

“十一五”中国环境学科 发展报告

中国环境科学学会 主编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

X
106

“十一五”中国环境学科 发展报告

中国环境科学学会 主编

中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

“十一五”中国环境学科发展报告/中国环境科学学会主编.

—北京:中国科学技术出版社,2012.4

ISBN 978-7-5046-6078-7

I. ①十… II. ①中… III. ①环境科学-研究-中国-
2006—2010 IV. ①X

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 070730 号

选题策划 许 英
责任编辑 许 英 郭秋霞
封面设计 李 丽
责任校对 焦对诗
责任印制 王 沛

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 822 千字
印 张 34.25
印 数 1—2000 册
版 次 2012 年 4 月第 1 版
印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷
印 刷 北京九歌天成彩色印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6078-7/X·113
定 价 98.00 元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

编委会名单

名誉主任 王玉庆

主 任 任官平

科学顾问 王文兴 郝吉明 孟 伟 曲久辉

副 主 任 易 斌 张远航 胡洪营 金相灿 柴发合 周 琪

常务编委 刘 平 胡华龙 吴振斌 田 静 江桂斌 杨志峰 王灿发 吴舜泽

王金南 夏 光 高吉喜 舒俭民 于志刚 郭新彪 李广贺 余 刚

陈吉宁 魏复盛 潘自强 鲍晓峰 乔寿锁 鲍 强

编 委 (按姓氏笔画排序)

万 军	王人洁	王业耀	王亚芬	王 光	王 伟	王体健	王社坤
王 坤	王明远	王宗爽	王建生	王 斌	王 韬	王 睿	王 慧
文秋霞	文秋霞	邓芙蓉	孔繁翔	卢少勇	叶兴南	叶 春	田伟君
田春秀	史 洁	代嫣然	冯朝阳	吕亚东	吕锡武	朱利中	朱 彤
朱 坦	全 浩	庄炳亮	刘文君	刘 永	刘艳萍	刘 越	刘静玲
刘碧云	闫金霞	祁建华	杨 军	杨志峰	杨丽丽	杨林章	杨素娟
李正炎	李红祥	李孝宽	李志远	李秀金	李 凯	李金惠	李 娜
李艳芳	李爱峰	李润东	李铭煊	李 萱	李 晶	李 斌	李 新
李 瑾	李 毅	吴丰昌	吴少伟	吴吉春	吴忠标	吴振斌	何小芳
汪太明	汪 劲	汪群慧	沈晓悦	宋立荣	宋旭娜	张永生	张 旭
张庆竹	张庆华	张志刚	张林波	张 迪	张学庆	张建辉	张俊丽
张爱茜	张 珺	张越美	张彭义	张 斌	张 婷	张毅敏	陈义珍
陈英旭	陈 尚	陈建民	陈晓秋	陈雄波	邵春岩	武建勇	武建勇
武俊梅	武雪芳	范绍佳	尚洪磊	罗元锋	竺 效	岳 欣	周巧红
周可新	周羽化	周连碧	周泽兴	郑明辉	郑春苗	郑 蕾	赵以军
赵由才	赵好希	赵富伟	郝 羽	胡学海	胡 静	钟流举	段飞舟
侯佳儒	施汉昌	姜 霞	骆永明	秦伯强	袁 巍	柴发合	徐 欣
徐 蕾	高云霓	高会旺	高振宁	高 翔	高增祥	黄民生	黄 婧
曹 炜	曹 俊	曹 颖	康玉峰	梁 威	梁 雪	梁 鹏	葛芳杰
葛察忠	董 岩	蒋建国	韩永伟	辜小安	傅学良	焦风雷	温雪峰
甄 毓	解淑霞	蔡木林	翟国庆	潘 庆	潘进芬	薛达元	戴文楠

各学科编写机构及人员

水环境学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会水环境分会
主 编 金相灿 姜 霞
参编人员 王 坤 孔繁翔 卢少勇 叶 春 吕锡武 杨林章 宋立荣 张永生
张毅敏 陈英旭 赵以军 施汉昌 秦伯强 黄民生

大气环境学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会大气环境分会
主 编 王文兴 柴发合
参编人员 王人洁 王体健 王 韬 叶兴南 朱利中 朱 彤 庄炳亮 刘 越
吴忠标 张庆竹 张远航 陈义珍 陈建民 陈雄波 范绍佳 赵好希
郝吉明 钟流举

固体废物处理处置学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会固体废物分会
主 编 胡华龙 温雪峰
参编人员 王 伟 全 浩 李秀金 李金惠 李润东 汪群慧 张俊丽 邵春岩
周连碧 郑 蕾 赵由才

环境生物学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境生物学会
主 编 吴振斌 梁 威
参编人员 王亚芬 代嫣然 刘碧云 何小芳 张 婷 武俊梅 周巧红 高云霓
梁 雪 葛芳杰

环境声学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境物理分会
主 编 田 静 吕亚东
参编人员 杨 军 张 斌 李志远 辜小安 焦风雷 徐 欣 翟国庆

环境化学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境化学分会
主 编 江桂斌 郑明辉
参编人员 张爱茜

环境地学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境地学分会
主 编 杨志峰 刘静玲
参编人员 闫金霞 李 毅 张 珺 徐 蕾

环境法学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境法学会
主 编 王灿发 杨素娟
参编人员 王明远 刘艳萍 王社坤 李艳芳 汪 劲 竺 效 胡 静 侯佳儒
袁 巍 傅学良 董 岩 潘 庆 曹 炜

环境规划学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境规划专业委员会
主 编 吴舜泽
参编人员 万 军 刘 永 李 新

环境经济学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境经济学会
主 编 王金南 葛察忠
参编人员 李红祥 李 娜 曹 颖

环境管理学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境管理分会
主 编 夏 光
参编人员 文秋霞 田春秀 李 萱 沈晓悦 宋旭娜 王建成

生态与自然保护科学发展报告

编写机构 中国环境科学学会生态与自然保护分会
主 编 高吉喜 周可新
参编人员 武建勇 赵富伟 高振宁 薛达元

农业生态环境学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会生态农业专业委员会
主 编 舒俭民 韩永伟
参编人员 高吉喜 冯朝阳 张林波 尚洪磊

海洋环境学学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会海洋环境保护专业委员会
主 编 于志刚 高会旺
参编人员 田伟君 史 洁 祁建华 李正炎 李爱峰 李 瑾 张学庆 张越美
陈 尚 高增祥 甄 毓 潘进芬

环境医学与健康学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境医学与健康分会

主 编 郭新彪 邓芙蓉
参编人员 黄 婧 郝 羽 吴少伟

土壤和地下水环境学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会土壤与地下水环境专业委员会
主 编 李广贺 张 旭 王 慧
参编人员 骆永明 吴吉春 郑春苗

持久性有机污染物污染防治发展报告

编写机构 中国环境科学学会持久性有机污染物专业委员会
主 编 余 刚 黄 俊
参编人员 王 斌

环境基准与标准学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境标准与基准专业委员会
主 编 孟 伟
参编人员 王宗爽 吴丰昌 武雪芳 周羽化 蔡木林

环境影响评价学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境影响评价专业委员会
主 编 陈吉宁 梁 鹏
参编人员 朱 坦 胡学海 戴文楠 段飞舟

环境监测学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会环境监测专业委员会
主 编 魏复盛 王业耀
参编人员 王 光 李铭煊 汪太明 张 迪

核与辐射学科发展报告

编写机构 中国环境科学学会核安全与辐射环境安全专业委员会
主 编 潘自强 张志刚
参编人员 李 斌 康玉峰 陈晓秋 杨丽丽 张庆华

机动车污染防治技术发展报告

编写机构 中国环境科学学会机动车船污染防治专业委员会
主 编 鲍晓峰 岳 欣
参编人员 李 凯 解淑霞 周泽兴

序

科学技术是人类智慧的结晶,是第一生产力,其发展水平标志着人类创造物质财富的能力。不断研究总结科学技术学科演变规律、研究成果及发展趋势,是提升学科发展效能、促进学科间交叉渗透以萌发新生长点、更好规划和组织科研工作的基础,具有重要的意义。作为人口最多的发展中国家,快速的工业化、城镇化和农业现代化使得我国环境问题非常突出且极其复杂,已成为制约我国经济社会发展的重大瓶颈。正确解释和提出有效解决面临环境问题的技术措施,是环境科学技术的任务。这对环境科技研究既是巨大挑战,又是极好的发展机遇。近二十多年来,我国环境学科在各种因素的相互作用下,呈现迅速发展态势。

为总结、报告环境各学科(领域)最新研究进展,指出其发展趋势,进入新世纪,中国环境科学学会共组织编写了4次学科发展报告。第1次是2003年与国家环保总局科技标准司共同编写了《环境学科发展报告》,第2、第3次是在中国科协学科发展报告项目支持下,编写了《环境科学技术学科发展报告(2006—2007)》、《环境科学技术学科发展报告(2008—2009)》。

“十一五”期间,我国各类污染物排放总量有不同程度下降,国家减排目标如期实现,环境科技功不可没。我会及所属各分支机构是环保科技队伍的重要力量,在环境科技的各个领域均有学会机构及会员的活跃身影。值“十二五”开局之年,举全学会之力,调动各方资源,进一步梳理环境学科知识体系,总结“十一五”各环境学科进展,展望“十二五”发展趋势,恰逢其时。为此,第四次编写学科发展报告为5年的,即《“十一五”中国环境学科发展报告》。这一研究报告包括环境学科发展综合报告和22个专题报告,约80余万字。报告以总结5年(2006—2010年)环境学科领域取得的主要研究进展为重点,在客观评价各专业领域发展现状、水平、取得的突破性成果基础上,结合环境保护事业发展的重大需求,提出了环境学科未来10年的研究重点与发展方向。

正如研究的综合报告中提到的,环境学科有三大特征:问题导向型、交叉型和社会应用型,是一门发展迅猛的朝阳学科。不断开展学科发展研究是非常必要的,也是作为环境科技社团的职责所在。学会秘书处和各分支机构应共同努力把这项工作做好。我希望,通过5—10年的努力,将环境学科发展研究打造成为社会各界了解中国环境学科前沿动态的权威报告,成为环境科技工作者研究开发成果传播的重要平台。

王云庆

2011年12月

前 言

“十一五”以来,在科学发展观的引领下,我国环境科技面向经济发展和环境保护的主战场,为适应环境保护历史性转变的科技发展要求,开拓创新,深入贯彻落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》的任务部署,大力实施《国家环境保护“十一五”科技发展规划》规定的目标和任务,取得了较大成绩。同时,我国排污总量大幅下降,“十一五”减排目标如期实现,这集中反映出五年来我国环保工作取得新的积极进展,而作为引领与支撑我国环境保护事业发展的环境科技也在基础和应用基础研究、技术研发以及能力建设、人才培养等方面取得了丰硕成果,为各项环保目标的实现奠定了坚实的基础。

值“十二五”开局之年,举全学会之力,调动各方资源,进一步梳理学科知识体系,总结“十一五”学科进展,展望发展趋势,恰逢其时。本报告以回顾、总结“十一五”期间(2006—2010年)环境学科领域取得的主要研究进展为重点,从环境基础学科、环境介质及技术要素(水、大气、土壤、噪声、固体废物等)、决策支持等视角,对“十一五”期间我国环境学科的研究开发进展进行梳理和评述。报告包括一个综合报告和22个专题报告。综合报告主要是综述“十一五”期间整个环境学科的重点研究进展,在客观评价主要专业领域发展现状、水平、取得的突破性成果的基础上,结合环境保护事业发展的重大需求,提出环境学科未来10年的研究开发重点与方向。专题报告主要回顾和评述“十一五”期间国内在该学科(或领域)中的研究进展,涵盖该学科(或领域)每个研究方向(包括基础领域研究进展、应用领域研究进展、工程技术开发进展等),并进行国内外比较分析,指出战略需求、发展趋势及发展策略等。报告文献来源于实施年度范围内公开发表的国内外期刊,该学科(或领域)的重要国际、国内学术会议及专利,引用基本遵循了“严格引证”的原则。

为保证本报告在同行中的认可程度,我会成立了编委会和编制办公室,综

合报告专家组和 22 个依托于分支机构的专题组,确定了首席专家组全面指导、专题分支机构主任委员责任制相结合的责任制度,共计有 150 位专家、学者参加了综合报告和专题报告的研究和撰写。在此,我会诚挚地向参与本报告研究工作的专家、学者表示深深的谢意!同时,也向为本书出版付出辛勤劳动的工作人员表示感谢!

本书出版得到了国电科技环保集团股份有限公司的大力支持,在此表示衷心地感谢!

由于时间有限,又是首次组织我会各分支机构牵头编写,经验不足,疏漏与不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月

目 录

综合报告

“十一五”中国环境学科发展综合报告.....	(3)
一、引言	(3)
二、“十一五”环境科学基础理论研究主要进展	(4)
三、“十一五”环境科学与技术研究主要进展	(8)
四、环境科学技术的重大应用成果.....	(41)
五、能力建设.....	(46)
六、趋势与展望.....	(49)

专题报告

水环境学科发展报告	(61)
一、引言.....	(61)
二、我国水环境现状及形势.....	(61)
三、水环境科学理论研究进展.....	(63)
四、水环境科学技术进展.....	(74)
五、重大成果.....	(84)
六、水环境科学研究能力建设进展.....	(87)
七、水环境科学技术未来的发展趋势.....	(89)
大气环境学科发展报告	(94)
一、引言.....	(94)
二、大气环境学科基础理论研究进展.....	(95)
三、大气环境科学技术研究进展	(100)
四、大气复合污染控制技术	(107)
五、大气环境科学的主要成果及其应用	(114)
六、大气环境科学技术研究能力建设进展	(123)

七、大气环境科学技术发展趋势及展望	(124)
固体废物处理处置学科发展报告	(138)
一、引言	(138)
二、固体废物利用/处置基础理论研究进展	(139)
三、固体废物利用/处置科学技术研究进展	(141)
四、固体废物利用/处置产业发展中的重大成果及应用	(148)
五、固体废物处置科学技术研究能力建设进展	(152)
六、固体废物利用/处置科学技术需求及发展展望	(155)
环境生物学学科发展报告	(160)
一、引言	(160)
二、环境生物技术理论研究进展	(162)
三、环境生物技术进展	(166)
四、重大成果	(170)
五、环境生物学研究能力建设进展	(170)
六、环境生物学学科发展面临的问题与发展趋势	(172)
环境声学学科发展报告	(177)
一、引言	(177)
二、环境声学基础及应用研究进展	(178)
三、环境声学技术研究进展	(183)
四、环境声学重大应用成果	(186)
五、环境声学研究能力建设进展	(187)
六、环境声学研究发展趋势及展望	(189)
环境化学学科发展报告	(194)
一、引言	(194)
二、环境化学基础理论体系建设进展	(195)
三、环境化学科学技术研究进展	(198)
四、环境化学研究能力建设进展	(204)
五、环境化学发展趋势及展望	(206)
环境地学科发展报告	(211)
一、引言	(211)
二、研究方法及技术进展	(212)
三、学科前沿及研究进展	(217)
环境法学科发展报告	(228)
一、引言	(228)
二、环境法学基础理论研究进展	(229)
三、环境法律制度与实践研究进展	(233)

四、环境法学科发展的问题与展望	(236)
环境规划学科发展报告	(242)
一、引言	(243)
二、环境规划学理论与技术体系研究进展	(244)
三、环境规划学科成果的重大应用	(248)
四、环境规划学技术研究能力建设进展	(253)
五、环境规划学技术发展趋势及展望	(258)
环境经济学学科发展报告	(263)
一、引言	(263)
二、环境经济学基础理论研究进展	(264)
三、环境经济学技术方法研究进展	(269)
四、环境经济学在管理中的重大应用成果	(272)
五、环境经济学科学技术研究能力建设进展	(278)
六、环境经济学发展趋势及展望	(278)
环境管理学科发展报告	(283)
一、引言	(283)
二、环境管理体制研究进展	(284)
三、污染减排政策研究进展	(288)
四、城市环境管理领域研究进展	(293)
五、我国环境管理相关领域研究展望	(298)
生态与自然保护科学发展报告	(302)
一、引言	(302)
二、生态与自然保护基础理论体系建设进展	(302)
三、生态与自然保护科学技术研究进展	(308)
四、生态与自然保护科学技术在产业发展中的重大应用、 重大成果	(315)
五、生态与自然保护科学技术发展趋势与展望	(319)
农业生态环境学学科发展报告	(324)
一、引言	(324)
二、农业生态环境学基础理论体系建设进展	(325)
三、农业生态环境科学技术研究进展	(326)
四、农业生态环境科学技术的研究能力建设进展	(334)
五、农业生态环境科学发展趋势和展望	(335)
海洋环境学学科发展报告	(339)
一、引言	(339)
二、海洋环境基础研究和应用研究	(340)

三、海洋环境学科研究主要进展	(344)
四、海洋环境学科重大成果及应用	(349)
五、海洋环境学科能力建设	(351)
六、海洋环境学科发展趋势及展望	(351)
环境医学与健康学科发展报告	(356)
一、引言	(356)
二、环境医学与健康基础理论研究进展	(356)
三、环境医学与健康研究进展	(358)
四、环境医学与健康研究发展趋势和展望	(375)
土壤和地下水环境学科发展报告	(380)
一、引言	(380)
二、土壤与地下水污染防治基础理论研究进展	(381)
三、土壤与地下水污染防治技术研究进展	(386)
四、土壤与地下水污染防治重大成果	(391)
五、土壤与地下水污染防治能力建设进展	(393)
六、土壤与地下水污染防治研究发展趋势及展望	(393)
持久性有机污染物污染防治发展报告	(397)
一、引言	(397)
二、持久性有机污染物污染防治基础理论体系建设进展	(398)
三、持久性有机污染物污染防治研究进展	(399)
四、持久性有机污染物污染防治重大成果及应用	(410)
五、持久性有机污染物污染防治研究能力与平台建设进展	(411)
六、持久性有机污染物污染防治研究发展趋势及展望	(414)
环境基准与标准学科发展报告	(418)
一、引言	(418)
二、环境基准与标准基础理论研究进展	(419)
三、环境基准与环境标准研究进展	(422)
四、环境基准与标准取得的重大成果	(425)
五、环境基准与标准研究能力建设进展	(428)
六、发展趋势与展望	(429)
环境影响评价学科发展报告	(433)
一、引言	(433)
二、环境影响评价应用理论体系建设进展	(433)
三、环境影响评价主要领域研究的进展	(435)
四、环境影响评价队伍建设	(444)
五、环境影响评价发展展望	(444)

环境监测学科发展报告	(449)
一、引言	(449)
二、环境监测学科基础及应用研究进展	(450)
三、环境监测学科技术研究进展	(454)
四、环境监测学科重大成果及其应用	(459)
五、环境监测学科能力建设	(460)
六、环境监测学科发展趋势及展望	(463)
核与辐射学科发展报告	(469)
一、引言	(469)
二、我国核能与核技术利用概况	(470)
三、国内外核与辐射安全技术研究与进展	(472)
四、我国核与辐射安全监管历史和能力建设	(476)
五、结束语	(479)
机动车污染防治技术发展报告	(481)
一、引言	(481)
二、发动机与新能源汽车技术研究进展	(481)
三、机动车排放后处理技术研究进展	(485)
四、车用油品环保技术研究进展	(492)
五、污染物排放检测技术研究进展	(494)
六、机动车排放污染防治技术展望	(495)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report on China Development of Research on Environmental Science during the 11th Five-year Plan	(503)
Report on Advances in Water Environmental Science	(509)
Report on Advances in Atmospheric Environmental Science	(509)
Report on Advances in Solid Waste Treatment	(511)
Report on Advances in Environmental Biology	(511)
Report on Advances in Environmental Acoustics	(512)
Report on Advances in Environmental Chemistry	(513)
Report on Advances in Environmental Geoscience	(513)
Report on Advances in Environmental Law	(514)
Report on Advances in Environmental Planning	(515)
Report on Advances in Environmental Economics	(519)
Report on Advances in Environmental Management	(520)

Report on Advances in Ecological and Natural Conservation	(521)
Report on Advances in Agro-ecological Environment	(522)
Report on Advances in Marine Environmentology	(523)
Report on Advances in Environmental Medicine and Health	(524)
Report on Advances in Soil and Groundwater Pollution Control	(525)
Report on Advances in Persistent Organic Pollutants Pollution Control	(526)
Report on Advances in Environmental Criteria and Standards	(527)
Report on Advances in Environmental Impact Assessment	(528)
Report on Advances in Environmental Monitoring	(528)
Report on Advances in Nuclear Energy and Nuclear Technology	(529)
Report on Advances in Vehicle Emission Control	(529)