

# 工程渣土景观化利用背景下的竖向设计方法探讨

## ——以郑州市郑东新区高铁公园景观工程为例

杜蓓

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司

**摘要：**近几年城市地下空间的大规模开发建设，产生了大量的工程渣土。其源头减量和资源化利用已成为“十四五”时期“无废城市”建设的重点。本文基于工程渣土景观化利用模式现状的反思，总结探讨该利用模式下竖向设计的重要性和设计方法。并以郑州市郑东新区高铁公园景观工程为例进行详细阐述，旨在为日后工程渣土高效、高品质的景观化利用，持续推进“无废城市”建设提供借鉴和参考。

**关键词：**工程渣土；高品质景观化利用；竖向设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.097

城市化的快速推进，工程渣土产生量持续高峰，引发了诸多环境问题的同时，还导致了土地和经济资源的巨大浪费。提高工程渣土资源化利用率、推动其规模化、高品质利用已成为当今社会亟须研究的重要课题。基于风景园林学、建筑学和生态学等多学科的研究理论，废弃的工程渣土被用于堆坡造园，打造成景观绿地空间，已成为现阶段工程渣土规模化利用的有效手段。不同文献对工程渣土的定义不同，本文中指各类建筑物、构筑物、管网、道桥等在建设过程中开挖土石方产生的弃土<sup>[1]</sup>。

### 一、工程渣土景观化利用模式现状的反思

目前，工程渣土的消纳安置主要由政府规划部门负责，通过充分利用远期建设的园林绿地进行点对点规划。由于景观设计相对滞后，导致需利用的工程渣土在景观设计前已以极限堆坡的形式堆填在场地内，致使后续竖向设计无法有的放矢，土方塑形施工难度倍增。为节约成本和工期，后期建设常基于现状堆坡机械地组织游线、划分功能空间，完成景观塑造。而竖向堆坡是造园的基础，由于前期缺乏科学合理的竖向设计，后期造园很难有效组织空间布局，导致观赏性和人文体验感相对较差，并且存在场地沉降的安全隐患。

为了提升工程渣土景观化利用的品质，对场地进行科学合理的竖向设计至关重要。且总体竖向设计需在规划安置阶段提前布局，场地规划安置目标工程量也应以此为依据，以保障工程渣土“堆坡”的安全有序和“造园”的景观效果。

### 二、工程渣土景观化利用背景下竖向设计的重要性

不同于常规绿地的竖向设计，本文特殊背景下的竖向设计，是一项受多目标控制的复杂工作，需整体统筹考虑，协调与局部各种矛盾的关系<sup>[2]</sup>，不合理的竖向设计会严重影响工程实施的可行性、安全性、经济性和美

观性。

#### 1. 场地总体布局的前置基础

场地总体布局和竖向设计是景观设计两个关键部分。一般性景观项目，总体布局是竖向设计的依据，竖向设计在总体布局设计之后进行，是对总体布局的验证和完善。而本文背景下两者是反向的制约关系，规模化、景观化消纳土方的竖向格局，是总体布局的前置基础，不合理的竖向设计会制约场地空间的总体布局。

#### 2. 场地安全稳定的先决条件

工程渣土的不合理安置会致使项目实施存在较大安全隐患，结合场地现状地貌、土质条件及安全限制因素，进行科学合理的竖向设计，以满足以下三方面要求：1) 固土堆坡安全坡度规范要求；2) 建设项目对于防洪排涝的基本安全需求；3) 园路交通、广场节点及建（构）筑物基层荷载安全性需求等。从而确保项目可在安全、符合规范条件下顺利实施。

#### 3. 成本控制的重要手段

基于源头工程量大，利用率高的建设背景，与竖向设计相关的基础工程，如场地整理、土方塑形、挖填方等，对工程造价有直接且重大的影响，合理的竖向设计可避免反复倒运，有效控制施工成本。

#### 4. 生态效益的有效保障

工程渣土得不到良性利用，不仅占用土地资源，在填埋、抛撒、堆放过程中，还易造成环境污染。通过科学合理的竖向设计，将其规模化景观化利用，塑造开合有度、起伏变化的景观空间，让错放的资源变废为宝，达到资源利用、生态修复的双重效果，还可增强区域空间美感，提升城市形象。

### 三、工程渣土景观化利用背景下竖向设计方法探讨

本文特殊背景下竖向设计的核心在于解决土方平衡和景观营造相结合的问题。竖向设计贯穿设计工作全过程，需要精准量化并协调其他影响因素，以实现工程渣土的“定量分配，精准落位”，这是解决问题的关键。

#### 1. 传统设计方法的局限性

传统的景观竖向设计多停留在二维阶段，专业人员凭借经验从地形图和实地踏勘中获取场地信息，完成平面等高线的绘制和场地高程的设定。土方计算过程繁琐，遇到复杂场地时核算误差较大。虽然三维模型技术（如Sketchup虚拟模型或实体模型）可辅助复杂场地的设计，但往往会耗费巨大精力且精确度不高，校核调整结果无法协同，难以获得全面直观的把握。而“定量分配，精准落位”的竖向设计目标对过程和成果的精确度

要求较高,传统的设计方法无法满足特殊背景下的设计要求,故技术手段的革新是特殊背景下更高设计要求的必然选择。

### 2. 竖向设计技术手段的革新

Civil 3D是一款典型的BIM软件,包含了CAD的全部功能,还增加了数字地形模型、场地规划、土方计算、道路设计、地下管网等专业工具<sup>[3]</sup>,可精准量化设计过程。基于该技术,我们可创建三维地形曲面模型来模拟自然地面和设计地面,展示竖向设计地形复杂的起伏情况。此外,其曲面分析功能还可对场地内的等高线、高程、坡度等进行专项分析,且随着设计因素相关变量的调整,三维动态更新功能能够在设计调整时自动更新所有相关内容。基于Civil 3D我们可实现传统二维到动态三维设计的跨越,故Civil 3D技术是特殊背景下技术手段革新的恰当选择。

### 3. 基于Civil 3D技术的竖向设计思路

#### 1) 竖向格局初步规划

根据项目的具体建设要求,场地特点,确定总体竖向设计目标,构思总体竖向格局。以保障场地安全为前提,实现工程渣土利用和竖向堆坡的土方平衡为原则,结合土方量的计算,反复适配调整,初步完成竖向地形的总体设计。

#### 2) 竖向分析及运用

基于Civil 3D的三维动态的竖向分析功能,对总体竖向格局的高程、坡度、坡向、流域等进行分析校核、优化调整,为其他景观要素设计和落位提供依据。

#### 3) 竖向设计深化调整

基于其他景观要素的梳理和选址,深化完善其专项设计方案,并对其周围的地形环境进行相应的优化和调整,确定重要节点的控制点高程。结合土方量的计算,多轮交互式适配调整,直至达到预期消纳值,获得竖向设计最优方案。

#### 4) 竖向设计成果获取

上述设计思路中,步骤2)和3)可在解决各矛盾点的前提下,协同开展、交叉进行,从而使竖向设计方案得到不断的优化和提升。根据设计最优方案,获取土方工程量表及各地块分表和竖向设计施工图。

## 四、工程渣土景观化利用背景下竖向设计方法的实践

郑东新区高铁公园位于郑东新区中部,紧邻G107和高铁线路。场地南起陇海快速路,北至连霍高速,为南北向带状绿地,全长10.1公里,总面积229.36公顷,是展示郑东新区乃至郑州市形象的重要窗口。然而,周边区域的早期地产开发导致部分场地堆积大量工程渣土,严重影响了区域形象。此外,场地内还需安置利用650万 $m^3$ 工程渣土。为避免后续出土工程与土方工程的无序交叉,保障远期造园品质并提升区域形象,科学合理的竖向设计显得尤为紧迫。

### 1. 场地分析——多重设计限制因素的耦合

基地面积庞大,为外部交通割裂严重,被高铁线、

高架线和不同等级城市道路分割成23个地块,面积0.9—26公顷不等。场地周边用地性质繁多,中部地块紧临居住、商务、教育及商业用地;南北两端地块临近变电站、公交站、环卫用地、仓储物流用地。场地西侧全线并行高铁线路,东侧地块有220KV高压走廊。

场地建设需要消纳利用工程渣土总量高达940万 $m^3$ ,已有290万 $m^3$ 渣土堆填在场地内,其中掺杂部分建筑废料;近期还需消纳安置650万 $m^3$ 渣土。

### 2. 总体竖向设计构思

郑东新区高铁公园景观带由高速路、高铁线和市政路构成交通网在场地内交织穿越。为了化解工程构筑的刚性特征,最大化利用和消解现状和外来工程渣土,串联被割裂的场地,设计决定在场地内大量堆叠地形,有节奏地设置制高点,塑造出高低起伏、富有韵律的绿丘高地景观带。

1) 将制高点分为四类:标志性,高架之上(高铁之下)、高铁高架之间、高铁高架之下,以打造不同交通线路上的视觉焦点。

2) 面积 $>10$ 公顷的较大地块,考虑落位标志构筑或眺望节点来打造制高点。

3) 现状大量工程渣土就地利用或就近平衡,以减少倒运。

4) 安全因素限制多的场地依据相关规范进行有针对性设计。

5) 紧临居住、商务、教育及商业用地的地块,竖向设计考虑活动场地的预留与围合。

6) 其他零碎地块则最大化利用工程渣土进行堆坡塑形,远期结合大片生态防护林种植,实现地块串联统一。

### 3. 竖向格局初步规划

总体竖向设计以保障场地安全稳定为前提,目标是平衡利用940万 $m^3$ 工程渣土。考虑土壤自然安息角,确定合理稳定的坡比范围,利用工程渣土进行堆坡。新安置土方区域,坡比可控制在1:4—1:6之间,坡顶可适当加陡。现状土方较为集中区域,经过一段时期的沉积,坡比可控制在1:3—1:4,以就近平衡或就地平衡为原则,避免后期大量外运影响工期或造成经济性浪费。需要打造重要节点的地块,可适当增加现有制高点高度,保证地面、高架及高铁上的景观效果。

场地西侧紧临高铁线,考虑无砟轨道对沉降要求极高,西侧沿线的竖向设计起坡位置退让高铁用地边界20m以上,确保高铁结构安全距离。由于高铁车速快、乘客视点高,不适宜近距离观赏,故西侧计划以宽阔的高铁防护林带为主,而东侧107辅道两侧以低速近距离观赏为主,则作为主要观赏面。因此,西侧总体竖向坡度相对东侧较陡。此外,107辅道东侧部分地块存在220KV高压走廊,依据《公园设计规范》,在总体竖向设计中预留水平和垂直方向的安全距离。

在Civil 3D中完成等高线绘制,构建初步规划的设计地形曲面模型。并将其与原始地形曲面投影叠合,初

步计算土方工程量。反复调整竖向等高线的设计高程和坡比,校核土方量是否达到消纳预期值<sup>[4]</sup>。经过多轮交互式调整与校核,确定初步的竖向地形格局及堆坡制高点高程(相对地面高程范围5-29m)。

#### 4. 竖向地形与其他景观要素的适配调整

堆坡是造园的基础,为造园的其他景观要素提供了空间载体。其他造园要素如理水、场地布局、建筑营造和植物造景等都需与竖向堆坡相适配,这通常是一个基于经验的复杂系统工程。设计通过可视化分析竖向关系,将高程、坡度、坡向、径流等因素成为其他造园要素选址设计的前置条件,从而使其更加科学合理。

1) 功能节点选址——在全区高程最高的视觉焦点位置,设置标志性节点;在面积较大场地的高架之上的制高点区域,设置眺望节点。在坡度较缓且靠近地面交通要道的区域,设置运动游憩空间,运动空间选址靠近半坡区域;游憩空间选址在高架之下的制高点附近区域,利于竖向地形对场地空间的围合。在靠近路面交通交叉口附近且远离汇水区的位置,设置入口及带状节点,坡度较缓位置可设平地广场节点,坡度较陡区域可结合地形打造台地节点。

2) 服务管理建筑选址——建筑选址遵循服务半径及各方要求,兼顾采光、通风和排水。选择地形坡度1%~5%的缓坡隐蔽区域,建设一层中小型服务驿站;选择地形坡度5%~10%的斜坡区域,建设二层职工之家及综合办公管理建筑。

此外,考虑周边交通繁杂,为提升人文体验,本项目1)和2)的选址(出入口除外)需远离空气污染,确保声环境舒适,后期周围有防护林带种植,可隔离污染源和消纳噪声的区域——即周围地形坡比宜 $<1:4$ 以满足防护林种植及良好生长的区域。

#### 3) 游步道的选线

游步道的选线以安全性、景观参与性为前提,在合适的坡度和高程条件下,组织景观序列,串联功能空间和管理服务建筑。选线主要采用顺应等高线切线方向逐级缓坡设置的形式,其中4m一级骑游道纵坡1%~4%;2m二级漫步道纵坡2%~6%;三级游步道可使用台阶形式。在游步道的选线过程中常面临多重选择,可初步拟定选线的路面高程,结合三维场地模型对不同选线方案进行分析测算,反复对比调整,确定一个较为合理的游线选址方案。

#### 4) 排水及海绵设计的校核

依据径流和坡向的分析,设计可更科学地组织场地排水。通过划定的汇水分区,计算分区内设计调蓄容积,在低洼区域布置海绵设施,有效收集和利用雨水。

#### 5) 种植设计

种植设计实际是通过植物的形态、色彩等特性,强化竖向特质。采用与场地竖向关系和功能空间相匹配的植物种植形式,可实现功能性与景观营造和谐统一。虽然植被生长受坡向、坡度和高程等竖向条件的影

响很大,但基于总体竖向格局,坡比范围在 $1:3-1:6$ 之间,可基本满足不同植物种植和生长需求,无须进行颠覆性调整。对于局部特殊位置的具体种植需求或空间高程需求,可以在后续的详细种植设计中进行调整校核。

#### 5. 竖向设计方案深化

结合适配的场地建设内容进行竖向设计细化和完善,共分为两个过程。一是通过细化完善功能节点、绿道游线、服务管理建筑、植物种植等专项设计,不断优化调整竖向地形设计方案的过程。梳理场地与各空间及衔接交通的竖向关系,使场地各设计要素与竖向环境更好融合,确定节点场地、道路、建(构)筑物等的控制点标高。二是基于阶段性设计成果不断计算的校核调适过程。对基地内的设计园路、广场节点和建筑地坪分别构建地块设计曲面,与原始地形曲面叠加,考虑土方松散系数和压实系数,计算总体填、挖方量,确定设计方案能否满足土方消纳要求。若总体土方量距目标值相差大,对场地、路网节点标高和平面线位进行优化调整并构建新的设计曲面,直至获得竖向设计最优方案。

#### 6. 竖向设计方案确定及落地施工

方案确定后,获取土方工程量表、各地块分表和竖向设计施工图。后续施工依据竖向设计施工图进行,开挖出土与场地堆坡塑形相协调,有序组织多场地同时展开施工,实现工程渣土的“定量分配”、“精准落位”。在堆坡过程中,时刻关注土质情况,分类处理,注意分层压实和压实度的控制。基于Civil 3D技术阶段性校核填方高程与土方量的关系,用以核验现场施工与设计成果的误差,以确保施工过程中土方压实度和堆坡坡比的控制满足设计要求。

### 五、结语

建成后的郑东新区高铁公园深受周边人群喜爱,成功从裸露的工程渣土堆弃空地蜕变成充满活力的高地公园,极大地提升了该区域迎宾门户的形象。它是当地政府对工程渣土高品质景观化利用模式实践探索的首批成功案例之一。本文基于该项目从设计到实施全过程对竖向设计方法的探讨,为实现工程渣土高品质、规模化、景观化利用目标进行了一次有益探索,整个实践过程体现了风景园林从业者的责任,也为日后高效、高品质推进“无废城市”建设提供了借鉴和参考,旨在带来更大的社会、经济和环境效益。

#### 参考文献

- [1]金德民. “无废城市”背景下工程渣土资源化产业发展机遇及对策探讨[J]. 环境卫生工程, 2023, 31(4): 76-82.
- [2]刘小连. 山地城市道路与场地竖向规划研究以重庆市为例[D]. 重庆交通大学. 2009.
- [3]李志刚. 风景园林参数化竖向设计研究[D]. 东南大学. 2014.
- [4]陈天杰. 成都市工程渣土减排及资源化利用研究[D]. 西南交通大学. 2014.