

国家自然科学基金项目（51774135、51274100）资助
教育部高等学校特色专业建设点项目（TS11624）资助
湖南省安全生产财政专项资金项目（湘财企指〔2017〕20号）资助
湖南省教育厅教学改革研究项目（2016-385）资助

安全监测监控原理与仪表

Anquan Jiance Jiankong Yuanli Yu Yibiao

主 编 / 李润求 周利华
主 审 / 施式亮

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家自然科学基金项目(51774135、51274100)资助

教育部高等学校特色专业建设点项目(TS11624)资助

湖南省安全生产财政专项资金项目(湘财企指[2017]20号)资助

湖南省教育厅教学改革研究项目(2016-385)资助

安全监测监控原理与仪表

主 编 李润求 周利华
主 审 施式亮

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

安全监测监控是事故预防的基本技术手段。本书以“原理—仪表—系统—应用”为主线,全面介绍了安全监测监控的基本理论、技术原理、监测仪表、监控方法以及监控系统设计与应用,强调了安全监测监控理论与技术的实用性、复合性和先进性,体现了现代科学技术水平。

本书可作为高等院校安全科学与工程、电气工程及其自动化、自动化等本科专业教材或教学参考书,也可作为安全管理和安全技术人员的培训教材与自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

安全监测监控原理与仪表 / 李润求,周利华主编

—徐州:中国矿业大学出版社,2018.2

ISBN 978-7-5646-3902-0

I. ①安… II. ①李… ②周… III. ①安全监测②安全监控 IV. ①X924

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 027767 号

书 名 安全监测监控原理与仪表

主 编 李润求 周利华

责任编辑 陈红梅

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 20.75 字数 518 千字

版次印次 2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

在工业生产和日常生活中,存在着各种危险和有害因素,如粉尘、可燃气体、有毒有害气体、热辐射、噪声、电磁波等,污染生产和生活环境,影响工业生产过程,更对人体健康和生命安全造成危害。而随着现代工业生产的发展和科学技术的进步,生产装置结构越来越复杂,集成化程度越来越高,自动化程度也越来越高,如大规模装置、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等更为突出,工业过程中的温度或压力的微小变化、高速流体系统的流量流速的微小变化、爆炸危险体系的微小触发能量等,对于现代装置、高能过程和高技术系统都可能导致毁灭性的灾难。

事故是可以避免的。安全工程的研究对象是广泛存在于生产、生活、生存范围之内的各种不安全因素(危险和有害因素),通过研究分析这些不安全因素的内在联系和作用规律,探寻防止灾害和事故的有效措施,以达到控制事故、保证安全的目的。安全监测监控技术就是以安全生产和人类健康可持续发展为目标,以安全科学与工程学科理论为指导,以智能监测监控技术为核心,对生产环境和生活环境中各类危险和有害因素的危害程度、危害范围及动态变化进行有效监测,集成状态监测、评估预警、应急控制等功能,实现对工业生产和日常生活中各类危险和有害因素的有效监测、控制和管理。因此,安全监测监控是事故预防的基本技术手段。

全书分为 11 章。第 1 章介绍了安全监测监控技术与安全工程的关系、安全监测监控仪表与安全监控系统的发展;第 2 章介绍了常用传感器基本工作原理和主要性能参数;第 3 章介绍了可燃气体监测原理和监测仪表的应用;第 4 章介绍了氧气与有毒有害气体监测技术与仪表;第 5 章介绍了生产性粉尘的理化性质与粉尘监测技术;第 6 章介绍了噪声监测原理与仪表和噪声监测方法;第 7 章介绍了工业通风参数的监测原理与仪表;第 8 章介绍了入侵防范基本原理与仪表;第 9 章介绍了火灾探测器的基本原理以及火灾探测器的选用;第 10 章介绍了安全监测数据分析与管理;第 11 章介绍了安全监控系统工程设计要求和典型工程设计案例。

本书在湖南科技大学周利华教授自编教材基础上,由湖南科技大学李润求、周利华、李石林、伍爱友、游波、黄飞、鲁义、柴红保、刘勇、崔辉等联合编写完成,李润求、周利华对全书进行了统稿,湖南科技大学施式亮教授对全部书稿进行了全面细致的审稿。本书出版经历了一个漫长的过程,引用了许多相关文献资料和国家与行业标准,接受了同行专家学者的审阅与建议。在此,向本书所引用资料的作者和评审专家以及关心支持编写本书的领导和专

家学者表示最真诚的谢意,对参与本书校对工作的湖南科技大学硕士研究生陈晓勇、麻正丽、申晋豪等表示衷心的感谢。本书的出版得到了国家自然科学基金项目(51774135、51274100)、教育部高等学校特色专业建设点项目(TS11624)、湖南省安全生产财政专项资金项目(湘财企指〔2017〕20号)、湖南省教育厅教学改革研究项目(2016-385)等资助。

本书涉及面非常宽广,内容丰富,限于编写时间以及编写人员学识水平,不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以便今后修订和补充。

编 者

2018年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 安全监测监控技术	1
1.2 安全监测监控仪表的本质安全	8
1.3 安全监测监控智能化仪表	15
1.4 安全监测监控系统	19
第 2 章 传感器基础知识	26
2.1 传感器概述	26
2.2 电阻式传感器	29
2.3 电容式传感器	35
2.4 电感式传感器	39
2.5 磁电式传感器	44
2.6 压电式传感器	46
2.7 传感器主要技术性能指标	49
2.8 传感器的选用	55
第 3 章 可燃气体检测	59
3.1 可燃气体检测基本原理	59
3.2 光学甲烷检定器	68
3.3 热催化型甲烷检测报警便携仪	73
3.4 可燃气体检测报警器的检定	79
3.5 可燃气体检测报警器使用基本要求	84
第 4 章 氧气和有毒有害气体检测	88
4.1 氧气检测	88
4.2 有毒有害气体检测	96
4.3 便携式多参数气体检测仪	106

第 5 章 粉尘检测·····	109
5.1 生产性粉尘及其职业危害 ·····	109
5.2 粉尘物性检测 ·····	111
5.3 粉尘分散度测定 ·····	120
5.4 作业场所粉尘浓度测定 ·····	131
5.5 管道粉尘浓度检测 ·····	141
第 6 章 噪声监测·····	152
6.1 噪声物理量度 ·····	152
6.2 噪声测量仪表 ·····	158
6.3 噪声监测 ·····	162
第 7 章 工业通风参数检测·····	171
7.1 通风压力测量 ·····	171
7.2 风速测量 ·····	185
7.3 温度测量 ·····	196
第 8 章 入侵报警系统·····	207
8.1 入侵报警系统的基本组成 ·····	207
8.2 入侵监测器 ·····	210
8.3 入侵报警控制器 ·····	224
第 9 章 火灾自动报警系统·····	227
9.1 火灾自动报警系统原理 ·····	227
9.2 感烟式火灾监测器 ·····	236
9.3 感温式火灾监测器 ·····	243
9.4 感光式火灾监测器 ·····	248
9.5 火灾监测器的选择与设置 ·····	250
第 10 章 安全监测监控数据管理 ·····	256
10.1 污染物的时空分布·····	256
10.2 安全监测数据样本特征·····	258
10.3 安全监测数据误差与离群值·····	268
10.4 安全监测数据的回归分析·····	274

第 11 章 安全监控系统工程设计与应用	285
11.1 安全监测监控系统工程的设计要求	285
11.2 煤矿安全监控系统	290
11.3 石化储罐区安全监控系统	300
11.4 入侵报警系统	306
11.5 住宅建筑火灾自动报警系统	311
参考文献	320

第1章 绪 论

在工业生产和日常生活中,存在着各种危险和有害因素,如粉尘、可燃气体、热辐射、噪声、放射线、电磁波等,造成对生产和生活环境的污染,影响工业生产过程,更对人体健康和生命安全造成危害。对生产环境和生活环境中各类危险和有害因素的危害程度、危害范围及动态变化进行有效监测监控,这是事故预防的基本技术手段。

1.1 安全监测监控技术

人类社会的工业化进程及其成果,在给人类带来巨大的财富与现代文明的同时,工业灾害及其后果给人类造成了巨大的财产损失和人员伤亡。随着现代工业生产的发展和科学技术的进步,生产装置结构越来越复杂,集成化程度越来越高,功能越来越完善,自动化程度也越来越高,如高能技术、高新技术、航空航天技术、核工业技术、深海技术等的发展以及大规模装置、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等更为突出,工业过程中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、高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,对于现代装置、高能过程和高技术系统都可能导致毁灭性的灾难。事故是可以避免的。如何合理利用技术手段,对危险和有害因素进行有效的监测、预警和抑制,避免或减少人员伤亡和财产损失,这些是生产安全关键技术需要重点解决的现实问题。

1.1.1 概述

检(监)测是人类认识世界的重要手段。人们可以通过各种检(监)测方式和检(监)测技术来获取信息,以助于了解周围环境,进而实现对工业生产和日常生活等环境参数的控制。现代检(监)测技术随着科学技术的发展已经成为一门独立的学科。在煤炭、石油、化工、冶金等生产部门,为了确保安全生产,改善劳动条件,提高劳动生产率,使生产管理水平趋向科学化、现代化发展,要求对生产过程与生产环境参数进行实时、准确的检(监)测,并对这些工艺参数和环境参数实施有效的控制,因而逐步发展和形成了安全监测监控技术。

生产环境和生活环境中的危险和有害因素,来源于人、机、环境、管理,类型多种多样,但绝大多数具有可测性和可控性。表征危险和有害因素状态的可观测参数称为危险源的“状

态信息”,如表征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的浓度或强度等。安全状态信息出现异常,反映危险正在从相对安全状态向事故发生的临界状态转化,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小强度。

为了获取危险和有害因素的状态信息,需要将这些信息通过物理的或化学的、甚至生物的方法转化为可观测的物理量,这就是通常所说的安全检测,它是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、操作人员不安全行为等各种不安全因素检测的总称。担负信息转化任务的器件称为传感器或检测器,由传感器或检测器及信号处理、显示单元便组成了“安全检测仪表(器)”。如果将传感器或检测器及信号处理、显示单元集于一体固定安装于现场,对安全状态信息进行实时检测,则这种装置被称为安全监测仪表(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、数据分析、报警等单元安装在远离现场的控制室内,则称之为安全监测系统。在对危险和有害因素的可控性进行分析之后,通过应急控制使系统或环境的事故临界状态转化为相对安全状态,以避免事故发生或将事故的伤害、损失降至最低程度。集成了具有安全防范性质的控制技术的安全监测系统,则称之为安全监控系统。如入侵报警系统、自动喷水灭火系统、消防联动控制系统、电气火灾监控系统、煤矿安全生产监控系统等,都是以生活环境或生产环境系统的安全为目标而设置的一套综合性电子监控系统。

1.1.2 监测监控与安全工程

早期的工业生产监测监控是以计算机为基础的生产过程控制与调度管理自动化系统,通过对现场设备运行进行监视和控制,以实现工艺参数测量、数据采集、设备控制、参数调节以及各类信号报警等功能,属于被动式的灾害预防技术。其目的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。其主要任务是能及时地、正确地对运行设备的运行参数和运行状况做出全面监测,预防和消除事故隐患;对设备的运行进行必要的指导,提高设备运行的安全性、可靠性和有效性,以期把运行设备发生事故的概率降低到最低水平,将事故造成的损失减低到最低程度;通过对设备运行进行监测、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。

随着对人类自身健康可持续发展的深入认识和安全科学与工程学科理论的持续完善,安全工程的研究范围遍及生产领域(安全生产及劳动保护方面)、生活领域(交通安全、消防安全与家庭安全等)和生存领域(工业污染控制与治理、环境灾变的控制和预防)。安全工程的研究对象是广泛存在于生产、生活、生存范围之内的各种不安全因素(危险和有害因素),通过研究分析这些不安全因素的内在联系和作用规律,探寻防止灾害和事故的有效措施,以达到控制事故、保证安全的目的。现代安全监测监控是以人类健康可持续发展出发,以安全科学理论为指导,以智能监测监控技术为核心,集成了状态监测、评估预警、应急控制等功能,实现对环境或系统中各类危险和有害因素的有效监测、控制和管理。现代安全监测监控与安全工程的关系如图 1-1 所示。

安全系统工程是以预测和预防事故为中心,以识别、分析、评价和控制系统风险为重

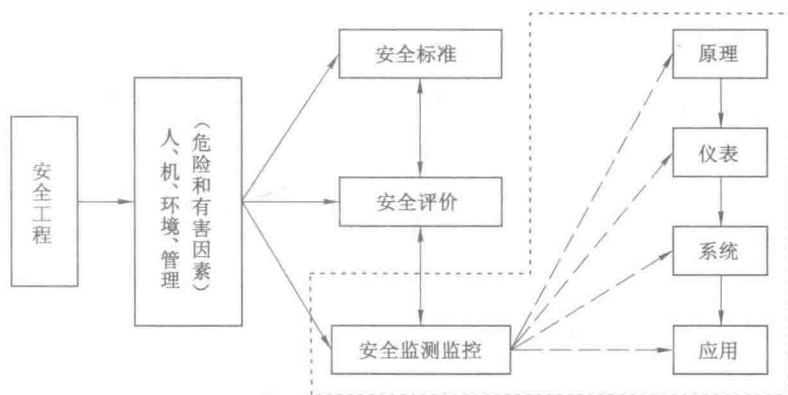


图 1-1 安全监测监控与安全工程

点的安全理论和方法体系。安全系统工程领域研究、解决的主要问题是控制和消除人员伤亡、职业病、设备或财产损失，最终实现在功能、时间、成本等规定的条件下，系统中人员和设备所受的伤害和损失最小。安全评价是安全系统工程的核心部分，通过安全科学与工程的原则和方法识别系统中存在的危险和有害因素，评价其危险程度，从而提出控制措施并对实施效果进行检验。系统中危险和有害因素的各种信息来源于人的观察或利用安全检测（监测）工具，安全对策或危险和有害因素的控制措施也是通过人的行为或工具进行实施。显然，利用工具对环境或系统中的危险和有害因素进行监测监控也是安全系统工程的重要组成部分。因此，安全工程研究领域也包括了安全监测监控的原理与仪表、安全监测监控系统的组成与建设，以及如何充分利用安全监测监控系统为人类健康可持续发展服务。

对如何进行安全监测和由安全监测得到的数据如何进行评价以及如何对系统进行安全控制等问题，则必须依靠安全标准。安全标准是为了保护人体健康、社会物质财富和维持生态平衡，对安全状况、污染源排放和有关生产环境保护的方法等，由国家按规定的程序制定和批准的一整套技术规范。安全标准是制定安全规划、衡量安全水平和执行安全生产法规的主要依据。将安全监测的结果与安全标准对照，才能判断安全工作的优劣，才能制订安全规划、计划、措施，确定所需达到的安全目标。

1.1.3 安全标准

所谓安全监测监控标准体系，就是根据安全标准的特点和要求，按照它们的性质功能以及内在联系进行分级、分类，从而构成一个有机联系的整体。尽管安全标准的批准颁发机构和运用范围不同，但安全标准体系内的各种标准互相联系、相互依存、互相补充，具有很好的配套性和协调性。

1) 安全标准的层次

按照《中华人民共和国标准化法》规定，安全标准可分成国家级、行业级、地方级和企业级四个层次。

(1) 国家标准。安全监测监控国家标准是在全国范围内统一的技术要求,也是我国安全监测监控标准体系中的主体。主要由国家安全生产、卫生部门、公安部门等组织制定,归口管理,国家技术监督局发布实施。保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律、行政法规规定强制执行的标准是强制性标准,代号为“GB”;其他标准是推荐性标准,代号为“GB/T”,如《粉尘作业场所危害程度分级》(GB 5817—2009)、《传感器命名法及代号》(GB/T 7666—2005)。此外,还有一种“国家标准化指导性技术文件”,作为对国家标准的补充,其代号为“GB/Z”。指导性国家标准是指生产、交换、使用等方面,由组织(企业)自愿采用的国家标准,不具有强制性,也不具有法律上的约束性,只是相关方约定参照的技术依据。例如:《点型感烟/感温火灾探测器性能评价》(GB/Z 24979—2010)。

(2) 行业标准。对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的安全要求,可以制定行业标准。行业标准是国家标准的补充,由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案,在公布国家标准之后,该项行业标准即行废止。安全监测监控行业标准管理范围主要有:职业安全及职业卫生工程技术标准;工业产品在设计、生产、检查、储运、使用过程中的安全卫生技术标准;特种设备和安全附件的安全技术标准、起重机械使用的安全技术标准;工矿企业工作条件及工作场所的安全卫生技术标准;职业健康安全管理和工人技能考核标准等。行业标准分强制性标准和推荐性标准,如《粉尘采样器技术条件》(AQ 4217—2012)、《氨气检测报警仪技术规范》(AQ/T 3044—2013)、《煤矿安全生产监控系统联网技术要求》(MT/T 1116—2011)、《安全防范高清视频监控系统技术要求》(GA/T 1211—2014)。国家职业卫生标准是以保护劳动者健康为目的,对劳动条件(工作场所)的卫生要求做出的技术规定,是实施职业卫生法律、法规的技术规范,是卫生监督和管理的法定依据。国家职业卫生标准同样分强制性标准和推荐性标准,代号分别为“GBZ”和“GBZ/T”。例如:《职业健康监护技术规范》(GBZ 188—2014)、《工作场所物理因素测量 第8部分:噪声》(GBZ/T 189.8—2007)。

(3) 地方标准。对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全卫生要求,可以制定地方标准。地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门备案。在公布国家标准或者行业标准之后,该项地方标准即行废止。地方安全监测监控标准是对国家标准和行业标准的补充,同时也为将来制定国家标准和行业标准打下基础,创造条件。如北京市地方标准《城市轨道交通安全防范技术要求 第2部分:视频安防监控子系统》(DB11 646.2—2009)、山东省地方标准《固定污染源废气低浓度排放监测技术规范》(DB37/T 2706—2015)。

(4) 企业标准。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业安全标准,作为组织安全生产的依据。企业的产品安全标准须报当地政府标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案。已有国家标准或者行业标准的,国家鼓励企业制定严于国家标准或者行业标准的企业标准,在企业内部适用。例如:中国化学工程总公司施工工艺标准《建筑设备监控系统施工工艺标准》(BQ-CNCEC J070301—2004)。

2) 安全标准的类型

按照标准化对象,通常把标准分为技术标准、管理标准和工作标准等类别。技术标准是指对标准化领域中需要协调统一的技术事项所制定的标准。技术标准包括基础技术标准、产品标准、工艺标准、检测试验方法标准,以及安全、卫生、环保标准等。管理标准是指对标准化领域中需要协调统一的管理事项所制定的标准。管理标准包括管理基础标准、技术管理标准、经济管理标准、行政管理标准、生产经营管理标准等。工作标准是指对工作的责任、权利、范围、质量要求、程序、效果、检查方法、考核办法所制定的标准。工作标准一般包括部门工作标准和岗位(个人)工作标准。安全标准的类别也符合上述划分原则。

(1) 安全基础标准。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础,被普遍使用,具有广泛指导意义的标准。生产安全基础标准主要指在生产安全工作领域中,对应统一的符号、名词、原则等所做的规定,在安全标准体系中处于指导地位,是制定其他标准的基础。例如:《图形符号 安全色和安全标志 第1部分:安全标志和安全标记的设计原则》(GB/T 2893.1—2013)、《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T 13861—2009)、《煤矿安全监控系统通用技术要求》(AQ 6201—2006)、《泄漏电缆入侵探测装置通用技术要求》(GA/T 1031—2012)、《作业场所环境气体检测报警仪 通用技术要求》(GB 12358—2006)等。

(2) 安全方法标准。方法标准是指以设计、实验、统计、计算、操作等各种方法为对象的标准,世界上各主要国家都对安全监测监控方法作统一的规定。其中内容是以设计、制造、施工、检验等技术事项做出统一规定的标准,一般称作“规范”,如《工业电视系统工程设计规范》(GB 50115—2009)、《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》(GB 50493—2009)、《安全防范工程技术规范》(GB 50348—2004)等;而内容是对工艺、操作、安装、检定等具体实施要求和实施程序做出统一规定的标准,则称作“规程”,如《双金属温度计规程》(JJG 226—2001)和《精密杯形和U形液体压力计检定规程》(JJG 241—2002)等。我国的生产安全分析、测试方法等方法标准中,要求在不同的时间、地点,不同的监测人员、使用不同的仪器时所得的结果尽量具有可比性,有些监测项目中,同时列出了不止一种测试方法供选用,如《粉尘物性试验方法》(GB/T 16913—2008)。

(3) 安全产品标准。产品标准是指为保证产品的适用性,对产品必须达到的主要性能参数、质量指标、使用维护要求等所制定的标准,如《线型感温火灾探测器》(GB 16280—2014)、《可燃气体报警控制器》(GB 16808—2008)、《火灾显示盘》(GB 17429—2011)、《火灾声和/或光警报器》(GB 26851—2011)等。

(4) 安全质量标准。安全质量标准是指在一定的时间和空间范围内,对安全质量的要求所做的规定。一般安全质量标准包括工作场所有害因素限值标准、大气安全质量标准、水安全质量标准、土壤安全质量标准和城市区域环境噪声标准等。这些标准都是以保护人体健康与正常的生活和工作条件,维持正常生态平衡而制定的各种有害因子在生产生活环境中的最高允许浓度或限值,如《工业企业设计卫生标准》(GBZ 1—2010)、《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》(GBZ 2.1—2007)、《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素》(GBZ 2.2—2007)、《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)等。

安全质量标准也是各地对环境划分区域进行分级、分类管理和安全评价的基础,是制定污染物排放标准的依据。

(5) 污染物排放标准。污染物排放标准是为了实现安全质量标准,结合当前国家的技术水平、经济发展程度和生产安全状况,对排放到环境中的有害因子的排放程度或排放量所做的具体指标规定。例如:《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》(GB 15581—2016)、《加油站大气污染物排放标准》(GB 20952—2007)、《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523—2011)等。排放标准直接控制污染源的排放,从而防止或至少减轻环境污染,使安全质量标准的实现得到可靠的保证。

安全标准体系不是一成不变的,它与一定时期的技术经济水平以及安全监测状况相适应。对于已具备实施国际标准条件则直接采用国际标准,而部分安全标准甚至比国际标准要求更加严格。因此,安全标准是随着技术经济的发展、安全监测监控要求的提高而不断变化。

1.1.4 安全监测分析方法

1) 安全监测类型

暴露在有毒物质中,对健康的影响有急性的和慢性的。根据暴露毒害物质的种类,应采用相应的监测方法。基于职业现场的特点和作业环境的差异,以及分析与评估的需要,目前所采用的监测类型主要有长周期监测、连续监测、快速测量。长周期监测是评估个人在给定时间间隔内的平均暴露情况。通过连续监测能够探测可以造成急性暴露的高浓度有害物质的短期暴露情况。如果已知确切的暴露时间点,且在此时进行测量,则可使用快速测试来测量急性危害。如果进行了一系列从统计来说有重要作用的测量,则可对慢性危害进行评价。

根据监测类型的不同,其监测方法主要有慢性危害测试法、急性危害测试法、现场危害直接测试法。慢性危害测试法是连续个人剂量测量,对平均背景水平的连续测量,对选定地点及时间内的有害物水平的快速测量。急性危害测试法是使用快速反应设备进行连续的个人及背景监测,对选定地点及时间内做背景有害物水平的快速测量。现场危害直接测试法一般使用直接读数的仪器进行测试,是进入某一场所是否安全的分析,即对于该场所危险物质性质及数量的检测分析。

2) 安全监测项目选择

安全监测目标的测定是一个十分复杂的问题。主要由于:

(1) 某些污染物的含量甚微,而且在不同的情况下,其差别可以相差甚远。例如,同样量的六价铬在污染源监测中可以高达千分之几;而在生产环境监测时,则可能会低到千亿分之几,甚至更低。这就要求测定方法本身要有较高的灵敏度,同时又要适应较大的浓度范围。

(2) 试样的组分复杂。正由于监测的对象项目的含量甚微,因此,其他的非监测对象物质就是大量的了。这就要求测定方法的选择性要好,以使分析测定过程的预处理简化。

(3) 某些监测对象还十分不稳定,要求立即测定或加以固定。例如,水中溶解氧的监测

就需注意从采样到测定的整个过程中不应使样品受到外界大气的影晌和水体中生物的影响。

(4) 试样数量大,监测项目多。由于安全监测有许多场合都需要进行统计处理,分析相关关系等。这就要求有足够数量的样品和足够的监测项目,于是安全监测就成为一项工作量很大的事情。

对于安全评价来说,如果监测项目越多,则把握其污染水平也越确切。但在实际工作中,由于受人力、物力、技术水平和其他条件的限制,不可能在监测计划中将所涉及的项目全部列入,应该根据监测计划及污染因子的特性,对监测项目进行筛选,挑选出最有代表性或最关键的项目,以最经济的人力、物力和时间来解决问题,因此选择监测项目要因时因地制宜。一般应选择:对人体健康影响大、面广、持续时间长的污染因子;不易被微生物分解,不易在自然条件下会自然分解而引起逐渐积累的物质;能反映环境安全综合质量的某些指标;有可靠的检测手段,能获得可靠监测结果的项目;监测所得的数据,要有相应的生产环境安全标准或能进行解析;其他有特殊目的或要求的项目。

3) 安全监测分析方法

在安全监测分析中既有物理量的测定也有污染组分的测定。物理量的测定如温度、色度、噪声等都已有比较简便快速的测定方法,而且这些方法很容易实现连续自动化测定。但化学组分的测定则比较复杂。目前用于安全监测的测定方法有化学分析法、物理化学分析法和生物法三大类。

(1) 化学分析法。化学分析法包括滴定法(酸碱滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定和络合滴定)和重量法。这种方法的主要特点是:① 准确度高,其相对误差一般为 $0.1\% \sim 0.2\%$;② 所需仪器设备简单,成本低,保养维修方便;③ 灵敏度较低,仅适用于高含量组分的测定,对微量组分则不能适用;④ 选择性较差,往往需要比较复杂的预处理。

(2) 物理化学分析法。物理化学分析法通常又称为仪器分析法。其种类很多,但大体上可分为光学分析法,电化学分析法和色谱分析法三大类。仪器分析方法的共同特点是:① 灵敏度高,适用于微量或痕量组分的分析;② 选择性好,对试样预处理要求简单;③ 响应速度快,容易实现连续自动测定;④ 有些仪器分析法还可组合使用,以提高鉴别能力。但是与化学分析法相比,仪器分析法的相对误差较大,一般都达 $3\% \sim 5\%$,而且所用仪器的成本较高,维修保养比较复杂。

(3) 生物法。生物监测是一种近年来逐步受到人们重视的新的监测方法。从理论上讲,环境的物理化学过程决定着生物学过程;反之,生物学过程的变化也可以在一定的程度上反映出环境的物理、化学变化过程。因此,我们可以通过对生物的观察来评估安全状况的变化。从某种意义上说,由安全状况的变化所致的生物学过程的变化能够更直接、更综合地反映出环境安全对生态系统的影响,比用理化方法监测得到的为数有限的参数更具有说服力。生物监测具有如下优点:① 能直接反映出环境安全对生态系统的影响;② 价格低廉,不需购置昂贵的精密仪器;③ 不需要烦琐的保养、维修仪器的工作;④ 可以在大面积或较长距离内密集布点,甚至在边远地区也可布点;⑤ 具有一定的专一性。但是生物学过程比

较复杂,影响因素很多,使生物监测方法受到许多限制。例如:精度不高,有些场合只能半定量;影响生物学过程的不仅仅是环境污染,还有许多非污染因素在起作用。因此,在不同的自然条件下没有可比性,在季节和地理上也有较大的限制。

4) 安全监测方法选择原则

随着现代技术的不断发展,对各种污染因子的测定方法有多种多样,这些方法在不同的条件下能满足安全监测的要求,但是对于同一污染因子如采用不同的监测方法或采用不同原理的检测仪器,往往会得到不同的结果。为了最大限度地利用由环境监测所得到的信息,在选择污染因子的测定方法时应遵循下列几条基本原则:

(1) 标准化。测定方法的标准化是目前世界各国部在加强推行的一种做法。为了使在不同情况下测得的监测结果具有可比性,应尽可能采用标准方法;如果是进行国际合作的安全监测计划,还应采用国际统一的标准方法,有些国家的标准测定法中还规定了应采用的仪器型号。

(2) 专用化。由于污染因子往往和其他的成分混杂在一起,为了提高监测工作的效率,只要条件许可我们就应选用有专用仪器的测定方法。一般来说,专用仪器都有很高的选择性,可以省去烦琐的分离操作。

(3) 自动连续化。在经常性的测定工作中如有可能则应尽量采用连续自动测定装置,这样可以获得更多的信息。但在使用连续自动监测系统时,必须注意用标准试样对系统的跨度和灵敏度进行定期校核,以保证所得结果的正确。

1.2 安全监测监控仪表的本质安全

在工业生产过程中,安全监测通常都是先对非电量予以转换,然后用电测方法来间接获得测量结果。针对有特殊要求的石油、化工、矿山等生产过程,尤其是易燃、易爆场所,监测仪表在构成和使用上,除了应完成对非电量的转换和比较以获取测量结果之外,还必须对其自身的安全特性给予考虑,达到保证生产安全的目的,从而在仪表结构方面逐步发展形成了隔爆型、防爆型和本质安全型的安全监测仪表。《爆炸性环境》(GB 3836—2017)等对爆炸性环境电气设备的制造、使用、检验等做出了相关规定。

1.2.1 监测监控仪表的安全特性

在工业生产中,许多生产过程具有易燃、易爆、高温、高压和有毒等特点,许多工艺介质具有强烈的腐蚀性,有些介质易结晶和堵塞管道。监测仪表在这些特殊的场所中使用时必须采取相应的技术措施,解决仪表的防护问题。特别是在存在易燃易爆的气体、液体或粉尘的生产环境中,安装和使用监测仪表必须考虑安全防爆措施,以防止产生危险火花,引起燃烧或爆炸事故。也就是说,在安全监测监控仪表的自身特性方面提出了安全要求,以及为达到提出的安全要求应采取的何种措施的问题。

为了使安全检(监)测监控仪表能够适用于具有火灾及爆炸危险的生产现场,仪表中常

见的三种防爆措施如下:

1) 控制易爆气体

人为地在危险场所(即同时具备发生爆炸所需的可燃气体、氧气、温度等三个条件的工业现场)营造出一个没有易爆气体的空间,将仪表安装在其中,典型代表为正压型防爆方法 Exp(Ex 为防爆标志,Exp 为正压型防爆标志)。其工作原理是在一个密封的箱体内部,充满不含易爆气体的洁净气体或惰性气体,并保持箱内气压略高于箱外气压,将仪表安装在箱内,如现场设置的正压型防爆仪表柜。

2) 控制爆炸范围

人为地将爆炸限制在一个有限的局部范围内,使该范围内的爆炸不至于引起更大范围的爆炸。典型代表为隔爆型防爆方法 Exd(Exd 为隔爆型防爆标志)。其工作原理是为仪表设计一个足够坚固的壳体,按标准严格地设计、制造和安装所有的界面,使在壳体内发生的爆炸不至于引发壳体外部危险性气体(易爆气体)的爆炸。隔爆型防爆方法的设计与制造规范极其严格,而且安装、接线和维修的操作规程也非常严格。该方法决定了隔爆的电气设备、仪表往往非常笨重,但许多情况下也是最有效的办法。

3) 控制引爆源

人为地消除引爆源,既消除足以引爆的火花,又消除足以引爆的表面温升,典型代表为本质安全型防爆方法 Exi(Exi 为本质安全型防爆标志)。其工作原理是利用安全栅技术,将提供给现场仪表的电能量限制在既不能产生足以引爆的火花,又不能产生足以引爆的仪表表面温升的安全范围内。本质安全设备在正常工作、发生一个故障、发生两个故障时均不会使爆炸性气体混合物发生爆炸。因此,该方法是最安全可靠的防爆方法。

一般来说,具有本质安全特性的检(监)测仪表称为本质安全型仪表,也称为安全火花型仪表,其主要特点是仪表自身不会产生危险火花。而具有一定防爆、隔爆特性的检测仪表则称为防爆型或隔爆型仪表,它的主要特点是在仪表内部仍有可能产生危险火花,并且该火花能够点燃由仪表缝隙进入其内部的可燃混合气体,但却能阻止仪表内部的燃烧或爆炸通过缝隙传至外部的危险环境。必须指出的是,防爆或隔爆型的结构不但适用于检测仪表,也适用于电气设备或电动机的安全要求,是先于本质安全型结构之前应用的传统防爆类型。

1.2.2 监测监控仪表的本质安全原理

为了使检测仪表具有本质安全特性或防爆、隔爆特性,长期以来人们进行了坚持不懈的努力,并在仪表的电路设计和结构设计方面对防爆措施进行了多种尝试和研究,最后逐步发展形成了结构防爆仪表和安全火花防爆仪表两大类。结构防爆仪表是传统的防爆仪表类型,有充油型、充气型、隔爆型等。其基本思想是将可能产生危险火花的电路从结构上与爆炸性气体隔离开来;其设计所依据的基本安全指标是爆炸性混合物或易燃、易爆气体按自燃温度的分组和按最大安全缝隙大小划分爆炸危险等级。安全火花防爆仪表则是采用截然不同的方法,从电路设计开始就考虑防爆问题,将电路在短路、开路或断路以及误操作等各种状态下可能发生的火花都限制在爆炸性混合物或易燃、易爆气体的点火能量之下,是从爆炸发生的根本原因上采取措施来解决防爆问题。安全火花防爆仪表的设计依据是各种爆炸