

Application of oblique photogrammetry in engineering construction

Yanjun Wang

Ningxia Heyu Space Surveying and Mapping Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750004, China

Abstract

Oblique photogrammetry technology is a highly efficient method for acquiring three-dimensional spatial information. Through multi-angle and high-overlap data collection, it can rapidly generate high-precision and realistically textured three-dimensional models, providing crucial data support for the digital transformation of engineering and construction. This paper comprehensively discusses the application paradigm of this technology in the engineering field, meticulously explores its core value in all stages of life, including planning and design, construction management, and completion and operation maintenance, and dialectically analyzes the advantages of this technology as well as practical issues related to accuracy and automated processing. The research findings of this paper aim to provide a strong theoretical basis and clear directions for action for the deepening application and innovative development of this technology in the industry, hoping to promote the better implementation of concepts such as intelligent construction and digital twins.

Keywords

oblique photogrammetry; engineering construction; 3D real-scene model; BIM; digital construction

倾斜摄影测量在工程建设上的应用

王彦军

宁夏禾宇空间测绘有限公司, 中国 · 宁夏 银川 750004

摘 要

倾斜摄影测量技术属于高效获取三维空间信息的技术, 通过多角度, 高重叠度的数据采集之后, 可以迅速形成高精度又具有真实纹理的三维实景模型, 从而给工程建筑的数字化转型提供关键的数据支撑, 本文全面论述了该技术在工程领域的应用范式, 细致探究了它在规划设计, 施工管理以及竣工运维等全部生命阶段的核心价值, 而且辩证剖析了这种技术的优势和在精度, 自动化处理等方面的现实问题, 本文的研究成果意在给该技术在行业里的深化应用和创新发展赋予强大的理论依据和明晰的行动方向, 希望促使智能建造, 数字孪生这样的概念能够得以更好地落实。

关键词

倾斜摄影测量; 工程建设; 三维实景模型; BIM; 数字化建造

1 引言

信息技术同智能建造深入结合的时代背景下, 传统的工程建筑行业正在经历一次数字化的重大变革, 以无人机为主载体的倾斜摄影测量技术, 作为快速获取三维空间信息的一种高效工具, 逐渐成为建筑产业升级改造中的核心科技力量之一, 其很好地填补了以往传统测绘工作在速率、花费和所采集资料维度上的缺口, 给工程建设全过程运营管理提供了崭新的高维度信息来源及智能决策参考, 本文意在全面地梳理并解析倾斜摄影测量技术于工程建设领域的应用情形, 内在意义以及将来走向。

2 倾斜摄影测量技术内核

倾斜摄影测量属于一种较为先进的遥感测绘技术^[1], 它的关键之处在于依靠一个飞行平台来整合多台呈特定倾斜角度的传感器, 从而一次性从一个垂直视角和若干个倾斜视角获取地物影像^[2], 这种数据采集模式冲破了传统正射影像只能得到地物顶面信息的二维限制, 能够完全、清晰地捕捉到建筑物的立面纹理和结构细节, 它在标准技术路径上从航线规划和数据获取开始, 经过多视影像联合空中三角测量进行区域网平差加密^[3], 再生成高密度点云, 最后形成带有真实纹理信息的数字表面模型 (DSM) 以及三维实景模型, 同传统的技术相比, 它在数据获取速度、经济成本、成果直观性以及信息充实程度方面都具有明显的长处, 给达成工程管理的细致化和智能化创建起牢固的数据根基^[4]。

【作者简介】王彦军 (1987-), 男, 中国宁夏固原人, 本科, 工程师, 从事测绘, 航空摄影测量研究。

3 赋能规划设计阶段的应用

工程项目的规划设计阶段，信息全面和决策科学互相依赖，倾斜摄影测量技术加入之后，这个阶段的工作效率和质量得到很大提升^[5]，一方面它能很快产生厘米级精度的三维实景模型和数字高程模型（DEM），给场地勘探，地形地貌考察，土方量精确估计以及多种方案比较赋予了直观，量化的数据支撑，这样就能让设计团队置身于场地之中，真实感受场地的空间形态和环境约束，进而改善建筑布局，交通路线和景观设计，搭建起设计理念和场地现实之间的数字联系^[6]。

另一方面是倾斜摄影模型能够与建筑信息模型（BIM）平台实现无缝对接，将现状实景与设计模型实现精准融合。这种融合不仅仅可以进行更加精细的频域分析、日照模拟以及管线综合，更重要的是可以在设计之初就对设计进行高效的碰撞检查，前置化解设计冲突，减少后期由于设计变更导致的成本超支和工期延误^[7]。

4 贯穿施工建造阶段的应用

施工阶段属于项目管理里最动态最复杂的阶段^[8]，它的进度，质量，成本以及安全之间的协同管控要求非常高，倾斜摄影测量得到应用之后，给施工过程的数字化监控赋予了革命性的工具，通过对施工现场实施周期性的（比如按周或者按月）数据获取，可以迅速创建出体现工程实体形象进度的三维实景模型^[9]，管理者凭借对不同时间点模型开展时空比对分析，从而能够精准把握到工程的推进状况，实现了对施工进度的有效跟踪并做到了客观评估^[10]，在质量控制方面，把现场实景模型同 BIM 设计模型展开高精度的套合比较，就能较为精确地检测出诸如结构主体偏移，预留洞口误差之类的施工偏差，这对于立刻察觉质量问题以及执行相应的改正作业很有帮助^[11]。

在土方工程方面，采用多期次模型能够准确算出动态的填挖方量，从而给土方平衡调度和成本结算提供了无懈可击的数据支撑^[12]，而且，高保真的实景模型还为施工安全管理打开了新视野，可以用来针对临边防护，脚手架搭设，大型机械作业范围等安全要素展开三维可视化排查，进而辅助制订应急预案，提高现场安全文明施工的水平^[13]。

5 支撑竣工验收与智慧运维

项目转入竣工验收及后期运维阶段之后，一份全面而精确的数字化竣工档案成为保障资产价值并实现高效运维的根基，倾斜摄影测量技术可以产出与实体工程高度相仿的“数字孪生”模型，从而为竣工验收赋予了崭新的数字化途径，通过对建成实体展开一次最后的数据采集工作，由此产出的竣工实景模型便成了一份非常重要的永久性数字化竣工资料，它真实且完备地记录了建筑内外的细节、附加设施以及周围环境的最终情形，这就给竣工验收期间检查工程是否按照图纸施工提供了非常有力的可视化参照，同时也为后期的资产移交形成了根基。

进入到运维阶段之后，这个高保真三维实景模型就会变成智慧运维平台的关键数据底板，把建筑设备信息，管线数据，维修记录这些运维信息同模型里的具体空间位置实施关联挂接，管理者就能做到对各项资产展开可视化查询，定位以及全生命周期管理，这样就极大提升了设施检修，空间改造，应急响应等 workflows 的效率和安全性，做到了建筑资产的智能化，精细化管理。

6 技术优势与应用局限的辩证关系研究

倾斜摄影测量技术在工程建筑中的应用有着巨大的潜力，但是我们也要看到倾斜摄影测量技术在某些应用场景中存在着局限性，为了做到客观地评价，下表列出了倾斜摄影测量技术与传统测绘、三维激光扫描技术的指标进行对比。

表 1 倾斜摄影测量与主流三维空间信息获取技术的对比

技术类型	数据获取效率	综合成本	成果形态与信息维度	典型精度	主要作业制约因素
传统测绘 (全站仪/GNSS)	低	中等	离散点坐标、二维线划图	高(点位)	依赖通视、劳动强度大、信息维度单一
三维激光扫描	中等	高	高密度、高精度点云	极高(毫米级)	设备昂贵、作业速度相对慢、成果无真实纹理
倾斜摄影测量	高	低	真实纹理三维模型	较高(厘米级)	依赖稳定光照与良好天气、植被遮挡与阴影

由表可知，倾斜摄影测量最大的优势就是作业效率高、成本低，生成的具有真实色彩纹理、直观性强的三维模型，极大地提高了数据成果的利用价值和各方交流的效率。但倾斜摄影测量也有其不可忽视的局限性。首先是精度问题，虽然能够满足大部分工程管理需求，但是在精密设备安装、微小变形监测等超高精度需求上，还是不如三维激光扫描。其次是被动式光学成像，受光照、天气等环境因素影响大。

植被覆盖茂密或者建筑物相互遮挡严重的区域，模型

容易出现数据空洞或者纹理拉花之类的瑕疵，要依靠繁杂的算法或者人工去后期修补，大量影像数据的处理对计算资源和专业算法的要求比较高，所以在实际操作当中，最有效的办法就是依照项目的实际需求，把多种技术融合起来使用，从而达到互补的效果。

7 未来发展趋势与展望

面向未来，倾斜摄影测量技术在工程建筑领域的应用向更高的精度、更高的自动化和更大的跨界深度发展。一则

是传感器革新与相机标定算法的升级会改善模型几何精度、纹理细节。二则,数据采集端会趋于多样性、协同化,无人机+地面测车+背包等多种方式采集数据,以解决数据获取单视角盲区的问题。人工智能(AI)与深度学习将全面赋能数据处理及信息提取环节,对模型内的各种地物要素进行自动分割,完成施工质量、施工隐患智能识别,工程进度自动化量化分析,从业务繁琐的数据处理中解放。三则,从业务中剥离出更有价值的数据分析与决策,实现更高价值的数据服务。

倾斜摄影模型(ObliquePhotographyModel)与BIM和地理信息系统(GIS)的深度融合,也就是“OPM+BIM+GIS”的集成,这是打造全生命周期数字孪生体的关键技术路径,在同一个数字孪生平台里,宏观地理环境、中观建筑实体和微观构件属性信息会做到无缝衔接并开展实时动态互动,从而给智慧城市和智能建造赋予终级的决策支撑。

8 结论

倾斜摄影测量技术属于一项重新塑造行业范式的革命性技术,它已经凭借自身高效的特性,高直观的特性以及高性价比,深入渗透至工程建设从规划设计到施工运维的整个生命历程中,成为提高设计品质,达成精细管理以及革新运维模式的重要依靠,尽管我们承认了它所带来的巨大价值,但也要意识到其在超高精确度情况下的局限性以及面对大量数据的自动化,智能化处理的困难是当前所碰到的主要难题,不过这些难题正随着高性能感应器技术和多种平台间数据合并算法的成熟而被慢慢解决,使得这项技术的运用根基得以不断稳固和扩展。

更具深远意义的是,倾斜摄影测量正在和人工智能(AI)、建筑信息模型(BIM)和地理信息系统(GIS)融合,共同打造一个基于真实世界、具有精确属性,并由人工智能解析的全新数字化生态系统,其核心是创造与物理世界实时互动的“数字孪生”世界,所以它已经不再是一种“可选”的辅助工具,而是成为驱动行业数字化转型的“必选”核心引擎,是单体建筑数字化的重要组成部分,也是未来智慧城市信息模型(CIM)不可或缺的数据来源,可以预见,它必将对塑造数字孪生世界发挥越来越重要的作用,为促进建筑产业迈向更高品质、更高效益、可持续发展的未来贡献核心动力。

参考文献

- [1] 王康成.倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘上的应用[J].科技与创新,2025,(12):211-214.DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2025.12.056.
- [2] 蒋芳冬,谭素琪,张宁.倾斜摄影测量技术在古建筑数字化建模中的应用研究[J].山西建筑,2025,51(13):181-183.DOI:10.13719/j.cnki.1009-6825.2025.13.039.
- [3] 王佰刚.倾斜摄影测量在城市规划建设中的研究分析[J].测绘与空间地理信息,2025,48(S1):135-137.
- [4] 任思红,常俊飞.倾斜摄影测量技术在房地一体测绘中的应用[J].科技创新与应用,2025,15(17):170-173.DOI:10.19981/j.CN23-1581/G3.2025.17.037.
- [5] 王熙宇,杨天,赵万鹏.倾斜摄影测量技术在城市规划控高方面的应用[J].经纬天地,2025,(02):96-100.
- [6] 韩军生,季鹏.倾斜摄影测量在规划核实测量中的应用[J].城市勘测,2025,(02):179-182.
- [7] 倪叶霖,王文佳,阮建航.倾斜摄影测量技术与移动激光扫描技术在不动产测绘中的应用对比研究[J].测绘与空间地理信息,2025,48(04):221-224.
- [8] 刘冰.无人机航空三维倾斜摄影测量技术在地质灾害中的应用探讨[J].产业科技创新,2025,7(02):44-46.
- [9] 岳草.无人机倾斜摄影测量技术在城市规划竣工测量中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(11):11-13.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202511004.
- [10] 王慧琴,李文军.倾斜摄影测量技术在城市旧区土地规划改造中的应用[J].华北自然资源,2025,(02):74-77.
- [11] 何清.无人机倾斜摄影测量技术在建筑规划设计中的应用[J].北斗与空间信息应用技术,2025,(02):115-118.
- [12] 刘才,孙启丰.倾斜摄影测量与GIS技术在工程测量中的应用[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(一).温州华夏测绘信息有限公司,2025:425-428.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.007783.
- [13] 王明瑞.基于无人机倾斜摄影测量的大型建筑工程场地测绘应用[C]//中国企业文化促进会职业教育专业委员会.数字化背景下建筑企业生产与企业文化融合式发展论坛论文集.山东衡坤信息科技有限公司,2025:268-270.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.014308.