项目一　电工安全用电知识

安全用电包括供电系统的安全、用电设备的安全及人身安全三个方面，它们之间是紧密联系的。供电系统的故障可能导致用电设备的损坏或人身伤亡事故，而用电事故也可能导致局部或大范围停电，甚至造成严重的社会灾难。

课题一　安全用电常识

在用电过程中，必须特别注意电气安全，如果稍有麻痹或疏忽，就可能造成严重的人身触电事故或引起火灾或爆炸，给国家和人民带来极大的损失。

1.1.1　安全电压

采用低压安全电源的目的是保障人身安全，当人体处于直接接触用电设备或用电器具的劳动条件下，如钳工在潮湿环境中用电钻钻孔时，人体就有触电的危险。要确保处于这种条件下的人体不受触电伤害，就必须使这些用电设备的电源电压降低到不致威胁人身安全的程度。

电压低到什么程度才是安全的，是以触电时电流的大小、时间的长短、电压的高低对人体危害的程度，以及劳动环境和劳动条件影响人体电阻的变化等因素为主要依据的。在干燥无汗时，人体电阻一般为 2 ~ 3 kΩ，因此，交流工频安全电压的上限值，在任何情况下，两导体间或任一导体与地之间都不得超过 50 V。

我国安全电压的额定值为 42 V、36 V、24 V、12 V、6 V。如手提照明灯、危险环境的携带式电动工具，应采用 36 V 安全电压；金属容器内、隧道内、矿井内等工作场合，狭窄、行动不便及周围有大面积接地导体的环境，应采用 24 V 或 12 V 安全电压，以防止因触电而造成人身伤害。

1.1.2　安全距离

为了保证电气工作人员在电气设备运行操作维护检修时不致误碰带电体，规定了工作人员离带电体的安全距离；为了保证电气设备在正常运行时不会出现击穿短路事故，规定了带电体离附近接地物体和不同相带电体之间的最小距离。安全距离主要指以下几个方面：

1. 设备带电部分与接地部分和设备不同相带电部分之间的距离　如表 1 - 1 所示。

河南科学技术出版社

表 1－1　各种不同电压等级的安全距离

设备额定电压/kV		1～3	6	10	35	60	110*	220*	330*	500*
带电部分与接地部分/mm	屋内	75	100	125	300	550	850	1 800	2 600	3 800
	屋外	200	200	200	400	650	900	1 800	2 600	3 800
不同相带电部分之间/mm	屋内	75	100	125	300	550	900	—	—	—
	屋外	200	200	200	400	650	1 000	2 000	2 800	4 200

*：中性点直接接地系统。

2. 设备带电部分与各种遮栏间的安全距离　如表 1－2 所示。

表 1－2　设备带电部分与各种遮栏间的安全距离

设备额定电压/kV		1～3	6	10	35	60	110*	220*	330*	500*
带电部分与栅状遮栏/mm	屋内	825	850	875	1 050	1 300	1 600	—	—	—
	屋外	950	950	950	1 150	1 350	1 650	2 550	3 350	4 500
带电部分与网状遮栏/mm	屋内	175	200	225	400	650	950	—	—	—
	屋外	300	300	300	500	700	1 000	1 900	2 700	5 000
带电部分与板状遮栏/mm	屋内	105	130	155	330	580	880	—	—	—

*：中性点直接接地系统。

3. 无遮栏裸导体与地面间的安全距离　如表 1－3 所示。

表 1－3　无遮栏裸导体与地面间的安全距离

设备额定电压/kV		1～3	6	10	35	60	110*	220*	330*	500*
无遮栏裸导体与地面间的安全距离/mm	屋内	2 375	2 400	2 425	2 600	2 850	3 150	—	—	—
	屋外	2 700	2 700	2 700	2 900	3 100	3 400	4 300	5 100	7 500

*：中性点直接接地系统。

4. 电气工作人员在设备维修时与设备带电部分间的安全距离　如表 1－4 所示。

表 1－4　电气工作人员与带电设备间的安全距离

设备额定电压/kV	10 及以下	20～35	44	60	110	220	330
设备不停电时的安全距离/mm	700	1 000	1 200	1 500	1 500	3 000	4 000
工作人员工作时正常活动范围与带电设备的安全距离/mm	350	600	900	1 500	1 500	3 000	4 000
带电作业时人体与带电体之间的安全距离/mm	400	600	600	700	1 000	1 800	2 600

1.1.3　绝缘安全用具

绝缘安全用具是保证作业人员安全操作带电体及人体与带电体安全距离不够时所采取的绝缘防护工具。绝缘安全用具按使用功能可分为如下两种：

1. 绝缘操作用具　绝缘操作用具主要用来进行带电操作、测量和其他需要直接接触电

河南科学技术出版社

气设备的特定工作。常用的绝缘操作用具，一般有绝缘操作杆、绝缘夹钳等，如图1－1、图1－2所示。这些绝缘操作用具均由绝缘材料制成。正确使用绝缘操作用具，应注意以下两点：

(1)绝缘操作用具本身必须具备合格的绝缘性能和机械强度。

(2)只能在和其绝缘性能相适应的电气设备上使用。

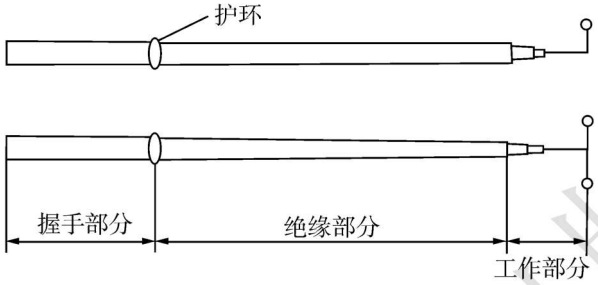


图1－1　绝缘操作杆

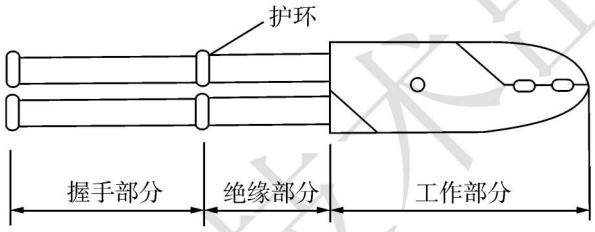


图1－2　绝缘夹钳

2. 绝缘防护用具　绝缘防护用具对可能发生的有关电气伤害起到防护作用，主要用于对泄漏电流、接触电压、跨步电压和其他接近电气设备存在的危险等进行防护。常用的绝缘防护用具有绝缘手套、绝缘靴、绝缘垫、绝缘站台等，如图1－3所示。

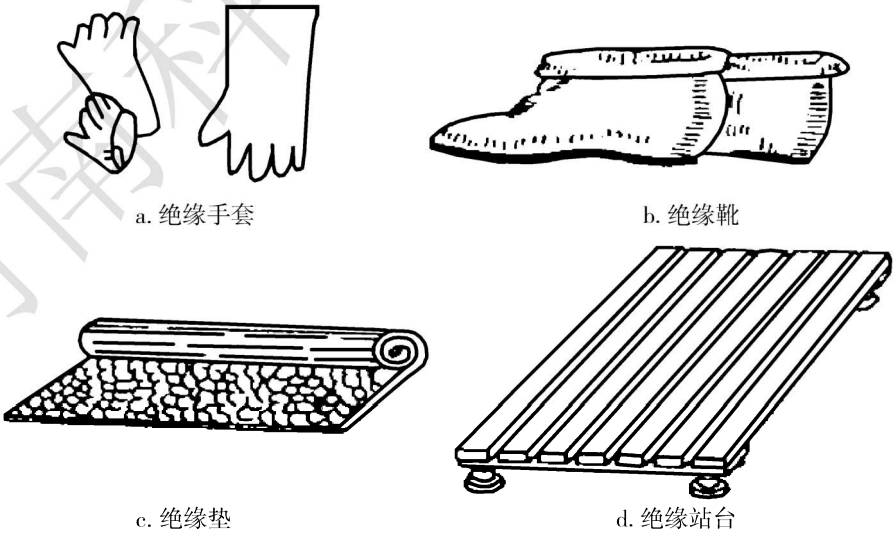


图1－3　绝缘防护用具

当绝缘防护用具的绝缘强度足以承受设备的运行电压时，才可以用来直接接触运行的

河南科学技术出版社

电气设备，一般不直接触及带电设备。使用绝缘防护用具时，必须做到使用合格的绝缘防护用具，并掌握正确的使用方法。

课题二　电工安全操作知识

1.2.1　电气安全技术操作规程

(1)电气工作人员必须经医生鉴定，没有疾病或只有无碍本工作的病症，具备必要的电气知识并经考试合格，取得特种作业证才能上岗作业。

(2)电气工作人员必须严格执行相关工种颁发的《电气安全工作规程》，不得玩忽职守。

(3)电气工程投产前必须事先配齐合格的操作人员和电气安全用具。

(4)电工用的工具、器具、测量仪表及防护用具应由专人负责保管，保证完整、良好，合理使用。

(5)电气工作人员必须严格执行停送电、验电和监护等制度，并熟知触电紧急救护知识；工作前必须了解清楚工作内容及要求。

(6)不准带电作业，不得将电源引线接于现场；特殊情况须带电，必须经主管部门批准并采取安全防范措施。

(7)带电作业人员应有带电作业实践经验，必须设专人监护，监护人应具有带电作业实践的人员担任，监护人不得直接操作，并且监护的范围不得超过一个作业点。

(8)电气线路和设备拆除后，不得留有带电的裸露接头或接点。

(9)严禁用无插头的导线直接插入电源插座，动力开关和照明开关不得共用。

(10)各种手持电动工具要有管理制度，必须保持完好并定期检查。

(11)对高压电器设备和绝缘工具要定期进行预防性的耐压试验。

(12)接近带电设备或线路施工时必须符合安全电压工作距离，并采取可靠的安全措施。

(13)电气设备着火时应立即将有关设备电源切断，并用 CO_2、CCl_4、1211 灭火剂、干粉灭火器灭火，严禁用泡沫灭火器带电灭火。

(14)高处作业时，必须严格执行高处作业安全技术操作规程。

1.2.2　安全用电标志

明确统一的标志是保证用电安全的一项重要措施。统计表明，不少电气事故完全是由于标志不统一而造成的。例如由于导线的颜色不统一，误将相线接设备的机壳而导致机壳带电，造成触点伤亡事故。

标志分为颜色标志和图形标志：颜色标志常用来区分各种不同性质、不同用途的导线或用来表示某处安全程度；图形标志一般用来告诫人们不要去接近有危险的场所。为保证安全用电，必须严格按有关标准使用颜色标志和图形标志。我国安全色标采用的标准基本上与国际标准草案(ISD)相同。一般采用的安全色有以下几种：

1. 红色　用来标志禁止、停止和消防，如信号灯、信号旗、机器上用红色来表示“禁止”的信息。

2. 黄色　用来标志注意危险，如“当心触电”“注意安全”等。

3. 绿色　用来标志安全无事，如“在此工作”“已接地”等。

4. 蓝色　用来标志强制执行，如“必须戴安全帽”等。

河南科学技术出版社

5. 黑色　用来标志图像、文字符号和警告标志的几何图形。

按照规定，为便于识别，防止误操作，确保运行和检修人员的安全，采用不同颜色来区别设备特征。如电气母线，A 相为黄色，B 相为绿色，C 相为红色，明敷的接地线涂为黑色。在二次系统中，交流电压回路用黄色，交流电流回路用绿色，信号和警告回路用白色。

1.2.3　安全用电的注意事项

随着生活水平的不断提高，生活中用电的地方也越来越多。因此，掌握以下最基本的安全用电常识是十分必要的。

(1)认识、了解电源总开关，学会在紧急情况下关断总电源。

(2)不用手或导电物(如铁丝、钉子、别针等金属制品)去接触、探试电源插座内部。

(3)不用湿手触摸电器，不用湿布擦拭电器。

(4)电器使用完毕后应拔掉电源插头；插拔电源插头时不要用力拉拽电线，以防止电线的绝缘层受损造成触电；电线的绝缘皮剥落，要及时更换新线或者用绝缘胶布包好。

(5)发现有人触电，要设法及时关断电源或者用干燥的木棍等物将触电者与带电的电器分开，不要用手去直接救人。

(6)不随意拆卸、安装电源线路和插座插头等。

(7)入户电源线避免过负荷使用，破旧老化的电源线应及时更换，以免发生意外。

(8)入户电源总保险与分户保险应配置合理，使之能起到对家用电器的保护作用。

(9)接临时电源要用合格的电源线和电源插头，插座要安全可靠，损坏的不能使用；电源线接头要用胶布包好。

(10)临时电源线临近高压输电线路时，应与高压输电线路保持足够的安全距离。

(11)严禁私自从公用线路上接线。

(12)线路接头应确保接触良好，连接可靠。

(13)房间装修时，隐藏在墙内的电源线要放在专用阻燃护套内，电源线的截面积应满足负荷要求。

(14)使用电动工具如电钻等时，须戴绝缘手套。

(15)遇有家用电器着火，应先切断电源再救火。

(16)家用电器接线必须确保正确，有疑问应及时询问专业人员。

(17)家庭用电设施应装设带有过电压保护的调试合格的漏电保护器，以保证使用家用电器时的人身安全。

(18)家用电器在使用时应有良好的外壳接地，室内要设有公用地线。

(19)家用电热设备、暖气设备一定要远离煤气罐、煤气管道，发现煤气漏气时先开窗通风，绝不能拉合电源，要及时请专业人员修理。

(20)使用电熨斗、电烙铁等电热器件时，必须远离易燃物品，用完后切断电源以防意外。

(21)在雷雨时不可走近高压电杆、铁塔、避雷针的接地线和接地体周围，以免因跨步电压而造成触电。

(22)在一个插座或灯座上不可引接功率过大的用电器具。

(23)严禁采用一线一地、两线一地、三线一地(指大地)安装用电设备和器具。

(24)在潮湿环境中使用移动电器时，一定要采用 36 V 安全低压电源。在金属容器内(如锅炉、蒸发器或管道等)使用移动电器时，必须采用 12 V 安全电源，并应有人在容器外监护。

河南科学技术出版社

课题三　电气火灾消防知识

1.3.1　易燃易爆环境

日常生活和生产的各个场所中，广泛存在着易燃易爆物质，如石油液化气、煤气、天然气、汽油、柴油、乙醇、棉、麻、化纤织物、木材、塑料等。另外，一些设备本身可能会产生易燃易爆物质，如设备的绝缘油在电弧的作用下分解和气化，喷出大量油雾和可燃气体；酸性电池排出氢气并形成爆炸性混合物等，一旦这些易燃易爆物遇到电气设备和线路故障导致的火源，便会立刻着火燃烧。周围存放易燃易爆物是电气火灾的环境条件。

1.3.2　电气火灾的主要原因

电气火灾是指电气原因引发燃烧而造成的灾害，短路、过载、漏电等电气事故都有可能导致火灾。设备自身缺陷、施工安装不当、电气接触不良、雷击静电引起的高温、电弧和电火花是导致电气火灾的直接原因。

1. 设备或线路发生短路故障　电气设备由于绝缘损坏、电路年久失修、疏忽大意、操作失误及设备安装不合格等可能造成短路故障，其短路电流可达正常电流的几十倍甚至上百倍，产生的热量（正比于电流的平方）使温度上升超过自身和周围可燃物的燃点引起燃烧，从而导致火灾。

2. 过载引起电气设备过热　选用线路或设备不合理，线路的负载电流量超过了导线额定的安全载流量，电气设备长期超载（超过额定负载能力），引起线路或设备过热而导致火灾。

3. 接触不良引起过热　如接头连接不牢或不紧密、动触点压力过小等使接触电阻过大，在接触部位会发生过热而引起火灾。

4. 通风散热不良　大功率设备缺少通风散热设施或通风散热设施损坏造成过热而引发火灾。

5. 电器使用不当　如电炉、电熨斗、电烙铁等未按要求使用，或用后忘记断开电源，会由于过热而导致火灾。

6. 电火花和电弧　有些电气设备正常运行时就能产生电火花、电弧，如大容量开关、接触器触点的分、合操作，都会产生电弧和电火花。电火花温度可达数千摄氏度，遇可燃物可点燃，遇到可燃气体便会发生爆炸。

1.3.3　电气火灾的防护措施

电气火灾的防护措施主要在于消除隐患、提高用电安全，具体措施如下：

1. 保持电气设备的正常运行，防止电气火灾发生

（1）正确使用电气设备，是保证电气设备正常运行的前提。因此，应按设备使用说明书的规定操作电气设备，严格执行操作规程。

（2）保持电气设备的电压、电流、温升等不超过允许值；保持各导电部分连接可靠，接地良好。

（3）保持电气设备的绝缘良好；保持电气设备的清洁；保持良好通风。

2. 正确选用保护装置，防止电气火灾发生

（1）对正常运行条件下可能产生电热效应的设备应采用隔热、散热、强迫冷却等结构，并

河南科学技术出版社

注重耐热、防火材料的使用。

(2)按规定要求设置包括短路、过载、漏电保护设备的自动断电保护:对电气设备和线路,要正确设置接地、接零保护;为防雷电,应安装避雷器及接地装置。

(3)根据使用环境和条件正确设计选择电气设备:恶劣的自然环境和有导电尘埃的地方,应选择有抗绝缘老化功能的产品,或增加相应的措施;对易燃易爆场所,则必须使用防爆电气产品。

3. 正确安装电气设备,防止电气火灾发生

(1)合理选择安装位置:对于爆炸危险场所,应该考虑把电气设备安装在爆炸危险场所以外或爆炸危险性较小的部位。开关、插座、熔断器、电热器具、电焊设备和电动机等应根据需要,尽量避开易燃物或易燃建筑构件。起重机滑触线下方不应堆放易燃品。露天变、配电装置,不应设置在易于沉积可燃性粉尘或纤维等的地方。

(2)保持必要的防火距离:对于在正常工作时能够产生电弧或电火花的电气设备,应使用灭弧材料将其全部隔围起来,或将其与可能被引燃的物料,用耐弧材料隔开或与可能引起火灾的物料之间保持足够的距离,以便安全灭弧。安装和使用有局部热聚焦或热集中的电气设备时,在局部热聚焦、热集中的方向与易燃物料之间必须保持足够的距离,以防引燃。电气设备周围的防护屏障材料,必须能承受电气设备产生的高温(包括故障情况下);应根据具体情况选择不可燃、阻燃材料或在可燃性材料表面喷涂防火涂料。

1.3.4 电气火灾的扑救

发生火灾,应立即拨打“119”火警电话报警,向公安消防部门求助。扑救电气火灾时,应避免触电危险,为此要及时切断电源,通知电力部门派人到现场指导和监护扑救工作。初起火最容易扑灭,在消防车未到前如能集中全力抢救,常能化险为夷、转危为安。

1. 常用灭火方法　根据物质燃烧的原理,通常的灭火方法有以下几种。

(1)隔离法:这是一种隔离火源与可燃物的方法。当发生火情时,迅速将火源移到没有可燃物质的地方,或是将火源附近的可燃物转移至安全的地方,或用灭火器把周围的可燃物做防火处理。关闭可燃气体、液体管道阀门,减少或中止可燃物进入燃烧区域,或者拆除与火源相毗连的可燃物,形成阻止火势蔓延的空间地带。

(2)冷却法:把水或其他灭火剂喷射到燃烧物上,将其温度降到燃点以下,迫使燃烧停止。也可以将水或灭火剂喷洒到火源附近的可燃物上,降低可燃物的温度,避免火情扩大。冷却法是灭火的重要方法,主要用水来冷却降温,一般物质如木材、麦草、纸张、布匹、棉花、家具等起火,都可用水冷却灭火。

(3)窒息法:根据着火时一般是大量空气助燃这个条件,阻止空气进入燃烧区域,使火源得不到足够的氧气而熄灭。在火场上运用窒息法灭火时,可采用不燃物或难燃物如石棉毯、湿麻袋、湿棉被、沙土、泡沫等物品覆盖在燃烧物体上,以隔绝空气使火熄灭。

(4)抑制法:这种灭火方法是将化学灭火剂喷入燃烧区,使之参与燃烧的化学反应,从而使燃烧反应中止达到灭火的目的。目前,这种灭火方法主要使用干粉和卤代烷灭火剂,灭火后不留痕迹,不会造成污损,是扑救家用电器、计算机等精密设备、档案资料和各种可燃气体火灾较为理想的方法,灭火后应立即采取降温措施。

2. 正确选择和使用灭火器　在扑救尚未确定断电的电气火灾时,应选择适当的灭火器和灭火装置;否则,有可能造成触电事故和更大的危害,如使用普通水枪射出的直流水柱和

泡沫灭火器射出的导电泡沫会破坏绝缘。常用灭火器的种类、用途及使用方法，如表1－5所示。

表1－5　常用电气灭火器的主要性能

种类	二氧化碳	四氯化碳	干粉	1211灭火剂	泡沫
规格	<2 kg 2～3 kg 5～7 kg	<2 kg 2～3 kg 5～8 kg	8 kg 50 kg	1 kg 2 kg 3 kg	10 L 65～130 L
药剂	液态	液态四氯化碳	钾盐、钠盐	二氟－氯－溴甲烷	碳酸氢钠、硫酸铝
导电性	无	无	无	无	有
灭火范围	电气、食品、油类、酸类	电气设备	电气设备、石油、油漆、天然气	油类、电气设备、化工、化纤原料	油类及可燃物质
不能扑救的物质	钠、钾、镁、乙炔、二氧化碳	钠、钾、镁、铝等	旋转电机火灾		水和带电物质
效果	距着火点3 m的距离	3 kg喷30 s，7 m内	8 kg喷14～18 s，4.5 m内；50 kg喷50～55 s，6～8 m内	1 kg喷6～8 s，2～3 m内	10 L喷60 s，8 m内；65 L喷170 s，13.5 m内
使用	一只手将喇叭口对准火源，另一只手打开开关	扭动开关，喷出液体	提起圆环，喷出干粉	拔下铅封或横锁，用力压下压把	倒置摇动，拧开开关，喷出药剂
保养	置于方便处，注意防冻、防晒和使用期	置于方便处	置于干燥通风处，防潮、防晒	置于干燥处，勿摔碰	置于方便处
检查	每月测量一次，低于原质量的1/10时应充气	检查压力，注意充气	每年检查一次干粉是否结块，每半年检查一次压力	每年检查一次质量	每年检查一次，泡沫发生倍数低于4倍时，应更换药剂

使用四氯化碳灭火器灭火时，灭火人员应站在上风侧，以防中毒；灭火后要注意空间通风。使用二氧化碳灭火，当其浓度达85%时，人就会感到呼吸困难，要注意防止窒息。

3. 正确使用喷雾水枪　带电灭火时不能用水来冷却降温，但使用喷雾水枪比较安全，因为这种水枪通过水柱的泄漏电流较小。用喷雾水枪扑救电气火灾时，水枪喷嘴与带电体的距离可参考以下数据：

(1)10 kV及以下者，不小于0.7 m。

(2)35 kV及以下者，不小于1 m。

(3)110 kV及以下者，不小于3 m。

(4)220 kV，不应小于5 m。

需要注意的是，使用喷雾水枪带电灭火，必须有人监护。

4. 灭火器的保管　灭火器在不使用时，应注意对它的保管与检查，保证随时可正常使用，其具体保养和检查可参考表1－5。

河南科学技术出版社

课题四　触电的危害与急救

人体是导电体，一旦有电流通过时，将会受到不同程度的伤害。由于触电的种类、方式及条件的不同，受伤害的后果也不一样。

1.4.1　触电的种类

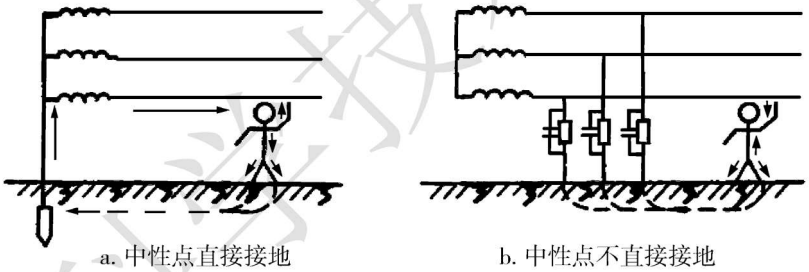
人体触电有电击和电伤两类。

1. 电击　电击是指电流通过人体时所造成的内伤。它可以使肌肉抽搐、内部组织受损伤，造成发热发麻，神经麻痹等。严重时会造成心室纤维颤动，致使心脏停止跳动，或造成呼吸中枢抑制及心血管中枢衰竭，致使呼吸停止和血循环障碍，引起昏迷、窒息和死亡。通常说的触电就是电击。触电死亡大部分由电击造成。

2. 电伤　电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用下造成的人体外伤，常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。电灼伤面积往往较小，可是深度一般较大，不但会破坏皮肤、肌肉和神经等组织，而且还可使骨骼炭化。

1.4.2　触电方式

1. 单相触电　这是常见的触电方式。人体的某一部分接触带电体的同时，另一部分又与大地或中性线相接，电流从带电体流经人体到大地（或中性线）形成回路，如图 1－4 所示。



a. 中性点直接接地　　b. 中性点不直接接地

图 1－4　单相触电

2. 两相触电　人体的不同部分同时接触两相电源时造成的触电，如图 1－5 所示。对于这种情况，无论电网中性点是否接地，人体所承受的线电压都将比单相触电时高，危险性更大。

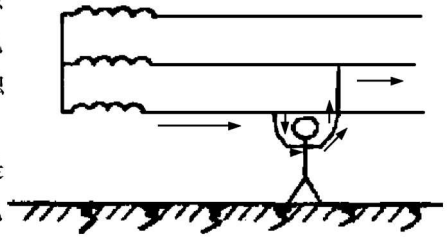


图 1－5　两相触电

3. 跨步电压触电　雷电流入地或电力线（特别是高压线）断散到地时，会在导线接地点及周围形成强电场。当人畜跨进这个区域，两脚之间出现的电位差称为跨步电压 U_S。在这种电压的作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，从而形成触电，如图 1－6a 所示。

跨步电压的大小取决于人体站立点与接地点的距离，距离越小，其跨步电压越大。当距离超过 20 m（理论上为无穷远处），可认为跨步电压为零，不会发生触电危险。

4. 接触电压触电　电气设备由于绝缘损坏或其他原因造成接地故障时，如人体两个部分（手和脚）同时接触设备外壳和地面时，人体两部分会处于不同的电位，其电位差即为接触电压。由接触电压造成的触电事故称为接触电压触电。在电气安全技术中，接触电压是以

河南科学技术出版社

站立在距漏电设备接地点水平距离为0.8 m处的人,手触及的漏电设备外壳距地1.8 m高时,手脚间的电位差 U_T 作为衡量基准,如图1-6b所示。

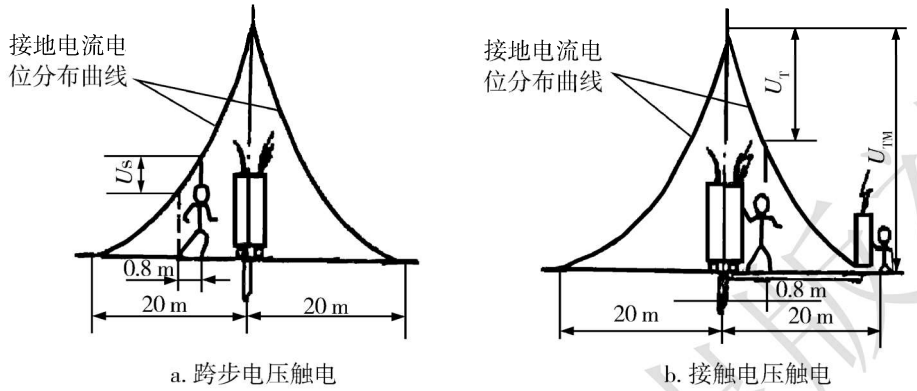


图1-6　跨步电压触电和接触电压触电

接触电压值的大小取决于人体站立点与接地点的距离,距离越远,则接触电压值越大;当距离超过20 m时,接触电压值最大,即等于漏电设备上的电压 U_{TM}。当人体站在接地点与漏电设备接触时,接触电压为零。

5.感应电压触电　感应电压触电是指当人触及带有感应电压的设备和线路时所造成的触电事故。一些不带电的线路由于大气变化(如雷电活动),会产生感应电荷,停电后一些可能感应电压的设备和线路如果未及时接地,这些设备和线路对地均存在感应电压。

6.剩余电荷触电　剩余电荷触电是指当人体触及带有剩余电荷的设备时,对人体放电造成的触电事故。带有剩余电荷的设备通常含有储能元件,如并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等,在退出运行和对其进行类似兆欧表测量等检修后,会带上剩余电荷,因此要及时对其放电。

1.4.3　电流对人体危害程度的主要影响因素

电流对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间、通过人体的路径及人体电阻的大小等多种因素有关。

1.电流大小　通过人体的电流越大,人体的生理反应就越明显,感应越强烈,引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险越大。对于工频交流电,按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态,电流大致分为下列三种。

(1)感觉电流:是指引起人体感觉的最小电流。实验表明,成年男性的平均感觉电流约为1.1 mA,成年女性约为0.7 mA。感觉电流不会对人体造成伤害,但电流增大时,人体反应的强烈可能造成坠落等间接事故。

(2)摆脱电流:是指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。实验表明,成年男性的平均摆脱电流约为16 mA,成年女性约为10 mA。

(3)致命电流:是指在较短的时间危及生命的最小电流。实验表明,当通过人体的电流达到50 mA以上时,心脏会停止跳动,可能导致死亡。

2.电流频率　一般认为40~60 Hz的交流电对人体最危险。随着频率的增高,危险性将降低。高频电流不仅不伤害人体,还能治病。

3. 通电时间　通电时间越长，电流使人体发热和人体组织的电解液成分增加，导致人体电阻降低，反过来又使通过人体的电流增加，触电的危险亦随之增加。

4. 电流路径　电流通过头部，可使人昏迷；通过脊髓，可能导致瘫痪；通过心脏，会造成心跳停止、血液循环中断；通过呼吸系统，会造成窒息。因此，从左手到胸部是最危险的电流路径，从手到手和从手到脚也是很危险的电流路径，从脚到脚是危险性较小的电流路径。

1.4.4　触电急救

触电急救的要点是动作迅速、救护得法，切不可惊慌失措、束手无策。

1.4.4.1　尽快使触电者脱离电源

人触电以后，可能由于痉挛或失去知觉等原因而紧抓带电体，不能自行摆脱电源。此时，使触电者尽快脱离电源是救活触电者的首要因素。

1. 低压触电事故　对于低压触电事故，可采用下列方法使触电者脱离电源。

(1)触电地点附近有电源开关或插头，可立即断开开关或拔掉电源插头，切断电源。

(2)电源开关远离触电地点，可用有绝缘柄的电工钳或干燥木柄的斧头分相切断电线，断开电源；或用干木板等绝缘物插入触电者身下，以隔断电源。

(3)线搭落在触电者身上或被压在身下时，可用干燥的衣服、手套、绳索、木板、木棒等绝缘物作为工具，拉开触电者或挑开电线，使触电者脱离电源。

2. 高压触电事故　对于高压触电事故，可以采用下列方法使触电者脱离电源。

(1)立即通知有关部门停电。

(2)戴上绝缘手套，穿上绝缘靴，用相应电压等级的绝缘工具断开开关。

(3)抛掷裸金属线使线路短路接地，迫使保护装置动作，断开电源。注意在抛掷金属线前，应将金属线的一端可靠地接地，然后抛掷另一端。

3. 脱离电源的注意事项

(1)救护人员不可以直接用手或其他金属及潮湿的物件作为救护工具，而必须采用适当的绝缘工具且单手操作，以防止自身触电。

(2)防止触电者脱离电源后可能造成的摔伤。

(3)如果触电事故发生在夜间，应当迅速解决临时照明问题，以利于抢救，并避免扩大事故。

1.4.4.2　现场急救方法

当触电者脱离电源后，应当根据触电者的具体情况，迅速对症进行救护。现场应用的主要救护方法是人工呼吸法和胸外心脏按压法。

1. 对症进行救护　触电者需要救治时，大体上按照以下三种情况分别处理：

(1)如果触电者伤势不重，神志清醒，但是有些心慌、四肢发麻、全身无力；或者触电者在触电过程中曾经一度昏迷，但已经恢复清醒。在这种情况下，应当使触电者安静休息，不要走动，严密观察，并请医生前来诊治或送往医院。

(2)如果触电者伤势比较严重，已经失去知觉，但仍有心跳和呼吸，这时应当使触电者舒适、安静地平卧，保持空气流通；同时揭开他的衣服，以利于呼吸。如果天气寒冷，要注意保温，并立即请医生诊治或送医院。

(3)如果触电者伤势严重，呼吸停止或心脏停止跳动，或者两者都已停止时，则应立即实行人工呼吸和胸外心脏按压，并迅速请医生诊治或送往医院。

河南科学技术出版社

应当注意,急救要尽快地进行,不能等候医生的到来,在送往医院的途中,也不能中止急救。

2. 口对口人工呼吸法　口对口人工呼吸法是在触电者呼吸停止后应用的急救方法。具体步骤如下:

(1)使触电者仰卧,迅速解开其衣领和腰带。

(2)将触电者的头偏向一侧,清除口腔中的异物,使其呼吸畅通。必要时,可用金属匙柄由口角伸入,使口张开。

(3)救护者站在触电者的一边,一只手捏紧触电者的鼻子,一只手托在触电者颈后,使触电者颈部上抬,头部后仰,然后深吸一口气,用嘴紧贴触电者的嘴,大口吹气;接着放松触电者的鼻子,让气体从触电者肺部排出。每 5 s 吹气 1 次,不断重复地进行,直到触电者苏醒为止,如图 1 -7 所示。

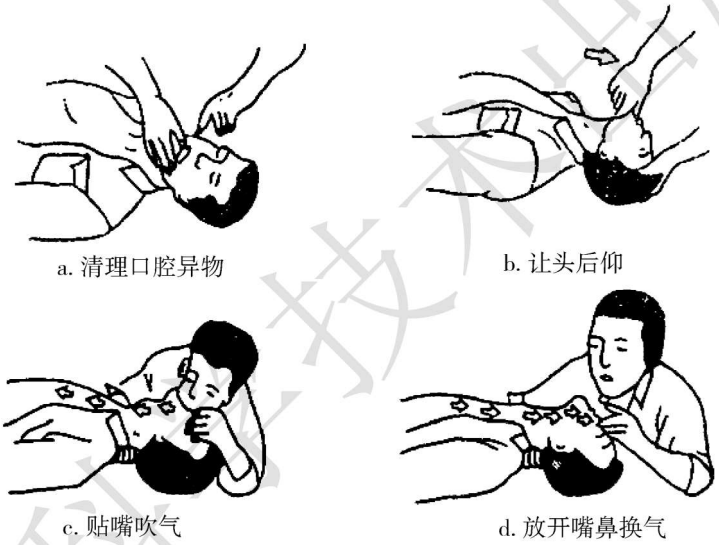


图 1 -7　口对口人工呼吸法

对儿童施行此法时,不必捏鼻。开口困难时,可以使其嘴唇紧闭,对准鼻孔吹气(口对鼻人工呼吸),效果相似。

3. 胸外心脏按压法　胸外心脏按压法是触电者心脏跳动停止后采用的急救方法。具体操作步骤如图 1 -8 所示。

(1)触电者仰卧在结实的平地或木板上,松开衣领和腰带,使其头部稍仰(颈部可枕垫软物),抢救者跪跨在触电者腰部两侧。

(2)抢救者将右手掌放在触电者胸骨处,中指指尖对准其颈部凹陷的下端,如图 1 -8a 所示;左手掌压在右手背上(对儿童可用一只手),如图 1 -8b 所示。

(3)抢救者借身体重量向下用力挤压,压下 3 ~4 cm,突然松开,如图 1 -8d 所示。

挤压和放松动作要有节奏,每秒钟进行 1 次,每分钟宜挤压 60 次左右,不可中断,直到触电者苏醒为止。要求挤压定位要准确,用力要适当,防止用力过猛给触电者造成内伤或用力过小、挤压无效。对儿童,用力要适当小些。

4. 触电者呼吸和心跳都停止　此时,允许同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏

河南科学技术出版社

a. 手掌位置　b. 左手掌压在右手背上　c. 掌根用力下压　d. 突然松开

图 1－8　胸外心脏按压法

按压法”。单人救护时，可先吹气 2～3 次，再挤压 10～15 次，交替进行。双人救护时，每 5 s 吹气 1 次，每秒钟挤压 1 次。两人同时进行操作，如图 1－9 所示。

a. 单人操作　b. 双人操作

图 1－9　无心跳无呼吸触电者急救

抢救既要迅速又要有耐心，即使在送往医院途中也不能停止急救。此外，不能给触电者打强心针、泼冷水或压木板等。

任务　触电救护模拟训练

1. 教学目标

(1) 口对口人工呼吸法模拟训练。

(2) 胸外心脏按压法模拟训练。

2. 工具材料　棕垫，医用纱布。

3. 操作步骤及动作要领

(1) 口对口人工呼吸法模拟训练：

1) 将模拟触电者仰卧，宽松衣服；再将颈部伸直，头部尽量后仰，掰开口腔。

2) 施救者位于模拟触电者头部一侧，将靠近头部的一只手捏住模拟触电者的鼻子，并将这只手的外缘压住额部；另一只手托其颈部，将颈上抬，使头部自然后仰。

3) 施救者深呼吸后，用嘴紧贴模拟触电者的嘴（中间垫一层纱布）吹气。

4) 吹气至模拟触电者要换气时，应迅速离开模拟触电者的嘴；同时放开捏紧的鼻孔，让其自动向外呼气。

按照上述步骤反复进行，对模拟触电者每分钟吹气 15 次左右。

河南科学技术出版社

(2)胸外心脏按压法模拟训练：

1)使模拟触电者仰卧在硬板上或平整的硬地面上(课堂练习时可仰卧在棕垫上)，解松衣裤，施救者跪跨在模拟触电者腰部两侧。

2)救护者将一只手的掌根按于触电者胸骨以下1/3处，中指指尖对准颈根凹陷下边缘，另一只手压在那只手的手背上呈两手交叠状，肘关节伸直，向模拟触电者脊柱方向慢慢压迫胸骨下段，使胸廓下陷3~4 cm。

3)双掌突然放松，使胸腔复位。放松时，交叠的两掌不要离开胸部。

重复2)、3)步骤，每分钟60次左右，挤压时间和放松时间大体一样。

(3)注意事项：

1)为增加可操作性，本训练若有条件可用假人进行模拟训练，也可通过观看录像、多媒体演示等电化教学手段来替代，增强直观性。

2)在训练时应听从指导老师现场指导，以免因操作不规范而使模拟触电者受到伤害。

3)进行胸外心脏按压法模拟训练时，挤压位置和手掌姿势必须正确，下压时要有节奏，不能太用力，以免造成模拟触电者胸部骨骼损伤。

4. 考核评定　学生在经指导老师讲解或看完演示录像之后，熟悉救护要领，并分组进行模拟训练，训练考核评定详见表1-6。

表1-6　触电救护模拟训练考核评定参考

练习内容	配分	扣分标准	扣分	得分
口对口人工呼吸法模拟训练	50分	1. 救护姿势不正确　扣20分 2. 人工呼吸时，吹气时间过长或过短　扣15分 3. 频率太快或太慢　扣15分 4. 操作错误导致人身受伤　扣50分		
胸外心脏按压法模拟训练	50分	1. 挤压位置不正确　扣20分 2. 挤压步骤、方法不正确　扣25分 3. 操作错误导致人身受伤　扣50分		
总评(注：各项内容中扣分总值不应超过对应各项内容所配分数)				

5. 训练参考工时　2 h。

思考题

1. 在日常用电和电气维修中，哪些因素会导致触电？
2. 预防触电的安全措施主要有哪些？
3. 电工安全操作规程的内容主要有哪些？
4. 如果有人发生触电，应该怎么办？
5. 简述口对口人工呼吸法的操作要点。
6. 简述人工胸外心脏按压法的操作要点。
7. 人体触电有哪几种类型？有哪几种触电方式？

河南科学技术出版社

8. 电流伤害人体与哪些因素有关？各是什么关系？
9. 什么叫安全电压？我国对安全电压是如何规定的？
10. 发生电气火灾的原因有哪些？
11. 常用灭火器的种类、使用方法是什么？如何保管？
12. 扑救电气火灾的方法及注意事项是什么？

河南科学技术出版社

项目二　常用电工工具

课题一　电工通用工具

电工通用工具是指一般专业电工经常使用的工具。对电气操作人员而言，能否熟悉和掌握电工工具的结构、性能、使用方法和规范操作，将直接影响工作效率和工作质量，以及人身安全。

2.1.1　验电器

1. 低压验电器　低压验电器又称试电笔，是检验导线、电器是否带电的一种常用工具。

(1)普通低压验电器：普通低压验电器检测范围为 50 ~ 500 V，有钢笔式、螺钉旋具式和组合式多种。

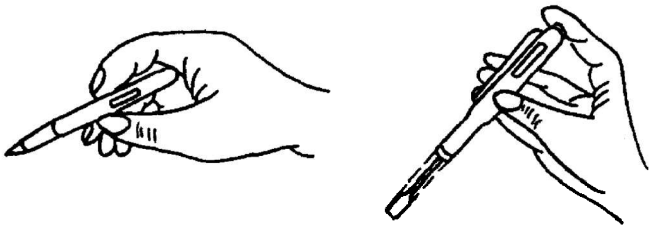
低压验电器由笔尖、降压电阻、氖管、弹簧、笔尾金属体等部分组成，如图 2 - 1 所示。

a. 钢笔式低压验电器　　b. 螺钉旋具（俗称螺丝刀）式低压验电器

图 2 - 1　低压验电器

1. 笔尖　2. 降压电阻　3. 氖管　4. 弹簧　5. 笔尾金属体

使用低压验电器时，必须按照图 2 - 2 所示的握法操作。



a. 钢笔式握法　　b. 螺钉旋具式握法

图 2 - 2　低压验电器的握法

注意手指必须接触笔尾的金属体（钢笔式）或试电笔顶部的金属螺钉（螺钉旋具式）。这样，只要带电体与大地之间的电位差超过 50 V 时，电笔中的氖泡就会发光。

河南科学技术出版社

低压验电器的使用方法和注意事项如下：

1）使用前，先要在有电的导体上检查试电笔是否正常发光，检验其可靠性。

2）在明亮的光线下往往不容易看清氖泡辉光，应注意避光。

3）钢笔式试电笔的笔尖虽与螺钉旋具式试电笔形状相同，但它只能承受很小的扭矩，不能像螺钉旋具那样使用，否则会损坏。

4）低压验电器可以用来区分相线和零线，氖泡发亮的是相线，不亮的是零线。低压验电器还可用来判别接地故障，如果在三相四线制电路中发生单相接地故障，用试电笔测试中性线时，氖泡会发亮；在三相三线制线路中，用试电笔测试三根相线，如果两相很亮，另一相不亮，则这一相可能有接地故障。

5）低压验电器可用来判断电压的高低：氖泡越暗，表明电压越低；氖泡越亮，则表明电压越高。

（2）电子感应低压验电器：电子感应低压验电器适用于直接检测 12 ~ 250 V 的交直流电压，间接检测交流电的零线、相线和断点，还可测量不带电导体的通断。读数直观，功能齐全，价格便宜。

图 2 - 3　电子感应低压验电器

1）使用方法：

A. 直接检测：轻触直接测量键，试电笔金属前端直接接触被检测物，最后数字为所测电压值，测量非对地的直流电时，应手碰另一极（如正极或负极）。

B. 间接检测（又称感应检测）：

a. 感应检测：轻触感应/断点测量键，试电笔金属前端靠近（注意是靠近，而不是直接接触）被检测物，若显示屏出现“高压符号”，则表示被检测物内部带交流电。

b. 断点检测：测量有断点的电线时，轻触感应/断点测量键，试电笔金属前端靠近（注意是靠近，而不是直接接触）该电线，或者直接接触该电线的绝缘外层，若“高压符号”消失，则此处即为断点处。

利用此功能可方便地分辨零、相线（测并排线路时要增大线间距离）。检测微波的辐射及泄漏情况等。

2）注意事项：

A. 按键不需用力按压。

B. 测试时不能同时接触两个测量键，否则会影响灵敏度及测试结果。

2. 高压验电器　高压验电器又称为高压测电器，主要类型有发光型高压验电器、声光型高压验电器。发光型高压验电器由握柄、护环、紧固螺钉、氖管窗、氖管和金属探针（钩）等部分组成。图 2 - 4 所示为发光型 10 kV 高压验电器。

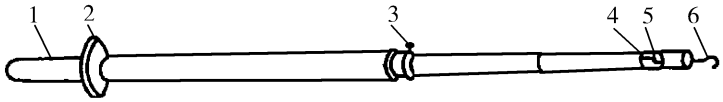


图 2 - 4　10 kV 高压验电器

1. 握柄　2. 护环　3. 紧固螺钉　4. 氖管窗　5. 氖管　6. 金属探针

河南科学技术出版社

高压验电器使用注意事项如下：

(1)使用前首先确定高压验电器额定电压必须与被测电气设备的电压等级相适应，以免危及操作者人身安全或产生误判。

(2)验电时操作者应戴绝缘手套，手握在护环以下部分，同时设专人监护。同样应在有电设备上先验证验电器性能完好，然后再对被验电设备进行检测。注意操作中要将验电器渐渐移向设备，在移近过程中若有发光或发声指示，则立即停止验电。高压验电器验电时的握法如图2－5所示。

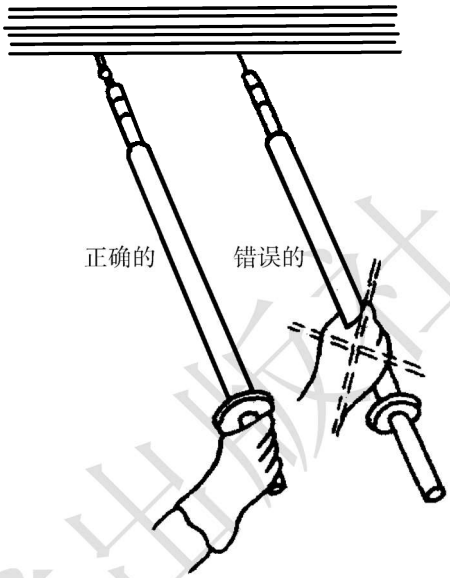


图2－5　高压验电器握法

(3)使用高压验电器时，必须在气候良好的情况下进行，以确保操作人员的安全。

(4)验电时，人体与带电体应保持足够的安全距离，10 kV以下的电压安全距离应为0.7 m以上。

(5)验电器应每半年进行一次预防性试验。

2.1.2　电工刀

电工刀是用来剖削和切割电工器材的常用工具，其外形如图2－6所示。

图2－6　电工刀

电工刀的刀口磨制成单面呈圆弧状的刃口，刀刃部分锋利一些。在剖削电线绝缘层时，可把刀略微向内倾斜，用刀刃的圆角抵住线芯，刀口向外推出。这样既不易削伤线芯，又防止操作者受伤。切忌把刀刃垂直对着导线切割绝缘，以免削伤线芯。严禁在带电体上使用没有绝缘柄的电工刀进行操作。

2.1.3　钢丝钳

钢丝钳又称克丝钳、老虎钳，是电工应用最频繁的工具。

电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头包括钳口、齿口、刀口、铡口四部分，其结构与用途如图2－7所示。其中，钳口可用来钳夹和弯绞导线；齿口可代替扳手夹拧小型螺母；刀口可用来剪切电线、掀拔铁钉；铡口可用来铡切钢丝等硬金属丝。

使用钢丝钳时应注意：

(1)使用前，必须检查其绝缘柄，确定绝缘状况良好。不得带电操作，以免发生触电事故。

(2)用钢丝钳剪切带电导线时，必须单根进行，不得用刀口同时剪切相线和零线或者两根相线，以免造成短路事故。

(3)使用钢丝钳时要刀口朝向内侧，便于控制剪切部位。

(4)不能用钳头代替手锤作为敲打工具，以免变形。钳头的轴销应经常加机油润滑，保证其开闭灵活。

河南科学技术出版社

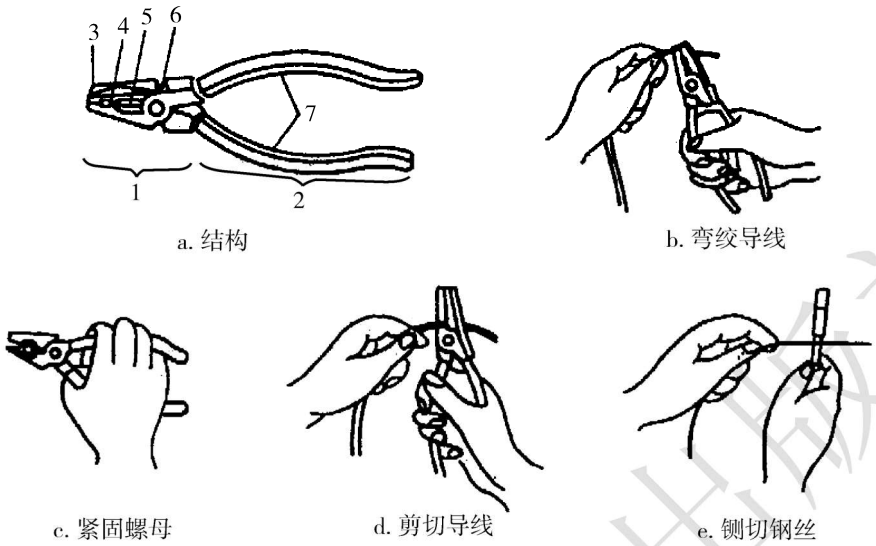


图 2－7　钢丝钳的结构与用途

1. 钳头　2. 钳柄　3. 钳口　4. 齿口　5. 刀口　6. 铡口　7. 绝缘套

2.1.4　尖嘴钳

尖嘴钳外形如图 2－8 所示。尖嘴钳的头部尖细，适用于狭小的空间操作。钳头用于夹持较小螺钉、垫圈、导线，以及把导线端头弯曲成所需形状；小刀口用于剪断细小的导线、金属丝等。电工用尖嘴钳采用绝缘手柄，其耐压等级为 500 V。

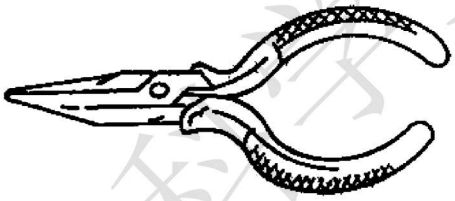


图 2－8　尖嘴钳

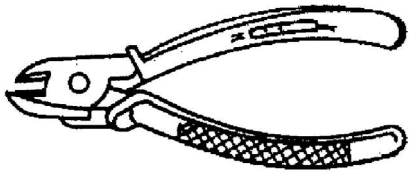


图 2－9　斜口钳

2.1.5　斜口钳

斜口钳又称断线钳，其头部扁斜。电工用斜口钳的钳柄采用绝缘柄，外形如图 2－9 所示，其耐压等级为1 000 V。斜口钳专供用来剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等。

2.1.6　剥线钳

剥线钳用来剥削直径 3 mm 及以下绝缘导线的塑料或橡胶绝缘层，其外形如图 2－10 所示。它由钳口和手柄两部分组成。剥线钳钳口分有 0.5～3 mm的多个直径切口，用于不同规格线芯的剥削。使用时，应使切口与被剥削导线芯线直径相匹配，切口过大难以剥离绝缘层，切口过小会切断芯线。剥线钳手柄也装有绝缘套。

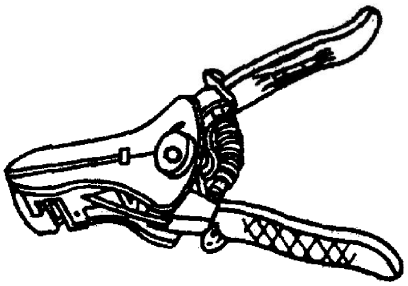


图 2－10　剥线钳

河南科学技术出版社

2.1.7 扳手

扳手是用于螺纹连接的一种手动工具，种类和规格很多，有活络扳手和其他常用扳手。

1. 活络扳手的构造和规格　活络扳手又称活络扳头，是用来紧固和松动螺母的一种专用工具。活络扳手由头部和柄部组成，头部由活络扳唇、呆扳唇、扳口、涡轮和轴销等组成，如图 2－11a 所示；旋动涡轮，可调节扳口的大小。规格用长度×最大开口宽度（单位：mm）来表示，电工常用的活络扳手有 150×19（6 in，1 in＝2.54 cm）、200×24（8 in）、250×30（10 in）和 300×36（12 in）等四种。

2. 其他常用扳手　其他常用扳手有呆板手、梅花扳手、两用扳手、套筒扳手和内六角扳手等。

（1）呆扳手：呆扳手又称死扳手，其开口宽度不能调节，有单端开口和两端开口两种形式，分别称为单头扳手和双头扳手。单头扳手的规格以开口宽度表示；双头扳手的规格以两端开口宽度（单位：mm）表示，如 8×10、32×36 等。

（2）梅花扳手：梅花扳手都是双头形式，它的工作部分为封闭圆，封闭圆内分布了 12 个可与六角头螺钉或螺母相配的牙型；适应于工作空间狭小、不便使用活扳手和呆扳手的场合，其规格表示方法与双头扳手相同。

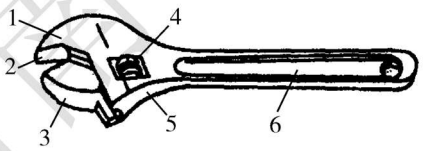
（3）两用扳手：两用扳手的一端与单头扳手相同，另一端与梅花扳手相同，两端适用同一规格的六角头螺钉或螺母。

（4）套筒扳手：套筒扳手由一套尺寸不同的梅花套筒头和一些附件组成，可用在一般扳手难以接近螺钉或螺母的场合。

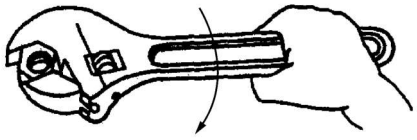
（5）内六角扳手：内六角扳手用于旋动内六角螺钉，其规格以六角形对边的尺寸来表示，最小的规格为 3 mm，最大的为 27 mm。

3. 活络扳手的使用方法　扳动大螺母时，须用较大力矩，手应握在靠近柄尾处，如图 2－11b所示。扳动小螺母时，须用力矩不大，但螺母过小，易打滑，因此手柄应握在接近头部的地方，如图 2－11c 所示；并且可随时调节涡轮，收紧活络扳唇，防止打滑。

活络扳手不可反用，也不可用钢管接长手柄来施加较大的扳拧力矩；不得当作撬棒或手锤使用。



a. 活络扳手的构造



b. 扳较大螺母时的握法

c. 扳小螺母时的握法

图 2－11　活络扳手

1. 呆扳唇　2. 扳口　3. 活络扳唇　4. 涡轮　5. 轴销　6. 手柄

河南科学技术出版社

2.1.8 螺钉旋具

螺钉旋具又称螺丝刀、起子或旋凿，是用来紧固或拆卸带槽螺钉的常用工具。螺钉旋具按头部形状的不同，有一字形和十字形两种，如图 2－12 所示。

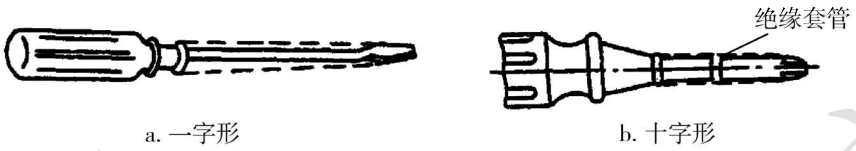


图 2－12　螺钉旋具

一字形螺钉旋具用来紧固或拆卸带一字槽的螺钉，其规格用柄部以外的体部长度表示，电工常用的有 50 mm、150 mm 两种。十字形螺钉旋具是专供紧固或拆卸带十字槽螺钉的，其长度和十字头大小有多种，按十字头的规格分为 4 种型号：1 号适用的螺钉直径为 2 ~ 2.5 mm，2 号为 3 ~ 5 mm，3 号为 6 ~ 8 mm，4 号为 10 ~ 12 mm。

另外，还有一种组合式螺钉旋具，它配有多种规格的一字头和十字头；螺钉旋具可以方便更换，具有较强的灵活性，是适合紧固和拆卸多种不同的螺钉旋具。

螺钉旋具是电工最常用的工具之一，使用时应选择带绝缘手柄的，使用前先检查绝缘是否良好；螺钉旋具的头部形状和尺寸应与螺钉尾槽的形状和大小相匹配，严禁用小螺钉旋具去拧大螺钉，或用大螺钉旋具拧小螺钉；更不能将其当凿子使用。螺钉旋具的使用方法如图 2－13 所示。

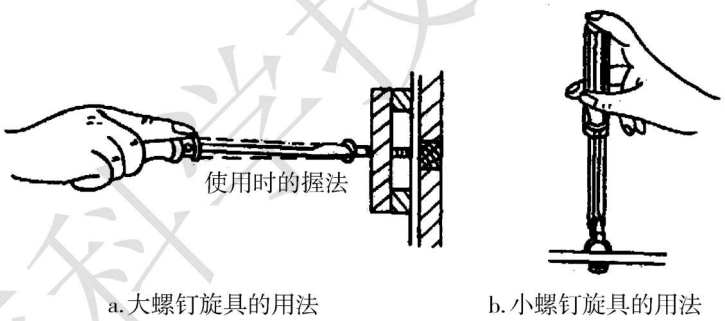


图 2－13　螺钉旋具的使用

电动螺丝刀，顾名思义就是以电动马达代替人手安装和移除螺钉，通常采用组合螺钉旋头。

图 2－14　电动螺丝刀

河南科学技术出版社

课题二　线路安装工具

线路安装工具是指安装或检修户内外线路时所需的必备工具和装备。

2.2.1　墙孔錾

墙孔錾是手工开凿墙孔的简易工具，常用的有以下几种：

1. 圆榫錾　圆榫錾外形如图 2－15a 所示，俗称麻线錾，或叫鼻冲，用来錾打混凝土结构建筑物的木榫孔；常用的规格有直径 6 mm、8 mm 和 10 mm 三种。操作时要不断转动錾身，并经常拔离建筑面，使灰沙石屑及时排出，以免錾身胀塞在建筑物内。

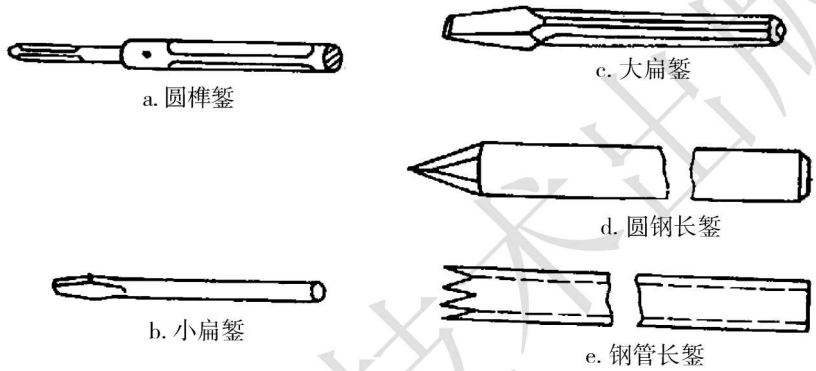


图 2－15　墙孔錾

2. 小扁錾　小扁錾外形如图 2－15b 所示，用来錾打砖墙上的方形木榫孔。电工常用的錾口宽 12 mm。使用时要经常拔出錾子，以利排出灰沙碎砖；并观察墙孔开錾得是否平整、大小是否正确和孔壁是不是垂直。

3. 大扁錾　大扁錾外形如图 2－15c 所示，用来錾打角钢支架和撑脚等的埋设孔穴。常用的錾口宽为 16 mm，使用方法与小扁錾相同。

4. 长錾　长錾外形如图 2－15d、e 所示，图示两种均用来錾打墙孔，作为穿越线路导线的通孔。图 2－15d 所示用来錾打混凝土墙孔，由中碳圆钢制成；图 2－15e 所示用来錾打砖墙孔，由无缝钢管制成。长錾直径有 19 mm、25 mm 和 30 mm 三种，长度通常有 300 mm、400 mm和 500 mm 等多种，使用时应不断旋转，及时排出碎屑。

2.2.2　冲击钻

冲击钻是一种常用的电动安装工具，外形如图 2－16a 所示。它具有两种功能：一种可作为普通电钻使用，用时应把调节开关调到标记为“钻”的位置；另一种可用来冲打砌块和砖墙等建筑面的木榫孔和导线穿墙孔，这时应把调节开关调到标记为“锤”的位置，通常可冲打直径为 6～16 mm 的圆孔。有的冲击钻尚可调节转速，有双速和三速之分。在调速和调挡（“冲”和“锤”）时，均应停转，使用方法如同电钻。用冲击钻开錾墙孔时，须配专用的冲击钻头，其外形如图 2－16b 所示；规格按所需孔径选配，常用的直径有 8 mm、10 mm、12 mm 和 16 mm等多种。

在冲錾墙孔时，应经常把钻头拔出，以利排屑；在钢筋建筑物上冲孔时，遇到坚硬物，不

河南科学技术出版社

应施加过大压力，以免钻头退火。

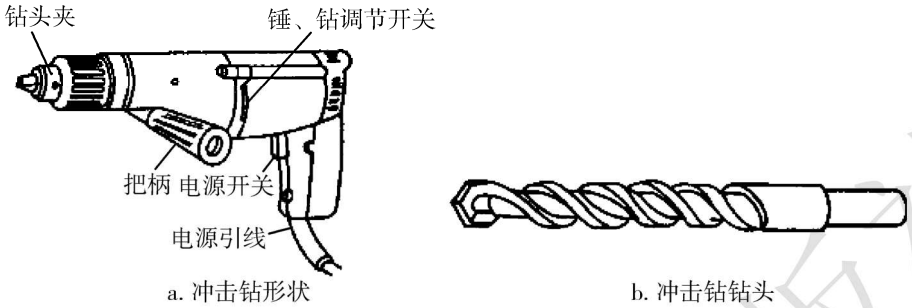


图2－16　冲击钻

冲击钻和普通电钻都属于手持式电动工具，这类工具按触电保护方式分为3类：

1. Ⅰ类工具　在防止触电的保护方面，不仅依靠本身的基本绝缘，而且还包含一个附加安全预防措施，如采用漏电保护器、安全隔离变压器，或操作者戴绝缘手套、穿绝缘鞋等。Ⅰ类工具带电零件与外壳之间要求具有2 MΩ的绝缘电阻（用500 V兆欧表测量，下同）。

2. Ⅱ类工具　在防止触电的保护方面，不仅依靠本身的基本绝缘，而且工具本身还提供双重绝缘或加强绝缘的附加安全预防措施和设有保护接地或依赖于安装条件的措施。Ⅱ类工具带电零件与外壳之间要求具有7 MΩ的绝缘电阻，在工具的明显部位标有Ⅱ类结构符号。

3. Ⅲ类工具　在防止触电的保护方面，依靠由安全特低电压供电和在工具内部不会产生比安全特低电压高的电压。Ⅲ类工具带电零件与外壳之间要求具有1 MΩ的绝缘电阻。

在潮湿的场所或金属构架上等导电性能良好的作业场所，必须使用Ⅱ类或Ⅲ类工具。

2.2.3　射钉枪

射钉枪又称射钉器，由于外形和原理都与手枪相似，故常称为射钉枪。它是利用发射空包弹产生的火药燃气或利用压缩空气等作为动力，将射钉打入建筑体的工具。射钉枪是安装施工中常用的工具，需要使用专用的射钉，由动力装置将各种射钉直接打入钢铁、混凝土或砖砌体等材料中去；其结构如图2－17所示。

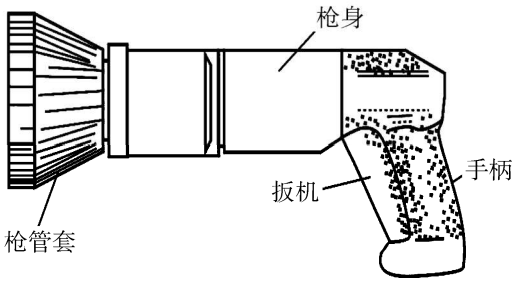


图2－17　射钉枪

河南科学技术出版社

使用射钉枪时,应注意以下问题:

(1)作业前应检查外壳、手柄是否有裂缝、破损等情况;各动作机构动作是否正常;各部防护罩是否齐全牢固,不符合要求的严禁使用。

(2)严禁用手掌推压钉管和将枪口对准人。

(3)击发时,应将射钉枪垂直紧在工作面上,当两次扣动扳机,子弹均不击发时,应保持原射击位置数秒钟后,再退出射钉弹。

(4)在更换零件或断开射钉枪之前,射枪内均不得装有射弹。

(5)严禁超载使用:作业中应注意音响及温升,发现异常应立即停机检查。在作业时间过长、机具温升超过60℃时,应停机,自然冷却后再行作业。

2.2.4 紧线器

紧线器用来收紧户内外绝缘子线路和户外架空线路的导线,由夹线钳头、定位钩、收紧齿轮和手柄等组成,如图2-18所示。使用时,定位钩必须钩住架线支架或横担,夹线钳头夹住须收紧导线的端部,然后扳动手柄,逐步收紧。

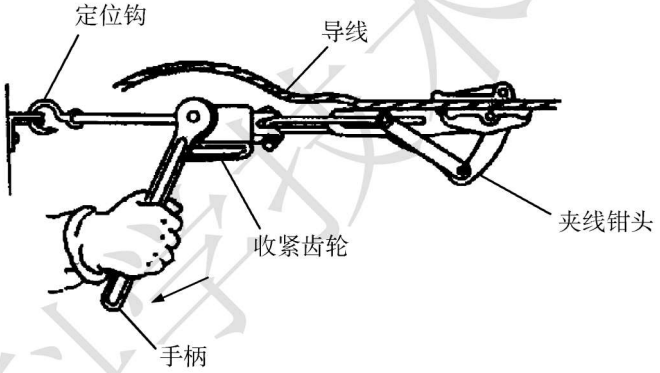


图2-18 紧线器的构造和使用

2.2.5 管子钳

管子钳形状如图2-19所示,用来拧紧或松散电线管上的束节或管螺母,常用规格有250 mm、300 mm和350 mm等多种,使用方法类同活络扳手。

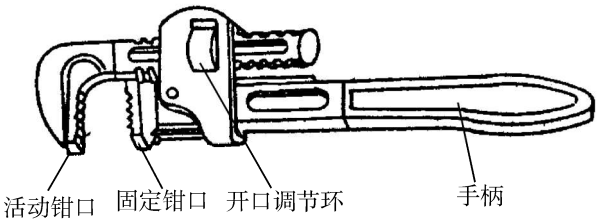


图2-19 管子钳

河南科学技术出版社

2.2.6 登高工具

电工在登高作业时，要特别注意人身安全；而登高工具必须牢固、可靠，才能保障登高作业的安全。未经现场训练过的，或患有精神病、严重高血压、心脏病和癫痫等疾病者，均不能擅自使用登高工具登高。

1. 梯子　电工常用的有直梯和人字梯两种，如图 2－20a、b 所示；前者通常用于户外登高作业，后者通常用于户内登高作业。直梯的两脚应各绑扎胶皮之类的防滑材料，人字梯应在中间绑扎两道防自动滑开的安全绳。电工在梯上作业时，为了扩大人体作业的活动幅度和保护不致因用力过猛站立不稳，必须按图 2－20c 所示的方法站立。

登在人字梯上操作时，切不可采取骑马方式站立，以防人字梯两脚自动滑开时造成严重的工伤事故。同时，骑马站立的姿势，在操作时也极不灵活。

a. 直梯　　b. 人字梯　　c.电工在梯子上作业的站立姿势

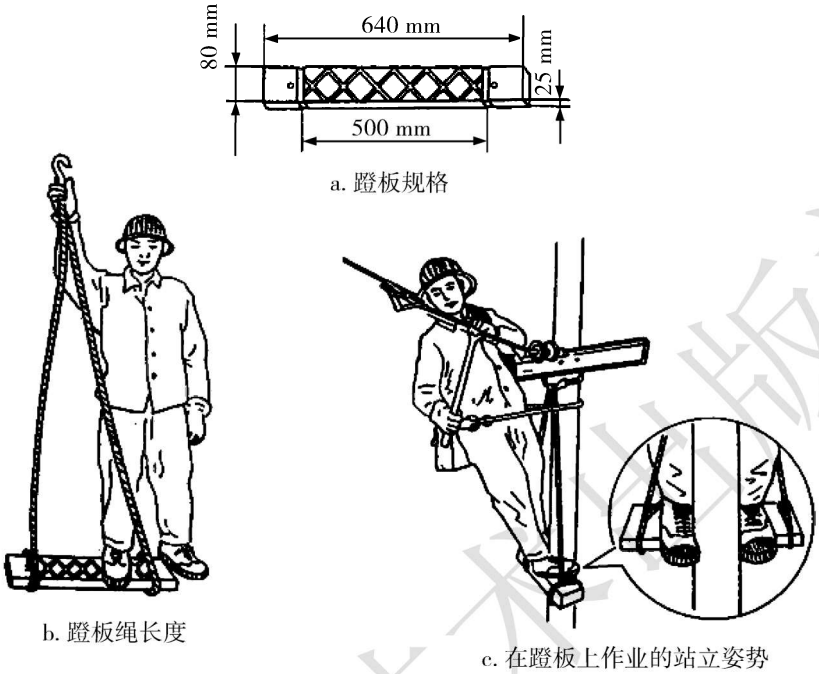
图 2－20　电工用梯

2. 蹬板　蹬板又称为踏板，由板和绳两部分组成，用来攀登电杆。板是采用质地坚韧的木材制成的，规格如图 2－21a 所示，绳应采用截面积为 16 mm^2 的三股白棕绳，长度要适应使用者的身材，一般应保持一人一手长，如图 2－21b 所示。蹬板和白棕绳均应能承受 300 kg 的质量，每半年要进行一次载荷试验，在每次登高前应做人体冲击试登。为了保证在杆上作业的人体平稳，不使蹬板摇晃，站立姿势应按照图 2－21c 所示。

3. 脚扣　脚扣又叫铁脚，也是电杆的攀登工具，分两种：一种在扣环上制有铁齿，供登木杆用，如图 2－22a 所示；另一种在扣环上裹有橡胶，供登混凝土杆用，如图 2－22b 所示。脚扣攀登速度较快，登杆方法容易掌握；但在杆上作业时不如蹬板灵活舒适，易于疲劳，所以适用于杆上短时间作业。为了保证杆上作业时的人体平稳，两只脚扣应采用如图 2－22c 所示的方法定位。

在登杆前，对脚扣也要做人体冲击试验，同时应检查扎扣皮带是否牢固可靠。

河南科学技术出版社

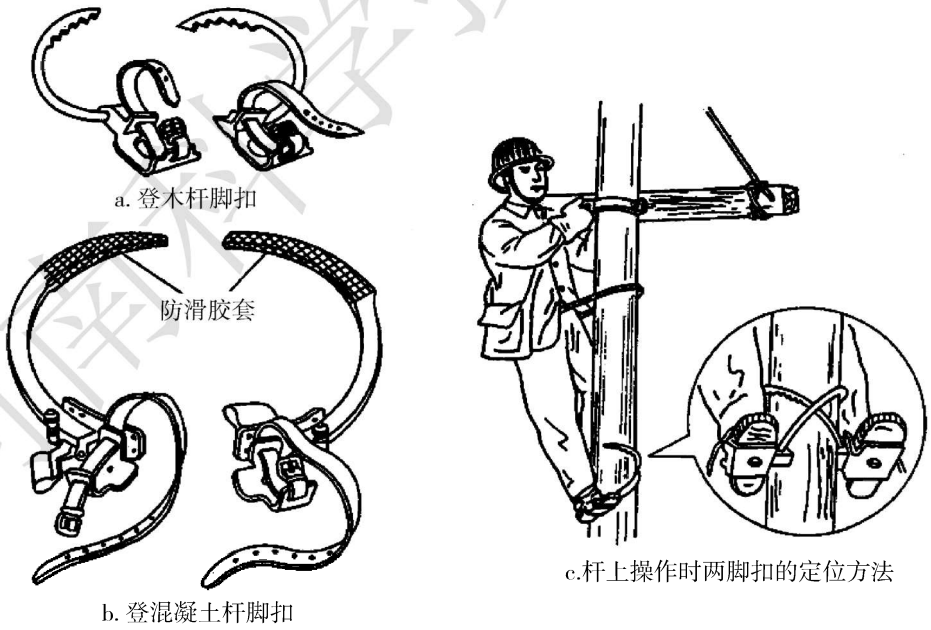


a. 蹬板规格

b. 蹬板绳长度

c. 在蹬板上作业的站立姿势

图 2－21　蹬板



a. 登木杆脚扣

b. 登混凝土杆脚扣

c.杆上操作时两脚扣的定位方法

图 2－22　脚扣

4. 腰带、保险绳和腰绳　腰带、保险绳和腰绳如图 2－23 所示，是电杆登高操作的必备用品。腰带是用来挂保险绳、腰绳和吊物绳的，使用时应系结在臀部上，而不是系结在

河南科学技术出版社

腰间，否则操作时既不灵活又容易扭伤腰部。保险绳是用来防止万一失足而人体下落时坠地摔伤。使用时，一端要可靠地系结在腰带上，另一端用保险绳扣固定在牢固的横担或抱箍上。腰绳用来固定人体下部，以扩大上身活动幅度，使用时应系结在电杆的横担或抱箍下方，防止腰绳窜出电杆顶端，造成工伤事故。

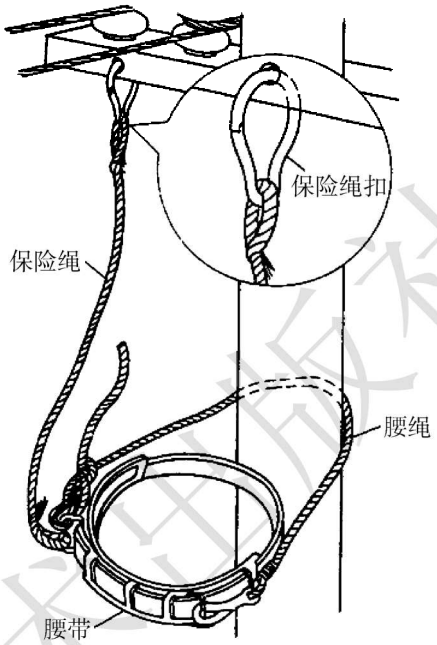


图 2－23　腰带、保险绳和腰绳的使用

5. 吊绳和吊篮　吊绳和吊篮是杆上作业时传递零件和工具的用品。吊绳一端应系结在操作者腰带上，另一端垂直向地面，随操作者的需要而吊物上杆。吊篮是用来盛放零星小件物品或工具的，使用时结住吊绳，随物上升。吊篮通常由钢丝扎成圆桶形骨架，外蒙覆帆布而成。

6. 背包　背包由杆上操作者随身携带，内盛锤、錾之类常用工具和零星材料等。

7. 防护用品　电工登杆操作，必须戴防护帽、防护手套，穿电工绝缘胶鞋和电工工作服。电工在检修已投入运用的电气设备或电气装置时，虽停电操作，但还必须穿着电工工作服和电工鞋。

课题三　设备装修工具

电工在安装或维修电气设备和装置时，经常要用到以下一些主要工具。

2.3.1　顶拔器

顶拔器也称拉具、掳子、拉模、拉扒或拉盘，分双爪的和三爪的两种，用来拆卸带轮和轴承等配件。顶拔器的结构和使用方法如图 2－24 所示，使用时各爪与中心丝杆应保持等距。

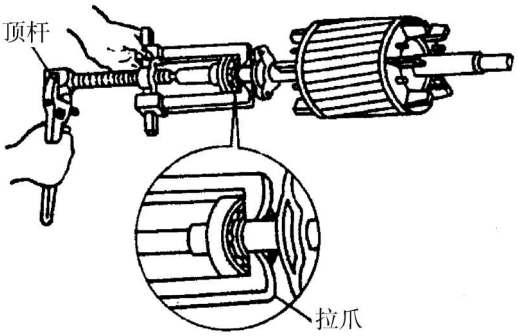
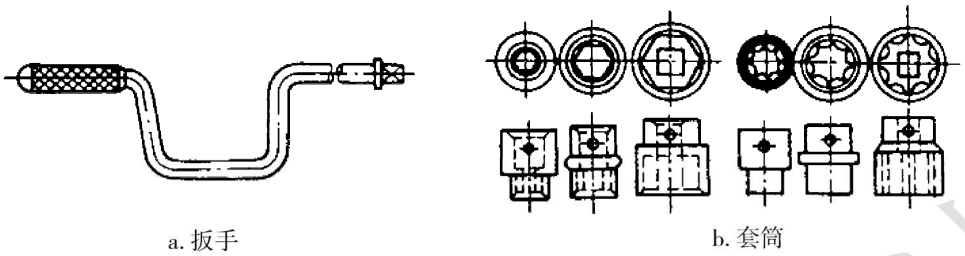


图 2－24　顶拔器结构和使用

2.3.2　套筒扳手

套筒扳手常用来拧紧或拧松有沉孔的螺母，或在无法使用活扳手的地方使用。它由套筒和手柄两部分组成，套筒应配合螺母规格选用，如图 2－25 所示。

河南科学技术出版社



a. 扳手　　b. 套筒

图 2－25　套筒扳手

2.3.3　皮老虎

皮老虎用来吹除各种电气设备内部的积灰或金属切屑等垃圾，外形如图 2－26 所示。

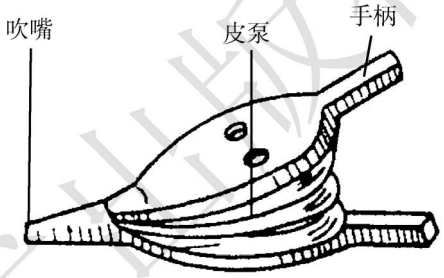
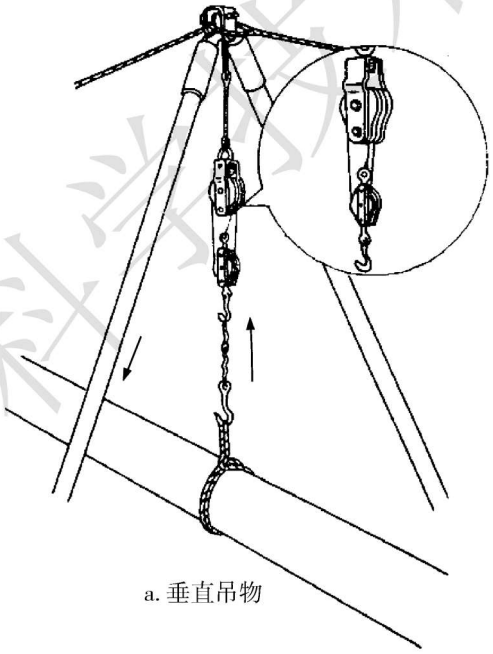


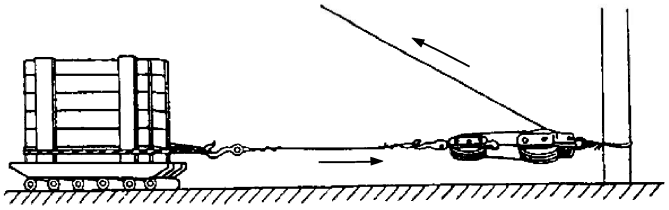
图 2－26　皮老虎

2.3.4　滑轮

滑轮俗称葫芦，用来起重各种较重的设备或部件，使用方法如图 2－27 所示。如果起重时须随时定位，或防止设备在起重时摔跌，应采用组合滑轮（俗称神仙葫芦）。



a. 垂直吊物



b. 水平拉物

图 2－27　滑轮的使用

河南科学技术出版社

2.3.5 电烙铁

电烙铁是烙铁钎焊的热源，通常以电热丝作为热元件，分有内热式和外热式两种，外形如图 2－28 所示。

电烙铁常用的规格有 25 W、45 W、100 W 和 300 W 等多种。焊接弱电元器时，宜采用 25 W 和 45 W 规格；焊接强电元器件时，须用 45 W 以上规格。电烙铁的功率选用应适当，过大既浪费电力，还会烧毁元器件；过小会因热量不够而影响焊接质量。

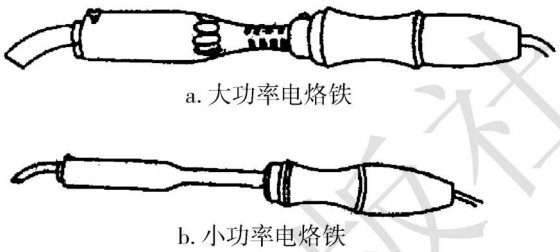


图 2－28　电烙铁

电烙铁用毕，要随时拔去电源插头，以节约用电，并能延长其使用寿命。在导电地面（如混凝土和泥土地面等）使用时，电烙铁的金属外壳必须妥善接地，以防漏电时触电。

2.3.6 喷灯

喷灯是火焰钎焊的热源，外形如图 2－29 所示。电工常用喷灯来焊接铅包电缆的外皮（铅护层），大截面铜导线连接处的加固搪锡，以及其他电连接表面的防氧化镀锡等。

使用喷灯要预热喷头，在燃烧室（杯）中加煤油或汽油燃烧，然后打气加压。加压切勿过度，在喷头达到预热温度后应即放阀喷油。喷油嘴堵塞时，用专用的通针疏通，并根据需要调节火焰到适当程度，过大或过小都会影响焊接质量。要防止火陷烧坏工件，对离焊接处较近的绝缘结构件，要采取有效的隔热措施，如垫石棉纸或裹以耐火泥等。在有易燃和易爆物的环境周围，不准使用喷灯，以防发生火灾。

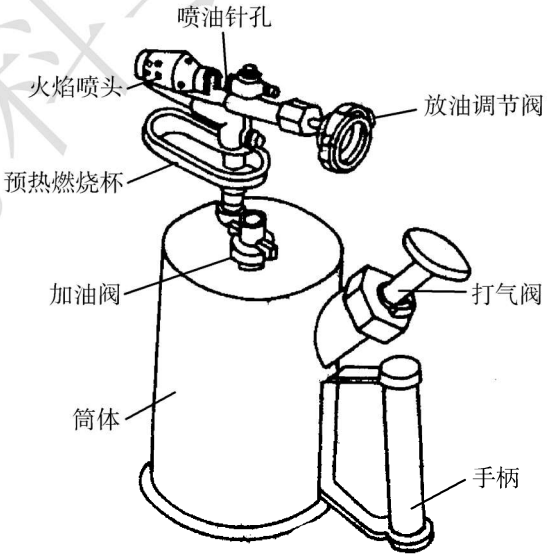


图 2－29　喷灯

河南科学技术出版社

任务　电工工具认识

1. 教学目标

(1)正确识别所发的各种常用电工工具,并了解其基本结构和使用方法。

(2)能结合训练指导中相关内容,正确使用试电笔、螺丝刀、电工刀、钢丝钳、尖嘴钳、剥线钳、手电钻等常用工具。

2. 工具材料　试电笔、一字螺钉旋具、十字螺钉旋具、电工刀、钢丝钳、尖嘴钳、断线钳、剥线钳、活动扳手、尖头镊子、宽口镊子,手电钻、冲击钻各 1 个;木板 2 块,平口、十字口自攻螺钉各 5 只,单芯硬导线、多芯软导线、细钢丝若干。

3. 训练步骤及说明

(1)正确识别出各电工工具的名称、作用:主要结合各电工工具的外形特点,将各工具对应名称一一指出,并简要说明其作用。

(2)电工工具的使用:

1)用试电笔检测实训室电源三眼插座各插孔电压情况:

A. 打开实训室电源开关,用手握住试电笔尾部的金属体部分,用试电笔的尖端探入其相线端插孔中,观察试电笔的氖管是否发光;再分别探测另两个插孔,观察氖管发光情况。

B. 断开实训室电源开关,再分别测试各插孔中电压情况。

2)用手电钻练习在木板上钻孔:

A. 给手电钻安装直径合适的钻头(应配合自攻螺钉规格,使钻头直径略小于螺钉直径),注意钻头应上紧。

B. 接通电源,将钻头对准木板,在上面钻 10 个孔,注意孔应垂直于板面,不能钻歪。

3)用螺钉旋具在木板上拧装平口、十字自攻螺钉各 5 只:

A. 将自攻螺钉放到钻好的孔上,并压入约 1/4 长度。

B. 用与螺钉槽口相一致的螺钉旋具,刀口压紧螺钉槽口,然后顺时针方向旋动螺钉旋具,将螺钉的约 5/6 长度旋入木板中,注意不要旋歪。

4)钢丝钳,尖嘴钳:

A. 用钢丝钳或尖嘴钳的钳口将旋入木板中的螺钉端部夹持住,再逆时针方向旋出螺钉。

B. 用钢丝钳或尖嘴钳的刀口将多芯软导线、单芯硬导线分别剪断为 5 段。

C. 用钢丝钳铡口剪切细金属丝。

5)剥线钳:将用钢丝钳剪断的 5 段多芯软导线进行端头绝缘层的去除,注意剥线钳的孔径选择要与导线的线径相符。

4. 常用电工工具认识与使用训练考核评定　学生在经教师讲解之后,熟悉掌握训练要领,并限时进行训练考核评定,评定标准参考表 2 - 1。

表 2 - 1　常用电工工具识别与使用训练考核评定参考

训练内容	配分	扣分标准	扣分	得分
电工工具认识	30 分	1. 工具认识错误,每种　扣 10 分 2. 工具用途不清楚或混淆,每种　扣 10 分		

河南科学技术出版社

续表

训练内容	配分	扣分标准	扣分	得分
试电笔测插座电压情况	15 分	1. 握持不规范 扣 10 分 2. 测试结果错误 扣 6 分		
手电钻钻孔	10 分	1. 钻头选用不合适 扣 3 分 2. 钻头未上紧 扣 5 分 3. 钻孔不正,有倾斜,每个 扣 3 分		
用螺钉旋具旋螺钉	15 分	1. 螺钉与板面不垂直 扣 3 分 2. 螺钉推口有明显损伤,每只 扣 5 分 3. 螺钉旋具口损伤 扣 10 分		
用尖嘴钳、钢丝钳旋螺钉,夹断导线	20 分	1. 螺钉有明显损伤,每只 扣 5 分 2. 导线端面不平整,每处 扣 2 分 3. 导线除端部外,其他地方有绝缘层损伤,每处 扣 2 分		
使用剥线钳	10 分	1. 口径选择不当导致损伤导线,每处 扣 5 分 2. 导线裸线端过长或过短,每处 扣 2 分 3. 绝缘层端面不平整 扣 2 分		
总评(注:各项内容中扣分总值不应超过对应各项内容所配分数)				

5. 训练参考工时　2 h。

思考题

1. 电工常用工具有哪几类? 各有什么用途? 怎样使用与维护保养?
2. 电工用钢丝钳由哪几部分组成? 各有什么用途?
3. 电工使用梯子时应注意什么问题?
4. 射钉枪的主要用途是什么? 使用时要注意什么问题?
5. 使用螺钉旋具时,应注意什么?
6. 低压验电器检测电压的范围是多少? 使用低压验电器时应注意什么?
7. 为什么在使用冲击钻时,必须戴绝缘手套、穿绝缘鞋或站在绝缘板上?
8. 简述安全带、踏板和脚扣的结构和使用方法。

河南科学技术出版社

项目三　电工常用材料

课题一　常用导电材料及其应用

3.1.1　常用导电材料

导电材料的用途是输送和传递电流。导电材料一般分良导体材料和高电阻材料两类。常用良导体材料有铜、铝、钢、钨、锡等。其中，铜、铝、钢主要用于制作各种导线或母线；钨的熔点较高，主要用于制作灯丝；锡的熔点低，主要用作导线的接头焊料的熔丝（保险丝）。常用的高电阻材料有康铜、锰铜、镍铬和铁铬铝等，主要用作电阻器和热工仪表的电阻元件。对导电材料的基本要求是：电阻低、熔点高、机械性能好、密度小、电阻温度系数小。常用导电材料的物理性能见表3－1。

表3－1　常用导电材料的物理性能

名称	密度 /(g/cm³)	20 ℃时电阻 ρ /(Ω·mm²/m)	平均电阻温度系数 α (由0～100 ℃)/(1/℃)	熔点 /℃
铝	2.7	0.028 3	0.004	657
钨	19.32	0.055	0.005	3 300
铜	8.89	0.017 2	0.003 93	1 083
锡	7.31	0.114	0.004 38	232
铅	11.34	0.222	0.003 87	327.4
钢	7.8	0.1	0.006 25	1 400
锌	7.14	0.061	0.004 19	439

1. 铜　铜是最重要的导电材料。它的电阻率很小，密度为8.89 g/cm³，具有较高的锻造性、延展性和耐蚀性。铜可分为硬铜和软铜两种：硬铜的机械强度高、抗拉强度约为400 N/mm²，常用作电车滑触线、架空线路中的裸铜线、配电装置中的母线等；软铜的抗拉强度约为200 N/mm²，常用作电缆、导线的线芯。铜的蕴藏量较少，属较贵重金属，一般用在要求较高的动力线路和电气设备的控制线路中。

2. 铝　铝是仅次于铜的导电材料，其电阻率小，密度为2.7 g/cm³，有较高的延展性和耐蚀性。铝也分为硬铝和软铝两种，常用作电缆的铝芯、导线和母线。铝的蕴藏量较丰富，且

河南科学技术出版社

属轻金属，所以在架空线路、照明线路、母线和电缆中已被广泛采用。

3. 钢　钢是含碳量低于2%的一种铁碳合金，其电阻率为0.1 Ω·mm²/m，密度为7.8 g/cm³，具有很高的机械强度和很高的锻造性、延展性；但导电性不如铜和铝，常用作输送小功率架空线路的导线、接地装置中的接地线及制作钢芯铝线等。

3.1.2　导线

导线又叫电线。电工常用的导线可分为电磁线和电力线两大类，电力线又分裸导线和绝缘导线两类。导线的线芯要求导电性能好、机械强度大、质地均匀、表面光滑、无裂纹，耐蚀性好。导线的绝缘包皮要求绝缘性能好，质地柔韧且具有相当的机械强度，能耐酸、油、臭氧的侵蚀。

1. 电磁线　电磁线用来制作各种电感线圈。如变压器、电动机和电磁铁等所用的绕组（线包），一般均由不同规格的电磁线绕制而成。电磁线按绝缘材料分有漆包线、丝漆包线、纸包线、玻璃纤维包线、纱包线、烧结薄膜线等多种；截面的几何形状有圆形和矩形两种；导线的芯线有铜芯和铝芯两种。最常用的漆包线型号含义表示如下：

（1）Q：油性漆包铜线。

（2）QQ：高强度聚乙烯醇缩醛漆包铜线。

（3）QZ：高强度聚酯漆包铜线。

（4）QZL：高强度聚酯漆包铝线。

（5）QY：耐高温聚酰亚胺漆包铜线。

2. 裸导线　没有绝缘包皮的导线叫作裸导线。裸导线分为单股线和多股绞合线两种，主要用于室外架空线路。裸导线的材料、形状和尺寸常用符号表示：铜用字母“T”表示；钢用“G”表示；硬型材料用“Y”表示；软型用“R”表示；绞合线用“J”表示；截面积用数字表示；单线线径用“ϕ”表示。例如：LJ－35表示截面积为35 mm²的铝绞线；LGJ－50/8表示截面积为50 mm²的钢芯铝绞线（50指铝芯截面积，8指钢芯截面积）；Tϕ4表示直径为4 mm的单股铜导线。

（1）圆单线：常用的圆单线有铝质、铜质两类。铝质单线有LY、LR两种，一般作电线、电缆的线芯用；铜质单线有TY、TR两种。圆铝、圆铜单线的电气性能见表3－2，规格见表3－3。

表3－2　圆铝、圆铜单线的电气性能

名称型号		电阻率（20 ℃时）/（Ω·mm²/m）	电阻温度系数（20 ℃时）/（1/℃）
LY		0.029	0.004 03
LYB与LR		0.028 3	0.004 1
TY	直径1.00 mm以下	0.018 1	0.003 85
	直径1.01～6.00 mm时	0.017 9	
TR		0.017 48	0.003 95

河南科学技术出版社

表3－3　常用圆铝、圆铜单线的规格

直径/mm	截面积/mm^2	铝			铜		
		每千米的净重/kg	(20℃时)每千米的直流电阻/Ω	(75℃时)每千米的直流电阻/Ω	每千米的净重/kg	(20℃时)每千米的直流电阻/Ω	(75℃时)每千米的直流电阻/Ω
1.50	1.767	4.77	16.00	19.6	15.70	9.33	12.28
1.56	1.911	5.15	14.80	18.1	17.0	9.18	11.35
1.62	2.06	5.56	13.73	16.8	18.32	8.53	10.5
1.68	2.22	5.98	12.75	15.6	19.7	7.90	9.78
1.74	2.38	6.40	11.95	14.54	21.1	7.37	9.12
1.81	2.57	6.95	11.0	13.45	22.9	6.84	8.45
1.88	2.78	7.49	10.2	12.45	24.7	6.31	7.80
1.95	2.99	8.06	9.46	11.60	26.5	5.88	7.26
2.02	3.20	8.65	8.85	10.8	28.5	5.50	6.78
2.10	3.46	9.34	8.18	10.0	30.8	5.11	6.27
2.26	4.01	10.83	7.05	8.63	35.7	4.39	5.41
2.44	4.68	12.64	6.05	7.40	41.6	3.76	4.63
2.63	5.43	14.65	5.22	6.37	48.3	3.24	4.00
2.83	6.29	16.98	4.50	5.50	55.9	2.80	3.45
3.05	7.31	19.75	3.88	4.74	65.0	2.41	2.97
3.28	8.45	22.8	3.35	4.10	75.1	2.08	2.57
3.53	9.79	26.4	2.85	3.54	87.0	1.80	2.22
3.80	11.34	30.6	2.49	3.05	100.8	1.55	1.915
4.10	13.20	35.6	2.14	2.62	117.3	1.332	1.642
4.50	15.90	43.0	1.78	2.18	141.4	1.108	1.362
4.80	18.1	48.9	1.56	1.91	160.9	0.973	1.198
5.20	21.2	57.4	1.33	1.627	188.8	0.827	1.020

(2)裸绞线：裸绞线是将多根圆单线绞合在一起的绞合线，这种导线较软并有足够的强度。架空电力线、电缆芯线大都采用绞合线，其股数和单股直径的表示方法是将股数和直径写在一起，如7×2.11，表示用7股直径为2.11 mm的单线绞合而成。架空线路中常用的绞线有LJ型硬铝绞线、LGJ型钢芯铝绞线及TJ型硬铜绞线。绞线的型号及主要用途见表3－4；常用绞线的规格参数见表3－5；外线工程中常用绞线的载流量见表3－6。

河南科学技术出版社

表3-4　绞线的型号及主要用途

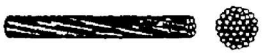
型　号	名　称	结　构	主要用途
LJ	硬铝绞线		低压及高压架空输电用
LGJ	钢芯铝绞线		需要提高拉力的架空输电用
TJ	硬铜绞线		低压及高压架空用

表3-5　常用绞线的规格参数

常用绞线	标称截面积/mm^2	铜线根数及单线直径/mm	铝线根数及单线直径/mm	钢线根数及单线直径/mm	电线外径/mm	直流电阻(20 ℃时)/(Ω/km)不大于	电线质量/(kg/km)	容许电流(25 ℃,导线温度为70 ℃时)/A
硬铜绞线	16	7×1.68	—	—	5.0	1.20	143	143
	25	7×2.11	—	—	6.3	0.74	220	198
	35	7×2.49	—	—	7.5	0.54	310	242
	50	7×2.97	—	—	8.9	0.39	440	297
	60	12×2.5	—	—	10.4	0.32	530	—
	70	19×2.14	—	—	10.6	0.28	613	487
	95	19×2.49	—	—	12.4	0.20	838	456
硬铝绞线	16	—	7×1.70	—	5.1	1.98	44	105
	25	—	7×2.12	—	6.4	1.28	68	135
	35	—	7×2.50	—	7.5	0.92	95	170
	50	—	7×3.00	—	9.0	0.64	136	215
	70	—	7×3.55	—	10.7	0.46	191	265
	95	—	19×2.5	—	12.5	0.34	257	325
铜芯铝绞线	10	—	5×1.6	1×1.2	4.4	3.12	36	—
	16	—	6×1.8	1×1.8	5.4	2.04	62	—
	25	—	6×2.2	1×2.2	6.6	1.38	92	—
	35	—	6×2.8	1×2.8	8.4	0.85	150	170
	50	—	6×3.3	1×3.2	9.9	0.65	196	220
	70	—	6×3.9	1×3.8	11.7	0.46	275	275
	95	—	28×2.08	7×1.8	13.7	0.33	404	335

注:表中的标称截面积是根据绞线的股数和直径用公式计算出来的实际截面积取其整数而得到的,如LJ—25,截面积为25.41 mm^2,标称截面积为25 mm^2。

河南科学技术出版社

表3-6　常用绞线的允许载流量

铜绞线			铝绞线			钢芯铝绞线		
导线型号	允许电流/A		导线型号	允许电流/A		导线型号	允许电流/A	
	室外	室内		室外	室内		室外	室内
TJ-4	50	25	—	—	—	—	—	—
TJ-6	70	35	—	—	—	—	—	—
TJ-10	95	60	LJ-10	75	55	—	—	—
TJ-16	130	100	LJ-16	105	80	LGJ-16	105	—
TJ-25	180	140	LJ-25	135	110	LGJ-25	135	—
TJ-35	220	175	LJ-35	170	135	LGJ-35	170	—
TJ-50	270	220	LJ-50	215	170	LGJ-50	220	—
TJ-60	315	250	—	—	—	—	—	—
TJ-70	340	280	LJ-70	265	215	LGJ-70	275	—
TJ-95	415	340	LJ-95	325	260	LGJ-95	335	—
TJ-120	485	405	LJ-120	375	310	LGJ-120	380	—
TJ-150	570	480	LJ-150	440	370	LGJ-150	445	—
TJ-185	645	550	LJ-185	500	425	LGJ-185	515	—
TJ-240	770	650	LJ-240	610	—	LGJ-240	610	—
TJ-300	890	—	LJ-300	680	—	LGJ-300	700	—
TJ-400	1 085	—	LJ-400	830	—	LGJ-400	800	—
—	—	—	LJ-500	980	—	—	—	—
—	—	—	LJ-625	1 140	—	—	—	—

(3)铁线:铁线常用在小功率架空线路中,其中以镀锌铁线应用较广。镀锌铁线的规格参数见表3-7。

表3-7　镀锌铁线的规格参数

直径/mm	直径公差/mm	截面积/mm^2	质量/(kg/km)	最大电阻(20 ℃时)/(Ω/km)	抗张力/MPa	伸长率/%
6.0	0.13	28.27	220.5	4.691	98.95	12
5.5	0.13	23.76	185.3	5.581	83.16	12
5.0	0.13	19.64	153.2	6.753	68.74	12
4.5	0.10	15.90	124.0	8.341	55.65	10
4.0	0.10	12.57	98.05	10.55	44.00	10
3.5	0.10	9.621	75.04	13.78	33.67	10
3.2	0.08	8.042	62.73	16.40	28.15	10
2.9	0.08	6.605	51.52	20.08	23.12	10
2.6	0.06	5.309	41.41	24.98	18.58	7
2.3	0.06	4.155	32.41	31.92	14.54	7
2.0	0.06	3.142	24.51	42.21	11.00	7
1.8	0.06	2.545	19.85	52.11	8.903	7
1.6	0.05	2.011	15.69	65.95	7.039	7

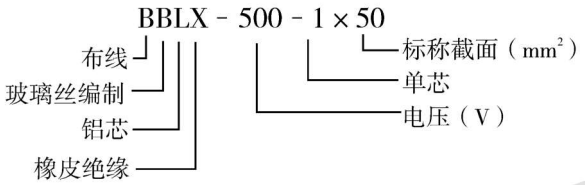
3.绝缘导线

(1)绝缘导线的结构和型号:具有绝缘包层的电线称为绝缘导线。绝缘导线按其芯线材

河南科学技术出版社

料分为铜芯和铝芯两种;按线芯股数分为单股和多股两类;按结构分为单芯、双芯、多芯等;按绝缘材料分为橡皮绝缘导线和塑料绝缘导线两种,橡皮绝缘导线的外防层又分为棉纱编织和玻璃丝编织两种。

绝缘导线的型号表示方法及含义如下:



其中:不标第二个字母 B,表示棉纱编织;不标 L,表示铜芯;将 X 改标为 V, 表示聚氯乙烯塑料绝缘。

例如:BV16(7/1.7),表示标称截面积为 16 mm^2 的棉纱编织的聚氯乙烯塑料绝缘铜导线,括号内数字表示导电线芯的根数为 7 根,每根直径为 1.7 mm;BLX25(7/2.11),表示标称截面积为 25 mm^2 的棉纱编织的橡皮绝缘铝导线,括号内数字表示导电线芯的根数为 7 根,每根直径为 2.11 mm。

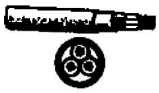
(2)橡皮绝缘导线:橡皮绝缘导线的结构为,线芯外先包一层橡皮作绝缘层,再包一层棉纱或玻璃丝编织层作保护层。它主要供室内敷设用,长期工作温度不得超过 60 ℃。交流电压在 250 V 以下的橡皮绝缘导线只能用于照明线路。常用低压橡皮绝缘导线的型号和主要用途见表 3 - 8。

表 3 - 8　橡皮绝缘导线的型号和主要用途

型号	名称	构造及截面图	主要用途
BX	铜芯橡皮线		供干燥和潮湿场所固定敷设用; 用于交流额定电压 250 V 和 500 V 的电路中
BXR	橡皮软线		供安装在干燥或潮湿的场所,连接电器设备移动部分用; 交流额定电压 500 V
BXS	双芯橡皮线		供干燥场所移动式用电设备连线用; 线芯间额定电压 250 V
BXH	橡皮花线		供干燥场所移动式用电连线设备连线用; 线芯间额定电压 250 V
BLX	铝芯橡皮线		供干燥和潮湿场所固定敷设用; 用于交流额定电压 250 V 和 500 V 的电路中

河南科学技术出版社

续表

型号	名称	构造及截面图	主要用途
BXG	铜芯穿管橡皮线		供交流电压 500 V 或直流电压 1 000 V 电路中配电和连接仪表用;适用管内敷设
BLXG	铝芯穿管橡皮线		供交流电压 500 V 或直流电压 1 000 V 电路中配电和连接仪表用;适用管内敷设

(3)塑料绝缘导线:这种导线用聚氯乙烯作绝缘包层,又称塑料线。塑料线具有耐油、耐酸、耐腐蚀、防潮、防霉等特点,常用作 500 V 以下室内照明线路,可直接敷设在空心板或墙壁上。常用塑料线的型号和主要用途见表 3 - 9;常用绝缘导线的结构尺寸见表 3 - 10。

表 3 - 9　聚氯乙烯绝缘导线的型号和主要用途

型　号	名称	主要用途
BLV(BV)	铝(铜)芯塑料线	交流电压 500 V 以下,直流电压 1 000 V 以下室内固定敷设
BLVV(BVV)	铝(铜)芯塑料护套线	交流电压 500 V 以下,直流电压 1 000 V 以下室内固定敷设
BVR	铜芯塑料软线	交流电压 500 V 以下,要求电线比较柔软的场所敷设
BLV - 1(BV - 1)	室外用铝(铜)芯塑料线	500 V,室外固定敷设
BLVV - 1(BVV - 1)	室外用铝(铜)芯塑料护套线	500 V,室外固定敷设
BVR - 1	室外用铜芯塑料软线	500 V,要求电线在比较柔软的场所敷设
RVB	平行塑料绝缘线	250 V,室内连接小型电器,移动或半移动敷设时用
RVS	双绞塑料绝缘线	250 V,室内连接小型电器,移动或半移动敷设时用

表 3 - 10　BV,BLV 型聚氯乙烯绝缘导线的结构尺寸

标称截面积/mm^2	导电线芯结构		绝缘厚度/mm	最大外径/mm		参考载流量/A			
						BV		BLV	
	根数	直径/mm		单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯
0.8	1	1.00	0.7	2.6	2.6×5.2	17	13	13	10
1.0	1	1.13	0.7	2.8	2.8×5.6	20	16	15	12
1.5	1	1.37	0.7	3.0	3.0×6.0	25	21	19	16
2.5	1	1.76	0.8	3.7	3.7×7.4	34	26	26	22
4.0	1	2.24	0.8	4.2	4.2×8.4	45	38	35	29
6.0	1	2.73	0.9	5.0	5.0×10	56	47	43	36
8.0	7	1.20	0.9	5.6	5.6×11.2	70	58	54	45
10.0	7	1.33	1.0	6.6	6.6×13.2	85	72	66	56
16	7	1.70	1.0	7.8	—	113	96	87	73
25	7	2.12	1.2	9.6	—	146	123	112	95
35	7	2.50	1.2	10.9	—	180	151	139	117
50	19	1.83	1.4	13.1	—	225	188	173	145
75	19	2.14	1.4	14.9	—	287	240	220	185
95	19	2.50	1.6	17.3	—	350	294	254	214

河南科学技术出版社

绝缘导线在空气中敷设时的参考载流量见表 3－11，穿管敷设时的参考载流量见表 3－12。

表 3－11　绝缘导线在空气中敷设的参考载流量

导线截面积/mm²	长期连续负荷允许电流/A									
	铜芯绝缘导线					铝芯绝缘导线				
	BX，BXF，BXR	BV，BVR	BVV，RVV，RVB，RVS，RV，RFS，RFB			BLX，BLXF	BLV	BLVV		
	单芯	单芯	一芯	二芯	三芯	单芯	单芯	一芯	二芯	三芯
0.12	—	—	5	4	3	—	—	—	—	—
0.2	—	—	7	5.5	4	—	—	—	—	—
0.3	—	—	9	7	5	—	—	—	—	—
0.4	—	—	11	8.5	6	—	—	—	—	—
0.5	—	—	12.5	9.5	7	—	—	—	—	—
0.75	18	16	16	12.5	8	—	—	—	—	—
1.0	21	19	19	15	9	—	—	—	—	—
1.5	27	24	24	19	11	19	18	—	—	—
2	—	—	28	22	12	—	—	—	—	—
2.5	35	32	32	26	17	27	25	25	20	16
4	45	42	42	36	20	35	32	34	26	22
6	58	55	55	47	26	45	42	43	33	25
10	85	75	75	65	32	65	59	59	51	40
16	110	105	—	—	52	85	80	—	—	—
25	145	138	—	—	—	110	105	—	—	—
35	180	170	—	—	—	138	130	—	—	—
50	230	215	—	—	—	175	165	—	—	—
70	285	265	—	—	—	220	205	—	—	—
95	345	325	—	—	—	265	150	—	—	—
120	400	375	—	—	—	310	285	—	—	—
150	470	430	—	—	—	360	325	—	—	—
185	540	490	—	—	—	420	380	—	—	—

注：导线最高允许工作温度 65 ℃，周围环境温度 25 ℃。

表 3－12　单芯绝缘导线在空气中穿管敷设的参考载流量

导线截面积/m²	长期连续负荷允许电流											
	铜芯（BX、BXF 型）						铝芯（BLX、BLXF 型）					
	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根
1.0	15	14	12	13	12	11	—	—	—	—	—	—
1.5	20	18	17	17	16	14	15	14	11	14	12	11
2.5	28	25	23	25	22	20	21	19	16	19	27	15
4	37	33	30	33	30	26	28	25	23	25	23	20
6	49	43	39	43	38	34	37	34	30	33	29	26
10	68	60	53	59	52	46	52	46	40	44	40	35
16	86	77	69	76	68	60	66	59	52	58	52	46
25	113	100	90	100	90	80	86	76	68	77	68	60
35	140	122	110	125	110	98	106	94	83	95	84	74
50	175	154	137	160	140	123	133	118	105	120	108	95
70	215	193	173	195	175	155	165	150	133	153	135	120

河南科学技术出版社

续表

导线截面积/m²	长期连续负荷允许电流											
	铜芯(BX、BXF 型)						铝芯(BLX、BLXF 型)					
	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根
95	260	235	210	240	215	195	200	180	160	184	165	150
120	300	270	245	278	250	227	230	210	190	210	190	170
150	340	310	280	320	290	265	260	240	220	250	227	205
185	385	355	320	360	330	300	295	270	250	282	255	232

导线截面积/m²	长期连续负荷允许电流											
	铜芯(BV 型)						铝芯(BLV 型)					
	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根	2 根	3 根	4 根
1.0	14	13	11	12	11	10	—	—	—	—	—	—
1.5	19	17	16	16	15	13	15	13	12	13	11.5	10
2.5	26	24	22	24	21	19	20	18	15	18	16	14
4	35	31	28	31	28	25	27	24	22	24	22	19
6	47	41	37	41	36	32	35	32	28	31	27	25
10	65	57	50	56	49	44	49	44	38	42	38	33
16	82	73	65	72	65	57	63	56	50	55	49	44
25	107	95	85	95	85	75	80	70	65	73	65	57
35	133	115	105	120	105	93	100	90	80	90	80	70
50	165	146	130	150	132	117	125	110	100	114	102	90
70	205	183	165	185	167	148	155	143	127	145	130	115
95	250	225	200	230	205	185	190	170	152	175	158	140
120	290	260	230	270	240	215	220	195	172	200	180	160
150	330	300	265	305	275	250	250	225	200	230	207	185
185	380	340	300	355	310	280	285	255	230	265	235	212

注:导线最高允许温度 65 ℃,周围温度 25 ℃。

3.1.3 电缆

电缆是一种多芯导线,即在一个绝缘软套内裹有多根互相绝缘的线芯。电缆的种类很多,有电力电缆、控制电缆、通讯电缆等。在电力系统中常用的有电力电缆和控制电缆,其型号及主要用途见表 3－13。

表 3－13 电缆的型号及用途

型号	名称	主要用途	被替代产品	
			名称	型号
YHZ	中型橡套电缆	500 V,电缆能承受相当机械外力	—	—
YHC	重型橡套电缆	500 V,电缆能承受较大机械外力		
YHH	电焊机用橡套软电缆	供连接电源用		
YHHR	电焊机用橡套特软电缆	主要供连接卡头用		

河南科学技术出版社

续表

型号	名称	主要用途	被替代产品	
			名称	型号
KVV 系列	聚氯乙烯绝缘及护套控制电缆	用于固定敷设,供交流 500 V 及以下或直流 1 000 V 及以下配电装置,作为仪表电器连接用	铜芯橡皮绝缘铅包控制电缆	KXQ 型系列
VV 系列 VLV 系列	聚氯乙烯绝缘及护套电力电缆	用于固定敷设,供交流 500 V 及以下或直流 1 000 V 以下电力电路 用于 1 ~ 6 kV 电力电路	铜芯及铝芯纸绝缘铅包电力电缆、油浸纸绝缘铅包电力电缆	ZQ、ZQL

1. 电力电缆　电力电缆是用来输送和分配大功率电能的导线。

(1)电缆的结构:电缆由缆芯、绝缘层和防护层三个主要部分构成,如图 3 - 1 所示。

1)缆芯:缆芯通常采用高电导率的铜或铝制成,截面有圆形、半圆形、扇形等多种,有统一的标称等级。缆芯有单芯、双芯、三芯、四芯等几种:单芯和双芯电缆一般用来输送直流电和单相交流电;三芯电缆用来输送三相交流电;四芯电缆(中性线线芯截面积较小)用于中性点接地三相四线制配电系统中。

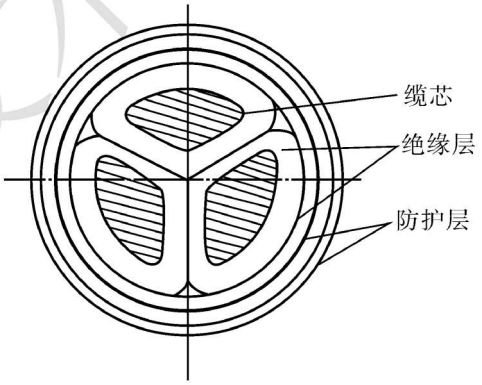


图 3 - 1　电力电缆剖面

2)绝缘层:电缆的绝缘层通常采用纸、橡皮、塑料做成,作用是将缆芯与缆芯、缆芯与保护层互相隔开和绝缘。

3)防护层:电缆外部的防护层是保护缆芯和绝缘层的,分内防护层和外防护层。内防护层保护绝缘层不受潮湿并防止电缆浸渍剂外流,常用铝(铅)、塑料、橡胶套做成。外防护层保护内防护层不受机械损伤和化学腐蚀,常用的有沥青麻护层,钢带(丝)铠装护层等几种。有些无外防护层的电缆,如裸铝包电缆,则只能用于无机械损伤和无化学腐蚀的地方。

电力电缆的种类很多,我国电缆产品的型号是由汉语拼音字母和数字组成的,代表符号和含义见表 3 - 14。例如:ZLL11 - 10—3 × 95,表示纸(Z)绝缘电缆、铝(L)芯、内防护层为铝(L)包、外防护层为防腐护层(11)、额定电压为 10 kV(10)、三芯(3)、截面积为 95 mm^2 的三芯电缆。

表 3－14　电力电缆型号的组成和含义

型号组成	绝缘代号	导体代号	内护层代号	派生代号	外护层代号
代号含义	Z——纸绝缘 X——橡皮绝缘 V——聚氯乙烯绝缘 YJ——交联聚氯乙烯绝缘	T——铜(可省略) L——铝芯	H——橡套 Q——铅包 L——铝包 V——聚氯乙烯护套	P——贫油式(即干绝缘) D——不滴流 F——分相铅包	1——麻被护层 2——钢带铠装麻被护层 20——裸钢带铠装 3——细钢丝铠装麻被护层 30——裸细钢丝铠装 5——粗钢丝铠装 11——防腐护层 12——钢带铠装有防腐层 120——裸钢带铠装有防腐层

(2)常用的电力电缆：

1)油浸纸绝缘铝包(或铅包)电力电缆：其构造如图 3－2 所示。特点是耐压强度高、耐热性能好、使用年限长；缺点是制造工艺复杂，价格较高。

2)聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆：这种电缆简称全塑电缆，特点是绝缘性能好、抗腐蚀性能好，具有一定的机械强度，制作简单，敷设、安装、维修、接续较容易，已逐步取代油浸纸绝缘铝包(或铅包)电缆。

3)交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆：这种电缆的电气性能更优越，可用于 35 kV 的高压系统中，其构造如图 3－3 所示。

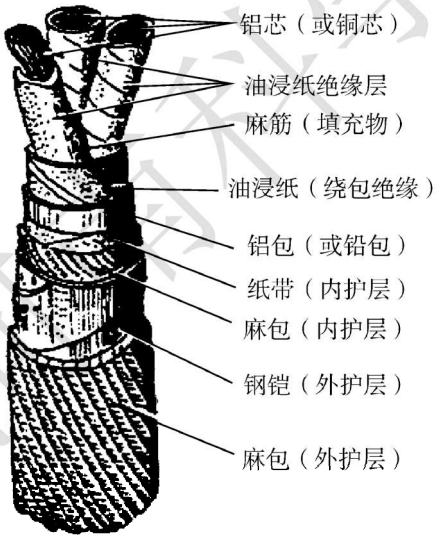


图 3－2　油浸纸绝缘电力电缆

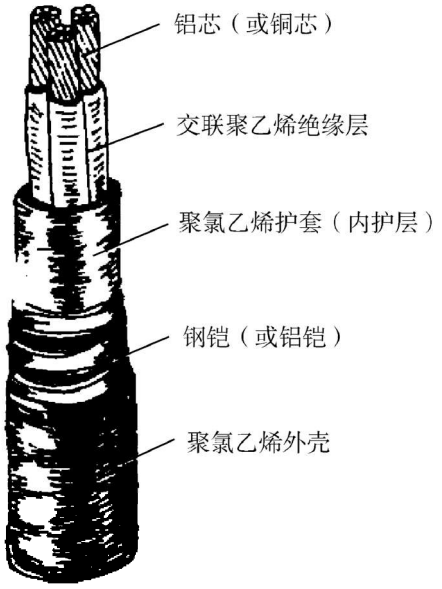


图 3－3　交联聚乙烯绝缘电力电缆

电力电缆的载流量见表 3－15。当绝缘电缆电线敷设温度与表中不符时，按表 3－16 进行校正。

表 3－15　电缆在空气中敷设的载流量

导线截面积/mm²	长期连续负荷允许电流/A											
	铜芯电缆						铝芯电缆					
	油纸绝缘	聚乙烯绝缘	橡皮绝缘				油纸绝缘	聚乙烯绝缘	橡皮绝缘			
	1 kV *T* 为 80 ℃	1 kV *T* 为 65 ℃	500 V *T* 为 65 ℃				1 kV *T* 为 80 ℃	1 kV *T* 为 65 ℃	500 V *T* 为 65 ℃			
	ZQ20 ZQ30 ZL120 ZL130 ZQP20	VV	XV	XF	XQ	XQ	ZLQ20	XLV		XLF	XLQ	XLQ20
3×2.5+1×1.5	30	—	24	26	25	26	—	—	—	—	—	—
3×2.5+1×1.5	—	—	—	—	—	—	24	—	19	21	—	—
3×4+1×2.5	40	29	32	35	34	35	32	22	25	27	27	27
3×6+1×4	52	38	40	44	40	44	40	29	32	35	34	35
3×10+1×6	70	51	57	62	60	61	55	40	45	49	47	48
3×16+1×6	95	68	76	84	81	83	70	53	59	65	63	64
3×25+1×10	125	92	101	112	107	109	95	71	79	87	84	85
3×35+1×10	155	115	124	136	131	133	115	89	97	107	107	104
3×50+1×16	190	144	158	173	170	169	145	111	124	136	132	133
3×70+1×25	235	178	191	209	205	205	180	136	150	164	161	161
3×95+1×35	285	218	234	254	251	2 516	220	168	184	200	197	197
3×120+1×35	335	252	269	292	289	288	255	195	212	230	228	227
3×150+1×50	390	297	311	337	337	333	300	228	245	766	265	263
3×185+1×50	450	341	359	388	338	382	345	263	284	307	307	303

注：周围环境温度 25 ℃。

表 3－16　电缆电线载流量温度校正系数

项目 / 环境温度/℃ / 电缆电线工作温度/℃	载流量校正系数								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	1.17	1.13	1.09	1.04	1.0	0.954	0.905	0.853	0.798
65	1.22	1.17	1.12	1.06	1.0	0.935	0.865	0.791	0.707

2. 控制电缆　控制电缆是在配电装置中传导操作电流、连接电气仪表及继电保护和自动控制回路用的，其构造与电力电缆相似，如图 3－4 所示。这种电缆属低压电缆，运行电压一般在交流 500 V、直流 1 000 V 以下。因电流不大，且是间断负荷，所以截面积较小，一般为 1.5～10 mm²。按绝缘材料，可分为油浸纸绝缘控制电缆、橡胶绝缘控制电缆和聚氯乙烯绝缘控制电缆 3 种。

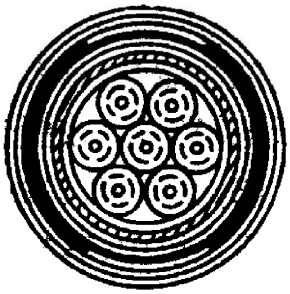


图 3－4　控制电缆剖面

河南科学技术出版社

3.1.4 硬母线

母线(又称汇流排)是用来汇集和分配电流的导体,有软母线和硬母线之分。软母线用在35 kV及以上的高压配电装置中,硬母线用在工厂高低压配电装置中。硬母线通常用铝或铜材料经加工做成,其截面形状有矩形、管形、槽形等;10 kV及以下的多采用矩形铝材。母线的排列一般在设计图纸中有规定,交流电三相用L1(U)、L2(V)、L3(W)表示,为了便于识别相序,防止腐蚀,对母线要涂漆,黄、绿、红三色涂漆分别代表L1、L2、L3三相。母线的涂色规定见表3-17。

表3-17 母线的涂色

母线类型	L1相	L2相	L3相	正极	负极	中性线	接地线
涂漆颜色	黄	绿	红	赭	蓝	紫	紫底黑条

母线截面应满足在正常情况下的载流量及机械强度的要求,满足在系统短路故障情况下的动稳定和热稳定要求。铝母线的允许载流量见表3-18,标称尺寸及计算截面见表3-19。

表3-18 矩形铝母线长期允许载流量 (单位:A)

导体尺寸 $h\times b$(mm^2)	单条		双条	
	平放	竖放	平放	竖放
25×4	293	308	—	—
25×5	332	350	—	—
40×4	456	480	631	655
40×5	515	543	719	756
50×4	565	594	779	820
50×5	637	671	884	930
63×6.3	872	949	1 211	1 319
63×8	995	1 082	1 511	1 644
63×10	1 129	1 227	1 800	1 954
80×6.3	1 100	1 193	1 517	1 649
80×8	1 249	1 358	1 855	2 020
80×10	1 411	1 535	2 185	2 375
100×6.3	1 363	1 481	1 840	2 000
100×8	1 547	1 682	2 259	2 455
100×10	1 663	1 807	2 613	2 840
125×6.3	1 693	1 840	2 276	2 474
125×8	1 920	2 087	2 670	2 900
125×10	2 063	2 242	3 152	3 426

表3-19 常用铝母线的标称尺寸及计算截面

宽度 b/mm	厚度 α/mm								
	3	4	5	6	8	10	12	15	20
10	30	40	50	60	—	—	—	—	—
12	36	48	60	72	—	—	—	—	—
15	45	60	75	90	120	150	—	—	—
20	60	80	100	120	160	200	240	—	—
25	75	100	125	150	200	250	300	375	—
30	90	120	150	180	240	300	360	450	600

河南科学技术出版社

续表

宽度 b/mm	厚度 α/mm								
	3	4	5	6	8	10	12	15	20
40	120	160	200	240	320	400	480	600	800
50	150	200	250	300	400	500	600	750	1 000
60	—	240	300	360	480	600	720	900	1 200
80	—	—	400	480	640	800	960	1 200	—
100	—	—	500	600	800	1 000	1 200	—	—
120	—	—	—	720	960	1 200	1 440	—	—

3.1.5 熔体

熔体是一种保护性导电材料。将熔体串联在电路中，由于电流的热效应，在正常情况下熔体虽然发热但不会熔断，当发生过载或短路致电流增大时，就会使熔体温度急剧上升而熔断。此时电路被切断，从而起到保护电气设备的作用。

制造熔体的材料有两类：一类是低熔点材料，如铅、锡、锌及其合金（宜于在小电流情况下使用）；另一类是高熔点材料，如银、铜等（一般在大电流情况下使用）。熔体一般做成丝状（又叫保护险丝）或片状，是各种熔断器的核心组成部分。常用低压熔丝的规格见表 3－20。

表 3－20　常用低压熔丝的规格

种类	直径/mm	近似英规线号	规定电流/A	种类	直径/mm	近似英规线号	规定电流/A	熔断电流/A
铅锑合金丝（铅≥98%，锑 0.3%～1.5%）	0.08	44	0.25	铅锡合金丝（其中铅 95%、锡 5%）	0.508	25	2	3.0
	0.15	38	0.5		0.559	24	2.3	3.5
	0.20	36	0.75		0.61	23	2.6	4.0
	0.22	35	0.8		0.71	22	3.3	5.0
	0.28	32	1		0.813	21	4.1	6.0
	0.29	31	1.05		0.915	20	4.8	7.0
	0.35	28	1.25		1.22	18	7	10.0
	0.40	27	1.5		1.63	16	11	16.0
	0.46	26	1.85		1.83	15	13	19.0
	0.52	25	2		2.03	14	15	22.0
	0.54	24	2.25		2.34	13	18	27.0
	0.60	23	2.5		2.65	12	22	32.0
	0.65	22	3		2.95	11	26	37.0
	0.94	20	5		3.26	10	30	44.0
	1.16	19	6	铜线	0.23	34	4.3	8.6
	1.26	18	8		0.25	33	4.9	9.8
	1.51	17	10		0.27	32	5.5	11.0
	1.66	16	11		0.32	30	6.8	13.5
	1.75	15	12.0		0.37	28	8.6	17.0
	1.98	14	15		0.46	26	11	22.0
	2.23	13	20		0.56	24	15	30.0
	2.78	12	25		0.71	22	21	41.0
	3.14	10	30		0.74	21	22	43.0
	3.81	9	40		0.91	20	31	62.0
	4.12	8	45		1.02	19	37	73.0
	4.44	7	50		1.22	18	49	98.0
	4.91	6	60		1.42	17	63	125.0
	5.24	4	70		1.63	16	78	156.0
					1.83	15	96	191.0
					2.00	14	115	229.0

河南科学技术出版社

选用熔丝时，主要参数是熔丝的额定电流值。选择要求如下：

(1)对于输配电线路，熔体的额定电流值应小于或等于线路的设计安全电流值。

(2)对于变压器、电炉、照明负荷等，熔体额定电流值应稍大于实际负载电流值。

(3)对于电动机，应考虑启动电流大的因素，熔体额定电流值应为电动机额定电流值的1.5 ~2.5倍。

课题二　常用绝缘材料及其应用

绝缘材料，又称电介质，是一种不导电的物质(严格地讲，不是绝对不导电，只是导电电流极其微小而已)。它的主要作用是把带电部分与不带电部分分开；把电位不同的导体相互隔开。按化学性质，可将绝缘材料分为无机绝缘材料(如云母、石棉、大理石、瓷器、玻璃、硫黄等)、有机绝缘材料(如树脂、棉纱、纸、丝、漆、塑料等)和混合绝缘材料(由以上两种材料经加工制成的各种成型绝缘材料)。

常用绝缘材料按其在正常运行条件下允许的最高工作温度分为7个耐热等级(表3－21)，主要性能见表3－22。

表3－21　绝缘材料的耐热等级

级别	绝缘材料	极限工作温度/℃
Y	木材，棉花，纸，纤维等天然的纺织品、以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和熔化点较低的塑料(脲醛树脂)	90
A	工作于矿物油中的和用油或油树脂复合胶浸过的Y级材料，漆包线、漆布、漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和A级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线，乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚酯薄膜、经合适树脂黏合式浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等，聚酯漆、聚酯漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石带补强的云母片制品，玻璃丝和石棉，玻璃器布，以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料补强和石带补强的云母粉制品，化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料，复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品，加厚的F级材料复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
C	不采用任何有机黏合剂及浸渍剂的无机物，如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180以上

表3－22　常用绝缘材料的主要性能

材料名称	绝缘强度/(kV/mm)	抗张强度/kPa	密度/(kg/cm^3)	膨胀系数/(10^{-6}/℃)
瓷	8 ~25	1.80 ~2.40	2.3 ~2.5	3.4 ~6.5
玻璃	5 ~10	1.40	3.2 ~3.6	7
云母	15 ~78	—	2.7 ~3.0	3
石棉	5 ~53	5.20(经)	2.5 ~3.2	—
棉纱	3 ~5	—	—	—

河南科学技术出版社

续表

材料名称	绝缘强度/(kV/mm)	抗张强度/kPa	密度/(kg/ cm^3)	膨胀系数/(10^{-6}/℃)
纸板	8～13	3.50～7.00(经),2.70～5.50(纬)	0.4～1.4	—
电木	10～30	3.50～7.70	1.26～1.27	20～100
纸	5～7	5.20(经),2.45(纬)	0.7～1.1	—
软橡胶	10～24	0.70～1.40	0.95	—
硬橡胶	20～38	2.50～6.80	1.15～1.5	—
绝缘布	10～54	1.35～2.90	—	—
纤维板	5～10	5.60～10.50	1.1～1.48	25～52
干木材	0.8	4.85～7.50	0.36～0.80	—
矿物油	25～57	—	0.83～0.95	700～800

3.2.1 电工漆和电工胶

1. 电工漆　电工漆主要分为浸渍漆和覆盖漆。浸渍漆主要用来浸渍电气设备的线圈和绝缘零部件,填充间隙和气孔,以提高绝缘性能和机械强度。覆盖漆主要用来涂刷经浸渍处理过的线圈和绝缘零部件,形成绝缘保护层,以防机械损伤和气体、油类、化学药品等的侵蚀。

2. 电工胶　常用的电工胶有电缆胶和环氧树脂胶。电缆胶由石油沥青、变压器油、松香脂等原料按比例配制而成,可用来灌注电缆接头和漆管、电器开关及绝缘零部件,其主要用途见表3－23。

表3－23　电缆胶的特性及用途

牌号	软化点/℃ 不高于	冻裂点/℃ 不高于	绝缘强度/kV 不小于	主要用途
1号	45～55	－45	40	用作浇灌室外高低压电缆的终端匣、接线匣总门及铁路电信器材等
2号	55～65	－35	40	用作浇灌室外高低压电缆的终端匣、接线匣总门等
3号	65～75	－30	45	用作浇灌室外高低压电缆的终端匣、接线匣等
4号	75～85	－25	50	用于温度较高的室内作浇灌高低电缆的终端匣、接线匣、电动机等
5号	85～95	－25	60	用于温度较高的室内作浇灌室外高低电缆的终端匣、接线匣、电动机等
6号	134～145	－10	40	用于浇灌变压器内外绝缘体

环氧树脂胶一般现场配制,按照不同的配方可制得相对分子质量大小不同的产物,其中相对分子质量低的是黏度小的半液体物,供电器开关、零部件作浇铸绝缘使用;中等相对分子质量的是稠状物,供作配制高机械强度的胶黏剂;高相对分子质量的是固体物,用以配制各种漆等。配制环氧树脂灌注胶和胶黏剂时,应加入硬化剂,如乙二胺等,使其变成不熔不溶的结实整体。

3.2.2 塑料

塑料是由天然树脂或合成树脂、填充剂、增塑剂、着色剂、固化剂和少量添加剂配制而成

河南科学技术出版社

的绝缘材料，其特点是相对密度小、机械强度高、介电性能好、耐热、耐腐蚀、易加工。塑料可分为热固性塑料和热塑性塑料两类。

1. 热固性塑料　热固性塑料又分为两类：一类是在热压模中经热压硬固而成的不熔不溶物；另一类是在冷压模中成型，再放到炉中烘焙硬化而成的不熔不溶物。热固性塑料只能塑制一次，常用的有 4012 酚醛木粉塑料、4330 酚醛玻璃纤维塑料、脲醛石棉塑料和有机硅石棉塑料，主要用来制作低压电器、接线盒、仪表等的零部件。

2. 热塑性塑料　热塑性塑料是以高分子化合物为基础的柔韧性材料，当受热时软化并熔融，冷却后固结成型，可反复加热、重复塑制使用；常用的有聚乙烯和聚氯乙烯塑料等。聚乙烯塑料主要用作高频电缆、水下电缆等的绝缘材料，吹塑后可制成薄膜，挤压后可制作成绝缘板、管等成型制品。聚氯乙烯的硬质制品可制成板、管材，可作电线管用。软质制品主要固定敷设（地下、水下、建筑物和配电系统）低压电力电缆、各种导线、安装线的绝缘层和防护套等。

3.2.3　橡胶及橡皮

1. 橡胶　橡胶分天然橡胶和人工合成橡胶。天然橡胶是由橡胶树干中分泌出的乳汁经加工而制成的，其可塑性、工艺加工性好，机械强度高，但耐热、耐油性差，硫化后可作各类电线、电缆的绝缘层及电器的零部件等。合成橡胶是碳氢化合物的合成物，常用的有氯丁、丁腈和有机硅橡胶等，可制作橡皮、电缆的防护层及导线的绝缘层等。

2. 橡皮　橡皮是由橡胶经硫化处理而制成的，分硬质橡皮和软质橡皮两类。硬质橡皮主要用来制作绝缘零部件及密封剂和衬垫等；软质橡皮主要用于制作电缆和导线绝缘、橡皮包布和安全保护用具等。

3.2.4　绝缘布（带）和层压制品

1. 绝缘布（带）　绝缘布（带）的主要用途是在电器制作、安装过程中适用于槽、匝、相及连接（引出）线的绝缘包扎，其种类较多；表 3－24 所示为常用绝缘漆布（带）的规格和主要用途。

表 3－24　常用绝缘漆布（带）的规格和主要用途

名称		型号		浸渍漆	规格/mm			耐热等级	主要用途
					厚度	宽度			
漆①布带类	黄漆①布（黄蜡布、黄蜡布带）	平纹	斜纹	油基漆	0.15、0.17、0.20、0.24、0.30	（布）700～1 000	（带）15、20、25	A	适用于一般低压电动机、电器的衬垫绝缘或线圈绝缘包扎
		2010	2015						
		2011	2016	油基漆					耐油性，适用于油中工作的变压器，电动机、电器的衬垫或线圈绝缘包扎
		2012	2017	油基漆					
	黑漆布（黑漆布、黑漆布带）	2111		沥青漆	0.15、0.17、0.20、0.24、0.30	（布）700～1 000	（带）15、20、25	A	老化性比黄漆布好，不耐油，适用于低压电动机、电器的衬垫或线圈绝缘包扎
		2110	2114	沥青漆					

续表

名称		型号	浸渍漆	规格/mm 厚度	规格/mm 宽度		耐热等级	主要用途
漆布带类①	黄漆绸（黄漆绸、黄漆绸带）	2210	油基漆	0.04、0.05、0.06、0.08、0.10、0.12、0.15	（布）700～1 000	（带）15、20、25	A	适用于A～E级电动机、电器中要求介电性能较高的薄膜衬垫或线圈绝缘包扎
		2211		0.08、0.10、0.12、0.15	（布）700～1 000	（带）15、20、25		适用于A～E级电动机、电器中要求介电性能较高的薄膜衬垫或线圈绝缘包扎，耐油性高
		2212						
玻璃漆布带类	油性玻璃漆布（带）	上2201	油性黄玻璃漆布漆	0.11、0.13、0.15、0.17、0.20、0.24、	700～1 000	13、15、20、25、30	A	介电性能比2012好，广泛代替黄漆布、绸。适用于一般电动机、电器设备衬垫或线圈绝缘及油中工作的变压器、电器的线圈绝缘
		2412					E(E)	广泛代替黑漆布。适用于大型电动机、一般电动机电器的衬垫或线圈绝缘。耐潮性好，但不耐汽油及变压器油
	黑玻璃漆布（带）	2430	沥青醇酸漆					广泛代替一般绝缘漆布，适用于湿度较大、温度较高或油中工作的电动机、电器、变压器衬垫或线圈绝缘
	三聚氰胺醇酸玻璃漆布（带）	2432	醇酸漆					
	硅有机玻璃漆布（带）	2450	有机硅漆				H	较高耐热性，可适用于温度180 ℃的电动机、电器、变压器衬垫或线圈绝缘
	环氧玻璃漆布（带）	2433	环氧树脂漆	0.11、0.13、0.15、0.17	700～1 000	13、15、20、25、30	E(B)②	适用于包扎环氧树脂浇注的特种电器线圈

注：①此类产品已淘汰。

②耐热等级中的E(B)做主绝缘时属E级，做辅助绝缘时属B级。

2. 层压制品　层压制品是由天然或合成纤维、纸或布浸（涂）胶后，经热压卷制而成，常制成板、管、棒等形状，以供制作绝缘零部件和用作带电体之间或带电体与非带电体之间的绝缘层，其特点是介电性能好、机械强度高。

河南科学技术出版社

3.2.5 电瓷

电瓷是用各种硅酸盐或氧化物的混合物制成的，其性质稳定、机械强度高、绝缘性能好、耐热性能好，主要用于制作各种绝缘子、绝缘套管、灯座、开关、插座、熔断器零部件等。

1. 低压绝缘子

(1)低压针式绝缘子：用于绝缘和固定 1 kV 及以下的线路导线，其钢脚形式有木担直脚、铁担直脚和弯脚三种，外形如图 3－5 所示，技术规格见表 3－25。

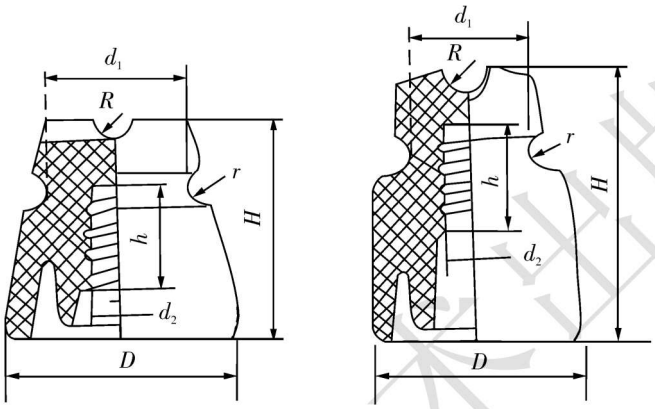


图 3－5　低压针式绝缘子

表 3－25　低压针式绝缘子规格

型号	瓷件抗弯破坏负荷/N	主要尺寸/mm							质量/kg
		H	h	D	d_1	d_2	R	r	
PD－1	10 000	66	33	76	43	20	6	6	0.32
PD1－1	10 000	110	38	88	45	22	10	7	0.65
PD1－2	8 000	90	32	71	40	18	7	5	0.42
PD1－3	3 000	71	32	54	31	15	6	4	0.27

(2)低压蝶式绝缘子：用于绝缘和固定 1 kV 及以下的终端、耐张、转角等处导线，其外形如图 3－6 所示，技术规格见表 3－26。

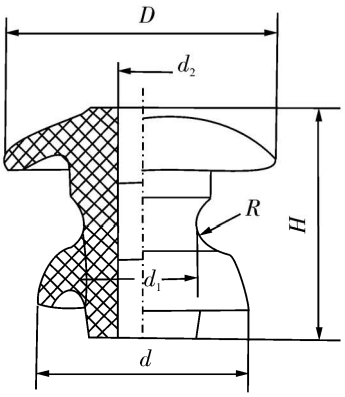


图 3－6　低压蝶式绝缘子

河南科学技术出版社

表 3－26　低压蝶式绝缘子规格

型号	耐压试验电压/kV	机械破坏负荷/N	主要尺寸/mm						质量/kg
			H	h	D	d_1	d_2	R	
ED－1	2	18 000	100	120	95	50	22	12	1.0
ED1－2	2	15 000	80	90	78	42	20	10	0.5
ED1－3	2	10 000	65	75	65	36	10	8	0.25

注：型号中的“E”表示蝶式绝缘子；“D”表示低压；数字 1、2、3 表示产品尺寸大小。

（3）低压布线绝缘子：用于绝缘和固定室内低压线路和照明线路，有鼓形绝缘子和瓷夹板两种，其外形分别如图 3－7、图 3－8 所示，技术规格见表 3－27、表 3－28。

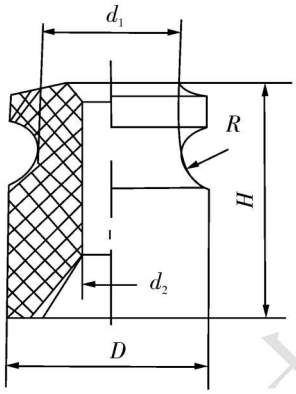


图 3－7　鼓形绝缘子

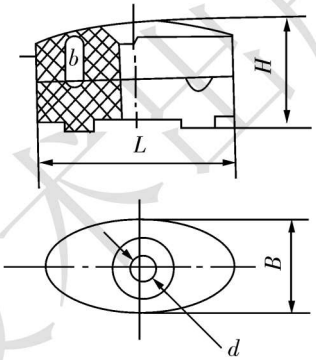


图 3－8　瓷夹板

表 3－27　低压布线鼓型绝缘子规格

型号	抗弯负荷/N	主要尺寸/mm					质量/kg
		H	h	D	d_1	d_2	
G－30	—	30	30	20	7	5	0.03
G－35	—	35	35	22	7	7	0.05
G－38	1 000	38	38	24	8	7	0.06
G－50	2 500	50	50	34	9	12	0.14

注：型号中“G”表示鼓形绝缘子；字母后面的数字表示绝缘子高度。

表 3－28　低压布线瓷夹板规格

型号	线槽数	主要尺寸/mm					每百只质量/kg
		L	B	b	H	d	
N－240	2	40	20	6	20	6	3.4
N－251	2	51	22	6	24	7	4.4
N－364	3	64	27	8	29	7	9.5
N－376	3	76	30	8	29	7	12.5

注：型号中“N”表示瓷夹板；字母后的第 1 位数字是产品槽数，后 2 位数字是产品长度。

2. 高压绝缘子　高压绝缘子用于绝缘和支持高压架空线路。

（1）高压针式绝缘子：高压针式绝缘子按电压等级分为 6 kV、10 kV、15 kV、20 kV、

河南科学技术出版社

25 kV、35 kV 六种，它们的主要区别在于铁脚的长度，电压越高，铁脚尺寸越长、瓷裙直径也越大。高压针式绝缘子用于支持高压线，外形如图 3－9 所示。

（2）高压蝶式绝缘子：高压蝶式绝缘子用于支持高压线，外形如图 3－10 所示。

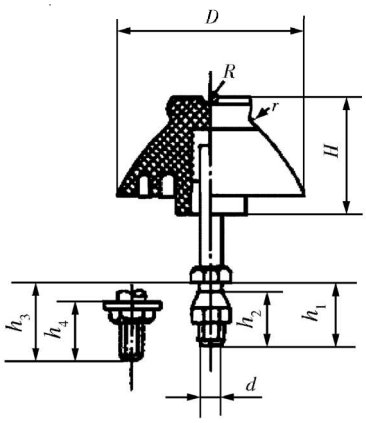


图 3－9　高压针式绝缘子

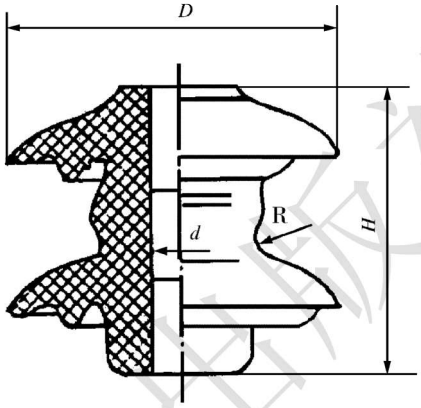


图 3－10　高压蝶式绝缘子

（3）高压悬式绝缘子：高压悬式绝缘子用于悬挂高压线，上端固定在横担上，下端用线夹悬挂电线，可多个串联使用。其外形如图 3－11 所示，技术规格见表 3－29。

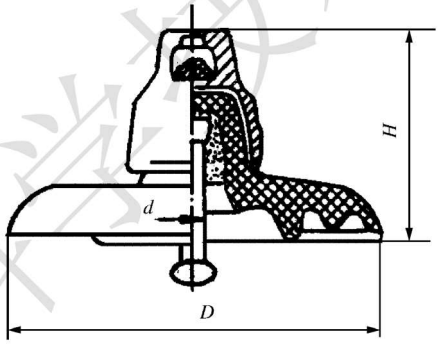


图 3－11　高压悬式绝缘子

表 3－29　高压悬式绝缘子的规格

型号	主要尺寸/mm								
	H	h_1	h_2	D	d_1	d_2	d_3	b_1	b_2
X1－2	110	9	11	180	11	22	—	13	26
X－3	140	9	11	200	14	28	—	16	31
X－4.5	146	11.5	14	254	16	32	—	18	35
X－7	170	14	16	280	20	38	—	22	42
X2－2C	142	22.5	24	152	16	19	19	18	13
X2－3C	146	22	24	200	16	19	19	19	16
X2－4.5C	146	22	24	254	16	19	19	19	16

注：型号中的“X”表示悬式绝缘子；字母后的数字 1、2 表示设计顺序；“—”线后的数字 2、3、4.5、7 为 1 h机电破坏试验负荷（t）；“C”表示槽型连接（球形连接不表示）。

河南科学技术出版社

3. 拉紧绝缘子　拉紧绝缘子主要用于电杆的拉线对地的绝缘，其外形如图 3－12 所示。

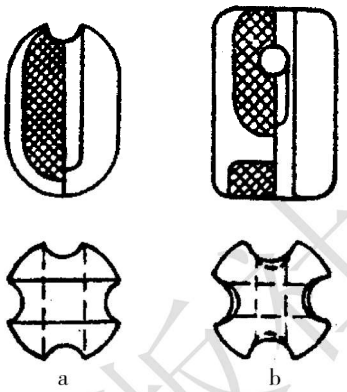


图 3－12　拉紧绝缘子

3.2.6　绝缘油

绝缘油主要用来充填变压器、油开关和浸渍电缆等，常用的有变压器油、油开关油和电容器油。

1. 变压器油　变压器油起绝缘和散热作用，常用的有 10 号、25 号和 45 号 3 种型号。

2. 油开关油　油开关油起绝缘、排热和灭弧作用，常用的有 45 号。

3. 电容器油　电容器油的型号有 1 号、2 号两种：1 号用在电力电容器中，2 号用在电讯电容器中。

课题三　常用安装材料

安装材料是电力内外线施工中的主要材料之一，分为金属材料和非金属材料两类。金属材料中常用的有各种类型的钢材及铝材，如水煤气管、薄钢管、角钢、扁钢、钢板、铝板等；非金属材料中常用的有塑料管、瓷管等。

3.3.1　常用导线管

在内线施工中，为了使导线免受腐蚀和外来机械损伤，常把绝缘导线穿在管内敷设。用来穿导线的管子叫作导线管，常用的导线管有水煤气管、薄钢管、金属软管、塑料管和瓷管 5 种。应用时，首先根据敷设环境来确定使用哪种导线管；然后根据管内导线的截面积、根数多少来确定导线管的规格。当多根导线穿管时，管内导线截面积总和不应超过管子内截面积的 40%；当电缆穿管时，管子内径至少应为电缆外径的 1.5 倍。

1. 水煤气管　水煤气管又称焊接管和瓦斯管，是钢质电线管，管壁较厚（3 mm 左右），适于输送水煤气及作建筑构件用（扶手、栏杆、脚手架等），在内线工程中则适用于在有机械外力或轻微腐蚀气体的场所作明敷设或暗敷设。按表面处理情况，分镀锌钢管、不镀锌钢管两种；按管壁厚度不同，可分为普通钢管和加厚钢管两种。钢管的规格通常用“公称口径”来称呼，其规格见表 3－30。

表 3－30　水煤气管的技术规格

公称口径		外径/mm	普通管				加厚管			
mm	in		壁厚/mm	内径/mm	内孔总截面积/mm^2	理论质量/(kg/m^2)	壁厚/mm	内径/mm	内孔总截面积/mm^2	理论质量/(kg/m^2)
15	1/2	21.5	2.75	15.25	195	1.25	3.25	15.75	195	1.44
20	3/4	26.75	2.75	21.25	355	1.63	3.5	19.75	306	2.01
25	1	33.5	3.25	27	573	2.42	4	25.5	511	2.91
32	$1^1/_4$	42.5	3.25	35.76	1 003	3.13	4	34.25	921	3.77
40	$1^2/_2$	48	3.50	41	1 320	3.84	4.25	39.5	1 225	4.58
50	2	60	3.50	53	2 206	4.88	4.5	51	2 043	6.61
70	$2^1/_2$	75.5	3.75	68	3 631	6.64	4.5	66.5	3 474	7.88
80	3	88.5	4.0	80.5	5 089	8.34	4.75	79	4 902	9.81
100	4	114	4.0	106	8 824	10.85	5	104	8 495	13.44

河南科学技术出版社

2. 薄钢管　这种管子也是钢质的，其管壁较薄（1.5 mm 左右），又称电线管，管子的内、外壁均涂有一层绝缘漆，适用于干燥场所敷设，其技术规格见表 3－31。

表 3－31　薄钢电线管的技术规格

公称口径		外径/mm	壁厚/mm	内径/mm	内孔总截面积/mm^2	理论质量/(kg/m^2)
mm	in					
15	1/2	15.87	1.5	12.87	130	0.536
20	3/4	19.05	1.5	16.05	202	0.647
25	1	25.40	1.5	22.40	394	0.869
32	$1^1/_4$	31.75	1.5	28.75	649	1.13
40	$1^2/_2$	38.10	1.5	35.10	967	1.35
50	2	50.80	1.5	47.80	1 749	1.83

3. 塑料管　目前应用较多的有聚氯乙烯管、聚乙烯管、聚丙烯管等。其中，聚氯乙烯管应用得最为广泛，由聚乙烯单体聚合后加入各种添加剂制成，分硬型、软型两种。其特点是常温下抗冲击性能好，耐碱、耐酸、耐油性能好，但易变形老化，机械强度不如钢管。硬型管适用于在腐蚀性较强的场所作明敷设和暗敷设；软型管质轻、刚柔适中，适于作电气软管，其规格见表 3－32 和表 3－33。

表 3－32　硬聚氯乙烯管规格

公称口径/mm	外径/mm	壁厚/mm	内径/mm	内孔总截面积/mm^2	备注
15	22	2	18	254	压力 25Pa 以内
20	25	2	21	346	
25	32	3	26	531	
32	40	3.5	33	855	
40	51	4	43	1 452	
50	63	4.5	54	2 290	
70	76	5.3	65.4	3 359	
80	89	6.5	76	4 536	

表 3－33　软聚氯乙烯管规格

塑制电线管类别	公称口径/mm	外径/mm	壁厚/mm	内径/mm	内孔总截面积/mm^2	备注
半硬型	15	16	2	12	113	难燃型氧气指数 27% 以上
	20	20	2	16	201	
	25	25	2.5	20	314	
	32	32	3	26	530	
	40	40	3	34	907	
	50	50	3	44	1 520	
可绕型	15	—	峰谷间 2.2	14.3	161	
	20	—	峰谷间 2.25	16.5	214	
	25	—	峰谷间 2.6	23.3	426	
	32	—	峰谷间 2.75	29	660	
	40	—	峰谷间 3	36.5	1 046	
	50	—	峰谷间 3.75	47	1 734	

注：软聚氯乙烯电器套管的使用压力，内径 3～5 mm 时为 2.5kg/cm^2；内径 12～50 mm 时为 2kg/cm^2。

河南科学技术出版社

4. 金属软管　金属软管柔软如蛇，所以又称蛇皮管。金属软管由厚度为 0.5 mm 以上的双面镀锌薄钢带加工压边卷制而成，轧缝处有的加石棉垫，有的不加。金属软管既有相当的机械强度，又有很好的弯曲性，用于需要活动的地点，其外形如图 3－13 所示。

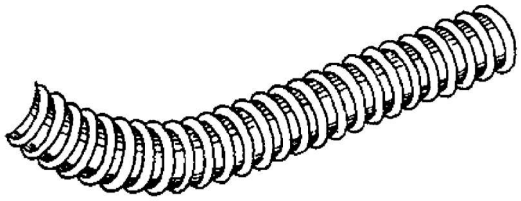


图 3－13　金属软管

5. 瓷管　瓷管是由各种硅酸盐或氧化物混合物制成的，在导线穿过墙壁、楼板及导线交叉敷设时用它可起保护作用。瓷管分为直瓷管、弯头瓷管和包头瓷管 3 种，长度有 152 mm 和 305 mm 两种，内径有 9 mm、15 mm、19 mm、25 mm、38 mm 五种，其外形如图 3－14 所示。

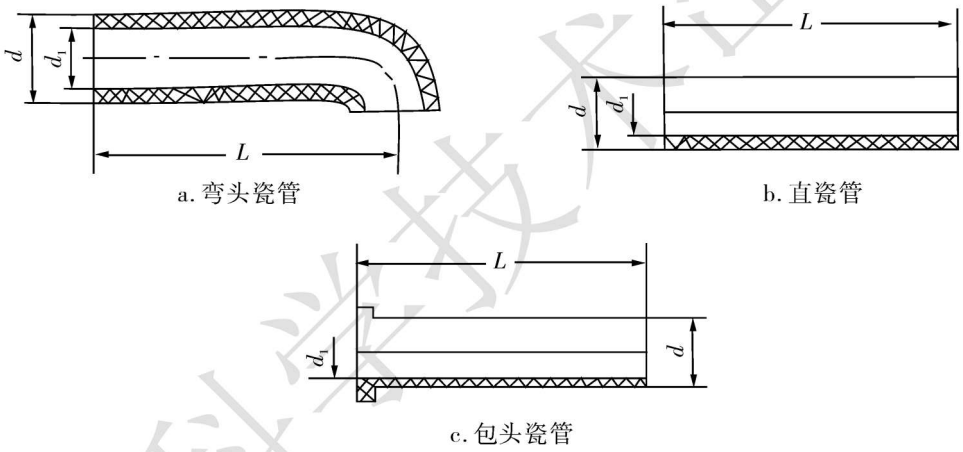


图 3－14　瓷管

3.3.2　电工常用钢材

钢材具有品质均匀，抗拉、抗压、抗冲击等特点，而且具有很好的可焊、可铆、可切割、可加工性，因此在电力内外线工程中得到广泛的应用。电气工程中常用钢材的断面形状如图 3－15所示。

1. 扁钢　扁钢的断面呈矩形，如图 3－15c 所示，规格以厚度(mm)×宽度(mm)表示，常用它作为各种抱箍、撑铁、拉铁和配电设备的配件及接地母线。电气工程中常用的扁钢规格见表 3－34。

表 3－34　常用的扁钢规格

宽度 a/mm		12	16	20	25	30	32	40	50	63	70	75	80	100
厚度 d/mm		理论质量/(kg/m²)												
	4	0.38	0.50	0.63	0.79	0.94	1.01	1.26	1.57	1.98	2.20	2.36	2.51	3.14
	5	0.47	0.63	0.79	0.98	1.18	1.25	1.57	1.96	2.47	2.75	2.94	3.14	3.93
	6	0.57	0.75	0.94	1.18	1.41	1.50	1.88	2.36	2.97	3.30	3.51	3.77	4.71

河南科学技术出版社

续表

宽度 a/mm		12	16	20	25	30	32	40	50	63	70	75	80	100
厚度 d/mm		理论质量/(kg/m²)												
	7	0.66	0.88	1.10	1.37	1.65	1.76	2.20	2.75	3.46	3.35	4.12	4.40	5.50
	8	0.75	1.00	1.26	1.57	1.88	2.01	2.51	3.14	3.95	4.40	4.71	5.02	6.28
	9	—	1.15	1.41	1.77	2.12	2.26	2.83	3.53	4.45	4.95	5.30	5.65	7.07
	10	—	1.26	1.57	1.96	2.36	2.54	3.14	3.93	4.94	5.50	5.89	6.28	7.85
	11	—	—	1.73	2.16	2.59	2.76	3.45	4.32	5.44	6.04	6.48	6.91	8.64
	12	—	—	1.88	2.36	2.83	3.01	3.77	4.71	5.93	6.59	7.07	7.54	9.42
	14	—	—	—	2.75	2.36	3.51	4.40	5.50	6.90	7.69	8.24	8.79	10.99
	16	—	—	—	3.14	3.77	4.02	5.02	6.28	7.91	8.79	9.42	10.05	12.50

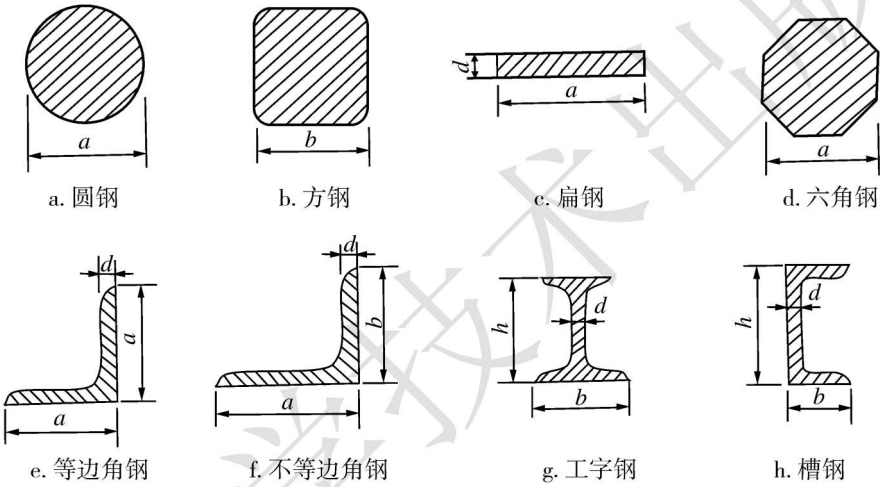


图 3－15　常用钢材的断面形状

2. 角钢　角钢断面呈直角形，又叫作角铁，分为等边角钢和不等边角钢两种。等边角钢的两边垂直且相等，如图 3－15e 所示，规格以边宽(mm)×边厚(mm)表示，并以边宽的厘米数值定其型号。如 40 mm×4 mm，表示该角钢边宽为 40 mm，边厚为 4 mm，其宽度厘米数值为 4，称为 4 号角钢，通常写成 L4 号。电气工程中常用的等边角钢规格见表 3－35。

表 3－35　常用等边角钢规格

钢号		2		2.5		3		3.6			4			4.5			
尺寸/mm	a	20		25		30		36			40			45			
	d	3	4	3	4	3	4	3	4	5	3	4	5	3	4	5	6
质量/(kg/m²)		0.889	1.145	1.124	1.459	1.373	1.789	1.656	2.163	2.654	1.852	2.422	2.976	2.088	2.736	3.369	3.985

钢号		5				5.6				6.3				
尺寸(mm)	a	50				56				63				
	d	3	4	5	6	3	4	5	8	4	5	6	8	10
质量/(kg/m²)		2.332	3.059	3.770	4.466	2.624	3.446	4.251	6.5	3.907	4.822	5.721	7.469	9.151

河南科学技术出版社

续表

钢号		7					7.5					8				
尺寸/mm	a	70					75					80				
	d	4	5	6	7	8	5	6	7	8	10	5	6	7	8	10
质量/(kg/m²)		4.372	5.397	6.406	7.398	8.373	5.818	6.905	7.976	9.030	11.089	6.21	7.376	8.525	9.658	11.974

钢号		9					10						
尺寸/mm	a	90					100						
	d	6	7	8	10	12	6	7	8	10	12	14	16
质量/(kg/m²)		8.350	9.656	10.946	13.476	15.940	9.366	10.830	12.276	15.12	17.898	22.611	23.257

不等边角钢的两边长度不等，见图 3－15f，其规格以长边(mm)×短边(mm)×边厚(mm)表示。型号的表示方法是：用分子表示长边的宽度厘米数，分母表示短边的宽度厘米数，如 L6.3/4 号即表示其长边为 6.3 cm，短边为 4 cm。常用不等边角钢的规格见表 3－36。

表 3－36　常用不等边角钢的规格

钢号		2.5/1.6		3.2/2		4/2.5		4.5/2.8		5/3.2		5.6/3.6		
尺寸/mm	a	25		32		40		45		50		56		
	b	16		20		25		28		32		36		
	d	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5
质量/(kg/m²)		0.912	1.176	1.171	1.522	1.484	1.930	1.687	2.230	1.908	2.494	2.153	2.818	3.466

钢号		6.3/4				7/4.5				7/5.5				8/5.6			
尺寸/mm	a	63				70				75				80			
	b	40				45				50				56			
	d	4	5	6	7	4	5	6	7	5	6	8	10	5	6	7	8
质量/(kg/m²)		3.185	3.920	4.638	5.339	3.570	4.403	5.218	6.011	4.808	5.699	7.431	9.098	5.005	5.935	6.848	7.745

钢号		9/5.6				10/6.3				10/8			
尺寸/mm	a	90				100				100			
	b	56				63				80			
	d	5	6	7	8	6	7	8	10	6	7	8	10
质量/(kg/m²)		5.661	6.717	7.576	8.779	7.550	8.722	9.878	12.142	8.350	9.659	10.946	13.476

3. 工字钢　工字钢由两个翼缘和一个腹板构成，见图 3－15g。其规格以腹板高度 h(mm)×腹板厚度 d(mm)表示，型号以腹高厘米数表示。如 10 号工字钢，表示其腹高为 10 cm，常写成工 10。工字钢广泛用于各种电器设备的固定底座、变压器台架等，其规格见表 3－37。

河南科学技术出版社

表 3－37　常用工字钢的规格

型号	尺寸/mm			理论质量/(kg/m²)
	h	b	d	
10	100	68	4.5	11.2
12.6	126	74	5	14.2
14	140	80	5.5	16.9
16	160	88	6	20.5
18	180	94	6.5	24.1
20a	200	100	7	27.9
20b	200	102	9	31.1
22a	220	110	7.5	33
22b	220	112	9.5	36.4
25a	250	116	8	38.1
25b	250	118	10	42
28a	280	122	8.5	43.4
28b	280	124	10.5	47.9
32a	320	130	9.5	52.7
32b	320	132	11.5	57.7
32c	320	134	13.5	62.8
36a	360	136	10	59.9
36b	360	138	12	65.6
36c	360	140	14	71.2

4. 圆钢　圆钢的规格以直径的厘米数表示，如 ϕ40mm 等，主要用来制作金具及螺栓、接地体等。其规格见表 3－38。

表 3－38　常用圆钢的规格

直径/mm	5	5.6	6	6.3	7	8	9	10	11	12	13
理论质量/(kg/m²)	0.154	0.193	0.222	0.245	0.302	0.395	0.499	0.617	0.746	0.888	1.04
直径/mm	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25
理论质量/(kg/m²)	1.21	1.39	1.58	1.78	2.00	2.23	2.47	2.72	2.98	3.55	3.85

5. 钢板　钢板按厚度分为薄钢板(厚度≤4 mm)、中厚钢板(厚度为 4.5～6.0 mm)、特厚钢板(厚度＞6.0 mm)3 种。薄钢板又称铁皮，镀锌的称镀锌钢板，可作各种电器及设备的零部件、平台、垫板、防护壳等。

6. 槽钢　槽钢外形见图 3－15h。其规格的表示方法与工字钢相同，如“槽钢 120×53×5”，表示其腹板高度为 120 mm，翼宽为 53 mm，腹板厚为 5 mm。槽钢可作固定底座、支撑、导轨等，其规格见表 3－39。

表 3－39　常用槽钢的规格

型号	尺寸/mm			理论质量/(kg/m²)	型号	尺寸/mm			理论质量/(kg/m²)
	h	b	d			h	b	d	
5	50	37	4.5	5.44	20	200	75	9.0	25.77
6.3	63	40	4.8	6.63	22a	220	77	7.0	24.99
8	80	43	5.0	8.04	22	220	79	9.0	28.45

河南科学技术出版社

续表

型号	尺寸/mm			理论质量/(kg/m²)	型号	尺寸/mm			理论质量/(kg/m²)
	h	b	d			h	b	d	
10	100	48	5.3	10.00	25a	250	78	7.0	27.47
12.6	126	53	5.5	12.37	25b	250	80	9.0	31.39
14a	140	58	6.0	14.53	25c	250	82	11.0	35.32
14b	140	60	8.0	16.73	28a	280	82	7.5	31.42
16a	160	63	6.5	17.23	25b	280	84	9.5	35.81
16	160	65	8.6	19.74	28c	280	86	11.5	40.21
18a	180	68	7.0	20.17	32a	320	88	8.0	38.22
18	180	70	9.0	22.99	32b	320	90	10.0	43.25
20a	200	73	7.0	22.63	32c	320	92	12.0	48.28

3.3.3 铝板

铝板也是电气工程中的常用材料，常用作零部件防护罩及垫板等，其规格见表3－40。

表3－40 常用铝板的规格

厚度/mm	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0
理论质量/(kg/m²)	2.850	3.420	4.275	5.130	5.700	7.125	8.500	9.975	11.400	14.250

注：铝板的宽度为400 mm、500 mm、600 mm、800 mm、1 000 mm、1 200 mm、1 400 mm、1 500 mm、2 000 mm。

任务 导线线径和截面积的检查

1. 教学目标

常见导线线径和截面积的检查方法，通过测量线径及导线截面积，了解检测的意义。

2. 实习材料

(1)铜绞线：TJ10，3×0.2 m。

(2)铜导线：BV16 (7/1.7)，3×0.2 m。

(3)铝绞线：LJ50 (7/30)，3×0.2 m。

(4)铝排：LMY (40 mm×30 mm)，3块。

(5)游标卡尺。

3. 实习步骤

(1)用卡尺依次测量同型号、同规格的线径和铝线的尺寸，将测得的数值分别填入下表。

(2)计算线径的平均值，填入表中。

(3)用上面的平均值计算出导线的截面积。

(4)求出标称截面积与计算截面积的绝对误差和相对误差。

导线种类		TJ	BV	LJ	LMY
标称截面积/mm²					
线径测量记录	第一根				
	第二根				
	第三根				

河南科学技术出版社

续表

导线种类	TJ	BV	LJ	LMY
标称截面积/mm^2				
线径平均值/mm				
计算截面积/mm^2				
绝对误差/mm^2				
相对误差/%				

4. 注意事项

(1)测量时,应先校准卡尺的零位,再将两卡脚张开(比被测导线线径稍大些),使两卡脚测量面的边线与被测导线垂直。

(2)卡尺卡脚应紧贴导线,拧紧制动螺栓后再读出数据,以免产生测量误差。

(3)游标尺的读数方法分3步:首先读出主尺上的整数毫米数值,再读出副尺上的小数毫米值,最后将其加在一起,即为卡尺测得的尺寸。

5. 训练参考工时　2 h。

思考题

1. 常用导电材料、绝缘材料和安装材料有哪些?
2. 写出电工绝缘材料各耐热等级的极限温度。
3. 常用电线管有哪几种? 各适用于什么场合?
4. 常用安装材料有哪几种? 各种常用钢材的名称和断面形状怎样?
5. 型号为 BLVV 的导线名称是什么? 主要用途是什么?

河南科学技术出版社