

主编 刘铁民

注册安全工程师教程

—— 专业技术知识

ZHU CE AN QUAN GONG CHENG SHI JIAO CHENG
ZHUAN YE JI SHU ZHI SHI

中国矿业大学出版社

注册安全工程师教程

——专业技术知识

主 编 刘铁民

中国矿业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

注册安全工程师教程——专业技术知识/刘铁民主编. —徐州:
中国矿业大学出版社. 2003.5

ISBN 7-81070-699-3

I. 注... II. 刘... III. 安全工程—工程师—资格
考核—教材 IV. X93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 031657 号

书 名 注册安全工程师教程——专业技术知识
主 编 刘铁民
责任编辑 高专 李朝雯
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
印 刷 北京京科印刷有限公司
经 销 新华书店
开 本 $880 \times 1230 \frac{1}{16}$ 印张 17 字数 515 千字
版次印次 2003 年 5 月第 1 版 2004 年 4 月第 3 次印刷
印 数 6001~9000 册
两册定价 98.00 元
(图书若有印装质量问题, 本社负责调换)

注册安全工程师教程编委会

名誉主编：闪淳昌

主 编：刘铁民

副 主 编：吴宗之 李传贵

编写人员(按姓氏笔画排序)：

邓云峰	王宇航	王银生	边卫华	付学华
孙庆云	刘功智	刘宝龙	邢娟娟	阴建康
陈 胜	陈志刚	张兴凯	张宏元	张 鹏
张华俊	宋大成	李忠祥	苏宏杰	郑瑞臣
周建新	钟茂华	胡福静	郝秀清	高进东
谢英晖	樊晶光	魏利军		

序

2002年9月，人事部和国家安全生产监督管理局联合颁布《注册安全工程师执业资格制度暂行规定》，在我国推行注册安全工程师执业资格制度，以便更好地为企业提供安全技术服务，这是我国安全生产工作的一件大事，标志着我国安全管理和安全技术服务工作即将进入一个新的阶段。

安全生产事关人民群众的根本利益，事关改革发展和稳定大局。随着我国国民经济的持续快速健康发展，安全生产工作也得到了长足的发展。2000年初，成立了国家煤矿安全监察局，2001年初，又组建了国家安全生产监督管理局（国家煤矿安全监察局），并成立了国务院安全生产委员会。党中央、国务院将安全生产作为整顿和规范市场经济秩序的重要内容。2002年6月29日，江泽民主席签署七十号令，颁布了《中华人民共和国安全生产法》，将我国安全生产工作纳入健全的法制化轨道。党的十六大报告中专门明确要求“高度重视安全生产，保障国家财产和人民生命安全”。

由于我国安全生产基础薄弱，且受生产力发展水平的制约，我国安全生产状况与工业发达国家相比仍然存在较大的差距，这种落后的状况不仅给人民生命财产带来重大损失，而且使我国在一些国际交往中有时处于被动地位，甚至损害了我国的国际形象。随着我国社会主义市场经济的发展和加入WTO后日益突出的全球化竞争，随着社会经济成分、组织形式、就业方式、利益关系和分配方式日益多样化，人们的思想道德观念、价值取向也出现了多样化的趋势。大量三资企业、私营企业、乡镇企业、个体经济组织及其他中小企业如何加强安全生产工作成为一个重要课题。

推行注册安全工程师执业资格制度，是贯彻实施安全生产法，从根本上解决企业，特别是中小企业安全生产工作无人管和不会管的实际问题而提出的一项重要举措。目的是积极培植社会化的安全科技服务体系，为中小企业提供劳动安全健康领域的技术服务，协助企业改善劳动条件，减少伤亡事故和职业危害，使企业健康发展。注册安全工程师只有掌握丰富的专业技术知识，才能协助企业做好安全管理，为企业提供诸如伤亡事故的预防和调查、生产设施安全性能鉴定、重大危险源识别、作业环境中有毒有害物质及其他职业有害因素检测技术咨询等服务。国家安全生产监督管理局安全科学技术

研究中心组织编写的《注册安全工程师教程——基础知识》、《注册安全工程师教程——专业技术知识》，针对性、适用性较强，是推动注册安全工程师执业资格制度，搞好注册安全工程师培训工作的参考教材。

党的十六大报告提出全面建设小康社会的宏伟目标。小康社会的标准不仅仅反映在经济指标上，更重要地反映在人民群众生活的质量指标上，反映在人的生命安全和健康上。“责任重于泰山，隐患险于明火，防范胜于救灾”。为完成全面建设小康社会的光荣任务，借此机会，我希望广大从事安全生产工作的技术人员、管理人员，能够加强学习，从而使整个安全生产形势更加科学、合理、有效，为全国安全生产形势的稳定好转作出应有的贡献。

闵泽昌

2003年6月

前 言

在我国实行注册安全工程师执业资格制度，是全面贯彻党的十六大精神和“三个代表”重要思想以及《中华人民共和国安全生产法》关于规范安全工程技术人员执业资格要求的具体措施。实行注册安全工程师执业资格制度后，通过相关法规对注册安全工程师的权利、义务、责任等作出明确规定，这将有利于解决企业、特别是中小企业安全生产无人管和不会管的问题，也将使我国安全生产管理工作适应社会主义市场经济的要求，逐步走上规范化、法制化的轨道。

《注册安全工程师执业资格制度暂行规定》的出台，标志着我国注册安全工程师执业资格制度开始启动，标志着我国安全生产领域关键技术岗位准入控制制度开始实施，标志着我国安全领域人才社会化评价工作开始与国际接轨。可以说，《注册安全工程师执业资格制度暂行规定》的颁布和实施，对安全生产管理和监管工作具有重要的历史和现实意义。注册安全工程师执业资格制度的建立，将对我国建立安全生产监督体系和长效机制，推动安全生产形势的根本好转发挥重要作用。

《注册安全工程师教程》是国家安全生产监督管理局安全科学技术研究中心以培训注册安全工程师为目的，组织专家编写的注册安全工程师培训教材。系列教材之一为《注册安全工程师教程——基础知识》，系列教材之二为《注册安全工程师教程——专业技术知识》。

基础知识部分着重讲述了安全工程概述、安全生产方针、安全生产法律法规、事故致因理论与事故预防原理、危害辨识与安全评价、职业安全健康管理体系、伤亡事故报告与统计分析、安全经济学等方面的知识。专业技术知识部分着重讲述了电气安全技术、防火防爆技术、机械与起重安全技术、锅炉与压力容器安全技术、建筑施工安全技术、化工安全技术、非煤矿山安全技术、煤矿安全技术、安全人机工程学、职业危害及其评价和防治技术等方面的知识。

本教程适用对象为具有一定安全生产工作经历并欲申请注册安全工程师执业资格的人员。也可供从事安全生产管理、安全工程技术检测检验、安全评估、安全咨询等工作人员及大专院校安全工程专业师生作为参考资料。

在本教程的编写过程中，得到了国内许多从事安全生产工作专家的支持，并提出了不少宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。由于注册安全工程师执业资格制度在我国还是一项新生事物，因此，对于本教程的疏漏之处或不妥之处，敬请指正。

目 录

第一章 电气安全技术	(1)
第一节 电气事故概述	(1)
第二节 触电事故与急救	(2)
第三节 触电防护技术	(6)
第四节 电磁辐射防护技术	(14)
第五节 电气防火防爆	(15)
第六节 静电的危害与消除	(26)
第七节 防雷技术	(30)
第二章 防火防爆	(35)
第一节 防火基本原理	(35)
第二节 防爆基本原理	(37)
第三节 防火与防爆技术措施	(41)
第三章 机械与起重安全技术	(59)
第一节 机械安全概述	(59)
第二节 机械安全通用技术	(61)
第三节 起重机械基本知识	(64)
第四节 起重机易损零部件的安全技术	(67)
第五节 起重机的安全装置	(71)
第六节 起重机安全技术	(74)
第七节 常见起重机事故类型	(78)
第八节 金属切削机械安全技术	(79)
第九节 冲压机械安全技术	(83)
第十节 木工机械安全技术	(85)
第四章 锅炉压力容器安全技术	(90)
第一节 锅炉压力容器分类及结构	(90)
第二节 锅炉的基本工作过程和水循环	(97)
第三节 锅炉压力容器安全装置	(100)
第四节 锅炉事故	(104)
第五节 锅炉压力容器的检验	(109)
第六节 气瓶安全	(111)
第五章 建筑施工安全技术	(116)
第一节 概述	(116)
第二节 土方工程	(117)
第三节 脚手架	(118)

第四节	主体结构和屋面防水·····	(120)
第五节	高处作业·····	(126)
第六节	施工机械的安全技术·····	(129)
第六章	化工安全技术 ·····	(133)
第一节	化工生产的特点·····	(133)
第二节	化工行业通用安全检查表·····	(133)
第三节	化工生产的火灾爆炸危险性评价·····	(139)
第四节	典型化学反应的安全技术·····	(147)
第五节	化工单元操作的安全技术·····	(151)
第六节	化工企业检修的安全技术及管理·····	(153)
第七节	化工设备的防雷与接地要求·····	(162)
第八节	化工生产中的防尘防毒技术·····	(164)
第九节	危险化学品的安全管理·····	(164)
第七章	非煤矿山安全技术 ·····	(167)
第一节	非煤矿山开采·····	(167)
第二节	矿山爆破·····	(174)
第三节	矿山通风和防尘·····	(176)
第四节	尾矿库安全·····	(181)
第五节	矿山机械设备安全·····	(185)
第八章	煤矿安全技术 ·····	(192)
第一节	矿井瓦斯及其防治·····	(192)
第二节	粉尘危害及其预防·····	(202)
第三节	矿井火灾及其预防·····	(207)
第四节	矿井防治水·····	(213)
第五节	冒顶事故及其预防·····	(217)
第九章	安全人机工程学 ·····	(221)
第一节	概述·····	(221)
第二节	安全人机工程学的研究任务、内容和方法·····	(222)
第三节	人的生理特性和心理特性·····	(224)
第四节	人机系统与人机功能分配·····	(229)
第五节	作业疲劳·····	(233)
第六节	作业环境·····	(236)
第十章	职业危害及其评价、防治技术 ·····	(242)
第一节	职业危害与职业病·····	(242)
第二节	职业危害监测与管理·····	(252)
第三节	职业危害治理技术·····	(253)
主要参考文献	·····	(259)

第一章 电气安全技术

电能的开发和应用给人类的生产和生活带来了巨大的变革,极大地促进了社会的进步和文明。在现代社会中,电能已被广泛应用于工业、农业和人民生活等各个领域。然而,如果对电能可能产生的危害认识不足,控制和防护措施不当,在电能的传递和转换过程中,将会发生异常情况,甚至酿成严重的人身伤亡和财产损失事故。

第一节 电气事故概述

电气事故包括触电事故,雷电、静电、电磁场危害,电气火灾与爆炸,电气线路和设备故障等。

一、电气事故的特点

(一) 电气事故危害大

电气事故的发生往往伴随着人员伤害和财产损失,严重的电气事故不仅会带来重大的经济损失,甚至还可能造成人员的伤亡。电气事故在工伤事故中占有不小的比例,我国触电死亡人数占全部事故死亡人数的5%左右。

(二) 电气事故危险直观识别难

由于电既看不见、听不见,又嗅不着,其本身不具备为人们直观识别的特征。因此,由电所引发的危险不易为人们所察觉,电气事故往往来得猝不及防。也正因如此,给电气事故的防护以及人员的教育带来难度。

(三) 电气事故涉及领域广

电气事故并不仅仅局限在用电器领域的触电、设备和线路故障等,在一些非用电场所,因电能的释放也会造成灾害或伤害。例如,雷电、静电和电磁场危害等。电能的使用极为广泛,不论是生产还是生活,不论是工业还是农业,不论是科研还是教育文化部门等,都广泛地使用电。哪里使用电,哪里就有可能发生电气事故,哪里就必须考虑电气事故的防护问题。

二、电气事故的类型

电气事故是由于电能非正常地作用于人体或系统所造成的。根据电能的不同作用形式,可将电气事故分为触电事故、静电危害事故、雷电灾害事故、电磁场危害和电气系统故障危害事故等。

(一) 触电事故

触电事故是由电流形式的能量作用于人体造成的事故。当电流直接作用于人体或转换成其他形式的能量(如热能等)作用于人体时,人体都将受到不同形式的伤害。

(二) 静电危害事故

静电危害事故是由静电电荷或静电场能量引起的。在生产工艺过程中以及操作人员的操作过程中,某些材料的相对运动、接触与分离等很容易产生静电。尽管产生的静电其能量一般不大,不会直接使人致命。但是,其电压可能高达数十千伏以上,容易发生放电,产生放电火花。静电危害事故主要有以下几方面:

(1) 在有爆炸和火灾危险的场所,静电放电火花会成为可燃性物质的点火源,造成爆炸和火灾事故。

(2) 人体因受到静电电击的刺激,可能引发二次事故,如坠落、跌伤等。此外,对静电电击的恐惧心理还对工作效率产生不利影响。

(3) 某些生产过程中,静电的物理现象会影响生产,导致产品质量不良,电子设备损坏,造成生产故障,乃至停工。

(三) 雷电灾害事故

雷电是大气中的一种放电现象。雷电放电具有电流大、电压高的特点。其能量释放出来可能形成极大的破坏力。其破坏作用主要有以下几方面:

(1) 直击雷放电、二次放电、雷电流的热量会引起火灾和爆炸。

(2) 雷电的直接击中、金属导体的二次放电、跨步电压的作用及火灾与爆炸的间接作用,均会造成人员的伤亡。

(3) 强大的雷电流、高电压可导致电气设备击穿或烧毁。发电机、变压器、电力线路等遭受雷击,可导致大规模停电事故。雷击可直接毁坏建筑物、构筑物。

(四) 射频电磁场危害

射频是指无线电波的频率或者相应的电磁振荡频率,泛指 100 kHz 以上的频率。射频伤害是由电磁场的能量造成的。射频电磁场的危害主要有:

(1) 在射频电磁场作用下,人体因吸收辐射能量会受到不同程度的伤害。过量的辐射可引起中枢神经系统的机能障碍,出现神经衰弱症等临床症状;可造成植物神经紊乱,出现心率或血压异常,如心动过缓、血压下降或心动过速、高血压等;可引起眼睛损伤,造成晶体浑浊,严重时导致白内障;可使睾丸发生功能失常,造成暂时或永久的不育症,并可能使后代产生疾患;可造成皮肤表层灼伤或深度灼伤等。

(2) 在高强度的射频电磁场作用下,可能产生感应放电,电引爆器件,发生意外引爆。感应放电对具有爆炸、火灾危险的场所来说是一个不容忽视的危险因素。此外,当受电磁场作用感应出的感应电压较高时,会给人以明显的电击。

(五) 电气系统故障危害

电气系统故障危害是由于电能输送、分配、转换过程中失去控制而产生的。断线、短路、异常接地、漏电、误合闸、误掉闸、电气设备或电气元件损坏、电子设备受电磁干扰而发生误动作等都属于电路故障。系统中电气线路或电气设备的故障则可能引起火灾和爆炸、异常带电或停电,而导致人员伤亡及重大财产损失。

第二节 触电事故与急救

一、触电事故的种类

触电事故是电流的能量作用于人体,直接或间接地对人体造成的伤害,按照能量施加方式的不同,可分为电击和电伤。

(一) 电击

电击是电流通过人体内部,人体吸收局外能量受到的伤害。主要伤害部位是心脏、中枢神经系统和肺部。人体遭受数十毫安工频电流电击时,时间稍长即会致命。电击是全身伤害,但一般不在人体表面留下大面积明显的伤痕。

(二) 电伤

电伤是电流转变成其他形式的能量造成的人体伤害,包括电能转化成热能造成的电弧烧伤、灼伤和电能转化成化学能或机械能造成的电印记、皮肤金属化及机械损伤、电光眼等。电伤多数是局部性伤害,在人体表面留有明显的伤痕。

(1) 电弧烧伤。电弧烧伤是当电气设备的电压较高时产生的强烈电弧或电火花,可烧伤人体,甚至击穿人体的某一部位,而使电弧电流直接通过内部组织或器官,造成深部组织烧死,一些部位或四肢烧焦。一般不会引起心脏纤维性颤动,而更为常见的是人体由于呼吸麻痹或人体表面的大范围烧伤而死亡。

(2) 电灼伤。电灼伤又称为电流灼伤,是人体与带电体直接接触,电流通过人体时产生的热效应的结果。在人体与带电体的接触处,接触面积一般较小,电流密度可达很大数值,又因皮肤电阻较体内组织电阻大许多倍,故在接触处产生很大的热量,致使皮肤灼伤。只有在大电流通过人体时才可能使内部组织受到损伤,但高频电流造成的接触灼烧可使内部组织严重损伤,而皮肤却仅有轻度损伤。

(3) 电标志。电标志也称电流痕记或电印记。它是由于电流流过人体时,在皮肤上留下的青色或浅黄色斑痕,常以强伤、小伤口、疣、皮下出血、茧和点刺花纹等形式出现,其形状多为圆形或椭圆形,有时与所触及的带电体形状相似。受雷电击伤的电标志图形颇似闪电状。电标志经治愈后,皮肤上层坏死部分脱落,皮肤恢复原来的色泽、弹性和知觉。

(4) 皮肤金属化。皮肤金属化常发生在带负荷拉断路开关或闸刀开关时形成弧光短路的情况下。此时,被熔化了了的金属微粒向四处飞溅,如果撞击到人体裸露部分,则渗入皮肤上层,形成表面粗糙的灼伤。经过一段时间后,损伤的皮肤完全脱落。若在形成皮肤金属化的同时伴有电弧烧伤,情况就会严重些。皮肤金属化的另一种原因是人体某部位长时间紧密接触带电体,使皮肤发生电解作用,一方面电流把金属粒子带入皮肤中,另一方面有机组织液被分解为碱性和酸性离子,金属粒子与酸性离子化合成盐,呈现特殊的颜色。根据颜色可知皮肤内含有什么金属。

(5) 机械损伤。机械损伤是指电流通过人体时产生的机械—电动力效应,使肌肉发生不由自主的剧烈抽搐性收缩,致使肌腱、皮肤、血管及神经组织断裂,甚至使关节脱位或骨折。

(6) 电光眼。电光眼是指眼球外膜(角膜或结膜)发炎。起因是眼睛受到紫外或红外线照射,4 h~8 h后发作,眼睑皮肤红肿,结膜发炎,严重时角膜透明度受到破坏,瞳孔收缩。

应当指出,虽然把触电事故所造成的伤害分为电击和电伤两种,但事实上,触电过程是比较复杂的,在很多情况下,电击和电伤往往是同时发生的,但大多数触电死亡是由于电击造成的。

按造成事故的原因来分,触电事故又可以分为直接接触触电和间接接触触电事故。直接接触触电是指人体触及正常运行的设备和线路的带电体而造成的触电;间接接触触电是指设备或线路发生故障时,人体触及正常情况下不带电而故障时意外带电的带电体而造成的触电。这样的分类方法对触电事故的防护更为有利。

二、电流对人体伤害程度的影响因素

电流对人体的伤害就是通常说的触电,大量的事实证明,发生触电事故时,电流比电压对人体的效应更具有直接关系。

大量的动物试验及触电事故案例分析表明,当电流通过人体内部时,其对人体伤害的严重程度与电流通过人体时的大小、持续时间、途径和人体电阻、电流种类及人体状况等多种因素有关,而各因素之间又有着十分密切的联系。

(一) 伤害程度与电流大小的关系

电流通过人体,人体会有麻、痛等感觉,严重的会引起颤抖、痉挛、心脏停止跳动直至死亡。通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,人体感觉越强烈,致命的危险性就越大。

根据通过人体电流大小的不同,人体呈现不同的反应状态,将触电电流分成感知电流、摆脱电流、室颤电流三级。

1. 感知电流和感知阈值

感知电流是指引起人体感觉的最小电流。感知阈值是感知电流的最小值。

实验证明,对于不同的人,感知电流和感知阈值都不同。成年男性平均感知电流为 1.1 mA,成

年女性平均感知电流为 0.7 mA，感知阈值定为 0.5 mA。

2. 摆脱电流和摆脱阈值

摆脱电流是指人触电后能自行摆脱带电体的最大电流。摆脱阈值是摆脱电流的最小值。

成年男子的平均摆脱电流为 16 mA，成年女子的平均摆脱电流为 10.5 mA。成年男子的摆脱阈值为 9 mA，成年女子的摆脱阈值为 6 mA。

摆脱带电体的能力是随着触电时间的延长而减弱的，一旦触电后不能摆脱电源，就会产生严重的后果。

3. 室颤电流和室颤阈值

室颤电流是指通过人体引起心室颤抖的电流。室颤阈值是室颤电流的最小值。

致命电流是指在较短时间内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心室颤动或窒息造成的。因此，可以认为引起心室颤动的电流即是致命电流。心室颤动是心室每秒 400~600 次以上的纤维性颤动，可造成血液循环的终止，危及生命。

(二) 伤害程度与通电时间的关系

通电时间越长，越容易引起心室颤动，电击危险性也越大。其原因是：

(1) 通电时间长，能量的积累增加，引起心室颤动所需的电流减小。因此，通电时间越长，与该时刻重合的可能性越大，心室颤动的可能性越大，亦即电击的危险性也越大。

(2) 通电时间短促时，只在心脏搏动的特定时刻才可能引起心室颤动。

(3) 通电时间越长，人体电阻因出汗等原因而降低，导致通过人体的电流进一步增加，电击危险性越大。

(三) 伤害程度与电流种类的关系

就电击而言，工频电流对人体的伤害大于直流电流和高频电流对人体的伤害。工频电流、直流、 10^4 Hz 高频电流对人体作用的比较见表 1-1。

表 1-1 电流对人体作用的比较

项 目		工频电流 /mA	直 流 /mA	10^4 Hz 高频电流 /mA
平均感知阈值	男	1.1	5.2	12
	女	0.7	3.5	8
平均摆脱阈值	男	16	76	75
	女	10.5	51	50
室颤阈值 (1 s)		50	200	—

(四) 伤害程度与电流途径的关系

(1) 电流通过心脏会引起心室颤动，促使心脏停止跳动，中断血液循环，导致死亡。

(2) 电流通过中枢神经或有关部位，会引起中枢神经严重失调而导致死亡。

(3) 电流通过脊髓，可导致半截肢体瘫痪。

(4) 从左手到胸部，电流途径最短，是最危险的电流途径；从手到手，电流也途经心脏，也是很危险的电流途径；从脚到脚的电流是危险性较小的电流途径，但可能因痉挛而摔倒，导致电流通过全身或摔伤、坠落等二次事故。

(五) 伤害程度与人体状况的关系

随着人体条件的不同，不同的人对电流的敏感程度以及不同的人在遭受同样电流的电击时其危险程度都不完全相同。

- (1) 电流作用于人体时, 女性对电流较男性敏感。女性的感知电流和摆脱电流约比男性低三分之一, 女性的危险性较男性大。
- (2) 儿童的危险较成人大。
- (3) 体弱有病者较健壮者大。
- (4) 一般体重小者较体重大者的危险大。

三、触电事故原因

从大量的触电事故分析及生产实践经验中, 总结出触电事故的原因和触电事故发生的规律。

(一) 触电事故的原因

(1) 缺乏电气安全知识。如带电拉高压隔离开关; 用手触摸被破坏的胶盖刀闸; 儿童玩弄带电导线等。

(2) 违反操作规程。如在高、低压共杆架设的线路电杆上检修低压线或广播线; 剪修高压线附近树木而接触高压线; 在高压线附近施工或运输大型货物, 施工工具和货物碰击高压线; 带电接临时照明线及临时电源; 火线误接在电动工具外壳上; 用湿手拧灯泡; 携带式照明灯使用的电压不符合安全电压等。

(3) 电气设备不合格。如闸刀开关或磁力启动器缺少护壳; 电气设备漏电; 电炉的热元件不隐蔽; 电器设备外壳没有接地而带电; 配电盘设计和制造上的缺陷, 使配电盘前后带电部分易触及人体; 电线或电缆因绝缘磨损或腐蚀而损坏; 带电拆装电缆等。

(4) 维修不善。如大风刮断的低压线路未能及时修理; 胶盖开关破损长期不修; 瓷瓶破裂后火线与拉线长期相碰等。

(5) 偶然因素。如大风刮断的电线恰巧落在人体上等。

从以上触电原因分析中, 可以看出, 除了偶然因素外, 其他的事故原因都是可以避免的。

(二) 触电事故的规律

(1) 触电事故的季节性明显。统计资料表明, 一年之中第二、第三季度事故较多, 而且6~9月最集中。这与夏秋季多雨、天气潮湿, 降低了电气设备的绝缘性能有关。

(2) 低压触电事故多于高压触电事故。主要原因是低压设备多, 低压电网广泛, 与人接触机会多, 加之部分有关人员思想麻痹, 低压设备管理不严等。

低压触电事故主要发生在远离变压器和总开关的分支线路部分, 尤其是线路的末端, 即用电设备上, 包括照明和动力设备。其中, 属于人体直接接触正常运行带电体的直接电击者要少于间接触及者, 即因电气设备发生故障, 人体触及意外带电体而发生触电事故的较多。

(3) 单相触电事故多。单相触电事故占总触电事故的70%以上。

(4) 发生在线路部位触电事故较普遍。线路部位触电事故较少发生在变压器出口总干线上, 而较多发生在分支线上, 且发生在远离总开关线路部分的更为普遍。因为人们在检修或接线时, 图方便, 带电接线。插销、开关、熔断器、接头等连接部位, 容易因接触不良而发热, 造成电气绝缘和机械强度下降, 致使这些部位易发生触电事故。

(5) 误操作触电事故较多。由于电气安全教育不够, 电气安全措施不完备, 致使受害者本人或他人误操作造成的触电事故较多。从触电者的年龄来看, 青、中年普通工人较多, 这些人是电气的主要操作者, 有些人还缺乏电气安全知识、经验不足或思想麻痹等。

四、触电的急救

触电事故发生后, 必须不失时机地进行急救, 尽可能减少伤亡。触电急救的要点为: 动作迅速、方法正确, 使触电者尽快脱离电源是救治触电者的首要条件。

(一) 低压触电时使触电者脱离电源的方法

(1) 如果电源开关或电源插头在触电地点附近,可立即拉开开关或拔出插头,切断电源。但应注意拉线开关和平开关只能控制一根线,有可能只切断零线,而火线并未切断,没有达到真正切断电源的目的。

(2) 如果电源开关或电源插头不在触电地点附近,可用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧头切断电源线,断开电源;也可用干木板等绝缘物插入触电者身下,隔断电源。

(3) 当电线搭落在触电者身上时,可用干燥的衣服、手套、绳索、木板、木棒等绝缘物作工具,拉开触电者或挑开电线,使触电者脱离电源。

(4) 如果触电者的衣服很干燥,且未曾紧缠在身上,可用一手抓住触电者的衣服,将其拉离电源。但因触电者的身体是带电的,其鞋子的绝缘也可能遭到破坏,救护人员不得接触触电者的皮肤,也不能触摸他的鞋子。

(二) 高压触电时使触电者脱离电源的方法

(1) 立即通知有关部门停电。

(2) 带上绝缘手套、穿上绝缘靴,用相应电压等级的绝缘工具拉开开关。

(3) 抛掷裸金属线使线路短路接地,迫使保护装置动作,断开电源。抛掷金属线前,应注意先将金属线一端可靠接地,然后抛掷另一端,被抛掷的一端切不可触及触电者和其他人。

上述使触电者脱离电源的办法,应根据具体情况,以快速为原则选择采用。

(三) 救护注意事项

(1) 救护人员不可直接用手、其他金属或潮湿的物件作为救护工具,而必须使用干燥绝缘的工具。救护人最好只用一只手操作,以防自己触电。

(2) 要防止触电者脱离电源后可能摔伤,特别是当触电者在高处的情况下,应考虑防摔措施。即使触电者在平地,也要注意触电者倒下的方向,以防摔倒。

(3) 要避免扩大事故。如触电事故发生在夜间,应迅速解决临时照明问题,以利于抢救。

(4) 人触电以后,会出现神经麻痹、呼吸中断、心脏停止跳动等征象,外表上呈现昏迷不醒的状态,但不应认为是死亡,而应该看作是“假死”,有条件时应立即把触电者送医院急救;若不能马上送到医院,应立即进行现场急救。现场急救方法主要指口对口(鼻)人工呼吸法和胸外心脏挤压法。对于与触电同时发生的外伤,应分情况酌情处理,对于不危及生命的轻度外伤,可以在触电急救之后处理;对于严重的外伤,实施人工呼吸和胸外心脏挤压的同时处理,如伤口出血,应予以止血,为了防止伤口感染,最好进行包扎。

第三节 触电防护技术

触电事故的发生是由直接接触触电和间接接触触电两种原因造成的。这两种事故发生在电路或电气设备不同状态下,因此其防护措施也各不相同。

一、直接接触触电的防护

直接接触触电的防护措施主要有安全电压、绝缘、屏护与间距、电气安全用具四种。

(一) 安全电压

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。这个电压系列的上限,在任何情况下(即两导体之间或任一导体与地之间的电压),都不超过交流(50 Hz~500 Hz)有效值50 V。

我国规定安全电压额定值的等级为42 V、36 V、24 V、12 V、6 V。当电气设备的电压超过安全电压时,必须按规定采取防止直接接触带电体的保护措施。

1. 安全电压的确定

安全电压决定于人体允许的电流和人体电阻。

(1) 人体允许电流。人体允许电流是指人体在遭受电击后在可能延续的时间内不危及生命的电流。

① 一般情况下,可以把摆脱电流看作是允许电流。在摆脱电流范围内人触电后能自主摆脱带电体,解除触电危险。

② 在线路上装有防止触电的速断保护装置的场合,按室颤电流考虑。

③ 在空中、水面等可能因电击造成二次事故的场合,人体允许电流应按不引起强烈反应的电流考虑。

(2) 人体电阻。人体电阻主要由体内电阻和皮肤电阻组成。体内电阻不受外界因素的影响,约为 $500\ \Omega$ 。皮肤电阻随条件的不同可在很大范围内变化,使得人体电阻也在很大范围内变化。一般情况下,人体电阻可按 $1000\ \Omega \sim 2000\ \Omega$ 考虑。

2. 安全电压的应用

(1) 在有触电危险的场所使用手持式电动工具可采用 $42\ \text{V}$ 安全电压。

(2) 无特殊防护的局部照明灯应采用 $36\ \text{V}$ 或 $24\ \text{V}$ 安全电压。

(3) 在金属容器内、隧道内、矿井中等特殊危险环境使用照明灯,应根据危险程度采用 $24\ \text{V}$ 或 $12\ \text{V}$ 安全电压。

应用安全电压应在电源及回路配置方面符合下述要求:

(1) 安全电源。安全电压特定供电电源就是采用安全电压的用电设备必须由特定的电源供电。特定电源包括独立电源和安全隔离变压器。

独立电源是指与安全隔离变压器的安全性相当的绕线发电机以及蓄电池、电子装置等。安全隔离变压器通常是装在同一铁心上的两个相对独立的线圈,因此即使发生高压击穿事故,也是一次线圈与铁心形成短路,在一次线圈与二次线圈之间没有任何电的联系。

(2) 回路配置。安全电压回路的带电部分必须与较高电压的回路保持电气隔离,不允许接地(不得与大地、中性线或保护零线、水管、暖气管道等连接),但安全隔离变压器的铁心应该接地。

(3) 插销座。安全电压插销座不应带有接零(地)插头或插孔,不得与其他电压插销座混用。

(4) 当电气设备采用 $24\ \text{V}$ 以上的安全电压时,必须采取防止直接接触带电体的保护措施。

3. 接触电压和跨步电压

在日常活动中,除了要防止直接接触电和因设备漏电而造成的人体触电危险外,还需防止接地装置通过接地电流时所呈现的电位。

当电流通过接地体时,会在其周围地面上形成电位分布。这是因为当电流通过接地体,向大地作半球形流散时,这个半球的表面积随着以接地体为圆心的半径增大而增加很多,所以距接地体愈远的地方,流散电流愈小。试验证明,在距离故障接地点 $20\ \text{m}$ 以外处的球面流散电流已趋近于零,也就是说在该处球面上,通过接地电流时,其电位趋于零。

当存在接地故障时,由于地面上电位随着离接地体的距离愈远而愈低,直至 $20\ \text{m}$ 处近似等于零,整个电位分布呈一曲线形状。当人在此曲线范围内行走,两脚之间(以跨距 $0.8\ \text{m}$ 计)的电位差称为跨步电压。同样,在发生接地故障时,人体接触漏电故障设备的外壳,或站立处距故障点的距离为 $0.8\ \text{m}$,人体所接触的两点(一般是手和脚)之间所呈现的电位差,称为接触电压。

可见,不论是接触电压还是跨步电压,当其数值达到危险程度时,都会造成触电事故。

(二) 绝缘

绝缘是指用绝缘材料把带电体封闭起来,借以隔离带电体或不同电位的导体,使电流能按一定的通路流通。良好的绝缘是保证设备和线路正常运行的必要条件,也是防止触电事故的重要措施。绝缘材料往往还起着其他作用:散热冷却、机械支撑和固定、储能、灭弧、防潮、防霉以及保护导体等。

1. 绝缘材料的分类和特性

绝缘材料又称电介质,它在直流电压的作用下,只有极小的电流通过,其电阻率大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。绝缘材料分为气体、液体和固体三大类。常用的气体绝缘材料有空气、氮气、氢气、二氧化碳和六氟化硫等;常用的液体绝缘材料有矿物油(如变压器油、开关油、电容器油和电缆油)、硅油和蓖麻油等;常用的固体绝缘材料有绝缘纤维制品(如纸、纸板)、绝缘浸渍纤维制品(如漆布、漆管和扎带等)、绝缘漆、胶和熔敷粉末、绝缘云母制品、电工用薄膜、复合制品和粘带以及电工用塑料和橡胶等。

电气设备的绝缘应符合其相应的电压等级、环境条件和使用条件。应能长时间耐受电气、机械、化学、热力以及生物等有害因素的作用而不失效。

电工产品的质量和使用寿命,在很大程度上取决于绝缘材料的电、热、机械和理化性质,绝缘材料在外电场的作用下会发生极化、损耗和击穿等过程,在长期使用条件下还会老化。

2. 绝缘的破坏

(1) 击穿。绝缘物在强电场等因素作用下,完全失去绝缘性能的现象称为绝缘的击穿。击穿分为气体电介质击穿、液体电介质击穿和固体电介质击穿三种。

① 气体电介质的击穿特点。可采用高真空和高气压的方法来提高气体的击穿强度。气体中含有杂质(导电性蒸气、导电性杂质),可使击穿电压降低。

气体击穿后,去除外部施加电压,则气体绝缘性能很快恢复。气体击穿后在间隙中形成电流通路,电流剧增,如日常生活中的电弧、闪电、日光灯、霓虹灯等,形成气体导电。

② 液体电介质的击穿特点。一般认为纯净液体的击穿和气体的击穿机理相似,是由电子碰撞电离最后导致击穿,但液体的密度大,电子自由行程短,积聚能量小,因此击穿强度比气体高。

液体电介质的击穿和它的纯净度有关,为保证绝缘质量,液体电介质使用前须经过纯化、脱水、脱气处理。液体击穿后,当外加电压去除,液体绝缘性能在一定程度上可以得到恢复。

③ 固体电介质击穿特点。固体电介质的击穿有电击穿、热击穿及化学击穿等形式。

电击穿的特点是电压作用时间短,击穿电压高。击穿场强与电场均匀程度有密切关系,但与周围温度及电压作用时间几乎无关。

热击穿与电击穿相比,其特点是电压作用时间长,击穿电压较低。热击穿电压随着周围温度的上升而下降,但与电场均匀程度关系不大。

电化学击穿是由于游离、发热和化学反应等因素的综合作用而导致的击穿。电化学击穿是在电压长期作用下形成的,其击穿电压往往很低,它与绝缘材料本身的耐游离性能、制造工艺、工作条件等有密切关系。

击穿有积累效应,即一次冲击电压作用只产生局部损伤或不完全击穿,多次冲击电压作用则导致完全击穿。固体电介质击穿后不能恢复,将失去其绝缘性能。

(2) 绝缘老化。电气设备的绝缘材料在运行过程中,由于各种因素的长期作用,会发生一系列的化学物理变化,从而导致其电气性能和机械性能的逐渐劣化,这一现象称为绝缘老化。

一般在低压电气设备中,绝缘老化主要是热老化。每一种绝缘材料都有一个极限的耐热温度,当设备运行时超过这一极限温度时,绝缘材料老化就会加剧,电气设备使用寿命就会缩短。在高压电气设备中,绝缘老化主要是电老化。它是由绝缘材料的局部放电所引起的。

3. 绝缘性能指标

(1) 绝缘电阻。绝缘材料的绝缘电阻,是加于绝缘材料的直流电压与流经绝缘材料的电流(泄漏电流)之比。绝缘电阻是说明绝缘材料性能的重要标志之一。

绝缘电阻通常用兆欧表(摇表)测定,摇表测量实际上是给被测物加上直流电压,测量通过其上的泄漏电流。表面上的刻度是经过换算得到的绝缘电阻值。

(2) 吸收比。吸收比是从开始测量起第 60 s 的绝缘电阻与第 15 s 的绝缘电阻的比值,也用兆欧