

能源基金会  
The Energy Foundation

项目成果  
Research Report



# 加快垃圾发电市场发展的政策 和保障机制研究

## Policy and Safe-guard Mechanism Research to Promote Waste Incineration Power Market Development

中国电力发展促进会  
2014年10月

## 项目信息

项目资助号: G-1310-19240

Grant Number: G-1310-19240

项目期: 2013年11月1日—2014年10月31日

Grant period: 01/Dec/2013– 31/Oct/2014

所属领域: 可再生能源

Sector: Renewable Energy

项目概述: 加快垃圾发电市场发展的政策和保障机制研究

Project Description: Policy and Safe-guard Mechanism Research to Promote Waste Incineration Power Market Development

项目成员:

执行单位: 中国电力发展促进会可再生能源发电分会

指导单位: 中国电力企业联合会、国家可再生能源中心

合作单位: 住房和城乡建设部标准定额研究所

国家电网公司(上海电力公司、杭州电力公司)、中国环境保护公司、中国光大国际有限公司、深圳能源环保有限公司、上海环境集团有限公司、中国五洲工程设计集团等单位对课题工作提供了大力支持。

工作领导小组组长: 魏昭峰、曾少华, 常务副组长: 刘映华,

编写小组成员: 刘映华、吴晓、白洁如、刘哲、万薇、刘彦新、钟颖璋

Project team:

Management organization: China Electric Power Promotion Council (CEPPC)

Consulting organizations: China Electricity Council (CEC), China National Renewable Energy Centre (CNREC)

Cooperative organizations: Institute of Construction standards and norms, Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China (MOHURD)

The following companies provides strong support for the research work as well: State Grid Corporation of China, China National environmental Protection Corp, China Everbright International Limited, Shenzhen Energy Environment Engineering Co., Ltd., Shanghai Environment Group, China Wuzhou Engineering Group, and etc.

Head of the leading group: Wei Zhaofeng, Zeng Shaohua, Liu Yinghua

Members of the writing group: Liu Yinghua, Wu Xiao, Bai Jieru, Liu Zhe, Wan Wei, Liu Yanxin, Zhong Yingzhang

关键词: 垃圾焚烧发电、电网接入、上网电价、公众监督

Key Word: Waste incineration power, Grid connection, Feed-in Tariff, Public supervision

# 摘要

本课题报告分为以下四个部分：

## 第一部分：中国垃圾焚烧发电行业发展报告

以统计数据为支撑，分析了当前我国“垃圾围城”现象的严重性，以及垃圾处理行业发展的紧迫性，特别分析了垃圾焚烧发电的能源利用价值。

对垃圾处理行业的发展概况、主流技术及现行国家政策体系进行了梳理，分析了行业发展趋势，指出了垃圾发电行业政策及管理体系中存在的问题。

分析了垃圾焚烧发电项目的运营模式及其问题，并对行业竞争格局进行了深入分析，从民意问题、投资主体和主要协议、安全管理、电网接入等方面指出了行业市场化中存在的障碍及风险。

## 第二部分：中国典型垃圾发电项目报告

以地理位置、运营模式、城市规模等为参考因素，选取了上海、深圳、成都、北京、杭州五个城市中的典型垃圾发电项目，针对项目设计规模、造价成本、技术选型、投资补贴等要素进行详细调研，并进行经济分析，评价垃圾发电电价和垃圾处理费的合理性，为政府部门制定价格标准提供可靠数据参考。

通过项目调研，梳理总结了国内垃圾发电项目的主要问题：

- 1) 入炉垃圾的成分复杂，为安全生产和环保排放带来隐患；
- 2) 垃圾发电的整体标准化程度低；
- 3) 行业交流少，企业管理水平差异大；
- 4) 安全管理的空白亟待解决；
- 5) 行业缺乏统一培训；
- 6) 电网接入滞后成为影响项目及时投产的常见原因。

## 第三部分：垃圾发电国际经验报告

以美国、日本、欧洲的垃圾发电行业的发展情况和经验为研究内容，重点在垃圾发电在垃圾处理方面的定位、管理、支持政策、标准体系、公众舆论引导和宣传等方面对信息进行收集整理，为国内垃圾焚烧发电的发展提供可行的建议依据。

#### 第四部分：加快垃圾发电市场发展的政策和保障机制建议

在前三部分研究的基础上，总结、分析影响垃圾发电市场发展的各要素之间的关联性，对垃圾发电市场的可持续发展模式提出可行性建议：

##### （一）政策管理建议

- 1) 明确各相关部门之间的协调管理关系、理顺交叉领域的工作协作程序
- 2) 明确垃圾焚烧发电的定位和与其他规划的关联性
- 3) 关注环保排放要求所关联的其他主要方面
- 4) 健全城市生活垃圾管理体系、加强地区协调
- 5) 完善政府特许经营权制度、明确产业准入政策
- 6) 加强政府监管
- 7) 对欠发达地区的垃圾发电项目提供政策倾斜

##### （二）经济性建议

- 1) 针对垃圾发电提供优惠融资
- 2) 对垃圾发电的价格构成和结算程序进行优化
- 3) 调整吨垃圾上网电量限值的设置
- 4) 针对垃圾处理费的调整方式建立相对统一的标准
- 5) 论证“生活垃圾转运+生活垃圾焚烧发电联产经营”模式的可行性

##### （三）行业规范化发展建议

- 1) 充分发挥行业协会作用
- 2) 加快制定垃圾发电标准、规范
- 3) 加强行业岗位资质培训
- 4) 推动安全管理体系建设
- 5) 加强环卫行业与电力行业的沟通
- 6) 加强行业信息统计
- 7) 加强行业企业国际交流
- 8) 积极发展垃圾发电装备制造业，推动具有自主知识产权关键技术的研发
- 9) 通过宣传加强公众的支持和监督等。

# Summary

This research report is divided into the following four parts:

**Part I: Overview of the China Waste Incineration Power industry development**

Firstly, analyzes the seriousness of the current "junk Besieged City" phenomenon and the urgency of waste treatment industry development by statistic data. Particularly, it analyzes the energy utilization value of waste incineration power generation.

Secondly, by teasing about the overview of the waste treatment industry development, mainstream technology and national policy, the report analyzes the industry trends and points out the existing problem in policy and management systems of Waste Incineration Power industry.

Thirdly, it analyzes current business model problems of waste incineration power generation projects and conducts in-depth analysis of market competition structure. The report refers the current obstacle and risk in public opinion, investors, major agreement, security management, grid connection during industry marketization.

**Part II: Report of typical Waste Incineration Power Generation Project in China.**

Considering geographical location, operation modes and scales of the city as reference factors, the research team selects several typical Waste Incineration Power Plants in cities of Shanghai, Shenzhen, Chengdu, Beijing and Hangzhou to conduct studies. The research detail focus on several elements, such as project scale, construction cost, technology selection and investment subsidies, etc. The research team carries economic analysis, reasonableness evaluation of the Waste power tariffs and disposal fee. This analysis provides reliable reference data for government departments to establish price standards.

The report summarizes 6 major issues of Waste Incineration Power Generation project through research:

- 1) Components of waste to be combusted are complex, which brings potential trouble in safety production and environmental emissions;
- 2) Overall low standardization level in Waste power generation industry;
- 3) Lack of industry communication and exchange. Management level varies from different enterprises
- 4) Blank safety management, which is urging to be solved;
- 5) Lack of unified training;
- 6) Lag of proper grid connection, which is a common cause affects the timely project operation

**Part III: International development experience of Waste Incineration Power industry**

The report combined development experience of Waste Incineration Power industry in United States, Japan and Europe. The collected information emphasizes on positioning, management, policy, standard systems, public opinion and public

guidance of Waste Incineration Power industry. The report provides feasible reference and suggestions for industry development.

Part IV: Advice on accelerating the policy and security mechanism development of Waste Incineration Power market.

Based on research of Part I, Part II and Part III, Part IV summarizes and analyzes the impact of various factors associated with Waste Incineration Power market development. The last part concludes three feasible suggestions for the sustainable development of Waste Incineration Power market:

(A) Policy Management Recommendations

- 1) Launch clear coordination and management relationships between relevant departments. Straighten out the collaborated working procedure in cross fields.
- 2) Position Waste Incineration Power Project and define its relevance with other departments clearly
- 3) Focus on key requirement associated with environmental emissions
- 4) Improve municipal solid waste management systems; strengthen regional coordination
- 5) Improve government's franchise systems; set clear industrial access policy
- 6) Strengthen government regulation
- 7) More government and policy support in Waste Incineration Power project for underdeveloped areas

(B) Economic Proposals

- 1) Provide concessional financing for Waste Incineration Power project
- 2) Optimize price structure and settlement procedures for Waste Incineration Power
- 3) Adjust the limit of Waste Grid power
- 4) Establish relatively uniform standards for waste disposal fee adjustment mode
- 5) Demonstrate the feasibility of 'garbage transfer + cogeneration operation' model

(C) Industry standardization development advice

- 1) Give full play to the role of industry associations
- 2) Accelerate the development of Norms and Standards making for Waste Incineration Power Industry
- 3) Strengthen employment qualification training
- 4) Promote safety management systems
- 5) Enhance communication between sanitation industry and power industry
- 6) Promote industry information statistics
- 7) Promote international communication for Waste Incineration Power industry and enterprise
- 8) Develop waste incineration equipment manufacturing, promote development of technologies with independent intellectual property rights
- 9) Strengthen public support and supervision through public promotion

# 目 录

前 言 .....	1
第一部分：中国垃圾焚烧发电行业发展报告 .....	3
1. 中国垃圾发电迎来最佳发展期 .....	4
1.1 环境危机、垃圾围城 .....	4
1.2 垃圾焚烧发电的能源利用价值 .....	4
1.3 垃圾焚烧处理发展概况 .....	5
1.4 现行国家政策体系 .....	9
1.5 垃圾发电项目趋势 .....	16
2. 我国垃圾焚烧发电行业技术 .....	20
2.1 典型的垃圾焚烧发电流程 .....	20
2.2 典型的垃圾焚烧发电设备 .....	20
2.3 主要技术流派 .....	22
2.4 关于二噁英的控制 .....	23
3. 垃圾发电项目运营模式和盈利能力 .....	25
3.1 垃圾发电项目运营模式 .....	25
3.2 BOT 项目模式 .....	25
3.3 BOT 项目收益分析 .....	26
3.4 现有投资运营模式中存在的主要问题 .....	27
4. 垃圾发电行业竞争格局 .....	29
4.1 垃圾发电产业链公司类型 .....	29
4.2 垃圾发电设备制造商竞争态势 .....	29
4.3 垃圾发电运营商竞争态势 .....	30
4.4 垃圾焚烧发电行业未来竞争趋势 .....	32
4.5 市场化障碍及风险分析 .....	33
第二部分：中国典型垃圾发电项目报告 .....	35
1. 典型项目选取原则 .....	36

<b>2. 项目具体情况 .....</b>	<b>36</b>
2.1 上海江桥生活垃圾焚烧发电厂 .....	36
2.2 上海浦东黎明垃圾发电厂 .....	36
2.3 成都洛带生活垃圾焚烧发电厂 .....	36
2.4 成都九江生活垃圾焚烧发电厂 .....	37
2.5 成都祥福生活垃圾焚烧发电厂 .....	37
2.6 北京首钢垃圾焚烧发电项目 .....	37
2.7 苏州生活垃圾焚烧发电项目 .....	37
2.8 深圳宝安垃圾焚烧发电厂 .....	38
2.9 杭州绿能垃圾焚烧发电厂 .....	38
<b>3. 经济模型.....</b>	<b>38</b>
3.1 建设投资 .....	41
3.2 收入 .....	41
3.3 成本、费用、税金 .....	41
3.4 收益率 .....	41
3.5 调整因素 .....	41
<b>4. 项目反映出的问题 .....</b>	<b>41</b>
<b>第三部分：垃圾发电国际经验报告 .....</b>	<b>43</b>
<b>1. 发展格局.....</b>	<b>44</b>
<b>2. 行业政策.....</b>	<b>51</b>
<b>3. 主流技术.....</b>	<b>53</b>
<b>4. 排放标准.....</b>	<b>60</b>
<b>5. 安全管理.....</b>	<b>63</b>
<b>6. 经营模式.....</b>	<b>64</b>
<b>7. 成本收益.....</b>	<b>64</b>
<b>8. 行业组织.....</b>	<b>67</b>
<b>9. 公众舆论.....</b>	<b>67</b>
<b>10. 典型案例.....</b>	<b>68</b>
<b>11. 政策参考建议.....</b>	<b>72</b>
<b>第四部分：加快垃圾发电市场发展的政策和保障机制建议 .....</b>	<b>76</b>



<b>1. 政策管理建议 .....</b>	<b>77</b>
1.1 明确各相关部门之间的协调管理关系、理顺交叉领域的工作协作程序.....	77
1.2 明确垃圾焚烧发电的定位和与其他规划的关联性 .....	77
1.3 关注环保排放要求所关联的其他主要方面 .....	77
1.4 健全城市生活垃圾管理体系、加强地区协调 .....	77
1.5 完善政府特许经营权制度、明确产业准入政策 .....	77
1.6 加强政府监管 .....	78
1.7 对欠发达地区的垃圾发电项目提供政策倾斜 .....	78
<b>2. 经济性建议 .....</b>	<b>78</b>
2.1 针对垃圾发电提供优惠融资 .....	78
2.2 对垃圾发电的价格构成和结算程序进行优化 .....	78
2.3 调整吨垃圾上网电量限值的设置 .....	79
2.4 针对垃圾处理费的调整方式建立相对统一的标准 .....	79
2.5 论证“生活垃圾转运+生活垃圾焚烧发电联产经营”模式的可行性.....	79
<b>3. 行业规范化发展建议.....</b>	<b>79</b>
3.1 充分发挥行业协会作用 .....	79
3.2 加快制定垃圾发电标准、规范 .....	80
3.3 加强行业岗位资质培训 .....	80
3.4 推动安全管理体系建设 .....	80
3.5 加强环卫行业与电力行业的沟通 .....	80
3.6 加强行业信息统计 .....	80
3.7 加强行业企业国际交流 .....	81
3.8 积极发展垃圾发电装备制造业，推动具有自主知识产权关键技术的研发.....	81
3.9 通过宣传加强公众的支持和监督 .....	81

# 前 言

受能源基金会的委托，中国电力发展促进会（以下简称电促会）开展了《加快垃圾发电市场发展的政策和保障机制研究》的课题工作，通过梳理国内外垃圾发电的发展和经验，总结垃圾发电市场存在的问题，为相关管理部门制定政策和标准提供可靠依据、促进各部门、企业和社会民众的协调沟通，进而推动垃圾发电的产业政策体系、技术标准体系和监管体系的完善。

中国各个城市的垃圾处理管理水平、财政支付能力、民众的理解支持程度以及土地资源等相关因素存在很大差异；同时，垃圾发电项目在项目规划、招标、建设、运营等各个阶段的条件和要求也出现了前后不衔接、不能整体协调的诸多问题；各投资主体的技术水平、管理经验、产业化程度、发展能力等参差不齐。国内既有垃圾发电管理水平较为先进、项目运营比较稳定良好的城市，比如上海、深圳、成都等，已经积累了一定的建设和管理经验，值得总结和推广；相反的，在一些城市也出现了项目推进缓慢、障碍重重、民众激烈反对、企业运营困难的情况，其中的症结问题需要深度地剖析，总结教训。

## 课题工作内容（1）：国内垃圾发电市场发展情况调研

以成都、深圳、上海、北京为典型地区，总结我国垃圾发电的发展情况，结合现场调研，通过讨论会、访谈等形式，收集和交流有关部门、垃圾发电项目执行方和监管机构等的观点意见，同时，对民众顾虑、接受度等潜在阻碍因素进行了调研，对政策制定、监管体系、公众宣传提出相应需求。

## 内容（2）：中国典型垃圾发电项目报告

以地理位置、运营模式、城市规模等为参考因素，选取国内典型垃圾发电项目，针对项目设计规模、造价成本、技术选型、投资补贴等要素进行详细调研，并进行经济分析，评价垃圾发电电价和垃圾处理费的合理性，为政府部门制定价格标准提供可靠数据参考。

## 内容（3）：国际发展经验调研

以美国、日本、欧洲的垃圾发电行业的发展情况和经验为研究内容，重点在垃圾发电在垃圾处理方面的定位、管理、支持政策、标准体系、公众舆论引导和

宣传等方面对信息进行收集整理,为国内垃圾焚烧发电的发展提供可行的建议依据。

内容（4）：加快垃圾发电市场发展的政策和保障机制建议

在（1）-（3）研究基础上，总结、分析影响垃圾发电市场发展的各要素之间的关联性，对垃圾发电市场的可持续发展模式提出可行性建议；对行业管理、监管体系设置、公众宣传等方面提出相应需求建议。

内容（5）：在调研和总结过程中组织专题会议四次，调研座谈十次，编写组内部工作会议五次，邀请相关专家、管理者、项目负责人、课题组成员参与，提出意见和建议，保障原始资料和研究成果的真实性、全面性、完善性。

课题过程中，体现出行业统计数据在收集渠道和全面性、系统性、权威性方面的欠缺，行业主管部门、行业协会、咨询机构等应在行业信息体系建设方面加强合作。

# 第一部分：中国垃圾焚烧发电行业发展报告

<b>1. 中国垃圾发电迎来最佳发展期 .....</b>	<b>4</b>
1.1 环境危机、垃圾围城 .....	4
1.2 垃圾焚烧发电的能源利用价值 .....	4
1.3 垃圾焚烧处理发展概况 .....	5
1.4 现行国家政策体系 .....	9
1.5 垃圾发电项目趋势 .....	16
<b>2. 我国垃圾焚烧发电行业技术 .....</b>	<b>20</b>
2.1 典型的垃圾焚烧发电流程 .....	20
2.2 典型的垃圾焚烧发电设备 .....	20
2.3 主要技术流派 .....	22
2.4 关于二噁英的控制 .....	23
<b>3. 垃圾发电项目运营模式和盈利能力 .....</b>	<b>25</b>
3.1 垃圾发电项目运营模式 .....	25
3.2 BOT 项目模式 .....	25
3.3 BOT 项目收益分析 .....	26
3.4 现有投资运营模式中存在的主要问题 .....	27
<b>4. 垃圾发电行业竞争格局 .....</b>	<b>29</b>
4.1 垃圾发电产业链公司类型 .....	29
4.2 垃圾发电设备制造商竞争态势 .....	29
4.3 垃圾发电运营商竞争态势 .....	30
4.4 垃圾焚烧发电行业未来竞争趋势 .....	32
4.5 市场化障碍及风险分析 .....	33

## 1. 中国垃圾发电迎来最佳发展期

### 1.1 环境危机、垃圾围城

作为世界第一人口大国，随着工业化和城市化进程不断推进，中国也成为了垃圾“资源”大国，据《中国城市建设统计年鉴》（2013）的数据，2013年全国城市生活垃圾年清运量达到 17238.58 万吨，年处理量 16391.5 万吨，无害化处理量 15393.98 万吨，其中焚烧处理量 4633.72 万吨，占无害化处理量的 30%，占总处理量的 28.3%。运营的垃圾焚烧设施 166 座，在建的垃圾焚烧处理设施近百座。

目前全国 600 多座大中城市中，有 2/3 陷入垃圾的包围之中，且有 1/4 的城市已经没有合适场所堆放垃圾，北京、上海、广州等人口超千万的大城市“垃圾围城”的境况更为严重。2013 年度，北京每天产生生活垃圾 1.86 万吨，焚烧处置比例低于 1/3，规划到 2015 年，焚烧处理能力达到 1.7 万吨（日产垃圾 2.2 万吨），实现 70%以上垃圾焚烧。上海、广州生活垃圾日清运量分别达 2.0 万吨和 1.8 万吨，垃圾处理能力增长也远低于垃圾产生速度。

随着中国“垃圾围城”的现象越来越严重，垃圾焚烧发电项目在各城市纷纷上马。垃圾焚烧发电作为固废处理和余热利用的典型形式，属于国家政策明确支持的资源综合利用项目。目前垃圾发电适用的国家相关政策较为明确，合规操作的项目，经济性可以得到保障。

### 1.2 垃圾焚烧发电的能源利用价值

垃圾发电究竟能产生多少电量？对我国能源结构会有多大影响？

根据中电联规划与统计信息部《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 3590 兆瓦，发电量为 176 亿千瓦时，是太阳能发电量（84 亿千瓦时）的 2.1 倍。2013 年全国发电量为 53,721 亿千瓦时，垃圾焚烧发电量为全国发电量的 0.33%。

根据“十二五”规划，到 2015 年，中国的垃圾焚烧厂总数将超过 300 座，日处理能力达到 30.7 万吨，如果按照平均每吨生活垃圾折算发电量 280 千瓦时计算，则 2015 年垃圾焚烧发电产生的电量将达到 313 亿千瓦时，为 2013 年的 1.78 倍。到 2020 年垃圾焚烧发电年发电量有望达到 670 亿千瓦时，到 2030 年进一步增长到 931 亿千瓦时，占全部发电量的比例保持在 0.8%左右。

随着垃圾焚烧发电在垃圾无害化处理中所占比例不断提高，垃圾焚烧发电将在全国总发电中占有更大的比重，甚至对我国可再生能源结构产生重要影响。

此外，从温室气体减排角度看，加快垃圾发电市场发展也将对减少温室气体排放产生积极作用。根据对 2009 年前中国已实施的垃圾焚烧发电 CDM 项目统计结果，垃圾焚烧发电 1MW 装机容量可实现 4862t 的年 CO<sub>2</sub> 减排量，火力超超临界项目仅为 224t/MW，而其他可再生能源发电 CDM 项目减排效果也均低于垃圾焚烧发电项目，如风力发电的 CO<sub>2</sub> 减排

量为 233t/MW，水利发电为 3375t/MW<sup>1</sup>。2014 年 7 月，国家发改委发布《国家重点推广的低碳技术目录》（征求意见稿），生活垃圾焚烧发电技术被纳入其中，预计未来五年投资额达到 260 亿元，在《目录》所有 34 项技术中位居第三。可见推广垃圾焚烧发电技术将成为中国温室气体减排行动中重要的举措之一。

### 1.3 垃圾焚烧处理发展概况

#### 1.3.1 垃圾处理方式及特点

目前，生活垃圾的基本处理方式有三种，即卫生填埋、焚烧（发电）和堆肥，三种方式各有优缺点和适用性，详见下表：

表 1 三种垃圾处理方式的对比

项目	卫生填埋	高温堆肥	焚烧
适应性	一般垃圾均可	垃圾中有机物含量大于 40%	垃圾低位热值大于 5000KJ/Kg
占地面积	大	中	小
单位投资	中	低	高
处理成本（元/吨）	高(除臭大大增加了处理成本)	低	高
处理效果	最终处理	非堆肥物需填埋处理，为初始量的 20%-25%	减量化效果显著（体积减小 90%，重量减少 75%以上）
二次污染	恶臭污染较重；需要铺设大面积的防渗膜；需要处理填埋气和渗滤液；对地下水和土壤有威胁。	对垃圾中有机质含量要求较高；肥料中重金属含量不好控制，可能污染农田土壤；肥料销售半径和竞争力有限。	烟气酸性强；产生重金属和二噁英烟气和灰渣；对烟气处理要求高。
关键问题	土地资源占用严重	销路没有保障	技术标准、政府监管

垃圾卫生填埋是城市垃圾最基本的处置方法。虽然可用分选、焚化、堆肥等方法处理垃圾，但难以处理的剩余物仍需作最后的填埋处理。城市垃圾卫生填埋的方法主要为：倾倒一层厚约 60 厘米的垃圾，将其压实，上覆厚 15 厘米的土、沙或粉煤灰，如此反复，最后覆以 90-120 厘米的表层土。城市垃圾的填埋场地最低处应高出地下水位 3 米以上，填埋场应采取防渗和排气措施。填埋场封闭后可作绿化场所使用，但不可在上面建永久性建筑物。

卫生填埋投资少、工艺简单、处理量大，然而，填埋的垃圾残留着大量的细菌、病毒，潜藏着沼气、重金属污染等隐患，且垃圾渗滤液还会长期污染地下水资源。此外，卫生填埋最大的缺点是没有实现垃圾的资源化处理，大量占用土地，把污染源留存给子孙后代。随

<sup>1</sup> 来源：《我国垃圾焚烧发电 CDM 项目开发难点与实践分析》，左漪等，2009

着公众对除臭要求的不断提升，垃圾填埋场的运行成本也大大增加，目前的运行费用与垃圾焚烧发电厂基本相当，甚至略有超出。

垃圾堆肥是指利用微生物对垃圾中的有机物进行代谢分解，在高温下进行无害化处理，并能产生有机肥料。堆肥技术的工艺也较简单，适合于易腐有机质含量较高的垃圾处理。但堆肥技术也存在明显的缺点：不能处理不可腐烂的有机物和无机物，因此减容、减量及无害化程度低。

在我国简单的垃圾堆肥已经在一些填埋场应用，但仅仅是将生活垃圾填埋，靠自然发酵，若干年后再挖掘出来，筛去其中的塑料等不腐烂的物质后就当作肥料出售。实际上用这种肥料种植果树、蔬菜及粮食是很危险的。堆肥技术必须是将新鲜的垃圾首先进行分类后再将易腐有机组分进行发酵，才能有效地防止重金属的渗入，从而保证有机肥产品质量。

垃圾焚烧是指将有机垃圾在高温及供氧充足的条件下氧化成惰性气态物和无机不可燃物，以形成稳定的固态残渣。垃圾焚烧的主要方法为：将垃圾放在焚烧炉中燃烧，释放出热能，余热回收可供热或发电，烟气净化后排出，少量残渣填埋。

垃圾焚烧的优点是迅速的减容能力和彻底的高温无害化，占地面积不大，且有热能回收。垃圾焚烧法的缺点是耗资昂贵、操作复杂。尽管污染防治技术在日益改进，但各国民众对垃圾焚烧的分歧仍较大。

### 1.3.2 中国生活垃圾处理发展历程

2002年至2013年，我国城镇生活垃圾收运体系日趋完善，生活垃圾处理设施数量和能力较快增长，城镇环境总体上有利较大改善。垃圾无害化处理能力从21.5万吨/日发展到49.2万吨/日，其中焚烧处理占比从4.7%提高到32.2%。

表 2 中国生活垃圾处理能力和焚烧处理主要指标发展趋势

年份	无害化处理能力 ( $\times 10^3$ 吨/日)	焚烧处理能力 ( $\times 10^3$ 吨/日)	焚烧占比 (%)	焚烧厂数量 (座)
2002	215.5	10.2	4.7	45
2003	219.1	15.0	6.9	47
2004	238.5	16.9	7.1	54
2005	356.3	33.0	12.9	67
2006	258.0	40.0	15.5	69
2007	272.0	44.7	16.4	66
2008	315.2	51.6	16.4	74
2009	356.1	71.3	20.0	93
2010	387.6	84.9	21.9	104
2011	409.1	94.1	23.0	109
2012	446.3	122.6	27.5	122
2013	492.3	158.5	32.2	166

数据来源：《中国统计年鉴》，2013年数据来自《2013中国城乡建设统计年鉴》

分地域来看，东南沿海省份焚烧占比较高，截至2013年，焚烧占比超过30%的省份有天津、山西、上海、江苏、浙江、福建、山东、湖北、广东、重庆、海南和云南；焚烧占比为20%-30%的省份有北京、河北、吉林、安徽和四川。

表 3 2013 年中国分地域生活垃圾无害化处理能力

地区	处理能力 (吨/日)	处理设施规模 (吨/日)			所占比例 (%)		
		填埋	焚烧	其他	填埋	焚烧	其他
全国	492300	322782	158488	11030	65.57	32.19	2.24
北京	21971	12371	5800	3800	56.31	26.40	17.30
天津	10500	6200	4300	--	59.05	40.95	--
河北	12345	9185	2600	560	74.40	21.06	4.54
山西	10140	6630	3280	230	65.38	32.35	2.27
内蒙古	11333	9833	1500	--	86.76	13.24	--
辽宁	20446	18066	1780	600	88.36	8.71	2.93
吉林	10123	7283	2840	--	71.95	28.05	--
黑龙江	11849	10709	500	640	90.38	4.22	5.40
上海	20530	11230	6300	3000	54.70	30.69	14.61
江苏	40723	17253	23470	--	42.37	57.63	--
浙江	42932	15779	26803	350	36.75	62.43	0.82
安徽	14202	10252	3950	--	72.19	27.81	--
福建	16480	4780	11200	500	29.00	67.96	3.03
江西	9085	9085	--	--	100.00	--	--
山东	32237	19837	11800	600	61.53	36.60	1.86
河南	23277	19327	3950	--	83.03	16.97	--
湖北	22539	12539	10000	--	55.63	44.37	--
湖南	17368	16768	600	--	96.55	3.45	--
广东	59189	37844	21345	--	63.94	36.06	--



广西	8891	8291	600	--	93.25	6.75	--
海南	3880	2230	1650	--	57.47	42.53	--
重庆	8174	4574	3600	--	55.96	44.04	--
四川	19498	14278	5220	--	73.23	26.77	--
贵州	7393	7393	--	--	100.00	--	--
云南	8316	2916	5400	--	35.06	64.94	--
西藏	--	--	--	--	--	--	--
陕西	13136	12986	--	150	98.86	--	1.14
甘肃	3155	3155	--	--	100.00	--	--
青海	1470	1470	--	--	100.00	--	--
宁夏	2780	2780	--	--	100.00	--	--
新疆	8338	7738	--	600	92.80	--	7.20

数据来源：《2013中国城乡建设统计年鉴》

分城市和县城来看，设市城市的垃圾焚烧处理比例远高于县城。截至2010年，设市城市的垃圾无害化处理能力为38.8万吨/日，其中焚烧比占29%；县城的垃圾无害化处理能力为6.2吨/日，其中焚烧占比8%。

从能源利用角度看，垃圾焚烧发电总量增长迅速。2009年，垃圾焚烧发电被正式纳入电力统计体系范畴，2009-2013年，垃圾焚烧发电装机容量从130.29万千瓦增长到359万千瓦，增幅达到175.54%，全年发电量从67.48亿千瓦时增长到176亿千瓦时，增幅超过160%。按照国家能源局《生物质能发展“十二五”规划》要求，我国已提前两年完成垃圾焚烧发电“十二五装机容量达到300万千瓦”的目标。

表 4 2011-2013 年中国垃圾焚烧发电电量统计数据

年份	发电量 (亿千瓦时)	占全国总发电量的比例	装机容量 (万千瓦)	占全国发电装机容量的比例
2009	67.48	0.18%	130.29	0.15%
2010	86.84	0.21%	170.94	0.18%
2011	97	0.21%	210	0.20%
2012	120	0.24%	251	0.22%
2013	176	0.33%	359	0.29%

数据来源：《中国电力统计年鉴》

为了规范垃圾焚烧设施的建设和运行，促进生活垃圾焚烧技术水平和环保水平的提高，

防治垃圾焚烧过程中产生的二次污染，环保部于2014年对《生活垃圾焚烧污染控制标准》进行了二次修订，对污染物排放限值提出了更高要求，采用“过程控制”和“风险控制”的先进理念，增加了在垃圾焚烧设施运行过程中的污染控制要求。其中对焚烧炉排放烟气中污染物限值如下：

序号	污染物项目	限值	取值时间
1	颗粒物 (mg/m <sup>3</sup> )	30	1 小时均值
		20	24 小时均值
2	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> ) (mg/m <sup>3</sup> )	300	1 小时均值
		250	24 小时均值
3	二氧化硫 (SO <sub>2</sub> ) (mg/m <sup>3</sup> )	100	1 小时均值
		80	24 小时均值
4	氯化氢 (HCl) (mg/m <sup>3</sup> )	60	1 小时均值
		50	24 小时均值
5	汞及其化合物 (以 Hg 计) (mg/m <sup>3</sup> )	0.05	测定均值
6	镉、铊及其化合物 (以 Cd+Tl 计) (mg/m <sup>3</sup> )	0.1	测定均值
7	锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物 (以 Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni 计) (mg/m <sup>3</sup> )	1.0	测定均值
8	二噁英类 (ng TEQ/m <sup>3</sup> )	0.1	测定均值
9	一氧化碳 (CO) (mg/m <sup>3</sup> )	100	1 小时均值
		80	24 小时均值

## 1.4 现行国家政策体系

从国家政策导向上看，我国各级政府对垃圾焚烧发电产业的鼓励力度较大，颁布了一系列政策法规鼓励垃圾焚烧发电产业，其中比较重要的法规及核心内容如下：

### 1.4.1 国家级规划计划

“十二五”期间，国家管理层对于垃圾焚烧发电一直持鼓励态度。

(1) 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》。统筹地上地下市政公用设施建设，全面提升交通、通信、供电、供热、供气、供排水、污水垃圾处理等基础设施水平，提出提高城镇生活污水和垃圾处理能力，城市污水处理率和生活垃圾无害化处理率分别达到85%和80%。垃圾焚烧处理及其焚烧发电相关产业被纳入国家重点鼓励发展的范畴。

(2) 《国家环境保护“十二五”科技发展规划》(环发[2011]63号)。明确指出“研发具有自主知识产权的大型垃圾焚烧成套设备、大型炉排生产技术和焚烧工艺控制技术，研发垃圾综合处理及有机物厌氧产沼关键技术与设备，系统研究固体废物焚烧产生的飞灰、持久性有机污染物 (POPs) 类废物非焚烧处理处置新技术”。

(3) 《国家环境保护“十二五”规划》(国发(2011)42号)。明确提出“鼓励垃圾厌氧制气、焚烧发电和供热、填埋气发电、餐厨废弃物资源化利用。推进垃圾渗滤液和垃圾焚烧飞灰处置工程建设”。

(4) 《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》(国办发[2012]23号)。到2015年，全国城镇生活垃圾焚烧处理设施能力达到无害化处理总能力的35%以上，其中

东部地区达到48%以上。东部地区、经济发达地区和土地资源短缺、人口基数大的城市，要减少原生生活垃圾填埋量，优先采用焚烧处理技术；其他具备条件的地区，可通过区域共建共享等方式采用焚烧处理技术。

(5)《可再生能源发展“十二五”规划》。根据规划，到2015年，垃圾发电利用规模达300万千瓦，年产能达到180亿千瓦时。

#### 1.4.2 现行具体政策

表 5 中国垃圾焚烧发电行业相关政策汇总

	名称	文号	颁布时间
1	中华人民共和国电力法	中华人民共和国主席令第 60 号	1995/12/28
2	中华人民共和国固体废物污染环境防治法	中华人民共和国主席令第 98 号	1995/10/25
3	中华人民共和国环境保护法	中华人民共和国主席令第 22 号	1989/12/26
4	中华人民共和国环境影响评价法	中华人民共和国主席令第 77 号	2002/10/28
5	中华人民共和国可再生能源法	中华人民共和国主席令第 33 号	2005/2/28
6	“十二五”国家战略性新兴产业发展规划	国发〔2012〕28 号	2012/7/9
7	生物质能发展“十二五”规划		
8	国务院批转住房城乡建设部等部门关于进一步加强城市生活垃圾处理工作意见的通知	国发[2011]9 号	2011/4/19
9	市政公用事业特许经营管理办法	建设部令第 126 号	2004/3/19

10	城市生活垃圾管理办法	建设部令第 157 号	2007/4/28
11	城市市容和环境卫生管理条例	国务院令第 101 号	1992/6/28
12	能源领域行业标准化管理办法（试行）	国能局科技（2009） 52 号	2009/2/5
13	能源领域行业标准制定管理实施细则（试行）	国能局科技（2009） 52 号	2009/2/5
14	能源领域行业标准化技术委员会管理实施细则（试行）	国能局科技（2009） 52 号	2009/2/5
15	城市生活垃圾处理特许经营协议示范文本	GF-2004-2505	
16	《生活垃圾处理技术指南》	建城[2010]61 号	2010/4/22
17	城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准	建标[2001]213 号	2001/10/23
18	生活垃圾焚烧处理工程技术规范	CJJ90—2009	
19	生活垃圾焚烧污染控制标准	GB 18485-2014	
20	生活垃圾综合处理与资源利用技术要求	GB/T 25180-2010	2010/9/26
21	生活垃圾焚烧厂运行维护与安全技术规程	CJJ 128-2009	2009/3/15
22	生活垃圾焚烧炉及余热锅炉	GB/T 18750-2008	2008/10/15
23	生活垃圾焚烧厂评价标准	CJJ/T137-2010	2010/4/14
24	生活垃圾渗沥液处理技术规范	CJJ 150-2010	2010/7/23
25	生活垃圾焚烧炉渣集料	GB/T 25032-2010	2010/9/2

26	医疗废物焚烧环境卫生标准	GB/T 18773-2008	2008/6/19
27	生活垃圾采样和分析方法	CJ/T 313-2009	2009/8/10
28	可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法	财建[2012]102号	2012-3-14
29	可再生能源发展基金征收使用管理暂行办法	财综[2011]115号	2011-11-29
30	可再生能源发展专项资金管理暂行办法	财建[2006]237号	2006-5-30
31	进口贴息资金管理办法	财企[2012]142号	2012-6-11
32	关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知	发改价格[2012]801号	2012/4/1
33	国家发展改革委关于调整发电企业上网电价有关事项的通知	发改价格[2013]1942号	
34	关于调整完善资源综合利用产品及劳务增值税政策的通知	财税[2011]115号	2011/12/21
35	关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知	财税[2008]156号	2008/12/9
36	关于资源综合利用及其他产品增值税政策的补充的通知	财税[2009]163号	2009/12/29
37	关于享受资源综合利用增值税优惠政策的纳税人执行污染物排放标准有关问题的通知	财税[2013]23号	2013/4/1
38	中华人民共和国企业所得税法		2007/3/16

39	中华人民共和国企业所得税法实施条例		2007/12/6
40	关于公布环境保护、节能节水项目企业所得税优惠项目（试行）的通知	财税[2009]166号	2009/12/30
41	国家税务总局关于垃圾处置费征收营业税问题的批复	国税函[2005]1128号	2005/11/30
42	国家发展改革委关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知	发改价格[2012]801号	2012/3/28
43	国内投资项目不予免税的进口商品目录（2012调整）		2012/12/24
44	2014 海关税则		
45	财政部 国家税务总局 国家发展改革委关于公布资源综合利用企业所得税优惠目录	财税【2008】第117号	2008/8/20
46	电力监管条例	国务院令 第432号	2005/2/15
47	电力设施保护条例	国务院令 第239号	1987/9/15 颁布 1998/1/7 修订
48	电力设施保护条例实施细则	国家经贸委公安部令 第8号	1992/12/2 颁布 1998/1/7 修订
49	电网调度管理条例	国务院令 第115号	1993/6/29, 2011/1/8 修正
50	电网调度管理条例实施办法	电力工业部令 第3号	1994/10/11
51	分布式发电管理暂行办法	发改能源[2013]1381号	2013/7/18
52	小型发电企业安全生产标准化达标管理办法	国能安全（2014）103号	2014/2/26
53	新建电源接入电网监管暂行办法	国能监管（2014）107号	2014/2/28

54	国家能源局综合司关于电网企业回购电源项目自建配套送出工程有关事项的通知	国能综监管〔2014〕84号	2014/1/28
55	可再生能源发电有关管理规定	发改能源[2006]13号	2006/1/5
56	电力建设施工质量验收及评价规程	DL/T 5210.1-2012	2012/4/6
57	《国家鼓励的资源综合利用认定管理办法》	发改环资[2006]1864号	2006/9/7
58	可再生能源发电有关管理规定	发改能源[2006]13号	2006/1/5

#### 1.4.3 现行政策及管理体系存在的问题

以上政策，基本涵盖了垃圾焚烧发电所涉及到的国家、行业、财税、环保等方面的相关要求和支撑。在具体实施过程中，存在的主要问题有：

(1) 上网电价政策在部分地方没有得到有效执行。虽然《国家发展改革委关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（发改价格[2012]801号）规定：“以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目，执行全国统一垃圾发电标杆电价每千瓦时 0.65 元”。但是由于大部分项目是垃圾处理管理部门和项目公司以特许经营协议的方式约定了电价调整收益的分配方式，实际上垃圾发电的电价利好不一定能够体现为企业的收益，有些成为政府垃圾处理费用的补充。

现有电价补贴的操作程序对企业现金流影响较大，目前电价分为标杆电价、省补贴电价及国家补贴电价三部分，标杆电价次月正常结算，省补贴电价和国家补贴电价次季度结算，但没有明确具体结算日期，电价补贴应收账款账期短则两三个月，长则一年。例如：由于政策变化的因素，江苏省内垃圾发电企业 2011 年 12 月的补贴电费至今没有结算，光大国际所属垃圾发电项目未收到的电价补贴总额在 2013 年度达到了 1 亿元，影响了公司的资金运营，也提高了企业的资金成本。

(2) 每吨生活垃圾上网电量的折算标准有待进一步论证调整。国家发改委下发的《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》规定，“以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目，均先按其入厂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 280 千瓦时，并执行全国统一垃圾发电标杆电价每千瓦时 0.65 元；其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价”的规定，自 2012 年 4 月 1 日起执行。电价执行 0.65 元/Kwh 的价格标准，以每吨入厂垃圾折算到上网电量不超 280Kwh 为前提。此指标随着经济发展、人民生活水平的提高，新式压缩式垃圾运输车的投入使用，降低了垃圾渗滤液含量使得入炉垃圾热值提高，焚烧炉单炉处理能力的提高及焚烧效率的提升等因素，已不适合现阶段经济较

发达地区实际情况。江苏省（苏州、江阴、常熟、扬州）、浙江省（宁波）、广东省（广州李坑、深圳宝安老虎坑、佛山南海）不少城市的垃圾焚烧发电厂的每吨垃圾实际上网电量普遍在 280 千瓦时-310 千瓦时之间。为了更好地鼓励垃圾的资源化利用，企业和垃圾处理主管部门普遍提出调高折算标准的希望。

（3）行业缺乏统一的标准规范。目前，国家对垃圾焚烧发电企业的各种排放物均有明确的国家标准，但对垃圾焚烧技术和设备选型、工艺流程设计、安装调试、运行管理、环保耗材的使用、垃圾焚烧发电项目配套设施建设、政府对垃圾焚烧企业的监测和监管、民众参与与监管等方面无统一的标准和规范，造成垃圾焚烧行业标准不一，管理无序，集中体现在招标项目投标时，出于企业的各项标准不同报出的价格差异大，不能形成充分有效的竞争。我国生活垃圾焚烧技术的研究和应用起步相对较晚，针对生活垃圾发电行业的技术和管理的规范和标准相对缺乏，垃圾焚烧建设、设计、运行、检修维护等方面知识只能参考已建工程和套用火电厂等类似电厂和工程建设的经验，缺乏完整、成熟、系统的技术规范，存在标准选用不一致、项目整体协调性差、设计理念和设计方法参差不齐、设计安全要求与实际安全风险存在较大差距等诸多问题。这在很大程度上影响了垃圾发电项目的安全性和公众的信任度，加大了管理部门的管理难度，制约了行业的健康发展。

（4）各相关部门之间的协调机制尚未形成。垃圾发电行业在管理体制方面由于行业的特殊性，涉及地方政府管理的部门较多（如环卫、环保、电力、安监、税务、消防、发改等）。在主管部门上，垃圾发电项目的主管部门均为当地的市政管理机构，具体为当地的城市管理局、市容市政管理局、公用事业管理局、建设局、环卫局等。

由于我国垃圾发电行业还处于发展初期阶段，国家对垃圾发电行业的法律法规制定和机构设置还处于建立健全的过程中，政府管理部门在日常管理或落实产业政策时，为实现全面、有效的监管和规避管理漏洞的风险，需要其他管理职能部门的协同监管或审核，一些必要的交叉管理客观存在，同时，在针对垃圾发电的政策制定和项目管理过程中，各相关部门的沟通协调不够，给行业发展造成了一定的影响。

（5）特许经营制度需要进一步完善。现有的垃圾焚烧发电项目通常是由市（县）政府授权行业监管部门（如市公用事业管理局、环保局、城管局）与投资人签署特许经营协议，明确双方权利义务。但在实践中，由于整个行业处于发展阶段，对于在特许经营期内出现的监管问题、考核问题、授权方退出机制问题还在摸索和总结经验阶段，特许权协议的约定内容不完整、不清晰或者缺乏可操作性。如何保护投资者利益以及出现超预期因素事件后特许经营双方如何妥善解决、风险如何分担，在现有的制度设计、协议约定下还考虑的不够细致。

从垃圾发电企业的实践来看，目前不少政府部门对特许经营投资方的选择仅凭当地主管部门的喜好和主观意识；协议内容简繁不一，控制及监管标准不切实际，各级政府应尽快完善与垃圾电站相关的法律、法规以及与之相关的设计、制造规程、规范，标准文本等。

（6）针对行业面临的公众态度压力，垃圾焚烧发电项目在公众责任保险、安全管理、



环境补偿、回馈机制、民众监督、第三方监管等方面的机制缺失。没有政策层面的统一，凭项目企业自己的理解和责任去解决问题，效果受到很大局限。

## 1.5 垃圾发电项目趋势

### 1.5.1 近期趋势预测

“十二五”之前，垃圾发电行业发展较为缓慢，主要受到政策、污染治理技术和群体事件等因素的制约。目前来看，上述问题在进入“十二五”后都逐步削减，垃圾发电行业已经进入快车道。

进入“十二五”期间，中国对垃圾无害化处理问题的重视程度显著提升，明确了垃圾发电的市场主流地位，并通过统一标杆电价以及折算电价的方式规划了行业发展，提高了企业投资的积极性。

2012年4月出台的《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》(以下简称《规划》)较为全面、详细的制定了十二五期间(2011年-2015年)中国生活垃圾处理的总体建设目标:

表 6 2015 年中国分地域生活垃圾处理能力和处理方式规划目标

地区	2015 年					
	处理设施规模 (吨/日)			所占比例 (%)		
	填埋	焚烧	其他	填埋	焚烧	其他
全国	513748	307155	50588	59	35	6
北京	8746	12900	7250	30	45	25
天津	7500	6900	1500	47	43	10
河北	18729	8640	3920	60	28	12
山西	11239	7030	1305	57	36	7
内蒙古	14835	4400	1247	72	22	6
辽宁	32106	6340	4341	75	15	10
吉林	13961	6340	500	67	31	2
黑龙江	22507	3200	2190	81	11	8
上海	9400	19475	4520	28	58	14
江苏	26598	31242	1000	45	53	2
浙江	22614	37085	755	38	61	1
安徽	19286	5650	0	77	23	0
福建	12263	16495	1400	41	55	4
江西	12080	4000	3503	62	20	18
山东	38283	31280	5552	51	42	7

河南	38690	7000	560	84	15	1
湖北	18898	7200	1130	69	27	4
湖南	25862	7900	870	75	23	3
广东	33043	41493	0	44	56	0
广西	9944	7270	500	56	41	3
海南	1014	1825	0	36	64	0
重庆	8901	11000	0	45	55	0
四川	27041	5240	1300	80	16	4
贵州	19430	0	0	100	0	0
云南	16521	6450	4405	60	24	16
西藏	796	0	0	100	0	0
陕西	18916	7200	1640	68	26	6
甘肃	6649	1800	1200	69	19	12
青海	2079	0	0	100	0	0
宁夏	3025	800	0	79	21	0
新疆	10560	1000	0	91	9	0

数据来源：《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》

按照《规划》，到2015年，中国的垃圾焚烧厂总数将超过300座，日处理能力达到30.7万吨，年发电量超过330亿千瓦时，较2013年末的176亿千瓦时增长93.5%。

从《规划》来看，新增垃圾处理能力最大的地域有广东、山东和上海，新增垃圾处理能力超过20000吨/日，西北地区仍以填埋处理建设为主；东南地区以焚烧处理建设为主，新增焚烧处理能力超过10000吨/日的省份有北京、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东。

表 7 2011-2015 年中国分地域生活垃圾处理设施建设规划

地区	2015 年处理能力 (吨/日)	处理方式所占比例 (%)			2011-2015 新增处理能力 (吨/日)		
		填埋	焚烧	其他	填埋	焚烧	其他
全国	871491	59	35	6	223791	222215	45108
北京	28896	30	45	25	-3334	10700	4850
天津	15900	47	43	10	1300	5100	1500
河北	31289	60	28	12	8665	6190	3920
山西	19574	57	36	7	3271	4430	1305
内蒙古	20482	72	22	6	6468	4400	447
辽宁	42787	75	15	10	15459	6340	3741

吉林	20801	67	31	2	9505	4300	500
黑龙江	27897	81	11	8	12638	2700	2190
上海	33395	28	58	14	3650	16900	4000
江苏	58840	45	53	2	4153	16050	1000
浙江	60454	38	61	1	6176	20200	755
安徽	24936	77	23	0	11616	3900	0
福建	30158	41	55	4	5066	10945	1400
江西	19583	62	20	18	6014	4000	3503
山东	75115	51	42	7	11858	23080	5552
河南	46250	84	15	1	21074	4600	160
湖北	27228	69	27	4	7498	6200	1130
湖南	34632	75	23	3	14044	7900	870
广东	74536	44	56	0	10830	29750	0
广西	17714	56	41	3	3073	6350	100
海南	2839	36	64	0	-525	1600	0
重庆	19901	45	55	0	3636	9800	0
四川	33581	80	16	4	13707	2900	1300
贵州	19430	100	0	0	13733	0	0
云南	27376	60	24	16	12672	3580	4045
西藏	796	100	0	0	796	0	0
陕西	27756	68	26	6	9569	6700	1640
甘肃	9649	69	19	12	3294	1800	1200
青海	2079	100	0	0	1148	0	0
宁夏	3825	79	21	0	240	800	0
新疆	11560	91	9	0	4265	1000	0

### 1.5.2 中远期趋势预测

根据联合国经济和社会事务部《世界人口展望：2012年修订版》中低出生率情景预测，到2020年中国人口总量将达14亿，按目前人均生活垃圾产量1.3kg/d计算，届时全国生活垃圾产量将达到 $1820 \times 10^3$ 吨/日，假设2020年中国生活垃圾无害化处理率达到85%且垃圾焚烧处理方式占无害化处理的比例达到40%，则全国垃圾焚烧处理能力将达到 $618 \times 10^3$ 吨/日，较2013年末的 $158.5 \times 10^3$ 吨/日增长290%，吨垃圾焚烧发电量计为280kwh，年发电量将超

过632亿千瓦时。根据国家电网估算显示，2020年中国总发电量约为77,000亿千瓦时<sup>2</sup>，垃圾焚烧发电量占比将达到0.82%。

到2030年，中国人口总量按照低出生率情景预测较2020年减少到13.77亿，人均生活垃圾产量仍按照当前1.3kg/d水平估算，则全国生活垃圾总量达到 $1790 \times 10^3$ 吨/日。假设到2030年中国生活垃圾无害化处理率达到95%且垃圾焚烧占比达到50%，则全国垃圾焚烧处理能力将达到 $850 \times 10^3$ 吨/日，较2020年增长29.65%，吨垃圾焚烧发电量提升至300kwh，年发电量达931亿千瓦时，占全部发电量的比例保持在0.8%左右。

表 8 中国垃圾发电趋势预测

年份	无害化处理量 ( $\times 10^3$ 吨/日)	垃圾焚烧 处理占比	垃圾焚烧处 理能力 ( $\times$ $10^3$ 吨/日)	垃圾焚烧规 模年复合增 长率	垃圾焚烧年 发电量(亿千 瓦时)
2015E	871.49	35%	307.15	32.1%	313
2020E	1547	40%	618.8	15.0%	632
2030E	1700	50%	850.30	3.3%	931

根据对2015、2020及2030年三阶段中国垃圾发电项目趋势的预测分析，可以看到：“十二五”时期，即到2015年，中国垃圾发电市场将飞速发展，年复合增长率超过30%，迫切需要规范化、标准化，以保持可持续发展动力；到2020年，随着新型城镇化脚步加快，若中国垃圾发电市场能够形成行业自律，破除邻避效应带来的负面影响，将持续快速增长，年复合增长率达到15%。从2020到2030年的10年间，中国垃圾发电市场将进入平稳发展态势，成为中国垃圾无害化处理的最主要方式，占总发电量的比例也将保持在0.8%，成为重要的补充能源之一。

<sup>2</sup> 来源：国家电网公司党委书记刘振亚接受媒体采访新闻稿



表 9 垃圾焚烧发电设备详解

系统设备	关键设备材料名称	主要用途
焚烧炉系统	布风装置	均匀布风，使垃圾流化并与空气充分混合、干燥
	炉膛（燃烧室）	使垃圾完全燃烧，有害物质在850°C以上的高温下完全分解
	分离器	将烟气中固体颗粒分离出，降低飞灰含量
	外置换热器（返料器+高温过热器）	将被分离器分离下来的固体颗粒（循环灰）返回炉膛，形成灰循环。高温过热器浸没在高温循环灰中，可产生高参数蒸汽
	冷却室	依靠辐射传热，降低烟气温度，消除尾部对流受热面积灰尘
	低温过热器	将饱和蒸汽加热成具有一定温度的过热蒸汽
	省煤器	降低排烟温度，提高焚烧炉效率
	空气预热器	提高空气温度，可改善、强化炉内燃烧和传热；降低排烟温度，提高焚烧炉效率
尾气处理系统	脱酸反应塔	脱酸药品与物资通过增湿活化等处理，在反应塔内与酸性烟气进行充分反应，去除有害物质
	布袋除尘器	将粉尘以及吸附其上的脱酸反应物等有害物质通过物理过滤的方法进行去除，使烟气达标排放
垃圾给料系统	垃圾吊	对进入垃圾库的垃圾进行转运、倒垛，同时将合格的垃圾输送至垃圾受料斗
	受料斗	接收垃圾吊搬运来的垃圾，起暂时储存与缓冲的作用
	链板机	将受料斗内的垃圾进行输送，使垃圾连续、均匀
	给料机	将链板给料机输送的垃圾连续、均匀的送入焚烧炉内，并起密封作用
除渣系统	滚筒冷渣机	对炉内排出的高温热渣进行冷却，回收余热。并输送炉渣至振动筛
	振动筛分机	对宽筛分粒径的炉渣进行筛分，满足工艺要求
	返砂斗提机	将振动筛分机产生的细炉渣提升、返回炉膛内，保证炉内物料粒径与灰浓度
	斗链输送机	将振动筛分机产生的粗炉渣输送至渣库
	密封装置	去除炉渣筛分与转运过程中产生的扬尘，保证生产环境的卫生
	除铁器	去除粗炉渣中残留的铁制品
汽轮机发电系统	汽轮机	将垃圾焚烧产生的高温高压蒸汽的热能转化成机械能
	发电机	将汽轮机产生的机械能转化成电能
垃圾渗滤液处理系统	生化系统	创造适宜的环境，运用生物和化学相结合的方法，使垃圾渗滤液内的有害物质进行反应，达到无害化的目的

	过滤净化系统	采用物理过滤的方法，将生化反应后的溶液进行处理，达标排放
辅机系统	锅炉辅机系统	为燃烧提供符合要求的氧气，为锅炉及其附属设备提供必须的润滑、冷却、密封等功能服务
	汽轮发电机辅机系统	为汽轮发电机提供必须的润滑、冷却、密封等功能服务
	电气系统	对发电机产生的电能进行升压，确保顺利输送至电网；保证各辅助设备的电力供应
	仪控系统	按工艺要求对全厂设备进行控制的软、硬件设备与服务

### 2.3 主要技术流派

垃圾发电的核心设备是垃圾焚烧炉。目前垃圾焚烧发电设备的技术流派主要包括两种：炉排炉工艺和流化床工艺。两种垃圾焚烧设备的比较见表8。

表 10 垃圾焚烧炉的类型及优缺点

	炉排炉工艺	流化床工艺
工艺简介	垃圾通过进料斗进入倾斜向下的炉排(炉排分为干燥区、燃烧区、燃尽区)，由于炉排之间的交错运动，将垃圾向下方推动，使垃圾依次通过炉排上的各个区域(垃圾由一个区进入到另一区时，起到一个大翻身的作用)，直至燃尽排出炉膛	在炉膛内加入大量的石英砂，将石英砂加热到600℃以上，并在炉底鼓入200℃以上的热风，使热砂沸腾起来，再投入垃圾。垃圾同热砂一起沸腾燃烧。
垃圾热值要求	1200 kcal/kg (5040 kJ/kg) 以上	800 kcal/kg (3360 kJ/kg) 以上
辅助燃料	油	煤
优点	技术成熟； 对垃圾成分和质量要求低； 预处理简单； 飞灰量少； 除渣系统稳定； 燃烧过程控制简单； 运营成本较小。	设备较便宜，投资较小； 国产率高； 燃烧充分； 运行稳定； 使用寿命长； 热效率相对较高。
缺点	价格昂贵； 维护成本高； 核心技术在国外； 对炉排耐热性要求高； 燃烧不及流化床充分； 体积大。	必须进行预处理； 飞灰产生量大； 操作过程气流量大； 满负荷操作时间相对较低； 必须掺煤，收益受煤价波动影响大； 运营成本较高。
适用范围	垃圾热值较高、政府财力充沛、国企运营	垃圾热值较低、政府财力有限

中国企业垃圾焚烧技术主要依靠引进国外技术消化吸收以及自主研发两种途径。目前，单炉日处理垃圾量为300-500吨的国产焚烧设备已经比较成熟，单炉日处理垃圾量大于500吨的选用进口焚烧设备更为稳妥。国内主要垃圾焚烧炉技术供应商如表11所示。

表 11 中国主要垃圾焚烧炉技术供应商

公司	技术	技术来源
光大国际	SITY2000 炉排炉	德国马丁消化吸收
重庆三峰环境	SITY2000 炉排炉	德国马丁消化吸收
深圳能源	倾斜往复阶梯炉排	比利时西格斯消化吸收
温州伟明集团	HWM 二阶段往复炉排炉	自主研发
杭州新世纪	二阶段往复炉排炉	自主研发
华光股份	循环流化床、炉排炉	自主研发、引进日本日立造船技术
北京机电院	往复炉排炉	自主研发
中科通用	中科院循环流化床	自主研发
同方环境	循环流化床	依托清华大学

## 2.4 关于二噁英的控制

垃圾焚烧法最难为民众所接受的是二噁英污染。

二噁英 (Dioxin)，是一种无色无味、毒性严重的脂溶性物质，它指的并不是一种单一物质，而是结构和性质都很相似的包含众多同类物或异构体的两大类有机化合物。二噁英包括210种化合物，热分解温度700度以上，半衰期5~10年，非常容易在生物体内积累。国际癌症研究中心已将其列为人类一级致癌物。

二噁英形成机制仍在研究之中。目前认为主要有三种途径：1.在对氯乙烯等含氯塑料的焚烧过程中，焚烧温度低于800°C，含氯垃圾不完全燃烧，极易生成二噁英。燃烧后形成氯苯，后者成为二噁英合成的前体；2.其他含氯、含碳物质如纸张、木制品、食物残渣等经过铜、钴等金属离子的催化作用不经氯苯生成二噁英；3.在制造包括农药在内的化学物质，尤其是氯系化学物质，像杀虫剂、除草剂、木材防腐剂、多氯联苯等产品的过程中派生。

降低垃圾焚烧中的二噁英排放主要是通过原生垃圾处理、彻底焚毁垃圾和排气系统收集处理二噁英三种途径达到。

原生垃圾处理主要指通过垃圾的前期分类，将废旧电池、电器、塑料、轮胎等二噁英产生源拣出以降低垃圾中的重金属和有机氯含量。日本的原生垃圾处理概念深入各家各户，是其垃圾彻底焚烧的有力保障。中国的垃圾分类工作虽从10年前就开始提倡，但落实度不高。

彻底焚毁垃圾是减少二噁英生成的主要控制措施。垃圾彻底焚烧也称“3T”控制法，即保障焚烧炉温度 (Temperature)、烟气停留时间 (Time) 和燃烧湍流 (Turbulence)。《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定，焚烧炉温度≥850°C，烟气停留时间要≥2s；焚烧炉温度



≥1000°C，烟气停留时间≥1s，出口烟气中氧含量6%-12%。

排气系统收集处理二噁英理论上可以通过活性炭吸附、催化剂分解、袋式除尘器、碳纳米管清除等方式进行。实践中主要运用活性炭吸附和袋式除尘器组合清除二噁英。

从世界范围来看，废物焚烧设施二噁英排放已被包括中国在内的但大多数国家和地区列入管制，并明确了排放标准值，如表12所示。

表 12 各国现行二噁英大气排放标准 (ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>)

国家	排放设施		排放标准		
	类型	处理规模	新建设施	2002年12月前的设施	2002年12月后的设施
日本	废物焚烧炉	4 t/h以上	0.1	80	1
		2-4 t/h	1	80	5
		2t/h以下	5	80	10
美国	生活垃圾焚烧炉	35t/d (含) 以上	1995年后的设施	1995年前的设施	
		225t/d以上(含), 且具有ESP污染控制系统		0.7-1.4	
		225t/d以上(含), 且具有非ESP污染控制系统		0.3-0.8	
		35-225t/d		1.7-2.9	
0.1-0.3					
欧盟	废物焚烧炉		0.1		
中国	生活垃圾焚烧炉		0.1 (2014年7月1日起新建的焚烧炉, 及2014年7月1日前建的焚烧炉从2016年1月1日起执行的限值) 1.0 (2014年7月1日前建的焚烧炉在2015年12月31日前执行的限值)		
中国台湾	废物焚烧炉	10t/h或300t/d以上	0.1		
	中小型废物焚烧炉	4t/h以上	0.1		
		4t/以下	0.5		

### 3. 垃圾发电项目运营模式和盈利能力

#### 3.1 垃圾发电项目运营模式

2004年3月19日，建设部发布《市政公用事业特许经营管理办法》，垃圾处理开始实施特许经营管理，特许经营期一般在25-30年之间。垃圾发电是资金密集型产业，按《规划》所述，“十二五”期间全国新建垃圾焚烧处理能力217530吨/日。按1000吨/日的垃圾焚烧发电厂投资4亿计算，垃圾发电产业十二五期间需要870 亿元的投资。即使只占据10%的新增市场份额，一个垃圾发电公司也需拿出87 亿元，这是非常大的投资量，对企业的资金运转是严峻的考验。

目前的垃圾发电招标中，公司基本都采取联合投资的形式，并采取BOT股权投资与EPC项目相结合的方式，来平衡公司的盈利与现金流。

BOT模式即Build-Operate-Transfer(建设—经营—转让)，是指项目取得政府特许权后，项目发起人出资成立项目公司，并自主进行项目规划、募集资金、项目建设和项目运作。项目完工后项目公司在特许期内（一般为25-30年）进行运营，通过向用户收取费用来达到收回成本、赚取利润的目的。特许期满后公司将项目无偿移交给政府。

BOT模式还有许多变形体，如BOOT、BOO、BT、BOOST、BLT、IOT、DBTO等。基本思路都是通过引进资金、技术和管理经验，开辟新的融资渠道，提高项目的运作效率。

EPC项目又叫交钥匙工程，即传统的总包合同，指项目建成以后立即移交，可按项目的收购价格分期付款。EPC 项目具有“短平快”的特点，不参与项目运营，能够较快收回成本。BT模式基本和EPC项目无差别。

目前主要采用BOT（建设-经营-转让）和BOO（建设-拥有-运营）两种模式。

#### 3.2 BOT项目模式

BOT/BOO/TB/B 项目主要模式图如图3所示。

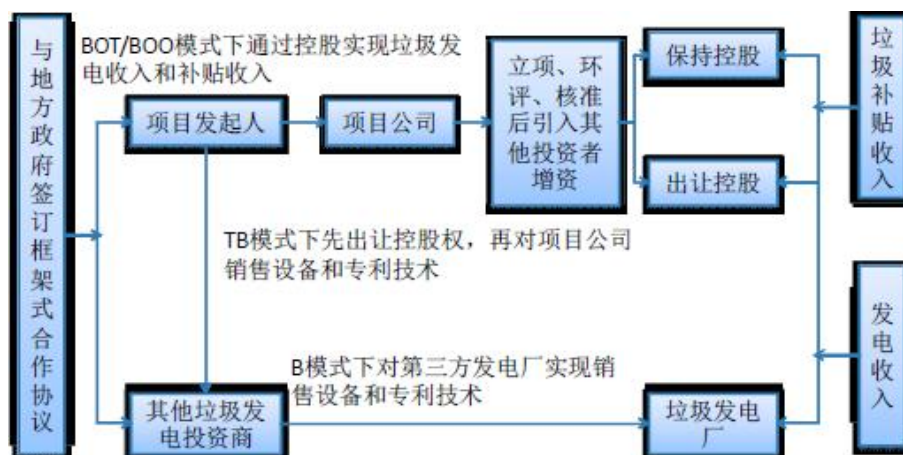


图3 BOT/BOO/TB/B 项目主要模式图

与其他模式比，BOT及类似模式可以使项目公司参与到垃圾发电全产业链的经营中，获得包括垃圾发电设备销售、专利技术服务、垃圾处理补贴和垃圾发电收入各环节的利润。但BOT项目回款慢，企业需要承担的资金风险比EPC模式大。

### 3.3 BOT项目收益分析

#### 1、建设成本

垃圾焚烧发电厂的建设成本与采用的焚烧设备、技术有密切关系,总体投资情况见下表。

表 13 垃圾焚烧发电厂投资估算

采用设备	吨投资	500吨焚烧炉	1000吨焚烧炉
引进设备炉排炉	45~50万元	2.25-2.5亿元	4.5-5亿元
引进技术炉排炉	40~45万元	2-2.25亿元	4-4.5亿元
国产炉排炉	30~35万元	1.5-1.75亿元	3-3.5亿元
国产流化床	25~30万元	1.25-1.5亿元	2.5-3亿元

#### 2、运营成本

垃圾焚烧发电企业的运营成本主要包括辅助燃料(煤炭或油)、维修、折旧、管理、财务、人力、材料(如活性炭)等。建成投产后的处理成本大为50-90元/吨。

#### 3、收入来源

垃圾焚烧发电项目的主要收入来源包括垃圾补贴、上网电价、供热收入、售渣收入等,其中发电和供热收入的增值税即征即退,垃圾补贴收入免缴营业税。这些收入项目中,垃圾补贴收入、上网电价和税收优惠为核心收入来源。

##### (1) 垃圾处理补贴

据《新产业》数据,当前各地垃圾处理补贴50~200元/吨不等,成本100~200元/吨。补贴往往也和项目的成本挂钩,以保持合理的吨垃圾利润。

目前我国各地垃圾处理补贴费的高低与采用的焚烧设备的成本关系密切。其中成本较高的炉排炉,补贴相对较高(最高达到200元/吨,出现在上海)。流化床价格相对便宜,补贴相对较低,一般在50-80元/吨之间。基本对应关系见下表。

表 14 我国垃圾焚烧处理补贴费情况

设备	每吨投资额	垃圾补贴费
引进设备炉排炉	45~50万元	80~150元/吨
引进技术炉排炉	40~45万元	60~130元/吨
国产炉排炉	30~35万元	50~110元/吨
国产流化床	25~30万元	30~90元/吨

##### (2) 发电量收购与上网

发电收入部分较为确定。根据2012年3月国家发改委发布《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》,确定以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目,均先按其入厂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280千瓦时,并执行全国统一垃圾发电标杆电价为每千瓦时0.65元(含税),其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价。当以垃圾处理量折算的上网电量低于实际上网电量的50%时,视为常规发电项目,不得享受垃圾发电价格补贴;当折算上网电量高于实际上网电量的50%且低于实际上网电量时,

以折算的上网电量作为垃圾发电上网电量；当折算上网电量高于实际上网电量时，以实际上网电量作为垃圾发电上网电量。

### （3）税收优惠

《中华人民共和国企业所得税法实施条例》（2007）规定，企业从事前款规定的符合条件的环境保护、节能节水项目的所得，自项目取得第一笔生产经营收入所属纳税年度起，第一年至第三年免征企业所得税，第四年至第六年减半征收企业所得税。

2009年12月31日财政部、国家税务总局、国家发展改革委联合发布的《关于公布环境保护节能节水项目企业所得税优惠目录[试行]的通知》（财税[2009]166号）中明确将生活垃圾焚烧列入目录。《关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知》（财税〔2008〕156号）规定，垃圾补贴收入免缴营业税、售电收入的增值税即征即退。目前国家对垃圾焚烧发电BOT项目仅征收企业所得税。

4、投入产出分析。从总体看，垃圾发电厂电费收入占70%—85%左右，垃圾处理费收入占15%—30%左右，内部收益率8-12%，投资回收期8-12年。

## 3.4 现有投资运营模式中存在的主要问题

### （1）垃圾处理费征收

目前我国城市生活垃圾处理费征收机制尚不成熟，虽然2002年6月28日，国家计委、财政部、建设部、环保总局等四部委颁布了《关于实行城市生活垃圾处理收费制度促进垃圾处理产业化的通知》，但是执行效果差强人意，造成了目前垃圾处理补贴几乎全靠财政支出的局面。且垃圾处理费由当地政府支付，制定的原则根据项目投资及当地财政状况变化，各地垃圾处理费相差较大，为企业稳定运营留下了风险，不利于垃圾处理的产业化。

### （2）电价补贴机制不完善

从2012年4月1日起，以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目，先按其入厂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280千瓦时，并执行全国统一垃圾发电标杆电价每千瓦时0.65元。

事实上，垃圾热值高低受城市地理区域、经济发展水平和季节影响会有一定波动。例如广东、上海等城市的生活垃圾热值较高，同时因为炉排炉技术设备的改进，每吨生活垃圾焚烧实际上网电量高于280千瓦时，而高出的上网电量不能享受0.65元/千瓦时，影响了企业的经济效益和进行技术改造提高能效的积极性。

### （3）标准缺失成制约因素

目前，在国内垃圾发电项目的推进过程中，垃圾发电技术相对落后，在设备制造、工艺流程、安装调试以及项目建设、运行管理的各个层面，缺乏完善、系统的技术标准和专业规范。

目前，垃圾焚烧标准的制定和垃圾发电厂的标准制定不在同一部门。由于标准编制的管

理口不同，因此还没有关于垃圾焚烧发电整套的标准体系。

垃圾发电厂的主机、系统设计、污染控制及运营管理等与小型发电厂存在差别，最重要的是燃料不同。以燃料作为主线进行标准制定，燃料前期处理、储存、输送、废物处理、废气处理、渣排放等，都需要重点补充进标准里。

#### （4）监管系统不完善

公众对垃圾发电信任缺失，不断引发对垃圾发电项目争议，这一方面和群众健康和环保意识不断提高有关，另一方面也和政府监管不到位有关。目前监管不到位是造成矛盾激化的主要原因。在我国，涉及垃圾处理的主管部门众多，其中焚烧发电属于新能源，管理单位为发改委；从行业主管部门来说，则是住房和城乡建设部；处理设施的建设需要用地，不能侵占基本农田和土地，涉及国土资源部；从环保排放角度看，则是环境保护部。垃圾发电涉及部门众多，缺乏统一的评估及监管标准，完善的协调效果还未实现统一。

#### （5）投资主体多元化

我国在垃圾焚烧发电厂的建设和管理方面缺乏经验，缺少产业的中近期、中远期发展规划。许多城市在筹建垃圾焚烧发电厂时，并没有制定具有前瞻性的统一规划布局政策，也缺乏有力的行业扶持政策，各行政区可以自行规划和建设垃圾焚烧发电厂，其投资主体、筹资方式多元化，经营模式没有明确标准，给项目的后续经营管理带来诸多问题，不利于产业的健康发展。

## 4. 垃圾发电行业竞争格局

### 4.1 垃圾发电产业链公司类型

按垃圾发电产业链环节分，垃圾发电行业的公司主要分为垃圾焚烧发电设备制造商、工程承包商、投资运营商和废弃物处理商（图4）。值得说明的是，随着行业发展，垃圾发电产业链不同环节交叉渗透，垃圾发电公司有向全产业链发展的趋势，他们的目标不局限于某一个产业链环节，而是做大型的综合环境服务商。

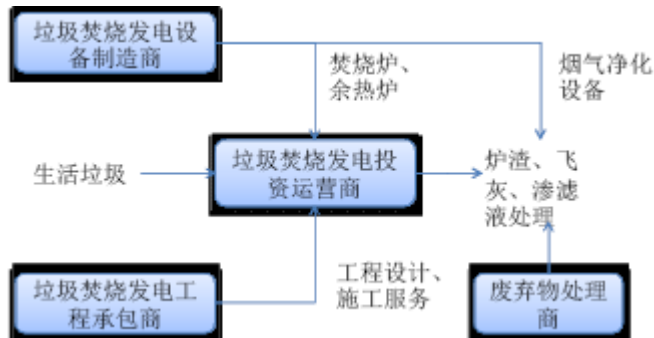


图4 垃圾焚烧发电产业链

国内从事垃圾焚烧发电的投资商约有40-50家，市场上比较活跃的主要是有上海环境集团、北京金州、天津泰达、重庆三峰、威立雅、厦门创冠、深能源、温州伟明、中国环境保护公司、光大国际、清华同方、绿色动力、上海浦发集团、中科通用、锦江集团、日本荏原。以上企业按企业性质可以分为四类：

1、政府主导型企业。由地方政府出资建设垃圾发电项目，企业作为政府建设这一项目的平台。如上海环境集团有限公司、泰达股份、中国环境保护公司、北京市环卫集团有限公司、南海发展、上海浦东发展（集团）有限公司等。

2、专业投资运营型企业。引进他人的技术、专注于以BOT模式建设和运营垃圾发电项目的企业，该类企业以运营管理为主。如威立雅环境服务（中国）有限公司、金州环境股份有限公司、北京桑德环保集团有限公司、合加资源、中国光大国际有限公司等。

3、工程投资型企业。使用独立开发的技术，并以此为基础，对垃圾发电项目提供从工程建设到运营管理服务的企业，该类企业以工程建设为主。如百玛士环保科技有限公司、杭州锦江集团、北京中科通用能源环保有限责任公司、重庆三峰卡万塔环境产业有限公司、绿色动力控股集团有限公司、伟明集团有限公司、清华同方等。

4、传统发电企业。以电力业务为依托，发挥技术和管理优势，向垃圾发电领域拓展，如：中电新能源、河北建投等。

### 4.2 垃圾发电设备制造商竞争态势

垃圾焚烧发电的关键设备包括焚烧炉、余热锅炉和烟气处理设备，占到总设备成本的50%。按《新产业》数据，1000吨/日的垃圾发电项目，按投入4亿元计算，关键设备大约

需要7400万元。目前余热锅炉及其他通用设备国产化已较成熟，而垃圾焚烧炉及烟气净化系统仍处于自主研发和国外引进技术并行阶段。

国内垃圾发电设备制造商包括一些主流垃圾发电运营商，如光大国际、重庆三峰环境、温州伟明、深圳环保等，也包括传统的锅炉制造商，如杭锅股份、华光股份。

国内垃圾发电市场以市场换技术的战略是成功的，技术突破的途径都是利用已获得的垃圾发电项目，向德国马丁等国外巨头购买设备，并同时签订技术引进许可协议，在安装、实际运用和后期维护中，逐步形成自己的垃圾焚烧设备技术体系。几年前德国马丁、比利时西格斯和日本三菱重工的垃圾发电设备在国内的市场占有率超过60%，而今随着国产技术的成熟，国产设备占有率已经逐步超过进口设备，垃圾焚烧设备的国产化成为必然趋势。国产设备比国外设备大约便宜30%，如一台进口500吨容量的机械焚烧炉3000万元，国产价格只要2300万元；进口的烟气设备2500万元，国产价格只要1000万元。

光大国际、三峰环境、深圳环保、杭锅股份等老牌国内垃圾焚烧发电企业在近年都有不同程度的突破。光大国际于2012年9月投产的垃圾焚烧设备，包括焚烧炉、烟气处置以及渗滤液处理设备已经全部实现国产化，并已开始向东南亚地区外售；三峰环境自2005年来将50多套自产设备用于项目中，在垃圾焚烧核心技术方面已申报专利30多项，目前关键设备年产能60台套，并已向美国和印度公司供货；杭锅股份在2012年8月，向印度销售了3台自产的450吨级垃圾焚烧炉，实现了杭锅在国际市场零的突破；杭锅股份子公司杭州新世纪研发的垃圾炉排技术已获得4项发明专利，2项审核中，还在马来西亚、印尼等申请了专利。

随着国内垃圾发电企业技术的成熟，未来在国内和国际市场上都存在着大量进口替代空间。不过，国内设备与国际巨头的设备还是存在一定差距，使得很多垃圾焚烧运营商出于安全考虑和公众压力，青睐价格更高的进口设备。目前我国垃圾焚烧设备制造商的市场开拓大体还只局限在东南亚，因为欧美市场对中国垃圾焚烧设备存有疑问。

#### 4.3 垃圾发电运营商竞争态势

国内垃圾焚烧发电行业主要运营商情况如表17所示。国内垃圾发电主要运营商已建和在建项目处理量为11万吨/日。

如果以国内已建和在建项目的垃圾处理规模划分梯队，那么光大国际、创冠环保、中国节能环保、重庆三峰环境、杭州锦江、深圳能源、温州伟明、上海环境位列第一梯队，垃圾处理规模大于8000吨/日；中德环保、绿色动力、法国威立雅、晨兴集团、天津泰达位于第二梯队，垃圾处理规模在3000~8000吨/日之间；盛运环境、加拿大瑞威、桑德环境和其他一些民营、合资企业位列第三梯队，垃圾处理规模小于3000吨/日。

如果以国内已建和在建项目的垃圾处理规模代表市场占有率，则第一梯队的8家公司共占据了国内垃圾发电运营市场的75%。

表 15 垃圾发电运营商和运营项目一览

公司简称	简介	运营项目	规模(吨/日)
中国光大国际	以绿色环保和新能源为主业，集研发、基建、运营管理为一体的迅速成长的投资产业集团。业务分为环保能源、环保水务、新能源及基建，项目主要包括垃圾焚烧发电、沼气发电、秸秆热电联供、生物质能发电、太阳能光伏发电、工业固体废物填埋、水环境治理、中水回用以及收费桥梁等。	江苏苏州一二三期，武汉北洋桥，浙江宜兴，江苏光大环保产业园，江苏江阴，江苏常州，河北秦皇岛，广东惠州，山东济南，江苏镇江，江苏宜兴	13300
中国节能环保集团公司	唯一一家主业为节能减排、环境保护的中央企业。在节能减排服务、垃圾发电、污水处理、新能源、节能环保建材、生命健康等业务板块均有涉及。	成都祥福、合肥、临沂、烟台、杭州、承德、重庆、绍兴、河北石家庄、灵海	14450
重庆三峰环境	集投资、建设、设备供货和运营管理全产业链服务于一体大型环保集团。专注于垃圾焚烧发电和烟气净化。	重庆同兴，福州红庙岭，成都九江，重庆丰盛，昆明空港，江苏泰兴，云南大理，山东东营，安徽六安，重庆万州，四川西昌	10900
杭州锦江集团	杭州锦江集团是一家以环保能源、有色金属、化工为主产业，集商贸于一体的现代化大型民营企业集团。	杭州余杭，杭州乔司，郑州荣锦，山东菏泽，浙江嘉兴，安徽芜湖，浙江安吉，杭州萧山，山东淄博，云南五华，湖北长山，河北秦皇岛，云南昆明西山	9850
深圳能源环保	由深圳能源集团股份有限公司控股的大型环保产业专业化公司。致力于开拓垃圾焚烧发电产业。	深圳南山一二期，深圳盐田，深圳宝安一二期，深圳大工业区，湖北武汉	9750
温州伟明	综合性投资控股企业集团，主要业务领域包括环保产业、新能源产业、大型装备制造、产业投资管理等领域。	温州东庄，温州永强，浙江瑞安，浙江永康，温州临江一二期，浙江东阳，江苏昆山一二期，浙江临海，浙江玉环，河北秦皇岛，海南琼海	9610
上海环境集团	上海城投的控股子公司。其营业范围涵盖城市生活垃圾清运，中转运输和末端处理、处置，以及环境项目投资、运营、设计、咨询等各个方面。	上海江桥，上海老港，成都洛带，深圳宝安，南京江北	8100
中德环保	登陆德国法兰克福证交所的国内垃圾焚	河南周口，云南昆明，陕西咸宁，	4800



	烧发电企业。中小型垃圾焚烧炉制造商，已转型做运营。	甘肃兰州	
绿色动力	北京国资委控股的垃圾处理服务商。	江苏常州一二期，浙江海宁，浙江平阳，浙江永嘉，山东乳山，江苏泰州，湖北武汉	4750
法国威立雅	威立雅环境服务有限公司是威立雅环境集团的废弃物管理分支，业务涵盖固体，液体，普通和危险废弃物管理。	广州李坑，上海江桥，上海浦西江桥	4000
晨兴集团	香港私企晨兴国际控股集团旗下专事环保领域的投资、技术开发、建设和运营的集团公司。	天津青光，湖北荆州，湖南岳阳，江苏连云港，江苏宿迁	3800
天津泰达	由天津泰达股份有限公司与天津市环境卫生工程设计院共同投资设立的专业性环保企业。主营业务是环保类项目的投资建设及运营管理、环保项目的设计与咨询服务、环保技术设备的开发及推广应用等。	天津贯庄，天津双港，江苏扬州	3400
金洲环境	美国金洲环境集团旗下的城市环境专业服务商。水务和固废处理领域。	北京高安屯，河北张家口	2500
盛运股份	安徽民营锅炉设备制造商。通过收购中科通用，欲从垃圾焚烧发电设备商转型运营商。	济南中科，伊春中科	2000
加拿大瑞威	位于加拿大温哥华的专长于研究、设计和提供先进的固体垃圾处理 and 再生能源系统的专业环保能源企业。	广东惠州，浙江丽水	1200
桑德环境	北京桑德环保集团旗下的水务和固废处理公司。A股市场上市。2010年开始涉足垃圾发电运营，截止12年底拿到7个项目，但并未建设。	重庆南川	1000

#### 4.4 垃圾焚烧发电行业未来竞争趋势

##### (1) 行业扩张迅速

按已统计情况，国内垃圾发电主要运营商已建和在建项目处理量为11万吨/日，2012年至今的新项目总计为3.7万吨/日，共计约15万吨/日，而十二五规划制定的目标为30万吨/日。以1000吨/日的垃圾焚烧发电投资4亿元计算，未来国内垃圾发电市场投资规模还有600亿元的空间。

新一轮的垃圾发电项目于2012年开始加速，预计未来3~5年垃圾发电行业将处于迅速扩

张期。在加速期，除了传统的垃圾发电运营企业龙头，很多从设备制造或其他行业转型做垃圾发电运营的民营企业也将凭借成本和渠道优势抢占市场份额。

### （2）行业资源集中化

由于垃圾焚烧发电项目多采用BOT的模式，因此初始投资大，入门门槛较高。此外，进入“十二五”后，政府出台了一系列涉及垃圾发电以及固废行业发展的规范政策，并且对于行业的标准和监管也在逐渐加严。因此，对于中小型企业来说，标准和监管门槛将压制其成长空间，资源会更倾向龙头企业。其中垃圾焚烧炉和烟气处理系统具有技术壁垒，行业龙头企业均在技术上占优。由于垃圾焚烧市场对外资开放程度低，且具有较高资金壁垒，其行业集中度高。

垃圾发电行业在未来3~5年仍是以取得项目为目标的跑马圈地期，考验企业的资金、渠道、技术、运营经验等综合实力；之后将进入较为平稳的运营期，实际运营质量成为企业收回投资、获取利润的关键，运营不良的项目资金流有断裂风险，将通过引入新的投资运营商改建来维系，行业格局随之发生调整。

### （3）行业发展隐患

垃圾发电产业加速过程中也将埋下隐患，一是相当一部分的垃圾发电项目中标价格过低，甚至可能低于实际运营成本，企业必定会通过降低设备、施工和运营标准来节约成本，这将导致项目运营无法达到国家排污标准，埋下二次污染的地雷；二是许多城市在筹建垃圾焚烧项目时没有统一的布局规划，投资主体、筹资方式、工艺技术和建设标准没有统一标准，这将导致资金和技术力量分散，并产生重复建设；三是垃圾发电项目的监管、监测体系缺失，无人能够保证已经运营的垃圾发电项目污染达标，垃圾发电产业将始终面临着巨大公众压力。

## 4.5 市场化障碍及风险分析

### （1）民意问题

目前垃圾焚烧发电项目最大的风险为民意风险，对此政府方面既需要推广垃圾焚烧发电，又必须对民众的抗议做出一定让步，因此频频出现垃圾焚烧发电项目停建现象。

垃圾焚烧过程中，会产生一类特征污染物，即二噁英，该物质会随着焚烧烟气排放进入大气。由于二噁英具有剧毒性和持久性两大特征，近年来，围绕垃圾焚烧过程中的二噁英控制问题争论不断，部分地区的垃圾焚烧项目遭到当地民众抗议。自2007年北京六里屯项目因民众反对被环保部叫停缓建后，至今全国已发生多起被迫停建的案例，例如江苏吴江、广东番禺等，使得因二噁英引起的民众反对问题成为垃圾焚烧发电项目的一大风险。但是民众没有认识到，事实上垃圾填埋同样存在大量二次污染问题，且占地面积太大，部分人口稠密的东部城市已经无地可填。替代垃圾焚烧和垃圾填埋的综合处理方式成本太高，技术还不成熟，发达国家也在面对相同困境。根据最新的媒体报道可以看出，广州等地的民众已基本认

可对待生活垃圾的管理应遵循循环经济理念，其管理优先原则是：首先是实行源头减量，尽可能少产生生活垃圾；其次是对产生的生活垃圾尽可能进行资源回收利用，其中包括尽可能对可生物降解的有机物进行生物处理，在此基础上对垃圾进行焚烧处理并回收热能，最后对剩余物进行填埋处置。

从地区公平的角度出发，城市生活垃圾理应本地产生，本地处理。针对垃圾焚烧发电项目的民众抗议问题，也是我国建设公共类项目民主进程的缩影。随着政府建设公共类项目的流程越来越透明，民众已逐步认识到，发达地区在用地紧张的情况下，只能采用焚烧的方式进行无害化处理。事实上垃圾焚烧发电项目的民意问题的关键在于提高监管的透明度，建立公众参与、公开监督机制，保障公众的知情权。

### （2）投资主体和主要协议

各类主体投资垃圾焚烧发电项目的主要动机是因为垃圾焚烧发电产业属公用设施，原料稳定，且有一定垄断性，从政策层面，可再生能源电价和垃圾处理费上涨趋势明显，可预见的未来收益将越来越好。同时该类项目属于环保项目，有利于提升企业形象，近年来垃圾焚烧发电一直是国内外证券市场IPO的热门项目。考虑到垃圾焚烧发电项目投资较大，回收期较长，且具有较强的专业性。特许经营协议、垃圾供应协议、购售电协议、并网协议等几大协议完善合理是规避运营风险的重要内容。

### （3）安全管理风险

由于垃圾发电的生产特性以及和行业成熟度，从业人员的专业安全培训缺乏以及行业管理的空隙，在垃圾焚烧发电的各个阶段，一直都伴随着安全问题。行业事故时有发生，但由于信息没有充分披露，事故原因不能得到普遍重视，防范措施无法及时落实，经验和教训未在整个行业内共享，造成了垃圾焚烧发电的安全隐患持续存在，将对项目的回报和行业发展带来现实威胁。

### （4）其它风险

电网接入系统建设能否与垃圾电厂的建设同步，是众多垃圾发电项目难以独立解决的问题。垃圾焚烧发电厂的收益大部分来自电力收入，建成以后的及时上网和顺利结算成为运营期效益的关键。由于垃圾发电项目的投资人对于电网的建设程序、技术要求存在一定程度的不了解、不重视，往往在实际工作中忽视了与电网的有效沟通，造成电力上网延迟，直接影响了项目收益。

垃圾热值的测算、设计处理规模、设备的稳定性、工程质量、运营管理者水平等，都将对投资效果带来影响。

## 第二部分：中国典型垃圾发电项目报告

1. 典型项目选取原则 .....	36
2. 项目具体情况 .....	36
2.1 上海江桥生活垃圾焚烧发电厂 .....	36
2.2 上海浦东黎明垃圾发电厂 .....	36
2.3 成都洛带生活垃圾焚烧发电厂 .....	36
2.4 成都九江生活垃圾焚烧发电厂 .....	37
2.5 成都祥福生活垃圾焚烧发电厂 .....	37
2.6 北京首钢垃圾焚烧发电项目 .....	37
2.7 苏州生活垃圾焚烧发电项目 .....	37
2.8 深圳宝安垃圾焚烧发电厂 .....	38
2.9 杭州绿能垃圾焚烧发电厂 .....	38
3. 经济模型 .....	38
3.1 建设投资 .....	41
3.2 收入 .....	41
3.3 成本、费用、税金 .....	41
3.4 收益率 .....	41
3.5 调整因素 .....	41
4. 项目反映出的问题 .....	41

## 1. 典型项目选取原则

按照区域分布，项目所在地选取了上海、深圳、成都、北京、杭州五个城市；按照企业的代表性，项目选取了中节能、光大、深能源、首钢、上海环境、重庆三峰等行业代表企业的项目；按照技术路线的不同，项目选取涵盖了机械炉排炉和流化床主流技术。项目规模日处理垃圾量在 1000 吨以上。

## 2. 项目具体情况

### 2.1 上海江桥生活垃圾焚烧发电厂

上海地区共有已运营的垃圾发电厂 5 座，分别是：老港、江桥、浦城、金山、黎明，总设计处理能力 8300 吨/天，总装机容量 15.6 万千瓦时，2013 年发电量 4.9 亿度。

上海江桥生活垃圾焚烧发电厂是上海市政府特许经营项目，位于上海嘉定区江桥镇建新村，占地面积 13.6 公顷，总建筑面积 3.5 万平方米，总投资为 9.3 亿人民币。由上海市城市建设投资开发总公司投资组建的上海环城再生能源有限公司进行投资、建设和运营管理。

上海江桥生活垃圾焚烧发电厂工程分二期进行建设。一期工程处理规模为 1000 吨(500 吨/天 x2 条)，设计功率为 1.2 万千瓦的中压凝汽式汽轮发电机组 2 套，余热发电上网。一期工程于 2000 年底动工，2003 年 11 月开始试烧生活垃圾并进行热态调试，2004 年 10 月完成性能测试考核，2005 年 1 月日开始商业运营。二期工程增加了一条日处理能力为 500 吨的焚烧线，于 2004 年 5 月开工建设，2005 年 9 月完成调试进入试运行，2006 年二期工程进入商业运营。执行电价 0.5 元/千瓦时（06 年之前批的项目），垃圾补贴费 207.8 元/吨。项目人员 70 人。

本项目关键设备、技术全部从欧洲引进，并根据上海地区生活垃圾的特点，进行了本土优化，以保证垃圾充分燃烧，烟气净化采用“石灰浆+活性炭+袋式除尘器”（半干法）工艺进行处理，整个工艺流程采用 DCS 分散控制系统。项目厂区环境优美，清洁。

### 2.2 上海浦东黎明垃圾发电厂

上海黎明垃圾焚烧发电厂位于上海浦东新区，占地 141 亩，总投资 121642 万元，建设规模日处理生活垃圾 2000 吨，年处理 66.67 万吨，年发电量 2.16 亿度。由上海浦东环保发展公司全资组建。项目 2012 年 3 月开工，2014 年 6 月进入商业运行。执行电价 0.65 元/千瓦时，垃圾补贴费 100 元/吨。

项目生产线配备四炉两机，设置 4 条 500 吨焚烧线，2 台 2 万千瓦汽轮发电机组，由日立造船株式会社负责焚烧及烟气处理系统。在烟气净化工艺中比国内主流焚烧厂增加了烟气-烟气加热器、湿式洗涤塔、蒸汽-烟气加热器、活性炭固定床等四道工序。

由于项目刚刚投产，运营状况信息暂时欠缺。

### 2.3 成都洛带生活垃圾焚烧发电厂

该项目采用 BOT 方式运作，项目单位为上海环境集团下属的成都威斯特再生能源有限

公司。项目位于成都市龙泉驿区洛带镇，建设用地 80 亩，2006 年 7 月开工，2009 年 7 月投入商业运营。项目采用“三炉两机”配置，400 吨/天 x3 条，总处理规模 1200 吨每天，年处理垃圾 40 万吨，发电容量 2.4 万千瓦，年发电量 1.9 亿度。垃圾焚烧炉及其自动控制系统、烟气在线监测系统、垃圾吊车等采用进口设备。执行电价 0.583 元/度，垃圾补贴费 51 元/吨。

#### 2.4 成都九江生活垃圾焚烧发电厂

该项目采用 BOT 方式运作，项目位于成都市双流县九江镇，占地 90 亩，是重庆三峰环境产业集团公司与美国卡万塔集团出资建设，经营期限 25 年。

项目设计处理规模 1800 吨，年处理生活垃圾 80 万吨以上，采用完全国产化的垃圾焚烧发电和半干法烟气净化处理技术，配置 3 台 600 吨的焚烧线，发电容量为两台 1.8 万机组，总投资 7 亿元。项目于 2011 年 9 月投产。执行电价 0.583 元/度，垃圾补贴费 50 元/吨。

#### 2.5 成都祥福生活垃圾焚烧发电厂

该项目采用 BOT 方式运作，项目位于成都市青白江区祥福镇，占地面积 116 亩，日处理生活垃圾 1800 吨，焚烧炉 3x600 吨/天，发电装机容量 2x1.8 万千瓦，总投资 6.9 亿元。项目于 2010 年 9 月开工，2012 年 10 月建成投产。执行电价 0.583 元/度，垃圾补贴费 46 元/吨。

#### 2.6 北京首钢垃圾焚烧发电项目

该项目采用 BOT 方式运作，由北京首钢生物质能源科技有限公司负责建设、运营。项目位于北京市门头沟区潭柘寺镇，设计日处理能力 3000 吨，年处理量 100 万吨，主要处理门头沟、石景山、丰台、海淀四个区的生活垃圾。总发电量 3.3 亿度，上网电量 2.5 亿度，供热 34.9 万吉焦。项目采用 4 台 750 吨焚烧炉和两台 3 万发电机组，厂内投资 21.6 亿元。项目于 2013 年 11 月投产。执行电价 0.65 元/度，垃圾补贴费 173 元/吨。

#### 2.7 苏州生活垃圾焚烧发电项目

苏州垃圾焚烧发电项目是光大国际投资建设的 BOT 项目，特许运营期 25.5 年，由一、二、三期组成，专业从事垃圾处理和副产品的综合利用，总投资 18.8 亿元人民币，设计日处理规模为 3550 吨（1050 t/d+1000t/d+1500 t/d），项目总投资 18800 万元，吨垃圾投资 46.48 万元，吨垃圾处理费 83.75 元。年焚烧生活垃圾 150 万吨，上网电量 4 亿度。项目采用国际先进的机械炉排技术，焚烧炉、烟气净化系统、自动控制、在线检测等关键设备均采用国际知名公司成熟产品，烟气排放指标全面达到欧盟 2000 标准，二噁英排放小于 0.1 纳克毒性当量每立方米。

	工程总投资（人民币）	建设规模	开工时间	商业运行时间
一期	5 亿元	3x350 吨/日垃圾焚烧炉+2x9 兆	2004 年 10 月	2006 年 7 月

		瓦汽轮发电机组		
二期	4.5 亿元	2×500 吨/日垃圾焚烧炉+1×25 兆瓦汽轮发电机组	2008 年 2 月	2009 年 5 月
三期	7.5 亿元	3×500 吨/日垃圾焚烧炉+2×15 兆瓦汽轮发电机组	2011 年 9 月	2013 年 1 月

其中，苏州垃圾焚烧发电项目三期的垃圾焚烧炉采用光大国际引进、消化国际先进技术后自主研发的机械炉排炉，烟气净化系统采用“SNCR 脱硝系统+半干法+干法+活性炭+布袋除尘”的组合烟气处理工艺。该厂实际年平均运行 8174h，年均自用电率 18.11%。

## 2.8 深圳宝安垃圾焚烧发电厂

该项目由深能源环保有限公司采用 BOT 模式投资、建设和运营，于 2003 年 9 月立项，2006 年 4 月建成投产。占地 55155 平方米，日处理生活垃圾 1200 吨，安装 3 台 400 吨/日的垃圾焚烧炉，利用余热的汽轮发电机组容量为 2×12MW，总投资 55455 万元人民币。垃圾处理费 97.1 元/吨。

该厂采用进口西格斯垃圾焚烧炉。烟气净化系统采用进口西格斯设备和技术（半干式反应塔+活性炭喷射+袋式除尘器）工艺，此外还配置了 SNCR 系统。从现场监控来看焚烧炉燃烧状况较好。炉渣交由政府外运。烟气净化的飞灰交由有危险废物处置资质的单位运出，渗沥液处理系统除部分回喷外，其余渗沥液送往污水处理厂。配置有完善的烟气在线监测系统，深圳市环境保护监测中心定期对烟气排放进行监测。全厂监管体系建设较完善。

## 2.9 杭州绿能垃圾焚烧发电厂

杭州市共有垃圾发电厂 5 家，合计装机容量 6.96 万千瓦，2013 年总发电量 3.44 亿度，设备平均利用小时 5418 小时。

该项目位于杭州市余杭区乔司镇，采用流化床技术，国产设备，日处理生活垃圾 1200 吨，垃圾补贴费 73.03 元/吨，年发电量 1 亿度，电价 0.66 元/度，吨垃圾发电量 230 度，采用半干法进行烟气处理。

## 3. 经济模型

以某 1200 吨规模项目数据为例：

编号	项目名称	单位	金额	比重	备注
一	投资总额	万元	48,246	100%	
1、	建筑工程费	万元	8,666	18%	
2、	设备购置费	万元	19,742	41%	
3、	安装工程费	万元	4,093	8%	
4、	其他费用	万元	5,069	11%	
5、	基本预备费	万元	3,514	7%	

6、	静态投资额	万元	45,586		
7、	建设期贷款利息	万元	1,885	4%	
8、	流动资金	万元	776	2%	
(二)	土地及配套工程	万元			政府出资
(三)	吨处理能力投资	万元/吨	40.20		
二	总成本费用	万元	5,951.78	100%	
1、	经营成本	万元	3,573.23	60%	占总成本的比重
	外购原材料、燃料、动力	万元	1,049	29%	占经营成本的比重
	灰渣\渗滤液处理费	万元	550	15%	
	工资福利	万元	444	12%	
	修理费	万元	1,100	31%	
	其他费用	万元	430	12%	
2、	折旧费	万元	1,889	32%	占总成本的比重
3、	摊销费用	万元	2	0%	占总成本的比重
4、	财务费用（利息支出）	万元	487	8%	占总成本的比重
5、	单位总成本	元/吨	148.79		
6、	单位经营成本	元/吨	89		
三、	经营收入	万元	9,627	100%	
1、	垃圾处理费收入	万元	2,725	28%	占总收入的比重
2、	售电收入	万元	6,802	71%	
	售电量	万度	11874		
	吨垃圾电量	度	237.48		
3、	其他收入	万元	100		
4、	单位收入	元/吨	241		
四、	营业税金及附加	万元	33		
五、	营业利润	万元	3,643		
六、	所得税	万元	746		
七、	净利润	万元	2,897		
八、	单位利润	元/吨	72		
九、	内部收益率	%	8.55%		
	财务净现值	万元	2,232		
十、	投资回收期	年	12		

以某 1800 吨项目数据为例：



编号	项目名称	单位	金额	比重	备注
一	投资总额	万元	72,257	100%	
1、	建筑工程费	万元	9,458	13%	
2、	设备购置费	万元	34,883	48%	
3、	设备安装费	万元	4,538	6%	
4、	其他费用	万元	5,375	7%	
5、	基本预备费	万元	3,078	4%	
6、	静态投资额	万元	67,829		
8、	建设期贷款利息	万元	3,522	5%	
9、	流动资金	万元	469	1%	
(二)	土地及配套工程	万元	10,498	15%	由企业承担
	吨处理能力投资	万元	40.14		
二	总成本费用	万元	8,907	100%	
1、	经营成本	万元	4,523	51%	占总成本的比重
	外购原材料、燃料、动力	万元	1,050	23%	占经营成本的比重
	三废处理费	万元	900	20%	
	工资福利	万元	490	11%	
	修理费	万元	1,554	34%	
	其他费用	万元	530	12%	
2、	折旧费	万元	3,248	36%	占总成本的比重
3、	摊销费用	万元	152	2%	占总成本的比重
4、	财务费用（利息支出）	万元	984	11%	占总成本的比重
5、	单位总成本	元/吨	137		
6、	单位经营成本	元/吨	70		
三、	经营收入	万元	15,161		
1、	垃圾处理费收入	万元	3,768	25%	占总收入的比重
	吨垃圾处理费单价	元/吨	58		
2、	售电收入(0.583元/度)	万元	11,393	75%	
	售电量	万度	19,683		
	吨垃圾电量	度	302.81		
3、	其他收入	万元			
4、	单位收入	元/吨	233		
五、	营业税金及附加	万元	120		
六、	营业利润	万元	6,134		
七、	所得税	万元	1,395		
八、	净利润	万元	4,514		

九、	单位利润	元/吨	69		
十、	内部收益率	%	9.62%		
	财务净现值	万元	12,578		
	投资回收期	年	11		

### 3.1 建设投资

按照目前普遍实行的特许经营模式，垃圾焚烧发电项目由投资商负责建设、运营，但是在主设备选择和排放标准方面受政府的直接指导和干预，往往需要按照政府主管部门的建设标准和要求进行相应的设备配置。在 1000 吨以上的项目中，进口炉排炉成为主要选择。

### 3.2 收入

垃圾焚烧发电项目的主要收入是电费收入和垃圾处理费收入，其中电费收入来自电网企业，占收入的 50-70%，发电量和售电价格成为影响项目经济性的最主要因素；垃圾处理费来自地方政府，在 BOT 项目中，通常是按预期的电费收入、运营成本、设备折旧、特许经营期、合理收益率（8%-10%）等相关因素推导出的垃圾处理费价格，并受到地方政府财政负担水平的限制。

### 3.3 成本、费用、税金

在垃圾焚烧发电项目的总成本费用中，折旧、三废（灰、渣、渗滤液）处理、修理费是主要项目，折旧费用占 30%以上，三废处理费占 20%左右，修理费用占 30%左右。人工费用约占 10%，财务费用约占 10%。

### 3.4 收益率

在项目的投标和谈判预期中，投资商和政府普遍接受按照 8-10%的内部收益率进行测算，在实际运营中，由于项目建设水平、运营管理水平、标准和监管等诸多原因，往往在盈利能力上存在较大差异。

### 3.5 调整因素

由于电价、物价水平、环保要求、垃圾品质等相关因素的作用，在项目运营期间，会发生垃圾处理费价格调整的情况，以保证项目合理的收益水平。

## 4. 项目反映出的问题

在项目调研过程中，通过座谈交流，项目管理人员反映的影响企业运营的主要问题有：

- 1) 由于垃圾在入厂前没有进行彻底的分类，导致入炉垃圾的成分复杂，甚至含有不宜焚烧处理的物质，为安全生产和环保排放带来隐患。
- 2) 垃圾发电的整体标准化程度低，导致从设计、安装、备品备件和耗材供应、检修、运行工况、指标评价等各方面存在成本较高、随意性强、欠完善等状况。
- 3) 行业交流少，企业管理水平差异大。
- 4) 安全管理的空白亟待解决，针对垃圾焚烧发电安全风险的认识不足，措施缺乏。

- 5) 没有目前行业没有规范统一的教材和课程，没有具备条件的培训机构，企业的人员培训基本由企业自行进行，成本高，效果无法保证。由于新项目的密集上马，行业内人员短缺、流动频繁成为影响安全生产的突出问题。
- 6) 项目在建设期间，项目对电网公司的电力接入系统的审批、设计、建设、验收、并网以及电力工程质量监督各环节的要求和程序不够了解，沟通滞后，成为影响项目及时投产的常见原因。

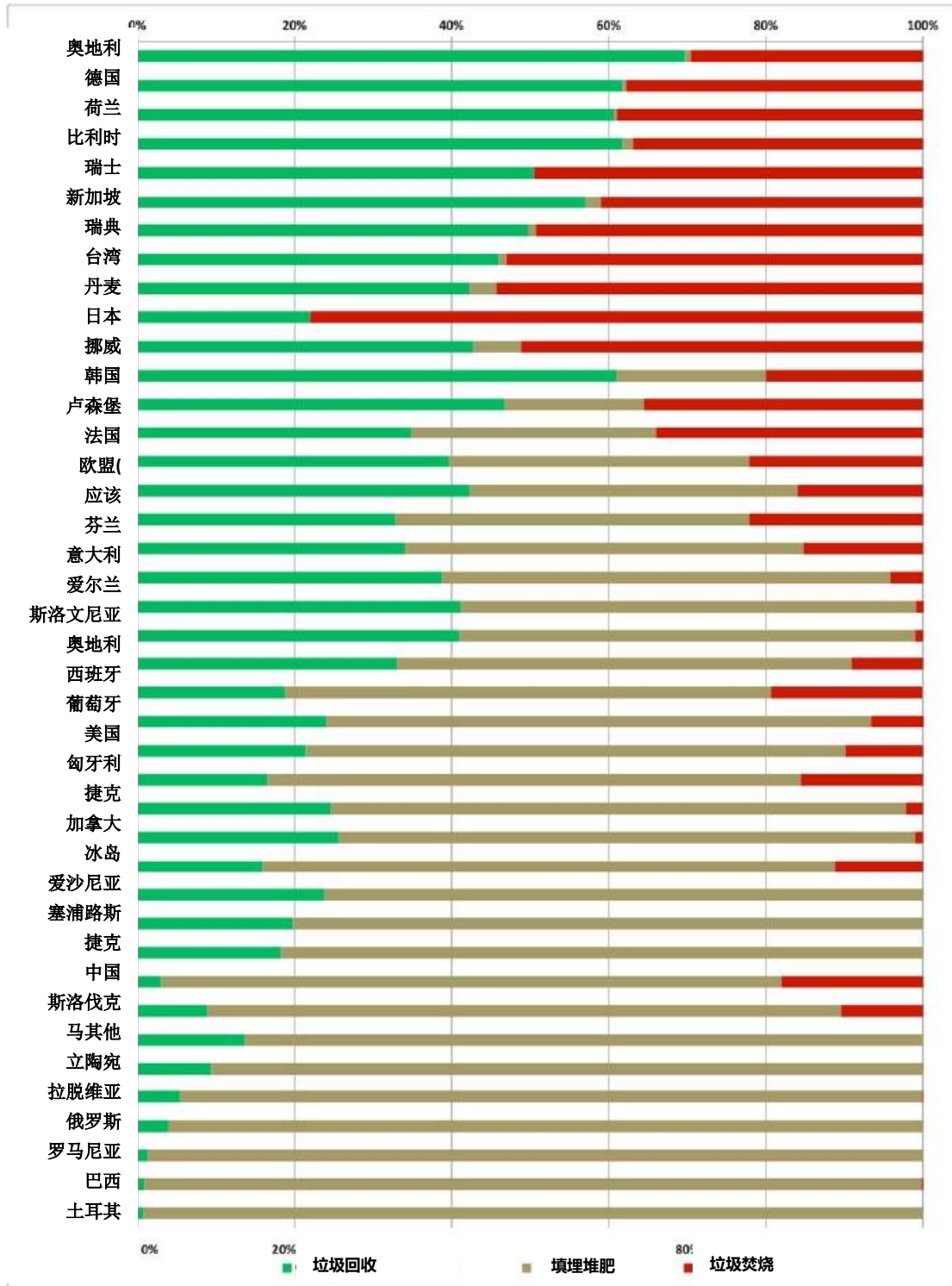
## 第三部分：垃圾发电国际经验报告

1. 发展格局.....	44
2. 行业政策.....	51
3. 主流技术.....	53
4. 排放标准.....	60
5. 安全管理.....	63
6. 经营模式.....	64
7. 成本收益.....	64
8. 行业组织.....	67
9. 公众舆论.....	67
10. 典型案例.....	68
11. 政策参考建议.....	72

## 1. 发展格局

### 全球

全世界共有生活垃圾焚烧厂 2100 多座，其中生活垃圾焚烧发电厂约 1000 座；总焚烧处理能力约 62 万吨/日，年生活垃圾焚烧量约为 2 亿吨（CEWEP，2006）。依据 2013 年最新数据，垃圾焚烧处置比例最高的国家是日本；丹麦、挪威、瑞士、瑞典、荷兰为欧洲焚烧处置比例最高的五个国家；中国台湾地区与新加坡的垃圾处置比例也非常高（40~50%）。2012 年，垃圾焚烧发电/供热的全球市场价值为 240 亿美元。

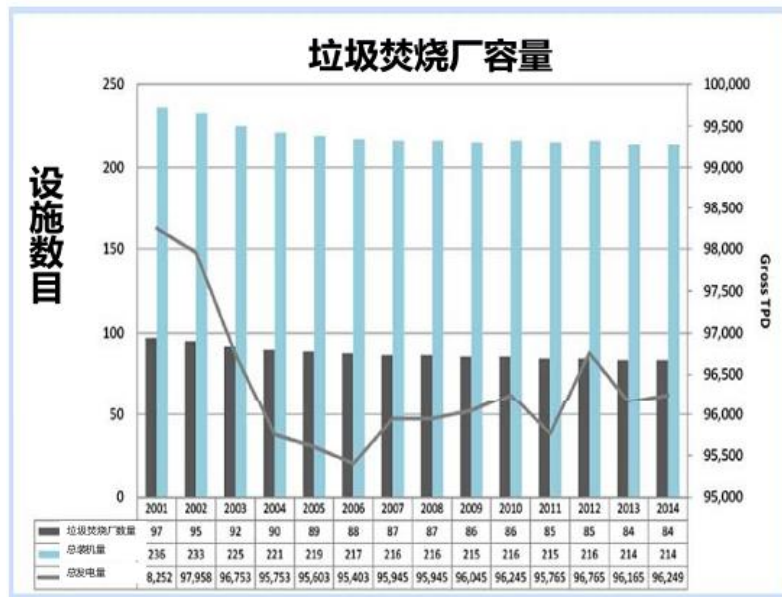


图： 各国垃圾处置方式比例  
来源： 基于 2013 年数据整理

### 美国

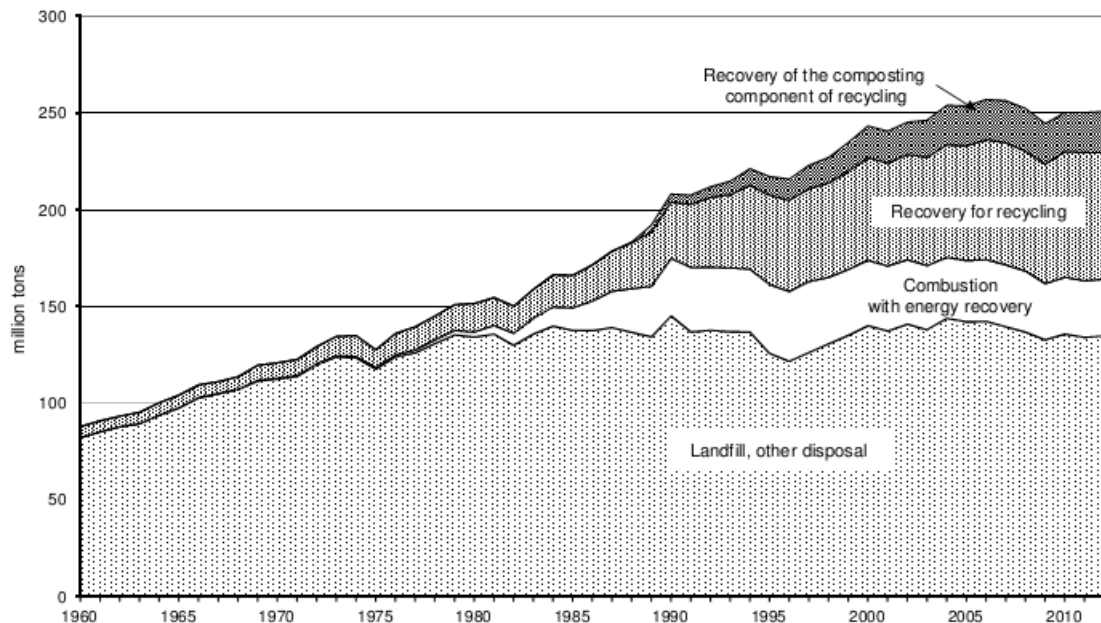
垃圾发电行业在美国的发展比不上欧洲国家，焚烧处置的比例也并未占很大比例，2013 年数据表明，7.6%的垃圾被用作发电，63.5%被填埋，29%的垃圾被回收。到 2014 年，美国 23 个州建有 84 所垃圾发电厂，每天要处理超过 9.6 万吨的垃圾，并发电 2,769 兆瓦时。

每年消纳垃圾的同时销售超过 1450 万兆瓦时电量到电网，并额外回收 73 万吨有色金属；此外，部分电厂还可以蒸汽供热。



图：美国垃圾发电行业规模

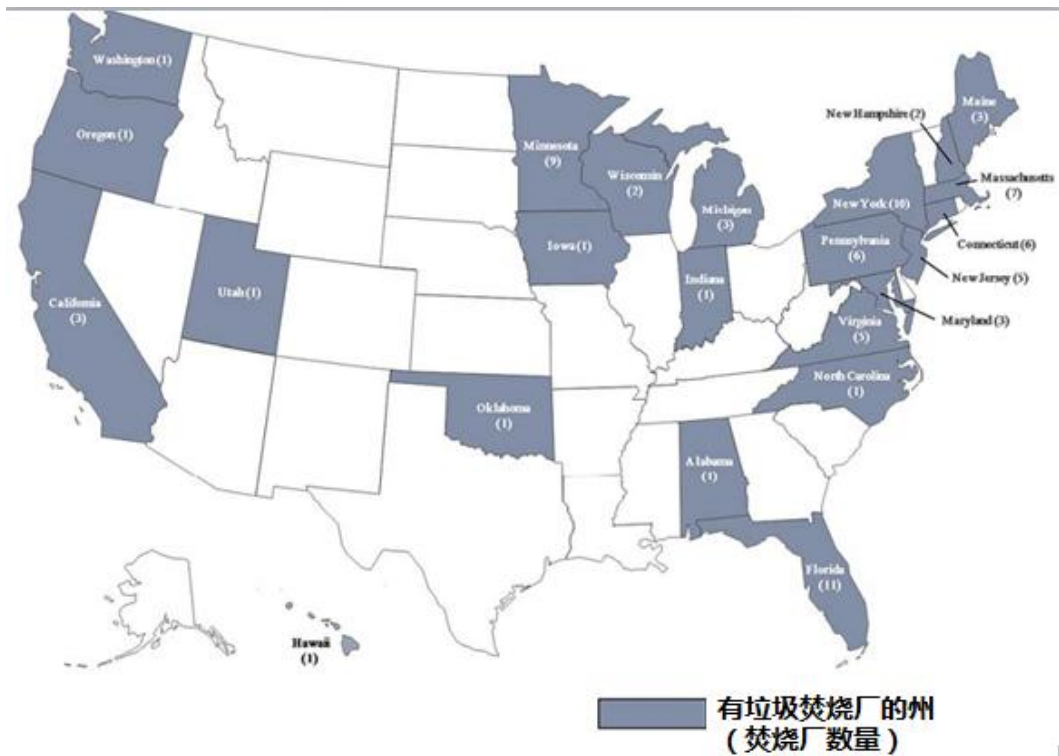
来源: 2014 ERC Directory of Waste-To-Energy Facilities by Ted Michaels



图：美国垃圾处置方式占比

来源: Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States, Tables and Figures for 2012, USEPA

在过去 15 年间，美国的垃圾发电厂数量和总装机量、发电量变化不太，呈现出稳中略降的趋势。美国的垃圾焚烧发电厂主要集中在东部地区，垃圾焚烧产业规模最大的是佛罗里达州，有 11 家垃圾焚烧发电厂。而“地广人稀”的中部各州均没有兴建垃圾焚烧发电厂。



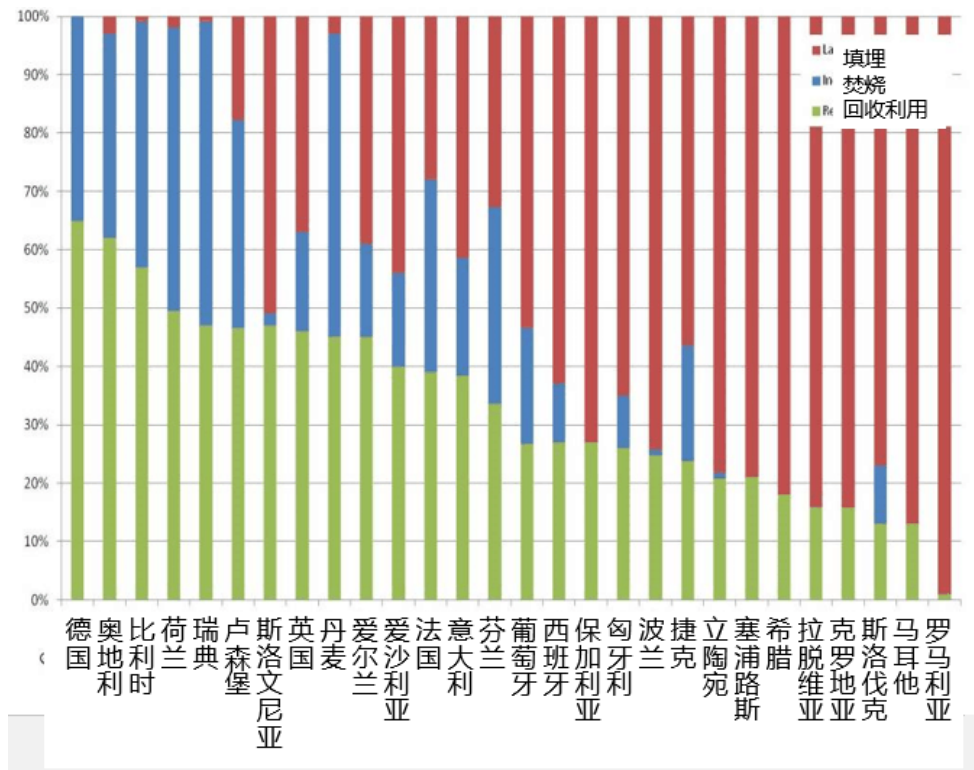
图：美国垃圾发电厂分布

来源：2014 ERC Directory of Waste-To-Energy Facilities by Ted Michaels

## 欧洲

丹麦、挪威、瑞士、瑞典、荷兰、德国均为欧洲焚烧处置比例很高的五个国家，装机容量也较大。值得一提的是，德国的垃圾回收利用率最高，并且实现了 0 填埋。





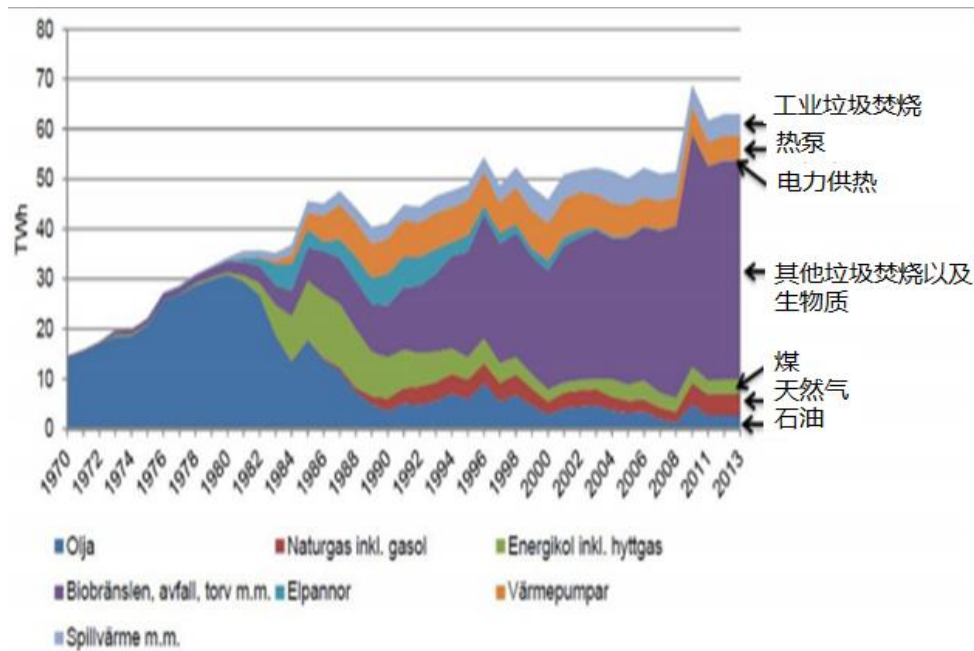
图：欧洲各国垃圾处置比例（2013）

来源：根据 2013 年数据处理

## 瑞典

瑞典是世界上拥有最高的垃圾回收率的国家之一，接近 50% 的垃圾被回收利用（13% 被堆肥，35% 被回收）。不足 2% 的垃圾被填埋，而剩余的 48% 通过焚烧被转换成能量（电、热）。

瑞典是从废弃物中回收能源的全球领导者，2009 年 48% 的生活垃圾被转化成能量，在 10 年间增长了 10%（1999 年为 39%）。垃圾焚烧发电与供热是瑞典成本最低的能源利用方式，瑞典鼓励并继续增加垃圾发电容量，并不断自行关闭的化石燃料发电厂，共有 32 家垃圾焚烧发电厂，每年可消纳市政垃圾 2,173,000 吨，工业垃圾 2,497,830 吨，产能 13.9 TWh，其中 12.3 TWh 用于供热（可再生能源占供热能耗 90%），1.6 TWh 用于发电，可满足该国 2.45% 的能源需求。



图：不同能源类型在瑞典集中供热中所占比例

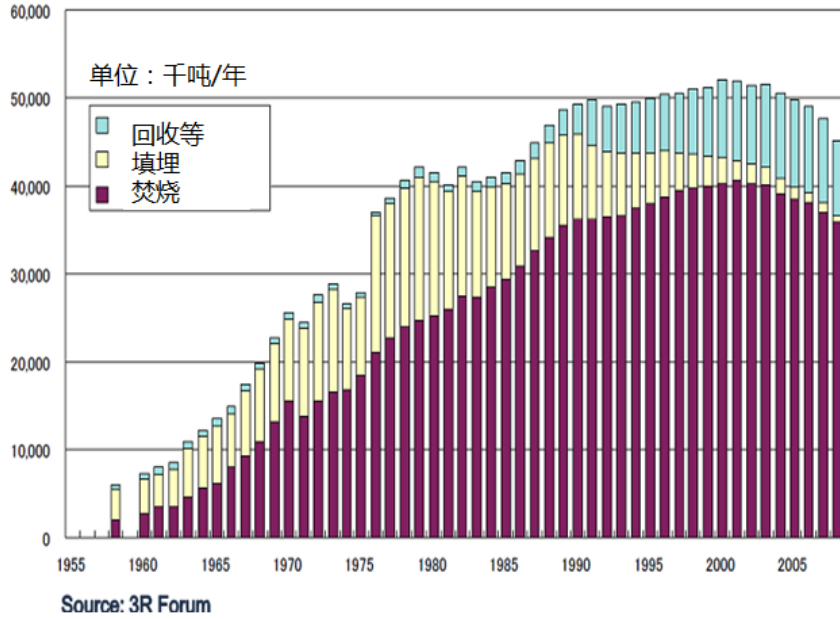
来源：<http://wastebiorefining.blogspot.com/2011/08/district-heat-major-advantage-of.html>

## 丹麦

丹麦 1903 年开始就以焚烧方式处置垃圾，或许是第一个考虑垃圾综合能源利用的国家，该国有欧洲垃圾焚烧发电的最佳案例。丹麦居民环境意识很高，多年以来垃圾填埋被认为是不能接受的垃圾处置方式。垃圾焚烧厂往往建造在人口最密集的市中心区域，以便产生的电力能够直接被居民利用以减少损耗，所产热能也直接接入集中供热系统。丹麦建成了 32 家垃圾焚烧厂，并有 4 家在建，年处理量 290 万吨。其中 30 家都是热电联产的垃圾焚烧厂。

## 日本

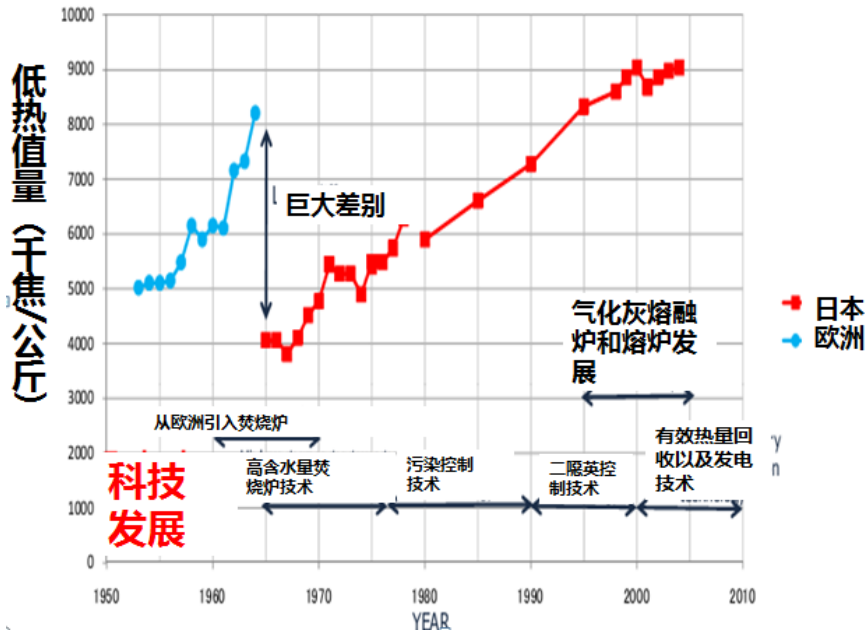
日本是世界上垃圾焚烧发电装机量最大的国家，主要原因就是该国的土地紧缺。日本上世纪 60 年代开始大力发展垃圾焚烧厂，截止 2012 财年统计显示，日本的垃圾焚烧发电厂多达 1188 座，其中 314 处有发电设备，780 处有余热利用设备。



图：日本垃圾处置方式占比

来源： *Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan by Ministry of Environment, 2013*

日本垃圾焚烧厂的快速发展得益于垃圾热值的不断提高，日本垃圾平均热值约为 2,000kcal/kg（千卡）。

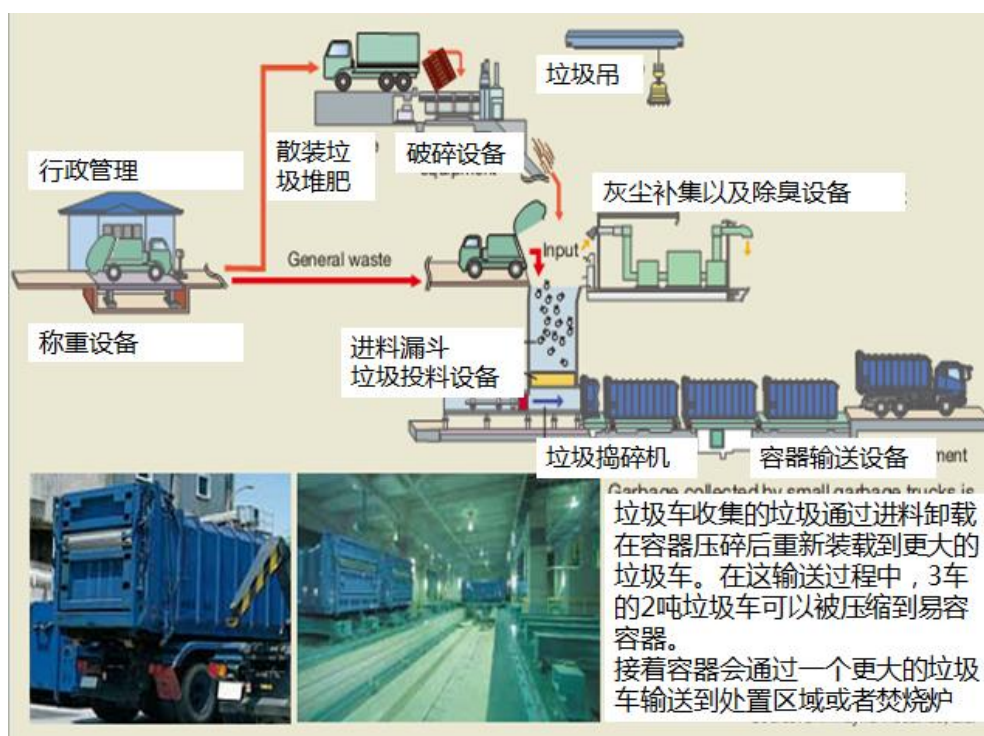


图：垃圾热值变化趋势

来源： *Municipal Solid Waste Management and Waste-To-Energy in the US, China and Japan, Nickolas J. Themelis, Charles Mussche.2013*

日本实行分类处理垃圾，注重垃圾发电和热能利用。根据日本废弃物处理法，对废弃物

进行分类处理：一是以家庭垃圾为主的“一般废弃物”在各市町村内处理，市町村有义务制定和实施处理计划，市町村自己处理或废弃物处理业者受市町村委托进行处理并完成填埋等最终处置。二是伴随各种产业活动从工厂、事务所等排出的“产业废弃物”原则上由工厂等机构自行处理。在委托第三方处理时，必须委托给得到都道府县知事认可的处理业者。从整个废弃物处理的流程看，针对废弃物收集搬运、中间处理、最终处置一系列环节，都道府县知事都负有管理的责任。都道府县必须制定产废处理计划、按照处理准入标准及委托准入标准对企事业者或受企事业者委托的产废处理业者进行监督指导。日本产业废弃物处理业实现了现代化管理，具备健全的市场机制，资源化率高（乔胜利，2013）。



图：垃圾收运过程处理

来源：Municipal Solid Waste Management and Waste-To-Energy in the US, China and Japan, Nickolas, J. Themelis, Charles Mussche.2013

## 2. 行业政策

### 美国

1987年国会通过了公用事业管制政策法（PURPA），包括垃圾发电在内的II类电厂电费的价格必须等于或高于发电成本。这样一来，垃圾发电厂获得了较高的价格。31个州、哥伦比亚特区和两个地区的法律和法规认定垃圾焚烧发电为可再生能源，因而还享有可再生能源组合标准的鼓励性措施。美国与垃圾发电行业相关的政策法规如下所示：

- 2012年美国减税法案
- 美国复苏和2009年的再投资法案
- 2008年紧急经济稳定法案
- 2005年206能源政策法案减免税和医疗保健法案
- 2004年美国就业机会创造法案
- 生物质能的研究和2000年发展法
- 1978年公用事业管制政策法（PURPA）
- 联邦电力法
- 太平洋西北地区电力规划和13514
- 对能源管理的联邦领导总统备忘录（13年12月5日）
- 美国联邦能源监管委员会的规定

## 欧洲

欧盟于 2008 年 10 月通过了《废弃物框架指令》(WFD)，并列出了垃圾处理各个方面所可能采取的方式。能源回收列于 WFD 附件 II 回收方式第 1 项；处理处置列于 WFD 附件 I 处置方式第 10 项。

在欧洲，环境法加速了焚烧垃圾发电厂的发展，欧盟严格限制新填埋场的修建。欧盟于 2001 年 9 月颁布的 2001/77/CE 指令和法国于 2005 年 7 月颁布的 Loide programmen 2005-781 均将垃圾中的生物质（可生物降解部分）产生的能源（电、热）纳入可再生能源范畴，这部分生物质相当于垃圾能源的 50%，如法国生活垃圾中非化石碳含量为 57%。

欧盟国家（以瑞典为例）一系列的几个激励政策包括：

### ● 碳税“优惠”

瑞典能源相关的公司目前受碳税和欧盟排放交易体系（EU ETS）的双重影响。然而，垃圾焚烧发电企业不纳入排放交易体系，因此只收到碳税的影响。2007 年，碳税为每吨二氧化碳 930 瑞典克朗（约合 140 美元）。在瑞典家庭垃圾中的碳含量被假定为按重量计 12.6%，比化石燃料更少。因此，虽然在瑞典家庭废弃物被实际上征税，但征税率显著小于化石燃料。

### ● 受鼓励的垃圾处理方式

由于瑞典国家面积小，寸土寸金，因而填埋成本非常高昂，这点在欧盟国家都是类似的，垃圾填埋法令实际上非常限制填埋的比重。2006 年，垃圾送到填埋场的处理税收就高达 435 瑞典克朗/吨（目前相当于 72.5 美元）。因而垃圾焚烧厂收取的垃圾处理费也相对很高，2005 年就达到了€135 /吨，约合\$175（2012 年中国济南的垃圾补贴标准是每吨 52.5 元）。

### ● 可再生能源奖励

欧盟将垃圾焚烧发电视为可再生能源，垃圾发电项目有资格获得相应的奖励和项目机会。

- 废弃物管理框架中的优先角色

在 2008 年欧盟废物框架指令，垃圾处置等级为 5 层：（1）预防产生，（2）重复使用，（3）物资回收，（4）其他回收 - 例如能量回收 （5）废弃填埋。

- 可再生能源组合标准

可再生能源组合标准（Renewable portfolio standards ， RPS）强制要求到 2020 年，欧盟能源供应商所供能源中可再生能源比例必须达到 50%。这也激励了包括垃圾焚烧发电在内的可再生能源市场的发育。

- 直接补贴/减税

补贴可以有多种形式，如生产补助和税收减免、低利率/优惠贷款等，或加速折旧免税额。瑞典目前提供生产税收抵免给可再生能源，如风力发电，但垃圾焚烧发电目前还没有生产税收抵免。

### 3. 主流技术

#### 美国

垃圾发电主流技术为垃圾焚烧（Mass Burn, MB），垃圾衍生燃料(Refuse Derived Fuel, RDF)发电较少，仅有 19 家。

#### 欧盟

技术类型	未预处理的生活垃圾	预处理的生活垃圾和RDF	有毒有害废物	污泥	医疗垃圾
往复炉排	<b>广泛应用</b>	<b>广泛应用</b>	一般不用	一般不用	有应用
移动炉排	有应用	有应用	很少应用	一般不用	有应用
摇动炉排	有应用	有应用	很少应用	一般不用	有应用
滚筒炉排	有应用	<b>广泛应用</b>	很少应用	一般不用	有应用
水冷炉排	有应用	有应用	很少应用	一般不用	有应用
炉排+转窑	有应用	一般不用	很少应用	一般不用	有应用
转窑	一般不用	有应用	<b>广泛应用</b>	有应用	<b>广泛应用</b>
转窑+水冷	一般不用	有应用	有应用	有应用	有应用
立式炉	一般不用	一般不用	有应用	一般不用	<b>广泛应用</b>
卧式固定床	一般不用	一般不用	<b>广泛应用</b>	一般不用	有应用
鼓泡流化床	很少应用	有应用	一般不用	有应用	一般不用
循环流化床	很少应用	有应用	一般不用	<b>广泛应用</b>	一般不用
旋流流化床	有应用	有应用	一般不用	有应用	有应用
热解	很少应用	很少应用	很少应用	很少应用	很少应用
气化	很少应用	很少应用	很少应用	很少应用	很少应用

表：垃圾焚烧技术类型

来源：2005 年 8 月欧盟公布的欧洲污染综合防治局（European IPPC Bureau）研究报告



## 丹麦

丹麦在垃圾发电供热管道设计和技术上有世界领先水平，能够将热能长距离输送（100KM 以上），供应大面积区域，同时热力损耗微乎其微。丹麦的供热商有 400 多家，其中 350 私人所有但是规模较小，50 家供热企业为市政运营，覆盖了 60% 的供热。主要市场份额被 Vølund（50% 以上）及 BS/Krüger (now Vølund, 约三分之一) 占据，近年来瑞士 ABB W+E (today part of the German company of Martin) 和德国 Steinmüller/Babcock Borsig Power Environment (now Fisia Babcock Environment) 也进入了丹麦市场。热电联产的垃圾焚烧厂需要安装蒸汽锅炉，该类型技术厂家包括 Vølund, Aalborg Industries, 蒸汽参数为 40 bar, 400°C。涡轮机供应商为 ABB（今西门子），British W. H. Allen (停产) 以及 GermanB+V Industrietechnik。<sup>3</sup>

丹麦新建的四座垃圾焚烧厂均采取了目前最佳可得技术，满足欧盟垃圾焚烧厂的排放标准，分别为 I/S Vestforbrænding's unit 5, I/S REFA's unit 3, Svendborg CHP Plant and I/S Reno-Nord's unit 4。其中 I/S Vestforbrænding 焚烧厂是丹麦最大规模的，5 期建成后规模达到 26 t/h, 该企业是丹麦首个采取 SNCR 脱硝技术的，也是首个采取石灰石湿法 (limestone scrubber) 脱硫技术的。Svendborg CHP Plantas 是在 Scandinavia 地区首个采用湿法分离再次加热烟气的厂，为了去除二噁英，袋式过滤装置中烟气温度可达 100°C (the dioxins are separated in bag house filters, i.e. at a flue gas temperature of more than 100°C)。

---

<sup>3</sup> 来源: ENERGY FROM WASTE A WASTED OPPORTUNITY? By Institute of Mechanical Engineers

## 丹麦最近成立的四个垃圾焚烧供热和发电工厂数据

工厂	Vestforbrænding Unit 5	REFA Unit 3	Svendborg CHP Plant	Reno-Nord Unit 4
投产日期	1998	1999	1999	2005
容量	26 t/h	9 t/h	6 t/h	20 t/h
顾问	RSV*	Rambøll	Rambøll	Rambøll
炉排	Vølund	Vølund	Vølund	BS W (Vølund)
蒸汽压力	52 bar	40 bar	50 bar	50 bar
蒸汽温度	380°C	400°C	400°C	425°C
蒸汽生产	28.67 kg/s	9.7 kg/s	6.54 kg/s	22.12 kg/s
蒸汽锅炉	4.0 kg/kg waste	3.9 kg/kg waste	3.9 kg/kg waste	4.0 kg/kg waste
发电生产	Allen	Allen	ABB	BV Industrietechn.
静电除尘器	17 MW	6.7 MW	4.5 MW	17.5 MW
烟气再循环	FLS miljø	no	Rotemühle	Alstom
DeNOx过程	有	没有	有	没有
烟气处理	SNCR	至今没有	至今没有	SNCR
供应商	湿法	半干	湿法	湿法
脱硫	ABB	FLS miljø	LAB	LAB
石膏生产	CaCO <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub> **	NaOH	CaCO <sub>3</sub>
烟气冷却	yes	not relevant	no	yes
二噁英过滤	no	no	no	yes
吸附剂焚烧	baghouse filter	baghouse filter**	Scrubber	Scrubber
热效率	有	不相关	有	有
电效率	86.7%	86.9%	87.9%	98.0%
	19.6%	22.3%	22.5%	26.9%

表：丹麦新扩建四家电厂详情

来源：ENERGY FROM WASTE A WASTED OPPORTUNITY? By Institute of Mechanical Engineers

Vestforbrænding 发电厂的各种污染物排放水平都低于欧盟严格的空气和水排放标准。在焚化过程最后，萃取后获得的酸、重金属和石膏被卖给工厂用作生产或建筑原料。少量高浓缩的有毒物质被运送到挪威海峡或德国盐矿专门存储高危险品的仓库。

## 日本

日本一直都是热电技术的领军国家，垃圾焚烧量为 400 万吨，84%采用了炉排工艺。

工艺介绍：

炉排炉，流化床炉以及热解气化炉均是以利用资源与炉灰渣再利用为目的所造的炉排。其中炉排炉占垃圾焚烧炉排市场 70%，而基于该炉型的改进进展发展特别迅速。

	工厂数目	所有工厂吨/每天	平均每厂的吨/天	占日本垃圾焚烧厂容量
三菱-马丁逆推炉排	66	715,00	1083	62%
JFE VOLUND	54	10,100	183	9%

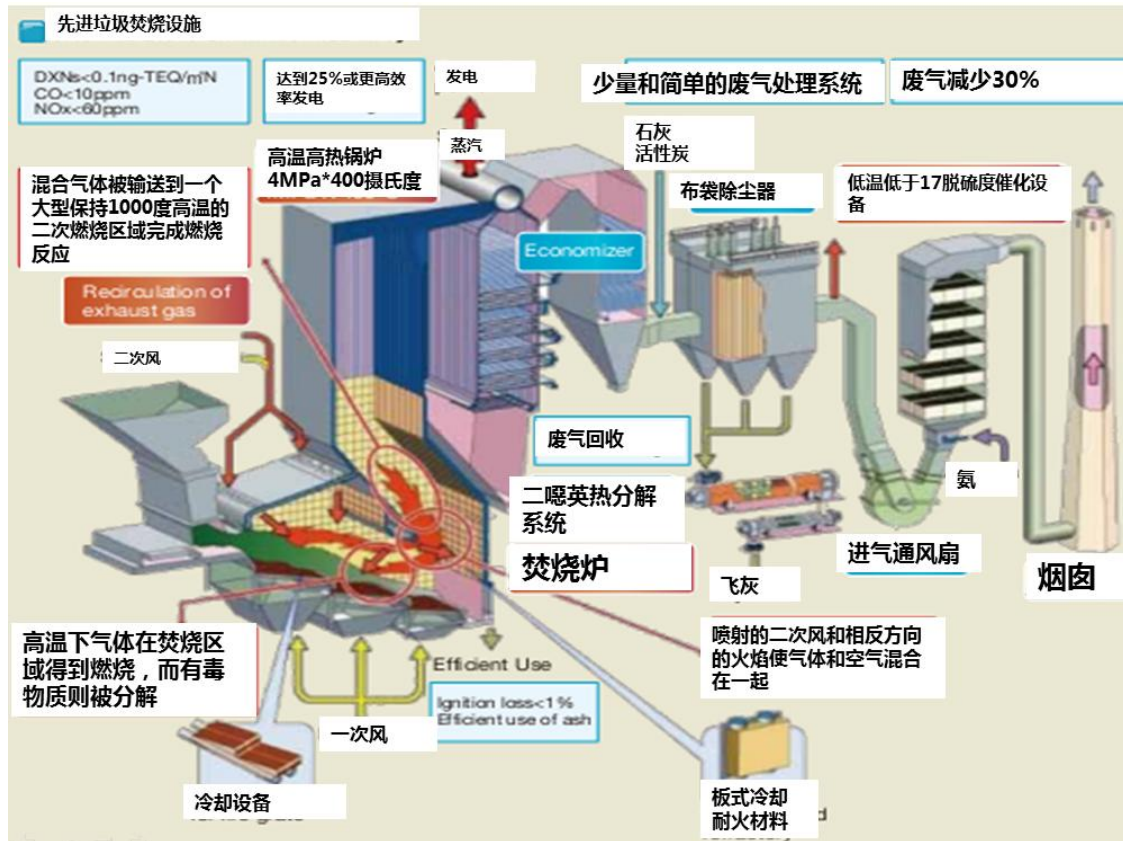


马丁 Horizontal	14	7,454	532	7%
Nippon 钢铁	28	6,200	221	5%
JFE Hyper Stoker	17	4,700	276	4%
Rotary Kiln	15	2,500	167	2%
JFE 电解气化	7	1,980	283	2%
其他流化床炉	15	1,800	120	2%
EBARA 流化床	8	1,700	213	1%
JFE 直接熔炉	14	1,700	121	1%
HITACHI ZOSEN	8	1,380	173	1%
JFE 流化床	9	1,380	144	1%
所有其他直接熔炉	9	900	100	1%
Fisia	3	710	237	1%
Babcock&Wikox	43	690	16	1%
总计	310	114.614		
总吨数/年(330 天)		37.822		

表：日本垃圾焚烧发电厂的技术类型

来源: *Municipal Solid Waste Management and Waste-To-Energy in the US, China and Japan*, Nickolas, J. Themelis, Charles Mussche.2013

而在今天，高水平环境保护技术正在被引入于高效率发电和相关安全操作中，如自动焚化设备和自动式起重机的技术也在发展中。另外，日本也在积累处理具多样性包括低热值到高热值垃圾的焚烧经验（尽管垃圾焚烧低热值情况一般存在于焚烧设备初级发展阶段）。这种经验和技能可以应用于亚洲不同地区的不同情况。最新的炉排炉技术通过低气压燃烧以达到高效发电，这种技术被普遍应用在日本地区。下图显示了一个最新技术例子：一个具有高强度污染防治和高效率的发电容量的设备。



来源：日本环境省 2012

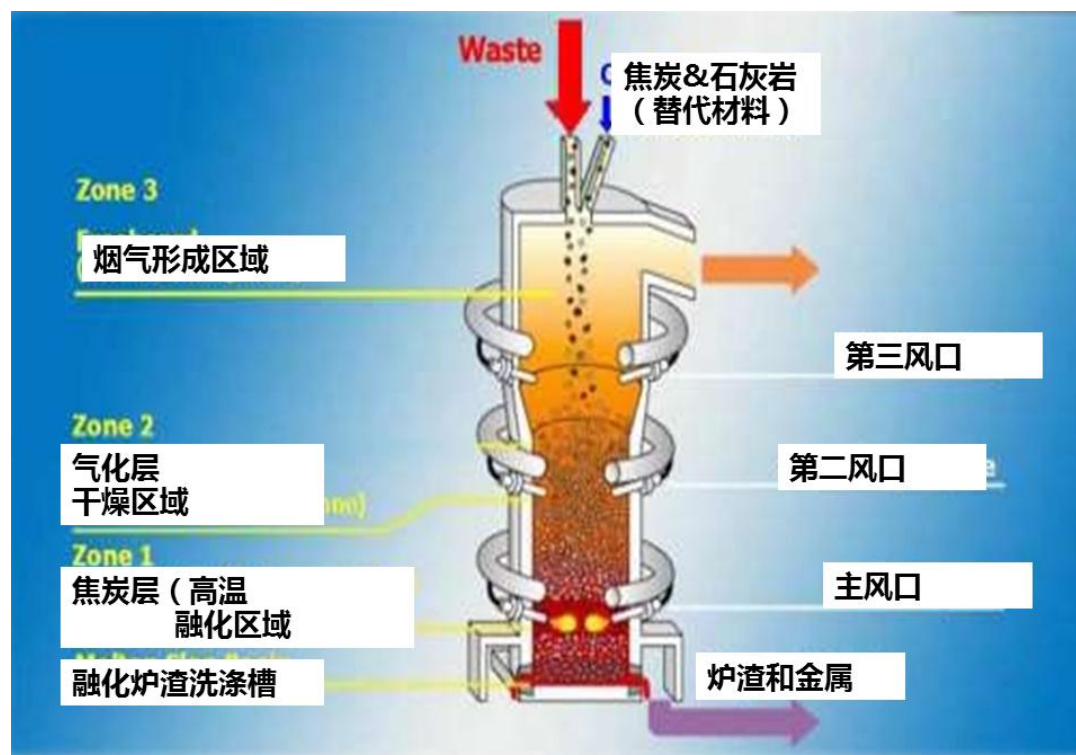
## JFE 直接熔炼过程工艺

JFE 直接熔炼反应器类似于一个小铁高炉，其中投料通过顶部的竖井进入。几个直接熔炼垃圾焚烧厂也是由 JFE 建造，同样类似地还有日新（NIPPON）钢铁公司。垃圾被切碎和转换为垃圾衍生燃料后在回转窑干燥有机馏分，该产物在压力下挤压成 20 毫米长 15 毫米直径的圆柱状颗粒长。在几个垃圾衍生燃料设施所产生的材料被输送到一个区域性用于燃烧和能量回收的直接熔炼工厂。例如，福山直接熔炼厂由七个垃圾衍生燃料设施提供材料。它们位于 DS 机构服务的直辖市。

垃圾衍生燃料是通过竖炉顶部上的螺旋形进料装置供给。进料通过炉子下降被气化而无机成分被熔化成炉渣和金属分接在轴底部。与传统的垃圾焚烧厂一样，气体产物在邻接的锅炉燃烧后产生的蒸汽被用于蒸汽轮机发电。空气通过位于沿轴的一次、二次和三次风被引入焚烧炉。为了达到能产生融化炉渣和金属所需的高温，靠近轴底部的一次风会被浓缩至约 30% 的氧气。

该 rdf-ds 组合可以处理多达 65% 含水量的城市生活垃圾（通常允许范围为 40-50%），其中在干燥窑可以减少 5%-6% 水分。这方法需要加入焦炭（大约 5% 的垃圾衍生燃料），它是随着轴顶部的垃圾衍生燃料和足够的石灰以在炉底部形成流体炉渣。该 JFE 工艺过程中产生的被有效利用的炉渣和金属球（10% 的垃圾衍生燃料）以及具挥发性的飞灰（2% 的

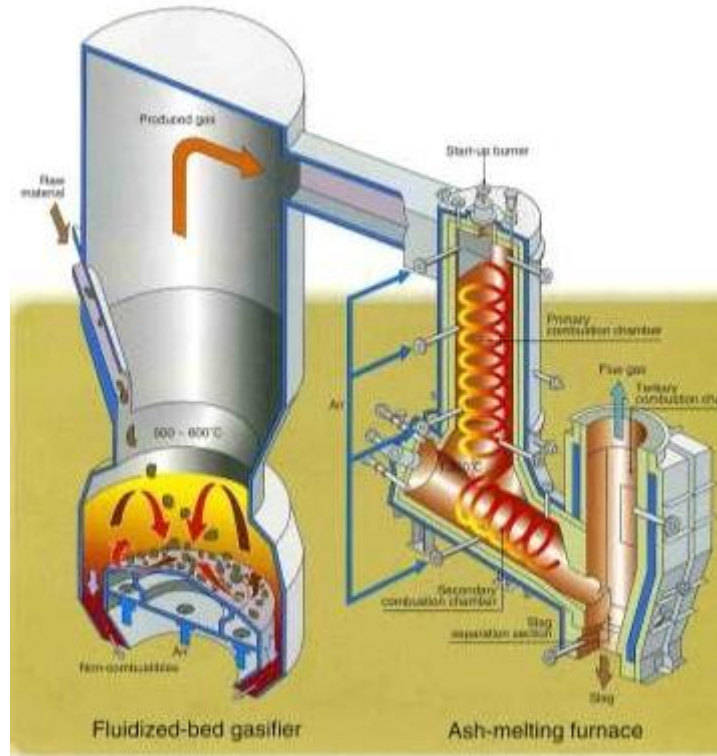
垃圾衍生燃料)会被填埋。锅炉中的炉渣和金属在水槽淬火以形成金属和炉渣的小球形颗粒。但是，用于炼钢，金属部分铜含量明显太高，而用于铜的冶炼，其含量也太低显然不适合；所以它还是主要应用作起重机平衡物和其他船舱压舱物。



来源: *High Energy Efficiency Thermal WtE Plant for MSW Recycling JFE High-Temperature Gasifying and Direct Melting Furnace*, Dipl.-Ing. Shinnosuke Nagayama, 2013

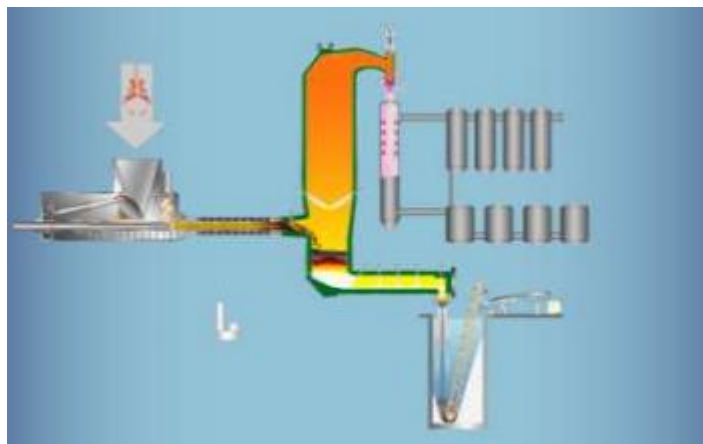
### 荏原 (Ebara) 流化床处理

荏原工艺过程由在流化床二燃室部分燃烧和垃圾切碎两部分组成。在流化床反应器中产生的气体燃烧产生的温度高达  $1.350^{\circ}\text{C}$ ，从而使灰烬玻璃化成炉渣，其中没有氧气富集。荏原工艺的最大应用是西班牙一个 900 吨/日负荷的垃圾焚烧厂。从流化床溢出的灰烬与从反应器中流化所用的砂分离。分离是利用一个带有 3-4 毫米开孔的倾斜振动筛进行。其中砂颗粒可以通过振动筛而玻璃和金属颗粒不能通过振动筛，从而达到分离。在日本，底灰不能用于道路施工等途径，因此底灰必须融化成渣质至最终固体产物。应用荏原工艺的西班牙垃圾焚烧厂每吨垃圾衍生燃料约净生产 560 千瓦时。



### 热选气化熔融过程

日本 JFE 钢铁公司经营许多工厂，包括炉排燃烧工厂、上述的 JFE 直接冶炼工厂以及七个 JFE 热解气化厂。这些工厂每天总容量达到 2 千吨。热解气化炉中产生的合成气被用在燃气锅炉机和发动机前需要淬火和清洗。每吨城市固体废弃物的处理气体量比传统炉排燃烧气体量低很多。然而，清洁还原性气体比燃烧过程产生气体更为复杂。同时，热选过程中会使用部分电力，这些电力被用于提供部分城市生活垃圾氧化和气化的工业氧生产。人们期望合成气产物在燃气轮机中比传统垃圾焚烧厂中使用蒸汽涡轮机的有更高热燃烧效率。



#### 4. 排放标准

##### 美国

美国环保局颁布实施最佳控制效果技术（Maximum Achievable Control Technology, MACT）法则，要求垃圾发电厂都必须采纳市场上最佳烟气控制技术。并且明确规定垃圾发电排放标准至少需要和其它发电企业一样严格。

特别是 20 世纪 90 年代后，美国环保局颁布实施最佳控制效果技术（Maximum Achievable Control Technology, MACT）法则，要求垃圾发电厂都必须采纳市场上最佳烟气控制技术，导致大部分厂的空气污染控制（Air Pollution Control, APC）系统需要改造。一些小规模的发电厂负担不起昂贵的改造被迫关闭。此外，大环境无害条款（Subtitle D）使得填埋成本更低了，这使得垃圾焚烧发电占处置比例稍有下降。

污染物	欧盟标准	美国标准
	11%氧气干燥情况下(mg/Nm <sup>3</sup> )	
TOC	10	15
HCL	10	29
HF	1	NA
SO <sub>2</sub>	50	61
NO <sub>x</sub>	200	219
Cd	0.05 total	0.008
Cd, Ti		NA
Hg	0.05	0.04
Pb		0.11
Pb, As, Sb, Cr, Cu, Mn, Ni, V	0.5 total	NA
CO	50	89
二噁英和呋喃	0.1 ng/Nm <sup>3</sup> TEQ	9.9 ng total dioxins = 0.1 ngTEQ

表：欧美垃圾焚烧厂污染物排放限值对比

来源：Matt Williams, *Waste-To-Energy Success Factors in Sweden and the US*, 2011

##### 欧盟

欧盟专门制定了《大型燃烧装置大气污染物排放限制指令》（2001/80/EC）和专门针对垃圾焚烧的《废弃物焚烧指令》（WID-2000/76/EC），收紧污染物排放标准，要求焚烧过程必须设有控制污染的设施和复杂的测试仪表，严格监控焚烧过程中的污染物排放。并且针对垃圾焚烧的立法明显严于一般燃烧装置。

由于制定了严格的法规，垃圾焚烧厂不再大量排放二噁英、粉尘和重金属。即使从 1985 年开始垃圾焚烧厂的处理量翻了 1 番，这些法规是的排放量得到了控制。而且，欧盟各国

在进行垃圾焚烧厂设计时，本着以人为本的宗旨，设计值一般低于排放标准限值，在实际运行过程中监测到的值更低于设计值。<sup>4</sup>

年代	烟气污染控制技术	烟尘	HCl	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Hg	PCDD/ PCDF
1900	无	5000	1000	500	300	1000	0.5	
<1970	旋风除尘	500	1000	500	300	1000	0.5	
1970- 1980	静电除尘	100	1000	500	300	500	0.5	
1980- 1990	静电+烟气污染控制 技术	50	100	200	300	100	0.2	10
1990后	最好的烟气污染 控制技术	<10	<10	<50	<100	<10	0.05	<0.1

摘自《Studies In Environmental Science 67 Municipal Solid Waste Incinerator Residues》1997

表：欧洲垃圾焚烧厂烟气排放水平(mg/Nm<sup>3</sup>,PCDD+PCDF 为 TEQ ng/Nm<sup>3</sup>)

来源：欧洲污染综合防治局（European IPPC Bureau）研究报告

## 丹麦

《废弃物焚烧指令》（WID-2000/76/EC）促进了丹麦垃圾焚烧厂工艺的改进。1985年丹麦环保法（Section 36）规定次年所有现役和新建焚烧厂都必须满足排放限值(no. 3/1986)，该限值导则包含了二噁英，1989年丹麦的研究显示当时的排放量为 34g/year TEQ。

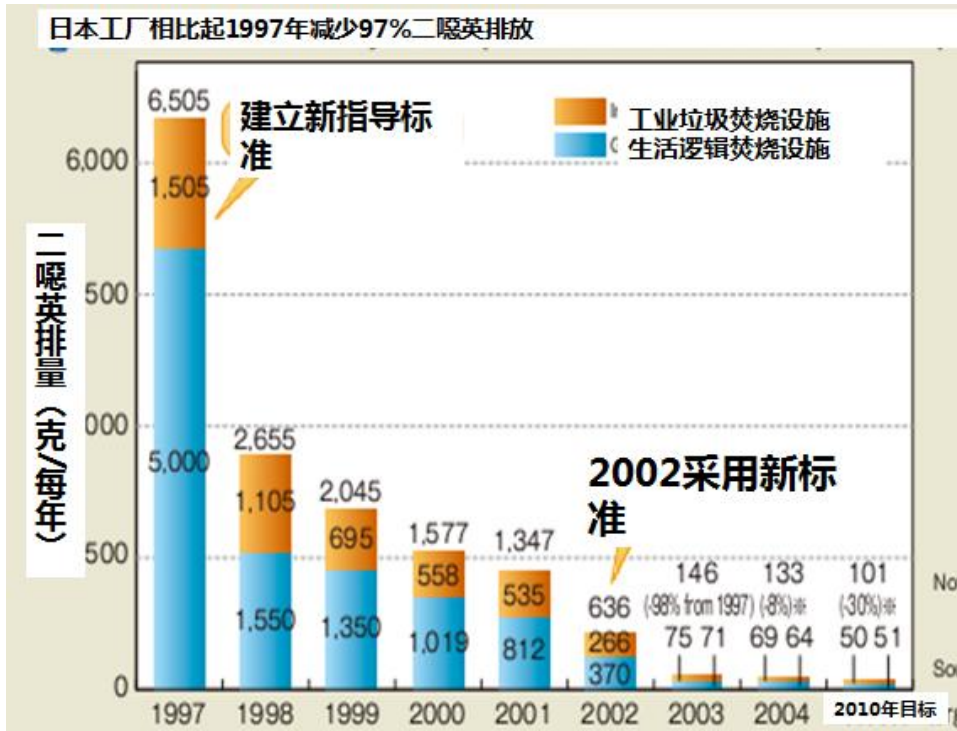
1989年欧洲发布了两项垃圾焚烧厂烟气排放指令，1991年引入丹麦，1993年更新的技术导则要求协同焚烧处理（auxiliary burners），一部分垃圾焚烧厂因为不能达到标准而关闭。丹麦部分焚烧厂采取了豁免政策，仅有 green-field 焚烧厂采用协同焚烧处理技术。

## 日本

日本特别要求飞灰处理，原则上必须融化，以免其中重金属污染水。1997年二噁英标准实施后起到了非常好的效果，2002年新限值进一步减少了排放，相比1997年排放减少了98%。

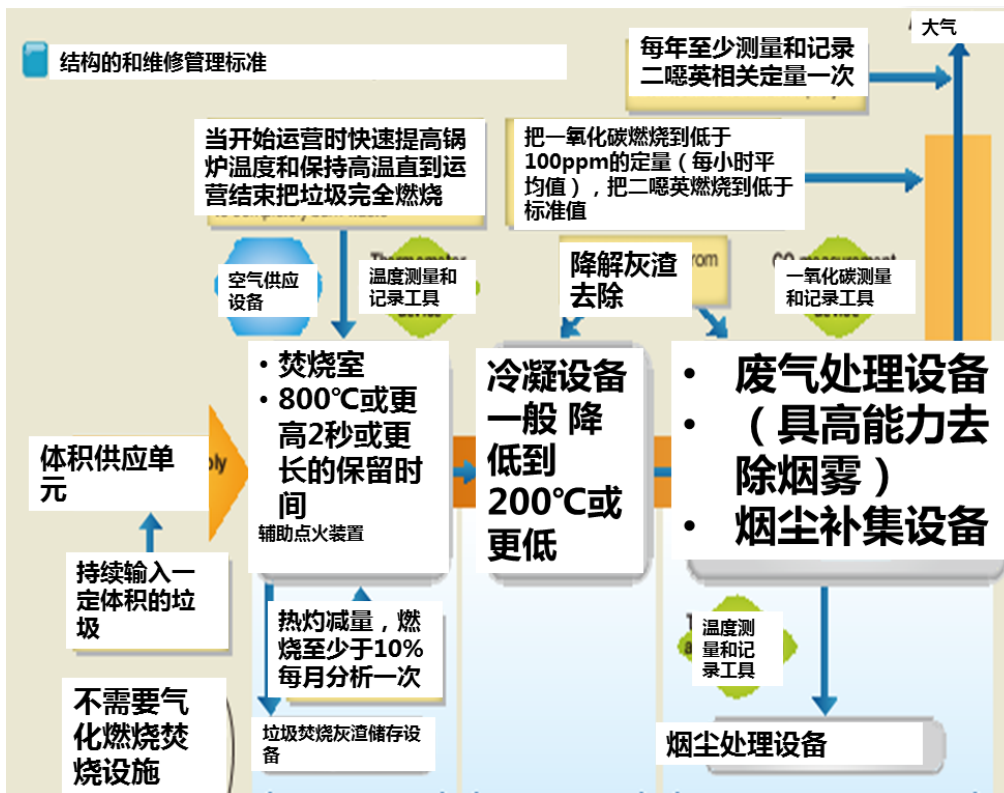
<sup>4</sup> 来源：The Incineration Directive 2000/76/EC (WID-2000/76/EC )  
[http://www.central2013.eu/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Document\\_Centre/OP\\_Rsources/Incineration\\_Directive\\_2000\\_76.pdf](http://www.central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/Document_Centre/OP_Rsources/Incineration_Directive_2000_76.pdf)





图：二噁英排放量趋势

来源：Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan by Ministry of Environment, 2013



图：垃圾焚烧发电厂管理标准

来源：Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan by MOE

## 5. 安全管理

美国职业安全与健康管理局（The Occupational Safety & Health Administration，OSHA）为美国各个行业设置安全标准，以确保员工的安全和健康保护。垃圾发电行业像所有其他工作场所，都必须满足这些严格的标准。该行业的安全管理业绩骄人，他们的健康和安全计划往往超出了法律要求，非常重视制定和实施保护电厂工作人员的安全。

美国职业安全与健康管理局已经将 48 家垃圾发电厂认证为安全之星企业，他们都参与了自愿保护计划（Voluntary Protection Program，VPP）<sup>5</sup>，获得给工地提供全面，成功的安全卫生管理系统的最高荣誉。值得称道的是，在美国仅有不足 0.02% 的工人在获得该认证的场地工作，但垃圾发电行业 57% 的企业均是安全之星。

VPP 计划始于 1982 年，其基础是 1970 年职业安全与健康法案的发布。在实践中，VPP 设置了基于管理安全和卫生系统绩效的标准，企业可以在官方网站申请，由一组 OSHA 的安全和健康专家严格的现场评估，通过后可获得 OSHA 认证。



职业安全与健康标准非常全面和繁复，最常用的十条标准为：

- 1，血源性病原体 - 1910.1030
- 2，危害通讯 - 1910.1200
- 3，呼吸防护 - 1910.134
- 4，职业噪声暴露 - 1910.95
- 5，牵引卡车 - 1910.178
- 6，需要许可的密闭空间 - 1910.146

<sup>5</sup> 关于 VPP 计划：[https://www.osha.gov/dcsp/vpp/all\\_about\\_vpp.html](https://www.osha.gov/dcsp/vpp/all_about_vpp.html)



- 7, 锁定/标记 - 1910.147
- 8, 危险废物作业和应急响应 - 1910.120
- 9, 护卫地面与墙壁开口和孔 - 1910.23
- 10, 个人防护设备 - 1910.132

详见:

[https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search\\_form?p\\_doc\\_type=STANDARDS&p\\_toc\\_level=1&p\\_keyvalue=1910](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=STANDARDS&p_toc_level=1&p_keyvalue=1910)

## 6. 经营模式

### 日本

日本的垃圾焚烧厂主要为市政直接运营，PPP 模式仅仅针对部分设施的托管运营，例如 J-Power。

### 德国

绝大部分垃圾焚烧厂都是来私营企业，不乏一些超大型供能企业的子公司，比如 Eon-Tochter Eon Energy from Waste，该公司去年虽然股权转让了，但是仍然是德国最大的垃圾焚烧处理运营企业，公司网址：

<http://www.eew-energyfromwaste.com/en/startseite.html>

垃圾处理公用事业公司在德国基本上都是私营性质，但是背景不同，有一些是真正的专业企业大公司，但是其中很多都有德国市政（各个城市的 Stadtwerk）的股份，但是一般不涉及运营管理。再就是一部分就是政府部门改制或者分离出来的子公司，但是数量上尤其是在垃圾焚烧处理这种利润很高的行业极少。最近德国跟踪报道关于垃圾焚烧厂超高盈利是否合法的讨论，因为居民垃圾需要交费，垃圾焚烧厂收垃圾免费，相当于燃料免费，只需要运营费用，很多地方的给垃圾焚烧厂补贴费用是其硬性费用的 2~3 倍，扣除其他影响因素，其盈利能力高达 40%。

## 7. 成本收益

### 美国

- 投资成本

垃圾焚烧发电单位投资成本为（以 15MW 为例）为 \$7,000 - \$10,000 / kW.

- 经济收益

垃圾发电厂收入包括：1) 居民支付给垃圾发电厂处理垃圾的费用，平均 \$44 美元/吨，占全部收入的 57%， 2) 电量销售收入（38%）；3) 回收的物资销售收入（5%）。<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> 来源: *US Landfill Tipping Fees Reach New Record, despite Economic Downturn | Solid Waste & Recycling Magazine.* "Solid Waste & Recycling Magazine - Canada's Magazine on

● 行业经济规模

带来经济效益\$56 亿，其中总电量销售收是\$32 亿。 投资回报比例为每投入 1 美元，可收益 1.77 美元。<sup>7</sup>

名	总主营业务收入 (百万美元)	总间接及其引起收 入(百万美元)	总收入(百万美 元)	乘数效应
Alabama	\$28.61	\$18.54	\$47.15	1.65
California	\$74.93	\$64.91	\$139.85	1.87
Connecticut	\$247.88	\$180.17	\$428.04	1.73
Florida	\$575.37	\$422.17	\$997.54	1.73
Hawaii	\$89.00	\$54.41	\$143.41	1.61
Indiana	\$41.48	\$33.44	\$74.93	1.81
Iowa*	\$4.83	\$2.49	\$7.32	1.52
Maine	\$87.54	\$59.06	\$146.59	1.67
Maryland	\$109.38	\$73.65	\$183.04	1.67
Massachusetts	\$329.49	\$262.15	\$591.64	1.80
Michigan	\$108.12	\$77.27	\$185.38	1.71
Minnesota	\$111.25	\$81.86	\$193.11	1.74
New Hampshire	\$20.21	\$17.25	\$37.46	1.85
New Jersey	\$266.86	\$230.07	\$496.92	1.86
New York	\$421.71	\$305.15	\$726.86	1.72
Oklahoma	\$11.44	\$9.25	\$20.69	1.81
Oregon	\$18.12	\$13.73	\$31.85	1.76
Pennsylvania	\$299.84	\$286.29	\$586.13	1.95
Utah	\$5.07	\$4.55	\$9.62	1.90
Virginia	\$236.92	\$186.75	\$423.67	1.79
Washington	\$41.41	\$33.48	\$74.89	1.81
Wisconsin	\$9.22	\$6.55	\$15.77	1.71
总计	\$3,138.66	\$2,423.20	\$5,561.87	1.77

表：美国各州垃圾焚烧厂社会经济收益

来源：[http://www.forfas.ie/media/forfas060613\\_waste\\_benchmarking\\_report.pdf](http://www.forfas.ie/media/forfas060613_waste_benchmarking_report.pdf)

瑞典

由于瑞典国家面积小，寸土寸金，因而填埋成本非常高昂。相应垃圾处理费也相对很高，2005 年就达到了€135 /吨，约合\$175（2012 年中国济南的垃圾补贴标准是每吨 52.5 元）。瑞典垃圾焚烧厂通常为热点联产并以集中供热（该国为北欧高寒国家），供热收益为电厂全年总收入的 40%-50%。供电与垃圾处理费各自占大约 25% 的收入。<sup>8</sup>

德国

德国有关于垃圾焚烧厂超高盈利是否合法的讨论，因为居民垃圾需要交费，垃圾焚烧厂收垃圾免费，相当于燃料免费，只需要运营费用，很多地方的给垃圾焚烧厂补贴费用是其硬性费用的 2~3 倍，扣除其他影响因素，其盈利能力高达 40%。

Collection, Hauling, Processing & Disposal. 23 Aug. 2010. Web. 01 Oct. 2011.

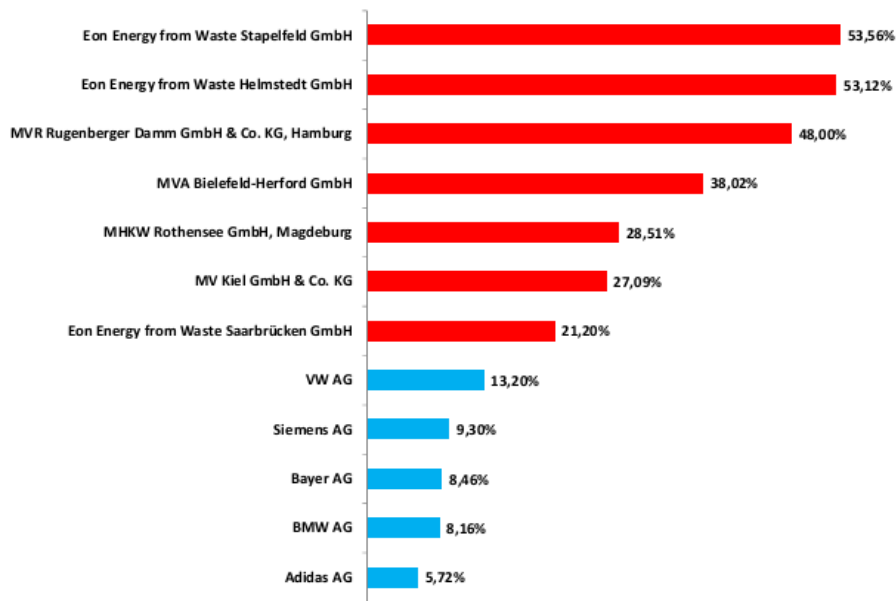
<<http://www.solidwastemag.com/news/us-landfill-tipping-fees-reach-new-record-despite-economic-downturn/1000382892/>>

<sup>7</sup> 来源: E. Dodge, “Plasma-Gasification of Waste” , Cornell University , 2008

<sup>8</sup> 来源: Renewable Energy in the US - Waste-To-Energy. Swedish Trade Council, Jan. 2008. Web. 7 Oct. 2011.

<[http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias\\_eventos/waste.pdf](http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/waste.pdf)>

### Umsatzrenditen 2012 im Vergleich



图：垃圾处理商毛利率

来源：ZDF Frontal21, Berechnung auf Grundlage der Jahresabschlüsse der jeweiligen Unternehmen für 2012, Bruttoumsatzrenditen

### 日本

Hitachi（日立）项目成本与收益估算表：

支出	百万日元	收入	百万日元
建造成本			
建造成本 10,546	703	单元价格 0.0030	
期限 15		吨/年 256,000	768
		电力销售	
人员支出	46	1,050 IDR/KWH	643
公共事业费用	100	(汇率)	
维护维修费用	100	1日元 : 117.3 IDR	
计量成本	34	1美元 : 77,95	
其他	14		
税前利润	414		
总计	1,411	总计	1,411

表：日本典型项目收支估算表

来源：Hitach Presentation, 2013

## 8. 行业组织

### 美国

能源回收协会（The Energy Recovery Council）为美国垃圾发电行业的行业协会，会员单位包括 69 家垃圾发电厂（80%以上），该协会代表行业每年编制行业报告，介绍和更新美国垃圾发电行业的发展情况。为了促进行业发展，分享最新技术、信息及商业机会，该协会还举办年度的行业大会。

协会网站：<http://www.energyrecoverycouncil.org/>

### 欧洲

欧洲垃圾发电企业联盟（Confederation of European Waste-to-Energy Plants）

欧洲垃圾发电企业联盟（CEWEP）是业主和整个欧洲废物焚烧发电运营商的行业协会组织。

协会网站：<http://www.cewep.eu/index.html>

欧洲垃圾发电技术供应商协会（European Suppliers of Waste to Energy Technology, ESWET）是欧洲垃圾焚烧能源技术领域的行业组织。ESWET 的主要目的是促进废弃物转换为能源技术的传播何发展，也被称为垃圾发电产业协会。ESWET 的技术被集成为可持续的废物管理链，如欧盟的废物框架指令（Waste Hierarchy of the EU's Waste Framework Directive）。

该协会网罗的会议单位并不局限于欧洲厂商还包含了日立等日本先进技术单位：详见：

<http://www.eswet.eu/news.html>

ESWET 还旨在提高全社会对垃圾发电技术的积极意义的认识，更好的废物管理，回收能源和保护环境。该协会编制了一些科普读物、宣传手册以便公众更好地了解垃圾发焚烧电技术及其社会效益。

详见：[http://issuu.com/eswet/docs/waste-to-energy\\_handbook?e=6369042/1521836](http://issuu.com/eswet/docs/waste-to-energy_handbook?e=6369042/1521836)

协会网站：[www.eswet.eu/](http://www.eswet.eu/)

## 9. 公众舆论

### 美国

垃圾发电产业 70 年代也收到了公众的反对，政府在推动项目发展时会强调就业机会。

州名	工厂数量	雇员数量	每年处理量 (吨)	净兆瓦每小时	蒸汽销售 (磅)	铁金属回收 (吨)	非铁金属回收 (吨)
Alabama	1	40.33	218,989		914	5,416	386
California	3	163.58	856,121	425,462		17,379	
Connecticut	6	426.87	2,329,243	1,276,479		57,947	400
Florida	11	901.37	5,581,254	2,857,434		121,104	7,690
Hawaii	1	134.45	542,674	319,656		19,088	2,500
Indiana	1	75.07	695,275	43,800	3,500	15,558	1158
Iowa**	1	16.81	38,706			2,400	110
Maine	4	261.05	692,558	409,807		21,157	279
Maryland	3	179.26	1,329,530	603,655	1,445	19,904	27
Massachusetts	7	552.36	3,180,168	1,731,726	206	94,939	4,826
Michigan	3	256.57	997,557	322,681	2,251	38,476	7
Minnesota	10	365.25	1,013,481	560,581	1,093	33,347	1748
New Hampshire	2	70.59	265,389	129,309		1835	
New Jersey	5	306.99	2,148,851	1,115,216		40,283	72
New York	10	577.01	3,861,248	1,842,166	3,028	85,677	2148
Oklahoma	1	43.70	202,466		1159	3874	
Oregon	1	42.58	189,408	86,532		4704	
Pennsylvania	6	392.14	3,198,273	1,647,646		64,658	1373
Utah	1	44.82	124,360	2628	383	3210	
Virginia	5	398.86	2,022,589	730,613	788	42,505	2315
Washington	1	44.82	281,813	141,498		9,113	
Wisconsin	2	56.02	87,065	7303	72	2,650	
总计	85	5350.5	29,857,018	14,254,192	14,839	705,224	25,039

表：美国典型项目社会效益表

来源：Nationwide economic benefits of the waste-to-energy sector, by Eileen Brettler Berenyi, PHD

## 瑞典

瑞典是著名的环保国家，公民对环境问题的认识很高，普遍支持垃圾焚烧发作为垃圾处置和能源回收的方式，这也得益于垃圾焚烧厂的技术进步和标准严格，目前该国的垃圾焚烧厂污染排放相对于 20 世纪 80 年代下降了 90% 以上。

## 丹麦

人们对焚烧垃圾发电厂只有一些“小意见”，比如烟囱上的灯太亮，干扰居民休息；比如运送垃圾的卡车偶尔发出的噪音。但在大多数情况下，发电厂是一个安静的好邻居，并没有制造任何人的鼻子可以闻到的气味。这家发电厂由附近的 5 个社区共有，在这个丹麦人均收入最高的保守社区深受欢迎。霍尔索尔姆的市长，40 岁的莫腾·斯洛特韦德正考虑扩建工厂。他微笑说，“选民们热爱这座电厂，因为它减少供暖开支，有助物业增值。我还希望新增一座焚化炉。”

## 10. 典型案例

### 丹麦 I/S Vestforbrænding

来源：分会编译

### 基本情况

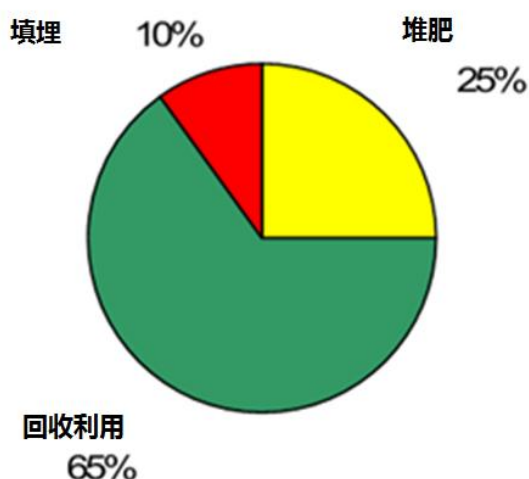
I/S Vestforbrænding 始建于 1965 年，是位于丹麦首都哥本哈根西边的一个跨城市垃圾

管理公司。它为 88 万居民和 4.6 万企业提供服务。直到今天为止，I/S Vestforbrænding 处理 29 个城市产生的垃圾废物。图 1 显示 vestforbrænding 集团的一张照片。



图 1 / S vestforbrænding 跨城市垃圾管理公司的航拍照片

I/S Vestforbrænding 是丹麦最大的固废处理公司，垃圾废物处理形式覆盖焚烧，填埋，堆肥和回收利用。公司另一主要业务是公园和花园垃圾的堆肥，主要用于改良土壤。I/S Vestforbrænding 产生的残渣主要来源于垃圾焚烧发电厂。大部分的残渣经处理后主要用于道路建设，剩余炉渣则在垃圾填埋场进行处理。目前，I/S Vestforbrænding 每年处理约 200 万公吨的废物（包括城市垃圾，商业垃圾和建造拆除垃圾），其中 25%通过垃圾焚烧厂焚烧，65%被回收（包括堆肥）如图 2 所示，剩下则填埋。



图： I/S Vestforbrænding 的垃圾处理方式占比

I/S Vestforbrænding 集团拥有丹麦最大的垃圾焚烧发电厂，其通过焚烧商业和城市固体废物发电和供热。这家焚烧厂主要由四台焚烧炉机组，垃圾接收贮存输送区域，卸料间，



烟气净化区和烟囱组成，如图所示。焚烧厂总面积占地约 13 公顷，包括所有的焚烧装置设备，停车场管理，行政办公区域等。

下表列出的是 I/S Vestforbrænding 垃圾焚烧发电厂各机组处理能力以及使用年份。通过表格可以看出，4 个焚烧炉每小时处理垃圾总容量约为 84 吨。然而，这四个焚烧炉从来没有同时使用，从而降低了工厂的总容量。如今两个从 1970 年开始投产的旧式焚烧锅炉已经停止了日常使用，只是以防紧急需要。

机组号	使用年份	处理量（吨/小时）
1-2*	1970	2*12
5	1999	26
6	2005	34
总量		84

备注：3 号和 4 号焚烧炉在 2005 年移除

表. I/S Vestforbrænding 各焚烧炉容量

由于城市垃圾量的急速增加以及垃圾热值提高，新增 5 号和 6 号焚烧炉显得尤为必要。例如，垃圾热值从 1970 年的 2200 千卡/公斤（2558 千瓦时/吨）提高到 1998 年的 2850 千卡/公斤（3314 千瓦时/吨），垃圾焚烧热值有 30% 的增加。

丹麦政府提供的财政鼓励是 I/S Vestforbrænding 新增 5 号和 6 号焚烧炉的另一原因。当时的政策是如果垃圾焚烧厂有至少 10% 比例的电力生产，则其税比只用垃圾焚烧供热或者发电比例低于 10% 的垃圾焚烧厂的税要低。仅 5 号焚烧炉垃圾的能量转换效率达 86%。

## 烟气处理

Vestforbrænding 垃圾发电厂烟气处理系统包括几个阶段。在第一阶段中，烟气尘颗粒和大多数的重金属被静电除尘器吸附。在第二阶段，酸性气体在洗涤器中通过石灰中和得到去除。在烟气系统的最终阶段，有机污染物如二噁英和呋喃以及其余重金属残留通过带吸湿喷射的过滤器去除，剩余的烟气通过 150 米高的烟囱排出（如图 4 所示）。固体和稳定的污染物则被收集并在合适的垃圾填埋场进行处理。



图 Vestforbrænding 垃圾焚烧厂烟囱外部图

此外，vestforbrænding 垃圾焚烧发电厂采用选择性非催化还原（SNCR）以降低氮氧化物（NO<sub>x</sub>）的排放量。这是通过喷射氨注入炉，从而降低 NO<sub>x</sub> 氮元素和水蒸气来实现。事实上，伴随着 5 号焚化炉在 1999 年的扩增，I/SVestforbrænding 是丹麦第一个达到新欧盟空气污染物排放标准的垃圾焚烧工厂。下表说明该厂排放量低于 2005 年欧盟的排放标准。

排放	欧盟标准	I/SVestforbrænding 2005
粉尘	10	0.2
HCL	10	2
SO <sub>2</sub>	50	7
NO <sub>x</sub>	200	168
二噁英	0.1ng/Nm <sup>3</sup> TEQ	0.09 ng/Nm <sup>3</sup> TEQ

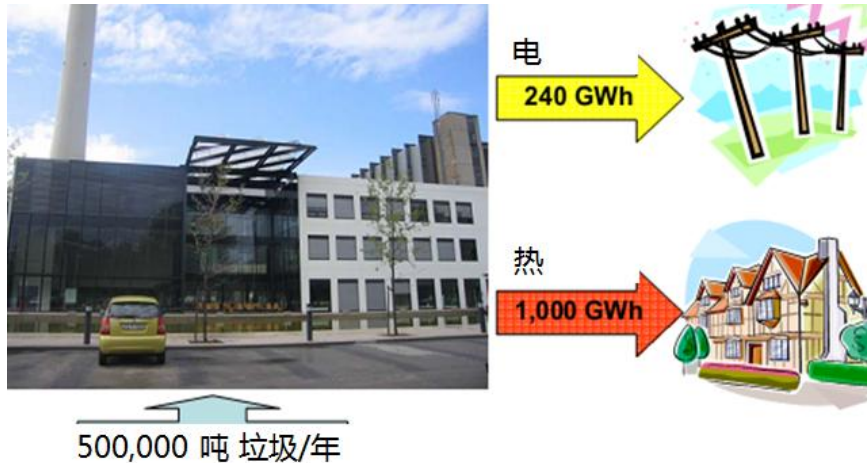
表 . 欧盟排放量标准和 I/S Vestforbrænding 排放量对比图.

单位：毫克/立方米 (干燥气体，11%氧气，24 小时平均时间)

### 能源回收利用

加上 6 号焚化炉后，Vestforbrænding 垃圾焚烧厂年度总容量（包括备用容量）约 65 万吨废物。然而，环保审批规定垃圾焚烧厂每年最多燃烧 50 万吨。所以最终 Vestforbrænding 每年电力生产 240 亿千瓦时和热力生产 1000 万瓦时，这意味着每吨垃圾产出 2480 千瓦时能量，相当于月 6 万房屋每年能量（电和热）消耗。考虑到每吨低热值垃圾可在垃圾焚烧厂产出 1460-2920 千瓦时。把低热值垃圾以及上述因素综合考虑后，vestforbrænding 垃圾焚烧发电厂的能源转化效率为 85%。





其后，I/S Vestforbrænding 垃圾焚烧发电厂将实施一套冷凝热泵烟气系统以提高工厂效率。可以估计，提供给电力公司的发电以及供热将分别达到 200 瓦和 1300 瓦。因此，基于低热值产出的 1460 瓦，能源转化效率几乎可达 100%。

## 11. 政策参考建议

通过对国外典型国家和地区垃圾发电发展经验的研究分析，对国内垃圾焚烧发电行业提出以下政策建议：

### 1) 加强促进可再生能源行业发展的鼓励政策

垃圾焚烧发电为可再生能源的重要行业分支之一，应当以鼓励政策推动行业发展。欧美国家通过可再生能源调整电价、项目奖励、碳税减免等多重经济激励手段，扶持垃圾发电与供热行业的发展。例如，瑞典碳税为每吨二氧化碳 930 瑞典克朗（约合 140 美元）。在瑞典家庭垃圾中的碳含量被假定为按重量计 12.6%，比化石燃料更少，因此征税率显著小于化石燃料。欧美的可再生能源组合标准（Renewable portfolio standards，RPS）强制要求到 2020 年，欧盟各国能源供应商所供能源中可再生能源比例必须达到 50%，这也激励了包括垃圾焚烧发电在内的可再生能源市场的发育。

中国也在大力发展可再生能源行业，垃圾焚烧发电行业同样享受可再生能源标杆电价政策，但是激励手段相对单一，仅对发电效率的提高有所助益，也刺激不少企业进入垃圾发电行业，却不能促进行业在规范管理、安全运营与达标排放等方面表现的全面改进和提升。建议以奖代补，针对行业在效率、规范、安全、排放等方面有突出表现的领先企业提供特别奖，如生产补助和税收减免、低利率/优惠贷款等，或加速折旧免税额。这样可以避免一刀切，可再生能源补助流向绩效差的企业，并且同时也让领先企业不因环保、安全、规范管理的成本提高而失去市场竞争力。

### 2) 反应真实市场成本的垃圾处理收费

垃圾焚烧发电具备生活垃圾消纳和能源再生的双重有益属性，而我国的城市生活垃圾处置的成本并没有很好的体现在垃圾发电厂的收益中，另一方面垃圾填埋的社会成本也没有充

分体现在居民垃圾处置费中。欧美国家以填埋处置成本为垃圾焚烧处置的定价风向标，在经济学中，称为“影子价格”。

仍然以瑞典为例，垃圾送到填埋场的处理税收就高达 435 瑞典克朗/吨(目前相当于 72.5 美元)，因而垃圾焚烧厂收取的垃圾处理费也相对很高。早在 2005 年就达到了 € 135 /吨，约合\$175；而 2012 年中国济南的垃圾补贴标准是每吨 52.5 元。建议垃圾处置费应定价合理，真实反映社会成本，特别是寸土寸金的发达城市；且垃圾焚烧处置费的补贴定价应与填埋成本相当。

### 3) 因地制宜生产与利用能源

目前中国垃圾焚烧发电的定位更多在于垃圾消纳，其次才是产生能源。但实际上，垃圾焚烧发电行业可以扮演更为突出的供能角色。垃圾焚烧发电与供热是瑞典成本最低的能源利用方式，瑞典鼓励并继续增加垃圾发电容量，并不断自行关闭化石燃料发电厂，共有 32 家垃圾焚烧发电厂，每年可消纳市政垃圾 2,173,000 吨，工业垃圾 2,497,830 吨，产能 13.9 TWh，其中 12.3 TWh 用于供热（可再生能源占供热能耗 90%），1.6 TWh 用于发电，可满足该国 2.45%的能源需求。

随着大气污染防治压力的加大，中国城市也面临和欧洲国家发电行业的转折—因环保要求而不断关闭燃煤电厂与燃煤供热企业；但一些北方城市因为供暖需求却不得不“容忍”燃煤锅炉的存在。因地制宜在高寒地区建设垃圾焚烧供热单位值得我国东北城市借鉴，由此可以一石三鸟：垃圾处置、供暖、淘汰落后燃煤锅炉。

### 4) 严格执行行业环保与技术标准，要求企业做到严格监管、信息透明

垃圾焚烧发电行业在欧盟和日本的良性发展很大程度上得益于严格执行的环保与技术标准，垃圾焚烧发电厂面临比一般电厂更为严格的排放标准并且做到达标。欧盟专门制定了《大型燃烧装置大气污染物排放限制指令》(2001/80/EC) 和专门针对垃圾焚烧的《废弃物焚烧指令》(WID-2000/76/EC)，收紧污染物排放标准，要求焚烧过程必须设有控制污染的设施和复杂的测试仪表，严格监控焚烧过程中的污染物排放。并且针对垃圾焚烧的立法明显严于一般燃烧装置。由于制定了严格的法规，垃圾焚烧厂不再大量排放二恶英、粉尘和重金属。即使从 1985 年开始垃圾焚烧厂的处理量翻了 1 番，这些法规使得排放量得到了控制。而且，欧盟各国在进行垃圾焚烧厂设计时，本着以人为本的宗旨，设计值一般低于排放标准限值，在实际运行过程中监测到的值更低于设计值。日本特别要求飞灰处理，原则上必须融化，以免其中重金属污染水。1997 年二噁英标准实施后起到了非常好的效果，2002 年新限值进一步减少了排放，相比 1997 年排放减少了 98%。

中国的垃圾焚烧发电厂排放标准也在进一步加严，但在达标考核、超标处罚的规范和力度上仍然欠缺，十分依赖企业自律；另一方面技术标准上还未推行行业最佳技术要求，也使得企业表现良莠不齐。建议针对垃圾焚烧发电行业，颁布实施最佳控制效果技术 (Maximum Achievable Control Technology, MACT) 法则，要求垃圾发电厂都必须采纳市场上最佳烟

气控制技术。并且明确规定垃圾发电排放标准至少需要和其它发电企业一样严格。严格的标准可能会导致一些小规模的发电厂负担不起昂贵的改造被迫关闭（美国、欧洲均有这样的过程），但也能带来行业的整体提升，并且获得公众的信赖。

#### 5) 用实际行动引导公众舆论，做到还利社区

近年来，国内垃圾焚烧厂选址难成为行业之痛，因此很多垃圾焚烧建设在远郊地区，这不仅加大了线路铺设的投资成本，也增加了输电损耗。“邻避”是公众之常情，即使最终做到环保无害，也很难让公众接受临近的垃圾焚烧厂。从强烈反对到勉强接受，企业要做到达标排放、严格监管、信息透明，而再进一步做到受欢迎，企业还应做到切实的还利社区。例如，丹麦市认为垃圾焚烧发电厂（I/S Vestforbrænding）在大多数情况下是一个安静的好邻居，并没有制造任何人的鼻子可以闻到的气味。这家发电厂由附近的社区共有，在这个丹麦人均收入最高的保守社区深受欢迎因为它减少供暖开支，有助物业增值。台湾的一些垃圾发电厂则会投入建设周边小区的公共设施，用实际行动改进公众舆论。

#### 6) 安全生产与规范管理，避免安全隐患带来的经济损失与舆论压力

相比传统电厂，我国垃圾发电行业的生产规范管理并不理想，偶发安全事故不仅给企业带来经济损失，也使得这个本来就承受的舆论重压百上加斤。因此，行业本身的规范管理与安全生产能力建设变得尤为重要。美国垃圾焚烧发电行业在安全生产方面表现突出：很多企业自愿申请加入美国职业安全与健康管理局（The Occupational Safety & Health Administration，OSHA）的自愿保护计划（Voluntary Protection Program，VPP），他们的健康和计划往往超出了法律要求，非常重视制定和实施保护电厂工作人员安全的措施。

48 家垃圾发电厂认证为安全之星企业，获得安全卫生管理系统的最高荣誉。值得称道的是，在美国仅有不足 0.02% 的工人在获得该认证的场地工作，但垃圾发电行业 57% 的企业均是安全之星。

#### 7) 充分发挥行业协会的“助力”角色

行业协会可以很好地承担多种助力角色，包括研究、统计、宣传与行业交流，成为企业之间、企业与公众之间、企业与政府之间的多重桥梁。欧美国家和地区的行业协会有一些值得借鉴的做法：

美国能源回收协会（The Energy Recovery Council）为美国垃圾发电行业的行业协会，会员单位包括 69 家垃圾发电厂（80% 以上），该协会代表行业每年编制行业报告，介绍和更新美国垃圾发电行业的发展情况。为了促进行业发展，分享最新技术、信息及商业机会，该协会还举办年度的行业大会。

欧洲垃圾发电技术供应商协会（European Suppliers of Waste to Energy Technology，ESWET）是欧洲垃圾焚烧能源技术领域的行业组织。ESWET 的主要目的是促进废弃物转换为能源技术的传播和发展，也被称为垃圾发电产业协会。ESWET 的技术被集成为可持

续的废物管理链，如欧盟的废物框架指令（Waste Hierarchy of the EU's Waste Framework Directive）。ESWET 还旨在提高全社会对垃圾发电技术积极意义的认识，更好地管理废物，回收能源和保护环境。该协会编制了一些科普读物、宣传手册以便公众更好地了解垃圾发焚烧电技术及其社会效益。

#### 参考文献

1. *E. Dodge, Plasma-Gasification of Waste, Cornell University, 2008*
2. *High Energy Efficiency Thermal WtE Plant for MSW Recycling JFE High-Temperature Gasifying and Direct Melting Furnace, by Dipl.-Ing. Shinnosuke Nagayama, 2013*
3. *Hitach Presentation, 2013*
4. *Matt Williams, Waste-To-Energy Success Factors in Sweden and the US, 2011*
5. *Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States, Tables and Figures for 2012, USEPA,2013*
6. *Municipal Solid Waste Management and Waste-To-Energy in the US, China and Japan, Nickolas, J. Themelis, Charles Mussche.2013*
7. *Renewable Energy in the US - Waste-To-Energy. Swedish Trade Council, Jan. 2008. Web. 7 Oct. 2011*
8. *Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan, Ministry of Environment, 2013*
9. *Ted Michaels ,2014 ERC Directory of Waste-To-Energy Facilities,2014*
10. *The Incineration Directive 2000/76/EC (WID-2000/76/EC ),2001*
11. *US Landfill Tipping Fees Reach New Record, despite Economic Downturn, Solid Waste & Recycling Magazine. 2011.*
12. *Waste Management Benchmarking Study- A Baseline Assessment, Forfas, 2006*

## 第四部分：

### 加快垃圾发电市场发展的政策和保障机制建议

1. 政策管理建议.....	77
1.1 明确各相关部门之间的协调管理关系、理顺工作协作程序.....	77
1.2 明确垃圾焚烧发电的定位和与其他规划的关联性.....	77
1.3 关注环保排放要求所关联的其他主要方面.....	77
1.4 健全城市生活垃圾管理体系、加强地区协调.....	77
1.5 完善政府特许经营权制度、明确产业准入政策.....	77
1.6 加强政府监管.....	78
1.7 对欠发达地区的垃圾发电项目提供政策倾斜.....	78
2. 经济性建议.....	78
2.1 针对垃圾发电提供优惠融资.....	78
2.2 对垃圾发电的价格构成和结算程序进行优化.....	78
2.3 调整吨垃圾上网电量限值的设置.....	79
2.4 针对垃圾处理费的调整方式建立相对统一的标准.....	79
2.5 论证联产经营模式的可行性.....	79
3. 行业规范化发展建议.....	79
3.1 充分发挥行业协会作用.....	79
3.2 加快制定垃圾发电标准、规范.....	80
3.3 加强行业岗位资质培训.....	80
3.4 推动安全管理体系建设.....	80
3.5 加强环卫行业与电力行业的沟通.....	80
3.6 加强行业信息统计.....	80
3.7 加强行业企业国际交流.....	81
3.8 积极发展垃圾发电装备制造业.....	81
3.9 通过宣传加强公众的支持和监督.....	81

## **1. 政策管理建议**

### **1.1 明确各相关部门之间的协调管理关系、理顺交叉领域的工作协作程序**

建议政府组织研究并明确涉及到垃圾焚烧发电厂的各相关管理部门的管理职责及具体内容，探讨建立工作协调机制，在具体程序中进行针对性的优化。尤其在规划、设计、建设、工程质量、项目验收等环节避免出现多头管理或管理空缺的现象，建立顺畅完善、有效衔接的管理协调机制。

### **1.2 明确垃圾焚烧发电的定位和与其他规划的关联性**

垃圾发电兼具“减量化、无害化、资源化”的属性，现阶段，对于垃圾发电项目的建设运行主要是以环保地处理城市垃圾为目的。但是，在垃圾项目的选址过程中，由于民众的接受程度问题，项目较少考虑在靠近城市中心区的地区，往往是建在距离较偏、电网相对薄弱的区域。城市应该在总体规划中明确垃圾发电项目的布点、占地面积等，在其周围一定距离内不得再规划建设居民区、学校等敏感设施。在垃圾焚烧厂的选址中，应遵循《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》（环发〔2008〕82号）中有关规定“（1）城市建成区；（2）环境质量不能达到要求且无有效削减措施的区域；（3）可能造成敏感区环境保护目标不能达到相应标准要求的区域。”在此三个区域内不能建厂，同时还应满足“新改扩建项目环境防护距离不得小于300米”的要求。经具有审批权的环境保护主管部门批准后，这个距离可作为城市总体规划控制的依据。同时，垃圾处理设施规划应该与能源规划和电网规划进行衔接。

### **1.3 关注环保排放要求所关联的其他主要方面**

2001年《生活垃圾焚烧污染物排放标准》（GB18485-2001）发布后，2001-2012年建设的垃圾发电项目多以此标准开展项目可研及环评。随着国家环保政策的日益完善，人民的环保意识及要求日趋提高，今年环保部修订并出台了新的《生活垃圾焚烧污染物排放标准》（GB18485-2014），将垃圾焚烧发电行业的环保要求提高到新的高度。除排放标准本身之外，还需要关注处理过程中对耗材、技术路线和设备的监管；同时，由标准提高引起的成本增加需要有合理的疏导机制，具体可参考电力行业的脱硫脱硝电价的机制。

### **1.4 健全城市生活垃圾管理体系、加强地区协调**

垃圾发电需要“口粮”保障，政府和垃圾发电企业都有责任引导城市生活垃圾的分类收集，垃圾供应的质量其组分和数量直接影响垃圾焚烧发电项目的运营。政府部门加强收运体系建设，特别是县市级政府应该加强乡镇及农村垃圾收运体系建设和相关财政投入，同时加强对垃圾运输车辆及垃圾分类工作进行规范、长效管理。

打破行政区划界限，在对垃圾发电项目的规划上，突破市级界限，以垃圾收运合理、有效半径规划垃圾发电项目，确定垃圾经济运距，实现大区划定、大容量建设，以产生规模效应，并缓解垃圾发电厂选址困难的矛盾。

### **1.5 完善政府特许经营权制度、明确产业准入政策**

为鼓励和引导社会资本进入基础设施和公用事业领域，提高公共服务质量，稳定经济增长、持续改善民生，应尽快推进特许经营权立法。垃圾处理服务特许权协议应由各级政府作为主体与投资方签订，应明确各自的权利和义务、明确垃圾处理和建设施工等费用、明确环保标准、明确飞灰、炉渣、渗滤液的处置方法、明确监管考核办法。国家应对进入垃圾处理行业的企业进行资格认定和审查制度，并根据不同等级建设项目的准入条件明确特许经营权的资质条件及其程序，此外要防止地方保护主义和行业垄断行为。

## **1.6 加强政府监管**

政府是否设立专门的监管机构、有无监管依据、有无监管能力、有无监管动力、有无奖惩机制、监管是否彻底、信息是否透明都是政府应该考虑的问题，只有监管执行到位，才能有助于行业良性发展、取信于民。政府在项目建设初期就应介入监管，对焚烧厂采用的技术、设施的有效性和可靠性进行评估，防止低价竞争影响运行水平。在运行阶段，通过焚烧炉工况和烟气在线监测的联网数据，政府可以有效地掌握焚烧厂运行情况。此外，政府可以通过对焚烧厂环保耗材（如石灰、活性炭、氨水）的采购和使用记录的监督，保证焚烧厂环保设备的有效运行。政府各相关部门就监管问题应建立工作协调机制，避免遗漏或重复。

## **1.7 对欠发达地区的垃圾发电项目提供政策倾斜**

目前全国人口超过百万的地级城市基本都在快速开展具有一定规模的垃圾发电项目建设，但是人口在 60 万以下的县级城市，城区垃圾量 200~300 吨左右，即便是未来五年通过城乡一体化建设后，垃圾量也不会突破 600 吨，只能勉强满足一条垃圾焚烧发电生产线（一炉一机）的需求，单条垃圾焚烧发电生产线规模小，经济性和可靠性均较差，对地方财政的依赖性很高，但是如果目前不开展垃圾发电项目又会严重影响未来几年县域环境保护。建议将此类地区的垃圾焚烧发电项目上网电价提高到 0.75 元/吨。

## **2. 经济性建议**

### **2.1 针对垃圾发电提供优惠融资**

垃圾发电项目投资大、成本高，作为垃圾发电项目的服务对象、资金的最终负担者、管理责任的承担者，政府有必要也有责任建立一套规范化的、适合企业发展的保障机制，以降低项目成本、减轻企业负担、提高管理水平，促进垃圾发电行业快速、良性地发展。具体建议包括：

- 1) 政府在政策条件允许的情况下加大资本金投入比重；
- 2) 引导社会资金进入垃圾发电项目；
- 3) 针对垃圾发电制定政策性银行贷款专项优惠条件

### **2.2 对垃圾发电的价格构成和结算程序进行优化**

由于垃圾焚烧发电项目的收入来源主要由电费收入和垃圾处理补贴两部分构成，除了它的能源属性固有的商品价格（常规电力价格即标杆电价）外，可再生能源附加和垃圾处理费

成为垃圾焚烧发电经济效益的双轮驱动，它们分别来自销售电价中的专项附加费和地方财政资金。由于特许经营方式的普遍实行，垃圾电价和地方补贴之间，存在着此消彼长的联动关系。假设现行的垃圾发电电价提高 40-50%以上，地方将无需再向企业支付垃圾处理补贴，甚至垃圾将真正成为宝贵的资源。如何平衡垃圾焚烧所带来的环境效益与经济效益、平衡中央和地方、全国和局部的经济利益关系是在垃圾发电价格设计中非常重要的选择性因素。

由于垃圾发电项目以东部发达地区为主，建议垃圾发电的两级补贴能够合并统一，可再生能源电价补贴由电力公司与省级财政结算，不再从全国范围内分摊，简化垃圾发电企业电费结算手续及流程。

同时，建议缩短垃圾发电项目的电费结算周期，提高资金运营效率。

### **2.3 调整吨垃圾上网电量限值的设置**

随着垃圾热值升高和技术的进步，有些纯垃圾焚烧发电企业的吨垃圾上网电量已高于 280 度电，建议相关部门调整吨垃圾上网电量限值的设置。

建议省级经信部门对垃圾电厂申报资源综合利用企业严格把关，会同相关部门对生活垃圾中混入其他成分的可燃物进行比例限制，而对纯生活垃圾焚烧发电项目应该调整现行电费分段结算方式，例如可以统一按 0.65 元/度，以鼓励企业加强管理，充分合理地利用好垃圾这一资源。

### **2.4 针对垃圾处理费的调整方式建立相对统一的标准**

由于特许经营权的招投标过程中，垃圾处理费成为类似标的指标项，对于企业能否拿到项目起到比较关键的作用。相比全国统一的电价政策，垃圾处理费补贴的调整由地方政府决定，因此存在着企业在经营过程中以运营成本增加等原因提出议价要求，政府被动同意或者一概不许。为了规范垃圾处理费补贴的合理性、维护市场竞争的公平性以及平衡企业现实需求，主管部门应对垃圾处理费补贴的调整提出指导意见。需要规范的内容包括调整的原因、调整的频度、幅度、决策程序、负担渠道等。

### **2.5 论证“生活垃圾转运+生活垃圾焚烧发电联产经营”模式的可行性**

鉴于我国仍在较长时期处于城镇化发展进程中，县级城市的垃圾收运为城乡统筹模式，对于垃圾收运体系尚未建立、健全的小城市，建议对“生活垃圾转运+生活垃圾焚烧发电联产经营”投资模式的可行性进行合理论证。

## **3. 行业规范化发展建议**

### **3.1 充分发挥行业协会作用**

建议加强垃圾焚烧发电行业协会建设，充分发挥行业协会在技术、标准、认证等方面的作用，同时加强行业沟通协调，促进行业可持续发展。



### 3.2 加快制定垃圾发电标准、规范

由政府部门牵头，行业协会和有关企业积极参与，制定垃圾发电在设备制造、工艺流程、安装调试、运行管理等方面的技术标准和专业规范，推动具有自主知识产权关键技术的研发。

但切忌盲目追风国外高标准，应考虑国内企业现状及实际情况，对国内现存垃圾发电企业工艺、管理水平及排放标准参差不齐的现象进行逐步整顿，统一标准要求，对新建项目要求明确落后工艺与新工艺范围及差别，尽量统一环评标准批复项目落实环保设施及工艺。

中国电力发展促进会已申报组织制定以下行业标准：

- 《生活垃圾焚烧处理及能源利用工程技术规范》
- 《垃圾发电厂危险源辨识及评价规范》
- 《垃圾发电厂运行指标评价规范》
- 《垃圾发电厂监控系统技术规范》
- 《垃圾发电厂焚烧飞灰二噁英降解技术规程》
- 《垃圾发电厂干法烟气净化系统技术规范》
- 《垃圾发电厂渗滤液处理技术规范》
- 《垃圾发电厂灰渣处理技术规范》

### 3.3 加强行业岗位资质培训

建议垃圾发电行业应参照电力系统规范，建立垃圾焚烧相关岗位的专业培训，如焚烧炉司炉、垃圾吊、渗滤液运行、渗滤液化验、烟气检测等垃圾焚烧特有岗位的培训和证书，并明确培训的标准、证书的登记、发放、审核流程及有效期等。同时，对特有岗位技能培训和发证，应通过专门的技能鉴定部门统筹管理垃圾发电从业人员的资质。

### 3.4 推动安全管理体系建设

相较于传统的火力发电行业，垃圾发电行业内对安全管理的重视程度还远远不够，防范措施无法及时落实，经验和教训未在整个行业内共享，造成了垃圾焚烧发电的安全隐患持续存在，可能对项目的回报和行业发展带来现实威胁。行业协会应借鉴电力行业成熟的安全管理体系和经验，推动垃圾发电行业的安全管理体系的建设，为行业持续、健康、规范发展提供基本保障，同时也将有助于提高公众的接受度和信任度。

### 3.5 加强环卫行业与电力行业的沟通

环卫规划与电网规划没有同步协调，造成垃圾发电项目电网接入系统建设很难与垃圾电厂的建设同步。由于环卫部门及垃圾发电项目的投资人对于电网的建设程序、技术要求存在一定程度的不了解、不重视，往往在实际工作中忽视了与电网的有效沟通，造成电力上网延迟，直接影响了项目收益，这也是垃圾发电行业内普遍存在又难以以项目或企业能力独立解决的问题。行业协会应成为环卫行业与电力行业的沟通桥梁，形成工作机制，解决垃圾发电项目电力接入困难等问题。

### 3.6 加强行业信息统计

行业统计信息的缺失会影响政府管理部门对行业整体情况的准确掌握,无法为决策和规划提供准确依据。鉴于目前发改委、住建部等不同部门的统计指标都不能全面反映垃圾发电项目的情况,建议由行业协会统一协调,在既有的电力行业统计体系内,将垃圾发电行业单独分类,进行完整的信息统计,并建立有效的信息收集渠道。统计成果应该能够为行业规范管理、环保执法、公众监督所利用。

### **3.7 加强行业企业国际交流**

建议以行业协会为平台,组织国内外的行业交流活动。内容可以是参观交流、学术论文交流、新技术新工艺论证、标准制订等,加强国内外的技术、管理交流,不断提高国内垃圾焚烧的发展水平,促进垃圾焚烧行业与国际先进水平接轨。

### **3.8 积极发展垃圾发电装备制造,推动具有自主知识产权关键技术的研发**

垃圾发电的主机制造(锅炉、汽轮机、发电机)在我国处于成熟期,只要在辅机(炉排、高压风机)、自控系统、烟气净化系统等方面加强自主研发,加速垃圾发电的国产化进程是完全可能的,同时带动装备制造业的升级换代。建议加大对现有本土垃圾焚烧发电技术和国产设备的鉴定总结和推广使用,尤其是那些国内现有的已经经过实践证明是成功的垃圾焚烧发电技术和国产设备,应及时地、系统地使出权威性评审意见,尽快使之标准化。各级环保部门、金融机构、科研单位和处理厂家应加强协作,加大投资力度,加快研发垃圾再生利用综合处理技术。推动以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系建设。实行支持垃圾焚烧发电技术自主创新的财税、金融政策,支持发展具有自主知识产权的垃圾焚烧发电技术。通过引进、消化、吸收和创新,掌握环保核心技术和关键技术。

### **3.9 通过宣传加强公众的支持和监督**

在环发〔2008〕82号)中强调了垃圾焚烧项目环评工作中公众参与的重要性。环评中的公众参与要做到公开、公正、科学,透明,将可能发生的污染因素及治理措施向群众解释清楚。分析几个垃圾焚烧厂引发的居民聚集事件,除其它因素外,大多与透明度不够、群众参与做得不到位有关;也有少数垃圾处理设施缺乏自律和监督,造成一定污染,给附近居民的生活造成恶劣影响;也有少数垃圾焚烧厂弄虚作假,减少药剂的投放量,晚间超标排放,引发群众对所测数据的不信任,由此造成群众对垃圾焚烧项目的不信任。所以,垃圾焚烧发电厂要在做好各种污染物治理工作的同时,做好宣传工作,向公众公开信息。通过充分沟通和信息透明化,获得公众的支持,接受并欢迎公众的监督。

国外有的垃圾焚烧厂与居民区的距离很近,但厂民之间关系融洽,究其原因,一是焚烧厂建设标准高、管理水平高,各种污染治理到位,不存在扰民事项,取得民众的信任;二是焚烧厂要为周边居民公共事业提供力所能及的帮助,为他们提供实实在在的好处,只有多赢,焚烧厂才能生存和发展。因此需要政府建立一套公平合理的补偿机制,建议采用直接补偿和间接补偿相结合的方式。直接补偿可以按人口和土地支付补偿金,间接补偿可以采用免费或优惠供热、供气、供电,及公共设施共享等方式。