



工程力学专业规划教材

# 安全检测技术

丛书主编 赵 军  
本书主编 陈金刚

中国建筑工业出版社

第 1 卷

工程力学专业规划教材

# 安全检测技术

丛书主编 赵 军

本书主编 陈金刚

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

安全检测技术/陈金刚主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 3

工程力学专业规划教材/赵军主编

ISBN 978-7-112-21637-6

I. ①安… II. ①陈… III. ①安全监测-技术-高等学校-教材 IV. ①X924. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 310326 号

《安全检测技术》以预防职业危害和生产安全事故为出发点, 以职业生产安全检测技术为主要研究对象, 全面系统地介绍了职业安全检测技术的基本理论、技术原理、检测方法以及应用技术。本书主要内容包括: 绪论、安全检测基础、常用安全检测方法、有毒有害物质检测、生产性粉尘检测、高温作业检测、噪声检测。

本书图文并茂, 深入浅出, 结构严谨, 内容丰富, 重点突出, 理论联系实际。可作为高等院校相关专业本科生和硕士研究生的专业教材, 也可以作为安全管理和安全技术人员的培训教材和自学用书。

责任编辑: 尹珺祥 赵晓菲 朱晓瑜

责任设计: 谷有稷

责任校对: 李欣慰

工程力学专业规划教材

安全检测技术

丛书主编 赵 军

本书主编 陈金刚

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

唐山龙达图文制作有限公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9½ 字数: 231 千字

2018 年 3 月第一版 2018 年 3 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-21637-6

(31294)

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

21 世纪以来，全球安全生产形势依然严峻，环境污染、重大事故与灾害频繁发生，严重威胁人类的生命与健康，造成了大量的财产损失。安全检测可为劳动者作业场所的危害因素以及生产过程中的不安全因素进行测试与分析，为安全管理决策和安全技术的有效实施提供丰富、可靠而准确的信息，从而改善劳动作业条件、检查和改进生产工艺过程，预测危险信息、避免或控制系统和设备事故的发生。开展安全检测与监控技术研究，全面提高我国安全检测与监控的科学技术水平，对有效减少事故隐患，预防和控制重特大事故的发生，保障国家经济与社会的可持续发展具有重大现实意义。

安全检测技术是一门多学科交叉的综合性技术学科，涉及的内容非常广泛。本书以职业危害因素检测为主线，系统阐述了安全检测技术的基本理论、原理和检测方法。主要包括：绪论、安全检测基础、常用安全检测方法、有毒有害物质检测、生产性粉尘检测、高温作业检测、噪声检测等内容。

本书在编写过程中，参考了相关著作，文献及国家职业卫生标准。高晓蕾参与了本书的编写工作，在此一并表示感谢！

由于时间仓促、水平有限，若有不妥之处，敬请读者批评，并提出宝贵意见。

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 安全科学与工程学科的发展 .....	1
1.2 安全检测在安全科学中的地位与任务 .....	2
1.3 安全检测与控制 .....	2
1.4 安全检测与监控的作用 .....	3
1.5 安全检测与安全监控对设备安全的作用 .....	3
1.6 检测与监控系统的组成 .....	4
1.7 安全检测的内容 .....	5
1.8 安全检测与监控的发展趋势 .....	8
1.9 安全检测技术标准的采用 .....	8
第 2 章 安全检测基础 .....	10
2.1 质量控制基础 .....	10
2.1.1 采样质量控制 .....	10
2.1.2 实验室质量控制 .....	10
2.1.3 质量管理程序控制 .....	11
2.2 实验室质量控制 .....	11
2.2.1 实验室内质量控制 .....	11
2.2.2 实验室间质量控制 .....	12
2.3 数据统计处理基础 .....	13
2.3.1 真值 ( $\mu$ ) .....	13
2.3.2 误差分类及减免方法 .....	13
2.3.3 误差与准确度 .....	14
2.3.4 偏差与精密度 .....	14
2.3.5 准确度与精密度的关系 .....	16
2.3.6 总体、样本和平均数 .....	16
2.3.7 正态分布 .....	17
2.4 可疑数据的取舍 .....	17
2.4.1 数据修约与运算 .....	17
2.4.2 可疑数据的取舍 .....	19
2.5 检测结果的统计检验 .....	24

2.5.1	样本均值与总体均值差别的检验	24
2.5.2	两种检测方法的显著性检验	24
2.6	检测数据处理	25
2.6.1	列表法	25
2.6.2	图示法	27
2.6.3	数学方程法	29
<b>第3章</b>	<b>常用安全检测方法</b>	<b>38</b>
3.1	气相色谱法	38
3.1.1	气相色谱仪的基本构成	38
3.1.2	色谱分离机理与色谱流出曲线	38
3.1.3	检测器	39
3.2	高效液相色谱法	42
3.2.1	高效液相色谱法原理	43
3.2.2	高效液相色谱仪结构与原理	43
3.2.3	高效液相色谱法实验技术	45
3.3	紫外可见分光光度法	47
3.3.1	光度法原理	47
3.3.2	吸收定律	47
3.3.3	紫外可见分光光度计	48
3.4	荧光光度法和化学发光法	49
3.4.1	荧光光度法	49
3.4.2	化学发光法	50
3.5	红外气体分析器	50
3.5.1	红外气体分析器的原理	50
3.5.2	红外气体分析器的结构和类型	50
3.6	原子吸收光谱法	52
3.7	电位分析法	54
3.7.1	离子选择性电极类型	55
3.7.2	离子选择性电极的性能	56
3.7.3	离子选择性电极测定离子活度的方法	56
3.8	电导分析法	57
3.9	库仑分析法	57
3.10	极谱分析法	58
3.10.1	直流极谱法	58
3.10.2	示波极谱法	59
3.10.3	溶出伏安法	59
3.11	定量分析方法	60

3.11.1	标准曲线法（外标法）	60
3.11.2	内标法	61
3.11.3	归一化法	62
<b>第4章</b>	<b>有毒有害物质检测</b>	<b>64</b>
4.1	有毒有害物质基础	64
4.1.1	基本概念	64
4.1.2	有毒有害物质的来源和接触环节	64
4.1.3	有毒有害物质的状态	65
4.1.4	有毒有害物质进入人体的途径	65
4.1.5	有毒有害物质的毒理作用	65
4.1.6	有毒有害物质毒性表示方法	66
4.1.7	有毒有害物质浓度表示方法	67
4.1.8	有毒有害物质的换算	67
4.2	有毒有害物质的采集	68
4.2.1	采样方法	69
4.2.2	采样仪器	73
4.3	有毒有害物质的快速检测	75
4.3.1	检气管法	76
4.3.2	试纸比色法	78
4.3.3	溶液比色法	78
4.3.4	仪器测定法	78
4.4	职业性接触毒物危害程度分级	79
4.5	有毒作业分级	83
4.5.1	职业性接触毒物作业危害的分级依据	83
4.5.2	有毒作业分级及分级方法	84
4.5.3	有毒作业分级管理原则	85
<b>第5章</b>	<b>生产性粉尘检测</b>	<b>86</b>
5.1	粉尘基础	86
5.1.1	粉尘的来源	86
5.1.2	粉尘的粒径	86
5.1.3	粉尘的分类	88
5.1.4	粉尘的理化特性	89
5.1.5	粉尘的危害	90
5.2	粉尘浓度的测定	91
5.2.1	粉尘的采集	91
5.2.2	粉尘浓度的测定	92

5.3	粉尘分散度的测定 .....	95
5.4	粉尘中化学成分的测定 .....	96
5.4.1	粉尘中游离二氧化硅含量的测定 .....	97
5.4.2	粉尘中重金属元素的测定 .....	102
5.5	粉尘可燃性和爆炸性的测定 .....	103
5.5.1	粉尘可燃性特征值的测定 .....	103
5.5.2	粉尘爆炸性特征值的测定 .....	104
5.6	生产性粉尘作业分级 .....	107
5.6.1	分级基础 .....	107
5.6.2	分级依据 .....	107
5.6.3	分级级别 .....	108
5.6.4	分级管理原则 .....	109
<b>第6章</b>	<b>高温作业检测 .....</b>	<b>111</b>
6.1	高温作业的基本类型 .....	111
6.1.1	高温强辐射作业 .....	111
6.1.2	高温高湿作业 .....	111
6.1.3	夏季露天作业 .....	112
6.2	高温作业的危害 .....	112
6.3	高温作业的测量 .....	112
6.3.1	测量仪器 .....	112
6.3.2	测量方法 .....	113
6.4	高温作业防护措施 .....	114
6.4.1	技术措施 .....	114
6.4.2	保健措施 .....	114
6.4.3	管理措施 .....	115
6.5	高温中暑的急救措施 .....	115
6.5.1	高温中暑分类及症状 .....	115
6.5.2	高温中暑急救措施 .....	115
6.6	高温作业分级 .....	116
6.6.1	分级原则与基本要求 .....	116
6.6.2	分级依据及方法 .....	116
6.6.3	分级 .....	116
6.6.4	分级管理原则 .....	117
<b>第7章</b>	<b>噪声检测 .....</b>	<b>118</b>
7.1	噪声污染及其危害 .....	118
7.1.1	噪声及其污染 .....	118



7.1.2	噪声的危害	119
7.2	声音的物理特性和量度	120
7.2.1	声音的发生、频率、波长和声速	121
7.2.2	声功率、声强和声压	121
7.2.3	分贝、声功率级、声强级和声压级	122
7.2.4	噪声的叠加和相减	123
7.3	噪声的物理量和主观听觉的关系	125
7.3.1	响度和响度级	125
7.3.2	计权声级	126
7.3.3	等效连续声级、噪声污染级和昼夜等效声级	127
7.3.4	噪声的频谱分析	128
7.4	噪声测量仪器	130
7.4.1	声级计	130
7.4.2	其他噪声测量仪器	131
7.5	噪声标准	132
7.6	噪声测量	133
7.6.1	城市区域环境噪声监测	133
7.6.2	城市交通噪声监测	134
7.6.3	工业企业噪声监测	135
7.7	噪声分级	136
7.7.1	分级基础	136
7.7.2	分级依据	136
7.7.3	噪声作业分级	136
7.7.4	分级管理原则	137
7.7.5	分级应用举例	137
7.8	噪声控制	137
7.8.1	声源控制	137
7.8.2	传播途径控制	139
7.8.3	个体防护	139
	<b>参考文献</b>	<b>141</b>

# 第1章 绪 论

安全是人类生存和发展永恒的主题,安全是国家稳定、社会发展、人民安康幸福的基石。安全技术是检测技术领域中的一个重要方面,其主要研究内容为检测技术和装置的基本原理、结构、性能、特点及选用范围等。

科学技术的发展与检测技术的发展紧密相关。检测技术促进了科学技术的发展,而科学技术的发展又为检测技术的发展开辟了广阔前景。随着高新技术的发展,高度现代化的自动加工与生产系统正向柔性加工系统、计算机集成制造系统和无人化工厂的方向发展,而自动检测系统从大量的物质流、信息流和管理流中识别有关信息,以便实行状态监测与设备故障诊断,在这大量的信息中,包括了是否正常运转、是否将要出现故障等有关安全的信息。然而,从安全检测的角度来讲,尚需对环境的振动、噪声、辐射、空气的污染、粉尘的浓度与颗粒的大小等进行检测,因为这些因素都直接危害人身的安全与健康。

因而,安全检测技术是一项极为重要的工作。随着人们对安全的认识不断深化,安全检测技术必将会有长足的发展,并将会为安全生产的现代化提供重要保障。

## ■ 1.1 安全科学与工程学科的发展

安全科学与工程是安全科学基础理论与安全技术以及两者的实践相结合的学科、专业和范畴的总称。安全科学与工程的应用领域涉及社会文化、公共管理、行政管理、检验检疫、消防、土木、矿业、交通、运输、航空、机电、食品、生物、农业、林业、能源等种种行业和事业,乃至人类生活的各个领域。

我国安全科学与工程学科是从新中国诞生之后的劳动保护等学科逐渐发展起来的。1981年开始了安全类硕士学位研究生教育,1986年以来实现了安全类本、硕、博三级学位教育。1989年中图分类法第四版类目中“劳动保护科学”更名为“安全科学”。在1992年国家技术监督局颁布的国家标准《学科分类与代码》中,“安全科学技术”被列为一级学科,其中包括“安全科学技术基础、安全学、安全工程、职业卫生工程、安全管理工程”5个二级学科。

1997年国家人事部确立了安全工程师职称制度,2002年建立了注册安全工程师执业资格制度。在2006年国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中,“公共安全”被纳入11个重点规划领域之一,并明确提出了发展“国家公共安全应急信息平台、重大生产事故预警与救援、食品安全与出入境检验检疫、突发公共事件防范与快速处置、生物安全保障、重大自然灾害监测与防御”六大优先主题。2006年安全工程获批作为工程硕士培养的一个新领域。

2011年,国务院学位委员会将“安全科学与工程”列为一级学科(原是矿业工程下的二级学科),归属于工学门类;2012年,教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》,将“安全科学与工程”单列为一个类0829,下设“安全工程”专业。

## ■ 1.2 安全检测在安全科学中的地位与任务

工业革命给人类带来了无穷的财富，但是，工业事故和工业灾难与科技发展和社会进步伴随而来，从泰坦尼克号到切尔诺贝利核泄漏，人类经历了无数次危险和灾难。现代化学工业、高能技术、高新技术、航空航天技术、核工业技术以及探海技术的发展以及规模装置、大型联合装置的出现，使技术密集性、物质高能性和过程高参数性更为突出，使得现代生产装置和系统对工程技术的严格性和严密性提出了更高的要求，对于现代装置、高能过程和高技术系统，微小的技术缺陷往往成为灾难性隐患，甚至导致毁灭性的灾难。如：工业过程的微小温度或压力的变化、高速流体系统的流量流速的变化、快速运转机械平衡条件的微小变化、物料配比系统的微小失误、高压装置的细小裂纹、爆炸危险体系的微小触发能量等。由于事故现象越来越复杂，损失越来越惨重，迫使人们必须认真分析事故现象，研究事故规律，这就要求在生产过程中实施有效地安全检测和控制。

**安全检测的任务：**为有效地实施安全管理提供丰富、可靠的安全因素信息。安全监控是通过安全检测提供的、为安全管理决策服务的基础信息，使生产过程或特定系统按预定的指标运行，避免系统因受意外的干扰或波动而偏离正常运行状态，并导致故障或事故。因此，安全检测是安全管理工作的“眼睛和耳朵”，安全管理人员的决策过程、监控系统中控制系统运算比较的过程就像是整个安全管理系统的“大脑”。从某种意义上讲，安全检测是人类感官功能的延拓，涉及物理学、电子学、化学、计算机科学、测量技术等学科领域，是一门综合性的技术学科。

**安全检测的工作对象：**劳动者作业场所空气中可燃或有毒气体（或蒸汽）、漂浮的粉尘、物理危害因素及反映生产设备和设施、工程结构安全状态的参数（温度、压力、流速等）。

**安全检测的目的：**对劳动者作业场所所有毒有害物质和物理危害因素以及生产过程中的不安全因素进行检测，为安全管理决策和安全技术的有效实施提供丰富、可靠而准确的安全因素信息，从而改善劳动作业条件、检查和改进生产工艺过程，预测危险信息、避免或控制系统和设备事故的发生。

## ■ 1.3 安全检测与控制

借助于仪器、仪表、传感器、探测设备等工具迅速而准确地了解生产系统及作业环境中危险因素与有毒有害因素的类型、危害程度、范围及动态变化，对职业安全与卫生状态进行评价，对安全技术及设施进行监督，对安全技术措施的效果进行检测，提供可靠而准确的信息，以改善劳动作业条件，改进生产工艺过程，控制系统或设备的事故（故障）发生，所有这些运作过程被称为安全检测与控制技术。

安全检测包含两方面的含义，一是指获取被检测对象某时刻数据的过程，另一是指对目的对象进行长时间连续测试的过程，是现代化工业安全生产不可缺少的技术手段，涉及化工、石油、石化、矿山、航空、航天、航海、铁路、电业、建筑、冶金、核工业等众多领域或部门。

根据检测性质不同，安全检测可分为研究性检测、监视性检测和特定目的检测。研究性检测是为研究危险、有害因素的发生、发展规律而进行的检测，通常是研究技术人员为

特定研究目的而专门设计的检测；监视性检测是为了了解危险、有害因素变化状况，进行安全评价、产品安全卫生性能评定、劳动安全监督所进行的检测，既是企业安全管理的重要内容，也是国家安全监察的依据。我国建有省、地、县三级国家检测站，负责安全卫生监察机构指派的检测检验任务；特定目的检测是指因意外事件、事故发生毒物泄漏、放射性污染等而进行的检测。

安全检查、安全检测、安全监测、安全监控的内涵与功能既有区别又有联系：

(1) 安全检查是为了系统的安全而对系统可能存在的危险与有害因素进行查证的过程，这种查证既可以是经验性或感官性的，也可以是借助简单的工具或精密复杂的检测仪器，是一种有安全目的的行为过程。传统上的安全检查主要是指利用人的经验、感官的，以及简单的工具所进行的查证过程。

(2) 安全检测是利用仪器进行检验、测定。如果较长时间连续检验、测定，则被称为实时检测或监测。检测或监测只是以数据或报警的方式告诉人们系统所处的状态，并不去影响系统的状态。

(3) 安全监控不仅能显示系统所处的状态，而且根据监测的结果对系统进行调节、调整、纠正、控制，使系统回到人们所设定的运行状态。由此可见，监控是在监测系统的基础上，加上了控制系统。

## ■ 1.4 安全检测与监控的作用

通过对检测对象运行状况的检测，预测其运行的变化趋势，根本目的是避免事故，保证安全生产。检测与监控的作用主要表现在 4 个方面：

(1) 提供检测对象准确的运行状态。检测对象运行状态正常还是异常，通过检测就可确定。例如：作业场所的空气环境质量是否达到有关职业卫生标准的要求，设备设施是否有泄漏可燃气体或挥发性液体的可能，职业卫生工程中的防尘、防毒、通风与空调、辐射防护、生产噪声与振动控制等工程设施是否有效，锅炉受压元件是否安全可靠，利用无损检测技术（超声波、声发射等）可检测出受压元件是否存在裂纹的扩展情况，通过定量分析评价即可确定锅炉是否安全以及寿命情况。根据检测结果，人们可以对目前运行的设备作好计划安排，如维修、更换、采用其他补救措施等，以便既充分发挥设备的效率，又避免事故发生。

(2) 保证检测对象运行状态在预期指标之内。例如监测温度，并根据监测结果通过监控系统的执行机构对设备实行控制，就可以防止强度丧失和过热损失。

(3) 预报检测对象运行状态的变化，防止事故发生。对于一些连续运行的设备，当出现不影响运行的异常时，只能在役检修。这时监测系统对故障执行实时监测，一旦故障来临立即报警，以便人们可以事先做好排除故障的工作，避免发生事故。

(4) 智能化的监测与监控系统，还可以对故障模式进行诊断，对故障的发展趋势进行预测，把安全检测与安全评价融为一体。

## ■ 1.5 安全检测与安全监控对设备安全的作用

用安全监测与控制系统监测设备运行状况，预测设备运行的变化趋势，其根本目的是避免事故，保证安全生产。检测与监控对设备安全运行的作用主要表现在以下几个方面：

(1) 提供设备准确的运行状态。设备运行状态正常还是异常，通过检测就可确定。例如锅炉受压元件是否安全可靠，利用无损检测技术（超声波、声发射等）可检测出受压元件是否存在裂纹扩展的情况，通过定量分析评价即可确定锅炉是否安全以及寿命情况。根据检测结果人们就可以对目前运行的设备作好计划安排，如维修、更换、采用其他补救措施等，以便既充分发挥设备的效率，又避免事故发生。

(2) 保证设备运行状态控制在设计指标之内，不至于超限运行。例如监测温度并根据监测结果通过监控系统的执行机构对设备实行控制，就可以防止强度丧失和过热损失。

(3) 预报设备故障状态的变化，防止设备事故发生。对于一些必须连续运行的设备，当出现不影响运行的异常时，只能在役检修。这时监测系统对故障执行实时监测，一旦故障来临立即报警，以便人们可以事先做好排除故障的工作，避免事故带来的损失。

(4) 智能化的监测与监控系统，不仅能检测设备的运行状态，而且对设备故障模式进行诊断，对故障的发展趋势进行预测，把安全检测与安全评价融为一体。

## 1.6 检测与监控系统的组成

检测系统是指为完成某项测量所使用的一系列仪器，即指由相关的器件、仪器和测量装置有机组合而成的具有获取某种信息之功能的整体。

检测系统由传感器、信号调理、信号传输、信号处理、警报装置、显示记录等环节组成（图 1-1）。

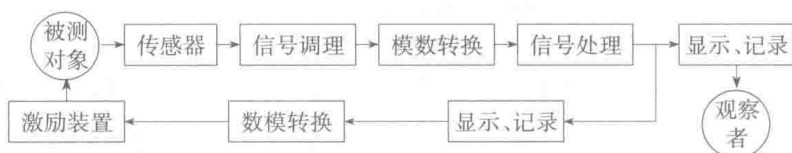


图 1-1 检测与监控系统的组成

担负信息转化任务的器件称为传感器或检测器。传感器的作用是将被检测对象的指标参数（如温度、压力、可燃气体浓度、速度、湿度等）转化为电信号。经过信号处理电路系统进行处理后，通过显示器、警报器显示或报告检测结果，也可以通过数据处理装置进行数据处理，以作进一步分析使用（如故障诊断分析）。由传感器或检测器、信号处理及显示单元组合成一个整体，就构成了“安全检测仪器”。如果将传感器或检测器、信号处理及显示单元集成于一体并固定安装于现场，对安全状态信息进行实时检测，则称这种装置为安全监测仪器。如果只是将传感器或检测器固定安装于现场，而信号处理、显示、控制、报警等单元安装在远离现场的控制室内，则称之为安全监测报警系统，习惯上称为安全检测报警系统。将监测系统与控制系统结合起来，把监测数据转变成控制信号，则称为监控系统。对于监控系统，则通过控制执行机构对被监测对象实行调节、纠偏控制，以使被监测对象始终保持在设定的状态运行。

信号调理环节把传感器的输出信号转换成适合于进一步传输和处理的形式。这种信号的转换多数是电信号之间的转换，例如，把阻抗变化转换成电压变化，还有把滤波、幅值放大或者把幅值的变化转换成频率的变化等。

信号处理环节对来自信号调理环节的信号进行各种运算、滤波和分析。信号显示、记

录环节将来自信号处理环节的信号，即测试的结果，以易于观察的形式显示或存储。

反馈、控制环节主要用于闭环控制系统中的测试系统。

模数（A/D）转换和数模（D/A）转换环节是在采用计算机、PLC等测试、控制系统时进行模拟信号与数字信号相互转换的环节。

警报装置是安全监测与监控的重要组成部分，当设备出现危险、险情、故障或需要注意的情况时，可采用各种警报装置来提醒人们注意，以便迅速作出反应，从而避免事故的发生。对于在控制点看不见全貌的自动生产线或联动机组，应配置开车预备音响警报装置，以便引起有关人员注意。安全监测与监控系统采用的警报装置类型有视觉报警、听觉报警、嗅觉报警等。

（1）预警。预警一词用于工业危险源时，可理解为系统实时检测危险源的“安全状态信息”并自动输入数据处理单元，根据其变化趋势和描述安全状态的数学模型或决策模式得到危险势态的动态数据，不断给出危险源向事故临界状态转化的瞬态过程。由此可见，预警的实现应该有预测模型或决策模式，即描述危险源从相对安全的状态向事故临界状态转化的条件及其相互之间关系的表达式，由数据处理单元给出预测结果，必要时还可直接操作应急控制系统。

（2）报警。报警和预警区别较大，前者指危险源安全状态信息中的某个或几个观测值，分别达到各自的阈值时而发出声、光等信号而引人注意的功能。阈值是事先设定的。有些袖珍型气体检测报警仪仅具备报警功能，但现在多数固定式和便携式检测报警仪同时具备指示检测数据和报警两个功能，并能够存储和输出大量的检测数据。报警是指某参数达到了预设的预警，预警是在一定程度上对危险源状态的转化过程实现在线仿真。根据状态数据的变化趋势判断是否向危险状态转变，两者的本质区别在于有无预测模型或模式。

## ■ 1.7 安全检测的内容

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”，绝大多数具有可观测性和可控性。表征工业危险源状态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，包括对安全生产和劳动者身心健康有直接或间接危害的各种因素，例如：反映生产过程或设备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。安全状态信息出现异常，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降至最低程度。

为了获取工业危险源的状态信息，需要将这些信息通过物理或化学的方法转化为可观测的物理量（模拟或数字信号），这就是通常所说的安全检测和安全监测，它是对作业环境安全与卫生条件、特种设备安全状态、生产过程危险参数、操作人员不规范动作等各种不安全因素检测的总称。

不安全因素包括：

（1）粉尘危害因素。化学成分、浓度、粒径分布；全尘或呼吸性粉尘；煤尘、石棉尘、岩尘、烟尘等。

（2）化学危害因素。可燃气体、有毒有害气体在空气中的浓度和氧气含量。

（3）物理危害因素。噪声与振动、辐射（紫外线、红外线、射频、微波、位素）、静



电、电磁场、照度等。

(4) 机械伤害因素。人体部位误入机械动作区域或运动机械偏离规定的轨迹。

(5) 电气伤害因素。触电、静电、雷电、电气火灾等。

(6) 气候条件。气温、气压、湿度、风速等。

常见的检测内容：

(1) 有毒、可燃气体检测：

主要用于存在泄漏有毒、可燃气体浓度达到爆炸极限或爆炸的石油化工企业、油轮、油库。当可燃气体浓度达到爆炸极限时，就会发出警报。可燃气体探测器有催化型和半导体型两种。

(2) 粉尘检测：

评价作业场所空气中粉尘的危害程度，加强防尘措施的科学管理，保护职工的安全和健康，促进生产发展。

(3) 噪声检测：

常用仪器有声级计、频谱仪、噪声分析仪等。声级计根据其精度分为精密声级计和普通声级计，可根据测量精度要求选用。对于测量脉冲噪声则应选用脉冲声级计。一般噪声频率范围是较宽广的，在噪声控制中往往需要知道噪声的频谱，这时应选用频谱仪。声级分析仪是由声级计、微机和打印机构成，是一种交、直流两用电源的携带式测量结果，而且可贮存、分析和处理数据，得出所需要的各种综合评价结果。

(4) 辐射检测：

辐射包括电磁波和放射性，一般作业场所主要涉及放射性检测。按被检测的对象不同，放射性检测分为现场检测和个人剂量检测，前者是对具有放射性污染作业场所污染状况的检测，后者是对操作人员所受内照射和辐射剂量的检测。

(5) 流动介质参数检测：

许多生产设备存在流动介质，无论生产过程还是安全控制，都需要对介质的参数（温度、压力、流速等）进行检测。检测仪器既有经典的指针式检测仪器，也有带微机的智能化检测仪，可根据检测参数及要求选用。

(6) 电气设备检测：

电气设备的检测项目较多，常见的有绝缘性能检测、接地电阻检测、静电检测等。

(7) 设备缺陷检测：

在不损害或基本不损害材料或构件的情况下，探测被检测对象内部和表面的各种缺陷及某些物理性能的一种检测技术。对检测材料或构件是否出现危险性缺陷，消灭灾害性事故具有重要的作用。常规的无损检测方法有：渗透检测、磁粉检测、电位检测、涡流检测、射线检测和超声波检测。

(8) 火灾探测：

火灾探测在探测到火灾时，能自动产生火灾报警信号，因而也叫火灾报警器。

安全检测方法。安全检测方法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物质的物理化学性质指标，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气体或蒸气、可燃气体或蒸气的检测，例如空气中一氧化碳、甲烷等的测

定。物理检测利用检测对象的物理量（热、声、光、电、磁等）进行分析，如噪声、电磁波、放射性、压力、温度等的测定。

**安全检测仪器。**根据使用的场所不同，用于检测的仪器分为两大类，一类是实验室型仪器，不便于携带，用于在实验室对现场采集样品进行检测分析；另一类是便携式仪器，便于携带，操作简便，主要用于现场的实时检测。前者适用范围广，准确度高，操作较复杂，检测周期长，不适于应急检测；后者适用范围相对窄，操作简便，能实时反映浓度变化情况，特别适于应急检测。另外，还有固定式气体检测器，其传感器部分安装在现场，用于监测固定场所的目标气体浓度。

实际生产中使用的安全监控系统种类繁多，根据使用对象不同，常用有以下几类：

#### （1）生产工艺参数监控系统：

这类控制主要是为了保证设备运行要求，同时也起到安全监控的作用，例如发电厂锅炉过热蒸气温度控制系统。每种锅炉与汽轮机组都有一个规定的运行温度控制系统。每种锅炉与汽轮机组都有一个规定的运行温度，在这个温度下运行机组的效率最高。如果温度过高，会使汽轮机的寿命大大缩短，而如果温度过低，当蒸汽带动汽轮机做功时，会使部分蒸气温度控制系统的作用，也就是监测蒸气的温度，并控制蒸气保持设定的温度。

#### （2）危险场所提示监控系统：

对于一些危险场所（如高压变电室、重要设备场所、危险作业场所等），在采用隔离、屏蔽等措施后，还不能达到本质安全时，为了避免人员误操作造成事故危险，常在这些场所设置提示监控系统。一旦有人靠近或误入，系统将以语音或声光形式发出警告。

#### （3）事故危险警报监控系统：

对于存在有毒、可燃气体的作业环境，如果发生泄漏，可能会造成严重的中毒事故或爆炸事故。因此，设置警报监控系统，一旦泄漏超过规定值，系统报警，以便人们采取措施，排除险情。

#### （4）火灾报警监控系统：

一旦出现火情，系统发出报警，以便人们及早扑灭火灾或逃离现场。报警监控系统不仅可用作报警，还可同时启动灭火系统和排气扇，打开排气操纵增压系统。有些重要建筑物的监控系统同时使用多种探测器来监测火灾，提高预防火灾的可靠性。

#### （5）安全保护监控系统：

这类系统广泛用于各类设备上，一方面保护设备，另一方面保护操作者，避免人身伤害事故发生。如机床上使用的限位监控器，当运动部件运行轨迹超过限定位置时，系统发出警报，并切断电源或启动制动装置。压力机上使用的冲压保险监控系统，是为了防止在冲压过程中发生人身事故而设的。一般分为光线式和感应式，当人体某个部位伸进感应幕时，电磁发生变化，监测出感应幕被破坏，并向控制元件输出信号，使压力机的滑块停止运行。还有汽车上使用的防撞雷达，也属于安全保护监控系统类型。当汽车与前方或左右侧的汽车或其他物体的距离较近时，防撞雷达切断油路，启动刹车系统，使汽车自动停止运行。

#### （6）电视监视法：

一些企业采用工业电视对生产现场进行集中监视。利用安装在现场的摄像头及时观察车间情况，发现事故苗头，即可用对讲机通知车间管理人员及时加以控制。一般的安全检



查都是检查人员到现场进行查证,这不仅费时,而且不能动态地观测设备的运行情况。利用电视监视法,人们可通过屏幕随时检查设备运行及作业环境变化情况,尤其对于危险作业,安全要求高的设备运行,更是一种很有效的方法。

## ■ 1.8 安全检测与监控的发展趋势

安全检测与监制简称为安全监控,具有监测和控制的综合作用。安全监控可分为两种:一是过程控制。在现代化工业过程中,一些重要的工艺参数大都由变送器、工业仪表或计算机来测量和调节,以保证生产过程及产品质量的稳定。比较完善的过程控制设计中,有时也会考虑工艺参数的超限报警,外界危险因素(如可燃气体、有毒气体在环境中的浓度,烟雾、火焰信息等)的检测,甚至紧急停车等联锁系统。然而,这种设计思想仍然着眼于表层信息捕获的习惯模式。二是应急控制。应急控制是指具有安全防范性质的控制技术。在对危险源的可控制性进行分析后,选出一个或几个能将危险源从事故临界状态调整到相对安全状态的因素并进行控制,以避免事故发生或将事故的伤害、损失降至最低程度。

监控技术的发展主要表现在:①监控网络集成化,是将被监控对象按功能划分若干系统,每个系统由相应的监控系统实行监控,所有监控系统都与中心控制计算机连接,形成监控网络,从而实现对生产系统实行全方位的安全监控(或监视);②预测型监控,这种监控即控制计算机根据检测结果并按照一定的预测模型进行预测计算,根据计算结果发出控制指令。这种监控技术对安全具有重要的意义。

安全检测技术涉及各行各业,而且在不同行业的发展要求和现状也不尽相同,因而,发展趋势也不尽相同。但从安全科学的整体角度出发,现代生产工艺的过程控制和安全监控功能应融为一体,综合成包括过程控制、安全状态信息检测、实时仿真、应急控制、自诊断以及专家决策等各项功能在内的综合系统,总的发展趋势表现为:①开发综合性安全检测新系统;②拓展安全检测设备的测量范围,提高检测精度;③提高安全检测的可靠性、安全性;④传感器向集成化、数字化、多功能化方向发展;⑤发展非接触式、动态安全检测技术。

## ■ 1.9 安全检测技术标准的采用

安全检测的对象包括了粉尘、可燃气体、有毒气体、噪声、静电、压力、温度、辐射、流速等许多方面,检测仪器种类多、型号多,原理也各不相同,检测地点也分室内室外,检测过程涉及许多领域的知识。为了得到准确可靠、可比性强的检测结果,最好采用标准的检测方法若没有标准检测方法的检测项目,可采用权威部门推荐的方法,或能被广泛认可的检测方法。现场使用的固定式检测报警系统,不仅要求检测的准确度高,而且还要求能迅速探知泄漏,所以传感器的安装位置设计也要规范。我国颁布了许多车间空气中粉尘、有毒物质、噪声和辐射的卫生标准,包括最高容许浓度、时间加权平均浓度和检测方法,这些是进行安全检测的依据。

在作业场所空气的尘毒检验中,常常需要进行定量分析,几乎所有的化学分析和现代仪器分析方法都可以用于空气理化检测,但是每种分析方法都有其各自的优缺点,至今尚没有能适用于各种污染物的万能分析方法。目前,空气尘毒检验常用的分析方法有紫