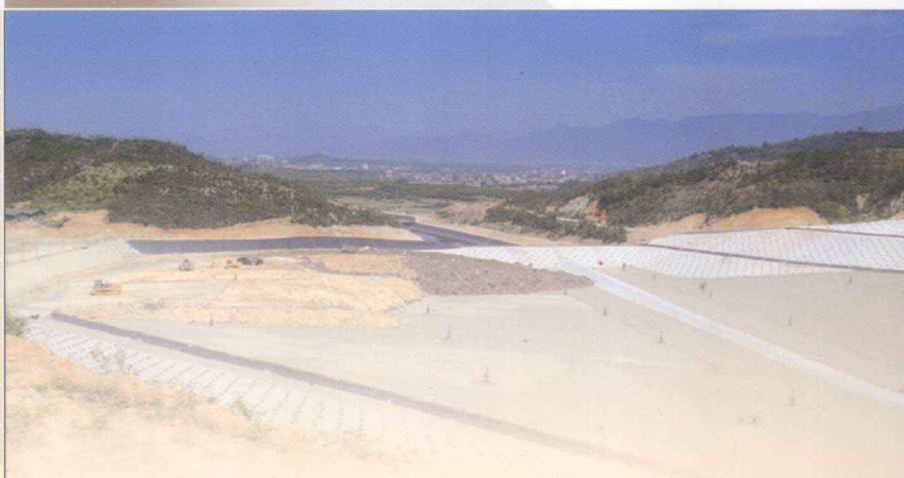


现代

(第二版)

卫生填埋场的设计与施工



钱学德 施建勇 刘晓东 编著

中国建筑工业出版社

现代卫生填埋场的设计与施工

(第二版)

钱学德 施建勇 刘晓东 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代卫生填埋场的设计与施工/钱学德, 施建勇, 刘晓东编著. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010.12
ISBN 978-7-112-13757-2

I. ①现… II. ①钱… ②施… ③刘… III. ①卫生填埋场-建筑设计 ②卫生填埋场-工程施工 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 237384 号

本书结合最近十年来我国在现代卫生填埋场工程的建设和科研方面的成果、相关法规、国外的先进技术以及作者在填埋场工程方面多年的实践和研究经验, 系统地介绍了现代卫生填埋场设计、施工和管理各个方面的知识, 是一本既结合我国实际情况又体现国际水平的参考书。

本书在第一版的基础上增加了填埋场防渗垫结构、最大渗滤水头计算、填埋场垂直扩容等内容, 并在土工复合膨润土衬垫、垃圾土的工程性质、气体收集和控制系统、填埋场的沉降计算、填埋场的稳定分析等章进行了全面的修改和补充, 并列有填埋场设计计算和分析方面的具体算例, 便于实际应用。

本书可作为高等院校填埋场设计和施工课程的教材, 也供从事填埋场设计和运行的工程技术、管理、科研人员参考。

* * *

责任编辑: 咸大庆 王 梅

责任设计: 李志立

责任校对: 张 颖 赵 颖

现代卫生填埋场的设计与施工 (第二版)

钱学德 施建勇 刘晓东 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 35 $\frac{1}{4}$ 字数: 893 千字

2011 年 12 月第二版 2011 年 12 月第四次印刷

定价: 86.00 元

ISBN 978-7-112-13757-2
(21533)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

作者介绍

钱学德：美国密歇根州政府环境保护厅首席环境岩土工程专家。河海大学岩土工程硕士，美国密歇根大学（The University of Michigan）土木和环境工程系博士。多年从事环境岩土工程这一交叉学科的研究，已发表论文上百篇。在美国的生活固体废物和危险废物处置工程领域已有 20 年的工作经验，参与了美国一百多个大型填埋场的设计、施工、监理、事故处理和研究工作，以及污染场地的现场隔离、封闭、整治和再开发等工程和研究项目。并被聘为密歇根大学和密歇根州立大学兼职教授，讲授填埋场设计与施工、土坡稳定分析等研究生课程。2002 年，以第一作者身份与美国工程院院士 Robert M. Koerner 教授和著名的国际环境岩土工程研究领域的先驱 Donald H. Gray 教授合著的，由美国最著名的教科书出版社 Prentice Hall 出版的专著“Geotechnical Aspects of Landfill Design and Construction（填埋场的岩土工程设计与施工）”已被美国和国际上几十所大学用作研究生教材，也被工程界广泛地用作填埋场设计的主要技术参考书。目前在国内外与多所高校合作进行由国家和省资助的多个自然科学基金及“973”研究项目。

施建勇：河海大学土木和交通学院教授，博士生导师，岩土工程国家重点学科学术带头人。河海大学岩土工程硕士，同济大学地下系博士，新加坡国立大学访问科学家。多年来进行土工合成材料和环境岩土工程方面的研究工作，主持了国内多个填埋场和其他岩土工程方面的研究项目。获水利部科技进步三等奖、二等奖，江苏省高校优秀青年骨干教师、跨世纪学科带头人，沪宁高速公路建设有功人员，南京市五四青年奖章，南京市十大青年科技之星，水利部优秀教师，首届教育部高等学校优秀青年教师教学和科研奖励基金奖励。担任国际土协 TC211 专业委员会委员，《岩土工程学报》编委，中国土木工程学会岩土工程分会理事，江苏省土木建筑学会理事、地基基础专委会副主任。已发表第一作者论文 60 多篇，出版专著和教材 8 部。目前正主持多个由国家和省资助的自然自然科学基金研究项目及工程企业单位资助的工程研究项目。

刘晓东：河海大学土木与交通学院岩土工程博士研究生。主要从事环境岩土工程方面的研究工作，特别是在考虑力-液-气三者耦合的固体废弃物沉降模型的研究方面取得了可喜的进展。参与了国内多个填埋场的滑坡预防、监测设计和其他岩土工程方面的研究项目。获河海大学优秀研究生、河海大学优秀毕业生称号。目前正在承担江苏省高校研究生科技创新计划项目研究工作。

第二版前言

本书的第一版于2001年由中国建筑工业出版社出版,是国内第一本关于现代卫生填埋场设计和施工的专著。由于缺乏当时国内现代卫生填埋场工程建设的资料,第一版主要是以本书第一作者在美国密歇根大学开设和讲授的“填埋场的岩土工程设计”研究生课程英文讲稿为基础翻译和编著的。本书的第一版于2001年出版至今已有十年时间。在这十年时间,我国的国民经济和城市化进程又有了很大发展,城市人口比例已占总人口的40%。另外,我国在城市固体废弃物处置的环境保护工作以及现代卫生填埋场工程的建设 and 科研方面也取得了很大进展。

1988年建设部发布了由沈阳市环境卫生科学研究所主编的《城市生活垃圾卫生填埋技术标准》CJJ 17-1988,这是我国有关卫生填埋场工程建设的第一个法规。之后,建设部又陆续发布了一些有关卫生填埋场工程建设的新法规和修订法规,2001年发布了新的《城市生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2001,2004年修订发布了《城市生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2004,2007年发布了《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》CJJ 112-2007和《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》CJJ 113-2007,2009年发布了《生活垃圾填埋场填埋气体收集处理及利用工程技术规范》CJJ 133-2009。环境保护部和国家质量监督检验检疫总局在2008年也联合发布了《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889-2008的国家标准。据悉,由住房和城乡建设部与国家质量监督检验检疫总局联合制定的新的《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》国家标准不久将会公布。住房和城乡建设部现正委托浙江大学负责制定我国第一部有关现代卫生填埋场设计和运行的详细技术规范《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》,本书的第一作者也参与了该技术规范大量的修改和审阅工作。

但是,随着我国城市数量增加,规模扩大,人口增多以及人民生活方式的变化和生活水平的提高,全国城市生活垃圾年产生量已达约3亿t(2011年1月15日《人民日报(海外版)》),超过了年产2.5亿t的美国,已经成为世界上年产城市生活垃圾最多的国家。并且还以年均增长率约9%的速度迅猛增加,所以我国的城市生活垃圾问题依然日益突出。填埋占我国城市固体废弃物处理量的近80%,卫生填埋仍是我国目前处置城市固体废弃物的主要方法。近年来,城市生活垃圾填埋场呈向高、大型发展的趋势,国外填埋场的最大高度已达170多m,国内填埋场的最大高度也已达100多m,大型填埋场的设计和运行问题已变得越来越复杂。而目前国内填埋场普遍存在渗沥液水位过高、填埋场底部防污屏障击穿、渗沥液泄漏污染地下水和填埋体不稳定等隐患。原因是目前国内还缺乏大量现代卫生填埋场设计和运行的专门工程技术人员;尚未出版既体现国际发展水平又结合我国实际情况系统介绍现代卫生填埋场设计、施工和管理的参考书籍。

本书的第二版结合了这十年来我国在现代卫生填埋场工程建设和科研方面的成果、国外的先进经验、国家有关填埋场工程建设的法规以及作者在填埋场工程方面多年的实践

和研究经验，对第一版的章节进行了调整和重组，并增添了新的章节，例如增添了第 2 章填埋场防渗衬垫结构、第 9 章最大渗滤液水头的计算和第 14 章填埋场垂直扩容。另外对各章内容也进行了很大的修改和扩充，特别是对第 5 章土工复合膨润土衬垫（GCL）、第 6 章垃圾土的工程性质、第 10 章气体收集和控制系统、第 12 章填埋场的沉降计算和第 13 章填埋场稳定分析进行了全面的修改，增加了很多新的内容。书中附有大量的图表、计算公式和参考文献；引用的每张图表和每个公式都注明出处，便于查看原文；对填埋场各主要结构的设计计算和分析方法，均列有具体算例，便于实际应用。本书在参考文献的引用和参考文献目录的排列方法上，采用了国际上普遍使用的直接在文中注明参考文献的作者姓氏和文献出版年代，方便读者对引用文献溯源。书中每章后参考文献目录的排列方法是：国外发表的英文文献按国际上惯用的以作者姓氏的英文字母顺序排列在前，国内发表的中文文献则按作者姓氏的汉语拼音字母顺序排列。

本书可以作为高等院校的填埋场设计和施工课程的教材，也可用作填埋场设计和运行的工程技术人员职业培训教材和技术参考书。

本书出版得到国家自然科学基金（50879022）、江苏省自然科学基金（BK2008355）和河海大学“211 工程”三期“创新人才培养项目”资助。

钱学德、施建勇、刘晓东

2011 年 8 月 25 日

第一版前言

由于经济快速发展，城市化扩大，居民消费水平日益提高，我国城市垃圾处置及污染防治已成为环境保护的突出问题。目前，我国人均年产垃圾已达 450kg 以上，城市垃圾年产出量超过 1 亿吨，年增长率为 8%~10%，已与发达国家相接近。由于长期缺乏科学管理和合理处置，全国每年都有上百起垃圾污染事故发生。一个不合格的垃圾堆场就是一个大的再生污染源，其污染延续时间可以长达数十年甚至上百年。一旦地下水源和周围土壤被污染，想用人工方法实施再净化，技术上将十分困难，其费用也极其昂贵。

现代卫生填埋工程（城市固体废弃物填埋场）是世界各地处理城市固体废弃物的主要方法。一个现代卫生填埋场的建设必须具备合适的水文、地质和环境条件，并要进行专门的规划、设计，精心的施工和科学的管理。为严格防止地下水被污染，它应建有淋滤液的收集和处理系统，还要提供填埋废气（主要为沼气和二氧化碳）的排除或回收通道，并对淋滤过程中产生的水、气和附近地下水源进行监测，还必须满足一定的防洪标准。

我国卫生填埋工程起步较晚，目前各大城市的垃圾填埋场大多还达不到严格防止再生污染的要求，与国外发达国家相比尚有较大差距。随着城市建设的逐步规范，两个文明程度的进一步提高，居民的环保意识和对周围环境的要求将愈来愈高，建设一批高标准的、对周围环境不产生二次污染的大型卫生填埋场已是政府、人民和有关部门的共同要求。但目前国内对卫生填埋场建设尚无统一的规范或标准，也缺少全面、系统论述现代卫生填埋场规划、设计、施工方法的书籍，介绍国外这方面经验的资料也较少。各级城建、环保等有关部门和设计、施工单位的工程技术人员以及高校、科研单位有关专业的师生及研究人员都迫切希望有一本全面介绍这方面知识的书籍，本书的编写和出版将填补这一领域的空白。

本书第一作者，河海大学兼职教授，旅美学者钱学德博士长期在美从事卫生填埋场的设计、施工和计划审定工作，现为美国密歇根州环保署官员，负责对卫生填埋场计划的技术审查和核批，并在密歇根大学开设“卫生填埋工程的设计和施工”这门课程。本书就是根据他讲授该门课程的英文讲稿进行编译和撰写的。书中系统论述了填埋场地的选定、固体废弃物的工程性质、淋滤液和填埋场气体的产出机理，并对填埋场各组成系统的设计、施工方法进行详细介绍，对于近年来与此有关的环境土工方面的研究成果和美国联邦环保局和州环保署的有关规定也作了较多的介绍和评述。书中附有大量插图和参考文献，对主要的计算分析方法均有算例，便于实际应用。参加本书编译和撰写工作的有河海大学郭志平教授（第一、二、三、六、十一、十三、十四章），施建勇教授（第四、五、十、十五章）和卢廷浩教授（第七、八、九、十二章），由郭志平教授负责统稿并作部分修改，中文初稿曾经由钱博士过目。

由于缺少国内填埋工程建设的资料，本书所介绍的内容基本上是国外的（主要是美国的），未能紧密结合国内的实际情况，书中某些理论观点、技术方法、施工经验仅提供

给国内有关单位及技术人员作参考。我们希望国内同行经过实践和总结能尽早订出我们自己的规范和标准，出版能反映我国卫生填埋工程技术水平和工程经验的书籍。如果本书能对此有所帮助，编者将感到无比欣慰。

本书编写、出版过程中得到河海大学岩土工程研究所和深圳市下坪固体废弃物填埋场的大力支持，编者十分感谢。由于水平所限，书中出现错误或不当之处，在所难免，还望读者不吝施教。

本书的出版得到“教育部优秀青年教师教学科研奖励计划”和“江苏省高校跨世纪学术带头人培养计划”的资助。

编者
2000年12月于南京

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 填埋场的形式	2
1.3 填埋场的组成	4
1.4 填埋场场址的选择	5
参考文献	16
第 2 章 填埋场衬垫系统	18
2.1 填埋场衬垫的组成材料.....	18
2.2 填埋场衬垫结构的发展概况.....	18
2.3 填埋场复合衬垫的防渗机理.....	20
2.4 填埋场双复合衬垫的优点.....	21
2.5 生活垃圾填埋场衬垫系统设计标准.....	21
2.6 污染物质穿透衬垫传播的机理	28
参考文献	34
第 3 章 压实黏土衬垫	37
3.1 压实黏土衬垫概论.....	37
3.2 土的压实与渗透性试验.....	39
3.3 压实黏土衬垫的设计参数确定方法.....	42
3.4 土块对透水性的影响	47
3.5 砾石含量对土体透水性的影响	50
3.6 加砂量对土体透水性和体积收缩性的影响.....	52
3.7 冻融对土体透水性的影响.....	54
3.8 压实黏土衬垫总结.....	57
参考文献	57
第 4 章 土工膜衬垫	61
4.1 土工膜的组成和厚度.....	61
4.2 土工膜在填埋场中的使用.....	62
4.3 土工膜的拉伸.....	65
4.4 土工膜的摩擦.....	68
4.5 不平衡摩擦力导致的拉伸应力.....	69

4.6	沉降引起的拉应力	72
4.7	土工膜的伸出和锚固槽	73
4.8	通过衬垫的渗漏量估算	86
4.9	关于土工膜的总结	91
	参考文献	91
第5章	土工复合膨润土衬垫 (GCL)	94
5.1	土工复合膨润土衬垫的类型和应用情况	94
5.2	透水性	96
5.3	差异沉降的承受能力	102
5.4	剪切强度	104
5.5	土工复合膨润土衬垫与压实黏土衬垫的区别	110
5.6	污染物通过土工复合膨润土衬垫和压实黏土衬垫的运移	112
5.7	通过土工复合膨润土衬垫和压实黏土衬垫的污染物质比较	117
5.8	土工复合膨润土衬垫使用的建议	128
	参考文献	129
第6章	垃圾土的工程性质	133
6.1	垃圾土的组成	134
6.2	垃圾土的重力密度	136
6.3	垃圾土的含水量	139
6.4	垃圾土的孔隙率	142
6.5	垃圾土的相对密度	142
6.6	垃圾土的透水性	144
6.7	垃圾土的持水率	145
6.8	垃圾土的强度	147
6.9	垃圾土的压缩性	153
	参考文献	156
第7章	渗滤液的产生和估算	163
7.1	城市固体废弃物渗滤液的特性	163
7.2	影响渗滤液产出量的因素	168
7.3	填埋场运行期间渗滤液产出量的估算	169
7.4	填埋场封闭条件下渗滤液产出量的估算	172
7.5	填埋场渗滤液特性的水文估算模型 (HELP)	178
	参考文献	187
附录 7.1	HELP 模拟输入值和输出值-运行条件	191
附录 7.2	HELP 模拟输入值和输出值-封闭条件	199

第 8 章 渗滤液导排和收集系统	209
8.1 渗滤液排水层的构成	209
8.2 土质排水层与反滤层	211
8.3 土工布反滤层的设计	213
8.4 土工网的排水设计	221
8.5 场底坡降	230
8.6 渗滤液收集槽	231
8.7 渗滤液收集管的选择	232
8.8 渗滤液收集管的变形与稳定	237
8.9 渗滤液收集池及提升管	245
8.10 渗滤液收集泵.....	249
参考文献.....	255
第 9 章 最大渗滤液水头的计算	258
9.1 最大渗滤液水头的计算方法	258
9.2 各种计算方法的比较	260
9.3 填埋场场底坡度和集水管坡度对最大渗滤液水头的影响	266
9.4 多层排水介质内无压渗流的等效水力渗透系数	270
9.5 多层排水介质内最大渗滤液水头的计算	274
参考文献.....	281
第 10 章 气体收集和控制系统	284
10.1 填埋场气体的产生.....	284
10.2 填埋场气体的组成.....	285
10.3 影响气体产生的因素.....	286
10.4 气体的产生速率.....	288
10.5 气体的流动.....	288
10.6 气体收集系统的类型及组成.....	290
10.7 气体的控制及处理.....	295
10.8 气体收集系统的设计.....	296
参考文献.....	335
第 11 章 封场和最终覆盖系统	337
11.1 最终覆盖系统的组成.....	337
11.2 生活垃圾填埋场最终覆盖系统设计标准.....	345
11.3 填埋场的替代覆盖形式.....	347
11.4 填埋场覆盖的现场研究.....	351
11.5 水土流失控制.....	351
11.6 沉降和下陷的影响.....	361

参考文献	363
第 12 章 填埋场的沉降计算	367
12.1 固体废弃物沉降机理	367
12.2 每日覆盖效应的分析	368
12.3 填埋场沉降速率	370
12.4 填埋场沉降估算	374
12.5 填埋场沉降对库容的影响	377
12.6 估算填埋场沉降的其他方法	381
12.7 力—液—气耦合固体废弃物沉降模型	390
12.8 填埋场地基沉降估算	405
参考文献	409
第 13 章 填埋场稳定分析	412
13.1 填埋场稳定破坏的调查研究	412
13.2 填埋场稳定分析理论的国内外研究概况	413
13.3 双楔体平移破坏分析方法	415
13.4 多层土工合成材料复合衬垫界面的力学特性	425
13.5 考虑渗滤液水位影响的平移破坏分析方法	433
13.6 填埋场稳定安全系数的计算	447
13.7 填埋场运行时的填埋步骤设计	459
13.8 考虑地震荷载作用的平移破坏动力分析方法	462
13.9 考虑垃圾坝作用的三楔体平移破坏分析方法	470
参考文献	488
第 14 章 填埋场垂直扩容	494
14.1 垂直扩容所需考虑的因素	495
14.2 垂直扩容衬垫系统的设计	495
14.3 已建填埋场的沉降	496
14.4 估算由废弃物不均匀性导致的不均匀沉降	498
14.5 无衬垫填埋场的垂直扩容	502
14.6 垂直扩容填埋场结构的设计考虑	503
14.7 垂直扩容填埋场的加固设计	504
14.8 垂直扩容填埋场的稳定性分析	514
参考文献	515
第 15 章 压实黏土衬垫的施工	518
15.1 地基的处理	518
15.2 压实黏土衬垫的土料	520

15.3	压实的目的和选择	521
15.4	原始饱和度规范	525
15.5	黏土衬垫压实的注意事项	525
15.6	压实的性能规范	526
15.7	渗滤液收集槽的施工	527
15.8	压实黏土的保护	529
15.9	含水量和干容重的现场测定	530
15.10	施工质量保证和质量控制	531
	参考文献	534
第 16 章	土工合成材料的铺设	537
16.1	材料运输和性能测试	537
16.2	土工膜的安装	538
16.3	土工网的铺设	552
16.4	土工布的铺设	554
16.5	土工复合排水网的铺设	556
16.6	土工复合膨润土衬垫 (GCL) 的铺设	557
	参考文献	559

第 1 章 绪 论

1.1 概述

从 1988 年建设部颁布《城市生活垃圾卫生填埋技术标准》(CJJ 17—1988) (建设部, 1988) 以来, 我国在城市生活垃圾填埋的卫生、安全方面取得了较快的发展。据不完全统计, 目前我国平均每人日产垃圾 0.9~1.1kg, 并以 8%~10% 的年增长速度增加。国家规定新建垃圾填埋场必须按照《生活垃圾卫生填埋技术规范》(CJJ 17—2004) (建设部, 1988; 建设部, 2001; 建设部, 2004) 进行规划、设计、施工、运行和管理。目前我国有 80% 以上的生活垃圾是进行填埋处置的, 填埋作为最终处理措施是城市生活垃圾卫生处置的重要手段之一。2008 年 4 月环境保护部和国家质量监督检验检疫总局联合颁布了《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008) (环境保护部, 2008), 为确保我国生活垃圾填埋工程的环境安全起到了决定性作用。但填埋不能完全解决城市生活垃圾的处置问题, 堆肥、焚烧、热解、分拣及综合处理技术也在一些城市推广。

城市固体废弃物一般包括生活垃圾、商业垃圾、集贸市场垃圾、街道清扫垃圾、公共场所垃圾、企事业单位的垃圾等。一个中等规模的城市每天需要清理的固体废弃物可高达数千吨, 经过分选以后, 大部分均要集中堆放到某一场地。一个开敞的、没有严格控制措施的垃圾堆, 将是一个巨大的污染源, 其渗滤液会污染地下水和附近的水源; 排出的气体会污染空气; 还会孳生蚊蝇, 引来昆虫、鼠类和鸟; 丑陋的外形也大大影响城市美好的形象。所有这些在一个规划、设计、运行和维护均很科学合理的现代卫生填埋工程中是不允许存在的。满足规范要求的垃圾填埋场, 就是在有良好防渗性能衬垫的场地上, 将垃圾按一定厚度铺填, 加以压实, 并加土覆盖。其场地必须具有合适的水文、地质和环境条件, 并要进行专门的规划、设计, 严格施工和管理。为严格防止周围环境被污染, 必须设有一个渗滤液收集和处理系统, 还要提供气体 (主要为甲烷和二氧化碳) 的排除或回收通道, 并对填埋过程中产生的水、气和附近的地下水进行监测, 还需能达到抵御五十年一遇以上洪水的设计标准。

在填埋工程中, 选择合适的场地往往是一个最重要的环节, 决定的关键是它对民众健康的影响程度, 尽管为此可能会使工程变得比较复杂或需要较高的费用。同时, 选择合适的场地不但可以降低工程造价, 也可以使运行、监测、维护及回收渗滤液等长期费用大大降低。选址的第二个重要环节就是设计和施工。环境土工研究领域的一个重要课题就是对卫生填埋场提出科学合理的设计原理和施工程序, 以保证填埋单元短期和长期的稳定性以及它的运行性能。特别重要的是要保证衬垫系统的强度、稳定性以及耐久性。合适的设计方法应能保证填埋场和废弃物在整个施工、运行和封闭阶段都是稳定的。根据设计要求选择合适的施工材料和进行施工质量控制同样十分重要。在场地调查时搜集充分可靠的资料, 采用已被证明了的科学设计方法可大大减少填埋场对周围环境可能带来的危害。

在卫生填埋场设计中最重要关键部位包括防渗衬垫系统，渗滤液收集和导排系统，气体收集和控制系统和最终覆盖（封顶）系统。典型垃圾填埋场的简图见图 1.1。

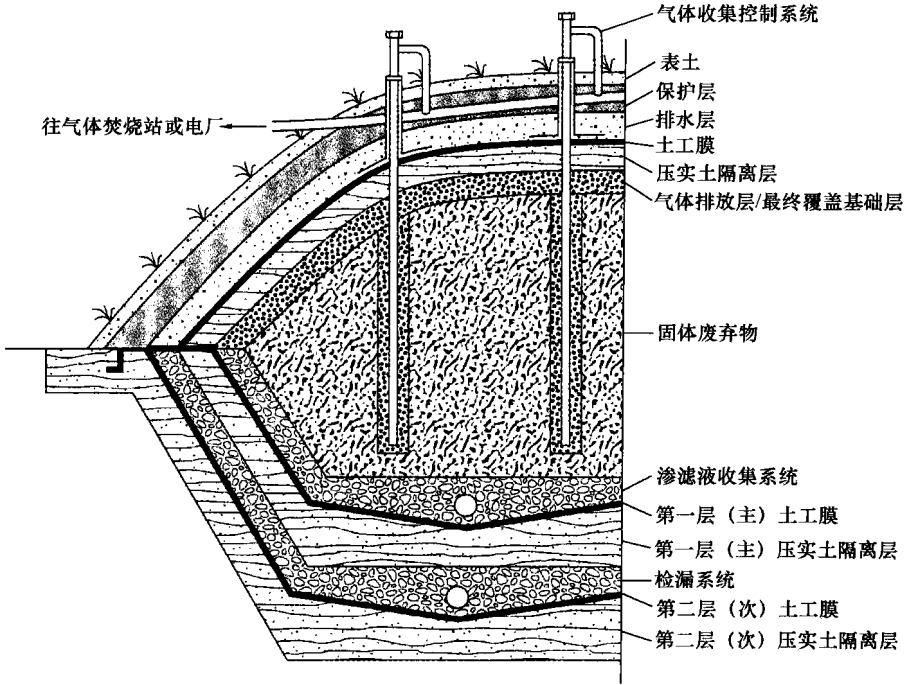


图 1.1 城市固体废弃物填埋场示意图

1.2 填埋场的形式

大多数城市生活垃圾卫生填埋场区域包括以下的单元（钱学德和郭志平，1995a；钱学德和郭志平，1995b）：

- (1) 底部和侧面的防渗衬垫系统；
- (2) 渗滤液收集和导排系统；
- (3) 气体收集和控制系统；
- (4) 最终覆盖（封顶）系统；
- (5) 雨水导排系统；
- (6) 地下水监测系统；
- (7) 气体水监测系统。

一个填埋场从开始施工到运行至最后封场要经过以下几个主要步骤：

- (1) 填埋场场地规划和准备；
- (2) 基底处理和平整；
- (3) 填埋单元划分和垃圾的分期堆填；
- (4) 临时覆盖的铺放；
- (5) 填埋场达到最终容量高程的平整；

- (6) 最终覆盖的铺放和封场；
- (7) 填埋场养护和长期的环境监测。

一个典型垃圾填埋场从开发到封场步骤的简图示于图 1.2。

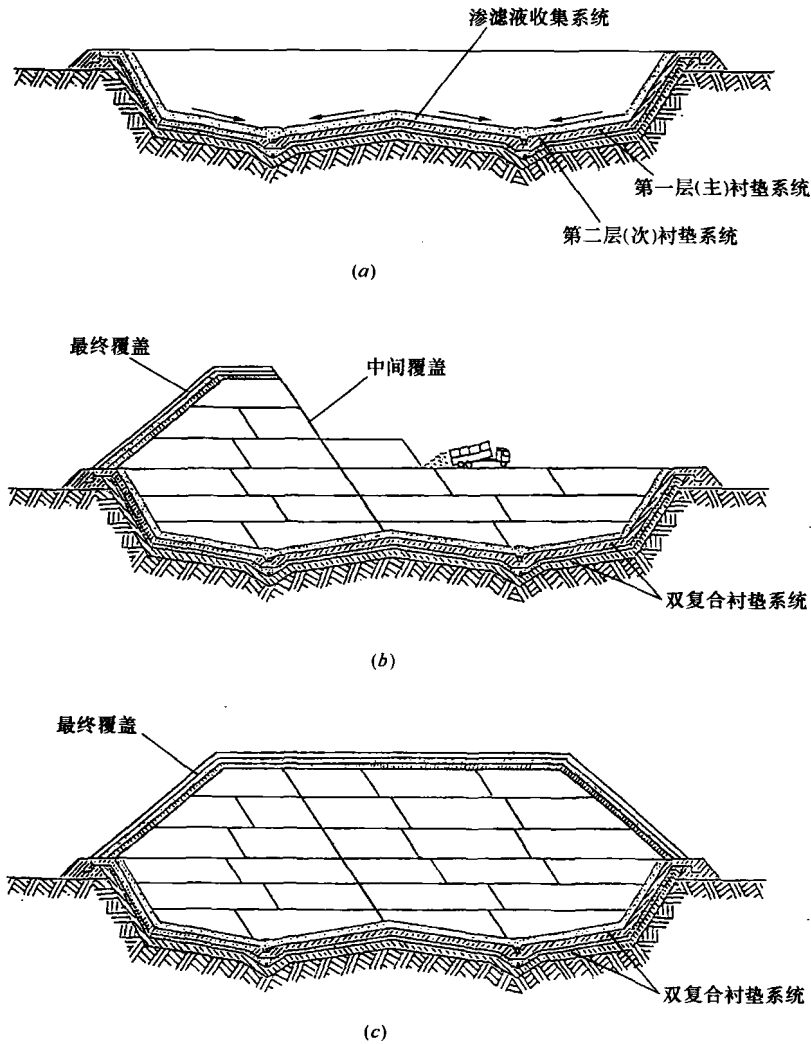


图 1.2 废弃物填埋过程和封闭

(a) 填埋单元基底和渗滤液收集系统；(b) 固体废弃物的填埋；(c) 封顶后的填埋场覆盖

各种埋要素及它们实施顺序之间的相互依赖协调在填埋场的设计中起着非常重要的作用。这些要素可以通过几何形状和空间组织排列的多样性来概括。在我国垃圾填埋场按照场地的地形被分为平地型、开挖型、山谷型三大类。其中最常见的填埋场的形式包括以下几种：

(1) 平地型堆填（图 1.3a）：填埋过程只有很小的开挖或不开挖，通常适用于比较平坦且地下水埋藏较浅的地区。

(2) 开挖型堆填（图 1.3b）：这种填埋方式可以看成是平地填埋和挖沟填埋的结合体。不过，这种填埋方式开挖的单元比挖沟填埋所开挖的要大很多，其开挖的深度通常依

赖于天然黏土层和地下水的埋深。

(3) 峡谷型堆填(图 1.3c): 也称作谷地堆填。这种填埋方式下, 废弃物通常堆填在山谷或者起伏丘陵之间。

在我国垃圾填埋场以山谷型填埋场居多, 如深圳下坪固体废弃物填埋场、杭州天子岭垃圾填埋场、苏州七子山垃圾填埋场、无锡桃花山垃圾填埋场、南京天井洼垃圾填埋场、昆明西郊沙朗填埋场等; 上海老港垃圾填埋场和北京的阿苏卫、北神树、安定三座垃圾填埋场均属于平地型垃圾填埋场; 在我国开挖型垃圾填埋场相对较少。

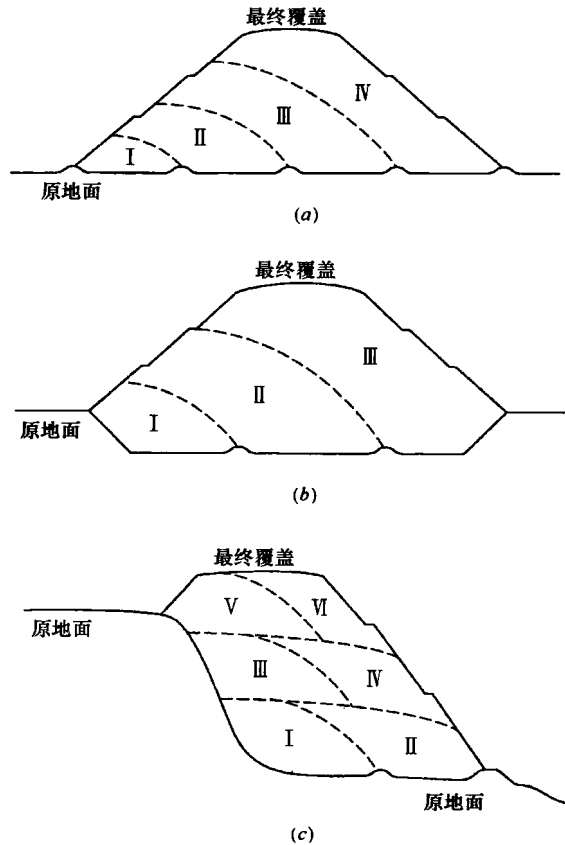


图 1.3 填埋场的三类形式

(a) 平地型填埋场; (b) 开挖型堆填场; (c) 峡谷型填埋场

1.3 填埋场的组成

填埋场的防渗、防污和隔离功能是设计现代生活垃圾填埋场和危险废物填埋场的最重要考虑因素。一个合格的填埋场必须能够把固体废物或危险废物与周围环境彻底隔绝。它应该能够限制降雨的渗入, 防止渗滤液的渗漏和有效地导排渗滤液, 收集和控制在生物降解而产生的气体。在卫生填埋场的结构设计中最重要的关键部位包括防渗衬垫系统、渗滤液收集和导排系统、气体收集和控制系统和最终覆盖(封顶)系统(见图 1.1)。每一个系统的功能和作用简单地介绍如下(Qian 等, 2002)。