

表面模型,利用密集匹配技术进一步生成高精度点云数据,提高模型精细化程度。优化纹理映射与影像融合技术,提高三维重建质量,为后续数据融合与测图应用提供高精度、多视角的影像基础<sup>[1]</sup>。

## 2.2 激光雷达点云数据采集与建模

激光雷达通过发射激光脉冲并测量其返回时间获取目标点的三维坐标,实现高精度点云数据采集。机载激光雷达利用惯性测量单元和全球导航卫星系统获取传感器姿态信息,结合激光回波测距计算地面点坐标,提高空间定位精度。数据采集过程中,通过多回波技术捕获地物结构信息,增强对复杂场景的适应性,结合强度信息提高地物分类能力。点云数据经过噪声去除与滤波处理,消除空气散射影响,提高数据质量。采用网格化分割与表面重建技术,提高模型的拓扑完整性,基于法向量估计优化点云平滑度。针对建筑物和地形数据,利用自动分类算法提取地物特征,结合人工校正提高分类精度。融合点云稀疏性补偿技术,优化数据密度均匀性,提高激光雷达点云数据在测图中的适用性。

## 2.3 数据融合方法与匹配策略

倾斜摄影影像数据与激光雷达点云数据具有不同的采集方式和数据特征,融合过程中需进行坐标统一、数据对齐与精度优化。基于外方位元素和激光雷达点云的地理坐标,实现影像与点云的初步配准,通过特征提取匹配优化数据一致性。采用迭代最近点算法与随机采样一致算法进行点云与影像的精确配准,结合多尺度特征提取技术提高匹配鲁棒性。通过深度学习模型进行多模态数据融合,优化影像与点云的空间一致性,提高融合数据的精度。点云与影像的联合解算方法可提升地物结构信息的表达能力,利用纹理映射技术增强三维模型的可视化效果。针对数据噪声与遮挡问题,结合权重分配优化算法提高数据融合的稳定性和精度,确保高精度测图过程中多源数据的一致性与精确度。

# 3 高精度测图技术的关键问题

## 3.1 数据配准误差分析与优化

倾斜摄影影像与激光雷达点云数据的配准误差主要来源于传感器系统误差、数据采集过程中的姿态变化以及环境因素影响。影像数据依赖相机参数解算,其外方位元素精度直接影响影像的空间定位能力,而激光雷达点云的地理坐标受全球导航卫星系统和惯性测量单元误差影响,导致数据间存在系统性偏移。针对误差来源,采用多传感器联合标定方法提高初始配准精度,利用迭代最近点算法进行点云与影像的局部优化,结合随机采样一致性算法剔除异常匹配点。通过局部特征提取方法增强高频特征点的匹配能力,优化基于机器学习的误差补偿模型,提高数据融合的精准度。利用自适应加权融合策略,在数据配准过程中动态调整不同数据源的贡献权重,以减少累积误差对最终测图精度的影响<sup>[2]</sup>。

## 3.2 点云与影像的空间一致性保障

倾斜摄影影像与激光雷达点云的空间一致性受到数据采集方式、传感器误差以及环境因素的影响,导致两者在坐标系、尺度和视角方面存在差异。通过建立统一坐标基准,实现不同数据源的空间参照对齐,采用尺度归一化方法消除数据尺度不匹配问题。利用高精度光束法平差优化影像外方位元素,提高影像数据的绝对定位精度。基于多模态特征匹配算法,提取点云和影像的共同特征点,利用稀疏特征点优化局部空间一致性,提高数据融合的可靠性。结合深度学习模型进行空间误差预测与校正,优化点云投影至影像平面的精度,提高影像与点云的融合效果。采用基于误差反馈的迭代优化方法,实时调整数据融合过程中产生的空间偏差,确保最终测图数据的高精度一致性。

## 3.3 多源数据融合的算法优化

倾斜摄影影像与激光雷达点云的融合涉及数据对齐、特征匹配和三维重建,算法优化的关键在于提高匹配精度与计算效率。基于深度特征提取方法,分析影像与点云的局部结构信息,提高特征匹配的鲁棒性。采用多尺度配准策略,在全局范围进行粗匹配,并在局部范围内利用迭代优化算法提升匹配精度。结合基于概率图模型的融合方法,动态调整影像与点云数据的权重分配,提高融合数据的稳定性。针对遮挡与噪声问题,利用自适应滤波算法增强有效数据区域,并结合稀疏点云补偿方法减少测图盲区。优化数据融合的计算流程,采用并行计算技术提升数据处理效率,降低计算成本,提高大规模测图任务的适用性。

## 3.4 数据质量控制与精度评估

高精度测图对数据质量控制要求严格,质量问题主要包括点云噪声、影像畸变、配准误差及数据不完整性。通过误差传播分析方法量化各数据源的不确定性,建立误差传递模型评估数据质量。针对点云数据,采用噪声过滤与异常点剔除方法,提高点云的几何精度。利用高精度影像校正算法修正倾斜摄影影像的光学畸变,确保影像与点云匹配的精确性。基于统计分析方法评估数据融合后的空间一致性,采用标准偏差、均方根误差等指标量化数据误差。结合人工检校与自动化评估方法,提高测图精度验证的可靠性。通过构建动态误差补偿模型,针对不同测绘场景优化质量控制策略,确保最终测图成果满足高精度测图的应用需求。

# 4 倾斜摄影与激光雷达融合测图的核心技术分析

## 4.1 影像与点云的联合解算方法

影像与点云的联合解算依赖高精度数据融合技术,通过优化影像外方位元素与点云坐标,提高测图精度。影像解算过程中,基于光束法平差优化相机参数,利用特征点匹配实现多视角影像的几何一致性。点云数据通过激光雷达测距

获取三维坐标,结合惯性测量单元和全球导航卫星系统信息校正姿态误差,确保数据的绝对精度。影像与点云的联合解算通过建立空间坐标转换模型,实现两类数据的统一基准对齐,结合迭代最近点算法优化点云与影像的匹配精度,提高影像与点云的空间一致性。基于概率图模型进行误差估计与权重调整,在解算过程中动态优化数据权重,提升融合数据的精度与稳定性<sup>[3]</sup>。引入网格化融合方法,利用影像特征增强点云的空间信息表达能力,同时通过点云结构优化影像的深度信息,改善三维重建效果。结合非线性优化方法减少误差传播,提高影像与点云在复杂场景下的适应性,为高精度测图提供更可靠的数据支持。

#### 4.2 深度学习在数据融合中的应用

深度学习技术在影像与点云数据融合中发挥重要作用,通过智能特征提取与数据匹配优化,提高测图精度与自动化水平。卷积神经网络可用于影像的特征提取,结合多尺度特征学习方法提高影像匹配精度,避免传统特征点匹配方法对纹理弱化区域的依赖。点云数据的处理采用三维卷积神经网络进行特征提取,通过自监督学习模型优化点云的分类与分割,提高点云数据的空间表达能力。基于生成对抗网络进行影像与点云的特征映射转换,构建多模态数据融合模型,增强数据一致性与匹配精度。注意力机制可用于优化影像与点云融合过程中不同区域的权重分配,避免局部信息丢失,提高数据融合的稳健性。深度学习模型在误差补偿方面可通过回归网络预测影像与点云的匹配偏差,基于监督学习方法优化配准精度,减少人工干预,提高高精度测图的智能化水平<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 自动化测图流程优化与智能化处理

自动化测图流程优化的核心在于提高数据处理效率、减少人工干预并增强智能化处理能力。影像与点云数据的预处理采用自动化质量评估方法,通过噪声检测与畸变校正提高数据可靠性。数据配准过程结合基于深度学习的特征匹配算法,实现自动化特征提取与数据对齐,减少传统方法中对控制点的依赖。三维重建采用高效网格化处理算法,结合自适应点云稀疏化方法,提高模型计算效率。智能化测图系统利用规则推理与机器学习模型,根据测绘任务需求自动调整数据处理参数,提高测绘的自适应能力。自动化地物分类技术结合点云语义分割方法,实现测绘对象的快速识别与分类,提高数据分析的精准度。测图结果评估采用自动化精度检测算法,基于误差反馈机制动态优化数据融合参数,提高最终成果的精度与可靠性<sup>[5]</sup>。

#### 4.4 实时数据处理与高效渲染技术

实时数据处理要求在高精度测图任务中提高计算效率,降低数据处理延迟,确保测绘数据的快速响应能力。点云数据的实时处理采用并行计算技术,通过GPU加速点云过滤、配准与分类,提高数据处理速度。影像数据的实时解算结合稀疏特征提取方法,减少计算负担,提高影像匹配效率。融合数据的可视化采用多线程渲染技术,结合分层数据加载策略优化影像与点云的实时显示效果。基于流式数据处理框架,实现测绘数据的动态更新,提高测图系统的实时交互能力。压缩存储技术结合边缘计算方法,优化数据存储与传输,提高测图系统的整体运行效率。结合人工智能驱动的图像渲染方法,提高影像与点云的视觉效果,为测绘成果的高效展示提供技术支持。

### 5 结语

倾斜摄影与激光雷达融合的高精度测图技术在城市测绘、地理信息系统和工程监测等领域具有重要应用价值。影像数据提供丰富的纹理信息,点云数据具备高精度的空间定位能力,两者的结合能够显著提升测图的精度与完整性。数据配准、空间一致性保障、多源数据融合及误差优化是确保测图质量的关键环节,针对不同数据源的特性,采用深度学习与优化算法提高匹配精度,减少误差累积,提高数据融合的稳定性。自动化测图流程的优化提升了作业效率,智能化处理技术增强了数据分析能力,实时数据处理与高效渲染技术进一步推动了测图应用的拓展。研究表明,通过合理的数据处理策略和融合方法,可有效提升测绘成果的可靠性,为高精度测图技术的发展提供坚实的理论与技术支持。

#### 参考文献

- [1] 黄煜.倾斜摄影测量与机载LiDAR的融合在地质灾害防治中的应用[J].张江科技评论,2024,(09):174-176.
- [2] 庄玉洋.背负式激光雷达在全息测绘中的应用[J].测绘通报,2024,(S2):229-233+254.
- [3] 字金华,袁丽萍,黎佳梅,周艳.大比例尺地形图机载激光雷达点云数据获取及精度检查[J].城市勘测,2024,(04):97-100.
- [4] 杨健,黄小兵,李康,赵国梁,王炫懿.无人机激光雷达技术和倾斜摄影技术在地形测绘中的应用[J].北京测绘,2024,38(07):974-979.
- [5] 贺国亮,高娜,李裕家.倾斜摄影测量与激光雷达技术在大比例尺地形图高程精度方向的研究[J].资源导刊,2024,(12):35-38.

# Research on the integration and unified standards of multi-testing and integrated technical standards

Jian Sun Zeai Yu

Linyi Land and Resources Bureau of Surveying and Mapping, Linyi, Shandong, 276000, China

## Abstract

In view of the problems such as dispersion of multi-test integrated technical standards and lack of data interoperability in land and resources management, this paper systematically discusses the integration path of technical standards and the construction method of unified standard system. By analyzing the development status of the multi-test integration technology and the challenges brought by the fragmentation of standards, the integration principle with systematization and compatibility as the core is proposed, the standard framework covering the whole process of data collection, processing and sharing is designed, and the application value of the unified standard system in territorial space planning, real estate registration and other scenarios is elaborated. Research shows that the integration of technical standards can effectively break down departmental barriers, promote the efficient sharing of surveying and mapping data, and provide important support for improving the efficiency of natural resource management and digital transformation.

## Keywords

multi-test integration; technical standard; standard integration; land and resources management

# 多测合一技术标准整合与统一标准研究

孙健 于泽爱

临沂市国土资源局测绘院, 中国·山东 临沂 276000

## 摘要

针对国土资源管理中多测合一技术标准分散、数据互通性不足等问题, 本文系统探讨技术标准整合路径与统一标准体系的构建方法。通过分析多测合一技术发展现状及标准碎片化带来的挑战, 提出以系统性、兼容性为核心的整合原则, 设计了覆盖数据采集、处理、共享全流程的标准框架, 并阐述统一标准体系在国土空间规划、不动产登记等场景的应用价值。研究表明, 技术标准整合能够有效破除部门壁垒, 促进测绘数据高效共享, 为提升自然资源管理效能和数字化转型提供重要支撑。

## 关键词

多测合一; 技术标准; 标准整合; 国土资源管理

## 1 引言

随着数字化转型在国土资源管理领域的深入推进, 多测合一技术凭借其高效整合测绘数据、优化业务流程的优势, 逐渐成为提升国土空间治理能力的关键支撑。该技术通过集成工程测量、地籍测绘、规划核实等多个环节, 有效解决了传统测绘中重复测量、数据割裂等问题, 但在实际推广中, 技术标准分散、规范不统一等矛盾日益凸显。不同部门、区域采用的标准差异导致数据兼容性不足、成果共享困难, 不仅增加了行政成本, 还制约了跨部门协同效率。尤其在自然资源统一确权、国土空间规划“一张图”建设等重大任务中, 碎片化的技术标准已成为掣肘全局性决策的瓶颈。在此背景下, 整合现有技术标准、构建统一规范体系, 既是响应

国家“放管服”改革与数字化发展战略的必然要求, 也是实现测绘服务提质增效、支撑国土管理精细化的迫切需求。

## 2 多测合一技术现状分析

### 2.1 技术发展历程

多测合一技术诞生于 21 世纪初测绘行业数字化转型的浪潮中, 核心理念是通过集成工程测量、地籍测绘、规划核实等传统分散的测绘环节, 实现数据一次采集、多方共享。在国土资源管理领域, 该技术最初应用于土地调查与不动产登记, 逐步扩展至国土空间规划、生态保护修复等场景。2015 年《全国基础测绘中长期规划纲要》发布后, 多测合一技术被明确列为提升测绘服务效能的关键方向, 各地相继开展试点探索。随着北斗导航、遥感影像解译、三维建模等技术的融合应用, 多测合一技术从单一数据整合向智能化、全流程管理升级, 成为支撑自然资源“两统一”职责履行的重要工具。

【作者简介】孙健(1986-), 男, 中国山东平邑人, 本科, 高级工程师, 从事自然资源调查研究。

## 2.2 现有技术标准分析

当前多测合一技术标准体系呈现显著的碎片化特征。在数据采集层面，工程测量领域遵循《工程测量规范》（GB 50026），而地籍测绘则依据《地籍调查规程》（TD/T 1001），两者在坐标系、精度要求等方面存在差异。数据处理环节，不同部门对数据格式、编码规则的定义尚未统一，例如规划部门要求采用GIS拓扑结构，而不动产登记系统偏好关系型数据库。共享应用层面，尽管《自然资源数据交换标准》提供了基础框架，但地方性补充规定导致跨区域数据互操作性不足。这些标准虽在各自领域内具有专业性，却因缺乏全局统筹，形成数据孤岛，制约了多测合一技术的规模化应用。

## 2.3 问题与挑战

技术标准分散带来的首要问题是数据兼容性不足。以国土空间规划与土地审批为例，规划部门采用2000国家大地坐标系，而部分基层单位仍沿用地方独立坐标系，坐标转换误差直接影响审批效率。标准执行尺度不一导致协同成本攀升。例如，同一地块的测绘成果因用途差异需重复提交不同版本数据，既浪费资源又增加行政负担。不仅如此，新兴技术的快速迭代进一步加剧标准滞后性，无人机倾斜摄影、激光雷达扫描等新型测绘手段缺乏统一的技术规范，实践中常依赖临时性地方文件填补空白。

## 3 多测合一技术标准整合的必要性与可行性

### 3.1 整合的必要性

多测合一技术标准的分散化现状已严重制约自然资源管理的整体效能。技术标准不统一直接导致测绘数据重复采集，同一地块因工程测量、地籍调查、规划核验等不同需求需多次测绘，造成人力、设备和时间资源的巨大浪费。以某省级自然资源确权项目为例，因测绘成果坐标系和精度要求不一致，数据转换和人工核验耗时占比超过总工期的30%。标准差异也加剧了跨部门协同的难度，规划、审批、执法等部门采用独立的数据格式和规范，信息壁垒使得国土空间“一张图”建设推进缓慢<sup>[1]</sup>。在生态保护红线划定、耕地保护监测等重大任务中，标准不兼容甚至可能引发决策依据冲突，影响政策执行的科学性。由此可见，整合技术标准不仅是优化资源配置、降低行政成本的关键举措，更是实现自然资源全生命周期管理、提升国土治理现代化水平的必然选择。

### 3.2 整合的可行性

技术标准的整合与统一已具备坚实的现实基础。从技术层面看，北斗高精度定位、遥感智能解译、云计算等技术的成熟，为多源数据融合与标准化处理提供了技术支撑。例如，基于云平台的测绘数据中台能够自动识别不同标准的差异，并通过算法实现坐标转换、格式统一等预处理，大幅降低整合难度。政策层面，国家《“十四五”自然资源标准化

发展规划》明确提出“推进多测合一标准体系优化”，地方政府亦出台配套文件鼓励标准创新试点。市场需求方面，随着国土空间用途管制、不动产登记“一窗受理”等改革的深化，基层测绘单位对统一标准的需求日益迫切，多地已自发探索区域性标准互通机制并取得初步成效。实践经验表明，顶层设计与地方试点的结合不仅能实现技术标准整合，还可快速释放效率红利。在浙江省“多测合一”改革中，通过统一地籍、规划和竣工验收标准，项目审批平均周期显著缩短，数据重复提交率也随之下降，充分验证了标准整合的可行性与经济价值。

## 4 多测合一技术标准整合的路径与方法

### 4.1 标准整合的原则

多测合一技术标准的整合需以系统性、兼容性和实用性为核心原则，同时兼顾前瞻性与动态适应性。系统性要求从顶层设计层面构建完整的标准框架，覆盖数据采集、处理、共享全流程，避免因局部标准优化引发整体失衡。举例来讲，在国土空间规划编制中，若仅统一数据采集标准而忽视后期共享环节的元数据规范，可能导致规划成果无法与审批系统自动对接。兼容性原则强调新标准体系需与历史数据、现有规范无缝衔接<sup>[2]</sup>。针对不同部门采用的坐标系差异问题，可依托国家测绘基准站网构建省级统一的坐标转换参数库，支持2000国家大地坐标系、地方独立坐标系以及WGS-84坐标系之间的智能转换。实用性原则聚焦标准落地效能，要求整合过程紧密结合国土资源管理的高频业务场景。以建设项目“竣工即登记”改革为例，规划验收与不动产登记环节对测绘成果的精度、格式需求存在差异，导致企业重复提交数据。对实际业务流程开展调研后，可提取规划核验中的建筑轮廓误差限值、不动产登记中的建筑面积计算规则等核心指标，将其整合为统一的“竣工测绘技术标准”，直接减少大量的重复测绘工作量。

### 4.2 整合的具体路径

标准整合路径可划分为“筛选—优化—融合—验证”四个递进阶段。在筛选阶段，权威机构与行业专家对现行标准进行科学评估，从而剔除冗余或过时的条款。例如，《地籍调查规程》中关于纸质图件归档的要求，在数字化场景下可简化为电子签章与区块链存证。优化阶段侧重弥补标准漏洞，针对无人机测绘、三维实景建模等新技术补充制定数据采集精度、模型轻量化等细则。融合阶段通过构建标准映射关系库，以实现不同领域标准的逻辑关联，如将工程测量的“放样误差限值”与规划核实的“边界位移容差”统一为“空间位置综合误差”指标。验证阶段需通过试点项目检验标准体系的适用性，比如在生态修复项目中模拟多部门数据交互流程，验证标准整合后的数据流转效率与错误率。

### 4.3 整合的方法与技术

技术标准整合需依托数字化工具与协同机制创新。在

数据标准化层面,可构建基于云计算的测绘数据中台,集成智能格式转换、坐标统一纠偏等功能。例如,利用 OpenGIS 开源工具开发通用数据转换引擎,支持 SHP、DWG、GeoJSON 等格式的一键标准化输出。在规范协同层面,建议成立跨部门标准委员会,采用“主标准+扩展协议”模式:主标准由自然资源部牵头制定,涵盖基础性、通用性条款;扩展协议允许地方根据地质条件、管理需求差异化补充细则。技术推广层面,应建立标准动态更新机制,利用知识图谱技术对标准条款进行关联分析与智能推荐,确保标准体系随技术演进持续优化。以北京市“多测合一”协同平台为例,通过嵌入标准智能匹配模块,用户在提交测绘成果时,系统自动关联相关标准条款并提示合规性风险,使标准执行从“人工查阅”转向“智能辅助”,合规审查效率大幅提升。

## 5 统一标准体系的构建与应用

### 5.1 统一标准体系的设计

多测合一统一标准体系的构建需以“全流程覆盖、多维度兼容、动态化迭代”为核心理念。全流程覆盖要求标准体系贯穿数据采集、处理、存储、共享全链条,例如在数据采集环节统一 GNSS (全球导航卫星系统) 定位精度分级标准,在处理环节制定点云去噪与三维模型重建的通用算法规范,在共享环节明确元数据格式与开放权限分级规则。多维度兼容强调标准体系需适配不同区域、部门和技术场景的需求,例如,针对地质灾害频发区,增设 InSAR (合成孔径雷达干涉测量) 变形监测数据标准;针对城市规划部门,细化 BIM (建筑信息模型) 与 GIS (地理信息系统) 的数据融合规则。动态化迭代则依托标准管理平台,建立“需求反馈—专家评审—版本更新”机制,确保标准体系随技术演进持续优化。

### 5.2 标准体系的应用

统一标准体系的应用需聚焦业务痛点,通过典型场景示范实现效益转化。在国土空间规划领域,标准整合后的“多测合一”成果可直接支撑“一张图”实施监督系统。例如,某市在生态保护红线划定中,利用统一的三维实景模型标准,集成林业、环保、水利等多部门数据,将原需 3 个月的协同论证周期压缩至 45 天,边界争议发生率下降 70%。在不动产登记领域,通过统一地籍测绘与房屋面积计算标准,企业仅需提交一次竣工测绘成果,即可同步完成规划验收与

产权登记,办理时限从 20 个工作日缩短至 5 个工作日。此外,标准体系的应用可推动跨区域协作,例如长三角地区通过统一高精度地形图测绘标准,实现省际重大基础设施项目的勘测数据互认,避免省界区域重复测绘。这些实践表明,标准统一不仅提升行政效率,更通过数据贯通释放出显著的规模经济效应。

### 5.3 标准体系的推广与实施

标准体系的落地需政策引导、技术支撑与机制创新协同推进。政策层面,建议将统一标准纳入自然资源系统绩效考核,要求省市县三级在项目审批、数据汇交中强制执行,并通过财政补贴鼓励企业采用新标准。技术层面,可开发标准智能适配工具,例如基于区块链的测绘成果存证平台,确保数据从采集到应用的全流程可追溯,或利用知识图谱技术构建标准条款关联库,为基层人员提供一键检索式决策支持<sup>[1]</sup>。机制创新方面,需建立“中央—地方—企业”三级协同推广网络,自然资源部负责标准顶层设计,省级部门组织试点应用与反馈修订,行业协会联合龙头企业编制操作指南与培训教材。以广东省“多测合一”改革为例,借助“省级标准强制推行+地市创新容错”机制,两年内实现全省 21 个地级市标准全覆盖,企业测绘平均成本显著降低,数据共享率大概提升。由此可见,分层推进、多元参与的推广策略能够有效破解标准执行中的“最后一公里”难题。

## 6 结语

综上所述,本文通过系统分析多测合一技术标准的碎片化现状,提出整合路径与统一标准体系,为破解国土资源管理中的数据壁垒、提升测绘服务效能提供了理论支撑与实践方案。标准整合能够显著降低行政成本、增强跨部门协同能力,并支撑国土空间治理数字化转型。通过持续完善标准体系,多测合一技术将更好服务于自然资源统一管理与国家空间治理现代化战略。

### 参考文献

- [1] 何立恒,王海宽,鲍其胜.“多测合一”成果共享对策研究[J].测绘科学, 2023, 48(3):105-110.
- [2] 谢惠洪,王伟.面向超大城市建设工程的“多测合一”研究与实践——以上海市为例[J].测绘通报, 2024(S02):50-55.
- [3] 孙晓玮,邱俊武.工程建设项目全生命周期“多测合一”综合服务平台研究及应用[J].测绘通报, 2021(12):5.