

李国建 赵爱华 张益 主编

城市垃圾处理工程

(第二版)



科学出版社

www.sciencep.com

城市垃圾处理工程

(第二版)

李国建 赵爱华 张 益 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了城市固体废物的处理原则、处理技术体系、单项处理处置技术及其原理。全书共分十章,主要内容有城市固体废物的产生、特性、收集、运输、转运、预处理、填埋、焚烧、水解、堆肥、高温好氧、厌氧发酵、生物脱氮、生物修复、湿式氧化、超临界氧化、单细胞蛋白生产、有害废物等处理处置及资源化技术,力求反映目前在城市固体废物处理方面的国内外最新技术。此外,新版还增加了一些理论计算和例题,更便于读者掌握基本理论、提高解决实际问题的能力。

本书适合大、中专院校环境工程专业师生,以及从事城市固体废物处理的工程技术人员和相关管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

城市垃圾处理工程/李国建,赵爱华,张益主编.—2版.—北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-019295-0

I. 城… II. ①李… ②赵… ③张… III. 城市—垃圾处理 IV. X799.305

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第098559号

责任编辑:杨震 袁琦 吴伶伶 / 责任校对:曾茹

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年4月第一版 开本:A5(890×1240)

2007年7月第二版 印张:15 3/8

2007年7月第四次印刷 字数:471 000

印数:6 001—9 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

环境保护是我国的基本国策,而城市垃圾处理是城市环境保护的重要内容,也是衡量城市文明程度和城市管理水平的标志之一。

我国《城市生活垃圾处理及污染防治政策》中明确指出:“应按照减量化、资源化、无害化的原则,加强对垃圾产生的全过程管理,从源头减少垃圾的产生。对已经产生的垃圾,要积极进行无害化处理和回收利用,防止污染环境。”近几年来,我国的大部分城市都已经或正在进行城市垃圾处理工程项目的建设,但城市垃圾的无害化处理率尚只有 20% 左右。同时,不少大专院校也开设了城市垃圾处理的专业或课程,并编写了有关这方面的一些教材,但从学科建设和教材系列来看,还有不小的差距。

总体而言,我国的城市垃圾处理工作可谓是任重而道远,需要多方面的协作和努力。这次由同济大学和上海市市容环境卫生管理局等单位组织部分工作在第一线的教授、专家编写的这本《城市垃圾处理工程》,既吸收了国内外相关教材的长处,又注重理论和实践的结合,结构完整、内容全面,是一本很有理论水平和实用价值的专业教材,相信它的出版对我国发展城市垃圾处理学科建设和促进城市垃圾处理工作是有帮助的。为此,我十分愿意将本书推荐给大专院校相关专业的师生、市容环境卫生管理部门、从事城市垃圾处理的相关单位,以及所有关心城市垃圾处理工作的同仁参阅。

上海市市容环境卫生管理局局长

胥传阳

2002 年 10 月

第二版前言

本书以城市生活垃圾为研究对象,论述了一般固体废物处理的原则、处理技术体系、单项处理处置技术及其原理。本书第一版出版后,受到广大读者的关爱,继在第一版三次印刷后本书再版之际,对原书的内容做了增补,除系统阐述了国内外常用的成熟技术外,还适当介绍了国内外的先进实用技术,增加了一些理论计算和例题,更便于读者掌握基本理论和提高解决实际问题的能力。

本书由李国建、赵爱华、张益主编,参加本书编写的人员有赵爱华(第一章、第二章),成效良(第三章),谭和平(第四章),盛金良(第五章),张益(第六章第一节),李国建(第六章第二节、第七章、第九章、第十章),赵爱华、李俊涛、李国建(第八章)。作者就广大读者对原书所提的宝贵意见在此表示衷心感谢。

由于本书内容广泛、学科多样、作者水平有限,书中难免仍存在不足之处,敬请读者继续给以赐教。

作 者

2007年1月29日

第一版前言

人类消耗地球资源的同时也创造了人类的幸福和繁荣。人类在开发资源、制造产品和生活的过程中,又产生大量的废物。城市垃圾是固体废物最主要的组成部分。随着经济的发展、城市规模的扩大、城市化进程的加快、城市数和人口的增加及人们生活的不断提高,城市垃圾的量还在不断增长。大量难处理物进入城市垃圾中,使城市垃圾成分变得日益庞杂。城市垃圾已成为一个严重影响环境、影响人们生活和影响经济发展的环境和社会问题。中国作为世界发展中的大国,经济发展迅速,城市生活垃圾的产生量也迅速增长,每年我国城市生活垃圾总量已达亿吨,城市生活垃圾的实际处理、处置能力远远跟不上经济、社会高速发展的需要。城市生活垃圾的管理和处理已成为城市发展的一项重要而十分紧迫的任务。

城市生活垃圾处理近年来不论以处理与处置为主的技术体系,还是在制定技术体系的主导思想、加强管理等方面都取得了显著的进展。但城市生活垃圾处理与垃圾组成有密切关系,世界各国地理环境、经济条件和生活水平不同,城市生活垃圾的产量和成分存在较大差异,为了促进我国城市生活垃圾的处理与处置,本书结合我国国情对成熟的处理与处置技术、工艺、设备和管理等进行了全面论述。

本书由李国建、赵爱华、张益主编,参加本书编写的人员有赵爱华(第一章和第二章),成效良(第三章),谭和平(第四章),盛金良(第五章),张益(第六章第一节),李国建(第六章第二节、第七章、第九章、第十章),赵爱华、李俊涛(第八章)。同济大学2002级研究生康瑾、曹群科为本书做了大量的文稿编辑工作。

本书得到上海市重点学科“环境工程”专业建设项目的资助,在此表示感谢。

由于本书内容广泛、学科多样、编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者提出建议和修改意见。

作者

2002年7月

目 录

序

第二版前言

第一版前言

第一章 引言	1
第一节 固体废物问题的提出	1
第二节 城市固体废物的来源和共性	1
第三节 固体废物的分类	2
一、生活废弃物	2
二、产业废弃物	2
三、危险废弃物	3
第四节 固体废物对环境的影响	4
一、固体废物污染环境的途径	4
二、固体废物对自然环境的影响	6
第二章 城市垃圾处理总论	9
第一节 城市垃圾特征	9
一、定义	9
二、成分及产量影响因素	9
三、发达国家生活垃圾产量	12
四、亚洲部分城市生活垃圾产量	12
五、国内部分城市生活垃圾产量	13
第二节 城市垃圾处理技术	16
一、国外发达国家生活垃圾处理技术研究应用现状和发展	17
二、国内城市生活垃圾处理现状	18
三、垃圾处理、处置方式比较	19
四、城市垃圾处理原则	23
第三节 城市垃圾处理的发展	26
一、环境保护现状和国际社会的作用	26

二、城市垃圾处理技术展望	27
第三章 城市垃圾收集与运输	37
第一节 收运概述	37
第二节 收运量的分析	38
一、生活垃圾产出量的计算	38
二、生活垃圾产量的预测	40
第三节 收集方式与设施	49
一、垃圾收集袋装化日益普及	49
二、城市生活垃圾收集的分类	50
三、国内外城市生活垃圾收集方式	50
四、我国城市生活垃圾收集方式的发展趋势	57
五、城市生活垃圾分类收集	59
六、城市生活垃圾收集设施设置	62
第四节 运输设备	67
一、自卸式垃圾车	68
二、自装卸式垃圾车	69
三、压缩式垃圾车	74
四、车厢可卸式垃圾车	76
五、摆臂式垃圾车	78
六、其他型式的垃圾车	79
第五节 收运系统规划的编制	83
一、规划的目的和意义	83
二、规划的范围	84
三、现状的调查和预测	84
四、设施选址	85
五、工艺方案	86
六、环境评价	88
七、投资及运营费估算	89
八、规划的评审	90
第六节 收运系统的发展及其未来	91
一、生活垃圾收运系统规划编制原则	91
二、建立垃圾收运系统的评价体系	93
三、建立垃圾收运系统的管理模式	93

四、垃圾收运系统发展的选择性	95
五、垃圾收运系统发展的阶段性	95
六、垃圾收运系统的未来	96
第四章 城市垃圾的转运	98
第一节 概述	98
第二节 垃圾中转运输的类型	99
一、上海市生活垃圾水陆联运系统现状	99
二、上海市生活垃圾水陆联运系统发展趋向	100
第三节 中转站工艺及设备	101
一、直接转运式中转站	101
二、推入装箱式中转站	104
三、压实装箱式中转站	114
第四节 各种型式的生活垃圾中转站的适用性综述	120
一、直接转运式生活垃圾中转站	120
二、推入装箱式生活垃圾中转站	120
三、压实装箱式生活垃圾中转站	121
四、各种型式中转站的综合评价	122
第五节 中转站的选址	123
第六节 中转站设计概要	125
一、中转站的规模	125
二、中转站的环保措施	127
三、监控系统及其他	133
四、中转站配套的大型垃圾运输车	134
五、中转站的绿化	141
六、中转站的建筑和环境	141
第五章 城市垃圾的预处理	143
第一节 预处理技术的应用	143
一、生活垃圾堆肥化处理前的预处理	143
二、生活垃圾焚烧处理前的预处理	145
三、生活垃圾卫生填埋前的预处理	146
四、生活垃圾的回收利用	147
五、垃圾衍生燃料生产工艺	148
第二节 生活垃圾的输送技术与设备	150

一、带式输送机	150
二、螺旋输送机	154
三、气力输送机	157
第三节 生活垃圾的破碎	162
一、引言	162
二、剪断破碎	164
三、冲击破碎	165
四、低温破碎	167
第四节 分选技术与设备	169
一、筛分	169
二、磁力分选	184
三、风力分选	190
四、涡流分选	194
第六章 城市垃圾的化学处理	197
第一节 高温氧化处理——焚烧处理	197
一、引言	197
二、焚烧原理及基本条件	197
三、焚烧工艺	204
四、焚烧系统主要设计参数分析	215
五、焚烧设备系统	225
六、焚烧工艺计算	239
七、垃圾焚烧厂厂址及工艺设备选择	246
八、焚烧炉操作	250
九、焚烧排放物控制	251
十、焚烧技术的发展	258
第二节 化学分解处理	261
一、水解法	261
二、碱解(碱化处理)	262
第七章 城市垃圾的生物处理	265
第一节 生物处理的意义与依据	265
第二节 生物处理的分类	265
第三节 堆肥处理	266
一、堆肥处理原理	266

二、堆肥处理工艺	269
三、堆肥处理设备系统	275
四、堆肥工艺参数控制	280
五、堆肥过程的热量衡算与物料衡算	291
六、堆肥腐熟度的讨论	295
七、高温好氧处理	298
第四节 厌氧发酵	301
一、厌氧发酵原理	302
二、厌氧发酵工艺	303
三、厌氧发酵的工艺参数及控制	304
四、厌氧发酵的计算	311
第五节 其他生物转化过程	314
一、生物修复处理技术	314
二、微生物脱臭	316
三、制取单细胞蛋白	322
第八章 城市垃圾填埋处理	323
第一节 填埋处置的作用和依据	323
一、填埋处置的作用	323
二、填埋处置的依据	324
第二节 填埋分类	326
一、构造分类	326
二、地质分类	327
三、地形分类	328
四、反应机理分类	330
五、建设规模或处理能力分类	331
第三节 填埋场选址原则与步骤	332
一、选址原则	332
二、选址步骤	333
三、环境影响评价	340
第四节 填埋场的防渗	342
一、防渗方式	342
二、防渗材料	343
三、防渗结构	348

四、防渗衬层的设置	353
第五节 填埋渗滤液的产生与控制净化	355
一、渗滤液的产生过程	355
二、填埋场水量的计算	363
三、填埋场渗滤液水质的估算	371
四、垃圾渗滤液处理技术的特点	378
五、渗滤液的处理	381
第六节 填埋气体的产生、控制与利用	389
一、填埋气体的产生与影响因素	389
二、填埋气体的产量估算	391
三、填埋气体的迁移运动	397
四、导排方式的确定	399
五、填埋气体的收集利用	399
第七节 填埋场的修复与再利用	403
一、封场规划	403
二、填埋场最终覆盖系统的功能、组成和作用	404
三、封场后的填埋场影响植物生长的因素	407
四、填埋场的修复和开采利用	408
第八节 填埋场有机污染物的衰减过程	415
一、填埋场有机污染物衰减规律现场实验室的建造	415
二、垃圾降解的生化动力学模型	417
三、老港填埋场渗滤水污染物含量的衰减规律	420
四、老港填埋场表面沉降	422
五、老港填埋场垃圾降解规律研究	426
第九节 环境监测	430
第十节 填埋场总体设计概要	434
一、设计规模	435
二、填埋场基础工程设计	436
三、渗滤液的控制系統	439
四、气体的收集与处理系统	445
五、填埋场辅助设施	448
第九章 有害城市垃圾的处理	453
第一节 有害城市垃圾的来源	453

第二节 有害城市垃圾分流处理的作用	453
第三节 有害城市垃圾的热处理技术	454
第四节 有害城市垃圾的焚烧	455
一、有害城市垃圾的焚烧工艺	455
二、回转窑焚烧系统	456
三、水泥窑共焚烧系统	458
第五节 有害城市垃圾的安全填埋	459
第六节 有害污染物的特种处理	461
一、湿式氧化	461
二、超临界处理技术	463
第十章 城市垃圾处理技术系统规划	467
第一节 处理技术体系概述	467
第二节 处理技术系统的规划原则	468
第三节 城市垃圾处理系统规划程序及其优化	471
参考文献	473

第一章 引言

第一节 固体废物问题的提出

有人类生活的地方就有固体废物产生。早在 1 000 多年前,古希腊人就把生活中产生的废物(生活垃圾)倒入深坑填埋。随着社会生产力的不断发展,废物的种类在不断扩大,废物的量也呈指数级上升。到了 20 世纪,废物由于其种类的繁多、数量的庞大、污染的严重性及部分物质的可资源性,已成为全球关注的热点和难点问题。

第二节 城市固体废物的来源和共性

在不同的国家,从不同的视角,固体废物的内涵各不相同。在学术界,固体废物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再具有原使用价值而被丢弃的,以固态和泥状存在的物质。以哲学的观点来看,废与不废是相对于占有者而言的,甲认为是废弃的东西,对乙来说可能是资源。废与不废只是相对的,世界上只有暂时没有被认知和利用的物质,而没有不可认知的物质,废与不废具有很强的空间性和时间性。随着人类改造自然的能力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,此处的废物在另一时空也许就是资源和财富。因此,许多哲人都把固体废物称为“放错地方的资源”。

我国城市固体废物主要来自两个方面,即人们日常生活中产生的废弃物(生活垃圾)和社会生产过程中所产生的废弃物。自 20 世纪 80 年代以来,我国的社会、经济和文化均发生了深刻变化,经济迅猛发展,人民生活水平大幅度提高,城市固体废物数量呈指数级增长。以生活垃圾为例,1987 年全国城市生活垃圾清运量才 5 398 万 t,到了 1997 年猛增至

1.2 亿 t, 人均日产生生活垃圾 0.8 ~ 1.0 kg。

固体废物一般具有如下共性:①无主性,即被丢弃后,不再属于谁,因而找不到具体责任者,尤其是城市生活垃圾;②分散性,丢弃、分散在各处,需要收集;③危害性,对人们的生产和生活产生不便,危害人体健康;④错位性,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。

第三节 固体废物的分类

城市固体废物的分类根据其来源,可以分为两大类,即生活废弃物(生活垃圾)和产业废弃物。

生活废弃物和产业废弃物中又有一般废弃物和危险废弃物之分。通常把生活废弃物中的废电池、废荧光灯管、过期药品、废油漆罐及产业废弃物中具有爆炸性、毒性、感染性和其他有害于人体健康和生态环境的物质纳入危险废弃物的范畴。

一、生活废弃物

生活废弃物又称城市固体废物、城市生活垃圾、城市垃圾,它是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物。其主要成分包括厨余物、废纸、废塑料、废织物、废金属、废玻璃、陶瓷碎片、砖瓦渣土、园林树枝(草)、废旧电池、废旧家用电器等。城市生活垃圾主要来自于城市居民家庭、城市商业、旅游业、服务业、市政维护管理和企事业单位、机关、学校、军队、社会单位等。

二、产业废弃物

产业废弃物主要是指工业、农林业、畜牧业、医疗卫生业、城市污水处理等生产或执业过程中产生的废弃物。由于这些废弃物常带有一定毒性,破坏整个生态系统并对人体健康产生危害,因而越来越引起人们的重视,其中很多废物被划入危险废弃物一类进行安全处理。表 1-1 为产业固体废物(部分)来源分类。

表 1-1 产业固体废物来源分类

发生源	产生的主要固体废物
矿业	废石、尾矿、金属、废木、砖瓦和水泥、沙石等
冶金、金属结构、交通、机械等行业	金属、渣、沙石、模型、陶瓷、涂料、管道、绝热和绝缘材料、黏结剂、污垢、废木、塑料、橡胶、纸、各种建筑材料、烟尘等
建筑材料工业	金属、水泥、黏土、陶瓷、石膏、石棉、沙、石、纸、纤维等
食品加工业	肉、谷物、蔬菜、硬壳果、水果、烟草等
橡胶、皮革、塑料等工业	橡胶、塑料、皮革、布、线、纤维、燃料、金属等
石油化工工业	化学药剂、金属、塑料、橡胶、陶瓷、沥青、污泥油毡、石棉、涂料等
电器、仪器仪表等工业	金属、玻璃、木、橡胶、塑料、化学药剂、研磨料、陶瓷、绝缘材料等
纺织服装工业	布头、纤维、金属、橡胶、塑料等
造纸、木材、印刷等工业	刨花、锯末、碎木、化学药剂、金属填料、塑料等
农林、畜牧业	喷洒过农药的残余物、秸秆、树枝、死家禽、死家畜等
医疗卫生	废弃药品、包扎器物、一次性医疗器具、残肢等
电子业	废旧计算器、手机、计算机等废弃的电子产品
核工业和放射性	含放射性的废弃金属、废渣、粉尘、污泥和建筑材料等

三、危险废弃物

我国危险固体废物是指列入国家危险废物名录或是根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定具有危险特性的废物。由于危险废物常具有毒害性、爆炸性、易燃性、腐蚀性、化学反应性、传染性、放射性等一种或几种危害特性,对人体和环境产生极大危害,因而,国内外均将其作为废物管理的重点,采取一切措施保证其妥善处理。据估计,我国工业危险废物的产生量占工业固体废物产生量的3%~5%,主要分布在化学原料和化学制造业、采掘业、黑色金属冶炼及其压延加工业、有色金属冶炼及其压延加工业、石油加工业及炼焦业、造纸及制品制造业等工业部门。城市生活垃圾中的有害废物主要是混入的医院临床物、含汞电池等。

《国家危险废物名录》规定,医疗垃圾主要包括手术过程中产生的人体组织器官、血制品残余物、动物试验与生物培养残余物、一次

性的医疗用品及敷料、废水处理的污泥、过期药品、废显(定)影液等,严格来说,也包括病人用过的、与病人接触过的、来自病人身上的各种废物,以及医院办公室、医院食堂等地产生的生活垃圾。医院废物已被《国家危险废物名录》列为01号危险废物。

医院垃圾带有大量有毒有害致病菌,危害极大,未经严格处理的废物是绝对不能循环使用的。目前,全国对医院垃圾的管理问题刚刚提出来,远未解决。

第四节 固体废物对环境的影响

固体废物对环境的危害与该固体废物的性质和数量有关。任何固体废物,其对环境的危害都有一定的阈值,在其阈值以下就不会对环境产生危害。对这个阈值的确定,与固体废物的种类和性质有关。长期以来,世界各地的农村在自家的庭院里将家庭产生的有机废物(包括庭院垃圾)进行沤肥,并没有产生任何环境问题。当固体废物的量达到一定程度时,如果不加以控制,就可能产生环境污染,如城市生活垃圾,集中堆放到一定数量时,就会对堆放场周围的环境造成污染。另外,除了数量的因素以外,固体废物的性质也决定了固体废物的危害性。建筑垃圾属于无毒无害废物,量大占地,但并不会造成严重的环境污染,而废电池、废荧光灯管等,数量可能不大,但任意丢弃在环境中,就会对环境造成严重污染。

固体废物处理的依据主要是当地的环境污染控制标准。各国、各地所制定的标准差别非常大。对同一个有害有毒元素,不同国家制定的排放标准,其数值可能会相差几倍到几十倍。环境污染的控制,事实上也是相对的,其控制程度取决于经济发展和民众生活水平。

因此,在进行固体废物处理时,必须准确掌握处理的量和质。过分强调所涉及的固体废物的毒性和造成一定污染的数量,可能会增加处理成本。