

竖向设计和土方平衡的协同推进途径

齐坤

洛阳石化工程设计有限公司, 河南省洛阳市, 471012;

摘要: 竖向设计和土方平衡属于场地建设的主要部分, 二者互相配合可以起到控制工程造价、提高施工效率以及保护生态环境的作用。本文以场地自然条件和工程需要为依托, 对竖向设计标高确定、土方量计算的精细化方法、挖填平衡的动态调配办法及全过程协同管理机制进行了系统的探究。通过创建高程控制网、改进边坡工程设计、合理安排土方调配顺序等办法, 可以很好地解决土方就地平衡的问题, 削减外运量及借方需求, 进而降低工程造价以及环境影响。根据研究发现, 竖向设计和土方平衡的协同执行可以明显改善场地工程的整体经济性和可持续性, 给集约化、绿色化的建设给予一定的理论支撑及实践途径。

关键词: 竖向设计; 土方平衡; 协同优化; 工程造价

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.094

我国城市发展的过程中, 由于规模扩张而转向内涵提升, 节约集约用地和绿色建造成为政策导向。根据有关文件规定, 进一步加强城市与建筑风貌管理要重视工程设计的科学性和经济性。竖向设计与土方平衡属于决定场地形态以及成本的要点部分, 传统上采用分离方式时容易出现挖填不均、资源浪费及造价升高等问题。在地形复杂的地区, 缺少协同设计容易造成大挖大填、加剧环境扰动。因此促进二者的规划与施工阶段的系统联动, 才能达到工程精细化、低碳化的目的。本文根据目前政策以及工程的实际, 探究出其协同实施的要点, 从而给提高场地工程综合效益赋予借鉴。

1 场地条件分析及设计基础准确立

1.1 地形测量数据的处理和建模

场地竖向设计要依靠准确的地形数据来保证, 必须有详细的地形图资料。采用全站仪或者无人机摄影测量的方式, 采集场地上方的地形点坐标, 测点密度按照地形复杂程度来决定, 平坦区域可以按照 20 米×20 米网格布点, 起伏区则要加密到 10 米×10 米。测量数据导入到专业的软件中建立数字地形模型, 用三角网或者规则格网的方法来做曲面插值。地形模型要真实地反映出场地坡度变化、低洼区、高地分布等各方面的特征。对于河流、沟渠、陡坡等特殊情况要独立建模, 给它添加附加的约束条件。地形模型建立之后, 提取场地高程统计参数, 分析高程分布范围和地形坡向, 给竖向设计方案比选提供依据。

1.2 场地排水条件和标高的控制要求

竖向设计标高要满足场地排水的要求。根据场地周围道路标高、排水管网埋深、雨水排放口高程等因素, 确定场地最低的排水标高。场地内部排水坡度一般不小于 0.3%, 硬化场地可取 0.5%至 2.0%, 绿化场地可取 1.0%至 3.0%。建筑物室内外高差一般控制在 0.3 米到 0.6 米之间, 既可以保证防潮的效果也可以避免台阶的高度造成使用不便。地下室顶板覆土厚度根据景观种植需要来确定, 灌木种植区覆土 0.5 米到 0.8 米, 乔木种植区覆土 1.0 米到 1.5 米。综合考虑排水、使用、景观等各方面因素, 创建场地标高控制体系, 确定建筑物室内外标高、道路标高、绿化标高的相互联系以及控制范围。

1.3 土质特性及工程适用性评价

场地土质对填方材料的选用和边坡稳定有直接影响。依靠地质勘察获得土层分布、土质类型、物理力学指标等资料。对表土、黏性土、砂性土等不同的土类进行工程特性分析, 确定填方用作的适宜性。一般情况下, 含水量低于塑限、有机质含量小于 5%的黏性土或者砂性土适合于做填方材料, 淤泥质土、耕植土需要外运或者改良后再用^[1]。对场地内可用土方数量和分布进行估算, 计算不同的土质挖方量以及可利用率。对于挖方量大、不可利用的场地, 必须采用外运土方的处理方式。土质评价给土方平衡计算赋予了材料可以利用的约束条件, 从而决定挖填方案的选择。

2 竖向设计的优化和调整

2.1 平场方案和方格网法土方计算

场地平整为竖向设计常用的方法之一。用方格网法计算土方量的时候,需要按照场地形状及精度来确定网格尺寸为20米到40米的正方形网格。通过对方格各个角点原地面标高、设计标高的读取来求得各角点挖填高度。土方量计算可以使用四角棱柱体法或者三角棱柱体法,其中四角棱柱体法比较常用,即对称条件下采用方格四角点的挖填高度取平均值,作为该区域土方量的计算基数;不对称情况下则需要先找到方格边上的一条线段为基准线,根据基准线上对应的点进行计算。汇总所有方格的土方量,得到场地总挖方量、总填方量。通过调整场地设计标高可以改变挖填比例,一般情况下标高每提高0.1米,填方量增大、挖方量减小。根据不同的设计标高计算挖填方体积,可以找到使挖填方量基本平衡的最优场地设计标高。

2.2 台地式设计高差的优化

山地或者坡地多用台地式竖向设计,根据地形变化而设不同的标高台地。台地划分要考虑到功能分区、道路布置、建筑物的位置及工艺流程等各方面因素。相邻台地之间用挡墙或者边坡相连,高差一般控制在3米到6米内,过高会造成挡墙的造价提高,过低会导致台地的数量增多^[2]。台地标高决定各台地挖填方量分布,根据台地标高及范围进行调整,从而达到台地内部或者相邻台地之间挖填平衡的目的。建立台地土方平衡模型,用各台地挖方量与填方量之差的绝对值之和最小为目标,约束条件是台地标高满足使用要求,高差在合理范围内,边坡稳定满足规范要求。用迭代计算的方法求解最优的台地标高组合。

2.3 边坡坡率对土方量的影响分析

边坡设计坡率影响边坡占地面积和土方量。坡率的选取要符合边坡稳定的要求,黏性土边坡一般用1:1.0到1:1.5,砂性土边坡用1:1.5到1:2.0,风化岩边坡可取1:0.75到1:1.0。边坡坡率越大,边坡占地面积就越小,但是对土质和排水的要求也越高。对不同的坡度进行分析,坡面从1:1.5放缓到1:2.0时,挖方边坡顶部后退0.5米,填方边坡底部外扩0.5米,挖填方量的变化是由边坡的高度和长度决定的。对高度3米,长度100米的挖方边坡,坡率由原来的1:1.5改为1:1.25可以减少挖方量约150立方米。边坡坡率的优化要以保证稳定为前提,在满足稳定性要求的前提下,综合考虑占地面积、土方量、挡墙造价等各方面因素,从而做出

综合效益最好的方案。

3 土方平衡计算及调配策略

3.1 土方松散系数和压实系数修正

土方量的计算要考虑到土体状态变化引起体积的变化。天然土体挖出之后体积膨胀,松散系数一般为1.10到1.30,黏性土取较小值,砂性土取较大值。松散土方运送到填方区,经压实后体积减小,压实系数一般取0.85到0.95,压实标准越高系数就越小。土方平衡计算时,挖方体积按松散系数来计算,填方体积按压实系数计算^[3]。当场地挖方量为10000立方米,松散系数取1.20,填方量为9000立方米,压实系数取0.90时,挖方产生的松散土方为12000立方米,填方需要的松散土方为10000立方米,还有2000立方米松散土方需要外运。准确地确定松散系数和压实系数是完成土方平衡的前提。

3.2 土方调配路径和运距优化

场地内土方调配要合理安排运输路线,减少运输工程量。土方调配要按照就近的原则,挖方区和填方区的距离越近,运输的成本就越低。绘制场地挖填分布图,标明各个区域的挖方量和填方量,用重心法来确定挖方区与填方区的配对关系。计算各个配对区域间的平均运距,运距根据挖方区中心到填方区中心的实测道路距离来计算。土方调配方案以运输工程量最小为原则,运输工程量=调配土方量×运距。对复杂的场地可以建立线性规划模型求解最优调配方案。调配顺序安排要考虑到施工进度,先做场地平整和道路基层的施工,给后面施工创造条件。

3.3 外运土方与借方来源的确定

当场地挖方量大于填方量所需挖方量时,多余的土方必须外运。外运土方处置方案有运至指定弃土场,用作周边绿化覆土,调拨到其它在建项目等^[4]。弃土场的选择要考虑到运距、接收能力、处置费用等方面的因素,运距每增加1公里,土方外运单价大约会提高5元左右到8元左右每立方米。当地填方量大于可利用挖方量时,需要土方外购。外购来源有商业土方,附近基坑工程挖方,山体开挖料等。外购的质量要达到填方的要求,即含水量、颗粒组成、有机质含量等指标要在合格范围内。借方单价会受供求关系的影响而变化,所以合理选择借方时机、源地也是降低成本的重要途径。编

制土方平衡表,详细列出各个区域挖方量、填方量、调配关系、外运量或者外购土方量,作为施工组织的依据。

4 协同控制及动态调节方式

4.1 设计阶段的多方案比选

竖向设计方案对工程造价有明显的影响,需要做多方案比较。对同一个场地,可采用不同方案布置竖向结构,进行方案比选,如方案一用平场设计,方案二用台地式设计,方案三调整台地高差和范围,分别计算出各个方案的土方工程量、挡墙工程量、边坡面积、场地可利用面积等技术经济指标。土方工程量为挖方量、填方量、外运量或者借方量,按照当地市场价格来估算土方工程费用。挡墙工程量按照不同的高度分别计算,得到挡墙的造价。根据各方面技术可行性和经济合理性,选择最佳的方案。方案比选过程中要和建筑物的布局、道路的设计、管网的设计等专业进行协调,保证竖向设计方案同总体规划相协调。

4.2 施工过程的标高控制和调整

施工过程中必须严格执行设计标高,防止造成工程质量问题。在场地关键部位设水准控制点,用水准仪进行放样。土方开挖时控制开挖深度,用挖掘机配合人工修整的方法,开挖到设计标高以上0.1米至0.2米处,再人工清底到设计标高。填方施工分层铺筑,每层虚铺厚度0.3米至0.5米,压实后检测压实度,合格后再进行下一层填筑。填筑到设计标高0.5米时加密高程测量,根据实测的标高进行补挖,保证最终标高的满足条件。施工中发现局部区域地质条件和勘察报告有差异的时候,及时反馈给设计单位,决定是否需要改变局部标高或者采取相应的处理措施。

4.3 信息化技术在协同控制中应用

用BIM技术、数字化测量技术加强对竖向设计和土方平衡控制力。创建场地三维BIM模型,把地形数据、设计标高、土方分区这些信息加入进来来实现方案的设计展示作用。BIM模型可以实现参数化的调整,把台地标高或者边坡坡度进行修改之后,自动地计算出土方量,迅速评价改变后的方案影响。使用无人机倾斜摄影或者三维激光扫描来测量施工进度,得到实时的地形数据,与设计模型对比分析实际开挖或填筑的情况,计算出剩余的土方量。信息化技术使设计和施工可以相互联系,设计变更方案很快就能传达到现场,施工实际情

况也很快地反馈到设计团队中,形成一个闭环控制体系,保证竖向设计与土方平衡目标的实现。

5 结语与展望

本研究得出竖向设计和土方平衡的协同控制可以较好的控制造价、提高施工效率,并推进绿色建造。依靠建立准确的数字地形模型,综合考虑排水、土质和功能需要来开展协同设计,给协同设计提供了一个可靠的依据。在设计阶段就主动将土方平衡的思想融入其中,在场地方案规划中科学确定场地标高、合理安排台地和边坡,再依据细致的计算以及就近调运的方式,完成土方内部的有效消化。用BIM与数字化测量技术来创建从设计到施工的动态闭环控制体系。该种协同模式以节约资源、减少环境影响为主要目的,使项目获得了很好的经济效益和社会效益。

从长远来看,二者会更加紧密地结合起来。从技术上看,人工智能和机器学习会带来更智能的平衡优化算法产生;物联网和数字孪生技术相结合可以创建起覆盖勘察、设计、施工、运维全过程协同管理平台,达到土方量和成本实时监控及精确预测的目的。机制上需要创建起一个区域性的土方信息共享和调配平台,并且要制订出详细的协同设计准则以及管理规定。通过加强政策引导、跨专业协同,可以给工程建设高质量、低碳化发展赋予持久动力。

参考文献

- [1]单云龙,汪师贞,魏迪.基于多目标优化算法的场地竖向设计优化策略[J].华中建筑,2025,43(02):62-67.
- [2]刘韶州,黄福杰,梁甫.基于BIM技术的复杂平面交叉口竖向设计运用[J].中国公路,2024,(17):92-93.
- [3]吴涛,赵党书,高永林,等.高堆方下的土方平衡优化设计策略研究[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2023,48(05):190-200.
- [4]吴强,许可豪,程佳佳.场地竖向设计与土方平衡优化方法研究[J].城市道桥与防洪,2021,(08):85-87+106+15.

作者简介:齐坤(1983.04-),女,汉族,籍贯:河北顺平,学历:大学本科,职称:中级工程师,研究方向:场地竖向设计相关或者场地平整阶段高台的边坡支护方案。