

安 全
原 理

陈宝智 编著

冶金工业出版社

安全原理

陈宝智 编著

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

图书在版编目 (CIP) 数据

安全原理/陈宝智编著. -北京:冶金工业出版社, 1995. 5
ISBN 7-5024-1683-8

I. 安… II. 陈… III. 安全-基础理论 IV. X9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 01487 号

出版人 柳启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

有色曙光印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1995 年 5 月第 1 版, 1995 年 5 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 1.6375 印张; 130 千字; 236 页; 1 1790 册

15.00 元

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，系统地介绍了用以指导安全工作的基本安全理论。全书共八章，主要内容包括事故致因理论、不安全行为与人失误、安全技术措施、企业的安全管理、安全管理制度、现代安全管理及安全经济问题等。

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，文字简炼、通俗，适合安全科学研究人员、安全技术人员及管理干部阅读，以及作为大专院校安全工程专业教材。

序 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，在此对他们的作者表示感谢。

由于本人水平有限，书中谬误之处在所难免，敬请批评指正。

作者 1994 年 12 月于沈阳

目 录

绪 论	(1)
第一章 事故致因理论	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 事故因果连锁论	(7)
第三节 人与机械	(13)
第四节 能量意外释放理论	(19)
第五节 事故发生频率与伤害严重度	(25)
第六节 危险源	(34)
第七节 变化的观点	(38)
第二章 不安全行为与人失误	(45)
第一节 概述	(45)
第二节 信息处理过程与人失误	(53)
第三节 心理紧张与人失误	(59)
第四节 人失误致因分析	(62)
第五节 不安全行为的心理原因	(67)
第六节 事故频发倾向理论	(70)
第七节 群集行为与群集事故	(73)
第三章 安全技术措施	(84)
第一节 安全技术措施的基本原则	(84)
第二节 预防事故的安全技术	(86)
第三节 避免或减少事故损失的安全技术	(96)
第四节 坠落事故预防	(99)
第五节 人、机、环境匹配	(103)
第四章 企业的安全管理	(110)
第一节 概述	(110)
第二节 作业现场的安全管理	(125)

第三节	安全教育与训练	(132)
第四节	安全行为的产生	(139)
第五节	企业安全管理工作评价	(148)
第五章	安全管理制度	(158)
第一节	我国安全管理体制	(158)
第二节	安全法规及其实施	(164)
第三节	安全生产责任制	(168)
第四节	安全教育制度	(175)
第五节	安全检查制度	(179)
第六节	安全技术措施计划	(182)
第七节	工程项目安全审查	(186)
第八节	伤亡事故的调查与处理	(190)
第六章	现代安全管理	(195)
第一节	现代安全管理综述	(195)
第二节	安全目标管理	(200)
第三节	安全管理模式	(209)
第七章	安全经济问题	(216)
第一节	伤亡事故的经济损失	(217)
第二节	最优安全投资	(224)
第三节	技术经济分析与评价	(227)

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，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。人是事故中的受伤害者，保护人的生命和健康是安全工作的主要目的。关于受伤害者，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。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须的有关学科的基本管理，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，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，并最后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。

第一章 事故致因理论

第一节 概述

事故是违背人的意志而发生的意外事件。那么，事故为什么会发生？怎样预防事故？在科学技术落后的古代，人们往往把事故的发生看作是“天意”，或是“命中注定”，而祈求神灵保佑。随着社会的进步，特别是工业革命以后，人们在与各种工业伤害事故的斗争实践中不断积累经验，探索伤亡事故发生及预防规律，相继提出了许多阐明事故发生机理，以及如何防止事故发生的理论。这些理论被称做事故致因理论，或事故发生及预防理论。

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，生产过程中存在的安全问题不同，特别是随着生产形式的变化，人在工业生产过程中的地位的变化，引起人们安全观念的变化，使新的事故致因理论相继出现。

一、早期工业安全理论

本世纪初，资本主义世界工业生产已经初具规模，蒸汽动力、电力驱动的机械显示出了无比巨大的威力，它们坚固、持久，成为工业的中心。相比之下，工人是机械的附属品、奴隶。

1919年英国的格林伍德 (M. Greenwood) 和伍兹 (H. H. Woods)，对许多工厂里伤亡事故数据中的事故发生次数按不同的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，1939年法默 (Farmer) 等人提出了事故频发倾向 (Accident prone) 的概念。根据这种观点，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原因。如果企业中减少了事故频发倾向者，就可以减少工业事故。因此，人员选择就成了预防事故的重要措施。通过

严格的生理、心理检验，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，而把企业中的所谓事故频发倾向者解雇。

几乎同一时期，1931年美国的海因里希（W. H. Heinrich）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工业安全理论。该理论包括的主要内容有：

（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末端的事故的结果；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）防止工业事故的四种有效的方法是：

- 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五分之一。

海因里希的工业安全理论阐述了工业事故发生的因果连锁论，人与物的关系问题，事故发生频率与伤害严重度之间的关系，不安全行为的原因，安全工作与企业其它管理机能之间的关系，进行安全工作的基本责任，以及安全与生产之间关系等工业安全中最重要、最基本的问题。该理论曾被称做“工业安全公理”(Axioms of Industrial Safety)，得到世界上许多国家广大安全工作者的赞同，作为他们从事安全工作的理论基础。但是，海因里希理论也和事故频发倾向理论一样，把大多数工业事故的责任都归因于工人的不注意等，表现出时代的局限性。

二、二次大战后的安全理论

到第二次世界大战期间，已经出现了高速飞机、雷达及各种自动化机械等。为防止和减少战斗机飞行事故而兴起的人机工程研究及事故判定技术等，对战后工业安全的发展产生了深刻的影响。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来训练工人，让工人满足机械的要求；现在是根据人的特性设计机械，使机械适合人的操作。

第二次世界大战后，科学技术有了飞跃的进步。新技术、新工艺、新能源、新材料及新产品不断出现，与日俱增。这些新技术、新工艺、新能源、新材料及新产品给工业生产及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。随着工业迅速发展而来的广泛就业，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。这就使职工队伍素质发生了重大变化。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面前。工业部门要保证消费者利用其产品时的安全。所有这些都给工业安全提出了新的课题，也促进了人们安全观念的变化。

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，应该注重机械的、物质的危险性质在事故致因中的重要地位。于是，在安全工作中比较强调实现生产条件、机械设备的固有安全。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(Haddon)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。

与早期的事故频发倾向理论、海因里希因果连锁论强调人的性格特征、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。

三、系统安全

本世纪50年代以后，科学技术进步的一个显著特征是设备、工艺及产品越来越复杂。战略武器研制、宇宙开发及核电站建设等使得作为现代科学技术标志的大规模复杂系统相继问世。这些复杂的系统往往由数以千、万计的元素组成，元素之间以非常复

杂的关系相连接,在被研究制造或使用过程中往往涉及到高能量,系统中微小差错就会导致灾难性的事故。大规模复杂系统安全性问题受到了人们的关注,于是,出现了系统安全理论和方法。

按照系统安全的观点,世界上不存在绝对安全的事物,任何人类活动中都潜伏着危险因素。能够造成事故的潜在的危险因素称作危险源,它们包括能量、危险物质、一些物的故障、人失误、不良的环境因素等。某种危险源造成人员伤害或物质损失的可能性称作危险性,它可以用危险度来度量。

在事故致因理论方面,系统安全强调通过改善物的(硬件)系统的可靠性来提高系统的安全性,从而改变了以往人们只注重操作人员的不安全行为而忽略硬件故障在事故致因中作用的传统观念。作为系统元素的人在发挥其功能时会发生失误,人失误不仅包括了工人的不安全行为,而且涉及设计人员、管理人员等各类人员的行为失误,因而对人的因素的研究也较以前更深入了。

根据系统安全的原则,早在一个新系统的规划、设计阶段起,就要开始安全工作,并且要一直贯穿于制造、安装、投产,直到报废为止的整个系统寿命期间内。系统安全工作包括危险源识别、系统安全分析、危险性评价及危险源控制等一系列内容。

人们发现,对于已经建成并正在运行的系统,管理方面的疏忽和失误是导致事故的主要原因。约翰逊(W. G. Johnson)等人创立了系统安全管理的理论和方法体系MORT(Management Oversight and Risk Tree)。MORT包括了工业安全中许多行之有效的管理方法,如事故判定技术、标准化作业、职业安全分析等,同时又把能量意外释放论、变化的观点引入安全管理中。它的基本思想和方法对现代工业安全管理产生了深刻的影响。

第二节 事故因果连锁论

一、海因里希因果连锁论

海因里希首先提出了事故因果连锁论,用以阐明导致伤亡事故的各种原因因素间及与伤害间的关系。该理论认为,伤亡事故

的发生不是一个孤立的事件,尽管伤害可能在某瞬间突然发生,却是一系列原因事件相继发生的结果。

海因里希把工业伤害事故的发生、发展过程描述为具有一定因果关系的事件的连锁,即

(1) 人员伤亡的发生是事故的结果;

(2) 事故的发生是由于:

1) 人的不安全行为;

2) 物的不安全状态。

(3) 人的不安全行为或物的不安全状态是由于人的缺点造成的;

(4) 人的缺点是由于不良环境诱发的,或者是由先天的遗传因素造成的。

海因里希最初提出的事故因果连锁过程包括如下五个因素:

第一、遗传及社会环境。遗传因素及社会环境是造成人的性格上缺点的原因。遗传因素可能造成鲁莽、固执等不良性格;社会环境可能妨碍教育、助长性格上的缺点发展。

第二、人的缺点。人的缺点是使人产生不安全行为或造成机械、物质不安全状态的原因,它包括鲁莽、固执、过激、神经质、轻率等性格上的,先天的缺点,以及缺乏安全生产知识和技能等后天的缺点。

第三、人的不安全行为或物的不安全状态。所谓人的不安全行为或物的不安全状态是指那些曾经引起过事故,或可能引起事故的人的行为,或机械、物质的状态,它们是造成事故的直接原因。例如,在起重机的吊荷下停留,不发信号就启动机器,工作时间打闹,或拆除安全防护装置等都属于人的不安全行为;没有防护的传动齿轮,裸露的带电体,或照明不良等属于物的不安全状态。

第四、事故。事故是由于物体、物质、人或放射线的作用或反作用,使人员受到伤害或可能受到伤害的,出乎意料之外的,失去控制的事件。

坠落、物体打击等能使人员受到伤害的事件是典型的事故。
第五、伤害。直接由于事故产生的人身伤害。

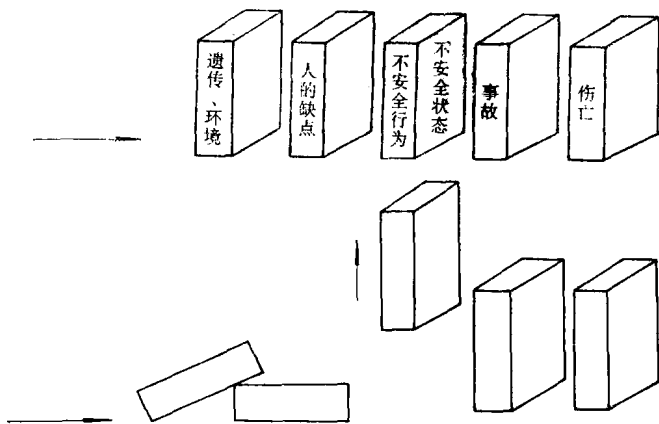


图 1-1 海因里希连锁论

人们用多米诺骨牌来形象地描述这种事故因果连锁关系，得到图 1-1 那样的多米诺骨牌系列。在多米诺骨牌系列中，一颗骨牌被碰倒了，则将发生连锁反应，其余的几颗骨牌相继被碰倒。如果移去连锁中的一颗骨牌，则连锁被破坏，事故过程被中止。海因里希认为，企业安全工作的中心就是防止人的不安全行为，消除机械的或物质的不安全状态，中断事故连锁的进程而避免事故的发生。

二、博德事故因果连锁

博德 (F. Bird) 在海因里希事故因果连锁的基础上，提出了反映现代安全观点的事故因果连锁 (见图 1-2)。

1. 控制不足——管理

事故因果连锁中一个最重要的因素是安全管理。安全管理人员应该充分理解，他们的工作要以得到广泛承认的企业管理原则为基础。即，安全管理者应该懂得管理的基本理论和原则。控制是管理机能 (计划、组织、指导、协调及控制) 中的一种机能。安

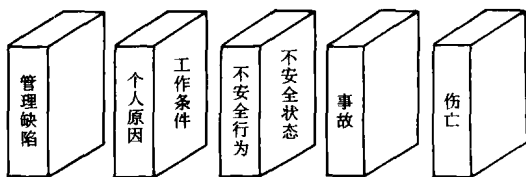


图 1-2 博德事故因果连锁

全管理中的控制是指损失控制，包括对人的不安全行为，物的不安全状态的控制。它是安全管理工作的核心。

大多数正在生产的工业企业中，由于各种原因，完全依靠工程技术上的改进来预防事故既不经济，也不现实。只能通过专门的安全管理工作，经过较长时间的努力，才能防止事故的发生。管理者必须认识到，只要生产没有实现高度安全化，就有发生事故及伤害的可能性，因而他们的安全活动中必须包含有针对性事故连锁中所有要因的控制对策。

在安全管理中，企业领导者的安全方针、政策及决策占有十分重要的位置。它包括生产及安全的目标，职员的配备，资料的利用，责任及职权范围的划分，职工的选择、训练、安排、指导及监督，信息传递，设备、器材及装置的采购、维修及设计，正常时及异常时的操作规程，设备的维修保养等。

管理系统是随着生产的发展而不断变化、完善的，十全十美的管理系统并不存在。由于管理上的缺陷，使得能够导致事故的基本原因出现。

2. 基本原因——起源论

为了从根本上预防事故，必须查明事故的基本原因，并针对查明的基本原因采取对策。

基本原因包括个人原因及与工作有关的原因。个人原因包括缺乏知识或技能，动机不正确，身体上或精神上的问题。工作方面的原因包括操作规程不合适，设备、材料不合格，通常的磨损及异常的使用方法等，以及温度、压力、湿度、粉尘、有毒有害