

■ 陈 全 编著

职业健康安全
管理体系实施过程

危险源辨识与控制

OCCUPATIONAL
HEALTH AND
SAFETY
MANAGEMENT
SYSTEM

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

职业健康安全管理体系实施过程 危险源辨识与控制

陈 全 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

危险源辨识、评价和控制是职业健康安全管理体系(Occupational Health and Safety Management System, OHSMS)实施过程中的重要环节。本书是企业能够在 OHSMS 实施过程中有效开展危险源辨识、评价和控制而编写的。内容主要包括:危险源基础理论;危险源辨识和控制方法;系统安全分析;物的不安全状态和人的不安全行为的控制;风险评价和确定控制措施。

本书可供实施 OHSMS 的企业学习和使用;也可作为 OHSMS 审核员、咨询师专业拓展的培训教材;还可供安全工程专业技术人员或从事安全评价技术工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

职业健康安全管理体系实施过程危险源辨识与控制/
陈全编著. —北京:中国石化出版社, 2010. 4
ISBN 978-7-5114-0342-1

I. ①职… II. ①陈… III. ①劳动保护-劳动管理-体系-研究-中国②劳动卫生-卫生管理-体系-研究-中国 IV. ①X92②R132.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 038331 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 300 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

前 言

随着职业健康安全管理体系(OHSMS)标准化和认证工作在我国的深入,涉及OHSMS在企业的实施和认证的有效性受到普遍关注。作为OHSMS标准的核心内容之一的系统安全工程方法是影响OHSMS在企业实施和认证有效性的重要环节。

系统安全的思想是安全科学发展到今天的最新成果。所谓系统安全,是人们为控制复杂系统事故而开发、研究出来的安全理论、方法体系,是在系统寿命期间内应用系统安全工程方法,辨识系统中的危险源,并采取控制措施使其危险性最小,从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度。系统安全工程方法涉及危险源辨识、评价和控制的原理和方法。系统安全的思想和系统安全工程方法产生于20世纪60年代,20世纪80年代引入我国,但一直没有在我国的企业得到广泛的应用。近年来,随着OHSMS标准化和认证工作的推动,系统安全工程方法在企业开始逐步得到应用,但由于国内企业对系统安全工程方法基本原理的掌握和实践应用问题,系统安全工程方法实际应用的结果还存在着诸多问题,甚至束手无策的企业也很多。同时,国内有关的OHSMS认证审核人员和指导企业实施OHSMS的咨询师对系统安全工程方法的原理和应用,普遍缺少系统性的掌握。在此背景下,急需一个针对系统安全工程方法在企业OHSMS实施过程中的应用性指导。本书即是为解决此方面问题而编写的。

本书融入了作者在安全工程领域多年的理论研究和应用实践成果。书中对系统安全的原理及相关基础概念做了详尽的分析和阐述,对相关著作涉及的局部理论和方法进行系统的整理和分类,力求使读者对系统安全建立一个全面、清晰的思路和掌握。为切实地解决系统安全工程方法的应用性问题,书中列举了较多的实际应用的案例。

由于作者水平有限,书中谬误之处在所难免,敬请批评指正。

目 录

第一章 OHSMS 与系统安全工程方法	(1)
第一节 OHSMS 标准及其核心内容	(1)
一、OHSMS 标准的由来	(1)
二、OHSMS 标准的核心内容	(3)
第二节 系统安全工程方法的产生和发展	(4)
一、事故致因理论与系统安全	(4)
二、系统安全工程方法具体内容	(8)
第三节 系统安全工程方法在 OHSMS 运用中的问题	(9)
第二章 相关术语和定义	(11)
第一节 事件、事故、未遂事故	(11)
第二节 危险源、危险因素、有害因素、不安全因素、事故隐患	(13)
一、事故致因理论与危险源	(13)
二、危险因素、有害因素、不安全因素和事故隐患	(23)
三、两类危险源理论	(24)
第三节 危险源辨识、危险因素识别、事故隐患排查	(25)
一、识别危险源的存在	(25)
二、确定危险源的特性	(25)
第四节 风险、可接受风险、安全与危险	(26)
一、风险	(26)
二、可接受风险	(26)
三、安全与危险	(29)
第五节 风险评价、安全评价与危险评价	(29)
第三章 危险源辨识和控制	(31)
第一节 危险源辨识	(31)
一、危险源对象的识别	(31)
二、危险源特性的确定	(31)
第二节 危险源的控制	(64)
一、防止事故发生的安全技术	(64)
二、避免或减少事故损失的安全技术	(66)
第四章 危险因素的识别	(68)
第一节 经验对照分析	(68)
一、询问、交谈	(68)
二、头脑风暴	(68)
三、现场观察	(69)

四、测试分析	(69)
五、查阅有关记录	(69)
六、获取外部信息	(69)
七、工作任务分析	(69)
八、安全检查表	(69)
第二节 系统安全分析	(71)
一、预先危害分析	(71)
二、故障类型和影响分析	(73)
三、危险与可操作性研究	(80)
四、事件树分析	(83)
五、故障树分析	(85)
六、因果分析	(104)
七、如果…怎么办	(105)
八、管理疏忽和风险树	(109)
九、系统安全分析方法的选择	(119)
第五章 物的不安全状态与人的不安全行为的控制	(122)
第一节 物的不安全状态的控制	(122)
一、设计	(122)
二、精确施工和加工	(124)
三、采购和安装	(124)
四、监测和检查	(124)
五、维修和改造	(126)
第二节 控制人的不安全行为	(127)
一、安全行为的产生	(127)
二、防止人的不安全行为的措施	(132)
第六章 风险评价与控制措施确定	(149)
第一节 事故致因因素与风险评价方法的分类	(149)
一、导致事故的直接因素与概率风险评价方法	(149)
二、导致事故的间接因素与相对风险评价方法	(150)
三、定性风险评价	(150)
第二节 危险源风险评价与系统风险评价	(151)
一、危险源的风险评价	(152)
二、系统的风险评价	(152)
第三节 基于风险评价结果确定控制措施	(152)
第四节 风险评价方法	(153)
一、定性风险评价方法	(153)
二、定量风险评价方法	(155)
参考文献	(190)

第一章 OHSMS 与系统工程方法

第一节 OHSMS 标准及其核心内容

20 世纪 90 年代，基于生产过程事故控制及其产品贸易的需要，国际范围内开始推行职业健康安全管理体系 (Occupational Health and Safety Management System, OHSMS) 标准化活动。OHSMS 标准提供了系统和规范化的管理手段，众多的组织依据标准实施 OHSMS 以及获得认证，提高了职业健康安全水平，促进了贸易发展。

一、OHSMS 标准的由来

OHSMS 标准化的提出，基本上出于两方面因素：一方面，随着生产的发展，职业健康安全问题不断突出，人们在寻求有效的职业健康安全管理方法，期待有一个系统的、结构化的管理模式；另一方面，在世界经济贸易活动中，企业的活动中所涉及的职业健康安全问题受到普遍关注，需要统一的国际标准规范相关的职业健康安全行为，特别是 ISO9000、ISO14000 标准在世界范围内的成功实施，促进了国际 OHSMS 标准化的发展。

1. 解决现代职业健康安全问题需要系统化管理

据 ILO(国际劳工组织)统计，全球每年发生的各类伤亡事故大约为 2.5 亿起，这意味着每天发生 68.5 万起，每小时发生 2.8 万起，每分钟发生 475.6 起。全世界每年死于工伤事故和职业病危害的人数约为 110 万(其中约 25% 为职业病引起的死亡)。这比媒体所报道的每年交通事故死亡 99 万人、暴力死亡 56.3 万人、局部战争死亡 50.2 万人和艾滋病死亡 31.2 万人都要多。在这些事故中，死亡事故比例还是很大的，初步估算每天有 3000 人死于工作，ILO 估计劳动疾病到 2020 年将翻一番。在这些工伤事故和职业危害中，发展中国家所占比例甚高，如中国、印度等，事故死亡率比发达国家高出 1 倍以上，其他少数国家或地区比发达国家高出 4 倍以上。面对严重的全球化职业健康安全问题，国际劳工组织呼吁，经济竞争加剧和全球化发展不能以牺牲劳动者的职业健康安全利益为代价，而是到了维护劳动者人权、对生命质量提出更高要求的时候了。

现代安全科学理论认为，一起伤亡事故的发生是由于人的不安全行为和物的不安全状态所致。控制人的不安全行为，需要在总结心理学、行为科学等成果的基础上，通过教育、培训等来提高人的意识和能力；物的不安全状态需采纳实用安全技术来改善。随着经济的发展、科学技术的进步，出现了很多工业复杂系统，如石油化工、电力、铁路、矿山、核电等工业组织。生产实际表明，对于工业复杂系统，完全依靠安全技术系统的可靠性和人的可靠性，还不足以完全杜绝事故，而直接影响安全技术系统可靠性和人的可靠性的组织管理因素，已成为是否导致复杂系统事故发生的最深层原因。复杂系统的特点是因素众多、结构复杂、整体性强，而且具有随机性、非线性、不稳定、非平衡和多种发展可能等特点。系统思想是解决复杂系统问题的科学方法，传统方法是无能为力的。

系统化管理是现代职业健康安全管理的显著特征。系统化的职业健康安全管理是以系统安全的思想为基础，从企业的整体出发，把管理重点放在事故预防的整体效应上，实行全员、全过程、全方位的安全管理，使企业达到最佳安全状态。所谓系统安全，是人们为预防复杂系统事故而开发、研究出来的安全理论、方法体系，是在系统寿命期间内应用系统安全

工程和管理方法，辨识系统中的危险源，并采取控制措施使其危险性最小，从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度。

OHSMS 标准是以系统安全的思想为核心，采用系统、结构化的管理模式，为组织提供了一种科学、有效的职业健康安全管理要求和指南。

2. OHSMS 标准是国际贸易的需要

职业健康安全问题与生产过程具有紧密的相关性，生产过程导致了职业健康安全问题，因此在贸易活动中，企业的职业健康安全行为必然受到普遍的关注。人们在贸易活动中关注企业的职业健康安全行为的原因：一方面职业健康安全问题威胁人类共同的生命利益，是人类社会面临的可持续发展问题；另一方面就是企业产品或服务中所包含的职业健康安全成本问题。关贸总协定乌拉圭回合谈判协议中要求：不应由于各国法规和标准的差异，而造成国际经济活动中的非关税贸易壁垒；强调在可能情况下，尽量采用国际标准。欧、美等工业化国家提出：由于国际贸易的发展和发达国家在世界经济活动中越来越多的参与，各国职业健康安全的差异使发达国家在成本价格和贸易竞争中处于不利地位。只有在世界范围内采取统一的职业健康安全标准才能从根本上解决此问题。1990 年 ISO(国际标准化组织)和 IEC(国际电工委员会)联合出版了《展望未来——高新技术对标准的需求》一书，书中认为“环境与安全”是当今世界标准化工作中最紧迫的四个课题之一。ISO 将 1992 年世界标准日的主题定为职业安全。

我国加入 WTO(世界贸易组织)之后，企业在国际贸易活动中会面临更多的职业健康安全的要求与挑战。企业通过实施 OHSMS，能够系统化、规范化地管理其职业健康安全行为，提高其职业健康安全绩效，进而在国际贸易活动中处于主动地位。

3. OHSMS 标准产生和发展

ISO 9000 质量管理体系系列标准是由 ISO/TC176(国际标准化组织质量管理 and 质量保证标准化技术委员会)制定的。ISO/TC207 是国际标准化组织关于环境管理标准化问题的技术委员会。ISO/TC176 和 ISO/TC207 在制定各自标准的过程中，都涉及到了职业健康安全问题，两个标准化技术委员会均有意涉足 OHSMS 标准化工作，但由于职业健康安全范围广且复杂，远远超出两个技术委员会的工作范围，因而在 ISO 9000 和 ISO 14000 系列标准中均没有包含职业健康安全的内容。在 ISO 9000 和 ISO 14000 系列标准颁布和成功实施后，世界范围内更为关注的是 OHSMS 标准化进程。

ISO 正式开展 OHSMS 标准化工作，是在 1995 年上半年，当时成立了由中、美、英、法、德、日、澳、加、瑞士、瑞典以及 ILO 和 WHO(世界卫生组织)代表组成的特别工作组，并于 1995 年 6 月 15 日召开了第一次特别工作组会议，但会上各方观点不一。ISO 遂于 1996 年 9 月召开了 OHSMS 标准化研讨会，来自 44 个国家及 IEC、ILO、WHO 等 6 个国际组织的共计 331 名代表与会，讨论是否将 OHSMS 纳入 ISO 的发展标准中，结果会上各方意见分歧较大。

ISO 根据此次会议的研讨结果，于 1997 年 1 月召开的 TMB(技术管理局)会议上做出决定，ISO 目前暂不在 OHSMS 领域开展工作。但 ISO 始终关注着 OHSMS 标准的需求，近几年几次提出开展制定此项标准的议题。

尽管 ISO 做出了当前暂不开展 OHSMS 标准制定工作的决定，但世界各国早就认识到 OHSMS 标准化是一种必然的发展趋势，并着手本国或本地区的 OHSMS 标准化工作。据不完全统计，世界上已有 40 余个国家或地区有相应的 OHSMS 标准，有 80 余个国家在实施

OHSMS。最具代表性、被广泛采纳或其内容被广泛引用的标准是“Occupational Health and Safety Assessment Series(OHSAS18000)”，它是由数十家国家标准化组织及认证机构共同参与制定的，1999年颁布了第一版标准，2007年颁布了修订的第二版标准。

OHSMS标准被企业广泛采纳，很多企业不断引进OHSMS。企业在初期考虑引进时，往往担心成本上的问题，但是实际引进以后，企业感到该系统能够极大地提高企业自身的功能，逐渐地被企业所接受和理解。另外，OHSMS是组织严密、切实可行的文件形式，它能够和很多国家对企业要求的法定检审系统(该系统是定期和评价企业的实施程序是否遵守国家及地方政府的法令、标准)相匹配。在各个企业竞争的条件下，采用OHSMS可以使企业处于有利的位置。

OHSMS认证在世界范围内发展也较快，据不完全统计世界范围内获得OHSMS认证证书的企业已达数万家，且年增长速度较快。

我国作为ISO的正式成员国，在OHSMS标准化问题刚提出之时就十分重视。1995年4月，我国政府派代表参加了ISO的特别工作组，并分别派人员参加了1995年6月15日和1996年1月19日ISO组织召开的两次特别工作组会议。

1996年3月8日，我国政府又成立了由有关部门组成的“OHSMS标准化协调小组”，并分别于1996年6月3日、6月13日、8月29日召开了规模不同的三次国内研讨会。1996年9月我国派代表团参加了ISO组织的OHSMS标准化国际研讨会。与此同时，我国政府还专门立项，对OHSMS标准化的国际发展趋势、基本原理及内容进行了研究。

1998年2月原劳动部主管领导做出批示，同意有关方面的建议，在国内发展OHSMS标准，并对企业进行试点实施。

1998年8月，原中国劳动保护科学技术学会提出了OHSMS试行标准，并应一些企业的要求进行了试点实施。

在我国，石油、天然气及石油化工行业也借鉴同行业的方法，在其领域内实施健康、安全与环境管理体系(HSE)。在我国交通行业，交通部要求国内各航运公司根据国际海事组织的《国际船舶安全运营和防止污染管理规则》(简称《国际安全管理规则》或ISM规则)，对其客船，500吨级以上的油船、化学品船、气体运输船、散货船和载货高速艇实施安全管理体系并取得认证。

1999年10月原国家经贸委颁布了OHSMS试行标准，并在国内试点实施。

2001年12月我国正式颁布了国家标准GB/T 28001—2001《职业健康安全管理体系规范》，使得我国OHSMS标准的实施工作全面、正规化地展开。

二、OHSMS标准的核心内容

OHSMS标准内容上包含着管理科学的系统化管理要求和安全科学运用系统工程方法实现事故控制的手段。

作为系统化管理，要求组织通过方针和目标明确其管理活动的目的和意图；为达到方针和目标的要求，组织要明确其组织结构、职责，进行活动策划，投入资源，建立过程、程序及惯例；在此基础上，采用策划—实施—检查—改进(PDCA)的运行模式开展管理活动。

系统安全工程方法是安全科学领域最新提出的实现事故控制的手段。系统安全工程方法强调通过危险源辨识确定系统中危险源对象及特性，通过风险评价确定对危险源所采取的控制措施的效果，基于风险评价的结果确定对危险源所采取的进一步的控制措施。

系统化管理和系统安全工程方法是OHSMS标准包含的两项核心内容。组织依据OHSMS

标准实施管理体系，就会实现系统、规范化的安全管理，进而有效地控制事故发生和持续改进职业健康安全绩效。

第二节 系统安全工程方法的产生和发展

一、事故致因理论与系统安全

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即事故致因因素有哪些。在此基础上，研究如何通过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继总结经验，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。

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11~13h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发生的一切危险。

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出现事故。从这种现象出发，后来法默(Farmer)等人提出了事故频发倾向概念，所谓事故频发倾向(Accident Proneness)，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。

其实，工业生产中的许多操作对操作者的素质都有一定的要求，或者说，人员有一定的职业适合性。当人员的素质不符合生产操作要求时，人在生产操作中就会发生失误或不安全行为，从而导致事故发生。危险性较高的、重要的操作，要求人的素质较高。事故频发倾向论把工业事故的原因归因于少数事故频发倾向者的观点是错误的，但从职业适合性的角度，关于事故频发倾向的认识也有一定可取之处。

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作“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：

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

这些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：

- 工程技术方面的改进；
- 对人员进行说服教育；
- 人员调整；
- 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：

- 安全的企业生产效率也高，不安全的企业生产效率也低；

- 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。

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的不安全行为、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 20 分钟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成是工人的不注意，应该同时注重机械的、物质的危险性质在事故致因中的重要地位。于是，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。

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。这些复杂巨系统往往由数以千、万计的元件、部件组成，元件、部件之间以非常复杂的关系相连接；在它们被研制和被利用的过程中常常涉及高能量。系统中微小的差错就可能引起大量的能量意外释放，导致灾难性的事故。“蝼蚁之穴”可毁千里长堤。这些复杂巨系统的安全性问题受到了人们的关注。

人们在开发研制、使用和维护这些复杂巨系统的过程中，逐渐萌发了系统安全的基本思想。作为现代事故预防理论和方法体系核心的系统安全(System Safety)概念产生于美国研制民兵式洲际导弹的过程中。

当时，负责该研究项目的美国空军官员们并没有认识到他们着手建造的导弹系统潜伏着巨大的危险性。在洲际导弹试验的头一年半里就发生了4次爆炸，造成了惨重的损失。在此以前，美国空军曾发生过许多飞行事故。一般地，空军官员们都把事故的原因归因于飞行员的操作失误。由于导弹上没有飞行员，爆炸安全是由导弹自身的问题造成的，不能再把导弹爆炸的责任推到飞行员身上。很明显，分析导弹爆炸原因应该追究导弹投入试验之前的构思、设计、建造和维护等方面的问题。空军官员的安全观念发生了巨大的变化。

系统安全是人们为预防复杂巨系统事故而开发、研究出来的安全理论、方法体系。所谓系统安全，是在系统寿命期间内应用系统安全工程和管理方法，辨识系统中的危险源，并采取控制措施使其危险性最小，从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度。

系统安全在许多方面发展了事故致因理论。按照系统安全的观点，系统中存在的危险源(Hazard)是导致事故发生的对象。系统中不可避免地会存在或出现某些种类的危险源，不可能彻底消除系统中所有的危险源。不同的危险源可能有不同的风险(Risk)。由于不能彻底地消除所有的危险源，也就不存在绝对的安全。所谓的安全，只不过是没超过可接受限度的风险。因此，系统安全的目标不是事故为零，而是最佳的安全程度。

系统安全理论认为，可能意外释放的能量是事故发生的根本原因，而对能量控制的失效是事故发生的直接原因。这涉及能量控制措施的可靠性问题。在系统安全研究中，不可靠被认为是 unsafe 的原因；可靠性工程是系统安全工程的基础之一。研究可靠性时，涉及物的因素时，使用故障或失效(Fault、Failure)这一术语；涉及人的因素时，使用人的不安全行为(Human Error)这一术语。这些术语的含义较以往人的不安全行为、物的不安全状态深刻得多。一般地，一起事故的发生是许多人的不安全行为和物的故障相互复杂关联、共同作用的结果，即许多事故致因因素复杂作用的结果。因此，在预防事故时必须先弄清事故致因因素相互关系的基础上采取恰当的措施，而不是相互孤立地控制各个因素。

系统安全注重整个系统寿命期间的事故预防，尤其强调在新系统的开发、设计阶段采取措施控制危险源。对于正在运行的系统，如工业生产系统，管理方面的疏忽和失误是事故的主要原因。约翰逊(W. G. Johnson)等人很早就注意了这个问题，创立了系统安全管理的管理疏忽与风险树(Management Oversight and Risk Tree, MORT)。近年来世界各国努力推行的现代职业健康安全管理体系(Occupational Health and Safety Management System, OHSMS)则集中地体现了系统安全的管理思想和方法。

二、系统安全工程方法具体内容

为了解决复杂系统的安全问题，人们做了许多工作，开发防止系统发生事故的方法。新方法被一个个地开发出来，新的概念逐渐产生，安全工程原有的概念和方法，正确的部分被保留和改进，并从其他领域吸收了许多有用的技术和方法，形成了系统安全的理论和方法体系。其中，系统安全工程方法是实现系统安全的手段。

系统安全工程(System Safety Engineering)方法运用科学和工程技术手段辨识、控制系统中的危险源，实现系统安全。系统安全工程方法包括系统危险源辨识、评价和控制。

1. 危险源辨识

危险源辨识(Hazard Identification)是识别、确定系统中危险源对象及其特性的工作。这是一项非常重要的工作，它是危险源控制的基础，只有辨识了危险源之后才能有的放矢地考虑如何采取措施控制危险源。

以前，人们主要根据以往的事故经验进行危险源辨识工作。例如，美国的海因里希(W. H. Heinrich)建议通过与操作者交谈或到现场检查，查阅以往的事故记录等方式识别危险源。在系统比较复杂的场合，危险源辨识工作会较困难，需要利用专门的方法，还需要许多知识和经验。

2. 危险源控制

危险源控制(Hazard Control)是利用工程技术(Engineering)、教育培训(Education)和管理手段(Enforcement)来控制危险源，即所谓事故控制的3E原则。

通过技术手段控制危险源的基本理论依据是能量意外释放论。从防止危险源能量意外释放导致事故而言，危险源控制技术包括防止事故发生的安全技术和避免或减少事故损失的安全技术。前者在于约束、限制系统中的能量，防止发生意外的能量释放；后者在于避免或减

轻意外释放的能量对人或物的作用。显然，在采取危险源控制措施时，我们应该着眼于前者，做到防患于未然。另一方面也应做好充分准备，一旦发生事故时防止事故扩大或引起其他事故，把事故造成的损失限制在尽可能小的范围内。

教育培训是通过提高人的意识、能力来控制人的不安全行为或失误。教育培训的重要性，首先在于它能够提高人员控制事故的责任感和自觉性。其次，安全技术知识的普及和安全技能的提高，能使人员掌握事故发生的客观规律，提高安全操作技术水平，进而有效控制事故。

管理也是危险源控制的重要手段。管理的基本功能是计划、组织、协调、控制。通过一系列有计划、有组织的系统安全管理活动，控制系统中物的因素和人的因素，以有效地控制危险源。

当危险源自身的特性表明，其可能导致的事故后果足够小时，可以不必考虑对危险源采取控制措施。

3. 危险源的风险评价

危险源的风险评价(RiskAssessment)是对危险源控制措施效果的评价。对危险源采取了控制措施后，通过对其实施风险评价，可以表明危险源控制措施的效果是否达到了预定的要求。如果采取控制措施后风险仍然很高，则需要进一步研究对策，采取更有效的措施使风险降低到预定的标准。

按一般意义上的理解，应该在危险源辨识的基础上进行危险源的风险评价，依据风险评价的结果确定危险源的控制措施。但实际工作中，这三方面的工作并非按

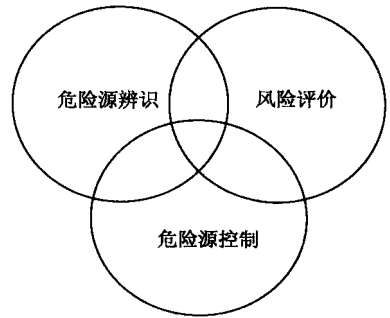


图 1.1 危险源辨识、控制和评价

这样的程序分阶段独立进行，而是相互交叉、相互重叠进行的，如图 1.1。

第三节 系统安全工程方法在 OHSMS 运用中的问题

我国引入系统安全工程方法是在 20 世纪 80 年代，但一直没有在企业得到广泛实施。近年来，随着 OHSMS 实施工作的推动，系统安全工程方法在企业开始逐步实施，但由于国内企业对系统安全工程方法基本原理的掌握和实践应用问题，系统安全工程方法实际应用的结果还存在着诸多问题，甚至束手无策的企业也很多。所以，要通过 OHSMS 实施进一步提高企业的职业健康安全管理水平，必须对系统安全工程方法在 OHSMS 实施过程中的应用进行深入研究，得出一整套适用于企业实际管理的系统安全工程方法体系。

系统安全工程方法发展至今已初步形成了自身的理论和方法体系，但它还是一门处于发展中的学科。特别是自系统安全工程方法问世以来，其更多地作为系统开发、设计阶段专家评定系统安全性的手段，以及专业机构运用其作为对特定企业实施安全评价的手段。将其作为企业自身的管理手段，则是随着近年来 OHSMS 在企业的广泛实施。但现有系统安全工程方法作为企业的管理手段，就显现出如下方面的不足：

(1) 过深的理论概念使企业现场管理、操作人员难以理解，需结合企业的生产过程和管理文化加以释析，使方法概念与企业实际的工业过程对象紧密结合。

(2) 方法对不同类型、规模企业缺少针对性，很多企业面对众多的方法感到束手无策。

(3) 对危险源特性分析及系统安全分析结果如何应用于企业的监控管理，缺少系统的理论指导和企业的应用实践。例如依据危险源重要度分析结果，如何实施对危险源的分级监控；依据系统安全分析结果，确定企业工艺设备从安全角度的预防性、修复性等维修方式。

(4) 对各种定量风险评价方法如何依据其量化的评价结果确定实际危险源控制措施的效果，缺少系统分析研究和解决方案。

上述问题必须在企业实施 OHSMS 过程中加以解决。只有解决系统安全工程方法作为管理手段的应用性问题，企业才能有效地实施 OHSMS，进而提高企业的职业健康安全水平。

第二章 相关术语和定义

在系统安全工程方法中有一些具有特定含义的术语和定义，理解掌握这些具有特定含义的术语和定义，是进一步掌握系统安全工程方法的前提条件。GB/T 28001—2009《职业健康安全管理体系要求》中涉及系统安全工程方法的术语有：事件(incident)、事故(accident)、危险源(hazard)、危险源辨识(hazard identification)、风险(risk)、可接受风险(acceptable risk)和风险评价(risk assessment)。在我国的安全生产管理领域，还有一些相应的与上述术语具有相关联含义的术语，诸如未遂事故、危险因素、有害因素、不安全因素、事故隐患、危险因素或不安全因素识别、隐患排查以及安全评价或危险评价。本章对上述术语一并做出分析阐述。

第一节 事件、事故、未遂事故

事件(incident)是发生或可能发生伤害或健康损害(illhealth)(无论严重程度)或死亡的工作相关的情况(摘自 GB/T 28001—2009)。

事故(accident)是指造成伤害、健康损害或死亡的事件(摘自 GB/T 28001—2009)。

事件是国际职业健康安全专业领域使用的一种术语表达。它本身包含着两种情况对象：一是人们在从事工作活动中不期待发生的造成伤害、健康损害或死亡的事情；二是有可能造成伤害、健康损害或死亡后果，但由于一些偶然因素，实际上没有造成伤害、健康损害或死亡的事情。例如，人员在地板上行走滑倒，会有两种情况出现：一是跌伤肢体；二是跌倒后无伤害。事故是指上述事件中的前一种情况。事件与事故之间的关系是事件包含事故，事故是事件中的一种情况。

我国的职业健康安全专业领域用事故和未遂事故来表述事件包含的两种情况。在国际上也有用“near-miss”、“near-hit”、“closecall”或“dangerous occurrence”表述未发生伤害、健康损害或死亡的事件。

美国的海因里希(W. H. Heinrich)对事件进行过较为深入的研究，他在调查了5000多起伤害事故后发现，在330起类似的事故中，300起事故没有造成伤害，29起引起轻微伤害，1起造成了严重伤害。即严重伤害、轻微伤害和没有伤害的事故件数之比为1:29:300，这就是著名的海因里希法则，如图2.1。而其中的300起无伤害事故，即为未遂事故。

海因里希法则反映了事故发生的频率与事故后果严重程度之间的一般规律，且说明事故发生后其后果的严重程度具有随机性质或者说其后果的严重度取决于机会因素。因此，一旦发生事故，控制事故后果的严重程度是一件非常困难的工作。为了防止严重伤害的发生，应该全力以赴地防止未遂事故的发生。

某工人在地板上滑倒，跌坏膝盖骨，造成重伤。调查表明，该工人经常弄湿地板而不擦

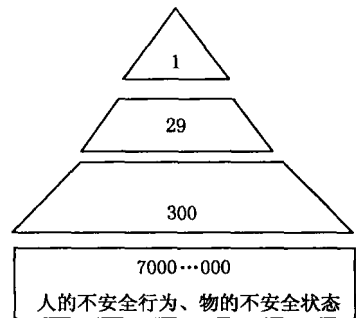


图 2.1 海因里希法则示意图