

第13章

安全用电与节约用电

13-1 触电及其预防

人体是导体。当人体接触设备的带电部分，就有电流流过人体。根据一般经验，如大于 10 毫安的交流电，或大于 50 毫安的直流电流过人体时，就有可能危及生命。为了使电流不至于超过上述的数值，我国规定安全电压为 36 伏、24 伏及 12 伏三种（视场所潮湿程度而定）。电流流过心脏区域，触电伤害最为严重，所以双手触电，危险性最大。

触电形式可以分为单线触电和双线触电两种（图 13-1）。双线触电比单线触电更危险。若电机、电器的绝缘损坏（击穿）或绝缘性能不好（漏电）时，其外壳便会带电，如果人体与带电外壳接触，这就相当于单线触电。为了防止这种触电事故，电气设备常采用保护接地和保护接零措施。

此外，在各种形式的短路和带负载断开电路等情况下，人体都可能由于发生电弧而被烧伤。

测电笔是一种测试导线、电器和电气设备是否带电的常用电工工具。它

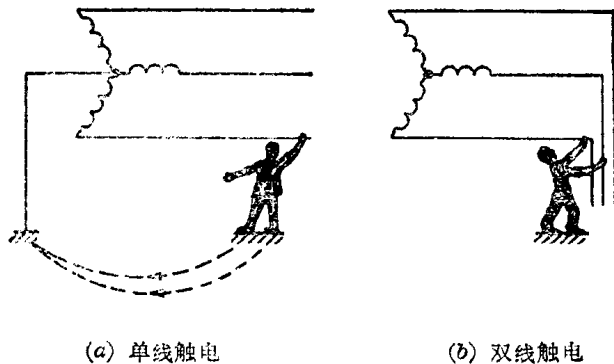


图 13-1 触电的形式

由金属体笔尖、电阻、氖管、笔杆小窗、弹簧、笔尾金属体等组成(图 13-2)。常见的测电笔有钢笔式、旋凿式两种。如果把测电笔的金属体笔尖与带电物体(如相线)接触,金属体笔尾与人手接触,那么氖管就会发光。由于测电笔内电阻比人体阻值大得多,因此人并无触电感觉。氖管发光,证明被测的物体带电。如果氖管不发光,就证明被测物体不带电。测电笔在每次使用前要在带电的相线上预先测试一下,检查它是否完好。低压测电笔只能在对地电压 250 伏以下使用。

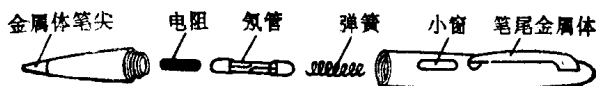


图 13-2 测电笔

为了更好地使用电能,防止触电事故的发生,必须采取一些安全措施:

(1) 各种电气设备,尤其是移动式电气设备,应建立经常的与定期的检查制度,如发现故障或与有关的规定不符合时,应及时加以处理。

(2) 使用各种电气设备时,应严格遵守操作制度。不得将三脚插头擅自改为二脚插头,也不得直接将线头插入插座内用电。

(3) 尽量不要带电工作,特别是在危险的场所(如工作地很狭窄,工作地周围有对地电压在 250 伏以上的导体等),禁止带电工作。如果必须带电工作时,应采取必要的安全措施(如站在橡胶毡上或穿绝缘橡胶靴,附近的其他导电体或接地处都应用橡胶布遮盖,并需有专人监护等等)。

(4) 带金属外壳的家用电器的外接电源插头一般都用三脚插头,其中有一根为接地线。而现有居民住宅大多没有敷设保护接地线,因此无法接用接地线。如果采用埋在地下的自来水管等作接地体,则必须保证地上的自来水管道与埋在地下的管道有良好的电气连接,中间必须接触良好,不能有塑料等不导电的接头。更不得利用煤气管道等易燃易爆的气体管道作为接地体或接地线使用。另外还须注意家用电器插头的相线零线应与插座中的相线零线相一致。插座规定的接法为:面对插座看,上面的接地线,左边的接中线,右边的接相线。

(5) 静电可能引起危害，重则可引起爆炸与火灾，轻则可使人受到电击，引起严重后果。消除静电首先应尽量限制静电电荷的产生或积聚。方法：
 ① 良好的接地，以消除静电电荷的积累。
 ② 提高设备周围的空气湿度至相对湿度 70% 以上，加速静电电荷逸散。
 ③ 用电离中和的措施，在形成电荷最强烈的地方安装放电针，使电荷得到中和，消除静电。
 ④ 采用能防止产生静电的生产过程，如减少摩擦，防止液体摇晃，防止灰尘飞扬等。
 ⑤ 在低导电性物质中掺入导电性能良好的物质。

(6) 有条件时，还可采用性能可靠的漏电保护器。漏电保护器原理如图 13-3 所示，它的型号参数如表 13-1 所示。当正常工作时，相线 L 与中性线 N 中的电流相等 ($I_1 = I_2$)，在铁芯中产生方向相反、大小相等的磁通，因而互相抵消，电流互感器无输出。一旦发生漏电 (存在 I_3)，使流经相线 L 与中性线 N 的电流不等，电流互感器便有输出，直接 (或经电子放大) 使脱扣装置动作切断电源，起到保护作用。

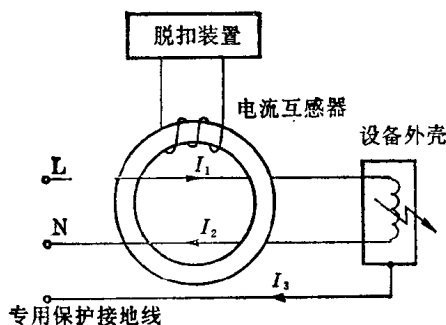


图 13-3 漏电保护器原理图

值得指出的是：若认为装了漏电保护器便可防止人身触电的看法是不正确的，因为若人同时触及相线及中性线，由于 $I_1 = I_2$ ，漏电保护器根本不会动作。因此漏电保护器的作用在于当电气设备出现漏电或碰壳故障时，一旦漏电流达到规定值时，漏电保护器便动作，切断电源，从而避免漏电引起的火灾或人因碰故障设备的外壳而引起的人身事故。

表 13-1 部分漏电保护装置型号参数

名称	型 号	规格(额定电流) (安)	额定电压 (伏)	短路通断能力 (安)	额定漏电动作 电流(毫安)	额定漏电动作 时间(秒)
漏 电 保 护 器	JDLK20(DZL18)	6, 10, 16, 20	220	500	30	<0.1
	DZL18-20/2 双相					
	DZL18-20/2 过压					
	DZ12L-60E 1/2	单 极 6~60 安				
	DZ12L-60E 1/2	单极二线 6~60 安	220	500	30	<0.1
	DZ12L-60E 2/2	二极二线 6~60 安				
	DZ12L-60E 2/3	二极三线 6~60 安				
	DZ12L-60E 3/4	三极四线 6~60 安				
	DZ12L-250/330	120, 150, 170, 200,	380	7000	150	<0.15
	DZ12L-250/430	250				
漏 电 脱 扣 器	DZ47L-ZC 45/1	单 极 1~10	220	5000	30	<0.1
	DZ47L-ZC 45/2	二 极 15~32	380	5000	50	<0.1
	DZ47L-ZC 45/3	三极三线 40~60	380	5000	75	<0.1
	DZ47L-ZC 45/4	三极四线 40~60	380	5000	75	<0.1
	DZ15LD-40/390	三极三线 32	380	3000	75	<0.1
	DZ15LD-40/490	三极四线 40	380	3000	75	<0.1
	DZ15LD-63/390	三极三线 63	380	5000	75	<0.1
	DZ15LD-63/490	三极四线 63	380	5000	75	<0.1
漏 电 断 路 器	DZ15LD-100/390	三极三线 100	380	7000	100	<0.1
	DZ15LD-100/490	三极四线 100	380	7000	100	<0.1

图 13-4 所示漏电保护器的接法是不正确的。图(a)为设备外壳未接专用保护地线而悬浮;图(b)为设备外壳接地线,该二种情况下,即使设备出现故障而碰壳,由于仍有 $I_1 = I_2$, 因此漏电保护器不会动作。图(c)中未采用漏电保护器的设备 A 与采用漏电保护器的设备 B 共用一根接地干线,若 A 设备外壳因故带电而又未切除时,则 B 设备外壳将带电而漏电保护器却不动作。上述三种情况下,人若触及带电的外壳仍会有触电的危险。

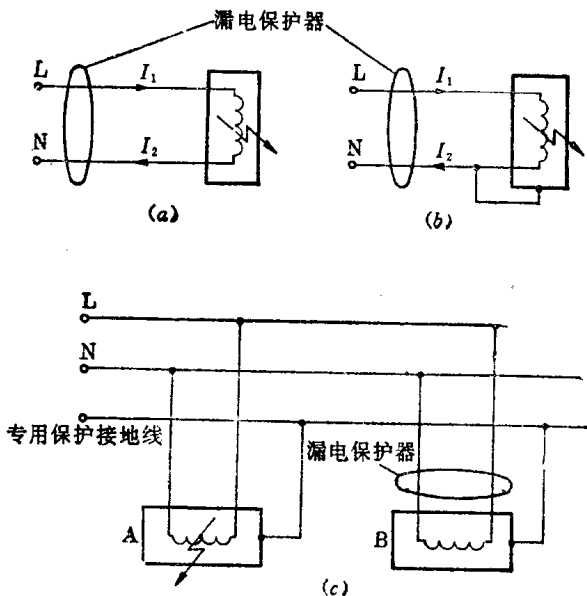


图 13-4 漏电保护器几种错误接法

13-2 触电的急救

万一发现有人触电时,应当及时抢救。首先应迅速切断电源开关,或用绝缘的器具(如干木棒、干扁担、干布带、干衣服和干绳等)迅速使电源线断掉,使伤员脱离电源。如果伤员未脱离电源,救护人须用绝缘的物件(如隔着干衣服等)才能接触伤员的肌体,使伤员脱离电源。如果伤员在高空作业,还须预防伤员在脱离电源时摔下来。

伤员脱离电源被救下以后,如果是一度昏迷,尚未失去知觉,则应使伤员在空气流通的地方,静卧休息;如果是呼吸暂时停止,心脏暂时停止跳动,伤员尚未真正死亡,或者虽有呼吸,而是比较困难,这时必须毫不迟疑地用人工呼吸和心脏按摩进行抢救,以待医务人员的到来。

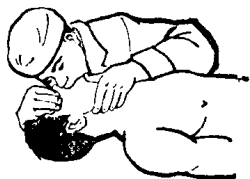


图13-5 口对口人工呼吸法 掰开伤员嘴巴(图13-5),先取出伤员嘴里的东西(如假牙等),然后救护人紧贴着伤员的口吹气约2秒钟,使伤员胸部扩张,接着放松口鼻,使其胸部自然地缩回呼气约3秒钟。这样吹气和放松,连续不断地进行。如果掰不开嘴巴,可以捏紧伤员嘴巴,紧贴着鼻孔吹气和放松。

人工呼吸法在进行中,若伤员表现出有好转的象征时(如眼皮闪动和嘴唇微动),应停止人工呼吸数秒钟,让他自行呼吸,如果还不能完全恢复呼吸,须把人工呼吸法进行到能正常呼吸为止。人工呼吸法必须坚持长时间地进行,在没有呈现出明显的死亡症状以前,切勿轻易放弃。死亡症状应由医生来判断。

口对口(或口对鼻)人工呼吸法简便有效,并且不影响心脏按摩法的进行。

2. 心脏按摩法 将伤员平放在木板上,头部稍低,救护人站在伤员一侧,将一手的掌跟放在胸骨下端,另一手叠于其上,靠救护人上身的体重,向胸骨下端用力加压,使其陷下3厘米左右,随即放松,让胸廓自行弹起,如此有节奏地压挤,每分钟约60~80次。急救如有效果,伤员的肤色即可恢复,瞳孔缩小,颈动脉搏动可以扪到,自发性呼吸恢复。心脏按摩法可以与人工呼吸法同时进行。

13-3 保护接地和保护接零

在电气设备中,保护接地或保护接零是一种安全措施。

一、接地和接零的保护作用

保护接地就是把电气设备的金属外壳、框架等用接地装置与大地可靠地连接,它适用于电源中性点不接地的低压系统中。如果电气设备的绝缘损坏

使金属导体碰壳, 由于接地装置的接地电阻*很小, 则外壳对地电压大大降低。当人体与外壳接触时, 则外壳与大地之间形成两条并联支路(图 13-6), 电气设备的接地电阻愈小, 则通过人体的电流也愈小, 所以可以防止触电。

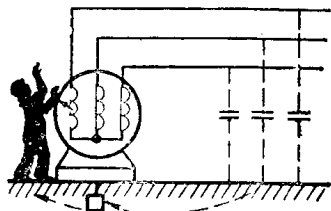


图 13-6 人碰电气设备接地的外壳

保护接零就是在电源中性点接地的低压系统中, 把电气设备的金属外壳、框架与中性线或接中干线(三相三线制电路中敷设的接中干线)相连接。如果电气设备的绝缘损坏而碰壳, 构成“相—中”线短路回路, 由于中性线的电阻很小, 所以短路电流很大。很大的短路电流将使电路中保护开关动作或使电路中保护熔丝断开, 切断了电源, 这时外壳不带电, 便没有触电的可能。

但须注意, 用于保护接零的中性线或专用保护接地线上不得装设熔断器或开关, 以保证保护的可靠性。更要指出的是: 对同一台变压器或同一段母线供电的低压线路, 不宜采用接零、接地两种保护方式, 即通常不对一部分设备采取接零, 而对另一部分设备则采取接地保护。以免当采用接地的设备一旦出故障形成外壳带电时, 将使所有采取接零的设备外壳也均带电。一般具有自用配电变压器的用户, 都采用接中性线的保护接零方式。

为了提高安全性, 还可采用以下几种方式:

- (1) 重复接地系统(图 13-7): 即在中性点直接接地的低压三相四线制系

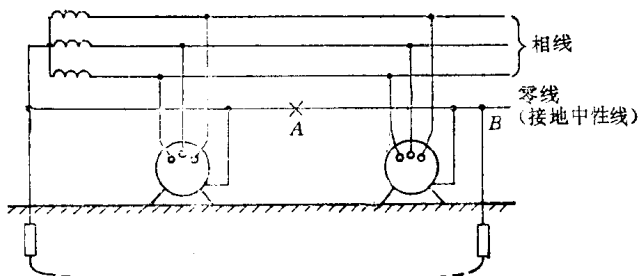


图 13-7 重复接地系统

* 接地电阻是电气设备接地部分的对地电压与接地电流之比。

统中,将零线(接地中性线)上的若干点(例B点)与大地再次作电气连接。这样当零线即使在A点断开,接地保护也能起到可靠保护作用。

(2) 三相五线制配电系统(图13-8):即在中性点接地的低压三相四线制系统中,由电源中点加接一线作为专用保护接地线(相当于重复接地系统中的大地),厂房、建筑中一切凡可导电的外露部分(如设备外壳、暖水管等)皆与它相连接,使起到更为可靠的安全保护作用,医院、宾馆等单位尤宜采用。

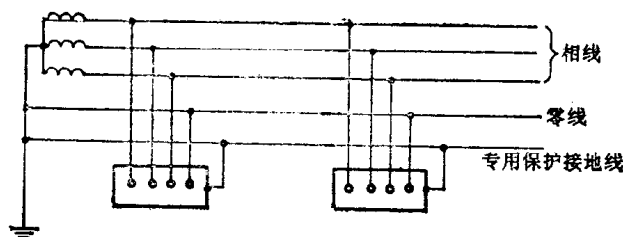


图13-8 三相五线制配电系统

严禁利用大地作中性线,即严禁采用三线一地、二线一地或一线一地制。

二、接地装置的安装范围

(1) 在保护接零的系统中,电气设备就不可以再接地保护。因为当接地的电气设备绝缘损坏而碰壳时,可能由于大地的电阻较大使保护开关或保护熔丝不能断开,于是电源中性点电位升高,以致于使所有接零的电气设备都带电,反而增加了触电危险性。

(2) 由低压公用电网供电的电气装置,只能采用保护接地,不能采用接零。因为采用了接零措施后,如果电气装置的绝缘损坏碰壳而形成一相短路,将会引起公用电网供电系统严重的不平衡现象。

(3) 装在2.2米以上的不导电建筑材料上,须用木梯等才能接触到的电气设备;在干燥与不良导电地面的房屋内的一般电气设备;进户线、电表总线、电度表、总熔丝盒及穿过楼板导线的短段金属保护管;以及36伏以下的电气设备等都可以不接地。

三、接地装置的安装要求

(1) 接地装置的接地电阻不得超过4欧。

(2) 接地极不能少于二根, 其中一根应广泛利用天然接地极, 如与大地有可靠连接的房屋和建筑物等的金属构架及自来水管等(但有爆炸危险及可燃性气体管道除外)。连接时应在接地极尚未进入房屋的地方熔焊, 对于大型装置应至少连接二处, 以备管道拆开修理时也能保持适当的接地电阻。熔焊点上应涂上樟丹油(图 13-9)。图中粗线表示熔焊点。利用自来水管作接地极时, 在水表处两端应用与接地干线相同截面的导线跨接。

(3) 人工接地极的最小尺寸应符合表 13-2 规定。人工接地极埋入地下深度不应小于 2 米。在特殊场所安置接地极时, 如果深度达不到 2 米时应在接地极周围放置食盐约 8 千克、木炭约 30 千克并加水, 用以降低接地电阻。如果用二根及二根以上人工接地极时, 各极之间的距离不应小于 2.5 米, 以减小大地的流散电阻*。在有强烈腐蚀性的土壤中, 应使用镀铜或镀锌的接地极。

表 13-2 人工接地极的最小尺寸

接 地 极 类 别	最 小 尺 寸 (毫 米)
圆 钢	直径 16
角 钢	40×40×4
钢 管	壁厚 2.5
	内径 13

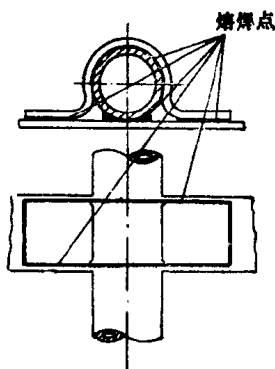


图 13-9 管道接地极熔焊

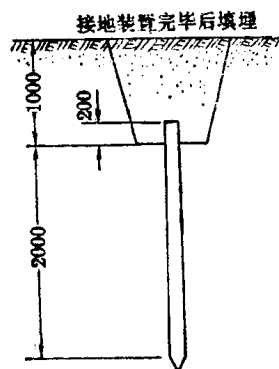


图 13-10 接地极埋设情形

* 流散电阻是接地极的对地电压与经过接地极流入地中的接地电流之比。

接地极不得埋设在垃圾层及灰渣层地区,敷设在地中的接地极不应涂漆,以免接地电阻过大。为了减小钢管、角钢等接地打入地下的阻力,应将其下端加工为尖端。人工接地极在施工前,应先挖一个地坑深约1米,然后将接地极打入地下,上端露出坑底约200毫米以便于连接接地线(图13-10)。

(4) 接地线可用绝缘导线(铜或铝芯)或裸导线(包括扁钢、圆钢),所用的接地导线不能有折断现象,如万不得已用零料线时,应采用适当接法(参看第10章)。接头处一般可采用焊接、压接等可靠方法连接,以加强机械强度,减小电阻。禁止在地下用铝导体(线或排)作为接地线或接地极。当配电干线或分支线的截面在16毫米²及以上时,接地干线或接地支线的载流量不应小于其相线载流量的50%,当配电干线或分支线的截面在10毫米²及以下时,接地干线或接地支线的载流量不应小于其相线载流量的70%。当电路截面减小的导线或分支线不加熔丝盒保护时(指其载流量大于前面一段有保护导线载流量的70%情况),应根据上述计算办法按前面一段导线的载流量来计算其接地干线或接地支线所需的载流量。接地线的最小、最大截面应符合表13-3的规定。

表13-3 接地线最小最大截面

接 地 线 类 别		最小截面(毫米 ²)	最大截面(毫米 ²)
铜	移动电具引线的接地芯	0.2	25
	绝 缘 铜 线	1.5	
	裸 铜 线	4.0	
铝	绝 缘 铝 线	2.5	35
	裸 铝 线	6.0	
扁钢	内: 厚度不小于3毫米	24	100
	外: 厚度不小于4毫米	48	
圆钢	内: 直径不小于5毫米	相当于19.6	100
	外: 直径不小于6毫米	相当于28.3	

(5) 接地线与接地极的连接应采用焊接或压接,连接处应便于检查。用焊接时,搭接长度应等于方形断面宽度的二倍或圆形断面直径的六倍。用压接

时,应在接地线端加金属夹头与接地极夹牢,金属夹头与接地极相接的一面应镀锡,接地极连接夹头的地方应当擦干净。或在接地极上熔焊接地螺栓,用垫圈、螺母使接地线与接地极可靠地连接。

(6) 接地线用螺栓与电气设备连接时,必须紧密可靠,不可接在电动机、台风扇的风叶罩壳上,在有震动的地方应采取防松螺母、弹簧垫圈等连接。每一接地的设备必须用单独接地线与接地干线或接地极连接,接地线应用“T”字接法,不能将各电气设备的接地线串联使用,以保证有效接地。

(7) 接地线应用铝(或铜)夹头等牢靠地支持,接地线与相线、中性线同时架空或穿管(仅指接地支线)时,必须与相线、中性线有明显区别。接地线穿过楼板等处除加护管保护外,一般都应显露,以便检查。接地线明敷时应涂上黑色,在可能受到机械力而使之损坏的地方,应用防护罩加以保护。敷设在室内的接地干线采用扁钢时,可用支持卡子沿墙敷设,它与地面距离约 200 毫米,与墙的距离约 15 毫米(图 13-11)。

(8) 明、暗管线的金属管子及利用作接地极的金属自来水管所有连接点(束节处、接线盒处)必须紧密可靠,并使管路在电气上连成一个整体,任何两点之间的电阻不应超过 1 欧。明管线不允许利用管子作接地干线(接地支线除外)。

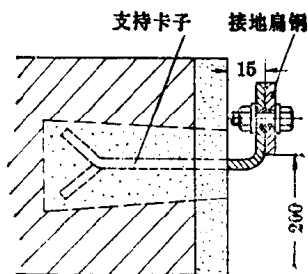


图 13-11 接地干线的敷设

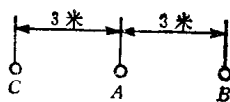


图 13-12 测试接地电阻法

(9) 接地装置安装完毕后,应用“接地电阻测定器”测试其接地电阻是否符合规定。如果没有接地电阻测定器,也可以用万用表进行测试。在距离接地极 A 约 3 米处加装两个临时接地极 B、C(图 13-12)。如果测得 AB 间电阻 $R_A + R_B = 8$ 欧, AC 间电阻 $R_A + R_C = 6$ 欧, BC 间电阻 $R_B + R_C = 10$ 欧,经计算得 $R_A = 2$ 欧, $R_B = 6$ 欧, $R_C = 4$ 欧。这里 R_A 、 R_B 、 R_C 分别是接地极 A、B 和 C 的接地电阻。

(10) 接地装置在正常运行中,应定期进行检查测试,每年至少一次。天然接地极在设备检修后应检查其接地线连接部分是否接触可靠,导线是否折断。

13-4 防雷保护

雷是大气放电的一种自然现象,这种放电,有时是发生在云层与云层之间,有时出现在云层与大地之间,后一种放电所经过的建筑物、电气设备和人畜等将遭到破坏和死亡,这就是直接雷击。建筑物等除了受直接雷击以外,其金属部分,由于静电感应等原因,还可以使他们感应带电,电位升高,以致于金属导体之间发生火花放电,引起爆炸、火灾或使人畜触电死亡。这种现象叫做感应雷放电。再有由雷电的电磁作用产生高电压沿架空电路引入房屋,可以击穿电气设备的绝缘,或直接造成人身伤亡事故等等。

为了预防雷害,必须根据需,安装防雷装置,以及采取其他防护措施,以保证安全。防雷装置有避雷针、避雷器等。

一、避雷针装置

避雷针装置是用来保护一般的建筑物和一些设备,防止直接雷击。避雷

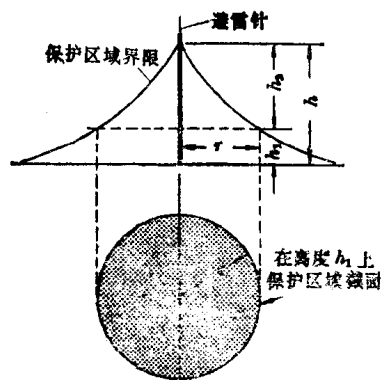


图 13-13 单根避雷针的保护区域

h —避雷针高度; h_1 —被保护物高度;
 h_2 —避雷针有效高度; r —保护半径

针最上部分的受雷端,是用一定截面的镀锌或镀铬铁棒、钢管或圆钢做成,它的尖形顶端高出建筑物一定高度,用不小于 35 毫米²截面的镀锌钢索和扁钢(铁)做的导雷线是避雷针装置的中间部分,它上面连接着受雷端,下面连接着用角钢或钢管做成的接地极,埋入地下 0.5~0.8 米以上的深度,角钢取长约 3 米,截面为 50 毫米×50 毫米×5 毫米,钢管取长约 2~3 米,外径约 35~50 毫米,管壁厚度约 4 毫米,接地极的接地电阻一般应在 10 欧

以下,愈小愈好,也可以用天然接地极如自来水管、污水管等作接地极。避雷针装置的各部分应该是可靠地焊接起

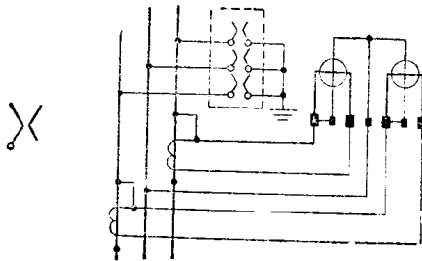
来,决不许断开。安装避雷针装置时,也可以利用烟囱、水塔等作为避雷针的支持体。

当雷云临近建筑物或设备时,它所感应的静电荷,可以经过导雷线引向尖端而放电与雷电相互中和,因而可以避免发生雷击。假使遇到直接雷击,避雷针也能够安全地把雷电导入大地,这样使建筑物或设备不致遭受损害。

单根避雷针的保护范围象帐篷状,它的边界线是双曲线(图 13-13)。

二、羊角间隙避雷器

为防止电度表遭雷电的侵袭,经验证明,可以采用直径为 0.71 毫米的铜线弯成羊角状间隙,如图 13-14(a)所示,其间隙距离约 2~3 毫米,铜线长度可以任意决定。



(a) 羊角间隙避雷器

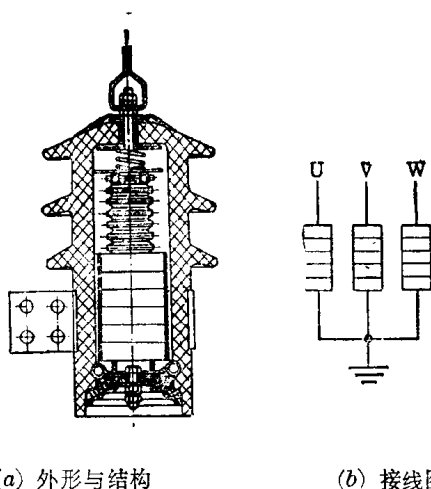
(b) 接线图

图 13-14 羊角间隙避雷器及其接线图

当有过电压侵入时,羊角间隙放电(能自动消弧),将雷电引入大地,保护了电度表。三相电度表采用羊角间隙避雷器如图 13-14(b)所示,图中虚线方框表示用表罩或铁箱罩住,羊角间隙用瓷夹板固定。这种避雷器极为简单、经济、装置容易、效果良好。

三、阀型避雷器

阀型避雷器的外形与结构以及在线路上接线图如图 13-15 所示,它的主要元件是火花间隙和阀片电阻,阀片是用特种碳化硅做成。当有雷电过电压发生时,火花间隙被击穿而放电,阀片电阻下降,将雷电引入大地,这样,就保护了电气设备。在正常情况时,火花间隙不会被交流电压所击穿,阀片电阻较高。因为它和阀门相象,能够自动限制电流,所以这种避雷器称为阀型避



(a) 外形与结构

(b) 接线图

图 13-15 阀型避雷器的外形与结构及其接线图

雷器。

根据放电间隙有无并联电阻(有电阻并联时,可使每个放电间隙的电压均匀,改善消弧性能),可分为没有并联电阻的 FS 型和有并联电阻的 FZ 型,以及有并联电阻和并联电容的 LJ 型等三种。它们分别用在保护小容量和大容量的配电装置,以及用在保护发电机、电动机等旋转电机。

四、防护雷电的其他措施

(1) 为了避免由雷电所引起的静电感应作用而形成的火花放电,必须将被保护物的金属部分可靠地接地。

(2) 为了避免由雷电所引起电磁感应作用而使闭合回路中某一部分发生过热和发生火花放电的危害,必须使处在雷电电磁场中的伸张的金属物件具有良好的接触(不能有气隙)而形成闭合回路。

(3) 当雷电放电时所形成的高电位,由其附近的电缆的金属外壳引到距离避雷针相当远的建筑物内,因而造成有触电、火灾、爆炸的危险。要避免发生这种现象,电缆和避雷针的接地极之间最少应相距 10 米。同样,电气设备保护接地装置和避雷针的接地极,也应相距 10 米。电缆金属外壳亦应接地。

(4) 为了避免雷电所引起的高电压经架空线引进房屋的危险,应将接户

线最后一块支持物上的绝缘子铁脚接地。

(5) 严禁在装有避雷针的构筑物上架设通信线、广播线和低压线。

13-5 节约用电的几种方法

一、采用移相电容器提高功率因数

在额定负载时,异步电动机的功率因数较高(即铭牌上的值),负载轻时功率因数较低。提高功率因数的最好办法是提高每一台轻载电动机的负载率或调换容量适当的电动机。但是有的生产机械(如轧钢机),由于产品规格多,工艺变化大,电动机容量不能调整,在这种情况下,可以采用并联电容器的方法来提高功率因数。这种电容器叫做移相电容器或电力电容器。

1. 移相电容器容量的图算法与表格法 在电网内装置移相电容器的目的,是补偿电网内的无功功率,以提高功率因数。但是,在一昼夜时间内无功功率是变化不定的。在一般情况下,电力系统又需要过补偿运行,因此,需要经常根据无功功率的变化情况,计算出所需的补偿容量,以便分组接入移相电容器,使其在所需的功率因数下运行。

如将功率因数 $\cos \varphi_1$ 提高到 $\cos \varphi_2$ 可计算出移相电容器的补偿容量 Q (千瓦)。

$$Q = P_{\text{pj}}(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

式中: P_{pj} ——平均有功功率(千瓦); $\operatorname{tg} \varphi_1$ 、 $\operatorname{tg} \varphi_2$ ——分别对应于 $\cos \varphi_1$ 、 $\cos \varphi_2$ 时的数值。

为了避免烦琐的计算,简便起见,可采用图算法。

[例1] 现有平均有功功率 $P_{\text{pj}} = 75$ 千瓦,如须将原功率因数 $\cos \varphi_1 = 0.4$ 提高到 $\cos \varphi_2 = 0.9$,求所需接入的移相电容器的补偿容量。

解 如图 13-16 所示,在标尺 A 上找到 0.9 的点①,在标尺 B 上找到 0.4 的点②,连接①和②两点,并延长到标尺 C 交于点③(此点为每千瓦所需的补偿电容量,若不需要时可以不读出它的数值),再在标尺 D 上找到 75 千瓦的点④,再连接③、④两点延长与标尺 E 交于点⑤,读取⑤的数值即得所需电容器的补偿容量为 135 千瓦。

除了用图算法之外,查表 13-4 也可以知道所需补偿的电容器的补偿容量。由电容器的补偿容量 Q 求取并联电容 C 值的公式如下:

表 13-4 每千瓦有功功率所需的电容器补偿容量(千瓦)

改进后功率因数 改进前功率因数	0.80 0.82 0.84 0.86 0.88 0.90 0.92 0.94 0.96 0.98 1.00															
	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00					
0.40	1.54	1.60	1.65	1.67	1.70	1.73	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09	2.29				
0.42	1.41	1.47	1.52	1.54	1.57	1.62	1.68	1.74	1.80	1.87	1.96	2.16				
0.44	1.29	1.34	1.39	1.41	1.44	1.50	1.55	1.61	1.68	1.73	1.84	2.04				
0.46	1.18	1.23	1.28	1.31	1.34	1.39	1.44	1.50	1.57	1.64	1.73	1.93				
0.48	1.08	1.12	1.18	1.21	1.23	1.29	1.34	1.40	1.46	1.54	1.62	1.83				
0.50	0.98	1.04	1.09	1.11	1.14	1.19	1.25	1.31	1.37	1.44	1.53	1.73				
0.52	0.89	0.94	1.00	1.02	1.05	1.10	1.16	1.21	1.28	1.35	1.44	1.64				
0.54	0.81	0.86	0.91	0.94	0.97	1.02	1.07	1.13	1.20	1.27	1.36	1.56				
0.56	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.94	0.99	1.05	1.12	1.19	1.28	1.48				
0.58	0.66	0.71	0.76	0.79	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.12	1.20	1.41				
0.60	0.58	0.64	0.69	0.71	0.74	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13	1.33				
0.62	0.52	0.57	0.62	0.65	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.98	1.06	1.27				
0.64	0.45	0.50	0.56	0.58	0.61	0.66	0.72	0.77	0.84	0.91	1.00	1.20				
0.66	0.39	0.44	0.49	0.52	0.55	0.60	0.65	0.71	0.78	0.85	0.94	1.14				
0.68	0.33	0.38	0.43	0.46	0.48	0.54	0.59	0.65	0.71	0.79	0.88	1.08				
0.70	0.27	0.32	0.38	0.40	0.43	0.48	0.54	0.59	0.66	0.73	0.82	1.02				
0.72	0.21	0.27	0.32	0.34	0.37	0.42	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76	0.96				
0.74	0.16	0.21	0.26	0.28	0.31	0.37	0.42	0.48	0.54	0.62	0.71	0.91				
0.76	0.10	0.16	0.21	0.23	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.56	0.65	0.85				
0.78	0.05	0.11	0.16	0.18	0.21	0.26	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60	0.80				
0.80	--	0.05	0.10	0.13	0.16	0.21	0.27	0.32	0.39	0.46	0.55	0.75				
0.82	--	--	0.05	0.08	0.10	0.16	0.21	0.27	0.34	0.41	0.49	0.70				
0.84	--	--	--	0.03	0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.35	0.43	0.65				
0.85	--	--	--	--	0.03	0.08	0.14	0.19	0.26	0.33	0.41	0.62				
0.86	--	--	--	--	--	0.03	0.11	0.17	0.22	0.30	0.38	0.59				
0.88	--	--	--	--	--	--	0.06	0.11	0.18	0.25	0.34	0.54				
0.90	--	--	--	--	--	--	--	0.06	0.12	0.19	0.28	0.49				

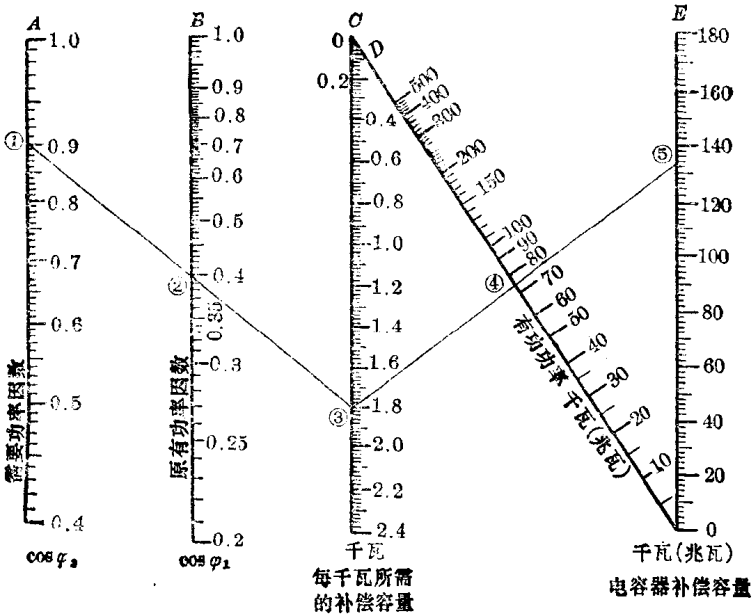


图 13-16 补偿电容器的补偿容量图算法

$$C = \frac{Q \cdot 10^3}{n \omega V^2} \quad (\text{微法})$$

式中： Q ——电容器的补偿容量(千瓦)； n ——相数(三相 $n=3$ ，单相 $n=1$)； ω ——角频率(工频 $\omega=314$ 弧度/秒)； V ——电网线电压(千伏)。

2. 移相电容器的接线方法 移相电容器最理想是装在大型的电感性负载处，这样可以减小输电导线的截面和线路损耗。如果集中装在总电源处，虽然也能提高功率因数，但是在功率因数低的负载线路上，仍有很大的无功电流，使该线路上损耗增大，同时导线截面也要加大。因为电容器是一种储能元件，在电网中电源虽经切断，电容器两端仍然带电，因此必须接入放电回路(图 13-17)，以保证安全。如果电源电压较高，电流表必须利用电流互感器，不可直接接入。

3. 移相电容器放电电阻的计算 为了保证操作时的安全，在安装移相电容器时，规定不论电容器的额定电压高低，在放电电路上经 30 秒钟放电后，电容器两端的电压不应超过 65 伏。所以，在安装和维护电容器组时必须计算放