

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
中国工程院重大咨询项目 中国生态文明建设重大战略研究丛书(II)

第二卷

我国资源环境承载力与经济社会发展布局战略研究

中国工程院“我国资源环境承载力与经济社会发展布局战略研究”课题组

郝吉明 王金南 许嘉钰 蒋洪强 主编



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

中国工程院重大咨询项目 中国生态文明建设重大战略研究丛书(II)

第 二 卷

我国资源环境承载力与经济社会发展 布局战略研究

中国工程院“我国资源环境承载力与经济社会发展布局战略研究”课题组

郝吉明 王金南 许嘉钰 蒋洪强 主编

科学出版社

内 容 简 介

本书是“中国生态文明建设重大战略研究丛书”之一。本书中资源环境承载力研究所涉及的内容较多,主要以大气环境承载力、重点流域地表水环境承载力、水资源对区域经济社会发展的支撑能力、环境容量对煤油气资源开发的约束为依据,结合主体功能区定位要求,提出了全国、京津冀地区、西北五省及内蒙古地区产业发展绿色化布局战略。

本书内容紧密结合当前生态文明建设战略需求、数据丰富,适合政府、生态环境领域研究人员,高等院校生态环境相关专业师生,以及其他对我国生态环境问题感兴趣的社会公众阅读。

图书在版编目(CIP)数据

我国资源环境承载力与经济社会发展布局战略研究/郝吉明等主编. —北京:科学出版社,2019.3

[中国生态文明建设重大战略研究丛书(Ⅱ)/周济,刘旭主编]

“十三五”国家重点出版物出版规划项目 中国工程院重大咨询项目

ISBN 978-7-03-060516-0

I. ①我… II. ①郝… III. ①自然资源-环境承载力-研究-中国 ②经济发展-研究-中国 IV. ①X372 ②F124

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 023612 号

责任编辑:马 俊 侯彩霞/责任校对:郑金红
责任印制:肖 兴/封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019年3月第一次印刷 印张:20

字数:454 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书顾问及编写委员会

顾 问

徐匡迪 钱正英 陈吉宁 张 勇 沈国舫

主 编

周 济 刘 旭

副主编

郝吉明 杜祥琬 吴丰昌

丛书编委会成员

(以姓氏笔画为序)

丁一汇	丁德文	万东华	王 浩	王元晶
尹伟伦	曲久辉	朱广庆	刘 旭	刘克成
刘鸿亮	江 亿	严 耕	杜祥琬	李 阳
李文华	李德发	吴丰昌	张林波	陈 勇
金鉴明	周 济	郝吉明	段 宁	钱 易
徐祥德	凌 江	唐华俊	唐孝炎	唐海英
傅志寰	舒俭民	魏复盛		

“我国资源环境承载力与经济社会发展布局 战略研究”课题组成员名单

- 郝吉明 中国工程院院士、美国工程院外籍院士、清华大学环境学院教授
- 王金南 中国工程院院士、环境保护部环境规划院院长兼总工程师
- 曲久辉 中国工程院院士、清华大学环境学院教授
- 王 浩 中国工程院院士、中国水利水电科学研究院教授级高级工程师
- 李 阳 中国工程院院士，中国石油化工股份有限公司副总工程师、教授级高级工程师
- 顾大钊 中国工程院院士，国家能源投资集团有限责任公司总经理、教授级高级工程师
- 许嘉钰 清华大学环境学院副教授
- 蒋洪强 环境保护部环境规划院研究员
- 刘年磊 环境保护部环境规划院副研究员
- 郑 伟 环境保护部环境规划院副研究员
- 单保庆 中国科学院生态环境研究中心研究员
- 温胜芳 中国科学院生态环境研究中心工程师
- 马 静 中国水利水电科学研究院教授级高级工程师
- 褚俊英 中国水利水电科学研究院教授级高级工程师
- 李 政 清华大学能源与动力工程系教授
- 程一步 中国石化经济技术研究院教授级高级工程师
- 李伟起 清华大学能源与动力工程系助理研究员
- 郑丙辉 中国环境科学研究院研究员
- 王丽婧 中国环境科学研究院副研究员
- 刘锐平 中国科学院生态环境研究中心研究员
- 胡承志 中国科学院生态环境研究中心研究员
- 柏耀辉 中国科学院生态环境研究中心副研究员

薛兆杰	中国石油化工股份有限公司教授级高级工程师
罗佐县	中国石化经济技术研究院副处长、高级经济师
孟宪玲	中国石化经济技术研究院处长、高级工程师
李全生	国家能源投资集团有限责任公司 2030 项目办公室主任、教授级高级工程师
郝秀强	国家能源技术经济研究院高级工程师
牛存稳	中国水利水电科学研究院高级工程师
桑学锋	中国水利水电科学研究院高级工程师
龚家国	中国水利水电科学研究院高级工程师
严子奇	中国水利水电科学研究院工程师
杨朝晖	中国水利水电科学研究院工程师
兰华春	中国科学院生态环境研究中心副研究员
齐维晓	中国科学院生态环境研究中心副研究员
吴 剑	清华大学环境学院博士后
高宇华	清华大学环境学院教育职员
马洁云	清华大学环境学院科研助理
马 乔	清华大学环境学院博士研究生
常 兴	清华大学环境学院博士研究生
蔡思翌	清华大学环境学院博士研究生
王 霄	中国科学院生态环境研究中心博士研究生
古振澳	中国科学院生态环境研究中心硕士研究生
邓 伟	中国水利水电科学研究院硕士研究生
徐 志	中国水利水电科学研究院博士研究生
杨晓瑞	中国水利水电科学研究院硕士研究生
户 超	中国水利水电科学研究院硕士研究生
何亚闻	中国水利水电科学研究院硕士研究生
刘 洁	中国水利水电科学研究院硕士研究生

专题一成员名单

郝吉明	中国工程院院士、美国工程院外籍院士、清华大学环境学院教授
-----	------------------------------

许嘉钰	清华大学环境学院副教授
吴 剑	清华大学环境学院博士后
马 乔	清华大学环境学院博士研究生
马洁云	清华大学环境学院科研助理
常 兴	清华大学环境学院博士研究生
蔡思翌	清华大学环境学院博士研究生
高宇华	清华大学环境学院教育职员

专题二成员名单

曲久辉	中国工程院院士、清华大学环境学院教授
单保庆	中国科学院生态环境研究中心研究员
温胜芳	中国科学院生态环境研究中心工程师
郑丙辉	中国环境科学研究院研究员
刘锐平	中国科学院生态环境研究中心研究员
胡承志	中国科学院生态环境研究中心研究员
柏耀辉	中国科学院生态环境研究中心副研究员
齐维晓	中国科学院生态环境研究中心副研究员
兰华春	中国科学院生态环境研究中心副研究员
王丽婧	中国环境科学研究院副研究员

专题三成员名单

王 浩	中国工程院院士、中国水利水电科学研究院教授级高级工程师
马 静	中国水利水电科学研究院教授级高级工程师
褚俊英	中国水利水电科学研究院教授级高级工程师
邓 伟	中国水利水电科学研究院硕士研究生
徐 志	中国水利水电科学研究院博士研究生
杨晓瑞	中国水利水电科学研究院硕士研究生
牛存稳	中国水利水电科学研究院高级工程师
桑学锋	中国水利水电科学研究院高级工程师
龚家国	中国水利水电科学研究院高级工程师
严子奇	中国水利水电科学研究院工程师

杨朝晖 中国水利水电科学研究院工程师
户 超 中国水利水电科学研究院硕士研究生
何亚闻 中国水利水电科学研究院硕士研究生
刘 洁 中国水利水电科学研究院硕士研究生

专题四成员名单

李 阳 中国工程院院士，中国石油化工股份有限公司副总工程师、教授级高级工程师
顾大钊 中国工程院院士，国家能源投资集团有限责任公司总经理、教授级高级工程师
李 政 清华大学能源与动力工程系教授
程一步 中国石化经济技术研究院教授级高级工程师
李伟起 清华大学能源与动力工程系助理研究员
薛兆杰 中国石油化工股份有限公司教授级高级工程师
罗佐县 中国石化经济技术研究院副处长、高级经济师
孟宪玲 中国石化经济技术研究院处长、高级工程师
李全生 国家能源投资集团有限责任公司 2030 项目办公室主任、教授级高级工程师
郝秀强 国家能源技术经济研究院高级工程师

丛书总序

为积极参与生态文明建设研究，更好地发挥“国家工程科技思想库”的作用，中国工程院于 2013 年启动了“生态文明建设若干战略问题研究”重大咨询项目，对生态文明建设进行全局性系统研究，提出了中国未来生态文明建设的总体目标、战略部署和重点任务。为持续跟踪支撑国家生态文明建设，2015 年中国工程院启动了“生态文明建设若干战略问题研究（二期）”重大咨询项目，项目由周济、刘旭任组长，郝吉明任副组长，20 余位院士、200 余位专家参加了研究。2017 年 12 月，经过两年多的紧张工作，在深入分析和反复研讨的基础上，经过广泛征求意见，综合凝练形成了项目研究报告。研究期间，部分研究成果上报国务院，得到了有关领导的高度重视和批示。

项目在构建国家生态文明建设指标体系、综合评估我国生态文明发展水平的基础上，对我国环境承载力与经济社会发展战略布局、固体废物分类资源化利用、农业发展方式转变与美丽乡村建设等生态文明建设领域的重大战略问题开展研究。

项目全面客观评估我国生态文明发展水平与建设成效。以生态环境质量改善为核心，从绿色环境、绿色生产、绿色生活、绿色设施 4 个领域，构建包括 10 个目标、20 个指标的评估体系。充分考虑城市的主体功能定位，按功能区发展要求确定差异化的指标权重，采用双基准渐进法，以 2015 年为评估年，以全国 337 个地级及以上城市（不含香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省及海南省三沙市）为单元，从国家、省、市三个层次开展了评价。结果表明，2015 年我国生态文明发展水平平均分为 61.16，处于一般水平，与生态文明建设目标仍有一定差距，东南沿海地区的生态文明发展水平整体略高于中西部地区。具体指标结果表明，我国整体经济社会成果显著，在经济生活方面具有了一定基础，部分一线城市已达到国际中高收入或高收入国家水平，但是在生态环境保护、工业污染控制、产业优化、资源高效利用等领域，以及农业主产区生态文明建设等方面仍需进一步加强。

在此基础上，项目组提出了若干政策建议：一是基于资源环境承载能力优化产业发展布局，强化京津冀、西北五省（自治区）及内蒙古自治区的资源环境承载力约束，整治高污染、高耗能、高耗水企业，严控新增产能，强化产业调整和特别污染排放限值管理，运用行业排放标准推进产业技术进步，综合考虑水资源承载力和水资源效率进行农业布局；二是以“无废国家”为目标，促进资源充分循环，将固体废物资源化利用上升到国家战略高度，推动资源产出率、资源循环利用率等作为重要战略性量化指标，构建绿色消费模式，促进城市矿山开发，推动生态农业生态生产模式，促进乡村废物资源化，

加快工业发展绿色转型,提高资源利用效率;三是转变农业发展方式,建设美丽乡村,通过延伸农业产业链,构建一二三产业深度融合经营体系,探索新型高效生态农业,推进种养结合、农牧融合,提高村庄规划水平,加强宅基地和农村集体建设用地的规划管理,为未来发展留出空间,开展一批重点示范建设工程,推进美丽乡村建设。

项目提出了新时代生态文明建设的目标,即建议将生态资源资产与经济发展协同增长作为实现中华民族伟大复兴中国梦的目标之一,作为各级政府的工作任务,按约束指标列入年度发展计划,坚持人与自然和谐共生、物质精神同步、经济生态协调与坚持区域发展平衡;通过全社会不懈的努力,到21世纪中叶,基本实现人民群众物质财富与生态福祉的双重富裕,建成美丽中国;到21世纪下半叶,全面建成“零碳无废”社会,实现物质财富与生态福祉极大富裕。基于上述目标,提出了八大重点任务:一是培育生态产品生产成为新兴产业,将生态资源资产核算纳入国民经济核算体系,扩大生态生产产业的就业;二是坚持绿色驱动产业的生态化转型,以资源环境承载力约束、优化产业布局,推进传统产业生态化转型;三是深化美丽乡村建设,打造现代农业升级版,实现中国特色农业现代化;四是将建设“零碳无废”社会目标提升到国家战略高度,推动能源革命实现低碳发展,推进生产和消费领域的循环发展;五是培育全民生态文化自觉和绿色生活方式;六是健全绿水青山就是金山银山的法制保障,创新生态资源资产为核心的生态环境管理体系;七是引领全球治理共同构建人类命运共同体,为发展中国家提供绿色发展中国智慧;八是实施绿色科技创新工程支撑生态文明建设。

本套丛书汇集了“生态文明建设若干战略问题研究(二期)”项目的综合卷和4个课题分卷,分项目综合报告、课题报告和专题报告三个层次,提供相关领域的研究背景、内容和主要论点。综合卷包括综合报告和相关课题论述,每个课题分卷则包括课题综合报告及其专题报告。项目综合报告主要凝聚和总结各课题和专题中达成共识的主要观点和结论,各课题形成的其他观点则主要在课题分卷中体现。丛书是项目研究成果的综合集成,是众多院士和多部门、多学科专家教授、企业工程技术人员及政府管理者辛勤劳动和共同努力的结果,在此向他们表示衷心的感谢,特别感谢项目顾问组的指导。

生态文明建设是关系中华民族永续发展的根本大计,更是一项巨大的惠及民生福祉的综合性建设。由于各种原因,丛书难免还有疏漏和不够妥当之处,请读者批评指正。

中国工程院“生态文明建设若干战略问题研究(二期)”

项目研究组

2018年11月

前言

党的十八大提出了经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设“五位一体”的总体布局，确立了提高生态文明水平，建设“美丽中国”的愿景。习近平总书记在党的十九大报告中指出：“加快生态文明体制改革，建设美丽中国”“……从二〇二〇年到二〇三五年……生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现。”然而在生态文明建设的时代背景下，我国仍然面临着资源环境承载力的挑战及经济发展与生态环境之间的协调问题。

我国未来面临的资源环境承载力问题和挑战主要体现在用水效率逐步提高，用水结构逐步优化，但用水总量仍将不断上涨，水资源供需矛盾十分突出；能耗强度逐步降低，能耗结构逐步优化，但能源消费总量仍居高不下，西部地区增幅最为明显；主要污染物排放总量将持续降低，减排重心自东向西转移，环境质量达标压力依然存在；环境质量改善的复杂性突出、难度加大。

依据我国经济增长与环境压力之间的关系，除北京、上海、广东等发达地区外，我国大部分地区经济发展还处在工业化中后期阶段。在这个阶段，产业结构调整升级缓慢，重化工业所占比重仍然较高，经济增长对资源消耗量较大，对生态环境的破坏程度较为严重，经济发展与生态环境之间的矛盾依然很突出。未来我国将进入新一轮区域经济一体化大发展进程，同样也将进入工业化和城镇化加快发展的阶段，各区域经济的快速发展与资源环境之间的矛盾将更加尖锐，环境问题对社会和谐的负面影响更加突出。因此，从我国及各区域所处的这个阶段和实情出发，必须统筹考虑区域经济发展与环境保护的关系，必须站在宏观战略层面解决环境问题，以环境保护优化经济增长，最终才能实现经济社会又好又快的发展。

结合主体功能区定位，发挥资源环境承载力在区域发展中“主力军”“调节阀”“突击队”的作用，才能充分考虑资源环境承载力这一具有基础性、约束性和助推性要素的发展；才能实现以生态环境优化区域经济结构；才能探索走出一条“代价小、效益好、排放低、可持续”的区域生态文明建设的新路子。

科学评价资源环境承载力、开展环境承载力约束下的产业发展布局战略对策研究是一项重要基础性工作。从资源环境承载力的科学内涵出发，以大气环境容量、地表水环境容量、水资源支撑能力评价为基础，结合主体功能区定位，针对全国及京津冀、西北五省、内蒙古等重点区域，提出环境承载力约束下的全国产业发展、能源产业和重点区域产业布局调控战略对策可为产业布局规划提供科学指导，推进实现产业发展方式转变与生态环境保护的“双赢”。

我国资源环境承载力与经济社会发展布局战略研究所涉及的内容较多，本书主要以大气环境承载力、重点流域地表水环境承载力、水资源对区域经济社会发展的支撑能力、环境容量对煤油气资源开发的约束为依据，结合主体功能区定位要求，提出全国、京津

冀地区、西北五省(区)及内蒙古地区产业发展绿色化布局战略。

本书是集体智慧的结晶。在“我国资源环境承载力与经济社会发展布局战略研究”课题的研究过程中,始终得到了中国工程院、生态环境部、清华大学、环境保护部环境规划院、中国科学院生态环境研究中心、中国环境科学研究院、中国水利水电科学研究院、中国石油化工股份有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、中国石化经济技术研究院等单位领导与专家的大力支持和协助,在此一并致谢!由于本课题的研究时间较短,研究任务较重,研究内容上很难做到完全充分,敬请批评指正!

目 录

丛书总序

前言

课题综合报告

摘要	3
第一章 概述	4
一、课题研究背景	4
二、课题目标和研究内容	4
第二章 基于 $PM_{2.5}$ 达标约束的大气环境容量	6
一、我国大气环境质量和主要污染物排放现状	6
二、基于空气质量达标的大气环境容量测算方法	11
三、大气环境容量研究	14
四、基于大气环境容量的经济社会空间布局战略对策建议	22
第三章 基于重点流域水环境功能达标的水环境容量确定	26
一、我国重点流域地表水污染特征及演化趋势	26
二、流域地表水水环境容量核算方法学筛选	28
三、2020 年、2030 年我国面临的水环境保护压力与形势	30
四、重点流域地表水水环境容量核算研究	30
五、基于重点流域地表水水环境容量的经济社会空间布局战略对策建议	46
第四章 水资源对区域社会经济发展的支撑能力	48
一、全国水资源与社会经济发展现状分析及协调性评价	48
二、京津冀地区水资源支撑能力评价	53
三、西部地区的五大煤电基地定量分析	59
四、基于水资源支撑能力的经济社会空间布局战略对策建议	65
第五章 环境容量对煤油气资源开发的约束	70
一、煤油气开发对环境的影响	70
二、环境容量对煤炭开发的约束	72
三、环境容量对油气开发的约束	84
四、基于环境容量的能源区域发展协调对策建议	95
第六章 基于资源环境承载力的经济社会空间布局战略和对策	101
一、我国当前经济社会空间布局的现状分析	101

二、我国未来经济社会空间布局面临的重大挑战	109
三、经济社会与资源环境协调发展的空间布局战略和对策	122

专 题 研 究

专题一 大气污染物环境容量与最大允许排放限值研究	129
摘要	129
一、概述	129
二、我国大气环境质量和主要污染物排放现状	130
三、基于空气质量达标的大气环境容量测算方法	135
四、基于 PM _{2.5} 达标约束的大气环境容量	138
五、基于大气环境容量的经济社会空间布局战略对策建议	150
六、大气污染物减排路线	153
专题二 重点流域地表水水环境容量与最大允许排放限值研究	156
摘要	156
一、概述	158
二、研究方法与数据来源	160
三、我国重点流域地表水污染特征及演化趋势	169
四、京津冀地区的地表水水环境容量与最大允许排放限值	180
五、西北五省的地表水水环境容量与最大允许排放限值	188
六、太湖的水环境容量与最大允许排放限值	194
七、对策建议	207
专题三 水资源对区域社会经济发展的支撑能力研究	210
摘要	210
一、我国水资源基本特性	211
二、我国水资源对区域社会经济发展支撑能力评价	213
三、农业水资源的配置与未来供需分析	221
四、我国主要能源基地水资源与能源协调性评价	228
五、京津冀地区水资源支撑能力评价	240
六、基于水资源支撑能力的经济社会空间布局战略对策建议	246
专题四 环境容量对煤油气资源开发的约束研究	251
摘要	251
一、我国能源基本情况	252
二、环境容量对煤炭开发的约束	261
三、环境容量对油气开发的约束	278
四、基于环境容量的能源区域发展协调对策建议	297
主要参考文献	303

课题综合报告

摘 要

当前,环境承载力已经成为我国社会经济可持续发展的主要瓶颈。本研究基于大气环境容量、地表水水环境容量及水资源承载力,对全国、京津冀地区、西北五省(区)^①及内蒙古地区进行了环境承载力评价,结合主体功能区定位要求,提出了全国及重点区域产业发展绿色化布局战略。

全国产业发展应主要从重点整治高耗能重污染低效益产业、根据环境容量利用/超载情况进行产业调整和特别污染排放限值管理、运用行业排放标准推进产业技术进步和绿色化水平、农业布局综合考虑水资源承载力 and 水资源效率四个方面进行优化布局。

京津冀地区产业布局战略为:①基于大气环境容量约束,进行能源结构调整,限制高污染产品产量。对钢铁、水泥、玻璃及非金属制造等产业采取“促减控整”措施改善工艺技术,逐渐降低产能。不再审批产能过剩行业新增产能项目,严把审批关。②基于地表水水环境容量约束,根据亿元 GDP 的污染物排放量,最不协调的纺织染整、皮革和造纸 3 个产业(化学需氧量 49~66t/亿元,氨氮 2.2~4.9t/亿元)采取整个行业关闭或转移等措施;化工、食品和制药行业(化学需氧量 10~15t/亿元,氨氮 1~2t/亿元)也可以采取整个行业关闭或转移等措施,或者进行行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进等,尤其是污水直接排入地表水比例仅为 16%的制药行业,进行行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进是重要的发展方向。③基于水资源约束,河北省未来需要进行产业结构调整以实现水资源与经济的可持续发展。

西北五省及内蒙古地区产业布局战略为:①基于大气环境容量约束,充分利用当地天然气资源改善能源结构,缓慢推进煤化工行业的进程,严格控制煤炼焦产量。②基于地表水水环境容量约束,在环境容量超载区域对于化工、食品和造纸 3 个产业采取整个行业关闭或转移的政策;在还有剩余环境容量的区域,对金属冶炼和石化行业可以采取行业化清洁生产改造、污水处理工艺改进等措施。重点生态功能区可以加快发展符合主体功能规划的经济产业,以实现在不破坏生态环境的前提下更快地发展经济。③以西北地区水资源为主要约束条件,主要用水控制重点是农业用水,要推广农业节水,压缩农业用水比例,以保证生态用水、工业用水;工业应采用节水工艺,适度发展。为支撑未来西北煤电基地开发,并保持区域生态环境不受破坏,必须压缩农业用水比例,采取“农业综合节水—水权有偿转换—工业高效用水”的模式,发展节水、高效的特色农业,提高用水效率,严格控制灌溉面积的无序扩张,以农业节水转换为工业使用,保障工业发展。

^① 为了便于阅读,在本书中将“西北五省(区)”简写为“西北五省”。