

工程训练·工程实践

工业安全工程

吕保和 朱建军 主编



化学工业出版社
教材出版中心

工程训练·工程实践

工业安全工程

吕保和 朱建军 主编
邱少贤 主审



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业安全工程/吕保和, 朱建军主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 7

ISBN 7-5025-5952-3

I. 工… II. ①吕…②朱… III. 工业生产: 安全生产-安全工程 IV. X931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 069623 号

工程训练·工程实践

工业安全工程

吕保和 朱建军 主编

邱少贤 主审

责任编辑: 陈丽 蔡洪伟

责任校对: 凌亚男

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 298 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5952-3/TB·58

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

工程训练·工程实践

编委会主任 杨继昌

编委会副主任 袁银南 戈晓岚

编委会委员 杨继昌 袁银南

肖田元 梅 强

张永康 卢章平

陆一心 李金伴

戈晓岚 马汉武

序

人类进入 21 世纪前后，以信息技术为重要标志的高新技术的飞速发展，正在改变着人类的社会、经济和生活方式。“天翻地覆慨而慷”，世界范围内的激烈竞争，已越来越明显地表现为人才的竞争，特别是创新人才的竞争。1998 年 10 月，联合国教科文组织在巴黎召开了首届世界高等教育大会，会议达成了共识：高等教育的根本使命是促进社会的可持续发展与进步。目前，教育开始求新求变，要求坚持以人为本，更具有前瞻性。对学生的人文素质、科学素质、实践能力和创新能力的培养更显重要。

“问渠哪得清如许，为有源头活水来。”技术是工程的基础，科学是技术的源泉，科学技术相互支持，但直接作用于生产实际的是技术。因此，面向经济建设要高度重视工程人才的培养，高度重视工程教育，要努力加速建立科学、技术、经济和管理相结合的工程教育体系，强化工程意识，重组工程训练，提高工程素质，培养创新精神、创新人格和实践能力，以实现知识创新、技术创新、管理创新和开拓型的工程人才培养。

近年来，尽管各国的国情不同，面临的问题也不同，在工程教育的体制和运作上互有差异，但对工程教育的认识、做法和发展方向上都强调“综合、创造、实践”，强调“工程教育工程化”、“工程教育为工程实际服务”、强调人文关怀、创新精神、实践能力和工程师素质的培养。

另一方面，我国加入世界贸易组织后，对外开放更将进一步扩大，中国将更加深入地参与国际分工，越来越多的产品将打上“中国制造”，制造业是工业的主体，装配制造业是制造业的核心。没有装配制造业就没有制造，没有制造就没有获得物质财富的基本手段。制造首先要依靠直接从事制造的技能人才。从而，培养“中国制造”的技能人才就成为关键。我国已经成为了一个高级蓝领即银领制造业人才稀缺的国家。

我国“十五”计划提出，要在 5 年内将职工中的高级技能人才的比例提高到 20%。一个合格的银领人才应当具备比较深厚的理论基础与相当丰富的实际经验，并能够针对生产第一线的实际需要，具备很强的技术革新、开发攻关、项目改进的能力。这种人才应具有高度的责任感，不但关心产品，更加懂得团结人、关怀人；不仅是某些关键生产环节中的操作者，还是整个生产环节的组织者；同时还能高度关怀、有效带动和组织协调其他技术人员一起动手进行应有的技术攻关，把优秀的设计变成一个高质量的产品。

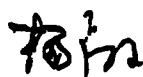
针对工程人才的需求，江苏大学工业中心组织编写了工程训练·工程实践系列图书，希望成为联接科学、教育与工程技术、生产实际的桥梁之一。在本系列图书规划过程中，作者针对“各种技能对工作的重要性”，对相关企业和历届毕业生进行了调查，证实在工业生产中，对技术交流、设计制造、工程经济、项目管理、质量控制、计算机等技能均有较高的要求。

本系列图书以工程类本科生（尤其是高职学生）和制造业银领的培训为对象，包括机、电、管三个领域。在内容上注重实践性、启发性、科学性，强调诸如制造、环境影响、质量、商务和经济等工程实践的多重功能。从当前工程人才的素质需求和实际出发，努力做到理论与实践并重，理论与实际相结合，基本概念清晰，重点突出，简明扼要，深入浅出，通俗易懂，以现代工程训练为特色，重视能力的培养，面向生产实际，并考虑与国际教育交流，反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书的编写是适应我国制造业发展形势，在教育上的一个创新，值得鼓励。由于是一个创新，其中就不会没有问题，没有不足之处。我与编者的心情一样，希望读者能及时指出其中的问题与不足之处，有助于本系列图书不断改进，编者的水平不断提高。

谨以为序。

中国科学院院士
华中科技大学教授



2004年4月

前 言

现代工业生产中，新产品、新技术、新工艺、新材料不断出现，生产过程的大规模化、自动化和复杂化及有毒有害物质的种类和数量的不断增多对安全生产提出了更高的要求。实践表明，学习和掌握工业生产中控制事故的理论、技术和方法，对保护职工的安全和健康、促进生产力的发展具有十分重要的作用。

本书从现代工业生产的实际出发，首先论述了工业事故形成和发生的一般规律、工业事故预防和控制的基本原理和一般方法；接着介绍了各类典型工业事故的预防和控制的基本原理与基本技术，包括各类机械伤害事故的预防与控制、电气事故的预防与控制、火灾与爆炸事故的预防与控制、锅炉与压力容器的安全等方面的内容。

为了满足工业企业中各类工程技术人员和管理人员的需要，本书力求简明、实用，并对一些常见的事故控制技术进行重点的阐述。

本书的第一章、第四章、第五章由吕保和编写，第二章、第三章由朱建军编写，肖建兰、荆建栋也参与了本书的部分工作。全书由邱少贤教授审定。

本书在编写中参考了大量的国内专家和学者的成果，在此谨表感谢！由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者批评、指正。

编者

2004年4月

内 容 提 要

本书着重介绍了主要工业事故的预防和控制。第一章论述了工业事故的发生机理以及工业事故预防和控制的一般原理和方法,包括事故的基本特征、事故成因、事故模式、危险辨识及危险控制等。第二章以机械使用和机械制造过程中的伤害事故为主要研究对象,介绍了在机械使用和机械制造过程中存在的危险和有害因素及其预防和控制技术。第三章以电气伤害事故为研究对象,介绍了工业生产中电气事故的形成、触电事故的防护、电气防火防爆、静电防护技术、雷电防护技术、输变电设备及用电设备的安全运行技术、电气检修安全技术等。第四章以火灾和化学性爆炸事故为研究对象,介绍了火灾和化学性爆炸的基本知识、火灾与化学爆炸事故的预防和控制的基本原理和基本技术等。第五章以物理性爆炸事故为研究对象,着重介绍了锅炉与压力容器爆炸事故的预防及控制技术。

本书可作为高等院校工科各专业本、专科生选修课教材,也可供各类工业企业工程技术人员与管理人员进行培训和自学参考。

目 录

第一章 工业事故与安全概论	1
第一节 工业事故及其基本特征	1
一、工业事故的定义.....	1
二、工业事故的特性.....	1
三、工业事故的类型.....	2
第二节 事故成因及事故模式理论	3
一、能量意外释放论.....	3
二、轨迹交叉论.....	5
三、事故因果连锁论.....	6
四、变化-失误致因理论.....	8
五、作用-变化与作用连锁理论.....	10
第三节 危险、事故与安全	11
一、基本概念.....	11
二、危险源与危险因素的分类.....	12
三、危险辨识.....	14
第四节 危险控制	25
一、消除危险.....	26
二、预防危险.....	27
三、减弱危险.....	30
四、隔离危险.....	31
五、危险连锁.....	35
六、危险警告.....	37
第二章 机械伤害事故的预防与控制	44
第一节 概论	44
一、机械的组成.....	44
二、机械制造和使用危险因素.....	45
三、机械伤害事故的种类.....	46
四、机械伤害事故的原因分析.....	48
五、机械设备主要结构的安全要求.....	49

六、实现机械加工安全的途径	51
第二节 热加工安全技术	52
一、铸造加工安全技术	52
二、锻造安全技术	58
三、热处理安全	61
第三节 压力加工安全技术	63
一、压力加工中的危险与有害因素	63
二、冲压机械安全操作技术	64
三、冲压车间作业环境的安全要求	65
四、冲模的安全技术规则	66
第四节 金属切削加工安全技术	66
一、切削加工中的危险和有害因素	66
二、车削加工的操作安全要求	68
三、切屑的安全防护	69
四、磨削机械安全使用与管理	70
第五节 木工机械安全技术	73
一、木材加工危险因素分析	73
二、木工事故的原因	74
三、木工机械安全操作技术	75
四、木工机械的安全防护装置	78
五、木工机械的工作环境要求	79
第六节 机械搬运安全与起重作业安全	80
一、机械搬运安全	80
二、起重作业安全要求	81
第三章 电气事故的预防和控制	87
第一节 电气事故及其分类	87
一、人体的电特性及电流对人体的伤害	87
二、电气事故的类型	91
第二节 触电事故的防护	94
一、触电事故的规律	94
二、电网安全性分析	95
三、电气安全保护装置	99
四、接地和接零保护	99
五、漏电保护装置	103

六、电工安全用具	106
七、电击伤急救	106
第三节 电气防火防爆	109
一、电气引燃源	109
二、电气爆炸危险物质分类及分级分组	112
三、电气防火防爆措施	113
第四节 静电防护技术	118
一、静电的产生	118
二、静电的消失	120
三、静电的危害	120
四、防静电的措施	122
第五节 雷电防护技术	124
一、雷电的危害	124
二、雷电的告警和躲避	126
三、防雷装置	127
四、建筑物和构筑物的保护	129
五、变配电系统的防雷保护	131
第六节 输变电设备、用电设备的安全运行	135
一、电力系统的组成	135
二、电气线路的安全	135
三、输变电设备的安全	137
四、用电设备安全	144
第七节 电气检修安全	147
一、电气安全工作制度	147
二、电气停电安全措施	150
三、电气不停电检修	152
第四章 火灾与化学性爆炸事故的预防和控制	153
第一节 火灾概论	153
一、火灾的定义	153
二、火灾的种类	153
三、火灾的条件	154
四、防火工作的理论依据	155
五、可燃物质的燃烧过程	155
第二节 化学性爆炸事故概论	156

一、爆炸的一般性定义	156
二、物理性爆炸	157
三、化学性爆炸	157
四、爆炸极限	159
五、爆炸条件	161
六、防爆工作的理论依据	161
第三节 燃烧的类型	162
一、闪燃与闪点	162
二、点燃与燃点	162
三、自燃与自燃点	163
第四节 危险物质的燃烧爆炸特性	165
一、可燃气体（或蒸气）	165
二、燃性液体	167
三、燃性固体与可燃性粉尘	168
四、自燃性物质	169
五、遇水燃烧物质	172
六、氧化剂	174
第五节 火灾与化学性爆炸事故的预防和控制	175
一、火灾与化学性爆炸事故的过程	175
二、火灾与化学性爆炸事故的预防与控制原则	175
三、火灾与化学性爆炸事故的预防与控制技术	176
四、火灾与化学性爆炸事故的监测	182
五、火灾与化学性爆炸事故的控制措施	186
第五章 物理性爆炸事故的预防和控制	195
第一节 物理性爆炸事故的类型	195
一、超压爆炸	195
二、相变爆炸	196
第二节 锅炉压力容器的分类与结构	196
一、锅炉的分类与结构	196
二、压力容器的分类与结构	205
第三节 锅炉压力容器爆炸的原因分析	211
一、锅炉爆炸的原因分析	211
二、压力容器爆炸的原因分析	212
第四节 锅炉压力容器的安全装置	215

一、安全泄压装置.....	215
二、压力表.....	222
三、水位表和水位警报器.....	224
第五节 锅炉压力容器的安全管理.....	224
一、锅炉压力容器安全管理的一般要求.....	224
二、锅炉常见事故的处理和预防.....	225
三、压力容器的使用管理.....	232
四、压力容器的操作和维护.....	233
五、气瓶的使用管理.....	235
六、压力容器的事故管理.....	236
第六节 锅炉压力容器缺陷的类型和检验.....	237
一、锅炉压力容器缺陷的类型.....	237
二、缺陷的检查.....	238
三、对缺陷的处理.....	239
第七节 锅炉压力容器的定期技术检验.....	240
一、锅炉的定期检验.....	240
二、压力容器的定期检验.....	241
参考文献	243

第一章 工业事故与安全概论

安全工程是以事故为研究对象，研究事故现象发生、发展的条件和规律及其预防、控制的原理和方法；工业安全工程则是以工业生产过程中可能发生的各种类型事故为研究对象的。本章主要讨论工业事故发生、发展的一般规律，以及事故预防和控制的一般原理。

第一节 工业事故及其基本特征

一、工业事故的定义

工业事故是指在工业生产过程中发生的事故，而对事故这一概念目前还没有一个统一的定义。一般认为，安全工程所研究的事故是指这样一类事件，它的发生是意外的、突然的，且后果是有害的（导致人的伤害或财产的损失），即事故具有意外性、突发性、破坏性的特点。

二、工业事故的特性

事故如同其他事物一样，具有自己的特性。只有了解事故的特性，才能预防事故，减少事故损失。事故具有五个重要特性，即因果性、偶然性和必然性、潜伏性、规律性、复杂性。同一般事故一样，工业事故也具有以下的基本特性。

1. 事故的因果性

事故的发生是有原因的，事故和导致事故发生的各种原因之间存在有一定的因果关系。导致事故发生的各种原因称为危险因素。危险因素是原因，事故是结果。事故的发生往往是由多种因素综合作用的结果。因此，分析、研究各危险因素的特征、形成过程、影响事故的发生和结果的规律与途径，对预防和控制事故的发生、发展具有重要意义。

2. 事故的偶然性和必然性

事故是一种随机现象，其发生和后果往往具有一定的偶然性和随机性。同样的危险因素，在某一条件下不会引发事故，而在另一条件下则会引发事故；同样类型的事故，在不同的场合会导致完全不同的后果，这是事故的偶然性的一面。事故的随机性是由于人们对事故的发生、发展规律还没有完全认识；同时事故又表现出其必然性的一面，即从概率角度讲，危险因素的不断重复出现，必然会导致事故的发生，任何侥幸心理都可能导致严重的后果。

3. 事故的潜伏性

事故尚未发生和造成损失之前，似乎一切处于“正常”和“平静”状态，但是并不是不会发生事故。相反，此时事故正处于孕育状态和生长状态，这就是事故的潜伏性。

4. 事故的规律性

事故虽然具有随机性，但事故的发生也具有一定的规律性，表现在事故的发生具有一定的统计规律以及事故的发生受客观自然规律的制约。承认事故的规律性是人们研究事故规律的前提；事故的规律性也使人们预测事故发生并通过采取措施预防和控制同类事故成为可能。

5. 事故的复杂性

事故的复杂性表现在导致事故的原因往往是错综复杂的；各种原因对事故发生的影响（即在事故形成中的地位）是复杂的；事故的形成过程及规律也是复杂的。事实上，现有的研究成果已表明了事故本身就是一种复杂现象。

三、工业事故的类型

对事故进行科学的分类，是为了更好地对各类事故进行分析研究。事故的分类方法有多种，参照 GB 6441—1986《企业伤亡事故分类》标准，综合考虑起因物、引起事故的诱导性原因、致害物、伤害方式等，将企业伤亡事故分为以下 16 类。

① 物体打击 是指物体在重力或其他外力的作用下产生运动，打击人体造成人身伤亡事故，不包括因机械设备、车辆、起重机械、坍塌等引发的物体打击。

② 车辆伤害 是指企业机动车辆在行驶中引起的人体坠落和物体倒塌、飞落、挤压伤亡事故，不包括起重设备提升、牵引车辆和车辆停驶时发生的事故。

③ 机械伤害 是指机械设备运动（静止）部件、工具、加工件直接与人体接触引起的夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、刺等伤害，不包括车辆、起重机械引起的机械伤害。

④ 起重伤害 是指各种起重作业（包括起重机安装、检修、试验）中发生的挤压、坠落、（吊具、吊重）物体打击和触电。

⑤ 触电 包括雷击伤亡事故。

⑥ 淹溺 包括高处坠落淹溺，不包括矿山、井下透水淹溺。

⑦ 灼烫 是指火焰烧伤、高温物体烫伤、化学灼伤（酸、碱、盐、有机物引起的体内外灼伤）、物理灼伤（光、放射性物质引起的体内外灼伤），不包括电灼伤和火灾引起的烧伤。

⑧ 火灾。

⑨ 高处坠落 是指在高处作业中发生坠落造成的伤亡事故，不包括触电坠落事故。

⑩ 坍塌 是指物体在外力或重力作用下，超过自身的强度极限或因结构稳定性破坏而造成的事故，如挖沟时的土石塌方、脚手架坍塌、堆置物倒塌等，不适用于矿山冒顶片帮和车辆、起重机械、爆破引起的坍塌。

⑪ 放炮 是指爆破作业中发生的伤亡事故。

⑫ 火药爆炸 是指火药、炸药及其制品在生产、加工、运输、储存中发生的爆炸事故。

⑬ 化学性爆炸 是指可燃性气体、粉尘等与空气混合形成爆炸性混合物，接触引爆能源时，发生的爆炸事故（包括气体分解、喷雾爆炸）。

⑭ 物理性爆炸 包括锅炉爆炸、容器超压爆炸、轮胎爆炸等。

⑮ 中毒和窒息 包括中毒、缺氧窒息、中毒性窒息。

⑯ 其他伤害 是指除上述以外的危险因素，如摔、扭、挫、擦、刺、割伤和非机动车碰撞、轧伤等（矿山、井下、坑道作业还有冒顶片帮、透水、瓦斯爆炸等危险因素）。

第二节 事故成因及事故模式理论

模式是人们对某一过程、某一行为所作的定性或定量的概括。它能显示这一过程或行为的特征，并能对所考虑的目标显示具有决策意义的后果。事故模式实际上是人们对事故机理所作的逻辑抽象或数学抽象。它是描述事故成因、经过和后果的理论，是研究人、物、环境、管理及事故处置等基本因素如何起作用而形成事故、造成损失的，也就是从因果关系上阐明引起工伤事故的本质原因，说明事故的发生、发展和后果。

事故模式对于人们认识事故本质，指导事故调查、事故分析、事故预防及事故责任者的处理有重要作用，因此必须加以研究。

关于事故的成因及事故的模式，已有不少的理论，这些理论从不同的侧面事故的发生过程和形成机理进行了阐述。这里仅介绍几种有代表性的理论，以从不同的角度事故的发生有一个较全面的认识。

一、能量意外释放论

1961年吉布森（Gibson）、1966年哈登（Haddon）等人提出了解释事故发生物理本质的能量意外释放论。他们认为，事故是一种不正常的或不希望的能量释放。

能量在生产过程中是不可缺少的，人类利用能量做功以实现生产目的。人类在利用能量的时候必须采取措施控制能量，使能量按照人们规定的能量流通渠道

流动，按照人们的意图产生、转换和做功。如果由于某种原因失去了对能量的控制，超越了人们设置的约束或限制，就会发生能量因违背人的意愿而意外释放或逸出，使进行中的活动中止并造成人的伤害或物的损坏而发生事故。如果意外释放的能量作用于人体，并且能量的作用超过人体的承受能力，则将造成人员伤害；如果意外释放的能量作用于设备、建筑物、物体等，并且能量的作用超过它们的抵抗能力，则将造成设备、建筑物、物体的损坏。这种对事故发生机理的解释被称为能量意外释放论。

麦克法兰特 (McFarland) 在解释事故造成的人身伤害或财物损坏的机理时说：……所有的伤害事故（或损坏事故）都是因为：

- ① 接触了超过机体组织（或结构）抵抗力的某种形式的过量的能量；
- ② 有机体与周围环境的正常能量交换受到了干扰（如窒息、淹溺等）。

事故是能量的意外释放或转移，用此观点解释事故造成人身伤害或财产损失的机理，可以认为，所有的伤害事故（或损坏）都是由以下两大类原因造成的。

① 有机体接触了超过机体组织（或结构）抵抗力（超过局部或全身性损伤阈）的能量，如表 1-1 所列举的第一类伤害实例。

表 1-1 第一类伤害实例

施加的能量类型	产生的原发性损伤	举例与注释
机械能	移位、撕裂、破裂和挤压，主要损及组织	由于运动的物体，如子弹、皮下针、工具和下落物体，冲撞相对静止的设备造成的损伤，又如跌倒时、飞行时和汽车事故中，具体的伤害结果取决于合力施加的部位和方式
热能	炎症、凝固、烧焦和炭化，伤及身体任何层次	一、二、三度烧伤，具体的伤害结果取决于热能作用的部位和方式
电能	干扰神经-肌肉功能，以及凝固、烧焦和炭化，伤及身体任何层次	触电死亡、烧伤、干扰神经功能，如在触电休克疗法中，具体伤害结果取决于电能作用的部位和方式
电离辐射	细胞和亚细胞成分与功能的破坏	反应堆事故，治疗性与诊断性照射，滥用同位素，放射性粉尘的作用，具体伤害结果取决于辐射能作用的部位和方式
化学能	一般要根据每一种或每一组的具体物质而定	包括由于动物性和植物性毒素引起的损伤，化学灼伤，如氢氧化钾、溴、氟和硫酸，以及大多数元素和化合物在足够剂量时产生的不太严重而类型很多的损伤

② 有机体与周围环境的正常能量交换受到了干扰，如表 1-2 所列举的第二类伤害实例。