

# 垃圾填埋场用地的规划修复与再生\*

## ——基于慢发性技术灾害视角的欧美案例研究

Planning Remediation and Regeneration for Landfill Sites: European and American Case Studies Based on the Perspective of Slow-motion Technological Disasters

陈亮 黄怡

文章编号1673-8985(2016)01-0032-09 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 垃圾填埋场是对城乡环境产生重大影响的一类市政设施,垃圾填埋场所产生的严重污染是慢发性技术灾害的主要类型之一。由垃圾填埋场引发的慢发性技术灾害问题使得垃圾填埋场日益成为环境敏感的空间地区和政治敏感的社会议题。着力探讨已经封场的或废弃的垃圾填埋场用地如何通过整体规划进行生态修复和地区再生。基于慢发性技术灾害的视角,分析垃圾填埋场用地的特性,并着重通过近年来欧美国家城市中垃圾填埋场用地修复与再生的3个典型案例的研究,探讨当前及未来行之有效的对垃圾填埋场的规划修复与再生的策略与技术。

**Abstract** Landfill is one of the municipal facilities that have significant environmental impacts on urban and rural areas. The dangerous contamination by landfill sites is one of the main slow-onset technological disasters. The slow-motion technological disasters caused by landfills have increasingly become environmentally-sensitive spatial areas and politically-sensitive social issues. This article emphatically discusses how ecological rehabilitation and urban regeneration are planned comprehensively on the closed or waste landfill sites. Based on the perspective of slow-onset technological disasters, through three typical case studies of reclamation and reuse of landfill sites under closure and post-closure in the European and American countries in recent years, the article analyzes the traits of land use for landfills, and focuses on the exploration of effective planning remediation and regeneration strategies and technologies for current and future landfill sites.

**关键词** 垃圾填埋场 | 慢发性技术灾害 | 规划修复 | 城市再生

**Keywords** Landfills | Slow-motion technological disasters | Planning remediation | Urban regeneration

### 作者简介

陈亮

上海市城市规划设计研究院

助理工程师,硕士

黄怡(通讯作者)

同济大学建筑与城市规划学院

同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点

实验室

教授,博士生导师

## 0 引言

由于城市人口的增加、城市规模的扩大、经济发展与消费的提高以及缺乏有效的废弃物管理,城市垃圾问题正日益恶化为一场全球危机,对环境与人类健康构成严重威胁。根据世界银行的数据,全球的城市废物数量预期将从2012年每年产生约13亿t上升至2025年的22亿t<sup>[1]</sup>。尤其是发展中国家的城市正面临着“垃圾围城”的困境,我国的情况亦然,伴随着30多年来的高速发展和粗放的生产与资源消耗方式,大量城镇正深陷垃圾量剧增的烦扰。

目前世界诸多国家处理垃圾的方法主要有焚烧法、堆肥法、分选法和填埋法。焚烧法是工

业发达国家广泛采用并卓有成效的方法,但是建厂投资高,设备比较复杂,操作运行费用也较高,并且只适用于可燃性垃圾;堆肥法适用于有机类垃圾,且规模受限;分选法只是回收了垃圾中再利用成本较低的垃圾;填埋法是将生活垃圾、工业垃圾、矿产化工垃圾、建筑垃圾等深埋地下的一种处理方法。在我国,城镇处理垃圾的主要途径仍然是填埋法,占垃圾总量的70%—80%。

城市中的垃圾填埋场,也称作卫生填埋场,如果处置不当则往往带来持久的污染灾害,并引发激烈的社会矛盾。在英美等国家,垃圾填埋场、有毒废弃物堆积处等土地用途被称

\* 基金项目:国家自然科学基金项目“城镇地区慢发性技术灾害的规划控制与修复”(项目批准号:51278343)成果。

为LULUs (Locally Unwanted Land Uses),也就是地方上讨厌的土地用途。按照我国《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011),垃圾填埋场用地属于城市公用设施用地(U)中的环境卫生设施用地(U22)。由于其巨大的占地规模以及重大的环境与社会影响,对于那些封场的或废弃的垃圾填埋场用地,如何进行规划的生态修复和再生建设,是本文着力探讨的问题。文章将基于慢性技术灾害的视角,分析垃圾填埋场用地的特性,并着重通过欧美3个典型案例的研究,探讨当前及未来行之有效的对垃圾填埋场的规划修复与更新策略。

## 1 垃圾填埋场用地引发的慢性技术灾害

垃圾填埋场,尤其是那些未经过充分环保处理的,甚至是非法处置的,是城镇地区慢性技术灾害的主要诱因之一。慢性技术灾害指由人为因素引发、缓慢发作、持续时间相对较长且无明显开始和结束标志事件、对人类健康与环境累积影响十分巨大的一种灾害<sup>[2]</sup>。由于这种灾害的发生和结束点都较难察觉或判断,所以极易被忽视。而灾害一旦发生,通常以生活环境的重度污染直至居民的健康和生命为代价,并且很难直接而精确地统计灾害的危害和破坏程度,很多隐性的危害无法迅速查明,很多未知的影响短时期内无法判断预测<sup>[3]</sup>。垃圾填埋场及其引发的慢性技术灾害的影响,主要体现在以下两个方面。

### 1.1 对城乡土地资源的侵占

垃圾填埋场往往占地面积巨大,需要侵占宝贵的城镇建设用地区和乡村农田耕地,特别是对于那些土地资源稀缺的城市来讲,例如香港与深圳(表1);封场后的垃圾填埋场,则大多沦为城镇边缘地带的荒废地,极大浪费了土地资源。据2014年相关统计,我国城市垃圾堆存累计侵占土地5亿m<sup>2</sup><sup>[4]</sup>,相当于500 km<sup>2</sup>。以上海为例,浦东老港垃圾填埋厂占地15.30 km<sup>2</sup>,规划范围29.5 km<sup>2</sup>,是亚洲最大的垃圾填埋场。现在上海日均生活垃圾处理量2万吨,其中70%左右采用

表1 香港与深圳的垃圾填埋场规模

城市	垃圾填埋场	占地面积 (hm <sup>2</sup> )	城市	垃圾填埋场	占地面积 (hm <sup>2</sup> )
香港	屯门填埋场	110 (规划将扩至220)	深圳	红花岭填埋场	12.6
	打鼓岭填埋场	61		鸭湖填埋场	20.1
	和将军澳填埋场	100		老虎坑填埋场	26.0
		下坪填埋场		149.0	

资料来源:据网上资料整理, [http://jb.sznews.com/html/2013-12/17/content\\_2722107.htm](http://jb.sznews.com/html/2013-12/17/content_2722107.htm)。

填埋方式处理,这意味着每天的垃圾都需要占用3.5亩土地面积、平均填埋高度6 m的空间。由于城市人口高度密集,加上环评要求日益严格,寻找远离居民区的原生混合垃圾填埋场场址越来越难,受现实环境和技术因素的诸多制约,目前国内有1/4的城市已经没有土地或没有合适的地点建造新的垃圾填埋场了。

### 1.2 对城乡生态环境的破坏

垃圾填埋场可能引发的慢性技术灾害,将给城乡生态环境造成严重后果,具体如下:

(1) 对土壤环境的影响。除了非法处置的危险品垃圾含有有毒成分和重金属之外,在填埋的生活垃圾和工业垃圾中有些本身就带有一定的污染性,如工业废料、油、重金属等污染物,不仅污染与之直接接触的土壤,还会通过渗透作用进一步污染深层土壤以及周边的土地。而有些化工产品垃圾填埋后数10年甚至上百都不会降解,这些土地也就失去了复垦价值。此外,垃圾在漫长的降解过程中还会释放其他的有毒物质,引发对土壤的二次污染。

(2) 对大气环境的影响。垃圾被填埋后,随着时间的推移和微生物的作用,会释放主要成分为甲烷、二氧化碳和其他有毒气体的填埋气体,亦称沼气。其中的甲烷、二氧化碳等温室气体会加剧城市的温室效应。沼气也是目前造成空气污染的主要原因之一,所含大量难闻的气体具有的毒性成分会给周边居民的健康与生命安全带来威胁。

(3) 对水环境的影响。垃圾自然降解过程中的中间产物和最终产物,会伴随着水分从垃圾填埋场向外渗透,形成垃圾渗滤液,其中含有大量高浓度的有毒物质,渗透到地下将直接污染地下水源,随着雨水向周围扩散还会威胁周

边的地表径流。

(4) 对地表植被的影响。垃圾填埋场对土壤、大气和水环境的危害还会带来次生灾害,有毒的气体和水体不仅会毒害垃圾填埋场内部的植被,使其根系窒息死亡,还会危害垃圾填埋场周边的植被及农作物,造成对垃圾填埋场内外地区整体生物系统的破坏。此外,填埋场周围水体因为垃圾渗滤液的作用有时会出现富营养化,容易引发藻类的大量繁殖,造成周边地区生物的入侵和物种失衡。

### 1.3 垃圾填埋场引发的慢性技术灾害的特征

上述分析表明,垃圾填埋场易于引发的慢性技术灾害具有下列3个显著特征:①灾害持续时间长。垃圾填埋场的使用年限一般在10年以上,从投入使用直到封场以后,在相当长的时期内,垃圾填埋场会不断释放有毒气体,产生垃圾渗滤液,当沼气达到一定浓度时甚至引发填埋场的火灾与爆炸。②灾害影响层次多、范围广、作用复杂。从土壤环境、空气环境到水环境,都会受到不同程度的污染,并且这些污染作用是相互联系、相互影响的。比如垃圾渗滤液污染了水体,有毒的水体向下渗透又会污染深层的土壤,最终导致区域生态系统的破坏。有毒的填埋气体和垃圾渗滤液的不扩散,在很大程度上会威胁垃圾填埋场周边地区居民的生命健康,乃至破坏整个城镇的生态环境。③治理难度高。由于垃圾填埋场引发的慢性技术灾害的持续时间、影响范围及作用方式,直接导致了其治理修复的难度高,必须通过整体的规划控制和修复,运用生态的技术和理念,才能重建被破坏的生态系统,消除次生和深层次污染的隐患。

## 1.4 我国垃圾填埋场引发慢性技术灾害的巨大威胁

我国人口众多、垃圾产量惊人,更因为环境监管不到位、生态技术普及低,大多数垃圾填埋场本身的设计与建设存在缺陷,从而加剧了慢性技术灾害的发生。据2008年国务院环保督察报告显示<sup>[5]</sup>,我国仅有57%的垃圾填埋场通过了环评审批。各地报送给督察组的数据显示,全国正在进行和已封场的垃圾填埋场共935个,其中没有采取防渗措施的占34% (2001年抽样调查没有防渗措施的垃圾填埋场占27%);没有采取雨污分流措施的占39%。此外督察报告显示,目前我国简易的、临时的填埋场数量巨大,基本上都是简易堆放场或临时堆存场地,没有进行环境影响评价。所有这些未能得到妥善处置的垃圾填埋场、堆放场引发的慢性技术灾害已经开始显现,全国绝大多数省份都可发现的为数众多的“癌症村”便是这些祸因的恶果。如果再不积极有效地应对处理,由垃圾填埋场引发的慢性技术灾害还会蔓延和绵延下去,带给全社会巨大的环境、经济与社会灾难。

## 2 欧美垃圾填埋场的规划修复与再生案例研究

在西方发达国家,对垃圾填埋场引发的慢性技术灾害问题相对较早关注。大量占地巨大的垃圾填埋场都在二战之后的时期兴建,在20世纪末都达到了库容饱和状态。随着战后城市的发展和扩张,这些垃圾填埋场原来所处的城市边缘位置逐渐被新的城市用地包围,从而对周围环境、周边社区产生了严重影响,并形成尖锐矛盾。在此背景下,始于20世纪末,欧美城市对垃圾填埋场的规划修复与再生进行了许多探索,并提供了一些重要的规划策略及宝贵的操作经验。以下选取近年来欧美较为成功的3个案例做详细阐释。

### 2.1 案例1: 女王伊丽莎白二世奥林匹克公园 (Queen Elizabeth Olympic Park), 伦敦

#### 2.1.1 项目概述与基地历史<sup>[6]</sup>

伦敦奥林匹克公园 (奥运会后更名为女王伊丽莎白二世公园) 占地约2.5 km<sup>2</sup>,基地跨越东伦敦的4个郡,主要位于斯特拉特福德 (Stratford) 市区 (图1)。这里不仅是2012年夏季奥运会和残奥会的主场馆所在地,还是斯特拉特福德城市更新项目的核心组成部分。规划通过后续建设成为150年以来欧洲最大的城市公园,并成为东伦敦科技城的一部分 (图2)。

该基地在二战中伦敦大轰炸后被用作垃圾填埋场,斯特拉特福德垃圾场曾是伦敦最大的垃圾场之一<sup>[7]</sup>。直至2005年,这里还是危险的废弃地,垃圾填埋场和工厂废墟连成一片,报废的冷冻机堆积成山。据相关调查显示,基地上的污染物包括石油、汽油、焦油、氰化物、砷、铅和一些非常低含量的放射性物质,大量有毒工业溶剂已渗透到土壤和地下水中,某些重金属甚至渗入40 m深的地下水和基岩中,基地内高达80%的土壤都受到了不同程度的污染,52个高压线塔横贯了整个基地<sup>[8]</sup>。基地的生态环境受到了严重破坏,并存在一些外来入侵物种。附近居民的生活环境质量也是全伦敦最差的。

因为土壤和地下水被严重污染,这片土地对开发商来说基本上是无价值的。而政府在整个规划和投资中发挥了中心作用。藉伦敦第三次举办奥运会之机,选址于此,伦敦市政府发布了一项可持续开发计划,对基地及地区遗留问题进行详细规划,并要求将大部分受污染的土地改造后,在其上建造奥运场馆、公共绿地和住宅。

#### 2.1.2 场地清污与生态修复

从2006年10月开始,伦敦市政府组织对这块土地的污染情况进行反复的现场勘查,制订详细的生态修复规划。首先是场地清污。工程就地清理了整个园区超过2.4 km<sup>2</sup>的200多万吨土壤,80%以上的被污染土壤得以重新使用,单这项工作耗资1 270万英镑<sup>[9]</sup>。奥林匹克基地运营方在园区成立了“土壤医院”,少量包含低含量放射性物质的泥土被安全填埋,通过洗土工程共清洗了约150万m<sup>3</sup>的土壤,微生物修复技术也被广泛采用。

在垃圾填埋场的污染基本消除后,接下来

是生态系统恢复和项目运作的物质准备。园区里超过8 km长的水道得到清理,包括人工运河和河流,原来污染严重的河流被改造成市域最大的湿地,整个园区总共新建了约45万m<sup>2</sup>的野生动物栖息地,陆续种植了约4 000棵半熟龄的树木、30万株以上沼泽地植物和10多个足球场地的一年生和多年生草地,并对原来土地上的野生动物进行了易地保护。至此,园区的生态系统基本恢复到自然的平衡。

#### 2.1.3 规划修复与再生的阶段策略

斯特拉特福德垃圾填埋场的规划修复与再生,作为东伦敦再生的主要部分,是伦敦更新的典范,也是特例。因为有奥运会的时间制约,由中央政府直接介入干预,进行了有效的、战略性的中央规划,并促进投资。1995年伦敦东部泰晤士河口地区的发展框架公布,2005年确认2012年夏季奥运会的承办权加速了此进程。这项旷日持久的巨大修复工程,力图把伦敦状况最差的地块改造成充满活力和可持续性的地点。修复工程采取了准备—过渡—更新的“三步走”规划修复策略,具有清晰的时间性和阶段规划目标 (图3)。

(1) 2012年奥运会之前的准备阶段。核心任务是制定一个鼓舞人心和切实可行的总体规划方案,来指导长期可持续的修复和再生工程,并主要进行基地的整治和城市基础设施的跟进。包括从基地上移除52座电缆塔,将冷却、供热以及电力网络扩展到园区,综合利用泰晤士“黑水”和经过处理的“灰水”,并且为园区制定一个零消耗的战略,即室内外零化石燃料使用、零垃圾填埋,以及最大限度地利用非饮用水系统。

(2) 2012—2015年的过渡阶段。2012年奥运会只是基地再生乃至东伦敦再生成为“伦敦新的目的地”的催化剂,基地内系统性的规划修复和再生规划,离不开与周围地区的配合和协作。过渡阶段起步于奥运会、残奥会闭幕以后的2012年11月,首先将园区目前所有新旧社区和周边的社区整合在一起,实现设施的共享,为此共同管理的更新工程的进行打破了园区的边界。其次是园区重新开放,2014年时园区



图1 女王伊莉莎白二世奥林匹克公园的基地边界范围  
资料来源: <http://queenelizabetholympicpark.co.uk/planning-authority/planning-area-map>。

面积达到2012年时的两倍,新的公交线路以及扩展的自行车租赁计划都增加了园区的可达性(图4)。

(3) 2015—2030年的再生阶段。该阶段的核心内容是吸引投资,进行大规模的再生建设,园区规划建设近8 000套新住宅、3所学校、7个社区中心、9所护理院以及3座健康中心。最早建完的社区于2015年引入居民居住。奥运会之后保留在基地上的重要场馆是奥林匹克主体育场“伦敦碗”、水上运动中心和室内赛车场。奥运村有30%的公寓作为支付得起的社会住宅提供,其余公寓在市场上出售。经过此阶段,园区将变身为伦敦市推行可持续生活的先锋社区。

#### 2.1.4 规划修复与再生的设计与管理导则

针对斯特拉特福德垃圾填埋场曾经存在的慢发性技术灾害状况,可持续的设计与规划原则以及保障性的政策和实施导则贯穿了项目修复与再生的全过程。例如,园区与周边地区经过集约的规划,强调联动的生态修复,并整合周边社区共同实施规划导则控制;BREEAM<sup>①</sup>的优秀标准被用于控制园区场馆等建筑的建设;整体项目采用先进管理技术。国家房屋建筑委员会



图2 女王伊莉莎白二世奥林匹克公园规划修复与再生前(上图)后(下图)场景  
资料来源: [http://www.accom.com/What+We+Do/Design+and+Planning/\\_projectsList/London+2012+Olympic+Legacy+Communities+Scheme](http://www.accom.com/What+We+Do/Design+and+Planning/_projectsList/London+2012+Olympic+Legacy+Communities+Scheme)。



图3 女王伊莉莎白二世奥林匹克公园修复与再生的三个阶段  
资料来源: [http://www.accom.com/Where+We+Are/Europe/\\_carousel/In+London,+a+legacy+begins](http://www.accom.com/Where+We+Are/Europe/_carousel/In+London,+a+legacy+begins)。

(NHBC) 执行可持续性评估,对于园区运行状况的检测和报告将会持续进行。

## 2.2 案例2: 弗莱士基尔斯公园 ( Fresh Kills Parkland ), 纽约

### 2.2.1 基地历史与项目概述<sup>②</sup>

美国纽约的弗莱士基尔斯公园位于斯塔滕岛 (Staten Island) 的西岸,占地面积约2 200 英亩 (合8.9 km<sup>2</sup>),将近中央公园的3倍之大,是百年来纽约开发的最大的公园。公园正在建造中,计划分期开放,直到2036年全部完成。公园的前身是于1948年临时设置的的弗莱士基尔斯

注释 ① Building Research Establishment Environmental Assessment Method, 英国建筑研究院环境评估方法, 1990年最早创立,被各国广泛借鉴,用以描述建筑环境性能的国际标准。



图4 女王伊丽莎白二世奥林匹克公园修复效果及规划示意  
资料来源: [http://www.kcap.eu/en/projects/v/legacy\\_masterplan\\_framework/](http://www.kcap.eu/en/projects/v/legacy_masterplan_framework/)。

垃圾填埋场, 1955年它是世界上最大的卫生填埋场, 这是罗伯特·摩斯 (Robert Moses) 在纽约开发投用的一系列垃圾填埋场中的一座。其建设还有一个目的, 就是将松软的沼泽地整备成建设用地, 日后进行大规模住宅区的建设。但是这个构想没有实现。20世纪后半叶纽约有许多填埋场, 由于新的填埋场和环境规范的实施, 其余的都被关闭了, 只剩下这一座。1991年, 它是纽约唯一运营中的生活垃圾填埋场。在1986—1987年其运行的顶峰时期, 这里每天约收集2.9万城市垃圾, 雇佣了680名工人。2001年底停止接受任何固体废弃物<sup>②</sup>。基地上共4个填埋坑, 占了公园总用地的45%, 填埋高度介于90—225英尺 (27—69 m) 之间, 容纳的固体垃圾约有1.5亿t之巨。垃圾场内的生态系统严重退化, 除去少量植被外, 植被覆盖率几乎为零; 水环境也受到严重的污染, 充斥着垃圾渗透液和废气。

为了充分利用这块基地的潜力, 发掘其适

应性的最终用途, 早在1999年, 在等候填埋场关闭期间, 纽约市城市规划局联合城市艺术协会、纽约州政府、纽约市卫生局、纽约市公园与休闲娱乐管理局以及纽约市文化事务局成立了一个国际设计竞赛组委会, 在2001年举办了一场两阶段的国际设计竞赛, 以促进弗莱士基尔斯公园总体规划的形成, 满足城市社区的需要, 并且反映该基地自然的和建设的历史。2003年确定了由景观建筑公司牵头的一个多学科的规划和设计专家顾问队伍, 2005年总体规划初步草案形成。

2010年项目开始动工。纽约州政府先后拨款用于设计和建设园区以及教育延伸设施, 纽约州公园、娱乐和历史保护办公室也拨款用于设计和建造公共设施。

#### 2.2.2 场地清污与环境修复

弗莱士基尔斯垃圾填埋场于2011年完成全部封场工作。填埋坑采用一层不渗透的塑料衬垫和另外8层阻隔材料覆盖, 以分离人们接触到

的地面与其下的填埋场<sup>[10]</sup>。场地里布设了若干个系统, 以管理填埋气体和渗滤液副产物——一些系统是可见的, 例如火炬台的白色堆栈, 大部分则是不可见的, 例如广泛的管道和排水通道网络。而“9·11”恐怖袭击后清理出来的120万材料埋在一个专门的区域, 一层至少1英尺 (合30.5 cm) 厚的清洁土壤被置于屏蔽的材料上面, 之后再覆以另外的洁净土壤, 以保护基地和控制侵蚀。这个地区被清晰标识, 以免受扰动。

环境修复与生态恢复过程被结合在一起。为了改良公园的土壤, 采用了农业的带状耕作法, 通过种植有土壤改良作用的植物, 来改良垃圾场上贫瘠的土壤。设计者还应用了“因地制宜”的规划控制与修复策略, 根据不同地块的现状条件, 将园区分成5个规划区域, 对不同的规划区域实行不同的修复方案。在具体规划设计时, 根据分区内外的现状、改良难度和自然特征, 采用最适宜的修复方法与设计。基地按照自然特征被分为湿地、草地、林地3大类, 采取针对性的修复方法, 例如针对湿地, 首先移除入侵的物种, 然后再恢复其多元的、自我可持续的生态状态。这样不仅生态恢复效果好, 而且还节省修复成本。此外, 公园中约19 hm<sup>2</sup>的土地被选定建设太阳能发电厂, 计划于2016年投入使用, 建成以后所产生的电量可供应约2 000户家庭的用电。

保证公园来访者的健康和安全性是最优先的考虑, 基地由联邦、州和地方层面的政府机构监管和监督, 纽约市卫生局在基地上建立了最高水准的环境控制, 以确保其空气、水和土壤的质量处于安全程度, 让公众在现在和未来都能享受公园。

#### 2.2.3 规划修复与再生的核心概念

弗莱士基尔斯公园总体规划修复的核心概念是生命景观 (lifescape)<sup>[11]</sup>, 将昔日纽约最大的垃圾填埋场和慢性技术灾害灾区改造成一个自然景观与人造景观相结合、具有多种自然特征的大型城市公园。概念包括3个层面。①项目引入, 吸引外围投资。公园内将引入多元的文化、体育和教育项目。②栖息地重塑, 建立一

注释 ②弗莱士基尔斯垃圾填埋场2001年3月接受了最后一船垃圾, 在等候关闭期间, 又接受了“9·11”恐怖袭击后废墟中清理出来的全部垃圾。纽约市的垃圾现在是用船运送至宾夕法尼亚州和弗吉尼亚州的填埋场地点。

个健全灵活的物质景观框架。通过生态修复,为公园创造出多种类型的动物栖息地,目前公园中有200种鸟类、哺乳动物、爬行动物以及两栖动物<sup>[10]</sup>;同时作为文化、社会和娱乐休闲活动的自然开放空间,供游客使用。③道路循环系统完善,实现基地的可达性和自我循环性。40英里(合64.4 km)以上的道路系统贯穿园区,由一系列的步行道、骑马道和自行车道组成,以便激活公园的使用功能。上述3个层面的内容相互叠加,形成了整个公园的规划。

#### 2.2.4 规划修复与再生的阶段策略

由于垃圾场规模庞大,所堆积的垃圾量巨大,且堆积时间过长,所以预计修复和再开发的时间大约需要30年或者更久。整个项目规划在时间上分成3个大的主要阶段<sup>[11]</sup>(图5)。

第一阶段(最初10年),主要为长期的投入和发展而进行生态改良和基础建设。具体工作内容包括:可见的和不可见的生态转变;水净化站附近缓冲地的建设;园区边界的改良,主要包括对公园主入口、附近特拉维斯公园的娱乐设施、附近安德高地公园、公园东部边界以及里士满大街的改良。通过此阶段的建设,园区大部分的基础设施已经完成。

第二阶段(第二个10年),致力于加强基础项目的引入以及进一步提升生态系统。不断加大公共投入,加大绿色技术的投入,促进高质量的建筑建造,推进更多投资丰厚的商业项目的开发,如生态高尔夫球场、室外竞技场、散步道、文化与教育中心等,这些项目和设施的建设将极大地扩展公园的功能。该阶段的建设不仅使得园区大部分公共空间和自然栖息地得到优化和改良,还会促进大量公益和商业项目的建设,促使陆上和水上路径的完善,推进公园更大范围内自然设施的成型,同时公共的投入还会吸引部分私人的商业投资。

第三个阶段(最后10年),公园将扩大对公众开放的面积,并承接更多新的功能,野外生态环境和动物栖息环境在这一阶段将被继续加强。一些早期的简单的项目将转变成为更复杂的城市功能,所有公园区域建设完成并被激活,生命景观被恢复并进化(图6、图7)。

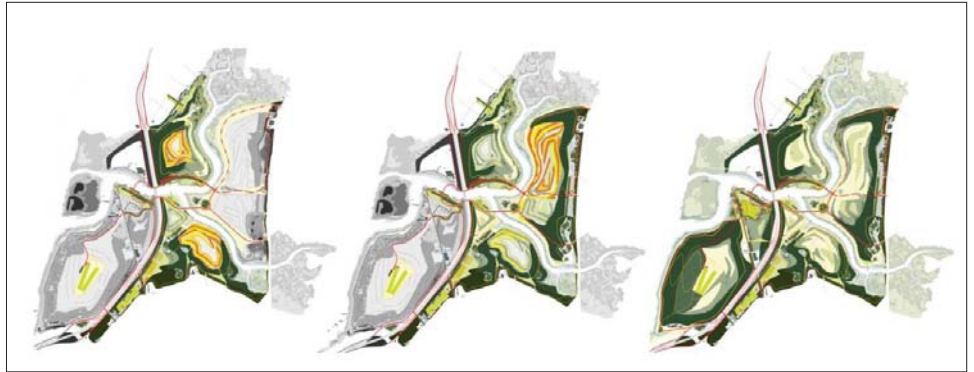


图5 弗莱士基尔斯公园修复再生的三个主要阶段  
资料来源: Fresh Kills: Draft Master Plan, 2006年3月。



图6 弗莱士基尔斯公园远期修复整体效果  
资料来源: Fresh Kills: Draft Master Plan, 2006年3月。



图7 弗莱士基尔斯公园修复局部效果  
资料来源: Fresh Kills: Draft Master Plan, 2006年3月。

### 2.3 案例3: 圣米歇尔环保中心 ( Saint-Michel Environmental Complex ), 蒙特利尔

#### 2.3.1 基地历史与项目概述<sup>[12]</sup>

加拿大魁北克省蒙特利尔市东北部的圣米歇尔环保中心<sup>®</sup>,过去是米隆 (Miron) 采石场,占地192 hm<sup>2</sup>。自1895年始,经过60多年的矿石开采之后,1968年部分采石场开始作为垃圾填埋场,被使用了30多年。这里存纳了4 000万垃圾,由于曾经是矿坑,垃圾的填埋深度最深可达

70 m。因为该区域处于城区中心,几千户家庭与之相距仅数百米,大量垃圾堆积产生的有毒气体随空气流动扩散,雨水的冲刷作用还使垃圾渗滤液污染地表径流,陈年的各种垃圾混杂的填充导致了垃圾层的不稳定,总之原垃圾填埋场给城区环境产生了诸多不良影响,过去一直是蒙特利尔主要的污染源。

当地政府决定要治理这一区域,1984年城市取得了采石场的所有权,1988年采石场停产。1995年在城市政府主导下,提出了该项目的修

注释 ③2010年上海世博会可持续发展的最佳案例之一。

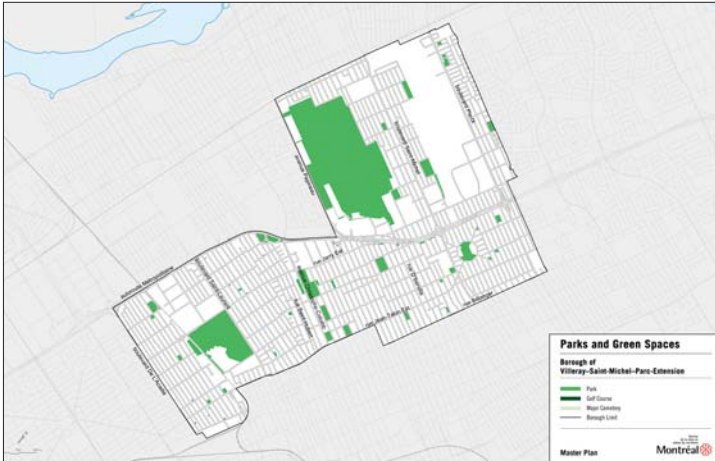


图8 蒙特利尔市圣-米歇尔地区的公园和绿色空间规划分布  
资料来源: [http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=2762,3101252&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=2762,3101252&_dad=portal&_schema=PORTAL)。



图9 蒙特利尔市圣-米歇尔地区的功能定位分布  
资料来源: [http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=2762,3101252&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=2762,3101252&_dad=portal&_schema=PORTAL)。



图10 蒙特利尔市圣米歇尔环保中心的修复景观  
资料来源: (左图) <http://traceyarial.com/blog/wp-content/uploads/2012/04/proposedbiomethanizationsiteLaSalle.jpg>;  
(右图) [http://esmontreal.ca/images/articleimages/ZITC/SMEC2\\_webready.jpg](http://esmontreal.ca/images/articleimages/ZITC/SMEC2_webready.jpg)。

复计划,基地逐渐被转变为一个城市绿色空间,预计2023年将改造成蒙特利尔最大的多功能大都市公园(图8),整体上公园将占基地的153 hm<sup>2</sup>,包括树林、小道、湖泊、休憩地、露天剧场以及户外运动设施。目前仅其中的48 hm<sup>2</sup>作为绿色空间,还有5.5 km的步行、自行车道、滑雪道等路径系统,有两个区域已经对外开放,到2017年若干新区将向公众开放。场地规划正在实施中,填埋场正在被覆盖。环保中心第一阶段在填埋场南端开始建造。此项目在该阶段的费用是3 370万美元,从城市基本建设工程预算中支付。城市政府表示不论需要多少费用,会设法完成这项工程。

### 2.3.2 场地清污与环境修复

圣米歇尔环保中心项目规划修复的核心原则是安全优先,即在整体修复过程中,人和环境的安全是第一位的。在垃圾封场工程中,为了确

保垃圾填埋场产生的废气和垃圾渗滤液不会外泄,整项工程采用了多层覆盖的技术,基于垃圾填埋场引发的慢性技术灾害的主要影响方面和特征,针对不同层次的垃圾采取不同的覆盖措施。首先在最底层的垃圾上覆盖水泥、石块;再从上往下依次铺设水层、无纺土工布层、沙层、防渗透保护层、保护涂层、种植土和堆肥层;最表层种植植被。修复工程还回收了场地上的土、石、水泥等建筑垃圾用于封场工程。为了增加表层土壤的肥力,每年收集全市约高达1.6万t的绿色垃圾(主要是落叶)用于堆肥<sup>[13]</sup>。此外,垃圾渗滤液也被有效地收集,经过压缩后送到污水厂进行处理,避免了后续慢性灾害的产生。通过这一阶段的处理,原垃圾填埋场用地达到初步开发的基本要求。

项目还将垃圾填埋场的环境修复与公园的生态建设结合起来,增添了许多乔木和灌木等

绿色资源,包括将原来的矿坑改造成公园的湖泊。

### 2.3.3 规划修复与再生的策略

米隆(Miron)垃圾填埋场的修复与再生规划确定了集环保、科教、文化、体育、休闲娱乐于一体的功能定位(图9),并采用了多重策略。

场地再生规划的策略之一是建立蒙特利尔国际马戏艺术之都的地位。圣-米歇尔环保中心将成为一处公共艺术设施,将其与周边社区重新连接起来,并吸引更多的访问者。1997年太阳马戏团国际总部建立在采石场南部的地区,国立马戏学校于2003年跟进,2004年拥有北美第一间马戏表演厅的多媒(TOHU)马戏城开业<sup>[14]</sup>。

场地再生规划的策略之二是保留垃圾处理的功能。它很可能也是世界上少有的兼作一座巨大的城市公园的废物处置设施之一,这也是该项目与其他垃圾填埋场再生项目的重要区别。基地中将近75 hm<sup>2</sup>用地仍然用作废弃物处理、堆肥和垃圾填埋<sup>[15]</sup>。圣米歇尔环保中心还作为一个城市再回收利用分类中心,处理城市里所有可回收利用的垃圾。一个堆肥的地点带有堆肥和粉碎设施,产生的堆肥一年两次分发给居民,提供一种自然的、有效的肥料和杀虫剂,其余绝大多数用来改善公园的土壤。此外还有一座垃圾填埋场,在那里一些非腐烂性的垃圾填埋运行仍在进行<sup>[12]</sup>。

表2 案例规划修复与再生情况对照

项目名称	女王伊丽莎白二世奥林匹克公园	弗莱士基尔斯公园	圣米歇尔环保中心
地点	英国伦敦	美国纽约	加拿大蒙特利尔
占地面积 (km <sup>2</sup> )	2.50	8.90	1.92
原始用地性质	垃圾填埋场、废弃工业用地	垃圾填埋场	先采石场, 后垃圾填埋场
改造后用地性质	体育用地、公园绿地、生态社区	公园绿地、运动休闲、文化教育用地	环保、艺术文化、科教、运动休闲
投入使用时间	1940年代二战后	1948年	1970年代
持续使用时间	约60年	53年	30年
管理机构	中央政府、城市政府	州政府、城市政府及机构	城市政府
资金来源	中央政府、城市政府拨款	州、市政府及机构拨款	城市政府拨款
项目开始时间	2009年	2006年	1995年
项目预期结束时间	2030年	2036年	2020—2023年
封场处理	洗土、微生物技术	多层覆盖、植被	多层覆盖、植被
土壤环境修复	洗土清污	农耕改良	堆肥改良
水环境修复	“黑水”植被处理技术	建立水净化站	渗透液送污水处理厂净化
规划修复与再生策略	近中期	零消耗园区; 与周边社区可持续整合发展	生命景观; 多层次修复; 因地制宜; 自然过程、农业实践、植物生命周期
	远期	低碳生活社区开发	艺术与环境结合; 废弃物处置、管理、再循环和再利用; 社区参与为基础的场地规划
		公众参与开发建设	环境跟踪监测

资料来源:据相关资料归纳分析。

表3 垃圾填埋场规划修复与再生的主要阶段环节与方法技术

阶段	环节	方法	技术要点、特点
填埋场地处理	封场处理	多层覆盖	有吸纳层防止垃圾降解释放的污染气体和垃圾渗透液的泄漏; 有稳定层来防止因为垃圾填埋不均引发的地面沉降
		洗土	见效快, 但是成本极高
土壤修复技术	土壤修复技术	堆肥	利用城市的落叶资源; 但是收集落叶和铺平的工程量较大; 不适用被严重污染的土壤
		耕作改良	利用改良性植物的种植, 吸收土壤的毒性, 提高土壤的肥性。但是周期较长, 通常要轮耕若干种植物
污染环境修复	水体修复技术	人工净化	短期
		植物、微生物净化	成本较低; 对水体本身的净化以及水体周围湿地生态的恢复均十分有利; 但是周期长
生态系统恢复	生态系统恢复	移除入侵生物	
		培养地域适应性和生态改善性植物 建设生态群落, 丰富物种数目	
地区功能更新	基础设施重建	市政设施 (电、水、冷却和供热等)	
		交通设施 (道路、地铁等)	
	功能项目引进	结合地区目标定位	不适合做高强度的开发

资料来源:据相关资料归纳分析。

场地再生规划的策略之三是废物处置、管理、再循环和再利用技术的提升促进。1996年一家微功率发电厂建成,利用垃圾填埋场有机物质生物降解产生释放的沼气,转变成电力资源。基地中的垃圾层下打有采集井,用管道连接,将垃圾层产生的沼气进行收集并输送到发电站,可产生大约7兆瓦的电力,足以提供4 000户家庭的用电<sup>[13]</sup>。2015年魁北克水电公司与环保综合中心签署了一项25年的合同,以购买转化的能源,城市每年将获得总销售额的

11.4%<sup>[12]</sup>。

场地再生规划的策略之四是以社区参与为基础全面进行场地规划。场地再生不但促进垃圾填埋场的环境复原,而且支持圣米歇尔地区的社区发展。为了提高市民环境意识,中心设置了科教技术橱窗,与大学及科研机构合作,向参观者展示废弃物综合开发利用的解决方案,宣传在改造、变革和回收利用方面的技术,起到环保示范的作用。一家致力于环境友好、可持续发展的废物管理的研究应用中心CEMR坐落在该综合

设施中。

### 2.3.4 规划修复与再生的难点

米隆垃圾填埋场的修复与再生规划也存在一些需要重点解决的问题。①场地的可达性。到达这个地区的公共交通现状远不理想。要让蒙特利尔人能够充分利用这个公园,需要一个针对公共交通的行动规划,一个机动性规划。②场地的建设条件。采石场和垃圾填埋场的基础,对基地内部和周边地区提出了巨大的土地使用限制,由于填充层可能塌陷或



经历其他的地质技术问题,因此在其稳化前不适宜大规模建设和过高的密度。③场地上采集井的隐蔽方式。遍布于场地上的500多口采集井<sup>[12]</sup>被用作填埋垃圾释放的沼气的监控台,必须找到一种恰当的方式隐藏它们,同时仍要方便工人们修理它们,此外还得防止被人故意毁坏。④场地的长期跟踪监测。为了保障人与环境的安全,避免次生危害的发生,环保中心还制定了长期环境跟踪计划,整个监测网络包含有160多个观测点,跟踪监测将持续到2036年,主要监测土壤中污染物的指标(图10)。

## 2.4 案例对照分析

上述3个垃圾填埋场修复与再生案例的规划背景不尽相同,但都堪称全世界此类场地再利用的典范(表2)。从中可以看出,由垃圾填埋场引发的慢性技术灾害的规划修复和再生在总体策略、阶段环节以及方法技术方面具有一些共性,即:耗时均长达几十年的时间,分阶段循序渐进非常必要,并必然包括场地清污与环境修复、基础设施重建与生态系统恢复、新功能项目激活以及与城市周边社区可持续整合发展的过程,此外还有长期的环境跟踪监测(表3)。

## 3 欧美垃圾填埋场用地规划修复与再生的启示

由于垃圾填埋场给城镇带来了慢性技术灾害的巨大威胁,因此必须从慢性技术灾害的角度来认知垃圾填埋场的选址、修复与再生规划的重要性,必须将垃圾填埋场的修复与再生工作与城市的可持续发展统一起来。

关于修复与再生规划的功能定位。由于填埋场用地巨大,修复与再生规划往往需要在城市、地区、社区更新的多个层面整合协调,来确定再生的功能定位、生态系统恢复目标与再生建设内容。垃圾填埋场用地适应性的功能一般包括:①自然公园或户外体育活动空间,开发建设量小,在投入使用后仍可以继续进行生态系统的恢复。②文化娱乐教育设施,对于场地的修复要求较高,但是可以为园区增添新的生命力,

并且适合占地巨大的大型公共娱乐设施。作为生态教育实验基地,旨在利用基地的背景,进行生态可持续理念和再生发展理念的宣传和教。③微型能源站(例如沼气发电站、太阳能发电站等),可系统收集处理沼气资源。④此外在其他的案例中也作为可再生燃料作物的种植地,用于植被乙醇或生物柴油,开发更好的可再生燃料,提供生物质能源。对于垃圾填埋场用地的再生来说,通常并不只是引进单一类型的功能项目,而是同时或分时期引进不同类型的项目。

关于修复与再生的持续规划管理。垃圾填埋场的修复与再生是个复杂而漫长的过程,与慢性技术灾害工业用地相比<sup>[16]</sup>,其过程更为动态,因此需要有长期的通盘规划和分阶段的实施步骤。整个过程对技术和管理的依赖度高,因此垃圾填埋场的修复与再生规划很大程度上是一种精准规划、协同规划,有赖于城市的规划、环境、能源、交通、园林等部门协同努力,对基地内部及周边的环境质量进行环境监测跟踪,进行动态的、精准的控制,从而实现环境的、经济的、社会的效益共赢。

我国城市垃圾填埋场的修复与再生工作目前尚处于起步阶段,无论对既有的已经封场或废弃的垃圾填埋场,还是对于正在使用的垃圾填埋场,以及对于未来开辟的新的填埋场,都可从欧美发达国家城市的垃圾填埋场的修复与再生案例中获得有益的规划策略与技术方法的启发与借鉴。

## 参考文献 References

- [1] The Global Garbage Crisis: No Time to Waste[N/OL]. <http://www.unep.org/NEWSCENTRE/default.aspx?DocumentId=2698&ArticleId=9317>.
- [2] 黄怡,刘璟,夏胜. 城乡规划视角下的慢性技术灾害——20世纪后半叶美国公共环境灾害引发的规划反思[J]. 上海城市规划, 2013(4): 44-49. HUANG Yi, LIU Jing, XIA Sheng. Slow-motion technological disaster in the viewpoint of urban & rural planning: planning introspection on public environmental disasters in the USA in late half of 20th century[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2013(4): 44-49.

- [3] 黄怡,陈韵,张雅丽,等. 慢性技术灾害层面的规划实施评价[J]. 上海城市规划, 2015(5): 70-74, 80. HUANG Yi, CHEN Yun, ZHANG Yali, et al. Evaluation of planning implementation from the aspect of slow-motion technological disaster[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(5): 70-74, 80.
- [4] 全国城市垃圾堆存累计侵占土地超过5亿平方米[N/OL]. <http://politics.people.com.cn/n/2014/1216/c70731-26213637.html>. The national city dumps occupied more than 500 million square meters of land[N/OL]. <http://politics.people.com.cn/n/2014/1216/c70731-26213637.html>.
- [5] 全国仅57%垃圾填埋场通过环评审批[N/OL]. <http://news.21cn.com/domestic/yaowen/a/2009/0703/05/6521071.shtml>. Only 57% of domestic landfills pass the national environmental approval[N/OL]. <http://news.21cn.com/domestic/yaowen/a/2009/0703/05/6521071.shtml>.
- [6] [http://queenelizabetholympicpark.co.uk/\[N/OL\]](http://queenelizabetholympicpark.co.uk/[N/OL]).
- [7] [http://www.transportnexus.com/category/olympics/\[N/OL\]](http://www.transportnexus.com/category/olympics/[N/OL]).
- [8] Neather A. Stratford's rebirth offers a lesson for the whole capital[N/OL]. <http://www.standard.co.uk/comment/andrew-neather-stratford-s-rebirth-offers-a-lesson-for-the-whole-capital-9383669.html>.
- [9] [http://freshkillspark.org/the-park/\[N/OL\]](http://freshkillspark.org/the-park/[N/OL]).
- [10] [http://www.nycgovparks.org/park-features/freshkills-park/\[N/OL\]](http://www.nycgovparks.org/park-features/freshkills-park/[N/OL]).
- [11] Fresh Kills: Draft Master Plan. [http://www.nyc.gov/html/dcp/html/fkl/fkl4.shtml\[N/OL\]](http://www.nyc.gov/html/dcp/html/fkl/fkl4.shtml[N/OL]).
- [12] [http://montrealgazette.com/news/local-news/iconic-park-will-rise-from-former-st-michel-dump/\[N/OL\]](http://montrealgazette.com/news/local-news/iconic-park-will-rise-from-former-st-michel-dump/[N/OL]).
- [13] What rubbish? It's an idyllic park in Montreal[N/OL]. <http://www.straitstimes.com/world/what-rubbish-its-an-idyllic-park-in-montreal, Apr 8, 2014>.
- [14] [http://www.montreal.com/parks/comp\\_env\\_saint-michel.html\[N/OL\]](http://www.montreal.com/parks/comp_env_saint-michel.html[N/OL]).
- [15] [https://en.wikipedia.org/wiki/Saint-Michel\\_Environnemental\\_Complex\[N/OL\]](https://en.wikipedia.org/wiki/Saint-Michel_Environnemental_Complex[N/OL]).
- [16] 黄怡,陈亮,夏胜. 慢性技术灾害工业用地的规划修复——基于美国工业用地修复实践的研究[J]. 上海城市规划, 2015(6): 74-80. HUANG Yi, CHEN Liang, XIA Sheng. Planning remediation of industrial sites triggered by slow-motion technological disasters: based on the practice of American industrial sites[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(6): 74-80.
- [17] 吴英博. 生活垃圾填埋场封场后的维护与利用[J]. 绿色科技, 2011(12): 144-145. WU Yingbo. Maintenance and utilization of city landfills after enclosure[J]. Journal of Green Science and Technology, 2011(12): 144-145.