



REATMENT AND DISPOSAL OF
SOLID WASTES

固体废物 处理与处置

主 编 李登新

副主编 甘 莉 刘仁平 谢 慧 关 杰

主 审 韩 伟

■ 高等院校环境类卓越工程师培养系列教材 ■

固体废物处理与处置

主 编 李登新

副主编 甘 莉 刘仁平 谢 慧 关 杰

主 审 韩 伟

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

固体废物处理与处置/李登新主编. —北京: 中国环境出版社, 2014.7

(高等院校环境类卓越工程师系列教材)

ISBN 978-7-5111-1781-6

I. ①固… II. ①李… III. ①固体废物处理—高等学校—教材 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 056088 号

出版人 王新程
策划编辑 葛 莉
责任编辑 葛 莉 董蓓蓓
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 7 月第 1 版
印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 25.5
字 数 620 千字
定 价 39.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编者的话

随着国民经济向高端制造业转型，高等教育对工科类人才的创新能力和实践能力提出了更高的要求。建设人力资源强国是我国可持续发展的战略支撑。《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》（教高[2011]1号）指出，卓越工程师教育培养的主要目标是“面向工业界、面向世界、面向未来，培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才，为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源基础，增强我国的核心竞争力和综合国力。以实施卓越计划为突破口，促进工程教育改革和创新，全面提高我国工程教育人才培养质量，努力建设具有世界先进水平、中国特色的社会主义现代高等工程教育体系，促进我国从工程教育大国走向工程教育强国。”

为适应我国当前工程师教育的发展形势，响应教育部实施的卓越工程师教育培养计划，配合国家环境专业综合改革方案，培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才，迫切需要编写出版符合新的专业（评估、认证）规范和卓越工程师计划要求的新教材。

鉴于此，中国环境出版社联合教育部环境特色专业、卓越计划高校，成立了由高等院校教师和企业、科研院所、行业协会、培训机构的专家共同组成的教材编审委员会，在反复学习、深刻领会教育部《卓越工程师教育培养计划》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》（教高[2011]1号）和《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》等文件的基础上，开发了这套《环境类卓越工程师培养系列教材》，希望能为环境类卓越工程师的培养作出积极贡献，成为环境工程卓越工程师教学标准体系和课程标准体系的载体，助力实现国家卓越工程师教育、培养一大批能够适应和支撑产业发展、创新型工程人才和具有国际竞争力的工程人才的目标。

该系列教材注重能力培养。与现有教材相比,更加突出对学生应用创新能力的培养;在教材内容和结构上,充分考虑知识与能力的关系,加大工程实践应用的比重,特别是与生产实践联系紧密的学科进行教材探索;同时开发相配套的实验教材,切实培养学生们的环境工程实践能力、综合运用交叉学科知识的能力和科技创新能力。

该系列教材突出校企联合。卓越工程师计划就是要强化主动服务行业企业需求的意识,创新高校与行业企业联合培养人才的机制,作为培养人才的重要载体,该套教材将从教学源头引入企业的参与,让学校教师、企业专家共同讨论,吸取企业一线最直接的建议和意见,引入企业生产实践中的典型案例,摒弃以往教材中理论与实践脱节的现象,使教材内容更加突出应用性、创新性和时代感。

《环境类卓越工程师培养系列教材》可作为高等院校环境工程、环境科学、给排水专业、资源环境类及相关专业的本科教材,也可作为高职高专相关专业的选用教材,还可供有关工程技术人员学习参考。

中国环境出版社

2014年7月

序 言

固体废物对环境的污染以及造成的资源浪费，是当今世界环境保护和资源保护的主要问题之一。联合国环境规划署曾将固体废物控制列为全球重大环境问题。固体废物的产生与排放，涉及领域很广，来源于各行各业，且量大、种类繁多、成分十分复杂，对其实行管理、减量化、无害化和资源化是一项复杂的系统工程。

本教材以大工程教育为背景，以多专业知识融合为前提，以提高学生工程思维能力、丰富知识体系、能力结构为创新点，守正创新、系统和规范。在教材内容和结构上，充分考虑知识与能力的关系，及时筛选补充与时俱进的新内容。教材中增加工程实践中应用的实际案例，培养学生的工程实践能力、综合运用交叉学科知识和科技创新能力，以及分析问题、解决问题的能力。

目前在教材选用上总是存在着或多或少的不足，特别是应用创新型本科教材，各版本之间、各院校之间差别更大，以学科理论体系为主导的编排方式，比比皆是。本教材是以应用创新工程型本科人才培养为目标，重点突出实际应用能力和创新能力的培养，特别是在污染控制、环境管理与规划、工艺选择与技术比较等方面与生产实践联系紧密，而且有相应的实验教材相配套。我们在现有教材的基础上，进行了深入的总结和研究，经过多方调研和编写组成员的多次讨论，拟定了新的教材编写内容，联合国内几所高校和相关企业进行了研讨，确定了以工程能力培养为中心的基本目标，符合卓越工程师培养计划的基本要求。

本教材主要内容包括固体废物管理与“三化”的基本原理，固体废物的来源、组成、分类和性质，城市固体废物、行业固体废物、危险固体废物等的产生方式、污染途径、处理处置技术和资源化利用技术，固体废物最终处置清洁生产方案等；并针对以上内容有目的地设计了典型案例，通过过程原理、设备特征、技术方法和工艺流程及技术比较与优选等案例分析，培养学生的工程实践能力。

参加本教材编著工作的(按篇章顺序)有:东华大学李登新、福建师范大学甘莉(第一篇);河北科技大学刘仁平、山东农业大学谢慧、上海第二工业大学关杰(第二篇);上海第二工业大学关杰、浙江工商大学龙於洋、华东交通大学刘雪梅、江西农业大学罗运阔、北京华新绿源环保产业发展有限公司张海青(第四篇、第五篇)。福建师范大学钱庆荣教授,西安交通大学梁继东,上海理工大学徐苏云,东华大学许士洪、季严荣、时鹏辉、李洁冰、李玉龙、苏瑞景、段元东、吕伟、周婉媛、邵先涛、孙秀枝、尹佳音、王倩、伊玉、陆钧皓和纪豪等为本教材相关章节提供或收集了部分技术资料,并进行了审核、校对等大量技术工作。全书由李登新统编、整理,并对部分篇、章进行了修改、增补和调整。在编著过程中得到了中国环境出版社的大力支持,书中引用了国内外出版的书籍、期刊、标准和规范,引用了众多已发表的最新科技成果、硕士论文、博士论文有关内容及中国环境科学学会环境工程分会论文集等;引用了国内外专利技术,在此一并致谢。

希望本教材能够对从事环境保护的固体废物处理与资源化的决策人员、科技人员和大专院校师生以及从事环境保护研究和技术开发有关人员有所裨益。

本教材限于编著者水平,不当之处敬请指正。

编著者

2014年3月26日

目 录

第一篇 绪 论

第一章 固体废物基本概念	2
第二章 固体废物的来源、特征及分类	4
第一节 固体废物的来源、特征与环境问题	4
第二节 固体废物的分类	5
思考题	7
第三章 固体废物管理措施与技术政策	8
第一节 固体废物行政管理体系	8
第二节 固体废物管理法律体系	10
第三节 固体废物的政府环境管理实践	12
第四节 固体废物的区域环境管理	14
第五节 企业的固体废物管理实践	18
思考题	24
第四章 固体废物处理与处置	25
第一节 固体废物处理与处置方法	25
第二节 固体废物处理处置基本原则、管理方法和制度	26
思考题	29
第五章 固体废物管理、处理与处置方案的优选	31
第一节 固体废物管理、处理与处置的技术评价	31
第二节 城市生活垃圾处理系统的生命周期评价	33
思考题	37
主要参考文献	37

第二篇 城市垃圾的综合利用工程

第六章 城市垃圾的来源、组分、性质与危害	40
第一节 城市垃圾的来源与特点	40
第二节 城市垃圾的组成和性质	41
思考题	46

第七章 城市垃圾分类、收集、运输与贮存47

 第一节 城市垃圾分类47

 第二节 城市垃圾的收集、运输与贮存50

 第三节 危险废物收运62

 第四节 垃圾收运设备选型67

 第五节 垃圾收运最新进展70

 思考题71

第八章 城市垃圾预处理原理及工艺72

 第一节 压实原理与工艺72

 第二节 粉碎原理与工艺77

 第三节 城市垃圾的分选87

 第四节 城市垃圾的脱水、干燥技术与工艺107

 思考题111

第九章 城市垃圾综合利用工程112

 第一节 塑料综合利用112

 第二节 废纸综合利用工程118

 第三节 建筑垃圾综合利用127

 第四节 餐厨垃圾综合利用137

 第五节 垃圾堆肥利用工程141

 第六节 焚烧法156

 第七节 热解法186

 第八节 城市垃圾的综合处理188

 思考题190

第十章 医疗废物的综合利用192

 第一节 医疗废物的组分及其危害192

 第二节 医疗废物处理中的管理措施194

 第三节 医疗废物的综合利用195

 思考题202

主要参考文献202

第三篇 典型行业固体废物的综合利用工程

第十一章 概 述204

第十二章 煤炭行业固体废物的综合利用206

 第一节 煤炭行业介绍206

 第二节 煤矸石综合利用工程209

第三节 粉煤灰综合利用工程	223
第四节 煤泥综合利用工程	228
思考题	233
第十三章 矿山和冶金工业固体废物的综合利用	234
第一节 矿山和冶金工业介绍	234
第二节 矿山和冶金工业固体废物来源、危害与特性	235
第三节 钢铁行业废渣的综合利用工程	241
第四节 黄金行业固体废物综合利用	249
第五节 赤泥的综合利用	253
第六节 铬渣的综合利用	256
思考题	260
第十四章 纺织印染行业固体废物的综合利用	261
第一节 纺织印染行业介绍	261
第二节 纺织印染行业的清洁生产	262
思考题	269
第十五章 农业固体废物的综合利用	270
第一节 农业固体废物介绍	270
第二节 农业固体废物综合利用工程	271
思考题	295
第十六章 废弃电子电器的资源化工程	296
第一节 电子废物的产生及处理现状	296
第二节 电子废物拆解的工艺流程	300
第三节 电子废物综合利用工艺产污环节及其污染防治	310
思考题	315
第十七章 化学工业固体废物综合利用工程	317
第一节 化学工业固体废物类别与来源	317
第二节 石油化学工业固体废物的综合利用	318
第三节 其他化学工业固体废物的综合利用	321
思考题	325
主要参考文献	326

第四篇 危险废物的无害化及综合利用工程

第十八章 危险废物产生、分类与管理	328
第一节 危险废物来源、分类与性质	329

第二节 危险废物管理	330
思考题	332
第十九章 危险废物的处理处置技术与应用	333
第一节 回转窑焚烧技术	333
第二节 物化处理技术	340
第三节 其他处理处置技术	342
思考题	343
第二十章 危险废物的固化和稳定化技术与工程	344
第一节 危险废物的固化（或稳定化）技术	344
第二节 危险废物的固化（或稳定化）工程	346
思考题	352
第二十一章 危险废物处理处置技术的评估与选择	353
思考题	357
主要参考文献	357

第五篇 固体废物最终处置

第二十二章 概 述	360
第一节 固体废物处置思路	360
第二节 固体废物填埋处置的分类	361
第三节 土地填埋处置	364
思考题	364
第二十三章 固体废物的卫生填埋处理	365
第一节 卫生填埋概述	365
第二节 卫生填埋场的总体设计案例	368
第三节 卫生填埋场填埋系统设计	371
第四节 填埋过程	375
第五节 防渗工程与渗滤液处理设计	376
第六节 填埋气体收集与利用设计	383
第七节 填埋场的环境监测设计	389
第八节 辅助工程与封场工程	390
第九节 经济评估	392
第十节 安全土地填埋	393
思考题	396
主要参考文献	398

第一篇 绪 论

本篇介绍固体废物有关基本概念，固体废物管理体系，国家、区域和企业固体废物管理的实践，固体废物处理与处置原理及技术等内容；通过学习，重点掌握固体废物相关的基本概念、国内外固体废物管理体系、管理方式和处理处置技术概况；掌握固体废物处理处置技术评价方法；了解国家、区域、企业固体废物管理异同点。

第一章 固体废物基本概念

1. 固体废物

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》规定的固体废物是指由人类生产建设、日常生活和其他活动中产生出来的，对产生者来说是不能用或暂时不能用、要抛弃的污染环境的固态、半固态的废弃物质。包括在工业、交通等生产活动中产生的工业固体废物，在城市日常生活或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的城市生活垃圾和列入国家危险废物名录中的危险废物。

2. 危险固体废物

危险固体废物特指有害废物，具有易燃性、腐蚀性、反应性、传染性、毒性和放射性等特性，来源于各种有危险废物产生的企业生产、人类生活等活动。从危险废物的特性看，它对人体健康和环境保护潜伏着巨大危害，如引起或助长死亡率增高；或使严重疾病的发病率增高；或在管理不当时给人类健康或环境造成重大急性（即时）或潜在危害等。

3. “3化”原则

减量化（decrease decrement）、资源化（resource）和无害化（innocuity）。

4. “3R”原则

通过遵循固体废物减少产生（reduce）原则，降低环境污染及资源永续利用的目的；遵循再利用（reuse）、再循环（recycle）原则实现节约资源。

5. “3C”原则

清洁生产（clean）、综合利用（cycle）、妥善控制（control）固体废物的原则。

6. 清洁生产

通过改变原材料、改进生产工艺、更换产品和绿色服务等来减少或避免固体废物的产生。

7. 全过程管理

将固体废物的产生—收集—运输—综合利用—处理—贮存—处置每个环节作为全过程进行控制，对固体废物的全过程及有关环节实行控制管理和开展污染防治。由于这一原则涉及从固体废物的产生到最终处置的全过程，也称为“从摇篮到坟墓”的管理原则。

8. 生活垃圾

指在日常生活或为日常生活提供服务活动中产生的固体废物，以及法律、行政法规视作为城市生活垃圾的固体废物。

9. 城市生活垃圾

城市生活垃圾也称城市固体废物，城市居民家庭、城市商业、餐饮业、旅馆业、旅游业、服务业以及市政环卫系统、城市交通系统、文教机关团体、行政事业、工矿企业等单位排出的固体废物（主要包括厨余物、废纸屑、废塑料、废橡胶制品、废编织物、废金属、

玻璃、陶瓷碎片、庭院废物、废旧家用电器、废旧家具器皿、废办公用品、废日杂用品、废建筑材料等)。

10. 固体废物处理

指利用不同的物化(如粉碎、压缩、干燥、蒸发、焚烧和氧化等)或生化(如消化分解、吸收)技术,将固体废物转化为便于运输、贮存、利用以及最终处置的另一种形体或结构物质过程。

11. 固体废物处置

指对已无回收价值或确属不能再利用的固体废物采取长期置于与生物圈隔离地带的技术措施,是解决固体废物最终归宿的手段,故也称为最终处理技术。

第二章 固体废物的来源、特征及分类

第一节 固体废物的来源、特征与环境问题

一、固体废物的来源

固体废物来自人类活动很多环节，主要包括生产、生活、自然灾害、战争等过程的一些环节。表 2-1 列出了各类发生源产生的主要固体废物，可见不同来源的固体废物性质也不同。同时，也要求有关从业者必须关注固体废物产生的源头，借用清洁生产全过程的理念从事固体废物管理，实现固体废物减量化、资源化和无害化。

表 2-1 各类发生源产生的主要固体废物

发生源	产生的主要固体废物
矿业	矿石、尾矿、金属、废木、砖瓦、砂石等
冶金、金属结构、交通、机械等工业	金属、渣、砂石、模型、芯、陶瓷、涂料、管道、绝热和绝缘材料、粘结剂、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、砂、石、纸、纤维等
食品加工业	肉、谷物、蔬菜、硬壳果、水果、烟草等
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、陶瓷、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
居民生活	食物、垃圾、纸、木、布、庭院植物修建物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、燃料灰渣、脏土、碎砖瓦、废器具、粪便、杂品等
商业、机关	同上，另有管道、碎砌体、沥青、其他建筑材料，含有易爆、易燃腐蚀性、放射性废物以及废汽车、废电器、废器具等
市政维护	脏土、碎砖瓦、树叶、死禽畜、金属、锅炉灰渣、污泥等
农业	秸秆、蔬菜、水果、果树枝皮、糠粃、任何禽畜粪便、农药等
核工业和放射性医疗单位	金属、含放射性废渣、粉尘、污泥、器具和建筑材料等

二、固体废物的特征

固体废物一般具有以下特征：①空间性。废物仅仅在某一个过程和某一个方面没有使用价值，并非在所有过程和一切方面都没有使用价值，某个过程产生的废物往会是另一过程的原料。②时间性。严格意义上讲，“资源”和“废物”是相对的，不仅生产、加工过程会产生大量被丢弃的物质，即使是任何产品或商品经过长期使用后都将变成废物。因此，固体废物处理处置和资源化将是以后面对的问题和任务。③持久危害性。由于固体废物成分多样性和复杂性，有机物和无机物、金属和非金属、有毒物和无毒物、有味和无味、单一物和聚合物等，固体废物的环境自然净化过程是长期、复杂和难以控制的，它比废水和废气对人们生活环境的危害更深远、更持久。④再生低成本性。一般来说，利用固体废物再生的过程要比利用自然资源生产产品的过程更能节能、省事、省费用。

三、固体废物的环境问题

固体废物环境问题有“四最”：①最具综合性的环境问题，固体废物的污染同时伴随着水污染和大气污染问题。②最难处置的环境问题，固体废物在“三废”中最难处置，所含成分相当复杂，其物理性状也千变万化，没有废水、废气处置那么简单。③最晚受到重视的环境问题。④最贴近生活的环境问题。

第二节 固体废物的分类

固体废物的分类方法很多，按其组成可分为有机废物和无机废物；按其危害状况可分为危险废物（氰化尾渣、含汞废物等，见危险废物名录）、有害废物（指腐蚀、腐败、剧毒、传染、自燃、锋刺、放射性等废物）和一般废物；按其形态可分为固体废物（块状、粒状、粉状）、半固态废物（废机油等）和非常规固态废物（含有气态或固态物质的固态废物，如废油桶、含废气态物质、污泥等）；按其来源可分为工业固体废物、矿业固体废物、农业固体废物、城市生活垃圾、危险固体废物、放射性废物和非常规来源固体废物。

一、工业固体废物

工业固体废物是指工业生产过程和工业加工过程中产生的废渣、粉尘、碎屑、污泥等。

（一）冶金固体废物

冶金固体废物主要是指各种金属冶炼过程中排出的残渣，如高炉渣、钢渣、铁合金渣、铜渣、锌渣、镍渣、铬渣、镉渣、汞渣、赤泥等。

（二）燃料灰渣

燃料灰渣是指煤炭开采、加工、利用过程中排出的煤矸石、粉煤灰、烟道灰、页岩灰等。

（三）化学工业固体废物

化学工业固体废物是指化学工业生产过程中产生的种类繁多的工艺渣。如硫铁矿烧渣、煤造气炉渣、油造气炭黑、黄磷炉渣、磷泥、磷石膏、烧碱盐泥、纯碱盐泥、化学矿山尾矿渣、蒸馏釜残渣、废母液、废催化剂等。

（四）石油工业固体废物

石油工业固体废物是指石油开采、炼油和油品精制过程中排出的固体废物，如碱渣、酸渣以及炼厂污水处理过程中排出的浮渣、含油污泥等。

（五）矿业固体废物

矿业固体废物主要包括废石和尾矿。废石是指各种金属、非金属矿山开采过程中从主矿上剥离下来的各种围岩，尾矿是在选矿过程中提取精矿以后剩下的尾渣。

（六）粮食、食品工业固体废物

粮食、食品工业固体废物是指粮食、食品加工过程中排弃的谷屑、下脚料、渣滓等。

（七）其他

此外，尚有机械和木材加工工业产生的碎屑、边角下料，刨花、纺织、印染工业产生的泥渣、边料等。

二、农业固体废物

农业固体废物是指农业生产、畜禽饲养、农副产品加工以及农村居民生活活动排出的废物，如植物秸秆、人和禽畜粪便等。

三、城市生活垃圾

城市生活垃圾是指居民生活、商业活动、市政建设与维护、机关办公等过程产生的固体废物。

（一）居民生活垃圾

城市是产生生活垃圾最为集中的地方，主要包括厨余垃圾、废纸、织物、家用什具、玻璃陶瓷碎片、废电器制品、废塑料制品、煤灰渣、废交通工具等。