

国家自然科学基金项目 (50574088) 资助研究

环境岩土工程

于广云 等编著

Geoenvironmental Engineering

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家自然科学基金项目(50574088)资助研究

环境岩土工程

于广云 等编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书在总结前人环境岩土工程研究的基础上,结合作者近年来矿山环境岩土工程的最新研究成果编撰而成。全书共分七章,详细讲述了环境岩土工程的形成、发展及研究内容,垃圾土的工程性质及垃圾填埋场,施工扰动土的工程性质,煤矿塌陷区桥梁及铁路路基沉陷治理,城市地下工程与环境岩土工程,区域性特殊土与环境岩土工程等内容。本书可作为高校环境岩土工程的专业教材,也可供相关专业教师及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境岩土工程/于广云等编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.9

ISBN 978-7-81107-590-8

I. 环… II. 于… III. 环境工程:岩土工程
IV. TU4 X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 022915 号

书 名 环境岩土工程

编 著 于广云 等

责任编辑 吴学兵

责任校对 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 362 千字

版次印次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价 21.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

地球的生态环境正在受到来自自然和人为的日益严重的影响和污染,环境保护事业正面临着日趋严峻的任务,环境保护需要工程界的关注并下大力气进行研究。日益增长的环境保护要求加速了环境岩土工程的发展。环境岩土工程目前主要涉及两大类问题:一是人类与自然环境之间的共同作用问题,这类问题主要是由自然灾害引起的,如温室效应、振动影响、土壤退化、洪水灾害、水位变化、区域性特殊土的工程影响等。二是人类的生活、生产和工程活动引起的与环境之间的共同作用问题,这类问题主要是由人类活动引起的,例如,城市生活垃圾及工业生产中的废水、废液、废渣等有毒有害废弃物对生态环境的危害;工程建设活动如打桩、强夯、基坑开挖等对周围环境的影响;过量抽汲地下水引起的地面沉降等。这些问题的解决都与环境岩土工程密切相关。

于广云教授等人编著的《环境岩土工程》总结了近几年环境岩土工程的最新发展成果,在本人编著的《环境岩土工程》的基础上,融入了于广云教授的一些最新研究成果。近几年煤炭工业的迅速发展给矿区环境带来了极大的挑战,其中采矿引起的地面塌陷对建筑物和构筑物带来的损坏显得尤为严重。书中关于煤矿塌陷区建筑物和构筑物治理技术的内容是全书的特色,是环境岩土工程在煤矿环境治理与恢复工程中新的应用。本书对于从事煤矿环境治理与恢复的工程技术人员、大专院校师生,具有一定的参考价值。

同济大学教授:

周健

前 言

人类文明的进步给人们的物质生活带来极大方便的同时,也给环境造成了不可估量的破坏。为治理和保护环境,一门新兴学科——环境岩土工程应运而生,它主要是应用岩土力学的观点、技术和方法去研究、解决与环境有关的岩土工程问题。

地球的生态环境正在受到来自自然和人为的日益严重的影响和污染,环境保护事业正面临着日趋严峻的任务,环境保护需要工程界的关注并下大力气进行研究。日益增长的环境保护要求加速了环境岩土工程的发展。

根据环境岩土工程学科发展的要求,为适应工程建设的需要,通过学习和总结国内外有关这方面的理论研究和工程实践,本书介绍了环境岩土工程的主要研究内容、方法及其最新进展,并提出了编著者的最新研究成果和创见。

本书由于广云等编著,其中第一章由盛平、李宏波编,第二章由李宏波、柏永生编,第三章由于广云、王立波编著,第四章由于广云、盛平编著,第五章由于广云、王东权、李宏波编著,第六章由盛平、杨洋编,第七章由盛平、孙舒编。

为了本书的系统性,本书第一、二、三、七章部分内容引用了同济大学地下工程系周健教授的部分研究成果,并请他主审和作序。本书第六章部分内容引用了中国矿业大学翁家杰教授的部分研究成果,在此作者一并表示诚挚的感谢。

本书的部分成果属国家自然科学基金项目(50574088)资助研究内容。感谢课题组成员夏军武教授、王东权教授,研究生王彭越、葛新辉在工程设计和现场测试中的辛勤工作。书中引用了许多科研和工程单位、高校及其研究人员的研究成果,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

作者

2007.8

第一章 绪论	1
第一节 环境岩土工程的形成与发展	1
第二节 环境岩土工程的研究内容与分类	2
第三节 煤矿开采带来的环境问题	6
第二章 垃圾土的工程性质及垃圾填埋场	10
第一节 概述	10
第二节 垃圾土的特性	22
第三节 垃圾填埋场的选址与勘察设计	39
第四节 垃圾填埋场污染物隔离体系与衬垫系统的设计及施工	58
第五节 顶部覆盖层形式与入渗及最终覆盖的设计	78
第六节 防渗层上的渗流与防渗层渗漏	90
第三章 施工扰动土的工程性质	112
第一节 典型施工作用下的土体性质变异研究	112
第二节 地下开采扰动土体的工程性质	119
第三节 地下开采对地基承载力的影响	130
第四章 煤矿塌陷区桥梁沉陷的治理	133
第一节 概述	133
第二节 地基基础加固技术	133
第三节 原有桥体加固技术	142
第四节 原有桥体加高技术	144
第五节 抗变形技术	146
第六节 下沉加高时不中断铁路运输的新技术	148
第七节 塌陷区铁路桥沉陷治理实例	152
第五章 煤矿塌陷区铁路路基沉陷治理	157
第一节 概述	157
第二节 我国地基处理技术的发展	157
第三节 塌陷区的地基处理	159
第四节 塌陷区铁路路基沉陷治理实例	162

第六章 城市地下工程与环境岩土工程	170
第一节 城市地铁与环境岩土工程	170
第二节 城市地下储存库与环境岩土工程	173
第三节 城市地下综合体与环境岩土工程	174
第四节 城市地下空间与地下工程的可持续发展	176
第七章 区域性特殊土与环境岩土工程	178
第一节 风砂土与环境岩土工程	178
第二节 盐渍土与环境岩土工程	185
第三节 冻土与环境岩土工程	197
第四节 膨胀土和分散性土与环境岩土工程	214
参考文献	219

第一章 绪 论

第一节 环境岩土工程的形成与发展

环境岩土工程是一门新兴学科。它既是一门应用性的工程学,又是一门社会学。它是技术和经济、政治、文化相结合的跨学科的新型学科,它的产生是社会发展的必然结果。

人类进入近代社会后,对工程活动的评价标准已经从追求局部利益的阶段发展到了追求整体利益、全球利益的阶段。现代社会对人类工程活动的评价标准已经冲破了国界线,要求全人类共同增强环境意识,共同思考人类赖以生存的地球状况,让世界各国人民携手保护环境。

当今世界的十大环境问题可归纳为:① 大气污染;② 温室效应加剧;③ 地球臭氧层减少;④ 土壤退化和荒漠化;⑤ 水资源短缺、污染严重;⑥ 海洋环境恶化;⑦ “绿色屏障”锐减;⑧ 生物种类不断减少;⑨ 垃圾成灾;⑩ 人口增长过快。

环境条件的恶化,使人类意识到自我毁灭的危险,人类活动的评价标准也随之不断扩展,所以新的学科就不断地出现,老的学科不断地组合。环境岩土工程就是在这样的背景下发展起来的。

大约在 20 世纪 70 年代,美国、欧洲核电工业垃圾废物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,而岩土工程师们在处理这些问题时起到决定性作用。

到了 20 世纪 80 年代,随着社会的发展,人们都感觉到原来的土力学与基础工程的学科范围已不能满足社会的要求,随着各种各样地基处理手段的出现,土力学与基础工程领域逐渐扩大,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,大型水利建设中必须考虑到上、下游生态环境的变化,上游边坡的坍塌,地震的诱发等;地下采矿造成的地面严重塌陷,造成地面建筑物损坏。大量工业及生活废弃物的处置、城市的改造、人们居住环境的改善等,需要考虑的问题不再是孤立的,而是综合的;不再是局部的,而是全面的。因此,岩土工程师面对的不仅是解决工程本身的技术问题,还必须考虑到工程对环境的影响问题,所以它必然要吸收其他学科,如化学、土壤学、生物学、气象学、水文学等学科中的许多内容来充实自己,使之成为一门综合性和适应性更强的学科。这就是环境岩土工程新学科形成与发展的前提。

人类赖以生存的地球生态环境所受到的污染日益严重,环境保护事业正面临着日趋严峻的形势,这加强了对环境保护的要求。这种日益增长的环境保护要求,对环境岩土工程学科的发展起到促进作用。环境岩土工程学科已经从原来作为岩土工程学科的一个分支,逐步发展成为一个研究内容不断丰富的独立学科。

第二节 环境岩土工程的研究内容与分类

20 世纪 50~60 年代,公害事件的不断出现,迫使人们不断探索、反思这个问题,并取得基本认识。目前国内外涉及的环境岩土工程问题基本分为两大类:第一类是自然灾变诱发的环境岩土工程问题,主要是指人与自然之间的共同作用问题,如地震灾害、土壤退化、洪水灾害和温室效应等;第二类是人类生产活动引起的环境岩土工程问题,如打桩、基坑开挖施工对周围环境的影响,地下采矿和过量抽取地下水引起的地面沉降等。

一、自然灾变诱发的环境岩土工程问题

1. 地震灾害

地震是由于地球内动力作用而发生在地壳表层岩石圈内的一种快速颤动现象,它是当前地壳运动的一种特殊形式。在地球内力作用下,组成地壳的岩石产生构造运动而引起弹性应变,当这种弹性应变超过岩体弹性变形极限强度时,岩体就会发生剪切破坏或沿原有的破裂带(面)重新发生错动(滑移),这时积蓄的应变能突然释放,并以弹性波的形式传播出去而引起地震。弹性波(主波和次波)在地层内传播的同时,主波和次波混合着沿地表传播,形成面波。面波对建筑物更具破坏作用。

地震是一种危害性很大的自然灾害。由于地震的作用,不仅使地表产生一系列地质灾害现象,如地表隆起、山崩、滑坡等,而且还引起各类工程结构物的破坏,如房屋开裂倒塌、桥孔掉梁、墩台倾斜歪倒等。

此外,还有由于人类活动引起的地震,如水库蓄水、大级量的爆破和深井注水等引起的地震。这种诱发地震一般影响区域较小,震级不高,因而其破坏性也较自然地震小。

2. 土壤退化

土壤退化是指由于使用土地或由于一种营力或数种营力结合致使干旱、半干旱和亚湿润干旱地区雨浇地、水浇地或草原、牧场、森林和林地的生物或经济生产力的复杂性下降或丧失,其中包括风蚀和水蚀造成的土壤物质流失,土壤的物理、化学和生物特性或经济特性退化以及自然植被长期丧失。土壤退化主要有荒漠化和盐渍化。

据调查,20 世纪 50 年代以来我国荒漠化一直在加速扩展,特别是由于全球气候变暖,我国荒漠化地区普遍存在干旱化倾向,随着今后人口压力的增加和人类经济活动的进一步加强,如不采取应急措施,荒漠化将以更快的速度加速扩展。

荒漠化的危害主要表现在以下几个方面:

- ① 破坏生态环境,威胁人类生存,甚至使许多人沦为“生态难民”。
- ② 破坏土地资源,使可利用土地减少、质量下降,造成农牧业生产减产甚至绝收。
- ③ 破坏交通、水利等生产基础设施,制约经济腾飞。
- ④ 加剧农牧民的贫困程度,影响社会安定和民族团结。
- ⑤ 使生物质量变劣、物种丰度降低,对生物多样性构成严重威胁。
- ⑥ 荒漠化灾害肆虐,影响我国的国际形象和地位。

土体盐渍化是在一定的自然和人为因素作用下盐分在地表土层中逐渐富集的结果。当土中含盐量超过一定标准时,土的物理力学性质产生较大变化,其含盐量越高,对土的性质影响越大。盐渍土中所含盐类主要是氯盐、硫酸盐和碳酸盐。盐渍土会侵蚀道路、桥梁、房

屋等建筑物的地基,引起基础开裂或破坏。盐渍土对人类的危害是十分严重的,已经成为世界性的研究课题。其危害性主要表现在以下几个方面。

(1) 破坏生态环境

由于土壤中的含盐量变化造成酸碱度失调,使得一些昆虫难以生长,某些动物难以生存繁衍。在盐渍土地区,地下水中含盐量高,变成苦水,使得人类和动物饮水发生困难。

(2) 危害农业生产

在盐渍土的田地上,农作物受到极大的威胁,在重盐渍的情况下甚至一片荒芜,寸草不生。

(3) 影响道路交通

硫酸盐渍土随着湿度的变化,本身体积产生变化,引起土体变形松胀,导致路肩和边坡失稳,易被风蚀。硫酸盐渍土填筑的路堤,由于季节性温差变化,会引起路基季节性隆起和下沉。用碳酸盐渍土填筑的路基,当含盐量超过 0.5% 时,会引起路基土体强烈膨胀,再加上土体塑性强,透水性小,排水性差,造成路肩泥污不堪和边坡坍塌。

由于降雨淋滤作用,易使表层土中盐分减少,造成退盐作用,使得路基变松,透水性减弱,膨胀性增大,因而降低了路基的稳定性。

盐渍土路基在冬季易产生冻胀,而在春季消融下沉,翻浆冒泥,影响交通。

(4) 腐蚀性

盐渍土是一种腐蚀性的土,它的腐蚀破坏作用表现在以下几个方面:

① 对于以硫酸盐为主的盐渍土,主要表现为对混凝土材料的腐蚀作用,造成混凝土强度降低、裂缝和剥离。

② 对于以氯盐为主的盐渍土,主要表现为对金属材料的腐蚀作用,造成地下管道的穿孔破坏、钢结构厂房和机械设备的锈蚀等。

③ 硫酸盐含量超过 2% 或氯盐含量超过 5% 时,盐渍土能使沥青延展度普遍下降。碳酸钠和碳酸氢钠能使沥青发生乳化。

3. 洪水灾害

从世界灾害发生历史来看,洪水灾害始终是人类现在和未来面临的主要自然灾害,仅 1991~1995 年的 5 年中,世界水灾造成的直接经济损失就超过 2 000 亿美元,约占所有自然灾害造成损失的一半。

由于特殊的自然条件和现实因素,我国是世界受洪水威胁最严重的国家之一。历时两个多月的 1998 年南北大水威胁着我国近百万平方千米国土、两亿多人口、0.2 亿多公顷耕地,造成直接经济损失在 1 600 亿元以上,举国为之震撼。

我国是水资源并不丰富、降雨时空分布不均一,而洪水灾害比较频繁的国家。河流的水系是气候、地形、岩石和土壤等条件构成的微妙的平衡体。河流又是一个泥沙搬运系统,从上游和各条支流夹带的泥沙在下游河床内沉积下来,如果上游或支流流域内的森林植被遭到破坏,大量水土流失,河床淤积,储水量减少,洪水发生时,水灾就不可避免,这将给人类的生命财产造成严重的损失。

对于防洪事务这一集政治、经济、社会事务、自然科学、工程技术为一体的“比上天还难”的巨型历史工程,必须有足够清醒的认识,这样才能基于我国的未来具体国情,逐步稳固地建成有效的、综合的防洪工程体系。因此,第一,必须对我国未来防洪形势有充分理性的认

识,对防洪目标的选定、防洪规划的制定、防洪工程建设时序的安排和防洪事务的运作,必须充分贯彻社会理性与科学理性的原则,只有这样才能保证我国防洪事务系统全面、连续稳定地提高;第二,单纯的工程措施与生态措施是难以彻底解决我国的防洪问题的,必须立足于社会理性与科学理性,对地区间的协调、部门间的配合、学科间的合作、不同措施间的组合等予以全面的研究和考虑,这样才能形成现实可行的防洪策略并保证整个防洪体系的有效和高效运行;第三,必须基于社会创新,这样才能从根本上解决我国防洪问题。要坚持在改革的道路上,在对我国防洪及水利管理体制深入分析的基础上,提出适宜的管理制度;要基于我国的社会现实,在人与自然的关系之间,探索和谐的可持续之路;要立足于世界科学技术的制高点,挖掘知识经济的时代潜力,建成高度科技集成的多维防洪体系。

4. 温室效应

人类工业生产活动和诸如毁林的其他活动正在排放越来越多的气体到大气层中,尤其是二氧化碳气体。每年有 70 亿吨的二氧化碳通过这种途径被排入大气层中,其中很多可能要在大气中停留 100 年或更长的时间。因为二氧化碳能很好地吸收来自地表的热辐射,故其作用好比是在地表面之上铺上了一条被毯,使得大气层比没有二氧化碳存在时的情况暖,二氧化碳含量越高,这种增暖效应越明显。随着温度的增加,大气中的水蒸气含量也会增加,这使得被毯作用加大,并引起更明显的增暖效应。

近年来,由于温室效应作用,海平面和沿海地区地下水位不断上升。

5. 水土流失

水土流失作为一种高频低能的地貌灾害事件,在世界各地均存在。由于其危害大,影响广,越来越多地引起多学科、多部门的重视。据最新资料显示,全球每年流失的土壤约 264 亿吨。由于水土流失,全球陆地正以每年 $700 \times 2\,900 \times 10^{-4} \text{ hm}^2$ 的速度消失。在我国,水土流失现象尤为严重,全国水土流失面积已近 380 万平方千米,特别是黄土高原区,水土流失更是触目惊心。我国每年流失的土壤超过 50 亿吨,仅长江和黄河每年就带走近 17 亿吨进入海洋。水土流失在我国各地均不同程度地存在,据统计,全国水土流失面积主要分布在大兴安岭—阴山—贺兰山—青藏高原东缘一线以东,尤以黄河中上游的黄土高原、长江上游的四川盆地周围、华南山地丘陵区 and 海河、辽河上游最为严重。因此,加强对水土流失的研究工作具有十分重大的意义。

水土流失后果严重,影响极其广泛,对生态环境的影响巨大。

第一,水土流失使土壤肥力下降,土地贫瘠,农作物产量降低。如黑龙江省大部分黑土地区在开发初期有机质含量达 7%,而现在有机质含量不到 3%,黑土有可能因此而变成黄褐土甚至黄土状黏土,这大大影响了黑龙江省的农业经济发展。

第二,水土流失加剧了贫水地区的水资源供需矛盾。由于水土流失,土地变得贫瘠,土壤层变薄,土壤的蓄水能力变差,一些地区甚至石漠化,降雨在地表很快形成径流而流失,使地下水得不到充足的补给,而地下水的使用却在不断地增加。因此,地下水位逐年下降,破坏了地下水系统的平衡,加剧了贫水地区的用水矛盾,并引发了一系列因地下水枯竭而造成的环境地质问题,比如地面沉降、地裂缝、沙漠化等。

第三,水土流失使水库淤积,河床抬高。例如,黄河从中游带来的泥沙约有 4 亿吨沉积在河道里,河床因此而每年升高 8~10 cm,某些河段甚至变成地上河,严重影响黄河的通航能力。

第四,水土流失使生态环境恶化。水土流失严重的地区,破坏的森林很难再恢复,小气候环境发生变化,引起环境的恶化。

第五,水土流失影响现代城镇的发展。城镇水土流失发展迅猛,强度大,危害严重,损失极大,而且影响城市的外部形象和投资环境,从而严重影响城镇的建设和经济发展。总之,水土流失的危害是多方面的,当人们注意到其危害的结果并引起足够重视的时候,要想恢复到其原始的生态环境状态就十分困难了。

二、人类活动引起的环境岩土工程问题

1. 过量抽汲地下水引起的地面沉降

随着人口的不断增长,工农业生产规模的不断扩大,人类目前不得不面对全球性缺水这样一个严重的环境问题。长期以来,人类在发展过程中,在改造自然的同时,没有注意对环境的保护,大量淡水资源被污染,使得原本就很有有限的水资源越发不能满足人们的需要。许多地区存在大量不合理开采地下水的现象。城市大量抽汲地下水引起的地面沉陷,造成大面积建筑物开裂、地面塌陷、地下管线设施损坏、城市排水系统失效,从而造成巨大损失。地面沉降主要与无计划抽汲地下水有关,地下水的开采地区、开采层次、开采时间过于集中。集中过量地抽取地下水,使地下水的开采量大于补给量,导致地下水位不断下降,漏斗范围亦相应地不断扩大。开采设计上的错误或由于工业、厂矿布局不合理,水源地过分集中,也常导致地下水位的过大和持续下降。据上海的观测,由于地下水位下降引起的最大沉降量已达 2.63 m。

除人为开采外,另外还有许多因素也会引起地下水位的降低,并可能诱发一系列环境问题。例如,对河流进行人工改道;上游修建水库、筑坝截流或上游地区新建或扩建水源地,减少了下游地下水的补给量;矿床疏干、排水疏干、改良土壤等都能使地下水位下降。另外,工程活动如降水工程、施工排水等也能造成局部地下水位下降。

通常采用压缩用水量和回灌地下水等措施来克服地下水位下降的问题,然而随着时间的推移,人工回灌地下水的作用将会逐渐减弱。到目前为止还没有找到一个满意的解决办法。

2. 废弃物污染造成的环境岩土工程问题

随着社会的进步、经济的发展和人们生活水平的不断提高,城市废弃物产量与日俱增。这些废弃物不但污染环境,破坏城市景观,还传播疾病,威胁人类的健康和生命安全。治理城市废弃物已经成为世界各大城市面临的重大环境问题。

经济的快速发展提高了人们的生活水平,促进了人类社会文明的进步,同时也产生了许多问题。越来越多的人口汇聚城市,使城市的人口数量不断膨胀。另外,人均生活消费产生的垃圾废弃物量也急剧增加,造成处理城市废弃物的任务越来越艰巨。废弃物如果不能合理处置,将对环境造成严重的污染。面对每天产出的数量相当庞大的废弃物,人类目前尚无法采用大规模的资源化的办法来解决它们。废弃物的贮存、处置和管理是目前亟待解决的重大课题。

目前,处理垃圾的主要方法有堆肥、焚烧和填埋。堆肥处理量少,易污染地下水;焚烧的一次性投资大,处理量少,需对设备经常进行维修;而废物垃圾填埋处理量大,投资少,并且是最终的处置方法。随着材料工业技术的日趋成熟,废弃物垃圾填埋体防渗的问题已经得到较好的解决,所以废弃物填埋已逐步成为城市废弃物处理的主要方式和重点发展方向。

例如,到1996年,香港的焚烧厂只剩下一台焚烧机(原有四台),到现在按计划业已关闭。据有关资料表明,2010年全国85%的垃圾将需要进行填埋处理。迄今为止,我国的北京、上海、广州、深圳、杭州、成都、佛山、汕头和湛江等十多个城市都已建成了卫生填埋场。填埋法将成为我国城镇今后相当长时期内处理生活垃圾的重要方法之一。

据粗略估计,我国卫生填埋所需的土地面积至少为几千万平方米以上。这些填埋场大多建设在城市近郊,有很高的利用价值,如何对废旧填埋场进行再利用已经成为人们关注的问题。废旧填埋场的再利用包括两个方面:一是在原有的老填埋场上继续填埋生活垃圾,从而节省建设新填埋场所需的大量资金;二是对已稳定的填埋场进行安全处理后,用于修建公园、种植经济树木或建造构筑物等。

另外,我国许多城市的废弃物填埋场是山谷型的,填埋场的稳定问题显得极为重要,一旦发生失稳破坏,后果将不堪设想,进行补救很困难,往往需耗费巨资。因此,填埋场的稳定问题也是一个重要的课题。

3. 人类工程活动引起的若干环境岩土工程问题

伴随着21世纪的到来,城市人口激增和城市基础设施相对落后的矛盾日益加剧,城市道路交通、房屋等基础设施需要不断更新和改善,我国大城市的工程建设进入了大发展时期。在城市中,特别是大中城市,楼群密集,人口众多,各类建筑、市政工程及地下结构的施工,如深基坑开挖、打桩、施工降水、强夯、注浆、各种施工方法的土性改良、回填以及隧道与地下洞室的掘进,都会对周围土体的稳定性造成重大影响。例如,由施工引起的地面和地层运动、大量抽汲地下水引起的地表沉降,都将影响到周围地面建筑物和道路等设施的安全,致使附近建筑物倾斜、开裂甚至破坏,或者引起基础下陷导致不能正常使用。更为严重的是,由此引起给排水管、污水管、煤气管及通讯电力电缆等地下管线的断裂和损坏,造成给排水系统中断、煤气泄漏及通讯线路中断等,给工程建设、人民生活及国家财产带来巨大损失,并产生不良的社会影响。这些事故产生的主要原因之一就是受施工扰动引起周围土体性质的改变和在施工中结构与土体介质的变形、失稳、破坏的发展过程认识不足,或者虽对此有所认识,但没有更好的理论和方法去解决。施工扰动的方式是千变万化、错综复杂的,而施工扰动影响到周围土体工程性质的变化程度也不相同,如土的应力状态与应力路径的改变、密实度与孔隙比的变化、土体抗剪强度的降低或提高以及土体变形特性的改变等,因此以往人们很少系统地研究上述受施工扰动影响的土的工程性质变化和周围环境特性的改变。长期以来,人们利用传统的土力学理论和方法,以天然状态的原状土为研究对象,进行有关土的物理力学特性的研究,并将其结果直接用于解决上述受施工扰动影响的土体的强度、变形和稳定性问题,这显然不符合由施工过程所引起的周围土体的应力状态的改变,结构的变化,土体的变形、失稳和破坏的发展过程,从而造成许多岩土工程的失稳和破坏,给工程建设和周围环境带来很大危害。因而在确保工程自身安全的同时,如何顾及周围土体介质和构筑物的稳定,已经引起人们的重视。这些问题都属于环境岩土工程的范畴。

第三节 煤矿开采带来的环境问题

人口、资源、环境和发展是当今世界关系人类生存与发展的四大基本问题。我国是这四个方面矛盾最为突出的少数几个国家之一。人类的活动已足以影响到自然界并使环境灾害

加剧或产生一些新的环境问题,必须事先研究它们,以便届时对付它们。

我国的矿产资源,特别是煤炭资源丰富,大、中、小矿山遍布全国二十多个省、市、自治区,许多矿区已发展成为中、小型城市。据煤炭、冶金、有色金属、核工业、黄金、石油、化工等矿业生产部门的不完全统计,我国现有国有矿山企业 7 600 多个,集体所有制矿山 7 800 多个,个体采矿点 12 万多个。我国已形成了 300 多座以矿业为依托的工业城市,从事矿业生产的职工 800 多万人。1996 年,全国的矿区采掘总量超过 50 亿吨。

日前,我国 70% 以上的工业原料取自矿产,95% 以上的能源来自矿物能源。矿业已成为我国国民经济的重要基础产业。同时,我国的矿业开发规模已居世界第三位,成为矿业大国。

然而,人类对矿产资源的开发和利用,一方面增加了社会财富,促进了经济和社会的发展;另一方面又带来了环境和灾害问题。矿山的生态环境系统包括自然生态环境系统和社会经济两大系统。自然资源是自然环境的重要组成部分,各种资源在不同时间和空间条件下,按不同的比例和关系联系在一起,形成相互作用、相互联系和相互依存的统一整体。一种资源(不论是再生资源,还是非再生资源)的开发,将不同程度地导致与之相联系的其他资源的变化。自然资源之间的这种相互影响,轻者造成资源的浪费和破坏,重者会导致环境严重污染,生态破坏,以致人类文明的衰落。矿产资源的开发、加工和利用对区域环境的影响是多方面的和深刻的。下面从自然生态环境和社会经济环境两个方面加以简略说明。

一、对自然生态环境的影响

矿产资源开发和加工对自然生态环境的影响主要表现为对土地资源和景观的影响、对水资源的影响、对大气的污染以及产生地质灾害、噪声和振动等。

1. 对土地资源和景观的影响

矿产资源开发要占用和破坏大量的土地,露天开采必须剥离煤层上覆的土层和岩层,不但使原来生长在这些土层表面的生物遭到破坏,还将影响矿坑周围动植物的成长。地下开采将造成地面变形、沉陷,对农田、道路、地面建筑物、地下管线产生危害或破坏。在煤炭开发、加工过程中将产生大量的固体废弃物,如煤矸石,尾矿坝及排土场的土石、煤泥等固体废弃物。

这些废弃物的堆放不仅占用大量土地,并且对地表下及附近的土地都有不同程度的污染。据不完全统计,我国由于采矿生产、加工活动,主要包括露天采掘挖损、地下开采塌陷以及开采压占的土地已超过 5 000 km²,其中以煤矿生产造成土地破坏和压占最为严重。据原煤炭工业部对全国各主要矿区的统计,截止到 1994 年底,累计塌陷土地面积(以下沉大于 10 mm 为标准)达 2 810 km²,平均每开采 1 万吨煤炭塌陷土地 0.002 km²,其中常年积水面积约 250 km²,绝产征用面积 330 km²。由此推算,目前全国井工开采煤矿造成土地塌陷总面积约 4 000 km²。此外,全国大中型煤矿有矸石山 1 500 多座,堆积量约 30 亿吨,占地超过 55 km²;露天煤矿开采挖损土地总面积约 80 km²;排土场占地约 140 km²。

由于我国各矿区的地势地貌、区域气候及地下水位等方面差异较大,因此,地表塌陷的形态以及给农业和生态带来的影响有较大的不同。归纳起来,大致有三类:

(1) 黄淮海平原东中部地区。该地区地势平坦,潜水位高,是我国人口较密集的粮棉重要产区。这里分布着许多大型煤矿,如徐州、淮南、淮北、枣庄、兖州等矿区,还有一些金属、化工矿山。其地表塌陷区比比皆是,对农业生态损害严重,并且还有大面积的常年积水区,

最大水深达 10 m 左右,往往成为绝产面积。如徐州矿区的塌陷地已达 50 km²,常年积水面积占 1/4。淮南矿区开采塌陷区面积已达 112.16 km²,老区的最大下沉深度已达 19 m 之多,沉陷积水面积约为 14.17 km²,占总面积的 12.6%。淮北矿区的塌陷面积已达 70 km²,其中常年积水区约占 1/3。

(2) 黄河以北的平原地区。该地区的地下水位较深,年降雨量较少,因此地表塌陷后一般积水面积较小。如开滦矿区的塌陷区达 80 km²,积水面积约占 1/10。

(3) 西北、东北和华北的山地、丘陵地和黄土高原区。在该区域的开采塌陷区,一般地貌没有明显变化,不积水,地表变形主要表现为裂缝或漏斗式塌坑,有时会出现地表滑坡。一般来说,对农业生态和景观的影响不大。

2. “三废”污染

煤矸石、矿井废水、燃煤余热、尾矿坝和废弃物是矿区的主要污染源。固体废弃物不仅占用大量土地,并且在长期风化、雨水淋溶的作用下会发生一系列物理、化学变化,产生有害物质,污染周围土壤、地表水和地下水。矸石自燃对环境的危害也很大,据不完全统计,我国正在自燃的煤矸石山约 200 座,自燃过程中排放出大量有害气体,如 SO₂、CO₂、H₂S 及氮氧化物、烟尘等,污染空气,抑制植物生长,危害人类及动物健康,还可能引发其他重大事故。

至于在井下作业的矿工受粉尘的影响则更为严重。工业粉尘对人体的危害极大,特别是粒径小于 5 μm 的粉尘,吸入后约有 90% 沉积在气管和肺的表面上,将引患尘(矽)肺病、肺心病等。

3. 破坏水资源,造成水土流失

矿物开采和加工不仅造成地表水和地下水污染,还使地下水位降低,矿山周围水资源枯竭,水土流失,旱灾增多,甚至土地沙化。矿山酸性污水不仅污染地表水,并且可能通过地下井巷或岩层的裂隙污染地下水。

4. 矿山动力地质和环境地质问题

采掘工程活动可能诱发一些动力地质现象,如冲击地压、岩爆、矿震、岩土工程失稳、泥石流以及煤矿瓦斯突出、突水等。我国过去 40 多年间发生瓦斯突出与爆炸事故 2 500 多起,造成大量人员伤亡,经济损失达 20 多亿元。矿井突水、淹井事故也很严重。

这些矿山环境地质现象的产生既有其特定的地质条件,又与工程活动密切相关。因此,研究矿山动力地质现象产生的地质条件及其与采掘等工程活动的关系,已成为矿山工程地质的专门问题。

5. 噪声和振动污染

矿山地面及井下各种噪声大、振动强烈的机械设备多,噪声和振动的污染比较严重,许多设备产生的噪声严重超标。据华北一些煤矿的调查测试,90 dB 以上的设备占 70%,其中 90~100 dB 的占 45%、100~130 dB 的约占 25%。这种污染不仅严重危害作业职工的身心健康,对附近的居民区也有严重影响,并且由于矿山为连续生产,噪声具有昼夜不断的特点。

井下的噪声也很严重,并且还有沿巷道传播而产生叠加的现象。在综采工作面噪声可达 102 dB,巷道掘进工作面局部通风机的噪声可达 107 dB,风动凿岩机产生的噪声更是高达 120 dB,并且作业时振动严重。因此,在矿山采取防噪、减噪措施,研制振动及噪声小的机械设备是十分必要的,但其难度也较大。

二、对社会经济系统的影响

这种影响主要涉及两个方面。一方面,一个大型矿区开发建设的过程往往也是一个地区工业化和城市化的过程,伴随着形成一些工矿城市,从而促进这些地区社会经济的发展。另一方面则是负面影响。一是由于上述的环境灾害导致对地面建筑物、交通和通讯线路以及水利工程等设施的损坏;二是引起区域社会环境和社会经济结构功能的变化。例如,土地征用、赔偿,居民或村庄搬迁产生的问题,工农业矛盾,农转非、就业和企业负担过重的问题,职工和农民生活以及子女上学困难等问题。

总之,矿产开发使森林、天然植物、草场遭受破坏,使地形地貌塌陷开裂,使水资源遭破坏,大气遭污染,恶化了整个生态环境,改变了生活环境条件,甚至使区域正常的食物链和食物网发生改变。生态环境的恶化,也进一步导致新的自然灾害,如水土流失,土地盐碱化、沼泽化、沙漠化等的发生和发展。而自然生态系统和社会经济系统进入恶性循环,将最终危及社会经济和社会生活的可持续发展。

从全国的统计数字看,因采矿造成的环境灾害问题最严重、最频繁的是个体采矿业,其次是集体或地方采矿业,国有企业一般较好。因此,必须用生态经济的理论和方法来处理和协调矿产资源开发与环境保护之间的矛盾,使两个方面协调发展,力求实现经济效益、社会效益和环境效益的三统一,保障社会经济的可持续发展。

表 1-5-1 我国主要城市人均废气排放量 (kg/a)

年份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
总量	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64

表 1-5-2 我国主要城市人均废气排放量 (kg/a)

年份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
北京	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61
天津	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
上海	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63
广州	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64
深圳	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65
杭州	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66
南京	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67
武汉	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68
成都	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69
西安	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70
昆明	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71
拉萨	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72
海口	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73
珠海	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74
烟台	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75
青岛	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76
大连	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77
沈阳	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
长春	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79
哈尔滨	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80
大庆	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81
吉林	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82
四平	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83
辽阳	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84
鞍山	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85
本溪	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86
抚顺	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87
阜新	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88
锦州	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89
承德	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
张家口	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91
大同	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92
包头	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93
呼和浩特	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94
银川	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95
西宁	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
兰州	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97
乌鲁木齐	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98
克拉玛依	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99
吐鲁番	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
和田	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01
喀什	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02
阿克苏	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03
库尔勒	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04
博尔塔拉	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05
巴音郭楞	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06
昌吉回族自治州	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07
哈密	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08
吐火鲁	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09
塔城	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10
阿勒泰	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11
额尔齐斯	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12
富蕴	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13
可可托海	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14
托木尔	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15
额敏	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16
青河	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17
福海	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18
哈巴河	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19
布尔津	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20
吉木乃	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19	1.21
富蕴	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22
青河	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23
福海	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24
哈巴河	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25
布尔津	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26
吉木乃	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27
富蕴	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28
青河	1.13	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29
福海	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30
哈巴河	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31
布尔津	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32
吉木乃	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33
富蕴	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34
青河	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35
福海	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36
哈巴河	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37
布尔津	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38
吉木乃	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39
富蕴	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40
青河	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41
福海	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42
哈巴河	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43
布尔津	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44
吉木乃	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45
富蕴	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46
青河	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47
福海	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48
哈巴河	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49
布尔津	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50
吉木乃	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49	1.51
富蕴	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52
青河	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53
福海	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54
哈巴河	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55
布尔津	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56
吉木乃	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55	1.57
富蕴	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58
青河	1.43	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55	1.57	1.59
福海	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60
哈巴河	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61
布尔津	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62
吉木乃	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63
富蕴	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64
青河	1.49	1.51	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63	1.65
福海	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66
哈巴河	1.51	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67
布尔津	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68
吉木乃	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67	1.69
富蕴	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70
青河	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67	1.69	1.71
福海	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72
哈巴河	1.57	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67	1.69	1.71	1.73
布尔津	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74
吉木乃	1.59	1.61	1.63	1.65	1.67	1.69	1.71	1.73	1.75
富蕴	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.76
青河	1.61	1.63	1.65	1.67	1.69	1.71	1.73	1.75	1.77
福海	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.76	1.78
哈巴河	1.63	1.65	1.67	1.69	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79
布尔津	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80
吉木乃	1.65	1.67	1.69	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81
富蕴	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82
青河	1.67	1.69	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83
福海	1.68	1.70	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84
哈巴河	1.69	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85
布尔津	1.70	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86
吉木乃	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.87
富蕴	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88
青河	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.87	1.89
福海	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88	1.90
哈巴河	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.87	1.89	1.91
布尔津	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88	1.90	1.92
吉木乃	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.87	1.89	1.91	1.93
富蕴	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1			

第二章 垃圾土的工程性质及垃圾填埋场

第一节 概 述

随着经济和社会的迅速发展,工业化与城市化进程加快,人口不断涌入城市,使城市废弃物和生活垃圾产生量急剧增多。这些垃圾如果不进行科学的无害化处理或防护处理,不仅占用大量土地、污染周围环境、破坏城市景观,而且传播疾病,对城市居民的健康和生存构成严重威胁,目前已成为社会的重要公害之一。因此,治理城市废弃物和生活垃圾已经成为我国和世界各大城市面临的重大环境问题。

据不完全统计,自1979年以来,我国的生活垃圾平均以每年8%~10%的速度递增,少数城市如北京、上海的年增长速率达15%~20%。1980年我国城市垃圾清运量仅3 100万吨,到1990年增加到6 900万吨,1998年已达1.15亿吨,现在我国每年的垃圾清运量已超过1.5亿吨。我国城市居民的人均生活垃圾产量见表2-1,我国各主要城市的人均生活垃圾产量见表2-2。

表 2-1

我国城市居民的人均生活垃圾产量

kg/(人·d)

年份	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
产量	0.88	0.90	0.93	1.04	1.18	1.15	1.13	1.20	1.26

表 2-2

我国各主要城市的人均生活垃圾产量

kg/(人·d)

年份	上海	北京	天津	深圳	广州	厦门	珠海	福州
1981			0.67	1.22	0.52	0.47	0.79	0.75
1992	1.09	1.92	1.40	4.00	1.14	1.67	1.68	0.81
1993	1.02	1.96	1.21	4.00	1.40	1.35	1.93	1.12
年份	青岛	杭州	西安	沈阳	郑州	济南	武汉	
1981	1.05	0.36	0.52	1.27	1.12	0.51	0.96	
1992	1.07	1.24	0.89	1.46	1.22	1.07	1.40	
1993	1.13	1.29	0.88	1.49	1.40	1.03	1.27	

在城市固体垃圾处理方面,目前常用的方法主要有填埋、焚烧、回收和混合堆肥等,其中卫生填埋是目前世界上最普遍使用的处理技术。它是在科学选址的基础上,采用必要的场地防护处理手段和合理的填埋结构,并采取严格封闭措施将垃圾与周围环境严密隔离,以最大程度地减少和消除垃圾对环境尤其是对地下水源污染的一种技术。卫生填埋的主要优点有: