



工程科技发展战略研究丛书

中国工程院院士科技咨询专项
上海市软科学研究计划

联合资助



大型城市生活垃圾 可持续综合利用战略研究

翁史烈 罗永浩 等 编著



上海科学技术出版社

工程科技发展战略研究丛书

中国工程院院士科技咨询专项 联合资助
上海市软科学研究计划

大型城市生活垃圾 可持续综合利用战略研究

翁史烈 罗永浩 等 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

大型城市生活垃圾可持续综合利用战略研究 / 翁
史烈等编著. —上海:上海科学技术出版社,2016.8

(工程科技发展战略研究丛书)

ISBN 978-7-5478-3056-7

I. ①大… II. ①翁… III. ①特大城市—生活废物—
废物综合利用—研究 IV. ①X799.305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 096197 号

大型城市生活垃圾可持续综合利用战略研究

翁史烈 罗永浩等 编著

技术编辑 张志建 陈美生

责任校对 朱虹 陈敏芳

封面设计 赵军

上海世纪出版股份有限公司 出版

上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路193号 www.ewen.co

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9.75

字数 205千字

2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-3056-7/X·36

定价: 55.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书以推动城市可持续发展与生态文明建设为宗旨,从大型城市生活垃圾综合管理体系、可持续综合利用技术创新及产业化支撑体系、处理设施系统布局及填埋场生态重构等方面,深入探讨了我国大型城市生活垃圾可持续综合利用的若干重大战略问题,系统分析了国内外现有的管理经验和研究成果,以及相关产业的发展动态,并通过翔实的数据和丰富的案例,结合我国国情和发展趋势,提出了城市生活垃圾可持续综合利用系统重构的战略方向和实施路径。

本书主要面向从事城市生活垃圾管理和环境卫生工程等领域的研究人员和工程技术人员,以及政府相关部门的决策人员。

“工程科技发展战略研究丛书” 学术顾问

- 徐匡迪 中国工程院院士、中国工程院主席团名誉主席
- 周 济 中国工程院院士、中国工程院院长
- 潘云鹤 中国工程院院士、浙江大学教授
- 徐德龙 中国工程院院士、中国工程院副院长
- 钟志华 中国工程院院士、中国工程院秘书长
- 翁史烈 中国工程院院士、上海交通大学教授
- 杨胜利 中国工程院院士、中国科学院上海生命科学研究院研究员
- 郭重庆 中国工程院院士、同济大学教授
- 金东寒 中国工程院院士、上海大学研究员
- 朱能鸿 中国工程院院士、中国科学院上海天文台研究员
- 龚惠兴 中国工程院院士、中国科学院上海技术物理研究所研究员
- 贲 德 中国工程院院士、中国电子科技集团公司第十四研究所研究员
- 钱旭红 中国工程院院士、华东理工大学教授
- 沈祖炎 中国工程院院士、同济大学教授
- 孙晋良 中国工程院院士、上海大学教授
- 张全兴 中国工程院院士、南京大学教授
- 闻玉梅 中国工程院院士、复旦大学上海医学院教授
- 盖钧镒 中国工程院院士、南京农业大学教授

“工程科技发展战略研究丛书”编委会

主 编

翁史烈 杨胜利

编 委

林忠钦 李同保 俞建勇 钱 锋

金 力 吴国凯 寿子琪 李仁涵

马兴发 高战军

编委办公室

何 军 毛文涛 罗永浩 翁一武

顾锡新 邱鲁燕

主编单位

上海市中国工程院院士咨询与学术活动中心

中国工程科技发展战略研究中心(上海)

本书编写人员

- 翁史烈 中国工程院院士、上海交通大学教授
- 罗永浩 上海交通大学教授
- 陈善平 上海市环境工程设计科学研究院有限公司副总经理、教授级高级工程师
- 刘华珍 上海新能源科技成果转化与产业促进中心副主任、高级工程师
- 柴梅 上海新能源科技成果转化与产业促进中心副部长、工程师
- 姜玲 上海新能源科技成果转化与产业促进中心主管、工程师
- 曹阳 上海交通大学专职研究人员
- 张睿智 上海交通大学博士
- 武桐 上海交通大学硕士
- 邰俊 上海市环境工程设计科学研究院有限公司副主任、高级工程师
- 许碧君 上海市环境工程设计科学研究院有限公司高级工程师
- 袁文祥 上海市环境工程设计科学研究院有限公司工程师
- 毕珠洁 上海市环境工程设计科学研究院有限公司工程师
- 万云峰 上海市环境工程设计科学研究院有限公司副总规划师、高级工程师

习近平总书记在 2014 年两院院士大会上强调指出：中国科学院、中国工程院是国家科学技术思想库。两院要组织广大院士，围绕事关经济社会及科技发展的全局性问题，开展战略咨询研究，以科学咨询支撑科学决策，以科学决策引领科学发展。

当前，世界范围内的新一轮科技革命和产业变革加速演进，信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术广泛渗透，带动以绿色、智能、泛在为特征的群体性技术突破。重大颠覆性创新不断涌现。世界各大国都在积极强化创新部署，创新战略竞争在综合国力竞争中的地位日益重要。科学发展需要科学决策，科学决策需要科学咨询。面对复杂多变的国际环境和国内发展形势，破解改革发展稳定难题、应对国内外复杂问题的艰巨性前所未有，迫切需要健全中国特色决策支撑体系，大力加强中国特色新型智库建设。

中国工程院是国家工程科技界最高荣誉性、咨询性学术机构，是国家的工程科技思想库。围绕国家经济社会发展中的重大工程科技问题开展战略研究，支撑重大问题的科学决策，这是国家赋予中国工程院的重要任务，党中央、国务院寄予很大期望。

中国工程院在 20 多年的咨询工作中，积累和形成了六条宝贵经验：一是服务国家重大战略需求，是中国工程院组织开展战略咨询的根本出发点；二是振兴中华的强烈社会责任感和历史使命感，是激励广大院士以战略咨询服务国家发展的不竭动力；三是基于科学的调查研究提出客观独立的咨询意见，是中国工程院开展战略咨询的重要特色；四是战略研究与咨询服务各方面工作综合协调、统筹兼顾，是战略咨询取得成效的重要基础；五是发挥战略科学家的核心作用、组织多种形式的咨询团队，是战略咨询取得成效的关键因素；六是注重调查研究、

强调科学求真、倡导学术民主,是战略咨询取得成效的重要保障。这些经验对于我们在新形势下进一步加强中国特色新型智库建设具有重要的借鉴意义。

上海作为改革开放的排头兵、创新发展的先行者,在全面实施长江经济带发展战略,大力建设国际经济、金融、贸易和航运中心的过程中重任在肩。加强与上海乃至长三角地区的科技合作,也是中国工程院思想库建设的重要组成部分。早在2001年,中国工程院就率先与上海市人民政府成立合作委员会,组建了上海市中国工程院院士咨询与学术活动中心(简称“上海院士中心”)。上海院士中心充分发挥院士专家智囊团作用,深耕工程科技领域决策咨询,一系列咨询研究成果广获各方赞誉,影响力逐步辐射国内外。2012年,为进一步深化院市合作,为上海、区域乃至国家经济社会发展提供前瞻性、战略性、全局性的咨询意见和决策依据,双方又成立了中国工程科技发展战略研究中心(上海)(简称“上海战略中心”)。数年来,上海战略中心不辱使命,开展了一系列战略咨询,形成了一系列汇聚着院士专家智慧的研究成果。

近日,上海战略中心策划将近年来的咨询成果集结为“工程科技发展战略研究丛书”出版。丛书立足上海,面向全国,紧密围绕我国工程科技发展的关键领域和上海建设具有全球影响力的科技创新中心的战略布局,围绕若干工程科技领域发展的咨询研究成果,为上海科创中心建设和国家工程科技发展提供了前瞻性、战略性和全局性的智库支撑。

丛书各辑由长期活跃在相关领域第一线的院士专家主导研究,在翔实的研究成果基础上凝练出切实可行的发展战略建议。丛书汇聚了上百名院士专家的集体智慧,具有较强的原创性、权威性、实用性和前瞻性,可为从事相关研究领域的工程科技人员提供研究参考,亦可为工程科技战略规划提供决策咨询。

最后,衷心感谢为丛书的出版付出辛勤努力的各位院士专家。

徐匡迪

2016年5月17日

丛书前言

为充分发挥院士的智囊作用,促进地方经济发展和工程科学技术水平的提高,中国工程院与上海市人民政府充分依托和发挥上海特殊的地域、经济,以及院士多、专业覆盖面宽的优势,于2001年7月成立合作委员会,并在合作委员会的领导下创建了上海市中国工程院院士咨询与学术活动中心。2012年12月,为进一步深化院市双方战略咨询合作、推动区域工程科技思想库建设,双方成立了全国首个工程科技领域的地方咨询机构——中国工程科技发展战略研究中心(上海),旨在充分发挥区域工程科技智库功能,积极组织院士专家围绕事关科技创新发展全局的长远问题,为上海、长三角乃至国家相关部门科技决策提供准确、前瞻、及时的建议。中国工程科技发展战略研究中心(上海)的建立,对于发展现代科技服务业具有重要的探索和示范作用,对于支撑国家工程科技思想库建设也有重大意义。

中国工程科技发展战略研究中心(上海)自成立以来已先后组织院士专家承担了近20项“中国工程院重点咨询研究项目”及“上海市软科学研究计划项目”,内容涵盖燃气轮机、海洋工程装备、医疗器械、大数据、集成电路、能源互联网、航空航天、智能制造、老龄化、生活垃圾处理以及上海具有全球影响力的科技创新中心建设等众多领域。每个项目均由中国工程院院士领衔,合作单位不仅有上海交通大学、复旦大学、同济大学、华东理工大学、上海大学、中国航天科技集团公司第八研究院(上海航天技术研究院)、上海社会科学院等高校和研究机构,还有中国商用飞机有限责任公司、中航商用航空发动机有限责任公司、中信泰富特钢集团等大型企业,以及上海市船舶与海洋工程学会等行业协会。在项目实施过程中,院士专家多次带队赴全国各地开展实地调研,深入了解当地相关领域产业发展情况,并召开系列研讨会和咨询会,集思广益、畅所欲言。所形成的咨询

报告凝聚了上百位院士和专家的智慧与心血,在科学决策中发挥了重要作用。其中《燃气轮机发展战略研究》和《健康老龄化发展战略研究》等咨询成果在第一时间送交国务院、国家发展和改革委员会、工业和信息化部、科学技术部、国家能源局、国家卫生和计划生育委员会、中国工程院、上海市人民政府等国家和地方有关部门,为国家重大战略布局的科学决策提供了参考。

鉴于这些咨询报告资料丰富、理论体系完整、观点鲜明,具有较高的学术水平和应用参考价值,中国工程科技发展战略研究中心(上海)决定将这些咨询研究成果进行系统总结,以“工程科技发展战略研究丛书”的形式出版,以反映我国工程科技若干重点领域的科技发展战略成果。

当前,上海建设具有全球影响力的科技创新中心已经列入国家“十三五”规划纲要,是一项国家战略,建设的目标任务已十分明确,各项工作已经到了全面深化、全面落实的关键阶段,事关国家发展全局,任务艰巨繁重,必须解放思想、破解难题、改革攻坚。希望这套丛书的编辑出版,能为上海具有全球影响力的科技创新中心建设中的重大科技项目和重大创新工程布局等提供咨询建议,又能为建立与上海具有全球影响力的科技创新中心相适应的重大创新战略和重大科技政策等体制机制改革提供依据,也能为专家学者的研究工作和有关部门的战略决策提供参考。

最后感谢为丛书出版付出辛劳的各位院士专家!

Handwritten signature in black ink, consisting of two names: 'Song Maoli' (宋马立) and 'Ke Xingli' (柯兴利).

2016年3月

前 言

随着经济社会的发展,城市规模不断扩大,人口持续增长,生活垃圾产生量与日俱增,成为影响世界各大城市的重大环境问题。德国、日本等发达国家自20世纪六七十年代开始,重视对城市生活垃圾污染防治的研究。时至今日,这些国家的城市生活垃圾管理已经由单纯的末端处理延伸到“预防—重复使用—循环利用—能量回收—末端处置”,成为“从摇篮到坟墓”的综合性管理。过去20多年,我国城市尤其是东部沿海大型城市的生活垃圾处理设施数量和能力大幅增加,城乡一体化收运体系逐步形成,城市环境显著改善。但是,由于起步晚、历史欠账多,大型城市面临的生活垃圾问题复杂,形势还非常严峻。以上海市为例,2001—2010年的10年间,上海生活垃圾清运量年均增长率达到3.4%以上;2014年全市每天生活垃圾清运量高达2万t。另据预计,2020年中国超过200万人口的城市将达到70座,生活垃圾量将持续增加。当前我国大型城市尚未实现从“垃圾处理”到“垃圾管理”的根本转变,普遍存在生活垃圾管理体系薄弱、收运处理设施能力不足、垃圾分类成效不明显、系统规划和设施布局不合理、综合利用技术和产业发展跟不上建设要求等难点问题,多数大型城市面临“垃圾围城”的困境。此外,由于公众对生活垃圾处理场所环境的担忧,“邻避效应”引发的群体性事件频繁发生。因此,在我国新型城镇化建设持续推进的背景下,为全面贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念,针对大型城市生活垃圾的可持续综合利用问题,提出方向性、全局性的战略对策,对大型城市的可持续发展具有重要意义。

在编写本书过程中,作者对北京、上海、广州和南京等地的城市生活垃圾管理体系进行了分析,以上海为例对生活垃圾的收集、运输、填埋处理和焚烧发电整个流程进行了实地考察,并对生活垃圾收运、处理和回收的专业公司,以及从事生活垃圾热处理和生化处理的有关研究机构和装备企业进行了深入的研讨,全面了解了我国城市生活垃圾的处理现状。此外,作者赴瑞典和日本考察了城

市生活垃圾分级管理的体系,重点考察了清洁转化利用的设施和公司,并通过相关文献资料对德国等发达国家的城市生活垃圾的综合管理体系进行了剖析。在此基础上,作者尝试通过重构大型城市生活垃圾的综合管理体系、处理技术创新和产业发展体系、处理设施规划布局,并以上海老港垃圾填埋场为例提出生态重构和土地再利用方案,为上海市乃至全国大型城市生活垃圾实现可持续综合利用提出战略方向和实施路径。

本书包括7章内容。第1章介绍了国内外大型城市生活垃圾可持续综合利用发展概况,包括国外“预防优先”的分级管理理念,以及我国实现城市生活垃圾可持续综合利用所面临的形势和挑战。第2章从行政管理体系、社会管理体系和市场管理体系三个层面介绍了德国等发达国家的城市生活垃圾综合管理体系,并结合中国的国情和存在问题,提出了城市生活垃圾综合管理体系重构的战略目标和实施路径。第3章介绍了城市生活垃圾的卫生填埋技术、分选技术、热转化技术和生化处理技术,提出了生活垃圾热化学能源转化技术发展路线,特别是清洁焚烧技术创新体系及产业化实施路径。第4章介绍了我国城市生活垃圾物流体系和处理设施布局现状,分析了存在的问题,提出了城市生活垃圾处理设施优化布局的战略目标和实施路径。第5章针对大型城市垃圾填埋场的生态修复利用,提出了可持续开发的战略目标和实施路径。第6章以上海老港超大型垃圾填埋场为例,提出作为固废综合利用基地的可持续发展规划。第7章对大型城市生活垃圾可持续综合利用提出总体的战略思路与对策。

本书所涉及的相关研究工作得到了中国工程院和上海市科学技术委员会专项经费的支持,得到了从事城市生活垃圾管理、研究和产业方面的领导、专家和同事们的帮助,在此表达我们最衷心的感谢。全书由上海交通大学翁史烈院士主持编写工作,罗永浩教授统稿。参编单位的研究内容分工为:上海新能源科技成果转化与产业促进中心承担大型城市生活垃圾综合管理体系的研究,上海交通大学承担大型城市生活垃圾可持续综合利用的技术创新及产业化支撑体系的研究,上海市环境工程设计科学研究院有限公司承担大型城市生活垃圾综合利用系统布局及填埋场生态重构的研究。

由于编写时间比较仓促,且城市生活垃圾的综合利用是一个复杂的系统工程,涉及面较广,特别是翔实的数据收集十分困难,加之作者的综合学科知识和水平有限,书中难免存在错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2016年2月

目 录

第 1 章	大型城市生活垃圾可持续综合利用发展概况	1
1.1	国内外大型城市生活垃圾综合利用现状	3
1.1.1	国外大型城市生活垃圾综合利用现状	3
1.1.2	国内大型城市生活垃圾综合利用现状	4
1.2	我国大型城市生活垃圾可持续综合利用面临形势和挑战	5
1.2.1	我国大型城市生活垃圾可持续综合利用的形势	5
1.2.2	我国大型城市生活垃圾可持续综合利用面临的挑战	9
第 2 章	大型城市生活垃圾综合管理体系研究	11
2.1	国内大型城市生活垃圾管理体系研究	13
2.1.1	国外城市生活垃圾管理理念	13
2.1.2	国外城市生活垃圾管理体系借鉴	14
2.1.3	国外城市生活垃圾管理体系的特点	23
2.1.4	国外城市生活垃圾管理成效	24
2.1.5	国外城市生活垃圾管理存在问题	25
2.2	我国大型城市生活垃圾管理体系现状与存在问题	26
2.2.1	我国城市生活垃圾管理体系现状	26
2.2.2	我国大型城市生活垃圾管理体系存在问题	33
2.3	我国大型城市生活垃圾综合管理体系重构战略	37
2.3.1	大型城市生活垃圾综合管理体系重构战略目标	37
2.3.2	大型城市生活垃圾综合管理体系重构战略路径	37
2.3.3	大型城市生活垃圾综合管理体系重构战略对策	37
第 3 章	大型城市生活垃圾可持续综合利用的技术创新及产业化支撑	43
3.1	生活垃圾填埋处理	45
3.1.1	国外生活垃圾填埋处理现状	45
3.1.2	我国生活垃圾填埋处理现状	45
3.1.3	我国生活垃圾填埋处理存在的问题	46

3.2	生活垃圾分选技术和系统	48
3.2.1	生活垃圾分选技术	48
3.2.2	生活垃圾分选系统	50
3.3	生活垃圾热化学转化技术	51
3.3.1	生活垃圾热化学转化技术概述	51
3.3.2	生活垃圾焚烧技术	52
3.3.3	生活垃圾气化技术	62
3.3.4	生活垃圾热解技术	62
3.3.5	生活垃圾热化学转化技术面临的问题与挑战	63
3.4	生活垃圾生化处理技术	64
3.4.1	国外生活垃圾生化处理技术的现状及发展	64
3.4.2	我国生活垃圾生化处理技术现状	66
3.4.3	我国生活垃圾生化处理技术面临的问题	67
3.5	生活垃圾可持续综合利用技术发展路线与产业实施路径	67
3.5.1	生活垃圾可持续综合利用技术发展路线与产业实施路径的指导原则	67
3.5.2	生活垃圾综合利用的技术体系及发展路线	68
3.5.3	生活垃圾焚烧技术创新体系与产业实施路径	69
第4章	大型城市生活垃圾可持续综合利用系统布局优化研究	71
4.1	我国生活垃圾处理设施系统布局现状	73
4.1.1	生活垃圾物流体系现状	73
4.1.2	生活垃圾处理设施布局现状	76
4.1.3	分类收运体系和处理设施布局存在问题	78
4.2	生活垃圾设施系统布局战略目标	78
4.2.1	总体战略	78
4.2.2	发展目标	79
4.3	生活垃圾设施布局可持续发展战略实施路径	79
4.3.1	开展干湿垃圾产量和理化特性动态监测评估	79
4.3.2	优化和完善生活垃圾收运体系	79
4.3.3	分类后湿垃圾最佳收运模式研究	80
4.3.4	合理规划已有设施关停和后续使用方案	82
4.3.5	规模化、园区化建设垃圾处理设施	83
4.3.6	调整和优化湿垃圾处理设施布局	84
4.3.7	规范设置再生资源回收利用设施	85
4.3.8	合理规划、明确设施选址	85

第 5 章 大型城市垃圾填埋用地生态重构与持续开发战略研究	87
5.1 国外研究进展	89
5.1.1 填埋场封场标准规范严格	89
5.1.2 填埋场封场后的监测和维护	90
5.1.3 封场土地利用以建设开敞空间为主	90
5.2 我国填埋场封场修复利用现状分析	92
5.2.1 填埋场封场相关标准的发布	92
5.2.2 封场修复规划的制定	93
5.2.3 一批封场工程的实施	93
5.2.4 封场后场地利用尝试的开展	96
5.3 我国填埋场封场修复利用空间预测	96
5.3.1 我国垃圾填埋总体发展情况	96
5.3.2 我国填埋场封场进程分析	98
5.4 填埋用地生态重构与持续开发战略目标	100
5.4.1 总体战略	100
5.4.2 发展目标	100
5.5 填埋场封场修复利用和土地再利用实施路径	100
5.5.1 推进关停填埋场生态修复	100
5.5.2 加强封场后环境监测和维护	101
5.5.3 统筹规划场地利用规划	101
5.5.4 开展不同程度场地利用实践	102
第 6 章 上海老港固废综合利用基地可持续发展案例	105
6.1 老港固废综合利用基地发展历程	107
6.1.1 一~三期工程项目	107
6.1.2 四期工程项目	108
6.1.3 近期实施项目	108
6.2 老港固废综合利用基地可持续发展基本思路	109
6.3 老港固废基地土地综合利用布局	110
6.3.1 老港基地土地集中开发布局	110
6.3.2 老港封场土地再利用开发规划	111
6.4 老港固废基地循环经济产业项目实施	114
6.4.1 基地循环经济产业项目集群	114
6.4.2 基地物质流、能量流情况分析	116
6.5 老港固废基地科研实证创新平台构建	117
6.5.1 老港科研实证基地布局思路	117
6.5.2 基地高新技术示范引领发展	117
6.6 老港固废基地百年战略远景实施构想	120

6.6.1	实施原则	120
6.6.2	主要标志	121
6.6.3	目标定位	122
第7章	大型城市生活垃圾可持续综合利用战略思路与对策	123
7.1	战略思路与战略目标	125
7.1.1	战略思路	125
7.1.2	战略目标	125
7.2	战略举措	125
7.2.1	生活垃圾综合管理战略举措	125
7.2.2	生活垃圾技术创新和产业化发展战略举措	126
7.2.3	生活垃圾设施布局战略举措	127
7.2.4	生活垃圾填埋用地生态重构战略举措	127
附录	本书研究对象的相关概念	129
参考文献		130