

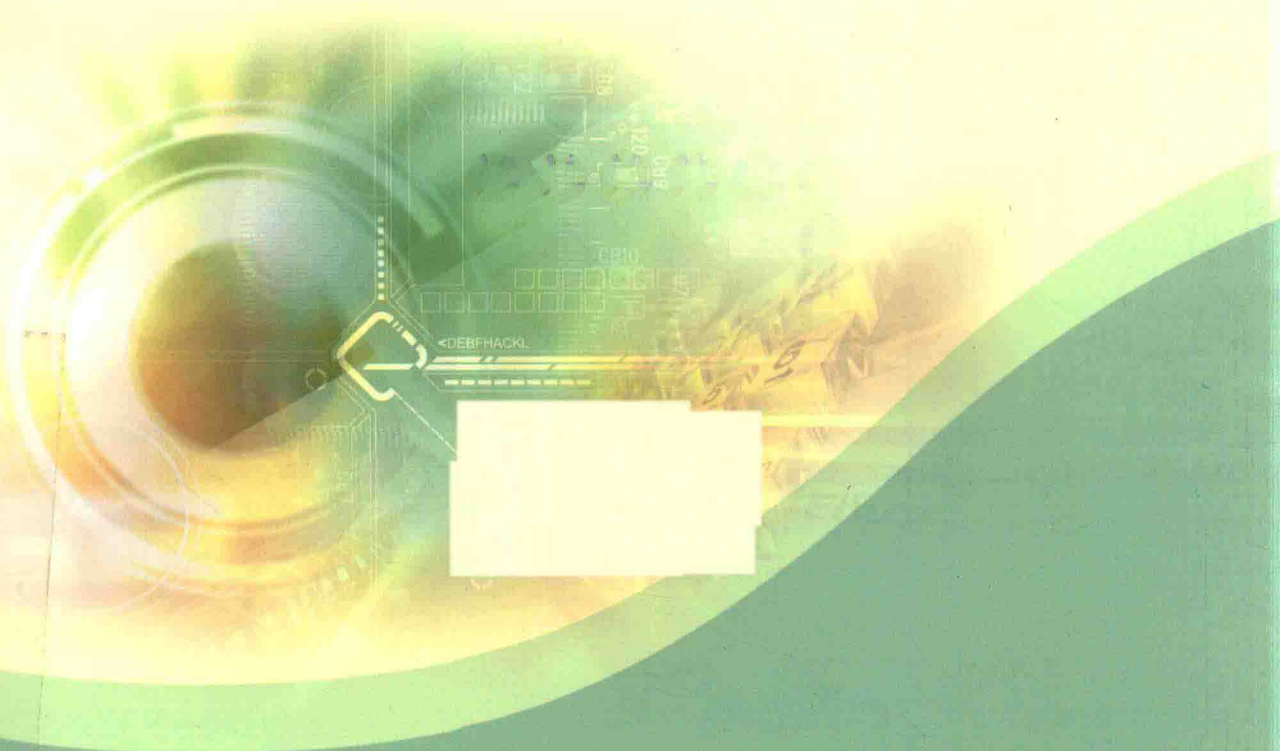
高等教育“十二五”规划教材
新编安全工程专业系列教材

电气安全技术

Dianqi Anquan Jishu

主 编 刘爱群 廖可兵

主 审 钮英建



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十二五”规划教材
新编安全工程专业系列教材

电气安全技术

主 编	刘爱群	廖可兵	
副主编	赵秋生	陆 彪	
参 编	张有东	张京兆	张园园
主 审	钮英建		

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是高等教育“十二五”规划教材,同时也是新编安全工程专业系列教材之一,全书针对电气系统中的漏电、电火花、发热、电磁辐射等不安全因素,侧重介绍低压电气应用领域中人身安全及设备运行安全的技术措施及管理措施。全书共分九章,主要包括:概述;触电保护;电气线路及电气设备安全运行;电气防火防爆;雷电防护及静电与电磁辐射防护;电气安全管理以及电气安全应用。

本书既可作为安全工程专业本科教材,也可作为安全技术管理人员培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气安全技术 / 刘爱群,廖可兵主编. —徐州:

中国矿业大学出版社,2014.6

ISBN 978-7-5646-2342-5

I. ①电… II. ①刘… ②廖… III. ①电气设备—安全技术—高等学校—教材 IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098984 号

书 名 电气安全技术

主 编 刘爱群 廖可兵

责任编辑 陈红梅

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 505 千字

版次印次 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《新编安全工程专业系列教材》

编审委员会

顾问 周世宁

主任 袁 亮

副主任 景国勋 蒋军成 刘泽功

李树刚 程卫民 林柏泉

执行副主任 王新泉 杨胜强

委员 (按姓氏拼音为序)

柴建设 陈开岩 陈网桦 贾进章 蒋承林

蒋曙光 廖可兵 刘 剑 刘章现 吕 品

罗 云 马尚权 门玉明 孟燕华 倪文耀

宁掌玄 撒占友 沈斐敏 孙建华 孙金华

谭世语 唐敏康 田水承 王佰顺 王宏图

王洪德 王 凯 王秋衡 吴 强 解立峰

辛 嵩 徐凯宏 徐龙君 许满贵 叶建农

叶经方 易 俊 易赛莉 余明高 张德琦

张国华 张敬东 张巨伟 周 延 朱 锴

秘书长 马跃龙 陈红梅

前 言

当今时代人们已经离不开电了,电在给人们带来极大好处的同时也可能会给人们造成伤害。电究竟会有哪些危害,其危害的方式、机理、影响因素以及控制措施等,这些都是安全工程专业人员必须掌握的,因此“电气安全技术”是安全工程专业基础课程。

本书以电能的转换和传递过程中可能出现的危害为主线,侧重在低压电气系统应用过程中的电气安全技术知识介绍。

在电能的转换与传递过程中,有可能出现对人、对电气线路与设备本身、对环境可能造成的危害,同时这个过程受人的行为及环境影响。电能的转换与传递是在电气线路与电气设备中完成的,在这个过程中因线路与设备自身缺陷(如设计缺陷、材料缺陷、制造与安装缺陷等)、运行过程中故障(如短路、过载、缺相、接地、漏电等)等原因可能会导致电气安全事故,这不仅对设备本身造成损坏,而且还会危及人身安全以及对周围环境造成影响。其次,人的行为也会影响这个过程的安全,同样还包括雷电、静电、高温、高湿、易燃易爆等环境因素。

基于以上,本书根据可能出现的触电、电气火灾、电气线路与设备事故、雷电、静电、电磁辐射等危害及防护技术编排章节内容,包括:触电防护、电气线路与电气设备安全运行、电气防火防爆、雷电防护、静电与电磁场防护以及电气安全管理,最后介绍了电气安全技术在某些场所的综合应用。

全书共分9章,具体编写分工如下:第1章由廖可兵(湖南工学院)编写;第2章由赵秋生(中国劳动关系学院)编写;第3,8章由陆彪(安徽工业大学)编写;第4章由刘爱群(湖南工学院)、张有东(华北科技学院)编写;第5章由张京兆(西安科技大学)编写;第6,9章由刘爱群编写,第7章由张园园(辽宁石油化工大学)编写。全书由刘爱群统稿、定稿。

在本书编写过程中,广泛学习、收集有关专家、工程技术人员的经验和最新的国际、国内相关电气标准,力求资料新、数据全、适应面广,理论和方法的应用可操作性强,并致力于科学性、系统性和逻辑性。由于电气安全问题涉及产品或系统的设计、安装、使用和维护等各个方面,且涉及应用领域较多,解决电气安全问题是一个系统工程,本书对电气安全的设计、电气系统安全性评价涉及不多。

本书主要适用于安全工程专业学生使用,也可供安全评价人员、电工作业人员、企业管理人员等参考使用。

书稿承蒙首都经济贸易大学钮英建教授审阅,并提出宝贵意见,在此表示衷心的感谢。本书在编写出版过程中还得到了中国矿业大学出版社各位编辑的热情支持和大力帮助,在此表示谢意。

尽管本书在编写过程中编者做了不懈努力,但由于水平所限,仍难免有不当之处,敬请各位同仁不吝赐教,批评指正。

编 者

2013 年 12 月

目 录

1 概述	1
1.1 课程的任务与基本内容	1
1.2 电气安全技术基本要素及策略	2
1.3 工厂供电基础知识	7
复习思考题	24
2 触电防护	25
2.1 人体电气特性及典型安全特征值	25
2.2 触电形式与触电机理	34
2.3 触电防护原则与防护措施分类	42
2.4 常用触电防护措施	46
2.5 供电系统电击防护(自动切断电源)	70
2.6 触电规律与触电急救	92
复习思考题	98
3 电气线路安全运行	99
3.1 电气线路的种类	99
3.2 电气线路安全运行条件	104
3.3 电气线路的安全设计	112
3.4 电气线路的运行检查	119
复习思考题	123
4 电气设备安全运行	124
4.1 电气设备安全运行基本知识	124
4.2 常用电气保护装置	135
4.3 常用低压电气设备的安全运行	157
4.4 主要高压电气设备的安全运行	176
复习思考题	189

5 电气防火防爆	191
5.1 电气火灾与爆炸的成因与条件	191
5.2 电气火灾和爆炸的防护技术	205
复习思考题	216
6 雷电防护	217
6.1 雷电防护基础知识	217
6.2 雷电防护系统	226
6.3 人身防雷	249
复习思考题	251
7 静电与电磁辐射防护	252
7.1 静电危害及防护	252
7.2 电磁危害及防护	268
复习思考题	274
8 电气安全管理	275
8.1 电气安全组织管理措施	275
8.2 电气作业安全组织措施	277
复习思考题	282
9 电气安全应用	283
9.1 特殊环境电气安全	283
9.2 易燃易爆环境电气安全	287
9.3 起重机械与电梯特种设备的电气安全	293
9.4 建筑施工电气安全	304
复习思考题	312
参考文献	314

1 概述

电能是一种现代化的能源,在人类的生产生活中起着重要的作用。一个国家的经济越发达,现代化水平越高,对电力的需求就越大,安全用电的重要性也越显突出。随着工业技术的发展和家用电器的普及,电气设备、电气装置已渗透到了各个行业及领域,因此电气安全技术就更重要了。事实上,在电力、机械、化工、冶金、建筑等行业中存在着很多电气不安全问题,由于电气安全知识不足、使用上的疏忽、维护不良或设备本质不安全等原因导致的电气事故已成为引起人身伤亡、爆炸、火灾事故的重要原因之一,这就要求人们掌握一定的电气安全技术,熟悉电气事故发生的机理、规律、特点、原因,从而达到预防电气事故发生,以保障作业过程和电气设备操作过程中人员安全及电气设备设施安全。

1.1 课程的任务与基本内容

1.1.1 课程任务

电气安全技术是研究防止电气事故的措施、正确使用电气设备的方法和解决生产生活中电气安全问题的学科,属于应用科学范畴。现代科学技术的发展带来了更先进的电气安全技术措施。以防止触电事故为例,绝缘、间距、接地等都是传统的安全措施,直到现在这些措施仍然是有效、可行。随着自动化元件和电子元件的广泛应用,出现的剩余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,新技术的应用也伴生出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,电气安全技术也需要不断完善、提高,并随着科学技术水平的进步不断向更高水平发展。

电气事故往往不是由单一原因引起的,电气设备设计不合理、安装不恰当、维修不及时,尤其是作业人员缺乏必要的安全知识与安全技能、麻痹大意、违反操作规程等,都可能引发各类电气事故。因此,必须从产品的设计开始,到制造、安装、运行与维护,全过程采取包括技术和组织管理等多方面的措施控制电气事故的发生;积极研究并不断推出先进的电气安全技术措施,并且随着已有技术的成熟与新技术的出现不断完善和修订电气安全技术标准和规程,系统全面地保障电气系统安全,保护人身安全与健康。

电气安全技术主要包括两方面的任务:一方面,研究各种电气事故,也就是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,研究用电气方法以解决安全生产问题,也就是研究采用电气检测、电气检查和电气控制的方法来评价系统的安全性、可靠性或解决生产中的安全问题。

“电气安全技术”课程是安全工程专业的专业必修课,通过本课程的学习,能使学生对电气安全技术的基本知识和基础理论有全面系统的理解,并掌握常用的电气安全技术及其在一些领域中的应用,主要包括以下几个方面:

(1) 电气安全技术的基本要素与策略。

(2) 常用的电气安全装置。

(3) 电气系统中供电线路、电气设备与装置及用电场所的安全技术要求和措施。

(4) 针对用电过程中电击伤亡、电气火灾、电气设备损坏、雷电与静电等事故发生的事事故机理、特征及原因,分析电气系统安全运行条件和防止事故的基本措施,包括技术防护措施和管理措施。

(5) 针对一些与人直接接触、危险性较大的应用领域以及特殊环境、特殊设备提出特殊的电气安全技术及要求,并运用电气安全监测、电气安全检查与控制等方法来控制、评价系统的安全性和获得必要的安全条件。

电气安全技术是一种用途极为广泛的实用技术,具有较强的实践性,应理论联系实践,要求学生能够使用各种检测仪器(这部分内容在电气安全实验教材中体现),运用所学到的理论知识分析有关电气事故的现象,找准原因,提出改进措施,并且能够对现场电气方面的安全性进行常规的电气检测与评价等。因此,在学习本课程之前,学生应具备电工与电子学方面的知识。

1.1.2 课程的基本内容

电气安全是一个系统工程。要保证电气系统的安全,就应从电气系统的设计、制造、安装、运行、维修整个过程全面考虑影响电气系统安全的因素。为此,本课程的内容包括以下几方面内容:

(1) 工业企业供配电系统构成及主要设备基本知识。

(2) 常用电气保护装置如熔断器、过流保护断路器、漏电保护断路器等工作原理及应用。

(3) 电气线路安全运行的保障条件。

(4) 常用电气设备选择、安装、运行、维护等过程的安全技术措施和管理措施。

(5) 触电防护、雷电防护、电气防火防爆、静电与电磁辐射防护等原理、措施及要求。

(6) 电气安全管理措施。

(7) 电气设备在各特殊环境、特殊场所中的一般电气安全要求。

(8) 起重与机械设备、电梯等特殊设备的电气安全要求及措施。

(9) 建筑施工现场的电气安全。

1.2 电气安全技术基本要素及策略

1.2.1 基本要素

1) 电气绝缘

绝缘就是使用不导电的物质将带电体隔离或包裹起来,以对触电起保护作用的一种安全措施。良好的绝缘对于保证电气设备与线路的安全运行,防止人身触电事故的发生是最基本的和最可靠的手段。绝缘包括有基本绝缘、附加绝缘、双重绝缘、加强绝缘。绝缘性能是否良好可通过测量其绝缘电阻、泄漏电流、耐压强度、介质损耗等参数来衡量。

如有些带电部位(如连接点处)不能使用绝缘材料,可采取外壳、防护罩、遮栏或阻挡物

等方式防止无意识的直接接触带电体。

2) 安全间距

安全间距是指人体、物体等接近带电体而不发生危险的距离。如带电体与地面之间、带电体之间、带电体与人体之间、带电体与其他设施和设备之间,均应保持一定距离。

带电体之间、带电体与地之间的间距有:电气间隙(两导电部分间的最短直线距离)、保护间隙(带电部分与地之间用以限制可能发生最大过电压的间隙)、爬电距离(在两个导电部分之间沿绝缘材料表面的最短距离)。

为了防止人体触及或接近带电体、防止车辆或其他物体碰撞或接近带电体所需保持的一定空间距离,称为安全距离。伸臂范围是指:从一个人经常站立或走动的表面上任何一点算起,到他在不需要帮助的情况下任何方向上手所能达到的界限为止的范围。

3) 载流量

导体连续载流量是指在规定条件下,导体能够连续承载而不致使其稳定温度超过规定值的最大电流。

导体的安全载流量,是指允许持续通过导体内部的电流量。持续通过导体的电流如果超过安全载流量,导体的发热将超过允许值,导致绝缘损坏,甚至引起漏电和发生火灾。因此,可根据导体的安全载流量确定导体截面和选择设备是十分重要的。

4) 安全标志

安全标志由安全色、几何图形、图形符号和文字构成,用以表达特定的安全信息,明显、准确、统一的标志是保证用电安全的重要因素,分为禁止、警告、指令、提示 4 类标识,对安全标志进行文字说明的补充标志必须与安全标志同时使用。安全色表达安全信息的颜色,如表示禁止、警告、指令、提示等。

1.2.2 电气事故预防的基本策略

电气事故(electric accident)是由电流、电磁场、雷电、静电和某些电路故障等直接或间接造成建筑设施、电气设备毁坏、人、动物伤亡,以及引起火灾和爆炸等后果的事件。电气事故是电气安全技术主要研究和控制的对象,掌握电气事故的特点与分类,对做好电气安全技术工作具有重要的意义。

1) 电气事故的特点及分类

(1) 电气事故的特点 电气事故具有危害大、危险难以识别、涉及领域广、防护措施综合性强等特点。

(2) 电气事故的分类 根据电能的不同作用形式,可将电气事故分为触电事故、雷电事故、静电危害事故、电磁辐射危害事故、电气系统事故、电气火灾事故等。

① 触电事故 触电事故多数是由于人体接触带电体,或者是设备发生故障,或者是人体过于靠近带电体等引起的。按照对人体的伤害方式不同,可分为电击和电伤 2 类。

电击是指电流流过人体时,在人体内部造成器官的损伤,而在人体外表不一定留下电流痕迹的现象。电击的危险性最大,一般死亡事故都是由于电击。电击对人体的效应是由通过的电流决定的,而电流对人体的伤害程度是与通过人体电流的强度、种类、持续时间、通过途径及人体状况等因素有关。

电伤是指由于电流的热效应、化学效应、机械效应以及在电流作用下,使熔化或蒸发的金属微粒等侵袭人体皮肤,使局部皮肤受到灼伤、烤伤和皮肤金属化的伤害,严重的也可以

致人死亡。电伤包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等伤害。

由于绝缘电阻的不正常下降或绝缘损坏,同时可触及部分之间会出现接触电压,从而也会引起触电事故。当人体与带电体的距离过小时,虽然未与带电体相接触,但由于空气的绝缘强度小于电场强度,空气击穿,可能发生触电事故,特别是在高压供配电场所。

在高压系统中,由于电压高,相线之间或相线与地、人之间,当距离到达一定范围之内,空气就会被击穿。所以,在高压系统中,除了人体直接或通过导体间接地触及电源会发生触电以外,当人体直接或通过导体间接地接近高压电源之间距离太近,电源与人之间介质被高压击穿而导致触电。人体在高压电源周围发生触电的危险间距与空气介质的温度、湿度、压强、污染以及电极形状和电压高低有关。

触电事故具有一些规律,如季节性明显,低压设备(携带式设备和移动式设备)触电事故多,电气连接部位是触电事故多发点,误操作事故多,冶金、矿业、建筑、机械行业触电事故多等规律。尽管触电事故只是电气事故中的一种,但是触电事故是最常见的电气事故,而且大部分触电事故都是在用电过程中发生的。因此,研究触电事故的预防是电气安全技术的重要课题。

② 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。静电危害事故主要有以下几个方面:

a. 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。

b. 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。

c. 某些生产过程中,静电的物理现象会对生产产生妨碍,导致产品质量不良,电子设备损坏,造成生产故障,乃至停工。

在石油、化工、粉末加工、橡胶、塑料等行业,必须充分注意静电的危险性。生产工艺过程中的静电不仅能使人遭到电击,而且妨碍生产。在电子行业,如果没有有效的防静电措施,集成元件还会遭到击穿。从广义上讲,由静电原因降低工效、降低产品质量或导致废品也是安全管理者不可忽视的问题。

③ 雷电事故 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、冲击性强的特点,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个方面:

a. 直击雷放电、二次放电、雷电流的热量会引起火灾和爆炸。

b. 雷电的直接击中、金属导体的二次放电、跨步电压的作用均会造成人员的伤亡。

c. 强大的雷电流、高电压可导致电气设备击穿或烧毁,雷击可直接毁坏建筑物、构筑物,还能造成大规模停电事故。

④ 电磁辐射危害事故 电磁辐射事故是电磁波形式的能量造成的事故。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 以上频率的电磁波。射频电磁场的危害主要如下:

a. 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,出现神经衰弱症候群等临床症状,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。严重时,可导致白内障,造成暂时或永久性不育症,并可能使后代产生疾患,还可造成皮肤表层灼伤或深度灼伤等。

b. 在高强度的射频电磁场作用下,可能产生感应放电,会造成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,当高大金属设施接收电磁波以后,可能发生谐振,产生数百伏的感应过电压。由于感应电压较高,可能给人以明显的电击,还可能与邻近导体之间发生火花放电。

c. 高频电磁波还可能干扰无线电通信,还可能降低电子装置的质量和影响电子装置的正常工作。

⑤ 电气系统事故 电路故障事故是由于电能输送、分配、转换过程中失去控制而产生的。断路、短路、异常接地、漏电、电气设备或电器元件受电磁干扰而发生误动作等都属于电气系统故障,在一定条件下,会引发电气系统事故。严重时,会导致人员伤亡及重大财产损失。电气系统事故主要体现在以下方面:

a. 异常带电。在电路系统中,原本不带电的部分因电路故障而异常带电,可导致触电事故发生。例如:电气设备因绝缘不良产生漏电,使其金属外壳漏电;高压电路故障接地时,在接地处附近呈现出较高的跨步电压,形成触电的危险条件。电气设备异常运行时电压、电流、温升等参数超过允许值,导致电气设备过热、过电压致绝缘破坏,造成人身事故,还可能由于泄漏电流、短路火花或短路电流造成火灾或其他设备事故。

b. 异常停电。在某些特定的场合,异常停电会造成设备损坏和人员伤亡。例如:正在浇注钢水的吊车,因骤然停电而失控,导致钢水洒出,引起人身伤亡事故;医院手术室可能因异常停电而被迫停止手术,无法正常抢救而危及病人生命;排放有毒气体的风机因异常停电而停转,致使有毒气体超过允许浓度而危及人身安全等。

⑥ 电气火灾事故。在火灾和爆炸事故中,电气火灾和爆炸事故占有很大的比例。就引起火灾的原因而言,电气原因仅次于一般明火而位居第二。电气火灾的发生与电气线路和电气设备的设计、安装、选择等有关,为日后留下了电气火灾的隐患,同时还与电气设备与线路的质量及运行不适有关,受周围环境影响较大。

电气火灾中的火源通常以异常高温、电弧(电火花)的形式出现,其发生一般可归纳为短路、连接不良和电气装置布置安装不当等原因。线路、开关、熔断器、插座、照明器具、电动机等发生故障时均可能引起火灾和爆炸。电力变压器、多油断路器等电气设备在发生故障时不仅有较大的火灾危险,还有爆炸的危险。

电气火灾呈现季节性,多发在夏、冬季。夏季风雨较多,气候变化大,雷雨活动剧烈,线路易发生断线、短路、倒杆等事故,引起火灾;夏季气温较高,对电气设备的发热有很大影响,如果使用、管理不善,如使用功率较大的电器,或同时使用量过多,也会在导线接头等发热着火或短路打火发生火灾。冬季天气寒冷,多风,干燥,人们对电炉、电热器等取暖设施的使用不当,容易出现电气火灾。老式建筑先天性火灾隐患多,因运行时间较长,电线电缆绝缘性能下降,老化、龟裂、磨损等特征出现而未及时更换,电气线路安装未考虑环境的影响及变化,如风力、温度变化、化学腐蚀、粉尘等,都可引起电气线路故障而引发火灾。

2) 电气事故预防的基本策略

由于电气事故具有上述特点,因此对电气事故的预防措施综合性强,既有技术上的措施,又有管理上的措施。在技术方面,预防电气事故首先是从电气设备设计着手,提高设备本质安全;其次就是从电气设备的安装、调试、操作、运行、检查、维护及技术改造等环节进一步完善电气安全技术措施,研究新出现电气事故的机理及其对策,开发电气安全领域的新技术等。在管理方面,主要是健全和完善各种电气安全组织管理措施。

一般来说,在现有技术水平下,电气事故的原因是安全组织措施不健全和安全技术措施不完善。实践表明,即使有完善的技术措施,因电气设备应用场所人员的操作、运行环境影响等仍然会影响电气设备的安全运行,导致电气事故发生。因此,必须重视防止电气事故的综合措施,即电气安全的组织措施和技术措施。

电气事故预防是一个系统工程,应从设备固有的安全设计着手,一直到电气设备的安装与使用、电气安全防护装置的完善、个体防护装备的使用以及操作人员的安全要求与培训等全过程采取相应措施予以防范。设备固有的安全设计可参照相关设备的安全标准,在此不介绍。电气事故预防的基本策略有以下几点:

(1) 根据使用环境合理设计与选择电气设备 不同的环境对用电设备有不同的要求,其设计、制造、安装、使用与维护与设备运行环境有关。安全使用电气设备的重要原则之一就是既要考虑设备本身安全特性,还要考虑设备使用环境危险程度。容易导致电气事故的使用环境有潮湿、粉尘、腐蚀性气体或蒸汽、可燃性气体或粉尘、金属导体等环境,因此根据使用环境选用合适的电气设备是消除电气事故隐患、保证安全生产的前提。

(2) 电气安全防护装置 科学设置安全检测、保护装置,并且保证其有效。

① 漏电保护装置:防止由于漏电引起人身触电,防止由于漏电引起火灾,监视切除电源接地故障。

② 电气安全联锁装置:触电事故联锁装置、排除电路故障联锁装置、电气闭锁装置(执行工作安全程序联锁装置)。

③ 信号检测、报警及联锁装置:实时掌握重要场所、危险场所中设备的运行参数,掌握其动态变化,消除危害、排除故障,避免事故发生。

(3) 个体防护装备及安全用具 个体防护装备及安全用具不仅对完成工作任务起重要的方便作用,而且对人身安全起重要的保护作用,防止人身触电、电弧灼伤、电磁感应辐射等危害。

个体防护装备(personal protective equipment, PPE)是从业人员为防御物理、化学、生物等外界因素伤害所穿戴、配备和使用的各种护品的总称,在生产作业场所穿戴、配备和使用的劳动防护用品也称为个体防护装备。电气系统的个体防护装备根据不同电压等级有带电作业屏蔽服、防电弧服、绝缘服,绝缘手套、绝缘鞋(靴)、绝缘站台和带绝缘性能安全帽,防冲击护目镜以及防强光、紫外线、红外线护目镜或面罩,以及有防止静电危害的防静电服、防静电手套、护腕、鞋等。

安全用具包括绝缘安全用具和防护安全用具。绝缘安全用具具有高压绝缘棒、验电器、绝缘夹钳等;防护安全用具包括接地线、防护遮栏、安全带、标识牌等。

(4) 电气设备应用的安全要求 电气设备的应用指的是电气设备按照电气安全要求制造完成后,在诸如使用和维护的生命周期内应该注意的安全要求。电气设备的应用危险有3个方面:电击危险、热效应危险、电磁场的危险。电气设备运行时保持电压、电流、温升等参数不超过允许值,防止电气设备过热、过电压导致绝缘破坏;线路或设备连接处电气连接良好,可避免接触电阻过大导致的温升过热;定期巡查和检修电气设备,消除电气设备、线路隐患,保持设备、线路的机械电气性完好。保持设备清洁,以防止设备脏污或灰尘堆积而降低设备的绝缘;保持电气设备绝缘良好,除了可以免除造成人身事故外,还可避免由于泄漏电流、短路火花或短路电流造成火灾或其他设备事故。

(5) 操作人员安全要求 由于电气设备的应用和场所关联密切,与操作人员有关,所以

对安全的要求涉及操作人员,对工作在受电气影响环境中的人员应具有潜在电气危险意识,应为偶尔须在裸露有电导体和电路部件处或附近工作的人员规定必要自律措施。例如:在开始每项工作前,应对相关人员作简要的工作介绍,包括与工作相关的电气危险、相关工作步骤、特殊预防措施、能源的控制及个人防护所需的材料等。

在工作电压为电压限值或以上的裸露电导体和电路部件处或附近开始工作之前,应根据电气设备说明采用锁定/标志装置进行保护。若无法采用锁定/标志装置,则应有适当的规定,如各种工作区边界的限制、隔离、人员资格、使用绝缘防护用品和工具等。

总之,通过对电气设备及其防护装置的安装、调试、操作、运行、检查、维护及技术改造等各环节中的不安全状态和对电工作业人员、用电人员的不安全行为进行监督检查,以达到降低各种电气事故发生率,保障人身安全与设备损坏,促进社会经济发展。

1.3 工厂供电基础知识

1.3.1 工厂供电系统概况

1) 电力系统组成

电力系统由发电厂、变电所、线路和用户组成。由各种电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体称为电力系统。通过输送和分配电能,将发电厂发出的电能经过升压、输送、降压和分配,最终送到用户,如图 1.1 所示。

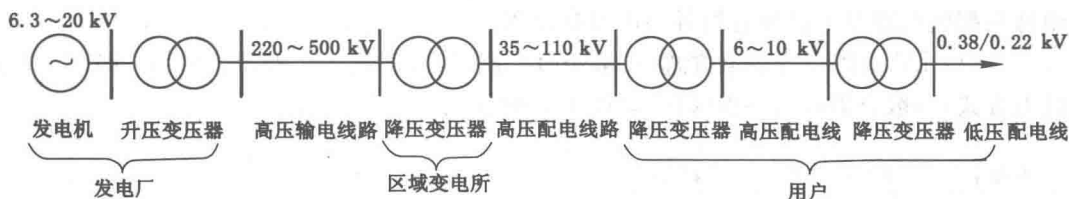


图 1.1 从发电厂到用户的发、输、配电过程示意图

发电厂根据一次能源的不同,可分为火力发电厂、水力发电厂、风力发电站和核能发电厂等,此外还有地热、太阳能等发电厂。按发电厂的规模和供电范围,又可以分为区域性发电厂、地方发电厂和自备专用发电厂等。

变电所是联系发电厂和用户的中间环节,其作用是汇集电源、升降电压和分配电力,起着变换和分配电能的作用。根据变电所在电力系统中的地位和作用,可以分成枢纽变电所、中间变电所、地区变电所和终端变电所。枢纽变电所位于电力系统的枢纽点,汇集多个电源,起到对整个电力系统各部分的纽带联结作用,负责对整个系统中电能进行传输和分配,连接电力系统高压和中压的几个部分,电压等级一般为 330~500 kV。中间变电所的电压等级一般为 220~330 kV,汇集 2~3 个电源和若干线路,高压侧起交换功率的作用,或使长距离输电线路分段,同时降压对一个区域供电。地区变电所的电压等级一般为 110~220 kV,主要向一个地区用户供电。终端变电所位于配电线路末端,接近负荷处,电压一般为 35~110 kV,经降压后直接向用户供电。

电力线路一般分为输电线路和配电线路,是输送电能的通道。通常,人们把电压在 220 kV 及以上的高压电力线路称为输电线路。输电网是电力系统中最高电压等级的电网,其作用是将电能输送到各个地区的区域变电所和大型企业的用户变电所。现代电力系统中既有超高压交流输电,又有超高压直流输电,这种输电系统通常称为交、直流混合输电系统。配电网是将电能从枢纽变电站直接分配到用户区或用户的电网,它的作用是将电力分配到配电变电站后再向用户供电,也有一部分电力不经配电变电站,直接分配到大用户,由大用户的配电装置进行配电。配电网由电压为 110 kV 及其以下的配电线路和相应电压等级的变电所组成,其作用是将电能分配到各类用户。配电线路又分为高压(110 kV)、中压(35~6 kV)和低压配电线路(380/220 V),高压配电线路一般作为城市配电网骨架和特大型企业供电线路,中压配电线路为城市主要配网和大中型企业供电线路,低压配电线路一般为城市和企业的低压配网。

2) 工厂供电系统

工厂供电系统由工厂总降压变电所、高压配电线路、车间变电所、低压配电线路及用电设备组成。

我国配电系统的电压等级,根据《城市电力网规划设计导则》的规定:220 kV 及其以上电压为输变电系统;35,66,110 kV 为高压配电系统;10,6 kV 为中压配电系统;380,220 V 为低压配电系统。一般的中型工厂的电源进线是 6~10 kV,电能先经过高压配电所集中,再由高压配电线路将电能分送给各个车间变电所。大型工厂和某些负荷较大的工厂,采用 35~110 kV 电源进线,一般都要经过两次降压,先经过工厂总降压变电所,将 35~110 kV 的电源电压降至 6~10 kV,然后经过高压配电线路将电能送到各车间变电所,车间变电所内装设有电力变压器,将 6~10 kV 的高压降低成一般用电设备所需的电压 380/220 V,然后由低压配电线路将电能分送给各用电设备使用。

35~110 kV 电源进线供电方式,一般经过二次降压,如图 1.2 所示。6~10 kV 电源进线供电方式,一般只需经过一次降压,如图 1.3 所示。

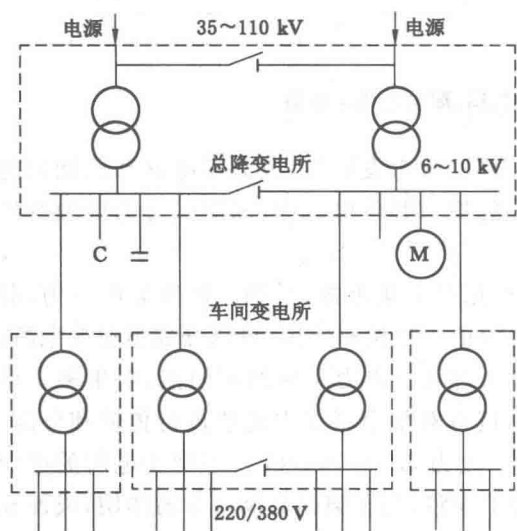


图 1.2 工厂二次降压供电方式

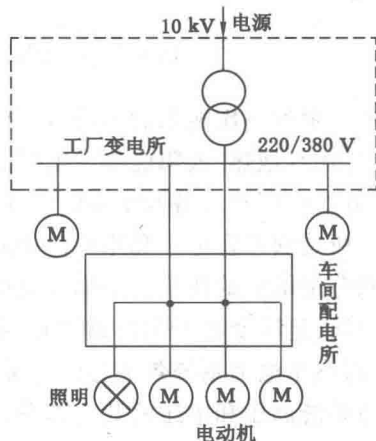


图 1.3 工厂一次降压供电方式

工厂供电系统中,变电所的作用是接收电能,变换电压和分配电能,而配电所的作用是接收电能和分配电能,两者的区别主要是有没有电力变压器。在实际的工厂供电系统中,为了节约用电和投资,往往把变配电设备装设在同一建筑物内,构成接收电能、变换电压和分配电能的变配电所。

3) 供电质量要求

(1) 供电安全 通过采取一系列措施,一旦电力系统发生故障,应能借助保护装置迅速将故障从系统中切除,防止故障的进一步扩大,并及时排除故障,把人身触电事故和设备损坏事故降低到最低的限度。

(2) 供电可靠性 供电可靠性(持续性)是指供电企业对用户供电的不间断性,一般以全部平均供电时间占全年时间的百分数来表示供电可靠性的高低。供电可靠性另一意义是指应满足电力用户对供电可靠性的要求。

(3) 供电质量 电力系统中所有电气设备,都是在一定的电压和频率下工作的。对于供配电系统来说,频率和电压是衡量电能质量的两个基本参数。

各种用电设备对电压偏差都有一定要求,若超过允许值,将导致电动机达不到额定输出功率,增加运行费用,甚至性能变劣、降低寿命。根据国家标准《供配电系统设计规范》(GB 50052—2009),正常运行情况下,用电设备端子处电压偏差允许值宜符合下列要求:

① 电动机为 $\pm 5\%$ 额定电压。

② 照明:在一般工作场所为额定电压的 $\pm 5\%$;对于远离变电所的小面积一般工作场所,难以满足上述要求时,可为额定电压的 $+5\%$ 或 -10% ;应急照明、道路照明和警卫照明等为额定电压的 $+5\%$ 或 -10% 。

③ 其他用电设备当无特殊规定时为额定电压的 $\pm 5\%$ 。

频率发生偏差,同样影响电力用户的正常工作。如频率降低将使异步电动机的转速下降,从而使生产效率降低,并会影响电动机使用寿命。我国技术标准规定,电力系统的额定频率为 50 Hz,此频率一般称为“工频”,在容量达到 3 000 MW 及以上时,频率偏差不得超过 ± 0.2 Hz,不足 3 000 MW 时,频率偏差不得超过 0.5 Hz。

对工厂供电系统来说,提高电能质量主要是提高电压质量,即电压的偏差、波动、波形等应满足国家标准或规范要求。通常,要求电力系统的供电电压或电流的波形应为正弦波。当电源波形不是标准的正弦波时,必然是电源中包含有谐波成分,这些谐波成分的出现会导致异步电动机的过热和效率下降,影响其正常运行。还可能使系统发生高次谐波共振而危及设备的安全运行。另外,电源中的谐波成分影响电子设备的正常工作,会造成对通信线路和设备的干扰等不良后果。对出现的一些谐波源及时采取相应的措施加以消除(如炼钢电弧炉、电力电子整流装置等必须采用单独变压器,消除谐波对电网的影响)。

(4) 供电经济 供配电系统应尽量做到投资要少,运行费用低,尽可能减少有色金属材料的消耗和电能损耗,提高电能利用率。

1.3.2 负荷分级及供电要求

1) 负荷分级

根据电力负荷因事故中断供电造成的损失或影响的程度区分其对供电可靠性的要求,进行负荷分级,损失或影响越大,对供电可靠性的要求越高。用电负荷分级的意义在于正确地反映它对供电可靠性要求的界限,以便恰当地选择符合实际水平的供电方式,提高投资的