



职业安全卫生通用基础系列教材

# 电气安全

劳动部职业安全卫生监察局 主编

劳动人事出版社

本书为劳动部职业安全卫生监察局主编的职业劳动卫生通用基础系列教材。它依据我国最新颁布的国家标准和规范，认真总结了电气安全教学和实践，并在吸收国外先进的技术和管理经验的基础上，系统介绍了触电、电气火灾、静电灾害、雷击、射频危害等各种电气事故的成因、危害程度、防治技术、现场检测与评价等方面的知识，并针对包括变配电装置和日用电器在内的一些危险性较大的用电设备，分析了其安全运行条件和反事故措施。

本书可作为安全管理人员、电气安装和操作人员的培训教材，并可供其他工程技术人员和管理人员参考。

## 电 气 安 全

劳动部职业安全卫生监察局主编

责任编辑 张 伟

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街12号)

北京市平谷县大华山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 14.375印张 323千字  
1990年2月北京第1版 1990年2月北京第1次印刷

印数 0100册

ISBN 7-5045-0409-2/TM·025 (课) 定价·6.10元

## 前 言

近十年来，劳动保护事业迅速发展，劳动保护、安全生产成为四化建设的重要组成部分。为了适应劳动保护工作的法制化、科学化和标准化的需要，适应劳动保护监察工作的需要，劳动部职业安全卫生监察局组织有关部门的专家编写了一套劳动保护干部培训教材。

这套教材是以党的劳动保护方针为指导，以国家颁布的劳动安全卫生条例、规程、标准为依据编写的，努力反映国内外劳动保护科学技术的新发展，反映我国劳动保护管理和立法监察工作的新发展，坚持科学性和实用性相结合的原则，力求准确地阐述和介绍劳动保护专业各门学科的基本原理和基础知识。

这套教材供全国培训劳动保护专业干部和企业安全技术干部使用，同时可作为大中专院校安全工程专业的学习参考书。

本书由北京经济学院赵莲清编写，杨有启副教授审订。

劳动部职业安全卫生监察局

---

# 目 录

第一章 电气安全概论	1
第一节 电气安全的任务	1
第二节 电气安全的特点	4
第三节 电气事故种类	6
第二章 电的基础知识	11
第一节 电的基本概念	11
第二节 交流电路	19
第三节 电气测量基础	28
第三章 触电事故分析	40
第一节 电流的生理作用	40
第二节 触电事故规律	49
第三节 触电急救	54
第四章 电网安全性分析	60
第一节 供电和企业配电	60
第二节 不接地电网安全性分析	65
第三节 接地电网安全性分析	72
第五章 接地和接零	77
第一节 接 地	77
第二节 保护接零	90
第三节 接地装置和接零装置	104
第四节 接地和接零测量	111
第六章 绝缘、屏护和间距	118

第一节	绝    缘	118
第二节	屏    护	126
第三节	间    距	128
第七章	安全电压和电气隔离	135
第一节	安全电压	135
第二节	电气隔离	137
第三节	隔离变压器	140
第八章	电气安全装置	144
第一节	漏电保护装置	144
第二节	电气安全联锁装置	163
第三节	电工安全用具	176
第九章	变配电安全	187
第一节	变配电所	187
第二节	变压器	191
第三节	互感器	202
第四节	高压开关	207
第五节	电力电容器	216
第六节	电气线路	220
第十章	用电设备安全	237
第一节	用电设备的环境条件	237
第二节	电动机	242
第三节	低压开关电器	248
第四节	保护电器	270
第十一章	日用及小型电器安全运行	278
第一节	通用安全要求	278
第二节	电气照明	288
第三节	电热器具	292

第四节	电动设备	296
第五节	电子器具	299
第十二章	电气防火防爆	303
第一节	危险物品和危险场所	303
第二节	电气火灾和爆炸分析	320
第三节	电气防火防爆技术	326
第四节	电气灭火	341
第十三章	防    雷	346
第一节	概    述	346
第二节	防雷装置	353
第三节	防雷措施	370
第四节	人身防雷措施	377
第十四章	静电安全	378
第一节	静电的产生	378
第二节	静电的特点和危害	382
第三节	消除静电危害的措施	396
第十五章	电磁场伤害及防护	414
第一节	高频电磁场基本性质	414
第二节	高频技术的应用	419
第三节	高频电磁场伤害	421
第四节	电磁场安全卫生标准	425
第五节	电磁屏蔽	427
第十六章	电气安全管理	433
第一节	组织管理	433
第二节	检修安全措施	437
第三节	电气安全分析和评价	442

# 第一章 电气安全概论

电气安全是安全领域中直接与电关联的科学技术与管理工程，包括电气安全实践、电气安全教育和电气安全科研。电气安全是以安全为目标、以电气为领域的应用科学。因为这门科学是与电（或与电气）相关联的，而不是仅仅与用电或电器相关联的，前者的领域比后者大得多，所以，用电安全和电器安全都不等于电气安全，而是二者都包含在电气安全之中。电气安全虽然涉及很多其它学科，但其主线总是围绕着电，其基本理论还是电磁学理论。

本章将讨论电气安全的任务、特点和电气事故的种类，以使读者对电气安全有一个概略的认识。

## 第一节 电气安全的任务

在科学技术高度发展的今天，电几乎进入到人们生产和生活的所有领域。人们离不开电，同时，人们为了安全，为了求得进一步的发展，也不得不重视电气安全。电气安全学科是人们在生产和生活实践中发展起来的。现代科学技术的发展带来了更先进的电气安全技术措施。以防止触电为例，接地、绝缘、间距等都是传统的安全措施，直至现在这些措施也仍然是有效的。而随着自动化元件和电子元件的广泛应用，出现的漏电保护装置又为防止触电事故及其他事故提供了新的途径。另外，新技术的应用也提出了一些新

的电气安全问题。例如，电磁场安全问题和静电安全问题等。因此，电气安全学科既有其古老的一面，又具有不断向更高水平发展的、生命力极强的特征。

## 一、电能与电气安全

电能是一种现代化的能源，它广泛应用于工农业生产和人民生活的各个方面，对促进经济发展和改善人民生活都起着重要的作用。一个国家的现代化水平越高，对电力的需求就越大。

电力作为动力，能不断提高工农业生产的机械化、自动化程度，有效地促进国民经济各部门的技术改造，大幅度地提高劳动生产率。利用电力，还可以保持产品质量的稳定性，改善劳动者的工作条件，为劳动者提供清洁和安全的环境。电力是提高人民生活水平和建设精神文明的工具。现在，电化教育和家用电器越来越普及，人民的生活用电量越来越多。电力的广泛应用加速了科学技术的发展，改变了科学技术的状况。

人们在用电的同时，会遇到电气安全的问题。电能是由一次能源转换而得的二次能源。在应用这种能源时，如果处理不当，在其传递、控制、驱动等过程中将会遇到障碍，即发生事故。严重事故将伴随着生命损失和重大的经济损失。例如，电能直接作用于人体，将造成电击；电能转化为热能作用于人体，将造成烧伤或烫伤；电能离开预定的通道，将构成漏电、接地或短路；均可能造成火灾等事故。因此，在用电的同时，必须考虑电气安全的问题。

大部分电气安全问题是电力工业发展的过程中提出来的。但在一些非用电场所或正常运行的电路中，由于局外电能的作用也会造成灾害。例如，雷电、静电和电磁场危害



等。这方面的工作也是不容忽视的。

总之，灾害是由能量造成的。由电流的能量或静电荷的能量造成的事故属电气事故。人们在研究利用电能的同时，必须研究防止各种电气事故，使电更好地为人类服务。

## 二、电气安全的基本内容

为了搞好电气安全工作，必须明确电气安全这门学科的任务和研究对象。电气安全工作主要包括两方面的任务。一方面是研究各种电气事故，研究各种电气事故的机理、原因、构成、规律、特点和防治措施；另一方面是研究用电气的方法解决安全生产问题，也就是研究运用电气监测、电气检查和电气控制的方法来评价系统的安全性或解决生产中的安全问题。电气安全工作是一项涉及面很广的工作。不论是交流电还是静电，不论是交流电还是直流电，不论是高压还是低压，不论是强电还是弱电，不论是工业用电还是农业用电，不论是大企业还是小企业，也不论是生产用电还是生活用电，都会遇到电气安全问题。这就是说，电气安全的研究对象不是单一的。另外，在一些不用电的场合也有电气安全问题，还要考虑用电气作为手段解决其他安全问题，从而导致了电气安全工作的庞杂性和综合性，使得这门学科同很多学术领域，包括技术管理在内都有很密切的关系。

几十年来，我国电力工业虽然取得了很大的发展，但与某些发达国家相比还有很大的差距，人均用电量还不到美国的1/25。我国的电气安全水平与电力工业水平还不太适应，比起来还要更落后一些。技术先进的国家约每发20亿度电触电死亡1人，而我国却每发不到1亿度电就触电死亡1人。安全水平相差数十倍。随着我国现代化建设事业的发展，电在生产和生活中的应用一定有一个大幅度的发展。与此同时，

为了防止各种电气事故，保护劳动者的安全与健康，电气安全也必须有一个相适应的发展。

在劳动保护工作中，电气安全工作是一项重要的工作。在工伤事故中，电气事故占有不小的比例。据有关部门统计，触电死亡在全国工矿企事业单位因公事故死亡人数中占第5~6位，占6~8%左右。如果加上农村用电死亡人数和非生产触电死亡人数，数字肯定是相当惊人的。

此外，我国电气方面的标准和规范还不十分完善。有些与电气安全密切相关的问题尚未列入标准和规范。有的问题在不同部门的标准或规范上不完全一致。有些电气方面的制度也不够健全，有些部门的电工人员和设备管理人员素质还不够好，这些情况给实际工作者带来很多困难，甚至造成混乱。因此，电气安全工作者必须做更多的工作，必须更多地研究和学习电气安全技术和电气安全管理。

## 第二节 电气安全的特点

从电气安全的性质来看，电气安全具有抽象性、广泛性和综合性的特点。

### 一、抽象性

由于电具有看不见、听不见、嗅不着的特点，因此比较抽象，以致电气事故往往带有某种程度的神秘性，使人一下子难以理解。例如，物体打击能使人受伤，甚至使人致命，这是很容易被理解的；可是，一根很细的通电导线能使人电击致死，静电火花能引起爆炸之类的电气事故，与前者比较起来难理解得多。电磁辐射更具有感觉不到的特点，而且从受到伤害到发病之间有一段潜伏期，人们可能在相当长时间

内对周围严重的电磁环境没有觉察。电气伤害的这一特征无疑会加重危害的严重性。电磁学理论也有抽象的特点。例如，两个力抵消、两个力相加是人们比较容易从自己日常活动中的事物去体会的；而两个电流抵消、两个电流相加则是人们难以用自己的感觉去理解的。加之有些电磁学理论难度较高，有时会使人产生敬而远之的想法和做法。实际上，关键在于适应。每门学科都是如此，电气安全也不例外，只要我们主动去适应它，努力去适应它，就一定能认识、掌握它。当然，应当看到抽象的特点会加大技术上的难度，并加大培训和教育的难度。

## 二、广泛性

电气安全的这一特点可以从两个方面来理解。一方面是电的应用极为广泛。没有电的广泛应用，生产和生活的现代化都是不可能的。而且，为了提高劳动生产率，减轻劳动强度和改善劳动条件，实现我国的现代化，电力作为关系着国计民生的重要产品必将有一个大的发展。但是，就电气设备而言，不得不特别注意研究防止各种电气伤害的危险。例如，一些家用电器的使用，将会带来触电、火灾等危险；电动工具、医疗电器的广泛使用也会增加触电的危险；各种高频设备的使用会带来辐射伤害的问题等等。这就是说，在人们的生产和生活中，处处要用电，处处都会遇到电气安全的问题。另一方面，电气安全是一门涉及多种学科的边缘科学。研究电气安全不仅要研究电学，而且要研究力学、化学、生物学和医学等许多学科。电气安全不仅与电力工业密切相关，而且与石油、化工、冶金、机械和电子等各行各业都密切相关。

## 三、综合性

电气安全工作是一项综合性的工作，有工程技术的一面，也有组织管理的一面。工程技术和组织管理是相辅相成的，有着十分密切的联系。在工程技术方面，电气安全学科的主要任务是完善传统的电气安全技术、研究新式的电气安全技术和自动防护技术、研究新出现的电气安全技术问题、研究电气安全检测和监测技术，以及研究获得各种安全条件的电气方法等。在管理方面也需要做很多工作。应当加强各部门的协调，逐步实现系统化电气安全，引进安全系统工程的一些方法，加强对人机工程的研究等。

正是由于电具有一定的特殊性，电学概念比较抽象，理论的系统性比较强，电气工作人员往往自成体系，以致电气安全在某些单位成为一个薄弱环节。为了改变这种现状，必须在电气安全方面多做一些工作。

### 第三节 电气事故种类

电气事故可以按照不同的方式分类。按照灾害形式，可以分为人身事故、设备事故、火灾、爆炸等；按照电路状况，可以分为短路事故、断线事故、接地事故、漏电事故等。

考虑到事故是由局外能量作用于人体或系统内能量传递发生故障造成的，能量是造成事故的基本因素，可以采取按事故基本原因的分类方法。从这个角度，电气事故大致可以分为以下几类：

#### 一、触电事故

触电事故是由电流的能量造成的。触电是电流对人体的伤害。电流对人体的伤害可分为电击和电伤。电击是电流通

过人体内部，破坏人的心脏、神经系统、肺部的正常工作造成的伤害。由于人体触及带电的导线、漏电设备的外壳或其他带电体，以及由于雷击或电容器放电，都可能导致电击。触及正常带电体的电击称为直接接触电击，触及故障带电体的电击称为间接接触电击。电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的局部伤害，包括电弧烧伤、烫伤、电烙印等。绝大部分触电死亡事故是电击造成的。通常所说的触电事故基本上是指电击而言的。

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，触电可分为单相触电、两相触电和跨步电压触电三种情况。如图1-1(a)所示，单相触电是指人体在地面或其他接地导体上，人体其他某一部位触及一相带电体的触电事故。大部分触电事故都是单相触电事故。单相触电事故的危险程度与电网运行方式有关。两相触电见图1-1(b)，是指人体两处同时触及两相带电体的触电事故。两相触电的危险性一般是比较大的。如图1-1(c)所示，跨步电压触电是指人在接地点附近，由两脚之间的跨步电压引起的触电事故。高压故障接地处，或有大电流（如雷电）流过的接地装置附近都可能出现较高的跨

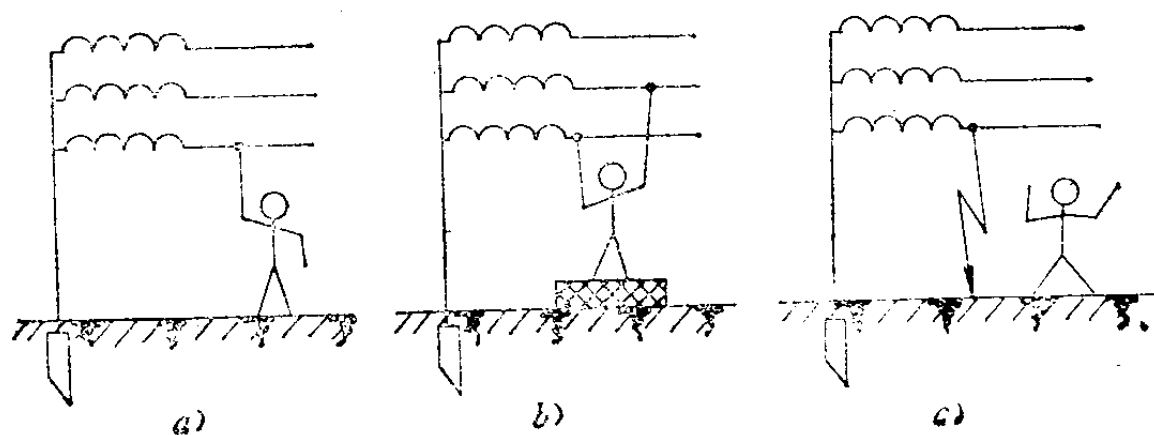


图 1-1 触电种类

步电压。

## 二、雷电和静电灾害

雷电和静电都是局部范围内暂时失去平衡的正电荷和负电荷。这些电荷的能量（即储存在其周围场中的能量）释放出来即可能造成灾害。

雷电是大气电，是由大自然的力量分离和积累的电荷。雷电放电具有电流大、电压高等特点，有极大的破坏力。雷击除可能毁坏设施和设备外，还可能直接伤及人、畜，还可能引起火灾和爆炸。建筑物和构筑物，特别是具有爆炸和火灾危险的建筑物和构筑物、发电厂、电力线路和变电站，以及个人都必须考虑防雷措施。

静电一般指生产工艺过程中由于某些材料的相对运动，分离和积累起来的正电荷和负电荷。这些电荷周围的场中储存的能量不大，不会直接使人致命。但是，静电电压可能高达数万乃至数十万伏，可能在现场发生放电，产生静电火花。在火灾和爆炸危险场所，静电火花是一个十分危险的因素。在石油、化工、粉末加工、橡胶、塑料等行业，必须充分注意静电的危险。生产工艺过程中的静电还可能使人遭到电击，还可能妨碍生产、或降低工效、或降低产品质量，甚至使正常生产无法继续下去，或导致废品等。从广义上说，这些也是与安全相联系的，是安全工作者不应忽视的问题。

## 三、射频伤害

射频伤害即电磁场伤害。射频伤害是由电磁场的能量造成的。人体在高频电磁场作用下吸收辐射能量，会受到不同程度的伤害。其症状主要是引起人的中枢神经功能失调，明显表现为神经衰弱症，如头痛、头晕、乏力、睡眠不好等。还引起植物神经功能失调的症状，如多汗、食欲不振、心悸

等。此外，还发现部分人有脱发、视力减退、伸直手臂时手指轻微颤动、皮肤划痕异常、男性性功能减退、女性月经失调等症状。还发现心血管系统有某些异常的情况。在特高频电磁场照射下，心血管系统症状比较明显，如心动过速或过缓、血压升高或降低、心悸、心区有压迫感、心区疼痛等。

除高频电磁场外，超高压的高强度工频电磁场对人体也有类似的伤害作用。

#### 四、电路故障

电路故障是由电能传递、分配、转换失去控制造成的。电气线路或电气设备故障可能影响到人身安全。例如，油开关爆炸本身虽然是设备事故，但完全可能同时带来严重的人身伤亡；又如，电气设备接地或漏电虽然也是属于设备事故，但却因此改变了电网正常状态或直接使外壳带电，造成隐患，形成触电的危险条件等等。异常停电也可能影响到人身安全。例如，排放有毒气体的风机停电，可能导致有毒气体超过允许浓度，危及人身安全等。总之，从安全系统的角度考虑，同样应当注意这些不安全状态可能造成的事故。

以上介绍了4类电气事故。其中，触电事故是电气事故中最为常见的一种；但触电事故并不是唯一的电气事故。

应当指出，电气火灾和爆炸是电气事故，但是，火灾和爆炸都只是灾害表现的形式。上述电流的能量、电荷的能量、电磁场的能量、以及电能传递故障均可能引起火灾和爆炸。火灾和爆炸事故往往是重大的人身事故和设备事故。电气火灾和爆炸事故在火灾和爆炸事故中占有很大的比例。引起火灾的电气原因是仅次于一般明火的第二位原因。线路、开关、保险、插销、照明器具、电动机、电炉等电气设备均可能引起火灾。特别是这些电气设备与可燃物接触或接近

时，火灾危险性更大。电力变压器、电力电容器、多油断路器等电气设备有较大的火灾危险性，还有爆炸的危险性。电气火灾火势凶猛，如不及时扑灭，势必迅速蔓延。电气火灾和爆炸事故除可能造成人身伤亡和设备损失之外，还可能造成大规模或长时间停电，给国家财产造成重大损失。



## 第二章 电的基础知识

学习电气安全课程要求有一定的基础知识。其中，包括电工学和电气安全的理论知识和电工技术的实践知识。在这一章，我们介绍电学基本概念、电路基础知识和基本电气测量等内容。

### 第一节 电的基本概念

#### 一、电流和电压

当我们合上电源开关时，电灯会发光、电炉会发热、电动机会转动，当人体触及带电体时，人体将受到伤害，这是由于在电灯、电炉、电动机和人体中有电流通过的缘故。

电流是带电微粒的定向运动。金属中，大量的自由电子总是处于运动状态，但这种运动是没有规则的，只有在电源的作用下，自由电子才会朝一定的方向运动，形成电流。在电镀时，电解液中存在着许多带有正、负电荷的微粒（正、负离子），也是在电源的作用下，这些带电微粒才朝着一定方向运动。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向。

电流分为直流电流和交流电流（见图2-1）。电流的大小和方向都不随时间变化的电流称为直流电流；电流的大小和方向作周期性变化的电流称为交流电流。直流电流又分为稳定直流和脉动直流。

电流的大小用安（A）、毫安（mA）或千安（kA）作为