

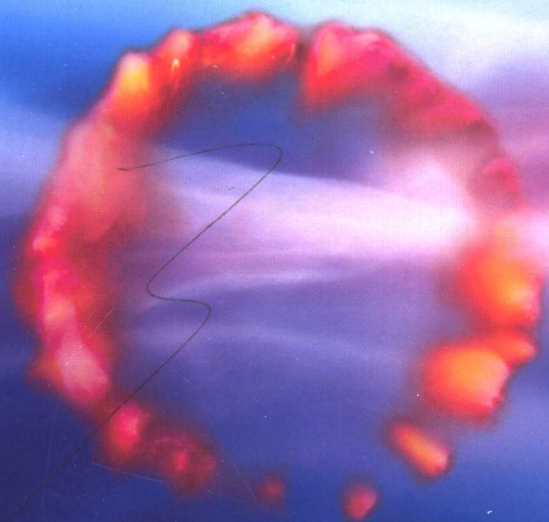
实用消防安全丛书

建筑电气防火技术

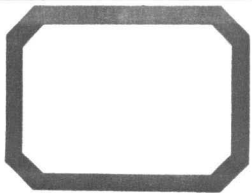
中国消防协会学术工作委员会 组织编写



陈南 主编



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心



实用消防安全丛书

建筑电气防火技术

中国消防协会学术工作委员会 组织编写



陈南 主编



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气防火技术/陈南主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.11
(实用消防安全丛书)
ISBN 7-5025-7974-5

I. 建… II. 陈… III. 房屋建筑设备; 电气设备-防火 IV. TU892

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 145966 号

实用消防安全丛书

建筑电气防火技术

中国消防协会学术工作委员会 组织编写

陈南 主编

责任编辑: 杜进祥

文字编辑: 李玉峰

责任校对: 凌亚男

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 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 208 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7974-5

定 价: 18.00 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

序 言

消防是一项社会性、科学性很强的工作，是人民生命财产安全和社会主义经济建设的重要保障之一。近年来，随着改革开放的不断深入，国家经济建设的快速发展，城市化建设规模的不断扩大，对消防工作的要求也越来越高。只有普及消防法规和消防科技教育，才能有效地预防和减少火灾危害。在当前国家经济建设迅速发展，火灾形势相当严峻的情况下，将消防知识纳入社会教育、培训的内容，对于提高全民的消防素质，增强全社会抗御火灾的能力，意义重大。

近年来，随着国民经济和人民生活水平的稳步提高，消防产业逐渐上升为国民经济的重要组成部分。各类消防企业如雨后春笋般成长起来。据统计，我国现有各类消防产品生产企业数千家，消防工程施工企业万余家，从业人员达百余万人。开展消防安全培训，提高从业人员消防安全意识和素质的问题，越来越引起各级政府的重视。尤其是《中华人民共和国消防法》把消防教育、培训上升为法律规定，有力地推动了社会消防教育、培训工作。

为了服务于社会消防安全教育、培训工作，结合当前消防技术法规要求和消防科学技术发展，中国消防协会学术工作委员会和化学工业出版社安全科学与工程出版中心共同组织专业人员编写了这套“简明扼要，选材新颖，特色鲜明，通俗易懂”的实用消防安全丛书，全面系统地介绍当代防火、灭火技术知识，以供广大消防工程设计、施工安装技术人员，社会单位消防管理人员及消防专业相关人员学习、培训使用。

这套丛书包括 9 个分册，分别为：《消防基础知识》、《灭火剂与灭火器》、《建筑防火安全技术》、《建筑电气防火技术》、《建筑火灾自动报警技术》、《建筑消防给水系统》、《建筑气体灭火系统》、《建筑消防安全管理》、《建筑消防安全问答》等。这套丛书的一个共同特点是

坚持理论与实践相结合的原则，反映了消防领域的基本知识、基本方法和作者的宝贵经验以及有关领域的最新成果，注重实用性和可操作性，力求通俗易懂，面向广大社会从业人员。

我相信这套丛书的出版，有利于社会消防安全教育、培训工作，对提高公民的消防安全素质、增强全民抗御火灾的能力将发挥积极的作用，消防领域的广大科技工作者、管理人员以及相关专业人员也将从中受益。

中国人民武装警察部队学院副院长，少将
中国消防协会学术工作委员会主任委员

A handwritten signature in black ink, consisting of two large, stylized Chinese characters, '杨' (Yang) and '瑞' (Rui), written in a cursive style.

2005 年 11 月

前 言

随着我国经济建设的快速发展,社会物质财富不断增多,人民物质文化生活水平显著提高。与此同时,生产和生活中用火、用电、电气设备的应用逐渐增多,因而发生各类火灾的危险性也相应地增多,火灾发生的次数以及造成的财产损失、人员伤亡呈现上升的趋势。从点火源种类及其火灾发生的原因分析,我国电气火灾的发生率和损失率居高不下,造成的损失、危害均居首位。据统计,自1997年到2004年,我国火灾直接经济损失均在14亿元以上,其中电气火灾的损失占30%以上;电气火灾发生的次数占总火灾次数的30%以上。近年来,我国的电气火灾形势依然严峻,电气防火监督管理工作任务任重道远。

分析电气火灾发生和造成严重后果的原因,其中主要的一点是许多电气防火技术措施没有在实际工程的设计和施工过程中得到落实,在日常的生产、生活用电过程中用电安全和管理措施也没有得到很好的落实,从而导致了电气火灾事故的发生,并造成重大的经济损失和人员伤亡。因此,对电气火灾及其防火安全问题必须引起高度重视,要严格按照有关消防法规的规定,采取科学合理、先进实用的消防安全技术措施,最大限度地防止和减少电气火灾事故的发生。为了帮助有关人员更好地学习、掌握电气防火方面的基本知识和各种电气防火技术措施,编者在总结多年理论教学和实践经验的基础上,编写了《建筑电气防火技术》一书。

本书是一部专门介绍电气防火安全技术的书籍。在编写过程中,严格遵守了现行建筑消防技术规范的规定,吸纳了目前建筑消防工程领域的新技术和新成果,注重理论联系实际和适用性,突出实用性和可操作性;内容力求全面、系统,体系完整;同时力求简洁明了,便于学习掌握。

本书由陈南主编，参编人员有关大巍、王伟、王凌东、罗云庆、付伟民等同志。

本书主要供建筑工程电气设计人员、施工人员和建筑工程监理人员，以及企事业单位消防安全管理人员学习使用，也可供消防监督管理人员及消防院校师生学习参考。

本书在编写过程中，参考和引用了本专业领域内同行和专家的有关专业资料，在此谨向他们表示谢意。由于水平所限，书中难免存在不足之处，恳请读者指正，以臻完善。

编 者
2005 年 10 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 电气防火概念	1
一、交流电基础知识	1
二、电气火灾与电气防火	3
三、电气防火的研究内容与技术发展	4
第二节 电气火灾原因	5
一、电气火灾趋势	5
二、电气火灾的一般原因	5
三、电气火灾防灾减灾对策	7
四、电气防火审核与检查	8
第三节 工业企业供配电系统	9
一、电力系统概念	9
二、工业企业供配电系统组成	11
三、电力网的额定电压等级	12
四、用电设备的工作制	14
第二章 电气发热成灾机理分析	16
第一节 电气发热及其危害	16
一、发热对载流导体的不良影响	16
二、载流导体运行中的工作状态	19
三、载流导体运行中的损耗及散热形式	20
第二节 均质导体的长时发热与短路时发热	23
一、均质导体的长时发热	23

二、均质导体的短路时发热	28
三、提高导体允许载流量的方法	33
第三节 短路电流计算及电气装置选择	35
一、短路电流计算方法	35
二、电气装置选择原则	53
三、熔断器的选择	55
四、自动空气开关的选择	58
第三章 消防电源及其配电系统	62
第一节 消防电源及其配电要求	62
一、消防电源及其配电系统组成	62
二、消防负荷分级及其供电要求	65
三、主电源与应急电源	73
第二节 消防设备电气配线措施	87
一、耐火耐热配线概念	87
二、耐火耐热配线原则	87
三、消防设备耐火耐热配线措施	88
第三节 火灾应急照明与疏散指示	93
一、人的视觉特点	93
二、火灾时电光源与照度要求	94
三、火灾应急照明与疏散照明要求	96
四、疏散指示及其设置方法	98
第四章 电气线路与电气设备防火	100
第一节 负荷计算及导线电缆的选择	100
一、负荷计算	100
二、导线电缆类型选择	105
三、导线电缆截面选择	108
第二节 电气线路防火	116
一、电气线路敷设的防火要求	116
二、电缆敷设及其防火要求	121
三、电缆火灾原因及防火措施	124

四、电缆防火材料及应用	126
第三节 电气设备防火	134
一、电动机火灾危险性及防火措施	134
二、照明装置火灾危险性与防火措施	141
三、家用电器及电气装置件防火	148
第五章 变配电所防火与接地、接零安全	155
第一节 变配电所防火	155
一、变配电所类型和结构	155
二、高压断路器防火	157
三、油浸式电力变压器防火	161
四、蓄电池室的防火措施	164
五、电容器室防火措施	165
六、变配电所土建防火	166
第二节 接地、接零安全	170
一、接地与接零的基本概念	170
二、低压配电系统接地形式	171
三、接地系统火灾危险性	173
四、接地系统安全运行要求	176
第三节 接地故障火灾预防	178
一、接地故障火灾成因	178
二、接地故障火灾预防措施	179
三、预防接地故障火灾技术要求	183
第六章 电气防爆、防雷与防静电	186
第一节 爆炸和火灾危险环境电气设备的选择	186
一、基本概念	186
二、防爆基本措施与电气防爆途径	187
三、电气防爆原理	189
四、爆炸和火灾危险区域的划分	195
五、爆炸性混合物的分类、分级和分组	200
六、爆炸和火灾危险环境电气设备的选择	202

第二节 建筑物防雷	215
一、雷电的起因、种类及其危害	215
二、防直击雷保护装置	218
三、建筑物防雷要求	222
第三节 防静电危害	229
一、静电危害形式与危险界限	229
二、静电的产生、积聚和消散	231
三、防静电危害的基本措施	234
参考文献	238

第一章 概述

第一节 电气防火概念

一、交流电基础知识

工频交流电有单相电和三相电之分。一般民用及照明用的是单相交流电，工业动力用的是三相交流电。通常发电机发出的是三相交流电，经变压器输出的也多是三相交流电。三相交流电的三相一般叫做 L_1 相、 L_2 相、 L_3 相，中性线称 N 线。

三相交流电的原理和接线如图 1-1 所示。图 1-1 左边是三个单相交流电路， L_1-N_1 、 L_2-N_2 、 L_3-N_3 代表三个线圈，把三相绕组尾端 ($N_1 N_2 N_3$) 连接在一起，称为星形 (或 γ 形) 接法，三个首端 ($L_1 L_2 L_3$) 引出三根相线。三个线圈提供同样频率和同样大小的正弦电压，但在时间上互相错开： L_2 相比 L_1 落后 $1/3$ 周期， L_3 相又比 L_2 相落后 $1/3$ 周期。图 1-2 用正弦曲线反映出

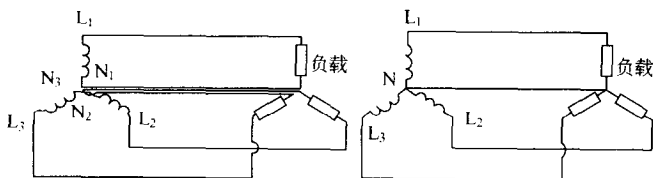


图 1-1 三相交流电的星形接法

L_1 、 L_2 、 L_3 三相电压互差 $1/3$ 周期的关系。三相电流之间也有同样的关系。

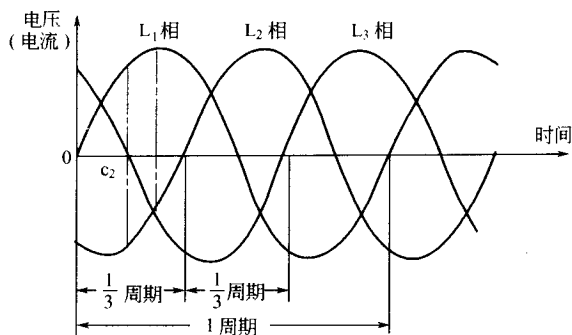


图 1-2 三相交流电的正弦曲线

在图 1-1 左边的三个单相线路中，如果各相电流满足上述平衡关系，则从负载末端回来的三根线上的电流之和为零。三相电流平衡与否取决于电源电压和线路上的负载。一般发电机或变压器提供的三相电压都是平衡的。一般三相用电设备（如电动机）也是平衡的。而照明、电焊等单相设备很难做到三相平衡。因此，一般中性线上会有一定的电流流过。

如图 1-1 右边的接线，三相电路的电压有相电压和线电压之分。相电压是指每一相线圈或负载上的电压，而线电压是指每两相线路之间的电压。在三相平衡时，线电压为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，即 $U_L = \sqrt{3}U_\phi$ ；而线电流与相电流相等，即 $I_L = I_\phi$ 。

发电机或变压器的三相线圈的公共点称为中性点，由中性点引出的线即中性线；如果发电机或变压器的中性点是接地的，则中性点和大地等电位，亦即二者之间没有电压差，这时的中性点可称为零点，中性线则称为零线或 N 线。而由三相线圈始端引出的三条线 L_1 - L_1 ， L_2 - L_2 ， L_3 - L_3 称为相线，相线常被称为火线。

广泛采用的 220/380V 低压系统，一般都是三根相线和一根中性线，兼作动力和照明用。动力用三根相线；照明用一根相线和零

线, 如图 1-3 所示。这种有中性线的三相四线制能提供两种电压, 即工程中常用的相电压为 220V, 线电压为 380V。

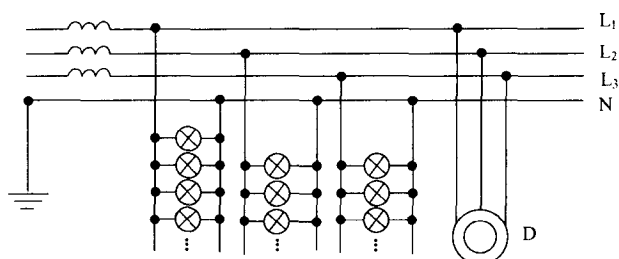


图 1-3 三相四线负载接线

二、电气火灾与电气防火

由于电气方面原因(如过载、短路、漏电、电火花或电弧等)产生火源而引起的火灾,称为电气火灾。为了抑制电气火源的产生而采取的各种技术措施和安全管理措施,称之为电气防火。

电气防火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科学。它是“安全工学”门类中的一个分支学科。它与电气的设计、安装、运行和维护等工程问题密不可分,研究的问题非常广泛,涉及内容十分丰富。归纳起来可分为四大类,即电气防火技术、消防电源及其配电的可靠性、电气火灾原因鉴别、电气火灾报警与控制问题。本书以前两个问题为主,所涉及的学科有电机学、电器学、绝缘材料、高电压技术、工业企业供电等。从这个意义上看,电气防火又是建立在多学科基础上的一门应用性很强的边缘学科,具体讲,本书较系统地讲授电气火源形成理论(含电气发热、电弧、绝缘击穿等),变配电装置防火,电气设备和家用电器火灾预防,爆炸和火灾危险场所电气设备的选择,消防电源与配电系统,防雷和防静电等。本书以国家颁布的有关消防法规为依据,体现了工业企业电气设计技术规程和建筑电气设计技术规程的具体要求。

电气防火与电气安全既密切相关又有所区别。电气安全包括电气

防火，电气防火是电气安全的重要内容。电气防火是以防火为基本出发点，研究如何防止火灾的发生以保证人的生命和财产安全，以及如何使火灾损失减到最低限度。而电气安全则是以安全生产及人身安全为基本出发点，研究如何用电气技术手段保障电气设备在生产过程中的安全运转，为人们创造安全的劳动条件，从而提高劳动生产率。

三、电气防火的研究内容与技术发展

电气防火的研究内容包括：电气火源形成理论（含电气发热、电弧、绝缘击穿等），变配电装置防火，电气设备和家庭电气火灾预防，爆炸和火灾危险环境电气设备的选择，消防供配电系统，导线、电缆防火与阻燃，短路电流的计算，防雷和防静电等。它不但涉及电气防火原理，电的基本知识，电气设备的设计原理、构造原理、安装方法及安全运行知识，还涉及国家颁布的有关规范、规程，以及电气防火的实践性和社会性。

电气火灾是和电的发现与广泛应用分不开的，不管是强电领域还是弱电领域都有电气火灾问题。随着工业生产的发展，电气防火问题越来越引起了人们的重视，电气防火是伴随着消防科学的发展而发展起来。

为了提高电气防火的科学技术水平，近年来国内外有关科研部门和院校就下列课题做了大量研究工作：

- ① 电热或火灾热对电线、电缆的影响；
- ② 电线及电缆的可燃性，燃烧产物和电缆防火，阻燃技术；
- ③ 防爆电气设备的防爆性能；
- ④ 充油电气设备的火灾预防；
- ⑤ 消防电源与配电的可靠性；
- ⑥ 家庭电气火灾预防；
- ⑦ 雷电火灾；
- ⑧ 静电火灾；
- ⑨ 电气火灾报警；
- ⑩ 电气火灾原因的鉴别；

4 建筑电气防火技术

⑪ 建筑防火管理与控制。

这些领域的研究成果，为电气防火提供了新的内容。但是，电气防火这一学科还正在发展中，还有大量课题有待进一步去研究和探索。

第二章 电气火灾原因

一、电气火灾趋势

随着经济建设的发展，生产和生活用电量大幅度增加。电作为一种潜在的点火源，也悄悄进入生产和生活的各个方面，电气火灾作为一种新的灾害，在城乡经济繁荣的形势下，给人民的生命和财产造成的损失也与日俱增。

近年来，我国由于电气原因引起的火灾频繁发生，在一些重大、特大火灾中，有相当多的部分是电气引起的。据消防部门统计，20世纪90年代以来，电气火灾在全国总火灾数中占的比例呈现上升的趋势。从国外统计看，电气火灾次数在总火灾中也占有相当的比例。从火灾原因排位来看，除明火源引起的火灾外，电气火灾占着第二位，有的省市为第一位。在地域上，城市比农村发生的电气火灾少一些。但是，由于城市用电普遍，人员和财富集中，一旦成灾损失将惊人，甚至带来严重的社会危害。

电气火灾不仅给人们的生命财产造成重大损害，还严重影响人们的生产、工作和生活，在政治和经济上造成的影响和损失有时是极为惨重的。因此，控制电气火灾的发生，是消防工作的一项经常性的重要内容，对减少火灾损失起着举足轻重的作用。电气防火不仅对维护正常的生产和秩序，保障社会主义建设的进行具有重要的现实意义，同时已经成为保障社会公共安全的一个重大问题。

二、电气火灾的一般原因

电气火灾的直接原因是多种多样的，例如过载、短路、接触不

良、电弧火花、漏电、雷电或静电等都能引起火灾。从电气防火角度看,电气火灾大都是因电气工程、电器产品质量以及管理等问题造成的。电气设备质量不高,安装使用不当,保养不良,雷击和静电是造成电气火灾的几个重要原因。

(1) 过载 是指电气设备或导线的功率或电流超过其额定值。造成过载的原因有以下几个方面:

① 设计、安装时选型不正确,使电气设备的额定容量小于实际负载容量;

② 设备或导线随意装接,增加负荷,造成超载运行;

③ 检修、维护不及时,使设备或导线长期处于带病运行状态。

电气设备或导线的绝缘材料,大都是可燃有机绝缘材料,如油、纸、麻、丝和棉花类纺织品、树脂、沥青、涂料、塑料、橡胶等,只有少数属于无机材料,如陶瓷、石棉和云母等。过载使导体中的电能转变成热能,当导体和绝缘物局部过热,达到一定温度时,就会引起火灾。

(2) 短路、电弧和火花 短路是电气设备最严重的一种故障状态,短路的主要原因是载流部分绝缘破坏,如:

① 电气设备的选用和安装与使用环境不符,致使其绝缘在高温、潮湿、酸碱环境条件下受到破坏;绝缘导线由于拖拉、摩擦、挤压、长期接触尖硬物体等,绝缘层造成机械损伤;

② 电气设备使用时间过长,绝缘老化,耐压与机构强度下降;

③ 使用维护不当,长期带病运行,扩大了故障范围;

④ 过电压使绝缘击穿;

⑤ 错误操作或把电源投向故障线路;

⑥ 恶劣天气,如大风暴雨造成线路金属性连接。

短路时,在短路点或导线连接松动的电气接头处会产生电弧或火花。电弧温度很高,可达 6000°C 以上,不但可引燃它本身的绝缘材料,还可将它附近的可燃材料、易燃液体蒸气和粉尘引燃。电弧还可能是由于接地装置不良或电气设备与接地装置间距过小,过电压时击穿空气引起。切断或接通大电流电路时,或大截面熔断器