

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

生活垃圾焚烧飞灰 安全处置与资源化利用的 风险评估

Risk Assessment on Safe Disposal and Recycling of
MSWI Fly Ash

钱光人 主编

周吉峙 施惠生 邹庐泉 副主编



化学工业出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

生活垃圾焚烧飞灰 安全处置与资源化利用的 风险评估

Risk Assessment on Safe Disposal and Recycling of
MSWI Fly Ash

钱光人 主编

周吉峙 施惠生 邹庐泉 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统总结了生活垃圾焚烧飞灰的组成特征与污染特性,梳理了国内外飞灰管理相关法律、法规与政策,以技术理论研究与实践案例相结合的方法,详细阐述飞灰中重金属、二噁英和氯盐解毒预处理技术体系以及飞灰在水泥原料、微晶玻璃和陶粒等领域的资源利用技术;构建了飞灰在安全处理处置中的风险评估模型,以此对国内典型地区飞灰原灰以及预处理解毒飞灰资源化过程和资源化产品应用过程可能涉及的环境风险进行了评估,期望研究成果对我国垃圾焚烧飞灰安全处理处置过程的风险管控提供决策支持。

本书注重技术理论与研究实践的有效结合,旨在为我国飞灰安全处理处置提供理论、管理及实践的指导,可供从事垃圾处理处置及风险评估等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校环境工程、市政工程及相关专业师生参阅。



图书在版编目 (CIP) 数据

生活垃圾焚烧飞灰安全处置与资源化利用的风险评估/
钱光人主编. —北京: 化学工业出版社, 2016. 11
(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)
ISBN 978-7-122-28295-8

I. ①生… II. ①钱… III. ①生活废物-垃圾焚化-
污染防治 ②生活废物-垃圾处理-风险评价 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 249260 号

责任编辑: 刘兴春	文字编辑: 汲永臻
责任校对: 王 静	装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 324 千字 2017 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 85.00 元 版权所有 违者必究

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》 编写委员会

顾 问：黄润秋

组 长：邹首民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

《生活垃圾焚烧飞灰安全处置与资源化 利用的风险评估》编委会

主 编：钱光人

副主编：周吉峙 施惠生 邹庐泉

编 者：（以姓氏汉语拼音为序）

曹亚丽	陈 炜	程 鹏	傅沪鸣	郭晓潞
李传华	刘顺帆	潘 贇	钱光人	施惠生
史昕龙	宋 玉	孙福成	孙 军	唐 杰
王 斌	王德浩	王 瑶	吴 凯	吴思邈
武志明	徐名凤	杨立波	杨晓燕	岳 阳
张 贺	张后虎	张灵恩	张晓樵	仇 博
钟声浩	周吉峙	邹庐泉		

统 稿：潘 贇

序言

目前,全球性和区域性环境问题不断加剧,已经成为限制各国经济社会发展的主要因素,解决环境问题的需求十分迫切。环境问题也是我国经济社会发展面临的困难之一,特别是在我国快速工业化、城镇化进程中,这个问题变得更加突出。党中央、国务院高度重视环境保护工作,积极推动我国生态文明建设进程。党的十八大以来,按照“五位一体”总体布局、“四个全面”战略布局以及“五大发展”理念,党中央、国务院把生态文明建设和环境保护摆在更加重要的战略地位,先后出台了《环境保护法》、《关于加快推进生态文明建设的意见》、《生态文明体制改革总体方案》、《大气污染防治行动计划》、《水污染防治行动计划》、《土壤污染防治行动计划》等一批法律法规和政策文件,我国环境治理力度前所未有,环境保护工作和生态文明建设的进程明显加快,环境质量有所改善。

在党中央、国务院的坚强领导下,环境问题全社会共治的局面正在逐步形成,环境管理正在走向系统化、科学化、法治化、精细化和信息化。科技是解决环境问题的利器,科技创新和科技进步是提升环境管理系统化、科学化、法治化、精细化和信息化的基础,必须加快建立持续改善环境质量的科技支撑体系,加快建立科学有效防控人群健康和环境风险的科技基础体系,建立开拓进取、充满活力的环保科技创新体系。

“十一五”以来,中央财政加大对环保科技的投入,先后启动实施水体污染控制与治理科技重大专项、清洁空气研究计划、蓝天科技工程等专项,同时设立了环保公益性行业科研专项。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》、《国家创新驱动发展战略纲要》、《国家科技创新规划》和《国家环境保护科技发展规划》,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”以来,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目479项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、化学品、核与辐射等领域,

共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，已验收的项目中，共提交各类标准、技术规范 997 项，各类政策建议与咨询报告 535 项，授权专利 519 项，出版专著 300 余部；专项研究成果在各级环保部门中得到较好的应用，为解决我国环境问题和提升环境管理水平提供了重要的科技支撑。

为广泛共享环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，是环境领域不可多得资料文献。该丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，不断提高环境治理能力现代化水平，为持续改善我国环境质量提供强有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

黄润秋

前言

焚烧正迅速成为生活垃圾处理的主要方式，生活垃圾焚烧规模 2013 年比 2003 年增加了 8 倍以上，预计“十三五”期间，城市生活垃圾焚烧处理率将达到 50% 以上。垃圾焚烧烟气处理系统产生的飞灰，富集了二噁英、重金属等污染物，属于危险废物，已逐渐成为城市产生量最大的危险废物之一，预计 2020 年全国垃圾焚烧飞灰产生量将达 7.0×10^6 t/a。采用传统的危险废物填埋处置方式填埋处置垃圾焚烧飞灰不仅处理成本高，而且飞灰中的高毒性、多组分、高浓度污染物组分是危险废物填埋场的长期环境安全隐患。

系统深入地研究符合环境安全要求的飞灰处理技术体系，开发环境友好的飞灰协同资源化技术，是未来飞灰安全处理处置的发展方向。近年来，探索飞灰作为水泥部分原料替代、利用飞灰生产陶粒、利用飞灰制备微晶玻璃、飞灰作为沥青混凝土填料等各种资源化利用技术和产业化工程应用是飞灰资源化管理的关注热点，人们期待这些资源化技术的实施使消纳大宗飞灰、实现可持续管理成为可能。发达国家的飞灰管理经验表明，全过程环境污染控制和风险管理是飞灰安全处置与资源化利用的关键。我国的飞灰安全处置管理工作，应从末端处置向注重长期环境安全转变，对飞灰解毒预处理、协同资源化处置、全过程环境污染控制和全过程环境风险管理等关键环节给出明确的技术指导，在科学合理的框架内切实推动飞灰环境零风险目标的实现。

本书的研究工作在国家环保部环境公益项目“生活垃圾焚烧飞灰资源化与处置环境安全评价研究”支持下，通过分析我国典型生活垃圾焚烧厂排放生活垃圾焚烧飞灰的特性和剖析国内外飞灰管理的技术政策标准法规，构建了飞灰污染物解毒技术方法体系与资源利用技术方法体系，提出了安全处置与资源利用的环境安全评价方法。本书注重技术理论与研究实践的有效结合，旨在为我国飞灰安全处理处置提供理论、管理及实践的指导。

本书具有较强的技术性和应用性，有助于推动我国生活垃圾焚烧飞灰安全处理处置技术体系的研究，为我国生活垃圾焚烧飞灰处理处置提供有益指导，是政府管理人员、环保科研人员、高校研究人员和生活垃圾焚烧飞灰处理处置相关企业工作人员的重要指导参考书。

本书共分为 5 章。第 1 章生活垃圾焚烧飞灰的组成特性与污染特性；第 2 章生活垃圾焚烧飞灰管理法规与政策；第 3 章生活垃圾焚烧飞灰解毒预处理技术体系；第 4 章生活垃圾焚烧飞灰资源化利用技术；第 5 章生活垃圾焚烧飞灰安全处置及其资源化的风险评估。上海大学钱光人教授团队负责第 1~3 章、4.2、4.3、4.6 和第 5 章的编写；同济大学施惠生教授团队负责 4.1、4.4 和 4.5 节部分编写；上海固体废物处置中心和上海固体废物管理中心参与了部分章节的编写。

限于编者编写时间和水平，书中不足和疏漏之处在所难免，敬请读者提出修改建议。

编者

2016 年 7 月

目录

1 生活垃圾焚烧飞灰的组成特性与污染特性 / 1

1.1	生活垃圾焚烧处理需求	3
1.2	生活垃圾蓝色焚烧发展前景	3
1.2.1	“十二五”焚烧厂建设规模和技术发展多样化	4
1.2.2	生活垃圾焚烧发电迎来新的发展契机	4
1.2.3	日趋严格的烟气排放标准引导焚烧烟气处理新技术发展	5
1.2.4	满足卫生填埋标准的生活垃圾焚烧飞灰处理技术需求扩大	5
1.2.5	焚烧厂专业化运营模式得到积极探索	6
1.3	生活垃圾焚烧处理技术	6
1.3.1	炉排炉技术	6
1.3.2	流化床技术	7
1.4	生活垃圾焚烧飞灰产生现状	7
1.4.1	垃圾焚烧飞灰	8
1.4.2	我国垃圾焚烧飞灰产生量现状	8
1.5	生活垃圾焚烧飞灰的组成与性质	9
1.5.1	化学组成	9
1.5.2	物相组成	9
1.5.3	物理形态	10
1.5.4	飞灰特性	12
1.6	生活垃圾焚烧飞灰的污染特性	12
1.6.1	重金属污染特性	12
1.6.2	生活垃圾焚烧飞灰中二噁英的污染特性	28
1.6.3	生活垃圾焚烧飞灰中可溶性氯盐的污染特性	38

2 生活垃圾焚烧飞灰管理法规与政策 / 39

2.1	国外生活垃圾焚烧飞灰管理相关规范	41
2.1.1	欧洲	41

2.1.2	美国	44
2.1.3	日本	45
2.2	我国生活垃圾焚烧飞灰管理规定	46
2.2.1	台湾	47
2.2.2	上海	49

3 生活垃圾焚烧飞灰解毒预处理技术体系 / 51

3.1	生活垃圾焚烧飞灰中重金属的解毒预处理技术	53
3.1.1	湿法提取分离法	53
3.1.2	矿物稳定法	63
3.1.3	螯合化学稳定法	84
3.1.4	高温处理稳定法	92
3.1.5	重金属挥发抑制稳定法	96
3.1.6	机械化学稳定法	99
3.2	生活垃圾焚烧飞灰中二噁英的解毒预处理技术	102
3.2.1	热处理法	102
3.2.2	光催化降解法	109
3.2.3	机械化学法	110
3.2.4	生物降解法	112
3.3	生活垃圾焚烧飞灰中可溶性氯盐的解毒预处理技术	112
3.3.1	水洗处理	112
3.3.2	酸洗处理	114
3.4	生活垃圾焚烧飞灰预处理废水解毒技术	116
3.4.1	碳化-沉淀工艺	116
3.4.2	酸化-絮凝沉淀工艺	118
3.4.3	蒸发-浓缩工艺	120

4 生活垃圾焚烧飞灰资源化利用技术 / 121

4.1	生活垃圾焚烧飞灰作水泥原料的应用	123
4.1.1	飞灰作为水泥原料的可行性	123
4.1.2	利用飞灰制备硅酸盐水泥熟料	124
4.1.3	利用飞灰制备新型节能水泥熟料	134
4.2	生活垃圾焚烧飞灰生产微晶玻璃的应用	140
4.2.1	烧结法制备微晶玻璃的主晶相	141
4.2.2	烧结法制备微晶玻璃	141
4.2.3	熔融法制备微晶玻璃	147

4.3 生活垃圾焚烧飞灰生产陶粒的应用 151

4.4 生活垃圾焚烧飞灰的胶凝特性 152

4.4.1 未预处理飞灰胶凝特性及其在水泥基材料中的应用 153

4.4.2 水洗预处理飞灰胶凝特性及其在水泥基材料中的应用 157

4.5 生活垃圾焚烧飞灰-水泥复合胶凝体系中重金属的稳定安全性 168

4.5.1 焚烧飞灰-水泥复合胶凝体系中重金属的扩散机制 168

4.5.2 焚烧飞灰-水泥复合胶凝体系中重金属离子的浸出模型 171

4.5.3 焚烧飞灰-水泥复合胶凝体系的安全性综合评价 175

4.6 我国生活垃圾焚烧飞灰资源化利用工程应用实例 181

4.6.1 飞灰无害化处理——光大环保科技发展有限公司 181

4.6.2 水洗飞灰用于水泥生产——北京市琉璃河水泥有限公司 181

4.6.3 飞灰生产高温烧制陶粒——天津泰达环保有限公司 183

4.6.4 飞灰生产免烧陶粒——天津壹生环保科技有限公司 184

4.6.5 飞灰湿法解毒替代水泥原料处置——上海固体废物处置中心 184

4.6.6 飞灰二噁英微波解毒制备陶粒示范工程——天津一鸣环保有限公司 186

4.6.7 二噁英低温热解示范工程——重庆三峰环境有限公司 187

4.6.8 飞灰沥青混凝土示范工程——重庆三峰环境有限公司 187

4.6.9 预处理飞灰水泥窑共处置示范工程——上海固废处置中心 188

5 生活垃圾焚烧飞灰安全处置及其资源化的风险评估 / 189

5.1 背景 191

5.2 风险评估概念模型构建 191

5.3 飞灰资源化或填埋处置颗粒逸散的风险 192

5.3.1 飞灰资源化或填埋处置过程颗粒逸散 192

5.3.2 飞灰资源化过程的颗粒逸散 195

5.3.3 飞灰资源化或填埋处置过程中不同粒径颗粒逸散 197

5.4 飞灰堆存或资源化产品应用淋滤浸出的风险 202

5.4.1 飞灰贮存/堆放过程淋滤浸出 202

5.4.2 符合我国现行填埋标准的最不利场景下飞灰填埋过程 207

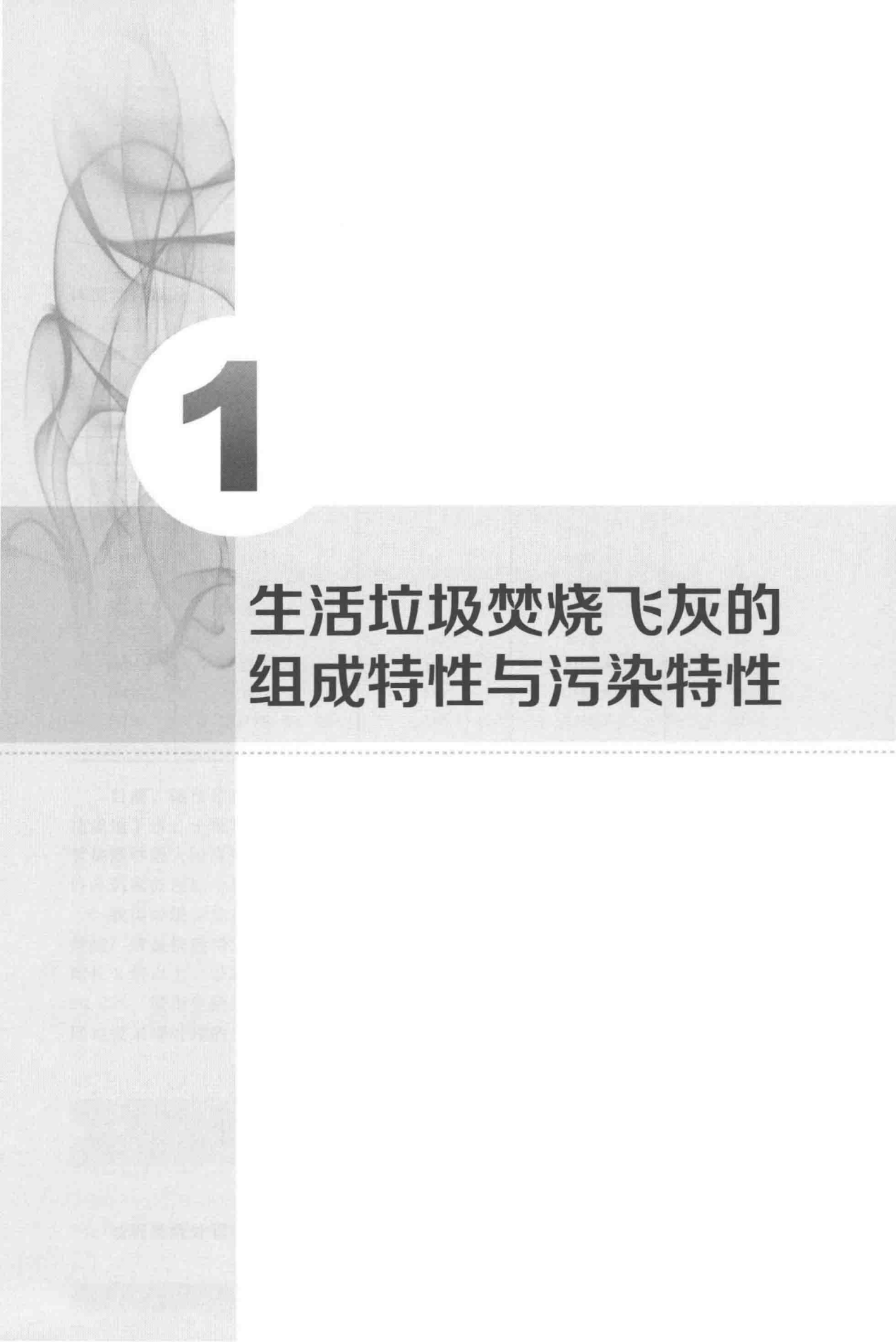
5.4.3 飞灰资源化产品应用过程淋滤浸出的风险 208

5.5 飞灰高温资源化过程的风险 209

5.5.1 符合《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》、《水泥窑协同处置危险废物环境保护技术规范》排放标准的水泥窑协同处置飞灰过程 209

5.5.2 飞灰高温资源化过程的无组织排放 211

参考文献 / 216



1

生活垃圾焚烧飞灰的 组成特性与污染特性

1.1 生活垃圾焚烧处理需求

生活垃圾是指人们生活、消费等活动和为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物，以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物。我国生活垃圾总量逐年增长（表 1-1），截至 2013 年已高达 $1.7 \times 10^8 \text{ t/a}$ 左右。生活垃圾总量大、成分复杂、含大量有毒有害物质和易产生次生环境风险等，其处理处置已成为我国可持续发展亟待解决的重大问题。

表 1-1 我国历年生活垃圾产生总量及焚烧处理现状

年份	生活垃圾总量/ 10^4 t	焚烧厂数量/座	焚烧量/ 10^4 t	焚烧所占比重/%
2003	14856.5	47	547.5	3.69
2004	15509.3	54	617.1	3.98
2005	15576.8	67	1204.9	7.74
2006	14841.3	69	1458.8	9.83
2007	15214.5	66	1630.9	10.7
2008	15437.7	94	1569.7	10.2
2009	15773.7	103	2022.0	12.8
2010	15804.8	120	3100.3	19.6
2011	16395.3	130	3691.0	22.5
2012	17080.9	140	4382.7	25.8
2013	17238.6	166	4633.7	26.8

目前，城市垃圾的处理方式主要有填埋、堆肥和焚烧。填埋需占用大量土地，同时造成地下水、土壤和大气等污染；堆肥产品质量难以保证，且处理周期长，处理量小。焚烧能够最大限度地实现垃圾无害化、稳定化、减量化和资源化的总体目标，已经成为许多国家处理城市垃圾的主要方式。

我国垃圾焚烧技术的实施起步于 20 世纪 80 年代中期，特别是 2003 年以来，垃圾焚烧厂数量快速增加，焚烧处理能力急剧提升。至 2013 年，垃圾焚烧处理量较 2003 年增长 8 倍以上，垃圾焚烧量所占垃圾处理量的比重由 2003 年 3.69% 发展至 2013 年的 26.8%。城市生活垃圾焚烧处理在“十三五”期间将以“半壁江山”的占有率，成为我国垃圾末端处理的主要方式之一，预期到 2020 年我国垃圾焚烧处理率将达到 50%。

1.2 生活垃圾蓝色焚烧发展前景

垃圾焚烧处理需求增长，但同时焚烧项目的落地困难。如何让垃圾焚烧突破邻避效

应的困境?如何让垃圾焚烧的火苗更蓝、更纯净、更清洁?国内专家提出了蓝色焚烧概念。蓝色垃圾焚烧包含五大要素:更严格的烟气排放指标、更显著的能源利用效率、更先进的资源综合利用、更透明的企业运营情况和更完善的公共服务设施。“2014(第二届)上海垃圾焚烧热点论坛暨垃圾焚烧产业联盟年会”上,E20 环境平台、上海环境卫生工程设计院、上海环境集团有限公司、中国城市建设研究院有限公司、杭州锦江集团有限公司、绿色动力环境集团股份有限公司、美欣达集团有限公司、深圳市能源环保有限公司、重庆三峰环境产业集团有限公司、金州环境集团股份有限公司共 10 家企业共同承诺,将成为第一批蓝色垃圾焚烧厂的践行者,愿为行业树立榜样,建设面向未来的蓝色垃圾焚烧厂,期望与行业中更多的同道企业一起为中国百姓的环境梦和中国梦而努力。

蓝色垃圾焚烧厂建设不仅是要在技术、工艺、系统方面有高标准,还要与周边环境共生,更要创造更多的资源利用效益,同时需要企业与政府共同具有责任心来推动这些理念落地。

1.2.1 “十二五”焚烧厂建设规模和技术发展多样化

“十二五”期间全国各地纷纷上马生活垃圾焚烧项目,焚烧厂建设呈现爆发式增长。由于焚烧厂选址难度不断增大,以及 BOT 运营所关心的规模效益,大城市建设的垃圾焚烧电厂处理规模不断增大,日处理千吨级的大型生活垃圾焚烧发电厂将成为生活垃圾焚烧发电厂建设的发展趋势,有的焚烧厂甚至达到 3000t/d,但在小城镇建设的生活垃圾焚烧厂规模一般在 100~300t/d 左右。

生活垃圾焚烧技术发展存在以下几种趋势。

① 我国生活垃圾分类收集的推广必然引起生活垃圾组分与品质指标的变化,因此需进一步研究焚烧技术、工艺、设备和设施的适应能力。

② 焚烧技术受制于知识产权拥有方的专利成本,这必将会导致焚烧投资增加,需研发具有自主知识产权的生活垃圾焚烧处理技术和工艺。

③ 在焚烧技术选择上,流化床技术和水泥窑生活垃圾协同处理技术将得到进一步发展。

1.2.2 生活垃圾焚烧发电迎来新的发展契机

2012 年 3 月,国家发展改革委发布《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》,提出以生活垃圾为原料的生活垃圾焚烧发电项目,均先按其入厂生活垃圾处理量折算成上网电量进行结算,每吨生活垃圾折算上网电量暂定为 280kW·h,执行全国统一垃圾发电标杆电价 0.65 元/(kW·h),其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价。该政策规范了以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目的价格,“两级分摊”进一步理顺垃圾焚烧发电的机制,从而促进垃圾焚烧发电的处理“主流”方式,可以预期生活垃圾焚烧发电将迎来新的发展契机。

根据中国电力联合会规划与统计信息部《2013 年电力统计基本数据一览表》的数据,

2013 年全国垃圾焚烧发电装机容量达到 3590MW, 发电量为 $1.76 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$, 是太阳能发电量 ($8.4 \times 10^9 \text{ kW} \cdot \text{h}$) 的 2.1 倍。截至 2014 年 5 月, 全国共有 178 座垃圾焚烧发电厂。2015 年将是我国垃圾发电行业具有里程碑意义的一年, 依照相关规划, 投产和在建的生活垃圾焚烧发电厂有望超过 300 座, 生活垃圾焚烧处置能力将达到 $1.0 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。目前, 国内参与垃圾发电的投资商有 40~50 家, 投资主体多元化, 其中具有领先地位的主要有中国环境保护公司、中国光大环保公司、深圳市能源环保公司、上海环境集团、首钢环境产业公司、绿色动力、锦江集团等, 设计院主要有中国恩菲、中国五洲、中国城建院等。

垃圾发电具有废物处置、燃煤替代和减少垃圾填埋造成的甲烷等温室气体排放以及土壤地下水污染的环保优势, 符合我国环保和能源战略定位。它和风电、太阳能相比, 具备机组可利用小时高、输出稳定的特点。随着在垃圾无害化处理中所占比例不断提高, 垃圾发电将在全国总发电中占有更大的比重, 对我国可再生能源结构产生重要影响, 垃圾发电的科学发展具有现实意义。

1.2.3 日趋严格的烟气排放标准引导焚烧烟气处理新技术发展

城市生活垃圾焚烧过程产生的烟气中含有大量的污染物 (HCl 、 HF 、 SO_2 、 NO_x 、 CO 、重金属和二噁英等), 为了避免二次污染, 必须对烟气进行净化处理。二噁英的存在对烟气净化技术提出更高的要求, 用于烟气净化的一次性投资和运行费用亦越来越高。因此高效的焚烧烟气净化系统的设计和运行管理是防止二次污染的关键。

焚烧烟气排放标准的提高促进了焚烧烟气处理技术和技术集成的应用发展。接轨国家大气环境质量改善的新要求, “十二五”期间, 垃圾焚烧污染控制成为大气污染控制的管理重点, 上海、北京等一些大城市和重点城市出台地方标准提高焚烧烟气污染物的排放限值, 排放限值中 NO_x 、酸性气体和二噁英等污染物的排放限值逐渐与国际标准接轨, 焚烧厂建设时采用包括欧盟 2000 年标准等极为严格的烟气排放标准。目前焚烧技术的发展包括低 NO_x 燃烧技术、低二噁英燃烧技术等; 在焚烧烟气处理技术研究方面, SNCR 脱硝技术、SCR 脱硝技术、湿法脱酸技术等得到了相关的研究、示范和推广应用。

1.2.4 满足卫生填埋标准的生活垃圾焚烧飞灰处理技术需求扩大

传统的危险废物填埋场建设标准和建设投资成本高, 垃圾焚烧飞灰产生量大、持续增长, 不足以支撑垃圾焚烧飞灰持续进入传统的危险废物填埋场填埋处置, 上海等大城市危险废物填埋场库容已趋于饱和。

现行国家标准《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008) 规定如果飞灰稳定或固化后满足相应浸出毒性要求, 就可以进入卫生填埋场分区填埋处理。在此背景下, 满足卫生填埋场飞灰分区填埋要求的处置设施建设已逐渐在国内成为飞灰填埋的主流技术, 与飞灰填埋技术要求对应的飞灰填埋稳定化处理技术 (如水泥固化、磷酸稳定化、有机螯合剂稳定化等) 与装备也得到迅速发展。

1.2.5 焚烧厂专业化运营模式得到积极探索

我国垃圾焚烧市场,随着行业发展规划、服务业规划及运营标准的不断升级,对运营的要求会越来越高。为了提高运营、维护及整修水平,需引入市场机制,调节资本、技术和管理在垃圾处理中的作用,避免政府自建自营情况下机制缺陷带来的弊端。

国内积极探索垃圾焚烧发电厂专业化运营模式,已经涌现了一批诸如金州环境、光大国际、南海发展、深能环保等专业化投资运营企业。在国外一些成熟的市场,运营服务在整个产业链中具有举足轻重的作用。世界 500 强之一的威立雅将自己定位为“公共服务运营商”,它的核心竞争力也在于后期的运营和管理。通过专业化运营模式,污染治理设施运行稳定性大幅提高,达标排放率提高,垃圾集中处理工程领域的市场化步伐加快,集约化优势充分发挥,还可以改善服务的水平,增加政府的收入,是节约资源、提高效率的重要手段,可实现经济和环境效益的双赢。

目前国内垃圾焚烧方面市场化程度比较高,多数垃圾焚烧发电厂由企业投资建设并运营。而针对企业运营管理的相应监管制度尚未明确建立,易发生企业一味追求经济利益,罔顾标准与责任的投机行为。因此,必须强化政府对运营企业或运营服务商的监管。

1.3 生活垃圾焚烧处理技术

我国生活垃圾焚烧处理技术主要可分为炉排炉技术、流化床技术及其他焚烧技术三类。

1.3.1 炉排炉技术

炉排炉焚烧技术是生活垃圾焚烧工艺主流的焚烧技术,发达国家主要采用该种方式。炉排炉的技术特点在于全量焚烧生活垃圾,启动时可以用少量油为辅助燃料,不掺烧煤,进料生活垃圾不需要预处理,依靠炉排的机械运动实现垃圾的搅动与混合,促进生活垃圾完全燃烧。焚烧炉内生活垃圾为稳定燃烧,燃烧较为完全,飞灰量少,炉渣热灼减率低;技术成熟,设备年运行时间可达 8000h 以上,生活垃圾可连续焚烧,不需经常起炉和停炉。

我国目前的大型炉排炉焚烧厂建设主要依靠引进国外先进焚烧炉,建设投资成本相对较高。深圳生活垃圾焚烧厂引进 2 台日本三菱-马丁炉排炉,建成了我国第一座现代化城市生活垃圾焚烧厂。此后,上海御桥焚烧厂耗资 6.8 亿元引进 3 台法国技术的 SITY-2000 倾斜往复阶梯式机械炉排炉;上海江桥一期耗资 7.5 亿元引进来自西班牙的炉排炉;宁波焚烧厂耗资 4.3 亿元引进德国顺推炉排炉等。国外焚烧炉具有技术先进、运行稳定等优点,但其建设运行成本较高。