

# 模块一 电工基本知识

## 【教学目标】

- (1) 熟悉电工安全用电基本知识和电工安全操作规程。
- (2) 能处理一般安全事故并学会触电急救方法。
- (3) 作为一名合格的电工必须掌握的电工的基本操作技能。

## 项目一 电工相关安全知识

### 【学习目标】

- (1) 掌握电工安全用电基本知识。
- (2) 能处理一般安全事故。
- (3) 正确掌握电工安全操作规程。

### 一、电工应具备的条件

- (1) 必须接受安全教育，掌握电工基本的安全知识和工作范围内的安全操作规程，并考试合格后才能正式上岗。
- (2) 必须熟悉本车间（部门、生产线）乃至本厂的电气线路和设备。
- (3) 必须掌握触电急救法、电气灭火法。
- (4) 更重要的是应掌握好各项操作技能、各类电气线路的安装维修、生产机械电气线路的安装与检修等。

### 二、电工人身安全知识

- (1) 在进行电气设备安装与维修操作时，必须严格遵守各种安全操作规程和规定，不得玩忽职守。

(2) 操作时，要严格遵守停电操作的规定，切实做好突然送电时的各项安全措施，如锁上闸刀，并挂上“有人工作，不许合闸”等警告牌等，不准未在约定时间送电。

(3) 在邻近带电操作时，要保证有可靠的安全距离。

(4) 操作前应检查工具的绝缘手柄、绝缘鞋和绝缘手套等安全用具的绝缘性能是否良好，有问题的应立即更换，并应做定期检查。

(5) 登高工具必须安全可靠，未经登高训练的电工人员不准进行登高作业。

(6) 发现有人触电，要立即采取正确的抢救措施。

### 三、设备运行安全知识

(1) 必须严格遵照操作规程进行设备运行操作，合上电源时，应先合隔离开关，再合负荷开关；分断电源时，应先断开负荷开关，再断开隔离开关。

(2) 在需要切断故障区域时，要尽量缩小停电范围。有分路开关的，要尽量切断故障区域的分路开关，尽量避免越级切断电源。

(3) 电气设备一般都不能受潮，要有防止雨、雪和水侵袭的措施。电气设备在运行时会发热，要有良好的通风条件，有的还要有防火措施。有裸露带电体的设备，特别是高压设备，要有防止小动物窜入造成短路事故的措施。

(4) 所有电气设备的金属外壳，都必须有可靠的保护接地。

对有可能被雷击的电气设备，都要安装防雷装置。

### 四、安全用电常识

电工不仅要充分了解安全用电常识，还有责任阻止不安全用电的行为发生和宣传安全用电知识。安全用电常识内容：

(1) 严禁用一线（相线）一地（指大地）安装用电器具。

(2) 在一个插座上不可接过多或功率过大的家用电器。

(3) 要掌握电气知识，在没有技术人员和专业人士指导下不可随意安装和拆卸电气设备及线路。

(4) 不可用金属丝绑扎电源线。

(5) 不可用湿手接触带电的电器，如开关、灯座等；更不可用湿布擦电器。

(6) 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。

(7) 堆放和搬运各种物质，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。

(8) 在搬运电钻、电焊机、电炉等可移动电器时，要切断电源，不允许拖拉电源线来搬移电器。

(9) 在潮湿环境中使用可移动电器，必须采用额定电压为 36 V 的低压电器，若采用额定电压为 220 V 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 12 V 的低压电器，并要加接临时开关，还要有专人在容器外监护；低电压移动电器应装特殊型号的插头，以防误插入电压较高的插座上。

(10) 雷雨时，不要靠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迅速跳到 10 m 以外的地区，千万不可奔跑以防跨步电压触电。

## 五、电气消防知识

(1) 在发生电器设备火警或邻近电气设备附近发生火警时，电工应运用正确的灭火知识，指导和组织群众采用正确的方法灭火。

(2) 当电气设备或电气线路发生火警时，要尽快切断电源防止火情蔓延和灭火时发生的触电事故。

(3) 不可用水或泡沫灭火器灭火，尤其是油类相关的火警，应采用黄砂、二氧化碳或“1211”灭火器灭火。

(4) 灭火人员不可使身体及手持的灭火器材碰到有电的导线或电气设备。

## 六、电工安全操作常识

(1) 上岗前必须穿戴好规定的防护用品。

(2) 工作前应详细检查所用工具是否安全可靠，一般不允许带电作业。了解场地、环境情况，选好安全位置工作。

(3) 各项电气工作要认真严格执行“装得安全、拆得彻底、检在经常、修理及时”的规定。

(4) 在线路、电气设备上工作时要切断电源，并挂上警告牌，验明无电后才能进行工作。

(5) 不准无故拆除电器设备上的熔丝、过负荷继电器或限位开关等安全保护装置。

(6) 机电设备安装或修理完工后，在正式送电前必须仔细检查绝缘电阻、接地装置、传动部分、防护装置，以确保其符合安全要求。

(7) 发生触电事故时应立即切断电源，并采用安全、正确的方法立即对触电者进行抢救。

(8) 装接灯头时开关必须控制相线（即开关应装在火线上）；临时线架设时应先接地或零线，再接相线；拆除时应先拆相线再拆除地线或零线。

(9) 在使用电压高于 36 V 的手电钻时，必须戴好绝缘手套，穿好绝缘鞋。使用电烙铁时，安放位置不得有易燃物或靠近电气设备，用完后要及时拔掉插头。

(10) 工作中拆除的电线要及时处理好，带电的线头须用绝缘带包扎好。

(11) 高空作业时应系好安全带。

(12) 登高作业时，工具、物品不准随便向下扔，须装入工具袋内吊送或传递。地面上的人员应戴好安全帽，并离开施工区 2 m 以外。

(13) 雷雨或大风天气，严禁在架空线路上工作。

(14) 低压架空线路上带电作业时，应有专人监护，使用专用绝缘工具，穿戴好专用防护用品。

(15) 低压架空线路上带电作业时，人体不得同时接触两根线头，不得穿越未采取绝缘措施的导线空隙。

(16) 在带电的低压开关柜（箱）上工作时，应采取防止相间短路及接地等安全措施。

(17) 当电器发生火警时，应立即切断电源。断电后应用四氯化碳、二氧化碳或干粉等灭火器灭火，严禁用水或普通酸碱泡沫灭火器灭火。

(18) 配电间严禁无关人员入内。外来单位参观时必须经有关部门批准，由电气工作人员带入。倒闸操作必须由专职电工进行，复杂的操作应由两人进行：一人操作，另一人监护。

## 七、作业

(1) 简述电工作业人员的职责？

(2) 简述作为一名电工应掌握哪些相关的操作规程？

## 项目二 触电相关知识

### 【学习目标】

- (1) 掌握电流对人体伤害知识。
- (2) 掌握触电的形式相关知识。
- (3) 掌握触电事故的规律。

### 一、触电事故种类

所谓触电，是指当人体接触或接近带电体并有电流流过人体时，引起人体局部受伤或死亡的现象。电流对人体的伤害是多方面的，有生理上的，也有病理上的。

按照触电事故的构成方式，触电事故可分为电击和电伤。

#### (一) 电 击

电击是电流对人体内部组织的伤害，是最危险的一种伤害。绝大多数（大约 85% 以上）的触电死亡事故都是由电击造成的。

电击的主要特征有：

- (1) 伤害人体内部。
- (2) 在人体的外表没有显著的痕迹。
- (3) 致命电流较小。

按照发生电击时电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击。

##### 1. 直接接触电击

直接接触电击是人体触及设备和线路正常运行时的带电体发生的电击（如误触接线端子发生的电击），也称为正常状态下的电击。

##### 2. 间接接触电击

间接接触电击是人体触及正常状态下不带电，而当设备或线路故障时意外带电的导体发生的电击（如触及漏电设备的外壳发生的电击），也称为故障状态下的电击。

#### (二) 电 伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人造成的伤害。触电伤亡事故中，纯电伤性质的及带有电伤性质的事故约占 75%（电烧伤约占 40%）。尽管大约 85% 以上的触电死亡事故是电击造成的，但其中的 70% 含有电伤成分。对专业电工自身的安全而言，预防电

伤具有更加重要的意义。

### 1. 电烧伤

电烧伤是电流的热效应造成的伤害，分为电流灼伤和电弧烧伤。

电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害。电流灼伤一般发生在低压设备或低压线路上。

电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。前者是带电体与人体之间发生电弧，有电流流过人体的烧伤；后者是电弧发生在人体附近对人体的烧伤，包含熔化了炽热金属溅出造成的烫伤。直接电弧烧伤是与电击同时发生的。

电弧温度高到 8 000 °C 以上，可造成大面积、大深度的烧伤，甚至烧焦、烧掉四肢及其他部位。大电流通过人体，也可能烘干、烧焦机体组织。高压电弧的烧伤较低压电弧更严重，直流电弧的烧伤较工频交流电弧更严重。

发生直接电弧烧伤时，电流进、出口烧伤最为严重，体内也会受到烧伤。与电击不同的是，电弧烧伤都会在人体表面留下明显痕迹，而且致命电流较大。

### 2. 皮肤金属化

皮肤金属化是在电弧高温的作用下，金属熔化、汽化，金属微粒渗入皮肤，使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。

### 3. 电烙印

电烙印是在人体与带电体接触的部位留下的永久性斑痕。斑痕处皮肤失去原有弹性、色泽，表皮坏死，失去知觉。

### 4. 机械性损伤

机械性损伤是电流作用于人体时，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的机体组织断裂、骨折等伤害。

### 5. 电光眼

电光眼是发生弧光放电时，由红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害。电光眼表现为角膜炎或结膜炎。

## 二、电流对人体作用及电流的划分

对于工频交流电，按照通过人体的电流大小而使人体呈现不同的状态，可将电流划分为三级。

### (一) 感知电流

引起人的感觉的最小电流称感知电流，人接触这样的电流会有轻微麻感。实验表明，成年男性平均感知电流有效值为 1.1 mA，成年女性约为 0.7 mA。

感知电流一般不会对人体造成伤害，但是接触时间过长，表皮被电解而电流增大时，感觉增强，反应变大，可能造成坠落等间接事故。

## （二）摆脱电流

电流超过感知电流并被不断增大时，触电者会因肌肉收缩发生痉挛而紧握带电体，不能自行摆脱电源。人触电后能自行摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。一般成年男性平均摆脱电流为 16 mA，成年女性约为 10.5 mA。

## （三）致命电流

在较短时间内危及生命的电流，称为致命电流。电流达到 50 mA 以上，就会引起心室颤动，有生命危险；100 mA 以上，则足以致死。而接触 30 mA 以下的电流通常不会有生命危险。

# 三、影响触电伤害程度的因素

触电的危险程度同很多因素有关，而这些因素是互相关联的，只要某种因素突出到相当程度，都会使触电者达到相应的危险程度。

## （一）电流的大小

一般通过人体的电流越大，人的生理反应越明显、越强烈，死亡危险性也越大。通过人体的电流强度取决于触电电压和人体电阻。

## （二）电流流过的途径

电流通过头部会使人立即昏迷，甚至死亡；电流通过脊髓，会导致半截肢体瘫痪；电流通过中枢神经，会引起中枢神经强烈失调，造成呼吸窒息而导致死亡。所以电流通过心脏、呼吸系统和中枢神经系统时，危险性最大。

电流通过人体路经常有：

- （1）右手或左手到双脚。
- （2）右手（左手）到左手（右手）。
- （3）右脚（左脚）到左脚（右脚）。
- （4）前胸到后背。

从外部来看，前胸到后背路径最为危险但只在特殊环境下才会产生，手至脚是触电最危险路径之一，脚至脚的触电对心脏影响最小。

### (三) 持续时间

通电时间越长，电击伤害程度越严重。因为电流通过人体时间越长，触电后要发热出汗，而且电流对人体组织有电解作用，使人体电阻降低，导致电流很快增加；另外，心脏每收缩扩张一次有 0.1 s 的间歇，在这 0.1 s 内，心脏对电流最敏感，若电流在这一瞬间通过心脏，即使电流较小，也会引起心脏颤动，造成危险。

### (四) 电流频率

常用的 50 ~ 60 Hz 的工频交流电对人体的伤害最严重；低于 20 Hz 时，危险性相对减小；2 000 Hz 以上时死亡危险性降低，但容易引起皮肤灼伤。直流电危险性比交流电小很多。

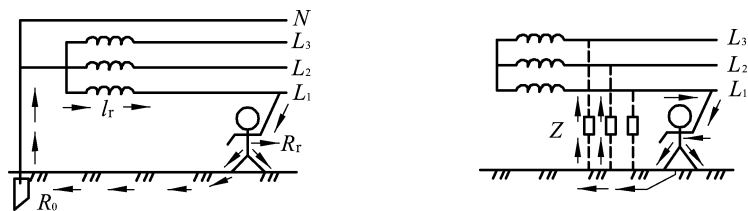
## 四、触电的形式

按照人体触及带电体的方式和电流流过人体的途径，触电可分为单相触电、两相触电和跨步电压触电。

### (一) 单相触电

当人体直接碰触带电设备其中的一相时，电流通过人体流入大地，这种触电现象称为单相触电。对于高压带电体，人体虽未直接但由于超过了安全距离，高电压对人体放电，造成单相接地而引起的触电，也属于单相触电。

低压电网通常采用变压器低压侧中性点直接接地和中性点不直接接地（通过保护间隙接地）的接线方式，这两种接线方式发生单相电触电的情况如图 1-1 所示。



(a) 中性点接地系统的单相触电 (b) 中性点不接地系统的单相触电

图 1-1 单相触电

在低压中性点直接接地的电网中，单相电触电事故在地面潮湿时易于发生。

单相触电是危险的。如高压架空线断线，人体碰及断落的导线往往会导致触电事故。此外，在高压线路周围施工，未采取安全措施，碰及高压导线触电的事故也时有发生。

### (二) 两相触电

两相触电如图 1-2 所示。人体同时接触三相供电系统中任意两根相线，或带电设备和线路中的两相导体，或在高压系统中人体同时接近不同相的两相带电导体时，而发生电弧



放电，电流从一相导体通过人体流入另一相导体，构成一个闭合回路，这种触电方式称为两相触电。

发生两相触电时，作用于人体上的电压等于线电压，这种触电是最危险的。

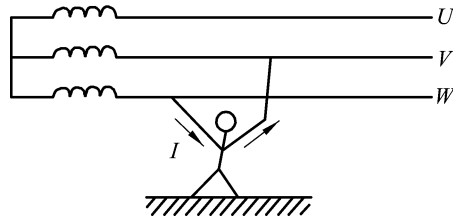


图 1-2 两相触电

### (三) 跨步电压触电

跨步电压触电如图 1-3 所示。当电网或电气设备发生接地故障时，流入地中的电流在土壤中形成电位，地表面也形成以接地点为圆心的径向电位差分布，如果人行走时前后两脚（一般按 0.8 m 计算）电位差达到危险电压而造成触电，称为跨步电压触电。漏电处地电位的分布如图 1-3 所示，人走到离接地点越近，跨步电压越高，危险性越大。一般在距接地点 20 m 以外，可以认为地电位为零。在高压故障接地处，或有大电流流过接地装置附近，都可能出现较高的跨步电压，因此要求在检查高压设备的接地故障时，室内不得接近接地故障点 4 m 以内，室外不得接近故障点 8 m 以内。若进入上述范围，工作人员必须穿绝缘靴。

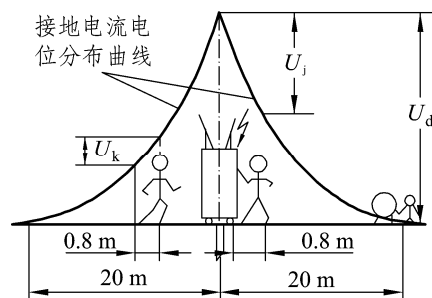


图 1-3 跨步电压与接触电压触电示意图

## 五、其他形式的触电

### (一) 接触电压触电

接触电压触电是运行中的电气设备由于绝缘设施损坏或其他原因，造成接地短路故障。接地电流通过接地点向大地流散，从而在地面上距故障点距离不等的地方呈现出不同的电位。

若有人用手触及漏电设备外壳时，将有一电压加在人的手和脚之间（称接触电压  $U_j$ ），如图 1-4 所示。接触电压值的大小随着人体站立的位置而异，当人体距离接地短路故障点越远时，接触电压值越大。当人体站在距离接地短路故障点 20 m 以外的地方触及漏电设备外壳时，接触电压达到最大值，等于漏电设备的对地电压，如图 1-4 所示。

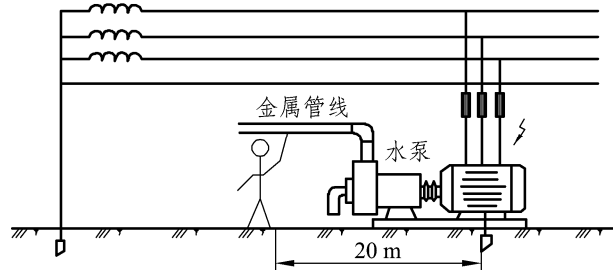


图 1-4 接触电压与人体位置图

## （二）感应电压触电

大气变化（如雷电活动）会产生感应电荷，还有一些停电后可能产生感应电压的设备未接临时接地线，这些设备和线路对地都存在感应电压。人触及这些带有感应电压的设备和线路时会造成触电事故，这种触电称为感应电压触电，如图 1-5 所示。

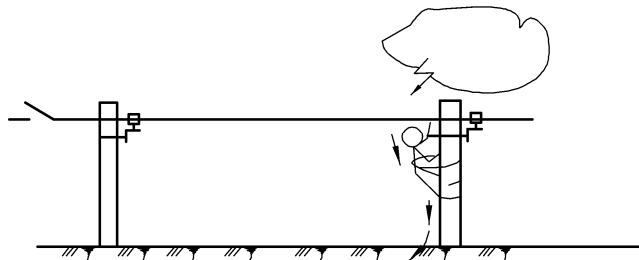


图 1-5 感应电压触电

## （三）剩余电荷触电

检修人员在检修或用绝缘电阻表摇测停电后的并联电容器、电力电缆线路、电力变压器及大容量电动机等设备时，由于检修、摇测前或摇测后没有对其充分放电，这些设备的导体上留有一定数量的剩余电荷。另外，并联电容器退出运行后未进行人工放电，它的极板上也将带有大量的剩余电荷。此时如触及这些带有电荷的设备，大量电荷将通过人体放电，造成触电事故，这种触电称为剩余电荷触电。为了防止这类触电事故的发生，对停电后的这些设备必须充分进行人工放电后才能进行检修工作。

## 六、触电事故规律

为防止触电事故，应当了解触电事故的规律。根据对触电事故的分析，从触电事故的发

生率统计上看，可找到以下规律。

### （一）触电事故季节性明显

统计资料表明，每年 2、3 季度事故多，特别是 6~9 月，事故最为集中。其主要原因，一是这段时间天气炎热、人体衣单而多汗，触电危险性较大；二是这段时间多雨、潮湿，地面导电性增强，容易构成电击电流的回路，而且电气设备的绝缘电阻降低，容易漏电；三是这段时间在大部分农村都是农忙季节，农村用电量增加，触电事故因而增多。

### （二）低压设备触电事故多

国内外统计资料表明，低压触电事故远远多于高压触电事故。其主要原因是低压设备远多于高压设备，与之接触的人比与高压设备接触的人多得多，而且都比较缺乏电气安全知识。应当指出，在专业电工中，情况是相反的，即高压触电事故比低压触电事故多。

### （三）携带式设备和移动式设备触电事故多

携带式设备和移动式设备触电事故多的主要原因是这些设备是在人的紧握之下运行，不但接触电阻小，而且一旦触电就难以摆脱电源；另外，这些设备需要经常移动，工作条件差，设备和电源线都容易发生故障或损坏；此外，单相携带式设备的保护零线与工作零线容易接错，也会造成触电事故。

### （四）电气连接部位触电事故多

大量触电事故的统计资料表明，很多触电事故发生在接线端子缠接接头、压接接头、焊接接头、电缆头、灯座插销、插座控制开关、接触器、熔断器等分支线、接户线等处。主要是由于这些连接部位机械牢固性较差、接触电阻较大、绝缘强度较低以及可能发生化学反应的缘故。

### （五）错误操作和违章作业造成的触电事故多

大量触电事故的统计资料表明，有 85% 以上的事故是由于错误操作和违章作业造成的。其主要原因是安全教育不够、安全制度不严和安全措施不完善、操作者素质不高等。

### （六）不同行业触电事故不同

冶金、矿业、建筑、机械行业触电事故多。由于这些行业的生产现场经常伴有潮湿、高温、现场混乱、移动式设备和携带式设备多以及金属设备多等不安全因素，以致触电事故多。

### （七）不同年龄段的人员触电事故数量不同

中青年工人、非专业电工、合同工和临时工触电事故多。其主要原因是由于这些人主要是操作者，经常接触电气设备；而且这些人经验不足，又比较缺乏电气安全知识，其中有的责任心还不够强，以致触电事故多。

## (八) 不同地域触电事故数量不同

部分省市统计资料表明，农村触电事故明显多于城市，发生在农村的事故数量约为城市的3倍。

从造成事故的原因上看，由于电气设备或电气线路安装不符合要求，会直接造成触电事故；由于电气设备运行管理不当，使绝缘损坏而漏电，又没有切实有效的安全措施，也会造成触电事故；由于制度不完善或违章作业，特别是非电工擅自处理电气事务，很容易造成电气事故；接线错误，特别是插头、插座接线错误造成过很多触电事故；高压线断落地面可能造成跨步电压触电事故等。应当注意，很多触电事故都不是由单一原因引起的，而是由两个及两个以上的原因造成的。

触电事故的规律不是一成不变的。在一定的条件下，触电事故的规律也会发生一定的变化。例如，低压触电事故多于高压触电事故在一般情况下是成立的，但对于专业电气工作人员来说，情况是相反的。因此，应当在实践中不断分析和总结触电事故的规律，为做好电气安全工作积累经验。

## 七、作 业

(1) 什么是触电？触电的形式有哪些？

(2) 触电对人体的损害程度及危险性与哪些因素有关？

(3) 防止触电事故的技术措施有哪些？

(4) 触电事故有哪些规律？