

© 张衍国 李清海 康建斌 编著



# 垃圾清洁焚烧发电 技术

LAJI QINGJIE FENSHAO  
FADIAN JISHU



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 垃圾清洁焚烧发电技术

---

LAJI QINGJIE FENSHAO  
FADIAN JISHU

© 张衍国 李清海 康建斌 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

垃圾的清洁焚烧是未来垃圾处理的发展趋势之一,国内外皆然。本书探讨了垃圾处理的常用方法,重点讨论了清洁焚烧及热利用的问题,并且有针对性地论述了垃圾焚烧发电技术、工艺、设备等内容。本书是作者根据多年的垃圾焚烧技术研究、开发和工程实践的经验与体会,结合国内外的文献资料,精心编撰而成。本书的出版填补了国内垃圾电站科技普及领域的空白。

本书可为关心垃圾处理问题的人们提供关于垃圾焚烧的入门知识、技术概况和垃圾焚烧项目实施的基本内容,特别是对筹备、建设和运行垃圾电站的业主、施工技术人员和运行维护管理人员具有很好的阅读、参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

垃圾清洁焚烧发电技术 / 张衍国等编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2004  
ISBN 7-5084-1892-1

I. 垃... II. 张... III. 垃圾焚化—发电—技术  
IV. TM619

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第124677号

|       |                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名   | 垃圾清洁焚烧发电技术                                                                                                                                                                                                             |
| 作 者   | 张衍国 李清海 康建斌 编著                                                                                                                                                                                                         |
| 出版 发行 | 中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) |
| 经 售   | 全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                                                                                     |
| 排 版   | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                                                                                                        |
| 印 刷   | 北京市兴怀印刷厂                                                                                                                                                                                                               |
| 规 格   | 850mm×1168mm 32开本 6.625印张 178千字                                                                                                                                                                                        |
| 版 次   | 2004年3月第1版 2004年3月第1次印刷                                                                                                                                                                                                |
| 印 数   | 0001—4100册                                                                                                                                                                                                             |
| 定 价   | 18.00元                                                                                                                                                                                                                 |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

## 前言

物 质总量是守恒的，但其可用性在自然变化或人为使用的过程中会逐渐退化，因而在人类的生产、生活过程中，废弃物的产生是不可避免的。所谓废弃物，就是从可用性来看，价值很低的物品。譬如一颗树，被砍伐后加工成家具，此间需消耗能量，同时产生木屑等生产性废弃物；就一棵树而言，变成家具和生产性废弃物后，总的质量不变，但产生了可用性和经济性较高的家具，以及可用性和经济性很低的废弃物；当人们把家具包装后销售，并被购买开始使用时，又产生了包装废弃物；当家具使用多年后由于自然或人为的原因已破旧或缺，可用性已下降到很低时，家具也变成生活废弃物——生活垃圾了。犹如能量在使用、转化过程中可用性逐渐退化一样，物质在被加工、转化、消费的过程中可用性也会逐渐退化，并最终成为废弃物，这是自然规律。尽管我们可以把废弃物当作可资利用的原料，但由于这种原料的可用性很低，必定要消耗更多的能源或其它物质，即消耗更多的能量与物质的可用性，转移到以废弃物为原料的新产品中。因此，垃圾的资源化存在一个资源利用和经济合算的问题。简而言之，垃圾的产生是不可避免的，垃圾的资源化是有限的，受到资源利用和经济性的约束。尽管可以从源头治理入手，提高资源利用效率和管理水平，但可以减少的是可用性较高、不当当作垃圾的那部分物品。与此同时，受到技术条件、认识水平乃至文化、习俗等各方面因素的影响，我们无法大幅度减少垃圾的产量，减量化仍是垃圾处理的主要目标之一，或者说采用各种方法处理、消纳是垃圾的主要出路。

垃圾产生的过程，既是物质可用性退化的过程，也是其有害性累积的过程。在生产、生活过程中，大量使用了混有对人体及环境有毒有害的成分，尽管各国政府均把浓度高、数量大的有毒的垃圾按一定标准划为危险废物，要

求单独处置，但在生活垃圾产生、收集、储运及处置过程中，不可避免地会混杂、产生有毒有害的成分，如病菌、重金属及有机污染物。如何采取有效的工艺措施，对垃圾实行安全、稳定的处理、处置，最终实现无害化的目标，是现代城市尤其是城市面临的问题，这个问题是否解决得好，不仅关系到当代人的健康与生活质量，更关系到子孙后代的健康与环境安全。

本书探讨了垃圾处理的常用方法，重点讨论了清洁焚烧及热利用的问题。垃圾的清洁焚烧是未来垃圾处理发展的重要方向，国内外皆然。编写这本小册子的主要目的，就是为关心垃圾处理问题的人们提供关于垃圾焚烧的入门知识、技术概况和垃圾焚烧项目实施的基本内容，让更多的人了解垃圾焚烧，让我们的社会更好地解决垃圾的问题。本书不是完整、系统地论述垃圾焚烧发电技术、工艺、设备的方方面面，而是择其概要者论述一二，只求读者读后有一粗略认识，因此书中内容不够完整，深度也不够。作者根据自己多年的垃圾焚烧技术研究、开发和工程实践的经验与体会，结合国内外的文献资料，编撰了本书。

本书是在中国水利水电出版社电力编辑室编辑人员的提议和督促之下完成的，同时得到了同事们的大力支持，在此深表谢意。本书第一、五章由康建斌执笔，第四章由李清海执笔，第二、三、六章由张衍国执笔，全书由张衍国统稿。程楠在资料整理、文字录入方面付出了辛勤劳动，谨表谢意。

在此一并向本书引用资料的作者表示感谢。

撰写过程中尽管作者努力采取一个科技工作者应有的客观、公正的态度，但其中观点仍未免失之偏颇，故请读者阅读时留意。限于作者的水平，书中难免有粗疏错漏之处，还望不吝赐教。

作者

2004年1月于清华园

# 目 录

## 前 言

## 第一章 国内外垃圾的处理概况 ..... 1

|                           |    |
|---------------------------|----|
| § 1.1 发达国家生活垃圾的处理概况 ..... | 1  |
| 1.1.1 发达国家垃圾的产量与成分 .....  | 1  |
| 1.1.2 成熟的垃圾处理方法 .....     | 6  |
| 1.1.3 发达国家垃圾的处理政策 .....   | 8  |
| 1.1.4 发达国家垃圾的处理状况 .....   | 11 |
| § 1.2 我国垃圾的产量及处理概况 .....  | 12 |
| 1.2.1 我国生活垃圾的产量及趋势 .....  | 12 |
| 1.2.2 我国生活垃圾的特性 .....     | 13 |
| 1.2.3 我国垃圾无害化的处理状况 .....  | 15 |
| 1.2.4 我国垃圾处理存在的问题 .....   | 23 |
| § 1.3 我国垃圾处理的产业政策 .....   | 25 |

## 第二章 生活垃圾的处理方法 ..... 31

|                           |    |
|---------------------------|----|
| § 2.1 垃圾处理的原则、目标与方法 ..... | 31 |
| 2.1.1 垃圾处理的原则 .....       | 31 |
| 2.1.2 垃圾处理的目标 .....       | 34 |
| 2.1.3 垃圾处理方法的分类 .....     | 36 |
| § 2.2 垃圾卫生填埋 .....        | 37 |
| 2.2.1 垃圾填埋的基本原理 .....     | 38 |
| 2.2.2 垃圾填埋场的技术性能 .....    | 43 |
| § 2.3 垃圾制肥 .....          | 49 |
| 2.3.1 国内外垃圾制肥概况 .....     | 50 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.3.2 垃圾制肥基本原理及工艺 ..... | 51 |
| § 2.4 垃圾热处置 .....       | 52 |
| 2.4.1 焚烧 .....          | 53 |
| 2.4.2 热解与气化 .....       | 55 |
| 2.4.3 熔融 .....          | 56 |
| § 2.5 垃圾的综合处理 .....     | 57 |

### 第三章 垃圾的清洁焚烧及热利用 ..... 59

|                         |    |
|-------------------------|----|
| § 3.1 垃圾焚烧炉的基本概念 .....  | 59 |
| 3.1.1 燃料特性 .....        | 59 |
| 3.1.2 燃烧过程 .....        | 61 |
| 3.1.3 能量平衡 .....        | 63 |
| 3.1.4 质量平衡 .....        | 64 |
| § 3.2 炉排式焚烧炉及系统 .....   | 65 |
| 3.2.1 炉排炉的分类及结构形式 ..... | 66 |
| 3.2.2 炉排式焚烧炉 .....      | 71 |
| 3.2.3 炉排式焚烧炉的工艺系统 ..... | 75 |
| § 3.3 流化床焚烧炉及系统 .....   | 79 |
| 3.3.1 流化床燃烧的概念与特点 ..... | 79 |
| 3.3.2 循环流化床焚烧炉 .....    | 88 |
| § 3.4 热回收与发电系统 .....    | 95 |
| 3.4.1 热回收系统 .....       | 95 |
| 3.4.2 热力系统 .....        | 98 |

### 第四章 垃圾焚烧的污染物及其处置 ..... 102

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| § 4.1 垃圾焚烧排放污染物危害及其排放标准 .....          | 102 |
| 4.1.1 垃圾焚烧排放主要污染物 .....                | 102 |
| 4.1.2 垃圾焚烧污染物的排放标准 .....               | 109 |
| § 4.2 焚烧炉中生活垃圾焚烧原始排放的控制 .....          | 111 |
| 4.2.1 CO 的原始排放控制与控制 .....              | 113 |
| 4.2.2 NO <sub>x</sub> 的原始排放与控制 .....   | 114 |
| 4.2.3 SO <sub>2</sub> 的原始排放与炉内控制 ..... | 118 |

|       |                             |     |
|-------|-----------------------------|-----|
| 4.2.4 | HCl 的原始排放与控制 .....          | 118 |
| 4.2.5 | 二恶英类 PCDD/Fs 的原始排放与控制 ..... | 119 |
| § 4.3 | 垃圾焚烧各类污染物的脱除 .....          | 128 |
| 4.3.1 | 垃圾焚烧尾气处理常用设备介绍 .....        | 128 |
| 4.3.2 | 排放气体的处理 .....               | 135 |
| § 4.4 | 废水和废渣的处理 .....              | 151 |
| 4.4.1 | 垃圾焚烧污水的产生源和性质 .....         | 151 |
| 4.4.2 | 污水处理技术概述 .....              | 153 |
| 4.4.3 | 焚烧灰渣的处理 .....               | 154 |
| 4.4.4 | 灰渣分选 .....                  | 159 |
| 4.4.5 | 常用的安全处置方法 .....             | 160 |
| 4.4.6 | 焚烧灰渣的利用 .....               | 164 |

## 第五章 垃圾焚烧发电厂的建设与经济性 ..... 165

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| § 5.1 | 垃圾焚烧发电厂的运行模式 .....           | 165 |
| 5.1.1 | 投资模式与收益来源 .....              | 165 |
| 5.1.2 | 运营管理方式 .....                 | 166 |
| § 5.2 | 垃圾焚烧发电厂的建设与投资 .....          | 167 |
| 5.2.1 | 建设程序 .....                   | 167 |
| 5.2.2 | 初投资 .....                    | 171 |
| § 5.3 | 垃圾焚烧发电厂的运行成本与收益测算 .....      | 171 |
| 5.3.1 | 运行成本 .....                   | 171 |
| 5.3.2 | 收益测算 .....                   | 174 |
| § 5.4 | 1050t/d 垃圾焚烧发电厂经济性实例分析 ..... | 174 |
| 5.4.1 | 项目建设方案 .....                 | 174 |
| 5.4.2 | 选址 .....                     | 175 |
| 5.4.3 | 建设周期 .....                   | 175 |
| 5.4.4 | 建设资金 .....                   | 177 |
| 5.4.5 | 配套政策 .....                   | 178 |
| 5.4.6 | 经济性评价 .....                  | 179 |
| 5.4.7 | 风险分析 .....                   | 184 |
| 5.4.8 | 结论 .....                     | 184 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>第六章 垃圾焚烧发电厂的运行与维护 .....</b> | <b>186</b> |
| § 6.1 垃圾入炉前的处理与储运 .....        | 186        |
| 6.1.1 垃圾入炉前的处理 .....           | 186        |
| 6.1.2 垃圾储存 .....               | 187        |
| 6.1.3 垃圾输送 .....               | 192        |
| § 6.2 焚烧炉的运行 .....             | 193        |
| § 6.3 焚烧炉的维护和保养 .....          | 198        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>200</b> |

## 第一章

# 国内外垃圾的处理概况

固体废弃物是人类社会在生产、流通和消费过程中产生的不具有原使用价值而被抛弃的固态和准固态物质。固体废弃物有多种分类方法，其中较常用的是按来源分类，如工业废弃物、矿业废弃物、城市生活废弃物、农业废弃物、医疗废弃物和放射性废弃物等。城市生活废弃物又称城市生活垃圾，是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废弃物，其主要成分包括厨余物、废纸、废塑料、废织物、废金属、玻璃、陶瓷碎片、灰渣，以及废家用什具、庭园废物等。本书所阐述的城市生活垃圾不含废旧电器、粪便、水处理污泥等。城市生活垃圾主要产生于城市居民家庭、城市商业、餐饮业、旅馆业、旅游业、其它服务业、市政环卫业、交通运输业、文教卫生业和行政事业单位、工业企业单位等<sup>[1]</sup>。

生活垃圾是人类生活的必然产物，有人的存在，就有垃圾的产生。随着人类文明的进步和人口的增长，生活垃圾的产生量不断增加，垃圾的成分随着物质生活的丰富而日趋复杂，有害成分也日渐增多。垃圾问题已经给人类生活带来越来越大的影响，关注垃圾问题，对垃圾进行有效的无害化和减量化处理是非常必要的。

为了叙述方便，本书把城市生活垃圾简称生活垃圾或垃圾。

## § 1.1 发达国家生活垃圾的处理概况

### 1.1.1 发达国家垃圾的产量与成分

### 1. 垃圾的产生情况

早期的城市规模小，城市垃圾产量低而且成分简单，容易被环境消纳，生活垃圾对环境的危害并不明显。自从工业革命以后，城市人口和城市数量迅速增加，垃圾的产量大大增加，而随着人们生活方式的改变，垃圾的成分也越来越复杂，由此产生了较为严重的环境问题。

垃圾泛滥首先在发达国家出现并引起重视。20 世纪 60 到 80 年代是发达国家城市生活垃圾高速增长期。1960 年，美国的城市生活垃圾为 8812 万 t，到 1970 年已经增长到 12060 万 t，全国共有 12000 个垃圾堆积场，不少大城市周围都有大量的垃圾堆积。到了 1980 年，美国的城市生活垃圾已经达到了 15164 万 t，比 1960 年增长了 72.3%，到 1990 年，生活垃圾的总量为 20521 万 t。进入 20 世纪 90 年代后，随着政府城市固体废弃物管理的加强，以及人们环境意识的提高，垃圾的增长速度有所下降，1995 年、1996 年美国的城市生活垃圾则出现了负增长，但总量是非常大的（1996 年为 20966 万 t），1996 年美国人均日产生生活垃圾量为 1.96kg。美国的生活垃圾产生情况见图 1-1<sup>[3]</sup>。

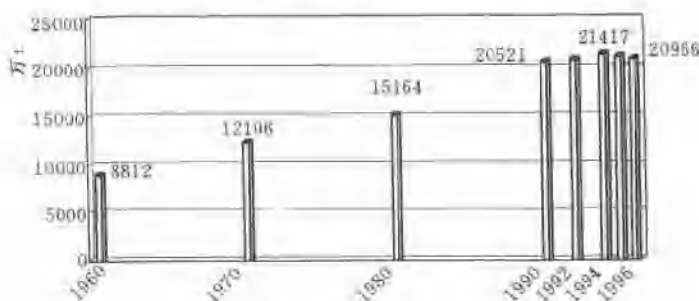


图 1-1 1960~1996 年美国城市垃圾产生量

欧洲目前每年约产生 1.33 亿 t 生活垃圾。其中，德国城市生活垃圾在 20 世纪 70~80 年代增长较快。1972 年德国的城市生活垃圾产生总量为 1934 万 t，人均每年产生 238kg，到 1976

年,生活垃圾的总量已经达到了2151万t,人均每年产生330kg。从1976年1985年的10年内,城市垃圾的总量每年增加8%~13%,1985年已经达到了2769万t,人均垃圾从330kg/a增长到450kg/a。人均垃圾的产生量在1985年达到高峰后,由于政府加强了城市固体废物的管理,通过立法进行分类回收利用,从源头减少垃圾的产生,城市垃圾的产生量有所控制。在1990年以后,德国人均生活垃圾产生量有所下降,1990年德国的生活垃圾产生量为3380万t,人均产生量为417kg/a,到了1995年,城市生活垃圾的产生量为2500万t,人均产生量为328.5kg/a,有较大的下降。德国的总垃圾产生量和人均年垃圾产生量分别见图1-2和图1-3<sup>[2]</sup>。

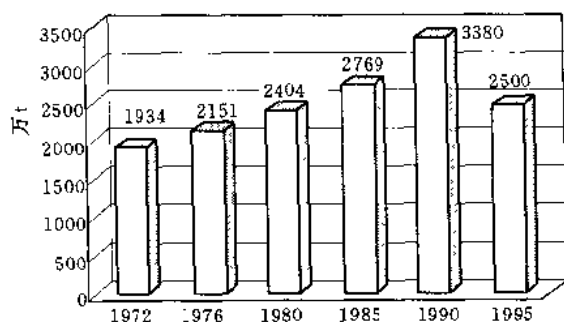


图 1-2 德国 1972~1995 年城市生活垃圾产生情况

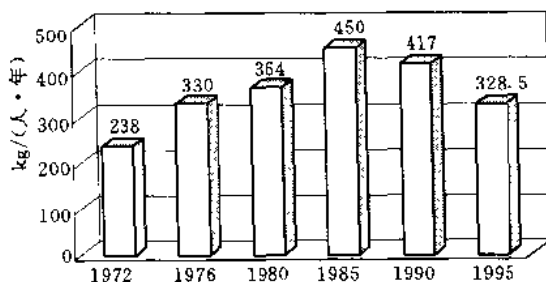


图 1-3 德国 1972~1995 年城市生活垃圾年人均产生量

日本是经济大国，同时也是垃圾产生大国。1975 年，日本的城市生活垃圾产生总量达到了 4205 万 t，1985 年为 4345 万 t，1995 年为 5069 万 t，1996 年为 5115 万 t<sup>[4]</sup>。近几年，由于加强了废弃物管理和回收利用，日本的城市生活垃圾的产量增长较慢。

## 2. 发达国家城市生活垃圾成分

城市生活垃圾的组成很复杂，其组成成分（这里主要指物理成分）受到了自然环境、经济发展水平、居民生活水平、城市规模、居民生活习惯等因素的影响。故各国、各城市甚至各地区产生的城市垃圾组成都有所不同。表 1-1 为美国 1960~1996 年城市生活垃圾成分的情况<sup>[2]</sup>，表 1-2 为部分发达国家的垃圾成分情况<sup>[1]</sup>。

表 1-1 美国 1960~1996 年城市生活垃圾成分（按重量） 单位：%

| 年份<br>材料 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1992 | 1994 | 1995 | 1996 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 纸与纸板     | 34.0 | 36.6 | 36.4 | 35.4 | 35.5 | 37.7 | 38.6 | 38.1 |
| 玻璃       | 7.6  | 10.5 | 10.0 | 6.4  | 6.3  | 6.2  | 6.1  | 5.9  |
| 金属       |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 黑色金属     | 11.7 | 16.2 | 8.3  | 6.2  | 5.8  | 5.5  | 5.5  | 5.6  |
| 铝        | 0.4  | 0.7  | 1.1  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4  |
| 其它有色金属   | 0.2  | 0.6  | 0.8  | 0.5  | 0.5  | 0.6  | 0.6  | 0.6  |
| 金属合计     | 12.3 | 11.4 | 10.2 | 8.1  | 7.7  | 7.6  | 7.5  | 7.7  |
| 塑料       | 0.4  | 2.4  | 4.5  | 8.3  | 8.8  | 9.0  | 8.9  | 9.4  |
| 橡胶与皮革    | 2.1  | 2.5  | 2.8  | 2.8  | 2.8  | 2.9  | 2.9  | 3.0  |
| 织物       | 2.0  | 1.7  | 1.7  | 2.8  | 3.2  | 3.4  | 3.5  | 3.7  |
| 木材       | 3.4  | 3.1  | 4.6  | 6.0  | 5.9  | 5.4  | 4.9  | 5.2  |
| 其它       | 0.1  | 0.6  | 1.7  | 1.6  | 1.6  | 1.7  | 1.7  | 1.8  |
| 废品垃圾合计   | 62.0 | 68.8 | 71.8 | 71.4 | 71.8 | 73.8 | 74.1 | 74.7 |

续表

| 年份<br>材料 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1992 | 1994 | 1995 | 1996 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 其它废物     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 食物垃圾     | 13.8 | 10.6 | 8.6  | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.3 | 10.4 |
| 庭院修剪物    | 22.7 | 19.2 | 18.1 | 17.1 | 16.8 | 14.7 | 14.1 | 13.4 |
| 其它无机废物   | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.5  | 1.5  |
| 其它废物合计   | 38.0 | 31.2 | 28.2 | 28.6 | 28.2 | 26.2 | 25.9 | 25.3 |

表 1-2 部分发达国家城市生活垃圾的平均组成 (按重量) 单位: %

| 国家<br>组成       | 英国     | 日本      | 荷兰     | 原西德    | 瑞士     | 瑞典     | 意大利    | 比利时    |
|----------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 食品垃圾           | 27     | 22.7    | 21     | 15     | 20     | 22     | 25     | 21     |
| 纸类             | 38     | 38.2    | 25     | 28     | 45     | 45     | 20     | 30     |
| 细碎物            | 11     | 21.1    | 20     | 28     | 20     | 5      | 25     | 26     |
| 金属             | 9      | 4.1     | 3      | 7      | 5      | 7      | 3      | 2      |
| 玻璃             | 9      | 7.1     | 10     | 9      | 5      | 7      | 7      | 4      |
| 塑料             | 2.5    | 7.3     | 4      | 3      | 3      | 9      | 5      | 9      |
| 其它             | 3.5    | 0.5     | 17     | 10     | 2      | 5      | 15     | 8      |
| 平均含水率          | 25.0   | 23      | 25     | 35     | 35     | 25     | 30     | 28     |
| 含热量<br>(kJ/kg) | 9737.3 | 10202.8 | 8346.2 | 8355.4 | 9969.1 | 9209.2 | 7323.2 | 7038.0 |

由表 1-1 和表 1-2 可以看出, 工业发达国家城市生活垃圾具有如下特点:

- (1) 有机物多、无机物少;
- (2) 纸类含量较高, 平均高达 34%;
- (3) 含水率较低, 平均为 28%;

(4) 热值较高, 均高于 7000kJ/kg, 平均为 8727kJ/kg。

### 1.1.2 成熟的垃圾处理方法

从世界范围看, 目前比较成熟的城市生活垃圾处理方法主要有: 卫生填埋、堆肥和焚烧。

#### 1. 卫生填埋

作为城市生活垃圾的最终处置手段, 卫生填埋是应用最早、最为广泛的垃圾处理手段。卫生填埋是从传统的垃圾堆填发展起来的, 是对垃圾渗滤液和填埋气体进行控制的垃圾填埋方式, 通常首先要进行防渗处理, 在填埋场底部采用人工衬层, 四周采用防渗幕墙并使之与天然隔水层相连接, 使填埋场底下形成一个独立的水系, 渗滤液一般通过管道收集后直接处理。垃圾填埋场产生的气体则通过预先埋置好的管道进行收集, 收集后的气体可以焚烧或者经过净化处理作为能源回收。

卫生填埋技术比较成熟, 操作管理简单, 投资和运行费用相对较低, 是目前世界多数国家的主要垃圾处理方式。但是这种垃圾处理方式的重要缺点是垃圾减容效果差, 需占用大量的土地资源, 填埋场地受地理和水文地质条件限制较多, 场址选择较为困难。此外, 垃圾渗滤液的治理难度较大, 处理中不易达到预期的目标, 渗滤液对地下水和土质很容易造成污染, 特别是建设标准较低的垃圾填埋场所造成的环境污染非常严重; 另外一方面, 垃圾填埋场产生的沼气的收集和处理的难度也较大, 除了对环境产生污染外, 还存在爆炸的隐患。垃圾填埋的处理方式已经不再适合人口密集、土地资源紧缺的国家和地区。国外正在逐步减少垃圾直接填埋量, 尤其在欧共体各国, 已强调垃圾填埋只能是最终处置手段, 而且只能是无机物垃圾, 在 2005 年以后, 有机物含量大于 5% 的垃圾不能进入填埋场。

#### 2. 堆肥

垃圾堆肥是利用微生物, 有控制地促进城市生活垃圾中可降解有机物转化为稳定的腐殖质的生化过程。按生物发酵方式, 堆肥处理可分为厌氧堆肥和好氧堆肥; 按垃圾所处的状态, 可分为

静态堆肥和动态堆肥；按发酵设备形式可分为封闭式堆肥和敞开式堆肥。目前较好的堆肥的方式为动态高温堆肥。

在现代堆肥技术的发展过程中，由于工业化的高速发展将大量的有毒化学物质和高分子塑料带人城市垃圾中，严重影响了堆肥产品的质量，致使垃圾堆肥在进入 20 世纪 70 年代后一度出现低谷。进入 90 年代后，垃圾堆肥处理技术的应用又重新出现回升趋势。垃圾堆肥技术的应用，注意了从源头分拣，避免垃圾中的有害成分进入堆肥中。欧美各国目前采用的堆肥技术强调只能用于庭院修剪物、果品蔬菜加工的废弃物以及养殖场的动物粪便和酿造行业的废弃物。在发酵过程中又采用了生物发酵技术提高了肥料中的氮、磷含量，从而保证堆肥产品质量<sup>[2]</sup>。

### 3. 焚烧

垃圾焚烧技术起源于 19 世纪末，进入 20 世纪 70 年代后，由于垃圾可燃物的增加、工业技术水平的不断提高，使得垃圾焚烧技术迅速发展，焚烧处理技术日趋成熟。在近三十年内，几乎所有的发达国家、中等发达国家都建设了不同规模、不同数量的垃圾焚烧厂，发展中国家建设的垃圾焚烧厂也不在少数。

焚烧处理与其它城市垃圾处理处置方法相比具有以下独特的优点：

(1) 能够使垃圾的无害化处理更为彻底。经过 850~1100℃ 的高温焚烧处理，垃圾中除重金属以外的有害成分充分分解，细菌、病毒能被彻底消灭，各种恶臭气体得到高温分解，尤其是对于可燃性致癌物、病毒性污染物、剧毒有机物几乎是惟一有效的处理方法。

(2) 垃圾减量化效果明显。城市生活垃圾中含有大量的可燃物质，焚烧处理可以使城市垃圾的体积减少 90% 左右，重量减少 80%~85%。焚烧处理是目前所有垃圾处理方式中减量化最为有效的手段。

(3) 可实现垃圾的资源化利用。垃圾焚烧产生的热量可以回收利用，用于供热或者发电，焚烧产生的渣可以作为生产水泥的

原材料或者用于制砖。

(4) 对环境的影响较小。现代垃圾焚烧技术进一步强化了对焚烧产生的有害气体的处理,通过采用先进的焚烧技术和严格的烟气处理工艺,能够大大减少垃圾焚烧产生有害气体的排放,垃圾渗滤液可以喷入炉膛内进行高温分解,不会出现污染地下水的情况。

(5) 能够节约大量的土地。焚烧厂占地面积小,建设一座日处理 1000t 生活垃圾的焚烧厂,只需占地 100 亩,按运行 25 年计算,共可处理垃圾 832 万 t。而且可以在靠近市区的地方建厂,可缩短垃圾的运输距离。

鉴于以上原因,垃圾焚烧处理及综合利用是实现垃圾无害化、减量化和资源化最为有效的手段,具有良好的环境效益和社会效益。

### 1.1.3 发达国家垃圾的处理政策

#### 1. 强调城市生活垃圾的源削减

源削减(Source Reduction)是指从废物的产生源头进行预防或避免不必要的废物产生,减少废物的产生量,其主要目的是促进垃圾的减量化,减少垃圾的直接处理量。源削减主要通过完善城市垃圾管理体系和建立用户收费制度来实现。用户收费制度是要求垃圾产生者交纳一定的费用,以承担自己排放垃圾的社会责任。这种方法被发达国家普遍采用,其收费方式主要有两种,一种是固定费用,从房租或水费中增加一定的比例,或按人口收取;另一种是按产生垃圾的量收取。不过,对分类收集的可回收利用的废弃物一般不收费或收费较少。

美国已有 37 个州实行按垃圾重量收费制度,促进了废物回收和垃圾减量。如美国西雅图实施此办法后,垃圾重量减少了 15%;北卡罗来纳州于 1995 年实施垃圾收费后,到 2000 年底废物减量已达到了 39%。整体而言,美国的垃圾产生量从 1994 年开始出现下降。

韩国为减少城市产生量,实施了循环使用垃圾法。该法强制实行后,韩国家庭垃圾的产量较过去减少了 36%,有效地促进了