

电工实用技术丛书

如何保证安全用电

周希章 周全 赵柳 编

机械工业出版社

本书结构合理、选材适当、文字精练、深入浅出,对如何保证安全用电作了系统全面的分析介绍。全书包括安全用电基本知识、保持电气设备完好、触电防护、电气设备防雷和防静电保护、电气防火和防爆、漏电保护器和电气工作人员作业的安全措施共7章。

本书可供从事电气安全工作的技术人员和管理人员学习用,也可作为中高级电工、电工技师安全培训的教材,还可供大中专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

如何保证安全用电/周希章等编. —北京:机械工业出版社, 2001.12

(电工实用技术丛书)

ISBN 7-111-09441-7

. 如... . 周... . 用电管理—安全技术
. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 071208 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:边 萌
王英杰 版式设计:冉晓华 责任校对:魏俊云

封面设计: 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

200 年 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm× 1092mm^{1/32}· 印张· 千字

0 001- 册

定价: 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

前 言

电力是国民经济的重要能源,是工农业生产的原动力,随着我国四个现代化的迅速发展,电的应用范围越来越广泛。在用电的同时,必须十分重视安全。作者根据安全用电的广泛性、特殊性、综合性和严重性等特点,参考有关安全用电方面的手册和资料,经过精心筛选,编写了这本《如何保证安全用电》实用读物。

根据电工实用技术丛书的特点,我们力求使本书做到简明扼要、通俗易懂。根据讲求实用、结合生产、安全第一、预防为主的原则,编写了安全用电基本知识、保持电气设备完好、触电防护、电气设备防雷和防静电保护、电气防火和防爆、漏电保护器和电气工作人员作业的安全措施等章节。

本书在内容取舍和安排上,考虑了不同读者的需要,既有理论,又联系实际,俾使较高层次和较低层次的读者都能阅读和应用。

在本书编写过程中,北京重型电机厂杨月来同志提供了不少资料,特此表示由衷的感谢。

由于水平所限,书中难免有错误和不妥之处,尚请广大读者批评指正。

作 者

2001年7月

目 录

前言

第一章	安全用电基本知识	1
第一节	概述	1
第二节	电气安全标准简介	4
第三节	电气事故	10
第四节	电流对人体的危害	17
第五节	触电急救	30
第二章	保持电气设备完好	39
第一节	概述	39
第二节	保持电气设备完好的途径	41
第三章	触电防护	94
第一节	直接接触触电的防护	94
第二节	间接接触触电的防护	127
第四章	电气设备防雷和防静电保护	189
第一节	雷电现象及防雷设备	189
第二节	防雷保护措施	232
第三节	防静电保护	261
第五章	电气防火和防爆	293
第一节	电气防火基础	293
第二节	爆炸和火灾危险场所的电气设备	303
第六章	漏电保护器	324
第一节	概述及工作原理	324
第二节	技术参数和选用	333

第三节	安装和运行.....	343
第七章	电气工作人员作业的安全措施	352
第一节	基本要求.....	352
第二节	保证安全的组织措施.....	353
第三节	保证安全的技术措施.....	361
第四节	电气安全用具.....	365
参考文献	377

第一章 安全用电基本知识

第一节 概 述

一、安全用电的重要性

电力是国民经济的重要能源，随着四个现代化的迅速发展，电力系统日益扩大，输配电网络向边远地区及农村纵深发展，应用范围越来越广泛，因此，供用电的安全问题就越来越重要。

安全用电具有以下几个方面的特点：

1. 特殊性

由于电力生产和使用的特殊性，即发电、供电和用电是同时进行的，用电事故的发生会造成全厂停电，设备损坏以及人身伤亡，还可能波及到电力系统，造成大面积停电的重大事故。

2. 广泛性

不论是工业、农业，还是其他行业；不论是大企业，还是小企业；不论是生产领域，还是生活领域，都离不开电，都会遇到各种不同的安全用电问题。

3. 综合性

安全用电不仅与电力工业密切相关，还与建筑、煤炭、冶金、石油、化工、机械等行业密切相关；再者，安全用电工作既有科学技术的一面，又有组织管理的一面。安全用电是一项系统管理工程，造成电气事故的原因是多方面的，有主

观因素，如违章作业、误操作或缺乏电气知识等；也有客观因素，如电气装置结构设计不合理，电气元件或设备质量不合格，工作环境恶劣以及雷击过电压等自然外力破坏。因此，保证安全用电的措施也必然是多方面的。

4. 严重性

电力工业的高速发展必将促进安全用电工作，用电事故的严重性决定了安全用电的迫切性。据劳动部门不完全统计，我国县级以上工矿企事业单位的触电死亡人数在各类工伤事故中所占的比例已经超过 10%。就用电而言，我国大约每用电 1~2 亿度即死亡 1 人；而美国、日本等国每用电 30~40 亿 kW·h 才死亡 1 人，我国安全用电水平之低，令人震惊。我国电气火灾约已超过火灾总数的 20%，电气火灾所造成经济损失所占比例还要更高一些。在管理方面，尚有许多安全用电问题亟待解决，例如电气安全标准、规范、规程还不够完善；专业人员素质还有待提高等。此外，电具有看不见、摸不着、嗅不到的特点，人们不易直接感受它和认识它，电磁学的理论也比较抽象，这些都将增加电气安全培训的难度。当然，只要我们努力适应它的特点，就一定能够掌握安全用电的规律，并做好安全用电工作。

二、安全用电基本要求

1. 贯彻“安全第一，预防为主”的方针

为保证人身、设备（电气设备）、系统（电力系统）三方面的安全，用电单位必须把电气安全工作放在首位，贯彻“安全第一，预防为主”的方针，加强安全用电教育和安全技术培训，同时还要不断地总结经验，认真地吸取教训，采取各种切实有效的措施，防止事故发生。

2. 设备的本质安全是安全用电的根本保证

所谓用电设备处于本质安全的状态，就是指设备在正常运行时出现异常故障，或操作人员出现误操作时，设备本身固有的条件仍然可以保证人身安全。设备的本质安全是安全用电的最根本保证。

3. 提高电气安全管理的科学性

随着现代科学技术的发展，安全用电必须朝着更科学、更实用、更系统的方向发展。在工程技术方面，主要任务是完善传统的安全技术方法，研究和开发新的安全技术方法，建立完整的安全用电体系，并注意开发先进的自动化技术和电气检测、监测技术在安全领域的应用。在管理科学方面，主要任务是逐步提高相关人员的安全用电水平，逐步实现安全用电标准化。

4. 安全用电必须思想、措施、组织三落实

电气事故统计分析表明，事故发生的原因，大部分是由于不遵守安全工作规程和缺乏安全用电知识，而且大量的用电事故都是频繁发生的、重复性的，并且是可以预知的。例如：误操作事故，设备质量、安装、维修事故等。上述事故只要思想重视，采取有效措施是完全可以避免的。

措施落实就是要坚决贯彻保证安全的组织措施和技术措施，其中包括贯彻安全规程，同时也要严格执行有关设计、施工、验收、定期检修、预防性试验等各项行之有效的规程和制度。

电气安全技术是一项专业性很强的技术，不掌握电气知识，不了解电气设备，就不可能理解规程，也不可能认真执行规程。电气工作人员的队伍必须不断提高业务素质，作为特殊工种，必须预先培训，合格后持证上岗，并且还要不断知识更新。组织落实要落实于电工，也要落实于安全用电管

理人员和电气专业技术人员。

第二节 电气安全标准简介

目前在国际上权威性较高，影响较大，并被多数国家应用的电气设备安全标准主要有以下几种。

一、IEC 的电气安全标准

国际电工委员会(IEC)是专门从事电工和电子领域的国际标准的制订组织，它成立于1906年，已有90余年历史。在IEC制订的各类标准中，安全标准越来越受到重视，已逐渐形成完整的体系。

IEC的安全标准包括：术语、图示符号、标记、分级分类、试验方法、安全技术要求、安全防护等。数量最多，也是最重要的是安全技术要求标准，尤其对应用广泛的日用电器、电动工具及数据处理设备和办公机械方面的安全技术要求标准，IEC都已比较完善地制订出来了。

应该指出的是，IEC制订的电动工具的安全标准中，虽然也列有一些电气性能参数，如输出功率、正常负载值等，但这些参数都是从确保电动工具使用安全的最低要求出发提出来的，目的是把操作者受到伤害的可能性降到最低程度。这些性能参数不一定能保证该产品具有最好的使用性能。

IEC标准是国际技术交流和产品贸易中公认的标准。目前世界上多数工业国家都在实行产品认证制度，特别是对电气设备，不经指定单位进行安全检验，是绝对禁止进入市场的。许多欧洲国家把这一规定订为法律，例如瑞士政府1986年7月28日公布，1987年1月1日起正式生效的关于低压电气产品实行强制认证的规定，有高度燃烧性的产品（如电热枕头、熨衣机等）；在危险环境中长期使用产品（如瓦斯

厂、加油站及化学工业中使用的泵、电动机等)；电气医疗器械等，必须经瑞士电气检验局检验并获得认证标志后才能进入市场销售。又如丹麦、瑞典、挪威也有明文规定，电气设备必须符合 IEC (或 CEE) 标准并取得认证标志才可在市场上销售。

二、CEE 的电气安全标准

CEE (国际电气设备合格认证委员会) 是在 1926 年由欧洲四个国家创立的设备问题委员会 (IFK) 基础上发展起来的，于 1979 年改为现名，1983 年正式并入 IEC。

CEE 的任务是制订电气设备，特别是日用电器方面的安全标准和试验方法标准，并进行产品认证。CEE 制定安全标准主要是把各成员国强制执行的国家安全标准，逐渐协调统

一起来变成 CEE 标准，再推广到全欧洲。CEE 标准虽然对各国不是强制执行的，但由于它是各成员国讨论通过的，故在欧洲国家的采用率是很高的，尤其是北欧三国、荷兰等，英、法等国也尽可能地把

CEE 标准采用作为本国标准，这样，CEE 标准在欧洲成为普遍执行的标准。

CEE 的认证标志如图 1-1 所示。

三、UL 标准

目前国际上电气设备的安全标准，特别是在日用及类似用途的电器领域和电动工具领域里的安全标准，除 IEC (和 CEE) 标准外，最有权威，最有影响的就是 UL 标准了。

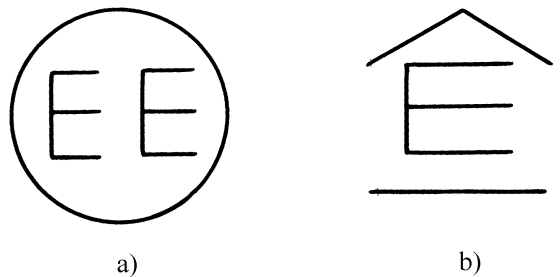


图 1-1 CEE 认证标志

a) 在证明书上使用 b) 在产品上使用，作为国际安全标志

UL 标准是美国保险商实验所 (UL) 制订并发布的标准。UL 认证标志如图 1-2 所示。

UL 标准的主要特点是:

1) UL 标准不限于研究电气设备的安全, 还研究与生命财产安全有关的各种材料、器械和产品。

2) UL 标准含有丰富的保证安全的经验数据, 该标准的 70% 以上被美国提升为国家标准, 冠以 ANSI/UL 的双重编号。

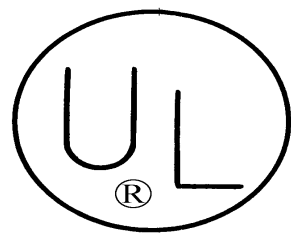


图 1-2 UL 认证标志

3) UL 标准的内容一般包括性能要求、结构要求、制造和检定要求、参数要求、标志要求、说明书要求等, 内容较充实, 规定较具体。

4) 在具体技术要求上, UL 标准与 IEC 标准有较明显的差异。如计量单位, UL 为英制, IEC 为公制; UL 的电动工具标准与 IEC 标准在泄漏电流、爬电距离、电气间隙、绝缘厚度、绝缘性能、机械危险防护、温升及负载、耐久性试验等方面都有明显的不同, 这是值得注意的。

四、VDE 电气安全标准

德国 (原联邦德国) 电气工程师协会 (VDE) 成立于 1893 年, 其宗旨就是制订电气安全标准。百余年来, VDE 在电气安全标准方面取得了杰出的成绩, 制订的电气安全标准, 统称为 VDE 安全规程。

VDE 认证标志如图 1-3 所示。

VDE 安全规程包括日用电器、照明设备、电视及无线电接收机、医疗电器、电线电缆、电机、变压器、互感器、高低压电器、防爆设备、电工材料、电子元器件、强电设备的

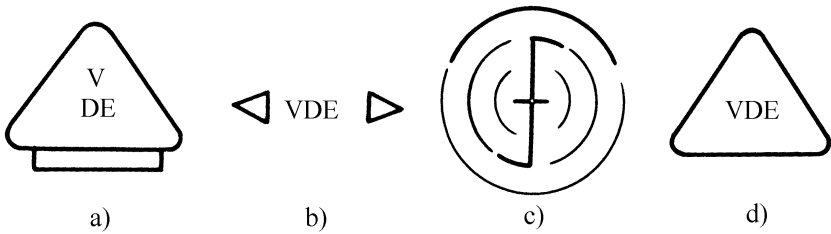


图 1-3 VDE 认证标志

- a) 适用于电动器具和电气安装材料 b) 适用于绝缘
电线和电缆 c) 适用于消除了无线电干扰设备
d) 适用于电子产品

安装等内容。

五、我国的电气安全标准

我国在 1957 年加入了 IEC 组织,从 20 世纪 80 年代初开始,我国有关部门与 UL 开展了日益密切的业务往来,1978 年我国加入了国际标准化组织 (ISO),引入了质量认证的概念,1982 年由国家标准局出面组织,机械与轻工等部门参加,开始制订我国的家用电器安全标准。第一个家电安全国家标准是 GB 3046—1982《交流电风扇和调速器的安全要求》,这是等同采用 IEC 标准制订的。该标准现已被新标准 GB 4706.27—1992《家用和类似用途电器的安全 电风扇和调速器的特殊要求》所代替。

1983 年成立了全国电气安全标准化技术委员会电工分会,其任务之一是制订家用电器设备的安全标准。首先等同采用 IEC335-1 标准,制订了我国国家标准 GB 4706.1—1984《家用和类似用途电器的安全通用要求》,该标准现已被新标准 GB 4706.1—1998《家用和类似用途电器的安全 第一部分:通用要求》所代替。接着,又参照 IEC335-2 制订了 GB 4706 系列有关家用和类似用途电器的特殊安全要求,并在实施中逐渐充实和完善,现已制订了 GB 4706.2—1996 (代替

GB 4706.2—1986)《家用和类似用途电器的安全 电熨斗的特殊要求》~GB 4706.48—2000《家用和类似用途电器的安全 加湿器的特殊要求》等 45 个标准。

1984 年 10 月, 中国电工产品认证委员会 (简称为 CCEE) 成立。1985 年, 我国加入了国际电工产品安全认证组织 (IECEE), 成为其管理委员会 (简称 MC) 的成员之一。

1987 年 10 月, 成立了全国家用电器标准化技术委员会, 该委员会参照 IEC 及国外标准制定了我国家用电器标准体系表。按该体系表要求, 应制订相应的有关安全的国家标准和专业标准。

我国电动工具等同采用 IEC745 标准, 制订了一套手持电动工具的国家标准, 即 GB 3883.1—1991 (代替 GB 3883.1—1983) 《手持式电动工具的安全 第一部分: 一般要求 (可供认证用) 》和 GB 3883.2—1991 (代替 GB 3883.2—1985) 《手持式电动工具的安全 第二部分: 螺丝刀和冲击扳手的专用要求 (可供认证用) 》~GB 3883.18—1995 《手持式电动工具的安全 第二部分: 电动石材切割机的专用要求》等 17 个标准。

其他行业近十几年来, 在制订和修订标准中, 也注意了安全标准。例如 GB/T 3805—1993 (代替 GB 3805—1983) 《特低电压 (ELV) 限值》; GB/T 4064—1983 《电气设备安全设计导则》; GB 4208—1993 (代替 GB 4208—1984) 《外壳防护等级 (IP 代码) 》; GB/T 4942.1—1985 《电机外壳防护分级》; GB/T 4942.2—1993 (代替 GB 4942.2—1985) 《低压电器外壳防护等级》; GB 5959.1—1986 《电热设备的安全 第一部分: 通用要求》; GB 5959.2—1998 (代替 GB 5959.2—1986) 《电热设备的安全 第二部分: 对电弧炉设备的特殊要

求》; GB 6770—1986《电力机车司机室特殊安全规则》; GB 7450—1987《电子设备雷击保护导则》; GB 7000.1—1986《灯具一般安全要求及试验》; GB 7001—1986《灯具外壳防护等级分类》; GB 7588—1995(代替 GB 7588—1987)《电梯制造与安装安全规范》; GB 12158—1990《防止静电事故通用导则》; GB 6829—1995(代替 GB 6829—1986)《剩余电流动作保护器的一般要求》; GB 12350—2000(代替 GB 12350—1990)《小功率电动机的安全要求》; GB 50150—1991《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》; GB 13028—1991《隔离变压器和安全隔离变压器 技术要求》; GB 50058—1992《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》; GB/T 13870.1—1992《电流通过人体的效应 第一部分:常用部分》; GB 14711—1993《中小型旋转电机安全通用要求》; GB 50057—1994《建筑物防雷设计规范》; GB/T 16318—1996《旋转牵引电机基本试验方法》等。

更多的电气设备安全技术要求是包含在该电气设备的产品技术条件中,例如,参照 IEC92 系列标准制订的我国船用电器专业标准(CB1001、1004.1~3、1046~1047、1167、3016、3046、3152~3153、3245~3246、3250 等),内容就包括电气保护及电气设备的安全技术要求等等,其他就不一一列举了。

我国虽然制订并发布了一些电气安全标准,但从满足实际需要上和与国外工业发达国家的比较上,还有较大差距。例如,IEC 已有的许多电气安全标准,我国尚未采用;IEC335 系列家用电器安全标准,也只采用了一半多一些;在国际上具有很高权威并被各国公认的 UL 电气安全标准,我国则采用的更少。

特别重要的是,我国至今仍无电气法,有关电气法规也

尚未制订。对大量上市的电气设备也未实行强制安全认证，因而不符合要求的产品大量充斥市场；一些非专业人员随意拉接电线和拆卸电气器具等造成人身伤亡的事故经常发生。为此，我们应该尽快制订电气安全法及相应的法规，加快电气安全标准的制订速度，尽快实行电气设备安全性能的强制认证制度，所有供用电人员应该了解标准，关心标准，认真监督和贯彻各项安全标准，减少电气事故的发生。

第三节 电气事故

一、电气触电事故

1. 触电事故的几种形式

(1) 直接接触触电 在正常运行条件下，人体误触及电气设备带电导体，就是直接接触触电。直接接触触电的特点是：人体的接触电压就是运行设备的工作电压，人体触及带电体造成的故障电流就是人体的触电电流。

直接接触触电是伤害程度最为严重的一种触电形式。直接接触触电分为单相触电和两相触电两种。

1) 单相触电 人体接触电气设备的任何一相带电导体所发生的触电，称为单相触电。对于中性点直接接地的电网及中性点不接地的低压电网都能发生单相触电，如图 1-4 和 1-5 所示。

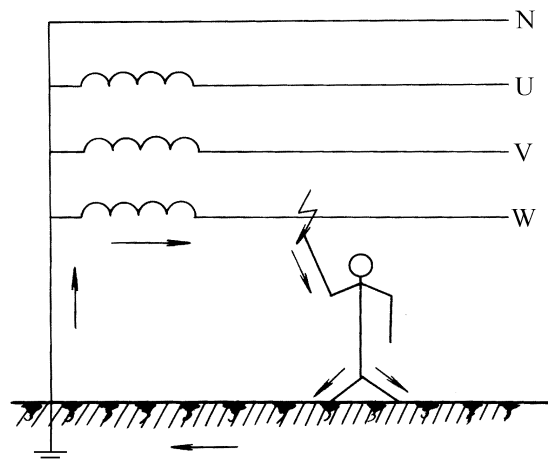


图 1-4 中性点直接接地单相触电

2) 两相触电 人体同时接触带电的任何两相电

源，不论中性点是否接地，人体受到的电压是线电压，触电后果往往很严重。两相触电一般比单相触电事故少一些，如图 1-6 所示。

(2) 间接接触触电 当电气设备的绝缘在运行中发生故障而损坏时，使电气设备本来在正常工作状态下不带电的外露金属部件（外壳、构架、护罩等）呈现危险的对地电压，当人体触及这些金属部件时，就构成间接接触触电，亦称为接触电压触电。

在低压中性点直接接地的配电系统中，电气设备发生碰壳短路将是一种危险的故障，如果该设备没有采取接地保护，一旦人体接触外壳时，加在人体上的接触电压近似等于电源对地电压，这种触电的危险程度相当于直接接触触电，完全有可能导致人身伤亡。

根据历年来触电伤亡事故的统计分析，在低压配电系统中触电伤亡事故，主要是间接接触所引起的，因此，防止间接接触事故是降低触电事故的重要方面。

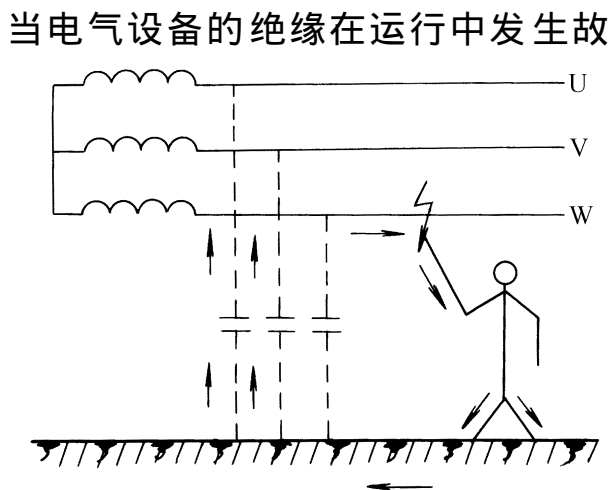


图 1-5 中性点不接地单相触电

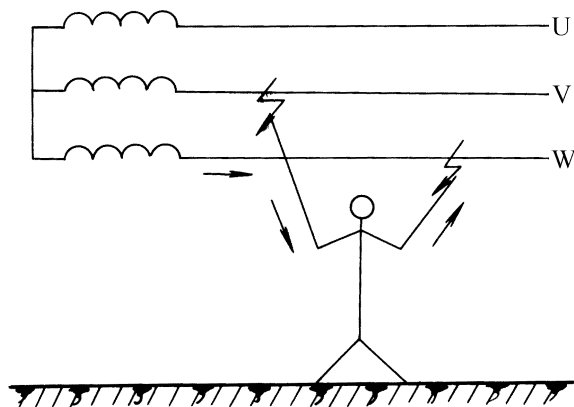


图 1-6 两相触电

(3) 跨步电压触电 实际上也是属于间接触电形式，当两脚踏在为接地电流所确定的各种电位的地面上，且其跨距为 0.8m 时，两脚间的电位差，称为跨步电压，由跨步电压造成的触电称为跨步电压触电。

在图 1-7 中，跨步电压为

$$U_s = \varphi_1 - \varphi_2$$

式中 U_s ——跨步电压 (V)；

φ_1 ——人左脚所站处的电位 (V)；

φ_2 ——人右脚所站处的电位 (V)。

接触电压则是指在接地电流回路上，一人同时触及的两点之间的电位差。接触电压通常以水平方向为 0.8m、垂直方向 1.8m 计算。图 1-7 中的 U_c 表示人接触到油断路器 QF 时的接触电压，等于油断路器 QF 的电位 φ_3 和脚所站地方的电位 φ_2 之差，即

$$U_c = \varphi_3 - \varphi_2$$

接地电流是指由于绝缘损坏而发生的经故障点流入地中的电流，亦称故障接地电流。在图 1-7 中，接地电流经油断路器 QF 的外壳、接地导线、钢管接地体而散流入地中。

下列情况和部位可能发生跨步电压触电。

1) 带电导体特别是高压导体故障接地或接地装置流过故障电流时，流散电流在附近地面各点产生的电位差，可造成跨步电压触电。

2) 正常时有较大工作电流流过的接地装置附近，流散电流在地面各点产生的电位差可造成跨步电压触电。

3) 防雷装置遭受雷击、或高大设施、高大树木遭受雷击时，极大的流散电流在其接地装置或接地点附近地面产生的电位差可造成跨步电压触电。