

Application of Photogrammetry Technology in Engineering Mapping of Complex Terrain

Yan Li

Beijing New Oriental Star Engineering Investigation Design Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

With the rapid development of science and technology, photogrammetry technology has gradually become an important technical means in complex terrain engineering mapping with its unique advantages. This paper will discuss the application of photogrammetry technology in the mapping of complex terrain engineering. Photogrammetry technology can significantly improve the efficiency and accuracy of surveying and mapping through high-precision image capture and advanced algorithm processing, and reduce manpower and material input. The technology provides comprehensive, real-time geographic information, supports 3D visualization and dynamic simulation, and revolutionizes complex terrain mapping. The key links of image acquisition, control survey, aerial triangulation, digital mapping and 3D modeling are analyzed in detail, and the wide application and advantages of photogrammetry technology in complex terrain mapping are demonstrated.

Keywords

photogrammetry; complex terrain; engineering surveying mapping

摄影测量技术在复杂地形工程测绘中的应用

李岩

北京东方新星勘察设计有限公司, 中国·北京 100000

摘要

随着科技的飞速发展, 摄影测量技术以其独特的优势逐渐成为复杂地形工程测绘中的重要技术手段。论文探讨摄影测量技术在复杂地形工程测绘中的应用, 摄影测量技术通过高精度影像捕捉与先进算法处理, 显著提升测绘效率与精度, 减少人力物力投入。该技术提供全面、实时的地理信息, 支持三维可视化与动态模拟, 为复杂地形测绘带来革命性变化。研究详细分析了影像获取、控制测量、空中三角测量、数字制图与三维建模等关键环节, 展示了摄影测量技术在复杂地形测绘中的广泛应用与优势。

关键词

摄影测量技术; 复杂地形; 工程测绘

1 引言

复杂地形工程测绘是测绘领域的重要组成部分, 因其地形复杂、测量难度大, 传统测绘技术往往难以胜任。摄影测量技术作为一种非接触、高效率、高精度的测量方法, 通过获取地物影像并进行分析处理, 能够有效解决复杂地形测绘中的诸多难题。论文将从影像获取、控制测量、数字制图等方面, 详细阐述摄影测量技术在复杂地形工程测绘中的应用。

2 复杂地形工程测绘的重要性

复杂地形工程测绘的重要性, 在当代社会建设与发展的宏伟蓝图中占据着举足轻重的地位。它不仅是工程项目从

蓝图走向现实的基石, 更是确保工程全生命周期内安全性、经济性和可持续性的关键所在。面对诸如崇山峻岭、蜿蜒丘陵、广袤沼泽以及浩瀚沙漠等极端自然环境, 这些地形区域以其独特的地理特征和复杂多变的地貌条件, 对测绘工作提出了前所未有的挑战。在这样的背景下, 传统测绘手段受限于精度、效率及作业环境的局限性, 往往难以全面、精准地捕捉地形的每一个细微变化, 无法满足现代工程建设对高精度数据的迫切需求。所以, 发展高精度、高效率的复杂地形工程测绘技术显得尤为迫切和重要。这些先进技术, 如无人机航拍、激光雷达扫描 (LiDAR)、卫星遥感、三维激光扫描以及地理信息系统 (GIS) 等, 正逐步成为复杂地形测绘的主力军。通过综合运用这些技术手段, 我们能够以前所未有的精度和细节, 构建出地形的三维数字模型。这些模型不仅精确呈现了地形的高度变化、坡度起伏, 还详细描绘了植被分布、水系流向、岩石结构等地貌特征, 乃至地下的地质

【作者简介】李岩 (1989-), 男, 中国河南开封人, 本科, 工程师, 从事测绘工程研究。

构造信息^[1]。这些宝贵的数据，如同工程建设的“眼睛”，为项目规划者提供了直观、全面的地形视角，有助于他们在设计之初就能充分考虑到各种地形因素的影响，减少设计缺陷，提高方案的科学性和合理性。在施工阶段，高精度的地形数据更是施工安全的“守护神”。它帮助工程师精准计算土方量、优化施工方案、预测潜在风险，从而有效避免施工过程中的地质灾害、水土流失等问题，保障施工人员的生命安全，提升工程进度和质量。另外，复杂地形工程测绘在生态保护方面同样功不可没。通过对地形的详细测绘和分析，我们能够更好地了解生态系统的脆弱环节，制定科学合理的环境保护措施，减少工程建设对自然环境的破坏，实现工程建设与生态保护的和谐统一，促进社会的可持续发展。

3 摄影测量技术的基本概述

摄影测量技术，作为现代测绘科学中的璀璨明珠，其深度融合了摄影学的艺术美感、计算机视觉的精准解析力以及地理信息技术的广阔应用前景。这项技术借助了先进的高分辨率摄影设备和无人机、卫星等遥感平台，能够以前所未有的细节和覆盖范围，捕捉地球表面乃至深空的影像资料。这些影像数据，如同数字时代的“视觉窗口”，为大家揭示了自然界的奥秘与人工构造的宏伟。在影像数据的处理过程中，摄影测量技术运用了复杂的数学模型，这些模型如同精密的数学织锦，将二维的图像信息编织成三维的空间画卷。通过先进的图像处理算法，如特征提取、立体匹配、多视几何重建等，技术人员能够从这些影像中抽丝剥茧，精确解析出目标物体的三维形状、尺寸、位置及其相互之间的空间关系。这一过程，不仅是对影像数据的深度挖掘，更是对现实世界数字化再现的精确模拟。摄影测量技术的非接触式测量特性，使其在众多领域展现出独特的优势^[2]。在测绘领域，它避免了传统测量方法对地形的破坏，实现了对复杂地形的无损测量；在城市规划中，它为城市规划者提供了直观、全面的城市三维模型，助力构建智慧城市；在环境监测和灾害评估中，它能够及时捕捉环境变化信息，为生态保护、灾害预警和应急响应提供重要依据。随着科技的日新月异，摄影测量技术正以前所未有的速度向自动化、智能化方向迈进。自动化技术的引入，使得影像数据的获取、处理和分析过程更加高效、便捷；而人工智能、机器学习等先进技术的融合，则让摄影测量技术具备了更强大的数据解译和智能决策能力。这些进步，不仅极大地提升了地理空间数据的获取和处理效率，更为我们理解和利用地球空间信息提供了前所未有的广度和深度。

4 摄影测量技术在复杂地形测绘中的优势

4.1 提高测绘效率与精度

摄影测量技术凭借其先进的无人机、卫星等高效采集平台，展现出在复杂地形测绘中的显著优势。这些平台能够灵活穿越崎岖不平、难以到达的区域，迅速且全面地覆

盖目标地形，不受地面条件限制，极大地缩短了测绘周期。通过搭载的高性能相机，它们能够捕捉到大范围、高分辨率的影像数据，这些影像不仅细节丰富，而且色彩真实，为后续的测绘工作奠定了坚实的基础。在数据处理阶段，摄影测量技术借助先进的算法和软件，对采集到的影像进行精密的校正、匹配和拼接，有效消除了大气影响、地形起伏等因素带来的畸变。通过自动化的特征提取和三维重建技术，能够精确地计算出地形的三维坐标、高程信息以及地表的纹理特征，生成高精度的地形图和地貌模型。这一过程不仅减少了人工干预，降低了人为误差，还显著提升了测绘工作的效率和精度。

4.2 减少人力物力投入

在面对复杂多变的地形环境时，传统测绘方法常常显得力不从心。这些方法通常依赖于大量的人力进行实地勘查和测量，不仅要求测量人员具备高度的专业技能和丰富的经验，还需要他们长时间在恶劣的自然条件下工作，这无疑增加了工作的耗时、耗力程度，同时也对测量人员的安全构成了潜在威胁。相比之下，摄影测量技术以其独特的优势，在减少人力物力投入方面展现出了巨大的潜力。通过利用无人机、卫星等自动化设备，摄影测量技术能够自动完成影像的采集工作，无需人员直接参与，从而大大减轻了劳动强度，降低了安全风险^[3]。这些自动化设备能够飞越崎岖不平的地形，轻松穿越难以到达的区域，确保数据的全面性和准确性。更为重要的是，摄影测量技术还配备了高效的影像处理软件和算法。这些软件和算法能够自动对采集到的影像进行校正、匹配、拼接和三维重建等处理，无需过多的人工干预。

4.3 提供全面、实时的地理信息

摄影测量技术以其卓越的数据采集和处理能力，在复杂地形区域中展现出了前所未有的信息获取优势。这项技术不仅能够捕捉地形表面的细腻纹理，如细小的沟壑、岩石结构，还能精确反映地形的起伏变化，为工程师们提供了详尽而准确的地形模型。同时通过对植被覆盖的精细描绘，摄影测量技术还能揭示出植被的分布规律、种类构成以及生长状况，为生态环境评估和生态保护提供科学依据。更为重要的是，摄影测量技术具备实时更新数据的能力。随着无人机、卫星等平台的频繁飞行和高效作业，新的影像数据能够源源不断地被采集并传输至处理中心。这些最新数据经过快速处理和分析，能够迅速转化为实时、动态的地理信息产品，如三维地形图、植被变化监测图等。这些产品不仅为工程设计提供了及时、准确的背景信息，帮助设计师们更好地理解地形环境，优化设计方案；还为施工监测和灾害评估提供了有力支持，使相关人员能够迅速掌握现场情况，做出科学决策，有效应对各种突发状况。

4.4 支持三维可视化与动态模拟

摄影测量技术的飞速发展，为复杂地形的三维数字化表达开辟了新的纪元。通过精密处理由无人机、卫星等平台

捕获的高分辨率影像数据,我们能够构建出高度逼真、细节丰富的三维地形数字模型。这些模型不仅仅是地形表面的简单复制,更是集成了地形起伏、地质结构、植被覆盖等多维度信息的综合体,能够全方位、多角度地展现地形的真实面貌。三维可视化技术的应用,使得这些复杂的数字模型得以生动呈现于人们眼前。通过专业的可视化软件,工程人员可以自由地旋转、缩放、漫游于虚拟的三维地形空间中,直观地观察地形的细微特征,如山脉的走势、河流的蜿蜒、峡谷的深邃等。这种直观的理解方式极大地增强了工程人员对地形的感知能力,有助于他们更准确地把握地形特征,从而优化设计方案,避免潜在的风险和隐患^[4]。而动态模拟技术则进一步拓展了三维模型的应用领域。通过模拟地形变化、水流运动、气象条件等自然现象,可以预测和评估不同工程方案对地形环境的影响,以及地形变化对工程安全性的影响。这种模拟能力为工程决策提供了科学依据,帮助工程人员选择最优方案,确保工程的顺利实施和长期稳定运行。另外,三维地形数字模型还可以作为虚拟现实(VR)和增强现实(AR)应用的基础数据。借助VR技术,工程人员可以身临其境地体验不同施工方案的效果,提高决策的科学性和准确性;而AR技术则可以将虚拟的三维模型叠加到真实的施工场景中,为现场施工人员提供直观的指导和帮助,提高施工效率和质量。

5 摄影测量技术在复杂地形测绘中的应用

5.1 影像获取方式

在复杂地形的测绘领域,影像获取不仅是项目启动的基石,更是后续分析、建模与规划的基础。这一过程融合了多种先进技术和设备,确保了数据的全面性、精确性和高效性。首先,影像获取方式的选择至关重要,它直接决定了数据的质量和后续处理的难易程度。框幅式摄影机,以其稳定的成像质量和较大的画幅,适用于大面积、平坦地形的测绘。然而,在山地、丘陵等复杂地形中,这些区域的特殊地貌和植被覆盖使得传统摄影机难以捕捉到完整且清晰的地面信息。此时,无人机搭载高分辨率CCD相机便成为了理想的选择。无人机以其灵活的飞行能力、较高的航拍高度和精准的定位系统,能够轻松穿越复杂地形,捕捉到地面每一个细微之处,为测绘人员提供详尽、准确的影像资料。另外,光机扫描仪和全景摄影机也在特定场景下发挥着重要作用。光机扫描仪通过激光扫描技术,能够快速获取地形表面的三维数据,适用于需要高精度地形模型的场合。而全景摄影机则以其超宽的视角,能够一次性记录下周围环境的全景图像,为测绘工作提供了更广阔的视野和更多的参考信息。随着科技的不断进步,合成孔径侧视雷达(SAR)等新型影像获取技术也逐渐应用于复杂地形的测绘中。SAR技术不受天气和光照条件的影响,能够穿透云层、植被等障碍物,获取到地表以下的信息,为测绘工作提供了更为丰富的数据

源。卫星遥感技术作为重要的数据源之一,其覆盖范围之广、更新速度之快,使得其在复杂地形测绘中发挥着不可替代的作用。

5.2 控制测量与空中三角测量

控制测量与空中三角测量在复杂地形测绘中扮演着至关重要的角色,它们共同构成了确保数据精度与完整性的核心流程。控制测量,作为摄影测量的基石,其核心在于精确设立地面控制点。这些控制点不仅是地理空间定位的基准,也是后续数据处理与分析的参照系。在复杂地形条件下,如崇山峻岭、茂密森林或城市密集区,地面的不规则性和大量的遮挡物给传统控制点布设带来了巨大挑战。为了克服这些难题,测绘人员需要采用创新方法,如利用GPS技术结合无人机进行快速定位,或是在可视性良好的高点设置控制点,以确保控制点的分布既广泛又合理。空中三角测量则是控制测量的延伸与深化,它巧妙地利用摄影测量原理,通过少量的野外控制点,在室内环境中进行大规模的控制点加密^[5]。这一过程涉及复杂的数学解析与计算机模拟,旨在精确计算每个加密点的高程和平面位置。空中三角测量的优势在于,它极大地减少了野外作业的时间与成本,同时提高了测量的精度与效率。在复杂地形中,这一技术尤为重要,因为它能够克服地形起伏、遮挡物多等不利因素,确保整个测区的数据覆盖与精度要求。在复杂地形测绘项目中,空中三角测量不仅是建立高精度立体模型的关键步骤,也是后续数字制图与三维建模的数据基础。通过空中三角测量得到的加密点云数据,可以进一步生成DEM(数字高程模型)、DOM(数字正射影像图)等地理信息产品,为城市规划、环境监测、灾害评估等领域提供强有力的数据支持。这些数据也是三维建模的重要输入,通过三维建模技术,可以将复杂地形以直观、生动的形式展现出来,为决策者提供更加全面、深入的空间信息。

5.3 数字制图与三维建模

数字制图与三维建模,作为摄影测量技术的深化应用,为复杂地形的测绘工作带来了革命性的变革。这两个过程不仅将海量的影像数据和控制测量结果转化为具有实际应用价值的地理信息产品,还极大地提升了我们对复杂地形空间特性的理解和分析能力。数字制图,作为连接影像数据与现实世界的桥梁,其核心在于将原始的影像数据经过一系列处理,如几何校正、辐射校正、镶嵌拼接等,最终转化为可编辑、可分析的数字地图。这一过程不仅保留了影像数据的丰富细节,还通过数字化手段赋予了地图更多的功能和用途。数字地图不仅能够直观地展示地形、地貌、地物等自然地理要素,还能通过图层管理、属性查询等功能,实现对地图信息的深度挖掘和利用。在复杂地形测绘中,数字地图为规划者、设计者、施工者等提供了翔实、准确的空间参考,是决策制定的重要依据。而三维建模,则是将数字制图技术推向更高维度的关键步骤。它利用影像数据中的空间信息,结

合计算机图形学、地理信息系统等先进技术,构建出复杂地形的三维立体模型。这一模型不仅具有高度的真实感和立体感,还能够通过不同的视角、比例尺进行缩放、旋转等操作,全方位展示地形的立体形态和空间结构^[6]。在复杂地形测绘中,三维建模技术为规划、设计、施工等领域提供了前所未有的视觉体验和um息支持。它使得规划者能够在虚拟环境中进行方案预演和优化调整,设计者能够直观地理解地形特征并进行创意构思,施工者则能够提前模拟施工过程并预测潜在问题。更为重要的是,三维建模还可以与虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等前沿技术相结合,创造出更加沉浸式的地形环境体验。通过佩戴VR头盔或AR眼镜等设备,用户仿佛置身于真实的地形环境中,可以自由地探索、观察甚至与虚拟对象进行交互。这种沉浸式的体验方式不仅提高了用户的参与度和感知度,还为决策者提供了更加全面、深入的信息支持,有助于做出更加科学、合理的决策。

6 结语

论文深入研究了摄影测量技术在复杂地形工程测绘中的应用,展现了其在提高测绘效率与精度、减少成本、提供

全面实时地理信息以及支持三维可视化等方面的显著优势。通过影像获取、控制测量、空中三角测量、数字制图与三维建模等环节的协同作用,摄影测量技术为复杂地形的测绘工作提供了强有力的技术支持,促进了工程规划与设计的精确性与高效性,具有广阔的发展前景和应用价值。

参考文献

- [1] 戴君琴.倾斜摄影测量技术在大比例尺基础测绘工程中的应用分析[J].西部资源,2023(4):148-150.
- [2] 樊冰,胡晓宁,马良,等.无人机Lidar及倾斜摄影测量技术在复杂河道工程测绘中的融合研究[J].水运工程,2023(1):11-17+28.
- [3] 游佩燃.航空摄影测量技术在工程测绘中的应用[J].居业,2022(10):91-93.
- [4] 张冰丁.无人机摄影测量技术在测绘工程中的应用[J].冶金管理,2022(19):71-73.
- [5] 苗小芒.不动产测绘中倾斜摄影测量技术的应用分析[J].科技创新与生产力,2022(9):114-116.
- [6] 胡云峰.测绘工程中无人机摄影测量技术应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2022(24):121-123.