

倾斜摄影与 BIM 技术在路基土石方工程的应用

陈 杰^{1,2}

(1.中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司,浙江 杭州 311122; 2.中电建华东勘测设计院(深圳)有限公司,广东 深圳 518100)

摘 要: 土石方工程因其施工难度大、工期短的特点,需要应用数字化技术来实现其降本增效的需求。以实际项目为例,研究了无人机倾斜摄影技术在道路路基土石方工程中的应用。通过利用无人机能对点云数据全面快速采集和 BIM 技术能快速算量、施工模拟等功能,实现了道路路基土石方快速开挖及填筑的目的。与传统施工方法相比,具有施工准备充分、施工迅速、人工和设备投入少的优点,对项目进度管控和成本管控发挥了重要作用,可以为同类型路基土石方工程施工提供参考。

关键词: 倾斜摄影;路基;土石方;无人机;道路;BIM

中图分类号: U416.1⁺1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)12-0258-04

0 引 言

土石方工程是建设工程中一项重要分部工程,也是道路、桥梁、房建等工程施工环节中的第一步,涉及场地平整、测量放线、土石方开挖填筑等工序。由于其具有工程量大、施工难度大、工期短等特点,土石方工程对测量的要求比较高^[1]。

传统的土石方工程测量放线主要依赖于 RTK 和全站仪等硬件设备,并结合 CASS 软件进行数据处理。然而,这种方法基于特征点的坐标数据进行土石方量的计算,而这些特征点的采集往往依赖于外业人员的经验判断,具有较大的随机性。在遮挡物较多的区域,特征点的精度会大大降低,甚至可能无法采集到有效的数据。因此,使用传统设备计算土石方量在应用范围、适用条件以及计算方法等方面均存在一些局限性和问题。土石方测量与工程量测算需要更便捷快速的方法,用来减少土石方工程的施工成本^[2]。本次研究以实际项目为例,用无人机倾斜摄影技术对道路路基土石方工程展开研究,通过利用无人机能对点云数据全面快速采集和 BIM 技术能快速算量、施工模拟等功能,实现道路路基土石方快速开挖及填筑的目的。

1 工程概况

桂湾大街位于深圳市前海湾,设计车速 30 km/h,

收稿日期: 2024-01-04

作者简介: 陈杰(1988—),男,学士,工程师,从事工程数字化工作。

规划道路红线宽 18 m,规划双向三车道。项目北起桂湾二路,南至桂湾三路,全长约 0.245 km,工程项目区域定位见图 1。



图 1 工程项目区域定位图

由于本工程项目所在场地原始地貌为滨海相潮间带(滩涂),2004 年以前为小范围填海,填筑后地形包括海域和陆域,海域主要为潮汐河,由东向西流向前海湾;陆域普遍分布淤泥及淤泥包。2011~2013 年,深圳市对前海深港合作区进行了软基处理,线址范围内主要采用真空预压、堆载预压等方法进行了处理。根据地质勘测结果,本场地沿线普遍分布有软弱的淤泥层及液化土层,层面埋深约 1.5~14.0 m,厚度 0.3~11.5 m,根据设计规范,需对路基采取地基处理。工程项目总平面设计见图 2。

2 倾斜摄影数据采集及处理

2.1 现场勘察及清障

在利用无人机进行施工现场数据采集之前,必须

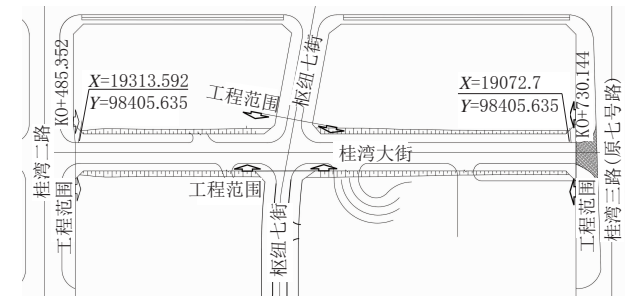


图 2 工程总平面设计图

先对场地进行详细的勘察,以确保数据采集的安全和准确性。勘察的内容应包括地形、地貌、水文、地质、运输道路、邻近建筑物、地下埋设物、管道、电缆线路、地面上障碍物、堆积物以及水电供应等各个方面。

根据现场勘察情况清除施工区域内的地表障碍物,如废弃的建构筑物及施工区域的自然堆积物和树木。如果施工图上存在标注地下管线和地表管线的情况,需要依据规定程序申请移改线路。

2.2 数据采集

在施工现场勘察和施工区域障碍物清理完毕后,开始用无人机采集项目现场三维实景数据。用于三维实景数据采集的无人机通常装载 1 个垂直镜头和若干个倾斜镜头,通过多个角度同步采集实景影像,获取地物顶面及侧面的高分辨率纹理^[3]。

本次研究采用的无人机设备是精度较高的 DJI Phantom 4 Pro V2.0,为了保证采集影像的均匀性与稳定性,需要选择天气、风速和日照强度适宜的时间进行无人机航拍^[4]。正式开始数据采集前,需对航线进行合理规划,航向重叠率与旁向重叠率建议都设置在 60%以上,这样能保证后续重建的航测模型的精度和完整性。无人机飞行区域规划设置见图 3。

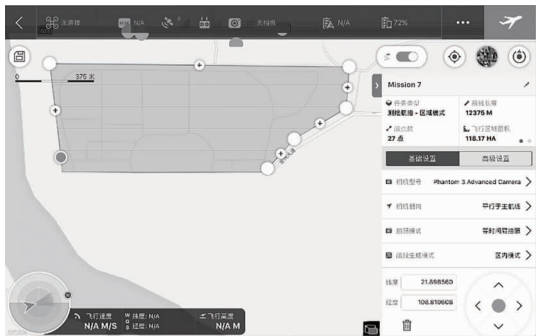


图 3 无人机飞行设置

在飞行准备工作完毕后开始执行无人机航测任务,当电池电量不足时无人机会自动返航,返航后先暂停任务,换电池后继续当前任务。无人机航测任务执行完毕后,将事先插入无人机的 SD 数据存储卡取

出,导出航拍的照片和视频文件,见图 4。自此,用无人机采集项目现场数据的工作完毕。



图 4 DJI 无人机导出照片示例

2.3 数据处理

将用无人机在施工现场拍摄的照片和视频文件导入 ContextCapture Master 软件进行空中三角建立,在 ContextCapture Master 软件中新建模型项目,导入空中三角数据,在裁剪所需地形区域后再进行倾斜摄影模型重建。为了提高空中三角数据的通过率和精度,可以先使用 Mirage3D 等第三方软件进行空中三角测量计算,再将计算结果含外方位元素导回 ContextCapture Master^[5]。倾斜摄影模型生成后将模型导出.dwg 格式的三维 CAD 模型,见图 5。

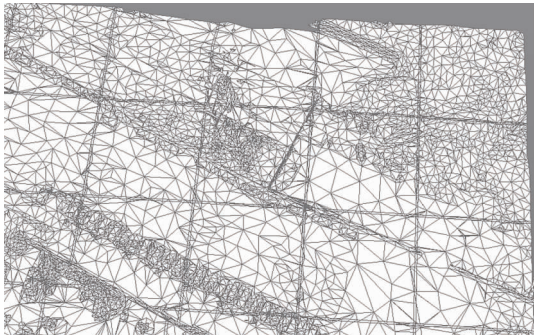


图 5 DWG 格式原始地貌模型

使用 Revit 软件新建项目,在体量和场地功能模块新建地形表面,选择导入实例的方式导入已生成的.dwg 格式原始地貌模型,经修整生成原始地貌 BIM 模型,见图 6。

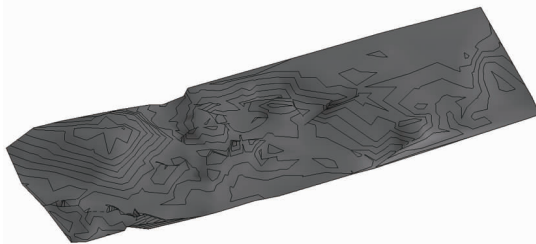


图 6 原始地貌 BIM 模型

将项目道路工程路基设计平面图纸导入 Revit 软件,将原始地貌 BIM 模型依据路基开挖边线进行裁剪,得到路基挖方区域 BIM 模型,见图 7。



图7 路基挖方区域 BIM 模型

3 倾斜摄影数据应用

3.1 造价估算

在生成路基挖方区域 BIM 模型后,在 Revit 软件中将 BIM 模型的创建阶段设置为“现有”,选择体量和场地功能框中的“平整区域”功能命令,在弹窗中点击“创建与现有地形表面完全相同的新地形表面”或“仅基于周界点新建地形表面”,點選路基挖方区域 BIM 模型,这样就生成一个新的地形模型。

依据道路路基设计图纸,设计挖方后道路基坑底高程点,将带高程点的二维图纸导入 BIM 软件,将二维图纸作为参照修改新地形模型的高程点,这样就生成了挖方后的基坑表面 BIM 模型。挖方后的基坑表面 BIM 模型与挖方区域 BIM 模型投影产生的体量空间即为挖方工程量体积。

选取新地形模型,在构件属性栏会显示“净剪切”、“填充”、“截面”参数和参数值,这些参数值即为挖填方净值、填方、挖方的工程量,见图 8^[6]。

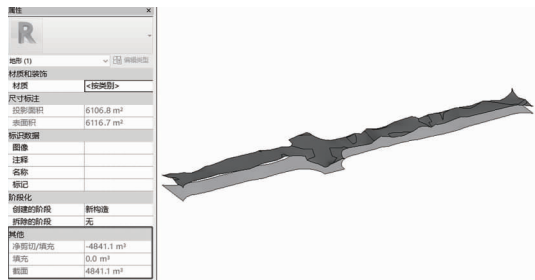


图8 土石方工程量统计

通过上述方法,可以快速获取路基土石方需要挖方和填筑的工程大致体量,配合土石方工程综合单价快速估算工程造价,为施工组织设计提供参考依据。

本项目路基土石方工程量使用传统人工测算方法测算结果为 5 130.35 m³;依据倾斜摄影数据估算结果为 4 841.10 m³;而通过施工过程数据总结得出土石方实际完成工程量为 4 758.73 m³。以上数据表明,针对本项目路基土石方工程量测算,使用倾斜摄影数据估算方法比使用传统人工测算方法精度大约高出 6%。

传统路基土石方工程量是用二维图纸上的路基开挖面积乘以平均开挖深度进行估算,由于未考虑

原始地形不平整和基坑开挖放坡等因素,导致工程量误差较大。而用倾斜摄影数据进行工程量估算,由于使用的是实景三维数据进行不规则体积计算,精度较高,能更好的辅助路基土石方工程造价的估算。

3.2 施工策划

经过对土石方工程量的测算,项目技术负责人可以依据土石方 BIM 模型和土石方工程量制定施工方案和施工计划。施工方案和施工计划创建完毕后,项目 BIM 技术工程师根据施工方案创建土石方工程所需机械设备的三维构件库,例如挖掘机、运土车等。三维构件库创建完成后,将构件库导入土石方 BIM 模型,对 BIM 模型依据施工方案进行完善。然后依据施工计划及挖掘机和运土车的工作效率、运输流线对土方模型体量进行切割划分,最后将土石方体量 BIM 模型导入 Lumion 软件中制作模拟路基土石方的开挖的视频动画,见图 9^[7]。

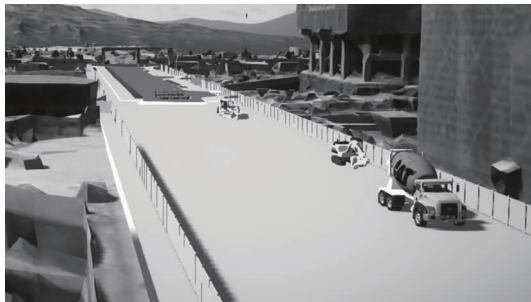


图9 路基土石方开挖过程策划

在施工策划动画制作过程中,需要依据现场施工实际情况,跟施工技术负责人持续沟通车辆运行路线、路线碰撞、劳动力投入、机械设备投入等问题,最终形成符合施工要求的策划方案,并以此为依据优化施工方案。将基于施工模拟优化的施工方案和施工计划配合模拟视频对施工队伍进行技术交底,明确每一个时间节点的工作完成量和工作计划,甚至能明确每次挖方位置和运输路线,以此达到精细化施工管控的目的。

3.3 施工过程控制

由于本项目被列为业主单位的重点项目,项目建设过程中的质量与安全获得业主单位的高度重视。为保障项目质量安全,我方将项目质量安全管理部列为重点部门,配备大量专业人员,通过定期检查和不定期抽查的方式来保障项目质量安全。但由于始终存在检查人员无法到达的地方,导致检查不全面,且人工检查效率低,耗时费力。

采用无人机倾斜摄影技术进行项目巡检,通过

设定巡检航线,将检查范围覆盖整个项目施工区域。对于检查人员无法到达的部位,可以操作无人机进行针对性检查,检查过程中可随时采集影像数据用于留底及后续质量安全问题的整改处理。如果需要进一步提高项目质量安全的管控,可以将无人机倾斜摄影采集到的数据用软件进行处理,生成实景三维模型,通过对比分析不同时期的模型数据,及时发现施工过程中的质量问题和安全隐患。

需要注意的是,用倾斜摄影技术在路基土石方施工过程中保障工程质量安全虽然具有很多优势,但在实际应用中也存在一些局限性。例如,无人机的飞行高度和角度可能受到施工现场环境的影响,导致部分区域无法拍摄到清晰的影像。因此,在使用无人机倾斜摄影技术进行巡检时,需要结合实际情况进行灵活应用,并与其他巡检方法相结合,以确保路基土石方工程施工的质量和安

4 效益分析

4.1 经济效益分析

本道路工程路基土石方开挖采用无人机倾斜摄影及 BIM 技术,施工前按照施工作业计划对工程量、工期、劳动力、材料设备进行合理规划,再进行施工模拟,通过模拟找出不合理之处再进行优化,形成最佳的施工方案。采用该施工工艺施工,共降低施工成本 10.73 万元,其中人工成本降低 4.12 万元,材料成本降低 1.83 万元,机械成本降低 4.78 万元,节省大量机械设备和人工投入,为项目创造了良好的经济效益。

4.2 社会效益分析

用无人机航测获得的模型进行路基土石方开挖和路基填筑施工模拟,使得施工管理、劳动力、机械设备分工明确,各司其职,从而大幅提高了施工质量。由于通过施工模拟进行了合理的规划,装载机土石方运输路线和卸料位置都已明确,不会产生乱堆

乱放的现象,使道路工程施工和自然环境保护融合,创造出明显的社会效益。

5 结 语

本次研究以无人机和 BIM 技术作为工具,以道路路基土石方工程开挖及填筑为研究对象,首先使用无人机在施工现场采集原始地形三维实景数据,生成 BIM 模型,将工程原始地貌清晰准确的展示,为施工方案编制和测量放样提供依据;然后使用 BIM 技术对土石方工程量进行快速测算,为土石方工程造价估算和施工组织设计提供参考依据;最后使用施工模拟软件对路基土石方开挖及填筑施工过程进行了合理的规划,形成视频动画,为路基土石方施工提供了形象可靠的技术方案。与传统施工方法相比,本次研究的技术具有施工准备充分、施工迅速、人工和设备投入少的优点,可以为同类路基土石方工程施工提供参考。由于倾斜摄影技术的数据采集精度容易受到测量距离、飞行环境等因素影响,对数据精度要求非常高的场景可结合其他数据采集技术,如激光扫描、全站仪等,进行交叉验证和补充采集,以提高整体数据精度。

参考文献:

- [1] 辜超,赵十璧,郑钧予.RTK 配合全站仪法在土石方工程量计算中的应用[J].科技创新与应用,2019(8):172-173.
- [2] 周海波,罗洪军,周鲜明.不同测绘方法在土石方量计算中的应用与对比研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(4):184-186.
- [3] 王晓芳,杨洪图,李长洙.基于三维实景模型公路桥梁 BIM 正向设计研究[J].城市道桥与防洪,2023(8):75-79.
- [4] 颜明捷.无人机倾斜摄影技术在城市实景三维建模中的应用[J].科技创新与应用,2023,13(10):173-176.
- [5] 张懂庆,李智,张繁荣.基于 Context Capture 倾斜摄影空中三角测量技术优化研究[J].软件,2021,42(2):159-162.
- [6] 牛立军,韩涛.基于 BIM 技术河道地形处理分析研究[J].四川建材,2019,45(12):182-184.
- [7] 张伟光,鲍帆,王敬凌,等.机场道面不停航施工数字建模与影响评估[J].指挥信息系统与技术,2022,13(5):32-40.

~~~~~  
(上接第 257 页)

过后槽壁失稳现象以及沉渣过厚的现象。

### 参考文献:

- [1] 刘凤洲,谢雄耀.地铁基坑围护结构成槽施工对邻近建筑物沉降影响及监测数据分析[J].岩石力学与工程学报,2014(1):2901-2907.
- [2] 雷国辉,王轩,雷国刚.泥浆护壁开挖稳定性的影响因素及失稳机理

综述[J].水利水电科技进展,2006(1):82-86.

- [4] 资晓鱼,申玉生,连正,等.超深地下连续墙槽壁位移及泥浆配制技术研究[J].路基工程,2021(2):140-147.
- [5] 于泽溪.盐溶液对钠质膨润土工程特性的影响研究[D].杭州:浙江大学,2019.