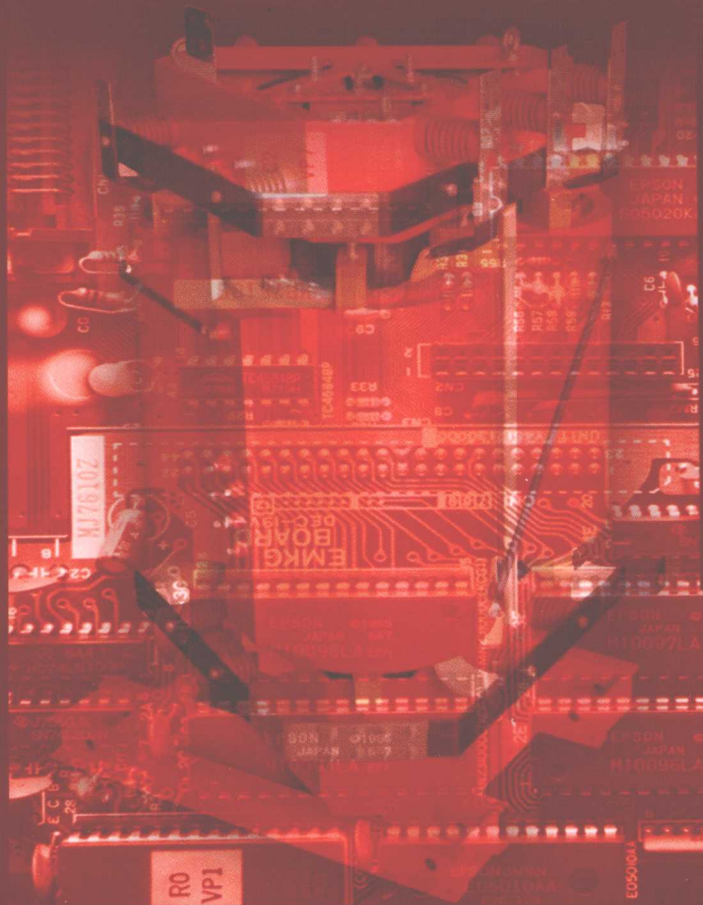




电气防火

ELECTRICAL FIRE PROTECTION

蒋慧灵 主编

兵器工业出版社

电 气 防 火

主编 蒋慧灵
编者 王 允 李 强 王海荣
杨卫国 李冬梅 杨 旭

兵器工业出版社

内 容 简 介

针对我国电气火灾高发的现状,为了更有针对性地开展消防电气审核、电气防火检查及电气火灾原因鉴定等消防业务工作,本书在介绍电力系统基础知识的基础上,分析了电气发热的原因及其危害,详细讲述了消防负荷分级及其供电要求、低压接地系统防火安全、变配电所防火,以及电气线路与电气设备防火,分析了爆炸和火灾危险环境电气设备选择的问题,介绍了防雷与防静电的基本方法和措施等,最后,增加了电气火灾监控系统原理、设置维护与应用等最新消防前沿知识。因此,本书的内容更具知识的完整性,必将对我国的电气消防监督工作起到较好的参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

电气防火/蒋慧灵主编. —北京:兵器工业出版社,
2009. 7

ISBN 978 - 7 - 80248 - 387 - 3

I. 电… II. 蒋… III. 电气 - 防火 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148316 号

出版发行:兵器工业出版社

发行电话:010-68962596, 68962591

邮 编:100089

社 址:北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:北京蓝海印刷有限公司

版 次:2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—2100

责任编辑:林利红

封面设计:李 晖

责任校对:郭 芳

责任印制:赵春云

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.75

字 数:376 千字

定 价:38.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

随着经济的发展,用电量的急增,电气火灾比例居高不下。如何有效地预防和控制电气火灾,及早监控电气火灾的发生,是大家普遍关心的社会问题,也是消防工作的重点和难点。面临经济发展与电气火灾的矛盾,为了满足消防工程专业、火灾调查专业和防火管理专业等不同层次的知识需要,以及公安消防机构和社会各方面人员对电气防火知识的需求,我们在多年从事电气防火教学工作的基础上,编写了《电气防火》一书。

电气防火作为消防安全学科中的一个分支学科,主要研究电气火灾形成机理、电气防火和电气火灾监控技术和措施等,是建立在多学科基础上的一门应用性、综合性很强的边缘学科。该书紧紧围绕电气发热及形成火灾的原因进行分析,探讨了消防供配电系统的防火要求、低压接地系统安全、变配电所防火以及电气线路与电气设备防火等,分析了爆炸和火灾危险环境电气设备选择的问题,介绍了防雷与防静电的基本方法和措施,以及电气火灾监控系统的原理、设置维护与应用等。

鉴于电气防火技术涉及面广、专业性强,消防专业发展迅速的特点,在《电气防火》一书的编著过程中,编者紧密围绕消防工作实际,按照最新消防安全规范更新了内容,突出了消防专业的实用性,知识的完整性、科学性和系统性。因此该书既能为消防工程专业教育、培训、函授服务,也能为消防机构技术监督管理人员、企事业单位防火人员提供参考。

由于时间仓促,编者水平有限,经验不足,书中难免有疏漏、错误之处,恳请读者批评指正,以便再版时修订。

编 者

2009 年 7 月

目 录

绪论	1
一、电气火灾及其原因	1
二、电气防火审核与检查	4
三、电气防火的研究内容与技术发展	5
参考文献	6
第一章 电气防火基础	8
第一节 电力系统基础	8
一、电工与电路基础	8
二、电力系统的概念	11
三、工业企业供配电系统组成	12
四、电力网的额定电压等级	13
五、用电设备的工作制	14
第二节 电气发热原因及其危害	15
一、发热对载流导体的不良影响	15
二、导体的长时发热	19
三、导体的短路时发热	21
四、电弧	25
五、非线性谐波	28
参考文献	30
第二章 消防供配电系统	31
第一节 消防负荷分级与消防电源	31
一、消防供配电系统组成	31
二、消防负荷分级及供电要求	32
三、主电源与应急电源	38
第二节 消防负荷供配方式及要求	41
一、变电所电源接线	42
二、消防负荷低压配电接线	45
三、消防负荷配线	46
第三节 火灾应急照明与疏散指示标志	49
一、火灾时的电光源选择	49
二、火灾应急照明设计要求	51
三、疏散指示标志的设置方法	51

参考文献	53
第三章 低压接地系统安全	54
第一节 接地与接零基础	54
一、接地与接零基本概念	54
二、低压配电系统的接地型式	56
第二节 接地系统火灾危险性分析	57
一、TT 系统	57
二、IT 系统	58
三、TN 系统	59
第三节 低压配电接地系统安全要求	61
一、接地故障火灾	61
二、对接地装置的安全要求	62
三、降低接地电阻的措施	64
四、装设剩余电流保护装置	66
参考文献	68
第四章 变配电所防火	69
第一节 变配电所的结构类型及设备	69
一、变配电所的类型	69
二、变配电所的结构及主要设备	70
第二节 高压断路器防火	79
一、油断路器(油开关)	79
二、六氟化硫(SF ₆)断路器	81
三、真空断路器	83
第三节 电力变压器防火	84
一、油浸式电力变压器防火	84
二、干式电力变压器防火	87
第四节 变配电所土建防火	88
一、变配电所的总平面布置及建筑防火	88
二、屋外变配电所防火	92
三、屋内变配电所防火	97
四、蓄电池室防火	99
五、电容器室防火措施	100
六、柴油发电机房防火措施	101
参考文献	101
第五章 电气线路与电气设备防火	102
第一节 负荷计算及导线电缆选择	102
一、负荷计算	102
二、导线电缆的选择	106
第二节 电气线路及电缆防火	110

一、线路敷设的安全要求	110
二、电缆敷设方式及其一般要求	113
三、电线电缆防火阻燃措施	116
四、不同场所电气线路的安全要求	118
第三节 短路电流计算及电气装置选择	121
一、短路电流计算方法	121
二、电气装置的保护配合	133
三、熔断器的选择	134
四、自动空气开关的选择	136
第四节 常用电气设备防火	138
一、电动机火灾危险性与防火措施	138
二、照明装置的火灾危险性与防火措施	142
三、家用电器及电气装置件防火	144
参考文献	148
第六章 爆炸和火灾危险环境电气设备选择	149
第一节 电气防爆基本原理	149
一、爆炸和火灾危险环境基本概念	149
二、燃爆条件与防爆基本措施	149
三、隔爆防爆与本质安全防爆原理	151
第二节 爆炸和火灾危险环境区域划分	152
一、爆炸性气体危险环境区域划分	153
二、爆炸性粉尘危险环境区域划分	164
三、火灾危险环境区域划分	165
第三节 爆炸性混合物分类、分级和分组	165
一、爆炸性混合物的分类	165
二、爆炸性气体混合物的分级和分组	165
三、爆炸性粉尘混合物的分级和分组	166
第四节 防爆电气设备的选择与应用	167
一、选择防爆电气设备的一般要求	167
二、防爆电气设备的类型	167
三、电气设备的防爆标志及其防护形式	169
四、爆炸危险环境防爆电气设备的选择	171
五、火灾危险环境电气设备的选择	174
六、电气防爆的其他技术问题	175
参考文献	180
第七章 防雷与防静电	182
第一节 防雷电危害	182
一、雷电种类及危害	182
二、建筑物防雷	185

三、防雷保护装置	188
第二节 防静电危害	193
一、静电危险	193
二、静电的产生、聚积与消散	195
三、防静电危害的基本措施	197
参考文献	199
第八章 电气火灾监控系统	201
第一节 电气火灾监控系统的原理	201
一、电气火灾监控系统的组成与工作原理	201
二、电气火灾监控探测器的组成与工作原理	203
三、电气火灾监控设备的组成与工作原理	208
四、电气火灾监控系统与其他系统的关系	209
五、电气火灾监控系统的性能要求	211
第二节 电气火灾监控系统的设置与维护	212
一、电气火灾监控系统的设置范围	212
二、电气火灾监控系统的设置要求	213
三、剩余电流式电气火灾监控系统的设置	215
四、温度式电气火灾监控探测器的设置	222
五、探测器供电方式的选择	222
六、安装及布线	223
七、运行与维护	223
第三节 电气火灾监控系统的应用实例	224
一、电气火灾监控系统在某工程中的应用	224
二、电气火灾监控系统在奥运场馆中的应用	226
参考文献	228

绪 论

一、电气火灾及其原因

(一) 电气火灾

随着经济建设的发展,生产和生活用电量大幅度增加。据《国际能源展望 2006》判断,“十一五”期间,中国用电量年均增长约 8.0%。至 2010 年全社会的用电量将达到 3.6 万亿千瓦时,至 2020 年,将达到 5.6 万亿千瓦时。按此发展计算,2015 年中国全社会用电量将达到 4.5 万亿千瓦时。在用电量的快速增长的同时,电气火灾在近年来也频繁发生。所谓电气火灾,是指由于电气方面原因(如过载、短路、漏电、电火花或电弧等)产生火源而引起的火灾。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所占的比例一直居高不下,如下表所示。

表 1 2000—2006 年特大电气火灾(不含静电)案例比例

单位:%

年份	电气火灾 起数比例	重大电气火灾 起数比例	特大电气火灾 起数比例	电气火灾 损失比例	重大电气火灾 损失比例	特大电气火灾 损失比例
2000	26.13	31.25	36.07	38.09	34.01	51.28
2001	24.90	23.55	25.71	31.90	23.85	29.86
2002	21.31	31.69	36.00	32.52	35.14	36.20
2003	22.98	29.51	18.92	32.95	32.16	40.63
2004	20.66	30.27	30.04	42.33	34.26	74.01
2005	21.91	30.40	36.36	32.23	33.58	47.33
2006	23.05	36.63	50.00	35.21	38.74	63.86

从上表可以看出电气火灾总的起数所占比例为 20% ~ 30%,重、特大火灾起数所占比例为 18% ~ 50%,而电气火灾的损失所占比例高达 30% 以上,其中 2004 年特大火灾中由于电气原因造成的损失比例最高,达到了 74.01%。电气火灾除了具有发生比例高的特点以外,电气火灾造成的损失也非常巨大。例如,2000 年 12 月 25 日,河南省洛阳市东都商厦因违章电焊引起火灾,造成 309 人死亡、7 人受伤,直接经济损失 275 万元。2004 年 12 月 21 日,湖南省常德市鼎城区桥南市场因地下一层电子通信城一门面房内电视机内部故障引起特大火灾,造成 1 人死亡,受伤 23 人,直接经济损失 18758.01 万元。2005 年 3 月 5 日,河南郑州市敦睦路志华精品城 1 号楼针织商品批发市场,因日光灯镇流器过热引燃导线及附近的可燃物发生火灾,造成 12 人死亡,直接经济损失 23.2 万元。2005 年 12 月 15 日,吉林省辽源市中心医院由于配电室电缆沟内电缆短路引起特大火灾,造成 39 人死亡,直接经济

损失 821.9 万元。

（二）电气火灾的原因

引起电气火灾的直接原因是多种多样的，例如过载、接触不良、短路、电弧、电火花、漏电、非线性谐波、烘烤、静电或雷电等都能引起火灾。

1. 过载

所谓过载，是指电气设备或导线的功率或电流超过其额定值。通常在设计选型不正确时造成的电气设备额定容量小于实际负载容量、设备或导线随意装接，增加了负荷或检修、维护不及时，使设备或导线长期处于带病运行状态等情况下容易形成过载。

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、漆、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。例如，2003 年 3 月 1 日，广东省东莞市清溪镇大埔村委会大新彩印有限公司因库内电线过负荷引燃可燃物发生火灾，过火面积 2500m^2 ，直接经济损失 80 万元。

2. 接触不良

接触不良，实际上是接触电阻过大，会形成局部过热，也会出现电弧、电火花，造成潜在点火源。接触电阻过大的基本原因是连接质量不好。接触不良主要发生在导线与导线或导线与电气设备连接处，常见的原因有：

- （1）电气接头表面污损，接触电阻增加。
- （2）电气接头长期运行，产生导电不良的氧化膜，未及时清除。
- （3）电气接头因振动或由于热的作用，使连接处发生松动、氧化。
- （4）铜铝连接处未按规定方法处理，发生电化学腐蚀，也会使接触电阻增大。
- （5）接头没有按规定方法连接、连接不牢。

接触不良通常与过载一起引起火灾，因为在过载的条件下，导体的温度过高，而温度最高点通常出现在接触不良处，从而由于过载原因，使得接触不良处引发火灾。如 2004 年 9 月 21 日，浙江省嘉兴市海盐县武原镇新桥北路的海盐威康纺织工业有限公司因空气压缩机电接线盒内导线接触不良，产生过热高温，引燃周围可燃物，过火面积 5760m^2 ，轻伤 3 人，直接经济损失 177.6 万元。

3. 短路

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，使绝缘层造成机械损伤。

- （2）电气设备使用时间过长，绝缘老化，耐压与机械强度下降。
- （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，由于导电部分发生了金属性连接，产生的电流大，温度高，发热时间短，因此，会使导体升温很快，容易形成火灾，或者在短路点或导线连接松动的电气接头处产生电

弧或火花引起火灾。例如，2001年1月16日，山东威高集团医用高分子制品股份有限公司因干燥箱左侧配电线路产生相间短路引起火灾，直接经济损失766.9万元。

4. 电弧、电火花

电弧是开关电器等在大气中开断时，只要电源电压超过12~20V，被开断的电流超过0.25~1A，在触头间会产生一团温度极高、发出强光，能导电、能变形的近似圆柱形的气体。比如铜触头间的最小生弧电压为13V，最小生弧电流为0.43A，当开断220V交流电路时产生电弧的最小电流为0.5A。电弧还可能是由于短路、接地装置接触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。电弧温度很高，可达6000℃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。例如，2004年8月15日，广西柳州融水苗族自治县良寨乡归坪村高基屯一村民家中电表产生电弧引燃可燃物造成火灾，烧毁房屋245间，破拆房屋87间，受灾户133户、649人，直接经济损失106.4万元。如果开断电流加于弧隙的电压小于电弧产生的边界值，则只能产生极短的弧光放电，此现象通常称为火花。在易燃易爆场所，电火花的能量也常常会大于易燃易爆混合物的最小点燃能量而引起火灾或爆炸事故。

5. 漏电

当电气线路损伤，或绝缘导线由于高温、潮湿、摩擦、过电压、机械损坏等原因造成绝缘损伤时，漏电电流将会通过设备外壳、保护接零线（保护接地线）、零线（大地）等形成闭合回路，在一定的环境下，对靠近物质（穿线金属管、电气装置金属外壳、潮湿木材等）会发生漏电，漏电可使局部物质带电，使人们造成严重或致命的触电事故或产生火花、电弧、过热、高温等而造成火灾。例如，2004年5月15日，合肥某服装店发生火灾，直接经济损失143290元。勘查现场情况，发现店内四周墙壁钉有大量铁丝网用于挂衣服，店内日光灯的电源线从东墙壁电表箱引出，靠穿过铁丝网来固定，再到西墙壁的开关。该店电源线是从废品收购站回收的旧电线，绝缘层由于多次使用已有破损，因丧失或部分丧失绝缘性而漏电。由于电线直接搭在铁丝网上，使用时间一长，漏电引起绝缘层持续老化，电流泄漏到铁丝网上形成回路，在锈蚀的铁丝网这个大电阻中形成过热，进而引燃了挂在铁丝网上的衣服，造成火灾。在电气火灾中，漏电火灾比起短路等引起的火灾更具隐蔽性，失火后也很难找出真正的原因（被短路等假象所掩盖），因此危害性也就更大。

6. 非线性谐波

谐波是由于用电设备的非线性特性而造成的，当电网电压施加到非线性用电设备上时，负荷电流与电压的变化并不成线性（正比）关系，电流波形发生畸变，从而形成谐波。正常情况下，民用建筑中的配电线路的中性线电流比各相电流小得多，所以设计的中性线导线较细，而大量使用的计算机、空调、电梯等设备产生的大量谐波电流从中线流过时甚至会超过各相电流，这时就会使导线过载过热、绝缘损坏，进而引起短路，导致火灾。并且，谐波也会使变压器的铜损、铁损及噪声增大，使电动机的绝缘破坏、损耗增加、机械强度下降、发热加剧，这些过热都有可能引发火灾。

7. 烘烤

电气设备在通电状况下会发热。基于其发热原理，人们制造了电熨斗、电吹风、电炉等家电。然而当对这些家电使用不慎时，容易形成火灾。例如，2005年2月10日，湖南省张家界市慈利县零阳中路隆威家电公司因烤电炉引燃覆盖在其上的棉被引发火灾，烧毁建筑

96m², 直接经济损失 74 万元。又如, 2005 年 9 月 8 日 2 时 30 分, 广东省深圳市福田区建鑫苑 CD 栋 103A 号商铺, 因开着的管型卤钨灯烤着周围可燃物引起火灾, 造成 3 人死亡, 直接经济损失 5 万元。

8. 静电

静电火灾和爆炸事故的发生, 是由于不同物体相互摩擦、接触、分离、喷溅、静电感应、人体带电等原因, 逐渐累积静电荷形成高电位, 在一定条件下, 将周围空气介质击穿, 对金属放电并产生足够能量的火花放电。当火花放电的能量大于易燃易爆混合物的点火能时, 则形成火灾事故。例如, 2005 年 8 月 4 日, 四川宫阙老窖集团酒库 3 号罐在工人采用塑料管向该罐口内灌注原度酒时, 由于揭罐盖、盖罐盖等动作以及原度酒的喷溅、冲刷、摩擦等, 产生静电, 引起罐体上部内、外空间乙醇蒸气与空气形成的混合性爆炸性气体爆炸燃烧, 造成 6 人死亡, 1 人重伤, 直接经济损失 479 万元。

9. 雷电

雷电是大自然中的一种大气放电现象, 其放电电压可达数百万伏至数千万伏, 放电电流达几十万安培。雷电危害的特点是放电时总要伴随机械力、高温和强烈电弧、电火花的产生, 使建筑物破坏, 输电线或电气设备损坏, 油罐爆炸, 堆场、森林着火, 导致火灾和爆炸事故。例如, 2000 年 7 月 2 日, 福建建阳市化工总厂第三樟脑升华室遭遇雷击, 引起火灾爆炸事故, 造成直接经济损失 260 万元。

二、电气防火审核与检查

由于电气火灾的频发, 造成了巨大的火灾损失和人员的伤亡, 增强人们对电气火灾危险性的认识及采取有效地预防电气火灾的措施显得尤为重要。因此, 针对电气火灾发生的原因, 采用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, 即采用电气防火措施来控制电气火灾的发生是消防工作的一项经常性的内容, 不仅对维护正常的生产和生活秩序具有重要的现实意义, 同时也成为保障社会公共安全的一个重大问题。

作为消防监督部门, 对建筑工程设计进行防火审核并参加竣工验收, 对所辖区域企业、事业单位和居民住宅的消防工作进行监督检查, 是消防监督机构所有监督职能中的一项重要任务, 是国家赋予消防监督机构的一项神圣职责。

(一) 电气设计防火审核与验收

电气设计防火审核主要包括电气设计防火审图和电气工程竣工防火验收两大部分内容。建设单位应根据中华人民共和国第 106 号令《建筑工程消防监督管理规定》, 准备相应材料, 提前送消防主管部门, 方可进行电气防火审核与验收工作。

1. 电气设计防火审图内容

电气设计防火审图主要是审查新建、扩建、改建工程(含室内装修、用途变更)中电气设计、施工图纸中对电气防火安全技术措施的落实情况。通过对变配电所、室内外动力照明、爆炸危险区域划分, 防雷防静电、接地系统和火灾自动报警与联动控制等系统的平、立面施工图的设计、施工说明的查看, 评估防火安全性。

2. 电气设计防火审图依据

消防监督机构在履行电气设计防火审核职能时, 主要依据《建筑工程消防监督管理规定》以及如下标准、规则及规定等进行图纸审核工作:

- (1) 建筑设计防火规范 (GB50016—2006)。
- (2) 高层民用建筑设计防火规范 (GB50045—95) (2005 年版)。
- (3) 火灾自动报警系统设计规范 (GB50116—1998)。
- (4) 火灾自动报警系统施工及验收规范 (GB50166—2000) (2006 年版)。
- (5) 供配电系统设计规范 (GB50052—95)。
- (6) 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范 (GB50058—92)。
- (7) 低压配电设计规范 (GB50054—95)。
- (8) 民用建筑电气设计规范 (JGJ16—2008)。
- (9) 建筑物防雷设计规范 (GB 50057—94) (2000 年版)。
- (10) 其他有关国家设计防火规范和电气设计规范、规定等。

3. 竣工验收

电气防火工程竣工后,在建设单位自检自验合作的前提下,建设单位将其与消防工程一起,向消防监督审核机构呈交书面验收申请报告,并提供有关文件和资料后,消防审核机构方能受理验收申请。建审人员应在规定时间内,到达现场进行施工质量防火检查,并予复核,复核合格后提出验收意见。

(二) 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,超前控制电气火灾事故的发生。其本质是针对各行各业和居民的电气防火安全现状,以有关法规、规范、规定为依据进行实地校验。防火检查程序及内容依照中华人民共和国第 107 号令《消防监督检查规定》执行,电气防火的检查应就以下主要内容进行实地校验:

(1) 电能生产、输配和使用中的电气火灾隐患。

(2) 电气防火工程是否完整有效。

(3) 爆炸和火灾危险环境电气设备防火防爆措施,包括危险区域划分,易燃易爆物质的危险性,防爆电气设备的类型、性能、防护形式,电气配线防爆措施和接地、防雷装置、防静电装置等。

(4) 建筑物防雷和工业防静电。

(5) 防火责任制的落实情况,各种防火规章制度的建立情况,火灾隐患的整改情况等。

三、电气防火的研究内容与技术发展

(一) 电气防火的研究内容

为了更好地预防电气火灾的发生,有效地减少火灾损失,根据消防监督工作的实际内容,有必要开设电气防火相关课程。

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学科。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,涉及的内容十分丰富。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。电气防火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。具体来讲,本教材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,防雷与防静电,电气火灾监控系统等。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降到最低限度。而电气安全则是以安全生产及人身安全为基本出发点,研究如何利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。

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,防雷与防静电,电气火灾监控等。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。

(二) 电气防火的技术发展

电气火灾是和电的发明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。
- (11) 建筑电气防火管理与控制。

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(如漏电、电磁波、静电、雷电电磁辐射对电气火灾的形成机理及影响等研究难题)有待进一步去研究和探索。

参 考 文 献

- [1] 公安部消防局. 2001 年中国火灾统计年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2001.
- [2] 公安部消防局. 2002 年中国火灾统计年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2002.
- [3] 公安部消防局. 2003 年中国火灾统计年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2003.
- [4] 公安部消防局. 2004 年中国消防年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2004.
- [5] 公安部消防局. 2005 年中国消防年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2005.

- [6] 公安部消防局. 2006 年中国消防年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2006.
- [7] 公安部消防局. 2007 年中国消防年鉴. 北京: 中国人事出版社, 2007.
- [8] 陈南. 电气防火安全技术. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998.
- [9] 杨在塘. 电气防火工程. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

第一章 电气防火基础

第一节 电力系统基础

一、电工与电路基础

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。目前，电能的产生、输送和分配几乎全部采用三相制。所谓三相交流电路，是指由三个频率相同、幅值相等、相位互差 120° 的三个正弦电动势按照一定的方式连接而成的电源，以及接上负载后形成的三相电路的统称。

三相电源和负载的连接方式有两种：星形连接和三角形连接。在实际工作中，作为电源的三相发电机通常都是连接成星形，而三相变压器星形、三角形两种接法都有。本节中以三相交流电的星形连接法为例讲解三相交流电路中的各个基本物理量及其相互关系。

（一）三相交流电路的连接

三相电源的星形连接如图 1-1 所示。它是指将三个电源的负极性端连接在一起形成一节点，这个连接点称为中性点或零点，从中性点引出的导线称为中性线或零线，用符号 N 来表示。从三个电压源的正极性端 U、V、W 向外引出的导线称为相线或端线，俗称火线，用 L 表示。

相线和中性线之间的电压称为相电压，可用下标字母来表示其参考方向，分别记为 $\dot{U}_{UN}$ ， $\dot{U}_{VN}$ ， $\dot{U}_{WN}$ ，通常可简化记为 $\dot{U}_U$ ， $\dot{U}_V$ ， $\dot{U}_W$ 。任意两根相线之间的电压称为线电压，也可以用下标字母来表示线电压的参考方向，分别记为 $\dot{U}_{UV}$ ， $\dot{U}_{VW}$ ， $\dot{U}_{WU}$ ，如图 1-1 所示。

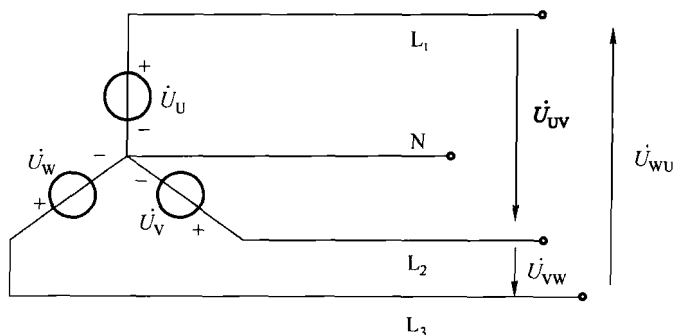


图 1-1 三相电源的星形连接

三相交流电源依次达到最大值、零值的先后顺序称为相序。习惯上, 选用 U 相电压作为参考电压, 则 V 相电压相应值的出现比 U 相电压相应值的出现滞后 120° , 而 W 相电压又比 V 相电压滞后 120° , 因此 U - V - W 的相序称为正相序, 通常都是用正相序来表示。

对称三相正弦电压的瞬时值表达式为:

$$\left. \begin{aligned} u_U &= U_m \sin \omega t \\ u_V &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ u_W &= U_m \sin(\omega t + 120^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

也可以用相量表示为:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_U &= U \angle 0^\circ \text{ (V)} \\ \dot{U}_V &= U \angle -120^\circ \text{ (V)} \\ \dot{U}_W &= U \angle 120^\circ \text{ (V)} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

其波形图和相量图如图 1-2 a)、b) 所示。这样的三个大小相等、频率相同、相位相差 120° 的交流电压称做对称三相交流电压。由于三相对称, 无论从表达式或波形图、相量图都可以得出三相电压的瞬时值之和或相量和均等于零。

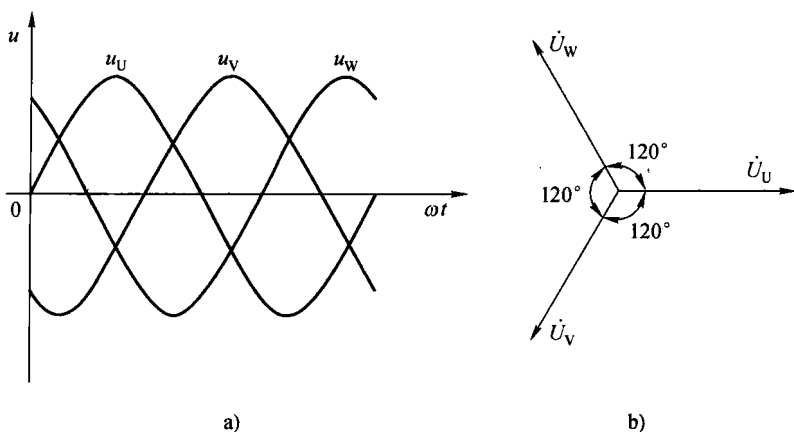


图 1-2 三相交流电压的波形图和相量图

a) 三相交流电压的波形图; b) 三相交流电压的相量图

$$\left. \begin{aligned} u_U + u_V + u_W &= 0 \\ \dot{U}_U + \dot{U}_V + \dot{U}_W &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

线电压与相电压之间具有如下关系:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{UV} &= \dot{U}_U - \dot{U}_V \\ \dot{U}_{VW} &= \dot{U}_V - \dot{U}_W \\ \dot{U}_{WU} &= \dot{U}_W - \dot{U}_U \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

由于三相对称, 将式 (1-2) 的值代入式 (1-4), 可以得到: