

陈宝智 编著

# 安全 原理

(第2版)

ANQUAN  
YUANLI

冶金工业出版社

# 安全原理

(第2版)

陈宝智 编著

北京  
冶金工业出版社  
2002

## 内 容 提 要

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,系统地介绍了有代表性的安全理论、观点和国内外安全工作经验。全书共六章,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、安全法规及安全管理制度,以及现代安全管理等。

本书理论联系实际,文字简练、通俗易懂,适合作为大专院校安全工程专业教材,并可供安全科学研究人员、安全技术人员及管理者阅读、参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

安全原理/陈宝智编著.—2版.—北京:冶金工业出版社,  
2002.9

ISBN 7-5024-3046-6

I.安… II.陈… III.安全学 IV.X9

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第059412号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 方茹娟 美术编辑 王耀忠 责任校对 朱翔 责任印制 牛晓波  
北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1995年5月第1版 2002年9月第2版,2002年9月第2次印刷

850mm×1168mm 1/32;9印张;239千字;276页;1501-4500册

20.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

## 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,从安全管理的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人員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件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 ) |
| <b>1 事故致因理论</b> .....      | ( 3 ) |
| 1.1 概述 .....               | ( 3 ) |
| 1.2 事故频发倾向论 .....          | (10)  |
| 1.3 事故因果连锁论 .....          | (16)  |
| 1.4 危险源理论 .....            | (27)  |
| 1.5 变化的观点 .....            | (37)  |
| <b>2 人失误与不安全行为</b> .....   | (46)  |
| 2.1 人失误概述 .....            | (46)  |
| 2.2 人的信息处理过程 .....         | (49)  |
| 2.3 信息处理过程与人失误 .....       | (58)  |
| 2.4 心理紧张与人失误 .....         | (64)  |
| 2.5 人失误致因分析 .....          | (69)  |
| 2.6 生物节律与事故 .....          | (74)  |
| 2.7 不安全行为的心理原因 .....       | (80)  |
| 2.8 群集行为与群集事故 .....        | (84)  |
| <b>3 防止人失误与不安全行为</b> ..... | (95)  |
| 3.1 防止人失误 .....            | (95)  |
| 3.2 警告 .....               | (101) |
| 3.3 人-机-环境匹配 .....         | (104) |
| 3.4 职业适合性 .....            | (110) |



|          |                               |              |
|----------|-------------------------------|--------------|
| 3.5      | 安全教育与技能训练 .....               | (114)        |
| 3.6      | 安全行为的产生 .....                 | (121)        |
| <b>4</b> | <b>企业安全管理</b> .....           | <b>(131)</b> |
| 4.1      | 企业安全管理概述 .....                | (131)        |
| 4.2      | 资料收集与分析 .....                 | (138)        |
| 4.3      | 选择对策 .....                    | (149)        |
| 4.4      | 安全措施的经济性评价 .....              | (156)        |
| 4.5      | 作业现场的安全管理 .....               | (176)        |
| <b>5</b> | <b>安全法规与安全管理制度</b> .....      | <b>(183)</b> |
| 5.1      | 我国安全管理体制 .....                | (183)        |
| 5.2      | 安全法规 .....                    | (194)        |
| 5.3      | 安全生产责任制度 .....                | (202)        |
| 5.4      | 安全生产教育制度 .....                | (210)        |
| 5.5      | 安全生产检查制度 .....                | (214)        |
| 5.6      | 安全技术措施计划 .....                | (218)        |
| 5.7      | 建设项目安全审查 .....                | (222)        |
| 5.8      | 伤亡事故的报告和处理 .....              | (228)        |
| <b>6</b> | <b>现代安全管理</b> .....           | <b>(233)</b> |
| 6.1      | 现代安全管理概述 .....                | (233)        |
| 6.2      | 安全目标管理 .....                  | (238)        |
| 6.3      | 安全管理模式 .....                  | (245)        |
| 6.4      | 以安全文化为基础的安全管理 .....           | (252)        |
| 6.5      | 职业安全健康管理体系 .....              | (256)        |
| 6.6      | 安全管理工作评价 .....                | (260)        |
|          | <b>附录 事故预防工作评价的数学方法</b> ..... | <b>(269)</b> |
|          | 附录 A 综合评价数字模型 .....           | (269)        |
|          | 附录 B 模糊评价 .....               | (271)        |
|          | <b>主要参考文献</b> .....           | <b>(275)</b> |

# 绪 论

安全工作的中心任务是防止伤亡事故和财产损失事故发生。

事故是在生产过程中发生的,违背人们意愿的意外事件,是一种失去控制的事件。在工业生产过程中,人类会遇到而且必须克服许多来自自然界的不安全因素。人类一旦忽略了对不安全因素的控制,或者控制不力,则不安全因素将导致事故,事故不仅影响生产,而且会伤害人类自身。

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。人是事故中的受害者,保护人的生命和健康是安全工作的主要目的。关于受害者,产生了人怎样被卷入事故中而不能幸免于难的问题。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。另一方面,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。要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,提高企业抵御事故的能力。

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,为作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有如下4个方面:

- (1)识别、评价事故发生的条件,评价事故的严重性;
- (2)研究防止事故、减少伤害或损失的方法、措施;
- (3)向有关人员传达有关事故的信息;
- (4)评价安全措施的效果,并为获得最佳效果做必要的改进。

该协会认为,安全工程师应该掌握社会科学和自然科学两方面的知识,即为了评价不安全行为所需要的评价和分析原理,包括数学、统计学、物理、化学方面的基础知识及工科各领域的基本知识;关于行为、动机及信息领域的知识,组织管理和经营管理方面的知识。安全工程师的专业知识包括事故致因理论、控制事故致因因素的方法、步骤等方面。

可见,安全原理是安全工程师必须掌握的专业知识之一。它从安全管理的角度来讲述伤亡事故发生与预防原理,并最终归结于安全管理的理论、原则和方法。

防止伤亡事故既是科学也是艺术。一起伤亡事故的发生往往是众多事故致因因素综合作用的结果,特别是由于人的因素的存在,使得问题更复杂了。对于同种伤亡事故,往往可以有若干种防范措施方案可供选择。实际工作中,要根据企业的具体情况,运用广博的科学知识和丰富的工作经验,灵活地采取对策,经济、有效地防止伤亡事故的发生。

# 1 事故致因理论

## 1.1 概述

为了防止事故,必须弄清事故为什么会发生,造成事故发生的原因因素。一事故致因因素有哪些。在此基础上,研究如何通过消除、控制事故致因因素来防止事故发生。

事故是一种可能给人类带来不幸后果的意外事件。千百年来,人类主要是“从事故学习事故”,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。

在科学技术落后的古代,人们往往把事故的发生看做是人类无法违抗的“天意”或“命中注定”,而祈求神灵保佑。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,探索事故发生规律,相继提出了阐明事故为什么会发生,事故是怎样发生的,以及如何防止事故发生的理论。由于这些理论着重解释事故发生的原因,以及针对事故致因因素如何采取措施防止事故,所以被称为事故致因理论。事故致因理论是指导事故预防工作的基本理论。

事故致因理论是一定生产力发展水平的产物。在生产力发展的不同阶段,生产过程中出现的安全问题不同,特别是随着生产方式的变化,人在生产过程中所处地位的变化,引起人们安全观念的变化,产生了反映安全观念变化的不同的事故致因理论。

在这里,我们讨论工业革命以来三个历史时期出现的事事故致因理论。

### 1.1.1 早期事故致因理论

20 世纪初,资本主义世界工业生产已经初具规模,蒸汽动力和电力驱动的机械取代了手工作坊中的手工工具。这些机械在设计时很少甚至根本不考虑操作的安全和方便,几乎没有什么安全防护装置。工人没有受过培训,操作很不熟练,加上长达 11~13 小时以上的工作日,伤亡事故频繁发生。根据美国一份被称为“匹兹伯格调查”的报告,1909 年美国全国的工业死亡事故高达 3 万起,一些工厂的百万工时死亡率达到 150~200 人。根据美国宾夕法尼亚钢铁公司的资料,在 20 世纪初的 4 年间,该公司的 2200 名职工中竟有 1600 人在事故中受到了伤害。

面对广大工人群众的生命健康受到工业事故严重威胁的严峻情况,企业主的态度是消极的。他们说,“为了安全这类装门面的事,我没有钱”,“我手里的余钱也是做生意用的”。他们认为,“有些人就是容易出事,不管做什么,他们总是自己害自己”。

当时,世界各地的诉讼程序大同小异,只要能证明事故原因中有受伤害工人的过失,法庭总是袒护企业主。法庭判决的原则是,工人理应承受所从事的工作中通常可能方式的一切危险。

1919 年,英国的格林伍德(M. Greenwood)和伍兹(H. H. Woods),对许多工厂里的伤亡事故数据中的事故发生次数按不同的统计分布进行了统计检验。结果发现,工人中的某些人较其他人更容易发生事故。从这种现象出发,后来法默(Farmer)等人提出了事故频发倾向的概念。所谓事故频发倾向(Accident Prone-ness),是指个别人容易发生事故的、稳定的、个人的内在倾向。根据这种理论,工厂中少数工人具有事故频发倾向,是事故频发倾向者,他们的存在是工业事故发生的主要原因。如果企业里减少了事故频发倾向者,就可以减少工业事故。因此,防止企业中有事故频发倾向者是预防事故的基本措施:一方面通过严格的生理、心理检验等,从众多的求职人员中选择身体、智力、性格特征及动作特征等方面优秀的人才就业;另一方面一旦发现事故频发倾向者则

将其解雇。显然,由优秀的人员组成的工厂是比较安全的。

海因里希(W. H. Heinrich)的工业安全理论是该时期的代表性理论。美国的安全工程师海因里希在《工业事故预防(Industrial Accident Prevention)》一书中,阐述了根据当时的工业安全实践总结出来的所谓工业安全公理。该工业安全公理又被称做“海因里希十条”,其主要内容为:

(1)工业生产过程中人员伤亡的发生,往往是处于一系列因果连锁之末端的结果;而事故常常起因于人的不安全行为或(和)机械、物质(统称物)的不安全状态。

(2)人的不安全行为是大多数工业事故的原因。

(3)由于不安全行为而受到了伤害的人,几乎重复了300次以上没有造成伤害的同样事故。换言之,人员在受到伤害之前,已经数百次面临来自物的方面的危险。

(4)在工业事故中,人员受到伤害的严重程度具有随机性质。大多数情况下,人员在事故发生时可以免遭伤害。

(5)人员产生不安全行为的主要原因有:

- 1)不正确的态度;
- 2)缺乏知识或操作不熟练;
- 3)身体状况不佳;
- 4)物的不安全状态及物理的不良环境。

这些原因因素是采取预防不安全行为产生措施的依据。

(6)防止工业事故的4种有效的方法是:

- 1)工程技术方面的改进;
- 2)对人员进行说服教育;
- 3)人员调整;
- 4)惩戒。

(7)防止事故的方法与企业生产管理、成本管理及质量管理的方法类似。

(8)企业领导者有进行安全工作的能力,并且能把握进行安全工作的时机,因而应该承担预防事故工作的责任。

(9)专业安全人员及车间干部、班组长是预防事故的关键,他们工作的好坏对能否做好预防事故工作有重要影响。

(10)除了人道主义动机之外,下面两种强有力的经济因素也是促进企业安全工作的动力:

1)安全的企业生产效率也高,不安全的企业生产效率也低;

2)事故后用于赔偿及医疗费用的直接经济损失,只不过占事故总经济损失的 1/5。

海因里希在他的“工业安全公理”中阐述了事故发生的因果连锁论,作为事故发生原因的人的因素与物的因素之间的关系问题,事故发生频率与伤害严重度之间的关系问题,不安全行为的产生原因及预防措施,事故预防工作与企业其他管理机能之间的关系,进行事故预防工作的基本责任,以及安全与生产之间的关系等工业安全中最重要、最基本的问题。数十年来,该理论得到世界上许多国家广大事故预防工作者的赞同,作为他们从事事故预防工作的理论基础。尽管随着时代的进步,人们认识的深化,该“公理”中的一些观点已经不再是“自明之理”了,许多新观点、新理论相继问世,但是该理论中的许多内容仍然具有强大的生命力,在现今的事故预防工作中仍然产生重大影响。

根据海因里希的观点,大多数工业伤害事故都是由于工人的不安全行为引起的。即使一些工业伤害事故是由于物的不安全状态引起的,而物的不安全状态的产生也是由于工人的缺点、错误造成的。因而,海因里希理论也和事故频发倾向论一样,把工业事故的责任归因于工人,表现出时代的局限性。

### 1.1.2 二次世界大战后的事故致因理论

到第二次世界大战时期,已经出现了高速飞机、雷达和各种自动化机械等。为防止和减少飞机飞行事故而兴起的事故判定技术及人机工程等,对后来的工业事故预防产生了深刻的影响。

事故判定技术(Critical Incident Technique)最初被用于确定军用飞机飞行事故原因的研究。研究人员用这种技术调查了飞行

员在飞行操作中的心理学和人机工程方面的问题,然后针对这些问题采取改进措施防止发生操作失误。战后这项技术被广泛应用于国外的工业事故预防工作中,作为一种调查研究不安全行为和不安全状态的方法,使得不安全行为和不安全状态在引起事故之前被识别和被改正。

第二次世界大战期间使用的军用飞机速度快,战斗力强,但是它们的操纵装置和仪表非常复杂。飞机操纵装置和仪表的设计往往超出人的能力范围,或者容易引起驾驶员误操作而导致严重事故。为了防止飞行事故,飞行员要求改变那些看不清楚的仪表的位置,改变与人的能力不适合的操纵装置和操纵方法。这些要求推动了人机工程学的研究。

人机工程学(Ergonomics)是研究如何使机械设备、工作环境适应人的生理、心理特征,使人员操作简便、准确、失误少、工作效率高的学问。人机工程学的兴起标志着工业生产中人与机械关系的重大变化:以前是按机械的特性训练工人,让工人满足机械的要求,工人是机械的奴隶和附庸;现在是在设计机械时要考虑人的特性,使机械适合人的操作。从事故致因的角度,机械设备、工作环境不符合人机工程学要求可能是引起人失误、导致事故的原因。

第二次世界大战后,科学技术飞跃进步。新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品不断出现,与日俱增。这些新技术、新工艺、新能源、新材料和新产品给工业生产和人们的生活面貌带来巨大变化的同时,也给人类带来了更多的危险。据说,世界上每 20min 就有一种新的化学物质问世,其中每一种都可能具有危险性。科技的发展也把作为现代物质文明的各种工业产品送到各类人们的面前。这些产品中有些会威胁人员安全。美国 1972 年涉及产品安全的投诉案件超过 50 万起。工业部门要保证消费者利用其产品的安全。在公众的强烈要求下,美国于 1972 年通过了消费品安全法,日本等国也相继通过了相似的法律。这些法律的共同特征是,制造厂家必须对其产品引起的事故完全负责。

随着战后工业迅速发展带来的广泛就业,使得企业不能像战



前那样进行“拔尖”的人员选择。除了极少数身心有问题的人之外,广大群众都有机会进入工业部门;工人运动的蓬勃发展,企业主不能随意地开除工人。这就使职工队伍素质发生了重大变化。

战后,人们对所谓事故频发倾向的概念提出了新的见解。一些研究表明,认为大多数工业事故是由事故频发倾向者引起的观念是错误的,有些人较另一些人容易发生事故,是与他们从事的作业有较高的危险性有关。越来越多的人认为,不能把事故的责任简单地说是工人的不注意,应该同时注重机械的、物质的危险性在事故致因中的重要地位。于是,出现了所谓的“轨迹交叉论”,认为人的因素和物的因素运动轨迹的交叉导致事故发生。在事故预防工作中比较强调实现生产条件、机械设备的安全,先进的科学技术和经济条件为此提供了物质基础和技术手段。

能量意外释放论的出现是人们对伤亡事故发生的物理实质认识方面的一大飞跃。1961年和1966年,吉布森(Gibson)和哈登(Hadden)提出了一种新概念:事故是一种不正常的,或不希望的能量释放,各种形式的能量是构成伤害的直接原因。于是,应该通过控制能量,或控制作为能量达及人体媒介的能量载体来预防伤害事故。根据能量意外释放论,可以利用各种屏蔽来防止意外的能量释放。

与早期的事故频发倾向理论、海因里希因果连锁论等强调人的性格特征、遗传特征等不同,战后人们逐渐地认识了管理因素作为背后原因在事故致因中的重要作用。人的不安全行为或物的不安全状态是工业事故的直接原因,必须加以追究。但是,它们只不过是其背后的深层原因的征兆,管理上缺陷的反映,只有找出深层的、背后的原因,改进企业管理,才能有效地防止事故。

### 1.1.3 系统安全

20世纪50年代以后,科学技术进步的一个显著特征是设备、工艺和产品的越来越复杂。战略武器的研制、宇宙开发和核电站建设等使得作为现代先进科学技术标志的复杂巨系统相继问世。