



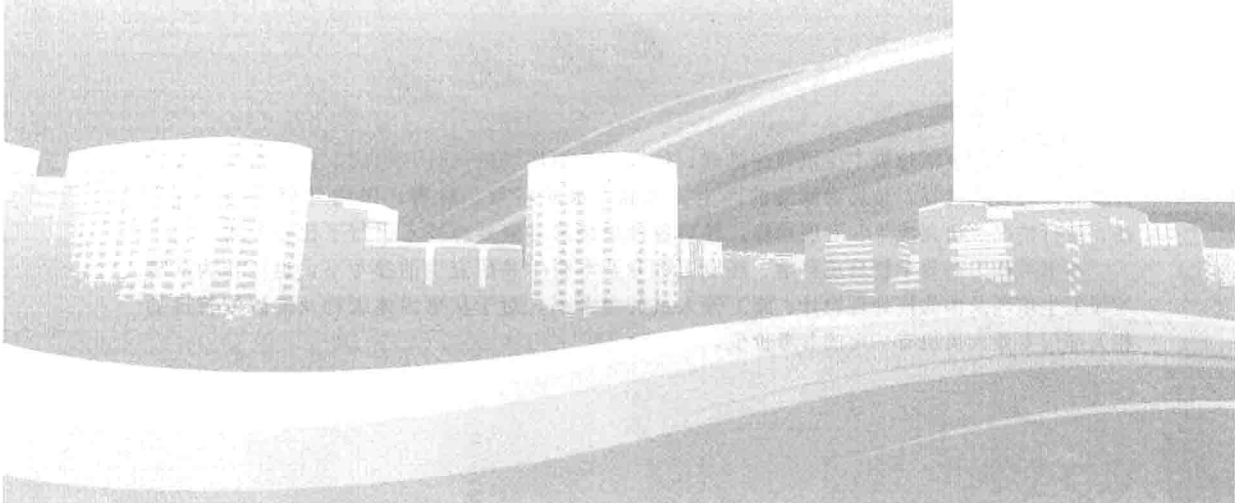
生活垃圾卫生填埋 及渗滤液处理技术

李俊生 蒋宝军 主编

SHENGHUO LAJI
WEISHENG TIANMAI
JI SHENLVYE CHULI JISHU



化学工业出版社



生活垃圾卫生填埋 及渗滤液处理技术

李俊生 蒋宝军 主编

彭举威 赵玉鑫 栾友顺 副主编



化学工业出版社

本书介绍了生活垃圾卫生填埋的机理、垃圾卫生填埋场的选址、组成、各构筑物的设计计算和填埋设备选择,垃圾渗滤液的产生、来源、水质特点、危害,国内外现有的处理方法、运行情况、研究成果和发展趋势,并对各种垃圾渗滤液处理技术进行了比较分析。

本书可作为高等学校环境科学、环境工程专业本科生和研究生的参考书,也可作为从事垃圾卫生填埋及渗滤液处理设计、施工等人员的参考书,对于从事固体废物及渗滤液管理的相关部门专业人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

生活垃圾卫生填埋及渗滤液处理技术/李俊生,蒋宝军
主编. —北京:化学工业出版社,2014.8
ISBN 978-7-122-21176-7

I. ①生… II. ①李…②蒋… III. ①垃圾处理-卫生
填埋 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 145486 号

责任编辑:董琳
责任校对:边涛

装帧设计:张辉



出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张16½ 字数425千字 2014年8月北京第1版第1次印刷

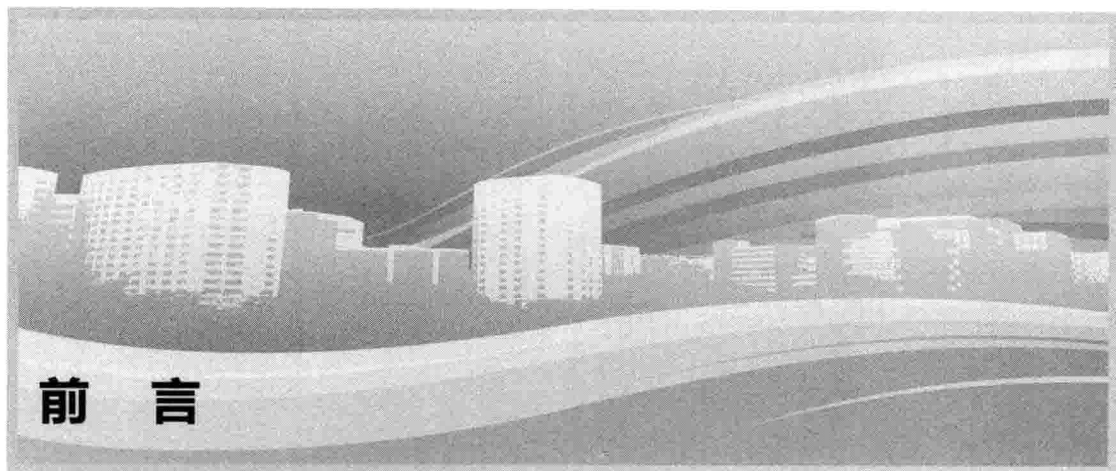
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00 元

版权所有 违者必究



前言

近年来,随着社会经济的发展、城市化进程的加快、城市人口数量的增加和人民生活水平的不断提高,我国城市生活垃圾增长异常迅速。全国数量巨大的生活垃圾如果不能及时得到无害化和减量化处理,将对人们的生命健康和社会的可持续发展造成重大威胁,甚至会影响到人们的生存和发展。我国城市生活垃圾具有无机物含量高、热值低、含水量大的特点,由于我国国土面积大、经济发展水平不均匀,当前及今后相当长的一段时间内,我国生活垃圾的处理将以卫生填埋为主。生活垃圾在填埋过程中必然会产生大量垃圾渗滤液,其成分复杂,难以处理,至今还没有发展出完善的适合垃圾渗滤液处理的工艺。因此,优化垃圾卫生填埋场的设计、提高垃圾渗滤液处理技术已成为我国环保工作者亟须解决的问题,具有重要的社会意义。

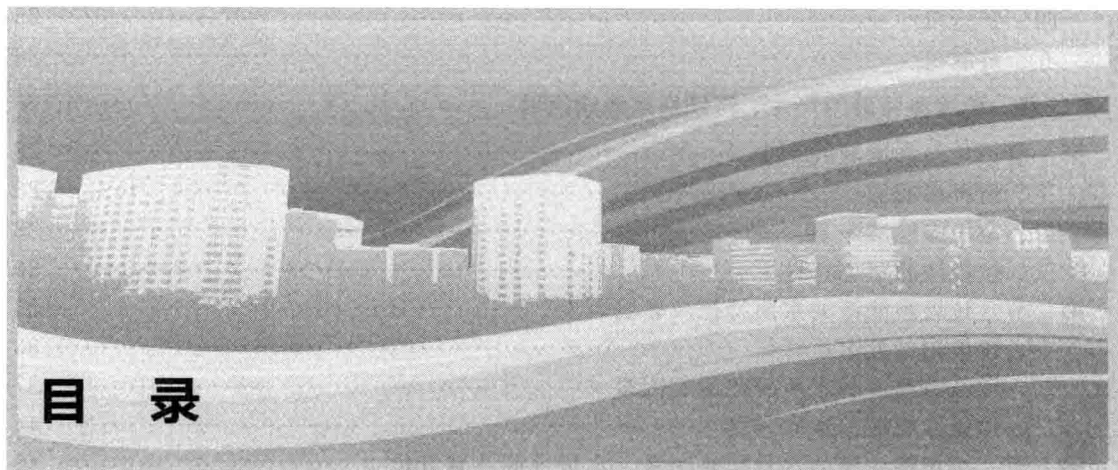
本书系统、全面、详细地介绍了垃圾卫生填埋场的选址、组成、各构筑物的设计、计算和填埋设备的选择,垃圾渗滤液生物处理技术、垃圾渗滤液物化处理技术、垃圾填埋场及垃圾渗滤液处理工程等内容,几乎涵盖了垃圾填埋及垃圾渗滤液处理涉及的所有内容。编者在介绍国内外现有的垃圾渗滤液处理技术的基础上,结合长期以来对垃圾渗滤液处理技术的实验研究成果,提出了降低垃圾渗滤液处理成本、提高垃圾渗滤液处理效果的技术发展方向。本书还对国内一些垃圾填埋场采用的垃圾渗滤液处理工艺进行了介绍,并对垃圾渗滤液处理工艺进行了比较。

本书由李俊生、蒋宝军主编,彭举威、赵玉鑫、栾友顺副主编。本书共分为五章,第一章由吉林建筑大学蒋宝军、蒋金明、张天翼编写,第二章由哈尔滨商业大学姜黎明编写,第三章由吉林建筑大学彭举威、赵玉鑫、崔军平、朱心悦、杨静、刘禹龙编写,第四章第一节~第三节由哈尔滨商业大学穆德颖编写,第四、五节由哈尔滨商业大学栾友顺编写,第五章由哈尔滨商业大学李俊生编写。本书由李俊生、蒋宝军统稿、定稿。

本书在编写过程中引用了大量的参考文献,并得到了吉林建筑大学韦新东教授的热情帮助,韦教授对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,在此向这些文献作者和韦教授表示衷心的感谢。本书的编写和出版得到了黑龙江省自然科学基金项目(E201357)的资助,在此表示感谢。

由于国内外垃圾填埋及渗滤液处理发展较快,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请国内外同行和读者批评指正,编者不胜感激。

编者
2014年5月



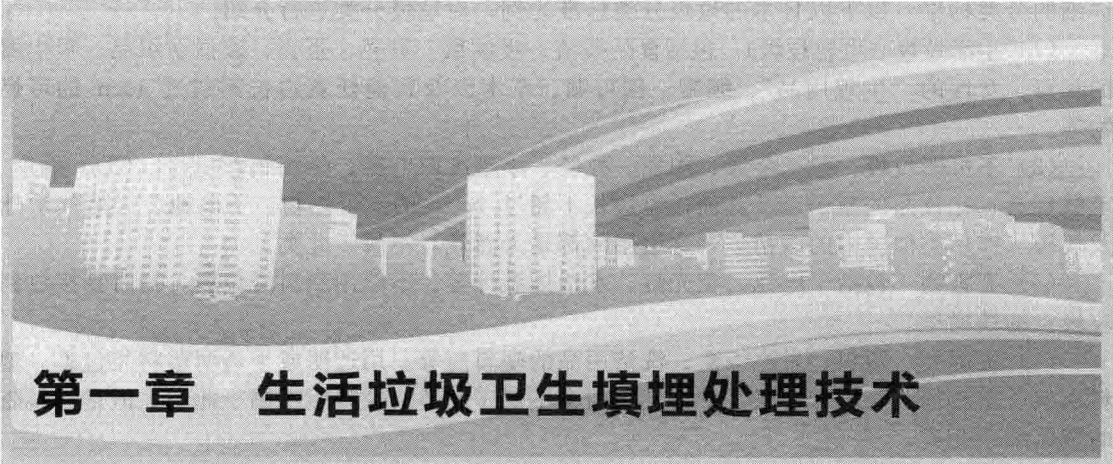
目 录

第一章 生活垃圾卫生填埋处理技术	1
第一节 生活垃圾填埋处理机理	1
一、生活垃圾的概念和分类	1
二、我国生活垃圾处理现状	2
三、生活垃圾填埋处理	2
四、填埋场的分类	3
五、国内垃圾填埋技术的发展方向	6
第二节 垃圾卫生填埋场选址	8
一、填埋场总体规划	8
二、填埋场选址依据	8
三、填埋场选址原则	8
四、填埋场选址的基本要求	9
五、填埋场场址选择程序	10
六、垃圾卫生填埋场环境影响评价	11
七、经济评估	12
第三节 生活垃圾卫生填埋场组成	13
一、场底基础	13
二、地下水导流设施	13
三、衬垫防渗系统	13
四、中间覆盖层系统	14
五、最终覆盖层系统	14
六、渗滤液集排与处理系统	14
七、填埋气收集与处理系统	16
八、地下水监测系统	19
第四节 填埋场处理设备类型及选用	19
一、推土机	19
二、垃圾压实机	22
三、挖掘机	24

四、铲运机	25
五、装载机	26
第二章 垃圾渗滤液的产生、特征及其影响因素	28
第一节 垃圾渗滤液的产生	28
一、垃圾渗滤液	28
二、垃圾渗滤液来源	28
三、垃圾渗滤液的特性	30
第二节 垃圾渗滤液的水质特征及影响因素	33
一、垃圾渗滤液水质特征	33
二、垃圾渗滤液的水质变化影响因素	37
三、垃圾渗滤液的水质预测	44
第三节 垃圾渗滤液的水量影响因素、水量预测及减量化	47
一、垃圾渗滤液水量影响因素	47
二、垃圾渗滤液水量预测	49
三、渗滤液减量化研究	52
第四节 渗滤液控制设施	55
一、防渗层	55
二、覆盖层	57
三、渗滤液调节池	57
四、排水系统	57
五、渗滤液收集设施	59
第五节 国内外垃圾渗滤液性质比较	61
一、国内不同区域垃圾填埋场渗滤液特性分析	61
二、国外垃圾填埋场渗滤液的性质	70
三、国内外垃圾填埋场渗滤液的成分一览	73
第三章 渗滤液的危害及排放标准	75
第一节 渗滤液对地下水的危害	75
第二节 防止地下水被污染的措施	76
一、垃圾填埋场防渗措施	76
二、地下水防污染措施	77
第三节 渗滤液污染地下含水层的过程及影响因素	78
一、Zagreb 市城市垃圾填埋场基本情况	78
二、垃圾填埋场渗滤液和地下水中污染情况	78
三、污染物向地下含水层传递过程及影响因素	79
第四节 渗滤液对土壤的危害	82
一、北京郊区某垃圾填埋场周围土壤的变化	82
二、哈尔滨城市垃圾渗滤液对周围土壤的污染	84
三、上海浦东黄浦江畔某生活垃圾填埋场对周围土壤的污染	85
四、西安市江村沟垃圾填埋场对周围土壤的污染	85
五、深圳盐田垃圾填埋场对周围土壤的污染	86
六、克罗地亚扎格列布市城市垃圾填埋场污染物对其下部土壤的影响	88

第五节 垃圾渗滤液排放标准	92
第四章 生物处理	94
第一节 生物处理概述	95
第二节 好氧处理工艺	96
一、悬浮式好氧处理工艺	97
二、附着式好氧处理工艺	108
三、好氧生物处理优化技术	113
第三节 厌氧处理工艺	116
一、厌氧生物滤池	118
二、上流式厌氧污泥床反应器	119
三、厌氧折流板反应器	123
四、厌氧序批式反应器	125
五、厌氧复合床反应器	126
六、膨胀式颗粒污泥床反应器	127
七、不同类型厌氧反应器的对比实验	127
第四节 生物组合处理工艺	131
一、厌氧-好氧处理工艺	131
二、组合处理工艺	137
三、稳定塘技术	145
四、生物脱氮	150
第五节 渗滤液的回灌技术	161
一、渗滤液回灌技术的提出及其原理	161
二、回灌技术的优点和缺点	161
三、渗滤液回灌工艺	163
四、影响垃圾渗滤液回灌效果的主要技术参数	164
五、回灌技术在实际应用中应注意的问题	169
第五章 垃圾渗滤液的物理化学处理方法	171
第一节 膜分离技术	171
一、膜分离技术概述	171
二、反渗透技术	174
三、反渗透膜污染及其防治	182
四、反渗透在渗滤液处理中的应用	184
第二节 混凝沉淀技术	187
一、混凝的原理及影响因素	187
二、混凝剂与助凝剂	192
三、混凝剂的投配方法及设备	196
四、混凝沉淀在渗滤液处理中的应用	201
第三节 高级氧化技术	204
一、高级氧化技术概述	204
二、Fenton 氧化技术	209
三、臭氧氧化技术	213

四、TiO ₂ 光催化氧化技术	219
五、电解技术	224
六、超声波技术	229
第四节 吸附技术	232
一、活性炭吸附的原理及影响因素	232
二、活性炭处理设备及再生	236
三、活性炭吸附在渗滤液处理中的应用	237
四、粉煤灰吸附法在渗滤液处理中的应用	242
第五节 吹脱技术	243
一、吹脱处理的原理及影响因素	244
二、吹脱的设备及尾气处理	246
三、吹脱法在渗滤液处理中的应用	248
参考文献	250



第一章 生活垃圾卫生填埋处理技术

第一节 生活垃圾填埋处理机理

一、生活垃圾的概念和分类

近十几年来，随着世界上工业化国家的城市化速度的加快和居民生活消费水平的不断提高，城市垃圾的增长非常迅速。所谓城市垃圾（municipal solid waste）是指在城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物，以及法律、行政法规规定视为城市垃圾的固体废物，如菜叶、废纸、废玻璃制品、废陶瓷、废家具、废塑料、厨房垃圾和建筑垃圾等，但不包括工厂排出的工业固体废物。在这个定义中，生活垃圾包括城市生活垃圾和农村生活垃圾。《固体法》中规定：城市生活垃圾应当按照环境卫生行政主管部门的规定，在指定的地点放置，不得随意倾倒、抛撒或者堆放；农村生活垃圾污染环境的具体办法，由地方性法规规定。我国城市生活垃圾的产生量近几年增长异常迅速，增长率达 10% 左右。全国一年的垃圾产生量达 1.42 亿吨，而全国历年城市生活垃圾的堆存量已达 60 多亿吨，占地 5 万公顷，致使我国 200 多个城市陷入了垃圾的包围之中。按照我国城市人均年产生生活垃圾 440kg 计算，到 2010 年、2030 年和 2050 年，我国产生或将产生生活垃圾 $2.64 \times 10^8 \text{t}$ 、 $4.09 \times 10^8 \text{t}$ 和 $5.28 \times 10^8 \text{t}$ （见表 1-1）。

表 1-1 我国城市人口和生活垃圾现状及其增长趋势

项 目	1997 年	2010 年	2030 年	2050 年
全国总人口/ $\times 10^8$ 人	12.36	13.95	15.50	15.87
城市人口/ $\times 10^8$ 人	3.70	6.00	9.30	11.99
城市生活垃圾/ $\times 10^8 \text{t}$	1.30	2.64	4.09	5.28

很明显，城市生活垃圾的大量增加和堆存已成为新世纪对我国城市可持续发展的严峻挑战，如何科学合理且经济有效地消纳城市生活垃圾是现代城市环境保护工作中应该着重关注的一个刻不容缓的问题。

生活垃圾包含的废物种类多，数量大、成分复杂，如果不能有效地分类处理，将污染环境，危害人类健康。例如，废打火机、废旧电池、废涂料、废日光灯管等，都具有潜在的危害，需要在相应的法规特别是管理工作中逐步制定和采取有效措施对之进行分类收集和恰当的处理。目前，我国没有完善的垃圾分类体系，城市生活垃圾多以集中处理为主，并没有

详细的分类标准。以下以日本的垃圾分类标准为例，对垃圾分类进行介绍。

(1) 生活垃圾(可燃垃圾) 包括食品残渣、吸油纸、贝壳、蛋壳、破损纺织品、吸尘器的灰卷、女性的“生理用品”、绷带、创可贴、草木以及其他任意边长不超过 40cm 的可燃物等。

(2) 不可燃垃圾 包括金属、陶瓷、橡胶、小型废旧电器、传统钨丝电灯、CD、雨伞、毛绒玩具、化妆品的瓶子以及其他任意边长不超过 40cm 的不可燃物。干电池、天然气炉灶及气罐(作用类似国内的酒精炉，这边用的都是天然气)不属于此类。

(3) 有害物 包括干电池、荧光灯、水银体温计等。不能用塑料袋包裹，扔时直接放到垃圾点的铁桶里。

(4) 资源类 塑料、发泡饭盒、洗洁用品的塑料瓶等。用透明或半透明塑料袋包裹。塑料衣架、塑料桶、录像带、录音带、塑料雨伞不属于此类。饮料瓶不属于此类，但是饮料瓶的瓶盖属于此类。

(5) 纸 包括旧报纸、书籍、杂志、纸壳包装箱、名片等，需整齐捆扎好，用纸袋盛装。

(6) 纺织品 旧衣服、毛巾等。用透明或半透明塑料袋包裹。雨天不进行此类垃圾收集。

(7) 瓶罐 包括饮料、调料用的玻璃瓶、金属罐、带 PET 标记的塑料瓶。塑料瓶盖不属于此类。化妆品的瓶子不属于此类。

(8) 大型废旧物 任意边长超过 40cm 的废旧物，从枕头到自行车，需提前电话预约，并到指定地点购买大型废旧物处理券，将该券贴在废弃物上。

(9) 环卫不负责处理的废弃物 电视、冰箱、空调、洗衣机、电脑、显示器等电器以及摩托车。

(10) 装牛奶的纸盒 这是很重要的资源，洗干净之后剪开晾干，送到指定回收地点。

二、我国生活垃圾处理现状

世界上垃圾处理的方法很多，被各国普遍采用的是堆肥法、焚烧法、卫生填埋法和回收利用。各国的垃圾成分不同，环保资金投入不同，地理条件不同，采用的垃圾处理方法也不同。我国的垃圾成分特点是：有机成分低、无机成分高、含水率高、可回收利用的废品少。就三种主要的垃圾处理方法而言，焚烧法投资大、运行费用高、烟气处理困难、不可燃物和焚烧残渣仍需填埋，根据我国国情不宜采用；堆肥法由于我国的垃圾大多没有分类收集和存放，导致堆肥产品品质低下，推广困难；而填埋法适合处理无机物含量高、热值低、含水量大的垃圾。因此，采用填埋技术为主处理我国城市垃圾，在今后相当长的一段时间内不会改变。国家也制定了我国城市垃圾的处理政策，卫生填埋为主(约 60%)，高温堆肥为辅(约 30%)，在有条件的地方适当发展焚烧法(约 10%)。

我国目前卫生填埋场数量、处理规模和技术水平依然不能满足要求，仍有大量的生活垃圾简易填埋处理，分散堆积在城市周边的自然环境中；同时已建填埋场还存在诸多运行管理和监管问题。垃圾填埋场的运营需要综合的管理技术，尤其是大城市垃圾填埋场的规模越来越大，填埋场的污染控制很大程度取决于管理水平的好坏。对填埋场的运营管理要形成完整的体系，不仅要対填埋作业区的垃圾进行规范的作业，还要逐步实现对垃圾种类和数量、地表水、地下水、渗滤液的数量和位置、噪声、飘尘，填埋气体的数量和性质进行综合管理。在很长的一段时间内，我国还不能满足这种综合需要。

三、生活垃圾填埋处理

填埋是进行生活垃圾最终处置的较为理想的方法之一。它是由传统的垃圾堆放与填埋技

术结合而发展起来的一种城市生活垃圾处置方法。为了保护环境,控制填埋对环境的污染,20世纪30年代起,美国开始对传统填埋法进行改良,从而形成了一套系统化、机械化的科学填埋方法,即卫生填埋法。卫生填埋法是利用工程手段,采取有效的技术措施,防止渗滤液及有害气体对水体、大气和土壤的污染,并将垃圾压实减容至最小,填埋占地面积最小,使整个填埋作业过程对公共卫生安全及环境均无危害的一种土地处理垃圾的方法。

继美国之后,日本和德国也在20世纪70年代相继开展了卫生填埋技术的研究并应用于实际工程当中。我国的垃圾卫生填埋技术起步较晚,始于20世纪80年代末。1988年,建设部颁布了我国第一部卫生填埋技术标准《生活垃圾卫生填埋技术规范》(CJJ17—88),该标准的颁布标志着我国正式迈进了以生活垃圾无害化处理为特征的卫生填埋阶段。经过近30年的发展,我国的生活垃圾卫生填埋技术取得了显著的进步,国内的技术创新,国外的技术引进,大型企业的介入,新型材料及设备的应用,污染控制标准的提高,都加快了我国卫生填埋技术的应用与发展。

四、填埋场的分类

根据填埋场不同的划分标准,填埋场类型有不同的分法,分类角度一般包括填埋场的构造、地质类型、地形类型、地形状况、反应机制等。下面对填埋场的分类进行简单的介绍。

1. 陆地填埋场和海上填埋场

根据填埋场所处的位置,将填埋场分为陆地填埋场和海上填埋场两种。但一般填埋场均建在陆地上,由于海上填埋场建造的复杂性和高成本,使海上填埋场较为少见,但土地资源匮乏而又靠海的一些国家,如日本、新加坡等建有海上填埋场。

海上填埋场一般是在靠近海岸的浅海处构筑护岸,利用护岸围出的空间作为储留空间。护岸通常采用沉井、钢筋混凝土浇筑、抛石等方法构筑。在海水中铺设防渗衬层非常困难,而且抽干海水进行铺设,无疑是工程量巨大的,因此,海上填埋一般采用垂直防渗措施,主要采取帷幕灌浆、地下连续壁等措施。为平衡填埋场建设后护岸内外的水压差,同时,防止护岸遭到破坏,一般不抽出填埋场内的海水,而将垃圾直接填埋入填埋场中,与海水接触,在垃圾逐渐填埋后,再逐渐抽出被污染的海水,经过处理后排放。海上填埋场无论从建设费用,还是运行费用考虑都大大高于陆地填埋场。同时需要考虑到其对海洋环境的潜在威胁。因此,即使在海上填埋场建设比较多的日本,对新建海上填埋场也非常的慎重,必须得到日本环境厅的批准。

目前,世界各国的垃圾填埋场绝大多数是陆地型填埋场。陆地型填埋场是利用土地的自然地形或人工构筑形成一定的储留空间,同时设置必要的防渗系统和垃圾释放物的搜集、排出和处理系统,使垃圾在一定时间内达到稳定化的状态。考虑到我国的现状,本书中所涉及的垃圾填埋场都是基于陆基的垃圾填埋场。

2. 干燥地区填埋场和潮湿地区填埋场

陆地填埋场根据其所处地区的气候或地质情况,可粗略分为干燥地区的填埋场和潮湿地区填埋场。

在干燥地区,虽然根据卫生填埋场所处地形,仍可大体分为多种形式,但无论采取何种形式,其填埋的基本结构形式是一致的(见图1-1)。

每日被填埋的废物逐层压实,其表面与当日操作结束后用15~30cm厚度的土壤覆盖,边坡坡度为(2:1)~(3:1),使形成规定的菱形单元。当填埋场完成全部填埋操作后,外表面再用0.5~0.7m厚的覆土盖土封场,为最终场地开发利用创造良好的表面条件,结构单元视地形与最终利用目的而定。

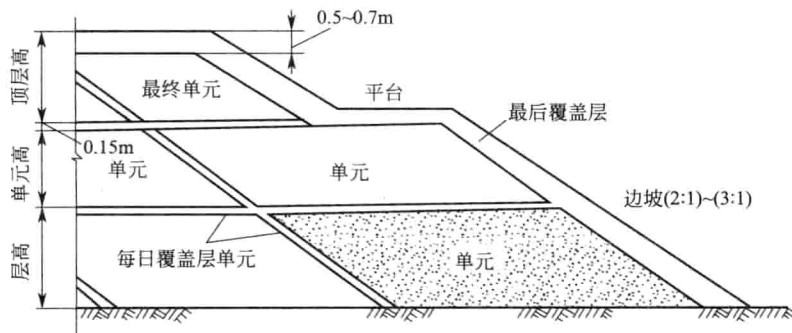


图 1-1 垃圾填埋场结构形式

沼泽、潮湿洼地、水塘、采土场与采石场等可作为潮湿地卫生填埋场。这类填埋场在设计时应当特别注意防止地下水的污染及填埋结构的稳定性问题，一般需要设置地下水抽提、排泄系统与气体收集系统。潮湿地填埋场通常分隔成若干单元或储留槽，每一单元或储留槽满足一年的填埋量。在高地下水位区，常将固体废物直接卸入水中，水底层先填充较为清洁的废物，直到高出水面，再填埋垃圾。为使填埋结构有足够的稳定性，通常这类填埋单元或储留槽用木条、石块或城市废建筑砌块衬砌，再用清洁填料填充。为防止污染的渗滤液与臭气扩散，常用黏土类铺衬底部。

3. 山谷型填埋、滩涂型填埋和平原型填埋

(1) 山谷型卫生填埋场 山谷型卫生填埋场第一种做法是利用天然的沟壑、山谷对城市垃圾进行处理的方式，具有填埋容量大、建设费用低等优点。这种类型填埋场的高差比一般比较大，而且地质属于稀释性与渗透性之间，同时，填埋场对地下水的影响必须重点考虑，因此，雨污水的分流与导排及防渗系统的设计是此类填埋安全运营的关键。通常做法是在山谷出口处设置垃圾坝，在填埋场上部设置挡水坝，在填埋场四周开挖排洪沟，严格控制地表水进入填埋场。填埋场的防渗有两种做法，最简单的是采用垂直密封技术，在填埋周围设置垂直防渗幕；另一种做法是采用水平基础密封和斜坡密封技术，在填埋场的底部和边坡铺设防渗衬层。山谷型卫生填埋场断面示意图如图 1-2 所示。目前，我国的许多填埋场为这种类型，如杭州的天子岭填埋场。

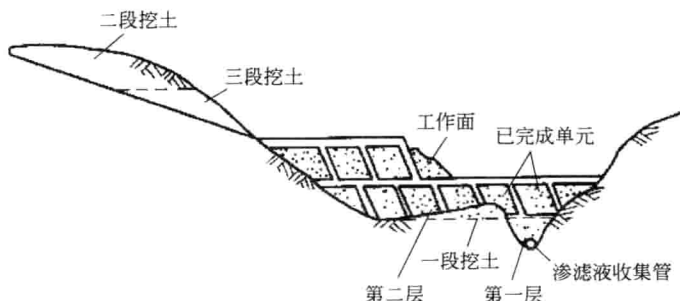


图 1-2 山谷型卫生填埋场断面示意图

(2) 滩涂型卫生填埋场 滩涂主要是指位于海滩附近、经过长期冲击淤积而成的滩地。它的场地标高低于正常地面。设计此类填埋场时，首先在规划填埋区内建造人工防渗堤坝。由于这类填埋场的地下水位较高，因此，关键在于地下水防渗系统的设计。上海老港废弃物填埋场就是这种类型。

(3) 平原型卫生填埋场 平原型通常适用于地形比较平坦的且地下水较浅的地区。一般采取高层堆放垃圾的方式, 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。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安全作业, 但是存在覆盖土源短缺的突出问题, 所以, 目前大量使用在填埋场底部开挖基坑的方法来保证覆盖土供应的办法。

① 地上式填埋。地上式填埋结构示意图如图 1-3 所示, 地上式填埋是建造在地面上, 完全利用堤坝围筑而成, 适用于地下水位较高或地形不适合开挖的地方。覆盖材料必须从附近地区运送或采土坑中取土。这种方式工程量过大、填埋量小、占用大量土地。同时, 填埋垃圾中的气体容易进入大气, 还要采取边作业边封顶的方式, 对有机物质、有害物质含量高的垃圾不适用。因此, 无特殊需要不宜采取这种形式。

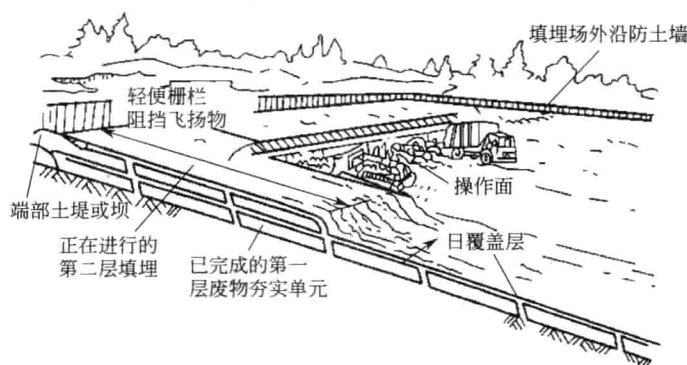


图 1-3 地上式填埋结构示意图

② 地下式填埋。地下式填埋在有的参考书上又称为沟塘型填埋, 大致分为两种方式。其一为利用地面上自然或人工形成的坑、沟、塘, 如采用土(石)坑、废河沟、废水塘、低洼坑地等, 经过人工修正后建造而成。开发的单元一般为方形, 边长一般为 60~300m, 深度为 3~9m, 宽度为 5~15m。地下式填埋一般适用于场地有丰富的覆盖层物可供开挖, 而且地下水位较深的地方。底部采用防渗衬层技术。图 1-4 和图 1-5 所示为两种不同操作方式下的填埋场结构示意图。

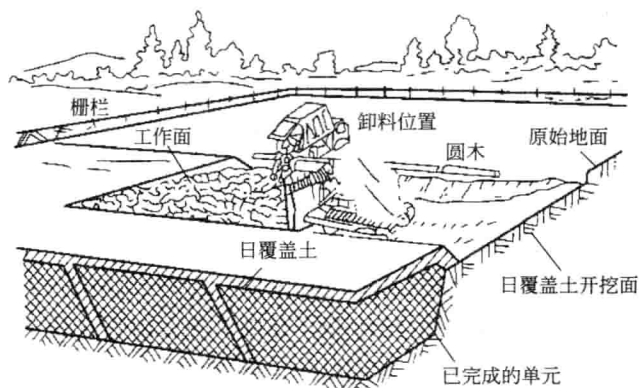


图 1-4 开槽法操作方式下填埋场结构示意图

4. 厌氧性填埋场、好氧性填埋场、准好氧性填埋场

城市垃圾填埋处理、处置过程可以看成是一个“最大限度的利用自然循环和分解机制”的过程。从这种观点出发, 填埋场可以被分为厌氧性填埋场、好氧性填埋场、准好氧性填埋

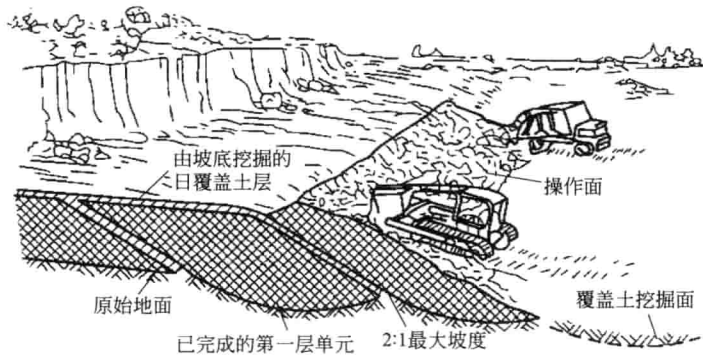


图 1-5 坡道法操作方式下填埋场结构示意图

场，城市生活垃圾填埋场反应机制分类比较见表 1-2。

表 1-2 城市生活垃圾填埋场反应机制分类比较

类 型	建设投资	运行费用	稳定化速度	管理要求	应用情况
厌氧填埋场	一般	一般	慢	高	较普遍
好氧填埋场	较高	较高	快	较高	较少
准好氧填埋场	一般	一般	较快	较高	较普遍

(1) 厌氧填埋场 在水浸渍的状态下填埋，空气无法进入，在填埋体内部形成厌氧状态，垃圾中的有机物质缓慢分解。厌氧分为两步：首先是有机物被分解为有机酸或乙醇，然后进一步分解为甲烷和二氧化碳。从废弃物填埋开始到填埋物稳定需要一个很长的时间。在一些地域宽阔的国家，填埋场地也无需恢复利用，较多采用厌氧填埋方式，同时，可收集甲烷气体用于发电。由于近年来甲烷气体被发现也是引起全球气候变暖及臭氧层破坏的“元凶”之一，得到部分专家和学者的关注。

(2) 好氧填埋场 好氧填埋按供气方式不同有两种形式。一种是用鼓风机直接向填埋场中鼓风的“好氧填埋”；另一种是在集水管末段利用自然通风达到填埋场中空气流通的“准好氧填埋场”。这两种都有早期加速稳定有机物的效果，但好氧填埋需要外加动力费用，使成本上升，是主要影响因素。

(3) 准好氧填埋场 准好氧性填埋场结构的主要特点是集水井末段敞开，利用自然通风，使空气通过集水管向填埋体中流通。填埋体中的有机物通过与空气接触，发生好氧分解，产生二氧化碳气体，气体通过排气设备排出。随着堆积垃圾越来越多，表层空气被上层的垃圾覆盖土挡住无法进入下层，下层生成的气体穿过垃圾间的空隙，由排气设施放出。这样，在填埋体中形成一定的负压，空气就可以从开放的集水管中吸入，向填埋体内扩散，从而扩大好氧范围，促进有机物的分解，但是，空气无法到达整个填埋体，当垃圾层变厚以后，填埋地表层、集水管附近、立渠和排气设备周围成为好氧状态，而空气接近不了的填埋体中部则处于厌氧状态。在厌氧状态区域，部分有机物被分解，硫化物被还原成硫化氢，垃圾中含有镉、汞和铅等重金属，与硫化氢反应，生成不溶于水的硫化物，存留在填埋体中。这种好氧厌氧共存的方式，称为“准好氧填埋”。准好氧填埋在建设费用上比厌氧填埋稍大，而在有机物分解方面则比好氧填埋稍逊，因此研究的也较多。

五、国内垃圾填埋技术的发展方向

比较国内外垃圾卫生填埋技术，可以看到我国垃圾卫生填埋技术与国际先进技术之间存

在如下差距。

1. 土地高效利用

土地高效利用是指在给定的有限的填埋场区内填埋更多的垃圾，其衡量指标是空间利用系数 E ，单位是 m^3 （垃圾）/ m^2 （土地），提高空间利用系数是填埋技术发展的生命线。现代化垃圾卫生填埋场的空间利用系数可达 $50\sim 70\text{m}^3$ （垃圾）/ m^2 （土地），目前我国垃圾填埋场的空间利用系数平均为 $20\sim 50\text{m}^3$ （垃圾）/ m^2 （土地）。

2. 合理规划，发展规模化的填埋场

小规模填埋场由于产气量小，难于综合利用，另外采用小规模填埋场必然造成污染源分布面广，环境风险很高。我国应重点推广建设跨区域的集中式的垃圾填埋场，卫生填埋场的建设规划应尽早纳入环境卫生专业规划及城市总体规划，最好落实到规划勘测红线，甚至规划红线。

3. 防渗系统安全化

填埋场防渗是保护地下水、地表水和土壤不受污染的关键。各地按地质、地理、水文和人文环境条件的不同，可采用不同的防渗系统，目前，国内标准的卫生填埋场均采用进口的高密度聚乙烯膜（HDPE）进行防渗。国内从“八五”期间开始对有机防渗材料进行全面的筛选和研制，今后应进一步开发新型的低成本、高性能的防渗材料，促使有机防渗材料国产化，这对于降低卫生填埋场的处理成本很有意义。

4. 部分实现资源化

现代化卫生填埋场已经不局限于垃圾最终处置，还可以实现部分资源回收。填埋场资源回收有三种方式。一是将填埋场与具有垃圾分类回收功能的设施建在一起，使填埋场具有综合处理的功能。二是实现填埋气体的回收利用（利用填埋气体发电或者将填埋气体制作成清洁燃料等）。城市垃圾填埋气体中甲烷占 $45\%\sim 70\%$ ，它是一种宝贵的清洁能源，具有很高的热值和回收利用价值。三是填埋场封场后进行土地的生态恢复，再创土地生产力。填埋场封场后，可建设运动场、生态公园、停车场、公墓等场所，尽可能地提高其土地使用价值和景观价值。

5. 全方位保护

卫生填埋场的环保措施包括渗滤液处理、雨污分流、填埋气体控制、除臭、降尘、降噪、蚊虫及鼠鸟危害控制以及园林绿化等。垃圾渗滤液的处理是目前大多数填埋场遇到的共同难题，其成分复杂多变，有毒物质含量很高，处理困难。对渗滤液处理工艺的技术开发研究将是目前和将来城市垃圾处理技术的重要部分。本书将对其进行重点的阐述。

6. 运行管理现代化、市场化

目前卫生填埋场技术含量已经越来越高，对管理人员尤其是专业技术人员提出了更高的要求，需要具有一定素质和科技文化水平的专业化运营管理队伍进行科学化规范化管理。现代化的卫生填埋场管理系统包括完善的填埋场运营质量保证系统，计算机信息管理系统及先进的自动化控制技术，人员岗位责任及资格考核制度等组成部分。我国的卫生填埋场运行今后将全面走向市场化，即从目前行政事业单位运转规模转变为纯企业、公司化运转模式，或者由政府投资建设，通过招投标由专业化公司来运营管理。政府对专业化公司实行资质考核、等级评价和运行许可审查。

我国的城市垃圾卫生填埋技术也在向多元化方向发展，向生态填埋、综合处理方向发展，其具体表现为生态填埋，主要的技术开发为防渗和检漏技术与设备、渗滤液回灌处理技术、填埋气体回收利用和处理技术与设备、加速垃圾稳定化技术、生态修复技术等；综合处理技术，如建设的垃圾分选、堆肥、焚烧、卫生填埋等技术一体化的综合处理设施，对不能

回收利用、不可堆肥、不焚烧的垃圾进行最后的填埋处置，使填埋处理量大幅度减少，节省大量土地资源并延长填埋场的使用年限；对老填埋场改造和封场技术，采用我国现行的卫生填埋技术标准的技术对老填埋场进行续建或改造；加速稳定化技术，通过改变垃圾体内氧含量、生物菌种、水分等条件，促进垃圾降解，加速垃圾稳定化进程。

第二节 垃圾卫生填埋场选址

垃圾卫生填埋场址选择是一个综合性的工作，它影响到卫生填埋场的建设及建成后的经营管理，关系到卫生填埋场的建设是否真正能够实现垃圾处理减量化、资源化、无害化的总目标要求。目前我国的简易城市垃圾填埋场比较注重填埋场的设计而忽略其选址，选址的要求常常是开阔地，离城市较近，能容纳足够的垃圾即可。

一、填埋场总体规划

在对填埋场进行规划与设计时，首先应该考虑以下基本问题。

(1) 相关的环境法规 必须满足所有相关的环境法规。

(2) 城市总体规划 填埋场的规划与设计必须注意与城市的总体规划保持一致，以保证城市社会经济与环境的协调发展。

(3) 场址周围环境 应对选定场址周围的环境进行充分的调查。

(4) 水文和气象条件 要全面了解当地详细的水文和气象条件，这些条件直接影响渗滤液的产生，进而影响填埋场构造的选择与设计。

(5) 入场废物性质 应充分掌握入场废物的性质，以在设计过程中确定必要的环境保护措施。

(6) 工程地质条件 应对选定场址的岩层位置与特性、现场土壤的土质及分布情况、周围可能的土源分布等工程地质条件进行详细的调查，为填埋场的构造设计提供依据。

(7) 封场后景观恢复及土地利用规划 应在设计之前对填埋场封场后的景观恢复和土地利用情况进行规划，提出合理的土地利用方案，实现环境设施与城市发展的协调。

二、填埋场选址依据

填埋场选址是建设填埋场最重要的一步，一般情况下是很难达到各种条件都是最优的填埋场，因此填埋场的选址一般采用综合评定方法。填埋场的选址要符合城市总体规划、环境卫生专业规划以及环境规划的要求。满足国家标准《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889)、《危险废物填埋污染控制标准》(GB 18598)、《生活垃圾卫生填埋技术规范》(CJJ 17)、《城市生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准》和《危险废物安全填埋处置工程建设技术要求》中对垃圾填埋场选址做出具体规划的要求。

三、填埋场选址原则

场址的选择是卫生填埋场规划设计的第一步，主要遵循以下四个原则。

(1) 环境保护原则 环境保护原则是填埋场选址的基本原则，应确保其周边生态环境、水环境、大气环境以及人类的生存环境等的安全，尤其是防止垃圾渗滤液的释出对地下水的污染，是场址选择时考虑的重点。

(2) 经济原则 合理、科学的选择，能够达到降低工程造价、提高资金使用效率的目的。但是，场地的经济问题是一个比较复杂的问题，它涉及场地的规模、征用费用、运输费

等多种方案。

(3) 法律及社会支持原则 场址的选择,不能破坏和改变周围居民的生产和生活基本条件,要得到公众的大力支持。

(4) 工程学及安全生产原则 必须综合考虑场址的地形、地貌、水文与工程地质条件、场址抗震防灾要求等安全生产各要素以及交通运输、覆盖土土源、文物保护、国防设施保护等因素。

四、填埋场选址的基本要求

1. 从经济学方面考虑

① 场址应满足一定的库容量要求。卫生填埋场使用年限是填埋场从填入垃圾开始至填埋垃圾封场的时间。填埋场的规模根据必须的填埋年限而定。一般填埋场合理使用年限不少于10年,特殊情况下不少于8年。从理论上讲,时间越短,单位垃圾的处理费用就越高。库容是指填埋场用于填埋垃圾的场地体积大小。应选择填埋库容量大的场址,单位库区面积填埋容量大,单位库容量投资小,投资效益好。应充分利用天然地形以增大填埋容量。填埋城市生活垃圾应在计划的指导下进行,填埋计划、填埋进度图是填埋场设计的重要文件。

② 场址应交通方便、运距合理。场址交通应方便,具有能在各种气候条件下运输的全天候公路,宽度合适,承载力适宜,尽量避免交通堵塞。根据有关资料,垃圾填埋处理费用当中约60%~90%为垃圾清运费。缩短清运距离,对降低垃圾处理费用起关键的作用。

③ 场址周围应有相当数量的土石料。所选场地附近,用于天然防渗层和覆盖层的黏土及用于排水层的砂石等应有充足的可采量和质量来保证能达到施工要求;黏土的pH值和离子交换能力越大越好,同时要求土壤易于压实,使土壤具有充分的防渗能力。填埋场的覆土一般为填埋场库区库容量的10%~20%,并且土源宜为黏土或黏滞土。

④ 各项经济费用。施工费用包括挖掘、平整、筑路。设施建设及其他施工费用;运行费用包括劳务费、管理费、维修费、能源消耗及其他费用;征地费用实际土地费用加上其他相关费用。

2. 从工程学方面考虑

① 工程规模。要保证有足够的容积,以容纳规划区域内在有效服务期间所产生的所有废物。对于安全填埋场场址必须有足够大的可使用面积以保证填埋场建成后具有10年或者更长的使用期,在使用期内能充分接纳所产生的危险废物。

② 场地的力学特征。场址要具有良好的力学特征,填埋场选址应避开下列区域,以保证在施工和运行、管理过程中,填埋场设施及填埋废物保持良好的稳定性。应避开破坏性地震及活动构造区;海啸及涌浪影响区;湿地和低洼汇水处;地应力高度集中,地面抬升或沉降速率快的地区;石灰溶洞发育带;废弃矿区或塌陷区;崩塌、岩堆、滑坡区;山洪、泥石流地区;活动沙丘区;尚未稳定的冲积扇及冲沟地区;高压缩性淤泥、泥炭及软土区以及其他可能危及填埋场安全的区域。

③ 施工特性。要充分利用当地的自然条件,确保取土和弃土地点,减少土石方运输量,并保证土木机械的施工效率。

④ 交通道路。要保证拥有全天候公路;并有足够的车辆通行能力,不易发生交通堵塞。

⑤ 气象条件。场址应避开高寒区,其蒸发量大于降水量;不应位于龙卷风和台风经过的地区,宜设在暴风雨发生率较低的地区。场址宜位于具有较好的大气混合扩散作用的下风向,白天人口不密集地区。寒冷、潮湿、冰冻等气候条件将影响填埋场的作业,要根据具体情况采取相应的措施。