



全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

Principles and Processes of Solid
Wastes Pollution Control Engineering

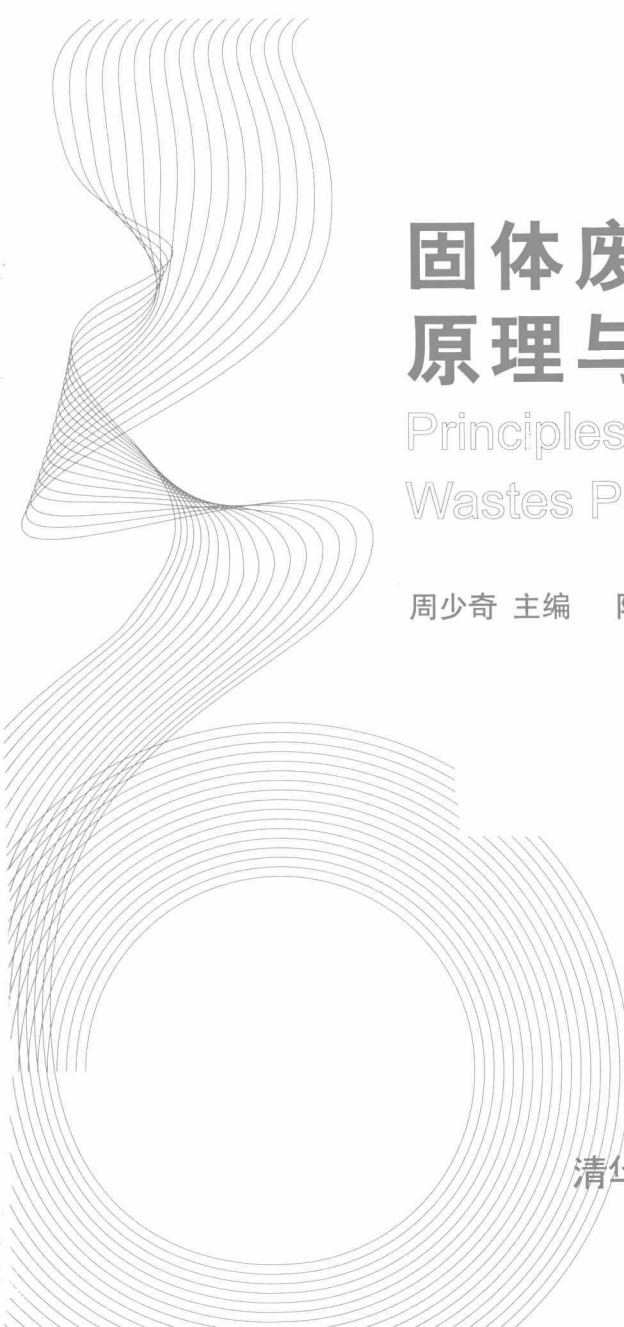
固体废物污染控制 原理与技术

周少奇 主编 陈克复 主审

<http://www.tup.com.cn>

清华大学出版社

全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材



固体废物污染控制 原理与技术

Principles and Processes of Solid
Wastes Pollution Control Engineering

周少奇 主编 陈克复 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐的工程硕士教育核心教材之一。

本书系统、全面地介绍了各种固体废物与危险废物的处理处置方法,结合当前固体废物污染控制这一热点问题的国内外研究动态,介绍了一些典型固体废物与危险废物的污染控制原理与技术。

全书共 16 章。主要内容包括固体废物与危险废物的基本概念,城市垃圾、典型工业固体废物、危险废物、废塑料、电子电器废物、城市污泥、矿山废物的污染与危害;固体废物及危险废物的收运与预处理、卫生填埋与安全填埋、堆肥、焚烧与热解技术;危险废物固化与稳定化技术、废塑料热解技术、电子电器污染控制技术的原理与方法;冶金工业固体废物、矿山废物的污染与控制;纺织废物、医疗废物、废建材的处理与利用;城市污泥的处理处置技术;固体废物的最终处置方法等。

本书注重系统性、新颖性、工程性和实用性,可作为环境工程领域工程硕士研究生的教材,也可作为工学硕士研究生及相关专业研究生或高年级本科生的教材或教学参考书,并可供从事环境工程及相关领域的工程技术人员、科研设计人员及管理人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

固体废物污染控制原理与技术/周少奇主编. —北京:清华大学出版社,2009.3

(全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-18681-6

I. 固… II. 周… III. 固体废物—污染控制—研究生—教材 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 153933 号

责任编辑:柳 萍 洪 英

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:34.5 字 数:713 千字

版 次:2009 年 3 月第 1 版 印 次:2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:65.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:019939-01

前言

固体废物与危险废物污染造成的环境问题,已成为世界各国政府与公众普遍关心的热点,固体废物处理与资源化也已成为环境工程学科的重要研究领域。固体废物的处理处置与资源利用是贯彻可持续发展战略、发展循环经济的重要途径和手段。

我国是一个发展中国家,改革开放 30 年来,经济快速增长,乡镇企业、民营企业异军突起,城镇化进程明显加快,固体废物产出量也急剧增加。

目前,我国有城市 668 座,城市垃圾量巨大。1999 年我国产生城市垃圾 1.4 亿 t,占全世界当年城市垃圾总量 4.9 亿 t 的 28.6%,人均垃圾产生量为 1.2kg/d,是人均粮食占有量的 1.16 倍,垃圾清运量约为 1.1 亿 t。由于增速快,到 2005 年,全国城市垃圾清运量已增加到 1.95 亿 t,迄今,已累计积存城市垃圾达 60 亿 t,是世界上城市垃圾包袱最为严重的国家,如不采取有效措施加以控制,按目前的速度,预计到 2010 年,我国城市垃圾年产生量将达到 2.64 亿 t,2030 年将达到 4.09 亿 t,2050 年将达到 5.28 亿 t。

另外,我国工业固体废物与危险废物产量也十分惊人。据 1996 年统计,全国工业固体废物年产生量为 6.4 亿 t,其中危险废物约占 3%。2000 年全国工业固体废物产量已增加到 8.2 亿 t,排放量 3186 万 t,工业固体废物综合利用率为 46%,处理率仅为 10%,目前已累计堆存 60 多亿 t,占用农田 30 多万亩,仅 1990 年就发生污染事故 100 多起,损失巨大。目前,我国危险废物年产量已达 830 万 t,但全国只有少数几座危险废物填埋场基本符合标准,多数简易的危险废物填埋场已不适合继续使用。

近年来,固体废物污染又出现了一些新的热点。如塑料与包装废物、废旧电子电器、医疗废物、城市污泥、矿山废物、人畜禽粪便与秸秆等农业废物,都已成为迫切需要解决的环境与资源利用问题。

固体废物与危险废物弃则为害,用则为宝。鉴于此,固体废物处理与资源化一直是环境工程学科的重要教学与科研领域。

根据全国工程硕士专业学位教育指导委员会秘书处[2004]第 27 号通知的精神和要求,2004 年 12 月 21—23 日在华南理工大学召开的 2004 年全国环境工程领域工程硕士教育协作组组长单位扩大会议精神,决定编写《固体废物污染控制原理与技术》工程硕士

核心教材,并确定华南理工大学为主编单位,湖南大学、武汉大学、北京科技大学、东华大学为副主编单位。本书是以上述各编写单位主讲教师的课程大纲和讲义为基础,结合各自的教学与科研成果,并参考国内外有关书籍和最新进展编著而成。本书注重系统性、新颖性、工程性和实用性,力求充分体现本领域工程硕士研究生的特点,试图较系统地、全面地反映当前固体废物和危险废物污染控制原理与技术的国内外最新动态及进展。

本书由周少奇教授主编,由中国工程院院士、华南理工大学陈克复教授主审。副主编有曾光明教授、侯浩波教授、陈亮教授、杨惠芬教授。各章编写的具体分工如下:第1、4、15章,华南理工大学周少奇;第2、6章,武汉大学侯浩波;第3、16章北京科技大学杨惠芬;第5章,湖南大学陈耀宁、黄丹莲、郁红艳、喻曼、黎媛萍、袁兴中、曾光明;第7、11章,东华大学陈泉源;第8、12章,东华大学李登新;第9章,湖南大学袁兴中、钟华、陈耀宁、曾光明;第10、13、14章,东华大学陈亮。

本书的编写出版承蒙全国工程硕士专业学位教育指导委员会培养指导组组长王国荣教授给予热忱关心与指导,在编写内容等方面,清华大学王伟教授、同济大学俞国平教授提出了宝贵指导意见,谨此表示最诚挚的谢意!本书的出版还得到华南理工大学副校长兼研究生院院长朱敏教授及张振刚教授等领导的关心支持,并得到华南理工大学研究生院的部分经费资助,谨此表示衷心感谢!作者也衷心感谢清华大学出版社柳萍老师、洪英老师的帮助,感谢华南理工大学扶雄老师、施亚玲老师的关心和支持!

由于参编单位较多,编者知识水平有限、经验不足,加之本领域发展迅速,编写时间紧迫,书中错误与缺点在所难免,热忱欢迎各位读者和同行专家批评指正。

周少奇

2008年12月

目 录

第 1 章 固体废物污染概论 /1

1.1	固体废物及危险废物的概念与分类	1
1.1.1	固体废物的概念、特点与分类	1
1.1.2	危险废物的定义与分类	2
1.2	城市生活垃圾的污染与危害	3
1.2.1	城市垃圾的构成及影响因素	3
1.2.2	城市垃圾的污染	4
1.3	典型工业固体废物的污染与危害	6
1.3.1	工业固体废物的范畴与分类	6
1.3.2	我国工业固体废物污染的产生来源与现状	6
1.3.3	工业固体废物的危害	7
1.4	危险废物的污染与危害	7
1.4.1	危险废物的危害	7
1.4.2	我国危险废物污染面临的问题	8
1.4.3	危险废物的处理方法	9
1.5	塑料及包装废物的污染与危害	9
1.5.1	包装废物污染	10
1.5.2	塑料废物对环境的污染	10
1.6	电子电器废物的污染与危害	11
1.6.1	电子电器废物的成分	11
1.6.2	电子电器废物的危害	11
1.7	城市污泥的污染与危害	12
1.8	固体废物污染的控制方法与处理原则	13

第2章 固体废物的收集与运输

/16

2.1 固体废物的收运概述	16
2.1.1 城市垃圾的收运	16
2.1.2 危险废物的收运	20
2.1.3 工业废物的收运	21
2.2 固体废物的收运规划	22
2.2.1 固体废物的收运设施规划	22
2.2.2 固体废物的收运规划模型	24
2.2.3 固体废物收运规划的优化方法	25
2.3 固体废物的收运工艺与设备	28
2.3.1 固体废物的收运方式	28
2.3.2 固体废物的收运设施与设备	29
2.3.3 固体废物的收运工艺与设计	31
2.4 危险废物的收运与管理	35
2.4.1 危险废物的收运管理	35
2.4.2 危险废物的贮存与运输	39
参考文献	42

第3章 固体废物的预处理原理与技术

/44

3.1 固体废物的压实原理与技术	44
3.1.1 固体废物的压实原理	44
3.1.2 固体废物的压实设备	45
3.1.3 固体废物的压实流程与应用	47
3.2 固体废物的破碎原理与技术	49
3.2.1 固体废物的破碎原理	49
3.2.2 固体废物的破碎设备	54
3.2.3 固体废物的破碎流程与应用	63
3.3 固体废物的分选原理与技术	66
3.3.1 筛选	66
3.3.2 风选	70
3.3.3 浮选	74

3.3.4 磁选	79
3.3.5 电选	83
3.3.6 摩擦与弹跳分选	87
3.3.7 光电分选	88
3.3.8 涡电流分选	89
3.4 固体废物(污泥)的脱水原理与技术	90
参考文献	90

第4章 固体废物的填埋处理技术 /92

4.1 固体废物填埋的基本概念和分类	92
4.1.1 固体废物填埋场的种类与模式	92
4.1.2 固体废物的填埋方法与类型	93
4.2 填埋场有机垃圾降解的基本原理	98
4.2.1 有机物降解的生化反应计量学	99
4.2.2 有机物降解的规律	103
4.2.3 填埋垃圾的降解特性	105
4.2.4 填埋场的稳定化过程	106
4.3 城市垃圾填埋渗滤液处理技术	107
4.3.1 垃圾渗滤液的来源与水质特点	107
4.3.2 渗滤液的预处理	108
4.3.3 渗滤液的生物处理	110
4.3.4 渗滤液的回灌处理	112
4.3.5 渗滤液的物化处理	115
4.4 填埋场气体的产生、收集与利用	117
4.4.1 填埋场气体的产生与组成	117
4.4.2 填埋场产气(CH_4)的影响因素	118
4.4.3 填埋场气体的收集与资源利用	120
4.5 填埋设备简介	121
参考文献	122

第5章 有机固体废物的堆肥化处理技术 /124

5.1 堆肥技术发展概况	124
--------------------	-----

5.1.1	堆肥工艺与设备研究进展	124
5.1.2	堆肥化微生物学研究进展	125
5.1.3	堆肥化控制研究进展	126
5.1.4	堆肥产品和技术的应用研究	127
5.2	堆肥的基本原理	128
5.2.1	好氧堆肥法的微生物作用原理	128
5.2.2	厌氧堆肥法的微生物作用原理	132
5.3	有机固体好氧堆肥的基本工艺	136
5.3.1	好氧堆肥的基本条件	136
5.3.2	好氧堆肥的原理及工艺	140
5.4	堆肥化系统与控制	144
5.4.1	堆肥化过程动力学	144
5.4.2	堆肥生产过程特性和计算机控制	151
5.4.3	堆肥品质与腐熟度	154
5.5	有机固体废物的厌氧堆肥技术	160
5.5.1	厌氧堆肥的基本原理	160
5.5.2	厌氧堆肥的工艺	163
	参考文献	169

第6章 固体废物的焚烧与热解处理技术

/173

6.1	垃圾焚烧处理的国内外现状	173
6.1.1	国内外垃圾焚烧处理现状	173
6.1.2	垃圾焚烧处理的相关法规与标准	175
6.2	固体废物焚烧过程的基本原理	178
6.2.1	废物的组成与热值	178
6.2.2	垃圾焚烧过程的基本理论	180
6.2.3	垃圾焚烧的物质转化(物料平衡)	182
6.2.4	影响焚烧的因素	183
6.3	垃圾焚烧系统与设备	184
6.3.1	垃圾接收设备	184
6.3.2	垃圾焚烧炉	184
6.4	固体废物的焚烧发电与热能回收	187

6.5 固体废物焚烧的二次污染与防治	187
6.5.1 重金属的污染与防治	188
6.5.2 HCl 的污染与防治	188
6.5.3 飞灰的污染与防治	189
6.5.4 二噁英的污染与防治	189
6.6 固体废物的热解处理技术	190
6.6.1 垃圾热解的概念与分类	191
6.6.2 垃圾热解的原理与影响因素	191
6.6.3 热解炉及垃圾热解处理工艺	194
参考文献	199

第7章 危险废物的固化处理 /201

7.1 危险废物的分类、鉴别及管理策略	201
7.1.1 危险固体废物减量化	202
7.1.2 危险废物的资源化	203
7.1.3 危险废物的无害化	203
7.1.4 危险废物的贮存	203
7.1.5 危险废物的处置	204
7.2 危险废物固化与稳定化基本原理	205
7.3 固化/稳定化常用胶凝材料及其性能	206
7.3.1 石灰	206
7.3.2 水泥	207
7.3.3 粉煤灰	211
7.3.4 沥青	212
7.4 固化/稳定化技术	213
7.4.1 石灰基固化/稳定化技术	213
7.4.2 水泥基固化/稳定化技术	214
7.4.3 药剂稳定化技术	218
7.4.4 有机聚合物固化/稳定化技术	219
7.4.5 自胶结固化/稳定化技术	220
7.4.6 熔融固化/稳定化技术	220
7.4.7 陶瓷固化/稳定化技术	222

7.4.8	地质聚合物固化/稳定化技术	222
7.5	固化体性能的测试及评价方法	223
7.5.1	固化体物质组成和微观结构表征方法	224
7.5.2	固化体工程性能及测定方法	224
7.5.3	浸出毒性试验	226
7.5.4	耐久性	227
7.6	固化体耐久性模拟方法	228
7.6.1	溶液数学模型	228
7.6.2	热力学模型及地球化学模型	228
7.6.3	微观结构模型	229
7.7	垃圾焚烧飞灰	230
7.7.1	垃圾焚烧及其污染物	230
7.7.2	垃圾焚烧底渣资源化利用	231
7.7.3	垃圾焚烧飞灰资源化利用	231
7.7.4	垃圾焚烧飞灰的固化/稳定化	232
7.8	含重金属工业废物的固化/稳定化	234
7.8.1	铬渣固化/稳定化	234
7.8.2	砷渣无害化	235
7.8.3	重金属污泥的固化/稳定化	236
7.9	小结	237
	参考文献	238

第8章 电子电器废物的污染控制 /246

8.1	电子废物的组成、结构与危害	246
8.1.1	电子废物的分类与组成	246
8.1.2	电子废物的危害	247
8.2	电子废物的处理方法	248
8.2.1	火法	248
8.2.2	湿法	249
8.2.3	催化氧化法	252
8.2.4	机械分离法	255
8.3	电子废物中金属的回收与利用技术	257

8.3.1	铜的回收	257
8.3.2	铅的回收	259
8.3.3	锡的回收	259
8.3.4	金的回收	260
8.3.5	银的回收	265
8.3.6	钯的回收	267
8.4	电子废弃物中有机物的回收利用技术	267
8.4.1	有机物的物理回收	267
8.4.2	热能回收法	268
	参考文献	270

第9章 废塑料裂解技术 /273

9.1	废塑料裂解技术的进展	273
9.2	废塑料裂解理论	274
9.2.1	废塑料裂解过程物料衡算	274
9.2.2	废塑料裂解过程能量衡算	276
9.2.3	废塑料裂解机制	278
9.2.4	废塑料裂解方法	279
9.3	废塑料裂解工艺	282
9.3.1	德国的 Veba 工艺	282
9.3.2	英国的 BP 工艺	282
9.3.3	富士回收工艺	285
9.3.4	BASF 工艺	286
9.3.5	USS 工艺	286
9.3.6	Kurata 工艺	286
9.3.7	汉堡大学工艺	286
9.3.8	湖南大学工艺	287
9.3.9	联碳公司工艺	287
9.3.10	日邦产业工艺	287
9.3.11	北京丽坤工艺	288
9.4	废塑料裂解过程中的主要影响因素	288
9.4.1	温度	288

9.4.2 催化剂	290
9.5 PVC 的处理	291
9.6 废塑料裂解产品催化改质	292
参考文献	295

第 10 章 纺织行业固体废物的回收利用 /300

10.1 前言	300
10.2 纺织行业固体废物与环境污染	301
10.2.1 纺织废物的产生与种类	301
10.2.2 纺织废物的污染与危害	302
10.3 纺织行业的清洁生产与循环利用	303
10.3.1 纺织行业的清洁生产	303
10.3.2 纺织废物的循环利用	308
10.3.3 纺织废物的最终处置	318
10.4 存在问题与未来展望	319
参考文献	320

第 11 章 冶金工业固体废物资源化工程技术 /321

11.1 冶金工业固体废物及利用概况	321
11.2 高炉渣利用	323
11.2.1 高炉渣组成	323
11.2.2 高炉渣加工方法	324
11.2.3 高炉渣利用途径	325
11.2.4 含钛高炉渣综合利用研究	329
11.2.5 高炉渣利用存在问题及展望	330
11.3 钢渣利用	330
11.3.1 钢渣加工方法	331
11.3.2 钢渣的组成与胶凝活性	331
11.3.3 钢渣的综合利用途径	332
11.3.4 钢渣利用存在问题及展望	338
11.4 硫铁矿烧渣综合利用	339

11.4.1	氯化焙烧回收有色金属	340
11.4.2	生产氧化铁颜料	340
11.4.3	生产净水剂	341
11.5	锌冶炼废渣综合利用	341
11.5.1	浮选法回收贵金属	342
11.5.2	火法—湿法回收铜、铅、锌、镉、钴及稀散金属	342
11.5.3	锌渣生产锌盐	344
11.6	铅冶炼废渣综合利用	344
11.7	镍冶炼废渣综合利用	345
11.7.1	从镍渣中提取有用金属	346
11.7.2	镍渣配烧水泥	346
11.7.3	镍渣作为水泥混合材	346
11.7.4	镍渣生产建筑制品	347
11.8	铜冶炼废渣综合利用	347
11.8.1	铜渣的火法冶炼	348
11.8.2	浮选法回收铜	348
11.8.3	磁选回收铁、钴、镍	348
11.8.4	湿法回收有色金属	348
11.8.5	用于建筑材料	349
11.9	铬冶炼废渣解毒及综合利用	349
11.9.1	湿法化学还原解毒	349
11.9.2	铬渣微生物处理	350
11.9.3	干法还原解毒	351
11.9.4	铬渣综合利用途径	351
11.10	冶炼尘泥综合利用	353
11.10.1	赤泥综合利用	353
11.10.2	高炉瓦斯灰和尘泥	355
11.10.3	含汞污泥回收汞	355
	参考文献	356

第 12 章 矿业废物的污染控制与资源化技术

/360

12.1	矿业废物的污染与危害	360
------	------------------	-----

12.1.1	矿业废物的来源与种类	360
12.1.2	矿业废物的环境效应	361
12.2	煤矸石的处理与综合利用	361
12.2.1	煤矸石的来源与性质	361
12.2.2	煤矸石的处理方法	365
12.2.3	煤矸石的综合利用	365
12.3	粉煤灰的处理与综合利用	371
12.3.1	粉煤灰的来源与性质	371
12.3.2	粉煤灰的处理和利用	373
12.3.3	粉煤灰的综合利用	374
12.4	选矿尾砂与矿山废石的处理与综合利用	383
12.4.1	选矿尾矿的综合利用	383
12.4.2	矿山废石的处理与综合利用	385
12.4.3	矿石和尾砂的复田与复田实例	389
	参考文献	390
 第 13 章 医疗废物与废橡胶的污染控制		/391
13.1	医疗废物的污染控制	391
13.1.1	医疗废物的定义及处理方法	391
13.1.2	医疗废物焚烧处理系统	404
13.1.3	医疗废物处理处置的对策	410
13.2	废橡胶的处理与利用	413
13.2.1	废橡胶的种类与污染危害	413
13.2.2	废橡胶的回收处理方法	414
13.2.3	我国废橡胶回收利用行业的现状	422
	参考文献	423
 第 14 章 建筑垃圾的减量化与资源化		/425
14.1	建筑垃圾的分类与组成	425
14.1.1	建筑垃圾的分类	425
14.1.2	建筑垃圾的组成	426
14.2	建筑垃圾的减量化	427

14.2.1	建筑垃圾减量化存在的问题	427
14.2.2	建筑垃圾减量化对策	427
14.3	建筑垃圾的资源化	428
14.3.1	废木料的资源化	428
14.3.2	废混凝土的资源化	430
14.3.3	废旧砖瓦的资源化	445
14.3.4	废旧沥青的资源化	448
14.3.5	建筑垃圾作桩基填料	450
14.3.6	建筑垃圾微粉的资源化	453
	参考文献	454

第 15 章 城市污泥的处理处置与资源化 /456

15.1	城市污泥的性质与特点	456
15.1.1	污泥的分类与类别	456
15.1.2	污泥的性质与特点	457
15.2	污泥的处理处置方法与回用类别	460
15.2.1	污泥的处理方法	460
15.2.2	污泥处置方法简介	473
15.2.3	污泥的回用类别	475
15.3	城市污泥的堆肥化与农用资源化	475
15.3.1	城市污泥堆肥的原理与工艺	475
15.3.2	污泥堆肥农用的安全性要求	476
15.4	污泥的能源化利用	482
15.4.1	污泥的厌氧消化处理与沼气利用	482
15.4.2	污泥的焚烧处理与热能利用	487
15.4.3	污泥的热化学处理与炼油技术	489
15.5	城市污泥的材料化利用	491
15.5.1	污泥制砖	491
15.5.2	污泥制陶粒	493
	参考文献	496

第 16 章 固体废物的最终处置 /499

16.1	处置方法与原则	499
------	---------------	-----

16.1.1	固体废物的处置方法	499
16.1.2	固体废物的处置原则	500
16.2	土地耕作处置	501
16.2.1	土地耕作处置的原理和方法	502
16.2.2	土地耕作处置的工程应用	505
16.3	工程库贮存处置	510
16.3.1	常用堆存方法	510
16.3.2	尾矿库贮存	511
16.3.3	其他工业固体废物的库存	515
16.4	安全土地填埋处置	519
16.4.1	安全土地填埋操作	520
16.4.2	深圳市危险废物填埋场	524
16.5	浅地层埋藏处置	525
16.5.1	场地的选择与设计	526
16.5.2	浅地层埋藏处置方式	528
16.6	海洋处置	530
16.6.1	海洋处置方法及注意问题	530
16.6.2	海洋倾倒	531
16.6.3	远洋焚烧	532
16.7	深井灌注处置	534
	参考文献	536