

城市垃圾填埋场植被恢复研究进展

刘艳辉,魏天兴,孙 毅

(水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室(北京林业大学),北京林业大学水土保持学院,北京 100083)

摘 要:城市垃圾填埋场占用了大量的城市用地,并使得许多可利用资源如适量的碳、氢、钾、钙、镁、磷和微量的铁、锰、铜等元素被浪费,而且污染并破坏了周围的生态环境,有时候还引起爆炸。如何对封场后的城市垃圾填埋场进行合理高效的开发利用,成为国内外学者研究的热点。通过回顾国内外城市垃圾填埋场土地利用方式、绿化潜力、树种选择研究进展,对垃圾填埋场存在的诸如填埋气体、渗漏问题、植物的养护、土壤贫瘠等对垃圾填埋场绿化产生限制的因子进行探讨,提出找到垃圾填埋场绿化的综合配套技术如绿化美化规划方法、适宜的草种和树种、配套的绿化方法等将成为今后研究的重点与热点。

关键词:城市;垃圾填埋场;绿化;填埋气

中图分类号:X705

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0108-04

Review on Municipal Refuse Landfills Virescence

LIU Yan-hui,WEI Tian-xing,SUN Yi

(Key-Lab of Soil and Water Conservation and Combating Desertification, Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: Municipal refuse landfills not only improperly occupy abundant city land, but also make much useful resource for instance carbon, hydrogen, kalium, calcium, magnesium, phosphor, iron, manganese, copper wasted, even more have environment damaged, sometimes bring exploders. Many researchers of many countries are studying its efficient use. By looking back the virescence potential, the methods of land use, the choice of compatible plant on municipal refuse landfills in China and other nations, and studying on the harm in municipal refuse landfills, the limits to virescence that are LFG, the leakage, the faultiness maintainability, the lean soil and so on, at last, the focus is put forward in the series technology, the programming ways, the feasible plants for the future.

Key words: city; refuse landfills; virescence; LFG

目前,城市垃圾处理问题成为我国城市建设、发展、城市化进程关注的焦点。我国城市生活垃圾年产量约 1.3 亿 t,约占世界总产量的 1/4,是世界上垃圾包袱最重的国家^[1]。严重的垃圾污染问题已严重影响到民众的生存环境,随着科技经济的进步,国内外对城市生活垃圾处理的研究也越来越多,主要的处理方法有卫生填埋、高温堆肥、焚烧、热解及分类循环利用等方式。从我国国情看,国内城市生活垃圾处理基本以无害化处理为第一原则,即以填埋方式处理为主,占垃圾处理量的 95% 以上,其次是垃圾堆肥和焚烧^[2],而且卫生填埋法建设投资少、运行费用低,并且任何一种垃圾处理方式都不可避免地产生一部分不能完全处理掉的垃圾,这部分最终将被进行填埋处理,因此建设垃圾卫生填埋场具有必然性和不可替代性^[3]。但卫生填埋场也给我们带来了很大的危害,主要有:占用大量土地;严重污染环境、土地和水质,破坏了生态环境^[4];浪费大量的垃圾内含资源;垃圾爆炸事故不断发生,影响城市居民的生产生活,甚至造成人员伤亡。针对这些状况,首先国家应制定相关政策,加强城市垃圾填埋场的管理;其次应呼吁群众提倡节约、减少浪费;最后,加快对那些即将达到及已经达到使用寿命的城市垃圾填埋场封场后最终如何更好的进行绿化生态处理研究的脚步,以便减少垃圾填埋场

对周围环境的影响。由于垃圾填埋场的最终生态恢复所形成的植被层能美化周边环境,防止雨水冲蚀土壤,利于径流的收集及导排^[5],而且植被工程所形成的小范围绿地构成的生态系统,能够净化空气、减轻污染,所以垃圾填埋场的生态绿化工作越来越引起人们的关注。

随着北京市城市化进程的推进及申奥的成功,作为中国的象征,北京在 2008 年奥运会召开之际,能否给世人一个优美的环境,成为全中国乃至世界关注的重中之重,其中城市垃圾填埋场土地利用问题自然成为一个重要且紧迫的问题。截止到 2005 年,北京市共建设大型现代化垃圾处理设施 9 座,在远郊区县,建设有区域内垃圾无害化处理设施 5 座,另有 6 座垃圾处理无害化处理设施正在建设或筹建中^[6]。就总体而言,垃圾填埋场的环境污染问题仍很严重,需要从技术和管理上进一步完善^[7],为了首都的绿化、美化,以及迎接 2008 年奥运会,研究找出城市垃圾填埋场绿化的综合配套技术,科学合理利用城市垃圾填埋场具有重要意义。

1 城市垃圾填埋场绿化的国内外研究现状

1.1 城市垃圾填埋场绿化的国外研究现状

国外对城市垃圾填埋场绿化的研究比中国的研究要早

* 收稿日期:2006-04-28

基金项目:教育部留学回国人员科研启动基金“黄土区小流域防护林空间分布格局影响流域径流和泥沙产量的研究”;北京林业大学研究生自选课题资助基金(05jj022) 资助

作者简介:刘艳辉(1980-),女,在读硕士研究生,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究;责任作者:魏天兴。

一些。由于人口高速增长和经济的发展,在世界上许多地区,尤其是发达国家的大都市,旧的填埋场址甚至某些正在使用的填埋场址,已经被工业、商业和居住区的设施所包围。现代化城区的扩展急需开发新的闲置地段来满足其对土地日益增长的要求,因此一度作为废弃物处置场所的填埋场也成为土地复垦开发的特殊热点。封场后的填埋场址可以用作公园、娱乐场所、自然保护区、植物园、作物种植、甚至商用设施用地^[8],这在国外许多城市已有了许多成功的例子^[8~10]。

早在1863年,巴黎就将一座废弃的石灰石场和垃圾填埋场改造成比特蒙公园^[11]。

美国圣地亚哥的 Miramar 填埋场在当地环境服务部门的帮助下,使用高质量的堆肥和填埋场育苗基地培育的本地植物品种,在其 60.7 hm² 的封场区域进行了大规模的植被恢复,使封场区域由干裂贫瘠的不毛之地,重建为类似未作为填埋场使用前的开放绿地^[12]。2011年占地 579 hm² 的 Miramar 填埋场,将进行封场,填埋场的植被恢复是填埋场环境保护最后阶段的责任,最终将重建封场后的填埋场地区整体的自然环境。

随着草坪热的升温,德国、荷兰等环保型国家已有在垃圾填埋场建植草坪的报道^[13]。

1.2 城市垃圾填埋场绿化国内研究现状

1.2.1 城市垃圾填埋场绿化潜力研究

从20世纪90年代开始,垃圾填埋场的绿化研究工作在中国才得到重视。众所周知,垃圾是被放错了地方的资源,垃圾填满场中存在大量的可利用资源,其中适量的碳、氢、氮、钠、钾、钙、镁、磷和微量的铁、锰、钼、铜、锌、钴、钨、镍等元素,都是微生物生长不可缺少的营养成分,而且,垃圾填埋场中含有大量的水分。这些资源为垃圾填埋场封场后的植被绿化提供的基础条件,是植被生长的温床。

周乃杰等(1998)通过调研,发现在封场后的垃圾填埋场上无论是种植草本、灌木或农作物,植被对垃圾土中的有效成分都有不同程度的利用,对氮的吸收率在 10.47%~62.02%, (其中以草皮植物吸收率为最高),对磷的吸收率可达 62.38%~85.81%,对钾的吸收率在 27.5%~88.07%^[11]。由于这些有效成分被利用,促进了植物的生长,植被反过来又有强大的固土保水作用,改良土壤的作用,同时,植物对垃圾中重金属吸收富集的能力使得重金属在植物体内迁移转化,消减净化重金属,加速土壤中有害物质的去除,从而达到净化目的,为垃圾填埋场的综合利用和开发提供了良好的前景。中山大学林学瑞等^[7]对中山市一个关闭了5年左右的垃圾卫生填埋场进行了植被恢复、土壤、填埋气和植物自然定居与植被恢复等方面的调查研究。结果表明:垃圾填埋场的土壤偏碱性,场内土壤的盐分、含水量、有机质和重金属等含量远远高于场外的对照土壤。填埋场的植被自然恢复得很好,总盖度达到98%,以草本植物为主,灌木为辅,另外还有少量的藤本植物和乔木存在。

同时,垃圾填埋场里种植的植被可以使场地内气温较场外低 0.5~1℃,日平均相对湿度增加 3%~5%,植被对降低地面温度比较明显,在夏天,降温 4.5~5.5℃。植被还能有效的减少垃圾填埋场空气中的微生物含量,草地可减菌 72.7%,林地可减菌 58.3%。植物叶片有过滤空气和吸附粉尘的作用,叶子表面的绒毛、皱纹及分泌物,更具有阻挡、滞留、吸附、黏着作用,与裸露空旷地相比,草地可减尘 54%,林地可减尘 61%。无论是分散、阻滞或吸收作用,都有助于净化空气、减轻污染、改善环境。

总之,城市生活垃圾填埋场,是可供植物生长的良好有机肥源,通过植物生长,既起到固土保水、降低垃圾土容量、改善土质的作用,又提高了土壤对植物的供水、供肥能力,改善了生态环境。

1.2.2 城市垃圾填埋场土地利用途径的研究

随着城市居住人数的增加,对土地资源的利用也正走向高效化,而城市垃圾填埋场占用着大量的城市土地,对其封场后的土地如何利用,成为研究人员思考的问题。1996年3月福州市决定在一座堆积了14年的垃圾山上建公园——鳌峰公园,园林、城建部门选择了适应性强的25种树作为绿化树,这座公园的建立成为福州市城市建设中的得意之笔^[14]。随着草坪成为衡量一个城市环境质量的重要标准,杜天庆等人(2003)对我国城市垃圾填埋场建植草坪与生产草皮进行了初步探讨,认为利用城市垃圾填埋场建植草坪和生产草皮,一方面改善城市生态环境条件,另一方面还具有良好的经济效益,是城市垃圾填埋场利用的有效途径。

从上述研究可以看出,人们对城市垃圾填埋场这一土地资源利用开发的认识更加科学化,对其利用开发也走向了集约化、经济化,使得垃圾填埋场的作用发挥了其更大的社会效益。

1.2.3 城市垃圾填埋场植被选择的研究

城市垃圾填埋场生态绿化的重点为植物的选择,如何选择出适合垃圾填埋场这一特殊环境的植物,直接影响到城市垃圾填埋场封场后生态绿化的成败,对城市垃圾填埋场后续利用开发产生了深远的影响。中国环境科学研究院的高吉喜、沈英娃等(1995)和青岛市科学研究所的郭婉如等以山东青岛市湖岛垃圾填埋场为试验基地,通过对青岛市垃圾填埋场植树造林问题的实地研究,对18种木本植物中对城市垃圾填埋场的耐性进行了筛选,提出枸杞、苦楝、紫穗槐、刺槐、白蜡树、女贞、金银木、臭椿、正木、龙柏等木本和苜蓿、画眉草、牛筋草、知风草等草本植物对沼气的耐性较强,适宜在填埋场种植,迎春和连翘不适宜在填埋场种植^[15,16]。上海市废弃物处置公司的周乃杰^[17]等(1998)对上海老港垃圾填埋场建立的植被生态系统调研,发现植物如枸杞、苜蓿、画眉草在垃圾填埋场生长良好。嫩江公园自1994年开始封场绿化,栽植26个品种,成活23个品种67株,铺植6000 m²。经调查,认为接骨木是齐齐哈尔比较适合的绿化树种^[18]。深圳市下坪固体废弃物填埋场坚持做到边开发边治理水土流失,恢复植被、绿化场区相结合,1999年至今,共治理黄土裸露大边坡近5万 m²,绿化场区近10万 m²,植树近10万棵。在治理黄土裸露绿化场区环境的同时,注重并大面积种植了可净化空气改善大气环境的环保植物和美化花草,明显改善了下坪场固体废弃物填埋场区环境^[19]。

随着植物学、生态学的深入研究,一些外来植物也被专家们看好,适宜在城市垃圾填埋场中生存。周凯、郭维明^[20](2005)在用加拿大一枝黄花根及根际土壤水浸液对白菜和萝卜的化感作用进行了研究中提到加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis* L.)作为菊科一枝黄花属的多年生草本植物,原产于北美洲,具有极强的根茎横向扩展繁殖能力以及快速占领空间的能力,作为一种恶性杂草多分布于路边、荒地及垃圾填埋场等。并且加拿大一枝黄花也是一种很重要的观赏植物,作为切花的配材深受消费者的喜爱。同年,张国发等^[21]在香根草研究与应用进展中提到香根草属抗盐植物,对强酸(pH值3.8)、强碱(pH值10.5)或受金属污染的土壤上也有较强的适应。夏汉平在油页岩矿渣土的试验^[22]证实了香根草在矿山治理上作用的同时,还深入研究了香根

草不同器官对 Zn、Cu、Pb、Cd 等金属的吸收特性。姜必亮、夏汉平等还发现香根草对垃圾填埋场渗滤液有较强的耐性,对其中 N、P、Cl 的吸收率较高,对渗滤液污染的土壤和污水有较好的净化修复能力^[23~25]。

通过比较各种作物生长情况和植被与未植被土壤的理化性质,证明了植被能改善填埋场的土壤生态环境;以上各种成功的例子充分证明了在垃圾填埋场封场后进行植被绿化是可行的,并且还可以改善填埋场封场后的环境质量和景观,加速封场单元的生态恢复和生态演替,以便合理开发,创造一个优良的生态环境,实现对填埋场及周边地区包括土地在内的所有资源的再利用。

2 城市垃圾填埋场绿化和植被恢复的难点

2.1 限制城市垃圾填埋场绿化的因子

城市垃圾填埋场作为一个特殊的土地类型,有着自身无法避免的限制绿化的因子,如城市垃圾填埋场产生的填埋气体、城市垃圾填埋场的渗漏问题、城市垃圾填埋场植物的养护、城市垃圾填埋场土壤贫瘠等因子。

首先,限制城市垃圾填埋场的主要因子是土壤中填埋气体特别是有机废弃物厌氧分解所产生的 CO_2 和 CH_4 的存在。在垃圾填埋场,有机废弃物在生物降解下,经好氧、厌氧大约 4~6 个月,即产生甲烷气,并可持续数年、甚至十几年。甲烷是一种易燃、易爆气体,当含量达到 5%~15% 时会引起爆炸^[26],且土壤中的甲烷会将氧气挤掉,导致树木、农作物根系无氧,使主根烂掉、干枯、或发不出次根,使根系受损而不能吸收水分和养分,窒息死亡,此外,二氧化碳气体也可能引起土壤酸性改变,破坏填埋场周围植被和环境绿化^[27],这一点在许多国家和地区如芬兰、香港、美国、英国等在垃圾填埋场的植被复垦过程中先后遇到。学者怀疑,诸如植物生长不良、高死亡率、植株矮化、生理失调等种种问题,主要原因之一是最终覆土层填埋气体的存在。

其次,由垃圾本身持水、垃圾分解过程中化学水和天然降雨及地下水渗入等形式产生的垃圾填埋场的渗滤液,其主要污染物是 COD、BOD、 NH_3 -N、SS 及少量重金属,不光造成地下水污染,还将间接影响土壤及植物的生长。还有垃圾填埋场土壤贫瘠,考虑到换客土方面,即使挖坑换客土,但客土少,会使根部接触的底部没有一定土层压实来阻止沼气通路,致使缺氧而窒息。因此,城市生活垃圾填满场的设计不但要考虑防止渗滤液污染,每日覆盖、最终覆盖等技术措施,还要考虑到封场后的土地利用问题^[28]。

再次,不同的植物对土壤及养分的需求不同,当 7 月份北京地区进入高温季节,尽管填埋场含有一定的水分,但有的植物树叶繁茂水分蒸发量大,移栽时须根多,根系不能及时得到水分和养分。在 7、8 月正值高温季节,垃圾有机物分解发酵快,产生沼气和热量,给植物根系造成无氧环境而窒息,同时,地温较高会烧到根系。

最后,由于城市垃圾填埋场远离城市,加之某些地区水资源的宝贵,不可能用自来水进行浇灌植物,管护不当将影响植物的生存生长。

因此,适当的对渗滤液进行处理,及较厚的覆土层、良好的甲烷排导系统、合理的管护以及渗滤液处理回用是垃圾填埋场绿化的必要条件之一。

2.2 绿化植物的选择

由于垃圾填埋场生态环境恶劣,筛选出抗逆性强、易管护的植被将是垃圾填埋场成功建植的关键。每个地区的环境条件都不一样,适合生长的植物品种也不一样。当然还需

要注意的是要保证植被和种子的来源。

城市垃圾填埋场生态环境的恶劣,种种限制因素的存在,造成了植物选择上的困难,填埋场植物的选择要适应其生长的环境,还要面临各种严酷的生存挑战。根据目标的不同,所选植物也不同。尽管草本植物也会受到土壤贫瘠和填埋气体的影响,但由于他们根系都是纤维状的并且很浅,所以他们比木本植物更容易种植。而在选择木本植物时,要考虑生长速率、树的大小、根系的深度、耐涝能力、菌根真菌和抗病能力。要遵循生态学、生态景观学原理和恢复生态学的原理,不仅使得这片被忽略的土地呈现一片绿色,满足人们的美学欣赏视觉,还要使其发挥生态作用,保持水土,美化环境、净化空气,更要使得被放错的资源将有一个暂时合理的居所,以便今后在科技发达时,为人类所重新利用。理想的植被覆盖是卫生填埋场成功推广的重要因素,也是已关闭的垃圾填埋场重新开发利用的关键。在填埋过程中,应填埋绿化,尽量减轻污染。对已封场的填埋场,要大力搞好植被覆盖,为填埋区的重新开发利用创造。

当然也不否认目前技术含量还比较低,对其还需要进一步的研究,及借鉴其他国家的先进的经验教训及引入适宜的物种。

3 城市垃圾填埋场绿化的方法

填埋场封场后,就相当于一块特殊的废弃土地,有着特殊的土地性质,在自然和人工介入的条件下,会逐渐发生一种类似于次生生态演替的过程,其过程通常是:适应性物种的进入-土壤肥力的缓慢积累-结构的缓慢改善-毒性的缓慢下降-新物种的进入-新的环境条件变化-群落的进入-垃圾卫生填埋场生态环境的改善-其他的用途。成功的案例中得出的结论为植被恢复的主要方法有直接植被法和覆土植被法,而所要解决的问题是物理条件、营养条件、土壤的毒性、合适的物种。

3.1 城市垃圾填埋场绿化的步骤

填埋场植被在重建时,首先要考虑好封场后的填埋场开发利用的方式,当然这取决于当地社区的需要和开发计划所能获得的资金。然后是对现场的巡查,鉴定植物的种类和来源,找出可能存在问题的区域,进行一般的土壤测试并使用便捷式甲烷探测仪和硫化氢探测仪检测填埋气,鉴定土壤特性。最后是改善和准备场地,改良土壤,使得场地条件尽可能适应植物的生长,不断地进行检测,找出最适合得植物物种,在人为的影响下加速填埋场的绿化工作,改善填埋场的生态环境。

3.2 垃圾填埋场绿化分阶段性

在植被恢复的过程中要分不同的阶段进行,各个阶段需要培养和占优势的植物品种也各不相同。在先期,会自然生产一些来自随风飘落的种子和来自当地滩涂的覆盖用泥土中原来带来的种子、块茎生长的野生的先锋植物。这说明填埋单元因先锋植物的存在而自发开始缓慢的次生演替。为了改善和美化封场单元的景观质量,需要投入一定的人工绿化,以加速并优化生态恢复的进程。如草本植物细叶结缕草、葱兰、马尼拉草、本特草、马蹄金等。利用草本植物的原因是因为草本植物根系发达,对土壤有一定的改善作用,并能为乔木和灌木类其他植物的生长创造条件,从而改变填埋场封场后整体的景观。在初期,应种植一些对填埋场环境适应能力很强的植物,例如龙柏、乌桕、丝兰、夹竹桃、木槿等,改善单一草本植物景观,加速改良土壤,并通过植物的吸收和蒸腾作用截流雨水和减少渗滤液、改善群落内的小环境,

为其他植物生长创造更好的条件。在中后期和开发阶段,结合生态规划和开发规划,按照各不同的功能区划和绿化带设计,有计划的进行大规模的园林绿化种植,乔灌木结合,但要避免种植会让人和动物直接食用从而进入食物链的植物品种,以防止食物污染^[12]。

3.3 填埋场绿化植物的选择

因填埋场的条件相对于其他土地类型自然条件更加恶劣,所需要考虑的因素也相对的多许多,不但要考虑适地适树,还要选择抗性及耐性好的植被物种,除此之外对于封场的填埋场,郭宛如等人(1997年)对垃圾填埋场营造人工植被的研究中指出,垃圾中有有机质发酵所产生的甲烷气体是抑制树木成活和生长的关键因素,而覆土层除了为树木提供支持和生存环境外,还能阻挡甲烷气体的逸出,因此,土层越厚,越有利于树木成活和生长。想使草本植物正常生长,需要铺至少60cm厚的土壤,以防植被退化。乔灌木最好在种草后的1~2年以后再开始种植,能达到更好的效果^[29]。虽然各种植物在条件适宜下都可成活,但由于作物和牧草可食部分的重金属含量超标,因此垃圾填埋场可直接种植草坪和观赏花卉等,而不宜直接种植粮食作物和牧草。

4 结 语

(1)从长期来看,城市垃圾填埋场是个有绿化潜力的地方,而且对城市垃圾填埋场进行绿化,使封场后的垃圾填埋场址恢复到当地的生态水平通常是城市垃圾填埋场高效合

理利用土地花费最小的方案,并可为城市地区提供必需的户外空地和绿化带。

(2)植物恢复的方法主要有直接植被法和覆土植被法,要解决的主要问题为营养条件、土壤的毒性和适合的物种选择,而且在城市垃圾填埋场进行绿化过程中要分阶段分步骤进行。

(3)在进行城市垃圾填埋场绿化之前,要对渗滤液问题进行适当的处理,要有良好的填埋气排导系统,及较厚的覆土层,还要施以合理的管护以保证植物的正常生长。

(4)以现在技术的发展和成功的填埋场绿化实例作为支持,在可行的情况下,贮存或改良表土以便提高种植的成活率。如采取预先混合土壤以改良土质,或客土覆盖等措施,且覆盖土应在干的时候铺设以避免过多的压实。

(5)针对城市垃圾填埋场生态环境恶劣的状况,为了使填埋场的绿化进行得更加顺利,建议首先采用豆科的草本植物,以便通过植物本身进行改良土壤并创造良好的土壤条件,待条件改善时,再根据地区特性适当选择生长较慢、个头小、天生就有浅根系的、耐涝的、菌根真菌和植物根系存在一种共生关系的、不易受病虫害攻击的木本植物,达到绿化美化环境的作用,最后可以根据实际的需要进行二次开发利用如开设高尔夫球场、公园及其它休闲娱乐设施。

(6)我们国家有许多填埋场正在使用中,有的已经面临封场,因此尽快找出垃圾填埋场绿化的综合配套技术,如垃圾填埋场美化规划方法、适宜的草种和树种、配套的绿化方法等,这将成为今后研究的重点与热点。

参考文献:

- [1] 赵章元. 如果城市垃圾填埋场出现渗漏[N]. 科技日报, 2003 - 01 - 13.
- [2] 邹莲花, 龙燕, 曹学新. 21世纪城市生活垃圾生态化处理展望[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(3): 57 - 60.
- [3] 栾智慧, 王树国. 垃圾卫生填埋实用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 张记市, 孙可伟, 等. 城市生活垃圾处理前沿动态[J]. 中国资源综合利用, 2004, (9): 18 - 22.
- [5] 张益, 陶华. 垃圾处理技术及工程实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [6] 栾智慧. 垃圾卫生填埋与北京市垃圾处理构想[J]. 城市管理与科技, 2001, (3): 10 - 13.
- [7] 唐鸿寿, 王如松. 城市生活垃圾处理和管理[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [8] Bradshan A D, Chsdwick M J. The restoration of land[M]. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1990.
- [9] Belevi H Baccinx D. Long-term behavior of municipal solid waste landfill[J]. Waste Manage, & Res., 1989, (7): 43 - 56.
- [10] Department of the Enviornmental British. Landfill wasters[M]. London: HMSL Publication Centre, 1990.
- [11] 张庆费, 杨文悦. 国际大都市城市绿化特征分析[J]. 中国园林, 2004, (7): 76 - 78.
- [12] 赵由才, 龙燕, 张华. 生活垃圾卫生填埋技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [13] 杜天庆, 时永杰, 等. 我国城市垃圾填埋场建植草坪与生产草皮初探[J]. 中兽医医药杂志, 2003, 专辑: 25 - 26.
- [14] 周争先. 冲破垃圾的填埋圈[J]. 长江建设, 1998, (19): 11 - 12.
- [15] 舒俭民, 沈英娃, 高吉喜, 等. 城市垃圾填埋场植树造林试验研究[J]. 环境科学研究, 1995, 8(3): 13 - 20.
- [16] 郭宛如, 岳喜连, 赵大民. 垃圾填埋场营造人工植被的研究[J]. 环境科学, 1994, (15): 53 - 60.
- [17] 周乃杰, 胡冰, 张志强. 植被对恢复卫生镇埋场环境的作用[J]. 上海环境科学, 1998, (4): 40 - 45.
- [18] 冷丽丽, 吴波, 田志超. 接骨木——垃圾填埋场绿化改造的好树种[J]. 防护林科技, 2002, (2): 86.
- [19] 王克虹, 孙立明, 杨治贵. 国际通用卫生填埋技术规范的实践与探索[J]. 环境工程, 2004, 22(4): 50 - 54.
- [20] 周凯, 等. 加拿大一枝黄花根系和根际土壤水浸液对萝卜和白菜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 174 - 178.
- [21] 张国发, 姜旭红. 香根草研究与应用进展[J]. 草业科学, 2005, 22(1): 73 - 78.
- [22] 夏汉平, 孔国辉, 等. 4种草本植物对油页岩矿渣土中铅镉的吸收特性比较试验研究[J]. 农村生态环境, 2000, 16(4): 28 - 32.
- [23] 姜必亮, 蓝崇钰, 等. 垃圾填埋场渗滤液灌溉后重金属的生态效应[J]. 中国环境科学, 2001, 21(1): 18 - 23.
- [24] 夏汉平. 香根草和水花生对垃圾污水中N、P、Cl的吸收效果[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 613 - 616.
- [25] 夏汉平, 敖惠修, 等. 应用香根草对垃圾场进行植被恢复及净化垃圾污水的研究[J]. 广州环境科学, 2002, 17(1): 34 - 37.
- [26] 吴鸿钧. 城市垃圾处理技术及应用前景[J]. 环境保护, 2000, (12): 14 - 16.
- [27] 孙林, 李军喜. 生活垃圾卫生填埋场释气的产生与处理初探[J]. 甘肃环境研究与监测, 2003, (16): 54 - 55.
- [28] Gorge Tehobanogousetal. Integrated Solid Waste Management Engineering: Principle sand Management Issues [M]. Mc Graw - Hill, 1993. 779 - 781.
- [29] 黄立南, 姜必亮. 卫生填埋场的植被重建[J]. 生态科学, 1999, 18(2): 27 - 30.