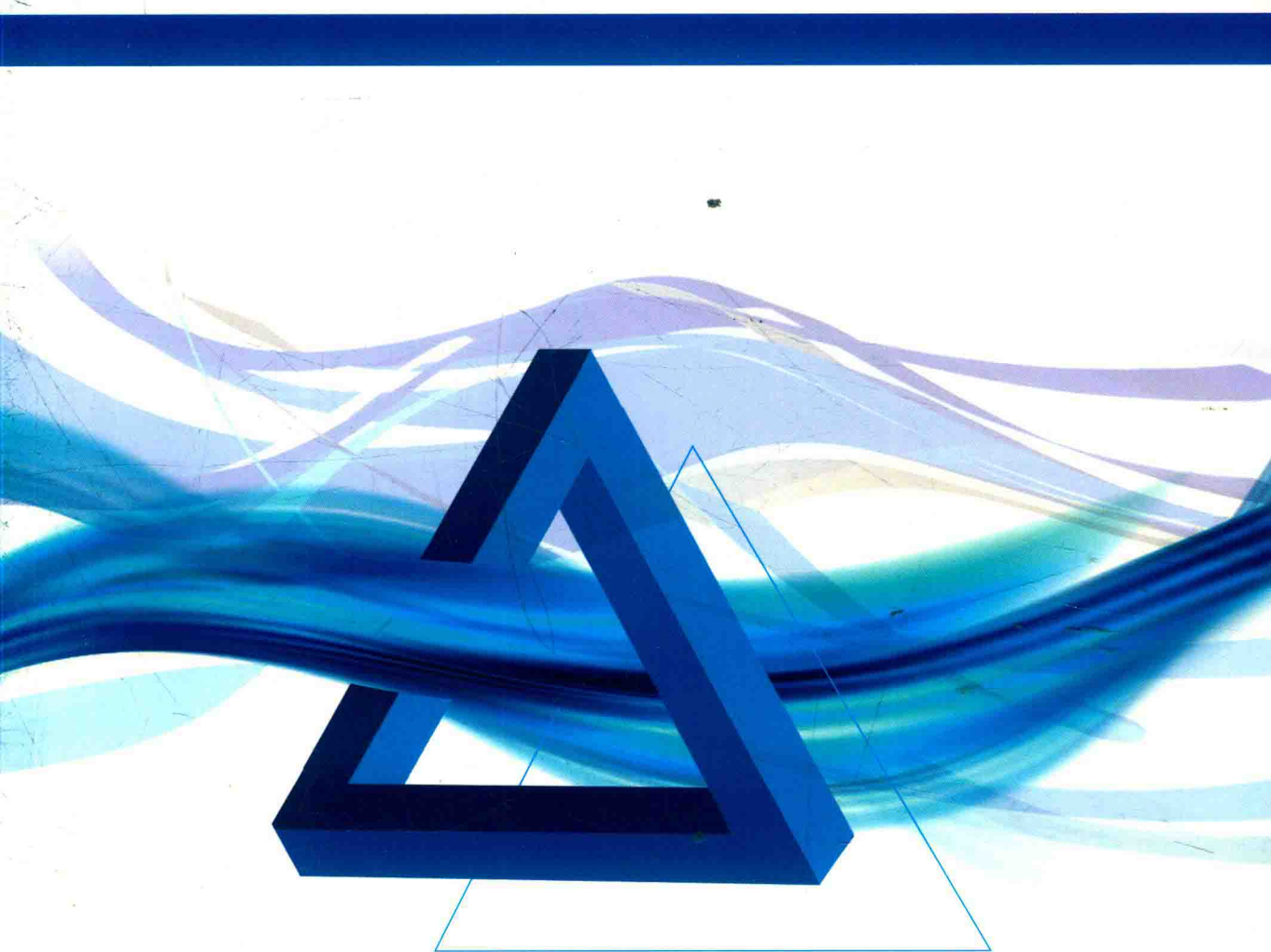




空气污染人群 健康风险评估方法及应用

主编 徐东群 许 群



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

空气污染人群 健康风险评估方法及应用

主 编 徐东群 许 群

编 者 (按姓氏笔画排序):

万 霞	王 秦	王 琼	吕祎然	刘 柳
刘 悦	刘 婕	刘利群	刘静怡	阳晓燕
李 昂	李 娜	李亚伟	李成橙	李润奎
杨一兵	陈 晨	孟聪申	郝舒欣	莫 杨
徐春雨	常君瑞	韩京秀		



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

空气污染人群健康风险评估方法及应用/徐东群,许群主编.
—北京:人民卫生出版社,2018

ISBN 978-7-117-26522-5

I. ①空… II. ①徐… ②许… III. ①空气污染-影响-健康-风险评估-研究 IV. ①X503.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 083667 号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

空气污染人群健康风险评估方法及应用

主 编:徐东群 许 群

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址:北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编:100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:中国农业出版社印刷厂

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23

字 数:560 千字

版 次:2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-26522-5

定 价:70.00 元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)



前言



自 20 世纪 30 年代开始对毒性较大的化学污染物进行急性毒性的定性和定量评价,鉴定毒物的健康风险以来,环境健康风险评估经历了漫长的发展时期。直到 1983 年美国国家科学院出版《联邦政府的风险评估:管理程序》,才正式确定了具有里程碑意义的危害鉴定、暴露-反应关系评价、暴露评估和风险表征等四步环境健康风险评估程序,随后出版了致癌、致突变、可疑发育毒物、神经毒物和化学混合物等一系列风险评估指南和配套的技术文件,环境健康风险评估方法在美国、欧盟的许多国家得到了广泛应用,国际组织和发达国家均以此为基础,制定了健康基准、指导限值或标准值。随着毒理学数据库的不断完善和各种评估模型的不断发展,为我国开展环境健康风险评估不仅提供了思路,也提供了必要的技术手段。

改革开放四十年来,随着我国经济的高速发展和快速城镇化,也带来了严重的环境污染问题,环境污染对人群健康的危害进入了显现期,而且未来一段时间环境污染形势仍然比较严峻。为应对环境污染,环境管理也从污染物排放总量控制、环境质量达标,逐步向风险管理转变。这一理念在新修订的两部法律中均有充分体现,如修订后已于 2015 年 1 月 1 日起施行的《中华人民共和国环境保护法》的第三十九条规定:“国家建立、健全环境与健康监测、调查和风险评估制度;鼓励和组织开展环境质量对公众健康影响的研究,采取措施预防和控制与环境污染有关的疾病。”修订后已于 2016 年 1 月 1 日起施行的《中华人民共和国大气污染防治法》第七十八条规定:“国务院环境保护主管部门应当会同国务院卫生行政部门,根据大气污染物对公众健康和生态环境的危害和影响程度,公布有毒有害大气污染物名录,实行风险管理。”《国家环境保护“十三五”环境与健康工作规划》也提出继续以“立足风险管理是环境与健康工作的核心任务”为理念,同时推进重点区域和重点行业环境与健康调查,探索构建环境健康风险监测网络,把我国的环境健康风险评估工作放在优先发展的战略地位上。在全国卫生与健康大会上,习近平总书记明确提出“将健康融入所有政策,人民共建共享”的卫生与健康工作方针,强调把人民健康放在优先发展的战略地位,以建设健康环境等为重点,加快推进健康中国建设。《“健康中国 2030”规划纲要》提出,坚持以人民为中心的发展思想,建立覆盖污染源监测、环境质量监测、人群暴露监测和健康效应监测的环境与健康综合监测网络及风险评估体系。实施环境与健康风险管理。全方位、全周期维护和保障人民健康。由此可见,环境健康风险评估在我国的环境健康管理中必将发挥越来越重要的作用。

目前,我国已经建立了空气质量及健康影响监测网络,获得了大量级监测数据,风险评估在我国的应用,已经从利用毒理学数据,扩展到利用大量级环境健康监测数据。为了满足科学可靠开展环境健康风险评估的需求,在承担 2014 年卫生行业专项“雾霾天气人群健康

风险评估和预警关键技术研究”,以及空气污染对人群健康影响监测工作过程中,编者系统分析了国际上相关文献、专著,结合我国环境健康工作对风险评估的需求,编写了这本《空气污染人群健康风险评估方法及应用》。本书力求对环境健康风险评估的基本概念、基础理论和关键环节进行全面、客观、准确的介绍,并梳理出环境健康风险评估存在的主要问题。针对有些风险评估过分强调过程而不是内容,提出需要有足够的科学知识和数据才能进行可靠的风险评估;针对有些风险评估将大量的精力投入到评估模型上,而忽视了收集更相关和可信的证据,以及对数据的核查和质量评价,分别介绍了利用毒理学数据进行基于空气污染物毒性健康风险评估,对实验动物数据和人群数据的要求,以及当毒理学数据库中缺乏相关资料时,整合利用文献资料的数据要求;详细介绍了空气污染人群健康影响风险评估数据的质量筛查、处理方法,以及数据处理工具的功能及应用。针对在评估过程中,对混合物之间的相互作用以及暴露人群个体之间响应的差异可能考虑不足,对风险评估的不确定性没有进行恰当的描述等,系统介绍了不确定性分析和敏感性分析等内容。同时结合实例分析,介绍了死因数据和因病就诊数据在空气污染人群健康风险评估中的应用;如相对危险度、比值比、归因危险度、归因分数、人群归因危险度的计算方法;多级暴露水平调整的人群归因危险度和多因素调整人群归因危险度,以及空气污染疾病负担评估。

本书内容丰富,针对性强,可供从事公共卫生与预防医学、环境科学等高等院校教学和科研的人员以及所有从事环境与健康的研究人员参考,更是从事空气污染对人群健康影响监测工作人员的工具书。

本书编写过程中,全体编者付出了辛勤的劳动,因编者水平有限,尽管全体参编人员已尽了很大努力,书中仍难免存在缺点和错误之处,敬请广大读者批评和指正。

徐东群 许 群

2018年1月



目 录



第一章 绪论	1
第一节 风险概述	1
第二节 环境健康风险识别	3
第三节 环境健康风险监测	5
第四节 环境健康风险评估	9
第五节 环境健康风险管理对策	14
第二章 空气污染人群健康风险评估程序	19
第一节 基于空气污染物毒性的健康风险评估程序	19
第二节 基于人群特征的定量风险评估程序	25
第三章 基于空气污染物毒性的健康风险评估数据要求	38
第一节 毒理学数据库中数据的要求	38
第二节 文献资料的数据要求	48
第四章 空气污染人群健康风险评估数据要求及分类	54
第一节 空气污染人群健康风险评估数据来源及特征	54
第二节 空气污染人群健康风险评估数据分类	61
第三节 空气污染人群健康数据编码	67
第五章 空气污染人群健康风险评估数据评价及处理	74
第一节 空气污染人群健康风险评估数据质量筛查	74
第二节 空气污染人群健康风险评估数据处理方法	79
第三节 空气污染人群健康风险评估数据处理工具介绍	120
第六章 环境空气污染的时空分布特征与模拟	173
第一节 邻近度模型	173
第二节 直接利用站点监测数据法	178
第三节 空间插值法	182
第四节 土地利用回归模型	191
第五节 遥感反演法	202

第六节 扩散模型	205
第七节 混合模型	208
第八节 空气污染空间分析及图形制作简介	210
第七章 空气污染暴露评估的程序及方法	215
第一节 暴露评估概述	215
第二节 暴露评估的直接方法	222
第三节 暴露评估的间接方法-微环境模型法	226
第八章 危害鉴定和剂量-反应关系评价	232
第一节 危害鉴定	232
第二节 剂量-反应关系模型	233
第三节 模型拟合和不确定性分析	237
第四节 剂量-反应关系模型在风险评估中的应用	240
第九章 空气污染人群健康影响评价的统计分析方法	252
第一节 环境流行病学研究方法概述	252
第二节 数据特征描述	254
第三节 统计检验方法	265
第四节 空气污染对人群健康影响评价	272
第十章 环境健康风险表征和定量评估	295
第一节 环境健康风险评估方法概述	295
第二节 健康风险评估中流行病学和毒理学研究资料的整合	299
第三节 风险表征	301
第四节 人群健康风险定量评估	308
第五节 不确定性和敏感性分析	310
第六节 死因数据在空气污染人群健康风险评估中的应用	313
第七节 因病就诊数据在空气污染人群健康风险评估中的应用	324
第十一章 空气污染人群健康归因危险性评价	330
第一节 暴露的效应指标	330
第二节 人群归因危险度的计算	334
第三节 空气污染人群健康归因危险评价案例	336
第十二章 空气污染疾病负担评估	341
第一节 疾病负担研究概述	341
第二节 伤残调整寿命年的计算	342

第三节	比较风险评估在疾病负担研究中的应用	345
第四节	空气污染疾病负担评估案例	347
第十三章	风险交流与控制	350
第一节	风险交流	350
第二节	风险控制	353
第三节	健康防护	356



第一章



绪 论

第一节 风险概述

一、风险的相关概念

(一) 风险概念的演变

早期风险的定义是指遭受损失、损伤或毁坏的可能性,通常认为预期的风险等于一定时期内某生态系统或种群暴露于特定的危险因素下,产生某有害事件的概率与该有害事件发生后产生危害的乘积。风险存在于人类的一切活动中,不同的活动会带来不同性质和程度的风险,风险的基本构成要素包括危险因素、暴露和风险结果,危险因素是风险形成的必要条件,是风险产生和存在的前提。暴露是导致风险结果的充分条件,在整个风险中占据核心地位,是连接危险因素与有关行为主体承受相应风险结果的桥梁,是风险由可能性转化为现实性的媒介。由此可见:风险是客观存在的,可以用客观概率对损失的不确定性进行较为科学的描述和定义;但风险的不确定性同人的知识、经验、精神和心理状态等主观因素有关,不同的人对同样的风险会做出不同的判断,另外,当客观环境或者人们的思想意识发生变化时,面临的风险也会发生变化。因此风险是人和风险因素的结合体,风险的发生及其后果与人为因素有着极为复杂的互动关系。

(二) 国际标准化组织对“风险”的定义

人类通过实践活动对风险的认识与理解也在不断地深入与发展,国际标准化组织(ISO 31000:《风险管理—原则与指南》)^[1]对“风险”的定义是:“不确定性对目标的影响。”这一定义包含以下5个方面的内容:①影响是指偏离预期目标的差异,影响可以是正面的称之为“机会”,也可能是负面的,称之为“威胁”;②目标可以包括多方面,如健康、安全、环境等,以及多个层面如战略、组织、项目和过程等;③风险具有潜在特征;④风险通常用事件后果和事件发生可能性结合起来表示。即 $\text{风险} = \text{事件影响后果} \times \text{事件发生可能性}$;⑤不确定性是指对事件的后果及发生可能性有关的信息及完整状态缺乏了解,对事件的发生及事件后果不能肯定或否定,只能用概率来反映,见图1-1。这一定义改变了人们对“风险”的片面认识,提出风险具有“二重性”,既可能对目标的实现造成不利的负面影响,又可能对目标的实现产生有利的正面影响。将“目标、不确定性、影响与风险主体”有机结合,揭示出风险是影响目标实现的不确定性因素,没有目标就不存在风险;一个目标会受多

种潜在风险因素的影响,而一个风险事件又会影响多个目标。风险在时机、条件成熟时才会发生“风险事件”,对目标带来影响,且这种影响程度也具有不确定性。风险是无处不在的,在一定条件下是可以认知和改变的,如有些危害人类健康的危险因素,是可以控制的,但并不是所有风险都能改变。在进行风险管理时,要充分发挥人的主观能动性,希望能够管理未来的“不确定性”对目标的影响,尽可能抓住机会,寻找并创造有利于目标实现的机会,趋利避害。

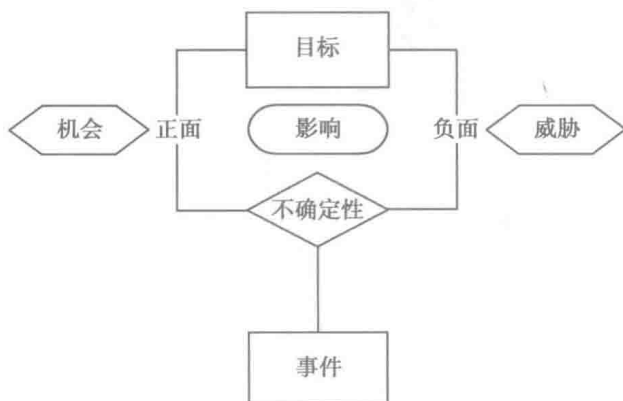


图 1-1 风险定义体系图示

二、环境健康风险的分类

环境健康风险指的是由于自然原因或者人类活动引起的、通过环境介质传播的、能对人类健康或生态系统产生潜在不良影响或事件的发生概率及其后果。环境健康风险广泛存在于人类生存的各个方面,其性质和表现形式也是复杂多样的,按风险来源可分为:自然来源和人为来源等;按风险源性质不同可分为:化学因素、物理因素、生物因素的风险等;按承受风险的对象可分为人群健康风险和生态风险等;按照风险的时间分布不同又可分为突发性环境健康风险和累积性环境健康风险;按照研究对象不同分为个体风险和群体风险等;按照评估类型不同分为定性和定量风险等等^[2,3]。

(一) 按风险来源分类

按风险来源将环境健康风险分为自然来源和人为来源两大类。自然来源指的是如气候、气象、水文、地质等变化造成的自然灾害。自然灾害是给人类生存带来危害或损害人类生活环境的自然现象,例如洪涝、火山爆发、地震和泥石流等,这些自然灾害的发生主要受到自然规律的控制,当自然灾害发生时会造成环境的破坏和环境污染物的排放,对健康产生危害。人为来源指的是由于人类在生产和生活活动中滥用资源或者过度向环境介质中排放污染物导致的环境污染现象,例如伦敦烟雾事件、洛杉矶光化学污染事件和日本水俣病事件等。人为来源的环境健康风险是污染物导致健康危害问题的主要来源。

(二) 按风险源性质分类

按风险源性质将环境健康风险分为化学因素、物理因素、生物因素等。物理因素包括气象因素、噪声、电离辐射、非电离辐射等,物理因素不仅可以单独对健康产生影响,也可以与化学因素和生物因素等共同作用产生影响。化学因素包括:易燃易爆性物质(易燃易爆性气

体、易燃易爆性液体、易燃易爆性固体、易燃易爆性粉尘与气溶胶、遇湿易燃物质和自燃性物质、其他易燃易爆性物质等),反应活性物质(氧化剂、有机过氧化物、强还原剂),有毒物质(有毒气体、有毒液体、有毒固体、有毒粉尘与气溶胶、其他有毒物质等),腐蚀性物质(腐蚀性气体、腐蚀性液体、腐蚀性固体、其他腐蚀性物质等),其他化学危害因素。生物因素包括:致病微生物(细菌、病毒、其他致病性微生物等),传染病媒介物,致害动物,致害植物,及其他生物危害因素。

(三) 按承受风险的对象分类

按承受风险的对象将环境健康风险分为人群健康风险和生态风险等。人群是环境因素影响的最敏感,也是最重要的风险受体。不同人群对于环境风险的敏感程度和应对能力不同,这被称之为人群的抵抗力。影响人群抵抗力的因素包括人群的密度、年龄结构、对环境风险的认知、暴露程度等。生态风险指的是生态系统及其组成部分所承受的风险,具体地说是在一定的区域内,具有不确定性的事故或者自然灾害对生态系统及其组成部分可能产生的不利作用,包括发生生态系统结构和功能的损害,从而危及生态系统的健康和安全等。生态风险评价的关键是生态系统及其组成部分的风险源识别和监测,评估风险出现的概率及可能的负面效果,并据此提出干预措施。

(四) 按风险的时间分布分类

按照风险的时间分布不同又可分为突发性环境健康风险和累积性环境健康风险等。突发性环境风险,是指有毒有害物质突发性(或事故性,包括安全生产、交通运输、自然灾害、违法排污事故等)泄漏排放至环境中,进而对人群健康和生态系统造成危害的风险。累积性环境健康风险,是因长期暴露于空气、水或土壤中的环境污染物,污染物水平不断累积,而对人群健康或生态环境造成危害的风险。

(五) 按照研究对象的不同分类

按照研究对象不同分为个体风险和群体风险等。个体风险指的是人群中个体承受的环境健康风险。环境健康风险评估一般不单独开展针对个体的风险评估工作,而是对目标人群中部分或者全部个体进行风险估算,然后观察整个群体的风险分布,即暴露环境危害因素的目标人群或者全人群开展的群体环境健康风险评估。需要注意的是,群体风险不仅可以对群体整体受到的健康风险进行估算,还可以描述不同亚群的风险特征。

(六) 按评估类型的不同分类

按照评估类型不同分为定性和定量风险等。确定某环境物质是否对人体健康有害,称为定性环境健康风险评估,而通过收集环境物质毒理学资料及相关流行病学调查资料后,估算该物质产生健康影响的概率,称为定量健康风险评估。在历史上环境健康风险评估发展早期开展的,以及危害尚未明确的新化学物质风险评估,多为定性风险评估。定量环境健康风险评估目前应用已越来越广泛,通过危害鉴定、暴露-反应关系评价、暴露评估和风险表征等步骤,定量评估环境物质特定暴露水平对人体健康产生影响的概率。

第二节 环境健康风险识别

风险识别是发现、认识、描述风险的过程,包括对风险源、事件、引起风险的原因和造成

的潜在后果的识别。环境健康风险识别是进行风险管理的首要环节,只有在全面了解各种环境风险的基础上,才能够预测环境风险可能造成的健康危害,从而选择处理环境风险的有效手段。

一、风险识别的原则

进行风险识别的机构或组织应采用与其目标和能力以及面临风险相适应的风险识别工具和技术,安排具有适当知识的人员参与识别风险,同时需要及时收集相关背景资料和最新信息。即使在风险来源或原因可能不明显的情况下,识别也应包括风险来源是否在机构或组织的控制下;检查特定后果的连锁效应,包括级联和累积效应。即使风险来源或原因可能不明显,也应考虑范围广泛的后果。除了确定可能发生的情况外,还需要考虑可能的原因和场景。所有重大的原因和后果都应予以考虑。

二、风险识别的步骤

环境风险源特指风险企业,应从环境风险企业、环境风险传播途径及环境风险受体等三个方面进行环境风险识别,包括:①企业基本信息;②周边环境风险受体;③涉及环境风险物质和数量;④生产工艺;⑤安全生产管理;⑥环境风险单元及现有环境风险防控与应急措施;⑦现有应急资源等^[4]。通过对资料的综合分析,识别风险源、可能影响区域、事件(包括环境变化)以及引起风险的原因和造成的潜在后果。这一步骤的目的是根据可能产生、增强、预防、降低、加速或延迟实现目标的这些事件生成一份全面的风险清单。在现阶段尚未确定的风险将不会纳入进一步分析。确定风险识别清单后,就应针对不同的风险,采取不同的方法对风险进行描述。风险识别过程可能涉及历史数据、理论分析、知情和专家意见以及利益相关者的需求等。

三、风险识别的方法

由于自然环境和人类活动中涉及的潜在危险因素种类繁多,正常情况下,通常是多种危险因素存在于不同环境介质中,因此风险识别应目标明确。以对环境化学危害因素进行风险识别为例,介绍风险识别的方法。正常情况下,需要识别不同介质中多种化学危害因素的污染范围、污染持续时间、暴露途径、污染累积与否情况、可能产生的急性和慢性健康影响;当发生突发环境污染事件时,如某类或某种化学物质发生事故性泄漏,需要针对该类或该种化学危害因素识别人群可能通过不同介质(大气、水和土壤),经呼吸道吸入、经口摄入、经皮肤接触等途径暴露而产生的急性健康影响。环境健康风险识别方法包括:现场调查法、监测法、文献检索法和综合法等方法^[4]。

(一) 现场调查法

现场调查法通常用于突发环境污染事件,是指通过实地调查并开展环境样本的检测,将潜在的环境化学危害因素识别出来,确定风险源、事件的影响区域,引起风险的原因和造成的潜在后果。对于待评估的目标污染物,收集其化学结构、理化特性、用途、使用方式、使用范围等相关资料;以及污染物在机体内可能生成的代谢产物等方面的资料,并通过查询相关的化学污染物的毒理学数据(例如:chemicals of potential concern, COPC 数据库),全面了解目标化学污染物可能的暴露方式,对人体健康产生的危害,识别其健康风险,

并及时将环境健康风险识别结果上报,为确定下一步是否需要开展风险监测与健康风险评估提供依据。

(二) 监测法

监测法通常用于正常情况下,在某一地区已经开展了大气、水体和土壤等环境介质中某些化学污染物的连续监测,可以对监测数据定期进行分析,根据监测结果筛选出不同环境介质中存在的高风险化学污染物。通过进一步收集人群相关的暴露信息,结合毒理学资料,确定对人体健康产生的危害,识别其健康风险,确定并着手准备下一步开展健康风险评估。监测法相对于现场调查法更具有系统性,是通过对长期监测数据的分析,识别出环境健康风险,更具有地区针对性;但是无法识别既往监测中没有涉及污染物。

(三) 文献法

文献法指的是当某一研究区域出现环境健康问题,但尚未对该区域进行大气、水体和土壤等环境介质中的目标化学污染物开展过连续监测时,可以借鉴与该区域污染水平、社会经济和人口学特征相似区域,开展研究的既往文献报道结果,筛选存在健康风险的目标化学污染物,并通过进一步收集人群相关的暴露信息,结合毒理学资料,确定对人体健康产生的危害,探索性地识别该区域环境健康风险的方法。

(四) 综合法

综合法指的是将上述的现场调查法、监测法、文献法等识别方法综合应用于环境介质中化学污染物风险识别的方法,其具有对污染物的识别更为准确,信息获取更为全面等优势。也是目前国内外相关机构或组织进行环境健康风险识别的主要方法,可以为环境健康风险评估工作提供证据。

第三节 环境健康风险监测

环境健康风险监测是为了特定的目的,运用化学、物理学、生物学、医学和信息科学与技术等方法,对环境中污染物的性质、种类、浓度(含量)、影响范围及其后果等进行的调查和测定。通过风险监测可以确定环境质量状况和对人群健康的影响及其变化趋势。由此可知,环境健康风险监测是在预先设定的时空范围内,按照规范的程序参照既定的标准,对一种或多种环境因素和健康结局进行间断或连续地监测和分析,系统地获取环境污染物水平、人群健康影响现状,及其两者的关系,及时反映环境污染对人群健康影响规律的过程。风险监测不仅可以帮助环境健康管理者及时掌握信息,为制定相关政策提供依据,同时也可以为环境健康科学研究提供思路,具有重要意义。

环境健康风险监测的目的是及时、精准和全面地掌握环境质量或者环境污染及对人群健康的影响状况及其变化趋势,为环境健康风险评估、风险管理和污染源控制等提供依据。因此按照监测目的可以将环境健康风险监测分为常规风险监测和特定目的风险监测。无论哪种类型的风险监测,都需要制定监测计划,并按照监测程序和规范实施,获取监测数据,及时分析并报告监测结果。

一、常规性监测

常规性监测又被称为监视性监测或例行监测,是环境健康风险监测的主体。常规性监

测主要是依据国家相关政策指令及技术规范要求,对区域内前期研究已经发现的并且有明确证据证明可能对健康产生危害的环境污染物及其健康效应进行监测,通过建立监测网络,不断积累监测数据,获取环境质量或环境污染及健康影响的现况和变化趋势,风险监测内容包括以下几个方面:①环境危害因素:环境危害因素应基于已有的流行病学研究和毒理学研究所识别的有害物质,并结合本地区的实际情况来确定,通常是不同环境介质中普遍存在,并有健康危害的各种化学污染物作为环境危害因素监测指标,如空气中的 $PM_{2.5}$ 和 O_3 等;②人群健康影响:人群健康影响是依据文献报道,区域内人群分布特征,人群健康影响或疾病与环境危害因素的相关程度来确定,通常将与环境危险因素暴露有因果关系或相关程度较高的健康结局作为健康影响监测指标,如:非意外总死亡、心脑血管疾病和呼吸系统疾病死亡,因病就诊或急救等;③其他影响环境质量和健康的因素:影响人群健康的因素,如人群的社会经济特征、生活方式等,影响环境质量的因子,如气象因素,也需要纳入监测;④监测工作的全过程质量控制:鉴于环境健康风险监测工作最终会获取的大量数据,因此必须进行全过程质量控制,才能保证监测数据准确可靠。

风险监测程序通常分为以下几个步骤:文献检索和现场调查、监测计划的制定、监测计划的实施、质量控制等。

(一) 文献检索和现场调查

常规风险监测应针对在拟监测范围内已经发现,并且有明确证据证明可能对健康产生危害的环境污染物开展充分的文献检索,获得环境污染物的理化和毒理学性质、传播途径和健康危害等。另外,还需要进行现场调查,进一步确定监测指标。现场调查应该尽量详细并覆盖监测区域及邻近区域,收集的资料主要包括:主要污染物的来源和性质,拟监测范围内人群分布特征,以及气象、地质、水文和医疗水平现状及相关历史情况等。

(二) 监测计划的制定

常规性环境健康风险监测获得的大量基础监测数据是后续开展环境与健康科学研究、环境健康风险评估工作及制定环境卫生标准和条例、环境污染物减排标准和政策及相关法律法规的重要依据。因此需要制定翔实的监测计划。监测计划应包括:监测范围、监测点的数目和位置、监测时间、监测内容、监测对象和指标、监测频率、监测手段等^[5]。

以空气污染对人群健康影响监测为例,说明监测计划的制定^[6]。

1. 监测范围 监测范围是由监测目的决定的,该项目的目的是了解全国空气污染及健康影响的现状和趋势,因此需要在全国范围开展长期系统的监测,每一年度,分析空气污染及健康影响的现状,通过长期监测和数据的不断积累,分析空气污染及对人群健康影响的变化趋势。

2. 监测内容、监测对象和监测指标 监测内容包括在监测范围内空气污染状况、人群的暴露水平、与空气污染相关的健康效应,以及影响空气污染和健康效应的其他因素。监测对象包括社区、县(区)、地市、省级范围内的空气质量和辖区内的人群健康影响。监测指标包括环境空气中 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、CO 等 6 种空气污染物浓度,以及 $PM_{2.5}$ 中金属和类金属、多环芳烃、水溶性阴阳离子等成分的浓度;气温、气压、风速、风向和湿度等气象资料;死亡、因病急救、因病就诊,以及空气污染相关的症状、体征和生理、生化指标的变化等健康效应指标;以及人口学资料;人群出行模式资料等。

3. 监测手段 监测手段是监测计划实施的必要条件,针对环境空气污染物,首先是要确定是采用手工监测、自动监测还是遥感监测;然后确定使用的采样方法、采样仪器和实验室分析方法和设备等。对于人群健康效应指标,首先要确定是采用收集已有监测系统内的资料(如死因监测数据、医院 HIS 系统的门诊、急诊和住院资料、急救中心接诊资料),还是通过问卷调查或健康检查获取空气污染相关的症状、体征和生理、生化指标的变化;然后确定资料收集方法,设计调查问卷,确定健康检查的项目和方法。

4. 监测频率 监测频率主要由监测目的、统计分析方法及可行性等因素综合决定,如环境空气质量、气象、死因、因病就诊和因病急救等均要求每日监测; $PM_{2.5}$ 及成分监测,要求每月 10~16 日和重污染天气($AQI>200$)时连续在各监测点进行空气采样,每天采样时间不少于 20 小时;小学生健康监测,每年采暖季前完成问卷调查(A 卷和 B1 卷)及 1 次肺功能测试,采暖季开始到年底期间,遇到重污染天气($AQI>200$)时,每日开展 B2 卷调查至重污染天气结束后 3 天,并再开展一次肺功能测试;社区人群健康监测,包括居民健康状况、环境污染情况及人群出行模式等,要求于当年 12 月底前完成;人口统计资料要求每年监测。另外,针对环境空气污染物,监测频率还要考虑本地区污染物浓度的内在变异性,如昼夜变化、周期变化和季节变化等。

5. 监测点的位置和数目 主要由以下几个因素决定^[7]:①监测的目的以及区域特征(经济水平和污染源的分布等);②监测范围包含区域的大小、人群分布特征;③污染程度及污染物浓度变化范围;④所需提供监测数据的精准度;⑤所具备的财力、人力和物力条件等实施可行性。

(三) 监测计划的实施

在制定了完善的监测计划的基础上,顺利实施监测工作是风险监测的核心。监测实施的主要环节包括:组织协调、相关人员的培训、相关采样和检测仪器的购买和检定、监测(现场调查)、实验室分析、监测数据的审核和处理、数据质量评价、按照规定的统计方法分析监测数据、撰写监测报告并上报等。

(四) 质量控制

制定覆盖整个风险监测工作各个环节的质量控制措施,同时严格执行,才能保证风险监测数据的准确可靠。质量控制措施包括:监测(调查)设计、实施、数据收集、数据处理等针对监测工作的质量控制措施;针对监测(调查)人员的质量控制措施,针对采样、样品保存和前处理、实验室检测设备的质量控制措施等,具体体现在以下方面:①制定相关的技术文件规范采样工作,如样品采集时间、采样频率,采样记录应如实记录采样条件和现场状况,样品运输过程的保存条件,样品交接记录,样品的实验室保存时间和保存条件等;②确定实验室分析所依据的国家标准,或制定操作规范等技术文件,确定实验室检测人员的分工,进行检测方法确认,制定实验室质量控制措施,样品的前处理与分析要求等;③制定调查设计、现场调查、数据录入、报送等质量控制措施;④制定监测数据审核和处理规则,建立数据库,进行数据质量评价;⑤定期对监测和调查人员进行培训,使其理解监测目的和全过程质量控制要求,保证监测工作顺利开展,监测数据准确可靠。

二、特定目的风险监测

特定目的风险监测又被称为应急监测,主要是针对突发性环境污染事件或者自然灾害

等的发生开展的,这要求监测人员在突发性事件发生后第一时间到达事故现场,并在最短的时间内判断可能的环境污染物、污染范围及对健康的危害,然后开展有针对性的监测,跟踪污染物浓度及健康影响的变化趋势^[8]。特定目的风险监测可以为事故应急处理、善后处置提供技术支持,对于决策者有效控制污染扩散、减少居民健康危害和降低损失具有重要作用。应急监测需满足以下要求:①对事故特征予以表征,能够快速提供污染事故的初步分析结果,如污染物理化及毒理学特点、泄漏量、浓度,估计污染物向环境扩散的范围、速率、降解速率以及同其他环境污染物有无叠加作用等;②连续和实时地监测事故发展的态势,对评估突发事件对环境和健康影响的变化,以及采取有效处理措施至关重要;③应急监测数据可以为后续的实验室分析提供第一手资料;④为突发事件后的环境恢复工作和长期监测工作提供信息;⑤为突发应急评估报告的撰写提供必要的资料。

应急监测程序包括以下几个步骤:相关文献检索和应急事件现场勘查、编制应急监测预案、应急监测方案的审批和实施等^[9]。

(一) 相关文献检索和应急事件现场勘查

突发性环境污染事件的发生往往伴随着环境污染物的大量排放,这就要求首先确定事件发生的地点,并查询事故地点周围有哪些可能存在进一步泄漏风险的企业,了解其生产、使用、储存危险化学品的基本情况,根据所了解的事故信息,初步确认引发事故的污染物,估计可能泄漏的量,再通过文献检索和相关数据库查询,了解环境污染物的理化性质、危险特性、处理处置方法和防护措施等。同时第一时间派出应急监测人员前往应急事件现场勘查情况。

(二) 编制应急监测方案

日常管理中,通常每个地区都会根据可能造成环境污染事故企业的生产、使用、储存危险化学品的情况及区域特点,预测可能发生的环境污染事故、事故可能的影响范围及其严重程度,并有针对性地编制应急预案。一旦污染事故发生,环境保护等相关部门应及时组织专家和相关专业技术人员,在进行初步的文献检索和应急事件现场勘查和研判后,对现有应急预案进行回顾,确定相关部门的职责,评估应急监测能力和资源。然后编制应急监测方案,要求应急监测能够反映突发环境污染事件的“全貌”,为应急处置提供科学依据。监测方案一般包括:监测范围和对象、监测点数目和位置的确定、监测指标、采样频次、检测仪器和装备、人员分工等内容。监测范围和对象、监测指标、采样频次、检测仪器和装备等的确定应根据前期充分的文献检索和突发应急事件现场的具体情况来决定,监测点数目和位置应考虑以下3种不同功能的区域布设监测点:①污染源,需在污染物排放点及扩散范围内布设监测点,并根据事故现场污染源排放情况,分别布设1个或多个污染源监控点,同时扩散监控点的布设应根据事故现场的地形地貌和气象因素等实际情况,以及可能受影响的范围;②污染事故影响敏感点,需要在事故可能对人类活动造成影响的饮用水源地、农田、农业灌溉区、渔业和禽畜养殖区、居民区、商业区等区域布设监测点位,以了解突发事件对人群健康可能产生的影响;③对照点,需要在未受事故污染物影响的区域布设监测点位。例如,大气应急监测的对照点应布设在事发现场的上风向,水体应急监测的对照点布设在事发现场的上游,土壤应急监测的对照点应布设在未受污染事故影响的、与污染源监控点相同土质的地区。

(三) 应急监测方案的审批和实施

应急监测方案获批后,就需要尽快启动应急监测,通过精准、快速和翔实的监测工作,为突发事件处理的决策部门提供有效的科学支撑。除了在平常加强应急监测的快速反应和技术能力建设外,在实施过程中也要注意以下几个方面:①应急监测人员在到达现场后,应根据事故发生地的实际情况来迅速划定监测采样地点、区域;②凡是具备现场检测条件的监测项目和指标,应在现场尽快测定,同时也可另采集一份样品送后方实验室检测,以核实现场定性或定量分析结果;③一般在突发性事件发生的初期采样频次要适当的增加,在摸清污染物变化和扩散规律后,可减少采样频次;④现场监测记录是应急监测结果报告的重要依据,故要严格按照规范记录和填写,保证信息的完整准确;⑤用于现场应急监测的仪器设备,出发前应检查并保证其处于良好的技术状态;⑥现场的应急监测人员要注意自身安全的防护,必须按规定正确穿戴必要的防护装备,采样监测工作要在确认安全的情况下展开,同时至少两人同行。

根据相关专家对现场获取信息和应急监测结果的分析和研判,环境保护等相关部门应及时向政府提出预警信息发布的建议,及时告知媒体和公众突发事件可能影响的范围和危害程度,并提出防护建议。

第四节 环境健康风险评估

环境健康风险评估是对环境污染引起的人体健康和生态危害的种类及程度,进行定性和定量描述的过程。管理需求、公众关注或发生突发事件等均需要进行环境健康风险评估,回答以下问题:①是否存在清晰明确的环境健康问题?②环境健康风险评估将如何帮助解决这些问题?③梳理出的问题是否在利益受到影响的人中体现?④如果目前的环境条件对人类存在健康威胁,有没有可供选择的改变生存条件的描述?⑤风险评估的范围是否被确定?需要考虑和不予考虑的要素是否清晰?如需要进行评估的要素包括压力源、污染源、暴露方式和暴露途径、人群、效应、暴露终点等。了解存在的问题,明确评估范围,早期识别出利益相关者,以及利益相关者的参与度等,对于开展环境健康风险评估都是非常关键的。本节将系统梳理环境健康风险评估的发展历程、现状和存在的主要问题。

一、环境健康风险评估的发展历程

国际上对健康风险评估的研究始于 20 世纪 30 年代,这一阶段采用毒物鉴定法对毒性较大的化学污染物进行急性毒性的定性和定量评价,说明暴露于某化学污染物可能会造成一定的健康风险。20 世纪 50 年代提出了安全系数法,用于估算人群的可接受摄入量,随后研究者发表了几种定量方法用于低浓度暴露条件下的健康风险评估。70 年代以后,环境健康风险评估研究进入了快速发展时期,并逐步形成了较为完善的评估体系。事故风险评估最具代表性的是美国核管会 1975 年完成的《核电厂概率风险评价实施指南》(WASH-1400)报告^[10]。该报告系统地建立了概率风险评估方法。与此同时,世界卫生组织、美国国家科学院和美国环保署(USEPA)为环境健康风险评估工作的开展做了大量工作,第一个具有里程碑意义的事件,是 1980 年美国最高法院首次通过了美国职业安全与卫生管理局(occupa-