

# Analysis of Key Technologies of High Resolution Remote Sensing Satellite Mapping

Xuezhi Qiu

Yunnan Provincial Remote Sensing Center, Kunming, Yunnan, 650034, China

## Abstract

China's high-resolution remote sensing satellite surveying and mapping technology has undergone rapid development over the past few decades and has been widely applied in the three major satellite remote sensing systems for land, ocean, and meteorology, playing a crucial role in promoting the development of various industries nationwide. In light of this, this paper conducts a systematic analysis of key technologies in high-resolution remote sensing satellite surveying and mapping by reviewing relevant literature and combining practical cases. This analysis helps clarify the technical logic of high-resolution remote sensing satellite surveying and mapping, from data acquisition to result production, and lays a cognitive foundation for further in-depth exploration of the implementation mechanisms of key technologies and engineering application methods.

## Keywords

high-resolution remote sensing satellite; surveying and mapping; key technologies; applications; analysis

## 基于高分辨率遥感卫星测绘关键技术分析

邱学智

云南省遥感中心, 中国·云南昆明 650034

## 摘要

中国高分辨率遥感卫星测绘技术经过近几十年的飞速发展, 已经逐步在陆地、海洋、气象三大卫星遥感系统中得到了广泛应用, 对国家各个行业的发展都发挥着非常关键的推动作用。有鉴于此, 本文通过查阅相关文献资料以及结合实践情况下围绕基于高分辨率遥感卫星测绘关键技术开展系统分析, 有助于厘清高分辨率遥感卫星测绘从数据获取到成果产出的技术逻辑, 为后续深入探讨关键技术实现机制与工程应用方法奠定认知基础。

## 关键词

高分辨率遥感卫星; 测绘; 关键技术; 应用; 分析

## 1 引言

高分辨率遥感测绘并非单一分辨率指标提升的结果, 而是围绕成像机理、平台稳定性、测绘模型与生产流程所形成的一整套关键技术体系, 其有效地满足国土资源、城市测绘、农业监测、生态环境与灾害应急等精细化应用需求。同时依托高分系列卫星在轨运行与规模化应用, 中国在高精度几何定位模型构建、立体影像三维信息反演以及测绘成果一致性控制等方面逐步形成了具有工程适应性的技术路线<sup>[1]</sup>。基于此, 下文从有关研究与实践着手针对基于高分辨率遥感卫星测绘关键技术展开分析, 以供参考。

**【作者简介】**邱学智(1976-), 男, 中国云南宣威人, 本科, 高级工程师, 从事基础测绘、工程测量、摄影测量与遥感、实景三维建设、土地利用及变更调查、国土空间规划等相关技术研究。

## 2 高分辨率遥感卫星概述

高分辨率遥感卫星是指能够获取细节分辨率在亚米至数米级别的对地观测卫星平台, 是国家空间基础测绘与地理信息数据获取的重要载体。中国高分辨率遥感卫星体系由政府主导的高分系列、商业运营的民用高分卫星星座以及专用任务卫星共同构成, 覆盖从光学多光谱到合成孔径雷达(SAR)等多种载荷类型, 可实现高空间分辨率、多角度、多时相的数据采集。高分辨率遥感卫星通常载有高精度三线阵列相机、多光谱相机、激光测高仪等高端传感器, 通过太阳同步轨道提供稳定的地表影像数据, 为高精度地理空间信息产品的制备和动态变化监测提供技术支撑。高分辨率遥感卫星家族已由多颗民用与专用卫星构成一个涵盖光学与雷达、不同分辨率与时相能力的系统, 为国产测绘与行业化应用提供稳定数据来源与技术保障。

### 3 基于高分辨率遥感卫星测绘关键技术应用

#### 3.1 高分辨率遥感影像几何精校正技术应用

在高分辨率遥感卫星测绘作业中,几何精校正技术的应用主要包括以下四个方面:首先,基于有理多项式模型与实测控制点的影像几何校正流程。先以高精度参考 DOM 与 DEM 为基准,通过自动配准与人工复核相结合的方法提取同名点,保证控制点在影像覆盖区内呈均匀分布并剔除残差超限的点,随后采用像方仿射变换对 RPC 模型进行初步改正,再以最小二乘平差执行区域网联合调整并对参数进行稳健性检验,以获得修正后能够稳定映射像坐标与地面坐标的几何参数,校正后还需输出控制点残差与权重信息作为产品元数据。其次,影像块整体严密定向与无缝拼接的实施细则<sup>[2]</sup>。在多 CCD 或多景序列影像处理中,应将各原始影像块纳入同一几何处理框架内,利用重叠区的连接点约束块间相对定向并对各块的外方位元素进行全局平差,随后基于修正后的定向参数对单块进行几何纠正与无缝合成,采用规则剖分与边界加权处理以控制接缝处的像元一致性,并在重叠区按几何残差优先选取像元以减少视觉不连续。再次,DEM 辅助的正射投影与重采样控制流程。利用高分辨率 DEM 插值获取像点对应高程并在正射投影中采用分区分辨率匹配的重采样核以降低插值误差,针对山地与峡谷等复杂地形实施小片区细化剖分并应用基于高程梯度的边界缓冲以减少坡向投影误差,同时输出与正射产品对应的几何不确定度栅格、观测角影像与太阳照射角信息以支持成果的后检与质量分级。最后,几何精度评估与生产线质量闭环。基于统一验证场构建独立检验点集合并采用统计学指标评价定位误差分布,结合空间自相关分析识别系统性偏差并实施分区误差映射,在生产流程中引入异常点自动剔除、控制点权重动态调整与迭代平差机制,以实现从点级偏差检测到产品级误差阈值的连贯质量控制,并将检验结果编入产品元信息以便溯源,并依据检验结果调整生产参数与控制策略。

#### 3.2 高分辨率遥感立体像对三维测图技术应用

在基于高分辨率遥感卫星立体像对开展三维测图的工程实践中,几何精校正是贯穿全流程的基础控制环节,其技术实施通常从成像模型的严密构建入手,首先依据我国高分系列卫星公开的轨道参数、姿态解算成果及载荷标定资料,建立以严格几何成像模型为核心的初始定位关系,并在此基础上引入区域内均匀分布的地面控制点,对模型中系统性偏差进行联合平差修正,使立体像对在统一空间基准下实现稳定的几何一致性,为后续立体匹配提供可靠前提。其次,在立体像对进入精校正处理阶段时,针对山区起伏大、城市高层密集等典型应用场景,需结合高精度地形数据对影像进行正射化改正,通过逐像素地形校正削弱地形起伏对视差计算的干扰,同时对前后视影像实施统一的几何约束调整,确保像对在重叠区域内的像点对应关系满足立体测图的几何条件,从而提高高程反演的稳定性与一致性。再次,在几何精

校正成果基础上开展立体匹配时,应充分利用校正后影像在行列方向上的几何规则性,通过约束搜索范围和视差变化区间,减少误匹配对高程解算的影响,并在匹配结果生成后结合像对几何关系进行空间一致性检核,对不符合立体几何规律的异常点进行剔除或修正,使三维点云在空间分布上保持连续、平滑且符合地表实际形态<sup>[3]</sup>。最后,在三维成果整理与质量控制阶段,需以几何精校正模型为基准,对生成的点云或高程格网开展系统性精度检验,通过与独立检查点进行对比分析,评估平面与高程误差分布情况,并根据误差特征对局部区域实施必要的几何再调整处理,使最终形成的数字高程模型或三维测图成果在整体精度和局部结构上均满足我国现行测绘技术规范要求。

#### 3.3 高分辨率遥感影像正射校正与无缝拼接技术应用

在基于高分辨率遥感卫星开展测绘成果生产过程中,正射校正首先依托严格成像几何关系建立传感器物理模型,在工程实践中通常采用星载轨道与姿态解算结果联合时间同步参数进行约束,并结合测区已有测绘控制成果,对模型参数进行局部稳定性检核,从而保证像元反算过程的几何一致性,其间高程数据的选取强调与影像空间分辨率及地形起伏幅度的适配性,在山区或城镇高差显著区域优先采用经质量评定的 DEM 成果以抑制地形引起的投影偏移。正射校正实施阶段采用逐像元反投影方式完成地面坐标到影像坐标的精确映射,将地形起伏、成像倾角及平台姿态误差统一纳入计算流程,通过对建筑物顶部与地表位置关系的系统改正,减弱高分影像中常见的侧倾与拉伸现象,使校正后影像在平面位置上满足大比例尺测图精度要求。进入影像拼接处理时,需要在统一坐标框架下对多景正射成果进行空间基准与像元尺度一致化处理,并在重叠区域内引入灰度统计匹配方法,对不同成像时相和观测条件造成的亮度差异进行分级调节,同时结合地物边界特征布设接缝线,避免切割道路、水系及建筑主体,降低拼接区域的视觉突变。针对大范围连续覆盖任务,工程上通常采用分区拼接后整体平衡的作业流程,在局部完成影像融合的基础上实施全局色调与几何微调,以控制误差累积并保持区域影像风格一致。成果检核环节以现势性基础测图数据和高精度参考影像为依据,通过抽样比对平面位置偏差与接缝连续性,检查是否存在系统漂移或局部错位情况,确保最终正射拼接影像在空间稳定性和几何可靠性方面满足测图解译与制图作业直接使用的要求。

#### 3.4 高分辨率遥感多光谱信息精细化提取技术应用

在高分辨率遥感多光谱信息精细化提取的测绘生产实践中,首先需在影像入库阶段实施规范化辐射一致性处理流程,结合我国高分系列卫星成像特性,对不同轨次、不同成像条件下获取的多光谱数据进行绝对辐射定标与区域化大气校正,通过引入同步地面反射率样本与区域大气参数约束,削弱太阳高度角差异和气溶胶变化对光谱响应的干扰,从而为后续多波段协同分析提供稳定基础。其次,在多光谱

特征增强环节,应依据测绘目标类型与区域自然条件,构建符合工程经验的波段组合与指数表达方式,重点利用近红外与可见光波段在植被、水体及人工构筑物上的反射差异,对原始影像进行对比度拉伸与光谱分离处理,使地物边界在保持真实灰度层次的前提下获得更清晰的层次区分。再次,要素提取阶段,将多光谱特征与地物空间形态进行协同约束,依据建筑物规则边缘、水体低反射连续性、道路线性延展以及植被高近红外响应等特性,构建复合判别规则,避免单一光谱或几何条件引起的类别混淆,并在实际作业中通过样区反复校核保证规则适用性<sup>[4]</sup>。最后,在复杂地表区域处理与成果控制过程中,按照地表覆盖差异划分处理单元,分别设定光谱阈值与约束参数,并对初步提取结果开展空间一致性检查,对局部异常斑块进行人工干预修正,使多光谱参与下的测绘成果在细节层次与整体结构上保持与真实地表高度一致。

### 3.5 高分辨率遥感测绘成果精度检核与一致性控制技术应用

在高分辨率遥感卫星测绘成果精度检核与一致性控制实践中,首先需围绕任务尺度与成果类型建立针对性的精度评价框架,结合我国高分系列卫星影像在基础测绘与专题测绘中的应用经验,明确平面位置、高程精度及相邻要素几何协调等控制指标,并依据成像模式与地形条件合理布设检核样区,确保评价结果具备空间代表性与工程适用性。其次,在精度检核实施阶段,通常以国家基础地理信息成果、连续运行卫星定位基准站观测数据或外业实测控制点作为参考基准,通过同名点匹配、剖面比对及误差统计分析等方式,对影像正射产品与三维测图成果进行定量核验,重点分析误差在不同地貌单元与影像边缘区域的变化特征。再次,在大范围连续生产条件下,为避免整体精度评价掩盖局部异常问题,需采用分区统计与全域综合分析相结合的策略,对误差集中区域进行定位判识,并结合传感器姿态解算、控制点配置及模型参数设置等环节开展针对性调整,从而实现成果质

量的均衡控制,随后在一致性控制过程中,针对多源、多批次遥感成果并行生产的实际情况,通过统一空间基准、强化接边约束及高程连续性校核等措施,对相邻成果单元进行系统协调,防止因时间差异或处理流程差别引起的拼接错位与高程突变问题<sup>[5]</sup>。最后,在成果入库与交付前,依照现行测绘生产检查流程,对几何精度、拓扑关系及属性完整性开展多轮核验,确保遥感测绘成果在不同应用场景下保持稳定、协调的空间表现。

## 4 结语

综上所述,随着我国高分辨率遥感卫星体系的不断完善,基于卫星影像的测绘技术正在向精细化、系统化方向持续演进。上文从测绘工程视角着手,基于中国高分辨率对地观测卫星发展与工程实践,针对包括几何精校正、立体测图、正射拼接、多光谱信息利用及成果精度控制等测绘关键技术应用体系化分析与工程化实现思路,旨在为后续技术讨论提供明确的技术切入点与方法论框架,并为工程化实施与质量保证提供初步问题导向。今后,我们应当在保持技术路线稳定可控的基础上,进一步强化工程实践中的技术协同,将有助于提升高分辨率遥感卫星测绘成果的整体质量与应用适用性,为我国测绘业务的持续发展提供可靠支撑。

## 参考文献

- [1] 李德仁,王密.高分辨率光学卫星测绘技术综述[J].航天返回与遥感, 2020, 41(2):11.
- [2] 赵艳.信息化测绘时代工程测绘的发展[J].Urban Architecture & Development, 2025, 6(17).
- [3] 马聪丽.高分辨率测绘卫星应用及其标准建设研究初探[J].地理空间信息, 2020, 18(5):7.
- [4] 吴媛媛.土地利用变更调查中高分辨率卫星遥感影像应用[J].华东科技(综合), 2021(7):4-4.
- [5] 梁瑞俨.遥感技术在测绘工程中的应用探讨[J].信息产业报道, 2023(4):0114-0116.