

环境岩土工程中废弃物的处理及利用现状

张小平¹, 包承纲²

X705

23-76

(1. 河海大学, 江苏 南京 210098; 2. 长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要:废弃物处理及利用是目前环境岩土工程中主要研究方向之一, 建立健全废弃物的处理及利用法则法规、开发废弃物的循环利用途径以及建立封闭的资源流系统至关重要. 文章比较详细地阐述了国内外废弃物的处理利用现状及最终处置方法.

关键词:环境岩土工程; 废弃物; 循环利用

中图分类号: X705

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2000)04-0023-04

环境岩土工程学即是研究由自然现象和人类工程活动引起的环境工程问题^[1]. 其研究内容^[2]大致可分为: ①自然灾害引起的环境岩土工程问题, 如地震、火山、山崩、滑坡、泥石流、土地沙漠化、水土流失等; ②人类活动引起的环境岩土工程问题, 如由于大量抽汲地下水致使大面积的地表下陷, 以及石油、天然气或其它固体矿床的开采而造成地面沉降或塌陷, 由于各种废弃物的淋漓液、工业废水、生活废水、肥料及农用有机物的下渗而造成地下水及地表水的污染等. 近年来对各类废弃物的利用及处置, 是环境岩土工程正在兴起和发展的主要研究方向之一.

由于工业的迅速发展, 废弃物也越来越多, 各种废弃物对周围环境污染所引起的危害, 主要反映在对人类身体健康、对已建工程的损害以及对岩土工程性质的恶化等方面, 这是对人类生存的挑战, 如何有效地解决废弃物的最终处置和循环利用是环境岩土工程的新课题. 废弃物的产生、处理、存储与处置取决于一个国家的政治经济发展状况, 与社会因素及全民的环保意识有关, 一些发达国家在这方面处在领先水平, 制定相应的详细的法律法规, 并要求各部门严格执行. 如美国的资源保护和回用法(RCRA)^[1,3], 目的是发展废弃物管理技术, 改进固体废弃物的收集、分离、回用方法, 使有害废弃物减量化, 提高回收、回用量. 日本 1991 年建立了促进资源循环利用法(LPURR)^[4,5], 目的在于通过使用有限的资源和回收物资的再利用来发展经济, 且减缓环境压力, 1992 年建立了配置工业废料特殊设施的法律, 以有效、安全地处理工业废料, 并建立了有关废料处理场地的技术标准. 我国政府对环保工作也很

重视, 制定和公布了一系列的环境保护法律和法规. 但在废弃物的循环利用及处置方面, 还没有健全的法规和相应的措施, 各类废弃物的利用率还很低, 因而所造成的环境问题非常严重. 对废弃物的处置及利用应从环境的观点、经济的观点以及岩土利用的观点出发, 才能取得一定的社会效益、经济效益和环境效益.

1 废弃物的处理及利用

废弃物的种类大致可分为三类^[6]: ①城市废料, 主要是生活垃圾, 包括各种废纸、有机物、玻璃、金属、塑料等; ②工业废料, 主要包括废钢渣、矿渣、粉煤灰、废油、废塑料、废酸、废碱等; ③建筑废料, 主要包括开挖余土、废淤泥、废混凝土、废沥青、废木料等.

各种废弃物被非法倾倒和处置的现象还严重存在, 倾倒的废弃物引起了土壤和地下水的污染, 并且大量占用耕地. 为了减轻有关废弃物处置所带来的环境问题, 一些发达国家已研究了多种方法预防废弃物的产生, 减少废弃物的体积, 增加废弃物的循环利用和再利用率, 并采取一系列措施使有害废物变成无害废物. 因此, 废料的循环利用至关重要, 应该建立封闭的资源流系统.

对于废弃物的利用及处理应根据废弃物的种类、性质依据下列原则进行: ①可直接利用的直接利用; ②不能利用的采用中间处理方法, 如焚烧、熔化及脱水, 使其减少体积后再利用或处置; ③对于不能再利用的有害生活垃圾及有害废料, 采用最终处置方法. 废料处理流程见图 1^[4].

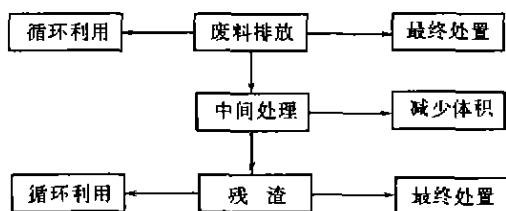


图1 废料处理流程示意图

1.1 城市固体废料的利用

城市固体废料主要是生活垃圾,对垃圾的处理直接关系到城市的环境卫生及居民的身体健康.我国政府重视城市环境卫生工作,但在垃圾的处理及利用方面是一个薄弱环节,仅有极少量的垃圾被回收利用,绝大多数没有经过任何中间处理直接堆埋于市郊.据1986年卫星照片资料^[7],仅北京市就有4699个垃圾堆,占地620多 hm^2 ,最近有资料表明北京市郊已堆积了8000多座垃圾山;上海市每天都有上千吨的垃圾运往郊区,全国的垃圾数量更加惊人.我国对垃圾的利用途径之一是制作生活垃圾燃烧砖,它是利用陈年腐熟的城市生活垃圾和无机垃圾为原料,掺入适量的非耕地粘土,生产垃圾烧结砖,这一技术的推广利用不仅可消纳大量的城市生活垃圾,减少环境污染,而且节约土地,节约能源;我国对垃圾的另一有效利用途径是通过燃烧城市固体废料发电,产生了一定的经济效益和社会效益.日本每年产生5000万t的市政废料^[4],其中75%要进行中间处理,即通过燃烧减少体积,由此可产生600万t的底灰和粉灰,其中大部分倾入填埋场,只有少部分利用.燃烧产生的粉灰含有有害元素和有害化学成分,必须小心处理.粉灰的处理方法有熔化、挤压、水泥硬化和添加化学成分,由于粉灰含有有害成分,熔化是一种最有效的方法,然而这种方法不能使资源再利用,且成本很高.通过水泥硬化可使粉灰成为地基加固材料,根据日本制定的标准要求水泥的混合量大于 $150\text{kg}/\text{m}^3$,压缩强度大于 980kPa .在美国和欧洲粉灰被用来作为建筑材料,若粉灰中含有大量盐会影响水泥和石灰的硬化,因此,固体废料燃烧粉灰的固结应从技术、环境和经济的观点出发,对没有经过中间处理的城市固体废料及不被利用的经过燃烧的固体废料的粉灰和底灰进行最终处置.

1.2 粉煤灰的利用

根据1987年统计,我国每年排放粉煤灰4500万t,20世纪末每年可达1亿t^[7];日本每年排放500万t,21世纪可达1000万t.日本粉煤灰的利用率为100%,我国的利用率仅为24%.日本将粉煤灰分为末煤燃烧粉煤灰和流动床燃烧粉煤灰(简称FCA),两者的区别见表1.我国对粉煤灰是以质量等级进

行分类.末煤粉煤灰的30%用作水泥原材料,还可用作塑性混凝土及低水灰比高性能混凝土的骨料,高掺粉煤灰混凝土其粉煤灰含量达50%以上,这种混凝土具有较高的强度和较好的耐久性.掺粉煤灰可减少水泥的用量,提高混凝土的性能,且降低造价.加拿大矿产资源部(ANMET)大掺量粉煤灰混凝土^[7],其典型胶结料量为每立方米含水泥155kg,含低钙粉煤灰215kg,水胶比0.33,水化热很低,弹性模量高,徐变系数低,属高性能混凝土.流动床燃烧粉煤灰在日本多用来作为硬化剂处理淤泥,使之成为地基加固材料,其效果优于添加水泥.此外,粉煤灰是一种轻质材料,且具自凝性,故粉煤灰可用于承载填方,挡土墙后的填土,高速公路路基填料,港口填方以及冲吹填时的掺料.粉煤灰还可添加少量石灰形成柔性桩复合地基,用以加固软弱地基.

表1 两种粉煤灰化学成分比较

化学成分	含量/%	
	末煤燃烧粉煤灰	流动床燃烧粉煤灰
SiO_2	50~55	25~40
Al_2O_3	25~30	15~25
Fe_2O_3	4~7	10~30
CaO	1~2	1~2
MgO	1~2	1~2
KO	0~1	0~1
Na_2O	1~2	0~1
SO_3	0~1	3~8
lg-loss	1~2	10~30

在我国用粉煤灰作为主要原料制作建筑材料受到广泛重视,有蒸制粉煤灰砖、水浸粉煤灰砖、全粉煤灰烧结砖、粉煤灰墙地砖、陶粒粉煤灰墙板、粉煤灰加气混凝土及粉煤灰空心砌块^[8~10],粉煤灰墙材具有轻质保温隔热性能,是一种建筑节能材料,推广开发利用粉煤灰建筑材料还可保护耕地,利于环保.而传统的粘土实心砖不但大量毁坏耕地,严重污染环境,而且产品强度低、质量差、能耗大,应加以限制和取缔.最近,清华大学阎培渝等研制了氟石膏粉煤灰胶结材料^[11],这种材料既可在空气中又可在水中凝结硬化,具有较好的胶凝性与体积稳定性.氟石膏粉煤灰胶结材料可用于制造新型墙体制品,也可作为微膨胀剂配制高抗渗性混凝土.如果这种材料能部分代替水泥,则可节约大量能源,并能减少环境污染.

1.3 钢渣、矿渣及其它

我国炼铁炼钢产生的钢渣每年达3000万t,现积存已超过1亿t,利用率不足40%^[7].在日本由冶金工业产生的钢渣为400万t,85%以上用于路基加固材料.钢渣分为高炉渣、转炉渣和电炉渣,高炉渣可用于闪锌矿水泥、路基材料、混凝土骨料或土料,

故高炉渣是资源而不是废料;转炉渣可用作混凝土骨料、回填地基以及用来提高土的强度;电炉渣与水泥混合可加强土的稳固性,还可用作建筑材料.我国水淬矿渣年产约 8000 万 t,几乎全部用作水泥混合材,如矿渣硅酸盐水泥.

废塑料是另一种工业废料,其处置比较困难,我国每年仅用于产品包装和快餐盒产生的废塑料就达 350 万 t,绝大部分被掩埋,占用耕地 400 多 hm^2 .日本每年产生的废塑料为 48 万 t,其中 10% 用作燃料,另有一些种类的废塑料能有效地用作路面的沥青改性添加剂.对于废弃的聚苯乙烯泡沫塑料,由于其各种性能比较稳定,所以具有再利用的经济价值.将废弃聚苯乙烯(EPS)泡沫粉碎,按一定的配合比同水泥混合搅拌,可作为建筑保温材料,如水泥泡沫聚苯乙烯岩混凝土保温屋面、再生 EPS 轻集料混凝土内保温板、水泥聚苯板,EPS 轻集料混凝土还在路面回填与找平、防冻路基、保温屋面、楼面隔音等应用领域进行现场浇注施工.国外对泡沫聚苯乙烯轻集料混凝土的生产和应用极为广泛,而我国在近年才开始逐渐重视废弃 EPS 包装材的回收和再生利用,在建筑领域的应用研究已有一定的起色.为了消除“白色污染”,根本的出路是生产可降解塑料包装袋及一次性塑料用品,它是以淀粉为主要原料,不接触生物源可长期保存,一旦废弃又可在阳光和土壤中快速降解消除(18 个月内),降解后可成为土壤中的有机肥料.

1.4 建筑开挖余土及淤泥的利用

由建筑开挖产生了大量的剩余土和废淤泥,尤其在我国近几年随着经济的迅速发展,大规模修建各类建筑物,如高速公路、桥梁、大坝及高楼等,随之产生了大量的建筑垃圾而引起公害,因此,开发建筑剩余土和废淤泥的利用途径,建立其循环利用及再利用的系统管理体系,并健全严格的法规势在必行.

剩余土的处理按下列原则进行^[5]:①质量好的剩余土,如沙土,不作任何处理用作填方和筑坝;②质量差的余土应处理后再利用,可加入化学成分,如水泥、石灰、吸水聚合物、表面活性剂等可使余土稳固,用作道路、堤坝的回填材料;③对于不被利用也不作任何处理的余土埋入填埋场.为此,应该建立储存、改良剩余土工厂,以使暂时不被利用的和需要改良的剩余土送进工厂储存和改良,从而达到循环利用和再利用的目的.日本的大阪市 1983 年就建立了改良土工厂,产生了良好的效果.日本剩余土的利用率达 40%,但废淤泥的循环利用率仅为 2%,每年产生的废淤泥为 1500 万 t,其中 6% 减少体积后处置,其余的没被处理而倾入填埋场.我国的情形更加

严峻,几乎全部堆积于某处.由于缺乏合理的填埋场和非法倾倒,如此大量的淤泥处置产生了严重的环境问题,因此废淤泥的利用一定要从环境的、岩土的和经济的观点出发,大力开发淤泥的利用途径.

淤泥的利用途径大致为^[12]:①灌浆和挖掘泥浆的流动材料;②堤坝和回填材料;③水泥或陶瓷工业的粘土材料.Kamon 等提出的淤泥处理利用系统,具有实用意义,它包括脱水和固化,当淤泥的密度及粘稠度较小时,采用脱水方法,淤泥中添加碳酸铝盐(CAS)和 FCA 作为聚合物,用脱水机脱水,减少体积,分离出的水须符合环境标准才可排放到江河,脱水土饼符合强度要求可用作建筑材料;当淤泥的密度及粘稠度较大时采用固化的方法,在淤泥中添加 FCA-CAS 作为稳固剂,经养护压缩后可用作地基回填材料.焙烧和熔化也是一种处理方法,并能产生很高的强度,但其成本较高.

2 废弃物的最终处置

垃圾直接影响城市居民的居住环境和身体健康.北京市每年产生的各种工业废料和垃圾达 1.2 亿 t,全国的数量更为可观.废弃物正以惊人的速度增长,垃圾随处堆存或简单填埋,不仅产生严重的环境问题,而且侵占耕地,使我国的耕地每年减少 5% 左右^[13].垃圾填埋场是废弃物的最终处置方法之一,合理规划设计现代垃圾填埋场势在必行.将垃圾作为资源来开发、再利用技术正在一些发达国家兴起,美国研究了将垃圾填埋场产生的沼气收集起来发电的技术,垃圾焚烧技术及微波辐照内加热方法等都使得废弃物处置的资源化技术朝高效、廉价和自动化目标迈进.

2.1 现代垃圾填埋场规划设计标准

一个成功的垃圾填埋场应具有良好的社会效益、经济效益和环境效益,但要同时获得三个效益并非易事,比如资金与填埋场处理标准之间的矛盾,工程设计与操作管理之间的矛盾等.填埋场规划设计标准,应以运行过程中不产生“二次污染”为度,过低的标准有可能使填埋场在运行过程中陷入窘境,或者无法弥补对周围环境造成的污染,或者要投入更多的资金来治理和控制污染.一些发达国家在这方面制定了严格的法律法规,而我国由于环境法规不健全,又受资金的限制,因此产生了资金与填埋场标准之间的矛盾.为达到设计标准,应考虑以下问题.

2.1.1 选择合理的填埋场址

在我国一般有三种选址类型:①平原地区型,如北京的阿苏卫填埋场;②山地型,如杭州的天子岭和

广州的李坑;③滨海滩地型,如上海的老港填埋场和江镇堆场。上海老港填埋场的成功之处在于潜水层与第一承压层之间的粘土厚 17.5 m,能有效地阻挡渗漏水下渗到深层地下水。由于第一承压含水层为苦咸水,无开采价值,埋场渗漏水对地下水影响甚微,使以后在防渗措施上的投资大为减少。另一成功之处是,该场具有足够长的使用年限,距居民点近,交通便利,为运输及日常管理奠定了基础。故选择合理的场址,可在防渗系统、排水系统等方面节省大量投资。

2.1.2 摆脱经济投资的局限性

一些发达国家垃圾填埋场的投资较大^[13],如始建于 1982 年的东京都日出町谷户泽垃圾填埋场,其处置能力仅为 550 t/d,而投入资金却高达 125 亿日元,折合人民币 30 亿元;1987 年美国的马萨诸塞州的 New Bedford 市为执行新的填埋标准,年耗资 8.87 亿美元;加拿大蒙特利尔市一填埋场的沼气收集系统耗资 3 000 万加元。我国是发展中国家,经济比较落后,但在规划与设计时若单纯因经费问题而忽略处理标准,只能拉大同发达国家的差距,只有采取“跨越式”方式前进,尽快采用垃圾处理的先进技术,才能逐步提高我国的垃圾无害化处理率;同时,若因经济原因而不合理地降低标准,势必在以后运行过程中因出现问题而增加投资,如上海某废弃物处置场,1989 年建成,工艺极简单,没考虑渗淋、防渗、沼气及覆盖系统,1992~1994 年仅用于灭蝇的费用已达百万元之巨,曾发生过爆炸毁坏建筑事故,后来政府部门又投资 5 600 万元以增加处置设施,可见,并没有真正节省投资。只有严格的设计、合理的投资,才能使有限的投入发挥最大的效益。

2.2 美国的垃圾填埋场

美国每年产生的废弃物多达 1.6 亿 t,位于纽约的世界最大垃圾填埋场,每天有 2.4 万 t 的垃圾要处置,容量如此大的垃圾场必须有严格的设计标准、完善的管理系统,才能保证运营过程中不出现二次污染。美国的垃圾填埋场的典型剖面见图 2^[14],主要由组合衬垫系统、淋漓液收集系统和排除系统、沼

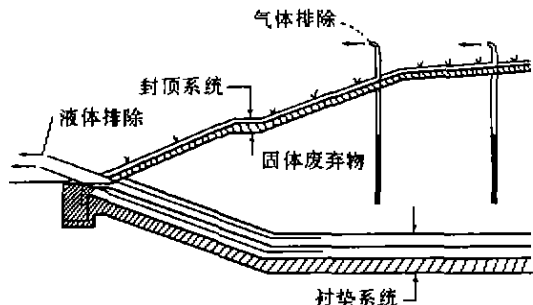


图 2 城市垃圾填埋场示意图

气控制系统和封顶系统组成。各个系统都有严格的设计标准。

各国制定的垃圾填埋场的标准不尽相同,但其最终目的是一致的,就是填埋有害的不被再利用的废弃物,并且确保被掩埋的废弃物不再污染环境。

4 结 语

废弃物已对人类社会的可持续发展造成严重威胁,解决废弃物的处置及利用问题,除了积极探索废弃物处理利用新技术,还必须运用政策调控和法律保障措施,提高全民的环保意识,并要借鉴发达国家的经验教训,促进我国环境质量的提高。

参考文献:

- [1] 袁建新.环境岩土工程问题综述[J].岩土力学,1996,17(2):88~93;1996,17(3):86~93.
- [2] 胡中雄,李向约,方晓阳.环境岩土工程学概论[J].岩土工程学报,1990,12(1):98~107.
- [3] 朱忠,董强.美国的环境保护概况[M].上海环境科学,1996,15(5):8~10.
- [4] Karon M. Geotechnical utilization of industrial wastes[A]. Sec Int Cong on Environ Geotechnics[C]. 1996. 67~84.
- [5] Daniel D E, Bowders Jr J J. Waste containment systems by geosynthetics[A]. Sec Int Cong on Environ Geotechnics[C]. 1996. 767~772.
- [6] Kawachi T, Duc P T, Katsumi T, et al. Treatment and utilization of waste sludge/slurry from construction works[A]. Sec Int Cong on Environ Geotechnics[C]. 1996. 832~837.
- [7] 唐业清.工业废料在建筑地基处理工程中的作用[J].岩土工程学报,1990,12(4):73~78.
- [8] 何水清.墙体材料生产技法[M].北京:中国工人出版社,1992.
- [9] 吴建林,赵兴连.粉煤灰水侵砖的研制开发与工艺设计[J].新型建筑材料,1998(6):16~18.
- [10] 罗玉苹.全粉煤灰烧结砖试验研究[J].新型建筑材料,1998(6):19~21.
- [11] 阎培渝,游铁.氟石膏粉煤灰胶结材料的研究[J].新型建筑材料,1998(6):28~32.
- [12] Ninomiya T, Yoshida T T T, Muramatsu K. Recycling of excavated surplus soils in Osaka city[A]. Sec Int Cong on Environ Geotechnics[C]. 1996. 851~865.
- [13] 施庆文,朱立.垃圾填埋场规划设计中的得失分析[J].上海环境科学,1996(5):37~39.
- [14] 钱学得,郭志平.美国的现代卫生填埋场[J].水利水电科技进展,1995,15(5):8~12;1995,15(6):27~31.

(收稿日期:1999-01-19 编辑:熊水斌)