

高等学校教材

固体废物的处理与处置

(修订版)

毕振明 高忠爱 祁梦兰 吴天宝 合编

高等教育出版社

(京) 112号

内 容 提 要

本书在第一版的基础上, 结合近年来有关专业在使用过程中提出的建议和国内外关于固体废物管理、处理处置与利用等方面的进展, 作了较大的修订。

全书共十二章, 第一章绪论, 对固体废物的来源、分类、特点、污染控制途径、处理处置技术以及全面管理作了概括论述。其后各章分为三个部分: 第二至第六章为固体废物预处理, 讲述固体废物的收集、压实、破碎、分选、增稠、固化等原理和方法; 第七至第十一章为固体废物资源化技术, 重点讲述焚烧、热解、高温堆肥、沼气发酵等处理利用技术和电力、煤炭、冶金、化工、石油等工业废渣的处理与利用; 第十二章为固体废物最终处置, 讲述海洋处置和陆地处置的原则、工艺与技术。

本书除适用于高等工业院校环境工程专业本科教学使用外, 还可供从事环境保护工作的技术人员及中等学校环境课程的教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物的处理与处置/毕振明等编. —修订版. —北京:
高等教育出版社, 1993. 10 (1998重印)
ISBN 7-04-004363-7

I. 固… II. 毕… III. 固体废物-废物处理 IV. X705

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第26050号

*

高等教育出版社出版
新华书店总店科技发行所发行
张家口市印刷总厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 13.5 字数 350 000

1993年10月第1版 1998年4月第4次印刷

印数 16 354—21 363

定价 13.00 元

再 版 前 言

进入80年代,发达国家的固体废物污染治理,已成为环境污染治理的主要内容之一,经过十多年的工作,这种污染已经得到一定程度的控制。我国在固体废物管理、处理处置以及利用等方面起步较晚,发展水平与世界许多国家相比有不少差距,即与国内的废水、废气污染治理相比也存在较大距离。基于这一客观情况,作为环境工程专业主要课程之一的“固体废物污染治理”,尚未形成严整的理论体系和实践体系。本书第一版即是在这一背景下适应教学需要面世的。

《固体废物处理与处置》于1988年出版,并作为高等工业院校环境工程专业本科教材被许多学校选用。经过5年时间,国内外固体废物的研究与利用,取得不少进展,书中部分内容已略显陈旧。高等学校环境工程教学指导委员会决定对本书进行适当修订,以适应学科发展和教学的需要。

修订版在原书体系结构的基础上,适当更新内容,删除了一部分早期的统计资料,补充了一些反映国内外固体废物处理处置方面的新技术,适当加强了理论和工程应用方面的内容,并增加了例题和习题。

修订版由原来的七章扩大为十二章,第一章绪论,其他各章分为三个部分:第一部分讲述固体废物的预处理技术和方法,包括收集、压实、破碎、分选、增稠、固化,第二部分讲述固体废物的资源化技术和应用,包括焚烧、热解、高温堆肥、沼气发酵以及几大类典型固体废物的综合利用;第三部分讲述固体废物最终处置的原则、工艺和技术,包括海洋处置和陆地处置。

担任修订工作的人员和分工是:华东化工学院高忠爱,承担第二、第七、第八章和第十一章第三、四、六、七节;河北轻化

工学院祁梦兰，承担第三、第四、第五、第六章；清华大学吴天宝，承担第十二章；河北轻化工学院毕振明，承担第一、第九、第十章和第十一章第一、二、五、八节以及全书统稿工作。

担任本书审定工作的是：清华大学俞珂（主审），华北电力学院叶昌仁，北京工业大学余明汉，河北轻化工学院孙裕生，同济大学赵由才，高等教育出版社陈文，此外，一些高校同行和使用此教材的同志，也为本书的修订提供了很好的意见，最后由陈文同志进行编辑加工，仅在此一并表示感谢！

限于编者水平和经验，缺点和疏误恐仍难避免，敬希使用本教材的教师和读者不吝指教！

编 者

1992年12月

前 言

《固体废物处理与处置》是根据国家教育委员会高等工业学校环境工程类教材委员会关于本门课程的教学任务与基本要求编写的。

编者依据自己多年讲授本课程的基本内容和体系，于1985年编写了“固体废物处理与处置”（讲义），并于同年报送环境工程类教材委员会评审，本书即是在评审的基础上，依据教材委员会的决定，修改写成的。

全书共七章。第一章为绪论；第二章为固体废物的预处理，讲述固体废物的压实、破碎、分选、增稠以及稳定化和固化等处理原理和方法；第三、四、五、六各章为固体废物的资源化，按照我国固体废物管理的方针和要求，重点讲述了排量大、来源广的几种固体废物和部分有毒废渣的资源化利用途径和方法；第七章讲述固体废物的最终处置方法和技术。

全书由毕振明主编，并编写了前言、第一、二、三、四、五、六章和第七章第五节的一、二部分，清华大学环境工程研究所吴天宝同志承担了第七章的主要编写工作。

在本书编写过程中，先后征求了承担审稿工作的林肇信副教授（北京工业大学）和石青高级工程师（国家环保局废物管理处处长）的意见，得到了他们的热情帮助和支持。城乡建设环境保护部城市环境卫生管理处王保祥同志、有色冶金研究总院环保室李少时同志、中国农业科学院土壤肥料研究所金维续同志、清华大学吴天宝同志为本书编写提供了重要资料。河北化工学院环工系王颖珩副教授对本书编写给予了许多具体帮助。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。高等教育出版社张月娥、陈文两同志，对本书的

编辑和加工做了许多工作。仅在此一并表示感谢。

限于编者的水平以及经验不足，缺点错误在所难免，敬希读者多多批评指正。

茅振明

1987年1月于河北化工学院

目 录

第一章 绪论	1
第一节 固体废物的来源和分类	1
一、固体废物的来源.....	1
二、固体废物的排量.....	2
三、固体废物的分类.....	4
第二节 固体废物的污染及其控制	7
一、固体废物污染途径.....	7
二、固体废物污染危害.....	7
三、固体废物污染控制.....	12
第三节 固体废物处理处置方法	14
一、固体废物处理方法.....	14
二、固体废物处置方法	15
第四节 控制固体废物污染的技术政策.....	16
一、我国控制固体废物污染技术政策的产生.....	16
二、“无害化”	16
三、“减量化”	17
四、“资源化”	18
第五节 固体废物管理	21
一、固体废物管理程序和内容	22
二、固体废物管理方法	23
第二章 固体废物的收集、运输与压实	27
第一节 工业固体废物的收集、运输	27
第二节 城市垃圾的收集、运输	28
一、生活垃圾的收集方式及收集容器	28
二、收集系统分析.....	31
三、收集线路设计.....	39
第三节 固体废物的压实	41
一、压实目的及操作原理.....	41

二、固体废物压实器.....	42
三、压实器的选择.....	45
第三章 固体废物破碎	47
第一节 破碎的基础理论	47
一、破碎的目的.....	47
二、固体废物的机械强度和破碎方法.....	47
三、破碎比、破碎段与破碎流程	50
第二节 破碎机.....	52
一、颚式破碎机.....	52
二、锤式和冲击式破碎机.....	54
三、剪切式破碎机.....	60
四、辊式破碎机.....	62
五、球磨机.....	63
第三节 低温破碎与湿式破碎.....	64
一、低温破碎.....	64
二、湿式破碎.....	66
三、半湿式选择性破碎分选.....	68
第四章 固体废物分选	70
第一节 筛分.....	70
一、筛分基本理论.....	70
二、筛分设备类型及应用.....	74
第二节 重力分选.....	77
一、概述.....	77
二、重介质分选.....	77
三、跳汰分选.....	80
四、风力分选.....	82
五、摇床分选.....	83
第三节 磁力分选.....	91
一、磁选.....	91
二、磁流体分选 (MHDS)	95
第四节 电力分选.....	98
一、电选的基本原理.....	98
二、电选设备及应用	102

第五节 浮选	103
一、浮选原理	103
二、浮选药剂	103
三、浮选设备	106
四、浮选工艺过程及应用	107
第六节 其他分选方法	109
一、摩擦与弹跳分选	109
二、光电分选	116
第七节 分选回收工艺系统	116
一、城市垃圾分选回收工艺系统	116
二、粉煤灰分选回收系统	117
三、从煤矸石中分选回收硫铁矿系统	118
第五章 污泥的浓缩与脱水	120
第一节 概述	120
一、污泥的种类	120
二、污泥中的水分及其分离方法	120
三、污泥处置	122
第二节 污泥浓缩	123
一、重力浓缩法	123
二、气浮浓缩法	124
三、离心浓缩法	125
第三节 污泥调理	126
一、化学调理	126
二、淘洗	126
三、加热加压调理	127
四、冷冻融化调理	128
第四节 污泥脱水	128
一、真空过滤脱水	128
二、压滤脱水	130
三、滚压脱水	132
四、离心脱水	134
五、造粒脱水机	137
第六章 固体废物固化	140

第一节 概述	140
第二节 水泥固化	141
一、水泥固化原理	142
二、水泥与添加剂	142
三、水泥固化法的应用	144
四、水泥固化法的特点	144
第三节 沥青固化	144
一、概述	144
二、沥青固化的基本方法	145
三、沥青固化体的性质及其影响因素	148
第四节 塑料固化	149
一、塑料固化原理	149
二、塑料固化的应用及其特点	150
第五节 玻璃固化	150
一、玻璃固化原理	150
二、玻璃固化方法及工艺流程	151
三、玻璃固化法的特点	153
第六节 其他固化方法	153
一、石灰固化	153
二、自胶结固化	154
三、水玻璃固化	155
第七章 可燃固体废物的焚烧	157
第一节 可燃固体废物的热值	157
一、有关热值的计算	157
二、废物热值利用方式	161
第二节 固体物质的燃烧	163
一、概述	163
二、固体废物的燃烧过程及其动力学	166
三、影响固体物质燃烧的因素	175
四、有关停留时间的计算	178
第三节 燃烧过程污染物的产生与防治	180
一、几种有机组分的产生与防治	180
二、煤烟的产生与防治	183

三、焚烧残渣的处理和利用	184
第四节 固体废物的焚烧设备	187
一、多段炉	187
二、回转窑焚烧炉	191
三、流化床焚烧炉	192
四、多室焚烧炉	194
五、废塑料专用焚烧炉	196
六、典型垃圾焚烧炉	197
七、各种特殊焚烧炉	201
第八章 固体废物的热解	209
第一节 概述	209
一、热解概念	209
二、热解原理	210
三、热解方式	210
第二节 典型固体废物的热解	211
一、废塑料的热解产物及工艺流程	211
二、废橡胶的热解产物及工艺流程	215
三、城市垃圾的热解产物及工艺流程	218
四、农用固体废物的热解产物及工艺流程	225
五、污泥热解产物及热解工艺	226
第九章 可生化降解固体废物的处理与利用	229
第一节 好氧生物降解制堆肥	229
一、堆肥化概述	229
二、好氧堆肥程序、工艺、装置和影响因素	233
三、堆肥质量	240
四、堆肥的农业效用	242
第二节 厌氧发酵制沼气	244
一、有机物的厌氧发酵过程	245
二、发酵原料	246
三、发酵工艺和影响发酵的因素	251
四、发酵装置——水压式沼气池	254
五、城市污水污泥与粪便的厌氧发酵处理	262
第十章 煤系固体废物的处理与利用	267

第一节 粉煤灰	267
一、粉煤灰的形成与排输	267
二、粉煤灰的组成	268
三、粉煤灰的物理性质和品质指标	272
四、粉煤灰的活性	274
五、粉煤灰做建筑材料	277
六、粉煤灰的农业利用	286
第二节 煤矸石	288
一、概述	288
二、煤矸石的组成	289
三、煤矸石的活性	293
四、煤矸石燃烧设备和能量转换效果	296
五、煤矸石做建筑材料	301
第十一章 冶金与化工典型固体废物的处理与利用	306
第一节 高炉渣	306
一、高炉渣的组成	306
二、高炉渣的性能	308
三、高炉渣的利用	312
第二节 钢渣	316
一、钢渣的来源及组成	316
二、钢渣的处理与加工	319
三、钢渣的利用	321
第三节 硫铁矿烧渣	326
一、硫铁矿烧渣的来源及组分	326
二、硫铁矿烧渣炼铁和生产建材	327
三、从硫铁矿烧渣中回收有色金属	330
第四节 铬渣	336
一、铬渣的来源及组分	338
二、铬渣的综合利用	340
三、铬渣的解毒处理	341
第五节 赤泥	342
一、赤泥的来源和性质	342
二、赤泥的利用	343

三、赤泥的防治	345
第六节 废石膏	345
一、废石膏的来源及组成	345
二、磷石膏的综合利用	346
第七节 石油、化工废催化剂	349
一、概述	349
二、回收利用实例	350
第八节 其他有毒废渣	352
一、砷渣	353
二、汞渣	353
三、电镀污泥	354
四、氟渣	354
第十二章 固体废物的最终处置	356
第一节 处置方法概述	356
一、处置的要求及分类	356
二、海洋处置	357
三、深井灌注处置	362
四、土地填埋处置	365
第二节 卫生土地填埋	367
一、概述	367
二、场地的选择	369
三、场地的设计	369
四、填埋方法	378
五、填埋操作	380
第三节 安全土地填埋	382
一、概述	382
二、场地的选择与勘察	384
三、环境影响评价	287
四、填埋场的结构	393
五、填埋场面积的确定	395
六、地下水保护系统	395
七、地表径流控制	398
八、气体控制	398
九、填埋操作	399

十、封场	399
十一、辅助设施	402
十二、场地监测	403
第四节 浅地层埋藏处置	407
一、概述	407
二、场地选择	409
三、场地的设计	410
四、沟槽式浅地层埋藏	413
五、混凝土结构式浅地层埋藏	414

第一章 绪 论

固体废物（简称废物）是指在社会的生产、流通、消费等一系列活动中产生的一般不再具有原使用价值而被丢弃的以固态和泥状赋存的物质。

在具体生产环节中，由于原材料的混杂程度，产品的选择性以及燃料、工艺设备的不同，被丢弃的这部分物质，从一个生产环节看，它们是废物，而从另一生产环节看，它们往往又可以作为另外产品的原料，而是不废之物。所以，固体废物又有“放错地点的原料”之称。

固体废物问题是伴随人类文明的发展而发展的。人类最早遇到的固体废物问题是生活过程中产生的垃圾污染问题。不过，在漫长的岁月里，由于生产力水平低下，人口增长缓慢，生活垃圾的产生量不大，增长率不高，没有对人类环境构成象今天这样的污染和危害。随着生产力的迅速发展，人口向城市集中，消费水平不断提高，大量工业固体废物排入环境，与生活垃圾的产量相伴剧增，成为严重的环境问题。

固体废物的产生有其必然性。这一方面是由于人们在索取和利用自然资源从事生产和生活活动时，限于实际需要和技术条件，总要将其中一部分作为废物丢弃；另一方面是由于各种产品本身有其使用寿命，超过了一定期限，就会成为废物。

第一节 固体废物的来源和分类

一、固体废物的来源

固体废物来自人类活动的许多环节，主要包括生产过程和生

活过程的一些环节。表1-1列出从各类发生源产生的主要固体废物。

表1-1 从各类发生源产生的主要固体废物

发生之原	产生的主要固体废物
矿业	废石、尾矿、金属、废木、砖瓦和水泥、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、粘土、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
橡胶、皮革、塑料等工业	橡胶、塑料、皮革、布、线、纤维、染料、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
居民生活	食物、垃圾、纸、木、布、庭院植物修剪物、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 其它建筑材料,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、管理部门	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、果树枝条、糠秕、人和禽畜粪便、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

注：引自《中国大百科全书》环境科学卷，P132。

二、固体废物的排量

经济的不断增长，生产规模的不断扩大，人类需求的不断提高，随之而来的固体废物排出量也不断增加。表1-2是1981年—

些工业发达国家排出的各种固体废物的数量。

表1-2 1981年一些工业发达国家固体废物产量统计(单位: 10^4t)

	英国	法国	荷兰	比利时	意大利	瑞典	芬兰	日本	前联邦德国	美国
城市垃圾	20.00	12.50	5.20	2.60	21.00	2.50	1.10	35.00	20.00	150.00
工业废物	45.00	16.00	2.00	1.00	19.00	2.00	—	—	13.00	60.00
污 泥	—	8.00	1.00	—	—	—	—	125.00	7.00	—
有害废物	5.00	2.00	1.00	—	—	—	0.40	—	3.00	57.00
炉 灰	12.00	—	—	—	—	—	—	—	13.00	—
矿业废物	60.00	42.00	—	—	—	—	—	—	80.00	1890.00
建筑废物	3.00	—	6.50	—	—	—	0.30	75.00	96.00	—
农业废物	250.00	220.00	1.00	—	130.00	32.00	—	44.00	260.00	660.00

目前,工业发达国家的工业固体废物每年平均以2—4%的增长率增加。其主要发生源是冶金、煤炭、火力发电三大部门,其次是化工、石油、原子能等工业部门。

近年来,工业发达国家由于城市化和居民消费水平的提高,城市生活垃圾的增长也十分迅速。美国1970—1978年,因为经济萧条,生活垃圾增长不快,仅为2%,1978年后,随着经济复苏,增长率恢复到4%以上,目前达到5%。欧洲经济共同体国家生活垃圾平均增长率为3%,前联邦德国为4%,北欧瑞典为2%,南朝鲜近几年经济发展较快,生活垃圾年增长率为11%。

据不完全统计,目前我国每年产生各种工业固体废物和尾矿近6亿吨,其中煤矸石和尾矿各占1亿多吨,各种工业锅炉渣为8000多万吨。1991年,仅粉煤灰就达6800多万吨。1991年与1990年相比,我国工矿业固体废物的产量增长了1.7%(未包括乡镇工业)。表1-3为全国工业固体废物产生量发展趋势,由表可知,

表1-3 我国工业固体废物产生量发展趋势(1981—2000年)

年 份	1981	1985	1987	1995	2000
工业固体废物 (10^4t)	37660	46150	52920	61420	69350

注:摘自中国科学报社,国情与决策,北京出版社,1990.9,239页。