



高职高专“十一五”规划教材

i

安全技术 系列

安全生产技术

ANQUAN SHENGCHAN JISHU

何际泽 张瑞明 主编 张良军 主审



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材



安全技术 系列

防火防爆技术

化工工艺安全技术

化工设备安全技术

电气安全技术

安全管理

职业卫生

危险化学品安全技术

危险化学品事故应急救援与处置

安全评价技术

化工安全设计概论

安全生产法规实务

安全生产技术

安全人机工程

康青春 贾立军

杨永杰 康彦芳

叶明生 胡晓琨

夏洪永 俞章毅

刘景良

傅梅绮 张良军

张 荣 张晓东

孙玉叶 夏登友

蔡庄红 何重玺

王德堂 周福富

卢 莎 申屠江平

何际泽 张瑞明

刘景良



www.cip.com.cn

读科技图书 上化工社网

ISBN 978-7-122-03382-6



9 787122 033826 >

定价：38.00元

高职高专“十一五”规划教材
——安全技术系列

安全生产技术

何际泽 张瑞明 主编
张良军 主审



化学工业出版社

·北京·

本书以化工安全技术和危险化学品安全管理为行业依托,向机械、电气、建筑、矿山等领域渗透延伸,以安全工程、安全技术和安全管理三个层次要求为编写主线,进行模块化编排,内容主要包括通用安全技术(Ⅰ)和专业安全技术(Ⅲ)两大模块,中间以安全工程应用技术(Ⅱ)模块融会贯通,具有结构严谨,针对性、实用性和可操作性强的特点。

本书介绍了机械安全生产技术、电气及静电安全技术、防火防爆安全技术、特种设备安全技术、职业危害及其控制技术、应急救援与安全评价技术、煤矿及非煤矿山安全技术、建筑工程施工安全技术、化工及危险化学品安全技术等内容。

本书可作为高职高专院校工业环保与安全技术专业、安全技术管理专业的专业基础课教材,也可供化工、安全和环保等相关专业选用,还可供从事安全工程、安全检测、安全评价、安全管理、安全咨询以及申请报考国家注册安全工程师执业资格考试的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

安全生产技术/何际泽,张瑞明主编. —北京:化学工业出版社,2008.7

高职高专“十一五”规划教材——安全技术系列
ISBN 978-7-122-03382-6

I. 安… II. ①何…②张… III. 安全生产-高等学校:技术学院-教材 IV. X93

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第105117号

责任编辑:张双进 窦臻
责任校对:郑捷

文字编辑:提岩 李姿妍
装帧设计:王晓宇

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)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张24 字数639千字 2008年9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:38.00元

版权所有 违者必究

化工安全技术专业教学指导委员会

主任委员 金万祥

副主任委员 (按姓名笔画排列)

杨永杰 张 荣 郭 正 康青春

委 员 (按姓名笔画排列)

王德堂 申屠江平 刘景良 杨永杰 何际泽

冷士良 张 荣 张瑞明 金万祥 郭 正

康青春 蔡庄红 薛叙明

秘 书 长 冷士良

安全技术类教材编审委员会

主任委员 金万祥

副主任委员 (按姓名笔画排列)

杨永杰 张 荣 郭 正 康青春

委 员 (按姓名笔画排列)

王德堂 卢 莎 叶明生 申屠江平 刘景良

孙玉叶 杨永杰 何际泽 何重玺 冷士良

张 荣 张良军 张晓东 张瑞明 金万祥

周福富 胡晓琨 俞章毅 贾立军 夏洪永

夏登友 郭 正 康青春 傅梅绮 蔡庄红

薛叙明

秘 书 长 冷士良

前 言

本书是由全国化工安全技术类专业教育教学指导委员会领导并组织编写的全国高职高专安全生产技术规划教材。

安全生产事关人民群众的生命财产安全,事关改革发展和社会稳定大局。搞好安全生产工作是企业生存与发展的基本要求,是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容,是贯彻落实科学发展观,实施可持续发展战略及建设和谐社会的重要组成部分,也是政府履行社会管理和市场监督职能的基本任务。

我国2002年11月1日开始实施《中华人民共和国安全生产法》,2002年9月颁布《注册安全工程师执业资格制度暂行规定》和《注册安全工程师执业资格认定办法》,在全国推行注册安全工程师执业资格制度。自2004年以来,相继开考国家注册安全工程师和国家注册安全评价师,这是我国的一项重大举措。推行此项制度,是贯彻落实“安全第一,预防为主”方针,实施“人才兴安”战略的一项治本之策,也是我国安全技术服务和安全管理工作进入一个新阶段的重要标志。

学习安全生产技术课程,其目的是培养高素质、掌握丰富的安全专业技术知识和技能的复合型人才,为社会化的安全科技服务体系,为各类生产经营单位,尤其是普遍缺乏安全专业技术人员和管理人员的中小企业提供职业健康安全领域的技术职务,改善安全生产条件,减少各类职业危害,促使企业建立自我约束、持续改进安全生产长效机制。

本书在编写中以化工安全技术和危险化学品安全管理为行业依托,向机械、电气、建筑、矿山等领域渗透延伸,以安全工程、安全技术和安全管理三个层次要求为编写主线,进行模块化编排,内容包括通用安全技术和专业安全技术两大模块,中间以安全工程应用技术模块融会贯通,力求结构严谨,针对性、实用性和可操作性较强。其中,通用安全技术(模块I)部分包括机械安全生产技术、电气及静电安全技术、防火防爆安全技术、特种设备安全技术;安全工程应用技术(模块II)部分包括职业危害及其控制技术、应急救援与安全评价技术;专业安全技术(模块III)部分包括煤矿及非煤矿山安全技术、建筑施工工程安全技术、化工及危险化学品安全技术。

本教材在编写中力求体现以下特点:第一,从培养技术应用型人才的目标出发,力争做到理论与实际相结合,理论以“必需”和“够用”为度,着重介绍通用安全技术和专业安全技术,有鲜明的技术实用性;第二,内容力求通俗易懂、涉及面宽,突出实际应用技术,兼顾“了解”、“理解”和“掌握”三个层次,在每章开头的“学习指导”中均有明确的说明,以分清重点和主次;第三,以模块化编辑搭建课程体系,为各类院校不同类专业根据实际情况自由搭配选择授课内容提供方便,例如可以选择开设“通用安全生产技术”(模块I,约40学时)、“化工安全技术”[模块I+模块II+模块III(第十章),约60学时]、“矿山安全技术”[模块I+模块II+模块III(第八章),约60学时]等课程。

鉴于以上特点,本书可作为高职高专院校工业环保与安全技术专业、安全技术管理专业的专业基础课教材,也可供化工、安全和环保等相关专业选用。根据各院校不同专业的实际需要和课时要求,对模块I、II、III的项目化内容进行自由编排,可作为化工类、机电类、轻工类、冶金类和医药类等专业的安全技术公共选修课选用教材,还可供从事安全工程、安全检测、安全评价、安全管理、安全咨询以及申请报考国家注册安全工程师执业资格考试的人员参考。

参加本书编写工作的人员有：何际泽（第一章、第六章、第七章、第十章）、张瑞明（第五章、第八章）、李国珍（第二章、第九章）、石昌智（第三章）、杨立全（第四章）。全书由何际泽统稿，张良军审定。

本教材在编写过程中得到了全国化工安全技术类专业教育教学指导委员会、化学工业出版社的领导和同行们的大力支持，主编单位的安全技术教研团队的邱媛博士、苏雪梅高级工程师（国家注册安全工程师和国家注册安全评价师）对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳切希望广大读者不吝指正。

编 者
2008 年 5 月

目 录

模块 I 通用安全技术

第一章 安全工程技术概论	1	一、冲压机械安全技术	57
第一节 安全与安全科学技术	1	二、木工机械安全技术	62
一、事故与事故特征	1	复习思考题	68
二、危险与危险源	3	第三章 电气及静电安全技术	69
三、安全与安全科学技术	4	第一节 工厂供电的安全运行及维护	69
四、安全技术的学科门类	5	一、工厂供电概述	69
五、安全工程技术的发展方向与进展	6	二、工厂变配电所设备的运行维护	72
第二节 安全科学技术应用基础理论	7	三、工厂电力线路的运行和维护	74
一、事故致因理论	7	四、工厂供电系统的保护装置	75
二、安全系统工程	11	第二节 触电防护技术	78
三、安全人机工程	12	一、触电事故及其影响因素	78
第三节 安全技术措施计划	13	二、触电事故发生的原因及规律	80
一、编制安全技术措施计划的依据	13	三、电击接触的防护	82
二、安全技术措施计划的项目	13	四、漏电保护器	87
三、编制安全技术措施计划的原则	14	五、触电的救护	89
四、安全技术措施计划的编制方法	14	第三节 静电安全技术	92
五、安全技术措施计划的实施验收	14	一、工业静电的产生	92
第四节 安全生产目标管理	15	二、静电的特点与危害	93
一、安全生产法规与安全生产	15	三、静电防护技术	93
二、安全生产目标管理的内容与实施	16	第四节 雷击防护技术	95
三、安全生产目标考核及奖惩	17	一、雷电的基础知识	95
复习思考题	18	二、防雷基本措施	97
第二章 机械安全生产技术	19	三、建(构)筑物、化工设备及人体的 防雷措施	99
第一节 机械安全概述	19	复习思考题	102
一、机械危害及其产生的原因	19	第四章 防火防爆安全技术	103
二、实现机械安全的途径	22	第一节 燃烧与爆炸基本原理	103
第二节 金属冷加工机械安全技术	32	一、燃烧理论	103
一、金属切削机床及切削安全	32	二、燃烧的类型	105
二、车床安全技术	34	三、爆炸及其种类	107
三、钻床安全技术	36	四、爆炸机理及爆炸极限	109
四、磨床安全技术	38	第二节 危险化学物品燃烧爆炸特性	110
五、铣床安全技术	40	一、可燃气体	110
六、刨床安全技术	41	二、可燃液体	111
第三节 金属热加工机械安全技术	42	三、可燃固体	113
一、热加工中的危险和有害因素	43	四、其他危险物品	114
二、铸造安全技术	43	第三节 防火防爆技术与设施	119
三、锻造安全技术	46	一、控制可燃物技术	119
四、热处理安全技术	50	二、控制助燃物技术	120
五、焊接安全技术	53	三、控制着火源	120
第四节 重大危险机械安全技术	57		

四、控制工艺参数技术	123	一、压力容器基本知识	153
五、防止火势蔓延技术	125	二、安全附件	155
六、防火防爆安全设施	126	三、压力容器爆炸事故及危害	156
七、灭火器材	128	四、压力容器事故的预防	157
第四节 初起火灾的扑救与人员的疏散		五、压力容器安全使用与管理	157
逃生	130	六、气瓶安全技术	158
一、初起火灾扑救的原则与方法	131	七、压力管道运行使用管理	163
二、火场人员疏散及逃生路线选择	137	第四节 起重机械安全技术	165
复习思考题	138	一、起重机械基本知识	165
第五章 特种设备安全技术	139	二、起重机主要零部件	166
第一节 特种设备安全基础知识概述	139	三、起重机安全防护装置	175
一、特种设备的概念及分类	139	四、起重机安全操作及事故预防	176
二、特种设备安全技术监察规程与标准	139	第五节 特种设备安全检测检修技术	179
第二节 锅炉安全技术	140	一、特种设备安全检测技术	179
一、锅炉的基本知识	140	二、特种设备检修安全技术	184
二、水管锅炉基本结构及主要部件	141	第六节 其他特种设备安全技术简介	185
三、锅炉的安全附件	144	一、电梯安全技术	185
四、工业锅炉的安全运行	144	二、客运索道安全技术	188
五、工业锅炉常见事故及预防	148	三、大型游乐设施安全技术	190
第三节 压力容器与压力管道安全技术	153	复习思考题	192

模块 II 安全工程应用技术

第六章 职业危害及其控制技术	193	一、危险、危害因素产生的原因及其分类	209
第一节 工业毒物的危害及其控制	193	二、危险、危害因素识别的主要方法与控制途径	211
一、工业毒物及毒性	193	三、重大危险源辨识	214
二、职业中毒及危害	194	第二节 事故应急救援预案与应急救援技术	216
三、防毒技术措施	198	一、重大危险源事故应急救援预案	217
四、工作场所急性中毒的现场急救	199	二、重大危险源事故应急救援体系	217
第二节 工业粉尘的危害及其控制	201	三、事故的抢救	220
一、工业粉尘及其危害	201	第三节 安全评价技术	221
二、生产性粉尘治理的工程技术措施	202	一、安全评价分类	221
三、防尘技术措施	203	二、安全评价程序	222
第三节 物理因素的危害及控制技术	205	三、评价单元的划分与评价方法的选用	223
一、异常气象条件的危害及控制技术	205	四、常见安全评价方法简介	226
二、噪声污染及其预防控制技术	205	五、安全评价报告	230
三、电磁辐射及其防护	206	复习思考题	232
复习思考题	207		
第七章 应急救援与安全评价技术	209		
第一节 危险源辨识	209		

模块 III 专业安全技术

第八章 煤矿及非煤矿山安全技术	233	第二节 矿山主要危害及其防治措施	245
第一节 矿山安全技术	233	一、矿井通风	245
一、矿山安全生产基本条件	233	二、煤矿瓦斯及其防治措施	250
二、井巷施工安全	235	三、矿山火灾及防治技术	253
三、矿山开采安全	235	四、矿山水害及其防治技术	255
四、矿山机电安全	237	五、地下矿山尘毒及其防治措施	259

六、顶板、边坡、尾矿坝(库)事故及防治措施	261	三、外电防护及接地、接零、防雷的一般要求	307
七、煤矿安全检测	263	第四节 高处作业的安全技术	309
八、矿山救护	264	一、高处作业概述	309
第三节 石油生产过程的主要危险及其控制	267	二、高处作业的安全技术	310
一、石油开采与开发过程的主要危险及其控制	267	复习思考题	316
二、石油修井作业过程的主要危险因素及其控制	268	第十章 化工及危险化学品安全技术	317
复习思考题	272	第一节 化工安全设计	317
第九章 建筑工程施工安全技术	273	一、化工设计与安全	317
第一节 建筑施工安全概论	273	二、化工工艺的本质安全设计	317
一、建筑施工的特点	273	三、信息控制和安全控制	318
二、建筑施工安全防护技术措施的编制与交底	275	第二节 化工安全技术	320
三、安全生产纪律与基本的安全要求	276	一、化工生产安全运行及控制技术	320
第二节 建筑施工现场安全防护	280	二、化工单元操作过程的主要危险及其控制技术	325
一、建筑施工现场安全防护	280	三、典型反应过程的主要危险及其控制技术	329
二、土方工程、施工机具安全技术	282	四、化工腐蚀与防护	333
三、建筑施工安全帽、安全带、安全网的正确使用	290	五、化工装置的安全检修	337
四、脚手架工程施工的安全技术	292	第三节 危险化学品安全技术	347
第三节 建筑施工安全用电	301	一、危险化学品的分类和危险特征	347
一、施工现场配电系统	301	二、危险化学品安全技术概述	348
二、施工现场的临时用电安全管理	305	三、危险化学品安全检测技术	353
		四、危险化学品安全技术	354
		复习思考题	371
参考文献	372		

模块 I 通用安全技术

第一章 安全工程技术概论

学习指导

1. 熟悉安全科学技术的一些基本概念,了解安全工程技术的发展状况。
2. 理解事故成因理论的形成与发展,认识安全人机工程和安全系统工程在安全科学技术领域的重要应用。
3. 掌握安全技术措施计划的编制原则和方法,重点掌握企业安全目标管理的组织与实施办法。

第一节 安全与安全科学技术

一、事故与事故特征

(一) 事故的定义

事故定义为:个人或集体在时间进程中,为实现某一意图而采取行动的过程中,突然发生了与人的意志相反的情况,迫使其有目的的行动暂时地或永久地停止的事件。

按照国家标准(GB/T 6441—1986),工伤事故定义为“职工在劳动过程中发生的人身伤害、急性中毒”。具体来说,就是企业生产活动中所涉及区域内,在生产过程中,在生产时间内,在生产岗位上,与生产直接有关的伤亡事故;以及在生产过程中存在的有害物质在短期内大量侵入人体,使职工工作立即中断并须进行急救的中毒事故;或不在生产和工作岗位上,但由于企业设备或劳动条件不良而引起的职工伤亡,都应该算作因工伤亡事故而加以统计。

例如,建筑施工事故是指在建筑施工过程中,由于危险因素的影响而造成的工伤、中毒、爆炸、触电等,或由于各种原因造成的各类伤害。建筑施工现场的职工伤亡事故主要有高处坠落、机械伤害、物体打击、触电、坍塌事故等。

(二) 伤亡事故的分类

1. 按伤害程度划分

按伤害程度将伤亡事故划分为:

- ① 轻伤——指损失工作日低于105日的失能伤害;
- ② 重伤——指损失工作日等于或超过105日的失能伤害;
- ③ 死亡——损失工作日定为6000日。

2. 按事故严重程度划分

按事故严重程度将伤亡事故划分为:

- ① 轻伤事故——指只有轻伤的事故;
- ② 重伤事故——指有重伤而无死亡的事故;
- ③ 死亡事故——分为重大伤亡事故和特大伤亡事故,重大伤亡事故指一次事故死亡1~

2 人的事故, 特大伤亡事故指一次事故死亡 3 人以上的事故。

3. 按伤害方式划分

按伤害方式可将伤亡事故划分为物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、透水、放炮、火药爆炸、瓦斯爆炸、锅炉爆炸、容器爆炸、其他爆炸、中毒和窒息以及其他伤害共 20 种。

4. 按伤亡事故的等级划分

原国家建设部把重大事故分为四个等级。原国家建设部 1989 年 3 号令《工程建设重大事故报告和调查程序规定》第三条规定如下。

(1) 一级重大事故 具备下列条件之一者为一级重大事故:

- ① 死亡 30 人以上;
- ② 直接经济损失 300 万元以上。

(2) 二级重大事故 具备下列条件之一者为二级重大事故:

- ① 死亡 10 人以上, 29 人以下;
- ② 直接经济损失 100 万元以上, 不满 300 万元。

(3) 三级重大事故 具备下列条件之一者为三级重大事故:

- ① 死亡 3 人以上, 9 人以下;
- ② 重伤 20 人以上;
- ③ 直接经济损失 30 万元以上, 不满 100 万元。

(4) 四级重大事故 具备下列条件之一者为四级重大事故:

- ① 死亡 2 人以下;
- ② 重伤 3 人以上, 19 人以下;
- ③ 直接经济损失 10 万元以上, 不满 30 万元。

5. 按事故发生的原因划分

(1) 直接原因 机械、物质或环境的不安全状态; 人的不安全行为。

(2) 间接原因 技术上和设计上有缺陷, 教育培训不够, 劳动组织不合理, 对现场工作缺乏检查或指导错误, 没有安全操作规程或规程不健全, 没有或不认真实施事故防范措施, 对事故隐患整改不力等。

(三) 事故特征

1. 事故的概念及分类

事故是以人体为主, 在与能量系统关联中突然发生的与人的希望和意志相反的事件。事故是意外的变故或灾祸。事故现象是在人的行动过程中发生的, 如以人中心按事故后果可以分为伤亡事故和一般事故。

伤亡事故, 简称伤害, 是个人或集体在行动过程中, 接触了与周围条件有关的外来能量, 该能量作用于人体, 致使人体生理机能部分的或全部的损伤的现象。在生产区域中发生的和生产有关的伤亡事故, 称为工伤事故。

一般事故, 亦称无伤害事故, 是指人身没受伤害或只受微伤, 停工短暂或与人的生理机能障碍无关的未遂事故。统计表明, 事故之中无伤害的一般事故占 90% 以上, 它比伤亡事故的发生概率大十到几十倍。

2. 事故的特征

为了积极预防事故发生, 需要注重深入研究事故的以下特征。

(1) 事故的因果性 因果性是某一现象作为另一现象发生的依据的两种现象之关联性。

事故是相互联系的诸原因的结果。事故这一现象都和其他现象有着直接或间接的联系。在这一关系上看来是“因”的现象, 在另一关系上却会以“果”的形式出现, 反之亦然。

事故的因果关系有继承性，即多层次性：第一阶段的结果往往是第二阶段的原因。

给人造成伤害的直接原因易于掌握，这是由于它所产生的某种后果显而易见。然而，要找出究竟是何种间接原因又是经过何种过程而造成事故后果，却非易事。因为随着时间的推移，会有种种因素同时存在，有时诸因素之间的关系相当复杂，还有某种偶然机会存在。因此，在制定事故预防措施时，应尽最大努力掌握造成事故的直接和间接的原因，深入剖析事故根源，防止同类事故重演。

(2) 事故的偶然性、必然性和规律性 从本质上讲，伤亡事故属于在一定条件下可能发生，也可能不发生的随机事件。

事故的发生包含着所谓的偶然因素。事故的偶然性是客观存在的，与人们是否明了现象的原因全不相干。

事故是由于客观某种不安全因素的存在，随时间进程产生某种意外情况而显现出的一种现象。因为事故或多或少地含有偶然的本质，故不易决定它所有的规律。但在一定范围内，用一定的科学仪器或手段，却可以找出近似规律，从外部和表面上的联系找到内部的决定性的主要关系，虽不详尽，却可略知其近似规律。如应用偶然性定律，采用概率论的分析方法，收集尽可能多的事例进行统计分析，可找出根本性问题。

这就是从事故的偶然性找出必然性，认识事故发生的规律性，使事故消除在萌芽状态之中，变不安全条件为安全条件，化险为夷。

(3) 事故的潜在性、再现性和预测性 人在生产活动中所经过的时间和空间中不安全的隐患是潜在的，条件成熟时在特有的时间场所就会显现为事故。因此，既要抓本质安全，把事故隐患消灭在设计图纸上；又要抓安全教育，使人认识到在生产过程中潜在的事故隐患，及时加以排除，以保证安全生产。

时间一去不可复返，完全相同的事件也不会再次重复出现。但是，对类似的同种因果联系事故阻挡其再现性，即防止同类事故重复发生是可能的。

事故是可以预测的。人们基于对过去事故所积累的经验和知识，通过研究构思出一种预测模型，在生产活动开始之前，预测在各种条件下可能出现的危险及其防止措施。为提高预测的可靠性，必须发展和开拓使用高新技术和先进的安全探测仪器。安全工作以预防为主，应及时发现事故的潜在性，根除其隐患，不使之再现为事故，提高预测的可靠性。

二、危险与危险源

1. 危险

危险 (Risk)，亦称危险性，指来自某种危害而造成的人员伤亡和物质损失的机会。它是由危险严重程度及危险概率表示的可能损失，是表征潜在的危险后果。

2. 危险源

危险源即危险的根源。危险源是指可能导致人员伤亡或物质损失事故的、潜在的不安全因素。因此，各种事故的致因因素都是危险源。事故致因的因素种类繁多，可根据危险源在事故发生中的作用，将其划分为以下两大类。

(1) 第一类危险源 根据能量意外释放理论——能量转移论，能量或危险物质的意外释放是伤亡事故发生的物理本质。于是，把生产过程中存在的，可能发生意外释放的能量能源、能量载体或危险物质称作第一类危险源。

为防止第一类危险源导致事故，必须采取措施约束、限制能量或危险物质，控制危险源。在正常情况下，生产过程中的能量或危险物质受到约束或限制，不会发生意外释放，即不会发生事故。但是，一旦这些约束或限制能量、危险物质的措施受到破坏、失效或故障，则将发生事故。

(2) 第二类危险源 导致能量或危险物质的约束或限制措施破坏或失效、故障的各种因素,称作第二类危险源。它主要包括物的故障、人为失误和环境因素。

物的故障是指机械设备、装置、元部件等,由于性能低下而不能实现预定功能的现象。物的不安全状态也是物的故障。故障可能是固有的,由于设计、制造缺陷造成的;也可能是由于维修、使用不当,或磨损、腐蚀、老化等原因造成的。

从系统的角度考察,构成能量或危险物质控制系统的元素发生故障,会导致该控制系统的故障而使能量或危险物质失控。故障的发生具有随机性,这涉及系统可靠性问题。

人为失误是指人的行为结果偏离了被要求的标准,即没有完成规定功能的现象。人的不安全行为也属于人为失误。人为失误会造成能量或危险物质控制系统故障,使屏蔽破坏或失效,从而导致事故发生。

环境因素,指人和物存在的环境,即生产作业环境中的温度、湿度、噪声、振动、照明、通风换气以及有毒有害气体存在等。

一起伤亡事故的发生往往是两类危险源共同作用的结果。第一类危险源是伤亡事故发生的能量主体,决定事故后果的严重程度;第二类危险源是第一类危险源造成事故的必要条件,决定事故发生的可能性。

三、安全与安全科学技术

1. 安全

安全,泛指没有危险、不受威胁和不出事故的状态。韦氏大词典将安全定义为:“没有伤害、损伤或危险,不遭受危害或损害的威胁,或免除了危害、伤害或损失的威胁”。

生产过程中的安全是指“不发生工伤事故、职业病、设备或财产损失的状况;即指人不受伤害,物不受损失”。

工程上的安全性是用概率上的近似客观量来衡量安全的程度。系统工程中的安全概念与传统的安全定义大不相同。长期以来,人们一直把安全和危险看作截然不同的、相对对立的旧概念。系统安全包含许多创新的安全新概念:认为世界上没有绝对安全的事物,任何事物中都包含有不安全的因素,具有一定的危险性。安全只是一个相对的概念,它是一种模糊数学的概念;危险性是对安全性的隶属度;当危险性低于某种程度时,人们就认为是安全的。安全性(S)与危险性(D)互为补数,即

$$S=1-D$$

安全工作贯穿于系统整个寿命期间。在新系统的构思、可行性论证、设计、建造、试运转、运转、维修直到系统废弃的各个阶段都要辨识、评价、控制系统中的“危害”与“危险”,预测和消除“危险源”,全方位地贯彻预防为主的安全生产方针。

2. 安全科学技术

安全学科是一个管理学、生理学与工程学、心理学及医学的交叉学科。安全科学技术是研究人类生存条件下人-机-环境系统之间的相互作用,保障人类生产与生活安全的科学和技术,或者说是研究技术风险导致的事故和灾害的发生和发展规律,以及为防止意外事故或灾害发生所需的科学理论和技术方法,它是一门新兴的交叉科学,具有系统的科学知识体系。

20世纪70年代以来,科学技术飞速发展,随着生产的高度机械化、电气化和自动化,尤其是高技术、新技术应用中潜在的危险常常突然引发事故,使人类生命和财产遭到巨大损失。因此,保障安全,预防灾害事故从被动、孤立、就事论事的低层次研究,逐步发展到系统的综合的较高层次的理论研究,最终导致了安全科学的问世。

现今,安全科学已从多学科分散研究发展为系统的整体研究,从一般工程应用研究提高到技术科学层次和基础科学层次的理论研究。在我国,进入20世纪80年代以后,安全科学

学科建设和理论研究得到了迅速发展。国家标准(GB/T 13745—92)《学科分类与代码》中已将安全科学技术列为一级学科。

安全科学技术是一门新兴的边缘科学,涉及社会科学和自然科学的多门学科,涉及人类生产和生活的各个方面。从学科角度上看,安全科学技术研究的主要内容包括:

- ① 安全科学技术的基础理论,如灾变理论、灾害物理学、灾害化学、安全数学等;
- ② 安全科学技术的应用理论,如安全系统工程、安全人机工程、安全心理学、安全经济学、安全法学等;
- ③ 安全专业技术,包括安全工程、防火防爆工程、电气安全工程、交通安全工程、职业卫生工程、安全管理工程等。安全科学技术横跨自然科学和社会科学领域,近十几年来发展很快,直接影响着经济和社会的发展。随着安全科学学科的全面确立,人们更深刻地认识了安全的本质及其变化规律,用安全科学的理论指导人们的实践活动,保护职工安全与健康,提高功效,发展生产,创造物质和精神文明,推动社会发展。

四、安全技术的学科门类

要实现安全生产,预防事故,既要靠管理,同时又离不开技术,当然还需要提高所有从业人员的素质,而在这三个方面中,技术是关键。所以,一切安全工作者在掌握尽可能全面的安全管理知识的同时,更应该掌握必要的安全技术。

1. 安全技术的概念

生产过程中往往存在着一些不安全的因素,危害着工人的身体健康和生命安全,同时也会造成生产被动或发生各种事故。为了预防或消除对工人健康的有害影响、避免各类事故的发生、改善劳动条件而采取各种技术措施和组织措施,这些措施的综合,叫做安全技术。

安全技术是生产技术的一个分支,与生产技术紧密相关。安全技术内容丰富,涉及安全工程、安全原理、安全设计、防火防爆、环境保护,以及设备、电气、焊接、起重、防腐等各个专业和领域的技术,是一门综合性应用技术。

2. 安全技术的分类

安全技术是劳动保护科学中的一个学科,它可以分为“产业(部门)劳动保护学”,如煤矿安全技术、冶金安全技术、机械制造安全技术、建筑工程安全技术等;“专门劳动保护学”,如电气安全技术、锅炉与压力容器安全技术、起重安全技术等。

按照行业,安全技术可分为:矿山安全技术、煤矿安全技术、石油化工安全技术、冶金安全技术、建筑安全技术、水利水电安全技术、旅游安全技术等。

按照危险、有害因素的类别,安全技术可分为:防火防爆安全技术、锅炉与压力容器安全技术、起重与机械安全技术、电气安全技术等。

按照导致事故的原因,安全技术可分为:防止事故发生的安全技术和减少事故损失的安全技术。

3. 安全技术的重要性

安全技术主要是运用工程技术手段消除物的不安全因素,实现生产工艺和机械设备等生产条件的本质安全。在生产中,应用安全技术针对不安全因素进行预测、评价、控制和消除,以防止人身伤害事故、设备事故和环境污染,保证生产的安全运行。

安全技术的作用在于消除生产过程中的各种不安全因素,保护劳动者的安全与健康,预防伤亡事故和灾害性事故的发生。采取以防止工伤事故和其他各类生产事故为目的的技术措施,其内容包括:

- ① 使生产装置本质安全化的直接安全技术措施;
- ② 间接安全技术措施,如采用安全保护和保险装置等;

③ 提示性安全技术措施,如使用警报信号装置、安全标志等;

④ 特殊安全措施,如限制自由接触的技术设备等;

⑤ 其他安全技术措施,如预防性实验、作业场所的合理布局、个体防护设备等。

从上述情况看,安全技术所阐述的问题和采取的措施,是以技术为主,是借安全技术来达到劳动保护的目的,同时也要涉及有关劳动保护法规和制度、组织管理措施等方面的问题。因此,安全技术对于实现安全生产,保护职工的安全和健康发挥着重要作用。

五、安全工程技术的发展方向与进展

安全工程技术是一门涉及范围很广、内容极为丰富的综合性学科。它涉及数学、物理、化学、生物、天文、地理等基础科学,电工学、材料力学、劳动卫生学等应用科学,化工、机械、电力、冶金、建筑、交通运输等工程技术科学。在过去几十年中,安全工程的理论和技术随着产业安全的发展和各学科知识的不断深化,取得了较大进展。随着对火灾、爆炸、静电、辐射、噪声、职业病和职业中毒等方面的研究不断深入,安全系统工程学也有很大的发展。工程装置和控制技术的可靠性研究发展很快,工程设备故障诊断技术、安全评价技术以及防火、防爆和防毒的技术及手段都有了很大发展。

1. 危险性评价和安全工程

近年来一些大型企业为了防止重大的灾难性事故,提出了不少安全评价方法。这些方法的核心内容是危险源辨识和危险性评价。所谓危险性是指在各类生产活动中造成人员伤亡和财产损失的潜在性原因,处理不当有可能发展成为事故。安全工程的目的是采取措施,使危险性发展成为事故的可能尽量减少。所以,这种评价也叫做危险性评价,通过确定被评价对象的危险状况,制定相应的安全技术措施。

2. 安全系统工程的开发和应用

安全系统工程是系统工程理论和方法在安全技术领域应用派生出的一个新的学科。安全系统工程的开发和应用,使安全管理发生根本性的变化,把安全工程学提升到一个新的高度。

安全系统工程是把生产或作业中的安全作为一个整体系统,对设计、施工、操作、维修、管理、环境、生产周期和费用等构成系统的各个要素进行全面分析,确定各种状况的危险特点及导致灾难性事故的因果关系,进行定性和定量的分析和评价,从而对系统的安全性作出准确预测,使系统事故减少至最低程度,在既定的作业、时间和费用范围内取得最佳的安全效果。

3. 人机工程学、劳动心理学和人体测量学的应用

由于多数工业事故都是由于人员失误造成的,因此在工业生产中,人的作用日益受到重视。围绕人展开的研究,如人机工程学、劳动心理学、人体测量学等方面都取得了较大进展。

(1) 人机工程学 人机工程学是现代管理科学的重要组成部分。它应用生物学、人类学、心理学、人体测量学和工程技术科学的成就,研究人与机器的关系,使工作效率达到最佳状态。人机工程学的主要研究内容如下:

① 人机协作。人的优点是对工作状况有认知能力和适应能力,但容易受精神状态和情绪变化的支配。而且人易于疲劳,缺乏耐久性。机械则能持久运转,输出能量较大,但对故障和外界干扰没有自适应能力。人和机械都取其长、弃其短,密切配合,组成一个有机体,可以从根本上提高人机系统的安全性和可靠性,获得最佳工作效率。

② 改善工作条件。人在高温、辐射、噪声、粉尘、烟雾、昏暗、潮湿等恶劣条件下容易失误,引发事故,改善工作条件则可以保证人身安全,提高工作效率。

③ 改进机具设施。机具设施的设计应该适合人体的生理特点,这样可以减少失误行为。比如按照以上人机工程学原理设计控制室和操作程序,可以强化安全,提高工作效率。

④ 提高工作技能。对操作者进行必要的操作训练,提高其操作技能,并根据操作技能水平选评其所承担的工作。

⑤ 因人制宜。研究特殊工种对劳动者体能和心智的要求,选派适宜的人员从事特殊工作。

(2) 劳动心理学 劳动心理学是从心理学的角度研究照明、色调、音响、温度、湿度、家庭生活与劳动者劳动效率的关系,其主要内容如下。

① 根据操作者在不同工作条件下的心理和生理变化情况,制定适宜的工作和作息制度,促进安全生产,提高劳动效率。

② 发生事故时除分析设备、工艺、原材料、防护装置等方面存在的问题外,同时考虑事故发生前后操作者的心理状态,从而可以从技术上和管理上采取防范措施。

(3) 人体测量学 人体测量学是通过人体的测量指导工作场所安全设计、劳动负荷和作息制度的确定以及有关的安全标准的制定。它需要测定人体各部分的相关尺寸,执行器官活动所及的范围。除了生理方面的测定外,还要进行心理方面的测试。人体测量学的成果为人机工程学、安全系统工程等现代安全技术科学所采用。

4. 化工安全技术的新进展

近年来,安全技术领域广泛应用各个技术领域的科学技术成果,在防火、防爆、防中毒、防止装置破损、预防工伤事故和环境污染等方面,都取得了较大发展,安全技术已发展成为一个独立的科学技术体系。人们对安全的认识不断深化,实现安全生产的方法和手段日趋完善。

① 设备故障诊断技术和安全评价技术迅速发展,如无损探伤技术、红外热像技术在压力容器检测中的应用。

② 监测危险状况、消除危险因素的新技术不断出现,如烟雾报警器、火焰监视器、感光报警器、可燃性气体检测报警仪、有毒气体浓度测定仪、噪声测定仪、电荷密度测定仪、嗅敏仪等仪器的投入使用和抗静电添加剂、工艺参数(压力、温度、流速、液位)自动控制与超限保护装置的广泛采用等。

③ 救人灭火技术有了很大进展。高效能灭火剂、灭火机和自动灭火系统等方面取得了很大进展,如空中飞行悬挂机动系统灭火抢救设备等。

④ 预防职业危害的安全技术有了很大进步。在防尘、防毒、通风采暖、照明采光、噪声治理、振动消除、高频和射频辐射防护、放射性防护、现场急救等方面都取得了很大进展。

⑤ 化工生产和化学品贮运工艺安全技术、设施和器具等的操作规程及岗位操作法,化工设备设计、制造和安装的安全技术规范不断趋于完善,管理水平也有了很大提高。

第二节 安全科学技术应用基础理论

一、事故致因理论

几个世纪以来,人类主要是在发生事故后凭主观推断事故的原因,即根据事故发生后残留的关于事故的信息来分析、推论事故发生的原因及其过程。由于事故发生的随机性质,以及人们知识、经验的局限性,使得对事故发生机理的认识变得十分困难。

随着社会的发展、科学技术的进步,特别是工业革命以后工业事故频繁发生,人们在与各种工业事故斗争的实践中不断总结经验,探索事故发生的规律,相继提出了阐明事故为什