

倾斜摄影测量与 GIS 技术在工程测量中的运用

文 / 陈 涛 六安市测绘院有限责任公司

摘要: 随着工程建设规模的不断扩大和复杂程度的日益提升,传统工程测量手段已经无法满足对高精度、多维度数据的需求,为提高工程测量效率和准确性,本文首先对倾斜摄影测量与 GIS 技术进行了详细概述,剖析了倾斜摄影测量从多角度获取影像构建三维模型的工作原理及高分辨率等特点,同时阐释了 GIS 技术在地理空间数据采集、管理、分析等方面的功能与优势,其次深入探讨了这两项技术在工程测量中的作用,最后依托实际工程阐述了两种技术的综合应用措施,实现了对工程测量全流程的优化与升级,以此为相关人员提供实践参考。

关键词: 倾斜摄影测量; GIS 技术; 工程测量

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.115

引言

当今数字化、智能化快速发展的时代,工程建设领域正经历着深刻变革,从城市的高楼大厦拔地而起,到交通网络的不断延伸拓展,再到各类基础设施的升级改造,工程规模日益庞大且复杂程度持续攀升,与此同时地理信息技术也迎来了飞跃式发展,为工程测量提供了更为先进的手段,倾斜摄影测量技术能够突破传统垂直摄影的局限,从多个角度获取高分辨率影像,真实还原地物的三维立体形态;而 GIS 技术凭借强大的地理空间数据处理与分析能力,成为整合和管理各类地理信息的核心平台。二者为工程测量带来了全新的思路与方法,推动着工程测量从传统模式向高效、精准、全面的现代化测量模式转变,满足了当下工程建设对测量数据高精度、多维度、实时性等方面的严苛要求。

一、倾斜摄影测量与 GIS 技术概述

(一) 倾斜摄影测量

倾斜摄影测量原理是使用安装到无人机等平台的多镜头相机,同步从垂直、倾斜等多个不同角度采集地面物体影像,这些从不同角度获取的影像包含丰富地物细节,同时运用专业的摄影测量软件则能够依据多视几何原理,对影像里的同名像点进行匹配与分析,实现对物体空间位置及外形的准确解算^[1]。

倾斜摄影测量展现出的高分辨率成像的能力,能清晰捕捉地物的细微特征,即使是小型建筑附属物或地形起伏变化也可精准呈现,与传统垂直摄影相比,它可获取地物的侧面信息,逼真还原地物的三维立体形态,令建模结果更加逼真、全面^[2]。

(二) GIS 技术

GIS 技术原理是将现实世界中的地理空间信息进行数字化处理,涵盖地理数据的采集、存储、管理、分析及可视化呈现,其通过构建空间数据库,可将诸如地形地貌、土地利用、交通网络等各类地理要素以特定数据结构存于其中,并运用一系列空间分析算法对数据进行处理挖掘。

GIS 技术具备强大的空间分析功能,可以进行叠加分析、缓冲区分析、网络分析等操作,帮助测量人员从繁杂地理数据里挖掘出有价值的信息,而且还具备出色的数据管理能力,可高效存储、管理数量庞大的地理数据,可实现多种数据格式的导入及导出,方便实现数据共享与交换^[3]。

二、倾斜摄影测量及 GIS 技术在工程测量的作用

(一) 提升测量精准度

倾斜摄影所采集的多视角高分辨率影像由专业软件处理后可构建高精度三维模型,此模型可精准呈现地物的真实形状与空间位置,模型中的各点均经过严密算法解算,能将误差控制在极小的范围里,让测量地物坐标精度实现大幅提升,而在数据管理和分析过程中,GIS 技术能凭借自身严谨的数据结构与精确的空间分析算法,对测量数据进行进一步校准优化,它可实现多源数据的整合,消除数据之间的不一致情况,保障最终得出的测量成果精准可靠,符合工程建设对高精度测量数据的严格要求^[4]。

(二) 提高测量工作效率

应用这两项技术能够显著提升工程测量的工作效率,比如倾斜摄影测量能够借助无人机等设备快速开展大面积区域的数据采集工作,与传统人工实地进行测量对比,大幅缩短了外业工作的时间,而且无人机可按照预设航线实现自动飞行,高效采集所需影像,仅一次飞行便可覆盖较大范围。GIS 技术具备强大的数据处理能力,能够迅速对海量倾斜摄影影像数据进行分析、整合与分类,采用自动化的流程与算法,可迅速提取有用信息,降低人工干预的程度,极大加快了数据处理的速度,能够极大地缩短工程的整个测量周期^[5]。

(三) 丰富数据维度助力决策

由倾斜摄影生成的三维模型不仅包含着地物的几何形状,还附带真实的纹理信息,能从多个角度展现地物的特征,这便为工程人员呈现了更为全面的视角,而且 GIS 技术以此基础为依托,能把地形、地质、土地利用

等多种地理信息整合并关联分析，工程相关技术人员能运用空间分析功能分析不同数据之间的潜在关系，如分析地形起伏和工程建设适宜性的相互关系，或者探讨周边环境对工程有怎样的影响，这些丰富的数据维度为工程设计和规划提供了全面、深入的依据，帮助决策者综合考量各种因素，制定出更科学合理的工程方案。

三、倾斜摄影测量与 GIS 技术在工程测量中的应用措施

(一) 工程概况

本工程为某城市新启动的城市轨道交通线路建设项目，线路全长达 35km，途经多个商业街区、居民区以及复杂地形区域，包括河流、山地等，工程测量主要是为线路规划、车站选址、隧道挖掘以及轨道铺设等提供精确无误的地理空间数据，但由于工程覆盖范围广、地形状况复杂且精度要求极高，传统测量手段难以满足需求，因此引入倾斜摄影测量和 GIS 技术，从而保证工程顺利推进。

(二) 数据采集与整合

精准且完备的数据是工程测量的根基，倾斜摄影测量和 GIS 技术的数据采集及整合可获得丰富又精准的地理信息，为后续分析及应用奠定基础，

数据采集需借助搭载五镜头倾斜摄影相机的无人机采集相关数据（整体流程如图 1），根据工程范围与精度方面要求，精心规划飞行路线，设定飞行高度为 200m，在该高度可取得分辨率为 5cm 的影像，足以清楚分辨地面上各类地物细节，按照预先的航线规划，无人机以 5m/s 的匀速向前飞行，使影像重叠度达到 80%，旁向重叠度达到 60%，有利于提高后续影像处理时同名像点匹配的精准度，采集工作完成后，再将获得的大量倾斜摄影影像数据传输到专业的数据处理平台。

就 GIS 数据采集而言，利用全球定位系统搭配全站仪对控制点进行精准量测，保障坐标精度在 ±1cm 以内，并采集该区域现有的地质勘查数据、地形数据和土地利用数据等，此类数据来源于当地测绘部门、地质勘探单位等。为保障数据的实时有效性，对于部分近期出现变化的区域而言，还可以安排专业人员去实地进行补充测绘，如某区域近期进行了小型建筑拆除与道路翻新行动，专业测绘人员则需要赶赴现场，使用高精度测量装备采集最新数据。

数据整合阶段使用专业的地理信息数据整合软件，将倾斜摄影影像数据、GPS 测量数据与其他各类地理数据统一至相同地理坐标系下，例如西安 80 坐标系、WGS - 84 坐标系等，运用数据融合算法，把各类数据源的数据进行无缝拼接与融合，构建综合、统一的地理空间数据库，为后续基于 GIS 的空间分析与模型构建筑牢

数据根基。在数据整合的过程内，会多次进行数据的交叉检查，保证数据的完整与精准性，防止数据错误使后续分析出现偏差现象，对地形数据、影像数据中的关键地物特征进行比对，若发现两者不一致，立即追溯原始数据的源头予以核实与修订。

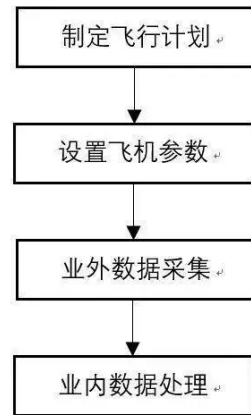


图 1 测量流程

(三) 基于 GIS 的空间分析

本工程建设中涉及大量的空间决策问题，借助 GIS 的空间分析可深度挖掘地理数据中的潜在信息，为工程设计及施工提供科学依据。

运用 GIS 的地形分析功能对整合后地形数据进行处理，通过生成数字高程模型（如图 2），计算工程区域的坡度、坡向等参数结果，如在分析线路穿越山地地段时，发现该区域坡度最大达到 35°，这便为线路选线时避开陡坡区域提供了关键信息，同时利用 GIS 的缓冲区分析功能，以规划好的轨道交通线路为中心，分别设置 50m、100m、200m 的缓冲区，对缓冲区范围内的建筑物分布情况、人口密度状况以及土地利用类型进行分析。经深入分析发现，本工程部分缓冲区存在大量紧密聚集的居民区，所以在车站选址及施工方案制定时应充分考虑对居民生活的影响并结合所建立的数字高程模型进行多维度综合分析考量，进而采取相应的防护措施，如果某车站周边缓冲区存在学校，施工时会采用低噪音的设备，对施工时间合理安排。

同时将地质数据和地形数据叠加进行叠加分析，考察不同地质环境下的地形稳定性，若在某区域探测到地下有断层存在，且上方地带的地形起伏幅度大，通过叠加分析能够确定该区域为工程建设高风险区域，再调整线路走向或者加强地基处理措施，运用网络分析功能，与现存交通网络数据相结合，考察轨道交通线路与周边道路的衔接情况，优化站点和周边交通设施连接的合理性，提高交通换乘的便利程度。进行网络分析工作时还应考虑不同时段的交通流量相关数据，预测站点周边交通的拥堵情况，以此合理规划出入口设置及换乘流线，

根据早高峰时段周边道路拥堵的相关数据,在站点增设多个出入口,缓解交通拥堵压力。

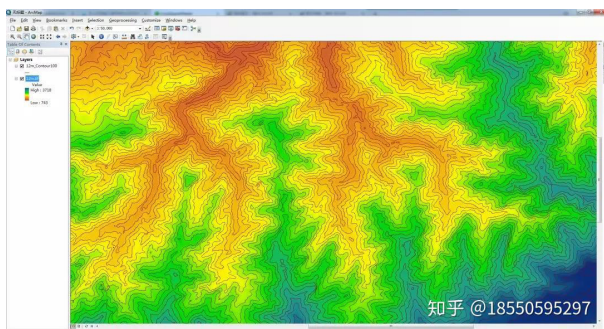


图2 数字高程模型

(四) 模型构建与优化

建立高精度的三维模型可直观反映工程区域的实际状况,而进行模型优化能进一步提高模型质量,满足工程建设在精度和细节上的要求。

基于倾斜摄影影像数据,可以借助多视影像匹配算法构建初始三维模型,构建工作开展时应利用影像的纹理信息进行映射操作,赋予模型真实的外观效果,初始模型构建完成后进行模型优化,手动对模型中的噪点、错误面片做编辑与修复,保障模型表面达到光滑效果,同时通过地面控制点数据对模型进行精度校正,将实测的控制点坐标与模型中对应点坐标进行对比,计算误差且进行调整,经多次校准调整,让模型平面位置的精度达到 $\pm 5\text{cm}$ 的水平,高程精度达到 $\pm 8\text{cm}$ 的水平,满足轨道交通工程建设的精度标准。

为提高模型细节的表现水平,聚焦重点区域,如车站周边区域,采用近景摄影测量技术采集更详细的影像资料,再将这些数据融入模型,如针对某车站进行近景摄影测量,采集分辨率为 1cm 的影像,融入三维模型中,以此使车站建筑的细节部分,诸如门窗、装饰等清晰展现,为车站设计及施工提供更精确的参照内容。模型优化这一阶段则引入机器学习的算法,对模型的整体结构进行优化,自动识别并校正一些潜在的几何变形问题,进一步提升模型的质量与可靠性,机器学习算法能识别模型中因数据采集误差所造成的建筑物扭曲现象,且自动进行校正,保障模型与实际地物高度吻合。

(五) 成果展示与应用反馈

有效的成果呈现可让工程各参与方直观了解测量结果,而应用反馈有助于不断对技术应用进行优化,提升工程测量的精度以及相关成果的利用水平。

利用GIS平台强大的可视化功能创建三维可视化场景,将搭建好的三维地形、建筑和轨道交通线路模型等整合到同一平台之上,通过设置不同的图层及透明度,能清晰地展示各要素之间的空间关系,例如当展示线路与周边建筑物关系时,把建筑物图层调整成半透明状态,

能直观看到线路与建筑物的相对位置关系,方便对施工造成的影响进行评估。同时制作二维专题地图,如工程区域有关的坡度图及地质图,以直观的图形色彩表示不一样的地理特征,为实现成果便捷共享,把展示成果发布至网络平台,工程各参与方通过所授账号可随时随地进行成果查看。

应用反馈阶段则应建立专门的反馈渠道,收集设计、施工和监理单位在利用测量成果时的意见与建议。例如,施工单位在隧道挖掘时发现某区域模型与实际地质条件存在细微的差异,立即反馈后,测量人员再次对该区域进行数据采集与分析,对模型进行修正与完善,同时通过持续进行应用反馈与优化,不断提高倾斜摄影测量及GIS技术在工程测量上的应用效果,为工程建设提供可靠的技术支持。此外,为实现反馈收集的高效性,还可以结合工程实际选择开发专门的移动端应用程序,以便于现场人员随时提交问题及建议,实现信息的快速传输与处理,如果现场施工人员发现某地段实际地形与模型存在差异,可以通过手机拍照且加上文字说明,直接上传到反馈平台,测量团队会第一时间接收并处理。

结语

综上所述,本文对倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用进行了系统性剖析,依托实际工程分析了数据采集与整合、基于GIS的空间分析等一系列技术与措施进行处理,能为工程测量提供全面且精准的数据支持,有效提升工程测量的质量与效率,这些技术应用及实践措施对今后同类条件的工程测量项目具有一定参考价值,相关人员未来应不断积极探索倾斜摄影测量与GIS技术和其他新兴技术的融合应用,进一步拓展其在工程测量中的应用边界,以更好地适应不断变化的工程建设需求。

参考文献

- [1] 韩钧宇. 倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用[J]. 中华建设, 2025, (01): 129-131.
- [2] 李健. 倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用分析[J]. 数字通信世界, 2023, (12): 69-71.
- [3] 黄敬泉. 倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用思考[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (28): 205-207.
- [4] 王仕林. 无人机倾斜摄影测量技术在道路工程测量中的重要性及应用要点[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(09): 181-184.
- [5] 张小芳. 倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用思考[J]. 房地产世界, 2023, (01): 160-162.

作者简介: 陈涛(1986), 男, 本科, 工程师, 从事测绘工程工作。