



职业健康 风险评估与实践

ZHIYE JIANKANG
FENGXIAN PINGGU YU SHIJIAN

王忠旭 李 涛 / 主编

RISK

中国环境出版社

职业健康风险评估与实践

王忠旭 李 涛 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

职业健康风险评估与实践/王忠旭, 李涛主编. —北京: 中国环境出版社, 2016.12

ISBN 978-7-5111-3020-4

I. ①职… II. ①王…②李… III. ①职业病—风险评价 IV. ①R135

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 312909 号

出 版 人 王新程
策划编辑 徐于红
责任编辑 赵 艳
责任校对 尹 芳
封面设计 岳 帅

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 编辑管理部
010-67121726 生态分社
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 12 月第 1 版
印 次 2016 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 30.5
字 数 720 千字
定 价 88.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

本书编委会

主 编：王忠旭 李 涛

副主编：刘移民 杨乐华 张美辨 李 斌 邵 华 朱晓俊

主 审：杨 磊

编 委：（按姓氏笔画排序）

王 丹 王会宁 王建宇 冯 斌 孙成勋 孙彦彦

曲 颖 吴永会 宋文青 张 放 张 意 张 键

张晋蔚 张雪艳 李 刚 李艳华 杨 磊 肖 培

肖经纬 苏艺伟 邹文英 陈 宵 陈 涛 陈卫红

周 浩 周莉芳 郑 敏 鱼 涛 唐侍豪 贾 宁

顾永恩 高仁君 黄德寅 章轶哲 彭仁和 温亚男

缪 庆 蔡练功

序

风险评估在职业卫生领域的研究和实践工作中具有极其重要的地位,通过风险评估,能够明确职业活动中存在或产生的职业病危害因素及其健康危害、接触方式、接触程度、剂量反应关系,提供危害的预防控制等重要信息。近年来,随着认知水平的提高,职业健康风险评估日益得到重视。2011年修订的《中华人民共和国职业病防治法》首次要求国务院卫生行政部门应当组织开展重点职业病监测和专项调查,对职业健康风险进行评估,为制定职业卫生标准和职业病防治政策提供科学依据。目前,我国对职业健康风险评估的理论和方法研究较多,应用也较为广泛,如重点职业病监测和职业健康风险评估、工作场所所有害因素职业接触限值研制、职业病危害评价以及工作场所职业病危害的风险管理等,但尚缺乏对职业健康风险评估理论和方法的系统性论著。《职业健康风险评估与实践》概述了职业健康风险评估的基本理论,分类总结了国内外一些行业中常用的风险评估方法,并列举了有关方法在典型行业的应用实例。全书涵盖了职业健康风险评估的形成与发展过程、危害识别与评估、风险表征、风险评估的常用方法、基于职业病监测与报告的风险评估、风险管理及风险评估方法等,具有较高的学术和实用价值,值得职业卫生工作和研究人员借鉴。

“工欲善其事,必先利其器”,本书作为职业健康风险评估的实用工具,有助于职业卫生专业人员在工作实践中借鉴,能指导职业健康风险评估科学、规范开展,避免因错误使用方法而产生风险偏差,提高工作效率,进而使资源得到优化和有效配置,这些都很好地体现了本书的社会效益和经济效益。

本书具有以下几点特点:

一、内容务实,阐述详细

作者从职业健康风险评估的发生发展写起,明确了职业健康风险评估的目的和意义,有助于职业卫生工作者和职业卫生服务受众深刻认识职业健康风险评估的必要性。同时,通过系统性地阐述风险识别、风险评估和风险管控的整

个流程,使读者对职业健康风险评估的立体架构有所了解。最后,列举了我国典型行业所应用的职业健康风险评估案例,以供参考借鉴。

二、深入浅出,选材广泛

书中所列职业健康风险评估方法包括国内外常用的评估方法,涵盖定性、半定量和定量方法,这些方法经过实践的检验和甄别,较为客观和科学,同时又能够体现本学科的前沿和发展水平;本书对方法的阐释语言平实严谨,即便是初学者,也能够很好地理解其内容和精髓。

三、案例精炼,参考意义大

书中所举案例涵盖范围广、行业种类丰富,从粉尘、化学毒物、物理因素到职业生理和心理因素,包括采矿、汽车制造、火力发电、钢铁、碳素、海上石油平台、硬质合金、煤焦沥青等行业,案例所用的方法叙述明确,可操作性强,体现了作者丰富的职业卫生工作经验。

四、兼具“教材”与“工具书”的功能

本书针对职业健康风险评估这一问题,展开了系统论述,职业卫生专业领域的学生通过阅读本书能够更好地掌握职业健康风险评估领域的主要理论知识脉络;对于职业卫生专业的工作人员,运用本书的内容有助于针对不同的职业危害,选择适当的方法进行健康风险评估。因此,本书既可作为入门“教材”,也可作为工作的“工具”。希望本书的出版,能够推动我国的职业健康风险评估工作,提高用人单位职业病防治管理水平,促进企业的健康和谐发展。

本书倾注了作者们的心血和经验,体现了职业卫生工作人员的责任和忘我精神。但是,由于时间仓促,本书在编写过程中可能还有不足,敬请批评指正。



2016年8月29日

前 言

随着《中华人民共和国职业病防治法》的实施,职业健康问题愈加引起社会各界的广泛关注。健康与风险密不可分,风险无处不在、无时不有,在职业危害识别、风险评估与控制以及健康促进等职业卫生活动中,职业健康风险评估已成为政府、服务机构、用人单位等重点讨论和广泛关注的话题。20世纪80年代,美国国家研究委员会首次提出风险评估与风险管理理论框架,自此,风险评估技术和方法得到了国际社会的广泛应用,欧美等国先后建立了一系列相关标准和规范,许多国家为预防和控制工作场所职业健康风险,提出并建立了针对本国工作场所的职业健康风险评估规范和方法。我国目前尚未建立相应的系统模式和规范性文件,但在工作场所职业危害管理等方面,曾提出了粉尘、毒物、噪声、高温等职业危害接触的作业分级标准,对我国预防和控制工作场所职业健康风险发挥了重要作用。近年来,由于职业健康风险评估理论和技术的快速发展,我国的这些分级方法并未得到当今社会的普遍认可和应用。鉴于这种情况,我们依据《职业病防治法》及其相关法规、标准和规范,应用和参考国内外职业健康风险相关著作、规范性技术文件、论文和研究成果,在总结已有工作经验的基础上,从危害识别、接触评估、剂量反应关系、风险表征、风险管理与风险交流等方面,系统地介绍了职业健康风险评估与风险管理的基本概念和理论框架、常用评估技术与方法及其应用实践、基于职业病监测与报告资料的职业健康风险评估、风险评估在职业接触限值制定中的应用等内容。本书力求概念清晰、内容全面、技术严谨、语言通顺、简明扼要,为政府卫生

行政部门、用人单位、技术服务机构等相关机构和人员开展职业健康风险评估与管理，以及科学技术人员开展职业接触限值研究工作提供参考。

本书编制过程得到了杨磊老师，以及刘移民、杨乐华、张美辨、李斌、邵华、朱晓俊、陈卫红、吴永会、李刚、黄德寅等诸多专家和同仁的大力支持和帮助，他们提供了宝贵资料和意见，在此致以最诚挚的感谢。

鉴于时间仓促，经验和水平有限，本书难免存在缺点和不足，望各位同行及广大读者批评、指正。



2016年8月

目 录

第一章 概 论	1
1.1 风险评估的历史背景与目的	1
1.2 风险评估与风险管理的基本概念	4
1.3 风险评估与管理模型	7
参考文献	9
第二章 健康危害识别	10
2.1 职业危害因素与职业危害	10
2.2 危害识别的毒理学基础	27
2.3 危害识别的流行病学	38
2.4 职业危害识别技术与方法	50
参考文献	62
第三章 职业接触与接触评估	63
3.1 概述	63
3.2 接触评估相关概念	65
3.3 职业接触模式	68
3.4 职业接触限值及其应用	68
3.5 接触监测与评估	80
3.6 接触建模	121
3.7 危害作业分级	124
3.8 不确定性	142
参考文献	146
第四章 风险评估与表征	148
4.1 概述	148
4.2 剂量-反应评定与建模	149
4.3 可接受风险	166
4.4 定性风险评估	170
4.5 定量风险评估	172

4.6 风险表征	195
参考文献	202
第五章 风险评估在职业接触限值制定中的应用	205
5.1 职业接触限值的基本概念	205
5.2 基于 OHRA 结果制定职业接触限值的必要性	205
5.3 我国职业接触限值制定的基本程序	207
5.4 OHRA 应用举例	211
参考文献	213
第六章 风险评估常用方法	214
6.1 国际采矿和金属委员会职业健康风险评估方法	215
6.2 罗马尼亚职业事故和职业病风险评估方法	223
6.3 澳大利亚职业健康与安全风险评估方法	230
6.4 职业性皮肤病接触化学物质的风险评估	236
6.5 MES 法	240
6.6 事件树与故障树分析法	243
6.7 层次分析法	245
6.8 新加坡有害化学物质职业接触半定量风险评估方法	255
6.9 LEC 法	267
6.10 我国有害作业分级法	269
6.11 模糊数学法	271
6.12 生理药代动力学 (PBPK) 模型	276
6.13 美国环境保护局吸入风险评估模型	278
6.14 IC 蒙德毒性指标计算	290
6.15 蒙特卡罗模拟法	291
6.16 贝叶斯网络	299
6.17 毒性风险模型检测法	301
6.18 常用工效学评估方法	310
参考文献	325
第七章 基于职业病监测与报告资料的职业健康风险评估	327
7.1 我国职业病报告系统简介	327
7.2 基于职业病监测与报告资料的职业健康风险评估应用方法	343
7.3 应用实例——我国不同地区尘肺病发病风险评估分析	348
参考文献	356
第八章 风险管理	358
8.1 概述	358

8.2 职业健康风险认知与交流	358
8.3 接触的预防与控制	360
8.4 健康监护与评估	361
8.5 防护设施与管理	362
8.6 个体防护与管理	363
8.7 应急救援与响应	364
8.8 风险评估与管理的审核	364
8.9 法律法规的符合性认定	365
8.10 健康危害损失与成本-效益分析	366
参考文献	367
 第九章 应用案例	 369
9.1 煤矿粉尘	369
9.2 焦炉逸散物	375
9.3 铸造振动	384
9.4 汽车制造工效学因素	388
9.5 火力发电行业	405
9.6 职业紧张	416
9.7 碳化钨	425
9.8 煤焦油沥青	434
9.9 海上平台	439
9.10 轧钢噪声和高温	445
9.11 碳素生产企业职业性皮肤接触化学物质	449
9.12 抽水蓄能电站	454
 附表	 467
 缩略语表	 472

第一章 概 论

近年来,风险评估(Risk Assessment, RA)愈加受到重视,研究对象涉及诸多方面,虽然现在许多领域都在进行风险评估的研究,但风险评估并不是新生事物。我们在从事运动、为家庭或单位购买新设备、从事职业或商业活动等过程中都会经历风险和风险评估,它存在于我们生活和工作的方方面面。其所追求的都是评估活动中存在的相关风险,同时决定这种活动是否可接受,风险只要是可接受、可管理的并可以维持在可接受水平,这些活动便可持续进行下去。关键在于风险评估和风险管理的结果选项是否能被人们清晰地理解,并应用于解决现实中的实际问题,达到活动的可持续性和渐进性改进。目前,人们在频繁使用“风险评估”这一术语,但不知有多少人真正理解风险评估意味着什么。风险评估更多涉及的不是我们的健康,而是我们为之负责的个体风险,包括用人单位、劳动者、政府或社会的决策者。“风险”有诸多种类,如金融风险、财产风险、设备风险、健康风险等。我们这里所称的“风险”和“风险评估”专指“健康风险(Health Risk)”和“健康风险评估(Health Risk Assessment, HRA)”。

1.1 风险评估的历史背景与目的

1.1.1 风险评估的历史背景

HRA概念的提出至今已有70余年历史,可追溯至20世纪40年代Lewis C. Robbins博士关于子宫颈癌和心脏疾病的预防工作。Lewis C. Robbins从所从事的大量预防工作中总结出新理念:“内科医生应记录患者的健康危害,用于指导疾病预防工作”,并创建了“健康危害记录表”,给医疗检查结果赋予了疾病预测性含义。10年后,Robbins作为公共卫生服务部门癌症控制项目负责人,主持制定了“10年死亡风险记录表”,并帮助设立了几个小的示范教学项目,将HRA作为医学教育与实践的一种模式。到60年代末,随着人寿保险精算原理在量化个体死亡风险的特征参数及其风险评估中的大量应用,逐渐形成了量化HRA的必要条件。1970年,Robbins和Hall共同编制出版了《如何运用前瞻性医学》(*How to Prospective Medicine*)手册。手册阐述了目前健康危害因素与未来健康结局之间的量效关系并提供了完整的HRA工具包,包括问卷、风险计算和反馈沟通策略方法等,直到1980年美国疾病预防控制中心(美国CDC)正式发布了HRA的公共版本。至此,HRA得到了广泛应用和快速发展,特别是在工作场所的健康风险评估领域。

加拿大卫生与福利部组织专家研究如何实践前瞻性医学,并创建了一个主机版本手册。美国CDC逐渐了解了这个产品,并在推荐个人电脑中使用。保德信人寿保险也对此产生了兴趣,并申请基金更新电脑程序,美国CDC不接受当时提供资金支持的私人项目,便将其所有权转移给埃默利大学的卡特中心,并于1986—1987年对其进行了更新。更新

后的程序由就职于宾夕法尼亚大学和夏洛特克伦勃格医院从事 HRA 工作的埃德·哈钦斯 (Ed Hutchins) 博士管理。在夏洛特克伦勃格医院, Ed Hutchins 博士获得了世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 合约认可, 创建可在国际上使用的主机产品。至此, HRA 便被作为一项非营利性产品应用与管理, 并开放给每个州的卫生部门和相关人员, 以验证评估相关数据。超过 2 000 份软件被分发给需要使用的用户, 并提供了大约 70 份复制代码提供给有兴趣开发专有产品的营利性公司。这种开放恰好促使企业对健康促进的兴趣和对健康风险的认知迅速增加, 也促进了该程序的商业化发展。之后卡特中心的兴趣转移到了非洲, Ed Hutchins 博士 1991 年成立了健康人员工作网络 (HPN), 继续从事这项工作并提供资金支持 HRA, 但并没有获得政府的额外资金支持。因此, 卡特中心和 HPN 无力承担基本配套活动, 如年度会议、国家工作网络和相关的投资, 使得程序因失去资金支持而逐渐萎缩。HRA 的使用在美国得到了广泛流行, 有些地方发展相对缓慢。尽管如此, 企业健康计划在美国以外国家得到强劲发展, 特别是在欧洲和亚洲。

针对危险化学品的健康风险, 联合国环境规划署 (the United Nations Environment Programme, UNEP)、国际劳工组织 (International Labour Organization, ILO) 和 WHO 于 1980 年共同创建了国际化学品安全程序 (the International Programme on Chemical Safety, IPCS), 其目的是把国际文献综述作为促进化学品安全的先决条件, 以建立针对化学品污染的环境与人类健康风险评估, 并提供技术支持以提高合理管理化学品的能力。为指导健康风险评估工作, 美国国家研究委员会 (NRC) 于 1983 年首次提出了风险评估和风险管理理论, 并将其划分为危害识别、剂量-反应关系评定、接触评估和风险表征四个阶段。自此, 围绕健康风险评估与管理的四个阶段对环境污染物所致机体危害的风险评估技术和方法得到了国际社会广泛应用。1995 年, 为促进各参与组织策略和所从事活动保持一致, 由 UNEP、联合国食品与农业组织、WHO、联合国工业发展组织、联合国研究与培训机构和经济合作与发展组织共同制定了化学品合理管理的国际组织规划, 以达到对环境与人类健康相关化学品科学、合理管理的目的。WHO 相继颁布了 EHC155 (生物标志与风险评估: 概念与原则, 1993)、EHC170 (化学物的人类健康风险评估: 基于健康的接触限值推导指南, 1994)、EHC210 (化学物接触的人类健康风险评估原则, 1999)、EHC214 (人类接触评估, 2000)、EHC212 (风险评估中的生物标志: 有效性确认, 2001)、EHC223 (神经毒性的人类健康风险评估: 原则与方法, 2001)、EHC225 (化学物接触的生殖健康风险评估原则, 2001)、EHC228 (必须微量元素风险评估原则与方法, 2002)、EHC234 (人类健康风险评估中的元素形态)、EHC235 (皮肤吸收, 2006)、EHC239 (化学物质风险评估的剂量-反应关系建模原则, 2009)、EHC240 (食品中化学物质风险评估原则与方法, 2009), 美国 EPA 相继发布了 EPA-630-R98-002 (化学混合物健康风险评估指南, 1986)、EPA-630-R98-003 (致突变风险评估指南, 1986)、EPA-600-Z92-001 (接触评估指南, 1992)、EPA-600-8-91-011B (皮肤接触评估: 原则与应用, 1992)、EPA-630-R96-009 (生殖毒性风险评估指南, 1996)、EPA-630-R95-001F (神经毒性风险评估指南, 1998)、EPA-100-B-00-002 (风险表征手册, 2000)、EPA-630-P-02-001F (累积风险评估框架, 2003)、EPA-630-P03-001F (致癌因素风险评估指南, 2005)、EPA-120-R-07-001 (金属风险评估框架, 2007)、EPA-600-R-09-052F (接触因素手册, 2011)、EPA-100-R-12-001 (基准剂量技术指南, 2012)、EPA-601-D12-001 (告知决策者的人类健康风险评估框架, 2012) 等, 欧洲化学管理局于

2003 年颁布了风险评估技术指南系列文件（文件 1~4）。国际组织颁布的这些技术指导性文件，针对有害化学物接触的健康风险评估，从接触因素，基准剂量，接触评估，剂量-反应关系建模，人类健康风险以及生物标志、致癌、致生殖毒性和致神经毒性等不同方面的风险评估进行了系统规范，为开展有毒化学品毒理学风险评估提供了可参考的技术规范与方法。

从 20 世纪末开始，为预防和控制工作场所存在的健康危害因素，许多国家依据国际组织提出的指导性文件分别提出或建立了适合本国使用的针对工作场所健康危害的风险评估方法。澳大利亚于 1999 年在澳大利亚标准（AS/NZS4 360）中建立了风险管理标准，并于 2004 年对该标准进行了修订；罗马尼亚 1998 年参照欧洲标准（EN292/1-19，EN1050/96）建立了职业性事故和疾病的风险评估方法；新加坡建立了职业性化学物质接触的风险评估指南。总结起来，这些针对工作场所风险评估都涵盖了五个方面的内容：①危害识别；②谁遭受危害和如何遭受危害；③评估危害产生的风险和现行防护措施是否充分、有效以及进一步应采取的措施；④记录风险评估结果；⑤健康风险的跟踪评估。我国目前尚未见到对职业健康风险评估的系统模式的论述，但在工作场所的职业危害管理方面，曾于 20 世纪 80 年代提出了粉尘、毒物、噪声、高温等危害接触的危害作业分级标准，对我国预防和控制工作场所职业危害发挥了重要作用。

毒理学风险评估是在化学品安全性评价的基础上发展起来的，两者有联系，也有区别。安全性评价和危害识别所用的毒理学实验方法基本相同。术语“安全性评价”是为了建立安全性的决策程序，然而“健康风险评估”是计算或估计风险的决策程序，是更大的决策程序的一部分。安全性评价常用于：①控制接触，如，用于食品添加剂、食物杀虫剂和兽药的残留物；②新的化学物质、新产品许可或管理毒理学。化学品健康风险评估通常用来描述针对特定化学物进行公共卫生决策的整个程序。对化学品进行毒理学的安全性和危险性评价是毒理学最重要的任务。毒理学工作者的专业性工作可分为三个方面，即描述性研究、机制性研究和管理性研究。虽然每个方面都有自己的独特性，但它们是互相影响的，化学品的危险性评价将毒理学的描述性研究、机制性研究和管理性研究联系在一起。毒理学风险评估是更大的决策程序的重要组成部分，是开展职业健康风险评估不可或缺的重要内容。基于政府职业病报告与监测数据的健康风险评估对职业健康风险评估理论和方法的应用与发展，可以为政府决策程序提供重要依据。

综上，风险评估不是空中楼阁，而是要依附于某个学科。如，职业卫生领域的健康风险评估，它包括这个领域的基本内容：工作场所现场调查、接触评估（工作环境采样监测、工人生物采样监测）、健康监护、流行病学调查等。由此找到职业危害因素的健康效应及其剂量-反应关系，找到一个相对安全的水平或称社会可接受的水平，找到适当的控制措施，而这也构成风险管理的基础。风险管理是一个重复的循环过程。遵循 PDCA（Plan-Do-Check-Act）方法学，风险管理是一个系统化过程，包括对工人操作的整个系统所有特征（即工作场所、设备/机械、材料、工作方法/实践和工作环境）的检查。风险管理的主要目的是消除风险，至少是依照低至合理可行（ALARP）原则减少风险。实施风险评估的关键是劳动者全员的积极参与。

1.1.2 风险评估的目的

风险评估是一个结构化和系统化的程序，有赖于对危害的正确识别和由此产生风险的科学评定以及以控制和避免风险为目的的风险对比。风险评估旨在确定风险估计值，以指导对拟采取的行动决策，增进决策程序质量，并尽可能地减少伴随风险评估而存在的不确定性。风险评估是复杂的过程，在决定个体或群体风险是否可接受的时候更是如此。

职业健康风险评估旨在针对工作场所中必须控制的健康危害因素做出有效的控制决策，目的是使雇主能够充分考虑工作场所所有危害因素并且对其健康风险做出有效判断。为完成和维持足够的风险控制，清晰地定义需要采取的步骤是风险评估过程的重要内容。定义足够的风险控制时，必须依据风险的可接受性。风险的可接受性有赖于许多因素，如法规要求、风险控制的成本和可行性、危害物质的毒性和接触的个体数量等。实施 HRA 时，风险的性质、程度以及风险的复杂性和可变性决定了风险评估的难易程度。风险评估和风险管理是两个内部相关的程序，风险评估基于科学原则，而风险管理则涉及诸多问题，如技术的难易程度、成本效益、公众认知和政府政策。现在普遍认为，风险评估是整个风险管理的一个组成部分。

1.2 风险评估与风险管理的基本概念

1.2.1 危害和危害识别

危害：物质、因素或物理环境本身所具有的可能导致人体健康损伤或疾病、财产损失、环境损害或这些因素的潜在的潜在能力或固有性质。导致这些危害的因素（危害因素）可能是物理的、化学的、生物的、工效学（包括机械）和心理方面的。

危害识别：识别危害的存在并定义其特征的过程。危害识别是风险评估的第一步，不仅要做出有无危害及危害性质的判断，而且要对危害作用进行分级，以便用于风险评估。

针对化学性危害因素而言，危害识别主要涉及人体和人群流行病学研究、基于动物的毒理学研究、体外试验毒理学研究和结构-活性关系研究四大类，最重要的是确定化学物的毒作用性质，如靶器官毒物、致癌物、致畸物、致突变物等。对危害作用进行分级时，尤其要注意分别评定化学物对人类毒效应资料和对实验动物毒效应资料的证据是充分、有限、不足还是缺乏。被评定为人类致癌物、生殖细胞致突变物、生殖毒物、靶器官系统毒物等的物质，必须要有流行病学证据的支持。

1.2.2 风险和风险评估

1.2.2.1 风险及其可接受性

风险：也称为危险，指危害或不期望事件发生的可能性或概率，即物质或因素在其使用或接触情况下将导致不良作用及可能危害程度的可能性或概率。它是危害接触与其伤害两者之间的函数关系，可进行定量和定性评定。风险的定量评定可分为归因危险度和相对危险度。归因危险度（Attributable Risk, AR）是指人群接触某危害因素而发生有害效应的

可能频率,如,AR为0.01,表示100个接触者中有1人可能发生有害效应,AR为 10^{-6} ,表示100万个接触者中可能有1人发生有害效应;相对危险度(Relative Risk, RR)是指接触组与对照组的危险度的比值。如,RR为2.5,表示接触组发生有害效应的危险度是对照组(非接触组)的2.5倍。

个人风险与社会风险:个人风险,指特定个体的风险,即具有人群代表性特征的个体接触危害因素的风险;社会风险,指特定人群的风险,即人群中危害事件发生的可能性。

自愿风险和非自愿风险:与非自愿风险相比,个人和社会更愿意接受自愿风险。每当有人要过马路、爬梯子或吸烟时,风险是可预见并可以接受的。如,一个人按时迅速到达一个地点,那么利益一定超过所遇到的风险。一种爱好会带来高风险,如滑雪或登山。然而,由于这些是基于人们自愿选择的结果,在平衡获得的乐趣和由此带来的风险后,他们是可以接受的。若含有未在他们的认知内或同意下所遭受的风险,即使风险可能很低,往往也是不可接受的。

风险的可接受性:危害会持续存在,可能是因为社会不知道与之相关的风险,或者知道并接受了风险的水平。这些风险为可接受或由于从中获得感知或真正的利益而忍受这些风险,当为确定控制优先顺序而对危害进行测量和分级时,就需要对风险做出比较。如果个人或社会承担的风险没有从中获得任何受益,这种风险不大可能成为可接受的。法规制定者建立了雇主必须满足的风险水平标准。这些风险水平的范围涵盖从被认为可忽略、可接受或可耐受到不可接受。这些水平作为雇主采取控制措施的行动指南。正常情况下不需要考虑风险发生的可能性时,这种风险被认为是可以忽略的。一般认为,每年产生严重不良后果的风险发生概率通常应在百万分之一以下。可接受的风险或广泛性可接受风险的发生概率处于每年发生严重不良后果的百万分之一区域,此范围应提供的合理预防措施不会影响日常生活行为。广泛性可接受风险是日常生活中可接受的部分本底风险。那些已经存在的低于本底风险水平且易于被社会接受的风险被认为是可接受的。这就需要评估“本底风险”,包括来自雷击、洪水和驾车。出现的问题是:这些风险是否可接受或者他们是否被社会耐受。

可耐受并不意味着可接受。它指承所风险的意愿与风险并存且风险处于适当可控范围以确保获得特定的利益。可耐受风险是风险不可被忽略且需要评述和进一步降低的范围。这些被承担的风险是以利益为特定基础。决定风险可耐受水平的通常是政治原因,同时要考虑不同方面给出的意见。不可接受性的风险是高于可耐受区域的风险。

可接受风险或广泛的可接受风险的发生概率处于每年发生严重不良后果的百万分之一区域,此范围提供的现有合理预防措施不会影响日常生活行为。广泛性可接受风险是日常生活中可接受的部分本底风险。那些已经存在的低于本底风险水平且易于被社会接受的风险被认为是可接受的。风险的可接受性取决于科学资料、社会因素、经济因素和政治因素,并且取决于对接触引起效益的认知。一般认为,对于非自愿风险,化学物终身接触所致的风险在十万分之一(10^{-5})或百万分之一(10^{-6}),为可接受的风险。表1-1列出了美国当今社会条件下,使死亡率增加百万分之一的活动。

风险的可耐受性水平对于工作人群和一般公众有所不同,也因国家、行业和处于风险中的人数而变化。有些行业可耐受风险水平是较低的,如铁路公司与参与森林和海上作业相比较。然而,这些行业中的每个行业都会持续降低风险至合理可行的程度。建议公众个

体成员面临的任何重大危害风险至少都应低于风险行业中工人风险的 10 倍。而许多公众的风险水平相当于机动车事故死亡的风险水平。

表 1-1 某些日常活动和自然事件的估计危险度*

活动内容	危险度
吸烟（每天 10 支）	1/400
全部事故	1/2 000
开车（16 000 km/a）	1/5 000
全部交通事故	1/8 000
工业生产劳动	1/30 000
自然灾害	1/50 000
雷击	1/1 000 000

*风险以 1 年内个体发生死亡的概率表示。

源自：周宗灿主编，《基因与环境的交互作用：健康危险性评定与预警》，2009。

1.2.2.2 风险评估

风险评估：指在指定条件下接触某危害因素时，考虑所关注的固有危害特性或危害的潜在能力，计算或估计风险程度（包括伴随的不确定度），决定风险是否允许或可接受，并考虑现有任何措施的整个过程。风险评估包括四个步骤：①危害识别；②危害表征；③接触评定；④风险表征。风险评估是识别危害，计算或估计危害发生风险的决策程序，其目的是提出风险的预防和控制策略或决策，为风险管理提供决策程序，是更大决策程序的组成部分。风险评估的基本方法以简单的公式描述为：风险=危害×接触。成功的决策应为提醒危害的存在和最大限度地减少接触。

风险评估应是针对接触危害因素及其可能发生的风险进行评估。危害识别是识别新危害的存在及其存在特征，新危害包括新危害因素的危害和老危害因素的新危害。现行的 HRA 主要针对环境、职业、食品安全和毒理学等方面，主要区别在于评估的对象和目标有所不同。环境 HRA 针对环境健康影响因素及其危害特征，解决的是环境健康问题；职业 HRA 针对工作场所危害因素及其危害特征，解决的是工作场所健康问题；毒理学 HRA 是在安全性评价的基础上发展起来的，针对有害化学物的毒理学特征，解决的是化学物的安全性问题。

1.2.3 风险管理与风险交流

风险管理：考虑了与危害信息相关的风险评估信息及其相关联的政治因素、社会因素、经济因素和技术因素的决策过程，以发展、分析和比较各种法规和非法规选项，并针对危害选择和实行适当的管理反应。风险管理包括个人、企业和社会三个水平的风险管理。个人水平风险管理是对自身做出的管理决策；企业水平风险管理是雇主对其雇员做出的管理决策；社会水平风险管理是政策制定者对社会群体做出的管理决策。

管理风险的目的是预防来自危害的伤害和疾病。如，对于化学物质，采用何种风险管理策略的决定取决于有毒物质有无可替代的选择，以及是否有能够控制风险并安全使