编 委 会 主 任

赵 由 才

编 委 会 成 员

（按姓氏汉语拼音排列）

边炳鑫	柴晓利	陈　彬
方建民	黄仁华	李广科
龙　燕	牛冬杰	宋立杰
王罗春	吴　军	张　华

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（京）新登字 039 号

图书在版编目（CIP）数据

生活垃圾卫生填埋技术/赵由才，龙燕，张华主编．
北京：化学工业出版社，2004.3
（固体废物处理与资源化丛书）
ISBN 7-5025-5274-X

Ⅰ.生… Ⅱ.①赵…②龙…③… Ⅲ.垃圾处理-
卫生填埋 Ⅳ.X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 019021 号

固体废物处理与资源化丛书
生活垃圾卫生填埋技术
赵由才 龙 燕 张 华 主编
责任编辑：管德存 徐 娟
责任校对：郑 捷
封面设计：蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社
环境科学与工程出版中心 出版发行
（北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029）
发行电话：（010）64982530
http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销
聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 27 字数 670 千字
2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-5274-X/X·397
定 价：58.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

序

随着我国国民经济和社会的发展，固体废物产生量在迅速增加。在我国的城镇中，以生活垃圾为主的固体废物的收集、运输、处理与处置、分类与分选、资源化循环利用等，不仅是当地政府的重要日常工作，也是当今社会可持续发展的核心内容。

固体废物处理与资源化，首先强调的是资源化，即物质的循环使用。所谓固体废物的资源化，一方面是固体废物通过简单加工后的再利用，另一方面是通过功能的改变而得到再利用。通过简单维修或转换使用者，不能认为是固体废物的资源化过程。分类的固体废物资源化过程应该比混合的各种固体废物资源化过程更容易实现。因此，实行固体废物分类收集、运输、储存和加工，是资源化的最佳路径，应该持之以恒地加以实施。

固体废物的处理，一般是指不考虑再利用的无害化方法，如生活垃圾的填埋与焚烧、放射性废物的固化与稳定化、危险废物的去毒化与安全填埋等。有机可降解废物的堆肥既是一种固体废物的处理方法，也是一种资源化方法。

近二十年来，我国在固体废物处理与资源化方面发展较快，越来越多的高等院校和科研单位开始进行固体废物的研究工作，许多企业也积极介入固体废物的处理与资源化行业，从业人员数量迅速增加。同时，我国政府和企业在固体废物处理与资源化方面的投入逐年增加，研究开发了一系列新技术、新方法，在传统技术的改造和改良方面也有进展。另外，国外大量相关企业也在我国开展业务，在管理和技术方面积累了许多经验教训。因此，全面总结和介绍国内外固体废物处理与资源化技术，对于发展我国的环境保护事业，具有重要的意义。

本丛书反映了国内外固体废物处理与资源化领域的发展现状和趋势，内容覆盖了生活垃圾、危险废物、一般工业废物、建筑废物、放射性废物等的处理与资源化各个方面，适于从事固体废物研究、开发、教学、培训和管理等的人员阅读参考。

赵由才

2004 年 1 月

前　　言

我国现有700座中等规模以上的城市，2300多座县城，33000座镇。在这些城镇里，居住着3.5亿居民。按照每天每人日产生活垃圾1千克计，每天可产生35万吨生活垃圾，而1年就是1.3亿吨。如果加上市郊居民，城市居民人口估计有4亿以上，年产生活垃圾超过1.5亿吨。生活垃圾经过适当压缩后，密度约为0.8t/m^3。因此，1.5亿吨生活垃圾相当于1.9亿立方米。

根据我国目前的经济现状和未来的发展趋势，在今后相当长时间里，卫生填埋仍然是我国处理生活垃圾最重要的方法。一个城市在选择生活垃圾出路时，首先应该考虑的是卫生填埋。卫生填埋场是卫生填埋的载体，其建设周期短，投资相对较低，并且可以分段投入，管理方便，现场运行比较简单。另外，从可持续发展来看，生活垃圾选择填埋场填埋，事实上是一种以资源的形式保存给后代，待一次资源枯竭或科学技术发展后，人们可以对填埋在卫生填埋场中的垃圾资源进行开采和重新利用。

应用卫生填埋方法处理生活垃圾的国家很多。在发展中国家，99％以上的生活垃圾采用卫生填埋（或简单堆放）处理，对于国土面积较大的发达国家，也有许多国家采用卫生填埋方法。在我国，99％以上的生活垃圾是采用卫生填埋或简单堆放进行处理或处置的。在建设和运行卫生填埋场过程中，如果严格按照卫生填埋场的标准进行，是不可能产生二次污染的。因此，卫生填埋是一种可靠、卫生和安全的生活垃圾处理方法。

卫生填埋法在我国的应用时间已有十几年的历史。十几年来，我国许多科研部门和应用单位积极探索适合我国的生活垃圾卫生填埋技术，取得了许多宝贵经验。我国地域广阔，南北和东西的气候、生活习惯等差异很大，生活垃圾中的含水率、组成等也有很大差别。因此，在进行生活垃圾卫生填埋时，应根据当地的实际情况，确定渗滤液和沼气的收集与处理设施的设计与建设方案，以及封场后的管理期限等。

作者在1999年编写了《城市生活垃圾卫生填埋场技术与管理手册》（化学工业出版社出版）一书。这几年来，我国卫生填埋场的建设速度非常快，虽然该手册已多次印刷，但仍然供不应求。我国各级政府非常重视卫生填埋技术的研究，加上已经建成的卫生填埋场的运行经验总结，与四年前相比，卫生填埋技术已经得到了比较迅速的发展，因此，有必要对该手册进行补充和完善。

本书的内容覆盖了卫生填埋技术的各个方面，包括生活垃圾产量预测，填埋场选址，总体设计，渗滤液和沼气的收集与处理，封场与终场利用，填埋场土力学、填埋场稳定化与矿化垃圾利用，日常运行管理、填埋场设计实例等，可供卫生填埋工程设计人员、大、中专师生、管理人员、科研人员参考。

本书由赵由才、龙燕、张华主编。参加本书编写的有：金龙、赵由才（第一章），金龙、张华、孙昕（第二章），陈彬（第三章），赵由才、王雷、龙燕（第四章），边炳鑫（第五章第一、二、四节），黄仁华、张华（第五章第三节），邓志文、戴伟华、宋立杰（第六章第一至四节），宋立杰、邓志文、戴伟华（第六章第五、六节），吴军（第七章），张华（第八章），曹学新、戴伟华（第九章第一、二节），张华、宋立杰、王立、赵由才（第九章第三

节），黄仁华、李铭裕、周平、金才荣、张华（第十章），祝优珍（第十一章第一、二节），祝优珍、陈彬（第十一章第三节），楼紫阳、曹伟华、欧远洋（第十二章），王汉强、袁永强（第十三章），高激飞（第十四章），赵由才、张华、黄仁华、吴军（第十五章），邹莲花、袁永强（第十六章第一节），袁永强、龙燕（第十六章第二节），陈忠、龙燕（第十六章第三节），谢亨华（第十六章第四节），曹学新（第十六章第五节）。

本书受到教育部博士点基金、国家自然科学基金（No.20177014）、国家“863”计划和上海市重点学科的部分资助。

赵由才
同济大学环境科学与工程学院
同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室
2003 年 12 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

第一章　绪论 …… 1
第一节　生活垃圾的定义和来源 …… 1
一、生活垃圾的定义 …… 1
二、我国生活垃圾的现状 …… 1
三、生活垃圾的分类与组成 …… 1
四、生活垃圾的特点 …… 2
第二节　卫生填埋技术 …… 3
一、卫生填埋场 …… 3
二、生活垃圾填埋场的分类 …… 3
三、卫生填埋的定义 …… 4
四、卫生填埋场的分类 …… 5
五、卫生填埋场的特点 …… 7
第三节　生活垃圾处理技术比较 …… 7
第二章　卫生填埋场选址 …… 10
第一节　填埋场选址的准则 …… 10
一、卫生填埋场选址的有关标准 …… 10
二、选址的准则 …… 10
第二节　填埋场选址的方法及程序 …… 14
一、确定填埋场选址的区域范围 …… 14
二、资料的搜集 …… 14
三、场址初选 …… 14
四、野外踏勘 …… 14
五、对预选场地的社会、经济和法律条件调查 …… 15
六、场址的优选 …… 15
七、编制预选场地的可行性研究报告 …… 15
八、预选场地的初勘工作 …… 15
九、预选场地的综合地质条件评价技术报告 …… 15
十、转入工程阶段 …… 16
第三节　选址的工程学因素 …… 16
一、场址选择的自然地理因素 …… 16
二、场地选择的地质因素 …… 18
三、水文地质因素 …… 20
四、工程地质因素 …… 23
第四节　选址的环境学、经济学、社会和法律影响因素 …… 26
一、环境学影响因素 …… 26
二、经济学影响因素 …… 27
三、社会和法律影响因素 …… 27
第五节　场地的综合地质详细勘探技术 …… 28
一、概述 …… 28
二、场地地质调查工作 …… 30
三、物探技术勘察 …… 33
四、钻探工作 …… 34
五、场地详细勘察报告书的编写 …… 37
第六节　场地综合技术条件评价 …… 38
一、场地防护能力评价 …… 38
二、场地安全程度评价 …… 38
三、场地稳定性评价 …… 38
四、场地环境影响评价 …… 38
五、场地污染可能性评价 …… 39
第七节　填埋场选址的决策方法 …… 39
一、层次分析法 …… 39
二、GIS系统在选择场址方面的应用 …… 45
第八节　填埋场的改造和不良选址的补救措施 …… 49
一、需要进行改造的填埋场类型 …… 49
二、改造的前期工作 …… 50
三、改造方法示例 …… 50
第三章　环境影响评价 …… 52
第一节　环境影响评价的程序 …… 52
一、执行环境影响评价制度的管理程序 … 52
二、环境影响评价技术工作程序 …… 54
第二节　填埋场环境影响的识别 …… 55
一、主要环境影响识别技术 …… 55
二、识别技术的应用和选择 …… 56
第三节　填埋场环境影响评价的内容 …… 57
一、自然环境和社会环境状况调查 …… 57
二、填埋场选址合理性分析 …… 57
三、渗滤液的环境影响 …… 58
四、填埋场释气环境影响 …… 58
五、公众参与意见调查 …… 60
六、填埋场的清洁生产审计 …… 60
七、污染控制方案的经济合理性和技术可行性分析 …… 61
八、填埋场的总量控制指标 …… 61
第四章　填埋场总体设计 …… 62

第一节　基本内容 …… 62
一、主要概念 …… 62
二、设计、施工的主要工程内容 …… 62
三、填埋场运营管理范围 …… 62
四、执行标准 …… 62
五、填埋场工程方案设计 …… 63
第二节　填埋场工程 …… 66
一、规划布局 …… 67
二、填埋区构造及填埋方式 …… 68
三、地表水排水设施 …… 68
四、环境监测设施 …… 68
五、基础设施 …… 68
六、终场规划 …… 70
第五章　填埋工艺与设备 …… 72
第一节　填埋工艺 …… 72
一、影响填埋工艺的基本概念 …… 72
二、填埋场工艺的确定原则 …… 73
三、填埋工艺 …… 73
第二节　填埋作业 …… 76
一、定点倾卸 …… 76
二、推铺 …… 77
三、压实作业 …… 78
四、限时覆盖 …… 81
五、封场作业 …… 81
六、填埋分区计划 …… 82
第三节　特殊状况填埋作业 …… 82
一、适合北方雨季填埋作业的工艺 …… 82
二、高含水率生活垃圾的填埋 …… 85
三、软土地基上生活垃圾的填埋 …… 87
四、灾害性天气生活垃圾的填埋 …… 88
第四节　填埋设备 …… 89
一、概述 …… 89
二、推土机 …… 91
三、压实机 …… 91
四、挖掘机 …… 95
五、铲运机 …… 95
六、装载机 …… 97
七、运送机 …… 97
八、起吊设备 …… 100
九、破碎设备 …… 101
十、筛分设备 …… 109
十一、杀虫剂喷洒设备 …… 111
十二、国内部分填埋场填埋工艺及设备配置 …… 112
第六章　场底防渗系统 …… 113
第一节　工程地质与水文地质勘察 …… 113
一、工程、水文地质勘察的目的和任务 …… 113
二、工程、水文地质勘察阶段的划分 …… 113
第二节　场地处理 …… 115
一、场底平基 …… 115
二、边坡的平基 …… 115
第三节　场底防渗系统 …… 115
一、填埋场场底防渗系统的分类 …… 116
二、填埋场防渗材料 …… 117
三、垂直防渗系统 …… 118
四、水平防渗系统 …… 122
五、填埋场场底防渗系统的选择 …… 129
第四节　渗滤液收集系统 …… 130
一、导流层 …… 130
二、收集沟和多孔收集管 …… 131
三、集水池及提升系统 …… 132
四、调节池 …… 133
五、清污分流 …… 134
第五节　衬层系统施工及施工质量控制检查 …… 134
一、衬层系统施工 …… 134
二、衬层系统施工质量控制检查 …… 140
第六节　国内外防渗标准 …… 144
一、中国防渗标准 …… 144
二、德国防渗标准 …… 144
三、美国防渗标准 …… 144
第七章　垃圾渗滤液的产生和处理 …… 146
第一节　渗滤液的产生 …… 146
一、渗滤液的来源 …… 146
二、影响垃圾渗滤液产生量的主要因素 …… 146
三、垃圾渗滤液产生量控制措施 …… 147
第二节　垃圾渗滤液产生量估算方法 …… 148
一、平衡估算法 …… 148
二、经验公式 …… 148
第三节　垃圾渗滤液的水质特征 …… 149
一、水质特征及变化规律 …… 149
二、渗滤液性质的影响因素 …… 150
第四节　渗滤液处理方法 …… 151
一、生物法 …… 152
二、物化法 …… 159
三、土地法 …… 163
四、组合工艺 …… 165
第五节　渗滤液处理工程实例 …… 167

一、中山市老虎坑垃圾渗滤液处理厂改造工程 …… 167
二、浙江杭州天子岭填埋场 …… 168
三、上海市废弃物老港处置场 …… 168
四、武汉市流芳垃圾填埋场 …… 169
五、邯郸市垃圾处理厂 …… 170
六、苏州七子山垃圾填埋场 …… 171
七、国内现状分析 …… 172
第八章　填埋场气体的导排和综合利用 …… 173
第一节　填埋场气体的组成性质与产生原理 …… 173
一、填埋场气体的组成与性质 …… 173
二、填埋场气体的产生原理 …… 173
第二节　填埋场气体的产生量和产生速率 …… 175
一、影响填埋场气体产生量的因素 …… 175
二、产气量的确定 …… 175
三、填埋场产气的持续时间 …… 178
四、填埋场气体的产生速率 …… 178
第三节　填埋场气体的收集与导排 …… 182
一、填埋场气体的流动 …… 182
二、填埋场气体的导排方式及系统组成 …… 182
三、填埋场气体收集系统的设计 …… 187
第四节　填埋场气体的净化和利用 …… 191
一、填埋气各组分的净化方法 …… 191
二、填埋场气体净化的新工艺 …… 194
三、填埋场气体的贮存 …… 198
四、填埋场气体的利用 …… 198
第九章　填埋场的终场覆盖与封场 …… 202
第一节　终场覆盖的设计 …… 202
一、封场规划 …… 202
二、最终覆盖系统的功能 …… 202
三、最终覆盖系统的主要组成 …… 202
四、最终覆盖系统的设计 …… 204
五、国内外终场覆盖比较 …… 206
第二节　终场覆盖材料 …… 207
一、压实黏土 …… 207
二、土工薄膜 …… 207
三、土工合成黏土层 …… 207
四、其他材料 …… 208
第三节　填埋场终场后的植被恢复 …… 209
一、植被恢复的目标和原则 …… 209
二、植被恢复中需要注意的问题 …… 210
三、植被恢复过程 …… 210
四、限制植被生长的因素 …… 211
五、场址状况调查 …… 214
六、场地改善与准备 …… 214
七、合适植被选择 …… 215
八、填埋场植被恢复的研究进展 …… 216
第十章　填埋场现场运行管理 …… 218
第一节　填埋场设备管理 …… 218
一、设备管理的任务和职责 …… 218
二、设备的配置原则 …… 219
三、设备的使用与管理 …… 221
四、维修和保养 …… 223
五、设备技术资料管理 …… 226
第二节　填埋场安全技术与管理 …… 228
一、填埋场工伤和死亡事故的预防 …… 228
二、职业病的防治措施 …… 229
三、安全教育和培训 …… 229
四、安全管理办法 …… 230
第三节　填埋场环境保护工程与措施 …… 232
一、水环境的保护措施 …… 233
二、大气环境的保护措施 …… 234
三、声环境的保护措施 …… 234
四、对蚊蝇害虫的防治措施 …… 235
五、飞尘的影响及控制措施 …… 235
第十一章　填埋场环境监测 …… 236
第一节　卫生填埋场样品的采集、保存和预处理 …… 236
一、垃圾填埋场样品的采集与保存 …… 236
二、样品的预处理 …… 240
第二节　卫生填埋场样品的监测与分析 …… 242
一、大气污染物分析 …… 242
二、水中污染物分析 …… 246
三、土壤污染物分析 …… 253
四、噪声监测 …… 254
五、苍蝇监测 …… 254
第三节　卫生填埋场常用分析仪器 …… 255
一、色谱分析仪 …… 256
二、质谱分析仪 …… 258
三、原子发射光谱仪 …… 259
四、紫外-可见分光光度计 …… 260
五、原子吸收分光光度计 …… 262
六、电化学分析仪器 …… 264
第十二章　准好氧填埋场 …… 267
第一节　准好氧填埋场的原理与构造 …… 267
一、填埋场的功能与分类 …… 267

二、填埋场的构造 …… 267
三、准好氧填埋场的原理与构造 …… 270
四、准好氧填埋场的改进 …… 275
第二节　准好氧填埋场的设计 …… 276
一、准好氧填埋场的应用及存在的问题 …… 276
二、准好氧填埋场设计概述 …… 277
三、准好氧填埋场的设计 …… 281
第十三章　垃圾填埋体的边坡稳定 …… 300
第一节　垃圾土的工程性质 …… 300
一、垃圾土的重力密度 …… 300
二、垃圾土的含水量 …… 301
三、垃圾土的孔隙比 …… 302
四、垃圾土的渗透性 …… 302
五、垃圾土的强度 …… 303
第二节　垃圾填埋体的边坡稳定分析 …… 307
一、稳定分析的原理和方法 …… 307
二、稳定分析的基础资料 …… 308
三、稳定分析算例 …… 309
四、垃圾填埋体边坡稳定分析成果综合评估 …… 327
五、规范现状与建议 …… 329
第十四章　盲沟清洗技术与方法 …… 332
第一节　管道清洗 …… 332
一、水力清通 …… 332
二、机械清通 …… 334
三、化学清洗 …… 334
四、空化射流 …… 335
第二节　高压水射流和盲沟清洗 …… 336
一、高压水射流清洗原理及特点 …… 337
二、高压水射流清洗对象与应用 …… 339
第三节　高压水射流清洗系统 …… 340
第四节　磨料水射流 …… 345
一、原理及特点 …… 345
二、磨料水射流在清洗领域的应用 …… 347
第五节　安全施工与管理 …… 349
第六节　高压水射流在盲沟清洗的应用与前景 …… 350
第十五章　填埋场稳定化与土地和矿化垃圾利用 …… 352
第一节　填埋场稳定化评价 …… 352
一、填埋场稳定化评价方法的选择 …… 352
二、老港实验场稳定化评价 …… 354
第二节　废弃填埋场和堆场的修复 …… 355
一、废弃填埋（堆）场的环境影响 …… 356
二、现场勘查 …… 357
三、废弃填埋（堆）场的修复步骤 …… 357
第三节　填埋场开采和稳定化垃圾的开发利用 …… 359
一、填埋场开采 …… 359
二、填埋场开采实例 …… 362
三、矿化垃圾的综合利用 …… 368
第四节　填埋场封场后土地资源的开发利用 …… 370
一、功能规划 …… 371
二、开发规划评述 …… 373
第十六章　垃圾卫生填埋技术设计应用实例 …… 374
第一节　杭州天子岭垃圾卫生填埋场 …… 374
一、第一填埋场 …… 374
二、第二填埋场 …… 380
第二节　深圳下坪垃圾卫生填埋场 …… 386
一、概况 …… 386
二、场区条件 …… 386
三、基本规划 …… 387
四、工程主要内容 …… 387
第三节　南昌市麦园生活垃圾卫生填埋场 …… 393
第四节　珠海市西坑尾垃圾填埋场 …… 399
一、概述 …… 399
二、设计条件 …… 400
三、工程设施 …… 400
四、工程投资估算 …… 406
五、主要技术经济指标 …… 407
第五节　贵阳市高雁城市生活垃圾卫生填埋场 …… 407
一、概述 …… 407
二、处理规模与服务年限 …… 408
三、填埋设备 …… 408
四、主要工程设施 …… 408
五、覆土土源和建设用石料 …… 410
六、防渗工程 …… 411
七、渗滤液处理 …… 412
八、填埋气体的导出与处理 …… 414
九、综合利用和发展规划 …… 415
十、封场规划 …… 415
参考文献 …… 417

第一章　绪　　论

第一节　生活垃圾的定义和来源

一、生活垃圾的定义

生活垃圾在不同场合、不同国家有着不同含义。在我国，由于农村的生活垃圾还没引起环境问题，生活垃圾一般是指城市生活垃圾，又称为城市固体废物，是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物。其主要成分包括厨余物、废纸、废塑料、废织物、废金属、废玻璃片、砖瓦渣土、粪便、废家具电器及庭院废物等。我国建设部颁布的《市容环境卫生术语标准》(CJJ 65—2002) 中，对各类垃圾的定义如下。

(1) 垃圾 (refuse，rubbish，garbage)，指人类在生存和发展中产生的固体废弃物，又称固体废物。

(2) 生活垃圾 (domestic refuse，household garbage)，一般指人类在日常生活及为生活提供服务的活动中产生的垃圾。

(3) 城市生活垃圾 (municipal solid refuse)，是指人类在城市日常生活中及为城市日常生活提供服务的活动中产生的垃圾。

(4) 居民生活垃圾 (residential refuse)，是指城市居民家庭产生的垃圾。

(5) 生活废弃物 (domestic waste，municipal solid waste)，是指人类在生活活动中产生的废弃物。

二、我国生活垃圾的现状

20 世纪 80 年代以来，我国的社会、经济和文化均发生了深刻变化，环境污染也越来越严重。1997 年全国产生 1.2 亿吨城市生活垃圾和 350 亿吨城市污水和工业废水。据有关方面报道，我国目前城市年产垃圾量约 1 亿 3 千万吨，并以 7%～9%年递增速度增加，如此大量的城市生活垃圾如果得不到有效的处理，将对城市生态环境及周边的水体、大气、土壤等造成严重的污染，而且造成垃圾中大量有用资源浪费。我国城市垃圾总量的大幅度增长主要是由于城市规模、数量和城市人口的增加所造成的；我国城市垃圾的人均产量为 440kg，人口多的城市垃圾产量大，在城市垃圾管理中的压力也就越大；我国城市垃圾产量仍呈上升趋势，形势不容乐观。

三、生活垃圾的分类与组成

生活垃圾主要来自于城市居民家庭、城市商业、餐饮业、旅馆业、旅游业、市政环卫业、交通运输业、文教卫生业、行政事业单位、工业企业单位以及水处理中的污泥等。生活垃圾的分类方法很多。

1. 根据垃圾产生源不同，我国将生活垃圾主要分为居民生活垃圾、街道保洁垃圾和集团垃圾三大类。居民生活垃圾来自居民生活过程中遗弃的废弃物，主要由易腐有机物、煤灰、泥沙、塑料、纸类等构成。它在城市垃圾整体中，不仅数量占居首位，而且成分最为复杂，其构成受时间和季节影响，变化大且不均匀。街道保洁垃圾来自清扫马路、街道和小巷路面，它的成分与居民生活垃圾相似，但是泥沙、枯枝落叶和商品包装物较多，易腐有机物

较少，平均含水量较低。集团垃圾系指机关、团体、学校、工厂和第三产业等在生活和工作过程中产生的废弃物，它的成分随发生源不同而变化。这类垃圾与居民生活垃圾相比，具有成分较为单一稳定，平均含水量较低和易燃物特别是高热值的易燃物多的特点。

2. 根据生活垃圾的性质，如可燃性、化学成分、热值及容重等指标进行分类。按可燃性能可分为可燃性垃圾与不可燃性垃圾，按热值可分为高热值和低热值垃圾，按化学组分可分为有机和无机垃圾，按可堆肥性可分为可堆肥与不可堆肥垃圾。这种分类在不同的场合具有不同的用途。

3. 国内外也常按处理与处置方式或资源回收利用的可能性来对生活垃圾进行简易分类。一般可分为可回收废品、易堆腐品、可燃物以及无机废物等四类。

4. 也有人按生活垃圾来源不同，将其分为普通垃圾、商业垃圾、清扫垃圾等。普通垃圾是人们日常生活中固体废弃物的总称，商业垃圾是在商业活动中产生的固体废物，清扫垃圾是城市公共场所如公园、街道、绿化带的清扫物以及公共垃圾箱中的垃圾等。

生活垃圾组成很复杂，受多种因素的影响。如自然环境、气候条件、城市规模、居民生活习性以及经济发展水平等都对其有不同程度的影响。一般来说，工业发达的地方较不发达的地方垃圾成分有机物多，无机物少，南方的城市较北方的城市有机物多，无机物少。我国生活垃圾在总量上大幅度增长的同时，成分也发生了很大的变化，生活垃圾中无机物的含量持续下降，有机物不断增加，可燃物增多，可利用价值增大。城市生活垃圾组成与城市生活水平、经济发达程度有关，生活水平较高的城市，有机物如厨余、纸张、塑料、橡胶的含量均较高，可回收利用价值越大。值得注意的是国外一些发达国家的有机物垃圾中纸品占多数，而我国则以厨余为主。

四、生活垃圾的特点

1. 量大面广

生活垃圾伴随着人类生活而产生，无处不在；同时，人人又是生活垃圾的制造者。因此，生活垃圾是“无人不有、无处不有、无时不有”。根据1998年中国环境状况公报和《中国统计年鉴》，在全国设市的668个城市中，1998年城市生活垃圾产生量为1.4亿吨。全国有三分之二的城市陷于垃圾包围之中。垃圾围城现象严重，白色污染问题突出。全国城市生活垃圾的存量约为60亿吨。由此可见，历史积累成如此庞大的生活垃圾基数，处理和控制不当必将成为巨大的面源污染。而且世界各国垃圾年产量一般都逐年上升，全球增长率大致维持在1%～3%。美国垃圾的增长率是人口的3倍，每年约5%，发展中国家一般为6%～8%。

2. 成分多变

生活垃圾的成分本来就很复杂，由于各地的气候、季节、生活水平与习惯及能源结构的不同，造成了生活垃圾成分和产量的多样化，而且变化幅度非常大。例如，近年来我国家庭燃料构成的变化导致垃圾中无机炉灰比重大大降低；食品冷冻及成品半成品的普及，导致食品垃圾废物有所减少；包装技术的进步与材料的改革，导致纸品等其他废品的增加。

3. 产量的不均一性

生活垃圾会随季节的变化而变化，并具有一定的规律。以北京市为例，第一季度产量最多，第二季度有明显的减少，第三季度出现最低点，然后随着天气变冷，第四季度逐渐增多，迅速到达最高峰。

4. 危害严重

大量生活垃圾集中露天堆放在城郊，直接侵占了农田和土地，垃圾填埋和堆肥处理也需

需要全本请访问 www.ertongbook.com

要占用大量土地。目前，京郊有 533hm²❶ 以上的土地被垃圾覆盖。到 1996 年底，全国固体垃圾已侵占土地 51680hm²。同时，未经处理或未经严格处理的生活垃圾混入农田，破坏了土壤的团粒结构和理化性质，严重影响了土壤生产力，还可引起土壤污染，直接或间接地对环境造成严重污染。污染和爆炸事故时有发生，隐患潜在。1983 年夏季，贵阳市哈马井和望城坡地区同时流行痢疾，因其地下水被垃圾堆放场渗滤液污染，大肠杆菌严重超标所致。1995 年，因垃圾堆放产生的沼气所致，北京昌平连续发生 3 次垃圾爆炸事故。此外，垃圾自燃现象也有报道，不仅造成财产损失的威胁，还可产生二□英类毒物，导致不可忽视的环境污染。我国有许多垃圾集中堆放场，处理设施和防护措施不力，安全隐患众多。

长期以来，国内某些地区的填埋场管理不严，曾多次出现在填埋场（堆放场）放牧或饲养畜禽的情况。由于填埋场内垃圾组成十分复杂，放牧或饲养畜禽过程中，许多污染物容易通过动物吸收，食用后极易造成严重后果。

第二节　卫生填埋技术

一、卫生填埋场

针对垃圾堆放法存在的严重弊端，英国和美国等国家率先采用卫生填埋法处置垃圾，其处理场地称为卫生填埋场。

一座日填埋 200 吨、使用年限为 20 年的中型山区型填埋场，其建设费用一般在 5000 万元以上。卫生填埋法是垃圾无害化处理最简单、费用较低的方法。不过渗滤水处理仍然存在问题。卫生填埋法虽然比堆放法在技术上有明显进步，但资源被埋在地下，无法利用，是严重的浪费。近年来人们意识到可持续发展的重要性，非填埋的垃圾处理方法受到重视，这些方法包括焚烧发电、堆肥农用、分类分选和循环利用等。

我国有许多城市建设了卫生填埋场，如杭州、福州、南昌、深圳、广州、北京、漳州、厦门、泉州等。不过，也有许多城市仍然采用堆放法处置垃圾。目前卫生填埋场面临的最大挑战是渗滤水的低成本高效率处理问题。渗滤水初始 COD 浓度达 10000～50000 mg/L，而国家排放标准为 COD ＜ 100 mg/L（一级）或 COD ＜ 300 mg/L（二级）。许多填埋场宣称可承受的渗滤水处理费用应该 20 元/吨以下，并且要达到一级排放标准。实际上，这种技术目前是没有的。全国绝大部分填埋场的渗滤水处理均未达到国家二级排放标准，然而许多城市却要求渗滤水处理应该达到一级排放标准。根据经验，要使渗滤水处理达到一级国家排放标准，吨处理费用至少在 50～100 元以上。

一座城市在考虑生活垃圾处理技术时，首先应该考虑的是卫生填埋。卫生填埋场的选址、建设周期较短，总投资和运行费用相对较低。通过卫生填埋场的建设和运营，可以迅速解决生活垃圾出路问题，改变城市卫生面貌。

每一座城市或在一定区域内，至少应该有一座卫生填埋场。目前，由于可持续发展和循环经济日益深入人心，生活垃圾的减量化和资源化受到高度重视。但是，无论如何减量化和资源化，总有部分固体废物需要填埋，因此，填埋场是必备的。

二、生活垃圾填埋场的分类

填埋技术作为生活垃圾的最终处置方法，目前仍然是中国大多数城市解决生活垃圾出路的主要方法。根据环保措施（如场底防渗、分层压实、每天覆盖、填埋气排导、渗滤液处

---

❶ $1hm^2=10^4m$，下同。

理、虫害防治等）是否齐全、环保标准是否满足来判断，我国的生活垃圾填埋场可分为三个等级。

1. 简易填埋场

简易填埋场是我国这几十年来一直使用的填埋场，其主要特征是基本没有任何环保措施，也谈不上遵守什么环保标准。目前中国相当数量的生活垃圾填埋场属于这一类型，可称之为露天填埋场，对环境的污染也较大。

2. 受控填埋场

受控填埋场在我国填埋场所占比重也较大，而且基本上集中于大中小城市。其主要特征是配备部分环保设施，但不齐全，或者是环保设备齐全，但是不能完全达到环保标准。主要问题集中在场底防渗，渗滤液处理和每天覆土达不到环保要求。

3. 卫生填埋场

所谓卫生填埋场就是能对渗滤液和填埋气体进行控制的填埋方式，并被广大发达国家普遍采用。其主要特征是既有完善的环保措施，又能满足环保措施。

三、卫生填埋的定义

卫生填埋又称卫生土地填埋，是土地填埋处理的一种，是为了保护环境，按照工程理论和土工标准，对生活垃圾进行有控管理的一种科学工程方法。20 世纪 30 年代初，美国开始对传统填埋法进行改良，提出一套系统化、机械化的科学填埋法，称卫生填埋法。卫生填埋是“利用工程手段，采取有效技术措施，防止渗滤液及有害气体对水体和大气的污染，并将垃圾压实减容至最小，填埋占地面积也最小。在每天操作结束或每隔一定时间用土覆盖，使整个过程对公共卫生安全及环境污染均无危害的一种土地处理垃圾方法”。

卫生填埋通常是每天把运到填埋场的垃圾在限定的区域内铺散成 40～75cm 的薄层，然后压实以减少垃圾的体积，并在每天操作之后用一层厚 15～30cm 的黏土或粉煤灰覆盖、压实。垃圾层和土壤覆盖层共同构成一个单元，即填埋单元。具有同样高度的一系列相互衔接的填埋单元构成一个填埋层。完整的卫生填埋场是由一个或多个填埋层组成的。当土地填埋达到最终的设计高度之后，再在该填埋层之上覆盖一层 90～120cm 的土壤，压实后就得到一个完整的封场了的卫生填埋场。图 1-1 为卫生填埋场剖面图。

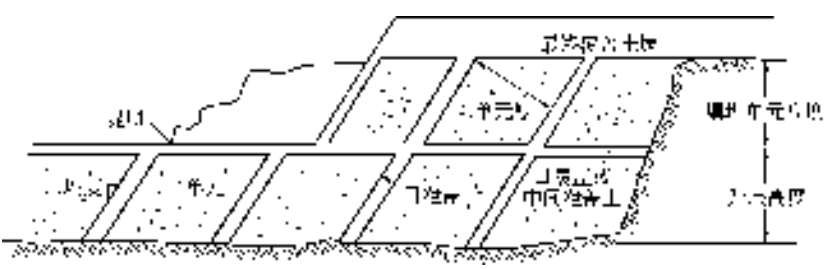


图 1-1　卫生填埋场剖面图

为了对卫生填埋场进行科学有效的管理，同时与受控填埋场相区别，其主要判断依据有以下六条：①是否达到了国家标准规定的防渗要求；②是否落实了卫生填埋作业工艺，如推平、压实、覆盖等；③污水是否处理达标排放；④填埋场气体是否得到有效的治理；⑤蚊蝇是否得到有效的控制；⑥是否考虑终场利用。

在实践中表明，上述六条判断依据的重要性不是处在同一水平上的，它们对环境影响的深度、广度、时效性和后果的严重性是不一样的。

目前，真正意义上的卫生填埋场在我国较少。深圳下坪固体废弃物填埋场于 1997 年 10 月建成，是目前国内少数几家铺设了人工合成防渗垫层的填埋场之一。

四、卫生填埋场的分类

1. 按填埋区所利用自然地形条件的不同，填埋场可大致分为平原型填埋场、滩涂型填埋场、山谷型填埋场三种类型。

（1）平原型填埋场

这一类型通常适用于地形比较平坦且地下水埋藏较浅的地区［图 1-2（a)］。一般采用高层埋放垃圾的方式，确定高于地平面的填埋高度时，必须充分考虑到作业的边坡比，通常为 1∶4。填埋场顶部的面积能保证垃圾车和推铺压实机械设备在上面进行安全作业。由于覆盖材料紧缺目前已成为填埋场作业一个比较突出的问题，因此在填埋场的底部开挖基坑是保证提供填埋场覆盖材料的一个有效方法。北京的阿苏卫填埋场、深圳的下坪填埋场等就是属于这一类型。

（2）滩涂型填埋场

滩涂型填埋场地处海边或江边滩涂地形，采用围堤筑路，排水清基，将滩涂废地辟建为填埋场填埋区。它的场底标高低于正常的地面［图 1-2（b)］。启用该类填埋场时，首先将规划填埋区域筑设人工防渗堤坝。垃圾填埋通常采用平面作业法，按单元填埋垃圾，分层夯实、单元覆土、终场覆土。由于这一类型的填埋场底部距地下水位较近，因此，其关键点在于地下水防渗系统的设置。此类填埋场填埋区库容量较大，土地复垦效果明显，经济效益、环境效益较好。上海的老港废弃物处置场、大连的毛茔子填埋场就属这一类型。

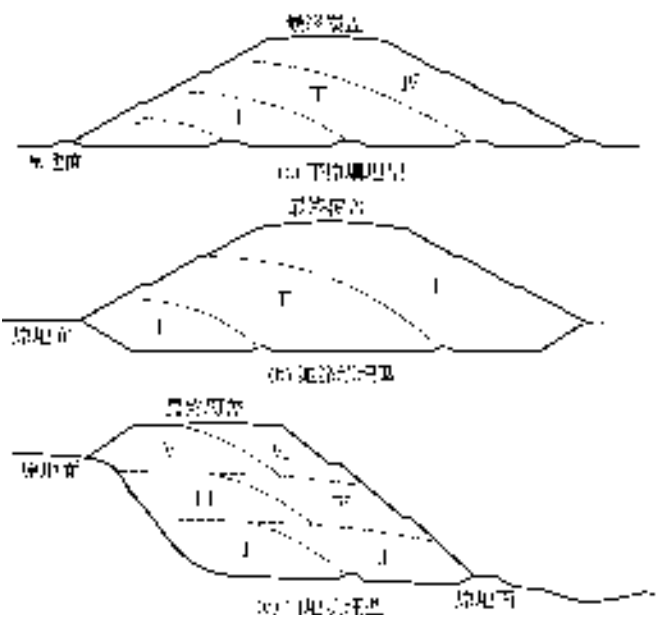


图 1-2　填埋场类型

（3）山谷型填埋场

山谷型填埋场通常地处重丘山地［图 1-2（c)］。垃圾填埋区一般为三面环山，一面开

口，地势较为开阔的良好的山谷地形，山谷比降大约在10%以下。此类填埋场填埋区库容量大，单位用地处理垃圾量最多，通常可达25m³/m²以上，经济效益、环境效益较好，资源化建设明显，符合国家卫生填埋场建设的总目标要求。典型山谷型填埋场包括杭州市天子岭垃圾卫生填埋场、深圳市下坪垃圾卫生填埋场等。山谷型填埋场的填埋区工程设施由垃圾坝、库区防渗系统、渗滤液收集系统、防排洪系统、覆土备料场、活动房和分层作业道路支线等组成。垃圾填埋采用斜坡作业法，由低往高按单元进行垃圾填埋、分层压实、单元覆土、中间覆土和终场覆土。

2. 根据填埋场中垃圾降解的机理，填埋场可分为好氧填埋场、准好氧填埋场和厌氧填埋场三种类型。

（1）好氧填埋场

好氧填埋场是在垃圾体内布设通风管网，用鼓风机向垃圾体内送入空气。垃圾有充足的氧气，使好氧分解加速，垃圾性质较快稳定，堆体迅速沉降，反应过程中产生较高温度(60℃左右)，使垃圾中大肠杆菌等得以消灭。由于通风加大了垃圾体的蒸发量，可部分甚至完全消除垃圾渗滤液。因此，填埋场底部只需做简单的防渗处理，不需布设收集渗滤液的管网系统。好氧填埋适应于干旱少雨地区的中小型城市；适应于填埋有机物含量高，含水率低的生活垃圾。该类型的填埋场，通风阻力不宜太大，故填埋体高度一般都较低。好氧填埋场结构较复杂，施工要求较高，单位造价高，有一定的局限性，故其采用不是很普遍。我国包头市有一填埋场属于该类型。

（2）准好氧填埋场

准好氧填埋场结构的集水井末端敞开，利用自然通风，空气通过集水管向填埋层中流通。如填埋层含有有机废弃物，因最初和空气接触，由于好氧分解，产生二氧化碳气体，气体经排气设施或立渠放出。随着堆积的废弃物越来越厚，空气被上层废弃物和覆盖土挡住无法进入下层，下层生成的气体穿过废弃物间的空隙，由排气设施排出。这样，在填埋层中形成与放出的空气体积相当的负压，空气便从开放的集水管口吸进来，向填埋层中扩散，扩大好氧范围，促进有机物分解。但是，空气无法到达整个填埋层，当废弃物层变厚以后，填埋地表层、集水管附近、立渠或排气设施左右部分成为好氧状态，而空气接近不了的填埋层中央部分等处则成为厌氧状态。

在厌氧状态领域，部分有机物被分解，还原成硫化氢，废弃物中含有的镉、汞和铅等重金属与硫化氢反应，生成不溶于水的硫化物，存留在填埋层中。这种期望在好氧领域有机物分解，厌氧领域部分重金属截留，即好氧厌氧共存的方式，称为准好氧填埋。准好氧填埋在费用上与厌氧填埋没有大的差别，而在有机物分解方面又不比好氧填埋逊色，因而得到普及。

（3）厌氧填埋场

厌氧填埋场在垃圾填埋体内无需供氧，基本上处于厌氧分解状态。由于无需强制鼓风供氧，简化结构，降低了电耗，使投资和运营费大为减少，管理变得简单，同时，不受气候条件、垃圾成分和填埋高度限制，适应性广。该法在实际应用中，不断完善发展成改良型厌氧卫生填埋，是目前世界上应用最广泛的类型。我国上海老港、杭州天子岭、广州大田山、北京阿苏卫、深圳下坪等填埋场属于该类型。

改良型厌氧垃圾卫生填埋场除选择合理的场址外，通常还应有下列配套设施：

① 阻止垃圾外泄，使垃圾能按一定要求的高填堆的垃圾坝、堤等设施；

② 排除场外地表径流及垃圾体覆盖面雨水的排洪、截洪、场外排水等沟渠；

③ 为防止垃圾渗滤液对地下水、地表水系的污染而采用场底及周边的防渗设施，渗滤液的导出、收集和处理设施；

④ 为防止厌氧分解产生的沼气而引发的安全事故和沼气作为能源回收利用而设置沼气的导出系统和收集利用系统。

五、卫生填埋场的特点

生活垃圾卫生填埋要求采取各种预防措施，尽量减少填埋场地对周围环境的污染，同时该法处理生活垃圾量大，从而为城市化的社会发展提供了垃圾出路的保证，而且填埋场中的开发利用（如填埋气体的有效利用）也可带来巨大的经济效益，所以无论从环境还是从社会与经济角度进行考察，卫生填埋场的建立都是必须和必要的。它主要有以下优点：

（1）如有适当的土地资源可利用，一般以此法处理垃圾最为经济；

（2）与其他处理法比较，其一次性投资额较低；

（3）与需要对残渣和无机杂质等进行附加处理的焚烧法和堆肥法相比较，卫生填埋是一种完全的、最终的处理方法；

（4）可接受各种类型的城市生活垃圾而不需要对其进行分类收集；

（5）有充分的适应性，能处理因人口和卫生设施增多而加大产量的生活垃圾。

（6）边缘土地可重新用作停车处、游乐场、高尔夫球场、航空站等。

卫生填埋主要缺点是占地面积较大，场址选择困难。不是所有城市近郊都能找到合适的填埋场地，远离城市的填埋场将增加更多的运输费用。而随着环卫标准的提高，卫生填埋法的处理成本也会越来越高。此外，与其他垃圾处理方法相比，其减量化和资源化程度较低。

目前，在世界范围内处于运转状态的卫生填埋场，为数众多，建设规模不等，可以直接接纳垃圾车辆收运的城市生活垃圾，也可以消除焚烧残渣，堆肥残料和处置污泥。我国有许多城市建设了卫生填埋场，如上海、杭州、福州、南昌、深圳、广州、北京、漳州、厦门、泉州等。不过，也有许多城市仍然采用堆放法处置垃圾。目前卫生填埋场面临的最大挑战是渗滤水的低成本高效率处理问题。

第三节　生活垃圾处理技术比较

比较生活垃圾的处理技术，主要是从以下几个方面着手：技术的可靠型、经济性、实用性和所能达到的减量化、资源化、无害化效果。由于各地具体情况不同以及生活垃圾的性质差异，对生活垃圾处理技术的选择也难以统一，应该因地制宜。表 1-1 给出了我国生活垃圾处理技术比较。

我国已建有若干个具有示范作用的卫生填埋场、高温堆肥厂和焚烧厂，与此同时技术人员和管理人员积累了一些经验，为生活垃圾处理技术的进一步发展打下了良好的基础。

我国将在生活垃圾填埋技术的如下几方面取得进展。①填埋气导排技术在生活垃圾填埋场得以普遍采用并不断完善，同时填埋气回收利用技术在取得经验的基础上扩大试验范围。②大、中城市的生活垃圾填埋场基本上能做到每天覆土。覆土材料除黏土外，新型替代覆土材料的研究工作也取得进展，并在部分缺少覆盖土来源的生活垃圾填埋场试点应用。③在引进、消化的基础上，开发出压实机等新一代国产化填埋专用器具，用于生活垃圾填埋并取得了较好的效果。④国产化人工合成防渗垫层的生活垃圾填埋场不仅仅局限于个别示范工程。⑤渗滤水处理技术多样化并取得实质性进展，但真正能达标排放的生活垃圾填埋场仍属

表 1-1　我国生活垃圾处理技术比较

比较项目	卫生填埋	焚烧	堆肥
技术可靠性	可靠，属传统处理方法	较可靠，国外属成熟技术	较可靠，在我国有实践经验
工程规模	取决于作业场地和使用年限，一般均较大	单台炉规格常用 150～500t/d，焚烧厂一般安装 2～4 台焚烧炉	动态间歇式堆肥厂常为 100～200t/d；动态连续式堆肥厂常为 100～200t/d
选址难易度	较困难	有一定困难	有一定困难
占地面积（体积）	1 m^3/t	60～100m^2/t	110～150m^2/t
建设工期	9～12 个月	30～36 个月	12～18 个月
适用条件	对垃圾成分无严格要求，但含水率过高不适宜	要求垃圾的低位热值大于 3767kJ/kg	要求垃圾中可生物降解有机物的含量大于 40%
操作安全性	较好，沼气导排要通畅	较好，严格按照规范操作	较好
管理水平	一般	很高	较高
产品市场	有沼气回收的卫生填埋场，沼气可用作发电等	热能或电能可作为社会使用，需有政策支持	落实堆肥市场有一定困难，需采用多种措施
主要环保问题	渗滤水处理难度大	烟气与飞灰处理难度大	好氧堆肥时恶臭治理较难
能源化意义	沼气收集后用于发电	焚烧余热可发电	采用厌氧发酵工艺，沼气收集后可用以发电
资源利用	封场后恢复土地利用或再生土地资源	垃圾分选可回收部分物质，焚烧残渣可综合利用	堆肥用于农业种植和园林绿化，并回收部分物资
稳定化时间	20～50 年	2h 左右	15～60 天
最终处置	填埋本身是一种最终处置方法	焚烧残渣需做处置，约占进炉垃圾量的 10%～30%	不可堆肥物需做处置，约占进厂量的 30%～40%
地表水污染	应有完善的渗滤水处理设备，但不易达标	残渣填埋时与垃圾填埋方法相仿，但含水量较少	可能性较少，污水应经处理后排入城市管网
地下水污染	需有防渗措施，但可能渗漏。人工防渗垫层投资大	可能性较少	可能性较少
大气污染	有轻微污染，可用导气、覆盖、建隔离带等措施控制	应加强对酸性气体和二□英的控制和治理	有轻微气味，应设除臭装置和隔离带
土壤污染	限于填埋场区域	无	需控制堆肥中的重金属含量和 pH 值
主要环保措施	场底防渗，每天覆盖、填埋气导排、渗滤水处理等	烟气治理、噪声控制、残渣处置、恶臭防治等	恶臭防治、飞尘控制、污染处理、残渣处置等
投资（不计征地费）/（万元/t）	18～27（单层合成防渗垫层，压实机引进）	50～70（余热发电上网，国产化率 50%）	23～32（制有机复合肥，国产化率 60%）
处理成本（计折旧，不计运费）/（元/t）	35～55	80～240	50～80
处理成本（不计折旧及运费）/（元/t）	22～31	30～120	25～45
技术特点	操作简单，工程投资和运行成本较低	占地面积小，运行稳定可靠，减量化效果好	技术成熟，减量化、资源化效果好
主要风险	沼气聚集引起爆炸，场底渗漏或渗滤水处理不达标	垃圾燃烧不稳定，烟气治理不达标	因生产成本过高或堆肥质量不佳而影响产品质量

需要全本请访问 www.ertongbook.com