

高职高专规划教材

建筑安全 消防检测技术

李东朋 侯洪涛 主 编
李 华 副 主 编

JIANZHU
ANQUAN
XIAOFANG
JIANCE
JISHU



化学工业出版社

高职高专规划教材

建筑安全消防检测技术

侯洪涛 主编

李东朋 李 华 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

电气火灾检测是对电气设备健康状况的诊断,通过诊断可以发现隐患并及时消除,保证安全供用电。本书以实际工作经验为基础,结合设计、安装等相关标准规定,经过分析、总结和整理后编写而成。具体内容包括检测技术的基础知识、电路分析基础知识、电气设备安全、防雷与接地安全知识、防静电安全知识、电气防火与防爆安全知识、消防系统的组成、消防设备用电、消防检测机构及检测程序、电气火灾隐患诊断与检测、检测仪器的配置和选用、建筑消防设施检测。

本书为高职高专建筑工程技术、消防工程技术、安全工程、自动化、电气工程、检测工程专业教材,也可作为电气防火检测工程师和检测人员的培训教材,还可供消防专业设计、施工、维护、检测有关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑安全消防检测技术/侯洪涛主编. —北京:化学工业出版社, 2012.8

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-14851-3

I. ①建… II. ①侯… III. ①房屋建筑设备-消防-检测-
高等教育-教材 IV. ①TU89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 158827 号

责任编辑:李仙华 王文峡

责任校对:徐贞珍

文字编辑:薛 维

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 489 千字 2012 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

为了适应当前电气防火检测工作迅速发展的需要，提高广大检测技术人员的技术素质是十分迫切和重要的问题。只有保证电气防火检测技术水准，准确地诊断电气火灾隐患，才能有效地防止和减少电气火灾的发生，从而减少和避免人员的伤亡及财产的巨大损失。

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每个部位几乎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及用电器具时。

对于从事电气消防检测的专业人员、电气消防运行和维护人员来说，不仅要会使用各种检测仪器，更主要的是要会分析判断电气设备产生隐患的原因以及能提出针对性较强的防范措施，以防止发生电气火灾事故。

本书首先在符合现行技术标准规范的前提下自成体系，突出了系统性、实用性，并深入浅出地论述了基础理论，从而用来分析和解决电气防火检测中的各种实际技术问题。

本书由济南工程职业技术学院侯洪涛主编、统稿，李东朋、李华副主编。其中绪论、第一、二章由侯洪涛编写；第三、八、十章由济南工程职业技术学院李东朋编写；第五、十一章由河南泰克安防科技有限公司李华编写；第四、六章由山东省公安消防总队防火监督部技术处王然编写；第七章由山东省公安消防总队防火监督部技术处李智勇编写；第九章由河南太平检测有限公司陈振军编写；第十二章、附录和附表由郑州铁路局供电段陈怀更编写。

本书编写过程中，得到了有关消防技术管理和技术人员的热情关心和大力支持，得到了有关消防检测公司的密切配合和真情帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2012年2月

目 录

绪论	1
1 检测技术的基础知识	6
1.1 检测学基础知识	6
1.1.1 测量误差的基本概念	6
1.1.2 测量误差的表示方法	7
1.1.3 测量误差的分类	8
1.1.4 测量数据处理的基本方法	13
1.2 检测信号分析基础	15
1.2.1 检测系统的可靠性	16
1.2.2 检测系统的现场防护	16
1.2.3 检测系统的抗干扰	18
能力训练题	20
2 电路分析基础知识	21
2.1 电路的组成与作用	21
2.2 实际电路和电路模型	21
2.3 电荷和电流	22
2.4 电压、电位、电动势和电功率	23
2.4.1 电压与电位	23
2.4.2 电动势	25
2.4.3 电压、电流的关联参考方向	26
2.4.4 功率	26
2.5 电压源和电流源及等效变换	27
2.5.1 电压源	27
2.5.2 电流源	28
2.5.3 电压源与电流源的等效变换	29
2.6 电阻、欧姆定律	29
2.6.1 电阻	30
2.6.2 线性电阻元件与电阻器	30
2.6.3 欧姆定律	31
2.6.4 电路的状态	31
2.7 基尔霍夫定律	33
2.7.1 基尔霍夫电流定律	33
2.7.2 基尔霍夫电压定律	34
2.8 电路中各点电位的概念	35
能力训练题	36
3 电气设备安全	38
3.1 用电环境及高压电器	38
3.1.1 用电设备的环境条件和外壳 防护等级	38
3.1.2 电动机	39
3.1.3 单相电气设备	41
3.2 低压电器	43
3.2.1 低压电器的分类	43
3.2.2 低压控制电器	43
3.2.3 低压保护电器	45
3.3 用电的安全措施	47
3.3.1 电力系统接地分类	47
3.3.2 电气设备接地的一般要求	47
3.3.3 电力系统的接地装置	48
3.3.4 保护接地的应用范围	49
3.3.5 保护接零的安装范围	49
3.3.6 工作接地的作用	49
3.3.7 允许电流与安全电压	49
3.3.8 电气安全距离、安全色及安全 标志	50
3.3.9 电气安全防护用具	52
能力训练题	52
4 防雷与接地安全知识	54
4.1 建筑物的防雷等级	54
4.1.1 第一类防雷建筑物	54
4.1.2 第二类防雷建筑物	54
4.1.3 第三类防雷建筑物	54
4.2 雷电的火灾危险性	54
4.3 建筑物防雷措施	55
4.3.1 第一类建筑物防雷保护	55
4.3.2 第二类建筑物防雷保护	57
4.3.3 第三类建筑物防雷保护	58
4.3.4 其他建（构）筑物的防雷	

措施	59	4.5.2 进户线	63
4.4 特殊建(构)筑物的防雷接地	59	4.5.3 电气设备	63
4.4.1 露天可燃气储气柜的防雷 接地	59	4.6 生活、办公用高层建筑物的接地	64
4.4.2 露天油罐的防雷接地	59	4.6.1 建立安全的法拉第笼	64
4.4.3 户外架空管道的防雷接地	60	4.6.2 共同接地	64
4.4.4 水塔的防雷接地	60	4.6.3 完善等电位连接	66
4.4.5 烟囱的防雷接地	60	4.7 变配电设备接地	67
4.4.6 电视台和微波站的防雷接地	60	4.7.1 变配电设备接地的组成	67
4.4.7 广播发射台的防雷接地	61	4.7.2 变电设备接地	68
4.4.8 卫星地面站的防雷接地	62	4.7.3 配电设备接地	71
4.5 共用设施的接地	62	能力训练题	74
4.5.1 接地制式的选用	62		
5 防静电安全知识	75		
5.1 静电基础知识	75	5.2.2 静电的危害	80
5.1.1 静电的分类	75	5.3 静电防护措施	80
5.1.2 静电的放电形式	76	5.3.1 人体静电防护措施	81
5.1.3 静电放电能量及最小点燃 能量	77	5.3.2 电气设备及其他静电防护 措施	82
5.2 静电产生原因及危害	78	能力训练题	86
5.2.1 静电产生原因	78		
6 电气防火与防爆安全知识	88		
6.1 电气防火安全知识	88	6.2.2 电气爆炸危险场所	95
6.1.1 电气基本知识	88	6.2.3 防爆电气设备	95
6.1.2 电气防火与电气火灾	92	6.2.4 爆炸危险场所电气、电缆线路 要求	97
6.1.3 电气火灾的原因	92	能力训练题	99
6.2 电气防爆安全知识	93		
6.2.1 电气防爆基本概念	93		
7 消防系统的组成	100		
7.1 火灾的产生机理	100	7.3.3 警报装置	113
7.1.1 火灾的形成条件	100	7.3.4 控制装置	113
7.1.2 燃烧的必要条件	100	7.3.5 电源	114
7.1.3 燃烧的充分条件	101	7.3.6 火灾探测器	114
7.1.4 燃烧产物及危害	102	7.3.7 火灾报警系统的设备	125
7.2 火灾自动报警系统的形成和 发展	103	7.4 消防设备的联动控制	128
7.2.1 被保护对象的分级	104	7.4.1 水灭火系统	128
7.2.2 建筑火灾过程与消防	108	7.4.2 气体灭火系统	131
7.2.3 建筑防火的基本理论	109	7.4.3 防排烟系统	132
7.2.4 建筑防火的综合措施	110	7.4.4 防火分割及疏散设施	133
7.3 火灾自动报警系统的组成	112	7.4.5 火灾应急广播及消防专用 电话	135
7.3.1 触发器件	113	7.4.6 建筑物内有煤气产生的场所	136
7.3.2 报警装置	113	能力训练题	136

8 消防设备用电	137
8.1 消防供电设计原则	137
8.1.1 消防供电的负荷等级	137
8.1.2 不同级别负荷的供电要求	138
8.2 消防设备的供电要求	140
8.2.1 消防设备的配电系统	140
8.2.2 备用电源自动切换装置	140
8.2.3 消防设备的控制	140
8.2.4 供配电线路的防火要求	140
8.2.5 爆炸和火灾危险环境的电气线路	141
8.3 灯具防火要求	143
能力训练题	143
9 消防检测机构及检测程序	144
9.1 消防检测机构	144
9.1.1 建筑消防设施检测资质	144
9.1.2 建筑消防设施检测单位必须具备的条件	144
9.1.3 建筑消防设施检测资质证书年审制度	144
9.1.4 建筑消防设施检测单位的内部管理体系	145
9.1.5 建筑消防设施检测单位的职责	145
9.1.6 建筑消防设施检测单位法律责任	145
9.2 检测工作程序	147
9.2.1 委托	147
9.2.2 调查	147
9.2.3 编写检测方案(大纲)	148
9.2.4 现场检测	148
9.2.5 编写检测报告	148
9.2.6 检测报告的发送	149
9.3 电气防火检测的条件、手段及内容	149
9.3.1 电气防火检测的基本条件	149
9.3.2 电气防火检测的主要手段	149
9.3.3 检查(测)内容	149
9.4 实施计划和标准选择	151
9.4.1 电气防火检测计划及其隐患诊断实施过程	151
9.4.2 选择标准	152
能力训练题	153
10 电气火灾隐患诊断与检测	154
10.1 电压和电流的测量	155
10.1.1 电压的测量	155
10.1.2 电流的测量	157
10.2 绝缘和接地测试	158
10.2.1 绝缘测试	158
10.2.2 接地测试	160
10.3 温度的测量	163
10.3.1 温度测量的必要性和优点	163
10.3.2 电气设备的温度测量	164
10.3.3 温度的计算	165
10.4 超声波探测	166
10.4.1 相关概念	166
10.4.2 超声波探测	167
10.5 电弧探测	168
10.5.1 电弧的分类	168
10.5.2 电弧故障断路器	169
10.6 剩余电流动作断路器的检测	170
10.6.1 剩余电流动作断路器的局限性	170
10.6.2 剩余电流动作断路器的现场与日常检测	171
能力训练题	174
11 检测仪器的配置和选用	175
11.1 检测仪器配置的技术依据	176
11.1.1 电气火灾隐患的基本特性	176
11.1.2 现场检测的流动性特点	176
11.2 检测仪器误差和精确度	176
11.2.1 相关概念	176
11.2.2 有效值和真有效值	178
11.2.3 仪表的测量环境与安全耐压等级	178
11.3 电测量仪器	180
11.3.1 电工仪表的分类	180
11.3.2 电工仪表的组成和基本原理	181
11.3.3 数字电压表及数字万用表	182
11.3.4 数字式钳形电流表	185

11.3.5	电压降测试仪表	187	11.4	温度测量仪器	198
11.3.6	电压监测仪	188	11.4.1	红外辐射及相关定律	198
11.3.7	绝缘电阻测试仪	189	11.4.2	红外辐射测温仪	199
11.3.8	接地电阻测试仪	191	11.4.3	红外热像仪和红外热电视	204
11.3.9	超声波探测器	194	能力训练题		207
11.3.10	谐波检测仪	195			
12	建筑消防设施检测	209			
12.1	消防设备检测前的准备工作	209	12.6.3	技术要求	241
12.1.1	组织措施	209	12.6.4	检测方法	244
12.1.2	安全措施	210	12.6.5	检测设备	245
12.1.3	技术措施	210	12.7	防烟排烟系统的检测	245
12.2	消防供配电设施的检测	210	12.7.1	检测依据	246
12.2.1	检测依据	211	12.7.2	检测项目及要求	246
12.2.2	检测项目	211	12.7.3	技术要求	246
12.2.3	技术要求	211	12.7.4	检测方法	247
12.2.4	自备发电机的检测	212	12.7.5	检测设备	249
12.3	火灾自动报警系统的检测	213	12.8	消防应急照明和消防疏散指示	
12.3.1	系统布线检测	213	检测		249
12.3.2	火灾探测器的检测	214	12.8.1	检测依据	249
12.3.3	手动火灾报警按钮的检测	217	12.8.2	检测项目及要求	249
12.3.4	火灾报警控制器检测	218	12.8.3	技术要求	250
12.3.5	消防控制室的检测	221	12.8.4	检测方法	250
12.4	消防水系统的检测	223	12.9	应急广播系统和消防专用电话系统	
12.4.1	检测依据	223	检测		251
12.4.2	检测项目及要求	223	12.9.1	检测依据	251
12.4.3	技术要求	224	12.9.2	检测项目及要求	251
12.4.4	检测方法	235	12.9.3	技术要求	251
12.4.5	检测设备	237	12.9.4	检测方法	252
12.5	泡沫灭火系统的检测	237	12.9.5	检测设备	253
12.5.1	检测依据	237	12.10	防火分隔设施和消防电梯的	
12.5.2	检测项目及要求	237	检测		253
12.5.3	技术要求	238	12.10.1	检测依据	253
12.5.4	检测方法	239	12.10.2	检测项目及要求	253
12.5.5	检测记录	240	12.10.3	技术要求	254
12.5.6	检测设备	240	12.10.4	检测方法	254
12.6	气体灭火系统的检测	240	12.10.5	检测设备	255
12.6.1	检测依据	240	能力训练题		255
12.6.2	检测项目及要求	240			
附录	检测仪器作业指导	257			
附录一	WTS-3.5Z 感温探测器试验		附录三	ZSMS-1 水喷淋系统试水检测	
	装置	257		装置	258
附录二	YTS-3.7 感烟探测器试验		附录四	SSZ-1 消火栓系统试水检测	
	装置	257		装置	259

附录五	TES-1330 数字式照度计	259	附录十二	PZ-B300 垂直度测定仪	263
附录六	AVW-01 数字风速计	260	附录十三	TES-1360 温湿度计	264
附录七	P1000-ⅢB 数字微压计	261	附录十四	4102A/4105A 接地电阻测 试仪	264
附录八	工程 MS8200 数字万用表	261	附录十五	SJ 9-2 II 电子秒表	265
附录九	HS5633A 数字声级计	262	附录十六	游标卡尺	265
附录十	VC60 数字兆欧表	262	附录十七	卷尺	265
附录十一	JDW-5 多功能工程坡度检 测仪	263	附录十八	HCC-18 涂层测厚仪	265
附表		267			
附表一	探测器检测记录表	267	附表九	绝缘电阻检测记录表	275
附表二	水喷淋系统末端试水装置检测 记录表	268	附表十	管道坡度检测记录表	276
附表三	消火栓系统检测记录表	269	附表十一	垂直度检测记录表	277
附表四	应急照明、疏散通道照度检测 记录表	270	附表十二	环境温湿度检测记录表	278
附表五	风量、风速检测记录表	271	附表十三	接地电阻检测记录表	279
附表六	正压送风检测记录表	272	附表十四	设备启动、延时检测记 录表	280
附表七	数字万用表测试记录表	273	附表十五	数显游标卡尺测量记录表	281
附表八	报警声压检测记录表	274	附表十六	钢卷尺测量记录表	282
参考文献		284	附表十七	涂层厚度检测记录表	283
					284

绪 论

检测是人类认识自然、改造自然的重要手段，在科学研究、国防建设、工业生产、工程施工等诸多领域中，检测都是必不可少的过程，起着十分重要的作用。检测技术是一门综合性的技术，常常是集机电于一体的软硬件相结合的自动化、智能化系统，它涉及传感技术、微电子技术、控制技术、计算机技术、信号处理技术等众多技术领域。消防工程就是一个多系统、多学科、技术含量高且在建筑工程中属于独立的特殊工程项目，因此要求从事消防检测的工作人员应具有深厚的多学科的知识底蕴。

检测是对检测项目中的性能、功能进行测量、检查、试验等，并将结果与标准规定要求进行比较，以确定每项设施的性能、功能是否适合所进行的活动。消防工程的检测就是利用现代测试手段，使用专用的先进设备、仪器和专用的测试系统，对建筑消防设施、电气设施进行全方位的检查、测量和测试，全面、科学、准确地反映设备、设施运行状态及确定其隐患、危险程度和准确位置。对检测对象的状态特征进行客观、准确的描述，并与国家消防规范和地方行业标准相比较，判断其是否合格，为设备的整修提供可靠的依据。

消防检测目前分为两项，即建筑消防设施检测和电气防火安全检测。建筑消防设施检测是指对建筑物内火灾自动报警系统、水灭火系统、气体灭火系统、泡沫灭火系统、干粉灭火系统、防排烟系统、防火分隔、安全疏散等防火灭火设备、设施的检测。电气防火安全检测是对供配电装置、低压配电线路和控制电器、室内配电线路、插座开关、照明装置和低压用电设备、接地和等电位联结等电气设施的检测。对新建、扩建、改建、修缮的消防工程，在竣工后所进行的消防检测，因为属于工程验收的一部分，所以有人又称之为验收检测。对已有的消防设施按照《中华人民共和国消防法》规定：“对建筑消防设施每年应至少进行一次全面检测”。确保完好有效所进行的检测，通常又称之为年检，前一种检测是为了确保施工质量，后一种检测的目的是确保运行设施完好有效。

年度检测实际就是一种预知维修，也就是定期对设备进行监测与检查，视设备运行状态进行维修，国内有人称之为状态维修，过去我国设备的维修方式是采用前苏联的经验，按设备的维修周期定期进行维修，因为任何设备和其他的零部件都有它的寿命周期，所以对不同的设备，制定了不同检测周期和不同的检修内容。检修周期按大修、中修、小修划分。小修周期短，中修、大修时间长。但是对所定的时间间隔是很难掌握的，往往不到设备的检修周期，设备就发生了故障，丧失了产品应具备的功能。鉴于这些弊端美国军方首先在 20 世纪 60 年代，改定期维修为预知维修，用先进的仪器对设备状态进行检测，发现并确定故障部位和性质，分析故障的原因，预报故障的趋势，并提出相应措施对策。该方法很快被许多国家和其他行业所效仿，检测技术在各种行业都很快地发展。消防检测在西方经济发达国家已有几十年的历史，其技术、法规已比较完善。在我国，消防检测属于刚刚起步。但近 20 年来发展迅速，各地的检测机构不断成立，拥有了一大批消防专业检测人才。公安部 2004 年发布了《建筑消防设施检测技术规程》（GA 503—2004），使我国消防检测工作逐渐走向了标准化、规范化，大大地推动了消防检测工作的发展。

消防工程常牵扯到千家万户的安全问题，为了预防火灾和减少火灾危害，加强应急救援工作，保护人身、财产安全，维护公共安全，国家制定了《中华人民共和国消防法》，该法对消

防检测工作提出了明确规定：“对建筑消防设施每年应至少进行一次全面检测，确保完好有效，检测记录应完整准确，存档备查”，“检测不符合消防技术标准和管理规定的，责令限期改正，逾期不改正的责令停止使用”。对消防检测机构的要求是“应当依法获得相应的资质、资格；依照法律、行政法规、国家标准、行业标准和执业准则，接受委托，提供消防技术服务，并对服务质量负责”。特别强调了检测机构职业道德问题，消防产品质量认证、消防设施检测等消防技术服务机构出具虚假文件的责令改正，处五万元以上十万元以下罚款，并对直接负责的主管人员和其他直接责任人处一万元以上五万元以下罚款，有违法所得的，并处没收违法所得；给他人造成损失的，依法承担赔偿责任；情节严重的，由原许可机关依法停止执业或者吊销相应资质、资格。中华人民共和国公安部令第 106 号第二十一条规定：建设单位申请消防验收时要提供“消防设施、电气防火技术检测合格证明文件”。目前公安消防部门在严格执行这一决定，没有合格消防检测报告，一律不予验收，未经验收或验收不合格者，一律不准投入使用，这些法律、法规条文一方面强调了消防检测的重要性，同时也体现了党和人民政府对广大人民的关心和爱护。

检测质量关系到社会公共的安全，关系到人民生命和财产的安全，关系到社会经济的稳定发展；检测报告是公安消防部门和建设单位进行验收和日常消防监督管理的重要依据，是一份十分重要的技术文件，所以消防检测工作责任重大，为此要确保检测的质量和检测报告的真实可靠。

检测主要包括检验和测量两方面的意义。检验是分辨出被测参数量值所归属的某一范围带，以此来判别被测参数是否合格或现象是否存在。测量是把被测未知量与同性质的标准量进行比较，确定被测量对标准量的倍数，并用数字表示这个倍数的过程。

检测的任务不仅是对成品或半成品的检验和测量，而且为了检查、监督和控制某个生产过程或运动对象使之处于人们选定的最佳状况，需要随时检验和测量各种被测量的大小和变化等情况。这种对生产过程和运动对象实时定性检验和测量的技术又称为工程检测技术。

(1) 检测的意义

工业事故属于工业危险源，通常指人（劳动者）—机（生产过程和设备）—环境（工作场所）有限空间的全部或一部分，属于“人造系统”，绝大多数具有观测性和可控性。工业危险源状态的可观测的参数称为危险源的“状态信息”。状态信息是一个广义的概念，包括对安全生产和人员身心健康有直接或间接危害的各种因素，如反映生产过程或设备的运行状况正常与否的参数，作业环境中化学和物理危害因素、浓度或强度等。安全信息状态出现异常，说明危险源正在从相对安全的状态向即将发生事故的临界状态转化，提示人们必须及时采取措施，以避免事故发生或将事故的伤害和损失减至最低程度。安全检测依检测项目不同而异，种类繁多。根据检测的原理机制不同，大致可分为化学检测和物理检测两大类。化学检测是利用检测对象的化学性质指标，通过一定的仪器与方法，对检测对象进行定性或定量分析的一种检测方法。它主要用于有毒有害物质的检测，如有毒有害气体、水质和各种固体、液体毒物的测定。物理检测利用检测对象的物理量（热、声、光、磁等）进行分析，如噪声、电磁波、放射性、水质物理参数（水温、浊度、电导率等）等的测定均属物理方法。

随着现代工业生产的发展和科学技术的进步，现代生产装置的结构越来越复杂，功能越来越完善，自动化程度也越来越高，相应的安全问题也越来越严重，导致灾难性事故不断发生。在 1979~2005 年间部分国家发生的一些特重大事故，其损失令人震惊。不但造成巨大的经济损失，而且造成严重的人员伤亡和环境污染，在社会上引起强烈的反响，严重影响了全球经济的可持续发展和社会稳定。例如，美国三里岛核电站和俄罗斯切尔诺贝利核反应堆的泄漏曾引起

对核电站安全性的争议，对核能的发展产生了影响；美国“挑战者号”航天飞机失事使美国航天事业的发展一度陷于停顿，对整个行业产生了巨大影响；在我国，煤矿透水、天然气井喷、瓦斯爆炸和飞机坠毁等恶性伤亡事故已引起国际社会的关注。因此，必须开展安全检测技术研究，全面提高我国安全检测的科学技术水平。

（2）检测的目的

安全检测的目的是为职业健康安全状态进行评价，为安全技术及设施进行监督，为安全技术措施的效果进行评价等提供可靠而准确的信息，达到改善劳动作业条件、改进生产工艺过程、控制系统或设备事故（故障）发生的目的。

① 能及时、准（正）确地对设备的运行参数和运行状况做出全面检测，预防和消除事故隐患。

② 对设备的运行进行必要的指导，提高设备运行的安全性和可靠性以及有效性，以期望把运行设备发生事故的的概率降到最低水平，将事故造成的损失减小到最低程度。

③ 通过对运行设备进行检测、隐患分析和性能评估等，为设备的结构修改、设计优化和安全运行提供数据和信息。

总的来说，进行安全检测的目的就是确保设备的安全运行，预防和消除事故隐患，避免事故发生。

（3）事故增加的原因

① 现代生产设备向大型化、连续化、快速化和自动化方向发展。

② 高新技术的采用对现代设备（特别是航天、航空、航海和核工业等部门）的安全性和可靠性提出了越来越高的要求。

③ 现有的大量生产设备老化，要求加强对其进行安全检测。

（4）检测的任务

预测、查清、排除和治理各种有害因素是安全工程的重要内容之一。安全检测的任务是为安全管理决策和安全技术有效实施提供丰富的与不正常因素有关的连续或断续监视测量，有时还要取得反馈信息，用以对生产过程进行检查、监督、保护调整、预测，或者积累数据，寻求规律。广义的安全检测，是安全检测与安全监控的统称，认为安全检测是指借助于仪器、传感器、探测设备迅速而准确地了解生产系统与作业环境中危险因素与有毒因素的类型、危害程度、范围及动态变化的一种手段。

① 运行状态检测 设备运行状态检测的目的是了解和掌握设备的运行状态（正常与非正常工作状态），通过采用各种检测、测量、监视、分析和判断方法，结合系统的历史和现状，考虑环境因素，对设备运行状态进行评估，判断其处于正常或非正常状态，并对状态进行显示和记录，对异常状态做出报警，以便运行人员及时加以处理，并对设备运行过程中表现出来的隐患进行分析、性能评估，为合理使用和安全评估提供信息和基础数据。

通常设备的状态可分为正常状态、异常状态和故障状态三种情况。

a. 正常状态指设备的整体和局部没有缺陷，或虽有缺陷但性能仍在允许的限度以内。

b. 异常状态指设备的缺陷已有一定程度的扩展，使设备状态信号发生一定程度的变化。设备性能已劣化，但仍能维持工作，此时应注意设备性能的发展趋势，即设备应在监护下运行。

c. 故障状态则是指设备指标已有大的下降，设备已不能维持正常工作。设备的故障状态尚有严重程度之分，包括：已有故障萌生并有进一步发展趋势的早期故障；程度尚不严重，设备尚可勉强“带病”运行的一般功能性故障；已发展到设备不能运行，必须停机的严重故障；已导致灾难性事故的破坏性故障；由于某种原因瞬间发生突发紧急故障等。

② 安全检测和诊断 安全检测和诊断的任务是根据设备运行状态检测所获取的信息，结合已知的结构特性、参数以及环境条件，并结合该设备的运行历史（包括运行记录、曾发生过的故障及维修记录等），对设备可能要发生的或已经发生的故障进行预报、分析和判断，确定故障的性质、类别、程度、原因和部位，指出故障发生和发展的趋势以及后果，提出控制故障继续发展和消除故障的调整、维修及治理的对策措施，并加以实施，最终使设备复原到正常状态。

③ 设备的管理和维修 设备管理和维修方式的发展经历了三个阶段，即从早期的事后维修，发展到定期预防维修方式，现在正向视情维修发展。定期预防维修制度可以预防事故的发生，但可能出现过剩维修和不足维修的弊病。随着我国安全诊断技术的进一步发展和实施，我国的设备管理、维修工作将上升到一个新的水平，我国工业生产的设备完好率将会进一步提高，恶性事故将会逐渐得到控制，使我国的经济建设向更健康的方向发展。

（5）电气防火安全检测的目的和意义

为了防范电气火灾的发生，保障公民人身和财产安全，遵照“预防为主，防消结合”的消防工作方针，依照国家和地方有关消防管理和技术规范对电气防火安全的有关规定，采用现代高科技手段进行电气防火安全检测工作，发现被检测单位存在电气火灾隐患，应督促被检测单位及时采取措施整改。另外检测人员从被检测单位采集到的原始信息和数据，也可以作为火灾调查时的依据及改进电气设备安全运行状态的资料。电气防火工作的开展具有较强的社会效益和经济效益。

电气防火检测工作，实际上就是对电气设备火灾隐患状态的一种诊断。从仿生学观点看，电气设备的潜在隐患状态，就是一种疾病。检测（报告编写）人员就是医生，现场记录的是病人的信息，编写的报告就是病例和处方。

但是对电气火灾隐患的诊断，并不是那么容易，具有一定的复杂性。一种隐患征兆可能是多种隐患综合作用的结果，比如接线端子温度过高，是由接触松动（螺母压接不牢、弹簧垫失效）、锈蚀、烧蚀、铜铝连接或过负荷、谐波等现象造成的。这种特性决定了利用一种检测方法只能检测端子温度的高低，而不能确定引起高温的其他原因。另外，同一个隐患将表现出多种征兆，比如系统谐波的存在可使线路过负荷、中性线电流过大、自动开关无故跳闸、设备发热等，这一特性决定同一隐患可用不同的方法去诊断、去验证。电气设备的这些故障隐患现象的存在，不像人意识到自己一旦有病，就找医生主诉不适症状那样，它没有“自我”感觉，需要靠检测人员用五官或仪器去感知可能产生的隐患征兆，再加上电气系统是由多种部件组成的，运行中又要受到各种环境不确定因素的影响和约束，以及电气系统原因的随机性，从而增加了隐患诊断的复杂性和难度。

不过在检测中，只要想知道电气系统有无隐患，也很简单，用直观观察和仪器就能获得一些隐患信息，这也是各检测公司常用的方法。但是要想知道隐患的类型、性质、产生部位、程度和可能的发展趋势以及必须要采取的防范措施，必须从多角度采用不同的方法收集不同的隐患现象，根据不同隐患现象可能反映的隐患进行交叉综合诊断，才能达到真正的预防电气火灾的理想效果，而不受纯经济利益的影响。这就要求电气防火检测企业严格按照质量管理体系的要求运行和操作。

（6）电气防火安全检测的对象和范围

电气防火安全检测有它特定的对象和范围，首先应从燃烧的原则角度看电气设备的设计、安装、运行和使用以及使用环境，是否符合消防安全规定，有没有潜在的能引发火灾可能性的参数和危险状态。不能随意扩大检测范围，否则就没有重点，捕捉不到与着火有关的信息，失去检测的作用。重点对象是各建筑内 10kV 以下电气系统的电气消防安全与易燃易爆场所的电

气防爆，包括的范围有：变配电所的变压器、变配电装置、开关电器，电线电缆线路，照明插座，防爆电器等。主要检测要点如下。

- ① 电气设备和线路运行中的热状态参数。
- ② 电气设备和线路安装对建筑耐火性能破坏与抑制火灾蔓延的措施。
- ③ 对能引发电气火灾参数的监视与控制措施的完好性。
- ④ 电气设备和线路绝缘材料的可燃性，与环境可燃物相对位置及采用的危险性。
- ⑤ 安装中遗留的不规范现象与火灾隐患。
- ⑥ 电气接地系统。
- ⑦ 其他与电气火灾相关的设备、部件与环境。

1 检测技术的基础知识

改革开放以来，我国建筑业的发展突飞猛进，多层、高层建筑在全国各地一座座地矗立起来。消防工程作为建筑工程中的重要项目也随之而起，得到了快速的发展。火灾自动报警系统、防排烟系统、自动喷水灭火系统、消火栓系统、气体和泡沫灭火系统等都得到了推广和实施，这些系统不仅安装的数量在逐渐增多，而且科技含量也在不断地提高。

消防工程是一个多学科的科技含量较高的系统工程，它关系到人民的生命和财产安全。所以对消防工程的安全系数要求是必须达到百分之百。为了达到百分之百的安全系数，国家特地制定了《中华人民共和国消防法》及相应条文、条例，强调了建设工程的消防设计、施工必须符合国家工程建设消防技术标准。建设、设计、施工、工程监理等单位要依法对建设工程的消防设计、施工质量负责。为了保证消防工程的质量，特别强调了消防工程必须进行检测，这样就为消防检测工作提供了一个很大的市场，这个行业一定会以高速的姿态稳步发展，而且其发展远景是无可限量的。

1.1 检测学基础知识

1.1.1 测量误差的基本概念

测量是一个变换、放大、比较、显示、读数等环节的综合过程。

在测量过程中，由于所选用的测试设备或实验手段不够完善，周围环境中存在各种干扰因素以及检测技术水平的限制等原因，必然使测量值和真值（被测对象某个参数的真实量值）之间存在着一定的差值，这个差值被称为测量误差。虽然人们可以将测量误差控制得越来越小，但真值永远是难以测量得到的，测量误差自始至终都会存在于一切测量之中。

测量误差的存在会影响人们对事物及其状态认识的准确性，因此无论在理论上还是在实践中，研究测量误差有着非常重要的现实意义。

① 研究测量误差能正确认识误差的性质，分析误差产生的原因，以利于寻求减少产生误差的途径。

② 有助于正确处理工程数据，并通过合理计算，在一定的条件下获得更准确、更可靠的测量结果。

③ 有助于合理设计或者选择检测或试验用的仪器仪表，选择合适的测量条件及测量方法，从而能够尽量在较经济的条件下，得到预期的参考值。

1.1.1.1 真值

真值即为被测量的真实值。真值是客观存在的，一般无法通过测量知道。因此，在实际工作中常用约定真值或相对真值来代替理论真值。

(1) 约定真值

根据国际计量委员会通过并发布的各种物理参量单位的定义，利用当今最先进的科学技术复现这些实物的单位基准，其值被公认为国际或国家基准，称为约定真值。

例如，保存在国际计量局的 1kg 铂铱合金原器就是 1kg 质量的约定真值。在各地的实践

中通常用这些约定的真值进行量值传递，也可对低一等级的标准量值（标准器）或标准仪器进行对比、计量和校准。

各地可用经过上级法定计量部门按规定定期送检、校检过的标准器或标准仪及其修正值作为当地相应物理参量单位的约定真值。

(2) 相对真值

在实际的测量过程中，能够满足规定准确度的情况下，用来代替真值使用的值被称做相对真值。如果高一级检测仪器（计量器具）的误差仅为低一级检测仪器误差的 $1/10 \sim 1/3$ ，则认为前者是后者的相对真值。

例如，高精度石英钟的计时误差通常比普通机械闹钟的计时误差小 $1 \sim 2$ 个数量级以上，因此高精度的石英钟可视为普通机械闹钟的相对真值。

1.1.1.2 标称值

标称值是指计量或测量器具上标注的量值。

例如：天平上标注的 $1g$ 、精密电阻器上标注的 100Ω 等。由于制造工艺的不完备或环境条件发生变化，使这些计量或测量器具的实际值与其标称值之间存在一定的误差，所以，在给出标称值的同时，也应给出它的误差范围或精度等级。

1.1.1.3 示值

示值，也叫测量值或读数，是指检测仪器（或系统）指示或显示（被测参量）的数值。

由于传感器不可能绝对精确，信号调理以及模数转换等都不可避免地存在误差，加上测量时环境因素和外界干扰的存在，以及测量过程可能会影响被测对象原有状态等原因，都可能使得示值与实际值存在偏差。

1.1.2 测量误差的表示方法

在实际测量中，可将测量误差表示为绝对误差、相对误差、引用误差、允许误差等。

1.1.2.1 绝对误差

测量值（即示值） x_0 与被测量的真值 x 之间的代数差值 Δx 称为测量值的绝对误差。

即
$$\Delta x = x - x_0 \quad (1-1)$$

式中 x ——可为约定真值，也可以是由高精度标准器所测得的相对真值；

Δx ——绝对误差，说明了系统示值偏离真值的大小，其值可正可负，具有和被测量相同的量值。

在标定或校准检测系统测量仪器时，常采用比较法，即对于同一被测量，将标准仪器（具有比测量仪器更高的精度）的测量值作为近似真值 x ，与被校检测系统的测量值 x' 进行比较，它们的差值就是被校检测系统测量示值的绝对误差。

如果它是一恒定值，即为检测系统的系统误差。该误差可能是系统在非正常工作条件下使用而产生的，也可能是其他原因所造成的附加误差。此时对检测仪表的测量示值应加以修正，修正后才可得到被测量的实际值 x'' 。

1.1.2.2 相对误差

测量值（即示值）的绝对误差 Δx 与被测参量真值 x 的比值，称为检测系统测量值（示值）的相对误差 σ ，该值无量纲，常用百分数表示，即：

$$\sigma = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% = \frac{x - x_0}{x} \times 100\% \quad (1-2)$$

这里的真值可以是约定真值，也可以是相对真值。工程上，在无法得到本次测量的约定真值和相对真值时，常在被测参量（已消除系统误差）没有发生变化的条件下重复多次测量，用

多次测量的平均值代替相对真值。

用相对误差通常比用绝对误差更能说明不同测量的精确程度，一般来说相对误差值越小，其测量精度就越高。

有时在评价测量仪表的精度或测量质量时，利用相对误差作为衡量标准也不是很准确。例如，用任一确定精度等级的检测仪表测量一个靠近测量范围下限的小量，计算得到的相对误差通常总比测量接近上限的大量（如 2/3 量程处）得到的相对误差大得多，故引入引用误差的概念。

1.1.2.3 引用误差

测量值的绝对误差 Δx 与仪表的满量程 L 之比值，称为引用误差 γ ，引用误差 γ 通常以百分数表示：

$$\gamma = \frac{\Delta x}{L} \times 100\% \quad (1-3)$$

与相对误差的表达式比较可知：在 γ 的表达式中用量程 L 代替了真值 x ，虽然使用起来更为方便，但引用误差的分子仍为绝对误差 Δx 。由于仪器仪表测量范围内各示值的绝对误差 Δx 不同，为了更好地说明测量精度，引入最大引用误差的概念。

规定的工作条件下，当被测量平稳增加或减少时，在仪表全量程内所测得的各示值的绝对误差最大值的绝对值与满量程 L 的比值的百分数，称为仪表的最大引用误差，如式(1-4)所示：

$$\gamma_{\max} = \frac{|\Delta x_{\max}|}{L} \times 100\% \quad (1-4)$$

最大引用误差是测量仪表基本误差的主要形式，故常称为测量仪表的基本误差。它是测量仪表最主要的质量指标，能很好地表征测量仪表的测量精度。

1.1.2.4 允许误差

允许误差是指测量仪表在规定的使用条件下，可能产生的最大误差范围，它也是衡量测量仪表的最重要的质量指标之一。测量仪表的准确度、稳定度等指标都可用容许误差来表征。按照部颁标准《电子仪器误差的一般规定》(SJ943—82)的规定，容许误差可用工作误差、固有误差、影响误差、稳定性误差来描述，通常直接用绝对误差表示。

1.1.3 测量误差的分类

在测量过程中，为了评定各种测量误差，从而对误差进行分析和处理，就需要对测量误差进行分类。按照不同的分类形式测量误差可做如下分类。

1.1.3.1 按误差出现的规律分类

① 系统误差 在相同条件下，多次测量同一被测参数时，误差的大小和符号保持不变或按某一确定的规律变化，这种测量误差被称为系统误差。

系统误差表明测量结果偏离真值或实际值的程度。系统误差越小，测量就越准确。所以还经常用准确度一词来表示系统误差的大小。总之，系统误差的特征是测量误差出现的有规律性和产生原因的可知性。系统误差的产生原因和变化规律一般可通过实验和分析得出。因此，系统误差可被设法确定并消除。但应指出，系统误差是不容易被发现、不容易被确定的。

② 随机误差 随机误差又称偶然误差，它是指在相同条件下多次重复测量同一被测参数时，测量误差的大小与符号均无规律变化，这类误差被称为随机误差。

随机误差表现了测量结果的分散性，通常用精密度来表征随机误差的大小。随机误差越大，精密度越低；反之，随机误差越小，精密度越高，即表明测量的重复性越好。