

HUANJING GONGCHENG SHOUC

HUANJING GUIHUAJUAN

环境工程 手册

固体废物 污染防治卷

主编 李国鼎

主审 李国建

高等教育出版社

环 境 工 程 手 册

固体废物污染防治卷

主编 李国鼎

主审 李国建

高等教育出版社

内容提要

本书为高等教育出版社组织编写的《环境工程手册》之分卷。

本书依据固体废物污染防治实行减量化、无害化、资源化之“三化”原则,将全书分为5篇25章。第1篇为总论,包括固体废物的定义、特征与分类;污染源;采样、分析与监测;环境影响与污染控制;环境污染管理体系共5章,对固体废物与环境污染的基本关系进行了全面分析。第2篇为固体废物的减量化处理技术,包括固体废物的收集及运输;预处理;污泥浓缩、调理与脱水处理;有机固体废物的堆肥化处理;沼气化处理;废纤维素的加水分解与糖化处理;焚烧和热解处理共8章,分别论述了有关固体废物减量的处理原理与技术方法。第3篇为固体废物的无害化处理与处置技术,包括危险废物固化/稳定化技术;土地处理与处置;城市生活垃圾的卫生填埋处置;危险废物的安全处置;放射性固体废物及其安全处置共5章,分别论述了有关固体废物的无害处理与处置原理与技术方法。第4篇为固体废物的资源化技术,包括固体废物资源化系统与废物交换制度以及城市生活垃圾、矿业与能源、钢铁工业、化学工业、石油化工和有色金属工业固体废物资源化技术共7章,分别就各行业较为成熟的废物回收利用技术进行较深入的论述。第5篇为固体废物处理处置实例在附录中还附有国家危险废物名录、难溶化合物溶度积和我国固体法3个文件。

本书可供从事环卫、环保工程设计及有关的科学研究和管理工程技术人员、专业管理干部学习、参考使用,亦可作大专院校环境科学、环境工程、环境卫生、资源与环境等有关专业师生从事毕业设计及学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境工程手册. 固体废物污染防治卷 / 李国鼎主编.
北京:高等教育出版社,2003.12
ISBN 7-04-013540-X

I.环... II.李... III.①环境工程-手册②固体废物-废物处理-手册 IV.X5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 060869 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 64.5
字 数 2 100 000

版 次 2003 年 12 月第 1 版
印 次 2003 年 12 月第 1 次印刷
定 价 136.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

《环境工程手册》

编辑委员会名单

主 任：顾夏声 胡家骏

副主任：张坤民 井文涌 顾国维 王宝贞 钱 易 郝吉明 李国建

编 委（以姓氏笔画为序）：

马广大 井文涌 王宝贞 叶昌仁 龙腾锐 李国建 李国鼎

李献文 宋炳煊 朱联锡 任文堂 祁佩时 吴天宝 张月娥

张自杰 张世森 张忠祥 张坤民 张崇华 陈毓龄 郑长聚

林肇信 周思毅 赵有才 胡家骏 陆雍森 姜安玺 俞 珂

郝吉明 奚旦立 徐传宁 钱 易 顾国维 顾夏声 高忠爱

章非娟 蒋展鹏 傅国伟 蔡不忒

常务编委（以姓氏笔画为序）：

李国建 宋炳煊 祁佩时 张月娥 张世森 张忠祥 周思毅

郝吉明 徐传宁

《固体废物污染防治卷》

主 编：李国鼎

主 审：李国建

序 言

1992年6月联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开,100多个国家的元首、政府首脑和15000多名代表参加了这次规模空前的全球盛会,标志着全球环境保护已进入一个新的历史时期。这次大会通过了“里约环境与发展宣言”、“21世纪行动议程”和一些有关全球环境问题的重要公约,大会号召全世界人民“共同处理环境与发展问题,为全人类创造一条新的道路通向21世纪”,这就是“可持续发展”的道路。这要求全体人民不仅要关心自己、关心当今的环境问题,还应当关心社会经济的持续发展,为子孙后代留下一个清洁、美丽、舒适的生存环境。

环境问题之所以能成为当今世界的热点,主要是由于严重的环境问题已构成了对人类的现实威胁。人们已开始认识到:经济发展和环境保护是不可分割的整体,只有切实地保护环境,才能确保持续发展。从全球环境看,水体、大气和土壤环境的污染仍很严重,地球变暖和臭氧层破坏两大问题又引起了普遍的关注。

我国早在20世纪70年代就对环境问题的严重性和迫切性有所认识。政府把环境保护列为一项基本国策,做了大量工作努力防治环境污染。但应该清醒地看到,我国环境形势的现状是:局部有所改善,整体仍在恶化。前景令人担忧。随着改革开放政策的实施,我国经济正在腾飞,而发展却仍沿袭了大量消耗资源和不顾环境承受能力的传统模式,正在对环境产生更大的损害,也使自然资源受到破坏,必须引起警觉。例如,我国水环境污染十分严重,全国七大水系中有近一半的河段污染严重,流经城市的河段污染更加突出;我国大气污染日益加剧,大气质量符合国家一级标准的城市很少;我国城市垃圾尚未得到妥善处置,工业排放的有毒有害固体废物排放量逐年增长,大部分都未经安全处置;城市噪音也十分严重,成为城市一大公害。

上述情况说明,我国环境工程的任务还十分艰巨。环境工程是防治环境污染,提高环境质量的重要手段,其内容十分广泛,包括:水污染防治工程、大气污染防治工程、固体废弃物的安全处置、噪音污染防治工程、环境规划与管理以及环境监测等方面。为了总结国内外环境工程领域的新技术、新工艺、新设备和新材料,总结国内外环境工程成套设施的经验及成功的范例,促进我国环境工程的发展,高等教育出版社组织编写了这套《环境工程手册》,以供从事环境工程事业的工程技术人员、有关高等学校的师生、科研人员和管理人员参考。这是一件极有意义的大事,必将对我国的环境保护及经济持续发展起积极的推动作用。参加本套手册编写工作的,多为在环境工程领域从事工作多年,既有理论修养,又有实践经验的教授、专家,也有一些脱颖而出的青年教师和科技人员。全书内容丰富,材料翔实,图文并茂,参考性强,既有对基本概念

的阐述,又有对实际方法的介绍,希望能对各类读者都有帮助。

作为这套手册中的一卷——《固体废物污染防治卷》,现已编写完成出版。本卷内容共分五个部分,除在总论中分别介绍固体废物的定义、特征与分类,其污染源,采样、分析与检测,对环境的影响与有效管理对策外,进而就固体废物的减量化处理技术、无害化处理和处置技术,以及资源化技术分别列篇分章逐一系统地详加介绍。第五部分选用了多个具有参考价值的工程实例,在附录中还列举出危险废物名录及我国国家颁发的固体废物污染防治法等。它的出版对于我国环境保护事业的发展将是极为有意义的。

顾夏声、胡家骏 2002年11月

编者的话

随着我国国民经济的高速发展,都市化建设的飞跃进程,国民生活水平的不断提高,固体废物包括城市生活垃圾在内的产生量迅猛增加,已造成对环境日益严重的污染影响,并将成为制约我国“可持续发展战略”之重要因素,因而备受全社会有识之士所关注。固体废物的严格管理和妥善处理、处置,事关环境保护国策的实施与具体体现,也是对我国发展社会主义现代化的有力促进。经全国人大审议通过并颁发的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》则是推进有关工作的重要保障。

为贯彻实施《固体法》,依据我们多年来专业教学、科研和工程实践中所积累的知识,在有关兄弟院校、科研单位及主管部门的热情支持和协作参与下,通过近三年的努力,完成了本书的编写工作。衷心希望本书的出版,能有助于我国固体废物环境管理事业的进一步向前发展。

本书的主要特点是:全书章节目录基本遵循“固体废物实行减量化、无害化和资源化原则”编排,在内容方面尽力收集和总结我国多年来涉及本领域的技术发展和科研成果,并纳入世界各发达国家的先进经验,比较全面和系统地反映了当前的实际情况。为便于理解和有助于有关的工程实施,还附录列举若干实例,以资参考。此外,作为一本手册,还在插图、图片、文字等方面做了一些工作,特别是专业术语,除加注英文名外,还分别作出简释和索引,以便读者加深对术语的理解和查找,同时也使其更趋完善。

全书内容包括总论、减量化、无害化、资源化和实例五部分。第一部分阐述与固体废物有关的一些基本情况;第二部分论述固体废物的减量技术,包括收集、预处理、堆肥、沼气化、焚烧热解方法等;第三部分论述其无害化技术,包括废物固化稳定化技术、土地及地下填埋处置等;第四部分按产业分别论及各相关企业或部门所产生固体废物的回收利用技术。在最后的第五部分中列举了10个有关固体废物处理和处置的实例。

参加本书编写的有(撰稿人以章节排序,括号内为所编写章节):金子奇(第二章§2.1、第七~八章、第十三章和第三篇前言);徐谦(第三章);陈朱蕾(第六章和实例八、实例九);赵由才、吴军、张华(第九章);柴晓利、陈绍伟、李广科(第十章);贺世群(第十二章和实例一、实例二);叶裕才(第十四章和附录三);赵由才(第十六章和实例六、实例七、实例十);沈珍瑶(第十八章§18.6);戴宏文(第二十一~二十三章);吴义千、赵志龙(第二十五章);蒋建国(实例四);李国鼎(其余各章节)。

除此之外,王琪、白庆中、王宏涛、杨艳茹、牛冬杰、柴野、陈志江、薛福康诸位先生为本书编写提供许多宝贵资料;在全稿通审过程中,聂永丰、何品晶、张耀华、魏宗华、俞珂诸位教授提出许多宝贵的修改、补充和个别章节的调整意见,并提供珍贵参考资料;高等教育出版社陈文、张月娥等同志为本书的编辑、审阅、修改进行了大量艰巨、细致和辛勤的工作;《环境工程手册》编委会常委郝吉明教授除为本书编写组织和审稿提出宝贵意见外,还为出版创造便利条件,在此谨向他们致以诚挚谢意。

由于本书内容广泛,学科多样,编者水平有限,错误和疏漏之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

编者 2002年11月

I 内 容 目 录

第一篇 总 论

前言	1	二、工业固体废物污染物分析	95
第一章 固体废物的涵义、特征与分类	2	§ 3.3 危险废物的危害特性试验方法及鉴别标准	103
§ 1.1 有关固体废物的几个概念	2	一、腐蚀性	103
§ 1.2 固体废物的来源、分类及主要组成	3	二、急性毒性	103
一、工业固体废物	3	三、浸出毒性	104
二、城市生活垃圾	5	四、反应性	109
三、危险废物	7	本章主要参考文献	112
§ 1.3 国内外固体废物的简况	7	第四章 固体废物的环境影响与污染控制	113
本章主要参考文献	8	制	113
第二章 固体废物污染源	9	§ 4.1 固体废物污染环境的途径	113
§ 2.1 城市生活垃圾的来源、组成及性质	9	§ 4.2 固体废物污染物在土壤环境中的迁移与转化	114
一、城市生活垃圾的来源和组成	9	一、固体废物引起的土壤环境污染和污染性质	114
二、城市生活垃圾的理化特性和生物特性与测定	14	二、土壤环境重金属污染的化学性质和生态效应	115
§ 2.2 工业固体废物的来源、类型及性质	22	三、重金属在土壤环境中的存在形态和迁移转化	117
一、矿业与能源固体废物的种类、来源、成分和性质	23	§ 4.3 固体废物污染对人体健康的影响	121
二、钢铁工业固体废物的种类、来源、成分和性质	26	一、固体废物污染的危害性	121
三、化学工业固体废物的种类、来源、成分和性质	33	二、固体废物中的污染物在人体内的迁移与转化	122
四、石油化学工业固体废物的种类、来源、成分和性质	42	三、固体废物污染与人体健康	123
五、有色金属工业固体废物的种类、来源、成分和性质	48	§ 4.4 固体废物污染对生态环境的影响	129
§ 2.3 危险废物的来源、分类、特性及鉴别标准和方法	58	一、固体废物污染对大气环境的影响	130
一、危险废物的特性、类型和产生量	59	二、固体废物污染对水环境的影响	130
二、危险废物的毒性鉴别标准和方法	60	三、固体废物污染对土壤环境的影响	130
本章主要参考文献	62	§ 4.5 危险废物的危害性影响	132
第三章 固体废物的采样、分析与检测	64	一、危险废物的危害性和由来	132
§ 3.1 固体废物的采样方法及制样程序	64	二、危险废物的分类危害性影响	133
一、采样计划	64	三、危险废物的危害程度	133
二、采样误差	67	四、危险废物的处理与处置	134
三、采样方法	71	§ 4.6 固体废物污染控制的特点	135
四、样品的现场采集	81	本章主要参考文献	135
§ 3.2 固体废物样品的测定与分析	87	第五章 固体废物环境管理体系	137
一、生活垃圾样品分析	87	§ 5.1 建立固体废物环境管理体系的基础	137
		一、固体废物环境管理的涵义	137

二、建立固体废物环境管理体系的依据	137	§ 5.3 臻于完善的固体废物环境管理体系	142
§ 5.2 已建立的固体废物环境管理体系	138	本章主要参考文献	143
一、在固体废物环境管理的制度方面	138		
二、在固体废物环境管理的污染控制标准方面			

第二篇 固体废物的减量化处理技术

前言	145	一、污泥的分类	217
第六章 固体废物的收集与运输	146	二、污泥的性质指标	217
§ 6.1 城市生活垃圾的收集与运输	146	三、污泥的流动特性与输送方法	221
一、城市垃圾收运系统的构成	146	四、污泥的处理和处置	223
二、城市垃圾的产量	146	§ 8.2 污泥的浓缩	224
三、城市垃圾的搬运与贮存	148	一、污泥中水分的存在形式及去除	225
四、城市垃圾的收集	151	二、重力浓缩试验、浓缩理论和浓缩池设计	226
五、城市垃圾的转运	161	三、重力浓缩池	233
§ 6.2 危险废物的收集与运输	170	四、气浮浓缩的基本原理和气浮池设计	235
一、危险废物的鉴别	170	五、污泥的其他浓缩方法	239
二、危险废物的种类及来源	172	§ 8.3 污泥的调理	241
三、危险废物的贮存	173	一、污泥调理的目的和方法	241
四、危险废物的收集	174	二、污泥的化学调理(混凝预处理)	242
五、危险废物的转运	175	三、污泥的物理调理	245
六、危险废物的运输	175	§ 8.4 污泥的过滤与脱水	251
本章主要参考文献	175	一、过滤基本理论及过滤方程式	251
第七章 固体废物的预处理	176	二、过滤介质	253
§ 7.1 概述	176	三、比阻抗概念及其值的测定与计算	255
§ 7.2 固体废物的压实处理	176	四、过滤脱水设备	257
一、压实概念	176	五、污泥脱水器械在我国的应用	277
二、压实程度的度量	177	六、污泥的脱水造粒	277
三、压实设备类型	178	本章主要参考文献	279
四、影响固体废物压实程度的因素	182	第九章 有机固体废物的堆肥化处理	281
§ 7.3 固体废物的破碎处理	183	§ 9.1 概述	281
一、破碎目的	183	一、堆肥化定义	281
二、破碎处理方法及流程	184	二、堆肥化历史和发展	281
三、破碎机械概要	185	三、堆肥化分类	282
四、干式常温破碎机	187	四、堆肥化基质	282
五、其他破碎技术	195	五、堆肥的原则	282
§ 7.4 固体废物的分选技术	198	六、堆肥的理化性质和效用	282
一、分选的目的与方法	198	七、堆肥农用问题与垃圾堆肥化的发展前景	284
二、筛分技术	198	§ 9.2 堆肥原理	285
三、重力分选	202	一、堆肥化原理	285
四、浮选技术	205	二、堆肥微生物	287
五、磁力分选法	209	三、影响堆肥化的因素分析	289
六、半湿式破碎分选法	212	§ 9.3 堆肥工艺	290
七、其他分选技术	214	一、堆肥工艺分类	290
本章主要参考文献	216	二、堆肥的基本工艺程序	292
第八章 污泥的浓缩、调理与脱水处理	217	三、典型的堆肥工艺	293
§ 8.1 概述	217	四、堆肥系统及其主要技术环节	295

五、堆肥的过程控制	298	二、酶的水解机理	364
§ 9.4 堆肥设备及辅助机械	310	三、废纤维素糖化工艺	364
一、计量装置	312	四、废纤维素的微生物水解和糖化处理	367
二、存料区及其布设	312	五、酶的水解糖化技术工业化	369
三、给料装置	312	§ 11.3 废纤维素的蛋白质化技术	370
四、场内运输与传送装置	313	本章主要参考文献	371
五、铁金属和其他可回收物资的分选设备	316	第十二章 固体废物的焚烧处理	372
六、筛选设备	317	§ 12.1 固体废物焚烧法规	372
七、破碎设备	318	一、概述	372
八、堆肥发酵装置(一次发酵为主)	319	二、欧美亚和我国有关废物焚烧的法规和标准	372
九、熟化(二次发酵)设施	328	§ 12.2 焚烧技术的应用现状	377
十、其他处理设备	328	一、概述	377
§ 9.5 堆肥对环境的影响与污染防治	328	二、焚烧炉在若干发达国家的应用说明	377
一、堆肥的环境影响	328	§ 12.3 焚烧机理和产物的最佳运行条件及焚烧炉的设计原则	379
二、污染防治技术	328	一、概述	379
本章主要参考文献	330	二、焚烧的目的、机理和应用	379
第十章 可降解有机废物的生物代谢(发酵)产沼技术	331	三、焚烧产物	381
§ 10.1 概述	331	四、控制焚烧效率的主要因素	383
§ 10.2 厌氧产沼的原理与过程	331	五、最佳焚烧运行条件	383
一、厌氧产沼原理	331	六、焚烧炉的设计原则和要点	385
二、厌氧发酵产沼过程	331	§ 12.4 焚烧炉的组成部件和结构类型	386
§ 10.3 厌氧发酵的影响因素及其工艺	334	一、焚烧炉的主体部件	387
一、影响厌氧发酵的因素	334	二、焚烧炉的类型与结构	389
二、厌氧发酵的工艺及操作	335	三、焚烧炉类型的选择	397
§ 10.4 厌氧发酵装置设计的基本要求和应用类型	338	§ 12.5 焚烧炉的辅助装置与焚烧工艺流程	398
一、发酵产沼消化器(池)的设计原则	339	一、焚烧装置的系统组成	398
二、应用中不同类型的厌氧消化装置	339	二、焚烧工艺流程	402
§ 10.5 适宜于农家使用的小型发酵产沼装置	342	§ 12.6 焚烧炉排出物的污染防治与监测	407
一、立式圆形沼气发酵池	342	一、焚烧炉排出物的种类、性质和数量	407
二、赤泥塑料发酵产沼装置	347	二、焚烧炉排出物的污染防治技术	409
三、发展中国家的发酵产沼装置	350	三、焚烧炉的检验与排出物的监测	415
四、发酵产沼装置的养护	351	§ 12.7 危险废物的焚烧处理	416
§ 10.6 当代发酵产沼装置的发展	351	一、危险废物的焚烧特点与炉型选择	416
一、概述	351	二、危险废物的接收准则、程序与贮存	417
二、现代发酵设施的主要类型和比较	352	三、危险废物的焚烧控制与应急计划	423
三、发酵罐规模与费用	356	四、污染物控制限值与废气监测	427
四、工业化大型沼气发酵装置的发展	356	§ 12.8 固体废物中的热能与利用	429
§ 10.7 沼气及发酵残余物的综合利用	357	一、固体废物中的潜存能量	429
一、沼气的综合利用	358	二、国际上废物能源的回收概况	430
二、产沼残余物的利用	360	三、废物焚烧回收能源的实效性	431
本章主要参考文献	361	四、废物能源利用系统的选择与实例计算	432
第十一章 废纤维素的微生物分解技术	363	§ 12.9 固体废物焚烧的环境影响	437
§ 11.1 概述	363	一、气态污染物对人体健康的影响	437
§ 11.2 废纤维素的加水分解与糖化技术	364	二、废物焚烧系统对环境的其他影响	438
一、结晶度和水解	364	三、运载固态废物的车辆和运输危险废物对环	

境的影响	438	一、热解的概念	449
四、废物焚烧厂对野生生物的影响	439	二、固体废物热解的发展概况	449
五、废物焚烧厂对社会经济的影响	439	三、热解与焚烧的比较	454
§ 12.10 废物焚烧的费用与补偿问题	439	§ 13.2 热解原理及方法	454
一、概述	439	一、热解的定义	454
二、焚烧设备的规模和焚烧设施的费用	439	二、热解过程及其影响因素	454
三、废物焚烧与增加能源回收系统的费用比较	443	三、热解工艺的分类	457
四、废物焚烧与土地填埋两种系统的费用比较	446	§ 13.3 固体废物的热解处理	458
本章主要参考文献	447	一、城市生活垃圾的热解	458
第十三章 固体废物的热解处理	449	二、污泥的热解	466
§ 13.1 概述	449	三、废塑料的热解	469
		四、废橡胶的热解	473
		本章主要参考文献	474
第三篇 固体废物的无害化处理与处置技术			
前言	477	本章主要参考文献	532
第十四章 危险废物稳定化处理技术	479	第十六章 城市生活垃圾的卫生填埋处	
§ 14.1 概述	479	置	533
一、危险废物稳定化处理的目的	479	§ 16.1 卫生填埋场的总体设计	533
二、危险废物稳定化处理技术的分类	479	一、概述	533
三、对危险废物稳定化处理技术的基本要求	480	二、卫生填埋场的选址	534
§ 14.2 危险废物固化技术综述	480	三、填埋场的环境影响评价	537
一、包胶固化技术	480	四、经济评估	539
二、自胶结固化技术	502	五、总体设计	540
三、熔融和烧结固化技术	504	§ 16.2 填埋场中垃圾的降解与稳定化	546
§ 14.3 危险废物化学稳定化处理技术简述	508	一、概述	546
本章主要参考文献	508	二、影响场内垃圾降解的因素	547
第十五章 固体废物的土地处理与处置	510	三、填埋场中的气体(即填埋气)	548
§ 15.1 概述	510	四、填埋场中的渗滤液	549
一、土地处理与处置法的内涵	510	五、填埋场中的有机质演变和影响因素	551
二、土地处理与土地处置的差异	511	六、填埋场的稳定化	553
三、废物污染成分在过程中的行为和影响	511	七、填埋场的热量平衡	555
四、固体废物处理和处置原则	512	§ 16.3 填埋场的渗滤液与填埋气体的处理	557
§ 15.2 固体废物的土地处理技术	513	一、关于渗滤液的处理	557
一、土壤的性质、结构和阻滞污染物质迁移的能力	513	二、关于填埋气体的处理	567
二、土地处理废物的可行性论证	515	§ 16.4 卫生填埋场基建和运行的机械化	571
三、土地处理方案的制定和限制因素	516	一、概述	571
四、土地处理系统的设计和管理	518	二、铲运和挖掘机械与设备	572
§ 15.3 土地填埋处置技术	520	三、压实机械和设备	574
一、土地填埋处置的概念和分类	520	四、装载、运送机械和设备	576
二、填埋处置的基本要素	520	§ 16.5 填埋场的生产管理 and 安全防护	577
§ 15.4 其他的土地处置技术	526	一、填埋场的劳动力组织管理	577
一、地面贮液塘	526	二、填埋场的机械设备管理	580
二、废液深井灌注	527	三、填埋场的填埋作业管理	582
三、水力地下压裂处置	529	四、填埋场的环境质量管理	584
		五、填埋场的封场管理	586

六、填埋场的安全防护管理	587	二、核辐射量单位	621
七、填埋场的虫害治理	589	三、核辐射对人体健康的影响	623
本章主要参考文献	590	四、核辐射防护	627
第十七章 危险废物的安全处置	592	§ 18.3 放射性污染与治理技术及政策	628
§ 17.1 概述	592	一、基本治理技术	629
一、填埋场的一般结构形式	592	二、有关的技术政策	629
二、安全填埋场结构形式和特征	592	§ 18.4 铀矿采冶阶段固体废物的处理与处置	630
三、对安全填埋场的基本要求	593	一、铀矿采冶的环境污染	630
§ 17.2 填埋场的选址条件与衬垫和覆盖工程	593	二、铀矿山固体废物的产生、特征及危害	631
一、选址条件	593	三、铀尾矿的产生、特征及危害	632
二、衬垫层和覆盖层工程	594	四、铀矿采冶的辐射防护原则与措施	633
§ 17.3 危险废物的安全处置技术	602	五、含铀固体废物的治理与处置	634
一、概述	602	§ 18.5 中低水平放射性固体废物的浅地层处置	638
二、填埋方案的选择	603	一、概述	638
三、填埋前的预处理	604	二、场地选择	639
四、填埋的技术要求	607	三、入场废物条件	640
§ 17.4 废物填埋作业的条件与程序	609	四、处置场设计	641
一、场地装备、废物检查与人员素质要求	609	五、处置场运行	643
二、填埋场作业程序的安排	610	六、处置场关闭	644
本章主要参考文献	612	七、处置场安全分析、评价和报告书编写程序	644
第十八章 放射性固体废物及其安全处		§ 18.6 高水平放射性固体废物的深地质安全处	
置	613	置	650
§ 18.1 概述	613	一、概述	650
一、放射性固体废物的来源和分类	613	二、库址选择	651
二、放射性固体废物的主要产生过程及产量	616	三、库址安全性验证	653
三、放射性废物的污染特点	618	四、有关的其他问题	654
§ 18.2 放射性辐射的性质、单位、人体效应与防		五、国际上的建设进展	656
护	620	本章主要参考文献	656
一、核辐射的电离性质	620		

第四篇 固体废物的资源化技术

前言	659	资源化技术	687
第十九章 固体废物资源化管理与系统	661	§ 20.1 概述	687
§ 19.1 概述	661	§ 20.2 废金属材料的回收利用	687
§ 19.2 固体废物资源化技术系统	662	一、黑色金属废钢铁的回收利用	687
一、固体废物的资源化系统	662	二、轻有色金属废金属的回收利用	688
二、固体废物的收集、运输技术和资源化系统	663	三、贵有色金属废金属的回收利用	690
三、固体废物资源化综合系统	670	四、废铅金属的回收利用	690
§ 19.3 固体废物交换体制	674	§ 20.3 废塑料的回收利用	690
一、废物交换体制的形成、运行方式与发展	674	一、概述	690
二、废物交换在我国废物管理中的作用	677	二、塑料的分类	691
三、我国实施废物交换所面临的主要问题	679	三、废塑料回收利用综述	691
四、废物交换的组织形式与发展	680	四、废塑料的分选回收与加工处理技术	694
本章主要参考文献	686	五、废塑料的焚烧处理	704
第二十章 城市生活垃圾可回收物质的		§ 20.4 废电池的回收利用	706
		一、废电池的分类、产生源和流向	706

二、废电池的环境污染途径与过程	712	§ 23.2 无机盐化工废料的综合利用	788
三、废电池的环境污染和影响	713	一、硫铁矿渣的综合利用	789
四、废电池的回收再生技术	714	二、磷渣的资源化	792
五、现阶段废电池的处理利用途径	720	三、碱渣的综合利用	794
§ 20.5 废橡胶制品的回收利用	721	四、铬渣的综合利用	796
一、橡胶制品的原材料与配方及纤维和金属材 料	721	五、电石渣的综合利用	798
二、废旧橡胶制品的回收再利用	723	§ 23.3 有机原料及合成材料固体废物的综合利 用	799
三、废旧轮胎的翻新和修补	726	一、概述	799
四、废旧橡胶的热解与热能利用	727	二、塑料废渣处理与综合利用	799
§ 20.6 废旧家用电器的回收利用	729	三、染料废渣的综合利用	801
一、现况和存在的问题	729	四、有机原料污泥的处理与处置	802
二、发达国家对废旧家用电器的处理情况	731	§ 23.4 废旧化工材料的再生利用	803
三、废旧家用电器回收利用体系的建立	732	一、废旧化工材料再生利用的地位	803
本章主要参考文献	733	二、废旧化工材料的回收、处理和利用技术	803
第二十一章 矿业与能源固体废物的资 源化	734	§ 23.5 化工清洁生产之路	804
§ 21.1 概述	734	一、化工清洁生产的目标	804
一、废矿物资源化的认识与发展	734	二、绿色化工技术与环境友好产品	804
二、废矿物资源化的前景与特点	736	三、实现绿色化工的途径	805
§ 21.2 矿山固体废物的资源化及其堆场再利用	738	本章主要参考文献	806
一、概述	738	第二十四章 石油化学工业固体废物的 资源化	807
二、矿山固体废物的处理与综合利用现状	739	§ 24.1 概述	807
三、废矿石的资源化	745	§ 24.2 石油炼制行业中固体废物的资源化	809
四、废弃堆场的再利用	749	一、石油炼制业中的固体废物类型和治理	809
§ 21.3 能源固体废弃物的资源化	754	二、石油炼制业中不同固体废物的资源化	810
一、粉煤灰的资源化	754	三、石油炼制业固体废物资源化实例	814
二、煤矸石的资源化	755	§ 24.3 石油化工行业中固体废物的资源化	819
三、废弃场地的再利用	756	一、石油化工固体废物的分类与性质	819
本章主要参考文献	761	二、石油化工固体废物的处理与资源化技术	820
第二十二章 钢铁工业固体废物资源化	762	三、石油化工固体废物的资源化与处置实例	823
§ 22.1 概述	762	§ 24.4 石油化纤业中固体废物的处理与资源化 技术	826
§ 22.2 冶金废渣的综合利用	763	一、石油化纤业中固体废物的来源、所含主要成 分和分类	826
一、钢渣的资源化	763	二、石油化纤业中固体废物的处理及资源化技 术	827
二、烧结废渣(含铁尘泥)的资源化	770	三、石油化纤业中固体废物资源化实例	828
§ 22.3 炼铁废渣的综合利用	774	本章主要参考文献	832
一、概述	774	第二十五章 有色金属工业固体废物资 源化	833
二、炼铁废渣的综合利用	775	§ 25.1 概述	833
三、钢铁生产过程的发展前景	780	一、有色金属工业固体废物的来源和分类	833
§ 22.4 铁合金及轧钢行业废渣的综合利用	781	二、有色金属工业固体废物资源现状及潜在价 值	834
一、铁合金废渣综合利用	781	三、有色金属工业固体废物资源特点和堆存的 危害性	837
二、轧钢废渣综合利用	785		
本章主要参考文献	786		
第二十三章 化学工业固体废物的资源 化	787		
§ 23.1 化工废渣资源化概况	787		

四、尾矿资源开发利用准则、途径	838	三、精铋生产废渣的利用	861
§ 25.2 有色金属尾矿的利用	840	四、从汞废料中回收汞和活性炭	863
一、尾矿和尾矿库贮存设施	840	五、从炼铅废渣中回收铅锌	864
二、尾矿资源利用工程实例	840	六、钨渣的利用	865
§ 25.3 铝工业固体废物的综合利用	852	七、从矾渣中回收铍及精制矾酸铵	866
一、铝工业固体废物的产生和处理利用	852	八、磷砷渣的综合利用	867
二、赤泥综合利用的工程实例	853	九、从钛冶炼渣中回收金红石和四氯化钛	868
§ 25.4 有色金属冶炼渣的综合利用	858	十、利用铜冶炼渣制备水泥	869
一、利用锂渣生产锂渣硅酸盐水泥	858	本章主要参考文献	873
二、锑砷碱渣的综合利用技术	859		

第五篇 固体废物处理处置实例

前言	875	实例五 广东北龙中低水平放射性废物处置场	906
实例一 北京市北神树垃圾卫生填埋场	875	一、处置对象	906
一、工程概述	875	二、处置场规划和平面布置	907
二、场区自然条件	876	三、固体废物处置过程和处置单元	909
三、垃圾填埋工艺流程	877	四、废物桶的安放就位、埋设程序和使用机具	911
四、环境监测、结果及评价	879	五、有关的其他工程	913
五、运行管理及费用	885	六、辅助设施	917
六、主要经验教训	886	实例六 无锡高温好氧静态堆肥垃圾处理厂	918
实例二 北京市小武基垃圾转运站	886	一、工艺流程概述	918
一、概述	886	二、工艺特点及主要设计参数	918
二、场区自然条件	886	三、堆肥机械设备	919
三、垃圾转运工艺流程	887	四、发酵仓设计特点	919
四、环境保护措施	887	五、各建筑物面积及总平面布置	919
五、运行管理及费用	890	实例七 常州垃圾堆肥—焚烧—填埋三合一 处理	921
六、主要经验教训	890	一、概述	921
实例三 深圳市垃圾焚烧	890	二、高温堆肥	921
一、简要情况	890	三、焚烧处理	924
二、垃圾焚烧工艺流程	890	四、卫生填埋	925
三、热能回收利用工艺流程	891	实例八 广西凭祥垃圾二次性好氧静态发酵	926
四、主工艺系统	892	一、城市垃圾理化特性和设计要求	926
五、主工艺设备	893	二、处理工艺选择	926
六、工艺技术特点	893	三、主要技术经济指标和工程效益	928
七、垃圾焚烧厂的环境评价	894	实例九 南宁市南山垃圾卫生填埋场(利用山谷型 库区)	928
八、技术经济分析及必要说明	894	一、填埋库区场址概况	929
实例四 深圳市红梅危险废物安全填埋场工程	894	二、填埋库区容量计算	929
一、工程由来	894	三、填埋库区工程工艺设计	929
二、场址选定与场地布置	895	四、运行费用及效益	931
三、一期工程稳定化预处理工艺	896	实例十 WABIO 厌氧堆肥工艺	932
四、填埋场总体及主要辅助设施设计	898	一、工艺与技术说明	932
五、填埋场的工程施工	900	二、原料与产品的估算值	932
六、危险废物填埋作业方式	904	三、所需设备和必要设施	933
七、填埋场内防雨与排洪	904	四、附带说明	933
八、监测系统	905		
九、技术经济指标	905		

附录一 中国国家危险废物名录	934
附录二 难溶化合物的溶度积	942
附录三 中华人民共和国固体废物污染环境防治法	945
术语词目汉英对照与汉文简释及汉字笔画索引	951

II 表格目录

表 1-1-1 固体废物的来源和主要组成	3	型化学成分	26
表 1-1-2 主要工业类型生产技术和所产固体废物 种类	4	表 1-2-22 复杂型尾砂(主要脉石矿物多样化)的典 型化学成分	26
表 1-1-3 不同工业产品所产生固体废物的成分含量 分析	4	表 1-2-23 我国钢铁厂所排不同高炉渣的化学成分 范围	27
表 1-1-4 城市生活垃圾中不同于基组分所含化学元 素典型质量百分数	5	表 1-2-24 高炉重矿渣的物理性能汇总表	28
表 1-1-5 城市生活垃圾典型组分中主要成分的含有 量及热值	6	表 1-2-25 我国部分钢厂产出钢渣的化学成分汇总 表	29
表 1-1-6 我国工业固体废物近 15 年的排出量统 计数	7	表 1-2-26 我国部分钢厂所产电炉钢渣的化学成 分汇总表	29
表 1-2-1 北京市垃圾中有机物、无机物和废品含量 的季度变化汇总表	10	表 1-2-27 我国部分钢厂所曾排出平炉钢渣的化学 成分汇总表	30
表 1-2-2 世界发达国家的垃圾年均产量及年增长率	11	表 1-2-28 铁合金工业中某些品种排出废渣所含主 要化学成分汇总表	31
表 1-2-3 发达国家的城市垃圾的平均组成	13	表 1-2-29 我国钢铁工业所排出含铁尘泥的来源及 产量	32
表 1-2-4 英国与中东及亚洲城市垃圾组成的比较 ..	13	表 1-2-30 钢铁工业中含铁尘泥的化学成分汇总表	32
表 1-2-5 广州市生活垃圾的组成与性质汇总表	14	表 1-2-31 钢铁工业中含铁尘泥的粒子重量分散度 汇总表	32
表 1-2-6 乐山市生活垃圾典型组成分析一览表	14	表 1-2-32 无机盐行业中数种具较大毒性废渣的来 源及产生量	34
表 1-2-7 不同国家产生的垃圾之相关物理性质	14	表 1-2-33 铬渣的基本化学组分	34
表 1-2-8 垃圾密度与焚烧率的关系	14	表 1-2-34 含铬固体废物的来源、单位产生量及含量	34
表 1-2-9 生活垃圾中动植物含量与垃圾含水率关系 一览表	15	表 1-2-35 含磷电炉炉渣的基本化学组分	35
表 1-2-10 不同废物类型所含营养成分的含量范围	17	表 1-2-36 磷铁所含化学元素及含量	35
表 1-2-11 城市垃圾中各种不同组分的热值及所含 不同元素的质量分数	19	表 1-2-37 不同工艺生产氰化钠所产氰渣中的氰含 量汇总表	35
表 1-2-12 城市垃圾不同成分和质量的热值及总热 值汇总表	20	表 1-2-38 典型锌渣中所含的主要污染物元素及含 量	35
表 1-2-13 北京市城市垃圾中化学元素含量分析数 据一览表	21	表 1-2-39 氯碱行业中数种固体废物的来源及产生 量	36
表 1-2-14 评定污(废)水生化处理可行性的量化 关系	22	表 1-2-40 盐泥所含化学组分及含量	36
表 1-2-15 矿石露天开采的经济合理剥采比	24	表 1-2-41 电石渣的化学组分及含量	36
表 1-2-16 粉煤灰的化学成分	24	表 1-2-42 磷石膏的化学组分及含量	37
表 1-2-17 粉煤灰的活性值范围	25	表 1-2-43 氮肥行业所排出主要废渣的产生量及其 化学组分	38
表 1-2-18 数种煤矸石经煅烧后灰渣的化学成分	25	表 1-2-44 使用不同燃料造气所排出炉渣中的化学 组分及含量	38
表 1-2-19 高硅型尾砂(主要脉石矿为石英)的典型 化学成分	25	表 1-2-45 氨碱法生产纯碱所排废液及盐泥的物化 性质	39
表 1-2-20 高硅型尾砂(主要脉石矿为长石和石英) 的典型化学成分	26		
表 1-2-21 富钙型尾砂(主要脉石矿为方解石)的典 型化学成分	26		

表 1-2-46 氨碱生产中蒸馏废液(渣)的化学组分和含量	39	的关系	69
表 1-2-47 我国部分硫酸生产厂所产矿渣的化学组分及含量	40	表 1-3-5 批量大小与最少样品数额度的关系	69
表 1-2-48 若干主要有机原料及合成材料产品所排出废物的产生量和组分	40	表 1-3-6 从固体垃圾和垃圾收集容器中提取固体试样的关系	70
表 1-2-49 若干主要染料所产的固体废物、产生量、主要化学组分及含量	41	表 1-3-7 污泥样品量与浸出毒性分析结果的关系	70
表 1-2-50 感光材料行业固体废物的产生量及化学组分	42	表 1-3-8 废物最大颗粒直径与采取最少样品量的关系	71
表 1-2-51 石油行业中主要固体废物的名称及来源	43	表 1-3-9 污泥池中上、下层污泥的浸出毒性试验结果比较	71
表 1-2-52 石油精炼所排出主要废酸(H_2SO_4)液的化学组分及性状	43	表 1-3-10 炼金尾矿砂堆不同采样部位浸出毒性分析结果比较	71
表 1-2-53 石油精炼所排出各种废碱液的化学组分及含量	44	表 1-3-11 污泥样品浸出毒性检测结果	72
表 1-2-54 通用催化裂化催化剂新品种与回收物理化性能比较表	44	表 1-3-12 酸性含锌、镍废水经中和沉淀后污泥浸出液中的重金属浓度分析结果	76
表 1-2-55 典型页岩渣的化学组分、含量(质量%)及一般温度($^{\circ}C$)特性	44	表 1-3-13 管道排放含重金属污泥随机采样作浸出液测定结果(系统法)	77
表 1-2-56 石油炼制生产废水处理所产生的固体废物(三泥)性状	45	表 1-3-14 废矿石浸出液中铁浓度测定结果(系统随机采样法)	78
表 1-2-57 石油化工行业所排出主要固体废物的源头、排放量、化学组分及含量	46	表 1-3-15 炼金尾矿砂浸出毒性测定结果(系统随机采样法)	78
表 1-2-58 石油化纤行业所排出固体废物的类别、产生量及主要组分	47	表 1-3-16 生活垃圾不同产生源的成分构成比例	79
表 1-2-59 有色金属固体废物按危害程度定性分类名目表	48	表 1-3-17 焚烧炉除尘器收灰中重金属含量测定结果	80
表 1-2-60 国内重有色金属冶炼所排出废渣的一般化学组分及含量	50	表 1-3-18 焚烧炉除尘器收灰浸出毒性鉴别试验结果	80
表 1-2-61 我国部分稀有金属废渣化学组分及含量汇总表	52	表 1-3-19 废有机溶剂中氯浓度的测定结果	80
表 1-2-62 典型氧化铝厂生产技术、所排出赤泥量及其化学组分	57	表 1-3-20 小于 $3m^3$ 的垃圾箱(桶)的采样位置	82
表 1-2-63 电解槽生产金属铝所排出废碳块的化学组分及热值	57	表 1-3-21 贮罐(槽)装废物采样时各深度层份样品数的比例	84
表 1-2-64 若干产生危险废物的实例	58	表 1-3-22 垃圾成分分类	84
表 1-2-65 巴塞尔公约所列应加控制和须加特别考虑的废物类别	59	表 1-3-23 部分待测污染物的保存条件和保存时间	86
表 1-2-66 巴塞尔公约危险废物特性清单	60	表 1-3-24 生活垃圾物理成分分类	88
表 1-2-67 毒性物质的浸出毒性标准及测定方法	61	表 1-3-25 生活垃圾各成分的干基高位热值和干基氢元素含量	89
表 1-3-1 散状堆积炼金尾矿砂浸出毒性的采样误差与分析误差比较	67	表 1-3-26 高效液相色谱法测定多环芳烃的最低检测限	99
表 1-3-2 多袋污泥样品中铜浸出毒性的采样误差与分析误差比较	68	表 1-3-27 浸出毒性鉴别标准值	104
表 1-3-3 同一袋样品中铜浸出毒性的采样误差与分析误差比较	68	表 1-3-28 铜、铅、锌、镉测定一般仪器的使用条件	105
表 1-3-4 炼金尾矿砂浸出液中污染物浓度与样品量的关系	69	表 1-3-29 测定总铬一般仪器的使用条件	107
		表 1-3-30 镍测定一般仪器的使用条件	108
		表 1-3-31 钡测定一般仪器的使用条件	109
		表 1-4-1 土壤环境中的主要污染物类别和来源	115
		表 1-4-2 向环境释放重金属污染物的工矿企业	116
		表 1-4-3 化石燃料通过燃烧排出微粒中所含重金属污染物组分	116
		表 1-4-4 理想溶液中某些金属氢氧化物沉淀和溶	

解的适宜酸碱度	120	表 2-8-9 适宜污泥浓缩的离心机运行参数汇总表	240
表 1-4-5 大气中气溶胶(烟尘)对人类环境的影响	129	表 2-8-10 不同污泥的比阻抗值及压缩系数	242
表 1-4-6 我国若干城市所产生污泥中的重金属元素含量	131	表 2-8-11 污泥中投加铁盐和适量石灰的混凝效果比较	243
表 2-6-1 部分发达国家垃圾产量及年增长率	148	表 2-8-12 加药、淘洗对消化污泥调理效果的比较表	246
表 2-6-2 例 2-6-4 中垃圾容器收集安排计划	158	表 2-8-13 污泥高温加压热处理法的分离液性质与原污泥的对比表	247
表 2-6-3 垃圾移动容器收集操作法的收集路线安排计划	159	表 2-8-14 污泥调理的冷冻融解与投药混凝效果比较表	249
表 2-6-4 每日垃圾收集量安排计划	160	表 2-8-15 污泥干固体浓度、冷冻温度与冷冻时间和脱水性能间关系	251
表 2-6-5 固定容器收集垃圾操作法收集路线的集装次序计划	160	表 2-8-16 适用于滤布编织的各种材质主要性能比较表	254
表 2-6-6 图 2-6-4 中 A 点和 B 点间每日的行驶距离	160	表 2-8-17 滤布不同纱型对过滤性能的影响关系	254
表 2-6-7 转运站用地标准	164	表 2-8-18 滤布编织的结构形式对过滤操作的影响关系	255
表 2-6-8 水路转运站岸线计算表	165	表 2-8-19 实例 2-8-3 比阻抗值测定记录	256
表 2-6-9 转运站至处置场垃圾单位运价(元/t)和垃圾量(t/d)	166	表 2-8-20 污泥脱水技术的方式、原理、设备与适用范围汇总表	257
表 2-6-10 转运站垃圾调转方案的假设	167	表 2-8-21 GP 型转鼓真空过滤机型号与规格一览表	260
表 2-6-11 运用 Vogel 近似法计算行(列)差额	167	表 2-8-22 国产 PZG、PG 型转盘式真空过滤机系列性能表	261
表 2-6-12 运用 Vogel 近似法得到的初始可行基本解	168	表 2-8-23 连续式真空过滤器类型一览表	262
表 2-6-13 已知和拟建转运站的转运能力(R_i)和费用(E_i)汇总	169	表 2-8-24 不同类型真空过滤器械的基本性能与适应情况	263
表 2-6-14 运用 Vogel 近似法的计算结果	169	表 2-8-25 不同污泥使用日立克莱茵滚带压滤机的脱水效果一览表	269
表 2-6-15 危险废物鉴别使用术语说明	172	表 2-8-26 不同性质污泥使用转筒/压辊挤压机的脱水效果一览表	270
表 2-6-16 危险废物贮存专用容器汇总表	173	表 2-8-27 旋转重力脱水机的污泥脱水效果汇总表	273
表 2-6-17 危险废物收集工具一览表	174	表 2-8-28 通用离心机对不同种类污泥的脱水效果汇总表	276
表 2-7-1 填埋设备的工作性能汇总表	180	表 2-8-29 我国部分污(废)水处理厂污泥机械脱水效果	277
表 2-7-2 国产 YF-14 型压实机主要性能与国外同类产品的比较	181	表 2-8-30 污泥脱水造粒设备的脱水效果一览表	279
表 2-7-3 BC670RB 型垃圾压实机技术参数表	182	表 2-9-1 我国城市垃圾堆肥成分分析(1980—1985)	282
表 2-7-4 破碎机械按工艺要求分类表	186	表 2-9-2 我国堆肥与国外堆肥的肥效比较	284
表 2-7-5 破碎机—100 型规格表	190	表 2-9-3 几种常见病菌与寄生虫的死亡温度	286
表 2-7-6 破碎机—200 型规格表	191	表 2-9-4(A) 有关分离出的 19 类菌株的四种酶活性汇总表	288
表 2-7-7 半湿式分选系统性能实验数据汇总表	213	表 2-9-4(B) 分离出的 19 类菌株的生理生化特性比较表	288
表 2-8-1 压力输泥管最小设计流速一览表	221	表 2-9-5 堆肥过程中的氧浓度与发酵时间关系	290
表 2-8-2 污泥浓度与哈森—威廉系数关系	222		
表 2-8-3 污泥的不同脱水方法所产生残余水分和状态汇总表	225		
表 2-8-4 污泥浓缩沉降试验及有关固体通量值资料汇总表	229		
表 2-8-5 重力浓缩池运行参数汇总表	232		
表 2-8-6 浓缩池带搅拌栅的浓缩效果一览表	235		
表 2-8-7 标准气压下空气在水中的溶解度与空气密度关系表	238		
表 2-8-8 某些城市运行中气浮浓缩池的生产性资料	238		