



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境工程专业主干课程短学时系列教材

固体废物 处理与处置

宁平 主编

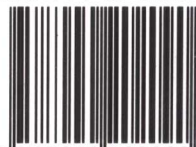


高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

环境工程专业主干课程短学时系列教材

水污染控制工程	罗固源
大气污染控制工程	蒋文举
▶▶ 固体废物处理与处置	宁平
环境监测	但德忠
物理性污染控制	陈杰榕
环境规划与管理	张承中
环境影响评价	曾向东
环境工程原理	陈杰榕

ISBN 978-7-04-020209-0



9 787040 202090 >

定价 24.50元



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境工程专业主干课程短学时系列教材

固体废物 处理与处置

宁平 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书为全国环境工程专业主干课程短学时系列教材之一,是为适应目前学科发展和人才培养的需求而编写的应用型教材,适合45学时左右的教学。

本书具有系统性、简明性和适用性的特点。较系统地介绍了固体废物“三化”的基本方法、原理、工艺和设备。在对现行教材内容提炼的基础上,增加了当前本领域新的技术、理论和设计原理。全书共分九章,内容包括:固体废物管理概述、固体废物的收运、固体废物的预处理、固体废物的物理化学处理、固体废物的生物处理、固体废物的热处理、固体废物的综合利用、固体废物的最终处置、危险废物和放射性废物的管理等,为加深对教材知识的理解,编入了典型图表、典型例题及习题与思考题。另外,在本书末附有《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《固体废物处理与处置产业及技术政策清单》、《固体废物管理相关标准及规范清单》。

本书适用于环境工程、环境科学、再生资源科学与技术及相关专业的本科生、研究生、专科生作教材或参考书,也可供长期从事固体废物处理与处置工程或科学研究的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与处置/宁平主编. —北京:高等教育出版社,2007.1
ISBN 978-7-04-020209-0

I. 固... II. 宁... 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(2006)第146169号

策划编辑 陈文 责任编辑 谭燕 封面设计 张申申 责任绘图 朱静
版式设计 余杨 责任校对 杨雪莲 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	唐山市润丰印务有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007年1月第1版
印 张	21.25	印 次	2007年1月第1次印刷
字 数	400 000	定 价	24.50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

物料号 20209-00

编写委员会成员

主任委员 罗固源

成 员 宁 平 蒋文举 张承中 陈杰瑛

序

高等学校环境工程专业主干课程短学时系列教材与本专业“固体废物处理与处置”、“水污染控制工程”、“大气污染控制工程”、“环境影响评价”、“环境规划与管理”、“环境工程原理”、“环境监测”、“物理性污染控制”8门核心课程相对应,其内容在近年来不断进行教学改革的基础上已经历过10年以上的应用和教学实践,并根据我国高等学校本科环境工程专业相关课程的基本要求,受教育部全国高等学校环境科学与工程教学指导委员会环境工程分委员会的委托组织编写的。各分册主编都具有非常丰富的教学经验,本系列教材各门课程的讲义在很多学校都进行了试用(见各分册材料),教学效果很好。

本系列教材是一套学时短,但内容精练的教材。教材的编写根据环境工程专业本科学生培养目标,针对当前各高校学时缩短和教学改革的情况,适应目前学科发展和人才培养的需求,全面整合教学内容,突出本学科相关知识在实践中的应用,注重学生实际操作能力的培养,强调系列课程教材的整体性和系统性,尽可能避免课程间内容的重复。

本系列教材从体系结构到内容具有新颖、系统、全面、科学、实用和普及的特点,注意了与相关课程的区别与联系。教材的取材和内容的深度都尽量充分考虑符合我国环境工程专业人才培养目标及课程教学的要求,能反映本学科研究和发展的先进成果和完整地体现相应课程应有的知识,重点考虑如何有利于学生认识、分析和解决环境污染控制与污染物的处理、处置原理和方法等相关问题的掌握与应用,以及对环境污染防治的发展战略、规划、建设项目及其他开发活动的实施行为进行分析、预测和评估,提出防治的对策与措施。

本系列教材也可用于环境工程领域工程技术人员的培养与培训,同时可作为工业企业环境保护与环境工程专业及管理的重要参考书。

本系列教材由重庆大学、四川大学、昆明理工大学、西安交通大学、西安建筑科技大学负责组织编写,重庆大学罗固源教授担任编委会主任。各教材的主编分别是:《水污染控制工程》:罗固源教授(重庆大学);《大气污染控制工程》:蒋文举教授(四川大学);《固体废物处理与处置》:宁平教授(昆明理工大学);《环境影响评价》:曾向东教授(昆明理工大学);《环境规划与管理》:张承中教授(西安建筑科技大学);《环境工程原理》:陈杰蓉教授(西安交通大学);《环境监测》:但德忠教授(四川大学);《物理性污染控制》:陈杰蓉教授(西安交通大学)。

教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会组织了对本系列教材的编写审查。环境科学与工程教学指导委员会主任委员、中国工程院院士、清华大学郝吉明教授担任本系列教材的主审,环境工程教学指导分委员会副主任委员、同济大学周琪教授担任本系列教材的副主审。编者在此深表谢意,并恳请各位读者对书中的不妥之处,批评指正。

罗固源

2006-4-20

前 言

《固体废物处理与处置》是根据国家教育部环境工程教学指导委员会制定的环境类核心课程的教学任务与基本要求,在总结多年教学实践和当前科研成果的基础上编写的。

全书共分九章。第一章为绪论,讲述固体废物的来源、种类、污染、污染控制措施、固体废物管理原则、管理制度、固体废物管理法规以及标准;第二章为固体废物的收集、贮存及清运,重点讲述城市生活垃圾的收运系统分析、收集线路设计和转运站设计;第三章为固体废物的预处理,重点讲述固体废物的压实、破碎、机械分选和污泥的浓缩与脱水的原理、方法和工艺设备;第四章为固体废物的物化处理,重点讲述了固体废物的浮选、化学浸出、固体废物的稳定化、解毒化处理以及固体废物的固化处理的原理、方法和工艺设备;第五章为固体废物的生物处理,重点讲述了固体废物的堆肥化、沼气发酵、微生物浸出以及蚯蚓处理技术的原理、方法和工艺设备;第六章为固体废物的热处理,重点讲述了固体废物的焚烧、热解以及焙烧的原理、方法和工艺设备;第七章为固体废物的资源化与综合利用,重点讲述了排放量大、来源广的几种固体废物的资源化利用途径和方法;第八章为固体废物的填埋处置,重点讲述了城市生活垃圾卫生填埋场的规划设计、渗滤液的污染防治及填埋气的控制及利用;第九章为危险废物及放射性固体废物的管理,重点讲述了放射性固体废物的安全处置和危险废物的安全处置。

全书由宁平主编,并编写了前言、第一章、第四章、第五章第三节、第六章第三节。第二章由张增强编写;第三章由谷晋川编写;第五章第一节、第二节、第四节由伍钧编写;第六章第一节由李正山编写;第六章第二节由薛勇编写;第七章由薛勇和王成端共同编写;第八章由刘丹和王志军共同编写;第九章由杨毅编写;瞿广飞进行了各章例题、习题和思考题的收集和整理,并编写了附件1、附件2、附件3。

在本书的编写过程中,先后征求了清华大学郝吉明教授、同济大学周琪教授、重庆大学罗国源教授及承担审稿工作的四川大学蒋文举教授的意见和建议,得到了他们的热情帮助和支持;本书还参考引用了一些从事教学、科研、生产工作的同志撰写的教材、论文等有关文献资料;高等教育出版社的陈文同志,对本书的编写和出版做了许多工作。在此一并表示感谢。限于编者的水平以及经验不足,缺点错误在所难免,敬请读者多多批评指正。

宁 平

2006年6月于昆明

目 录

第一章 绪论	1
第一节 固体废物的来源与分类	1
一、固体废物的来源	1
二、固体废物的分类	2
三、固体废物的排放量	5
第二节 固体废物的危害及污染控制	7
一、固体废物污染	7
二、固体废物污染危害	8
三、固体废物污染控制	10
第三节 固体废物管理	11
一、相关固体废物管理法规	11
二、“三化”原则和“全过程”管理原则	12
三、固体废物管理制度	14
四、我国的固体废物管理标准	15
习题与思考题	16
第二章 固体废物的收集、贮存及清运	17
第一节 城市生活垃圾的收集与清运	17
一、城市垃圾的收集、贮存及清运	17
二、城市垃圾收运路线的确定	29
第二节 城市垃圾转运站的设置	35
一、垃圾转运的必要性	35
二、转运站类型与设置要求	36
三、转运站选址要求	40
四、转运站工艺设计计算	41
第三节 危险废物的收集、贮存及清运	42
一、危险废物的产生与收集	42
二、危险废物的贮存	43
三、危险废物的清运	43
习题与思考题	44

第三章 固体废物的预处理	47
第一节 固体废物的压实	47
一、固体废物压实的目的	47
二、固体废物压实的原理	47
三、固体废物压实程度的度量	48
四、固体废物的压实设备	49
五、固体废物压实设备的选用	51
第二节 固体废物的破碎	51
一、破碎的目的	51
二、影响破碎效果的因素	51
三、破碎方法	53
四、破碎产物的特性表示	54
五、破碎工艺	55
六、破碎设备	55
七、其他破碎方法	59
第三节 固体废物的分选	63
一、人工分选	64
二、筛分	64
三、重力分选	68
四、磁力分选	74
五、电力分选	78
六、其他分选方法	80
七、分选效果的评价	81
八、分选回收工艺系统	81
第四节 固体废物的脱水	83
一、固体废物的水分及分离方法	83
二、浓缩脱水	84
三、机械脱水	85
习题与思考题	90
第四章 固体废物的物化处理	91
第一节 浮选	91
一、浮选原理	91
二、浮选药剂	91
三、浮选工艺过程	93
四、浮选设备	94

第二节 溶剂浸出	95
一、动力学过程	95
二、浸出过程的化学反应机理	96
三、几种典型浸出反应	97
四、影响浸出过程的主要因素	100
五、浸出工艺	101
六、浸出设备	103
第三节 固体废物稳定化/固化处理	106
一、稳定化/固化处理技术所涉及的概念和方法	107
二、稳定化/固化处理效果的评价指标	108
三、固体废物的药剂稳定化处理	109
四、固体废物固化处理	114
习题与思考题	126
第五章 固体废物的生物处理	127
第一节 固体废物的好氧堆肥处理	127
一、堆肥化的基本原理与影响因素	127
二、好氧堆肥工艺	132
三、堆肥腐熟度评价	134
第二节 固体废物的厌氧消化处理	135
一、厌氧消化原理	135
二、厌氧消化的影响因素	138
三、厌氧消化工艺	139
四、厌氧消化装置	141
第三节 固体废物的微生物浸出	145
一、概述	145
二、细菌浸出机理	146
三、细菌浸出工艺	147
四、细菌浸出处理放射性废渣	149
第四节 固体废物的其他生物处理技术	150
一、有机固体废物的蚯蚓处理技术	151
二、利用蚯蚓处理固体废弃物的优势及局限性	153
习题与思考题	154
第六章 固体废物的热处理	155
第一节 焚烧处理	155
一、概述	155

二、焚烧原理	157
三、热平衡和烟气分析	161
四、焚烧工艺	165
五、焚烧炉系统	170
第二节 固体废物的热解处理	174
一、概述	174
二、热解原理	175
三、热解工艺	178
四、典型固体废物的热解	178
第三节 固体废物的其他热处理方法	197
一、焙烧	197
二、固体废物的干燥脱水	201
三、固体废物的热分解和烧成	201
习题与思考题	202
第七章 固体废物的资源化与综合利用	204
第一节 工业固体废物的综合利用	204
一、冶金及电力工业废渣的利用	204
二、化学工业废渣的处理与利用	216
第二节 矿业固体废物的综合利用	221
一、矿业固体废物的种类与性质	221
二、矿业固体废物的综合利用技术	222
第三节 城市生活垃圾的综合利用	225
一、建筑垃圾的再生利用	225
二、废塑料的综合利用	227
三、废橡胶的再生利用	229
四、废纸的再生利用	231
五、废纤维织物的处理利用	234
第四节 农林固体废物的综合利用	237
一、农林废弃物的成分、性质与利用途径	237
二、农林废弃物的综合利用	238
第五节 城市污泥的综合利用	240
一、污泥的分类与性质	241
二、污泥的处理及综合利用	241
习题与思考题	246
第八章 固体废物的填埋处置	248
第一节 填埋场的规划和设计	248

一、卫生填埋场概述	248
二、填埋场选址	249
三、填埋场的环境影响评价	250
四、计划填埋量与填埋年限	251
五、场址开发利用计划	252
第二节 填埋场的防渗	253
一、防渗方式	253
二、防渗材料	254
三、防渗结构	257
第三节 渗滤液的收集与处理	262
一、渗滤液的产生及其特征	262
二、渗滤液产量估算	263
三、渗滤液的收集系统	264
四、渗滤液的处理	267
第四节 垃圾填埋气体的收集与利用	270
一、垃圾填埋气体的产生过程及其对环境的影响	270
二、填埋气产生量的预测	272
三、填埋气的收集	274
四、填埋气净化技术	277
五、填埋气的利用	280
习题与思考题	284
第九章 危险废物及放射性固体废物的管理	286
第一节 危险废物的安全处置	286
一、安全填埋场结构形式	287
二、危险废物的填埋处置技术	288
三、安全填埋场的基本要求	288
四、安全填埋场系统组成	292
第二节 放射性固体废物及其安全处置	296
一、放射性固体废物分类	296
二、放射性固体废物处置的目标和基本要求	297
三、低中水平放射性固体废物的处置	297
四、高放射性废物的安全处置	301
习题与思考题	303
附件 1	304
附件 2	317

附件 3 318

参考文献 322

第一章 绪 论

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(1996年4月1日施行)2004年予以修订通过,并于2005年4月1日起实施。在修订后的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中明确提出: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。

这里所指的生产包括基本建设、工农业,以及矿山、交通运输、邮政电信等各种工矿企业的生产建设活动;所指的生活包括居民的日常生活活动,以及为保障居民生活所提供的各种社会服务及设施,如商业、医疗、园林等;其他活动则指国家各级事业及管理机关、各级学校、各种研究机构等非生产性单位的日常活动。

从广义而言,废物按其形态有气、液、固三态,如果废物是以液态或者气态存在,且污染成分主要是混入一定量(通常浓度很低)的水或气体(大气或气态物质)时,分别看作废水或废气,一般应纳入水环境或大气环境管理体系,并分别有专项法规作为执法依据。而固体废物包括所有经过使用而被弃置的固态或半固态物质,甚至还包括具有一定毒害性的液态或气态物质。

应当强调指出的是,固体废物的“废”具有时间和空间的相对性。在此生产过程或此方面可能是暂时无使用价值的,但并非在其他生产过程或其他方面无使用价值。在经济技术落后国家或地区抛弃的废物,在经济技术发达国家或地区可能是宝贵的资源。在当前经济技术条件下暂时无使用价值的废物,在发展了循环利用技术后可能就是资源。因此,固体废物常被看作是“放错地点的原料”。

此外,固体废物还具有一些特性,如产生量大、种类繁多、性质复杂、来源分布广泛,并且一旦发生了由固体废物所导致的环境污染,其危害具有潜在性、长期性和不易恢复性。

第一节 固体废物的来源与分类

一、固体废物的来源

从原始人类活动开始,就有固体废物的产生,那时的固体废物主要是粪便、

动植物残渣。随着人类社会的进步,生产逐渐发展,同时也产生了许许多多新的废渣。17、18 世纪的工业生产主要是对自然物进行机械加工,多为改变物体的物理性质,这时主要产生一些简单的屑末。随着化学工业的发展,19 世纪末到 20 世纪初,产生了许多含有毒有害元素和人工合成物质的废渣,特别是含有汞、铅、砷、氰化物等的有毒有害废渣。20 世纪以来,人们的视野深入到了原子核的层次,实现了人工重核裂变和轻核聚变,产生了原子能工业,这就有了放射性废渣,并随着能源利用范围的扩大,又增加了许多新的废渣。人类发展到今天,对自然界的认识及改造向纵深发展,人类需求的多样化、高质量,生产高效率、分工细化、工业产品多样化,无数个生产环节排出无数种废渣,加之人类的任何消费和使用物品最后都要变成废物,这些庞杂的废渣组成了一个“废渣大家族”。

二、固体废物的分类

固体废物的种类繁多,性质各异。为便于处理、处置及管理,需要对固体废物加以分类。固体废物的分类方法很多,可按化学性质分为有机固体废物和无机固体废物。

按照污染特性可将固体废物分为一般固体废物、危险废物以及放射性固体废物。一般固体废物是指不具有危险特性的固体废物;危险废物是指列入国家危险废物名录或者国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的、具有危险特性的废物。危险废物的主要特征并不在于它们的相态,而在于它们的危险特性,即具有毒性、腐蚀性、传染性、反应性、浸出毒性、易燃性、易爆性等独特性质,对环境和人体会带来危害,须加以特殊管理。我国 1998 年 7 月 1 日实施的《国家危险废物名录》中规定了 47 类危险废物,该名录中规定的危险废物既包括固态废物,也包括液态以及具有外包装的气态废物。此外,由于放射性废物在管理方法和处置技术等方面与其他废物有着明显的差异,许多国家都不将其包含在危险废物范围内。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中也没有涉及放射性废物的污染控制问题。关于放射性固体废物的管理,在国家《辐射防护规定》(GB 8703—88)中规定,凡放射性核素含量超过国家规定限值的固体、液体和气体废物,统称为放射性废物。放射性固体废物包括核燃料生产、加工、同位素应用、核电站、核研究机构、医疗单位、放射性废物处理设施产生的废物如尾矿、污染的废旧设备、仪器、防护用品、废树脂、水处理污泥以及蒸发残渣等。

根据固体废物的来源可将其分为:工矿业固体废物、生活垃圾以及其他固体废物三类。各固体废物的来源及组成见表 1-1。

表 1-1 固体废物的来源及主要组成

类别	废物来源	废物中主要组成物
工 矿 业 固 体 废 物	矿山、选冶	废石、尾矿、金属、废木、砖瓦、水泥、砂石等
	能源煤炭工业	矿石、煤、炭、木料、金属、矸石、粉煤灰、炉渣等
	黑色冶金工业	金属、矿渣、模具、边角料、陶瓷、橡胶、塑料、烟尘、绝缘材料等
	化学工业	金属填料、陶瓷、沥青、化学药剂、油毡、石棉、烟道灰、涂料等
	石油化工工业	催化剂、沥青、还原剂、橡胶、炼渣、塑料、纤维素等
	有色金属工业	化学药剂、废渣、赤泥、尾矿、炉渣、烟道灰、金属等
	交通运输、机械	涂料、木料、金属、橡胶、轮胎、塑料、陶瓷、边角料等
	轻工业	木质素、木料、金属填料、化学药剂、纸类、塑料、橡胶等
	建筑材料工业	金属、瓦、灰、石、陶瓷、塑料、橡胶、石膏、石棉、纤维素等
	纺织工业	棉、毛、纤维、塑料、橡胶、纺纱、金属等
	电器仪表工业	绝缘材料、金属、陶瓷、研磨料、玻璃、木材、塑料、化学药剂等
食品加工工业	油脂、果蔬、五谷、蛋类食品、金属、塑料、玻璃、纸类、烟草等	
	军工、核工业等	化学药物、一般非危险废物、含放射性废渣、同位素实验室废物、含放射性劳保用品等
生 活 垃 圾	居民生活	饮料、食物、纸屑、编织品、庭院废物、塑料制品、金属用品、煤炭渣、家用电器、建筑垃圾、家庭用具、人畜粪便、陶瓷用品、杂物等
	各事业单位	纸屑、园林垃圾、金属管道、烟灰渣、建筑材料、橡胶玻璃、办公杂品等
	机关、商业系统	废汽车、建筑材料、金属管道、轮胎、电器、办公杂品等

各种工矿企业生产或原料加工过程中所产生或排出的废物,统称工业固体废物。工业固体废物又可细分为矿冶、能源、钢铁、化学、石油化工、有色金属等工业固体废物。矿冶工业固体废物主要包括矿山开采、选矿、冶炼、成型等加工过程所排出的固体废物,如尾矿、废矿石、废渣、剥离物等;能源工业固体废物主要包括煤炭、电力等部门所排出的固体废物,如煤矸石、粉煤灰、炉渣、废金属、烟尘等;钢铁工业固体废物主要包括黑色冶金工业等部门在钢铁冶炼、粗铁坯、轧钢、精炼、铁合金、烧结等加工过程所排出的固体废物,如炉渣、废金属、废建材、废模具、废橡胶等;化学工业固体废物主要包括无机盐、氯碱、磷肥、纯碱、硫酸、有机合成、染料、感光等原料和材料生产过程所产生的固体废物,如废催化剂、废化学药品、废酸碱、废三泥(底泥、浮渣、污泥)、废纤维丝、废片基等;而石油化学工业固体废物主要包括石油炼制、石油化工、石油化纤等生产过程所产生的固体废物,如废化学药剂、废催化剂、废三泥、聚合单体废块、废酸碱、废丝等;有色金属工业固体废物主要包括冶炼、稀有金属、轻金属(如铝)等在生产过程中所产生的固体废物,如浸出渣、净化渣、炉渣、阳极泥、金属废渣、熔炼渣、赤泥、残极、浮渣等。

各种固体废物的组成与其来源和产品生产工艺有密切关系。此外,由于原