

“棕色土方”视角下的垃圾填埋场再生解读

——以以色列希瑞亚填埋场为例

Interpretation of Landfill Regeneration from the Perspective of "Brown Earth-Work"
—A Case Study of Hiriya Landfill Rehabilitation in Israel

郑晓笛 王玉鑫

ZHENG Xiaodi WANG Yuxin

基金项目:

国家自然科学基金“资源衰退型矿业城市棕地群空间格局演变规律及其与绿地系统建设关系研究”(编号: 51878368)

文章编号: 1000-0283 (2020) 04-0002-08

DOI: 10.12193/j.laig.2020.04.0002.001

中图分类号: TU986

文献标识码: A

收稿日期: 2020-01-23

摘要

“棕色土方”作为棕地的本体核心要素,从空间角度诠释了场地污染,其在垃圾填埋场封场再生过程中,与风景园林系统、环境卫生系统密切相关。以色列希瑞亚填埋场再生项目是全球风景园林领域内具有先锋性的填埋场再生实践,本文基于“棕色土方”的视角对该案例进行解读,剖析在封场再生过程中起到关键性作用的环境工程污染治理与风景园林空间设计策略,并探讨二者关系。

关键词

风景园林;棕地;垃圾填埋场;封场再生;以色列

Abstract

As the core element of brownfield and the spatial interpretation of the site contamination, "Brown Earth-Work" is closely related to landscape architecture system and environmental sanitation system in the process of landfill closure and regeneration. Based on the perspective of "Brown Earth-Work", this paper analyzes the key roles of environmental engineering measures and landscape architecture space-making strategies in the regeneration process of Hiriya landfill in Israel which is a pioneering brownfield regeneration practice worldwide, and discusses their relationship.

Key words

landscape architecture; brownfield; landfill; closure and regeneration; Israel

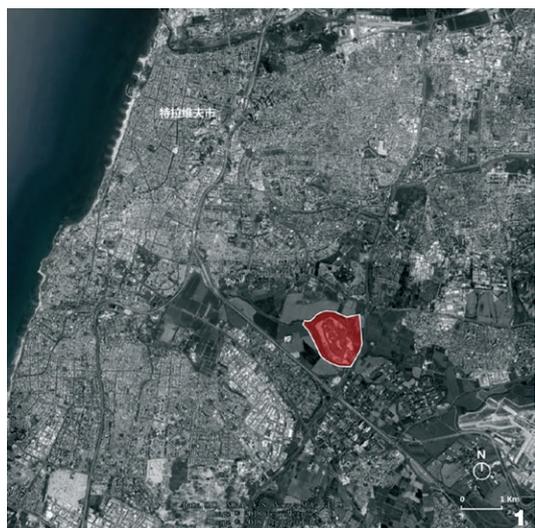
郑晓笛

1977年生/女/北京人/清华大学建筑学院副教授,特别研究员/美国注册风景园林师/研究方向为城市棕地及废弃地再生、风景园林规划设计与理论(北京 100084)

王玉鑫

1990年生/男/山东人/清华大学建筑学院博士研究生/研究方向为城市棕地再生与风景园林规划设计、校园景观(北京 100084)

随着“垃圾围城”现象的愈演愈烈与填埋场治理、封场、改造的需求日益增长,垃圾填埋场成为城市棕地再生领域的热点研究主题与实践对象。相较于其他类型的开发建设,以开放空间为目标用途的垃圾填埋场封场再生,能够最好地应对填埋场的多种限制条件,且造价相对较低、功能调整弹性高,因此备受青睐。在世界范围内,已有若干成功的垃圾填埋场再生实践,如美国纽约清溪公园(Fresh Kills Park)、德国乔治韦德能源山丘(Georgswerder Energyhill)、韩国首尔兰芝岛世界杯公园(Nanjido Ecological Park)及国内的唐山南湖公园凤凰台、杭州天子岭生态公园等。



1. 项目区位 (根据Google Earth卫星图改绘)
2. 飞机起降时俯瞰希瑞亚垃圾山 (郑晓笛 摄)

以色列特拉维夫市的希瑞亚填埋场再生项目 (Hiriya Landfill Rehabilitation), 旨在将高达60 m的巨型垃圾堆体改造为城市公园, 且已进入实施阶段。在全球范围内, 该项目的设计理念具有先锋性与实验性, 在理论探讨与实践指导层面具有重大意义。本文基于“棕色土方”的视角, 探讨该项目从设计到落地的过程中, 风景园林学主导下的封场再生所应对的困境、挑战与突破, 为联结风景园林学与环境工程学在棕地再生的跨学科合作中取得进一步发展提供崭新视野。

1 “棕色土方”与垃圾填埋场

“棕色土方”泛指棕地中含有(或潜在含有)污染物的土壤及其他类土状物质, 包括污染土壤、矿渣、尾矿、垃圾土、焚烧灰烬等, 棕地再生的过程需要对其进行污染调查、评估与治理^[1]。它是棕地中污染物质的载体, 从空间层面清晰地诠释了场地污染信息。在棕地景观再生实践中, 风景园林系统的构建与“棕色土方”的成分、数量及其治理策略均关联密切, 构建的途径会根据所对应棕地类型的差异而有所区别。

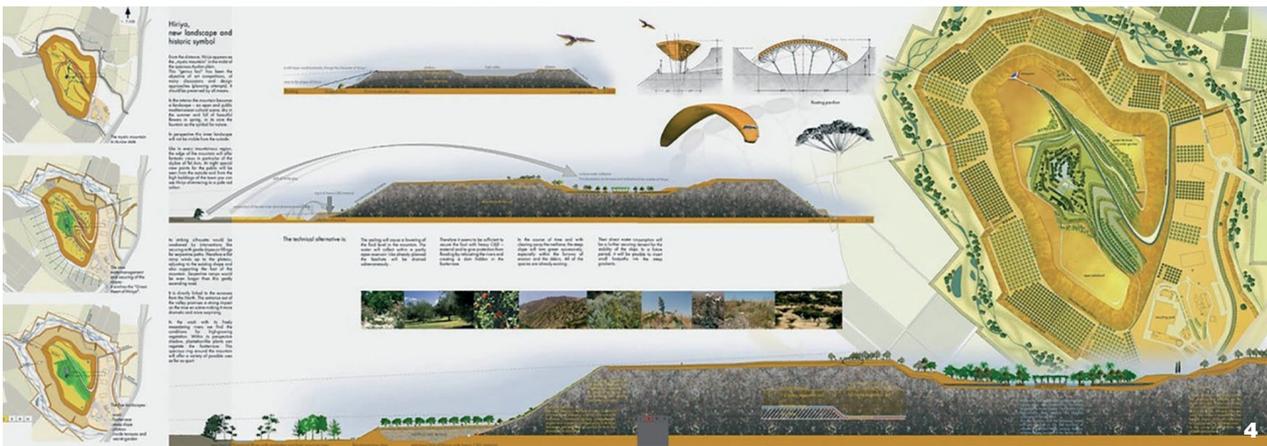
垃圾填埋场是一种重要的棕地类型, 其“棕色土方”为垃圾, 即固体废物, 从岩土工程学的角度, 亦可被称为“垃圾土”。“垃圾土”是指由倾倒在填埋场中的城市生活垃圾及其覆盖填土混合形成的新的特殊土, 是一种包含可降解成分并有

纤维结构加筋的散粒体结构^[2]。

垃圾填埋场的“棕色土方”治理方式主要为两类, 包括封场覆盖策略和以减量为目的的筛分策略。希瑞亚填埋场再生项目主要采用了封场覆盖策略, 具体包括前期的堆体整形、填埋气与渗滤液的收集处置, 及封场覆盖等内容。从风景园林系统构建的角度, 堆体整形是重新塑造场地地形的契机, 往往地形会呈现工程美学的特征; 水体景观营造应注重雨污分流和水体的可持续利用; 植被营造, 既强调“耐性”种植, 又应结合场内道路和环卫管线进行统一布局^[1]。

2 项目概况与设计理念

特拉维夫市 (Tel Aviv) 是以色列最大的城市, 希瑞亚填埋场 (Hiriya Landfill) 位于其南部平原, 距离市中心仅5 km (图1)。飞机从特拉维夫机场起降时, 人们能清晰地看到这座占地超过40 hm²的巨型桌状垃圾山 (图2), 其体量相当于北京景山面积的1.2倍, 高度的1.4倍。在1948~1998年约50年的填埋时间里, 其垃圾堆填总体积达到1 620万 m³。大量的生活垃圾、少量的建筑垃圾与污泥, 以及表层微薄的覆盖物, 共同构成了这座边坡近45°的山形堆体; 堆体外侧被平原上的两条溪流环绕, 岌岌可危。由于鸟类对航班的干扰, 堆体局部垮塌对周边河流排洪的威胁与垃圾本身所产生的环境影响, 以色列环境部



3. 驻足于填埋场顶部远眺特拉维夫城市天际线 (郑晓荷 摄)
4. 德国拉茨事务所竞赛中标方案 (源自Latz+Partner官网)

最终在1998年关停了该填埋场。在2004年举行的国际竞赛中，德国拉茨事务所(Latz + Partner)的方案中标，希瑞亚填埋场正式进入了再生进程。在远期规划中，整个希瑞亚山将成为更大范围内沙龙公园的重要节点。截至目前，部分改造已完成，至完全建成预期仍有10余年。

希瑞亚的再生过程，深受地域性与全球化的双重影响。1999年，特拉维夫艺术博物馆举办了一场名为“博物馆中的希瑞亚山”(Hiriya in the Museum)的展览，引起世界范围内的关注，随后举办的多次工作坊及研讨会，邀请了各界设计师与行业专家为其改造献计献策。2004年，拉茨事务所的中标方案被选为实施方案。与其他事务所相比，拉茨方案近乎完美地契合了主办方的两大要求，即体现城市“场所精神”并应对现代城市发展中垃圾对城市的负面影响。

拉茨设计团队认为，场所精神即是特拉维夫市50年发展形成城市与垃圾山二者相互见证的过程。一方面，垃圾山巨大

的轮廓与造型早已深入市民人心；另一方面，垃圾山的顶部是将城市天际线尽收眼底的绝佳地点(图3)^[3]。

方案对垃圾山外侧坡面进行了近乎原封不动的保留，成为该设计的核心理念。具体措施包括：(1)通过溪流的外扩改道，将挖掘出的淤泥结合筛选出的建筑垃圾堆放至垃圾山底部形成山脚台地，提供力学支撑，结合特殊的封场覆盖层，在保留外坡面的同时提供全新的项目场地；(2)通过多种储水灌溉技术的应用，在垃圾山顶部相对平坦的核心位置新修建“绿洲”景观，既形成了与外部的荒蛮具有强烈对比的空间氛围，又巧妙地回应了沙漠中对重生绿洲的礼赞(图4~图7)。

3 “棕色土方”视角下的再生策略解读

希瑞亚填埋场的封场改造策略大胆而富有创意，区别于由环境工程专业主导的传统封场方式，并未对陡峭坡面做出过多的整形处置，而是利用一系列土方工程巧妙地达成设计意

图。“棕色土方”的研究视角联结了填埋场封场必备的环境卫生系统与景观改造对应的风景园林系统，成为解读这一创新途径的理想媒介。下文将分别从环境工程学治理措施与景观改造策略的地形、水体、植被三个方面予以解读(图8)。

3.1 环境工程治理策略

“棕色土方”的空间形态与污染物特征，是决定现状环境卫生系统空间分布特征的重要因素。环卫系统的特征亦是风景园林策略的重要限制条件，因此对环境工程学治理措施的具体认知在再生策略解读过程中至关重要。

在封场改造前，希瑞亚填埋场已存在填埋气与渗滤液的收集处置系统。其中，填埋气的系统包括三部分内容：(1) 位于填埋堆体顶部相对平缓区域(高台区)的集气井。井深约20 m，且绝大多数为垂直式集气井，少数由于地表距渗滤液的浸润线太近而使用了水平式收集方式；(2) 连接各集气井并负责导排填埋气的管网；(3) 由鼓风机、压缩机与燃烧火炬等构成的填埋气压缩与处理系统。

填埋气收集与控制在整个再生过程中具有较高的优先级，该系统的建设于2003年1月优先进行^[4]，是一种半临时性的收集系统，故最初的集气井与运输管线基本位于地面标高以上。在完成景观建设时，集气井的顶部端头、传输管道将不再露出地面，而埋入封场覆盖层中；随后的封场再生会尽可能利用部分现状传输管，其余则为新增管道。

虽然希瑞亚堆体底部并未修建防渗层，但由于底部土层透水率低且距离地下水位线远，故渗滤液的污染并不会随地下水发生迁移。但无论如何，早在渗滤液收集系统建立前，渗滤液已经开始陆续地从垃圾堆体底部靠近河道处少量渗出。垃圾堆体内部渗滤液的含量较高，渗滤液的导排与防止新增液体，成为封场再生中必须着重注意的风险管控内容。在2001年后的几年时间内，环绕堆体的各段渗滤液收集渠便相继建设完成^[4]。在景观再生阶段，封场覆盖层也着重进行雨水隔离及控制排水方向，尽可能杜绝新渗滤液的产生。

希瑞亚填埋场中并未分布渗滤液与填埋气的最终处置大型设施。据对希瑞亚填埋场工程部的工程师采访^①可知，收集后的填埋气被运输管道送至距填埋场4 km处的纺织厂，为该厂的运行提供约50%的能源；收集后的渗滤液，则通过主

管网，直接运送至10 km外的以色列中央污水处理系统处集中处置。

3.2 地形策略：保留原始堆体形态的特殊封场途径探讨

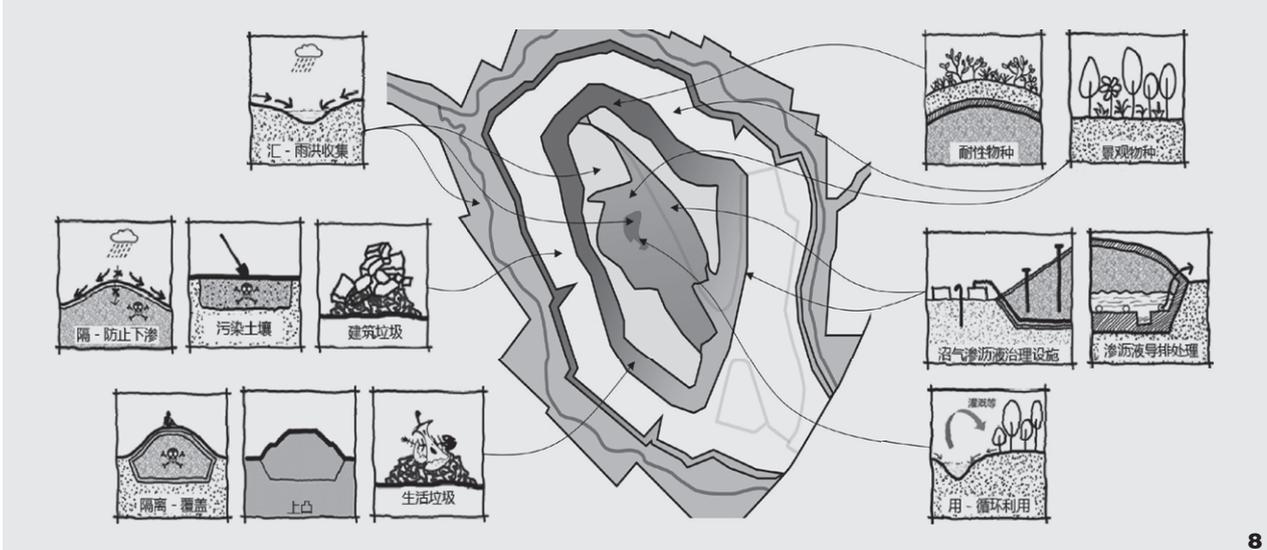
希瑞亚填埋场景观系统构建的地形特征主要表现于两方面：(1) 堆体的形态未做大调整，确定了外侧为陡坡内侧为山谷的基本空间结构；(2) 原始陡坡面基本被原样保留，进一步反映了因特殊覆盖层而形成的场地地形。希瑞亚填埋场的覆盖层类型多样，原因不仅在于景观策略的特殊性，还得益于实施方案深化过程中，风景园林、环境工程、岩土工程等多专业的协调合作，实现了由概念构思向实施的转化。

最终形成的覆盖层可归纳为6大类(图9)，分别应用于填埋场内的不同区域：(1) 位于山脚台地部分。压实后的淤泥与建筑垃圾共同形成保留原始外坡面的外部力学支撑，由于台地顶部相对平坦，故也为公园提供了容纳各类活动的场地与新

5. 方案总平面图(根据The Beracha Foundation与Hiriya Recycling Park提供的图纸标注)



① 作者对Iftach Inbar的邮件访谈，时间为2018年2月13日。



6. 填埋场改造后保留的原始外侧陡坡 (郑晓筠 摄)
 7. 改造后的山顶“绿洲” (郑晓筠 摄)
 8. 希瑞亚再生项目“棕色土方”与景观要素分析图 (作者自绘)

增乔木种植空间；(2) 位于原始外侧坡面面向城市的部分（北、南与西侧）。此处的坡面基本按其原始状态进行了保留，局部使用干预程度最小的方式予以加固处理；(3) 位于原始外侧坡面的东侧部分。该处通过新建建筑垃圾土方，将坡度由1：1.5调整至1：2以增强坡面稳定性，随后铺设厚度至少1m的压实粘土与厚度至少1m的抗侵蚀性种植土；(4) 位于堆体内侧坡面。应用黏土在原始坡面上以“台地式”手法塑造了若干水平向的平台与挡土墙，以供不同类型的活动使用；(5) 位于整个堆体顶相对平缓的“高台区”。属于近似传统的覆盖结构，其重点在于对排水渠的布置与用以控制排水方向的微地形设计；

(6) 位于堆体顶部核心“绿洲”内的储水区，采用特殊的防水封场覆盖层，旨在垃圾堆体上形成露天的开放水域和非露天的储水区。既实现水面造景目的，也成为供给该区植物生长所需的水源。

早在填埋场宣布封场之初，已有专业的环境工程团队对堆体稳定化处理进行了研究，提出应该将堆体陡坡变为1：3的缓坡。随着竞赛后风景园林方案的成形，环境工程与风景园林两大专业针对希瑞亚填埋场的具体场地条件，面向最终封场策略的可行性展开多方案探讨，共提出四种^①备选方案（图10）：

(1) 完全保持坡面原状。该方案技术要求高，处理费用

① 其中第四种备选方案为方案二与方案三的结合。

较高，且边坡不稳定，会对未来公园用途造成威胁，所以推荐程度不高。局部上使用此种方式是可行的，但需要结合视觉、经济、技术层面的前期分析。

(2) 通过削减的方式，使其边坡达到1:3的坡度。但削减过程中，气味、渗滤液暴露等二次污染的发生会对施工人员的健康形成不小威胁。此外，在该情景中，填埋气收集系统需重新布局，会浪费约一半现状可利用的井口，在经济上缺乏可行性，对垃圾进行移除的异位处理也违背了可持续的原则。故该方案缺点明显，经济与环境代价很大。

(3) 使用其他材料对堆体进行填充，使其边坡达到1:3的坡度。这是最可行的方案，但需在垃圾填埋场外侧创造更多空间，以容纳边坡范围扩大。拉茨方案中河流改道的策略和改道后多余土方的再利用与之不谋而合。

(4) 通过削减与填充的组合，使其边坡达到1:3的坡度。该方案可总结为堆体在顶部挖掘，在下部填充，因此挖掘的起始位置决定了所需新填充材料的数量。基于经济与安全方面的考虑，基本会选择在渗滤液浸润面以上位置完成挖掘，但

这样使得挖掘的量小，而新增填充量很大。故该方案在实际操作过程中与方案三类似，是第二可行的方案^[5]。

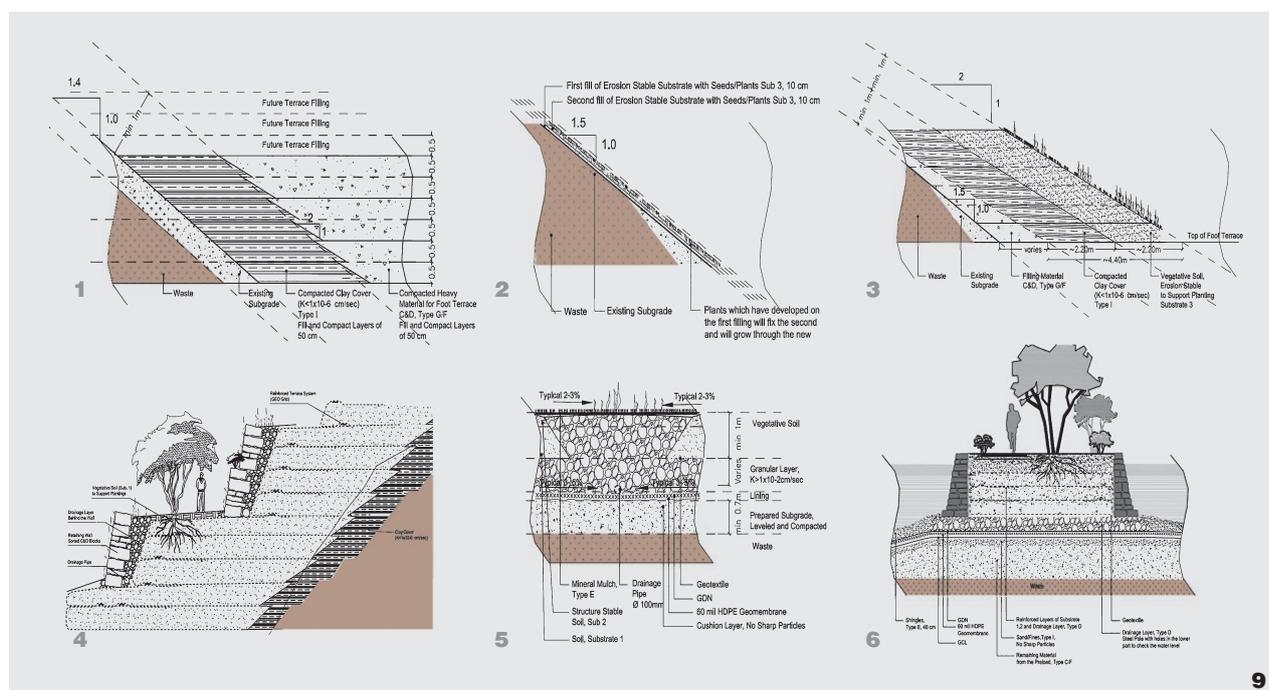
最终的地形策略是以上诸多策略的综合，在满足安全性、经济性与科学性的基础上，最大程度地保证了概念方案中对原堆体特征保留的构思。

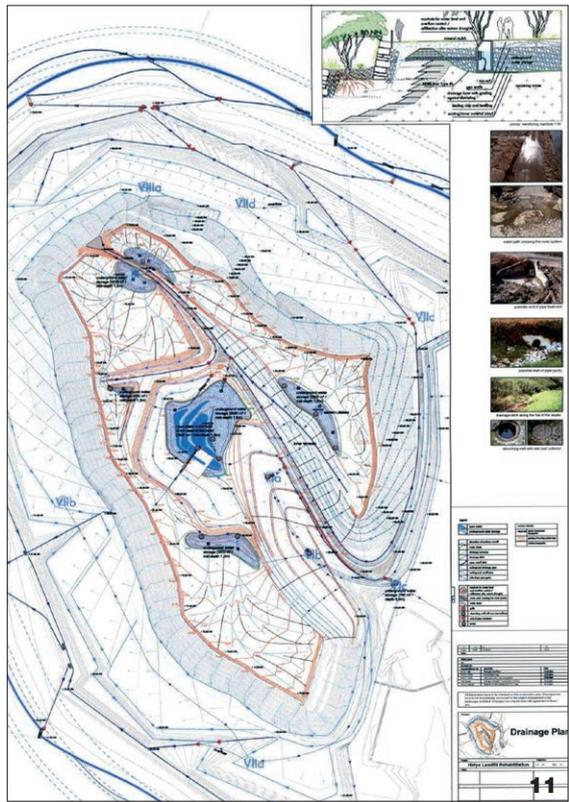
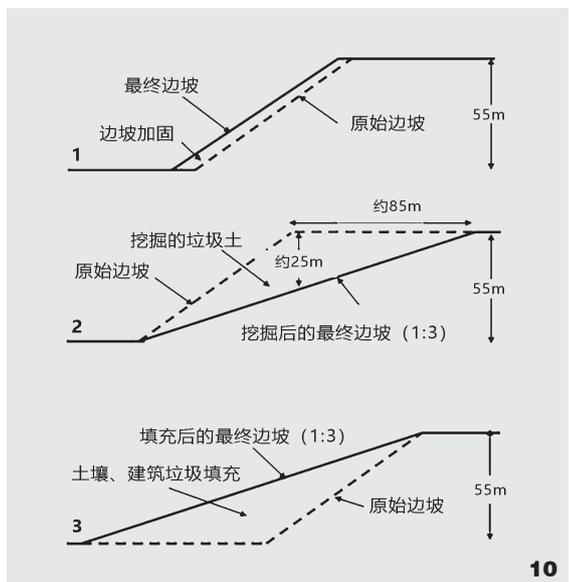
3.3 水体策略：与水景塑造有机结合的雨洪管理系统

填埋场再生的水景营造与雨洪管理相辅相成。雨洪管理使堆体安全性得到保障，也为植物生长提供了水源保证，同时还为景观化水景的营造创造了可能性。希瑞亚填埋场的水体策略，可归纳为在满足常规雨洪管理的基础上，对收集系统的形态进行景观化设计：(1) 在垃圾山顶部相对开阔平缓的高台区，设置了树枝状截洪渠系统，收集雨水；(2) 绿洲区设置了景观水面与储水池，进行雨水的循环利用；(3) 对堆体两侧自然河道的位置与形态进行调整。

在山顶的高台区，汇集雨水的主要设施为景观化的截洪渠，形态呈树枝状。该系统避开了填埋气集气井，随着高程由

9. 希瑞亚填埋场六类典型终场覆盖层剖面(根据The Beracha Foundation与Hiriya Recycling Park提供的图纸标注,其中棕色部分为垃圾层所在位置)





10. 希瑞亚填埋场土方工程策略的探讨 (根据The Beracha Foundation与Hiriya Recycling Park提供的图纸标注)

11. 希瑞亚填埋场再生后的雨洪管理系统 (根据The Beracha Foundation与Hiriya Recycling Park提供的图纸标注)

高至低的变化，其形态由细变粗，并逐渐汇聚至分散布局的7处山顶储水区。这7处储水区包含一处开放性水域与6个地下储水区。汇聚的雨洪是堆体顶部灌溉的主水源，通过水泵抽出，经专门的管道与沟渠灌溉成排成行种植的乔木，使得树木能够达到树冠面向烈日，而树根浸泡在水中的状态¹⁰。

在更大的区域范围层面，沙龙公园规划对紧邻堆体的两条溪流进行了改道，使河道与堆体的距离更远，降低水体接触污染源的概率。同时，原先狭窄均质的河道断面被改造为宽敞且形态自由的滩涂洼地，创造了能够应对不同降雨强度的弹性滨水空间。此外，在北、西、南三侧的原始外坡面处，雨水顺着坡面直接流入至原始坡面与山脚台地交界处的排水渠中；在东侧外坡面，雨水则通过与等高线相交的数条排水沟被收集，连同内侧台地地区收集的雨水，一起被排送至堆体北侧的自然河道内。在山脚台地区，由环绕台地边缘的排水渠收集雨水，连同三侧原始坡面的汇水，最终从各方向一并排放至堆体外的自然河道中(图11)。

3.4 植被策略：使用置入物改善微气候条件

垃圾堆体原始坡面的保留目标要求特殊的种植策略，即使用微气候改善的策略，通过一系列低成本的景观置入物，改善微气候，在局部营造适于植物生长的水、热条件。在希瑞亚填埋场保留的原始陡坡区域(图12)，该策略得以良好应用，增加了植物群落的丰富度，并强化了对坡面的稳定作用。(1) 在陡坡的下部，环绕堆体放置了许多树枝柴束，其布局与等高线呈一定角度，既能缓解雨水冲刷坡面，还能为植物的自发生长提供适宜的微气候条件；(2) 坡面存在部分土壤暴露程度偏高的区域，针对该情况，改造中使用搭建透水遮阳篷的方式，为该区植物遮挡直射阳光并滞留降雨；(3) 为尽可能保留原始坡面形态，使用了约10 cm厚的侵蚀稳定基片，分两次从坡顶至坡下倾倒。在该过程中，基片被粗糙的坡面与原生植物拦截，在基片材料内混入的特殊植物种子则会迅速萌发生长形成一层新的植物层，通过根系强化边坡土层稳定性，并能通过增加植被密度以有效减少雨水对坡面的冲刷。

4 结语

2017年夏初访希瑞亚填埋场，远观这座醒目的巨型垃圾山，旱季中荒芜甚至丑陋的外观，很难让人意识到它已进入再生进程数年之久；而当沿路而上，登上堆体顶部，却又瞬间



12. 外侧陡坡与植被 (郑晓笛 摄)

被绿洲中层层跌落的种植退台、粼粼的水面与婆娑的树荫深深吸引。该项目涉及到一般意义上填埋场封场再生所必备的技术手段与景观策略；也因其保留“非正规”坡面的大胆构思，而带来了更多的设计挑战与更为巧妙的应对措施，是极具创新精神的实践探索。

通过“棕色土方”视角解读希瑞亚填埋场的封场再生，可见用于风险管控的环境卫生系统与风景园林系统中的地形、水体、植被策略共同组成了一个完整、逻辑自洽的有机体，任何一个要素都不是独立存在的——“棕色土方”呈现的陡坡与马蹄状山形空间特性形成了再生后的基本形态与空间轮廓；为在安全稳定的前提下保留陡坡，采用了河流改道结合平台支撑的地形策略；为最小干预地稳固陡坡表土，采用了景观置入物的种植策略；为了营造绿洲景观，采用了能够储藏水源的封场覆盖层结构并应用了景观化的雨洪管理系统。

垃圾填埋场是棕地的重要类型之一，其相较于其他的棕地类型，具有污染特征相对明确、治理手段相对成熟等特点。但封场再生途径因受场地所处的地理气候、空间区位、地质状况的不同及来自社会、文化、经济等多方因素影响而产生差异性。对以色列希瑞亚填埋场封场再生实践的深度解

读，有助于明确以风景园林途径指导垃圾填埋场再生的内在逻辑，及其与环境工程学治理措施的密切关系，为进一步从更广泛的领域推动再生过程中的跨学科合作提供理论依据与实践参考。🏡

参考文献

- [1] 郑晓笛. 棕地再生的风景园林学探索——以“棕色土方”联结污染治理与风景园林设计[J]. 中国园林, 2015, 31(04): 10-15.
- [2] 严树. 垃圾土的工程性质研究[D]. 武汉: 中国科学院研究生院(武汉岩土力学研究所), 2004.
- [3] Weilacher U. Hiriya Mountain, Tel Aviv. Syntax of Landscape The Landscape Architecture of Peter Latz and Partners[M]. Birkhäuser, 2008.
- [4] Isenberg R H, Peterson E R, Sternberg D. From landfill to leisure: closure and rehabilitation of hiriya landfill[J]. Waste Manage World, 2004(9/10): 45-53.
- [5] Dan Association of Towns Sanitation Department. Hiriya Stability Report[R]. 2007.
- [6] Weilacher U. Ariel Sharon Park: Hiriya-The mountain of rubbish is no longer what it once was[J]. Topos-Urban Strategies, 2013, 84: 96-101.