

安全检测与监控

ANQUAN
JIANCE YU
JIANKAO

全国高校安全工程专业本科规划教材

教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

全国高校安全工程专业本科规划教材

安全检测与监控

教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

主 编 董文庚

主 审 曲 方

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

安全检测与监控/教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2011

全国高校安全工程专业本科规划教材

ISBN 978-7-5045-8769-5

I. ①安… II. ①教… III. ①安全管理-监控-技术-高等学校-教材 IV. ①X924.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 010608 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

新华书店经销

北京地质印刷厂 三河市华东印刷装订厂

787 毫米×960 毫米 16 开本 22.5 印张 393 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定价: 49.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010-80497374

教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会

主任委员	孙华山				
副主任委员	黄玉治	范维澄	谢和平	冯长根	张来斌
	宋守信				
委 员	张平远	何学秋	吴宗之	伊 烈	李永红
	张 麟	王继仁	钮英建	林柏泉	刘泽功
	蔡嗣经	傅 贵	吴 超	吴 穹	许开立
	程卫民	张殿业	景国勋	蒋军成	赵云胜
	姜德义	黄卫星	刘玉存	李树刚	王述洋
	陈国华	张 力	刘义伦		
秘 书 长	杨书宏				

编审人员

主 编	董文庚		
编 写 人 员	苏昭桂	张金锋	刘庆洲
主 审	曲 方		

内 容 简 介

本书从预防职业危害和预防生产安全事故工作的实际需要，较系统地阐述了安全检测与监控的内容。教材共分八章，着重介绍了工业生产过程参数检测与监控、有毒有害和易燃易爆气体检测与监控、作业场所空气中粉尘的检测、工业噪声检测、无损检测技术、火灾信息检测与监控、防雷防静电检测及物质放射性检测与监控等内容。

本书力求反映安全检测与监控领域的新理论、新技术、新仪器，可作为高等院校安全工程专业教学用书，以及环境科学、预防医学等专业的教学参考书，同时也可作为从事职业卫生管理、生产安全管理等人员的参阅资料。

序 言

党的十六届五中全会确立了“安全发展”的指导原则，极大地促进了我国安全科学事业的发展，同时为安全工程学科提供了良好的发展机遇。据初步统计，到目前为止，全国开设安全工程专业的高校已达百余所，安全工程专业已成为我国高等教育中重要的新兴专业之一。

加强教材建设，是促进我国安全工程专业健康发展的重要基础工作。教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会（2004—2008年）在充分吸收和借鉴上届教指委安全工程专业教材成功编写经验的基础上，于2006年启动了“全国高校安全工程专业本科规划教材”的组织编写和出版工作。第一批15种安全工程专业本科规划教材已基本完成。在此基础上，教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会（2008—2010年）组织开发了第二批规划教材共14种，包括《安全评价》《安全法学》《安全工程专业英语》《安全监察》《消防工程概论》《安全工程概论》《安全检测与监控》《防灾减灾工程》《矿山安全工程》《交通运输安全技术》《建筑施工安全技术》《计算机在安全领域中的应用》《安全科技概论》《安全工程专业毕业设计与论文指南》。

本套规划教材的编写力求满足安全工程专业课程体系和课程教学的新发展，立足现实，反映前沿，力求创新，既包括已经成熟并被公认的理论与学术思想，又反映安全工程学科领域具有前瞻性与代表性的最新理论、技术和方法，并借鉴吸收世界上发达国家的先进理论、理念与方法。

在本套教材开发过程中，全国数十所高等学校、科研院所的近百名专家和学者积极参与了教材的编写和审订工作，教指委秘书处、教材开发分委会和中

国劳动社会保障出版社做了大量的组织工作，在此向他们表示衷心的感谢！

本套教材的编写和出版，是我国安全工程学科在教材建设方面又迈出的重要一步。虽然我们尽了最大努力，但仍有不足，恳请安全工程领域的专家学者和广大师生提出宝贵意见。

教育部高等学校安全工程学科教学指导委员会

2010年8月

前 言

安全生产工作所从事的工作可以由“辨识、评价、控制”六个字笼统地概括。辨识是指对作业场所中的环境、设备、设施中存在的危险源进行识别，预测其可能出现的各种事故，分析事故隐患引发危险源灾变为事故的机理；评价是指对危险源的灾变为事故风险的定性定量评价和与相关标准、设计规范符合性评价；控制是指防止危险源灾变为事故所采取的工程技术措施、人员行为的强制控制措施和安全教育措施。在辨识、评价、控制三个基本工作环节中，安全检测工作的作用就相当于人的“耳朵”和“眼睛”，起到收集安全状况信息的作用，如作业场所有害气体浓度、粉尘的浓度、噪声强度等是否超过限值，需要依据检测数据进行判断，可燃气体或可燃液体是否泄漏、浓度是否接近燃爆危险浓度、有限作业空间气体中氧气浓度是否在安全范围内也需要固定式或移动式的检测仪表或检测仪随时检测，运行中设备的温度、压力、流体流速等物理参数也必须靠物理参数传感器感知响应，场所发生火灾的初始期也需要火灾探测器传递出信息，相关的安全连锁系统和自动控制系统也需要传感器提供实时的参数信号。安全监控包括了“监测”与“控制”两个方面，监测是指对被测对象的某一参数进行连续的响应和输出，显示其实时值及其变化趋势，控制是指根据监测的实时结果，对设备的运行进行调整的过程，监测是控制的基础和前提。

《安全检测与监控》是根据安全生产工作的需要，结合了分析化学、传感器科学和火灾探测、设备探伤、尘毒检测、环境监控等领域的知识和技术，综合而成的实用性技术及其原理。教材所述内容是安全生产工作应该熟悉和了解的知识。

在 2009 年的高等学校安全工程学科教学指导委员会教材建设会议（沈阳）上，本书

的编写大纲经委员和教授们的审阅和讨论，经修改后确定，作者按照大纲选定的内容和要求进行编写，经审稿、修改后定稿。

全书共分八章，第一章绪论和第三章气体检测与监控由董文庚编写；第二章过程参数检测与监控和第六章无损检测技术由苏昭桂编写；第四章作业场所空气中粉尘的检测和第七章火灾信息检测与监控由张金锋编写；第五章工业噪声检测由刘庆洲编写，第八章防雷防静电及物质放射性检测与监控由董文庚和张金锋共同编写，全书由董文庚主编，曲方教授主审。

全书在编写过程中力图实现既注重基础又突出实用的目的，根据安全工程专业本科学生的基础知识，适度介绍了相关检测所需的基础理论，对于检测仪器设备和检测技术，主要侧重于通用性知识与技能的介绍。

本书在编写过程中参阅了大量的相关资料，在此，谨对原作者表示最真诚的谢意。

由于编者水平有限，书中疏漏和错误在所难免，敬请读者不吝赐教。

编 者

2010年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 安全检测与安全监测	(1)
第二节 安全监控的主要内容与特点	(5)
第三节 安全检测技术与安全监控系统	(6)
第四节 职业卫生检测与监控技术现状	(10)
第二章 过程参数检测与监控	(14)
第一节 压强检测与监控	(14)
第二节 温度检测与监控	(23)
第三节 流量、流速检测与监控	(40)
第四节 物位检测与监控	(51)
第三章 气体检测与监控	(61)
第一节 实验室检测与现场监控	(62)
第二节 常用气体传感器响应原理	(97)
第三节 传感器的选用	(113)
第四节 便携式气体检测仪	(122)
第五节 固定式气体检测报警系统	(125)
第六节 传感器设置与维护	(129)
第七节 泄漏追踪检测与事故应急监控	(135)

第四章 作业场所空气中粉尘的检测	(142)
第一节 生产性粉尘的来源与危害	(142)
第二节 粉尘的特性分析	(144)
第三节 作业场所粉尘的采集	(148)
第四节 作业场所粉尘浓度的测定	(157)
第五节 粉尘分散度的测定	(164)
第六节 粉尘中化学成分测定	(168)
第七节 粉尘的可燃性及爆炸性测定	(173)
第八节 个体呼吸性粉尘监控	(178)
第五章 工业噪声检测	(181)
第一节 噪声基础知识	(181)
第二节 噪声声级	(183)
第三节 声级计的构造与原理	(189)
第四节 工业噪声测量	(192)
第六章 无损检测技术	(196)
第一节 超声波检测技术	(196)
第二节 射线检测技术	(216)
第三节 渗透检测技术	(224)
第四节 磁粉检测技术	(229)
第五节 涡流检测技术	(235)
第六节 声发射检测技术	(245)
第七章 火灾信息检测与监控	(266)
第一节 火灾信息检测	(266)

第二节	几种常用的火灾探测器	(271)
第三节	火灾自动报警系统	(285)
第八章	防雷防静电及物质放射性检测与监控	(295)
第一节	防雷装置接地电阻的安全检测	(296)
第二节	静电检测参数的选择	(306)
第三节	静电电位的检测	(308)
第四节	静电电量的检测	(316)
第五节	静电电容的检测	(318)
第六节	电阻与电阻率的检测	(322)
第七节	人体静电参数的检测	(326)
第八节	物质放射性辐射的危害	(328)
第九节	放射性辐射防护标准	(333)
第十节	放射性测量和检测仪器	(335)
第十一节	放射性检测与监控技术	(340)
参考文献	(346)

第一章 绪 论

本章学习目标

1. 了解安全检测的基本任务，掌握安全检测的基本概念。
2. 了解安全监控的任务和特点。
3. 掌握现代安全检测系统的基本知识。

安全是指人的身体与精神免受危险、危害因素伤害、威胁的存在状态、健康状况及其保障条件。没有伤害、没有损失、没有威胁、没有事故发生的内涵是：预知、预测、分析危险，限制、控制、消除危险，使人的生命、健康、精神状态均处于人们在当时社会发展条件下普遍可接受的安全状态。安全的本质是人、物和环境三大要素及其相互关系和谐并达到预定的安全目标。在生产领域，安全是指人们在生产活动中免遭不可接受的风险和伤害的存在状态。这种状态消除了可能导致人员伤亡、职业危害、设备及财产损失或危及环境的潜在因素。不能预知、掌握、控制或消除危险的所谓平安无事，是虚假的安全，不可靠的安全。仅凭人们自我感觉的安全，是危险的安全。安全检测活动的作用就是让人们了解所处作业环境中是否存在危险因素及其危险的水平，了解设备运行状态，其目的是尽量避免人员伤亡、职业危害、设备及财产损失，使风险控制在人们可以接受的水平。

第一节 安全检测与安全监测

确切地说，安全检测和安全监测没有本质上的区别，第一是习惯的叫法，来源于早期的尘毒检测工作；第二是来自检测工作的性质区别。

一、安全检测

安全检测 (Safety detection) 是借助于仪器、仪表、探测设备等工具, 准确地了解生产系统与作业环境中危险、有害因素的类型、危害程度、危害范围及其动态变化的活动总称。有时也把尘毒检测称为狭义的安全检测。安全检测的对象是劳动者作业场所空气中可燃或有毒气体或蒸气、漂浮的粉尘、物理危害因素以及反映生产设备和设施安全状态的温度、压力、流速、壁厚等参数。其作用是获取有害气体、可燃气体、粉尘浓度及噪声分贝值等因素的安全状态信息, 为安全管理决策提供数据, 或者为控制系统提供基础参数。安全检测的工作是由场所或设施所属企业自己完成的, 是企业安全生产工作的一部分。

从安全检测的含义可以看出, 安全检测由两部分组成: 一是以保证人员不受职业伤害为目的的职业危害因素检测; 二是以保证生产设备、设施正常运行为目的的设备运行参数的检测。

根据被检测物质类别, 安全检测中的气体检测又分为可燃气体检测和有毒气体检测。

可燃气体检测 (Combustible gas detection) 是利用气体检测仪器对可燃气体或易燃液体的蒸气浓度进行的测定。最常用的可燃气体检测仪器是催化燃烧式检测仪、红外式检测仪、半导体式检测仪和热导型检测仪。检测地点是生产、使用、储存可燃气体或易燃液体的场所。其作用是指示可燃气体浓度, 并在浓度达到报警值时发出报警信号, 以便采取堵漏、通风等措施。其目的是避免形成爆炸性混合气体, 防范气体爆炸事故的发生。

有毒气体检测 (Toxic gas detection) 是利用气体检测仪器对有毒气态物质浓度进行的测定。包括对人体有毒的气体和液体的蒸气。检测地点是人员工作场所, 也包括设备内部、地井、巷道等空间狭小的临时工作场所, 即受限作业空间。作用是确认人员出现场所空气中有毒气体浓度是否超过职业接触限值及氧气浓度是否低于缺氧危险作业的标准值, 避免人体中毒或缺氧窒息。在有缺氧危险的作业场所, 作业空间氧气浓度是必须检测的, 一旦缺氧 (低于 19.5%), 作业人员可能受到伤害, 严重缺氧会导致窒息, 其后果如同中毒。

根据检测结果显示的地点和目的, 安全检测又分为实时检测、实验室检测和应急监测。

实时检测 (Real time detection) 又称实时监测, 是指能够随时跟踪显示被检测物质浓度或物理参数数值的检测。其特点是: 传感器或检测器固定在被检测场所

或设备的现场，检测输出信号或显示数值与被测量的数值几乎同时变化。工厂采用的固定式气体检测报警系统就是其中一种。其作用是随时能了解被测量的数值。

实验室检测 (Detection in laboratory) 是指在被检测的现场采集含有有毒气体、可燃气体的气体样品，带回到实验室，应用实验室型检测仪器对被测物浓度进行测定的检测。因为不能实时显示检测结果，所以这种检测方式仅适合于例行的定期检测。

应急检测 (Emergency detection) 是指在发生泄漏、火灾、爆炸等生产安全事故时，为完成对某种特定危险物质在空气或水体中浓度的检测任务，采用快速检测技术手段而进行的检测。实施检测的地点是事故现场或受影响的区域，并能够实时给出检测结果。有毒有害或易燃易爆气体等危险物质在事故时释放进入空气中后，或者是液态、固态有毒物质进入水体后，需要检测人员检测危险气体或溶质的危害范围、浓度的变化趋势、气体扩散的主要方向，为制定疏散人员、确定戒严范围等应急决策提供依据。

进行安全检测所采用的设备或仪表称为安全检测仪器 (Safety detection instrument)，其种类繁多，很多情况下它是用于作业场所空气中有毒气体浓度、可燃气体浓度和粉尘浓度及组成测定的仪器总称。按照使用场所的不同可分为实验室型检测仪和便携式检测仪。实验室型检测仪只能对在现场采集来的气体样品进行测定，如气相色谱仪、高效液相色谱仪、原子吸收光谱仪等；便携式检测仪能够被携带到现场，采样和测定两个过程同时进行，可实现实时检测，如手持式可燃气体检测仪、手持式有毒气体检测仪和粉尘测定仪等。根据可检测气体种类的多少，便携式检测仪有单一式气体检测仪和复合式气体检测仪。主要用于作业场所、受限作业空间、事故现场气体的检测和泄漏源追踪等。

对固定生产场所进行的长期的气态物质的检测一般应用安全检测报警系统 (Safety detection and alarm system)，又称气体检测报警系统。它是能够对场所空气中有毒气体或可燃气体浓度产生响应，将浓度信号转换成相应电信号，并在其浓度达到或超过预先设定的报警浓度值时发出报警信号的装置系统。其基本的构成包括：检测器和报警器组成的可燃/有毒气体报警仪，或由检测器和指示报警器组成的可燃/有毒气体报警仪，也可以是专用的数据采集系统与检测器组成的检测报警系统。根据检测报警功能的不同系统可分为两类：第一类由检测器和报警器组成，当气体浓度达到报警浓度时，发出报警信号，但不能显示浓度的具体值；第二类由检测器和指示报警器组成，不仅能发出报警信号，还能随时指示出气体的浓度值。在可能泄漏有毒气体、可燃气体、易挥发性有毒及易燃液体场所，设置安全检测报

警系统可起到防止有毒气态物质浓度超过职业卫生限值和形成爆炸性混合气体的作用。

对于职业有害因素的检测，其检测结果不能直接显示对人体是否有害，需要将检测结果与国家标准规定的职业接触限值（Occupational exposure limits, OELs）相比较来确定。职业接触限值就是职业性有害因素的接触限制量值，即劳动者在职业活动过程中长期反复接触某种有害因素，绝大多数接触者的健康不引起有害作用的容许接触水平。其量值由国家标准规定，包括化学有害因素职业接触限值和物理因素职业接触限值两部分。化学有害因素的职业接触限值可分为时间加权平均容许浓度、最高容许浓度和短时间接触容许浓度三类。它是进行工作场所卫生状况、劳动条件、劳动者接触化学与物理因素的程度、生产装置泄漏（露）、防护措施效果的监测、评价、管理、工业企业卫生设计及职业卫生监督的主要技术依据。对于可燃气体及易燃液体蒸气等爆炸性气态物质的检测，目的是防止接近形成爆炸性混合气体，检测结果需要与爆炸极限下限进行比较。对于工业过程参数，如温度、压力、流量等进行的检测，是否处于安全范围需要与设计的工艺参数波动允许范围相比较。

二、安全监测

监测可以理解为监视性的检测，一般认为包括两个方面的含义：

第一方面是指政府执法部门委托的从事作业场所作业环境监测的机构定期对企业某些指标所进行的检测，或者是对特种设备（如压力容器）及安全设施（如防雷装置接地电阻）的检测，目的是监督企业作业场所工作环境的质量，检查职业卫生设施或措施的有效性，属于强制性质的第三方检测。监测结果作为评判是否满足国家行业要求的依据，所以检测所用的设备及检测方法都严格执行国家标准或者行业标准，检测结果具有法律效力。对于特大型企业，上级对所属企业的检测也属于安全监测。

第二方面是指本企业对本企业内部场所或设备的监控性检测，比如气体检测报警系统、气体检测报警控制系统，由于也具有很强的监视性，也属于安全监测。

总之，除实施检测的部门有区别外，安全检测与安全监测使用的设备及方法没有本质区别。在环境保护领域，使用“环境监测”而不用环境检测，其原因是在早期检测工作中，大气质量和水体质量检测主要由政府部门检测完成的，检测者也是执法者，所以具有监督的职责，因此习惯上使用监测。

第二节 安全监控的主要内容与特点

安全监控是指监测与控制两功能的结合，监测设备提供被检测设备或场所的某一特征数据，由控制设备或者是人对检测数据进行分析，根据已设定的标准判断是否需要改变被控制设备的运行状态，需要时对被控制设备发出启动信号，被控制设备启动或者改变运行参数。因此，安全监控也称为安全测控。在安全检测与控制技术学科中所称的控制可分为以下两种：

第一种是过程控制。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，这就是过程控制。在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，甚至紧急停车等连锁系统。然而，这种设计思想仍然着眼于表层信息捕获的习惯模式。如车间内可燃气体或有毒气体达到报警浓度时，通风设备根据变送器发出的指令性信号自动启动；再如用空气氧化某种气态物料的合成工艺过程中，检测系统的监测数据发现氧气浓度达到或超过设定的临界浓度时，控制系统调整空气输送速度，就可以将氧气浓度调整到安全的浓度范围。

第二种是应急控制。在对危险源的可控制性进行分析之后，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，以避免事故发生或将事故的伤害、损失降至最小程度。这种具有安全防范性质的控制技术称为应急控制。将安全监测与应急控制结合为一体的仪器仪表或系统，称为安全监控仪器或安全监控系统。

从安全科学的整体观点出发，现代生产工艺的过程控制和安全监控功能应融为一体，综合成一个包括过程控制、安全状态信息监测、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。这种系统既能够对生产工艺进行比较理想的控制，从而使企业受益，又能够在出现异常情况时及时给出预警信息，紧急情况下恰到好处地自动采取措施，把安全技术措施渗透到生产工艺中去，避免事故的发生或将事故危害和损失降到最低程度。

监控技术的发展主要表现在：a. 监控网络集成化。它是将被监控对象按功能划分为若干系统，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，从而实现了对生产系统实行全方位的安全监控（或监视）；b. 预测型监控。这种监控即控制计算机根据检测结果，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