



安全生产风险 管理

● 孙华山 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心



安全生产风险管理

● 孙华山 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

安全生产风险管理/孙华山编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3

ISBN 7-5025-8432-3

I. 安… II. 孙… III. 安全生产-风险管理 IV. X93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 025037 号

安全生产风险管理

孙华山 编著

责任编辑: 杜进祥 郭乃铎 周永红

责任校对: 战河红

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<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

三河市万龙印装有限公司装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 15¼ 字数 274 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8432-3

定 价: 38.00 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

前 言

在现代企业生产中，一个企业如何充分整合、利用所具有的资源，减少和控制生产中的危害、降低生产事故风险，已成为企业发展中必须解决的问题。安全生产风险管理是针对企业生产中的事故风险，通过安全生产计划、组织、指挥、协调和控制等，减少事故发生及其损失、实现保护企业员工安全与健康的过程。企业应该根据危险有害因素分析和风险评价的结果，建立可接受安全生产风险指标，按照安全生产投入-产出原则，采取事故预防、危机预警与风险干预、危险控制、应急管理等技术措施和管理措施，降低安全生产风险。

本书汇集了作者多年从事企业安全生产管理和安全生产监督管理的经验，提出了系统的安全生产风险管理模式、方法、内容和过程。全书共分为五章：第一章介绍了安全生产风险管理的概念、方法和过程；第二章论述了危险有害因素分析，给出了危险有害因素分析的内容和方法，说明了危险有害因素分析在安全生产风险管理中的作用；第三章论述了风险评价，给出了适应安全生产风险管理的评价方法以及各种方法的适应条件；第四章论述了危机预警与风险干预，提出了宏观危机预警、微观危机预警的概念，说明了危机预警的方法，论述了危机预警的过程和内容，给出了风险干预的对策措施；第五章论述了应急管理，介绍了国外在应急救援法律法规体系建设、应急救援体制和事故管理机制方面的情况，论述了城市重大事故应急预案的结构体系以及基本应急预案、功能应急预案、专项应急预案、标准操作程序和支持保障附件的内容。

本书的出版得到了中国安全生产科学研究院刘铁民研究员、张兴凯教授和国家安全生产监督管理总局尚文启高级工程师的热情帮助，书中引用了一些前人的成果和法律法规、标准等，在此向为本书出版提供过帮助的人们表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，真诚地欢迎同行专家和广大读者批评指正。

孙华山

2006年1月于北京

目 录

第一章 概述	1
第一节 经济全球化与安全生产	1
第二节 安全生产风险	2
一、危险	3
二、风险	4
三、安全生产风险	5
第三节 管理与安全生产风险管理	11
一、安全生产风险管理	11
二、安全生产风险管理要素	14
三、安全生产风险管理过程及其内容	18
第二章 危险有害因素分析	28
第一节 危险有害因素的概念	28
一、危险有害因素	28
二、事故	30
三、事故隐患	33
第二节 危险有害因素及其分类	34
一、危险有害因素产生原因	34
二、危险有害因素的分类	36
三、危险有害因素的分级	40
第三节 危险有害因素分析方法与过程	48
一、危险有害因素分析原则	48
二、危险有害因素分析内容	50
三、危险有害因素分析过程	53
第四节 重大危险源辨识	60
一、重大危险源的概念	61

二、重大危险源的分类	62
第五节 危险有害因素分析实例	69
一、某铅锌矿山危险有害因素分析	69
二、某水利枢纽工程危险有害因素分析	77
第三章 风险评价	89
第一节 风险评价程序	89
第二节 常用风险评价方法分析	93
一、常用风险评价方法分类	93
二、风险分级	101
第三节 个人风险	107
一、个人风险计算模型	107
二、事故发生概率分析	109
三、事故后果计算	120
第四节 企业安全生产风险分级	127
一、企业安全生产风险分级的对象	127
二、企业安全生产风险分级要素分析	129
三、企业安全生产风险分级模型	132
四、企业安全生产风险分级指数分析	133
第四章 危机预警与风险干预	139
第一节 危机预警与风险干预基础知识	139
一、危机预警与风险干预的概念	139
二、安全生产危机预警的指导思想	140
三、危机预警管理功能	141
四、危机预警分类	143
第二节 危机预警管理内容	143
一、建筑企业灾害预警管理内容	143
二、水运交通灾害预警管理内容	146
三、安全生产危机预警管理内容	146
第三节 危机预警管理过程	155
一、预警方法时序	156
二、危机预警模型	156
三、危机预警工作程序	158

第四节 生产事故预警管理监测指标体系	160
一、生产事故预警管理监测指标	160
二、企业安全生产危机预警指标	162
第五节 风险干预措施	169
一、安全管理措施	169
二、安全技术措施	173
第五章 应急管理	178
第一节 应急法律法规建设	178
一、美国应急法律法规	179
二、日本应急法律法规	179
第二节 应急救援组织体制	181
一、高度集中管理	181
二、相对集中管理	184
第三节 应急机制	189
一、系统化管理、注重预防的机制	189
二、政府应急管理核心是事前预警的机制	192
第四节 事故管理系统	202
一、事故管理系统概述	203
二、事故管理系统原则	203
三、事故管理系统组成	204
第五节 重大事故应急预案的组成与内容	210
一、重大事故应急预案的概念	211
二、重大事故应急预案的分类	213
三、基本应急预案	214
四、应急功能预案	217
五、专项应急预案	221
六、标准操作程序	222
七、支持保障附件	225
第六节 重大事故应急预案编制	229
一、编制重大事故应急预案的依据	230
二、重大事故应急预案编制程序	232
参考文献	244

第一章 概 述

在经济全球化背景下，一个企业如何充分整合、利用所具有的资源，减少和控制生产中的危害、降低生产事故风险，已成为企业发展中必须解决的问题。安全生产风险管理是针对生产过程中的事故风险，通过安全生产计划、组织、指挥、协调和控制等，减少事故发生及其损失、实现保护企业员工安全与健康的过程。在生产过程中，应该根据危险有害因素分析和风险评价的结果，建立可接受安全生产风险指标，按照安全生产投入-产出原则，采取事故预防、危机预警与风险干预和应急管理等技术与管理手段，降低安全生产风险。

第一节 经济全球化与安全生产

2001年12月，中国成为世界贸易组织（WTO）的正式成员。中国加入世界贸易组织，标志着中国对外开放进入了一个新阶段，中国企业将以世界贸易组织成员的身份进入国际市场，同时也承担着由于国外企业进入带来的巨大压力。在经济全球化的大背景下，企业产品对用户的安全可靠、企业生产经营活动避免对周围居民生活产生不良影响、企业生产经营过程对员工能够确保安全与健康，是企业在激烈市场竞争中发展壮大的保证，也是企业综合竞争能力的象征。

在经济全球化浪潮中，任何一个企业都不可能将自己封闭在一个孤立的局部区域。企业的生产过程是否安全，是否时刻能够确保员工的安全与健康，对周围居民的健康是否造成了伤害，生产过程是否造成环境污染或环境破坏，不仅是企业员工、周围居民以及政府安全、卫生、环境保护监督管理部门人员等直接相关人员关注的问题，也是全社会关注的问题。由于人们安全、卫生、环境保护意识的不断增强，在购买企业产品时，已经不再仅仅只关心产品质量，还十分关注企业对社会的责任。在信息化的社会中，一个不遵守国家安全、卫

生、环境保护法律法规、生产事故频发、污染严重的企业，不仅国家的法律法规所不容，而且会很快被用户所抛弃。

中国作为世界贸易组织成员之一，必须尽快融入经济全球化浪潮中，中国企业面临生存与发展的抉择，挑战与机遇并存。在现代的企业生产中，产品结构日趋复杂，生产经营方式走向专业化、社会化大协作，企业间形成了互为供方的“关系链”。尽可能减少协作过程中的风险和责任纠纷，提高社会化“关系链”的信任度和安全度，是保证经营方式向深度、广度健康发展的关键。一个企业发生了生产事故，对生产过程造成影响的不仅是发生事故的企业本身，而是“关系链”上的几乎所有企业都受到不同程度的影响。因此，在“关系链”上生产经营的企业，实际上已经形成了针对安全生产相互信任、相互担保的关系。一个生产安全没有保障的企业，将被逐出“关系链”，被市场淘汰。

随着人们生活水平的提高，人们对自身的安全与健康有了更高的要求。人们的劳动，已经不再只是获取基本生活物质，而且要在劳动中获得乐趣，生产中的安全与健康成为最基本的要求。一个没有安全保障的企业，将失去对员工的凝聚力，生产效率下降，劳动成本增加，使企业失去竞争力。

因此，一个能够在全球化经济浪潮中可持续发展的企业，必须是一个能够确保生产过程安全、能够确保员工安全与健康的企业。这就要求现代企业充分整合和利用所具有的资源，采用先进的安全管理模式，建立和保持适合企业自身特点的安全管理体系，减少和控制生产经营活动中的危害，降低生产经营过程的事故风险。

第二节 安全生产风险

生产是具有一定劳动关系的人们，为了一定的目标，利用生产工具和生产手段，改变劳动对象，以满足人类社会需求的行为。人类通过生产创造财富，同时生产过程中存在着各种危险有害因素，由于管理、技术和认识等方面的原因，稍有不慎就可能引起事故的发生，造成人员伤亡、健康损害或财产损失。生产过程是人们组织物质和能量按照人们的意志有序流动的过程，如果物质或能量没有按照人们预定的方式和途径流动，就产生了危险，使安全生产风险提高，就可能发生事故。在生产过程中物质和能量是客观存在的，危险也是客观存在的。

一、危险

安全与危险是相对的概念，它们是人们对生产、生活中是否可能遭受健康损害和人身伤亡的综合认识。按照安全系统工程的认识论，无论是安全还是危险都是相对的。

（一）安全

顾名思义，安全为“无危则安，无缺则全”，安全意味着不危险，这是人们传统的认识。按照安全系统工程观点，在生产过程中的安全是指生产系统中人员免遭不可承受风险的伤害。安全是相对的，是人们对事物的具体认识。因此，人们通常所说的“安全场所”，并不能保证这种场所绝对不发生事故，只是发生事故的可能性很小，以至于认为不会发生超过人们所能承受风险的伤害。

在生产过程中，不发生人员伤亡、职业病或设备、设施损害或环境危害的条件，是指安全条件。不因人、机、环境的相互作用而导致系统失效、人员伤亡或其他损失，是指安全状况。在生产过程中，所谓的“安全场所”是指该场所满足安全生产法律法规的要求，存在的危险货物得到了较好的管理，在场所内的各项工作有序地进行，在目前的经济条件和科学技术水平下，人们认为是安全的。

由于人们所关注生产系统的安全角度不同，表示生产系统安全程度的参数也不一样。如用系统稳定性表示系统受到各种因素的影响一直保持在良好状态，用系统可靠性表示系统是否容易不正常工作。

（二）危险^[3]

危险是安全的反义词。根据安全系統工程的观点，危险是指系统中存在导致发生不期望后果的可能性超过了人们的承受程度。在生产过程中人们所谓的“高处作业危险”，是说在高处作业的人员存在发生高处坠落的可能性，一旦发生高处坠落，会造成人身伤亡，产生的这种后果是人们不期望的，且这种后果的可能性和（或）严重程度超过了人们所能承受的水平。从危险的概念可以看出，危险是人们对事物的具体认识，必须指明具体对象。如危险环境、危险条件、危险状态、危险物质、危险场所、危险人员、危险因素等。

（三）危险与安全的关系

危险与安全是相对的。在生产过程中，它们是人们从是否可能遭受伤害、职业病、健康损害、财产损失、环境破坏和其他损失的角度，对生产环境以及设备（设施）、场所、人员、物料的认识。例如，按照《高处作业分级》（GB/T 3608—93）的规定，凡在坠落高度基准面 2m 以上（含 2m）有可能坠落的

高处进行的作业称为高处作业。生产人员在不属于高处作业的场所作业时，没有要求相应的安全防护设施和安全防护设备，是因为非高处作业时，发生坠落的可能性较小，并且一旦坠落造成的伤害也较轻，在目前我国的经济条件和安全技术水平下，是可以接受的。而生产人员在高处作业时，要求相应的安全防护设施或安全防护设备，以防止发生高处坠落事故，是因为在目前我国经济条件、安全技术水平和人的能力下，发生坠落事故可能性较大，并且一旦发生事故，后果比较严重，这是人们不能接受的。同样是人员在距离地面一定高度的作业，安全生产要求却不一样，这说明了危险与安全的相对性。

在生产过程中，如果将人们从是否可能遭受伤害、职业病、健康损害、财产损失、环境破坏和其他损失的角度对生产环境以及设备（设施）、场所、人员、物料的认识作为一个集合 R ，则集合 R 由安全集合 S 和危险集合 D 组成，关系满足：

$$R = S + D \quad (1.1)$$

安全是人类生存和发展永恒的主题。在生产、生活过程中，危险是不可避免的，存在于人们生产、生活的过程中，随着生产力的不断发展，人们在不断地发现新的危险，采取安全技术和安全管理措施，开展安全教育、形成以人为本的安全氛围，降低风险。

在一定的生产力水平下，由于人们认识的局限和科技水平的制约，人们只能认识一定的危险，同时也只能对已经认识、并认为应该控制且可以控制的危险进行管理。在生产过程中，当人们发现了生产中的危险状态时，就会采取各种技术措施和管理措施，尽量改变危险状态，避免事故发生、减少事故损失，使其达到人们认识的安全状态。然而，由于生产设备（设施）、工艺、环境的改变，人类安全生产科学技术水平的提高和人们对安全与健康要求的提高，人们又发现了新的危险，同时生产过程也可能出现新的危险状态，这时人们必须进行新的科学研究，探索新的安全技术措施和安全管理措施，以达到改变新的危险状态为安全状态。在新的认识 and 生产力水平下，人们又将采取新的安全技术措施和安全管理措施对已经发现并能够控制的危险进行管理，以达到人们所希望的安全状态。这是一个发展的过程，因此，“危险—安全—危险—安全”是按照图 1.1 所示的方式随着人类的进步不断向前发展的，人类总是在所认识的范围内，按照生产力水平，不断改进自身的安全状态。

二、风险

在字典中，对“风险”一词的解释是：生命与财产损失或损伤的可能性。在安全生产管理中，风险总是与生产事故联系在一起。因此由于人们对生

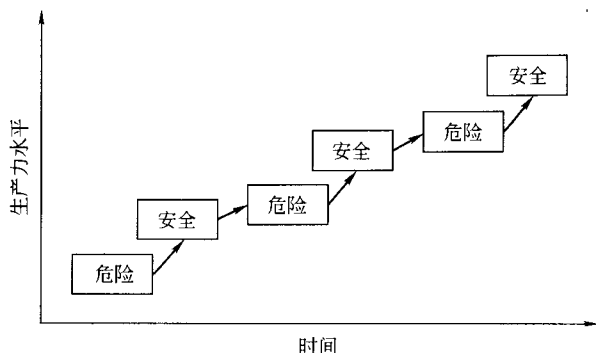


图 1.1 危险与安全的关系

产、生活环境和条件认识角度的不同，也给出了一些不同的定义。

在文献 [2] 中，将风险解释为，风险是危险、危害事件发生的可能性与危险、危害事件严重程度的综合度量。也有的作者认为，风险是用事故可能性与损失或损伤的幅度来表达的经济损失与人员伤害的度量。这些定义都是从生产过程中事故发生的角度给出的，它描述了生产过程中发生事故的可能性和严重程度，用以表明三个方面的情况：

① 生产过程中发生事故的概率，即事故概率风险。它是用来预测生产过程中某部件、设备（设施）、工艺、场所等可能发生什么事故及其发生事故的可能性有多大。

② 生产过程中发生事故可能造成安全与健康损害、财产损失的程度，即事故后果。它表明了在生产过程中某部件、设备（设施）、工艺、场所等可能发生什么事故，且一旦事故发生，会造成什么样的生命安全与健康损害、财产损失，以及损害和损失的程度如何。

③ 生产过程中发生事故的概率与事故后果，或生产事故发生的可能性与严重程度，即生产系统的事故风险。该风险可用下式表示：

$$R = f(F, C) \quad (1.2)$$

式中 R ——生产系统事故风险；

F ——生产系统发生事故的可能性；

C ——生产系统发生事故的严重程度。

三、安全生产风险

（一）安全生产风险的概念

安全生产风险是指在未来的时间内，人们为了确保安全生产可能付出的代价。它表示，人们投入的安全生产资金、人力、物力、安全技术措施和安全管

理措施等安全生产投入可能获得的安全生产回报，或者没有适当的安全生产投入可能产生的人身伤害、财产损失、环境破坏等代价。

安全生产风险可以用安全生产风险率表示。安全生产风险率由在人们认识水平和生产力水平下，安全生产投入产生的实际风险与期望目标风险值之比给出：

$$\beta = \frac{R_f}{R_0} \quad (1.3)$$

式中 β ——安全生产风险率；

R_f ——生产过程中可能的实际风险；

R_0 ——希望的生产过程中的风险，即生产过程期望目标风险。

在生产中，安全生产风险率 β 越高，说明安全生产风险越大。如一个企业为了确保安全生产，需要一定的安全生产投入，包括资金投入、增加安全技术措施和安全管理措施、采用先进的安全生产工艺和安全管理手段、进行员工培训以提高员工安全能力和安全意识等；企业按照安全生产投入和企业自身的生产力水平确定了期望目标风险 R_0 ，该期望目标风险可以是一年内的员工伤亡人数、经济损失、伤亡误工工作日、企业的可接受个人风险或企业的可接受社会风险等；企业可以采用安全系统工程方法，通过生产过程的危险有害因素分析和风险评价，给出生产过程中可能的实际风险 R_f ，该可能的实际风险可以是风险评价获得的一年内的员工伤亡人数、经济损失、伤亡误工工作日、企业的个人风险或企业的社会风险等。如果安全生产风险率 $\beta > 1$ ，即生产过程中的可能实际风险大于期望目标风险，表明企业生产过程中的可能实际风险超过了期望的目标风险，企业由于过高的风险而遭受超过计划的人员伤害或财产损失。因此，为了使企业的人员伤害与财产损失不超过计划目标，必须继续增加安全生产投入。

（二）安全生产风险分类

从范围而言，安全生产风险可以分为四类，即微观安全生产风险、系统安全生产风险、企业安全生产风险和宏观安全生产风险。微观安全生产风险是指某一元件、设备、设施具有的安全生产风险。系统安全生产风险是指一个生产系统或一个建设项目所具有的安全生产风险。企业安全生产风险是指整个企业具有的安全生产风险。宏观安全生产风险是指一个地区、一个区域、一个行业或一个国家的安全生产风险。

从人们的意识是否能够直接感觉的角度，可以分为无意识和有意识安全生产风险。无意识安全生产风险是不明显的，用检测手段不容易检测到的风险。

对于无意识的安全生产风险，人们可以很自然地产生错误的安全感觉。有意识安全生产风险是人们的直接感觉能够感觉到的，可以通过检测手段检测出的风险，这类风险可以给处于危险中的人们一些警报或采取缓解、减轻危险行动的手段。如在火灾事故中烧伤的风险是可以温度的高低表示的，而火灾温度的高低是人们直接感觉能够感觉到的，是用测温计能够测量的，因此属于有意识的安全生产风险。当然随着人们认识水平的提高和科学技术的进步，有些无意识的安全生产风险可以被人们感觉或检测，成为有意识的安全生产风险。

(三) 安全生产风险判别指标

在生产过程中，建立科学、可以对比的安全生产风险判别指标是十分重要的。只有建立了安全生产风险判别指标或判别的目标值，才能衡量安全生产系统风险的大小和风险的可接受标准。无论是定性、还是定量的安全生产风险判别指标，若没有可比性，安全生产管理人员将无法判定生产过程危险的高低以及是否达到了可接受的程度，也无法判断改善到什么程度生产过程才达到了期望的安全水平，这将使安全生产风险管理无法进行或失去意义。

常用的安全生产风险判别指标有事故次数、伤害人数、伤害概率、财产损失、个人风险、社会风险等。

1. 死亡率

企业生产过程中的人员死亡率是判断企业安全生产风险的重要指标。死亡率越高，说明企业生产过程的安全生产风险越大。如在 20 世纪，欧洲钢铁业不断增加安全生产投入，企业员工的安全意识和安全能力不断提升，企业安全管理水平不断提高，设备科技水平不断提升，因此生产过程中的生产安全风险逐年下降。表 1.1 为 1960~1972 年的 13 年期间，生产事故死亡率情况，图 1.2

表 1.1 1960~1972 年间欧洲钢铁业的死亡率

年 份	死亡率/[人/(百万人·a)]	每例死亡的日历年数/a
1960	401	24.0
1961	336	28.6
1962	409	22.5
1963	319	29.7
1964	323	28.7
1965	363	24.5
1966	260	32.4
1967	251	30.9
1968	325	24.4
1969	321	26.7
1970	307	28.6
1971	269	34.1
1972	221	41.2
平均	316	29.0

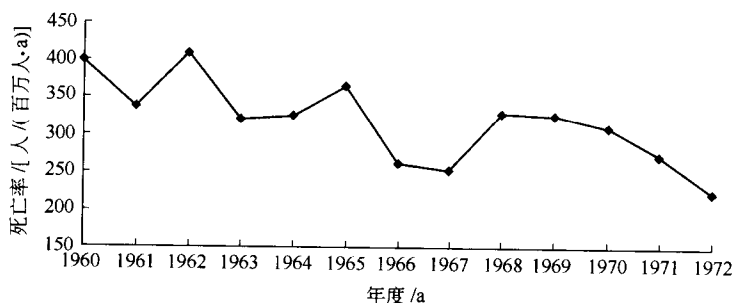


图 1.2 1960~1972 年的欧洲钢铁业事故死亡率

为事故死亡率的变化趋势。可以看出随着安全生产投入的不断增加和安全生产管理水平的不断提高,生产过程中的死亡率不断下降。通过 13 年的努力,欧洲钢铁业的死亡率从 401 人/(百万人·a) 下降到 221 人/(百万人·a), 平均每年下降 13.8 人/(百万人·a), 并且呈逐年下降的趋势。

2. 个人风险

个人风险定义为,在某一特定位置长期生活的未采取任何防护措施的人员遭受特定危害的概率。通常特定危害可以是死亡或某个特定的危险伤害水平。个人风险常用图 1.3 所示的风险等值线表示,其风险值的大小与到危险有害因素或危险源的距离有关,风险等值线以内的区域表示在该区域内的个人面临的危险等于或大于此风险值。

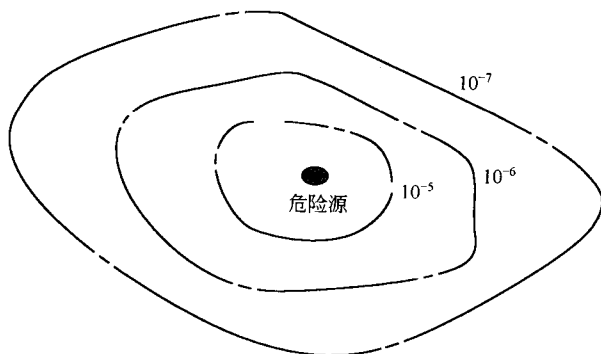


图 1.3 事故风险等值线

在生产过程中,为了表征某行业、某类生产场所或生产环境所具有的个人风险,提出安全生产个人风险的概念。安全生产个人风险是在一定时间间隔内、某一类特定行业、场所、环境或作业长期从事某类生产活动而没有特意施加保护的人员遭受特定伤害的概率。一定时间间隔一般为一年。特定的伤害可以是死亡、重伤、轻伤、中毒或某种伤害(危害)形式。这样安全生产个人风

险的单位为：人次死亡/(人·a)。1960~1972年的13年时间内欧洲不同行业伤害死亡和安全生产个人风险情况如表1.2所示。

表 1.2 1960~1972 年间欧洲不同行业安全生产个人风险

行 业		死亡人数/人	安全生产个人风险/[人次死亡/(人·a)]
钢铁工业	轧钢	170	2.02×10^{-4}
	炼焦	12	2.57×10^{-4}
	辅助设备	339	2.79×10^{-4}
	钢厂	189	5.58×10^{-4}
	高炉	101	5.60×10^{-4}
	平均	811(合计)	3.09×10^{-4}
商业		700	0.72×10^{-4}
制造业		1400	0.93×10^{-4}
服务业		500	1.21×10^{-4}
运输业		1100	3.78×10^{-4}
建筑业		1500	7.36×10^{-4}

由于行业、人们在安全生产方面的投入、危险因素的性质等不同，个人风险有较大变化，表1.3为美国根据1969年的人口数据计算的各种原因造成的急性死亡的个人风险。汽车造成的个人风险最大，达到 3×10^{-4} 人次死亡/(人·a)；100座核反应堆的个人风险最小为 3×10^{-9} 人次死亡/(人·a)。最大个人风险与最小个人风险相差5个数量级。各类事故的个人风险总计为 6×10^{-4} 人次死亡/(人·a)。从各种因素造成的个人风险来看，汽车和各类事故产生的个人风险较高，在 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ 人次死亡/(人·a)之间；火灾及烧伤、溺水、跌落、中毒、火器、机械类、其他类的个人风险在 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ 人次死亡/(人·a)之间；洪水、飞机旅行、坠落物、触电、铁路的个人风险为 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ 人次死亡/(人·a)之间；雷击、龙卷风、热带低气压和核反应堆的个人风险都在 10^{-6} 人次死亡/(人·a)以下。

3. 失能伤害频率与失能伤害严重率

失能伤害频率或失能伤害严重率表示某行业或某作业与其他行业相比具有的安全生产风险。失能伤害频率用下式给出：

$$\varphi_h = \frac{N_h}{M} \quad (1.4)$$

式中 φ_h ——某行业或某作业的失能伤害频率，次/h；

N_h ——某行业或某作业的失能伤害次数，次；

M ——某行业或某种作业的总经历工作时数，h。

表 1.3 1969 年美国各种原因造成急性死亡的个人风险

原因类别	死亡人数/人	个人风险/[人次死亡/(人·a)] ^①
汽车	55791	3×10^{-4}
跌落	17827	9×10^{-5}
火灾及烧伤	7451	4×10^{-5}
溺水	6181	3×10^{-5}
中毒	4516	2×10^{-5}
火器	2309	1×10^{-5}
机械类(1968 年)	2045	1×10^{-5}
洪水	1743	9×10^{-6}
飞机旅行	1778	9×10^{-6}
坠落物	1271	6×10^{-6}
触电	1148	6×10^{-6}
铁路	884	4×10^{-6}
雷击	160	5×10^{-7}
龙卷风	91 ^②	4×10^{-7}
热带低气压	93 ^③	4×10^{-7}
其他	8695	4×10^{-5}
核反应堆事故		4×10^{-9}
事故总计		6×10^{-4}

① 除去标注的以外，根据美国 1969 年的人口计算。

② 1953~1971 年的平均值。

③ 1901~1972 年的平均值。

失能伤害严重率为：

$$\varphi_g = \frac{M_g}{M} \quad (1.5)$$

式中 φ_g ——某行业或某作业的失能伤害严重率，d/h；

M_g ——某行业或某作业的总损失工作日数，d。

文献 [3] 介绍了 20 世纪 80 年代我国台湾省 35 个行业的失能伤害频率及其严重率，如表 1.4 所示。

从表 1.4 可以看出，在 20 世纪 80 年代，我国台湾以矿产业的失能伤害频率最高，其次依次为非铁金属制造业、林业及伐木业、拆船解体业、玻璃及玻璃制品制造业、其他非金属矿物制品制造业、纸及纸制品制造业、运输及仓储业、工业化学制品制造业、石油天然气及其他矿业等。