



国家卫生健康委员会“十四五”规划教材
全 国 高 等 学 校 教 材



供预防医学类专业用

环境卫生学

Environmental Hygiene

第 9 版

主 编 邬堂春 张志勇

副主编 屈卫东 王守林 张志红

数 字 主 编 邬堂春 张志勇

数字副主编 屈卫东 王守林 张志红

人民卫生出版社
· 北 京 ·

编委名单

编 委（以姓氏笔画为序）

马 艳	新疆医科大学	陈仁杰	复旦大学
王百齐	天津医科大学	陈承志	重庆医科大学
王守林	南京医科大学	周 舟	重庆大学
韦 霄	广西医科大学	周 雪	华中科技大学
尹立红	东南大学	周丽婷	吉林大学
巴 月	郑州大学	周承藩	安徽医科大学
邓芙蓉	北京大学	周紫垣	陆军军医大学
邬堂春	华中科技大学	屈卫东	复旦大学
许正平	浙江大学	孟晓静	南方医科大学
李晓波	首都医科大学	孟繁宇	哈尔滨医科大学
杨 飞	南华大学	赵 琦	山东大学
杨巧媛	广州医科大学	施小明	中国疾病预防控制中心
吴少伟	西安交通大学	晋小婷	青岛大学
沈学锋	空军军医大学	徐苑苑	中国医科大学
张 玲	武汉科技大学	黄存瑞	清华大学
张志红	山西医科大学	董光辉	中山大学
张志勇	桂林医科大学	曾 强	华中科技大学

编写秘书

曾 强（兼）

数字编委



新形态教材使用说明



新形态教材是充分利用多种形式的数字资源及现代信息技术，通过二维码将纸书内容与数字资源进行深度融合的教材。本套教材全部以新形态教材形式出版，每本教材均配有特色的数字资源和电子教材，读者阅读纸书时可以扫描二维码，获取数字资源和电子教材。

电子教材是纸质教材的电子阅读版本，支持手机、平板及电脑等多终端浏览，具有目录导航、全文检索等功能，方便与纸质教材配合使用，随时随地进行阅读。

获取数字资源与电子教材的步骤

1 扫描封底红标二维码，获取图书“使用说明”。

2 揭开红标，扫描绿标激活码，注册/登录人卫账号获取数字资源与电子教材。

3 扫描书内二维码或封底绿标激活码随时查看数字资源和电子教材。

4 登录 zengzhi.ipmph.com 或下载应用体验更多功能和服务。

扫描下载应用

客户服务热线 400-111-8166

读者信息反馈方式



欢迎登录“人卫 e 教”平台官网“medu.pmph.com”，在首页注册登录后，即可通过输入书名、书号或主编姓名等关键字，查询我社已出版教材，并可对该教材进行读者反馈、图书纠错、撰写书评以及分享资源等。

修订说明

公共卫生与预防医学教育是现代医学教育的重要组成部分,在应对全球健康挑战、建设健康中国、提高国民健康素养、促进人群健康过程中,始终发挥着重要作用、承担着重大使命。在人类应对各种突发、新发传染病威胁过程中,公共卫生更是作用重大,不可或缺,都说明公共卫生学科专业的重要性与必要性。公共卫生不仅关系着公众的健康水平、公共安全和社会稳定,还影响着社会经济的发展和国际关系与世界格局的改变,是事关大国计、大民生的大学科、大专业。在我国公共卫生 40 余年的教学实践中也逐步形成了我国公共卫生与预防医学教育的一些特点。比如,我国的公共卫生教育是以强医学背景为主的公共卫生与预防医学教育,既体现了国家战略需求,也结合了本土化实践。现代公共卫生与预防医学教育强调“干中学”(learning by doing)这一主动学习、在实践中学习和终身学习的教育理念,因此公共卫生与预防医学教材建设和发展也必须始终坚持和围绕这一理念。

1978 年,在卫生部的指导下,人民卫生出版社启动了我国本科预防医学专业第一轮规划教材,组织了全国高等院校的知名专家和教师共同编写,于 1981 年全部出版。首轮教材共有 7 个品种,包括《卫生统计学》《流行病学》《分析化学》《劳动卫生与职业病学》《环境卫生学》《营养与食品卫生学》《儿童少年卫生学》,奠定了我国本科预防医学专业教育的规范化模式。此后,随着预防医学专业的发展和人才培养需求的变化,进行了多轮教材的修订、完善与出版工作,并于 1990 年成立了全国高等学校预防医学专业第一届教材评审委员会,至今已经是第五届。为了满足各院校教学的实际需求,规划教材的品种也在不断丰富。第二轮增加《卫生毒理学基础》《卫生微生物学》,第四轮增加《社会医学》,第五轮增加《卫生事业管理学》《卫生经济学》《卫生法规与监督学》《健康教育》《卫生信息管理学》《社会医疗保险学》,第八轮增加《公共卫生与预防医学导论》。由此,经过 40 余年的不断完善和补充,逐渐形成了一套具有中国本土特色的、完整的、科学的预防医学教材体系。

党的二十大报告提出“创新医防协同、医防融合机制,健全公共卫生体系”,我国新时代卫生健康工作方针明确坚持“预防为主”“将健康融入所有政策”,把公共卫生在国家建设发展中的基础性、全局性、战略性地位提到了空前高度。为贯彻落实党的二十大及二十届二中、三中全会精神,促进教育、科技、人才一体化发展,适应我国公共卫生体系重塑和高水平公共卫生学院建设的需要,经研究决定,于 2023 年启动了全国高等学校预防医学专业第九轮规划教材的修订工作。

预防医学专业第九轮规划教材的修订和编写特点如下:

1. 强化国家战略导向,坚持教材立德树人 教材修订编写工作认真贯彻落实教育部《高等学校课程思政建设指导纲要》,落实立德树人根本任务,以为党育人、为国育才为根本目标。在专业内容中融入思政元素,固本铸魂,阐释“人民至上、生命至上”的理念,引导学生热爱、专注、执着、奉献于公共卫生事业,打造政治过硬、心怀人民、专业能力强,既对国情有深刻理解,又对国际形势有充分认知,关键时刻能够靠得住、顶得上的公共卫生与预防医学专业人才队伍。

2. 培养公卫紧缺人才,坚持教材顶层设计 教材修订编写工作是在教育部、国家卫生健康委员会、国家疾病预防控制局的领导和支持下,由全国高等学校预防医学专业教材评审委员会审定,专家、教授把关,全国各医学院校知名专家教授和疾控专家共同编写,人民卫生出版社高质量出版。坚持顶层设计,按照教育部培养目标、国家公共卫生与疾控事业高质量发展的要求和社会用人需求,在全国进行科学调研的基础上,借鉴国内外公共卫生人才培养模式和教材建设经验,充分研究论证专业人才素质要求、学科体系构成、课程体系设置和教材体系规划。

3. 细化自强卓越目标,坚持教材编写原则 教材修订编写遵循教育模式的改革、教学方式的优化和教材体系的建设,立足中国本土,突出中国特色,夯实人才根基。在全国高等院校教材使用效果的调研、评价基础上,总结和汲取前八轮教材的编写经验和成果,对院校反馈意见比较集中的教材内容进行修改和完善。教材编写立足预防医学专业五年制本科教育,始终坚持教材“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)和“三特定”(特定对象、特定要求、特定限制)的编写原则。

4. 深化数字科技赋能,坚持教材创新发展 为进一步满足预防医学专业教育数字化需求,更好地实现理论与实践结合,本轮教材采用纸质教材和数字资源融合的新形态教材出版形式。数字资源包括教学课件、拓展阅读、案例分析、实践操作、微课、视频、动画等,根据教学实际需求,突出公共卫生与预防医学学科特色资源建设,支持教学深度应用,有效服务线上教学、混合式教学等教学模式。

5. 全面服务教学育人,坚持教材立体建设 从第五轮教材修订开始,尝试编写和出版服务于教学与考核的配套教材,之后每轮教材修订时根据需要不断扩充和完善。本轮教材仍有10种理论教材配有学习指导与习题集、实习指导、实验指导类配套教材,供教师授课、学生学习和复习参考。

全国高等学校预防医学专业第九轮规划教材共17种,均为国家卫生健康委员会“十四五”规划教材。全套教材将于2025年出版发行,数字内容和电子教材也将同步上线。其他配套教材将于2026年陆续出版完成。另外,教育部公共卫生与预防医学“101计划”核心教材首轮共10种,也将同步出版,供全国广大院校师生选用参考。

希望全国广大院校在使用过程中能够多提宝贵意见,反馈使用信息,以便进一步修改和完善教材内容,提高教材质量,为第十轮教材的修订工作建言献策。

主编简介



邬堂春

男，1965年7月出生于四川简阳。华中科技大学教授，中国工程院院士，华中科技大学同济医学院院长，国家重点学科劳动卫生与环境卫生学学术带头人，环境与健康教育部重点实验室主任。曾任国际细胞应激学会主席，现为中国医师协会副会长兼公共卫生医师分会会长、中国生物物理学会表型组学分会会长等，是国家杰出青年科学基金项目获得者、教育部“长江学者奖励计划”特聘教授、“973计划”和国家重点研发计划首席科学家、国家自然科学基金委员会创新研究群体项目负责人等。

针对环境健康领域长期存在的重大科学难题，运用多中心、大样本、长时间、高质量的前瞻性队列研究等方法，取得如下成绩：①揭示并解答生产环境中矽尘暴露致使肺癌高发和冠心病死亡增加的世界难题，为国际相关职业卫生标准的修订提供了关键证据；②首次揭示固体燃料所产生的室内空气污染是居民重大死因，针对性制定有效干预对策，为延长居民预期寿命做出重要贡献；③着力深入研究空气污染导致心肺损害的主要成分和作用机制，为制定环境质量标准 and 高效精准预防提供新证据；④领衔研判新型冠状病毒感染防控效果和疫情趋势，证实了联防联控、医疗卫生学科协同作战的有效性，揭示新型冠状病毒传播的高传染和高隐蔽特性，为我国疫情防控提供了科技支撑。总之，在揭示环境病因、阐明发病机制和制定预防对策等方面做出突出贡献，在中国乃至世界预防医学实践中具有引领和示范作用。在 *JAMA* (2篇)、*Nature*、*J Clin Oncol*、*Circulation* 等发表论文 402 篇，许多著名期刊 (*Ca Cancer J Clin*、*JAMA*) 等高度评价其研究工作；获国家自然科学奖二等奖、科学技术进步奖二等奖各 1 项，国家教学成果奖二等奖 2 项。

主编简介



张志勇

男, 1963 年 10 月生于广西桂林。医学博士、二级教授、享受国务院政府特殊津贴专家, 曾任广西医科大学公共卫生学院院长、广西医科大学副校长, 桂林医学院院长、党委书记等职, 兼任教育部高等学校公共卫生与预防医学类专业教学指导委员会委员、中华预防医学会公共卫生教育分会常务委员、中国高等教育学会医学教育专业委员会常务理事等社会职务。

从事预防医学及环境卫生学教学工作 40 年。曾主持国家级和省部级本科教改质量工程项目 6 项, 发表教学改革论文 30 余篇, 其中《柳叶刀》1 篇(共同作者), 获省部级教学成果奖 9 项, 是国家级精品视频公开课“空气污染与健康”、国家级一流本科专业“预防医学”的负责人, 担任人民卫生出版社出版的《现代环境卫生学》(第 3 版)及《环境卫生学》(第 8 版)副主编, 获全国优秀教师等荣誉称号。科研主要研究方向是环境流行病学, 主持各级科研课题 20 余项, 其中国家自然科学基金 7 项, 在国内外学术期刊发表论文 200 多篇, 其中 SCI 收录 70 多篇, 获省部级科技奖励 7 项, 软件著作权 4 项。

副主编简介



屈卫东

男, 1968 年 1 月生于新疆乌鲁木齐。复旦大学公共卫生学院教授, 研究方向为饮水与健康。受聘国家环境与健康咨询委员会委员, 国家卫生健康标准委员会环境健康标准专业委员会副主任委员, 中华预防医学会卫生毒理分会主任委员、环境卫生分会副主任委员, 中国环境诱变剂学会暴露组学与暴露科学专委会主任委员。

长期从事环境污染物的有害效应和淮河水污染对健康影响研究。曾获国家杰出青年科学基金项目、教育部“长江学者奖励计划”特聘教授。主持完成了国家“863 计划”和科技支撑计划、国家自然科学基金重点项目和科技部重点专项课题。曾负责国家生活饮用水消毒副产物卫生标准研制修订工作。



王守林

男, 1967 年 12 月生于江苏扬州。现任南京医科大学公共卫生学院教授(二级)、博士生导师, 兼任中国毒理学会理事兼生殖毒理学专业委员会副主任委员、中华预防医学会环境卫生分会常务委员、江苏省毒理学会理事长等。

从事环境卫生与毒理学教学和科研工作 30 余年, 先后主持国家“973 计划”课题、国家自然科学基金重点和面上项目等 30 余项, 以通信作者在环境与健康领域重要期刊发表学术论文 100 篇(SCI 收录 50 余篇), 获国家发明专利 7 项, 以主要完成人获江苏省、教育部科学技术进步奖一、二等奖等 5 项。曾获江苏省高等学校优秀共产党员、江苏省有突出贡献的中青年专家等荣誉称号。



张志红

女, 1973 年 8 月生于山西晋中。二级教授, 博士生导师, 博士后合作导师, 现为山西医科大学公共卫生学院党委书记, 中国环境科学学会环境医学与健康分会常务委员, 中华预防医学会环境卫生分会委员, 中国环境诱变剂学会环境流行病学专委会、生物标志物专委会常务委员, 中国毒理学会表观遗传毒理专业委员会、呼吸毒理专业委员会常务委员, 研究方向为环境污染、气候变化与健康。

从事教学工作至今 26 年, 主持 4 项国家自然科学基金, 以第一或通信作者发表国内外论文 90 余篇, 主编、副主编 8 部著作和教材。在环境卫生学领域有较大的影响力, 获省级及以上教学、科技奖励 7 项。

前言

环境是人类生存和发展的基本条件。环境因素种类繁多、成分复杂,影响人类全生命周期健康。随着我国发展进入新阶段和国民疾病谱改变,民众对美好生活的需求和追求日益增加。为了满足人民群众对美好生活的需求和追求,国家实施了健康中国与美丽中国战略,强调把以治病为中心转变为以人民健康为中心,树立“大健康、大卫生”理念,提出新时代卫生与健康工作方针。面对新形势和新发展,人民卫生出版社于2023年9月启动了预防医学专业第九轮规划教材的修订编写工作。环境卫生学作为预防医学专业的一门主干学科,以研究环境与健康关系并提升人群健康水平为目的,系统学习和掌握环境卫生学的学科体系和预防对策,对促进人群健康具有重要意义。

《环境卫生学》已经历8次修订,本次修订主编根据新形势和新发展拟定了以下编写原则:①强调大环境与大健康,注重同国家需求如慢性非传染性疾病防控紧密联系,重点关注居民暴露程度和危害程度高的环境因素,突出环境因素与健康之间的剂量-效应关系、环境因素复合暴露以及室内外环境对健康影响等方面的重要性,体现教材的思想性和科学性;②根据环境与健康研究领域最新进展、多学科交叉特点并结合我国环境卫生工作的实际需求,更新充实环境卫生学基本理论和基本知识,体现教材的先进性和适用性;③注重环境与健康问题解决对策和方法,培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力,体现教材的启发性和实用性,使学生深刻认识环境卫生工作的重要性,激发学生学习的积极性。

根据以上修订原则,《环境卫生学》第9版分别于2024年5月和9月在武汉市与桂林市召开了编写会议和定稿会,对本次教材进行了以下重点修订:①绪论新增了环境卫生学在健康中国、美丽中国建设中的作用与地位,将环境与健康研究新理念、新方法、新技术以及我国在环境与健康研究领域取得的优秀成果引入教材;②第二章增加了人类环境的变化,强调了环境因素的暴露特征和健康效应,更新充实了环境与健康关系的研究方法;③将第8版“第三章大气卫生”修订为“室外空气环境与健康”,新增了第四章室内环境与健康,并将第8版中住宅与公共场所卫生和家用化学品卫生合并至第四章;④新增了第八章环境相关疾病,主要阐述了环境污染与心血管疾病、呼吸

系统疾病、肿瘤、代谢性疾病、生殖发育和神经系统疾病等主要慢性非传染性疾病之间的关系；⑤删减了第8版中生物地球化学性疾病和环境污染性疾病章节，相关内容编入第八章环境相关疾病以及其他章节；⑥大部分章节增加了环境与健康问题预防对策内容，涉及法律、标准、卫生调查、监测和监督等；⑦本版教材借助数字化技术编写了融合教材，读者通过扫描书中二维码可获得更多信息。此外，本版教材配套编写了《环境卫生学实习指导》及《环境卫生学学习指导与习题集》，供学生课间实习和自主学习参考。

全体编者为本版教材的编写付出了辛勤的汗水；编委兼秘书曾强教授为本书的编写、联络、校对和编排做了大量细致工作；编委周雪教授以及华中科技大学研究生柳阿雪、李杨捐、李秀婷和张宁为本书的校对也做了细致工作；复旦大学郑唯韩教授、华中科技大学喻快副研究员、中国医科大学贺淼教授、重庆医科大学周莉教授也为本版教材的编写付出了很多精力和心思；华中科技大学同济医学院公共卫生学院和桂林医科大学公共卫生学院的同仁为本版教材的编写启动会和定稿会的顺利召开做了大量工作。在此一并致以衷心的感谢。

限于作者水平，本版教材的疏漏甚至错误在所难免，恳请各院校的同仁、同学提出宝贵意见。

邬堂春 张志勇

2025年3月

目 录

第一章 绪论	1
一、环境卫生学的定义、研究对象和研究内容	1
二、环境卫生学发展简史和我国环境卫生工作的主要成就	8
三、环境卫生学在健康中国、美丽中国建设中的作用与地位	11
四、环境卫生工作和环境卫生学今后的任务	11
第二章 环境与健康的关系	16
第一节 人类的环境	16
一、人类环境的构成	16
二、人类环境的变化	19
第二节 人与环境的辩证统一关系	22
一、人与环境关系的演变	22
二、人与环境的辩证统一关系	23
三、人与环境的相互作用及其生物学基础	24
第三节 环境因素的暴露特征	27
一、物理因素的暴露特征	27
二、化学因素的暴露特征	28
三、生物因素的暴露特征	31
四、环境因素的复合暴露	31
第四节 环境因素的健康效应	31
一、健康效应与人群易感性	32
二、剂量-效应关系	33
三、复合暴露的联合作用	36
四、环境因素与健康效应	37
五、特殊环境和极端环境变化与健康	39
六、环境污染的主要健康危害	40
第五节 环境与健康关系的研究方法	43
一、环境暴露和健康效应的评价方法	44
二、环境流行病学研究方法	47
三、环境毒理学研究方法	50
四、环境与健康关系研究方法的应用	52
第六节 环境与健康问题的预防对策	53
一、总体要求	53

二、主要原则	54
三、主要措施	54
四、具体对策	55
第七节 环境与健康标准体系	57
一、基准与标准	57
二、环境保护标准体系	57
三、环境卫生标准体系	60
四、环境卫生标准的制定	61
第八节 健康风险评估	63
一、健康风险评估的基本内容和方法	63
二、健康风险评估的应用	67
第三章 室外空气环境与健康	69
第一节 室外空气的特征和卫生学意义	69
一、室外空气的物理性状	69
二、室外空气的化学组成	70
三、室外空气的生物组成	71
第二节 室外空气污染的种类、来源和影响因素	72
一、室外空气污染的种类	72
二、室外空气污染的来源	73
三、室外空气污染物浓度的影响因素	76
四、室外空气污染的转归	77
第三节 室外空气污染对健康的影响	78
一、室外空气污染的急性健康危害	78
二、室外空气污染的慢性健康危害	81
三、室外空气污染的间接健康危害	82
四、室外空气中常见物理性因素的健康影响	83
五、室外空气中常见化学性因素的健康影响	84
六、室外空气中常见生物性因素的健康影响	86
第四节 气候变化的健康影响	86
一、气候变化概述	86
二、气象因素对健康的影响	89
三、极端天气事件对健康的影响	90
第五节 室外空气污染和气候变化健康影响的预防对策	92
一、室外空气污染对健康影响的调查、监测与评估	92
二、气候变化对健康影响的调查、监测与评估	95
三、大气污染的防治	98

四、气候变化的应对	101
第四章 室内环境与健康	103
第一节 室内环境的种类及其卫生学意义	103
一、室内环境的种类和特点	103
二、住宅的卫生学意义和卫生要求	103
三、办公场所的卫生学意义和卫生要求	109
四、住宅与办公场所的卫生学特点比较	110
第二节 室内环境因素的来源及其特点	111
一、室内环境的物理性因素	111
二、室内环境的化学性因素	112
三、室内环境的生物性因素	113
第三节 室内环境因素的健康影响	115
一、室内环境物理性因素的健康影响	115
二、室内环境化学性因素的健康影响	116
三、室内环境生物性因素的健康影响	120
第四节 室内环境有害因素健康影响调查与预防对策	121
一、室内环境有害因素健康影响调查	122
二、室内环境有害因素健康影响的预防对策	132
第五章 水体卫生	139
第一节 水资源的种类与卫生学特征	139
一、降水	139
二、地表水	140
三、地下水	140
第二节 水质性状与评价指标	141
一、物理性状指标	141
二、化学性状指标	142
三、生物学性状指标	144
第三节 水体污染与污染转归	145
一、水体污染的主要来源	145
二、各类水体的污染特征	147
三、水体污染自净及水体污染物转归	148
四、我国水环境污染概况	152
第四节 水体污染与健康	152
一、物理性污染与健康	153
二、化学性污染与健康	154

三、生物性污染与健康 158

第五节 水环境标准 159

一、水环境质量标准 160

二、水污染物排放标准 161

第六节 水体污染的预防对策 162

一、水体卫生防护 162

二、水污染的卫生调查、监测和监督 165

第六章 饮用水卫生 169

第一节 饮用水与健康 169

一、生物性污染与健康 169

二、物理性污染与健康 172

三、化学性污染与健康 173

四、饮用水二次污染对健康的影响 176

第二节 集中式供水 177

一、水源选择与基本要求 177

二、取水点和取水设备 178

三、水质常规处理与深度处理 178

四、集中式供水主要卫生问题 184

第三节 分散式供水 185

一、地下水卫生 185

二、地表水卫生 185

三、雨雪水卫生 186

四、分散式供水主要卫生问题 186

第四节 生活饮用水卫生标准与制定依据 187

一、制定原则 187

二、我国生活饮用水卫生标准及其制定依据 187

三、世界卫生组织和其他一些国家的饮用水水质标准 191

第五节 饮用水污染的预防对策 191

一、饮用水的卫生防护 192

二、饮用水的卫生调查、监测和监督 193

第六节 水污染事故应急处理原则 195

一、水污染紧急事故处理 195

二、饮用水污染事故发生后的紧急处理 196

三、洪涝灾害期间饮水卫生应急措施 196

第七节 涉及饮用水卫生安全产品 197

一、涉水产品存在的卫生问题 197

二、涉水产品的卫生监测和评价	198
三、涉水产品的卫生毒理学评价程序和方法	198
第七章 土壤卫生	201
第一节 土壤环境特征	201
一、土壤的组成	201
二、土壤的物理学特征	202
三、土壤的化学特征	202
四、土壤的生物学特征	203
第二节 土壤的污染、自净及污染物的转归	204
一、土壤的污染	204
二、土壤的净化作用	207
三、土壤污染物的转归	208
第三节 土壤污染与健康	210
一、土壤重金属污染的健康危害	211
二、土壤农药污染的健康危害	213
三、土壤持久性有机污染物的健康危害	215
四、土壤中其他新污染物的健康危害	217
五、土壤电子垃圾污染的健康危害	218
六、土壤生物性污染的健康危害	219
第四节 土壤污染的预防对策	220
一、土壤污染防治法律	220
二、土壤环境质量标准	221
三、土壤卫生防护	223
四、土壤卫生监测	226
五、土壤卫生监督	228
第八章 环境相关疾病	230
第一节 概述	230
一、环境相关疾病的流行特征	230
二、环境相关疾病的分类	231
三、环境相关疾病的疾病负担	231
第二节 环境污染与心血管疾病	234
一、环境污染与脑卒中	234
二、环境污染与冠心病	236
第三节 环境污染与呼吸系统疾病	238
一、环境污染与呼吸道感染	239

二、环境污染与慢性阻塞性肺疾病	240
三、环境污染与支气管哮喘	242
第四节 环境污染与肿瘤	243
一、环境污染与肺癌	243
二、环境污染与肝癌	246
三、环境污染与胃癌	248
第五节 环境污染与代谢性疾病	249
一、环境污染与糖尿病	249
二、环境污染与非酒精性脂肪性肝病	251
三、环境污染与骨质疏松症	252
第六节 环境污染与生殖发育	254
一、环境污染与不孕不育	254
二、环境污染与胚胎发育异常	256
三、环境污染与不良妊娠结局	257
第七节 环境污染与神经系统疾病	259
一、环境污染与神经发育障碍相关疾病	259
二、环境污染与神经退行性疾病	261
三、环境污染物直接引起的中毒性神经系统疾病	262
第八节 生物地球化学性疾病	264
一、碘与健康	264
二、氟与健康	265
三、砷与健康	268
四、硒与健康	270
第九节 环境相关疾病的预防对策	274
一、病因预防	274
二、疾病的早期预防	275
三、病残预防	276
第九章 公共场所卫生	278
第一节 公共场所种类和卫生学特点	278
一、公共场所的分类和范畴	278
二、公共场所的卫生学特点	278
三、公共场所卫生研究的内容	279
第二节 公共场所环境污染及对人体健康的影响	279
一、公共场所物理性污染与健康影响	279
二、公共场所化学性污染与健康影响	279
三、公共场所生物性污染与健康影响	280

第三节 公共场所的卫生要求	281
一、公共场所的基本卫生要求	281
二、各类公共场所的具体卫生要求	282
第四节 公共场所污染的预防对策	284
一、公共场所的卫生管理	284
二、公共场所的卫生监督	285
三、公共场所的卫生调查	287
四、改善公共场所卫生的一般措施	289
第十章 城乡规划卫生	291
第一节 城乡规划卫生概论	291
一、城乡人居环境	291
二、城乡规划与国土空间规划	292
三、城乡规划中的建成环境因素	293
四、城乡规划中的环境卫生问题	293
五、城乡规划卫生的主要任务	294
六、城乡规划卫生的发展历程	296
第二节 城市规划卫生	296
一、城市环境与健康城市建设	296
二、城市规划卫生的原则和内容	297
三、城市规模、功能分区与健康	298
四、城市废水和垃圾处理	302
五、城市规划与大气污染治理	303
六、城市环境噪声与光污染治理	304
七、城市热暴露与热舒适度	306
八、城市绿化与城市生态环境	307
九、城市安全及防灾减灾	308
第三节 乡村规划卫生	309
一、乡村环境与美丽乡村建设	309
二、乡村规划卫生的原则和内容	310
三、乡村生产生活环境与健康	311
四、乡村生态环境建设与健康	313
五、乡村卫生服务及防灾减灾体系	314
第四节 城乡规划的环境卫生管理	315
一、城乡卫生规划的法律法规	315
二、城乡卫生规划的实施与保障	316
三、城乡卫生规划的方法与技术	318

四、城乡卫生规划的监督与评价	319
第十一章 环境质量评价	322
第一节 环境质量评价概述	322
一、环境质量评价的目的和种类	322
二、环境质量评价的内容和方法	322
三、环境质量评价的作用和意义	323
第二节 环境质量现状评价	324
一、污染源评价方法	324
二、环境质量评价方法	326
三、环境质量评价方法应用	328
第三节 环境影响评价	340
一、环境影响评价的概念和作用	340
二、环境影响评价的内容和程序	340
三、环境影响评价方法	342
第四节 环境对人群健康影响的评价	344
一、人群健康效应评价的一般内容与方法	345
二、环境污染健康影响评价	346
三、环境健康影响评价	346
第十二章 突发环境污染事件及其应急处理	350
第一节 突发环境污染事件概述	350
一、突发环境污染事件的定义	350
二、突发环境污染事件的基本特征	351
三、突发环境污染事件的分类	351
四、突发环境污染事件的分级	352
第二节 突发环境污染事件的危害	353
一、突发环境污染事件对人群健康的危害	353
二、突发环境污染事件对生态环境的影响	355
三、突发环境污染事件对社会安定和经济发展的影响	357
第三节 突发环境污染事件的应急准备	359
一、健全预警系统	359
二、组建指挥体系	360
三、制订应急预案	361
四、做好应急保障	362
五、加强应急技术科学研究	362
第四节 突发环境污染事件的应急处理	363

一、监测预警与信息发布	363
二、应急响应与应急处置	364
三、应急终止与后期工作	371
第十三章 自然灾害环境卫生	373
第一节 自然灾害的定义与特征	373
一、自然灾害的概念	373
二、自然灾害的类型	374
三、自然灾害对环境和人群健康的危害特点	376
第二节 自然灾害的环境破坏与健康风险	377
一、自然灾害的主要健康风险	377
二、疫病发生的原因和流行条件	378
三、自然灾害发生后的常见疾病	380
四、自然灾害发生后的疫情控制与预防	381
第三节 自然灾害的卫生应急	382
一、自然灾害时的卫生应急对策	382
二、灾区环境卫生管理	383
三、灾害发生时的个人应急措施	387
推荐阅读	389
中英文名词对照索引	390
附录	



第一章 绪 论



环境是人类生存和发展的基本条件。广义的环境是指围绕人群活动的空间和可以直接或间接影响人类健康的各种因素的统称,主要包括自然环境、生活环境、工作环境和社会环境中的物理因素、化学因素、生物因素、经济因素、文化因素和生活方式等(如吸烟、饮酒、锻炼与休闲、睡眠和饮食习惯),也称为大环境,影响着人类全生命周期健康。良好的环境有益于人类全生命周期健康,而不良的环境则危害人类全生命周期健康。尽管不同学科的任务与目标不同,但是,坚持大环境与大健康的理念,系统学习和掌握环境卫生学的学科体系与预防对策是十分重要的。伴随我国发展进入新阶段和国民疾病谱的改变,民众对美好生活的需求和追求日益增加,保护和改善环境、倡导健康的生活方式,对保障公众健康和追求美好生活具有重要意义。

一、环境卫生学的定义、研究对象和研究内容

(一) 环境卫生学的定义

环境卫生学(environmental health/environmental hygiene)是研究自然环境(natural environment)和生活环境(living environment)与人群健康的关系,揭示环境因素对人群健康影响的发生、发展规律,为充分利用环境有益因素和控制环境有害因素提出卫生要求和预防对策,促进人体健康,维护和不断提高人群健康水平的学科。环境卫生学是预防医学专业的一门主干学科,也是环境科学不可或缺的重要组成部分,是一门实践性很强的应用学科。

(二) 环境卫生学的研究对象

环境卫生学以人类健康和周围的环境为研究对象,阐明人类赖以生存的环境对人体健康的影响和人体接触环境因素所产生的系列反应,即环境与机体相互作用(environment-organism interaction),这是环境卫生学的基本任务。就人类而言,环境是指围绕人群的空间和能直接或间接影响人类生存、发展和健康的各种因素的总体,是一个复杂的庞大系统,由多种环境介质和环境因素组成。

环境介质(environmental media)是人类赖以生存的物质环境条件,是指环境中所具有的物质,通常以气态、液态和固态三种物质形态存在,能够容纳和运载各种环境因素。具体来说,环境介质是指空气、水、土壤(岩石)与包括人体在内的所有生物体。环境介质的三种物质形态(气、液、固)在地球表面环境中通常不会以完全单一介质形式存在。例如,水中可含有空气和固态悬浮物,大气中含有水分和固态颗粒物,土壤中含有空气和水分。在一定条件下,环境介质的三种物质形态可以相互转化,其承载的物质也可以相互转移。例如,水中的酚和氰可挥发到大气中,土壤中的氰化物既可通过渗漏进入地下水,也可通过挥发释放到大气中。环境介质的运动可携带污染物向远方扩散。例如,土壤和水体中的持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)可挥发到大气中,随空气流动从温暖地区向寒冷地区迁移。由此可见,人体暴露环境因素是多种环境介质综合作用的结果(图 1-1)。此外,环境介质还具有维持自身稳定的特性。虽然长期以来环境曾遭受无数次自然突发事件如地震、火山爆发、洪水等和人类活动的严重干扰,但环境介质的整体结构和基本组成仍能保持相对稳定,表明环境介质对外来的干扰具有相当的缓冲和修复能力;但当外来的干扰作用超出了环境介质本身固有的缓冲修复能力时,可使环境介质的结构、组成甚至功能发生难以恢复的改变。

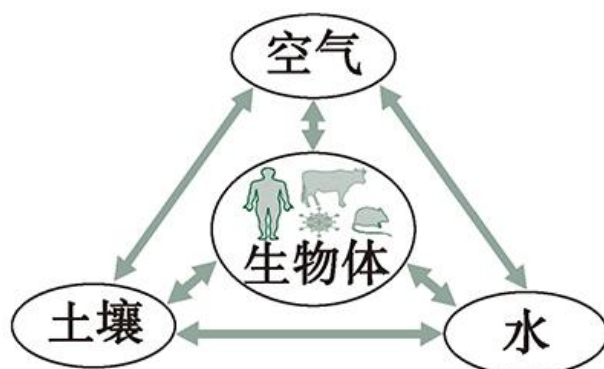


图 1-1 环境介质之间的关系

环境因素 (environmental factors) 是被环境介质容纳和运载的成分或介质中各种无机和有机的组成成分。广义的环境因素还包括生活环境、工作环境和社会环境中的物理因素、化学因素、生物因素、经济因素、文化因素和生活方式等。环境因素通过环境介质的载体作用或参与环境介质的组成，直接或间接对人体起作用，人体暴露环境因素是多种环境介质综合作用的结果，是复合暴露。需要特别指出的是，各种环境因素中既有对人体健康有益的因素，也有有害因素，其是否有害，取决于人体暴露的强度或浓度与暴露时间，其剂量-效应关系是环境与健康研究的最重要内容。

环境卫生学研究的环境通常包括自然环境和生活环境，前者如大气圈 (atmosphere)、水圈 (hydrosphere)、土壤岩石圈 (lithosphere) 和生物圈 (biosphere)；后者主要指人类为更好地生活而建立起来的居住、工作和娱乐环境。人群在生活环境停留时间长，暴露机会多，其环境因素种类繁多，应特别重视。这些因素包括气温、气湿、气压、声音、照明和辐射等物理因素；装修、烹饪、取暖和室外环境等产生的化学因素；细菌、真菌、病毒等生物因素。自然环境和生活环境是人类生存的必要条件，是由各种环境要素构成的综合体，其综合环境质量的优劣与人体健康的关系非常密切。人类既可发挥主观能动性改善环境，避免或减轻恶劣环境条件对人类的影响，也可破坏环境，给人类带来巨大灾难。因此，人类与环境在历史进程中必须协调发展，构建环境友好型社会。

人与环境之间存在辩证统一关系，主要体现在：①人与环境在物质上的统一性，如机体通过新陈代谢与环境不断进行着物质、能量和信息的交换和转移，使机体与周围环境之间保持着动态平衡。②机体与环境的相互作用，机体生存于环境之中，受环境因素的影响，同时也能对环境产生适应性反应，即机体随外界环境条件的改变而改变自身的特性或生活方式。③环境因素对人体健康影响的双重性，在人类的生存环境中，许多环境因素对机体健康的影响可发生质的变化，有益因素可转变为有害因素。人与环境之间的辩证统一关系是环境卫生学的基本理论，为开展环境与健康关系的研究提供重要的理论基础。

人类赖以生存的自然环境和生活环境中的各种因素，按其属性可分为物理性、化学性和生物性三类。人类在环境中往往同时暴露于多种因素，其对健康的影响也是复合环境因素暴露综合作用的结果。但是，根据人群特征不同，其暴露的主要有害因素是可以判断的。其中，化学性因素由于种类繁多、成分复杂、数量巨大和污染范围广，其对人类健康的危害也较复杂。

物理因素主要包括微小气候 (microclimate)、噪声、振动、非电离辐射和电离辐射等。微小气候是指生活环境中空气的温度、湿度、气流和热辐射等因素，这些因素对于机体的热平衡和健康产生明显影响。在高海拔地区，气压对人体健康也产生重要影响，特别是对从平原地区进入高原地区的

人。环境噪声不仅会影响正常的工作、学习和睡眠,还能对听觉系统和非听觉系统如神经系统、心血管系统等产生明显影响。非电离辐射是指波长较长、频率较低、能量低的射线或电磁波,包括紫外线、可见光、红外线、工频和射频电磁波等,不能导致物质电离。紫外线具有杀菌、抗佝偻病和增强机体免疫功能等作用,但过量紫外线暴露则对机体健康有害。红外线的生物学效应主要是致热作用,但强烈的红外辐射可致灼伤。微波辐射可对神经、心血管和生殖等多系统产生影响。环境中的电离辐射除某些地区的放射性本底较高外,主要是由于人为活动排放的放射性废弃物引起的。此外,某些建筑材料中含有的较高的放射性物质通常是室内放射性污染的主要来源,也可给居民的健康造成危害。

环境中的化学因素成分复杂、种类繁多。大气、水和土壤中含有各种无机和有机化学物质,其中许多成分的含量适宜是人类生存和维持身体健康必不可少的。但是,人类的生产生活活动可将大量的化学物质排放到环境中而造成严重的环境污染。世界上已知有数以千万计合成的或已鉴定出的化学物质,常用的有 6.5 万~8.5 万种之多,每年有上千种新化学物质投放市场。截至 2024 年,在美国化学文摘社 (Chemical Abstracts Service, CAS) 登记注册的化学物质超过 2.79 亿种。根据第四届联合国环境大会发布的《全球化学品展望》第二期报告,2017 年全球化学品的生产能力为 23 亿吨,预计到 2030 年将翻一番。2022 年,我国排放源统计调查范围内废水中化学需氧量排放量为 2 595.8 万吨,氨氮排放量为 82.0 万吨;废气中二氧化硫排放量为 243.5 万吨,氮氧化物排放量为 895.7 万吨,颗粒物排放量为 493.4 万吨,挥发性有机物排放量为 566.1 万吨;一般工业固体废物产生量为 41.1 亿吨,工业危险废物产生量为 9 514.8 万吨。许多化学物质具有多种健康危害,包括致癌性。2024 年,国际癌症研究机构 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 对 1 047 种因素的致癌性评价结果进行分类:对人类有致癌性 (I 类) 132 种,对人类很可能有致癌性 (IIA 类) 96 种,对人类可能有致癌性 (IIB 类) 320 种,对人类致癌性尚不能分类 (III 类) 499 种。IARC 估计,2022 年全球有 970 万癌症死亡病例,2 000 万新增癌症病例,其中肺癌是全球最常见的癌症,也是癌症死亡的主要原因。斯德哥尔摩公约 (Stockholm Convention) 规定的优先控制或消除的 POPs 总数已达 28 种,我国已于 2004 年 11 月 11 日正式履行该公约。POPs 具有持久性、生物蓄积性、迁移性和高毒性等特点,可对人类健康和生态环境造成严重危害。近年来,陆续发现许多环境化学污染物 (如有机氯化合物、二噁英、烷基酚和邻苯二甲酸酯等) 对维持机体内环境稳态和调节发育过程的体内天然激素的生成、释放、转运、代谢结合和效应造成严重的影响,被称为内分泌干扰物 (endocrine disrupting chemicals, EDCs)。环境中的化学污染物有的是燃料燃烧和不完全燃烧产物,有的存在于废水、废气和废渣中,可通过多种途径在环境介质中迁移转化。根据化学污染物进入环境后其理化性质是否改变,可将污染物分为一次污染物 (primary pollutant) 和二次污染物 (secondary pollutant)。前者是指从污染源直接排入环境未发生变化的污染物;后者是指某些一次污染物进入环境后在物理、化学或生物学作用下,或与其他物质发生反应形成与初始污染物的理化性质和毒性完全不同的新的污染物。例如,光化学烟雾主要是由于汽车尾气中的氮氧化物 (NO_x) 和挥发性有机物在强烈的太阳紫外线照射下经过一系列化学反应而形成的,其成分复杂,包括臭氧、过氧酰基硝酸酯 (peroxyacyl nitrates, PANs) 和醛类等多种成分。环境化学物可通过消化道、呼吸道等多种途径影响人体健康,但由于污染物的理化特性、生物学效应、接触途径、暴露频率和浓度或强度及人体的自身状况等不同,所产生的危害类型和程度也有所不同。许多环境污染物既可引起急性毒性,也可造成慢性危害,甚至成为公害病的祸根。有些污染物不仅可引起急性、慢性中毒或死亡,而且还具有致癌、致畸和致突变等远期效应,危害当代和后代的健康。即使暴露在相同条件下,不同个体对污染

物的反应也会有较大差别,这主要受个体自身状况如年龄、性别、营养、遗传特征、健康状况等方面的影响,其中遗传特征即基因多态性起重要作用。

生物因素主要包括细菌、真菌、病毒、寄生虫和生物性变应原如植物花粉、真菌孢子等。在正常情况下,空气、水和土壤中均存在着大量微生物,对维持生态系统平衡具有重要作用。但当环境中的生物种群发生异常变化或环境受到生物性污染时,可对人体健康造成直接、间接或潜在的危害。生物性污染引起相关疾病的暴发流行仍对人类健康造成重要挑战。2010年1月海地发生里氏7.0级地震,除造成50余万人死伤外,还发生了传染病暴发流行,共有17万人感染霍乱,其中3600多人死亡。2014年2月非洲暴发埃博拉病毒(Ebola virus)出血热疫情,波及几内亚、利比里亚等4个国家,至2014年12月,埃博拉病毒已导致6388人丧生,确诊或疑似感染病例17942人。截至2023年8月,由新型冠状病毒(SARS-CoV-2)引起的新型冠状病毒感染疫情影响全球200多个国家和地区,导致超过7.6亿人患病和690万人死亡,全球出生时预期寿命(global life expectancy at birth)在2019—2021年下降了1.6岁。据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)估计,2022年全球至少有17亿人使用的饮用水水源遭受粪便污染,由粪便污染引起的微生物污染是威胁饮用水安全的重要因素。被微生物污染的饮用水可以传播腹泻、霍乱、痢疾、伤寒和脊髓灰质炎等介水传染病(water-borne communicable diseases),全球每年估计因腹泻引起的死亡人数高达50.5万。因此,对生物性污染引起的疾病及其防治措施的研究仍然是环境卫生学领域中重要的研究内容之一。

在环境因素范围越来越广的情况下,全球性环境问题也日益突出,主要有:①空气污染,空气污染已成全球面临的共同环境问题,包括室外空气污染和室内空气污染。世界上绝大部分人每天都在呼吸着含有大量污染物的空气,对人类健康产生了巨大损害。据2024年WHO报道,全球每年有673万人因空气污染死亡,其中327万人因使用固体燃料烹饪造成的室内空气污染而过早死亡;在我国每年约169万人因空气污染死亡,其中使用固体燃料烹饪造成的室内空气污染导致68万人死亡。②气候变化(climate change),气候变化是指温度和气候模式的长期变化。气候变化对人类健康构成了潜在的根本性威胁,通过日益频繁的极端天气事件(如极端高温、洪水、干旱、野火和风暴)、对粮食系统的干扰、人畜共患病和食源性、水源性以及病媒传播疾病的增加等多种方式影响健康。根据世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)报告,2023年全球平均气温比工业化前(1850—1900年)高出1.45℃,而由人类活动排放大量温室气体(如二氧化碳、氟利昂)是造成全球气候变暖的主要原因。气候变暖可造成冰川积雪融化和海平面升高等生态环境破坏,还可使酷热天数增加而严重威胁人类健康。全球疾病负担(Global Burden of Disease, GBD)研究表明,2021年,全球约有44万人的死亡与高温有关,而仅在欧洲就发生了13073例与高温有关的归因死亡。③水污染,伴随工业化和城镇化进程,大量污染物被直接或间接地排入各种水体,超过水体的自净能力,造成水污染,严重影响经济社会可持续发展和人类健康。联合国水机制(United Nations-Water)2021年报告显示,全球被调查的河流、湖泊和地下水中超过40%受到严重污染,超30亿人缺乏良好水质的水源,20亿人不能获得安全管理的饮用水服务。水质不良与多种人类疾病密切相关,包括受微生物污染的饮用水可导致介水传染病传播和流行。GBD研究数据显示,2021年,全球约有80万人因接触不安全水源死亡,其中约77万人来自中等偏下及低收入国家。④生物多样性锐减(reduction of biodiversity),生物多样性是指地球上所有的生物如动物、植物和微生物等有规律地结合所构成的稳定生态综合体。它由生物的遗传(基因)多样性、物种多样性和生态系统多样性三部分组成。生物多样性是地球生命经过几十亿年发展进化的结果,是人类赖以生存和持续发展的物质基础。由于人类活动范围日益扩大,对生物施加的影响也逐渐加剧,特别是不合理的滥采滥伐、掠夺性开采、植

被破坏、过度捕捞狩猎等使物种灭绝的速度不断加快,加速了大量遗传基因丢失及不同类型的生态系统面积锐减。当前全球生物多样性普遍受威胁的形势还在持续恶化,我国生物多样性保护也同样面临严峻挑战。综上所述,尽管人类在科学技术、社会发展、经济建设等诸多方面取得了巨大成就,但同时也引发了全球性环境污染问题,对人类健康构成了严重威胁。

(三) 环境卫生学的研究内容

根据环境卫生学的定义、研究对象和上述各种环境因素,可将环境卫生学的主要研究内容概括为以下几方面:

1. 环境与健康关系的基础理论研究 这是解决环境与健康问题的基石,是环境卫生学的前沿领域。人在全生命周期中暴露于各种复杂的环境因素,人群暴露是环境因素产生健康效应的决定因素。人群暴露测量包括外暴露剂量测量、内暴露剂量测量和生物有效剂量测量。2005年,美国学者 Christopher Wild 首次提出了暴露组(exposome)概念,即指一个人从受精卵开始至生命终点全过程各种暴露的总和。暴露组考虑了人体总的环境暴露,使人体暴露科学的内涵和延伸得到了拓展,有助于从真正意义上探讨环境暴露、人体健康和疾病发生的内在本质。近年来,得益于高灵敏和高通量检测分析技术的发展,人们可以从既往仅对有限种类的环境因素测量发展到可以对多种环境因素进行同时测量,从而建立个体暴露组学特征,使暴露组关联研究(exposome-wide association study, EWAS)成为可能。此外,机体与环境相互作用的关键位点包括基因组、表观遗传组、转录组、蛋白质组、代谢组等。人类基因组计划(human genome project, HGP)完成了人类23对染色体约60亿个核苷酸排列顺序的测定,不断发现人类基因组中所包含的约3万个基因中与人的重要生命功能和重要疾病相关的基因。在人类基因组中,某些基因对环境因素的作用会产生特定的反应,称为环境应答基因(environmental response gene)。环境基因组(environmental genome)是指基因组中环境应答基因的总和。环境基因组计划(environmental genome project, EGP)的主要目标是推进有重要功能的环境应答基因多态性研究,确定其引起环境暴露致病危险性差异的遗传因素,并以开展和推动环境-基因相互作用对疾病发生的人群流行病学研究为最终目的。国际人类基因组单体型图(International Haplotype Map, HapMap)计划是继人类基因组计划之后又一重大研究计划,其主要目的是构建不同人群的高密度单核苷酸多态性(single nucleotide polymorphism, SNP)图谱,揭示影响人类健康、疾病以及对药物和环境因素的反应的遗传变异。随着人类基因组计划的完成以及表观基因组、转录组、蛋白质组和代谢组等新技术与新方法的发展,将多组学大数据与临床医学、环境因素等有机整合的“精准医学计划”(precision medicine initiative)被提出,这一计划将有助于从基因、分子、细胞、个体等不同水平揭示复杂疾病的发生、发展规律,从而实现对疾病的精准分类和诊断,同时制订个性化的预防和治疗方案。这些成就有助于揭示环境相关疾病的发病原因和多种环境因素的致病机制及人群易感性或耐受性的差异,极大地丰富环境卫生学的基础理论知识,对环境卫生学的发展将会起到不可估量的推动作用。

2. 环境因素与健康的关联性研究 在人类的生存环境中,环境因素的种类繁多,作用复杂,其对人体健康影响的效应也各不相同,表现为从健康、心理生理生化反应(如氧化应激、炎症反应和免疫应答)、早期健康损害(如高血压前期、高血糖、高脂血症和心肺功能下降等)、疾病至死亡(图1-2)。当前,环境相关疾病如心脑血管疾病、肿瘤、慢性呼吸系统疾病、糖尿病等已成为严重威胁居民健康的重大公共卫生问题。因此,明确环境因素与健康之间的剂量-效应关系是环境与健康研究最重要的内容,也是制定国家政策和卫生标准的关键依据。不同环境与健康效应研究方法获得的研究证据等级在制定国家政策和卫生标准方面发挥的作用是不同的,由高至低分别是系统综述

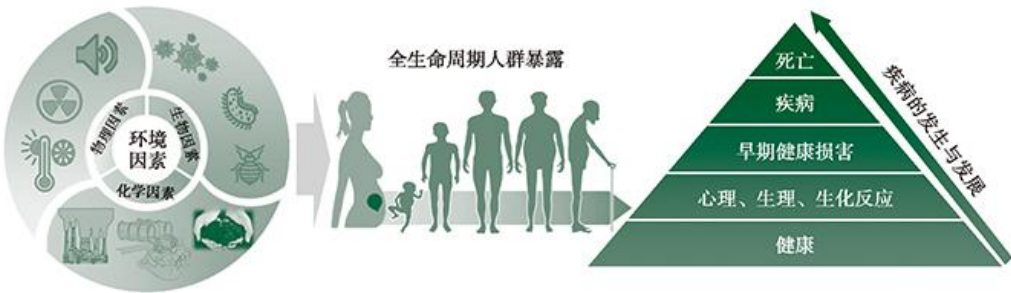


图 1-2 环境因素对人体健康的影响

或荟萃分析、随机对照研究、前瞻性队列研究、病例对照研究、横断面或生态学研究、细胞或动物实验(图 1-3)。其中,细胞或动物实验结果可为污染物的毒性筛查、作用机制揭示和干预靶点寻找提供参考依据,而人群环境流行病学调查,尤其是大样本、多中心前瞻性队列研究和随机对照研究结果,甚至是基于前瞻性队列和干预试验的系统综述和荟萃分析,将为制定环境相关疾病的防治对策和健康行动(科普)提供高级别的科学证据。环境因素与健康之间的剂量-效应关系有多种表现类型,包括直线形、抛物线形、U 形、倒 U 形、J 形、倒 J 形、S 形等。例如,气温与人群健康之间存在 U 形的剂量-效应关系,适宜的气温对人类生存是必不可少的,但极端气象条件如高温热浪可使居民死亡率显著增加,而严寒天气也可使居民心血管疾病的发生风险明显增高。由于环境污染物对人体健康影响最显著的特点是长期、低剂量、反复作用,应高度关注低剂量环境污染物的生物学效应问题。有人提出了“hormesis”的概念,即某些物质在低剂量时对生物系统有刺激作用,而在高剂量时具有抑制作用,典型的环境污染物如镉、铅、汞、二噁英等都具有类似的生物学效应模式。由于环境中的污染物种类繁多,对人体健康的影响极其复杂且涉及面广,其与人体健康之间的关系远未阐明。在研究污染物对人体健康的影响时,既要重视污染物的急性作用,又要重视其慢性影响;既要揭示污染物的早期效应,又要揭示其远期效应,既要考虑单一环境因素的作用,也要考虑多因素的联合或交互作用。此外,对病原体与其他有害因素之间的相互作用也应给予足够的重视。例如,乙型肝炎病毒和黄曲霉毒素均可增加肝癌的风险,但同时接触这两种因素所增加的风险远远超过两个独立危险因素的预期影响。再如,人乳头瘤病毒(human papilloma virus)感染是子宫颈癌发生的必要条件,而吸烟作为协同因素,可增加病毒感染者发生癌症的风险。越来越多的证据表明,生命早期(从受精卵形成、宫内胚胎和胎儿发育以及出生后的早期阶段)暴露环境有害因素与成年期糖



图 1-3 环境因素与健康效应的研究方法 with 证据等级

尿病、心血管疾病、哮喘等慢性非传染性疾病的发生发展有密切关系,从而提出了“健康和疾病的发育起源”理论(Developmental Origins of Health and Disease, DOHaD)。在开展环境因素与健康关系研究时,还应及时发现反映机体接触环境因素的暴露生物标志(biomarker of exposure)、反映环境因素对机体影响的效应生物标志(biomarker of effect)和反映机体对环境因素反应差异的易感生物标志(biomarker of susceptibility)。这些生物标志对于早期发现和预防环境因素的健康危害、保护敏感人群具有重要的科学价值。因此,努力探索和及时确认极其复杂的环境因素对机体健康的影响、作用模式、相互关系和影响因素等,对于阐明环境因素与健康的关系具有十分重要的意义。

3. 环境与健康问题的预防对策研究 随着经济社会的快速发展,环境与健康问题日益突出。WHO 认为病因预防是最经济、最有效的防控策略。因此,采取针对性的预防对策,从控制有害环境因素源、减少接触机会和保护易感人群等方面保障公众健康是环境卫生学的重要研究内容。完善的环境与健康相关政策、法律、法规、标准和指南,是提高环境质量与保障公众健康的重要保障。开展环境因素与健康剂量-效应关系的高质量研究,将为政策、法律、法规、标准和指南制定提供高级别证据(见图 1-3)。2015 年 1 月 1 日起实施的新修订《中华人民共和国环境保护法》总则中提出了“保障公众健康”,并新增加了环境与健康监测、调查等条款。新修订的《中华人民共和国环境保护法》对环境与健康工作提出了明确要求,第一次把环境与健康关系研究工作在法律上进行明确,为今后环境与健康工作的全面展开、促进环保工作更加注重保障公众健康,提供了充分的法律依据。2016 年 8 月召开的全国卫生与健康大会,习近平总书记强调要按照绿色发展理念,实行最严格的生态环境保护制度,建立健全环境与健康监测、调查、风险评估制度,切实解决影响人民群众健康的突出环境问题。环境卫生监督属于公共卫生行政执法的范畴,由依法委托授权单位的执法人员按照国家的法律、法规、条例、规定、办法、标准等,对辖区内的企业和事业单位、生产经营单位或个人及服务行业等贯彻执行国家环境卫生有关法规、条例、办法、标准等情况进行监督和管理,对违反环境卫生法规、危害公众健康的行为依法进行监督管理或行政处罚。尽管环境卫生监督属于行政管理和执法工作,但也要求监督执法人员懂得环境与健康相关知识,而环境卫生学则必须为其提供科学的理论依据,如环境与健康法规、环境卫生标准的制定和实施都需要环境卫生学提出具体的卫生要求和环境卫生基准作为监督工作中技术规范的依据,使环境卫生监督工作人员真正做到执法有据、判断准确。此外,针对生产生活环境、生活行为方式等健康影响因素,广泛动员企业、社区、家庭和个人共同参与,落实预防为主,倡导绿色健康理念和生活方式,减少疾病发生,强化早诊断、早治疗、早康复,实现健康中国战略目标。

环境与健康问题的复杂性决定了环境卫生学需要与其他学科密切联系、交叉融合。随着分析科学、环境科学、地理信息科学、生命科学、临床医学、管理学和经济学等学科不断发展,极大地丰富和拓展了环境与健康问题的有效解决。例如,分析科学、环境科学、地理信息科学等学科的发展为环境暴露测量拓展了方法学领域。得益于仪器分析技术的不断发展和进步,新型高通量、高灵敏检测技术推动了环境因素的精细和全面评估。遥感技术、地理信息技术等具有强大的空间数据管理、整合、分析和可视化能力,为较大范围的环境暴露如空气污染对人群健康影响的研究提供了强有力的技术支撑和辅助研究工具。环境卫生学与生命科学、临床医学等学科交叉融合,基于大样本人群队列、临床症状、临床检测指标等数据,结合多组学技术如基因组学、表观基因组学、转录组学、蛋白质组学和代谢组学,可对环境相关疾病及其早期健康损害的发生、发展机制做出更全面、更完整的阐释。随着循证医学模式的引入,对环境流行病学和环境毒理学既往研究结果进行系统总结,可为环境卫生相关法律法规和健康管理决策提供高质量的循证医学证据。经济学在环境健康

管理决策方面发挥支持作用。通过卫生经济学和健康管理的绩效评价,科学定量评估环境改善所带来的经济效益和环境效益,为政策制定者提供了量化依据,帮助优化资源分配和政策调整,有利于促进经济社会的可持续发展。

二、环境卫生学发展简史和我国环境卫生工作的主要成就

(一) 环境卫生学的发展简史

国际上环境卫生学的发展经历了古代起源、工业觉醒、现代环境卫生学等阶段。古希腊时期,医学家希波克拉底(Hippocrates, 约前460—前370年)著有《论空气、水和土壤》一书,阐述了空气、水和土壤等外部环境因素对人类健康的影响和与疾病的关系。中世纪时期,欧洲的封建统治阻碍了科学发展,当时环境卫生条件恶劣,霍乱和鼠疫等烈性传染病时有暴发,夺走了成千上万欧洲人的性命。18世纪末至19世纪初,欧洲工业革命兴起,工人的劳动环境和生活条件十分恶劣,车间和矿井毒气弥漫,粉尘飞扬,居住拥挤,饮食低劣,疾病蔓延,对工人健康有很大危害。而环境卫生问题主要是工业化带来的人口聚集、生活条件恶劣、饮水安全无保障而造成传染病流行。1804年英国用砂滤法净化自来水,1905年将加氯消毒作为饮水消毒的常规方法。从此水质得到保证,介水传染病发生率大大减少。1854年,英国著名内科医生John Snow对伦敦宽街的霍乱流行和不同供水区居民的死亡率进行了调查分析,首次提出霍乱经水传播的科学论断,并采取了积极有效的干预措施成功控制了霍乱的进一步流行。19世纪末20世纪初,由于社会的发展和科学技术的进步,扩大了原料和能源的利用范围,也增加了废气、废水、废渣的排放量,造成明显的环境污染,使环境卫生问题趋于复杂化。20世纪中期,人们对化学物的危害认识日益加深。1962年由美国科普作家蕾切尔·卡逊(Rachel Carson)创作的《寂静的春天》(*Silent Spring*)一书出版是现代环境卫生学开始的重要标志。该书揭露了有机氯农药双对氯苯基三氯乙烷(DDT)等化学物对人类生存环境的危害,致使环境致癌物成为环境卫生学的研究热点,并促进了环境卫生学科的发展。

我国环境卫生学思想萌芽最早可追溯至四千多年前,当时人们就已认识到水源清洁与否、水质好坏与人体健康关系十分密切,并开凿水井而饮用净水,而两千多年前已有定期淘井和清洁净水的措施。《管子》里明确记载“当春三月,……抒井易水,所以去兹毒也”。《吕氏春秋》对水质成分与健康的关系有更深刻的阐述,“轻水所,多秃与癯人;重水所,多尪与跛人;甘水所,多好与美人;辛水所,多疽与痤人;苦水所,多尪与伧人。”祖国医学上的癯病主要是指甲状腺肿,现代医学证明,饮水和食物中缺碘可引起单纯性甲状腺肿。所谓尪,即脚肿的疾患,跛是腿瘸,在长期饮用含有某种过量化学物质或不正常的水后,引发身体畸形、骨骼和关节病变,这种疾病状况与当今的大骨节病症状十分相似。饮用开水是中华民族的传统习俗,古已有之,人们利用煮沸消毒法可有效杀灭水中的病原微生物,从而预防介水传染病发生。宋代庄绰在《鸡肋篇》中指出,“纵细民在道路,亦必饮煎水”,意指普通百姓出门行路时也一定要饮用煮沸过的水。两千多年前,人们也已认识到人与环境之间的辩证统一关系。在《黄帝内经》中提出“人与天地相参、与日月相应”的观点,认为自然界是人类生命的源泉,人与自然界有着密不可分的联系,后人进一步提出强调“顺四时而适寒暑,服天气而通神明,节阴阳而调刚柔”。古代人民对城市规划布局、住宅与健康的关系也有较深刻的认识。《左传》载有“土薄水浅,其恶易觐,……土厚水深,居之不疾。”西晋《博物志》指出“居无近绝溪、群冢、狐蛊之所,近此则死气阴匿之处也。”

中华人民共和国成立前,我国的环境卫生十分落后,城乡卫生状况差,瘟疫盛行,从事相关研究工作的研究机构和科研人员极少,人均预期寿命仅35岁左右。中华人民共和国成立后不久,在

全国 6 所医学院校率先设立公共卫生专业,环境卫生学才成为一门独立的学科。在“预防为主”卫生工作方针指引下,全国环境卫生工作蓬勃发展,促使环境卫生学的理论、内容和研究方法不断充实、深化和发展。自 1979 年至今,先后多次召开全国环境卫生学学术会议,及时总结我国环境卫生工作的经验和成果,不断充实环境卫生学的理论知识,扩展环境卫生事业的领域,使我国环境与健康工作水平不断提高。2007 年 11 月《国家环境与健康行动计划(2007—2015)》正式启动,该行动计划是由卫生部、国家环保总局等 18 个国务院部委局共同制定的我国环境与健康领域的第一个纲领性文件,随后在“十二五”至“十四五”期间颁布了《环境与健康工作规划》,其目标是控制有害环境因素及其健康影响,减少环境相关性疾病发生,维护公众健康。针对《国家环境与健康行动计划(2007—2015)》设定的主要目标,国家投入巨额资金,由生态环境部、国家卫生健康委员会、水利部等部门组织实施了环境与健康相关的重大科技专项、公益项目、科技支撑计划等研究项目,获得大量空气污染、水污染、土壤污染等方面基础数据和重要成果,基本达到了预期目标,显著提高了人民健康水平,如人均预期寿命由新中国成立初期的 35 岁提高到 2023 年的 78 岁,婴幼儿死亡率从新中国成立初期的 200‰ 左右下降到 2023 年的 4.5‰。

(二) 我国环境卫生工作的主要成就

中华人民共和国成立以来,始终坚持贯彻“预防为主”的卫生工作方针,全国城乡面貌发生了巨大变化,一些严重危害人民健康的传染病、地方病得到有效控制或消灭。目前,我国已具备了一支素质较高的环境卫生工作队伍,建立了较完善的环境卫生监督、监测体系,使环境卫生工作更加全面深入,取得不少世人瞩目的成就。迄今,全国有百余所高等院校设置了公共卫生学院(系)并开办预防医学专业,而环境卫生学是该专业的重要组成部分和主干课程。不少学校还有环境卫生学的硕士、博士学位授权点,培养出大批环境卫生专业的高级专门人才。总之,70 多年来我国在环境卫生领域取得了可喜成就,简要归纳如下。

1. 城乡环境卫生面貌显著改善 通过开展爱国卫生运动、创建国家卫生城市和农村改水、改厕、改灶等活动,使我国城乡环境卫生面貌显著改善。迄今,我国数百个城市和县级城镇、市区被命名为国家卫生城市(镇、区)。城市全部实现集中式供水,生活饮用水四项指标(浑浊度、细菌总数、大肠菌群和余氯)合格率达 95% 以上,农村改水累计受益人口占农村总人口的 95%,痢疾、伤寒或副伤寒、霍乱等介水传染病长期维持在极低的流行水平,农村地区卫生厕所普及率超过 70%。全国城乡居民的生活环境条件、室内卫生设施和卫生状况有了很大改善,特别是在煤烟污染型地方性氟中毒和砷中毒的流行区,家庭炉灶的改建显著降低了室内空气污染的程度,饮水型氟超标和苦咸水改水问题也得到了妥善解决,告别了饮用高氟水、苦咸水的历史。在全面推进美丽中国建设中持续深入推进蓝天、碧水、净土三大保卫战,我国大气环境质量、水环境质量和土壤环境质量持续改善。

2. 环境与健康研究取得丰硕成果 近几十年来,我国环境卫生工作者对环境因素的健康效应问题进行了大量调查研究。我国曾对全国 50 万以上人口的 26 个城市进行了大气污染与人群健康关系的大规模调查研究,发现大气污染与城市居民肺癌和慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)具有相关性。在环境相关疾病的病因学研究方面也取得了重大成果。例如,20 世纪 70 年代,我国云南省宣威县(现宣威市)肺癌标化死亡率高达 26.23/10 万,是同期全国男女肺癌死亡率的 4.1 倍和 7.9 倍。经人群调查和实验室研究发现,当地居民生活燃用烟煤导致室内空气苯并[a]芘等致癌物浓度高,造成肺癌高发。我国南方一些地区流行的煤烟污染型地方性氟中毒和地方性砷中毒的发病类型与发病原因是我国环境卫生工作者首先发现的。后经改良炉

灶等措施降低室内空气中污染物的浓度,使当地居民肺癌、地方性氟中毒和砷中毒的发生率都明显下降。饮水中碘含量与甲状腺肿发病关系的U形曲线也是我国研究人员最早提出的,经过环境卫生工作者的不懈努力,我国已基本达到消除碘缺乏病的目标。我国环境卫生工作者围绕水中健康危害较大的EDCs、消毒副产物等典型污染物的健康风险和相应识别技术进行近20年的系统研究,推动了湖北省实施“湖改江”工程,保障了居民饮用水安全。基于中国慢性病前瞻性研究(China Kadoorie Biobank, CKB)项目对10个省(区)市/地区(5个农村和5个城市)总计51万余居民的长期随访调查发现,固体燃料使用显著增加了居民心血管疾病死亡和全死因死亡风险,揭示了改用清洁能源为根本方法和加强有效通风是经济有效的预防对策。我国环境卫生工作者领衔的国际研究团队在全球24个国家和地区的652个城市开展环境流行病学研究,首次在全球水平建立了大气颗粒物污染与居民死亡的剂量-效应关系,揭示了空气污染与人群健康损害之间可能不存在“安全阈值”,为WHO下调全球空气质量基准值作出了重要贡献。这些研究成果既丰富了环境卫生学的理论知识,也为相关疾病防治策略的制定提供了科学依据。

3. 环境监测工作卓有成效 20世纪50年代后期,我国一些大城市如北京、上海、天津、沈阳等率先开展了大气污染调查监测。20世纪60年代以来,各地卫生防疫机构与有关部门合作,对全国200多个水体包括河流、湖泊、水库进行了监测,并对长江、黄河、珠江、松花江等水系和渤海、黄海、南海等海域及主要湖泊、水库的污染状况进行了连续5年的调查监测。自1979年起,我国还参加了联合国环境规划署和WHO主办的全球监测系统的大气监测和水质监测,监测结果为掌握我国环境污染状况积累了丰富的资料。“十一五”以来,环境保护部门通过监测和调查,初步掌握了我国重点地区、重点流域和重点行业主要环境问题,筛选出了一些具有高环境健康风险的有毒有害污染物。近些年来,各地相关机构也加大了对化妆品、室内空气污染和公共场所的卫生监测和监督的力度。截至2023年,我国已建立了全国覆盖面最大的环境健康监测网络,如覆盖全国地市、县区和乡镇的全城城乡饮用水水质监测,覆盖31个省(区、市)87个城市167个区县的空气质量监测,覆盖31个省(区、市)128个城市的公共场所危害因素监测,覆盖31个省(区、市)152个区县的国家人体生物监测等,定期发布监测数据和环境质量报告。

4. 环境与健康法律法规标准体系逐步建立和完善 我国从2007年启动《国家环境与健康行动计划(2007—2015)》,先后出台了《大气污染防治行动计划》《水污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》《“健康中国2030”规划纲要》和《新污染物治理行动方案》等多个环境与健康相关政策性文件。我国2015年实施的新修订的《中华人民共和国环境保护法》中增添了保障公众健康的相关内容,更加关注环境质量对公众健康的影响,在强调保护环境的同时更加重视预防和控制与环境相关疾病的发生。此外,《中华人民共和国传染病防治法》《中华人民共和国食品卫生法》和《突发公共卫生事件应急条例》等法律法规也涉及环境与人体健康。这些法规和政策文件为我国环境与健康工作提供了重要的法律保障。此外,我国环境与健康标准体系也日臻完善,主要包括①环境质量标准体系:是以保护人的健康和生存环境,防止生态环境遭受破坏、保证环境资源多方面利用为目的,对污染物或有害因素容许含量或要求而制定的一系列具有法律约束力的技术标准。②环境卫生标准体系:是以保护人群身体健康为直接目的,运用环境毒理学和环境流行病学的手段,对环境与人群健康有关的有害因素以法律形式所规定的限量要求和为实现这些要求所提出的相应措施的技术规定。此外,原国家质检总局(现国家市场监督管理总局)和原建设部(现住房和城乡建设部)针对室内环境污染对人体健康的危害,制定了民用建筑工程室内环境污染控制规范及装饰装修材料中有害物质的限量要求等。原建设部为保障供水质量和安全,还制定了《管道直饮水系统技术规