

固体废物处置堆存场 环境岩土技术

王汉强 沈楼燕 吴国高 编著



科学出版社

www.sciencep.com

X705
W-388

固体废物处置堆存场 环境岩土技术

王汉强 沈楼燕 吴国高 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了环境岩土工程学在固体废物处置堆存场中应用的理论与实践。全书共 16 章,内容涵盖了固体废物中除危险废物外的城市生活垃圾和工业矿山尾渣,包括冶金矿山尾矿库、铝厂赤泥库、燃煤电厂灰渣库和铀矿冶尾矿库等各类尾矿库及垃圾卫生填埋场等固体废物处置堆存工程。本书内容丰富,取材新颖,用环境岩土工程的理论、观点和方法分析、研究了从固体废物处置堆存工程实践中提出的问题,有大量工程实例和丰富的工程实践资料及数据,并对土工合成材料在固体废物堆存场中的应用做了较详细的介绍。

本书可作为高等院校土木、水利、岩土和环境工程等专业高年级本科生和研究生的教材或补充教材及教师参考书,也可供从事工矿尾矿库和城市生活垃圾填埋场设计、管理、研究人员和环保工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处置堆存场环境岩土技术/王汉强,沈楼燕,吴国高编著.
—北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-020093-8

I. 固… II. ①王…②沈…③吴… III. 环境工程:岩土工程—技术—应用—固体废物—废物处理 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 161623 号

责任编辑:彭胜潮 韩 鹏 卜 新 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 10 月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—2 000 字数:447 000

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序 言

我国对固体废物有目的、有计划地处理处置,可以说始于新中国建立初期对工业固体废物——冶金矿山尾矿的处置(修建尾矿库储存尾矿);近20年来,我国又开展了对生活垃圾的科学处理处置,主要是用卫生填埋场来填埋生活垃圾。这两种处置方法都是固体废物的土地处置法。这种方法属于一种工程性处置,处置的环境(土地)主要与岩土工程有关,处置的手段(尾矿水力冲填筑坝、垃圾压实、覆盖等)和材料(筑坝土石料、覆盖材料、土工合成材料等)也主要与岩土工程有关,因此这种处置法的技术基础是岩土工程,即以岩土工程的手段来解决固体废物的水土污染问题——属于环境岩土工程的范畴。

该书作者所在的南昌有色冶金设计研究院的水工(尾矿)专业室,是我国建制最早的关于尾矿工程设计研究的队伍之一。20世纪80年代以来,他们又在国内率先开展垃圾卫生填埋场的设计研究工作,还涉足冶金矿山之外的铝厂赤泥库、燃煤电厂灰渣库、建材矿山、化工矿山尾矿库等工程设计领域。近50年来,在老、中、青几代技术人员的努力开拓下,他们已形成一支很有特色的技术队伍,参与了许多重大建设工程项目和设计手册、技术规范的编制工作,积累了丰富的工程经验,取得了丰硕的科技成果:获得国家科技进步二等奖1项,省部级科技进步一、二等奖3项,省部级优秀设计一等奖、金奖多项和国家专利1项。

该书作者结合自己的实践经验和研究成果,通过学习国内外有关环境岩土工程的理论研究和工程实践,将环境岩土工程理论与我国固体废物处置堆存场的实践结合起来,加以总结和介绍。该书也反映了作者的学术见解和工程经验。该书是一本融设计理论与工程实践于一体,既有理论阐述又有技术进展介绍的综合技术专著。该书的问世对从事固体废物处理处置设计、管理的岩土工程及环保工程等专业的技术人员和高等院校土木、水利、岩土及环保工程等专业的高年级学生、研究生和教师都会有所帮助。

中国工程院院士

鲜学福

2007年6月1日于江西南昌

前 言

随着我国经济的发展,固体废物的数量越来越多。按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,固体废物可分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废物。在对固体废物处理处置的方法中,科学的堆存处置是主要方法之一。例如,用尾矿库贮存矿山尾矿,用垃圾卫生填埋场堆存生活垃圾,等等。

在 20 世纪 80 年代末以前,编著者一直从事工业固体废物中矿山尾矿的堆存处置——尾矿库的设计研究工作,从 80 年代末开始,又涉足城市生活垃圾卫生填埋领域和冶金矿山尾矿之外的其他工业厂矿尾矿(渣)库的设计工作,如杭州市天子岭废弃物处理总场、燃煤电厂灰渣库和铝厂赤泥库等。在工作中,我们曾探索将尾矿库的相关技术运用于垃圾填埋场。通过工程实践和综合思考,我们感到尾矿库和垃圾填埋场有相通之处:二者都是固体废物处置堆存场,都是土工构筑物,其安全的核心问题都是岩土工程问题,也即近年来常提到的“环境岩土工程”问题。

环境岩土工程是岩土力学与环境科学密切结合的一门新学科,它主要是应用岩土力学的观点、技术和方法去研究和解决与环境有关的岩土工程问题,为治理和保护环境服务。

编著本书的目的是,结合自己的实践经验和综合思维,通过学习国内外有关环境岩土工程的理论研究和工程实践,力所能及地将环境岩土工程理论与我国固体废物处置堆存场的实践紧密结合起来,加以总结和介绍。本书介绍了环境岩土工程在固体废物处置堆存场(尾矿库和垃圾填埋场)中一些课题的主要研究内容、方法及进展,也提出了编著者的研究成果和见解。

为了便于未接触过尾矿库和垃圾填埋场的读者阅读,本书简单介绍了尾矿和尾矿库、垃圾土和垃圾填埋场的基本知识。但是,本书的目的不是全面介绍尾矿库和垃圾填埋场的基本理论、设计内容和方法,而是就与尾矿库及垃圾填埋场有关的环境岩土技术的一些专题进行探讨,分专题(章)进行论述。

本书由王汉强、沈楼燕、吴国高编著。具体分工如下:

王汉强:第四章、第五章、第六章、第七章、第十二章、第十五章、第十六章(二、六、七、八)。

沈楼燕:第二章、第三章、第八章、第十章、第十三章、第十六章(三、四)。

吴国高:第一章、第九章、第十一章、第十四章、第十六章(一、五)。

最后,由王汉强统稿。

感谢王治平教授级高级工程师和田文旗教授级高级工程师,他们给我们提供了宝贵的资料和信息。感谢袁永强高级工程师,他给本书提出了许多宝贵建议。感谢李斌、卢建京、罗敏杰等工程师,他们在搜集资料和信息、绘制插图及校对编排等工作中付出了辛勤的劳动。本书引用了许多文献的内容,在此向这些文献的作者表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,本书难免有错误和不当之处,敬请读者不吝指正。

编著者

2006年6月6日

于南昌有色冶金设计研究院

目 录

序 言

前 言

第一章 引 言	(1)
一、固体废物的定义及特征	(1)
二、固体废物的分类	(1)
三、尾矿的库存处理	(3)
四、生活垃圾的卫生填埋	(6)
五、环境岩土工程	(8)
第二章 尾矿的工程技术综合分类与物理力学特性	(10)
一、概述	(10)
二、分类的原则和依据	(10)
三、尾矿的工程技术综合分类	(11)
四、尾矿的物理力学特性	(13)
五、有效筑坝颗粒的最小粒径界限	(13)
第三章 尾矿库的初期坝	(16)
一、初期坝的坝型	(16)
二、辗压式土石坝	(17)
三、透水堆石坝	(19)
第四章 冲填尾矿的非线性固结特性与尾矿坝的上升速度	(23)
一、引言	(23)
二、冲填尾矿的固结特性	(23)
三、冲填尾矿的非线性固结计算	(24)
四、冲填尾矿坝“流态区”深度的确定	(25)
五、冲填尾矿坝各区的强度指标	(26)
六、尾矿坝的上升速度和尾矿坝的稳定计算	(29)
七、小结	(32)
第五章 尾矿坝特性与高尾矿坝计算方法	(34)
一、引言	(34)
二、上游式尾矿坝的沉积规律	(34)
三、条分法静力稳定分析	(35)
四、上游式尾矿坝的上升速度	(37)
五、高压压力下尾砂的特性	(38)

六、尾矿坝的静应力和应变非线性分析	(39)
七、尾矿坝的动力特性	(40)
八、尾矿坝的有限单元法非线性动力分析	(47)
九、小结	(49)
第六章 尾矿坝的地震反应与设计地震荷载	(51)
一、引言	(51)
二、土坝地震加速度分布系数的确定	(52)
三、尾矿坝的地震反应	(53)
四、尾矿坝地震反应加速度分布系数的确定	(55)
五、小结	(55)
第七章 强震区的上游式尾矿坝	(57)
一、概述	(57)
二、上游式尾矿坝的动力分析	(57)
三、尾矿坝震害实例	(59)
四、唐山地震对尾矿坝震害的分析与启示	(68)
第八章 细粒尾矿堆坝的新途径	(73)
一、引言	(73)
二、细粒尾矿的分级界限与沉积规律	(73)
三、细粒尾矿堆坝的不利因素	(74)
四、常规的细粒尾矿堆坝方法	(75)
五、细粒尾矿堆坝的新途径	(76)
六、21 世纪细粒尾矿堆坝研究的新进展	(79)
第九章 火力发电厂灰渣筑坝	(80)
一、概述	(80)
二、灰渣坝的特点及主要型式	(80)
三、灰渣坝的设计要点	(83)
四、粉煤灰的基本性质	(89)
五、粉煤灰的沉积规律及其物理力学性质的影响	(96)
六、粉煤灰筑坝	(98)
第十章 铝厂赤泥库	(109)
一、概述	(109)
二、赤泥的特性	(109)
三、赤泥库	(114)
四、实例	(116)
第十一章 核工业铀矿冶尾矿库	(125)
一、概述	(125)
二、铀矿冶尾矿的产生及危害	(125)
三、我国铀矿冶尾矿的特点	(127)

四、铀尾矿的治理·····	(127)
五、铀水冶厂尾矿库的安全设计·····	(130)
六、铀水冶厂尾矿库实例·····	(132)
第十二章 垃圾坝、调节池及库区土石方工程·····	(137)
一、垃圾坝与调节池·····	(137)
二、填埋库区场地平整·····	(141)
三、斜坡碾压·····	(142)
四、填埋场的陡边坡·····	(144)
第十三章 垃圾填埋场的渗流计算·····	(146)
一、引言·····	(146)
二、浸润线·····	(146)
三、防渗衬垫上渗滤液最大水头估算·····	(153)
第十四章 垃圾填埋场的沉降计算·····	(164)
一、垃圾土的压缩机理·····	(164)
二、垃圾土的压缩性指标·····	(165)
三、填埋场的沉降计算·····	(169)
第十五章 垃圾填埋体的边坡稳定分析·····	(185)
一、引言·····	(185)
二、垃圾土的工程性质·····	(186)
三、垃圾填埋体的边坡稳定分析·····	(199)
第十六章 土工合成材料在垃圾填埋场的应用·····	(238)
一、土工合成材料的应用设计方法·····	(238)
二、土工合成材料在垃圾填埋场中的应用简介·····	(238)
三、防渗土工膜·····	(241)
四、土工织物·····	(256)
五、排水土工网·····	(268)
六、排水土工管·····	(273)
七、水面覆盖罩·····	(282)
八、废弃轮胎的利用·····	(291)
主要参考文献·····	(298)

第一章 引言

一、固体废物的定义及特征

固体废物是指人类在生产建设、日常生活和其他活动中产生的,在一定时间和地点无法利用而被丢弃的污染环境的固体和半固体废弃物。

此外,我国把有较大危害性的不允许排入水体的液态废物和不允许排入大气而置于容器中的气态废物,也归入固体废物管理体系。

“固体废物”一词中的“废”具有鲜明的时间和空间特征。从时间方面讲,它仅仅相对于目前的科技水平和经济条件,随着科学技术的发展、矿物资源的枯竭,生物资源滞后于人类需求,昨日的废物又有可能成为明天的资源。从空间角度看,废物仅仅相对于某一过程或某一方面没有使用价值,而并非在一切过程或一切方面都没有使用价值,某一过程的废物,往往是另一过程的原料。例如,燃煤发电厂的废料——粉煤灰,是制砖的材料;用高炉渣制水泥;从铜尾矿回收硫精矿;等等。为此,固体废物又有“放错地方的资源”之称。

固体废物主要来源于人类的生产和消费活动,人们在开发资源和制造产品的过程中,必然产生废物;任何产品经过使用和消耗后,最终将变成废物。物质和能源消耗量越多,废物产生量就越大。进入经济体系中的物质,仅有 10%~15% 以建筑物、工厂、装置、器具等形式积累起来,其余都成了废物。

二、固体废物的分类

固体废物的分类方法有多种:按其组成可分为有机废物和无机废物;按其形态可分为固态废物、半固态废物和液态(气态)废物;按其污染特性可分为危险废物和一般废物等。根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(1995 年公布,2004 年修订),可将固体废物分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废物。

(一) 城市生活垃圾

城市生活垃圾又称为城市固体废物,它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、废玻璃陶瓷碎片、砖瓦渣土、粪便以及家用什物、废旧电器、庭园废物等。城市生活垃圾主要产自城市居民家庭、城市商业、餐饮业、旅游业、服务业、市政环卫业、交通运输业、文教卫生业和行政事业单位、工业企业单位以及水处理污泥等。它的主要特点是成分复杂,有机物含量高。影响城市生活垃圾成分的主要因素有居民生活水平、生活习惯、季

节、气候等。

城市生活垃圾所含的化学元素,绝大部分为碳,其次为氧、氢、氮、硫等。不同组分的城市生活垃圾,所含的灰分不同。

(二) 工业固体废物

工业固体废物是指工业、交通等生产过程中产生的固体废物。工业固体废物按行业主要包括以下几类。

1. 冶金工业固体废物

主要包括各种金属冶炼或加工过程中所产生的废渣,如高炉炼铁产生的高炉渣、平炉转炉电炉炼钢产生的钢渣、铜镍铜锌等有色金属冶炼过程产生的有色金属渣、铁合金渣及提炼氧化铝时产生的赤泥等。

2. 能源工业固体废物

主要包括燃煤电厂产生的粉煤灰、炉渣、烟道灰、采煤及洗煤过程中产生的煤矸石等。

3. 石油化学工业固体废物

主要包括石油及其加工工业产生的油泥、焦油页岩渣、废催化剂、废有机溶剂等,化学工业生产过程中产生的硫铁渣、酸渣碱渣、盐泥、釜底泥、精(蒸)馏残渣以及医药和农药生产过程中产生的医药废物、废药品、废农药等。

4. 矿业固体废物

矿业固体废物主要包括采矿废石及选矿尾矿,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,尾矿是指在选矿过程中提取精矿以后剩下的尾渣。

5. 轻工业固体废物

主要包括食品工业、造纸印刷工业、纺织印染工业、皮革工业等工业加工过程中产生的污物、动物残物、废酸、废碱以及其他废物。

6. 其他工业固体废物

主要包括机加工过程产生的金属碎屑、电镀污泥、建筑废料以及其他工业加工过程产生的废渣等。

(三) 危险废物

危险废物是指列入国家危险废物名录或是根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定具有危险性的废物。

1998年1月4日,国家环保总局、国家经贸委、外经贸部和公安部联合颁布了《国家危险废物名录》(1998年7月1日实施),将我国危险废物分为47类。同时,国家还制订了《危险废物鉴别标准》,规定:“凡《名录》所列废物类别高于鉴别标准的属危险废物,列入国家危险废物管理范围;低于鉴别标准的,不列入危险废物管理。”也就是说,我国危险废物的鉴别、分类分为两个步骤:第一步,将《名录》中所列废物纳入危险废物管理体系。第二步,按照《鉴别标准》将危险性低于一定程度的废物排除在危险废物之外,即予以豁免。

三、尾矿的库存处理

(一) 尾矿及尾矿设施

尾矿是选矿厂对金属或非金属矿石进行分选作业的产品之一。在该作业的产品中,其品位最低。当其品位低到在当时的技术经济条件下不宜再进行分选时,称为“最终尾矿”,简称为“尾矿”,通俗地说,就是金属或非金属矿山开采出的矿石,经选矿厂选出有价值的精矿后产生的泥砂一样的“废渣”,叫作尾矿。

矿山尾矿不仅数量大(我国每年产生的尾矿不少于3亿t),而且有些尾矿还含有暂时不能回收的有用成分,如果将之随意排放,就会造成资源流失,更主要的是会造成严重的环境污染,因此必须妥善处理。将选矿厂排出的尾矿送往指定地点堆存或利用的措施叫作尾矿处理。为尾矿处理而建造的构筑物系统叫作尾矿设施。

尾矿设施通常由以下部分组成。

1. 尾矿水力输送系统

包括尾矿浓缩池、尾矿输送管槽、砂泵站和尾矿分散管槽等,用以将选矿厂排出的尾矿送往尾矿库堆存。

2. 尾矿堆存系统

一般称为尾矿库,包括库区、尾矿坝、排洪构筑物和坝体的观测设备等,用以储存选矿厂排出的尾矿。

3. 尾矿回水系统

包括回水泵站、回水管道和回水池等,用以回收尾矿库或浓缩池的澄清水,送回选矿厂供选矿生产重复利用。

4. 尾矿水处理系统

包括水处理站和截渗、回收设施等,用以处理不符合重复利用或排放标准要求的尾矿水,使之达到标准。

(二) 尾矿设施的功能

尾矿设施是矿山生产设施的重要组成部分,没有它,选矿厂就没有堆存尾矿的地方,也就无法进行持续生产。从这点来说,尾矿设施是兴利设施,其功能有以下三个方面。

1. 保护环境

在尾矿库内有组织地堆存尾矿,可防止尾矿漫流污染环境。同时尾矿库内形成大面积的水域,有利于尾矿水的自然澄清和净化,可节省净化尾矿水所需的大量成本。

2. 保护有用矿物资源

在选矿作业过程中,不仅有少量待选矿物流失,随尾矿排走,而且尾矿中往往还含有目前尚不能回收的贵重、稀有金属,将来选矿技术水平提高后,有可能再回收这部分资源,用尾矿库堆存尾矿,有利于以后对之回采利用。

3. 节约水资源

选矿厂是用水大户,通常每处理一吨原矿需用水 4~6t,有些重力选矿甚至高达 10~15t。这些水随尾矿排入尾矿库内,经过澄清和自然净化后,大部分可回收供选矿作业重复利用,一般回水利用率可达 70%~90%。在水资源日益紧张的今天,这对节约水资源有重大意义。

尾矿设施既是兴利设施,又是一个危险源,特别是其中的尾矿库。尾矿库一旦失事,轻则污染环境,重则会给库下游造成灾难性的损失。因此,尾矿库的安全问题是尾矿库设计和管理的重要课题。

(三) 尾矿的形成与分类

1. 选矿与尾矿

选矿就是对开采出来的原生矿石进行选别和分级,使得有用矿物富集到满足冶炼要求的品位,或使之达到一定使用要求的质量等级的过程。矿石经选矿后,所得到的有用矿物部分称为精矿,暂时不能被利用或不打算利用部分即为尾矿。

一般的选矿工艺主要包括破碎、磨矿、分选三个基本工序,选矿所得的精矿被运送到冶炼厂或使用用户,尾矿则就地或就近排放到尾矿库中。由于通常选矿厂的磨矿与选别工序是在矿浆状态下进行的,因此,刚刚从选矿厂排出的尾矿一般呈流体状态。从选矿厂排出的尾矿浆,先用浓缩设备初步脱水后,将其用管道输送至尾矿库中,经过一段时间后,水分逐渐脱失,即形成尾矿砂堆积。由于排矿的水力分级作用,在尾矿库中,尾矿的粒度分布及矿物组成往往存在不均匀现象,应引起重视。

库存法处理尾矿的方式,虽然具有简便易行的特点,但要占用大量的土地,而且容易造成环境污染,同时,还需要大量的建库资金和管理费用。据不完全统计,一般尾矿库建

设及相应的尾矿输送设备,要占选矿厂基本建设投资的 20%~50%,尤其对于处理低品位矿石的斑岩型铜矿、细脉浸染状金矿等有色金属矿石的选矿厂,这一比例有时还要高些。另据文献报道,每输送 1t 尾矿,需要耗资 2~3 元;每处理 1t 原矿,需要 11~14t 水。为了改变这种不合理的尾矿处理方式,有些选矿厂在大规模利用尾矿方面,已做了一些有益的尝试,譬如用尾矿充填回采巷道、铺筑厂区道路、复垦土地等。

根据矿物分选时的机理不同,选矿方法可分为重选、磁选、浮选、电选、光电选、化学选等。矿山所采出的原生矿石中,除极少数呈致密块状的矿石外,一般都是由矿石矿物和脉石矿物镶嵌分布、共同组成的,且脉石矿物含量往往远远高于矿石矿物含量。为了实现矿石矿物与脉石矿物的分离,无论何种选矿方法,第一道工序都是磨矿。不同的磨矿工艺所得到的尾矿,在颗粒分布特征上是有区别的。根据矿石的结构构造不同,磨矿工序可采用一段磨矿工艺或多段磨矿工艺,一段磨矿是直接将矿石磨至矿物分离粒度,因此,尾矿的颗粒一般较细,并且分布均匀;多段磨矿是逐级将矿石磨至分离粒度,中间插入多次分级和选别工序,因此,尾矿呈现多粒级混杂,并符合一定颗粒级配的分布。对于不同类型的矿石,因其结构构造的不同以及选矿精度的要求不同,其尾矿的颗粒组成差别是很大的,有的尾矿砂呈碎石状,有些则是一些比水泥还细的细粉。目前,选矿企业一般以 0.074mm 作为磨矿控制下限。

对于一些非金属矿或富金属矿,有时无须磨矿,而是仅仅通过破碎或手选,即可加以选别与分级,此时所排放的废渣,由于颗粒较大,有时不称其为尾矿,而称作废石或矸石。

2. 尾矿分类

如前所述,尾矿,就是选矿厂在特定经济技术条件下,将矿石磨细、选取“有用组分”后所排放的废弃物,也就是矿石经选别出精矿后剩余的固体废料。一般是由选矿厂排放的尾矿矿浆经自然脱水后所形成的固体矿业废料,是固体工业废料的主要组成部分,其中含有一定数量的有用金属和矿物,可视为一种“复合”的硅酸盐、碳酸盐等矿物材料,并具有粒度细、数量大、成本低、可利用性大的特点。通常尾矿作为固体废料排入河沟或抛置于矿山附近筑有堤坝的尾矿库中,因此,尾矿是矿业开发、特别是金属矿业开发造成环境污染的重要来源。同时,因受选矿技术水平、生产设备的制约,也是矿业开发造成资源损失的常见途径。换言之,尾矿具有二次资源与环境污染的双重特性。

目前,除对部分尾矿进行综合利用外,大部分尾矿还是堆存在尾矿库内。为了做好尾矿库的设计和管理,有必要对尾矿的分类有一定的了解。除工程分类(见第二章)外,尾矿还可按选矿工艺、尾矿化学成分和主要矿种等分类。按主要矿种分类可分为铁尾矿、铜尾矿、钨尾矿、金尾矿等,按化学成分可归纳为 8 种岩石化学类型。对于尾矿堆存处理来说,按选矿工艺来分类的实用意义更大。

不同种类和不同结构构造的矿石,需要不同的选矿工艺流程,而不同的选矿工艺流程所产生的尾矿,在工艺性质上,尤其在颗粒形态和颗粒级配上,往往存在一定的差异,因此按照选矿工艺流程,尾矿可分为以下几种类型。

1) 手选尾矿。因为手选主要适合于结构致密、品位高、与脉石界限明显的金属或非金属矿石,因此,尾矿一般呈大块的废石状。根据对原矿石的加工程度不同,又可进一步

分为矿块状尾矿和碎石状尾矿。前者粒度差别较大,但多在 100 ~ 500mm 之间,后者多在 20 ~ 100mm 之间。

2) 重选尾矿。因为重选是利用有用矿物与脉石矿物的密度差和粒度差选别矿石,一般采用多段磨矿工艺,致使尾矿的粒度组成范围比较宽。分别存放时,可得到单粒级尾矿;混合贮存时,可得到符合一定级配要求的连续粒级尾矿。按照作用原理及选矿机械的类型不同,可进一步分为跳汰选矿尾矿、重介质选矿尾矿、摇床选矿尾矿、溜槽选矿尾矿等。其中,前两种尾矿粒级较粗,一般大于 2mm;后两种尾矿粒级较细,一般小于 2mm。

3) 磁选尾矿。磁选主要用于选别磁性较强的铁锰矿石,尾矿一般为含有一定量铁质的造岩矿物,粒度范围比较宽,一般从 0.05 ~ 0.5mm 不等。

4) 浮选尾矿。浮选是有色金属矿产的最常用的选矿方法,其尾矿的典型特点是粒级较细,通常在 0.5 ~ 0.05mm 之间,且小于 0.074mm 的细粒级占绝大部分。

5) 化学选矿尾矿。化学药液在浸出有用元素的同时,也对尾矿颗粒产生一定程度的腐蚀或改变其表面状态,一般能提高其反应活性。

6) 电选及光电选尾矿。目前这种选矿方法用得较少,通常用于分选砂矿床或尾矿中的贵重矿物,尾矿粒度一般小于 1mm。

四、生活垃圾的卫生填埋

(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》(GJJ65—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) 卫生填埋的概念

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”。目前垃圾卫生填埋仍是各国广泛采用的垃圾处理技术。

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卫生填埋场。图 1-1 为卫生填埋场填埋单元剖面示意图。

规范化的卫生填埋场基本组成部分如图 1-2 所示。

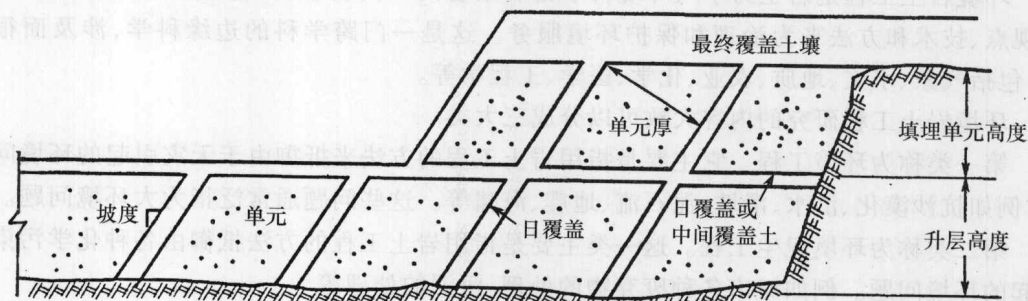


图 1-1 卫生填埋场填埋单元剖面示意图

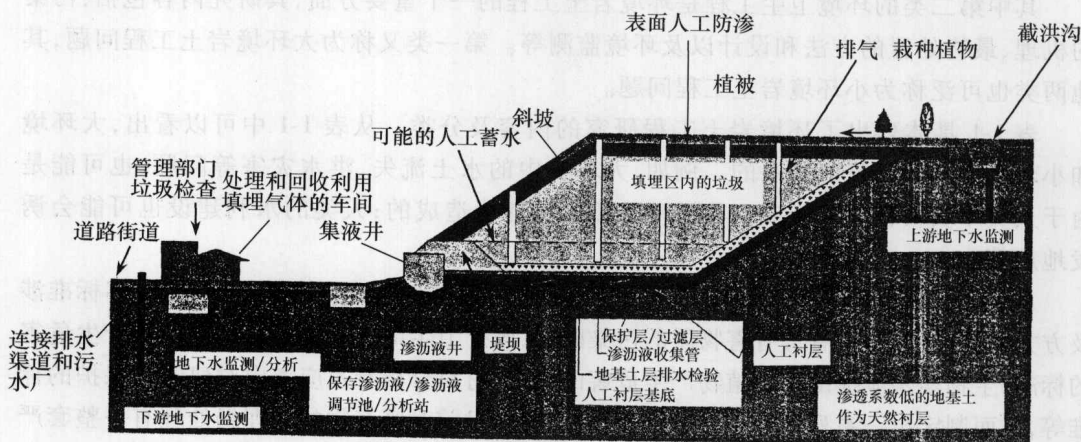


图 1-2 卫生填埋场的主要组成部分

五、环境岩土工程

如前所述,我国的固体废物数量巨大,种类繁多。本书将主要对其中的矿业尾矿和城市生活垃圾处理、处置工程有关的环境岩土工程进行论述。

环境岩土工程是一门新兴的学科。20 世纪 70 年代,美国、欧洲核电工业垃圾的安全处置问题和纽约 Love 河的污染问题引起人们的强烈关注,岩土工程师在处理这些问题时起到了决定性的作用。到 20 世纪 80 年代,随着社会的发展,人们感到原来的“土力学与基础工程”这门学科范围已不能满足社会的要求,其工程领域有所扩大,形成了“岩土工程”新学科。进入 20 世纪 90 年代,设计者考虑的问题不单单是工程本身的技术问题,而是把环境作为主要制约条件。例如,矿业的尾矿库和生活垃圾填埋场,它们的渗滤液有可能造成地下水污染,引起人畜和植物中毒,设计时应采取措施防止这种环境污染问题发生。因此岩土工程师面对的除了工程本身技术问题外,还必须考虑到工程对环境的影响问题,必须吸收其他学科的内容来充实自己,使之成为一门综合性和适应性更强的学科——环境岩土工程学。

环境岩土工程是岩土力学与环境科学密切结合的一门新学科,它主要应用岩土力学的观点、技术和方法来治理和保护环境服务。这是一门跨学科的边缘科学,涉及面很广,包括气象、水文、地质、农业、化学、医学、工程学等。

环境岩土工程研究的内容大致可以分成三大类。

第一类称为环境工程。它主要是指用岩土工程的方法来抵御由于天灾引起的环境问题,例如抗沙漠化、洪水、滑坡、泥石流、地震、海啸等。这些问题通常泛指为大环境问题。

第二类称为环境卫生工程。这一类主要是指用岩土工程的方法抵御由各种化学污染引起的环境问题。例如城市各种废弃物的处理、污泥的处理等。

第三类是指由人类工程活动引起的一些环境问题。例如,在密集的建筑群中打桩时,由于挤土、振动、噪声等对周围居住环境的影响;深基坑开挖时,降水和边坡位移;地下隧道掘进时对地面建筑物的影响等。

其中第二类的环境卫生工程是环境岩土工程的一个重要方面,其研究内容包括:污染的机理、最终处置的方法和设计以及环境监测等。第一类又称为大环境岩土工程问题,其他两类也可泛称为小环境岩土工程问题。

表 1-1 具体列出了环境岩土工程研究的内容及分类。从表 1-1 中可以看出,大环境和小环境之间相互是有联系的。例如,大环境中的水土流失、洪水灾害等问题,也可能是由于人类不负责任的生产或工程活动破坏生态环境造成的;人类的水利建设也可能会诱发地震等。

从表 1-1 中还可以看出,环境岩土工程问题要比单纯的技术问题复杂得多,许多标准涉及方方面面。例如,对有毒有害物质的污染问题,医疗卫生部门应提出对人体健康产生危害的标准,生物学家应提出对动植物产生危害的标准,材料分析专家应考虑对建筑物保护的标准等,从而制定出一系列的法律和法令。例如,美国目前对废弃物的填埋场处理有一整套严密的法律限制,对于渗滤液的泄漏、气味的散发、运行过程中鸟类和动物的繁殖等都有明确的法律规定,许多不符合标准的填埋场和填埋物都得修理、关闭,甚至重新挖出处理。