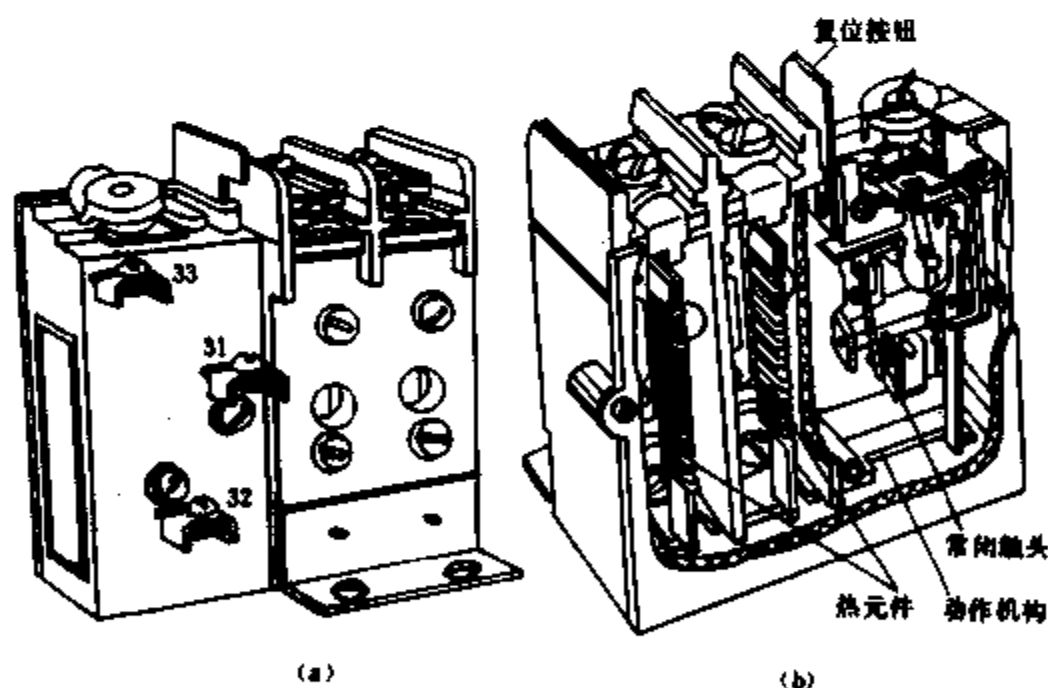


图 3-41 热继电器外形及结构

(a) 外形；(b) 结构

(1) 热元件有 2~3 片，是热继电器的主要部件，是由双金属片及围绕在双金属片外面的电阻丝组成。双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片焊接而成，如铁镍合金。电阻丝一般采用康铜、镍铬合金等材料做成，使用时，将电阻丝直接串联在被保护回路中。

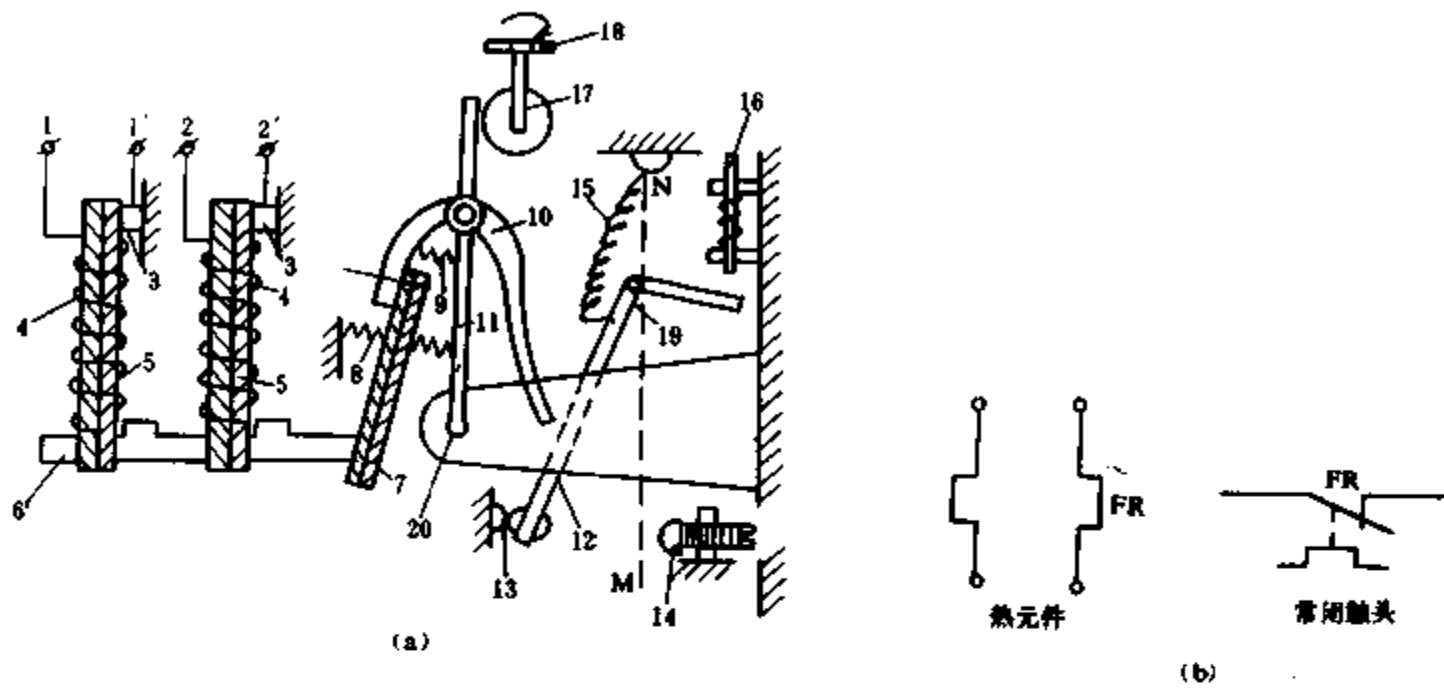


图 3-42 热继电器原理结构及符号

(a) 原理图；(b) 符号

(2) 触头有两对，它是由带公共动触头 31，一个常开触头 33 和一个常闭触头 32 组成的。

(3) 动作机构由导板 6、补偿双金属片 7（补偿环境温度的影响）、推杆 10、杠杆 12 及拉簧 15 组成。

(4) 复位按钮 16 是继电器动作后进行手动复位的按钮。

(5) 定值调整装置是通过旋钮 18 和偏心轮 17 来调节整定电流值的。

(二) 热继电器的工作原理

当负载发生过载时，过载电流通过串联在供电回路中的电阻丝 4，使之发热过量，双金属片 5 受热膨胀，因左边的一片膨胀系数大，所以它的下端向右弯曲，通过导板 6 推动补偿双金属片 7 使推杆 10 绕轴转动，这又推动了杠杆 12 使它绕轴 19 转动，于是热继电器的常闭触头 13 断开；在控制电路中，常闭触头 13 串在接触器的线圈回路里，当常闭触头 13 断开时，接触器的线圈断电，主触头分断，切开过载线路。

热继电器动作后的复位，有手动和自动两种复位方式。

(1) 手动复位。当推杆 10 推动杠杆 12 绕轴转动，使杠杆 12 上的动触头和常开触头 14 闭合，此时，杠杆 12 向右超过 NM 轴线，在弹簧 15 的拉力作用下，常闭触头 13 无法再自动闭合，必须手动按下复位按钮 16，使杠杆 12 向左转过 NM 轴线后，在弹簧 15 的拉力作用下，使常闭触头 13 重新闭合，这就称为手动复位。

(2) 自动复位。如要自动复位，可旋动螺杆 14，使它向左超过 NM 轴线，当双金属片 5 冷却复原后，在弹簧 9 的作用下，补偿双金属片 7 连同推杆 10 复原，杠杆 12 在弹簧 15 的作用下，使常闭触头 13 复位，接触器的线圈又恢复通电。

(三) 热继电器的整定电流

热继电器的整定电流是指热继电器长期不动作的最大电流，超过此值即动作。热继电器的整定旋钮 18 上刻有整定电流值的标尺，旋动旋钮时，偏心轮 17 压迫支撑杆 11 绕交点

20 左右移动，支撑杆 11 向左移动时，推杆 10 与杠杆 12 的间隙增大，其动作电流就增大。反之，动作电流减小。

上述的热继电器均为两个发热元件（即两相结构）。此外，还有装有三个发热元件的三相结构，其外形及原理与二相结构类似。

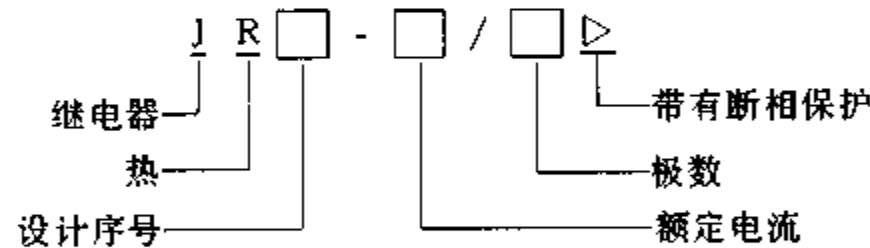
在一般情况下，应用两相结构的热继电器已能对电动机的过载进行保护。由于电源的三相电压平衡，电动机的绝缘良好，电动机的三相线电流也将平衡。但当三相电源严重不平衡时，以及当电动机的绕组出现内部短路时，就有可能使三相电流的平衡发生破坏，如一相电流比其余的两相电流高。若该相线路中，恰巧没有热元件，即不能进行保护。所以，就考虑到采用三相结构的热继电器。

热继电器所保护的电动机，如果是 Y 形接法，当线路上发生一相断路时，另外两相发生过载，此时，相电流与线电流相等，因此用普通的二相或三相结构的热继电器均可起到保护作用。如果电动机是 Δ 形接线，发生断相时，由于是在三相中发生局部过载，而线电流大于相电流，所以采用三相和二相结构的热继电器均不能起到保护作用，必须采用 JK16 系列热继电器，它不仅具有一般热继电器的保护性能，而且当三相电动机一相断路，或三相电流严重不平衡时，均能起到保护作用（即断相保护特性）。

热继电器适用于轻载起动长期工作或间断工作时，作为电动机的过载保护，对频繁和重载起动时，则不能起到充分的保护作用，也不能作短路保护，因双金属片受热膨胀需要一定时间，当电动机发生短路时，短路电流很大，热继电器来不及动作，供电线路和电源设备就可能已受损坏，因此短路保护必须由熔断器来完成。

（四）热继电器的型号及选用

型号意义为：



热继电器的选择主要是根据电动机额定电流来确定热继电器的型号及热元件的电流等级，在一般情况下，可选用两相结构的热继电器。当电网电压均衡性较差，工作环境恶劣或较少有人照管的电动机，可选用三相结构的热继电器。对于 Δ 形接线的电动机，应选用带断相保护特性的热继电器（例如 JK16 系列热继电器）。热继电器的整定电流通常与电动机的额定电流相等。如电动机拖动的是冲击性负载（如冲床、剪床等），或电动机起动时间长，或电动机所拖动的设备不允许停电的情况下，选择的热继电器的整定电流可以比电机的额定电流高一些。

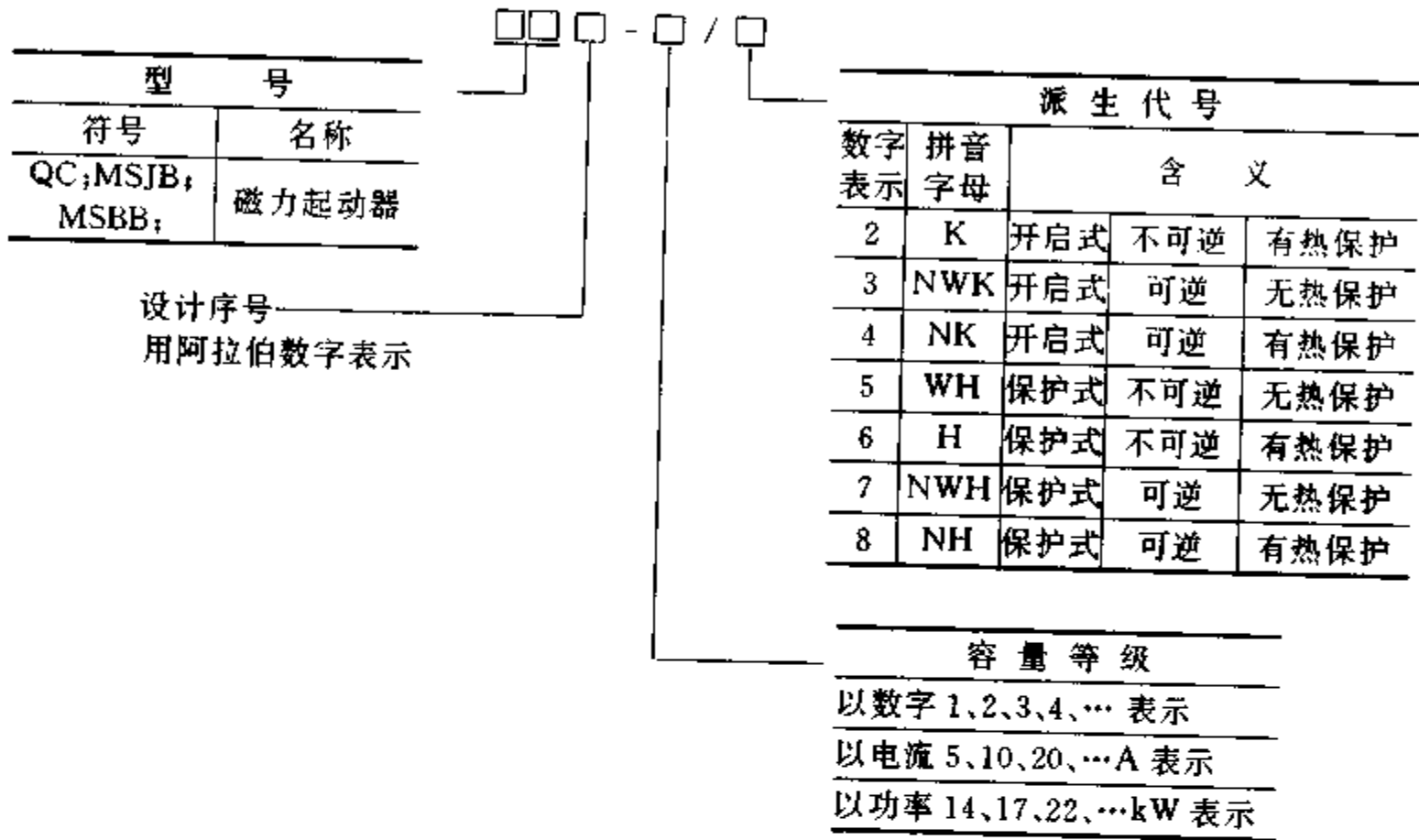
目前，工程中使用较多的是 JR15 和 JR16 系列热继电器，其电流为 20~150A，具体性能，技术数据，可参见有关工程、设备手册。

三、磁力起动器

磁力起动器是由交流接触器和热继电器组合而成的电器，也叫电磁开关。它主要应用

于远距离控制三相鼠笼电动机的停止、起动和正反转、并具有失压、过载和短路保护。失压保护靠接触器自身实现，短路保护靠熔断器来实现，过载保护靠热继电器来实现。

(一) 磁力起动器型号



(二) 磁力起动器的工作原理

1. 不可逆磁力起动器的工作原理

不可逆磁力起动器由交流接触器，热继电器和刀闸（熔断器）组成，为实现其控制，配有控制按钮，其工作原理如图 3-43 所示。

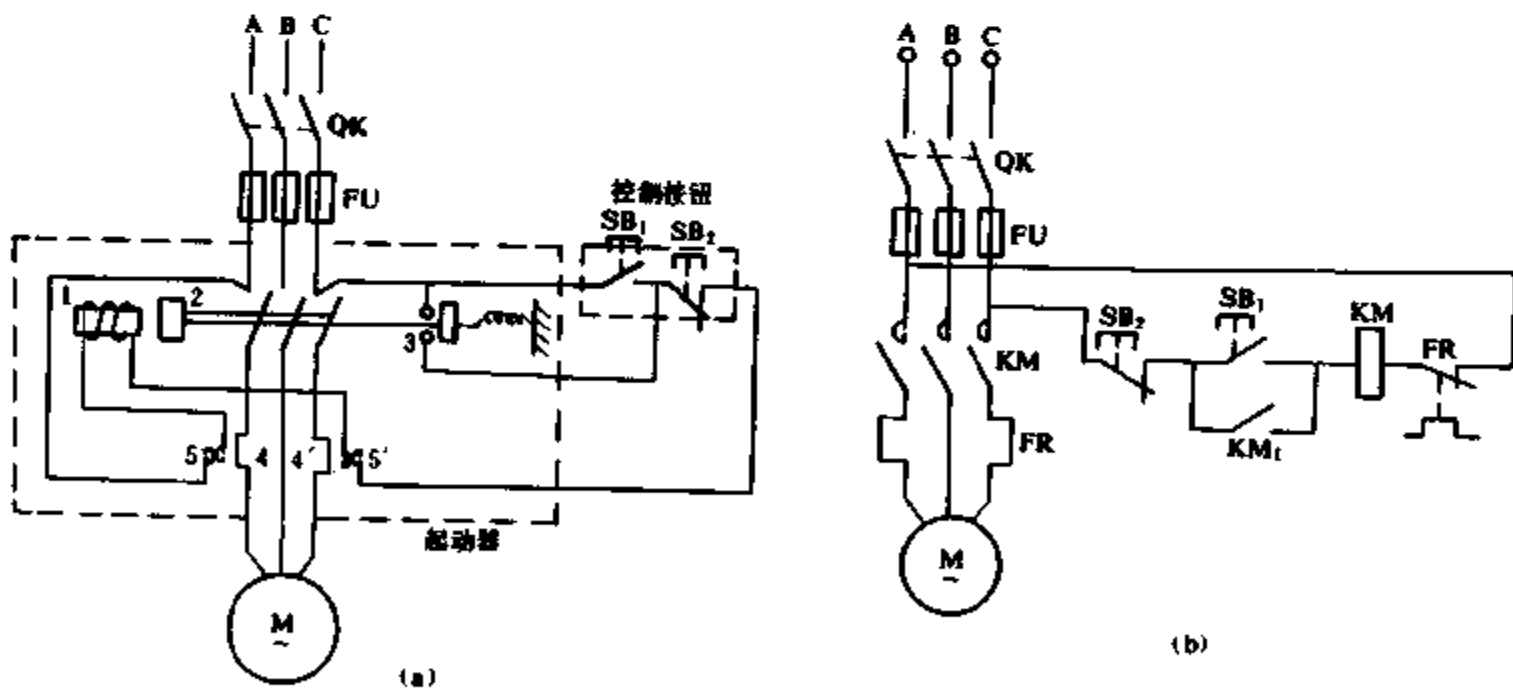
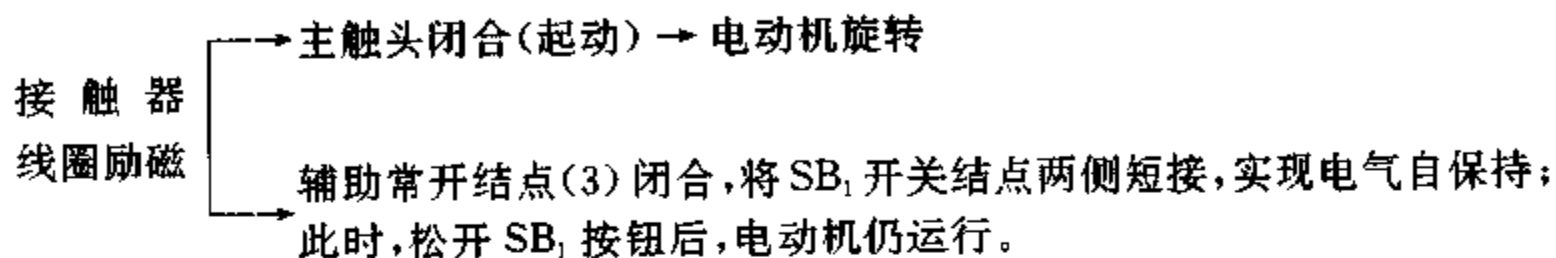


图 3-43 不可逆磁力起动器

(a) 原理图；(b) 展开图

电动机在处于检修状态或冷备用状态时, QK 刀开关处于分闸位置, 接触器及电动机均不带电。

(1) 起动操作。先合上刀开关 QK, 按下 SB_1 , 控制回路电流流经路径是: 电源 C 相 \rightarrow SB_1 (起动按钮) \rightarrow SB_2 (停止按钮) \rightarrow KM (接触器线圈) \rightarrow FR (热继电器) 闭结点 \rightarrow 电源 A 相。



(2) 停止操作。按下 SB_2 按钮, 控制回路断电, 主触头断开, 切断电动机电源, 辅助触头及接触器常开结点均断开。此时, 松开 SB_2 按钮后, 接触器不再起动。

(3) 过载时。FR 动作, 结点 5 断开, 控制回路断电, 主触头切断主回路, 电动机得到过载保护。

(4) 短路时。熔断器 FU 熔断, 切断主回路。

(5) 电压降低。当电源电压因某种原因降低到额定电压的 85% 以下时, 电动机的转矩显著减小, 以致影响正常运转, 严重时还会引起电动机“堵转”现象, 以致于损坏电动机。此时, 由于电磁力减小, 磁力起动器将自动切断电路, 达到保护电机的目的, 也就是通常所说的欠压保护。

2. 可逆磁力起动器

生产机械往往要求运动部件可以朝正反两个方向运动, 如机床工作台可前进、可后退, 起重设备的上升与下降等, 这就要求电动机可以正、反转。改变相序即可改变电动机的转向, 所以我们将接至电动机的三相电源中任意二相对调接线即可达到反转的目的, 可逆磁力起动器须具有这一功能。

可逆磁力起动器是采用两个交流接触器, 即正转时用接触器 1KM, 反转时用接触器 2KM; 如图 3-44 所示。如果 1KM 闭合时, 送到电动机的电压相序为正序, 则 2KM 闭合时, 送到电动机的电压相序为负序。如果解决了正转接触器和反转接触器的控制问题, 即解决了被控制电动机的正反转的问题。我们知道, 实现两个接触器的起、停控制并不难, 但是两个接触器送到电动机的电压相序不同, 如果两个接触器同时送电, 则将引起电源相间短路, 这是不允许的, 所以还要在这两个接触器的控制回路中加装“互锁”装置。也就是说, 1KM 接通时, 2KM 不能接通, 2KM 要接通, 首先要先断开 1KM; 反之 2KM 要接通时, 1KM 不能接通, 1KM 要接通, 首先要断开 2KM。

下面我们结合图 3-44 分析一下可逆磁力起动器动作的过程。

图 3-44 中 1KM 为正转接触器, 2KM 为反转接触器, SB_1 为正转起动按钮, SB_2 为反转起动按钮, SB_3 为停止按钮。 SB_1 、 SB_2 均为复合式按钮, 这种按钮结构在本书后续内容中详细介绍, 但这里需指出的是, 这种按钮具有这样一个特殊的性能: 欲合上常开结点, 必须先断开常闭结点, 也就是说, 常闭结点不断开, 常开结点是不会闭合的。操作时先合电源开关 QK。

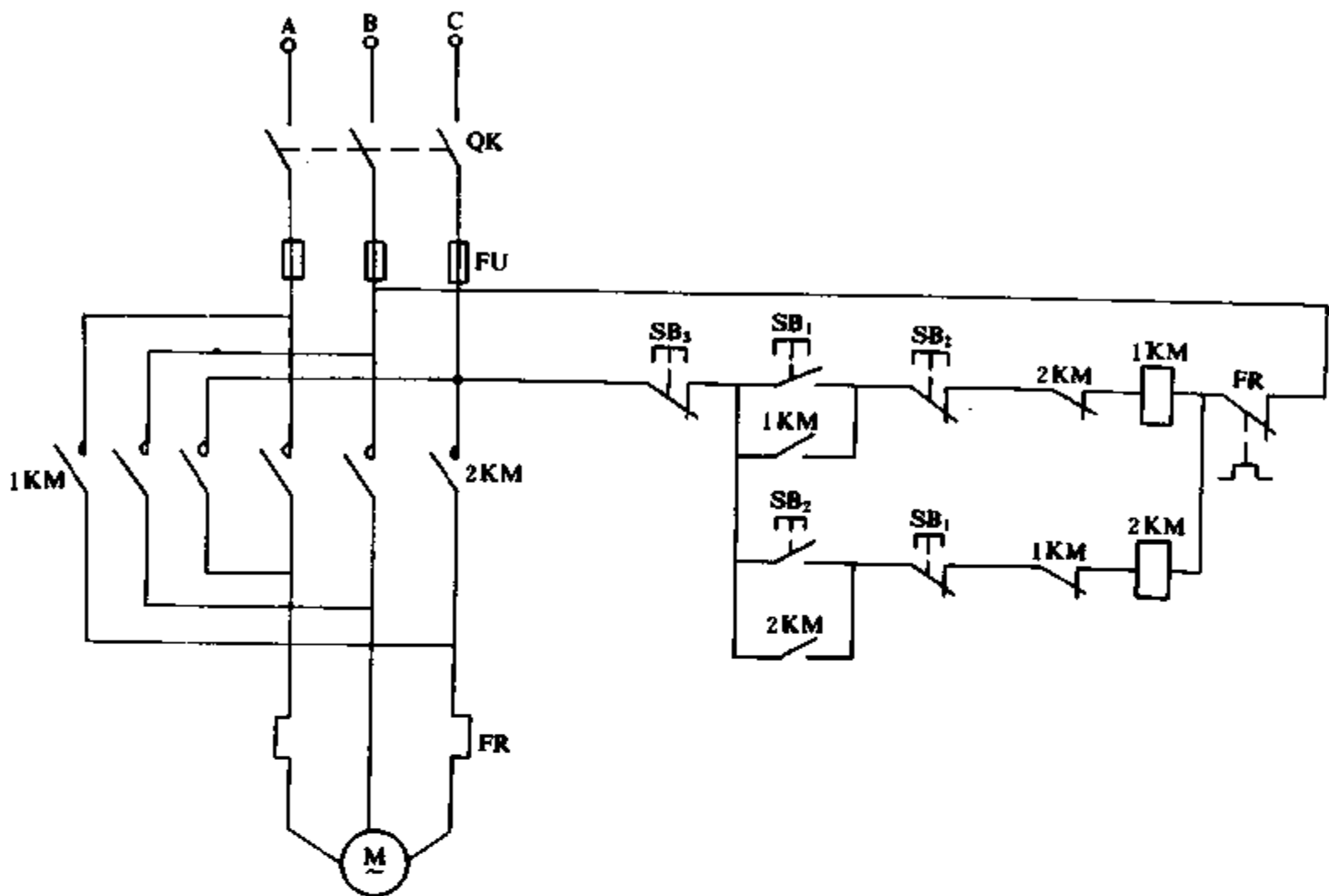
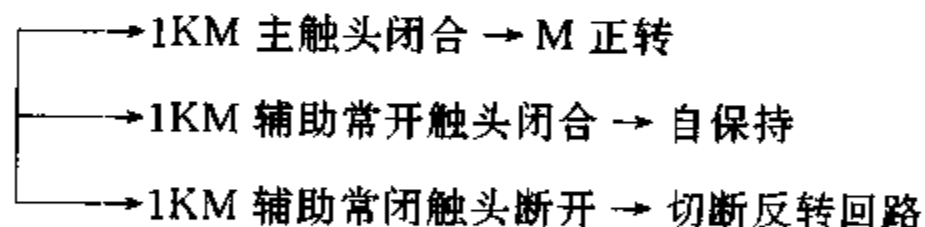


图 3-44 复合联锁的正反转控制线路

(1) 正转控制。检查 2KM 回路是否已断开，2KM 常闭结点闭合。按下正转起动按钮 SB_1 ：



此时，控制回路电流流经路径为：

电源 B 相 → FR 常闭结点 → 1KM 线圈 → 2KM 常闭结点 → SB_2 常闭结点 → SB_1 常开结点 → SB_3 常闭结点 → 电源 C 相。

(2) 反转控制。可直接按下 SB_2 常开按钮（不用先按 SB_3 ，再按 SB_2 ），由于 SB_2 常闭结点在 SB_1 的起动回路中，按 SB_2 常开结点时， SB_2 常闭结点必须先断开，即使 1KM 辅助常开触头断开，从而导致 1KM 主触头失磁断开，2KM 主触头闭合，电机 M 反转。此时，控制回路电流路径为：电源 B 相 → FR 常闭结点 → 2KM 线圈 → 1KM 常闭结点 → SB_1 常闭结点 → SB_2 常开结点 → SB_3 常闭结点 → 电源 C 相。

(3) 停止。只需按下 SB_3 按钮，无论在正转运行，还是在反转运行，电动机均与电源脱离开了而停转。保护动作情况，与不可逆磁力起动器相同。

在这种控制中我们为避免正反两个接触器同时接通，造成短路，采取了两种互锁形式，

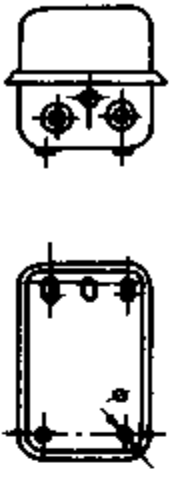


图 3-45 QC10 系列保护式起动器外形

一是利用复合式按钮先断开后闭合的性能来实现；二是把正转接触器的辅助常闭结点串在反转接触器的控制回路中，把反转接触器的辅助常闭结点串在正转的控制回路中实现互锁，提高了可逆磁力起动器的可靠性。这两种方式均属于电气闭锁，我们也把这种电路叫电气反重叠闭锁电路。也有一种机械闭锁方式，即在两个接触器的可动部分上加装机械装置，使其只能有一个闭合的位置。

(三) QC10 系列磁力起动器

我国磁力起动器由于生产厂家比较多，产品的形式和系列也比较多，QC0、QC1、QC2 等老产品已被 QC8、QC10、QC12 系列所取代，QC10 是全国统一设计产品，具有规格齐全、体积小、重量轻等优点，所以得到了广泛的应用。

QC10 系列磁力起动器适用于交流 50Hz，额定电压 500V 及以下，额定电流 150A 及以下的电力线路中，供远距离控制三相鼠笼型异步电动机的起动，停止及可逆运转。

QC12 系列磁力起动器是由 CJ10 系列交流接触器与 JR15、JR16 系列热继电器组成。4 级及以下的可逆起动器有电气联锁，其两台接触器为并列安装，热继电器在左面接触器的下方；5 级及以上的可逆起动器除有电气联锁外，还装有机械联锁装置，其两台接触器为上下安装，热继电器在最下面。开启式磁力起动器的交流接触器和热继电器均装在一块金属板上。保护式磁力起动器的交流接触器和热继电器装在薄钢板拉伸制成的箱壳中，箱壳上下两端具有引入电缆的橡皮垫圈孔。

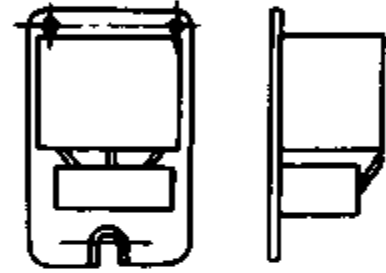


图 3-46 QC10 系列开启式起动器外形

QC10 系列磁力起动器外形如图 3-45、图 3-46 所示。

(四) MSJB、MSBB 系列磁力起动器

MSJB、MSBB 系列磁力起动器适用于交流 50Hz，额定电压 660V 及以下，额定电流 475A 及以下的电力线路中，供远距离直接控制三相鼠笼电动机的起动、停止和可逆运转。起动器具有失压、过负荷等功能。

MSJB、MSBB 系列磁力起动器是由 B 系列交流接触器和 T 系列热继电器及有关附件组成。不可逆起动器的交流接触器安装在上部，热继电器通过电极及安装件安装在接触器下部。可逆起动器由两个接触器并列组成，除有电气联锁外，还有机械联锁装置，这样能可靠地防止两接触器同时闭合造成相间短路。MSJB 为塑料保持外壳，MSBB 为金属保护外壳。起动器还分带按钮与不带按钮两种形式。

第四节 自动空气开关

自动空气开关也称自动开关，由于其灭弧介质为空气而得名，它是一种能够自动切除供电线路故障的低压开关，被广泛应用在交直流低压配电装置中，适用于正常情况下不频繁操作的回路。自动空气开关与其他低压开关相比，具有能多次动作、定值可按要求整定，选择性好、可靠、断流能力强等优点，但其结构比较复杂，价格较高。自动空气开关的种

类较多，但按其结构一般分为两大类：一类是柜架式（DW 式）的结构；一类是塑料外壳式（DZ 式）的结构。

一、自动空气开关的基本工作原理

自动空气开关虽然有多种类别，但基本原理都大致相同，图 3-47 所示为三相自动空气开关的基本工作原理。

合闸时外拖动力使钩杆 6 带动开关的动触头克服弹簧 7 的拉力合闸，这个外拖动力是通过一套传动机构传递到钩杆上的。触头合上后，搭钩 3 扣住钩杆 6，使触头维持在合闸状态，通常我们也称其为自保持，这种保持是通过机械原理实现的，因此我们也称这种保持方式为机械自保持（交流接触器是通过其常开结点实现自保持的，也称电气自保持），弹簧 5 为自保持弹簧。电磁线圈 1 串在主回路中，正常时电磁力不足以克服保持弹簧的拉力，衔铁 2 吸不下来，开关处于接通状态，当主回路电流增大（短路式过载）时，电磁铁 1 的吸力大于弹簧 5 的拉力，衔铁 2 被吸下，于是搭钩向上与钩杆脱离（我们称其为脱扣），钩杆在分闸弹簧 7 的作用下，使开关迅速断开。

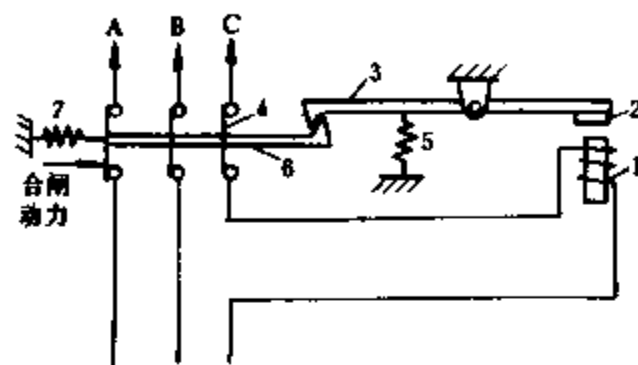


图 3-47 自动空气开关原理图

电磁铁 1 直接动作于开关的保持机构搭钩，这是最简单的直接动作的电磁式一次过电流继电器，即过电流脱扣器。使脱扣器动作的最小电流称为过电流脱扣器的脱扣电流，脱扣电流值的大小可通过调整弹簧 5 的弹性来调整。

二、自动空气开关的基本结构

自动空气开关由触头系统、灭弧装置、操作机构和脱扣器四大部分组成。

（一）触头系统

自动空气开关的触头系统一般设置三套：灭弧触头、副触头、主触头。三套触头在开关合闸后为并联形式。主触头在正常合闸状态下通过额定电流，在故障状态下通过故障电流。主触头一般采用银质材料制成，接触电阻很小。为防止主触头在通断过程被电弧烧坏，与主触头并联了由耐电弧能力高的材料（例如铜钨）制成的灭弧触头，在动作过程中，灭弧触头先于主触头闭合，而后于主触头分断，燃弧总是发生在灭弧触头上。正常工作时，由于灭弧触头的电阻较主触头的大，所以很少有工作电流流过。考虑到分断过程中，电流由主触头转移到灭弧触头时，可能因灭弧触头的电压降太大，以致主触头刚产生的微小间隙被击穿燃弧，所以在主触头与灭弧触头间增设一个副触头，以保安全。从三个触头的功能不同来考虑，它们的接通顺序应该是：灭弧触头—副触头—主触头；而分断顺序则为：主触头—副触头—灭弧触头。

（二）灭弧装置

自动空气开关的灭弧装置如图 3-48 所示。

灭弧装置外罩 1 是由水泥石棉板或陶土压制而成的，内有灭弧栅 2，它是由相互绝缘的镀铜钢片组成，且栅片上有不同形状的凹槽，以提高灭弧能力，灭弧栅 3 由横向金属片构

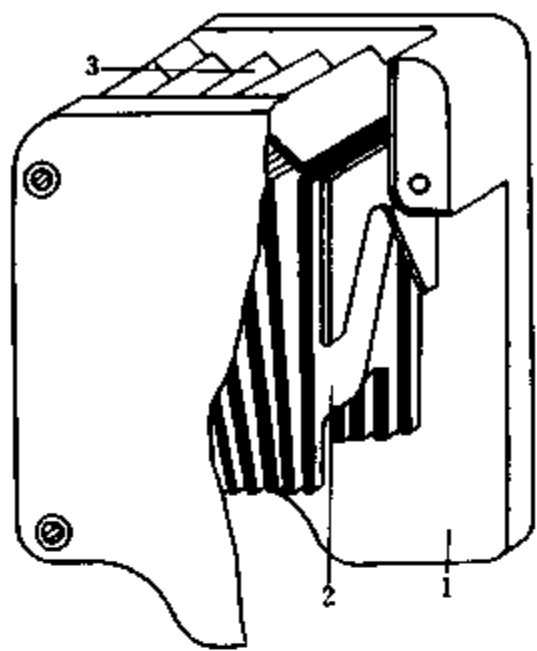


图 3-48 自动空气开关灭弧装置

成，一来控制灭弧的飞出方向；二来限制电弧的飞出距离。整套灭弧装置也称为灭弧罩，是罩在灭弧触头上的。塑料外壳式自动空气开关灭弧罩与刀开关的灭弧罩相似，装在开关的内部。

(三) 操作机构

自动空气开关合闸操作方式有三种：直接手柄操作、电磁铁操作和电动机操作。一般 1500A 以下的自动空气开关，可用手柄操作，其中 200~600A 的自动空气开关，也可根据需要采用电磁合闸；1000~1500A 的自动空气开关，还可采用电动机合闸。2500~4000A 的自动空气开关，均采用电动机合闸。

自动空气开关的操作机构有两个部分：一是传动机构，合闸命令就是通过传动机构而作用于自由脱扣机构开关接通的；另一部分自由脱扣机构，它与触头系统和保护装置均有联系，通过它的作用才能使触头闭合或断开。

自由脱扣机构由四连杆系统构成，如图 3-49 所示。四连杆系统有三种状态，即合闸状态，脱扣状态和预合状态。

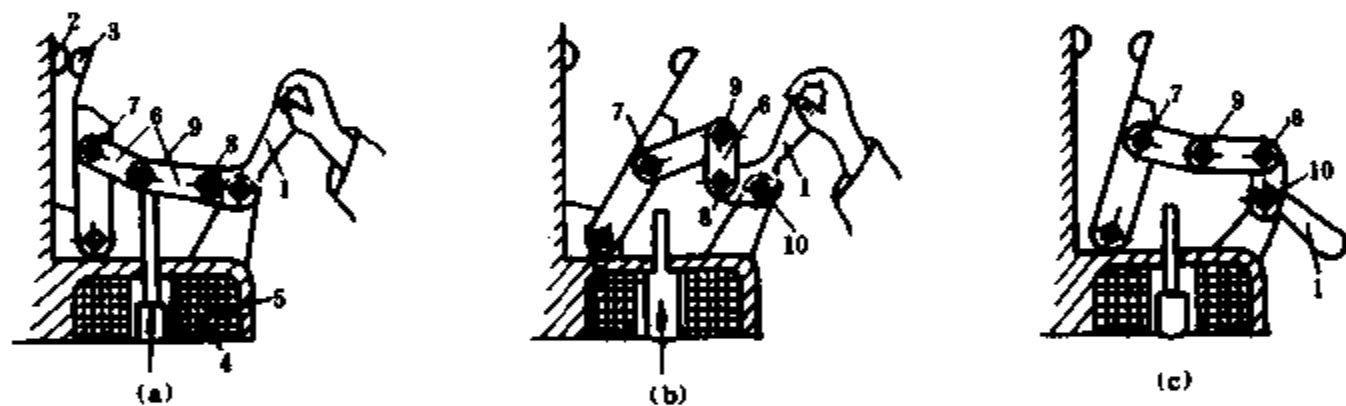


图 3-49 自动空气开关自由脱扣机构的工作原理图

(a) 开关电路；(b) 自动断路后；(c) 预合状态

1. 合闸状态

图 3-49 (a) 中的铰链 7、8、9 三点差不多在一条直线上，点 9 稍低于连杆的死点（即低于点 7、8 的连线），此时，开关处于合闸到位的状态，手柄 1 的推力虽已去掉，但触头系统仍会保持在合闸状态，不会断开。

2. 自由脱扣状态

自动空气开关要分闸时，线圈 4 通电，铁芯 5 的顶杆向上运动，使铰链 9 高于 7、8 点的连线，死点被破坏，连杆系统向上曲折（7、8 两点距离缩小），8 点不动，7 点带动触头分闸。这一过程与手柄位置无关，如图 3-49 (b) 所示。手动分闸时，向下搬动手柄 1，8 点带动连板 6 绕轴 10 顺时针转动，9 点向轴 10 靠近，带动连板 6 向轴 10 方向滑动，开关分闸。

3. 预合状态

预合状态即预备合闸状态。开关要重新合闸，要将手柄搬下，如图 3-49 (c) 所示，使

四连杆系统重新处于死点位置，然后把手柄向上推之即可合闸。

4. 自动空气开关的脱扣器

自动空气开关的脱扣器的作用是：开关处于不正常工作状态需要跳闸时，驱动操作机构使开关跳闸。

(1) 过电流脱扣器。过电流脱扣器有两种：一种是电磁式的，如图 3-49 所示；另一种是双金属片式，与热继电器原理相同，只是它直接作用于开关机构，而热继电器是通过结点动作转换而来的。

(2) 失压脱扣器。当电网电压降低到一定程度，不足以维持设备正常运行时，为保证设备不受损害，自动空气开关要自行跳闸，这一任务即由失压脱扣器完成。

图 3-50 所示为具有两个过流脱扣器和一个失压脱扣器的工作原理图。失压脱扣器由电磁铁 2、带有衔铁 3 的杠杆、冲击杆 4 和弹簧 5 组成。电磁线圈经按钮 SB 的常闭结点 6 接于电源侧线电压上。当电网电压降低到某一定值时，弹簧 5 的拉力大于电磁吸力，冲击杆 4 作用于搭钩上，使其与钩杆脱开，自动开关在断路弹簧 7 的作用下自动断开。当需要远距离断开自动开关时，则按下 SB 即可使线圈 2 失磁而导致开关跳闸。

(3) 分励脱扣器。如图 3-51 所示为具有两个过流脱扣器和一个分励脱扣器的三极自动开关工作原理图。分励脱扣器 7 经按钮 SB 的常开结点、自动开关的常闭辅助结点 8 接通至电源上。分励脱扣器平时无电流流过，当需要远方操作时，可按下停止按钮 SB，接通线圈 7，使自动空气开关断开。分励线圈是按短路时工作设计的，不允许长时间通电。所以在线圈 7 的电路中串一个空气开关的辅助常开结点，这样，线圈 7 中的通电时间不仅决定于停止常闭结点，还决定于空气开关的辅助常开结点。

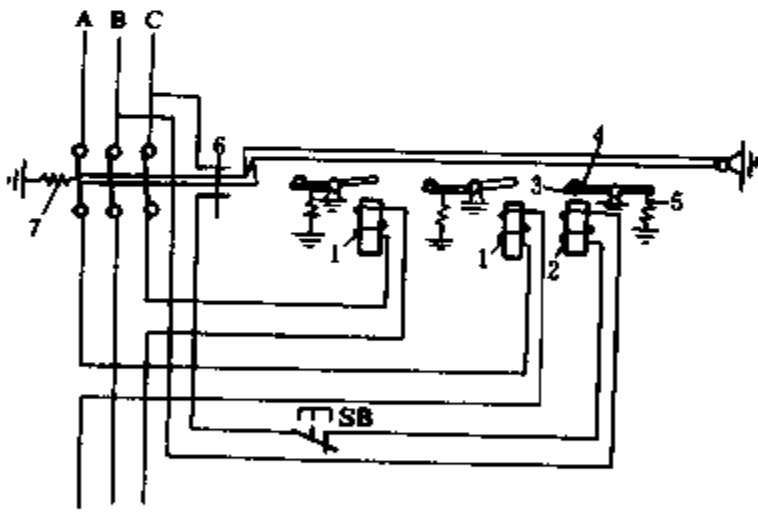


图 3-50 具有失（欠）压脱扣器的三极自动空气开关的工作原理图

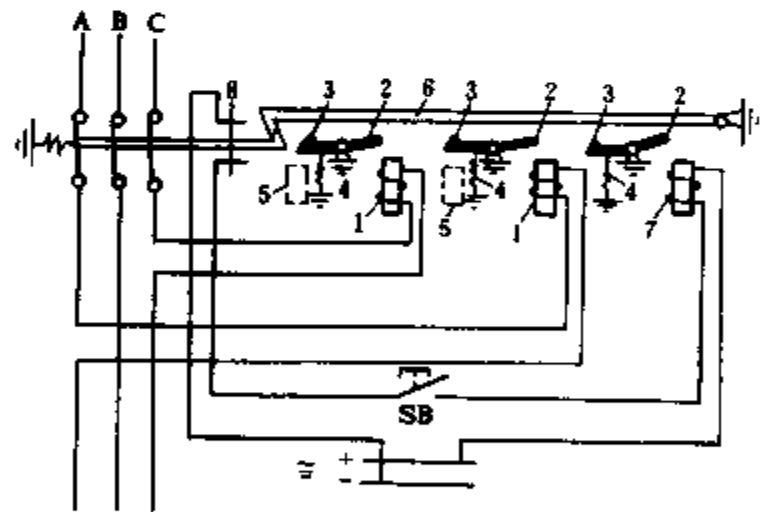


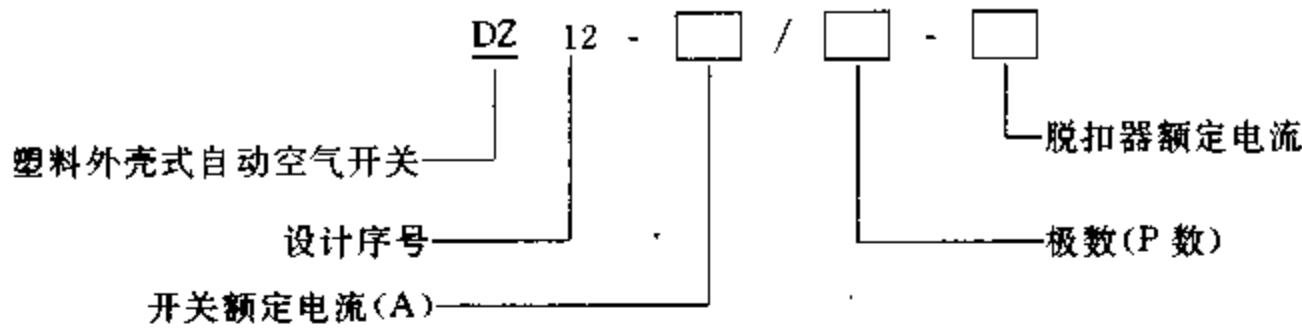
图 3-51 具有分励脱扣器的三极自动空气开关原理图

三、目前工程中常用的几种自动空气开关

(一) DZ12 系列自动空气开关

DZ12 系列自动空气开关主要用于交流 50Hz 的照明线路中，用来保护线路的过载、短路及正常情况下的不频繁操作。

1. 型号意义



2. 结构特点

DZ12 系列自动开关由塑料外壳、操作手柄、触头系统、灭弧室、操作机构及脱扣器组成。操作机构中装有快合、快分的储能机构，所以开关的分合速度较快，且不受操作手柄的动作速度影响。采用复式脱扣器，双金属片，实行过负荷保护，采用铁芯和衔铁装置实现瞬时脱扣，开关有单极、二极和三极之分，二、三极自动开关是在单极自动开关结构的基础上，将操作手柄加一联动罩来保证二、三极电路接通和断开同步。安装方式为固定式，外形尺寸及安装尺寸如图 3-52 所示。

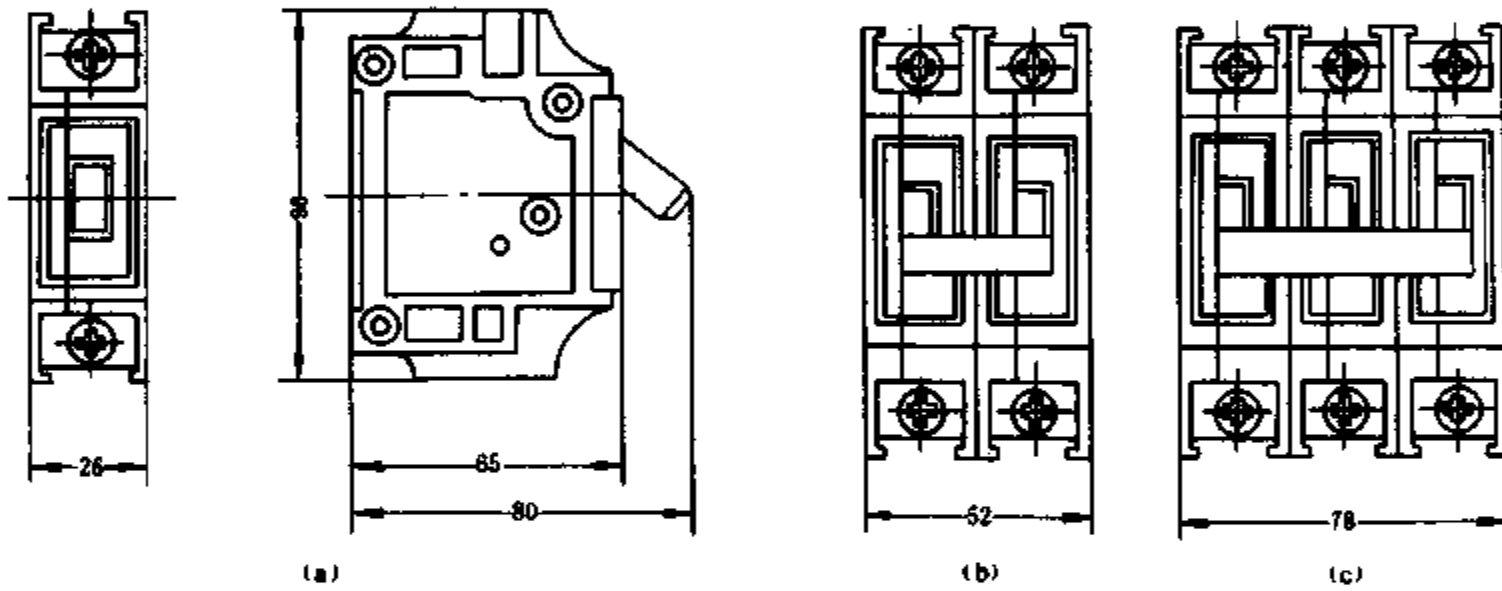


图 3-52 DZ12-60 型自动空气开关外型及安装尺寸

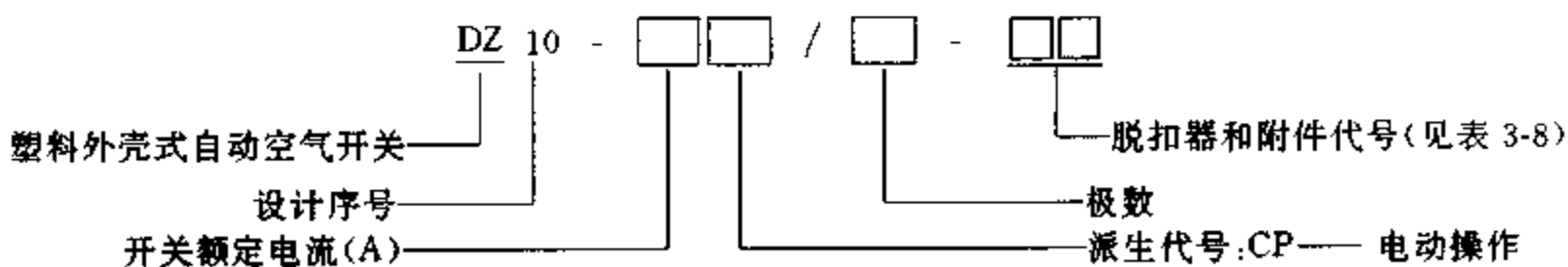
(a) DZ6-60/1 型; (b) DZ6-60/2 型; (c) DZ6-60/3 型

DZ12-60 自动空气开关脱扣器额定电流设置 6、10、15、20、25、30、40、50、60A。

(二) DZ10 系列塑料外壳式自动空气开关

DZ10 系列自动空气开关适用于交流 50Hz，电压 500V 及以下，直流电压 220V 及以下线路中，供不频繁操作作用。该系列开关具有过载及短路保护的功能。

1. 型号意义



2. 结构

DZ10 系列自动空气开关主要由绝缘底座、盖、灭弧室、触头、操作机构及脱扣器装置组成。其外形和内部结构分别见图 3-53、图 3-54 所示。空气开关底座、盖均采用良好的热

固性塑料压制，具有良好的性能；灭弧室采用去离子栅式，由于采用金属薄片分割电弧消除游离子，因此消弧时间较短，触头采用陶冶合金触头，即静触头由银—石墨制成、动触头由银—镍制成，具有抗熔性强，耐磨损等特点；操作机构为单回连杆机构，脱扣器分为复式、电磁式、热脱扣和无脱扣器四种。热脱扣器为双金属片结构；具有板前和板后两种接线方式。开关电流等级有 100、250、600A 三种，一般为手动手柄操作，250、600A 为电动机操作。

表 3-8 DZ10 系列自动空气开关脱扣器和附件代号

代 号 脱 扣 方 式	附件类别							
	不带附件	分励脱扣	辅助触头	欠压脱扣	分励辅助触头	分励欠压	二组辅助触头	失压辅助触头
无脱扣器	00	—	02	—	—	—	06	—
热脱扣器	10	11	12	13	14	15	16	17
电磁脱扣	20	21	22	23	24	25	26	27
复式脱扣	30	31	32	33	34	35	36	37

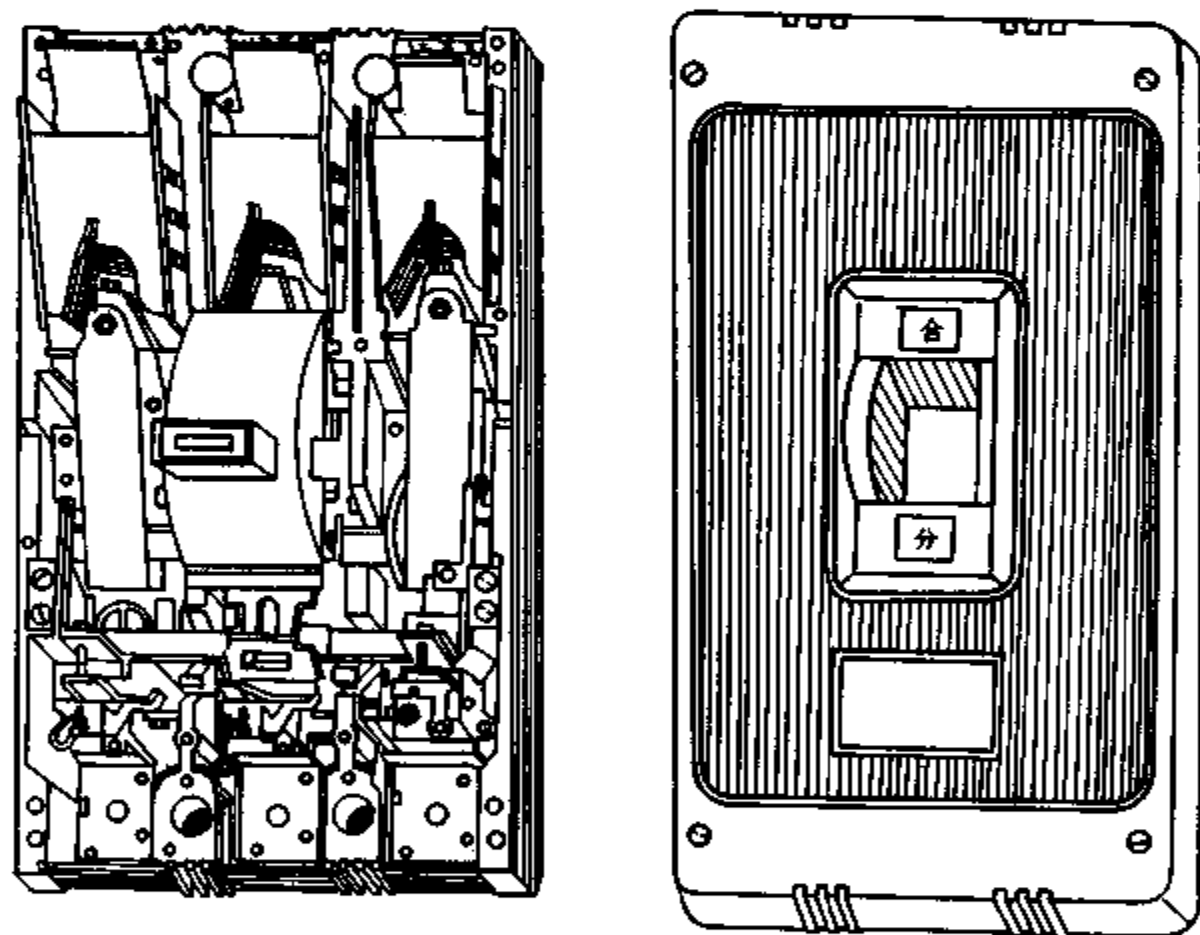


图 3-53 DZ10-250/3 型自动空气开关

开关盖上有“合”、“分”字样，分别表示电路接通或断开时手柄停留的位置。开关自动跳闸时，手柄停在“合”与“分”的中间，而离“合”较近。电动机操作时空气开关手柄位置不能反应开关的通断状态，但可通过辅助接点外接的信号灯来表示开关的通断状态。开关自动跳闸后，要将手柄朝“分”的方向扳动，使主杠杆的下端进入钢片，开关即处于“再扣”状态（即预合状态）。但热脱扣器动作使开关跳闸后，必须经过一段时间后将手柄朝“分”的方向扳动，使主杠杆下端压动主轴，推动杠杆，压缩弹簧，使杠杆下端进入调节螺丝，开关恢复“再扣”。

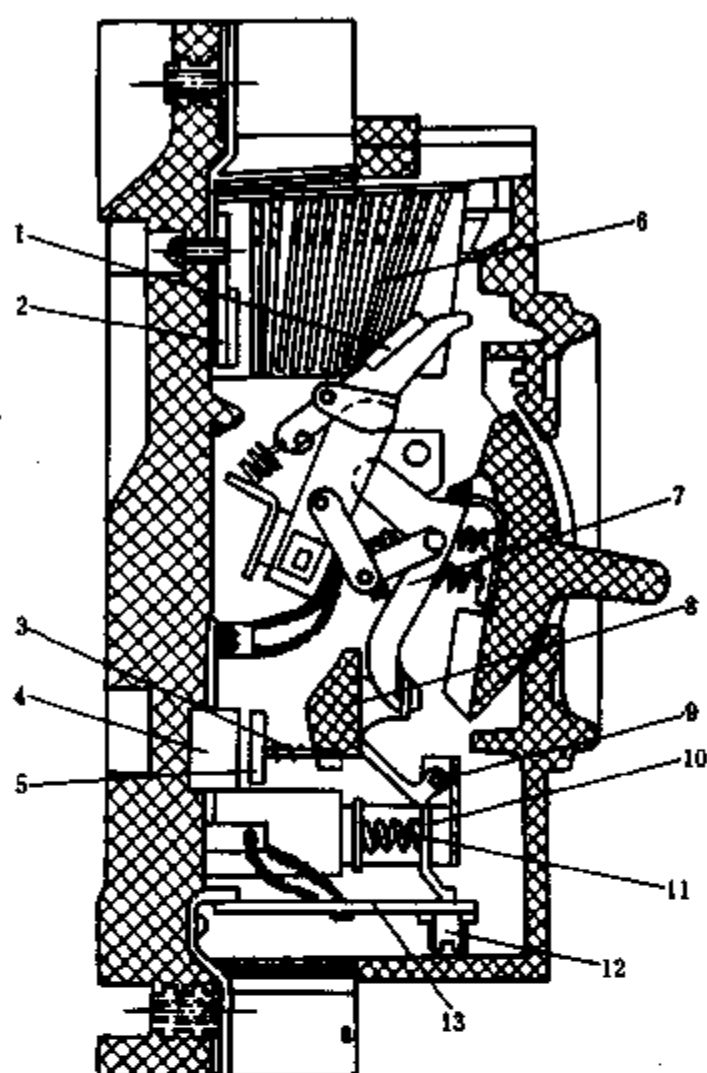
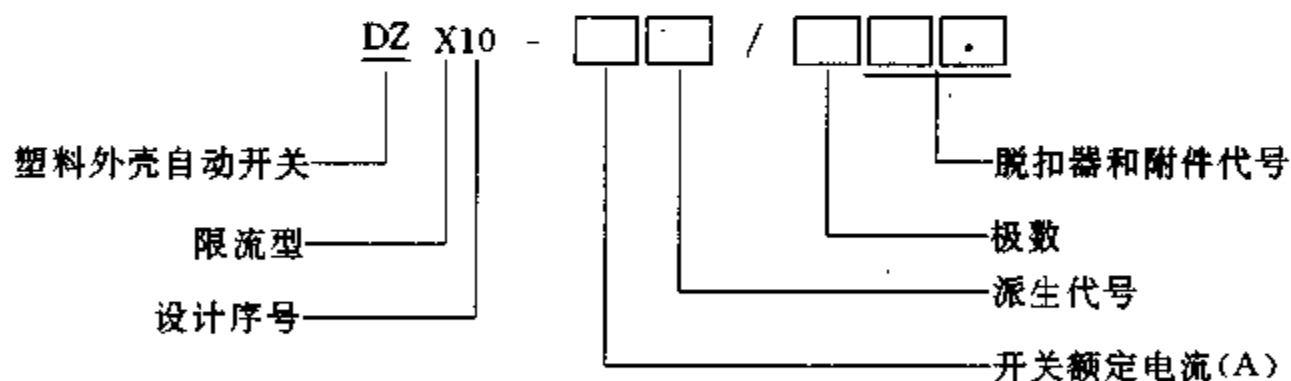


图 3-54 DZ10-100 型自动空气开关

1—动触头；2—静触头；3—搭钩；4—铁芯；5—衔铁；
6—灭弧栅；7—主杠杆；8—主轴；9—轴；10—杠杆；
11—弹簧；12—调节螺丝；13—双金属片

1. 型号意义



2. 结构及原理

限流开关的结构外型与 DZ10 系列相似，差别是限流开关是利用短路电流所产生的电动力迅速使触头断开以达到限流目的的原理制成的。当短路电流通过触头系统时，静触头首先被断开，电弧出现，开始起限流作用，同时由于瞬时过电流脱扣器动作，自由脱扣机构释放，触头开距增大，弧柱电阻进一步增加，在 4~5ms 内将短路电流限制在一定范围，8~10ms 内全部灭弧，见图 3-55 所示。由于在有限流效应时断开距离比正常断开时的开距大，所以具有良好的限流特性。限流机构

DZ10 系列自动空气开关的热脱扣器额定电流为 15、20、25、30、40、50、60、80、100、120、140、170、200、250、300、350、400、500、600A，一般根据电路的工作电流，在开关额定电流范围内，选择适当的热脱扣器。电磁脱扣器额定电流有 15、20、25、30、40、50、100、250、400、600A 等多种，其动作电流一般可在 3~10 倍额定电流范围内调节，或按下式整定：

$$I_z \geq 1.35 [I_{g1} + \Sigma I_{g(n-1)}]$$

式中 I_z ——电磁脱扣器动作整定电流，A；

1.35——可靠系数；

I_{g1} ——起动电流最大的一台电动机的启动电流，A；

$\Sigma I_{g(n-1)}$ ——除起动电流最大的一台电动机外，其他用电设备的工作电流之和，A。

(三) DZX10 系列塑料外壳式限流自动空气开关

该系列开关适用于交流 50Hz，电压 380V 或 460V 线路中，为高分断能力开关，可作为线路和电源设备的过负荷、短路、欠电压保护，或在正常条件下供线路不频繁操作使用。

动作原理参见图 3-55 (b) 所示。

(四) C45N 系列塑料外壳式开关

C45N 系列开关是一种新产品，它具有有限流特性和高分断能力，接在交流 50Hz，额定电压 240/415V 及以下的电路中作为过载和短路保护之用。是我国 DZ5、DZ12、DZ15 及 DZ10-100 空气开关的替代产品，体积小，动作速度快，灭弧能力强，外观优美，安装使用方便，它的出现不仅把我国开关产品提高到了一个新水平，同时，也促进了小型低压照明动力箱的更新换代。

该开关为小型塑壳式，由塑料外壳、操作机构、触头系统、灭弧系统及过电流脱扣器等组成，反应故障的速度特别快，从短路故障开始到脱扣器动作的时间可达微秒级；新型的灭弧系统，可使电弧在 1ms 内由触头移至燃弧角，而在 4ms 内完成熄弧。

当电路出现短路电流时，动触头受短路电流产生的电斥力作用而快速断开，在动静触头间产生电弧，紧接着脱扣器便动作。由于电弧的限流作用，灭弧系统的快速灭弧，同时低惯量脱扣机构迅速动作，使断路器具有良好的限流特性及高分断能力。过电流脱扣器由双金属片与电磁机构组成，双金属片具有长延时过载保护性能，短路保护由具有快速跃变性能的电磁机构来实现。开关有单极、二极、三极、四极四种，二、三、四极是在单极结构的基础上，将内部脱扣器用联动杆相联，手柄用联动罩联成一体，以保证各极动作的周期性。接线端子为螺旋式压接，可直接连接截面 25mm^2 及以下的电缆或导线。采用卡装式的安装方式。C45N 系列断路器外形及安装尺寸如图 3-56 所示。

C45N 开关额定电流（即脱扣器额定电流）有：1、2、3、5、10、15、20、25、32、40、50、60A 12 种。

(五) DZ20 系列塑料外壳式开关

DZ20 系列开关适用于交流 50Hz，额定电压 380V 及以下、直流 220V 及以下电路中作配电和保护电动机用。在配电电路中用来分配电能，且做单线路和电源设备的过载、欠压和短路保护。保护电动机电路中用来保护鼠笼型电动机过载欠压和短路。

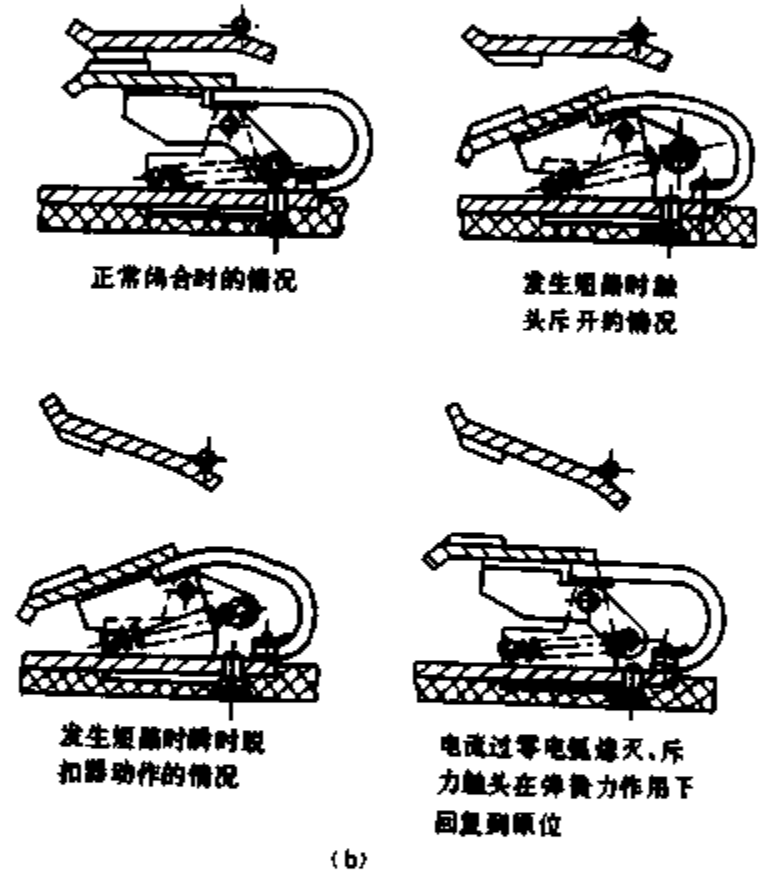
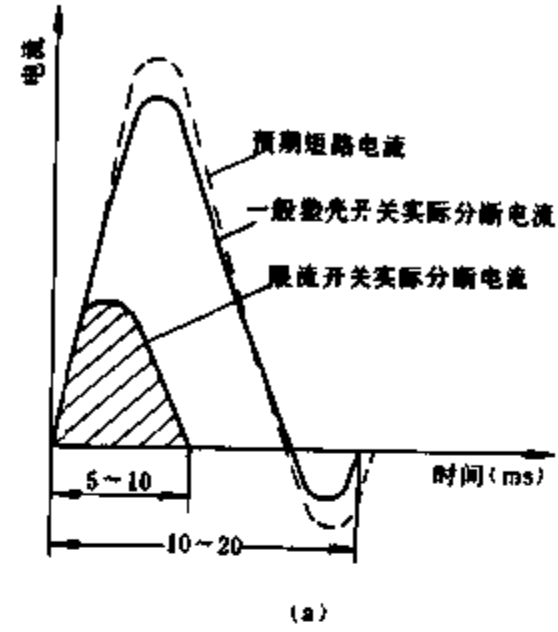


图 3-55 DZX10 系列自动开关
(a) 开关分断电流波形图；(b) 限流机构动作原理

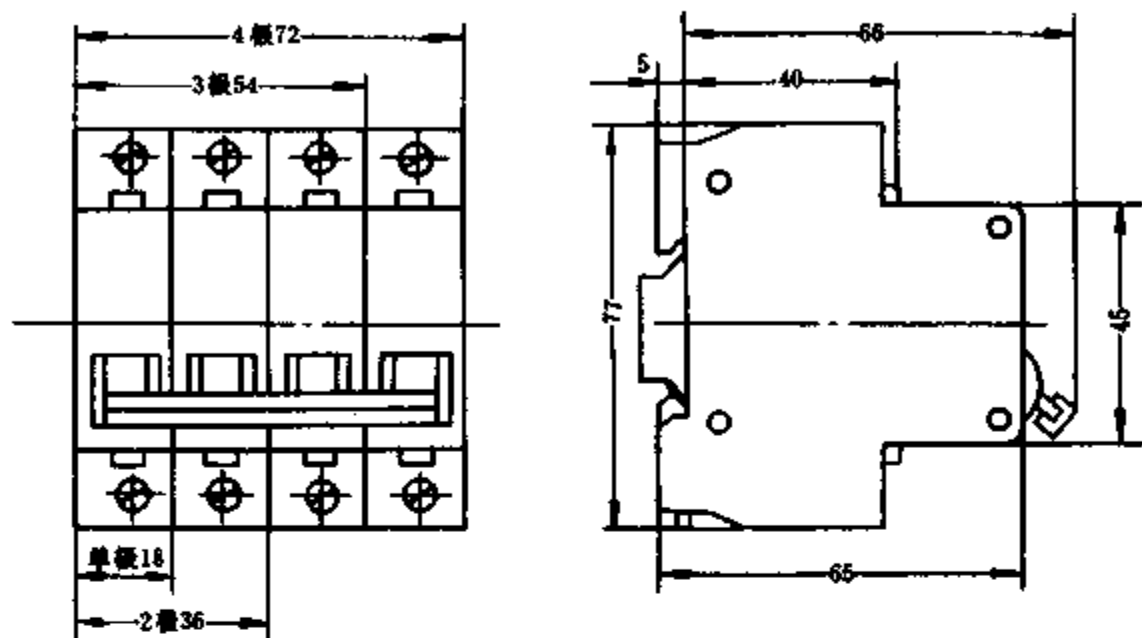
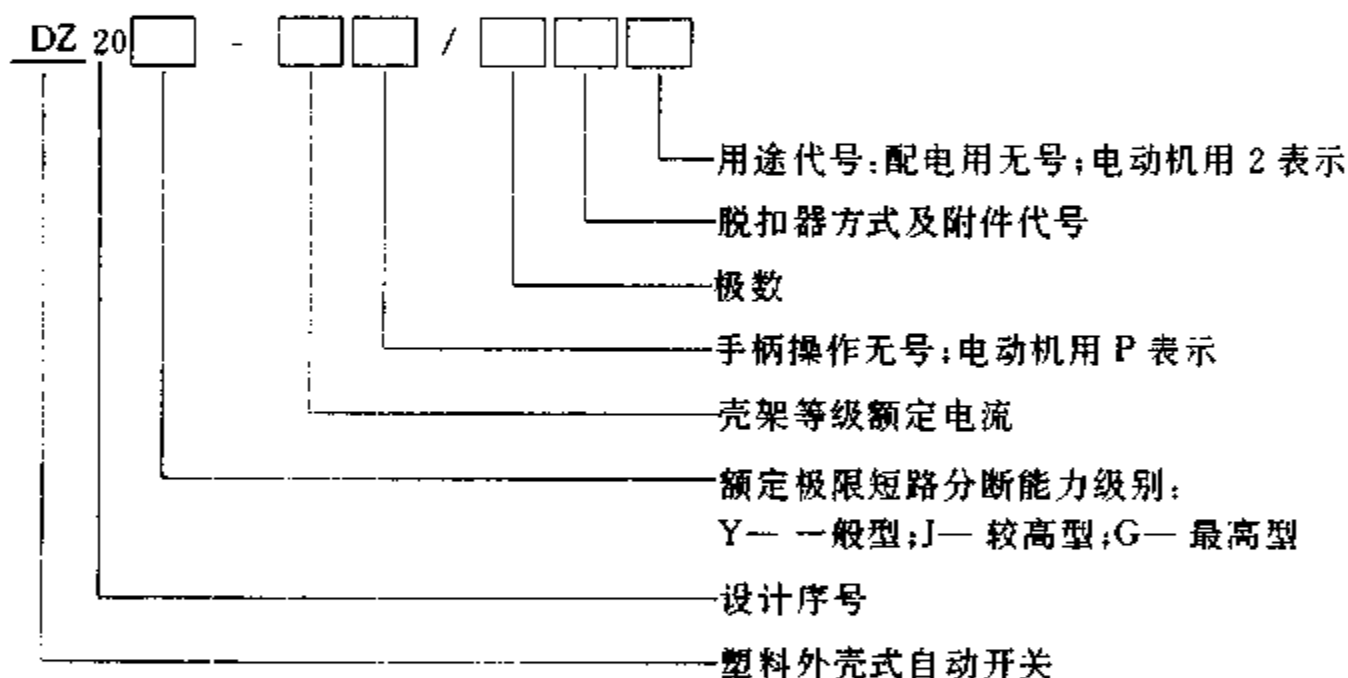


图 3-56 C45N 型系列断路器外形及安装尺寸

1. 型号意义



2. 结构特点及工作原理

DZ20 系列开关结构如图 3-57 所示, 各种不同通断能力的开关除触头不同外, 其它部分基本相同。

(1) 触头系统。触头系统由动、静触头组成, 1250A 开关的动触头由主触头和引弧触头组成; 630A 及以下开关, 其触头均为单点式。

一般型开关 (Y 型) 的触头结构如图 3-58 所示。当出现短路电流时, 由于受到尾部并圈弹簧尺寸限制, 不能使动触头斥开, 只有待脱扣器动作, 机构断开触头后, 才能切除短路电流, 因此通断能力比 J 型小。

较高型开关 (J 型) 由 Y 型派生而成, 触头结构如图 3-59 (a) 所示。开关在闭合通电情况下, 一旦出现短路电流, 触头间产生斥力, 使触头斥开, 如图 3-59 (b) 所示, 由于动触头转动点 a 和触头压力弹簧作用点 b—c 连线的距离很小, 所以当短路电流达到某一定值时, 动触头斥开到 a 点转入 b—c 连线之下 (即过了死点)。此时触头被弹簧拉住, 不给动触头再次闭合, 并形成较大的斥开距离。接着脱扣器动作, 开关跳闸, 同时依靠开关盖上凸

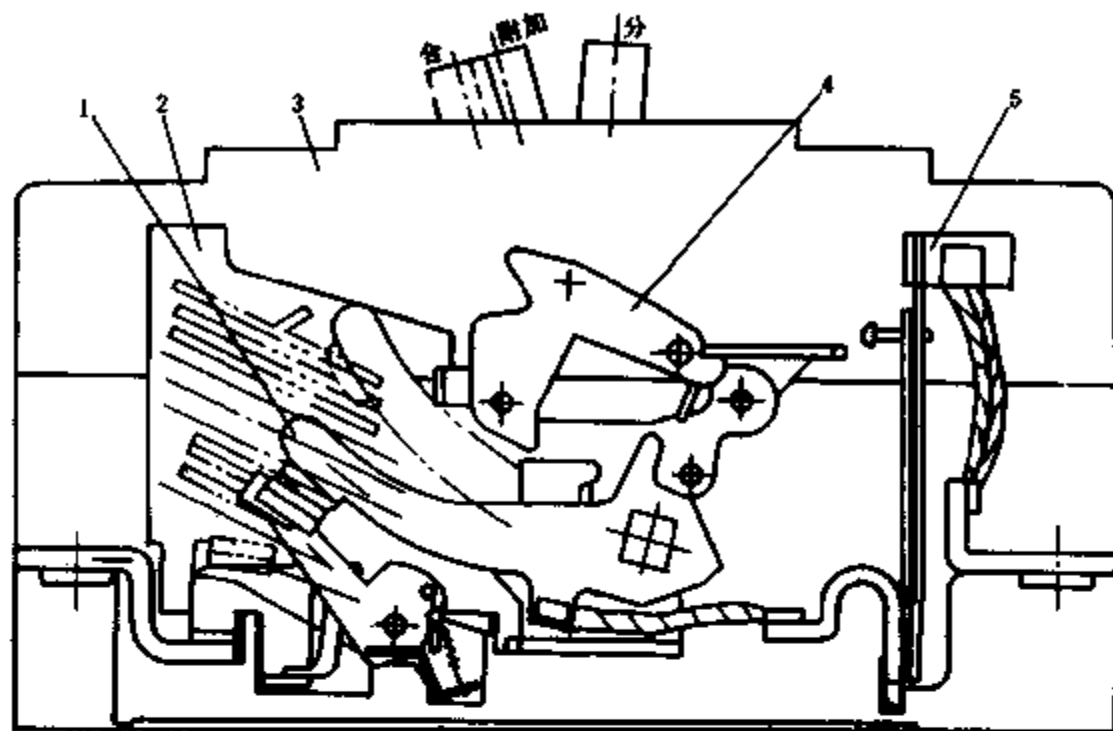


图 3-57 DZ20 系列塑壳开关内部结构

1—触头系统；2—灭弧系统；3—绝缘外壳；4—操作机构；5—脱扣器

出筋将动触头复位，到图 3-59(a)所示的断开位置，为下一次合闸做好准备。由于利用触头电动力斥开和脱扣器脱扣同时进行，以缩短主分断时间，提高其短路通断能力。

高通断能力型开关(G型)是在Y型产品的背面串联一个限流器而成的，如图 3-60 所示。正常情况下的断开和闭合都由上半部Y型开关来完成，如图 3-60(a)、(b)所示。在闭合情况下，电流流经线路为：进线端→触头→热元件→限流器动触头→限流器静触头→出线端。

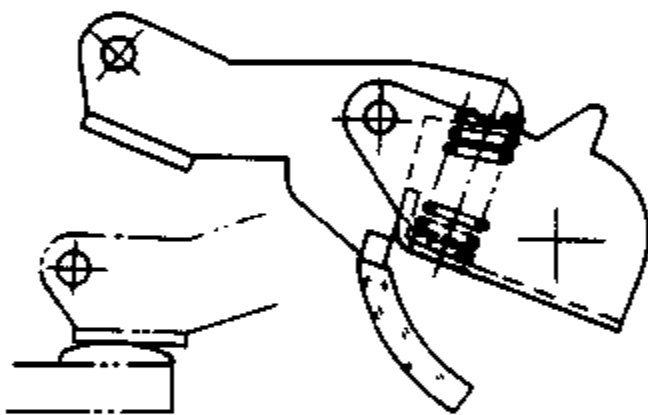


图 3-58 DZ20Y 型触头结构图

当短路电流流过时，限流器动触头立即斥开，如图 3-60(b)所示，电弧出现，利用弧柱电阻限制电流上升。斥开的同时，上半部Y型开关脱扣器脱扣，机构动作，动触头打开，如图 3-60(c)所示，触头开距增大，弧柱电阻进一步增大，在 8~10ms 内全部分断短路电流。由于电路切断、电动力消失，限流器的动触头回复到闭合状态，如图 3-60(d)所示。这种结构的开关，由于限流器中的动静触头平行导体长，产生斥力大，动触头斥开距也大，所以限流效应非常显著。

(2) 灭弧系统。灭弧系统是由灭弧室及其周围绝缘封板、绝缘夹板组成。灭弧室用薄钢板制成的栅片和耐电弧、耐高温的绝缘板铆压而成，体积小，且有良好的灭弧性能。

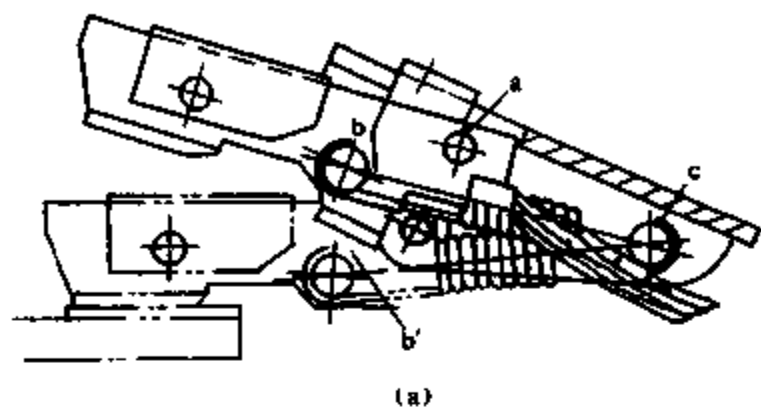
(3) 绝缘外壳由绝缘底座、绝缘盖、进出线端的绝缘封板所构成。

(4) 操作机构是采用传统的四连杆结构，具有弹簧储能，并能快速分、合闸。

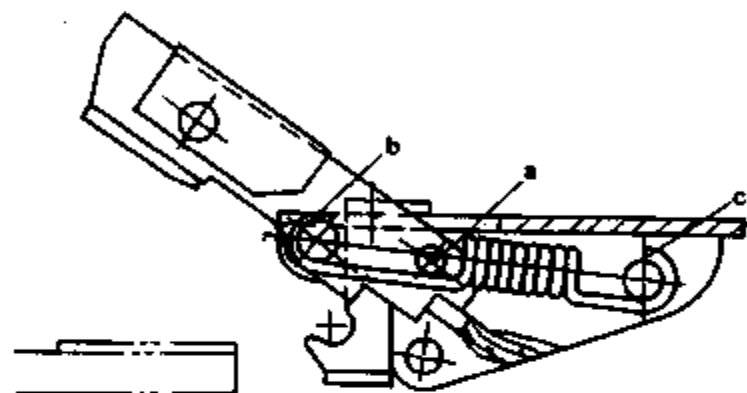
(5) 脱扣器为双金属片反时限过载脱扣器和电磁式瞬时短路脱扣器组成。

3. 操作及维护

(1) 要断开开关时必须将手柄拉向“分”字处，要闭合由手动分断的开关，可将手柄推向“合”字处，若要闭合经自动脱扣的开关，应先将手柄推向“分”字处，再合。



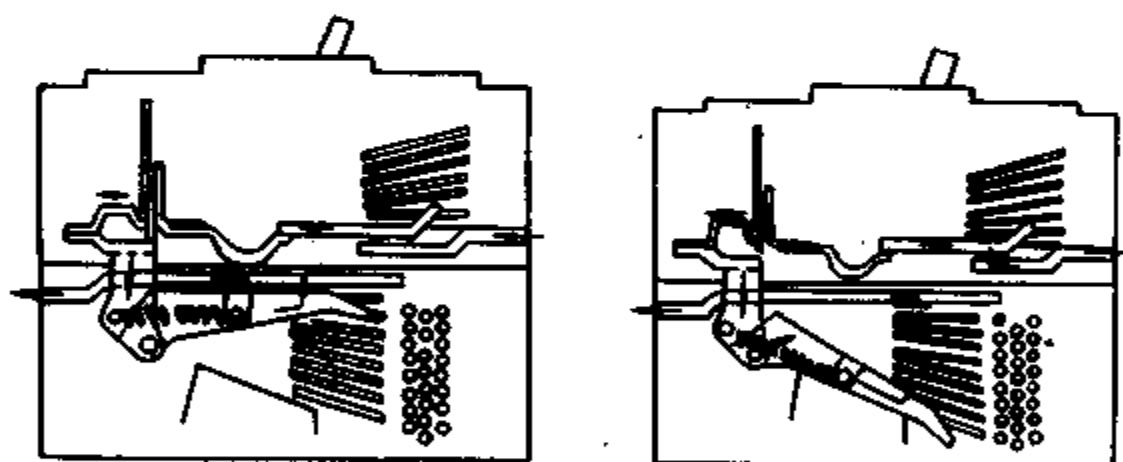
(a)



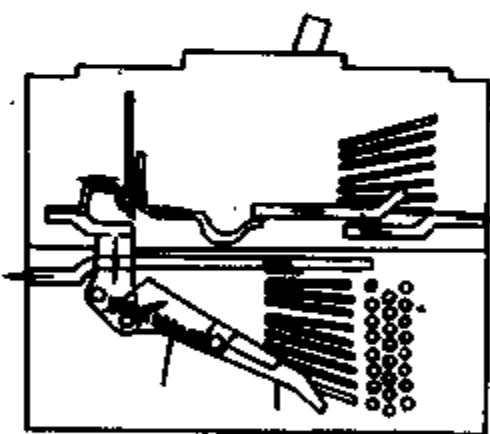
(b)

图 3-59 DZ20J 型开关结构

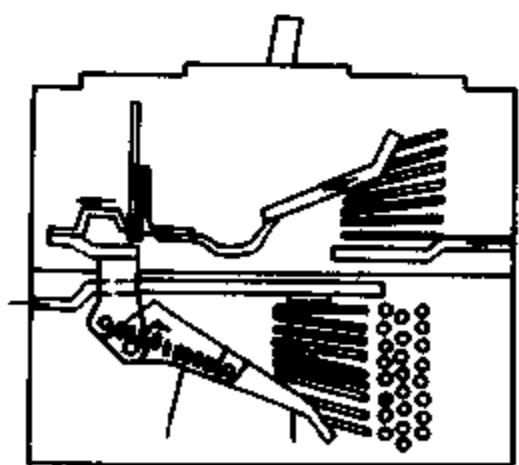
(a) 闭合、断开位置；(b) 动触头斥开位置



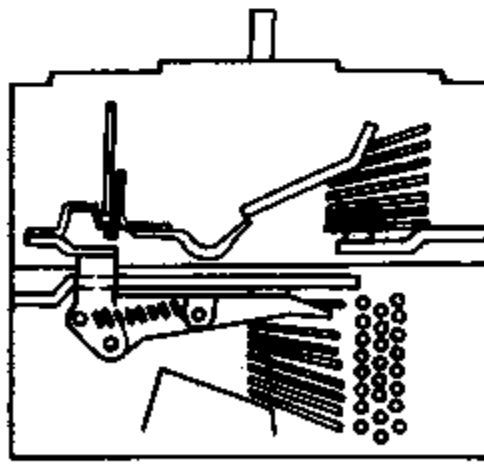
(a)



(b)



(c)



(d)

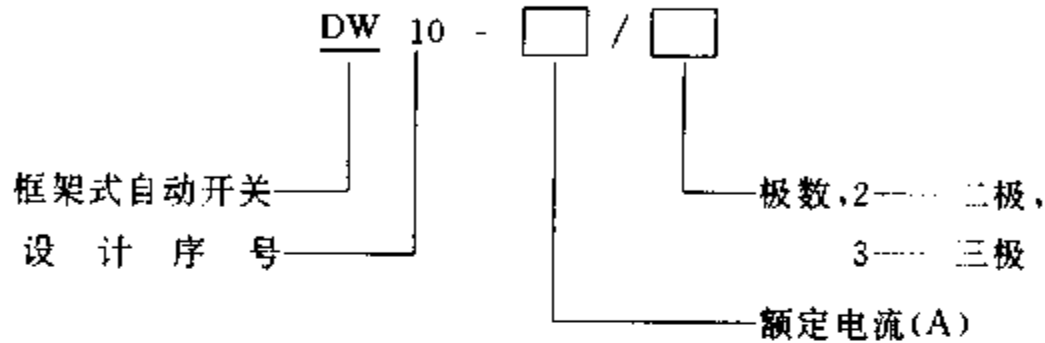
图 3-60 DZ20G 系列开关触头结构及动作过程

(2) 开关分断短路事故电流后，应即进行外观检查：主触头接触是否良好，螺钉、螺母是否松动，绝缘部分是否清洁，发现有不洁之处或留有金属粒子残渣时应清除；灭弧室的栅片是否有短路，若被金属粒子短路，应清除，以免再次切除故障时，影响其可靠分断。

(六) DW10 系列万能式空气开关

DW10 系列万能式空气开关适用于交流电压为 380V 或直流电压 440V 的不频繁操作的网络中，作为电源开关及过载、短路及失压保护用。

1. 型号意义



2. 结构

DW10 系列自动空气开关由带自由脱扣器的操作机构、触头、脱扣器、灭弧室等组成。

(1) 操作机构。全闸方式有直接手柄式、电磁铁操作和电动机操作。1500A 以下的自动开关，可用手柄合闸，其中 200~600A 的自动开关，也可根据需要采用电磁铁合闸；1000~1500A 的自动开关还可采用电动机合闸，2500~4000A 的自动开关只能用电动机合闸。操作机构采用四连杆机构的传动方式。

(2) 触头。触头分为主触头、副触头和灭弧触头三个部分，如图 3-61 所示。合闸时触头闭合的顺序为：灭弧触头→副触头→主触头；分断时，触头分开的顺序为：主触头→副触头→灭弧触头。由此可见，电弧产生及熄灭均在灭弧触头上。

(3) 脱扣器。脱扣器分为过流、分励及失压脱扣器。

3. 控制回路接线

自动空气开关除有手动合闸外，还有电磁和电动机合闸。

(1) 电磁合闸电路如图 3-62 所示。利用电磁铁 DC 远距离合闸时，按下按钮 SB，合闸接触器线圈 KM 通电（电源 2→SB→ZK→线圈 KM→KS 常闭→电源 1），接点 KM 接通，电磁线圈 DC 通电，自动开关合闸。因电磁线圈通电时间不允许超过 1s，所以整定时间继电器延时打开结点 KT 小于 1s 时开。为防止合闸线路故障而发生跳跃，把时间继电器常开接点 KJ 串在回路中保持，KT 线圈始终通电，闭结点断开，接触器 KM 不会通电，开关也就不能再次合闸。ZK 结点是用来保证开关处于合闸位置时，电磁操作机构不重复动作。

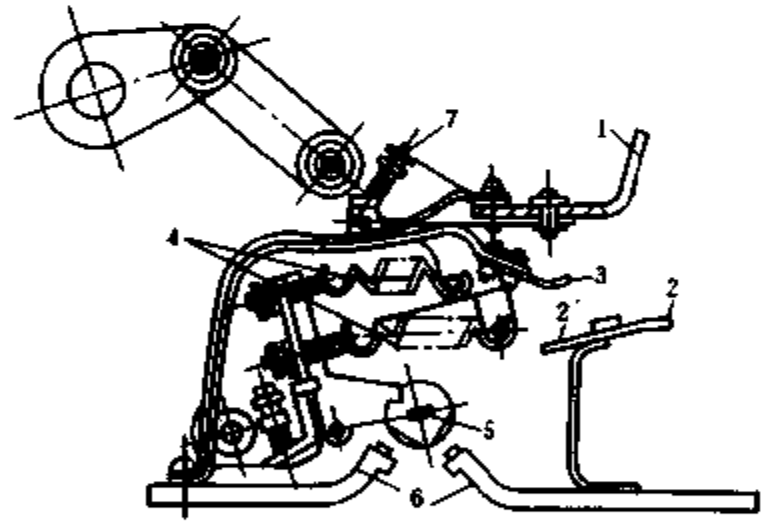


图 3-61 DW10 系列自动开关的触头系统

1、2—灭弧触头；2'、3—副触头；4—弹簧；
5—主动触头；6—主静触头；7—止挡螺钉（供调节用）

(2) 电动机合闸电路如图 3-63 所示。操作机构采用的电动机为三相交流电动机。当按下 SB 时，接触器 KM 通电，电流经电源 C→SB→KA (闭)→ZK (闭)→线圈 KM→XK (闭)→电源 A，电动机 M 及抱闸制动线圈 Z 接通电源，抱闸制动器放松，电机运转，开关闭合。此时 XK 断开，KM 断电，Z 断电，抱闸制动。中间继电器 KA 是防跳继电器，接触器 KM 闭合后，KA 通电，其闭结点断开，切断接触器 KM 的电路，KA (开) 结点为自保持结点，防止二次合闸。TS 为开关合闸过程中电路电压降低到额定电压的 40% 以下时动作的特殊失压脱扣器。

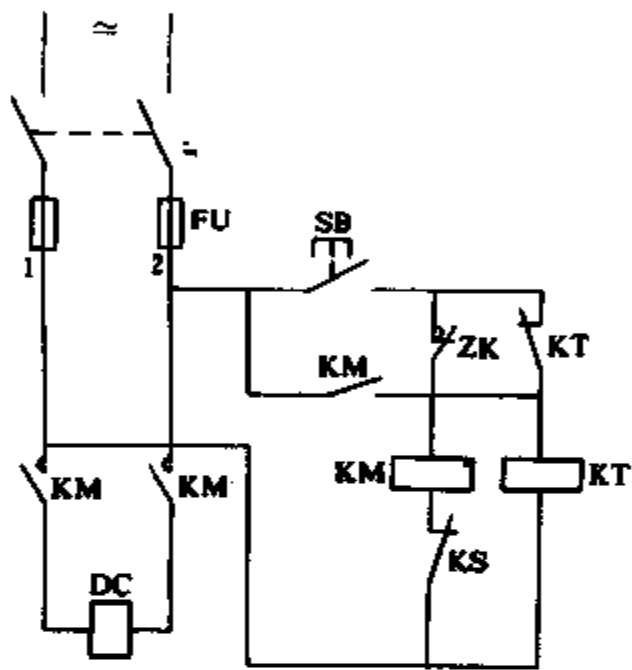


图 3-62 DW10 系列空气开关
电磁合闸电路原理图

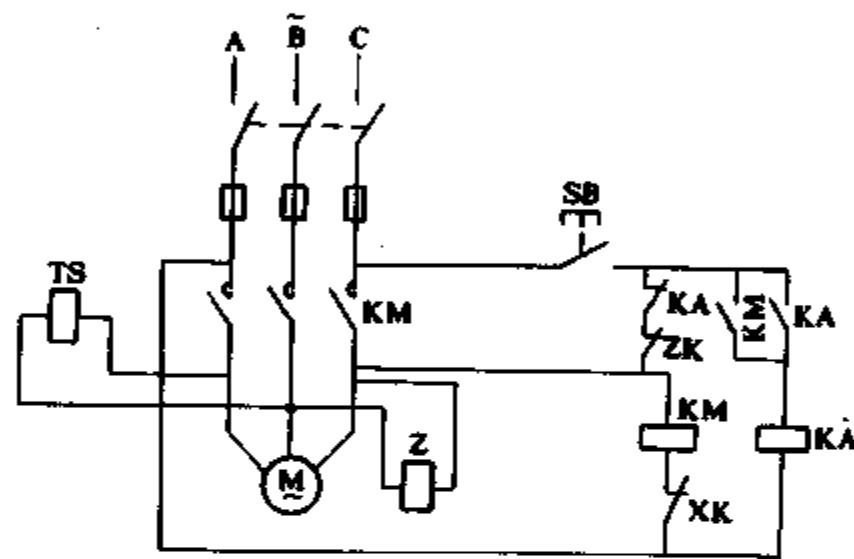
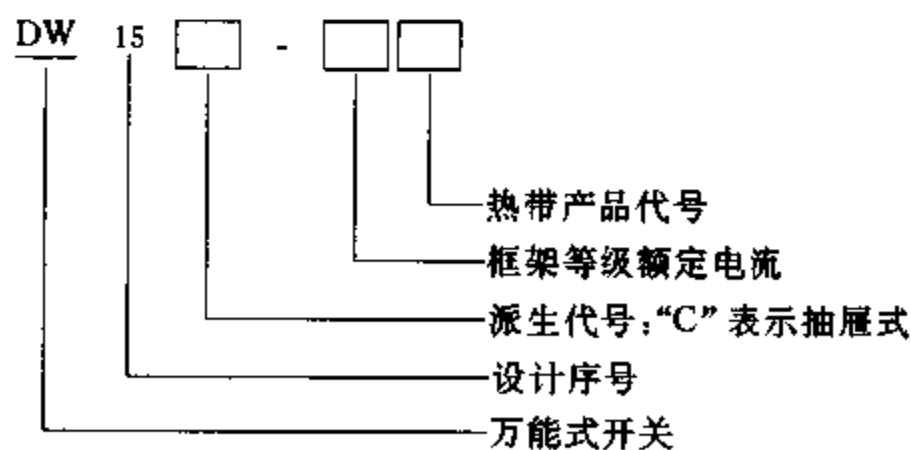


图 3-63 DW10-1000~4000 交流电
动机合闸电路原理图

(七) DW15 系列万能式空气开关

DW15 系列万能式空气开关用于交流 50Hz，额定电压到 1140V，额定电流至 4000A 的配电网，作为过载、短路及欠压保护之用。开关本身具有三段式保持特性，可对电网进行选择保护。

1. 型号意义



2. 结构及工作原理

开关为立体布置形式，触头系统、快速电磁铁、左右侧板安装在一块绝缘板上。上部

有灭弧系统，操作机构可装在正前方或右侧面。有“分”、“合”指示器及手动断开按钮。其上方装有分励脱扣器，背部装有与脱扣半轴相连的欠压脱扣器。速饱和电流互感器或电流电压变换器套在母线上。欠压延时、热继电器或半导体脱扣器均可分装下方，如图 3-64、图 3-65 所示。

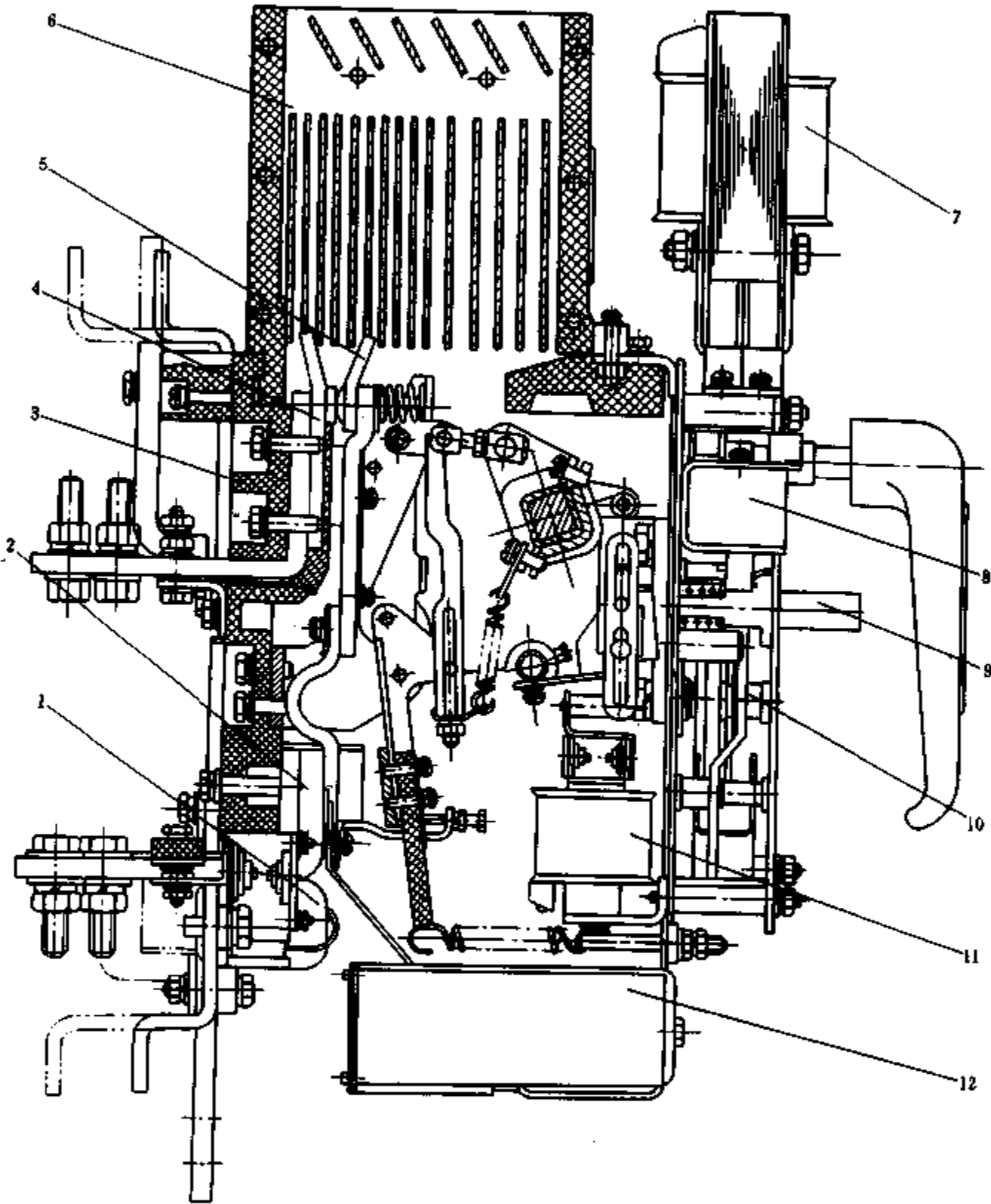


图 3-64 DW15-200~600 开关结构

- 1—速饱和电流互感器（或电流电压变换器）；2—快速电磁铁；
 3—底板；4—静触头；5—动触头；6—灭弧罩；7—电动操作
 电磁铁；8—分励脱扣器；9—断开按钮；10—操作机构；
 11—欠电压脱扣器；12—阻容延时
 及热继电器（或半导体脱扣器）

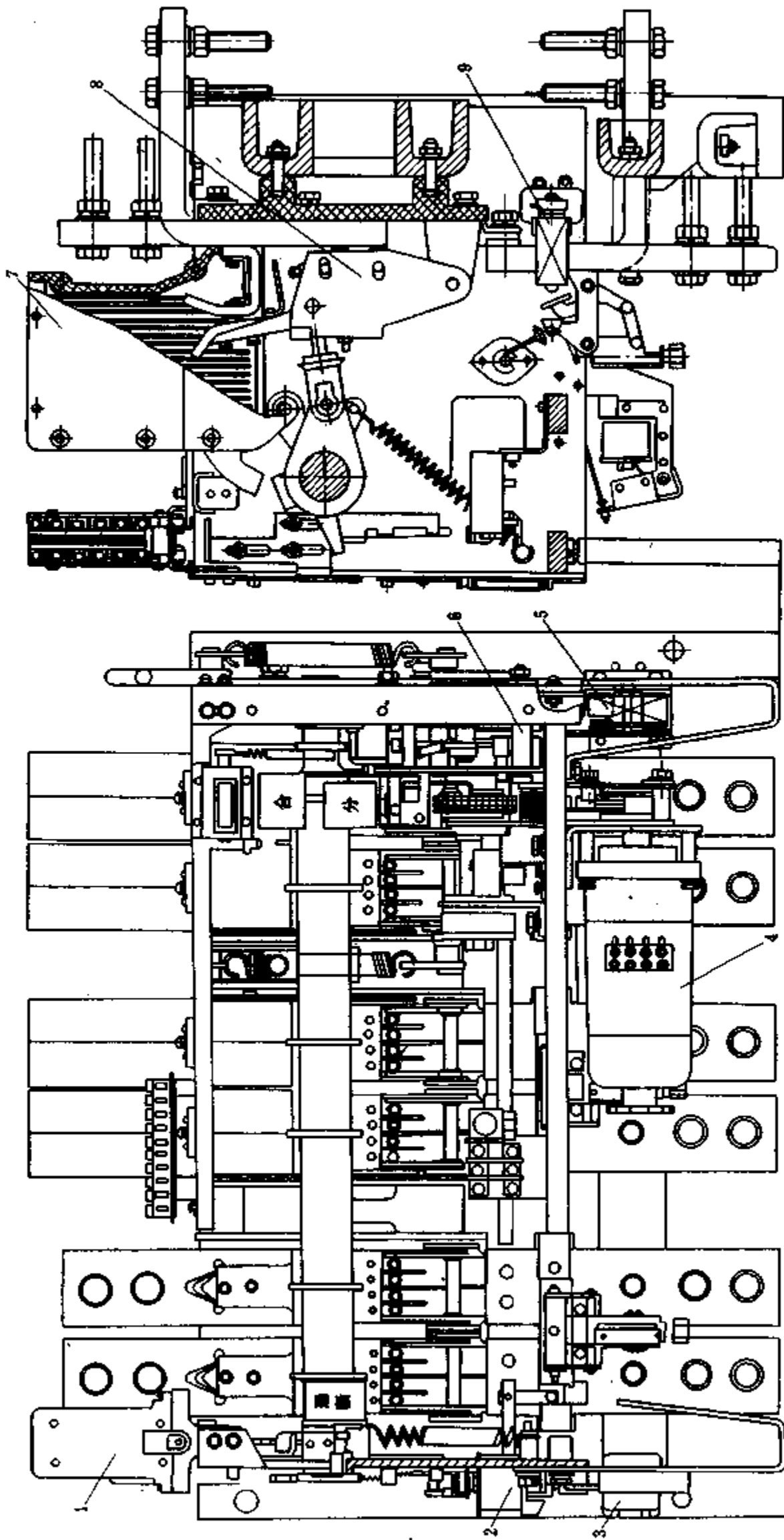


图 3-65 DW15-2500 开关结构

1—辅助触头;2—久电压脱扣器;3—分励脱扣器;4—合闸电动机;

5—释能电磁铁;6—自由脱扣机构;7—灭弧室;8—触头系统;9—过电流脱扣器

触头系统采用平行导体流过的电流获得电动力补偿，提高了开关的通断能力。额定电流为 200~600A 的开关，每相一组触头系统（其结构如图 3-66 所示），2500A 每相两组并联，4000A 每相三组并联。脱扣方式有热脱扣器，半导体式脱扣器和电磁脱扣器。

热脱扣器由速饱和电流互感器与热继电器组成，是过载长延时保护。

半导体式脱扣器由电流、电压变换器、电源变压器、半导体插件组成，作为过载长延时，短路短延时、特大短路瞬时动作保护用。

电磁脱扣器与热式脱扣器配合作短路瞬时动作保护用。

操作机构采用弹簧贮能闭合，与手动操作速度无关，并具有自由脱扣性能，其结构如图 3-67 所示，是由脱扣半轴 1、弹簧 2、扇形板 3、S 杆 4、顶板 5、杠杆 6、凸轮 7、方轴 8、滚球 9 组成，操作过程通过三种操作位置完成。

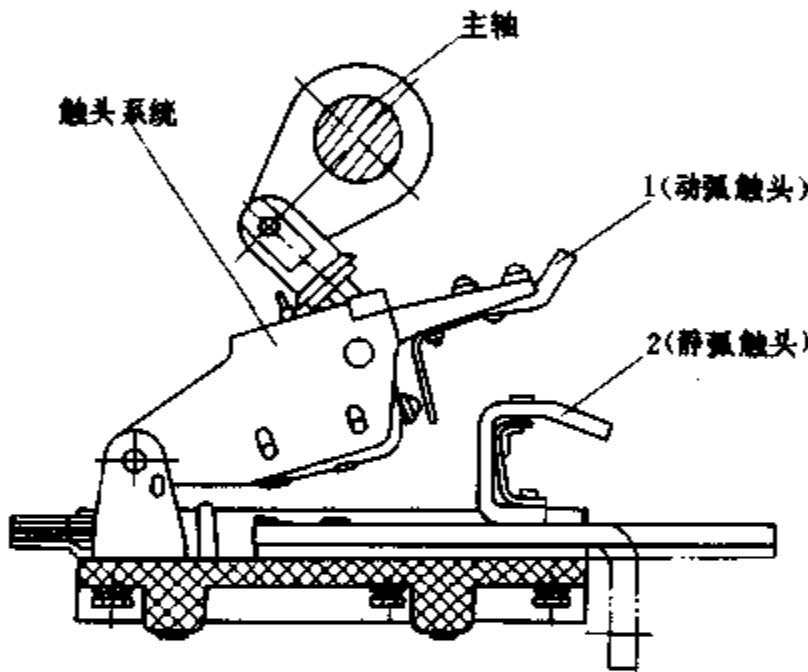


图 3-66 DW15 系列开关触头系统

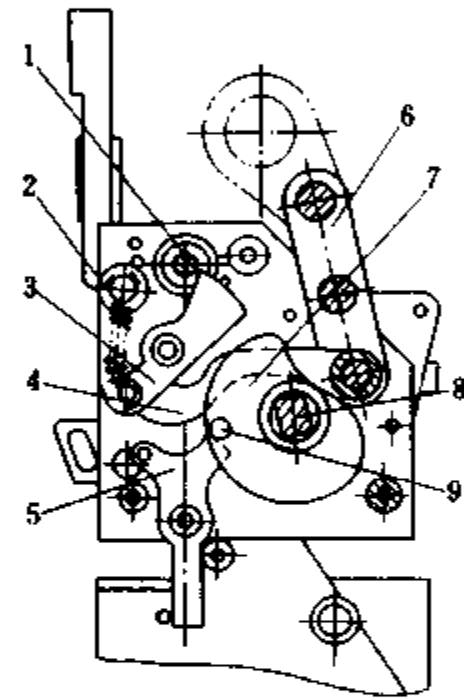


图 3-67 DW15 系列开关操作机构

(1) 贮能再扣。如图 3-68 所示。当来自电操作或手操作外力时，使方轴 8 带着凸轮 7 逆时针旋转，弹簧贮能经过凸轮最高点，跳入缺口内后由弹簧 2 带动扇形板 3 绕 O_2 顺时针方向转动，使与半轴 1 再扣，滚珠 9 被顶板 5 顶住，贮能结束。

(2) 闭合位置。如图 6-69 所示。按动“合”按钮，或释能电磁铁动作，使顶板 5 逆时针转动，贮能弹簧 1 释放能量，方轴 8 带动凸轮逆时针方向转动，使杠杆 6 上滚珠沿着凸轮滚动，杠杆 6 上升，推动主轴旋转而使触头闭合。

(3) 断开位置。如图 3-70 所示。按动“分”按钮，或来自于脱扣半轴 1 旋转与扇形板 3 解扣，在触头反力及复位弹簧力的作用下，使自动开关迅速断开。

电动操作机构如图 3-71 所示。贮能时，电动机带动偏心轮 1 旋转，使连杆 2 和掣子 3 作上下往复运动，推动棘轮 4、销子 6、凸轮 5 作旋转运动，由于凸轮与方轴 7 用方孔连接，使方轴旋转带动机构，从而使弹簧 8 贮能。当凸轮逆时针旋至掣子顶开，棘轮停止转动，此时，位于方轴上另一凸轮同时将限位开关顶开切断电源，电动机停转，贮能完毕。

电动机操作的控制电路如图 3-72 所示。

原理如下：按下 SB_1 按钮， K_1 经 DF_1 、 K_2 励磁，其结点闭合，电动机转动、贮能开始。

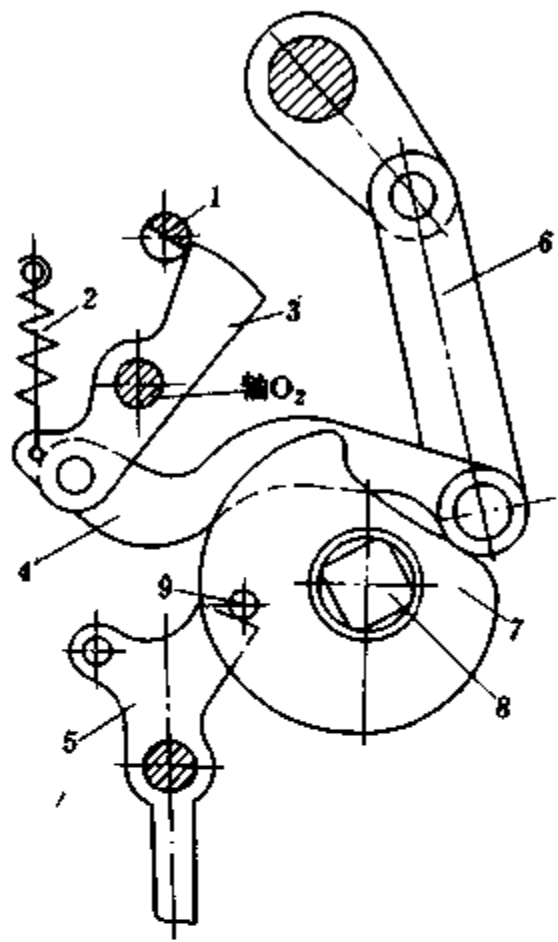


图 3-68 DW15 开关操作机构贮能再扣位置

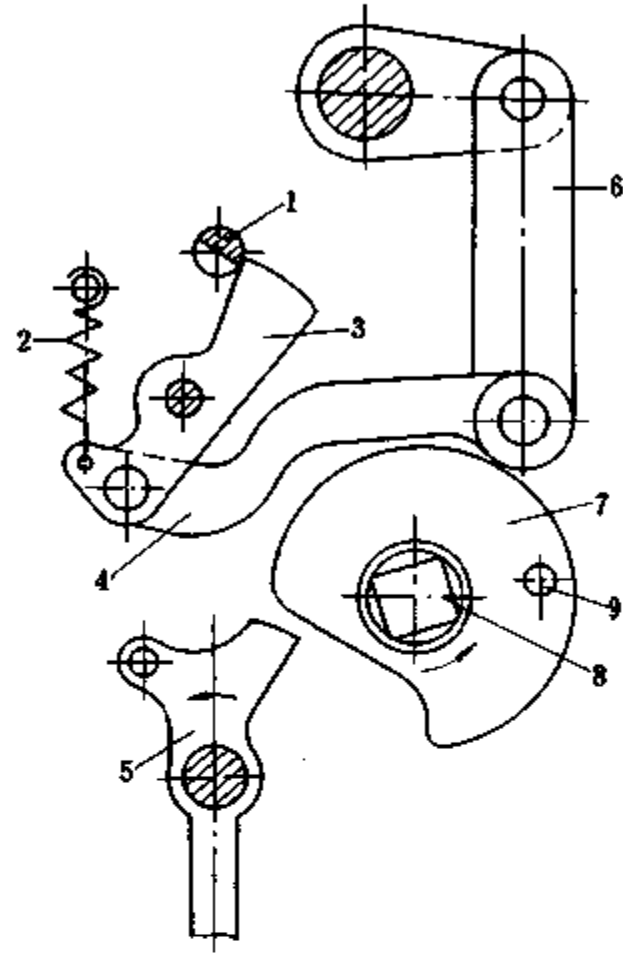


图 3-69 DW15 系列开关操作机构闭合位置

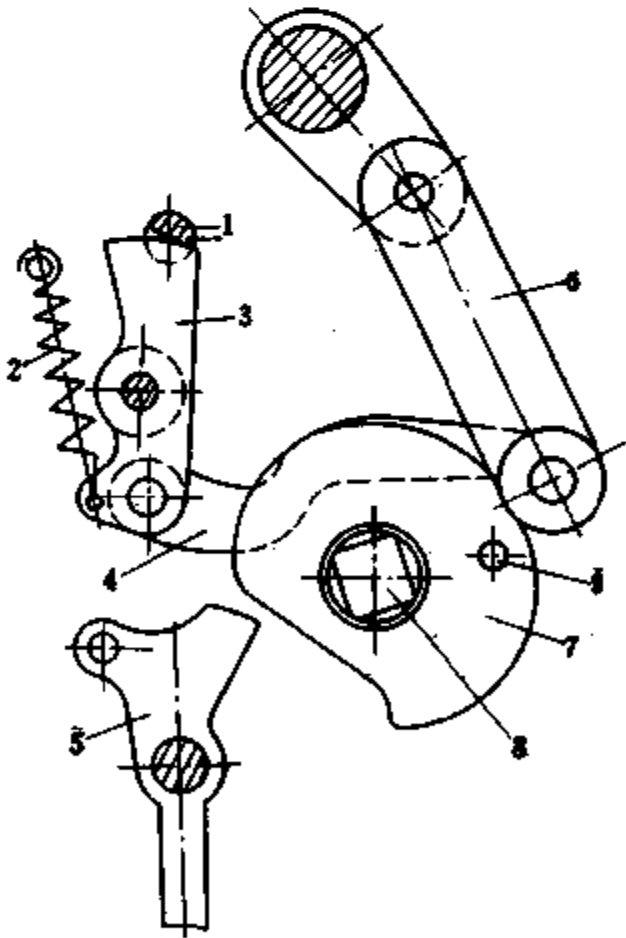


图 3-70 DW15 系列开关操作机构断开位置

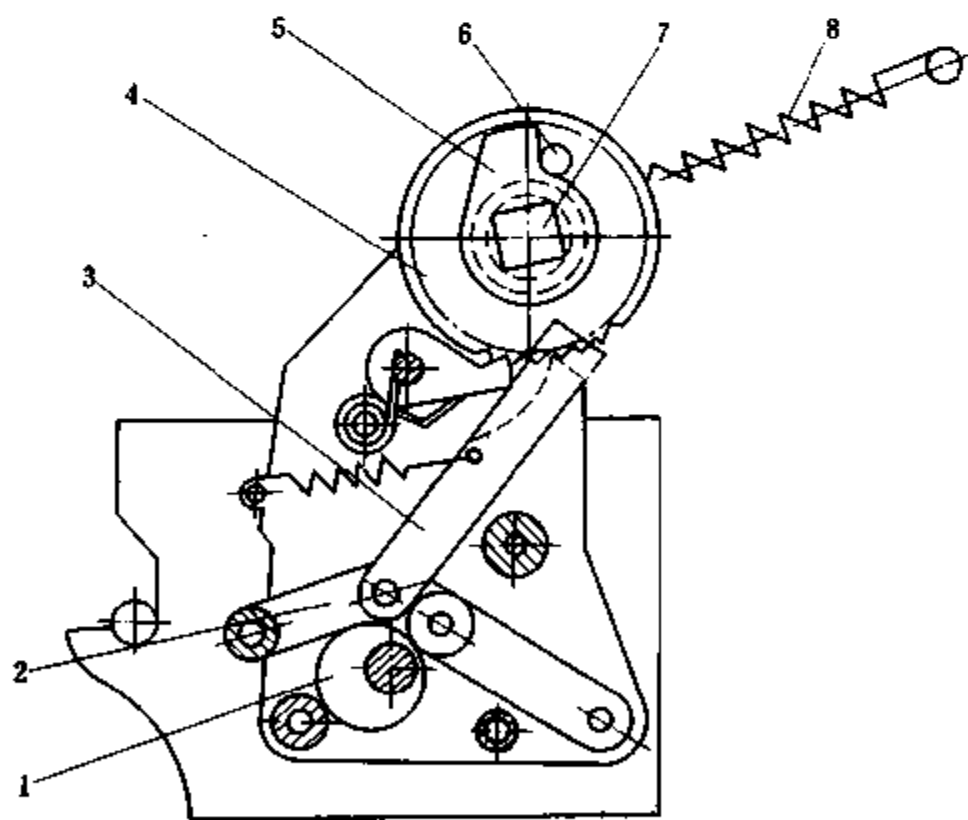


图 3-71 DW15 系列开关电动操作机构

漏电保护器按其脱扣器分为电磁式和电子式两种。电磁式是由互感器检测到的信号直接推动高灵敏度的释放式漏电脱扣器，使漏电保护器动作。它具有不另设辅助电源，不受电源电压的影响，抗干扰能力强等优点，但脱扣器结构比较复杂，加工制造精度要求高，制造灵敏度及大容量的漏电保护器较困难。电子式则是互感器检测到的信号通过电子放大器放大后，触发可控硅或导通晶体管开关电路，接通漏电脱扣器线圈而使其动作。它具有较高的灵敏度，制造技术简单，大容量易实现，但需辅助电源，抗干扰能力不如电磁式。

漏电保护器按其所具有的保护性能和结构特征，可分为：

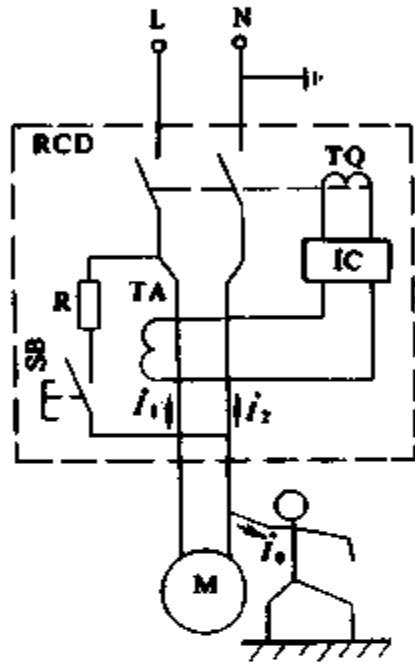


图 3-73 漏电保护器原理
(单相)

RCD—漏电保护器；TQ—漏电脱扣器；IC—电子放大器；TA—零序电流互感器；SB—试验按钮；
R—电阻；M—电动机或其他负荷

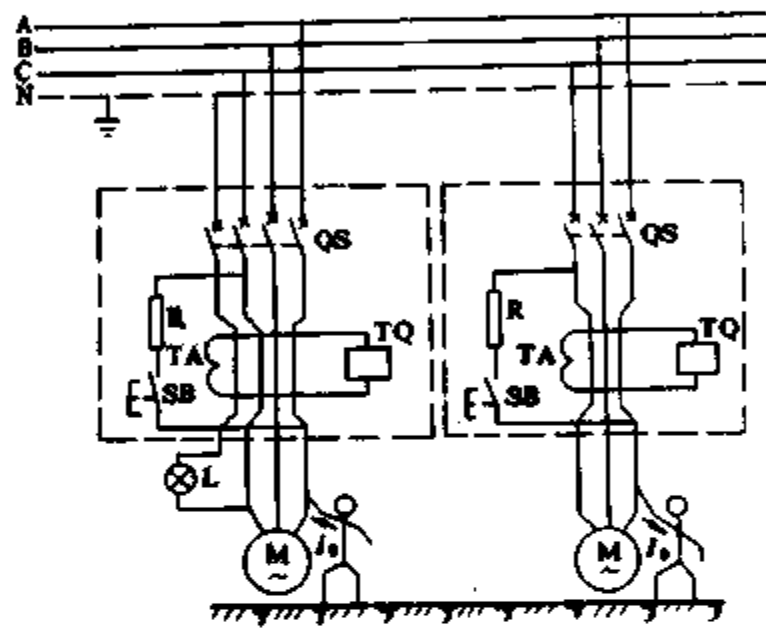


图 3-74 DZ15L 系列漏电自动开关工作原理
(三相及三相四线制)

QS—漏电自动开关；TQ—漏电脱扣器；TA—零序电流互感器；R—试验电阻；SB—试验按钮；
L、M—电灯、电动机或其他负载

(1) 漏电开关。由零序电流互感器、漏电脱扣器和主开关组装在同一绝缘壳体中，具有漏电保护及手动通断电路的功能。

(2) 漏电断路器。具有漏电保护及过载保护功能，即加装断路器漏电保护。

(3) 漏电继电器。由零序电流互感器和继电器组成。具有检测和判断功能，由继电器接点发出信号，控制断路器分闸或发出声、光信号。

(4) 漏电保护插座。由漏电断路器或漏电开关和插座组装而成，主要作为移动式设备、家用电器等需要漏电保护的电源。

第五节 行程开关和时间继电器

一、行程开关

行程开关（也称限位开关），其作用与控制按钮相同，均为主令电器，只是其触头的动作不是靠手按，而是利用生产机械某些运动部件的碰撞而使其触头动作，接通或断开某些电路，达到一定控制要求。为适应各种条件下的碰撞，行程开关有很多构造形式，用它来限制机械运动的行程或位置，使运动机械按一定行程自动停车，反转或变速，以实现自动控制。

制。各系列行程开关，其基本结构相同，区别仅在于使行程开关动作的传动装置不同。一般有旋转式、按钮式结构，JLXK1 系列行程开关外形如图 3-75 所示。

JLXK1-111 型行程开关结构及动作原理如图 3-76 所示。当运动机械的挡铁压到行程开关的滚轮上时，传动杠杆连同转轴一起转动，使凸轮推动撞块，当撞块被压到一定位置时，推动微动开关快速动作，使其常闭触头断开，常开结点闭合；当滚轮上的挡铁移开后，复位弹簧就使行程开关各部分恢复原始位置。这种单轮自动恢复式行程开关是依靠本身的恢复弹簧来复原，在生产机械的自动控制中应用较广泛。双轮自动恢复式行程开关如图 3-75 (c) 所示。

LXW2-11 型行程开关结构如图 3-77 所示。这种行程开关，由于弹簧片具有杠杆放大作用，推杆只需有较小的移位，便可使触头动作，因此也称微动开关，它是有双断点的常开、常闭触头各一对，因此又叫双断点微动开关。动作原理是：当机械的撞块作用在推杆上时，通过弯状形弹簧将作用力传到触头的触桥上，握杆中间的凹形刀口通过触桥平面的瞬间，触桥就跳动，行程开关动作。开关的快速动作是靠弯形片状弹簧中储存的能量得到的，开关的复位由恢复弹簧来完成。

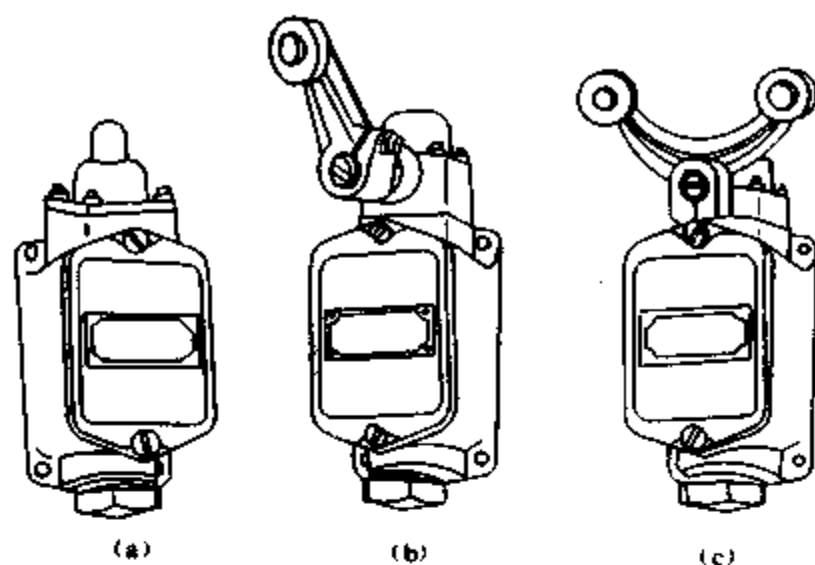


图 3-75 JLXK1 系列行程开关
(a) JLXK1-311 按钮式；(b) JLXK1-111 单轮旋转式；
(c) JLXK1-211 双轮旋转式

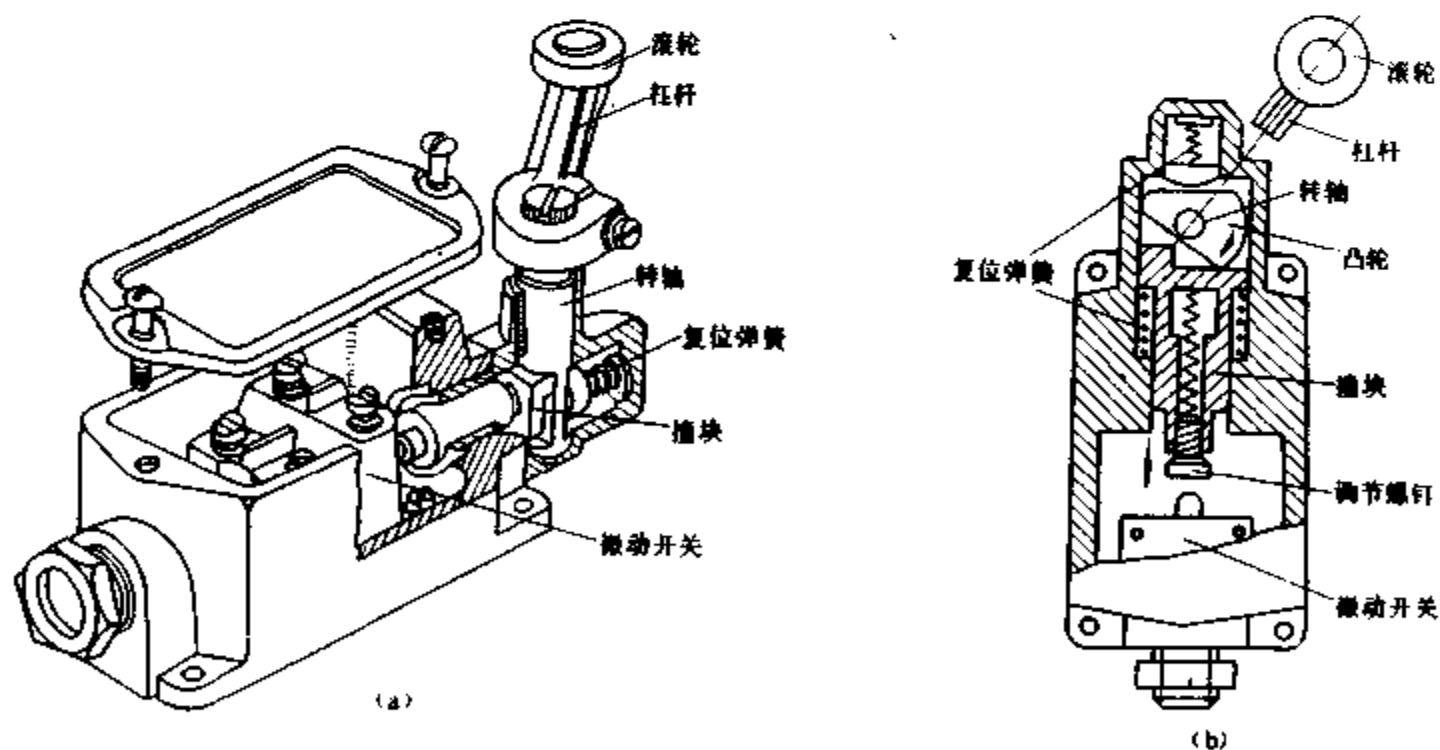


图 3-76 JLXK1-111 型行程开关
(a) 结构；(b) 动作原理

行程开关的电气符号如图 3-78 所示。

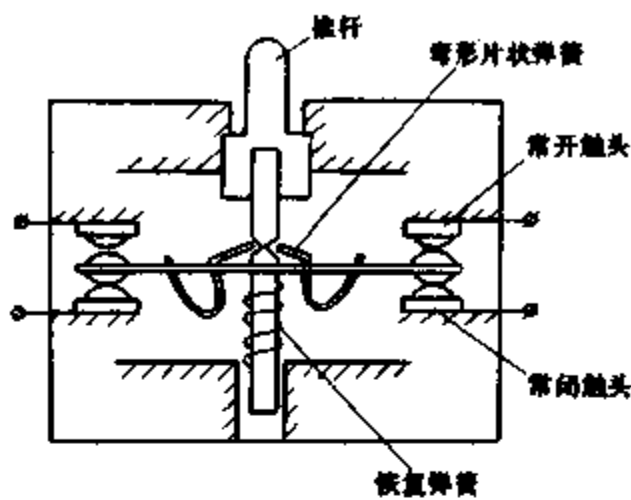
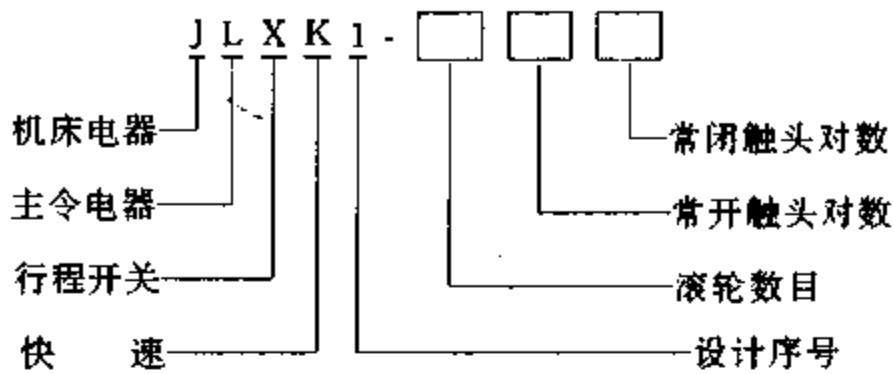


图 3-77 LXW2-11 型微动开关

型号意义为：



二、时间继电器

时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理来延迟触头闭合或断开的自动控制电器，有电磁式、电动式、空气阻尼式(气囊式)、晶体管式等，其中电动式时间继电器的延时精度高，且可调延时长，电磁式结构简单，延时较短，且只能用于直流系统的延时。目前在交流电路中应用较广泛的，是空气阻尼式时间继电器，它结构简单，延时范围大，换线圈后可用于直流电路。

空气阻尼式时间继电器，它结构简单，延时范围大，换线圈后可用于直流电路。

(一) JS7-A 系列时间继电器

JS7-A 系列时间继电器是利用空气通过小孔节流原理(即锥阀阻尼延时原理)来获得延时动作的，根据触头的延时特点，可分单通电延时动作与断电延时复位两种。JS7-A 系列的外形及结构如图 3-79 所示。

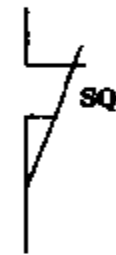


图 3-78 行程开关的电气符号

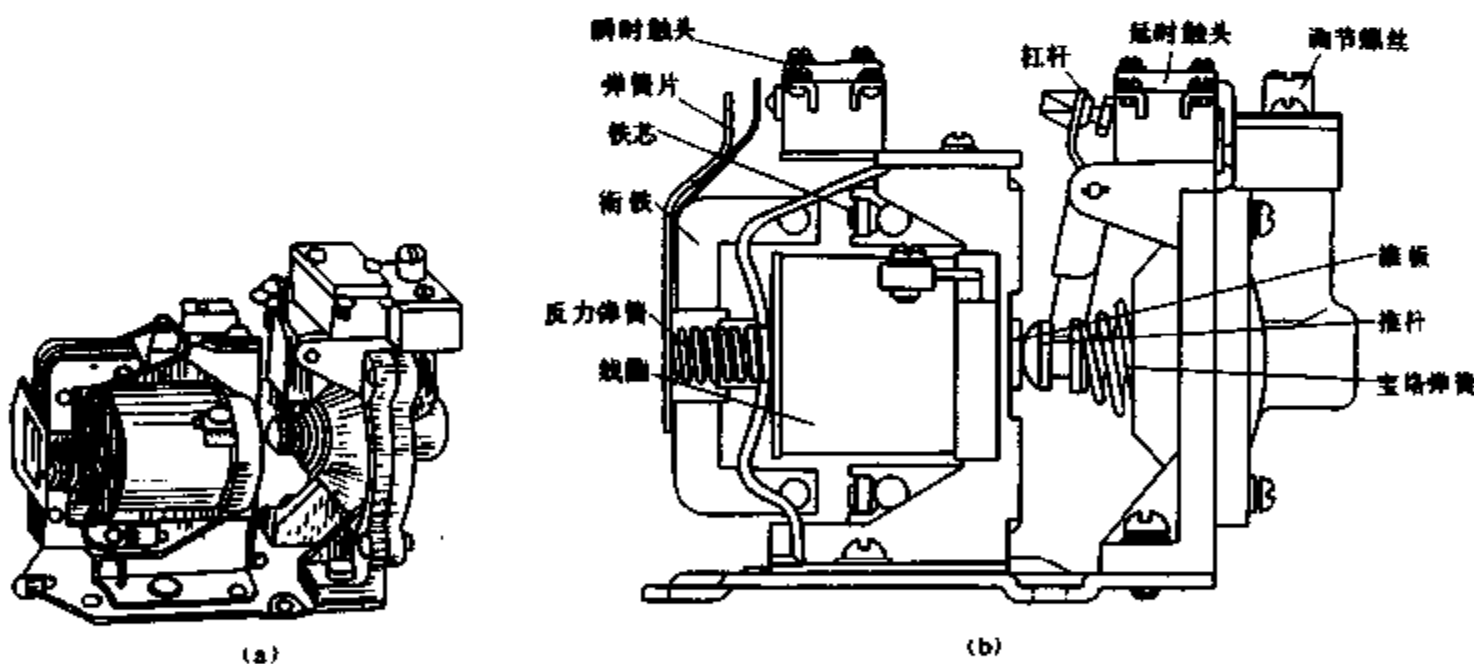


图 3-79 JS7-A 系列时间继电器

(a) 外形；(b) 结构

1. JS7-A 系列时间继电器结构

JS7-A 系列时间继电器由电磁系统、工作触头、气室及传动机构等四部分组成。

- (1) 电磁系统，由线圈、衔铁和铁芯组成。
- (2) 工作触头，由两副瞬时触头(一开、一闭)及两副延时触头组成。
- (3) 气室，气室内有一块橡皮薄膜，随空气量的增减而移动。气室上面的调节螺丝可

调节延时的长短。

(4) 传动机构，由推板、推杆、杠杆及宝塔弹簧组成。

2. 动作原理

图 3-80 所示为 JS7-A 系列时间继电器的工作原理示意图，(a) 为通电延时型；(b) 为断电延时型。两种继电器的组成元件是通用的，只是电磁系统的安装位置不同。

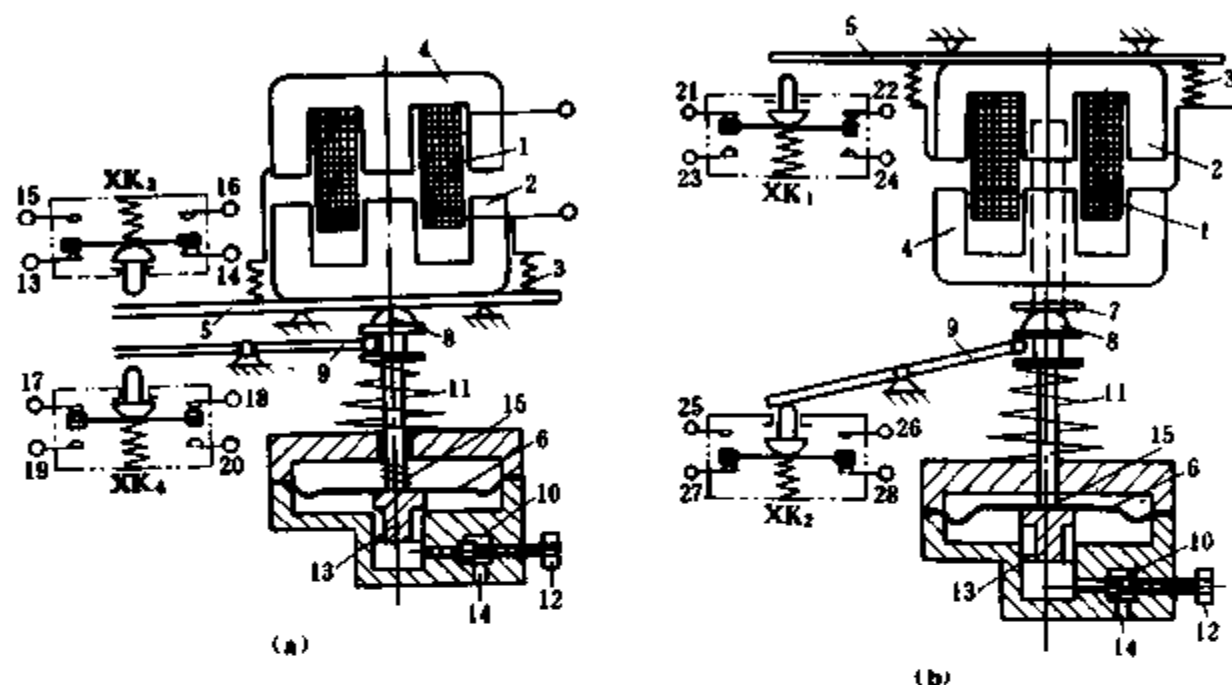


图 3-80 JS7-A 系列时间继电器动作原理
(a) 通电延时；(b) 断电延时

(1) 通电延时的时间继电器 当线圈 1 通电后，衔铁 2 克服反力弹簧 3 的阻力，与铁芯 4 吸合，活塞杆 8 在宝塔弹簧 11 的作用下向上移动，移动的速度要视进气口 14 的节流程度而定，可通过螺钉口和螺旋 10 和 12 加以调节，经过一定的延时时间后，活塞 13 才移到最上端，这时通过杠杆 9 将微动开关 XK_1 压动，使常闭触头 17-18 延时断开，常开触头 19-20 延时闭合，起到通电延时作用。17-18 称为延时断开常闭触头，而 19-20 称为延时闭合常开触头。微动开关 XK_2 是在衔铁吸合后通过推板 5 立即动作的，13-14 称为瞬时断开常闭触头，15-16 称单瞬时闭合常开触头。

当线圈 1 断电时，衔铁 2 在弹簧 3 的作用下，通过活塞杆 8 将活塞推向最下端。这时橡皮膜 6 下方气室内的空气都通过橡皮膜 6，弱弹簧 15 及活塞 13 的肩部所形成的单向阀从橡皮膜上方的气室缝隙中排掉。此时，微动开关 XK_1 的常闭触头 17-18 瞬时闭合，常开触头 19-20 瞬时断开；而微动开关 XK_2 也瞬时动作。

(2) 断电延时的时间继电器 将电磁铁翻转 180° 安装，可得到图 3-80 (b) 所示的断电延时时间继电器，其动作原理与通电延时时间继电器基本类似。

(二) JS23 系列时间继电器

1. 结构

JS23 系列时间继电器由继电器主体和延时头组成。继电器主体是一个具有 4 个瞬动触头的中间继电器，E 形衔铁上套有锥形反力弹簧。

通电延时型时间继电器的延时头结构如图 3-81 所示。

在气动延时机构中，上座的上平面上的尖顶环形凸缘压紧波纹状气囊组件的上平面，保证了气囊组件的密封性。延时旋钮上的钮牌的刻度线能定性地指示整定延时值，强力压簧

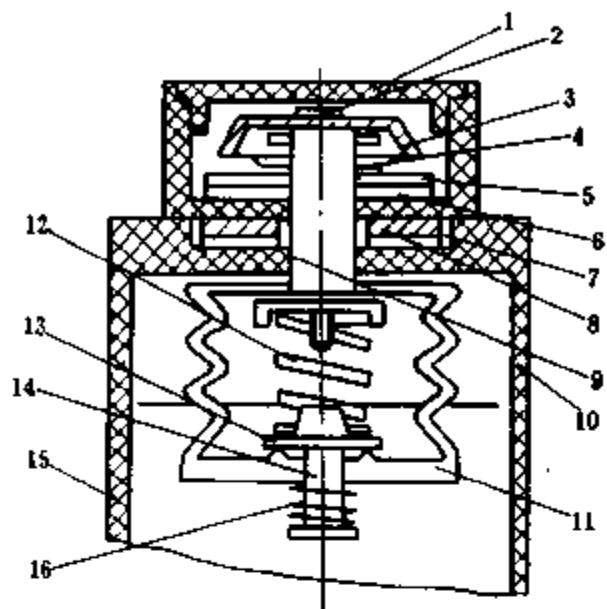


图 3-81 延时头结构

- 1—钮牌；2—螺钉；3—压盖；4—强力压簧；
5—滤气片；6—橡皮衬垫；7—调时旋钮；
8—延时片；9—橡胶垫；10—上座；
11—波纹状气囊组件；12—动作
弹簧；13—阀板；14—阀杆；
15—下座；16—阀门弹簧

为三个阶段，如图 3-83 所示。

第一阶段（准备阶段）：通电延时型时间继电器断电时，触头支持件和扣杆处于自由位置顶动阀杆并压缩波纹状气囊组件，如图中 3-83 (a) 所示，压缩阀门弹簧，打开阀板排出气囊中的空气。

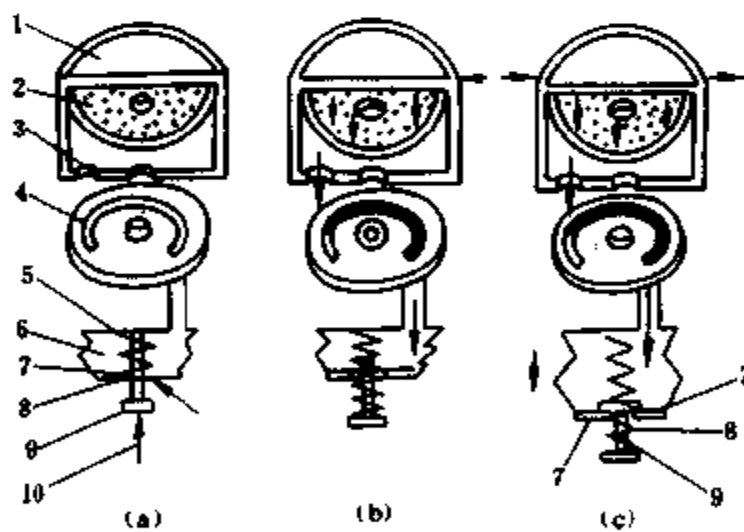


图 3-83 延时动作过程

- (a) 准备阶段；(b) 延时阶段；(c) 延时触头动作阶段
1—钮牌；2—滤气片；3—调时旋钮；4—延时片；
5—动作弹簧；6—波纹状气囊组件；7—阀板；
8—阀门弹簧；9—阀杆；10—扣杆（或顶杆）

的压力是以保证调时旋钮的下平面与延时片的上平面间能可靠贴合和密封。延时片的上平面上刻有细长环形槽作为延时过程中的进气通道，转动调节旋钮可改变空气经过环形槽的长度，从而改变延时时间，这种结构称为平面形圆盘可调空气道延时结构。

触头系统如图 3-82 所示，单双断点“自擦式”结构，即在触头支持件上设有斜槽，使触头闭合（或断开）过程中（超行程阶段）动、静触头间有一段滑擦，因而使触头接触可靠。

传动机构由扣杆、脱扣弹簧及脱钩等组成。扣杆扣装在继电器触头支持件上，控制线圈通电后，脱扣弹簧被压缩，在延时终了的瞬间，波纹状气囊组件能触动脱扣钩，使触桥支架失去约束，而迅速移动，带动触头快速换接。

2. 延时动作过程

时间继电器延时动作过程可分

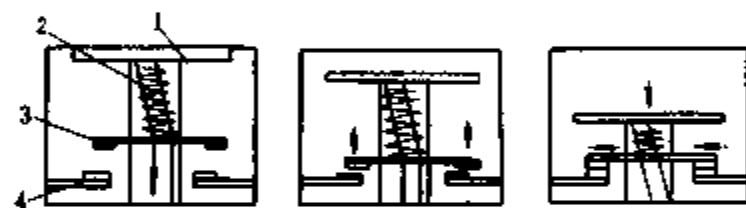


图 3-82 自擦式触头

- 1—触头支持件；2—斜槽（在触头支持件上）；
3—动触头；4—静触头

第二阶段（延时阶段）：通电延时型时间继电器，扣杆及触头支持件随衔铁向磁轭方向运动，使波纹状气囊与扣杆脱开，如图 3-83 (b) 所示，阀门弹簧复原，阀门被瞬时关闭，此时气囊体内部接近于真空状态，在外界大气压力作用下气囊仍被压缩，外界空气在气囊体的内外压力差作用下经过滤气片，通过延时片的延时环形槽渐渐进入气囊体内，与动作弹簧一起使气囊逐渐伸长。

第三阶段（延时动作触头动作阶段）：当波纹状气囊伸长至触动脱钩件时，触头动作，如图 3-83 (c) 所示。

从通电延时型时间继电器通电起，至延时动作触头完成换接动作止的时间，称为延时时间。

第六节 低压配电屏

低压配电屏是一种额定电压为 1kV 以下的低压配电装置,按一定要求,将开关设备、测量设备、母线等多种设备组合安装在同一金属柜内,在正常情况下,用来分配和接受电能,当系统发生故障时,能迅速切除故障。

一、低压配电屏的分类

低压配电屏分为固定式和抽屉式两种。

固定式低压配电屏内所有设备均为固定安装,具有结构简单、运行维护方便等优点,但固定式低压配电屏内设备一旦损坏需更换时,停电时间长,恢复送电时间慢。

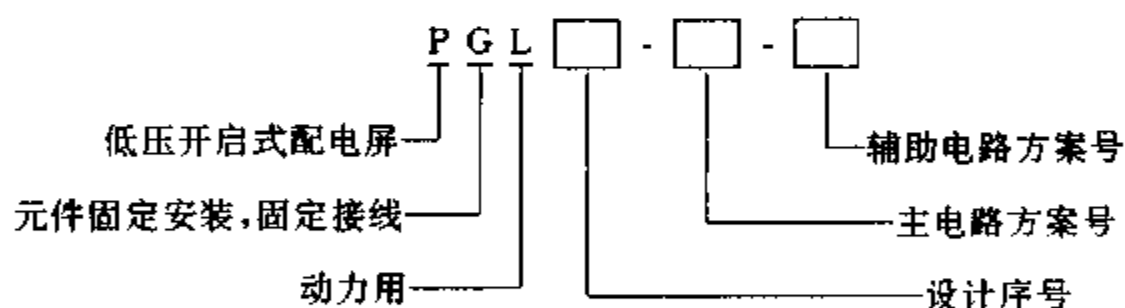
抽屉式低压配电屏具有馈电回路多,体积小、占地少,恢复供电迅速等优点,但结构比较复杂,加工精度要求较高。

固定式低压配电屏又分为靠墙安装和离墙安装(即单面操作和双面操作)两种。靠墙安装(例如 BDL 系列)固定式低压配电屏由于检修不便,基本不采用了。离墙安装式低压配电屏(例如 BSL 系列)现也基本淘汰。本节我们将重点介绍一种现已被广泛使用的 PGL₂ 型低压配电屏。

二、PGL₂ 型低压配电屏及安装

PGL₂ 型低压配电屏用于发电厂,变电站和工矿企业频率为 50Hz、额定电压 380V 及以下配电系统,作为动力、照明配电之用。

型号意义为:



PGL₁ 型低压配电屏开断电流为 15kA,进线主开关采用 DW10 型自动开关,适用于单台变压器容量为 800kVA 及以下的变、配电所。PGL₂ 型低压配电屏开断电流为 30kA,进线主开关采用 DW13 型自动开关,适用于单台变压器容量为 800~1000kVA 的变、配电所。

主电路方案是指一次设备的连接方式,通常也称为一次方案。辅助电路方案是指一次设备的控制、保护、测量等接线方式,通常也叫二次方案。PGL₁ 型低压配电屏有 40 余种一次方案,PGL₂ 型低压配电屏有 60 余种一次方案,可供选用。

(一) 结构特点

PGL 型配电屏为户内安装、开启式双面维护的低压配电装置,基本骨架采用薄钢板及角钢焊接而成,如图 3-84 所示。

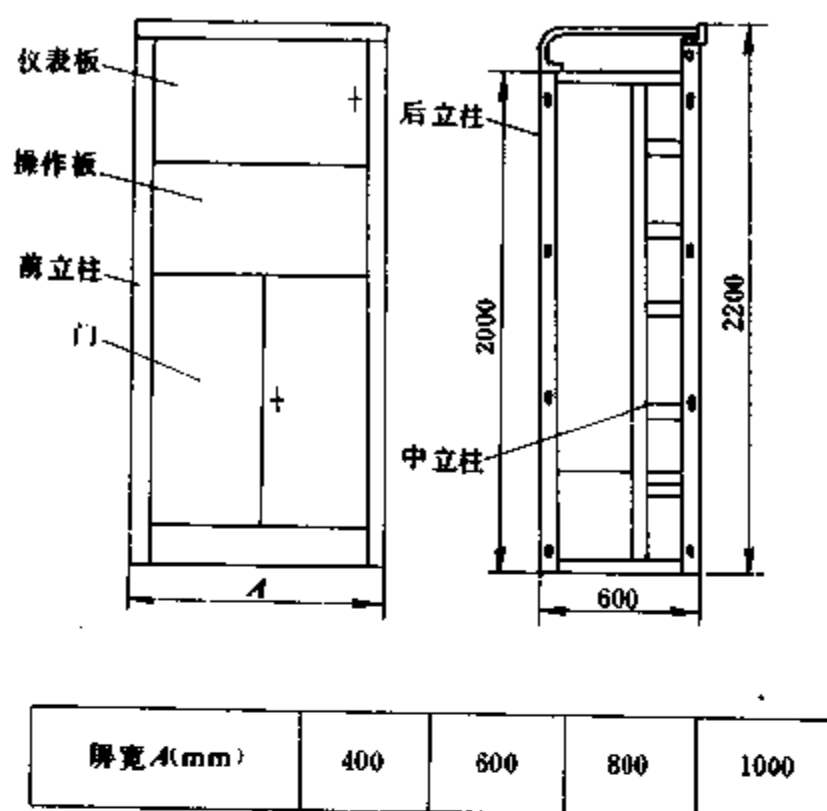


图 3-84 PGL 配电屏外形尺寸

屏面上方为仪表板，中间为操作板，下部为门。仪表板为开启式的小门，可装设指示仪表及转换开关，PGL 屏仪表统一采用 42L6 方形仪表及 LW5-15XH 万能转换开关。操作板安装 HD13 系列刀开关操作把手、空气开关控制按钮及信号灯。并屏使用时，屏与屏之间有隔板，以减少因单屏内故障而扩大事故的可能。屏后骨架上方有主母线垂直安装于绝缘柜（母线架）上，还设有通风孔和防护罩，以防止上方坠落金属物而使主母线短路的恶性事故发生。终端屏的端侧具有边屏，屏内设有中性母线（N）和保护接地线（PE），所以运行维护安全可靠。

（二）屏内电器安装

屏内电器安装前，应按设计要求核对屏内设备、元件的型号、规格，以及元件端子的编号及标志。安装时应满足如下要求：

- （1）电器规格符合设计要求，外观完整，附件齐全，固定牢固。
- （2）各电器能单独拆装，而不影响其他设备，以利于今后的维护和更换。
- （3）熔断器的熔断规格符合要求，更换方便，熔断指示易于观察。
- （4）信号灯等信号装置指示明确无误。
- （5）端子板（接线板）应完整无损，绝缘良好。
- （6）二次回路带电体之间或带电体与接地体之间的电气间隙不应小于 4mm，漏电距离（即导电体之间或与接地体之间沿绝缘表面的距离）不应小于 6mm。
- （7）屏上 1000V 及以下的母线，其不相同的裸露部分之间及裸露载流部分与无绝缘的金属体之间的电气间隙不应小于 12mm，漏电距离不小于 20mm。
- （8）母线着色，PGL 屏内母线相线均着黑色，A、B、C 三相分别贴黄、绿、红相标。计量的二次回路 A、B、C 三相分别采用黄、绿、红三色线，其余控制线路均用黑色。

（三）屏内配线

1. 屏内配线的一般要求

- （1）屏内配线，除按设计图纸要求外，应采用截面不小于 1.5mm^2 单股、承受电压不低于 400V 的 BV 线。当导线的一端与可动设备连接时，应使用 BVR 多芯软铜线。
- （2）屏内各电器与屏外设备的连接必须通过端子排（接线板），端子排与屏面电器的连接一般由端子排的里侧（端子排竖放时）或上侧（端子排平放时）引出。端子排与屏外设备、屏后附件、小母线等接线（或引出线）一端由端子排（端子排竖放时）或下侧（端子排横放时）引出。
- （3）屏内同一走向的导线要排成线束，统一下料，一次排成，走线要整齐，简捷明了，横平竖直，尽量避免交叉。

(4) 每个端子一般只能接一根线，当需接二根线时，两根导线间要加一平垫圈。每一端子最多能接两根导线。

(5) 导线两端必须套入标号头，标号头上的符号要与安装接线图一致，以便校验。

2. 屏内配线的基本步骤和方法

(1) 放线。放线是以安装接线图为基础对照实物比量出实际长度，且留有余度。成圈导线套放，可置于转动的放线架上，这样剪下的导线不会拧紧。导线一头夹在台钳上，另一头用钢丝钳夹住用力一捋，便可将导线拉直，为防止接错线，可在线头上套上标号头。

(2) 排线。PGL 屏内一般线束呈圆捆，并用尼龙卡扣扎紧，尼龙卡扣水平间距 150mm 左右，垂直间距 280mm 左右，转角、分支处均应有卡扣扎紧。有时为了简化配线工作，通常用行线槽，将导线敷设在行线槽内，或用螺旋状软塑料管配线。

(3) 接线。当线束排好并固定在屏上后，应再检查一下每根导线的敷设位置是否正确，线端标号头与电器接线端的标号是否一致，无误后即可接线。接线前应按表 3-9 所列的剥线长度剥去导线的绝缘层。

表 3-9 绝缘导线接线时的剥线长度 (mm)

端子螺丝直径	3	4	5	6	8
剥线长度	15	18	21	24	28

导线接到端子上时，应注意导线圆圈的弯曲方向与螺丝拧紧方向一致，如图 3-85 所示。

对于插接式接线端子，导线能直接插入端子的插线孔中，利用端子的压紧螺丝压紧。接线后，导线标号头与端子应有 1~2mm 的间隙。

接线工作完毕后，应把全部接线校对一次。确认无误后即可拆除临时线卡、临时的标号头等，排齐并合适固定导线和线束，补贴和补写标签和标号及进行全面的清理和修饰工作。

(四) 二次回路校验

当二次接线工作全部完成后，应进行一次全面的检验。首先对照图纸检查，然后进行绝缘检查，测定绝缘电阻及交流耐压。绝缘电阻测量用 500V 或 1000V 兆欧表，二次线绝缘电阻值不低于 $1M\Omega$ ，在比较潮湿的地方允许降至 $0.5M\Omega$ 。二次线耐压试验电压为交流 1000V，持续 1min，应无异常现象。对不重要的回路可不作交流耐压试验，只要绝缘电阻合格即可进行试操作。经试操作各项指标达到要求，即可交付使用。

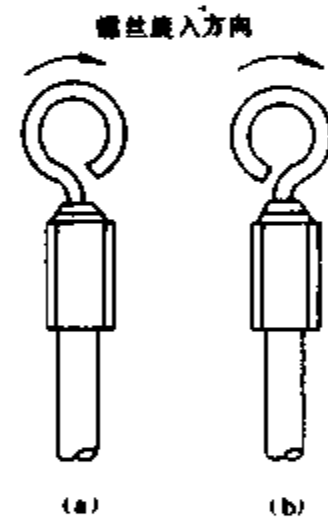


图 3-85 导线端弯曲的方向
(a) 正确；(b) 错误

三、GGD 型低压配电屏（柜）简介

GGD 型低电压配电柜为 90 年代初的新型产品，现已广泛应用。

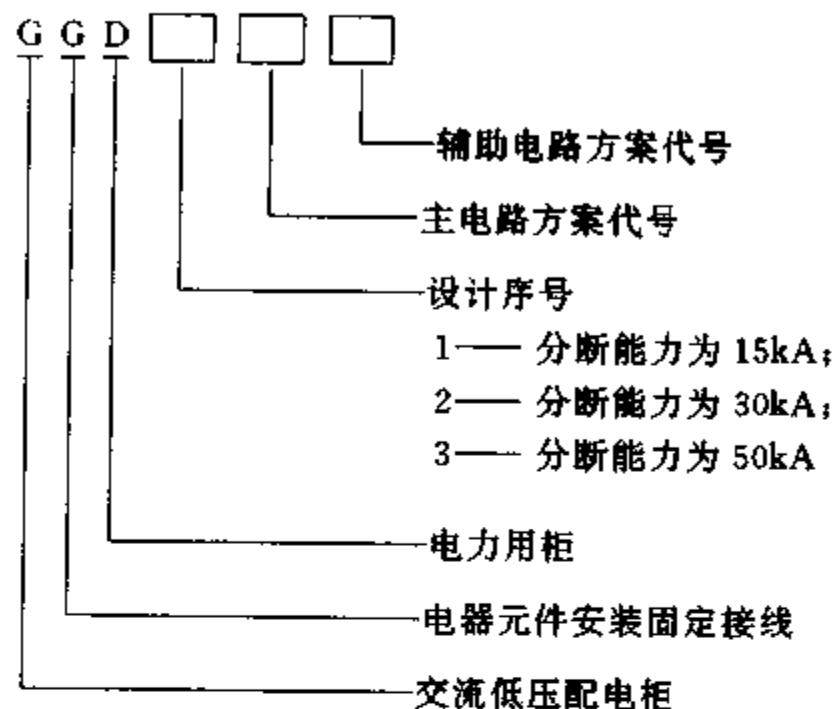
(一) 用途、特点

GGD 型交流低压配电柜适用于发电厂、变电站、厂矿企业等电力用户的 50Hz、380V、额定工作电流不大于 3150A 的配电系统，作为动力、照明及配电设备的电能转换、分配与控制之用。它具有分断能力高，动、热稳定性好，电气组合方案灵活方便，系列性、实用

性强，结构新颖、防护等级高等特点。

(二) 型号意义

型号的意义如下：



(三) 电气性能

基本参数见表 3-10。

表 3-10 GGD 型低电压屏基本参数

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)		额定短路开断电流 (kA)	额定短时耐受电流 (1s) (kA)	额定峰值耐受电流 (kA)
GGD1	380	A	1000	15	15	30
		B	600 (630)			
		C	400			
GGD2	380	A	1500 (1600)	30	30	63
		B	1000			
		C				
GGD3	380	A	3150	50	50	105
		B	2500			
		C	2000			

GGD 柜一次共有 129 个方案，298 个规格。另外还有 4 个方案 12 个规格的电容补偿柜。

柜内电气元件采用 MZ、DZ20、DW15 等先进开关设备、刀闸采用 HBBX 和 HSBBX 旋转操作式刀闸，并采用专用电流互感器、母线夹及绝缘支持件。

(四) 外形结构

GGD 外形参见图 3-86。采用冷弯型钢经局部焊接组装而成，其零部件按模块原理设计，并有 20 个模块的安装孔，通用系数高。柜体上下两端均有不同数量的散热槽孔。其安装如图 3-87 所示。

四、低压电能计量柜

电能计量一般与主配电屏共用一个柜，一次设备有刀开关、空气开关、电流互感器等。计量采用电能表计量方式。电能计量柜的型式及种类很多，一次方案一般如图 3-88 所示。

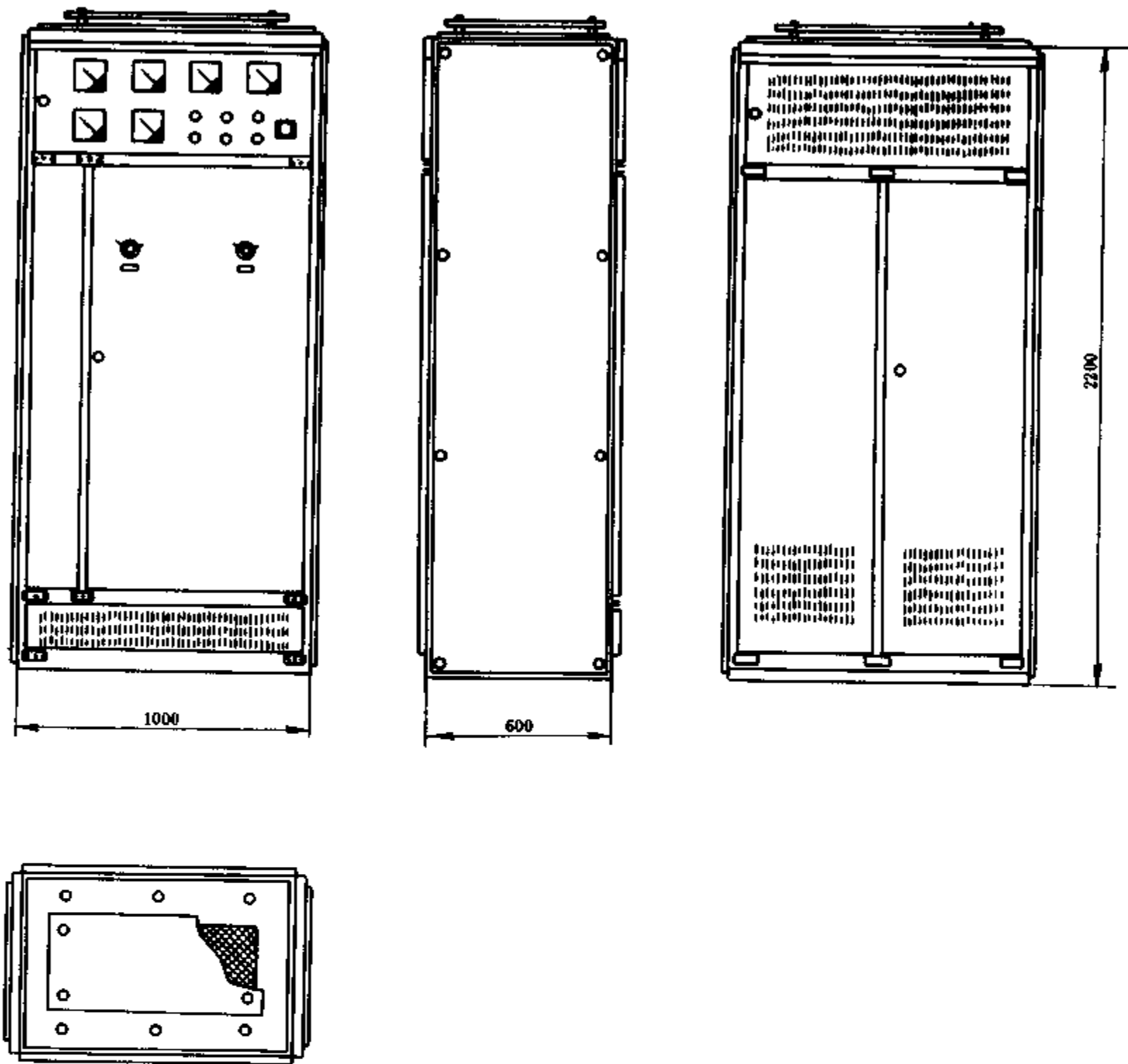


图 3-86 GGD 型低压配电柜外形图 (单位: mm)

上述方案中, 测量和计量用电流互感器安装在自动空气开关下部, 用元件板 (薄钢板弯制) 固定, 测量和计量用电流互感器不能共用一组, 以免造成计量误差。测量用电流互感器一般采用穿心式互感器, 如 LMZ、LMK、LYM 等, 而计量用电流互感器一般采用准确度等级较高的 LQG 系列电流互感器。小功率计量时也可不用电流互感器, 采用直通方式计量。低压电能计量一般不采用电压互感器, 电压量直接在主电路中取用。

(一) 电流互感器

在测量和计量时, 我们常遇到被测电流值很大, 而测量或计量表计量程又不能满足要求的情况, 电流互感器则能解决这一问题。电流互感器是把被测量按比例变成容易被测得的小的电流值, 供测量、计量、保护及自动装置用。

1. 电流互感器的工作原理和特性

电流互感器是依电磁感应原理工作的。其原理接线如图 3-89 所示。电流互感器具有如下特点:

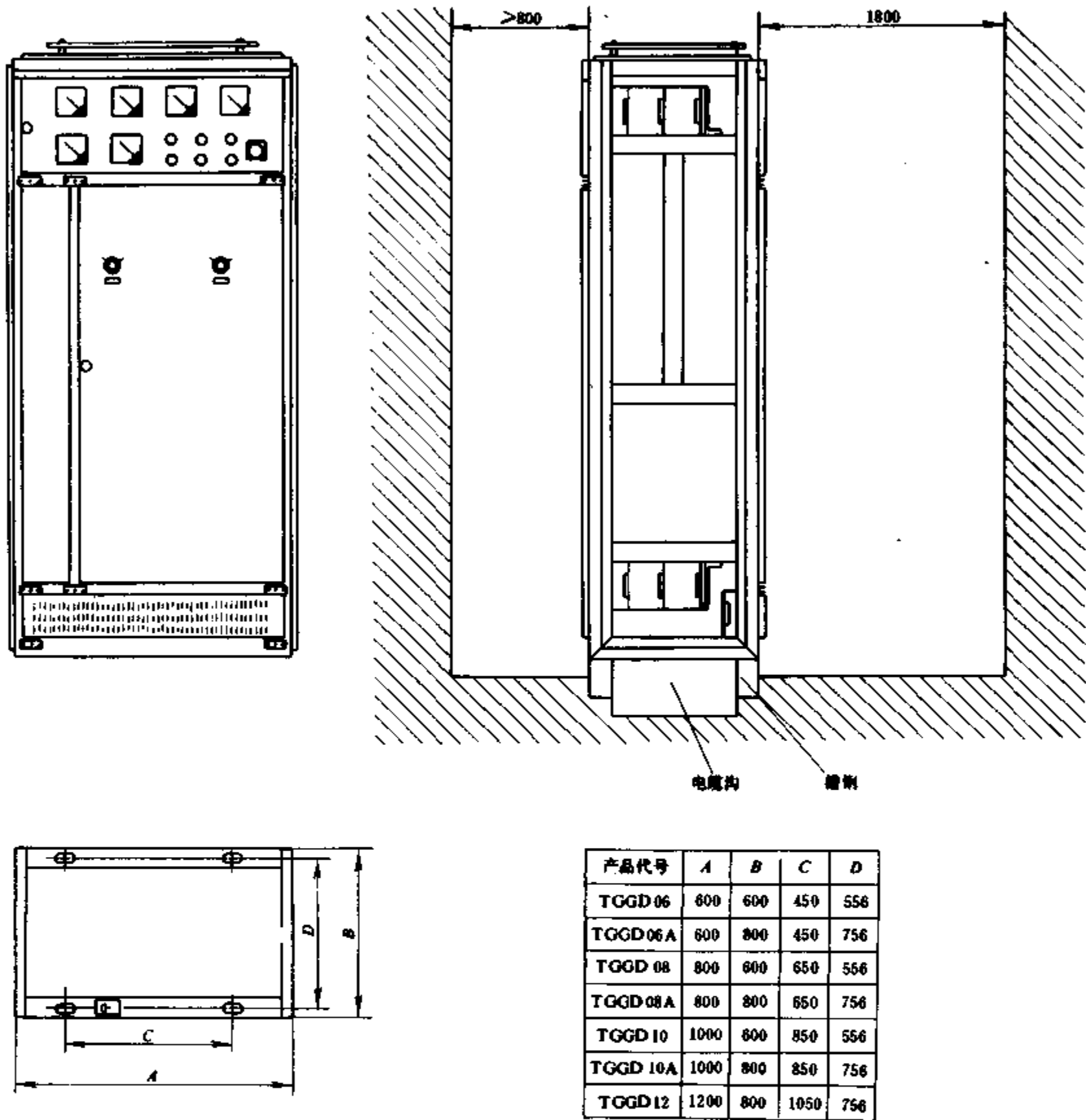


图 3-87 GGD 型低压配电柜安装图

(1) 电流互感器的一次绕组匝数少（一匝或几匝），串接在被测电路中。所以，一次绕组完全取决于被测电路的电流，而与二次电流无关。

(2) 电流互感器二次负载为测量元件（电流表），其阻抗非常小，因此，在正常工作时，电流互感器二次侧接近于短路状态。其二次电流 I_2 与一次电流 I_1 成正比，比例常数 K_c 为电流互感器额定变比，即

$$K_c = \frac{I_{1c}}{I_{2c}} \approx \frac{W_2}{W_1} \approx \frac{I_1}{I_2}$$

式中 W_1 、 W_2 ——原、副绕组的匝数。

电流互感器二次额定电流 I_{2c} 通常为 5A 或者 1A，而一次额定电流 I_{1c} 按不同电压等级

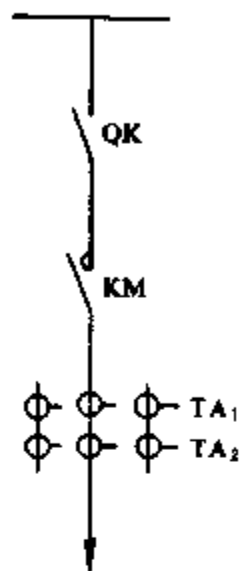


图 3-88 低压电能计量柜一次方案

QK—刀开关；KM—自动空气开关；
TA₁—测量用电流互感器；
TA₂—计量用电流互感器

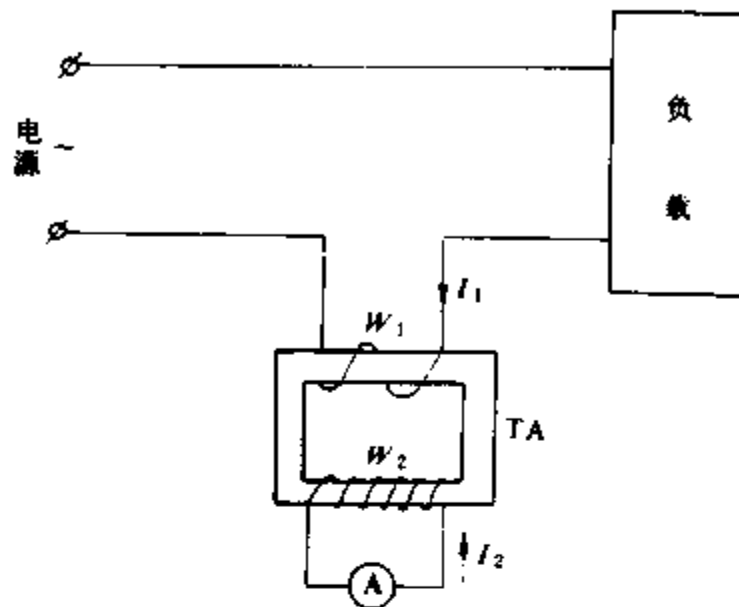


图 3-89 电流互感器的原理接线

I_1 —一次电流； I_2 —二次电流；
 W_1 —一次绕组； W_2 —二次绕组；
A—电流表

标准有 5、10、15、20、30、…、15000A 等。

(3) 电流互感器在工作中，二次侧不允许开路运行，开路后的磁通和磁势变化如图 3-90 所示。正常工作状态时，原、副绕组中的磁势是平衡的，即 $I_0 W_1 = I_1 W_1 + I_2 W_2$ ，激磁磁势 $I_0 W_1$ 很小，因此，二次电势 e_2 也很小，通常不超过几十伏。但是，当二次侧开路时，因 $I_2 = 0$ ，则 $I_2 W_2$ 也为零，这时， $I_1 W_1$ 全部变为激磁磁势，它比正常运行的合成磁势 $I_0 W_1$ 大许多倍，从而引起铁芯饱和，磁通 ϕ 的波形变为平顶波。由于二次线圈中感应电势与磁通的变化率 $\frac{d\phi}{dt}$ 成正比，因此，在磁

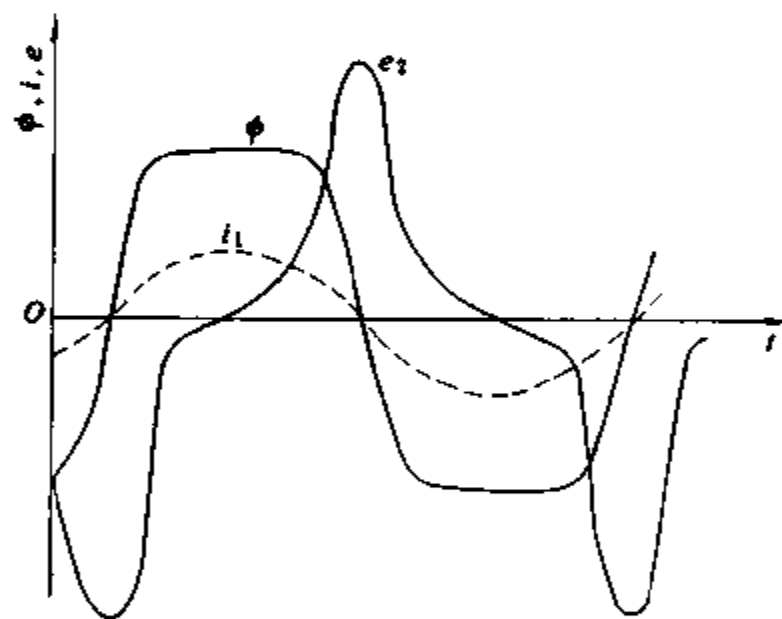


图 3-90 电流互感器二次开路

时的磁通和电势波形

通过零时，二次绕组中产生很高的尖顶波电势 e_2 ，其峰值可达几千伏甚至上万伏，这将对工作人员及二次回路中的设备有很大危害。因此，电流互感器二次不允许装熔断器，以防开路。在运行中，若需拆除二次仪表及继电器时，应先将电流互感器二次短路。

电流互感器的结构原理如图 3-91 所示。

按一次绕组匝数，电流互感器可分为单匝式和多匝式。单匝式电流互感器由实芯圆柱或管形截面的载流导体，或直接用载流导线（母线型）作为一次绕组，将一次绕组穿过绕有二次绕组的环形铁芯所构成，如图 3-91 (a) 所示。多匝式电流互感器的原绕组由穿过绕有副绕组的环形铁芯的多匝线圈构成，如图 3-91 (b) 所示。图 3-91 (c) 为两个铁芯的多匝电流互感器，每个铁芯都有自己单独的副绕组，原绕组为两个铁芯共用。

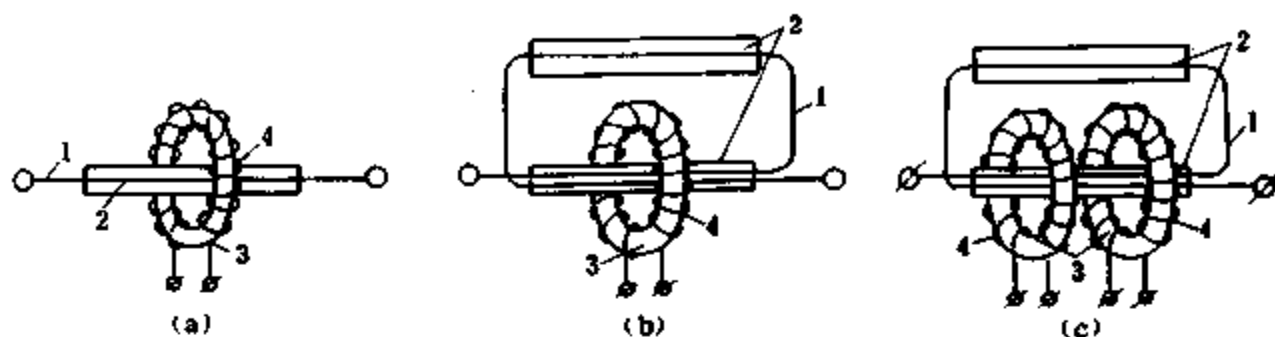


图 3-91 电流互感器的结构原理

(a) 单匝式; (b) 多匝式; (c) 具有两个铁芯的多匝式
1—一次绕组; 2—绝缘; 3—铁芯; 4—二次绕组 (副绕组)

2. 电流互感器的型号及意义

第一字母: L—电流互感器。

第二字母: Q—线圈式; D—单匝贯穿式; A—穿墙式; B—支持式; M—母线式; F—复(多)匝式; Y—低压; C—瓷箱式; X 或 J—零序接地保护用。

第三字母: W—户外式; C—瓷绝缘; S—塑料注射绝缘或速饱和式; J 或 Z—浇注绝缘; K—塑料外壳绝缘; G—改进型; L—电缆电容型; M—母线型。

第四字母: B—保护级; D—差动保护用。

第二位字母后: L—铝导体; D 或 C 或 B—差动保护用。

在字母符号后面的数字是电流互感器的电压等级 (kV), 其间用“—”隔开。

3. 常用低压电流互感器

(1) LMZ 系列电流互感器为母线浇注绝缘户内型式。用于交流 50Hz, 500V 及以下线路中, 供电流、电能及功率测量和保护用。其外形及安装尺寸见图 3-92 及表 3-11、表 3-12, 技术数据见表 3-13。

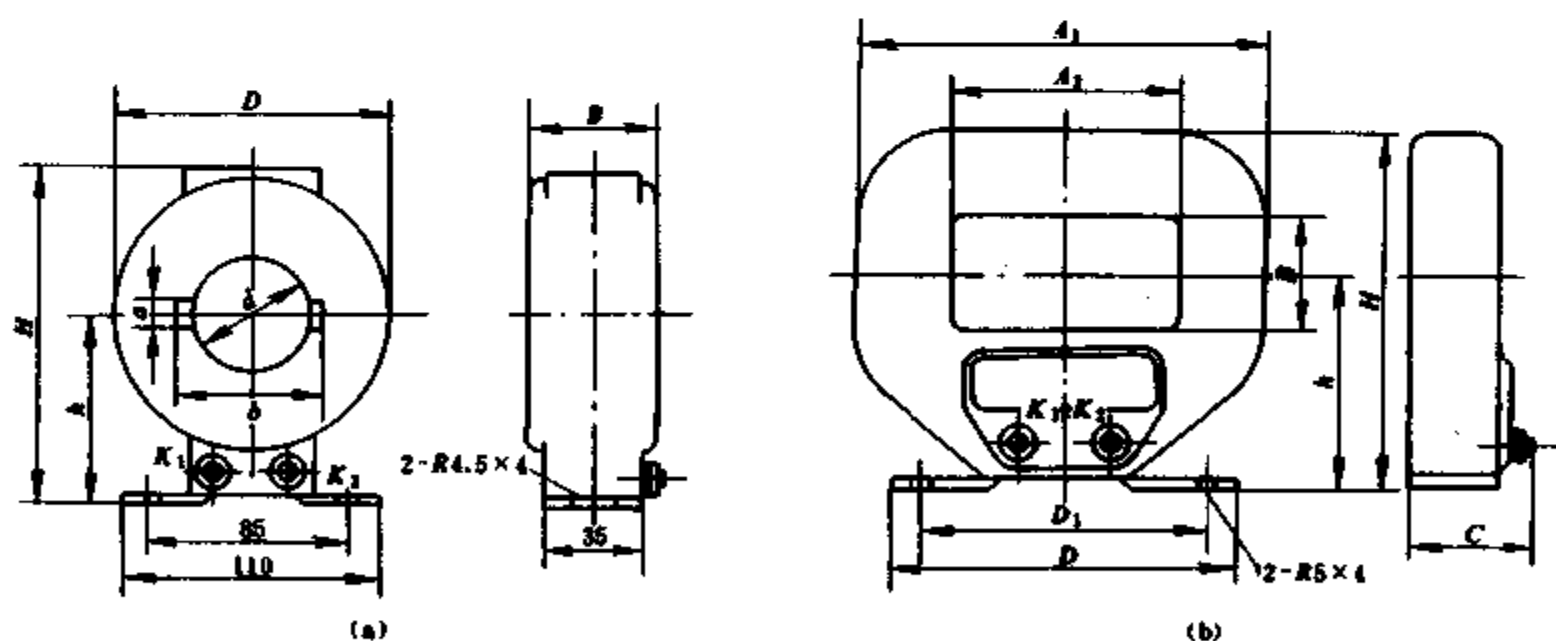


图 3-92 LMZ1-0.5、LMZJ1-0.5、LMZB1-0.5 型电流互感器外形及安装尺寸
(a) LMZ1-0.5、LMZJ1-0.5、LMZB1-0.5 型 (5~800A);
(b) LMZJ1-0.5 型 (1000~3000A)

表 3-11

LMZ1-0.5、LMZJ1-0.5、LMZB1-0.5 型电流互感器的外型及安装尺寸 (5~800A)

型 号	额定一次电流 (A)	H	h	ϕ_D	ϕ_d	B	a	b		
LMZ1-0.5	5、10、15、30、50、75、150、 20、40、100、200	117	71	92	30	46	—	—		
	300	122	73	97	35					
	400				45					
LMZJ1-0.5	5、10、15、20、30、50、75、100、 150、300	131	78	106	35					
	40、200、400				45					
LMZB1-0.5	5、10、15、20、30、50、75、100、 150、300	137	81	112	35					
	40、200、400				45					
LMZJ1-0.5	500、600	130	75	106	40				9	53
LMZB1-0.5	500									
LMZJ1-0.5	800	140	80	115	50	50	12	63		
LMZB1-0.5	600、800									

表 3-12

LMZJ1-0.5 型电流互感器的外型及安装尺寸 (1000~3000A)

型 号	额定一次电流 (A)	A ₁	A ₂	B	h	H	D	D ₁	C
LMZJ1	1000	174	100	50	91	153	152	120	50
	1200								
	1500								
	2000	216	140	70	102	172	182	150	56
	3000								

(2) LMK1-0.5、LMKJ1-0.5、LMKB1-0.5 型电流互感器。LMK 系列电流互感器为母线式塑料外壳绝缘的户内型式。用于交流 50Hz, 500V 及以下的线路中, 作为计量、测量及保护用。5~400A 中间留有圆孔, 500~800A 为扁孔兼有圆孔, 供一次母线通过或软电缆缠绕之用。外壳用酚醛塑料热压而成, 作绝缘和保护线圈用。其外形及安装尺寸见图 3-93 及表 3-14。

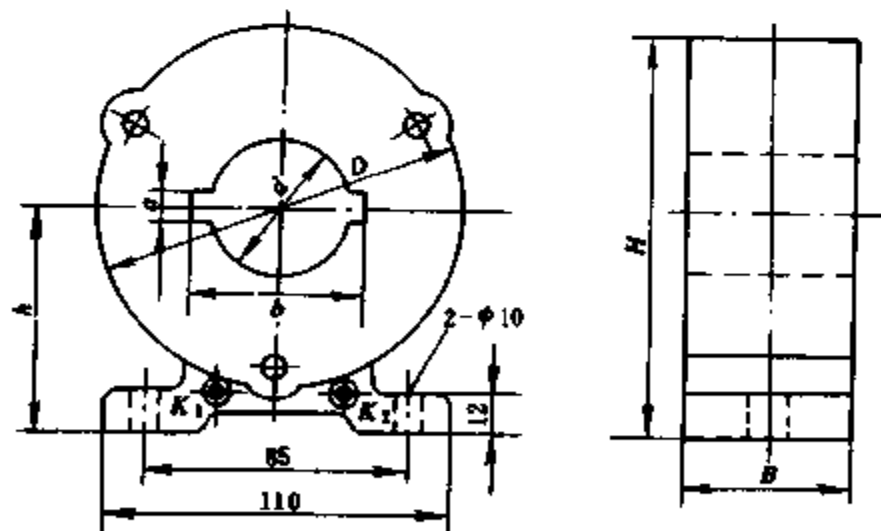


图 3-93 LMK1-0.5、LMKJ1-0.5、LMKB1-0.5 型电流互感器外型及安装尺寸 (单位: mm)

表 3-13 LMZ1-0.5、LMZJ1-0.5、LMZB1-0.5 型电流互感器的基本数据

型 号	额定一次电 流(A)	额定二次电流 (A)	穿孔 尺寸 (mm)	可以穿过的铝 母线尺寸宽×厚 (mm)	额定二次负荷 ($\cos\varphi=0.8$)(Ω)			一次 安匝	不同额定一次电流 的一次匝数
					0.5 级	1 级	3 级		
LMZ1-0.5	5、10、15、30、 50、75、150	5	$\phi 30$	25×3	0.2	0.3	—	150	50A(30匝)、10A(15匝) 15A(10匝)、30A(5匝) 50A(3匝)、75A(2匝) 150A(1匝)
	20、40、 100、200	5	$\phi 30$	25×3				200	20A(10匝)、40A(5匝) 100A(2匝)、200A(1匝)
	300	5	$\phi 35$	30×4				300	1匝
	400	5	$\phi 45$	40×5				400	1匝
LMZJ1-0.5	5、10、15、20、 30、50、75、 100、150、300	5	$\phi 35$	30×4	0.4	0.6	—	300	5A(60匝)、10A(30匝) 15A(20匝)、20A(15匝) 30A(10匝)、50A(6匝) 75A(4匝)、100A(3匝) 150A(2匝)、300A(1匝)
	40、200、400	5	$\phi 45$	40×5				400	40A(10匝)、200A(2匝) 400A(1匝)
	500、600	5	53×9	50×6				500、 600	1匝
	800	5	63×12	60×8				800	1匝
LMZ1B1 -0.5	同 LMZJ1-0.5(5~800A)				0.4	0.6	1.0	同 LMZJ1-0.5(5~800A)	
LMZJ1-0.5	1000、 1200、 1500	5	100× 50	2×(80×8)	0.8	1.2	2	1000、 1200、 1500	1匝
LMZJ1-0.5	2000、3000	5	140× 70	2×(120×10)				2000、 3000	1匝

表 3-14 LMK1-0.5、LMKJ1-0.5、LMKB1-0.5 型电流互感器外型及安装尺寸

型 号	额定一次电流(A)	ϕ_D	ϕ_M	H	h	B	a	b	重量(kg)
LMK1-0.5	5~150	92	30	113	67	45	—	—	0.9
	200		35						
	300		45						
	400	100	70						
LMKJ1-0.5	5~30、50、150、300	115	35	134.5	77	50	—	—	1.0
	40、200、400		45						
LMKB1-0.5	500、600	114	40	132	75	54	9	53	1.1
	800	122	50	141	80	54	12	63	

(3) LYM-0.5 型电流互感器。LYM-0.5 系列电流互感器的铁芯由长条硅钢片叠成。额定一次电流为 750~5000A 的电流互感器的二次绕组分为四组串联，四周均匀分布。7500~10000A 的二次线圈也分为四组串联，对称排列在两个边柱上。15000~25000A 的二次线圈分为六组串联，对称排列在两个边柱上。一次绕组为母线，如图 3-94 所示，其外形安装尺寸见表 3-15。

(4) LQG-0.5、LQG1-0.5、LQG2-0.5 型电流互感器。LQG 系列电流互感器为线圈式

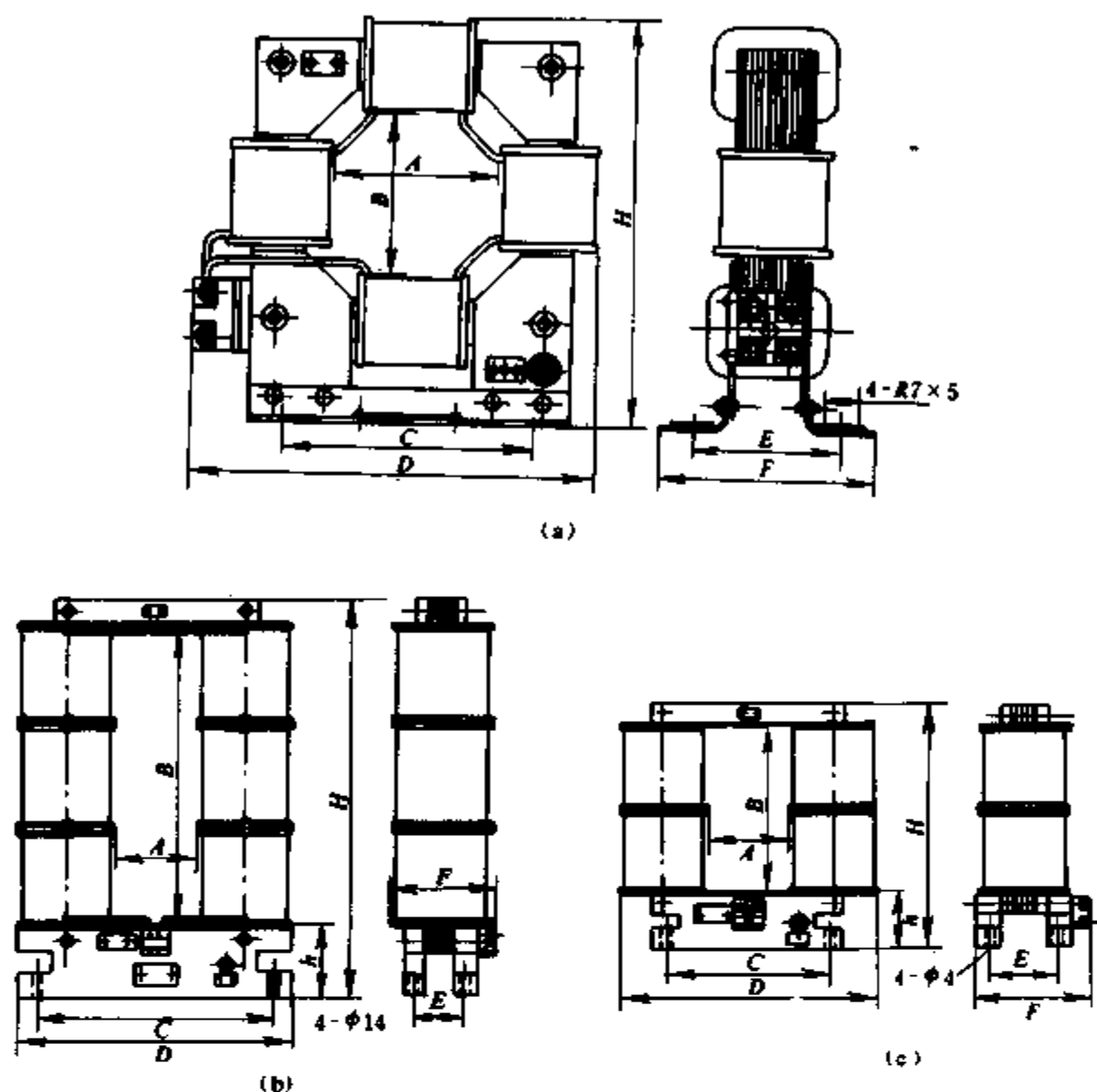


图 3-94 LYM-0.5 型电流互感器外形和安装尺寸

(a) LYM-0.5 (750~5000A); (b) LYM-0.5 (7500~15000A); (c) LYM-0.5 (15000~25000A)

户内型式。用于 50Hz、500V 及以下供电线路。其铁芯由条形硅钢片叠成，铁芯分上下两柱，均套有二次绕组。一次绕组只布置在一个柱的二次绕组之外，并有磁路作为补偿误差用。其外形如图 3-95 所示。一次额定电流分为 5、10、20、30、40、50、70、100、150、200、300、400、600、750、800A，二次额定电流均为 5A。

表 3-15

LYM-0.5 型电流互感器外形和安装尺寸

额定一次电流 (A)	A	B	C	D	E	F	H	h
750~2000	102	102	150	250	102	155	255	—
3000~5000	140	140	195	295	102	155	305	—
7500~10000	120	250	230	365	100	170	360	85
15000	120	350	294	360	90	155	460	85
20000	120	460	350	405	75	155	620	115
25000	120	600	380	480	120	185	760	120

(二) 三相电能表

1. 三相三线有功电能表

三相三线有功电能表是两元件的，其结构及接线原理如图 3-96 所示。这种电能表具有两个驱动元件，两个转动元件，两只制动磁铁和一个总的积算机构，实际上，它是两只单

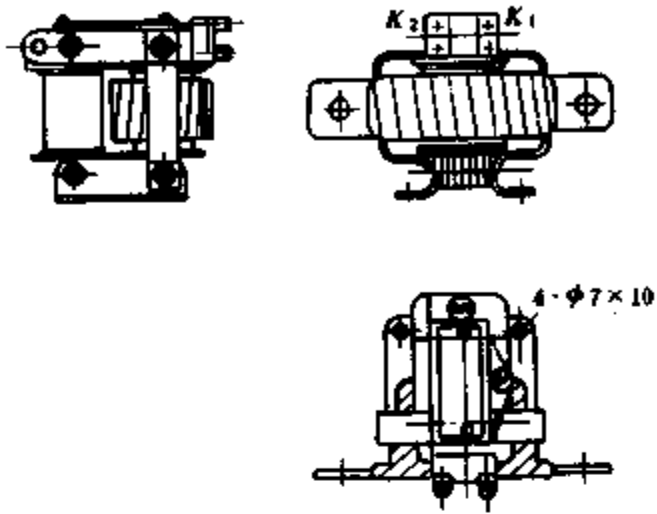


图 3-95 LQG-0.5; LQG1-0.5;
LQG2-0.5 型电流互感器外形

相电能表的组合。作用在转轴上的总转矩为两组元件产生的转矩之和，并与三相电路的有功功率成正比。

2. 三相四线有功电能表

三相四线有功电能表中装有三组元件。一般主要由三个驱动元件和两个铝盘组成。其中两个驱动机构共同作用在一个铝盘上，而第三个驱动机构则单独作用在另一个铝盘上，也有采用三元件单盘结构，即三个驱动元件合用一个铝盘，这种结构体积小、重量轻，但每组驱动元件在铝盘上产生的涡流相互作用而产生附加力矩，因此，单盘误差比双盘大。三相四线有功电能表的内部接线和外部接线如图 3-97 所示。

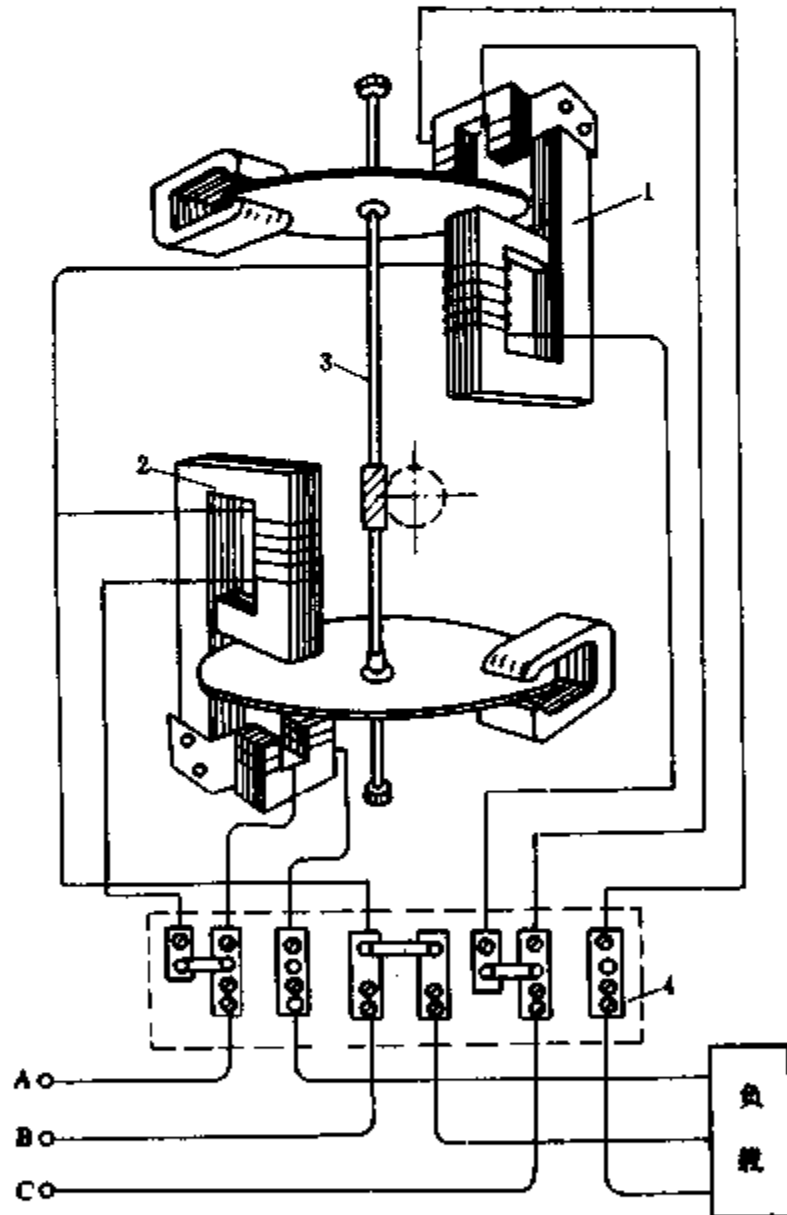


图 3-96 三相三线（两元件双盘）有功电能表原理结构及接线图
1—第一组元件；2—第二组元件；3—转轴；4—端钮盒

3. 86 系列交流电能表

我国电能表的品种较多，有些由于其性能差，结构陈旧，技术工艺水平低而被淘汰，现在应用最多的是 DS862，DS864 型三相三线有功电能表及 DT862 型三相四线有功电能表，

即 86 系列交流电能表。86 系列电能表外型及安装尺寸如图 3-98 所示, 技术数据见表 3-16。

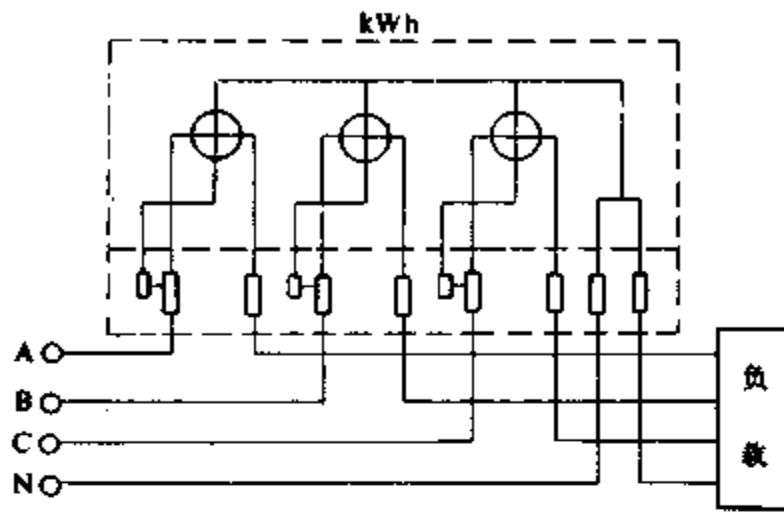


图 3-97 三相四线有功电能表电路图

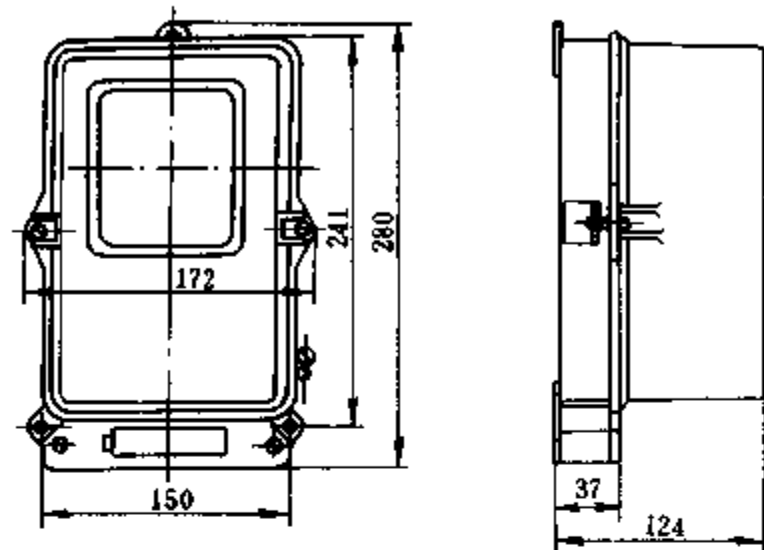


图 3-98 DS86²、DT86² 三相电能表外形及安装尺寸 (单位: mm)

表 3-16

86 系列交流电能表技术数据

型号	名称	准确度 (级)	额定电压 (V)	标定电流 (最大电流) (A)
DS864-2	三相三线有功电能表	1.0	100	3 (6)
DS864-4				1.5 (6)
DS864a		1.0	100	3 (6) 1.5 (6)
DS862-2		2.0	100	3 (6)
DS862-4			380	5 (20)、10 (40)、15 (60)、30 (100)
DS862-a			380	5 (10)、10 (20)、15 (30)、20 (40)、 30 (60)、40 (80)、60 (120)
	380		5 (15)、10 (30)、15 (45)、20 (60)、30 (90)、40 (120) 1.5 (6)、5 (20)、10 (40)、15 (60)、20 (80)、30 (120)	
DT864-2	三相四线有功电能表	1.0	380/220	3 (6)
DT864-4				1.5 (6)
DT862-2		2.0	380/220	3 (6)
DT862-4			380/220	5 (20)、10 (40)、15 (60)、30 (100)
DT862a	380/220		5 (10)、10 (20)、15 (30)、20 (40) 30 (60)、40 (80)、60 (120) 5 (15)、10 (30)、15 (45)、20 (60) 30 (90)、40 (120) 1.5 (6)、5 (20)、10 (40)、15 (60) 20 (80)、30 (120)	

注 需配用电流互感器二次电流为 5A 的电能表, 宜选用最大电流为 6A 的规格, 以改善电能表的测量特性。

(三) 低压电能计量柜计量部分接线

计量部分配线原则与低压配电屏配线原理及工艺要求相同，若采用直通接线可参见图 3-99 所示接线。在使用电流互感器时，互感器二次绕组必须接地。

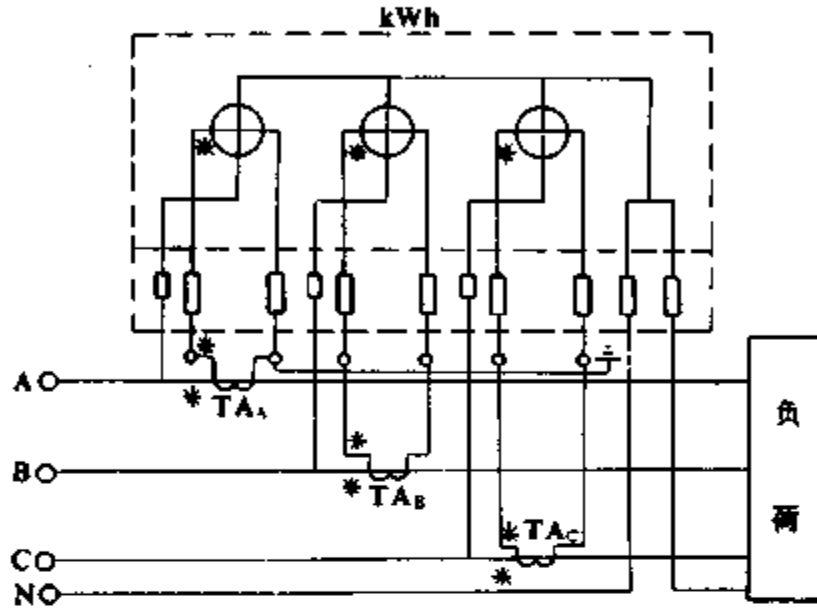


图 3-99 经电流互感器计量的三相四线制有功电能表接线图

图中“*”为极性端子。电能表在出厂时，在端钮盖上印有接线图，工程上可作为参考。动力用电的三相四线、三相三线系统电能计量时，由于三相基本平衡，所以通常采用三相电能表，在有照明的三相四线制系统中，通常采用三只单相电能表分相计量。

工程中，由于供电部门通常要求防窃电计量，故将电流互感器和电能表封在一金属箱内（也称防窃电箱），箱门开有窥视孔，与电能表表窗相对，以便抄表。

第四章 室外电力线路的安装

第一节 室外电力线路的组成

室外电力线路主要指 10kV 及以下的架空配电线路和三相四线制的动力和照明线路。其主要由电杆、横担、导线、绝缘子及金具等元件组成。

一、电杆

室外电力线路的电杆，主要应选用钢筋混凝土杆。

(一) 构造及性能

钢筋混凝土电杆，一般是环形断面，空心圆柱式，采用离心浇注。其环型断面结构及外形如图 4-1 所示。

钢筋混凝土杆按结构外形分为：等径杆及拔梢杆两种。等径杆的杆身直径都是一样的；拔梢杆是杆的两头直径不等，杆身的锥度为 1/75，其梢径有 $\phi 150$ 、 $\phi 190$ 、 $\phi 230$ mm 等几种，长度有 8、9、10、12、15m 等。

钢筋混凝土杆按钢筋受力情况分为：普通钢筋混凝土杆及预应力钢筋混凝土杆两种。预应力钢筋混凝土杆是采用先张法制造，即在浇制混凝土时将钢筋施加一定拉力，使其产生弹性伸长，在成形后，去掉拉力，钢筋收缩使混凝土承受预压内应力。它可抵消外荷载作用时所引起的部分拉应力，从而提高了钢筋混凝土杆的强度和抗裂性。

钢筋混凝土杆是定型分段制造。分段制造的钢筋混凝土杆的接头方式有：焊接接头、法兰盘接头及插入式接头。目前应用较广的是焊接接头。

钢筋混凝土杆的钢筋分为主筋、箍筋和螺旋筋。主筋用以承受弯曲，中心受拉及偏心受拉时的拉应力，螺旋筋和箍筋系保证主筋的位置不变，受压时抵抗构件横向伸长，同时也支持主筋的部分应力及受扭时的扭力。主筋的直径采用 $\phi 9 \sim 19$ mm，螺旋筋采用冷拔细钢筋，直接为 $\phi 3 \sim 6$ mm。

环形断面钢筋混凝土杆，纵向主筋间的净距不应小于 30mm，受力的螺旋钢筋或水平钢箍的间距为 50~100mm。受力较大时，允许采用双螺旋筋并列或与水平钢筋联合使用。

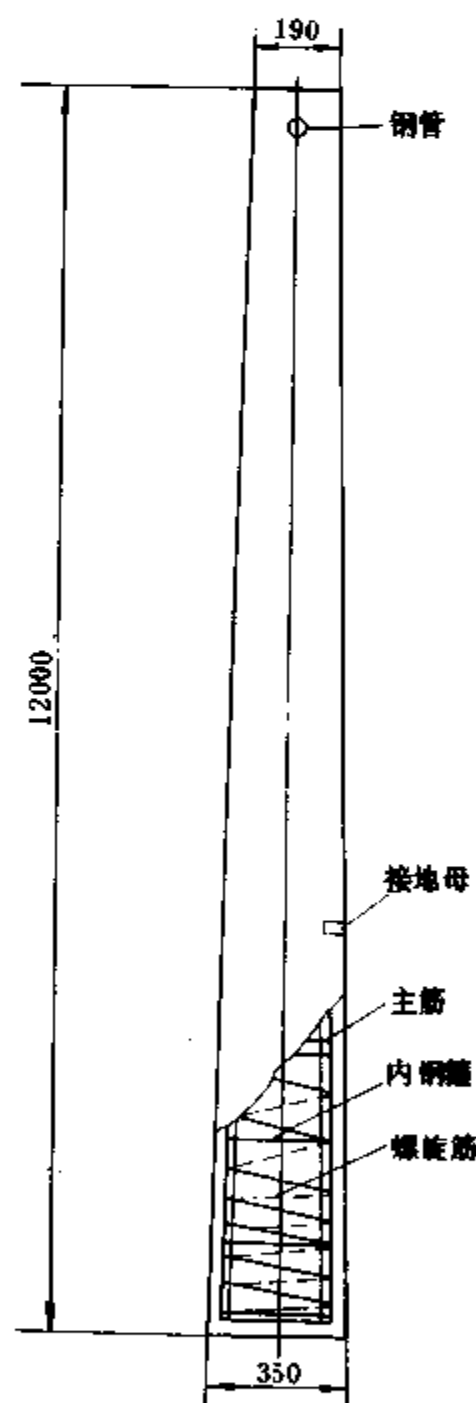


图 4-1 钢筋混凝土电杆
(单位：mm)

离心制造的钢筋混凝土杆，钢筋的最小净保护层应不小于 10mm。

电杆属于薄壁构件，钢筋布置较密，通常采用重混凝土。混凝土标号普通杆不低于 300 号，预应力杆不低于 400 号。混凝土杆采用离心浇制，密实性好，其水灰比一般在 0.5 左右，比一般混凝土的水灰比小，所以能提高混凝土的强度。

钢筋混凝土杆表面光滑平直，对外界的侵蚀破坏因素（如天长日久的风吹日晒，雨雪侵蚀；土壤的腐蚀作用，承受各种长期外力荷载等）均有较强的抵抗能力和良好的耐久性。所以钢筋混凝土杆作为支持导线的一种杆型，在电力线路中得到广泛的应用。

但是，钢筋混凝土电杆是一种长细的薄壁构件，而且重量大，在运输和施工中都比较笨重。它怕碰撞，受外力冲击时容易产生裂缝。所以在运输堆放及施工中应采取措施不使电杆产生裂缝。国家标准规定：预应力钢筋混凝土杆不得有纵向和横向裂缝；普通钢筋混凝土杆不得有纵向裂缝，横向裂缝宽度允许在出厂时为 0.05mm，运至施工现场时不得超过 0.1mm，运行中为 0.2mm。

（二）钢筋混凝土杆的体积、重量及重心

钢筋混凝土杆的体积、重量及重心的计算分等径杆和拔梢杆两种。

1. 等径杆的体积、重量及重心计算

等径杆的体积 V 为

$$V = \pi h t (d - t)$$

式中 π ——圆周率 ($\pi = 3.1416$)；

t ——杆的壁厚；

h ——杆的长度；

d ——杆的直径。

等径杆的重量 Q 为

$$Q = Vr = \pi h t (d - t) r$$

式中 r ——杆的容重，一般钢筋混凝土杆的容重 $r = 2700 \text{kg/m}^3$ 。

等径杆的重心高度 H 为

$$H = \frac{1}{2}h$$

2. 拔梢杆的体积、重量及重心计算

拔梢率（圆锥度） λ 等于杆的根径 D 减梢径 d ，再除以杆的长度 h 。按规定拔梢率为 1/75，即

$$\lambda = \frac{D - d}{h} = \frac{1}{75}$$

拔梢杆的体积 V 为

$$V = \frac{\pi t h}{2} (D + d - 2t)$$

拔梢杆的重量 Q 为

$$Q = Vr = \frac{\pi t h}{2} (D + d - 2t) r$$

拔梢杆的重心 H （对杆根的距离）为

$$H=0.44h$$

钢筋混凝土电杆规格如表 4-1 所示。

表 4-1 钢筋混凝土电杆规格

型 号	规 格				主 筋		理 论 重 量 (kg/根)
	梢径 d (mm)	根径 D (mm)	杆长 h (m)	壁厚 t (mm)	数 量 (根)	直 径 (mm)	
预应力杆	150	243	7	40	8	5	350
预应力杆	150	257	8	40	8	5	425
预应力杆	150	270	9	40	10	5	500
预应力杆	150	283	10	40	10	5	600
预应力杆	190	310	9	50	16	5	750
预应力杆	190	323	10	50	14	5	820
预应力杆	190	350	12	50	16	5	1050
预应力杆	190	390	15	50	20	5	1500
普通杆	190	310	9	50	12~14	12~16	765
普通杆	190	350	12	50	12~14	12~16	1120
普通杆	230	350	9	50	12~18	12~16	920
普通杆	230	390	12	50	12~18	12~16	1325

(三) 杆型

室外低压线路的电杆，可分为直线杆、转角杆、耐张杆、分歧杆及终端杆等几种形式：

(1) 直线杆。用于线路直线段上，它在正常情况下主要是承受导线的垂直荷重和水平荷重，如图 4-2 (a) 所示。

(2) 转角杆。用于线路转角处，在正常情况下承受导线转角合力，事故情况下承受断线张力。也起到控制事故范围的作用，如图 4-2 (b) 所示。

(3) 耐张杆。它的作用是将线路分段及控制事故范围，在事故情况下承受断线张力，而不致扩展到相邻的另一耐张段，如图 4-2 (c) 所示。

(4) 分歧杆。用于线路的分支线处，有耐张杆分支，亦有直线杆分支，如图 4-3 (a) 所示。

(5) 终端杆。用于线路起止两端，允许带有耐张和转角杆的受力条件，承受导线的一侧拉力，如图 4-3 (b) 所示。

(四) 杆高确定

室外低压线路的电杆全高 h (见图 4-4) 为

$$h=h_1+h_2+f_m+c-h_3$$

式中 h_1 ——电杆的埋入深度，m；

h_2 ——导线对地限距，m；

f_m ——导线最大弛度，m；

h_3 ——自横担中心至绝缘子顶槽的距离，m；

c ——横担中心至杆顶距离，m。

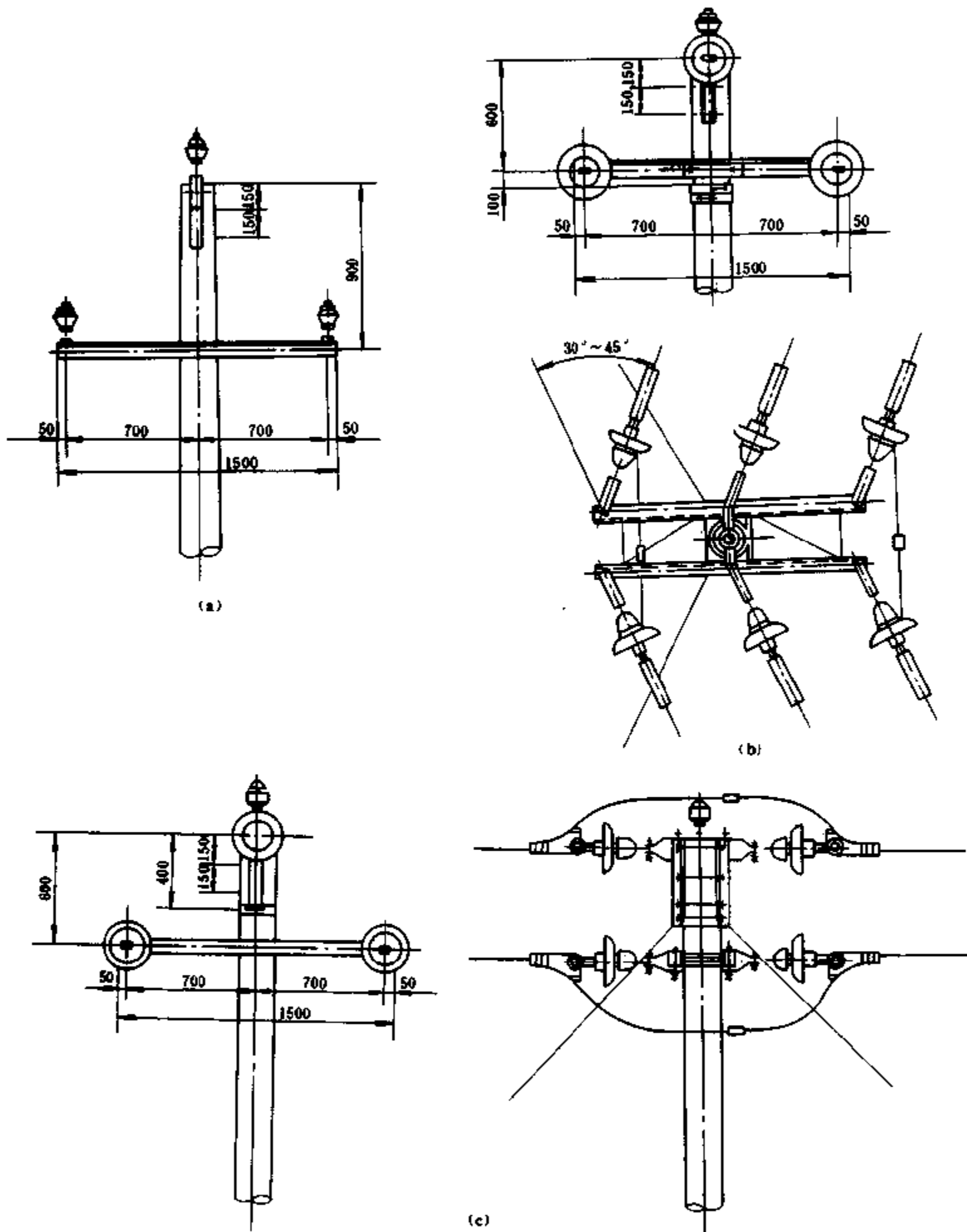


图 4-2 10kV 配电杆型 (单位: mm)

(a) 直线杆; (b) 转角杆; (c) 耐张杆

如果杆上有两个以上横担时, 还应该加上各横担之间的距离, 为了保证对地限距, 应再加入一个施工余度 0.5m。

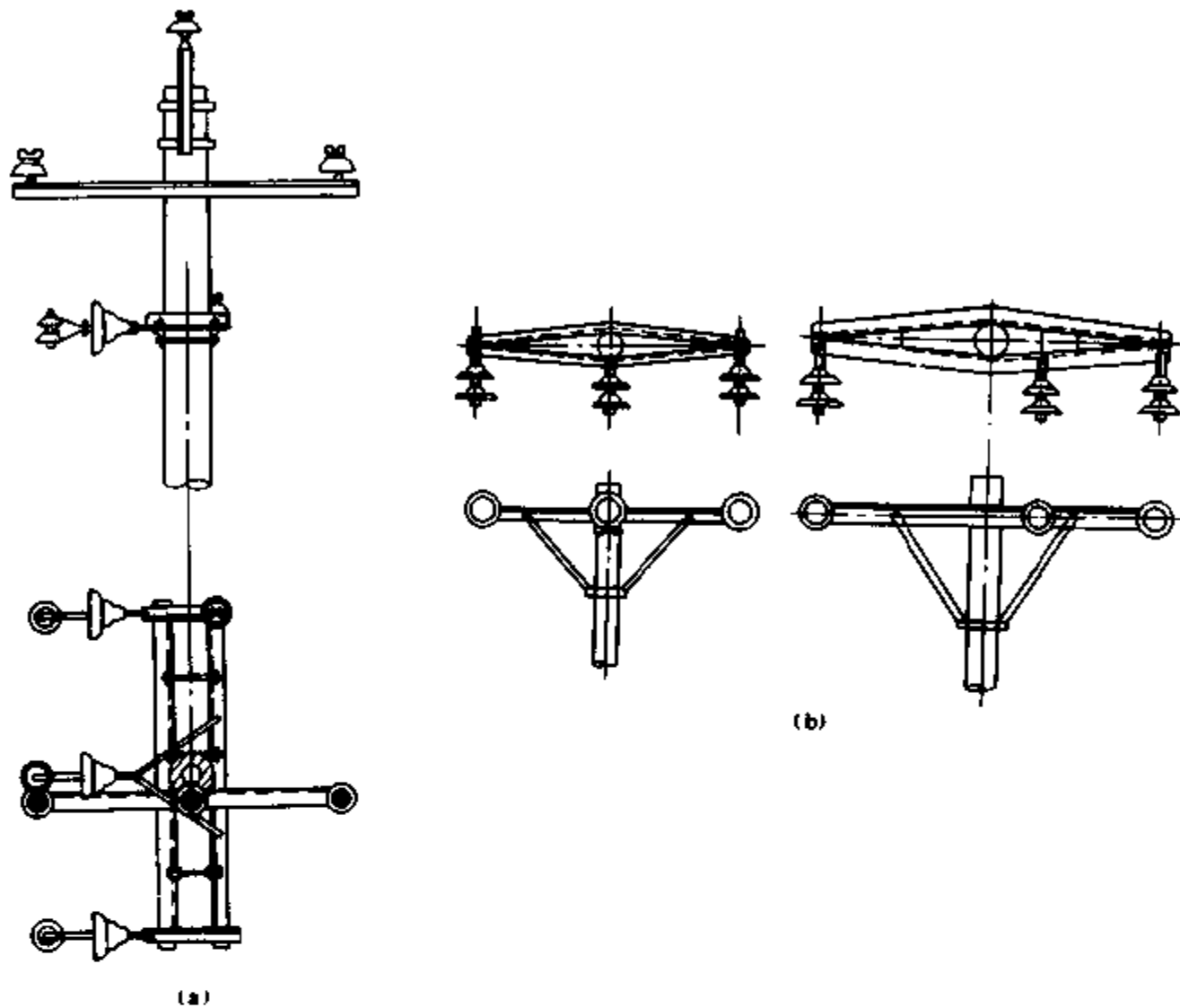


图 4-3 10kV 配电杆型
(a) 分枝杆；(b) 终端杆

二、横担

横担的作用是支持绝缘子及导线，并使导线间保持一定距离，所以横担要有足够的强度和一定的长度。

室外架空线路所使用的横担，应采用镀锌角铁横担，材质较好的木横担及陶瓷横担。

(一) 镀锌角铁横担

钢筋混凝土电杆的横担一般多采用镀锌角铁制成，其规格应根据线路电压和导线截面而定，一般多采用 $50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 以上的角铁，如图 4-5 (a) 所示。

(二) 木横担

木横担是采用质地坚硬、强度高的优质木材（例如水曲柳或柞木）制成，加工成方形截面，如图 4-5 (b) 所示。木横担在使用前必须作防腐处理，但由于受雨水风蚀，容易腐烂，所以，目前已逐步被淘汰。

(三) 瓷横担

陶瓷横担可以同时起到横担及绝缘子两者的作用。当线路断线时，瓷横担可以自动偏转，放松导线不使事故扩大，而且绝缘性能好，造价较低。

陶瓷横担是用螺丝固定在角铁横担或铸铁横担上，安装时在陶瓷横担上下各加一毛毡垫，用螺丝紧固，如图 4-5 (c) 所示。

横担的规格应根据计算确定。但最小尺寸应符合表 4-2 所列数值。

表 4-2 横担最小尺寸 (mm)

横担种类		线路电压	
		高压	低压
铁横担		63×5	50×5
木横担	圆形截面	φ120	φ100
	方形截面	100×100	80×80

横担的安装标准为：

单横担在电杆上的安装位置一般在线路编号的大号侧；承力杆单横担装在张力的反侧；直线杆、终端杆横担与线路方向垂直；30°及以下转角杆横担应与角平分线方向一致。

横担安装应平直，上下歪斜或左右（前后）扭斜的最大偏差应不大于横担长度 1%。

上层横担准线与水泥杆顶部的距离为 200mm，与木杆顶部距离为 300mm。

采用三角排列时，电杆头部应安装头铁，如图 4-2 所示。

头铁的制作，一般采用 60mm×5mm 的角铁，长为 500mm，在角铁的顶部焊 50mm×50mm×5mm 的一块方形铁板，中心钻孔用来固定瓷瓶，下部垂直面上距底边 50mm 处向上焊两个圆形抱箍，间距为 200mm，用来固定在电杆上。

水平排列同杆架设的双回路或多回线路，横担间的垂直距离，不应小于表 4-3 所列数值。

表 4-3 同杆架设线路横担之间的最小垂直距离 (m)

导线排列方式	直线杆	分支或转角杆
高压与高压	0.80	0.45 (距上横担)； 0.60 (距下横担)
高压与低压	1.20	1.00
低压与低压	0.60	0.30

15°以下的转角杆，一般采用单横担；15°~45°的转角杆一般采用双横担；45°以上的转角杆一般采用十字横担。

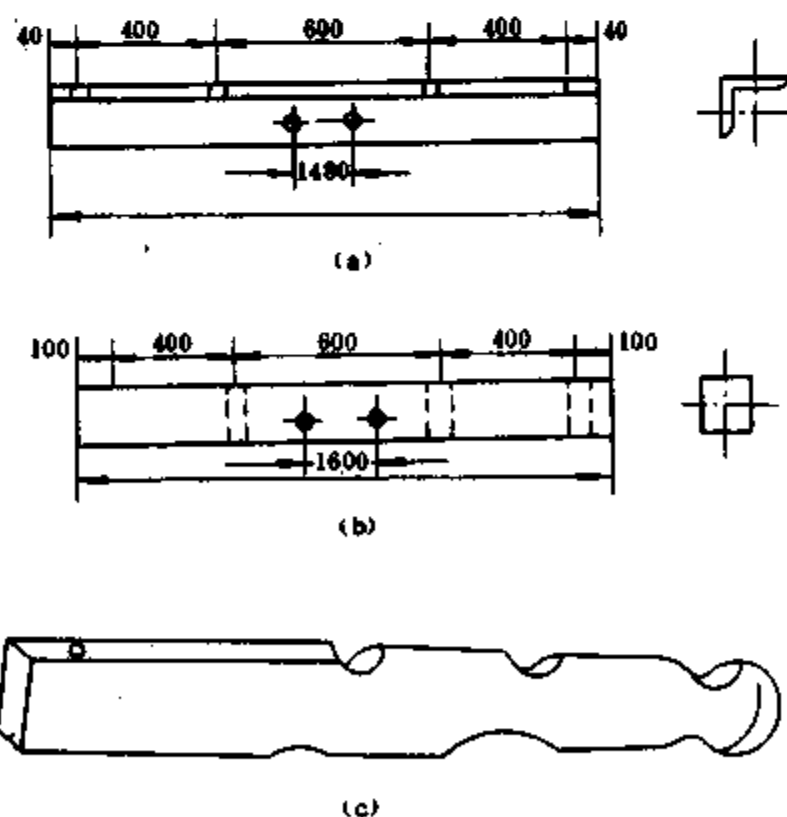


图 4-5 横担图 (单位: mm)

三、导线

导线是电力线路上的主要元件之一。它的作用是从电源的首端向末端输送电能。导线不仅通过电流，同时还要承受机械载荷，任何导线故障，均能引起或发展为导线断线事故。因此，电力线路的导线应具备以下特性：

- (1) 导电率高，以减少线路的电能损耗。
- (2) 耐热性能好，以提高输送容量。
- (3) 机械强度高，弹性系数大，有一定柔软性，容易弯曲，以便于加工制造。
- (4) 具有良好的耐振性能。
- (5) 耐腐蚀性强，能够适应自然环境中各种因素的影响和化学物的腐蚀，使用寿命长。
- (6) 重量轻，性能稳定，耐磨，价格低廉。

(一) 导线材料

常用的导线材料有铜、铝、铝镁合金和钢。这些材料的物理性能如表 4-4 所列。

表 4-4 导线材料的物理性能

材 料	20℃时的电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	比重 (g/cm^3)	抗拉强度 (kPa)
铜	0.0182	8.9	39
铝	0.029	2.7	16
钢	0.103	7.85	120
铝镁合金	0.033	2.7	30

在这些材料中，铜的导电性能最好，机械强度高，耐腐蚀性强，是一种理想的导线材料。但是，铜的重量大，价格昂贵。就我国的情况来看，铜的储量少，产量低，而且其它工业需要大量铜材，所以电力线路的导线，除特殊情况之外，都不采用铜线。

铝的导电率虽然比铜稍低，导电性能稍差，但也是一种导电性能较好的材料。铝的导热性能好，质地柔韧易于加工，无低温脆性，耐腐蚀性较强，重量轻，而且铝矿资源丰富，产量高，价格低廉。其缺点是抗拉强度低。

铝镁合金材料的重量和铝相等，也是一种很轻的金属材料。其抗拉强度大，几乎比铝高一倍。铝镁合金的导电率比铝低 10% 左右，所以从电气和机械两方面来看，铝镁合金也是制造导线的较好材料。

铝和铝镁合金材料的导电率虽然比铜低，但是，由于它们的重量很轻，所以在抗拉强度和相同的导电性能条件下，采用铝或铝镁合金导线可以节省大量材料。表 4-5 为在相同的抗张强度和相同的导电性能条件下，铜、铝、铝镁合金各量的对比。

表 4-5 铜、铝、铝镁合金的对比

对比条件	铜：铝：铝镁合金		
	导线截面	导线直径	导线重量
相同的抗张强度	1 : 2.5 : 1.3	1 : 1.6 : 1.14	1 : 0.71 : 0.4
相同的导电性能	1 : 1.65 : 1.8	1 : 1.29 : 1.34	1 : 0.5 : 0.55

从表 4-5 看出，在相同的导电性能和抗张强度下，用铝制造导线，材料用量较省，加之

铝的价格便宜，故采用铝导线最经济。铝镁合金与铜相比，铝镁合金材料显著节省，但铝镁合金导线的生产成本高，价格昂贵，耐振性能稍差，所以目前尚未得到广泛采用。

鉴于上述情况，目前我国生产的导线材料广泛采用铝。

钢的导电性能很差，但机械强度却非常高，因此常用来制造镀锌钢绞线和铝包钢线，做避雷线用，也可做为钢芯铝绞线的钢芯。

(二) 导线的结构种类

电力线路的导线可分为三种形式：



图 4-6 导线结构形式断面图

(a) 单股导线截面；(b) 同一种金属多股绞线截面；(c) 钢芯铝绞线；(d) 两种材料复合而成的单股绞线制成的多股绞线

(1) 单股导线。即一根实心的金属线，一般只有铜线或钢线才用做单股导线，如图 4-6 (a) 所示。

(2) 同一种金属的多股绞线。用同样金属的单线绞合而成的多股绞线，如图 4-6 (b) 所示，铝绞线、铜绞线、镀锌钢绞线、铝镁合金绞线等，均属这种结构绞线。

(3) 复合金属多股绞线。由两种金属的股线绞制而成的多股绞线，如图 4-6 (c) 所示为钢芯铝绞线的断面；图 4-6 (d) 所示为由两种材料复合而成的单股线绞制而成的多股绞线。

多股绞线比单股线具有如下优点：

(1) 当导线的表面增大时，单股线比多股绞线强度降低的程度大得多。

(2) 多股导线在同一位置同时出现缺陷的机会很少，因此在运行过程中，多股导线比单股导线安全可靠性高。

(3) 导线截面较大时，采用多股导线，其柔性好，容易弯曲，便于施工安装，也便于加工制造。

(4) 多股绞线耐张性能好。由于微风振动，单股导线容易折断造成事故，而多股绞线不容易发生折断，运行可靠性比单股导线高得多。

由于多股绞线具有很多的优点，故电力线路的导线采用多股绞线。

钢芯铝绞线的结构形式，是在镀锌钢绞线外层再扭绞若干层铝股线。如上所述，铝的导电性能好，但机械强度低；而钢的导电性能差，但机械强度高。钢芯铝绞线正是利用这两种材料的优点结合而成。这样，由于交流电的集肤效应，电流几乎全部沿铝线截面通过，而钢芯基本不通过电流，仅承担导线的张力，所以钢芯铝绞线充分地利用了铝线的良好导电性能和钢的高机械强度性能，是电力线路广泛使用的导线。

铝绞线的机械强度低，允许拉力小，故导线的弧垂较大，所以多用于电压低，档距小的低压线路。

(三) 导线排列

高压架空配电线路导线一般采用三角排列或水平排列。多回路线路的导线宜采用三角、水平混合排列或垂直排列。

低压配电线路的导线一般采用水平排列。

城区的高压配电线路和低压配电线路，应同杆架设。

架空配电线路导线相序的排列，零线应靠近电杆或房屋侧。在一个地区内零线的位置

应该统一，并应有明显的标志。

(四) 线间距离

架空配电线路的线间距离，应根据运行经验确定。如无可靠资料，导线的线间距离不应小于表 4-6 所列数值。

表 4-6 配电线路导线最小线间距离

档 距 (m)	40 及以下	50	60	70	80	90	100	110	120
高 压	0.6	0.65	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.05	1.15
低 压	0.3	0.4	0.45	0.5	—	—	—	—	—

高压配电线路每相的引下线与邻相的引下线间，引下线与其他导线之间的净空距离，不应小于 0.3m；低压配电线路，不应小于 0.15m。

高压配电线路的导线与拉线、电杆或构架间的净空距离，不应小于 0.2m；低压配电线路，不应小于 0.05m。

高压引下线与低压线间的距离，不宜小于 0.2m。

(五) 架空配电线路的档距

架空配电线路的档距可参照表 4-7。

表 4-7 配电线路的档距 (m)

地 区	线 路 电 压	
	高 压	低 压
城 区	40~50	40~50
郊 区	60~100	40~60

四、绝缘子及金具

(一) 绝缘子

绝缘子的作用是使导线与横担、电杆之间绝缘，所以对绝缘子的要求主要是能承受与线路相适应的电压，并且应当具有一定的机械强度。

架空配电线路使用的绝缘子通常有针式绝缘子、蝶式绝缘子、瓷横担绝缘子及悬式绝缘子四种。

架空配电线路的绝缘子，应符合国家标准。高压架空配电线路直线杆首先考虑采用瓷横担绝缘子，如图 4-7 所示。针式绝缘子如图 4-8 所示。使用针式绝缘子时，应按表 4-8 规定。耐张杆应选用两片悬式绝缘子或一片悬式绝缘子和一个蝶式绝缘子相组合。悬式绝缘子选用 X-3C 型

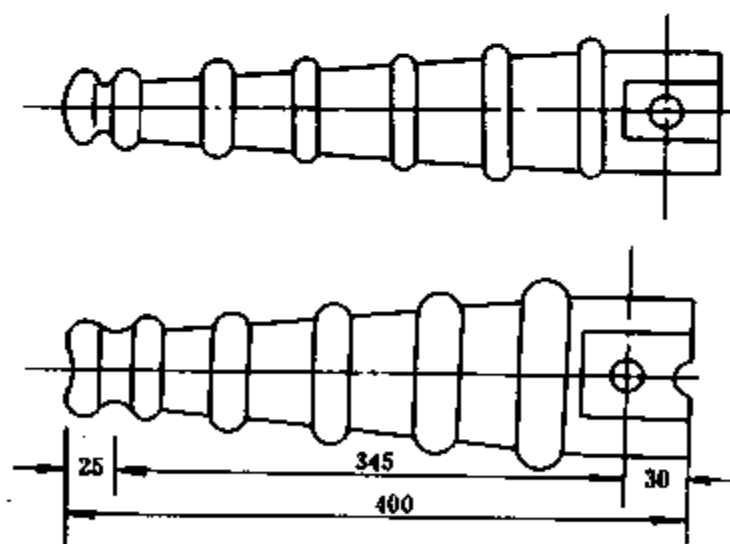


图 4-7 瓷横担绝缘子 (单位: mm)

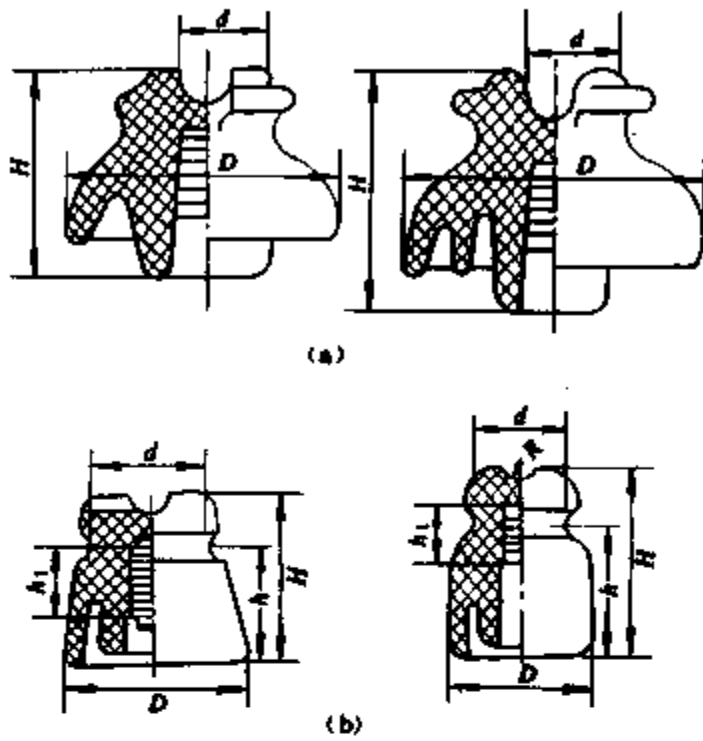


图 4-8 针式绝缘子
(a) 高压; (b) 低压

符号后面的数字表示耐压或机电荷载或抗弯抗拉强度。如 P-10 为针式绝缘子耐压 10kV, E-6 为蝶式绝缘子耐压 6kV, X-3C 表示悬式绝缘子, 机电荷载为 3t, 槽型连接。X-4.5 表示: 机电荷载为 4.5t, 球头型连接。低压针式 PD-1-1 型抗弯 10000N; PD-1-2 抗弯 8000N。低压蝶式 ED-1 抗拉 18000N, ED-2 抗拉 15000N。

绝缘子在使用前应做外观检查和绝缘测试, 外表是否损坏, 铁帽、铁脚是否松动, 瓷面是否擦拭干净, 对有缺陷的绝缘子不能使用。绝缘测试用 2500V 摇表, 绝缘电阻应在 500MΩ 以上。

(二) 金具

架空配电线路所用的金具均应采用热镀锌并保证有足够的机械强度。常用铁拉板规格如表 4-9 和表 4-10 所示。

表 4-9 常用铁拉板规格表 (mm)

铁拉板号	宽度	厚度	孔距	长度	用途
6 [#]	50	4~5	600	660	支持横担
7 [#]	50	4~5	710	770	支持横担
8 [#]	50	4~5	770	830	支持横担
9 [#]	50	4~5	910	970	支持横担
10 [#]	50	4~5	970	1030	支持横担

槽型连接的, 蝶式绝缘子选用 E-6 型。蝶式绝缘子和悬式绝缘子的型式如图 4-9 和图 4-10 所示。

表 4-8 针式绝缘子型号

线路电压	木横担	铁横担
10kV	P-10	P-15
6kV	P-6	P-10

低压架空配电线路宜用 PD 型低压针式绝缘子和 ED 型低压蝶式绝缘子, 也可采用低压瓷横担绝缘子。

各种绝缘子的符号意义为:

P 表示针式;

E 表示蝶式;

X 表示悬式;

D 表示低压。

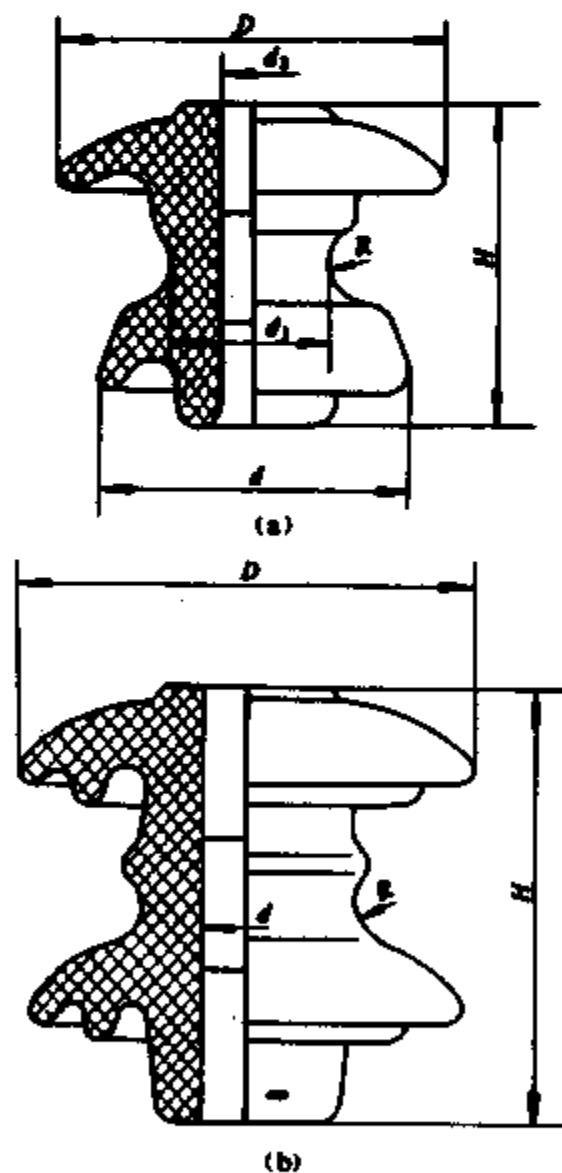


图 4-9 蝶式绝缘子
(a) 低压; (b) 高压

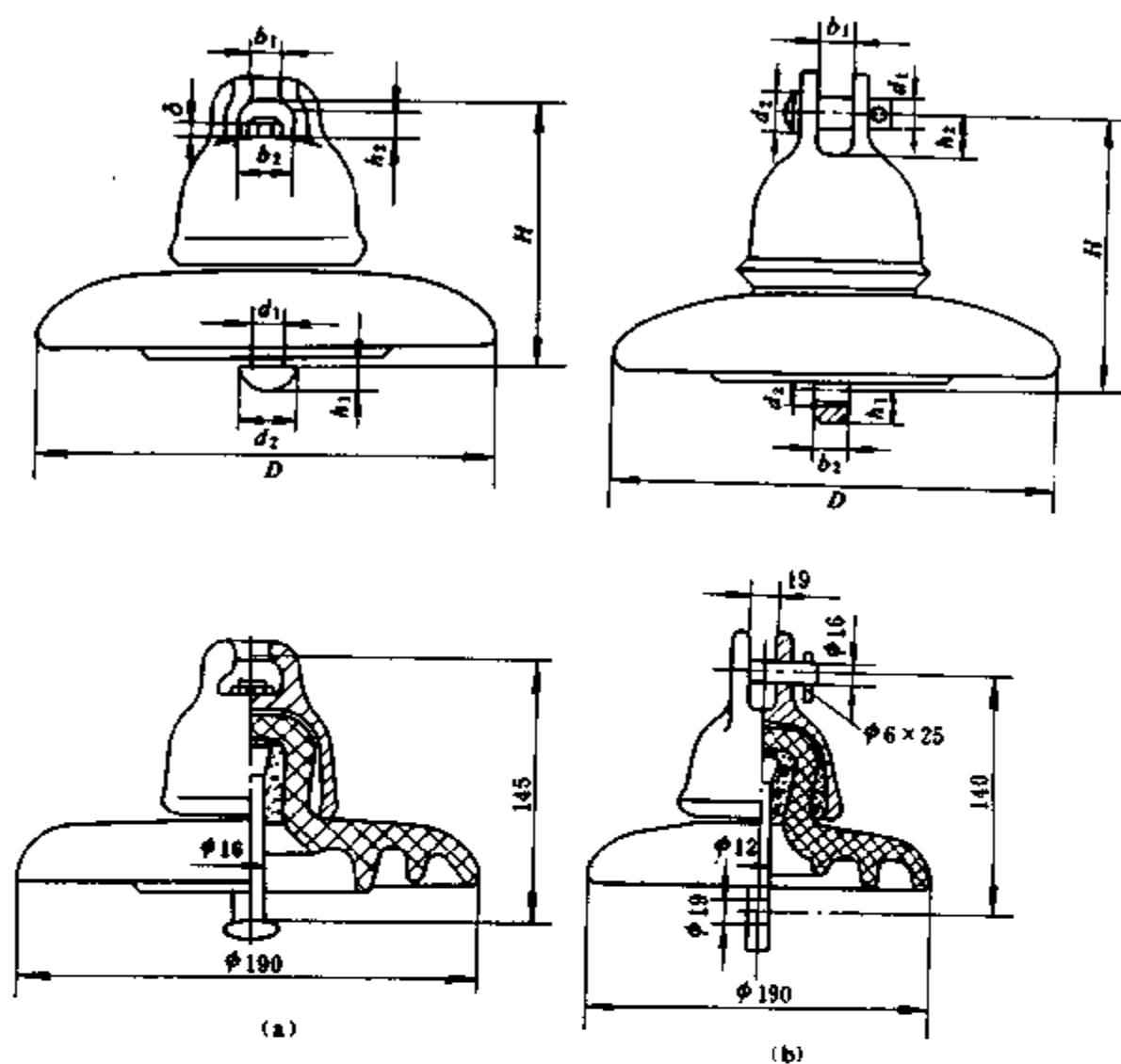


图 4-10 悬式绝缘子 (单位: mm)
(a) 球形; (b) 槽形

表 4-10 蝶式绝缘子拉板规格表 (mm)

拉板名称	宽度	厚度	孔距	长度
高压二眼	40	3	200	250
低压二眼	40	2	150	200
低压三眼	40	2	150	350

横担的固定金具有圆形抱箍、带凸抱箍、横担垫铁、横担抱箍等, 如图 4-11 所示。线夹及连接绝缘子的金具有倒装型耐张线夹、直角挂板、球头挂环、碗头挂板及延长环等, 如图 4-12 所示。

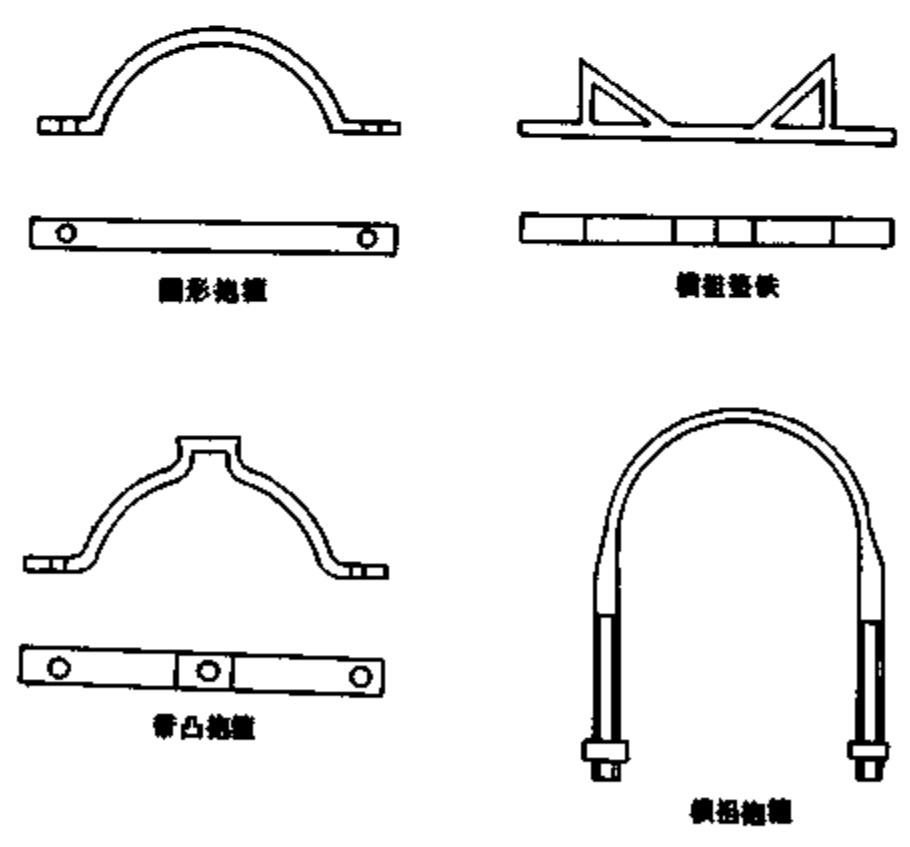


图 4-11 横担固定金具

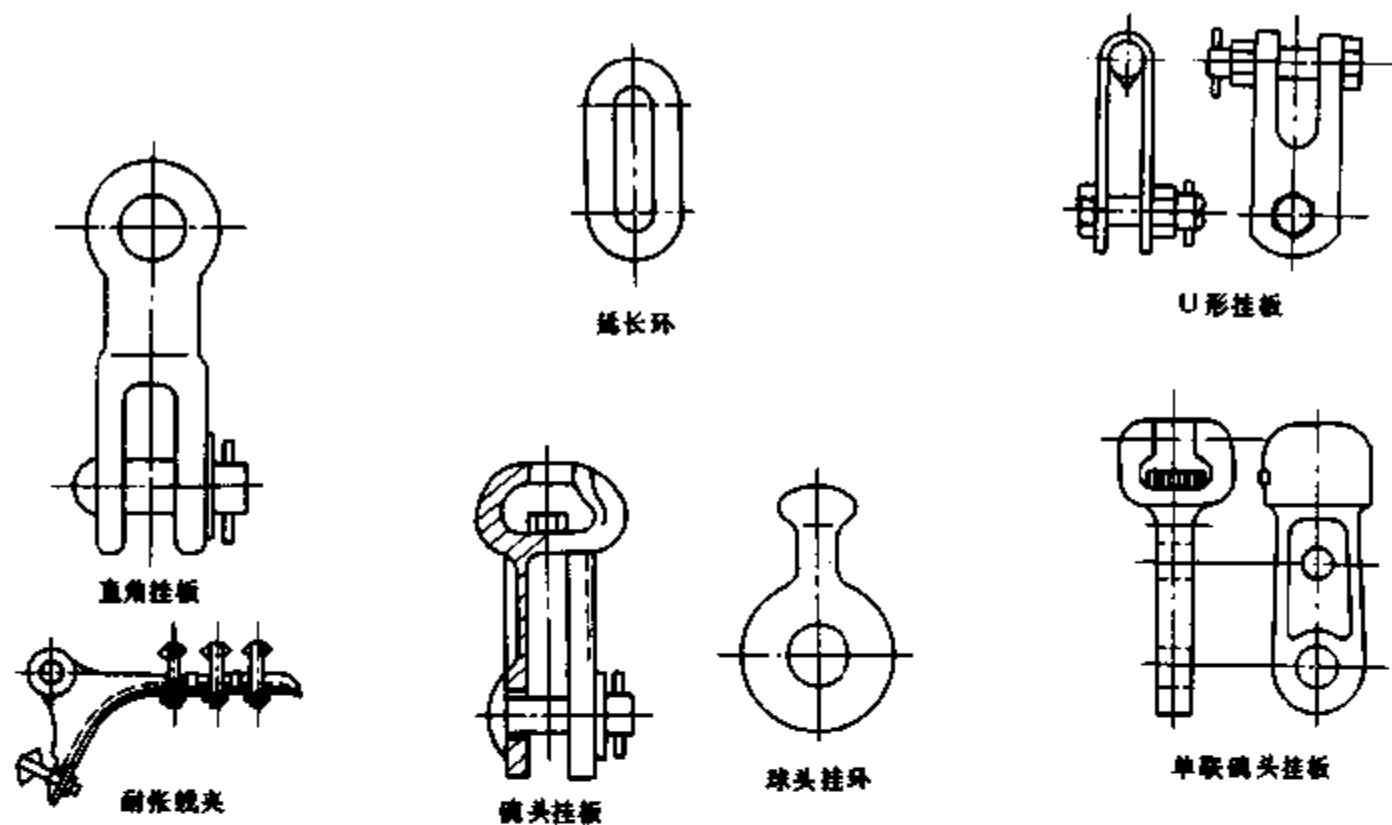


图 4-12 耐张线夹及连接金具

第二节 登杆操作

一、登杆工具

登杆工具可分为脚扣和脚踏板两种。常用的脚扣又分为用于登水泥杆带胶皮的可调式铁脚扣和用于登木质电杆的不可调式铁脚扣。脚扣的外形如图 4-13 所示。脚踏板的使用，一般不受杆质和杆径的限制。

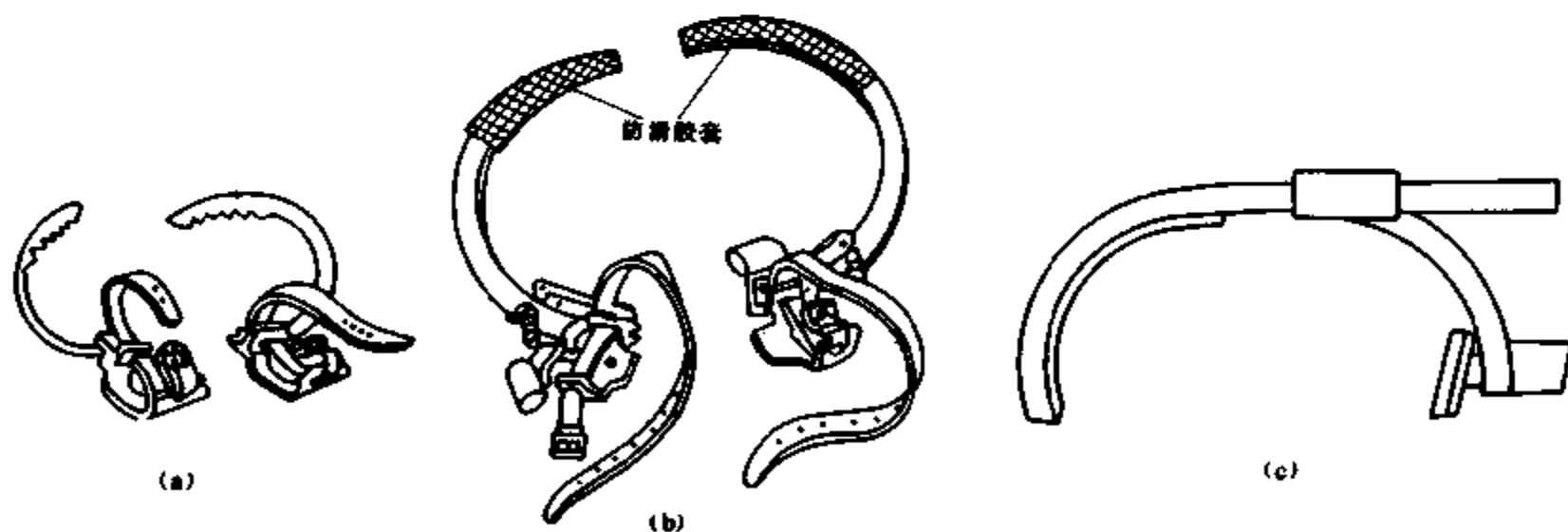


图 4-13 脚扣

(a) 木杆脚扣；(b) 水泥杆脚扣；(c) 可调式脚扣

(一) 脚扣使用注意事项

常用可调式铁脚扣，主要用来攀登拔梢水泥杆。它的上半部是由半圆形铁管制成，在

半圆形铁管的平面上用几个螺丝固定一块硬橡胶，半圆管的下部制成方形穿到下半部的方形铁箍中，方形铁箍焊到下半部的圆形铁管上，用来调节圆弧的大小，下半部与杆接触处也焊有一块长方形铁板并用螺丝将一块厚胶皮固定于其上，下半部的半圆管和长方形铁板同时都焊在脚踏的U形铁板下面，U形铁板的两侧开有扁孔用来穿脚扣带。制作脚扣用的铁管必须是优质钢材，并经过国家标准检验部门检验许可后方可生产出厂。

脚扣使用前必须仔细检查各部分有无断裂、腐朽现象，脚扣皮带是否完好牢固，如有损坏应及时更换，不得用绳子或电线代替。

在登杆前应对脚扣进行人体荷载冲击试验，检查脚扣是否牢固可靠。穿脚扣时，脚扣带的松紧要适当，应防止脚扣在脚上转动或脱落。

上杆时，一定按电杆的规格，调节好脚扣的大小，使之牢靠的扣住电杆，上、下杆的每一步都必须使脚扣与电杆之间完全扣牢，否则容易出现下滑及其它事故。雨天或冰雪天因容易出现滑落伤人事故，故不宜登杆。

(二) 脚踏板使用注意事项

脚踏板是选用质地坚韧的木材，如水曲柳，柞木等，制作成30~50mm厚的长方形体。绳索采用白棕绳，绳两端系结在踏板两头的扎结槽内。在绳的中间穿上一个铁制挂钩，绳长应保持操作者一人加手长。踏板和白棕绳应能承受300kg重量，每半年进行一次荷载试验。脚踏板的尺寸及挂钩方法如图4-14所示。

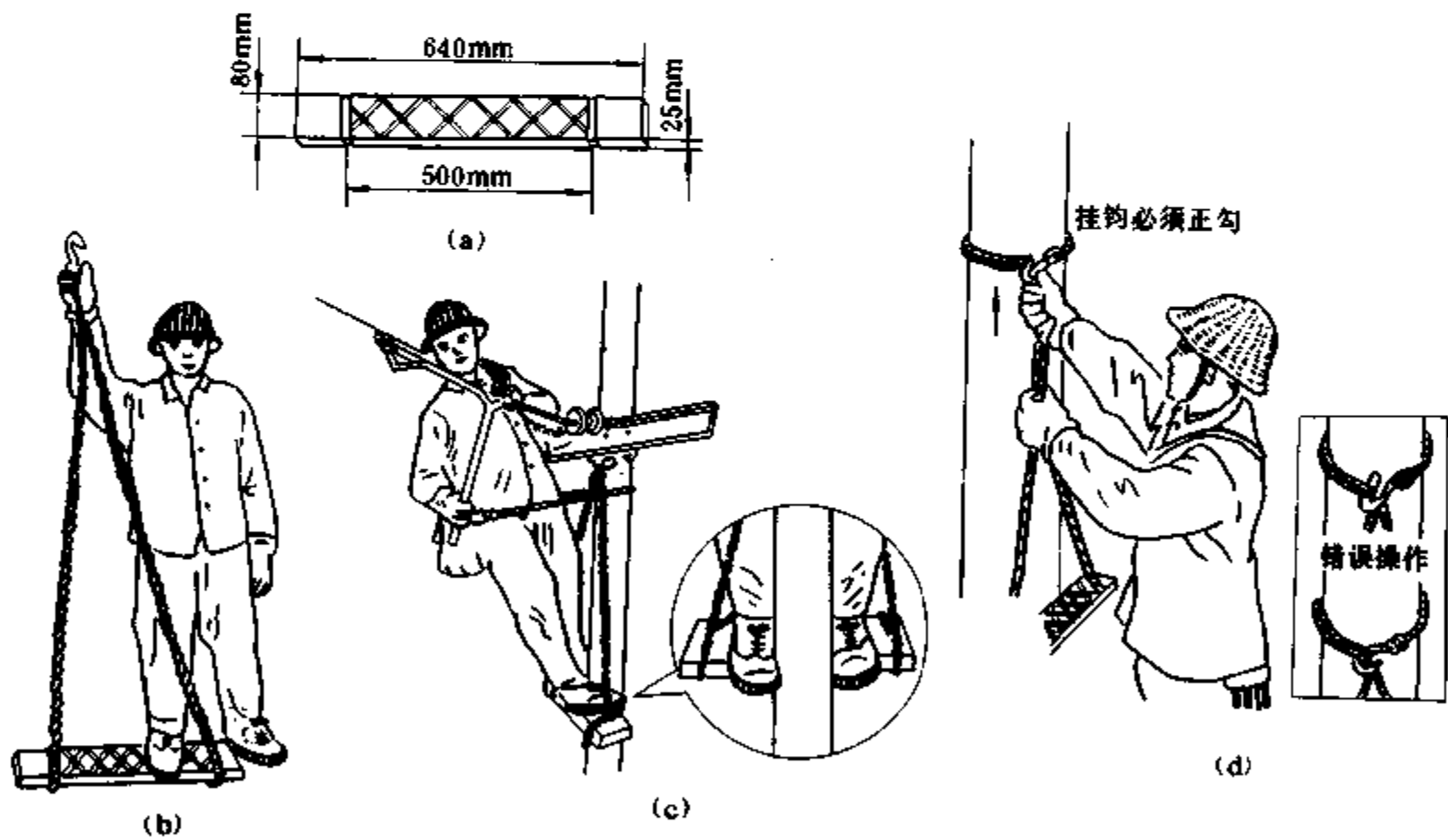


图 4-14 脚踏板

(a) 踏板规格；(b) 登板绳长度；(c) 在踏板上作业的站立姿式；(d) 挂钩方法

脚踏板使用前，一定要检查踏板有无开裂或腐朽，绳索有无腐蚀或断股现象，若发现应及时更换处理。

使用挂钩时必须正钩，即钩朝外。切勿反钩，以免造成脱钩事故。

登杆前应先挂好踏板，用人体作冲击荷载试验，来检验踏板的可靠性。

二、登杆作业方法

(一) 登杆作业安全注意事项

上杆前，应先检查登杆工具，如脚扣、脚踏板、安全带、梯子等是否完整牢靠。攀登杆塔脚钉时，应检查脚钉是否牢固。上木杆前，应先检查杆根是否牢固。新立电杆的杆基未完全牢固以前，严禁攀登。遇有冲刷、起土、上拔的电杆，应先培土加固或支好架杆或打临时拉绳后，再行上杆。凡要上杆去松动导、地线和拉线，应先检查杆根，并打好临时拉线或支好架杆后，再行上杆。

在杆塔上工作，必须使用安全带和戴安全帽。安全带应系在电杆及牢固的构件上。应防止安全带从杆顶脱出或被锋利物伤损。系安全带后必须检查扣环是否扣牢。在杆上作业转位时，不得失去安全带的保护。杆上作业人员应防止掉东西，使用的工具，材料应用绳索传递，不得乱扔。

(二) 登杆方法及要领

1. 脚扣登杆

登杆前对脚扣进行冲击试验，试验时先登一步电杆，然后使整个人体重以冲击的速度加在一只脚扣上，若无问题再试另一只脚扣。当试验证明两只脚扣都完好时方可进行登杆。

根据杆根的直径，调整好合适的脚扣节距，使脚扣能牢靠地扣住电杆，以防止下滑或脱落到杆下。两手扶杆，用一只脚稳稳地扣住电杆，另一只脚扣准备提升，若左脚向上跨时，则左手应同时向上扶住电杆，接着右脚向上跨扣，踩稳，右手应同时向上扶住电杆，这时再提起左脚向上攀登。

两只脚交替上升，步子不宜过大，身体上身前倾，臀部后坐，双手切忌搂抱电杆。快到杆顶时，要防止横担碰头，待双手快到杆顶时要选择好合适的工作位置，系好安全带。

下杆方法基本是上杆动作的重复，只是方向相反。但如果水泥杆是拔梢的，在开始上杆时选择好的脚扣节距在登到一定高度以后，可适当收缩脚扣的节距，使其适合变细的杆径，这样才能使脚扣扣牢电杆；在下杆时应逐渐伸展脚扣的节距以适应逐渐增大的杆径。具体调节方法为：若调节左脚脚扣时，右脚踩稳，左脚脚扣从杆上拿出并抬起，左手扶住电杆，右手绕过电杆抓住左脚脚扣上半部拉出或推进到合适的位置，来达到调节的目的；若调节右脚则程序正好相反。

脚扣登杆方法如图 4-15 所示。

系安全带和腰绳，是登杆人员到达杆上、选择好工作位置、两只脚扣扣稳以后进行的。具体方法是：用一只手抱住电杆，另一只手将腰绳一头拿住环过电杆与另一侧绳头搭好，然后根据作业需要探身的远近，选择好腰绳需要的长度系好腰绳扣。腰绳扣一定要系正确。安全带，腰绳的使用如图 4-16 所示。

杆上作业时，经常要向两侧探身，应注意使受力的一只脚站稳。同时腰绳一定要绷紧受力，正确的操作方法是：向左侧探身作业时应左脚在下，右脚在上；向右侧探身作业时应右脚在下，左脚在上。操作时人身体的重量都集中在下面的一只脚上，上面的一只脚只

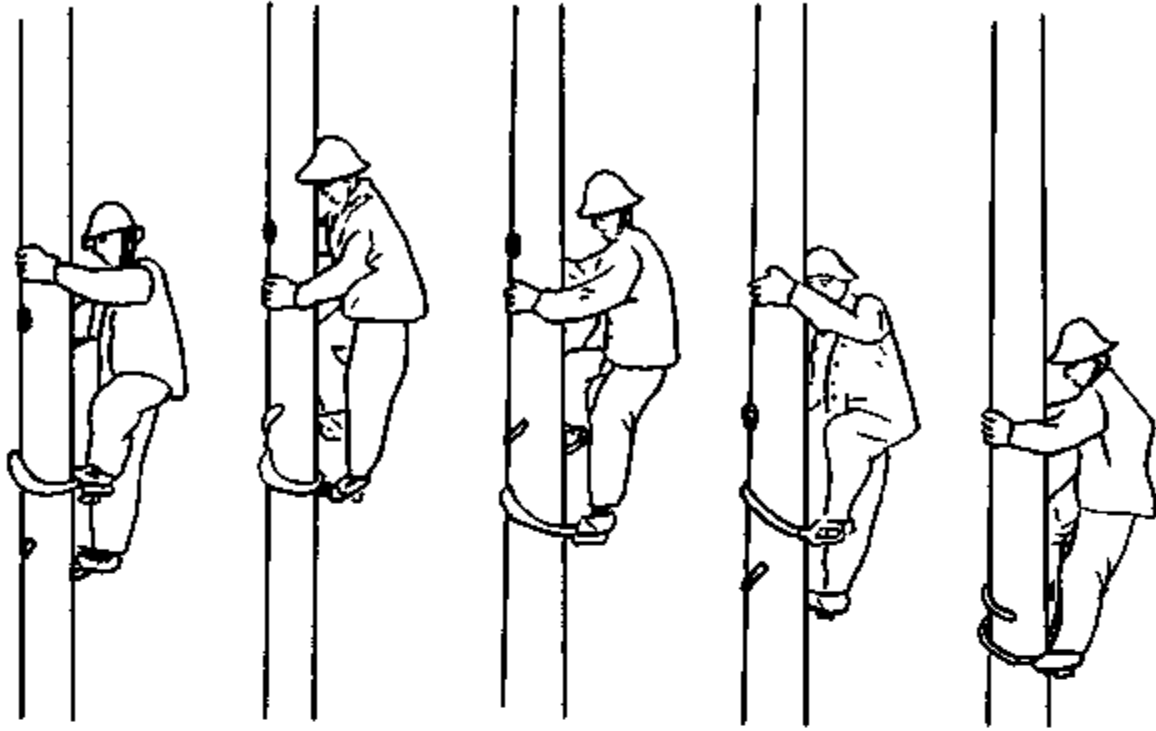


图 4-15 脚扣登杆方法

起辅助作用，但也一定要扣好，防止脚扣松弛后掉下打到下面的脚扣。

杆上作业应带工具袋，把零星材料及工具放在工具袋里，以防止工具材料掉下伤人。

2. 脚踏板登杆

上杆前，先检查脚踏板各部有无缺陷，经试验无问题后再进行登杆。上下杆操作步骤如下：

先把一只踏板钩挂在电杆上，高度以操作者能跨上为准。另一只踏板反挂在肩上。用右手握住挂钩端双根棕绳，并用大拇指顶住挂钩，左手握住左边贴近木板的单根棕绳，把右脚踏上踏板，然后右手用力使人体上升，待重心转到右脚，左手即向上扶住电杆，如图 4-17 (a) 和 (b) 所示。当人体上升到一定高度时，松开右手并向上扶住电杆使人体立直，将左脚绕过左边单根棕绳踏入木板内，如图 4-17 (c) 所示。待人体站稳后，在电杆上方挂上另一只踏板，然后右手紧握上一只踏板的双根棕绳，并用大拇指顶住挂钩，左手握住左边贴近木板的单根棕绳，把左脚从下踏板左边的单根棕绳内绕出，改成站在下踏板正面，接着将右脚踏上上踏板，手脚同时用力，使人体上升，如图 4-17 (d) 所示。当人体左脚离开下面踏板后，需要将下面的踏板解下，此时左脚必须抵在下踏板挂钩的下面，然后用左手将踏板挂钩摘下，向上站起，如图 4-17 (e) 所示。以后重复上述各步骤进行攀登，直至所需高度为止。

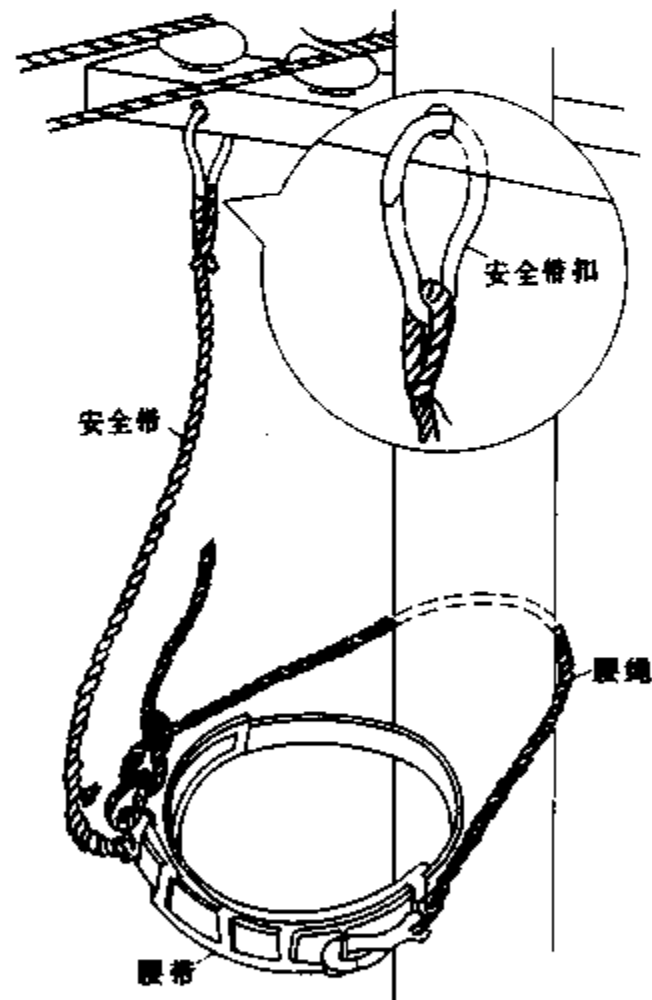


图 4-16 安全带、腰绳的使用

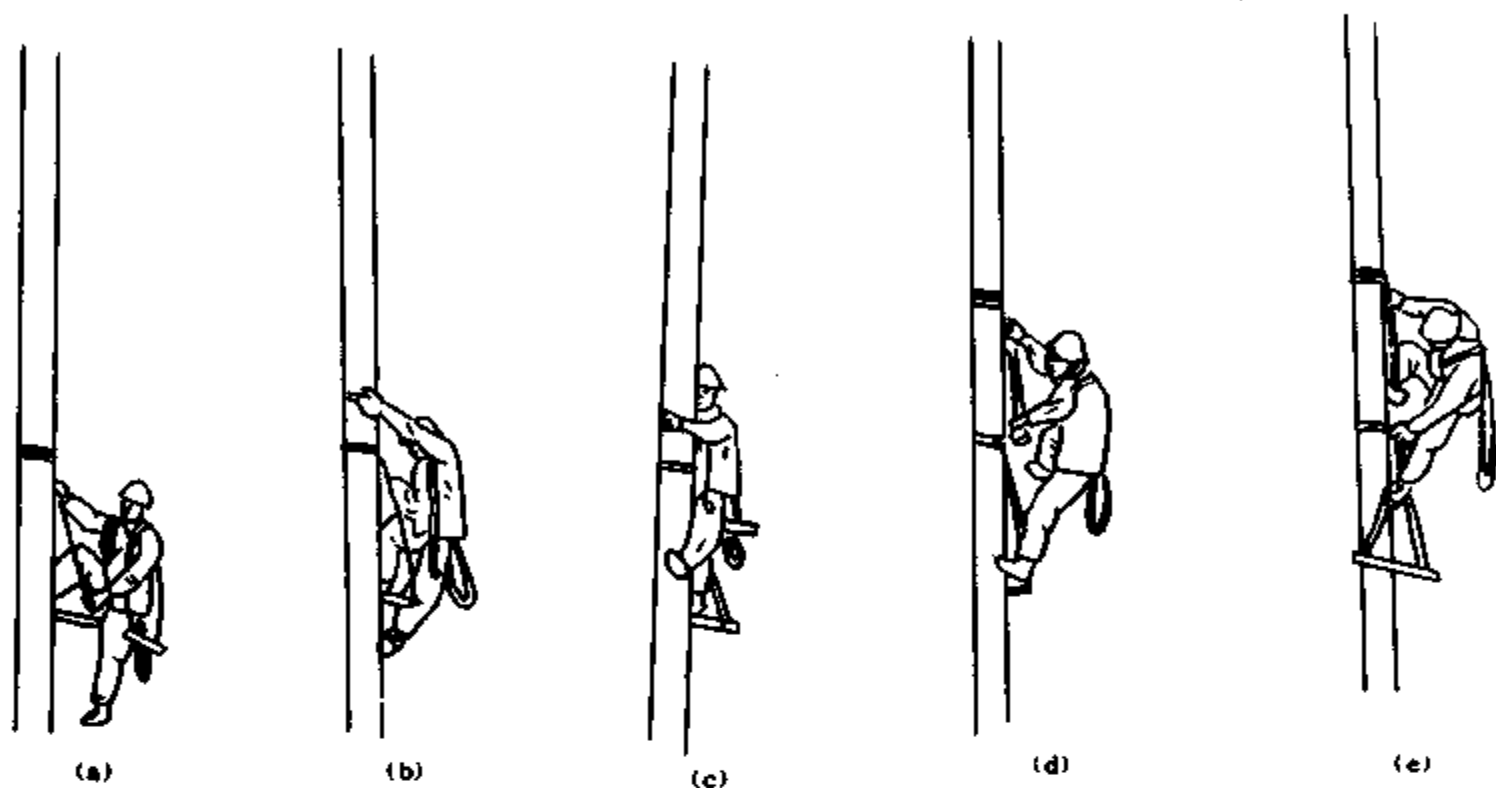


图 4-17 踏板登杆方法

3. 脚踏板下杆

下杆是与登杆程序相反。开始，人体站稳在现用的一只踏板上（左脚绕过左边棕绳踏在木板上），把另一只踏板钩挂在下方电杆上。然后，右手紧握踏板钩处两根棕绳，并用大拇指抵住挂钩，左脚抵住电杆下伸，随即用左手握住下踏板的挂钩处，人体也随左脚的下落而下降，同时把下踏板降到适当位置，将左脚插入下踏板二根棕绳间并抵住电杆，如图 4-18 (a) 所示。接着，将左手握住上踏板的左端棕绳，同时左脚用力抵住电杆，以防止踏板滑下和人体摇晃，如图 4-18 (b) 所示。双手紧握上踏板的棕绳，左脚抵住电杆不动，人体逐渐下降，双手也随人体下降而下移握紧棕绳的位置，直至贴近两端木板，此时人体向后仰开，同时右脚从上踏板中退下，使人体不断下降，直至右脚踏到下踏板，如图 4-18 (c) 和 (d) 所示。把左脚从下踏板两根棕绳内抽出，人体贴近电杆站稳，左脚下移并绕过左边棕绳踏到下踏板上，如图 4-18 (e) 所示。以后步骤重复进行，直至人体双脚着地为止。

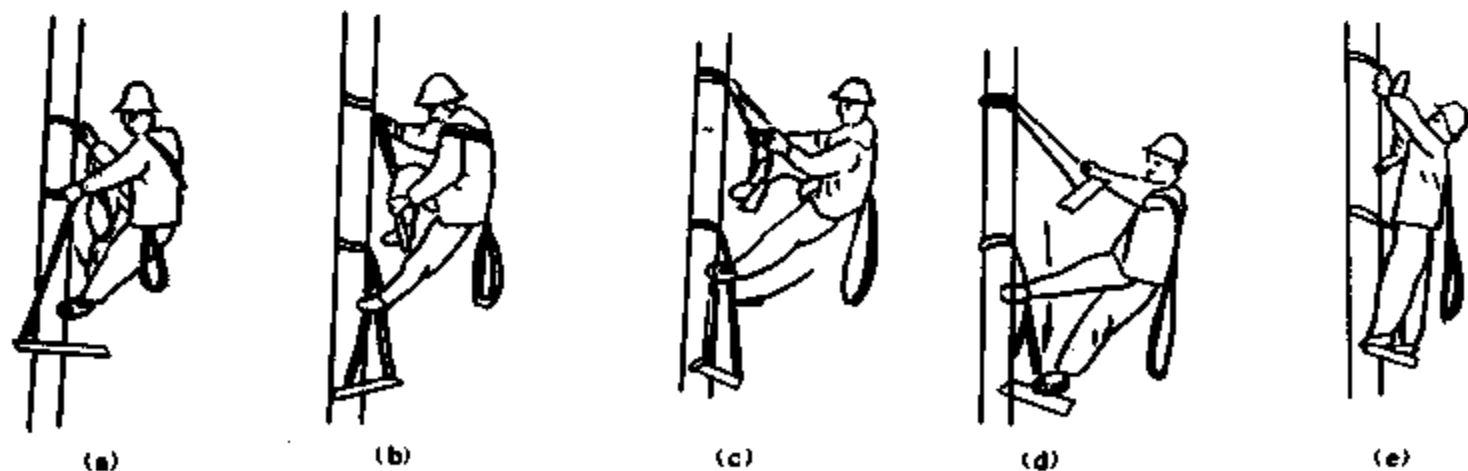


图 4-18 踏板下杆方法

第三节 电 杆 组 立

一、电杆的装配

(一) 电杆各部件的质量检查

1. 混凝土电杆的质量检查

钢筋混凝土电杆的杆身弯曲不得超过杆长的1%，电杆表面应平整光滑，内外不应有泥浆露筋的缺陷。钢筋混凝土杆应无纵向裂缝，横向如有裂缝其宽度不得超过0.1mm。为了防止积水，电杆顶部必须用水泥封堵。

2. 横担及金具的质量检查

电力线路所用铁横担及各种金具，均应进行镀锌处理，其规格必须符合设计要求。瓷横担的弯曲度不应大于2%。

3. 绝缘子的质量检查

绝缘子表面应干净光滑，不应有裂纹、灼伤等缺陷，铁脚不应锈蚀和松动。使用前一般都进行交流耐压试验。在安装前用2500V摇表测量绝缘电阻，其阻值应达到下列要求：

悬式绝缘子，绝缘电阻应在500MΩ以上；

针式绝缘子，绝缘电阻应在300MΩ以上。

(二) 电杆的装配方法

钢筋混凝土电杆使用角铁横担时，一般都用抱箍固定，如图4-19(a)所示。若杆上有穿心孔，也可用穿心螺栓固定。当导线为三角排列时，还应在电杆头部安装头铁，如图4-19(c)所示。横担安装好后，即可安装针式绝缘子。

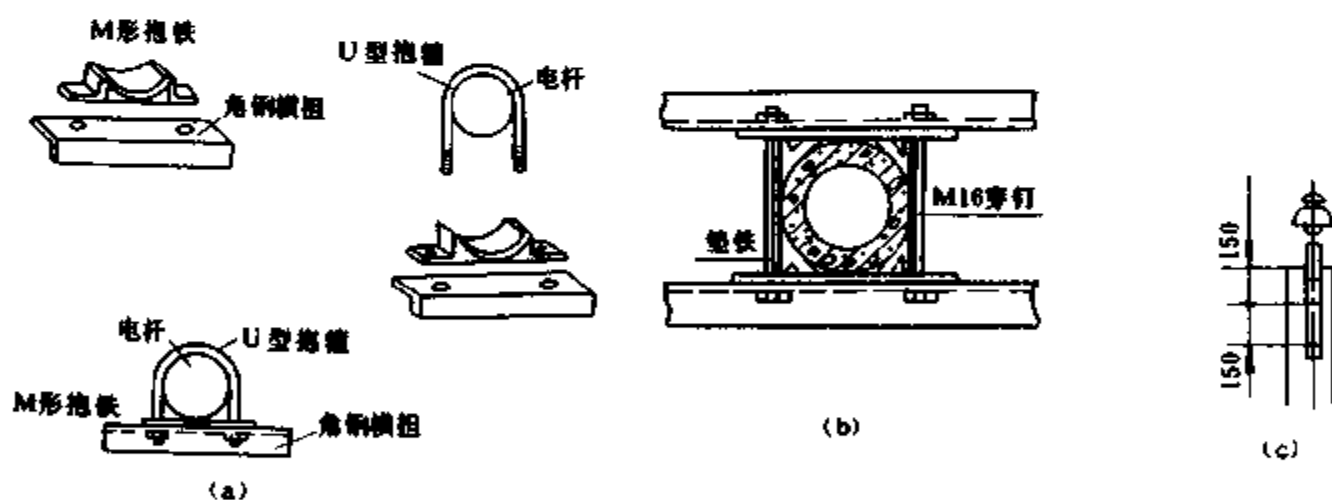


图 4-19 钢筋混凝土杆横担的安装

(a) 单横担安装；(b) 双横担安装；(c) 头铁安装

耐张杆用一片悬式绝缘子与蝶式绝缘子串连时，均用铁拉板固定于横担上，如图4-20(a)所示。如果采用2片悬式绝缘子与耐张线夹组合时，悬式绝缘子与横担应采用球头挂环和直角挂板相连接，与耐张线夹采用单联碗头连接，如图4-20(b)所示。

对于低压耐张杆，一般采用蝶式绝缘子、二片二眼铁拉板，其一端两眼中间穿螺丝固定蝶式绝缘子，另一端用螺栓固定在横担上，如图4-21所示。

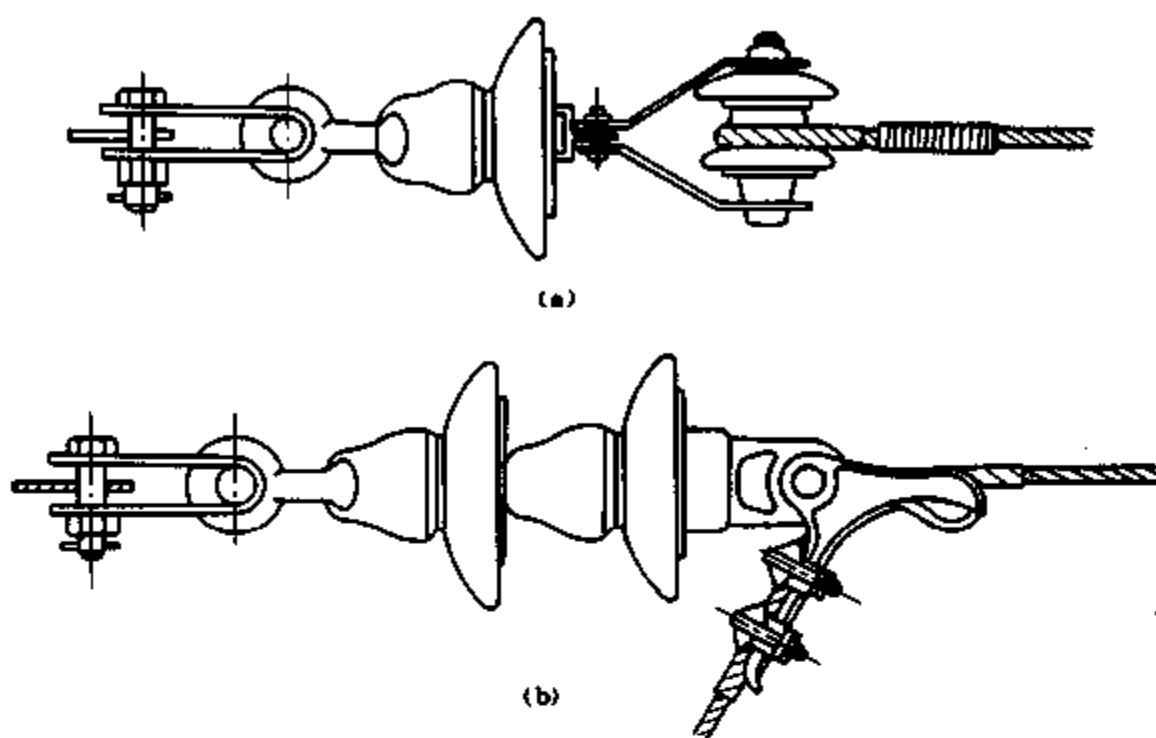


图 4-20 耐张杆瓷瓶与横担连接

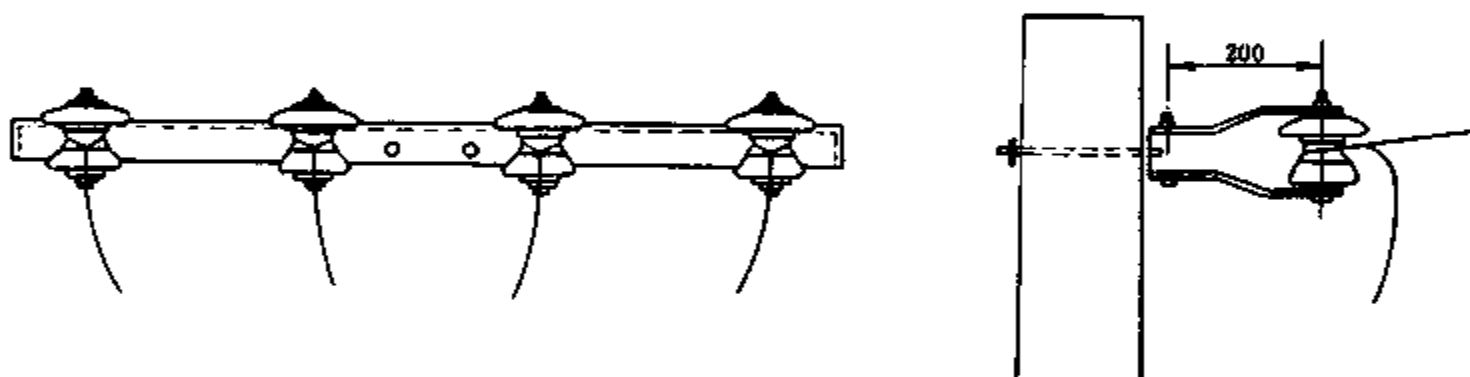


图 4-21 低压蝶式绝缘子与横担连接

(三) 电杆装配的质量要求

电杆组装之后应进行一次全面检查，其检查项目如下：

(1) 电杆各部螺栓必须通过电杆中心，不应偏斜。螺丝穿入方向为：顺线路者，由送电侧或按统一方向穿入；横线路者，两侧由内向外，中间由左向右（指面向受电侧），或按统一方向；垂直地面者一律由下向上穿。采用螺栓连接构件时，螺杆应与构件面垂直，螺栓头平面与构件间不应有空隙。螺母拧紧后，螺杆露出螺母的长度为：对单螺母不应小于两个螺距；对双螺母可与螺母相平。

(2) 横担应牢固地装设在电杆上，并与电杆保持垂直，上下歪斜或左右（前后）扭斜的最大偏差应不大于横担长度的 1%。当电杆立起后，使横担处于水平位置。如果是 2 层以上的横担，各横担间应保持平行。

(3) 针式绝缘子安装在横担上应垂直牢固，并无松动现象，与横担固定时应有弹簧垫圈或使用双螺帽以防松脱。

二、电杆的组立

架空配电线路的钢筋混凝土电杆多为拔梢杆，重量不超过 1.5t，高度一般不超过 15m。

杆型结构比较简单，可以根据地形采用多种立杆方法，常用的有叉杆立杆、倒落式人字抱杆立杆、三脚架立杆、起重机立杆等，在条件允许情况时，应尽量采用汽车吊立杆。

(一) 叉杆组立法

采用叉杆组立电杆现场布置，如图 4-22 所示。

叉杆组立电杆的工具主要有叉杆、顶板、滑板。立杆之前应准备一套高、中、低长度不等的叉杆，分别为 4m、5m、6m，其外形如图 4-23 (a) 所示。叉杆可用梢径 60~80mm 的松木杆进行加工而成。在距杆顶 0.3m 处，用 8 号镀锌铁线做成锁

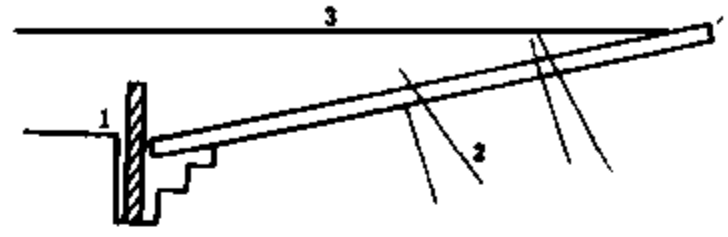


图 4-22 叉杆立杆

1—滑板；2—叉杆；3—拉线

链形状，长度大约 0.5~0.6m，将两叉杆连起来，如图 4-23 (a) 上部所示。在距根部 0.7~0.8m 之处，两杆均穿一根 300~400mm 长的螺栓，以便于操作。螺栓杆露出部分均用 8 号镀锌铁线缠绕。

顶板长约 1.5m，采用坚韧结实的木材加工，上部砍成圆弧形，上下两端均用 8 号铁线绑扎三圈，如图 4-23 (b) 所示。

滑板的长度，应比坑深长，一般在 2.5m 左右，以防止电杆开始起立时向后移动而超出坑外，同时又便于从坑内取出，也要求选用比较结实的木材制作。

立杆时先将杆根靠在坑边的滑板上，滑板的作用是防止杆根触及坑壁造成塌方，便于杆根滑入坑内。滑板应由有经验的电工掌握并进行指挥。另外二人用抬杠抬起电杆头部，并借助顶板支持杆身重量，每抬起一次，顶板

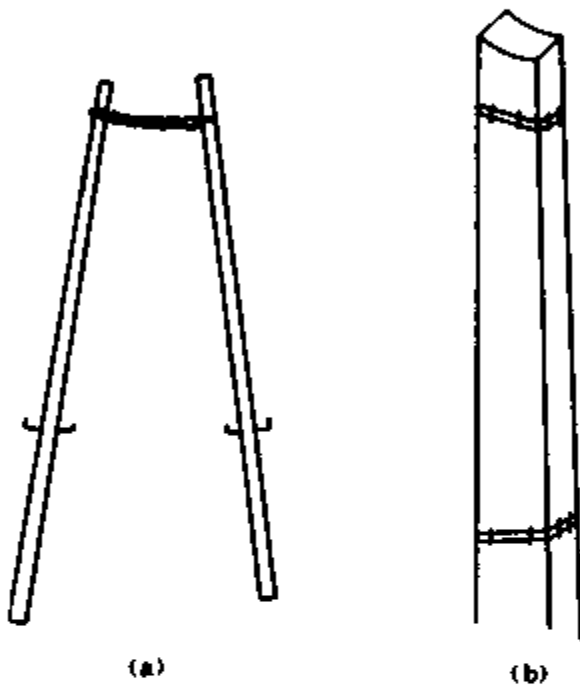


图 4-23 叉杆及顶板

就向杆根移动一次，将杆身抬起的同时使杆根逐渐滑入坑内。待杆身起立一定高度即可支上叉杆，撤去顶板，一般根据杆高，采用 2~3 副高低不等的叉杆，由四人操作一副，边支撑电杆边将叉杆根部向前移动。当叉杆到一定角度时，由于受力变小，叉杆必须下移，以调整叉杆角度，但几副叉杆必须交替进行。当电杆根部滑到坑底时，即可撤去滑板，并用小绳牵引和叉杆同时起立，当杆立到 80°左右时，这时应将一副叉杆移至杆身另一侧，以防止电杆倾倒，这时再推动叉杆，直至将杆立直，如图 4-24 所示。立杆时叉杆至少不能少于两副，在移动和换位置时，应使其中一副叉杆受力，方可倒换另一副叉杆。叉杆移动时只许在地下滑动，不准抬起。施工人员操作时应站在杆身两侧，严禁在杆下穿行。对于较高的电杆，为了在电杆起立时平衡各向拉力，一般立杆前在杆顶栓上三根拉绳，每根由 2~3 人拉住，以帮助叉杆用力和保持电杆平衡。

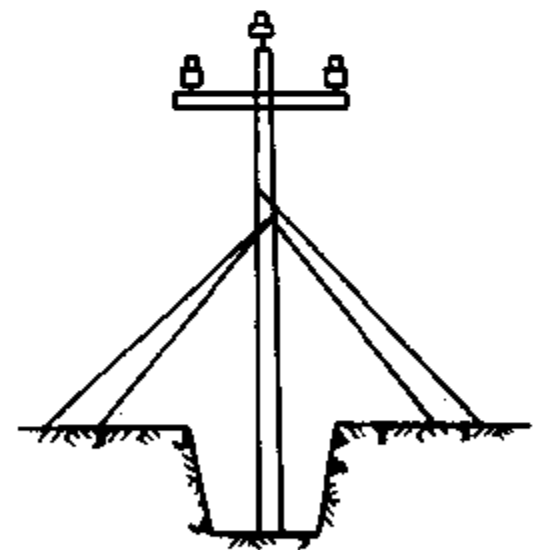


图 4-24 叉杆对叉稳固电杆

电杆立起之后，应进行找正，即电杆位置的调正。杆身调正，包括顺线路方向和横线

路方向的调正。顺线路方向的调正方法是：当第一根电杆起立后，观测人员要在距离已立好电杆 3 至 4 个坑位远的线路中心立标杆，由一人站在标杆后面 10m 以外的坑位中心观测，看电杆是否位于线路中心线上。横线路方向调正时：应距离电杆 10m 以远并位于垂直线路中心线方向看电杆是否垂直，横担是否与线路方向垂直，否则进行调整。在找正当中，可用绳索、小杠、钢丝绳套进行。

当电杆立起并调正后，即可用铁锹沿电杆四周将挖出的土回填坑内，边填边夯实，每填 300mm 夯实一次。夯实时应在电杆两侧交叉进行，以防挤动杆位，多余的土应堆在电杆根部周围形成方形防沉台，台面应高出原地平面 300mm。

使用叉杆立杆完全使用人力，既笨重又不安全，但对一般 $\phi 150\text{mm}$ 梢杆的电杆以及由于现场地形条件限制不能使用其他机械设备施工时，还是一种因地制宜的好办法，特别是在农村应用较广。

(二) 倒落式人字抱杆组立法

倒落式人字抱杆立杆，在施工现场应用比较广泛。它起重量大，稳定性高，装置简单，竖立方便，并可任意调整倾斜角度。采用倒落式人字抱杆起立电杆现场布置如图 4-25 所示。

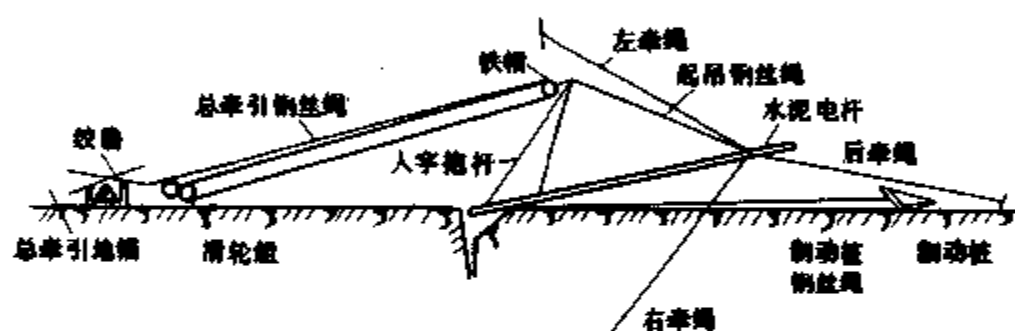


图 4-25 倒落式人字抱杆立杆现场布置图

1. 现场布置和立杆准备

抱杆的长度一般按电杆高度的 $1/2$ 选择，抱杆距支点（电杆起立时其根部与杆坑的接触点）的距离可采用 2~5m，抱杆两根张开大小，应不致与电杆碰撞，确保重心稳定为原则，一般取 2.5~5m。抱杆与地面的夹角一般采用 $50^\circ \sim 70^\circ$ 。

抱杆顶部的脱落帽应保证抱杆失效时能自由脱落，如图 4-26 (a) 所示。为防止抱杆下沉应在抱杆根部装设横木，如图 4-26 (b) 所示。

为防止抱杆根部移动，在根部地面挖 20~30cm 小坑或用钢丝绳、双钩紧线器固定。

为防止抱杆起立过程中倾斜，应在距抱杆顶部 0.5~1m 处栓两条拉绳通过抱杆帽在地面控制。

主牵引坑与电杆基坑的距离应为杆高的 1.2~1.5 倍，主牵引绳与地面的夹角一般不大于 30° 。主牵引绳选用 1~2 滑轮组，起立 12m 以下的单杆可选用 $\phi 9.3\text{mm}$ 的钢丝绳。

制动绳位置应与电杆中心线重合，制动地锚坑与基坑的距离应为电杆高度的 1.3 倍，制动绳与制动地锚间应装设制动器以调整制动绳。制动绳与制动器之间串一个 1~2 滑车组。

起吊前，先用一副小抱杆将大抱杆立起，牵引动力一般采用人力绞磨或机动绞磨。

使用人字抱杆立杆时，主牵引绳、尾绳、杆塔中心及抱杆顶应在一条直线上，抱杆应受力均匀，两侧拉绳应拉好，不得左右倾斜。

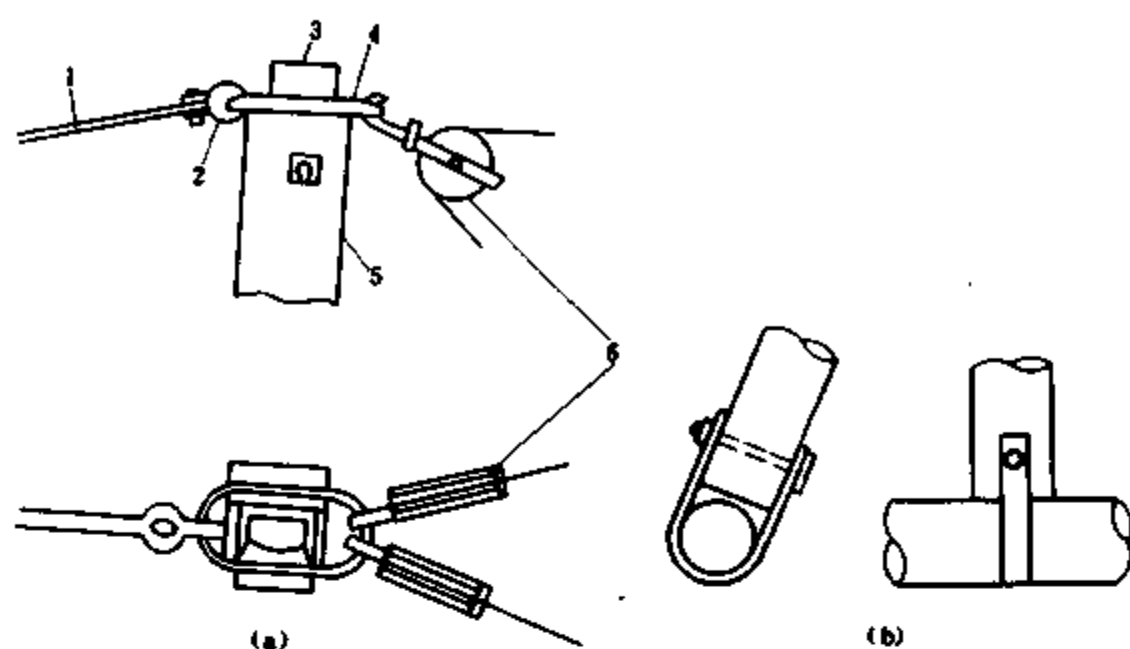


图 4-26 抱杆立杆

(a) 抱杆脱落帽；(b) 抱杆防沉装置

1—牵引钢绳；2—U形环；3—槽铁；4—椭圆环；5—抱杆；6—滑轮

2. 电杆起吊

电杆起立过程中，除指挥人及指定人员外，其它人员必须远离杆下 1.2 倍杆高的距离以外，当电杆起吊离开地面约 0.5~1m 时应停止起吊，对各受力点作一次全面检查，如各绑扎点绳扣是否牢固，各锚桩是否松动，主杆有无弯曲裂纹，抱杆两侧受力是否均匀，抱杆脚有无滑动及下沉等。经检查确无问题后再继续起立。

起立过程中，指挥人可根据电杆起立情况边立边指挥放松根部控制绳，同时由一人负责指挥两侧拉绳的调正，使电杆起立过程中始终保持平衡。

在抱杆脱落前，应使杆根部进入坑底。抱杆脱落时，应事先发出信号，电杆起立暂停。要使抱杆由绳控制缓缓落下，并注意各部受力情况下有无异常。这时应将根部制动绳松开，栓上后防倒绳，再继续起立，边起边松防倒绳。

电杆起立到 $70^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 时，要减缓起吊速度，注意观察电杆在空间的位置，如有偏斜及时调正，当起立到 $80^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 时，停止牵引，调正杆身，固定好后防倒绳及两侧拉绳，主牵引绳也应同时固定好。

电杆立好后，应立即进行调整找正，及时夯实回填土。

(三) 三角架立杆

三角架立杆法是采用工厂中起吊重物的三角架，支放在坑位上，架顶悬挂手拉葫芦将葫芦的吊钩钩住杆身 $1/2$ 处的钢丝绳套，收紧葫芦链条，逐步提升电杆，杆梢离地 0.5m 时，作一次安全检查，确认无问题后将电杆竖起。

使用三角架立杆时，三角架的有效高度必须超过杆高 $1/2$ 加 0.5~1m。水泥杆必须运输到坑位，其重心应位于基坑中心位置，起吊用钢丝绳套要尽量短一些，手拉葫芦要选用 2t 以上。

(四) 汽车起重机立杆法

这种方法是城市主干道中理想的立杆方法，既安全，效率又高。其突出优点是机械化程度高，减轻了笨重的体力劳动，不但减少了施工人员，而且提高了施工进度，应尽量采用。

立杆时先将汽车起重机开到距坑口适当位置，放下吊车液压腿，撑起起重机，然后将吊钩吊在杆身重心偏上处。当杆梢吊离地面 0.5m 时，停止起吊，检查各部受力和安全情况，确认无问题后再继续起吊。起吊时由一人指挥，将电杆缓缓吊起，当根部吊离地面后，由二人将杆根拉至坑口上，指挥吊车缓缓下落，直至放到坑底。然后回填土进行埋杆，并将电杆调正。

（五）立杆的质量要求

施工完的电杆应符合下列要求：

（1）电杆根部中心与线路中心线的横向位移：直线杆不得大于 50mm；转角杆应向内角侧预偏 100mm。

（2）导线紧好后，直线杆顶端在各方向的最大偏移不得超过杆长的 1/200；转角杆应向外角中心线方向倾斜 100~200mm；终端杆不应向导线侧倾斜，应向拉线侧倾斜 100~200mm；分歧杆应向拉线侧倾斜 100mm。

（3）承力杆的挠度不应大于 3‰。

三、立杆的安全注意事项

（1）立杆要设专人统一指挥，开工前，讲明施工方法及信号，工作人员要明确分工，密切配合，服从指挥。在居民区和交通道路上立杆时，应设专人看守。

（2）立杆要使用合格的起重设备，严禁超载使用。

（3）立杆过程中，杆坑内严禁有人工作。除指挥人及指定人员外，其他人员必须在远离杆下 1.2 倍杆高的距离以外。

（4）立杆及修整杆坑时，应有防止杆身滚动，倾斜的措施，如采用叉杆和拉绳控制等。

（5）顶杆及叉杆只能用于竖立轻的单杆，不得用铁锹，桩柱等代用。立杆前，工作人员要均匀地分配在电杆两侧。

（6）利用旧杆立杆，应先检查杆根，必要时加设临时拉绳。

（7）使用吊车立、撤杆时，钢丝绳套应吊在杆的适当位置以防止电杆突然倾倒。

（8）已经立起的电杆，只有在杆基回土夯实完全牢固后，方可撤去叉杆及拉绳。杆下工作人员应戴安全帽。

四、拉线及其安装

架空线路中，凡承受固定不平衡荷载比较显著的电杆，如终端杆、转角杆、分歧杆等均应装设拉线以达到平衡的目的，同时为了避免线路受大风荷载的破坏影响，或在土质松软地区为增加电杆的稳定性，在直线杆上每隔一定距离（一般每隔 5~10 根电杆）装设防风拉线或增强线路稳定性的拉线（十字拉线）。

（一）拉线的种类

架空配电线路中，根据拉线的用途和作用的不同，一般有以下几种。

1. 普通拉线

普通拉线应用在终端杆、转角杆、分歧杆及耐张杆处，主要作用是用来平衡固定性不平衡荷载，其形状如图 4-27 所示。

2. 人字拉线

人字拉线是由两根普通拉线组成，装在线路垂直方向电杆的两侧，多用于中间直线杆，它的功能是加强电杆防风倾倒的能力。例如海边、市郊、平地及风大的环境中，一般每隔5或10根基电杆设一人字拉线，如图4-28所示。

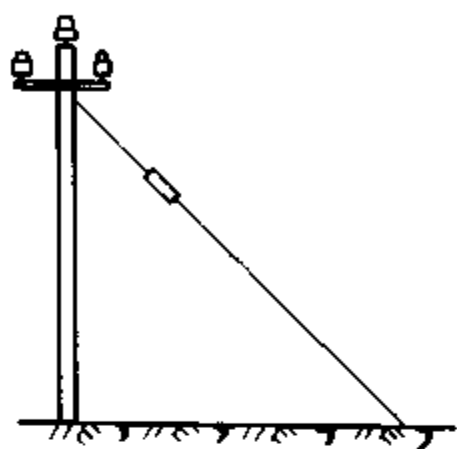


图 4-27 普通拉线

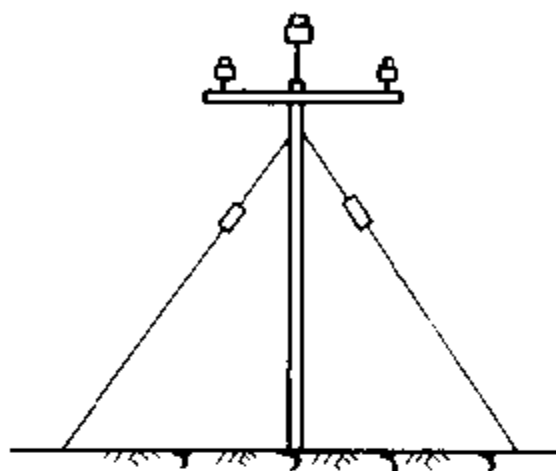


图 4-28 人字拉线

3. 十字拉线

十字拉线一般在耐张杆处装设，目的是加强耐张杆的稳定性，在顺线路方向和横线路方向各安装一组人字拉线，总称为十字拉线。

4. 水平拉线

水平拉线主要是为了不妨碍交通，在拉线需横跨道路时装设的。作法是在道路的另一侧，线路延长线上不妨碍人行的道旁立一根拉线杆，在杆上作一条拉线埋入地下，水平拉线则固定在拉线杆拉线的下方10cm处，如图4-29所示。

5. 共用拉线

直线杆在线路方向存在不平衡张力，如一侧导线粗，一侧导线细，装设普通拉线又没有条件，只可在两杆间设共同拉线，如图4-30所示。

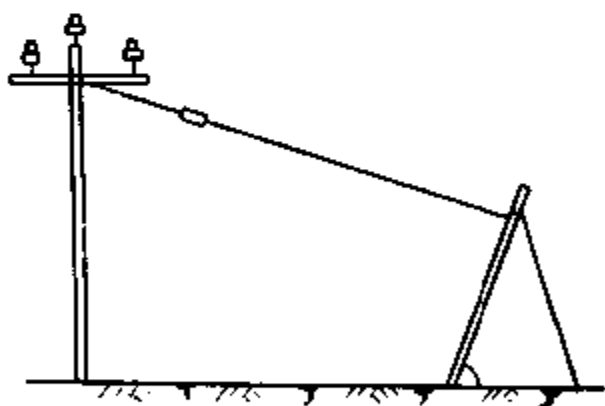


图 4-29 水平拉线

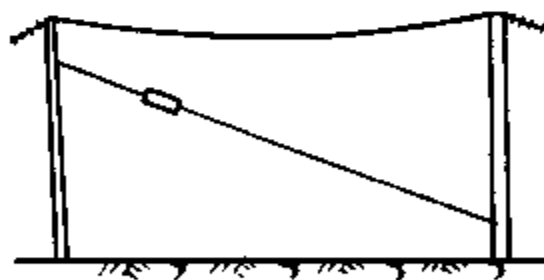


图 4-30 共用拉线

6. V形拉线

V形拉线主要用在电杆较高、横担较多、较大的情况下，由于受力不均匀，因此，在张力合成点上下两处安装V形拉线，如图4-31所示。

7. 弓形拉线

弓形拉线用于地形和周围环境的限制不能安装普通拉线的地方，如图4-32所示。

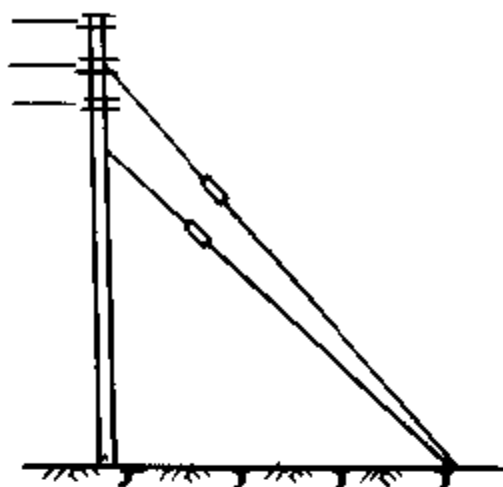


图 4-31 V形拉线

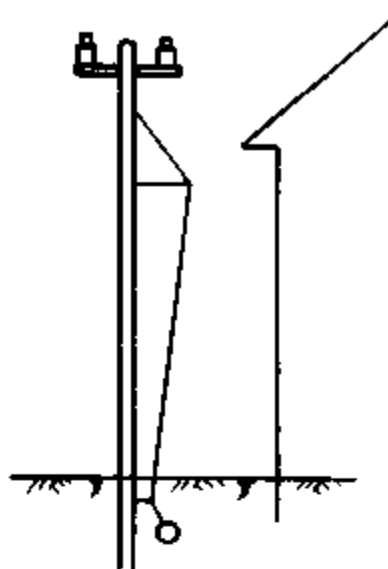


图 4-32 弓形拉线

(二) 拉线的结构

拉线应用镀锌钢绞线,某些低压配电线路导线截面小,负载不大时也可用镀锌铁线。拉线截面应根据使用拉力决定,一般可根据导线型号并参照表 4-11 选取。

表 4-11 每根导线所需拉线(钢绞线)截面 (mm²)

导线型号	拉线角度			导线型号	拉线角度		
	30°	45°	60°		30°	45°	60°
LGJ-25	11.4	8	6.6	LJ-95	14.9	10.6	8.6
LGJ-35	11.6	8.2	6.7	LJ-120	20.2	14.2	11.7
LGJ-50	15.2	10.7	8.7	LJ-150	25.3	17.9	14.5
LGJ-70	21.2	14.9	12.2	LJ-185	29.1	20.6	16.8
LGJ-95	26.6	18.8	15.3	LJ-240	37.7	26.7	21.6
LGJ-120	33.5	23.7	19.3	TJ-16	8.4	6.0	4.8
LGJ-150	32.5	23.0	18.8	TJ-25	13.1	9.3	7.6
LGJ-185	40.0	24.8	23.1	TJ-35	15.4	10.8	8.9
LGJ-240	52	36.8	30.0	TJ-50	16.7	11.6	9.5
LJ-35	7.1	5.0	4.1	TJ-70	23.1	16.4	13.3
LJ-50	10.1	7.2	5.83	TJ-95	24.9	17.6	14.4
LJ-70	13.2	9.3	7.6				

拉线通常分上下两部分,上部拉线连接电杆称为上把;与上把连结部分叫中把;下部拉线包括拉线环,拉线棒称为下把。

拉线上把固定在电杆承力横担准线下侧 10cm 处,拉线如从导线之间穿过时,应在上中把连结部分装设拉线绝缘子,在断拉线的情况下,拉线绝缘子距地面不应小于 2.5m。

拉线上端采用楔型线夹加延长环固定在电杆抱箍上，下端采用 UT 型线夹与拉线棒相连，如图 4-33 所示。

(三) 拉线的装设

拉线的装设应符合下列要求：

(1) 普通拉线与电杆的夹角一般应为 45° ，受地形限制时，不应小于 30° 。

(2) 拉线装设方向， 30° 及以内的角度杆设合力拉线，拉线应设在线路外角的平分线上； 30° 以上的角度杆应按线路方向分设，每条拉线应向外角的角分线方向移 $0.5\sim 1\text{m}$ ；终端杆的拉线应设在线路中心线的延长线上；防风拉线应与线路方向垂直。

(3) 水平拉线与路面的距离：对路面中心的垂直距离不应小于 6m ，在拉线柱处不应小于 4.5m 。

(4) 水平拉线柱宜采用底盘，拉线柱应向拉力的反方向倾斜 $10^\circ\sim 20^\circ$ ；拉线柱尾线与拉线柱之间的夹角不应小于 30° ，尾线应设在水平拉线上方并距杆顶为 250mm 处。

(5) 拉线棒最小直径为 16mm ，拉线棒应采取镀锌防腐，严重腐蚀地区自地下 500mm 至地上 200mm 处采用涂沥清、缠两层麻袋片防腐。

拉线的绑扎法为：拉线的上把环和下把环都要设置心形环，拉线环的绑扎宜采用直径不小于 3.2mm 的镀锌铁线，缠绕应整齐紧密。上把环内径应大于 16mm 小于 25mm ，中把环长径不得大于拉线绝缘子长径的 1.5 倍。

上中把环和下把环的制做方法分别如图 4-34 和图 4-35 所示。

按上、中把环的内径大小将镀锌钢绞线握成一个套环，用镀锌铁线密缠 120mm 长，扳起钢绞线端头，在本线上密缠 50mm 长，再将钢绞线端头压下去，密缠 80mm 长后拧三个花的小辫，剪去余线，如图 4-34 所示。

拉线下把环制法，是将镀锌钢绞线握成能容纳拉线棒直径 1.5 倍大小的环，用直径 $3.2\sim$

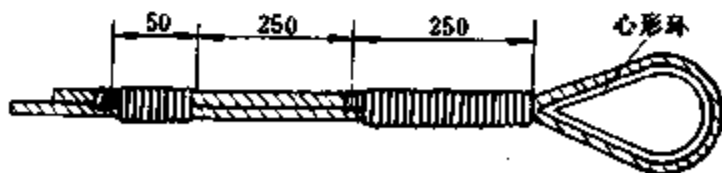


图 4-35 钢线、铁线拉线下把作法

4.0mm 的镀锌铁线密缠 $200\sim 300\text{mm}$ 长，在相距 250mm 处再密缠 50mm 长后拧三个花的小辫，剪去余线，如图 4-35 所示。

拉线绝缘子套环的制作，是在拉线绝缘子长径 1.5 倍处用 $3\sim 4$ 个钢线卡子，将钢绞线卡紧，不得抽动，如图 4-36 所示。拉线绝缘子及拉线棒选用见表 4-12。

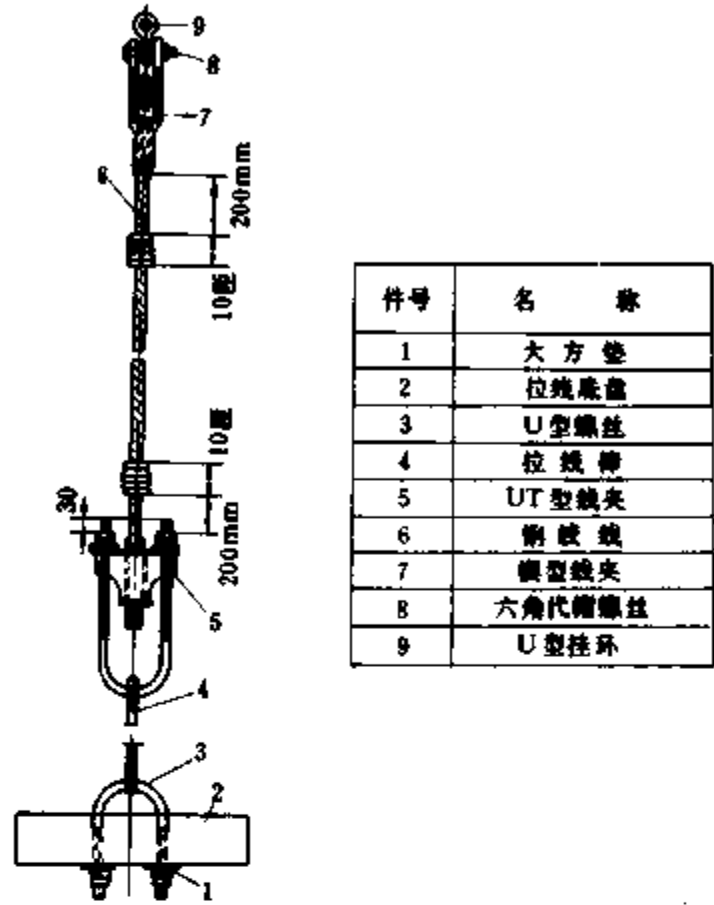


图 4-33 楔型线夹——UT 型线夹钢绞线拉线装图

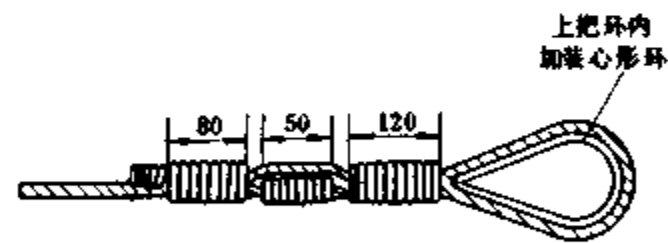


图 4-34 钢绞线拉线上、中把作法

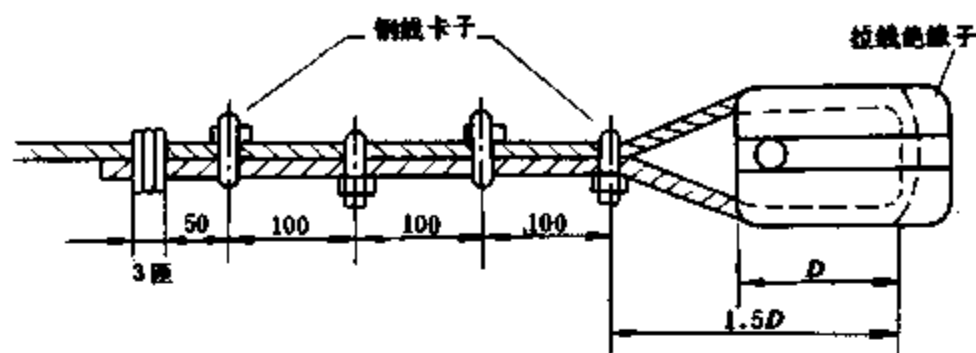


图 4-36 拉线绝缘子套环制作

表 4-12 拉线绝缘子及拉线棒选用表

拉线绝缘子		拉线	拉线棒	使用拉力 (kN)	拉线绝缘子		拉线	拉线棒	使用拉力 (kN)
型 号	规格 (mm)	钢绞线 (mm ²)	元钢 φ (mm)		型 号	规格 (mm)	钢绞线 (mm ²)	元钢 φ (mm)	
J-2	90×80	25	16	10	J-4.5	110×100	70	22	40
J-2	90×80	35	16	15	J-9	150×130	100	25	50
J-4.5	110×100	50	19	20	J-9	150×130	100	25	60

第四节 导线的架设

一、放线

配电线路的放线，通常在一个耐张段内进行，放线时先将线轴安放在放线架上，放线架一般用槽钢和角钢做成三角架形，槽钢内装有螺旋升降装置，用钢管或元钢穿过线轴两端架到三角的升降孔内，然后提升丝杠使线轴升到一定高度（线轴边缘离开地面 50~100mm 即可），使线轴架空并能旋转。如无放线架时，可在地面挖一个比线轴直径稍大一点的半圆形地槽，槽两侧用圆木或方木垫起，将线轴架于垫木上即可。三角架放线和地槽放线如图 4-37 所示。

当导线截面较小而耐张段又不大时，可采用人力牵引展放导线。人力放线，拉线人员要适当分开，人与人之间的距离以导线不碰地为宜。牵引线头应由技工担任，走准方向，时时瞭望后方信号，防止走偏，并注意线间不要相互交叉。

放线过程中，要注意保护导线不受损伤，并应注意导线原有断头位置和制造厂在线上设有标志的地方。凡在跨越处、交通道口及高差较大处均应有人监视，以便观察导线展放情况及防止导线因挂住而产生磨伤、断股等损伤。信号监视人员应站在高处对前后旗语信号能全面看清，发生异常情况时要立即发出信号停止放线，进行处理。对信号的传递要及时、准确。

当导线牵引到下一基电杆时，应越过电杆一段距离再停止牵引，这时由登杆人员将导线挂入装在横担上的滑轮槽内，其滑轮直径应大于导线直径 10 倍以上。放线使用的滑车有悬挂滑车和坐滑车两种，配电线路一般采用坐滑车，可直接将滑车固定在横担上面瓷瓶附近，这样可以在导线紧完后很方便的拿到瓷瓶上。放线滑车的滑轮一般采用铝质（展放导线）和铁质

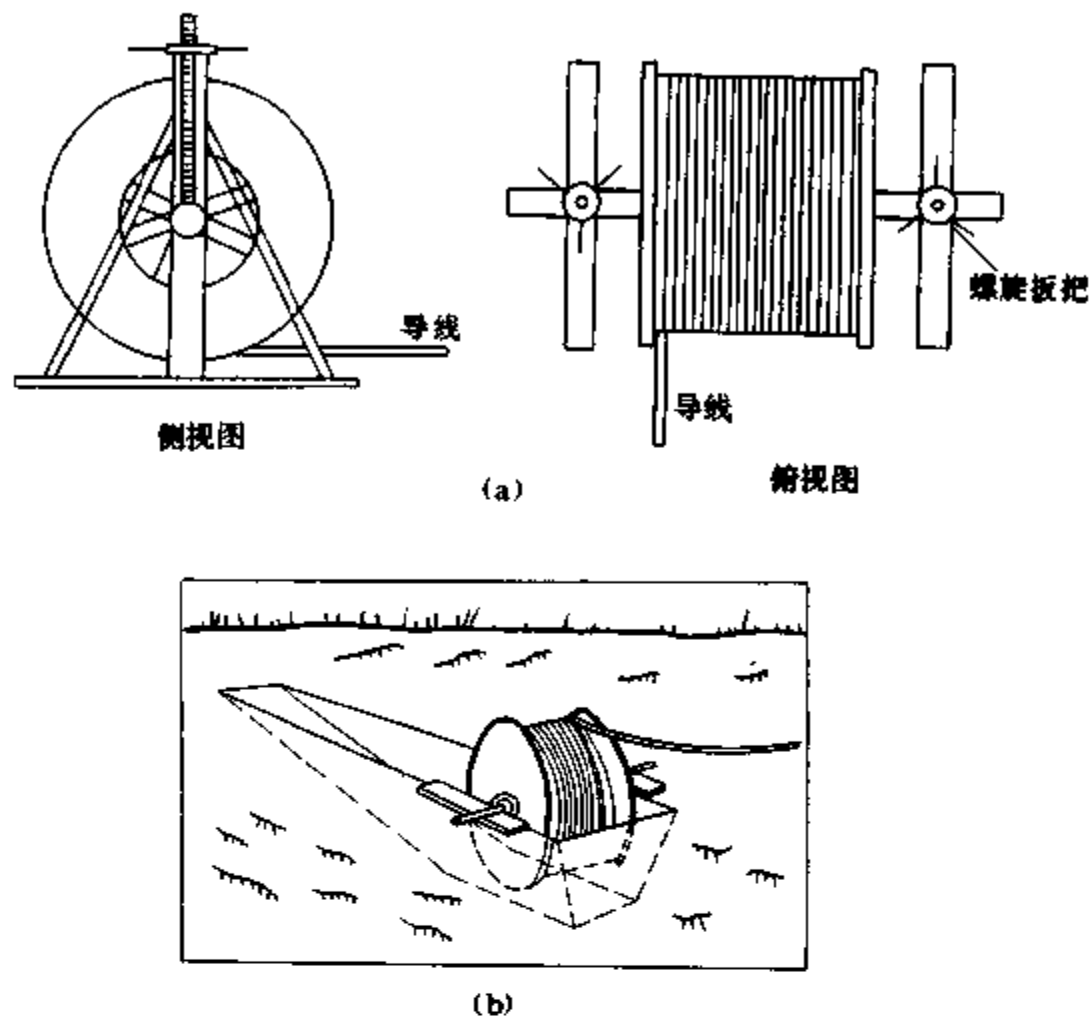


图 4-37 放线方法

(a) 三角架放线；(b) 地槽放线

(展放地线) 两种。不得将导线直接放在瓷瓶、横担上牵引，以免卡伤导线和瓷釉。

导线展放也可采用畜力，在有条件的情况下还可采用拖拉机或汽车。采用拖拉机放线既可节省人力，同时又可三根导线同时展放，速度快，又平稳。放线时，前后信号的通讯联系应尽量采用对讲机。

二、导线的连接

导线由于受到制造长度的限制，不可能满足线路每个耐张段的长度而不出接头，特别是采用旧导线时，其长度都不太长，可能还有破损断股，所以在架线时，导线必须进行连接和补修。

(一) 导线连接及补修的要求

(1) 导线不应有磨损、断股、金钩等现象，其缺陷的处理，可按表 4-13 规定。

表 4-13 导线损伤处理标准

处理方法	钢芯铝绞线与钢芯铝合金绞线	铝绞线与铝合金绞线
不作补修可用 0 号砂纸磨光	损伤截面为导电部分截面的 5% 及以下，强度损失小于 4%	损伤截面积为 4% 及以下
缠绕或预绞丝修理	损伤截面不超过总导电部分截面的 7%，强度损失不超过 5%	强度损失不超过总拉断力的 5%

续表

处理方法	钢芯铝绞线与钢芯铝合金绞线	铝绞线与铝合金绞线
补修管补修	损伤截面不超过总导电部分截面的 25%，强度损失超过 5%，不超过 17%	强度损失超过总拉断力的 5%，但不足 17%
锯断重接	损伤截面超过总导电部分截面 25%，强度损失超过 17% 钢芯断一股、金钩、破股形成永久变形	强度损失超过总拉断力的 17% 金钩、破股已形成无法修复的变形

采用缠绕处理时应将受伤处线股处理平整，缠绕材料应为铝单丝，缠绕应紧密，其中心应位于损伤最严重处，并应将受伤部分全部覆盖。其长度不得小于 100mm。

采用预绞丝处理时，预绞丝长度不得小于三个节距，补修预绞丝应与导线接触紧密，其中心应位于最严重处，并应将损伤部位全部覆盖。

采用补修管补修时，先将损伤处的线股恢复原绞制状态，补修管的中心应位于损伤最严重处。补修管可采用液压或爆压，其操作必须符合规程有关规定。

(2) 导线的连接应遵守下列规定：

1) 不同金属，不同规格，不同绞制方向的导线严禁在一个耐张段内连结。

2) 新建线路在一个档距内，每根导线只允许有一个接头。接头位置应距导线与绝缘子固定处 0.5m 以上。跨越重要的电力线、通讯线、铁路和公路等处时，跨越档内不准有接头。

3) 导线接头的电阻不应大于等长导线的电阻；档距内接头的抗拉强度不应小于导线抗拉强度的 90%。

4) 架空配电线路多采用钢芯铝绞线和铝绞线，在档距内的接头宜采用钳压法和爆压法；铜导线在档距内的接头，应用编接法；跳线的连接，铜线宜用缠绕法，而其他导线宜采用并沟线夹、钳压法或爆压法。

(二) 导线连接的方法

架空配电线路导线的连接，对于钢芯铝绞线和截面较大的铝绞线应采用钳压法、液压法和爆压法，对于铜绞线和小截面的铝绞线，可采用编接法。

1. 编接法

编接法适用于截面较小的多股铜导线和铝导线，连接时量出接线的破头长度，把接头的线股按顺序打开，清除导线表面氧化膜，将两线头破开的线股按顺序叉对到一起，如图 4-38 (a) 所示，再用与单股导线直径相同的绑线在两个对叉好的接头中间开始缠绕一段，如图 4-38 (b) 所示。然后再在两端各用破股的导线逐股缠绕，19 股及以上导线可用两股同时缠绕，每股缠绕回数为：7 股导线绕 10 回；19 股导线绕 7 回。各股端头要压绕在线内，最后一根与前股余线拧二个麻花，再在导线上缠五回剪断，如图 4-38 (c) 所示。导线编接规格见表 4-14。

表 4-14 编接接头长度表

导线型号-截面 (mm ²)	TJ-16	TJ-25	TJ35-50	TJ70-95
绑线缠绕段 (mm)	60	80	80	100
接头全长 (mm)	300	400	500	700
绑线直径 (mm)	2.11	2.11	2.49	2.49

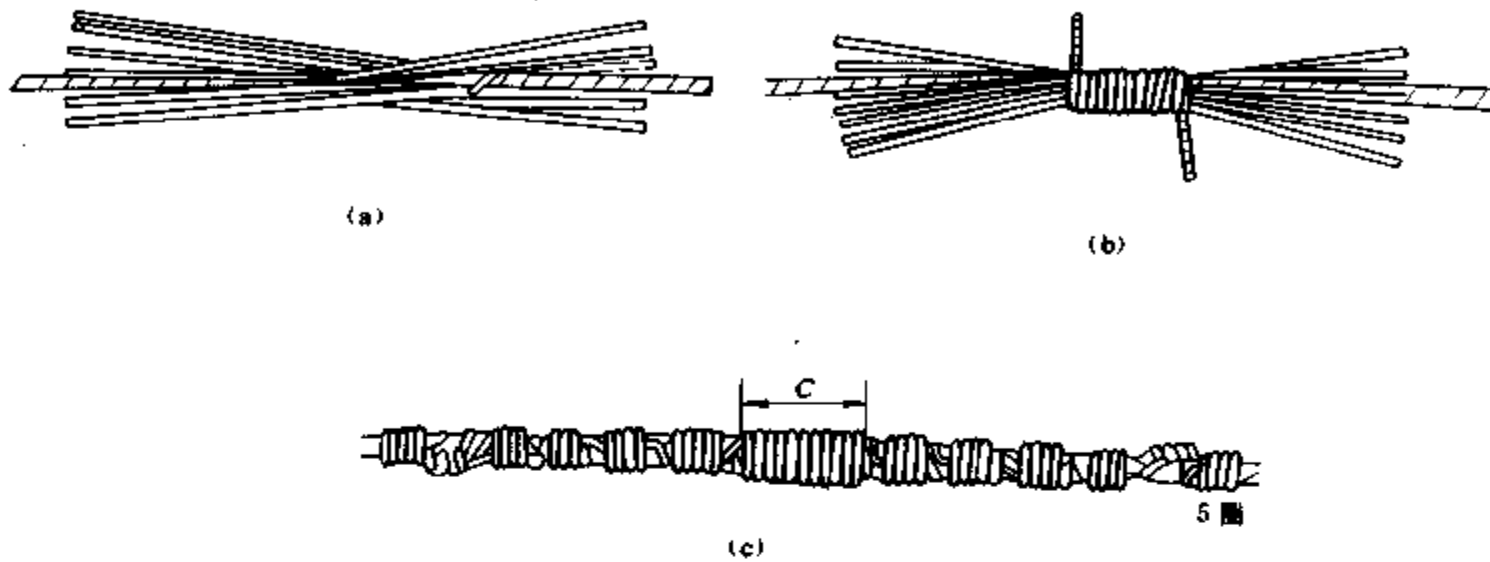


图 4-38 编接法

2. 钳压法

铝绞线和钢芯铝绞线的承力接头的连接应采用钳压法或爆炸压接法。

钳压法的顺序与标准为：

(1) 用绑线将导线端头扎紧，用铁锯将导线锯齐，用钢丝刷子清除导线表皮、管内部及垫片的氧化膜和污垢，再用汽油清洗一遍。

(2) 按着规定的尺寸将所要压的坑印划到压接管上。

(3) 在清洗后的导线上涂上一层导电脂（或中性凡士林油），再用钢丝刷轻刷一遍，将导线及压条穿入管内，两端线头伸出管外 30~40mm。

(4) 根据导线规格选择压模，按着规定的压接顺序开始压第一个点，铝绞线和铜绞线的连接管压接顺序是从管端开始依次向另一端上下交错压接；钢芯铝绞线连接管是从中间开始依次先向一端上下交错压接，再从中间向另一端顺序上下交错压接。每模压完后应停半分钟，压接时应使最外面的压模位于被连接导线的断头侧。

(5) 压接后，管子应平直，弯曲度（弯度与管子长度之比）不应大于 2%，如超过规定，允许在木板上用木锤轻敲矫直。管子压接或矫直后不应有裂纹，管口附近的导线不应有“灯笼”状、“抽筋”等现象，否则应割断重接。

(6) 压接后，压接管两端须涂上樟丹油。

铝绞线及钢芯铝绞线钳压接头规格如表 4-15 所示。铝线及钢芯铝绞线压接顺序分别如图 4-39 及图 4-40、图 4-41 所示。

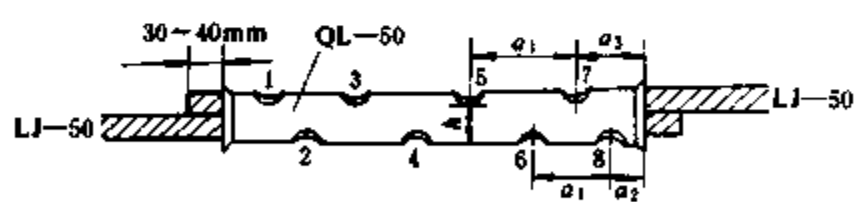


图 4-39 铝线压接顺序

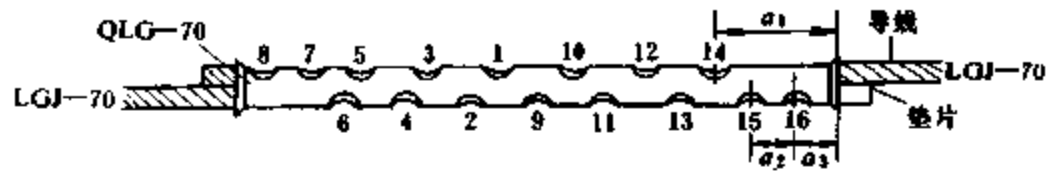


图 4-40 钢芯铝绞线压接顺序

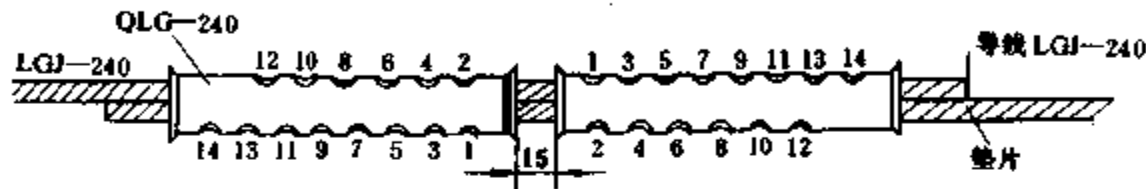


图 4-41 LGJ-240 钢芯铝绞线压接顺序

表 4-15 铝线、钢芯铝绞线钳压接头规格表

管型号	适用导线		压模数	压后尺寸 (mm)	钳压部位尺寸 (mm)		
	型号	外径 (mm)			a_1	a_2	a_3
JT-35L	LJ-35	7.5	6	14.0	36	25	43
JT-50L	LJ-50	9.00	8	16.5	40	25	45
JT-70L	LJ-70	10.80	8	19.5	44	28	50
JT-95L	LJ-95	12.48	10	23.0	48	32	56
JT-120L	LJ-120	14.00	10	26.0	52	33	59
JT-150L	LJ-150	15.75	10	30.0	56	34	62
JT-185L	LJ-185	17.50	10	33.5	60	35	65
JT-95/15	LGJ-95/15	13.61	20	29.0	54	61.5	142.5
JT-95/20	LGJ-95/20	13.87	20	29.0	54	61.5	142.5
JT-120/20	LGJ-120/20	15.07	24	33.0	62	67.5	160.5
JT-150/20	LGJ-150/20	16.67	24	33.6	64	70.0	166.0
JT-150/25	LGJ-150/25	17.10	24	36.0	64	70.0	166.0
JT-185/25	LGJ-185/25	18.90	26	39.0	66	74.5	173.5
JT-185/30	LGJ-185/30	18.88	26	39.0	66	74.5	173.5
JT-240/30	LGJ-240/30	21.60	14×2	43.0	62	68.5	161.5
JT-240/40	LGJ-240/40	21.66	14×2	43.0	62	68.5	161.5

3. 爆炸压接法

所谓爆炸压接，就是利用炸药爆炸时产生的巨大能量，将导线与铝压接管压成一个整体，使其具有一定的机械强度和电气性能。其典型方法是：在两根导线外面套一根特别的铝压接管，再在压接管外包上适量的炸药，用雷管引爆，几乎在炸药爆炸完成的同时，接头的压接也就完成了。

利用炸药爆炸压接的接头，经金相分析表明，虽然大部属于机械结合，但是铝线间和

铝线与铝管间也出现了焊接区。因此，爆炸压接是一种特殊焊接，属于爆炸焊接范畴，不过习惯上称做爆炸压接。

爆炸压接在施工现场受到广大施工人员的欢迎，其主要原因是它与机械压接比较，具有轻（工具轻）、快（速度快）、省（材料省）、好（压接质量好）等优点，现分述如下：

(1) 工具轻。以截面为 400mm^2 的钢芯铝绞线接头压接为例，使用液压机重达数十至上百公斤。而使用爆炸压接方法所用的器材（包括雷管、导火索、炸药），则不到 1kg ，大大减轻了劳动强度，特别是在山区施工更显得突出。

(2) 速度快。用液压机压接一个截面为 400mm^2 的钢芯铝绞线接头需四个人，最快也要几十分钟。用爆炸压接的方法，则只需两个人，十几分钟就完成了。

(3) 材料省。采用爆炸压接法压接的导线接头，压接管与导线间由机械压接的点接触改为面接触，管与线的摩擦力便大大提高，因而压接管可以相应减短，节约了有色金属。如采用爆炸压接所需压接管仅需采用钳压时压接管的 $1/3$ 就够了。

(4) 质量好。大量试验证明，只要施工操作规范，爆炸压接后的接头不管是机械强度还是电气性能均能达到规定的标准。

爆炸压接在新建线路施工中得到了广泛应用，对电力建设发挥了积极作用，但由于炸药、雷管系危险品，在运输、保管方面比较麻烦，同时，爆炸时噪声较大，因此在城区内不宜使用。

4. 线夹连接法

裸铝绞线，钢芯铝绞线跳线一般采用并沟线夹。截面为 185mm^2 以上的导线连接采用两个及以上并沟线夹，如两侧导线截面不等用异径线夹，铝线分支 T 型接头或变压器台引下线 T 形接头，一般用螺栓式 T 型线夹。

三、紧线

(一) 紧线方法

架空配电线路的紧线方法，一般常用单线紧线，两线紧线和三线紧线法。目前城区配电线路主干线截面较大，在耐张段距离长的情况下，先要采用绞磨地面紧线，然后再到杆上悬挂紧线器紧线。但一般导线截面不大，且耐张段距离也不太长时，普通仅采用在电杆横担上悬挂紧线器紧线的方法。一般先紧外侧两根，后紧内侧两根或中间一根，力求紧线时横担两侧受力均匀，否则横担将歪斜。

紧线时，首先将导线的一端在耐张杆上的蝶式绝缘子或耐张线夹上固定好，并在耐张杆上打好临时拉线，然后在另一端耐张杆横担两端挂两个紧线器，地面人员将两侧导线在地面用力收紧，杆上人员向外探身用紧线夹头夹住导线（一般铝线应在夹口处缠绕一层铝包带），同时收紧两侧导线，紧到一定程度，杆上人员进行弛度观测。弛垂观测好后，将导线在蝶式绝缘子或耐张线夹上固定好，最后松开紧线器。

(二) 弧垂观测

在耐张段距离不大的情况下，一般选择 $1\sim 2$ 个观测档进行观测弧垂。架空配电线路一般高差不大，所以常用等长法（平行四边形法）进行观测。

观测时，在观测档电杆的导线悬挂点 A、B 两处悬挂弧垂板，如图 4-42 所示，将弧垂

板的横尺定位在规定的弧垂值 f 上, 使 $AA_0=BB_0=f$ 。当紧线人员调整导线拉力时, 观测人员应时刻观察导线弧垂的最低点是否与 AB 两杆的横尺连线相切, 如有偏差, 可让杆上紧线人员进行调整, 直到正好相切为止。

等长法观测弧垂, 其误差将随着导线悬挂点高差增大而增大, 这是因为当悬挂点高差为 0 时, 其观测弧垂的视线是水平的 (即切点在最低点处), 此时观测弧垂误差最小, 当高差逐渐增大, 其视线的倾斜也逐渐增大 (即切点逐渐远离最低点), 此时观测弧垂误差逐渐增大, 因此在架空线悬挂点高差较大时, 不宜采用等长法。

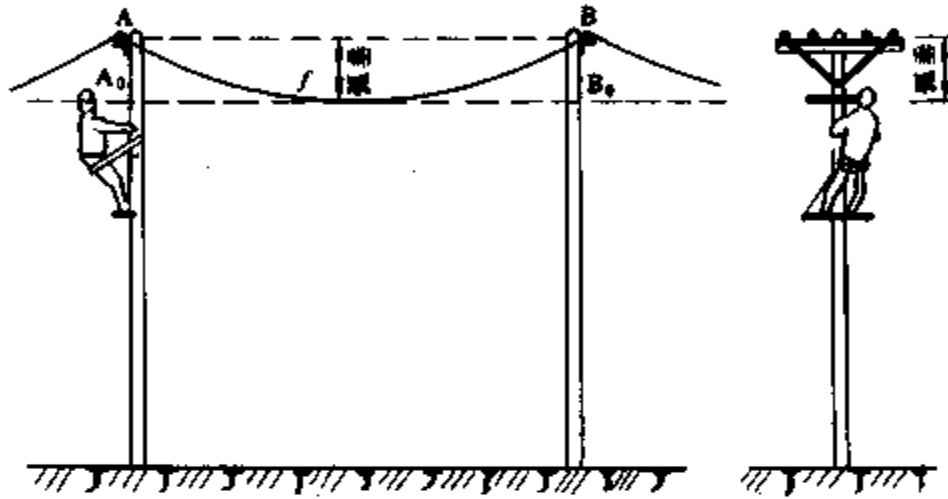


图 4-42 等长法观测弧垂

为补偿由于滑轮磨擦不同造成的前后档弧垂的不平衡, 紧线时应进行过牵引, 然后松回, 反复几次直至前后弧垂一致为止。

导线的安装弧垂应根据计算确定, 施工误差不应超过 $+5\%$ 、 -2.5% 。导线紧好后, 同档内各相导线的弧垂应一致, 水平排列的导线弧垂相差不应大于 50mm 。

架设的新线应考虑初伸长时弧垂的影响, 一般采用减小弧垂法补偿, 减小的百分数按以下规定: 裸铝绞线为 20% ; 钢芯铝绞线为 12% ; 裸铜线为 8% 。

(三) 导线固定

架空配电线路的导线在针式及蝶式绝缘子上的固定, 普遍采用绑线缠绕法。

绑线材料与导线材料相同, 铝绑线的直径应在 $2.6\sim 3\text{mm}$ 范围内; 铜绑线的直径应在 $2.0\sim 2.6\text{mm}$ 范围内, 铝导线在绑扎之前应在与瓷瓶 (或金具) 的接触部分缠绕铝包带, 缠绕长度应超出绑扎部分 30mm 。

1. 直线杆绑扎法

直线杆绑扎法, 是将导线固定在绝缘子顶部槽内, 所以又叫顶扎法。绑扎步骤按图 4-43 所示进行。

(1) 在绑扎处的导线上缠绕铝包带 (若是铜导线则不缠铝包带)。把绑线盘成一个圆盘, 留出一个短头, 其长度为 250mm 左右, 用短头在绝缘子侧的导线上绕三圈, 其方向是从导线外侧、经导线上方绕向导线内侧, 如图 4-43 (a) 所示。

(2) 用盘起来的绑线在绝缘子颈内侧绕到绝缘子右侧的导线上绑三圈, 其方向是从导线下方、经外侧绕向上方, 如图 4-43 (b) 所示。

(3) 然后用盘起来的绑线在绝缘子脖颈外侧绕到绝缘子左侧导线上, 并再绑三圈, 其方

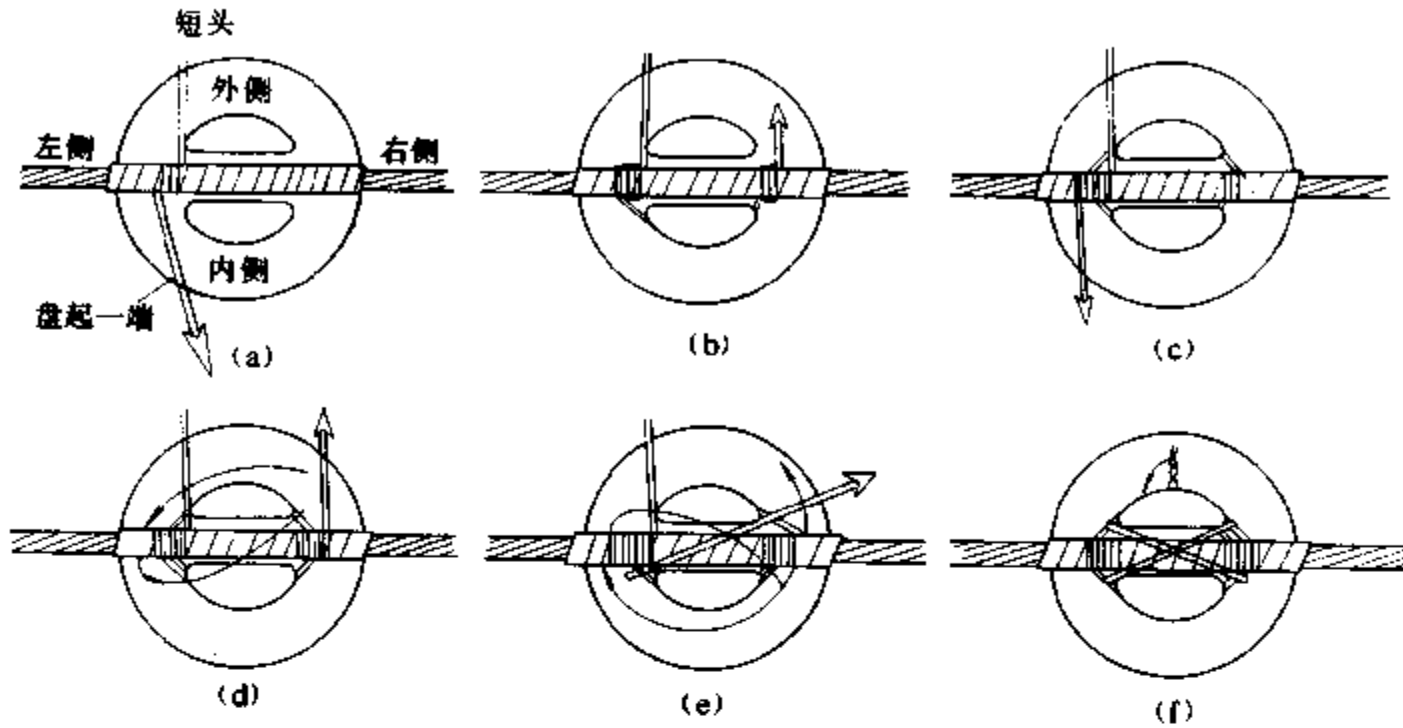


图 4-43 针式绝缘子直线型顶槽绑扎法

向是由导线下方、经内侧绕到导线上方，如图 4-43 (c) 所示。

(4) 再把盘起来的绑线自绝缘子脖颈内侧绕到绝缘子右侧导线上，并再绑三圈，其方向是由导线下方、经外侧绕到导线上方，如图 4-43 (d) 所示。

(5) 把盘起来的绑线自绝缘子外侧绕到绝缘子左侧导线下面，如图 4-43 (d) 中弧线箭头所示，并自导线内侧上来，经过绝缘子顶部交叉压在导线上，然后从绝缘子右侧导线外侧绕到绝缘子脖颈内侧，并从绝缘子左侧的导线下方经过导线外侧上来，如图 4-43 (e) 所示，经绝缘子顶部第二次交叉压在导线上，如图 4-43 (e) 所示。

(6) 把盘起来的绑线从绝缘子右侧的导线内侧，经下方绕到绝缘子脖颈外侧与绑线短头一并在绝缘子外侧中间拧一小辫，将多余绑线剪断，并将小辫压平，如图 4-43 (f) 所示。

2. 转角杆绑扎法

转角杆绑扎法，是将导线固定在针式绝缘子外侧的脖颈上或瓷横担顶部的第一脖颈上，所以又叫颈扎法。绑扎步骤按图 4-44 进行。

(1) 在绑扎处的导线上缠绕铝包带，把绑线盘成一个圆盘，在绑线的一端留出一个短头，其长度为 250mm 左右，用绑线的短头在绝缘子左侧的导线上绑三圈，方向是自导线外侧经导线上方绕向导线内侧，如图 4-44 (a) 所示。

(2) 用盘起来的绑线自绝缘子脖颈内侧绕过，绕到绝缘子右侧导线上并绑三圈，方向是自导线下方绕到导线外侧，再到导线上方，如图 4-44 (a)、(b) 所示。

(3) 用盘起来的绑线，从绝缘子脖颈内侧绕回到绝缘子左侧导线上并绑三圈，方向是自导线下方经过外侧绕到导线上方，然后再经过绝缘子脖颈内侧回到绝缘子右侧导线上，再绑三圈，方向是从导线下方经外侧绕到导线上方，如图 4-44 (c) 所示。

(4) 用盘起来的绑线自绝缘子脖颈内侧绕过，绕到绝缘子左侧导线下方，并自绝缘子左侧导线外侧经导线下方绕到右侧导线上方，如图 4-44 (d) 所示。

(5) 在绝缘子右侧上方的绑线经颈内侧绕回到绝缘子左侧经导线上方由外侧绕到绝缘子右侧导线下方回到导线内侧；这时绑线已在绝缘子外侧导线上压了一个“×”字，如图

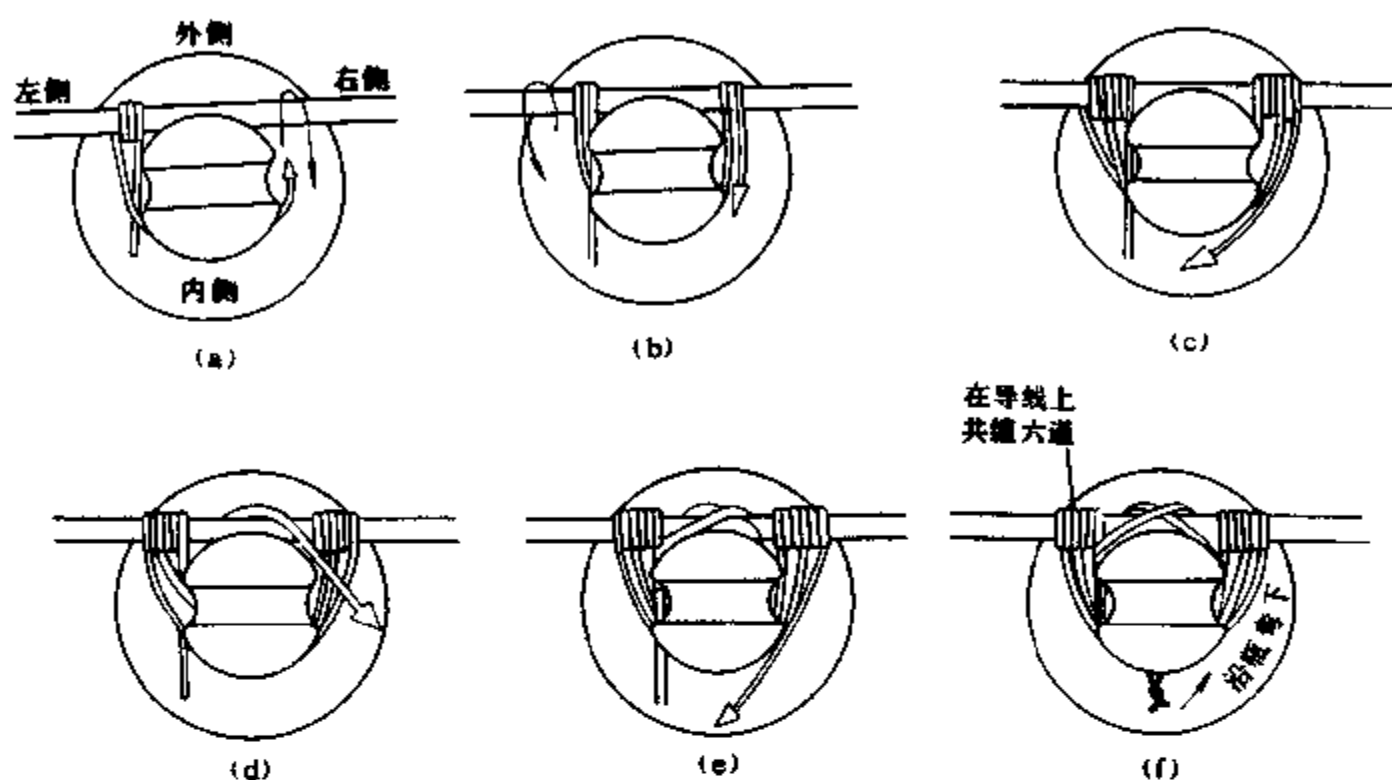


图 4-44 针式绝缘子（或瓷横担）脖颈绑扎法

4-44 (e) 所示。

(6) 将压完“×”字的绑线端头绕到绝缘子脖颈内侧中间，与绑线短头一并拧一小辫，剪去多余绑线，沿瓶弯下压平，如图 4-44 (f) 所示。

3. 终端绑扎法

终端绑扎法适用于导线固定在蝶式绝缘子上，其方法步骤如图 4-45 所示，并简述如下：

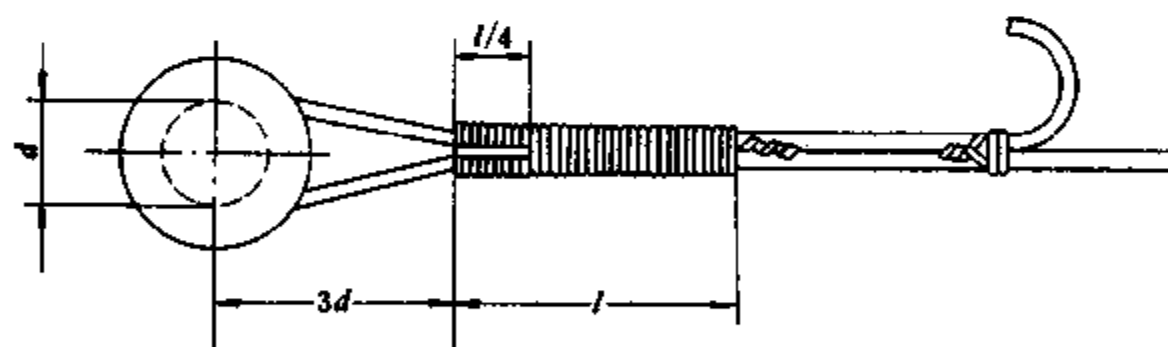


图 4-45 蝶式绝缘子终端绑扎法

先在导线与蝶式绝缘子接触部分缠绕铝包带（若是铜导线可不缠铝包带）。把绑线盘成圆盘（绑线长度根据所需绑扎的导线截面及绑扎长度来确定），在绑线一端留出一个短头，其长度为 200~250mm。把绑线短头夹在导线与折回导线之间，然后将绑线在两导线上绑扎 $l/4$ 长度后，将短头压倒，折回到两导线之间，用绑线将两导线及短头三者一并继续绑扎，直到达到要求尺寸 l 。然后，用绑线和压下的短头拧一个小辫，剪去多余绑线后压平。绑扎长度见表 4-16。

表 4-16

导线绑扎长度 (mm)

导线种类	导线规范	绑线直径	绑扎长度
单股线直径	$\phi 3.2$ 以下	2.0	40
	$\phi 3.2 \sim 3.53$	2.0~2.3	60
	$\phi 4.0$	2.0~2.3	80
多股线截面	$\phi 5.0$	2.0~2.3	100
	$\phi 16 \sim 25$	2.0~2.3	100
	$\phi 35 \sim 50$	2.5~3.0	120
	$\phi 70$	2.5~3.0	150

4. 导线在耐张线夹上的固定方法

当配电线路耐张杆采用二片悬式绝缘子时,导线与悬式绝缘子之间采用耐张线夹固定。目前耐张线夹普遍采用倒装式,其固定方法如图 4-46 所示。

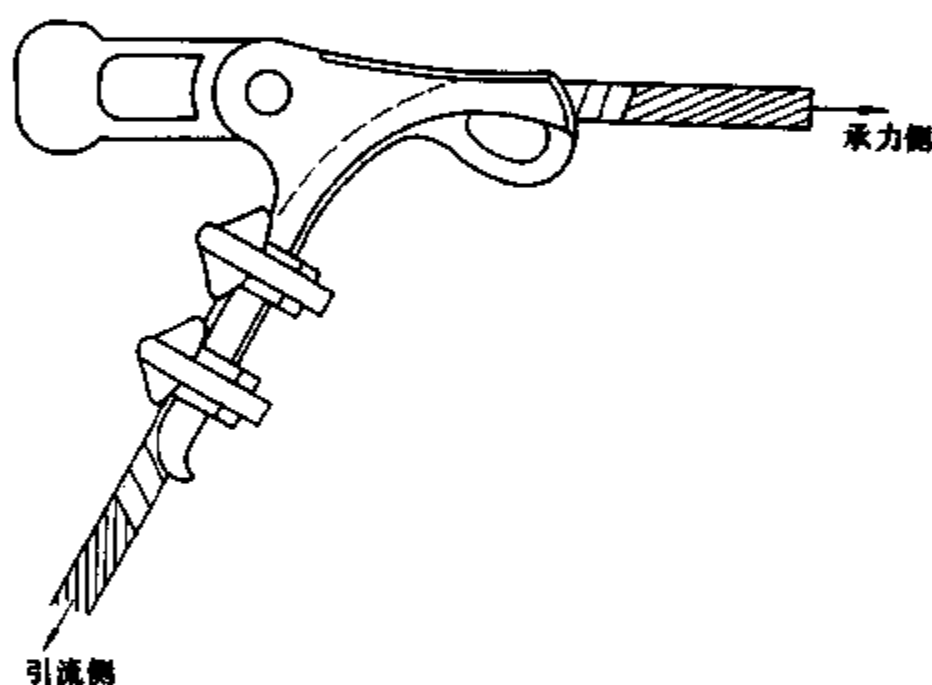


图 4-46 导线在耐张线夹上的固定

当导线收紧到符合弛度标准以后,可将导线固定在耐张线夹上(在使用紧线器紧线时,紧线器前端钩到与导线连接的夹具上,后端钩挂在耐张线夹前部的圆环内,这样导线紧好后可直接将导线固定到耐张线夹里而弛度不发生变化)。

固定前,先将导线与耐张线夹的接触部分缠绕铝包带,缠绕长度以两端各露出线夹 30mm 为准。然后将耐张线夹的 U 形螺栓卸下,将导线穿入线夹内,装上全部 U 形螺栓及压板,并用手拧紧,然后用活动搬手逐个将螺栓拧紧。在拧紧过程中,要使受力均衡,不得使线夹的压板偏斜和卡碰。所有螺丝拧紧后,再逐个检查并复紧一次。

第五节 接 户 线

凡从架空配电线路到用户电源进户端前第一支持点的一段导线,无论是沿墙敷设或直接自电杆引下的,均称为接户线,如图 4-47 所示。接户线是将电能输送和分配到用户的最

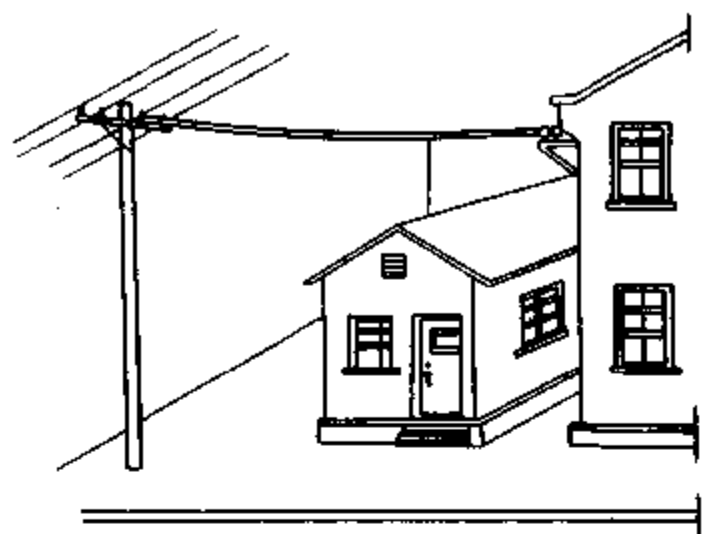


图 4-47 接户线的设置

后一部分线路，也是用户电源线路的开端部分。

一、接户线的种类及施工方法

按架空配电线路的电压，接户线可分为高压接户线和低压接户线。

高压接户线一般适用于较大的工厂、企业和农田排灌等，其一般安装方式如图 4-48 所示。从配电线路上通过一组断路器（跌落式开关或柱上断路器——图中未画出）引到建筑物。当导线截面较小时，一般使用悬式绝缘子与蝶式绝缘子串连方式固定在

建筑物的支持点上。支持点应安装牢固，能足够承受接户线的全部拉力。

高压进户线引入室内时，必须采用穿墙套管引入，以防导线与建筑物接触漏电伤人及发生接地故障。

低压接户线适用于小型动力和照明用户。当导线截面较小时，可采用角铁或铁板嵌入墙内，配以针式绝缘子固定导线，如图 4-49 所示。当导线截面较大（超过 16mm^2 ）时，采用蝶式绝缘子固定导线，其方法是用螺栓将角铁横担固定在建筑物上，再在横担上装设蝶式绝缘子固定导线，如图 4-50 所示。

对于农村住宅只作照明的用户，由于建筑物的结构不同，还可采用弯脚针式绝缘子固定导线，但绝缘子应拧在建筑物的主材上，为了引线方便，针式绝缘子可以正装或横装，但不得倒装。

装设高、低压接户线时，不应跨越铁路、公路、大城

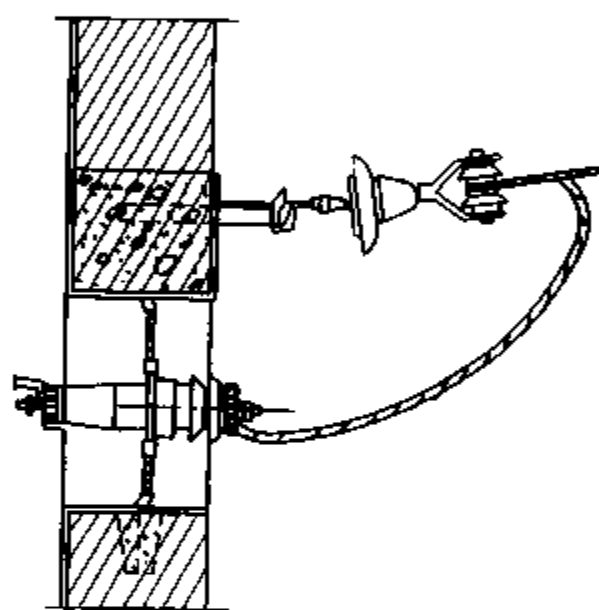


图 4-48 高压接户线

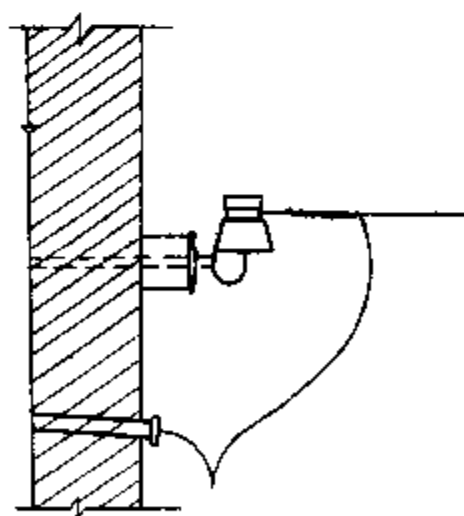


图 4-49 截面较小时接户线的装设

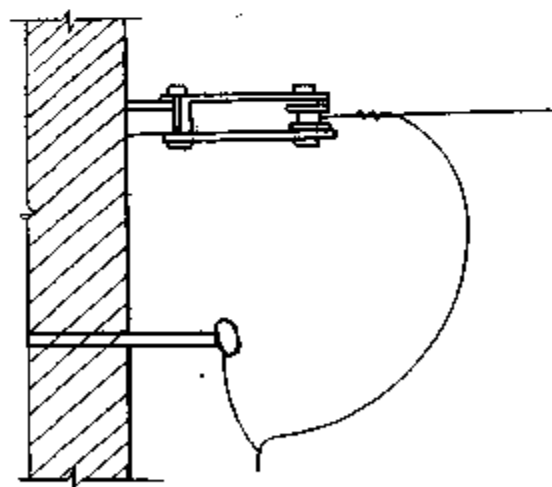


图 4-50 截面较大时接户线的装设

市主要街道以及高压架空配电线路。另外，低压接户线不允许从高压引下线间穿过。自电杆引下的接户线，高压接户线的档距不应大于 30m ，低压接户线的档距不应大于 25m ，超过

规定时应增设接户杆。

低压进户线引入室内时，导线应从装设在建筑物墙壁中的金属管、瓷管或塑料管穿入，不允许直接引入，以防导线绝缘破损发生漏电或造成触电事故。

二、接户线的要求

(1) 接户线应采用橡皮绝缘导线或护套塑料绝缘导线，其导线截面应根据导线允许安全电流选择，但也应考虑导线的机械强度，最小允许截面不应小于表 4-17 的规定。

表 4-17 接户线最小允许截面

接户线类别	架设方式	档 距 (m)	最小截面 (mm ²)	
			绝缘铜线	绝缘铝线
低压接户线	自电杆上引下	25 以下	4.0	6.0
	沿墙敷设	6 及以下	2.5	4.0
高 压 接 户 线			16	25

(2) 接户线的最小线间距离规定为：高压接户线为 60cm；低压接户线自电杆上引下为 20cm；低压接户线沿墙敷设为 15cm。

(3) 不同金属，不同规格的接户线，不应在档距内连接。跨越通车街道的接户线不应有接头。

(4) 低压接户线沿墙敷设时，支架应牢固地装设在墙上，支架间距离不应大于 3m，各用户进户线前一支持点与进户点之间距离大于 1m 时，应另加一组支持点。

(5) 接户线在用户侧的最小对地距离，高压接户线不小于 4m，低压接户线不应小于 2.5m。

(6) 低压接户线在最大弧垂时的对地距离（至路面中心的垂直距离）不应小于下列规定：

- 1) 车辆通行的街道——6m。
- 2) 通行困难的街道、人行道——3.5m。
- 3) 偏僻街道，胡同（里、弄、巷）——3m。

(7) 低压接户线与建筑物有关部分的距离，不应小于下列数值：

- 1) 与接户线下方窗户的垂直距离——0.5m。
- 2) 与接户线上方阳台或窗户的垂直距离——0.8m。
- 3) 与窗户或阳台的水平距离——0.75m。
- 4) 与墙壁、构架的距离——0.05m。

(8) 低压接户线与同杆上的低压接户线交叉、接近时的最小净空距离不应小于 0.1m。不能满足时应套上绝缘管。

(9) 低压接户线与弱电线路的交叉距离，不应小于下列数值：

- 1) 低压接户线在弱电线路上方——0.6m。
- 2) 低压接户线在弱电线路下方——0.3m。

如不能满足上述要求，应采取隔离措施。

