



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

# 职业健康与安全工程

主 编 张顺堂 高德华

副主编 吴昌友 刘利军

 冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

# 职业健康与安全工程

主 编 张顺堂 高德华  
副主编 吴昌友 刘利军

北 京

冶金工业出版社

2013

## 内 容 提 要

本书共分 13 章, 主要包括: 安全科学、安全文化与安全系统工程、系统安全分析与评价、职业健康与环境管理、压力管理与应急管理等。全书在简明扼要的理论阐述基础上, 引用了大量贴近实际的案例, 使本书内容更具实用性和可操作性。

本书不仅可作为高等院校工业工程与安全工程专业的本科生和研究生教材或参考用书, 同时也可供从事工业工程、安全工程、机械工程、土木工程等工作的管理人员和技术人员参考, 亦可作为各行业在职人员职业健康与安全的培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

职业健康与安全工程/张顺堂, 高德华主编. —北京: 冶金工业出版社, 2013. 3

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6198-0

I. ①职… II. ①张… ②高… III. ①劳动卫生—高等学校—教材 ②劳动安全—高等学校—教材 IV. ①R13 ②X92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013) 第 033260 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6198-0

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  
2013 年 3 月第 1 版, 2013 年 3 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 17 印张; 408 千字; 258 页

36.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 前 言

职业健康与安全管理体系是 20 世纪 80 年代后期在国际上兴起的现代安全生产管理模式，它与 ISO9000 和 ISO14000 等标准体系一并被称为“后工业化时代的管理方法”。而安全工程是一个复杂的系统工程，涉及企业经营的方方面面。对职业病防治与重大事故预防的重视，体现了一个社会文明的程度。因此，我国必须大力推广职业健康与安全管理体系。

当前，我国正处于艰难的社会转型时期，各类重特大事故发生频繁。有统计资料表明，我国有 50 万厂矿存在不同程度的职业危害，实际接触职业危害的职工超过 2500 万人。无论从职业病累计数量、死亡数量还是新增病人数量来说，我国都居世界首位。每年因工伤事故直接损失数十亿元，职业病的损失近百亿，每年因此造成的经济损失达 800 亿元，成千上万的家庭因此受到毁灭性的灾难造成无法治愈的创伤。党的十八大报告中提出：“建立健全重大决策社会稳定风险评估机制。强化公共安全体系和企业安全生产基础建设，遏制重特大安全事故。”这体现了国家对职业健康安全的重视。

本书作为工业工程与安全工程的基础性教材，结合作者多年教学体会和研究心得编写而成。内容基础性强，体系完整，案例丰富，注重理论与实践的结合。尤其根据社会发展，与时俱进，增加了“应急管理 with 应急预案的编制”，“工作压力管理”两章，使得本书更具前沿性。

全书的内容分为职业健康与安全工程两大部分。安全工程部分主要论述安全、相对安全与本质安全的概念，事故模式的四个理论，事故预防与控制的基本法则，安全文化与安全管理的相互关系，安全系统工程的概念与发展；危险源的定义、分类和辨识方法；故障类型及影响分析，事件树分析和事故树的定性与定量分析；系统安全评价原理和评价方法，安全管理流程、手段，安全生产责任制的概念，安全管理组织的构成与设计，安全生产应急救援组织体系构成，应急预案编制，事故调查取证、事故调查组以及事故的原因和责任分析，事故经济损失的划分和计算等。在职业健康部分主要论述了职业病的种类，产

生根源。作业场所压力、作业过程与疾病的联系；工人健康的监测等；压力、动力与阻力的关系，员工压力管理的措施，工作压力管理模型，EAP的工作内容与实施流程，个人如何进行压力管理；职业安全健康管理体系产生、演变、作用与运行模式等。

本书各章节编写分工如下：第1章、第2章、第4章、第6章由高德华编写，第8章、第9章、第12章、第13章由张顺堂编写，第3章、第10章由刘刚、黄力波、匡绍龙编写，第5章、第7章由吴昌友编写，第11章由刘利军编写；全书由张顺堂统稿，李艳冰审核校对。此外，马向飞、王丛丛及崔彦秀、秦文晶、杜亚明、张宏源、房信诚等也为本书的顺利完成做了许多工作。在本书编写过程中，编者参考了国内外许多专家和学者的观点，并参阅了大量的文献资料，在此向文献作者一并表示感谢。由于各种原因，书中引用资料未能一一列出。如有疏漏，请及时与编者联系。

限于编者水平，加之时间仓促，书中的疏漏或错误望广大读者批评指正。

编 者  
2012年12月

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1 安全与安全科学基础 .....         | 1  |
| 1.1 安全及安全问题的产生 .....      | 1  |
| 1.1.1 安全的含义 .....         | 1  |
| 1.1.2 安全问题的产生 .....       | 2  |
| 1.2 安全的相对性与本质安全 .....     | 3  |
| 1.2.1 安全的相对性 .....        | 3  |
| 1.2.2 本质安全及本质安全化 .....    | 3  |
| 1.3 安全科学 .....            | 6  |
| 1.3.1 安全科学及其发展 .....      | 6  |
| 1.3.2 安全科学的研究内容与领域 .....  | 7  |
| 1.3.3 安全科学的学科体系 .....     | 8  |
| 1.3.4 安全科学的研究方法 .....     | 9  |
| 习题 .....                  | 9  |
| 2 事故致因理论 .....            | 10 |
| 2.1 事故及其基本特征 .....        | 10 |
| 2.1.1 事故的含义 .....         | 10 |
| 2.1.2 事故的基本特征 .....       | 10 |
| 2.2 事故模式理论 .....          | 11 |
| 2.2.1 事故模式理论概述 .....      | 11 |
| 2.2.2 海因里希的事故因果链锁理论 ..... | 12 |
| 2.2.3 系统观点理论 .....        | 13 |
| 2.2.4 轨迹交叉理论 .....        | 14 |
| 2.2.5 能量转移理论 .....        | 15 |
| 2.3 事故的预防与控制 .....        | 16 |
| 2.3.1 海因里希事故法则 .....      | 16 |
| 2.3.2 事故预防与控制的原则 .....    | 17 |
| 习题 .....                  | 18 |
| 3 安全文化 .....              | 19 |
| 3.1 安全文化概述 .....          | 19 |
| 3.1.1 安全文化的概念 .....       | 19 |

|       |                           |
|-------|---------------------------|
| IV    |                           |
| 3.1.2 | 安全文化的起源 ..... 20          |
| 3.1.3 | 安全文化的层次结构 ..... 21        |
| 3.2   | 企业安全文化建设 ..... 22         |
| 3.2.1 | 企业安全文化建设的特点及现实意义 ..... 22 |
| 3.2.2 | 企业安全文化建设的内容 ..... 23      |
| 3.2.3 | 安全文化建设的操作步骤 ..... 25      |
| 3.2.4 | 企业安全文化建设评价 ..... 26       |
|       | 习题 ..... 28               |
| 4     | 安全系统工程概述 ..... 29         |
| 4.1   | 安全系统工程的发展 ..... 29        |
| 4.2   | 安全系统的概念与特点 ..... 29       |
| 4.2.1 | 系统与系统工程的基本概念 ..... 29     |
| 4.2.2 | 安全系统工程及其特点 ..... 30       |
| 4.2.3 | 安全系统工程 ..... 31           |
| 4.3   | 安全系统工程的研究对象和主要内容 ..... 32 |
| 4.3.1 | 安全系统工程的研究对象 ..... 32      |
| 4.3.2 | 安全系统工程的研究内容 ..... 32      |
|       | 习题 ..... 34               |
| 5     | 危险源辨识 ..... 35            |
| 5.1   | 危险因素根源及分类 ..... 35        |
| 5.1.1 | 危险因素概述 ..... 35           |
| 5.1.2 | 危险因素的分类 ..... 37          |
| 5.2   | 危险源辨识方法 ..... 45          |
| 5.2.1 | 危险源概述 ..... 45            |
| 5.2.2 | 危险源辨识方法 ..... 47          |
| 5.3   | 重大危险源辨识 ..... 48          |
| 5.3.1 | 国际上重大危险源辨识依据 ..... 48     |
| 5.3.2 | 我国重大危险源辨识依据 ..... 50      |
|       | 习题 ..... 53               |
| 6     | 系统安全分析 ..... 54           |
| 6.1   | 系统安全分析概述 ..... 54         |
| 6.1.1 | 系统安全分析的内容 ..... 54        |
| 6.1.2 | 系统安全分析方法 ..... 54         |
| 6.2   | 安全检查表 ..... 55            |
| 6.2.1 | 基本概念 ..... 55             |
| 6.2.2 | 安全检查表的内容 ..... 57         |

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 6.2.3 | 安全检查表的编制 .....     | 58  |
| 6.2.4 | 应用举例 .....         | 59  |
| 6.3   | 危险性预先分析 .....      | 62  |
| 6.3.1 | 基本概念 .....         | 62  |
| 6.3.2 | 危险性预先分析的内容 .....   | 63  |
| 6.3.3 | 危险性预先分析的步骤 .....   | 63  |
| 6.3.4 | 应用举例 .....         | 65  |
| 6.4   | 故障类型及影响分析 .....    | 67  |
| 6.4.1 | 基本概念 .....         | 67  |
| 6.4.2 | 故障类型的等级划分 .....    | 68  |
| 6.4.3 | 故障类型及影响分析的步骤 ..... | 71  |
| 6.4.4 | 致命度分析 .....        | 72  |
| 6.4.5 | 应用举例 .....         | 73  |
| 6.5   | 事件树分析 .....        | 74  |
| 6.5.1 | 基本概念 .....         | 74  |
| 6.5.2 | 事件树分析的步骤 .....     | 75  |
| 6.5.3 | 应用实例 .....         | 76  |
| 6.6   | 事故树分析 .....        | 77  |
| 6.6.1 | 基本概念 .....         | 77  |
| 6.6.2 | 事故树分析的步骤 .....     | 81  |
| 6.6.3 | 事故树的定性分析 .....     | 83  |
| 6.6.4 | 事故树的定量分析 .....     | 88  |
| 6.6.5 | 应用举例 .....         | 96  |
| 习题    | .....              | 98  |
| 7     | 系统安全评价与预测 .....    | 100 |
| 7.1   | 系统安全评价概述 .....     | 100 |
| 7.1.1 | 系统安全评价的定义 .....    | 100 |
| 7.1.2 | 安全标准 .....         | 101 |
| 7.1.3 | 系统安全评价的内容 .....    | 102 |
| 7.1.4 | 系统安全评价的基本原理 .....  | 103 |
| 7.1.5 | 系统安全评价方法分类 .....   | 103 |
| 7.2   | 系统安全评价方法 .....     | 104 |
| 7.2.1 | 作业条件危险性评价法 .....   | 104 |
| 7.2.2 | 概率评价法 .....        | 107 |
| 7.2.3 | 模糊安全评价 .....       | 113 |
| 7.3   | 系统安全预测概述 .....     | 117 |
| 7.3.1 | 系统安全预测的基本原理 .....  | 117 |
| 7.3.2 | 系统安全预测方法分类 .....   | 118 |



|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 7.3.3 系统安全预测程序 .....        | 118        |
| 7.4 系统安全预测方法 .....          | 119        |
| 7.4.1 回归分析预测 .....          | 119        |
| 7.4.2 灰色预测法 .....           | 124        |
| 7.4.3 马尔可夫预测法 .....         | 128        |
| 习题 .....                    | 131        |
| <b>8 安全管理 .....</b>         | <b>132</b> |
| 8.1 安全管理的概念与历史演变 .....      | 132        |
| 8.1.1 安全管理的概念 .....         | 132        |
| 8.1.2 安全管理的发展历史与现状 .....    | 133        |
| 8.2 安全管理的内容与实施 .....        | 135        |
| 8.2.1 安全管理的内容 .....         | 135        |
| 8.2.2 安全管理的实施 .....         | 137        |
| 8.3 生产现场安全管理 .....          | 141        |
| 8.3.1 生产现场安全管理的概念 .....     | 141        |
| 8.3.2 意外事故发生原因与防止 .....     | 142        |
| 8.3.3 安全生产责任制 .....         | 143        |
| 8.3.4 安全教育 .....            | 145        |
| 8.3.5 安全常识 .....            | 147        |
| 8.4 安全生产法律法规 .....          | 148        |
| 8.5 安全目标管理 .....            | 150        |
| 8.5.1 目标管理的概念 .....         | 150        |
| 8.5.2 安全目标管理的内容 .....       | 151        |
| 习题 .....                    | 155        |
| <b>9 应急管理与应急预案的编制 .....</b> | <b>156</b> |
| 9.1 突发事件与应急管理概述 .....       | 156        |
| 9.1.1 突发事件与应急管理概念 .....     | 156        |
| 9.1.2 突发事件的应对和处置办法 .....    | 159        |
| 9.1.3 应急管理的主要内容 .....       | 161        |
| 9.1.4 应急救援体系的概念与运行 .....    | 163        |
| 9.2 应急预案及应急预案的编制 .....      | 168        |
| 9.2.1 应急预案的概念 .....         | 169        |
| 9.2.2 预案编制的法律法规依据 .....     | 169        |
| 9.2.3 危机发生的定律 .....         | 170        |
| 9.2.4 预案的构成要素 .....         | 171        |
| 9.2.5 应急救援预案的编制 .....       | 174        |
| 9.3 预案的演练与评估 .....          | 179        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 9.3.1 预案的演练 .....              | 179        |
| 9.3.2 预案评估 .....               | 182        |
| 习题 .....                       | 183        |
| <b>10 事故报告与调查处理 .....</b>      | <b>184</b> |
| 10.1 生产安全事故等级划分 .....          | 184        |
| 10.1.1 普通生产安全事故的等级划分 .....     | 184        |
| 10.1.2 特殊行业或者领域的事故等级划分 .....   | 184        |
| 10.1.3 其他分类 .....              | 185        |
| 10.2 事故的调查方法 .....             | 185        |
| 10.2.1 事故调查的组织 .....           | 185        |
| 10.2.2 事故调查组工作设计 .....         | 186        |
| 10.2.3 事故调查方法 .....            | 187        |
| 10.3 事故处理 .....                | 189        |
| 10.3.1 事故责任分析 .....            | 189        |
| 10.3.2 事故责任追究 .....            | 190        |
| 10.3.3 整改措施 .....              | 191        |
| 10.4 伤亡事故经济损失统计 .....          | 192        |
| 10.4.1 事故经济损失的概念与分类 .....      | 192        |
| 10.4.2 伤亡事故经济损失计算方法 .....      | 193        |
| 10.4.3 伤亡事故经济损失计算 .....        | 194        |
| 习题 .....                       | 196        |
| <b>11 职业健康安全与环境管理 .....</b>    | <b>197</b> |
| 11.1 职业健康安全概述 .....            | 197        |
| 11.2 职业安全与职业病 .....            | 199        |
| 11.2.1 职业安全 .....              | 199        |
| 11.2.2 职业病 .....               | 199        |
| 11.3 职业健康安全的理论分析 .....         | 201        |
| 11.3.1 工作场所压力与疾病 .....         | 201        |
| 11.3.2 剂量反应, 协同作用和添加性 .....    | 203        |
| 11.4 作业场所压力、作业过程与疾病的联系 .....   | 204        |
| 11.4.1 概述 .....                | 204        |
| 11.4.2 毒素的吸收途径, 受影响器官和解毒 ..... | 205        |
| 11.4.3 各种物质对健康的影响 .....        | 206        |
| 11.4.4 工作场所气候对健康的影响 .....      | 211        |
| 11.4.5 服装与温度的调节 .....          | 213        |
| 11.4.6 红外线和紫外线的影响 .....        | 214        |
| 11.4.7 工人健康的监测 .....           | 214        |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 11.5 工作健康 .....                    | 216 |
| 11.5.1 个人和组织的健康状况 .....            | 216 |
| 11.5.2 提高工作场所安全的基本原理 .....         | 217 |
| 11.5.3 提升工作场所健康的益处 .....           | 218 |
| 习题 .....                           | 220 |
| 12 工作压力管理 .....                    | 221 |
| 12.1 工作压力概述 .....                  | 221 |
| 12.1.1 工作压力及其来源 .....              | 222 |
| 12.1.2 工作压力管理的措施 .....             | 224 |
| 12.2 企业员工帮助计划 (EAP) .....          | 227 |
| 12.2.1 EAP 概述 .....                | 227 |
| 12.2.2 EAP 一般模式 .....              | 229 |
| 12.2.3 EAP 服务模块 .....              | 229 |
| 12.3 个人压力管理 .....                  | 230 |
| 12.3.1 个人防控与管理压力 .....             | 230 |
| 12.3.2 个性与压力心理测验 .....             | 233 |
| 习题 .....                           | 238 |
| 13 职业安全健康管理体系 .....                | 239 |
| 13.1 职业安全健康管理体系概述 .....            | 239 |
| 13.1.1 职业安全健康管理体系概念与作用 .....       | 239 |
| 13.1.2 体系构成与认证 .....               | 242 |
| 13.1.3 OHSAS 咨询程序和内容 .....         | 244 |
| 13.1.4 OHSAS 培训方案设计 .....          | 245 |
| 13.2 职业安全健康管理体系的理论基础 .....         | 246 |
| 13.2.1 HMS 的特征 .....               | 246 |
| 13.2.2 OSHMS 体系设计 .....            | 248 |
| 13.3 OHSMS 的构成要素与系统功能 .....        | 248 |
| 13.3.1 OHSMS 的结构要素 .....           | 248 |
| 13.3.2 危险源是职业健康安全管理体系的管理核心 .....   | 249 |
| 13.3.3 明确责任机构与职责是实施管理体系的必要前提 ..... | 250 |
| 13.3.4 管理体系的监控系统对体系运行起到保障作用 .....  | 251 |
| 13.4 环境、健康与安全 (EHS) 三标体系 .....     | 251 |
| 13.4.1 三标体系概述 .....                | 252 |
| 13.4.2 三标体系的关系 .....               | 253 |
| 习题 .....                           | 255 |
| 参考文献 .....                         | 257 |

(3) 风险。风险是对事故发生的难易程度（即事故发生的可能性）及其严重程度（后果）的度量。

危险并不等于事故，它只是导致事故的潜在条件；而事故则是已经真实地发生了的人员伤亡、系统或设备损坏、财产损失或环境破坏等。只有在特定的触发事件作用下，危险才可能演变成为事故。而风险体现的则是由于事故而造成的损失。它们三者之间的相互关系如图 1-1 所示。

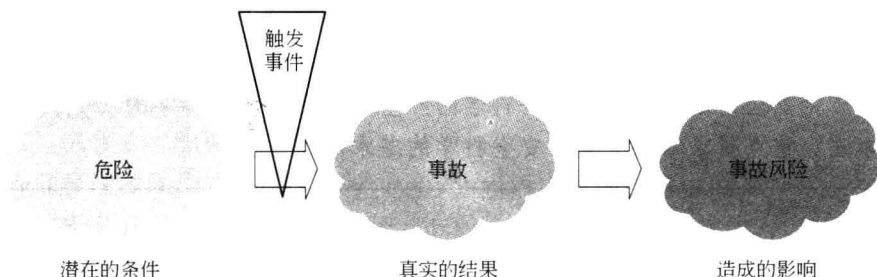


图 1-1 事故、危险与风险的关系

例如，工人可能由于触摸带有高压电的、因绝缘层破损而裸露的电线而触电，这是一种危险，或者叫隐患；工人实际触电事件的发生，就是我们通常所说的触电事故；而这类触电事故的风险大小，则需要从工人触摸到电线发生触电事故的可能性大小以及所造成的后果（如导致工人的身体机能出现损伤甚至死亡）等两个方面来综合衡量。

### 1.1.2 安全问题的产生

任何事物的发展，都有其自然的和人为的两个流向。一方面，事物总是要遵循自身的动力学作用，有其产生、发展、衰退以及消亡的自然过程，并受到周围环境中一些随机因素的控制和调节。这种自然的发展，可能并不完全符合人们的需要。部分事物在此过程中会产生危害、危险，也就产生了安全问题。另一方面，随着科学技术的发展和社会生产力水平的提高，人类开始不再满足于适应自然，而是开始设法改变事物发展的过程，使其向着有利于人类的方向发展，为人类服务。这就构成了事物发展的人为流向。于是，也就出现了人与自然如何保持协调、相互适应的问题。人类处于不同的社会发展阶段，对自然界或生产、生活系统的改变是不同的，也就出现了不同的安全问题：

(1) 在远古的石器时代，由于人类社会的生产力水平极为低下，人类的活动完全依附于自然，人类是大自然的一部分，是一种纯粹的“自然存在物”。这一时期的安全问题也主要来自于自然，比如水灾、雷电、风暴、地震以及野兽的侵袭等。

(2) 在农业经济时代，人类开始逐渐摆脱大自然的束缚。但由于在这一时期，人类对客观世界的认识还十分肤浅，与大自然抗争的手段以及可利用的自然资源也十分有限，这一时期的安全问题仍然大多数来自于自然。只有少数人为灾害，如耕作中受到的伤害、由于人为的原因而引起的火灾等。

(3) 到了工业时代，随着科学技术的飞速发展和社会生产力水平的提高，人类利用各种技术手段创造了丰富的物质文明和财富，但同时也伴随着新的灾难不断发生。现代高科技的发展更是喜忧参半。科学技术的进步在很大程度上改变了灾害的原有属性，使得许多

自然灾害成为人为灾害,使许多原本危害程度轻的灾害上升为人类无法控制、造成巨大损失的灾难。可以这样来说明:人类在 20 世纪所创造的成就多于 100 年前人类所创造的全部,但是 20 世纪人类所经受的灾害事故也比历史上任何一个时期都更为惨重、更加从根本上危及人类的生存。

## 1.2 安全的相对性与本质安全

### 1.2.1 安全的相对性

安全具有相对性的特征。世界上只有相对安全,没有绝对安全;只有暂时安全,没有永恒的安全。任何装置(事物)都存在着某些危险性或者潜在的危险性因素,而且人的认识能力、判断能力和控制能力也总是有限的。因此,那种理想化的、“绝对安全”的状态,在客观实际中是不存在的。安全虽然具有明确的对象,有其严格的时间、空间界限,但是在一定的时间、空间条件下,人们只能追求“最适安全”,就是在有限的经济和科技能力状况下,在一定的生理条件和心理素质条件下,通过创造或控制事故、灾害发生的条件来减小事故、灾害发生的概率和规模,将事故、灾害的损失控制在尽可能低的限度内,求得尽可能高的安全度(或者是大多数人允许和可以接受的安全度)。

社会把能够满足大多数人安全需要的最低危险度定为安全指标,只要事故率低于该指标,人们就认为是安全的。例如,美国根据交通事故的统计资料,得出小汽车的交通死亡率为  $2.5 \times 10^{-4}$  死亡/(人·年),这就意味着每 10 万美国人因乘坐小汽车每年有 25 人死亡的风险率。然而,美国人并没有因为害怕这个风险而放弃使用小汽车。这说明这个风险能够被美国社会所接受,所以,这个风险率就可以作为美国人使用小汽车作为交通工具的安全标准。

但需要说明的是,在不同的社会里,不同的技术条件下、不同的经济环境中,安全指标往往是不同的。而且,随着经济、社会的进一步发展,该指标也会得到不断的提高。所以,从这一角度来讲,可以认为安全是使人们免遭不可接受和承受的危险伤害的状态和条件,如图 1-2 所示。

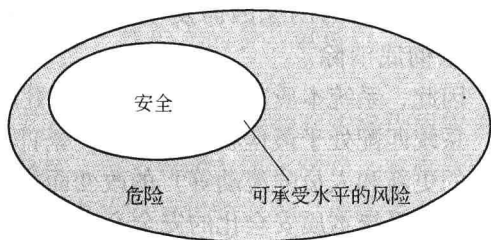


图 1-2 安全与危险的相对性

### 1.2.2 本质安全及本质安全化

本质安全的理念产生于二次世界大战之后,自 20 世纪中叶以来逐渐成为许多工业发达国家的主流安全理念。一般意义上的本质安全,是指相对于依靠对人的管理实现的安全,工艺过程、机械设备、装置等生产条件的安全才是本质上的安全。这涉及对人和物在事故致因中地位的认识,涉及如何采取措施防止事故发生,以及谁应该对事故负责等一系列重大认识问题。本质安全主张通过工程技术措施消除、控制系统中的危险源,创造安全的生产作业条件。这就要求企业采用先进的、安全的生产工艺、机械设备、装置等,为操作者提供安全的生产作业条件。企业必须承担主要的安全生产责任,保证足够的安全投入

以提高企业的本质安全程度。

综合目前国内外研究的现状,对本质安全的定义有狭义与广义之分。狭义上的本质安全是指实现了人的本质安全、物(设备系统)的本质安全等;广义上的本质安全,则是将人、物、环境、管理等诸多要素本质安全的有机融合,是企业安全生产管理工作的综合反映,是生产过程中诸多要素的最佳集合。系统本质安全的实现,需要有以下前提条件:

(1) 系统必须具备内在的可靠性。即要达到内在安全性,能够抵抗由于系统内部交互作用的波动而引起的系统性扰动。

(2) 系统能够适应环境变化引起的环境性扰动。

(3) 本质安全必须能够合理配置系统内外部交互作用的耦合关系,实现系统和谐,这将涉及技术创新、规范制度、法律完善、文化建设等方方面面。

(4) 本质安全概念体现了事故成因的整体交互机制。因此,事故预防应该从系统整体入手,最终实现全方位的系统安全。

本质安全化是建立在“本质安全”一词内涵进一步延伸的基础之上的。它一般是针对某一个系统(或设施)而言,是表明该系统的安全技术与安全管理水平已达到了本部门当代的基本要求,系统可以较为安全可靠地运行;但并不表明该系统绝对不会发生事故,其原因是:一方面,本质安全化的程度是相对的,不同的技术经济条件有不同的本质安全化水平,当代本质安全化并不是绝对本质安全化。由于技术经济的原因,系统的许多方面尚未安全化,事故隐患仍然存在,事故发生的可能性并未彻底消除,只是有了将事故损失控制在被接受程度上的可能性。另一方面,生产是一个动态过程,许多情况是事先难以预料的。人的作业还会因健康或心理原因引起某种失误,机具及设备也会因日常检查时未能发现的缺陷产生临时性故障,环境条件也会由于自然的或人为的原因而发生变化。因此,人-机-环境系统日常随机的一般性事故损失并未彻底消除。

因此,系统本质安全化的水平受初建时经济和技术条件的限制。在系统本质安全化初期,系统匹配处于最佳状态。当生产条件(工艺、工序、工步的调整、工作场所的改变、设备的更新和人员的流动等)的改变而扰乱了匹配关系时,应及时对系统本质安全化进行改造。当系统本质安全化的安全寿命期已到,如果不再有经济和安全价值,不再有继续进行改造的价值,就要适时进行报废,由新一轮系统本质安全化取而代之。此时,也就意味着安全水平的一次新的、飞跃性的提高。

实现本质安全化,要求:(1) 安全技术的发展必须超前于生产技术的发展;(2) 不断改进防护器具、安全报警装置等安全保护装置;(3) 人-设备-环境必须具备相当可靠的质量。

企业的本质安全化模型,如图 1-3 所示。

(1) 设备和机具本质安全化,即选用的设备既要考虑其生产效率,又要考虑安全性。可以定义为“剃须刀”理论,传统的剃须刀刀锋暴露,需具备一定经验的理发师操作,极易划破脸部;后来在刀片两边安装上夹具,操作变得简单,对人的伤害程度受到限制,但稍不注意仍有造成伤害的可能;现在的电动剃须刀,刀片外加上细致结实有弹性的安全网,刀片与皮肤之间有隔层,很难划破皮肤,既是“傻瓜型”又是本质安全型。如果

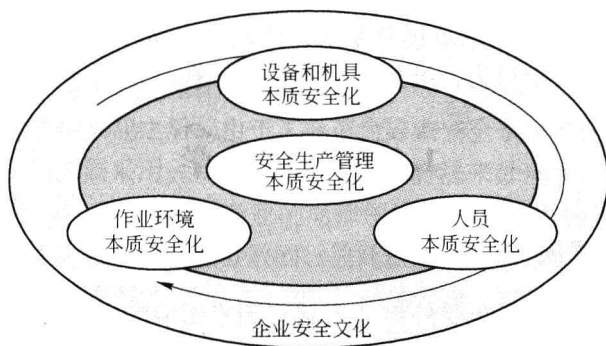


图 1-3 企业本质安全化模型

职工使用的设备和工具都具有本质安全型工具的性能，就可以弥补因人的失误而造成的事故。

(2) 作业环境的本质安全化，即生产场所应确保职工的作业安全，在空间、气候等创造舒适安全的环境。可以描述为“桥”理论，过独木桥人很容易掉下去，全凭技巧和胆量、运气。如果是现在的桥面宽阔、护栏高大的钢铁大桥，行人不必小心翼翼，不论是跑还是跳也不会掉下去。这样可以减少事故的发生。

(3) 人员的本质安全化，要求操作者有较好的心理、生理、技术素质，即有想（具有强烈的安全意识）、会（安全技能 + 专业岗位知识）、能（能遵守制度 + 能创造安全环境 + 能正确操作设备），要加强本质安全化和法治教育，提高职工的安全科技文化素质。近年来，随着科技的发展，设备的可靠性不断提高，运行环境有了较大改善，因人的失误引起的伤亡事故所占比例呈上升趋势。例如航空事故，20 世纪 60 年代大约 20% 的事故归结于人的失误，90 年代达 90%。所以提高机械化程度，减少人的参与就可以大大减少因人的不可靠性引发的事故灾难。

(4) 管理的本质安全化，即科学的安全管理是控制事故的决定性和起主导作用的关键措施。就目前而言，设备和机具的本质安全化受科技、经济等诸多因素制约，本质安全化程度和发展在各行业、不同企业不均衡；作业环境的本质安全化受成本、观念等因素的影响变数很大；人的本质安全化受职工的文化程度、技术水平等影响较大，不同企业人员的本质安全化素质的差异更大。实现企业本质安全化，依靠管理的科学化可弥补以上要素的不足。

传统安全管理的特点是具有强制性、被动性、事后性、经验性；现代的安全管理运用系统工程的原理和方法，注重全面、系统、超前和过程控制。从危险源辨识入手，通过系统的分析、预测、评价，采取相应措施，消除或控制危险因素，使系统达到最佳安全程度。把戴明循环管理法（即 PDCA 法）应用于企业安全管理，是近年来不断成熟的职业安全健康管理体系的核心，让企业安全生产的每一个过程、每一个环节均留下管理的“痕迹”，注重过程控制，实现无缺陷管理。实践证明，国有大中型企业的工伤事故几乎都与管理失误有关。

(5) 安全文化，是安全管理的升华和最高层次，是理性的、系统安全管理的基础，是



一个深层次的人因工程，充分体现了“以人为本”的现代管理理念。依靠安全文化的潜移默化作用，提高全体员工的安全意识和素质，体现“我要安全、我会安全、我能安全”，使职工自觉规范自己的安全行为，维护企业的安全形象。

## 1.3 安全科学

### 1.3.1 安全科学及其发展

安全科学是研究人的身心免受外界（不利）因素影响的安全状态及保障条件的本质及其变化规律的科学，它的主要内容包括：（1）研究人身心存在状态的运动与变化规律，揭示与其相对应的客观因素及转化条件；（2）研究安全的本质，预测、消除或控制各类危险与有害因素，建立安全、舒适、高效的人机环境；（3）研究安全的思维方法和知识体系。

从上述定义可以看出，安全科学具有以下几个方面的主要特征：

（1）安全科学要体现本质安全。现今的安全科学要区别于传统的安全学问，从本质上达到事物或系统的安全最合适化。要做到：变局部分散为整体综合，变事后归纳整理为事前演绎预测，变被动静态受制为主动动态控制。

（2）安全科学要体现理论性和科学性。安全科学不但要研究实现安全目标的技术方法和手段，还要研究安全的理论和策略。它不是简单的经验总结或推测，而要具有科学的理性。

（3）安全科学要体现交叉性。安全科学属于跨自然科学、工程技术和社会、人文科学，多学科交叉、渗透，综合性很强的一门横断科学。这就要求我们必须注重把相关学科的理论和方法综合起来，吸收各个学科的成果，形成安全科学自身的、系统的理论体系。

（4）安全科学要体现研究对象的全面化。安全科学的研究对象应包括人类生存和发展中面临的一切负效应。

（5）安全科学的目的是要体现人、经济、环境和技术功能的最优化。

安全科学的产生是人类安全活动和对安全认识发展的必然结果。由于安全活动的特殊性，人类在生产活动及科学实验中对安全的认识长期落后于对生产的认识。伴随着人类社会的发展和生产技术的进步，安全科学的发展历程大致可划分为四个阶段，如表 1-1 所示。

表 1-1 安全科学发展的四个阶段

| 阶 段                     | 技术特征    | 认识论  | 方法论           | 安全科学的特点                  |
|-------------------------|---------|------|---------------|--------------------------|
| 工业革命前                   | 农牧业、手工业 | 宿命论  | 无能为力          | 人类对自然和人为的事故灾难只能是被动地承受    |
| 17 世纪 ~<br>20 世纪初       | 蒸汽机时代   | 局部安全 | 亡羊补牢、<br>事后型  | 建立在事故与灾难的经验之上的局部安全意识     |
| 20 世纪初 ~<br>20 世纪 50 年代 | 电气化时代   | 系统安全 | 综合对策、<br>系统工程 | 建立了事故系统的综合认识             |
| 20 世纪<br>50 年代以来        | 信息化时代   | 安全系统 | 本质安全化、<br>预防型 | 从人-机-环境的本质安全入手，建立安全的生产系统 |



第一阶段，在工业革命之前农牧业社会，对安全的认识基本上是由于一种原始的、本能的安全条件反射阶段。这一时期，人类所面对的安全问题主要来自于自然界，对安全的认识、理解和追求是自觉性的、模糊的、被动的。

第二阶段，工业革命兴起之后，由于工业革命导致安全事故的快速增长，逐渐进入局部安全的认识阶段。人们开始采用一些专门的安全技术方法来处理生产过程或设备的局部安全问题。安全技术依附于生产，在不同产业的局部领域发展和应用的各种安全技术相互隔离，使人们对安全规律的认识长期停留在分散的、彼此缺乏内在联系的状态。建立在事故统计分析基础上的安全技术是经验型的、“亡羊补牢”、就事论事、事后抢救整改的方法。安全理论主要以事故为研究对象，如事故分类、事故模型、事故致因理论、事故预防理论等。

第三阶段，20 世纪初，进入系统安全认识阶段。人们针对某一生产领域开始考虑实现全面、整体的安全，即系统安全。把重点放在危险源控制的整体效应上，通过运用专业技术和管理手段来实施科学型、超前防范型、综合防治型的安全管理。这一时期的安全理论主要是以危险和隐患为研究对象的危险分析和风险管理理论，包括系统分析、风险识别、安全评价、风险控制等理论和方法。

第四阶段，20 世纪 50 年代以来，进入安全系统认识阶段。原来各学科内部产生的安全学科相互交叉和渗透，形成更高层次的、研究人类一切活动过程中的安全问题本质和普遍规律的安全科学技术。对安全的认识也不再局限于生产领域，而是从人的安全需求出发，针对人、物、人与物的关系三方面要素构成的动态安全系统，全方位、全员参与、全过程、一体化地解决具体问题，努力创造安全、舒适、高效的工作和生活环境条件，达到最佳的安全状态。这一时期的安全理论主要是以安全系统为研究对象的安全学理论。

### 1.3.2 安全科学的研究内容与领域

安全科学是研究事物安全与危险矛盾运动规律的科学，其研究的内容主要包括以下几个方面：

(1) 安全科学的基础理论。人类面临的安全问题是各种各样的，各有自身特殊的规律。但它们在本质上又具有一些共性的特征。安全科学的基础理论就是应用现阶段各学科的成就，建立事物共有的安全本质规律。

(2) 安全科学的应用理论与技术。研究安全科学的应用理论与技术问题，包括安全系统工程、安全控制工程、安全人机工程、安全管理工程、安全信息工程以及各专业领域的安全理论与技术问题。

(3) 安全科学的经济规律。研究安全经济的基本理论、职业伤害事故经济损失规律、安全效益评价理论、安全技术经济管理与决策理论等。

从事故灾害的根源来看，事故灾害是人、技术、环境综合或部分欠缺的产物。从另一角度，人类安全活动所追求的是保护系统中的人、技术、设备及环境。从实现安全的手段上看，除了技术措施，还需要人的合作与环境的协同，因此，安全系统是由人-技术-环境构成的复合系统，如图 1-4 所示。

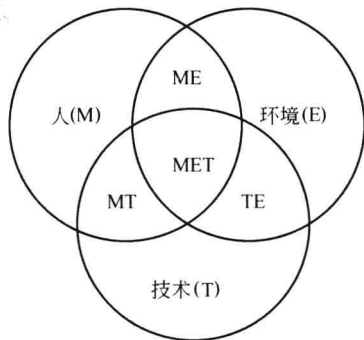


图 1-4 安全系统的组成要素及其关系