

中等职业技术学校教材

安 全 用 电

江西省技工学校教学研究室 编

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

安全用电/江西省技工学校教学研究室编. —北京: 中国财政经济出版社, 2006. 7
中等职业技术学校教材

ISBN 7-5005-9169-1

I. 安… II. 谢… III. 用电管理—安全技术—专业学校—教材 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 067163 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100036

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

××印刷厂印刷 各地新华书店经销

787×1092 毫米 16 开 14.5 印张 349 000 字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷

印数: 1—6 100 定价: 22.00 元

ISBN 7-5005-9169-1/TM·0017

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

江西省技工教材编审委员会

主任委员	刘奇兰		
副主任委员	张小岗	何 坚	
委 员	韩林平	邱欣群	常 青
	庞钧涛	肖 文	侯祖飞
	杨乐文	张醒清	彭有华
	欧阳枝德	章国顺	朱永刚
	汪发兴	于 涛	

编写说明

本书根据劳动和社会保障部颁布的《安全用电教学大纲》编写。是中等职业技术学校电工类专业用教材，同时也可作为从业人员上岗培训教材。

本书在编写过程中特别注重理论与实践的结合，吸收有关专家观点，收录了一定的电气事故案例，编写了与人们生活密切相关的安全用电知识。书中附录了《电业安全工作规程（发、配电）》和《农村低压电气安全工作规程》作为学生的阅读资料，教师也可选择其中内容讲解。

本书由谢尉明（第一、第二章、附录）、卢建中（第三章、第五章、第七章）、马群（第四章、第六章）编写。

本教材在编写过程中得到了江西赣州技师学院、江西冶金技师学院的大力支持。在此表示感谢。

由于时间仓促及编者水平有限，书中难免存在不足之处，希望各校使用本教材时多提宝贵意见和建议，以便修订完善。

江西省技工学校教学研究室

2006年4月

目 录

第一章 人体触电与触电防护

第一节 电流对人体的作用.....	(1)
第二节 触电方式.....	(3)
第三节 电气事故案例分析.....	(8)
第四节 触电急救及外伤救护.....	(11)
第五节 电气工作人员的职责及从业条件.....	(19)
习 题.....	(20)

第二章 安全防护技术及应用

第一节 屏护和安全间距.....	(22)
第二节 绝缘防护.....	(23)
第三节 保护接地.....	(24)
第四节 保护接零.....	(32)
第五节 接地与接零的比较.....	(38)
第六节 接地装置.....	(38)
第七节 接地和接零的检查和测量.....	(41)
第八节 漏电保护器的原理及使用.....	(43)
第九节 静电防护与电磁防护.....	(51)
习 题.....	(56)

第三章 电气设备及线路安全技术

第一节 电力系统与负载分级.....	(58)
第二节 变配电设备的安全技术.....	(62)
第三节 常见用电设备的安全技术.....	(67)
第四节 架空线路的安全技术.....	(73)
第五节 电缆线路的安全技术.....	(77)
第六节 进户装置.....	(80)
第七节 电气绝缘预防性试验.....	(80)

第八节 线路施工及其他作业的安全问题.....	(86)
习 题.....	(89)
第四章 照明装置及家用电器的安全技术	
第一节 照明线路的安全技术.....	(90)
第二节 照明灯具的安全技术.....	(97)
第三节 家用电器的安全技术.....	(115)
习 题.....	(126)
第五章 特殊场所安全用电	
第一节 浴室.....	(127)
第二节 游泳池.....	(131)
第三节 喷水池.....	(132)
第四节 施工场地.....	(134)
第五节 临时性的展览会、陈列厅和集贸市场.....	(136)
第六节 家具.....	(137)
第七节 其他特殊用电场所.....	(138)
习 题.....	(141)
第六章 雷电防护	
第一节 雷电的基本知识.....	(142)
第二节 防雷装置.....	(146)
第三节 防雷措施.....	(149)
习 题.....	(153)
第七章 电气防火与防爆	
第一节 电气防火与防爆的基础知识.....	(154)
第二节 电气防火防爆的基本措施.....	(157)
第三节 低压线路防火.....	(159)
第四节 常用电气设备的火灾危险和预防.....	(163)
第五节 电气火灾扑救常识.....	(169)
第六节 常用灭火物质的性能和使用.....	(170)
习 题.....	(172)
附录	
课外读物一 电业安全工作规程（发、变电）.....	(173)
课外读物二 农村低压电气安全工作规程.....	(198)
课外读物三 操作票与工作票.....	(210)
附表.....	(215)

第一章 人体触电与触电防护

安全用电的研究对象是人身触电事故和电气设备事故发生的规律及防护对策。如何防止电气事故？本章将讨论电流对人体作用产生的伤害，人为什么会触电？触电防范及触电后的急救方法，并介绍一些典型的电气事故案例。

第一节 电流对人体作用

电流对人体作用在这里是指电流对人体的伤害。可分电击、电伤和二次事故三种。

一、电流对人体的伤害

1. 电击

电击是指电流通过人体内部，破坏人的心脏、肺及神经系统的正常功能，乃至危及人的生命。人体通过电流较小，时间较短时，电流引起心室颤动是电击致死的主要原因。各国大量动物如试验及对触电伤亡事故的分析、统计都证实了这一点。如果通过人体电流更小，而时间较长，窒息是电击致死的主要原因之一。绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的，通常所说的触电事故基本上是指电击而言。

电击的主要特征有：

- (1) 在人体外表没有显著的伤害，有时甚至找不到电流出入人体的痕迹。
- (2) 触电电流较小。
- (3) 加于人体的电压不高。
- (4) 电流流经人体的时间较长。

2. 电伤

电伤是指由电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害，电伤多于肌体的外部，而且往往在人体的肌体留下伤痕。电伤可分烧伤、电烙印和皮肤金属化三种。

(1) 烧伤。当人体与带电体接触不良，线路短路和误操作都可能产生火花和电弧，而造成皮肤的烧伤。烧伤后果是皮肤发红，起泡以及烧焦和组织破坏。烧伤可分为电弧烧伤和非电弧烧伤。

① 电弧烧伤有两种：一种是电流不流入人体的电弧烧伤，叫间接电弧烧伤。如带负荷

拉开隔离开关时，易发生这种电弧烧伤事故。另一种是电流经过人体的电弧烧伤，叫直接电弧烧伤。如人体某部和高压带电体距离太近，在人体和带电体间发生电弧，此时有较大的电流通过人体，但时间很短，且伴有高频振荡，因此一般不能引起电击，但严重的电弧烧伤也能使人致命。

② 非电弧烧伤，是由于大电流熔化了电路中某些部件，其熔化金属飞溅引起的烧伤。

(2) 电烙印。电烙印是由于电流的机械效应和化学效应所引起，通常在人体和带电体间接触良好的情况下才会发生。

电烙印能使皮肤表面留下园形或椭圆形的伤痕。痕迹的大小往往和所接触带电体部分相同，颜色成灰色或淡黄色，并有明显边缘。有时在触电后需经过一段时间才显出伤痕来，受伤的皮肤且有硬化现象。

(3) 皮肤金属化。皮肤金属化是反映在电流的作用下，熔化和蒸发的金属微粒渗入皮肤深处，使皮肤呈现特殊颜色。颜色种类和人体接触的金属有关。紫铜可使皮肤呈现绿色，黄铜可呈现蓝绿色，铅可呈现灰色等。在大多数情况下，皮肤金属化是局部性的，并且会逐渐自然退色。

3. 触电的二次事故

当通过人体的电流很小（一般小于摆脱电流），由于电流的刺激，人体的肌肉和关节会发生痉挛而摔倒，如在高处作业时发生触电后从高处坠落等伤害事故。这种由电击而引起的其他伤害称为触电的二次事故。

二、影响电流对人体伤害程度的因素

电流经过人体内部，对人体的伤害程度往往是不一样的，影响触电者伤害的程度有很多因素。主要有，通过人体电流的大小、持续时间、电流通过人体的途径、电流的种类，以及人体状况等因素，而且，各因素不是相互孤立的，特别是电流大小和通电时间之间，有十分密切的关系。

1. 伤害程度和电流大小的关系

电流通过人体，会有针刺感、麻木感、疼痛感，会引起颤抖、痉挛、窒息，心室颤动直至死亡。

通过人体的电流越大、生理反应越明显，人的感觉越强烈，破坏心脏跳动所需的时间越短，致命的危险性越大。对于工频交流电，按照通过人体电流大小的不同，人体呈现的不同状态，将电流划分为以下三级：

(1) 感知电流。感知电流是能引起人的感觉的最小电流。人对电流最初的感觉是轻微刺痛和麻抖，实验表明，对于不同的人，感知电流也不相同，成年男性平均感知电流约为 1.1 毫安，成年女性约为 0.7 毫安。

(2) 摆脱电流。摆脱电流是人触电后能自主地摆脱电源的最大电流。实验表明，对于不同人，摆脱电流也不相同，成年男性平均摆脱电流为 16 毫安，成年女性为 10.5 毫安。从安全角度考虑，取概率为 0.5% 时人的摆脱电流作为最小摆脱电流，男性的最小摆脱电流为 9 毫安，女性为 6 毫安，儿童的摆脱电流小于成人。

(3) 致命电流。致命电流是指在较短的时间内可危及生命的最小电流。

在电流不超过数百毫安的情况下，电击致死的主要原因，是电流引起窒息或心室颤动而

造成的。因此，可以认为引起心室颤动的电流为致命电流。

心室颤动是触电致死的原因，心室颤动不但和电流大小有关，而且和通电的时间有关。在人的心脏收缩期和舒张期之间，有一个间歇期（大约 0.1 秒），在这 0.1 秒时间内，如果电流通过心脏，虽然电流很小（约几十毫安）也会引起心室颤动。如果触电时间超过心脏搏动周期时，则心脏间歇期间内必有电流通过，结果造成心室颤动，当通电的时间不足搏动周期，且又不在间歇内，心室颤动电流可在数百毫安以上。

2. 其他因素：

(1) 电流通过人体的途径。电流通过人体的任一部位，都可能致人死亡。电流通过心脏、中枢神经（脑部和脊髓）、呼吸系统是最危险的。因此，从左手到前胸是最危险的电流路径，这时心脏、肺部、脊髓等重要器官都处于电路内，很容易引起心室颤动和中枢神经失调而死亡；从右手到脚的途径危险性小些，但会因痉挛而摔伤；从右手到左手的危险性又小些；危险性最小的电流途径是从一只脚到另一只脚，但触电者可能因痉挛而摔倒，导致电流通过全身或二次事故。

(2) 电流频率。通常，电流的频率不同，触电的伤害程度也不一样。直流电对人体的伤害较轻；30—300Hz 的交流电危害最大；超过 1000Hz，其危险性会显著减小。频率在 20MHz 以上的交流电对人体已无危害，所以在医疗临床上利用高频电流作理疗，但电压过高的高频电流仍会使人触电致死。冲击电流是作用时间极短的电流，雷电和静电都能产生。冲击电流对人体的伤害程度与冲击放电能量有关，由于作用时间极短暂（以微秒计），数十毫安才能被人体感知。

(3) 人体状况。试验研究表明，触电危险性与人体状况有关。

① 触电者的性别、年龄、健康状况、精神状态和人体电阻都会对触电后果产生影响。例如患心脏病、结核病、内分泌器官疾病的人，由于自身抵抗力低下，会使触电后果更为严重。处在精神状态不良、心情忧郁或酒醉中的人，触电的危险性也较大。相反，一个身心健康、经常从事体育锻炼的人，触电的后果相对来说会轻一些。妇女、儿童、老年人以及体重较轻的人耐受电流刺激的能力相对弱一些，触电的后果比青壮年男子严重。

② 人体电阻的大小是影响触电后果的重要物理因素。显然，当接触电压一定时，人体电阻越小，流过人体的电流就越大，触电者也就越危险。人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻。体内电阻基本稳定，约为 5000Ω 。皮肤电阻受多种因素的影响（如皮肤表面温度等），变化范围较大。接触电压、接触面积、接触压力、皮肤表面状况等都会影响到人体电阻的大小。

总之，影响人体电阻的因素很多，且因人而异，可在数百欧至数万欧间变化。一般情况下，人体可按 $1000—2000\Omega$ 考虑。

应该指出的是，人体电阻只对低压触电有限流作用，而对高压触电，人体电阻的大小就不起什么作用了。

第二节 触电方式

人体触电的方式多种多样，主要可分为直接接触触电和间接接触触电两种。此外，还有

高压电场、高频电磁场、静电感应、雷击等对人体造成的伤害。

一、直接接触触电

人体直接接触或过分靠近电气设备及线路的带电导体而发生的触电现象称为直接接触触电。单相触电、两相触电、电弧伤害都属于直接接触触电。

1. 单相触电

当人体某一部位直接接触带电设备或线路的一相导体时，电流通过人体入大地而发生的触电现象称为单相触电。如图 1-1 所示。

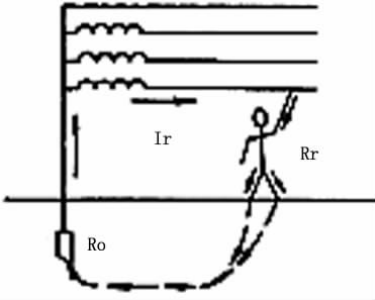


图 1-1A 中性点直接接地电网

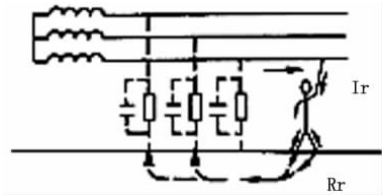


图 1-1B 中性点不接地电网

对于高压带电体，有时人体虽未直接接触，但因其距离太小，带电体对人体放电，也属于单相触电。大部分的触电事故都是单相触电事故，单相触电的危险程度和电网的运行方式有关。

① 在中性点直接接地的电网中发生单相触电的情况如图 1-1A 所示。

设人体与大地接触良好，土壤电阻忽略不计，由于人体电阻比中性点工作接地电阻大得多，加于人体的电压几乎等于电网相电压，这时流过人体的电流为：

$$I_r = \frac{U}{R_r + R_0}$$

式中：U—电网相电压

R_0 —中性点接地电阻

R_r —人体电阻

I_r —流过人体的电流

因为 $R_0 \ll R_r$ ， R_0 ($R_0 \approx 4\Omega$) 可以忽略不计，因此上式可似写成：

$$I_r = \frac{U}{R_r} \quad \text{流过人体的电流取决于 } R_r \text{ 的大小。如}$$

若取人体电阻 $R_r = 1000\Omega$ ，对于 380/220V 三相四线制中性点接地的电网， $U = 220V$ ， $R_0 = 4\Omega$ ，由公式可算出流过人体的电流大约为 220 毫安，远大于安全电流，足以危及触电者的生命，这种触电的后果与人体和大地间的接触状况有关。

如果人体站在干燥绝缘的地板上，因人体与大地间有很大的绝缘电阻（理论上可近似看成无穷大），因此通过人体的电流就很小，就不会有触电危险。但如果地板潮湿（绝缘电阻大大下降），那就有触电危险了。因此电气作业人员规定应穿绝缘鞋上岗操作。

② 中性点不接地电网中发生单相触电的情况如图 1-1B 所示。

这时电流将从电源相线经人体、其他两相的对地阻抗（由线路的绝缘电阻和对地电容构

成) 回到电源的中性点从而形成回路。这时流过人体电流为:

$$I_r = \frac{3U}{Z + 3R_r}$$

式中: Z —电网对地绝缘阻抗 (线路的绝缘电阻电容的容抗)

U —电网相电压

R_r —人体电阻

I_r —通过人体的电流

上式表明, 人体触电电流主要由电网对地绝缘电阻的大小决定 (在实际中线路的对地电容的容抗也是一个重要因素)。正常情况下, 设备的绝缘电阻相当大, 通过人体的电流很小, 一般不致造成对人体的伤害。但当线路绝缘下降时单相触电对人体的危害依然存在。而在高压中性点不接地电网中 (特别在对地电容较大的电缆线路上), 线路对地电容较大 (容抗较小), 通过人体的电流将危及触电者的安全。

2. 两相触电

人体同时触及带电设备或线路中的两相导体而发生的触电现象称为两相触电, 如图 1-2 所示。



图 1-2 两相触电

在高压系统中, 人体同时接近不相同的两相带电体而发生电弧放电, 电流从一相导体流入另一相导体, 这种触电也称为两相触电。

两相触电时, 作用于人体上的电压为线电压, 电流将从一相导线经人体流入另一相导线, 这是很危险的。设线电压为 $380V$, 人体电阻按 1000Ω 考虑, 则触电电流将达 $380mA$, 足以致命。所以两相触电要比单相触电严重得多。

3. 电弧伤害

电弧是气体间隙被强电场击穿时的一种现象。人体过分接近高压带电体会引起电弧放电, 带负荷拉、合刀闸会造成弧光短路。电弧不仅使人受电击, 而且使人受电伤, 对人体的危害往往是致命的。

总之, 直接接触触电时, 通过人体的电流较大, 危险性也较大, 往往导致死亡事故。所以要想方设法防止直接接触触电。

二、间接接触触电

电气设备在正常运行时, 其金属外壳或结构是不带电的。但当电气设备绝缘损坏或下降时而发生接地短路故障时 (俗称“碰壳”或“漏电”), 其金属外壳或结构便带电, 此时人体触及它就会发生触电, 这称为间接接触触电。

1. 接地故障电流入地点附近地面电位分布

当电气设备发生碰壳故障、导线断裂落地或线路绝缘击穿而导致单相接地故障时, 电流

便经接地体或导线落地点呈半球形向地中流散，如图 1-3A 所示。

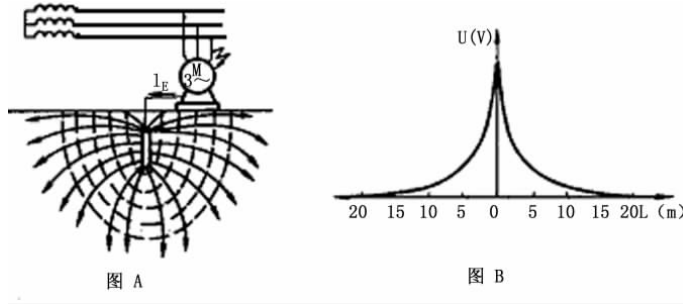


图 1-3 地中电流的流散电场和地面电位分布

A 电流在地中的流散电场 B 电流入地点周围的地面电位分布曲线

由于接近电流入地点的土层具有最小的流散截面，呈现出较大的流散电阻值，于是接地电流将在流散途径的单位长度上产生较大的电压降，而远离电流入地点土层处电流流散的半球形截面随该处与电流入地点的距离增大而增大，相应的流散电阻也随之逐渐减小，致使接地电流在流散电阻上的压降也随之逐渐降低。于是，在电流入地点周围的土壤中和地表面各点便具有不同的电位分布，如图 B 所示。

从电位分布曲线表明，在电流入地点处电位最高，随着离此点的距离增大，地面电位呈先急后缓的趋势下降，在离电流入地点 10m 处，电位已降至电流入地点电位的 8%。在离电流入地点 20m 以外的地面，流散半球的截面已经相当大，相应的流散电阻可忽略不计，或者说地中电流不再在此处产生电压降，可以认为该处地面电位为零。电工技术上所谓的“地”就是指此零电位处的地（而非电流入地点周围 20m 之内的地）。通常我们所说的电气设备对地电压也是指带电体对此零电位点的电位差。

2. 接触电压及接触电压触电

当电气设备因绝缘损坏而发生接地故障时，如果人体的两个部位（通常是手和脚）同时触及漏电设备的外壳和地面时，人体所承受的电位差便称为接触电压。

接触电压触电是指由接触电压引起的人体触电现象。接触电压的大小，和人体站立的位置有关，当人体距离接地故障设备越远时，其值越大，当人体在距离接地体 20m 以外处与带电设备外壳接触，接触电压几乎等于设备的对地电压值。当人体站在接地点与设备外壳接触时，接触电压为零。

3. 跨步电压及跨步电压触电

电气设备发生接地故障时，在接地电流入地点周围电位分布区（以电流入地点为圆心，半径为 20m 的范围内）行走的人，两脚之间所承受的电位差称跨步电压，其值随人体离接地点的距离和跨步的大小而改变。若离得越近或跨步越大，跨步电压就越高，反之则越小。当距离接地点 20m 以外远时，跨步电压接近于零。

跨步电压触电是指人在接地故障点或接地装置附近，由两脚之间（一般人的跨步约为 0.8m）的跨步电压引起的触电事故。人体受到跨步电压作用时，电流将从一只脚到另一只脚与大地形成回路。触电者的症状是脚发麻、抽筋并伴有跌倒在地。跌倒后，电流可能改变路径（如从头到脚或手）而流经人体重要器官，使人致命。

跨步电压触电还可发生在其他一些场合，如架空导线接地故障点附近或导线断落点附

近、防雷接地装置附近等。

接触电压和跨步电压的大小与接地电流的大小、土壤电阻率、设备接地电阻及人体位置等因素有关。当人穿有靴鞋时，由于地面和靴鞋的绝缘电阻上有电压降，人体受到的接触电压和跨步电压将显著降低。因此严禁裸臂赤脚去操作电气设备。

三、高压电场对人体的伤害

在超高压输电线路和配电装置周围，存在着强大的电场。处在电场内的导体会因静电感应作用而带有电压。当人触及这些带有感应电压的导体时，就会有感应电流通过人体入地而可能受到伤害。研究表明，人体对高压电场下静电感应电流的反应更加灵敏，0.1—0.2mA的感应电流通过人体时，人便会有明显的刺痛感。在超高压线路下或设备附近站立或行走的人，往往会感到不舒服，精神紧张，毛发耸立，皮肤有刺痛的感觉，甚至还会在头与帽子间、脚与鞋之间产生火花。例如国外曾有人触及500kV输电线路下方的铁栅栏而发生触电事故的报道。我国某地在330kV线路跨越汽车站处曾发生过乘客上下车时感到麻电的事例。有些地方的居民在高压线路附近用铁丝晾晒衣服，也发生过触电的现象。

关于高压电场对人体的影响及其防护技术是安全技术研究的新课题。1980年国际大电网会议工作小组就电场对生物的影响提出报告，认为10kV/m是一个安全水平。据此可以定出330kV及以上配电装置内设备遮栏外的静电感应场强水平不宜超过10kV/m，围墙外的场强水平以不影响居民生活为原则，一般不宜大于5kV/m。

避免高压静电场对人体伤害的措施是降低人体高度范围内的电场强度。如提高线路或电气设备的安装高度；尽量不要在电气设备上方设置软导线，以利于人员在设备上检修；把控制箱、端子箱、放油阀等装设在低处或布置在场强较低处，以便于运行和检修人员接近；在电场强度大于10kV/m且有人员经常活动的地方增设屏蔽线或屏蔽环，在设备周围装设接地围栏，围栏应比人的平均高度高，以便将高电场区局限在人体高度以上；尽量减少同相母线交叉跨越等。

四、高频电磁场的危害

频率超过0.1MHz的电磁场称为高频电磁场，人体吸收高频电磁场辐射的能量后，器官组织及其功能将受到损伤。主要表现为神经系统功能失调，其次是出现较明显的心血管症状。电磁场对人体的伤害是逐渐积累的，脱离接触后，症状会逐渐消失，但在高强度电磁场作用下长期工作，一些症状可能持续成痛疾，甚至遗传给后代。

五、静电对人体的伤害

金属物体受到静电感应及绝缘体间的摩擦起电是产生静电的主要原因。例如输油管道中油与金属管壁摩擦、皮带与皮带轮间的摩擦会产生静电；运行过的电缆或电容器绝缘物中会积聚静电。静电的特点是电压高，有时可高达数万伏，但能量不大。发生静电电击时，触电流往往瞬间即逝，一般不至于有生命危险。但受静电瞬间电击会使触电者从高处坠落或摔倒，造成二次事故。静电的主要危害是其放电火花或电弧引燃或引爆周围物质，引起火灾和爆炸事故。石油、化工、橡胶、印刷、染织、造纸等行业的静电事故较多，应严加防护。

六、雷电的危害

雷击是一种自然灾害。其特点是电压高、电流大，但作用时间短。雷击除了能毁坏建筑设施及引起人畜伤亡外，在易产生火灾和爆炸的场所，还可能引起火灾和爆炸事故。

关于静电和雷电对人体的危害，将在以后的章节作详细介绍。

第三节 电气事故案例分析

电气事故的发生表现在对安全用电方面知识的缺乏和一些防护措施的不当上，本节先介绍一些城乡工矿企业、居民家庭及农户等在生产建设与日常生活中所发生的电气事故案例。并在第二章较详尽地介绍安全防护方面的技术。

一、缺乏电气安全常识的事故

(1) 某村一妇女在路上行走时，看到路边有一根电线，一头落在地上，一头挂在电线杆上，便用手去捡电线，当即触电，经抢救无效死亡。

原因分析：掉在地上的断落电线，是带电的线路，该妇女毫无安全用电常识是造成事故的主要原因。

警示：对不明断落的任何线路，都不应直接接触，应通知有关部门及时处理，避免触电。

(2) 某乡镇一低压供电线路因被风刮断，掉在水田中，一小孩把一群鸭子赶进水田，当鸭子游到落地的断线附近时，一只只死去，小学生便下田去拾死鸭子，未跨几步便被电击倒。爷爷赶到田边急忙跳入水中拉孙子，也被电击倒。小学生的父亲闻讯赶到，见鸭死人亡，又下田抢救也被电击倒。一家三代均死在水田中。

原因分析：低压线（380V/220V 系统）一相断落，落地处 1m 附近的跨步电压很高；这些人缺乏电气安全知识，未立即切断电源，造成多人死亡的恶性事故。

警示：应首先切断电源或用干燥的木棒将落在水田的电线挑起后进行施救。

(3) 某人在楼顶上安装电视机室外天线时，金属天线倾倒在附近 10kV 高压线上，触电摔倒。经抢救无效后死亡。

原因分析：缺乏电气安全常识，未考虑到天线可能碰触架空线；高压线距楼台建筑距离不符合安全距离规定。

警示：不能在有高压输电线路周围架设任何线路和建筑。同时应具有一定的安全距离。

二、电气安装不符合要求的事故

(1) 某农民刚买来一台新电扇，想插上电源进行试运转。当手碰及电扇外壳时，大叫一声倒地，同时一并将电扇带倒，压在身上，造成触电死亡。

原因分析：电源相线误接在三孔插座的保护接零端子上，从而使外壳带有 220V 电压。

警示：用电线路应由专业人员进行安装，且应安装漏电保护器。

(2) 一变电所控制室在安装空调时，使用三相手电钻在有积水的土坑内对供水母管钻孔。电钻由 4 芯橡皮线供电，电源侧接 24m 外的检修电源端子箱，黄、绿、红三芯接相线，绿/黄芯线接零；在给电钻接线时，将电钻保护接零线的绿/黄芯线与电源的绿芯线相连，致使电钻外壳带电，结果使操作者触电，经抢救无效死亡。

原因分析：接线错误；电钻使用者未穿绝缘鞋，也没戴绝缘手套；施工地点没有就地设置开关插座；抢救人员缺乏触电急救知识。

警示：三相用电器中的绿/黄芯双色线是接零线，禁止与相线相连。

(3) 某厂因外部电源停电，启用自备柴油发电机发电，各车间与部门便相继合闸用电。不料每开一盏灯，灯泡或灯管只闪烁一下便烧毁。半个小时内共烧毁日光灯 16 只，白炽灯 82 只，损坏数占全部灯具的 60% 以上。

原因分析：零线安装不符合要求，发生零线断造成三相负荷不平衡。

警示：零线安装了熔断器或未实施重复接地，保护装置不完善。

(4) 某厂铲车司机向电工借用电烙铁修理铲车。电工在给电烙铁接线时，采用两线插头，又将电烙铁的接地螺丝与工作零线连接在一起。当插头插入电源插座时，放在车上的电烙铁使车身带电，使手扶车身的司机触电，当即死亡。

原因分析：该电工安全技术水平低下，他虽然知道保护接零的重要性，却不明白工作零线与保护零线必须分开，于是导致了事故的发生。

警示：工作零线与保护零线必须分开。

三、设备有缺陷或故障的事故

(1) 村民甲准备把已拉回麦场的小麦进行脱粒，就去找村民乙借用脱粒机。在取得乙同意后，他没有先拉开刀闸切断电源，就去移动脱粒机。当他手抓拉把时，突然大叫一声：“有电！”便倒在地上。乙急忙将刀闸拉开，但甲经抢救无效死亡。

原因分析：脱粒机电源线（四芯橡皮线）线皮老化，致使一相相线与脱粒机外壳接地线相连，使接地线带电，从而导致机壳带电；村民甲带电移动电气设备，违反了安全用电措施的规定；电源处未装漏电保护开关。

警示：搬运带电设备时应首先切断电源。

(2) 某厂宿舍打井时，使用一台 3kW 水泵抽水，用 380V、15A 闸刀开关直接启动，并已运转多时。当水泵停机后再开时，不料闸刀发生炸裂，烧伤操作人员并使其右手致残。

原因分析：设备有缺陷，闸刀开关动触头螺丝松动，合闸时三相不能同时接触而引起电弧放电；由电弧进而造成相间短路，产生高温，引起闸刀爆炸。

警示：对长期运行的高能设备要经常性地进行检查，及时发现安全的隐患。

(3) 某无线电厂彩电插件房发生重大火灾，出动了 17 部消防车，经 2 小时后才扑灭，直接经济损失达 18 万余元。

原因分析：室内照明线路短路；安装时未穿管敷设，导线受潮、受热老化；该电插件房吊顶和隔墙为可燃材料，吊顶内的通风口不符合防火安全要求。

警示：室内线路安装时，需严格按照操作规程，进行防火要求验收。

(4) 某厂一台 320kVA 车间变压器，因故障导致变压器油剧烈分解、气化，油箱内部压力剧增发生爆炸，箱盖螺栓拉断，喷油燃烧，使 8m 外的工作人员面部被烧伤。同时燃油

又点燃下层电缆及其他可燃物，并沿电缆燃烧，最终将上层的配电室和控制室也烧毁了。

事故分析：变压器内部出现短路故障，产生电弧，引起爆炸；无储油措施，致使燃油外流，引起重大火灾。

四、违反操作规程或规定的事故

(1) 某供电局配电修理工甲和乙去用户家检修低压进户线。乙在监护人甲不在现场的情况下，独自登上 9m 高的水泥杆顶，作业时未扎腰绳，也没戴手套，甲发现后也未加以阻止。当乙将带电侧的铜绑线破开时，突然右手触电，右脚脱离脚扣，左脚带着脚扣顺杆滑下，当滑到距地面 4m 左右时，人体脱离电杆坠落在地，因伤势过重，抢救无效死亡。

原因分析：这是一起严重违章作业引起的人身伤亡事故。

警示：工作人员违反了《电业安全工作规程》关于“高空作业必须使用安全带”的规定；监护人甲不曾阻止乙的违章行为，严重失职。

(2) 某市电机厂停电整修厂房，并悬挂了“禁止合闸！”的标示牌。但组长甲为移动行车便擅自合闸，此时在桁架上的乙正扶住行车的硬母排导线，引起触电。当组长甲发现并立即切断电源时，乙双手也随即脱离母线并从 3.4m 高处摔下，经抢救无效于当夜死亡。

原因分析：严重违反操作规程。

警示：在进行维修时擅自合闸通电；同时应按照有关高处作业的安全措施操作。

(3) 某水泥厂检修工甲正在维修熟料提升机，操作工乙午饭后回来打扫清洁，不问检修情况，便按动电钮清料，致使正在检修的甲被提升机挤死。

原因分析：交接不清，管理混乱，劳动纪律松懈，违反安全规定。

警示：设备检修时应在开关处悬挂“禁止合闸”的安全标示牌。

(4) 某厂电工在变电所拆下计量柜上的电能表时，被相邻的 10kV 高压母线排放电击中，并被电弧烧伤，经抢救无效而死亡。

原因分析：邻近高压开关柜（10kV）带电操作时，安全距离不足 0.7m。严重违反了安全工作规程；没有严格执行工作票制度和监护制度。

警示：在邻近高压开关柜带电操作时应保持一定的安全距离。

上述案例告诉我们：电气事故给人们带来了多么惨重的灾难，给国家、集体和个人造成了多么巨大的损失，我们应该牢牢汲取这些教训，认真学习电气安全知识，减少和避免电气事故的发生。

五、触电事故总结归纳

(1) 缺乏电气安全知识。缺乏安全用电的基本知识，无知蛮干。在低压方面有不懂电而摆弄电器、乱接乱修电器、玩弄带电电器、火线接至电器外壳或用手去拿断落在地面上的带电导线等。在高压方面有上高压电杆掏鸟窝、在高压线下建房和碰触高压线路等。

(2) 违反安全操作规程。纪律松懈，有章不循。在高压方面有打开网门，移动遮栏，进入带电间隔内，误登带电构架和带电线路电杆、带负荷拉刀闸等。在低压方面有带电拉临时线路、带电检修电动工具，带电搬动用电设备，在配电盘上带电作业和登杆带电作业等。

(3) 电气设备、线路不合理，使用不合格设备，不按电气有关安装标准安装设备。高压方面有高压架空线路离地面或建筑物的距离不符合规定。高低压线路交叉架设低压线路；在

高压线路上面、电力线路和弱电线路同杆架设距离不符合规定、导线截面不符合规定、低压方面有电气设备进出线包扎不好，自制电器漏电、临时线或地爬线乱拉乱拖、行灯变压器使用自耦变压器等。

(4) 维修不善。不按规定对设备进行维护保养，设备损伤不及时修理，大风刮断低压线路及刮倒电杆不及时修理和更换，胶盖刀闸无盖或破损长期不修复，瓷瓶破裂后拉线带电、电动机绝缘损坏，外壳长期带电、移动式或手持式电动工具漏电检查维修不及时等。

六、安全电压

从安全角度看，电对人体的安全条件通常不采用安全电流，而是用安全电压。因为影响电流变化的因素很多，而电力系统的电压却是较为恒定的。

所谓安全电压，是指为了防止触电事故而由特定电源供电时所采用的电压系列。

我国制定了安全用电的国家标准，标准规定安全电压等级为 42V、36V、24V、12V、6V 五个等级。安全用电等级制定环境中不同的人体电阻，因此安全电压有不同的等级。

标准规定，当电气设备采用超过 24 伏安全电压时，必须采用直接接触带电体的防护措施。

标准还规定安全电压由特定电源供电。特定电源可采用独立电源或安全隔离变压器。特定电源供电的安全电压系列的上限值，在任何情况下，两导体间或任一导体与地之间均不得超过交流（50—60Hz）有效值 50 伏，而且，除独立电流外，安全电压的供电输入电路和输出电路必须实行隔离，即必须使用隔离变压器，工作在安全电压下的电路，必须与其他任何无关的可导电部分实行电气上的隔离。即安全电压电路应保特独立，采用“悬浮”状态，不允许接地、接零以及和地有联系的设备、水管、暖气管等设施相连，但安全隔离变压器的铁芯（或隔离层）应采用保护接地或接零。

由于安全电压电路必须由特定的电源供电，因而采用自耦变压器、一般降压变压器供电或采用隔离变压器供电而低压侧采取接地或接零方式运行的均不符合安全用电的国家标准的规定。存在上述问题时可采取如下措施：

- (1) 将自耦变压器、一般降压变压器，换为隔离变压器，低压侧电路改为“悬浮”式。
- (2) 在未更改变压器之前，电路可维持原状，原来一端接地的接地的仍继续接地或接零，但需注意电路的绝缘性能，电路中的绝缘应按初级电压考虑，对变压器的绝缘性能应加强检查，以防止击穿。另外，操作人员应注意避免触及不接地的一端。

第四节 触电急救及外伤救护

一、触电事故的规律与特点

触电事故往往是突然发生的，而且在极短的时间内会造成极为严重的后果。但是不应认为事故不是不能预防的，如果人们对触电事故的发生规律进行分析，可最大限度预防事故的发生。

- (1) 有明显的季节性。