



21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国高等院校 **环境系列** 实用规划教材
全国环境类卓越工程能力培养“十二五”规划教材

固体废物处理与处置

宇 鹏 赵树青 黄 魁 主 编
陈庆福 石 英 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校环境系列实用规划教材
全国环境类卓越工程能力培养“十二五”规划教材

固体废物处理与处置

主 编 宇 鹏 赵树青 黄 魁
副主编 陈庆福 石 英



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书在借鉴现行多本教材内容的基础上,系统、全面地介绍了固体废物“三化”的基本原理、方法、工艺、设备,并编入典型案例。全书共分11章,内容包括:固体废物的定义、特点、来源、分类、产生量及组成、污染和危害,固体废物污染和危害的控制,固体废物的管理;固体废物特性分析;固体废物的收集、贮存和运输;固体废物的预处理;固体废物的物化处理;固体废物的生物处理;固体废物的热处理;固体废物的填埋处置;危险废物及放射性固体废物的处理与处置;固体废物的资源化与综合利用;生活垃圾收运、生活垃圾堆肥、生活垃圾焚烧、生活垃圾填埋的案例。

本书适合环境工程、环境科学、环境科学与工程、生态工程及相关专业的专科生、本科生、研究生作为教材或参考书使用,也可供长期从事固体废物处理与处置工程或科学研究的科研人员以及关心环境保护的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与处置/宇鹏,赵树青,黄魁主编. —北京:北京大学出版社,2016.4

(21世纪全国高等院校环境系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-27032-5

I. ①固… II. ①宇…②赵…③黄… III. ①固体废物处理—高等学校—教材 IV. ①X705

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第076338号

- 书 名 固体废物处理与处置
GUTI FEIWU CHULI YU CHUZHI
- 著作责任者 宇 鹏 赵树青 黄 魁 主编
- 策划编辑 曹江平
- 责任编辑 李娉婷
- 标准书号 ISBN 978-7-301-27032-5
- 出版发行 北京大学出版社
- 地 址 北京市海淀区成府路205号 100871
- 网 址 <http://www.pup.cn> 新浪微博:@北京大学出版社
- 电子信箱 pup_6@163.com
- 电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
- 印刷者 北京京华虎彩印刷有限公司印刷
- 经 销 者 新华书店
- 787毫米×1092毫米 16开本 22.25印张 525千字
2016年4月第1版 2016年4月第1次印刷
- 定 价 49.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

编者名单

主 编

宇 鹏 广西师范学院
赵树青 中国城市建设研究院有限公司
黄 魁 广西大学

副 主 编

陈庆福 南宁市三峰能源有限公司
石 英 深圳市宝安区城管局

其他成员

高 超 广西师范学院
苏红玉 中国城市建设研究院有限公司
谢 力 中国城市建设研究院有限公司
黄文雄 中国城市建设研究院有限公司

前 言

“固体废物处理与处置”课程于1984年纳入环境工程本科专业教学计划，是教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会在《高等学校本科环境工程专业规范》中明确规定的环境工程专业9门核心课程之一。作为环境工程专业必修的一门主干专业课程，“固体废物处理与处置”课程教学效果不仅直接关系到环境工程专业学生的理论知识水平和工程技能，而且也关系到学生的综合素质。

随着资源的日益短缺及技术的进步，固体废物的处理与处置逐渐由“无害化”向“减量化”和“资源化”转变，相应地，固体废物处理与处置的思路和技术近年来也发生了较大的变化。

为了能反映这些变化，本书的内容不仅包括固体废物的基本知识、固体废物的处理和处置技术，还包括固体废物资源化和利用知识，并吸收了最新的知识，如等离子体焚烧、电弧熔融、电阻式熔融、感应熔融、等离子体熔融；为加深对重点知识的认识，编入了能反映最新技术的典型案例；为了丰富和更为直观地展示相关内容，编入了大量典型的图片和表格。本书内容较为全面、形式多样，兼顾基础理论和最新技术及应用，以满足“宽口径、厚基础”的人才培养要求。本书还对一些技术的发展历程和趋势进行了评述和总结，如固体废物堆肥化处理的趋势探讨、固体废物焚烧处理技术的发展、生活垃圾焚烧处理技术在我国的应用、烟气处理技术的发展、焚烧处理的优缺点和有待改进的地方，这些内容利于学生宏观把握固体废物处理、处置和利用的动态和走向，同时促进学生进行深层次的思考，提高其创新能力。另外，每章的开头先明确知识点、重点和难点，对于难点还提供了例题，利于学生明确学习目标，便于学生自学和开展课堂教学。

全书共分11章。第1章为绪论，主要讲述固体废物的定义、特点、来源、分类、产生量及组成、污染和危害、控制措施及固体废物管理的法规、原则、制度、标准；第2章为固体废物特性分析，主要讲述固体废物特性分析项目、采样、分析技术和方法；第3章为固体废物的收集、贮存和运输，主要讲述固体废物收集、贮存和运输的组成、方式、设备，以及生活垃圾收集路线规划和转运站的设置；第4章为固体废物的预处理，主要讲述固体废物的压实、破碎、分选、脱水的原理、方法、工艺和设备；第5章为固体废物的物化处理，主要讲述固体废物的浮选、溶剂浸出、稳定化、固化的原理、方法、工艺和设备；第6章为固体废物的生物处理，主要讲述固体废物好氧堆肥、厌氧消化、蚯蚓处理技术的原理、方法、工艺和设备；第7章为固体废物的热处理，主要讲述固体废物的焚烧、热解、焙烧等热处理的原理、方法、工艺和设备；第8章为固体废物的填埋处置，主要讲述固体废物填埋场的选址、设计、渗滤液污染的防治和填埋气体的控制和利用；第9章为危险废物及放射性固体废物的处理与处置，主要讲述危险废物及放射性固体废物的处理方式和处置技术；第10章为固体废物的资源化与综合利用，主要讲述固体废物的资源化和



利用的原理、方法、工艺和设备；第 11 章为案例，主要包括生活垃圾收运、生活垃圾堆肥、生活垃圾焚烧、生活垃圾填埋的典型案例分析。

教学建议：对于收运、好氧堆肥、焚烧、填埋部分的内容，可结合本书案例来开展教学；开展好氧堆肥、焚烧等内容的教学时，应先介绍其发展历程和趋势；可结合本书例题讲解相关计算。

本书编写人员分工如下：第 1 章、第 2 章、第 6 章、第 7 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章第 2 节由宇鹏、石英、高超编写；第 3 章、第 8 章、第 11 章第 1 节、第 11 章第 4 节由赵树青、苏红玉、谢力、黄文雄编写；第 4 章、第 5 章由黄魁编写；第 11 章第 3 节由陈庆福编写；全书由宇鹏统稿。赵晓菲、徐立进等参加了部分章节的文字整理和图片绘制工作；本书参考和引用了一些从事固体废物教学、科研、设计、生产工作同志撰写的论文、教材等相关资料。在此谨向他们致以诚挚的谢意。

本书经费：广西师范学院地理学博士点建设经费，北部湾环境演变及资源利用教育部重点实验室开放课题经费。

由于作者水平有限，编写时间仓促，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2015 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1	思考题	91
1.1 固体废物的定义、特点、来源、 分类	1	第 6 章 固体废物的生物处理	92
1.2 固体废物的产生量及组成	3	6.1 固体废物生物处理概述	92
1.3 固体废物的污染和危害	9	6.2 固体废物的好氧堆肥处理	94
1.4 固体废物污染和危害的控制	12	6.3 固体废物的厌氧消化处理	125
1.5 固体废物的管理	14	6.4 蚯蚓处理有机固体废物的 技术	142
小结	18	小结	146
思考题	18	思考题	146
第 2 章 固体废物特性分析	19	第 7 章 固体废物的热处理	147
2.1 固体废物特性分析项目	19	7.1 固体废物焚烧处理	147
2.2 固体废物特性分析	28	7.2 固体废物热解处理	196
小结	29	7.3 固体废物的其他热处理 方法	205
思考题	29	小结	215
第 3 章 固体废物的收集、贮存和运输	30	思考题	215
3.1 城市生活垃圾的收集、贮存 与运输	30	第 8 章 固体废物的填埋处置	216
3.2 危险废物的收集、贮存与 运输	52	8.1 概述	216
小结	59	8.2 填埋场的选址	218
思考题	59	8.3 填埋场总体设计	220
第 4 章 固体废物的预处理	60	8.4 填埋作业与工艺	223
4.1 固体废物的压实	60	8.5 填埋场的防渗	227
4.2 固体废物的破碎	64	8.6 渗滤液的产生、收集与 处理	232
4.3 固体废物分选	68	8.7 填埋气体的产生、收集、 处理和利用	236
4.4 固体废物的脱水	77	8.8 填埋场封场	244
小结	80	小结	246
思考题	80	思考题	246
第 5 章 固体废物的物化处理	81	第 9 章 危险废物及放射性 固体废物的处理与处置	248
5.1 浮选	81	9.1 危险废物的分类、处理与 安全处置	248
5.2 溶剂浸出	82		
5.3 固体废物稳定化/固化处理	86		
小结	90		

9.2 放射性固体废物及其安全 处置	254	思考题	318
小结	258	第 11 章 案例	319
思考题	258	11.1 海南省昌江县生活垃圾 转运工程	319
第 10 章 固体废物的资源化与综合 利用	259	11.2 北京南宫垃圾堆肥厂	324
10.1 城镇固体废物的综合利用 ...	259	11.3 南宁市生活垃圾焚烧发电 工程	327
10.2 工业固体废物的综合利用 ...	269	11.4 包头市东河区生活垃圾 填埋场扩建工程	338
10.3 矿业固体废物的综合利用 ...	285	小结	345
10.4 农林固体废物的综合利用 ...	299	思考题	345
10.5 污泥的综合利用	305	参考文献	346
小结	318		

第 1 章 绪 论

知识点

固体废物的定义、特点、来源、分类，固体废物的产生情况，固体废物对环境的污染和对人类健康的危害，固体废物的污染和危害的控制，固体废物的管理。

重点

固体废物的特点和分类。

难点

固体废物的污染和危害的控制，固体废物的管理。

1.1 固体废物的定义、特点、来源、分类

1.1.1 固体废物的定义

根据不同的需求，固体废物在不同场合有着不同的定义。

学术界一般将固体废物定义为：在社会生产、流通和消费等一系列活动中产生的相对于占有者来说一般不具有原有使用价值而被丢弃的以固态和泥状赋存的物质。也有学者把固体废物简单地定义为：无直接用途的、可以永久丢弃的、可移动的物质。

联合国环境规划署在《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》中对固体废物的定义是：处置或打算予以处置的或按照国家法律规定必须加以处置的物质或物品。

美国的《资源保护和回收法》对固体废物的定义是：任何来自废水处理厂、水供给处理厂或者污染大气控制设施产生的垃圾、废渣、污泥，以及来自工业、商业、矿业和农业生产以及团体活动产生的其他丢弃的物质，包括固态、液态、半固态或装在容器内的气态物质。

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（1995年颁布，2004年修订）对固体废物的定义是：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。

1.1.2 固体废物的特点

(1) “废”——丧失原使用价值。固体废物是被丢弃的物品、物质。对丢弃者而言，



固体废物已经失去原有使用价值。

(2) “弃”——无主性。被丢弃后，不再属于谁。

(3) 资源与废物的相对性。固体废物的“废”具有时间和空间的相对性。在一定的时间、空间、技术、经济、政策条件下的固体废物可能成为其他时间、空间、技术、经济、政策条件下的资源。所以，固体废物又被视为“放错地点的原料”。如生活垃圾经焚烧产生热量用于“发电时”，生活垃圾就成为热源。

(4) 来源广泛、分散、量大、成分复杂。固体废物产生自生产、生活等社会的各个方面，包含固态、半固态、气态、液态等多种形态，因而其来源广泛而分散，而且产生量巨大、种类繁多、成分非常复杂。

(5) 污染的“终态物”和“源头”的双重性。固体废物往往是许多污染成分的终极状态，如气态污染物在净化过程中被富集成的粉尘或废渣，水污染物在处理过程中被分离出来的污泥。这些“终态物”中的有害成分，在长期的自然因素作用下，又会转入大气、水体和土壤，又成为大气、水体和土壤环境的污染“源头”，如随意堆放的生活垃圾经雨水淋漓产生的渗滤液。

(6) 危害具有潜在性、长期性和不易恢复性。与废水、废气和噪声相比，固体废物呆滞性大、扩散性小，对环境的影响主要通过水、气、土壤进行的，其危害可能在数年甚至数十年后才会出现，因而，其危害具有潜在性、长期性，而且一旦危害发生就很难恢复。

1.1.3 固体废物的来源

固体废物主要来自：①生产，包括基本建设、工农业，以及矿山、交通运输、邮政电信等各种工矿企业的生产建设活动；②生活，包括居民日常生活活动，以及为保障居民生活所提供的各种社会服务及设施，如商业、医疗、园林等；③其他活动，指国家各级事业及管理机关、各级学校、各种研究机构等非生产性单位的日常活动。

1.1.4 固体废物的分类

固体废物的种类繁多，分类方法也很多。按形态划分，固体废物分为固态半固态废物、液态废物和气态废物。按化学性质划分，固体废物分为机固体废物、无机固体废物。按形状划分，固体废物分为颗粒状废物、粉状废物、块状废物及泥状废物。按污染特性划分，固体废物分为一般固体废物、危险废物、放射性固体废物。一般固体废物是指不具有危险特性的固体废物；危险废物是指列入国家危险废物名录或者国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的、具有危险特性(毒性、腐蚀性、传染性、反应性、侵出毒性、易燃性、易爆性等)的废物；放射性固体废物包括核燃料生产、加工、同位素应用、核电站、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、水处理污泥及蒸发残渣等。按来源划分，固体废物分为矿业固体废物、工业固体废物、城市固体废物、农业固体废物、放射性固体废物。矿业固体废物来自矿物开采和矿物洗选过程；工业固体废物来自冶金、煤炭、电力、化工、交通、食品、轻工、石油等工业的生产和加工过程；城市固体废物(又称城市垃圾)主要来自居民的消

费、市政建设和维护、商业活动,包括城市生活垃圾、建筑垃圾、医疗卫生垃圾、城市粪渣污泥;农业固体废物主要来自农业生产和禽畜饲养;放射性废物主要来自核工业生产、放射性医疗和科学研究等。

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2004年修订)将固体废物分为工业固体废物、生活垃圾、危险废物,但没有涉及放射性废物。工业固体废物是指在工业生产活动中产生的固体废物;生活垃圾是指在日常生活中或者为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物;危险废物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鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物。《放射性废物安全管理条例》(2012年3月1日施行)规定:放射性废物是指含有放射性核素或者被放射性核素污染,其放射性核素浓度或者比活度大于国家确定的清洁解控水平,预期不再使用的废弃物。

1.2 固体废物的产生量及组成

1.2.1 固体废物的产生量

1. 工业固体废物产生量

全世界每年产生的工业固体废物量达 $24.4 \times 10^8 \text{t}$, 其中约有 $1/5$ 即约 $4 \times 10^8 \text{t}$ 为美国工业所排出, $1/7$ 为日本工业所产生。一些工业化国家年平均固体废物排出量以 $2\% \sim 3\%$ 的速度增长。2006—2014年,我国工业固体废物的产生量、利用量、处置量见表 1-1。

表 1-1 近年我国工业固体废物产生、利用、处置情况 单位: 万 t

年份	产生量	综合利用量(含利用往年贮存量)	贮存量	处置量
2006	151 541	92 601	22 398	42 883
2007	175 632	110 311	24 119	41 350
2008	190 127	123 482	21 883	48 291
2009	204 094.2	138 348.6	20 888.6	47 513.7
2010	240 943.5	161 772.0	23 918.3	57 263.8
2011	325 140.6	199 757.4	—	—
2012	329 046	202 384	70 826	59 787
2013	327 701.9	205 916.3	42 634.2	82 969.5
2014	325 620	204 330.2	45 033.2	80 387.5

2. 危险废物产生量

全球每年产生的危险废物达 $3.4 \times 10^8 \text{t}$ 。2006—2010年,我国危险废物的产生量、利用量、处置量见表 1-2。

表 1-2 近年我国危险废物产生、利用、处置情况

单位：万 t

年份	产生量	综合利用量(含利用往年贮存量)	贮存量	处置量
2006	1 084	566	267	289
2007	1 079	650	154	346
2008	1 357	819	196	389
2009	1 429.8	830.7	218.9	428.2
2010	1 586.8	976.8	166.3	512.7

3. 城市生活垃圾产生量

全球年产城市生活垃圾总量在 1×10^{10} t 以上，其中美国占 1/3。欧洲经济共同体国家的垃圾平均年增长率为 3%，德国为 4%，瑞典为 2%；韩国垃圾年增长率约为 11%。

一般来说，生活水平越高，人均生活垃圾产生量越大。发达国家人均生活垃圾产生量通常超过 400kg/年，其中，美国为 767kg/年、丹麦为 800kg/年、荷兰为 630kg/年、英国为 570kg/年、法国为 540kg/年、日本为 386kg/年；低收入国家人均生活垃圾产生量为 200~300kg/年。

2001—2013 年，我国城市生活垃圾清运量和人均产生量见表 1-3。2009 年前，我国城市人均生活垃圾产生量稳定在 256kg/年左右。由于我国人口众多，资源缺乏，国家采取了一系列节能减排的措施，2011 年后，城市人均生活垃圾产生量下降到 237kg/年左右。

表 1-3 我国城镇生活垃圾清运量和人均产生量

年份	城镇人口/万人	垃圾清运量/(万 t/年)	人均年产生量/[kg/(人·年)]
2001	48 064	11 819	257
2002	50 212	13 650	272
2003	52 376	14 857	283
2004	54 283	15 509	286
2005	56 212	15 577	277
2006	57 706	14 841	257
2007	59 379	15 215	256
2008	60 667	15 500	255
2009	62 934	16 189	257
2011	69 079	16 400	237.4
2013	73 111	17 300	236.6

注：2000 年以后，部分有条件的城市(如北京、上海、深圳)开始逐渐用实际吨位来统计垃圾清运量，而其他地方仍用车吨位(垃圾运输车辆的载重量)来统计清运量，按车吨位统计的垃圾清运量往往大于实际的垃圾清运量。表中的垃圾清运量既有实际吨位也有车吨位，因而大于实际的垃圾清运量。

1.2.2 固体废物的组成

1. 工矿业固体废物的物理组成

各种工矿业固体废物的组成与其来源和产品生产工艺有密切关系。表 1-4 列举了若干主要工业的生产技术或产品所产生的固体废物种类；表 1-5 列举了不同工业产品所产生的固体废物中含有的各种成分的质量分数。

表 1-4 主要工业类型生产技术或产品及所产固体废物种类

序号	工业类型	生产技术或产品	主要固体废物种类
1	金属冶炼业	冶炼、铸造、轧扎、锻造等	下脚料、炉渣、尾矿、金属碎料等
2	金属制品加工业	容器、工具、管件、电镀品等	金属碎屑、废涂料、炉渣、废溶剂等
3	机械制造业	机床、起重机械、输送机械等	金属碎屑、废模具、废砂心、废涂料等
4	电器制造业	电动设备、电梯、变压器等	金属碎屑、废塑料、废陶瓷品等
5	运输设备制造业	各式车辆、飞机及轮船设备等	废轮胎、废纤维、废塑料、废溶剂等
6	化学试剂业	无机及有机药品、试剂、肥料等	废溶剂、废酸碱、废药剂、废三泥等
7	石油化工工业	沥青、化纤制品、化工原料等	沥青、焦油、废纤维丝、废塑料等
8	橡胶及塑料产业	橡胶冶制、轮胎、塑料及制品等	废塑料、废橡胶、废纤维、废金属等
9	皮革及其制品业	鞣革、抛光、皮革加工制品等	边角料、废化学染料、废油脂等
10	编织品产业	纺织、染色、整形等	过滤残渣、边角料、废染色剂等
11	服装产业	剪裁、缝制、印染、熨烫等	废纤维制品、边角料、废线头等
12	木材及其制品业	木工器具、木材生产、伐木等	碎木屑、下脚料、金属、废胶合剂等
13	金属、木质家具业	各式家具及附件、容器用品等	边角料、金属、衬垫残料、废胶料等
14	纸类及制品业	造纸、纸品生产与制造等	废木质素、废纸、废塑料、废纸浆等
15	印刷及出版业	制版、印刷、装订、包捆等	废金属、废化学试剂、废油墨等
16	食品加工业	防腐、消毒、选料、佐料调理等	烂肉食、蔬菜、果品、下水、骨架等
17	军事工业	生产制造、装配、化学药剂等	废金属、化学药剂、废木、废塑料等
18	建筑材料工业	水泥、玻璃与石料生产、加工等	建筑垃圾、废胶合剂、废金属等

表 1-5 不同工业产品所产生固体废物的成分分析

单位：%

序号	工业产品类型	纸张	木材	皮革	橡胶	塑料	金属	玻璃	织物	食品	其他
1	金属冶炼产品	30~50	5~15	0~2	0~2	2~10	2~10	0~5	0~2	15~20	20~40
2	金属加工产品	30~50	5~15	0~2	0~2	0~2	15~30	0~2	0~2	0~2	5~15
3	机械类制品	30~50	5~15	0~2	0~2	1~5	15~30	0~2	0~2	0~2	0~5
4	电机设施	60~80	5~15	0~2	0~2	2~5	2~5	0~2	0~2	0~2	0~5



续表

序号	工业产品类型	纸张	木材	皮革	橡胶	塑料	金属	玻璃	织物	食品	其他
5	运输设备	40~60	5~15	0~2	0~2	2~5	0~2	0~2	0~2	0~2	15~30
6	化学试剂及其产品	40~60	2~10	0~2	0~2	5~15	5~10	0~10	0~2	0~2	15~25
7	石油精炼及制品	60~80	5~15	0~2	0~2	10~20	2~10	0~12	0~2	0~2	2~10
8	橡胶及塑料制品	40~60	2~10	0~2	5~20	10~20	0~2	0~2	0~2	0~2	0~5
9	皮革及其制品	5~10	5~10	40~60	0~2	0~20	0~2	0~2	0~2	0~2	0~5
10	建筑业及玻璃制品	20~40	2~10	0~2	0~2	0~2	5~10	10~20	0~2	0~2	30~50
11	纺织业产品	40~50	0~2	0~2	0~2	3~10	0~2	0~2	20~40	0~2	0~5
12	服装业产品	40~60	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	30~50	0~2	0~5
13	木材及木制品	10~20	10~20	60~80	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	5~10
14	木制家具	20~30	30~50	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	0~5	0~2	0~5
15	金属家具	20~40	10~20	0~2	0~2	0~2	20~40	0~2	0~5	0~2	0~10
16	纸类产品	40~60	10~15	0~2	0~2	0~2	5~20	0~2	0~2	0~2	10~20
17	印刷及出版业产品	60~90	5~10	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	0~2	0~5
18	食品类产品	50~60	5~10	0~2	0~2	0~5	5~10	4~10	0~2	0~2	5~15
19	专用控制设备	30~50	2~10	0~2	0~2	5~10	5~15	0~2	0~2	0~2	5~15

2. 城市生活垃圾物理组成

城市生活垃圾的物理组成受地理环境、城市规模、经济状况、能源结构、生活水平、生活习惯、季节变化等因素影响，表 1-6 列出了几个典型发达国家的城市生活垃圾的部分物理组成。

表 1-6 典型发达国家城市生活垃圾的部分物理组成

单位：%

国家	厨余类	纸类	橡塑类	纺织类	木竹类	玻璃类	金属类	灰土类	庭院垃圾
美国	12.7	31.0	15.0	5.0	6.6	4.9	8.4	1.5	13.2
荷兰	—	37.6	—	2.6	—	8.0	—	—	—
英国	16.6	20.3	6.2	1.6	17.8	9.0	7.1	3.9	15.5
日本	19.1	36.0	18.3	9.5	4.5	0.3	—	6.1	—
新加坡	20.2	26.2	25.0	3.2	3.2	2.0	2.4	0.4	5.2



表 1-7 列出了美国多年生活垃圾的部分物理成分。美国厨余类含量近年来稳定在 12% 左右、木竹含量稳定在 5.6% 左右,灰土含量稳定 1.5% 左右,纸类含量呈下降趋势,而替代纸作为包装物的塑料略有上升;玻璃类、金属类、庭院垃圾含量不断下降;橡胶类、纺织类含量呈上升趋势。

表 1-7 美国生活垃圾的部分物理组成

单位: %

垃圾组成	年 份									
	1960	1970	1980	1990	2000	2004	2005	2006	2007	2008
厨余类	13.8	10.6	8.6	10.1	11.2	11.8	12.1	12.2	12.5	12.7
纸类	34.0	36.6	36.4	35.4	36.7	34.6	33.9	33.6	32.7	31.0
塑料类	0.4	2.4	4.5	8.3	10.7	11.8	11.7	11.7	12.1	12.0
橡胶类	2.1	2.5	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0
纺织类	2.0	1.7	1.7	2.8	3.9	4.4	4.5	4.7	4.7	5.0
木竹类	3.4	3.1	4.6	6.0	5.5	5.6	5.6	5.5	5.6	6.6
灰土类	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
玻璃类	7.6	10.5	10.0	6.4	5.3	5.2	5.3	5.3	5.3	4.9
金属类	12.3	11.4	10.2	8.1	7.9	8.0	8.0	8.1	8.2	8.4
庭院垃圾	22.7	19.2	18.1	17.1	12.8	12.7	12.8	12.7	12.8	13.2
合计	99.8	99.5	98.4	98.4	98.3	98.5	98.3	98.2	98.3	98.3

表 1-8 为我国不同城市生活垃圾部分物理组成。由该表可知,大城市生活垃圾中的渣石、灰土等无机物含量比中小城市少,有机物和可回收物,尤其是可燃物(如纸类、塑料橡胶等)比中小城市多,其中可回收物占的比例高达 30%。

表 1-8 我国不同城市生活垃圾部分物理组成

单位: %

城市	厨余类	纸类	橡塑类	织物类	木竹类	玻璃类	金属类	灰土类	砖瓦、陶瓷类
香港	38.30	24.30	18.90	3.30	0.45	4.30	2.40	0.45	0.00
北京	63.79	9.75	11.76	1.69	1.26	1.70	0.33	9.10	0.42
上海	61.11	9.46	19.95	2.80	1.48	2.98	0.28	0.40	1.18
青岛	67.75	7.20	9.39	2.66	—	2.96	0.35	6.47	0.84
武汉	52.41	9.17	17.06	3.38	2.47	2.34	1.50	9.29	2.37
重庆	56.20	10.10	16.00	6.10	4.20	3.40	1.10	—	—
杭州	64.48	6.71	10.12	1.22	0.05	2.02	0.31	—	—
广州	52.42	8.95	16.77	8.43	1.98	1.33	0.23	6.39	3.43
深圳	45.98	18.44	15.90	3.28	2.89	0.72	1.95	—	—

续表

城市	厨余类	纸类	橡塑类	织物类	木竹类	玻璃类	金属类	灰土类	砖瓦、陶瓷类
罗田 县城	17.17	5.35	7.12	2.06	0.73	3.97	0.15	52.90	6.15
远安 县城	12.90	2.30	2.44	1.68	2.80	1.70	1.22	60.13	4.85

表 1-9 为上海市 1995—2005 年生活垃圾部分成分。由该表可知，厨余类、玻璃类、金属类、灰土类含量不断下降，木竹类含量稳定在 1.5% 左右，纸类、橡塑类、织物类略有上升。

表 1-9 上海市 1995—2005 年生活垃圾部分物理组成

单位：%

年份	厨余类	纸类	橡塑类	织物类	木竹类	玻璃类	金属类	灰土类
1995	70.65	6.50	10.21	2.17	1.47	3.81	0.91	2.29
1996	70.30	6.68	10.84	2.26	1.96	4.06	0.68	2.23
1997	69.09	7.05	11.78	2.24	1.44	4.01	0.58	1.82
1998	67.33	8.77	12.48	1.90	1.27	4.15	0.73	1.37
1999	65.21	8.23	12.46	2.21	1.18	5.36	0.84	2.21
2000	67.51	8.02	13.03	2.87	1.43	4.15	0.85	1.26
2001	65.47	9.20	12.09	2.38	1.26	4.03	0.61	1.47
2002	68.17	9.11	13.26	2.91	1.26	3.33	0.86	—
2003	65.90	9.23	13.33	2.70	1.21	3.82	0.61	—
2004	61.82	9.07	18.68	2.73	1.66	2.89	0.33	1.36
2005	61.11	9.46	18.95	2.80	1.48	2.98	0.28	1.58

表 1-10 列出了生活垃圾干基组分所含化学元素的质量分数。

表 1-10 城市生活垃圾中不同干基组分所含化学元素典型质量分数

单位：%

序号	组分	干基量(质量分数)					
		碳	氢	氧	氮	硫	灰分
1	食物：脂肪	73.0	11.5	14.8	0.4	0.1	0.2
	混合食品废物	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
	水果废物	48.5	6.2	39.5	1.3	0.2	4.2
	肉类废物	59.6	9.4	24.7	1.2	0.2	4.9

序号	组分	干基量(质量分数)					
		碳	氢	氧	氮	硫	灰分
2	纸制品: 卡片纸板	43.0	5.0	44.8	0.3	0.2	5.0
	杂质	32.9	5.0	38.6	0.1	0.1	23.3
	白报纸	49.1	6.1	43.0	<0.1	0.2	23.3
	混合废纸	43.4	5.8	44.3	0.3	0.2	6.0
	浸蜡纸板箱	59.2	9.3	30.1	0.1	0.1	1.2
3	熟料: 混合废塑料	60.0	7.2	22.8	—	—	10.0
	聚乙烯	85.2	14.2	—	<0.1	<0.1	0.4
	聚苯乙烯	87.1	8.4	4.0	0.2	—	0.3
	聚氨酯	63.3	6.3	17.6	6.0	<0.1	4.3
	聚乙烯氯化物	45.2	5.6	1.6	0.1	0.1	2.0
4	木材、树枝等: 花园修剪垃圾	46.0	6.0	38.0	3.4	0.3	6.3
	木材	50.1	6.4	42.3	0.1	0.1	0.1
	坚硬木材	49.6	6.1	43.2	0.1	<0.1	0.9
	混合木材	49.6	6.0	42.7	0.2	<0.1	1.5
	混合木屑	49.5	5.8	45.5	0.1	<0.1	0.4
5	玻璃、金属等: 玻璃和矿石	0.5	0.1	0.4	<0.1	—	98.9
	混合矿石	4.5	0.6	4.3	<0.1	—	90.5
6	皮革、橡胶、衣物等: 混合废皮革	60.0	8.0	11.6	10.0	0.4	10.0
	混合废橡胶	69.7	8.7	—	—	1.6	20.0
	混合废衣物	48.0	6.4	40.0	2.2	0.2	3.2
	其他: 办公室清扫垃圾	24.3	3.0	4.0	0.5	0.2	68.0
	油、涂料	66.9	9.6	5.2	2.0	—	16.9
	以垃圾生产的燃料(RDF)	44.7	6.2	38.4	0.7	<0.1	9.9

1.3 固体废物的污染和危害

1.3.1 固体废物对环境的污染

1. 占用大量土地

固体废物任意露天堆放, 占用大量的土地, 破坏地貌和植被(图 1.1)。每堆积 $1 \times 10^4 \text{t}$