

现代生产安全技术丛书

用电安全技术

崔政斌摇编



化学工业出版社

安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 园 猿 号

图书在版编目 (悦) 数据

摇 用电安全技术 崔政斌编 北京：化学工业出版社， 园 园 愿

摇 (现代生产安全技术丛书)

摇 园 园 猿 号

摇 I 园 用... 摇 II 园 崔... 摇 III 园 用电管理 安全技术
IV 园 园 猿 号

摇 中国版本图书馆 悦 数据核字 (园 园 愿) 第 园 园 猿 号

现代生产安全技术丛书

用电安全技术

崔政斌编

责任编辑：杜进祥 郭乃铎

文字编辑：吴开亮 丁建华

责任校对：陶燕华

封面设计：关飞

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 猿 号 邮政编码 园 园 园 猿)

发行电话：(园 园 园) 园 园 园 园 园 园

网址：www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 园 园 猿 号 印张 园 园 猿 张 字数 园 园 猿 千字

园 园 愿 年 园 月 第 园 版 园 园 愿 年 园 月 北京第 园 次印刷

园 园 猿 号

定价：园 园 元

版权所有 摇 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

前摇摇言

摇摇电是国民经济的重要能源，是工农业生产的原动力。随着我国全面建设小康社会步伐的加快，电的使用范围越来越广泛。与此同时，用电安全具有广泛性和综合性。虽然电的用途很广，可以为人类很好地服务，但若不了解电的基本性质和基本知识，那么在用电的过程中就会带有盲目性，就可能使设备损坏甚至造成触电等人身伤亡事故。因此，在享受电给人类带来光明、带来方便的同时，必须十分重视安全用电问题，只有了解了电的性质，才能驾驭电能，造福于人类。

编者根据用电安全的广泛性、特殊性、综合性和严重性等特点，参考了大量有关的手册、文献和资料，结合用电安全实际，编写了本书。

在编写的过程中，力求做到简明扼要，通俗易懂，讲求实用，结合实际。主要内容包括：用电安全技术概述；电气绝缘、屏护、间距安全技术；电气接地、接零安全技术；电气防火防爆安全技术；电气防雷安全技术；静电防护安全技术；带电作业安全技术；电工维修作业安全技术；电气线路作业安全技术；电气安全用具共 章。同时，本书考虑了不同读者的需要，既有理论，又结合实际，使各层次的读者都能阅读和应用。

本书的编写参阅了国内大量的电气安全文献资料，对这些专家学者们表示由衷的感谢。由于编者水平所限，加之时间紧迫，本书不免有错误之处，恳请广大读者批评指正。

编摇摇者

圆 圆 年 源 月

目摇摇录

第一章摇用电安全技术概述	1
摇第一节摇用电安全技术的任务和特点	1
摇摇一、电能与用电安全	1
摇摇二、用电安全技术的基本内容	2
摇摇三、用电安全技术的特点	4
摇第二节摇电气事故种类	5
摇摇一、触电事故	6
摇摇二、雷电事故	11
摇摇三、射频伤害	11
摇摇四、电气线路或设备事故	11
摇第三节摇触电事故分析	12
摇摇一、电气设备安装不合理	12
摇摇二、违反安全工作规程	13
摇摇三、运行维修不及时	13
摇摇四、缺乏安全用电常识	13
摇摇五、发生触电事故的规律	13
摇摇六、电流对人体的危害	14
摇摇七、影响触电程度的因素	16
摇第四节摇安全电压与急救措施	26
摇摇一、安全电压	26
摇摇二、急救措施	28
第二章摇电气绝缘、屏护、间距安全技术	36
摇第一节摇绝缘	36
摇摇一、绝缘材料	36

摇摇二、绝缘电阻	39
摇摇三、加强绝缘	52
摇摇第二节 摇屏护	53
摇摇一、屏护装置	53
摇摇二、遮栏	54
摇摇第三节 摇间距	55
摇摇一、变配电设备间距	55
摇摇二、线路间距	58
摇摇三、用电设备间距	68
摇摇四、检修间距	69
第三章 摇电气接地、接零安全技术	72
摇摇第一节 摇概述及一般要求	72
摇摇一、技术术语	72
摇摇二、电气设备接地和接零的作用分析	77
摇摇三、电气设备接地接零的要求	81
摇摇四、电气设备接地的范围	84
摇摇五、电力设备和电力线路接地电阻的要求	84
摇摇六、各种中性点工作制比较	90
摇摇第二节 摇配电系统的保护接地和保护接零形式	90
摇摇一、文字代号的含义	90
摇摇二、分类	90
摇摇三、 躄 系统安全条件	92
摇摇四、保护接零（ 裁 方式）的安装要求	95
摇摇五、保护接地（ 裁 和 躄 方式）的安装要求	97
摇摇第三节 摇接地装置	98
摇摇一、接地体的分类	98
摇摇二、接地体的安装	102
摇摇三、高土壤电阻率（ $\rho_{\text{跳象伊}} \geq 100 \Omega \cdot \text{糟}$ ）地区的接地	

措施.....	109
摇摇四、流散电阻计算.....	111
摇摇五、接地装置运行及维护.....	123
摇摇六、接地电阻的测量.....	125
第四章摇电气防火防爆安全技术	132
摇第一节摇电气防火防爆安全技术概述	132
摇摇一、火灾与爆炸的有关概念.....	132
摇摇二、危险物品.....	134
摇摇三、危险场所.....	136
摇第二节摇电气火灾和爆炸	145
摇摇一、引发电气火灾和爆炸的一般原因.....	145
摇摇二、防止电气火灾和爆炸的一般措施.....	147
摇摇三、电气火灾的扑灭.....	153
摇第三节摇电气设备的防火防爆	155
摇摇一、电力变压器的防火防爆.....	155
摇摇二、电动机的防火.....	159
摇摇三、电压短路器的防火防爆.....	160
摇摇四、电力电缆的防火防爆.....	163
摇摇五、电气线路的防火措施.....	167
摇摇六、照明装置的防火措施.....	168
摇摇七、电热设备的防火措施.....	171
摇摇八、电焊的防火措施.....	172
摇摇九、蓄电池室防火防爆.....	173
第五章摇电气防雷安全技术	176
摇第一节摇雷电现象及防雷设备	176
摇摇一、雷电现象及危害.....	176
摇摇二、防雷等级的划分.....	182
摇摇三、接闪器.....	184

摇摇四、引下线 and 防雷接地装置.....	199
摇摇五、避雷器.....	203
摇摇第二节 摇摇防雷保护措施.....	218
摇摇一、架空电力线路的防雷保护.....	218
摇摇二、变电所（站）的防雷保护.....	222
摇摇三、高压直配电机的防雷保护.....	231
摇摇四、各类建筑物的防雷保护.....	238
摇摇五、特殊构筑物的防雷接地.....	242
第六章 摇摇静电防护安全技术.....	246
摇摇第一节 摇摇静电的产生、积聚和消散.....	246
摇摇一、固体静电.....	246
摇摇二、粉体静电.....	252
摇摇三、液体静电.....	256
摇摇四、静电的消散.....	264
摇摇第二节 摇摇静电引起的故障和灾害.....	273
摇摇一、静电引起的生产故障.....	273
摇摇二、静电引起的电击.....	277
摇摇三、静电放电引起的着火、爆炸灾害.....	280
摇摇四、静电安全界限.....	288
摇摇第三节 摇摇静电的控制与消除.....	290
摇摇一、防止形成危险性混合物.....	291
摇摇二、工艺控制.....	294
摇摇三、静电接地.....	300
摇摇四、增湿.....	308
摇摇五、化学防静电剂.....	311
摇摇六、静电消除器.....	314
摇摇七、防止人体带电.....	347
摇摇八、静电屏蔽.....	350

第七章摇带电作业安全技术	354
摇第一节摇一般规定及安全措施	354
摇摇一、带电作业	354
摇摇二、带电作业一般规定	355
摇摇三、带电作业一般技术措施	357
摇第二节摇等电位作业	359
摇摇一、等电位作业基本原理及适用范围	359
摇摇二、屏蔽服及使用	360
摇摇三、等电位作业的基本方式	362
摇摇四、等电位作业安全技术措施	363
摇摇五、等电位作业安全注意事项	366
摇第三节摇带电断、接引线	367
摇摇一、带电断、接引线的基本原则	367
摇摇二、带电断、接空载线路的规定	367
摇摇三、带电断、接其他电气设备的规定	369
摇第四节摇带电短接设备	370
摇摇一、带电短接断路器和隔离开关	370
摇摇二、带电短接阻波器	372
摇第五节摇带电水冲洗	372
摇摇一、带电水冲洗的一般规定	373
摇摇二、带电水冲洗的方法	380
摇第六节摇带电爆炸压接和感应电压防护	381
摇摇一、雷管在电场中的自爆及预防措施	382
摇摇二、爆炸压接对空气绝缘的影响及安全措施	383
摇摇三、带电爆炸压接安全注意事项	384
摇摇四、感应电压防护	385
摇第七节摇高架绝缘斗臂车带电作业	387
摇摇一、高架绝缘斗臂车	387

摇摇二、高架绝缘斗臂车带电作业安全规定.....	387
摇摇三、操作绝缘斗臂车注意事项.....	389
摇摇第八节摇摇带电气吹清扫.....	389
摇摇一、带电气吹清扫用具的性能试验.....	389
摇摇二、带电气吹清扫喷嘴的基本要求.....	390
摇摇三、对带电气吹清扫用锯末辅料的要求.....	390
摇摇四、空气压缩机的检查和调试.....	391
摇摇五、带电气吹清扫操作人员安全防护.....	391
摇摇六、带电气吹清扫安全注意事项.....	391
摇摇第九节摇摇带电检测和保护间隙.....	392
摇摇一、带电检测绝缘子.....	392
摇摇二、保护间隙.....	394
摇摇第十节摇摇低压带电作业.....	396
摇摇一、低压设备带电作业安全规定.....	396
摇摇二、低压线路带电作业安全规定.....	397
摇摇三、低压带电作业注意事项.....	398
第八章摇摇电工维修作业安全技术.....	400
摇摇第一节摇摇电气安全作业一般措施.....	400
摇摇一、加强安全教育.....	400
摇摇二、执行安全工作规程.....	400
摇摇三、确保设计安装质量.....	400
摇摇四、加强运行维护工作.....	400
摇摇五、选用安全电压和合适类型电器.....	401
摇摇六、采用电气安全用具.....	401
摇摇七、宣传安全用电知识.....	401
摇摇第二节摇摇变电所电气安全作业措施.....	401
摇摇一、变电所安全作业的组织措施.....	401
摇摇二、变电所安全作业的技术措施.....	406

摇第三节摇内线安装作业安全措施	412
摇摇一、照明灯安装作业要点.....	412
摇摇二、隔离开关、负荷开关、高压断路器安装安全 作业要点.....	414
摇摇三、配电盘、开关柜就位与安装安全作业要点.....	414
摇摇四、电气二次接线、安装安全工作要点.....	415
摇摇五、电能表现场校验工作安全作业要点.....	416
摇摇六、验电、装设地线工作安全作业要点.....	417
摇摇七、电气测量工作安全作业要点.....	418
摇摇八、配变电站（箱式配电站）工作安全作业要点 ...	420
摇摇九、开关设备检修安全作业要点.....	422
摇摇十、交流维修电工安全作业要点.....	425
摇摇十一、直流维修电工安全作业要点.....	427
摇摇十二、电动机安全作业要点.....	428
摇摇十三、三相异步电动机故障诊断及处理方法.....	429
摇摇十四、家用电器安装使用安全作业要点.....	435
第九章摇电气线路作业安全技术	438
摇第一节摇线路电气安全作业措施	438
摇摇一、保证线路工作安全的组织措施.....	438
摇摇二、线路安全作业的技术措施.....	442
摇第二节摇线路施工作业	443
摇摇一、砍伐树木工作安全作业要点.....	443
摇摇二、杆塔基础施工安全作业要点.....	444
摇摇三、组立及拆除水泥杆工作安全作业要点.....	445
摇第三节摇线路巡视、维护作业	447
摇摇一、线路巡视工作安全作业要点.....	447
摇摇二、带电杆塔上作业.....	448
摇摇三、停电清扫绝缘子、更换绝缘子安全作业要点.....	448

摇摇四、放线、紧线和撤线工作安全作业要点.....	449
摇摇五、外线测量工作安全作业要点.....	450
摇摇六、室内线路安装安全作业要点.....	451
摇摇七、电缆线路施工安全作业要点.....	453
摇摇八、在建工程与外电线路安全防护作业要点.....	456
第十章摇摇电气安全用具	458
摇摇第一节摇摇电气安全用具安全操作要点	458
摇摇一、电气安全用具的分类.....	458
摇摇二、电气安全用具安全操作要点.....	459
摇摇第二节摇摇漏电保护	469
摇摇一、漏电保护装置的原理.....	470
摇摇二、漏电保护装置的分类.....	473
摇摇三、漏电保护装置的主要技术参数.....	475
摇摇四、漏电保护装置的应用.....	477
摇摇第三节摇摇安全标志	484
摇摇一、安全标志.....	484
摇摇二、安全标志牌的使用.....	485
附录 粤摇摇发电厂第一种工作票格式	499
附录 月摇摇发电厂第二种工作票格式	501
附录 悦摇摇电力线路第一种工作票	502
附录 阅摇摇电力线路第二种工作票	504
附录 耘摇摇发电厂倒闸操作票格式.....	505
附录 云摇摇供电局倒闸操作票格式.....	506
参考文献	507

第一章 摇用电安全技术概述

摇电能是国民经济的重要能源，随着我国全面建设小康社会的快速发展，电几乎进入到人们生产和生活的所有领域。人们离不开电，为了安全，为了求得进一步发展，必须重视用电安全技术。用电安全技术是研究防止各种电气事故、研究使用电气的方法和解决生产中安全问题的科学。用电安全工程学是安全科学技术学科的重要组成部分，用电安全技术的使命是直接解决人们生产和生活中的安全问题，属于应用科学范畴。

本章将讨论用电安全技术的任务、特点和电气事故种类，并简要介绍用电安全技术基础知识。

第一节 摇用电安全技术的任务和特点

用电安全技术学科是在人们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用电安全技术措施。以防止触电事故为例，接地、绝缘、间隔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、可行的。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用电安全问题，如电磁场安全问题和静电安全问题等。因此，用电安全技术既有其古老的一面，又具有不断向更高水平发展的、生命力极强的特征。

一、电能与用电安全

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群众生活的各个方面，对促进国民经济的发展和改善人民生

活质量均起着重要的作用。一个国家的经济越发展，现代化水平越高，对电力的需求就越大。

电能作为动力，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。利用电能，还可以保证产品质量的稳定性，改善劳动者的劳动条件，为劳动者提供清洁和安全的环境。电能也是提高人民生活水平和建设政治文明、精神文明的工具。现今，我国电化教育和家用电器越来越普及，特别是电脑互联网的普及，使人民的生活用电越来越多，电能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，会遇到各种各样的安全问题。电能是由一次能源转换得来的二次能源，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，即会发生事故，严重的事故将导致生命的损失或重大经济损失。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，均可能造成触电或火灾等事故的发生。因此，在用电的同时，必须充分考虑安全问题。

大部分用电安全问题是在电力工业发展的过程中提出来的。但在一些非用电场所或电路正常的情况下，由于电能的释放也会造成灾害。例如，雷电、静电、电磁场危害等方面的安全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。人们在研究和利用电能的同时，必须研究防止各种电气事故的发生，使电更好地为人类的生产、生活和生存服务。

二、用电安全技术的基本内容

为了搞好用电安全工作，必须明确用电安全技术这门学科的任务和研究的对象。电气安全技术主要包括两方面的任务：

一方面是研究各种电气事故，研究各种电气事故发生的机理、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来解决安全生产问题，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。电气安全技术是一项涉及面很广的技术，不论是流电还是静电，不论是交流电还是直流电，不论是高压电还是低压电，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，电气安全技术研究的对象不是单一的。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来解决其他安全问题，从而导致了电气安全技术的庞杂性和综合性，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。

新中国成立以来，特别是改革开放以来，我国电力工业取得了很大的发展，但与某些发达国家相比还有很大的差距，我国人均用电量还不到美国的 $\frac{1}{3}$ 。我国的用电安全水平与电力工业水平还不相适应，同某些发达国家比起来还要更落后一些。当前，技术先进的国家每生产 10^4 亿度电触电死亡 10^2 人，而我国约生产 10^4 亿度电就触电死亡 10^3 人，安全用电水平相差数十倍。也就是说，随着我国现代化建设事业的发展，随着我国全面建设小康社会步伐的加快，电能在生产和生活中的应用一定要有一个大幅度的发展。与此同时，为了防止各类用电事故的发生，保护劳动者的安全与健康，用电安全也必须有一个与之相适应的发展。

在安全生产领域，用电安全工作是一项重要的工作。在所有工伤事故中，用电事故占有不小的比例。据有关安全生产管理部门统计，触电死亡在全国工矿企事业单位因工事故死亡人数中占第 1 位，约占 $10\% \sim 15\%$ 左右，如果加上农村用电死

亡人数和非生产触电死亡人数，数字会更大、更惊人的。

此外，我国用电方面的标准和规范还不十分完善，有些与用电安全密切相关的问题尚未列入标准和规范中；有些问题在不同部门或不同地区的标准或规范中的提法不同；用电方面的制度也不够健全，这些情况给实际工作者带来很多困难，甚至造成混乱。因此，用电安全工作者必须做更多的工作，必须认真研究标准规程的运用和管理制度的落实。

三、用电安全技术的特点

与其他学科相比，用电安全技术具有抽象性、广泛性、综合性和严重性的特点。

1 抽象性

由于电具有看不见、听不见、嗅不着的特性，因此比较抽象，以致用电事故往往带来某种程度的神秘性，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，但是一根很细的电线能使人电击致死，静电火花能引起爆炸之类的用电事故，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，人们可能在相当长的时间内对周围严重的电磁环境没有觉察。用电伤害的这一特征无疑会增加危害的严重性。抽象的特点会加大技术上的难度，并加大安全培训教育的难度。

2 广泛性

用电安全技术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实现的。为了提高劳动生产率，减轻劳动强度和改善劳动条件，实现现代化和全面进入小康社会，电力作为关系着国计民生的重要产品需要有一个大的发展。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害。例

如，一些家用电气的使用，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。这就是说，在人们的生产和生活中，处处要用电，处处会遇到电气安全的问题。另一方面，用电安全技术是一门涉及多种科学的边缘科学，研究电气安全不仅要研究电力，而且要研究力学、生物学、医学等学科。用电安全技术不仅与电力工业密切相关，而且为石油、化工、冶金、机械和电子等行业所必需。

3 综合性

用电安全技术是一项综合性的工作。有工程技术工作的一面，也有组织管理的一面。工程技术工作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，用电安全技术的重要任务是完善传统的用电安全技术，研究新式的用电安全技术和自动防护技术，研究新出现的用电安全技术问题，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理论和方法，加强对人机工程的研究等。

4 严重性

电力工业的高速发展必将促进安全用电工作的发展，用电事故的严重性决定了用电安全的迫切性。据安全管理部门统计，我国电气火灾约已超过火灾总数的 $\frac{1}{3}$ ，电气火灾造成的经济损失所占比例还要更高一些。因此，电气事故的严重性必须引起用电作业人员和用电安全管理人员的高度重视。

第二节 摇电气事故种类

电气事故可以按照不同的方式分类。按照灾害形式，可分

为 人身事故、设备事故、火灾事故、爆炸事故等；按照电路状况，可分为短路事故、断线事故、接地事故、漏电事故等。考虑到事故是由外部能量作用于人体或系统内能量传递发生故障造成的，所以能量是造成事故的基本因素。从这个角度出发，电气事故大致可分为以下几类。

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。人身触及带电的导线、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电击，触及故障带电体的电击称为间接电击。电伤是电流的热效应、化学效应及机械效应对人体外部造成的局部伤害，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，触电可以分为以下几种情况。

1 直接接触触电

(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 6-1-1 和图 6-1-2 所示。

(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

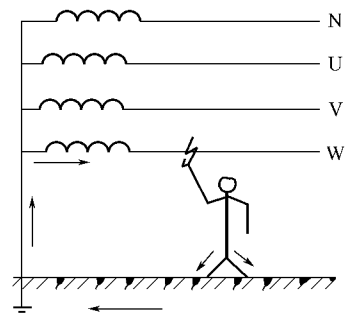


图 6-1-1 中性点直接接地单相触电