

激光点云与 BIM 技术在土方施工中的应用研究

衡亚运

(安徽省交通建设股份有限公司, 安徽 合肥 230001)

【摘要】无人机解决方案为测绘作业带来技术革新,大幅提升了测绘工作的自动化和信息化水平,为测绘、施工单位带来节省成本、效率提高、作业安全保障等多重优势。在地理信息数据采集中,无人机搭载点云激光雷达作业,可穿透植被冠层,获取林下地形数据,高效完成数据采集作业。结合BIM技术可以为场地地形测绘、土方量计算、施工场地规划、施工过程监控、施工质量检测、土方工程安全评估以及机器与自动化设备导航等方面提供有力支持。

【关键词】激光点云; BIM 技术; 土方施工

引言

随着建筑信息模型(BIM)技术的不断发展,施工精度成为业内最需要的解决重点问题之一。土石方量的测量计算作为工程建设前期阶段一项不可或缺的工作,其结果的精确性和准确性直接关系到工程预算、施工组织设计和施工现场工作安排,对工程建设具有重要影响。

本文将探讨通过建立精准施工模型与激光点云DEM相结合的方式,使用机载激光雷达的多回波间隙穿透技术,获取植被冠幅以下的地形数据,得到精确的原地面数字高程模型(DEM)。同时采用OpenRoads软件结合地勘资料,形成可视化三维数字地质模型。并创建的道路模型,与三维数字地质模型结合,生成可视化的路堑挖方体,并通过在OpenRoads二次开发的DBtable插件,按照施工工况导出施工路堑边坡开口线坐标、高程与土石方量表,达到了指导山区复杂地形、地质的路堑施工的目的。

一、施工中常见难点

对于线路长、植被覆盖、地形多变且地质复杂地区路基施工,利用常规测量算量技术存在以下三处不足:

(一)传统RTK测量技术,测量人员深入现场,利用地面RTK按断面进行分段、单点数据采集,只在地形起伏变化的特征点上数米或数十米采集一个点,以直代曲,部分地区人员难以通过只能按就近测量点内插拟合无法准确的表达完整的地表信息。此方法耗时耗力,忽略大量地形特征,无法全面反应真实地型,信息不对称。

(二)近年来利用无人机倾斜摄影、正摄影生产出DSM(数字表面模型)和DOM(数字正射影像模型),对于地表植被、构筑物无法去除,只能通过估计扣除处理。此方法人为干预因素大,无法精确获取DEM(数字高程模型),受地表附属物影响计算结果偏差较大。

(三)传统土石方计算方法是基于CAD图纸利用断面法和施工图给出的土石比例进行土石方工程量计算,计算值与实际值存在较大差别。对于地层复杂,土石混填地区,无法对全局土石平衡及石方爆破方量做出精确规划和有效指导,容易造成二次或多次搬运,增加施工成本。

二、工程概况

本文所涉及的工程项目是安徽省安庆市某道路工程,全长12.5km,双向6车道,路基宽度为34.5m,工程主要建设内容包括路基工程、桥涵工程、防护支挡工程以及排水工程。设计总体为土石方内部填挖平衡,其中路基挖方分为中风化岩、强风化岩、全风化岩、粉质黏土等;路基填筑分为硬岩、软岩填石路堤与灰土处理。

因地表植被覆盖、地形多变、地质复杂,不同类型土石方分布及数量难以确定。在前期项目整体策划及成本预算中造成极大困难与风险。为准确复核现场土石方量,采用机载激光雷达对现场进行激光点云采集,通过terrasolid对于地面点与非地面点分类,去除地面附属物,获取精确DEM数据及模型。再根据地勘资料利用Bentley OpenRoads进行地层建模,形成3D地质模型。

三、工艺流程

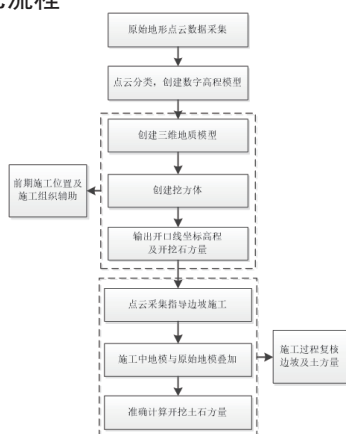


图1 工艺流程图

四、现场采集要点

本次点云采集采用大疆 M300RTK 无人机, 搭载禅思 L2 激光雷达进行作业。利用奥维地图确定项目位置并制作 KML 文件, 导入 M300RTK 遥控器, 将飞行速度设置为 15m/s, 飞行高度为 150 米, 根据地形将旁向重叠设置为 20%-50%, 采用重复式扫描方式进行作业。无人机起飞前, 激光雷达无需惯导预热, 开机即可作业, 提升外业采集工作效率。

五、数据处理控制要点

(一) 点云数据预处理

点云数据的预处理在分类过程中起着非常重要的作用。主要是改善数据质量精确分辨地面点和非地面点等地物地貌。预处理在点云分类过程中的主要作用有:

1. 数据清洗: 去除异常值、重复点、无效点, 以及填充缺失值等操作, 可以减少对分类过程产生负面影响的数据。
2. 降噪: 通过过滤噪声点, 减少数据中的噪声, 可以提高分类的准确性。
3. 滤波和重采样: 这些操作可以减少点云数据的复杂性, 简化数据结构, 从而加快分类过程。通过平滑点云数据, 也可以去除噪声和不必要的细节。
4. 特征提取: 预处理过程可以提取出与分类任务相关的特征, 如曲率、方向、表面法线等, 这些特征可以帮助分类器更好地理解数据的结构和模式。

(二) 点云分类, 生成地形图

1. 自动分类

使用 TerraSolid 软件, 利用分类算法对激光点云数据进行处理, 将植被、建筑物、电力设施等地物数据与地表数据进行分离, 实现对地表数据的提取。对原始点云分类, 分类级别为地面点、非地面点两类, 如图 2 所示。

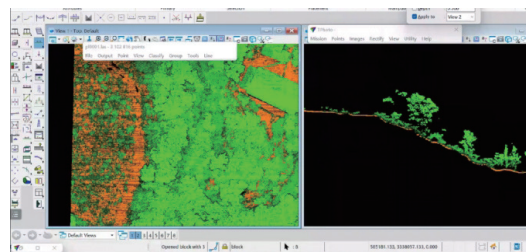


图2 点云粗分类成果

2. 细分类

利用点云分类软件对粗分类后的数据进行构 TIN 检查, 对分类错误数据进行修正, 细分类时结合正射影像进行判别。检查修改的内容主要是两类: 应该保留在地面层中点 (山脊山谷、路沟坎、大坝、礁石、田埂等) 被粗分类到非地面层, 需要手动返回到地面层中; 需要分类掉的点 (植被、建筑物、交通设施、桥、小物体等) 未粗分类干净彻底, 需要手动分类干净。细分类的过程需要进行大量人工干预, 弥补自动分类算法在地物、地表数据判别上不准的不足, 如图 3 所示。

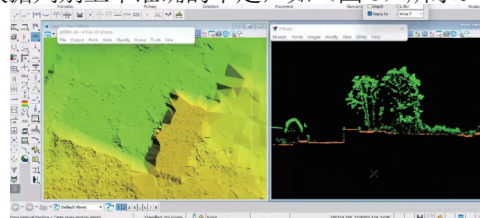


图3 点云细分类成果

(三) 创建三维地质模型

1. 在 OpenRoads 中, 创建不同土层的地形特征, 按土层类别进行命名, 同时特征定义属性中对应体积选项设置为“无”;
2. 连接处理后的点云 las 文件, 利用“点云创建地形”功能, 软件通过三角网自动创建 DEM (数字高程模型);
3. 根据地勘钻孔资料, 根据每层土的顶高程, 创建不同土层表面地形图;
4. 根据创建不同土层表面地形图, 结合土层的地形特征, 完成不同土层的三维地质模型, 从上往下依次为种植土、可塑性粉质黏土、强风化绢云母片岩、中风化绢云母片岩;

(四) 创建道路三维模型和不同土层挖方体

1. 参考已创建的地形图并设置激活; 根据设计图纸的平、纵、横资料, 在 ORD 中创建平、纵曲线和横断面模板库, 快速创建道路三维模型, 并生成真实的边坡;
2. 参考创建的三维地质模型, 核查位置和高度是否有误, 同时可打开路基横断面的动态视图, 可以查看路基横断面和不同土层的位置关系; 其中: ①

种植土；②可塑性粉质黏土；③强风化绢云母片岩；④中风化绢云母片岩；

3. 利用 ORD 自动创建填方和挖方土方量，软件可自动生成不同土层的填方和挖方体，土层信息如图 4) 所示；

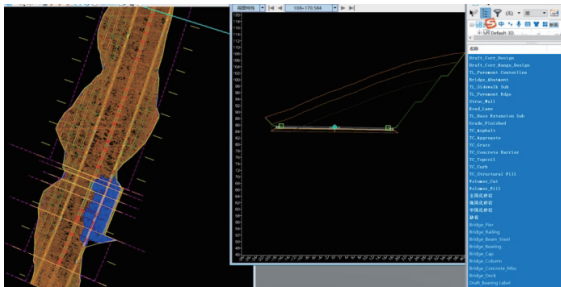


图 4 动态查看断面

(五) 输出开口线坐标高程及开挖土石方量

将数字地质模型参考入路基模型并设置激活，根据设计坡度自动放出边坡，并切割挖方体，同时创建出开口线；利用 DPtable 插件动态选择开口线位置坐标，并导出坐标表格及土石方量；根据导出坐标点准确定位开口线边界位置，根据可视化土石分类与方量进行合理分配机械组合与成本规划。

(六) 点云采集指导边坡施工

1. 施工过程中对开挖后断面进行阶段性扫描，扫描完成后生成点云文件，通过地面点分类，去除施工现场机械、土堆、帐篷等影响物。获取纯开挖面的点云数据。

2. 在点云数据上可直接对开挖位置、开挖坡度量取进行复核。全方面检查开挖面的超挖浅挖，减少人工利用地面 RTK 坡面复核的危险。

3. 去除附属物后的地表点云 las 文件通过三角网自动创建地表模型，在同一坐标系下互相参考，对于两个叠加地模进行自动切割出交集部分，即可准确计算出挖方段内土方开挖的准确工程量。

六、安全与环保措施

(一) 安全措施

1. 无人机操作人员持有 CAAC 操作证，严格按照《无人机激光点云作业指导书》及相关标准规范操作
2. 提前调查作业区限飞、限高要求，按照流程进行空域申请，严格按照作业区限高要求控制飞行高度，并避开其他航空器作业。
3. 无人机应控制在视距范围以内，对超视距飞行，应采用双控模式承接作业。
4. 起飞及降落点避开人车流动区，保证第三方人身财产安全。

(二) 环保措施

1. 作业过程严格遵守《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国森林法》等现行国家环保技术标准规范

2. 现场无人机起飞点尽量使用既有平地，杜绝杂草的清理破坏。确需占用草地，采用平铺式便捷无人机场。使用后回收即可。

3. 现场标识点使用标识板，作业完成后直接回收，避免喷涂造成的环境污染。

4. 作业人员产生的生活垃圾及设备外包装垃圾，集中回收，禁止随地丢弃。

七、经济效益

利用激光雷达进行施工现场数据采集，在数据采集与处理阶段节约人工、提高了处理速度。同时根据三维数字地质模型与挖方体模型优化开挖顺序与机械组合，减少机械调运、窝工、低负荷工作，提高了机械使用效率，优化了运输距离。

八、社会效益

(一) 快速提供成果，有力指导前期施工成本预算
一般项目中标后的项目前期策划阶段时间较短，需快速、准确地提供开挖线位置，做好施工部署及复核工程量。本方法在数据采集的效率与精度上完全满足现场路堑施工边界测量放线及施工成本预算需求，能够指导施工机械组合、土方运输、施工组织等成本策划。

(二) 三维可视化，有力指导施工方案选择

由地形、地质、路基组合而成的 BIM 模型，可对深挖路堑的开口线空间定位、开挖方式、支护顺序等方案进行可视化模拟。使施工方案具有可操作性，减少施工过程方案考虑不全。

(三) 推动数字化施工

随着以 5G、互联网、大数据、人工智能为代表的数字化、网络化、智能化技术，正成为建筑施工行业数字化转型的驱动力。利用该方法将传统测量、算量、调配的短板一一解决，以数字化促进工程管理降本增效。

参考文献：

- [1] 杨凯文. 机载激光雷达在公路勘测及 BIM 设计中的应用研究 [J]. 现代测绘, 2021 (04): 6-11.
- [2] 陈孝哲. 三维激光扫描与 BIM 技术在道路工程质量检验中的应用 [J], 2021 (03): 5-7.
- [3] 许彬. BIM 技术在土方开挖中的应用 [J], 2023 (06): 24-27.
- [4] 宋晨星. 基于“BIM+GIS”技术的公路工程土方调配优化 [J], 2022 (24): 92-95.