



中国环境基准体系 中长期路线图

吴丰昌 孟伟等编著

中国环境基准体系 中长期路线图

吴丰昌 孟 伟 等 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是在系统分析我国环境保护科技发展需求和基准研究现状的基础上,提出了适合中国国情和区域特点的环境基准体系中长期路线图,反映了近几十年来世界环境基准科技发展态势以及相关学科和领域的研究动向与战略,明确了我国未来环境基准发展的关键科学问题,提出了中国环境基准研究主要目标、发展路线图、时间表以及实施的保障体系。该路线图是对当前环境基准研究现状和发展态势的系统总结,反映了国内外环境基准的未来研究趋势,为我国环境基准研究、环境标准制/修订及环境保护科学研究提供了指导。

本书可为该领域的科研人员提供研究思路与视野,还可为政府部门及管理人员制订标准和相关政策提供理论依据和参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国环境基准体系中长期路线图 / 吴丰昌、孟伟等编著. —北京: 科学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-03-040073-4

I. ①中… II. ①吴… ②孟… III. ①环境标准—研究—中国 IV. ①X-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 043114 号

责任编辑: 朱 丽 杨新政 / 责任校对: 李 影

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京美通印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2014 年 6 月第一次印刷 印张: 13 3/4

字数: 280 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



《中国环境基准体系中长期路线图》

顾问委员会	刘鸿亮	魏复盛	赵进东	陶 澍	王 超
	熊跃辉	赵英民	刘志全	王开宇	禹 军
	裴晓菲	陈 胜	刘海波	王子健	郑丙辉
	周启星	李发生	骆永明	朱 彤	白志鹏
	席北斗	于红霞	吕永龙	曾永平	刘征涛
	尹大强				

《中国环境基准体系中长期路线图》

主 编	吴丰昌	孟 伟			
副 主 编	侯 红	黄 薇	赵晓丽	宋 静	李会仙
编 委	侯 红	黄 薇	赵晓丽	宋 静	李会仙
	许宜平	冯承莲	霍守亮	徐 建	常 红
	毕新慧	李 红	颜增光	王宝庆	王铁宇
	段小丽	贺桂珍	张瑞卿	闫振广	孙福红
	穆云松	廖海清			

前言

环境基准是整个环境保护和环境管理的基石，它强调“以人（生物）为本”及人与自然和谐共处的理念，是科学理论上人与自然“希望维持的标准”，是环境科学各个分支学科最新研究成果的集成，反映了一个国家的科学技术水平。环境基准是制定环境标准的基础和科学依据，以环境暴露、毒理效应与风险评估为核心内容的环境基准体系更是环境质量评价、风险控制及整个管理体系的科学基础，也是国家环境保护和管理体系的根本。

我国的社会经济已进入了快速发展的时期，为了保护生态环境和维持社会经济的可持续发展，国家日益重视环境基准的科学研究。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》明确要求大幅度提高国家环境保护科技创新能力，同时要求加强国家标准及相关领域科技基础条件平台建设。《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定（2005年）》明确提出了“科学确定基准”的国家目标。《国家环境保护“十二五”科技发展规划（2011年）》也将环境基准和标准列入主要研究领域，环境基准研究是国家未来环境保护领域重点建设的三大科技工程之一。中国科学院《创新2050：科技革命与中国的未来》明确将环境基准研究列入生态与环境领域未来的重要研究方向，技术标准也一直是科技部的三大战略之一。在2014年《中华人民共和国环境保护法》修订草案中也明确提出，“中国鼓励开展环境基准研究”。

近年来，中国国家环境基准研究受到政府部门和科学家的日益关注，虽然起步较晚，但在中华人民共和国科学技术部（以下简称科技部）和环境保护部的支持下，国家业已设立多个项目，并开展探索研究，旨在建立基于中国区域特征和国情的国家环境基准体系。2008年，为了应对太湖蓝藻水华的大暴发，科技部紧急启动了“湖泊污染防治基础研究”专项。其作为三个专项之一，以中国环境科

学研究院为依托单位，设立项目“湖泊水环境质量演变与水环境基准研究”（“973”项目）。该项目以湖泊为例，系统开展了比较完善的水质基准理论、方法和案例研究，目前该项目以优秀的成绩顺利结题。同时以中国环境科学研究院为依托单位，启动了国家重大水专项监控预警主题“流域水环境质量基准与标准体系研究”。该项目系统建立了我国流域水环境基准方法体系的构架，开展了典型流域特征污染物基准阈值的应用研究。这些项目在环境基准等有关方面做了大量研究工作，获得了许多有价值的资料和研究成果。

2009年下半年，国家环境保护部科技标准司组织国内水、空气、土壤基准研究领域优势力量和专家组成了我国环境基准研究计划编写组，形成了“我国环境基准体系及其支撑技术专题研究计划”三个专项草案，为我国“十二五”及今后开展环境基准研究奠定基础。为了推动专项研究，2010年，国家环境保护部启动了环境基准预研究，并同时设立了“我国环境基准技术框架与典型案例预研究”公益重大项目，其中项目任务要求开展环境基准中长期路线图（以下简称“路线图”）的编写。其后，由环境保护部牵头并组织成立了环境基准研究专项编写组，于同年正式启动了中长期路线图的编写工作，并同时起草了基准专项方案。在该路线图的编写期间，专家组多次与科技部社会发展科技司和基础司进行沟通，并及时汇报最新进展。在此期间，结合前期的研究成果，向总理温家宝同志递交了《关于在“十二五”期间开展区域大气污染防治等三个环境科技专项研究的建议》，其中环境基准研究为三个专项之一。经过两年多的深入研究，环境基准研究组取得了重大进展，基本理清了中国环境基准发展的战略需求，提出了若干核心科学问题与关键技术问题，从中国的国情出发设计了相应的环境基准发展路线图，这些前期研究成果也为公益重大项目立项提供了参考。与此同时，环境基准与风险评估国家重点实验室成立和正式运行，该实验室承担大量国家环境基准研究项目，取得了较多的科研成果，在团队和环境基准相关研究领域都得到了发展，并有了一定的积累。

环境基准是科学制订标准和规范性风险评估的重要依据，也是我国环境保护工作的重要抓手，其重要性日益明显。我国《地表水环境质量标准》自1983年首次发布以来，分别于1988年、1999年、2002年进行了3次修订，现行的版本为GB 3838—2002。为了更好

地完善地表水标准体系，提高水污染防治能力和水环境管理水平，2013年，环境保护部启动了《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）的第四次修订工作。目前，包括水环境质量标准在内，我国已制/修订的1300多项环境保护标准主要是等效采用国际上的相关标准值，尚不能真正反映我国的实际情况。特别是在应对重大环境污染事件时，由于缺乏基准，难以确定应急期间污染物控制标准，明显暴露出我国环境基准研究的薄弱，这已成为制约环境管理部门科学开展工作的瓶颈。美国国家环境保护局审查和修订环境质量标准费用的90%以上用于支持围绕标准的环境质量基准研究。近几十年来，日本、加拿大、澳大利亚和欧盟等发达国家和组织也相继着手构建各自的国家环境基准体系。建立国家环境基准体系已成为国际环境保护领域的趋势和国家环境安全的发展战略。而我国的环境基准研究几乎还是空白，开展这方面的系统研究刻不容缓。针对我国区域特点和污染特征，建立水、空气和土壤相对完整的技术与方法学体系，形成较为完善的基准技术支撑平台，构建系统完整与科学、重点突出、监管有效、经济可行和社会认可的环境标准体系与环境管理体系，可为我国环境保护和污染控制提供全面科技支撑。

本书就是在这些大背景下编写而成的。但我国目前环境基准的研究水平与国外相比，还处于起步阶段，该中长期路线图是对国内外环境基准相关研究进展的系统总结和整理，并在与国外进展进行对比的基础上，对我国环境基准未来如何开展进行顶层设计，这对推动我国环境基准和标准的科学性具有重要意义。通过本书的出版，希望能推动我国环境基准的系统研究，为构建更为合理的环境管理和标准体系提供借鉴。

“路线图”编写组由国内环境基准研究领域的优势力量组成，本书是在多次课题组会议和多次专家讨论会的基础上形成的，编写工作由吴丰昌和孟伟统筹、策划和负责，赵晓丽和李会仙负责统稿和校对。同时，在“路线图”的编写过程中，专家顾问委员会也给予了指导和建议。

本书出版是一个新的起点，我们将在此基础上持续深入地开展“路线图”的战略研究，并根据最新的研究成果进行及时修订，为国家环境管理和宏观决策提供科学建议，为相关科研管理、科研机构 and 科研工作者提供参考。

“路线图”的研究工作得到了以下项目的资助，特此感谢：

国家环境保护公益性行业重大科研专项“我国环境基准技术框架与典型案例预研究”（201009032）；

国家重点基础研究发展计划项目（“973”项目）“湖泊水环境质量演变与水环境基准研究”（2008CB418200）。

环境基准体系路线图编写组

2014年5月

目 录

前 言

摘 要 1

第一章 环境基准概述 3

第一节 水环境基准 4

第二节 土壤环境基准 9

第三节 空气环境基准 14

第二章 中国环境基准需求和发展趋势 17

第一节 中国环境标准的现状及存在问题 17

第二节 中国环境保护科技需求分析 37

第三节 中国环境基准研究发展趋势分析 44

第三章 国际环境基准领域发展态势及其规划研究概述 56

第一节 国际水环境基准领域现状和发展趋势 56

第二节 国际土壤环境基准领域现状和发展趋势 69

第三节 国际空气环境基准领域现状和发展趋势 83

第四章 环境基准体系与发展路线图 92

第一节 总体描述 92

第二节 发展路线图 157

第五章	环境基准体系发展路线图保障与实施	170
第一节	明确环境基准的法律地位，在政策层面予以保障	170
第二节	设立重大研究专项，提供稳定经费支持	172
第三节	建立国家环境基准综合实验与研究平台	173
第四节	构建环境基准的数据信息库和共享支撑技术体系	175
第五节	与相关国家及国际组织建立长期合作关系	175
第六节	加强环境基准人才队伍建设	186
参考文献		188
附录 I	已出版专著清单	192
附录 II	水环境基准国内发表部分文章清单	193
附录 III	土壤环境基准国内发表部分文章清单	198
附录 IV	空气环境基准国内发表部分文章清单	204
索引		207

摘要

随着中国经济社会的快速发展,由于人口增多、城市化进程加快、资源和能源消耗增长,人民群众对环境改善的诉求增强,中国将面临更为严重的环境挑战。环境基准是国家制订环境标准的科学依据,是国家环境保护、环境管理政策与法律制定的科学基础。我国环境基准研究的长期滞后性已成为制约我国环境标准科学性,以及环境管理部门制订行之有效的应对行动的一个瓶颈。面对环境保护和改善这一重大挑战,必须明确未来环境基准科技发展的总体战略,从前瞻性、战略性和全局性高度对环境基准的发展认真分析,提前部署和科技规划,为我国的环境与生态安全保障提供科技支撑。

自国务院 2005 年明确提出“科学确定基准”的国家目标以来,国内开展了一系列环境基准的基础性调研工作,但总体来说,我国环境基准研究尚处于起步阶段,环境基准在国家环境保护工作中的法律地位尚未得到明确。我国环境标准体系主要是在参照和借鉴国外发达国家的基准和标准基础上制订的,构建符合我国区域特征和污染控制需要的国家环境基准体系将使我国摆脱参照和借鉴国外环境基准与标准的现状,夯实我国环境质量标准的根基,保障国家环境安全和公众健康,为我国环境标准体系和环境管理体系提供全面有效的科技支撑。科学合理的环境基准体系是实现有效环境监管和环境保护工作的基础,在环境监测与监控、应急事故处置、污染控制和风险管理等方面有着广泛的应用前景。环境基准研究对推动我国环境保护事业的发展,引领国际环保科研领域发展,保障我国社会经济的科学发展将产生重大而深远的影响。

未来经济社会发展和科技发展驱动的科技需求包括:①环境质量标准制/修订;②环境质量评价;③环境安全和人体健康保护;④环境风险管理。

未来环境基准发展将呈现出以下态势:①环境基准研究提高环境标准的科学性;②环境基准研究是环境管理的重大科技需求;③构建符合中国国情与区域特征的国家环境基准体系;④环境基准的理论与方法学研究是科学确定基准的根本;⑤按照受体和环境介

质开展基准研究；⑥化学品和新型污染物的环境基准研究逐渐成为热点；⑦多学科、多手段的综合研究是基准研究的主要手段；⑧基础性研究和技术支撑平台建设是环境基准研究的根本。

结合国家科技需求和已有的科技发展规划，提出未来环境基准研究的重点研究方向：①环境基准的理论与方法学研究；②环境基准基础数据调查与整编；③基准目标污染物的筛选甄别和优先排序技术研究；④生态功能分区体系与技术研究；⑤水体营养物基准研究；⑥生物测试与毒性评价技术；⑦人体暴露评价理论与相关技术研究；⑧污染物风险评估技术及其方法学研究；⑨环境基准的审核和校对研究；⑩污染物监测与分析技术研究；⑪环境基准与标准转化理论及其对环境管理支撑技术研究。

中国至 2020 年环境基准科技发展路线图的战略实施的总目标是构建比较完善的、符合我国国情和社会经济发展需要的国家环境基准体系，引领国际环境基准及相关环保科研领域发展，为环境保护和社会经济可持续发展提供全面科技支撑。工作分两个阶段完成：

第一阶段：系统梳理、消化吸收国外环境基准经验和成果，明确基准研究重点领域，初步形成环境基准的理论与方法学，提出一批国家环境管理工作中迫切需要的环境基准值，构建环境基准框架体系，初步建立环境基准研发和支撑平台；

第二阶段：形成较为完善的环境基准理论、技术和方法体系，提出能够基本满足环境管理需要的一批环境基准值，形成较为完善的环境基准研发和支撑平台，为环境标准制/修订、环境质量评价和环境风险管理提供科技支撑。

中国环境基准发展路线图战略将通过以下几个方面建立保障体系，并予以实施：①明确环境基准的法律地位，在政策层面予以保障；②设立重大研究专项，提供稳定经费支持；③建立多学科环境基准基础研究平台；④建立国家环境基准综合实验示范区；⑤与国外组织建立长期合作关系；⑥培育出中国的环境基准人才队伍。

第一章

环境基准概述

环境问题是我国重大民生问题，伴随着社会经济的快速发展，我国环境基准研究的长期缺失已成为制约我国环境标准科学性，以及环境管理部门制订行之有效的应对行动方案的一个瓶颈。构建符合我国区域特点和污染控制需要的环境基准体系研究必须以科学发展观为指导，在全面落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定（2005年）》《国家环境保护“十二五”科技发展规划（2011年）》，以及第七次全国环境保护大会（2011年）精神的基础上，面向国家环境保护重大科技需求和国际科技发展前沿，明确中国环境基准领域未来发展的总体战略，为中国未来公众健康、生态环境安全、社会经济可持续发展提供理论和技术支撑。

环境基准概述：环境基准是指“环境介质（水、土壤和空气）中的环境要素等对特定保护对象不产生不良或有害效应的最大值”。环境要素包括物理（噪声和温度等）、化学（金属、有机污染物和氮磷营养盐等）和生物（细菌和微生物等）以及其他综合（pH、碱度、色度、硬度和感官等）要素；特定保护对象可以是人体健康、生物或生态系统及环境介质的使用功能（包括饮用水、农业用地、工业用地、渔业用水和休闲娱乐等），主要是依据科学实验和科学判断得出的。环境基准强调“以人（生物）为本”及人与自然和谐共处的理念，是科学理论上人与自然“希望维持的标准”。因此，环境基准是环境保护工作的“自然控制标准”，也是国家进行环境质量评价、制订环境保护目标与方向的科学依据。

环境基准主要是依据特定对象在环境介质中的暴露数据，以及与环境要素的剂量-效应关系数据，通过科学判断得出的，并反映了环境化学、毒理学、生态学、流行病学、生物学和风险评估等前沿学科领域的最新科研成果。环境基准研究属于自然科学研究范畴，

不考虑对于达到此环境限值或浓度的经济效应或技术可行性，不具有法律效力。环境基准是制订环境标准的基础和科学依据，同时也是环境质量评价、环境风险控制及整个环境管理体系的科学基础。

环境基准具有不同类别的内涵，按照环境介质的不同可分为水环境基准、土壤环境基准和空气环境基准等；按照作用对象（或保护对象）的不同可分为健康基准（对人体健康的影响）、生态基准（对生物及使用功能的影响）、物理基准（对能见度、气候等的影响）和感官基准（防止不愉快的异味）等；根据基准制订的方法学原理的不同又可分为毒理学基准（包括健康基准和生态基准）和生态学基准（包括营养物基准）（图 1-1）。

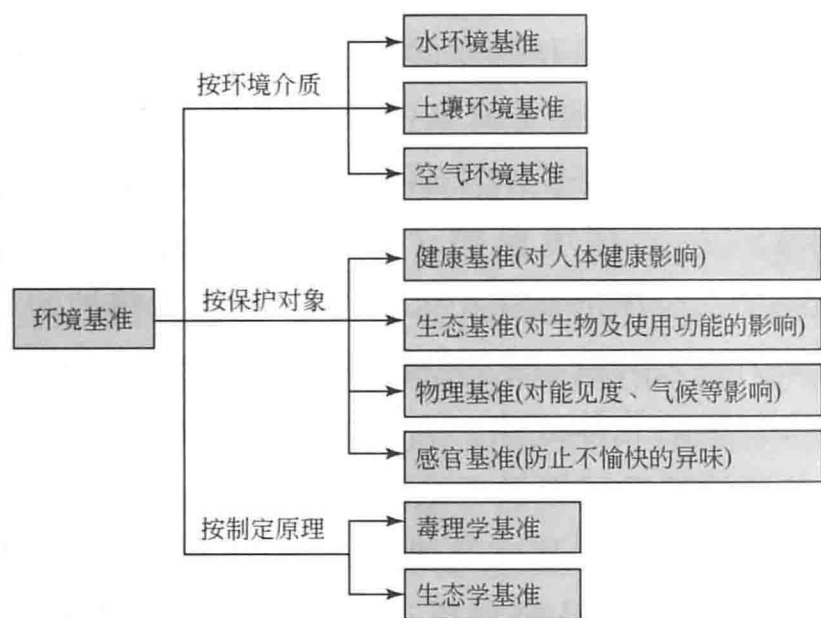


图 1-1 环境基准的分类

世界发达国家环境基准体系的制订和我国现行的环境标准体系均是以环境介质为主线来进行的，并在此基础上形成了发达国家环境保护法律体系的基本框架。

第一节 水环境基准

水环境基准是指在一定环境条件下保护生物及特定水体使用功能而推荐的定量浓度或叙述性描述，涉及的水体污染物包括重金属、非金属无机物、农药和其他有机物，以及一些水质参数（pH、色度、浊度和大肠杆菌数量等）。水环境基准可分为保护水生生物及其使用功能基准、保护人体健康基准、营养物基准、沉积物质量基准和生物学基准等。

一、保护水生生物及其使用功能基准

保护水生生物及其使用功能基准（国内有部分学者称其为水生生态基准），作为水环境质量基准的核心内容之一，已成为世界各国水环境基准研究的重中之重。与国际上其他发达国家相比，我国保护水生生物及其使用功能的水环境质量基准研究起步较晚，最初仅是对国外资料的收集和整理工作，以及对国外水质基准推导方法的零星论述。此后，我国部分学者也针对我国水域状况及生物区系进行了保护水生生物及其使用功能的水质基准研究：2004年，夏青等在《水质基准与水质标准》中介绍了美国水质基准的部分研究内容；张彤等利用我国物种数据推算了丙烯腈水质基准；安伟等研究了壬基酚的种群安全暴露基准；尹大强等（Yin et al., 2003b）推导了2,4-二氯苯酚和2,4,6-三氯苯酚的水质基准。近年来，王子健研究组按照美国水质基准制定方法筛选了太湖流域的优势物种以及相应的毒性数据，获得了五氯酚、2,4-二氯酚和2,4,6-三氯酚等污染物的关键毒理学数据，获得了太湖流域这几种污染物的水生态基准建议值，并比较分析了毒性百分数排序法、蒙特卡罗构建物种敏感度分布曲线法和生态毒理模型法等方法在我国水环境质量基准推导方面的适用性。国内部分学者概括了美国及其他国家保护水生生物水质基准的制定方法和数据要求（孟伟等，2009；张瑞卿等，2010；汪云岗和钱谊，1998）。孟伟、吴丰昌等编制出版的《水质基准的理论与方法学导论》和《美国水质基准制定的方法学指南》，系统阐释了水质基准的内涵与技术方法体系。曹宇静和吴丰昌（2010）以及闫振广等（2009）研究获得了中国镉的基准最大浓度和基准连续浓度。闫振广等（2011）选择黄颡鱼、青虾等6种我国本土水生生物对硝基苯的急性和慢性生物毒性进行了研究与测试，并结合硝基苯的毒性文献数据综合分析，针对我国特有的生物区系以及水质状况，对保护我国水生生物硝基苯水质基准进行了研究。这些成果为我国进一步开展水生生物及其使用功能基准研究奠定了良好的基础。

近几年来，国家提出环境基准战略研究，国内众多课题组也相继开展了环境基准的预研究工作。以中国环境科学研究院为依托单位的环境基准与风险评估国家重点实验室在我国较早开展了保护水生生物及使用功能基准研究，在科技部“973”项目的支持下，启动

了水环境基准的研究。以湖泊为例，系统地总结了当下水生生物及其使用功能的理论和方法学，初步建立了具有我国区域特点的湖泊水环境质量基准理论、技术和方法体系，提出了我国湖泊水环境质量基准的“三性”（科学性、基础性和区域性）原则，指出了环境暴露、效应识别和风险评估是基准研究的3个关键环节。同时，根据中国生物区系和水环境特征，得到典型有机污染物——硝基苯的水生生物及其使用功能基准值，以及重金属镉、铜和锌的水生生物及其使用功能基准值。在国家重大水专项的支持下，国家水专项子课题“流域水环境质量基准与标准技术研究”，以辽河和太湖流域为主要研究对象，初步提出了具有生态分区差异性的水生生物基准制订方法技术体系。在国家环境保护公益性行业重大科研专项的支持下，2010年启动了“我国环境基准技术框架体系及典型案例预研究”，开展我国环境基准体系中长期路线图及典型案例预研究。这些工作对我国水环境基准研究领域的发展起到了积极的作用。

近些年，我国对保护水生生物及其使用功能基准的研究成果汇总如表1-1所示。

表 1-1 中国和美国部分污染物水生生物水质基准比较

污染物	中国基准/(μg/L)		美国基准/(μg/L)	
	急性基准	慢性基准	急性基准(CMC)	慢性基准(CCC)
锌(吴丰昌等, 2011b)	89.70	34.50	120	120
镉(吴丰昌等, 2011c; 闫振广等, 2009)	2.10~7.30	0.21~0.23	2	0.25
铜(吴丰昌等, 2011)	30.0	9.44	12.0	9
汞(张瑞卿等, 2012)	1.743	0.467	1.4	0.77
硝基苯(吴丰昌等, 2011d)	572.0	114.0	3 145	878
丙烯腈(张彤和金洪钧, 1997a)	2 156	575	—	—
硫氰酸钠(张彤和金洪钧, 1997b)	1 350	253	—	—
乙腈(张彤和金洪钧, 1997c)	1 145 000	413 000	—	—
2, 4-二氯酚(Yin et al., 2003b)	1 250	212	—	—
2, 4, 6-三氯酚(Yin et al., 2003a)	1 010	226	—	—
五氯酚(Lei et al., 2010)	25	3	19	15
氨氮(闫振广等, 2011)	403~38 900	66.4~3 920	299~57 000	37.1~2 240
三丁基锡(穆景利, 2010)	0.43*	0.002*	0.42*	0.007 4*

注：—表示没有获得相关数据；*表示海水水生生物水质基准

总的来说，我国保护水生生物及其使用功能基准研究比较零星，既没有适合我国区域特点的水质基准理论和方法体系，又缺乏大量支持污染物生态方面的毒理学数据，因此亟需开展适合我国区域特