



云南出版集团公司
云南人民出版社

DIANQI
FANGHUO

电气 防火

消防指挥专业专科统编教材
XIAOFANGZHIZHUANYANZHUANETONGBIANJIJIAOCAI

张宏宇 主编





消防指挥专业专科统编教材

电气防火

张宏宇 主编

云南出版集团公司
云南人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气防火 / 张宏宇主编. —昆明: 云南人民出版,
2006. 4

消防指挥专业专科统编教材

ISBN 7 - 222 - 04705 - 0

I. 电... II. 张... III. 电气 - 防火 - 高等学校 -
教材 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 037149 号

终 审: 欧阳常贵

统 稿: 李锦雯

责任编辑: 李锦雯

装帧设计: 胡元青

责任印制: 施建国

书 名	电气防火
作 者	张宏宇 主编
出 版	云南出版集团公司 云南人民出版社
社 址	昆明市环城西路 609 号
邮 编	650034
网 址	ynrm. peoplespace. net
E - mail	rmszbs@ public. km. yn. cn
开 本	850 × 1168 1/32
印 张	9.375
字 数	235 千
版 次	2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
排 版	云南科技印刷厂
印 刷	云南科技印刷厂
书 号	ISBN7 - 222 - 04705 - 0
定 价	27.00 元

编审委员会主任：李 树 刘汉宏

编审委员会副主任：卢桂平 崔德俊 程丹江

吕显智

编 委：陈宏伟 张宏宇 张福有

吴元智 陶正福

主 编：张宏宇

副 主 编：周丽秀 陈晓林

编 者：张宏宇 周丽秀 陈晓林 戴丹妮

李 扬 杨 晨 王永西

前 言

按照邓小平同志“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的指示精神和《公安消防部队昆明指挥学校教学计划》的要求，为适应新形势下培养消防专业人才的需要，努力提高教育质量，我校组织相关教师编写了《消防指挥专业专科统编教材》。本教材以马列主义、毛泽东思想、邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，以国家的法律、法规和国务院、公安部对新时期消防工作的指示为依据，针对消防高等专科学校教育的规律、特点，立足消防，贴近基层，理论联系实际，总结消防工作的经验，吸取国内外消防科学技术最新成果编写而成。教材在内容上，力求正确阐述各门学科的基本理论、基础知识，既注重教材的深度和广度，又注重突出基本理论、基础知识在消防工作中的具体应用，并兼顾到内容的科学性、系统性和实用性。本统编教材可供全国消防部队院校专科教学，基层消防干部和企业事业单位专职消防人员的培训以及广大消防官兵自学使用。

《电气防火》是《消防指挥专业专科统编教材》之一，由张宏宇主编。编写人员分工如下：第一章，张宏宇；第二章，王永西；第三章，戴丹妮；第四章，陈晓林；第五章，周丽秀；第六章，李扬；第七章，杨晨。

由于理论水平有限，时间仓促，工作经验不足，错误在所难免，望读者批评指正。

公安消防部队
昆明指挥学校 专科统编教材编审委员会

二〇〇六年一月

目 录

第一章 电气防火安全基础知识	(1)
第一节 电气火灾原因分析与防护措施	(1)
第二节 电气安全基础知识	(10)
第三节 电气火灾灭火安全技术	(21)
第二章 变配电所防火	(29)
第一节 电力系统及变配电所	(29)
第二节 电弧的产生及灭弧方法	(38)
第三节 电力变压器	(43)
第四节 高压断路器	(58)
第五节 变配电所土建防火	(65)
第三章 消防供配电系统	(79)
第一节 系统概述	(80)
第二节 消防电源	(82)
第三节 消防设备配电	(107)
第四节 应急照明与疏散指示	(112)
第五节 消防设备电气配线防火	(121)
第四章 电气线路与设备防火	(128)
第一节 负荷计算	(128)

第二节	电气设备的选择	(131)
第三节	线路敷设的防火要求	(144)
第四节	电缆线路防火和阻燃措施	(153)
第五节	接地与接零	(161)
第六节	电气设备防火	(171)
第七节	红外测温仪在电气线路与设备防火中的应用	(187)
第五章	爆炸和火灾危险环境电气设备的选择	(192)
第一节	爆炸性混合物的分类、分级和分组	(192)
第二节	爆炸危险环境区域划分	(195)
第三节	爆炸危险环境的电气设备	(201)
第四节	电气防爆应用问题	(211)
第五节	火灾危险环境的电气设备	(218)
第六章	防雷	(223)
第一节	雷电的危害	(224)
第二节	防直击雷保护装置	(232)
第三节	建筑物防雷	(250)
第七章	防静电	(268)
第一节	静电的产生、积聚和消散	(268)
第二节	静电危害及其危险界限	(276)
第三节	防止静电危害的方法	(281)
参考书目		(292)

第一章 电气防火安全基础知识

第一节 电气火灾原因分析与防护措施

在科学技术高度发展的今天,电几乎进入人们生产和生活的所有领域,成为最基本的能源,电力在现代工农业生产、科学实验及人民生活等各个领域获得了极为广泛的应用,离开了电力对于当今社会来讲几乎是寸步难行。然而,电力一方面造福了人类,一方面又会对人员及设备构成威胁。电力随科学技术的进步而发展,一方面随之出现了更先进的安全技术,另一方面由于新技术的应用,又会带来一些新的电气安全课题,均可能由于电气设备的安装、维修、使用不当以及因电气设备的结构和装置不完善、错误操作等原因引发电气火灾和爆炸等事故。这除了会造成人员伤亡外还可能造成大面积停电、停产,给社会各方面造成不可估量的损失。全世界每年死于电气事故的人约占全部事故死亡人数的25%,电气火灾约占火灾总数的14%以上。自1993年至2002年,我国电气火灾共发生203780起,每年电气火灾占年发生火灾的24%~28.5%,几乎是世界平均水平的两倍,到目前为止电气火灾仍有上升的趋势。

电气防火就是研究电气火灾形成机理及电气安全防火设施,防止电气火灾事故发生的一门学科。电气防火是安全工程学科中

的一个分支学科，它是建立在安全技术与电气专业技术的基础之上，又与电机学、电器学、绝缘材料、高电压技术、工业企业供电、化工原料、化工工艺等学科是密切相关的，它是建立在众多学科基础上的一门边缘学科。

一、电气火灾与爆炸的原因

(一) 电气火灾

由于电气方面原因产生的火源而引起的火灾称为电气火灾。

(二) 电气火灾与爆炸的原因

1. 电气设备短路

凡电流未经一定的用电负载、阻抗或未按规定路径而就近自成通路的状态，称为短路。如几条相线直接碰触在一起，或者中性点接地系统的相线与零线或大地相碰等。此时导线的发热量剧增，不仅能使绝缘燃烧，而且还会使金属熔化或引起邻近的易燃、可燃物质燃烧酿成火灾。发生短路的原因主要有：

(1) 导体的绝缘由于磨损、受潮、腐蚀、鼠咬，以及老化等原因而失去绝缘能力。

(2) 设备长年失修，导体支持绝缘物损坏或包裹的绝缘材料脱落。

(3) 绝缘导线受外力作用损坏，如导线被重物压轧或被工具等损坏。

(4) 架空裸导线弛度过大，风吹造成混线；线路架设过低，搬运长、大物件时不慎碰到导线，以及导线与树枝相碰等，都会造成短路事故。

(5) 检修不慎或错误造成人为短路。

2. 电气设备过负荷

当电流通过导线时，由于导线有电阻存在，便会引起导线发热。导线允许连续通过而不致使其过热的电流量，称为导线的安

全载流量。如果实际电流超过了安全载流量,就称作过负荷。这时,导线温度就会超过最高允许温度,其绝缘层老化将加速。若是严重过负荷或长期过负荷,则绝缘层就将变质损坏而引起短路着火。发生设备过负荷的原因主要有:

(1) 电气设备规格选择过小,容量小于负荷的实际容量。

(2) 导线截面选得过细,与负荷电流值不相适应。

(3) 负荷突然增大,如电机拖动的设备缺少润滑油、磨损严重传动机构卡死等。

(4) 乱拉电线,过多地接入用电负载。

3. 电气设备绝缘损坏或老化

绝缘损坏或老化会使绝缘性能降低甚至丧失,从而造成短路引发火灾。引起绝缘老化的原因主要有:

(1) 电气因素。绝缘物局部放电;操作过电压或雷击过电压;事故或过负荷的过电流等。

(2) 机械因素。旋转部分、滑动部分、接触部分的摩擦损耗;结构材料的屈曲、扭曲、拉伸等运动或异常振动、冲击等的反复作用等。

(3) 热因素。温升过高使绝缘物热分解、氧化等的化学变化、气化、硬化、龟裂、脆化;设备反复起动、停止、温升、温降的热循环,使结构材料间因热膨胀系数不同产生应力等。

(4) 环境因素。周围有害物质(煤气、油、药品等)的腐蚀;阳光、紫外线长期照射和氧化作用;老鼠、白蚁等咬坏电线、电缆,以及水浸等。

(5) 人为因素。施工不良、维护保养不善或设备选型不当等。

4. 电气连接点接触电阻过大

在电气回路中有许多连接点,这些电气连接点不可避免地产生一定的电阻,这个电阻叫做接触电阻。正常时接触电阻是很小

的，可以忽略不计。但不正常时，接触电阻显著增大，使这些部位局部过热，金属变色甚至熔化，并能引起绝缘材料、可燃物质的燃烧。电气连接点接触电阻过大的原因主要有：

(1) 铜、铝相接并处理不好。如对铜、铝导线用简单的机械方法连接，尤其在潮湿并含盐环境中，铜铝接头就相当于浸泡在电解液中的一对电极，铝会很快丧失电子而被腐蚀掉，使电气接头慢慢松弛，造成接触电阻过大。

(2) 接点连接松弛。螺栓或螺母未拧紧，使两导体间接触不紧密，尤其在有尘埃的环境中，接触电阻显著增大。当电流流过时，接头发热，甚至产生火花。

5. 电火花与电弧

电火花是电极间放电的结果，大量密集的电火花构成了电弧。电弧温度可达 $3000^{\circ}\text{C} \sim 5000^{\circ}\text{C}$ ，因此它们能引起周围可燃物质燃烧，使金属熔化或飞溅，构成危险的火源，引发火灾。电火花可分为工作火花和事故火花两类。工作火花是指电气设备正常工作或操作时产生的火花（如通断开关、插拔插头时产生的火花）；事故火花是指电气设备发生故障时产生的火花（如导线短路时产生的火花、熔丝熔断时产生的火花），以及由外来原因产生的火花（如雷电、静电、高频感应等产生的火花）。产生电火花和电弧的原因主要有：

(1) 导线绝缘损坏或导线断裂引起短路，从而在故障点会产生强烈的电弧。

(2) 导体接头松动，引起接触电阻过大；当有大电流通过时便会产生火花与电弧。

(3) 架空裸导线弧垂过大，遇大风时混线而产生强烈电弧。

(4) 误操作或违反安全规程，如带负荷拉开关、在短路故障未消除前合闸等。

(5) 检修不当，如带电作业时因检修不当而人为地造成了

短路等。

(6) 正常操作开关或熔丝熔断时产生的火花。

二、电气防火与防爆的一般措施

防止电气火灾与爆炸，必须采取严密的综合措施。它包括组织措施（如严格执行规程、规章制度及有关政策法规等）和众多相配套的技术措施两大方面。

根据电气火灾与爆炸的成因，预防的根本性技术措施可概括为三类：现场空气中排除各种可燃易爆物质；避免电气装置产生引起火灾和爆炸的火源；改善环境条件（主要包括土建等方面，从这方面预先采取适当措施，可减少火灾与爆炸事故发生的可能性及发生后造成的损失）。

（一）排除可燃易爆物质

1. 保持良好通风和加速空气流通与交换，能有效地排除现场可燃易爆的气体、蒸汽、粉尘和纤维，或把它们的浓度降低到不致引起火灾和爆炸的限度之内。这样还有利于降低环境温度，这对可燃易爆物质的生产、储存、使用及对电气装置的正常运行都十分重要。采用机械通风时，供气中不应含有可燃易爆或其他有害物质。事故排风用的电动机控制设备，应安装在事故情况下便于操作的地方。

2. 加强密封，减少可燃易爆物质的来源。可燃易爆物质的生产设备、储存容器、管道接头和阀门等均应严密封闭并经常巡视检测，以防止可燃易爆物质发生跑、冒、滴、漏等现象。

（二）排除各种电气火源

1. 对正常运行时会产生火花、电弧和危险高温的电气装置，不应设置在有爆炸和火灾危险的场所。

2. 爆炸和火灾危险场所内的电气设备，应根据危险场所的等级合理选用防爆电气设备的类型，以适应使用场所的条件和

要求。

3. 电力设备和线路在布置上应使其免受机械损伤, 并应防尘、防腐、防潮和防日晒雨雪。安装验收应符合规范, 要定期检修试验, 加强运行管理, 确保安全运行。

4. 凡突然停电有可能引起电气火灾和爆炸的场所, 要有两路及两路以上的电源供电, 且两路电源之间应能自动切换。

5. 在爆炸和火灾危险场所内, 各电气设备的金属外壳应有可靠接地或接零, 以便碰壳接地短路时能迅速切断电源, 防止短路电流产生高温高热引发爆炸与火灾。

(三) 改善环境条件

变、配电装置及有爆炸性危险场所的设置、建筑、防火间距等应符合国家相关的规范。

(四) 保证电器设备的防火间距及通风

1. 保持防火间距

选择合理的安装位置, 保持必要的安全间距, 是防火防爆的一项重要措施。为了防止电火花或危险温度引起火灾, 各种电器用具或设备的设置都应避开易燃易爆物品。对电气开关及正常运行时产生火花的电气设备, 离开可燃物存放地点的距离不应少于3m。变配电所内由于电气设备多且有些在工作时温度较高或会产生电火花, 故其防火防爆要求更严(这将在本书的其他章节讲述)。

2. 对设备实施密封

在有爆炸危险场所装设电气设备时, 对其实施密封是局部防爆的一项重要措施。密封是指将产生电弧、电火花的电气设备与易燃易爆的物质隔离开来而达到防爆目的。此外, 在发生局部燃烧爆炸时, 密封还可以防止事故的进一步扩大。

3. 保持通风良好

(1) 变压器室一般采用自然通风。若采用机械通风, 送风

系统不应与爆炸危险场所的送风系统相连，且供给的空气不应含有爆炸性混合物或其他有害物质。

(2) 蓄电池室可能有氢气排出，故更应注意良好的通风。

(3) 爆炸危险场所内事故排风用的控制开关应设在便于操作的地方，并妥善管理。

(4) 通风系统的电源必须可靠，应采用双回路供电方式。

(五) 正确选用和安排电气设备

1. 电气设备的选用

电气设备所产生的火花、电弧或危险温度，都能引起危险场所的火灾或爆炸事故。因此，电气设备根据产生火花、电弧或危险温度的特点采取多种防护措施，同时按防护措施的不同，它们可分多种类型。实践中，应根据使用环境的危险程度来正确地选择：

(1) 火灾危险场所电气设备的选型。正常运行时有火花的和外壳表面温度较高的电气设备，应尽量远离可燃物质。在有火灾危险的场所选用电气设备时，应根据场所等级、电气设备的种类和使用条件进行选择。

(2) 爆炸危险场所电气设备的选型。选用时应根据爆炸危险场所的类别、等级和电火花形成的条件，并结合爆炸性混合物的危险性进行选择。

(3) 危险场所线路导线的选择。对于火灾爆炸危险场所的线路导线除应满足一般安全要求外，还应符合防火防爆要求：应有足够的机械强度，绝缘导线都要穿钢管敷设，耐热等。

2. 设备安装时的注意事项

(1) 安装施工中不能损伤导体的绝缘；电缆沟敷设必须考虑防积水与鼠害的措施；在不需拆卸检修的母线连接处，要采用熔焊或钎焊；在螺栓连接处应防止自动松脱。

(2) 危险场所不准装设插座或敷设临时线路，同时严禁使

用电热器具。

(3) 露天安装时应有防雨、防雪措施；在高温场所应采用瓷管、石棉、耐热绝缘的耐热线；在有腐蚀介质的场所，应采用铅皮线或耐腐的穿管线。

(4) 有爆炸危险的场所，应将所有设备的金属部分、金属管道以及建筑物的金属结构全部接地（或接零）。

(5) 有爆炸或火灾危险的场所，安装人员不应穿戴腈纶、尼龙及涤纶织物的服装和袜子、手套、围巾。同时，所使用的工具也应尽量不采用塑料或尼龙制品。

(六) 防止设备故障及过负荷

保持电气设备的正常运行，防止产生过大的工作火花及出现事故火花与危险温度，对于防火防爆有着重要意义。运行中由于种种原因，有时会出现设备故障或过负荷，并进而引发电气火灾或爆炸事故。为此，实践中应分类采取相关措施。

1. 防止电气设备发生短路的措施

(1) 电气设备的安装应严格按照要求施工。对于不同的场合应选用不同类型的电气设备和安装方式。如在潮湿和有腐蚀介质的场所，应采用有保护的绝缘导线如铅包线、塑线，或者用普通绝缘线敷设在钢管内或塑料管内。

(2) 导线绝缘强度必须符合电源电压的要求。即用于 220V 电压的绝缘导线应选用 250V 级，用于 380V 电压的绝缘导线应选用 500V 级。

(3) 应定期用绝缘电阻表检测设备的绝缘情况，发现问题要及时处理。

(4) 敷设线路时，导线之间、导线对地及对建筑物的距离应符合规定的安全距离要求。

(5) 穿墙或穿越楼板的导线，应用瓷管或硬塑管保护，以免导线绝缘遭到损坏。

(6) 应安装符合规定的熔断器及保护装置,使线路发生短路时能迅速切断电源。

2. 防止电气设备过负荷的措施

(1) 通过导线的电流不得超过其安全载流量。不能在原线路上擅自增加用电设备。

(2) 电气设备的容量要与实际负载功率相匹配,也不要“大马拉小车”造成浪费。

(七) 防止电气设备绝缘老化

根据不同环境选择安装位置,尽可能避开热源、阳光直射处以及含腐蚀介质场所,平时要防止设备超负荷运行。

(八) 防止接触电阻过大

导线与导线或导线与电气设备接线端子的连接,应接触良好,在易发生接触电阻过大的部位,可涂上变色漆或安放示温片,便于监督。

三、电气防火检查

电气防火检查的目的是发现和消除电气火灾隐患。电气防火检查的主要内容如下:

(一) 电能生产、输配和使用中的电气火灾隐患

如发电机、变压器、用电设备、开关保护装置、导线电缆等的安装敷设位置、耐火等级、防火间距、运行状况(过负荷、异常现象、故障史等)、绝缘老化情况、保护装置完好状况等。

(二) 电气防火工程是否完整有效

如消防电源系统的电源数量、电源种类、配电方式、电源切换点、配线耐火性能与措施、火灾应急照明与疏散指示标志的位置、照度、亮度装置耐火性、火灾自动报警装置与联动系统。

第二节 电气安全基础知识

电力系统是由发电厂、电力网和用户组成的统一整体。由于目前电能还不能大规模地储存，发电、供电和用电是同时进行的，因此，用电事故发生后，除可能造成电厂停电，引起设备损坏、人身伤亡事故外，还可能影响电力系统的稳定，进而造成系统大面积停电，给工农业生产和人民生活造成很大的影响。对有些重要的负荷如冶金企业、采矿企业、医院等，可能会产生更严重的后果。同时，电能是由一次能源转换而得的二次能源，在应用这种能源时，如果处理不当即可能发生事故，危及生命安全和造成财产损失。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，将造成烧伤和烫伤；电能离开预定的通道，将构成漏电或短路，进而造成人身伤害、火灾、财产损失。

因此，人们只有掌握了用电的基本规律，懂得用电的基本知识，按操作规程办事，切实防止各种用电设备事故和人身触电事故的发生。

一、电气安全基础知识

(一) 电对人体伤害的种类

当人体发生触电时，电流会对人体造成程度不同的伤害，一般可分为两种类型：一种称为电击；另一种称为电伤。

1. 电击及其分类

电击是指电流通过人体时所造成的内部伤害，它会破坏人的心脏、呼吸及神经系统的正常工作，甚至危及生命。

绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。电击还常会给人体留下较明显的特征：电标、电纹、电流斑。电标是在电流出入