



高等学校教材

固体废物处理 与资源化技术

王丽华 徐颖 主编

辽宁大学出版社



高等学校教材

固体废物处理 与资源化技术

王丽华 徐颖 主编 刘志斌 主审



辽宁大学出版社

© 王丽华 徐颖 2005

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与资源化技术/王丽华,徐颖主编.
沈阳:辽宁大学出版社,2005
ISBN 7-5610-4777-0

I.固... II.①王...②徐... 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 IV.X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010465 号

出版者:辽宁大学出版社

(地址:沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码:110036)

印刷者:辽宁工程技术大学印刷厂

发行者:辽宁大学出版社

幅面尺寸:185mm×260mm

印 张:14

字 数:350 千字

出版时间:2005 年 2 月第 1 版

印刷时间:2005 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑:刘 葵

封面设计:邹本忠

责任校对:齐 月

定 价:23.00 元

联系电话:024-86864613

邮购热线:024-86851850

Email:mailes@lnupress.com.cn

http://www.lnupress.com.cn

《固体废物处理与资源化技术》

编 委 会

主 编 王丽华 徐 颖

主 审 刘志斌

编 委 (按姓氏笔画为序)

于 皓 王丽华 王昭君

陈建平 张晓薇 范军富

郑景华 陶 梅 徐 颖

编 稿 王丽华 范军富 徐 颖

前 言

QIAN YAN

随着我国经济的飞速发展,工业技术的进步和人民生活水平的提高,固体废弃物的产生量逐年剧增,其污染也日趋严重,对其污染的控制和治理已受到全社会的普遍关注。

为适应这一形势,全国各类高校的环境科学和环境工程专业均开设了有关固体废物课程,并将其作为本科生和研究生的主干课之一。虽然近年来出版了不少固体废物方面的书籍,但相对于废水、废气的处理控制而言,固体废物污染控制方面的教材无论是从科技水平的发展还是科学体系的建立都相对滞后,已不适应专业课程的建设和教学的需要。因此,为适应理工类高等院校环境专业的教学需要,我们编写了这本《固体废物处理与资源化技术》一书。

本书在编写过程中主要遵循以下原则。一是突出能力的培养,编制时重点介绍固体废物处理与资源化的基本概念、原理和方法,特别加入了工程实例,强化理论与实际相结合,提高学生分析、解决实际问题的能力。每章前编写学习指南,每章结尾附有学习思考题,发挥学生主体作用,培养学生独立思考和自学能力。二是突出教材内容的新颖性、实用性和系统性。教材尽量介绍固体废物处理与资源化技术较成熟的工艺和先进的技术设备,特别是突出了固体废物处理过程中物质再循环的指导思想,并充分体现可持续发展、清洁生产、绿色技术等环保概念,使内容有较好的新颖性。教材中引用并突出了各种典型工业固废的开发实例,具有很强的实用性。编写时注意到了内容的完整性和知识的系统性,以便于学习。三是加强政策性和环保法规教学,把我国环境

保护和治理固体废物的政策放在重要位置。

全书共分 11 章,第 1 章主要介绍固体废物的来源、组成、性质、分类方法以及固体废物污染对环境和人类健康的影响和危害;第 2 章介绍了城市固体废物、工业固体废物和危险废物收集、运输及贮存方法,以及城市固体废物收集方案和运输路线的初步设计;第 3 章主要介绍固体废物的预处理技术即压实、破碎及分选技术的基本原理和方法,以及各种方法的优缺点;第 4、5、6、7、8 章主要介绍了固体废物的化学处理、固体废物的焚烧、热解、堆肥化及固化/稳定化等处理技术,并列举了相关的工程实例;第 9 章主要讲述了工业固体废物的资源化,并对典型固体废物进行了详细论述;第 10、11 章对污泥及固体废物的处置进行了论述。

在本书的编写过程中,得到了我校教务处与资源与环境工程学院领导的大力支持和帮助,在此表示谢意!

本书由王丽华、徐颖主编,刘志斌教授审定,参加编写工作的还有陈建平、陶梅、范军富、于皓、郑景华、王昭君、张晓薇等教师。插图由范军富等绘制,赵国智、张媛两名硕士参与了教材的校对,徐颖、范军富负责全书的统稿。在此对他们的辛勤劳动表示感谢!

本书在编写过程中参考了大量资料和许多学者的研究成果,编者对他们表示真诚的谢意!

由于时间紧张,加之编者水平有限,书中可能存在缺点和错误,恳请读者不吝赐教。

辽宁工程技术大学资源与环境工程学院
《固体废物处理与资源化技术》教材编写组

2005 年 1 月

目
录

MU LU

1 绪 论	1
1.1 固体废物的定义及特点	1
1.1.1 固体废物的定义及范畴	1
1.1.2 固体废物的特点和特征	1
1.2 固体废物的分类	2
1.3 固体废物的来源、组成和性质	2
1.3.1 城市固体废物的来源及特点	2
1.3.2 城市固体废物的性质	5
1.4 工业固体废物的来源和分类	7
1.5 危险废物	7
1.5.1 危险废物的定义	7
1.5.2 危险废物的来源	8
1.5.3 危险废物的特性	8
1.6 固体废物对环境的污染及影响	9
1.6.1 固体废物对自然环境的影响	9
1.6.2 固体废物对人体健康的影响	10
1.7 固体废物的管理体系	11
1.7.1 概述	11
1.7.2 固体废物管理体系	12
1.7.3 固体废物管理制度	12
1.7.4 固体废物管理和污染控制标准	12
2 固体废物的收集、运输和贮存	14
2.1 工业固体废物的收集、运输	14
2.2 城市垃圾的收集、运输及贮存	14
2.2.1 城市垃圾的收集、搬运和贮存	14
2.2.2 城市垃圾的清除和运送	16
2.2.3 城市垃圾的转运及中转站设置	21
2.3 危险废物的收集、运输及贮存	27
2.3.1 危险废物的贮存	27
2.3.2 危险废物的收集	28

2.3.3	危险废物的运输	28
3	固体废物的预处理技术	30
3.1	固体废物的压实	30
3.1.1	压实定义	30
3.1.2	压实原理	30
3.1.3	压实设备	31
3.1.4	压实的工程应用	33
3.2	固体废物的破碎	34
3.2.1	固体废物破碎的目的	34
3.2.2	固体废物破碎原理	35
3.2.3	破碎设备	37
3.3	固体废物的分选技术	45
3.3.1	固体废物分选技术	45
3.3.2	筛选	46
3.3.3	重力分选	49
3.3.4	磁力分选	54
3.3.5	电力分选	57
3.3.6	浮选	58
3.3.7	其他分选方法	59
4	固体废物的化学处理技术	63
4.1	中和法	63
4.2	氧化还原法	63
4.2.1	煤粉焙烧还原法	63
4.2.2	药剂还原法	63
4.3	化学浸出法	64
5	固体废物焚烧处理技术	65
5.1	概述	65
5.1.1	固体废物焚烧过程的“三化”特性	65
5.1.2	固体废物焚烧的控制因素	65
5.1.3	垃圾焚烧现状	65
5.2	焚烧过程及技术原理	66
5.2.1	固体废物焚烧系统	66
5.2.2	焚烧原理及特征	68
5.2.3	废物焚烧的参数控制	70
5.3	焚烧炉	73
5.3.1	焚烧炉类型	73

5.3.2	多室焚烧炉	74
5.3.3	机械炉排焚烧炉	74
5.3.4	控气式焚烧炉	75
5.3.5	多层炉	75
5.3.6	旋转窑式焚烧炉	75
5.3.7	流化床焚烧炉	76
5.3.8	液体喷射式焚烧炉	76
5.3.9	气体废物焚烧炉	76
5.4	垃圾焚烧过程中烟气的产生及其控制技术	76
5.4.1	焚烧尾气中的污染物及其控制方法	76
5.4.2	硫氧化物(SO _x)的生成及控制方法	77
5.4.3	氮氧化物(NO _x)的生成和控制方法	79
6	固体废物的热解处理技术	83
6.1	固体废物的热解原理	83
6.1.1	热解概念	83
6.1.2	热解反应过程	83
6.1.3	热解产物	84
6.1.4	热解过程控制	84
6.2	热解工艺分类与反应器	86
6.2.1	热解工艺分类	86
6.2.2	反应器	86
6.3	典型固体废物的热解	89
6.3.1	废塑料的热解	89
6.3.2	废橡胶的热解	90
6.3.3	城市垃圾的热解	92
7	有机固体废物的堆肥化技术	93
7.1	概述	93
7.1.1	有机固体废物堆肥化的意义	93
7.1.2	堆肥的作用	93
7.1.3	堆肥化的原料	94
7.1.4	堆肥化原料特性	94
7.1.5	堆肥产品质量及卫生要求	94
7.2	堆肥化的基本原理	95
7.2.1	好氧堆肥化过程的基本原理	95
7.2.2	厌氧堆肥的原理	96
7.3	好氧堆肥的基本工艺及分类	97
7.3.1	好氧堆肥的基本工艺	97

7.3.2	好氧堆肥方式分类	98
7.3.3	影响固体废物好氧堆肥化的主要因素	100
7.3.4	堆肥化设备及工艺设备	107
7.4	堆肥腐熟度的测定评价指标	109
7.5	厌氧发酵技术	110
7.5.1	厌氧发酵的三个阶段	110
7.5.2	厌氧发酵工艺	111
7.5.3	厌氧发酵池	113
8	固体废物的固化/稳定化处理技术	117
8.1	概述	117
8.1.1	固化/稳定化的目的	117
8.1.2	固化/稳定化的定义和方法	117
8.1.3	固化/稳定化技术对不同危险废物的适应性	119
8.1.4	固化/稳定化处理的基本要求	119
8.2	固体废物的固化/稳定化技术	121
8.2.1	水泥固化/稳定化	121
8.2.2	石灰固化	126
8.2.3	塑性材料固化法	126
8.2.4	熔融固化技术	128
8.2.5	自胶结固化技术	130
8.3	药剂稳定化处理技术	131
8.3.1	重金属废物药剂稳定化技术	131
8.3.2	吸附技术	133
8.3.3	离子交换技术	134
8.3.4	重金属废物药剂稳定化技术的重要应用	134
9	工业固体废物的资源化	135
9.1	概述	135
9.2	工业固体废物的资源化现状	135
9.3	矿业固体废物的综合利用	137
9.3.1	煤矿业固体废物的利用	137
9.3.2	冶金矿业固体废物的综合利用	143
9.4	冶金工业废渣的综合利用	144
9.4.1	高炉渣的综合利用	144
9.4.2	钢渣的综合利用	145
9.4.3	有色金属冶炼渣综合利用	146
9.5	化工废渣的综合利用	147
9.5.1	硫铁矿烧渣的综合利用	147

9.5.2	化学石膏的综合利用	148
9.5.3	电石渣的综合利用	150
9.5.4	铬渣的处理和综合利用	150
9.6	废塑料的回收与利用	151
9.6.1	废塑料的再生利用	151
9.6.2	废塑料的改性利用	152
9.6.3	废塑料在其他方面利用的新进展	152
9.7	废橡胶的回收与利用	153
9.7.1	废橡胶的产生量	153
9.7.2	废橡胶回收利用的意义	153
9.7.3	橡胶回收利用发展概况	154
9.7.4	橡胶回收利用发展趋势	154
9.8	废电池的回收与利用	155
9.8.1	废旧电池资源化及无害化的意义	156
9.8.2	国际上废旧电池回收处理现状	156
9.8.3	我国废旧电池的回收处理方法	157
10	污泥处理与处置技术	159
10.1	污泥的来源	159
10.2	污泥的种类和性质	159
10.2.1	污泥的分类	159
10.2.2	污泥的性质指标	159
10.3	污泥水的分类与去除方法	160
10.4	污泥的基本处理方法与用途	161
10.5	污泥的浓缩	161
10.5.1	重力浓缩法	161
10.5.2	气浮浓缩法	162
10.6	污泥的脱水与干化	163
10.6.1	污泥的脱水	163
10.6.2	污泥的干化	166
10.7	污泥的焚烧	168
10.8	污泥的稳定	168
10.8.1	污泥的好氧消化	168
10.8.2	污泥的厌氧消化	169
10.9	污泥的资源化	171
10.9.1	污泥在农业上的应用	171
10.9.2	污泥堆肥	172
10.9.3	污泥作为肥料的环境风险	172
10.9.4	直接高温干燥和造粒技术	173

10.9.5 污泥作原材料生产建筑材料·····	174
10.9.6 污泥燃烧·····	174
10.10 污泥热处理·····	175
11 土地填埋处置技术·····	177
11.1 填埋场的构造类型及填埋方式·····	177
11.1.1 填埋场的类型与基本构造·····	177
11.1.2 填埋方式·····	180
11.1.3 渗滤液的成分·····	183
11.1.4 渗滤液的产生及控制·····	185
11.2 填埋气的产生与控制·····	191
11.2.1 填埋场气体的组成特征·····	191
11.2.2 填埋场气体的产生·····	192
11.2.3 填埋场气体的控制系统·····	193
11.2.4 填埋场气体处理系统·····	196
11.2.5 填埋场气体利用技术·····	196
附录 1·····	198
附录 2·····	203
主要参考文献·····	208

1 绪论

学习指南 本章主要讲述固体废物的概念与分类、固体废物的来源与危害及固体废物的管理。通过学习掌握固体废物的概念与分类,对固体废物的危害有足够的重视,从而提高对学习本课程重要性的认识。

1.1 固体废物的定义及特点

1.1.1 固体废物的定义及范畴

固体废物由于不同的需要在不同场合有着不同含义。

在学术界,一般是指在社会生产、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。从哲学角度可以看出废与不废是相对于占有者而言。世界上只有暂时没有被认识和利用的物质,而没有不可认识的物质,废与不废具有很强的空间性和时间性。随着人类认识的逐步提高和科学技术的不断发展,被认识和利用的物质越来越多,昨天的废物有可能成为今天的资源,他处的废物在另外的空间或时间就是资源和财富,一个时空领域的废物在另一个时空领域也许就是宝贵的资源,因此,固体废物又被称为在时空上错位的资源。

1.1.2 固体废物的特点和特征

(1)“资源”和“废物”的相对性

从固体废物的定义可知,它是在一定时间和地点被丢弃的物质,是放错地方的资源,因此,此处的“废”,具有明显的时间和空间的特征。

①从时间方面看:固体废物仅仅相对于目前的科技水平还不够高、经济条件还不允许的情况下暂时无法加以利用。但随着时间的推移,科技水平的提高,经济的发展,资源滞后于人类需求的矛盾也日益突出,今天的废物势必会成为明日的资源。

②从空间角度看:废物仅仅相对于某一过程或某一方面没有使用价值,但并非在一切过程或一切方面都没有使用价值,某一过程的废物,往往会成为另一过程的原料,例如,煤矸石发电、高炉渣生产水泥、电镀污泥中回收贵重金属等。

事实上,进入经济体系中的物质,仅有 10%~15% 以建筑物、工厂、装置器具等形式积累起来,其余都变成了所谓“废物”。因此,固体废物成为一类量大而面广的新的资源将是必然趋势。“资源”和“废物”的相对性是固体废物最主要的特征。

(2)成分的多样性和复杂性

固体废物成分复杂、种类繁多、大小各异,既有无机物又有有机物,既有非金属又有金属,既有有味的又有无味的,既有无毒物又有有毒物,既有单质又有合金,既有单一物质又有聚合物,既有边角料又有设备配件,其构成可谓五花八门、琳琅满目。有人说,“垃圾为人类提供的信息几乎多于其他任何东西。”

(3)危害的潜在性、长期性和灾难性

固体废物对环境的污染不同于废水、废气和噪声,它呆滞性大、扩散性小,对环境的影响主要是通过水、大气和土壤进行的。其中污染成分的迁移转化是一个比较缓慢的过程,如浸出液在土壤中的迁移,其危害可能在数年以至数十年后才能发现,从某种意义上讲,固体废物特别是有害废物对环境造成的危害可能要比废水、废气造成的危害严重得多。

(4) 污染“源头”和富集“终态”的双重性

废水和废气既是水体、大气和土壤环境的污染源,又是接受其所含污染物的环境。固体废物则不同,它们往往是许多污染成分的终极状态。例如一些有害气体或飘尘,通过治理最终富集成废渣;一些有害溶质和悬浮物,通过治理最终被分离出来成为污泥或残渣;一些含重金属的可燃固体废物,通过焚烧处理,有害金属浓集于灰烬中。但是,这些“终态”物质中的有害成分,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、水体和土壤环境污染的“源头”。

1.2 固体废物的分类

分类是任何一门科学研究的基础工作,是对事物的深刻认识,固体废物的科学分类对其进行深入研究以及处理、处置和资源化利用具有重要意义。

固体废物分类有很多种,可按组成、形态、污染特性、来源分类。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或城市生活垃圾、工业固体废物、危险废物三大类。本教材以此分类为原则,主要就上述三类固体废物作以介绍。将固体废物的类型、来源和组成总结于表1-1中,其中农业固体废物量大面广,在我国其产生量已超过工业固体废物的产生量,故也将其列入表中予以介绍。

1.3 固体废物的来源、组成和性质

1.3.1 城市固体废物的来源及特点

(1) 城市固体废物的来源

城市固体废物是指在城市居民日常生活中或为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物。城市固体废物种类繁多、组成复杂、性质多样,因而也有多种分类方法。

根据城市垃圾的性质划分:

①可燃烧垃圾和不可燃烧垃圾;②高热值垃圾与低热值垃圾;③有机垃圾和无机垃圾;④可堆肥垃圾和不可堆肥垃圾。①和②可作为热化学处理的判断指标,而③和④可作为垃圾能否堆肥化和其他生物处理的判断依据。

按资源回收利用和处理处置方式划分:

①可回收废品;②易堆腐物;③可燃物;④无机废物。这种划分方法为资源回收利用和选择合适的处理处置方法提供了依据。

按垃圾产生或收集来源划分:

表 1-1 固体废物的类型、来源和主要组成物

城市生活垃圾	居民生活	指日常生活过程中产生的废物。如食品垃圾、纸屑、衣物、庭院修剪物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、炉渣、碎砖瓦、废物物、粪便、杂品、废旧电器等
	商业、机关	指商业、机关日常工作过程中产生的废物。如废纸、食物、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,以及类似居民生活橱房类的各类废物
	市政维护与管理	指市政设施维护和管理过程中产生的废物。如碎砖瓦、树叶、死禽死畜、金属、锅炉灰渣、污泥、脏土等
工业固体废物	冶金工业	指各种金属冶炼和加工过程中产生的废物。如高炉渣、钢渣、铜铅镉汞渣、赤泥、废矿石、烟尘、各种废旧建筑材料等
	矿业	指各类矿物开发、利用加工过程中产生的废物。如废矿石、煤矸石、粉煤灰、烟道灰、炉渣等
	石油与化学工业	指石油炼制及其产品加工、化学品制造过程中产生的固体废物。如废油、浮渣、含油污泥、炉渣、碱渣、塑料、橡胶、陶瓷、纤维、沥青、油毡、石棉、涂料、废催化剂和农药等
	轻工业	指食品工业、造纸印刷、纺织服装、木材加工等轻工部门产生的废物。如各类食品糟渣、废纸、金属、皮革、塑料、橡胶、布头、线、纤维、染料、刨花、锯末、碎木、化学药剂、金属填料、塑料填料等
	机械、电子工业	指机械加工、电器制造及使用过程中产生的废物。如金属碎料、铁屑、炉渣、模具、润滑油剂、酸洗剂、导线、玻璃、木材、橡胶、塑料、化学药剂、研磨料、陶瓷、绝缘材料以及废旧汽车、冰箱、电视、电扇等
	建筑工业	指建筑施工、建材生产和使用过程中产生的废物。如钢筋、水泥、黏土、陶瓷、石膏、砂石、砖瓦、纤维板等
	电力工业	指电力生产和使用过程中产生的废物。如煤渣、粉煤灰、烟道灰等
危险废物	核工业、化学工业、医疗单位、科研单位等	主要来自核工业、核电站、化学工业、医疗单位、制药业、科研单位等产生的废物。如放射性废渣、粉尘、污泥等,医院使用过的器械和产生的废物,化学药剂,制药厂废渣、废弃农药、炸药、废油等
农业固体废物	种植业	指作物种植生产过程中产生的废物。如稻草、麦秆、玉米秆、落叶、根茎、烂菜、废农膜、农用塑料、农药等
	养殖业	指动物养殖生产过程中产生的废物。如畜禽粪便、死禽死畜、死鱼死虾、脱落的羽毛等
	农副产品加工业	指农副产品加工过程中产生的废物。如畜禽内容物、鱼虾内容物、未被利用的菜叶、菜梗和菜根、稻壳、玉米芯、瓜皮、果皮、果核、贝壳、羽毛、皮毛等

①食品垃圾(厨房垃圾),这是居民住户排出垃圾的主要成分;②普通垃圾(零散垃圾),如纸类、废旧塑料,罐头盒等;③庭院垃圾,包括植物残余、树叶及其他清扫杂物;④清扫垃圾,指城市道路、桥梁、广场、公园及其他露天公共场所由环卫系统清扫收集的垃圾;⑤商业

垃圾,指城市商业、服务网点、营业场所产生的垃圾;⑥建筑垃圾,指建筑物、构筑物兴建、维修施工现场产生的垃圾;⑦危险垃圾,指医院传染病房、放射治疗系统、试验室等场所排放的各种废物;⑧其他垃圾,以上所列以外的场所排放的垃圾。这些分类方法为城市垃圾分类收集、加工转化、资源回收以及选择合适的处理处置方法提供依据。

(2)城市固体废物的特点

①增长速度快,产生量不均匀

随着全球经济的持续发展和商品消费的增加,城市垃圾的产生和排放量也随之剧增。

全球垃圾产生量以1%~3%的年增长率增长。如美国城市垃圾增长比人口增长快3倍,约为5%;发展中国家以6%~8%的年增长率增长。

中国近年来国民经济持续快速发展,城市化进程加快,人民生活水平不断提高。垃圾的产生量和增长率也逐年增加。自1979年以来,城市生活垃圾以每年约9%的增长率增长。目前,我国垃圾的年产量约 $(1.4\sim 1.5)\times 10^8\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$,占全世界产量的1/4多,人均日产垃圾约1~1.2kg。

产生量的不均匀性是指城市固体废物的产生量在一年中随季节、一天中随时间的变化明显不同,并呈现一定规律性。随季节不同是城市固体废物的产生量与燃料结构等有关;而一天中的波动,与各城市垃圾的收集时间、收集方式和居民生活习惯有关。

②成分复杂、多变,有机物含量高

因各地气候、季节、生活水平与习惯、能源结构的不同,垃圾的成分和种类多种多样,产量变化幅度也很大。例如:燃烧构成改变,油改气,使无机炉灰大为减少;冷冻食品、成品、半成品、净菜上市,食品垃圾也逐年降低;包装材料的改变,纸、塑料、金属、玻璃则大量增加。

③主要成分为碳,其次为氧、氢、氮、硫等

分析测试表明,城市垃圾中含C 10%~20%;O 10%~20%;H 1%~3%;N 0.5%~1.0%;S 0.1%~1.2%。

④处理处置方式仍以填埋为主

国外:1991年美国约70%、英国90%、意大利90%、加拿大82%、法国48%、德国60%、荷兰50%的垃圾靠填埋处理。到1995年,填埋比例有所下降,分别为美国63%、英国80%、意大利74%、加拿大80%、法国45%、德国46%、荷兰45%、日本20%。

国内:中国内地城市垃圾基本上采用填埋处理(>70%),收集方式基本上是混合收集,这使堆肥和焚烧的发展受到影响,大部分城市甚至采用堆放和简易填埋处理,乱堆乱放还相当普遍。这些情况从表1-2亦可看出。

表 1-2 城市垃圾处理方式

城市	北京	天津	上海	南京	无锡	常州	南通	合肥	九江	武汉	宜昌	重庆	广州	深圳	惠州	肇庆	清远
填埋	73	15		5		16	90	100	80	11	52	61		83	95	95	80
卫生填埋	24	27	95	90	86					84	38	13	95				
生物处理	3	58	5	5	10	79				2		13	5				
焚烧												13		17			
堆肥					3				20						5	5	20
其他					1	5	10			3	10						

1.3.2 城市固体废物的性质

(1) 城市固体废物的物理性质

城市固体废物的物理性质与其组成密切相关,组成不同,物理性质亦不同,其物理性质一般用组分、含水率和容重来表示。

城市固体废物的组分以各成分质量占新鲜垃圾的质量百分数表示,有湿基率(%) (含水率)和干基率(%) (去掉水分,如烘干)。

当垃圾的含水率已知时,用下式换算:

$$G = a(1 - W) / 100 \quad (1-1)$$

式中: G 为新鲜湿垃圾中某成分的质量分数,%; a 为烘干垃圾中同类组分的质量分数,%; W 为垃圾的含水率,%。

含水率为单位质量垃圾的含水量,用质量分数(%)表示:

$$W = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中: A 为湿垃圾试样的原始质量; B 为烘干后的垃圾质量。

城市固体废物在自然状态下,单位体积的质量称为垃圾的容重,单位为 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 城市固体废物的化学性质

城市固体废物的化学性质对选择加工处理和回收利用工艺十分重要。表示城市固体废物化学性质的特征参数有挥发分、灰分、灰分熔点、元素组成、固定碳、发热值等。

挥发分也叫做挥发性固体含量,是反映垃圾中有机物含量近似值的指标参数,以垃圾在 600°C 下的烧减量作为指标。其计算式为:

$$V_s = \frac{W_3 - W_4}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: V_s 为垃圾的挥发性固体含量,%; W_1 为坩埚的质量; W_3 为烘干的垃圾质量 (W_2) + 坩埚的质量 (W_1); W_4 为灼烧残留量 ($W_{残}$) + 坩埚质量 (W_1)。即:

$$V_s = \frac{W_2 - W_{残}}{W_2} \times 100\% \quad (1-4)$$

灰分是指垃圾中不能燃烧也不挥发的物质,即灰分是反映垃圾中无机物含量的参数,常用 A 表示。其数值即是灼烧残留量 $W_{残}$ (%), 即:

$$W_4 - W_1 = W_{残} = A \quad (1-5)$$

$$A = 1 - V_s \quad (1-6)$$

熔点与灰分的化学组成相关,主要决定于 Si、Al 等元素的含量。

元素组成主要指 C、H、O、N、S 及灰分的含量(%)。

测知垃圾的化学元素组成,可估算垃圾的发热值,确定焚烧的适用性;估算生化需氧量 (BOD)、判定好氧堆肥化的适用性;选择垃圾的处理工艺。

热值是指单位质量的垃圾完全燃烧所放出的热量,可用氧弹量热计来测定垃圾的热值。热值分为高位热值 Q_H (粗热值) 和低位热值 Q_L (净热值)。高位热值是物料完全燃烧产生的全部热量,包括了全部氧化释放的化学能和燃烧产生的水蒸气消耗的汽化热。因此,用氧弹量热计测定的热值为 Q_H 。

实际燃烧过程中,温度高于 100°C ,水蒸气不会凝结,因而这部分汽化潜热不能加以利