

航测内业立体采集房屋轮廓精度影响因素探讨

罗声燕

四川中水成勘院测绘工程有限责任公司 四川 成都 610072

【摘要】：随着航测技术的不断发展，航测内业立体采集已广泛应用于房屋轮廓的精确获取。房屋轮廓精度对城市规划、土地管理等领域至关重要，探讨影响房屋轮廓精度的各类因素显得尤为重要。本文通过分析航测内业中立体采集技术的应用，深入研究了影响房屋轮廓精度的多个因素，包括立体测图仪、计算机辅助测图系统等内业设备性能，立体影像匹配、人工交互采集等内业操作方法，影像质量等基础条件和内业数据处理流程等。实验结果表明，内业设备标定误差、立体影像匹配精度和内业处理算法对精度有显著影响。提升房屋轮廓精度的关键在于优化内业采集设备与参数、规范立体采集操作流程、改善内业数据处理算法。提出了提升精度的具体策略和建议，为相关领域的精确制图和数据应用提供参考。

【关键词】：航测技术；内业立体采集；房屋轮廓；精度；影响因素

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.072

引言

随着城市化进程的加快，房屋轮廓的精确获取对于城市规划和土地管理的科学性和合理性至关重要。航测内业立体采集作为一种先进的技术手段，依托航空摄影获取的立体影像对，通过内业设备与软件还原地物三维形态，因其能够提供高效且精确的数据支持，在房屋轮廓的提取过程中发挥了重要作用。尽管立体采集技术具备较高的应用潜力，其在房屋轮廓精度方面仍面临诸多挑战。精度问题往往受到内业设备性能、立体采集操作方法、影像基础质量等多方面因素的影响，如何准确识别和应对这些影响因素，是提升航测内业立体采集精度的关键。本文旨在通过分析这些影响因素，为精度提升提供理论依据和实际应用策略，推动航测内业立体采集技术在相关领域中的进一步发展和优化。

1 航测内业立体采集精度的关键影响因素

航测内业立体采集精度在房屋轮廓获取中的表现直接关系到数据的可靠性与应用效果。精度的高低不仅受到内业设备性能的制约，还与立体采集操作、影像基础条件及内业数据处理等多个因素密切相关。内业采集设备的技术参数对精度影响显著，尤其是立体测图仪的分辨率、计算机辅助测图系统的运算精度及立体观察设备的清晰度。高配置的内业设备能够更精准地还原立体影像的细节特征，减少因设备局限导致的数据偏差，从而提高房屋轮廓的提取精度^[1]。设备的标定精度也是影响采集结果的关键因素，内业立体测图系统的相对定向、绝对定向精度校准会直接导致数据的不准确，进而影响后期数据处理的质量。设备本身的误差通常通过多次校准与采集验证得到一定程度的优化，但这并不能完全消除由设备本身带来的精度问题。

在立体采集操作过程中，内业操作人员的技能水平与操作规范性同样是一个不容忽视的影响因素。立体影像的匹配质量、房屋轮廓勾勒的规范性以及特征点选取的准确性等，都会

对最终精度产生直接影响。例如，操作人员在立体观察时对房屋边界特征点的判断偏差、勾勒轮廓时的平滑处理过度或不足，都可能导致房屋轮廓数据失真。此外，立体影像对的重叠度、航向重叠与旁向重叠比例是否合理，会影响立体模型的构建质量，若重叠度不足，会导致房屋局部细节无法完整呈现，进而影响轮廓提取精度。内业采集过程中对影像模糊区域、阴影区域的处理方式，也会直接影响房屋轮廓的完整性与准确性。

内业数据处理方法的选择在精度提升中同样起着至关重要的作用。航测内业立体采集得到的数据，往往需要经过立体影像配准、特征点匹配、轮廓线优化、精度校验等处理程序。这些处理步骤中，算法的精确性和稳定性是确保精度的关键。例如，立体影像匹配算法在处理房屋密集区域、屋顶复杂结构时，可能受到遮挡、纹理相似等问题的影响，导致提取出的房屋轮廓数据失真。数据的去噪处理也至关重要，未处理的影像噪音会干扰立体观察与特征识别，因此精确的去噪方法能够有效提升房屋轮廓的精度。此外，采集数据的质量直接影响着后期模型的构建，如果内业采集的特征点数据不充分或存在较大的误差，后续的分析和应用将受到限制。科学的内业立体采集操作与高效的处理技术必须协同作用，才能最大程度地提高房屋轮廓的精度。

2 内业采集设备对房屋轮廓精度的影响分析

内业采集设备在房屋轮廓精度的影响方面发挥着决定性的作用。现代航测内业立体采集工作依赖于高精度的专业设备，如模拟立体测图仪、解析立体测图仪、数字立体测图系统及配套的立体眼镜、图形输入板等，这些设备的性能直接决定了采集数据的质量。设备的精度在采集房屋轮廓时尤为重要，特别是在获取屋顶边角、檐口、门窗洞口等细节丰富的边界和结构时。数字立体测图系统的图像分辨率决定了能够识别的最小细节尺寸，而立体观察设备的清晰度则决定了操作人员对三维形态的判断准确性，这些参数直接影响到数据的精度和后续

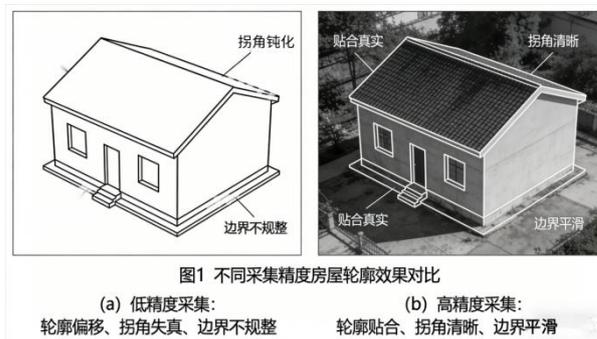
处理的效果^[2]。高精度内业设备能够提供更加详细的三维空间信息还原能力,使得房屋轮廓的提取更加准确。即便是高性能的设备,在长时间使用后也会出现一定的性能衰减,设备的老化或参数漂移常常导致数据精度的下降。设备在实际操作中的性能稳定性和长期使用的定期校准维护,也应被纳入考量。

内业采集设备的标定精度对房屋轮廓的最终精度也具有重要影响。标定工作是确保设备输出数据准确性的基础,尤其在航测内业立体采集中,立体影像对的相对定向标定、测图系统与大地坐标系统的绝对定向标定必须准确无误。标定误差直接导致立体模型的缩放偏差、旋转错位,使得采集的房屋轮廓信息发生位置偏移或形态失真。不同类型的内业设备可能会有不同的标定方式,数字立体测图系统多采用软件自动标定与人工校验结合的方式,模拟测图仪则需通过机械结构调整进行标定。这些不同的标定方法在实际应用中影响着数据的处理效率和精度。当设备标定不当或数据校正不及时,最终提取出的房屋轮廓常常不准确,甚至无法满足后续建模或测量的需求。如何提高内业设备标定的精确度,减少设备系统误差,是提高房屋轮廓精度的关键之一。

内业采集设备的运行环境与操作配置同样决定了其精度表现。环境因素如室内温度、湿度、光照条件等对设备性能的影响不可忽视。高温或低温天气、湿度过高或过低等因素都可能导致设备硬件性能波动,影响图像显示精度和操作响应速度。例如,室内光照过强会干扰立体观察效果,导致操作人员无法清晰分辨房屋细节边界,进而产生采集误差。设备的软件配置、数据传输稳定性以及与辅助软件的兼容性,都是影响采集精度的关键因素。操作人员对设备的参数设置合理性也在采集过程中起到至关重要的作用,如立体影像的亮度、对比度调节,轮廓线绘制的精度阈值设置等,合适的操作配置可以有效避免因设备参数设置不当而导致的误差。确保内业采集设备在适宜的环境条件下运行,并结合科学的操作配置,能够显著提高房屋轮廓数据的精度。

3 立体采集操作与影像条件对房屋轮廓精度的作用

在航测内业立体采集过程中,立体采集操作规范性与航空影像基础条件对房屋轮廓精度的影响不可忽视。航空影像的质量直接决定了立体模型的构建效果,影像的分辨率、清晰度、曝光量是否均匀,都会对数据采集的准确性产生显著影响。影像分辨率不足会导致房屋细节边界模糊,曝光过度或不足则会丢失屋顶、墙面等关键特征信息,进而影响操作人员对房屋轮廓的判断。在房屋密集区域,若影像存在遮挡、阴影等问题,会导致立体模型中房屋边界重叠或缺失,操作人员难以准确勾勒轮廓,造成数据不完整或出现较大的误差^[3]。复杂的地物纹理特征也会干扰立体匹配效果,导致房屋轮廓提取时出现偏差。为直观反映不同影像条件与采集方式对房屋轮廓精度的影响,下文给出不同精度房屋轮廓采集效果对比图:



对比结果表明:在影像质量较差、设备标定不准、人工操作不规范条件下,房屋轮廓易出现位置偏移、拐角钝化、边界扭曲、冗余节点过多等问题;而在优化影像预处理、规范立体采集、强化轮廓优化后,房屋轮廓与实际地物边界一致性明显提升,几何精度与形态完整性显著改善。

操作人员的立体采集操作技能与经验对精度的影响同样显著。立体观察能力、特征点识别准确性、轮廓勾勒规范性是决定采集精度的核心要素。操作人员需具备良好的立体视觉能力,能够准确判断房屋的三维形态,区分屋顶、墙面、屋檐等不同结构部位的边界特征。在特征点选取过程中,若对房屋拐角、檐口等关键特征点的定位偏差过大,会直接导致轮廓形态失真。此外,轮廓勾勒时的操作习惯也会影响精度,如线条绘制的平滑度控制、对微小结构的取舍判断等,缺乏经验的操作人员易出现轮廓过度简化或冗余勾勒的问题。

立体影像对的匹配质量也是影响房屋轮廓精度的关键之一。立体影像的相对定向精度、重叠区域合理性直接影响三维模型的构建精度,若相对定向存在误差,会导致立体模型出现扭曲、变形,使得房屋轮廓采集出现系统性偏差。航向重叠度低于60%、旁向重叠度低于30%时,立体影像的匹配区域不足,难以构建完整的房屋三维形态,导致局部轮廓无法准确提取。此外,影像的畸变校正效果也会影响立体采集精度,镜头畸变、大气折射引起的影像变形若未得到有效校正,会导致房屋轮廓出现偏移、缩放等误差。为减少这些因素的影响,通常需要在内业采集前对立体影像对进行严格的预处理,包括畸变校正、相对定向优化、重叠区域检查等,确保立体模型的准确性,为房屋轮廓高精度采集提供保障。

4 内业数据处理方法对精度的优化策略

内业数据处理在航测内业立体采集中扮演着至关重要的角色,直接影响到房屋轮廓精度的提高。采集到的原始数据通常带有操作误差和影像噪音,如何通过科学的处理方法优化数据,提升其精度,是解决实际应用问题的关键。立体影像匹配算法在内业数据处理过程中发挥着至关重要的作用,特别是在立体图像配准与特征点提取阶段。精确的匹配算法能够有效减少因视角不同、影像畸变等因素造成的误差^[4]。现代内业数据

处理常采用基于特征点的匹配算法、像素级相似性度量方法以及基于深度学习的立体匹配算法,以提高匹配精度。通过优化图像的匹配度,不仅可以改善立体模型的重建质量,还能有效减小因几何误差和光照变化带来的影响,从而确保房屋轮廓的高精度提取。

数据去噪与轮廓优化技术同样是提升房屋轮廓精度的重要手段。航测内业立体采集数据通常受到影像噪音、操作误差等因素的干扰,导致采集结果中存在冗余信息,影响数据质量。在数据去噪过程中,针对立体影像的噪声特点,可采用中值滤波、高斯滤波等传统方法,同时结合立体影像联合去噪算法,在去除噪音的同时保留房屋边界关键特征。对于采集后的轮廓数据,需通过轮廓平滑、拐点优化、冗余点剔除等处理,修正操作人员勾勒时的细微误差,使房屋轮廓更贴合实际地物形态。随着技术发展,基于深度学习的轮廓优化算法逐渐得到应用,能够自动识别房屋轮廓的不合理区域并进行校正,有效提升数据处理效率和精度。

5 提高房屋轮廓精度的实用对策与建议

提高房屋轮廓精度的一个有效途径是优化内业采集设备配置与定期校准。应选用高精度的数字立体测图系统、高清晰度立体观察设备,确保设备性能满足大比例尺房屋轮廓采集的需求。在设备使用过程中,需建立定期校准机制,定期对立体测图系统进行相对定向、绝对定向校准,对图形输入设备进行精度校验,保证设备长期使用中的精度稳定性^[5]。在设备选择时,应结合采集任务的精度要求、影像数据的分辨率以及房屋结构的复杂程度,选择适合的内业设备和配套软件。对于屋顶结构复杂、细节丰富的区域,需选用具备高精度特征点提取功能的测图系统,提升细节轮廓的采集精度。

规范内业立体采集操作流程与提升人员技能是提高精度

的核心环节。应制定标准化的内业采集作业规范,明确特征点选取标准、轮廓勾勒要求、精度校验流程等内容,确保操作人员严格按照规范开展工作。加强对操作人员的技能培训,重点提升立体观察能力、关键特征识别能力和操作规范性,定期开展技能考核与实操演练,减少因人为操作失误导致的精度误差。在采集过程中,推行“双人复核”制度,对采集完成的房屋轮廓进行交叉检查,及时发现并修正轮廓偏差、形态失真等问题。针对影像模糊、遮挡等复杂区域,制定专项采集方案,结合多视角立体影像补充采集,确保轮廓的完整性与准确性。

强化影像预处理与数据处理算法优化也不可或缺。采集前对航空影像进行严格的预处理,包括畸变校正、曝光均衡、去噪增强等,提升影像清晰度和对比度,为立体采集提供高质量的基础数据。针对不同类型的房屋结构和影像条件,优化立体匹配算法和轮廓处理算法,例如对密集房屋区域采用基于深度学习的立体匹配算法,提高遮挡区域的匹配精度;对简单房屋结构采用半自动采集算法,结合人工修正,兼顾效率与精度。建立动态的精度控制体系,根据采集过程中的精度校验结果,实时调整处理参数,确保最终房屋轮廓精度满足项目要求。

6 结语

房屋轮廓精度的提升离不开内业采集设备、操作流程、数据处理及影像基础条件的综合作用。高精度的内业设备和规范的立体采集操作是确保高精度采集的基础,而先进的数据处理算法与严格的精度校验则能有效优化采集结果。内业设备的选型与校准、操作人员的技能提升、影像预处理的强化以及数据处理算法的优化,都为提高房屋轮廓精度提供了有效保障。同时,针对不同影像条件和房屋结构,灵活调整采集策略与处理方法,能够进一步提高数据的可靠性。最终,这些综合对策不仅能提升房屋轮廓的采集精度,还能推动航测内业立体采集技术在城市规划、土地管理等相关领域中的应用和发展。

参考文献:

- [1] 黄学军.基于“空天地”的多维立体农业信息采集平台设计[J].中国信息界,2024,(04):13-15.
- [2] 柏溢,夏振平,张博文,等.立体影像采集失真对视觉诱导晕动症的影响研究[J].激光与光电子学进展,2024,61(04):113-120.
- [3] 刘清才.基于自适应分割的航测内业遥感图像深度融合研究[J].地理信息世界,2022,29(01):104-108.
- [4] 崔宝牛.航测内业自动空中三角测量技术的应用研究[J].智能城市,2021,7(10):57-58.
- [5] 张磊,刘贵兵.大比例尺地形图航测高程注记点内业立体采集精度分析[J].现代测绘,2021,44(03):26-30.