

环境工程系列图书
固体废物治理技术丛书

城市生活垃圾的 处理和处置

CHENGSHI SHENGHUO LAJI DE
CHULI HE CHUZH

杨宏毅 卢英方 主编

中国环境科学出版社



X799.3
6

环境工程系列图书——固体废物治理技术丛书

城市生活垃圾的处理和处置

杨宏毅 卢英方 主编

中国环境科学出版社·北京

内容简介

本书是《环境工程系列图书》之《固体废物治理技术丛书》之一。

本书全面系统地介绍了城市生活垃圾在国内外处理和处置的现状, 以及一些发达国家对生活垃圾处理和处置的法规、政策、方法及手段, 指出了我国在处理城市生活垃圾方面应该注意的问题和今后发展的方向。同时, 本书又详细介绍了处理和处置生活垃圾的设备和实用技术。

本书适合从事城市垃圾研究、处理行业 and 环境保护系统的领导、科技人员阅读、参考; 也可以作为大专院校相关专业的教师、学生教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

城市生活垃圾的处理和处置/杨宏毅, 卢英方主编. —北京:
中国环境科学出版社, 2006.7

(环境工程系列图书. 固体废物治理技术丛书)

ISBN 7-80209-257-4

I. 城… II. ①杨… ②卢… III. 城市-垃圾处理
IV. X799.305

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 002140 号

责任编辑 刘大澈 赵惠芬 季苏园

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67135108

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 7 月第一版
印 次 2006 年 7 月第一次印刷
印 数 1—2000
开 本 787×1092 1/16
印 张 18.75
字 数 400 千字
定 价 40.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《城市生活垃圾的处理和处置》

编写人员名单

主 编 杨宏毅 卢英方

成 员 罗 宇 戴有斌 林昌梅 阎 涛

姚志国 史东晓 翟丽佳 戴小东

刘爱民

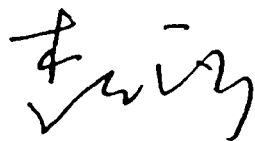
序

改革开放二十多年来，我国经济建设取得了举世瞩目的伟大成就。随着人民生活水平迅速提高以及城市化进程的不断加快，城市生活垃圾产生量急剧增加，固体废物污染问题日益严重，但从总体上说，城市生活垃圾无害化处理率还比较低，处理水平还比较差，环境压力越来越大。按照建设资源节约型和环境友好型社会的要求，加快我国城市生活垃圾的无害化处理、资源化利用，已成为我国今后经济社会发展应着力解决的重大问题。

我国城市生活垃圾处理起步晚、起点低，直至 20 世纪 90 年代后期，国家实行积极的财政政策，对城市环保基础设施投资倾斜，加大了对生活垃圾处理设施建设支持力度，制定了固体废物防治实行“减量化、资源化、无害化”的方针，逐步实行垃圾收费制度，我国的垃圾处理事业才得到了较快发展。但我国地域辽阔，各城市的经济实力、城市规模、居民收入水平和生活方式不尽相同，南北方城市产生的生活垃圾的成分差异较大，因此，不可能采用同一种垃圾处理技术。国内已有的垃圾处理方式从管理到技术上都需要进一步改进。正是基于这一目的，建设部城建司和城市建设研究院组织编写了这本《城市生活垃圾处理技术》。该书汇集了国内外生活垃圾处理与处置的技术，垃圾的管理与管理体系，相关的法律法规，目前存在的突出问题以及相应的对策措施等。

期望该书的出版发行,对于贯彻落实科学发展观,指导各地从本地的实际情况出发,进一步提高城市生活垃圾处理水平,推进生活垃圾资源化利用起到积极的推动作用,对于从事固体废物处理的相关人员起到参考和帮助的作用。

建设部城市建设司司长



编者的话

目前我国城市人口已超过 3.5 亿人，居民在日常的生产生活中，生活垃圾造成的污染已经成为近年来社会关注的焦点，如何正确地对生活垃圾的处理处置成为各级市政行业迫需解决的问题。

城市生活垃圾组成复杂，成分多样。随着人民生活水平的提高，消费结构的改变，不仅生活垃圾产生量增加，垃圾的成分也起着很大的变化。以前，生活垃圾的处理只是交给环卫部门清扫、收集、运输、简单的填埋处理，而现在生活垃圾中含有大件刚性固体废物、有机废物、环境不降解塑料制品、可回收利用废物和对环境有危害的重金属物等，所占比例快速增加，原始的处理处置方法已不能满足生态城市建设的需要。

国外垃圾处理历史较长，处理工艺及技术发展成熟，尤其在管理体系和投融资体系有着先进的经验，本书对其进行了系统的分析，列举了成功典型的案例，希望在适应中国国情的基础上能取其精华，起到引导作用。

本书分上下两篇。上篇为城市生活垃圾的管理与规划篇。对国内外垃圾处理发展的历史，我国垃圾处理领域的法律法规，管理上的问题，规划的体系，垃圾处理设施建设的投融资体系，以及垃圾处理国内外成功的管理与规划案例作了深刻全面的分析，并提出一些解决的方法。

本书下篇为垃圾处理处置方法技术篇。介绍分析了生活垃圾的特性,生活垃圾处理设备的发展,生活垃圾的收集与转运,根据垃圾特性进行预处理、焚烧、填埋、堆肥的综合处理。

本书可供环境保护和城市卫生系统从事固体废物处理的管理人员、科研人员 and 城市垃圾处理行业的相关人员阅读、参考。

由于编者水平有限,书中难免有缺漏不足之处,恳请读者批评指正。

目 录

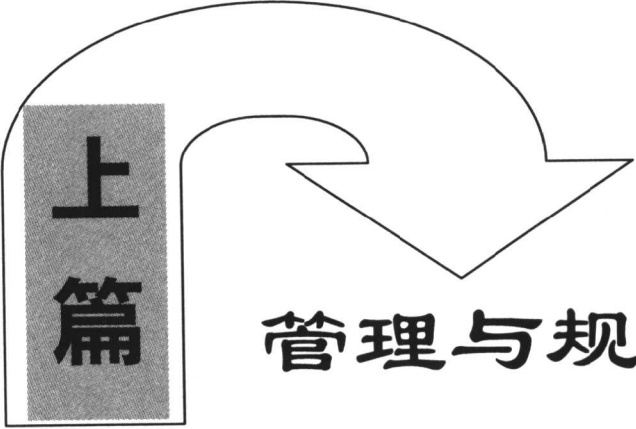
上篇 管理与规划篇

1 引 言	3
1.1 城市生活垃圾管理的历史沿革	3
1.2 城市生活垃圾管理的法律法规	6
1.3 我国城市生活垃圾管理的基本问题	11
2 城市生活垃圾的管理原则与框架	14
2.1 城市生活垃圾的“三化”处理原则	14
2.2 城市生活垃圾的处理方式	17
2.3 综合化的城市固体废物管理框架	18
2.4 循环经济与生态化城市的建设	21
3 城市生活垃圾管理的规划	29
3.1 规划编制的体系结构	29
3.2 规划的程序和方法	32
3.3 规划的管理和实施	33
4 城市生活垃圾处理设施建设投融资体系	35
4.1 投融资体系概述及沿革	35
4.2 投融资方法及特征	42
4.3 完善我国城市垃圾收费体系	47
5 城市生活垃圾的管理与案例分析	52
5.1 发达国家城市生活垃圾管理模式及方法	52
5.2 我国城市生活垃圾管理模式及方法	76
5.3 天津市双港垃圾焚烧发电项目案例分析	84
5.4 上海、杭州、温州和天津等四个城市垃圾处理项目的异同点	95
参考文献	99

下篇 技术篇

6 引 言	103
6.1 城市生活垃圾特性的变化和发展	103
6.2 城市生活垃圾处理及处置设备的发展	104
7 城市生活垃圾处理技术框架	115
7.1 技术框架的结构与组成	115
7.2 技术框架内的物流特征	118
7.3 技术处理与处置过程的环境特征	121
8 城市生活垃圾的特性	125
8.1 城市生活垃圾的理化特性	125
8.2 城市生活垃圾的生物特性	129
8.3 城市生活垃圾的可变性	132
9 城市生活垃圾的收集与转运	134
9.1 城市生活垃圾的收集与预处理	134
9.2 城市生活垃圾的收集与运输设备	142
10 填埋处理与处置	148
10.1 填埋处理概论	148
10.2 卫生填埋场的建立	150
10.3 渗滤液的产生与控制	158
10.4 填埋气体的产生与控制	164
10.5 填埋处理与处置工艺及设备的发展	169
10.6 相关案例——深圳市下坪垃圾卫生填埋场	186
11 焚烧处理	191
11.1 焚烧处理概论	191
11.2 焚烧处理技术	198
11.3 焚烧厂工艺流程及设备布置	209
11.4 焚烧能源的回收利用	213
11.5 焚烧过程的污染控制	215
11.6 相关案例——上海浦东新区生活垃圾焚烧厂	231
12 生物处理	235
12.1 生物处理技术概述	235
12.2 生物处理的适应性	239

12.3 好氧堆肥技术	241
12.4 厌氧发酵技术	247
12.5 生物处理的污染控制	256
12.6 相关案例——无锡生活垃圾处理厂	260
 13 污泥的处理处置及其资源化	 264
13.1 污泥的来源与产生量	264
13.2 污泥的处理处置方法	265
13.3 污泥的资源化技术	273
13.4 相关案例——唐山市西郊污水处理厂污泥制肥工程	283
 参考文献	 288



上
篇

管理与规划篇

1.1 城市生活垃圾管理的历史沿革

1.1.1 欧洲和中东地区城市生活垃圾管理的历史

(1) 19 世纪以前人类的垃圾处理方法

从史前时期到 19 世纪游牧部落很少关注垃圾或污物，他们在离开居住地之前是不会考虑对垃圾进行处理的。然而，过着定居生活的部落民族确实面临着这一问题。他们住在定居点或现代化城市里，不得不把垃圾从他们的居住空间清除掉。因此，垃圾问题可以追溯到人类社会的早期。

6 500 多年前，在古代中东的一些地区，人们就已住在装有浴缸和由黏土制成水管的两层楼房里。污水通过管道倒入街边一个封闭的污水桶里。厨房位于上面一层，厨房垃圾可以通过一个垂直的管道投进到位于厨房正下方临地面的一个垃圾收集设备里。

《圣经》里有关于古代以色列人处理垃圾的记载。例如，耶路撒冷在公墓附近的 Kidron 谷地中建有一个垃圾倾倒场。对有机垃圾进行堆肥处理，对无机材料用火进行不断地焚烧。该城还有一套污水处理系统。《圣经》里提到了垃圾焚烧：“但是，牛皮和所有牛肉，以及牛头牛腿，内脏部分及其他各部分……必须拿到宿营地外面一个干净的适于举行仪式的地方，撒上灰，在灰堆上架柴火焚烧。”

在古希腊和罗马，输水管道的应用非常成功。早在公元前 600 年，埃特拉斯坎人就为罗马城建立了排水系统，宫殿和政府机关大楼都与排污系统相连。罗马人强迫战俘清理污水，清扫街道，让自己的奴隶用陶器收集废弃物和排泄物，然后倒入公共的污水桶里。尿液先储藏 10 天，然后用作去垢剂来去除油腻。随着罗马帝国的衰亡和外来民族的涌入，有关生活垃圾的清理和处理方面的一些关键技术和法规也就消失了。

从中世纪到 19 世纪中叶，政府权力部门努力教育自己的公民们如何保持清洁卫生，但多半收效甚微。人们到处扔垃圾，甚至把人的粪便倒在大街上。政府权力部门为改变这一状况而做的一些努力因为公众的漠不关心往往归于失败。欧洲的战乱，也使得垃圾管理问题更趋恶化。直到开始铺设街道和广场后，这一状况才有大大的改观。

20 世纪 50 年代，从事青铜时代特洛伊城挖掘工作的考古学家布雷根，在挖掘过程中

发现同一建筑物每一层面的地板上都堆满动物骨头和零星废物；可见，古人处置垃圾的办法并不是把堆积物清扫掉，而是用泥土加以掩埋，并重新铺上一层厚厚的地板——眼不见为净。从层次分明的地板看来，许多家庭不断重复着这样的过程，地板往往增高到不得不把屋顶加高或重新开一个门的程度。当然，最后建筑物必须整个拆除，把原来的墙体打掉，充当新房子的地基。于是，中东的古代城市往往建立在比周围平原高出甚多的大型土墩上。1973年，美国商业部环境研究室的土木工程师查尔斯·古那森（Charles Gunnerson）计算出特洛伊城由于垃圾堆积，海拔高度每世纪升高1.43米。

（2）垃圾处理在19世纪取得技术上的突破

19世纪实行的很多种有用措施都有助于城市的环境卫生。最根本的一些改进措施包括有组织地把垃圾从居民点运送到城外，在街边设立垃圾收集桶，建造垃圾坑等。英国人可以说是最早公开强调卫生的重要性，他们注意到缺乏卫生与高死亡率之间的关系。1831年，在英国和其他许多欧洲国家爆发了死亡惨重的流行性霍乱，这一事件直接导致了“城市生活垃圾管理”这一新的时代的到来。英国成立了一个中央统计局，负责调查英国的50个城市，以研究私人住宅的卫生情况及公共卫生状况。调查的结果是灾难性的：只有1个城市有令人满意的卫生设施，7个城市的卫生情况还可以容忍，而剩下的42个城市的卫生状况非常可怕。结果，人们做了一些努力来改善卫生状况，如把垃圾收集起来并运送到处理场。

1870年前后，英国全国的城镇在垃圾处理方面开始遇到了困难。刚开始，科学家和发明家们研制了一些新的焚烧设备对垃圾实行焚烧。最成功的是一种所谓的能使人工铲入的垃圾在位于焚烧室内的炉算上进行燃烧的手烧炉。然而，这种设备没有继续用于后来的焚烧。在1876—1877年，英国的里兹、曼彻斯特和伯明翰等城市成功地建造了最早的一批大型焚烧厂。1892年，来自瑞士苏黎世的一个代表团前去学习了这一最新垃圾处理技术。当时的德国由于处于小国林立的分裂状态，其发展还很缓慢。1892年，汉堡的一次流行性霍乱使当地农民警醒，他们拿起武器，捍卫自己的权利，拒绝接受来自汉堡城区的、认为他们可以当作肥料用的城市生活垃圾。那个时候，人们就已普遍意识到，垃圾是健康的一种潜在威胁。1893年，一家有着几十年相关经验的英国公司签约在汉堡建立了一座焚烧厂。焚烧厂于1895年启用时，其性能未达到汉堡市政府的要求。原因是，德国的垃圾在反应成分上与英国的垃圾不同。于是，德国工业界开始自行设计和建造垃圾焚烧厂。

（3）20世纪——环境保护和垃圾管理发展的世纪

到20世纪初期，德国的其他一些城市如法兰克福、基尔、巴门、菲尔特、博伊滕、阿尔托纳和亚琛等学习汉堡的榜样，先后建起了垃圾焚烧厂。瑞士的苏黎世也同样如此。20世纪前半期德国和瑞士的垃圾处理一大特点是，有系统地组织垃圾的收集，并对尽可能多的垃圾进行填埋处理。这些填埋场通常位于狭谷地带，设计时未考虑垃圾渗沥水处理或填埋气体提取和利用等问题。20世纪中期，德国和瑞士开始对生活垃圾进行大规模的有效管理。集中于改进垃圾的处理方式。主要措施有：①填埋设计有了改进。选择填埋场地时，必须考虑是否有对地下水（饮用水的来源）造成污染的危险。此外，还得高度重视防渗是否妥当。②许多堆肥厂的建造是为了从混合垃圾中生产出堆肥。然而，在20世纪70年代，由于垃圾中塑料成分的增加，大多数堆肥厂都不得不重新关闭。③建立了

大量的“第一代垃圾焚烧厂”。

到 20 世纪末期,生活垃圾对环境的影响逐渐增大了。主要后果有:①有关填埋场设计和建造的立法规定及相应的排放标准越来越严,这使填埋显得更复杂,更昂贵。公众意识也产生了强大的政治压力,不利于新的填埋场的建立。②许多新的焚烧设备在建造时须考虑到烟气和渗沥水的综合处理。现有的焚烧厂都重新装上了烟气处理和污水处理系统。③新的法律法规都把目标着眼于一种环境方面可持续发展的城市生活垃圾管理。这一新的观念事实上是城市生活垃圾管理的一大发展趋势:不再侧重于“如何更好地处理不断增加的垃圾”,而是转向于“通过措施减少源头产生的垃圾,分类收集和回收”。这一可持续性的生活垃圾管理的理念仍在发挥作用。

在 20 世纪 90 年代初期,不断增加的经济压力使优先性有了明显变化,国家除了高度重视环保方面的问题,很快又恢复了对经济方面的重视。结果,对垃圾处理的投资可能减少了,政府部门对垃圾处理设备的运行和维修情况进行了彻底的清查和改进,以降低成本。为了减少成本而进行的另一尝试是实行生活垃圾管理的私有化。

1.1.2 我国生活垃圾管理的历史

我国的城市生活垃圾管理习惯上称作“环境卫生管理”。1979 年以前,我国城市环境卫生管理工作归口卫生行政部门管理,当时的主要职责是保证城市的清洁和卫生,负责道路清扫、生活垃圾的收集和运输、粪便的清掏和运输。清运出的垃圾和粪便主要是运出城市,送到农村作为肥料使用,或倾倒在郊外堆放。

改革开放以后,随着国民经济和城市建设的发展,城市生活垃圾的问题越来越严重,环境卫生管理工作不再局限于清洁卫生。从 1979 年起,国务院决定将城市环境卫生工作由卫生部门归口城建部门管理。全国城市市容环境卫生行业发展很快,为改善人民生活环境质量、改善城市环境卫生状况、创建现代化文明城市做出了贡献。环卫行业队伍不断壮大,形成了包括临时工在内的 60 多万人的职工队伍。城市生活垃圾清运能力和处理能力不断增长,见图 1-1。

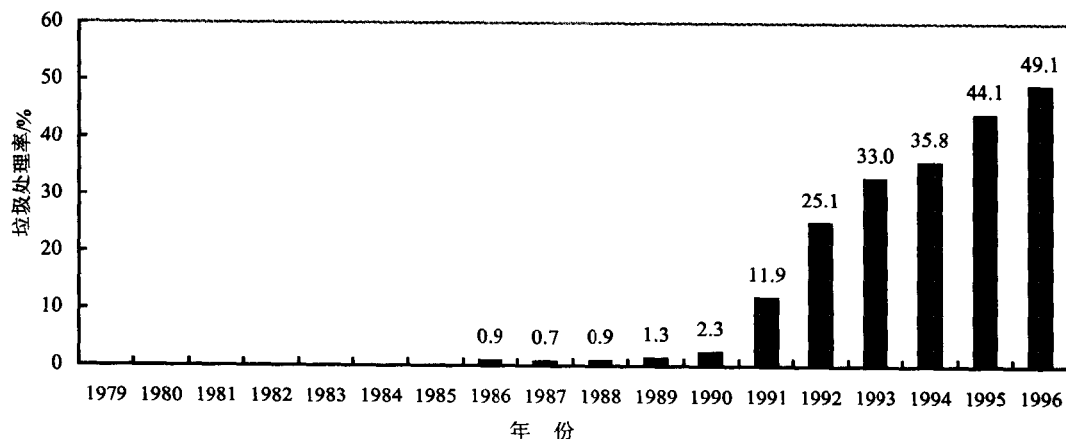


图 1-1 1979—1996 年我国城市垃圾无害化处理率

但是，随着我国国民经济和城市建设的迅速发展，城市人口急剧增加，由城市生活垃圾带来的问题越来越突出，成为影响人民生活环境质量、影响城市社会经济可持续发展的重要因素，到 2004 年我国城市垃圾达到无害化处理标准的更少，大部分生活垃圾仍然露天堆放，不仅占用大量宝贵土地资源，而且造成对周围环境的严重污染，见图 1-2。

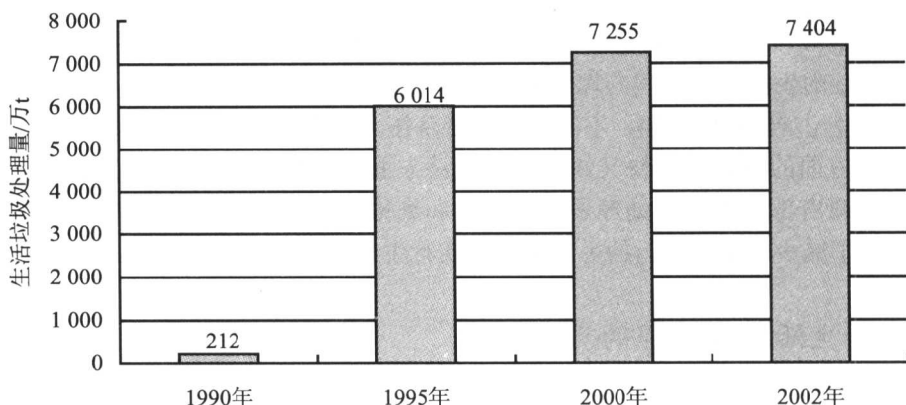


图 1-2 1990 年来城市生活垃圾处理量增长

1.2 城市生活垃圾管理的法律法规

1.2.1 瑞士城市垃圾管理体制

瑞士国土 4.13 万 km^2 ，人口 730 万，2001 年人均国内生产总值 54 000 瑞士法郎 (33 000 美元)。瑞士是一个联邦制国家，由 26 个州组成，州内设地区，全国有 3 000 多个地区，国家机构也按国家、州和地区设置。

瑞士中央政府由 7 个部组成，其中一个环境、交通、能源和通讯部，瑞士环境森林风景局隶属于该部。瑞士环境局下设废物管理司，司里设有 3 个处，分别是垃圾处理设施处、包装与消费品处、工业与手工业废物处，共约 20 人，见图 1-3、图 1-4 所示。

各级政府分管垃圾处理部门的侧重点不同：联邦政府重要的职能是立法和规划，过去还主管项目的融资，目前这个职能已推向市场；州政府主要执行联邦政府的立法，同时还有项目的规划、建设和融资；具体的环卫作业由区级政府负责，作业的费用由国家承担转向按污染者付费的原则收取。