

第 1 章 安全用电

本章知识点

- 了解人体触电的类型和危害，掌握电工安全操作基本知识
- 了解接地装置的相关概念和接地种类
- 掌握电气火灾基础知识及消防器材的使用方法
- 了解触电急救知识及掌握各种急救方法

1.1 电工安全基本知识

“电”在为人类造福的同时，也带来了触电危险及其他不安全因素。这是我们必须要深入了解和特别需要加以注意的。

1.1.1 火线和零线

图 1.1 表示发电机或变压器的三相线圈互相连接成星形，由线圈始端引出的三条导线，即线 A、B、C 为相线。三相线圈的公共点称为中性点 N，由中性点 N 引出的导线即中性线。如果发电机或变压器的中性点是接地的，则中性点和大地等电位，即二者之间没有电压差。因为大地是零电位的，所以这时的中性点可以称为零点，中性线则称为零线，相线常被称为火线。

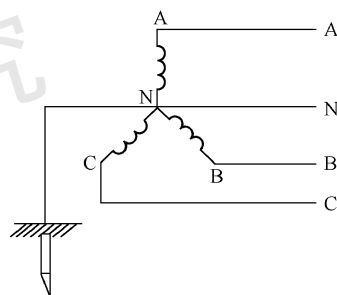


图 1.1 火线、零线示意图

低压供电系统采用三相五线制，一般都从变压器引出五根线，即三根相线、一根中性线和一根地线，但有些地区的供电网中没有地线，而是在建筑物边埋设地线的方法补救。这种低压供电方式兼作动力和照明用，动力用三根相线，A 相线采用黄色导线，B 相线采用绿色导线，C 相线采用红色导线，照明用一根相线（火线）和（中性线）零线，中性线采用淡蓝色导线。地线标注为 PE，采用黄绿色导线，通常接在设备的金属外壳上，以保证人身和设备的安全。

1.1.2 人身触电事故

当电流流过人体时对人体内部造成的生理机能的伤害，称之为人身触电事故。电流对人体伤害的严重程度一般与通过人体电流的大小、时间、部位、频率和触电者的身体状况有关。流过人体的电流越大，危险越大；电流通过人体脑部和心脏时最为危险；工频电流危害要大于直流电流。不同电流对人体的影响见表 1-1。

表 1-1 不同电流对人体的影响

电流 (mA)	通电时间	人体反应 (工频电流)	人体反应 (直流电流)
0 ~ 0.5	连续通电	无感觉	无感觉
0.5 ~ 5	连续通电	有麻刺感	无感觉
5 ~ 10	数分钟内	痉挛, 剧痛, 但可摆脱电源	有针刺感、压迫感及灼热感
10 ~ 30	数分钟内	迅速麻痹, 呼吸困难, 血压升高不能摆脱电流	压痛、刺痛、灼热感强烈, 并伴有抽筋
30 ~ 50	数秒钟到数分钟	心跳不规则, 昏迷, 强烈痉挛, 心脏开始颤动	感觉强烈, 剧痛, 并伴有抽筋
50 ~ 数百	低于心脏搏动周期	受强烈冲击, 但未发生心室颤动	剧痛, 强烈痉挛, 呼吸困难或麻痹
	超过心脏搏动周期	昏迷, 心室颤动, 心脏麻痹或停跳	

当流过成年人体的电流为 $0.7 \sim 1\text{mA}$ 时, 便能够被感觉到, 称之为感知电流。虽然感知电流一般不会对人体造成伤害, 但是随着电流的增大, 人体反应变得强烈, 可能造成坠落事故。触电后能自行摆脱的最大电流称为摆脱电流。对于成年人而言, 摆脱电流约在 15mA 以下, 摆脱电流被认为是人体只在较短时间内可以忍受而一般不会造成危险的电流。在较短时间内会危及生命的最小电流称之为致命电流。当通过人体的电流达到 50mA 以上时则有生命危险。一般情况下, 30mA 以下的电流通常在短时间内不会造成生命危险, 我们将其称为安全电流。

触电事故对人体造成的直接伤害主要有电击和电伤两种。电击是指电流通过人体内部, 影响心脏、呼吸和神经系统的正常功能, 造成人体内部组织的损坏, 甚至危及生命。电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害, 电伤会在人体皮肤表面留下明显的伤痕。此外, 人身触电事故经常对人体造成二次伤害。二次伤害是指因为触电引起的高空坠落, 以及电气着火、爆炸等对人造成的伤害。

1.1.3 人体触电的类型

1. 单相触电

单相触电又称为接触触电, 由于电线绝缘破损、导线金属部分外露、导线或电气设备受潮或击穿等原因使其绝缘部分的能力降低, 导致站在地上的人体直接或间接地与火线接触, 这时电流就通过人体流入大地而造成单相触电事故, 如图 1.2 所示。

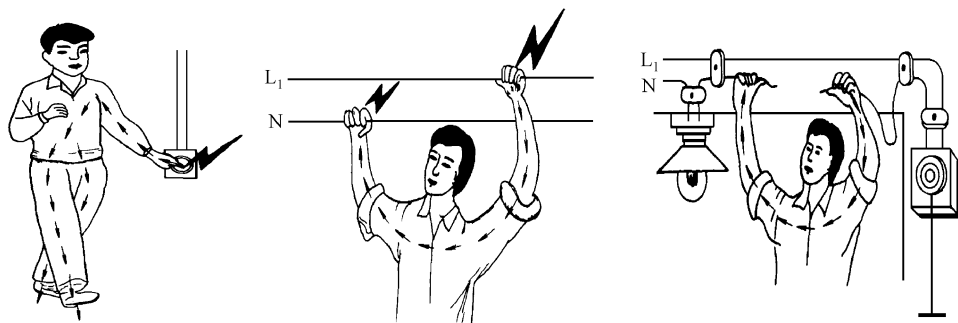


图 1.2 单相触电

2. 两相触电

两相触电是指人体同时触及两相电源或两相带电体，电流由一相经人体流入另一相，这时加在人体上的最大电压为线电压，其危险性最大。两相触电如图 1.3 所示。

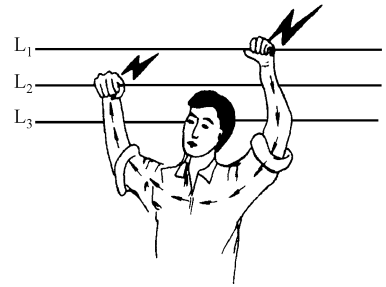


图 1.3 两相触电

3. 跨步电压触电

对于外壳接地的电气设备，当绝缘损坏而使外壳带电，或导线断落发生单相接地故障时，电流由设备外壳经接地线、接地体（或由断落导线经接地点）流入大地，向四周扩散。如果此时人站立在设备附近地面上，两脚之间也会承受一定的电压，称为跨步电压。跨步电压的大小与接地电流、土壤电阻率、设备接地电阻及人体位置有关。当接地电流较大时，跨步电压会超过允许值，发生人身触电事故。特别是在发生高压接地故障或雷击时，会产生很高的跨步电压，如图 1.4 所示。跨步电压触电也是危险性较大的一种触电方式。

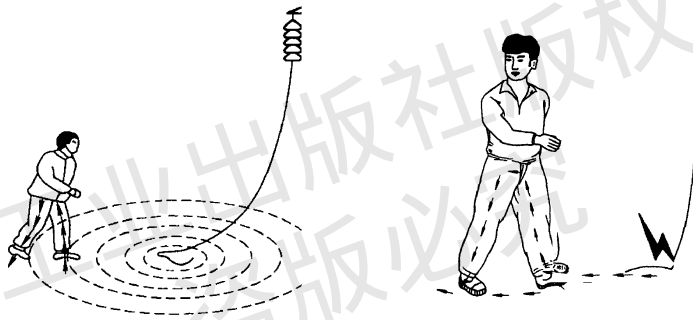


图 1.4 跨步电压触电

此外，除以上三种触电形式外，还有感应电压触电、剩余电荷触电等。

1.1.4 安全用电常识

为防止触电事故，在使用电气设备前要了解一些用电常识。

- (1) 不掌握电气知识和技术的人员，不可安装和拆卸电气设备及电路。
- (2) 禁止用一线（相线）一地（接地）安装用电器具。
- (3) 开关控制的必须是相（火）线。
- (4) 绝不允许私自乱接电线。
- (5) 在一个插座上不可接过多或功率过大的用电器。
- (6) 不准用铁丝或铜丝代替正规熔体。
- (7) 不可用金属丝绑扎电源线。
- (8) 不允许在电线上晾晒衣物。
- (9) 不可用湿手接触带电的电器，如开关、灯座等，更不可用湿布揩擦电器。
- (10) 电视天线不可触及电线。
- (11) 电动机和电气设备上不可放置衣物，不可在电动机上坐立，雨具不可挂在电动机

或开关等电器的上方。

(12) 任何电气设备或电路的接线桩头均不可外露。

(13) 堆放和搬运各种物资、安装其他设备要与带电设备和电源线相距一定的安全距离。

(14) 在搬运电钻、电焊机和电炉等可移动电器之前，应首先切断电源，不允许拖拉电源线来搬移电器。

(15) 发现任何电气设备或电路的绝缘有破损时，应及时对其进行绝缘恢复。

(16) 在潮湿环境中使用可移动电器，必须采用额定电压为 36V 的低压电器，若采用额定电压为 220V 的电器，其电源必须采用隔离变压器；在金属容器如锅炉、管道内使用移动电器一定要用额定电压为 12V 的低压电器，并要加接临时开关，还要有专人在容器外监护；低压移动电器应装特殊型号的插头，以防插入电压较高的插座上。

(17) 雷雨时，不要接触或走近高电压电杆、铁塔和避雷针的接地导线的周围，不要站在高大的树木下，以防雷电入地时发生跨步电压触电；雷雨天禁止在室外变电所或室内的架空引入线上进行作业。

(18) 切勿走近断落在地面上的高压电线，万一高压电线断落在身边或已进入跨步电压区域时，要立即用单脚或双脚并拢跳到 10m 以外的地方。为了防止跨步电压触电，千万不可奔跑。

1.2 电工安全防护技术

1.2.1 接地装置

接地，是利用大地为正常运行、发生故障及遭受雷击等情况下的电气设备等提供对地电流构成回路的需要，从而保证电气设备和人身安全。故所有电气设备或装置的某一点（接地点）与大地之间要有着可靠而符合技术要求的电气连接。

在电气设备的安装工程中，接地是电工技术的重要组成部分，它关系到用电安全，非常重要，电工应熟练地掌握有关接地的技术知识。

1.2.2 电气设备接地的种类

1. 工作接地

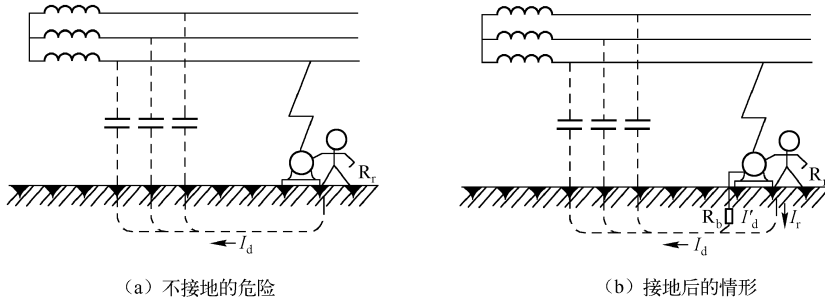
为了保证电气设备的正常工作，将电路中的某一点通过接地装置与大地可靠地连接起来就称为工作接地。如变压器低压侧的中性点、电压互感器和电流互感器的二次侧某一点接地等，其作用均是为了降低人体的接触电压。

2. 保护接地

保护接地就是电气设备在正常情况下不带电的金属外壳以及与它连接的金属部分与接地装置作良好的金属连接。

(1) 保护接地原理。如图 1.5 所示，当电气设备绝缘损坏，人体触及带电外壳时，由于采用了保护接地，人体电阻和接地电阻并联，此时人体电阻远大于接地电阻，故流经人体的电流远小于流经接地体电阻的电流，流经人体的电流在安全范围内，这样就起到了保护人

身安全的作用。



R_r —人体电阻； R_b —接地电阻； I_r —流过人体电流； I'_d —流过接地体电阻的电流； $I_d = I_r + I'_d$

图 1.5 保护接地原理

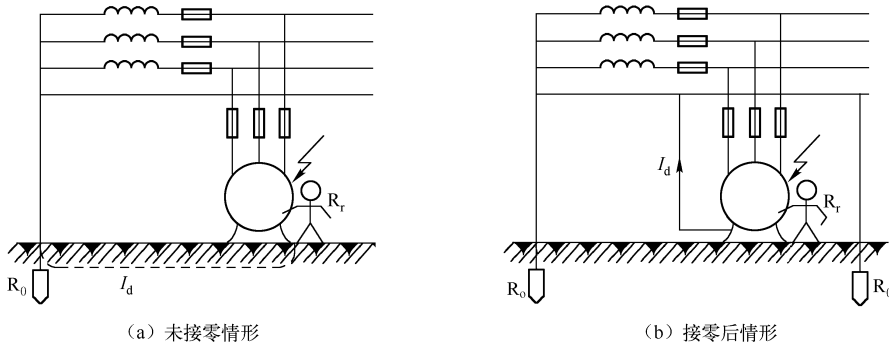
(2) 保护接地的应用范围。保护接地适用于中性点不直接接地的电网，在这种电网中，在正常情况下与带电体绝缘的金属部分，一旦绝缘损坏漏电或感应电压就会造成人员触电的事故，除有特殊规定外均应保护接地。应采取保护接地的有如下一些设备：

- ① 电机、变压器、照明灯具、携带式及移动式用电器具的金属外壳和底座。
- ② 电气设备的传动机构。
- ③ 室内外配电装置的金属构架及靠近带电体部分的金属围栏和金属门以及配电屏、箱、柜和控制屏、箱、柜的金属框架。
- ④ 互感器的二次线圈。
- ⑤ 交、直流电力电缆的接线盒、终端盒的金属外壳和电缆的金属外皮。
- ⑥ 装有避雷线的电力线路的杆和塔。

3. 保护接零

所谓保护接零就是在中性点直接接地的系统中，把电器设备正常情况下不带电的金属外壳以及与其相连接的金属部分与电网中的零线作紧密连接，可有效地起到保护人身和设备安全的作用。

在中性点直接接地系统中，当某相绝缘损坏碰壳短路时，通过设备外壳形成该相对零线的单相短路，短路电流 I_d 能使线路上的保护装置（如熔断器、低压断路器等）迅速动作，从而把故障部分的电源断开，消除触电危险，如图 1.6 所示。



R_r —人体电阻； R_0 —接地电阻； I_d —短路电流

图 1.6 保护接零原理

1.2.3 防雷

由于被保护对象和各种雷电危害方式的不同，对于直击雷、雷电的感应、雷电侵入波均应采取相应的安全措施。

1. 直击雷防护措施

被保护对象，如建筑物和构筑物，按防雷等级分类有第一类、第二类、第三类之分。第一类属于特别重要的建筑物，应采取防直击雷的措施；第二类和第三类属于民用建筑物和构筑物的易受雷击部位，也应采取相应的防直击雷的措施。

除上述几种类型的建筑物和构筑物外，还有其他易受雷击的建筑物和构筑物，如有爆炸或火灾危险的露天设备（如贮油罐盒和贮气瓶等）及高压架空电力路线，发电厂和发电站的户外式电气设备，尤其应该采取防直击雷措施。

直击雷的防护措施有装设避雷针、避雷线、避雷网和避雷带等方法。一般情况下，其接地电阻不超过 10Ω 。同时要注意严禁在装有避雷针或避雷线等的构筑物上架设其他电气线路，如照明电源线、广播和通信线路等。

为了防止防雷装置对带电体的反击而造成的火灾和爆炸事故，必须保证防雷装置的接闪器、引下线和接地装置与邻近导体之间具有足够的安全距离，或者加装避雷器和保护间隙。另外，降低接地电阻也有利于防雷的反击事故。

2. 雷电感应防护措施

雷电感应，在建筑物和构筑物中，应考虑由于反击引起的爆炸和火灾事故。为了防止雷电感应所产生的高电压危害，一般应将建筑物内的金属设备、金属管道和结构钢筋等进行接地。同时，对于金属屋顶，应将屋顶妥善接地；对于非金属屋顶，应在屋面上加装金属网络，并将其接地。

3. 雷电侵入波防护措施

雷电侵入波的危害，在低压系统中造成的事故占约 70%。在防护措施中一般有以下几种。

(1) 变配电装置的防护。高压 35kV、低压 0.4kV 的配电变压器，在高压侧和低压侧均应装设阀型避雷器，对于多雷地区的 3 ~ 10kV 配电变压器。低压侧也应装设一组低压阀型避雷器或击穿保险器。10kV 以上的油断路器也应采用阀型避雷器或保护间隙作为对雷电侵入波的保护。多雷地区或易受雷击的地段，直接与架空线连接的电度表也应采取对雷电侵入波的防护措施。

(2) 建筑物和构筑物的防护。雷电侵入波会沿着低压线路传向用户并进入室内，造成大面积的雷害事故。对于建筑物和构筑物或者架空金属管道，雷电波同样可能引起火灾或爆炸，甚至伤及人身。因此，必须采取必要的相应的防护措施，如条件许可，一般都采用直接埋地电缆供电。低压架空线路接户线绝缘子铁脚均应接地，冲击接地电阻不宜超过 30Ω 。

4. 人身防雷措施

当雷击造成的雷云对人体放电，使雷电流流入地下时所产生的对地电压以及二次放电，

都有可能对人身造成雷击危害，应当注意人身防雷的安全措施。

(1) 雷击时，应尽量减少在户外或野外逗留，如有条件，应进入有防雷措施的建筑物。在野外或户外最好穿上塑料等不浸水的雨衣，或依靠有防雷屏蔽的街道进行躲避。

(2) 雷击时，应尽量离开小山、小丘或凸起小道，还应该尽量离开海滨、河边、湖滨、池旁、铁丝网、金属晒衣绳、旗杆、烟囱或宝塔等地方。尽量避开没有防雷保护措施或设施的地方。

(3) 雷击时，在户内应离开照明线、动力线、电话线、广播线、电视机电源线和引入的天线，以防止经由这些线路或导体对人体的雷电入侵波的伤害。据有关资料表明，在户内，雷电对人体的伤害一般都在距离以上这些设施 1m 以内的场合，而相距 1.5m 以上，迄今尚未发现有死亡事故发生。

(4) 雷击时，应关闭门窗，防止球形雷进入室内造成危害。

5. 防雷装置的安全检查

(1) 防雷装置的安全检查应该从两个方面进行：一是从外观方面进行检查；二是从测量方面进行检查。一般规定 10kV 以下的防雷装置每 3 年检查一次。避雷器应在每年雷雨季节前检查一次。而且，在每次雷雨后还要加强和进行对防雷装置的巡视检查。

(2) 外观检查包括检查接闪器和引下线等各部分的连接是否牢固可靠以及腐蚀和锈蚀程度。如腐蚀或锈蚀严重，应及时进行更换。对于阀型避雷器，应检查其瓷套有无裂纹、破损，表面是否清洁等。

1.3 电气安全救护技术

掌握人身触电急救方法和电气火灾防护，是电气技术人员上岗工作必须具备的条件。

1.3.1 触电急救基本操作

当我们发现有人触电时，首先要尽快地使触电者脱离电源，然后再根据具体情况，采用相应的急救措施。触电者的现场急救，是抢救过程的关键。

(1) 脱离电源。触电后，可能由于失去知觉等原因而紧抓带电体，不能自行摆脱电源，使触电者尽快地脱离电源是抢救触电者的第一步，也是最重要的一步，是采取其他急救措施的前提，正确地脱离电源的方法有：

① 电源开关或插头离触电地点很近时，可以迅速拉开开关，切断电源，但是要注意，一般灯开关只控制单线，且不一定是相线，因此还要拉开前一级的闸刀开关。

② 当开关离触电地点较远，不能立即打开时，应视具体情况采取相应措施，如借助绝缘工具将电线挑开或将触电者拖离电线。

(2) 急救处理。当触电者脱离电源后，根据具体情况应就地迅速进行救护，同时赶快派人请医生前来抢救，触电者需要急救的大体有以下几种情况：

① 触电不太严重，触电者神志清醒，但有些心慌、四肢发麻、全身无力，或触电者曾一度昏迷，但已清醒过来。应使触电者安静休息，不要走动，严密观察并请医生诊治。

② 触电较严重，触电者已失去知觉，但有心跳，有呼吸。应使触电者在空气流通的地

方舒适、安静地平躺，解开衣扣和腰带以便呼吸；如天气寒冷应注意保温，并迅速请医生诊治或送往医院。

③ 触电相当严重，触电者已停止呼吸，应立即进行人工呼吸；如果触电者心跳和呼吸都已停止，人完全失去知觉，应采用人工呼吸和心脏挤压进行抢救。具体操作方法如下。

人工呼吸具体方法：先使触电者头偏向一侧，清除口中的血块、痰液或口沫，取出口中假牙等杂物，使其呼吸道畅通；急救者深深吸气，捏紧触电者的鼻子，大口地向触电者口中吹气，然后放松鼻子，使之自身呼气，每5秒一次，重复进行，在触电者苏醒之前，不可间断。操作方法如图1.7所示。

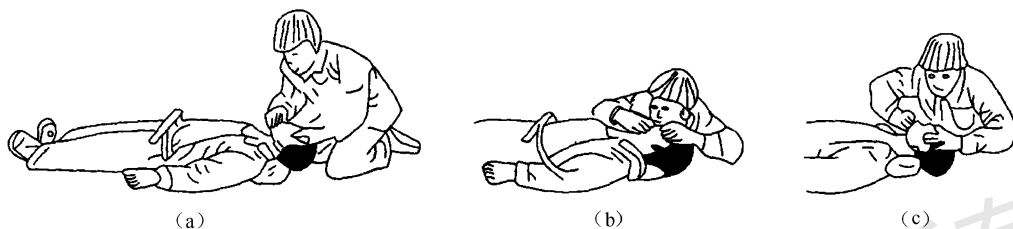


图 1.7 口对口人工呼吸法

胸外心脏按压具体方法：先使触电者头部后仰，急救者跪跨在触电者臀部位置，右手掌置放在触电者的胸上，左手掌压在右手掌上，向下挤压3~4cm后，突然放松。挤压和放松动作要有节奏，每秒钟1次（儿童2秒钟3次），按压时应位置准确，用力适当，用力过猛会造成触电者内伤，用力过小则无效，对儿童进行抢救时，应适当减小按压力度，在触电者苏醒之前不可中断。操作方法如图1.8所示。

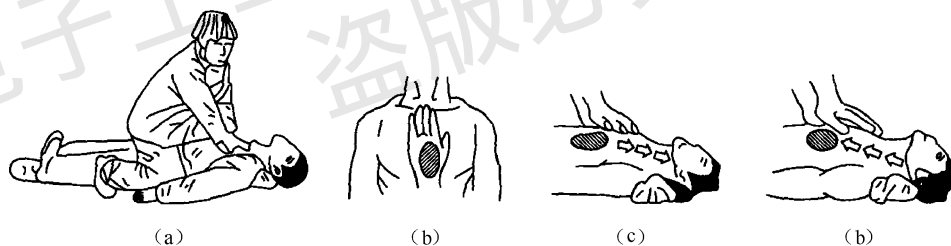


图 1.8 胸外心脏按压法

对于呼吸与心跳都停止的触电者的急救，应该同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏按压法”。如急救者只有一人，应先对触电者吹气3~4次，然后再挤压7~8次，如此交替重复进行至触电者苏醒为止。如果是两人合作抢救、则一人吹，一人按压，吹气时应使触电者胸部放松，只可在换气时进行按压。

1.3.2 电气火灾的防护

电气火灾是电气设备因故障（如短路或过载等）产生过热或电火花而引起的火灾。

1. 电气线路防火措施

(1) 认真检查线路的安装是否符合电气装置规程。

- (2) 定期检查、测试线路的绝缘性能，对绝缘损坏的导线应进行修理或更换。
- (3) 导线和熔断器的选择应相互配合，严禁调大熔体截面或用金属丝随意代替。
- (4) 严禁乱拉、乱接临时线路。临时线路必须有专人管理，定期检查，并按期拆除。
- (5) 连接导线时，接头要牢靠，有条件的可以用镪锡的方法进行焊接或用金属管压接。
- (6) 导线连接到开关、熔断器、电动机和其他电气设备时，导线端必须焊上特制的接头。
- (7) 定期进行户外明线的检查，发现问题及时处理。

2. 电气设备防火措施

电气设备的防火，要根据不同的设备采用不同的防火措施。对电动机来说，应安装短路、过载、过电流和断相等保护装置；在潮湿、多灰尘场所，应选用封闭式电动机；在易燃、易爆场所选用防爆型电动机等。对变压器，应安装继电保护装置；当变压器的油温达到或超过 85℃ 时，应立即减轻负载；在两台变压器之间应有防火隔墙等。对油断路器，应选用遮断容量与电力系统短路容量相适应的油断路器；在有条件的情况下，少油断路器可以用真空断路器代替。

3. 电气灭火

一旦发生电气火灾，首先要想到切断电源。切断电源时要注意以下几点：

- (1) 切断电源的位置要选择适当，不要影响灭火工作。
- (2) 必须剪断电源线切断电源时，要注意被切断的导线不要短路，也不要使导线跌落在灭火现场附近，而造成触电或跨步电压触电；
- (3) 操作电气开关时，应使用绝缘棒或戴绝缘手套。

在特别紧急的情况下，如等待切断电源后再进行灭火，可能使事故迅速扩大，使生产和人身安全受到严重威胁，此时可以进行带电灭火。进行带电灭火时，必须在保证人身安全的情况下进行，故应注意以下几点：

- (1) 带电灭火时，必须使用 CO₂、1211 或干粉等灭火剂灭火，严禁使用水和泡沫灭火器等导电灭火剂灭火。
- (2) 要注意周围环境，防止发生触电事故。
- (3) 带电灭火时，应戴绝缘手套和绝缘鞋，防止跨步电压触电。
- (4) 对有油的电气设备，如变压器、油断路器的燃烧，也可用干燥的黄花盖住火焰，使火熄灭。

习 题 1

- 1.1 简述安全用电的意义。
- 1.2 常见的触电形式有哪些？
- 1.3 掌握触电急救的方法。
- 1.4 什么是接地装置？为什么电气设备要接地？
- 1.5 掌握扑救电气火灾的方法及主要事项。