

文章编号: 1673- 9469(2011) 01- 0048- 04

# 城市废弃垃圾场区景观生态恢复研究

杨芳绒, 刘欣婷, 杜佳  
(河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 垃圾问题是众多城市面临的严峻问题, 废弃的垃圾填埋场已经开始包围城市。本文对河南省中北部地区的三个废弃生活垃圾场的景观生态恢复状况进行了研究, 从植被修复与景观营造两方面为河南省垃圾填埋场生态恢复提出了可行性建议。

**关键词:** 废弃垃圾场; 调查研究; 生态恢复

**中图分类号:** TU984

**文献标识码:** A

## The landscape restoration research of urban waste landfill sites

YANG Fang-rong, LIU Xiirting, DU Jia  
(College of Forestry, He'nan Agricultural University, He'nan Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Garbage problem is one of many serious problems facing cities; abandoned landfill has begun to encircle the cities. The paper researched the landscape restoration status of the three waste landfill sites in the north-central region of He'nan Province, and tabled feasible proposal for landfill in He'nan Province from both vegetation restoration and landscape construction.

**Key words:** landfill sites; research; ecological restoration

随着城市的扩展, 原来位于城郊的生活垃圾填埋场已经越来越靠近城市的人口稠密区, 甚至和繁华闹市相隔不远, 垃圾围城已是众多城市面临的严酷现实。城市废弃生活垃圾填埋场的景观再造已被众多学者研究, 也是市政环境治理的重要任务, 对区域生态系统的稳定、城市的健康发展以及人们生活环境的改善有着极其重要的意义<sup>[1]</sup>。

河南省安阳市七里店垃圾填埋场、许昌庞庄生活垃圾处理厂、禹州城北垃圾场等不同策略下, 处于不同时期的生活垃圾场, 都实施了生态恢复工程, 通过对其景观恢复结果的调查分析比较, 旨在探讨更有效的策略和措施。

### 1 概况

安阳市、许昌市、禹州市(县级市)位于河南省中北部地区, 三个城市间跨度 273km, 均属北暖温带季风气候区。许昌市和禹州市热量资源丰富, 雨量充沛, 光照充足, 无霜期长, 年平均气温

14.7℃。安阳市较靠近北部, 四季分明, 日照充足, 雨量适中, 年平均气温 12.7℃~13.7℃。三个调查点在地理位置、气候环境、植物种类等方面有一定的相似性, 为废弃垃圾场的景观生态恢复比较奠定了基础。

禹州城北垃圾场: 禹州城北垃圾场位于禹州市区的东北部, 距市中心 2.5km。1990 年在原有苗圃附近居民开始倾倒垃圾, 后又成为城市集中堆放垃圾处。2001 年停止倾倒垃圾, 2002 年开始进行人工干预的生态恢复, 主要为垃圾堆体整形、覆土工程和植被种植修复工程(见表 1)。绕垃圾山一周挖 1.5m~3m 深的人工湖, 覆土的土壤来自环山挖湖工程, 土壤性质为沙壤土, 平均覆土厚度 80cm~100cm, 最厚处可达 2m。改造后与相邻的苗圃结合, 形成有山水景观的禹州森林植物园。

根据垃圾组成, 一部分为房屋拆迁垃圾, 一部分为生活垃圾, 而人工干预前, 垃圾山已经在自我恢复的过程中, 外层有野生植物生长。

安阳市七里店垃圾填埋场: 安阳市七里店垃

圾填埋场位于安阳市西南部, 占地面积  $9.1\text{hm}^2$ , 1985 年建成并投入使用, 2004 年停止使用, 实际使用 20 年, 设计使用期为 10 年(见表 1)。该场先后接纳生活垃圾约  $2.83 \times 10^7\text{m}^3$ , 建筑垃圾  $1.0 \times 10^7\text{m}^3$ , 形成一座超出地面高达 50m 的垃圾山。

封山治理工程前期工作主要为垃圾堆体整形、场底防渗、填埋气导排、渗沥液收集等工程。在整形后的山体上铺设 30cm 厚的防渗黏土、50cm 厚的种植土。为了保证山体覆土的稳定, 防止水土流失, 种植了乔灌木, 并对整个山体坡面播撒草籽, 同时将其定位为一座有花有草的近郊小型山林公园。

许昌庞庄生活垃圾处理厂: 庞庄垃圾场占地  $10\text{hm}^2$ , 而庞大的垃圾山占地就接近  $6\text{hm}^2$ , 山高 26m, 堆放垃圾 100 多万吨(见表 1)。使用前期是自然露天堆放形式, 没有防渗和覆盖(见表 1)。2007 年封场, 对其进行生态恢复规划: 对垃圾山进行整形、覆盖、绿化、建设道路、排水、渗滤液导排收集、气体导排等工程, 土壤选用黄土, 覆土厚度 80cm。其改造完成后将成为附近居民的一处公共

休闲场所—西山公园。

## 2 结果与讨论

### 2.1 植被调查

对三个垃圾场的植被调查主要采用样方法与踏查法相结合的方式。首先对垃圾山进行普查, 调查植物种类及其分布状况。按照机械布点法, 在平面图上设  $50 \times 50$  的网格, 在网格中心重叠设置三个层次的样方, 即  $10 \times 10$  的乔木样方、 $2 \times 2$  的灌木样方、 $1 \times 1$  的草本样方<sup>[2]</sup>。调查因子主要有植物种类、数量、盖度、生长状况、起源、损伤等指标。设置样点数分别为: 禹州城北垃圾场 9 个, 安阳七里店垃圾场 22 个, 许昌庞庄垃圾场 15 个。

### 2.2 植被的种类组成

三座垃圾山的现状植被由人工植被和自然植被组成, 共记录到野生植物种类 16 种, 分属 11 科 15 属, 人工种植植物种类 25 种, 分属 15 科 24 属, 植物种类构成如表 2。

表 1 垃圾场基本概况

Tab. 1 Basic overview of landfill sites

名称	面积 / $\text{hm}^2$	填埋方式	垃圾成分 主要组成	投入使 用时间	停止使 用时间	使用 年限	人工干预 时间	自然修复 年限	修复 年限
禹州城北 垃圾场	2.6	自然堆放	建筑垃圾 生活垃圾	1990 年	2001 年	12 年	2002 年 10 月	1 年	9 年
安阳七里 店垃圾场	9.1	简易填埋	生活垃圾 建筑垃圾	1985 年	2004 年	20 年	2007 年 8 月	3 年	6 年
许昌庞庄生活 垃圾处理厂	6.0	自然堆放	生活垃圾	1995 年	2007 年	13 年	2009 年 7 月	2 年	3 年

表 2 三个垃圾场主要植被组成

Tab. 2 Main vegetation composed of three landfill sites

名称	总盖度	优势种	人工种植树种	自然恢复植被	种数
禹州城北 垃圾场	98.2%	侧柏	侧柏、火炬树、五角枫、槐树、柳 树、桃树、紫穗槐、红叶李	构树、草、艾草、狗牙根、野 蘑菇、繁缕	6 科 12 属 14 种
安阳七里 店垃圾场	46%	火炬树	火炬树、侧柏、桃树、黑松、杨树、龙 柏、紫穗槐、连翘、石榴、狗牙根	草、狗尾草、蒲公英、莎草、 田旋花、稗子、马唐、蓄	14 科 18 属 18 种
许昌庞庄 生活垃圾 处理厂	68%	龙柏 狗牙根	杨树、雪松、楝树、黄山栎、槐树、 榆树、红叶李、紫穗槐、小叶女 贞、金叶女贞、红叶小檗、连翘、 迎春、龙柏、月季、荆条、狗牙根、 本特四号草坪	构树、草、狗尾草、牵牛、蒲 公英、芦苇、马唐、灰菜、北瓜	14 科 27 属 28 种

### 2.3 植被修复状况

三个调查点位于城市边缘,较少受到市区干扰,基本处于自然气候特征,也基本保持着河南自然植被的特征。

禹州城北垃圾场植被主要为侧柏林,占植物总数的95%,偶尔掺杂几颗构树、五角枫、槐树。后期为增加山地景观性,登山台阶两侧补种红叶李、桃树、柳树等园林树种。人工干预恢复初期采用的方法为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 密植侧柏,经过几年的成长,侧柏生长空间越来越少,40%以上侧柏重叠、密挤生长,林中侧柏因长时间得不到光照,损伤较大,甚至枝叶枯死。因此需要适度移除长势较差侧柏,释放生长空间,改善植被景观。侧柏林郁闭度很大,因此林下植物较少,灌木、草本多在林边出现。草本均为天然野生植物,以草、艾草为主,相对盖度较小,分别为2.56%、1.72%。植被群落密度(98.7%)阴坡要高于阳坡(94.2%),侧柏损伤率阴坡(31%)低于阳坡(48%)。

安阳七里店垃圾场以火炬树+紫穗槐+龙柏+狗牙根的植被群落模式进行植被恢复。垃圾山分为三个大台地,下层第一台地植被密度最大,火炬树相对盖度为65%,平均树高3.5m;紫穗槐相对盖度为15%;石榴树相对盖度8%;草本植物以草、狗牙根为主,共有植物8种。第二台地植被损伤较大,相对盖度40%,以侧柏(平均高度1.2m,密度12%)、草、狗尾草为主,植物种类12种。初期恢复时撒播的狗牙根大部分已枯死,野生植物草生长能力强,突破枯草,迅速蔓延,部分缠绕在侧柏上。第三台地出现土壤裸露现象,植被以黑松(平均高度1.5m,密度10%)为主,草本多为草、田旋花、蓄等。植物种类15种,盖度为27%,草本植物狗牙根75%枯死。

许昌庞庄生活垃圾处理厂是以抗性强植被与园林景观树种相结合的模式进行修复的。狗牙根遍布满山,相对盖度为91%,其枯死现象亦较严重,死亡率40%,其中阳坡死亡率为60%,阴坡死亡率为20%。部分园林植物损伤较大,长势较差。庞庄垃圾山也是分为三层台地,位于最顶层的雪松,最初种植30棵,现完全死亡9棵,死亡率为30%,重度损伤的8棵,中度损伤9棵,轻微损伤3棵,由此可见雪松在垃圾山恢复初期不适宜作为先锋树种。龙柏在垃圾山三层台阶均有分布,相对密度由底向上分别为25.6%、14%、10%,长势

良好,但狗牙根对其形成较大危害,部分狗牙根漫过龙柏的高度,侵占其生长空间。

### 2.4 植被演替规律

从三个垃圾山植被恢复状况及恢复年限上来看,填埋场植被分布受填埋时间的影响较明显,填埋时间越长,植物种类越少,但数量越多,郁闭越好;时间越短,植物种类越多,但数量越少,郁闭越差。

三个垃圾山均成台地状,植被群落底层台地植被覆盖度较高,生长状况良好但种类数量不多;上层台地植被覆盖度相对较低,植被种类数量较多。

阴坡植被较阳坡生长状况良好。

### 2.5 目标景观可达性分析

以景观设计为主导,生态恢复为出发点的综合城市规划、生态工程、环境保护、社会政策等各学科的拓展融合,逐渐被认为是能突破“垃圾围城”困境的利器<sup>[3]</sup>。调查的三个城市废弃垃圾场,修复的最终目标都是公共休闲绿地,即以植物景观为主体、可游可赏的公共空间,必须满足无异味、无污染、保安全的要求,概括为安全性、健康性、景观性。人工干预下的植被恢复既是加速废弃垃圾场达到理想景观的有效手法之一,又是植物景观的构成基础,在景观生态恢复中起着至关重要的作用<sup>[4]</sup>。

禹州城北垃圾场,现在已成为禹州森林植物园的主景—禹王山,其景观生态恢复效果是三者中最好的,初步形成了以山林野趣为主,集休闲娱乐、科研科普于一体的较理想园林景观。究其原因主要有以下几点:(1)恢复时间。禹王山是三者中使用年限最短,恢复年限最长的垃圾山,属于恢复的中后期阶段,生态系统较稳定。(2)垃圾组成。高浓度填埋气是填埋场植被恢复的主要限制性因素<sup>[5]</sup>。禹州垃圾山因其垃圾组成大部分为房屋拆迁、炉灰等垃圾,有机物很少,受填埋气体的影响较小。(3)土壤选择。垃圾山覆土为挖湖的沙壤土,透气性强,又是本地土壤,适应性强。覆土厚度保证了植被根系的生长空间。(4)植被选择。选择当地生长力强的树种,侧柏根系较浅,抗性较强,水土保持能力较强。(5)地形改造作为主体工程,不仅保证了山体的稳定性,而且充分从造景角度考虑,利用挖湖土壤堆起三座山体,作为主山山势的延续,形成“有高有凹,有曲有深,有峻有悬,有平有坦,自称天然之趣<sup>[6]</sup>”的山林景观。

安阳七里店垃圾山景观生态恢复效果最差, 分析原因主要有: (1) 使用年限最长。安阳垃圾山使用了 20 年, 超期使用 10 年, 恢复前几年都有不同程度的自然现象, 其污染程度可见一斑, 生态恢复需要更长的时间。(2) 水土流失。修复过程中必然有土壤下滑的现象, 安阳垃圾山土壤流失现象较严重。初期修复时其覆土厚度在 80cm 左右, 现山顶覆土厚度最薄处只有 3cm, 同时还存在干旱缺水现象, 不能满足植物的生长条件。

许昌庞庄垃圾处理厂恢复效果较不理想, 主要原因有: (1) 恢复时间较短, 处于初期阶段, 还没有进入一个相对稳定的时期。(2) 植被选择。选择抗性树种+ 园林景观树种相结合的模式进行植被修复, 景观树种的抗性较弱, 对垃圾山的恶劣环境适应性差, 不适合做垃圾山生态恢复的先锋树种。

禹州森林植物园禹王山, 景观生态恢复较成功, 基本满足了安全性、健康性、景观性的恢复要求。安阳和许昌垃圾场景观效果较差, 均处于生态恢复的初期阶段, 植被恢复状况不稳定, 多数还是野生植被, 且疏于管理, 整体给人荒凉的感觉, 没有达到景观性的高度。

### 3 恢复研究

遵循自然规律, 充分发挥生态系统的自我修复能力。填埋场内自然恢复是第一步, 天然植物相对来说要丰富得多<sup>[7]</sup>。在调查的三个垃圾场中, 草、狗尾草在三个垃圾场调查的各个平台均有出现, 表现出了较强的生命力, 是垃圾山生态恢复的先锋树种, 对于河南省乡土野生植被的利用需要进一步研究, 以提高生态恢复速度。

结合生态工程、环境保护等学科, 对垃圾场进行堆体的合理整形、场地防渗、安装导排系统等工程, 以减少渗滤液、填埋气等有害物质对环境的污染, 创建更有利于植物生长的环境。

植被恢复的首要任务是创建肥沃的土壤以利于植被生长。表土层覆土厚度最少 500mm 厚耕植土, 覆盖整个最后修复的表面, 主要促进植物生长; 覆盖土层覆土厚度最少 300mm 厚粘土, 此层作用是保护下面的排水层和防渗层免受来自上方的潜在伤害<sup>[8]</sup>。

垃圾山环境恶劣, 树种选择是关键点。首先必须选择适宜填埋场所在地区的植物种类(见表 3), 还要考虑选择抗贫瘠、抗有害气体、材质坚韧的树种, 栽植选择采用乔、灌搭配, 密林栽植等方式。

表 3 河南中北部地区垃圾场植被恢复适宜树种  
Tab. 3 Species of vegetation suitable for landfill restoration in the north-central region of Henan Province

种名	学名	类型	植被特性	适合时期
侧柏	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	乔木	生长中速, 耐盐碱、耐干旱, 生命力强, 对土壤要求不严, 根系发达, 浅根性, 萌芽能力强	前期、中期
龙柏	<i>Sabina chinensis</i> cv. <i>Kaizuca</i>	乔木	幼时生长缓慢, 发根慢	前期、中期
刺柏	<i>Juniperus formosana</i> Hayata	乔木	耐旱, 对土壤要求不严, 在干旱沙地、向阳山坡以及岩石缝隙处均可生长	中期
火炬树	<i>Rhus typhina</i> Nutt.	乔木	根系浅, 水平根发达, 萌发能力强, 耐旱、耐盐碱, 秋色树种。	中期
五角枫	<i>Euonymus bungeanus</i> Maxim	乔木	常在阴坡, 可耐半阴, 深根性, 有抗风能力, 色叶树种	后期
栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	乔木	对土壤要求不严, 耐干旱、瘠薄	中期
榆树	<i>Ulmus pumila</i> L.	乔木	耐盐碱、可生长于干旱瘠薄土壤上, 萌芽力强	中期
构树	<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.	乔木	抗逆性强, 耐干旱瘠薄土壤	中期
胡枝子	<i>Lepedeza bicolor</i> . Turcz.	灌木	耐阴、耐寒、耐干旱、耐瘠薄, 对土壤要求不严格, 适于坡地生长	前期、中期
紫穗槐	<i>Amorpha fruticosa</i> Linn	灌木	耐旱、耐水湿、耐沙埋, 萌蘖力强	中期
紫叶李	<i>Prunus cerasifera</i> cv. <i>Pissardii</i>	灌木	在密实土壤及贫瘠土壤中仍能生长	中期
狗尾草	<i>Setaria viridis</i> (Linn.) Beauv.	草本	先锋植物, 适生性强, 耐旱耐瘠薄	早期
田旋花	<i>Convolvulus arvensis</i> Linn.	草本	先锋植物, 多年生草本, 生命力强	早期
马唐	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	草本	先锋植物, 多年生草本, 生命力强	早期

(下转第 67 页)

对表 1 结果分析可以看出, 在 PHC 管桩承载力预测实例中, GM(1, N) 法实际值与预测值平均绝对百分比误差(MAPE)为 5.4%, 大于 5%, 预测精度偏大。多元线性回归法与 BP 神经网络法实际值与 MAPE 分别为 3.0% 和 2.8%, 均小于 5%, 预测精度相近。而组合预测法实际值与 MAPE 为 2.3%, 小于 5%, 比 GM(1, N) 法、多元线性回归法、BP 神经网络法预测效果更好, 精度更高。

### 3 结束语

组合预测法的预测值与实际值较为接近, 且组合预测的 MAPE 小于 3 种单项预测模型。基于熵权法的组合预测达到了预期的预测效果, 不仅提高了预测的精度, 还尽可能地保留了 3 种单项预测方法所涵盖的信息。

#### 参考文献:

- [1] 刘思峰, 党耀国, 方志耕. 灰色系统理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 余锦华, 杨维权. 多元统计分析与应用[M]. 广州: 中

山大学出版社, 2005.

- [3] 董长虹. Matlab 神经网络与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [4] 闻新, 周露, 王丹力, 等. Matlab 神经网络应用设计[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 原建博, 鹿群, 李慧霞. 后注浆提高钻孔灌注桩单桩承载力分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2010, 27(4): 18-22.
- [6] 寇毅. 组合预测模型在公路货运周转量预测中的运用[J]. 中国水运, 2007, 4216-217.
- [7] 犹勇. 组合预测方法在城市交通流量预测中的运用[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2007(4): 122-125.
- [8] 王琦, 王花兰, 吴璇, 等. 基于熵值法的城市汽车保有量组合预测[J]. 交通科技与经济, 2009, 6: 53-56.
- [9] 熊崇俊, 宁宣熙, 潘颖莉. 基于熵的组合预测法研究[J]. 科技进步与对策, 2006(11): 68-69.
- [10] 陈华友. 组合预测方法有效性理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [11] 张力. 锤击桩单桩极限承载力的神经网络预测研究[D]. 南京: 东南大学, 2006.

(责任编辑 马立)

(上接第 51 页)

分期完成生态恢复。初期以自然恢复的野生先锋草本植物为主体, 选择适合当地气候特征的浅根类耐性植物加速系统恢复<sup>[9-10]</sup>; 在这些先锋植物对环境进行影响改善后, 中后期逐渐引入生态效应及观赏性高的植物类群, 使恢复后的生态系统不断向较理想的顶极群落演替。

### 4 结语

废弃垃圾填埋场的治理与开辟游览绿地相结合是环境工程建设的积极措施, 对城市的发展有着积极的作用。生态恢复与景观营造是垃圾山改造的两大阶段, 通过人工干预加速受损生态系统的恢复, 待其相对稳定后, 进行景观的营造, 为城市增加公共绿地空间。河南省在废弃垃圾场改造过程中要充分结合本地特点, 以生态恢复为基本, 以景观营造为提升, 从而使垃圾场废弃地发生质的改变。

#### 参考文献:

- [1] 杨锐, 王浩. 景观突围- 垃圾填埋场的生态恢复与景

观重建[J]. 城市发展研究, 2010(8): 81-86.

- [2] 林学端, 廖文波. 垃圾填埋场植被恢复及其环境影响因子的研究[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 571-577.
- [3] 康汉起, (韩) 吴海泳. 寻找失落的家园- 韩国首尔市兰芝岛世界杯公园生态恢复设计[J]. 中国园林, 2007(8): 55-61.
- [4] 虞蔚君, 丁绍刚. 生命景观- 从垃圾填埋场到清泉公园[J]. 风景园林, 2006(6): 26-31.
- [5] 张金伟, 常江. 城市废弃地景观与生态恢复研究[J]. 现代城市研究, 2007(11): 40-49.
- [6] 计成. 陈植注释, 园冶注释[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [7] 谢东, 敦婉如. 植被生态对城市垃圾的处理利用及改良[J]. 青岛建筑工程学院学报, 2002(3): 41-43.
- [8] 王罗春, 赵由才, 陆雍森, 等. 垃圾填埋场稳定化及其研究现状[J]. 城市环境与城市生态, 2000, 5(13): 36-39.
- [9] 邓毅. 城市景观的生态化设计[J]. 城市问题, 2002(6): 17-20.
- [10] 彼得·拉兹. 废弃场地的质变[J]. 风景园林, 2005(1): 29-36.

(责任编辑 刘存英)