

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 6 期

总第528期

大国经纬度 院士赤子心

——四位测绘院士的精神图谱

我国地理信息产业加快打造“空间智能体”
地理信息行业出台七项倡议促高质量发展
郑州圆满完成2026年度地质灾害应急测绘演练

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传达学习 习近平总书记重要论述精神

本刊讯 5月31日，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任时统成主持召开中心党委会议，传达学习习近平总书记关于做好防灾减灾救灾工作的重要论述精神，围绕落实河南省委、省政府和河南省自然资源厅党组工作部署，研究贯彻落实举措，部署近期重点工作。

会议强调，要深入学习领会习近平总书记关于防灾减灾救灾“七个坚持”重要精神，扛牢防灾减灾救灾政治责任，坚持人民至上、生命至上，立足测绘地理信息基础性作用，将防灾减灾救灾各项要求融入日常工作。要强化测绘防灾减灾技术支撑，充分发挥实景三维、遥感监测、北斗定位等技术优势，构建空天

地一体化防灾减灾救灾测绘保障体系，常态化开展地质灾害、洪涝风险区域遥感动态监测，优化应急测绘响应机制，助力科学决策。要筑牢风险防控与应急处置屏障，完善应急预案，加强应急演练，开展安全隐患拉网式排查整治，提升全员防灾避险与应急处置能力，为全省防灾减灾救灾工作提供坚实测绘技术保障。

会议传达学习河南省纪委监委关于群众身边不正之风和腐败问题集中整治有关文件精神，强调要抓好重点工作，突出做好农村集体“三资”清查整治技术支撑，强化源头治理，严肃查处违纪违规行为，持续筑牢作风建设防线，确保各项整治工作落到实处。

（吴荒源 / 文）

琼豫测绘地理信息行业交流座谈会在郑州举行

本刊讯 6月4日，海南省地理信息产业协会、海南省测绘地理信息学会调研组到河南交流座谈。中国地理信息产业协会副会长、河南省测绘地理信息技术中心副主任肖峰，河南省测绘地理信息技术中心直属单位党委专职副书记，海南省地理信息产业协会会长刘静，海南省测绘地理信息学会负责人王东晓，河南省测绘学会、河南省地理信息产业协会负责人及相关企业代表参加会议。

肖峰表示，琼豫两地行业交流源远流长、合作根基深厚。海南凭借自贸港政策红利，在海洋测绘、海岛遥感、涉外地理信息服务等领域独具优势。河南立足中原区位优势，产业底盘扎实、科教资源富集，在北斗规模化应用、实景三维全域建设、黄河流域空间治理、农业遥感监测等方面成果丰硕，两地产业资源互补、合作潜力巨大。肖峰系统介绍了河南测绘地理信息产业在北斗三号基准服务系统、商业遥感卫星集群、卫星数据海量落地应用、地理信息数据资产挂牌交易等方面的发展成果。他指出，要结合行业发展新

形势，从技术常态化交流、复合型人才联合培育、两地企业双向拓市，提出务实合作计划。

河南省测绘地理信息技术中心直属单位党委专职副书记围绕党建引领行业发展交流发言。海南省地理信息产业协会会长、海南省测绘地理信息学会负责人分别介绍了各自发展思路、智库建设、日常工作。海南企业代表结合自身业务，分享了海洋测绘、卫星遥感、海岛实景建模等方面的实践经验。

河南省测绘学会、河南省地理信息产业协会负责人分别介绍了学会、协会一体化运行模式，并围绕行业自律、团体标准编制、产学研对接、人才培养、政企政策对接等方面分享实践经验。参会企业代表围绕北斗落地、实景三维市场化、数据要素市场化改革等进行深入交流。

双方一致认为，将持续传承中南区域行业互助传统，建立常态化互访交流机制，畅通人才双向流通渠道，推动测绘地理信息技术、市场、平台资源深度融合。

（王森 张昊琼 / 文）

传承院士精神 智绘中原新篇 ——写在第十个全国科技工作者日之际

◎ 本刊评论员

2026年5月30日，第十个全国科技工作者日如约而至。今年以“奋进‘十五五’科技谱新篇”为主题，既致敬广大科技工作者矢志创新的报国担当，更在“十五五”开局之年激荡起砥砺奋进、勇攀高峰的豪迈情怀。

习近平总书记强调：“基础研究是整个科学体系的源头，是所有技术问题的总机关。”测绘地理信息作为国家基础性、战略性事业，是科技自立自强的重要支撑，正从传统的“测绘制图”向时空大数据、地理空间智能加速跃迁。

科学家精神是测绘事业薪火相传的精神密码。许其凤院士“以身许北斗”，潜心星座设计为我国卫星导航破局开路；高俊院士以虚拟现实重构地图认知，耄耋之年助力郑州大学打造地图博物馆，深耕理论与育才；刘先林院士六十年磨一剑研制国产测绘仪器，打破国外装备垄断，诠释“把论文写在祖国大地上”的实干担当；王家耀院士扎根中原数十载，深耕地理信息与时空大数据，年过九旬仍坚守科教一线，引领河南地学学科跨越式发展。四位院士用毕生践行“爱国、创新、求实、奉献、协同、育人”的内核，为河南测绘人树立精神标杆，也点燃了中原科技创新生生不息的火炬。

放眼中原大地，全省测绘地理信息战线赓续院士精神、深耕行业沃土，甘坐冷板凳、勇闯无人区，默默丈量山河经纬，守护地理信息安全，“十四五”收获累累硕果，正以昂扬姿态锚定“十五五”新征程，为现代化河南筑牢时空根基、注入科技动能。

回望“十四五”，河南测绘步履铿锵。新型基础测绘体系加快构建，实景三维河南建设扎实推进，14.2万平方千米三维地理场景搭建起数字中原立体底座；卫星导航定位基准服务系统完成升级，246座基准站全面适配北斗三号，精准赋能自然资源调查、生态保护、防灾减灾；行业法治蹄疾步稳，《河南省测绘条例》《河南省测绘成果管理办法》相继落地，为事业规范发展护航。同时，测绘技术加速跨界融合，深度赋能低空经济、智慧农业、城市治理、黄河流域生态保护——从精准播种到低空物流，从智慧城市到应急保障，测绘科技已融入千行百业、惠及千家万户。

站在“十五五”开局新起点，河南测绘地理信息事业肩负新使命、承载新期待。围绕全省发展大局，河南明确“十五五”测绘工作重点任务：持续提速实景三维河南全覆盖建设，拓展“实景三维+”应用场景，打造数字政府、数字经济统一时空基底；完善现代测绘基准体系，强化遥感影像资源共建共享，推进1:1万基础地理信息数据全面更新；培育壮大北斗应用、卫星遥感等新兴产业链，推动测绘与人工智能、低空经济深度融合；健全地理信息数据共享机制，释放数据要素价值，筑牢地理信息安全防线。这既是服务全省高质量发展的必然要求，也是广大测绘科技工作者建功立业的广阔舞台。

科技兴则事业兴，人才强则中原强。奋进“十五五”，谱写科技新篇章，离不开广大测绘科技工作者的接续奋斗。全省测绘科技工作者当以全国科技工作者日为契机，传承院士精神，坚守报国初心，勇攀科技高峰。要聚焦关键技术攻关，深耕基础研究与创新应用，破解行业“卡脖子”难题；立足岗位担当作为，把测绘技术融入乡村振兴、生态保护、数字强省等重大战略；坚持薪火相传、甘为人梯，培育青年科技人才梯队，筑牢行业发展根基。

经纬绘山河，初心启新程。新征程上，河南测绘地理信息科技工作者必将以使命为帆、以创新为桨，深耕时空测绘、赋能中原发展，用精准数据丈量时代步伐，用科技力量守护山河安澜，在推进高水平科技自立自强、建设现代化河南的新征程上续写崭新答卷。☑

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：李小娟
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6期 总第528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
姚宜斌 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 时统成
副主任 肖 峰 武永斌 王军胜
成 员 赵海滨 赵立明 刘 畅 孙常建 李 辉 许翔云
安玉琴 寿燕翻 卢 明 王明强 付治河 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
师梦勘测设计集团有限公司
中建国信大数据集团有限公司

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 传承院士精神 智绘中原新篇
——写在第十个全国科技工作者日之际

国内要闻

- 4 中国—东盟自然资源智慧感知科普项目在广西启动 等8则

时政传递

- 6 我国地理信息产业加快打造“空间智能体”
我国首次获得国际测量师联合会大会主办权
7 地理信息行业出台七项倡议促高质量发展

特别关注

- 8 大国经纬度 院士赤子心
——四位测绘院士的精神图谱

测绘广角

- 14 郑州圆满完成2026年度地质灾害应急测绘演练
长垣市扎实开展北斗基准站巡检运维工作
15 笃行实干担使命 精准测绘绘华章
——方城县启腾测绘有限公司发展纪实

经天纬地

- 16 脚步量大地 经纬织华年
——许昌钧州煤炭咨询设计研究院工作纪实

技术应用

- 18 面向城市国土空间监测的水体提取研究
22 相关峰约束下的异源遥感图像匹配优化方法研究
25 县级土地管理“六统一”平台建设研究
29 多源实景三维技术融合的古建筑测绘建档关键技术研究
32 多源特征融合的城市建成区裸土遥感调查评价
36 基于GIS空间分析的皖西大别山区生态环境质量遥感评价
40 InSAR技术在地质灾害早期识别与评价中的应用
43 基于高分一号WFV传感器的河南省大气气溶胶光学厚度
定量反演研究
47 基于AutoLISP的测绘程序开发研究

- 50 基于无人机的滑坡灾害位移监测方法研究
54 基于多源异构数据的不动产数字孪生测绘系统设计

文苑撷英

- 58 为自己升级“系统”
59 吃甘蔗与嗑瓜子
60 金鸡菊 开满回家的路
61 麦田里的北斗勋章
花山寨参观感悟

图说测绘

- 62 河南省测绘地理信息技术中心在第八届自然资源儿童书画赛中获佳绩

封面

神农谷 姜勇 / 摄



福建武夷山风光 刘宇平 / 摄

关注

中国—东盟自然资源智慧感知科普项目在广西启动

近日，中国—东盟自然资源智慧感知科普服务能力建设项目正式启动。项目以科技成果科普转化、跨境科普协作为核心目标，依托本地三大科研创新平台赋能建设，助力区域自然资源科普工作高质量发展。

项目将建设超 500 平方米科普长廊与科普基地，配备 VR、触控交互等智能设备，研发多语种智能导览、科普机器人、数字人等软硬件产品。同时整合高校教师、行业专家、志愿者力量组建专业科普队伍，搭建“实体+云端”的双模研学体系，面向广西民族地区及东盟国家开展常态化科普推广。

围绕建设目标，项目明确四项重点任务，涵盖转化七大科技平台成果、搭建线上科普互动平台、攻关卫星 AI 感知等核心技术、设立专项开放课题。项目将联动东盟高校组建科普导师库，常态化开展技术培训与跨境研学，构建中国与东盟自然资源科普联动、技术互通的全新合作平台。

全国首个遥感卫星数据出境安全评估在海南落地

5 月 18 日，全国首个遥感卫星数据出境安全评估在海南顺利完成，实现我国遥感卫星数据合规出境领域“零的突破”。

长期以来，受政策交叉界定、数据敏感判定标准模糊、行业无申报先例可循等多重因素影响，遥感卫星数据合规出境受阻，成为制约我国商业遥感及商业航天产业对外开放、国际化发展的关键瓶颈。

此次全国首个遥感卫星数据出境安全评估在海南成功办结，有效填补了国内商业遥感数据出境合规工作的空白。依托本次落地实践，行业形成了标准化办理流程，为全国同类商业遥感企业依法依规开展遥感卫星数据跨境流动业务，提供了可参考、可复制的实操范式，为国内商业航天产业数字化、国际化规范发展奠定了坚实基础。

我国首颗市级自营城市专属遥感卫星入轨

5 月 15 日，我国首颗由市级自然资源部门自主建设运营的光学遥感卫星“蓉城一号”顺利入轨，标志着成都遥感应用告别外购服务，迈入自主可控新阶段。

该卫星遥感影像分辨率达 0.5 米，跻身国内民用

公开遥感影像最高精度梯队，可全面支撑自然资源、农业、应急、地质防灾等多领域业务。依托卫星数据，当地可动态监管耕地“非农化”“非粮化”，监测城建、绿地变化；遇洪涝、山火等突发事件时，联动无人机搭建“天空地”应急体系，高效支撑抢险救灾。卫星采集数据将接入智慧蓉城平台，面向社会开放共享。

据介绍，后续“蓉城一号”将联合商业卫星组网扩容，统一全市时空数据标准，实现城市遥感数据统筹调度。卫星落地还将补齐成都卫星全产业链条短板，助推当地集聚卫星研制、测运控、遥感应用相关企业。

科技

遥感融合AI技术
破解农田灌溉用水监测难题

近日，我国在农业灌溉用水核算领域取得重要技术进展，有效破解农田灌溉用水精准监测难题。

据介绍，传统灌溉用水统计多依赖人工调查、分级统计及行政上报，存在周期长、成本高、空间精度有限等问题，难以适配农业精细化管理与水资源动态调度需求。该研究融合多源遥感数据、深度学习算法与水量平衡机理，搭建起遥感监测、物理约束、智能算法三位一体技术框架。通过卫星数据融合优化水文数据精度，依托地表温度差异精准识别农田灌溉时段与范围。研究团队创新运用水量平衡规律，借助人工智能估算非蒸散损失参数，精准反演灌溉用水量，整套技术方法稳定性强、可靠性高。

基于该技术，研究建成我国近 20 年 500 米分辨率灌溉用水数据集，是当前国内分辨率最高、时间跨度最长的灌溉用水估算成果，为农业节水治理、水资源精细化管理、粮食安全保障提供坚实的技术支撑。



中测坤源大模型实现光伏遥感提取技术突破

为高效精准开展光伏发电设施遥感监测核查，中国测绘科学研究院依托自研中测坤源大模型（TerraMaster），完成光伏设施目标遥感智能提取工程化生产性试验，有效提升复杂场景下光伏设施识别、提取精度与作业效能。

本次试验选取浙江德清县典型区域为实验区，基于2025年度卫星遥感影像，制作6087张1024×1024像素的光伏目标标准样本集，按8:1:1比例划分训练、验证、测试数据集，搭建标准化数据底座。实验基于Ubuntu系统搭建运行环境，依托Python3.9、CUDA12.1、PyTorch2.1.2框架提供算力支撑。

模型微调阶段采用AdamW优化器与交叉熵损失函数，设置200轮训练周期，搭配余弦退火学习率调度、权重衰减、随机路径丢弃等正则化策略，有效规避模型过拟合问题。本次试验选取YOLO 26模型开展对标测试，多维度评估结果显示，该大模型各项核心指标均优于基准模型，交并比核心指标达90.20%，较YOLO 26提升19.91%，光伏阵列边界定位精度实现大幅提升。

高精度遥感成果助力亚洲水塔水资源精准管控

近日，我国研究团队依托SDGSAT-1数据，在兴都库什-喜马拉雅（HKH）区域地表水监测领域取得创新研究进展。

HKH区域被誉为“亚洲水塔”，关乎近20亿人口水资源供给。受复杂高山地形影响，传统遥感监测易混淆山体阴影与水体，长期缺乏高精度动态水体监测产品。针对行业技术难题，研究团队创新融合SDGSAT-1夜间热红外与Sentinel-2多光谱数据，研发水体动态跟踪算法，成功构建2022年HKH区域10米分辨率水体动态数据集DWH10。该数据集总体精度达95.4%，Kappa系数0.93，性能显著优于多款国际主流同类产品，在阴影密集山区、小型河流监测中优势突出。

据悉，该数据集共识别约14.5万平方千米地表水体，有效解决该区域水体数据低估问题，为联合国可持续发展指标评估提供精准数据支撑。相关成果发表于国际遥感顶级期刊《Remote Sensing of Environment》，填补了HKH区域高分辨率水体动态产品空白，验证了SDGSAT-1夜间热红外数据在复杂地形遥感监测中的应用潜力。

5月18日，《2026中国北斗时空产业发展白皮书》正式发布，白皮书显示，我国北斗时空产业全面迈入规模化、产业化、全球化发展新阶段。2025年国内北斗时空产业总产值达13323亿元，其中基础板块卫星导航产业产值6290亿元，同比增长9.24%，产业整体发展韧性突出。

我国已建成涵盖芯片、模组、终端、系统集成到落地服务的完整自主产业链，2025年北斗终端全年销量超4.1亿台套，全品类终端社会保有量突破22亿台套。行业应用层面，各重点领域北斗终端保有量近4000万台套，同比提升23.96%，行业综合渗透率约90%；电力行业落地北斗终端超40万台，建成3000余座地基增强基准站。

大众消费市场成果亮眼，14亿部智能手机适配北斗定位、占比98%，1.6亿台智能可穿戴设备、超1亿台乘用车搭载北斗设备。目前，北斗产品已覆盖全球140余个国家和地区，“一带一路”沿线建成20余个海外服务中心。后续依托国家北斗规模应用工程，产业将加速拓展低空经济、自动驾驶、智能机器人等新兴应用场景。

214项

近日，市场监管总局发布公告，对检验检测机构资质认定实施“一单一库”管理。新规明确将测绘产品检验纳入资质认定事项清单，214项测绘产品检验标准正式纳入全国检验检测机构资质认定能力项目库。

本次调整依据《产品质量法》《计量法》实施，实现测绘产品检验领域全国统一管理、统一实施，清晰划定测绘检验机构准入边界，筑牢测绘行业规范化、标准化准入底线。此次政策落地过程中，相关行业标准完成系统性梳理，最终确定214项测绘标准纳入“一单一库”，作为全国测绘检验机构资质认定统一管理的权威依据，补齐了行业标准化监管短板。

下一步，行业主管部门将结合测绘检验工作实际及行业标准制修订进度，动态梳理研判，常态化优化能力项目库，配合市场监管总局完善“一单一库”动态管理机制，持续夯实测绘检验检测标准化基础，助力构建科学规范、高效有序的现代化测绘检验检测管理体系。[Z]

我国地理信息产业加快打造“空间智能体”

◎ 王立彬

随着人工智能与地理信息技术深度融合，我国地理信息产业加快打造“空间智能体”，不断完善数字中国建设时空基础设施。

中国地理信息产业协会会长李维森在近日举行的2026空间智能软件技术大会上表示，当前地理信息（GIS）与人工智能（AI）及大数据、云计算等加速融合，特别是人工智能技术持续迭代，多模态大模型的理解能力、生成能力与场景适配性实现质的飞跃，推动地理信息技术智能化进程全面提速。以超图软件为代表的我国地理信息企业持续促进AI与GIS深度融合，不断拓展地理信息应用新场景、新边界，推动产业迈向“空间智能 数智共生”新阶段。

李维森表示，地理信息是数字中国建设的时空基础设施，空间智能已在智慧城市、自然资源“一张图”、数字孪生工程等领域发挥重要作用。“十五五”期间，地理信息产业将紧扣国家战略与民生需求，围绕自然

资源智能监管、政务智能决策、城市智能治理等成熟领域，打造一批体现空间智能核心价值的标杆示范工程；同时主动开拓低空经济、智能驾驶、碳汇智能监测、数字乡村智慧治理等融合创新新场景，开发数据要素价值，推动标杆成果规模化落地，持续释放空间智能这一新动能。

2026空间智能软件技术大会正式发布SuperMap GIS 2026，自然资源部地理信息系统技术创新中心主任、超图软件董事长宋关福说，SuperMap就是一个桌面“空间智能体”。通俗地说，地理信息软件由此长出“大脑”，变成能听懂人话、自动干活的“空间智能体”，不再需要专业操作点菜单、写代码，就能按照自然语言要求调用工具，完成复杂的地图和空间分析。这标志着国产地理信息软件向“空间智能体”的高质量跃迁，也为海量地理信息进一步筑起数据安全屏障。☑（来源：新华社）

我国首次获得国际测量师联合会大会主办权

◎ 王晶 李斌

5月29日，在南非开普敦召开的国际测量师联合会2026年大会全体会议上，经投票，中国山东青岛获得国际测量师联合会2030年大会主办权。这是国际测量师联合会大会首次落户中国，青岛将成为首个承办这一全球测绘地理信息领域顶级盛会中国城市。

国际测量师联合会大会每四年举办一次，是全球测绘地理信息领域最权威的国际组织之一，汇聚了全球顶尖专家、行业领袖与技术精英，是引领行业创新、推动国际合作、共商可持续发展的核心平台。自然资源部、山东省、青岛市及中国测绘学会高度重视申办工作，明确由中国测绘科学研究院、青岛市自然资源和规划局、青岛市勘察测绘研究院具体负责。申办团队历经多轮严格评审，凭借扎实的组织能力、完善的保障条件、鲜明的城市特色与开放包容的合作理念，助力青岛成功获得国际测量师联合会大会主办权。

青岛作为我国沿海重要的中心城市、国家历史文化名城、现代海洋城市、国际性综合交通枢纽城市，与测绘地理信息事业渊源深厚：这里是中国水准原点所在地，是2020年珠峰高程测量的起算点；2026年成功举办全球测量师日中国主场活动，展现了百年测绘合作精神。

据介绍，国际测量师联合会2030年大会将致力打造开放包容、绿色低碳、影响深远的国际盛会，涵盖开幕式、高端学术论坛、前沿技术展览、海洋主题特色活动等，旨在凝聚全球力量，共商气候变化应对、空间治理、可持续发展等议题，推动行业薪火相传与青年人才成长。未来4年，青岛将高标准、高质量、高水平做好大会筹备工作，全力呈现一场彰显中国特色、国际水准与海洋魅力的国际盛会。☑（作者单位：青岛市自然资源和规划局）

抵制“内卷”无序竞争 地理信息行业出台七项倡议促高质量发展

◎ 本刊记者 陈庆贺

6月1日，中国地理信息产业协会印发《关于抵制“内卷式”竞争，推动我国地理信息产业高质量发展的倡议书》，面向全国各级地理信息行业协会、会员单位发出全行业自律倡议，落实国家整治“内卷式”竞争相关部署，净化行业市场环境，依托规范竞争培育新质生产力。

地理信息是重要的战略性数据资源与新型生产要素，覆盖数据采集、加工处理、落地应用全链条，是数字经济和新质生产力的重要组成部分。受市场多重因素影响，当前行业部分细分领域供需矛盾突出，低价竞标、恶意诋毁同行、靠压缩项目质量换市场等“内卷”乱象接连出现，既破坏正常市场规则，也让不少企业缩减研发投入，阻碍产业提质升级。今年4月28日，中共中央政治局会议明确提出深入整治“内卷式”竞争、加快建设全国统一大市场，相关文件也要求行业协会健全自律机制。立足政策要求与行业现实，中国地理信息产业协会梳理形成七大行动倡议。

倡议书提出，全行业要提高思想站位，把整治“内卷”视作国家硬性治理任务，对标中央部署，凝聚发展共识；市场经营中，企业必须恪守测绘法、反垄断法、知识产权等相关法律，严禁亏本接单、侵权造假等不

正当竞争行为，同时呼吁采购单位优化招标投标细则，降低报价评标占比，抬高技术方案打分权重。

在产业发展上，倡议书把科技创新摆在突出位置，推动地理信息与人工智能、大数据、云计算、物联网等技术深度融合，攻坚关键“卡脖子”技术，以技术增值跳出低价内卷怪圈。产业链层面，搭建产学研用合作平台，鼓励龙头企业开放平台资源，带动中小微企业嵌入产业链分工。

在市场拓展上，一方面依托时空数字底座赋能各行各业，挖掘政企、民用新兴市场；另一方面搭乘“一带一路”发展快车，参与数字丝绸之路、空间信息走廊建设，推动国产地理信息技术、产品、标准出海。同时，倡议全行业合力搭建信用体系，企业完善内部风控与诚信管理制度，常态化开展员工诚信培训，以长效自律筑牢行业发展底线。

倡议书指出，破除“内卷”非一日之功，推进高质量发展任重道远。抵制“内卷式”竞争，关乎每一位从业者的切身利益与地理信息产业的长远发展，全行业应以价值为导向、以法规为底线、以自律促规范、以创新谋长远，坚决摒弃无序及同质化低效竞争，走好高质量、可持续的发展道路。☑



大国经纬度 院士赤子心

——四位测绘院士的精神图谱

◎ 本刊特约记者 张永强

当北斗卫星划过天际，当地图从纸面跃入数字空间，当国产测绘装备打破海外垄断，当时空大数据守护黄河安澜——这些刻进国家发展年轮的成就背后，站着四位把毕生献给测绘地理信息事业的院士。

他们是各自领域的开路先锋：

许其凤院士隐姓埋名深耕卫星导航，把“中国星”的精度刻进大国重器；

高俊院士重构地图认知边界，让“方寸经纬”撑起数字中国的空间底座；

刘先林院士以“工人院士”的朴实本色，用自主创新把中国测绘从“跟跑”推向“领跑”；

王家耀院士年逾九旬仍守在科教一线，把“把地球搬进实验室”的理想，种进一代又一代青年学子的心里。

所谓院士精神，从来不是挂在墙上的荣誉证书：它是“以身许国”的赤子之心，是“十年磨一剑”的沉潜定力，是“把论文写在大地上”的务实底色，是“甘为人梯托后浪”的无私襟怀。

当前，测绘地理信息正加速向时空智能升级，高水平科技自立自强的号角已经吹响，我们更需要从院士的人生里汲取力量——以山河为卷，以奋斗为笔，把个人的科研坐标，锚定在国家最需要的地方。

本期“特别关注”栏目，我们走近许其凤、高俊、刘先林、王家耀四位院士的科研人生，打捞那些藏在经纬坐标里的精神密码。

愿这组报道，成为一束光，照亮更多测绘人前行的路。





许其凤： 以身许北斗 其凤德如璧

在中国卫星导航事业的苍穹之上，中国工程院院士、网络空间部队信息工程大学教授许其凤是一颗始终灼灼生辉的星。从20世纪60年代投身卫星大地测量，到提出北斗二号核心星座方案，再到耄耋之年带病坚守一线，他将毕生才智都献给了祖国导航事业。那句“卫星需要定位，人生更需要定位”，是他一生的注脚——这位终生自称“许教员”的科学家，以“避短扬长、独辟蹊径”的智慧与“活到老、学到老、干到老”的执着，写就科学家精神与北斗精神最生动的范本。

淡泊守拙：坐得住冷板凳的拓荒者

许其凤的科研路，起步于数十年的静默深耕。1953年考入解放军测绘学院，1958年留校任教后，他在助教岗位上一干就是18年，把基础打成了“助教精”。1975年，他牵头研制出“小型卫星测向仪”，开创国内卫星测量新领域，拿下1978年全国科学大会奖。荣誉让他的脚步更加有力。20世纪80年代，他率先配齐小型计算机自学编程，写出国内第一部系统论述GPS的专著《GPS卫星导航与精密定位》，为我国卫星导航理论奠定下第一块基石。

学界喧嚣逐利，他却始终清醒：科研投入从不吝啬，个人生活却简朴到近乎苛刻。70岁当选院士时，本可功成身退，却因当选被撤销退休命令，他笑着调侃“不用下岗了”，随即投身北斗建设。与爱人常年两地分居，直到80岁才住进安置房，面对家人“跟了你一辈子，快80才住上新房”的打趣，他坦然一笑——服从安排、不计得失，早成了他的本能。这份甘坐冷板凳、耐得住寂寞的定力，让他一次次在无人区踏出新路。

破局开路：北斗星座的“中国设计者”

许其凤最广为人知的贡献，是北斗二号论证时的关键抉择。当时主流意见倾向照搬美国GPS的中圆地

球轨道（MEO）方案，他却敏锐戳破了路径依赖的陷阱：照搬西方路线只会让北斗困在“三流水平”。顶着四面八方的质疑，他提出“避短扬长”，创新设计了“GEO（地球静止轨道）+IGSO（倾斜地球同步轨道）+MEO”混合星座方案，仅用少量卫星就依托本土站点实现亚太区域高精度覆盖，既绕开了技术短板，又为国家节省了巨额经费。

这个当初被不少人视作“异想天开”的方案，最终成了北斗二号乃至北斗三号系统的核心骨架。如今北斗三号性能全面超越GPS，日本QZSS、印度NavIC等区域导航系统也借鉴了此类设计。“嚼别人啃过的馍没味道”是他最直白的科研魄力。

甘为人梯：一辈子当“许教员”

头衔虽多，许其凤最看重的身份始终是“许教员”。他把所有荣誉都归于集体，总说自己的成长离不开大地系的培养。2013年北斗二号专项奖励申报时，他主动划掉自己的名字，把所有立功机会留给了年轻学者。年过七旬当选院士，仍坚持给本科生上课，迎新、毕业晚会总能看到他的身影；69岁考下驾照，82岁还按时完成年审，那份乐观韧劲感染了身边每一个人。

他待人赤诚，坚守原则却寸步不让。当选院士后立下“收材料、不收礼物”的铁律，坚决抵制造假浮夸的学风，用清正廉洁守住了科研工作者的底色。他不遗余力推广北斗应用，支持国产装备打破国外封锁，助力2020年珠峰测量设备全面国产化，展现了战略科学家的宏大格局。

燃尽余晖：生命最后的科研坚守

2015年确诊肺癌后，许其凤的人生进入“倒计时”，却从未放下手里的公式和数据。插着管子、忍着痛苦，他仍在病房餐桌上独自编程推导，不肯用现成成果“凑

数”；病情稍缓，就赶去中国卫星导航大会、北斗应用大会做报告，想把自己的经验多留一点给后来人。

许其凤院士 2018 年获评中国卫星导航“终身成就奖”，2019 年摘得中国卫星导航年会最高奖北斗奖。2020 年 7 月 2 日在北京逝世，享年 84 岁。临终之际，他仍牵挂着北斗全球组网工程，一生皆为北斗事业耕

耘；同月 31 日，北斗三号全球卫星导航系统正式开通，这位前辈毕生追求的北斗梦终得圆满。

以身许北斗，其风德如璧。他以身为笔，用一生践行了“把知识筑牢空间长城，以心血铸就和平之盾”的誓言。他留下的精神火种，正引着更多后来者，在星辰大海的征途上继续前行。☑



高俊： 执笔绘山河 赤心报家国

“今年我将跨过 90 岁，有幸与地图相伴 70 年。对我来说，地图不是薄薄的一张纸，而是整个世界。”2023 年 4 月 28 日，郑州大学地图博物馆开馆仪式上，中国科学院院士、地图学与地理信息系统学家高俊的深情告白，道尽一位科学家与祖国测绘地理事业生死相依的毕生情缘。从青春年少到白发苍苍，从三尺讲台到科研前沿，他用近七十载光阴执笔绘山河，赤心报家国，在神州大地上写就了厚重的科学家精神篇章。

深耕学理，奠基现代地图学体系

1933 年生于北京的高俊，1956 年毕业于解放军测绘学院，后留校任教，从此扎根军事测绘教育与科研一线。他治学视野恢宏，20 世纪 60 年代便在《测绘学报》发表明清地图史研究重磅成果，奠定国内地图学史研究领域权威地位。

科研路上，他主持设计我国首部《军官地图集》，获全军军事学术研究成果一等奖，为机械化时期国防建设提供了经典范式；提出“地图是人们空间认知的重要工具”论断，完善现代地图学理论体系中的空间认知理论，推动我国地图学实现原创性理论创新。

20 世纪 90 年代，他率先将虚拟现实（VR）技术引入地图学，开展地形环境仿真研究，构建可交互虚拟战场环境。经他近二十年倡导推动，“作战环境学”于 2010 年正式纳入国家学科目录，成为军事学二级学

科，完成传统技术学科向新兴学科的转型跨越。

毫厘出征，补齐中原地学短板

2018 年，85 岁的高俊迎来新的使命。彼时，郑州大学正处于“双一流”建设、向综合性研究型大学迈进的关键期，地学却是明显短板。时任校长刘炯天院士诚挚邀约，高俊秉持“国家在需要处，院士当在前线”的信念，毅然受聘担任郑州大学智慧城市研究院首席科学家、地球科学与技术学院首任院长。

初到郑大，他迅速谋篇布局：建议搭建地图学空间认知研究平台，提出以特色“地图博物馆”为突破口带动中原高校地学发展。85 岁的他亲拟建设方案，赴各地调研，多次组织筹备会议，推动举办首届地图与空间认知学术会议凝聚共识。历经三年多选址、设计、馆藏征集与方案论证，2023 年 4 月 28 日，全国首家高校地图博物馆正式开馆。该馆采用“7+2”架构，融合静态展示与数字交互，集学术研究、人才培养、科普教育于一体，既是高俊晚年的心血结晶，更成为国内地图学领域重要的跨学科研究里程碑。

淡泊奉献，精神灯塔照亮后学

高俊不仅建起物理意义上的地图博物馆，更以高尚人格与无私品格，筑起一座精神丰碑。

他生活极其简朴：一件带补丁的毛衣穿了多年，

日常粗茶淡饭，办公场所陈设朴素。但在支持事业发展上，他却倾其所有，将毕生收藏的 800 余册珍贵古地图、绝版地学书籍悉数捐赠，又将积攒的 200 万元个人补贴全部捐出，设立“地图学空间认知学科发展基金”，专项支持青年人才成长与学科建设。

即便年届九旬，高俊仍坚持走上讲台讲授“开学第一课”，投身科普育人一线；牵头打造“裴秀杯”红色地图设计大赛，推动“七一红色地图展”成为沉浸式思政阵地。在他的引领下，郑州大学地球科学学

科新晋 ESI 全球前 1%，形成院士领军、中青年骨干为支撑的优势地学团队。

纸笔绘山河，一生铸忠魂。七十年坚守，高俊以行动完美诠释爱国、创新、求实、奉献、协同、育人的科学家精神。他一身布衣却心藏万里山河，一生简朴却拥有无比富足的精神世界。如今，这位“90 后”院士依然如灯塔般照亮中国地图学事业的前路，激励着无数科研工作者与青年学子以家国为己任，在新时代新征程中勇担使命、接续奋斗。☑



刘先林： 布衣铸重器 丹心映山河

一张高铁二等座上伏案工作的照片，让一位白发院士走进亿万国人视野；一台台打破垄断的国产测绘仪器，让中国测绘科技屹立世界前沿。他就是中国工程院首批院士、摄影测量与遥感专家刘先林，一生以“把地球带回家”为使命，用六十余载坚守，书写了自主创新、至诚报国的时代华章。

矢志铸器：让中国测绘告别“卡脖子”

1939 年，刘先林出生于河北无极，1962 年从武汉测绘学院毕业后，便将个人理想与国家测绘事业紧紧相连。20 世纪 60 年代，国家建设急需 1:1 万大比例尺地形图，当时国内技术受限，难以满足生产需求。刘先林临危受命，潜心钻研一年，首创“坐标法解析辐射三角测量”，破解了加密精度低的难题，成为我国航空测量规范中首个由中国人创立的核心方法，为三线建设、农田水利等重大工程提供了精准底图。

此后，他始终瞄准国家急需，一路攻坚克难，不断刷新我国测绘科技高度。1968 年，他首次将计算机技术引入航测生产，编制 DJS-5 航测内业加密程序，大幅提升生产效率；20 世纪 80 年代，成功研制 ZS-1 正射投影仪，填补国内丘陵山地正射影像图生产空白；

牵头研发的 JX-3 解析测图仪，迫使进口仪器大幅降价，实现我国高端测绘仪器从依赖进口到自主出口的转折，荣获国家科技进步奖一等奖。

2007 年，刘先林牵头研制的 SWDC 数字航空摄影仪通过鉴定，打破国外数字航摄仪垄断。2008 年汶川地震，SWDC 系列航摄仪第一时间飞入重灾区，发回高清影像，为抗震救灾决策提供关键支撑，被外媒称赞中国拥有“即时测绘”能力。

古稀之年，他仍带领团队攻克 SWDC 新一代航摄仪、SSW 车载激光建模测量系统等关键技术，推动我国测绘技术从胶片时代迈向数字孪生时代，为实景三维中国建设筑牢技术根基。

从解析测图到数字摄影，从航空遥感到车载建模，刘先林主持研制一系列核心测绘装备，彻底结束我国先进测绘仪器依赖进口的历史，为国家节省资金超两亿元，两次荣获国家科技进步奖一等奖，用实干挺起中国测绘科技的脊梁。

一身布衣：朴素底色映赤子初心

生活中的刘先林，是众人眼中的“布衣院士”。他出差常年坐高铁二等座，只为方便与团队交流；

办公室里一张旧桌、一把硬木椅，一用就是二十多年，他坦言“太舒服容易走神”；手机被透明胶带反复缠绕，却24小时为用户开通技术热线，“仪器出问题，随时找老刘”成为行业口碑；谈判桌上，他一眼识破外商高价软件玄机，为国家省下巨额经费；车载激光系统缺乏经费，他自掏二十余万元购买器件，院士津贴、特聘教授津贴全数返还团队与学校。

他不重排场、不慕虚名，省下的每一分钱、每一分钟，都留给科研与国家。这种“抠门”与慷慨的反差，正是老一辈科学家淡泊名利、无私奉献的生动写照，被网友赞为“高铁二等座上最高贵的乘客”。

躬身实干：实验室外的创新战场

刘先林的科研，从不止于书本与实验室，而是扎根一线，把试验场当作主战场，用实干破解一个个科研瓶颈。

他常说：“能现场不远程，能实测不估算。”为加快设备研发，他把周例会搬到飞机库，边装机边调试，两小时解决过去两周才能定位的故障；研究院无空地建检校场，他巧妙利用家属楼墙面布设630余个标志点，满足仪器精度标定需求；寒冬里，他亲自和团队搬砖布设控制点，验证车载系统精度；国际竞标中，他带队熬夜攻坚，以高性价比方案赢得海外订单，让中国测绘装备走向世界。

病痛也挡不住他的科研脚步。身患重症红皮病时，全身瘙痒难忍、彻夜难眠，他仍坚守岗位，周末无休、

带病攻关，用顽强意志推动项目突破。在他身上，科研不是象牙塔里的学问，而是亲手把图纸变成仪器、把创新转化为生产力的实干担当。

薪火相传：精神之光照亮前行路

在同事眼中，刘先林是亲力亲为的“工人院士”，上班最早、下班最晚，一身工装调仪器、拧螺丝；在行业内，他是极具远见的战略科学家，每一次技术突破都为行业提前布局，打通产学研用全链条；在用户心中，他是随叫随到的“24小时客服”，无论高原海岛，他都有求必应、终身负责；在学生眼里，他是严师慈父，手把手传授技术，默默帮扶困难学子，培养出一批批行业骨干，形成“院士—总师—骨干”人才梯队。

从国内攻关到国际竞标，刘先林带领团队凭借高性价比方案赢得海外订单，让中国测绘装备走向世界。瑞士杂志评价“中国测绘仪器的崛起，始于刘先林那台JX-3”；德国专家感叹，他让行业收起傲慢。他用实力让中国智造赢得国际尊重。

从青丝到白发，从实验室到山河间，刘先林一生只做一件事——让测绘仪器实现中国造，把祖国山河精准丈量。他以爱国为魂、以求实为本、以创新为要、以协同为力、以敬业为责、以育人为任，用六十余载坚守，铸就新时代科学家精神的丰碑；他以布衣之身铸国之重器，以赤子之心赴时代之约，用坚守与奉献，为广大科技工作者树立了不朽标杆，激励广大科技工作者心怀“国之大者”，勇攀科技高峰。☑



王家耀： 矢志经纬 智绘山河

“一张地图，有时能决定一支军队的命运，甚至一个国家的未来。”半个多世纪前，当年轻的王家耀在军事测绘图板上落下第一根线条时，他或许未曾想到，毕生事业将超越一方图纸的界限，最终融入一个

民族迈向数字时代的宏伟蓝图。

中国工程院院士王家耀的科教人生，是一条用点、线、面镌刻祖国轮廓的测绘之路，更是一条用智慧与创新点亮“数字中国”的求索之路。

扎根中原：在“经纬”间奠定学术基石

王家耀的学术生命，与中原文脉和军事测绘的严谨基因紧密相连。在模拟制图时代，地图是地理信息的主要载体，其背后复杂的投影变换、符号化语言和制图综合理论，构成这门学科的基石。王家耀在这片沃土上深耕细作，特别是在地图制图综合（如何在不同尺度下选取、化简和概括地理要素，以保持地图清晰性与地理真实性）方面，做出系统而深入的研究。这项工作如同为建筑绘制精准结构图纸，为他日后驾驭更复杂的地理信息世界奠定了坚实的逻辑与空间思维基础。

真正的智者总能听见时代的潮声。20世纪七八十年代，当许多人还沉浸于墨水和刻笔的“艺术”时，王家耀以其科学家特有的敏锐，捕捉到“数字”所蕴含的颠覆性能量，成为国内最早推动地图学从“模拟”走向“数字”的开拓者之一。他预见到，地理信息只有转化为计算机能够识别、处理和分发的数据，才能从静态的“图画”变为动态、可分析、可服务的“活知识”。这是一场从“绘山河”到“算山河”的思维革命，王家耀成为这场革命的先行者。

开疆拓土：以“智慧”描绘数字新山河

矢志经纬是初心与坚守，智绘山河则是使命与超越。王家耀的科研生涯，完美诠释了从“守正”到“创新”的跃迁。他不满足于仅仅将地图数字化，而是致力于构建一个能够理解、分析和模拟地理过程的“智慧”系统——这就是地理信息系统（GIS）的核心。

他带领团队在数字地图制图理论与技术、GIS基础平台构建等关键领域进行了开创性探索。这意味着必须面对一系列艰巨挑战：如何建立地理空间数据模型？如何设计高效的空间数据库？如何实现复杂空间关系的分析与可视化？每一次突破，都为“数字中国”的大厦增添一块基石。

他的工作使地理信息从测绘专业领域，迅速渗透到城市规划、国土资源管理、环境保护、交通运输、国防安全乃至百姓日常的导航服务中。从长江三峡工程的宏观论证，到城市地下管网的精细管理；从国土资源的动态监测，到突发公共事件的应急指挥，王家耀及其团队的研究成果，如同无形的经纬线，深深织入国家治理能力现代化与社会经济运行的脉络之中。他“智绘”的，不仅是纸上山河，而是一个服务于国计民生、立体、鲜活的智慧数字山河。

薪火相传：于“杏坛”上播撒创新火种

“一花独放不是春，百花齐放春满园。”王家耀不仅是杰出的科学家，更是令人敬仰的教育家。数十载耕耘于三尺讲台，他桃李满天下，许多弟子已成为我国测绘地理信息领域的领军学者、核心技术骨干和行业栋梁，形成一个富有创造力与凝聚力的学术梯队。

他的教育远不止知识灌输。他常教导学生要“站在国家需要思考问题”，将个人志趣与国家战略需求紧密结合。他注重培养学生“顶天立地”的学术品格：“顶天”即要追求理论前沿，敢于挑战国际难题；“立地”则要求研究扎根中国大地，解决实际问题。

在他的言传身教下，严谨到近乎苛刻的治学态度、开放包容的国际视野、甘于坐冷板凳的执着精神，以及淡泊名利的人格风范，成为弟子们心中最宝贵的财富。他搭建的不仅是实验室和团队，更是一个传承科学家精神、持续产出创新成果的学术生态。这份“育人”的功业，其深远影响不亚于他任何一项具体科研成果。

精神丰碑：用“坚守”铸就时代楷模

纵观王家耀院士的科教人生，一座以科学家精神铸就的丰碑巍然矗立。

那是“胸怀祖国、服务人民”的爱国精神。他将个人学术追求，毫无保留地融入国家测绘事业从传统到现代、从落后到赶超的历史进程之中，心系山河，科技报国。

那是“勇攀高峰、敢为人先”的创新精神。从传统地图学到数字制图，再到地理空间智能，他始终走在学科发展前沿，以开拓者的勇气，一次次带领团队闯入“无人区”，为我国在该领域赢得国际话语权。

那是“追求真理、严谨治学”的求实精神。他对地图上的一笔一画、对代码中的一逻辑一算法，都秉持极致的严谨。这种对真理与精度的敬畏，是测绘工作的生命线，也是他取得一切成就的根基。

那是“甘为人梯、奖掖后学”的育人精神。他将培养下一代视为比个人科研成果更重要的责任，倾囊相授，搭建平台，为测绘事业可持续发展筑牢人才根基。

“矢志经纬”，是王家耀用一生坚守对地理空间的探索与描绘；“智绘山河”，是他以前沿科技赋能国家发展的生动实践。两者交融，勾勒出一位战略科学家从“认识世界”到“改造世界”的完整精神图谱。

（本栏目文章根据中国测绘学会“测绘大讲堂”视频材料撰写）

郑州圆满完成 2026 年度地质灾害应急测绘演练

◎ 廖绍辉

为全面强化地质灾害应急处置能力，健全应急测绘保障工作体系，近日，郑州市自然资源和规划局联合新郑市人民政府，在新郑市具茨山区域组织开展 2026 年度地质灾害避险专项演练。

此次演练紧扣区域地质特征与汛期气候规律，以持续性强降雨引发山体滑坡、崩塌等多发地质灾害为模拟场景，完整复刻上级预警发布、属地应急响应启动、隐患点位排查、受险群众疏散转移的全链条处置流程，全面检验属地各职能部门协同联动、应急处置的综合实战能力。按照演练方案分工，郑州市自然资源和规划局重点承担应急测绘保障任务，夯实防灾减灾工作数据底座。

演练期间，郑州市自然资源和规划局技术支撑单位快速响应、闻令而动，第一时间集结应急测绘专班，配齐专业设备赶赴指定作业区域。作业团队依托工业级无人机开展全域航拍，快速采集灾害隐患区域高清遥感影像；技术人员同步开展数据解析、图层标注、要素整合等工作，高效绘制涵盖地质隐患边界、受威胁民居点位、人员避险转移路线、应急安置区域等核心要素的应急专题图，并第一时间上报演练指挥部。

精准直观的地理信息成果，为指挥部研判险情等级、制定转移方案、调配应急资源提供了科学决策支撑。整套作业流程衔接顺畅、响应高效，充分彰显郑州市应急测绘队伍过硬的实战能力与快速保障水平。

下一步，郑州市自然资源和规划局将复盘梳理演练短板弱项，修订完善应急测绘专项预案。同时持续强化人才培养与技术投入，依托实景三维郑州、全域基础测绘数据库等现有资源，优化应急测绘作业模式，全面提升突发地质灾害应急保障能力，以专业化测绘力量守护辖区自然资源安全与人民群众生命财产安全。

（作者单位：郑州市自然资源和规划局）



长垣市扎实开展北斗基准站巡检运维工作

◎ 刘新军 李一鸣

为强化北斗导航定位基准站规范化管理，夯实全域测绘服务保障能力，近日，长垣市自然资源和规划局按照河南省自然资源厅统一部署，组织开展 2026 年上半年北斗导航定位基准站专项巡检运维工作，全力保障基准站持续稳定运行。

此次巡检主要覆盖苗寨、蒲东两座北斗基准站。受客观条件影响，两处站点巡检难度较大：苗寨基准站位于已关停的育才小学内，场地出入协调困难；蒲东基准站场地用途变更，现由蒲东交警队使用；加之站点位置偏远、交通不便，给现场作业带来诸多挑战。面对诸多难题，该局测绘工作人员迎难而上，科学统筹工作方案，有序推进巡检各项工作。

作业期间，工作人员分别对接学校及蒲东交警队

负责人，协调作业场地。对照省级巡检规范要求，工作人员重点检查站点环境、观测墩、接收机、供电、网络、防雷设施六大模块，全面排查设备故障与运行隐患，并对机房及观测墩周边环境进行清扫整治。同时联合电力、联通部门及设备技术人员，对供电、通信线路进行加固检修，完善站点运行配套保障，及时汇总上报全套巡检资料，顺利完成上半年巡检任务。

下一步，长垣市自然资源和规划局将建立常态化巡检运维长效机制，定期开展隐患排查与设备养护，持续筑牢基准站运行安全屏障，稳定提升高精度定位服务质量，为辖区国土测绘、工程建设、资源管控及应急保障等工作，提供坚实可靠的北斗定位与测绘数据支撑。（作者单位：长垣市自然资源和规划局）

笃行实干担使命 精准测绘绘华章

——方城县启腾测绘有限公司发展纪实

◎ 张留阳 席伟东

在方城县域发展建设进程中，有这样一支测绘队伍：他们以脚步为尺，丈量山河肌理；以数据为墨，勾勒发展蓝图。“精准、高效、规范”的工作准则，被深深镌刻进每一次勘测作业、每一寸乡土大地。这便是方城县启腾测绘有限公司（以下简称“启腾测绘”）。

近年来，启腾测绘锚定自然资源调查监测与测绘服务保障核心定位，坚持技术装备迭代升级与作风建设提质增效双轮驱动，将制度刚性约束贯穿业务全流程，深耕主业、聚力攻坚，走出了一条党建引领、技能强基、改革赋能的特色发展之路。

党建铸魂，夯实企业发展根基

“急难险重的工作任务，更需要坚定的理想信念和过硬的工作作风支撑。”这是启腾测绘长期坚守的发展理念。启腾测绘始终以党建引领作风建设，把党建工作作为企业发展的根本与核心，通过常态化思想淬炼筑牢党员党性根基、转变全员工作作风、提振干事创业精气神。依托专题党课、廉政谈话、红色教育基地研学等多样化党建活动，让“热爱祖国、忠诚事业、艰苦奋斗、无私奉献”的新时代测绘精神根植全员心中，推动中央八项规定精神落地落细，转化为全体员工的思想自觉与行动自觉。

实干是作风建设的核心，落地是作风建设的关键。启腾测绘积极设立“党员先锋岗”，组建党员攻坚突击队，充分发挥党员示范引领、先锋带头作用。通过推行师徒结对、跟班带教、联合攻坚等工作机制，聚力破解行业技术难题，让榜样力量扎根作业一线、赋能日常工作。经过长期党建与业务深度融合，全体一线员工深刻践行务实严谨的工作作风，有效规避作业失误、减少工作疏漏，推动党建与业务双向赋能、提质增效。

深耕山野，淬炼一线实干担当

扎根山野一线、坚守实干奉献，是启腾测绘全员坚守的职业初心与责任本色。七峰山生态旅游区升级改造项目，是方城县深耕绿色发展、壮大文旅产业的重点民生工程，项目稳步推进、景区提质升级的背后，离不开启腾测绘的默默坚守与精准保障。作业期间，

测绘人员深入偏远山野区域，依托无人机航拍、专业测绘仪器等，勘测区域地形、地貌、植被分布等基础地理信息，采集的高精度测绘数据，为景区整体规划、工程施工建设提供了坚实的科学依据。

野外测绘作业环境复杂、条件艰苦，各类突发挑战层出不穷。在景区作业中，项目团队精准排查出山体滑坡安全隐患，第一时间提出专业加固整改建议，协助施工单位优化施工方案，成功化解地质安全风险。在北部山区测绘任务中，作业区域地势陡峭、荆棘丛生，一名测绘队员不慎扭伤脚踝，仍坚守岗位、咬牙攻坚，圆满完成全部测量任务。不畏艰险、甘于奉献的优良作风，成为启腾测绘服务县域建设的鲜明底色。

改革提质，赋能地方高质量发展

立足主业深耕细作，依托改革赋能发展，是启腾测绘与时俱进的责任担当。在方城县自然资源局统筹推进的工程建设项目“多测合一”改革工作中，启腾测绘主动担当、积极作为。为精准适配改革新标准、新要求，启腾测绘主动转型升级，加大无人机航测、三维激光扫描等新型技术设备投入，持续强化服务意识、恪守契约精神，郑重推出“一次委托、一次收费、一次取结果”便民服务承诺。

改革落地以来，方城县工程建设项目审批效率提升约25%，测绘作业时长缩短30%至40%，企业测绘成本降低40%以上，切实为市场主体减负增效。凭借精湛的技术实力与优质的服务保障，启腾测绘在改革发展进程中稳步前行，赢得市场与社会的广泛认可。

耕耘终有收获，实干铸就荣光。2025年，启腾测绘凭借扎实的业务能力与突出的工作成效，被河南省测绘学会授予全省测绘地理信息科技工作“先进集体”称号；牵头实施的东方新城测绘项目荣获河南省优秀测绘工程二等奖，成为全县“多测合一”改革落地见效的生动实践。

山河为卷，步履作笔。启腾测绘将坚守初心使命，持续深耕测绘主业、锤炼专业本领，以务实高效的测绘服务，为方城建设现代化南阳市域副中心城市赋能添力。□（作者单位：方城县启腾测绘有限公司）

脚步量大地 经纬织华年

——许昌钧州煤炭咨询设计研究院工作纪实

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 马子建 王艳锋

具茨叠翠，颍水绵长。许昌钧州煤炭咨询设计研究院（以下简称“许昌煤炭院”）成立近30年来，这支出身煤炭勘察设计、深耕煤矿测绘的技术队伍，跳出传统矿山测绘赛道，把矿山测量精密规范移植城乡全域测绘，实现从地下矿井测绘到地上精准测绘服务，以技术担当践行企业社会责任。

近年来，许昌煤炭院被河南省住房和城乡建设厅、河南省勘察设计协会、河南省测绘学会、河南省地理信息产业协会及许昌市住房和城乡建设局等部门评为“先进单位”，获得“河南省优秀测绘工程奖”“河南省地理信息产业优秀工程奖”等多项荣誉。在自主研发方面，许昌煤炭院马子建发明专利《一种无人机测绘数据误差的修正方法》1项；杨宏图发明实用新型专利《一种地下管线探测装置》等11项；王艳锋编制软件著作权《煤矿井下测量数据处理系统》等7件。

井下测绘，赋能矿山高质量发展

近年来，许昌煤炭院聚焦禹州市矿区测绘工程项目，对该市矿井进行常态化季度测绘，准确全面反映井下采掘动态，依托真实可靠的专业测绘成果与图纸数据，为主管部门开展监管执法、核查超层越界开采、规范矿山生产行为提供技术依据。

“大家东西都带好了吧？准备下矿井了！”“都带好了！”许昌煤炭院测量人员穿着反光衣、佩戴安全帽，携带防爆全站仪、瞬变电磁仪、三脚架等测量设备，搭乘乘人装置下至矿井。

井下地形复杂，环境恶劣。测量人员利用防爆全站仪、瞬变电磁仪、三维激光扫描仪等装备，对每条巷道，每个工作开采面逐个测量和物探。遇到陌生井下环境，他们从不畏惧，依然到开采最深、延伸最远的巷道实地测量，确保掌握矿山开采现状。

矿井里寂静无声，只有移动的反光衣格外显眼。测绘人员有条不紊地进行作业，设置好各项参数，瞄

准目标，机器不时发出清脆的“滴滴滴”声。不一会儿，测区位置的相对边长、角度、高差等数据就储存在防爆全站仪及电脑里了。

每一次井下测量，测量队伍严格按照煤矿安全规程及要求，精准完成生产矿井的控制测量、井上下联系测量以及陀螺定向和物探等任务，为企业安全生产提供准确可靠的测量成果。

“许昌煤炭院交付的矿区测绘工程项目成果，为煤矿安全生产、智能化转型奠定了基础，产生了良好的经济效益和社会效益。”禹州市应急管理局相关负责人表示。

土壤“体检”，提升土地资源安全

在高质量完成禹州市煤矿测绘、设计工作的同时，许昌煤炭院积极拓宽业务范围。2023年，该院承担禹州市第三次全国土壤普查工程项目。

“土壤普查涉及面广、环节多、专业性强，为保障土壤普查工作的科学性和严谨性，我们建立质量管理体系和普查数据质量追溯机制，将质量控制贯彻到土壤三普全过程。”许昌钧州煤炭咨询设计研究院院长杨宏图表示。

质量是土壤普查的生命线。该院积极部署，组织专业技术人员参加第三次全国土壤普查全过程质量控制、外业调查采样技术领队资格培训、成果汇总及编制技术应用专题培训等，切实提高专业技术人员的业务实战能力。

民以食为天，食以土为本。根据国家下发的点位信息，该院技术人员采样前充分踏勘，从样点校核到取土装袋，严格按照技术规范执行。每天采样结束，项目负责人就当天现场工作情况、任务完成情况、点位异常状况召开例行会议，所有问题日清日结，确保普查数据真实准确。

2024年，该院顺利完成禹州市第三次全国土壤普

查调查采样表层样点 999 个，覆盖禹州全域 26 个乡镇（街道）513 个行政村。通过翔实的外业调查数据和高质量的土壤采集样品，为禹州市第三次全国土壤普查成果汇总、专题制图报告编制打下坚实的数据基础。该项目被评为 2025 河南省地理信息创新应用优秀案例二等奖。

守好“禹州粮”，测绘助力“两区”划定

2025 年，许昌煤炭院承担禹州市粮食生产功能区和重要农产品生产保护区调整补划项目，通过数据比对和实地核查对全市 76 万亩粮食生产功能区进行调整补划，实现上图入库。

面对时间紧、任务重的挑战，许昌煤炭院技术人员加班加点，历时两个月高效完成了禹州市“两区”调整补划及公示确认工作，顺利提交了该项目全部成果数据。

从城镇到乡村，从平原到山区，该院技术人员用双脚丈量土地，用“绘眼”把握尺寸毫厘，用测量见证城市和乡村的发展变化。每当完成一个任务，他们又马不停蹄地赶到下一个任务点，重复着相同的动作——RTK 定位、记录数据。

一组组精准数据的背后，离不开测绘人员夜以继日的努力。白天野外，他们在田间地头里描绘地形地貌。夜晚办公室，他们伏案于电脑桌前，沉浸在每一组采集的数据中，认真绘制成图。

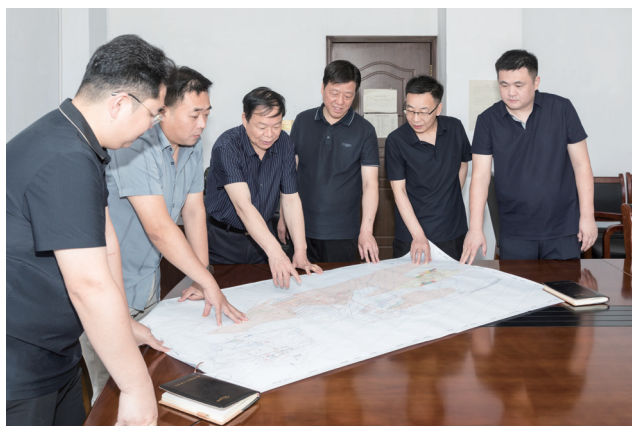
尽管操作设备的过程看似简单，但扛着设备在各个测点间行走却并不轻松。“RTK 等设备有十几斤重，需要定位的地方，不论是在山上、水边或者沟谷中，我们都要去精准测量。”该院技术人员表示。

“禹州市‘两区’划定项目成果，数据位置准确、资料齐全、图件清晰、调得准、补得足、数据精准，为优化禹州市农业生产布局，提升农业综合生产能力，保障粮食和重要农产品稳定安全有效供给、扛稳粮食安全责任提供了科学保障。”禹州市农村农业局相关负责人表示。

确权登记，筑牢农民财产基石

2021 年 6 月，受湖南省邵东市自然资源局委托，许昌煤炭院承接该市团山镇、界岭镇、火厂坪镇等农村宅基地和集体建设用地“房地一体”确权登记颁证服务项目。

接到省外测绘项目，许昌煤炭院副院长马子建身



● 禹州市矿区井上下对照图审核

先士卒，带领 25 人队伍远赴测区，从外业调查、外业测量、复核审查、内业建库均进行了周密部署，确保高质量完成邵东市农村“房地一体”确权登记。

清晨 7 点，朝阳尚未完全驱散田野的薄雾，一支身背全站仪、手持平板电脑的测量队伍已经出现在乡村。他们时而停下脚步核对坐标，时而与群众笑声交谈；他们丈量每一处宅基地，认真核实房屋权属信息；他们手中拿着的不仅仅是测量工具，更是一把能丈量土地，也能丈量人心的尺子。

夕阳西下，夜幕降临，当队员们完成最后一处农房测绘工作时，大家脸上的喜悦遮去多日的倦意……在他们的辛勤努力下，成功按期完成邵东市农村“房地一体”确权登记工作。

对这支来自河南的测绘队伍，邵东市自然资源局给予充分肯定：“感谢许昌煤炭院，这次‘房地一体’确权登记颁证项目成果，数据准确、资料齐全、图件清晰，使我们顺利为群众颁发了确权登记证书。”

砥砺前行正当时，踔厉奋发显担当。许昌钧州煤炭院立足国企社会责任，积极投身城乡建设与公益帮扶，近年来义务承接禹州市钧瓷非遗文化传承中心建设工程勘察、禹源光伏能源、中广核新能源风力发电、许禹供热长输管线等工程测量项目。同时开展多项捐助活动，为花石镇 9 个村投入 4.5 万元完善扶贫超市，为褚河镇 4 个帮扶村花费 9.5 万元安装路灯，向禹州市濂河文化中心捐赠 20 万元助力智慧城市建设。

“未来，许昌煤炭院将坚持强化测绘生产管理，加强技术人才培养，加大研发经费投入，在深耕煤矿测绘和设计基础上，充分融合先进测绘技术，为自然资源、智慧城市、智慧农业等领域提供高质量测绘服务。”杨宏图表示。☑

面向城市国土空间监测的水体提取研究

杨富民 马方 张伟 高明 冯思儒

(河南省测绘院, 河南 郑州 450003)

摘要: 水资源作为国土资源的核心组成部分, 其精准识别对国土空间规划治理具有重要意义。基于 Sentinel-2 遥感影像, 以郑州市主城区为例, 对比分析了 NDWI 阈值法、Isodata 非监督分类法和基于规则的面向对象分类法的水体提取效果。结果表明: NDWI 阈值法易受建筑物阴影及高反射率屋顶等“同谱异物”干扰, 导致提取结果噪声较多且破碎; Isodata 方法虽在一定程度上抑制了光谱混淆, 但对细小河流的连续性保持不足; 而基于规则的面向对象分类方法通过多尺度分割, 并融合波谱与空间几何特征构建提取规则, 不仅有效剔除了非水体干扰, 且对细小水体的完整性保留较好。该方法在城市复杂环境的水体提取精度较高, 可为城市国土空间监测提供可靠的技术参考。

关键词: 水体提取; NDWI; Isodata; 面向对象; 国土空间监测

1 引言

国土空间规划是国家空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图, 是各类开发保护建设活动的基本依据。国土信息的精准监测, 是国土空间规划动态监测工作落地实施的关键数据支撑^[1]。为满足“建立健全国土空间规划动态监测评估预警和实施管理机制”要求, 河南省选取 8 个现行国务院审批总体规划城市, 率先展开城市国土空间监测。水资源作为国土资源的核心组成部分, 其保护与动态监测是国土空间治理的重要内容, 直接关系到国土空间规划的科学性与实施成效。遥感技术凭借快速、精准、大范围的监测优势, 成为水体信息提取的重要手段, 利用该技术及时、准确获取区域水体信息, 助力国土空间规划与水资源管理协同推进。

对于水体而言, 其光谱特性受水本身的物质组成和形态影响。水体在反射、透射和吸收特性上存在差异, 为遥感技术探测水体边界提供了物理基础^[2]。水体提取过程中, 选取适当方法增强水体信息辨识度、抑制非水体信息干扰, 是核心技术思路^[3]。

目前, 光学遥感水体提取方法主要包括非监督分类^[4-6]和监督分类方法^[7-9], 常用的水体指数有归一化差异水体指数 (Normalized Difference Water Index, NDWI) 和改进的归一化水体指数 (Modified NDWI, MNDWI), 其中 NDWI 在抑制植被信息方面表现较好, 但在区分水体、建筑物和阴影方面能力较差^[2]。夏兴生等结合 NDWI 和 MNDWI 指数, 应用大津算法 (Otsu) 对多个湖区进行实验, 取得较好的水体提取效果^[10]。

武雷岗等针对黄河干流含沙量差异显著的特点, 构建了多光谱水体指数 (GSWI), 首先利用 GSWI 结合改进的直方图双峰法进行粗提取, 随后基于形态学处理进行优化, 实现水体的精确提取^[11]。赵文举等通过将 MBWI、EWI、MNDWI 与光谱波段进行多维组合, 利用随机森林 (RF) 算法筛选出最佳特征变量, 成功提取了研究区 39 个时相的逐年地表水体数据^[12]。

2 试验区及数据介绍

2.1 试验区概况

试验区选取河南省郑州市, 该市是经国务院审批的总体规划城市之一, 地处黄河、淮河两大流域之间, 地势西高东低, 地理位置位于东经 $112^{\circ} 42' \sim 114^{\circ} 14'$ 、北纬 $34^{\circ} 16' \sim 34^{\circ} 58'$ 。全市境内共有 124 条大小河流, 流域超过 100km^2 的河流有 29 条, 其中黄河流域有 6 条, 淮河流域有 23 条。城区内部水体较多, 包括细小河流、沟渠、湖泊等。选取郑州市主城区作为研究对象, 对复杂背景下城区内部水体进行提取方法研究。试验区概况如图 1 所示。

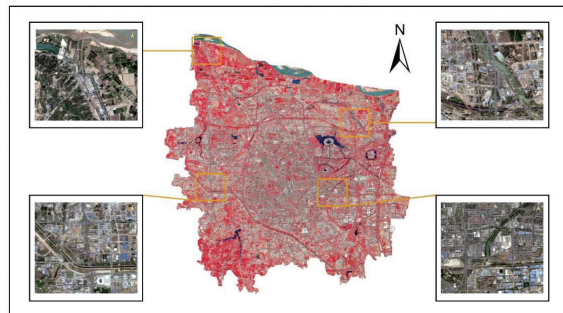


图1 试验区概况

作者简介: 杨富民 (1979—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事测绘工程、航空摄影测量等工作。

2.2 遥感数据

研究所用的遥感数据为 Sentinel-2A 卫星数据, 该卫星搭载的多光谱成像仪 (MSI) 共计由 13 个波段组成, 其中包括可见光波段 (红波段、绿波段、蓝波段)、水汽波段、近红外波段、短波红外波段和卷云波段。该数据的空间分辨率包括 10m、20m 和 60m。影像选取时间为 2021 年 6 月 15 日和 2022 年 6 月 1 日, 覆盖整个试验区, 产品处理级别为 Level-2 级, 云量在 0~2 之间。

3 技术路线

研究技术路线如图 2 所示, 具体如下: 首先, 利用 Sentinel-2A 遥感影像计算归一化差异水体指数 (NDWI), 采用阈值法和 Isodata 方法进行无监督分类, 将分类结果叠加在真实影像上进行定性分析, 并在试验区人工选取水体和非水体的验证样本, 计算混淆矩阵进行定量分析。然后采用基于规则的面向对象分类方法, 以 NDWI 为分割依据进行尺度分割与合并。最后计算误分和错分的地物光谱特征, 制定规则进行分类, 并对分类结果进行定性和定量分析。

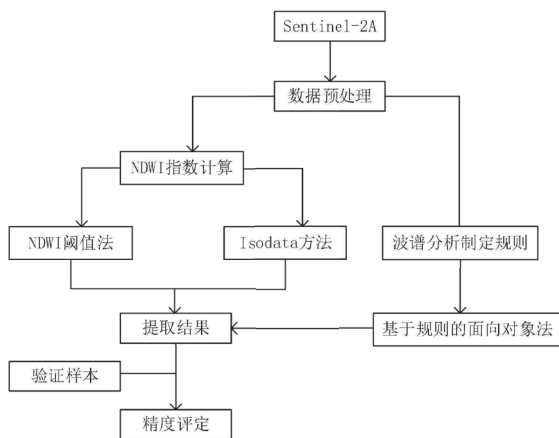


图2 技术路线

3.1 归一化差异水体指数

水体指数是将各种光谱波段进行线性或非线性组合计算, 间接反映水体的水陆边界、污染状况和浮生生物等信息。不同指数根据光谱波段对水体信息的不同特征构建。水体在近红外、中红外波段吸收率最强, 植被在近红外波段反射率最强, 因此, 基于绿波段和近红外波段进行归一化差值计算, 可得出归一化差异水体指数, 从而最大程度区分水体和植被特征。计算公式如下:

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (1)$$

式中, Green 为绿光波段, NIR 为近红外波段。

3.2 NDWI 阈值法

基于水体信息在绿光波段和近红外波段的反射和吸收特性, 利用归一化差异水体指数 (NDWI) 增强水体信息。在增强图中, 水体值比非水体地物值更高。因此, 阈值选择对水体信息的准确性至关重要。为获得准确的水体信息, 在影像中选择了水体样本, 并进行属性统计, 以获取水体在 NDWI 增强图中的值域范围, 具体提取公式如下:

$$T_1 < NDWI < T_2 \quad (2)$$

式中, NDWI 通过绿光波段和近红外波段计算得出, T_1 和 T_2 分别是水体在 NDWI 增强图中所选水体样本的最小值和最大值。

3.3 Isodata 分类法

Isodata 算法是一种非监督分类方法, 基于 K-均值算法并增加“合并”和“分裂”两个操作来处理聚类结果。通过合并操作解决聚类结果中某一类样本数量过少或两个类之间中心距离过近的问题。通过分裂操作解决某一类样本某个特征类方差太大或样本数量超过阈值的问题。该算法将误差平方和作为基本聚类准则, 设定指标参数来控制合并、分裂和算法运行次数, 从而自动调节最佳类别数。另外, Isodata 算法的规则易于计算机实现。研究将 Isodata 算法的迭代次数设为 10, 类别参数设为 2。

3.4 基于规则的面向对象分类方法

与传统遥感影像分类方法不同, 面向对象的分类方法关注的不是单个像元本身, 而是像素集群, 影像分割是基于对象提取水体的基础。分割是将图像中具有相同值的相邻像素分组, 将图像划分为对象的过程。分割参数的选取要考虑研究区特点, 以便获取对象。为了使最终影像边界与实际地物一致, 必须保证分割得到的影像对象具有相似性和不连续性, 这是获得更精确分类效果的前提。规则是将分割图像和相似的像素集群 (对象) 分组为类的过程。一个类包含一个或多个规则, 这些规则定义了该类的最佳属性组合。为更好地提取水体, 对于水体要素的特性, 应构建与之相关的规则。

为获取最佳的特征提取效果, 研究引入 NDWI 为分割的辅助数据, 以提高水体信息特征, 将分割算法设为边缘分割算法, 分割尺度设为 10; 合并算法采用 Full Lambda Schedule, 合并尺度设为 20。分割过程结束后, 针对样本区域的光谱曲线构建相应的分类规

则,将样本叠加至分割图层,统计光谱曲线,不同地物的光谱如图3所示。

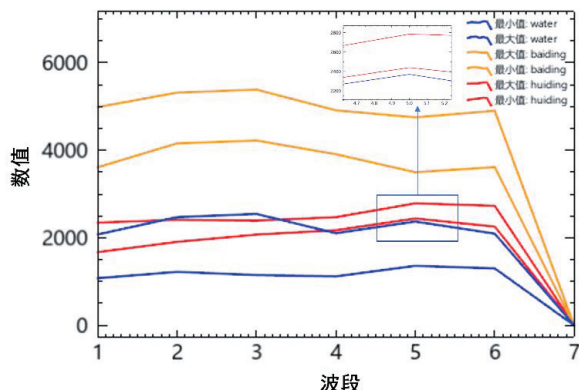


图3 不同地物光谱

通过观察,可以发现不同波段之间的差异比较明显。但在进行NDWI归一化时,白顶房屋、灰顶房屋和水面的光谱范围有所重叠,有可能导致几种地物混淆。因此,在建立规则时,可对光谱差值较大的几种地物进行分离,以便更精确地识别水体。

3.5 精度评价

研究对不同方法提取的水体精度进行对比分析,并采用地面真实样本进行评价。采用混淆矩阵评价各项指标,包括总体精度(Overall Accuracy, OA)、用户精度(User's Accuracy, UA)、制图精度(Producer's Accuracy, PA)和Kappa系数等,相关计算公式如下:

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^r x_{kk}}{N} \times 100\% \quad (3)$$

式中, N 为总像元个数,总体精度OA越接近于1,说明分类效果越好。

$$UA = \frac{x_{ii}}{x_{i+}} \quad (4)$$

$$PA = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p_o = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N} \\ p_c = \frac{\sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2} \\ Kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \end{array} \right. \quad (6)$$

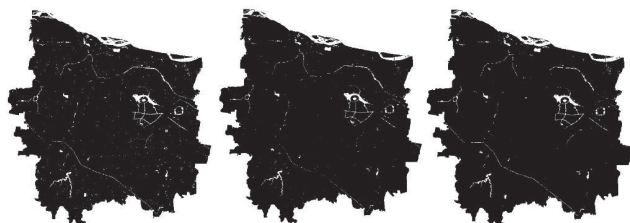
式中, N 为总像元个数, x_{i+} 、 x_{+i} 为混淆矩阵各行各列之和, x_{ii} 为混淆矩阵对角线元素。

Kappa系数计算结果通常属于(0, 1),一般分为5个级别,表示不同级别的一致性:0.0~0.20为极低的一致性(slight)、0.21~0.40为一般的一致性(fair)、0.41~0.60为中等的一致性(moderate)、0.61~0.80为高度的一致性(substantial)、0.81~1几乎完全一致(almost perfect)^[13]。

4 结果与分析

4.1 水体提取结果

为了在城区精确提取水体,研究分别采用NDWI阈值法、以NDWI为数据源的Isodata非监督分类方法、基于原始Sentinel-2A遥感影像的面向对象分类方法,提取城区内部水体,并进行精度评价。其中,NDWI阈值法通过设定阈值进行像元分类,最终得到水体提取结果。Isodata非监督分类方法通过对NDWI指数进行无监督分类,实现对水体的提取。而基于规则的面向对象分类方法则利用遥感图像中不同对象间的空间关系和特征信息,结合不同地物在各波段的特征进行分类,以提高水体提取的准确度。三种不同方法对郑州市主城区水体的提取结果(白色部分表示水体)如图4所示。

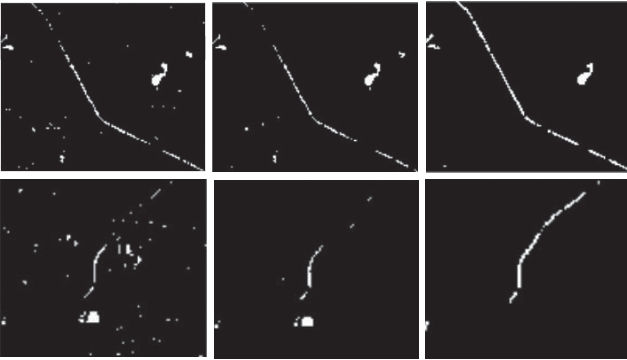


(a) NDWI阈值法 (b) Isodata分类法 (c) 面向对象分类法
图4 水体提取效果

从整体来看,水体提取效果较好的方法依次是基于规则的面向对象分类方法、Isodata非监督分类方法和NDWI阈值法。然而,NDWI阈值法存在很多错分地物,例如建筑物阴影和白顶、灰顶房屋。虽然Isodata分类法的提取结果可以较好地地区分水体、建筑物阴影以及白顶、灰顶房屋,但仍存在部分错分现象,细小河流的连贯性也不足。相比之下,基于规则的面向对象分类方法不仅能有效区分水体和其他地物,而且细小水体的连贯性较好。

水体信息提取细部效果如图5所示,从图5可以看出,仅直接设置NDWI阈值容易错误提取出非水体地物。这是由于水体可能受到污染、水中可能存在浮萍,房屋和道路的NDWI值与水体相似,这些因素都会严重影响水体提取精度,导致出现大面积误提图斑。

虽然相对于 NDWI 阈值法, Isodata 非监督分类法能够较大程度上避免道路和房屋误提, 在提取大面积水体方面表现良好, 但仍有部分白顶、灰顶房屋被误提, 且对于河渠等细小水体的提取效果较差。相比之下, 基于规则的面向对象分类方法以 NDWI 为辅助数据, 并建立规则进行水体提取, 选取的 NDWI 阈值能够有效区分地物间的短波红外波段, 引入空间类的规则将其延伸度设置为 0.3, 不仅可以剔除易混地面, 比如建筑物阴影、白顶和灰顶房屋, 而且在细小水体的连贯性方面表现出色。



(a) NDWI 阈值法 (b) Isodata 分类法 (c) 面向对象分类法
图5 水体信息提取细部

4.2 精度分析

为了定量分析不同水体提取方法的精度, 在真实影像上随机选取 100 个感兴趣区样本, 并与分类结果构建混淆矩阵。为评估分类结果的准确性, 选用总体精度 (OA)、用户精度 (UA)、制图精度 (PA) 和 Kappa 系数作为评价指标。详细的精度统计结果如表 1 所示。

表1 提取结果精度统计

提取方法	OA/%	UA/%	PA/%	Kappa系数
	水体	水体	水体	
NDWI 阈值法	65.52	96.63	94.41	0.5139
Isodata 分类法	94.21	91.43	97.64	0.8841
基于规则的面向对象分类方法	98.17	96.21	98.95	0.9636

根据表 1 结果可知, NDWI 阈值法、Isodata 分类法以及基于规则的面向对象分类方法的 Kappa 系数分别为 0.5139、0.8841 和 0.9636。结合图 4 可以发现, NDWI 阈值法的提取效果最差, 无法有效区分房屋、道路和建筑物阴影。Isodata 分类法通过不断的分类合并操作, 可以将水体、道路和部分建筑物阴影区分开, 但是仍然不能很好地提取水体信息。相比之下, 基于规则的面向对象分类方法通过设置不同的提取规则, 在提取精度方面有所提高, 尤其对于建筑物阴影和白

顶、灰顶房屋的剔除效果较好, 对细小水体的提取效果也十分出色。

5 结语

选取郑州市主城区作为试验区, 基于 Sentinel-2A 遥感影像, 对比研究了三种水体提取方法的适用性。针对城市复杂背景下建筑物与阴影干扰导致提取精度差异显著的问题, 研究提出了一种改进的面向对象提取策略。该方法在尺度分割阶段引入 NDWI 作为辅助数据, 采用边缘分割与 Full Lambda Schedule 合并算法, 通过融合波谱特征与空间特征构建分类规则。试验结果表明, 与传统的 NDWI 阈值法和 Isodata 非监督分类法相比, 基于规则的面向对象分类方法不仅能有效剔除建筑物阴影等干扰信息, 且在细小水体的提取上也展现出更优的完整性与边界精度。

参考文献

- [1] 李德仁, 丁霖, 邵振峰. 关于地理国情监测若干问题的思考[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2016, 41(2): 143-147.
- [2] 李丹, 吴保生, 陈博伟, 等. 基于卫星遥感的水体信息提取研究进展与展望[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2020, 60(2): 147-161.
- [3] 陈如俊, 普运伟, 周家厚, 等. 基于 GF-2 号影像细小水体提取研究[J]. 激光与光电子学进展, 2023, 60(16): 1-16.
- [4] 陈文倩, 丁建丽, 李艳华, 等. 基于国产 GF-1 遥感影像的水体提取方法[J]. 资源科学, 2015, 37(6): 1166-1172.
- [5] 王春霞, 张俊, 李屹旭, 等. 一种基于 Landsat 8 的多波段组合水体指数模型[J]. 测绘通报, 2022(5): 20-25.
- [6] 刘海洋, 胡泓达, 刘平, 等. 基于多种水体指数的城市碧道水体遥感提取方法对比研究[J]. 广东水利水电, 2022(2): 37-41, 51.
- [7] 张磊, 韩秀珍, 翁富忠, 等. 基于 Sentinel-2A MSI 数据的水体信息提取算法对比研究[J]. 激光与光电子学进展, 2022, 59(12): 505-515.
- [8] LI D, WANG G, QIN C, WU B S. River extraction under bankfull discharge conditions based on sentinel-2 Imagery and DEM data[J]. Remote Sensing, 2021, 13(14): 2650.
- [9] 陈磊士, 高霞霞, 廖玉芳, 等. 基于 CART 决策树的高分二号洞庭湖区湿地分类方法[J]. 测绘通报, 2021(6): 12-15.
- [10] 夏兴生, 雷博洋, 窦春娟, 等. 基于 Sentinel-2A/B 数据构建水体指数的波段优选[J]. 自然资源遥感, 2025, 37(6): 64-76.
- [11] 武雷岗, 何荣, 王瑞琨. 融合指数法和形态学的黄河游荡段水体动态监测[J]. 遥感信息, 2025, 40(3): 104-111.
- [12] 赵文学, 谢振东, 徐文, 等. 基于 Landsat 的黑河流域水体识别方法与时空演变[J]. 农业机械学报, 2025, 56(8): 152-162.
- [13] Viera, A.J. and J.M. Garrett, Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. Family medicine, 2005, 37(5): 360-363.

相关峰约束下的异源遥感图像匹配优化方法研究

周文军

(浚县自然资源局, 河南 鹤壁 456250)

摘要: 异源遥感图像受光谱特性、成像机理差异及几何畸变影响, 传统模板匹配方法存在相关峰定位模糊、匹配可靠性不足、精度难以满足实际需求等问题。研究提出一种相关峰约束下的异源遥感图像匹配优化方法: 先计算特征相关性生成高精度相关面, 再提取相关峰的相对高度与坡度特征, 进而构建“相对高度-坡度比”组合匹配指标, 量化匹配位置可靠性。实验结果表明, 该方法生成的相关面抗干扰能力更强, 通过相关峰形态特征约束, 有效提升了匹配结果的准确性与稳定性, 显著提高匹配精度并降低误匹配率。该方法可为异源遥感图像匹配提供高效可靠的技术支撑, 具有重要的工程应用价值与学术参考意义。

关键词: 异源遥感图像; 匹配优化; 相关峰约束

1 引言

随着遥感技术向多传感器、多分辨率、多光谱方向快速发展, 异源遥感图像凭借互补性优势, 在众多领域的应用日益广泛。影像匹配作为遥感数据处理的核心预处理环节, 其精度直接影响后续图像融合、地形测绘、变化检测等任务的可靠性^[1]。然而, 异源遥感图像因成像机理、光谱响应特性差异显著, 且易受几何畸变、噪声干扰等因素影响, 导致传统基于灰度或简单特征的模板匹配方法面临相关峰定位模糊^[2]、匹配鲁棒性不足、误匹配率偏高等挑战, 难以满足高精度应用场景的需求。

为解决异源遥感图像匹配难题, 国内外学者开展了大量研究。部分方法通过构建高维特征描述子(如SIFT^[3]、ORB^[4])提升特征区分度, 但在光谱差异显著的异源遥感图像中易出现特征匹配失效; 另一类方法基于相关性分析优化匹配准则^[5], 但多依赖固定阈值判断相关峰有效性, 缺乏对相关峰形态特征的深度挖掘, 难以适应复杂场景的匹配需求。相关峰的高度、坡度等形态特征直接反映匹配位置的可靠性, 主峰越高、坡度越陡, 表明匹配关系越稳定。因此, 如何通过自适应提取相关峰特征并构建匹配评价指标, 成为提升异源遥感图像匹配精度与鲁棒性的关键突破口。

针对上述问题, 研究提出一种相关峰约束下的异源遥感图像匹配优化方法。该方法通过逐像素特征相关性分析生成高精度相关面, 自适应提取相关峰的相对高度与坡度特征, 构建“相对高度-坡度比”组合匹配指标, 实现对匹配位置可靠性的量化评估。研究

旨在突破传统方法在异源遥感图像匹配中的局限性, 提供一种高精度、高鲁棒性的匹配解决方案, 为异源遥感数据的高效应用提供技术支撑。最后, 通过对比实验验证方法的有效性, 为国土空间规划、遥感测绘等领域的高精度数据处理提供参考。

2 技术路线

为评价模板匹配的可靠性, 需详细分析相关面的特性。一般来说, 相关面的局部最大区域定义为相关峰, 其中最高峰为主峰, 通常被认为是正确匹配位置。如果主峰的最大相似度接近于一个或多个子峰的最大相似度, 则表明存在几个相似区域, 会降低模板匹配的可信度。因此, 子峰与主峰的比值可被用作预测模板匹配可靠性的指标, 但此前采用峰值比的方法只是简单地以局部最大相关值作为相关峰高度来计算比值, 忽略了整个相关面上峰的相对关系, 当峰与周围区域的相似度差异较小时, 可能会导致误判。除子峰与主峰的比值外, 其他一些指标, 如主峰的高度和尖锐度也被用作评价场景匹配可靠性的指标, 但此前采用相关面指标来评价匹配可靠性的研究大多只选择固定范围(一定大小的圆或正方形)作为相关峰的范围, 而忽略了峰本身的固有特性与不同峰之间的区别。

相关峰分析的多模态遥感影像匹配方法, 是根据相关峰梯度动态确定各峰范围, 对输入的异源遥感图像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子, 计算两个逐像素特征描述子的相关性, 生成相关面; 确定相关峰自适应范围; 计算自适应范围的相对

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。

高度与坡度；将相对高度作为基本约束，将相关峰坡度与各峰相对高度之比作为组合匹配指标，计算匹配位置的可靠性。采用计算逐像素特征描述子的相关性，生成相关面，得到匹配位置，具体路线如图 1 所示。

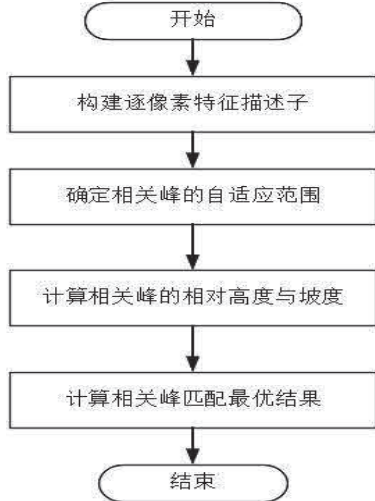


图1 技术路线

2.1 构建逐像素特征描述子

对输入的异源遥感图像对的参考图像和目标图像分别构建逐像素特征描述子，步骤如下：

(1) 判断异源遥感图像对的参考图像和目标图像分辨率是否相同，若不同，按照相同分辨率进行重采样；

(2) 采用相位一致性方向直方图作为描述子，分别构建参考图像和目标图像的逐像素特征表达。其中，采用滑动窗口匹配逐行列计算两个逐像素特征描述子的相关性，生成相关面。滑动窗口方式是在参考影像上逐行列裁剪，得到与输入目标影像相同大小的影像块，然后采用互相关作为相似性度量，根据如下公式逐行列计算相似性，生成相关面：

$$\rho(x, y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (f(i, j) - \bar{f})(g(i, j) - \bar{g}) \quad (1)$$

公式 (1) 中， $f(i, j)$ 为参考影像 f 在 (i, j) 位置的特征值； $\bar{f}$ 为参考影像 f 影像特征的平均值； $g(i, j)$ 为目标影像 g 在 (i, j) 位置的特征值， $\bar{g}$ 为目标影像 g 的影像特征平均值。

2.2 确定相关峰的自适应范围

为获得相关峰自适应范围，采用 21×21 大小窗口在相关面逐行列滑动，当该窗口中心值为整个邻域最大值时，该邻域被认为是相关峰的大致范围。通常相关峰的上半部分梯度幅值较大，下半部分梯度幅值较小，因此可采用局部最大值邻域的梯度变化确定相关峰范围。采用 Sobel 算子计算局部最大值邻域水平与

竖直梯度幅值 (g_x 和 g_y)，梯度方向计算公式如下：

$$\begin{cases} g_x = 1/8 \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times A \\ g_y = 1/8 \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \times A \end{cases} \quad (2)$$

公式 (2) 中， A 为某一点的 3×3 邻域， $1/8$ 为 Sobel 核的梯度输出归一化因子， g_x 和 g_y 分别为输出的水平梯度与竖直梯度。根据得到的梯度幅值，按照如下公式计算梯度方向：

$$\text{dir}(x, y) = \arctan(g_x, g_y) \quad (3)$$

理想情况下，梯度方向应从相关面最高点指向外围，符合情况的梯度被定义为正向，指向最高点的梯度被定义为负向。为了在不影响分析性能的情况下降低时间复杂度，研究设计一种简单方法将其约束为没有特定方向的标量。以 Gra 表示原始梯度向量（如图 2 所示）， dir 表示理想梯度方向（如图 3 所示），则 Gra 和 dir 之间的角度表示为 $\Delta\theta$ ，计算梯度方向时还包括根据如下公式确定梯度正负：

$$\begin{cases} \text{mag} = \text{mag}, & \Delta\theta \leq 90^\circ \\ \text{mag} = -\text{mag}, & \text{others} \quad \text{且} \Delta\theta = \text{Gra} - \text{dir} \end{cases} \quad (4)$$

式中， $\Delta\theta$ 表示原始梯度向量 Gra 与计算得到的理想梯度方向 dir 的差值， mag 表示原始梯度向量 Gra 的幅值。

调整后的梯度既具有原始梯度幅值，又具有理想梯度方向。由于理想梯度方向从最高点严格指向外围，调整后的梯度可视为一组标量，正值表示从最高点指向外围，负值表示从外围指向中心。优化后梯度向量如图 4 所示。

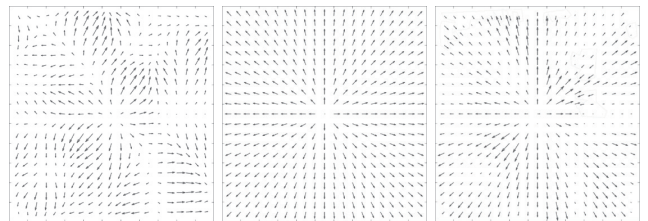


图2 原始梯度向量 图3 理想梯度方向 图4 优化后梯度向量

设置梯度阈值 T_{mag} ，将得到的梯度幅值与设置的梯度阈值进行对比，提取出相关峰范围内所有梯度大于梯度阈值 T_{mag} 的封闭区域，作为相关峰的自适应范围，如图 5 所示。由于相关峰顶部可能较为平滑，长度小于 10 的中心区域被忽略，以避免局部最大值附近的小区域被错误判断为相关峰的范围。

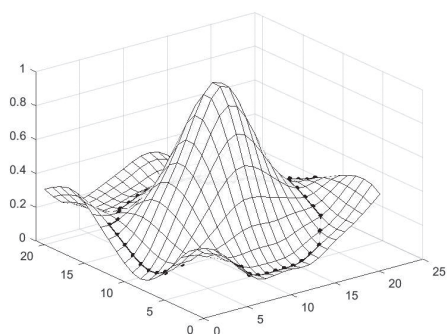


图5 相关峰的自适应范围

2.3 计算相关峰的相对高度与坡度

确定相关峰自适应范围后,即可提取出峰值边界。为了量化相关峰特征,研究设计了两个新指标,称为峰的相对高度和坡度。将相关峰视为一个山峰,则将其相关值视为高程。理想情况下,相关峰边界可构成一个具有相同高度的圆,但模板和参考图像之间的强度差异使其变得不规则。计算相关峰自适应范围内的相对高度是计算相关峰底部平面(如图6所示)的平均高程 zH ,将相关峰平均高程与顶部高程 H 进行差值计算,得到相关峰的相对高度 d ,如图7所示。

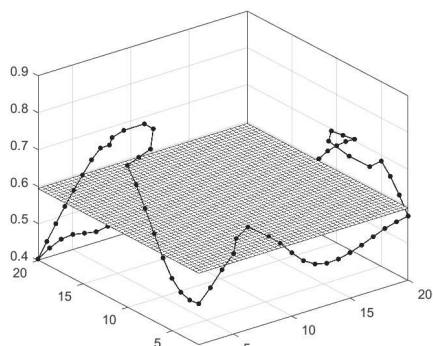
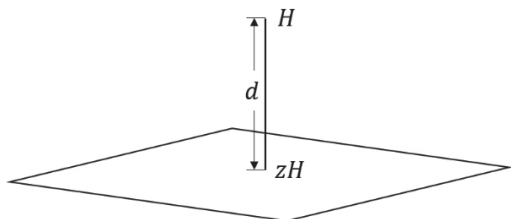


图6 相关峰底部平面

图7 相关峰的相对高度 d

计算相关峰自适应范围内的坡度是将相关峰拟合为二维高斯函数,通过其参数对相关峰的特征进行描述。相关峰按照如下公式所示的二维高斯曲面表示:

$$z = A \exp\left(-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (5)$$

相关峰的坡度按照如下公式计算:

$$\text{Slope} = r/d = \sqrt{ab}/d \quad (6)$$

其中, a 为二维高斯曲面底部平面椭圆方程的长

轴, b 为二维高斯曲面底部平面椭圆方程的短轴, A 为局部最大值 H 的相关值, (x_0, y_0) 为局部最大值的坐标, (σ_x^2, σ_y^2) 分别为 x 和 y 方向的方差。

2.4 计算相关峰匹配最优结果

研究将相关峰坡度与各峰相对高度之比作为组合匹配指标,计算匹配位置的可靠性,包括设定第一阈值 $T1$ 、第二阈值 $T2$ 和第三阈值 $T3$,并按照以下验证条件进行可靠性计算。

条件1:将相关峰自适应范围主峰的相对高度 $H1$ 与第一阈值 $T1$ 比较。条件2:当 $H1$ 大于 $T1$ 时,将其余次高峰与主峰之间的相对高度 $H2$ 与第二阈值 $T2$ 进行比较。条件3:当 $H2$ 大于 $T2$ 时,将主峰坡度与第三阈值 $T3$ 比较;当主峰坡度大于第三阈值 $T3$ 时,认为本次匹配可靠,取主峰峰顶所在位置为正确匹配位置。当条件1至条件3出现任意一项条件不满足时,舍弃本次匹配结果。

3 结论

研究提出一种相关峰约束下的异源遥感图像匹配优化方法,针对异源遥感图像在辐射特性、几何畸变等方面差异导致匹配精度不足问题,构建一套从特征描述到匹配可靠性验证的技术方案,为异源遥感图像匹配提供了一种新思路。构建的逐像素特征描述子与相关峰分析策略,提升了匹配结果的准确性与可靠性,具有较强的场景适应性,可广泛用于遥感影像融合、地形测绘、变化检测等领域。后续可进一步优化特征描述子的构建效率,降低计算复杂度,探索该方法在高分辨率、多源异构遥感数据匹配中的拓展应用,以更好地满足实际应用场景的需求。

参考文献

- [1] 李梓谦,付志涛,聂韩,等.基于图像块SIFT特征学习的多源遥感图像匹配方法[J].遥感信息,2023,38(1):155-162.
- [2] 张春森,李国君,崔卫红.一种基于矢量数据的遥感影像变化检测方法[J].武汉大学学报(信息科学版),2021,46(3):309-317.
- [3] David G. Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints[J]. International Journal of Computer Vision (IJCV), 2004, 60(2): 91-110.
- [4] Rublee E, Rabaud V, Konolige K, Bradski G R. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF[C]// ICCV. IEEE, 2011: 2564-2571.
- [5] 郑鑫,潘斌,张健.可变形网络与迁移学习相结合的电力塔遥感影像目标检测法[J].测绘学报,2020,49(8):1042-1050.

县级土地管理“六统一”平台建设研究

刘德军¹ 刘崇豪² 雷庆涛³

(1. 河南省遥感院, 河南 郑州 450003; 2. 河南省恒信工程技术服务有限公司, 河南 郑州 450016;

3. 夏邑县自然资源事务保障中心, 河南 商丘 476400)

摘要: 随着国土空间治理体系现代化进程加速, 县级自然资源管理部门面临土地资源精细化管理的迫切需求。以某县土地管理“六统一”平台建设项目为研究对象, 系统阐述了平台的总体技术架构、关键技术攻关及应用实践成效。平台以实景三维模型为底图, 将土地规划、收购储备、土地开发、供地、违法用地、资金分配等多源数据进行叠加融合, 实现统一规划、统一储备、统一开发、统一供地、统一分配、统一监管的全过程精细化管理。研究重点分析了数据标准缺失、数据质量参差不齐、数据与业务融合困难、数据不可溯源等技术难点及解决方案, 总结了某县在数据整合、功能模块构建和应用成效方面的实践经验, 可为其他县级地区提供参考。

关键词: 土地管理; 六统一; 自然资源信息化

1 引言

随着中国城市化进程的不断推进和经济社会的持续发展, 土地资源保护、利用和管理面临诸多挑战。土地利用决策、规划管理、土地储备等领域缺乏信息化手段^[1], 难以快速、准确掌握土地资源状况和利用情况。为此, 国家有关部门推行土地管理“六统一”平台建设, 利用现代信息技术建设集数据采集、处理、分析、展示、应用于一体的专业平台, 通过将国土空间规划、土地利用管控、土地储备管理、土地产权登记等领域的数据信息进行集约化、标准化、统一化和共享化, 实现数据资源的高效流转和信息的互通共享。

为加强和改进某县土地管理工作, 参照《某市人民政府关于加强和改进中心城区土地管理的意见》, 某县开展了土地管理“六统一”平台建设。该平台以实景三维模型为底图, 将土地规划数据、收购储备数据、土地开发数据、供地数据、违法用地、资金分配等数据叠加, 实现数据可查询、可分析、可统计, 并在实景三维场景中直观浏览地块信息, 形成规划、储备、开发、应用、分配、监管的业务闭环, 为政府决策提供有力保障, 实现成果信息化管理和共享应用^[2]。

2 总体技术架构

2.1 总体架构设计

结合某县土地管理实际业务需求, 县级土地管理“六统一”平台采用数据、管理、服务、应用相分离的设计思路, 依托网络及硬件环境, 综合运用 GIS、

信息管理技术开发建设。平台总体架构自下而上分为数据层、服务层、业务逻辑层、访问层四大层级, 总体架构如图 1 所示。

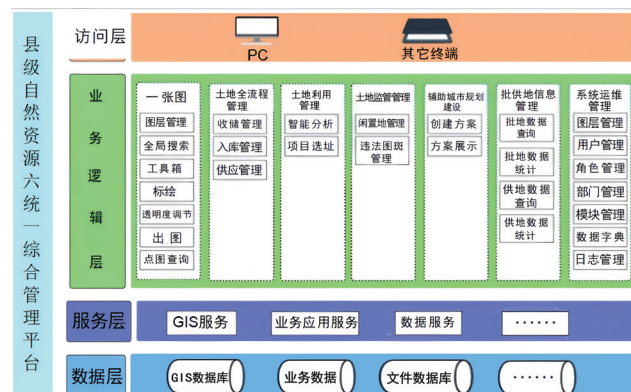


图1 总体架构

数据层: 建立统一的数据标准和规范, 将采集到的数据进行处理, 建成以基础地理信息、业务数据服务为一体的空间数据管理服务体系。平台采用“数据适配器”技术, 实现海量、多源、异构、时空数据的一体化存储和管理。

服务层: 通过数据共享服务系统提供业务空间数据服务, 包括 GIS 服务、业务应用服务、数据服务, 实现各类数据的网络发布及接口调用, 提供统一的数据访问和分析服务。

业务逻辑层: 整合一张图基础信息系统、土地全流程管理、土地利用管理、土地监管管理、辅助城市规划建设、批供地信息管理和系统运维管理等模块, 实现业务无缝流转。

作者简介: 刘德军 (1971—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事测绘工程。

访问层：适配 PC 端、大屏等多个终端，适用于多种办公环境。

平台采用 B/S 架构，利用基于 WebGL 的开源二、三维地图引擎 Cesium^[3]。第一层为浏览器客户端，用户无需安装客户端即可使用；第二层为 Web 服务器，负责信息传送；第三层为数据库服务器，存放海量数据并进行处理。

2.2 数字资源架构

自然资源空间规划数据库的数据资源涵盖多时相影像数据、基础空间信息数据、委办局专题数据和业务管理数据四大类。多时相影像数据主要存储自然资源动态执法监测获取的无人机影像数据。基础空间信息数据以高分辨率影像数据为底图，包括正射影像、数字高程模型，统一采用 CGCG2000 坐标系^[4]。委办局专题数据包括历年土地利用数据变更库、国土“二调”和“三调”成果数据、基本农田数据库、三区三线数据、规划数据、行政区划数据、不动产数据等。业务管理数据包括补充耕地、设施农用地、农用地转用和土地征收、增减挂钩、供地数据、闲置地数据、批而未供数据等。

为方便数据管理，平台以目录树方式，按照影像数据、规划数据、地籍数据、三区三线数据、批地数据、供地数据、不动产数据、倾斜摄影实景模型等，对自然资源数据进行分类管理，具体分类如图 2 所示。

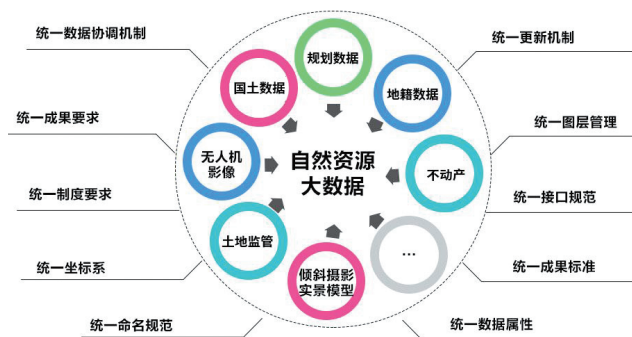


图2 自然资源数据分类

2.3 结构设计

平台在结构设计上主要包含三个层面：地理数据基层层面构建土地管理“六统一”数据集，包括实景三维模型、土地规划数据、收购储备数据、土地开发数据、供地数据、违法用地数据、资金分配数据等，统一坐标系为 CGCG2000。服务支撑层面通过功能模块开发实现数据可查询、可分析、可统计，在实景三维场景直观浏览地块信息，实现违法用地预警、开发成本预估等功能。统一接口层面对用户权限、用户认证、

单点登录实现统一管理。系统应用层面包括土地管理一张图、土地全流程管理、土地利用管理、土地监管、辅助城市规划建设、批供地信息管理、系统管理等七大模块。

2.4 标准规范体系

平台遵循国家及行业相关技术规范，主要包括《基础地理信息数据库建设规范》（GB/T 33453—2016）、《地理空间数据交换格式》（GB/T 17798—2007）、《土地利用现状分类》（GB/T 21010—2017）、《地籍调查规程》（GB/T 42547—2023）、《计算机软件测试规范》（GB/T 15532—2008）等标准，同时制定了数据汇交规范、数据更新维护制度等内部规范。

3 关键技术

3.1 多源异构数据整合技术

数据整合是县级土地管理“六统一”平台建设的首要技术挑战，涉及三维实景模型、土地规划、储备、批地、供地、违法用地及资金分配等多源数据。研究以现有国家标准和数据规范进行数据库设计、以土地相关数据为主线进行数据目录框架体系设置。数据分类体系及编码遵照国家标准，对于标准未覆盖内容进行适当扩充。

在整合过程中，收集整合了多个局委数据，以国土“三调”成果为统一的空间定位基准，对所有空间数据进行坐标系统一转换和格式标准化处理。同时以正射影像、行政区划、土地利用现状、土地供地、批地、基本农田保护、三区三线、实景三维倾斜模型等数据为基础，构建了自然资源“一张图”^[5]，为用户提供全面、及时、准确和客观的信息服务与技术支持。

3.2 土地数据标准化整合技术

数据中台需要将外部、内部各系统的数据汇集，建立统一的数据规范，实现数据有效整合，不同部门之间的数据才能得到有效应用。在某县土地管理“六统一”平台建设进程中，数据未设置标准这一问题亟待解决。当前，土地管理工作涉及多个部门与众多业务环节，各外部系统（如地理信息采集系统、第三方土地评估系统）及内部不同科室使用的业务系统所产生的数据，呈现分散、多样的状态。这些数据在格式、编码规则、数据定义等方面缺乏统一标准。

为实现数据的有效整合，首要任务是建立统一的数据规范。在格式规范方面，对于文本数据，明确规定统一的字符编码 UTF-8，避免因编码差异导致数据

乱码；针对数值型数据，确定固定的小数位数及精度要求。编码规则上，制定涵盖土地用途、土地性质等各类关键信息的统一编码体系。数据定义层面，清晰界定每一项数据的含义、范围。资源类数据可准确对接土地储备部门，使储备计划制定更贴合规划要求；开发部门依据统一规范的数据，更能高效开展土地开发工作，提升资源配置效率，真正实现数据的有效应用，为达成土地管理“六统一”目标筑牢数据根基。

3.3 数据质量管控技术

数据中台的数据源比较多，数据呈现“鱼龙混杂”的局面，从完整性角度来看，不同数据源提供的数据范围与侧重点各异；时效性方面，土地市场动态多变，政策也在不断调整，部分数据源更新不及时；真实性更是不容忽视，由于数据源的多样性与复杂性，数据在采集、传输、存储过程中可能受到各种因素干扰，出现数据错误或虚假情况。

为此，研究建立了完整的数据质量评估流程。在数据接入阶段，对每个数据源的数据结构、范围、更新频率进行详细审查；在数据采集过程中，利用数据校验技术，对每一次录入的数据进行实时检查；对时效性差的数据督促数据源提供方建立预警机制；在数据存储到数据中台后，定期开展数据质量评估，采用数据抽样、交叉验证等方法，对数据真实性进行深入核查。通过一系列举措确保数据及时、准确、完整，切实推动土地管理“六统一”目标的实现。

3.4 数据与业务融合技术

平台建设过程中，土地管理业务也在持续增加，诸如新增土地规划项目、频繁的土地交易活动以及不断强化的土地监管力度等，都将导致业务数据量呈现爆发式增长。倘若业务人员不能高效且精准地运用这些海量数据，那么便难以充分挖掘、释放数据价值。因此，实现数据与业务之间深度且有机的“融合”迫在眉睫。

平台建设要将业务层面置于核心地位。从业务流程梳理入手，深入剖析土地收储、储备、批地、供地、资金分配及监管等各环节的业务逻辑，明确每个环节所需的数据类型、数据来源及数据使用频率。基于业务需求，针对性地设计数据中台的功能模块与数据展示方式，为业务人员提供简洁明了、符合业务操作习惯的数据查询界面，通过可视化图表、直观数据对比等方式，让业务人员迅速理解数据背后的含义，从而充分利用数据来拓展业务。

3.5 数据溯源技术

数据中台需要应对数据整合、业务应用与指标计算带来的各类复杂问题，因此普遍采用多层级架构开展数据处理。当前，数据处理逻辑仅依托程序或文档描述，容易引发数据结构不统一、信息缺失、更新滞后、内容有误等问题。随着支持的应用数量不断增加，平台采集的数据体量持续扩大，数据加工流程也更加复杂，导致数据来源路径分析、数据异常跟踪等工作难度大幅提升。

对此，研究建立全链条数据溯源机制。在数据整合环节，数据中台集中对接不同科室的业务系统，这些数据格式、标准不一，数据中台通过格式转换、编码统一等一系列操作，将异构数据整合为统一、有序的数据集合。在数据应用环节，数据中台结合土地管理各业务场景的实际需求，对整合后的数据进行深度加工与分析。一旦出现数据质量问题，可快速定位问题源头和影响范围，大幅提升排查修复效率。

3.6 实景三维可视化技术

传统土地管理以二维地图为底图，难以直观反映地块地形地貌、建筑布局等空间信息。

研究以实景三维模型为底图，建成城市实景三维模型和全景影像。在三维场景业务应用方面，平台实现三大功能：一是数据融合展示，将规划、收储、开发、供地、执法等多源数据叠加到实景三维模型上，形成“一地一档、三维呈现”效果；二是空间分析，支持日照分析、通视分析、天际线分析等；三是一键式土地资源查询，将国土调查、基本农田、土地利用规划等多源数据叠加分析，展示可利用土地的分布及总数。

3.7 数据更新机制

良好的数据更新机制是数据现势性的重要保障。建立定期更新与不定期更新相结合、全域更新与局部更新相结合的模式，保障数据按季度或年度进行更新，同时对重点发展区域进行不定期临时更新。采用无人机航空摄影作为数据获取方式，该方式机动灵活、数据获取便捷，可从管理机制与采集手段两方面保障数据现势性，降低数据获取成本。

4 应用实践

4.1 数据整合情况

研究针对数据整合开展了系统化梳理。首先，全面摸清数据家底，收集整合自然资源、住建、交通、水利、环保、农业等多个部门的业务数据。基于《国

土资源数据库标准》等规范，对城镇地籍数据、规划数据、现状数据等进行更新整理，搭建自然资源数据库。其次，以国土“三调”成果为统一空间定位基准，对所有空间数据进行坐标系统一转换和格式标准化处理。再次，搭建自然资源“一张图”^[3]。最后，建成城市实景三维模型和全景影像，收集整理十余年历史数据。通过自然资源数据管理系统实现数据检查、入库、管理、制图、服务管理和统计分析等功能。

4.2 平台功能模块

某县自然资源“六统一”综合管理平台包括七个模块，具体功能如图3所示。

一张图模块：基于GIS技术，以正射影像、行政区划、土地利用现状、供地批地、基本农田保护、三区三线、实景三维模型等为基础，实现土地直观可视化分析。

土地全流程管理模块：便捷查看各地块用地现状和详情，浏览地块从收储、入库到供应的全业务流程信息。

土地利用管理模块：包括智能分析和项目选址。

土地监管管理模块：对闲置土地和违法用地进行监管。

辅助城市规划建设模块：将规划方案上传并与三维场景融合对比。

批供地信息管理模块：包括批地数据查询与统计、供地数据查询与统计，可对补充耕地、单独选址、临时用地、农转用和土地征收等各类用地信息进行查询统计。

系统管理模块：包括图层管理、用户管理等功能，提供统一授权管理机制，赋予不同身份人员对应功能和数据浏览权限。

一是土地利用情况一目了然，实现对“六统一”全流程数据的管理和分析，为政府决策提供精准依据。二是地块详情直观查看，浏览地块从规划到监管的全流程信息，真正做到全流程监管。三是开发利用有效推进，严格按照各项计划和规划推进工作。四是资料管理全面规范，可随时上传和查看各流程管理文件。五是土地监管更加有力，开发预警和实时监测功能，加强供地管理和执法力度。六是土地利用管理更加高效精准，结合实景三维模型和大数据叠加分析，使数据计算和统计更加精准，真正实现“六统一”工作机制。七是辅助城市规划建设更加有力，实现“多规合一”和规划方案技术审查。

5 结语

县级土地管理“六统一”平台建设是推动土地管理数字化转型的有效路径。实践表明：科学合理的总体技术架构是平台建设的基础，统一的数据标准和规范是数据整合的前提，全流程的数据质量管控是数据价值实现的保障，将业务需求置于核心地位、实现数据与业务的深度融合是平台发挥实效的关键。

从某县建设经验来看，县级土地管理“六统一”平台建设需重点关注：建立统一的数据标准和规范体系，解决多源数据整合难题；构建完整的数据质量评估流程，确保数据完整性、时效性和真实性；从业务层面设计数据应用，让业务人员充分拓展数据价值；建立数据溯源机制，实现数据来源路径分析和问题跟踪；采用实景三维等先进技术提升可视化水平和决策支持能力。唯有如此，才能真正实现土地统一规划、统一储备、统一开发、统一供地、统一分配、统一监管的全过程精细化管理目标。

参考文献

[1] 刘浩然,刘耀徽.数字乡村背景下农村土地管理信息平台建设研究[J].房地产世界,2025(12):17-19.

[2] 赵鹏飞,林占云,杨继文.省级国土调查信息平台关键技术研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(S1):120-123.

[3] 全国信息技术标准化技术委员会.计算机软件测试规范:GB/T 15532—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.

[4] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.地籍调查规程:GB/T 42547—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.

[5] 杨知铮,董淑英.光山县土地管理“六统一”平台建设项目通过验收[J].资源导刊,2025(16):17.

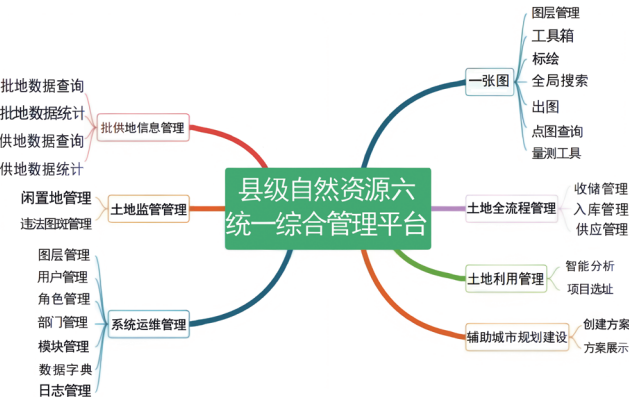


图3 平台功能组成

4.3 应用成效

平台建成后在某县土地管理工作中取得显著成效。

多源实景三维技术融合的古建筑测绘建档关键技术研究

周智慧

(广州市番禺城市规划勘测设计院有限公司, 广东 广州 511450)

摘要: 针对传统古建筑测绘存在人工作业量大、测绘精度不足、纹理信息缺失、建档成果二维化及难以满足文物精细化保护与永续存档需求等问题, 研究以多源实景三维技术为核心, 整合无人机倾斜摄影、地面激光雷达扫描、近景摄影测量等多源数据, 开展数据配准融合、点云处理、三维重建、构件语义分割及规范化建档等关键技术研究; 构建贴合古建筑特征的多源实景三维融合技术体系, 形成集高精度测绘、纹理还原、构件入库、数字化归档于一体的成套技术方案。实例验证表明, 该技术可有效提升测绘精度与建模完整度, 解决单一技术的数据盲区、纹理失真等难题, 为古建筑数字化测绘、文物建档、修缮复原及文化遗产传承提供坚实技术支撑。

关键词: 实景三维; 古建筑测绘; 三维重建; 文物建档; 激光雷达; 倾斜摄影

1 引言

我国古建筑数量众多、历史价值与文化价值深厚, 是不可再生的文化遗产。受自然风化、人为破坏、岁月侵蚀等因素影响, 古建筑损毁风险持续加大, 开展高精度测绘与数字化建档已是文物保护的基础性工作。传统人工测绘方式效率低、精度差, 难以完整留存建筑空间形态与真实纹理, 二维档案复用性弱; 单一倾斜摄影、地面激光雷达技术也各有遮挡、视角、纹理覆盖不足等局限。融合无人机倾斜摄影、地面激光扫描、近景摄影测量等多源三维数据开展古建筑测绘建档, 可弥补单项技术短板, 实现全要素高精度全纹理三维重建与标准化建档, 对古建筑管护修缮、病害监测、数字遗产留存具有重要的理论与工程应用价值。

近年来, 我国已将实景三维技术广泛应用于古建筑精细测绘、文物资源普查与数字文博遗产建设等领域, 但现有研究多局限于无人机倾斜摄影^[1]、地面三维激光雷达^[2]单一技术应用, 多技术协同融合研究相对薄弱。西北大学王茹^[3]针对古建筑信息获取的主流方式开展三维重建关键技术探索, 取得阶段性成果, 但方案成本偏高, 难以规模化推广。当前学界针对古建筑标准化数字化建档的专项研究偏少, 未形成统一规范体系, 且在多源数据高精度配准、异构数据融合优化及古建筑专用建档流程^[4-5]等方面存在短板, 缺乏系统化、可推广的关键技术体系, 难以满足古建筑高精度测绘与永久存档的实际需求。

为此, 以多源实景三维技术为核心, 整合无人机倾斜摄影、地面激光雷达扫描、近景摄影测量等多源数据, 研究多源数据配准融合、三维模型精细化重建及标准化建档等关键技术, 构建适配古建筑特点的多源融合技术体系, 形成完整技术方案, 通过实例验证其有效性, 为古建筑数字化测绘、建档留存及文化遗产传承提供技术支撑。

2 研究内容与技术路线

2.1 研究内容

研究紧扣古建筑文物保护与数字化建档的现实刚需, 针对古建筑结构繁复、形制多样、细部构件精巧、历史风貌不可复刻的特点, 聚焦多源实景三维应用难点, 系统开展多源实景三维数据配准融合、海量点云去噪与精简优化、古建筑三维模型高精度精细化重建、古建筑典型构件智能语义分割及文物标准化测绘建档规范流程等关键技术研究; 在此基础上, 搭建适配古建筑保护专属场景的多源实景三维融合技术体系, 建立涵盖高精度空间几何测绘、实景真实纹理还原、建筑构件属性信息入库、文物数字档案规范归档等全链条一体化技术实施方案, 并选取典型古建筑实体开展试验, 检验技术方法的可行性、精准度与实用价值。

2.2 技术路线

研究的技术路线涵盖古建筑数字化测绘建档全流程。首先开展需求调查与分析, 通过梳理现有数字化

作者简介: 周智慧 (1985—), 女, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事不动产测绘、工程测绘、摄影测量等工作。

成果、明确未来成果应用方向,指导后续方案设计与实施;研究阶段依次推进资料收集、外业数据采集(含控制测量、三维数据采集、影像采集)、内业数据处理(含点云配准、坐标系转换、切片制作)、测绘图绘制(含平面、立面、剖面现状测绘图及典型构件大样图),最终完成成果的档案归档,形成全流程闭环管理。总体技术路线如图1所示。

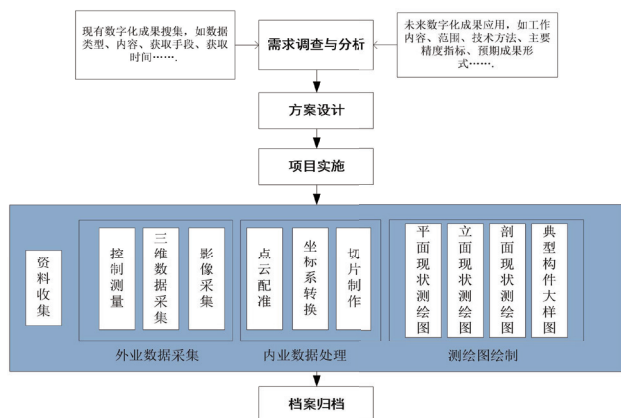


图1 总体技术路线

2.3 关键技术研究

2.3.1 构建多源实景三维融合技术框架

研究构建了倾斜摄影+地面激光雷达+近景摄影测量多源实景三维融合技术框架,有效解决古建筑遮挡盲区与模型空洞问题,突破单一技术在古建筑数字化保护中的应用局限:

首先,利用无人机倾斜摄影获取建筑顶部及大场景宏观几何信息,通过地面激光雷达采集建筑立面、内侧结构等遮挡区域的高精度点云数据,辅以近景摄影测量补充构件细节纹理信息。

其次,引入SAC-IA粗配准与ICP精配准相结合的多源点云配准算法,实现不同数据源的空间坐标统一,再通过加权点云融合算法完成数据互补,采用泊松重建算法生成三维模型,并结合邻域点云插值算法对屋檐遮挡、内侧结构盲区造成的模型空洞进行自动修复,有效解决了传统单一技术易产生的建筑屋檐遮挡、内侧结构盲区及三维模型空洞问题,为古建筑全要素、高精度、无死角的三维重建提供了可靠的技术支撑。

ICP精配准算法(坐标变换求解)目标是求解变换矩阵 T ,使源点云 P 与目标点云 Q 的均方误差最小:

$$\min_{R,t} \sum_{i=1}^N \|q_i - (R p_i + t)\|^2 \quad (1)$$

式中, R 为旋转矩阵, t 为平移向量, $p_i \in P$ 、 $q_i \in Q$ 为对应点对。

加权点云融合算法对不同来源的点云赋予权重 w_k ,融合生成统一云 $\hat{P}$:

$$\hat{P} = \sum_{k=1}^n w_k P_k, \quad \sum_{k=1}^n w_k = 1 \quad (2)$$

式中, $\hat{P}$ 为第 k 类数据源点云,权重 w_k 依据数据源精度与覆盖度动态分配。

泊松重建算法(隐式曲面构建)通过求解泊松方程获取指示函数 χ ,实现三维模型重建:

$$\Delta \chi = \nabla \cdot \bar{V} \quad (3)$$

式中, Δ 为拉普拉斯算子, $\bar{V}$ 为点云法向量场,通过求解该方程可生成连续、封闭的古建筑三维模型。

邻域点云差值算法(空洞修复)是对空洞区域的缺失点,采用其邻域点加权差值生产:

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^m w_i p_i}{\sum_{i=1}^m w_i}, \quad w_i = \frac{1}{\|p - p_i\|^2} \quad (4)$$

式中, p_i 为空洞邻域内的有效点, w_i 为距离权重,实现空洞区域的平滑修复。

2.3.2 多源点云融合与空洞修补算法优化

针对古建筑结构复杂、构件遮挡多、点云数据噪声分布不均的特点,研究对多源点云处理的关键环节进行系统性算法优化,形成适配古建筑场景的技术流程,有效提升三维模型的几何精度与纹理真实度。

(1) 多源点云去噪优化

结合倾斜摄影、地面激光雷达与近景摄影测量数据的噪声特性差异,构建“分层去噪”策略:针对激光雷达点云,采用统计滤波+半径滤波组合方法,通过计算点邻域平均距离剔除离群噪声点,同时结合构件局部几何特征设定自适应阈值,避免误删屋檐、斗拱等精细构件的有效点云。

(2) 多源点云配准融合优化

采用“粗配准-精配准”实现不同数据源的无缝融合。粗配准阶段主要基于SAC-IA算法提取点云的快速点特征直方图(FPFH)描述子,通过随机采样一致性算法求解初始变换矩阵,实现不同视角、不同坐标系下点云的粗对齐;精配准阶段,对传统ICP算法进行改进,引入距离阈值与法向量约束,构建加权均方误差目标函数,减少古建筑非刚性变形与局部遮挡对配准精度的影响,实现毫米级的高精度坐标统一;融合阶段,根据不同数据源的精度与覆盖度,采用动态加权融合算法,对激光雷达点云的几何精度与摄影测量点云的纹理细节进行优势互补,生成覆盖完整建筑

结构的统一一点云模型。

(3) 模型空洞修补优化

针对古建筑屋檐、内侧结构、构件间隙等遮挡区域形成的模型空洞,研究采用多尺度空洞修补方案。首先对小型空洞,采用邻域点云插值算法,基于空洞周边点云的局部平面/曲面特征,通过加权距离插值生成缺失点,实现空洞的平滑填充;然后对大型结构性空洞,结合泊松重建算法的隐式曲面构建能力,引入建筑构件几何先验约束,根据古建筑构件的典型形制特征,对空洞区域进行引导性重建,避免修补结果与建筑真实结构偏差;最后修补完成后,通过纹理映射优化,将近景摄影测量获取的高分辨率纹理数据与修复后的模型进行配准,消除空洞修补区域的纹理断层,提升模型整体真实感。

通过上述算法优化,有效解决了传统多源点云处理中噪声误删、配准偏差、空洞修复失真等问题,显著提升了古建筑三维模型的几何精度、结构完整性与纹理真实度,为数字化建档与保护提供了数据支撑。

2.3.3 一体化标准化建档体系构建

针对古建筑数字化存档不规范、数据碎片化、模型与资料相互割裂、成果难以直接复用的痛点,研究建立古建筑一体化标准化建档体系,明确古建筑建档的数据格式、分类编码、精度指标、元数据规范与归档流程,以及三维模型入库标准、构件属性录入规范、测绘图纸制图标准、配套文档归档要求,实现空间几何数据、实体属性信息、工程图纸资料、技术档案文档的一一映射、互联互通。通过建立层级化构件编码与关联机制,实现古建筑单体、分部、构件的可视化查询、属性溯源与图纸联动调阅,补齐传统文物档案缺乏三维可视化、信息关联性强、检索复用不便的短板。

3 实例应用与结果分析

3.1 研究区概况

以陆河县为研究区域开展历史建筑测绘建档及三维建模应用探讨。陆河县行政区域总面积 1005km²,地域格局完整、乡土建筑遗存丰富,留存大量具有地域文化特色与历史价值的传统民居、古祠古庙及近现代特色历史建筑。选取县域内经普查甄别、正式认定的张氏祠堂作为核心研究对象,采用无人机倾斜摄影、实景三维建模等技术开展精细测绘、信息采集与建档入库工作,通过典型建筑样本验证技术方法的可行性与适用性,为区域同类历史建筑数字化保护、测绘建

档及活化利用提供实践参考与技术范式。

3.2 结果分析

研究采用多源实景三维技术完成陆河县张氏祠堂古建筑三维重建与测绘建档,多源技术互补可弥补单一建模局限:利用无人机倾斜摄影获取建筑整体及周边信息,近距离影像刻画细部构件,激光点云保障空间点位精度,实现宏观形态与微观纹理统一。相较于单一无人机建模,融合建模在复杂区域、古建筑细部还原度及量算精度上显著提升,满足历史建筑测绘、建档、保护勘定等专业规范。

从作业效率与实操性来看,多源实景三维技术融合模式适配古建筑点多、分散、地形复杂的特点,外业数据采集高效,内业通过多源数据配准、融合处理、一体化重建,可大幅降低人工修补工作量,有效解决传统人工测绘周期长、高危点位难以作业、细节记录不全等痛点。整套技术流程标准化、可复制性强,适合县域批量历史建筑常态化测绘建档工作推广应用。

4 结论

研究成功构建了适配古建筑结构复杂、构件多样、风貌珍贵特点的多源实景三维融合技术体系,形成了一套集高精度空间测绘、真实纹理还原、构件信息入库、数字化档案归档于一体的完整技术方案,有效弥补了单一实景三维技术的应用局限。研究提出的多源实景三维融合技术方案,可有效满足古建筑精细化保护、数字化建档留存、修缮复原及文化遗产传承的实际需求,丰富了古建筑数字化保护的技术手段,具有重要的工程应用价值与理论参考意义,可为后续同类古建筑的数字化测绘与保护工作提供可靠的技术支撑与实践借鉴。

参考文献

- [1] 任亮,陈国辉.无人机倾斜摄影技术在古建筑文物测绘中的应用研究[J].电子元器件与信息技术,2024(3):216-219.
- [2] 曾荣灿.古建筑测绘的方法及新技术应用探究[J].工程建设与设计,2024(4):120-122.
- [3] 王茹.古建筑数字化及三维建模关键技术研究[D].西安:西北大学,2010.
- [4] 孟凡超,周洪超.无人机倾斜摄影测量在古建筑测绘保护中的应用[J].智能城市,2022(9):22-24.
- [5] 袁士才,刘书婷,唐忠海,等.无人机航测技术在乡村古建筑保护中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2021(4):132-133.

多源特征融合的城市建成区裸土遥感调查研究

徐敏翔 邓星涛

(湖南省长沙生态环境监测中心, 湖南 长沙 430100)

摘要: 针对城市建成区内裸土地遥感监测存在边界不清晰、监测覆盖面不广以及形成机制不明确等问题, 以湖南省长沙市为研究对象, 基于哨兵二号卫星数据构建集光谱、纹理和形态特征的裸土识别规则库, 利用决策树模型提取裸土范围, 对长沙市城区重点区域开展了裸土监测和形成机制分析。研究表明, 裸土提取总体精度为 92.5%, Kappa 系数为 0.88。其中大面积连片裸土识别准确率较高 ($> 95\%$), 2024 年 11 月至 12 月, 长沙市城区重点区域裸土监测提取地块有 619 个, 总面积为 6.46km^2 , 空间分布呈“大分散、小集聚”格局; 裸土形成机制中以建设工程施工扰动、储备用地、待建地块闲置和城市企业搬迁遗留等因素为主, 研究成果可为城市生态环境部门提供决策参考。

关键词: 城市裸土; 光谱特征; 随机森林; 遥感调查

1 引言

城市裸土指城市开发中未被植被、水体、建筑物或硬化路面覆盖的裸露地表, 主要源于建筑施工工地、待开发用地、临时堆土场及植被退化区域等。随着中国式城镇化推进, 城市裸土作为过程产物, 对生态环境影响显著, 大面积裸土破坏城市景观完整性, 是扬尘污染主源之一, 威胁空气质量、居民健康及城市可持续发展。长沙市作为长江中游城市群核心城市, 城市快速扩张带来严重裸土扬尘问题。据 2023 年第二季度遥感监测结果, 长沙市辖六区内 5000m^2 以上裸土地块有 538 个, 大量施工工地未严格落实扬尘防控要求^[1-3]。

遥感技术凭借大范围、周期性、客观性的观测优势, 已成为城市裸土识别与监测的重要手段^[4]。传统裸土遥感识别方法主要基于光谱指数法, 通过构建裸土指数 (Bare Soil Index, BSI)、归一化建筑与裸土指数 (Normalized Difference Built-up and Soil Index, NDBSI) 等光谱特征指标, 利用裸土在可见光、近红外及短波红外波段的独特反射特性进行信息提取^[5-6]。其中 NDBSI 指数综合了建筑指数和土壤指数, 能有效区分裸土、植被、水体和建筑等地物类型, 已广泛应用于遥感生态指数 (RSEI) 评价体系^[7], 光谱指数法具有物理意义明确、计算简便、可解释性强等优点, 在裸土宏观监测中发挥了重要作用^[8-9]。

针对城市建成区裸土地遥感监测普遍存在的边界识别模糊、监测覆盖面有限等关键技术难题, 以长沙市为研究对象, 依托哨兵二号光学卫星数据, 系统挖掘城市裸土区域在光谱、形态及纹理方面的典型特征,

据此构建城市裸土遥感识别规则集; 在此基础上, 运用随机森林分类算法, 开展城市裸土区域的精准遥感识别, 实现对研究区裸土地的全面、高效监测; 同时, 结合城市用地功能数据, 深入剖析城市裸土的形成机制, 明确不同用地功能下裸土的分布规律与成因差异, 为城市裸土的精准管控、生态修复及城市国土空间精细化管理提供理论支撑、技术方法与实践参考。

2 研究区概况和数据源

2.1 研究区概况

以长沙市中心城区为研究区域, 地理坐标为北纬 $27^{\circ} 51' \sim 28^{\circ} 41'$, 东经 $111^{\circ} 53' \sim 114^{\circ} 15'$, 全市土地总面积 11816km^2 , 包括芙蓉、天心、岳麓、开福、雨花、望城 6 个区及长沙县。研究区范围如图 1 所示。

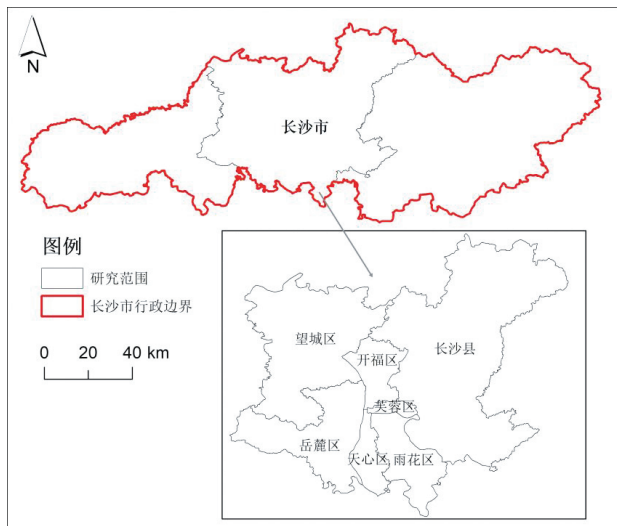


图1 研究区范围分布

作者简介: 徐敏翔 (1998—), 男, 汉族, 本科, 助理工程师, 主要从事环境监测、遥感技术应用研究。

2.2 核心数据源

研究所用的数据源主要为 Sentinel-2 卫星数据，以 Sentinel-2 MSI Level-2A 地表反射率数据为核心，其 10m 空间分辨率可提取城市裸土范围。研究选取 2024 年 11 月 2 日和 12 月 2 日长沙市多时相影像，对 Sentinel-2 数据进行云掩膜、裁剪以及多时相中值合成。基础地理信息数据包含城市用地功能类型矢量数据、行政区划、高分辨率卫星影像在线服务和高程数据等。

3 研究方法

通过对裸土的遥感特征进行分析，基于光谱特征、形态特征和纹理特征构建城市裸土遥感识别规则集，依靠决策树分类模型对裸土与植被、道路、水体以及人工建筑等其他地物要素进行区分，并利用高分七号高分辨率卫星影像在线服务辅助精细化裸土边界认定，并将调查定性的城市裸土区域与城市用地功能数据进行空间耦合分析，开展不同城市用地功能下裸土形成机制分析。技术流程如图 2 所示。

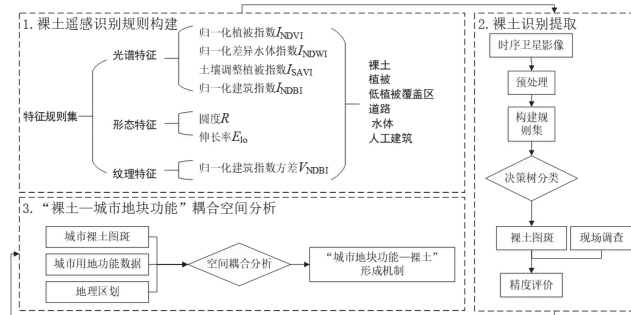


图2 技术流程

3.1 裸土遥感特征分析

从遥感影像中精准识别城市裸土，关键是分析光谱、形态、纹理特征，将其与人工建筑、植被、不透水面及水体等典型地物区分。在可见光至短波红外波段（400~2500nm），城市裸土整体反射率持续上升，无明显峰谷突变。与植被相比，裸土无红光强吸收谷和近红外高反射特性，红边平缓；与不透水面相比，裸土反射率随波长增长斜率更明显，有明显水分吸收谷，不透水面光谱曲线更平直，水吸收特征微弱；与水体相比，裸土全波段反射率高，曲线形态差异大。在形态、纹理上，裸土斑块化、破碎化明显，多为零散不规则斑块，受城市建设、道路切割影响大，边界不清晰且有过渡区域，面积差异大。根据高分辨率遥感影像形态学分析显示，裸土边界复杂度介于规则几

何与完全随机之间，主要分布在建筑施工区周边和城市边缘待开发区域。

3.2 裸土识别规则集构建

裸土区域植被覆盖度低（值通常小于 0.2），绿地区域值高，可设归一化植被指数 I_{NDVI} 阈值排除高植被覆盖区，归一化差异水体指数 I_{NDWI} 能有效区分裸土与含沙水体，裸土值低于含沙水体，结合 I_{NDVI} 和 I_{NDWI} 可缩小裸土识别范围。归一化建筑裸土指数 I_{NDSI} 对陆地植被区域有较好的抑制作用，可增强裸土信息^[10]。

具体计算公式如下：

$$I_{NDSI} = \frac{I_{SI} + I_{NDBI}}{2} \quad (1)$$

$$I_{SI} = \frac{(\rho_{swir1} + \rho_{red}) - (\rho_{nir} + \rho_{blue})}{(\rho_{swir1} + \rho_{red}) + (\rho_{nir} + \rho_{blue})} \quad (2)$$

$$I_{NDBI} = \frac{\rho_{swir} - \rho_{nir}}{\rho_{swir} + \rho_{nir}} \quad (3)$$

$$I_{NDWI} = \frac{\rho_{green} - \rho_{swir}}{\rho_{green} + \rho_{swir}} \quad (4)$$

$$I_{NDVI} = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (5)$$

式中， ρ_{red} 、 ρ_{blue} 、 ρ_{nir} 、 ρ_{swir1} 分别代表 Sentinel-2 卫星影像的红光、蓝光、近红外、短波红外波段的反射率， L 是随着植被密度变化的参数，取值范围为 0~1，当植被覆盖度很高时为 0，很低时为 1。参照裘湧泉等在青海省碾伯镇黄土滑坡信息提取中对地物光谱、纹理、形态及地形特征的定量分析做法^[11]，基于研究区城市生态环境调查，对比分析遥感影像中城市裸土现场点与周围典型地物的光谱、形态、纹理特征差异，筛选对裸土识别区分度相对较大的指标，分别是归一化植被指数 I_{NDVI} 、归一化差异水体指数 I_{NDWI} 、归一化建筑裸土指数 I_{NDSI} 、圆度 R 、伸长率 E_{lo} 、归一化建筑指数方差 V_{NDBI} 等特征量，构建城市裸土识别规则集，对比结果如表 1 所示。

表1 城市裸土现场区域典型地物特征对比

地类	光谱特征			形态特征		纹理特征
	I_{NDVI}	I_{NDWI}	I_{NDSI}	$R/\%$	$E_{lo}/\%$	V_{NDBI}
裸土	-0.11~-0.04	-0.17~0	0.48~0.63	0.05~0.31	0.17~0.48	0.25~0.63
植被	0.39~0.78	-0.12~-0.05	-0.62~-0.19	0.33~0.65	0.55~0.81	0.41~0.83
低植被覆盖区	0.15~0.33	-0.02~0.04	-0.34~0.08	0.13~0.44	0.33~0.65	0.37~0.46
道路	-0.42~0.01	0.04~0.07	0.21~0.46	0.01~0.04	0.01~0.07	0.01~0.05
水体	-0.32~0.02	0.44~0.61	-0.41~-0.18	0.03~0.14	0.02~0.04	0.02~0.07
人工建筑	-0.43~-0.21	-0.47~-0.31	0.45~0.81	0.73~0.91	0.23~0.55	0.67~0.81

3.3 决策树分类

决策树分类是基于多特征组合的监督分类方法，通过构建树状决策规则提取遥感图像中的裸土。其原理是采用自助采样法，从原始训练数据集中有放回随

机抽取与原观测数相等的数据，形成多个子数据集。然后对每个子数据集分别训练一棵决策树，构建决策节点时不使用全部特征，而是随机选择部分特征，依据数据纯度指标进行数据划分，多棵决策树构成森林，综合所有决策树预测结果得出最终分类结果。具体分类结构如图3所示。

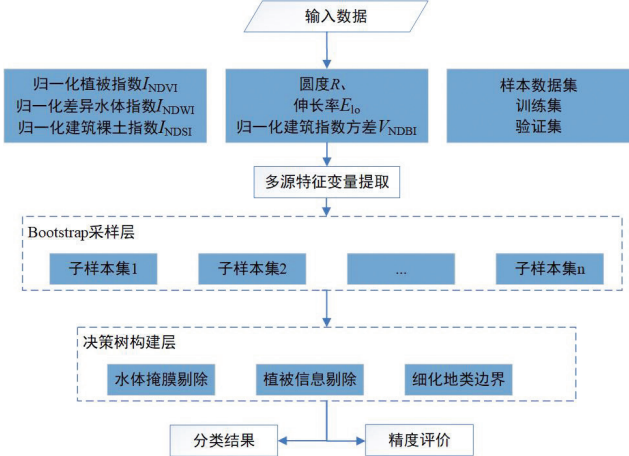


图3 裸土识别决策树结构

在城市裸土识别分类决策树结构中，选取归一化建筑裸土指数 I_{NDSI} 、归一化差异水体指数 I_{NDWI} 、归一化植被指数 I_{NDVI} 等光谱特征以及圆度 R 、伸长率 E_{lo} 、归一化建筑指数方差 V_{NDBI} 等形态特征作为输入变量，首先利用 I_{NDWI} 指数初步分离水体与非水体区域，排除水体对裸土识别的干扰；再基于 I_{NDVI} 指数剔除茂密植被干扰；最后组合使用 I_{SI} 和 I_{NDVI} 细化裸土与其他地物边界，由于建筑在短波红外波段反射更强，且缺乏土壤的某些吸收特征，建筑 I_{NDSI} 值通常高于裸土，并结合圆度 R 、伸长率 E_{lo} 、归一化建筑指数方差 V_{NDBI} 细化裸土与建筑边界差异。

3.4 精度评价

研究利用 Kappa 系数、总体分类精度 (Overall Accuracy, OA) 指标来评估城市裸土提取精度，通过计算 Kappa 系数、OA 系数，来综合评价验证精度。基于 ENVI 混淆矩阵精度评价方法，结合现场实地采集数据分别对 2024 年 11 月 2 日和 12 月 2 日分类提取的裸土结果进行精度评价。总体分类精度和 Kappa 系数的计算方法分别如下：

$$p_c = \frac{\sum_{k=1}^m p_{kk}}{N} \quad (6)$$

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^m p_{ii} - \sum_{i=1}^m (p_{pi} * p_{li})}{N^2 - \sum_{i=1}^m (p_{pi} * p_{li})} \quad (7)$$

式中， p_c 为总体分类精度， m 为分类类别数， N 为样本总数， p_{kk} 为第 k 类的判别样本数， K 为 Kappa 系数， p_{pi} 为第 i 类的所在列总数， p_{li} 为第 i 类的所在行总数。研究表明，当 Kappa 系数小于 0.5 时，通常认为分类精度较差，而当 Kappa 系数大于 0.6 时认为分类精度很高。最终的分类成果应去除非地物，最终的 Kappa 系数不低于 0.8。

3.5 “裸土—城市地块功能”耦合空间分析

利用 ArcGIS 对城市裸土图斑、城市用地功能地块矢量数据开展空间耦合分析，通过空间相交分析 (Intersect) 实现裸土与城市功能区的耦合匹配，明确裸土在交通场站、工业、居住等 9 类功能区的归属关系，继而运用分区统计 (Zonal Statistics) 与属性汇总方法，分析各功能区的裸土空间分布结构特征，采用标准差椭圆与热点分析识别裸土分布的集聚趋势与核心区域，并结合分散在 9 类功能区的裸土情况和城市用地功能属性，深入剖析不同功能区裸土的内在形成机制。

4 城市裸土监测结果

4.1 精度评价

通过图3裸土识别决策树模型，对研究区开展裸土遥感识别，总共识别疑似裸土图斑 670 个，按照均匀采样原则在监测区域选取 80 个采样点作为精度评价区域，结合现场实地调查信息和高分辨率卫星影像判读开展精度验证，通过卫星影像结合外业样本采集获取训练与检验样本，选取 50% 样方数据作为提取训练样本，其他 50% 样方作为精度检验样本，精度评价结果如表 2 所示。

表2 Kappa系数和总体分类精度

时间点	Kappa系数	总体分类精度/%
2024年11月2日	0.846	88.31
2024年12月2日	0.856	89.42

经计算，研究区裸土提取总体精度为 92.5%，Kappa 系数为 0.88。其中大面积连片裸土识别准确率较高 (> 95%)，城乡接合部零星裸土及部分被遮挡地块有少量漏分与误分现象，这可能受影像分辨率和植被季相变化影响。因裸土与建筑 / 不透水面光谱特征混淆，精度略低于植被与水体；裸土同浅色建筑 / 硬化路面光谱相似，是主要误差来源。中心城区建设活动频繁，裸土呈小斑块、碎片化分布，增加混合像元与错分概率，单时相数据难以捕捉植被物候变化，

使裸土与耕地 / 草地易混淆, 时序数据可显著减少错分问题。结论表明, 该监测技术路线能精准反映长沙市中心城区裸土空间分布特征与时序动态。部分疑似裸土图斑现场调查情况如表 3 所示。

表3 部分疑似裸土图斑现场调查情况

取样点 编号	经度	纬度	现场定性	描述
CY1	112.14°	28.03°	纯裸土	裸露土地, 无人工建筑迹象
CY2	113.38°	25.68°	建筑施工现场	施工初期, 地表被完全推平
CY3	112.20°	28.47°	拆迁中地块	房屋拆迁中土地半裸露
CY4	113.89°	28.17°	拆而未建	房屋拆迁后土地裸露
CY5	112.89°	27.43°	误判	建筑屋顶
CY6	113.17°	28.26°	误判	建筑屋顶
CY7	112.06°	27.85°	建筑施工现场	施工中期, 地表被完全推平
CY8	113.87°	28.64°	园林绿化滞后	园林绿地中未铺绿化
CY9	112.98°	28.58°	待建地块闲置	土地闲置裸露
CY10	112.05°	27.36°	拆而未建	房屋拆迁后土地裸露
CY11	112.67°	28.24°	企业搬迁闲置	企业搬迁房屋 拆除后土地裸露
CY12	113.45°	28.36°	园林绿化滞后	园林绿地中未铺绿化

4.2 裸土空间分布特征

2024 年 11 月 2 日和 12 月 2 日长沙市中心城区裸土分布情况如图 4 所示, 研究共获取长沙市城区重点区域裸土监测地块 619 个, 总面积为 6.46km²。结合城市空间结构, 长沙市中心城区裸土空间分布表现为“大分散、小集聚”模式, 图斑覆盖全域, 不存在显著的单一核心聚集区, 体现出“大分散”特点; 在局部区域, 如东南部机场周边等地呈现高密度连片或簇状分布, 形成热点集聚区, 反映出重点建设片区和开发前沿地带的集中扰动。

裸土斑块沿交通廊道与城市扩张轴线呈带状延伸, 高值区多沿主要交通干线及城市发展方向呈带状或串珠式分布, 表明基础设施建设与土地开发是推动裸土空间扩展的主要动力。长沙市中心城区内部以点状零星分布为主, 外围新区以面状连片为主, 老城区裸土呈碎片化点状分布, 城市边缘区因大规模建设形成连片图斑。时间动态显示, 部分区域有治理成效或新增扰动, 对比两期图像, 部分原密集裸土区图斑密度降低, 可能是覆绿或硬化所致; 个别新兴开发区出现新增斑块, 展现出裸土空间动态演变特征。整体上裸土空间与自然地理要素关联性较弱, 人为活动主导性突出, 裸土分布不受自然因子影响, 高度契合于城市规划等, 城乡接合部与行政边界交错地带易形成裸露热点。

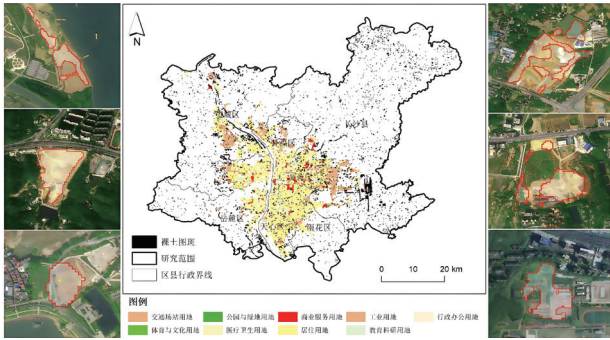


图4 长沙市中心城区裸土分布情况

4.3 裸土形成机制分析

为系统性分析城市裸土空间分布与城市用地功能之间的耦合关系, 参照《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB 50137—2011), 将研究区城市地块功能划分为交通场站、行政管理、公园绿地、工业用地、商业服务、居住、教育科研、体育文化、医疗卫生等 9 个类别。依据图 4 裸土遥感监测图斑分布特征与实地调查数据, 针对上述 9 类城市功能地块中的裸土现象进行形成机制分析, 最终将研究区裸土形成因素总结为五类成因。

(1) 建设工程施工扰动。建设工程施工是长沙市中心城区裸土的主要来源 (占比 45.1%), 在房屋建筑及市政基础设施建设过程中, 地基开挖与场地平整使原生地表植被和覆盖层被剥离, 导致土壤暴露; 施工现场临时堆放的建筑垃圾与工程渣土若未及时清运或覆盖, 会形成局部裸土图斑。

(2) 储备用地与待建地块长期闲置。包括已征收但尚未开发的政府储备用地, 由于土地出让或项目启动滞后而闲置, 场地缺乏防护易形成裸露地表; 部分地块受城市规划修编或调整影响而暂缓开发, 因规划不确定长期处于空置状态, 地表缺乏防护措施逐渐演变为裸土区域。

(3) 城市更新与工业企业搬迁遗留问题。城市更新中“拆而未建”现象普遍, 房屋拆除后地块清理不彻底或后续建设审批、资金落实周期较长, 致使土地长期裸露; 工业企业搬迁后的遗留地块, 在完成土壤污染调查、修复等工作之前, 或等待新规划落地期间, 植被未能及时恢复, 从而形成裸土。

(4) 园林绿化建设与管养滞后。部分城市绿地存在设计、施工、养护方面的问题, 造成植被缺失或损毁, 土壤暴露; 临时占用绿地后未及时复绿或绿化成活率较低, 会引发二次裸露。

(下转第 39 页)

基于GIS空间分析的皖西大别山区生态环境质量遥感评价

杜婉婷 彭心竹

(安徽省第一测绘院, 安徽 合肥 230000)

摘要: 皖西大别山作为我国重点划定的生态功能区, 为掌握其生态环境质量演变, 研究基于 Landsat 系列遥感影像, 构建遥感生态指数 (RSEI) 数据集, 联合 Theil-Sen+MK 时序趋势分析法与 GIS 空间分析能力, 实现皖西大别山生态环境质量指数时空演变特征可视化分析, 引入地理探测器模型, 探究地形、降水、土地利用及人类活动等对生态环境质量空间分异驱动因子的影响机制。结果表明: 研究期内皖西大别山 RSEI 均值整体呈波动上升趋势, 生态环境质量以优良等级为主, 高值区集中于高海拔森林覆盖区, 低值区分布于低海拔城镇及河谷耕地; 生态环境质量改善区域占比 68.2%, 退化区域集中于各县区人类活动生产、生活区; 地形高程、降水是生态环境质量空间分异主导因子, 建设用地扩张是区域生态环境质量退化的核心人文驱动。

关键词: 皖西大别山; GIS; RSEI; 驱动机制

1 引言

皖西大别山是我国重点生态功能区, 地处长江、淮河两大水系分水岭, 是重要的水源涵养、水源安全保障载体。区域范围内物种丰富、生态系统类型复杂, 具有构筑江淮生态安全屏障的重要职能, 生态战略地位极为突出。近年来, 受矿山开采、城镇化进程加快等人类活动与复杂地形、气候条件变化等因素影响, 区域生态环境持续承压, 生态空间分异特征显著, 局部存在生态环境质量退化现象, 开展全域生态环境质量综合评价具有重要的现实必要性。

近年来, 相关学者对皖西大别山地区的研究主要围绕生物多样性、土地覆被类型演变、水土流失以及水环境开展分析, 研究尺度多局限于部分县域, 着重探究矿山开采、城镇扩张引发的生态扰动, 但缺乏长时序生态环境质量的动态演变分析, 且忽视了山地复合扰动特征, 对生态环境质量空间分异形成机制剖析不足, 缺乏对自然因素、人类活动等多类型因子的综合影响机制分析。

基于此, 以皖西大别山全域为研究范围, 依托长时间序列遥感数据, 充分运用遥感数据范围性、周期性监测能力, 采用主成分分析法 (PCA) 优化评价指标权重^[1-2], 构建皖西大别山 2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、2024 年生态环境质量指数 (RSEI) 长时序监测数据集, 并结合 GIS 时空分析、重心迁移、地理探

测器等方法, 系统探究时空演变规律, 定量解析自然与人类活动的耦合驱动机制, 以及自然与人文驱动因子的作用机制, 明确生态退化关键区域与主导因素, 为皖西大别山区生态保护修复、生态功能提升及国土空间规划提供数据支撑与决策参考。

2 技术路线与关键技术

2.1 区域概况

皖西大别山地处我国安徽省西部, 涵盖霍邱、金寨、霍山、岳西、潜山、太湖、宿松和望江 8 个县, 区域总面积约为 1.92 万 km², 属亚热带季风气候, 地貌以中山和低山为主, 地势中部高、南北低, 是国家重点生态功能区, 为长江、淮河重要分水岭与水涵养区。同时, 研究区分布有金寨、霍山等金属与非金属矿区, 城镇、耕地集中于河谷盆地, 人类活动与生态保护矛盾突出, 因此, 开展皖西大别山生态环境质量遥感评价对掌握其生态环境质量现状及影响驱动机制十分必要。

2.2 技术路线

以皖西大别山为研究区域, 整体流程遵循数据预处理、指标构建、时空分析、驱动归因的技术思路, 具体流程如图 1 所示。选取 2005~2024 年 Landsat 系列卫星遥感影像作为基础数据源, 构建长时间序列生态环境质量指数数据集。依托 GIS 空间分析技术揭

作者简介: 杜婉婷 (1993—), 女, 汉族, 硕士, 助理工程师, 主要从事测绘生产与生态遥感研究工作。

示研究区生态环境质量空间分布格局,结合 Theil-Sen+MK 趋势分析法,研判近 20 年生态环境质量时序演化规律,识别生态改善与退化区域。收集整理高程、坡度、坡向、气温、降水等自然地理数据,以及人口密度、GDP、土地利用类型等社会经济数据,建立综合影响因子数据库,利用地理探测器模型定量解析各驱动因子的解释能力,探明单一因子及因子交互作用对生态环境质量空间分异的影响机制,为区域生态治理提供科学参考。

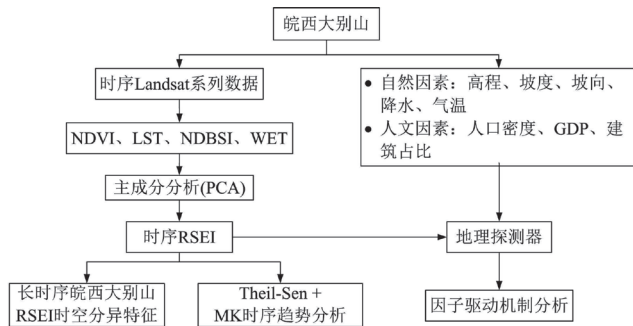


图1 技术流程

2.3 关键技术

研究主要采用遥感信息反演、空间数据分析及数理统计模型三类关键技术。基于 Landsat 系列影像,采用遥感反演技术实现地表生态要素的定量提取,精准构建生态环境质量指数,客观反映区域生态本底状况;采用 GIS 空间分析技术,通过分区统计、制图等方法,联合 Theil-Sen+MK 时序趋势分析技术,实现长时间序列下生态环境质量的演变趋势与波动特征计算,以及生态环境质量空间分布特征与地域差异可视化分析;再引入地理探测器模型,探析自然、人为因子对生态环境质量空间分异的解释力度,明确不同因子的差异化作用机制,为揭示山地复合扰动下生态演变驱动机制提供可靠的技术支撑。

2.3.1 遥感生态指数 (RSEI) 构建

遥感生态指数 (RSEI) 是通过主成分分析 (PCA) 耦合绿度 (NDVI)、湿度 (WET)、干度 (NDBSI) 和热度 (LST) 4 个指标来表征生态环境质量。绿度由归一化植被指数表示^[3-5];湿度由缨帽变换后的湿度分量表示;干度由归一化建筑-裸土指数表示,是由建筑指数^[3]与裸土指数取平均组合而成;热度由地表温度表示^[4]。由于指标数据均来自于遥感数据,且不需要设置权重,具有较强的客观性与可信度^[5]。RSEI 可以表示为如下函数式:

$$RSEI = f(NDVI, WET, NDBSI, LST) \quad (1)$$

2.3.2 趋势分析

采用 Theil-Sen Median 联合 Mann-Kendall 趋势分析方法,对研究区 2005~2024 年生态环境质量指数进行时序趋势分析,计算每个像元的 RSEI 变化斜率,判断生态环境质量的变化趋势,并通过 Mann-Kendall 检验判断变化趋势的显著性 ($P < 0.05$ 为显著变化, $P \geq 0.05$ 为不显著变化),揭示研究区生态环境质量的时序演变规律,公式如下:

$$\beta = \text{Median}\left(\frac{RSEI_j - RSEI_i}{j - i}\right), \forall j > i \quad (2)$$

式中, $1 \leq i < j \leq n$, n 表示时间节点总数; $RSEI_i$ 、 $RSEI_j$ 分别为第 i 、 j 个时间节点的生态参数 RSEI 数值; $\text{Median}()$ 为取中值函数,用于剔除异常斜率值的干扰。 $\beta > 0$ 表示生态环境质量呈改善趋势, $\beta < 0$ 表示呈退化趋势, $\beta = 0$ 表示基本稳定。

2.3.3 驱动因子分析

为探析自然环境及人类活动对皖西大别山生态环境质量空间分异的影响程度、主导作用及交互驱动机制,驱动因子主要选取高程、坡度、地形起伏度等自然景观因子,以及人口密度、建设用地占比等人类活动因子。基于地理探测器模型分析各因子解释力 (q 值),经对比分析确定主导因子,剖析各因子对皖西大别山生态环境指标 RSEI 的作用机制。 q 值越大,表示该因子对生态环境质量空间分异的解释力越强, q 值计算公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_h^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (3)$$

式中, q 为驱动因素对植被覆盖度的影响力,区间为 $[0, 1]$,值越大表示驱动因素对植被影响越强; $h=1, 2, \dots, L$ 为植被覆盖度或影响因素的分类或分区; N_h 和 N 分别为层 h 和区域单元数; σ_h^2 和 σ^2 分别是层 h 和区域 Y 值的方差; SSW 和 SST 分别为层内方差之和与区域总方差。

3 结果与分析

3.1 生态环境质量时序空间分布特征

基于 GIS 空间分析能力,构建皖西大别山 2005~2024 年生态环境质量等级空间分异图,结果如图 2 所示。结果表明:

(1) 该时期内,皖西大别山生态环境质量以“优”(0.8~1)为主,全域范围内生态基底“优良”等级无大范围退化现象。时序上呈现“逐步优化、中低等

级收缩”特征：2005~2010年间（霍邱县）部分地区存在差/较差等级，至2015年以后已逐步减少，优良占比稳步提升，整体生态系统处于稳定向好的良性循环状态。

（2）空间分布上呈现“山区全优、平原地区局部呈良”的空间分异特征：霍山、金寨、岳西等县位于大别山腹地，生态环境质量全域呈“优良”等级，生态环境质量极好；霍邱、宿松及望江等沿淮/沿江平原县区，在城镇居民区、农耕生产区，受人类活动影响生态环境质量略微下降；太湖县、宿松县南部等水域周边受湿地生态系统影响，生态环境质量较好，良级分布相对集中。

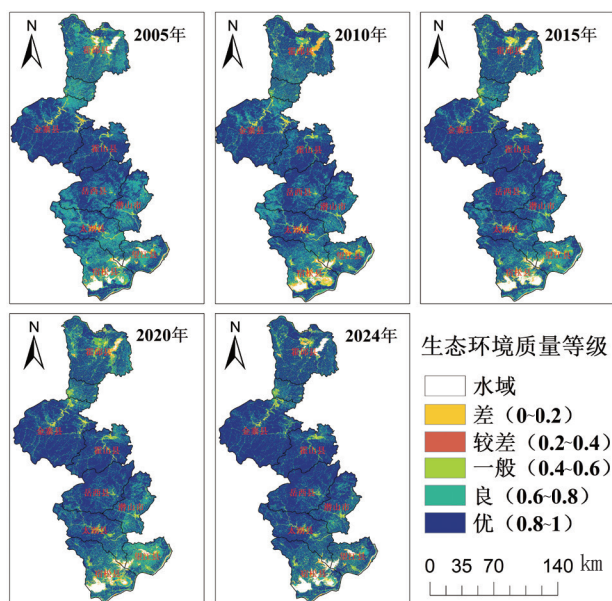


图2 RSEI指数空间分布特征

3.2 生态环境质量趋势变化空间差异

研究采用 Theil-Sen+MK 时序趋势分析法，分析皖西大别山 2005~2024 年期间 RSEI 变化情况，并将变化分为 9 类，趋势变化空间差异如图 3 所示。

结果表明：

（1）该时期内，皖西大别山各区县 RSEI 趋势变化具有明显的空间分异性，但均以改善为主，仅零星区域存在退化特征。

（2）整体分析，研究区内显著改善、微显著改善类区域呈大面积连片分布，覆盖皖西大别山腹地内的金寨、霍山及岳西等县，构成生态环境质量优化的主导格局，也表明山区生态屏障保护与修复的系统性成果，而霍邱、宿松及望江等沿淮/沿江平原县区同样以改善类变化为主，仅在城镇等人类活动密集区存在零星退化现象。

整体而言，皖西大别山区域各县区生态系统均呈现全域性、持续性的良性演化态势，生态环境质量改善的统计学显著性突出，区域生态环境稳定性与抗干扰能力持续增强。

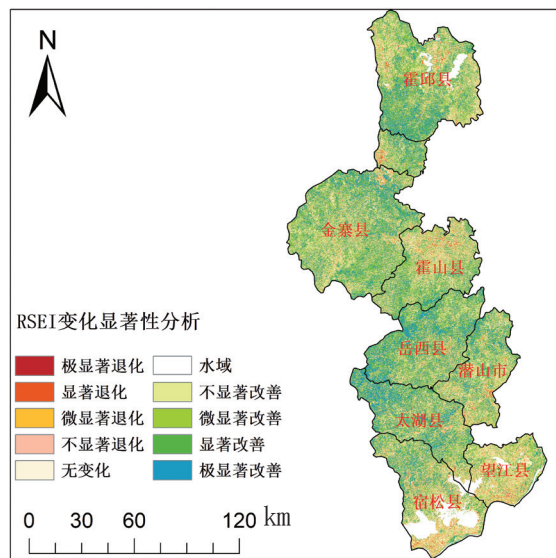


图3 趋势变化空间差异

3.3 驱动因子解析

研究引入地理探测器模型，探析气温、人口密度、降水、坡度、坡向、高程、建筑占比等自然与人类活动驱动因子对皖西大别山生态环境质量空间分异特征的影响，结果如图 4 所示。

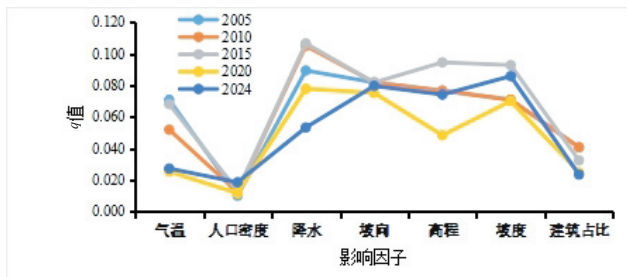


图4 因子驱动影响力结果

因子驱动结果表明：

（1）驱动因子中，降水、高程、坡度 q 值始终较高，为主导驱动因子，降水因子 q 值高至 0.107，高程、坡度 q 值稳定在 0.07~0.095，是研究区内生态环境质量的核心驱动因子，表明地形及气候等自然因子对区域生态格局的基底塑造能力。

（2）建筑占比为次要驱动因子，随着城镇化的推进，建筑占比的影响力 q 值呈波动性变化，2015 年最大值达 0.107，2024 年随着国土资源优化配给以及合理规划，建筑占比对皖西大别山生态环境质量影响力降低， q 值为 0.023；人口密度、坡向因子 q 值始终处

于低位,对生态环境质量空间分异的解释力较弱。

整体来看,自然因子(地形、气候)是区域生态环境质量空间分异的主导力量,人文因子仅在局部区域产生显著影响,符合皖西大别山区生态屏障的自然主导型特征。

4 结论

研究基于 Landsat 系列数据构建皖西大别山时序 RSEI 数据集,利用 GIS 空间分析能力从生态环境质量分布、趋势演变空间分异特征,综合分析皖西大别山 2005~2024 年生态环境质量时空演变规律,结果表明,皖西大别山区生态环境质量整体呈波动上升态势,空间上各区县生态环境质量呈明显的空间分异特性,高值区多集中于金寨、霍山、岳西等位于大别山腹地的高海拔区域,霍邱、宿松及望江等沿淮/沿江平原县区,在城镇居民区、农耕生产区,受人类活动影响生态环境质量略微下降。生态变化趋势以显著改善、微显著改善为主体,改善区域占比超六成,退化区域仅

零星分布且无连片退化现象,全域生态系统整体向好。驱动机制结果表明,皖西大别山区 RSEI 空间分异以降水、高程、坡度等自然地形气候因子为核心主导驱动,建筑占比等人文因子为次要扰动,可为皖西大别山区生态保护修复、国土空间优化及生态功能区建设提供科学支撑与决策参考。

参考文献

- [1] 姜悦,侯现慧.基于RSEI和HLM模型的陕西省生态环境质量评价及影响因素分析[J].地理科学,2025,45(6):1218-1231.
- [2] 吕雅淑,杨涵.基于GEE的干旱区生态环境质量评估与驱动机制:以天山北坡经济带为例[J].西北林学院学报,2026,41(1):21-36.
- [3] 张倩,曹广超,张乐乐,等.基于GEE的祁连山南坡生态环境质量动态评价图谱及驱动力分析[J].环境科学,2025(7):4534-4544.
- [4] 赵格格.基于GEE的辽宁省生态环境质量时空格局及驱动力分析[J].环境保护前沿,2025,15(10):1308-1322.
- [5] 刘石玉,刘红豪,李俊,等.2000—2021年抚仙湖流域生态环境质量时空演变及驱动因素[J].环境工程技术学报,2026,16(1):100-112.

(上接第 35 页)

(5) 城乡接合部管理盲区与临时用地失管。中心城区边缘的城乡接合部空地因权属不明、管理主体缺位,容易被倾倒渣土或荒废形成裸土;临时用地使用期满后未进行生态恢复或硬化地面破损未修复,导致地表土壤暴露。

上述五类成因体现了长沙市中心城区在城镇化与空间重构背景下,土地利用转型与生态管控能力的阶段性失衡。

5 结语

针对城市建成区裸土管理中存在范围边界定性模糊、监测精度不足及形成机制不明等核心问题,以长沙市中心城区重点区域为研究对象,开展了裸土遥感识别与形成机制的系统性研究,旨在为城市生态环境监测与裸土扬尘管控提供技术支撑与理论参考。研究通过特征筛选与模型优化,有效地提升了城市裸土遥感识别精度,明确了裸土空间分布特征与形成机制,解决了当前裸土管理中存在的关键技术难题,弥补了传统裸土监测方法效率低、精度不足的短板。研究构建的裸土遥感识别规则库与分类方法,可推广应用于同类城市的裸土监测工作,为城市裸土常态化、精细化管理提供可靠的技术手段。

参考文献

- [1] 张峰,王军邦,余涛,等.基于多源遥感的城市裸土扬尘源动态监测与管理应用:以北京市为例[J].中国环境监测,2024,40(2):45-53.
- [2] 李爽,赵敏,刘洋.城市建筑工地裸土覆盖措施的微塑料环境风险及管理对策[J].环境科学研究,2025,38(1):112-120.
- [3] 刘晓,张兵.城市扬尘污染遥感监测技术研究进展与管理启示[J].环境工程,2025,43(2):15-22.
- [4] 杨金中,甘甫平,周萍.面向国土空间治理的城市裸地遥感监测技术体系构建与应用[J].自然资源遥感,2024,36(4):1-10.
- [5] 陈旭,徐涵秋,林志华.融合光谱指数与深度学习的城市裸土精细提取方法研究[J].遥感学报,2024,28(3):678-690.
- [6] 张峰,王军邦,余涛,等.基于改进裸土指数的城市裸露地表遥感提取方法研究[J].国土资源遥感,2021,33(2):45-52.
- [7] 徐涵秋.基于NDBSI指数的城市裸土信息提取与动态监测:以福州市为例[J].遥感学报,2013,17(4):863-876.
- [8] 陈旭,徐涵秋,林志华.基于改进U-Net网络的城市裸土高分辨率遥感影像提取[J].遥感学报,2023,27(8):1890-1902.
- [9] 李爽,刘洋,赵敏.面向大范围监测的轻量化卷积神经网络城市裸土提取研究[J].中国环境监测,2023,39(4):78-86.
- [10] 张峰,王军邦,余涛,等.融合多源特征的DeepLabV3+城市裸地语义分割方法[J].自然资源遥感,2024,36(1):56-64.
- [11] 袁湧泉,刘丹,杨海明.结合多源遥感数据的青海省碾伯镇黄土滑坡信息提取研究[J].东华理工大学学报(自然科学版),2025,48(1):73-83.

InSAR技术在地质灾害早期识别与评价中的应用

崔军强¹ 王太强^{1,2} 王宏民^{1,2}

(1. 中国建筑材料工业地质勘查中心甘肃总队, 甘肃 天水 741000; 2. 中建材(甘肃)勘测规划设计有限公司, 甘肃 天水 741000)

摘要: 甘肃省甘谷县地处黄土高原与西秦岭构造带过渡区, 地质环境复杂, 地质灾害类型多、分布广、隐蔽性强, 传统人工调查手段难以实现大范围、高精度、动态化的隐患识别与风险评价。针对该区域地质灾害防控痛点, 研究构建了多源数据融合—形变提取—异常识别—机制分析—风险评价全链条技术体系。基于 2021~2024 年 Sentinel-1A/B 卫星数据, 采用 SBAS-InSAR 方法提取研究区毫米级地表形变信息, 建立“四维综合判定+三级逐级筛选”的隐患识别标准, 精准识别滑坡、崩塌等地质灾害隐患; 结合地质环境与诱发因素, 建立形变—地质—诱发因素耦合分析框架, 构建易发性—危险性—易损性—风险性四级多指标风险评价模型。结果表明: 研究区形变监测精度达 $\pm 5\text{mm/a}$, 隐患识别验证率超 85%, 新增识别传统调查盲区隐蔽隐患点 12 处, 风险评价结果与实地调查高度吻合。研究成果可为黄土高原—西秦岭构造带过渡区地质灾害精准防控提供技术支撑与实践参考。

关键词: InSAR; 地质灾害; 早期识别; 风险评价; 地表形变; 甘谷县

1 引言

我国黄土高原与构造带过渡区是地质灾害高发频发区域, 精准的灾害早期识别与风险评价是区域防灾减灾的核心前提。甘肃省是我国地质灾害最严重的省份之一, 其下辖甘谷县位于黄土高原与西秦岭构造带交汇部位, 地形破碎、岩土体结构复杂, 加之降雨集中、人类工程活动强烈, 地质灾害风险极为突出^[1]。根据 1:5 万地质灾害风险调查成果, 全县共发育地质灾害隐患点 320 处, 其中滑坡 252 处、崩塌 34 处、泥石流 34 条, 威胁人口约 8.68 万人, 潜在经济损失超 4 亿元。

传统地质灾害调查与监测以人工巡查、GPS 单点监测、无人机航拍为主, 存在覆盖范围窄、劳动强度大、动态响应慢、隐蔽性隐患识别能力不足等局限, 难以满足大范围地质灾害常态化防控需求。合成孔径雷达干涉测量(InSAR)技术凭借全天时、全天候、大范围、毫米级高精度的优势, 已成为地质灾害监测预警的核心技术手段^[2-4]。近年来, 时序 InSAR 技术(PS-InSAR、SBAS-InSAR 等)快速发展, 在滑坡等地质灾害隐患识别中得到广泛应用, 但现有研究多聚焦于单一形变提取与隐患识别, 针对黄土—构造带过渡区的“识别—机制—评价”全链条技术体系仍不完善, 适配区域地质特征的识别标准与风险评价模型仍有待深化^[5]。

为此, 以甘谷县为研究区, 基于 Sentinel-1 时序卫星数据, 构建地质灾害早期识别与风险评价全链条

技术体系, 建立适配研究区的形变异常识别标准, 揭示典型灾害形变演化耦合机制, 完成区域地质灾害风险量化评价, 旨在解决传统调查手段在大范围、隐蔽性地质灾害识别中的瓶颈问题, 为同类区域地质灾害精准防控提供技术支撑。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

甘谷县位于甘肃省东南部, 渭河自西向东横贯全境, 海拔 1200~2716m, 地形以黄土梁峁、沟谷阶地为主, 沟谷密度达 2.3km/km^2 , 地形破碎程度高。区域地质构造复杂, 地处西秦岭褶皱带与陇西系旋扭构造交汇部位, 发育 NNW 向、NE 向两组断裂, 岩体破碎, 构造节理发育。区内出露地层以第四系黄土为主, 厚度 10~80m, 结构疏松、垂直节理发育, 遇水易崩解湿陷, 与下伏新近系泥岩形成上硬下软的不利结构, 是滑坡、崩塌发育的主要物质基础。

根据 1:5 万地质灾害风险调查成果, 全县灾害类型以滑坡为主, 占比达 78.75%, 其次为崩塌、泥石流(各占 10.63%), 具体如表 1 所示。灾害点主要沿渭河及其支流沟谷两侧呈带状、集群式分布, 与地形坡度、地层岩性、断裂构造及人类工程活动高度相关。受地形与交通条件限制, 传统调查对偏远山区、植被覆盖区的隐蔽性隐患识别能力不足, 亟须大范围、高精度

作者简介: 崔军强(1987—), 男, 汉族, 高级工程师, 硕士, 研究方向: 地质灾害防治与评价。

通信作者: 王太强(1987—), 男, 汉族, 高级工程师, 本科, 研究方向: 地质灾害调查评价与防治。

的遥感监测技术补充。

表1 甘谷县地质灾害隐患点统计

地质灾害类型	数量（处）	占比/%	主要特征
滑坡	252	78.75	以黄土滑坡、黄土-泥岩接触面滑坡为主，多为中型-大型
崩塌	34	10.63	以土质崩塌为主，突发性强、破坏力大
泥石流	34	10.63	沟谷型泥石流，物源丰富、暴发频率高
合计	320	100.00	—

2.2 研究方法

研究选取 2021 年 1 月至 2024 年 12 月时段内 60 景重访周期 12 天的 Sentinel-1A/B 卫星 IW 模式 VV 极化影像作为核心数据源，同时整合 SRTM1 弧秒 DEM 数据、甘谷县 1:5 万地质灾害调查数据、1:5 万地质构造图及长序列降雨监测数据等多源辅助数据，以时序 InSAR 技术为核心方法，开展全域大范围地表形变监测，搭建地质灾害早期识别与风险评价一体化全链条技术体系；结合研究区地形地质禀赋，划定本地化形变异常识别阈值与判定标准，高效识别隐蔽性地质灾害隐患点位，厘清典型灾害体时空形变演化特征，揭示地表形变与灾害孕育发育的内在耦合机理，再融合各类致灾影响因子，实现区域地质灾害风险量化分级评价，有效弥补传统野外调查在广域监测、隐蔽灾害排查中存在的短板，为同类区域地质灾害早期预警与精准防控提供科学的技术思路与实践参考。

InSAR 技术通过同一区域不同时相 SAR 影像的相位差来反演地表形变信息，而时序 InSAR 技术进一步克服了传统 D-InSAR 受时空失相干、大气延迟影响大的缺陷。针对研究区黄土分布广、植被覆盖中等的特点，研究采用小基线集 InSAR（SBAS-InSAR）方法，辅以 PS-InSAR 方法进行结果验证。

数据处理基于 SARscape+ENVI 平台完成，核心流程可细化为以下步骤：

（1）影像配准与干涉对生成：将所有 SAR 影像精确配准至同一主影像坐标系，配准精度优于 0.1 像元，进而根据设定的时空基线阈值生成若干干涉对，构建冗余干涉网络。

（2）干涉图去平与自适应滤波：利用外部高精度 DEM 去除地形相位与参考椭球相位，并采用 Goldstein 自适应滤波方法对干涉图进行噪声压制，以增强条纹清晰度而不损失细节。

（3）相位解缠：对滤波后的干涉图应用最小费用流算法进行二维相位解缠，恢复模糊相位的整周数，

获取与形变相关的绝对相位。

（4）大气相位校正：通过时空域高通滤波与低通滤波相结合的方式，分离大气延迟引起的低频相位，并借助外部气象模型数据校正对流层延迟，获得更纯净的形变相位。

（5）形变信息反演：利用奇异值分解法对多时相解缠相位进行最小二乘求解，反演各时段沿雷达视线向的形变速率与累积形变，并利用入射角将其转换为垂直向形变。

（6）地理编码与精度验证：将雷达坐标系下的形变结果通过查找表方法地理编码至地理坐标系，利用研究区内稳定区域的形变残差及实地水准或 GNSS 观测数据进行精度评定。

经上述处理，最终获取研究区 2021~2024 年地表形变速率图、累积形变量图及典型隐患点的形变时间序列曲线，监测精度达到 $\pm 5\text{mm/a}$ 。整体技术路线为：SAR 影像选取与预处理→干涉对优选与干涉图生成→自适应滤波与相位解缠→大气校正与时间序列反演→形变场解算与地理编码→PS-InSAR 交叉验证与隐患点识别，形成了从数据到预警的完整链条。

3 地质灾害早期识别与风险评价

3.1 多维度形变异常识别体系构建

基于时序 InSAR 技术提取的地表形变信息，结合研究区地质环境特征，建立“四维综合判定+三级逐级筛选”的形变异常识别体系，实现隐患的精准识别。

四维综合判定从 4 个维度建立量化识别标准：（1）形变速率维度：结合灾害类型设定阈值，滑坡 $\geq 10\text{mm/a}$ 、崩塌 $\geq 8\text{mm/a}$ 、地面沉降 $\geq 15\text{mm/a}$ ，其中 $\geq 20\text{mm/a}$ 划为高风险隐患区， $10 \sim 20\text{mm/a}$ 划为潜在隐患区；（2）空间连续性维度：形变区面积 $\geq 1000\text{m}^2$ ，形态呈椭圆形、舌状或条带状，与坡度 $> 20^\circ$ 、断裂带距离 $< 500\text{m}$ 、人工切坡段空间高度匹配；（3）时间演化特征维度：重点识别形变速率持续加速（连续 3 期递增）或季节性波动与降雨、冻融周期高度吻合区域；（4）形变梯度维度：相邻像元形变速率差 $\geq 5\text{mm/a}$ 的区域，判定为裂缝发育、剪切变形集的灾害边界区。在此基础上，建立三级逐级筛选流程：初筛（形变速率 $\geq 5\text{mm/a}$ ，识别异常区 89 处）→复筛（空间连续性+地质环境匹配，保留异常区 47 处）→精筛（时间序列特征+野外核查，最终确认隐患点 31 处），实现异常区从粗到精的逐级甄别，识别流程如图 1 所示。

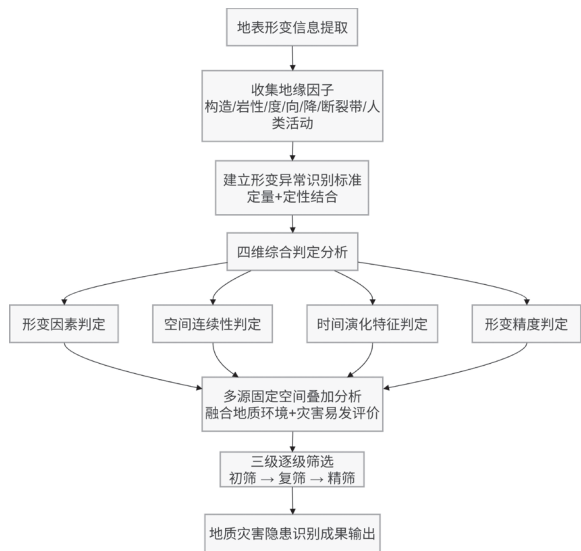


图1 形变异常三级筛选识别流程

3.2 隐患识别结果与典型案例分析

经上述识别体系筛选，研究区共识别形变异常区 47 处，经野外核查确认地质灾害隐患点 31 处，其中新增传统调查盲区隐蔽隐患点 12 处，隐患识别验证率达 85% 以上。选取 2 处典型隐患点开展深入分析：

(1) 大石镇黄土滑坡隐患

该隐患点位于大石镇赵家坡村，形变区面积约 3.2 万 m^2 ，InSAR 反演形变速率为 22 ~ 35 mm/a 。形变时间序列显示，坡体形变呈持续加速趋势，2021 ~ 2024 年，年均形变速率从 18 mm/a 升至 32 mm/a ，雨季形变速率为旱季的 3 倍，最高单月形变量达 8 mm 。野外核查发现，坡体后缘发育宽 5 ~ 15 cm 的拉张裂缝，中下部发育鼓丘，坡面多处小型滑塌，判定为中型黄土滑坡，处于蠕滑变形阶段，雨季失稳风险高，直接威胁坡脚 32 户居民及省道 S304 通行安全。

(2) 磐安镇公路切坡崩塌隐患

该隐患点位于磐安镇 G316 国道切坡段，形变区呈条带状分布，长 180 m 、宽 30 m ，形变速率 12 ~ 18 mm/a 。切坡高度 15 ~ 25 m ，坡度 65° ~ 80°，为强风化泥岩，节理发育。形变序列显示，形变具有显著季节性特征，春季冻融期形变速率为冬季 1.5 倍，雨季形变加速明显，最大单月形变量 3.5 mm 。野外核查发现坡面多处落石掉块，节理张开度 2 ~ 5 cm ，判定为中型岩质崩塌，强降雨或地震时失稳风险高，威胁国道通行安全。

3.3 形变演化耦合机制分析

选取典型隐患点，建立形变特征—地质环境—诱发因素耦合分析框架，揭示研究区主要地质灾害的形变演化机制。

(1) 黄土滑坡形变演化机制

结果显示形变速率与降雨量呈显著正相关 ($R^2=0.82$, $P < 0.01$)，雨季形变速率为旱季 2 ~ 3 倍，形变加速滞后于强降雨事件 3 ~ 7 d。降雨入渗导致黄土孔隙水压力升高 5 ~ 15 kPa ，饱和状态下内摩擦角降低 5° ~ 8°、黏聚力降低 10 ~ 15 kPa ，抗剪强度显著衰减；灌溉渗漏为重要诱发因素，灌溉区滑坡形变速率为非灌溉区 1.8 倍。

(2) 切坡崩塌形变演化机制

形变速率与切坡高度、坡度、节理发育程度呈正相关，切坡高度每增加 10 m ，形变速率增加 2 ~ 3 mm/a ；坡度每增加 10°，形变速率增加 1.5 ~ 2 mm/a 。冻融循环使裂隙扩展、岩体完整性降低，降雨入渗后泥岩饱和和抗压强度降低超 50%，是崩塌形变加速的核心诱因。

(3) 地面沉降形变演化机制

形变速率与地下水开采量、采砂活动强度呈显著正相关 ($R^2=0.89$, $P < 0.01$)，地下水位每降深 1 m ，沉降速率增加约 2 mm/a ，过量开采导致砂层压密、有效应力增加，是引发持续沉降的核心机制。

3.4 多指标地质灾害风险评价

基于灾害识别与机理分析成果，构建易发性—危险性—易损性—风险性四级多指标风险评价体系。其中，易发性指标涵盖地形坡度、地层岩性、地质构造等 6 项因子；危险性指标纳入 InSAR 形变速率、形变加速度、历史灾害密度等 4 项因子；易损性指标包括人口密度、建筑与道路密度等 4 项因子；基于上述指标完成风险性综合量化分级。采用层次分析法 (AHP) 确定指标权重，结合模糊综合评价法完成风险区划，结果如表 2 所示，区域易发性评价结果如图 2 所示。

评价结果显示，研究区极高、高风险区面积合计 323.95 km^2 ，占全县总面积的 20.51%，主要分布于渭河两岸人类工程活动强烈、坡体稳定性差的区域。风险区划结果与 InSAR 形变异常区、历史灾害点分布高度吻合，验证了评价模型的可靠性。

表2 甘谷县地质灾害风险评价分级统计

风险等级	面积/ km^2	占比/%	主要分布区域
极高风险	89.04	5.64	新兴镇、大象山镇、六峰镇 渭河南北两岸
高风险	234.91	14.87	中东部渭河流域两岸阶地后缘及 南部基岩山区
中风险	644.53	40.79	渭河及散渡河两岸黄土丘陵区
低风险	611.49	38.70	渭河、散渡河及清溪河流域 河谷阶地区
合计	1579.97	100.00	—

(下转第 46 页)

基于高分一号WFV传感器的河南省大气气溶胶光学厚度定量反演研究

王著旺

(濮阳市城乡规划事务中心, 河南 濮阳 457001)

摘要: 为解决当前河南省气溶胶光学厚度 (AOD) 反演精度受复杂下垫面干扰大、现有反演方法适配性不足, 难以满足区域大气环境精细化监测需求的问题, 研究以高分一号卫星 WFV 传感器 Level-1A 级数据为核心数据源, 通过优化多波段最小反射率反演算法, 构建适用于该区域的高分辨率气溶胶光学厚度 (AOD) 反演模型, 成功反演 2024 ~ 2025 年河南省空间分辨率为 160m 的 AOD 产品。利用 AERONET 地基观测数据对反演结果进行精度验证, 结果表明, 反演的 AOD 产品与地基观测数据的决定系数 R^2 达 0.79, 均方根误差 RMSE 为 0.26, 67% 的验证点处于期望误差范围之内, 完全达到区域大气环境精细化监测的精度标准。研究成果进一步揭示了河南省 AOD 的时空分布特征, 所获取的高精度 AOD 产品为河南省大气污染源识别与传输分析提供可靠的数据支撑, 优化后的反演方法也可中原城市群大气环境监测与精细化治理提供技术参考。

关键词: 高分一号 WFV; 气溶胶光学厚度; 定量反演; 河南省; 大气环境监测

1 引言

河南省地处中原腹地, 是我国中部地区的经济大省与人口密集区域。近年来, 随着工业化、城镇化持续推进, 能源消耗量与机动车保有量快速增长, 大气污染问题日益凸显, 气溶胶污染已成为制约区域生态环境质量提升、影响人居环境与经济可持续发展的关键瓶颈。气溶胶光学厚度 (Aerosol Optical Depth, AOD) 作为表征大气气溶胶负载量的核心指标, 其精准反演对揭示污染成因、评估治理效果、开展环境预警预报至关重要, 在区域大气环境研究与管理中具有不可替代的意义^[1]。

传统地面 AOD 监测站点虽观测精度高, 但受布设密度限制, 空间覆盖范围有限, 难以全面反映气溶胶污染的宏观时空分布特征及小尺度空间差异。卫星遥感技术凭借大区域覆盖、周期性观测、非接触式监测的优势, 已成为大范围气溶胶污染监测的核心技术手段。目前, 国内外广泛应用的 MODIS、VIIRS 等卫星传感器 AOD 产品, 空间分辨率多在 1km 及以上, 难以满足城市内部、小型工业园区、交通主干道等小尺度污染源的精细化监测需求。我国自主研发的高分一号卫星搭载 WFV 传感器, 兼具 16m 高空间分辨率与 4 天短重访周期的双重优势, 且幅宽度达 800km, 可实现区域全域覆盖, 为开展高分辨率气溶胶反演研究、弥补

传统卫星产品的分辨率短板提供了理想数据源^[2-3]。

现有气溶胶反演算法多基于平原、海洋等单一垫面构建, 在地形复杂、下垫面类型多样区域泛化能力有限。河南省山地、平原与城市群交错分布, 地形地貌复杂, 且受工业排放、燃煤、扬尘等多重污染源叠加的复合型气溶胶影响, 对反演算法的地表反射率估算精度和气溶胶模型适用性提出了更高要求^[4-5]。

针对上述问题, 研究基于高分一号卫星 WFV 传感器 Level-1A 级数据, 融合地基观测、气象、地表分类等多源辅助数据, 优化多波段最小反射率反演算法, 采用 6S 辐射传输模型与代价函数最小化方法, 实现河南省 AOD 定量反演; 通过时空匹配策略对反演结果进行精度验证, 最终生成高精度河南省 AOD 产品, 并系统分析时空分布特征及驱动成因^[6-9]。研究旨在为河南省大气污染精准防控提供数据与技术, 也为高分卫星数据在大气环境监测中的应用提供实践案例。

2 数据方法与原理

2.1 数据介绍

(1) 卫星数据

选取 2024 年 1 月至 2025 年 12 月高分一号卫星 WFV 传感器 Level-1A 级数据为核心卫星数据源, 共获取有效卫星影像 326 景。WFV 传感器包含 4 个

作者简介: 王著旺 (1985—), 男, 汉族, 硕士, 工程师, 主要从事工程测量、地籍测绘、测绘地理信息管理工作。

波段, 分别为蓝波段 (0.45~0.52 μm)、绿波段 (0.52~0.59 μm)、红波段 (0.63~0.69 μm) 和近红外波段 (0.77~0.89 μm), 空间分辨率 16m, 刈幅宽度 800km, 可实现河南省全域覆盖观测。

(2) 辅助数据

地基验证数据采用中国气象局气溶胶观测网及周边 AERONET 站点 550nm 波段的 AOD 观测数据, 用于反演结果精度验证, 经筛选得到观测时间连续、数据质量优良的观测记录 286 条; 气象数据选用 NCEP 再分析数据中的水汽含量、臭氧柱含量, 用于大气分子吸收校正及 6S 模型输入参数补充; 地表数据采用 30m 分辨率 Landsat8 OLI 地表分类产品和 250m 分辨率 MODIS NDVI 产品, 用于季节性地表反射率库构建及地表类型判断; 辐射定标系数采用中国资源环境卫星应用中心提供的敦煌定标场辐射定标数据, 保障辐射定标精度。

2.2 反演方法

针对 WFV 传感器 4 天重访周期特性, 结合河南省地表类型季节变化规律, 采用多波段代价函数最小化方法开展 AOD 反演, 代价函数定义如下:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^3 (\rho_{\text{TOA}}^i - \rho_{\text{simulated}}^i)^2$$

式中, ρ_{TOA}^i 为卫星观测的表现反射率 ($i=1, 2, 3$, 分别对应蓝、绿、红三个波段), $\rho_{\text{simulated}}^i$ 为查找表模拟得到的表现反射率。通过最小化代价函数确定最优气溶胶模式与 AOD 数值, 采用多元非线性插值方法获取空间分辨率 160m 的 AOD 反演结果。

反演结果的精度验证采用时空匹配策略: 卫星过境时间与地面观测时间差值 $\leq 30\text{min}$, 以地面站点为中心, 选取 5×5 网格的 AOD 平均值作为卫星反演结果, 与地基观测数据进行匹配分析。选取决定系数 (R^2)、均方根误差 (RMSE) 和期望误差 (EE) 为统计指标, 全面评估反演结果精度水平。

3 结果与分析

3.1 反演结果精度验证

河南省及周边 4 个 AERONET 站点的精度验证结果如图 1 所示, 基于 WFV 传感器反演的 AOD 产品与地基观测数据具有良好一致性, 总体 R^2 达 0.79, RMSE 为 0.26, 67% 的验证点处于期望误差范围, 满足区域大气气溶胶监测的精度要求, 可用于河南省气溶胶时空分布特征的深入分析。

各站点验证结果存在差异, 其中郑州站点验证效

果最优, R^2 达 0.83, RMSE 为 0.23, 分析原因为该站点位于华北平原腹地, 地表均匀性好, 地表反射率估计误差小, 且站点周边工业、交通污染源分布相对均匀, 气溶胶模式匹配度较高; 南阳站点 R^2 为 0.76, RMSE 为 0.28, 误差相对较大, 主要受站点周边水体下垫面影响, 地表反射率时空变异性强, 导致反演过程中地表反射率估计存在偏差; 商丘站点验证结果处于中等水平, R^2 为 0.77, RMSE 为 0.27, 可有效验证河南省 AOD 反演结果的可靠性。

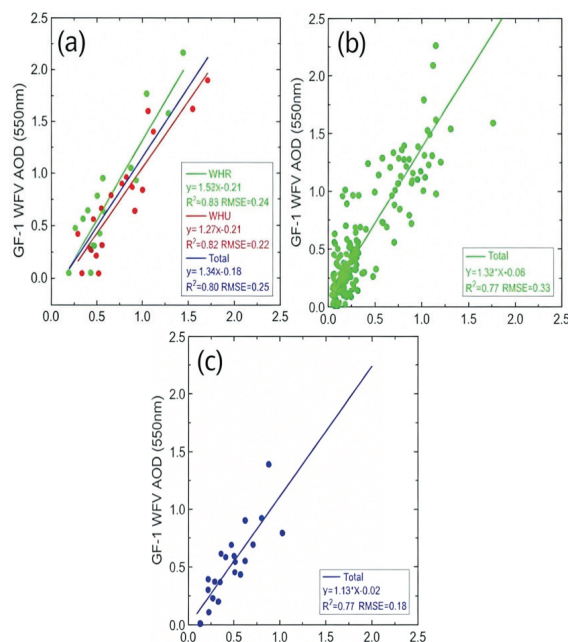


图1 河南省AOD反演结果与AERONET观测数据验证散点

3.2 河南省 AOD 空间分布特征

2024~2025 年河南省平均 AOD 空间分异显著, 整体分布与区域产业布局、地形地貌高度相关, 受人类活动强度和自然条件差异影响, 呈现鲜明的分区特征, 具体如表 1 所示。高值区 ($\text{AOD} > 0.75$) 主要集中在郑州-洛阳-开封工业城市群及豫北能源化工基地, 区域年均 AOD 达 0.8, 为全省气溶胶污染最严重区域。其中, 郑州市年均 AOD 达 0.84, 居全省首位, 受工业排放及机动车尾气叠加影响, 加之地势平坦, 污染物扩散条件较差, 气溶胶易持续积聚; 安阳市作为豫北能源化工基地, 年均 AOD 为 0.81, 污染负荷较重; 洛阳市 (0.79)、鹤壁市 (0.78)、开封市 (0.77)、新乡市 (0.76)、商丘市 (0.75) 均属高值区, 分别受重工业排放、能源消耗、工业与农业扬尘叠加、污染物传输等因素影响。

低值区 ($\text{AOD} \leq 0.50$) 集中于豫西伏牛山区和豫南大别山区, 植被覆盖率高、人口稀疏、工业活动少,

且山地地形利于污染物扩散, 年均 AOD 均低于 0.46, 其中栾川县年均 AOD 仅 0.39, 为全省最低, 嵩县(0.42)、西峡县(0.44)、新县(0.45)、商城县(0.46)、卢氏县(0.47)紧随其后, 均得益于良好的自然净化能力与扩散条件。

中值区 ($0.50 < \text{AOD} \leq 0.75$) 以农业用地为主, 涵盖周口市、南阳市、驻马店市等地市。其中周口市(0.73)、许昌市(0.71)、濮阳市(0.69) AOD 值接近高值区, 主要受农业扬尘、秸秆焚烧及周边工业污染物传输影响; 南阳市(0.67)、驻马店市(0.64)、漯河市(0.61) AOD 值相对偏低, 气溶胶污染以农业活动影响为主, 工业污染贡献较弱。

表1 河南省各地市2024~2025年平均AOD值及分区特征

所属分区	地市/县区名称	年均AOD值
高值区 ($\text{AOD} > 0.75$)	郑州市	0.84
	洛阳市	0.79
	开封市	0.77
	安阳市	0.81
	鹤壁市	0.78
	新乡市	0.76
	商丘市	0.75
	周口市	0.73
	南阳市	0.67
	驻马店市	0.64
中值区 ($0.50 < \text{AOD} \leq 0.75$)	濮阳市	0.69
	许昌市	0.71
	漯河市	0.61
	栾川县	0.39
	嵩县	0.42
	西峡县	0.44
	新县	0.45
低值区 ($\text{AOD} \leq 0.50$)	商城县	0.46
	卢氏县	0.47

3.3 河南省 AOD 季节变化特征

河南 AOD 季节变化特征显著, 呈现冬季>秋季>春季>夏季的变化规律, 结果如图 2 所示, 该规律与区域能源消耗强度、气象扩散条件及农业生产活动的季节差异密切相关。

冬季(12月至翌年2月)平均 AOD 值 0.76, 为全年最高, 1月达全年峰值(0.81), 2月略有下降(0.74)。主要原因是冬季静稳天气与逆温层频发, 大气扩散条件较差, 污染物易在近地面积聚, 导致 AOD 维持较高水平。

秋季(9~11月)平均 AOD 值 0.65, 整体处于较高水平, 月度呈小幅上升趋势, 从 9 月的 0.62 升至 11 月的 0.67。主要受工业生产活动综合影响, 气溶胶颗粒显著增加; 秋季大气扩散条件介于冬、春季之间,

污染物扩散能力有限, 使得 AOD 维持中等偏高水平。

春季(3~5月)平均 AOD 值为 0.60, 月度变化相对平稳, 3月 AOD 值为 0.62, 4~5月均为 0.59。春季河南省降水量较少, 地表干燥, 农业扬尘与自然扬尘排放量较大; 部分年份受北方沙尘天气影响, 气溶胶负载量出现短时高值, 但整体而言, 春季大气对流活动逐渐增强, 污染物扩散条件优于冬、秋两季, 因此 AOD 值低于冬、秋季节。

夏季(6~8月)平均 AOD 值为 0.50, 为全年最低, 整体波动平缓, 7~8月达全年谷值(0.49)。主要得益于夏季充沛的降水量, 大气湿沉降作用显著, 可有效清除大气中的气溶胶颗粒; 同时, 夏季大气对流活动活跃, 边界层高度较高, 大气扩散条件良好, 污染物易扩散迁移, 使得 AOD 维持较低水平。

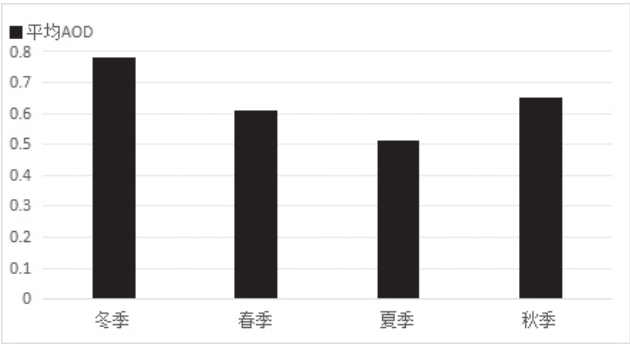


图2 河南省2024~2025年AOD季节变化

4 结论

研究基于高分一号 WFV 数据, 结合本地化气溶胶模式与季节性地表反射率库, 构建了适用于河南省的高分辨率 AOD 反演模型。通过 6S 辐射传输模型建立查找表, 采用代价函数最小化方法实现 AOD 反演, 生成 2024~2025 年空间分辨率 160m 的河南省 AOD 产品, 该模型有效克服了复杂下垫面对传统算法的干扰, 提升了反演精度, 满足区域大气环境精细化监测需求。

精度验证结果表明, 反演 AOD 与 AERONET 地基观测数据一致性较高。空间上, 河南省 AOD 呈显著分异特征: 工业密集的郑州-洛阳-开封城市群及豫北地区为高值区, 伏牛山、大别山等山区因植被覆盖率高、污染物扩散条件好, 为低值区, 农业主导区域为中值区。季节变化上, AOD 冬季最高(0.76)、夏季最低(0.50), 秋、春季介于二者之间, 这与区域供暖能耗、气象条件及农业生产活动的季节变化相关; 典型污染过程显示, AOD 受静稳天气、低边界层和高湿度影响显著, 冷空气过境是区域污染缓解的关键因素。

研究获取的高精度AOD产品及时空演变规律解析,为河南省大气污染源识别与传输提供了数据支撑。优化后的反演方法具有良好的可推广性,可为中原城市群及地形、下垫面特征相似区域的大气环境监测与联防联控提供参考,具有重要的科学价值与实践意义。

参考文献

[1] 毛节泰,李成才.气溶胶光学厚度研究进展[J].大气科学,2005,29(4):625-634.
[2] 张军,王桥,王文杰,等.高分卫星遥感在大气环境监测中的应用进展[J].环境科学研究,2016,29(1):1-10.
[3] 吴传庆,王桥,侯鹏等.高分卫星在气溶胶光学厚度反演中的应用现状与展望[J].遥感信息,2017,32(4):1-8.

[4] 王中挺,李令军,李金香,等.河南省大气气溶胶时空分布特征及成因分析[J].环境科学学报,2018,38(7):2537-2546.
[5] 丽涛,王式功,尚可政,等.河南省大气污染现状及成因分析[J].干旱区资源与环境,2017,31(10):108-113.
[6] Holben B N, Eck T F, Slutsker I, et al. AERONET ~ a federated instrument network and data archive for aerosol characterization[J]. Remote Sensing of Environment,1998,66(1):1-16.
[7] Vermote E F, Tanré D, Deuze J L, et al. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview[J].IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,1997,35(3):675-686.
[8] 陈良富,徐希瑞,李成才,等.利用地表反射率数据库反演气溶胶光学厚度[J].遥感学报,2003,7(1): 1-7.
[9] 赵春丽,李杨,张强.基于SOM-K均值聚类的关中地区气溶胶模式分类[J].中国环境科学,2019,39(8): 3137-3145.

(上接第 42 页)

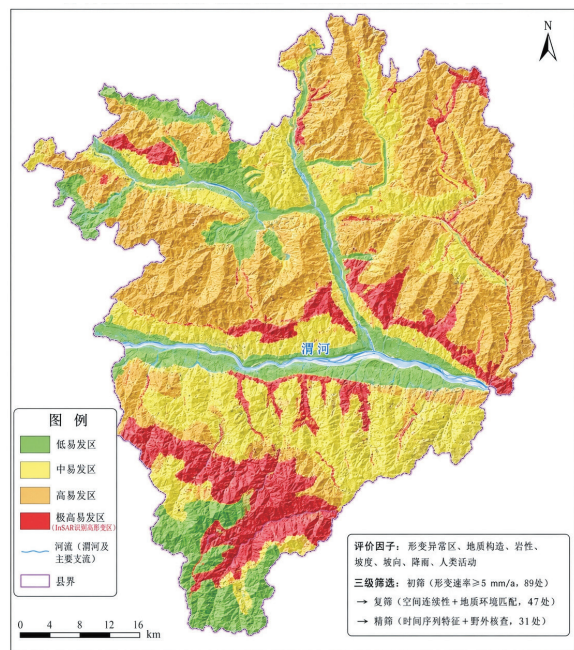


图2 甘谷县地质灾害易发性评价

4 结论与展望

研究针对黄土高原-西秦岭构造带过渡区地质灾害防控痛点,构建了 InSAR 技术支撑下的地质灾害早期识别与风险评价全链条技术体系,以甘谷县为研究区开展示范应用,取得以下核心成果:

基于 2021~2024 年 Sentinel-1 时序数据,采用 SBAS-InSAR 方法获取研究区毫米级地表形变信息,监测精度 $\pm 5\text{mm/a}$,为大范围地质灾害隐患识别提供了数据支撑。建立的“四维综合判定+三级逐级筛选”

的形变异常识别体系,在研究区共识别地质灾害隐患点 31 处,其中新增传统调查盲区隐蔽隐患点 12 处,隐患识别验证率超 85%,识别效率较传统手段提升 4 倍;揭示了研究区黄土滑坡、切坡崩塌、地面沉降的形变演化规律,明确降雨、人类工程活动等因素与灾害形变的耦合机制,为灾害预警阈值设定提供了理论依据;构建的四级多指标地质灾害风险评价模型,完成研究区风险量化分级,划定极高风险区 89.04km^2 、高风险区 234.91km^2 ,评价结果与实地调查高度吻合。

后续研究将进一步融合多源 SAR 数据,提升植被覆盖区形变监测能力;引入机器学习算法构建自动化隐患识别模型;结合 GNSS、无人机 LiDAR、地面监测站数据,建立天空地一体化监测预警体系,推动 InSAR 技术在地质灾害防控领域的标准化、常态化应用。

参考文献

[1] 冯也.基于时序InSAR技术的高山峡谷区滑坡隐患识别与数据适用性分析[D].成都:成都理工大学,2021.
[2] 赵赫.基于InSAR的黄土高原地区形变聚集区监测与识别[D].北京:中国地质大学,2022.
[3] 程刚,吴勇飞,曹德胜,等.人工智能算法在滑坡监测与预测技术中的研究与应用[J].地质科技通报, 2025,44(5):302-316.
[4] 申振宏,何松腔,王道杰,等.基于可解释性机器学习的九寨沟景区滑坡易发性评价及驱动力分析[J].水土保持通报,2025(6):213-226.
[5] 王权.无人机摄像技术在矿区地质灾害应急测绘中的应用[J].华东科技(综合),2021(10):413-414.

基于AutoLISP的测绘程序开发研究

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: 针对地籍调查成果公示、房产测绘等日常作业场景中流程零散繁杂、AutoCAD 原生功能覆盖不足的问题, 基于 AutoLISP 语言二次开发出 AutoCAD 工具箱, 并对其全流程设计与实现进行系统阐述。该工具箱依托自动化脚本完成菜单组加载、系统变量配置及路径注册, 卸载时逆向还原系统环境, 集成一键安装与卸载功能, 解决了传统 AutoCAD 插件加载方式稳定性差、卸载残留的痛点; 提供了“快捷命令—下拉式自定义菜单—DCL 交互面板”多种调用方式, 适配不同层级用户的操作习惯; 按业务逻辑划分五大功能模块, 覆盖从数据处理、要素编辑到成果输出的全流程作业环节。实践表明, 该工具箱不仅为测绘日常作业提供了高效实用的技术工具, 也为测绘领域 AutoCAD 二次开发提供了思路。

关键词: 测绘; 程序; AutoCAD; AutoLISP; DCL

1 引言

AutoLISP 是 Autodesk 公司开发的一种 Lisp 语言, 内嵌于 AutoCAD 软件^[1], 可直接访问图形数据库, 编辑和修改图形, 应用该语言可以高效响应特定测绘需求^[2], 是强化 AutoCAD 最好、最直接的程序语言^[3]。相较于其他语言, AutoLISP 具备语法简洁、易用性强、开发门槛低等显著优势, 无编程基础的人员通过短期学习即可快速上手, 仅借助记事本便可实现即写即测, 无需复杂的编译环境或专业开发软件。

地籍调查成果公示、房产测绘等日常 AutoCAD 图形绘制, 面临几个突出问题: 图元编辑多依赖人工, 流程零散且难以标准化作业; AutoCAD 原生功能覆盖不全面, 无法适配地籍测绘、房产要素编辑等特定业务需求; 同时, 传统插件加载方式存在明显短板 (打开每个图形时难以稳定加载, 不能确保万无一失地运行程序); 海量快捷命令不易记忆, 加之调用方式单一, 无法适配不同层级测绘人员的使用习惯。在此背景下, 运用 AutoLISP 语言定制化开发工具箱, 集成多功能优势、优化操作体验, 成为提升作业效率的重要手段。研究将系统阐述基于 AutoLISP 的工具箱设计理念、整体架构, 深入分析其开发思路与代码实现流程。

2 工具箱架构设计

基于 AutoLISP 语言开发出 AutoCAD 工具箱, 整体划分为常用功能、测绘工具、房产部分、房地一体、其他工具五大模块, 各模块按业务逻辑与使用频次有

序排列, 工具箱具体架构如图 1 所示。该工具箱构建了“三位一体”的调用体系: 快捷命令满足专业人员高效操作需求, 下拉式菜单依托 AutoCAD 原生菜单栏实现功能可视化检索, DCL 面板按钮则以向导式交互降低非专业人员的使用门槛, 三种方式共用底层函数库, 确保操作逻辑与功能输出的一致性。此外, 工具箱还创新性实现了一键安装与卸载功能。

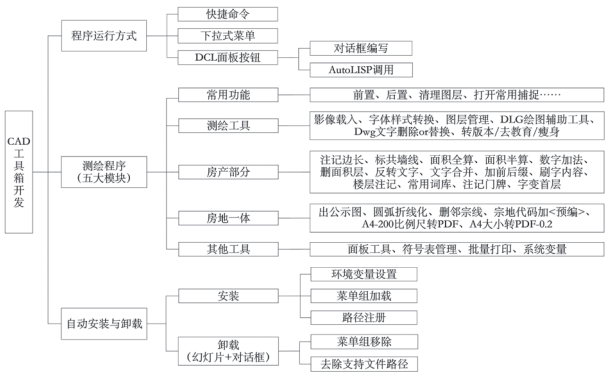


图1 工具箱架构设计

3 菜单设计

3.1 下拉式菜单

AutoCAD 工具箱的下拉式菜单如图 2 所示, 这是 AutoCAD 设计使用最广泛的一类菜单^[4], 可利用“.txt”进行编写, 另存为“.mns”形式, 最后在 AutoCAD 键入“menu”指令便可。下拉式菜单代码编写如下:

***MENUGROUP=wangmin; 声明菜单组全局唯一标识, 避免命名冲突

**wangmin; 承接菜单组标识, 明确后续菜单块的

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。

归属关系, 确保所有子菜单均隶属于此菜单组

```
***POP1; 定义了该菜单组下的第一个下拉菜单块
[Wm 工具箱]; 菜单块根标题
[卸载王敏工具箱]^C^C^P(cond ((null C:uwm)
(load "Albert"))) uwm
; ^C^C 用于终止 AutoCAD 当前执行的命令, ^P 用于
屏蔽命令行回显, uwm 为子程序快捷命令(函数名)
[-> 常用功能]; 子菜单展开标识
[清理图层]^C^C^P(cond ((null C:pg) (load
"Albert"))) pg
.....
[<- 开捕捉]^C^C^P(cond ((null C:33) (load
"Albert"))) 33; 子菜单闭合标识
```



图2 下拉式菜单界面

3.2 面板菜单

对话框控制语言(DCL)是 AutoCAD 自 R12 版起为二次开发引入的可编程人机对话框界面工具^[5], 是单纯的 ASCII 格式文本文件, 使用记事本即可编辑修改。房地一体面板菜单界面如图 3 所示, 对话框包含各种控件元素, 每个控件的大小和功能均由控件属性决定, 而对话框本身的大小则由少量定位信息控制, 对话框本身并不能完成所设计的功能, 而要靠 AutoLISP 语言实现^[6]。



图3 房地一体面板菜单界面

(1) 首先需编制一个 DCL 对话框定义文件, 以图 3 房地一体面板菜单第一列为例, 具体代码如下:

```
:column {
:boxed_column{label=" 出图 ";
:button{label=" 建立格网 ";key="bb1";}
.....
:button{label=" 输出 ";key="bb6";}
cancel_button;}}
```

(2) 接下来就是 DCL 与 AutoLISP 主程序联动, 当用户选择 DCL 对话框中的不同单选按钮(键值 key 唯一)时, 给变量赋不同的数值 1、2、3, 再根据不同取值, 用条件函数 cond 调用不同的子程序^[7]。核心代码如下:

```
(action_tile "bb1" "(done_dialog 1)"); 面
板中键值为 bb1 的按钮绑定点击事件, 返回数值 1
```

```
.....
```

(setq dd (start_dialog)); 启动对话框, 作用是打开定义好的 DCL 面板并接收其返回值

(cond; 条件判断

((= dd 1) (HFGW11)); 当主程序返回数值 dd=1 时, 执行子程序 (HFGW11) 建立格网

```
.....)
```

4 部分测绘程序编写

房产数据属于空间数据, 房屋分户图包含的主要内容有房屋图形、面积和边长的快速量算、房屋分户图图廓、文字注记等^[8]。

在房屋分户图制作过程中, 需要完成边长标注、面积计算、文字备注以及图面整饰等工作, 例如文字统一朝北或朝西排布时需使用文字反转功能。若仅利用 AutoCAD 原生功能进行人工操作, 效率低下且易出错。为此, 基于 AutoLISP 语言进行二次开发, 在 AutoCAD 环境下依据房产测绘相关规范与分户图编制要求, 设计并开发了“房产部分”相关插件。

4.1 拾取封闭线计算面积

4.1.1 限定选择的对象类型

首先对拾取对象类型(圆、多边形、多段线、样条曲线)进行限定, 然后对其进行封闭性判断, 其中 (-4. "&") 表示“逻辑与”的关系, (70.1) 用于限定多段线为“闭合”状态, 核心语句如下:

```
(setq E (ssget '((0 . "CIRCLE, POLYGON, LWPOLYLINE, SPLINE") (-4 . "&") (70.1))))
```

4.1.2 计算总面积

运用 AutoCAD 的“area”命令依次选择集中单个对象的面积, 并用“getvar”获取具体面积值, 然后

引入循环进行累加，核心代码如下：

(command "area" "0" D) ; 调用 CAD 内置命令计算单对象面积

(setq areatxt(getvar "AREA")); 提取单对象面积值

(setq allarea(+ allarea areatxt)); 累加运算

4.1.3 计算系数的引入

房产面积有计算半面积(系数为0.5)和全面积(系数为1.0)的区别，再引入一个层数即可完成整幢房屋面积的计算。核心语句如下，其中“cs”为用户输入的计算系数(如三层算半面积的未封闭阳台则输入“1.5”，三层算全面积的混房则输入“3”)。

(setq s (* allarea cs))

4.1.4 计算精度的保障

房产面积计算过程需保留四位小数，而最终的计算结果仅保留两位小数，主要用到“rtos”函数取位，将其放在不同位置以达到所需效果。

对于第二步“计算总面积”，先对单对象面积值取四位小数，再进行累加：

(setq allarea(+ allarea (atof (rtos areatxt 2 4))))

最终计算结果保留两位小数：

(command"text" "j" "mc" t t p"0.8" "0"(rtos s 2 2))

4.1.5 扩展

在实际计算中，会碰到一些由构造线(XLINE)、直线(LINE)、多段线(LWPOLYLINE)、样条曲线(SPLINE)构成封闭区域的情况，此时以上方法便会失效。由此，引入思路：由用户指定封闭区域内一点，进行构图，再用上述方法即可，其核心代码如下：

(setq pt (getpoint "\nSelect point inside closed area (ESC to exit): ")); 指定封闭区域内一点

(command "bpoly" pt ""); 构图

4.2 块内文字反转

对于一个块对象，块内可能包含多个 TEXT 文本对象，用户点击块时，需要判断“点击点落在块内哪个文字的范围里”，只反转被选中的文字，而非块内所有文字，此时要判断点是在多边形内(上)还是多边形外。

点与多边形的位置关系判定如图4所示，以四边形为例($i=1, 2, 3, 4$)，将直线 PA_i 旋转到 PA_{i+1} 的角

记为 β_i (规定逆时针为正，顺时针为负，如果 β_i 大于 180° 就变成 $\beta_i - 360^\circ$)。若 P 点在图形内或上，诸 β 的代数和为 360° ；若 P 点在图形外，诸 β 的代数和为 0° 。部分核心代码如下：

(1) 利用 append 函数把 pt_list 的第一个元素 (car pt_list)，即点1作为新元素拼接接到原顶点列表末尾，最终得到(点1、点2、点3、点4、点1)闭合多边形顶点列表。

(setq pt_list (append pt_list (list (car pt_list))))

(2) 计算 P 点到多边形相邻两顶点的角度差

(setq va (- (angle pt (nth i pt_list)) (angle pt (nth (1+ i) pt_list)))

(3) 修正角度差 va (限制在 $\pm\pi$ 内，避免角度超出范围、计算出错)

(cond ((> va pi) (setq va (- va (* 2 pi))))

((< va (- pi)) (setq va (+ va (* 2 pi)))))

(4) 累加所有角度差，形成总角度和 (va_count) 来判定点与多边形的位置关系

(if (< (abs (- (abs va_count) pi)) 0.000001) 't ; 总角度和几乎(π 导致)等于 180° ，点在多边形内(上)

'nil) ; 否，点在多边形外

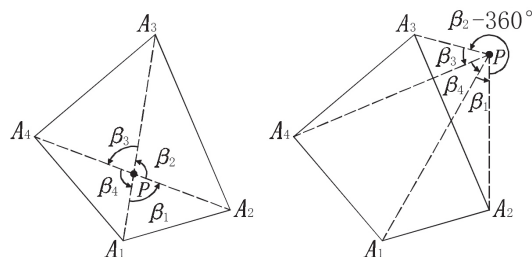


图4 点与多边形的位置关系判定

5 一键安装与卸载

5.1 安装

首先将工具箱配置文件置于C盘根目录下，在AutoCAD命令栏输入“appload”指令，打开“加载/卸载应用程序”窗口，选择“安装.fas”，程序会自动注册路径并载入自定义菜单组，并在打开每个图形时都启动该工具箱，运行过程中会自动索引调用注册路径下的程序、图框、SLD幻灯片、DCL对话框等文件。

(1) 路径注册

“支持文件搜索路径”是指AutoCAD软件预设的一

(下转第53页)

基于无人机的滑坡灾害位移监测方法研究

吴端松

(广东建通地理信息集团股份有限公司, 广东 广州 511356)

摘要: 利用无人机开展滑坡灾害调查, 具备灵活性好、精度高、成本低等优点。在无人机获取多期高精度影像数据的基础上, 研究提出一种基于特征点检测与识别的滑坡灾害位移监测方法, 首先开展无人机影像的裁剪与配准灰度转换、直方图均衡化等处理, 有效降低后期计算量; 然后, 利用图像二值化处理技术, 开展位移特征点的检测与识别, 最后通过对比多期特征点质心的坐标变化情况, 计算得出滑坡位移值。将该结果与地面位移监测数值进行对比验证后可知: 研究获取的计算结果平均绝对误差为 0.6cm、平均相对百分比误差为 5.5%, 能够实现滑坡灾害位移的快速监测与高精度计算。

关键词: 无人机; 正射影像; 滑坡; 特征点; 位移值

1 引言

滑坡是一种常见的自然灾害, 多发于地震、暴雨后的山区, 可能会造成严重的人员伤亡与财产损失, 并对生态环境造成严重破坏, 我国每年因滑坡灾害造成的损失数以亿计, 给国家经济和人民生命财产带来巨大损失^[1-2]。因此, 开展滑坡地质灾害监测与研究是一项十分重要的工作。滑坡地质灾害监测的主要工作是开展滑坡位移监测, 而有效识别并精确计算滑坡坡面的位移情况是滑坡地质灾害监测工作的重要组成部分, 对于掌握滑坡动态变化情况具有重要意义, 可为开展针对性灾害防治、发布灾害预警提供关键的数据支撑。

相关学者在滑坡灾害位移监测方面开展了大量研究, 吴迪^[3]等采用一种基于微机电系统传感器技术的土体滑坡内部位移监测方法, 开展滑坡监测算法设计; 顾小军^[4]等通过对坡体布置变形监测系统, 采用与地质勘查成果相互印证的方法, 确定坡体变形的空间范围和变形特征; 刘卫南^[5]等基于卫星光学影像, 推导了滑坡位移光学影像计算公式; 张慧慧^[6]等利用高分辨率数码相机获取的序列影像, 计算特征点空间矢量位移值。

总体来讲, 基于地面监测设备的滑坡灾害位移监测手段, 具有精度高、可靠性好等优点, 但同时也存在监测设备安装烦琐、成本高等缺点, 且存在一定的安全隐患; 而基于卫星遥感影像的监测方法, 同样存在精度低、灵活性差等缺点。近年来, 无人机技术的快速发展, 给滑坡灾害位移监测提供了一种可靠的技

术手段。

利用无人机航摄技术开展滑坡位移监测, 具备灵活性好、精度高、成本低等优势, 研究以无人机获取的不同时期滑坡灾害高精度正射影像数据为基础, 通过图像二值化处理及特征点识别与提取等方法, 计算得出不同时期的特征点质心坐标及位移值, 完成滑坡位移监测。研究结果为滑坡灾害位移监测和评价提供了可靠的数据参考, 辅助相关部门提升滑坡灾害治理的科学性和有效性。

2 流程与方法

对于不同类型的滑坡, 或同一滑坡处在不同的外部环境, 其位移速度具有不同的特征, 且当前经济社会发展对于滑坡灾害监测的时效性要求不断提高。因此, 对应的监测技术需具备高时效性、高精度和可连续监测等特点。基于此, 以无人机航摄技术为基础, 确定研究流程与研究方法, 具体如图 1 所示。

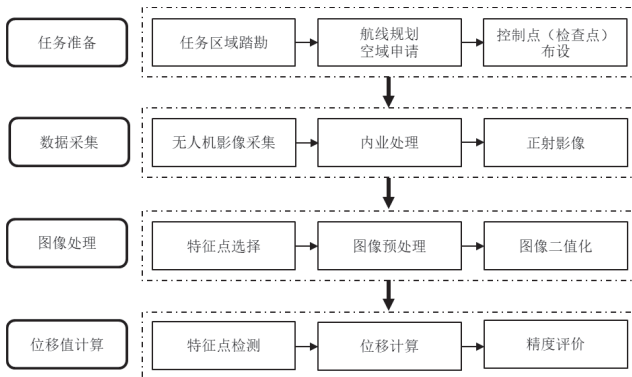


图1 研究流程

作者简介: 吴端松 (1990—), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 主要从事航空摄影测量研究工作。

首先,利用无人机航摄手段,获取滑坡区不同时期的正射影像,并验证影像精度;其次,选取位移特征点,作为判断滑坡位移方向与位移值计算的基本依据,所选取的位移特征点需具备外形及颜色特征明显的特点,可选择已有的地面标志物,也可以人工布设标志物;最后,基于选取的位移特征点,开展正射影像的二值化处理,识别特征点并定量计算位移值,完成滑坡位移监测。

2.1 影像预处理

当前,无人机摄影测量技术已较为成熟,故研究不再赘述无人机影像预处理的通用流程,仅对图像裁剪与配准、图像灰度转换、直方图均衡化三个重要步骤的处理方法展开说明。

(1) 图像裁剪与配准。不同时期获取的正射影像可能来自不同的无人机,形状与大小并不一致,为便于后期对比与处理,研究采用 Global Mapper 及 MATLAB 软件对影像进行裁剪与配准,以便后期开展特征点检测与位移计算。

(2) 图像灰度转换。位移值的定量计算主要依靠位移特征点,其他地表特征点不做研究。为降低计算量,研究采用加权平均法完成图像灰度转换,原理简单、准确性高,且能够有效满足研究需求。

(3) 直方图均衡化。受环境变化、天气变化等因素影响,无人机航摄每次采集的原始影像在灰度图上的灰度值范围有一定差异,导致对于不同时期影像的灰度阈值设置有较大困难。因此,采用直方图均衡化对图像进行增强处理。该方法采用基于灰度级变换的图像增强算法,通过一定的映射关系使图像中像素均匀分布在灰度区间,从而提升图像对比度^[7],其实现过程主要包括以下几个步骤:计算原始影像灰度直方图,统计各灰度级频率;计算累积分布函数,累加频率;根据累积分布函数生成灰度映射函数;应用映射函数调整图像灰度,生成均衡化图像^[8]。计算公式如下:

$$d_s = (d_t - 1) \cdot \text{CDF}(r) \quad (1)$$

式中, d_s 和 d_t 分别表示变换后的灰度级和灰度级数量,CDF(r)为灰度级累计分布函数。

2.2 特征点提取与位移值计算

滑坡位移监测与计算主要通过识别并计算位移特征点的变化情况完成。因此,首选人工布设位移特征点,或选取滑坡表面特征较为明显的地物作为位移特征点。具体实施流程如下:

第一步,人工选择感兴趣区域(Region Of Interest, ROI),目的在于最大限度降低计算工作量。需要遵循两项原则:一是位移特征点需位于 ROI 范围内;二是为保证计算精度,所选 ROI 数量通常不宜少于 3 处。

第二步,图像二值化处理,目的是从 ROI 范围内自动检测滑坡体表面的位移特征点,并得出其质心坐标。处理方法采用几何形状检测算法,同时基于滑坡体表面通常分布有植被、树木、岩土等各类物体的基本特征,计算过程中采用自适应阈值算法对二值化阈值选择进行优化。

根据位移特征点的基本形状,设置一个与该形状大小基本一致的对比图像窗口 $T(i, j)$,在 ROI 范围内将该窗口 $T(i, j)$ 与原图像进行遍历对比,计算差异参数,公式如下:

$$p(i, j) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n f(x+i, y+j) \times T(i, j) \quad (2)$$

式中, $p(i, j)$ 为差异参数, m 和 n 分别表示对比图像窗口的最大、最小坐标值。

依据公式(2),计算得出该 ROI 范围内的最大差异参数,其对应坐标为 (x, y) ,则取该坐标下的灰度级最小值为 n' ,取 $n'+1$ 为图像二值化分割阈值。由此可以得出图像二值化计算公式:

$$G(x) = \begin{cases} 0, & f(x, y) \leq n' - 1 \\ 1, & f(x, y) > n' - 1 \end{cases} \quad (3)$$

式中, $G(x)$ 为该点的二值化赋值。

第三步,特征点识别与位移计算。设位移特征点结构元素为 u ,采用复合形态学算子完成特征点检测与提取,公式如下:

$$c_i \circ u = (c_i \ominus u) \oplus u \quad (4)$$

式中, $\circ$ 、 $\ominus$ 和 $\oplus$ 分别表示开运算、腐蚀运算和膨胀运算, c_i 表示与位移特征点对比的结构元素。该过程首先进行结构元素腐蚀,完成目标识别后,再进行结构元素膨胀,最大程度还原目标像素区域,进而提高特征点坐标定位精度。

基于已识别的特征点,提取坐标,并计算出两期特征点的位移值,公式如下:

$$\begin{cases} d = \text{GSD} \times \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \\ \text{Angle} = \arctan\left(\frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}}\right) \end{cases} \quad (5)$$

式中, d 和 Angle 分别表示位移值和位移角度, (x_i, y_i) 和 (x_{i-1}, y_{i-1}) 分别表示第 i 期和第 $i-1$ 期的特

征点坐标值，GSD 表示影像分辨率。

3 实验与分析

3.1 无人机影像获取

研究的实验区域面积约 $46\times10^4\text{m}^2$ ，属山地、丘陵地形，区域岩性主要以碎屑岩与黏土岩为主，表层覆土厚度 $0\sim6.1\text{m}$ ，夏季雨水多，地质灾害多发。无人机使用大疆经纬 M300，搭载禅思 H20T 云台相机，在 2025 年 4 月至 6 月，每月对该区域进行一次无人机航摄，共获得 3 期数据，分别称为 I 期、II 期和 III 期数据。考虑到航摄区域面积较小，且尽可能提升影像精度，每次飞行 2 个架次，单次飞行时长 $30\sim40\text{min}$ ，航高均设置为 100m ，航向重叠度和旁向重叠度均设置为 80%。

研究区 III 期正射影像如图 2 所示，图上红色虚线表示滑坡灾害分布范围。每次航摄飞行均设置 12 个像控点，最大平面中误差为 1.7cm ，最大高程中误差为 2.4cm ，对照《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》（GB/T 7931—2008），影像精度满足相关要求。

综合分析区域地质资料及无人机影像可知：该滑坡呈不规则椭圆形，属大型土质滑坡，面积约 $8.3\times10^4\text{m}^2$ ，平均宽度 127m ，平均坡度 32.7° ，前后缘高程差 32.3m ，该滑坡主要诱因为降雨。当地有关部门为监测滑坡动态变化情况，安装了 6 个地面位移监测装置，如图 2 中的蓝色点位，该仪器测量精度达毫米级，可用来验证研究方法的计算精度。根据监测数据显示，2024 年 6 个点位的平均位移值为 36.2cm ，且春夏季位移速度明显快于秋冬季。



图2 研究区正射影像

3.2 位移值计算

研究以 6 个地面位移监测装置为基准，紧邻该装

置共布设 6 个直径为 10cm 的圆形白色特征点，6 个特征点分别命名为 P1~P6，对应的 ROI 区域分别命名为 PA1~PA6。按照上文所述的图像预处理方法，对获取的 3 期影像数据，依次完成图像裁剪与配准、图像灰度转换、直方图均衡化等处理。以 P1 和 P3 点位为例，经图像灰度转换及直方图均衡化处理后的效果如图 3 所示。

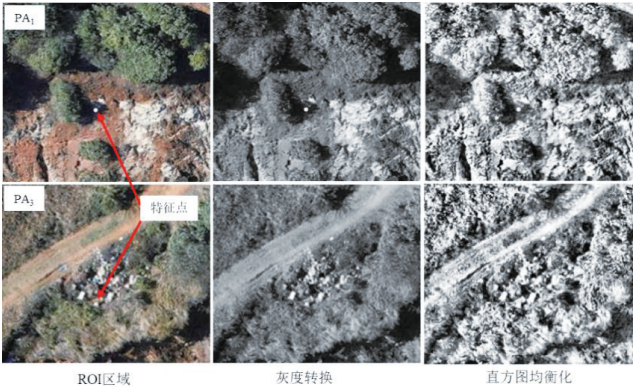


图3 图像预处理

随后对图像进行分割，首先完成图像二值化处理；然后开展腐蚀运算处理，完成特征点的识别与定位；最后进行膨胀运算操作，计算得出质心坐标值。计算过程如图 4 所示。

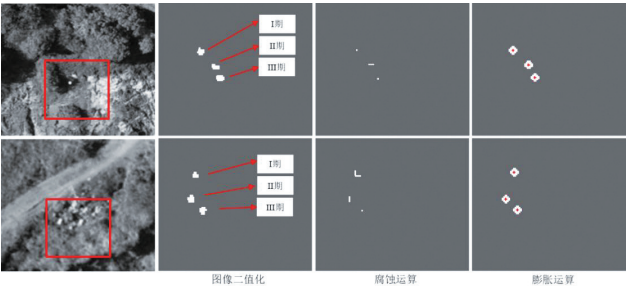


图4 目标识别与质心计算

以 I 期图像为基准，对后两期特征点的位移值进行计算，同时与滑坡位移监测设备的测量值进行对比，结果如表 1 所示。

表1 位移值精度对比

点位	I 期位移/cm			II 期位移/cm		
	计算值	实际值	差值	计算值	实际值	差值
P1	22.3	20.5	1.8	8.2	8.1	0.1
P2	26.2	25.8	0.4	8.5	8.9	-0.4
P3	24.5	25.7	-1.2	9.3	8.4	0.9
P4	18.9	20.2	-1.3	4.3	4.2	0.1
P5	14.5	14.4	0.1	4.2	4.2	0
P6	15.7	15.9	-0.2	3.7	3.0	0.7

与滑坡位移监测设备的测量值相对比，研究方法最大绝对误差为 1.8cm ，最小绝对误差为 0cm ，经计算，

平均绝对误差为0.6cm,平均相对百分比误差为5.5%,均方误差为0.67cm,说明研究提出的方法是可靠的,具有一定的工程借鉴意义。

4 结论

针对当前滑坡灾害位移监测现状,利用无人机摄影测量技术,研究提出一种基于特征点检测与识别的滑坡位移监测方法,并在实验验证中与地面监测设备的测量值进行对比,得到结论如下:

一是研究提出的方法能够有效完成位移特征点的检测与识别,且计算得出的位移值与地面位移监测数值相比,平均相对百分比误差仅为5.5%;二是与地面监测等传统方法相比,在测量精度相当的情况下,研究方法灵活性更高、成本更低,具备一定的应用推广价值。

(上接第49页)

系列目录,用于自动查找并加载字体、插件、菜单、线型等非当前工作目录下的支持文件,添加的核心代码如下:

```
(setenv "ACAD" (strcat "C:\\WmTOOLS\\bin;C:\\WmTOOLS\\Blocks;" (getenv "ACAD")))
```

(2) 下拉菜单栏空位的自动化识别

```
(while (menucmd (strcat "P" (itoa CNT) ".1=?"))
```

```
(setq CNT (1+ CNT))
```

其中“P”为AutoCAD下拉菜单栏的固定前缀标识,“CNT”为逐次递增的位置计数器,“.1=?”用于检测指定位置的菜单栏是否已被占用;当menucmd返回非空值时,表明当前“CNT”对应的菜单栏位置已被原生菜单或其他自定义菜单占用,程序通过(1+CNT)将计数器自增,继续查询下一个位置,直至找到空闲位置。

(3) 自定义菜单组的挂载(多个则需倒序)

```
(menucmd (strcat "P" (itoa CNT) "=+wangmin.pop1"))
```

5.2 卸载

与安装原理对应,卸载通过逆向还原系统参数:一是移除菜单组,二是删除注册的路径。采用DCL对话框与SLD(AutoCAD幻灯片)图像框相结合的形式,当单击“确认”按钮或幻灯片任一位置时,执行卸载程序,点击“取消”按钮,关闭对话框界面。

参考文献

- [1] 徐宇翔,胡庆武,段延松,等.融合LiDAR点云与无人机影像的滑坡动态监测技术[J].测绘通报,2024(8):42-47.
- [2] 李霖.甘肃舟曲县锁儿头滑坡风险评估研究[D].北京:中国地质大学,2012.
- [3] 吴迪,梁泰铭,吴静,等.基于MEMS传感器的滑坡监测算法设计与试验[J].地质科技通报,2024,43(6):39-50.
- [4] 顾小军,肖强,赵春瑶.中卫市某公路滑坡的变形监测及稳定性分析[J].山西建筑,2024,50(24):60-63.
- [5] 刘卫南,宋红克,李清波,等.利用光学影像的滑坡位移监测[J].测绘通报,2024(6):41-45.
- [6] 张慧慧,刘善军.露天矿滑坡位移监测的ASIFT算法[J].金属矿山,2017(5):165-170.
- [7] 温雅.基于改进自适应直方图均衡化的红外图像增强算法研究[J].长江信息通信,2025,38(1):87-90.
- [8] 吴润国.电力设备红外图像增强与拼接算法研究[D].大连:大连交通大学,2025.

6 结语

研究系统阐述了AutoCAD二次开发全流程,涵盖程序的安装与卸载、菜单定制、DCL交互面板设计及核心功能代码编写等环节。通过定制化开发,编写的工具箱有五大模块,满足特定测绘需求,对解决实际问题起到良好效果,后续将进一步优化冗余代码。

参考文献

- [1] 王晟磊.基于AutoCAD图纸集与二次开发实现图纸批量打印[J].制造业自动化,2022,44(9):32-35.
- [2] 朱纪刚,李丽.基于AUTOLISP递归函数的图纸批量处理[J].制造业自动化,2023,45(12):96-99,208.
- [3] 陈培龙.AutoLISP语言在地下管线测量中的应用[J].城市勘测,2014(6):146-150.
- [4] 庞国俊.AutoCAD LISP在三旧改造城市更新房屋测量中的二次开发设计与应用[J].矿山测量,2019,47(6):71-74,80.
- [5] 赵宏.基于AutoLISP的批量孔类数控自动编程研究[C]//中国职协2016年度优秀科研成果获奖论文集(学校一等奖),深圳第二高级技工学校,2016:801-809.
- [6] 张勇.基于AutoCAD的二次开发技术的研究与实现[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2016,34(4):564-565.
- [7] 许淑慧,罗红萍.基于AutoCAD的DCL与AutoLISP的有机整合[J].煤矿机械,2011,32(4):229-231.
- [8] 闫炜亮,陈俊任.基于AutoCAD VBA的房屋分户图插件开发方法[J].江西测绘,2019(3):43-47.

基于多源异构数据的不动产数字孪生测绘系统设计

刘绍华

(沈阳祺鹏集团有限公司, 辽宁 沈阳 110020)

摘要: 针对传统不动产测绘系统存在数据处理效率低下、多源异构信息整合难度大等问题, 研究设计并研发了一套基于数字孪生与多源异构数据融合的不动产测绘可视化系统。该系统综合利用无人机倾斜摄影、权属数据、宗地图等多源信息, 通过加权融合方法进行数据整合, 借助数字孪生与 AR 技术生成不动产多视图。结合 Google Maps 全球电子地图服务, 利用 3DMax 构建三维模型, 实现不动产的高精度可视化展示与交互查询。实验结果表明, 该系统在多源异构数据融合中信息增益稳定在 0.9 以上, 生成的可视化模型与实际情况吻合度高, 能够有效支持复杂不动产的测绘与可视化应用, 具备良好的实用性及准确性。

关键词: 数字孪生; 多源异构数据融合; 不动产测绘; 可视化系统; 无人机倾斜摄影; 三维建模

1 引言

不动产测绘作为国家自然资源管理、城乡规划与产权登记的核心技术环节, 其成果直接关系到土地资源合理利用、不动产权益保护及市场交易安全。长期以来, 传统不动产测绘主要依赖全站仪、GPS 等地面测量手段, 结合二维图纸与权属表格进行数据管理与展示。这类方法在数据获取效率、信息整合深度与可视化直观性上逐渐难以满足日益增长的精细化管理与多维分析需求。尤其是数据来源日益多元化, 测绘数据往往涉及宗地信息、产权资料、遥感影像、倾斜摄影模型等多源异构数据, 如何实现高效、精准的多源异构数据融合与协同可视化, 已成为当前不动产测绘领域面临的关键挑战。

近年来, 数字孪生成为连接物理实体与数字空间的前沿技术, 丰富了不动产全生命周期管理的实施路径。通过构建与实体不动产相映射的数字模型, 结合多时相数据进行动态映射与仿真, 数字孪生系统能全面描述与智能分析不动产数据形态、属性和空间关系。这一背景下, 将数字孪生理念引入不动产测绘, 不仅有助于提升不动产数据的时空一致性与完整性, 也可不动产登记、监管、交易与更新提供更直观、交互性更强的可视化支持。当前研究多聚焦于单一数据源的可视化及静态三维建模, 相比之下, 面向多源异构数据的动态融合、实时更新与交互式可视化分析研究尚处于发展阶段, 相关方法与系统仍有待丰富与完善^[1]。

针对上述问题, 研究聚焦“多源异构数据融合”与“动态可视化”两大核心环节, 开展基于多源异构

数据的不动产数字孪生测绘系统设计研究。该系统以倾斜摄影、地理信息、权属登记等多源异构数据为基础, 通过加权融合与模糊处理等方法进行数据整合与质量控制; 在此基础上, 引入增强现实(AR)与数字孪生技术, 实现不动产多视角、多模态的可视化动态生成; 最终通过三维建模与虚实融合展示, 构建支持交互查询、编辑与分析的可视化平台, 旨在通过技术集成与系统实现, 探索一种高效率的不动产测绘新模式, 为智慧不动产管理提供可靠的技术支撑。

2 可视化平台

2.1 系统设计

不动产测绘内容包含对房屋、树木以及相关土地等开展空间测量与数据采集, 为不动产统一登记提供测绘支持与数据基础。在测绘实施前, 需全面收集相关资料, 主要包括两类: 一是不动产属性数据, 例如宗地信息、房产状况及权利归属资料等; 二是通过无人机搭载相机沿预设航线飞行采集的倾斜摄影影像。基于上述数据基础, 研究设计了不动产测绘可视化平台的技术架构, 具体流程如下:

在基础数据采集阶段, 系统支持全面获取包括地块单元、房产属性及产权关系在内的不动产基本信息, 并内置无人机航摄路径规划模块, 通过集成影像采集设备接口, 实现多角度地表影像的自动获取与导入, 从而在系统内建立测绘工作所需的初始数据集。

在信息加工处理阶段, 系统首先提供数据清洗与规范化工具, 对收集的地块、产权等信息进行处理,

作者简介: 刘绍华(1990—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事工程测量、不动产测绘等方面工作。

并支持与实地调查数据的比对与修正。同时，系统集成倾斜摄影影像处理算法，支持基于地面控制点的空三加密计算，并自动生成高精度数字表面模型（DSM）与数字地形模型（DTM）。

进入多源信息集成阶段，系统通过内置的数据融合引擎，实现不同来源、格式各异的地块与产权数据一体化融合。针对航摄影像数据，系统结合增强现实与数字孪生技术，动态构建可交互的多视角三维场景，并与已融合的多源属性数据进行关联与整合。

最后在可视化阶段，系统基于自研的三维图形引擎，对融合处理后的数据进行三维重建与渲染，搭建不动产测绘可视化平台，支持三维模型浏览、信息检索与数据管理等核心能力。

2.2 多源异构数据融合处理

不动产测绘的核心数据源包括宗地信息、房产资料及权属档案等，其获取渠道和存储格式各不相同，因此，开展不动产测绘时，必须对这类数据进行多源数据融合^[2-3]。研究通过加权融合方法完成数据统一处理，详细流程如下：

设不动产测绘基础数据布尔值为 true 与 false 的样本数量分别为 m 和 k ，由此推导出多源数据融合决策支持率计算公式：

$$T(x) = \left(\frac{m}{m+k}, \frac{m}{m+k}, \frac{m}{m+k} \right) \quad (1)$$

式中， $T(x)$ 代表融合决策结果对应的支持率， x 对应本次运算采用的测绘基础数据集^[4]。

针对基础数据存在的程度型变量，通常借助正相关或负相关关系进行描述。考虑到来源不同的数据普遍存在不确定性特征，因此处理时宜采用模糊方式^[5]。设融合结果方差为 ζ ，期望为 μ ，那么公式（1）可进一步推导为：

$$T(x) = \begin{cases} (0,0,0), x \leq \mu - 3\zeta \\ \left(\frac{i}{m}, \frac{x - \mu + 3\zeta}{3\zeta}, \frac{i+1}{m} \right), \\ \frac{3\zeta i}{m} + \mu - 3\zeta < x \leq \frac{3\zeta(i+1)}{m} + \mu - 3\zeta \\ (1,1,1), x > \mu + 3\zeta \end{cases} \quad (2)$$

式中， $i \in m$ 。

假设参与融合运算的多源异构数据决策项构成集合为 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ ，则其权重系数向量为 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ，其中， n 表示多源异构数据融合维度。针对不动产测绘数据构建的加权决策关系为 $R = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ ，计算方法如下：

$$R(q_1, q_2, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^n w_i \max q_i \quad (3)$$

式中，当满足 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 时，按照模糊特征规则，可求得数据融合后的各个加权参数，计算公式为：

$$w_i = \Gamma(i-n) - \Gamma\left(\frac{i-1}{n}\right) \quad (4)$$

式中， $\Gamma(\cdot)$ 表示模糊量化过程。

在数据融合阶段采用公式（5），计算加权决策关系下的决策倾向指标 $G(w)$ 。

$$G(w) = \frac{\sum_{i=1}^n (n-i)w_i}{n} \quad (5)$$

预先设定多源异构数据融合阈值 ε 。当公式（7）的计算结果高于该阈值，即对相关数据完成整合，进而输出融合后的测绘数据集 E 。

2.3 数字孪生 AR 技术的不动产测绘多视图动态生成

基于实体的历史数据与实时动态信息，数字孪生能够在虚拟场景搭建动态镜像模型，完整映射并模拟实体全生命周期的状态变化。为清晰还原不动产在特定时期的变化规律，让可视化展示更加真实与流畅，研究采用融合增强现实（AR）的数字孪生方法，以无人机倾斜摄影获取的连续影像序列为数据基础，动态生成不动产多维度视图，具体实现步骤如下：

设 P_i 代表采集的不动产倾斜模型数据，将对应影像变换矩阵 M 与多源融合数据整合后，可得到三类视图，分别表征动态选择、人为交互及静态属性，记为 U_e 、 S_e 、 F_e 。融合三类视图，即可构建以数字孪生为基础的不动产多视图 V ，表达公式如下：

$$V \subseteq (U_e, S_e, F_e) \cdot E \quad (6)$$

将状态信息、图像序列作为不动产测绘数据的两种表达形式，分别记作 H 与 P 。在现有图像序列中选取特定视图 v ，并设定该视图的评分指标为 $Y_{v,p}$ 。经过运算处理得到图像数据 P_v ，完成与状态信息 H 的匹配关联后，即可求得该视图的平均评分 $\bar{r}_v$ ，公式如下：

$$\bar{r}_v = \varphi \frac{\sum_{p \in P_v} Y_{v,p}}{|P_v|} \quad (7)$$

式中， φ 表示测绘成果的状态转移系数。

进一步分析图像状态 z 、 a 的相关性，引入相关系数 $\omega(z, a)$ ，得到：

$$\omega(z, a) = \varphi \left[\frac{\sum_{i \in I_z \cap I_a} (Y_{z,i} - \bar{Y}_z)(Y_{a,i} - \bar{Y}_a)}{\sqrt{\sum_{i \in I_z \cap I_a} (Y_{z,i} - \bar{Y}_z)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i \in I_z \cap I_a} (Y_{a,i} - \bar{Y}_a)^2}} \right] \quad (8)$$

式中, I_s 、 I_a 组成不动产测绘图像的状态数据集。

依托公式 (9) 的计算逻辑, 进一步推导出测绘图像视域关联度矩阵 $r_{m,v}$, 具体公式如下:

$$r_{m,v} = \omega(z, a) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

由此, 不动产测绘动态数字孪生 AR 视图对象即可通过该关联度进行计算构建:

$$p = H \times r_{m,v} \quad (10)$$

经由公式 (10) 的处理, 可生成对应的不动产测绘数字孪生增强现实 (AR) 影像, 该影像即构成不动产的动态多视角可视化表达。

最终不动产测绘成果的生成, 需集成多源异构数据: 从产权文件、地块图纸及倾斜摄影影像中提取轮廓、计算长度与面积; 借助 Google Maps 确定该不动产的经纬度坐标。随后, 将上述所有资料与之前生成的动态多视角可视化模型进行整合, 从而构成一套完整的测绘成果。

2.4 基于 3Dmax 的不动产测绘可视化实现

依据 2.2 节与 2.3 节生成的不动产多源融合资料及动态多角度视图, 将其作为建模原材料导入三维图形处理工具, 进而完成不动产测绘成果的三维可视化建模。具体实施过程如下:

首先, 将已整合的多源异构数据与动态视图加载至三维建模平台, 以此为基准确定模型的空间尺度与属性配置。

其次, 利用三维建模平台提供的基本几何形体, 搭建模型的整体框架, 再结合测绘数据对形态进行细化调整, 并增添必要的局部特征。

再次, 参照无人机倾斜摄影采集的实景影像, 为模型表面赋予相应的纹理贴图, 以增强视觉真实感。

最后, 通过调节场景中的光照与投影参数, 为完成贴图的模型添加恰当的光影层次, 从而提升立体效果与视觉表现力。

完成前述所有步骤后, 即可生成最终的不动产测绘三维可视化模型。据此, 用户可获得三维场景展示、属性信息查询及相关数据编辑等多种技术能力的支持。

3 实例验证

3.1 实验数据

为验证不动产数字孪生测绘系统效能, 选择某城市作为研究案例。研究区域的核心不动产涵盖耕地、

林地、水体与住宅用地等类别。运用研究构建的相关平台对研究区域的不动产实施测绘并生成可视化成果, 以评估其实际应用表现。在多源信息集成方面, 汇总不动产产权、地块等资料是开展测绘工作的基础。实验选取多组不动产测绘的原始数据, 并进行了 10 轮重复的多源信息融合操作。

3.2 实验数据与分析

基于研究提出的技术框架, 对相关数据集进行了多类型信息的合并与优化处理, 将整合后不动产测绘数据产生的增量信息纳入评估体系, 用以量化系统在异构数据集成环节的实际效能。相应的验证结果如图 1 所示, 直观呈现了系统对不动产测绘初始资料进行多源集成处理后的效果, 增量信息值虽有一定程度的变化, 但总体保持平稳。各项评估指标数值均稳定在 0.9 以上, 这表明该系统对于异构不动产测绘数据的集成处理效能可靠, 为将测绘成果转化为可视化表达提供了高质量的信息赋能。通过聚合多源、多类别的测绘信息, 该系统能够更深入地识别数据之间的内在联系与模式, 从而为图形化展示构建更全面、可信的数据基础。

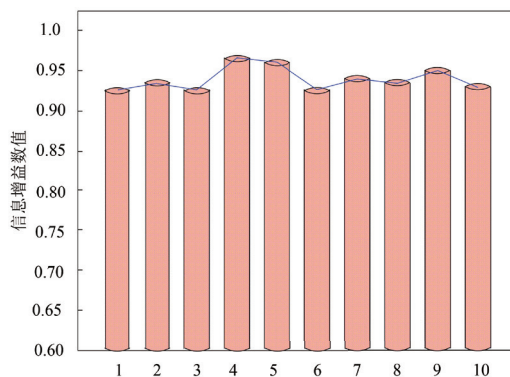


图1 多源异构数据融合测试结果

以某市特定居住社区为研究对象, 整合其产权测绘资料与无人机倾斜摄影数据, 通过研究设计的相关平台构建了融合数字孪生与增强现实技术的多角度可视化模型, 相关输出成果如图 2 所示。

分析图 2 可知, 不动产数字孪生测绘系统能够基于产权图纸与航摄倾斜影像, 成功建立目标对象的数字孪生体, 实现在增强现实环境的多角度呈现, 为后续测绘成果的图形化表达奠定重要的视觉参考基础。此类多视角 AR 模型能够更生动地呈现不动产的外部轮廓与内部构造, 辅助测量工作者形成更全面、更准确的空间理解。该模型还可与虚拟现实技术相结合, 打造具有沉浸感的三维可视化场景, 显著提升用户在空

间维度的感知能力与理解层次。此外，研究方法也具备扩展至城市设计、生态监控等相关领域的适用性，在这些场景同样能为各类可视化任务提供坚实的技术支持。



图2 不动产数字孪生AR多视图

研究选取某住宅小区的不动产作为测试案例，运用所构建的平台进行测绘与图形化呈现，分别输出该区域的二维平面确权图示与基于数字孪生的增强现实可视化图像，以检验研究方法在不动产测绘可视化表达方面的效能，相关结果如图3所示。

结合图3可知，经由研究方法得到的不动产测绘可视化成果中，基于增强现实的数字孪生图像与不动产二维平面图在结构形态上保持较高的吻合度。这说明，研究提出的系统不仅能对不动产测绘信息进行有效的可视化表达，测绘成果也具有较高精确性，体现了该技术在实际场景的良好适用性。



图3 测绘可视化结果

选取研究区一处分布形态不规则的休闲不动产作为测试样本，借助研究搭建的不动产数字孪生测绘系统开展测绘作业与可视化展示，相关结果如图4所示。根据图4可知，针对功能结构复杂的休闲型不动产，该系统的测绘成果与地物实际空间分布保持高度一致。

实验数据表明，研究提出的技术路线在不动产测绘与成果可视化领域表现良好。该系统可汇聚多源结构与非结构信息，完成各类数据的集成处理与深度分析，输出精度更高、覆盖面更广的测绘成果。由此可见，研究搭建的系统为不动产测绘与可视化工作提供了一套高效、可行的技术方案，具备大范围推广应用的价值。



图4 复杂分布不动产测绘可视化结果

4 结语

研究搭建的系统通过引入数字孪生方法，在虚拟环境构建与现实不动产相对应的数字化映射模型，进一步采用多源信息融合手段，整合并处理各类异构数据来源，实现对不动产目标全维度、多层次的信息赋能。其中，可视化组件作为关键构成部分，依托图形渲染技术将专业测绘资料转换为直观且具备高度可读性的表现形式，以帮助使用者提升信息认知与分析效率。

参考文献

- [1] 卢春燕,卢萌萌.基于多源异构数据融合技术的城市不动产测绘模型构建研究[J].智能城市,2025,11(8):86-88.
- [2] 孙波,伍廷良.空间多源异构数据生产及整合技术[J].中国信息界,2025(4):138-140.
- [3] 李艾莉.多源不动产登记信息数据整合平台设计与实现研究[J].华北自然资源,2024(4):94-97.
- [4] 冯桂林,过一凤,裴晓阳,等.基于大数据的不动产全链智治研究与应用[J].自然资源信息化,2024(3):44-50.
- [5] 张珊珊,张鹏程,罗宁馨,等.基于多源异构数据集成的城市房屋数据库建设研究[J].地理空间信息,2022,20(12):93-96.

为自己升级“系统”

◎ 陈鲁民

电脑使用一段时间后，速度就会明显变慢，反应迟钝，频频卡顿，甚至出现死机。这时候，最好的办法就是升级系统，加大内存，优化处理器。

做人也是如此，要想勇立潮头，不被淘汰，就要与时俱进，水涨船高，根据实际情况需要，及时主动升级自己的内在“系统”，以使自己始终站位高境界，保持高效率，运行高水平，实现高收益。

升级自己的道德系统。道德是立身之本，处世之基。升级道德系统就是要筑牢认知根基，主动学习正向价值观与公序良俗，分清是非边界，把道德品质当成责任担当，把道德认知转化为自觉行动。要正视自己的不足、及时修正纠偏，在自省中强化道德自觉，从日常点滴沉淀，逐步提升自身道德素养与行为准则，让道德成为内在本能，实现道德系统的持续升级。譬如说，把独善其身升级为兼济天下，把只关心自己和家人升级为关心他人与社会，把只追求自美自得升级为美美与共，努力做到“老吾老以及人之老，幼吾幼以及人之幼”等。

升级自己的修养系统。随着年龄的增长，职位升迁，阅历日多，做人的修养也要不断更新升级，以做到人格健全，成熟而有理性；品行高尚，厚重而讲仁义。在接人待

物上，热情而又谦恭；在做事合作上，诚信而有责任；在处世哲学上，豁达而不失分寸，以匹配自身的各种变化。为此，要深耕内在认知，筑牢修养根基。坚持阅读经典，拓宽眼界、涵养心性，避免浮躁；学会自我反思，在自省中修正偏差。其次，要规范外在言行，践行修养准则。懂得换位思考，尊重他人的差异与感受，控制情绪，遇事沉稳不急躁，以平和心态应对得失。如是，坚持在学习中提升格局，在挫折中磨砺心性，让修养融入日常言行，就会久久为功，逐步升级自己的修养系统，沉淀出独特的人格魅力。

升级自己的能力系统。能力，包括办事能力、处理问题能力、组织协调能力、创新创造能力、应对复杂局面能力，是一个人立身处世的本钱、开疆拓土的利器、建功立业的保障。升级自己的能力系统，就要由过去的“能力一般”，升级为现在的能力突出；由过去的“拿得出手”，升级为现在的出类拔萃；由过去的“敲边鼓”角色，升级为现在的“挑大梁”担当；由过去的“知其然”，升级为现在的“知其所以然”；由过去的遇事慌张，手忙脚乱，变成现在的从容不迫、运筹帷幄，有大将风范。升级能力系统的本质，就是把实力、智力、功力、

努力融为一体，变成可执行的基本逻辑与稳定的运行机制，向内沉淀，向外践行，既能实操，也懂理论。

升级自己的智商系统。本质就是升级认知、思维与学习效率，而非单纯变聪明机敏。首先，优化输入信息质量。远离碎片化、情绪化信息，多读逻辑严谨、体系化的书籍，建立知识框架，让大脑形成稳定的思维模型，而不是零散观点。其次，训练思维方式。遇到问题要学会质疑、推理、验证，做深度思考，少做情绪反应，以提升逻辑与判断力。还要保持持续学习与复盘，主动接触新领域，挑战舒适区，每完成一件事就总结得失，让经验转化为能力，形成正向循环。把学到的方法用在工作、沟通、决策中，在真实问题里打磨思维，变得更清醒、高效、有洞察力。

升级道德系统，让自己始终立于道德高地，做正能量的楷模；升级修养系统，让自己成熟而有理性，诚信而有责任；升级能力系统，让自己善作善为，能干事、会干事、干成事；升级智商系统，让自己睿智智慧，始终保持智商在线。有了这四个升级，我们就能任凭风浪起，稳坐钓鱼船，建功立业，行稳致远。

（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）

吃甘蔗与嗑瓜子



◎ 张延伟

那天，同事从外面带回来一兜甘蔗。

和以往买甘蔗只刮掉外面的灰黑色蜡质层、再截成尺许长短节的情况不同，这是一兜削除了外皮、剔除了茎节儿，被切成大致相等的二指见方小块块的甘蔗瓤儿，隔着塑料袋看都水津津的，精致养眼。大家直接用牙签扎着吃，张嘴就是一块，省事又省力。

小时候，我们吃甘蔗的机会并不多，印象中除了春节，再就是逢着十月间无梁街物资交流大会时。传说明代正德年间，五朝元老、钧州（今禹州）人马文升在此建成一座砖券穹顶庙宇，诱说武宗皇帝金口玉言说出“此地无梁（粮）”，为饱受旱灾之苦的家乡百姓免除了三年皇粮税赋。后人设庙会纪念马文升功绩，逐渐演变成会期一周的物资交流大会。周边学校大都借此放假几天，我们弟兄仨跟着父母赶会看戏，父母总会奢侈地掏出块儿八角钱买两棵甘蔗给我们吃。

那时的甘蔗都是青皮的，小擀面杖粗细，通体也就1米多高。为了避免浪费，我们从不麻烦卖甘蔗的刮皮砍节儿，而是自己动手把裹在外面的枯叶摘掉，用膝盖顶着折成几节，连根梢也都留着。用牙使劲啃咬着剖开外壳，撕下来的硬皮全都折起来放进嘴里嚼一嚼再扔掉。吃内瓤自然更不用说，接连咬上两口，反复在嘴里咀嚼，直到把

汁水挤吸干净，再把淡然无味、嚼得干瘪的残渣吐出来。

我们弟兄仨为了能多吃上一节甘蔗，一个个争先恐后地又啃又咬，结果不是嘴里挤出个血泡，就是把嘴角给磨烂了。等两棵甘蔗吃完，眼前留下一大堆白花花的外皮和渣。常有老人戏谑地将吃甘蔗称作：“掏钱买的牛倒沫（指反刍），吃的没有扔的多。”

犹记得儿时在家里吃那种黑皮大籽西瓜，不是切成几瓣、双手捧起来狼吞虎咽地啃着吃，就是把一个囫囵西瓜捶开了，直接用手挖着瓜瓤吃，红色汁水像小溪一样顺着圆滚滚的肚皮四下流淌，酣畅淋漓之中尽显快乐。大人们还会叮嘱我们把西瓜子吐在碗里，随后用清水淘洗干净，晒干了当“零食”吃。西瓜子外壳坚硬，为了让我们嗑起来相对容易些，父母事先捏起一颗颗瓜子，小心翼翼地用钉锤儿把瓜子的尖端部分轻轻砸裂一道缝隙，但绝不会越俎代庖地把瓜子仁剥好让我们不劳而获地捏着吃。

其实，对于国人熟悉且又习以为常的“嗑瓜子”场景，文学大师们早有惟妙惟肖的描述。

叶圣陶先生在小说《马铃薯》中写道：拈起一粒送到嘴边，上下牙轻轻一嗑，瓜子仁嚼进嘴，瓜子壳“呸”出去。也许，吃瓜子的乐趣就在这一嗑一吐间，就算过了千百年，也不会过时。

丰子恺先生在随笔《吃瓜子》中写道：“拿筷子，吹煤头纸，吃瓜子，的确是中国人独得的技术。……但我以为这三种技术中最进步最发达的，要算吃瓜子。”其中对“吃瓜子”的描写尤为传神：他们不须拣选瓜子，也不须用手指去剥。一粒瓜子塞进了口里，只消“格”地一咬，“呸”地一吐，早已把所有的壳吐出，而在那里嚼食瓜子的肉了。那嘴巴真像一具精巧灵敏的机器，不绝地塞进瓜子去，不绝地“格”“呸”“格”“呸”……全不费力，可以永无罢休。

试想，若从超市里买回一包事先剥去皮壳的葵花子或西瓜子，成把地抓着，三下五除二塞进嘴里嚼食干净，该让这些文学大师们情何以堪啊。

或许，在大师们笔下以及国人固有的传统观念里，吃不仅仅是为了果腹，更在于能够享受到吃甘蔗、嗑瓜子时“又啃又咬”“一嗑一吐”这般快乐无比的闲情雅趣吧。然而，社会在发展，时代在进步，从商超里削皮切块售卖的甘蔗、瓜果，再到频繁点“外卖”的年轻人，如果是为了适应当下的工作、生活节奏而做出的改变，倒也无可厚非。只是，当这种缺少了烟火气息和前置过程的“吃”成为日常，不知道到底还能不能称作真正意义上的生活。☑（作者单位：禹州市自然资源和规划局）

金鸡菊 开满回家的路

◎ 孙利芳



骑行出城，沿着广成路穿越新体育中心，一路向东。

从傲雪的腊梅到凌寒的红梅，从报春的迎春到明艳的连翘，从安静的玉兰到热闹的粉樱，从娇艳的美人梅到浪漫的紫荆，从多彩的月季到翩然的紫鸢，从金灿灿的油菜花到泛着金光的麦田，回娘家的路，一年四季都有不同的美丽风景。

每次踏上回娘家的路，单是一路的花香就令我沉醉不已，更别说鲜花深处还有翘首期盼我回家的挚爱爹娘。回家的路，因了花，因了爱，因了风景，总是温馨而欣喜，一颗归心似箭的心被安抚成一只悠然的蝶儿，一头扎进花海，穿梭，寻觅，翩然，雀跃，总忍不住悄悄沾染一身花香，把满心欢愉带回家。

初夏的风，不温不燥，吹在脸上，惬意无比。姹紫嫣红的春天渐渐落幕，榴花的嫣红和越来越浓的绿意开始占据上风。麦穗渐饱，樱桃鲜红，桑葚红紫，布谷声声，临近小满节气，收获的气息一天比一天浓了。

快到党屯村时，一片金黄映入眼帘，像一条飘逸的黄缎，从道路两边四处蔓延，主线向东，仿佛一直绵延到望不到头的天边。我把单车放到路边，像一只饥渴的蝶儿飞入花海。

翠蔓黄花齐腰，细长纤柔的花茎托举着金黄的花朵，花儿挨挨挤挤，高高低低，热热闹闹，像被阳光精心织成的小太阳明媚清新。风

一吹，花儿随风摇曳，金浪翻涌，金波荡漾，让我在美好的初夏，邂逅一抹惊艳的靓丽，仿佛走进一个金色的童话世界。

低头细细端详，花朵边沿微微弯曲，恰似小小尖尖的鸡爪，加上颜色又似阳光般金灿灿，难怪被称为金鸡菊。此花又称金钱菊，再看花形，顾名思义，果然酷似古代铜钱，且色如黄金，寓意着招财旺运，财源滚滚，美哉、妙哉！

我忘情地在金灿灿的金鸡菊花丛中旋转、徜徉，一朵朵花和我一起手挽手跳起了舞蹈。我深情地注视、抚摸、轻嗅着花儿，花儿吻着我的裙裾，留下金黄的吻痕，又毫不吝啬将我的衣服洒满花香。林子里的长蓝尾鸟站在枝头叽叽喳喳，羡慕地向我问好。沟壑两边的夹竹桃看我像个孩童般快乐旋转，羞红了粉嫩的脸，捂着嘴窃笑。

最初，道路两旁的金鸡菊只是狭长的一络，不成规模。不同于城市公园里有人悉心除草浇水照料的花朵，它们只是生长在路边荒地与沟壑之间，唯有阳光、风雨和一片并不肥沃的土地相伴。可它们没有丝毫萎靡和退缩，牢牢扎根于荒野贫瘠的土地，烈日炎炎无所畏惧，狂风暴雨依旧挺立。

一岁一枯荣，春风吹又生。年年岁岁，顽强生长，金鸡菊从当初的零星一小片，到如今沿着沟壑肆意蔓延，铺成一片浩浩荡荡的壮阔花海，满目盛景让人心潮澎湃。

我深深陶醉了，花儿赠予我的，是花儿的魂魄，是阳光的温暖，是自然的芬芳，更是坚韧不拔的梦想。

金鸡菊的花语是积极向上、勤奋拼搏、努力奋斗、充满活力。看着这些纤弱而又坚韧的花儿，望着近旁日渐金黄的麦浪，我想起我的父母、乡亲和千千万万的农人。他们没有优越的条件、没有显赫的地位，也鲜少得到鲜花和掌声，只默默守着祖祖辈辈劳作的土地，播下种子，心怀憧憬，精心呵护，向着阳光，顽强生长，用勤劳和汗水把一粒粒小小的种子变成沉甸甸的收获和希望。

金鸡菊流光灼灼，明艳动人；麦田金光荡漾，满载丰收的厚重与质朴。绿树葱茏，摇曳着生生不息的希望。自然百态，皆予人力量，予人光芒。

无论生活赋予怎样的土壤，我们都要像金鸡菊那样闻鸡起舞，不辜负时光，心向暖阳，努力生长，用坚韧去耕耘，用乐观来滋养，用不懈去追求，人生才会散发出金色光芒。

远方，在黄土地劳作一辈子的父母，或许仍在麦田挥汗如雨，或许正伫立门前，盼我归来。想到这，我抽身花海，直奔家的方向。

金色的花海、金色的麦浪，为我铺就一条金光大道，一头连着我，一头连着生我养我的故乡和亲爱的爹娘。☑（作者单位：汝州市地质矿产保护发展中心）

麦田里的北斗勋章

◎ 张凯莉

六月的河南大地，金色的麦浪翻滚。老农王大爷正用手机查看收割机行进的轨迹，精准定位让麦子颗粒归仓。他笑着对身旁的技术员说：“这北斗导航，真中啊！”这句朴实的夸赞，就是我们河南北斗人最珍贵的勋章！

现在，让时间回到那个酷热的午后。地表温度超过 50 摄氏度，麦茬地都泛着白光。我们的工程师祁礼刚和周哲，正在对新升级的北斗三号服务系统进行对比测试。

突然，两人手中的测量仪显示设备定位精度出现剧烈波动——当前区域电离层活跃等级超强，剧烈的电离层干扰像一堵无形的墙，影响着设备的定位精度和使用效果。

“北斗二号系统难以固定，切换北斗三号系统测试！”祁工嘶哑着声音说道，汗水顺着发梢流入眼角，他仿佛感觉不到，眼睛紧盯着屏幕上那串代表误差的数字。周工的汗水早已把工服浸透紧贴在背上，他二话不说，手指飞快地在遥控器上操作。神奇的一幕发生了：刚才还在空中“打摆子”的无人机，立刻像被驯服的鹰，重新稳定在预

定航线上。

“嘿！北三出马，就是稳当！”周工长舒一口气，疲惫的脸上绽开了笑容。

三个小时后，他们终于完成该处控制点的整套测试工作，祁工瘫坐在仪器箱旁，灌下半瓶盐汽水，解开手表笑着举起晒得发红的手臂：“看，咱们的‘北斗勋章’！”——烈日在他手腕留下的烙印宛如一颗在轨运行的北斗卫星。

这看似简单的“一键切换”，背后哪有那么容易？为了这一刻的稳当，我们卫星导航定位服务中心团队，可是啃下了许多硬骨头！还记得系统升级最吃紧的那几天吗？贺主任的孩子高烧 39 摄氏度，她却只能隔着手机屏幕对着爸爸呢喃道：“爸爸，你都几天没回家了？”“快了快了，你在家乖乖听妈妈的话，等爸爸回去一定带你去游乐场”。正是这份舍小家为大家的坚守，正是无数个这样默默奉献的日夜，我们才实现了全新的国产化架构，运用更先进的算法、更稳定的播发，硬是把“卡脖子”的技术难题，变成河南的“硬实力”！

2024 年 8 月，河南省基准站网北斗三号升级改造工作全面完成。同年 12 月，河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号差分信号正式启用。北斗时空服务正如同水、电、气等公共服务一样，全面融入基础设施建设，深度赋能各行各业发展。

让我们看一组令河南骄傲的数字吧：

在叶县燕山水库，7 座北斗三号一体化变形监测站，正以毫米级精度实时监测着水库坝体表面形变；在华能风电场，新能源车辆管理系统让巡检效率提升 40%；在安阳烟草仓库，智能调度系统让物流车辆少跑 30% 冤枉路。

此刻，我们手持自主研发的北斗测绘终端，将毫米级精度镌刻进数字中国的壮美画卷。仰望苍穹，那一道道卫星轨迹，正是新时代建设者用赤子之心编织的银河；俯首大地，测绘人用坚守诠释星河中最璀璨的坐标。从千山万水到浩瀚星海，中国永远闪耀着自主创新的导航之光，绽放着奋斗者梦想的光芒！（作者单位：河南省测绘院）

花山寨参观感悟

◎ 王红闯

初夏时节莅光山，
花山寨前瞻英贤。
二十五军作战勇，
敌军闻风丧破胆。
身患重疾徐宝珊，

主政斗敌鄂豫皖，
作战老虎徐海东，
借款中央美名传。
破家革命吴焕先，
军魂英年战袍染。

革命先烈英雄血，
大别山里喋杜鹃。
自然资源挑重担，
回馈英烈阔步前！

（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 在第八届自然资源儿童书画赛中获佳绩

2026年“六一”儿童节期间，河南省测绘地理信息技术中心组织干部职工子女，积极参与河南省自然资源厅主办的第八届“童心绘自然 颂歌献给党”儿童书画比赛。孩子们以笔传情、以画抒怀，描摹自然生态、礼赞大好河山，真挚抒发对党和祖国的热爱之情，生动展现新时代青少年积极向上的精神风貌与艺术素养。

本次活动中，河南省测绘地理信息技术中心共选送156幅作品参赛。经专家严格评审，共有6幅作品获特等奖、12幅作品获一等奖、138幅作品获二等奖，整体获奖数量与质量稳居全省自然资源系统前列。

此次活动兼具美育育人与文明创建价值，既是青少年才艺展示的优质平台，也是丰富职工文化生活、深化精神文明建设的重要举措，可有效提升干部职工及家属的归属感、幸福感，为测绘地理信息事业高质量发展凝聚奋进力量。



曹育诚 8岁



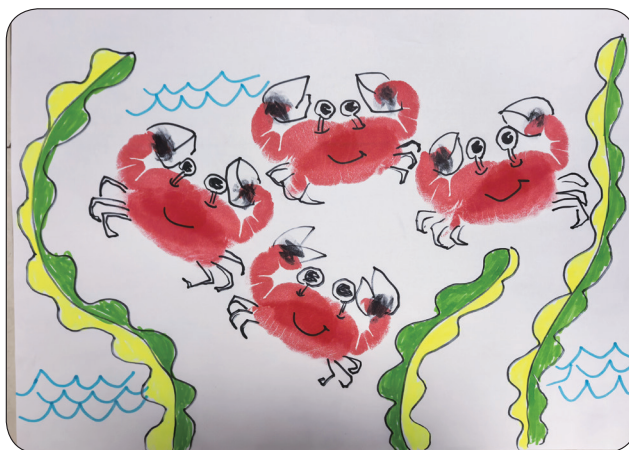
赵若琳 12岁



鲁元初 4岁



陈姝诺 6岁



吴俊乐 6岁



● 徐一诺 7岁



● 朱嘉航 9岁



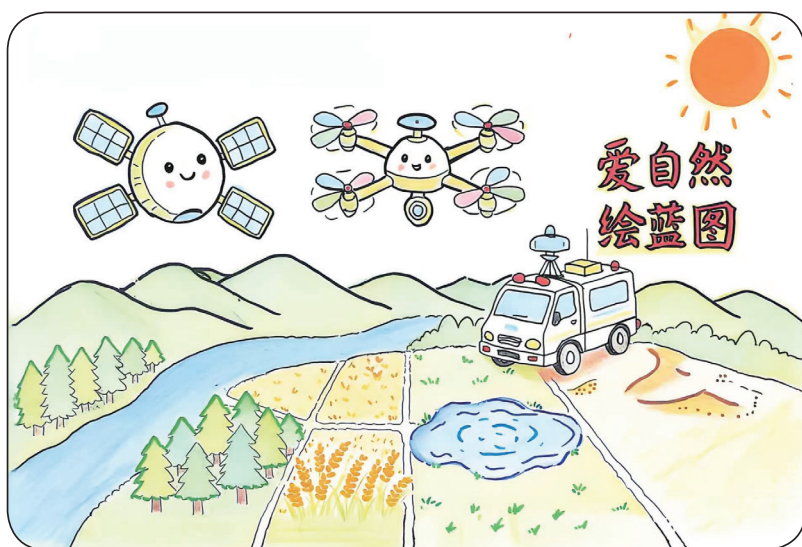
● 贺钰轩 10岁



● 毕允馨 10岁



● 赵译文 9岁



● 王昊泽 7岁

《资源导刊·信息化测绘》 征稿启事

《资源导刊·信息化测绘》(ISSN1674-053X/CN41-1389/D)是经国家新闻出版管理部门批准,由河南省自然资源厅主管、河南省测绘地理信息技术中心承办的国内外公开发行的科技类综合期刊。本刊所发论文可作为河南省测绘地理信息专业中高级职称申报评审材料,是测绘地理信息从业者职称评审的重要学术支撑。为进一步汇聚行业智慧、推动测绘科技成果转化,现面向广大测绘地理信息领域科研工作者、工程技术人员、高校师生及相关行业从业者公开征稿,有关事宜如下:

一、征稿栏目

本刊常设两大核心栏目,精准覆盖测绘地理信息领域研究与应用方向,贴合职称评审学术成果要求:

1. 学术研究:刊载测绘地理信息领域前沿理论研究、基础学科探索、新技术研发等具有创新性和学术价值的论文;
2. 技术应用:收录测绘工程实践、技术推广应用、行业解决方案、实际案例分析等具有实用价值的技术成果类论文。

二、来稿规范要求

来稿务求论点明确、论据充分、数据可靠、逻辑严密、层次分明、文字精练,同时需严格遵循以下格式规范:

1. 文章题目:要简洁、准确概括研究核心,一般不超过 20 字。
2. 正文标题:文内各级标题题号一律顶格书写,标题题号分级采用 1;1.1;1.1.1 等标注形式,结构层次以二级或三级为宜,避免层级过多。
3. 论文摘要:以提供文献内容梗概为目的,不加评论和补充解释,简明、确切记述文章重要内容;避免使用“本文”“作者”等作为主语,字数不超过 250 字。
4. 关键词:选取 3~5 个意义明确的专业术语,准确反映研究方向、领域及研究地点,词与词之间用分号“;”分隔。
5. 首页注脚:在首页脚注处注明:①基金资助项目需注明基金名称及编号;②第一作者简介,包含姓名、出生年份、性别、民族、学历、职称、从事的主要工作。
6. 正文要求:含摘要、图、表、参考文献在内,总篇幅以 4000~6000 字为宜,内容需完整包含研究背景、方法、结果、结论或讨论等核心部分;文中量和单位使用中华人民共和国法定计量单位最新标准,地质符号、公式字母及符号需准确标示大/小写、正/斜体,上下角标字符位置高低区分明显,标点符号使用规范准确。
7. 图表规范:文中仅附必要图表,图件为 JPG 格式并单独拷贝原图另发;文稿中需明确标注图表位置,图框下注明图号、图题和图注,表格统一使用三线表,表名置于表格上方;图表文字需清晰、字体规范,若存在文字不清、字体过小问题,需重新制作,确保印刷清晰。
8. 参考文献:引用他人资料和结论需按《著作权法》规范著录,采用顺序编码制(按文中出现先后次序编码),仅列出与本文相关的公开发行文獻;多次引用同一著者文献仅编一个号,正文中标注首次引用的文献序号。

三、注意事项

1. 投稿需将论文电子文档+查重报告(万方、知网检测均可)发送至编辑部邮箱,论文重复率须控制在 15% 以内,严禁一稿多投;
2. 论文文末请单独附上作者的通信地址、联系电话等有效联系方式,便于编辑部沟通对接;
3. 稿件文责自负,编辑部有权对来稿进行文字和技术性删改,对稿件实质性内容的修改,将提前征求作者同意;
4. 编辑部在收到来稿后 2 个月内答复录用结果,若 2 个月未接到本刊采用通知,作者可自行处理稿件;
5. 本刊拥有印刷版、光盘版、网络版等电子版本,稿件一经采用,所有版本的版权即由作者转让给本刊,论文发表后将作为作者赠送 2 本样刊。

四、投稿方式

欢迎广大测绘地理信息领域从业者踊跃投稿,本刊将以专业的编审标准、高效的处理流程,为广大作者搭建优质的学术交流平台。

投稿邮箱:xxhch2015@163.com

联系电话:0371-65941858

上海市测绘院到河南省测绘地理信息技术中心调研

本刊讯 近日，上海市测绘院副院长赵峰一行到河南省测绘地理信息技术中心调研交流。河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰参加座谈，中心相关业务处室、所属各单位负责同志陪同调研。

座谈会上，肖峰对上海市测绘院调研组表示热烈欢迎。双方共同观看了河南省测绘地理信息技术中心宣传片，全面了解中心发展历程、业务部署及近年来取得的创新成果，重点交流了实景三维建设、基础测绘转型升级、数据安全管控等方面的工作实践，并分享了重大项目谋划、测绘算力建设、全域沉降监测、军民融合等未来发展规划。肖峰表示，希望沪豫两地测绘单位深化协作、互补共进，共同推动测绘地理信息事业高质量发展。

赵峰对河南省测绘地理信息技术中心在测绘服务、技术创新等方面取得的成效和经验给予高度评价。他结合上海测绘地理信息行业发展实际，分享了业务提质、数据赋能等方面的创新思路。



此次调研交流进一步增进了沪豫两地测绘单位的互信与联动，凝聚了协同发展共识，搭建了常态化合作桥梁。下一步，双方将依托各自优势，深化技术共享、经验互通和业务联动，实现合作共赢，共同探索测绘地理信息技术创新路径，助力两地测绘事业高质量发展。☑（王宗民 / 文 吴荒源 / 图）

河南省测绘地理信息技术中心召开行业协会商会专项整治工作会议

本刊讯 为深入贯彻落实河南省纪委监委驻厅纪检监察组专项工作部署，从严规范测绘地理信息领域社会组织运行管理，近日，河南省测绘地理信息技术中心召开行业协会商会等社会组织乱象专项整治专题会议，全面部署推进专项整治工作。

会议传达全省社会组织乱象专项整治实施方案及相关政策精神，结合测绘地理信息行业涉密性强、专业度高、覆盖面广的特点，深入研判行业社会组织在内部治理、日常运营、业务开展、安全管理等方面存在的短板弱项和风险隐患，明确此次专项整治总体目标、整治范围、重点任务和阶段安排，为精准从严开展专项整治、规范行业治理夯实基础。

会议对专项整治工作作出三项重点部署：一是全

面自查自纠、精准建档立账。学会、协会对照整治清单开展全面自查，排查梳理问题隐患，建立整改台账，确保问题见底清零、整改落地见效。二是从严督导核查、压实整改闭环。中心纪检监察室通过资料抽查、座谈询问、现场核验等方式开展督导，坚决纠治敷衍整改、虚假整改等问题，层层压实整改责任，筑牢整改闭环。三是健全长效机制、深化源头治理。坚持标本兼治，以专项整治为契机持续完善社会组织日常监管长效机制，常态化规范行业运行管理。

会上，河南省测绘学会和河南省地理信息产业协会负责人分别表态，将切实提高政治站位，严守行业法律法规和管理规定，助力全省测绘地理信息行业规范化、法治化高质量发展。☑（张爽 / 文）

