倾斜摄影测量与 GIS 技术在工程测量中的应用重点分析

张海鹏¹ 景峰¹ 党晓玲²

1 陕西嘉明空间信息技术有限公司, 陕西西安, 710000;

2 西安地标测绘有限公司, 陕西西安, 710000;

摘要: 随着科学技术的不断进步, 工程测量领域对高精度、高效率测量方法的需求日益增长。GIS 技术和倾斜摄影测量作为现代测绘领域的两项核心技术, 各自展现出独特的优势。将二者有机结合起来应用于工程测量, 不仅能够优化测量流程, 还能提高测量成果的准确性和可靠性, 为工程建设提供更为坚实的数据支撑。本文聚焦于 GIS 技术在工程测量领域的深度整合应用。阐述了两者的各自的技术特点及其相互补充的优势, 分析了如何通过融合这两项技术实现工程测量精准性的显著提升。探讨在数据采集、处理和分析过程中的重点环节, 指出当前应用中存在的技术难点与挑战, 旨在为未来工程测量中更高效利用这两种技术提供理论参考与实践指导。

关键词: 倾斜摄影测量; GIS 技术; 工程测量

DOI: 10.64216/3080-1508.25.06.034

引言

随着科技的飞速进步和应用需求的日益增长, 传统的工程测量方法已逐渐无法满足现代工程建设的需求。工程测量开始向高精度、三维化、动态化方向发展, 以适应复杂多变的建设环境。在建筑施工、地形测绘、道路规划等领域, 对测量精度的要求不断提高, 任何微小的偏差都可能导致严重的后果^[1]。倾斜摄影测量作为一种新兴的测量技术, 具有独特的优势。它通过无人机、直升机等航空器搭载多台相机, 从不同角度拍摄建筑物和地形的多组照片, 然后利用先进的图像处理算法, 快速获取地表影像、建筑物轮廓、高度、宽度等关键信息。该测量方式不仅能够高效、快速地获取大量数据, 而且测量结果准确可靠, 为工程测量提供了有力的技术支撑^[2]。地理信息系统 (GIS) 技术的引入也为工程测量带来了革命性的变革。GIS 是一种集地理空间数据采集、存储、管理、分析和显示于一体的综合性软件平台。它能够将地理空间信息与非地理空间信息进行有机结合, 实现对地理空间的可视化表达和分析。在工程测量中, GIS 技术可以将测量得到的数据与地理空间数据进行关联, 方便用户更好地理解 and 利用这些数据^[3]。本文就倾斜摄影测量与 GIS 技术在工程测量中的应用重点予以分析。

1 GIS 技术简介

所谓 GIS 是一个庞大的空间信息数字数据库, 是一个由计算机硬、软件、数据和方法组成的综合技术系统。GIS 的作用主要对地理数据信息进行采集、存储、管理、分析和图形与数据输出可视化等。因此, 可以认为 GIS

是一个具有超级大脑的空间大脑, 将地理空间中的位置数据和相关的属性数据进行综合集成管理, 并以此为基础为决策分析提供丰富的工具、模式和应用。工程管理中可以将地形数据、土地利用情况和基础建设的数据进行叠加展示, 以便全面掌握土地有关情况, 这样可以帮助政府做出合理决策; 自然灾害分析中, 可以利用各种数据可以综合进行自然灾害评估, 以提前分析自然灾害的影响, 在提前做出应对。无人机遥感技术应用在土地测量工作中也是可以灵活地运动到指定区域上空, 并迅速取得高清晰度照片, 然后通过 GPS 地面控制点进行坐标修正, 使数据更为精准; 而可视化输出是 GIS 与人进行交流的窗口, 能够将抽象、枯燥的数据变得生动形象。

2 倾斜摄影测量技术原理

2.1 技术定义与发展

2.1.1 传统航测

传统垂直摄影仅仅是单一的正射角度获得照片, 在进行 2D 正射影像的制作上较为高效。但在涉及到复杂的三维景象重建时弊端明显。由于只有地物上部被采集到, 建筑的立面、地形陡崖等侧向信息完全丢失, 形成的建模立面上有缺棱断面或者几何形变, 例如城市建模的“纸片楼”现象。此外, 采集受遮蔽物、植被影响较大, 地面及建筑物基部经常无法采集, 需要人工补测, 提高了成本和误差。同时, 测绘无法满足精细化三维建模的高精度需求和工程隐蔽部位检查等专项需求, 如检查桥梁墩台、隧道内部壁面等位置。

2.1.2 倾斜摄影的突破

倾斜摄影采用“1 垂直+4 倾斜”的多镜头相机技术

(例如五镜头相机),对地物实现全方位、多角度的覆盖。相机垂直方向的镜头拍摄了地物顶部信息,保证正射影像的准确;而倾斜拍摄的相机(前、后、左、右)以 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 拍摄侧面的纹理信息和几何信息,克服了传统航测的死角盲区。更有利的是多镜头的同期同步拍摄,其同步误差时间误差为微秒级,影像的几何一致性得到保证,同时为三维重建提供了冗余的影像数据,提高了模型的准确率和完整性。

2.2 技术流程

2.2.1 数据采集

根据分辨率要求进行航高设计,按 $GSD=\text{飞行高度}\times\text{像元大小}/\text{焦距}$ 来确定,若需要1cm分辨率时,航高必须保持在 $\leq 100\text{m}$ 。重叠度设置:航向重叠度 $\geq 80\%$ 、旁向重叠度 $\geq 70\%$,以确保密集匹配的成功度,航迹模式可以选择井字形航线或者环绕航线。高层建筑群的立面还应增加数据冗余量,以获取更加完整正确的信息。全局快门相机可避免由于飞行高速造成的运动模糊现象,如SonyRX1RII的焦距35mm可以兼顾效率和细节。POS精度,GNSS/IMU组合定位,如ApplanixAPX-15的定位精度能达到亚米量级,可以提高空三解算稳定性30%以上。

2.2.2 数据处理

通过微分纠正得到无投影变形的数字正射影像,平面精度达到0.1m以内,地籍测绘与工程施工放样能够基于此进行。拓扑关系建立数据空间一致性,比如管道之间没有交叉重叠的问题,属性数据库中存储非空间信息,比如管道的直径、材料等数据。数据库包括关系型数据库(PostgreSQL/PostGIS)、时空数据库等,数据更新与存储时间一致,可以实现历史数据的追溯。空间分析广泛用于工程测量中,如利用缓冲分析划定施工安全边界,比如在高程与建筑限制高的基础上划定高压线范围内距离为50m的区域内禁止建设;利用路网及其属性与当前的地形坡度叠加后可以确定运输线路的最佳路径;三维模型利用DEM(数字高程模型)和BIM(建筑信息模型),建立出模型在建成后的模样,供设计参考;在土地规划方面,通过叠加地形图、地籍数据及土地法规规划方面的法律法规,可以在数据库中自动审核土地边界是否符合相关规划,从而有效地排除在保护区或者与其他已有权属有冲突等等;根据GIS的利用将管线探测的相关数据与地质数据建立成带有属性的管网的3D模型,能够对应急爆管分析进行支持,如计算关闭阀门可能影响到的具体面积范围,该功能与开挖法进行对比,开挖成本相对较高,但是基于GIS的空间插值分析

应用能够在很大程度上降低其开挖成本,可以提高运行维护效率;基于GIS的TIN空间插值叠加与无人机倾斜摄影效果相关的遥感技术进行辅助,从而进行滑坡体的体积计算,为制定应急方案提供方法支持。其技术方法流程为:首先使用无人机倾斜摄影获取高精度地形,在此基础上利用GIS生成差分模型,计算体积。

3 工程测量中的融合应用

3.1 提高工程测量精准性

工程测量具有相当高的精准性的要求,而在应用倾斜摄影测量的GIS技术测量方法,进一步确保测量的精准度的效果,结合实践得出,也将会有较为直观的成效。对于土方量计算而言,以往都是通过全站仪的采样方式测算,虽然也得到了广泛应用,但能够采样的点位数量较有限,导致结果往往存在一定误差。通过倾斜摄影方式,则能够从多角度进行采集地形地貌,且通过对应的算法更快速地完成高精度点云数据采集,而这些数据依托相应的点云分析计算算法,则能够更清楚地对地形起伏进行展示,并据此完成土方量的准确计算,这种更精确的结果能够作为工程的成本预算、场地平整等内容实施的基础,避免了土方量计算精准度低导致的工程进度延误问题及资源损耗。另外,在变形监测方面,尤其是在对大桥等巨型工程设施的监测方面,仍然存在着较多的影响因素,而传统的变形监测方式一般是需要人工定时、定点地对桥梁等巨型工程建设设施进行实地测量工作,不但需要的人力物力更多,且测得的精准度也存在误差问题。采用倾斜摄影技术的优势则是可以在对应的周期定时进行航测,将桥梁等工程建设的影像数据进行采集获取,通过GIS技术进行对比,即可实现桥梁等工程建设监测的精度能够达到毫米级别,按照计划安排的监测时间间隔,对所测量的桥梁进行航测,再将此次航测所采集到的影像数据进行处理,生成对应的桥梁三维模型,并在GIS平台对其进行比较,即可清楚地看出桥梁工程设施各部位的沉降程度。高精度变形监测技术可以及时揭示桥梁结构的潜在不安全因素,为桥梁的养护管理提供科学依据,保障桥梁的长效安全稳定运行。

3.2 测绘成果多元化

融合倾斜摄影测量与GIS技术的优势就是使得测绘成果具有多类型的特点,工程建设更全面、丰富的信息支撑。三维实景模型是融合技术的一大重要结果。在工程施工过程中,我们可以将三维实景模型进行建立,进而将工程施工实际的进度进行可视化展示,将实际拍摄得到的实景模型与设计模型进行叠加,能够直观了解工

程实际进展与实际设计的差异。矢量数据叠加也是一个重要的应用方向,通过对GIS平台的应用,能够将不同的矢量数据进行叠加,基于GIS平台数据的分析功能,还可以将不同数据层进行综合分析,可以为工程决策提供更加科学的依据。动态更新能力是融合技术的一大优势,工程建设过程中,工程项目随时会面临工程变更,而传统的测绘技术,在面对工程变更时往往需要重新进行大量实地的测量工作与数据的处理,其效率低下且消耗的成本高昂。而对于利用无人机+倾斜摄影测量技术,能够及时快速地反应于工程变更,无人机能够根据工程变更的需求及时、迅速地到达变更现场进行数据的采集与收集,对采集的影像数据进行快速的处理后,通过及时更新在GIS平台上,实现测绘成果的动态化。

4 应用要点与技术难点

4.1 影像获取与数据处理

倾斜摄影测量获取的影像数据是倾斜摄影测量的基础,通过优化飞行参数确保获得质量较高的影像数据至关重要,尤其是山区工程中,地形复杂,存在大量的地形遮挡情况,为了避免地形遮挡影响影像获取,需要设置较低的航高,同时设置合理的航向重叠度及旁向重叠度是保证影像匹配成功率的关键。航向重叠度应 $\geq 80\%$,旁向重叠度 $\geq 60\%$ 为一般设置重叠度,这一重叠度设置可以确保相邻影像有足够重叠的区域,便于后期数据处理时进行影像匹配及三维重建。处理数据的软件也是影响效率的关键,以常用的软件ContextCapture及Pix4D为例,处理 10km^2 项目数据时两种软件效率存在一定差异,ContextCapture软件在处理大规模数据时稳定性强、处理能力较高,可以快速生成高质量的三维模型;而Pix4D软件在软件操作及部分功能的专业性和特殊性有其自身优势,如影像预处理及某些特定地形有特殊算法,用户需要根据项目的实际需要、数据的特点及自身技术能力等因素综合考虑选择合适的软件处理数据。

4.2 数据采集与分析

自动化提取方式对于数据采集及数据提取分析的效率提升具备促进作用。利用深度学习技术能够针对建筑物轮廓等目标进行自动化识别提取。通过大量标注的样本数据进行深度学习训练,进而学习出建筑物的轮廓特征模式,在倾斜摄影影像中自动化的提取出建筑物的轮廓特征。通过自动化提取方式可对数据采集过程中人员编辑工作量进行大幅降低,从而提升数据采集的效率与精度。同时自动化提取精度也是随着深度学习算法的

演进与进步而不断提升,能够满足诸多工程测量项目的要求。在数据采集过程中,数据精度验证属于技术实现重点。GCP布设的方式对于精度验证起着重要作用,要求GCP布设的方式均能够覆盖测量区域的每一个区域,且设置具有鲜明特征点位的区域。如道路的交叉口、建筑物的拐角处,以此能够保障具有全维度的区域皆有区域数据点位经过GCP验证,并且在影像数据的处理过程中引入GCP坐标的构建方案,对生成的三维模型进行地理定位与精度校准,保障测绘成果的精确化水平。

4.3 技术难点与对策

倾斜摄影测量结合GIS技术应用中的技术难点之一就是遮挡问题,由于物体的遮挡,倾斜摄影无法获取到局部区域的全部信息,三维模型出现盲区。借助地面激光扫描(TLS)技术弥补,TLS从地面近距离对物体进行三维信息采集,对于遮挡区域进行补充。通过将倾斜摄影获取的大范围数据和TLS获取的局部详细数据进行融合处理,可以得到更加完整、准确的三维模型。另一个技术难点是数据量庞大。随着倾斜摄影测量技术的发展,获取的数据量越来越大,这对数据存储、处理和渲染带来了巨大挑战。为了应对这一问题,可以采用分布式计算技术,将数据处理任务分配到多个计算节点上并行处理,提高数据处理效率。

5 结束语

倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用具有重要的现实意义和广阔的应用前景。通过两者的有机结合,可以大大提高工程测量的精准性和可靠性,为工程设计的优化和施工过程的监控提供重要的数据支持。然而,在实际应用中还需要充分考虑各种因素的影响和挑战,如影像获取与数据处理、数据采集与分析等方面的问题。因此,需要不断加强技术研究和创新实践,以推动倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量领域的深入应用和发展。

参考文献

- [1]李道辉,杨昆. 倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用思考[J]. 电脑爱好者(电子刊), 2023(3): 911-912.
- [2]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(1): 160-162.
- [3]张明飞, 蔡彭健, 田素廷. 倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用思考[J]. 地产, 2023(15): 173-175.