



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

安全原理

(第3版)

陈宝智 张培红 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

安全原理

(第3版)

陈宝智 张培红 主编

北京
冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

安全原理,即伤亡事故发生与预防原理,是安全科学的基础理论之一,是指导安全工作实践的基本理论。本书以事故致因理论为主线,论述了人的因素和物的因素的控制问题,现代安全管理的理论、原则和方法等,系统地介绍了指导安全工作的基本安全理论。全书共五章,主要内容包括事故致因理论、人失误与不安全行为、防止人失误与不安全行为、企业安全管理,以及现代安全管理等。

书中介绍了有代表性的安全理论、观点和国内外安全工作经验。理论联系实际,文字简练、通俗,适合作为高等学校安全工程专业教材,也可供相关科学领域的研究人员、工程技术人员及管理工作者阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

安全原理/陈宝智,张培红主编.—3版.—北京:
冶金工业出版社,2016.7

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7274-0

I. ①安… II. ①陈… ②张… III. ①安全科学—
高等学校—教材 IV. ①X9

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第162044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 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 吕欣童 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7274-0

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
1995年5月第1版,2002年9月第2版,2016年7月第3版,2016年7月第1次印刷
169mm×239mm;14印张;270千字;205页

29.00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)

第3版前言

安全原理，即伤亡事故发生与预防原理，是安全科学的基础理论之一，是指导安全工作实践的基本理论。

“安全原理”是安全工程专业学生的必修课，学生通过该课程的学习，可以了解安全科学的一些基本问题，如事故的本质是什么，事故为什么会发生，事故怎样发生和怎样防止事故发生等一系列理论与实际问题。

《安全原理》第二版出版已经过去14年了。这期间安全工程领域出现了许多新情况、新问题，人们在应对新情况、解决新问题的过程中努力实践、积极探索，对事故致因的认识不断深化，一些新的安全理论应运而生；特别是2002年我国《安全生产法》的颁布实施，使我国的安全生产工作走上了法制化轨道，2014年修订后的《安全生产法》对安全生产工作又提出了新的要求，需要在课程中体现出来。

根据东北大学“安全原理”课程教学大纲的要求，结合作者多年的教学经验和学生、读者的建议，我们再次修订了本书。本次修订，在事故致因理论方面，增加了有关组织事故与组织失误、复杂社会技术系统事故模型等内容，相应地，在后面的章节中增加、调整了基于这些新事故致因理论的安全管理方面的内容；增加了我国安全生产法的有关内容；增加了作为现代安全管理手段之一的安全生产标准化方面的内容；更新了企业安全文化建设方面的内容等，使之既符合我国安全生产实际，又具有可操作性。

在本书编写过程中，参考、引用了国内外许多文献资料，得到了东北大学安全工程研究所李刚、林秀丽、苑春苗、徐晓虎、郭尹亮老

师的热心帮助，在此对文献作者和热心关注、积极支持本书出版的朋友们表示衷心感谢。

感谢东北大学教材出版基金的支持。

由于作者水平有限，书中不妥之处，敬请批评指正。

作 者

2016年4月

第2版前言

安全原理，即伤亡事故发生与预防原理，是安全科学的基础理论之一，是指导安全工作实践的基本理论。

安全科学是阐明事故发生、发展和预防规律的科学。“安全原理”是安全工程专业学生的必修课。学生们可通过该课程的学习，掌握安全科学的一些基本问题，如事故的本质是什么，事故为什么会发生，事故怎样发生和怎样防止事故发生等一系列理论与实际问题。

本书以事故致因理论为主线，从安全管理角度阐述了危险源控制原则和人的行为控制的基本原理；综合心理学、行为科学和管理科学的有关理论，阐述了现代安全管理的理论、原则和方法，把表面上看起来纷乱无序的安全技术措施和安全管理措施贯穿起来，形成一个有机的整体。

多年来，《安全原理》被许多大专院校选作安全工程专业教材，也成了广大安全技术人员和安全管理专业人员学习安全科学理论的基本读物。国内许多安全工程讲习班、培训班以该书为教材；作者每年也多次应邀做以《安全原理》为基本内容的讲学、报告，普及安全科学理论知识，受到了听众的热烈欢迎。

根据东北大学“安全原理”课程教学大纲的要求，作者综合多年的教学经验和学生、读者的建议，对第1版《安全原理》（冶金工业出版社，1995年版）进行了全面修订，使本书中作为课程主线的事事故致因理论更加系统化；更加侧重了对人的因素控制的论述；增加了反映现代安全观念的安全文化、职业安全健康管理体系等内容，使之更加贴近当前安全工作实际。

编写过程中参考、引用了国内外许多文献资料，在此向这些文献资料的作者和热心关注、积极支持本书出版的朋友们表示衷心的感谢。

由于本人水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

2002.4

第1版前言

安全原理，即伤亡事故发生与预防原理，是安全科学的基础理论之一，是指导安全工作实践的基本理论。

近年来，安全科学在我国迅速发展，安全工作水平不断提高，令人欢欣鼓舞。同时也应该看到，关于安全工作基本理论的研究还比较薄弱，因而安全工作时而会表现出某种盲目性。安全工作需要科学理论的指导；广大安技人员创造的安全工作经验需要总结、提高，形成新的安全理论。

多年来我一直从事安全理论的教学和研究工作。1990年有幸获得高等学校博士学科点专项科研基金资助，以“伤亡事故控制机理的研究”为题，针对我国工业安全领域中的许多实际问题，系统地学习、研究了国内外著名的安全理论和安全工作实践经验，产生了一些新观点，并试图建立一种符合当前安全工作实际的理论体系。

本书以事故致因理论为主线，阐述了危险源控制的安全技术原则和人的行为控制的基本原理；综合心理学、行为科学和管理科学的有关理论，阐述了现代安全管理的理论、原则和方法，把表面上看起来纷乱无序的各种安全技术措施和安全管理措施贯穿起来，形成一个有机的整体。

书中在介绍一些代表性的安全理论、观点的同时，也介绍了一些成功的安全工作经验，努力使理论密切结合实际，便于读者理解和掌握。

本书编写过程中参考、引用了许多国内外文献资料，在此向它们的作者表示感谢。由于本人水平有限，书中谬误之处，敬请批评指正。

作者

1994年12月于沈阳

目 录

绪论	1
1 事故致因理论	3
1.1 概述	3
1.1.1 早期事故致因理论	3
1.1.2 第二次世界大战后的事故致因理论	5
1.1.3 系统安全与产品安全	6
1.1.4 管理失误论与组织失误论	8
1.1.5 复杂社会技术系统事故模型	9
1.2 事故频发倾向论	9
1.2.1 事故频发倾向	9
1.2.2 事故遭遇倾向	11
1.2.3 关于事故频发倾向理论	12
1.3 海因里希工业安全理论	13
1.3.1 海因里希的工业安全公理	13
1.3.2 事故因果连锁论	14
1.3.3 事故致因中的人与物	16
1.3.4 本质安全	20
1.3.5 事故发生频率与伤害严重度	20
1.3.5.1 比例 1 : 29 : 300	20
1.3.5.2 事故种类与伤害严重度	22
1.4 危险源理论	23
1.4.1 能量意外释放论	23
1.4.1.1 能量在事故致因中的地位	23
1.4.1.2 能量观点的事故因果连锁	26
1.4.2 两类危险源	28
1.4.2.1 第一类危险源	28
1.4.2.2 第二类危险源	29

1.4.2.3 两类危险源与事故	30
1.4.3 系统危险源控制	31
1.4.3.1 系统设计、建造阶段的危险源控制	31
1.4.3.2 系统运行阶段的危险源控制	32
1.5 管理失误论与组织事故	32
1.5.1 博德的事故因果连锁	32
1.5.2 亚当斯事故因果连锁	34
1.5.3 组织事故与瑞士奶酪模型	35
1.6 变化的观点	37
1.6.1 变化-失误分析	37
1.6.2 P 理论	39
1.6.3 变化-作用与作用连锁	41
1.7 复杂社会技术系统事故模型	43
1.7.1 北川彻三的事故因果连锁	44
1.7.2 社会技术系统层级模型	44
1.7.3 系统理论事故模型	46
思考题	47
2 人失误与不安全行为	48
2.1 人失误概述	48
2.1.1 人失误的定义	48
2.1.2 人失误的分类	49
2.1.2.1 按人失误原因分类	49
2.1.2.2 按人失误的表现形式分类	50
2.1.2.3 按人失误发生的阶段分类	50
2.2 人的信息处理过程	50
2.2.1 人的行为原理	50
2.2.2 信息处理过程模型	52
2.2.2.1 桥本模型	52
2.2.2.2 人的计算机模型	52
2.2.2.3 黑田模型	54
2.2.3 选择、记忆和决策	54
2.2.3.1 选择	55
2.2.3.2 记忆	55
2.2.3.3 决策	56

2.3 信息处理过程与人失误	57
2.3.1 莎莉模型	58
2.3.2 金矿山人失误模型	59
2.3.3 信息处理过程中的人失误倾向	60
2.4 心理紧张与人失误	61
2.4.1 信息处理能力与心理紧张	61
2.4.2 紧急情况下人的行为特征	63
2.4.2.1 紧急情况下人的信息处理特征	64
2.4.2.2 紧急情况下人的动作特征	64
2.5 人失误致因分析	64
2.5.1 人失误原因	64
2.5.2 影响个人能力的因素	65
2.5.2.1 硬件状态	65
2.5.2.2 心理状态	66
2.5.2.3 软件状态	67
2.5.3 影响人失误的外界因素	67
2.5.3.1 状况特性	67
2.5.3.2 工作指令	67
2.5.3.3 工作任务	67
2.5.3.4 人机接口	68
2.5.4 人失误的 SHELL 模型	68
2.6 生物节律与事故	69
2.6.1 日节律与事故	69
2.6.2 生物三节律说	71
2.6.3 生物三节律与事故	72
2.7 不安全行为的心理原因	73
2.7.1 个性心理特征与不安全行为	73
2.7.2 非理智行为	75
2.7.3 生活变化单位论	75
2.7.4 危险动态平衡理论	77
2.8 群集行为与群集事故	78
2.8.1 群集行为和伤害事故	78
2.8.1.1 成拱现象	78
2.8.1.2 异向群集流	79
2.8.1.3 异质群集流	79

2.8.1.4 群集中的恐慌	80
2.8.2 群集的一般行为特征	80
2.8.2.1 步行参数	80
2.8.2.2 步行时的行为特征	82
2.8.3 群集流动计算	82
2.8.3.1 集结群集人数	83
2.8.3.2 流出群集人数	83
2.8.3.3 滞留群集人数	84
2.8.3.4 疏散结束时间	84
思考题	86
3 防止人失误与不安全行为	87
3.1 防止人失误	87
3.1.1 防止人失误的技术措施	87
3.1.1.1 用机器代替人	87
3.1.1.2 冗余系统	88
3.1.1.3 耐失误设计	89
3.1.2 防止人失误的管理措施	90
3.2 警告	91
3.2.1 视觉警告	92
3.2.2 听觉警告	93
3.2.3 气味警告	93
3.2.4 触觉警告	94
3.3 人·机·环境匹配	94
3.3.1 显示器的人机学设计	94
3.3.2 操纵器的人机学设计	95
3.3.2.1 作业范围	96
3.3.2.2 操纵器的设计原则	96
3.3.3 生产作业环境的人机学要求	97
3.3.3.1 采光与照明	97
3.3.3.2 噪声与振动	98
3.4 职业适合性	98
3.4.1 职业适合性分析	98
3.4.2 职业适合性测试	99
3.4.3 职业适合性与人员选择	100

3.5 安全教育与技能训练	101
3.5.1 人的行为层次及安全教育	101
3.5.2 安全教育的阶段	102
3.5.3 安全技能训练	103
3.5.3.1 技能的形成及其特征	103
3.5.3.2 练习曲线	104
3.5.3.3 训练计划	105
3.5.3.4 提高安全教育的效果	105
3.6 安全行为的产生	106
3.6.1 行为科学的基本原理	106
3.6.1.1 需要层次理论	107
3.6.1.2 双因素理论	108
3.6.1.3 期望理论	108
3.6.2 实行安全行为的决定性因素	109
3.6.3 建立与维持对安全工作的兴趣	111
思考题	113
4 企业安全管理	114
4.1 企业安全管理概述	114
4.1.1 事故预防工作五阶段模型	115
4.1.2 企业安全管理的基本内容	117
4.1.3 事故预防的 3E 原则	117
4.2 资料收集与分析	119
4.2.1 事故发生原因调查	120
4.2.2 行为抽样法	123
4.2.2.1 行为抽样法原理	123
4.2.2.2 不安全行为观测	124
4.2.2.3 事故判定技术	125
4.2.2.4 安全审核	126
4.3 选择对策	128
4.3.1 决策技术概述	128
4.3.1.1 风险型决策	128
4.3.1.2 不确定型决策	130
4.3.2 选择优先解决的问题	130
4.3.2.1 决策表	130

4.3.2.2	决策矩阵	131
4.3.3	选择经济合理的改进措施	132
4.3.3.1	费用-效果分析	132
4.3.3.2	价值工程	133
4.4	安全措施的经济性评价	133
4.4.1	伤亡事故的经济损失	133
4.4.1.1	伤亡事故直接经济损失与间接经济损失	133
4.4.1.2	伤亡事故经济损失计算方法	136
4.4.2	安全经济问题	139
4.4.2.1	关于安全投入	139
4.4.2.2	安全投入的产出	140
4.4.2.3	安全投入的多目标评价	140
4.4.3	最优安全投资	140
4.4.3.1	安全投资的效益最大	141
4.4.3.2	安全投资与事故经济损失的总和最小	142
4.4.4	技术经济分析与评价	142
4.4.5	动态经济分析与评价	145
4.4.5.1	净现值法	146
4.4.5.2	内部收益率法	147
4.4.5.3	投资回收期法	148
4.5	作业现场的安全管理	148
4.5.1	作业标准化	149
4.5.2	安全合理的作业现场布置	150
4.5.3	安全点检	151
4.5.4	作业服装	152
4.6	企业安全管理制度	153
4.6.1	安全生产责任制度	153
4.6.1.1	企业领导的安全生产责任	154
4.6.1.2	安全管理部的安全生产责任	154
4.6.1.3	员工的安全生产责任	155
4.6.2	安全生产教育制度	155
4.6.2.1	三级教育	155
4.6.2.2	对特种作业人员的专门训练	156
4.6.2.3	经常性的安全教育	156
4.6.2.4	管理者的安全培训	157

4.6.3 安全生产检查制度	157
4.6.3.1 安全检查的内容	158
4.6.3.2 安全检查的形式和方法	158
思考题	159
5 现代安全管理	160
5.1 现代安全管理概述	160
5.1.1 管理理论及其发展	160
5.1.1.1 X理论	160
5.1.1.2 参与管理理论	160
5.1.1.3 Y理论	161
5.1.1.4 权变理论	162
5.1.2 现代安全管理的特征	163
5.2 安全目标管理	164
5.2.1 目标设置理论	165
5.2.1.1 高效的组织必然是一个有明确目标的组织	165
5.2.1.2 期望的满足是调动职工积极性的重要因素	165
5.2.1.3 追求较高的目标是职工的工作动力	166
5.2.2 安全目标管理的内容	166
5.2.2.1 制定安全管理目标	166
5.2.2.2 展开安全管理目标	167
5.2.2.3 实施目标	168
5.2.2.4 评价成果	169
5.3 安全管理模式	169
5.3.1 “0123”安全管理模式	170
5.3.1.1 事故为零	170
5.3.1.2 “一把手”负责制为核心的安全生产责任制	171
5.3.1.3 标准化作业和安全标准化班组	171
5.3.1.4 全员教育、全面管理、全线预防	173
5.3.2 “三化五结合”安全管理模式	173
5.3.2.1 “三化”	173
5.3.2.2 “五结合”	173
5.4 企业安全文化	174
5.4.1 企业文化与Z理论	174
5.4.2 核安全文化	175

5.4.3	企业安全文化及其特征	177
5.4.4	安全文化建设	179
5.5	职业安全健康管理体系	181
5.5.1	职业安全健康管理体系的要素	181
5.5.2	现代职业安全健康管理体系的特征	182
5.5.2.1	企业高层领导人必须承诺不断加强和改善职业安全健康 管理工作	183
5.5.2.2	危险源控制是职业安全健康管理体系的管理核心	183
5.5.2.3	职业安全健康管理体系的监控作用	183
5.5.2.4	职业安全健康管理体系“以人为本”	184
5.5.2.5	文件化	184
5.6	安全生产标准化	184
5.6.1	目标	185
5.6.2	组织机构和职责	185
5.6.3	安全生产投入	185
5.6.4	法律法规与安全管理制度	185
5.6.5	教育培训	186
5.6.6	生产设备设施	187
5.6.7	作业安全	188
5.6.8	隐患排查和治理	188
5.6.9	重大危险源监控	189
5.6.10	职业健康	189
5.6.11	应急救援	190
5.6.12	事故报告、调查和处理	190
5.6.13	绩效评定和持续改进	191
5.7	安全管理工作评价	191
5.7.1	上海冶金局的评价方法	192
5.7.2	机械工厂安全性评价	195
5.7.3	罗曼与唐纳德评价法	196
5.7.4	日本的企业安全诊断表	197
	思考题	198
	附录 事故预防工作评价的数学方法	199
	参考文献	204

绪 论

人类活动的各个领域几乎都涉及安全问题，诸如国家安全、金融安全和食品安全等，安全工程主要研究与事故有关的安全问题。

事故是在生产、生活过程中突然发生的，违背人们意愿的意外事件，事故造成进行中的活动暂时或永久停止，甚至带来人员伤亡、财产损失和环境污染的后果。相应地，安全工程的中心任务是事故预防，即防止事故发生，防止事故造成人员伤亡、财产损失和环境污染。人的生命健康是最宝贵的，安全工程尤其要防止可能带来人员伤亡的伤亡事故，特别是防止与生产有关的伤亡事故。

防止伤亡事故，首先必须弄清伤亡事故发生和预防原理，即安全原理。所谓安全原理，主要是阐明伤亡事故是怎样发生的，为什么会发生，以及如何采取措施防止伤亡事故发生的理论体系。它以伤亡事故为研究对象，探讨事故致因因素及其相互关系、事故致因因素控制等方面的问题。

事故致因因素包括物的因素和人的因素两个主要方面。事故致因中物的因素作为能量载体或能量意外释放的原因，表现为伤害人体的加害物或事故的起因物，一般在控制生产工艺过程的同时，必须控制其中的物的不安全因素。生产技术措施本身就包含了预防事故的功能，但是，以安全为目的安全技术与生产技术又有许多不同之处，遵循特殊的理论、原则，必须专门考虑。

在伤亡事故的发生和预防中，人的因素占有特殊的位置。一方面，人是事故中的受伤害者，保护人的生命和健康是安全工作的主要目的；另一方面，人又往往是事故的肇事者，在事故致因中人的不安全行为和人的失误占有很大比重，即使是来自物的方面的原因，在物的不安全状态背后也隐藏着人类行为的失误。此外，人也是预防事故、搞好安全生产的生力军。因此，关于人的因素的研究是安全工程研究的重要内容。应根据与安全密切相关的人的生理、心理特征及行为规律，设计适合人员操作的工艺、设备、工具，创造适合人的特点的生产环境；在利用安全技术措施消除、控制不安全因素的同时，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，提高企业抵御事故能力。

美国安全工程师协会（ASSE）规定安全工程师的工作范围是，根据识别、评价安全问题的严重程度所必需的有关学科的基本原理，收集、分析解决安全问题必不可少的资料，判断是否可能发生事故。他们根据收集到的资料运用专业知识和经验，为做最后决策的领导者提供解决问题的方案。安全工程师的具体工作