

# 测绘学研究进展

王富

赤峰市元宝山区自然资源局

DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2308

**[摘要]** 近年来,测绘学研究在多学科交叉融合的推动下取得了显著进展。文章从测绘学理论创新、技术突破、应用拓展、关键技术、学科融合以及未来挑战等方面全面总结了测绘学的最新研究进展,以期测绘学新技术推广应用提供理论支撑。

**[关键词]** 测绘学; 人工智能; 遥感

**中图分类号:** TP72 **文献标识码:** A

## Advances in Surveying and Mapping Research

Fu Wang

Yuanbaoshan District Natural Resources Bureau, Chifeng City

**[Abstract]** In recent years, surveying and mapping has achieved significant research progress driven by multidisciplinary integration. This article comprehensively summarizes the latest advancements in surveying and mapping from the perspectives of theoretical innovation, technological breakthroughs, application expansion, key technologies, disciplinary convergence, and future challenges, aiming to provide theoretical support for the promotion and application of new surveying and mapping technologies.

**[Key words]** Surveying and Mapping; Artificial Intelligence; Remote Sensing

### 引言

近年来,测绘学领域正经历着一场意义深远的变革,从依赖传统测量技术逐步迈向智能化、多学科深度融合的新纪元。伴随着大数据、云计算、人工智能、量子计算等前沿科技的突破性进展,测绘学的应用范畴已不再局限于地表测绘,而是向深地探测、深海探索等未知领域纵深拓展,其服务领域也从单纯的地理信息采集,广泛延伸至国家安全保障、生态环境保护、数字经济发展等国家战略核心方向<sup>[1]</sup>。本文基于最新的研究成果与行业动态,全面而系统地梳理了测绘学在理论创新、技术突破以及应用拓展三大维度上的关键进展,并深入剖析了该领域当前面临的挑战及未来发展的可能路径。

### 1 理论创新：从地表观测到深地动力学

#### 1.1 地球深部结构研究的突破

测绘学的理论体系正经历深刻变革,其研究范畴已突破传统地理空间的桎梏,深度拓展至地球内部物理结构的探索领域。近期,有学者借助合成孔径雷达干涉测量技术,创新性地采用“短-长基线干涉组合”技术,首次实现了对欧亚大陆内部软流圈黏滞系数的定量测定,为深入解析板块运动机制提供了基于地表形变约束的全新实证,这一里程碑式的成果,标志着测绘遥感技术实现了从“静态地理信息测绘”到“动态地球过程实时监测”的质的飞跃<sup>[2]</sup>。同时,测绘学与地球物理学、流体力学的

融合,推动了黏弹性数值模拟、高温高压实验等方法的应用,将软流圈从“概念层”转化为可量化的动力学单元。例如,中国测绘科学研究院构建的“数字时空基准技术”体系,通过整合重力、电磁场、地震波数据,实现了对地球深部结构的动态建模,为资源勘探、地震预警提供了新范式<sup>[3]</sup>。此外,在地球内部物质迁移研究中,测绘学通过地表重力场变化监测,结合地球化学同位素分析,揭示了地幔柱上升过程中物质输运的时空规律,为理解地球演化提供了新视角。

#### 1.2 时空基准理论的深化

时空基准是测绘学的理论基础。近年来,我国在北斗三号全球卫星导航系统(BDS)基础上,进一步优化了“星地一体”时空基准框架。同时,量子重力测量、原子钟时间基准等前沿技术进入工程化阶段,为高精度时空基准提供了新工具。在理论层面,测绘学正从“几何定位”向“物理场感知”延伸。例如,通过分析地表热流、重力异常、电磁场变化等数据,结合数值模拟,可反演地下介质属性,为深地资源开发、地质灾害预警提供理论支持<sup>[4]</sup>。此外,时空基准理论还与相对论、量子力学等基础学科交叉,探索在高速运动、强引力场等极端条件下的时空测量方法,为未来深空探测、高能物理实验提供理论储备。

### 2 技术突破：智能化与多源融合

#### 2.1 智能化测绘技术体系

2025年,智能化测绘已成为行业转型的核心方向。中国测绘科学研究院设计的“四层六类”技术体系,涵盖数字时空基准、全域自主感知、智能处理与融合等六大方向,推动了测绘生产模式的变革。在智能定位技术方面,推出首套“水下北斗”原型系统,通过声学定位与惯性导航结合,解决了深海环境信号衰减、多径效应等问题,填补全球深海测绘技术空白,为深海资源勘探、海底地形测绘提供了可靠手段<sup>[5]</sup>。在智能数据处理方面,多模态遥感视觉-语言大模型工具,可同时处理光学、雷达、高光谱等多源遥感数据,实现地物分类、变化检测等任务的自动化,显著提升了数据处理的效率和准确性。在实景三维建模方面,多源数据自动建模软件支持卫星影像、无人机倾斜摄影、激光点云的一体化处理,可自动识别和修复数据中的噪声、缺失部分,生成高精度、高真实感的三维模型,实现从数据采集到三维模型生成的全流程自动化,已广泛应用于城市规划、文化遗产保护等领域。

### 2.2 多源数据融合与实时动态监测

测绘数据获取手段呈现“空天地海”立体化趋势。卫星遥感方面,我国在轨遥感卫星超300颗,高分辨率、多频段影像为多源数据融合提供支撑;无人机测绘向集群化、长航时发展,大疆 Matrice 350 RTK单架次可完成5km<sup>2</sup>测绘;地面移动测量系统(MMS)集成激光扫描、全景影像技术,实现城市三维建模的高效采集。

实时动态监测能力显著提升。通过InSAR技术持续推出高精度全国地表形变速率图,可监测毫米级地表形变;结合物联网传感器,构建了天空地协同的地质灾害监测体系,实现滑坡、泥石流等灾害的早期预警。例如,在山区滑坡监测中,InSAR技术可捕捉地表微小形变,结合地面雨量计、土壤湿度传感器等数据,通过机器学习算法预测滑坡发生的时间和位置,为灾害防范提供科学依据<sup>[6]</sup>。

### 2.3 时空大数据与云计算

海量测绘数据的处理需求推动云计算与边缘计算的深度融合。现阶段,全国在用算力中心机架规模超830万标准机架,算力总规模达246EFLOPS,支撑了时空大数据平台的实时分析。例如,InSAR地表形变监测软件与超算平台结合,实现了对地质灾害的动态监测。

人工智能技术进一步赋能数据处理。大势智慧开发的深度学习算法,将三维建模效率提升20倍;遥感监测业务模型等多类遥感大模型技术,形成了智能后台-智能引擎-交互前台的人机协同解译框架,推动了测绘生产的智能化升级。此外,边缘计算技术在测绘设备中的应用,实现了数据的本地化处理和实时传输,减少了数据传输延迟,提高了监测的时效性。

## 3 应用拓展: 服务国家战略与民生需求

### 3.1 新型基础测绘体系建设

2024年自然资源部发布的《新型基础测绘体系建设纲要》明确,到2025年建成全国统一的实景三维中国。截至目前,实景三维数据已覆盖全国80%以上区域,支撑城市规划、自动驾驶、数

字孪生等领域的创新应用。通过三维模型,规划者可直观地分析建筑布局、地形地貌对城市发展的影响,优化设计方案,提高城市规划的科学性和合理性。激光雷达与视频融合技术实现动态场景实时建模,在灾害推演中,可模拟灾害发生的过程和影响,为应急救援提供决策支持。

### 3.2 生态保护与可持续发展

测绘学在生态环境监测中发挥关键作用。通过多时相遥感数据,可量化分析森林覆盖、湿地变化、冰川退缩等生态指标。结合光学与雷达遥感数据,可穿透云层和植被,获取森林的植被覆盖、叶面积指数等信息,实现森林类型分类与碳汇估算。InSAR技术捕捉地表微小形变,提前预警滑坡、地面沉降等灾害。例如,在某矿山地区,通过InSAR技术监测到地表存在微小形变,结合地质勘探数据,预测可能发生滑坡,及时采取了防范措施,避免了人员伤亡和财产损失。

## 4 关键技术与应用前景

### 4.1 遥感与地理信息系统(GIS)技术

遥感技术正从“数据获取”向“知识发现”迈进。目前我国已通过国家级备案的人工智能大模型数量达到188个,广泛应用于图像、视频和多模态数据处理。例如,多模态遥感视觉-语言大模型可通过深度学习算法实现遥感影像的自动解译与语义理解,提升信息提取效率。GIS技术向“泛在化”与“智能化”发展。网络地理信息智能监管系统深度耦合AI识别与知识引导技术,支撑近20万幅送审地图的在线审查。例如,在地图审查中,该系统可通过AI算法自动识别地图中的错误和违规内容,如国界线绘制错误、敏感信息泄露等,提高审查效率和准确性。

### 4.2 无人机与三维激光扫描技术

无人机技术向“集群化”与“自主化”演进。大疆推出的 Matrice 350 RTK配备激光雷达与倾斜相机,单架次可完成5km<sup>2</sup>测绘;自主化测绘无人机通过AI算法规划飞行路径,实现复杂环境下的自动作业。在集群化作业中,多架无人机可协同工作,通过通信网络实现数据共享和任务分配,提高测绘效率。地面激光点云与BIM(建筑信息模型)技术融合,推动建筑遗产保护与数字化重建。例如,在建筑遗产保护中,通过三维激光扫描技术可获取建筑的精确几何信息,结合BIM技术可建立建筑的三维模型,对建筑的结构、材料等进行分析和模拟,为遗产保护和修复提供科学依据。

### 4.3 大数据与云计算技术

时空大数据平台成为行业核心基础设施。“地学之窗12”平台整合卫星遥感、无人机、地面传感器等多源数据,提供灾害监测、资源管理领域的决策支持;云计算与边缘计算融合,实现测绘数据的实时处理与分发。例如,在灾害监测中,该平台可实时接收和处理来自各种传感器的数据,通过云计算和边缘计算技术,快速分析灾害的发生和发展趋势,为应急救援提供及时的信息支持。

## 5 测绘学与其他学科的深度融合

### 5.1 与地球科学的融合

测绘学与地球科学的融合推动了地球系统科学的发展。通过测绘技术获取的高精度地理信息数据,结合地球科学中的地质、气象、海洋等学科知识,可深入研究地球系统的演变规律。例如,在气候变化研究中,测绘学可提供海平面上升、冰川退缩等数据,结合气象模型可分析气候变化的原因和影响。

### 5.2与信息科学的融合

随着信息技术的飞速发展,测绘学与信息科学的融合日益紧密。大数据、人工智能、物联网等技术为测绘数据的处理、分析和应用提供了新的手段。例如,大数据技术可处理海量的测绘数据,挖掘其中的潜在信息;人工智能技术可实现测绘数据的自动解译和智能分析;物联网技术可实现测绘设备的互联互通和数据的实时传输。

### 5.3与生物科学的融合

测绘学与生物科学的融合为生物多样性保护和生态研究提供了新的视角。通过遥感技术可监测生物的栖息地分布、植被覆盖等生态指标,结合生物调查数据可分析生物的生存环境和种群动态。例如,在野生动物保护中,通过遥感影像可识别野生动物的栖息地,结合地面调查数据可了解野生动物的种群数量和分布情况,为保护措施的制定提供科学依据。

## 6 挑战与未来展望

### 6.1行业面临的挑战

尽管取得显著进展,测绘学仍面临以下挑战:一是数据孤岛普遍存在。不同部门、不同地区的数据标准不统一,数据格式不兼容,导致数据难以共享和整合,制约多源数据融合应用,影响了测绘数据的综合利用效果。二是新技术标准有待建立。随着新技术的不断涌现,如无人机测绘、三维激光扫描等,现有的标准规范已不能满足实际需求,需要制定新的标准来规范技术应用和数据质量。三是技术壁垒日益严重。在一些关键领域,高端装备与核心算法依赖进口,如高精度传感器等,我国还依赖国外进口,存在技术受制于人的风险,需要加大自主研发力度,突破技术瓶颈。

### 6.2未来发展方向

未来,测绘学将沿以下方向深化发展:一是构建全域自主感知网络。通过卫星、无人机、地面传感器、水下探测器等多种手段,实现对地球表面和内部的全方位、高精度感知,构建“空天地海”一体化感知网络,实现全球范围实时数据获取,为全球

变化研究、资源管理、灾害预警等提供及时、准确的数据支持。二是打造智能决策大脑。融合AI与大数据技术,利用人工智能算法对海量测绘数据进行分析 and 挖掘,结合领域知识和专家经验,为城市规划、环境保护、灾害应对等提供智能决策建议,提高决策的科学性和时效性。三是积极参与国家标准体系制定。随着中国测绘技术的不断发展,应积极参与国际测绘标准的制定,提高中国在国际测绘领域的话语权,推动中国测绘技术和产品的国际化发展。

## 7 结语

近年来,随着卫星导航定位、遥感对地观测、激光雷达扫描等新型传感技术的深度融合,测绘学在理论创新、技术突破与应用拓展方面取得了跨越式发展,具体表现在测绘数据获取的时空分辨率与精度显著提升,数据处理能力向智能化、实时化方向迈进,地理信息服务的场景化与普适化特征日益凸显。与此同时,测绘学正从传统单一数据生产向多源异构数据融合分析转型,从静态测绘向动态监测与智能决策支持升级,为全球气候变化研究、可持续发展目标实现提供了关键技术支撑。面向未来,测绘学将进一步突破时空尺度限制,为构建全要素、全周期、全链条的地球空间信息感知与认知体系贡献更大力量。

## 【参考文献】

- [1]杨元喜,刘焱雄,孙大军,等.海底大地基准网建设及其关键技术[J].SCIENTIA SINICA Terrae,2020,50(7):936-945.
- [2]袁炳强.北冰洋-欧亚大陆-太平洋地学断面东南段大陆岩石圈有效弹性厚度研究[D].西北大学,2002.
- [3]杨元喜,明锋.中国时空基准建设现状与未来发展[J].中国科学:地球科学,2023,53(9):2192-2195.
- [4]李延河,万志军,于振子,等.平顶山矿区地热地质条件及其成因分析[J].地球物理学进展,2023,38(2):551-561.
- [5]王泽民,罗建国,陈琴仙,等.水下高精度立体定位导航系统[J].声学与电子工程,2005(2):3.
- [6]张迪.联合时序InSAR和机器学习的滑坡灾害易发性评价——以丰都县为例[D].重庆:重庆交通大学,2024.

## 作者简介:

王富(1973—),男,汉族,内蒙古赤峰人,本科,高级工程师,研究方向为测绘。