

特种作业人员安全技术培训考核教材

电工作业安全技术

辽宁省劳动局 主编
机械工业沈阳教材编委会

ANQUAN
JISHU

东北工学院出版社

特种作业人员安全技术培训统编教材

电工作业安全技术

辽宁省劳动局 主编

机械工业沈阳教材编委会

东北工学院出版社出版

(沈阳 南湖)

国营沈阳市东联书店发行

沈阳市第六印刷厂印刷

787×1092毫米 1/32 印张11.5 字数288千字
1988年5月第1版 1988年5月第一次印刷

印数：1—20000册

ISBN7-81006-129-1/TM·1

定价：4.50元

编 著 者 杨枫林 金忠正 刘兴华
审 稿 齐秀敏

特种作业人员安全技术培训教材

编辑工作人员

总 编 辑 姜庆铎
科技编辑部主任 孙德旭
责 任 编 辑 杨振元
封 面 设 计 王 伟
插 图 张 云
责 任 校 对 于雅丽
美 术 编 辑 张煜华

前 言

为加强对特种作业人员的安全管理，搞好特种作业人员的安全技术培训、考核工作，根据国家标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》（GB5306—85）的要求，辽宁省劳动局组织编写了电工、起重、金属焊接、建筑登高架设、企业内机动车辆驾驶等五种作业人员的安全技术培训教材，供各培训单位使用。

本书按照国家标准《电工作业人员安全技术考核管理规则》（报批稿）的要求编写，作为对电工作业人员安全技术培训的教材，也可供电工专业工程技术人员和劳动安全监察人员工作中参考。为缩短篇幅，未输入有关电工基本知识，培训时可视具体情况适当增加补充教材。

全书共16章，其中1~4章和11章由沈阳市劳动局杨枫林编写，5~10章由辽宁省劳动局金志正编写，12~16章由沈阳市劳动局刘兴华编写。全书经东北工学院自动控制系齐秀敏副教授审阅。在编写过程中，丹东市劳动局李树源、鞍山市劳动局王连吉、阜新市劳动局陈辉等同志对本书的内容及编排提出了宝贵意见，并得到辽宁省劳动局劳动保护监察处全体同志的大力支持，在此谨致衷心谢意。

书中多处引用有关国家标准、规范中的技术数据。这些标准、规范如有修改，应以最新版本为准。

由于编者水平有限，不免有错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

一九八七年十二月

目 录

第一章 概 论	
第一节 电气安全的重要意义	1
第二节 电气安全的特点	2
第三节 电气事故的种类	3
第二章 电流对人体的伤害	
第一节 交流电对人体的作用	8
第二节 触电伤害的类型	15
第三章 触电事故的原因与规律	
第一节 触电事故的原因	20
第二节 触电事故的规律	22
第三节 电气安全管理	25
第四章 触电急救	
第一节 脱离电源	29
第二节 现场急救	31
第三节 急救用药	35
第五章 安全电压	
第一节 安全电压的定义和等级	36
第二节 安全电压制定依据及应注意的几个问题	38
第六章 绝缘、屏护及安全间距	
第一节 绝缘	44
第二节 屏护和安全间距	49
第三节 带电作业	59

第七章 保护接地	
第一节	保护接地原理及适用范围62
第二节	预防性接地70
第八章 保护接零	
第一节	保护接零的原理及适用范围74
第二节	保护接地与保护接零的比较80
第三节	零线的重复接地83
第四节	工作接地90
第五节	单相设备的接零93
第九章 漏电保护装置	
第一节	漏电保护装置的原理、分类和动作参数.....98
第二节	电流型漏电保护装置103
第三节	电流型漏电保护器的选择、使用、维护 方法106
第十章 特殊防护技术	
第一节	静电防护119
第二节	雷电防护135
第三节	电磁场防护152
第十一章 电气防火与防爆	
第一节	燃烧159
第二节	爆炸162
第三节	电气火灾和爆炸的原因166
第四节	电气防火防爆措施169
第五节	电气灭火常识185
第十二章 变电运行安全技术	
第一节	运行电工的职责189
第二节	变电所191

第三节	变配电运行安全	198
第四节	变配电运行管理	218
第五节	继电保护及二次回路	225
第十三章 内外线电工安全技术		
第一节	内外线电工的职责	242
第二节	电气线路	243
第三节	电气线路安全运行	250
第四节	电气线路的检查与维护	270
第五节	低压电器设备安装	272
第六节	电气设备试验	275
第七节	两线一地制配电线路	279
第十四章 线修电工安全技术		
第一节	维修电工的职责	283
第二节	电动机的安全运行	285
第三节	电焊机的安全运行	300
第四节	电动起重设备的安全运行	307
第五节	特殊电气设备的安全运行	314
第六节	临时用电安全要求	319
第十五章 电工安全用具		
第一节	安全用具的种类和一般问题	326
第二节	几种主要安全用具的要求	327
第三节	安全用具试验	332
第十六章 电工常用测量仪表		
第一节	电气测量仪表的分类	335
第二节	电气测量仪表的表面标记	337
第三节	电流表和电压表	337
第四节	万用表	343

第五节	高阻计和接地电阻测定仪	345
第六节	功率表和电度表	349
第七节	静电测量仪表	354

第一章 概 论

第一节 电气安全的重要意义

随着我国工农业生产的迅速发展，发电量和用电量日益增加。在国民经济的一切部门里，可以通过各种各样的电气设备使用电能；在家庭生活中，各种家用电器的使用越来越多；如何在用电过程中，防止触电事故，保证人身安全，已经成为一项十分重要的工作。然而，保证各种用电设备的安全运行是与电气作业人员有直接联系的，据有关部门统计，在各种触电死亡事故中，由于设备缺欠和维修管理不善等原因引起的事故，占死亡总人数的40%以上。因此，预防触电事故，学习电气安全知识，按照国家标准安装与维修电器设备，严格执行安全操作规程和保证安全的工作制度，具有十分重要的意义。

触电伤亡事故的多少是衡量一个国家安全用电水平高低的主要标志。通常用每消耗1亿度电触电死亡人数来统计。安全用电水平高的国家，每消耗1亿度电死亡1人，安全用电水平低的国家，每消耗1亿度电触电死亡20人。日前我国的安全用电水平是比较低的，特别在农村，电气事故更为严重。据统计，近十年来，我省所发生的触电事故占全省因工伤亡总人数的15%。从国内统计资料看，在全国触电死亡总人数中，工业和城市居民死亡人数占15%，农村死亡人数占85%。这说明安全用电知识的普及还是个薄弱环节。另外，从我省近年来触电死亡事故综合分析还可看出，高压触电只

占12.5%，而电压在380伏以下的触电死亡人数却占87.5%。可见，加强低压电气设备的管理与维护是亟待解决的问题。

近年来我国电气作业人员的培训工作有了很大进展，操作工人的水平逐年提高，取得了一定成效，这对防止触电事故起到了积极作用。但是，由于用电设备质量或安装质量不好、维护人员技术水平不高或责任心不强造成设备带病运行、规章制度不健全或有章不循、没有采取触电保护措施或措施不当、缺乏必要的安全用电知识等原因，仍然是造成触电伤亡事故的主要原因。为了加速四化建设，减少伤亡事故，在用电方面有针对性地进行安全技术教育，已是当务之急。

搞好电气安全工作，不仅是满足生产需要，保障人民生命财产安全的需要，更主要地它也是我国社会主义制度优越性在一个方面的具体体现。所以电气安全培训应当引起我们每个电气作业人员的高度重视。

第二节 电气安全的特点

要做好电气安全工作，首先必须研究和掌握电气安全的特点，掌握电气安全的规律。

电气安全工作有许多规律性的东西。

首先，电气安全具有广泛性。大家知道，自从电被人类发现以来，电能的应用越来越广泛，已经成为工业、交通、建筑、采矿、科研、农业以及家庭生活中最主要能源之一。特别是无线电技术、电子技术、计算机技术的飞速发展，使电能的应用更加广泛。可以说，在现代社会里，从工厂到机关，从城市到农村，从陆地到海洋，从太空到地下，没有一处不在应用电能。因而，也没有一处不存在用电安全问题。

其次，电气事故具有可防性。有人说，电摸不着，看不见，说不准什么时候就触上，触上就没命。我们说，这种观点是要不得的。电尽管是一种特殊物质，但毕竟有其规律性可循，只要我们充分了解它的性质，掌握了它的规律性，电气事故是完全可以避免的。事实上，科学发展到今天，关于电的理论知识，它的性质，它的规律，特别是安全用电知识，我们已掌握得很充分，并发明与创造了许许多多的保证电气设备安全运行和人身安全的方法、手段和技术，只要大家勤于学习，多看有关这方面的书籍、规范、标准等，并在实践中注意掌握和运用，严格按规章制度操作，电气事故是完全可以避免的。

电气事故的规律性是十分明显的。如电气事故的季节性，电流作用于人体的特殊的生理特性等等。我们将在本书第二章和第三章做详细讲解，这里不多赘述。

值得注意的是，在触电事故中，如果抢救及时，得法，绝大部分触电者的生命是可以挽救的，这也是电气安全的一个特点，即触电死亡的可挽救性。但可惜的是，触电急救的方法还没有为大多数人所掌握，甚至许多专业电工也不会。因此，目前触电死亡率还较高，这是很不正常的。

我们编写这本书的目的，就在于帮助大家认识电气安全工作的重要意义，了解电气安全工作的特点，掌握安全用电的规律、方法和手段，以便让电能更好地为人类服务。

第三节 电气事故的种类

电气事故的分类。按电压分，有高压事故和低压事故；按伤害的方式分，有电击事故和电伤事故等等。

从安全用电的角度看，电气事故有如下三种：一种是单

纯的设备事故，如电机、变压器烧毁等。因为这种事故没有人身伤亡，故本书不做深入探讨，再一种是单纯的人身事故，如在操作中误触带电体而死亡等。这种事故没有设备损坏，只有人身伤亡；还有一种是设备事故伴随人身伤亡，如电气设备因绝缘损坏漏电，人触及后被电死、变压器爆炸把人炸伤等。这种事故较为严重，经济损失也大。此外，我们还把电磁场伤害、雷电伤害、静电伤害和异常停电也列入电气事故中，如雷击或静电引起的火灾把人烧死烧伤等。

一、人身事故

电气事故中的单纯人身事故，按伤害的方式分为电击和电伤两种。

电击是电流直接对人体的伤害事故。人体触及带电体，电流就要流过人体，造成伤害；在高压线或高压设备附近，虽没有触及带电体，但因接近至一定程度，发生高压放电，导致电流流过人体等，都是电击事故。

电伤是电流间接对人体的伤害。如电弧对人皮肤的烧伤，电流通过其热效应、化学效应、或机械效应使人皮肤金属化或产生电烙印等。电伤也属于触电事故。但与电击比较起来，其严重程度要低得多。这是因为电击是电流直接破坏人体内部器官的正常功能，而电伤则是电流间接对人的皮肤的伤害。

二、电磁场伤害

人体在电磁场的长期作用下，吸收辐射能量，会受到不同程度的伤害。

高频电磁场对人体的主要伤害是引起中枢神经系统功能失调，主要表现为神经衰弱症候群，如头痛、头晕、乏力、睡眠失调、记忆力减退等。此外，高频电磁场还对心血管系

系统的正常工作有一定影响，加速导致冠状动脉硬化。

电磁场对人体的伤害主要是功能性改变，如果不十分严重，一般是可以恢复的。

三、雷电事故

雷击是一种自然灾害。除可能毁坏建筑设施，伤及人身体外，还易燃易爆危险场所，还可能引起火灾和爆炸事故。所以，电气设备应有完善的防雷措施。建筑物和构筑物也应根据其具体情况，采取相应的防雷措施。

四、静电事故

静电事故是指生产过程中产生的有害静电酿成的事故。由于静电放电，引起现场爆炸性混合物发生爆炸，造成伤亡，是静电最严重的危害。石油、化工、橡胶等行业在生产过程中特别容易产生静电，加上这些行业中到处都有易燃易爆物质和气体，应特别引起注意。

静电一般电压较高，可达几千伏，甚至上万伏，但因其放电时间甚短，而且是冲击电流，虽然也能给人以一定程度的电击，但一般不会导致死亡。

五、异常停电

异常停电也是电气事故，因为它能造成设备损坏和人身伤亡。如正在浇铸钢水的吊车，可能因异常停电而失控，一罐钢水因此而洒出造成人身伤亡；正在进行一项大手术的医院手术室，可能因异常停电而被迫停止手术，使本来可以救活的病人死在手术台上等等。

复 习 题

1. 简述电气安全的重要意义。
2. 电气安全有哪几个特点？

3. 电气事故有几大类?
4. 电流伤害有几种? 哪一种最严重?
5. 电磁场能给人造成哪些伤害?
6. 人触及静电为什么不会死?
7. 你单位有否触电伤害事故? 你从中吸取了哪些教训?

第二章 电流对人体的伤害

要了解电对人体的伤害，首先要了解电流对人体作用的机理。

电流按其流动方向，分为直流电与交流电。

直流电又分为稳恒电流和具有交流成分的直流（即脉动直流）。方向和大小都不变的直流称稳恒电流；大小改变而方向不变的直流称具有交流成分的直流电。总之，只要方向不变的电流都称为直流电。直流电因其方向不变而有正负极之分。工业上常应用直流电进行电解和电镀加工。同样，当直流电通过人体时，也将对人的血液、淋巴液等起电解（即分解）作用，从而改变血液、淋巴液的成分，破坏它们的正常功能，这是直流电对人体的特殊作用。它的主要作用是对人的神经的麻痹作用，破坏人的神经的正常功能。直流电很容易产生电弧，而且不易熄灭，容易刺伤人的眼睛。被它熔化的金属也容易飞溅，烫伤人体，或使人的皮肤金属化。

自从三相交流发电机问世以来，在工业生产中，交流电迅速取代了直流电（只在特殊情况下使用），因此，直流触电事故已极少见。

交流电是方向和大小都随时间作周期性变化的电流。按频率分为工频、中频和高频。

交流电通过人体，主要是对人的神经起麻痹作用，破坏人的心、肺的正常功能，使心脏停跳，呼吸停止。下面详细叙述交流电对人体的作用。

第一节 交流电对人体的作用

电流对人体伤害的严重程度，决定于通过人体电流的大小、通过时间的长短、电流流经人体的途径、电流频率的高低以及人的健康状况和心理状态等多种因素。

一、伤害程度与电流大小的关系

电流通过人体时，人体会感到有麻痛等感觉，会引起颤抖、痉挛、心室颤动、心跳停止、呼吸中断乃至死亡。通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显。通过人体电流的大小，又决定于所施加电压的高低和人体阻抗。对于工频交流电，按照通过人体电流大小的不同，人体呈现的状态也不同，可划分成三个界限：

1. 感知电流 电流通过人体，可引起任何感觉的最小电流，称感知电流。实验表明，不同的人感知电流也不一样，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 电流超过感知电流继续增大时，发热刺度的感觉增强，当电流增大到一定程度时，触电者将因肌肉收缩、痉挛而紧抓带电体，不能自行摆脱。人触电后能自行摆脱带电体的最大电流称为摆脱电流。实验表明，对于不同的人，摆脱电流也不相同。就平均摆脱电流而言，成年男性约为 16 毫安，成年女性约为 10.5 毫安。就最小摆脱电流而言，成年男性为 9 毫安，成年女性为 6 毫安。儿童的摆脱电流较成年人要小。

还应当指出，人体摆脱电流的能力，是随着触电时间的延长而减弱的。

3. 致颤电流 引起心室纤维性颤动的最小电流称致颤

电流。因为心室纤维性颤动极有可能导致人的死亡，所以，有的书上也称致颤电流为致命电流。

那么什么是心室纤维性颤动呢？就是当外来电流通过人的心脏时，心脏的正常工作受到破坏，由有规律的正常跳动，变为每分钟数百次以上的颤抖。触电时，通过心脏的电流越大，就越容易引起心室颤动，危险性也就越大。

我国专家和学者经过大量考证和实验后认为，引起心室颤动的电流阈值在50毫安以上。因为在心室颤动电流的范围内，不能直接在人体上做实验，所以许多数据都是根据动物实验和综合分析后得出的。他们所得的分析资料如表2—1。

表2—1 工频电流对人体作用的分析资料

电流(毫安)	通电时间	人体生理反应
0~0.5	连续通电	没有感觉
0.5~5	连续通电	开始有感觉，手指手腕等处有痛感，没有痉挛，可以摆脱带电体
5~30	数分钟以内	痉挛，不能摆脱带电体，呼吸困难，血压升高，是可以忍受的极限
30~50	数秒到数分	心脏跳动不规则，昏迷，血压升高，强烈痉挛，时间过长即引起心室颤动
50~数百	低于心脏搏动周期	受强烈冲击，但未发生心室颤动
	超过心脏搏动周期	昏迷，心室颤动，接触部位留有电流通过的痕迹
超过数百	低于心脏搏动周期	在心室颤动周期的特定相位触电时，发生心室颤动，昏迷，接触部位有伤痕
	超过心脏搏动周期	心跳停止，昏迷，有致命电灼伤