

李宏文 沈金波◎主编

电气防火 检测技术与应用

中国建筑工程出版社

TM92/34

2010

电气防火检测技术与应用

李宏文 沈金波 主编

中国建材工业出版社

主编 李宏文 沈金波

北方工业大学图书馆



C00260433

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气防火检测技术与应用/李宏文, 沈金波主编. —北京: 中国建筑工程出版社, 2010.12
ISBN 978-7-112-12597-5

I. ①电… II. ①李…②沈… III. ①电气-防火-检测
IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 205304 号

本书是根据近十年来电气防火检测的实践经验、研究成果以及查阅国内外相关文献、标准, 经过分析、总结和整理后编写而成的。

本书共分为十章, 主要内容包括电气防火现状、基础理论、电气发热、电气火灾的成因、低压配电线路的火灾危险性分析、低压供配电设备和用电设备的火灾预防、照明器具的火灾预防、电气火灾隐患诊断与检测、剩余电流电气火灾监控系统以及检测仪器的选择与使用等。

本书可作为电气防火检测工程师和检测员的培训教材, 也可供电气设备日常维护、消防技术人员以及大专院校消防有关专业师生参考。

* * *

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 张 虹

责任校对: 张艳侠 刘 钰

电气防火检测技术与应用

李宏文 沈金波 主编

*

中国建筑工程出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京市铁成印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 362 千字

2010 年 12 月第一版 2010 年 12 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-12597-5

(19893)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

统计数据显示,在我国电气火灾无论是发生起数还是造成的损失,均居各类火灾原因之首,防范电气火灾已经成了一项非常紧迫的任务。我国目前开展的电气防火检测工作,对预防电气火灾,发挥了很大的作用。但是,我国的电气防火工作起步较晚,相关的研究和技术积累较少。从目前的情况来看,广大检测人员缺乏深入、系统、科学、实用的技术指导,导致检测工作不能更为有效地发挥其作用。

电气火灾是指因电气原因而引发的火灾。电气火灾的特点在于:电气线路和设备本身只要处于带负荷运行状态就会发热,而且电气线路和设备的绝缘本身也能够燃烧,因此电气线路和设备的几乎每个部位都有成为引火源的可能,这也正是电气火灾防范的难点所在。通过检测来防范电气火灾,必须具备一定的专业技术,同时辅助以科学的检测方法,只有这样才能事半功倍,尤其是现在面对大型建筑里规模巨大的电气线路和数量众多的电气设备和用电器具。

编者根据近十年来电气防火检测的实践经验、研究成果以及查阅国内外相关文献、标准,经过分析、总结和整理后编成此书。中国建筑科学研究院建筑防火研究所的李宏文、沈金波同志参加了“十一五”国家科技支撑计划重点项目“高效能建筑设备系统设计关键技术研究”。李宏文同志负责子课题“建筑电气防火检测方法和设计技术研究”,此书中的部分内容体现了该课题的相关研究成果。

本书由李宏文、沈金波主编,参编人员有任长宁、陈一民、祁新春、罗雷。由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

2010年9月

目 录

第一章 电气防火现状	1
第一节 我国电气火灾现状及其严重性	1
一、概述	1
二、近几年我国电气火灾统计数据分析	1
第二节 发达国家如何防范电气火灾	3
一、美国火灾防控概略	3
二、美国电气火灾防控经验	6
三、美国对未来电气火灾防控的准备	12
第三节 我们面临的任务	12
一、管理方面	12
二、技术方面	13
三、防范的重点	13
第二章 基础理论	15
第一节 基本概念	15
一、电流、电压和功率	15
二、电路元件	16
三、交流电和直流电	17
四、谐波	18
第二节 相关概念	19
一、集肤效应和邻近效应	19
二、介电常数	20
第三节 热力学基础知识	20
一、热传导的基本概念	21
二、对流的基本概念	21
三、热辐射的基本概念	22
第四节 常用电工材料的性能	23
一、导电材料性能	23
二、绝缘材料特性	25
三、绝缘材料的耐热分级	27
第三章 电气发热	29
第一节 导体发热	29
一、导体发热的基本公式	29
二、均质载流导体的长时发热	30
三、提高长期允许电流的方法	30
四、均质载流导体短时发热	31

第二节 电接触发热	32
一、电接触的概念	32
二、影响接触电阻的因素	34
第三节 电磁发热和电介质损耗	36
一、电磁发热	36
二、电介质损耗	38
第四节 电弧	39
一、电弧的形成	39
二、电弧的熄灭条件	40
三、开关电器灭弧的基本方法	40
第五节 荧光灯镇流器的发热特点	42
一、电感镇流器的发热	42
二、电子镇流器的发热	44
三、镇流器发热的影响因素与特点	44
第六节 小型断路器接线端子的发热	45
一、接线端子的结构特点及其发热	45
二、断路器的结构特点及其接线端子发热	46
第四章 电气火灾的成因	49
第一节 短路	49
一、短路故障的接触形式	50
二、电弧性短路的危险性分析	50
第二节 连接不良	52
一、建筑电气中的连接	52
二、固定连接	53
三、活动连接	59
第三节 谐波的影响	62
一、谐波电流导致线路损耗的增加	62
二、谐波电流引起中性线电流过大	65
三、谐波导致谐振以及对保护设备的影响	67
第四节 散热不良和电气装置的布置	68
一、散热不良	68
二、电气装置的布置	69
第五节 电线电缆的防火封堵	69
一、国家标准规范的规定	70
二、电线电缆防火封堵的具体做法	70
三、电线电缆防火封堵的相关产品	71
第五章 低压配电线路的火灾危险性分析	74
第一节 电线电缆的基本概念	74
一、电线电缆的结构组成	74
二、电线电缆的型号名称和种类	75
三、电线电缆按燃烧性能分类	78
第二节 电线电缆的选择与敷设	80

一、电线电缆类型的选择	80
二、电线、电缆截面选择	81
三、电线电缆载流量与敷设	82
第三节 低压配电线路的火灾危险性	83
一、电气线路火灾的原因	83
二、电气线路火灾事故的特点	84
三、配电线路火灾危险因素	85
第六章 低压供配电设备和用电设备的火灾预防	89
第一节 低压供配电设备的火灾预防	89
一、变压器的火灾预防	89
二、电力电容器的火灾预防	93
第二节 用电设备的火灾预防	95
一、电动机的火灾预防	95
二、电热器具的火灾预防	96
三、空调器的火灾预防	98
第七章 照明器具的火灾预防	100
第一节 概述	100
一、照明方式和种类	100
二、照明器具的分类	101
第二节 照明器具的火灾危险性	109
一、照明器具的高温部位	109
二、照明器具的配套电器	110
三、其他原因	111
第三节 照明器具的防火检查	112
一、照明器具的直观检查	112
二、仪器检测	113
第四节 荧光灯镇流器的电气火灾隐患检测	113
一、检测理由	113
二、现有检测方法	115
三、新的检测方法	116
第八章 电气火灾隐患诊断与检测	121
第一节 电压和电流的测量	121
一、电压的测量	121
二、电流的测量	124
第二节 绝缘和接地测试	125
一、绝缘测试	125
二、接地测试	127
第三节 温度的测量	130
一、温度测量的必要性和优点	130
二、电气设备的温度测量	131
三、温度的计算	133
第四节 超声波探测	134

一、相关概念	134
二、超声波探测	135
第五节 电弧探测	136
一、电弧的分类	136
二、电弧故障断路器	137
第六节 剩余电流动作断路器的检测	139
一、剩余电流动作断路器的局限性	139
二、剩余电流动作断路器的现场与日常检测	140
第九章 剩余电流电气火灾监控系统	144
第一节 剩余电流与泄漏电流	144
一、剩余电流与泄漏电流的区别	144
二、电气设备和线路的自然泄漏电流	146
第二节 系统的基本原理和特性	147
一、与 RCD 的区别	147
二、剩余电流电气火灾监控系统的类型及特点	148
三、剩余电流测试	149
第三节 系统的应用情况	151
一、应用现状	151
二、存在的问题	152
三、系统的局限性	156
第十章 检测仪器的选择与使用	158
第一节 关于测量的基本概念	158
一、测量方法的分类	158
二、测量误差及其表示方法	160
三、系统误差的消除与随机误差的估计	162
四、工程上最大测量误差的估计	165
第二节 电气防火检测仪表常用术语	167
一、相关概念	168
二、有效值和真有效值	169
三、仪表的测量环境与安全耐压等级	170
第三节 电测量仪器	172
一、电工仪表的分类	172
二、电工仪表的组成和基本原理	173
三、数字电压表及数字万用表	174
四、数字式钳形电流表	177
五、电压降测试仪表	179
六、电压监测仪	180
七、绝缘电阻测试仪	181
八、接地电阻测试仪	184
九、超声波探测仪	186
十、谐波检测仪	187
第四节 温度测量仪器	190

目 录

一、红外辐射及相关定律	190
二、红外辐射测温仪	192
三、红外热像仪和红外热电视	196
附录 A IEC 对低压配电设施检验的相关规定	201
附录 B 荧光灯镇流器外壳温度测试曲线	209
附录 C 小型断路器接线端子温度测试曲线	213
附录 D 剩余电流实测曲线	219
参考文献	221

第一章 电气防火现状

第一节 我国电气火灾现状及其严重性

一、概述

当今社会,电能已成为人类最重要的能源之一。随着我国经济和电力事业的迅猛发展,电能在经济建设和人们的日常生活中发挥着愈加重要的作用。然而,在用电量大幅提升而造福人类社会的同时,一些确定或不确定因素引发的电气火灾也随之大量发生,所造成的危害十分惊人。1996年到2005年的十年中,我国公安消防机关调查的110余万起火灾中,电气火灾高达26余万起,约占火灾总数的23.9%,电气火灾所造成的直接经济损失则占火灾总损失的36.9%。

根据近十年我国重特大电气火灾的统计数据,发生电气火灾的起因,从电气本质上讲可归纳为:短路、过热、超负荷、接触不良和漏电等几种主要情况。其中,由于短路引起的电气火灾数量最多,其次是由于过热而引起的电气火灾,再次是由于接触不良、超负荷、漏电而引起的电气火灾。此外,也有由于设备操作人员误操作、忘记关断电热设备或器具的电源而引起火灾的。

从引发重特大电气火灾的起火源上讲,供配电低压电气线路上的电线、电缆引起的电气火灾起数最多,其次是用电器具、用电设备、照明器具和供配电设备引起的电气火灾。从发生重特大电气火灾的起火场所方面讲,厂房或车间发生的电气火灾最多,其次是商场或商店和住宅发生的电气火灾的起数,再次是娱乐场所、宾馆、饭店、库房、办公用房和集贸市场等发生的电气火灾的起数。

正是由于我国各类各式建筑物迅速增多,建筑物里各种供配电设施、用电设备及用电器具急剧增多,我国电气火灾的隐患和发生电气火灾的频度也在不断地增加。根据相关的统计数据,1978~2001年这短短的23年,我国主要城市所发生的火灾起数当中,电气火灾起数占各类火灾总起数的比例,已从当初的5.7%增加到27.9%。而国际上一些发达国家,如英国每年电气火灾起数占各类火灾总起数的比例在17%以下,在美国、日本每年电气火灾起数占各类火灾总起数的比例更低,仅为10%以下。

二、近几年我国电气火灾统计数据分析

2003年至2007年共发生电气火灾169861起,死亡2189人,受伤1935人,直接损失184309万元。2003年至2007年各年度电气火灾起数占火灾起数的比例分别为23%、20.7%、21.9%、23.1%和28.3%;重特大电气火灾发生起数占重特大火灾发生起数的比例分别为28.36%、30.90%、31.09%、37.83%和45.33%,所占比例呈逐年上升趋势。

2003年至2007年重特大电气火灾造成死亡人数所占比例也在逐年上升,2003年至2007年一次死亡30人以上的火灾有6起,其中由电气原因引发的火灾有2起,占

33.33%。典型案例有：2005年6月10日广东省汕头市华南宾馆火灾，死31人、伤3人，火灾原因是吊顶内电气线路短路故障引燃可燃物所致；2005年12月15日吉林省辽源市中心医院火灾，死37人；2003年至2007年人员密集场所特大火灾有34起，在28起典型火灾案例中就有15起火灾是由电气原因引发的，所占比例超过50%。尤其是2007年重特大电气火灾发生起数(占45.33%)和造成的直接财产损失(占80%)都明显高于往年。

对2003年至2007年国内396起重特大电气火灾按不同的起火场所进行统计分析，见图1-1。结果显示：2003年至2007年重特大电气火灾发生起数最多的场所是商场商店、厂房及住宅，分别占统计总数的22.73%、21.46%和21.21%；最少的是影剧院、古建筑等，其总体分别占统计总数的0.25%和0.25%。

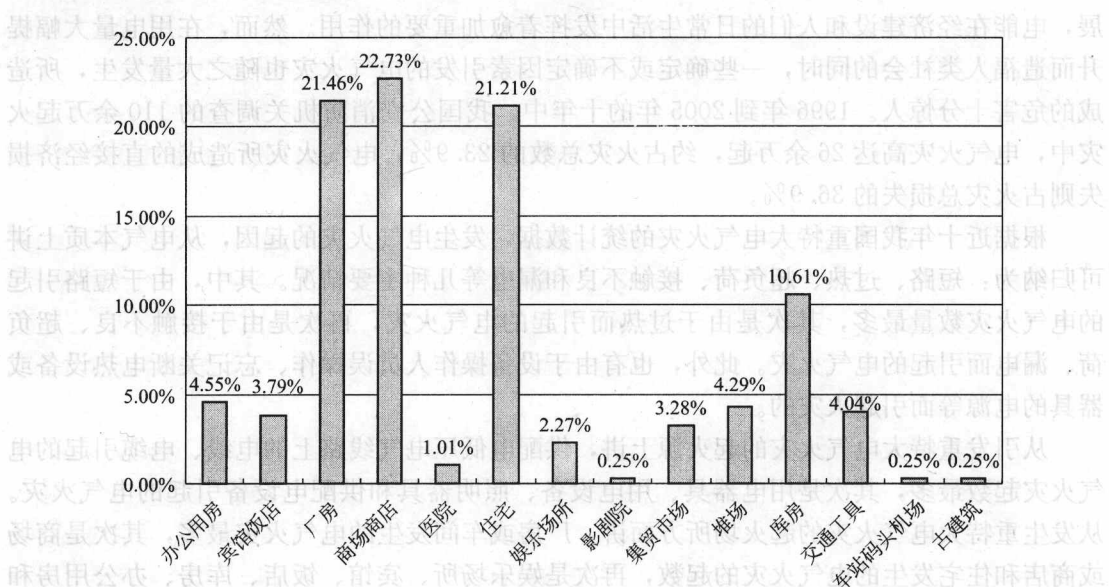


图1-1 2003年至2007年国内重特大电气火灾起火场所统计分析

对2003年至2007年国内401起重特大电气火灾按起火原因(故障类型)进行统计分析，见图1-2。结果显示：2003年至2007年重特大电气火灾发生起数最多的起火原因是短路故障、接触不良故障和过热故障，其总体分别占统计总数的43.89%、8.98%和8.98%；最少的是过负荷和雷击，其总体分别占统计总数的1.25%和1.25%。

对2003年至2007年国内397起重特大电气火灾按起火源进行统计分析，见图1-3。结果显示：2003年至2007年重特大电气火灾发生起数最多的起火源是电气线路，占统计总数的58.44%；最少的是电气设备，其总体占统计总数的4.28%，另外照明器具过热(主要是日光灯镇流器长期处于工作状态，产生过热或故障)比较突出，其总体占统计数据的7.56%。

显然，我国的电气火灾已经给国民经济以及人民生命财产造成了巨大的损失，电气原因已经成为引发火灾的元凶。就我国电气火灾每年发生的频度来看，也要明显高于一些发达国家。因而，对我国目前电气火灾的危害及其严重性，理应有足够的认识，并予以高度重视。

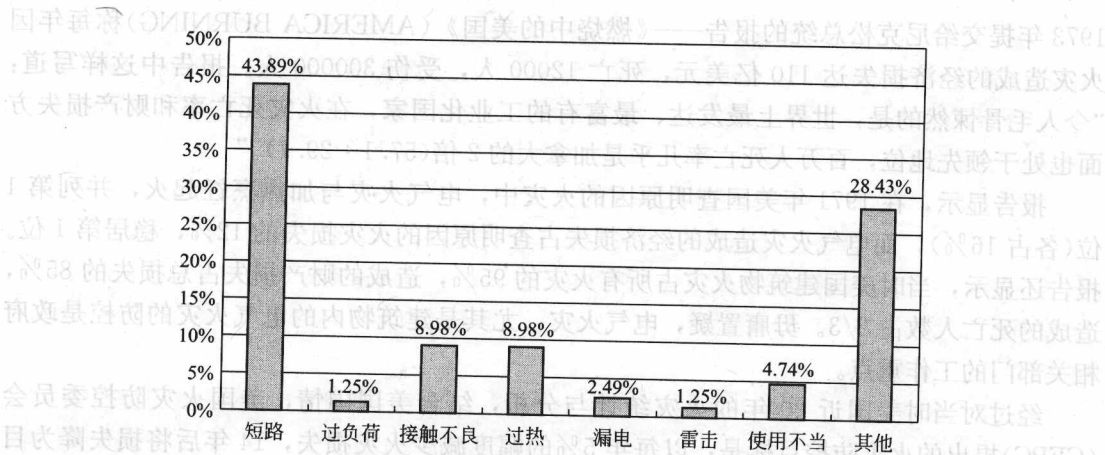


图 1-2 2003 年至 2007 年国内重特大电气火灾起火原因统计分析

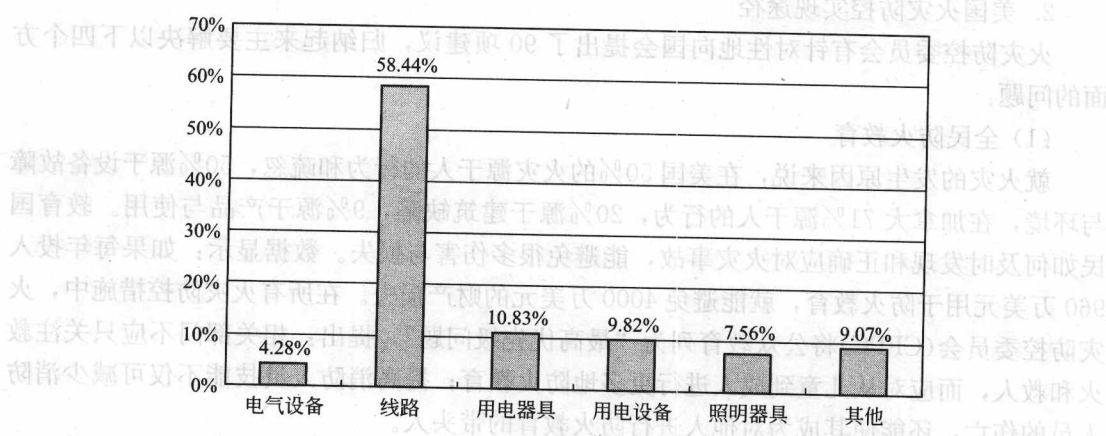


图 1-3 2003 年至 2007 年国内重特大电气火灾起火源的统计分析

第二节 发达国家如何防范电气火灾

根据美国消防局(U. S. Fire Administration, 简称 USFA)国家火灾数据中心 1989 年至 2004 年的统计数据,美国电气火灾占火灾总数的比例如表 1-1 所示。

1989 年至 2004 年美国电气火灾统计数据 表 1-1

统计时期	1989~1998 年	1992~2001 年	1995~2004 年
电气火灾所占比例	8%	6%	<4%

可以看出,与我国相比美国的电气火灾比例是非常低的,学习发达国家在电气防火方面的经验,无疑对我国电气防火工作具有指导意义。

一、美国火灾防控概略

1. 美国电气火灾也曾相当严重

20 世纪 50 年代至 20 世纪 70 年代,是美国经济高速发展时期,也是火灾高发时期。美国火灾防控委员会(The National Commission on Fire Prevention and Control, 简称 CFPC)

1973 年提交给尼克松总统的报告——《燃烧中的美国》(AMERICA BURNING)称每年因火灾造成的经济损失达 110 亿美元,死亡 12000 人,受伤 300000 人。报告中这样写道:“令人毛骨悚然的是,世界上最发达、最富有的工业化国家,在火灾死亡率和财产损失方面也处于领先地位,百万人死亡率几乎是加拿大的 2 倍(57.1:29.7)。”

报告显示,在 1971 年美国查明原因的火灾中,电气火灾与加热烹饪起火,并列第 1 位(各占 16%),而电气火灾造成的经济损失占查明原因的火灾损失的 12%,稳居第 1 位。报告还显示,当时美国建筑物火灾占有所有火灾的 95%,造成的财产损失占总损失的 85%,造成的死亡人数占 2/3。毋庸置疑,电气火灾,尤其是建筑物内的电气火灾的防控是政府相关部门的工作重点。

经过对当时美国近 20 年的火灾统计与分析,结合美国国情,美国火灾防控委员会(CFPC)提出的火灾防控目标是:以每年 5%的幅度减少火灾损失,14 年后将损失降为目前(110 亿美元)的 50%;在下一代美国人中减少火灾死伤 50%。

2. 美国火灾防控实现途径

火灾防控委员会有针对性地国会提出了 90 项建议,归纳起来主要解决以下四个方面的问题:

(1) 全民防火教育

就火灾的发生原因来说,在美国 50%的火灾源于人的行为和疏忽,50%源于设备故障与环境,在加拿大 71%源于人的行为,20%源于建筑缺陷,9%源于产品与使用。教育国民如何及时发现和正确应对火灾事故,能避免很多伤害与损失。数据显示:如果每年投入 960 万美元用于防火教育,就能避免 4000 万美元的财产损失。在所有火灾防控措施中,火灾防控委员会(CFPC)将公众教育列为“最高优先级问题”,提出:相关部门不应只关注救火和救人,而应对从儿童到成人进行更多地防火教育;提高消防人员技能不仅可减少消防人员的伤亡,还能使其成为对他人进行防火教育的带头人。

(2) 完善防火设计与检验规范

美国消防协会(NFPA)是成立于 1896 年的非盈利性国际组织,目前会员超过 81000 名,来自 300 多个技术委员会,遍布 100 多个国家,NFPA 制定了 300 余部与消防有关的规范与标准,为执行以下火灾防控措施提供了规范文件。

- 1) 建筑物的防火设计与措施;
- 2) 材料的安全认证,实现有效阻燃并避免材料受热后释放有毒有害气体;
- 3) 安装火灾报警和自动喷淋系统,提升建筑物防火能力;
- 4) 研发对抗火灾的最新技术。

(3) 建立美国消防局(USFA)

美国火灾防控委员会(CFPC)的报告,促成美国国会于 1974 年通过相关法案——成立美国消防局(USFA)、建立火灾数据系统,实现对所有火灾问题提供持续监管,负责完成以下任务:

- 1) 建立全国火灾数据系统,负责相关调查与活动;
- 2) 监督火灾调查,协助交换信息,激励研发新技术;
- 3) 为国家审批各级政府的防火培训计划,改善消防装备,提高消防人员培训水平;
- 4) 建立国家消防学会(National Fire Academy),为消防部门提供高级培训,并协助完

成各级培训；

5) 负责全体国民的消防教育。

(4) 多部门协同共管抑制火情

美国火灾防控委员会(CFPC)指出,完成火灾防控目标必须有相关部门的配合与支持,如:

1) 消费类产品安全委员会(Consumer Product Safety Commission)负责:在相关材料及产品使用前,对其防火有效性进行认真分析和评估,建立档案,并在产品标签上明确火灾风险等级;

2) 住房与城市发展部(Department of Housing and Urban Development)负责:协助完成政府资助和负有保险责任建筑的检验与警示,并提供贷款利息保护;

3) 健康、教育与福利部(Department of Health, Education, and Welfare)负责:扩充烧伤医疗设施;

4) 国家健康研究院(National Institutes of Health)负责:燃烧与烟气调查研究;

5) 农业部(Department of Agriculture)负责:乡村防火;

6) 国家标准化局(National Bureau of Standards)负责:深入研究基于工程技术的课题。

3. 美国火灾防控成效

《燃烧中的美国》报告发表 14 年后,即 1987 年,美国消防局(USFA)发表了《重访燃烧中的美国》(America Burning Revisited),其中总结道:当初(1973 年)委员会提交的 90 项建议中,有 79 项在不同程度上得以实现,其结果是:1975 年至 1985 年 10 年间,美国火灾数量下降了 20%,年均火灾死亡人数下降了 23%。1989 年公布的统计数据显示,美国火灾死亡人数已从 1971 年 12000 人/年降至 6200 人/年,美国火灾受伤人数已从 1971 年 300000 人/年降至 100000 人/年。

另据美国国家消防协会(National Fire Protection Association,简称 NPFA)报告,自 1977 年至 2008 年火灾数量下降了 56%,如图 1-4 所示,伤亡人数下降了 55%,如图 1-5 所示,因火灾造成的财产损失,如图 1-6 所示,考虑通货膨胀影响,实际下降了 7%。可以看出,采取了有效的措施之后,电气火灾的发生是可以非常有效地减少的。

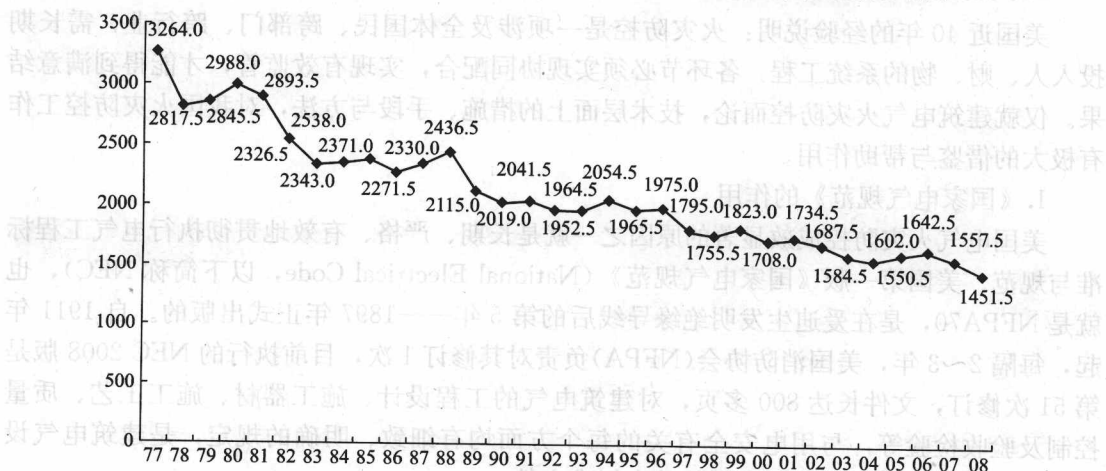


图 1-4 美国 1977~2008 年火灾次数趋势统计(单位:千次)

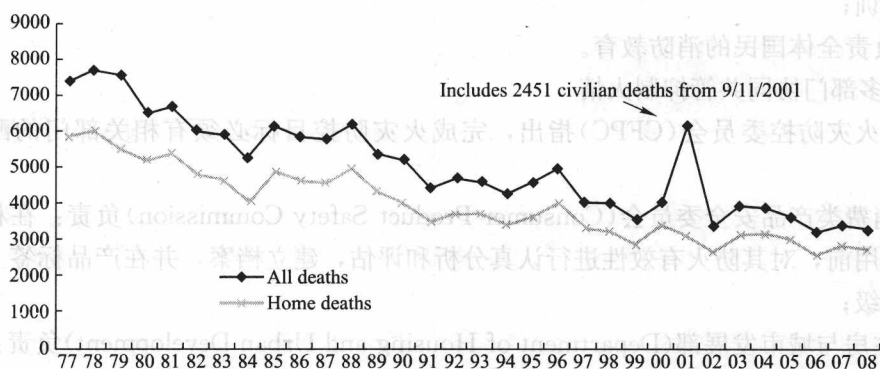


图 1-5 美国 1977~2008 年火灾伤亡人数趋势统计

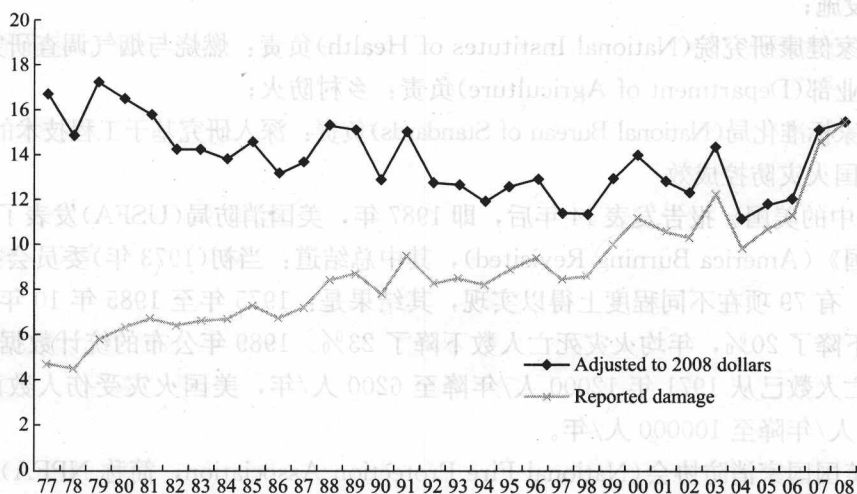


图 1-6 美国 1977~2008 年火灾造成的直接财产损失趋势统计(单位: 10 亿美元)

二、美国电气火灾防控经验

美国近 40 年的经验说明：火灾防控是一项涉及全体国民、跨部门、跨行业，需长期投入人、财、物的系统工程，各环节必须实现协同配合，实现有效监管，才能得到满意结果。仅就建筑电气火灾防控而论，技术层面的措施、手段与方法，对我国火灾防控工作有极大的借鉴与帮助作用。

1. 《国家电气规范》的作用

美国电气火灾防控成效显著的原因之一就是长期、严格、有效地贯彻执行电气工程标准与规范。美国第一版《国家电气规范》(National Electrical Code, 以下简称 NEC)，也就是 NFPA70，是在爱迪生发明绝缘导线后的第 5 年——1897 年正式出版的。自 1911 年起，每隔 2~3 年，美国消防协会(NFPA)负责对其修订 1 次，目前执行的 NEC 2008 版是第 51 次修订，文件长达 800 多页，对建筑电气的工程设计、施工器材、施工工艺、质量控制及验收检验等，与用电安全有关的每个方面均有细致、明确的规定，是建筑电气设计、施工、验收等人员共同遵循的基本标准文件。

目前能与 NEC 相对应的国际标准，是国际电工委员会(IEC)第 64 分技术委员会编写

的 IEC 60364 系列标准, 而 NEC 的很多条款与规定比 IEC 60364 更全面、更详细、更严格(这符合地区或国家标准高于国际标准的原则)。相关专家还对两部标准进行过比对研究, 并撰写了 90 余页报告, 其结论如同 IEC 第 64 分技术委员会主席 David Latimer 所总结的: “技术标准分为‘宽泛指导’和‘照此办理’两种类型, IEC 60364 属于前者, NEC 属于后者。”

NEC 中的条款与规定, 已经被实践与时间证明: 对用电安全, 尤其对电气防火, 是必要和有效的。实现了这部规范第 90.1 条款中阐述的宗旨: “本规范目的, 是为人员与财产免于因用电而产生的危险, 提供实用的安全保障。”

2. 建筑电气工程设计方面的经验

(1) 合理考虑设计容量

统计数据显示线路故障是美国住宅电气火灾的最主要原因, 比例高达 46.8%。线路故障中最常见的是“过载”。线路过载导致的发热会影响绝缘材料的机械和电气性能, 最终导致漏电、短路或电弧。为防止线路过载, NEC 2008 第 240 条款明确规定了建筑物内分支线路的线径和允许载流量。

调查数据显示, 美国 20 年前的建筑线路仍能满足当前家庭用电量, 超过 30 年的线路, 电气安全检查部门会建议用户重新更换配电线路。

(2) 严格限制墙壁插座数量

统计数据显示插头和设备电源引线造成的美国住宅电气火灾比例为 11.3%, 排除产品质量因素, 单一墙壁插座上引出过多设备电源线, 会直接导致线路过载和火灾危险。在美国, 接线板被认为只能临时使用, 不能作为长期固定的供电线路。建筑物中配置足够多的墙壁插座, 是避免使用插线板或转接适配器, 减少故障点的最有效和最直接的方法。

NEC 中对墙壁插座的数量规定, 是随家用电器和用电量的增加, 经历了从无到有、从少到多的发展过程。

- 1) 1933 版只提出建议并不强制要求数量, 插座间距一般超过 30 英尺(9.2m);
- 2) 1935 版建议插座间距为 30 英尺(9.2m), 并要求每个房间至少设置 1 个插座;
- 3) 1937 版强制规定插座间距为 20 英尺(6.1m);
- 4) 1940 版强制规定: 沿房屋墙角脚线水平测量, 每隔 20 英尺(6.1m)设置 1 个墙壁插座;

5) 1956 版, “每 20 英尺”的规定变为“每 12 英尺(3.7m)”设置 1 个墙壁插座;

6) 1959 版的规定一直沿用至今, 即: 沿墙角脚线水平测量, 插座间距不超过 12 英尺(3.7m)。

(3) 采用 TN-S 系统布线

自 1962 版 NEC 开始, 强制规定建筑物内分支电路采用 TN-S 方式配电, 建筑物内的 2 孔墙壁插座, 如图 1-7(a)所示, 随之被带保护地线(PE 线)的 3 孔插座所取代, 如图 1-7(b)

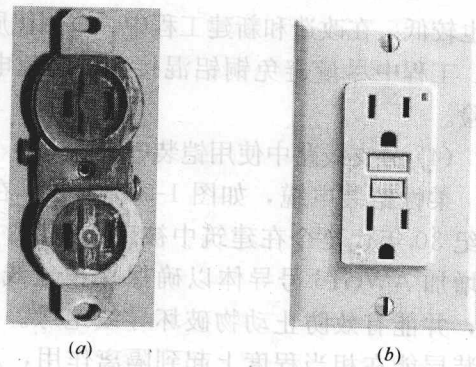


图 1-7 不同时代的插座

所示,并规定插座的保护地线端子必须接地。换言之,观察建筑物中的墙壁插座的形式,就能判断配电系统设计与施工年代。

TN-S 配电系统是使用接地故障断路器(GFCI)和电弧故障断路器(AFCI)的前提和基础,GFCI与AFCI的使用,对有效降低触电风险与火灾危险起到了非常重要的作用。

3. 保护设备的使用与导线的选择

(1) 使用 GFCI

接地故障断路器(GFCI),IEC 标准中称作剩余电流保护装置(RCD),我国标准中也称作漏电保护器,是根据 20 世纪 60 年代加州大学 Charles Dalziel 教授的理论制造的保护装置。近 40 年,NEC 对此类装置在电路中的安装要求不断修改增加。

规范的细化要求美国建筑物不仅在配电箱处安装 GFCI,而且墙壁插座本身也具有漏电保护功能。对没有安装保护地线的老建筑,也要求安装 GFCI 及带保护功能的插座。

据 UL 认证机构统计,自引入 GFCI 后 25 年内,尽管美国用电量增加了 1 倍,但是触电身亡事故却减少了 50%。

(2) 使用 AFCI

GFCI 在防止漏电导致的电气火灾方面有局限性。如果电弧是发生在零、火导体之间的“并联型电弧”,或发生在零、火导体之中的“串联型电弧”,系统中不出现剩余电流,GFCI 不会被触发。即使电弧发生在相线与地之间,虽然出现剩余电流,但因电弧的电气特性与金属性短路漏电不同,GFCI 也不一定被触发,因此出现了专门防止电弧故障的保护装置。

电弧故障断路器(AFCI),如图 1-8 所示,它通过辨识电弧特有性质并在检测到电弧故障时,对线路实施断电,来防止电弧故障危害,1997 年开始在美国商用。鉴于电弧曾经引起过卧室火灾,2002 版 NEC 要求卧室中所有单相 15A 及 20A 回路都要安装 AFCI。2008 版 NEC 进一步要求住宅所有 15A 及 20A 回路都要安装此类装置。AFCI 能在线路中出现:串联型电弧、并联型电弧、过载、漏电(包括电弧性漏电)故障时,及时切断电路,防止火灾与触电事故。

(3) 更换铝线

20 世纪 70 年代和 80 年代初,美国建筑电气工程多采用铝线,而且导线绝缘层耐温等级也较低。在改造和新建工程中,采用优质铜线予以更换,能减少材料氧化和电气连接问题。工程中尽量避免铜铝混接,以避免电化学腐蚀导致的高阻连接,降低发热和火灾风险。

(4) 分支线路中使用铠装电缆

柔性铠装电缆,如图 1-9 所示,早在 NEC 1903 版中就被规定为标准线材,自 20 世纪 30 年代至今在建筑中被广泛使用。早期铠装电缆中只有 2 根导体,1959 年后要求增加 AWG16 号导体以确保保护地线的连通性。电缆铠装层提高了线缆的机械强度,并能有效防止动物破坏导线绝缘。即使内部导体出现过载、短路、电弧等故障,铠装层能在相当程度上起到隔离作用,从而降低火灾风险。采用金属管敷设电缆,也有同样作用。