

高等学校“十三五”规划教材 | 安全工程类

Anquanjianceshu

安全检测技术

(第三版)

◎张乃禄 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十三五”规划教材 | 安全工程类

内容简介

本书以《中华人民共和国安全生产法》和《特种设备安全监察条例》等法律法规为依据，

安全检测技术

本书主要介绍安全检测技术的基本概念、检测原理、检测方法和检测仪器等。

(第三版)

本书可作为高等院校安全工程、安全检测与监控、安全评价与风险管理等专业的教材，

张乃禄 主编

ISBN 9 787302 110274 210

7 302110

本书是“十二五”国家重点图书出版规划项目。

ISBN 978-7-302-11027-4

定价：35.00元

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

ISBN 978-7-302-11027-4

西安电子科技大学出版社

XIDIAN 9787302110274

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了安全检测技术的基本理论、技术原理、检测方法以及监控系统应用技术。

全书共分为8章。其中,第1~3章阐述安全检测技术及其基本理论,包括安全检测技术概述、检测技术基础和安全检测常用传感器;第4、5章重点介绍生产过程工艺参数、环境及灾害检测技术;第6章介绍生产装置安全检测技术;第7、8章着重讨论安全检测与系统的应用技术,主要包括安全检测仪表与系统的防爆技术,安全检测与监控系统的组成、设计开发及应用实例。

本书系统性强,内容全面丰富,重点突出,理论联系实际,注重应用,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或教学参考书,也可以作为安全管理和安全技术人员的实用参考书,以及企业工程技术人员和广大工人的培训教材与自学用书。

★本书配有电子教案,需要的老师可登录出版社网站,免费下载。

融主 - 新代第

图书在版编目(CIP)数据

安全检测技术/张乃禄主编. —3版. —西安:西安电子科技大学出版社,2018.8(2018.9重印)
ISBN 978-7-5606-4969-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 171573 号

策划编辑 戚文艳

责任编辑 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 北京虎彩文化传播有限公司

版 次 2018年8月第3版 2018年9月第13次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张26

字 数 614千字

定 价 58.00元

ISBN 978-7-5606-4969-6/X

XDUP 5271003-13

*** 如有印装问题可调换 ***

前

言

进入新时代，随着以电子技术类、计算机技术、网络与信息工程、安全工程、新能源、功能材料等专业为代表“新工科”的兴起，加速培养以互联网和工业智能为核心，以新型信息、能源、控制等领域为主干，具有创新创业意识、数字化思维和跨界整合能力的“新工科”人才，已经成为全社会的共识。安全工程基本工作概括为“危险辨识、安全评价、风险控制”。安全检测工作是辨识、评价、控制的基础，对生产过程危险参数、特种设备安全状态、作业环境与卫生条件等不安全因素进行检测与监控。安全检测技术已成为安全生产重要的技术保障措施之一，也是培养具有较强工程实践能力、较高创新意识的高素质复合型安全工程技术人才的基础。

《安全检测技术(第二版)》从2012年出版到现在，已过去了7年。7年间该书得到了许多高校安全工程专业师生和专家学者的厚爱，安全工程领域的前辈和教学一线同行也提出了宝贵意见和建议。为了保证本书的内容能满足教学的需要，作者结合近年安全检测监控的新技术进展和最新研究成果，以及读者的意见和建议，对本书进行了再次修订，更新和增加了安全检测相关法律法规与技术标准，修改和完善了环境与灾害检测方法和分级与控制，补充了安全检测监控系统新技术和安全检测监控系统应用案例，完善了习题与思考题。修订后，本书在内容上更具实用性和操作性。

本书增加、更新、修改、完善的具体内容包括：第1章

更新了安全检测技术的发展；第5章增加了高温作业检测，修改完善有毒作业、工业粉尘、噪声分级与控制；第8章补充了安全检测监控系统新技术，增加了富锰渣安全生产检测监控系统和基于物联网的油田井场安全检测监控系统案例；在习题与思考题中，修改和增加了部分习题；另外，对全书的法律法规和国家标准进行了更新。

本书是由张乃禄教授带领其科研团队在第二版的基础上完成的，在此对参加修订工作的在读研究生张茹、叶泉浩、盛盟等做了大量文字工作表示感谢。在本书修订过程中，参考了国内许多相关书刊及研究报告，在此对相关作者表示衷心感谢！

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2018年5月

第二版前言

中国共产党第十六届五中全会确立了“安全发展，以人为本”的原则，实现安全发展已成为我国的战略目标之一，“安全第一，预防为主，综合治理”是实现安全发展的指导方针。安全工程的基本工作可概括为“危险辨识、风险评价、风险控制”，安全检测是辨识、评价、控制的基础，为职业健康安全状态评价、安全管理及设施监督、安全技术措施的效果评价等提供可靠而准确的信息。安全检测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进行预测和监测监控。安全检测技术已成为安全生产重要的技术保障措施之一。

《安全检测技术》从2007年第一版出版到现在，已过去5年时间。该书得到许多高校安全工程专业师生和专家学者的厚爱，先后提出许多宝贵的意见和建议，特别是作者多次有幸参加全国高校安全工程专业学术年会暨安全工程人才培养研讨会，与安全工程领域的前辈以及教学一线的同进行交流与讨论，广泛吸取了大家的意见和建议。同时，作者结合近年来安全检测监控的新技术进展和最新研究成果，对本书进行了重新修订，对原有内容进行了补充和完善，并增加了新的技术，确保了本书在内容上的时代性、实用性以及叙述上的可教性、可读性。在第3章安全检测常用传感器和第4章生产工艺参数检测仪表中，补充了大量的实物图片和例题；在第5章环境与灾害参数检测中，增加5.6小节防雷电安全检测、5.7小节防静电安全检测、

5.8 小节放射性危害检测；在思考题中，增加了大量的新作业题。

本书的修订是由张乃禄教授带领其科研团队在第一版的基础上完成的，在此对第一版的作者表示崇高的敬意和感谢，同时，对参加修订工作的在读研究生胡伟、孙焕春、姚萱萱等做了大量文字工作表示感谢。在本书修订过程中，参考了国内许多相关书刊及研究报告，还得到了西安电子科技大学出版社戚文艳编辑的指正与帮助，在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平有限，错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，以使我们能够不断提高和完善。

编者

2011年9月

2011年9月

第一版前言

安全科学诞生于20世纪50年代,发展于80年代。安全科学的诞生源于血的教训,标志着人类对劳动安全的认识发展到了比较高的层次,也是历史发展的必然。20世纪80年代以来,逐步建立了安全科学的学科体系,发展了本质安全、过程检测与控制、人的行为控制等事故理论与方法。

目前,我国正处于经济的转型期,随着我国工业化和市场经济的快速发展,安全生产形势比较严峻,各种空难、海难、煤矿透水、瓦斯爆炸、天然气井喷、油气泄漏和火灾等灾难性事故不断发生,每年发生的特别重大安全事故数和因安全事故死亡的人数,令人触目惊心。煤矿、道路交通、建筑、能源、化工、危险化学品等领域安全事故的频繁发生,给人民群众的生命与财产造成了重大的损失。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,遏制群死群伤和重大经济损失以及保障国家经济与社会的可持续发展具有重大现实意义。

现代安全检测技术是一门多学科交叉的技术科学,其理论与工程技术相结合,涉及的内容非常广泛。本书作者结合多年从事安全检测技术教学和科研工作的经验,在西安石油大学安全工程专业《安全检测技术》讲义的基础上编写了此书。本书系统地阐述了安全检测技术的基本理论、技术原理、检测方法以及监控系统应用技术,主要介绍了安全检测技术基础和常用传感器,重点介绍了生产过程工

艺参数、环境及灾害、生产装置安全检测技术、安全检测仪表与系统的防爆技术、安全检测与监控系统组成、设计开发及应用技术，同时介绍了安全检测与监控系统应用实例。

张乃禄教授提出本书选题、担任主编并组织编写和统稿。全书共8章，其中第1、7、8章由张乃禄编写，第4、5章由徐竟天编写，第2、6章由薛朝妹编写，第3章由刘灿编写，各章的习题与思考题由张建华、张源编写。硕士研究生刘峰、郭晶、郝佳、石瑞等为本书完成了大量文字录入和制图工作。西安石油大学汤楠教授和胡长岭高级工程师对本书进行了审读，并提出了许多有益的建议。本书编写过程中，参考了国内多位专家教授的相关著作、文章及研究报告，还得到了西安石油大学电子工程学院和自动化系领导、同仁的大力支持。西安电子科技大学出版社编辑戚文艳和薛媛为本书的出版做了大量的工作，在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平有限且编写时间紧迫，不妥之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。

编者

2007年5月于西安

目 录

第1章 绪论 1	2.4.2 检测系统的抗干扰..... 50
1.1 安全生产技术..... 1	2.4.3 传感器的寿命、损坏原因分析以及 元器件损坏等情况分析..... 56
1.1.1 我国安全生产现状..... 1	习题与思考题..... 58
1.1.2 我国安全生产科技的主要差距..... 2	第3章 安全检测常用传感器 59
1.1.3 生产安全科技现状与发展趋势..... 3	3.1 传感器的作用及分类..... 59
1.1.4 生产安全关键技术..... 4	3.1.1 传感器的作用..... 59
1.2 安全检测技术..... 5	3.1.2 传感器的分类..... 60
1.2.1 检测技术..... 5	3.2 结构型传感器..... 60
1.2.2 安全检测的意义..... 7	3.2.1 电阻式传感器..... 60
1.2.3 安全检测的目的..... 7	3.2.2 电容式传感器..... 66
1.2.4 安全检测的任务..... 8	3.2.3 电感式传感器..... 73
1.3 安全检测技术发展..... 10	3.2.4 磁电式传感器..... 77
1.3.1 安全检测仪表发展..... 10	3.3 物性传感器..... 80
1.3.2 安全检测与监控技术 发展概况..... 11	3.3.1 压电式传感器..... 80
1.3.3 安全监控技术发展..... 11	3.3.2 半导体敏感元件..... 85
习题与思考题..... 12	3.3.3 光电传感器..... 88
第2章 检测技术基础知识 13	3.3.4 霍尔传感器..... 99
2.1 测量误差分析与数据处理..... 13	3.4 其他类型传感器..... 103
2.1.1 测量误差的基本概念..... 13	3.5 传感器的选用原则..... 106
2.1.2 测量误差的表示方法..... 14	3.5.1 传感器的选用指标..... 107
2.1.3 测量误差的分类..... 15	3.5.2 传感器的选择与应用..... 108
2.1.4 测量误差的分析与处理..... 18	习题与思考题..... 111
2.1.5 测量数据处理的基本方法..... 23	第4章 生产工艺参数检测仪表 112
2.2 检测信号分析基础..... 25	4.1 温度检测与仪表..... 112
2.2.1 检测信号的分类..... 26	4.1.1 温标及测温方法分类..... 112
2.2.2 检测信号的时域分析..... 27	4.1.2 接触式温度检测..... 115
2.2.3 信号的频域分析..... 32	4.1.3 非接触式测温..... 134
2.3 检测系统的基本特征..... 36	4.1.4 温度检测仪表的选用..... 137
2.3.1 检测系统的数学模型..... 36	4.2 压力检测与仪表..... 138
2.3.2 检测系统的静态特性..... 38	4.2.1 压力检测的概念与分类..... 138
2.3.3 检测系统的动态特性..... 41	4.2.2 液柱式压力计..... 140
2.4 检测系统的可靠性技术..... 48	4.2.3 弹性式压力计..... 143
2.4.1 检测系统的现场防护..... 48	

4.2.4 负荷式压力计	145	5.5.1 火灾探测与信号处理	243
4.2.5 电测式压力仪表	148	5.5.2 火灾自动报警系统	252
4.2.6 压力仪表的选用	155	5.6 防雷电安全检测	257
4.3 流量检测与仪表	157	5.6.1 接地装置接地电阻检测	257
4.3.1 流量检测的概念与方法	157	5.6.2 土壤电阻率的检测	263
4.3.2 差压式流量计	160	5.7 防静电安全检测	265
4.3.3 容积式流量计	165	5.7.1 静电的产生与特性	265
4.3.4 速度式流量计	169	5.7.2 静电的检测	266
4.3.5 质量流量计	177	5.7.3 静电检测的特点及注意事项	272
4.3.6 其他流量计	181	5.8 放射性危害检测	272
4.3.7 流量计选型原则	184	5.8.1 α 放射性样品检测	273
4.4 物位检测与仪表	185	5.8.2 β 放射性样品检测	274
4.4.1 浮力式液位计	186	5.8.3 γ 射线剂量检测	275
4.4.2 压力式液位计	188	5.8.4 中子剂量检测	276
4.4.3 电容式物位计	192	5.9 高温作业检测	276
4.4.4 超声波物位计	194	5.9.1 高温作业的基本类型	277
4.4.5 雷达物位计	197	5.9.2 高温作业的测量	277
4.4.6 物位仪表的选用	200	5.9.3 高温作业分级与控制	279
习题与思考题	200	习题与思考题	281
第5章 环境与灾害参数检测	202	第6章 生产装置安全检测	282
5.1 可燃性气体和有毒气体的检测	202	6.1 超声检测技术	282
5.1.1 可燃性气体和有毒气体的性质	202	6.1.1 超声检测技术概述	282
5.1.2 可燃性气体和有毒气体的检测原理	205	6.1.2 超声检测的方法	284
5.1.3 可燃性气体和有毒气体的检测仪表	209	6.1.3 生产装置的超声检测	288
5.1.4 有毒作业分级与控制	212	6.2 射线检测技术	291
5.2 粉尘检测	214	6.2.1 射线检测技术概述	291
5.2.1 粉尘的有关概念	214	6.2.2 射线检测的基本原理和方法	291
5.2.2 粉尘的检测方法	216	6.2.3 生产装置的射线检测	295
5.2.3 粉尘作业分级与控制	219	6.3 磁粉检测技术	296
5.3 噪声及其检测	222	6.3.1 磁粉检测技术概述	296
5.3.1 噪声的量度参数	222	6.3.2 磁粉检测的基本原理和方法	297
5.3.2 噪声的主观评价	223	6.3.3 生产装置的磁粉检测	302
5.3.3 噪声测量常用仪器	225	6.4 红外检测与红外诊断技术	303
5.3.4 噪声的检测	229	6.4.1 红外检测与诊断技术概述	303
5.3.5 噪声作业分级与控制	233	6.4.2 红外检测与诊断的基本原理和方法	305
5.4 泄漏检测	236	6.4.3 生产装置的红外检测	310
5.4.1 危险物质的泄漏及危险性	237	6.5 设备故障专家诊断技术	312
5.4.2 管道泄漏检测技术	238	6.5.1 设备故障专家诊断系统	313
5.5 火灾参数检测与系统	243	6.5.2 设备故障的模糊诊断技术	313
		6.5.3 设备故障的神经网络诊断技术	316

6.5.4 装置故障专家诊断技术应用	319	8.4.2 系统设计原则	366
习题与思考题	322	8.4.3 系统结构	366
第7章 检测仪表与系统的防爆	323	8.4.4 系统功能及特点	367
7.1 检测仪表与系统的防爆概述	323	8.4.5 系统运行效果	369
7.1.1 检测仪表的安全特性	323	8.5 富锰渣安全生产检测监控系统	369
7.1.2 检测仪表的防爆结构	324	8.5.1 富锰渣生产概况	369
7.2 检测仪表的本质安全防爆	327	8.5.2 富锰渣安全生产检测监控系统构成	371
7.2.1 本质安全防爆的基本原理与措施	328	8.5.3 富锰渣安全生产检测监控系统实现	372
7.2.2 本质安全防爆系统	331	8.5.4 富锰渣安全生产检测监控系统运行效果	375
7.3 防爆检测仪表的选型与应用	338	8.6 石化储罐区火灾监测系统	376
7.3.1 防爆检测仪表的选型	338	8.6.1 储罐区火灾监测概况	376
7.3.2 防爆检测仪器的应用	338	8.6.2 系统设计及系统构成	377
习题与思考题	339	8.6.3 系统主要功能	381
第8章 安全检测与监控系统	340	8.6.4 使用效果	382
8.1 安全检测与监控系统概述	340	8.7 基于物联网的油田井场安全检测监控系统	382
8.1.1 安全检测与监控的一般步骤	340	8.7.1 井场安全检测监控系统项目介绍	382
8.1.2 计算机安全检测与监控系统的组成	341	8.7.2 系统总体方案设计	383
8.2 安全检测与监控系统的设计与开发	343	8.7.3 基于物联网的井场安全检测与监控系统实现	384
8.2.1 安全检测与监控系统的设计过程与原则	343	8.7.4 系统运行与效果	387
8.2.2 安全检测与监控系统的设计步骤	345	8.8 油田生产安全无线监控系统	388
8.2.3 检测仪器的选型	348	8.8.1 系统概述及组成	388
8.3 新技术在安全监测系统中的应用	354	8.8.2 安全监控系统软件设计	390
8.3.1 现场总线技术	354	8.8.3 系统使用状况	392
8.3.2 物联网技术	357	习题与思考题	392
8.3.3 数据融合技术	359	附录A 热电偶分度表	393
8.3.4 人工神经网络	364	附录B 热电阻分度表	397
8.4 煤矿安全生产检测监控系统介绍	366	参考文献	402
8.4.1 矿井概况	366		

第1章 绪 论

1.1 安全生产技术

1.1.1 我国安全生产现状

目前,我国经济已由高速增长转向高质量发展阶段,安全生产形势明显得到改善,各类安全生产特大事故发生总量持续下降。2018年一季度,全国事故总量、较大事故、重大事故同比下降,其中,重大事故发生4起,死亡43人;较大事故发生135起,死亡558人。尽管安全生产形势有所好转,但是以往的教训触目惊心。2017年3月29日,吉林省白山市江源区通化矿业有限公司八宝煤矿发生瓦斯爆炸事故,造成28人遇难,13人受伤;仅仅两天之后,即2017年4月1日,该公司再次发生瓦斯爆炸,造成6人死亡。2016年6月26日,湖南宜凤高速上,一辆旅游大巴车与高速中央护栏相撞,发生起火,造成33人死亡。同年10月31日,重庆市永川区来苏镇金山沟煤矿发生瓦斯爆炸事故,造成33人死亡。2016年11月24日,江西丰城发电厂三期在建项目工地冷却塔施工平台坍塌,造成74人死亡,2人受伤,损失惨重。2015年6月1日“东方之星”号游轮翻沉,造成442人死亡;仅仅2个多月之后,天津港瑞海公司危险化学品仓库发生特大火灾爆炸事故,造成100多人死亡,500多人受伤入院,并造成严重环境污染,对事故周围居民的生活健康造成严重威胁;2014年8月2日江苏昆山发生特大火灾,死伤200多人;2013年全国共发生一次死亡50人以上特大重大事故5起,共死亡925人,特别重大事故由于伤亡人数多,经济损失重,在国内外造成严重社会影响;2013年6月3日吉林宝源丰发生特大火灾,死亡121人,造成17234平方米主厂房及主厂房内生产设备损毁,直接经济损失1.82亿元;同年11月22日青岛市黄岛新技术开发区中石化输油管线泄露导致特大爆炸事故发生,死亡62人,重伤入院136人,直接经济损失75172万元,造成人民群众生命财产重大损失;2012年12月31日,山西天脊煤化工集团股份有限公司发生苯胺泄漏事故,8.7吨苯胺排入浊漳河,事故造成河北邯郸市区突发大面积停水,严重影响了附近人民群众的生产生活。

安全生产是社会文明和进步的重要标志,是国民经济稳定运行的重要保障,是坚持以人为本安全理念的必然要求,是坚持人与自然和谐发展的前提条件,是新时代人民美好生活的重要内容。尽快改变我国安全生产科技相对落后的局面,为安全生产提供足够的技术支撑和保障,已成为我国科技界的共识。发展和提高我国的安全检测技术水平,识别各种危险源和确定事故隐患分布,有效控制事故与灾害发生,将直接影响我国经济的可持续、健康发展和全面建设小康社会目标的实现。

1.1.2 我国安全生产科技的主要差距

目前,我国安全生产形势虽然有所好转,但安全生产科技基础依然薄弱,安全技术滞后于生产技术的发展,安全科技不能为安全生产提供强有力的支撑和保障。与发达国家相比,我国安全科技的主要差距主要表现在如下几方面。

1. 安全生产科学理论需要不断发展

安全生产科学理论是发展安全科技的基础,超前的科学理论能够有效地指导安全科技研究和安全生产工作实践。我国的安全科学最早是从劳动保护工作中发展起来的,到目前为止,安全科学的学科性质、研究对象、研究范畴还没有统一的认识;与相关学科和专业关系还没有理清。因此,安全理论的发展应该放到“科技兴安”战略的地位中。

2. 危险源辨识、风险分析和风险评估技术需要不断完善

危险辨识、评价和控制的技术和方法是安全科学技术中前沿的课题之一。我国高危行业的特种设备和一些涉及生命安全的危险装置受先天制造质量和后天维护技术水平等因素制约,存在诸多缺陷。由于缺乏适合于我国国情的检验检测、安全评估、寿命预测技术和基础数据库,因而造成各类潜在危险大量存在,缺乏有效预控手段。对大型承压装置、电梯、游乐设施等与人身安全息息相关装置的风险评估分析技术目前尚处于研究起步阶段。

3. 安全检测、危险源监测和灾害事故预警需要逐步建立

危害检测和危险监控是事故预防的基本技术手段,现代化生产迫切需要发展在线、智能化检测监测技术和手段。发达国家已有先进技术对关键装备、大型承压设备和危险装置进行在线检测,对埋地燃气管道腐蚀与泄漏实施不开挖在线检测监测,生产装置除有良好的安全监测技术外,还建立了完善、严格的机械完好性保证制度,以预防性检修为准则,很少发生现场泄漏问题。我国在这方面的研究起步较晚,大多数企业仍采用坏了才修的原则,现场跑冒滴漏严重,既造成环境污染,又潜存事故隐患。

对矿山等自然灾害预测、预警和监测技术,我国普遍存在着技术相对落后、使用面不宽、传感器种类少、稳定性差、使用寿命短等问题,与国外存在相当大的差距。

4. 风险控制和灾害事故防治技术需要不断更新

风险控制是实现系统安全的最终目的。根据危害识别和风险评估辨识危险、事故隐患,采用先进的防治技术进行有效的风险控制以及重大突变事故的预防措施研究远远不够,要形成体系还需要相当长的时间。

5. 应急救援技术能力和水平需要不断提高

科学的事事故防范体系不仅要有预防措施,还需要有应急对策。在危险化学品应急救援方面,还停留在化学品登记、物化性质咨询方面,对应急救援技术与装备的研究开发与发达国家差距很大;在特种设备应急救援方面,尚未建立起应对各类特种设备恶性事故应急救援系统及有效的应急抢险装备;在矿山、交通、建筑、电力供应等方面,对重大突发性灾害应急预案缺乏深入的研究,应急预案与演练脱钩,很难有效实施;在应急数据库建设方面,存在数据信息输入不全,数据更新不及时等问题;全国各级各类应急救援力量缺乏有效整合。而发达国家目前已有完整的体系,特别在城市公共安全应急救援方面,技术装备先进,应急机制健全。

6. 事故调查分析处理需要不断改善

事前预防、事中应急、事后补救是安全保障的基本方法体系。发生事故后的科学调查处理是事后补救的基础。我国在事故调查分析的组织、目的、程序以及相关技术手段等方面与国外差距很大。必须改变重大事故发生后只重视责任原因,而忽视本质和预防原因的调查。

7. 安全技术标准体系需要不断完善,并改善其科学性和有效性

安全技术标准是发挥安全科技功能的支持条件。目前我国安全技术标准缺口大、已有标准的科技含量低,大多缺少详细的安全技术设计要求,与发达国家的差距很大,要与国际安全技术标准接轨还有大量工作要做。

8. 安全信息管理技术需要加强和提高

安全信息是科学决策和管理的基础。发达国家利用先进管理理论和现代信息技术,通过互联网连接各种静态、动态安全信息,共享资源,实现国家安全生产的动态监管,提高时效性、准确性。

9. 安全生产科技投入有待加强

安全科技的投入水平既是国家经济实力的体现,同时也是社会管理者意识的表现。作为以社会公益性为主导的事业,我国对安全生产科技工作的投入与发达国家相比存在巨大的差距。需要建立多元化的安全科学投入机制。

10. 安全生产科技人才培养有待提高

安全科技人才是安全生产科学理论、技术发展与创新的动力,同时也是管控安全事故发生的主要决策者和参与者。我国安全科技人才、配置不合理,人才培养机制不完善。因而需要建立科学的安全科技人才培养机制、用人制度。

1.1.3 生产安全科技现状与发展趋势

1. 国外

发达国家主要依靠自动化的检测与控制技术、预警技术,严格的预警机制以及规范的管理保证生产的安全进行,其先进的危险辨识技术、智能化检测技术、评估技术和软件已广泛应用于企业安全管理。在危险辨识和风险评估方面,发达国家的大型公司普遍开发了先进的危险辨识、评估技术和相关软件,并广泛应用于企业的生产的安全管理之中。这些公司利用风险分析软件,建立电脑数据分析模型,纳入预警系统,确定公司设施的设计和运行中存在的严重环境缺陷,并进行校正。他们几十年前就已开展特种设备安全检测、评估、寿命预测和风险评估技术方面的研究,并建立了大量的基础数据库。

在危险源监测、预警方面,发达国家已有先进的技术和设备可以对大型承压设备、储罐进行在线检测,对埋地燃气管道腐蚀和泄漏实施不开挖在线检测监测,并将红外成像技术和激光扫描技术应用于天然气管道的泄漏检测之中。

在灾害事故防治方面,发达国家通过采用先进的防雷、防静电和抑爆等安全技术,已基本控制重、特大灾害事故,研究重点逐步转移到创造安全健康的工作环境。

在安全生产信息化方面,国外已普遍利用现代网络化技术建立先进的信息管理系统,实现统一管理、数据规范和资源共享。

2. 国内

近年来,我国安全生产科技也得到了较大的发展,具备了一定规模,安全生产法律体系逐步完善,安全生产监管体制不断健全,管理水平逐步提高,成为我国科技事业的重要组成部分,对推动安全生产事业的发展起到了重要作用。这些发展主要表现为安全科学体系和专业教育体系基本形成,安全科学技术发展纳入国家科学技术发展的规划,安全科学技术研究取得一大批科研成果。我国安全生产工作的现状是:安全生产法律体系初步形成;国家安全监管体制日趋健全;安全生产应急体系开始建立;总体形势稳定、趋于好转,良好的发展趋势与依然严峻的现状并存。

目前,信息技术的突飞猛进和安全监测、监控的重要性,促进了各类传感器、数据传输技术、信息接口和地理信息系统(GIS)、遥测系统(TS)、全球定位系统(GPS)等技术在安全生产领域的大量应用,提高了安全生产信息化水平。

3. 发展趋势

发达国家主要依靠自动化安全检测与控制技术、预警技术,严格的预警机制以及规范化管理保证生产的安全进行,先进的危险辨识技术、智能检测技术、评估技术和软件已广泛应用于企业安全管理。我国主要以日常安全监督为主,安全生产监测、监控自动化程度较低,预警及应急技术逐步发展。

1.1.4 生产安全关键技术

灾害的发生是难以避免的。如何有效地抑制和监测预警,如何合理地利用高技术手段,对事故实行有效的控制,减少人员伤亡和财产损失,仍是一系列关键技术需要重点解决的现实问题。通过对事故早期的物理、化学性质的研究,结合智能材料、阻燃材料在常规和灾害环境中的综合性能,发展自动修复和阻燃技术,可以有效地进行灾前抑制,使得可能成灾的事故被先期控制。新材料、新的高科技检测技术的发展,对危险源致灾的前兆检测提供了越来越先进的手段,大大提高了由人为干预主动消除危险源的技术水平,定期检测也是日常安全管理工作的一项重要内容。由被动式的灭救技术向新一代的主动式防治技术转变的关键是以智能监测技术为核心,结合灾前抑制和高效扑救技术,实施最直接的灾害防治。

1. 灾前抑制

灾前抑制措施可以感知外界的异常,并通过自身变化弥补或消除热量等能量意外集中释放的变化,达到最大程度地抑制事故发生的目的。其抑制作用可以持续到事故已经发生、发展阶段,起到延缓进程,保护结构不受损的作用。

例如,作为火灾及其相关灾害防治的有效技术之一——阻燃。降低可燃性、提高耐火性以及无毒、抑烟、耐用是对清洁高效阻燃的要求。目前阻燃技术研究重点是聚合物阻燃剂和材料的分子设计,涉及分子动力学和聚合物热降解,聚合物夹层无机物纳米复合材料的结构控制。

2. 前兆检测

很多火灾、爆炸等事故是因为物体过热或热量相对集中造成的,根据事故发生前表现出来的温度或热特性,已经形成很多检测设备,例如热像技术以其独有的方便直观等特点

被广泛应用,超声波等材料缺陷检测技术对事故前兆检测具有重要作用。

红外热像技术通过扫描热力设备表面温度场,形成红外温度场图像,根据能量准则,可实现热安全故障隐患在线诊断。

早期隐患检测技术的发展日新月异,在事故前兆检查、消除方面的应用也越来越广泛,其发展方向是微型化和自动化,以期实现长期监测。

3. 早期监测

早期监测向新一代的主动式防治技术转变的关键是以智能监测技术为核心,结合灾前抑制和高效扑救技术,实施最直接的灾害防治。传感、信号处理算法是智能探测的两个基本方面,新的监测技术一般都是从这两个方面入手,提高其智能程度、反应速度与稳定性。用于早期监测的传感器非常多,如化学传感器、声学传感器、机械传感器、磁传感器、辐射传感器、热传感器以及生物传感器、膜传感器、光纤传感器、硅传感器、应用 MEMS 的微传感器等。

4. 灾害扑救

灾害发生后,有效的扑救技术可以大幅度地减小灾害损失。扑救过程涉及清洁、高效救灾、人员疏散、人员防护、防排烟等技术。

智能机器人技术在灾害救援方面也得到了应用。研制机器人的初衷就是制造一种用来代替人在复杂、危险及人的生理条件所不能承受的环境中工作的机器,在“9·11”事件中,原本一直在实验室研究的救援机器人被投入实用,这是救援机器人参加的第一次救援活动。美国卡内基梅隆大学研发的机器人 Groundhog 利用液压系统作为动力,采用激光测距传感器,配有陀螺仪及在黑夜环境下工作的摄像机,能够比较准确地反映矿难现场的环境,可建立矿床的 3D 模型供救援人员参考;日本研发的机器人在福岛核泄漏事故中参与了救援;我国在 2006 年成功研制了第一台用于煤矿救援的 CUMT-1 型矿井搜索机器人。

1.2 安全检测技术

检测是人类认识世界的重要技术手段。人们可以通过检(监)测方式和检(监)测技术来获得信息,以助于了解周围环境,进而实现对环境参数的控制。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。在石油、化工、冶金、煤炭等生产部门,为了确保安全生产,改善劳动条件,提高劳动生产率,要求对生产过程,特别是处于分散生产状态中的生产环境参数进行实时、准确地检测,对环境参数实施有效地控制,逐步发展和形成了以检测技术为核心的安全检测监控技术。

1.2.1 检测技术

1. 检测与测量的概念

检测主要包括检验和测量两方面的含义。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。

检测技术不仅是对成品或半成品进行检验和测量,更多地应用于检查、监督和控制某