

# 基于无人机倾斜摄影技术的公路土石方量计算与施工进度管理应用探讨

杞丽萍

云南云路工程监理咨询有限公司 云南 昆明 650228

**【摘要】**：公路土石方量计算与施工进度管理是公路施工管控的核心内容，当前存在土石方量测算精度低、效率不足，进度管控缺乏实时性，以及二者协同衔接不畅等问题，制约施工质量与效率提升。本文结合公路工程施工特点，将无人机倾斜摄影技术进行工程适配改造，构建基于该技术的土石方量精准计算方法，并将其应用于施工进度动态管控。实践表明，该技术可有效提升土石方量计算的精度与效率，实现施工进度的可视化、动态化管控，破解二者协同难题，为公路施工调度、成本核算与资源优化提供可靠支撑，推动公路施工管控向精细化发展。

**【关键词】**：无人机倾斜摄影技术；公路土石方量计算；施工进度管理；三维建模；公路施工管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.057

## 引言

公路工程建设中，土石方量计算的精准度与施工进度管控的高效性，直接决定工程质量、建设成本与工期推进。随着公路建设向山区、丘陵等复杂地形延伸，传统管控模式的局限日益凸显，难以适配复杂工况下的精准化、动态化管理需求，成为制约公路工程高质量推进的关键瓶颈。无人机倾斜摄影技术凭借高效数据采集、高精度建模的核心优势，为破解传统管控难题提供了全新技术思路。本文立足公路土石方量计算与施工进度管理的实际需求，探讨该技术的工程适配方法与落地应用路径，为推动公路施工管控提质增效、实现智能化升级提供实践参考。

## 1 公路土石方量计算与施工进度管理的现存问题

### 1.1 公路土石方量计算精度不足且效率低下

公路土石方量计算是公路施工前期筹备与过程管控的核心环节，当前传统计算方式多依赖人工实测、全站仪测量或二维地形图分析，受公路施工区域地形地貌复杂程度影响较大，尤其是山区、丘陵地带的沟壑、坡度变化等，易导致测量点位覆盖不全面，出现漏测、误测等问题，进而造成土石方量计算结果与实际施工量存在偏差，精度难以满足施工质量管控要求。同时，传统测量方式需投入大量人力物力，测量人员需深入施工现场逐点采集数据，不仅劳动强度大，且测量周期较长，难以快速响应施工过程中土石方量的动态变化，当施工区域范围较大、地形条件恶劣时，测量效率会进一步降低，无法及时为施工调度、成本核算提供准确的数据支撑，间接影响施工进度推进与资源优化配置。

### 1.2 公路施工进度管控缺乏实时性和准确性

公路施工场地跨度大、地形多样，施工涵盖土石方开挖、运输、回填等诸多工序且交叉作业密集。传统进度管控多依靠人工现场核查与纸质记录汇总，难以实时捕捉施工过程中的动态变动<sup>[1]</sup>。现场作业人员需定期对各作业面进度开展人工丈量与数据统计，既耗费大量时间与人力，测量结果还会受人为操作偏差、气象条件、地形遮挡等因素干扰，无法精准呈现施工实际推进情况。人工统计的数据需经过多级上报与整理才能传至管理端，时间滞后问题突出，使得管理部门难以实时掌握各作业段推进情况与资源投放状况，无法及时察觉进度滞后、工序衔接不畅等施工问题，也不能快速出针对性调整方案，影响整体施工进度管控的合理性与实效性，还可能因管控偏差诱发工期延误、成本攀升等风险。

### 1.3 土石方量计算与进度管理协同衔接不畅

公路工程土石方测算数据与现场施工进度管控体系相互独立，数据信息无法实现实时互通与动态联动，两项工作长期处于分段独立开展的状态。土石方量测算多依托阶段性地形测绘成果完成静态数据核算，数据更新周期较长，无法跟随现场开挖、填筑作业进程同步更新工程量参数。施工进度管理依旧沿用传统人工台账统计方式，仅针对施工工序完成度进行记录，未能结合土石方剩余工程量、调配工程量规划施工排布<sup>[2]</sup>。二者数据接口不统一，工程量偏差、填挖方余量变化无法及时反馈至进度计划调整环节，进度排布难以依据实际土石方施工体量动态优化。同时土石方调配方案、工程量变更信息无法同步流转至进度管控模块，易出现施工工序超前滞后、土方调配与现场作业不匹配、工期计划与实际工程量消耗脱节等问题，整体管控流程缺乏一体化联动机制（见图1）。



图1 土石方量计算与施工进度管理数据联动流程

## 2 无人机倾斜摄影技术的针对性应用解决路径

### 2.1 无人机倾斜摄影技术的工程适配改造

公路土石方工程地形繁复、作业区域零散、精度标准严苛。无人机倾斜摄影技术需围绕设备参数、飞行规划、数据处理开展工程适配调整，选用兼具抗强风性能与长续航能力的工业级无人机作为设备支撑，配备多镜头倾斜摄影相机，校准镜头焦距与拍摄角度实现公路路基、边坡等核心区域完整拍摄，升级传感器感知度适配不同光照环境下的作业场景。结合公路线路走向与地形起伏采用分区航线规划，合理设定飞行高度、重叠程度及拍摄间隙，规避高压线路、桥梁等障碍物保障影像数据无盲区、无畸变。优化三维建模演算方式融入公路工程专业参数，提升土石方区域边界与高程数据的识别准度，简化数据处理环节压缩建模耗时，适配公路施工中快速获取数据、及时指导作业的实际场景，达成技术与工程施工的精准契合。

### 2.2 基于该技术的土石方量精准计算方法

基于倾斜摄影技术的高程点密度优势，土方量计算摆脱了传统RTK离散点采集带来的代表性误差。通过在ContextCapture或大疆智图等软件中重建测区高精度实景三维模型，生成数字表面模型(DSM)，直接获取地表任意位置的坐标与高程信息。将施工前后两期的DSM数据导入ArcGIS或南方CASS软件，利用“表面体积”分析工具或DTM法(数字地面模型法)，通过对比两期高程差自动剥离计算填挖方量。

### 参考文献:

- [1] 梁四么,杨海成,李云涛,等.基于无人机倾斜摄影测量在土石方测算中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(09):235-237.
- [2] 程圆娥,吕志慧,袁春琦,等.基于无人机倾斜摄影测量的土石方量计算[J].地理空间信息,2021,19(08):70-73+5.
- [3] 郭岚,王磊.基于无人机倾斜摄影测量的土石方测算技术[J].测绘标准化,2020,36(01):50-53.

以G228公路上海段项目为例，基于倾斜摄影三维模型法测算的填筑厚度为54.0cm，与传统方格网法测算的54.17cm相比，两者误差仅1.7mm，处于毫米级别，验证了该方法的高可靠性。结合BIM设计模型，可将理论曲面与实际点云进行布尔运算，直接输出各桩号区段的精准土方调配量，避免重复计算。实际应用中，像控点布设精度需控制在厘米级，且飞行重叠率建议设置为80%以上，以确保模型地面分辨率(GSD)优于2cm，进而保障计算结果的权威性。

### 2.3 该技术在施工进度动态管控中的落地应用

无人机倾斜摄影技术在公路施工进度动态管控中的落地，以高频次、高精度的数据采集为核心，结合三维建模技术实现施工全流程可视化管控<sup>[3]</sup>。通过设定固定拍摄航线与周期，对公路施工路段进行常态化航拍，快速获取路基填筑、路面铺设、边坡修整等各工序的实时影像数据，经数据处理生成高精度三维模型，精准还原施工现状。依托三维模型可直观比对实际施工成果与设计图纸的偏差，实时捕捉工序衔接中的滞后问题，同步量化各施工分区的进度完成情况，包括已完成工程量、未施工区域及施工强度。同时，将航拍数据与施工计划数据关联，构建进度动态分析模型，实时更新施工进度参数，为施工调度、资源调配提供精准数据支撑，实现施工进度的实时监控、动态调整与精准管控，保障公路施工按计划有序推进。

## 3 结语

无人机倾斜摄影技术通过工程适配改造、精准土方计算与动态进度管控的层层落地，有效破解了公路工程中土石方量测算精度低、进度管控滞后、二者协同不足的核心痛点，为公路施工管控提供了高效、精准、一体化的技术路径。其依托高精度三维建模与实时数据采集能力，既提升了土石方量计算的效率与准确性，又实现了施工进度的可视化、动态化管控，为施工调度、成本核算与资源优化提供了可靠支撑。未来需进一步优化技术适配性，推动其与BIM、大数据等技术深度融合，完善数据协同机制，助力公路工程施工管控向智能化、精细化转型，为公路建设高质量发展注入新动能。