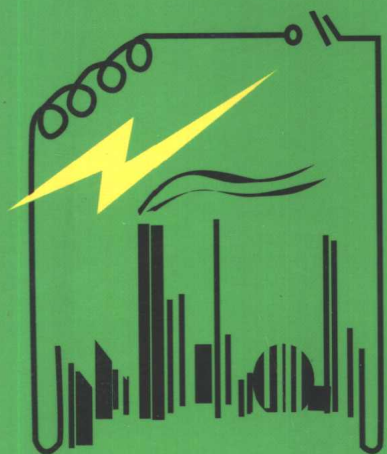


劳动保护丛书



用电安全

杨有启 编著

技术



(第二版)

化学工业出版社

劳动保护丛书

用电安全技术

(第二版)

杨有启 编著

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

用电安全技术/杨有启编著. —2版. —北京:化学工业出版社, 1996.6(2001.3重印)
(劳动保护丛书)
ISBN 7-5025-1637-9

I. 用… II. 杨… III. 电能-应用-安全技术 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 04531 号

劳动保护丛书

用电安全技术

(第二版)

杨有启 编著

责任编辑: 郭乃铎

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64918013

<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 11 字数 245 千字

1996 年 6 月第 2 版 2001 年 3 月北京第 2 次印刷

印数: 4001—5000

ISBN 7-5025-1637-9/TQ·70

定 价: 20.00 元

版权所有 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 言

电能是现代化能源。电能具有容易控制、便于输送、不污染环境以及利用效率高的特点。电能的广泛应用,不但大幅度提高了生产机械化、自动化程度,加速国民经济各部门的技术改造,极大地提高了劳动生产率和产品质量,而且还有利于改善劳动条件,提高人们物质、文化生活水平。现代化建设发展越快,电能应用和电气事业的发展也越快。电力事业以每十年翻一番以上的速度发展着。这就是说,随着现代化建设的发展,人们与各种电气装置接触的概率有增加的趋势。

虽然电可以为人类做很多很多的事情,但是,如果人们不掌握电的性能,则在其传递、控制、驱动等过程中均可能发生故障,甚至酿成事故。严重事故将造成人身伤亡和重大经济损失。例如,电能直接作用于人体将造成电击;电能转换成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发生漏电、接地或短路,均可能造成电气火灾。因此,在用电的同时必须考虑用电安全问题。

用电安全具有广泛性的特点。不论是工业、农业还是其他行业,不论是大企业还是小企业,也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用电安全问题。用电安全还具有综合性的特点。用电安全不仅与电力工业密切相关,而且还与建筑、煤炭、冶金、石油、化工、机械等行业密切相关。再者,用电安全工作既有工程技术的一面,又有组织管理的一面。用电安全是随着生产和科学技术的发展而发展的。首先,随着现代技

术的发展出现了更先进的电气安全方法。例如,接地、绝缘都是传统的电气安全方法,直到现在这些方法仍然是有效的;但随着自动化元件广泛应用出现的漏电保护装置又为防止电击及其他事故提供了新的途径。其次,新技术的开发和新型电气装置的推广又带来了一些新的电气安全问题。例如,电磁辐射问题就是随着某些新技术的发展提到日程上来的。第三,电力工业的高速发展必将促进用电安全工程的发展。电气事业的发展速度总是高于国民经济平均发展速度的。用电事故的严重性决定了用电安全的迫切性。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%,所列位次由八十年代末期的第四位上升为近两年的第二位。就用电量而言,我国大约每用电 $(1\sim 2)\times 10^8\text{kWh}$ 即死亡1人;而美国、日本等国每用电 $(30\sim 40)\times 10^8\text{kWh}$ 才死亡1人。我国用电安全水平之低,令人惊心。我国电气火灾有上升趋势,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的比例还要更高一些。在管理方面,我国尚有很多用电安全问题亟待解决。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。显然,用电安全的形势是十分严峻的。此外,电具有看不见、嗅不到、听不着的特点,人们不容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,就一定能够掌握用电安全的规律,并做好用电安全工作。

随着现代科学技术的发展,用电安全必将朝着更科学、更实用、更系统的方向发展。在工程技术方面,主要任务是进一步完善传统的安全技术方法,研究和开发新兴的安全技术方法,以求建立完整的用电安全体系,并注重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用电安全水平,逐步实现用电安全标准化;并引进系统工程的方法,提高电气安全管理的科学性。

用电事故的原因是多种多样的,有管理上的原因,也有技术上的原因。归纳起来,用电事故不外乎是由不安全状态和不安全行为造成的。本书侧重技术,从横、纵两条线剖析用电事故的原因,进而介绍预防事故的各种方法和电气装置的安全运行条件。

本书第一版发行于1977年。该书发行量较大,在我国用电安全领域发挥了一定的作用。但原书很多资料已经落后,不能完全适应当前的需要。因此,作者在总结多年科研、教学和实践经验的基础上,吸收读者意见,结合我国当前情况,引进国内外最新技术和研究成果,重新编写了这本新的《用电安全技术》。本书在内容取舍和安排上,考虑了不同层次读者的需要,以便较高层次的读者和较低层次的读者都能阅读和使用。

本书除编入了用电安全基础、各种电击防护技术、通用电气装置安全运行条件外,考虑到化工行业的安全特点,还专门编入了电气防火防爆一章;为了安全工作的需要,还编入了电气安全管理一章。

本书可供从事安全工作的技术管理人员和从事电气工作的工程技术人员阅读;可用作安全技术人员提高班和安全专业进修班的教材,并可用作各级电气安全教学人员的教学参考书;亦可供电气技术工人学习和查阅之用。

由于作者水平所限,书中不当乃至错误之处一定很多,敬请读者批评指正。

编著者

1996年4月

内 容 提 要

本书第一版发行于1977年,内容多偏陈旧。作者在总结科研、教学和实践经验的基础上,坚持科学性、实用性、先进性的基本原则,重新编写了这本新的《用电安全技术》。本书包含用电安全基础、各种通用电击防护技术、常用电气装置安全运行条件,以及电气防火防爆、电气安全管理等11章内容。

本书可供从事安全工作的技术管理人员和从事电气工作的工程技术人员阅读;可用作安全技术人员提高班和安全专业进修班的教材,并可用作各级电气安全教学的教学参考书;亦可供电气技术工人学习和查阅之用。

目 录

第一章 用电安全基础	1
第一节 电工学原理	1
一、电场和电路	1
二、欧姆定律和电路的连接	4
三、正弦交流电	6
四、三相交流电路	8
五、电功率和电能	10
六、电磁感应	11
第二节 电气事故	14
一、触电事故	14
二、雷击事故	18
三、静电事故	19
四、电磁辐射事故	20
五、电路故障	21
第三节 电流对人体的作用	22
一、作用机理和征象	22
二、作用影响因素	25
三、人体阻抗	34
第二章 直接接触电击防护	38
第一节 绝缘	38
一、绝缘破坏	38
二、绝缘检测	43
三、绝缘指标	47
第二节 屏护和间距	50

一、屏护	50
二、间距	51
第三章 间接接触电击防护	63
第一节 IT 系统防护	63
一、IT 系统安全原理	63
二、保护接地应用范围	66
三、接地电阻允许值	67
四、IT 系统安全条件	69
第二节 TT 系统防护	72
一、TT 系统限压原理	72
二、TT 系统速断条件	74
第三节 TN 系统防护	76
一、TN 系统安全原理和基本安全条件	76
二、TN 系统种类及应用	79
三、过电流保护装置的特性	80
四、重复接地	82
五、工作接地	88
第四节 接地装置	90
一、接地装置安全要点	90
二、流散电阻计算	99
三、接地电阻测量	111
四、接地装置检查和维护	114
第五节 保护导体	115
一、保护导体安全要点	115
二、等电位联结	118
三、相零回路测量	119
第四章 加强绝缘和安全电压	120
第一节 加强绝缘	120
一、加强绝缘结构	120
二、加强绝缘的基本条件	121

三、不导电环境	123
第二节 安全电压	123
一、安全电压限值及应用	124
二、电源及回路配置	124
三、功能特低电压	127
第三节 电气隔离	127
一、电气隔离安全原理	127
二、电气隔离的安全条件	127
第五章 漏电保护	131
第一节 漏电保护原理和特点	131
一、电压型漏电保护装置	132
二、电流型漏电保护装置	133
三、中性点型漏电保护装置	135
四、泄漏电流型漏电保护装置	136
第二节 漏电保护装置的技术参数和选用	137
一、漏电保护装置的主要技术参数	137
二、漏电保护装置的选用	140
第三节 漏电保护装置安装和运行	142
一、漏电保护装置安装	142
二、漏电保护装置接线	143
三、误动作和拒动作	145
四、使用和维护	147
第六章 电气线路安全	149
第一节 电气线路种类及特点	149
一、架空线路	149
二、电缆线路	150
三、室内配线	151
第二节 电气线路常见故障	155
一、架空线路和电缆线路故障	155
二、线路故障原因分析	157

第三节 电气线路安全条件	160
一、导电能力	160
二、机械强度	170
三、绝缘和阻燃性材料的应用	171
四、间距	172
五、导线连接	172
六、线路防护	173
七、过电流保护	173
八、线路管理	175
第七章 用电设备安全	176
第一节 用电设备的环境条件	176
一、用电环境分类	176
二、电气设备外壳防护等级	177
第二节 电动机	180
一、电动机种类和选用	180
二、异步电动机的工作原理和特性	181
三、异步电动机的型号和额定参数	184
四、异步电动机的启动、调速和制动	185
五、电动机运行	188
第三节 手持电动工具和移动式电气设备	191
一、种类及事故原因	191
二、安全使用条件	193
第四节 电气照明	194
一、电气照明分类	194
二、照明装置接线及安全要求	195
第五节 低压控制电器	199
一、刀开关	200
二、低压断路器(自动开关)	201
三、电磁起动器(电磁开关)	206
四、控制器	210

第六节 低压保护电器	212
一、熔断器	213
二、热继电器	216
三、电磁式继电器	217
第八章 变配电设备安全	219
第一节 工业企业供、配电概要	219
一、企业高压供电	219
二、企业低压配电	221
第二节 变、配电站	223
一、变、配电站组成	223
二、变、配电站基本要求	225
三、变、配电站安全条件	227
第三节 电力变压器安全	228
一、电力变压器原理和结构	229
二、电力变压器保护装置和安全配件	233
三、变压器安全运行条件	237
第四节 互感器安全	245
一、电流互感器	246
二、电压互感器	248
第五节 高压开关安全	251
一、高压开关种类及功能	251
二、高压开关的操动机构	254
三、高压开关安全要点	255
第六节 电容器安全	259
一、电容器应用和补偿原理	259
二、电容器安全要点	260
第九章 电气防火防爆	263
第一节 电气引燃源	263
一、危险温度	263
二、电火花和电弧	266

第二节 危险物质	267
一、危险物质的性能参数	268
二、危险物质分组和分级	271
第三节 危险环境	273
一、气体、蒸气爆炸危险环境	273
二、粉尘、纤维爆炸危险环境	279
三、火灾危险环境	280
第四节 防爆电气设备和防爆电气线路	280
一、防爆电气设备特征	280
二、防爆电气设备选用	283
三、防爆电气线路	287
第五节 电气防爆技术	291
一、消除或减少爆炸性混合物	291
二、隔离和间距	292
三、消除引燃源	292
四、爆炸危险环境接地(接零)	293
第十章 电气安全管理	294
第一节 电气安全组织管理	295
一、管理机构和人员	295
二、规章制度	295
三、安全检查	296
四、安全教育	297
五、安全资料	298
第二节 触电事故调查	298
一、事故统计和调查	298
二、触电事故规律	300
第三节 电工安全用具	302
一、绝缘安全用具	302
二、携带式电压指示器和电流指示器	303
三、登高安全用具	305

四、临时接地线、遮栏和标示牌	306
五、安全用具的使用和试验	308
第四节 检修安全措施	311
一、工作票制度	311
二、停电安全措施	314
三、不停电检修	316
第五节 电气安全分析和评价	316
一、事故树分析	317
二、事件树分析	321
三、安全检查表	323
四、安全评价	323
第六节 触电急救	326
一、脱离电源	327
二、现场急救方法	328
三、急救用药要求	331
参考文献	331

第一章 用电安全基础

本章介绍电工学原理、电气事故种类、电流对人体的作用、触电事故规律等用电安全的基本问题。

第一节 电工学原理

一、电场和电路

1. 电荷和电场

物质由分子组成,分子由原子组成,原子带有等量的正电和负电。失去电子或得到电子的微粒称为正电荷或负电荷,带有电荷的物体称为带电体。在电荷的周围存在着电场,引进电场中的电荷将受到电场力的作用。

电场强度和电位是表征静电场中各点性质的两个基本物理量。电场中某点的电场强度即单位正电荷在该点所受到的作用力;电场强度的单位是 V/m 。电场强度是有方向的物理量。电场中某点的电位是指在电场中将单位正电荷从该点移至电位参考点时电场力所作功。工程上通常以大地作为电位参考点。电位的常用单位是 V 或 mV , $1V=1000mV$ 。电场中某两点之间的电位差称为这两点之间的电压或电压降。电压的单位与电位的单位相同。

2. 电流和电路

在电源的作用下,带电微粒会发生定向移动。正电荷向电源负极、负电荷向电源正极移动。带电微粒的定向移动就是电流。一般以正电荷移动的方向为电流的正方向。方向不随时间变化

的电流称为直流电;大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流电。

电流的大小称为电流强度,电流强度简称为电流。电流的常用单位是 A、mA 和 μA 。 $1\text{A}=1000\text{mA}$, $1\text{mA}=1000\mu\text{A}$ 。

电流所流经的路径即电路。在闭合电路中,实现着电能的传递和转换。电路由电源、连接导线、开关电器、负载及其他辅助设备组成。电源是提供电能的设备,其功能是把其他形式的能转换为电能,如电池把化学能转换为电能、发电机把机械能转换为电能等。干电池、蓄电池、发电机等是最常用的电源。负载是电路中消耗电能的设备,负载的功能是把电能转变为其他形式的能量,如电炉把电能转变为热能、电动机把电能转变为机械能等。照明器具、家用电器、机床等是最常见的负载。开关电器是负载的控制设备,如刀开关、断路器、电磁开关、减压起动器等都属于开关电器。辅助设备包括各种继电器、熔断器以及测量仪表等。辅助设备用于实现对电路的控制、分配、保护及测量。连接导线把电源、负载和其他设备连接成一个闭合回路,连接导线的作用是传输电能或传送电信号。

为便于分析实际电路,通常用符号表示组成电路的实际元件、器件及其连接导线,即画出电路图。图 1-1(a)是最简单电路的实物接线图,图 1-1(b)是与其相应的电路图。

在电路中,可将电压理解为提供电流的能力。为适应生产和安全的需要,工程上将电路的电压分成很多等级。500kV、220kV、110kV、35kV、10kV、0.4kV 等都是我国常用的工频电压等级。就电气装置而言,额定电压 1000V 以上的为高压装置,额定电压 1000V 及 1000V 以下的为低压装置;就带电部位对地电压而言,对地电压 250V 以上的为高电压,额定电压 250V 及 250V 以下的为低电压。工频 50V 以下的电压为安全电压。

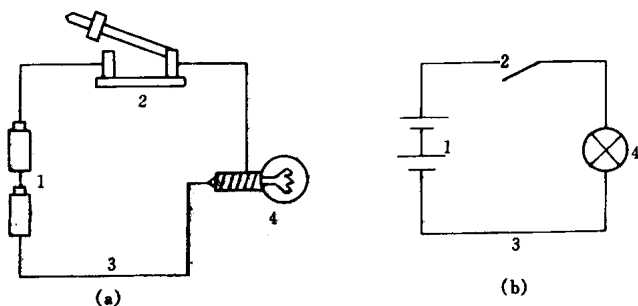


图 1-1 简单电路

(a) 实物接线图; (b) 电路图

1—电源; 2—开关; 3—连接导线; 4—负载

3. 电路中的负载元件

电路中有各种各样的负载。按照加在负载上的电压与通过负载的电流的关系, 可将负载分为电阻、电感、电容三种基本元件。实际负载可视为这三种元件的组合。

(1) 电阻 电阻是电流流动过程中遇到的阻力。电阻的常用单位是 Ω 、 $k\Omega$ 和 $M\Omega$ 。其间关系为

$$1M\Omega = 1000k\Omega$$

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

一只 15W 的白炽灯泡的灯丝电阻约为 3330Ω ; 人体电阻约为 $1000 \sim 3000\Omega$; 长 30m、截面积 1.5mm^2 铜线的电阻约为 0.344Ω 。一般情况下, 线路导线的电阻比负载电阻小得多, 在电路计算和分析时可以忽略不计; 而当线路很长或负载电阻很小, 特别是负载被短路时, 则必须考虑线路导线的电阻。

(2) 电感 当变化的电流通过线圈时, 线圈中会产生感应电动势来阻止电流的变化, 这种性质称为线圈的电感。电感的常