

环境科学与工程系列教材

HUANJING KEXUE YU GONGCHENG XILIE JIAOCAI



固 体废物 处理与处置

Guti Feiwu Chuli Yu Chuzhi

廖 利 冯 华 王松林 © 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

环境科学与工程系列教材

固体废物处理与处置

廖 利 冯 华 王松林 主编

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

全书共分为9章,内容包括:固体废物的定义、分类、产量、成分;固体废物样品的采集,物理、化学性能分析和工业分析、检测技术;城市清扫保洁,生活垃圾的收集、运输与收运系统规划,设置转运站的条件和危险废物的收集、运输;固体废物的压实、破碎、分选等预处理的特点和所采用的设备与工艺,典型的破碎、分选工艺流程;固体废物焚烧的基本原理、所需的空气量和产生的烟气量的计算,焚烧过程的热平衡、余热利用及二次污染控制,焚烧处理工艺及设备;有机垃圾的热解原理与工艺流程,热解动力学模型,固体废物和生物质常用的热解炉、热解工艺及热解产物的资源化利用系统;堆肥化的基本原理,堆肥过程的影响因素及工艺参数计算,好氧堆肥工艺及设备,堆肥腐熟度的评价方法;有机废物制取沼气的条件、工艺流程;垃圾填埋场的选址、运行与管理,填埋工艺,渗滤液的收集与处理,填埋场气体的产生、收集及其资源化与资源化利用;等等。

本书可作为普通高等学校环境类专业的教材,也可供环境类专业的管理者和技术人员,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/廖利冯华王松林主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010.10
ISBN 978-7-5609-6589-5

I. 固… II. ①廖… ②冯… ③王… III. 固体废物-废物处理-高等学校-教材 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 181383 号

固体废物处理与处置

廖利冯华王松林 主编

策划编辑:徐正达

责任编辑:徐正达

封面设计:潘群

责任校对:刘竣

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:武汉佳年华科技有限公司

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:24

字数:495千字

版次:2010年10月第1版第1次印刷

定价:34.50元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

固体废物对环境的污染途径主要表现为对水体的污染、对大气的污染、对农田土壤的污染、传播疾病和引发安全事故等几个方面。随着固体废物产生量的增加和对环境污染的日益严重,国家对固体废物的污染控制也越来越重视。我国于 1995 年颁布实施《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,并于 2004 年进行了修订,为固体废物管理和处理、处置技术的发展奠定了基础。

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》施行以来,我国的固体废物污染防治工作已取得初步成效,工业固体废物综合利用率稳中有升,城市生活垃圾无害化处理率逐步提高,危险废物处理与处置有所加强。但总体上,我国固体废物污染防治工作还处于起步阶段,历史欠账较多,基础设施薄弱,各地区发展不均衡,固体废物污染仍然十分严重。

自从清华大学陶葆楷先生于 1977 年倡导并亲手创立了国内第一个环境工程专业,至今已有 30 余年。目前,我国各高等院校开设有各类环境工程专业教学点 187 个。根据教育部关于环境工程专业认证标准的培养目标,环境工程专业培养具有可持续发展理念,具备废水、废气、固体废物等污染防治和给水排水工程、环境规划和资源保护等方面的工程知识,具有进行污染控制工程的设计及运营管理能力,制定环境规划和进行环境管理能力,以及环境工程方面的新理论、新工艺和新设备的研究和开发能力,能在政府部门、规划部门、经济管理部门、环保部门、设计单位、工矿企业、科研单位、学校等从事规划、设计、管理、研究和教育开发方面工作的环境工程学科的高级工程技术人才。作为主要专业课程之一,“固体废物处理与处置”在环境工程专业课程教学中占有重要的地位。

“固体废物处理与处置”是一门多学科交叉的综合性课程,教学难度大。为了提高学生的工程设计能力,满足国内固体废物污染控制的需求和培养高层次专业人员的需要,特别邀请了深圳市建筑设计总院的冯华高级工程师参加本书的编写工作。编者根据自己多年教学、科研成果和工程实践中积累的经验,参考国内相关教材、专著,并结合我国固体废物管理和处理与处置的实际情况以及相关的法规和标准的要求,完成了本书的编写。

本书主要介绍固体废物污染与防治基础知识,固体废物处理与处置工程技术基本原理、设备设施及相关计算方法等,包括固体废物的特征与分类、固体废物的收集及运输、固体废物的预处理、固体废物的焚烧法处理、固体废物的热解处理、固

体废物的生物法处理、固体废物的填埋处置等章节。由于篇幅所限,本书没有涉及工业固体废物的处理与资源化、危险废物的固化与安全处置等内容,编者将另行编写教材介绍。

本书编写人员分工如下:第一章至第五章由廖利、毕珠洁、黄昌付、秦玲玲、卢加伟编写;第六章至第八章由冯华、汪伟、王波、周志颖、廖筱锋编写;第九章由王松林、廖筱锋编写;全书由廖利负责统稿。邱荣娥、陈丽、徐涛、杨勃等参加了部分章节的文字整理及图片绘制工作,在此谨向他们致以诚挚谢意。

由于编者水平有限,书中定有不当和疏漏之处,敬请读者同行不吝赐教。

编 者

2010年5月于华中科技大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 固体废物与城市生活垃圾	(1)
一、固体废物	(1)
二、城市生活垃圾	(4)
第二节 城市生活垃圾产生量及物理组成	(5)
一、城市生活垃圾产生量	(5)
二、城市生活垃圾物理组成	(6)
第三节 固体废物对环境的污染	(10)
一、占用大量土地	(11)
二、对农田土壤的污染	(11)
三、对水体的污染	(12)
四、对大气的污染	(12)
五、传播疾病	(12)
六、引发安全事故	(13)
第四节 城市生活垃圾处理技术	(13)
一、热处理技术	(14)
二、生物处理技术	(16)
三、固化处理技术	(17)
四、最终处置技术	(18)
第二章 固体废物特性分析	(20)
第一节 城市固体废物特性分析项目	(20)
一、物理特性分析项目	(20)
二、工业分析项目	(21)
三、元素分析项目	(22)
第二节 固体废物物理特性分析	(22)
一、垃圾采样	(22)
二、垃圾容重测定	(26)
三、垃圾物理组成测定	(27)
第三节 固体废物工业分析	(28)
一、工业分析项目	(28)
二、应用举例	(32)
第四节 固体废物化学性能分析与检测技术	(33)

一、常规化学分析	(33)
二、元素分析	(37)
三、常用的固体废物分析技术	(38)
第三章 固体废物收集运输	(42)
第一节 城市生活垃圾清运系统	(42)
一、垃圾清运系统基本组成	(42)
二、城市生活垃圾清运现状	(43)
第二节 城市清扫保洁	(44)
一、城市道路清扫保洁等级与品质评价	(44)
二、扫路机	(46)
三、洒水车与洗路机	(51)
第三节 城市生活垃圾的收集	(51)
一、城市生活垃圾的前端收集方式	(52)
二、城市生活垃圾的收集作业	(56)
第四节 城市生活垃圾的转运	(60)
一、垃圾转运站的设置和垃圾转运模式	(60)
二、转运站的类型	(62)
三、转运站的建设	(69)
第五节 城市垃圾收运设备	(71)
一、垃圾搬运与贮存设备	(71)
二、垃圾车	(74)
第六节 城市生活垃圾收运系统规划设计	(80)
一、垃圾产量的计算、预测与收运容量计算	(80)
二、转运站的设置	(82)
三、垃圾贮存容器的设置	(84)
四、收集车辆的配置	(85)
五、收运路线规划	(86)
六、城市生活垃圾收运系统的优化	(90)
第七节 危险废物的收集与运输	(91)
一、危险废物的产生	(91)
二、危险废物的收集和贮存	(92)
三、危险废物的运输	(93)
第四章 固体废物的预处理	(95)
第一节 固体废物压实	(95)
一、固体废物压实基本概念和评价指标	(95)
二、固体废物压实设备	(97)
第二节 固体废物的破碎	(99)

一、破碎的目的	(99)
二、基本概念	(100)
三、常用破碎机	(102)
四、其他破碎技术及装置	(115)
第三节 固体废物分选	(118)
一、筛分	(119)
二、重力分选	(125)
三、磁力分选	(130)
四、电力分选	(132)
五、涡电流分选	(134)
六、其他的分选方法及设备	(136)
第五章 固体废物焚烧处理	(138)
第一节 固体废物焚烧处理及二次污染控制技术	(138)
一、固体废物焚烧处理技术的发展	(138)
二、固体废物焚烧二次污染控制技术的发展	(139)
三、垃圾焚烧处理技术在我国的应用	(140)
第二节 固体废物焚烧过程	(143)
一、固体废物焚烧原理	(143)
二、固体废物焚烧过程影响因素分析	(146)
第三节 焚烧过程的物质平衡	(150)
一、固体废物焚烧过程物质转化	(150)
二、空气需求量和过剩空气系数	(151)
三、燃烧产物的计算	(152)
四、烟气分析和运行状态的过剩空气系数确定	(153)
第四节 焚烧过程的热平衡及余热利用	(156)
一、焚烧过程的热平衡分析	(156)
二、热平衡式的应用	(159)
三、余热利用	(159)
第五节 固体废物焚烧处理工艺及设备	(162)
一、固体废物焚烧处理工艺和处理系统	(162)
二、固体废物焚烧处理设备	(165)
第六节 固体废物焚烧二次污染控制	(178)
一、焚烧烟气污染物控制	(178)
二、焚烧灰渣处理	(186)
三、焚烧厂污水处理	(188)
四、其他污染控制	(191)
第七节 垃圾衍生燃料	(191)

一、RDF 定义与分类	(192)
二、RDF 生产工艺与应用	(193)
第六章 固体废物热解处理	(199)
第一节 固体废物热解技术的发展	(199)
一、国外热解技术的发展	(199)
二、我国热解技术的发展	(201)
第二节 热解的基本过程和工艺	(202)
一、基本过程	(202)
二、热解工艺	(205)
第三节 热解设备和主要参数	(207)
一、热解的反应器	(207)
二、影响热解的主要参数	(210)
第四节 热解动力学模型	(214)
一、热解动力学方程	(215)
二、热解动力学分析	(215)
第五节 城市生活垃圾的热解	(217)
一、生活垃圾的热解特性	(218)
二、生活垃圾热解工艺	(219)
三、新型垃圾资源化技术	(221)
第六节 生物质的热解	(225)
一、生物质的热解特性	(225)
二、生物质热解工艺	(226)
第七节 污泥的热解	(228)
一、污泥的热解特性	(229)
二、污泥热解的主要流程与工艺	(229)
第八节 废塑料的热解	(232)
一、废塑料的热解特性	(233)
二、废塑料的热解工艺	(233)
第九节 废橡胶的热解	(235)
第十节 电子类废物的热解	(235)
一、电子类废物的物化特性	(236)
二、电子类废物的热解技术	(239)
第十一节 固体废物热解的工程应用	(240)
一、Purox 系统	(240)
二、Landgard 系统	(241)
三、Garrett 系统	(242)
四、Torrax 系统	(242)

第七章 固体废物堆肥化处理	(244)
第一节 堆肥工艺的分类与发展	(244)
一、堆肥工艺的分类	(244)
二、堆肥化的历史及发展	(245)
第二节 堆肥化的基本原理	(248)
一、好氧堆肥原理	(248)
二、堆肥化过程	(249)
三、堆肥化的生物动力学基础	(251)
第三节 堆肥过程的影响因素及工艺参数计算	(253)
一、粒度	(253)
二、有机物含量和营养物含量	(254)
三、通风供氧状况	(254)
四、含水率	(255)
五、碳氮比	(258)
六、pH 值	(259)
七、温度	(260)
第四节 堆肥工艺及设备	(261)
一、好氧堆肥化的工艺流程	(261)
二、典型堆肥工艺	(263)
三、堆肥设备及辅助机械	(265)
第五节 堆肥的应用及堆肥产品腐熟度评价	(270)
一、堆肥的应用	(270)
二、堆肥化产品的品质要求和标准	(272)
三、堆肥产品腐熟度评价方法	(273)
第八章 固体废物生物制气	(277)
第一节 厌氧消化的发展与现状	(277)
一、厌氧消化的发展	(277)
二、国外厌氧消化的现状	(278)
三、我国固体厌氧消化的现状	(279)
第二节 厌氧消化的原理与工艺	(280)
一、厌氧消化原理	(280)
二、厌氧消化工艺条件	(283)
三、厌氧消化工艺过程	(291)
第三节 厌氧消化的工艺类型	(297)
一、厌氧消化器的分类	(298)
二、常规型厌氧消化器	(300)
三、污泥滞留型消化池	(302)
四、附着膜型反应器	(308)

第四节 沼气的燃烧和利用	(309)
一、沼气的燃烧	(310)
二、沼气的利用	(312)
第五节 沼气消化余物的利用	(314)
一、沼气消化余物的概念	(314)
二、沼气肥在种植中的利用	(316)
三、沼气肥在养殖中的利用	(318)
四、沼气消化余物的其他用途	(320)
第九章 固体废物填埋处置	(321)
第一节 固体废物填埋的分类和卫生填埋的选址	(321)
一、固体废物填埋的分类	(321)
二、固体废物卫生填埋场选址	(322)
第二节 填埋场总体设计	(324)
一、建设规模	(324)
二、填埋场建设项目	(325)
第三节 填埋场防渗系统	(328)
一、场地处理	(329)
二、场底防渗系统的组成	(329)
三、防渗结构方案设计	(333)
四、人工防渗衬层的设计	(334)
五、衬层系统施工质量控制检查	(335)
第四节 垃圾填埋气体的产生及收集处理	(337)
一、填埋气体的组成与性质	(337)
二、填埋气体的危害性	(339)
三、填埋气体利用的可行性	(340)
四、填埋气体的产生量和产生速率	(341)
五、填埋场产气的持续时间	(343)
六、填埋气体的产生速率	(344)
七、填埋场气体的收集与导排	(347)
八、填埋气体收集系统的设计	(351)
第六节 渗滤液的产生及收集处理	(354)
一、渗滤液的产生	(354)
二、垃圾渗滤液的收集处理	(357)
第七节 垃圾填埋场封场	(362)
一、封场工程的总体要求	(363)
二、工程内容	(363)
三、施工要求	(366)
参考文献	(367)

第一章 绪 论

第一节 固体废物与城市生活垃圾

一、固体废物

(一) 固体废物的定义

固体废物是指在社会的生产、流通、消费等一系列活动中产生的,一般不再具有原使用价值而被丢弃的,以固态和泥状存在的物质。

我国固体废物污染环境防治法给出的定义为: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。

在具体生产环节中,由于原材料的混杂程度、产品的选择性,以及燃料、工艺设备的不同,被丢弃的这部分物质,从一个生产环节看它们是废物,而从另一生产环节看它们往往又可以作为另外产品的原料,而不是废物。所以,固体废物又有“放错地点的原料”之称。

固体废物问题是伴随人类文明的发展而发展的。人类最早遇到的固体废物问题是生活过程中产生的垃圾污染问题,不过在漫长的岁月里,人类生产力水平低下,人口增长缓慢,生活垃圾的产生量不大,没有对环境构成像今天这样的污染和危害。随着生产力的迅速发展,人口向城市集中,消费水平不断提高,大量的固体废物排入环境,造成严重的环境问题。

固体废物的产生有其必然性。这一方面是人们在利用自然资源,从事生产和生活活动时,由于成本因素、实际需要和技术条件等原因,总要将其中一部分作为废物丢弃;另一方面是各种产品本身有其使用寿命,超过了一定期限,就会成为废物。

(二) 固体废物的分类

固体废物的分类方法很多,按组成可分为有机废物和无机废物,按形态可分为固体废物和污泥,按其危害状况可分为有害废物和一般废物。为方便各行业的固体废物管理,最常用的分类方法是按照固体废物的产生源进行分类。按其产生源的不同,固体废物可分为矿业固体废物、工业固体废物、城市固体废物、农业固体废物和放射性固体废物五类。

矿业固体废物、工业固体废物、放射性固体废物分别简称为矿业废物、工业废物、放射性废物。有人将矿业的、工业的和放射性的合称为工业废物；有人则将矿业废物和工业废物合称为矿物废料，放射性废物另为一类；也有人将固体废物仅分为工业废物和一般废物两类。

矿业废物来自矿物开采和矿物选洗过程。工业废物来自冶金、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。城市固体废物主要来自居民的消费、市政建设和维护、商业活动。农业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。

固体废物分为五大类后，按照产生源的不同，又可以进一步细分。如工业废物又可以分为冶金固体废物、燃料灰渣、化学工业固体废物、石油工业固体废物、粮食食品工业固体废物等。

（三）城市固体废物

城市固体废物通常称为城市垃圾，是指在城市区划内产生的固体废物，包括以下几种。

1. 生活垃圾

生活垃圾是指人类在生活活动中产生的固体废物，包括来自生活、流通、教育、娱乐等领域及其各环节产生的废物。根据我国固体废物污染环境防治法给出的定义，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法规规定视为生活垃圾的固体废物。

由于人类行为的复杂性，生活垃圾组成比其他类型的固体废物复杂，清运处理难度也大得多。因此，在固体废物的处理技术中，生活垃圾清运处理技术是最具有代表性的。

2. 建筑垃圾

建筑垃圾是指城市中新建、扩建、改建及维修建筑物和构筑物的施工现场产生的固体废物。建筑物施工的不同阶段，产生的废物在物理组分和基本特性方面差别很大。因此，建筑垃圾又可以分为挖方过程中产生的余泥渣土，工程结构施工中产生的废弃砖石和建筑物装修中产生的装修垃圾等等。

建筑垃圾中的余泥渣土通常可根据城市统一规划用来填洼或筑路；工程结构施工阶段产生的废弃砖石、混凝土砌块等废物可以用来生产建筑材料或用作路基材料等；建筑物装修中产生的装修垃圾具有较高的回收利用价值，应分类回收后进行资源化利用。

3. 医疗卫生垃圾

医疗卫生垃圾是指城市中各类医院、卫生防疫、病员休养、禽兽防治、医药研究及生物制品等单位产生的固体废物。医药卫生垃圾属于特种垃圾，按规定不能进入城市垃圾主流，应予以专门处理。

按照产生源的不同，医疗卫生垃圾可分为以下三类。

(1) 医院住院部产生的医疗卫生垃圾。这类垃圾的大部分是没有危害的普通固体废物,和普通生活垃圾一样不需特别处理。但是,一旦这些没有危害的垃圾同其他具有危害的或传染性的污物混合在一起,混合垃圾就应像有危害的或传染性的垃圾一样对待,需要进行专门清运处理。

(2) 门诊部产生的医疗卫生垃圾。这类垃圾被认为是具有传染性的垃圾。门诊部化验室产生的传染性废物总量比整个住院部产生的废物量还要高。门诊部化验室产生的医疗垃圾中,废塑料含量非常高,占门诊部医疗卫生垃圾的 50%~60%*,大多数为非卤化塑料,其余部分是体液、血液、使用过的诊断试剂之类的湿材料以及少量纸屑和纤维质。

(3) 其他单位产生的医疗卫生垃圾。这类垃圾是指禽兽防治、医药研究及生物制品等产生源产生的垃圾,包括人体解剖废物、动物解剖废物和生物制品废物等。

医疗卫生垃圾是一种特殊的污染物,与其他固体废物相比,这类垃圾虽然总量不大,但它是有害病菌、病毒的传播源之一,也是产生传染病及病虫害的污染源之一,因此,医疗卫生垃圾的管理与处理技术已引起世界各国政府和国际组织的广泛关注。美国环境保护局 1978 年 4 月起草的文件认为,医院产科、外科、儿科、传染病科、病理科、病房、太平间、实验室、特护区等部门产生的各种固体废物,均被认为是具有传染性的废物。1989 年制定的《控制危险废物越境转移及其处理的巴塞尔公约》中,将从医院、医疗中心和诊所的医疗服务中产生的临床废物列为应加控制的废物,属传染性物质。我国颁布的《国家危险废物名录》中规定,医院临床废物、医药废物、废药物药品等均属于危险废物。

医疗卫生垃圾含有大量的病原微生物、寄生虫及其他有害物质,如对医疗废物,特别是医院临床废物不加以严格处理与管理,则在包装、贮存和处理过程中可能发生传染性物质、有害化学物质的流散,直接危害居民的健康和安全。

4. 城市粪渣污泥

城市粪渣污泥是指自然或人工过程中的粪便和各种污水中分离出的沉降固体。随着我国社会经济和城市化的发展,城市污水产生量迅速增加,污水处理厂建设加快,城市下水道的普及和城市污水处理率逐年提高,城市污水处理厂的污泥产量也急剧增加。城市污泥中除了含有大量的有机物和丰富的氮、磷等营养物质外,还存在重金属、致病菌和寄生虫等有毒有害成分。未经恰当处理与处置的污泥进入环境后,直接给水体和大气带来二次污染,不但降低了污水处理厂的处理功能,而且对生态环境和人类活动构成了严重威胁。同时,污泥的高含水率又使得它处理难度大,费用高,管理复杂。因此,污泥的处理与处置已成为日益紧迫和严峻的问题。

根据现行规范和标准,污水处理厂的剩余污泥,脱水后的含水率只要小于 80%,

* 若未特别说明,本书中的物质的含量、加入量等均指质量分数;物质的比例等,也指的是质量比。

就可以和生活垃圾一样进行填埋或其他处置。受城市污水处理建设发展水平和认识程度的限制,国内对污泥的处理、处置始终没有引起足够的重视。由于没有严格的污泥排放监管机制,很多城市将污水和污泥处理单元剥离开来,有的为了追求简单的污水处理率,尽可能地简化,甚至忽略污泥处理处置单元;有的还为了节省运行费用,将已建成的污泥处理设施长期闲置,甚至将未作任何处理的湿污泥随意外运、简单填埋或堆放,致使许多大城市出现了污泥围城的现象。污泥围城现象已开始向中小城市蔓延,给生态环境带来了严重的隐患。

二、城市生活垃圾

城市生活垃圾产生源是指在城市区划内产生生活垃圾的场所。不同的产生源,其垃圾的组分有所不同,因而垃圾的特性也不同,对垃圾清运处理方式的要求也有所不同。按产生源的不同,城市生活垃圾可分为以下几种。

(一) 居住区生活垃圾

居住区生活垃圾产生源又可以根据燃气化水平的不同,分为燃煤区、半燃煤区和无煤区(燃气区)。由于燃煤区产生的生活垃圾中煤灰的含量可达70%以上,因此,燃气化水平对于生活垃圾的物理组成影响很大。居住区生活垃圾包括社会福利业生活垃圾,如干部休养所、社会福利院、光荣院、敬老院、收容院、康复中心、老年人公寓、孤儿院等非盈利的社会福利场所产生的生活垃圾。

影响居住区生活垃圾组分的一个重要因素是燃料消费结构。中国是以煤为主要燃料的国家,一次能源中75%是煤炭。煤炭不仅广泛用于工业生产,同时也是家庭燃料的重要组成部分,许多家庭的做饭、取暖均以煤炭为主要燃料,因此城市生活垃圾中含有大量的煤灰,有机物含量较少。但是,近年来城市集中供热和燃气的普及,民用燃料的消费结构发生了重大变化,同时也带来了城市垃圾组分的变化。燃煤区垃圾中的无机组分明显高于燃气区,而燃气区垃圾中的厨余垃圾和可回收废品的比例明显高于燃煤区。燃煤区居民的生活水平往往低于燃气区,其垃圾组分最大的区别就是煤灰量不同。在燃气区,由于垃圾中煤灰量的减少,厨余垃圾成为主要组分,因此垃圾的含水率相对增加。

(二) 事务区生活垃圾

事务区生活垃圾,是指各种以写字楼、办公楼为特征的各类管理机构产生的生活垃圾。事务区垃圾产生源包括城市中各级政府、事业行政部门、社会团体、金融保险部门、科研设计部门、学校、外地驻市机构以及广播、电视单位等。事务区生活垃圾的构成主要为废纸,还有塑料袋、花草、快餐盒和食品垃圾等。

(三) 商业区生活垃圾

商业区生活垃圾又称为商业网点垃圾,是指城市中各种类型商业企业及城市中其他商业性或专业性服务网点产生的垃圾。按照经营性质的不同,商业区生活垃圾

产生源又可分为商场超市、餐馆饭店、文体设施、集贸市场、交通场站等。商业区生活垃圾的构成会因商业网点的经营项目不同而有所变化,其特点是垃圾构成较为单一。例如,餐馆饭店等饮食业商业网点产生的餐饮垃圾和集贸市场垃圾的主要组分为生物物质废物,餐饮垃圾以泔水为主,集贸市场垃圾以菜叶、果皮、禽畜及水产品的皮毛和内脏为主。

(四) 清扫区生活垃圾

清扫区生活垃圾是指向社会开放的露天公共场所产生的生活垃圾,包括清扫保洁过程中收集的垃圾和园林绿化场所产生的垃圾。清扫区生活垃圾产生源包括街道、道路、桥梁、隧道、停车场、各类开放性广场、园林绿化场所、公园、动物园、植物园、街区公共绿地等。清扫垃圾的成分主要有灰土、废纸、树叶、花草、食品、罐头盒、包装盒、塑料袋、玻璃瓶等。

第二节 城市生活垃圾产生量及物理组成

一、城市生活垃圾产生量

一般来说,城市生活水平愈高,垃圾产生量愈大。在发达国家,人均生活垃圾产生量通常超过 400 kg/a;在低收入国家,人均生活垃圾产生量为 200~300 kg/a。据近几年的统计数据,人均生活垃圾年产生量丹麦为 800 kg/a,美国为 767 kg/a,荷兰为 630 kg/a,英国为 570 kg/a,法国为 540 kg/a,日本为 386 kg/a。与发达国家相比,我国人均生活垃圾产生量较低,约为 260 kg/a,人均生活垃圾日产生量为 0.7 kg/d。

随着我国经济建设的迅速发展,人民生活水平迅速提高,城市化进程也在不断加快。2009 年我国的城镇人口达到 62 934 万,城市化率达到 46.7%;2010 年底我国城镇人口将达到 64 729 万,城市化率将达到 47.7%。在城市发展的同时,我们面临着日趋严重的大气污染、水源污染和垃圾污染等问题。其中,城市生活垃圾治理已成为我国城市发展面临的紧迫问题。

迄今为止,我国生活垃圾尚未实现全量清运处理,没有全国生活垃圾实际产生量的数据,每年公布的均为垃圾清运量。我国大部分城市没有建立严格的垃圾称量系统,通常是根据垃圾运输车辆的载质量及车辆数来估算城市生活垃圾清运量,即所谓的车吨位。特别是在 20 世纪 90 年代,由于带有压实装置的专用垃圾收集运输车辆数量较少,多数城市采用普通自卸车装载生活垃圾,普遍存在亏载问题,实际上按车吨位统计的垃圾清运量往往大于实际的垃圾清运量。在我国大部分城市,垃圾清运量的变化更多地是反映垃圾体积量的变化。进入 21 世纪以来,部分有条件的城市(如北京、上海、深圳等)开始逐渐完善生活垃圾计量系统,采用实际吨位来统计垃圾清运量,但统计年报中的生活垃圾清运量既有实际吨位也有车吨位。统计标准的不同

一致,影响了生活垃圾清运量的统计分析,也影响了历年数据间的可比性,给全面了解我国城市生活垃圾清运量的真实情况增加了难度。表 1-1 所示为我国 1999—2009 年城市生活垃圾清运处理量和人均垃圾产生量。

表 1-1 我国 1999—2009 年城市生活垃圾清运处理量和人均垃圾产生量

年份	城镇人口 /万人	垃圾 清运量 /(万 t/a)	人均 年产生量 /(kg/(人·a))	年份	城镇人口 /万人	垃圾 清运量 /(万 t/a)	人均 年产生量 /(kg/(人·a))
1990	30 191	6 767	224	2000	45 906	11 819	257
1991	30 543	7 636	250	2001	48 064	13 470	280
1992	32 372	8 262	255	2002	50 212	13 650	272
1993	33 351	8 791	264	2003	52 376	14 857	283
1994	34 301	9 952	290	2004	54 283	15 509	286
1995	35 174	10 671	303	2005	56 212	15 577	277
1996	37 304	10 825	298	2006	57 706	14 841	257
1997	39 449	10 982	278	2007	59 379	15 215	256
1998	41 608	11 302	272	2008	60 667	15 500	255
1999	43 748	11 415	261	2009	62 934	16 189	257

20 世纪 90 年代,我国城市生活垃圾清运量的年增长率为 10%,而近年来年增长率下降到 5%左右。其中有多种影响因素,统计方法可靠度的提高,便是其中的一个重要因素。城市生活垃圾产生量与清运量主要与城市人口数量、城市规模、居民收入、居民消费水平和城市居民燃气化率等有关。随着城市人口增加,在其他因素不变的情况下,垃圾清运量必然增加。经济的发展、居民生活水平提高、消费品数量的增加、直接导致垃圾产生量的增加。但总的来说,人均垃圾产生量呈现生命曲线的特征,即达到一定的峰值后,开始呈下降趋势。

近年来我国大多数城市建立了较为完善的生活垃圾计量系统,统计的清运处理量比过去更接近实际的清运处理量,是基本可信的。统计结果表明,我国城市人均垃圾产生量稳定在 256 kg/a 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,我国的人均垃圾产生量不会继续大幅度上涨、达到欧美发达国家的水平,但超过 300 kg/a、达到日本的水平是完全有可能的。

二、城市生活垃圾物理组成

(一) 发达国家生活垃圾物理组成

生活垃圾组成的影响因素很多,包括地理环境、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。表 1-2 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。