

高等学校教材

主 编 韩宝平
副主编 程建光
何康林

固体废物处理与利用

煤炭工业出版社

高等学校教材

固体废物处理与利用

主 编 韩宝平
副 主 编 程建光 何康林
编写人员 陈安国 田建民

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书主要讲述固体废物及其来源、性质、危害和控制,固体废物的收集与运输,固体废物的压实、破碎、分选、脱水干燥、固化、热转化及生化转化处理技术,城市垃圾回收利用、工业固体废物的资源化利用技术,土地填埋、海洋处置、深井处置等最终处置技术,以及固体废物的管理等内容,并阐述了固体废物管理思想、政策法规及相关技术政策,而且介绍了当今固体废物处理、处置与资源化利用技术的新发展。本书可作为高等学校环境工程类及相关专业的本科教材。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与利用/韩宝平主编. —北京:煤炭工业出版社, 2002

高等学校教材

ISBN 7-5020-2186-8

I. 固… II. 韩… III. ①固体废物—废物处理—高等学校—教材②固体废物—废物综合利用—高等学校—教材 N.X705

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第041387号

高等学校教材 固体废物处理与利用

主编 韩宝平 副主编 程建光 何康林
责任编辑:李永波 姚有超

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居35号 100029)
北京房山宏伟印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行



开本 787×1092mm¹/₁₆ 印张 18
字数 424 千字 印数 1—3,000
2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷
社内编号 4957 定价 26.20 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

随着现代化生产的高速发展,人类对环境的破坏也日益严重,造成了巨大的损失,产生了极严重的后果,已经威胁到了人类的生存与发展,因此保护人类赖以生存的环境,已引起了人类的普遍关注。固体废物是工农业生产及人们生活中产生的废弃物。随着固体废物数量的逐年增加,它对环境造成的压力越来越大,污染也越来越严重,“垃圾围城现象”正威胁着发展中国家许多城市的可持续发展。我国每年工业固体废物产生量约为8亿t,城市垃圾近2亿t,而且正以8%~10%的速度逐年增长,固体废物的处理、处置和管理问题已成为摆在中国环境工作者面前的一个艰巨的任务。

本书是在参阅了大量国内外有关方面的最新文献资料,并结合作者的科研成果及工程实践经验完成的。在本书的编写过程中,我们查阅了国内外大量的资料,主要参考书籍有:杨国清、刘康怀编写的《固体废物处理工程》,庄伟强主编的《固体废物处理与利用》,毕振明等合编《固体废物的处理与处置》,李建国编写的《固体废物处理与资源化工程》,国家环境保护总局污染控制司编写的《城市固体废物管理与处置技术》,George Tchobanoglous, Hilary Theisen 和 Samuel Vigil 编写的《Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues》等,在此对上述作者表示衷心的感谢。煤炭工业出版社为此书的出版作了大量的工作,在此我们也表示诚挚的谢意。

本书共分为六章,韩宝平编写前言、第一章、第二章和第六章;何康林编写第三章第一、二、三节;程建光编写第三章第四、五、六节;陈安国编写第四章;田建民编写第五章,最后由韩宝平统稿。

与一些相关书籍相比,本书有下列特点:

1. 吸收了国内外最新的知识。加入WTO后,我国的环境管理必须与国际接轨,我们必须了解国外先进的固体废物处理与管理的经验,因此本书中对国外的垃圾特征、先进处理技术和管理思路进行了介绍,例如固体废物生命周期的全过程管理,循环经济和生态工业园区等知识。

2. 处理、处置技术与管理、政策、法规并重。已出版的有些相关书籍主要侧重于固体废物的处理与处置技术的陈述,而对管理思路、理念及政策法规论述较少,而实际上固体废物问题更多地是涉及城市运行和管理模式,政策的导向性和强制性具有很大的作用。因此本书中也对国内外固体废物的管理法规及

相关技术政策进行了较为全面的论述。

3. 动态性特征。本书不仅有对已成熟知识的静态陈述，还着重对一些正在发展、形成的技术与理论进行了评述，如对我国城市垃圾处理产业化思路作了介绍，并提出了一些建议，以期促进学生进行深层次的思考，并对将来的动态与走向有一个宏观的把握。

上述探索是否成功，还有待于读者的评判。限于时间和编者的水平，书中不当之处，敬请同行和读者批评指正。

编 者

2002 年 5 月

目 录

前 言

第一章 概 论	1
第一节 固体废物的概念	1
第二节 固体废物的来源、数量及分类	2
第三节 城市固体废物的物质组成及影响因素	9
第四节 固体废物的污染危害及其控制	16
第五节 固体废物的处理与处置	24
第二章 固体废物的收集与运输	26
第一节 固体废物的收集	26
第二节 固体废物的运输	30
第三章 固体废物的处理技术	33
第一节 固体废物的压实技术	33
第二节 固体废物的破碎技术	36
第三节 固体废物的分选技术	50
第四节 固体废物的脱水与干燥	70
第五节 固体废物的固化技术	85
第六节 固体废物热转化处理技术	90
第七节 固体废物的生化处理技术	109
第四章 固体废物的资源化利用	123
第一节 概 述	123
第二节 城镇垃圾的综合利用	127
第三节 煤系固体废物的资源化利用	138
第四节 化工废渣的处理与利用	164
第五节 冶金固体废物的处理与利用	186
第五章 固体废物的最终处置	205
第一节 概 述	205
第二节 固体废物土地填埋处置	206
第三节 卫生土地填埋处置	209

第四节	安全土地填埋处置.....	222
第五节	浅地层埋藏处置.....	237
第六节	土地耕作处置.....	242
第七节	深井灌注处置.....	249
第八节	海洋处置.....	251
第六章	固体废物的管理.....	257
第一节	固体废物生命周期的全过程管理.....	257
第二节	固体废物管理的法规体系建设.....	265
第三节	控制固体废物污染的技术和经济政策.....	268
主要参考文献		278

第一章 概 论

人类社会的发展,特别是近百年来大工业的发展和科学技术的突飞猛进,在消耗地球的资源,创造文明和财富的同时,也给人类的生存环境带来了威胁和灾难,即人类在开发资源和制造产品的过程中,同时也产生了大量的废物,人类消费的物质和能源愈多,废物的生产量就越大。在国民经济周转中,社会需要的最终产品仅占原料的 20%~30%,70%~80%的原料变成了废物,当今世界每年通过社会生产和生活消费所产生的废物约有 450 亿 t,我国每年产生的固体废物也在 10 亿 t 之上。随着世界人口的增长,工业生产的发展,消费水平的提高,各种工业废物和生活废物的数量还在不断增加,垃圾围城现象日益严重,已引起了世界的广泛关注。本章我们将介绍固体废物的来源分类、成分、污染途径、环境危害及处理处置方法等问题。

第一节 固体废物的概念

固体废物 (Solid wastes) 是指人类在生产、消费、生活和其他活动中产生的固态、半固态废弃物质 (国外的定义则更加广泛,包括动物活动产生的废物也属于此类),主要包括固体颗粒、垃圾、炉渣、污泥、废弃的制品、破损器皿、残次品、动物尸体、变质食品、人畜粪便等。有些国家把废酸、废碱、废油、废有机溶剂等高浓度的液体废物也归为固体废物。

固体废物问题较之其他形式的环境问题有其独特之处,可以简单概括为“四最”:最难以得到处置、最具综合性、最晚得到重视、最贴近的环境问题。

最难以得到处置:固体废物为“三废”中最难处置的一种,因为它含有的成分相当复杂,其来源多种多样,物理性状 (体积、流动性、均匀性、粉碎程度、水分、热值等等) 也千变万化。

最具综合性:固体废物既是各种污染物质的富集终态,又是土壤、大气、地表、地下水体的污染源,因此固体废物污染问题从来就不是单一的,常具综合性特征。仅在对固体废物进行符合环境要求最简单处理的垃圾卫生填埋场,就必须面对垃圾渗沥液对地下水的污染问题,要求垃圾场必须具备污水处理及对排放的填埋气体适当处理的能力。

最晚得到重视:在固、液、气三种形态的污染 (固体污染、水污染、大气污染) 中,固体废物的污染问题较之大气、水污染是最后引起人们的注意,也是最少得到人们重视的污染问题。

最贴近:固体废物问题,尤其是城市生活垃圾,最贴近人们的日常生活,因而是与人类生活最息息相关的环境问题。人们每天都在产生垃圾、排放垃圾,同时也在无意识中污染我们的生存环境,如随手扔掉的废旧电池、一次性塑料饭盒等,均给环境带来了危害。

固体废物问题具有相对性,它与科学技术发展水平和社会、文化、经济特点密切相关,具体地说就是时间性、地域性和行业性的特点。

随着科学技术的发展,以前被人们认为是废物的东西,也有可能被重新利用,变废为宝;还有一些物品,更新换代极快,也许还没来得及充分使用,就从价格昂贵的商品变成了一堆废物。例如,有人估计计算机无论使用与否,每年均会损失其价值的25%。

固体废物的地域和行业性问题指此处的废物在彼处可能不废,因此常被称为“放错了位置的资源”。例如,许多国家因为宗教和文化的原由有不食动物内脏的习俗,常作为废物扔掉,然而在别的地区或国家,某些动物的内脏则是美味佳肴,深受食客的喜爱。再如采矿业的煤矸石乃是煤矿的废物,但也可以成为水泥厂的原料;电石泥、盐泥在一些工厂为废物,而在脱硫剂厂有时则为制造脱硫剂的原料。因此,要正确、全面地看待固体废物问题。

第二节 固体废物的来源、数量及分类

一、固体废物的来源

固体废物的来源大体上可分为两大类:一类是生产过程中所产生的废物(不包括废气和废水),称为生产废物。一般产品仅利用了原料的20%~30%,其余部分都变成了废物,目前我国工业废渣和尾矿的年排出量高达 $6\times 10^8\text{t}$,累计堆存量已达 $5.96\times 10^9\text{t}$;另一类是产品进入市场后在流动过程中或使用消费过程中产生的固体废物,称生活废物,俗称垃圾,每年我国仅城市就产生垃圾 $1.8\times 10^8\text{t}$ 。

工业固体废物的来源多样,数量和性质均差别较大,与经济发展水平和工业结构有密切的关系。2001年6月7日,据《2000年中国环境状况公报》(六)我国2000年全国工业固体废物产量为 $8.2\times 10^8\text{t}$,其中县及县以上工业固体废物产生量为 $6.7\times 10^8\text{t}$,乡镇企业的产生量为 $1.5\times 10^8\text{t}$ 。

二、固体废物的分类

固体废物来源广泛、种类繁多、组成复杂,从不同的角度出发,可以有不同的分类。

固体废物按其化学特性,可分为无机废物和有机废物两大类;有机废物又可以分成可分解废物与不可分解废物两大类。例如聚乙烯薄膜和聚苯乙烯泡沫塑料餐具由于不可分解性造成了“白色污染”,成了令人头痛的社会和环境问题。有数据表明,一般塑料制品在自然界中的降解周期是200~400a。

按固体废物的物理性状,可以分为块状、粒状、粉状及粘流状,有些废物的使用价值与其形状大有关系。例如发电厂煤燃烧产生的粉煤灰,如果作为水泥原料,则其粒度的大小及均匀度就成了很重要的指标。

按固体废物的危害性来分,可分为一般固体废物和危险类固体废物。

按照固体废物的来源不同,可分为矿业废物、工业废物、城市垃圾、农业废物和有害废物(或危险废物)5类(表1-1)。

工业固体废物是指来自各工业生产部门的生产和加工过程及流通中所产生的废渣、粉尘、废屑、污泥等。例如,冶金工业中的高炉渣、钢渣、铁合金渣、铜渣、锌渣、铅渣、镍渣、铬渣、汞渣等;电力工业中的粉煤灰、炉渣、烟道灰;石油工业中的油泥、焦油、页

岩渣；化学工业中产生的硫铁矿烧渣、铬渣、碱渣、电石渣、磷石膏等；食品工业排弃的谷屑、下脚料、渣滓；其他工业产生的碎屑、边角料等。据估计，目前全世界工业每年产生 $21 \times 10^8 \text{t}$ 固体废物。

表 1—1 固体废物的分类、来源和主要物质组成

分 类	来 源	主 要 组 成 物
矿业废物	矿山选冶厂等	废石、尾矿、煤矸石、金属、废木、砖瓦、灰石、水泥、沙石等
工 业 废 物	冶金、交通、机械、金属结构等工业	金属、矿渣、砂石、模型、芯、陶瓷边角料，涂料、管道、绝热和绝缘材料、粘接剂、废木、塑料、橡胶、烟尘、各种废旧建筑材料等
	食品加工	肉类、谷物、果类、蔬菜、烟草
	橡胶、皮革、塑料等工业	橡胶、皮革、塑料、布、线、纤维、染料、金属等
	造纸、木材、印刷等工业	刨花、锯木、碎木、化学药剂、金属填料、塑料填料、塑料等
	石油化工	化学药剂、金属、塑料、橡胶、陶瓷、沥青、油毡、石棉、涂料等
	电器、仪器仪表等工业	金属、玻璃、木材、橡胶、塑料、化学药剂、研磨料、陶瓷、绝缘材料
	纺织服装业	布头、纤维、橡胶、塑料、金属等
	建筑材料	金属、水泥、废木、粘土、陶瓷、石膏、石棉、砂石、纸、纤维等
	电力工业	炉渣、粉煤灰、烟灰
城 市 垃 圾	居民生活	食物垃圾、纸屑、布料、庭院植物修剪物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、燃料、灰渣、碎砖瓦、废器具、粪便、杂品
	商业、机关	管道、碎砌体，沥青及其他建筑材料，废汽车、废电器、废器具，含有易爆、易燃、腐蚀性、放射性的废物，以及类似居民生活栏内的各种废物
	市政维护、管理部门	碎砖瓦、树叶、死禽畜、金属、锅炉灰渣、污泥、脏土等
农 业 废 物	农 林	稻草、秸秆、蔬菜、水果、果树枝条、糠秕、落叶、废塑料、人畜粪便、禽粪、农药
	水 产	腥臭死禽畜、腐烂鱼、虾、贝壳，水产加工污水、污泥等
有 害 废 物	核工业、核电站、放射性医疗单位、科研单位	金属、含放射性废渣、粉尘、污泥、器具、劳保用器、建筑材料
	其它有关单位	含有易燃、易爆和有毒性、腐蚀性、反应性、传染性的固体废物

矿业固体废物主要指来自矿业开采和矿石洗选过程中所产生的废物，主要包括煤矸石，采矿废石和尾矿。我国是煤炭生产和消费大国，每年排放 $(1.5 \sim 2.0) \times 10^8 \text{t}$ 煤矸石，利用率不足 25%，历年堆积煤矸石共 $3.0 \times 10^9 \text{t}$ ，占地约 5500hm^2 ，为煤矿区带来了许多环境问题。

城市垃圾是指在城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为城市垃圾的固体废物，如生活垃圾、建筑垃圾、废纸、废家具、废塑料等。目前我国每年产生约 $1.8 \times 10^8 \text{t}$ 城市垃圾，而且还将以 8%~10% 的速度

逐年增长,垃圾历年堆存量已达 $7.0 \times 10^9 \text{t}$, 侵占土地面积达 $5 \times 10^8 \text{m}^2$ 。全国 680 多座城市中,约有三分之一的城市已陷于垃圾包围之中,成为制约城市可持续发展的主要障碍之一。

农业固体废物主要指农林生产和禽畜饲养过程所产生的废物,包括植物秸秆、人和牲畜的粪便等。

有害固体废物包括核燃料生产、加工产生的废物以及同位素应用、核研究机构、医疗单位、放射性废物处理设施产生的废物,如尾矿、污染的废旧设备、仪器、防护用品、废树脂及有毒废渣等。据估计,全世界每年生产危险废物达 $3.83 \times 10^8 \text{t}$ 。1999 年,我国危险废物产生量为 $1.0 \times 10^7 \text{t}$,其中近 $2.0 \times 10^6 \text{t}$ 直接向环境排放,我国危险废物累计堆存量已达 $6.5 \times 10^8 \text{t}$,对我国的环境形成了巨大潜在威胁。

目前我国在北京、上海、广州、桂林、南京、昆明、深圳等 9 个城市开始了分类垃圾的试点工作。广州从 2000 年开始逐步推行生活垃圾分类收集处理。按照规定,该市将垃圾分为可回收、不可回收和有危险有害物 3 大类,发动居民家庭做好源头分类,由环卫部门将混装的可回收废物转送分拣中心集中分拣,进行再生利用。全市实行家庭生活垃圾分类收集率为 30% 以上,垃圾实现减量化和资源化利用率为 20%。

三、城市垃圾产生量及其影响因素

城市垃圾主要是生活垃圾,其产生量与生活水平、生活习惯、能源结构,城市规模和地理环境等因素有密切关系。

1. 国外城市垃圾产生量

一般来说,城市生活水平越高,垃圾产生量越大。美国是世界上垃圾量最高的国家,年产生量达 $2 \times 10^8 \text{t}$ 。总体上来说,工业发达国家城市垃圾产生量大致以每年 2%~4% 的速度增长,其主要发生来源是冶金、煤炭、火力发电 3 大部分,其次是化工、石油、原子能等工业部门。日本最近 10 年平均每日垃圾抛弃量增加一倍,英国城市垃圾量 15 年增加了一倍。法国人口仅 6000 万,但每年产生的垃圾达 $1.8 \times 10^7 \text{t}$,人均每年 300kg。欧洲经济共同体国家生活垃圾平均增长率为 3%,德国为 4%,瑞典为 2%。在工业化国家大城市中,每人每天产生的垃圾达 1.5kg。表 1-2 显示了不同国家城市中垃圾的产生量。

在日本,按城市人口平均计算的垃圾排出量的增长曲线,同收入的增长曲线基本一致。垃圾数量的增长还受社会经济因素的影响,有些工业化劳务费用高,工业消费品的修理费用有时超过购置新物品的费用,也促使人们不得不扔掉旧物品。美国近年来每年扔掉旧汽车就达 900 多万辆,各种纸张 2700 多万 t,罐头盒 48050 个。

2. 中国城市垃圾产生量及其影响因素

近 20 年来,我国经济高速发展,城市规模不断扩大,城市化的进程超过世界上任何一个国家。据统计,城市人口已由 1978 年的 18% 增加到 1995 年的 28% (世界银行“2020 年的中国新世纪的发展挑战”,1997 年)。城市数量已由 1978 年的 130 个增至 1997 年的 688 个,城市人口达到 3.5 亿。随着城市化的进程和规模的扩大、非农业人口增多、自由市场的开放、居民消费结构的改变以及旅游事业的发展,大大增加了城市垃圾的产生量,城市垃圾中的有害成分已对大气、土壤、水体造成了污染,城市化带来的环境问题已经成为我国政府和人民关心的重要问题之一。

表 1-2 不同发展水平国家人均城市垃圾产生量

城市国家或地区		人均垃圾产生量/ ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$)
高收入	纽 约	1.8
	汉 堡	0.85
	法 国	0.822
	罗 马	0.69
中等收入	新加坡	0.87
	香 港	0.88
	突尼斯	0.56
	麦德林	0.54
	卡 诺	0.46
	马尼拉	0.50

1) 城市生活垃圾产生量。

随着城市规模的扩大和城市化进程的加速，中国城市生活垃圾的产生量和堆存量均在逐年增加。据对 666 座城市调查统计，1996 年垃圾清运量达约 $1.08 \times 10^8 \text{t}$ （见表 1-3、图 1-1）。近几年城市生活垃圾的年增长率均在 8%~10%。少数城市，如北京，垃圾增长率则达 15%~20%，折合成人均日产垃圾量已超过 1.0kg，达到了工业中等发达国家水平。

表 1-3 全国垃圾产生情况调查统计表

年份	实际城市数	统计城市数	城市非农业人口数 /万人	垃圾清扫 面积/ha	垃圾清运量 /万 t	粪便清运量 /万 t	人均垃圾产量/ ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$)
1979					2508		
1980					3132	1643	
1981					2606		
1982					3125	1689	
1983					3452	1641	
1984					3758	1537	
1985					4477	1731	
1986	353	348	12233.8	44507	5008.7	2709.8	1.12
1987	381	371	12893.1	51141	5397.7	2421.8	1.15
1988	434	424	13969.5	58876	5751.3	2352.6	1.12

续表

年份	实际城市数	统计城市数	城市非农业人口数 /万人	垃圾清扫 面积/ha	垃圾清运量 /万 t	粪便清运量 /万 t	人均垃圾产量 / (kg · d ⁻¹)
1989	450	441	14377.7	64708	6291.4	2602.8	1.21
1990	467	455	14752.1	69198	6766.8	2384.7	1.26
1991	479	473	14921.0	78251	7636	2764	1.40
1993	570	553	16550.1	92410	8791	3168	1.45
1995	640	633	18490.0	111040	10671	3066	1.59
1996	666	666	20739	122788.3	10825.4	2930.47	1.45

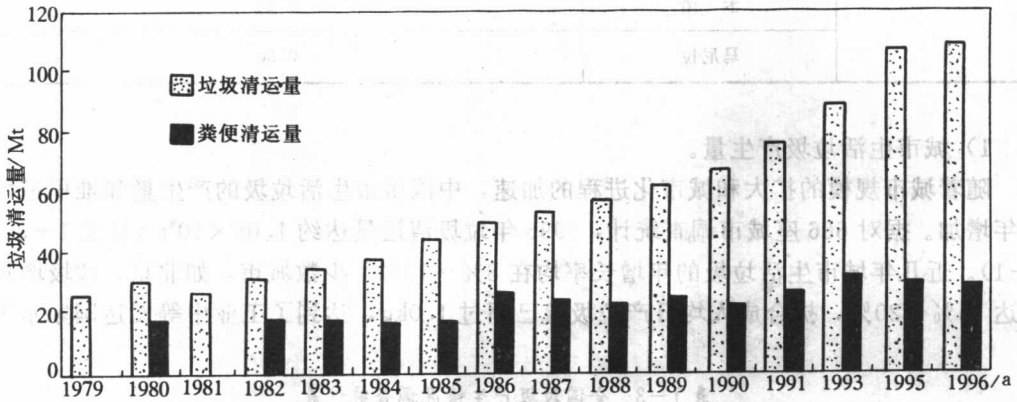


图 1-1 1979~1996 年城市垃圾、粪便清运量变化趋势图

对比表 1-2 和表 1-3 可以看出,我国城市人均垃圾产生量还高于欧美国家,这并不等于我们的生活水平已高于欧美国家,因为国外垃圾主要是厨房废物中的有机垃圾,我国城市垃圾因北方多数以煤为燃料,垃圾多为无机物,有的城市垃圾中炉灰占了 70%以上,有机物仅占 20%,因此重量上超过了国外。

我国城市垃圾总量的大幅度增长主要是由于城市规模、数量和城市人口的增加所造成的。目前我国城市人均年产生生活垃圾 440kg,人口越多的城市其垃圾的绝对产生量就越多,在城市垃圾管理中承受的压力也越大。

直辖市和省会城市在垃圾产生量方面占有重要比例。生活垃圾产生量的 60%集中在全国 50 万以上人口的 52 座重点城市。其中以北京、上海和沈阳所占比例最大,分别为 4.12%、3.49%和 2.18%,3 个城市的垃圾产生总量之和约占全国垃圾产生的总量的 10%。

2) 影响垃圾产生量的因素。

城市垃圾产生量主要与地理条件、城市人口、经济发展水平、居民收入、居民消费水平和城市居民燃气化率有关。一些大城市虽然居民收入大幅度提高,但人均垃圾日产量却

一直在 $1.13 \sim 1.36 \text{ kg}/\text{人} \cdot \text{d}$ 之间, 增加缓慢, 其原因主要是燃气普及率的提高。影响城市垃圾产生量的主要因素如下:

(1) 人口的影响。我国城市垃圾总量的大幅度增加主要是由于城市规模、数量和人口的增加所造成的。

近 20 年来, 我国的城市化进程逐年加快, 城市数量大幅度增加, 城市规模不断扩大, 城市非农业人口迅速增长。我国 1996 年人口已达 12 亿, 城市 666 个, 城市化水平为 28%。其中, 200 万人以上的超大城市 11 个, 50~200 万人口的大城市 67 个, 20~50 万人口的中等城市 195 个, 20 万人以下的小城市 393 个。预计到 21 世纪, 我国城市数量将达到 800 个, 小城镇 2 万余个, 城市人口将达 4.5 亿, 还将有 4000 万农民转向非农业, 城市非农业人口将达 3.8 亿, 城市化整体水平将达到 35%。

由于城市数量的增加、城市规模的扩大、非农业人口比例的增长、市场的开放、农村剩余劳动力的转移以及旅游事业的发展, 大大增加了城市垃圾的产生量, 加重了城市环境卫生管理的负荷。根据表 1-3 中数据, 图 1-2 中显示出中国城市生活垃圾产生量和城市非农业人口的相关关系, 从图中可以清楚地看出, 城市垃圾产生量随城市人口的增加呈直线增长态势, 而且随着中国城市发展进程的加快, 这一趋势在今后若干年内还将持续下去。可以说, 城市人口的增加是影响城市垃圾产生量的最主要因素。

(2) 经济发展水平的影响。根据表 1-3 中数据, 图 1-3 显示出中国城市生产垃圾产生量与国内总产值 (GDP) 的相关关系, 从中可以清楚地看出经济发展水平对城市垃圾产生量的影响。在改革开放初期, 随着 GDP 的增加, 城市垃圾产生量几乎呈直线上升, 当 GDP 达到一定数值后, 垃圾产生量的增长速度开始减缓, 并逐渐趋于稳定。这与工业发达国家经济高度增长时期的情况极其相似。

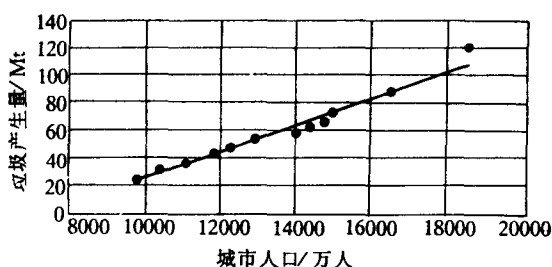


图 1-2 垃圾产生量与城市人口的关系

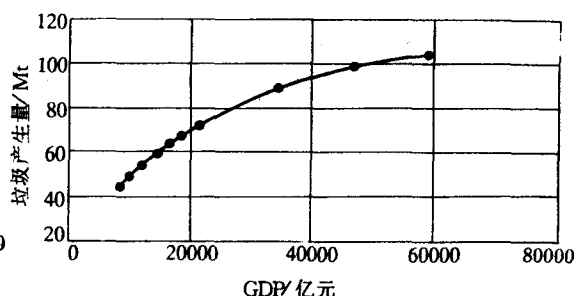


图 1-3 城市垃圾产生量与国内生产总值 (GDP) 的关系

目前, 我国城市垃圾每年的产生量已达 $1.8 \times 10^8 \text{ t}$, 少数大城市如北京、上海、广州等市的人均垃圾产生量已超过欧美中等收入国家的城市, 北京市每天产生垃圾量为 8000t, 广州市 1997 年全市固体废物产生量就已达 $3.09 \times 10^6 \text{ t}$, 上海市平均每天产生垃圾量超过 $1.0 \times 10^4 \text{ t}$, 并且近来以 6%~7% 的速度增长 (表 1-4)。

表 1-5 中列举了 1995 年对几个城市人口、国内生产总值 (GDP) 与垃圾产生量的关系分析结果统计。

表 1-4 上海市生活垃圾清运量

年 份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
垃圾量/10 ⁴ t	278.6	295.50	301.17	335.12	333.68	372.03	419.42	453.84	467.67

表 1-5 城市人口、国内生产总值与垃圾产生量
(1995 年)

城 市	城市人口/万人	总人口/万人	国内生产总值 GDP/亿元	垃圾产生量 / (kt · a ⁻¹)
北 京	710	1078	1615.73	3110
天 津	513	898	1102.4	1853
上 海	932	1304	2902.2	4182.9
沈 阳	420	671	771.8	1569
大 连	253.92	537.4	733.07	715
杭 州	196.68	603.22	906.61	660
深 圳	78.91	103.38	950	754.8
广 州	403.27	656.05	1444.9	1764.2
马鞍山	38.73	50.02	87.8	94.12
鞍 山	144.94	331.2	395.04	401.5

(3) 居民生活水平的影响。调查表明,城市垃圾产生量与居民生活水平也有很大关系。经济发达、居民生活水平高的城市,垃圾产生量要高出居民生活水平相对较低的地区。表 1-6 列出了由调查资料直接获取或经过计算得到的被调查城市的城市生活垃圾的人均产生率。

表 1-6 中国主要城市的城市生活垃圾产生率
(1996 年)

城 市	北京	天津	上海	沈阳	大连	杭州	深圳	广州	马鞍山	鞍山	平均
人均垃圾产生率 / (kg · d ⁻¹)	1.20	0.99	1.23	1.02	1.03	0.92	2.62	1.20	0.66	0.76	1.16

由表 1-6 可知,中国城市生活垃圾的人均产生率为 0.66~2.62kg/d,平均为 1.16kg/d,由此可见城市的垃圾产生量与当地人民的实际生活水平、生活方式、消费方式和城市发展水平是密切相关的。

(4) 燃料结构的影响。燃料结构对城市生活垃圾影响很大,从表 1-5、表 1-6 可以看

出，杭州与沈阳同样是人口相近的省会大城市，杭州的 GDP 高于沈阳，但是杭州的人均垃圾产生量低于沈阳。这与位于北方的沈阳取暖期长，燃料消费主要以煤为主有关，致使垃圾产生量要远高于位于南方的杭州。

第三节 城市固体废物的物质组成及影响因素

固体废物来源多样，成分繁杂，性质特征也迥异，工业固体废物更加是种类多变。只有了解其成分组成，才能正确地选择处理方式和管理方法。国内外对城市垃圾研究比较系统，规律性也比较强，因此本节阐述一下城市固体废物的组成情况。

一、国外城市垃圾物质组成情况

城市垃圾的组成主要受地理条件、生活习惯、居民生活水平和民用燃料结构的影响。欧美国家的垃圾收集工作是分社区 (Community) 进行的，社区之间垃圾的成分差异较大，而且美国统计资料表明城市垃圾中的 50%~75% 是社区的居民生活和商业活动所产生的，其来源、组成如表 1-7 和表 1-8 所示。

表 1-7 美国城市居民生活垃圾的物质组成
(重量百分比%)

成 分		范 围	典型社区比例	加利福尼亚州戴维斯市比例
有 机 物	食物垃圾	6~18	9.0	6.0
	纸 张	25~40	34.0	33.1
	纸 板	3~10	6.0	7.9
	塑 料	4~10	7.0	10.7
	布 料	0~4	2.0	2.4
	橡 胶	0~2	0.5	2.5
	皮 毛	0~2	0.5	0.1
	木 材	1~4	2.0	5.0
	有机物	—	—	0.4
	居民院内其他废物	5~20	18.5	17.7
无 机 物	玻 璃	4~12	8.0	5.8
	锡 罐	2~8	6.0	3.9
	铝制品	0~1	0.5	0.4
	其他金属制品	1~4	3.0	3.6
	碎屑灰渣等	0~6	3.0	0.5
			100.0	100.0

从表1-7可以看出,美国居民的生活垃圾有机物成分所占比例较高,占79.5%。表1-8显示了国外居民和商业垃圾的工业分析和热能值结果,有资料表明美国家庭生活垃圾的每千克热值为7~14MJ,德国为4.2~10MJ。

表1-8 国外城市垃圾成分及热值情况

废物类型	工业分析 (重量百分比,%)				能量范围 Btu*		
	水分	挥发分	固定碳	非可燃组分	收集后	干燥后	干燥无灰分
脂肪	2.0	95.3	2.5	0.2	16135	16466	16836
混合食品垃圾	70.0	21.4	3.6	5.0	1797	5983	7180
水果垃圾	78.7	16.6	4.0	0.7	1707	8013	8285
肉类垃圾	38.8	56.4	1.8	3.1	7623	12455	13120
纸板	5.2	77.5	12.3	5.0	7042	7428	7842
杂志	4.1	66.4	7.0	22.5	5254	5478	7157
报纸	6.0	81.1	11.5	1.4	7975	8484	8612
混合废纸	10.2	75.9	8.4	5.4	6799	7571	8056
蜡染棉花	3.4	90.9	4.5	1.2	11326	11724	11872
混合塑料	0.2	95.8	2.0	2.0	14101	14390	16024
聚乙烯	0.2	98.5	<0.1	1.2	18687	18724	11952
聚苯乙烯	0.2	98.7	0.7	0.5	16419	16451	16430
聚氨酯	0.2	87.1	8.3	4.4	11204	11226	11744
聚氯乙烯	0.2	86.9	10.8	2.1	9755	9774	9985
布料	10.0	66.0	17.5	6.5	7960	8844	9227
橡胶	1.2	83.9	4.9	9.9	10890	11022	12250
毛皮	10.0	68.5	12.5	9.0	7500	8040	8982
院内杂物	60.0	30.0	9.5	0.5	2601	6503	6585
嫩树枝	50	42.3	7.3	0.4	2100	4200	4234
硬木料	12.0	75.1	12.4	0.5	7352	8354	8402
混合废木料	20.0	68.1	11.3	0.6	6640	8316	8383
玻璃和矿物	2.0	—	—	96—99+	84	86	60
锡罐等	5.0	—	—	94—99+	301	319	317
铁质金属	2.0	—	—	96—99+	—	—	—