

航测外业测量及内业数据处理要点

李志伟 孙 鹤 樊建锋

内蒙古自治区测绘地理信息中心 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：航测外业测量及内业数据处理是航空摄影测量核心，直接决定地理空间信息成果质量。本文围绕外业前期准备、数据采集、精度控制、成果整理要点，结合内业预处理、核心技术、精度校验、成果规范整理环节，明确各阶段实施标准与管控要求，通过标准化操作与技术优化，保障数据采集高效、处理精准，实现成果达标，为工程测绘等场景提供可靠数据支撑。

关键词：航测外业测量；内业数据处理；数据处理要点

引言：航测技术作为空间数据采集核心手段，依托航空器实现地面信息高效获取。其技术链条包含外业测量与内业处理两大模块：外业通过设备选型、控制点布设及动态参数调整完成数据采集；内业通过多源融合、模型重建及精度校验实现数据价值挖掘。在工程测绘、环境监测等场景中，航测技术凭借标准化流程与质量控制，推动产业智能化发展，提供坚实技术支撑。

1 航测外业测量与内业数据处理概述

航测外业测量与内业数据处理是航空摄影测量的核心环节，构建了从数据采集到成果生成的完整技术链条。该流程以精准获取地理空间信息为目标，需严格遵循技术规范，确保成果可靠可用。（1）外业测量注重设备选型与布点策略：根据地形特征选择全站仪、GNSS接收机或无人机搭载的激光雷达等设备；在开阔区域均匀布设控制点，避开高压线、高大建筑等干扰信号接收的障碍物。点位间距需结合成图比例尺设定，如1:2000比例尺项目点位间距约150-300米，保障后续内业匹配精度；复杂地形区域需加密布点，确保控制点覆盖测区全范围。（2）内业处理聚焦多源数据融合与误差消除：通过影像匹配算法（如SIFT、SURF）实现同名点自动提取，结合空中三角测量完成影像定向；利用数字高程模型生成正射影像时，需校正镜头畸变、大气折射等系统误差。采用多视立体匹配技术提升三维点云密度，确保地形特征点捕捉完整，避免因数据稀疏导致模型失真。

（3）全流程质量控制采用双重验证机制：外业通过重复观测验证控制点精度，内业通过交叉检查验证成果一致性。数据存储实行三备份管理，原始数据、中间成果、最终产品分档存储，避免数据损坏或误操作导致损失。整个作业流程强调标准化操作与动态调整，根据实际地形复杂度、天气条件灵活调整外业布点密度与内业处理参数，确保成果满足工程测绘、地理信息更新等应用场

景的精度需求，为空间数据采集提供坚实技术支撑。

2 航测外业测量要点

2.1 外业测量前期技术准备

航测外业测量前期技术准备需聚焦技术细节与动态调整，以保障数据采集的精准性。（1）设备性能验证：对测量设备的硬件状态进行全面检测；例如，无人机需测试抗风性能与续航时间，确保在复杂气象条件下稳定作业；激光雷达需校准扫描角度与点云密度，避免因传感器偏差导致数据失真；设备维护记录需详细存档，便于后续溯源。（2）环境适应性规划：结合测区地形特征制定作业策略；在平原区域，可优化航线间距以提升作业效率；在丘陵地带，需调整飞行高度以减少地形起伏对影像拼接的影响；气候因素如温度、湿度需纳入考量，避免极端天气导致设备故障或数据误差。（3）参数动态优化：根据项目目标动态调整数据采集参数；正射影像生成需确保航向重叠率不低于60%、旁向重叠率不低于30%，保障拼接精度；三维建模任务需提高影像分辨率至厘米级，并调整扫描频率以捕捉建筑立面细节；参数设定需兼顾效率与质量，避免过度采集增加数据处理负担。前期技术准备的细致程度直接影响外业测量成果的可靠性，需通过系统性验证与动态调整实现最佳作业效果。

2.2 外业数据采集核心流程

航测外业数据采集核心流程需严格遵循标准化操作规范，确保数据采集精准高效，具体分为以下要点：

（1）设备选型与校准：根据任务需求选择高精度测量设备，如多光谱相机、激光雷达等，并完成设备参数动态校准。例如，激光雷达点云精度需稳定在0.01米以内，多光谱相机色彩偏移值控制在2%以内，确保成像分辨率、定位精度满足项目要求，避免因设备误差导致数据偏差。（2）控制点布设与测量：在测区范围内均匀布设控制点，采用GNSS动态定位技术获取点位坐标。控制点

间距需结合地形复杂度调整,平原地区可放宽至300-500米,山地或丘陵地区需加密至100-200米,确保控制点覆盖测区全范围且分布均匀,为后续内业处理提供可靠基准^[1]。(3)数据同步采集与质检:外业采集需同步记录影像、点云、定位信息等数据,实时检查数据完整性。通过人工目视检查影像是否存在过曝、欠曝或模糊区域,利用软件自动检测点云密度及定位信号丢失率,发现异常立即补拍或复测,确保原始数据质量可靠。整个流程需严格把控各环节质量,建立双重验证机制,避免因外业数据缺陷导致内业处理结果失真,确保最终成果满足精度与效率双重要求。

2.3 外业测量精度控制要点

航测外业测量精度控制需贯穿数据采集全流程,从设备操作到环境适应均需严格把控,具体要点如下:

(1)设备精度动态校准:每日作业前对测量设备进行动态校准,例如激光雷达的点云精度需稳定在0.01米以内,多光谱相机的色彩偏移值控制在2%以内,确保设备状态始终满足测量需求,避免因设备老化或环境变化导致数据误差。(2)环境干扰因素量化:针对不同地形和气候条件,需量化环境对测量的影响。例如在山地测区,温度变化超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 时,需重新评估GNSS信号稳定性;在平原地区,风速超过5米/秒时,需调整无人机飞行姿态,减少影像抖动对定位精度的影响。(3)数据质量实时监测:外业采集过程中需实时监测数据质量指标,如影像重叠度需达到60%以上,点云密度不低于50点/平方米,定位信号丢失率控制在1%以内。发现异常数据时,需立即复测或调整采集策略,确保原始数据质量满足内业处理要求。精度控制需结合设备性能、环境条件和实时监测数据,形成闭环管理机制,确保最终成果的高精度与可靠性。各环节数据需相互验证,避免单点误差扩散,提升整体测量成果的可信度。

2.4 外业测量成果初步整理

航测外业测量成果初步整理是确保数据有效传递至内业处理的关键环节,需注重系统性、规范性与可追溯性。具体操作可围绕以下要点展开:(1)数据分类与归档:原始数据需按采集类型(如影像、点云、定位信息)及采集时段分类存储,例如影像文件按拍摄日期分文件夹存放,点云数据按飞行架次编号归档,确保每份数据来源清晰、可回溯,避免混杂导致后续处理混乱。

(2)初步质量检查:完成数据归档后,需进行基础质量核查,如影像是否存在过曝或欠曝区域、点云是否出现异常离群点、定位轨迹是否连续无断裂,通过人工目视或软件自动筛查,标记问题数据并记录问题类型,为后

续修复或复测提供依据。(3)成果格式标准化:为适配内业处理软件需求,需将整理后的数据转换为统一格式,例如影像转换为TIFF或JPEG2000格式,点云数据转换为LAS或XYZ格式,确保不同设备采集的数据在格式上兼容,减少内业处理时的格式转换耗时,提升整体工作效率^[2]。初步整理需紧扣数据质量与流程规范,通过分类、检查、格式统一三步骤,确保外业成果顺利过渡至内业处理阶段,为最终成果的高精度生成奠定基础。

3 航测内业数据处理要点

3.1 内业数据预处理关键环节

航测内业数据处理中,内业数据预处理是保障成果质量的核心环节,需从原始数据中提取有效信息并优化处理流程。(1)数据格式转换与校验:原始航测数据常包含多种格式文件,如TIFF、LAS等,需统一转换为标准格式以便后续处理。例如,LAS点云数据转换时,需检测点云密度分布,确保每平方公里点云数量不低于5000个,避免因数据稀疏导致模型失真。(2)坐标系统与投影校正:航测数据通常涉及不同坐标系,如WGS84与CGCS2000的转换需精确控制误差范围;通过七参数法或三参数法进行坐标转换时,平面位置误差应控制在0.05米以内,高程误差不超过0.1米,确保地形特征准确呈现。

(3)数据质量检查与修复:预处理阶段需对影像模糊、点云异常值等问题进行识别与修复;例如,通过直方图分析检测影像曝光过度区域,采用局部滤波算法降低噪声影响;对点云中的离群点,利用统计滤波器剔除超过均值3倍标准差的数据点,提升数据整体可靠性。上述环节需结合专业软件工具实现自动化处理,同时通过人工抽检验证关键指标,确保预处理后的数据满足后续建模、分析等步骤的精度要求,为航测成果的最终应用奠定坚实基础。

3.2 核心数据处理技术要点

航测内业核心数据处理技术需聚焦精度提升与信息挖掘,通过多技术协同实现数据价值最大化。具体技术要点可总结如下:(1)多源数据融合算法:采用改进的SIFT算法进行影像特征匹配,匹配点对数量需达到每平方千米2000个以上,结合点云密度分布调整融合权重,确保不同来源数据在空间位置与属性上无缝衔接,减少拼接缝隙与信息丢失。(2)三维模型重建优化:利用密集点云生成高精度数字表面模型时,需通过动态三角网算法优化模型拓扑结构,控制模型面数在合理范围(如每平方千米不超过500万个三角面),同时保持关键地貌特征(如陡崖、沟壑)的细节表现力,避免过度平滑导致信息失真。(3)属性信息智能提取:基于深度学习

框架构建语义分割模型,对影像中的地物类型(如建筑物、道路、植被)进行自动分类,分类精度需达到90%以上,并通过后处理算法修正边界模糊区域,确保提取结果与实际地物轮廓高度吻合,为后续分析提供可靠属性支撑^[3]。核心处理技术需兼顾效率与精度,通过算法优化与流程控制,确保最终成果既满足技术规范要求,又能为实际应用(如工程测量、环境监测)提供高质量数据支持。

3.3 内业数据精度校验要点

航测内业数据精度校验是保障成果可靠性的核心环节,需通过多维度全要素验证确保数据精准符合应用需求。(1)几何精度验证:重点检查地形点、线、面及关键地物轮廓的空间位置偏差,如地物点位误差需控制在允许范围内,通过对比控制点坐标与实测坐标的差异,确保地形特征位置准确无误,避免因位置偏移导致的模型失真。(2)属性精度核查:针对地物类型、材质、高度及纹理细节等属性信息进行核对,例如区分建筑屋顶与墙面材质时,需通过影像纹理特征与点云强度值双重验证,确保属性标注与实际地物特性一致。(3)逻辑一致性检查:验证数据内部及数据间的逻辑关系,如同一区域不同时间采集的数据需保持地形变化趋势合理,避免出现突变或矛盾;不同数据层(如影像与点云)的对应关系需严格匹配,确保空间位置与属性信息无逻辑冲突。精度校验贯穿数据处理全流程,从原始数据到最终成果的每一步均需设置验证节点。通过系统化的校验流程,可及时发现并修正数据误差,确保航测成果在后续应用中实现精准表达与可靠分析,最终为工程实施、环境监测等专业场景提供高质量数据支撑。

3.4 处理成果规范整理要点

航测内业成果规范整理是确保数据应用价值的关键步骤,需通过系统化规范流程实现成果的高效管理、安全存储与可追溯性。(1)格式标准化:统一成果文件命

名规则与存储结构,如采用“项目代码+数据类型+版本号”格式,避免因命名混乱导致的检索困难,确保不同处理阶段的数据能快速对应匹配。(2)元数据完善:详细记录数据来源、处理流程、参数设置、精度指标及作业信息等背景信息,例如记录影像获取时间、点云处理软件版本、坐标系类型等,为后续数据复用或问题追溯提供完整信息链^[4]。(3)质量评估体系:建立多维度的成果质量评估标准,从几何精度、纹理清晰度、数据完整性等方面进行综合评价,通过人工抽检与自动化校验相结合的方式,确保最终成果满足专业应用场景的精度与可靠性要求。规范整理不仅是数据处理流程的收尾环节,更是数据价值传递的桥梁;通过标准化的格式、完善的元数据、严格的质量评估,可确保航测成果在不同应用场景中实现无缝对接与高效利用,为后续的工程实施、分析决策提供坚实的数据支撑,最终实现数据处理流程的闭环与数据价值的最大化释放。

结束语:航测外业与内业处理的协同优化,是提升地理空间信息质量的关键路径。通过外业精准采集与内业高效处理的深度融合,可确保成果在几何精度、属性准确性及逻辑一致性上达到专业应用要求。这一技术链条的完善,不仅推动了航测技术的发展,更为工程实施、环境监测等场景提供了坚实的数据基础,实现了空间数据采集与应用的价值最大化。

参考文献

- [1]孙义君,刘瑞敏.航测外业测量及内业数据处理要点[J].科技创新导报,2020,17(11):136-136+138.
- [2]廖明峰,杨宇.航测遥感内业数据处理关键技术分析[J].科技创新与应用,2020(36):122-123.
- [3]郭昕.基于航测遥感内业数据处理关键技术探索[J].智能建筑与工程机械,2022,4(1):93-95.
- [4]李敏.航测遥感内业数据处理关键技术分析[J].华东科技(综合),2020(8):1-1.