

高等教育“十三五”规划教材

GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

安全工程导论

主 编 段 瑜 张开智

副主编 刘雪岭 刘 萍



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

安全工程导论

主 编 段 瑜 张开智

副主编 刘雪岭 刘 萍



北京
冶金工业出版社

2018

内 容 提 要

本书共6章,分别为概述;安全管理组织体系;事故致因理论及事故预防与控制;安全文化建设;公共安全;行业安全技术。其主要内容包括:安全的起源、安全科学与工程技术的学科发展,安全基础理论;安全技术工程的应用,范围涵盖生产领域(煤矿、非煤矿山、石油化工、烟花爆竹、建筑、机械、电气、冶金等行业安全)、生活领域(交通安全、消防安全和家庭安全等)和生存领域(公共安全)的安全技术等。

本书配套的教学课件读者可从冶金工业出版社官网(<http://www.cnmp.com.cn>)输入书名搜索资源并下载。

本书可作为安全工程专业的本科生和其他工科专业教材,也可供相关科技人员和行政管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

安全工程导论/段瑜,张开智主编. —北京:冶金工业出版社,2018.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7723-3

I. ①安… II. ①段… ②张… III. ①安全工程—高等学校—教材 IV. ①X93

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第321369号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨盈园 美术编辑 杨帆 版式设计 禹蕊

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7723-3

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2018年1月第1版,2018年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15.5印张; 368千字; 233页

49.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

《安全工程导论》编写人员

主 编	段 瑜	张开智	
副 主 编	刘雪岭	刘 萍	
参 编	李海军	肖利平	邓代强
	王致嫣	廖志恒	吴建琼
	穆静强	崔 波	钟诗颖
	赵 培	赵艺璇	

前 言

根据国家近年来对高等学校大学生创新创业教育及新工科人才培养的文件精神,编写组在多年教学实践基础上,总结提炼出项目驱动法混合教学模式,经教学实践证明学生学习效果较好。教材在对安全工程总体概况介绍的同时,力求培养学生在各行业安全领域工作中的创新意识和创新能力。

全文共分为6章,分别为概述、安全管理组织体系、事故致因理论及事故预防与控制、安全文化建设、公共安全、行业安全技术(煤矿安全技术、非煤矿山安全技术、石油化工安全技术、烟花爆竹安全技术、建筑安全技术、机械安全技术、电气安全技术、冶金安全技术、有色金属安全技术)。其中,第1章由段瑜编写,第2章由张开智编写,第3章由段瑜、赵培(湖北理工学院)编写,第4章由段瑜、穆静强编写,第5章由刘雪岭编写,第6章6.1节由吴建琼编写,6.2节由段瑜、李海军编写,6.3、6.4节由王致嫣编写,6.5节由肖利平、赵艺璇编写,6.6、6.7节由刘萍编写,6.8、6.9节由邓代强编写。全书编写大纲设计及统稿由段瑜完成,张开智教授对本教材从大纲到内容进行了全面、认真、严格、细致的审查,提出了很多宝贵的意见。学生黄文法参与了本书部分图表的绘制。

本教材的编写与出版,得到贵州省安全工程专业综合改革项目、安全工程贵州省一流专业、贵州理工学院安全工程重点建设课程、贵州理工学院基于大安全理念的安全工程专业人才培养模式教育教学改革项目的资助,同时冶金工业出版社的工作人员做了大量的工作,还得到了许多专家的关心和指导,在此谨向他们表示感谢。本书还引用了有关参考文献资料,在此也向参考文献的所有作者表示感谢。

本教材可作为高等学校安全工程专业学生学习用书,同时也可作为其他工科专业选修辅助教材。全书力求层次分明,条理清晰,结构合理。尽管作者做了很大的努力,但由于水平和能力有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2017年10月于贵州理工学院

目 录

1 概述	1
1.1 安全的基本概念及特征	1
1.1.1 安全的基本概念	1
1.1.2 安全问题的产生和发展	2
1.1.3 安全的基本特征	2
1.2 安全工程及安全工程学	4
1.2.1 安全工程的研究对象	4
1.2.2 安全工程的基本内容	5
1.2.3 安全工程学的形成和发展	6
1.2.4 安全工程学研究对象	7
1.2.5 安全工程学的特点和研究方法	7
1.3 安全科学	9
1.3.1 安全科学技术体系	9
1.3.2 安全学科分类	10
1.4 我国安全工程专业高校分布情况	12
思考题	13
2 安全管理组织体系	14
2.1 安全管理组织架构概述	14
2.1.1 国家监察	14
2.1.2 行业管理	17
2.1.3 企业负责	17
2.1.4 群众监督	18
2.1.5 劳动者遵章守纪	18
2.2 我国安全管理政府组织架构	18
2.2.1 国家安全生产监督管理总局	18
2.2.2 国家煤矿安全监察局	20
2.2.3 国务院安全生产委员会	20
2.3 安全管理组织协会	22
2.3.1 中国安全生产协会	22
2.3.2 中国职业安全健康协会	23
2.3.3 中国化学品安全协会	24

2.3.4 中国安全防范产品行业协会	24
思考题	25
3 事故致因理论及事故预防与控制	26
3.1 事故	26
3.1.1 事故的概念	26
3.1.2 事故的特征	28
3.1.3 事故的发展阶段	29
3.1.4 事故法则	29
3.2 事故原因及分类	30
3.2.1 事故的原因分析	30
3.2.2 事故的分类	31
3.3 事故致因理论	33
3.3.1 事故致因理论的由来与发展	33
3.3.2 事故倾向论	38
3.3.3 事故因果连锁论	39
3.3.4 轨迹交叉论	45
3.3.5 危险源理论	46
3.3.6 动态变化理论	51
3.3.7 事故的流行病学方法理论	53
3.3.8 管理失误论	54
3.3.9 人因素的系统理论	54
3.3.10 综合原因论	57
3.4 事故预防与控制	58
3.4.1 工程技术对策	59
3.4.2 安全教育对策	60
3.4.3 安全管理对策	62
思考题	64
4 安全文化建设	65
4.1 安全文化	65
4.1.1 安全文化的概念及定义	65
4.1.2 安全文化的产生与发展	66
4.1.3 安全文化的基本功能	66
4.2 企业安全文化理论与建设	67
4.2.1 企业安全文化的建设层次	67
4.2.2 企业安全文化的形态与对象	69
4.2.3 企业安全文化建设的必要性	71
4.2.4 企业安全文化建设模式	72

4.3 公共安全文化	79
4.3.1 社区安全文化	79
4.3.2 交通安全文化	80
4.3.3 消防安全文化	80
4.3.4 休闲娱乐安全文化	81
4.3.5 保健安全文化	82
思考题	82
5 公共安全	83
5.1 公共安全概述	83
5.1.1 什么是公共安全	83
5.1.2 公共安全的相关概念	84
5.1.3 公共安全事件的分类	85
5.1.4 公共安全管理	85
5.2 城市公共安全	86
5.2.1 城市公共安全概论	86
5.2.2 城市公共安全原理	89
5.2.3 城市重大工业危险源风险分析	91
5.2.4 城市公共场所风险评价	93
5.2.5 城市人群聚集风险分析	94
5.2.6 人群动力学及人群疏散运动学	96
5.2.7 城市公共基础设施风险分析	96
5.3 道路、交通安全	101
5.3.1 道路交通安全及管理概述	101
5.3.2 道路交通安全核查	102
5.3.3 道路交通事故紧急救援	105
5.4 大型娱乐设备安全	105
5.4.1 大型娱乐设备定义及其分类	105
5.4.2 大型娱乐设施的主要安全保护装置	106
5.4.3 大型娱乐设施的现场安全监察	107
5.5 其他公共安全	107
5.5.1 医药安全	107
5.5.2 食品安全	110
5.5.3 信息安全	111
思考题	116
6 行业安全技术	117
6.1 煤矿安全技术	117
6.1.1 矿井瓦斯防治技术	117

6.1.2	矿尘防治技术	119
6.1.3	矿井火灾防治技术	120
6.1.4	矿井水灾防治技术	122
6.1.5	提升运输安全技术	122
6.1.6	爆破安全技术	123
6.1.7	煤矿顶板灾害防治	125
6.2	非煤矿山安全技术	131
6.2.1	非煤矿山开采安全	131
6.2.2	尾矿库安全	141
6.2.3	排土场灾害及防治技术	143
6.3	石油化工安全技术	145
6.3.1	石油化工安全概述	145
6.3.2	石油化工生产的现状分析和严峻形势	148
6.3.3	燃气安全技术	150
6.3.4	石油化工装备安全	152
6.3.5	石油化工储运安全	155
6.3.6	石油化工电气安全	157
6.4	烟花爆竹安全技术	160
6.4.1	烟花爆竹安全生产与管理概述	160
6.4.2	工厂设计与生产安全	161
6.4.3	工艺安全技术	164
6.4.4	经营、储运与燃放安全技术	166
6.5	建筑安全技术	171
6.5.1	建筑设计安全技术	171
6.5.2	建筑施工安全技术	178
6.5.3	建筑火灾安全	185
6.6	机械安全技术	191
6.6.1	机械安全概述	192
6.6.2	危险机械安全技术	193
6.6.3	起重机械安全技术	197
6.6.4	场内机动车辆安全技术	201
6.6.5	电梯安全技术	204
6.6.6	客运索道安全技术	205
6.7	电气安全技术	206
6.7.1	电气安全概述	206
6.7.2	电气设备安全	210
6.7.3	电气防护设备安全	212
6.7.4	电气安全管理	213
6.8	冶金安全技术	218

6.8.1 冶金安全技术概述	218
6.8.2 烧结球团安全技术	219
6.8.3 焦化安全技术	220
6.8.4 炼铁安全技术	222
6.8.5 炼钢安全技术	223
6.8.6 轧钢安全技术	225
6.8.7 耐火材料、碳素钢材料生产安全技术	226
6.8.8 煤气安全技术	227
6.9 有色金属安全技术	228
6.9.1 有色金属安全概述	228
6.9.2 熔炼铸造安全技术	228
6.9.3 加工安全技术	229
6.9.4 热处理和表面处理安全技术	229
思考题	230
参考文献	232

安全问题伴随着人类诞生而产生,随着人类社会的发展而发展,而安全科学则是一门新兴科学,具有跨学科、交叉性、横断性、跨行业等特点,涉及人类生产、生活和生存的各个方面,是随着工业革命的发展才逐渐发展和完善起来的。安全工程是指在具体的安全存在领域中,运用的种种安全技术及其综合集成,以保障人体动态安全的方法、手段和措施。安全科学产生于安全问题和安全技术之后。如果把安全科学视为认识“安全”的系统知识,那么安全技术就是实现“安全”的工艺手段。前者是创造安全知识的研究,回答的是“是什么”和“为什么”;后者是综合运用安全知识解决实际问题,回答的是“做什么”和“怎么做”。现代安全的发展早已表明安全技术的发展离不开安全科学的突破和指导,安全科学的深化则需要得到各种安全技术的支持和保障。安全科学与安全技术相互依赖、相互促进、紧密结合,导致安全技术科学化和安全科学技术化的发展趋向。安全科学作为指导各种安全技术实现的理论基础,在安全科学技术学科体系中占有极其重要的地位。

1.1 安全的基本概念及特征

1.1.1 安全的基本概念

“安”是指不受威胁,没有危险等,可谓无危则安;“全”是指完满、完整、齐备或没有伤害、无残缺、无损坏、无损失等,可谓无损则全。显然,“安全”通常是指免受人员伤害、疾病或死亡,或避免引起设备、财产破坏或损失的状态。一旦这种状态受到威胁或受到损害,就产生了安全问题。安全问题既涉及到人又涉及到物。由于公众观念总是把“安全”看成是对人而言的,因此,安全是人的身心免受外界(不利)因素影响的存在状态(包括健康状况)及其保障条件。安全问题就是影响人的身心的外界不利因素和破坏其安全存在状况的破坏条件。

安全问题的大小和繁简不仅取决于人们对“安全”的渴望程度,而且也取决于在生产过程中实际造成的灾害和损失。因此,安全问题既是隐性的,又是显性的,既涵盖引发灾害的安全隐患,又包含破坏安全状态的灾害。在当前条件下,对安全问题内涵的理解可以分为两大类,即绝对的安全观和相对的安全观。绝对安全观认为:安全就是无事故、无危险,指客观存在的系统无导致人员伤亡、疾病,无造成人类财产、生命及环境损失的条件。相对安全观则认为:安全是指客体或系统对人类造成的危害低于人类所能允许的承受限度的存在状态。美国哈佛大学的劳伦斯认为,安全就是被判断为不超过允许限度的危险性,也就是指没有受到伤害或危险,或损害概率低的术语。也有人认为,安全是相对于危险而言的,世界上没有绝对的安全。还有学者认为,安全是指在生产、生活过程中能将人

员和财产损失（损害）控制在可以接受的水平的状态。也就是说，安全即意味着人员和财产遭受损失的可能性是可以接受的，如果这种可能性超过了可以接受的水平，即被认为是不安全的。目前这种观点在学术界具有代表性。

1.1.2 安全问题的产生和发展

自人类诞生以来，就离不开生产和安全这两大基本需求。然而，人类对安全的认识却长期落后于对生产的认识。随着生产力和科学技术的高度发展，保障安全的必要性、迫切性和实现安全的可能性都在同步增长。人类对安全认识的历史发展过程，大致可以分为四个阶段：

第一阶段是工业革命前，生产力和仅有的自然科学都处于自然和分散发展的状态，人类对自身的安全问题还未能自觉地去认识和主动采取专门的安全技术措施，从科学的高度来看，还处于无知（不自觉）的安全认识阶段。

第二阶段是工业革命后，生产中已使用大型动力机械和能源，导致生产力和危害因素的同步增长（如：汽车的发明，导致交通事故的增长；采矿业的发展，导致矿业灾害事故的增加），迫使人们对这些局部的人为危害问题不得不进行深入认识并采取专门的安全技术措施，于是发展到局部的安全认识阶段。

第三阶段是由于形成了军事工业、航空工业，特别是原子能和航天技术等复杂的大生产系统和机器系统，局部的安全认识和单一的安全技术措施已无法解决这类生产制造和设备运行系统中的安全问题，必须发展与生产力相适应的生产系统、安全技术措施，于是进入系统的安全认识阶段。

第四阶段是当今的生产和科学技术发展，特别是高科技的发展，静态的系统安全技术措施和系统的安全认识即系统安全工程理论，已不能很好地解决动态过程中随机发生的安全问题，必须更深入地采取动态的安全系统工程技术措施和安全系统认识。这就是当前正在进入动态的安全认识阶段。这个阶段不仅要创立安全科学，还要使安全科学与技术人类的大科学技术整体中确立自己独立的科学技术体系，在人类整个生产、生活以及生存过程中显示出它的巨大作用。

1.1.3 安全的基本特征

安全的本质是实现人-物（机）-环之间的相互协调，要认识安全的本质，首先就要探讨其基本特征。安全的基本特征主要表现为以下几点。

1.1.3.1 安全的必要性和普遍性

安全是人类生产的必要前提，安全作为人的身心状态及保障条件是绝对必要的。而人和物遭遇到人为的、自然的危害或损坏极为常见，因此，不安全因素是客观存在的。人类生存的必要条件首先是安全，如果生命安全都不能保障，生存就不能维持，繁衍也无法进行。

实现人的安全又是普遍需要的。在人类活动的一切领域，人们必须尽力减少失误、降低风险，尽量使物趋向本质安全化，使人能控制和减少灾害，维护人与物、人与人、物与物相互间协调运转，为生产活动提供必要的基础条件，发挥人和物的生产力作用。

1.1.3.2 安全的随机性

安全取决于人、物、环境及其关系协调,如果关系失调就会出现危害或损坏。安全状态的存在和维持时间、地点及其动态平衡的方式等都带有随机性。因而保障安全的条件是相对的,限定在某个时空,条件变了,安全状态也会发生变化,故实现安全有其局限性和风险性。

1.1.3.3 安全的相对性

安全标准是相对的。因为人们总是逐步揭示安全的运动规律,提高对安全本质的认识,向安全本质化逐渐逼近。影响安全的因素很多,以显性和隐性形式表征客观(宏观)安全。安全的内涵引申程度及标准严格程度取决于人们的生理和心理承受的范围,科技发展的水平和政治经济状况,社会伦理道德和安全法学观念,人民的物质和精神文明程度等现实条件。安全标准应当成为保障公众的安全规范,并以严格的科学依据为基础。公众接受的相对安全与本质安全之间有差距,现实安全标准是有条件的、相对的,并随着社会的物质和精神文明程度提高而提高。

1.1.3.4 安全的局部稳定性

无条件地追求绝对安全,特别是巨大系统的绝对安全是不可能的。但有条件地实现人的局部安全或追求物的本质安全化,则是可能的、必需的。只要利用系统工程原理调节、控制安全的要素,就能实现局部稳定的安全。安全协调运转正如可靠性及工作寿命一样,有一个可度量的范围,其范围由安全的局部稳定性所决定。

1.1.3.5 安全的经济性

安全与否,直接与经济效益的增长或损失相关联。保障安全的必要经济投入是维护劳动者的生产劳动能力的基本条件,包括安全装置、安全技能培训、防护设施、改善安全与卫生作业条件、防护用品等方面的投入,是保障和再生生产力的前提。安全科学技术作为第一生产力,不仅可提高生产效率,而且对维护和保障生产安全运转、人的生命和健康具有重要作用。一方面,它作为生产力投入有其馈赠性的经济价值,包括创造的产品本身的安全性能同样含有安全的潜在经济价值;另一方面,安全保障不出现危险、伤害和损坏(本身就减少了经济负效益)等于创造了经济效益。

1.1.3.6 安全的复杂性

安全与否取决于人、物(机)、环境及其相互关系的协调,实际上形成了人(主体)-机(对象)-环境(条件)运转系统,这是一个自然与社会结合的开放性系统。在安全活动中,由于人的主导作用和本质属性,包括人的思维、心理、生理等因素以及人与社会的关系,即人的生物性和社会性,使安全问题具有极大的复杂性。安全科学的着眼点即是从维护人的安全角度去研究某系统的状态,最终使该系统成为安全系统。

1.1.3.7 安全的社会性

安全与社会的稳定直接相关。无论人为的或自然(天然)的灾害,生产中出现的伤亡事故,交通运输中的车祸、空难,家庭中的伤害及火灾,产品对消费者的危害,药物与化学产品对人健康的影响,甚至旅行、娱乐中的意外伤害等都给国计民生(包括个人、家庭、企事业单位或社会群体)带来心灵上和物质上的危害,成为影响社会安定的重要因素。安全的社会性的一个重要方面还体现在对国家各级行政部门以及对决策者的影响。

“安全第一，预防为主，综合治理”的安全生产方针，反映在国家的法律、法规及职业安全与卫生的规范、标准中，从而使社会和公众在安全方面受益。

1.1.3.8 安全的潜隐性

对各类事物的安全本质和运动变化规律的把握程度，总是存在人的认识能力和科技水平的局限。广义安全的含义，不仅考虑不死、不伤、不危及人的生命和躯体，还必须考虑不对人的行为、心理造成精神和心理伤害。如何掌握伤害程度的界限及确定公众能接受的安全标准有待研究。各种产品（特别是化工产品）、医药、人工合成材料、生物工程产品、遗传工程产品等均有许多潜在危害。现今尚有待人们深入地探讨。客观安全包括明显的和潜隐的两种安全因素，它是客观存在而不以人的意志为转移。当今人们认为安全的概念，只能是宏观安全，它包括识别、感知和控制的安全和无法把握控制的模糊性安全。所谓安全的潜隐性是指控制多因素、多媒介、多时空、交混综合效应产生的潜隐性安全程度。人们总是努力使安全的潜隐型转变为明显型。因此安全的潜隐性问题亟待研究，只有通过探索、实践才能找到实现安全的方法。

1.2 安全工程及安全工程学

安全工程，是指在具体的安全存在领域中，运用的种种安全技术及其综合集成，以保障人体动态安全的方法、手段和措施。安全工程的实践，为保证人们在生产和生活中，生命和健康得到保障，身体及设备、财产不受到损害，提供直接和间接的保障。

1.2.1 安全工程的研究对象

现代社会中，各行业、各部门所面临的安全问题虽然不尽相同，但也不可避免地存在着某些共性问题。例如，煤炭、冶金、化工、石油、机械、轻工、纺织、建筑等行业，除各有其特殊的安全问题以外，都存在着通风除尘、排毒净化、机电安全、防火防爆等共性问题。因此，运用安全科学的观点，对各部门安全工程都有所涉及的基础科学、应用科学的有关部分进行整理提炼，再将各部门生产与管理等环节的客观要求和做法的理论根据进行系统化，就发展成为当今的“安全工程”。尽管作为新兴技术科学的安全工程有其明确的应用目的，但与创造性地解决具体工程中的技术问题、创新技术、新工艺和新生产模型的应用安全技术科学相比，它的特点则是以安全基础科学的理论为指导，研究安全技术中共同的理论问题，目的在于揭示安全技术的一般规律，直接指导安全工程技术的研究与发展。因而它是安全基础科学转变为直接生产力的桥梁，是现代安全科学中最活跃、最富有生命力的研究领域。

安全工程的研究范围遍及生产领域（安全生产和劳动保护方面）、生活领域（交通安全、消防安全和家庭安全等）和生存领域（工业污染控制与治理、灾变的控制和预防）。它的研究对象是广泛存在于其研究范围之内的各种不安全因素，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。

安全工程是涉及自然科学、社会科学和人体科学的跨门类综合性学科。它以数学、力学、物理学、化学和生理学等学科为基础理论，以安全系统工程、安全人机工程、安全行

为科学、安全心理学、可靠性工程学、毒理学等学科为应用基础理论,并结合最具普遍性和代表性的生产技术及安全技术知识,对人、物以及人与物的关系进行与“安全”相关的分析研究,并最终形成安全科学技术开发与推广、安全工程设计施工、安全生产运行控制、安全检测检验、灾害与事故调查分析与预测预警、安全评价认证等多方面的“安全”实现技术理论及其实施方法体系。

安全工程的每个工程分支都为本分支学科的工程技术层次提供理论依据,并将其工程技术成果升华为理论知识。它所指导的安全工程技术领域包括火灾与爆炸灾害控制、电气安全、锅炉压力容器安全、起重与搬运安全、机械安全、交通安全、航空安全以及矿山安全、建筑安全、化工安全、冶金安全等部门的安全工程技术。

1.2.2 安全工程的基本内容

安全工程的基本内容是根据对伤亡事故发生机理的认识,应用系统工程的原理和方法,在工业规划、设计、建设、生产直到废除的整个过程中,实施预测、分析、评价其中存在的各种不安全因素,根据有关法规,综合运用各种安全技术措施和组织管理措施。消除和控制危险因素,创造一种安全的生产作业条件。

安全技术是预防事故的基本措施,是实现工业安全的技术手段,包括安全检测技术和安全控制技术两个方面。前者是发现、识别各种不安全因素及其危险性的技术;后者是消除或控制不安全因素,防止工业事故发生及避免人员受到伤害、财产受到损失的技术。

在工业安全领域,安全技术是工业生产技术的重要组成部分。安全技术伴随着工业的出现而出现,又随着工业生产技术的发展而不断发展。工业革命以后,一方面,工业生产中广泛使用机械、电力及烈性炸药等新技术、新设备、新能源,使工业生产效率大幅度提高;另一方面,采用新技术、新设备、新能源也带来了新的不安全因素,导致工业事故频繁发生,事故伤害和职业病人数急剧增加。工业伤亡事故严重的局面,迫使人们努力开发新的工业安全技术。近代物理、化学、力学等方面的研究成果被应用到工业安全技术领域,例如,H.戴维发明了被誉为“科学的地狱旅行”的安全灯,对防止煤矿瓦斯爆炸事故起了重要作用;著名科学家诺贝尔发明安全炸药,有效地减少了炸药意外爆炸事故的发生。

现代科学技术的进步,彻底改变了工业生产面貌,安全技术也不断发展、更新,大大增强了人类控制不安全因素的能力。如今,已经形成包括机械安全、电气安全、锅炉压力容器安全、起重运输安全、防火防爆等一系列专门安全技术在内的工业安全技术体系。在安全检测技术方面,先进的科学技术手段逐渐取代了人的感官和经验,可以灵敏、可靠地发现不安全因素,从而使人们可以及早采取控制措施,把事故消灭在萌芽状态。

现代工业生产系统是一个非常复杂的系统。工业生产是由众多相互依存、相互制约的不同种类的生产作业综合组成的整体,每种生产作业又包含许多设备、物质、人员和作业环境等要素。一起工业事故的发生,往往是许多要素相互作用的结果。尽管每一种专门安全技术在解决相应领域的安全问题方面十分有效,但是在保证整个工业生产系统安全方面却非常困难,必须综合运用各种安全技术。

在工业伤亡事故的发生和预防方面,作为系统要素的人占有特殊的地位。一方面,人是工业事故中的受伤害者,保护人是工业安全的主要目的;另一方面,人往往是工业事故

的肇事者,也是预防事故,搞好工业安全生产的生力军。于是,安全工程的一项重要内容,是关于人的行为的研究。根据与工业安全关系密切的人的生理、心理特征及行为规律,设计适合于人员操作的工艺、设备、工具,创造适合人的特点的生产作业条件。在加强安全法规和组织机构的建设和利用安全技术措施消除、控制不安全因素的同时,还必须运用安全管理手段来规范、控制人的行为,激发广大职工搞好安全生产的积极性,提高工业企业抵御工业事故及灾害的能力。

1.2.3 安全工程学的形成和发展

生产建设和各种体力、脑力劳动是人类社会赖以生存和发展的基础,保护人类自身在生产劳动中的安全健康,则是人们最基本的需要之一。安全工程学是具有普遍合理性知识体系的新学科,也是一门蓬勃发展的综合性工程学。

安全工作随着生产劳动的产生而产生,随着科学技术的发展而发展。安全工程学随着社会的发展和科学技术的进步应运而生,并日臻完善。人类在进行生产劳动时,一方面千方百计地向自然界索取物质资料,另一方面又要保护自身的安全健康,并尽力创造一个良好的劳动条件和无污染危害的劳动环境。安全工程学的产生,使人类科学又向高级阶段发展了一步。可以说,安全工程学的形成,是现代科学技术和劳动生产力发展的结果。有些科学工作者将安全工程学的形成和发展划分为以下三个阶段。

1.2.3.1 安全工程学的孕育阶段

早在18世纪后半叶工业革命之前,人们在农业和手工业劳动的实践中就提出了保护自身安全健康的要求,也总结了一些安全防护技术。但是这个时期的安全卫生问题是在生产中附带提出来的,没有形成系统的安全防护技术。

1.2.3.2 安全工程学的萌芽阶段

这个阶段为从瓦特发明实用蒸汽机到20世纪初期。在此期间,家庭作坊发展成工厂,大量机器代替手工作业,劳动者在使用机器的过程中不断发生伤亡事故和有损健康的危害。这些伤害使劳动保护成为非常突出的问题。由于生产的需要,一些工程技术人员和科学家开始把安全卫生技术作为自己的研究课题。到19世纪以后,一些工业发达国家出现了劳动安全卫生科研机构,开始制订各种安全措施方案,设置专业安全人员和安全学会。美国于1913年在纽约成立了全国工业安全协会,很快又把它改名为全国安全协会,扩大了活动范围。在这一阶段,安全工程学开始萌芽。

1.2.3.3 安全工程学的形成和发展阶段

20世纪20~50年代,电力工业、化学工业、石油工业、汽车工业、造船工业、飞机制造业等迅速发展,生产设备走向大型化、高速化。生产中产生的粉尘、有毒物质、机械伤害、火灾、爆炸、噪声、振动、微波、高频辐射等职业危害也日益加剧。工伤事故和职业病大大增加,工人的抗议呼声也日益高涨。一些工程技术人员和聪明的业主,为了生产顺利进行,开始运用当时掌握的科学知识来研究安全卫生方面的问题,逐步把安全工程科学技术从其他各门学科中分离出来,为劳动保护服务。英、美、法、日、荷等工业较发达国家普遍建立了旨在预防伤亡事故和职业病的科研机构。我国从20世纪50年代开始也相继建立了劳动保护、劳动卫生、冶金安全技术、煤矿安全技术等方面的科研院所,开展了安全卫生科学研究,奠定了我国劳动安全卫生工作的基础。这个时期,可以说在工业发达

国家已形成安全工程学雏形。

20 世纪 50 年代至今,安全工程学得到迅速发展。它以人机工程学、安全系统工程学、劳动卫生学为基础,综合运用力学、物理、化学、生物学、数学、经济学、心理学、法学以及机械、电子、化工、热工、建筑、冶金等工程技术知识,对人、机和劳动条件及劳动环境进行分析研究,以保障劳动者能安全、健康地工作。尤其是 20 世纪 60 年代以后,科学技术、生产技术又有了新的发展,电子计算机、自动控制等新技术虽然能降低人们的劳动强度,但却加重了脑力劳动,加剧了精神负担,眼、耳等局部感觉器官和手、颈、肩、腕、腰等局部活动器官的工作节奏也大大提高,带来了新的职业危害,给安全工程学提出了新的紧迫任务。

1.2.4 安全工程学研究对象

安全工程学中谈到的安全,主要是指人身安全和设备安全两个含义。消除危害人身安全和健康的一切不良因素,保障人们安全、健康地工作和生活,称为人身安全;消除损坏设备、产品和原材料的一切危险因素,保证生产正常进行,称为设备安全。所以,安全工程学的研究对象是人为灾害和设备自身带来的不安全因素,研究分析不安全因素的内在联系和规律,从而找出预防和防止事故的有效措施。在实际工作中,首先将已发生的各种事故进行分类,从中可发现一些联系和规律。然后分析各种事故发生的原因、过程和危害,在调查研究的基础上制定预防和防止各种事故的原则和措施。随着科学技术的发展和机器设备的不断改进,人与机器的关系越来越复杂,机器要求操作者接受大量的信息后,进行迅速而准确的操纵;操作者要求在设计机器时,应充分考虑人的生理、心理和生物力学特性,保证人能安全、健康、方便地操纵这些机器设备。涉及安全的中心环节是人与机的结合面,这主要由安全工程学去研究。它包括安全技术学、安全教育学、安全管理学、事故预测学、安全系统工程学和人机工程原理等科学。在人和机的关系中,进一步阐明人是劳动的主体,人始终有意识有目的地掌握机器和控制劳动环境,这主要由安全生理学、安全心理学、生物力学、解剖学、卫生学、社会学等科学去研究。

1.2.5 安全工程学的特点和研究方法

1.2.5.1 安全工程学的特点

安全工程学和其他工程学科相比,具有很多不同的特点。一般工程学,如机械工程学、化学工程学、电工学等,都是为了提高生产效率而发展起来的。但是把这些不同的学科应用在生产现场时都存在一个现实问题:生产不一定总是正常的,往往会出现与预期相反的异常状态,即出现意外故障或事故。安全工程学是一门跨学科的综合性新兴工程学,它的宗旨是研究保护人类自身在生产过程中的安全与健康,其特点可以概括为以下几点。

A 安全工程学是具有普遍合理性知识体系的新学科

企业在生产过程中,有时是正常生产,但也有时出现灾害事故,不仅降低生产效率,严重的还会造成重大、恶性伤亡事故。然而,过去的各种工程学专业所进行的研究和教育全部是针对顺利时的生产过程。在一般人看来,似乎事故都是因为疏忽引起的,只要加以注意,安全就有了保障。其实不然,生产中出现的灾害事故,往往是由于设备本身内在的不安全因素造成的。