

城市固体废物管理手册

EU-China Network for Capacity Building on Municipal Waste Management

王立新 主编
郭 静 万秋山 副主编

ASIA PRO ECO



EUROPEAID
CO-OPERATION OFFICE

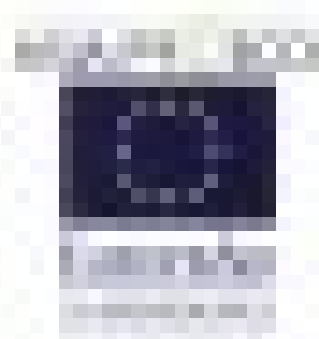


中国环境科学出版社

管理刊

城市國際建築

2000年
第1期



城市固体废物管理手册

王立新 主编

郭 静 万秋山 副主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

城市固体废物管理手册 / 王立新主编. —北京: 中国环境
科学出版社, 2007. 6

ISBN 978-7-80209-586-1

I. 城… II. 王… III. 城市—固体废物—废物处理—手
册 IV. X705-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 083955 号

责任编辑 沈 建
责任校对 刘凤霞
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: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 6 月第一版
印 次 2007 年 6 月第一次印刷
印 数 1—3 000
开 本 787×1092 1/16
印 张 29
字 数 668 千字
定 价 58.00 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

序 言

进入 21 世纪,城市固体废物已成为制约各国经济发展的重要因素。城市固体废物管理过程中的不同环节成为人类关注的焦点。我国目前是世界上最大的发展中国家,全国 660 个城市在 2003 年城市固体废物的清运量为 1.5 亿吨,人均年产量达到 440 千克。目前我国城市固体废物的累计堆存量已达到 70 亿吨,预计每年以 7%~8% 的速度增长。城市固体废物的增长成为社会和谐发展的重要“瓶颈”之一,因而提高废物处理技术、学习国外先进管理经验成为解决我国目前城市固体废物剧增问题的重要举措。

基于上述背景,中国环境管理干部学院万秋山教授联合奥地利联邦商会,在 2005 年成功申请了欧盟项目“中国-欧盟城市固体废物管理能力建设网络”[EU-China Network for Capacity Building on Municipal Waste Management,项目编号;CN/Asia Pro Eco II/02 (113217)]。项目的主要内容是按照欧盟和国际标准开发建设专业课程——“城市固体废物管理”,其中包括教师能力培训、教材编写、资源中心建设、网站建设、城市废物行政管理模块开发等,重点是引进国外先进城市废物管理理念、技术和经验,结合我国城市废物管理实际,开发一套适合我国国情的城市废物管理教材和手册,用于相关行政管理官员和企事业单位专业人员培训、大学专业教学和开展咨询服务工作,从管理机制和途径上为解决我国城市废物管理问题进行一些有益的探索和实践,促进我国城市废物管理的现代化。项目经费总额为 26 万欧元,执行期为 2006 年 2 月至 2007 年 8 月。

本教材是“中国-欧盟城市固体废物管理能力建设网络”项目成果之一。课题组成员以奥地利自然资源与生命科学大学(University of Natural Resources and Applied Life Sciences)城市固体废物管理教学资料及对我国城市废物管理开展调研取得的成果为基础,结合我国教材的特点和实例编写而成。编写过程中广泛征求了我国城市废物管理机构、管理人员、教学和科研人员及学生的意见,并经过了多次试用。作为项目成员和合作伙伴,国家环保总局信息中心、WIFI Österreich、Magistrat der Stadt Wien -MA48、波兰克拉科夫市政管理局和 Alstoff Recycling Austria AG (ARA) 等单位对本教材的编写和成功出版提供了无私的支持。

全书共分 15 章,第 1 章和第 10 章由李晓华执笔;第 2 章由郭静和李晓华执笔;第 3 章、第 4 章和 15.1 由李国会执笔;第 5 章、第 11 章、15.4 和附录由曾现来执笔;第 6 章由单莹洁、薛艳艳和郑辉执笔;第 7 章和 15.6 由薛艳艳执笔;第 8 章由郭静执笔;第 9 章、第 13 章和 15.2 由臧秀清执笔;第 12 章、第 14 章和 15.3 由康瑾瑜执笔;15.5 由杨健执笔。郭静、曾现来统稿。

本教材旨在介绍国外先进的城市固体废物管理经验和先进技术,可供我国管理人员、科技工作者、高等教育机关和学生参考。

由于编者水平有限,再加上时间紧张,书中错误和不当之处在所难免,希望并欢迎读者提出宝贵意见和建议。

编者

二〇〇七年五月

Asia Pro Eco project 113217

EU-China network for Capacity Building on Municipal Waste Management

The Sixth Environment Action Programme, which was adopted by the European Parliament and Council in 2002 and runs until 2012, requires the European Commission to prepare Thematic Strategies covering seven main environmental areas¹.

Within this framework, the European Commission proposed on 21 December 2005 the Thematic Strategy on Prevention and Recycling of Waste. It represents the next generation of environment policy in this matter and therefore takes a longer-term perspective in setting clear environmental objectives to around 2020. It basically aims at moving Europe towards a Recycling Society.

The European Union bases its environment dialogue with China on these policies and on this basis organises cooperation actions as a key aspect of the European Union (EU)-China strategic partnership. Alongside major bilateral projects, regional programmes such as the Asia Pro Eco programme support the transfer of know-how in areas of mutual interest.

More specifically, one of the Asia Pro Eco-Phase II programme's main objectives is to promote policies, technologies and best practices that support cleaner, more resource efficient and sustainable solutions to urban environmental problems in Asia. The "EU-China Network for Capacity Building on Municipal Waste Management" promises to contribute concretely to this objective and therefore to the partnership between China and the EU on environmental issues in general.

Only by sharing experiences and best practices can we achieve together our common interest in a cleaner, safer and sustainable environment.

Nicholas Costello

Head of Development and Cooperation Section

Delegation of the European Commission to China and Mongolia

¹ Air Pollution, Prevention and Recycling of Waste, Protection and Conservation of the Marine Environment, Soil, Sustainable Use of Pesticides, Sustainable Use of Resources, Urban Environment.

STATEMENT

The Asia Pro Eco Programme is a five-year European Union initiative, launched in 2002, based on the experience and the inputs provided by the Asia Eco Best Programme. With a budget of 31.5 million, the main target is to adopt policies, technologies and practices that promote cleaner, more resource efficient, sustainable solutions to environmental problems in Asia. The Programme provides support through grants to policy reinforcement, operational & practical dialogue, diagnostic studies, technology partnerships and demonstration projects in the field of the environment. The implementation will concentrate on specific projects under the Call for Proposals mechanism accessible to public or non profit organisations in Asia and the EU.

This document has been produced with the financial assistance of the European Union. The contents of this document are the sole responsibility of the organizations of WIFI International Know-how Transfer, Environmental Management College of China, Environment Planning Bureau of Qinhuangdao City and State Environmental Protection Administration and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the European Union.

目 录

第 1 章 城市固体废物的产生	1
1.1 城市固体废物的定义、分类与特征	1
1.2 城市固体废物的产生总量	4
1.3 城市固体废物的来源及特点	7
1.4 国内外城市固体废物的现状	9
1.5 城市固体废物产生的影响因素	18
第 2 章 固体废物污染的环境影响	22
2.1 固体废物污染概述	22
2.2 固体废物对自然环境的影响	26
2.3 固体废物污染对人体健康的影响	29
2.4 几种典型污染物的影响	30
第 3 章 城市固体废物的收集、运输和贮存	37
3.1 城市固体废物收集和运输概述	37
3.2 城市固体废物的收集、搬运和贮存	39
3.3 城市生活垃圾的清运	46
3.4 城市固体废物的收集和运输车辆	54
3.5 辅助收集装置	58
3.6 收集体制	60
3.7 分类收集废物	66
第 4 章 城市固体废物的回收利用	70
4.1 概述	70
4.2 城市固体废物分选回收过程	72
4.3 回收利用过程	79
4.4 危险家庭废物回收利用	91
第 5 章 城市固体废物的堆肥化与厌氧消化处理技术	96
5.1 堆肥化处理技术	96
5.2 厌氧消化	108

第 6 章 废物管理与规划	116
6.1 废物管理	116
6.2 欧盟废物管理中的政府职责	122
第 7 章 废物管理中的合作模式	128
7.1 公私合作制	128
7.2 有效利用非主流利益相关群体：拾荒者	136
第 8 章 绿色包装	140
8.1 绿色包装概述	140
8.2 绿色包装的方式	143
第 9 章 固体垃圾废物管理中的成本与收费	158
9.1 概述	158
9.2 固体垃圾废物管理中的成本	160
9.3 固体垃圾废物管理中的收费系统	164
第 10 章 机械生物预处理	171
10.1 机械生物预处理目的、处理过程与定义	171
10.2 机械预处理技术	173
10.3 生物预处理技术	195
10.4 奥地利的经验	199
第 11 章 热处理	201
11.1 焚烧	201
11.2 热解	214
第 12 章 垃圾填埋	218
12.1 概述	218
12.2 相关的法律法规	220
12.3 填埋场的选址要求	222
12.4 填埋场结构	225
12.5 垃圾填埋场地基及防渗设计	226
12.6 渗滤液处理技术	230
12.7 填埋气体的收集与利用技术	233
12.8 填埋作业	234
12.9 填埋场终场要求	235
12.10 环境管理与监测	236

第 13 章 生产者责任	239
13.1 概述	239
13.2 包装物生产者的责任	244
13.3 机动车生产者的责任	248
13.4 电子垃圾	255
第 14 章 危险废物	264
14.1 危险废物综述	264
14.2 危险废物的鉴别	275
14.3 危险废物的包装和识别标志	280
14.4 危险废物的收集、运输和储存	284
14.5 危险废物的综合利用、处理与处置	289
14.6 特殊危险废物的处理	297
第 15 章 案例	304
15.1 漳州生活垃圾综合处理案例	304
15.2 深圳垃圾收费案例	311
15.3 秦皇岛市海港区张桥庄生活垃圾卫生填埋场案例	322
15.4 城市垃圾堆肥厂设计案例	329
15.5 天津泰达环保有限公司双港垃圾焚烧发电厂介绍	334
15.6 奥地利包装回收联合会 ARA	338
附录 1 中华人民共和国固体废物污染环境防治法	348
附录 2 生活垃圾卫生填埋技术规范 CJJ 17—2004	358
附录 3 城市生活垃圾好氧静态堆肥处理技术规程 CJJ/T 52—1993	369
附录 4 生活垃圾焚烧处理工程技术规范 CJJ 90—2002	373
附录 5 生活垃圾填埋污染控制标准 GB 16889—1997	395
附录 6 生活垃圾焚烧污染控制标准 GB 18485—2001	400
附录 7 城市生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准	406
附录 8 城市生活垃圾堆肥处理工程项目建设标准	414
附录 9 城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准	421
附录 10 城市环境卫生设施规划规范 GB 50337—2003	429
附录 11 城市生活垃圾处理特许经营协议示范文本	437
参考文献	449
致谢	451

第1章 城市固体废物的产生

城市固体废物的种类、数量和性质是固体废物处理、开发和控制系统的基础，是固体废物收集系统设计的依据，其数据的取得是固体废物处理设备能力规划所必不可少的前提条件，对进一步指导城市固体废物控制及资源化循环的潜力挖掘起到至关重要的作用，有必要作为一章内容进行阐述。

1.1 城市固体废物的定义、分类与特征

1.1.1 固体废物的定义

固体废物，是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。

我们又把固体废物分为废渣和垃圾两种。废渣是指在生产过程中所产生的废物，而垃圾是指日常生活和其他活动中所产生的废物。

从充分利用自然资源的观点来看，所有被称为“废物”的物质，都是有价值的自然资源，应该通过各种方法和途径使之得到充分利用。当前被我们称为“废物”的物质，只是由于受到技术或经济等条件的限制，暂时还无法加以充分利用而已。可见，固体废物的概念随着时空的变迁而具有相对性。某一过程中所排出的废物往往可以成为另一过程的原料，今天被视为无用的废物，将来也可能成为有价值的自然资源。所以固体废物又有“放错地点的原料”之称。

城市固体废物的定义：人们日常生活产生的废物及来源于市政建设或类似市政建设的废物。

城市生活垃圾（MSW）。这一术语通常用来指通过在城市区划内各种形式收集的人类生活活动中产生的垃圾。如何处理这些因地区不同而成分差异很大的垃圾是一个日益严峻的问题，能有效解决这一问题的国家还为数不多。城市生活垃圾管理（municipal solid waste management, MSWM）是全世界面临的一个巨大挑战，尤其在某些地区，由于收集方法落后、收集设备不足，加之处理处置方式不当，城市生活垃圾管理已成为严重的社会和环境问题。

1.1.2 固体废物的分类

固体废物从不同的角度出发，可有不同的分类方法。按其来源分，可分为矿业固体废物、工业固体废物、农业固体废物、城市生活固体废物、放射性固体废物五类；按其化学组成来分，可分为有机固体废物和无机固体废物；按其危害性来分，可分为有害固

体废物和一般固体废物；按固体废物“形态”不同，可分为固状物和泥状物；按固体废物的危险性分，可分为一般固体废物和危险固体废物。

我国在 1995 年颁布的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中将固体废物分为城市固体废物、工业固体废物和危险废物，并给出如下定义：

(1) 城市固体废物或城市生活垃圾 (municipal solid waste, MSW)，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；

(2) 工业固体废物 (industrial solid wastes, ISW)，是指在工业、交通等生产活动中产生的固体废物；

(3) 危险废物 (hazardous wastes)，是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和简便方法认定的具有危险特性的废物。

本书主要介绍有关城市固体废物或城市生活垃圾 (MSW)，旨在借鉴欧洲等国家的先进经验，促进我国城市固体废物管理体系的完善。《中国 21 世纪议程》明确指出“完善城市垃圾管理机制和法规体系，初步形成垃圾收集、处理产业及社会化服务，到 2010 年，所有城市都要建立符合环境要求的生活垃圾填埋场或焚烧厂，使全部生活垃圾都得到处理”。城市固体废物这一术语通常指在城市区划内，通过各种形式收集的垃圾。如何处理这些因地区不同而成分差异很大的垃圾，是城市建设与发展中一个日益严峻的问题。我国目前整体环卫作业的机械化程度较低，设备陈旧而不配套，有效的管理体系尚不健全，因此，城市生活垃圾管理 (MSWM) 是我们面临的一个巨大挑战。

1.1.3 城市固体废物有关术语的定义

以欧盟的工作文件《Biological Treatment of Biowaste》(2nd draft, 2001) 为依据，对下列术语进行定义：

(1) 垃圾 (Waste)：拥有者处理或者按照国家法规要求处理的任何物质。

(2) 生物垃圾 (Biowaste)：可生物降解的垃圾，可以进行厌氧或好氧分解的任何垃圾，如食物和庭院垃圾、纸和纸板等。

(3) 绿色木质垃圾 (Green and Wood Waste)：来自庭院的蔬菜垃圾、砍下的树木及枝条、草、树叶（除了街头上清扫的树叶外）、锯木屑、木片及其他不能与重金属或有机化合物一起处理的木质垃圾。

(4) 城市垃圾 (Municipal Waste)：来自家庭的垃圾以及成分、特征与家庭垃圾相似的其他垃圾。

(5) 堆肥 (Compost)：分类收集的有机垃圾经过堆肥处理后所产生的稳定的腐殖质状物料，符合卫生要求，富含有机质。无刺鼻异味。

(6) 消化残渣 (Digestate)：对分类收集的有机垃圾进行厌氧消化处理而产生的残渣，符合环保要求。

(7) 生物气 (Biogas)：对有机垃圾进行有效控制地厌氧消化处理而产生的二氧化碳、甲烷和微量气体的混合物。

(8) 稳定的有机垃圾 (Stabilized Biowaste)：对未经分类的垃圾或城市生活垃圾进行机械生物处理后的有机物部分以及其他任何不符合附件 III 中的有机堆肥。

(9) 堆肥处理 (Composting): 在有氧并在控制条件下通过微生物的作用对分类收集的有机垃圾进行中温生物分解过程, 目的是为了生产出肥料。

(10) 条形堆肥 (Windrow Composting): 对长条形堆放的有机垃圾的堆肥处理过程, 这种堆放的垃圾要用机械手段定期翻堆, 以增加溶氧。

(11) 仓式堆肥 (In-vessel Composting): 对封闭式反应器里的有机垃圾的堆肥处理过程, 良好的通风、含水量和温度控制可以加快这种堆肥处理过程。

(12) 家庭堆肥 (Home Composting): 对属于私人家庭的有机垃圾在私人家庭花园里进行堆肥处理并使用堆肥的过程。

(13) 现场堆肥处理 (On-site Composting): 在有机垃圾产生的地方对其进行堆肥处理的过程。

(14) 社区堆肥处理 (Community Composting): 某个地区的社区对有机垃圾的堆肥处理过程, 目的是要对他们自己以及别人产生的有机垃圾进行堆肥处理。

(15) 厌氧消化 (Anaerobic Digestion): 在缺氧并在控制的条件下通过微生物 (包括产甲烷细菌) 的作用对有机垃圾进行生物分解的过程, 最终产物包括沼气和消化残渣。

(16) 机械/生物预处理 (Mechanical Biological Pre-treatment): 对未经分类的城市生活垃圾或其他不适合堆肥或厌氧消化的有机垃圾进行的处理, 目的是稳定垃圾和减少垃圾体积。

(17) 处理 (Treatment): 堆肥、厌氧消化、机械/生物处理或其他任何使有机垃圾卫生消毒的过程。

(18) 处理厂 (Plant): 通过堆肥、厌氧消化、机械/生物稳定化等方式进行有机垃圾处理的单位或设施, 也包括用于废气和废水处理的设施。

(19) 分类收集 (Separate Collection): 把有机垃圾与其他种类的垃圾分离开来收集, 采用这样一种方法的目的是要避免不同的垃圾种类或垃圾构成成分混合在一起, 以避免与其他可能造成污染的垃圾、产品或材料混合或受到污染。

(20) 剩余城市生活垃圾 (Residual Municipal Waste): 在源头对城市生活垃圾进行分类后剩余的城市生活垃圾, 如将食物和庭院垃圾、包装物、纸和纸板、金属、玻璃等在源头分类收集后的剩余部分, 以及因为与可能造成污染的垃圾、产品或材料混合、结合或受到污染而不再适合生产肥料的垃圾。

(21) 生产商 (Producer): 负责对有机垃圾实行堆肥处理、厌氧消化和机械/生物处理的法人。

(22) 卫生 (Sanitation): 在肥料和消化残渣生产过程中按照附件 II 来处理有机垃圾, 目的是为了杀死给农作物、牲畜和人带来危害的微生物, 以尽量减少在下一步处理、销售和使用过程中携带疾病的风险。

(23) 稳定化 (Stabilisation): 把有机垃圾的分解性能尽量降低到没有刺鼻异味的程度, 使 4 天之后的呼吸活动 (AT₄) 降到 10 mg O₂/g 干性物质以下, 或者动态呼吸指标降到 1 000 mg O₂/(kgVS · h) 以下。

(24) 杂质 (Impurities): 堆肥中存在的塑料、玻璃、金属或类似的非生物降解材料碎渣, 但沙子、砾石和小石子除外。

(25) 农业效益 (Agricultural Benefit): 经过处理的或未经过处理的有机垃圾应用于

土地时，改善土壤条件有利于农作物的生长。同时根据修订的 75/442/欧盟指令第 4 条的要求提供在最广泛意义上的环保质量保障。

(26) 生态改善 (Ecological Improvement): 经过处理的或未经处理的有机垃圾应用于土地时，对居住地及其生物多样性进行维护 (否则会变得更加恶化)，为野生动物提供新的栖息地；对现有栖息地进行开发或恢复，以实现更大的生物多样性和可持续性。同时根据修订的 75/442/欧盟指令第 4 条的要求，提供在最广泛的意义上环保质量保障。

1.2 城市固体废物的产生总量

图 1-1 给出了城市固体废物产生的种类、数量和性质与收集系统、处理系统的关联图，掌握城市固体废物产生的种类、数量和性质是有效控制废物产生量的重要前提。

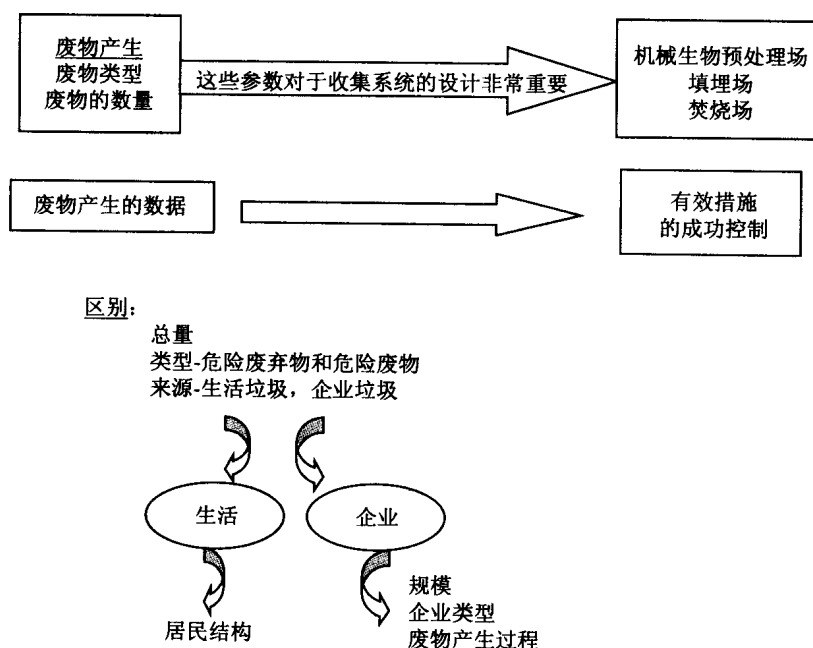


图 1-1 城市固体废物产生关联图

1.2.1 城市固体废物的产生总量与收集量的关系

城市固体废物收集量与城市固体废物的产生总量是不同的数据，城市固体废物收集量不能完全表示城市固体废物的产生总量。即使在分类收集的国家或地区，绝对严格的分类收集是不能做到的，在未分类收集的垃圾里即所谓的剩余垃圾中存在各种未分拣的部分，所以常将城市固体废物的产生总量称为城市固体废物的潜在量。主要是从废物处理的角度出发而定义的。如图 1-2 所示，在收集的废物各种成分中剩余垃圾含有很多的可回收的物质，即存在着处理的潜力。

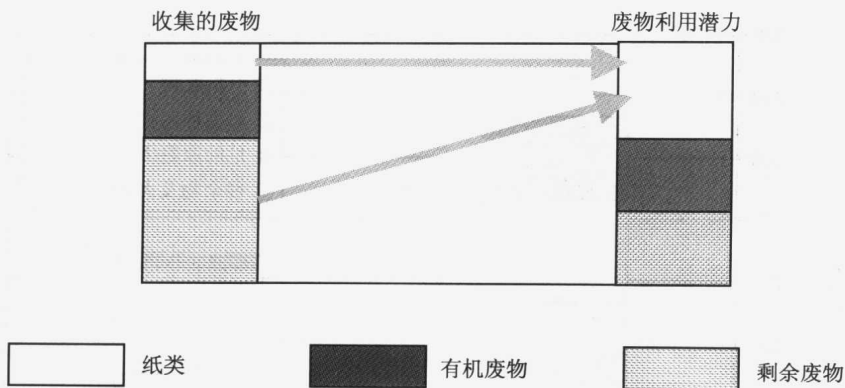


图 1-2 收集的废物中各种成分的数量与处理的潜力

废物的总量对收集系统设计非常重要。废物的产量，通常是两部分的和，一部分来源于废物的产生地收集量，另一部分来源于未被收集到的估算量。

如废玻璃：

玻璃收集量： $22\text{ kg}/(\text{人} \cdot \text{a})$ 确切统计量

残余部分： $5\text{ kg}/(\text{人} \cdot \text{a})$ 估计量

废物的总量： $27\text{ kg}/(\text{人} \cdot \text{a})$

通过总量和收集量可以进一步估算收集率，如图 1-3 所示。

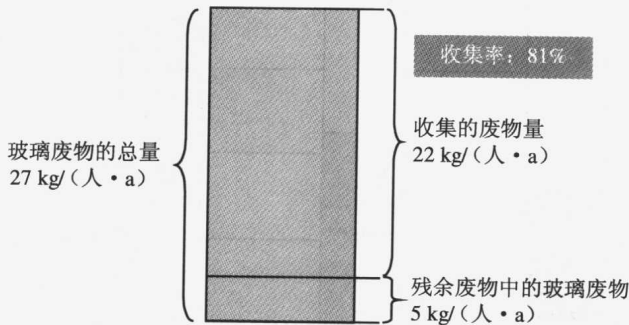


图 1-3 废玻璃收集量与收集率的关联

1.2.2 城市固体废物的产生量影响因素

城市固体废物分类收集及定义直接影响城市固体废物的产生总量，如城市垃圾的统计包括不包括拆卸废物，废物中有机废物有没有进行家庭堆肥、家庭堆肥的数量等。

1. 家庭堆肥的影响

图 1-4 显示了奥地利 Flachgau 和 Lungau 两个地区的垃圾产生量，Lungau 地区由于家庭堆肥的数量大致使该地区的垃圾产生量较 Flachgau 地区低，其中有机废物的产生量非常少。

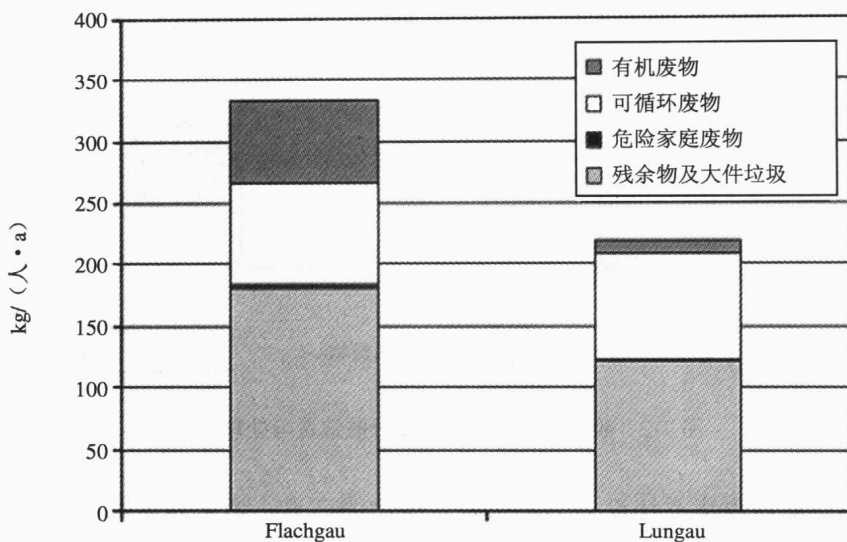


图 1-4 奥地利不同地区的垃圾产生量

2. 分类收集的影响

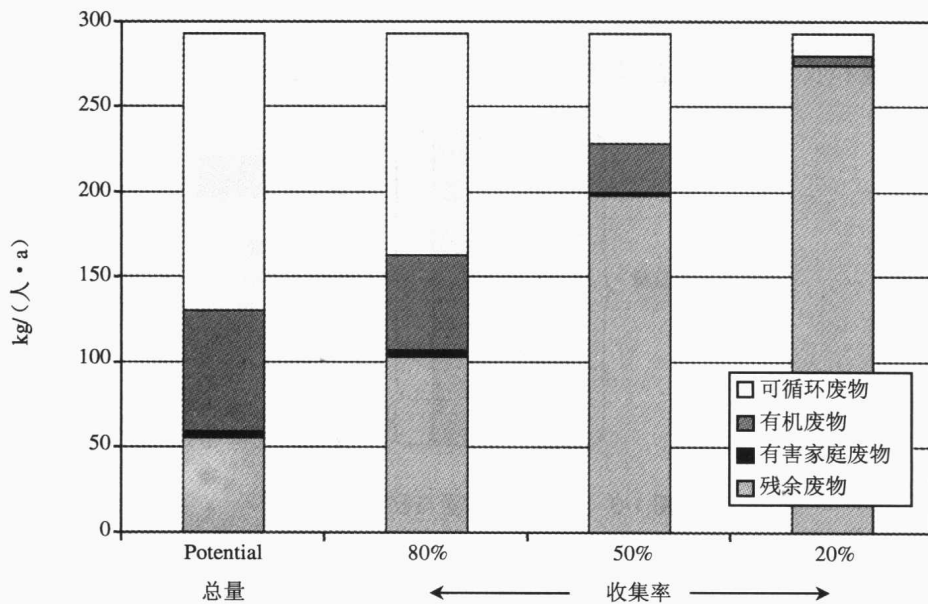


图 1-5 收集率与垃圾中各个成分的数量关系

在图 1-5 中给出了收集率与垃圾中各个成分的数量关系，总量一定时，随着收集率的提高，残余的废物的数量减少，可利用的废物的数量在提高，如有机废物在收集率为 20% 时仅为 25 kg/(人·a)、在收集率为 80% 时仅为 140 kg/(人·a)。与此对应的是残余的废物数量的减少。分类收集率的提高可有效提高废物回收利用。