

中华人民共和国工程建设标准

# 城市生活垃圾处理工程项目 建设标准与技术规范 宣贯教材

建设部标准定额研究所 编

CHENGSHI SHENGHUO LAJI CHULI GONGCHENG XIANGMU  
JIANSHE BIAOZHUN YU JISHU GUIFAN  
XUANGUAN JIAOCAI



中国计划出版社  
CHINA PLANNING PRESS

目次

中华人民共和国工程建设标准

中华人民共和国工程建设标准

ISBN 7-80177-096-X

# 城市生活垃圾处理工程项目

## 建设标准与技术规范

宣贯教材

建设部标准定额研究所 编

中国计划出版社

787×1092毫米 1/16 30.72印张 480千字

2003年7月第1版 2003年7月第1次印刷

030001-1

☆

ISBN 7-80177-096-X

中国计划出版社



图书在版编目 (C I P) 数据

中华人民共和国工程建设标准城市生活垃圾处理工程  
项目建设标准与技术规范宣贯教材/建设部标准定额研  
究所编. —北京:中国计划出版社, 2002. 7

ISBN 7-80177-096-X

I. 中... II. 建... III. ①垃圾处理—标准—  
中国—学习参考资料 ②垃圾处理—规范—中国—学习  
参考资料 IV. X705-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 051366 号

中华人民共和国工程建设标准  
城市生活垃圾处理工程项目  
建设标准与技术规范  
宣贯教材

建设部标准定额研究所 编

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906413 63906414)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

---

787×1092 毫米 1/16 20.75 印张 496 千字

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月第一次印刷

印数 1—5000 册

☆

ISBN 7-80177-096-X/TU·057

定价: 50.00 元

中华人民共和国工程建设标准

城市生活垃圾处理工程项目  
建设标准与技术规范

宣 贯 教 材

主审及执笔人员名单

主 审：徐金泉

执 笔：李 铮 董一新 徐文龙  
白良成 孟繁柱 徐海云  
刘桐武



## 前 言

城市生活垃圾问题已成为当今世界最严重的公害之一。及时清理和处理城市垃圾，是建设优美、整洁、文明的现代化城市不可缺少的条件。

目前，我国城市生活垃圾人均年产生量达到 440 公斤，1999 年全国 668 个城市生活垃圾清运量达到 1.144 亿吨，而且每年以 8% ~ 10% 的速度增长；垃圾历年堆存量达 60 多亿吨，全国有 200 多座城市陷入垃圾的包围之中。随着我国经济的持续快速发展，城市化进程不断加快，城市人口迅速增加，城市垃圾产生量势必持续增长。城市垃圾的污染，不仅严重影响城市环境质量，而且威胁人民群众身体健康。党的十五大确定的可持续发展战略，把城市生活垃圾污染治理作为“十五”期间改善城市环境质量和人民群众生活质量的一项重要任务，摆到了全党和全国人民面前，这充分说明城市垃圾污染的严重程度与党和政府对垃圾污染治理的高度重视。为此，“十五”期间国家计划投资 230 亿元，用于城市生活垃圾治理，每年投资将相当于“八五”期间五年的投资，是“九五”期间投资的近 3 倍，预计将会突破。近年来，国家制定了一系列的城市生活垃圾处理法规、技术政策和标准（规范、规程）；1995 年，全国人大制定颁发了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，把城市生活垃圾污染防治作为重要内容，2000 年建设部会同国家环境保护总局、科技部联合制定发布了《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》等；2001 年建设部会同国家计委批准发布了《城市生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准》、《城市生活垃圾堆肥处理工程项目建设标准》、《城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》；与此同时，建设部加快生活垃圾处理工程技术规范与产品标准的制修订工作，批准发布了百余项工程技术规范与产品标准。根据 2000 年国务院发布的《建设工程质量管理条例》，建设部加大了强制性标准贯彻实施的力度，2001 年建设部发布了第 81 号部长令《实施工程建设强制性标准监督规定》，城市生活垃圾处理工程技术标准属强制性标准，必须严格贯彻执行，违反标准要进行处罚。为更好地贯彻实施城市生活垃圾处理工程标准，必须大力加强宣贯和培训。为此，建设部标准定额研究所会同标准的主要编写人员，编写了本宣贯教材，以应各地宣贯培训之急需，推进城市生活垃圾处理工程建设，加快城市生活垃圾污染的治理，改善城市环境质量，提高人民群众的生活质量。

本宣贯教材的编写，得到建设部城市建设司市容管理处和建设部城市环境卫生标准技术归口单位上海市市容环境卫生管理局的支持和帮助，在此谨表谢意。

编者

2002 年 5 月

## 目 录

|         |                              |     |
|---------|------------------------------|-----|
| ( 00 )  | 前言                           | 第一章 |
| ( 80 )  | 第一篇 概论                       | 第二章 |
| ( 001 ) | 一、国外城市垃圾处理技术现状与分析            |     |
| ( 001 ) | 二、我国城市生活垃圾处理现状与对策            |     |
| ( 001 ) | 三、我国标准化及城市生活垃圾处理标准的概况        |     |
| ( 001 ) | 第二篇 城市生活垃圾填埋处理               |     |
| ( 001 ) | 一、《城市生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准》主要内容 |     |
| ( 001 ) | 第一章 总则                       |     |
| ( 001 ) | 第二章 建设规模与项目构成                |     |
| ( 001 ) | 第三章 选址                       |     |
| ( 001 ) | 第四章 填埋场主体工程与设备               |     |
| ( 001 ) | 第五章 配套工程                     |     |
| ( 001 ) | 第六章 环境保护与劳动保护                |     |
| ( 001 ) | 第七章 建设用地与建筑标准                |     |
| ( 001 ) | 第八章 运营管理与劳动定员                |     |
| ( 001 ) | 第九章 主要技术经济指标                 |     |
| ( 001 ) | 二、《城市生活垃圾卫生填埋技术规范》主要内容       |     |
| ( 001 ) | 第一章 总则                       |     |
| ( 001 ) | 第二章 术语                       |     |
| ( 001 ) | 第三章 填埋物                      |     |
| ( 001 ) | 第四章 卫生填埋场选址                  |     |
| ( 001 ) | 第五章 填埋场地基与防渗                 |     |
| ( 001 ) | 第六章 填埋作业                     |     |
| ( 001 ) | 第七章 填埋场工程验收                  |     |
| ( 001 ) | 第三篇 城市生活垃圾堆肥处理               |     |
| ( 001 ) | 一、《城市生活垃圾堆肥处理工程项目建设标准》主要内容   |     |
| ( 001 ) | 第一章 总则                       |     |
| ( 001 ) | 第二章 建设规模与项目构成                |     |
| ( 001 ) | 第三章 选址与总图布置                  |     |

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 第四章 工艺与装备 .....                  | ( 90 ) |
| 第五章 配套工程 .....                   | ( 98 ) |
| 第六章 环境保护与劳动保护 .....              | (100)  |
| 第七章 建筑标准与建设用地 .....              | (100)  |
| 第八章 运营管理与劳动定员 .....              | (102)  |
| 第九章 主要技术经济指标 .....               | (103)  |
| 二、《城市生活垃圾好氧静态堆肥处理技术规程》主要内容 ..... | (107)  |
| 第一章 总则 .....                     | (107)  |
| 第二章 术语 .....                     | (107)  |
| 第三章 堆肥原料 .....                   | (108)  |
| 第四章 好氧静态堆肥工艺 .....               | (111)  |
| 第五章 堆肥厂(场)的环境要求 .....            | (117)  |
| 第六章 生产工艺检测 .....                 | (118)  |
| 附录 A 检测方法 .....                  | (119)  |
| <b>第四篇 城市生活垃圾焚烧处理</b> .....      | (121)  |
| 一、《城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》主要内容 ..... | (121)  |
| 第一章 总则 .....                     | (121)  |
| 第二章 建设规模与项目构成 .....              | (123)  |
| 第三章 选址与总图布置 .....                | (125)  |
| 第四章 工艺与装备 .....                  | (126)  |
| 第五章 配套工程 .....                   | (128)  |
| 第六章 环境保护与劳动保护 .....              | (129)  |
| 第七章 建筑与建设用地 .....                | (131)  |
| 第八章 运营管理与劳动定员 .....              | (133)  |
| 第九章 主要技术经济指标 .....               | (134)  |
| 二、《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》主要内容 .....     | (136)  |
| 第一章 总则 .....                     | (136)  |
| 第二章 术语 .....                     | (142)  |
| 第三章 垃圾产生量与特性分析 .....             | (143)  |
| 第四章 垃圾焚烧厂总体设计 .....              | (153)  |
| 第五章 垃圾接收、储存与输送 .....             | (160)  |
| 第六章 焚烧系统 .....                   | (165)  |
| 第七章 烟气净化系统 .....                 | (173)  |
| 第八章 垃圾热能利用系统 .....               | (185)  |
| 第九章 电气系统 .....                   | (186)  |
| 第十章 自动化控制 .....                  | (197)  |
| 第十一章 给水、排水和消防 .....              | (207)  |
| 第十二章 采暖通风与空调 .....               | (209)  |



|                                                                    |              |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|
| 第十三章 建筑与结构 .....                                                   | (212)        |
| 第十四章 其他辅助设施 .....                                                  | (217)        |
| 第十五章 环境保护与劳动卫生 .....                                               | (219)        |
| 第十六章 工程施工及验收 .....                                                 | (224)        |
| <b>第五篇 相关法律、法规和有关政策文件 .....</b>                                    | <b>(229)</b> |
| 中华人民共和国环境保护法 .....                                                 | (229)        |
| 中华人民共和国固体废物污染环境防治法 .....                                           | (234)        |
| 城市市容和环境卫生管理条例 .....                                                | (242)        |
| 国务院关于环境保护工作的决定 .....                                               | (247)        |
| 国务院关于进一步加强环境保护工作的决定 .....                                          | (249)        |
| 国务院批转建设部等部门《关于解决我国城市生活垃圾问题的几点意见》<br>的通知 .....                      | (252)        |
| 国务院办公厅转发城乡建设环境保护部、中央爱国卫生运动委员会《关于处理<br>城市垃圾改善环境卫生面貌的报告》的通知 .....    | (255)        |
| 国务院办公厅转发国家环保局、建设部《关于进一步加强城市环境综合整治<br>工作的若干意见》的通知 .....             | (258)        |
| 城市公厕管理办法 .....                                                     | (262)        |
| 城市生活垃圾管理办法 .....                                                   | (265)        |
| 建设部关于印发《城市环境卫生当前产业政策实施办法》的通知 .....                                 | (268)        |
| 建设部关于印发《全国城市市容环境卫生工作会议纪要》的通知 .....                                 | (272)        |
| 建设部、国家环保总局、科技部关于发布《城市生活垃圾处理及污染防治<br>技术政策》的通知 .....                 | (275)        |
| 《建设事业“十五”计划纲要》专项规划之三城市建设行业“十五”<br>计划 .....                         | (279)        |
| 城乡建设环境保护部《关于把城市环境卫生设施的建设纳入城市总体规划的<br>通知》 .....                     | (288)        |
| 国家发展计划委员会、财政部、建设部、国家环境保护总局《关于实行城市<br>生活垃圾处理收费制度促进垃圾处理产业化的通知》 ..... | (289)        |
| <b>附录 .....</b>                                                    | <b>(293)</b> |
| 用于垃圾填埋场作业的废料处理设备 .....                                             | (293)        |
| SLC 型生活垃圾焚烧处理系统工艺原理及应用 .....                                       | (302)        |
| 垃圾卫生填埋场防渗工程建设 .....                                                | (308)        |
| 聚乙烯土工膜产品介绍 .....                                                   | (315)        |
| 德马格垃圾焚烧发电厂用特种起重机 .....                                             | (318)        |

# 第一篇 概 论

## 一、国外城市垃圾处理技术现状与分析

### (一) 发达国家城市垃圾管理基本状况

目前,国外发达国家的城市垃圾收集、运输和处理技术已很成熟,并积累了许多经验。在收集方面,大多数国家采取了分类收集;在运输方面,基本采用密闭压缩运输;在处理方面,城市生活垃圾广泛采用卫生填埋、焚烧、堆肥和综合利用(再生循环利用)四种处理方式,表1-1是世界主要工业发达国家城市垃圾处理方式比例;在投资方面,1992年欧洲用于垃圾处理方面的投资约为149.25亿欧元。

表1-1 世界主要工业发达国家城市垃圾处理方式比例(%)

| 国 家 | 年 份  | 焚 烧         | 卫生填埋    | 再生利用 |
|-----|------|-------------|---------|------|
| 英国  | 1991 | 9           | 90      | —    |
| 法国  | 1991 | 42 (170 座)  | 48      | 10   |
| 日本  | 1994 | 74 (2000 座) | 主要为焚烧灰渣 | 11   |
| 美国  | 1991 | 17 (168 座)  | 72      | 11   |
| 德国  | 1991 | 35 (47 座)   | 60      | 3~5  |
| 荷兰  | 1991 | 40 (40 座)   | 50      | 10   |
| 丹麦  | 1991 | 65 (38 座)   | 34      | 1    |
| 瑞典  | 1995 | 55 (23 座)   | 35~40   | 5    |
| 瑞士  | 1991 | 77          | 15~20   | —    |
| 意大利 | 1991 | 6 (22 座)    | 90      | —    |
| 西班牙 | 1991 | 7 (30 座)    | 75      | —    |
| 加拿大 | 1989 | 7           | 82      | 11   |

近 15 年来, 欧美发达国家在城市生活垃圾问题上经历了一场革命。这场革命的核心内容就是生活垃圾的综合管理思想的形成和实施, 体现在一系列政策体系和管理体系上, 最直接的表现就是分类收集的广泛推广和垃圾排放收费的普遍实行。

在过去 15 年中, 工业化国家的垃圾产出量无论在绝对量上还是单位产值产量上, 都在急剧增长。1995 年欧洲主要国家垃圾产量见表 1-2。

表 1-2 1995 年欧洲主要国家垃圾产量 (1000t)

| 国家  | 生活垃圾  | 与生活垃圾相近的企业垃圾 |
|-----|-------|--------------|
| 比利时 | 3410  | 26700        |
| 丹麦  | 2430  | 2304         |
| 德国  | 27958 | 81906        |
| 法国  | 20320 | 50000        |
| 英国  | 20000 | 56000        |
| 意大利 | 20033 | 34710        |
| 荷兰  | 7430  | 7665         |
| 奥地利 | 2506  | 31801        |
| 葡萄牙 | 2538  | 662          |
| 瑞典  | 3200  | 13000        |
| 西班牙 | 12546 | 13800        |
| 瑞士  | 3000  | 1000         |
| 波兰  | 12806 | 58732        |
| 捷克  | 4129  | 45000        |

在这种情况下, 发达国家的垃圾处理政策也发生了变化。经过不断探索和发展, 欧洲国家在城市垃圾污染防治方面形成了一个崭新的思想, 其核心就是“可持续发展”。20 世纪 90 年代, 许多发达国家治理垃圾的战略目标是: 通过选择较高层次的管理目标, 达到垃圾处理可持续发展的目的。首先, 最优先方案是避免产生垃圾; 如果必须产生, 产出量要最小。其次, 按实际情况, 最大可能地进行回用或回收。最后, 处理的目标应是回收能源和减少最终处置量。

1. 美国城市生活垃圾处理。美国每年产生城市生活垃圾约 3 亿 t, 基本上都得到了处理。表 1-3 为美国部分州 1993 年城市生活垃圾的产量和处理方式比例情况。在美国, 垃圾减量化和资源化始终放在第一位。尽管美国目前填埋处理率较高, 但近 20 年来垃圾焚烧处理在美国发展很快, 在大城市或某一地区联合建设大型垃圾焚烧厂已成为一种发展



方向，垃圾焚烧量已占垃圾处理总量的 10% 以上，而庭院垃圾的堆肥和废物的回收利用已占垃圾总量的 20% 以上。

表 1-3 美国 1993 年城市生活垃圾产量和处理方式比例

| 项目 | 垃圾产量 (t)  | 综合利用 (%) | 焚烧处理 (%) | 填埋处理 (%) |
|----|-----------|----------|----------|----------|
| 数量 | 226476000 | 19.95    | 10.81    | 69.24    |

美国城市生活垃圾的处理在各个州都有不同的特点，垃圾处理的费用也因地制宜，不同的州相差很大。美国垃圾填埋和焚烧处理费用如表 1-4 所示。

表 1-4 美国 1993 年垃圾填埋和焚烧费用

| 项目 | 填埋场数 (座) | 填埋费 (美元/t) | 焚烧厂数 (座) | 焚烧费 (美元/t) |
|----|----------|------------|----------|------------|
| 数量 | 4482     | 7~61       | 162      | 22~91      |

2. 英国城市生活垃圾处理。英国人均垃圾产量同世界其他国家相比是较少的，这同这个国家的工业化水平、人民生活水平以及环保意识关系很大。目前，英国对城市生活垃圾处理的主要方式仍采用填埋，焚烧只占很少一部分，也有一部分堆肥处理，见表 1-5。

表 1-5 英国垃圾处理方式

| 处理方式 | 总重量 (万吨) | 所占比例 (%) |
|------|----------|----------|
| 填 埋  | 2360     | 84.3     |
| 焚 烧  | 120      | 4.3      |
| 填 海  | 120      | 4.3      |
| 其他方式 | 200      | 7.1      |
| 合 计  | 2800     | 100.0    |

3. 德国城市垃圾处理。

德国人口总数约 9000 万，城镇人口约占 85%，全国人口的 1/3 居住在大中城市，约 2800 万人。德国城市生活垃圾在 20 世纪 70~80 年代增长较快，70 年代城市垃圾问题已经非常严重，如 1972 年，德国城镇生活垃圾年产量达到 1934 万 t，人均年产垃圾 238kg，从 1976~1985 年的 10 年中，人均垃圾年产量从 330kg 增加到 450kg，城市垃圾的总量每年增加 8%~10%，1985 年达到顶峰。德国政府对城市垃圾处理十分重视，在 1991 年 6 月 12 日实施《包装条例》，并于 1998 年 8 月进行了修改补充。该条例规定包装产品的生产商、销售商有义务回收并处理包装废弃物，并承担所需费用，同时规定了不同包装材料必需达到的回收利用率。《包装条例》在德国实施后，大大促进了清洁生产，减少了一次性包装产品的使用，自 1990 年以后，垃圾产量呈逐年下降趋势，到 1995 年以后人均垃圾

年产量稳定在 300kg 左右。

德国有较完善的负责垃圾回收的双轨系统，也称绿点标志系统。其做法是每户发一个黄色垃圾桶（袋）（以区别倾倒普通垃圾的黑桶）。凡是印刷有绿点标志的商品包装物，用完后都可免费投入黄桶。现在这个系统又有了发展，在黄桶基础上又发展了蓝色垃圾桶和绿色垃圾桶，蓝色垃圾桶收集纸张，绿桶称“生态桶”，用以收集有机垃圾。在德国居住区的居民房前屋后均放置着这种带有颜色的垃圾桶，数量比较多，以收集厨房及庭院的有机垃圾。根据用户与垃圾收运部门的协议确定清运频率。另外，在几个路段或一个街区设一个收集点，并放置着一组标有不同颜色的垃圾桶，用来分别收集纸张、塑料、玻璃等可回收利用的城市生活垃圾资源，仅收集玻璃的垃圾桶就有三种颜色分别收集无色、棕色、绿色的瓶子。收集点的垃圾桶每 30d 清运一次，德国人也有自己将垃圾送到垃圾分选厂的习惯。

由于普遍采用了垃圾分类收集并建设了很多垃圾分选厂，使城市生活垃圾中的废品回收率大大提高。1996 年，各种玻璃瓶的回收率为 79%，废纸的回收率为 71%。到 1993 年，德国的分类收集量已占城市垃圾量的 75.5%，包括物质和能量的利用在内，德国城市垃圾的平均综合利用率达到 50%。

德国城市垃圾综合利用和无害化处理技术发展很快。发展最快的是垃圾焚烧技术和热回收技术，20 世纪 70 年代全国只有不到 10 台焚烧炉，年处理垃圾量 71.8 万 t，到 1999 年已有 61 座垃圾焚烧厂，年处理垃圾量 1000 多万吨。同时，垃圾填埋量在逐年减少，为防止垃圾填埋渗滤液对土壤和地下水的污染，对进入填埋场的垃圾制定了严格要求，2005 年后，其填埋垃圾中有机物含量不得超过 5%。

4. 新加坡生活垃圾处理。新加坡因为国土狭小，对于废物减量要求很严格。环境省的政策是以减量化为主要目标，现有的 Tuas 垃圾焚烧厂、Ulu Pandan 垃圾焚烧厂和 Seno-ro 焚烧厂合计处理能力已达 6000t/d，达到了全部生活垃圾减量化 90% 的指标。

新加坡环境发展部 1987 年的总支出额为 4.272 亿美元，其中，以经营管理垃圾处理设施的工程服务部支出 4440 万美元，占全部支出的 10.4%。

新加坡环境发展部将全国划分成 9 个分区，并逐步将公共垃圾收集的服务私营化。一家德国公司已成为第一个分区的公共垃圾收集的服务公司，另一家本地公司也将负责第二个分区的公共垃圾收集的服务。

## （二）发达国家垃圾处理技术现状分析

### 1. 垃圾焚烧处理。

（1）垃圾焚烧发展过程。垃圾焚烧处理已有 100 多年历史，但出现有控制的焚烧（烟气处理、余热利用等）只是近几十年的事。它与填埋处理相比，具有占地小、场地选择易，处理时间短，减量化显著（减重一般达 70%，减容一般达 90%。），无害化较彻底以及可回收垃圾焚烧余热等优点，在发达国家得到越来越广泛应用。特别是近几年来，由于垃圾焚烧烟气处理逐步受到重视，特别是烟气处理技术不断进步（见表 1-6），余热利用系统和尾气处理系统得到进一步完善，垃圾焚烧炉又取得新发展。进行余热利用的垃圾焚烧厂被称为“能源回收工厂”（Waste - To - Energy）。目前，垃圾焚烧处理，美国占 17%，日本约占 75%，德国和法国约占 30%~50%，英国占 9%~10%，加拿大占 5%~6%。

表 1-6 垃圾焚烧烟气排放水平  
单位: (mg/Nm<sup>3</sup>, PCDD + PCDF 为 TE ng/Nm<sup>3</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/<br>PCDF<br>(二恶英) |
|---------------|---------------|------|------|-----------------|-----------------|------|------|------------------------|
| 1900 年        | 无             | 5000 | 1000 | 500             | 300             | 1000 | 0.5  | —                      |
| 1970 年前       | 旋风除尘          | 500  | 1000 | 500             | 300             | 1000 | 0.5  | —                      |
| 1970 ~ 1980 年 | 静电除尘          | 100  | 1000 | 500             | 300             | 500  | 0.5  | —                      |
| 1980 ~ 1990 年 | 静电 + 烟气污染控制技术 | 50   | 100  | 200             | 300             | 100  | 0.2  | 10                     |
| 1990 年后       | 最好的烟气污染控制技术   | < 10 | < 10 | < 50            | < 100           | < 10 | 0.05 | < 0.1                  |

注: 本表摘自《Studies In Environmental Science 67 Municipal Solid Waste Incinerator Residues》, 1997 年。

(2) 焚烧技术类型。目前, 在发达国家应用的城市垃圾 (MSW) 焚烧, 主要有: ① 全量焚烧系统 (Mass burn system), 通常焚烧处理量 250 ~ 3000t/d, 用来焚烧混合垃圾。② 将混合垃圾进行分选处理制成一定尺寸规格的垃圾衍生燃料 (Refuse derived fuel 简称 RDF), 制成的 RDF 燃料比混和垃圾具有较好的均匀性, 可以和煤、木屑等其他燃料混和燃烧。③ 块装组合式焚烧系统 (Modular system), 通常是指在制造厂制造好标准组件到现场组合安装, 此类型焚烧系统处理量相对较小 (10 ~ 200t/d)。④ 流化床焚烧炉、热解 (Pyrolysis) 等, 这种处理工艺应用较少。1996 年美国垃圾焚烧厂 (WTE) 统计见表 1-7。

表 1-7 1996 年美国垃圾焚烧厂 (WTE) 统计

| 类型        | 运行焚烧厂<br>(座) | 设计热处理量<br>(t/d) | 年处理量<br>(百万 t) | 三种焚烧厂<br>所占比例 (%) | 三种焚烧年处理量<br>所占比例 (%) |
|-----------|--------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 块装组合式焚烧系统 | 21           | 2529            | 0.8            | 18.4              | 2.6                  |
| 全量焚烧系统    | 70           | 72813           | 22.6           | 61.4              | 72.2                 |
| 垃圾衍生燃料    | 23           | 25579           | 7.9            | 20.2              | 25.2                 |
| 总计        | 114          | 100921          | 31.3           | —                 | —                    |

注: 资料来源于 From 1996 IWSA MWC DIRECTORY, Integrated Waste Services Association, Washington, D. CC., 1996. With permission.

1) 全量焚烧系统 (Mass burn system)。全量焚烧系统专门设计用于不经预处理的混合垃圾焚烧。这类焚烧炉多为炉排炉。垃圾在一个倾斜的移动的炉排上能够和空气进行充

分地混合从而得到较完全的燃烧。目前,有多种专利炉排在实际中得到应用(如摇动式、移动式、反推式等),也有一些系统采用旋转窑代替移动炉排的搅动和混合,并应用于全量垃圾焚烧系统。发达国家城市垃圾大多采用无预处理焚烧系统并进行余热利用,该系统利用率达85%以上。

2) 垃圾衍生燃料(RDF)系统。在美国,有一部分地区将混合垃圾通过机械分选、破碎处理等方式制成物理性较均一的垃圾衍生燃料(RDF),RDF最终加工形态根据不同要求可制成不同尺寸规格的颗粒或压缩成块状。由于RDF可部分代替煤直接用于工业锅炉,也可和煤或木屑混合燃烧,因而RDF厂址选择具有较大的灵活性。主要设备有输送皮带、滚筒筛、磁选机及空气分选机等。由于机械设备较多,系统能耗较高,因此系统利用率较低。

3) 组合式焚烧系统(Modular system)。这类焚烧系统(又称Controlled Air Oxidization System)一般焚烧量较小,最大处理量为200t/d以下。它的主要部件为两个标准化燃烧室,由制造厂家生产好,现场组合安装,因而适于就地焚烧,多用于医院垃圾、工业垃圾焚烧。通常第一燃烧室采用缺氧燃烧,温度一般为540~760℃,第二燃烧室温度为980℃以上,进料方式为连续进料或批量进料。

4) 其他焚烧系统。流化床焚烧又称沸腾炉。炉床由耐火砂粒组成,燃烧时砂床在风力作用下呈“沸腾”状态。物料以砂床为载体呈悬浮状态燃烧,这种焚烧炉的特点是燃烧效率高,占地面积小,但对燃烧物料的尺寸有一定要求。流化床焚烧炉主要有两种类型,一种为内旋流化床(Bubbling Fluidized bed),物料只在炉床上燃烧;另一种为循环流化床(Circulating Fluidized bed),部分没有完全燃烧的物料经过旋风器进入流化床底部循环燃烧。

热解(Pyrolysis),其过程通常是在490~590℃条件缺氧热分解,分解产生的气体送到二燃室进行充分燃烧。热解工艺具有烟气处理简单的特点,目前在美国、德国、加拿大有少量应用。

据1998年统计,德国现有垃圾焚烧厂61座,年处理能力为1389.73万t。其中,焚烧炉58座,热解炉2座,气化炉1座;焚烧炉中约30%为滚动炉排,70%为炉排炉,约83%的垃圾焚烧厂是2~4条生产线。

2. 卫生填埋处理。所谓卫生填埋,就是能对渗滤液和填埋气体进行控制的填埋方式。早期的垃圾填埋处理由于未控制其对环境的污染,造成了严重的后果。直到20世纪30年代,在美国的加利福尼亚才首次提出“卫生填埋”的概念。由于垃圾产量大大增加,而且含有有毒有害物质,因此造成环境污染的可能性也大大增加,所以人们对垃圾填埋场的环境影响越来越重视,垃圾填埋场的操作运行管理也越来越严格。

(1) 填埋场防渗与渗滤液收集处理。

1) 防渗。防渗处理是生活垃圾卫生填埋场选址和建设要考虑的重要因素之一。在填埋场基底没有天然隔水层的情况下,为防止垃圾渗滤液污染填埋场及其周围的地下水,需要对填埋场采取防渗处理。

填埋场的防渗处理包括水平防渗和垂直防渗两种方式。水平防渗是指防渗层水平方向布置,防止垃圾渗滤液向下渗透污染地下水;垂直防渗是指防渗层竖向布置,防止垃圾渗滤液向周围渗透污染地下水。一般填埋场防渗处理要考虑结合采用水平



防渗和垂直防渗两种方式。根据填埋场的具体情况，也有采用一种防渗方式就可满足防渗要求。

①水平防渗。填埋场衬层主要有两类，一类是粘土衬层，另一类是人工合成衬层（又称土工膜）。粘土衬层包括天然粘土衬层和人工粘土衬层。在很多地区，粘土衬层由于造价相对较低应用较多。人工合成衬层又称土工膜（Geomembrane），它是不透水的土工合成材料的总称。国外从20世纪80年代开始在垃圾填埋场防渗处理中使用土工膜作为衬层材料，逐步成为一项成熟的技术并得到广泛的应用。通常采用2~2.5mm厚的高密度聚乙烯（HDPE）塑料作为衬里材料，其渗透系数可达 $10^{-12} \sim 10^{-13}$  cm/s。目前，土工膜已形成了系列产品，并制定了相应的设计、施工标准。

人工合成衬层作为最近20多年发展起来的新技术应用有所增加，美国环保署（EPA）1987年对美国填埋场使用衬层情况的统计也表明了这一点（见表1-8）。

表1-8 美国填埋场衬层类型统计（%）

| 衬层类型   | 已关闭填埋场 | 正在运行填埋场 | 计划兴建填埋场 |
|--------|--------|---------|---------|
| 天然粘土层  | 34     | 28      | 30      |
| 人工粘土层  | 35     | 39      | 36      |
| 人工合成衬层 | <1     | 1       | 6       |
| 其他     | 8      | 7       | 8       |
| 没有或未统计 | 39     | 40      | 35      |

注：总数超过100%是因为有的采用了两种以上类型。

根据德国垃圾技术指南要求，从1999年6月1日起，所有新建、扩建生活垃圾填埋场都应设基底、终场防渗系统。图1-1是1995年德国生活垃圾填埋场防渗系统状况，目前设有防渗系统的生活垃圾填埋场比例已有很大的提高。

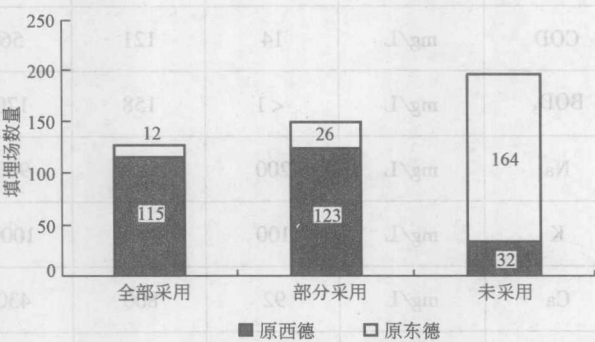


图1-1 1995年德国生活垃圾填埋场防渗系统状况

②防渗幕墙。填埋场四周采用垂直防渗幕墙并使之与天然隔水层相连接，使得填埋场场底以下形成一个相

对独立的水系，垃圾渗滤液就不会通过填埋场的基底和侧壁向周围扩散而污染地下水。填埋场四周的垂直防渗幕墙主要功能就是防渗。在美国、欧洲，膨润土幕墙防渗方式应用较早，一般用于早期无防渗措施并已污染的填埋场的改造，防止垃圾渗滤液进一步污染，在四周设置膨润土幕墙，使得填埋场场底以下形成一个相对独立的水系，通过渗滤液收集并抽取渗滤液并处理。

2) 渗滤液处理。填埋场防渗的目的是防止渗滤液扩散进入地下水,要消除渗滤液对地下水和地表水的污染还需要对其进行收集和处理。国外的渗滤液收集系统一般由一系列收集管(通常为 $\phi 200$ HDPE收集管)、集水层、过滤层、集水管、集水槽组成。管网布置于衬层之上的集水层中。集水层由砂、碎石组成,一般衬层设计有一定坡度便于渗滤液收集。渗滤液收集后一般有以下儿种形式处理:①回喷填埋场;②运输(或管道输送)至城市污水处理厂统一处理;③现场处理。

垃圾渗滤液回喷主要用于降雨量少的干旱地区(年降雨量小于700mm)。垃圾渗滤液经过适当处理,运输(或管道输送)至城市污水处理厂是目前比较好的选择方式之一,但要求城市具有污水处理厂并相距不太远。由于渗滤液水质水量变化大,且污染物浓度高,垃圾渗滤液现场处理并达标排放处理工艺较复杂,投资和运行成本较高,因此,要求从填埋场管理和填埋工艺等方面尽可能减少污水产生量。

1991年根据联邦德国150个生活垃圾卫生填埋场多年监测的50多万个数据统计,渗滤液产生量约为作业区降雨量的30%~60%(年降雨量>500mm),约 $6\sim 10\text{m}^3/\text{ha}/\text{d}$ 。表1-9为国外垃圾填埋场渗滤液典型成分,表1-10为国外渗滤液处理技术的主要方法,表1-11为德国垃圾填埋场渗滤液排放控制值。

表1-9 国外垃圾填埋场渗滤液典型成分

| 参 数                | 单 位   | 炉渣填埋场渗滤液 |       |       | 生活垃圾填埋场渗滤液 |      |       |
|--------------------|-------|----------|-------|-------|------------|------|-------|
|                    |       | 最小       | 平均值   | 最大    | 最小         | 平均值  | 最大    |
| pH                 |       | 6.1      | 8.3   | 10.5  | 3.5        | 7.5  | 9     |
| 电导率                | ms/cm | 1.9      | 30.4  | 117   | 2          | 10   | 25    |
| DOC                | mg/L  | 4        | 44    | 6     | 120        | 4500 | 22000 |
| COD                | mg/L  | 14       | 121   | 560   | 500        | 5000 | 60000 |
| BOD <sub>5</sub>   | mg/L  | <1       | 158   | 1700  | 100        | 1500 | 45000 |
| Na                 | mg/L  | 200      | 5188  | 9800  | 50         | 1500 | 4000  |
| K                  | mg/L  | 100      | 4468  | 10000 | 10         | 1000 | 2500  |
| Ca                 | mg/L  | 92       | 800   | 4300  | 30         | 200  | 2500  |
| Mg                 | mg/L  | 9        | 37    | 80    | 50         | 600  | 2000  |
| Cl                 | mg/L  | 290      | 10761 | 36200 | 100        | 2000 | 15000 |
| NH <sub>4</sub> -N | mg/L  | 0.18     | 27    | 190   | 20         | 500  | 3000  |
| NO <sub>2</sub>    | mg/L  | —        | 0.16  | —     | n. n.      | 0.5  | 25    |

续表 1-9

| 参 数             | 单 位  | 炉渣填埋场渗滤液 |       |       | 生活垃圾填埋场渗滤液 |       |      |
|-----------------|------|----------|-------|-------|------------|-------|------|
|                 |      | 最小       | 平均值   | 最大    | 最小         | 平均值   | 最大   |
| NO <sub>3</sub> | mg/L | <20      | 56    | 190   | n. n.      | 3     | 50   |
| SO <sub>4</sub> | mg/L | 58       | 1947  | 11750 | 50         | 300   | 3000 |
| AOX             | mg/L | 0.01     | 1.27  | 4.54  | 0.032      | 2     | 3.35 |
| Fe              | mg/L | 0.24     | 0.58  | 1     | 1          | 50    | 1000 |
| Mn              | mg/L | 0.02     | 0.04  | 0.06  | 1          | 3     | 75   |
| Pb              | mg/L | <0.0001  | 0.12  | 0.9   | 0.2        | 0.05  | 1    |
| Cu              | mg/L | <0.0005  | 0.09  | 0.3   | 0.01       | 0.05  | 1    |
| Zn              | mg/L | <0.004   | 0.23  | 1.5   | 0.1        | 1     | 10   |
| Cd              | mg/L | <0.00005 | 0.023 | 0.15  | 0.001      | 0.005 | 0.1  |
| Ni              | mg/L | <0.003   | 0.10  | 0.6   | 0.02       | 0.2   | 2    |
| Cr 估计           | mg/L | <0.0001  | 0.035 | 0.1   | 0.02       | 0.2   | 1.5  |
| Hg              | mg/L | <0.00005 | 0.008 | 0.106 | 0.00002    | 0.01  | 0.05 |
| As              | mg/L | 0.0034   | 0.011 | 0.025 | <0.00001   | 0.02  | 1    |

表 1-10 国外渗滤液处理技术的主要方法

| 方 法     | 去 除                         | 作用方式    |
|---------|-----------------------------|---------|
| 生物处理    | 氨氮、BOD <sub>5</sub> (COD)   | 生物氧化    |
| 吸附      | 有机卤化物 COD                   | 通过吸附介质  |
| 絮凝/沉淀   | 除盐以外的所有物质                   | 化学/物理化合 |
| 湿式化学氧化  | 有机卤化物 COD                   | 化学氧化    |
| 反渗透     | 所有物质                        | 膜过滤     |
| 蒸发/干燥   | 所有物质                        | 热分离     |
| 酸洗/催化氧化 | 去除氨氮、BOD <sub>5</sub> (COD) | 化学/物理   |