



电气防火实用技术

(培训教材)

主编 杨有启 叶增禄

北京经济学院出版社

电气防火实用技术

(培训教材)

顾 问 郭学仁

主 编 杨有启 叶增禄

编写人员 亢海山 赵莲清 杨有启

龚国尚 陈 明 高德忠

叶增禄 王铭珍

北京经济学院出版社

(京)新登字 211 号

图书在版编目(CIP)数据

电气防火实用技术/杨有启,叶增禄主编. —北京:北京经济学院出版社,1995.4

ISBN 7-5638-0479-X

I. 电… I. ①杨… ②叶… II. 电气设备-防火-教材
N. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 04890 号

北京经济学院出版社出版

(北京市朝阳区红庙)

北京市通县永乐印刷厂印刷

全国新华书店发行

787×1092 毫米 32 开本 10.375 印张 231 千字

1995 年 4 月第 1 版 1995 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

印数:00 001—7 000

定价:9.30 元

前 言

电能的发现、推广与应用是人类历史上的里程碑。电力事业的发展与电能应用的水平是社会生产力发展和现代化水平的重要标志。

但是,如果在使用电能的过程中违反科学,也会给人类带来火灾或人身伤害。随着社会文明的进步,随着电气设备的日益普及,各种电气灾害有日渐增多的趋势。特别是电气火灾,随着城市生活现代化、电气化程度的提高,占有的比重越来越大。电气火灾与其他火灾有不同的特点,因此,研究电气火灾的规律,研究预防电气火灾的技术并推广应用,以最大限度地减少电气火灾,使电能忠诚地为人类服务,是防火专业技术的当务之急。

从全国和北京市火灾的统计资料看,电气火灾均呈跃升的趋势。以北京市电气火灾统计资料为例,60年代共发生电气火灾338起,仅占火灾总数的6%;70年代共发生电气火灾747起,占火灾总数的10%;80年代共发生电气火灾991起,占火灾总数的15.7%;而90年代的前4年已发生电气火灾659起,占火灾总数的22.8%。值得注意的是,进入90年代以后,电气火灾不仅在数量上占有越来越大的比例,而且所造成的经济损失大幅度上升。例如,1990年北京市发生电气火灾125起,经济损失129.5万元,分别占全市火灾的23.5%和31.1%;1991年北京市发生电气火灾188起,经济损失81.8万元,分别占全市火灾的21.6%和23.3%;1992年北京市发生电气火灾162起,经济损失327.6万元,分别占全市火灾的22.4%和57.3%;1993年北京市发生电气火灾184起,经济

损失 2269 万元,分别占全市火灾的 24.1%和 80%。许多特大恶性火灾是由于电气原因造成的。例如,1992 年,地处北京市繁华地区的和平门烤鸭店损失 263.7 万元的一场大火,就是由于插座接触不良,放电打火引燃周围可燃物造成的;又如,1993 年 6 月 12 日,北京市现代化大型商场——隆福大厦烧毁 8800m² 营业大楼和损失 2148 万元商品的特大火灾,是由于柜台上日光灯镇流器匝间短路使表面温度过高引燃周围可燃物造成的;还有,1994 年 1 月 30 日,浙江省杭州市天工艺苑商场损失 1000 万元的一场大火是由于吸顶灯电线短路造成的;同年 6 月 16 日广东省珠海市前山纺织城损失 4000 多万元,并导致 93 人死亡、156 人受伤的特大火灾,是由于工人违章使用冲击电钻拉脱电线接头,短路打火引燃周围可燃物造成的。夜总会、商城、歌舞厅、计算机房等由于电气火灾付之一炬,造成重大经济损失和人身伤亡的事例不胜枚举。

鉴此,我国早在建国初期就把电气防火安全列入了有关专业的技术规范。1984 年 5 月 11 日第六届全国人民代表大会批准,1984 年 5 月 13 日国务院公布的《中华人民共和国消防条例》规定:“新建扩建和改建工程的设计和施工,必须执行国务院有关主管部门关于建筑设计防火规范的规定”;“企业事业单位采用新材料、新设备、新工艺,必须研究其火灾危险性的特点,并采取相应的消防安全措施”等。根据该《条例》,1987 年 2 月 23 日国务院批准,1987 年 3 月 16 日公安部发布实施的《中华人民共和国消防条例实施细则》进一步规定:“设计人员在工程设计中,必须贯彻有关消防技术规范的要求。设计单位和人员应对工程防火设计负责”(第七条);“施工单位必须按照批准的防火设计图纸施工,不得擅自改动,并负责现场的消防工作”(第十条);“对礼堂、影剧院、俱乐部、文化宫、

游乐场、体育馆、图书馆、展览馆等人员集中的公共场所必须做到：安装、使用电气设备符合防火规定；临时增加电气设备必须采取相应措施，保证安全”（第二十一条）等。该《实施细则》还明确规定，“各单位或主管部门对电工、焊接工……必须进行消防知识专业培训，经有关主管部门考试合格后，方可定岗从事操作管理”（第二十七条）。因此，切实抓好对电工作业人员的培训和考核，以便落实电气防火安全措施，于事于法都是一项十分必要和十分紧迫的工作。

为了适应这一需要，北京经济学院安全工程系杨有启教授、北京消防协会叶增禄高级工程师、清华大学龚国尚教授、北京消防学校陈明老师、华北电力大学赵莲清老师等合作编写了这本《电气防火实用技术》，作为电工防火安全培训教材。

本书包括电学基础、电气线路防火、高压电气设备防火、低压电气设备防火、电焊防火技术、雷电与静电、电气防爆、漏电保护、消防设施与灭火、消防电气法规、电气火灾案例等十一章。第一章介绍与防火有关的电学基础；第二章～第五章介绍各种电气线路、电气设备起火的原因和防火安全条件；第六章介绍雷电和静电防火技术和防火管理方法；第七章介绍爆炸危险环境和火灾危险环境的安全技术；第八章介绍漏电保护技术在防火领域的应用；第九章介绍常用电气灭火设施和灭火方法；最后两章介绍消防法规电气部分摘录和电气火灾案例分析。

本书在素材取舍和内容安排上，以电气防火为中心，以实用为原则，考虑到电气防火涉及面较宽的特点和少而精的要求，精选内容，分清层次，以便于阅读、学习和教学之用。为切合当前实际情况，本书所列数据尽量摘自最新颁发的国家标准。此外，本书除考虑到当前需要外，还考虑到今后的发展，为

未来的电气防火提出建设性意见。

本书除用作持证电工防火培训教材外,还可供电气技术人员和消防工作人员阅读和参考之用。

本书编写过程中,北京市消防局、北京消防协会有关领导同志给予了热情的指导,并提出了一些建设性的意见,对于保证本书质量起到了至关重要的作用;万里英、张福、苑媛等同志也曾提出很多宝贵意见。在本书的组织 and 编写过程中,承蒙北京市电气工程协会李继雷主任大力支持并提供方便条件。在此,一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中不当或错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者 1995.3

目 录

第一章 电学基础	(1)
第一节 电荷和电场.....	(1)
第二节 电流和电路	(7)
第二章 电气线路防火	(17)
第一节 电气线路种类及特点	(17)
第二节 电气线路火灾原因	(22)
第三节 电气线路防火安全条件	(25)
第四节 低压配电方式的防火条件	(42)
第三章 高压电气设备防火	(49)
第一节 变配电站组成和防火要求	(49)
第二节 电力变压器防火	(54)
第三节 高压开关防火	(63)
第四节 互感器防火	(67)
第五节 电容器防火	(68)
第六节 蓄电池室防火	(71)
第四章 低压电气设备防火	(72)
第一节 用电设备的环境条件	(72)
第二节 电动机防火	(74)
第三节 低压电器防火	(82)
第四节 电热器具防火	(90)
第五节 电气照明防火	(94)
第五章 电焊防火技术	(101)
第一节 焊接概述.....	(101)
第二节 手弧焊机的技术参数.....	(102)

第三节	电焊机安装	(108)
第四节	电焊机的使用和故障处理	(115)
第五节	电焊机防火安全技术	(119)
第六章	雷电与静电	(121)
第一节	防雷技术	(121)
第二节	静电防护技术	(134)
第七章	电气防爆	(159)
第一节	爆炸的基本问题	(159)
第二节	危险物品的分级分组	(162)
第三节	爆炸和火灾危险环境	(169)
第四节	爆炸危险环境的电气设备	(179)
第五节	爆炸危险环境的电气线路	(192)
第六节	电气防爆措施概要	(199)
第八章	漏电保护	(202)
第一节	电击及防护技术	(202)
第二节	漏电保护原理	(212)
第三节	漏电保护装置性能指标和参数 选择	(216)
第四节	漏电保护装置应用	(221)
第九章	消防设施与灭火	(231)
第一节	火灾自动报警系统	(231)
第二节	固定灭火设施概要	(242)
第三节	灭火器	(247)
第四节	电气火灾的扑救	(253)
第十章	消防法规电气部分摘录	(263)
第一节	消防基本法规	(263)
第二节	消防行政管理法规	(264)

第三节	消防技术法规·····	(284)
第四节	刑法、治安处罚条例·····	(295)
第十一章	电气火灾案例·····	(298)
第一节	线路短路火灾案例·····	(298)
第二节	接触不良火灾案例·····	(303)
第三节	过负荷、过电压火灾案例·····	(305)
第四节	电火花、电弧火灾案例·····	(306)
第五节	照明灯具火灾案例·····	(307)
第六节	电焊火灾案例·····	(309)
第七节	杂散电流火灾案例·····	(312)
第八节	静电火灾案例·····	(314)
第九节	雷击火灾案例·····	(315)
第十节	国外电气火灾案例·····	(317)

第一章 电学基础

构成世间万物的原子中都带有电量相等的正电荷和负电荷,这是物体能够成为带电体的根本原因。当物体由于摩擦等原因使得其中某些物体失去电子而另一些物体得到电子时,就出现了物体带电现象。当带电微粒在外力作用下定向移动时,即形成电流。电荷和电流的能量称为电能。电能的利用成为人类文明史中最为光辉的一页,为人们带来无穷无尽的益处。然而,如果电能失去控制,即可能成为意外火源,引燃易燃、易爆品,酿成火灾。电气引燃、引爆是仅次于明火的第二位火灾原因。学习电学知识、掌握电气规律是防止电气火灾和爆炸的基础。本章将介绍与电气火灾和爆炸密切相关的电学基础知识和基本规律。

第一节 电荷和电场

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,电荷的能量即存储在电场中。当电荷相对观察者处于静止状态时,称为静电。近来,静电引燃、引爆的问题日益引起人们的重视。

一、静电基本定律

生产和工艺过程中出现的静电一般具有静电电位高而放电能量小的特点。由于静电电位高,容易发生意外放电现象,

并引燃、引爆周围的易燃、易爆危险品。计算静电电位和静电放电量是预测和分析静电引燃、引爆问题的基础。

(一) 库仑定律

库仑定律是实验定律,是静电计算的基本定律。库仑定律表示空间两个点电荷之间的作用力为

$$f = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon r^2} .$$

式中: f ——空间二电荷之间的作用力(N);

q_1 ——第一个点电荷的电量(C);

q_2 ——第二个点电荷的电量(C);

ϵ ——空间电介质的介电常数(F/m);

r ——两个点电荷之间的距离(m)。

该作用力的方向取决于两个点电荷的电性。当两个点电荷的电性一致时为排斥力;当两个电荷的电性相反时为吸引力。

(二) 电场强度和电位

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的功。根据库仑定律可以得到点电荷周围电场强度和电位的表达式为

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon r^2} ,$$

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon r} .$$

式中: E ——点电荷周围某点的电场强度(V/m);

φ ——点电荷周围某点的电位(V);

q ——点电荷的电量(C);

ϵ ——空间电介质的介电常数(F/m);

r ——点电荷至周围某点的距离(m)。

通过计算,可以得到静电场中电场强度和电位的分布,找出场域内最危险的部位,以便采取相应的防静电措施,防患于未然。

(三)静电能量

电荷的能量存储在其周围的电场中。在一般情况下,能量的分布是不均匀的,能量密度可按以下公式计算:

$$w = \frac{1}{2} \epsilon E^2.$$

式中: w ——电场能量密度(J/m³);

ϵ ——空间电介质介电常数(F/m);

E ——电场强度(V/m)。

两导体间发生放电时,存储在静电场中的能量全部释放出来,全部静电能量为

$$W = \frac{1}{2} C U^2.$$

式中: W ——静电能量(J);

C ——两导体间的电容(F);

U ——两导体间的电压(V)。

二、静电状态的转换

静电感应、静电屏蔽和静电放电是几种重要的静电转换现象。这些现象与生产和工艺过程中静电引燃和静电治理有密切的关系。

(一)静电感应

在静电场中,导体表面的原有电荷将在静电场的作用下

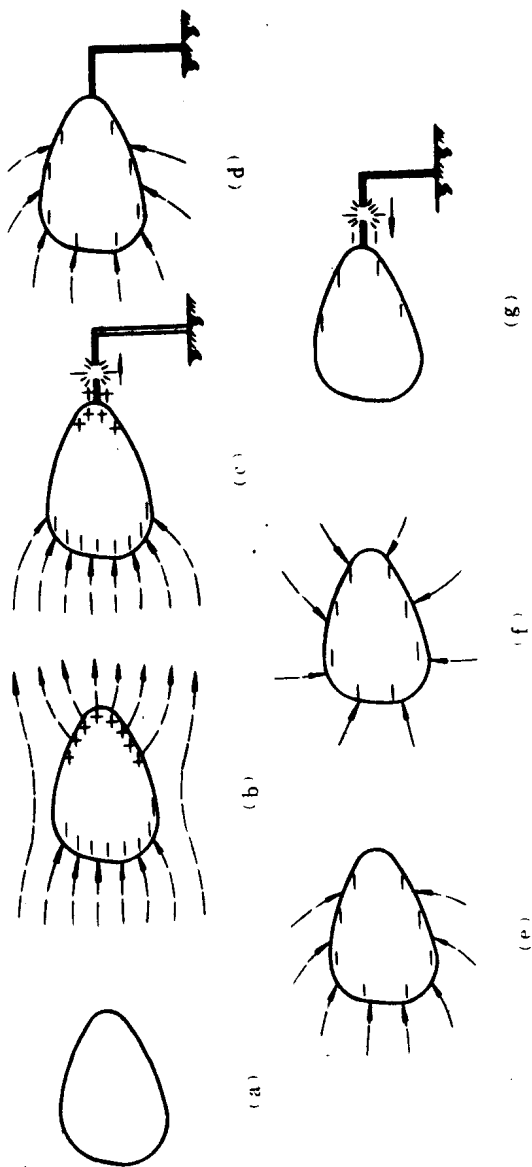


图 1-1 静电感应和感应起电

重新分布,在特定的部位出现电荷聚集的现象,这种现象即静电感应现象。由于静电感应,不带电的导体可以成为带电的导体,即不带电的导体可以感应起电。

图 1-1 表示由于静电感应使导体成为带电体的全过程。图中:(a)表示电中性导体;(b)表示静电感应,即该导体在外界静电场的作用下,其上电荷宏观移动而成为带电体,出现对地电压;(c)表示该导体接地,其上正电荷泄入大地,电荷宏观移动停止,该导体又与大地等电位;(d)表示断开接地线后,该导体带电情况保持不变,仍与大地等电位;(e)表示外电场取消后,该导体成为孤立带电体,出现对地电压,这就是感应起电。

在生产和工艺过程中,由于静电感应和感应起电,可能在导体(包括人体)上产生很高的对地电压,形成孤立的、可移动的带电体,这是一个容易被人们忽视的危险因素。

(二)静电屏蔽

理论和实验均可证明,在静电场中,导体上的静电电荷分布在导体的外表面上,导体内的电场强度为零,这就是最基本的静电屏蔽现象。如图 1-2 所示,在静电条件下,空腔导体内的电场强度为零;如果在空腔导体内有电荷,且其外表面接地,则外表面上的感应电荷泄入大地,导体外部电场强度为零。导体在静电感应中的这种现象称为静电屏蔽。静电屏蔽可用于静电防护。

(三)静电放电和击穿

静电放电是静电消失的主要途径之一。静电放电受电场均匀程度,电荷极性,以及材料、电压作用时间,气体状态等因素的影响。

当施加于电介质上的电场强度超过临界值时,介质发生

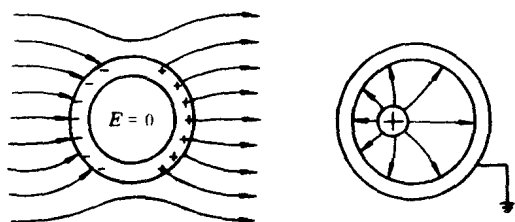


图 1-2 静电屏蔽

破裂或分解,完全失去绝缘性能,介质中电流急剧增加,这种现象就是电介质的击穿。击穿时的电场强度简称为击穿强度。

气体电介质的击穿是由碰撞电离导致的电击穿。击穿时两极间的放电特性如图 1-3 所示。由于大气中产生和存在着微量的自然离子,在两极间施加电压即有电流出现。当两极间电压低于 U_1 时,气体中电流随电压的增加而增

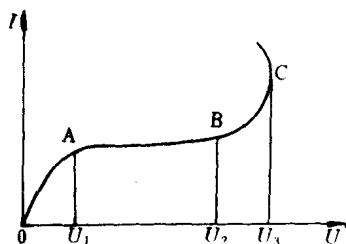


图 1-3 气体放电特性

加(图中 OA 段)。这是由于电压越高,电场越强,达到电极的电子和离子越多的缘故。当电压升高到 $U_1 \sim U_2$ 之间时,气体中电流基本上保持不变(图中 AB 段),这是由于电极间空气中的电子和离子在极短的时间内全部达到电极的缘故。当电压升高到 U_2 时(图中 B 点),由于碰撞电离,即由于空气中的电子在定向运动过程中获得足够的动能,与气体分子碰撞,使中性分子电离,产生新的电子和离子,从而使电流随着电压的升高而迅速增加。当电压继续升高到 U_3 时(图中 C 点),由于发生雪崩式电离,即由于碰撞产生的电子也能积累足够的动能引起碰撞电离,形成所谓电子崩。电子崩出现后,空气中电

子和离子急剧增加,碰撞电离增强,光电离发生,形成所谓流注,并导致极间电压下降。

如果极间电场比较均匀,一旦出现流注,立即迅速发展,形成贯穿整个间隙的火花放电,间隙被击穿。如果间隙很大,流注发展到一定程度后不再向前发展,但其后方发生强烈的热电离,形成所谓先导放电,并贯穿整个间隙,构成更为明亮的火花放电;如果极间电场不均匀,流注在电场强度高的区域形成,并可能只伸展到一定的距离就停下来,流注前部呈刷状,但不构成贯穿整个间隙的火花放电;如果极间电场很不均匀,只在很小的范围内发生流注,则形成电晕放电。

在均匀电场中,气压为 0.098MPa,温度为 20℃,极间距离大于 0.1cm 的条件下,空气击穿电压与极间距离保持如下关系:

$$U_3 = 30h + 1.35.$$

式中: U_3 ——空气击穿电压(kV);

h ——电极间距离(cm)。

液体和气体的击穿机理比较复杂,定量分析比较困难,而且与火灾和爆炸的联系不太密切,这里不再赘述。

第二节 电流和电路

在电源的作用下,带电微粒会发生定向移动,正电荷向电源负极移动,负电荷向电源正极移动。一般以正电荷移动的方向为电流的正方向。电流的大小和方向不随时间变化的电流称为直流电;电流的大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流电。