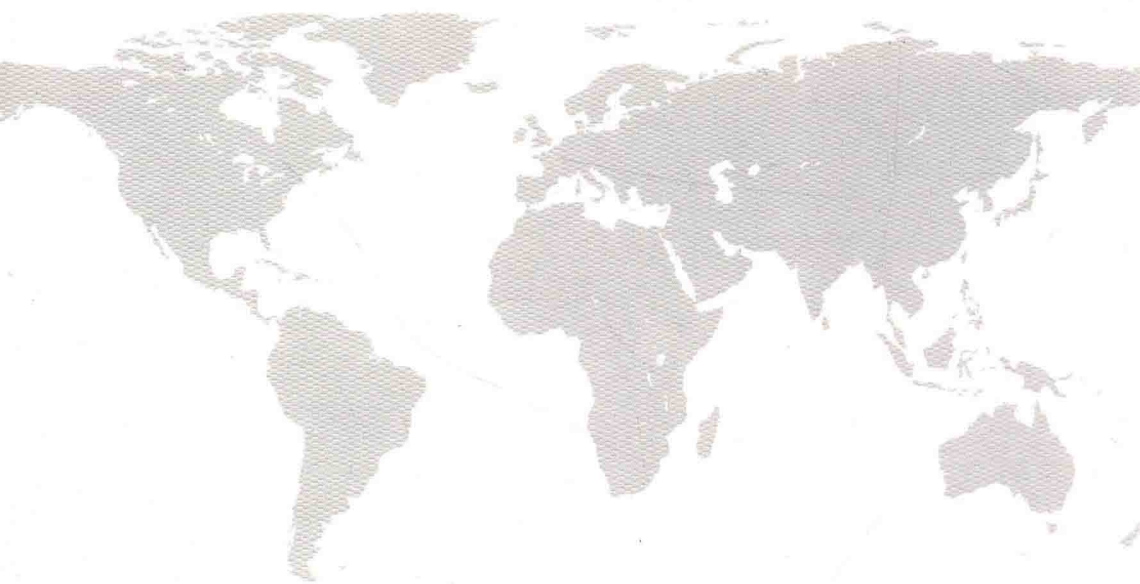


国际环境与健康研究 经典案例

主 编 施小明

副主编 李湉湉



人民卫生出版社

国际环境与健康研究 经典案例

主 编 施小明

副主编 李湉湉

编 者 (按姓氏笔画排序):

王 君	王 超	王 琼	叶必雄	朱会卷	刘锋平
孙庆华	杜艳君	杜宗豪	李永红	李湉湉	陈 晨
张振伟	武利平	赵 峰	赵康峰	施小明	班 婕
徐永俊	高圣华	郭亚菲	常君瑞	董小艳	

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

国际环境与健康研究经典案例/施小明主编. —北京:人民卫生出版社,2017

ISBN 978-7-117-24114-4

I. ①国… II. ①施… III. ①环境影响-健康-案例 IV. ①X503.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 027388 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!

国际环境与健康研究经典案例

主 编:施小明

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:北京铭成印刷有限公司

经 销:新华书店

开 本:710 × 1000 1/16 印张:16

字 数:305 千字

版 次:2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-24114-4/R · 24115

定 价:45.00 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)

人类社会进入工业社会以来，全球在完成近代工业发展的同时，也付出了巨大的资源环境代价，诸如美国洛杉矶光化学烟雾事件、英国伦敦烟雾事件、日本米糠油事件等一系列环境健康损害事件给以经济增长为重的人们敲响了警钟，引发了强烈的社会关注。改革开放后，我国经济高速发展，用短短几十年的时间完成了发达国家上百年实现的工业化，与此同时，发达国家在一两百年中逐步出现的环境问题在我国集中显现，结构型、压缩型、复合型污染特征突出，环境污染导致的人群健康损害事件频繁发生，已成为影响我国可持续发展、小康社会建设和社会和谐的重要因素之一。

由工业、农业、交通等一系列污染源带来的包含无机污染物、有机污染物等多种类型污染物，对水、土、气等多环境要素造成严重污染，并通过不同暴露途径进入生物体，最终导致对人群健康的损害。其损害影响涉及多类型、多途径、多效应、多人群，是一个复杂又相互关联的过程。由于欧美等发达国家较早的经历了环境污染与治理的过程，积累了研究和应对环境与健康问题的经验，开展了涉及方方面面的课题研究，因此通过梳理国际上典型的环境与健康研究课题、项目和案例，可为环境形势严峻的地区开展工作提供重要参考。

《国际环境与健康研究经典案例》的笔者是一批思想活跃、极具钻研精神的中青年学者，具有丰富的环境与健康工作实践经验，参与多项国内环境与健康领域课题的研究，对国际上环境与健康领域的发展动态及我国的环境与健康形势有较全面的认识和判断。

《国际环境与健康研究经典案例》一书结合我国环境与健康现状及工作中的实际需求，精选出16个著名研究课题和国家项目，从研究背景、技术路线、研究方法、研究结果和产出等多方面进行细致剖析，既包含空气、水体、土壤等多种介质污染与人群健康影响的案例，也包括通过毒理学、流行病学等不同研究手段开展的项目，还涉及国家调查、风险评价、应急处置等多方面内容。可以说，该书是笔者对环境与健康课题工作实践的总结，对环境与健康课题研究方法的归纳，对环境与健康课题具体应用的汇总。

该书语言通俗易懂，案例经典示范，数据翔实全面，内容科学实用，是环境与健康研究领域一本不可多得的实用参考书。可以预期，该书的出版，将对于提高我国环境与健康研究领域的研究水平，改善我国环境质量，维护人民身体健康，保护生态环境具有显著的促进作用。

清华大学教授、中国工程院院士



2016 年 12 月

序 二

在人类社会长期生存、进化和发展过程中，环境是赖以生存的物质基础，包括水、空气和土壤。人类与环境有着密不可分的联系，时刻都在进行着物质交换和能量交换，处于一种动态的过程。维护人类与环境的平衡是保持人类生存健康的基本条件。然而，随着人类社会的不断发展变化，人和所处环境的关系也发生着变化。人类的生产和生活中有悖于自然生态运行规律的活动，对环境产生了巨大的负面压力，带来了诸如生态破坏、环境污染、自然资源耗竭、甚至气候变暖等全球性的环境问题。这些环境问题对人类的生存和健康造成的威胁和危害，其规模之大、修复之难、影响之远，是人类始料不及的。

在我国，环境污染形势严峻复杂，大部分人口的环境状况不断恶化，环境污染所致的健康问题也逐步凸显，早已引起了各级政府的高度重视和社会公众的广泛关注。“冰冻三尺非一日之寒”，未来一个时期，我国将持续面临环境污染对人群健康造成危害的压力但难于即刻扭转，一些新出现的环境因素对健康的影响尚不清楚。因此亟需深入开展环境与健康科学研究，提高环境与健康优先发展进程。虽然近些年来，很多专业人员纷纷投入到环境与健康研究中来，但如何科学地开展相关研究是广大科研人员迫切需要掌握的本领。“他山之石可以攻玉”，在人类社会的发展进程中，一些后工业化国家曾经经历过多种环境污染过程，其中的一些案例对我们有很好的参考、借鉴作用。

《国际环境与健康研究经典案例》一书梳理了国际环境与健康研究领域的经典案例，精选出16个国际著名的环境健康科研项目。这些案例大多是首次以中文出版。书中对这些项目的研究背景、设计思路、分析方法和研究结果进行了梳理，研究领域涉及空气污染、水污染、土壤污染、气候变化等，运用的研究方法包括生物监测、毒理学、流行病学、风险评估等，考察的健康效应指标包括心血管疾病、出生结局、癌症等疾病的发病率和死亡率等。这些丰富的内容将为环境健康领域相关工作人员开展科学研究提供必备的参考，有助于我国科研人员提高科学研究设计的水平。本书的出版对普及环境污染与人群健康知识，加强环境保护和健康防护等将起到积极的推动作用。

感谢中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所多位专家在繁忙业

务工作的同时，将《国际环境与健康研究经典案例》翻译、编辑出版，也期待着环境与健康研究领域有更多开拓性的工作，提出适合我国国情的环境与健康影响的应对策略和措施，助力健康中国的建设。

中国疾病预防控制中心主任



2016 年 12 月

前言

在过去的几十年中，随着经济的高速发展，我国环境面临着严峻的形势，并给国民健康和生态系统带来了巨大威胁，我国政府对环境与健康工作提出了更高的要求。在此背景下，中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所于2015年组织开展了中国环境健康发展战略规划研究，从国内外形势、工作进展、科学技术、政策管理等多方面总结分析了国内外环境健康现状和趋势，探讨了工作重点和战略规划，明确了工作方向和工作职责。其中环境与健康领域的经典研究案例梳理是该研究的重要成果之一，研究者针对全球各国在不同发展阶段都曾面临的环境健康问题，案例式剖析环境与健康经典研究，总结开展环境与健康研究的经验，为应对和解决环境健康问题提供重要借鉴，对我国环境与健康工作具有重要意义。

《国际环境与健康研究经典案例》采用循证的方法，筛选出国际环境健康研究领域的经典案例，其中既包括国际公认具有代表意义的案例，如：哈佛六城市空气污染与健康研究、孟加拉国饮用水中砷对健康的影响研究、云南宣威肺癌病因学调查研究、日本“痛痛病”病因学调查研究等，也有代表环境健康学术前沿正在进行的著名研究项目，如：美国国家生物监测项目、美国空气污染与多种族动脉粥样硬化研究、哥伦比亚大学儿童环境与健康中心出生队列研究等。这些案例涵盖了空气、水、土壤等多介质的环境健康研究。

本书系统剖析了16个环境与健康经典研究案例。每个案例包括项目背景、设计思路与技术路线、研究方法和研究结果四部分。其中项目背景介绍该研究项目提出的背景、发展的历史及项目概况等；设计思路与技术路线概括整个研究项目的研究设计并提供技术路线图；研究方法对研究项目的抽样方法、调查方法、样本采集、实验室检测等具体方法分别进行描述；研究结果概述了截至目前已公开发表或出版的研究成果，并提供了部分文献和出版物列表。

本书将为环境健康领域相关人员和广大研究生开展科学研究提供重要参考，帮助提高我国科研人员研究设计的水平，也为疾病预防控制机构提高科技支撑能力提供借鉴。

本书编著过程中得到了北京大学郭新彪教授、黄薇教授，复旦大学屈卫东

教授、阚海东教授，华中科技大学邬堂春教授、鲁文清教授等的有力支持，在此谨向他们表示衷心感谢。我们在编写过程中力求完美，但由于环境与健康领域所涉及案例繁多，加之作者水平有限，书中难免存有疏漏和不足，恳请国内外同仁提出宝贵意见。

编者

2016 年 12 月

目 录

第一章	美国国家生物监测项目	1
一、项目背景	1	
二、设计思路与技术路线	2	
三、研究方法	4	
四、研究结果	10	
参考文献	14	
第二章	美国国家环境健康监测项目	16
一、项目背景	16	
二、技术路线	17	
三、研究方法	20	
四、项目产出	26	
参考文献	30	
第三章	世界卫生组织空气污染疾病负担研究	31
一、项目背景	31	
二、技术路线	32	
三、研究方法	33	
四、研究结果	38	
五、展望	45	
参考文献	46	
第四章	美国国家空气污染物发病和死亡效应研究	47
一、项目背景	47	
二、设计思路与技术路线	48	
三、研究方法	49	
四、研究结果	54	
参考文献	60	
第五章	美国空气污染与多种族动脉粥样硬化研究	62

一、项目背景	62
二、技术路线	62
三、研究方法	63
四、研究结果	71
参考文献	78
第六章 哥伦比亚大学儿童环境与健康中心出生队列研究	79
一、项目背景	79
二、设计思路与技术路线	80
三、研究方法	80
四、研究结果	84
参考文献	92
第七章 韩国居民身体中环境污染物负荷调查	96
一、项目背景	96
二、设计思路与技术路线	97
三、研究方法	98
四、研究结果	100
参考文献	118
第八章 哈佛六城市空气污染与健康研究	119
一、项目背景	119
二、技术路线	119
三、研究方法	120
四、研究结果	123
参考文献	129
第九章 孟加拉国饮用水中砷对健康的影响研究	131
一、项目背景	131
二、技术路线	132
三、研究方法	132
四、研究结果	136
参考文献	141
第十章 纽约州公共供水中总三卤甲烷暴露与不良出生结局的 横断面研究	142
一、项目背景	142
二、设计思路与技术路线	143

三、研究方法	143
四、研究结果	146
参考文献	151
第十一章 法国高温健康预警系统的构建与应用	153
一、项目背景	153
二、设计思路与技术路线	154
三、研究方法	155
四、研究结果	161
参考文献	163
第十二章 机动车尾气联合非机动车来源颗粒物的心血管毒性研究	165
一、项目介绍	165
二、技术路线	166
三、研究方法	167
四、研究结果	171
参考文献	175
第十三章 对叔丁基邻苯二酚的毒理学研究	176
一、项目背景	176
二、技术路线	177
三、研究方法	178
四、研究结果	180
参考文献	192
第十四章 化学品泄漏对当地居民健康和生态系统影响的毒理学研究	193
一、项目背景	193
二、设计思路与技术路线	194
三、研究方法	195
四、研究结果与启示	201
参考文献	203
第十五章 日本“痛痛病”病因学调查研究	205
一、项目背景	205
二、设计思路	206
三、研究方法	208
四、研究结果	211
参考文献	222

第十六章 云南宣威肺癌病因学调查研究	223
一、项目背景	223
二、设计思路与技术路线	224
三、研究方法	224
四、研究结果	227
参考文献	239

第一章

美国国家生物监测项目

一、项目背景

(一) 项目历史

美国健康和营养监测调查项目 (National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES) 是由隶属于美国疾病预防控制中心 (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) 的美国国家健康统计中心 (National Center For Health Statistics, NCHS) 开展的一个调查项目。该项目主要用来评估美国成年人和儿童的营养健康状况。

NHANES 项目开始于 20 世纪 60 年代初期, 由一系列针对不同人群或健康问题的调查组成。自 1999 年起该项目成为一个连续的项目, 同时, 在所有 NHANES 参与者中, 随机抽取约 1/3 的个体采集血液和尿液样本开展国家生物监测项目 (National Biomonitoring Program, NBP) 研究。NBP 项目检测指标主要包括农药 (有机氯、有机磷、菊酯类以及除草剂)、多氯联苯、多环芳烃、邻苯二甲酸酯类、植物雌激素、丙烯酰胺、环境酚类、全氟化合物、多溴联苯醚、重金属等。

(二) 项目介绍

NBP 项目运行由美国 CDC 实验室科学部负责。

NBP 项目的目标包括: 测量环境化学物质在人体组织和体液 (如血液和尿液) 中的水平, 获悉人们通过空气、水、食物、土壤、灰尘和消费品等途径对化学物质的暴露, 用很少量的 (不足一茶匙) 血液或尿液样本检测、发现多种化学物质, 评估美国人口的营养状况等。

科学家利用生物监测来确定有哪些化学物质进入到人体的血液、尿液、乳汁和唾液中并确定进入的量, 监测人体中某种化学物质水平超过已知毒理学限

值的人口数量（如血铅水平），跟踪暴露的趋势和公共卫生项目的效果和影响。

NBP 项目的具体内容主要包括：测量人体中超过 300 种的环境化学物质和营养指标；开发先进的实验室方法，发表在同行评议的期刊上供其他实验室使用；进行技术分享，对各州公共卫生实验室开展生物监测方法培训；帮助实验室保证测试数据的质量，让患者和卫生服务提供者（以及研究人员和公共卫生官员）相信实验室测试结果的准确性；资助州级生物监测项目；每年开展 60 ~ 70 项合作项目研究环境暴露的效应；在怀疑有化学物质暴露的地方，应求助者请求开展流行病学调查；定期评估美国人群环境化学物质的暴露状况。

（三）项目应用

在发生化学或放射性/核紧急事件时，生物监测科学可以用来保护公众的健康。生物监测提供了一种可靠的方法来识别化学药剂和放射性核素的成分，并找出哪种物质已经暴露，暴露到什么程度。

生物监测已应用于开发特定的方法来帮助诊断、治疗和预防毒物造成的疾病。CDC 持续开展毒物研究，开发新的测试方法，提高在特定毒物突发事件发生时的测试能力；利用先进技术提高世界各地毒物相关疾病公共卫生产出。

生物监测也用于评估人群对二手烟的暴露。CDC 调查个人和人群对烟草制品中的化学物质暴露，测量烟草烟雾中有毒和成瘾性物质。CDC 持续监测美国人口暴露于二手烟的状况，对致力于减少二手烟暴露的行动和政策进行效果评估。

NBP 项目的数据和生物监测研究用于发布多种出版物和报告。CDC 利用这些数据发布两份关键的报告，一份是关于环境化学物质人体暴露的国家报告（National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals），该报告提供美国人群环境化学物质暴露的系列性持续评估。另一份报告是美国人群膳食和营养生化指标的国家报告（National Report on Biochemical Indicators of Diet and Nutrition in the U. S. Population），该报告提供美国人群营养状态的系列性持续评估。

数据也可用于各种研究及撰写期刊文章和出版物。比如，NBP 项目的数据被用于 NHANES 项目。NHANES 项目是 NBP 项目的监测依托项目，其监测数据又被 NHANES 项目所利用。

二、设计思路与技术路线

NHANES 项目在全美根据年龄、性别、种族等进行多阶段、分层、聚类复

合抽样，自 1999 年以来，每年进行一次人群抽样调查并每两年发布一次结果。考虑到检测能力及样品的代表性，NBP 项目对 NHANES 的参与者进行二次随机抽样，收集二次抽样人群的血液和尿液标本。综合考虑科学暴露数据、所致健康效应的严重性、监测方法的有效性和成本的可承受性等进行生物监测项目的选择。参与者的年龄不同，被检测的化学物质的种类也不同。样本量的大小与暴露和年龄关系密切，如大部分的化学物质选择约 1/3 的二次抽样样本进行监测，而对铅、汞、可替宁、丙烯酰胺等多种物质的监测都提高了样本量，甚至对 NHANES 全样本进行监测。样品的检测主要使用质谱仪进行，并运用多种质量保证措施，如在检测周期中进行质控样品的测定等。使用 SAS 和 SUDAAN 软件对年龄、性别、种族等变量进行描述性统计分析。随着监测的化合物种类不断增加，不断引入新的技术对原始数据进行新的分析。技术路线如图 1-1。

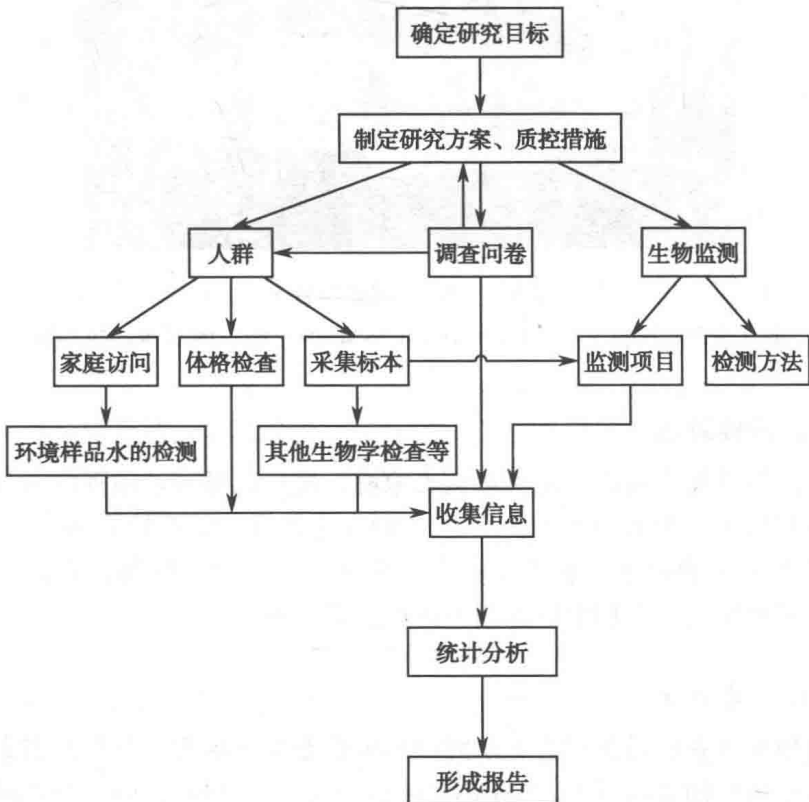


图 1-1 技术路线图

资料来源：<http://www.cdc.gov/biomonitoring/>；http://www.cdc.gov/nchs/data/series/sr_01/sr01_056.pdf

三、研究方法

(一) 样本量

NHANES 项目每轮调查样本量不同,以最近的 1999—2010 年调查为例,每一期样本量为 12 000 人,平均参与入户问卷调查人数为 10 500 人,应答率为 87.5%,在移动检查车 (Mobile Examination Center, MEC) (图 1-2) 中完成调查问卷并参加生物样本采集的调查人数为 10 000 人,应答率为 83.3%。与 NBP 项目有关的调查对象数为在 MEC 中完成问卷调查并参加生物样本采集的调查人数。



图 1-2 MEC 移动检查车

图片来源: http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/mec_tour/mectour.htm

(二) 抽样方法

采用多阶段概率抽样方法抽取调查家庭,规定以县或者地理位置靠近的两个小规模县为一个抽样单元,从大约 3000 个抽样单元中抽取 30 个单元,在 30 个抽样单元中抽取包含有许多家庭的街区段或多个街区段,在抽中的街区段内抽取家庭单元,在抽中的家庭中进行问卷调查访问。

(三) 调查方法

NHANES 调查经过全国卫生研究伦理审查委员会批准,并与所有参与调查的人员签订项目知情同意书。NHANES 调查方法为入户进行的面对面的问卷调查。问卷内容包括四部分:筛查问题问卷、关系问卷、个人问卷和家庭问卷。其中筛查问题问卷主要内容包括年龄、性别、种族、收入,调查者使用特殊的计算方式利用筛查问卷的问题对被调查者进行筛选,不符合条件者不进行后续的调查。在对 12 岁及以上的被调查者进行问卷调查的同时,采集家庭浴缸水