

# 资源导刊

# 信息化 测绘

国际标准连续出版物号：ISSN 1674-053X 国内统一连续出版物号：CN 41-1389/D

2026

第 2 期

总第516期

## 锚定新坐标 奋楫新征程

——河南省测绘地理信息技术中心擘画高质量发展新蓝图

河南省测绘地理信息技术中心召开全面从严治党工作会议

河南省地图院：测绘筑基 智绘中原

ISSN 1674-053X



中旬 定价：10元



扫码关注微信

# 河南省测绘地理信息技术中心召开 2026年工作会议

本刊讯 2月5日，河南省测绘地理信息技术中心召开工作会议。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生作工作报告。省自然资源厅测绘地理信息管理处处长王军胜，中心党委委员、副主任武永斌参加会议。中心党委委员、副主任肖峰主持会议。

就贯彻会议精神与推动中心下一步发展，景志刚强调，一要回顾奋斗历程，在总结经验、直面挑战中坚定信心。过去三年，中心破解了一系列长期制约发展的难题，探索出一条契合河南实际、彰显中心特色的高质量发展路径。面对过往成绩，要保持清醒头脑，增强服务大局的支撑能力、拓宽事业转型的发展思路、提升技术创新的转化效能、扩大成果应用的场景领域。二要把握时代方位，在融入大局、服务发展中主动作为。中心作为河南省测绘地理信息事业发展的主力军和专业技术支撑的核心力量，要主动服务和融入新发展格局，自觉将中心发展置于全省大局去谋划、去推进，努力在支撑高质量发展、守护高水平安全、服务高效能治理中展现新作为、彰显新担当、作出新贡献。三要加快创新驱动，在科技赋能、转型升级中彰显优势。将创新驱动发展战略摆在事业发展的核心位置，以科技创新引领全面创新，以模式创新拓展服务边界，以管理创新激发内生动力，不断提升测绘地理信息服务的精准性和时效性，以创新驱动为事业转型升级注入强劲动能。四要深化融合协作，在内通外联、开放共赢中汇聚力量。牢固树立“一盘棋”思想，打破部门壁垒和数据孤岛，实现数据、技术、人才等资源的优化配置和高效利用，推动测绘地理信息数据在各行业、各领域的广泛应用，提升测绘地理信息服务的覆盖面和影响力。五要锻造过硬队伍，在改进作风、强化担当中夯实根基。把政治建设摆在首位，大力弘扬求真务实、真抓实干的优良作风，教育引导广大干部职工树立正确的事业观、政绩观，察实情、出实招、求实效，力戒形式主义、官僚主义，确保各项决策部署落地生根、取得实效。六要坚守安全底线，在完善机制、防控风险中筑牢屏障。牢固树立总体国家安全观，增强风险



意识，坚持底线思维，将安全发展理念贯穿于事业发展的全过程、各环节，坚决守牢安全发展底线，确保实现安全生产“零事故”和保密工作“零泄密”的目标，以高水平安全保障事业高质量发展。

郭幸生在工作报告中全面总结中心2025年工作近三年发展成就，并安排部署2026年工作。郭幸生强调，中心上下要锚定省委“1+2+4+N”目标任务体系和省自然资源厅党组“十二项重点”工作要求，聚焦“九个加快推进”。一要加快推进政治建设与责任担当，筑牢事业发展根基。二要加快推进基础测绘转型升级，释放地理信息要素保障潜能。三要加快推进实景三维全覆盖，深度赋能数智强省建设。四要加快推进现代测绘基准体系建设，打造数字（智）河南新底座。五要加快推进“一张图”地理底图建设，统一自然资源管理数据底板。六要加快推进信息化平台升级整合，提升自然资源治理效能。七要加快推进地理信息数据统筹服务，强化安全管控能力。八要加快推进军民融合深度拓展，增强测绘援战保障效能。九要加快推进科技创新与自主研发体系建设，培育内生发展动能。

肖峰就贯彻落实会议精神提出三点要求，一要纵深抓好学习传导，二要始终站稳政治立场，三要聚力推动落地见效。武永斌宣读了2025年度先进集体和先进个人、2025年度先进党组织、优秀共产党员和优秀党务工作者、优秀团员优秀团干名单等表彰文件。

☐ (吴荒源 / 文、图)

# 山河逢春启新程 测绘华章续新篇

◎ 本刊评论员

万物苏萌山水醒，岁首勤耕正当时。

丙午年立春翌日，河南省测绘地理信息技术中心召开2026年度工作会议。郭幸生主任以“山河逢春，华章再启”开篇，回望三年跋涉、审视当下形势、擘画未来新程。这场会议，是总结，更是启程的号角，在春回大地之际，奏响了河南测绘地理信息事业再赴山海的前行序曲。

“十四五”期间，河南测绘地理信息事业完成了从“量”的积累向“质”的升华。特别是2025年，党建引领、服务支撑、科技创新、制度建设协同发力，已成为全国行业版图上一支重要力量。“党建+项目攻坚”创新模式，推动军民融合、实景三维等项目落地生根；构建“一张图”地理基底体系，赋能“数智河南”发展新格局；关键技术自主研发，牢牢掌握核心命脉；人才队伍梯次优化，锻造出政治坚定、业务精湛的铁军。

这些成绩的背后，彰显出全体测绘人同心所向、锐意进取的身影。面对转型阵痛与市场挑战，河南省测绘地理信息技术中心主动校准方位，深化“三支撑、三服务”职责，推动行业从传统测绘向数据驱动、智慧赋能的新形态转变。今日的河南测绘，已不仅是数据的记录者，更是自然资源管理、生态文明建设、智慧城市发展和经济运行的“数字基座”，成为高质量发展不可或缺的支撑力量。

成就令人鼓舞，前路任重道远。

“十五五”开局之年，国家数字化转型与高质量发展战略全面铺展，为测绘地理信息事业带来时代性机遇。河南挺膺中部崛起之任，正处于由“大”到“强”跨越的关键节点。测绘地理信息作为基础性、战略性资源，必将在新型基建、智慧治理、生态保护、应急保障等领域展现更大作为。

春光不待人，奋斗正当时。面向“黄金期”，河南测绘工作将聚力推动九大方向：

一是加快推进政治建设与责任担当，筑牢事业发展根基；二是加快推进基础测绘转型升级，释放地理信息要素保障潜能；三是加快推进实景三维建设全覆盖，赋能数字（智）河南新业态；四是加快推进现代测绘基准体系建设，赋能数智河南新底座；五是加快推进“一张图”地理底图建设，统一自然资源管理数据底板；六是加快推进信息化平台升级整合，提升自然资源治理效能；七是加快推进地理信息数据统筹服务，强化安全管控能力；八是加快推进军民融合深度拓展，增强测绘援战保障效能；九是加快推进科技创新与自主研发体系建设，培育内生发展动能。

这既是系统布局，更是走向高质量发展的行动路线。只有坚持创新引领、数据赋能、科技驱动，才能在时代潮头踏浪前行。

2026年，是“十五五”启航之年，也是河南测绘地理信息事业迈向更高水平的关键跨越。立足新起点，必须以更高站位、更实举措、更严要求，谱写测绘地理信息事业发展新篇章。

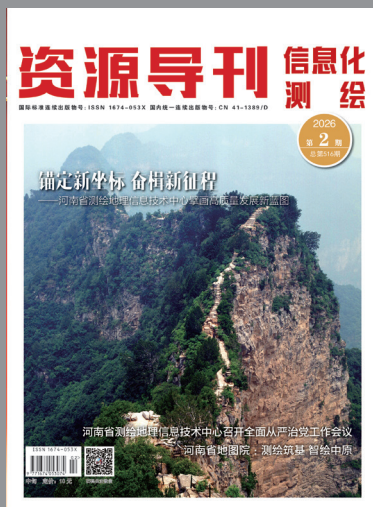
立春一日，万象更新。河南测绘地理信息事业亦迎来属于自己的春天。站在新征程的起点，我们铭记来路，更看清前路；珍惜机遇，更直面挑战。唯有以“时不我待”的紧迫、“朝夕必争”的担当、“敢为人先”的勇气，方能在这涌动的时代大潮中，勇毅前行，不负山河。

山一程，水一程，砥砺奋进逐梦行，初心不忘铭心中。

技为刃，志为锋，实干笃行勇攀登，数字中原筑峥嵘。

征程万里风正劲，重任千钧再奋蹄。2026年的奋斗号角已经吹响，我们深信，在河南省委、省政府与省自然资源厅党组的坚强领导下，在全体测绘人的共同努力下，河南测绘地理信息事业必将再攀高峰，为全省乃至全国的高质量发展，绘就更壮丽的数字化画卷，写下更辉煌的春天故事。☑

测绘资讯·政策解读  
文化传播·技术交流



社 长：刘立新  
执行总编：肖 峰  
总 编：刘鹏飞  
副 社 长：左金安  
副 总 编：张中强  
编辑部主任：王红闯  
责任编辑：王 敏  
摄影总监：赵洪山  
文字编辑：王 敏  
栗荣晓  
陈庆贺  
论文编辑：卢清国  
美术编辑：宋 珂  
发 行：丁 翔

国际标准连续出版物号：ISSN 1674-053X  
国内统一连续出版物号：CN 41-1389/D  
邮发代号：36-373 定价：10 元  
印刷单位：河南普庆印刷科技有限公司  
编辑部：0371-65941858  
广告发行部：0371-65941854  
投稿邮箱：xxhch2015@163.com  
QQ 通联群：185394654  
地址：河南省郑州市黄河路8号

弘扬测绘正能量的宣传阵地  
打造行业主流声音传播平台  
孕育测绘工程师的理想摇篮

## 资源导刊 信息化测绘

2026年 中旬 第2期 总第516期

主管单位：河南省自然资源厅  
承办单位：河南省测绘地理信息技术中心  
主办单位：河南自然博物馆  
编辑出版：《资源导刊》杂志社

### 顾问

王家耀 中国工程院院士  
刘先林 中国工程院院士  
李建成 中国工程院院士  
龚健雅 中国科学院院士  
邹友峰 河南理工大学教授  
刘文锴 华北水利水电大学教授  
李广云 中国人民解放军网络空间部队信息工程大学教授  
王召东 河南省土木建筑学会理事长  
杜清运 武汉大学资源与环境科学学院教授  
姚宣斌 武汉大学教授  
郭增长 河南测绘职业学院教授  
毛忠民 河南省测绘地理信息技术中心原二级巡视员

### 河南省测绘地理信息技术中心编委会

主 任 郭幸生  
副主任 肖 峰 武永斌 王军胜 陈政民  
成 员 赵海滨 赵立明 孙常建 李 辉 许翔云  
安玉琴 寿燕翻 王红闯 王明强 付洽河  
张向军 田耀永 朱志军 曹 源 周学军

### 核心型宣传合作单位

河南省测绘学会  
河南省地理信息产业协会  
河南省测绘院  
河南省遥感院  
河南省地图院  
河南省地理信息院  
河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

### 友谊型宣传合作单位

东网空间地理信息有限公司  
济源市自然资源技术保障中心  
郑州市郑土测绘服务有限公司  
河南微图信息科技有限公司

### 声明

本刊发表的文字、图片、光盘等的版权归《资源导刊》杂志社所有，未经本社书面许可，不得为任何目的、以任何形式或手段复制、翻印及传播，本刊保留一切法律追究的权利。

### 网站合作单位



# 目录

# CONTENTS

## 卷首语

1 山河逢春启新程 测绘华章续新篇

## 国内要闻

4 无网可收发！三大运营商全面开通北斗短信业务 等8则

## 时政传递

6 河南省测绘地理信息技术中心召开全面从严治党工作会议

7 河南省测绘地理信息技术中心调研指导基础测绘工作

## 特别关注

8 锚定新坐标 奋楫新征程

——河南省测绘地理信息技术中心擘画高质量发展新蓝图

## 测绘广角

14 河南省测绘地理信息技术中心：消费帮扶 助农增收

三门峡地理信息公共服务平台获评全省五星级节点

15 2026版《河南两会用图》精彩亮相 助力代表委员精准建言

南阳市自然资源调查规划院以遥感技术赋能耕地保护

## 经天纬地

16 河南省地图院：测绘筑基 智绘中原

## 豫外传真

18 数智精测燕赵瑰宝

20 为自贸港高质量发展筑牢空间信息底座

——海南测绘地理信息局“一张图”地理底图建设纪实

21 山东德州自然资源“一码贯通”管理省级试点项目通过验收

## 技术应用

22 基于多尺度注意力与上下文感知的空地遥感影像高精度自动匹配方法

25 基于多源数据融合的实景三维建模研究

29 基于GEE和RSEI的成渝地区双城经济圈生态环境质量评价

32 结合CNN与Swin Transformerv2的无人机影像目标检测方法

35 全站仪自由设站法在构建场区控制网应用探讨

38 基于Python的“房地一体”数据建库实践研究

——以广东省郁南县为例

42 测量机器人自动跟踪目标模型标定方法研究

45 基于高分七号立体测绘卫星数据的城市典型区域实景三维重建

49 地理信息可视化技术在国资国企资产管理中的应用研究

54 基于多源数据城市三维模型（LOD1.3级）快速构建技术研究

## 文苑撷英

58 在心里贴个“门神”

59 豆腐里的年味密码

60 灯花飞舞闹元宵

## 艺术欣赏

62 银发光影绘山河 方寸镜头映初心

——河南省测绘地理信息技术中心离退休职工摄影作品选登

## 图说测绘

64 金马启新程 文体展风采

——河南省测绘地理信息技术中心迎新春文体活动掠影

## 封面

焦作云台山 赵洪山 / 摄



## 关注

无网可收发！  
三大运营商全面开通北斗短信业务

2月5日，中国时空信息宣布，依托中国时空成熟的时空服务能力，中国移动、中国电信、中国联通三大运营商均已正式推出北斗短信业务。该业务不仅为应急通信、户外出行、日常联络筑牢安全防线，更广泛赋能健康服务、养老服务、儿童保障等多元民生场景，填补了无地面网络区域通信服务空白。

据悉，北斗短信是基于北斗卫星导航系统短报文功能打造的大众卫星通信服务，2024年11月由中国时空正式发布，在无地面网络信号的环境下，用户可通过支持该功能的手机，直接经北斗卫星收发信息。目前，华为、荣耀、小米、vivo、OPPO等主流国产品牌已推出近60款支持北斗短信的手机，三大运营商用户均可“不换卡、不换号”便捷开通此项业务。无论是山区徒步、海上作业，还是抢险救灾、应急联络，北斗短信均可作为地面移动通信的有效补充，为公众提供一份可靠的安全联络保障。

## 三峡枢纽北斗高精度监测系统投入试运行

日前，三峡枢纽北斗高精度监测系统已完成建设并投入试运行，这是北斗全球卫星导航系统首次在重大水利枢纽工程安全监测领域规模化应用，标志着三峡工程安全监测体系向自主可控、高效智能目标迈出关键一步。

三峡枢纽北斗高精度监测系统采用“单北斗”模式，即从卫星信号接收、数据传输到后端解算分析，全过程基于北斗全球卫星导航系统，实现从核心硬件到解算软件的全国产化、全自主化，形成毫米级高精度感知能力。系统由基准站、监测点、智能平台构成，全域覆盖三峡大坝主体、边坡、船闸等工程关键部位，可高效完成数据接收、质量分析到信息提取的全流程智能化处理。据介绍，单北斗解算系统已连续稳定运行两年，解算成果与高精度视准线法监测成果差值稳定在1.1毫米以内，为水利天空地水工一体化监测体系补齐关键技术环节。

## 北斗共视同步系统实现全国跨省域商用试验

近日，中国移动与中国科学院国家授时中心合作，在北京、广东、陕西等9省份完成首次大规模、跨省

域的北斗卫星共视同步系统现网商用试验，标志着通信网络高精度时间同步能力从“城域自治”迈向“全国一体”，为构建国家级时空体系奠定基础。

此次试验首次应用中国移动牵头制定的相关通信行业标准，针对传统同步网“时间孤岛”问题，采用分布式卫星共视技术，实现广域纳秒级高精度时间同步，融合独立城域网络，构建起全国协同的北斗共视同步网络，达到国际领先水平。此外，试验还实现国家级授时基础设施与通信网络深度融合，在北京、西安、广州设共视基准站，接入国家高精度地基授时系统标准时间信号，二者互补备份。试验结果显示，区域时间服务器相对时间差稳定在9纳秒内，精度较传统方案提升一个数量级，还强化了北斗授时性能监测能力。

## 科技

我国超百G星地激光通信业务化  
应用实验成功

近日，中国科学院空天院成功完成超百G星地激光通信业务化应用实验，通信速率达120Gbps，刷新国内星地激光通信传输速率纪录，这也是该团队继2023年10Gbps、2025年60Gbps后的又一技术突破。

此实验依托塔县激光地面站自主研发的500毫米口径通信系统与AIRSAT-02卫星，未改动卫星硬件，仅通过在轨软件重构挖掘硬件潜能，将激光通信载荷能力从60Gbps提升至120Gbps，解决了超高速链路建链与传输的行业难题。

实验实现秒级捕获建链，建链成功率超93%，最大连续通信时长108秒，获取海量数据并成功处理高质量遥感影像。科研团队突破三大核心技术：优化光学畸变校正算法让信号“收得稳”，应用信号损伤补



偿技术让信号“收得对”，改进自适应传输控制策略让信号“收得快”，大幅提升链路稳定性与通信可用度。

### 我国牵头制定的SAR数据定标验证国际标准发布

近日，我国牵头制定的《地理信息 遥感数据及产品定标与验证 第2部分：SAR》技术规范由国际标准化组织正式发布，标准编号为ISO/TS 19124—2:2025。该标准由中国科学院空天信息创新研究院牵头，联合七个国家的专家共同编制完成，是遥感数据定标验证系列国际标准中首个针对具体传感器的标准。

遥感数据与产品是全球基础性、战略性时空信息资源，定标与验证是提升其质量的核心环节。此前该系列标准第1部分（ISO/TS 19124—1:2023）总则已发布，确立了适用于各类遥感传感器对地观测数据与产品的通用框架及基本验证流程。此次发布的标准聚焦合成孔径雷达（SAR）相关数据与产品。此外，由我国牵头的光学传感器、激光雷达相关分标准也在编制中，预计2027年发布。

该系列标准将提升遥感数据一致性与可靠性，支撑高精度地表参数反演等关键应用，为遥感数据跨行业共享提供保障。

### 北斗+AI融合技术实现降雨量精准预测

合肥工业大学北斗导航团队历时8年攻关，近日成功研发出北斗掩星观测水汽反演装置，将北斗导航与人工智能深度融合，凭借三项核心技术创新，破解“云中雨”监测、“落地雨”预测行业难题。

传统气象观测存在成本高、数据滞后等痛点，降雨监测与预测的短板制约防灾减灾效能。此次研发的技术体系实现三大突破：创新北斗信号干扰检测抑制方法，解决复杂电磁环境下信号干扰问题；改进大气参数求解方法，让可降雨量反演精度提升65%；研发双阶段注意力混合学习模型，实现降雨量精准预报，达成87.6%的行业最高正报率和8.5%的最低空报率。

该技术已成功解决水利防灾、新能源功率预测等领域核心问题，能精准捕捉降雨、水文全链条动态，契合水利部防汛战略部署，目前已在长江安庆段、淮河泄洪区等关键区域部署50余台，为防汛调度、人员转移提供精准决策依据，也为低空经济等领域筑牢气象安全防线。

1月23日，在2026年北京国际商业航天展览会上，我国首套太赫兹成像探测雷达系统正式亮相，该系统突破多项核心技术，可精准探测并跟踪小至1厘米的太空碎片。

这款太赫兹雷达工作于220GHz频段，凭借对目标散射特性的超高灵敏度，能在数百公里外实现厘米级太空碎片的精准感知，解决了传统监测手段轨道参数更新慢、测量精度有限的行业难题。系统还融合高分辨率ISAR成像与微多普勒分析技术，可识别卫星太阳能板震颤、燃料贮箱液体晃动等细微状态，反演航天器实时姿态与结构健康状况，实现轨道航天器的精准健康诊断。

展会同期还展出了配套的微纳星载SAR、天基分布式雷达系统，形成“太空感知+对地观测+天基组网”技术矩阵，其中微纳SAR采用超导低温环形拓扑电路等核心技术，实现轻量化、高精度对地观测，天基分布式雷达则通过多星组网构建全球空间感知智能网，整套技术体系为商业航天在轨安全与规模化应用提供了全链路技术支撑。

近日，我国科研团队取得卫星通信技术重大突破，在国际上首次实现二维电子器件与系统太空“超长寿命”“超低功耗”在轨验证，相关成果已发表于《自然》（Nature）期刊，这项技术从根本上突破卫星通信系统寿命瓶颈，有望将人造卫星使用年限从3年左右提升至20~30年。

卫星通信系统的半导体器件易受宇宙射线损伤，传统防护方案治标不治本还大幅增加卫星载荷负担。此次研发的“青鸟”原子层半导体抗辐射射频通信系统，核心采用0.68纳米厚的原子层半导体，其独特二维平面排布结构可大幅抵御宇宙射线粒子冲击，从根本上提升器件抗辐射性能。

该系统依托“复旦一号”卫星在517千米低地轨道完成在轨验证，在轨稳定运行9个月传输数据错误率低于一亿分之一，还实现能耗降至传统方案五分之一、设备重量减至十分之一，理论上可将卫星通信系统在轨寿命延长至271年，为航天装备轻量化、长寿命、低功耗发展提供了核心技术支撑。☑

# 河南省测绘地理信息技术中心召开 全面从严治党工作会议

◎ 周正 栗荣晓



2月5日，河南省测绘地理信息技术中心召开2026年全面从严治党工作会议，深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，全面贯彻落实二十届中央纪委五次全会、十一届省纪委六次全会等重要部署，系统总结2025年全面从严治党工作，部署2026年全面从严治党重点任务。河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生参加会议并讲话，河南省纪委监委驻厅纪检监察组副组长林宪磊、综合室主任杨斌到会指导，中心党委委员、副主任肖峰作工作报告，中心党委委员、副主任武永斌主持会议。

会议指出，2025年，在河南省委、省政府和省自然资源厅党组的坚强领导下，在驻厅纪检监察组的监督指导下，中心党委坚决扛牢管党治党政治责任，以党的政治建设为统领，持续深化理论武装，不断夯实组织基础，从严抓好纪律作风，推动党建工作与业务发展深度融合，全面从严治党取得新成效，为中心测绘地理信息事业高质量发展提供了坚强政治保障。

会议强调，2026年是实施“十五五”规划的开局之年，做好全面从严治党工作事关全局、意义重大。中心上下必须坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深刻领悟“两个确立”的决定性意义，坚决做到“两个维护”，坚定不移把党的自我革命向纵深推进。

郭幸生就做好2026年全面从严治党工作明确提出要求：一要坚持政治引领铸魂，从严抓好政治机关建

设。始终把党的政治建设摆在首位，持续强化政治担当，深化理论武装，抓牢政治教育，强化政治监督，确保党中央、省委和省自然资源厅党组的各项决策部署在中心不折不扣落地生根。二要坚持正风肃纪立规，从严抓好纪律作风建设。要锲而不舍落实中央八项规定精神，加强对群众身边不正之风和腐败问题集中整治，紧盯春节等特殊节点深化违规吃喝专项整治，弘扬务实作风，健全考核机制，以优良作风保障事业发展。三要坚持强基固本聚力，从严抓好基层组织建设。着力提升基层党组织政治功能和组织功能，规范组织生活，深化党建品牌创建，建强党务工作队伍，筑牢坚强战斗堡垒。四要坚持标本兼治发力，从严抓好反腐败综合治理。保持反腐败高压态势，加强廉洁教育，精准排查廉政风险，完善制度体系，一体推进不敢腐、不能腐、不想腐。五要坚持严管厚爱结合，从严抓好干部队伍建设。树立鲜明用人导向，强化干部培养锻炼，健全激励约束和容错纠错机制，加强关心关爱保障，激发干部职工干事创业活力。

林宪磊代表驻厅纪检监察组对中心全面从严治党工作给予肯定，对做好下一步工作提出意见，要求学深悟透中央纪委及省纪委全会精神，直面突出问题挑战，强化政治监督，深化正风肃纪反腐，强化责任落实与自身建设，持续推动全面从严治党向纵深发展。

肖峰在报告中总结2025年中心全面从严治党工作情况，实事求是指出存在的问题与不足，并对2026年重点任务作出具体安排，强调要深化政治建设，强化思想引领，打造差异化特色品牌，严明纪律作风，努力营造风清气正的政治生态。

武永斌就贯彻落实会议精神提出要求，要提高政治站位，迅速传达学习，细化责任分工，狠抓落地见效，聚焦关键环节，压实管党治党责任。

河南省测绘地理信息技术中心所属各单位班子成员、科级以上干部，省测绘学会、省地理信息产业协会负责同志，中心机关全体人员参加会议。☑（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

# 河南省测绘地理信息技术中心 调研指导基础测绘工作

◎ 张建涛

为扎实破解新技术应用难题、总结区域更新经验，近日，河南省测绘地理信息技术中心相关人员先后赴三门峡、信阳两地，就1:1万基础地理信息更新工作开展专项调研，为高质量推进更新任务、提升成果质量筑牢基础。

据悉，为全面提升地貌数据准确性与现势性，更好服务自然资源精细化管理和经济社会高质量发展，河南省测绘地理信息技术中心充分发挥人才技术和数据资源优势，创新构建技术路线，利用实景三维高精度DEM成果生成等高线，结合DOM正射影像实现地物地貌联动更新，推动基础测绘工作提质增效。此次调研是贯彻落实《河南省测绘条例》基础地理信息更新要求的具体举措。

三门峡地处豫晋陕三省交界黄河金三角地区，地形多样，其中陕州区是河南省黄土塬地貌最集中典型的区域，卢氏县则是西部山区基于立体卫星影像制作5米格网DEM的代表性区域。调研组聚焦两地地形特色，重点核查陕州区、卢氏县地形图地貌要素表达的正确性，作业骨干携带设备踏勘现场，恢复立体数据、逐要素实地比对，确保更新成果严格符合规范标准。

在信阳市，沟渠纵横、坑塘棋布，复杂水域地形对地理信息更新提出更高要求。调研组以潢川县1:1万基础地理信息数据更新成果为切入点，聚焦复杂地形地貌区域数据采集与表示的关键环节，重点查看陡坎、沟渠、池塘等地理要素综合取舍的合理性，实地核实居民地表示、自然村名调查等情况，深入研判工作中的难点堵点，为优化更新流程提供第一手参考。

调研发现，当前1:1万基础地理信息更新工作面临一些新情况：一是测绘法律法规贯彻实施环境日趋好转，广大群众自觉关注并监督地图调绘等测绘活动，对测绘地理信息工作的认知与支持明显增强。二是偏远农村地区幼儿园及义务教育阶段学校被撤销、乡改镇（街道）、村改社区等变化较多，企事业单位及自然村地名核实工作量艰巨。三是随着河南省加快构建新型能源体系和《河南省“千乡万村驭风行动”总体



方案》实施，新增风力发电场及配套高压输电线路大幅增多，对加快引进和应用测绘新技术提出更高要求。

针对调研发现的问题，调研组现场提出明确要求：一是以新技术应用为契机，结合内业数据处理与外业实地核查情况，系统梳理技术要点、总结实践经验，为后续复杂地形区域地貌更新提供科学指导和实操依据，助力高质量完成2026年度更新任务；二是强化重点区域、重点要素研判，深化专题资料收集和行业数据交换共享，提升更新效率，切实服务中部地区加快崛起、黄河流域生态保护和高质量发展等重大战略实施；三是严守涉密管理底线，加强涉密测绘成果全流程管控，严格执行图纸申领、使用、归还程序，明确保密责任到人，坚决杜绝失泄密事件；四是牢固树立“安全第一”理念，规范测绘设备操作流程，做好野外作业人员安全防护，全面保障人身与财产安全，确保各项工作平稳推进。

下一步，河南省测绘地理信息技术中心将以此次调研为抓手，进一步完善1:1万基础地理信息更新工作机制，持续提升地形图地貌数据的准确性与现势性，充分释放测绘地理信息数据要素价值，为全省经济建设、政府决策、社会治理和国防建设提供坚实的测绘保障，助力构建数字河南时空数据底座。☑（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

# 锚定新坐标 奋楫新征程

## ——河南省测绘地理信息技术中心擘画高质量发展新蓝图

◎ 本刊特约记者 张永强

春潮涌动中原地，实干扬帆启新程。

2月5日，河南省测绘地理信息技术中心工作会议在郑州召开。这是一场站在“十四五”圆满收官、“十五五”开局起步的历史节点，总结成绩、研判形势、部署未来的关键会议，更是一次凝聚全省测绘人奋进力量、吹响高质量发展冲锋号的动员大会。会议全面回顾了2025年度及近三年全省测绘地理信息事业发展成就，深刻剖析“十五五”时期面临的机遇与挑战，系统部署2026年重点工作，为全省测绘地理信息事业迈向新征程、实现新跨越指明方向、提供遵循。

会上，全体参会干部职工齐聚一堂，回望栉风沐雨的奋斗之路，共绘波澜壮阔的发展蓝图，以时不我待的紧迫感、舍我其谁的责任感，整装待发，迎接“十五五”开局之年的新使命。

## 精彩2025：多点突破大跨越

2025年，是中国式现代化进程阔步前行的一年，更是河南省测绘地理信息技术中心极不平凡、跨越发展的关键一年。中心党委书记、主任郭幸生在工作报告中指出，过去一年，在河南省委、省政府和省自然资源厅党组坚强领导下，中心党委发挥领导核心作用，团结全体干部职工，深入学习贯彻习近平总书记在河南考察时的重要讲话精神，锚定省委“1+2+4+N”目标任务体系，凝心聚力、攻坚克难，在五大领域精准发力、多点突破，各项工作取得历史性成效，交出含金量十足的年度答卷，为“十四五”收官画上圆满句号。

### 党建引领强根基，政治生态向优跨越

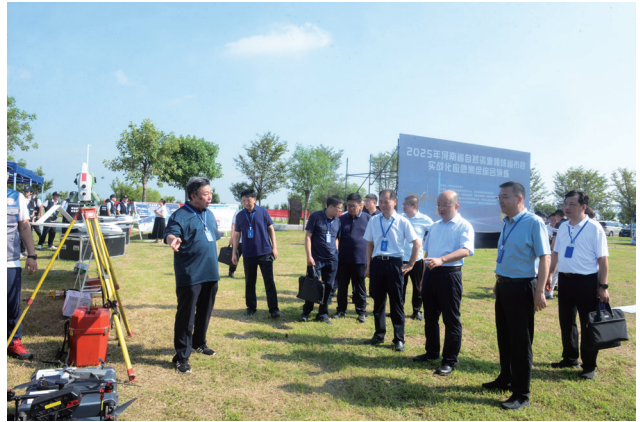
中心始终把党的建设摆在首位，以高质量党建引领高质量发展。严格落实“第一议题”制度，全年开展学习22次，理论学习中心组围绕作风建设、党的二十届四中全会精神等专题研讨6次，组织交叉讲党课19场，通过“集中学+专题研+实地悟”模式，推动党的创新理论入脑入心。创新推行“党建+项目攻坚”模式，在军民融合、实景三维建设等重点项目中成立临时党支部，成功攻克一系列“卡脖子”技术难题，实现党建与项目建设同频共振。

深入开展中央八项规定精神学习教育，组织读书班3次、实地研学多场，实现全覆盖；严格落实省委“十严禁”要求，持续整治违规吃喝问题，分层级开展警示教育，筑牢拒腐防变思想防线。成功选举直属单位党委、纪委，完成机关7个支部换届，健全党的组织体系；打造“红色引擎·智造未来”党建品牌，开展跨单位党建共建，激发党建工作生机活力。

以党建引领乡村振兴，为帮扶村101户群众建立“一户一档”，开垦荒地种植野菊花拓宽增收渠道，捐赠图书文具超500件，消费帮扶采购特色农产品17万元，完成主干道拓宽、明沟改暗渠等工程，显著改善帮扶村人居环境。严格落实意识形态工作责任制，加强阵地管控，2025年中心新闻被央广网、人民网等权威媒体转载32次；坚定不移推进全面从严治党，压实“两个责任”，开展专项整治，排查防控廉政风险点43条，持续营造风清气正的政治生态。

### 战略支撑显担当，赋能发展格局新跨越

立足“三支撑、三服务”定位，中心主动对接国家和全省发展战略，全力赋能数智河南建设。2025年11月，省委书记刘宁批示肯定河南省测绘工作，刘玉江副省长要求为数字（智）河南建设作贡献。中心坚决贯彻批



●参加2025年自然资源领域省市县实战化应急测绘综合演练

示精神，将现代测绘基准体系建设纳入数智河南布局，牵头编制《河南省“一张图”地理底图实施方案》，构建全省“一张底图、全域覆盖、多端共享”服务体系，打造精准高效的地理底图新基底。

扎实保障自然资源核心业务，在国土空间规划领域，完成17个省辖市、104个县（市、区）规划数据入库，辅助建设用地报批4000余件，审核闲置土地571宗，AI遥感监测分析1.6万余宗地；在耕地保护领域，常态化开展“非农化”“非粮化”监测，处理卫片执法图斑10万余个，完成补充耕地监管审核项目832个，配合济南督察局完成91个项目影像核查；在信息化领域，升级矿山监管系统，上线不动产“登记难”整治、土地二级市场交易监管等系统，切实解决群众难题、规范交易秩序。

主动服务生态文明建设，处理部推送生态变化图斑1.7万多个，上报疑似破坏线索；联合生态环境部开展重点建设用地调查，服务“绿盾”点位回头看工作，以精准测绘助力生态文明建设提质增效。

### 核心业务提能级，服务保障水平新跨越

聚焦主责主业，中心在省市协同、实景三维等领域实现重大突破。立足省内，承担16个省辖市实景三维建设技术支撑，完成14个县（区）水资源调查、5县地质灾害风险评估，开发许昌市园林绿化管理平台；放眼省外，高质量完成江苏、新疆等多地地理信息数据生产，实现省内外市场协同发展。

推进实景三维河南建设，修订印发总体技术方案，100%完成省级建设和年度绩效目标，全年完成基础地理信息更新建库5.5万平方千米、省级实景三维生产16.7万平方千米，顺利通过质检并向国家汇交成果。北斗应用与基准服务河南分中心挂牌成立，成为全国



●开展 2023 年省市县三级应急测绘演练

重要节点，研发省级卫星导航定位基准服务系统，累计注册企业 383 家，拓展北斗技术在众多领域应用。

强化遥感影像统筹，累计接收处理“河南一号”卫星数据 1.9 万景，生成亚米级影像 6 期；为重大项目分发成果 231 批次，累计为省财政节约资金近 6 亿元。优化地图服务，高质量完成《河南省两会用图》编印，全年提供政务用图保障近百次，在习近平总书记调研河南期间，12 小时内紧急保障所需用图；完成“天地图·河南”改版升级，新增用户 1.4 万个、应用系统 200 个，《河南啥都有》文创地图荣获河南省地理信息创新应用优秀案例。

科技创新破瓶颈，自主技术水平新跨越

坚持创新驱动，中心组建自主研发专班，完成软件研发一期工作，构建实景三维建设全流程基础软件框架，支撑全省 16.7 万平方千米生产任务；自主研发多源空间数据统一接入等核心技术，成功应用于多个重点项目，实现核心技术自主研发从“零”到“一”的突破。

依托院士、行业专家开展技术攻关，2025 年累计获得省部级奖项 6 项、厅局级奖项 39 项，其中《粮食作物农保核查与估产关键技术》《全国产高精度卫星导航定位基准关键技术》两项成果荣获中国地理信息科技进步一等奖，获奖层级与数量实现双突破，标志着河南测绘科研迈入全国先进行列。

制度建设强规范，测绘治理效能新跨越

强化法规政策引领，《河南省测绘条例》历经 9 年正式施行，在国内率先增设“新测绘新应用”专章；《河南省测绘成果管理办法》以省政府令公布，作为国内首部全面修订的相关地方规章，确立河南省在全国测绘法治建设领域的领跑地位。

完善内部管理机制，坚决整改审计指出问题，完成 2024 年部门预算审计问题整改 12 项、2025 年厅长任中经济责任审计问题立行立改 5 项，修订 51 项管理制度形成《制度汇编》。强化保密安全管理，完成一体化协同办公平台建设，修订保密相关制度，协助开展全省涉密成果检查和“问题地图”风险评估，高标准通过专项保密考核。2025 年，中心及所属单位实现“零伤亡、零事故”双零目标。

### 砥砺三年：绘就壮美新画卷

随着“十四五”圆满收官，中心走过了极不平凡的三年。郭幸生深情回望：“看似寻常最奇崛，成如容易却艰辛。”这三年，是中心政治生态、经济实力、民生保障、支撑效能、军民融合、自主创新、人才队伍实现系统性重塑、历史性跨越的三年。

政治生态由“散”到“聚”，清风正气激荡人心。三年前，中心一度面临协同不足、凝聚力偏弱等问题。中心党委坚持以高质量党建引领高质量发展，以“钉钉子”精神狠抓作风建设，深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，特别是习近平总书记在河南考察时的重要讲话精神。通过严格落实“第一议题”制度、深化理论学习、创新党建形式、筑牢意识形态防线、坚定不移推进全面从严治党等一系列组合拳，彻底扭转不利局面。如今，“一盘棋”思想深入人心，团结奋进、风清气正的干事创业氛围全面形成，为中心事业发展提供了坚强的政治保证。

经济实力从“弱”到“强”，发展空间持续拓展。面对测绘市场转型带来的挑战，中心党委主动应变，创新调整工作定位，通过“大抓项目、抓大项目”、省内外市场协同发力等有力举措，实现经济指标的逆势



●组织开展测量标志普查保护工作

跨越。业务版图从省内拓展至北京、上海、江苏、新疆、内蒙古等十多个省区市，服务领域延伸至农业、生态、应急、林业等十余个行业。下属各单位事业蒸蒸日上，员工获得感持续增强。

民生保障由“表”入“里”，职工福祉切实提升。中心始终坚持把职工利益放在首位，在2025年春节前实现历史拖欠福利待遇的足额补发，聘用人员人均年收入达到历史最高。停滞18年的创新基地项目最终建成并即将投入使用，干部职工的工作环境将得到根本性改善，获得感、幸福感、安全感显著增强。

支撑效能从“浅”到“深”，融入自然资源管理大局。三年来，中心全面融入自然资源管理主责主业，支撑服务效能实现质的飞跃。承担全省自然资源信息化建设重任，自主研发解决“卡脖子”难题，新一代矿管审批、土地交易监管等系统高效运行。以新型基础测绘体系建设为主线，完成地形级实景三维数据生产，实现数据资源从二维到三维的跃升。构建“1+20+108”颗卫星对地观测网络，打造空天地一体化遥感服务体系，全力服务耕地保护、矿山整治、生态修复等核心业务。北斗导航定位服务体系建设走在全国前列，建成技术标准最高、站点密度最大的省级系统，成为全国“一张网”重要节点。

军民融合由“慢”到“快”，服务备战保障能力跃升。中心紧紧围绕国家战略，推动军民融合在测绘地理信息领域落地生根。所属单位全部取得军工二级保密资质，中心被列为全省首批军民融合发展智库单位。对接军方需求，设立军用服务窗口，免费为军队提供涉密成果和数据产品，实现从常态融入到战略引领的跨越发展，服务支撑军队能力实现重大跃升。

自主创新从“零”到“一”，核心技术突破封锁。面对长期依赖外部技术的困境，中心抽调精兵强将组建自主研发专班，全力攻坚。至2025年，攻克多源数据融合、地理实体按需组装等多项核心技术，成功构建实景三维数据生产管理全链条自主可控软件体系，实现核心技术自主研发从无到有的历史性突破，从根本上改变了关键核心技术受制于人的被动局面。

人才队伍由“平”向“优”，发展活力竞相迸发。三年来，通过多渠道引才、系统性优化干部结构、健全培育体系，中心彻底告别过去人才青黄不接的局面。高学历人才持续引进，干部成长通道更加顺畅，首次实现自主开展副高级职称评审。如今，中心注册测绘师、高级职称人员数量大幅增长，专技人才占比达36%，形



● 演练前调试设备

成“兵多将广”、活力充沛的复合型人才新格局，真正激活了人才发展“一池春水”。中心相继荣获部“自然资源系统先进集体”、省政府“河南技能人才高地先进集体”等荣誉。

三年砥砺奋进，不仅是一串串跃动的数字和一项项闪亮的荣誉，更是中心上下思想观念、精神面貌、发展格局的深刻变革。这段征程，烙印着攻坚克难的足迹，闪耀着奋发有为的光辉，绘就一幅河南省测绘地理信息事业高质量发展的壮美画卷。

### 洞察时势：机遇挑战两相存

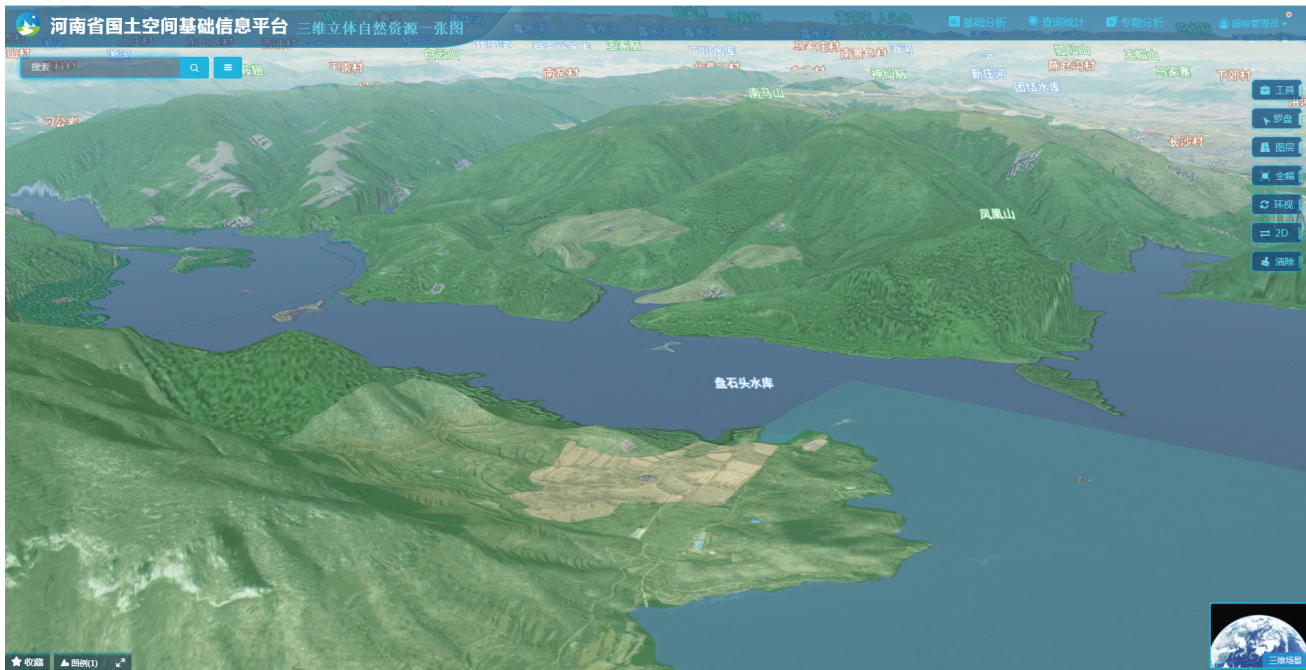
成绩属于过去，奋斗赢得未来。国家“十五五”规划明确提出加快数字化转型和推动高质量发展的战略部署，测绘行业面临战略机遇叠加、转型升级攻坚、技术能力重塑的复杂关键局面。机遇如同浪潮奔涌而至，唯有奋楫争先，方能驭浪前行。

面对新形势、新挑战，郭幸生直面问题，不回避、不遮掩，指出了当前存在的短板和不足。

转型动能仍显不足。部分干部职工思想解放不够，受传统思维定式束缚，面对低空经济、数据要素等新兴领域，缺乏常态化政策解读和项目谋划机制。数据要素市场化配置探索缓慢，关键技术软实力有待提升，数据赋能潜力未完全释放。内部协同存在短板，“一盘棋”格局尚未完全形成，个别领域还存在无序竞争现象。

创新转化效能有待提升。对军民融合作为战略路径的认识高度和承接转化能力需进一步加强。实景三维自主软件生态圈尚不完备，技术攻关与市场需求结合不够紧密，成果的场景化应用挖掘不深，与数字孪生等新技术的融合探索有待深化。

重大项目统筹管理存在短板。对“十五五”规划编



●在全国率先采用全国产化技术路线搭建国土空间基础信息平台

制的引领作用认识不足，项目储备与推进节奏偏缓，现代测绘基准体系建设等重大项目尚未进入实质性阶段。项目“重建轻用”倾向依然存在，应用场景拓展不足。省外市场拓展成效未达预期，对冲省内财政压力、培育新增长点的作用有待加强。

问题是时代的声音，也是前进的号角。科学研判形势，精准识别问题，彰显了中心党委清醒的头脑和务实的态度，也为下一步精准发力、补短强弱指明了方向。

郭幸生强调，全体干部职工必须保持战略清醒，在抢抓机遇中破解难题，在攻坚克难中开创局面。各单位、各处室要靶向施策，长远任务稳步攻坚，当下问题立行立改。同时，要绷紧安全之弦，全面落实安全生产责任制，聚焦数据保密、网络安全等重点领域，常态化开展风险排查整治，以高水平安全保障高质量发展。

### 开局起跑：“九个加快”启新程

2026年是“十五五”开局之年，是关键之年。中心党委锚定省委“1+2+4+N”目标任务体系和厅党组“十二项重点”工作要求，提出了以重大项目为核心引擎、以科技创新为内驱动力、以数据安全和应用效能为生命线的工作思路，立足河南实际，强化责任担当，聚焦“九个加快推进”，吹响了奋进新征程的冲锋号。

加快推进政治建设与责任担当。坚决扛牢政治责任，深入贯彻落实习近平总书记重要指示批示精神，

聚焦省委、省政府中心工作，提升政务地图服务保障能力，为科学决策提供精准地理信息支撑；主动服务地理信息产业高质量发展，推动与数字经济、低空经济、文旅经济深度融合，打造具有河南特色的产业集群；高标准编制基础测绘“十五五”规划，为未来五年全省测绘事业高质量发展擘画蓝图、奠定基石。

加快推进基础测绘转型升级。对照《河南省测绘条例》新要求，持续深化基础测绘更新模式变革，重塑智能高效的生产工艺，优化成果更新周期，提高成果现势性和准确性。探索数据交易新模式，推动地理信息数据资源向数据资产转化。拓展成果应用场景，加速激活和释放测绘地理信息数据潜能。

加快推进实景三维建设全覆盖。严格对标自然资源部要求，加强对地市实景三维建设的指导、培训和抽查，确保圆满收官、高质量汇交成果。深化成果在低空经济、无人驾驶等新兴领域应用，打造示范场景，推动成果从“建成”向“用好”转变。利用新一代信息技术整合各类数据资源，赋能高效能治理，完善数据更新维护机制，以实景三维赋能数字(智)河南新业态发展。

加快推进现代测绘基准体系建设。坚决贯彻省领导批示精神，锚定时空信息基础设施核心定位，摸清河南省重力基准缺失短板与大地、高程基准优化需求，高质量编制实施方案，主动对接省自然资源厅、省政府，推动项目早日立项实施。完善北斗高精度智能化服务

平台，高标准运行维护北斗河南分中心，推动“北斗+”融合创新，拓展在农业、林业、水利等领域的深度应用，提升服务覆盖面和精准度，赋能数智河南新底座。

加快推进“一张图”地理底图建设。对标实施方案要求升级数据库，完善地理底图数据资源，打造统一权威的数据底板。深度对接厅局典型应用场景需求，完善各版本地理底图服务平台功能，推进从单一基础地图服务向地理信息综合服务转型，实现地理底图成果赋能千行百业。

加快推进信息化平台升级整合。坚持“五统一”原则，升级国土空间基础信息平台，推动核心业务系统整合与流程再造。系统推进自然资源数据治理，构建标准化、安全可控的数据资源体系，加强网络安全监测与防护，以信息化赋能自然资源治理现代化。


加快推进地理信息数据统筹服务。完善遥感影像统筹机制，推进省遥感智联建设，深化“河南一号”卫星数据在多领域的精准应用。加强遥感智能解译能力建设，开展多源遥感数据融合分析，提升遥感监测自动化、智能化水平，拓展多行业应用场景。严格落实数据全生命周期安全管理，加强涉密成果监管，常态化开展风险排查，确保数据安全“零事故”，为党委政府决策提供精准支撑。

加快推进军民融合深度拓展。深入贯彻军民融合发展战略，主动对接军方单位，聚焦重点领域谋划申

报军民融合课题，加快成果转化应用。建立跨院项目协作机制，整合技术力量形成攻坚合力。加快军工“四证”资质办理，开展专项培训培育专业化团队，推动更多军工项目落地，切实增强测绘援战保障效能。

加快推进科技创新与自主研发体系建设。加大自主研发投入，优化实景三维全链条软件，推动自主研发成果规模化应用。深化产学研用协同创新，联合攻克“卡脖子”技术难题，推动新技术与测绘深度融合。健全科技创新管理制度，设立专项课题，激励核心技术攻关，积极申报科技奖项和专利，推动“项目—课题—成果—应用”全链条转化，培育强劲内生发展动能。

回望耕耘路，从夯基垒台到立柱架梁，从重点突破到系统提升，河南省测绘地理信息技术中心用三年的实干担当，完成自身发展的一次深刻蝶变。面向“十五五”，中心已蓄满动能、继往开来，新征程续写新华章。

前路漫漫，道阻且长。在新的历史起点，河南省测绘地理信息技术中心全体干部职工将更加紧密地团结在以习近平总书记为核心的党中央周围，在省委、省政府和省自然资源厅党组领导下，锚定目标、真抓实干，奋楫争先，驭浪前行，确保实现“开门红”，为“十五五”开好局、起好步奠定坚实基础，以精准测绘赋能高质量发展，为谱写中原大地推进中国式现代化新篇章贡献测绘地理信息的磅礴力量！



●河南省自然资源科技创新中心2025年度学术交流会成功举办

## 河南省测绘地理信息技术中心：消费帮扶 助农增收

为深入贯彻落实常态化消费帮扶工作要求，近日，河南省测绘地理信息技术中心开展春节消费帮扶活动，以暖心举措拓宽信阳市固始县茶棚村农产品销售渠道，助力脱贫群众稳定增收，切实推动脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接，为新春佳节增添了浓厚的民生暖意。

为确保帮扶活动走深走实、见行见效，河南省测绘地理信息技术中心驻茶棚村工作队主动担当、积极作为，扎实推进各项筹备工作。驻村工作队深入茶棚村田间地头，逐户摸排优质农产品资源，精准梳理村民待售产品种类与数量，同时对接中心干部职工消费需求，确定供货清单，实现“群众有供给、职工有需求”的精准对接。此外，驻

村工作队积极协调中心及所属各单位，创新采用“订单采购+直接供货”模式，省去中间流通环节，打通农产品从田间地头到单位食堂、职工家中的“最后一公里”。此举既保障了农产品新鲜优质的品质，满足干部职工对优质农副产品的消费需求，又最大限度提升了村民收益，真正让帮扶成果惠及广大群众。

此次消费帮扶活动成效显著，累计订购农产品金额达18万元，涵盖花生油、挂面、土鸡、土鹅、笨鸡蛋、咸鸭蛋等多个村民自产特色品类。这笔订单不仅有效破解了茶棚村农产品“卖难”问题，让村民的辛勤劳作转化为实实在在的收入，切实鼓起群众的“钱袋子”；同时，新鲜优质的绿色农产品也送

到了中心干部职工手中，让大家在购置新春物资的同时，践行了帮扶责任，让这个春节更具温度、更有意义。

消费帮扶，一头连着群众“钱袋子”，一头连着乡村振兴“新路子”。此次活动不仅切实解决了茶棚村农户农产品销售难题、增加了群众收入，更生动诠释了党的帮扶政策温度，充分展现了河南省测绘地理信息技术中心的责任与担当。下一步，中心驻村工作队将持续聚焦茶棚村特色农产品产销需求，不断深化消费帮扶举措，拓宽销售渠道、提升产品附加值，持续以务实行动巩固拓展脱贫攻坚成果，为推动茶棚村乡村振兴注入源源不断的动力。☑（河南省测绘院 扶彦）

## 三门峡地理信息公共服务平台获评全省五星级节点

近日，河南省自然资源厅通报2025年地理信息公共服务平台市级节点综合评估结果，三门峡市自然资源和规划局承担建设的地理信息公共服务平台（“天地图·三门峡”）凭借扎实的建设基础、优质的服务效能及创新的应用实践，获评全省五星级节点。同时，基于平台创新研发的“自然资源守护系统”入选全省优选典型应用案例。

自“天地图·三门峡”启动建设以来，三门峡市自然资源和规划局聚焦数据资源更新、应用服务体系、综合能力建设三大核心任务，以“天地图·三门峡”为重要依托，精心构建高精度空间数据底座，为地理信息服务提质增效筑牢根基。针对基层自然资源管理痛点难点，

该局创新推出“自然资源守护系统”，采用“在线调用+离线缓存”混合地图服务模式，深度融合移动GIS技术，广泛覆盖地质灾害巡查、生态修复、山体巡查等重点领域，实现自然资源全域实时监测与智能化管理，有效破解了基层巡查效率低、覆盖不全面等难题，为保障人民群众生命财产安全、提升政府治理精细化水平提供了坚实的空间信息支撑。

下一步，三门峡市自然资源和规划局将以此次获评五星级节点为契机，紧扣三门峡市“十五五”规划部署，立足数智强市建设目标，以实景三维三门峡建设为核心抓手，推动地理信息公共服务平台与地方发展深度融合。一方面，深化

实景三维数据在城市规划、生态保护、应急管理等领域的情景化应用，运用遥感、大数据、智能感知等现代技术，构建全域立体空间数据支撑体系，助力城市治理数字化、智能化升级。另一方面，主动对接低空经济发展需求，依托平台空间定位、实时监测等核心能力，赋能低空飞行管理、无人机巡查、低空物流等新兴场景，推动地理信息服务从传统领域向新经济赛道延伸，助力关键金属材料、新能源等本地重点产业升级。同时，持续优化“天地图·三门峡”服务质效，以精准高效的空信息赋能产业升级、民生改善，为三门峡经济社会高质量发展注入更强动力。☑（三门峡市自然资源和规划局 张永军）

## 2026版《河南两会用图》精彩亮相 助力代表委员精准建言

1月25日，河南正式进入2026年两会时间，由河南省自然资源厅、河南省测绘地理信息技术中心指导，河南省地图院编制的2026版《河南两会用图》精彩亮相，8幅主题地图围绕“两高四着力”和省委“十五五”规划建议展开，成为参会代表、委员全面了解省情、精准建言献策的“地图掌中宝”。

据悉，自2018年起，河南省地图院已连续9年为河南两会提供用图服务，形成标准化服务流程，用测绘地理信息技术为全省发展大局提供坚实支撑。2025年6月，省地图院组建专项团队启动2026版两会用图需求调研，2025年9月正式启动编制工作，创新提出“两高四着力”主题框架——以“高质量发展”和“高效能治理”为核心，聚焦现代化产业体系、民生改善、生态保护、文化繁荣四大领域，既系统总结河南“十四五”发展成

就，又前瞻性呼应“十五五”规划部署，开创了两会用图编制新范式。

为确保地图权威性与科学性，编制团队历经两个月密集攻关，先后组织四场专家论证会，形成两版基础图件；2025年12月省委“十五五”规划建议出台后，立即启动第三轮修订，将规划建议中的战略部署深度融入地图设计。同时与省发改委、省民政厅等12个部门建立联合工作机制，在数据共享、指标校核、成果审定等环节提供全流程支持，全方位保障地图内容精准、规范。

2026版两会用图分为正反两面共8幅专题地图。正面4幅聚焦“十四五”发展成就，分别以产业、民生、生态、文化为主题，辅以标语，直观呈现河南发展成效：产业地图重点标注制造业代表性企业、粮食生产重点县等新质生产力要素；民生地图聚焦养老、就业、基层治理

等惠民工程；生态地图以“一带三屏四廊多绿芯”生态格局为基底，标注生态保护修复重点区域；文化地图串联世界文化遗产、国家级旅游休闲街区等文旅资源。背面4幅地图展望未来五年发展愿景，《高水平开放》标注中欧班列、空中丝绸之路等开放通道，《通江达海》展现“两纵两横两千六支”内河航运网络，《区域合作》聚焦黄河流域生态保护和高质量发展等战略，《空间发展格局》则全面呈现“一主两副、一圈两带、四域多点”的省域发展新布局。

九年耕耘初心不改，精准服务从未缺位。如今，两会用图已成为两会代表委员履职的“地理参谋”，让发展蓝图可感可触。下一步，河南省地图院将持续深耕，不断提升地图编制质量与服务水平，为谱写中原大地推进中国式现代化新篇章贡献力量。☑（河南省地图院 胡建军）

## 南阳市自然资源调查规划院以遥感技术赋能耕地保护

近日，南阳市自然资源调查规划院组织全院各业务科室人员，开展“遥感技术+基本农田政策”专题培训，以技术赋能+政策筑基，夯实自然资源精细化管理根基，为全市耕地保护和自然资源高质量发展注入动能。

此次培训采用“理论+实操”相结合的线下教学模式，聚焦前沿技术落地应用与核心政策精准执行，靶向破解基层工作痛点难点。在遥感技术培训模块，授课人员重点讲解高分遥感、SAR卫星的数据特性与应用优势，结合土地调查、

生态修复等自然资源核心业务，拆解技术应用路径、剖析典型实操案例，着力提升干部职工遥感技术实操能力，为构建“空天地网”一体化监测监管4体系筑牢技术支撑。在政策学习模块，培训紧扣当前耕地保护新形势、新要求，深入解读《永久基本农田保护红线管理办法》《关于严格规范永久基本农田保护红线优化调整工作的通知》两项核心文件精神，围绕永久基本农田从“静态守护”向“动态优化”转变的工作导向，细化划定管控、布局优化、调整补划等关键环节的政策

要点与实操准则，为全市永久基本农田年度优化调整工作提供坚实的政策指导和技术支撑。

下一步，南阳市自然资源调查规划院将以此次培训为契机，持续深化遥感技术与耕地动态监管的融合，不断搭建技术交流平台、完善影像共享应用体系，推动技术成果转化落地，以空间信息技术赋能自然资源管理水平提升，切实把培训成效转化为履职尽责的实际行动，助力南阳市自然资源事业高质量发展。☑（南阳市自然资源调查规划院 刘岭）

2025年河南省地理信息产业20强和最具活力中小企业系列报道

# 河南省地图院：测绘筑基 智绘中原

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 曹恒涛 樊雅文

近年来，河南省地图院聚焦基础测绘核心任务，扎实推进各项工作落地见效，重点开展河南省地理信息公共服务平台“天地图·河南”运维、政务用图服务保障、两会用图编制、1:1万基础地理信息数据更新测绘、数据库建设等工作，切实将上级政策部署转化为服务发展的实际成效。同时，全力推动实景三维河南建设等重点工作，构建起一体化数据获取与智能服务能力体系，以专业测绘力量为河南高质量发展保驾护航。

## “万能画布”解锁行业应用新场景

“天地图·河南”是国家天地图的重要组成部分，经过十多年的数据和功能迭代升级，已成为推动河南省测绘地理信息应用的核心支撑平台。平台上线以来，始终秉持“赋能政务、服务产业、惠及民生”的发展目标，持续完善数据资源，优化提升服务能力，连续多年获评自然资源部“五星级”省级节点，行业认可与影响力持续提升。

作为一张精准“底图”，天地图免费提供稳定、合规的基础地理信息服务接口，支持各行各业进行可视化分析和业务创新，成为行业应用的“万能画布”。作为基础性、公益性的地理信息公共服务平台，“天地图·河南”如今已广泛应用到自然资源、生态环境、公共安全、科研教育、交通运输、水利、农业、民政、气象、地震、住建等众多领域。

在服务自然资源管理领域，依托天地图开发出河南首款“土地预选云”平台，实现“云上供地”服务模式。平台利用“互联网+”技术，搭建“云上晒地”“云上定制”“云上预申报”“云上竞买”和“云上互动”五大模块，将全省拟供地块位置、规划数据、周边配套等信息“一张图”集中展示，实现土地推介的全方位、多角度、立体化呈现，用地企业足不出户便能对全省



● 河南省地图院院长 田耀永

拟供地块“云上VR实景看地”“云上选地”“云上定地”和“云上互动”。平台还推出“预选云·漯河”“土地超市·航空港区”等应用，实现精准招商与土地资源高效配置，累计成交土地近百宗，土地资源利用效率得到显著提升。

在服务政府社会治理领域，借助天地图地理信息公共服务能力，河南省“互联网+监管”系统平台实现了监管对象的二三维一体化展示，构建了监管主体信息可查、可视、可分析、可调度的监管大数据展现体系。该体系实现视频监控的位置可视、实时调取与定制化查询，为非现场监管提供精准地理信息服务保障，助力提升政府社会治理的精细化、智能化水平。

在服务应急管理领域，天地图为河南森林防火预防监测系统提供在线地图服务，实时接入火情监测数据、扑火队伍位置信息等，智能生成最佳扑火路线与隔离带规划方案，实现火情预警、火情监测、扑火指挥、火情管理、防火资源等专题信息可视化呈现，为火情预警、快速处置提供支撑，有效服务应急决策。

在河南司法社区矫正信息核查方面，天地图为司法系统提供电子围栏及矢量、影像等多场景在线地图

服务保障，精准满足社区矫正工作中人员定位核查、活动轨迹追溯、区域信息可视化展示等业务需求。

截至2025年12月，天地图·河南节点注册用户6.3万个，其中个人用户6.1万个，政府用户366个，企业用户1263个，接入应用系统4.9万个，日均访问量3500万次，有效推动了地理信息资源共享和高效利用。

### 精准构建“数字空间底板”

作为空间数字化建设领域的骨干力量，河南省地图院始终锚定实景三维中国建设战略，聚焦地方发展需求，以技术创新为驱动，全方位深度参与实景三维建设，精准构建全省数字化发展“数字空间底板”，逐步形成省内深耕、地市辐射、省外拓展的发展格局。

在实景三维河南省级建设任务中，针对地形级数据采集的核心需求，该院高质量完成开封、周口、商丘等三市27671平方千米2米格网DEM/DSM生产，为区域地形地貌数字化、精细化呈现提供了核心支撑；同时，稳步推进开封、安阳、漯河等36个县（市、区）26723平方千米地形级基础地理实体数据制作，全面梳理地形、地物等关键地理信息，构建起精细化、标准化的基础地理数据体系，为实景三维河南建设筑牢数据根基。

“我们第一时间组建研发团队，深度参与实景三维示范应用系统开发，聚焦数据整合、可视化呈现、场景应用等关键环节，为实景三维数据的高效利用搭建技术桥梁，助力实景三维河南建设从‘数据生产’向‘场景应用’纵深发展。”该院生产科科长时荣表示。

河南省地图院先后承担漯河、开封、焦作等三地实景三维建设。项目实施过程中，该院精准对接各地发展实际，因地制宜优化建设方案，将先进技术与地方实际需求深度融合，为城市精细化管理、应急快速响应、民生服务等提供了坚实的数字化支撑。

在省外市场开拓中，该院先后成功完成实景三维新疆建设、实景三维内蒙古建设基础地理实体制作等重点项目。新疆与内蒙古地域辽阔，地形地貌复杂多样，数据采集和处理难度极大。为此，该院组建专项工作团队，克服地理环境、气候条件等多重挑战，精准完成1:10000地形图制作、基础地理实体制作等任务，为当地资源普查、生态保护、边境管控等工作提供了重要的空间数据支持。省外项目的顺利推进，不仅拓展了该院的服务范围，更促进了先进技术与建设经验的跨区域共享，树立了河南省地图院在全国实景三维

建设领域的专业口碑。

从省级数据筑基到地市精准赋能，再到省外辐射延伸，河南省地图院在实景三维建设中始终秉持“技术过硬、服务优质、责任至上”的理念，通过高质量的数据生产，为各区域数字化建设奠定了坚实基础；通过全链条的项目服务，推动实景三维技术深度融入地方发展；通过跨区域的合作实践，助力全国实景三维建设协同推进。

### 创新融合绘就发展新图景

“今年的两会用图款式新颖、内容丰富，尤其是直观呈现河南发展的‘成绩单’与‘路线图’，让人一目了然。”1月25日，河南省2026年两会时间，全新亮相的两会用图刚发放到代表、委员手中，就获得了参会人员的一致好评。

河南省地图院紧扣河南省“两高四着力”战略部署和省委“十五五”规划建议核心要求，精心编制8幅特色地图，以地理视角定格发展成就、展望未来蓝图，成为代表委员们洞悉省情的“地图掌中宝”。

据河南省地图院副院长曹源介绍，2018年以来，该院已连续9年为河南两会提供专属地图服务。这份凝聚着测绘地理信息智慧的“两会礼物”，不仅成为河南两会代表、委员履职尽责的“地理参谋”，更通过创新融合的表达方式让河南发展蓝图深入人心。

近年来，河南省地图院在河南省自然资源厅、河南省测绘地理信息技术中心的正确领导下，积极与省委、省政府和省直厅局委精准对接，扎实开展测绘地理信息服务保障，创新打造精准政务地图服务。仅2025年，该院完成供图任务百余次，提供各类专题地图1000余幅，受到了省委、省政府的充分肯定。

2025年5月15日15时，河南省地图院接到省委办公厅通知，需提供来豫考察调研政务保障用图。接到任务，该院党委第一时间紧急部署，迅速组建专班地图编制人员，连夜开展地图现势性更新、打印等工作，迅速将政务保障用图送到指定地点，为领导视察提供了及时、精准、高效的测绘服务保障，用高效行动诠释了测绘人的责任与担当。

“未来，河南省地图院将持续推动基础测绘与全省重大战略、重点领域深度融合，为河南省数字化转型、新型城镇化建设、区域协调发展、乡村振兴等提供更强有力的支撑，为现代化河南建设注入强劲的测绘动能。”河南省地图院党委书记、院长田耀永表示。□

# 数智精测燕赵瑰宝

◎ 崔宇晨 丁楚鉴

“你看这匹白马，多么活灵活现！”河北省地质测绘院的工作人员指着电脑屏幕，向记者展示一幅刚完成数字化采集的壁画。这幅壁画出自张家口市阳原县龙王庙，正是团队通过测绘技术精准记录的文物数字化成果。

从千年流淌的大运河，到被誉为“东方人类故乡”的泥河湾，燕赵大地的历史文脉如星斗般璀璨，亦如薪火般需要代代守护、用心传承。如何让这些承载文明记忆的瑰宝在新时代焕发持久生机？河北省地质测绘院的技术队伍，正用实际行动书写着一份跨越时空的守护答卷。

## 为文物绘制厘米级“户口”

阳原县是河北省张家口市下辖县，拥有“东方人类故乡”泥河湾遗址群，425处已登记的不可移动文物散落于1849平方千米的山川之间。在第四次全国文物普查中，河北省地质测绘院承担了该县的技术工作。

据了解，普查内容主要是对已认定、登记的不可移动文物进行复查，同时调查、认定、登记新发现的不可移动文物。“野外工作对我们来说是常态，但研究对象从岩石、构造，变成了历史建筑、古文化遗址和遗迹，新鲜且充满挑战。”项目组成员如是说。

针对不同类型的不可移动文物，项目组因地制宜、精准施策。面对古建筑类文物，工作人员细致记录建筑结构、装饰细节等特征，系统拍摄建筑四立面、房梁榫卯、飞檐斗拱、柱础石雕等时代标识构件以及附属文物，并通过无人机俯瞰拍摄，完整留存文物本体全貌与周边历史环境风貌。针对不可移动文物，项目组则采用GNSS接收机等设备对文物位置进行厘米级精确定位，科学测定范围边界，规范采集土层标本，对遗址的挖掘土层、周边环境、代表年代的标志物进行拍摄，同步以航拍获取遗址空间格局信息。

“文物点的地形复杂多变，设备信号经常因为山体遮挡而减弱或中断，我们通过多次测量以及调整测量位置，确保每个数据点的准确性。”一位队员回忆道，“在石窟寺内部，我们选用高分辨率、低光敏感的拍

摄设备对窟内造像、壁画、题刻、碑文等附属内容进行拍摄，在不破坏文物的情况下精准获取细节信息。”

项目组融合遥感、地理信息、北斗卫星导航系统、互联网、大数据等技术，全面整理文物名称、空间位置、保护级别、类别、年代、权属、使用情况、保存状况等各类信息，根据不同文物类型设置建筑结构、遗址类型、文化层堆积等个性化字段，同时建立专门的文档库，按照文物类别和编号进行分类存储，并为每个文档添加详细的关键词标签，方便后期检索和查阅。截至目前，项目组已完成425处已登记不可移动文物信息的复查，并对20处新发现不可移动文物进行测量，待认定后登记上传。

“这些烦琐的步骤，就像为每件文物‘上户口’，为后续的文物研究和保护提供了全面的数据支撑。”负责内业的工程师说道。

## “点一线一面”串联起“数字孪生体”

如果说泥河湾的守护是对“点”的精准攻坚，那么大运河河北段的保护，则是对近300千米“线”的精准守护。这条流淌千年的运河流经5市17个县区，涵盖北运河、南运河等多段遗址，沿线文化遗产形态各异、年代跨度大。2014年，中国大运河成功入选世界文化遗产名录。

“不同于传统的测几张图，我们要构建一套更立体的数字化方案，让300千米内的大运河和每一处遗产点从外观、结构到构件，都拥有相应的‘数字孪生体’”。项目负责人介绍，团队创新构建了“数据采集—多源融合—信息提取—管理应用”全流程技术路线，既是技术创新，更是文物保护理念革新。

在北运河香河段，技术人员操作无人机搭载五镜头倾斜摄影相机，在170米高空获取地面分辨率2厘米、覆盖面积7.8平方千米的带状多角度影像，完整呈现河道走向、水工体系。在金门闸与土门楼等遗产处，针对水利工程设施细节需求，团队获取可清晰呈现闸体结构、泄洪通道及周边环境的细节影像，满足水利遗产精准建模需求。针对建筑结构复杂的宝庆寺，

团队制定了分区域差异化采集方案：屋顶区域用无人机在 30 米高度作业，获取 8 毫米分辨率影像，捕捉瓦当、屋脊等精细构件；近地面区域采用三维激光扫描仪，记录墙体纹理、门窗形制等细节；针对房檐下沿等数据盲区环绕飞行补拍，确保数据完整性。

依托高空遥感卫星、低空无人机、地面激光扫描仪和 GIS 系统等十余套技术设备，团队整合影像与点云数据，构建了“点一线一面”串联的数字化模型，不仅清晰呈现单个遗产点状况，更展示了遗产点间的空间关联与整体风貌，实现文化遗产的系统整合。

### 从数字存档到智能守护的科学跃迁

近年来，河北省地质测绘院利用倾斜摄影测量、贴近摄影测量、三维激光扫描等相关技术，持续开展文化景观数字化保护、历史建筑数字化建档等相关工作，通过对现代测绘地理信息技术和多源数据融合相关技术的研究，已构建起技术完备、响应高效的文化景观数字化装备和人员体系，相关实践成果正转化为文化遗产“可查、可管、可防、可续”的保护实效。

在阳原县，第四次全国文物普查综合管理系统（省级端）成为文物管理的“好帮手”，管理人员通过系统能快速调取阳原县不可移动文物的精确位置、年代及面积等信息。该系统将本次普查获取的厘米级空间坐标、多角度文物照片与第三次全国文物普查的历史记录进行整合比对，为每一处文物建立了独一无二、

内容翔实的数字身份档案。无论是泥河湾遗址的复杂地层数据，还是一处偏远烽火台的最新保存状况照片，都可通过系统瞬间检索、调阅与分析，彻底改变了以往依赖纸质图纸和零散文件的管理模式，实现了阳原县文物资源标准化管理，为日常巡查、保护规划和学术研究提供了坚实的数据基石。

依托自主研发的三维平台，河北省地质测绘院整合测绘、气象、水文、文物普查等多种数据，构建的大运河河北段文化遗产地理空间数据库，目前已成为文物管理的“智慧中枢”。平台具有单体信息一键查询、构件属性智能识别、沉浸式三维漫游、水位淹没动态推演、风险精准评估及“历史一现状”对比分析等多项功能，遇暴雨预警可快速生成淹没分析，发现构件细微变化可给出预警建议。这一数据驱动模式，推动文物保护迈向可视化、可预测的科学决策，实现风险看得见、防护落到位。目前，这套体系已在大运河全线及廊坊、沧州等地历史建筑保护中落地应用，为文化遗产筑起一道坚实的“数字护盾”。

随着科技与传统文化深度融合，测绘技术助力文物保护工作已迈入可量化、可模拟、可预警的新阶段。那些精准的数字、清晰的模型，正是河北地矿测绘人的庄严承诺，默默守护着每一件镌刻着燕赵记忆的文化瑰宝，让这些文明遗产在数字世界中焕发新生，在科技护航下、于时代变迁中安然传承。☑（摘编自《中国自然资源报》2026 年 2 月 17 日第 7 版）



● 测绘队员在阳原县第四次全国文物普查项目中为烽火台开展 RTK 精准打点作业

# 为自贸港高质量发展筑牢空间信息底座

## ——海南测绘地理信息局“一张图”地理底图建设纪实

◎ 熊小青 陈秋蓉

作为支撑自然资源管理现代化、服务海南自贸港建设的基础性、关键性工作，“一张图”地理底图是“一张图”建设的核心空间基底与数据基石。“一张图”聚焦构建覆盖全域、动态更新的自然资源三维立体“数字沙盘”，整合各类自然资源调查、规划、管理、监测数据，为自然资源全生命周期管理提供一体化支撑。

“一张图”地理底图通过统一的空间基准、标准规范和数据体系，为“一张图”提供标准化、高精度、时空连续的基础地理框架，是各类专业数据集成、共享、应用的前提和载体。

海南测绘地理信息局坚决贯彻落实自然资源部“一张图”建设工作部署，围绕海南省自然资源重点工作，聚焦自然资源管理和国土空间规划需求，充分利用已有基础地理信息资源、实景三维建设成果及自然资源领域相关数据，构建全省统一地理底图数据集，建成省级地理底图数据库，升级建设政务版地理信息公共服务平台，改版互联网天地图，推动实景三维海南建设，形成“陆海衔接、三维立体、时空连续”的统一地理底图，为自然资源业务应用提供精准、权威、及时的基础地理信息支撑，为海南自贸港建设在空间规划、智慧治理、低空经济、生态安全等关键领域提供基础地理信息保障。

### 统筹施策 扎实推进

海南测绘地理信息局（以下简称“海南局”）坚持系统思维、科学谋划，以严密组织、务实举措推动地理底图建设有序高效开展。

——加强组织保障。海南局成立“一张图”地理底图建设工作专班，定期召开专题会议统筹解决数据调配、跨单位协作等重大问题，构建“上下联动、厅局协同、分工明确、责任到人”的工作机制。同时强化与海南省自然资源和规划厅、省林业局、省海洋厅等相关部门的协同联动，凝聚建设合力。

——提升方案编制质量。海南局深入调研省内数据现状与业务需求，严格对照国家要求编制《海南

省“一张图”地理底图实施方案》，明确“构建地理底图数据集、建设国省协同数据库、升级政务版天地图、改版互联网天地图、推进实景三维海南建设、推动场景应用”6大核心任务及12项具体工作，细化责任分工与时间节点，形成清晰“路线图”。

——强化资源整合。海南局持续归集全省发改、资规、住建等30个厅局部门的国土空间基础数据，累计形成1300余项空间数据图层；按照“统一技术架构、统一服务能力”原则，整合海南省地理信息公共服务平台、政务地理空间信息大数据平台等四大平台，实现信息系统集成高效管理，节约资金。

——坚持质量管控。海南局建立全流程质量督查机制，数据生产过程严格执行数据清洗、格式转换、精度校验等多道工序，所有成果均通过内部质检及国家相关部门核验，确保数据精准权威。同时，海南局强化资金保障与队伍建设，优选精干力量攻坚重点任务，为建设提供坚实支撑。

### 逐项对标 狠抓落实

海南局严格对标地理底图建设的核心要求，逐项落地见效，构建起标准化、一体化、可持续的地理底图体系。

首先，统一开展基础地理信息数据治理，筑牢标准统一的数据根基。海南局按照相关标准规范构建涵盖矢量、遥感影像、地形地貌、三维模型4大类数据集，建设国省协同的政务版数据库和涉密版数据库，形成“4集2库”地理底图架构，完成行政区划及管理单元、交通运输、水系及设施、海洋等7大类矢量数据治理，建成满足三维可视化需求的数字高程模型，制作九级坡度分级图。

其次，建立自然资源系统遥感影像统筹共享机制，保障数据及时鲜活。海南局充分发挥全省航空航天遥感影像统筹机制作用，统筹自然资源部2米影像资源、亚米级影像及省内0.5米分辨率卫星遥感影像，构建多时相、长时间序列遥感影像数据集；建立部省、省

# 山东德州自然资源“一码贯通”管理省级试点项目通过验收

◎ 郑乃春 王龙春 王祥国

近日，在山东省德州市天衢新区抬头寺镇无人机智慧机场，一架无人机在工作人员的控制下缓缓升空，开展巡视周边农田有无违法占地任务。这是德州市自然资源“一码贯通”省级试点项目参与日常工作的一个缩影。

为推动德州市自然资源“一码贯通”管理试点项目尽快落地，打造空天地网“码上监管”场景，2025年3月20日，德州市自然资源局在天衢新区抬头寺镇完成第一批首个无人机智慧机场安装。截至目前，该局已在全市各县（市、区）部署12个无人机智慧机场，实现全市覆盖。

通过部署无人机智慧机场，搭配“一码贯通”无

人机蜂巢智巡子系统，可以实现“365×24小时”全天候自动化无人机作业模式，提供巡查任务统一管理、航线智能规划、巡查任务一键执行、高清影像拍摄、外业成果云端归档等功能，为基础测绘、规划选址、耕地保护、执法监管等业务提供厘米级技术保障。

2026年1月9日，德州市自然资源“一码贯通”管理省级试点项目通过由自然资源部、山东省自然资源厅等单位专家的评审验收。

德州市自然资源局党组书记、局长赵攀表示，项目验收标志着德州市在自然资源治理数字化转型道路上迈出了关键一步，为全省推广积累了可复制、可推广的实践经验。☑（作者单位：山东省德州市自然资源局）

内各厅局遥感影像定期统筹共享机制，按月接收部下发遥感影像，实现遥感影像数据常态化共享，为地理底图建设提供及时、权威的影像支撑。

最后，按分网建设要求推进系统整合，健全数据共享更新机制。海南局严格按照涉密内网、政务外网、互联网分网建设原则，改版“天地图·海南”，实现三类网络数据安全有序流转。目前，政务版数据库已实现与国家主库联通，入库各类地理底图数据，通过政务外网为全省提供数据服务；互联网版天地图扩充自然资源专题服务资源，面向公众提供地理信息服务。此外，海南局建立了“部—省—市”三级联动更新体系，推动数据更新从定期走向实时、从静态走向动态，确保数据鲜活可用。

## 推广应用 聚焦服务

海南“一张图”地理底图的高质量建设，为全省“一张图”的深度应用提供了标准化、高精度、时空连续的基础支撑。依托这一坚实基础，“一张图”的应用场景不断拓展延伸，探索服务自贸港建设、政府治理、民生保障等多个领域，切实将空间信息优势转化为发展效能。

在支撑自贸港核心任务方面，海南局服务海南自

由贸易港封关运作，基于海易办研发“二线口岸”电子地图，实现口岸可查询、可导航及通关流程指引；打造招商地图场景，打通投资单一窗口项目数据，提供“三区三线”分析、选址落位预审批等服务，助力企业项目落地；提升项目选址分析能力，保障环热带雨林白沙支线、洋浦疏港高速等省级重大项目选址。

在赋能自然资源管理方面，“一张图”地理底图建设成果为海南省自然资源和规划厅“机器管规划”“机器管督察”等提供支撑，推动规划从“静态蓝图”向“动态更新”转变，支撑耕地“非农化”“非粮化”动态监测，及时发现并制止违规占用耕地行为；为海南省林业局智慧雨林平台升级提供数据支撑，实现林业部门信息互联互通；助力海南省海洋厅建成“透明海洋”数据底座，统筹管理240余项涉海数据，支撑海洋灾害防治、自贸港封关走私防护等工作。

在服务民生保障与社会发展方面，海南局建设人民防空应急疏散地图，标注应急疏散地域位置，提供定位导航功能，提升公众应急能力。实景三维·琼中信息平台番响村试点为乡村振兴提供规划空间布局、文化遗产三维模型等数据支撑，获评自然资源部、国家数据局创新应用典型案例。☑（作者单位：海南测绘地理信息局）

# 基于多尺度注意力与上下文感知的空地遥感影像高精度自动匹配方法

周文军

(浚县自然资源局, 河南 鹤壁 456250)

**摘要:** 空地遥感影像自动匹配是测绘领域的核心技术手段, 其匹配精度与鲁棒性直接影响后续的数据处理与应用效果。针对传统方法存在多尺度信息融合不足、弱纹理、重复纹理、区域匹配鲁棒性欠佳、易陷入局部最优等问题, 通过反复研究实验, 提出一种误差小、鲁棒性强的空地遥感影像自动匹配方法。该方法首先提取空地影像多尺度深层特征, 从不同影像的同源区域诱导一致注意力响应, 为匹配提供先验知识; 再构建弱边界属性结构特征注意力图, 规避特征差异较大区域的错误局部最优匹配; 最后通过局部上下文特征描述符, 实现全局至特征点周边的多维度信息捕捉, 增强复杂纹理区域匹配鲁棒性。实验表明, 该方法匹配误差小、适应性强, 相较于现有技术更具可靠性, 可为空地遥感影像精准配准提供高效技术支持。

**关键词:** 多尺度注意力; 上下文感知; 空地遥感影像; 自动匹配

## 1 引言

新基建战略的持续推进与智能摄影测量技术革新, 不断推动星载、机载、地面多平台多传感器集成立体观测技术, 实现协同感知、高精度、智能化跨越式升级。当前, 高分辨率、高时空一致性、多维度的空地遥感影像呈爆发式增长, 空间分辨率可达亚米级至厘米级, 兼具快速获取、动态更新等优势, 已成为城市三维模型重建、自动驾驶、高精度地理定位等城市级核心应用的关键数据源<sup>[1]</sup>。这些影像的精准应用直接关乎城市治理精细化、国土空间开发保护科学性及其工程应用可靠性, 其核心前提是实现空地影像的高效精准匹配, 为后续数据融合、空间分析与决策支持奠定坚实基础。

空地遥感影像匹配作为连接空中遥感与地面观测数据的关键技术, 其匹配精度与鲁棒性直接决定后续数据处理与应用的可靠性。然而, 空地影像拍摄视角差异显著, 基本超出传统影像特征匹配算子的处理能力, 成为制约空地影像高效匹配的关键瓶颈<sup>[2]</sup>。因此, 研究适配复杂场景、误差小、鲁棒性强的空地遥感影像自动匹配方法, 不仅能破解当前技术应用难题, 还能为相关领域的技术升级提供支撑, 具有重要的理论研究价值与工程实践意义。

为提高空地影像匹配的自动化程度, 国内外研究者针对视角差异带来的匹配难题, 提出了各类解决方案, 大致可分为四类: 第一类是过渡影像拍摄法, 通

过在空地大视角影像间增加航带拍摄过渡影像实现连接, 虽在特定场景有效, 但受拍摄条件与设备限制, 场景局限性显著; 第二类是纹理纠正匹配法, 先借助场景几何信息纠正变形纹理, 再应用特征匹配算子, 但其依赖前置几何信息获取, 增加了应用复杂度; 第三类是点云融合间接匹配法<sup>[3]</sup>, 通过空地影像生成的密集点云模型寻求三维点云对应关系, 规避二维特征直接匹配的难点, 但存在点云密度不均、噪点干扰、位置漂移等问题, 匹配精度受限; 第四类是深度学习方法<sup>[4]</sup>, 以 SuperPoint 等特征提取网络和 SuperGlue、LoFTR、OpenGlue 等影像匹配网络为代表, 在与预训练数据相似度较高的场景表现可观, 成为当前研究热点, 但存在计算复杂度高、时间成本高、硬件要求严苛等短板。

综合来看, 现有空地影像特征匹配算法可归纳为基于人工设计特征与基于深度学习两大类。基于人工设计特征包含直接匹配(如 SIFT、SURF)<sup>[5]</sup>、几何纠正匹配及三维渲染匹配等, 在常规场景具有一定有效性, 但面对极宽基线视角失真、时间复杂度高、合成图像几何变形等问题时鲁棒性不足; 基于深度学习通过深层语义特征提取实现性能提升, 但在处理空地影像显著视角、光照及尺度变化时, 仍存在上下文信息融合不足、易在深层特征差异区域陷入局部最优、复杂纹理区域匹配可靠性欠佳等问题, 难以完全满足高

**作者简介:** 周文军(1973—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事土地审批与管理等自然资源管理相关工作。

精度应用需求。

## 2 研究方法

通过优化多尺度特征提取机制、构建注意力引导模块及融合局部上下文感知信息，实现匹配精度与鲁棒性的协同提升，解决空地影像视角差异大、复杂纹理区域匹配难等问题。研究详细阐述方法的整体框架与核心模块设计，通过实验验证方法的有效性与优越性，为空地遥感影像的精准配准提供新的技术思路与实践参考。与已有方法相比，实验方法有以下特征：

(1) 有效提取空地影像中的多尺度信息，生成对应的多尺度深层特征描述；同时从不同空地影像的相同区域诱导一致注意力响应，为特征描述符匹配提供先验知识。

(2) 得到具有弱边界属性的结构特征注意力图，能够在深层共性特征差异较大区域陷入错误的局部最优匹配。

(3) 通过局部上下文特征描述符，可从大到全局、小到特征点周围获得上下文感知信息，有效增强描述符对弱纹理和重复纹理区域匹配的鲁棒性。具体技术路线如图1所示。

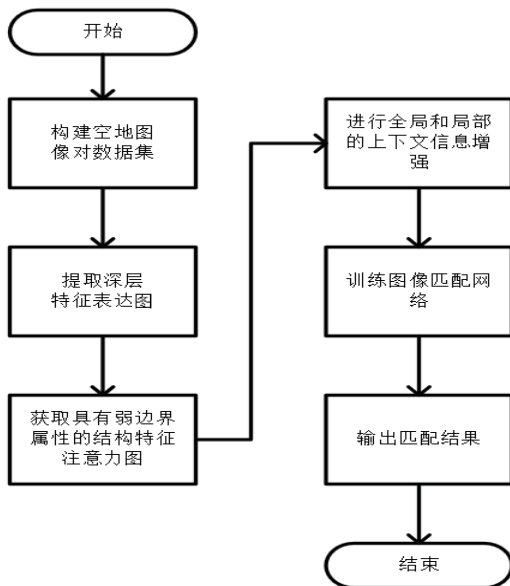


图1 技术路线

### 2.1 构建空地图像对数据集

研究获取包含相同区域的航空影像和地面影像，将其组成若干空地图像对，然后将获取的所有空地图像对组成空地图像对数据集，并将该数据集划分为训练数据集和测试数据集，航空影像和地面影像的旋转角度差应控制在  $20^\circ$  以内。

### 2.2 提取深层特征表达图

采用多尺度深层特征描述策略，使用残差网络编码器提取训练数据集特征，得到五个不同尺度的深层特征表达图  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  和  $C_5$ 。该方法的深层特征表达图为  $C_1(h \times w \times n_1)$ 、 $C_2(h \times w \times 2n_1)$ 、 $C_3(\frac{h}{2} \times \frac{w}{2} \times n_2)$ 、 $C_4(\frac{h}{2} \times \frac{w}{2} \times 2n_2)$ 、 $C_5(\frac{h}{4} \times \frac{w}{4} \times n_3)$ ，其中  $h$  为高度， $w$  为宽度， $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$  为通道数， $n_3 > n_2 > n_1$ 。

### 2.3 获取具有弱边界属性的结构特征注意力图

把提取深层特征得到的  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  和  $C_5$  进行拼接后，得到特征图  $C_{cat}$ 。

在特征图  $C_{cat}$  的通道维度上对多尺度的深层特征进行平均，得到通道均值化的特征图。

然后对所述通道均值化的特征图进行  $3 \times 3$  卷积层和 softplus 激活函数运算，输出具有弱边界属性的结构特征注意力图。

### 2.4 进行全局和局部的上下文信息增强

(1) 进行全局上下文信息增强，包括以下步骤：

① 在所有深层特征表达图中，通过自适应平均池化将维度较高的深层特征表达图切分成若干固定大小的特征图块。

② 将每个特征图块的特征重塑成若干平坦的矢量化二维补丁  $X_p^n$ ，每个矢量化二维补丁  $X_p^n$  的大小为  $16 \times 16$ 。 $n$  为矢量化二维补丁  $X_p^n$  的编号。

通过上述步骤，提取特征图块的大小为  $64 \times 64$ ，所以在此步骤中，每个特征图块则被重塑成 4 个大小为  $16 \times 16$  的矢量化二维补丁。

然后使用可训练的线性投影  $E$  将所述矢量化二维补丁  $X_p^n$  映射到潜在的 128 维嵌入空间，再将其添加到 patch 嵌入中，以保留矢量化二维补丁  $X_p^n$  在对应特征图块中的位置信息，得到包含位置编码的特征  $Z_0$ ，表达方式如下：

$$Z_0 = [X_p^1 E; X_p^2 E; \dots; X_p^N E] + E_{pos} \quad (1)$$

公式 (1) 中， $E_{pos}$  为矢量化二维补丁在深层特征图块中的位置信息， $N$  为矢量化二维补丁的总数量。

(2) 进行全局上下文隐藏特征，包括以下步骤：

构建 transformer 运算，运算公式如下：

$$Z'_{k+1} = \text{MSA}(\text{LN}(Z_k)) + Z_k \quad (2)$$

$$Z_{k+1} = \text{MLP}(\text{LN}(Z'_{k+1})) + Z'_{k+1} \quad (3)$$

其中，MSA 表示多头自注意，MLP 表示多层感知器，LN 表示层归一化算子。 $k$  表示 transformer 运算的迭代次数，当  $k=0$  时，表示未进行 transformer 运算。再将全局上下文信息增强得到的包含位置编码的特征

$Z_0$  进行  $L$  次 transformer 运算, 得到全局上下文的特征描述符  $Z_L$ , 其中  $L$  优选为 8。

(3) 进行局部上下文信息增强, 包括以下步骤:

将上文得到的所有深层特征表达图插值到相同的空间大小, 然后将它们聚合得到插值特征图  $C'_{cat}$ ,  $C'_{cat}$  用于提高深层特征表达图的利用率, 且整合了不同尺度信息。然后使用  $1 \times 1$  卷积层和 3 个  $3 \times 3$  扩展卷积层对插值特征图  $C'_{cat}$  进行特征感受野的提升, 得到局部上下文的特征描述符  $D_1$ 。

其中, 扩展卷积层优选的扩展率分别为 6、12 和 18, 此步骤能从不同的感受野进一步提升局部上下文特征描述符的表征能力。

此外, 将得到的全局上下文特征描述符  $Z_L$  融入局部上下文特征描述符  $D_1$ , 得到具有全局和局部信息的特征描述符  $D_2$ 。

### 2.5 训练图像匹配网络

将获取的全局和局部信息的特征描述符  $D_2$  和上文得到的结构特征注意力图送入图像匹配网络, 利用 Sinkhorn 算法对  $D_2$  和结构特征注意力图进行相关运算, 再结合 Sinkhorn 算法的垃圾箱通道 (Dustbin), 得到匹配矩阵。使用匹配矩阵构建基于图结构的损失函数 LOSS, 公式如下:

$$LOSS = -\sum_{(i,j)} \log(\bar{P}_{i,j}) - \sum_i \log(\bar{P}_{i,N+1}) - \sum_j \log(\bar{P}_{M+1,j}) \quad (4)$$

公式 (4) 中,  $M$  为矩阵  $\bar{P}$  的最大行数,  $N$  为矩阵  $\bar{P}$  的最大列数,  $i$  为矩阵  $\bar{P}$  的行数,  $j$  为矩阵  $\bar{P}$  的列数, 垃圾箱通道即为  $\bar{P}_{M+1,N+1}$ 。

训练图像匹配网络, 直到损失函数 LOSS 收敛, 得到训练好的空地匹配网络模型。

### 2.6 输出匹配结果

利用训练好的空地匹配网络模型对上文的测试数据集进行同名点预测, 并输出匹配结果。

## 3 实验结论

为验证研究方法的适用性, 选择一组空地图像开展定量和定性评估。定量评估将匹配结果与 4 种匹配方法进行对比分析, 以验证研究方法的有效性。表 1 从正确匹配数和匹配正确率两个指标, 对该方法与 OANet、Superglue、COTR 和 LightGlue 4 种匹配方法进行定量对比, 以评估匹配性能。结果表明, 研究方法的正确匹配数最多、匹配正确率最高, 在对比方法中匹配性能表现最优。

表1 各种方法匹配成果对比

对比方法	OANet	Superglue	COTR	LightGlue	研究方法
正确匹配数	121	134	74	489	789
匹配正确率	37.12%	70.90%	74%	80.29%	91.31%

定性评估通过展示正确匹配的同名点进行目视检查, 进一步验证研究方法的匹配性能。图 2 展示了实验数据中空地图像对研究方法的匹配结果, 并对匹配结果中同名点分布密集的特定区域进行局部放大, 可以看出, 尽管每组空地图像对的几何畸变、视点变化和照明变化存在巨大差异, 但匹配出的同名点位置精度准确。

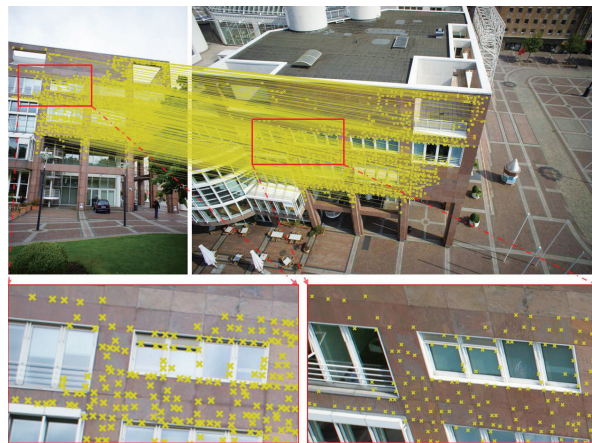


图2 实验数据匹配结果

## 4 结论

研究方法能有效提取空地影像的多尺度信息, 生成对应的多尺度深层特征描述; 同时能从不同空地影像的相同区域诱导一致注意力响应, 为特征描述符匹配提供有效先验。研究构建的局部上下文特征描述符, 能获得从全局到特征点周围的上下文感知, 有效增强了描述符对弱纹理和重复纹理区域匹配的鲁棒性。

### 参考文献

- [1] 蔡振锋, 彭斌, 季霞, 等. 地市级实景三维城市建设及应用: 以实景三维临沂建设为例[J]. 测绘通报, 2021(11): 115-119, 144.
- [2] 崔颖, 黄鹤, 李毅, 等. 基于多基线近景摄影测量方法的建筑物立面图构建[J]. 北京测绘, 2020, 34(12): 1746-1749.
- [3] 邓非, 颜青松, 肖腾. 多视密集匹配并行传播 GPU-PatchMatch 算法[J]. 测绘学报, 2020, 49(2): 181-190.
- [4] 王龙号, 蓝朝楨, 姚富山, 等. 多源遥感影像深度特征融合匹配算法[J]. 地球信息科学, 2023, 25(2): 380-395.
- [5] 杜春鹏, 李景山. 一种结合拓扑信息和 SIFT 特征的多源遥感影像自动匹配方法[J]. 测绘通报, 2017(10): 115-120.

# 基于多源数据融合的实景三维建模研究

李强 徐慧萍

(衢州市测绘院, 浙江 衢州 324000)

**摘要:** 为解决单一数据源建模精度不足、场景适应性有限的问题, 提出多源数据融合的实景三维建模框架, 整合卫星遥感、倾斜摄影、激光点云及街景影像等数据, 通过时空配准、特征融合与精度优化等核心流程构建高精度、全要素的实景三维模型。研究以城市和山地两种场景为实验区进行验证, 结果表明: 融合模型的平面精度达 0.037m、高程精度达 0.043m, 较单一倾斜摄影分别提升 41% 和 32%, 有效解决了植被遮挡、建筑物阴影等建模盲区问题, 为实景三维工程化应用提供技术支持。

**关键词:** 多源数据融合; 实景三维建模; 时空配准; 特征融合; 精度优化

## 1 引言

实景三维建模技术通过精准重构真实世界的三维几何形态与纹理信息, 已在城市规划、应急救援、文物保护等领域得到广泛应用。然而, 单一数据源建模的局限性愈发突出: 卫星遥感数据虽覆盖范围广, 但细节精度不足, 分辨率多为 1~5m, 难以满足城市级精细建模需求; 倾斜摄影能获取建筑立面细节, 却在建筑密集区因视角限制产生遮挡盲区; 激光点云精度高(平面精度可达 0.05m), 但缺乏纹理信息且数据量庞大; 街景影像可补充立面纹理, 却存在视角局限与拼接误差<sup>[1]</sup>。多源数据融合通过优势互补, 成为提升建模精度与场景适应性的关键路径, 国内外学者已开展相关研究, 但多聚焦两类数据融合, 而对多源异构数据协同建模机制探讨不足, 复杂场景精度优化方法尚未形成体系<sup>[2]</sup>。

研究构建了“数据预处理—时空配准—特征融合—精度优化—模型构建”全流程技术框架, 解决时空基准统一、特征级融合算法设计、复杂场景精度优化问题, 通过城市与山地场景的实证分析, 验证框架的有效性, 为实景三维建模的工程化应用提供技术支持。

## 2 多源数据融合的实景三维建模框架

### 2.1 数据源选择与特征分析

根据复杂场景建模的实际需求, 选取卫星遥感数据、倾斜摄影数据、激光点云数据、街景影像等四类具有典型互补性的数据源, 通过系统性分析特征优势与应用局限, 构建多维度数据支撑体系。这四类数据源从尺度、精度、维度三个层面形成互补, 共同为复

杂场景建模提供全方位的数据支撑。

卫星遥感数据凭借大范围覆盖能力, 为建模提供宏观空间基准, 可有效表达区域级地形整体趋势, 但受成像原理限制, 对垂直结构的刻画能力较弱, 在密集区域易因遮挡出现信息空白, 难以满足精细建模的细节需求; 倾斜摄影数据通过多视角采集方式, 能精准还原建筑物的顶部与立面轮廓, 为模型提供丰富的几何形态信息, 但纹理质量易受光照条件影响, 在阴影区域出现细节损失, 且在植被覆盖区域数据穿透能力不足, 导致地面信息缺失; 激光点云数据具备极高的几何精度, 可精细刻画建筑构件的形态特征, 为模型提供可靠的三维坐标基准, 但缺乏纹理信息, 且在强反射表面易产生噪声干扰, 同时庞大的数据量也增加了处理难度<sup>[3]</sup>; 街景影像以全景采集方式补充沿街立面的纹理细节, 有效弥补其他数据源在底层纹理的不足, 但信息覆盖受拍摄视角限制, 对建筑背面及高层区域的记录不完整, 且动态目标易造成纹理畸变。

### 2.2 实景三维建模框架

基于多源数据的异构特性与互补优势, 构建“数据预处理—时空配准—特征融合—精度优化—模型构建”的全流程技术框架, 实现多源数据的深度协同, 为高精度实景三维建模提供系统性解决方案, 具体流程如图 1 所示。

数据预处理作为基础环节, 对各类数据源进行标准化处理, 包括格式转换、噪声去除与质量筛选, 如消除激光点云的孤立点和重复点、校正倾斜影像的畸变误差、优化街景影像的色彩一致性, 确保原始数据质量满足融合需求。

**作者简介:** 李强 (1991—), 男, 汉族, 本科, 助理工程师, 主要从事工程测绘、航空摄影测量等工作。

时空配准是多源数据协同的前提，通过统一坐标系与时间基准实现空间对齐，采用专业坐标转换模型将卫星影像、激光点云、街景影像等统一至相同空间基准，结合改进特征点匹配算法提取稳定特征（如建筑角点、道路交叉口），剔除误匹配点，解决时空基准统一问题，为后续融合奠定精准空间基础。

特征融合在几何与纹理维度同步推进，几何层面以高精度激光点云为基准修正倾斜摄影点云误差，通过加权融合与插值填补技术解决数据漏洞<sup>[4]</sup>；纹理层面分区整合倾斜影像顶部纹理与街景影像立面纹理，实现特征级融合算法设计。

精度优化针对复杂区域误差，采用多源交叉验证：对植被遮挡区，结合卫星遥感地形趋势与点云插值填补漏洞；对阴影区，通过街景影像补充纹理，使模型整体平面精度提升至 0.05m。

模型构建基于融合后的数据，采用不规则三角网（TIN）生成三维网格，通过纹理映射与细节平滑处理，最终输出高精度、全要素的实景三维模型，为后续应用提供完整数据支撑。

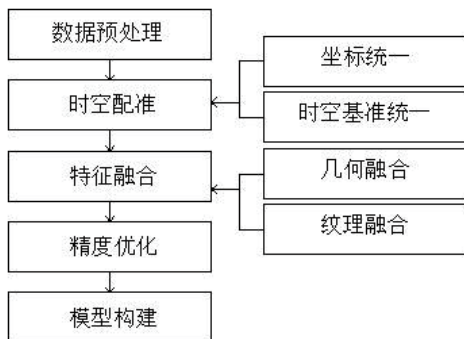


图1 基于多源数据的实景三维建模流程

### 3 多源数据融合关键技术

多源数据融合的核心在于解决异构数据的时空一致性问题，并实现几何与纹理特征的优势互补，基于多源数据融合的实景三维建模涉及时空配准、几何特征融合与纹理特征融合三大关键技术。

#### 3.1 多源数据时空配准技术

时空配准是多源数据融合的前提，需实现坐标系统一与特征点精准匹配，确保不同数据源在同一时空基准下协同作用<sup>[5]</sup>。

(1) 坐标统一：采用多源数据时空配准技术的布尔沙—沃尔夫七参数模型完成不同坐标系的转换，将卫星影像、激光点云、街景影像统一至 2000 国家大地坐标系，转换公式如下：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1+k) \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_x Y' - \varepsilon_y Z' \\ \varepsilon_x Z' - \varepsilon_z X' \\ \varepsilon_y X' - \varepsilon_x Y' \end{bmatrix} \quad (1)$$

公式(1)中， $(X, Y, Z)$ 表示目标坐标系的坐标， $(X', Y', Z')$ 为原始坐标系坐标， $(X_0, Y_0, Z_0)$ 为平移参数， $k$ 为尺度因子； $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ 为旋转参数。通过均匀分布地面控制点（GCP）求解参数，使转换误差控制在规范范围以内。

(2) 特征点匹配：采用改进 SIFT 算法提取多源数据的稳定特征点（如建筑角点、道路交叉口），通过 RANSAC 算法剔除误匹配点。定义特征点间的欧氏距离为匹配度量：

$$d(p, q) = \sqrt{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2 + (z_p - z_q)^2} \quad (2)$$

公式(2)中，当  $d(p, q) < 0.1m$  时判定为匹配点对，最终匹配精度达到 95% 以上，为后续特征融合奠定基础。

#### 3.2 几何特征融合技术

几何特征融合以激光点云的高精度几何信息为基准，修正倾斜摄影点云误差，填补数据漏洞，构建完整的三维几何模型。

(1) 点云配准优化：采用改进 ICP 算法实现激光点云与倾斜摄影点云的精细对齐，以激光点云为基准，通过最小化对应点距离误差优化变换矩阵：

$$\min \sum_{i=1}^n \|P_i - (RQ_i + t)\|^2 \quad (3)$$

公式(3)中， $P_i$ 为激光点云点， $Q_i$ 为倾斜摄影点云点， $R$ 为旋转矩阵， $t$ 为平移向量，迭代至误差  $< 0.03m$  时停止，确保两类点云空间位置偏差为厘米级。

(2) 加权融合与漏洞填补：对配准后的点云采用动态加权融合，激光点云权重 ( $\omega_1=0.7$ ) 高于倾斜摄影点云 ( $\omega_2=0.3$ )，突出高精度数据的主导作用。针对植被遮挡或阴影导致的点云漏洞，采用反距离加权法（IDW）插值填补，利用邻域已知点高程推算缺失点坐标，确保融合后点云的完整性。

#### 3.3 纹理特征融合技术

纹理融合旨在整合倾斜影像的顶部纹理与街景影像的立面纹理，解决单一数据源纹理缺失或失真问题，提升模型视觉效果。

(1) 纹理分区映射：将三维模型划分为顶部与立面区域，顶部采用倾斜影像纹理（分辨率 0.02m），立面采用街景影像纹理（分辨率 0.01m），通过坐标映射实现无缝拼接。

(2) 重叠区域优化：对建筑转角等纹理重叠区域，采用距离加权融合算法消除拼接痕迹：

$$T(x, y) = \alpha \cdot T_{photo}(x, y) + (1 - \alpha) \cdot T_{street}(x, y) \quad (4)$$

公式(4)中， $\alpha$ 为权重系数( $0 \leq \alpha \leq 1$ )，随着到顶部距离增大而线性递减，使过渡区域纹理平滑过渡。

(3) 阴影去除与增强：采用多尺度Retinex算法分离街景影像的阴影成分，通过亮度补偿提升纹理清晰度，使阴影区域的纹理信噪比提升20%，确保完整还原历史建筑雕花、门窗等细节。

以上三种技术通过时空基准统一、几何精度修正与纹理细节补充，实现多源数据的深度融合，为构建高精度、全要素的实景三维模型提供了核心支撑。

## 4 实验验证与结果分析

### 4.1 实验区与数据准备

选取两类典型实验区验证多源数据融合建模框架的有效性：

(1) 城市核心区：位于东部沿海某城市中央商务区，面积 $6\text{km}^2$ ，包含高密度建筑群(20~150m)、立体交通网络及城市绿地，地物复杂度较高。数据包括高分七号卫星立体影像(0.5m分辨率，航向重叠80%)、五镜头倾斜摄影数据(0.02m分辨率，覆盖全区)、地面三维激光扫描(TLS)点云(密度 $300\text{点}/\text{m}^2$ ，重点采集建筑立面)、街景影像(每3m一帧，含 $360^\circ$ 全景纹理)。

(2) 山地复杂区：位于某地区丘陵地带，面积 $12\text{km}^2$ ，高程差100~300m，涵盖林地(覆盖率60%)、梯田及分散村落。数据包括SPOT-7卫星影像(1.5m分辨率)、无人机倾斜摄影数据(0.1m分辨率，航线重叠75%)、移动测量系统(MMS)点云(密度 $80\text{点}/\text{m}^2$ )。

两类区域均布设50个地面控制点(GCP)，采用RTK测量获取坐标(平面精度0.003m，高程精度0.005m)，作为精度验证的真值数据。数据采集间隔控制在15天内，减少地表动态变化对融合精度的干扰。

### 4.2 实验过程

实验严格遵循“数据预处理—时空配准—特征融合—精度优化—模型构建”全流程框架，分步骤实现多源数据协同建模。

数据预处理阶段，对两类实验区数据进行标准化处理：激光点云采用统计滤波法移除孤立噪声点(阈值设为1.5倍标准差)，倾斜影像通过相机内参校正

消除径向畸变，街景影像执行白平衡与曝光归一化处理，卫星影像则进行大气校正以去除薄雾影响，确保原始数据质量满足融合需求。

时空配准环节，采用布尔沙—沃尔夫七参数模型，将所有数据统一至2000国家大地坐标系，通过50个均匀分布的GCP求解转换参数，确保坐标转换误差 $\leq 0.05\text{m}$ ；特征点匹配采用改进SIFT算法提取建筑角点、道路交叉口等稳定特征，剔除误匹配点后，匹配精度达95%以上，实现时空基准统一。

特征融合阶段，几何层面应用几何特征融合技术，以激光点云为基准，通过改进ICP算法对齐倾斜摄影点云(迭代至误差 $< 0.03\text{m}$ )，采用动态加权策略(激光点云权重0.7、倾斜点云0.3)生成融合点云，通过IDW插值填补植被遮挡区漏洞；纹理层面运用纹理特征融合技术，将模型分为顶部与立面区域，分别映射倾斜影像与街景纹理，重叠区域采用距离加权算法平滑过渡，同时通过多尺度Retinex算法消除阴影干扰。

精度优化阶段，采用多源交叉验证法，对城市核心区建筑边缘、山地复杂区地形突变处的误差进行迭代优化，结合GCP实测值修正模型偏差，使平面精度提升至0.05m、高程精度达0.08m。模型构建基于融合后的数据，采用不规则三角网(TIN)生成三维网格，通过纹理映射与细节平滑处理，最终输出高精度、全要素的实景三维模型，如图2和图3所示。



图2 融合处理后的城市核心区某区域实景三维模型

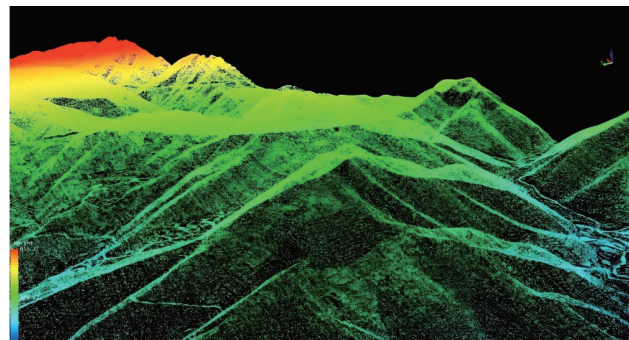


图3 融合处理后的山地实景三维模型

### 4.3 实验结果分析

#### 4.3.1 单一数据源与融合模型精度对比

实验选取城市核心区 50 个地面控制点 (GCP) 进行精度验证, 对单一数据源模型与多源融合模型的关键指标进行对比分析, 具体数据如表 1 所示。实验结果显示, 多源融合模型的平面中误差为 0.037m, 较倾斜摄影模型 (0.063m) 降低 41%; 高程中误差为 0.043m, 较倾斜摄影模型 (0.063m) 降低 32%, 且优于激光点云+纹理模型 (0.044m/0.028m)。在纹理清晰度方面, 融合模型的 PSNR 值达 32.7dB, 较倾斜摄影提升 15%, 有效解决了激光点云纹理单一的问题 (26.3dB)。建筑立面细节还原度显著提升, 门窗轮廓、墙体材质等特征的识别准确率达 92%, 较单一数据源平均提高 25%。

表1 不同建模方法的精度指标

建模方法	平面中误差/m	高程中误差/m	纹理清晰度/ (PSNR/dB)
倾斜摄影	0.057	0.063	28.5
激光点云+纹理	0.044	0.028	26.3
多源融合模型	0.037	0.043	32.7

#### 4.3.2 复杂场景建模效果

山地复杂区实验验证了融合模型对特殊场景的适用性:

(1) 植被遮挡区: 激光点云穿透植被的优势与卫星遥感地形趋势相结合, 林下地形建模误差从单一倾斜摄影的 0.3m 降至 0.1m, 植被覆盖区点云完整性提升 60%;

(2) 建筑阴影区: 街景影像补充倾斜摄影阴影区域纹理, 使阴影区纹理匹配度从 55% 提升至 95%, 墙面装饰、窗沿细节等特征清晰可辨;

(3) 地形起伏区: 融合卫星影像宏观地形与无人机点云微观细节, 高程精度达 0.1m, 有效满足山地工程测绘精度要求, 较单一卫星遥感模型 (0.25m) 误差降低 60%。

#### 4.3.3 效率分析

实验对比不同建模方法的处理效率, 结果如表 2 所示。多源融合模型因数据量增加 (总数据量达 8.2TB), 预处理耗时较单一倾斜摄影 (3.5TB) 增加 42%, 但通过自动化流程优化 (批量配准、并行计算), 整体建模周期 (5 天) 仍短于单一倾斜摄影 (7 天)。其中, 时空配准环节的自动化算法使处理效率提升 60%, 特征融合阶段的动态加权策略减少 30% 人工干预时间。山地复杂区 (12km<sup>2</sup>) 建模效率优势更为显著,

较传统方法缩短 35% 工期。

表2 不同建模方法的效率指标

建模方法	数据量/TB	预处理 耗时/h	总建模 周期/天	人工干预占比
倾斜摄影	3.5	18	7	25%
激光点云+纹理	5.8	24	6	30%
多源融合模型	8.2	25.5	5	15%

### 4.4 优缺点分析与优化方向

多源融合模型优势显著: 在精度方面, 平面/高程精度较单一数据源提升 38%~42%; 在场景适应性上, 能有效解决植被遮挡、阴影盲区等问题, 复杂区域建模完整性达 90%, 但也存在一定局限: 数据同步性要求高 (采集间隔需 < 1 个月), 否则融合误差增加 15%; TB 级数据处理对硬件算力要求高, 普通工作站耗时增加 2 倍; 动态目标 (行人、车辆) 导致 10%~15% 纹理伪影。

优化方向主要包括: 引入时序校正算法消除数据间隔影响; 基于云计算框架提升海量数据处理效率; 结合深度学习动态目标检测, 剔除临时干扰因素, 进一步降低建模误差。

## 5 结语

构建的多源数据融合实景三维建模框架, 通过整合卫星遥感、倾斜摄影、激光点云与街景影像, 实现高精度、全要素的三维模型重构。融合重构模型在城市核心区的平面精度达 0.037m, 高程精度达 0.043m, 较单一数据源模型精度显著提升, 且能有效应对复杂场景的建模挑战。研究成果为多源数据融合建模提供了系统性解决方案, 推动实景三维技术从“单一数据源”向“多源协同”跨越, 对数字孪生、智慧城市等领域的发展具有重要支撑作用。

### 参考文献

- [1] 王峰,滕俊利,王希秀.多源数据融合实景三维建模关键技术研究[J].山东国土资源,2022,38(1):70-73.
- [2] 杨彦玲,陈绪恒,闫茹.基于多源数据融合的智慧城市实景三维建模方法[J].模型世界,2025(8):25-27.
- [3] 张鹏飞,陈举平,朱焕廉.基于多源数据融合的实景三维建模研究[J].城市勘测,2025(3):173-176.
- [4] 谢云鹏,吕可晶.多源数据融合的城市三维实景建模[J].重庆大学学报,2022,45(4):143-154.
- [5] 何华容,李鹏,胡洪,等.多源数据融合的实景三维建模及精度分析[J].洛阳理工学院学报(自然科学版),2025,35(1):65-73.

# 基于GEE和RSEI的成渝地区双城经济圈生态环境质量评价

余锦佩

(江西省地质局第六地质大队, 江西 鹰潭 335000)

**摘要:** 成渝地区双城经济圈是长江上游生态屏障的重要组成部分, 其生态环境质量动态监测对区域可持续发展至关重要。研究基于 Google Earth Engine (GEE) 平台, 利用 2015~2023 年 MODIS 遥感影像, 耦合绿度、湿度、干度和热度四类指标构建遥感生态指数 (RSEI), 系统评估了区域生态环境质量的时空演变特征。结果表明: (1) 生态环境质量呈现“西优东良、城镇局部偏低”的空间格局; (2) RSEI 均值从 2015 年的 0.572 增至 2023 年的 0.629, 2017 年为显著转折点; (3) 生态改善区占总面积的 44.0%, 退化区占 11.8%, 整体以改善为主。研究成果可为区域生态保护与空间规划提供科学依据。

**关键词:** 成渝地区双城经济圈; GEE; 遥感生态指数

## 1 引言

生态环境是区域可持续发展的重要基础。近年来, 随着城镇化快速推进, 成渝地区生态压力持续上升<sup>[1]</sup>。自 2016 年实施“长江大保护”和“双城经济圈建设”等国家战略以来, 区域生态保护力度显著增强, 生态保护红线面积已达 4.2 万 km<sup>2</sup>, 占总面积的 22.7%<sup>[2]</sup>。在此背景下, 系统评估成渝地区生态环境质量的时空变化, 对促进区域绿色发展具有重要意义。

传统生态环境评价多采用指标体系法、综合指数法和生态足迹法等, 但过度依赖地面监测与统计数据, 存在获取难、成本高、时空连续性差等局限。相比之下, 遥感技术具备覆盖广、更新快、客观性强等优势, 为大范围生态环境动态监测提供了有效途径<sup>[3]</sup>。其中, 徐涵秋<sup>[4]</sup>提出的遥感生态指数 (RSEI) 通过整合绿度、湿度、干度和热度四类生态要素, 并采用主成分分析 (PCA) 进行客观赋权, 有效避免人为主观干扰, 具有指标科学、操作简便、结果直观等优点, 已在京津冀、长江经济带、黄河流域等区域得到广泛应用。随着 GEE 云计算平台的发展, 大尺度、长时序遥感数据的高效处理与分析成为可能, 为 RSEI 在区域生态监测中的应用提供了技术支撑<sup>[5]</sup>。

鉴于此, 以成渝地区双城经济圈为研究区, 基于 GEE 云计算平台, 利用 2015~2023 年 MODIS 遥感影像数据, 构建 RSEI, 系统评价该区域近 9 年来生态环境质量的时空演变特征。

## 2 研究区概况及数据来源

### 2.1 研究区概况

成渝地区双城经济圈位于我国西南部长江上游地区, 地跨四川省中部与重庆市西部, 西起雅安、乐山一线, 东至重庆主城区及周边地区, 南北大致介于北纬 25°~34° 之间, 总面积约 18.5 万 km<sup>2</sup>, 研究区概况如图 1 所示。研究区处于四川盆地与川东山地的过渡地带, 地形起伏显著, 海拔范围 87~7435m, 西部为地势平坦的成都平原, 东部以丘陵和山地为主, 地形较为破碎。区域属亚热带季风湿润气候, 受季风环流与地形共同影响, 年均气温 16~18℃、年降水量 900~1200mm, 水热条件匹配良好。多样的地形与显著的气候梯度共同塑造了丰富的生态系统类型, 使该区域在西南地区生态安全格局中具有突出的战略地位。

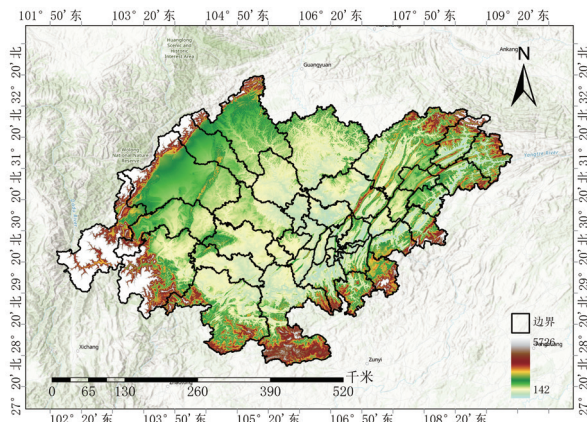


图1 研究区概况

**作者简介:** 余锦佩 (1985—), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 主要从事摄影测量与遥感、地形图测绘、激光点云数据处理等工作。

## 2.2 数据来源及预处理

研究基于GEE云平台，选用MODIS系列数据的三类核心产品作为主要数据源：MOD09A1地表反射率（500m、8天）、MOD11A2地表温度（1km、8天）及MOD13A1植被指数（500m、16天），均已完成大气校正与辐射定标。针对2015年、2017年、2019年、2021年和2023年，选取每年7月25日至9月25日植被生长旺季影像，以保证时相一致性。

数据预处理包括：利用MODIS产品的StateQA与QC质量控制波段筛选影像，通过bitwiseAnd算法解析质量标识位，结合掩膜更新方法剔除云、云阴影等低质量像元。随后针对生长季的影像序列，采用多时相合成策略，基于均值合成模型生成更能反映年度生态状况的稳定影像，进一步计算改进归一化水体指数（MNDWI模型），依据经验阈值识别水体区域，并通过掩膜更新方法实现水体掩膜，降低水体高反射特性对生态评价的干扰。在空间分辨率统一方面，采用双线性重采样算法结合坐标重投影方法，将MOD11A2地表温度产品统一至500m空间分辨率，确保各生态因子在相同空间尺度进行分析。最终利用研究区边界矢量文件对处理结果进行空间裁剪，确保研究范围一致。经过上述流程，共生成五期空间一致、质量可靠的遥感数据集，为RSEI构建及时空演变分析提供了数据支撑。

## 3 研究方法

研究主要包括四个阶段：（1）通过GEE云平台获取并预处理2015~2023年MODIS影像数据；（2）计算绿度、湿度、干度和热度四个生态指标；（3）利用PCA对上述指标进行耦合与降维，以第一主成分构建RSEI，实现多指标客观综合与权重自适应确定；（4）开展时空分析与评价，包括RSEI等级划分、时序趋势统计、空间变化检测（如差值法与重分类）及区域差异解读，揭示生态环境变化特征。

### 3.1 遥感生态指数构建

RSEI通过综合耦合绿度、湿度、干度和热度四个生态因子，采用PCA实现客观赋权，以全面反映区域生态环境质量。其中，各因子的计算均基于MODIS不同产品获得：绿度由MOD13A1的NDVI计算；湿度由MOD09A1多光谱反射率经缨帽变换（Tasseled Cap）得到的WET获取；干度由MOD09A1可见光与短波红外波段构建的NDBSI表征；热度由MOD11A2提供的LST获得。四个指标的具体计算方法如表1所示。

表1 RSEI生态指标计算方法

生态指标	遥感指数	计算公式
绿度	归一化植被指数 (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
湿度	缨帽变换湿度分量 (WET)	$WET = 0.1511 \times B_2 + 0.1973 \times B_3 + 0.3283 \times B_4 + 0.3407 \times B_5 - 0.7117 \times B_6 - 0.4559 \times B_7$
干度	归一化建筑土壤指数 (NDBSI)	$NDBSI = \frac{SI + IBI}{2}$
热度	地表温度 (LST)	$LST = ST\_B10 \times 0.00341802 + 149.0 - 273.15$

注：NIR为近红外波段（Band5），Red为红光波段（Band4）；B2~B7分别为蓝光、绿光、红光、近红外、短波红外1、短波红外2波段；SI为土壤指数，IBI为建筑指数；ST\_B10为Landsat 8热红外波段。

研究参考徐涵秋<sup>[4]</sup>研究成果，并结合RSEI的数值分布特征与实际生态意义，将生态环境质量划分为五个等级，分级标准如表2所示。

表2 RSEI生态环境质量分级标准

等级类别	RSEI值	质量说明
I	0.0~0.2	差
II	0.2~0.4	较差
III	0.4~0.6	中等
IV	0.6~0.8	良好
V	0.8~1.0	优秀

### 3.2 时空分析与评价

获得各期RSEI结果后，计算各年份平均值以分析时间变化趋势，并绘制空间分布图展示生态环境质量格局。为揭示2015~2023年生态变化特征，基于像元尺度计算RSEI变化量（ $\Delta RSEI$ ），用于直观识别生态改善或退化方向。考虑到RSEI取值范围为0~1，且多期MODIS影像在大尺度分析中常存在细微波动，研究采用 $\pm 0.02$ 作为变化判别阈值。该阈值既能区分具有实际生态意义的变化，又能抑制由短期气候波动和遥感噪声引起的非显著变化，增强变化检测的稳定性和可靠性。在此基础上，将 $\Delta RSEI < -0.02$ 的区域划为“退化区”； $-0.02 \leq \Delta RSEI \leq 0.02$ 的区域划为“稳定区”； $\Delta RSEI > 0.02$ 的区域划为“改善区”，以刻画生态系统变化的方向与幅度，为评估区域生态治理成效提供依据。

## 4 结果分析

### 4.1 RSEI空间分布格局

成渝地区双城经济圈生态环境质量具有显著的空间分异特征，其格局与区域地形条件、植被覆盖状况及人类活动强度密切相关，2015~2023年RSEI空间分布如图2所示。整体而言，高值区（ $RSEI \geq 0.6$ ）

呈明显带状与斑块状分布，主要集中在研究区东部和东北部的山地丘陵带，包括渝东北山地森林区、三峡库区腹地及川东南生态涵养区等。这些区域林地连续性强，生态系统结构完整，受干扰程度低，因此呈现稳定且优越的生态环境质量。低值区（RSEI > 0.4）主要聚集于成都与重庆两大城市群及周边快速城市化区域，呈明显“圈层式”衰减结构。该类区域在土地利用转型、地表不透水化和产业密集布局的共同作用下，NDVI与WET值偏低，而NDBSI和LST水平显著升高，导致生态环境质量持续受压。值得注意的是，尽管低值区呈集中分布，但范围相对有限，表明城市扩张对区域整体生态格局的影响呈局部作用。

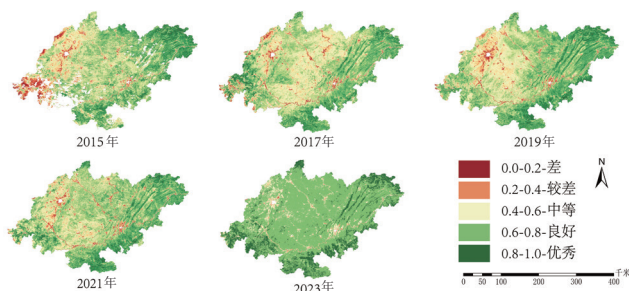


图2 2015~2023年RSEI空间分布

#### 4.2 RSEI 时间变化趋势

基于2015~2023年RSEI均值序列，成渝地区双城经济圈生态环境呈总体改善、阶段性波动的变化特征。2015~2017年，RSEI均值由0.572小幅上升至0.577，处于相对平缓的稳定阶段；2017年后生态环境质量进入快速提升期，2017~2019年均值增幅达0.018，改善幅度明显高于前期，且时间节点与“长江大保护”等重大生态战略的深入实施高度契合。2019~2023年，RSEI水平继续保持升高趋势，由0.603稳步提升至0.629，生态环境持续改善得益于退耕还林、长江岸线整治等政策的推进，亦反映出区域城市发展模式从外延扩张向生态导向型转变的积极成效。

#### 4.3 生态环境变化区域特征

2015~2023年研究区生态环境变化如图3所示，整体呈现以改善为主、局部退化的格局。生态改善区面积达81412km<sup>2</sup>，占研究区总面积的44.0%，显著大于退化区的11.8%。改善区主要集中在川西平原生态涵养带、渝东北及三峡库区水源涵养区、川东丘陵退耕还林重点区域，空间上呈连续片状或带状分布，反映了生态修复工程的显著成效。退化区呈斑块化分布，主要位于成都都市圈东向拓展带、重庆主城区外围及部分工业园区周边。该类区域受快速城市化、产业布局

调整及建设用地扩张影响，生态环境质量有所下降。尽管如此，退化区总体占比较小，空间影响有限。此外，约44.2%的区域生态环境相对稳定，主要分布在盆地中部农业区及周缘山地丘陵区，说明农业生产区域在土地利用格局稳定的前提下，生态质量变化较为缓和。

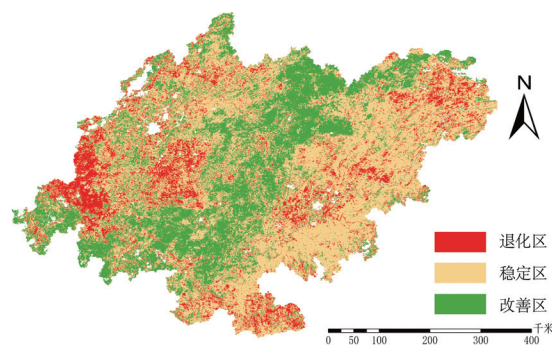


图3 生态环境变化区域

## 5 结语

研究基于GEE云平台，利用2015~2023年MODIS遥感影像构建RSEI，系统分析了成渝地区双城经济圈生态环境质量的时空演变，结果显示：（1）生态环境质量在空间上呈明显的地域分异特征，“西优东良、城镇局部较差”的格局与区域地形地貌、植被覆盖、城市化强度高度一致。（2）2017年为生态环境质量提升的关键转折点，这与“长江大保护”战略推进时期相契合，反映出政策驱动在区域尺度上的显著成效。

（3）近九年间生态改善区面积占比高达44.0%，退化区仅为11.8%，生态环境变动以改善为主、退化为辅。

综上所述，成渝地区双城经济圈的生态环境质量呈现持续向好的发展态势，改善幅度与国家战略政策、生态工程布局及区域土地利用优化密切相关。

## 参考文献

- [1] 吴志强,干靓,胥星静,等.城镇化与生态文明:压力,挑战与应对[J].中国工程科学,2015,17(8):88-96.
- [2] 王德旺,何萍,徐杰,等.长江大保护5年来流域土地利用和生态系统服务变化[J].环境工程技术学报,2022,12(2):408-416.
- [3] 王桥,刘思含.国家环境遥感监测体系研究与实现[J].遥感学报,2021,20(5):1161-1169.
- [4] 徐涵秋.城市遥感生态指数的创建及其应用[J].生态学报,2013,33(24):7853-7862.
- [5] Gorelick N,Hancher M,Dixon M,et al.Google earth engine:planetary-scale geospatial analysis for everyone[J].Remote sensing of Environment,2017,202:18-27.

# 结合CNN与Swin Transformerv2的无人机影像目标检测方法

孙现进 尹相国

(日照市城乡建设勘察测绘院有限公司,日照 山东 276800)

**摘要:**为实现基于无人机影像地面目标的高精度实时检测,研究搭建了一种结合卷积与第二代窗口视觉转换器(Swin Transformerv2)的检测模型。在模型特征提取网络浅层,以紧凑翻转瓶颈架构的卷积核提取目标局部特征,在提取网络的深层,以Swin Transformerv2单元完成全局特征的上下文建模。使用路径聚合网络完成多尺度特征图的融合,并使用动态上采样单元,完成大尺寸特征图的精密重建。结果表明,在平均精度均值与检测速度方面,研究构建的模型均优于当前主流的检测模型YOLOv10,能在不同的无人机影像场景检出各类不同尺度的目标。

**关键词:**无人机影像;目标检测;窗口视觉转换器;动态上采样

## 1 引言

无人机遥感技术具有灵活性高、成本低、分辨率高等优势,已成为获取地表信息的重要手段<sup>[1-2]</sup>,结合无人机影像与目标检测技术,能为城市规划、土地资源调查、应急救援等领域提供支持。然而,无人机影像目标尺寸较小,且受光照、阴影、遮挡等因素影响,目标检测难度较大。如何基于无人机影像数据进行精准目标检测,是亟待解决的问题<sup>[3-4]</sup>。近年来,深度学习技术在目标检测领域取得显著进展,以卷积神经网络(Convolution Neural Network, CNN)和视觉转换器(Vision Transformer, VIT)为代表的模型,被广泛应用于无人机遥感影像目标检测领域。其中,郭海涛等<sup>[5]</sup>在YOLOv8基础上引入自适应空间特征融合策略,并增加额外检测头,让该模型在测试集的平均精度均值较原模型提高1.2%;谢国波等<sup>[6]</sup>在RT-DETR模型架构基础上,引入并行分块感知注意力和上下文-空间特征联合校准模块解决特征对齐问题,VisDrone2019数据集上该模型的mAP提升了3.0%。

当前,检测模型已在无人机遥感目标检测领域取得一定进展,但仍存在一些局限。传统CNN模型在处理无人机遥感影像目标检测时,主要依赖卷积操作提取局部特征,虽能有效捕捉目标边缘和纹理信息,但卷积核感受野有限,对全局尺度的目标上下文特征捕获不足,导致模型在复杂场景的泛化能力受限;而基于视觉转换器的模型可通过自注意力机制捕捉全局上下文信息,但计算较为复杂,特别是在处理浅层大尺

寸特征图时,计算量开销巨大,且由于图像固定分块的预处理模式容易切割目标的局部细节特征,此类模型对小目标的检测精度不足。因此,针对上述问题,研究提出一种全局-细节特征联合捕获的检测模型,使用CNN与Swin Transformerv2单元搭建了特征混合提取网络;使用路径聚合网络融合多尺度特征,同时以动态上采样单元,完成大尺寸特征图的精准重建。

## 2 模型结构概述

### 2.1 特征提取网络

浅层特征图包含丰富的目标细节与纹理特征,研究以卷积神经网络(CNN)单元搭建混合提取网络前两层(CNN Layer),以Swin Transformerv2单元为视觉转换器单元(VIT Layer),在包含更多目标轮廓信息的深层特征图上计算全局上下文特征。

为限制模型的计算参数量,CNN编码单元以CIB架构的标准卷积核作为基本特征提取算子,卷积核尺寸为 $3\times 3$ ,用于挖掘空间维度特征,外部采用 $1\times 1$ 的逐点卷积核(Point Wise Convolution, PWConv),用于实现通道维度的压缩与恢复。为充分提取目标细节特征,采用ELAN架构封装三组不同的CIB单元,并在ELAN单元尾部增加通道混排(Shuffle)层,以打乱原始通道排序,提高卷积后特征图内的信息丰富程度,CIB单元结构如图1(a)所示。

特征图经过预编码处理,进行补丁化与线性投影(Linear Projection)后展平至一维向量,进而被转

**作者简介:**孙现进(1990—),男,汉族,本科,工程师,主要从事工程测量、房产测绘、摄影测量工作。

换为查询、键、值三组向量，过程如下：

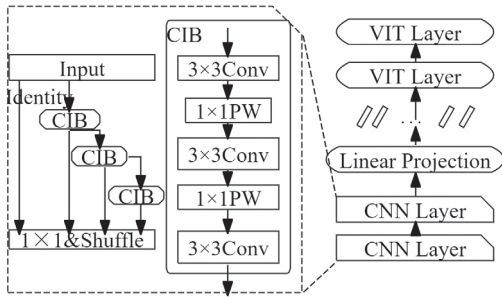
$$\begin{cases} Q = X \cdot W^Q \\ K = X \cdot W^K \\ V = X \cdot W^V \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)中， $X$ 表示输入特征向量， $W^Q$ 、 $W^K$ 、 $W^V$ 表示查询、键、值所对应的转换权重矩阵。获取三组向量后，送入Swin Transformer v2单元计算全局上下文特征。Swin Transformer v2主要包括窗口多头自注意力层(W-MSA)、移动窗口多头自注意力层(SW-MSA)两部分，均采用缩放余弦注意力(SCA)计算任意像素间的自注意力，过程如下：

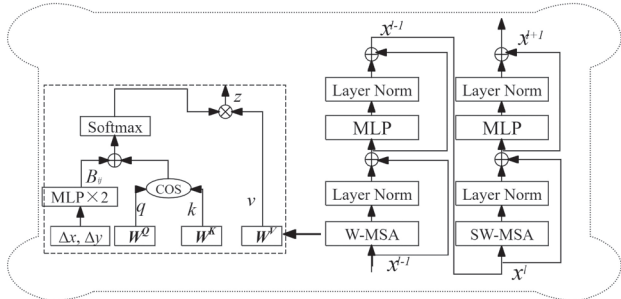
$$SCA(q_i, k_j) = \frac{\cos(q_i, k_j)}{\tau} + B_{ij} \quad (2)$$

公式(2)中， $q_i$ 、 $k_j$ 分别表示像素 $i$ 的查询值、像素 $j$ 的键值， $\cos(\cdot)$ 表示余弦相似度函数， $\tau$ 表示余弦相似度缩放参数， $B_{ij}$ 表示 $i$ 与 $j$ 的相对位置偏差。为实现各窗口间相对位置偏差的平滑传递，Swin Transformer v2通过双层多重感知机(MLP)计算任意像素间的相对位置偏差。计算多头注意力后，对输出特征进行层归一化处理(Layer Norm)，校正特征内部协变量偏移问题，计算过程如下：

$$\begin{cases} \hat{x}^l = \text{LN}(\text{WMSA}(x^{l-1})) + x^{l-1} \\ x^l = \text{LN}(\text{MLP}(\hat{z}^l)) + \hat{x}^l \\ \hat{x}^{l+1} = \text{LN}(\text{SWMSA}(x^l)) + x^l \\ x^{l+1} = \text{LN}(\text{MLP}(\hat{x}^{l+1})) + \hat{x}^{l+1} \end{cases} \quad (3)$$



(a) CIB单元及总体结构



(b) VIT 单元结构

图1 特征提取网络完整结构

公式(3)中， $x^{l-1}$ 表示输入特征， $x^l$ 表示WMSA求得注意力， $\hat{x}^l$ 首次表示赋权所得特征， $\hat{x}^{l+1}$ 表示SWMSA求得注意力， $x^{l+1}$ 表示最终输出特征，VIT单元结构如图1(b)所示。

## 2.2 特征融合增强网络

在得到四组不同尺度特征图后，通过路径聚合网络(Path Aggressive Network, PANet)获取各尺寸特征图的多粒度目标特征。特征图在PANet经过多级上采样完成尺寸重建，而PANet以静态双线性插值算子重建大尺寸特征图，无法根据特征图自适应调整，导致重建特征图内包含较多无关特征。对此，以动态上采样(Dynamic Upsample, DyU)单元代替插值算法，完成特征图尺寸重建。

假设输入特征图尺寸为 $H_1 \times W_1 \times C$ ，DyU单元首先经尺寸为 $H \times W \times 2gs^2$ 的线性变换层(Linear)完成通道维度压缩，然后通过像素混洗层(Pixel Shuffle, PS)对压缩后的特征图做偏移处理，得到 $sH_1 \times sW_1 \times 2g$ 大小的偏移矩阵 $O$ ，将该矩阵与原始采样网格 $G$ 逐点相加，得到新的采样网格 $S$ 。最后以 $S$ 作为采样模板，通过网格采样(Grid Sample)将输入特征图上采样至 $H_2 \times W_2 \times C$ 大小，计算过程如下：

$$\begin{cases} S = \text{PS}(\text{Linear}(X)) \oplus G \\ Y = \text{GridSample}(X, S) \end{cases} \quad (4)$$

公式(4)中， $X$ 表示输入特征图， $Y$ 表示上采样输出特征图， $\oplus$ 表示逐元素相加，DyU单元详细结构如图2所示。PANet默认采用标准卷积核以2倍步长卷积方式进行下采样，为减少计算消耗，采用深度可分离卷积替代常规卷积核，最终输出三个尺度的特征图，完整结构如图3所示。

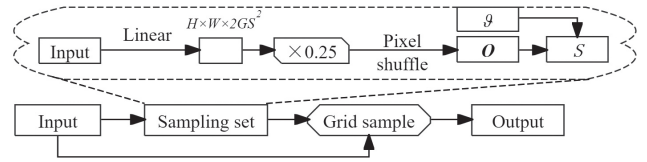


图2 动态上采样单元结构

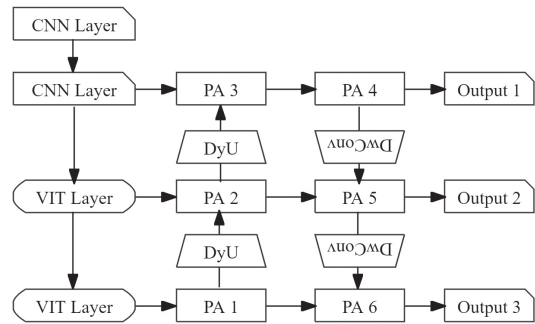


图3 特征融合网络完整结构

### 3 实验验证

#### 3.1 实验环境及配置

为评估所构建模型的实际性能,选取开源无人机影像数据集 VisDrone<sup>[7]</sup> 开展训练与验证实验。该数据集包含 10209 幅尺寸由 960×540 到 2000×1500 像素的无人机遥感影像,数据集内标注行人、汽车、面包车等共计 10 类目标。将数据集按照 8:1:1 划分为训练、验证、测试三组子集,分别用于模型训练与性能测试。

模型实验过程在大型服务器上完成。该服务器硬件配置为 Inter-i9 13900KF 型 CPU,搭载 Nvidia RTX 4090 型显卡,60GB 运行内存,2TB 硬盘,操作系统为 Ubuntu 22.04。训练阶段使用自适应矩估计优化器完成模型参数优化,初始动量参数设置为 0.935,采用余弦退火算法更新学习率,训练迭代次数为 200 次,初始学习率设置为 0.01,权重衰减系数设置为 0.005,单批送入模型的训练样本为 24 个。

为全面评价模型性能,选取 mAP@0.5,以及交并比阈值从 0.5 到 0.95 的 mAP 均值 (mAP@0.5:0.95) 作为模型检测精度的评价指标,同时以每秒检测帧数 (Frame Per Second, FPS) 评价模型的检测效率。

#### 3.2 模型性能评价

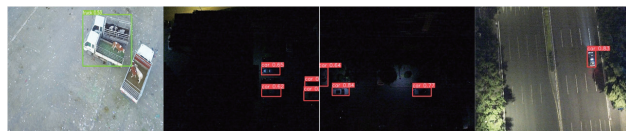
为验证所构建模型的综合性能,以当下主流的目标检测模型 YOLOv10 作为对照组,开展综合性能对比实验,详细结果如表 1 所示。

表1 模型对比实验结果

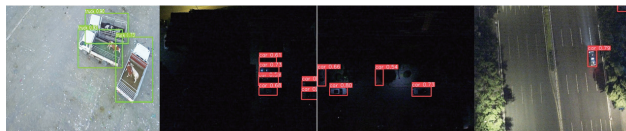
模型	mAP <sub>0.5</sub> /%	mAP <sub>0.5:95</sub> /%	FPS/f. s <sup>-1</sup>
YOLOv10	81.31	66.29	75.43
Ours	88.53	69.83	87.42

从表 1 数据可知,研究构建的模型在 VisDrone 数据集的 mAP<sub>0.5</sub> 与 mAP<sub>0.5:95</sub> 指标分别达 88.53% 与 69.83%,较 YOLOv10 模型分别提高 7.22% 与 3.54%,表明所构建模型在检测精度方面优于当前主流检测模型 YOLOv10。检测效率方面,所构建模型的检测速度达 87.42f. s<sup>-1</sup>,较 YOLOv10 模型提高 11.99f. s<sup>-1</sup>,同样优于 YOLOv10。为进一步直观验证所构建模型的实际性能,对不同场景下两组模型的检测结果进行对比分析,检测结果如图 4 所示。

由图 4 可以看出,YOLOv10 对于弱特征及部分遮挡的目标存在明显漏检情况,而所构建模型在检出目标数量方面更优,在复杂场景下拥有更好的检出精度与泛化性能。



(a) YOLOv8检测结果



(b) 所提模型检测结果

图4 不同模型检测结果对比

### 4 总结与展望

针对无人机遥感影像地面目标检测问题,研究构建了一种结合 CNN 与 Swin Transfomerv2 的检测模型。在特征提取阶段,以 CNN 层提取目标的局部细节特征,以 Swin Transfomerv2 单元对目标的全局上下文特征进行建模。在特征融合阶段,以 PANet 实现多尺度特征图融合,在内部引入 DyU 单元,实现大尺度特征图的精密上采样。在 VisDrone 数据集上,所构建模型的 mAP<sub>0.5</sub> 达到 88.53%,较 YOLOv10 提高 7.22%,测试环境下,所构建模型的检测速度也达到 87.42/f. s<sup>-1</sup>,同样优于 YOLOv10 模型,能为城市规划、土地资源调查等提供技术支持。未来,研究将尝试对现有模型进行结构压缩,并集成目标跟踪、轨迹预测等下游算法,扩展模型应用场景,实现模型在更多硬件场景的实时推理。

#### 参考文献

- [1] 李旻姝,周莫涵,支瑞聪.基于多模态融合的无人机识别研究综述[J]. Journal of Computer Engineering & Applications,2025,61(21):1-16.
- [2] 朱立志,韦慧.基于YOLOv8的无人机小目标检测算法[J].激光与光电子学进展,2025,62(10):467-477.
- [3] 李璐,丁彬彬,史维娟,等.改进YOLOv11的无人机航拍图像检测算法[J].电子测量技术,2025(18):111-121.
- [4] Kong Y, Shang X, Jia S. Drone-DETR: Efficient small object detection for remote sensing image using enhanced RT-DETR model[J]. Sensors,2024,24(17): 5496.
- [5] 郭海涛,张亦弛,陈明岩,等.一种改进YOLOv8的无人机红外影像目标轻量化精确检测方法[J].测绘科学技术学报,2025(2):146-153.
- [6] 谢国波,黎道,林志毅.面向无人机影像目标检测的Drone-DETR算法[J].电光与控制,2025(10):70-76.
- [7] Cao Y, He Z, Wang L, et al. VisDrone-DET2021: The vision meets drone object detection challenge results[C]//Proceedings of the IEEE/CVF International conference on computer vision. 2021:2847-2854.

# 全站仪自由设站法在构建场区控制网应用探讨

刘苏航

(上海融测空间测绘有限公司, 上海 201803)

**摘要:** 工程测量中, 面对复杂的场内外环境, 传统方法采用导线测量和 GPS 静态测量建立场区控制网存在难点, 而采用自由设站方法加密场区控制网, 具备高精度、布设灵活等特点。研究通过建立平差模型, 结合工程项目实例对自由设站方法建立的控制网展开分析, 为工程测量中场区控制网的建立提供实践参考。

**关键词:** 自由设站; 场区控制网; 平差加密

## 1 研究背景

建设工程施工测量工作开展前, 需要建立符合规范要求的控制网, 为后续各项测量工作提供支撑。传统导线测量和 GPS 静态测量方法受建筑材料堆积、地形高差及场地环境变化等因素影响, 易出现点位间不通视、信号弱、点位损坏等问题, 不仅严重影响测量数据的精度与准确性, 还会增加测量工作量, 进而对建筑施工的施工质量、工期进度等产生不利影响。自由设站法可以加密场区控制网, 测量精度高、布站方式灵活。因此, 研究结合工程项目实例对自由设站法构建的控制网展开系统分析, 以期为工程测量中场区控制网的搭建提供技术支持。

## 2 基本原理

自由设站法常用于各等级控制网加密、各类工程测量、临时设站或坐标传递测量, 以及独立工程控制网的建立与加密<sup>[1]</sup>。该方法基于后方交会原理, 在待定点架设全站仪, 对 3 个及以上已知控制点同步观测水平方向角、垂直角及斜距等多维数据, 经严密平差计算获取测站三维坐标。全站仪无需预设自身“测站坐标”, 仅依据多个后视定向点的已知坐标, 通过观测角度和距离, 由仪器程序自动计算测站点坐标和方位角, 即可完成设站。该方法突破传统控制网对通视条件的刚性约束(需知道已知点测站点坐标和后视点坐标), 依托冗余观测与误差方程解算实现高精度定位, 如 CPI 平面网建网法并不是轨道控制网的专用建网方法, 而是基于自由设站控制网建立带状平面控制网, 不仅适用于建立 CPIII 控制网, 还可用于铁路隧道洞内 CP II 平面控制网布设<sup>[2]</sup>。

自由设站法的技术优势如下: 一是通过参数化平差消除系统误差, 保障控制点坐标传递的数学严密性; 二是无需强制对中与定向操作, 可提升复杂工况下的测量灵活性; 三是建立独立坐标系与施工基准的动态适配机制, 有效避免传统方法因多次转站造成的误差累积, 为高精度施工放样提供可靠的空间基准保障。

### 2.1 坐标转换基本原理

中小城市和一般工程测量控制网的坐标转换主要采用平面直角坐标四参数转换模型<sup>[3]</sup>。全站仪自由设站法加密场区控制网, 核心是建立局部坐标系与施工基准系的数学映射关系, 其原理是基于赫尔默特平面相似变换模型, 通过旋转角  $\alpha$ 、尺度因子  $K$ 、平移量  $\Delta x$  和  $\Delta y$ , 实现两坐标系间的严密转换, 具体步骤为:

(1) 公共点联测: 至少选取场区 A、B 两个稳定控制点, 同步获取在施工坐标系  $(x_{P1}, y_{P1})$   $(x_{P2}, y_{P2})$  与全站仪自定义坐标系  $(x_{P1}', y_{P1}')$   $(x_{P2}', y_{P2}')$  下的坐标对。

(2) 四参数解算: 尺度因子  $K$  由两坐标系中 AB 边反算长度  $S$  与  $S'$  的比例关系求得; 旋转角  $\alpha$  由方位角差值确定坐标系轴向旋转量; 平移参数  $(\Delta x, \Delta y)$  等价于自由设站点  $O$  在施工坐标系的坐标, 通过强制约束条件解算。坐标转换模型如图 1 所示。

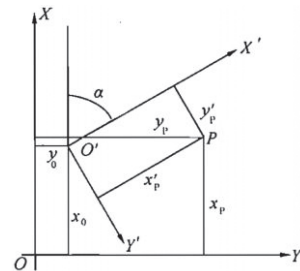


图1 坐标转换模型

**作者简介:** 刘苏航 (1988—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事地理信息系统研发工作。

基于赫尔默特平面相似变换模型，建立施工坐标系与自定义坐标系之间的映射关系：

$$\begin{cases} x_p = x_{o'} + K(x_{p'} \cdot \cos \alpha_{o'p'} - y_{p'} \cdot \sin \alpha_{o'p'}) \\ y_p = y_{o'} + K(x_{p'} \cdot \sin \alpha_{o'p'} + y_{p'} \cdot \cos \alpha_{o'p'}) \end{cases} \quad (1)$$

其中，施工中坐标系和自定义坐标系任意点  $P$  存在函数关系，自定义坐标系的坐标原点  $O'$  在施工坐标系的坐标为加密控制点坐标。

### 2.2 最小二乘优化参数解算

当存在 3 个以上公共点时，可采用最小二乘平差优化参数解算。精度高的观测值（如短距离、多次测量等）通过权阵赋予更大权重，最终剔除粗差后得到的残差，即为每个观测值的改正数  $v$ 。残差平方和最小，表明该解在最小二乘意义上为最优解。该方法通过空间基准动态适配，有效解决传统加密测量中控制点复用性差、误差传递不可控等问题，为复杂施工场区提供了高精度基准保障。

### 2.3 施工坐标系与自定义坐标系的函数关系

全站仪自由设站控制测量中，当观测 3 个及以上已知控制点时，即构成冗余观测系统，可基于最小二乘间接平差模型实现参数最优解算。其数学过程如下：

$$\begin{cases} x_{o'} = \frac{[x]}{n} - a \frac{[x']}{n} + b \frac{[y']}{n} \\ y_{o'} = \frac{[y]}{n} - a \frac{[y']}{n} - b \frac{[x']}{n} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} a = \frac{[yy'] + [xx'] - \frac{1}{n}([x][x'] + [y][y'])}{[x'x'] + [y'y'] - \frac{1}{n}([x'][x'] + [y'][y'])} \\ b = \frac{[x'y] - [y'x] - \frac{1}{n}([y][x'] - [x][y'])}{[x'x'] + [y'y'] - \frac{1}{n}([x'][x'] + [y'][y'])} \end{cases} \quad (3)$$

其中， $a=K \cdot \cos \alpha_{o'p'}$ ， $b=K \cdot \sin \alpha_{o'p'}$ ， $n$  为已知点个数。

## 3 项目实例

某大型测量船项目，船体总长 123.6m、型宽 21.2m、型深 9.3m，船体集成多台高精度数据采集传感器。为保证船上各类精密设备的定位精度，需建立以船体为参考的独立坐标系统，然后开展各精密传感设备的安装定位工作。测量船现场空间条件受限、设备位于不同层；作业精度要求高，设备定位最高精度需达  $\pm 2\text{mm}$ ；船体相对于地面并非绝对稳定的测量目标，这对设备平面精密定位造成一定困难。为此，项目制定如下策略：结合周边场地布设控制点，确保点

位牢固并做好保护设施；选用高精度测量仪器，满足  $\pm 2\text{mm}$  的设备定位精度要求；遵循“一次布网、一次测量”原则开展控制到碎部测量，控制点尽量布设至目标测量位置附近，各级控制网和碎部测量同步观测。同时结合船厂船台管理要求，灵活选择控制点布设和控制测量方式完成测量。此外，综合现场条件、使用需求、转换方便、作业经济等因素，建立船体与地面坐标系转换系统，实现成果坐标系与实际使用坐标系的快速转换。

为确保项目高效、高精度推进，项目涵盖高精度平面控制、高程控制及三维建模等工作。其中，根据项目测量目标点位置分布和船体坐标系建立需求，控制测量拟布设地面控制点（平高点）4~6 个，船体控制点（平高点）约 25 个，点位分布如图 2 所示。另联测地面公共点 2 个、船体公共点 2 个，用于多方测量共用及成果检核。地面控制点采用常规导线测量，点位分布如图 3 所示；船体控制点采用自由设站法，点位分布和观测方向如图 4 所示，通过软件解算获得自由设站点及加密控制点坐标，并完成精度评定。

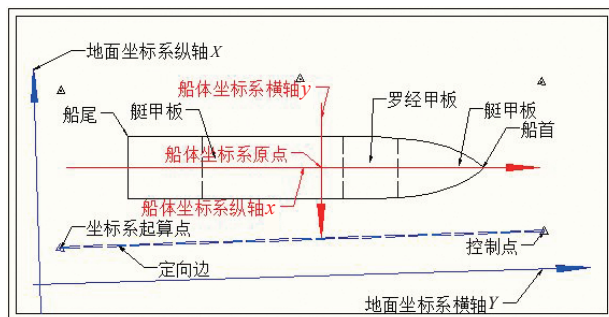


图2 测量坐标系及控制点分布

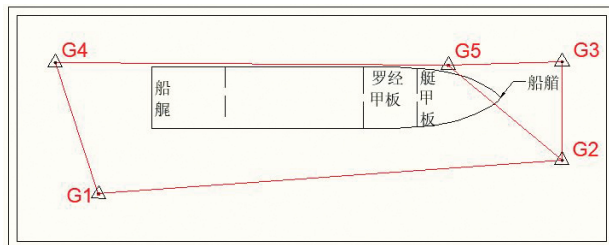


图3 地面控制点观测方向

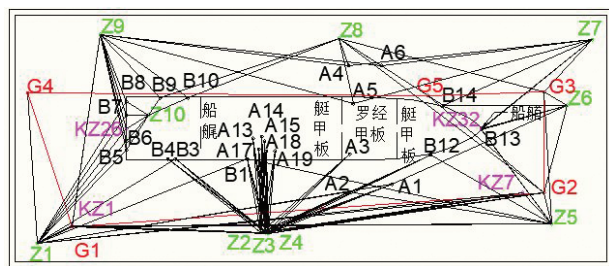


图4 船体平面观测方向

研究仅就项目平面控制网进行探讨,选用徕卡 TS60 测量机器人开展测量,精度指标为 0.5s, 0.6+1ppm。

观测精度:根据设备定位精度优于  $\pm 2\text{mm}$ 、仪器精度为“0.5s, 0.6+1ppm”的要求,同时考虑项目可能存在短边测量情况,船体平面控制测量的测距中误差极值设为  $\pm 0.6\text{mm}$ ,水平角的测角中误差极值设为  $\pm 1.5''$ ,设最大测量边长为 180m。根据误差传播定律,估算相邻点相对点位中误差的极值为  $\pm 1.44\text{mm}$ ,可满足项目测量精度要求。因此,船体控制网点位中误差指标确定为  $\pm 1.5\text{mm}$ 。

观测过程:全站仪参数设置完成后,采用自由设站式边角网模式开展观测,联测范围包括地面 2 个公共起算基准点、船舶和船艙 2 个公共点。项目共布设自由设站点 10 个(Z1~Z10),观测方向如图 4 所示。一个测站观测完成并检查合格后,方可迁往下一个自由设站点,且每个自由设站点与相邻设站点的公共观测点数不少于 3 个,并尽量增加观测次数。

坐标转换:精密测量地面与船体 3 个以上同名点位,利用公式(1)计算转换参数,完成坐标转换。

数据处理:将已知数据及检核无误的平面、高程观测数据进行整理,并转换为平差软件统一格式,输入精密平差软件进行平差,具体处理流程如图 5 所示。

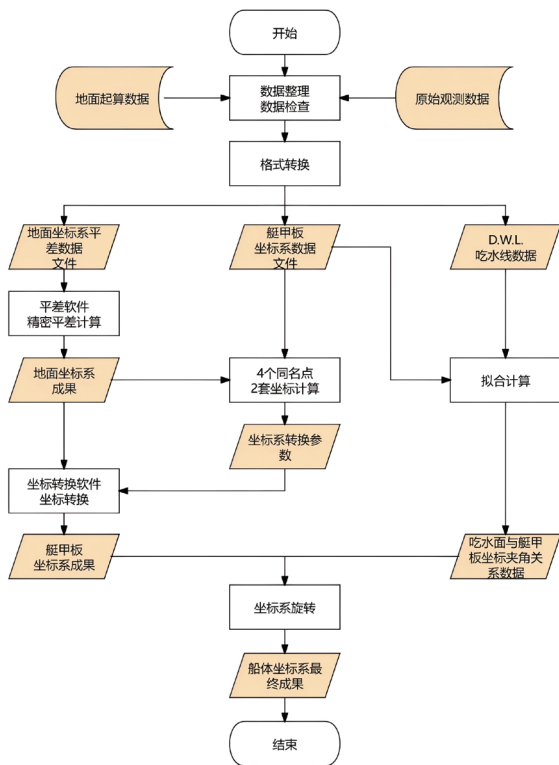


图5 数据处理流程

## 4 船体加密控制点平面精度

船体平面控制网完成平差计算,其中已知点 4 个,未知点 39 个,方向及距离观测值 254 个,平差自由度 161, PVV 值 58.373;方向改正数最大值 1.84s,距离改正数最大值 1.09mm,控制网最弱点精度指标如表 1 所示,最弱边中误差及精度如表 2 所示。

由表 1 和表 2 数据可知,最弱点 B10 的点位中误差为  $\pm 0.2\text{mm}$ ,优于  $\pm 1.5\text{mm}$ ,有效满足船体控制测量精度要求;最弱边 Z8~A4 的边长测量中误差为  $\pm 0.2\text{mm}$ ,测角中误差为  $\pm 0.64''$ ,均优于边长测量中误差  $\pm 0.6\text{mm}$ ,角度测量中误差  $\pm 1.5\text{mm}''$  的精度要求。

表1 船体平面控制网最弱点精度

点名	X/m	Y/m	MX/m	MY/m	MP/mm	T/dms
B10	41.6384	43.5266	0.2	0.2	0.2	135.5929

表2 船体平面控制网最弱边中误差及其精度

起点	终点	a/dms	MA/sec	边长/m	Ms/mm	S/Ms	E/mm	F/mm	T/dms
Z8	A4	165.313111	0.64	9.928	0.2	58000	0.2	0	165.1821

## 5 结论

自由设站测量方法可适用于各等级控制网加密及各类工程测量中的临时设站或坐标传递,也可用于独立工程控制网的建立与加密<sup>[4]</sup>。相较于传统导线测量与静态控制测量,全站仪自由设站控制测量方法通过严密的参数化平差保证控制点传递精度,而且自由设站点无需强制对中与定向,有效减弱了测量过程中的误差传递和累积,提高了测量精度和测量效率,为高精度施工放样提供可靠的空间基准保障。加之当前测量仪器精度提高、内业平差软件日趋成熟,大幅降低了人为操作误差,该方法从仪器设备、人员操作、数据处理、施工环境等多方面,都具备良好的推广应用价值。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.工程测量标准:GB 50026—2020[S].北京:中国计划出版社,2021:31.
- [2] 刘成龙,全国清,杨雪峰,等.自由测站边角交会网在隧道内平面控制中的应用研究[J].西南交通大学学报,2014,49(2):1-7.
- [3] 杨国清,张予东.平面控制网四参数法坐标转换与残差内插[J].测绘通报,2010(11):48-57.
- [4] 中华人民共和国国家标准.工程测量标准:GB50026—2020[S].北京:中国计划出版社,2021:31.

# 基于Python的“房地一体”数据建库实践研究 ——以广东省郁南县为例

王敏

(广州市番禺城市规划勘测设计院有限公司, 广东 广州 511400)

**摘要:** 南方数码公司开发的农村权籍调查软件在广东省范围内“房地一体”项目中应用广泛。随着省级自主可控、集中部署的不动产登记系统上线, 权籍软件导出的 mdb 成果库与“新版省统建系统”数据库要求不一致, 针对此问题, 以广东省郁南县为例, 研究 Python 技术在“房地一体”数据库建设中的应用, 以提升建库效率、保障数据质量, 助力实现省市县三级不动产登记管理“五统一”。

**关键词:** Python; mdb; shp; 数据库; 房地一体

## 1 引言

根据自然资源部信息化顶层设计和广东省自然资源厅“智慧自然资源”建设工作方案要求, 广东省立足已有不动产登记信息平台建设基础, 结合新时期不动产登记创新服务要求, 以业务标准化为前提, 搭建省级自主可控、集中部署的不动产登记系统(以下称“新版省统建系统”), 助力实现不动产登记管理统一标准规范、统一业务场景、统一共享服务、统一登记平台、统一监管能力“五统一”。

随着新版省统建系统的上线, 南方数码公司开发的农村权籍调查软件导出的 mdb 成果库在数据格式、字段名称和内容等方面与新系统有所区别。采用传统手段不仅投入人员多、周期长、效率低, 而且质量难以保证, 因此采用脚本批量操作成为一种重要思路。研究以广东省郁南县“房地一体”项目为例, 利用 Python 二次开发建库脚本, 以实现自动化生产, 避免人工作业出现疏漏, 进而缩短工作时间, 有效节约人工成本, 提高工作效率和数据成果质量<sup>[1]</sup>。

## 2 Python 简介

Python 是一款跨平台且功能强大的开源编程语言<sup>[2-3]</sup>, 凭借简单易学、不受局限、可跨平台使用等优势而受到广泛关注<sup>[4]</sup>。Python 脚本语言既可在脚本环境独立运行, 也可添加到工具箱通过对话框或嵌入模型运行<sup>[3]</sup>。Python 在 ArcGIS 的应用主要通过 ArcPy 实现。ArcPy 是一个 Python 站点包<sup>[4]</sup>, 可为地理数据分析、数据转换与管理、地图自动化操作提供高效实用

的 Python 执行方式。ArcPy 不仅带来丰富的 Python 体验, 还支持代码完成功能, 为各类函数、模块和类提供参考文档。

## 3 数据库分析

新版省统建系统上传的数据库压缩包有空间数据(图形数据)、非空间数据(属性数据)及相关文档资料(档案数据)三类, 且对单次上传的宗地数有一定限制。

### 3.1 空间数据

空间数据是以地球表面空间位置为参照, 用于描述空间实体位置、形状、大小及分布特征的数据。不动产登记空间数据图层如表 1 所示, 单次新版省统建系统回库只需 ZJD 和 ZRZ 两个 shp 形式的图形信息。

表1 不动产登记空间数据图层构成

序号	图层名	描述
1	XZQ	行政区划
2	DJQ	地籍区
3	DJZQ	地籍子区
4	SHYQZD_DB	建设用地使用权宗地(地表)
5	SHYQZD_DS	建设用地使用权宗地(地上)
6	SHYQZD_DX	建设用地使用权宗地(地下)
7	GZW	构筑物
8	JZX	界址线
9	JZD	界址点
10	ZJD	宅基地使用权宗地
11	ZRZ	自然幢

### 3.2 非空间数据

非空间数据属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标。“房地一体”以 mdb 形式存储的非空间数

**作者简介:** 王敏(1995—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 注册测绘师, 主要从事测绘工程与地理信息产业相关工作。

据主要由 QLR、LJZ、C 和 H 组成，具体如表 2 所示。

表2 非空间数据属性表名

序号	属性表名	描述
1	QLR	权利人
2	LJZ	逻辑幢
3	C	层
4	H	户

### 3.3 档案数据

不动产登记发证的各种权籍材料，无论是纸质还是电子形式都需要分类、归档并提交，而纸质材料经签字盖章后扫描形成的 pdf 文件需上传至“广东省自然资源和不动产登记综合应用”，为后续审批、变更等提供权属材料，档案数据明细如图 1 所示。

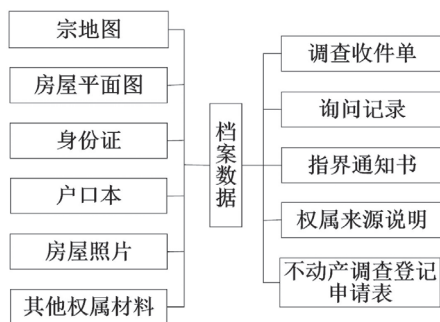


图1 档案数据明细

## 4 设计与实现

### 4.1 技术设计

权籍软件成果库的空间数据和非空间数据均以 mdb 形式存储。按照新版省统建系统数据库要求，需将空间数据 ZJD 和 ZRZ 图形信息以 shp 形式存储。非空间数据 QLR、LJZ、C 和 H 的属性信息以 mdb 形式存储。此时，需将权籍软件 mdb 成果库用于建库的信息，提取并追加到 mdb 和 shp 空模板，经相关处理后，筛选出权属材料齐全且符合发证要求的宗地，最后按照一定数量拆分，分批次压缩上传至新版省统建系统。按照此思路共设计 5 个版块，设计流程如图 2 所示。

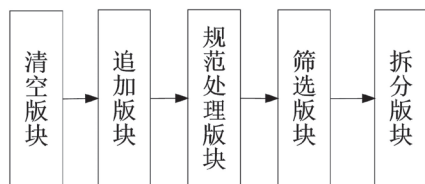


图2 建库模块及流程设计

### 4.2 方法实现

(1) 每次使用前清空数据库模板，包括 mdb 属性和 shp 图形两部分，主要调用 ArcPy 站点包的 TruncateTable 和 DeleteFeatures 功能，部分核心代

码如下：

①清空 shp 图形数据：先设置工作路径，用 for 语句循环两次，分别清空 ZJD 和 ZRZ 的数据，若存在异常，屏幕上输出“清空失败”的信息。

```
fshps = ["ZJD", "ZRZ"]
ArcPy.env.workspace = kjsj
for shp in fshps:
    cshp = shp+'.shp'
    try:
        ArcPy.DeleteFeatures_management(cshp)
        .....
```

②清空 mdb 属性数据：原理跟“清空 shp 图形数据”相同，因此仅解释 DeleteFeatures 用法。

```
ArcPy.TruncateTable_management(fb)
```

(2) 将权籍软件导出的 mdb 成果库相关数据追加到权籍入库数据模板文件，主要调用 ArcPy 站点包的 Append 功能，将成果库 mdb 数据追加到模板数据库。

①要素类转 Shapefile 核心代码如下：

```
ArcPy.FeatureClassToShapefile_conversion(fshps, temps)
```

②追加空间数据至 shp 模板文件，核心代码如下：

```
ArcPy.Append_management(temps + "\\ " + fshp + ".shp", kjsj + "\\ " + fshp + ".shp", "NO_TEST", "", "")
```

③追加非空间数据至 mdb 模板文件，核心代码如下：

```
ArcPy.Append_management(os.getcwd()+"\\"+File+"\\"+fb, fkjsj + "\\ " +fb, "NO_TEST", "", "")
```

(3) 规范处理版块主要包括字段转换、字段内容赋值、拓扑检查，以及 mdb 中 QLR、LJZ、C 和 H 属性数据的相关字段内容与 ZJD、ZRZ 图形 shp 属性表的字段内容等。

①空间数据赋值及空间数据字段转换，需确保不动产登记权籍管理系统对应图层的字段与整理后数据的字段映射关系一一对应，代码如下：

```
ArcPy.CalculateField_management("ZJD.shp", 'MJDW', '1', 'PYTHON_9.3')
ArcPy.CalculateField_management("ZRZ.shp", 'YTMC', '!SJYTMC!', 'PYTHON_9.3')
```

②非空间数据赋值代码如下：

```
ArcPy.CalculateField_management("LJZ",
```

```
'FWJG1', '!FWJG1! + (2-len(!FWJG1!)) * "0",
'PYTHON_9.3')
```

③利用指针可将 mdb 属性数据相关字段内容与图形 shp 属性表字段内容保持一致，以 ZRZ.shp 和 LJZ 的竣工日期为例进行同步，代码如下：

```
# 设置 shp 工作空间
ArcPy.env.workspace = outshp
fileds = ['ZRZH', 'FWJGRQ']
where_clause = ""ZRZH' LIKE '%J%' "
# 创建字典来存储 ZRZ.shp 中的数据
fdict1 = {}
# 使用 with 创建游标，遍历 ZRZ.shp 中的“ZRZH”
和“FWJGRQ”中的每一行
with ArcPy.da.SearchCursor('ZRZ.shp',
fileds, where_clause) as cursor:
    for row in cursor:
        rowsjl = row[1]
        fdict1[row[0]] = rowsjl
# 设置 mdb 工作空间
ArcPy.env.workspace = outmdb
with ArcPy.da.UpdateCursor('LJZ', ['ZRZH',
'JGRQ']) as cursor:
```

```
for row in cursor:
    ZRZH = row[0]
    if ZRZH in fdict1.keys():
        row[1] = fdict1[ZRZH]
    cursor.updateRow(row)
```

④自然幢线与宗地线相交检查，核心代码如下：  
ArcPy.Intersect\_analysis(in\_features=["ZRZ.shp", "ZJD.shp"], out\_feature\_class="temp\_ZRZ.shp")

⑤挑出四至、电话和证件号等字段内容为空（包括空字符串、空格或 None）的宗地，并生成日志（以四至为例）以记录宗地代码：

```
with ArcPy.da.SearchCursor('ZJD.shp',
['ZDDM', 'ZDSZD', 'ZDSZN', 'ZDSZX', 'ZDSZB'])
as cursor:
    for row in cursor:
        if (row[1] in ("", " ", None)) or (row[2]
in ("", " ", None)) or (row[3] in ("", " ",
None)) or (row[4] in ("", " ", None)):
            logging.info("%s, 有空值, %s, %s, %s, %s" %
```

```
(row[0], row[1], row[2], row[3], row[4]))
```

(4) 将整个行政村的数据库进行拆分，一部分为符合发证条件的数据库，另一部分为除符合发证条件外的行政村数据库，具体流程如图 3 所示。符合发证条件和不符合发证条件（初步）的数据库均包含档案数据、空间数据、非空间数据三部分。

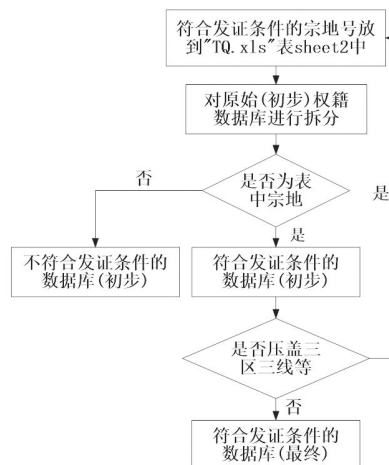


图3 数据库拆分流程

①提取 sheet2 表里的宗地代码：

```
excel_path = "TQ.xls"
book = xlrd.open_workbook(excel_path)
sheet = book.sheet_by_name('Sheet2')
zddm_values = [str(sheet.cell(row,
0).value) for row in range(1, sheet.nrows)]
quoted_values = ["'{}'".format(v) for v in
zddm_values]
```

②提取 sheet2 里宗地的空间数据：

```
where_clause = "ZDDM IN ({}).format(",
".join(quoted_values))
```

```
ArcPy.FeatureClassToFeatureClass_
conversion(zjd_file, outkjsj_dir, 'ZJD.shp',
where_clause)
```

③提取 sheet2 里宗地的非空间数据：

```
where_clause = "LEFT([ZRZH], 19) IN ({}).
format(", ".join(quoted_values))
```

```
ArcPy.TableSelect_analysis('C', path.
join(new_mdb, "C"), where_clause)
```

(5) 因不动产登记中心回库操作有数量限制，需将上一步获取的符合发证条件的数据库（最终）以 200 宗为单位拆成多个数据库（最后一个数据库可能不足 200 宗），每份均包含空间数据、非空间数据和档案数据，部分核心代码如下：

①拆分空间数据，只介绍 ZRZ 部分核心代码，ZJD 与之类似：

```
zrz_where_clause = u"ZDDM IN ({})"  
format(', '.join([u"{}".format(zddm) for zddm  
in batch_zddm]))
```

```
ArcPy.FeatureClassToFeatureClass_  
conversion(zrz_file, batch_dir, u'ZRZ.shp',  
zrz_where_clause)
```

②拆分非空间数据：

先进行以下处理，再利用“提取 sheet2 里宗地的非空间数据”代码进行拆分提取，此处不再多做说明。

```
batch2_dir = path.join(output_base_dir,  
u"{}_{}".format(batch_num, current_batch_  
count), u"非空间数据")
```

```
if not ArcPy.Exists(batch2_dir):
```

```
makedirs(batch2_dir)
```

```
new_mdb = path.join(batch2_dir, u"SXB.mdb")
```

```
if not path.isfile(new_mdb):
```

```
ArcPy.CreatePersonalGDB_management(batch2_  
dir, u"SXB.mdb")
```

③拆分档案数据：

```
batch3_dir = path.join(output_base_dir,  
u"{}_{}".format(batch_num, current_batch_  
count), u"档案数据")
```

```
if not ArcPy.Exists(batch3_dir):
```

```
makedirs(batch3_dir)
```

```
output_log_file = path.join(output_base_  
dir, u"{}_{}".format(batch_num, current_batch_  
count), u"copy_log_{}.txt".format(batch_num))
```

```
# 检查 data_folder 是否存在
```

```
if path.exists(data_folder) and path.  
isdir(data_folder):
```

```
with codecs.open(output_log_file, 'a',  
encoding='utf-8') as log_file:
```

```
for folder_name in listdir(data_folder):
```

```
if folder_name[:19] in batch_zddm:
```

```
source_folder = path.join(data_folder,  
folder_name)
```

```
if path.isdir(source_folder):
```

```
destination_folder = path.join(batch3_dir,  
folder_name)
```

```
log_file.write(u"正在复制文件夹：{}\n".
```

```
format(folder_name))
```

```
try:
```

```
shutil.move(source_folder, destination_  
folder)
```

```
except Exception as e:
```

```
log_file.write(u"复制文件夹 {} 失败\n".  
format(folder_name))
```

```
continue
```

```
else:
```

```
print(u"不存在或无法访问：{}".format(data_  
folder))
```

```
with codecs.open(output_log_file, 'a',  
encoding='utf-8') as log_file:
```

```
log_file.write(u"不存在或无法访问：{}\n".  
format(data_folder))
```

## 5 结语

研究编写的程序分为 5 个版块，采用独立运行方式，对应 5 个“.py”文件，可将脚本文件转化为 ArcGIS 工具<sup>[5]</sup>。运行前将权籍软件 mdb 成果库放至指定路径，依次运行清空、追加和处理版块；经初次拆分后，套三区三线和权籍库等，筛选出不符合发证要求的宗地（面压盖）进行二次拆分，得到最终数据库，再经拆分压缩即可直接回库。此程序可高效实现数据库建设工作，较传统人工方法节省约 80% 工作量，为实践项目中 4 个镇 46 个行政村 37000 余宗建库发证工作节省了大量人物财力，提升了工作效率，保证了工作质量，助力实现广东省市县不动产登记管理“五统一”，为地理信息数据自动化处理提供了解决方案<sup>[6]</sup>。

## 参考文献

- [1] 张春有,王金月,王剑辉.EPS脚本二次开发在“房地一体”中的应用[J].测绘标准化,2022,38(3):116-120.
- [2] 石晶,郭子珍,李小勇.ARCGIS中应用Python脚本进行空间数据批量处理的研究与实现[J].河南科技,2012(21):60-61.
- [3] 朱道强,关海涛.Python在ArcGIS中的应用[J].测绘与空间地理信息,2013,36(7):152-154.
- [4] 方靖.基于ArcGIS平台的三调初始库快速编制技术研究[J].国土资源导刊,201916(2):29-34.
- [5] 巨擘.ArcGIS中应用Python脚本提高数据生产力的研究[J].测绘技术装备,2017,19(3):12-14.
- [6] 邱建平,徐玉玲,刘文军.ArcGIS Python的点线拓扑方法研究[J].江西测绘,2023(3):41-43,64.

# 测量机器人自动跟踪目标模型标定方法研究

王欣宇<sup>1,2</sup> 马冰<sup>1</sup>

(1. 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003; 2. 信息工程大学, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 测量机器人已广泛应用于测绘领域, 但产品的国产化进程相对缓慢。研究通过硬件集成融合马达全站仪和 CMOS 传感器, 利用 CMOS 传感器获取视场图像并进行图像处理, 获取目标点像素坐标; 旋转望远镜时, 图像像素坐标同步发生变化; 研究还提出测量机器人自动跟踪目标模型标定方法, 实现马达全站仪望远镜旋转角度与图像像素坐标变化量之间的模型标定。通过模拟实验得出模型比例系数, 并构建目标跟踪模型, 从理论层面验证了模型标定的可行性, 为测量机器人的国产化提供理论基础。

**关键词:** 测量机器人; 目标跟踪; 旋转角度; 像素坐标; 模型标定

## 1 引言

测量机器人是通过硬件集马达全站仪和影像传感器为一体的自动化测量仪器, 可实现目标的自动识别、照准、跟踪、测角、测距、点位三维坐标获取、记录等功能, 凭借全自动、遥测、实时、动态、精确、快速等优点, 应用领域十分广泛。

目前, 国外有多家仪器厂商生产测量机器人, 且产品持续迭代更新。1983年, H. Kahmen 教授课题组依托视觉经纬仪改制而成组合式测量机器人; 20世纪90年代中期, Leica 公司成功推出 TPS1000 系列 (TCA2003、TCA1800) 测量机器人, 实现自动目标识别 (ATR) 技术和精确照准功能, 已应用于工程测量领域。此外, Zeiss、Topcon、Sokkia、Trimble 等各大仪器厂家均推出自研产品并持续更新, 而国内测量机器人仍处于研究发展阶段。为推进测量机器人产品国产化进程, 使马达全站仪与 CMOS 图像传感器集成融合, 研究探讨了测量机器人的自动目标跟踪原理, 并对自动跟踪目标模型开展专题研究。

测量机器人在工程测量领域应用十分广泛, 尤其在变形监测中表现突出: 在监测目标处布设棱镜, 完成机器人测站设置和初期观测后, 即可对目标监测点开展不间断周期观测, 进而完成测量机器人对工程的自动化监测和预警。

## 2 测量机器人

测量机器人<sup>[1-2]</sup>由坐标系统、操纵器、换能器、计算机和控制器、闭路控制传感器、决定制作、目标捕获和集成传感器等8大部分组成, 采用球面坐标系

统, 各部件分工协同实现自动化测量, 即目标的自动跟踪和精确照准。

超级搜索功能由全站仪照准部的激光发射器与光接收器协同实现, 水平搜索范围可设置 360°。超级搜索功能启动后, 仪器绕竖轴顺时针迅速旋转, 发射器同步发出扇形激光, 接收器接收由棱镜回传的信息。当望远镜视场识别到棱镜, 仪器停止水平转动并进入自动照准功能。超级搜索系统可驱动全站仪自动照准并锁定目标棱镜, 测量中即便棱镜移动时出现影响目标通视的障碍物, 仪器仍能锁定目标棱镜, 确保测量正常进行。若在地形复杂有障碍物的条件下, 目标棱镜暂时失锁, 测站将发出搜索指令, 仪器可快速重新锁定目标。

目标跟踪在自动测量时是连续的。当棱镜短暂消失在望远镜视场后, 自动跟踪目标功能会短暂中断, 仪器将沿原运动轨迹继续移动 3s, 如果棱镜目标重新进入视场, 望远镜将重新锁定并跟踪目标; 如果 3s 内未发现目标棱镜, 仪器将自动搜索棱镜失锁前后的区域, 搜索窗口范围取决于此前目标移动的路径长度和方向。

测量机器人通过发射红外激光束、接收反射信号, 判断 CMOS 相机视场内是否有棱镜并实施跟踪, 若未探测到目标反射信号则进行螺旋搜索; 若探测到反射信号则进行连续跟踪, 直至 CMOS 相机视场的测量目标静止不变, 然后进入精确照准模式。测量机器人自动跟踪照准过程如图 1 所示。

测量机器人的自动跟踪测量分为三个步骤:

(1) 若视场内没有棱镜即进入搜索模式;

**作者简介:** 王欣宇 (1990—), 男, 汉族, 硕士, 工程师, 主要从事测绘工程、精密工程测量工作。

(2) 若视场内有棱镜或重新搜索到前序丢失的目标时，即进入跟踪模式；

(3) 对目标进行测量时停止跟踪，即进入精确照准模式，机器人测量流程如图 2 所示。

图 2 中，虚线部分为锁定跟踪目标环节，该环节首先通过 CMOS 获取目标图像，如果目标不在图像内则进行搜索，直至目标出现在图像内。然后对图像进行处理，获取望远镜十字丝中心与目标棱镜中心的像素偏差值，并据此计算望远镜需要旋转的水平角和竖直角，该过程需对像素偏差值和望远镜旋转角的关系进行模型标定。

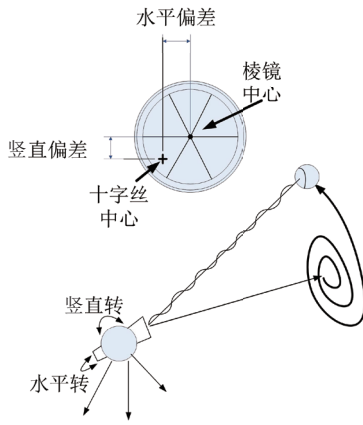


图1 自动跟踪照准

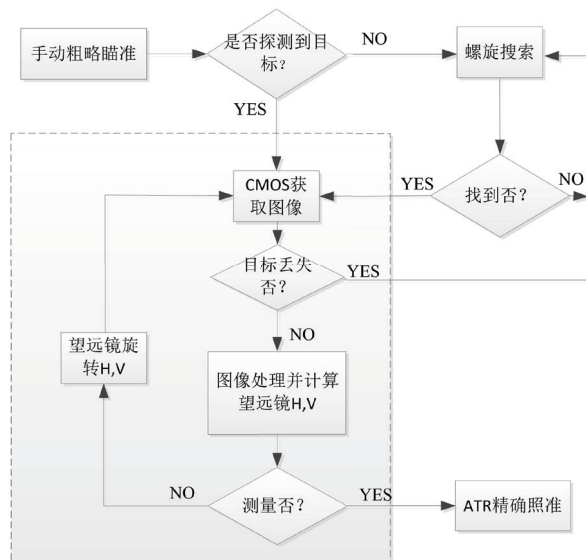


图2 机器人测量流程

### 3 目标跟踪模型标定原理

目标跟踪的工作原理为：照准部的激光发射器主动发射激光，经目标棱镜反射后，在 CMOS 图像传感器呈现红外光斑，关键在于建立光斑中心像素与全站仪望远镜旋转角度的模型关系<sup>[3-6]</sup>，实验拟采取如下标

定方案：

(1) 将全站仪望远镜手动旋转至目标方向，使目标进入 CMOS 图像传感器视场内，测量此时全站仪望远镜的水平角 ( $H_{z1}$ ) 和竖直角 ( $V_1$ )；

(2) 通过图像处理获取视场内光斑中心点在图像坐标系下的坐标值 ( $X_1, Y_1$ )；

(3) 通过软件控制使全站仪望远镜水平方向旋转 ( $\Delta H_{z0}$ )，垂直方向旋转 ( $\Delta V_0$ )，由于全站仪视场较小，为使旋转后目标反射光斑仍在 CMOS 图像传感器视场内，旋转角度控制在  $30'$  以内；

(4) 测量旋转后的水平角 ( $H_{z2}$ ) 和竖直角 ( $V_2$ )，则旋转前后的角度差值为：

$$\begin{cases} \Delta H_z = H_{z2} - H_{z1} \\ \Delta V = V_2 - V_1 \end{cases} \quad (1)$$

(5) 通过图像处理获取旋转后视场内光斑中心点图像坐标系下的坐标值，提取该光斑中心点图像坐标系的坐标值 ( $X_2, Y_2$ )，则旋转前后图像坐标系下的像素坐标差值为：

$$\begin{cases} \Delta X = X_2 - X_1 \\ \Delta Y = Y_2 - Y_1 \end{cases} \quad (2)$$

(6) 通过全站仪望远镜旋转前后角度差值和图像坐标系下像素坐标差值的线性关系，确定光斑中心像素与全站仪望远镜旋转角度的模型关系，水平方向和垂直方向计算比例系数如下：

$$\begin{cases} k_{Hz} = \frac{\Delta H_z}{\Delta X} \\ k_V = \frac{\Delta V}{\Delta Y} \end{cases} \quad (3)$$

## 4 目标跟踪模型标定流程

根据目标跟踪原理，通过图像处理获取红外光斑中心点在图像坐标系的坐标，再旋转全站仪水平角和竖直角，完成光斑中心像素与全站仪转动角度的关系标定。

### 4.1 光斑图像中心坐标提取

为确定光斑中心旋转前后的像素坐标差值，首先要提取光斑中心<sup>[7]</sup>，确定其精确位置，进而建立光斑中心像素与全站仪旋转角之间的比例关系。常见噪声多表现为脉冲噪声、高斯噪声或二者混合噪声，为消除噪声影响，需在图像特征提取、分割等处理前进行图像预处理，以此减少图像无用信息、强化有效真实信息、简化提取出的图像数据，为后续特征提取奠定基础。

预处理后首先生成包含所有光斑边缘像素的二值化图像，利用边界追踪方法得到各标志的边缘和内部像素；然后找出图像光斑内灰度值最大的像素，从该像素向四周搜索标志点边界，最终确定包含的所有像素。在计算标志图像中心坐标前，需将各像素灰度值减去一定阈值，以消除背景噪声，再将扣减阈值后的光斑像素灰度值作为权值，利用公式（4）采用灰度加权质心法计算光斑图像的中心坐标。

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= \frac{\sum_{(i,j) \in S} iW_{i,j}}{\sum_{(i,j) \in S} W_{i,j}} \\ y_0 &= \frac{\sum_{(i,j) \in S} jW_{i,j}}{\sum_{(i,j) \in S} W_{i,j}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

公式（4）中， $(x_0, y_0)$  为标志点的中心坐标； $W_{i,j}$  为权值，也是像素  $(i, j)$  的灰度值； $S$  为光斑图像区域。

#### 4.2 光斑图像中心坐标变量与全站仪望远镜旋转角变量关系模型标定

通过图像处理获得红外光斑中心的像素信息，手动旋转全站仪望远镜照准目标棱镜，望远镜十字丝中心点和目标棱镜中心点重合，将此作为原始位置。由于光斑中心像素与全站仪望远镜旋转角度的模型关系比例系数在不同的象限有所不同，因此通过不同象限的比例关系分别进行标定。

比如，在某象限：（1）在原始位置，通过软件联机读取全站仪望远镜的水平角及竖直角，同时通过图像处理获得红外光斑中心在图像坐标系下的坐标值  $(X_0, Y_0)$ 。

（2）通过软件联机驱动全站仪望远镜旋转变化的位置，将全站仪望远镜水平角与竖直角变化量均控制在  $0.1^\circ$ ，然后利用软件联机读取全站仪望远镜的水平角及竖直角，同时通过图像处理获得红外光斑中心在图像坐标系下的坐标值  $(X_2, Y_2)$ 。

（3）按照公式（3）计算光斑图像中心坐标变量与全站仪旋转角变量关系模型系数  $k$ ，水平方向和竖直方向分别为  $k_{Hz}$ 、 $k_V$ ，则全站仪望远镜旋转角度值可通过下式计算：

$$\begin{cases} \Delta Hz' = k_{Hz}(X_2 - X_0) \\ \Delta V' = k_V(Y_2 - Y_0) \end{cases} \quad (5)$$

该比例关系模型确定以后，便可根据图像红外光斑中心在图像坐标系下的坐标值与原始位置的差值，

自动计算得到全站仪望远镜水平方向和竖直方向的旋转角度。

### 5 测试实验结果分析

在 CMOS 图像传感器视场内放置目标棱镜，对马达全站仪进行光斑图像中心坐标变量与全站仪望远镜旋转角变量关系的模型标定，马达全站仪的跟踪模型标定结果如表 1 所示。

表1 马达全站仪跟踪模型标定结果

序号	X坐标	Y坐标	X方向标定系数	Y方向标定系数
1	-37.56067	38.89414	0.00004626	0.00004581
2	38.15509	-37.22430	0.00004556	0.00004613
3	38.48049	38.45067	0.00004539	0.00004576
4	-37.80157	-37.37967	0.00004603	0.00004629

由表 1 可知，四个象限的标定结果并不相同，标定过程中需对应不同象限分别标定。利用表 1 的标定结果对目标棱镜进行重复性测量，分别将目标棱镜设置在距离全站仪 3m 和 5m 的位置，对目标点进行 10 次测量，角度观测值如表 2 和表 3 所示。

表2 测站距离目标3m角度重复性测试结果

测站 序号	马达全站仪/°	
	Hz	V
1	244.99320	96.10819
2	244.99318	96.10881
3	244.99280	96.10835
4	244.99254	96.10840
5	244.99234	96.10858
6	244.99310	96.10899
7	244.99248	96.10821
8	244.99230	96.10925
9	244.99264	96.10870
10	244.99224	96.10838
RMS (")	1.32	1.26

表3 测站距离目标5m角度重复性测试结果

测站 序号	马达全站仪/°	
	Hz	V
1	251.93312	93.84920
2	251.93421	93.84946
3	251.93388	93.84941
4	251.93446	93.84923
5	251.93395	93.84933
6	251.93352	93.84916
7	251.93371	93.84996
8	251.93388	93.84901
9	251.93406	93.84973
10	251.93365	93.84953
RMS (")	1.34	1.03

(下转第 48 页)

# 基于高分七号立体测绘卫星数据的城市典型区域实景三维重建

单学雷

(北京久城测绘科技有限公司, 北京 101300)

**摘要:** 基于高分七号立体测绘卫星数据, 选取北京市某高校校园为试验区, 利用 ERDAS IMAGINE/LPS 进行影像几何精校与空中三角测量, 生成 DSM 和三维模型。采用“控制点参与解算+独立检查点外检”以及典型线状、面状和高差要素量测, 对模型精度进行评价。结果表明, 模型平面、高程 RMSE 分别约为 0.08m 和 0.11m, 三维 RMSE 约为 0.14m, 长度相对误差多数小于 1%, 可满足校园尺度实景三维展示与一般工程测量需求, 验证了高分七号数据在复杂城市场景三维建模中的适用性。

**关键词:** 高分七号; 立体测绘卫星; 实景三维; 城市三维建模

随着对高精度空间信息需求的不断提升, 尤其是对国土调查、城市精细化管理和智慧城市建设的迫切需要, 高分辨率立体测绘卫星技术得到了快速发展。高分七号 (GF-7) 作为我国首颗光学民用亚米级立体测绘卫星, 集高分辨率可见光成像与激光测高等多种载荷于一体, 能够获取大范围、高精度的立体影像数据, 为地表三维信息获取和精细测绘提供了重要的技术手段<sup>[1]</sup>。与传统航空摄影测量或单视遥感影像获取方式相比, 高分七号卫星在获取范围、成像稳定性和相对高度控制等方面具有明显优势, 能够在较短时间内实现区域尺度的连续立体观测, 为地物三维重建提供可靠的数据基础。

城市三维模型作为智慧城市、数字孪生城市、虚拟现实与增强现实等应用的重要支撑, 在城市规划、基础设施管理、交通分析、环境监测和应急指挥等领域得到了广泛应用。利用高分七号卫星立体测绘数据开展城市三维建模, 不仅可以在国家尺度或区域尺度上形成统一、规范的三维基础数据, 还能在城市密集建成区复杂地物条件下, 实现建筑物、道路、绿地等要素的立体表达, 为城市空间格局分析和精细化治理提供数据支撑。然而, 在复杂城市环境, 由于建筑物高低起伏大、遮挡严重、纹理复杂等因素, 如何充分利用高分七号多视角、高精度立体影像, 提高建筑立面、屋顶等关键部位的提取能力和三维重建精度, 仍然是当前研究和应用的关键问题<sup>[2]</sup>。

研究以高分七号立体测绘卫星获取的立体影像为

主要数据源, 开展城市典型区域三维模型构建与精度分析。通过对高分七号立体影像进行预处理与几何精校, 结合立体像对匹配与三维重建算法, 构建研究区高精度三维模型, 并利用传统地面测量数据和已有测绘成果对模型精度进行检核与评价, 从而验证高分七号立体测绘卫星数据在城市精细三维建模中的可行性与应用潜力。

## 1 研究区域与数据

选择北京市某大学校园及其周边部分建成区作为研究区。该区位于北京市中心, 包含多个建筑群、绿化区域及广场等不同类型地物, 既有高密度分布的教学楼、实验楼等多层及高层建筑, 也有较为开阔的绿地、运动场、停车场等空间。建筑物高度差异较大, 街区空间形态复杂, 建筑物遮挡关系显著, 这类典型城市场景在三维建模过程中容易出现遮挡严重、立面信息不完整等问题, 对三维重建的精度与完整性提出了较高要求。因此, 选取该区域作为高分七号立体测绘卫星数据三维建模与精度分析的研究区, 既便于获取可靠的地面实测数据, 又能充分检验卫星立体影像在复杂城市场景的适用性和建模能力。

研究采用高分七号立体测绘卫星获取的某期前、后视立体影像作为主要数据源。高分七号卫星搭载双线阵相机, 可获取亚米级空间分辨率的立体观测数据, 具有较高的几何精度和立体测绘能力。所选立体像对覆盖整个校园及其周边部分建成区, 保证研究区满足

作者简介: 单学雷 (1982—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事工程测量、基坑监测工作。

立体观测的良好几何条件。为提高地物识别和纹理表达效果,辅以同期采集的多光谱影像,用于地类区分和模型纹理映射,从而构建具有较好真实性和视觉效果三维场景。

为保证模型定向精度和精度评定的可靠性,采用GPS-RTK技术在研究区布设地面控制点和检查点。控制点优先布设在通视条件较好、分布均匀且稳定性较高区域,如操场、广场、道路交叉口等,其中操场的8个控制点分布情况如图1所示。通过对控制点和检查点进行高精度三维坐标测量,可为后续卫星立体影像的几何精校、区域网平差及模型精度检核提供数据支撑<sup>[3]</sup>。



图1 操场的控制点分布

在数据处理方面,首先对高分七号立体影像进行辐射校正、几何精校与立体像对构建,随后利用ERDAS IMAGINE/LPS软件完成影像自动空中三角测量与区域网平差,获取满足精度要求的外方位元素和像片定向结果。在此基础上,采用密集匹配算法生成研究区数字表面模型(DSM),并结合多光谱影像制作正射影像(DOM),进一步通过三维重建与纹理映射技术构建校园及周边区域的三维模型。在整个处理流程中,通过引入地面控制点和独立检查点,对空三结果和三维模型进行精度检验与质量控制,确保最终三维模型在几何精度和纹理细节方面均能满足城市精细化应用需求。

## 2 技术路线

### 2.1 影像几何建模与稀疏重建

研究采用ERDAS IMAGINE/LPS软件对高分七号立体影像进行几何建模与空中三角测量。首先,将GF-7立体像对及其附带的RPC(Rational Polynomial Coefficients)参数导入软件,建立卫星传感器的初

始几何模型。随后,利用软件内置的自动特征提取与匹配算法,在前、后视影像之间提取影像连接点,并通过残差阈值与RANSAC思想剔除粗差匹配,从而提高高空三平差的稳定性和可靠性。

在空中三角测量过程中,引入地面控制点(GCP)和检查点,将其地理坐标与影像坐标在同一解算框架下共同参加平差,固化整体坐标基准与尺度。GF-7立体影像的像一地关系可采用共线方程或RPC观测方程统一描述,其基本数学模型如下:

$$\lambda \tilde{x} = K \begin{bmatrix} R \\ t \end{bmatrix} X \quad (1)$$

空三平差的目标是最小化各像点的重投影误差,其目标函数形式如下:

$$\min_{\{R_i, t_i, X_j\}} \sum_{i,j} \|x_{ij} - \pi(K_i, R_i, t_i, X_j)\|^2 \quad (2)$$

通过最小二乘迭代求解,优化包含传感器外方位元素、RPC系数改正量及地面点三维坐标在内的一组参数,最终获得满足精度要求的影像定向结果。

在实际操作中,通过空三报告对平均重投影误差、连接点残差、GCP/检查点平面与高程残差等指标进行质量控制,一般将重投影均方根误差控制在1像元以内,GCP高程残差控制在分米级,以保证后续稠密匹配和三维建模的精度基础。

### 2.2 稠密重建与深度融合

在完成影像几何建模与空中三角测量后,基于定向后的GF-7立体像对开展稠密匹配、生成数字表面模型(DSM)。研究采用基于立体相关的密集匹配技术,将前、后视影像重采样到近似共轭的像对几何下,利用半全局匹配(Semi-Global Matching, SGM)等方法计算每个像素的视差,并在多视约束与光度一致性(如基于灰度相关或归一化互相关ZNCC)条件下对视差场进行优化与滤波<sup>[4]</sup>。

对于每个参考像素,依据其视差或深度值,结合相机内外方位元素(或RPC模型参数)进行反投影,恢复对应地面点的三维坐标,其几何关系可与公式(1)统一描述。不同视角和不同扫描行的匹配结果通过加权融合与粗差剔除得到高密度、低噪声的三维点云,同时按照预设栅格分辨率(如1m或2m)栅格化生成DSM。

在点云层面,利用CloudCompare对初始点云进行体素重采样、孤立点剔除与噪声滤波,以削弱畸变点对后续曲面重建的影响,并保留建筑物边缘、屋顶折线等高曲率区域的几何细节。经处理后的点云既可作

为 DSM 精度检核的数据源，也为后续三维网格重建提供稳定的几何基础。

### 2.3 曲面重建与网格优化

在获得高密度 DSM 与点云数据后，需要将其转换为适用于三维可视化与分析的曲面模型。首先基于 DSM 构建不规则三角网 (TIN)，将地表连续高程场表示为由三角面片组成的近似曲面。对于建筑物集中分布区域，结合点云的高度梯度与平面特征对建筑轮廓进行提取与分割，在此基础上生成局部加密的三角网，以更好地表达建筑立面与屋顶几何形态。

对于局部几何易破碎区域（如女儿墙、屋顶边缘及复杂构件），将经预处理的点云导入 MeshLab，采用 Screened Poisson 等曲面重建算法对不规则点云进行整体拟合，从而修复局部缺失或噪声造成的断裂表面，获得拓扑更完整、细节更连续的三维网格。为减少噪声和过度细分对模型显示与存储的影响，采用基于 Quadric Error Metrics 的网格简化方法控制网格面数，并结合小步长的 Laplacian/HC 平滑在保留高曲率与边界特征的前提下对网格进行去噪与光顺处理。

网格优化完成后，对模型残留的小孔洞和局部缺口，利用 CloudCompare 或 MeshLab 的孔洞修补功能进行自动填补，保证模型整体水密性和拓扑连续性。处理后的三角网即为后续纹理映射与真实感三维场景构建的几何载体。生成的部分区域白模如图 2 所示。

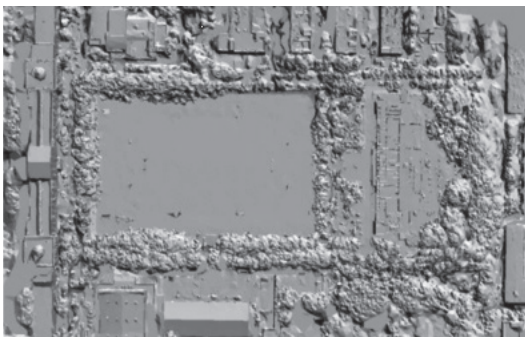


图2 部分区域白模

### 2.4 纹理映射与坐标一体化

在几何网格构建完成后，需要将高分七号卫星影像的光谱纹理映射到三维网格，以形成具有真实外观的城市三维模型。研究以基于空三成果纠正后的正射影像 (DOM) 作为主要纹理源，将其与三角网格进行空间匹配，依据网格面片的空间位置和法向方向，选取合适的影像像素进行纹理投影与重采样。为减弱多景影像接边处的亮度差异与纹理接缝问题，采用基于能量最小化的接边线优化和颜色均衡技术，对重叠区域

进行缝合与色彩调整，从而提高整幅模型表面的连续性和视觉一致性。部分区域立体三维模型如图 3 所示。



图3 三维模型

在坐标一体化方面，因空中三角测量阶段已引入地面控制点并完成统一坐标系下的平差，DSM、点云、三角网及纹理影像均处于同一大地坐标框架。纹理映射后的三维模型自然继承该坐标体系，可直接与已有的地理信息数据（如地形图、地籍数据、地理国情监测成果等）进行叠加与联用，为后续的空间分析与应用提供统一的空间基准。

## 3 结果与精度评价

为量化实景三维成果的几何可靠性，采用“控制点参与解算+独立检查点外检”方式评价平面与高程精度，并以典型线/面/高差要素的量测对比补充验证<sup>[5]</sup>。误差指标以均方根误差 (RMSE) 与相对误差表征，其中三维综合精度与线性相对误差分别定义为：

$$RMSE_{3D} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [(x'_k - x_k)^2 + (y'_k - y_k)^2 + (z'_k - z_k)^2]} \quad (3)$$

$$\delta_L = \frac{|L_{model} - L_{ref}|}{L_{ref}} \times 100\% \quad (4)$$

此外，报告平面  $RMSE_{2D} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\Delta x^2 + \Delta y^2)}$  与角度误差  $\Delta\theta = |\theta_{model} - \theta_{ref}| (^\circ)$  作辅助说明。

### 3.1 点位精度统计

在研究区均匀布设控制点与检查点，控制点参与空中三角测量/区域网平差，检查点仅用于外检。高分七号立体影像空三质量报告与外检统计结果如表 1 所示。整体而言，平均重投影误差保持在 0.6~0.9 像素；视间一致性过滤比例为 6%~9%，主要发生于玻璃幕墙、深阴影与金属屋面等高反射区域。

表1 控制/检查点精度统计 (单位: m)

类别	数量	平面RMSE	高程RMSE	3D RMSE	最大偏差
GCP (参与解算)	18	0.052	0.071	0.088	0.160
ICP (外检)	24	0.083	0.107	0.136	0.180

### 3.2 要素量测对比（长度 / 角度 / 高差）

为检验构造要素的形位稳定性,选取建筑女儿墙、屋面设备基础边、道路基线、看台踏步前缘等特征进行对比;角度以折线夹角表示,高差以屋脊—檐口或平台—地坪差表示,结果如表2所示。

表2 特征要素量测外检

要素类型	参照值	模型值	绝对误差	相对误差/角度误差
道路基线长度/m	45.210	45.260	0.050	0.11%
女儿墙段长度/m	23.540	23.800	0.260	1.10%
设备基础边长度/m	6.350	6.318	0.032	0.50%
看台踏步夹角/°	90.0	89.7	—	0.3°
屋脊—檐口高差/m	7.74	7.86	0.12	1.55%

### 3.3 视觉与拓扑质量

屋面、广场等水平要素连续性良好,立面在转角、百叶、窗套等高曲率处细节保持稳定,局部极斜视角与强反光导致的“薄层”与缺口,经筛选泊松重建与小孔修补后明显缓解。纹理层面,通过接缝裁剪与全局色彩均衡,跨区块色调基本一致;残留轻微色差集中在不同时相影像交界,面积占比低于1%。

综合表1与表2,校园尺度模型实现亚米级点间距与分米级精度:平面RMSE约0.08m、高程RMSE约0.11m、3D RMSE约0.14m;要素长度相对误差多在1%以内,角度误差约0.3°,满足实景三维展示与工程测量需求。针对强反射与极斜视角区域,宜在高分七号成像规划中获取多轨道、多视角立体像对,并选择太阳高度与

方位条件较优的成像时段,同时在稠密匹配阶段提高一致性阈值,压缩局部高程误差和纹理接缝色差。

## 4 结语

试验表明,高分七号立体测绘卫星能在较短时间内获取覆盖范围大、空间分辨率高且几何精度稳定的三维信息,尤其在建筑屋顶、高差起伏显著区域的形态表达方面具有明显优势。整体而言,基于高分七号立体测绘卫星数据的三维重建在城市测绘、环境监测等领域有广阔的应用前景,能有效支撑城市三维建模、地理国情监测、灾后评估及城市数字化建设等应用,为城市精细化管理和实景三维中国建设提供技术支撑。

### 参考文献

- [1] 王娜,弥永宏,勾会杰.高分七号卫星影像空三加密及3D产品生产精度分析[J].测绘标准化,2025,41(2):100-105.
- [2] 胡语依,谢亚坤,冯德俊.基于高分七号的建筑物三维建模[J].测绘,2025,48(2):119-123.
- [3] 龚元夫,熊忠招,陈关州,等.实景三维模型缺陷修复关键技术[J].科学技术与工程,2024,24(19):8339-8345.
- [4] 国智翔.面向建筑目标的三维重建及变化分析[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2025.
- [5] 王一婷.高分七号卫星影像制作1:2000地形图精度分析[J].科技创新,2025(11):50-53.

(上接第44页)

由表2和表3数据可知,目标棱镜设置在距离全站仪3m处时,水平角测角重复性精度可达1.32",竖直角测角重复性精度可达1.26";目标棱镜设置在距离全站仪5m处时,水平角测角重复性精度可达1.34",竖直角测角重复性精度可达1.03",均可满足自动目标跟踪功能要求。

## 6 结语

研究构建了全站仪自动跟踪目标标定模型,并对标定模型进行测试。测试结果表明,分别将目标棱镜设置在距离全站仪3m和5m的不同位置,对目标点开展10次测量,水平角和竖直角的测角重复性精度均可满足全站仪自动目标跟踪功能要求,为全站仪自动目标照准奠定坚实基础。研究从理论层面验证了自动跟踪目标模型标定的可行性,可为测量机器人的国产化

提供理论基础。

### 参考文献

- [1] 张正禄.测量机器人[J].测绘通报,2001(5):17.
- [2] 郭际明,梅文胜,张正禄.测量机器人系统构成与精度研究[J].武汉测绘科技大学学报,2000(5):421-425.
- [3] 王欣宇,范百兴,王同合.图像传感器与空间坐标测量传感器融合综述[J].测绘通报,2016(S2):22-24.
- [4] 王欣宇,范百兴,于英,等.一种视觉引导经纬仪自动测量方法[J].测绘工程,2018,27(6):32-40.
- [5] 王欣宇.图像传感器与电子经纬仪组合自动测量关键技术研究[D].郑州:解放军信息工程大学,2017.
- [6] 王欣宇,刘豪杰,范百兴.全站仪目标自动识别与照准方法研究[J].测绘工程,2018,27(11):15-22,28.
- [7] 王欣宇,李引生,杨远程,等.自动全站仪的光斑图像中心定位精度分析[J].测绘与空间地理信息,2019,42(1):211-215.

# 地理信息可视化技术在国资国企资产管理中的应用研究

费玉雯<sup>1</sup> 张福林<sup>1</sup> 钱小斌<sup>2</sup> 汤湘<sup>2</sup> 蒋贤<sup>1</sup>

(1. 衡阳市大雁地理信息有限公司, 湖南 衡阳 421000; 2. 衡阳智通人力资源服务有限公司, 湖南 衡阳 421000)

**摘要:** 地理信息可视化技术通过融合资产空间信息与多维属性数据, 为国资国企资产管理提供了直观化、精细化解决方案。以衡阳市市属国有企业资产监管为实践案例, 系统分析了传统资产管理模式存在的底数不清、位置不明、监管失准、支撑薄弱等痛点, 重点探讨了 GIS、三维建模、空间分析等技术在业务中的应用, 阐述了资产监管效率提升成效, 并针对数据安全、成本控制等挑战提出应对策略, 为国资国企数字化转型提供参考。

**关键词:** 地理信息可视化; 国资国企; 资产管理; GIS; 空间分析

## 1 引言

市属国有企业作为国民经济的重要支柱和国有资本运营的核心载体, 其资产管理效能直接关系到国有资产保值增值、区域经济活力释放与产业结构优化升级<sup>[1]</sup>。随着市场化改革深化与国有资本布局调整, 国有企业资产规模持续扩张, 资产类型逐渐多元, 既涵盖房屋、土地等实物资产, 亦包含股权、债权等金融性资产, 以及存货等流动性资产。这些资产不仅构成企业可持续发展的物质基础, 更是撬动产业投资、防范金融风险、优化资本结构的关键要素。

传统资产管理模式依赖文字记录、表格统计与经验记忆, 导致当前资产管理面临多重结构性矛盾<sup>[2]</sup>: 一是资产台账与空间位置脱节, 大量房屋、土地等核心资产仅以资产名称、资产地址登记, 缺乏地理坐标标注, 导致资产位置关联性弱、资产周边配套不明、资产现状不直观; 二是报表式管理加剧数据碎片化, 房屋、土地、股权、债权、存货等不同类型的资产信息分散于多个报表, 属性字段标准不一且关键数据缺失, 难以构建全域统一的资产画像; 三是粗放管理模式制约价值释放, 因动态监测手段不足, 资产侵权、资产闲置、低效运转与隐性流失现象并存, 资产难以实现动态监管与有效盘活; 四是资产增值缺乏有效抓手, 权属梳理不清、价值评估滞后、交易渠道闭塞等机制瓶颈, 阻碍存量资产向资本转化。

在全球数字经济深度演进与国家创新驱动战略双重背景下, 国资国企数字化转型已成为提升国有资本效能、构建现代化产业体系的关键抉择<sup>[3]</sup>。自党的

十九大报告明确提出要善于运用互联网技术和信息化手段开展工作之后, 各级国资委围绕“履行出资人职责”这一监管核心, 搭建了国资国企在线监管平台, 资产监管作为核心业务被纳入系统监管。

地理信息可视化技术通过地图、无人机航飞成果、三维模型等形式, 可将资产地理位置与属性信息(面积、用途、估值等)融合呈现, 为解决上述问题提供技术支撑。因此, 针对资产管理痛点及国资数字化监管改革需求, 湖南省衡阳市建设市属监管企业资产监管系统, 面向市级国资监管机构及市属监管企业提供以地理信息可视化为基础的资产监管系统, 通过资产一张图、全景标注等功能, 实现资产从“文字描述”到“空间感知”的转变, 为地理信息赋能国有资产监管提供实践样本。

## 2 国资国企资产管理的核心问题

### 2.1 资产台账与空间位置脱节, 资产空间分布不明

国资国企资产规模持续扩大且类型繁杂, 涉及房屋、土地、股权等多种资产类型, 尤其是地方平台公司土地、房屋等资产众多, 资产空间位置不明、资产分布零散, 而传统管理中位置仅以地块宗地编号、房屋地址等为名称, 如土地资产仅以“XX区XX路XX地块”记录, 难以直接了解到资产位置及其全局分布。

### 2.2 资产台账加剧数据碎片化, 资产监管画像不清

现行资产仅以台账模式管理, 房屋、土地、股权、债权、存货等不同类型的资产信息分散于多个报表, 属性字段标准不一且关键数据缺失, 主要依赖人工层

**作者简介:** 费玉雯(1997—), 女, 汉族, 硕士, 工程师, 主要从事地理信息数据分析及国资国企信息化建设工作。

层报送、逐层汇总方式掌握资产状况，导致家底不清、重复统计、账实不符等问题，缺乏全域统一的资产画像，影响监管效率。

### 2.3 资产动态可视监测不足，资产管理方式粗放

国有资产数量繁多，其中又以土地资产的动态管护最为困难。土地资产规模较大、分布零散，人工巡查存在死角，部分重要资产出现乱弃乱倒、乱搭乱建、乱挖乱占、乱栽乱种等侵权行为，严重侵犯用地权益、影响单位声誉，后续治理成本高昂、损失追回困难。人工巡查耗费大量成本且易有盲区，急需寻求符合本地实情、成本可控的可视化、数字化管护技术。

### 2.4 资产盘活增值抓手不足，资产盘活效率低下

根据《衡阳市国有“三资”清查处置与管理改革总体工作方案》等文件要求，各企业需对资源、资产、资金进行盘活，当前对于闲置优质资产的盘活推介是通过文字介绍与二维资产平面图，缺少对于资产的直观了解，数据时效性不强且无法突出资产周边配套优势，影响盘活效果。

## 3 地理信息可视化技术的应用路径

针对国有资产管理中长期存在的资产底数不清、监管手段不足、盘活机制缺位等系统性难题，以地理信息可视化技术赋能资产监管为突破口，围绕资产展示、资产现状、资产管护、资产盘活等核心工作流程，开发了衡阳市属监管企业资产监管系统。

### 3.1 系统架构设计

系统总体技术框架包括表示层、业务应用层、系统服务层、数据层和底层支撑层，如图 1 所示。

#### 3.1.1 底层支撑层

底层支撑层提供系统部署所需的基本硬件和系统环境，包括云服务器、数据库、操作系统、文件服务器以及必要的安全服务等，为平台运行提供安全、可控、可扩展的底层系统环境支撑。

#### 3.1.2 数据层

数据层负责所有系统和业务相关的数据存储，包括所有资产数据、基础配置数据、地理信息数据、业务应用数据、文件数据及其他数据等。

#### 3.1.3 系统服务层

系统服务层为业务应用提供基本的系统组件和底层数据接口，负责为整个系统提供后台配置管理、基础数据服务、地理信息基础服务、GIS 地图服务、数据分析引擎、分级分权管理、消息服务等。



图1 系统架构

#### 3.1.4 业务应用层

业务应用层主要基于系统需求实现相关功能模块和应用系统协同，包括两大部分：一是资产全生命周期管理相关业务模块的实现，包括资产大数据、资产一张图、资产管理、资产经营、资产盘活、资产管护、资产超市及统计分析等；二是平台协同相关的系统实现和对接，包括物联网平台、无人机平台、视频监控平台、GIS 平台、国资监管系统、OA 系统、合同系统、财务系统等。

#### 3.1.5 表示层

表示层为不同用户和使用场景提供不同的应用系统和使用模块，根据系统服务对象表示层分为：为监管层提供资产监管、为资产供需双方提供资产超市、为企业提供资产管服；为不同角色提供国资监管门户、企业门户、运维门户等不同门户；主要功能模块包括资产大数据、资产一张图、资产列表、资产经营、资产盘活等。

### 3.2 地理信息可视化技术赋能路径

#### 3.2.1 赋能资产空间位置展示

利用 GIS 技术构建资产空间分布地图，实现全局监管。通过空间坐标定位与图层叠加，将分散资产数据整合为可视化地图，核心应用包括：

多源空间数据录入：支持地图手绘、经纬度标点、JSON 上传等方式录入空间位置，确保土地、房屋等资产地理坐标精准对应（精度达 0.1m 级），资产空间位置展示如图 2 所示。



图2 资产空间位置

动态地图展示：资产一张图可在电子地图 / 影像地图上聚合展示资产，支持从全市到具体地块的缩放，按照名称、行政区等字段搜索，按资产类型进行图层切换，在一张图上直观呈现资产的空间分布，具体效果如图 3 所示。



图3 资产一张图效果

利用 GIS 技术，管理者可快速定位资产集群（如工业园区厂房）、识别跨区域关联（如某企业土地与

房屋资产），解决资产监管的“空间盲区”问题。

#### 3.2.2 赋能还原资产现状实景

利用无人机拍摄街景照片、全景照片、倾斜照片，对核心资产构建实景三维模型，采用多种技术手段还原资产实景，效果如图 4 至图 7 所示。核心应用包括：

资产现状还原：利用无人机拍摄正射影像、全景照片、倾斜照片，构建实景三维模型还原资产现状。

全景照片标注：支持全景照片（含资产内部情况）的标点标注，可用不同颜色区分资产类型，辅助远程识别细节。

空间场景关联：全景照片与 GIS 地图联动，点击地图资产点位可直接查看对应实景，实现“地图定位—实景核查”无缝衔接，减少 80% 以上实地盘点工作量。

综合多种技术手段还原资产实景，可支撑管理者远程掌握资产状态，避免实地核查，大幅降低核查成本和人力耗费。



图4 资产街景照片



图5 资产全景照片



图6 资产倾斜照片



图7 核心资产实景三维效果

### 3.2.3 赋能多手段协同资产管护

以低空无人机为空基，以航天卫星为天基，以地面人工巡查为地基，以高空监控为网，建设“空天地网”一体化资产管护模块<sup>[4-5]</sup>，提供多种可视化手段服务土地资产管护。核心应用包括：

低空无人机航拍：对土地资产现状进行航测，建立航拍数据库，固定资产现状证据，如图8所示。



图8 无人机拍摄实地照片

遥感影像比对：对于限飞限行的土地资产，可通过高精度卫星遥感影像数据，对地表变化进行对比分析，确保资产安全，遥感影像对比效果如图9所示。



图9 卫星遥感影像对比

视频动态监测：对于重点管控土地资产，安装高空铁塔资源，部署高清监管摄像机，建立土地资产视频监控网络，监测效果如图10所示。通过人工智能技术，对存量土地资产上出现的疑似违法行为进行自动识别和预警，如图11所示。

综合多种技术手段协同管护资产，确保资产的全天候动态监管，减轻人工巡查工作量。



图10 高空铁塔视频监控效果

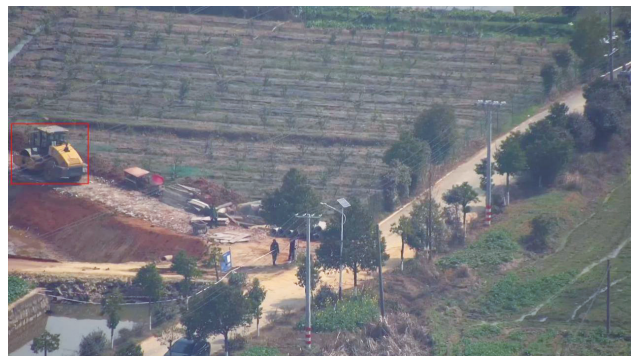


图11 疑似违法行为自动识别和预警

### 3.2.4 赋能资产盘活突出资产优势

通过系统可为资产提供周边规划、现状照片、周边全景、周边配套等数据的可视化展示，服务国有闲置资产商品化。核心应用包括：

周边规划展示：叠加城市总体规划、区域功能布局及未来发展导向，清晰呈现资产所处区域的潜力与价值，如图12所示。

现状照片展示：结合无人机航拍与地面采集，提供高清现势图像，真实反映资产实际状况及利用条件，如图13所示。

周边全景展示：通过嵌入式全景漫游，标注资产周边标志性建筑、核心商圈等信息，模拟实地考察体验，帮助投资者远程直观了解资产环境，如图14所示。

周边配套展示：通过缓冲区分析展示教育、医疗、交通、商业等配套设施，突出资产区位优势和功能完备性，如图15所示。

利用地理信息可视化技术对资产进行多维度、沉浸式全面展示，重点突出资产优势，为存量资产盘活和价值提升提供数字化支撑。



图12 资产周边规划



图13 资产现状照片



图14 资产周边全景



图15 资产周边配套

## 4 技术应用成效

### 4.1 资产监管透明度提升

依托衡阳市属监管企业资产监管系统，监管部门实现了对全市市属企业的国有企业资产（含土地、房屋等）空间分布、存量状态、盘活状况与产权变动的一体化可视化监管。通过地图多层次缩放，可动态查看各企业资产规模、价值分布、使用状态及交易历史，显著提升了资产数据的实时性与真实性，彻底改变了传统依赖报表汇总的滞后监管模式，有效杜绝数据隐匿与失真问题。

### 4.2 资产决策科学赋能

依托该系统可推动资产管理从“经验主导”向“数据驱动”转变，从“人工跑办”迈向“线上流转”。借助地理空间分析、多维度属性筛选与大数据评估模型，快速识别闲置、低效资产，为资产优化配置、整合开发提供科学依据，大幅提升资产盘活决策的精准性与效率。

### 4.3 资产回顾防控风险

系统通过 GIS 技术可完整记录资产属性变更、权属移交、空间修订等全生命周期操作链，一旦出现跨权限修改、异常数据篡改等行为，将自动触发预警机制，增强事中事后监管能力。同时，结合全景影像归档与前后时点对比，构建不可篡改的审计溯源数据库，有效防范资产纠纷，提升国有资产的合规管理水平。

## 5 技术应用的挑战与应对策略

### 5.1 核心挑战

(1) 数据安全风险：资产空间坐标、全景照片含敏感信息，权限管控不严可能导致泄露，尤其是军事基地、特殊厂区等。

(2) 技术成本较高：GIS 平台部署、三维建模需专业支持，中小企业可能“建不起、用不好”。

(3) 数据质量参差不齐：空间位置录入依赖人工，可能出现坐标偏差，影响分析准确性。

### 5.2 应对策略

(1) 分级权限管控：借鉴基于角色的访问控制模型，按“公开—内部—涉密”分级管理空间数据，国资委保留敏感数据查看权，企业仅访问本单位非涉密信息；采用 HTTPS 加密、操作日志审计保障安全。

(2) 国产化与轻量化结合：选用国产 GIS 引擎（如

（下转第 57 页）

# 基于多源数据城市三维模型（LOD1.3级）快速构建技术研究

谢琼<sup>1,2,3</sup> 晏涵<sup>1,2,3</sup> 黄玉<sup>1,2,3</sup> 蒋明<sup>1,2</sup>

(1. 湖南工程职业技术学院, 湖南 长沙 410151; 2. 实景三维建设与应用技术湖南省工程研究中心, 湖南 长沙 410151;

3. 国土空间规划与测绘楚怡名师工作室, 湖南 长沙 410151)

**摘要:** 针对目前城市三维模型（LOD1.3级）快速构建需求, 研究分析城市三维模型构建任务特点, 解决单一数据源构建城市三维模型能力不足的问题, 并提出基于多源、多视角数据的模型快速构建技术方案, 将建筑物轮廓、高程高度等重要工序与多种数据源结合, 实现要素快速提取并建模。实践表明, 多源数据可有效实现建筑物三维信息的快速提取, 构建城市三维模型（LOD1.3级）。

**关键词:** 多源数据; 城市三维模型（LOD1.3级）; 轮廓采集; 高程高度

## 1 引言

城市实景三维建设需遵循国家统筹规划、省市协同推进的总体思路, 以实现城市 LOD1.3 级三维模型的快速构建<sup>[1-3]</sup>。当前, LOD1.3 级城市三维模型建设主要依托四类主流技术路径: (1) 基于大比例尺数字线划图建模: 通过提取建筑物基底轮廓、楼层数量及层高信息, 构建基础三维几何框架; (2) 基于倾斜摄影测量建模: 利用多角度倾斜影像获取建筑物三维表面信息, 生成高精度三角网模型 (MESH), 精细反映建筑立面结构与形态变化; (3) 基于立体卫星遥感建模: 依托卫星遥感覆盖范围广、成本低、获取便捷的特点, 快速生成区域三维模型, 提取地面高程与建筑高度信息<sup>[3]</sup>; (4) 基于激光雷达 (LiDAR) 建模: 获取建筑物空间坐标与高程数据, 凭借采集速度快、精度高、穿透性强等优势, 精准提取屋顶轮廓、檐口、坡度等细节要素。

国家现行技术标准对快速构建城市 LOD1.3 级三维模型提出了明确要求: (1) 任务时限紧: 明确要求 2025 年前实现地级以上城市城镇开发边界全域覆盖;

(2) 模型精细度标准严苛: 普通建筑物顶部高度变化大于 3m 且变化部分基底面积大于 12m<sup>2</sup> 时, 需精准表达高度差异; 建筑物立面大于 1.5m 的进退、凹凸等结构也应完整呈现; (3) 拓扑精度要求严, 对模型空间关系与几何一致性提出刚性约束。然而, 我国城市建筑普遍分布密集, 部分建筑立面形态复杂, 仅依靠单

一数据源难以全面满足现行技术标准对成果精度与细节表达的要求<sup>[4]</sup>。因此, 研究充分整合利用现有存量多源数据, 结合湖南省某区 LOD1.3 级城市三维模型生产实践经验, 提出一套多源、多角度数据协同融合应用方案。该方案采用自动化建模与人工精细化提取相结合的技术路线, 实现城市三维模型高效、高质量构建, 在保障成果符合规范要求的前提下, 有效提升生产效率, 满足紧迫工期与高质量交付的双重要求。

## 2 技术路线

LOD1.3 模型构建技术流程主要包括建筑物顶部高程及形态提取、建筑底部高程及高度信息提取、三维拉伸建模及 LOD1.3 建筑三维模型构建, 具体流程如图 1 所示。

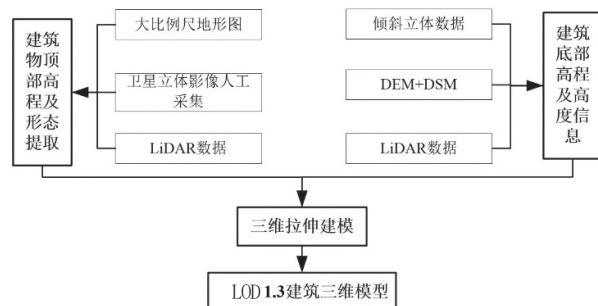


图1 LOD1.3模型构建技术流程

### 2.1 建筑物基底和屋顶轮廓采集方法

采集建筑物基底与屋顶轮廓, 需生成符合 LOD1.3 级建模精细度指标的二维矢量面成果, 依据数据源的

**基金项目:** 实景三维建设与应用技术湖南省工程研究中心开放课题: 基于多源空间信息的村庄实景三维建设技术与应用研究 (3DRS2024H4)  
**作者简介:** 谢琼 (1992—), 女, 汉族, 硕士, 讲师, 主要从事摄影测量与遥感工作。

差异，主要采用以下方法：

### 2.1.1 基于大比例尺数字线划图提取

大比例尺数字线划图包含建筑物不同结构的轮廓信息，可用于解析建筑三维结构、支撑三维模型搭建，但直接用于实景三维模型构建仍存在较多问题：（1）数据更新具有周期性，现势性不足；（2）缺失建筑物高程、高度等核心三维属性信息；（3）存在冗余点线数据，且轮廓构面间易出现缝隙，直接建模易引发拓扑错误；（4）数据精度与实景三维模型建设的规范要求不匹配，需结合建筑实际轮廓开展分析与适配处理。

为确保数据建模可用性，需对数据进行质量检查和预处理：首先依托线划图的编码、注记等属性信息，提取建筑物各楼层对应的轮廓要素，经综合分析确定屋顶轮廓信息；其次开展数据拓扑检查，修正重叠面等各类拓扑错误；最后对照符合现势性要求的影像数据，将同栋独立建筑的分散屋顶轮廓进行合并处理，最终生成标准化的建筑物基底轮廓，如图2所示。



图2 基于大比例尺数字线划图采集建筑物轮廓

### 2.1.2 基于LiDAR数据提取

针对线划图覆盖空白区域，采用现势性优良的激光雷达（LiDAR）数据进行补充采集，完成建筑物基底与屋顶信息的矢量化提取，具体操作流程如下：

（1）点云滤波与分类处理：LiDAR点云数据混有地面、地形、植被等冗余信息，需开展滤波与分类预处理以提纯建筑数据。先滤除噪声点，再将点云数据划分为地面点与非地面点，最后结合建筑物几何特征，从非地面点中精准分离出建筑物点云数据；

（2）建筑物轮廓线提取：结合工程区建筑物结构特点，通过设定最小提取面积、高程阈值及垂直综合距离阈值等参数，完成建筑物点云筛选。随后采用射线法实现建筑物基底与屋顶轮廓线的自动化提取。该方法的核心原理为：从目标点向任意方向引一条射线，统计射线与多边形边界的交点数量，若交点数为奇数，

则判定目标点位于多边形内部；若为偶数，则判定位于多边形外部，此方法对凸多边形与凹多边形均适用。相关运算公式及示意图分别如公式（1）和图3所示。

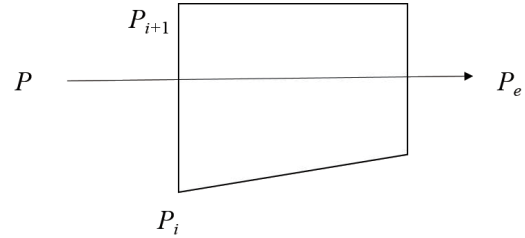


图3 判断点是否位于矢量面内部

$$\begin{cases} \overline{PP_i} \times \overline{PP_{i+1}} = (x_i - x) \times (y_{i+1} - y) - (x_{i+1} - x) \times (y_i - y) = 0 \\ (x - x_i) \times (x - x_{i+1}) \leq 0 \\ (y - y_i) \times (y - y_{i+1}) \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

公式（1）中， $P_i(x_i, y_i)$  和  $P_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})$  为建筑物主体两相邻角点坐标， $\overline{PP_i}$  和  $\overline{PP_{i+1}}$  分别是以  $P$  为起始点、以  $P_i$  和  $P_{i+1}$  为终点的向量， $\overline{PP_i} \times \overline{PP_{i+1}}$  为两向量的外积。

若  $P$  点满足公式（1），则  $P$  点位于建筑物矢量面边上，并认为  $P$  点属于建筑物点云，否则执行如下步骤：

（1）通过向量跨立方法，判断线段  $P_iP_{i+1}$  与线段  $PP_e$  是否有交点。若满足公式（2），则线段  $P_iP_{i+1}$  与线段  $PP_e$  有交点。

$$\begin{cases} (\overline{PP_i} \times \overline{PP_e}) \times (\overline{PP_{i+1}} \times \overline{PP_e}) < 0 \\ (\overline{PP_i} \times \overline{PP_{i+1}}) \times (\overline{PP_e} \times \overline{PP_{i+1}}) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

（2）遍历多边形的每一条边，统计线段  $P_iP_{i+1}$  与多边形各边交点数。若与多边形边线交点总数为奇数，则  $P$  点位于多边形内部，否则  $P$  点不在多边形内部。

（3）提取建筑物轮廓范围内的全部测点，整合构建为建筑物专属点云集  $P_b$ 。建筑物点云体块及顶部、底部轮廓提取如图4所示

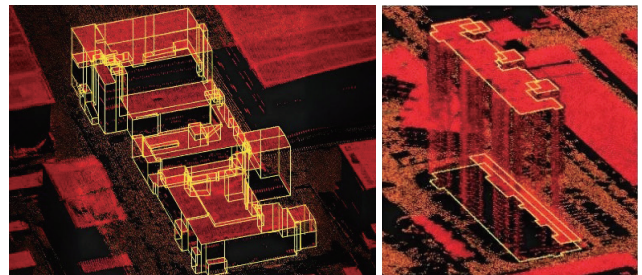


图4 建筑物点云体块及顶部、底部轮廓提取

## 2.2 建筑物高程与高度的采集技术方法

建筑物屋顶与基底轮廓获取后，即可采集高程及高度信息，采集内容主要为屋顶与基底轮廓线对应的

高程值<sup>[5]</sup>。LOD1.3级三维模型可精细表达建筑物空间三维几何结构特征,是实景三维建设的重要基底数据,有效满足国土空间监测对建筑物空间位置、形态特征的精准监测需求。因此,在LOD1.3级模型构建过程中,必须精准提取建筑物高度及底部高程信息,确保模型成果符合技术规范与应用要求。

### 2.2.1 基于LiDAR、DSM+DEM建筑物底部高程提取

依托LiDAR数据地面层成果或DEM成果,提取建筑物基底轮廓范围内的高程最小值,并将其确定为基底轮廓的高程值;对完成高程赋值的基底轮廓,与LiDAR数据套合后开展人工核查,若发现高程赋值存在错误,即通过人工拾取对应高程值的方式完成修正。

### 2.2.2 基于LiDAR建筑物屋顶高程提取

复杂建筑物存在高程分层现象,基于LiDAR数据提取建筑物屋顶高程时,会出现高程表征错误。为准确提取建筑物顶部高度信息,研究制定点云分层连续性判断准则,流程如下:

(1) 分析建筑物点集高程分布特征,以高程最低点 $(X, Y, Z_{\min})$ 为起始点,最高点 $(X, Y, Z_{\max})$ 为终点,以 $\Delta z$ 为层高将建筑物点云集 $P_b$ 分为 $n$ 层;提取建筑物点云数据集中最低高程点 $(X, Y, Z_{\min})$ 为原点,高程值最高点为终点 $(X, Y, Z_{\max})$ ,将建筑物点云集 $P_b$ 划分为以 $\Delta z$ 为间隔的 $n$ 层点云。

(2) 建筑物点云集分层后,分析各层点云数量,以点云数量最多层 $Z_{\max}$ 为基准,向上逐层统计层内点云数量 $n_i$ ,判断 $n_i$ 是否大于阈值 $n_{th}$ ,当 $n_i < n_{th}$ 时,停止搜索,判定当前层为建筑顶层,并将层内高程最高点 $i_{top}$ 作为建筑物顶部高程值 $H_{top}$ 。

### 2.2.3 立体遥感数据建筑物高程与高度采集

通过空三加密、区域网平差等构建立体模型,采用立体测图方法采集建(构)筑物基底面,并完成高度测量工作,具体高程赋值与校验流程如下:

(1) 屋顶轮廓高程赋值:以建筑物屋顶轮廓范围内表面三维模型的高程最小值作为屋顶轮廓高程。为规避偏移误差对分析结果的干扰,在对高程数据进行统计处理时,一般先将屋顶轮廓向内收缩一定距离,再开展后续计算。

(2) 基底轮廓高程赋值:以建筑物基底轮廓范围内表面三维模型的高程最小值作为基底轮廓高程。为确保数据覆盖完整性,一般将基底轮廓向外扩展一定距离后再统计高程数据。

(3) 高程校验与修正:将已完成高程赋值的屋顶

轮廓、基底轮廓,与表面三维模型套合对比,通过人工核实验证高程赋值的准确性。对核查发现高程赋值存在偏差的,则以人工拾取地物对应高程值的方式完成修正,以确保数据精度达标。

## 2.3 三维拉伸建模

采用超图 iDeskTop 软件,结合已获取的建筑物矢量面数据,通过拉伸建模方式构建LOD1.3级建筑物三维模型,具体操作流程及成果如下:

(1) 高程差值计算:基于已赋值的建筑物顶部高程与底部高程,通过差值运算获取建筑物实际高度信息,为后续拉伸建模提供核心数据支撑;

(2) 三维拉伸建模:在软件中导入建筑物矢量面,精准设置底部高程参数与计算得出的拉伸高度,执行三维拉伸操作,生成LOD1.3级建筑物三维模型;

(3) 属性关联挂载:将建筑物矢量数据的属性信息(如建筑名称、层数、用途等)与生成的LOD1.3级三维模型关联挂载,实现模型与语义信息的绑定。LOD1.3级建筑物三维模型建设效果如图5所示。研究方案构建的模型不仅具备优良的可视化场景效果,还搭载完整的语义属性信息,支持建筑物属性的快速查询与调用,完全契合LOD1.3级建模的核心要求。



图5 LOD1.3级建筑物三维模型

## 3 构建实例

研究提出的技术路线已应用于湖南省某区城市三维模型快速构建项目,实际应用成效如表1所示。该路线可有效破解项目中单一数据源无法完整覆盖作业区的问题,为提高建模效率及自动化程度、优化成果

质量及明确数据源选用优先级，提供了切实可行的实践依据与参考方案。在工程区 LOD1.3 模型构建中发现，部分数据源现势性不足，如大比例尺数字线划图数据现势性较差，且存在一定拓扑问题，导致建筑物屋顶及基底轮廓提取受阻，需投入大量时间开展人工检查与编辑，因此三种方案整体效率基本一致。

表1 多源数据多体系LOD1.3模型构建效率对比

任务分区	建筑物量级	LOD1.3构建方法	生产效率统计
任务区1	2736栋	(1) 基于大比例尺线划图提取基底和屋顶轮廓；(2) 基于LiDAR、DSM+DEM数据采集建筑物高程与高度	6人2天完成约245栋/人/天
任务区2	4296栋	(1) 基于LiDAR数据提取基底和屋顶轮廓；(2) 基于LiDAR、DSM+DEM数据采集建筑物高程与高度	8人4天完成约258栋/人/天
任务区3	3375栋	(1) 基于倾斜摄影数据人工采集基底和屋顶轮廓；(2) 基于倾斜摄影表面三维模型数据采集建筑物高程与高度	11人3天完成约219栋/人/天

## 4 结论

建筑物三维模型构建是城市实景三维建设的核心环节，LOD1.3 级建筑物三维模型的快速构建，体现了实景三维建设规模化推进的核心诉求。研究提出的 LOD1.3 级模型快速构建技术路线，突破单一数据源与传统建模式模式的局限，采用多源数据协同融合策略，针对性整合大比例尺数字线划图、LiDAR 数据、倾斜摄影影像等存量与现势数据源，有效弥补了单一数据

在现势性、精度、覆盖度方面的短板，显著提升了对不同地域建筑现状、数据条件的适配能力；同时构建“自动化为主、人工为辅”的协同建模体系，通过射线法自动化轮廓提取、批量高程赋值等技术提升生产效率，依托人工校验修正拓扑错误、高程偏差，形成“高效产出一精准把控”的闭环管控，破解了传统建模中效率与质量难以兼顾的行业痛点。

研究以湖南省某区 LOD1.3 级城市三维模型生产实践为应用案例，充分验证该技术路线的可行性。实践结果表明，研究构建的模型既满足现行技术标准对精细度、拓扑精度的严格要求，又大幅缩短了项目工期，为大规模推进地级以上城市城镇开发边界内的模型覆盖提供了高效可行的技术范式，具备良好的推广应用价值与实践指导意义。

## 参考文献

- [1] 朱启雄,黄芳.基于传统航空影像构建城市三维模型(LOD1.3级)技术方法研究[J].科技风,2025(4):7-9.
- [2] 鲁一慧,魏国忠,宋禄楷,等.多源点云优化的城市三维模型构建[J].测绘通报,2024(S1):23-28.
- [3] 徐丹丹.实景三维场景模型建设和融合方法应用[J].无线互联科技,2025(6):25-28.
- [4] 梁文彪,鲍秀武,宁玉科.一种基于多源数据的建筑物LOD1.3级三维模型快速构建方法[J].城市勘测,2024(4):43-48.
- [5] 柳春生,吴瑞龙,高俊,等.基于实景三维的城市空间综合治理平台建设[J].智能城市,2024(4):33-36.

(上接第 53 页)

SuperMap)降低版权成本,推广“云GIS”服务(按需付费),减少中小企业本地化部署投入。

(3) 标准化数据录入:制定《资产空间数据采集规范》,明确经纬度精度、全景分辨率,实现系统的自动校验。

## 6 结论

地理信息可视化技术通过资产位置地图展示、资产现状实景还原、资产智能管护、资产优势展现等形式,打破国资国企资产管理中空间信息缺失、属性与空间割裂以及资产现场调度困难等瓶颈,在提升监管透明度、促进资产盘活、优化资产管护等方面成效显著。实践表明,技术应用需结合业务场景、强化权限管控、平衡成本与效益。未来,随着北斗定位、实景三维中

国、数字孪生技术的发展,地理信息可视化将向“虚实融合交互”演进,进一步赋能国资国企数字化转型,为国有资产保值增值提供更强支撑。

## 参考文献

- [1] 罗春华,王泽霞,陆金晶,等.基于资产云平台的国有资产动态监管与绩效评价[J].会计之友,2022(11):105-111.
- [2] 郑亚玲.国有企业资产管理的常见问题及对策[J].中国市场,2025(20):83-86.
- [3] 季小峰.国资国企改革背景下国有企业数字化转型路径研究[J].经济研究导刊,2024(12):21-24.
- [4] 刘冰,宋柳洋,赵雅雯,等.空天地一体化环境监测体系研究和应用进展[J].三峡生态环境监测,2023,8(2):17-25.
- [5] 王莉,寻知锋,郑美丽,等.空天地网一体化智慧监测体系在耕地保护执法监管平台中的应用[J].山东国土资源,2022,38(9):63-68.

# 在心里贴个“门神”

◎ 陈鲁民

过年时，我买回两张门神像，一张是手持铁锏、怒目圆睁的秦叔宝，一张是宝剑在握、威风凛凛的尉迟恭。按旧俗，我在大年三十日落落后贴在门上。

平心而论，如今像我这样还贴门神者很少见了，倒是贴财神的越来越多，这也很正常，求财之心人皆有之嘛。但人们在贺岁时最常说的两句话还是“恭喜发财”“岁岁平安”，换言之，财神固然要多多益善，门神也不能少。

如今，科学昌明，观念进步，传统的门神已不再像从前那样吃香了，“尉迟恭”和“秦叔宝”正逐渐淡出国人视野。但现实生活中，盗贼还没绝迹，诈骗也时有所见，各种诱惑仍旧很多，还是要关好门户，提高警惕。否则，一旦门神不在，门户失守，“大鬼小鬼”一拥而进，再多钱财会荡然无存，人身安全也无法保证。所以，门神不能走，门禁不能松，门闩不能无。

尤其是对各级官员来说，除了寻常蠹贼的滋扰，还多了一层危险：有成群围猎者在找破绽、寻漏洞，以求一逞，拉人下水。因而，即使不从旧俗张贴门神，也要在心里贴个“门神”，装个门闩，给自己加个保险。

在心里贴个“门神”，能挡住那些来送礼的行贿者。逢年过节，总有些人提着大包小包来领导家送礼行贿，他们心怀鬼胎，以各种名义奉上厚厚红包。须知，这都是



定时炸弹，如果“笑纳”了，说不定啥时候就会炸你个人仰马翻，身败名裂。而在心里贴个“门神”，就能头脑清醒，高度警惕，意志坚定，毫不妥协，把那些心怀叵测的送礼者坚决挡在门外。

在心里贴个“门神”，能提防那些围猎者的阴谋诡计。领导干部手握公共资源，难免成为那些别有用心者围猎的目标，若心无定力，缺乏底线，对各种围猎缺乏警惕与抵御，便会被围猎者牵着鼻子走，从所谓“人情往来”，一步步滑向腐败深渊。然而，尽管每年都有一批官员被围猎者得手，成为“猎物”，但还有更多干部能“我自岿然不动”，什么权力寻租，利益输送，权钱交易，权色交易，都很难在他们身上打开缺口。原因何在？就是因为他们胸有正气，严于律己，忠于信仰，敬畏法纪，在心里贴了个“门神”。

在心里贴个“门神”，能把各种乌烟瘴气堵在门外。《菜根谭》有言：“塞得物欲之路，才堪辟道义之门；驰得尘俗之肩，方可挑圣贤之担。”对那些正义之事，正直

之人，要敞开大门热情迎接，并待以上宾之礼。对那些不义之事、阴邪之人，则要关上大门，拉紧门闩，不给其任何可乘之机。有人来进行权色交易、权钱交易，有人来搬弄口舌、挑拨离间，无疑都是来启祸端、送祸水、打糖衣炮弹，我们务必要警惕万分，切勿上当受骗。大是大非面前要旗帜鲜明，立场坚定；事关礼义廉耻，要讲气节、重操守，“粉骨碎身浑不怕，要留清白在人间”。

反之，一旦我们心里的“门神”脱岗，门禁失灵，门闩打开，就等于开门揖盗，引狼入室，势必大祸临头，后果不堪设想。因而，务必请“门神”全天候在岗，全副武装，严阵以待，贿赂不能收，美色不能碰，虚名不能贪，坚持原则，敬畏法律，拒各路顽敌于大门之外。

“门神”的关键作用，是明界限、立屏障，将一切歪风邪气、魑魅魍魉堵在门外，有挡住诱惑、拒绝污染之用。旧时，有秦叔宝、尉迟恭来把守门户；当年，黄埔军校大门有对联：“升官发财请往他处，贪生怕死勿入斯门”；导弹司令杨业功家门上贴有“携礼莫入”三个大字。这些都是有形的门神，我们更需要无形的、贴在心中的“门神”，以此镇宅锁户，清心宁神，确保“大鬼小鬼进不来”，安安全全，稳稳妥妥。☑（作者系中国人民解放军网络空间部队信息工程大学原教授、中国作家协会会员）

# 豆腐里的年味密码

◎ 张延伟

“二十五，打豆腐。”一进入腊月，怀南姑父的豆腐坊就异常忙碌起来，村子上空飘荡着豆腐的鲜香，浓浓的年味随着抑扬顿挫的“豆腐——豆腐——”吆喝声荡漾开来。

怀南姑父的豆腐坊设在离我家不远的一条幽深宽敞的窑洞里。他是田爷家的女婿，田爷则是我父亲的“干大（爹）”，于是我成了豆腐坊的常客。

除了谁家操办红白喜事提前预定，怀南姑父通常只在每天下午做一次豆腐，次日清晨用独轮车推着叫卖：“豆腐——！”每当这悠长的吆喝声在街面响起，家庭主妇们便端着自己种的豆子出门“换豆腐”了。然而进入腊月，特别是腊月中下旬后，则是另外一番景象，怀南姑父需要另雇几个劳力在豆腐坊帮忙，不间断循环作业才能勉强满足需求。

窑洞最深处的石磨被一头黑布罩眼的灰毛驴拉着不停转动，发出沉闷的“嗡嗡”声。石磨上方吊着一只底部留有小孔的水桶，正对磨眼浇下一股细流。泡发好的豆粒堆在磨扇上，被怀南姑父用炊帚拨扫着进入磨眼，白色的浆沫从磨扇间的齿缝汩汩流出，汇入磨盘底下的铁桶，再被倒入一旁的大陶缸里。

怀南姑父把磨好的生浆舀进细布吊兜里，匀力摇晃着，使乳白色的汁水流进下面的大铁锅，把豆渣滤除，然后拿起火钩在填满煤块的

炉膛里松动几下，压抑的火头儿慢慢升起。为了防止煮浆时糊锅，须用长柄木勺不停搅拌，把泛起的泡沫舀出来。豆浆连续煮沸三次，稍作冷却后重新舀回陶缸。俗话说：

“卤水点豆腐，一物降一物。”经验丰富的怀南姑父把按比例配制好的石膏水或老浆水顺缸沿慢慢倒进豆浆，用一根擀杖似的木棍顺时针不停搅拌，直至豆浆形成絮状结晶下沉，上部浮起黄色的浆水，底下就是鲜嫩的豆腐脑了。

压豆腐时，怀南姑父把直径1米多的高沿荆筐摆在石台上，铺好细布包单，把豆腐脑舀进去，散发着酸香气息的浆水透过包单和荆筐渗出，顺着管道流到窑洞外面。折回包单的四角将晃晃荡荡的软豆腐盖严，轻放上去一块圆形柿木板，然后抬起压杠匀力下压，随着更多的浆水流出，柿木板陷入软豆腐的“包围”之中。视情况在柿木板上擦加木块，把压杠的一端绑在悬空的大石头上，等石头慢慢着地，豆腐里的水分也被挤压殆尽。掀掉压杠，抻开包单，一个表层金黄、布满包单褶皱的圆盘状豆腐便呈现在眼前。

那段时间，豆腐坊里热汽腾腾，窑洞四周水雾氤氲，到处洋溢着沁人心脾的鲜豆腐清香。怀南姑父无暇再沿街叫卖，人们只能来豆腐坊排队换豆腐，平素盛黄豆的碗、瓢此时已换作大大的搪瓷盆，有三两家甚至商量着干脆把百十



斤重的整个豆腐给“包”下算了。夜幕降临时寒气逼人，当天最后一块豆腐尚未压制成型，有人就在空地上生起一堆火，还有人用手掬着喝两口温热的浆水滋润喉咙，暖和暖和身子……

这也难怪。那时生活都不富裕，好不容易喂肥一头猪，到年底不是直接卖给公家“肉食场”，就是请人杀了留下走亲戚用的“礼条”和头蹄肝肠肺等“杂碎”，其余的卖于街坊们换钱，自家过节只能“肉不够，豆腐凑”了。不过话说回来，豆腐本是百搭食材，人们用自产的粉条粉面蒸焖子、炸毛头丸子，间或奢侈地炸点酥肉、酥鸡，也总会掺些豆腐来增加软酥程度。冷天里豆腐多天不坏，“油炸豆腐”能储存更久，拼拼凑凑可以做出多种菜肴。尽管过年时用处大、用量多，却是用自家黄豆换的，物换物两值当，还能省下点儿钱用在别处。另外，新年里图个吉利，豆腐谐音“兜福”，寓意大好，成为家家户户必备年货之一也就不足为奇了。

时光荏苒，如今乡村里早没有了手工豆腐坊，清晨的街面上也听不到“豆腐——”这样余音悠长的吆喝声和独轮车轱辘富有节奏的“吱吱呀呀”声了。但豆腐仍是人们喜爱的食材，只是超市里售卖的机器生产的豆腐再也吃不出曾经的味道了。☑（作者单位：禹州市自然资源和规划局）

# 灯花飞舞闹元宵

◎ 孙利芳

龙凤呈祥、红红火火、龙鸣狮吼、年年有余、亭亭莲花、招财进宝、平安如意、多子多福……这些美好的词语、吉祥的寓意、喜庆的祝福，若以文字庆祝元宵也许不足为奇，而智慧淳朴的汝州人民却以“捏灯盏”的方式来呈现，别有一番民俗风情蕴含其中。

中大街有好几处捏灯盏的店铺，我走进一家，只见女主人拿起一团红色面团，搓成粗细均匀的圆柱，切成长度均等的小段，将两头捏圆后在掌心团成圆鼓鼓的灯身，再用灵巧的双手边转边揉，在上端捏出纤细灯颈，覆一团黄色面团翻转揉出圆形的灯口，再用剪刀将黄色灯口剪成尖尖的开口笑形状。随后取出绿色面团，用擀面杖擀成长方块，用小刀左右划拉两下，便现出相连的两片叶子，再细细刻出清晰叶脉，拿起刚做好的灯盏，在底座蘸一下清水，粘在叶片上轻轻一按，一个栩栩如生的石榴灯盏便捏好了。瞧，碧绿的叶片上，红红的石榴饱满肥实，金黄的石榴嘴开口笑盈盈。正是娇翡翠，俏红灯，多子多福日子红！

据当地老人讲述，家乡汝州捏灯盏的习俗起源于唐代。当时有一户张姓人家，家中妇人即将临盆，家人满怀喜悦与期待，早早给未出世的孩子取名“满仓”，寓意五谷丰登、粮食满仓。时逢正月十七，妇人却难产，从申时忙至酉时，接生婆慌乱中不慎打破了家中仅有的

一盏油灯。丈夫急得满头大汗，危急之际，正在揉面做馒头的婆婆急中生智，随用手面团捏了个窝窝，插上灯芯、加上食用油，点亮当灯用。借着面灯的光亮，接生婆顺利接生，新生命平安落地。听到孩子的第一声啼哭，众人脸上都洋溢着灿烂的笑容。

此事一传十、十传百，没多久，方圆百里的百姓便都已知晓。刚嫁出女儿的娘家人听说后，为盼女儿早生贵子、母子平安，都会在正月十七这天，赶在孩子出生前做面窝窝，插上灯芯，搭配其他礼品，一并送到女儿婆家祈福，这便是最早的灯盏，后来慢慢演变成元宵节的一项习俗。因那个平安降生的孩子名为“满仓”，这一习俗就被百姓称作“添仓”，满含对女儿喜得贵子、开枝散叶、母子平安的美好期许。

后来，手艺人又融入黄河流域的面塑技艺，不断创新改良，灯盏愈发精致漂亮，粗犷豪放，造型各异，栩栩如生，也愈发受老百姓的喜爱。

如今，送灯盏又被赋予多重美好寓意：一称“添仓”，寓意给女儿的婆家添物添福，日子越过越红火；又因“添仓添人丁，送灯送吉祥”的说法，“添仓”有添人丁之意，“灯”与“丁”谐音，寄寓着早生贵子、家丁兴旺；其二，“点灯盏，添灯油”，“油”谐音“有”，暗含富足之意，象征添灯添财；其三，送灯盏是父母借着节日为女儿

送去惦念与关怀，饱含对女儿的无尽祝福和祈愿；其四，送灯盏也承载着人们对来年谷粮满仓、生活幸福的美好期许。

中华民族文化中，凡事喜欢双数，送灯盏也特别讲究圆满和谐，因此，灯盏向来是成双捏制、成对相送。头年送十二对，次年送十四或十六对，第三年送十六或十八对；若此间女儿已添子生女，便不再相送，即便仍未生育，最多也只送三年。

十二对灯盏，要尽数承载父母最真挚最美好的吉祥祝愿，因此，捏灯盏的非遗传承人煞费苦心，精心挑选，精益求精，力求寓意周全、精巧美观。龙、凤、狮子、狗一般是必有的灯盏，其余则根据顾客喜好或手艺人所长自由选择，如吉祥莲花盆、金元宝、金鱼、枣花生、辣椒、苹果、石榴、鸳鸯、和平鸽、蝴蝶、寿桃、孔雀、金蟾等，经手艺人的巧思雕琢，皆成寓意美好的灯盏艺术品。

迫不及待打开礼盒，十二对造型各异的灯盏惊艳眼帘。

“无边春色来天地，有志金龙越古今。”两条金龙色泽鲜艳、栩栩如生，龙首昂扬，双目炯炯，龙身鎏金闪耀，矫健沉稳，盘旋蜿蜒，威风凛凛。两只金凤凰头颅高昂，凤冠卓立，凤眼玲珑，丹唇艳艳，气派高贵，金色羽翼闪闪发光，修长凤翎纹彩秀丽、随风飘逸，宛若振翅欲飞，优雅至极。两龙两凤相

依相伴，龙凤呈祥。

“金眸玉爪目悬星，群兽闻知尽骇惊。怒慑熊罴威凛凛，雄驱虎豹气英英。”一对狮子精神抖擞，威武雄猛中亦有一股灵动气息扑面而来；小狗憨态可掬，黑豆似的眼睛滴溜溜警惕四周，耳朵支棱挺立，仿佛时刻为主人看家护院；金元宝散发着炫目金光，满含镇宅招财、催旺文昌之意；红辣椒红彤彤、细长长，鲜活如刚从田园采摘而来；石榴笑口敞开，如红灯笼般可爱灵动；一红一绿两个苹果成双成对，送来平安吉祥；一对鸳鸯色彩斑斓，寓意恩爱相守、吉祥安康；两颗红枣两粒花生惟妙惟肖；红色金鱼摇曳着华美尾鳍，飘逸优雅，宛若两朵美丽的花；两对莲花盆粉嫩娇艳，花瓣层层叠叠，娇嫩欲滴，尽显清秀雅洁。

婆家收到亲家送来的灯盏，添仓添福，自是喜上眉梢，当晚即“点灯盏”祈福纳祥，边点灯盏，边唱民谣：“元宵节里送灯盏，来年添子添福寿。狮子镇宅大门坐，灵犬

护家二门口。黄龙堂屋敬祖宗，福如东海人添寿。金凤优雅富贵气，梧桐树下走一走。元宝招财敬财神，莲花祈福菩萨手。苹果平安好寓意，灶王堂前祝福留。多子多福多团结，石榴摆放在床头。红红火火辣椒灯，来年事业顺溜溜。枣和花生婚床前，早生贵子喜上头。金鱼摆放院子里，年年有余好兆头。鸳鸯新人门口放，夫妻恩爱共白头。十二对灯皆就位，喜气盈盈来添油。添油来年更富有，红红烛光好兆头。摇曳生辉灯盏里，全家老少乐悠悠。”

一盏盏灯在烛光映衬下，愈发喜庆。橘红色的烛火在小院里轻轻摇曳，暖融融，喜盈盈，红彤彤，和着红灯笼散发的光芒，交织成祥和温馨的元宵灯影，灯花飞舞，朦朦胧胧，神秘喜庆，宛如仙境。

墨蓝的夜空，一轮玉盘冉冉升起，皎白的月光透过梧桐树的缝隙洒落，为凤凰灯盏披上了一层朦胧银纱。满天繁星似被人间美妙神奇的灯花飞舞所吸引，一个个睁大眼睛，好奇地俯瞰这一方热闹。

一时间，天上星光点点，人间烛光闪闪，交相辉映，连成一片，婵娟普照，灯花璀璨，天上人间共团圆，吉祥福寿笑开颜。

灯盏里的油花尚未燃尽，趴在窗外“埋伏”许久的孩子们却早已按捺不住，悄悄把灯盏“偷走”，这便是当地俗称的“偷灯盏儿”。主人家见此不仅不恼，反倒十分大方阔气，盼着被偷走的灯盏越多越好。只因家乡流传着这样的俗语：“今年偷个灯头儿，明年生个孙猴儿”，寓意着“点灯盏”和“偷灯盏”的两户人家，皆会多子多孙、幸福美满。

小小的灯盏，蕴藏着浓浓的节日喜庆，承载着娘家人的万千祝福和满满爱意。愿捏灯盏这项非遗文化，能与新时代的网络传播方式相融，让更多年轻人看到、喜欢并参与其中，让这项中华民俗文化得以传承发扬，让这朵奇异的民俗文化之花永远在元宵节的夜空璀璨绽放，生生不息。☑（作者单位：汝州市地质矿产保护发展中心）



# 银发光影绘山河 方寸镜头映初心

## ——河南省测绘地理信息技术中心离退休职工摄影作品选登

为深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，践行习近平生态文明理念，团结带领离退休干部职工为测绘地理信息事业高质量发展、谱写中国式现代化河南篇章贡献“银发力量”，近日，河南省测绘地理信息技术中心组织开展了以“银发奋进测绘人”为主题的摄影比赛。活动得到老同志们的热烈响应，共收到40位同志的摄影作品百余幅。大家以镜头记录时代风采，定格人文美景，礼赞党的光辉历程，讴歌祖国壮丽山河，弘扬中华优秀传统文化美德，生动展现了测绘战线老一辈工作者积极向上的精神风貌与幸福美好的晚年生活。

本期《艺术欣赏》栏目特选登部分优秀摄影作品，以飨读者。



● 泰国挽巴茵夏宫 王云瑞 / 摄



● 津涞立交 黄松涛 / 摄



● 千年等待 廉凤英 / 摄



● 爱在深秋 魏晓玉 / 摄



●湖霜初晓 毛忠民 / 摄



●柿柿如意 刘玉凤 / 摄



●坚韧之美 王高潮 / 摄



●帕米尔之眼 王伟 / 摄



●七星岩 卢宝珠 / 摄



●秋林镜湖共长天 王莉敏 / 摄

# 金马启新程 文体展风采

## ——河南省测绘地理信息技术中心迎新春文体活动掠影

春潮涌动，骏马奋蹄。2026年新春佳节期间，河南省测绘地理信息技术中心精心策划，以“我们的节日·春节”为主题，组织开展了系列迎新春文体活动。从剪纸拓福、幸运弹弹弹，到乒乓挥拍、棋牌对弈、趣味套圈、跳绳接力，民俗传承与竞技激情交相辉映，欢声笑语与团结协作融为一体。广大职工在传统年俗中品味文化底蕴，在体育比拼中释放活力，在团队游戏中凝聚合力，充分展现了测绘地理信息队伍昂扬向上、奋发有为的精神风貌。此次活动既是对中华优秀传统文化的生动传承，更是对组织关怀的温情传递，为新的一年测绘地理信息事业高质量发展注入了强劲动力。



# 河南省测绘地理信息技术中心与 南阳市自然资源调查规划院签署合作协议



本刊讯 近日，河南省测绘地理信息技术中心所属单位与南阳市自然资源调查规划院举行合作框架协议签约仪式，进一步拓展战略合作，赋能南阳高质量建设省域副中心城市。河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任武永斌，南阳市自然资源和规划局党组书记、局长陈政民参加签约仪式。

武永斌指出，测绘地理信息是经济社会发展的基底，是自然资源管理的核心支撑，更是赋能各行各业数字化转型的关键基础。中心所属单位与南阳市自然资源调查规划院的签约，将为南阳高质量发展注入强劲动能，同时为全省测绘地理信息事业创新发展探索新路径、积累新经验。武永斌强调，一是聚焦北斗应用赋能，打造精准服务新标杆。双方要以此次合作为契机，深化北斗高精度定位、导航与南阳自然资源管理、应急保障、农业农村、交通运输等领域融合应用。二是聚力实景三维建设，筑牢空间治理新底座。把实景三维南阳建设作为合作重点，构建全覆盖、高精度、动态化的实景三维南阳数据库，强化实景三维数据在南阳国土空间规划编制、城市更新改造、重大项目审批、生态环境保护等工作中的应用，为南阳城市治理现代化、精细化提供坚实的空间数据底座。三是聚焦大比例尺数据更新，强化资源管控新支撑。建立常态化、动态化的大比例尺地理信息数据更新机制，强化耕地保护、生态红线、城镇开发边界等关键区域的大比例

尺数据更新，为南阳严格落实耕地保护制度、优化国土空间布局、规范自然资源开发利用提供精准数据支撑。四是深化 AI 大模型融合，激活创新发展新动能。中心所属各单位要立足自身技术研发优势，推动人工智能大模型在地理信息数据处理、智能分析、深度挖掘、高效服务等全链条落地应用，精准对接南阳自然资源管理实际需求，探索 AI 大模型在建设用地智能审批、自然资源违法违规智能识别等场景的深度应用，合力打造全省地理信息与 AI 融合应用的示范标杆。

陈政民指出，南阳市自然资源和规划局全力支持签订合作协议、开展深度协作，并将为双方顺利合作提供全方位服务保障。他强调，要聚焦核心任务，筑牢服务发展根基；要强化创新驱动，推动成果转化应用；要深化人才共育，搭建协同发展平台。

签约仪式上，河南省测绘地理信息技术中心所属单位省测绘院、省遥感院、省地图院、省地理信息院分别与南阳市自然资源调查规划院签署合作框架协议。下一步，双方将聚焦基础测绘服务保障、自然资源合理利用及生态保护修复等核心业务，紧扣自然资源领域重点工作与核心需求，在国土空间规划、生态环境保护、乡村振兴、城市更新、低空经济等领域开展全方位、多层次的业务协同与人才交流培养，共同提升测绘地理信息服务能力与自然资源精细化管理水平。☑（吴荒源 / 文 陈庆贺 / 图）

