

# 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

2025  
第 9 期  
总第504期

## 规范使用地图 维护版图安全

——河南省 2025 年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动扫描

### 《河南省测绘条例》2025年12月1日起实施



下半月 定价: 10 元 扫码关注我们

# 河南省测绘地理信息技术中心召开党委（扩大）会议 全面从严治党 高质量推进测绘事业发展



本刊讯 9月15日，河南省测绘地理信息技术中心召开党委（扩大）会议暨全面从严治党工作领导小组会议，学习贯彻习近平总书记关于深入贯彻中央八项规定精神学习教育和视察河南时重要讲话指示精神，传达中央、省委省政府和省自然资源厅党组有关会议和文件精神，总结深入贯彻中央八项规定精神学习教育情况，安排部署巩固拓展学习教育成果、推进作风建设常态化长效化工作。河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生主持会议并讲话，中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任王永斌和中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议。

会议指出，深入贯彻中央八项规定精神学习教育启动以来，河南省测绘地理信息技术中心党委以高度的政治自觉和使命担当，坚定拥护“两个确立”、坚决做到“两个维护”，严格落实主体责任，紧盯学查改一体推进，中心干部职工迅速行动，政治生态焕然一新，干事创业氛围愈发浓厚，各项工作扎实推进，将学习教育成效转化为破解发展难题、推动改革创新思路举措，为测绘地理信息事业高质量发展提供坚

实保证。

会议要求，巩固拓展学习教育成果，坚决打好贯彻中央八项规定精神、正风肃纪反腐持久战。郭幸生在讲话中强调，一是强化思想引领，以政治自觉推进作风建设常态化。要进一步深化思想认识，增强学习自觉，提升党性修养，用过硬政治定力、坚定政治信念筑牢思想根基。二是坚持问题导向，以严实作风抓好整改。要深化问题整改，强力推进违规吃喝专项整治，强化警示教育，推动以案促改，坚决防止老问题复燃、新问题萌生。三是深化标本兼治，以一抓到底纠治作风顽疾。要从严监督重执纪，分层分类强作风，注重常态抓长效，真正使中央八项规定精神内化于心、外化于行。四是激发担当动力，以优良作风凝聚奋进力量。要压实责任链，办好民心事，倡树清廉风，弘扬主旋律，培养党员干部廉洁高尚的道德情操。

肖峰就中心深入贯彻中央八项规定精神学习教育工作作出总结，王永斌、陈政民分别领学传达习近平总书记重要指示和省委省政府、省自然资源厅党组有关会议精神。☑（吴荒源 / 文 李华 / 图）

# 以测绘之光，照亮河南发展之路

◎ 本刊评论员

八月末的中原大地，测绘热潮涌动。2025年8月29日，第22个全国测绘法宣传日如约而至，河南省同步开启测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周。从郑州的繁华商圈到焦作的龙源湖公园，从洛阳的伊洛河畔到漯河的产业园区，一场场形式鲜活、内涵丰富的宣传活动，让测绘知识如春风化雨般浸润千家万户，更让“规范使用地图，一点都不能错”的理念深植人心。

河南省自然资源厅精心谋划，统筹推进，联合全省多地市、相关单位及企业，构建起“线上+线下”联动的宣传矩阵。作为活动主场，郑州在客流如织的郑东万象城广场设置宣传站点，更将地铁专列打造成“测绘移动课堂”，让市民在通勤途中便能触摸测绘知识、感知测绘价值。焦作线上线下联动，洛阳用专题讲座解读测绘意义，漯河靠展览展示呈现行业成果。全省上下同频共振，织就一张全域覆盖的测绘宣传网，让测绘精神真正走进群众生活、服务社会发展。

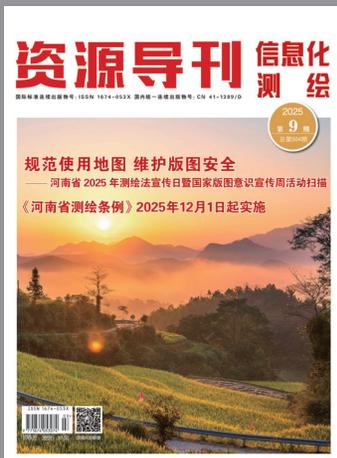
青少年是国家版图意识教育的重中之重。今年的宣传活动特别聚焦青少年群体，以多元形式播撒爱国与测绘的种子。河南省2024~2025学年少儿手绘地图大赛中，中小學生用画笔勾勒祖国山河，489幅优秀作品汇编成《巧手绘山河 童心向祖国》画册，每一笔色彩都饱含对家国的热爱与敬畏。专家进校园活动同步开展，围绕“国家版图与地理信息安全”展开讲解，引导学生读懂地图背后的法律意义与主权分量，在心中筑牢维护国家领土完整的责任意识。这种“从娃娃抓起”的教育实践，为测绘法普及夯实了根基，更培育了守护国家版图的新生力量。

科技赋能，是河南测绘地理信息事业跨越式发展的核心密码，实景三维河南建设稳步推进，让中原大地的每一寸土地都拥有精准的数字“镜像”；“天地图·河南”平台广泛应用，为政务服务、民生保障提供高效的地理信息支撑；北斗三号差分信号成功发布，大幅提升测绘定位精度；“人工智能+卫星遥感”深度融合，让环境监测、灾害预警更加高效精准；关键软件实现自主可控，保障数据安全……活动现场，市民通过观看宣传片、参观技术展板、体验测绘设备，近距离感受无人机航测、三维建模、地理信息系统等新技术的魅力，对测绘工作的认知从“纸上绘图”转向“科技赋能”。这种科技与宣传的深度融合，既提升了公众对测绘行业的认同感，更为行业高质量发展注入新动能。

测绘法宣传不止于“普及知识”，更在于“规范行业”。各级自然资源主管部门强化监管职责，以“零容忍”态度严查“问题地图”，守护国家版图的完整性与严肃性。在交通枢纽、学校等重点场所，工作人员手把手教公众识别“问题地图”的常见漏洞，倡导全社会共同守护国家版图。这种“防患于未然”的监管模式，既提升了公众的地理信息安全意识，更为测绘行业健康发展筑起“防护墙”，推动行业在规范轨道上稳步前行。

一场宣传活动，既是一次普法教育的集中呈现，更是一次爱国主义的深刻洗礼。如今，“人人关心测绘、人人支持测绘”的氛围在河南愈发浓厚，社会各界对测绘工作的价值认同不断提升。正如河南省自然资源厅副厅长景志刚所言：“规范使用地图，一点都不能错。”这不仅是对测绘工作精准性的严苛要求，更是对每一位公民守护国家主权的责任召唤。唯有全社会同心协力，方能推动测绘事业行稳致远，为河南经济社会发展提供坚实支撑。

2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动，是科普盛宴，更是思想淬炼。它让我们清晰看见：测绘从来不是冰冷的技术与数据，而是国家形象的“名片”、民族尊严的“防线”。新时代的河南，正迎来测绘事业发展的黄金机遇期，而全民知晓、全民参与、全民行动，正是推动这一事业向前的磅礴力量。让我们以测绘为笔、以科技为墨，共同书写河南测绘事业新篇章，让测绘之光，照亮中原大地高质量发展的美好未来。☑



## 资源导刊 信息化测绘

2025年 下半月 第9期 总第504期

测绘资讯·政策解读  
文化传播·技术交流

主管单位：河南省自然资源厅 主办单位：河南自然博物馆

编辑出版：《资源导刊》杂志社

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

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

编辑部：0371-65941858 广告发行部：0371-65941854

投稿邮箱：xxhch2015@163.com QQ 通联群：185394654

### 顾问

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

### 河南省测绘地理信息技术中心编委会

- 主任 郭幸生
- 副主任 肖峰 武永斌 王军胜 陈政民 贺奕
- 成员 翟娅娟 赵海滨 赵立明 孙常建 李辉  
寿燕翻 王明强 付治河 张向军 田耀永  
朱志军 曹源 周学军

### 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，未经本社书面授权，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。

- 社长：刘立新
- 执行总编：肖峰
- 副社长：左金安
- 副总编：刘鹏飞
- 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：张蓓蓓
- 美术编辑：宋珂
- 发行：丁翔

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

### 网站合作单位



## 目录

# CONTENTS

### 卷首语

1 以测绘之光，照亮河南发展之路

### 国内要闻

4 “十四五”我国测绘地理信息应用日益深入广泛 等8则

### 时政传递

6 2025年实景三维数据创新应用典型案例发布  
我国首个低空高光谱遥感数据获取行业标准发布  
7 《河南省测绘条例》2025年12月1日起实施

### 特别关注

8 规范使用地图 维护版图安全  
——河南省2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动扫描

### 测绘广角

12 实景三维技术助力安阳城市建设  
河南省地图院国家版图意识宣传项目入选省直优秀案例  
13 项城市开展地图市场监督管理工作  
祥和测绘公司完成重点宗地定界 保障国有资产安全

### 经天纬地

14 中科宏图的成长密码

### 豫外传真

16 AI加持，湖南打造“调查监测大脑”

### 地信法制

18 河南省测绘条例

### 技术应用

24 融合点云抽稀与并行分块的PTD高效滤波改进算法  
27 基于SAR影像的高铁沿线采空区沉降监测研究  
31 北斗卫星导航系统在建筑物沉降监测中的应用  
34 郑州市时序地表形变PS-InSAR监测分析  
38 基于CCDC和RF算法的南京市撂荒耕地提取与时空变化分析  
42 基于ArcGIS的兴趣点抽稀表达方法  
46 基于三维激光和探地雷达的城市道路三维测量技术研究  
50 基于多源遥感数据的韶关市森林郁闭度反演模型构建与估测  
53 河南省“天眼+自然资源”系统的研建与应用

### 文苑撷英

58 民族气节重如山  
59 以尺为笔，丈量山河  
——观九三阅兵致测绘人  
60 一枚枚勋章见证烽火岁月  
61 关乎毫厘  
观九三阅兵有感  
萤光

### 艺术欣赏

62 牛全意书法作品欣赏

### 合作单位

64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

### 封面

晨秋远黛 千图网/供图

## 关注

## “十四五”我国测绘地理信息应用日益深入广泛

8月29日，2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动在湖南省长沙市举行。活动发布的信息显示，“十四五”期间，数字中国建设、数字经济发展等对测绘地理信息数据要素需求旺盛，自然资源部门积极推进测绘地理信息事业转型升级，测绘地理信息应用更加深入广泛。

“十四五”期间，我国建立“陆海空天”一体化国家测绘基准体系，建成基于北斗的“全国卫星导航定位基准站一张网”，提供厘米级高精度服务；实景三维高质量时空数据集初步建成，卫星遥感影像月度、季度更新，1:5万基础地理信息覆盖全部陆地国土，1:1万数据覆盖超70%且动态更新。同时，构建立体测绘体系，核心装备总体自主可控，部分达世界一流。

此外，地理信息公共服务平台天地图日均调用超10亿次，在数字政府、百姓生活、数字文化、数字生态文明等领域发挥重要作用。

## 实景三维中国今年底初步建成

8月25日，记者从自然资源部获悉，2025年底实景三维中国将初步建成，目前数据要素已形成体系与规模，已完成近300个地级以上城市建筑物三维模型生产。

据介绍，我国已实现实景三维实体数据采集、空间身份编码等核心技术自主可控，初步构建起以数智化建模生产、实体化集成管理、知识化服务应用为特征的技术体系。实景三维技术通过遥感、大数据等现代技术，在数字世界创建与现实一致的三维模型，为智慧城市、精细化管理、应急救援提供三维空间底图。

当前，实景三维中国应用服务已形成全国“一张网”，推动数据共享，支撑城市规划、防灾减灾等领域。下一步，我国将依托人工智能等技术扩大应用场景，“十五五”期间还将推进数据处理自动化、智能化，完善技术体系，创新产品类型，构建“地上地下、陆地海域、二维三维”一体的数据资源体系。

## 我国地图作品在国际制图大会斩获多项大奖

8月17日至22日，第32届国际制图大会（ICC 2025）在加拿大温哥华举行。我国选送的地图作品表

现出色，共斩获5项大奖。

其中，安徽省第四测绘院的“安徽省自然地名图鉴”荣获教育地图类最佳作品奖；青岛市勘察测绘研究院的“郑和航海新图”获得航图类荣誉提名和公众投票两个奖项；重庆市测绘科学技术研究院的“鲁班锁地球仪”获得实体地图类荣誉提名奖；广西壮族自治区地图院的“稻那-右江，稻香那韵，文化溯源”获得挂图类公众投票奖。此外，“Daily Cultural Canvas: A Tapestry of Life's Journey”获得芭芭拉儿童地图展第二名（9~12岁年龄组）。

国际地图制图协会地图奖是国际制图界的最高荣誉。本次中国参展作品由中国测绘学会组织征集和评审，共遴选出15件参赛，最终取得优异成绩。

## 科技

## 我国首颗全极化商业SAR卫星发射

8月19日，我国首颗具备全极化业务化观测能力的商业SAR卫星“AIRSAT-05星/海哨二号”在酒泉卫星发射中心成功发射，进入预定轨道。

该卫星由中国科学院空天信息创新研究院等多单位联合研制，主载荷为X波段合成孔径雷达，支持多种工作模式，最高分辨率优于1m，最大观测幅宽超300km，具备单、双、全极化成像能力。卫星还集成了高性能智能化在轨处理模块，可实现高质量在轨SAR成像，以及冰、海信息智能提取。

“AIRSAT-05星/海哨二号”纳入中科卫星的AIRSAT星座运行，将与多颗在轨卫星形成多轨道面、多维度、多频段观测体系，对海洋环境与安全、极地科考与航运、国土资源调查、灾害应急等领域意义重大。此次发射获得国家重大专项支持，多项指标国际领先，



是我国空天信息领域科技创新与产业创新融合发展的典型成果。

### 全国首个全域覆盖低空无人机遥感监测网建成

8月27日，“城市智眼”低空无人机遥感监测平台软件V1.0发布会在湖北武汉举行。该平台由武汉市测绘研究院自主研发，已完成组网建设，系全国首个实现超、特大城市全域覆盖的低空无人机遥感监测网。

“城市智眼”构建“1+1+1+N”体系，即一套无人机低空遥感监测网络、一个低空无人机云控平台、一套人工智能算法库及N个典型应用场景，是高效智能的城市立体感知网络，可推动常规测绘融入城市治理。平台集成AI目标识别与检测算法，飞行中能实时开展车辆、人员、工地、市容、防火、溺水等检测，数据同步至云控平台。平台能可视化展示无人机飞行状态，支持远程操控起降、规划航线及建模等。平台还具备“一键巡飞”功能，可自动规划路线避开禁飞区与障碍物，保障复杂环境下任务安全执行。

据介绍，“城市智眼”已拓展至自然资源、城市、应急管理等领域，累计安全飞行约11万km，时长3200h，采集高精度影像93万帧、视频2100余条，为超、特大城市精细化管理提供数智支撑。

### 全国水电行业首个流域北斗规模化应用项目启动

8月15日，北斗规模化应用研讨会暨澜沧江流域上游水电站GNSS连续运行参考站启动仪式在四川省成都市举行。

2024年6月，华能澜沧江水电与中国水利水电第四工程局携手，在澜沧江上游推进北斗规模化应用，建成22座北斗连续运行参考站，实现北斗在水电工程全链条创新应用，彰显我国自主卫星导航技术在关键基础设施领域的竞争力。

该项目为全国水电行业首个基于北斗三号建成的流域规模化应用工程，构建高海拔地区首个全天候地基增强系统，可精准定位、连续监测水电站及周边区域。经试运行，系统稳定、数据精准。未来，项目将为澜沧江上游水电站及周边提供高精度空间位置基准服务，提升工程健康监测、地质灾害预警等业务精度与效率，对保障国家能源、流域生态安全及提升工程智能化水平意义非凡。

8月29日，记者从2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动现场获悉，全国卫星导航定位基准站一张网建成以来，基准站已经扩展至6951座，为数字中国建设和经济社会高质量发展提供了丰富的数据要素保障。

全国卫星导航定位基准站一张网是北斗系统应用落地的重要配套设施，由遍布全国各地的北斗基准站和数据中心组成，为各行各业提供高精度测绘基准、北斗导航定位等服务，应用于经济建设、国防建设、社会发展和生态保护等领域。截至目前，“一张网”已由最初的3363座基准站整合扩充至6951座，其中，国家站420座，省级站3093座，协同站3438座。东部地区站与站的平均距离30km，西部地区站与站的平均距离50km，形成较为均匀的空间布局，能更好地为北斗产业化发展、北斗规模化应用提供保障支撑。

据介绍，“一张网”开通以来，日定位服务次数超千万，为近20万专业用户提供服务，建设成果和应用范围不断扩大。

近日，可持续发展大数据国际研究中心（“SDG中心”）科研团队发布2002~2021年青藏高原湖泊水位变化数据集，首次实现对高原361个面积大于10km<sup>2</sup>湖泊的系统监测。

团队融合Envisat、ICESat-1等8颗卫星观测数据，突破了单一卫星时空覆盖范围的限制。其中181个湖泊具有2002~2021年连续20年的水位序列，180个湖泊具有2010~2021年水位序列。该数据集与实地测量值高度一致，8个验证点的中位数均方根误差仅为0.19m。同时，与国际主流卫星测高产品相比，中位数均方根误差均低于0.30m，达到国际先进水平。

该数据集可精确计算湖泊水储量变化，支持湖泊水位长期变化趋势分析，实现高原湖泊溢流和洪涝灾害的短期预警，揭示湖泊生态系统与水资源变化的内在联系。这项研究不仅填补了青藏高原湖泊系统监测的数据空白，为解读“亚洲水塔”的水循环机制提供关键数据支撑；也为全球第三极环境研究提供了新的技术范式，对理解亚洲水塔的水循环过程及其对气候变化的响应具有重大意义。☑

## 2025 年实景三维数据创新应用典型案例发布

8月29日，2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动在湖南长沙举行。活动现场，自然资源部、国家数据局联合发布2025年实景三维数据赋能高质量发展创新应用典型案例入选名单。“实景三维+”助力湖南自然资源全要素市场建设、实景三维赋能泥石流灾害智能防控等60个典型案例入选。

为培育实景三维中国多类型应用场景，加快构建实景三维中国应用生态，切实发挥空间地理数据要素保障效能，服务经济社会高质量发展，今年3月，自然资源部、国家数据局联合组织开展了2025年实景三维数据赋能高质量发展创新应用典型案例征集。

征集活动共收到30个省级自然资源主管部门和数据主管部门、新疆生产建设兵团，国家林业和草原局、中国地质调查局及自然资源部有关直属单位申报案例166个。经过专家评审，最终确定了60个典型案例。入选的典型案例覆盖了支撑自然资源管理、赋能政府

决策、助力数字经济发展、服务百姓美好生活、服务数字文化和支撑数字生态文明6种应用场景。与上一年相比，今年征集的案例整体质量明显提升，入选的典型案例分布区域更加广泛、应用场景更加均衡。

近年来，实景三维中国建设历经试点先行探索、局部建设应用、全面部署推进、加快赋能应用四个阶段，取得积极进展。数据资源已成规模，地形级实景三维已覆盖全部陆地国土，正射影像覆盖全国22版，数字高程模型整体优化到优于5米格网，全国基础地理实体数据进一步充实。城市级实景三维数据覆盖全国300余个地级以上城市。部件级实景三维数据按需开展生产。应用服务已成体系，形成了涵盖灾害防治、智慧安防、历史文化保护、国土空间规划、耕地保护、生态保护、在线旅游等22大类、100余种应用场景，彰显了空间地理数据要素价值，积极赋能高质量发展。

 (来源：新华网)

## 我国首个低空高光谱遥感数据获取行业标准发布

○ 戴诗涛

近日，由广东省国土资源测绘院牵头编制的测绘行业标准《IMU/GNSS辅助低空高光谱遥感数据获取技术规范》（以下简称《规范》），通过全国地理信息标准化技术委员会审查，经自然资源部部长办公会审议通过，予以批准、发布，将于2025年12月1日起实施。这是国内首个针对低空高光谱遥感数据获取的行业标准。

《规范》编制工作自2020年经自然资源部批准立项以来，历时近五年完成。编制团队通过多轮需求调研、技术研讨、试验和专家论证，多次征求行业意见，并经国标委和自然资源部严格审核，最终形成终稿。

《规范》的发布有效解决了低空高光谱遥感数据获取技术和应用发展长期存在的相关标准指导缺失、技术流程和要求不统一、设备产品性能良莠不齐、成果质量差异大等问题。其重要意义主要体现在五个方面：

首先，统一了技术标准，填补了行业空白；其次，规范了技术流程，为相关项目的生产作业提供参考；再次，明确了技术参数，为相关软硬件产品研发提供依据；然后，提升了成果质量和可靠性，更加精准地支撑应用；最后，将加速技术创新应用和推动成果应用，赋能行业发展。

目前，低空高光谱遥感数据获取技术已广泛应用于农业精细化管理（农作物生长监测、病虫害监测等）、生态环境监测（水质监测、碳汇评估等）、矿产资源与地质勘探（矿物识别、矿山监测等）、应急测绘保障（火灾监测、洪涝灾害评估等）等多个行业和领域。接下来，低空高光谱遥感数据获取技术将结合多源遥感融合、人工智能、无人机多机多模态协同等技术，向着实时化、智能化方向发展。（摘编自《中国自然资源报》2025年9月23日第7版）

# 《河南省测绘条例》2025年12月1日起实施

○ 本刊记者 陈庆贺

9月7日,《河南省测绘条例》(以下简称《条例》)顺利通过河南省第十四届人民代表大会常务委员会第十九次会议审议,将于2025年12月1日起正式施行。

《条例》的出台,是河南省测绘地理信息法治建设的重要里程碑,标志着全省测绘地理信息事业迈入“法治化引领、制度化保障、创新化驱动”新阶段。

据介绍,现行的《河南省测绘管理条例》于1995年制定、2004年全面修订,已实施21年。随着测绘地理信息技术的飞速发展和人工智能等新技术的广泛应用,以及2017年《中华人民共和国测绘法》的修订,对测绘工作提出了新的更高要求,因此亟须对现行条例进行全面修订。

新修订的《条例》共8章60条,相比现行《条例》删除23条,修改14条,增加46条。法规名称由《河南省测绘管理条例》修改为《河南省测绘条例》,体现了全省统筹、系统推进的立法思路,统筹了测绘基准、测绘系统、基础测绘、成果汇交及共享应用等全链条制度建设。

《条例》增加了“新测绘新应用”一章,顺应了新技术发展需要,推进测绘地理信息数据共享和应用,旨在打造数字河南时空数据底座。同时,《条例》坚持底线思维、强化监管,注重对地理信息获取、存储和使用的管理,加强了卫星导航定位基准服务系统、测绘成果、互联网地图等方面的安全监管,维护国家

地理信息安全。

在加强测绘基准建设方面,《条例》明确测绘活动应当使用国家规定的测绘基准和测绘系统,规范了卫星导航定位基准站的建设和运行维护,强化了永久性测量标志的属地管护职责。为推进新型测绘发展,

《条例》规定,要加强新型测绘基础设施和网络建设,建立健全测绘地理信息共享交换机制,提升地理信息开放水平,促进其在低空经济、平台经济、智能网联汽车等新业态中的应用。

针对测绘成果应用不足与工程建设项目测绘等多个问题,一方面,《条例》聚焦测绘成果高效应用与安全保障,加大测绘成果供给共享力度、加快基础测绘成果更新周期,明确相关成果用于政府决策、国防建设和公共服务时应无偿提供,同时通过将国家版图意识教育纳入中小学教学、建立卫星导航定位基准站数据安全制度,强化地理信息安全监管;另一方面,《条例》着力破解工程建设项目测绘痛点,细化“多测合一”要求,明确工程建设项目各阶段需执行统一测绘标准,实现同一标的物只测一次、同一成果只提交一次,推动各环节数据共享互认,从源头上避免重复测绘和多头提交。

下一步,河南省将采取强有力措施,全面抓好《条例》的贯彻落实,以推动河南省测绘事业高质量发展,为经济社会发展提供更加坚实的保障。☑



# 规范使用地图 维护版图安全

——河南省2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动扫描

◎ 本刊记者 栗荣晓

8月27日，河南省2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动在郑州隆重举行。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生参加活动。

启动仪式上，景志刚指出，要强化政治引领、紧扣核心主题，切实把“规范使用地图、维护版图安全”上升到事关国家主权尊严的高度来站位、来认识、来落实；要创新方式方法，提升宣传实效，切实增强宣传的针对性、吸引力和覆盖面；要严格日常监管，筑牢安全底线，聚焦重点与全面覆盖的“两个结合”，切实做到专项检查与常态化监管同步推进；要强化协调联动，形成工作合力，切实加强宣传、教育、市场监管等部门的配合联动，建立工作机制，确保高效落实。

为展示河南省2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周宣传效果，展现测绘地理信息支撑高质量发展的新成果，进一步让测绘知识与国家版图意识融入“寻常百姓家”，请跟本刊记者一起走近测绘法宣传“现场”。

## 2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动

# 启动仪式

主办单位：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  
郑州市自然资源和规划局  
河南省地图院  
2025年8月

## 河南省开启主场测绘法宣传

8月27日上午，河南省2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动在郑州市郑东万象城广场举行。河南省自然资源厅向全省发出“规范使用地图，一点都不能错”的倡导，以“提升全民国家版图意识、促进规范使用标准地图”为活动核心，通过现场互动体验等多元形式，让测绘知识与国家版图意识融入民众日常。

2025年，适逢“绿水青山就是金山银山”发展理念提出20周年，河南省策划并落地了形式多样、内容丰富的主题宣传活动，让测绘知识与国家版图意识更贴近公众生活。在活动现场互动体验区，公众通过浏览主题展板、翻阅纸质宣传资料，直观了解国家版图、测绘法规等核心理念；工作人员围绕《中华人民共和国测绘法》及配套法规开展“一对一”解读，向公众依法宣传测绘知识。现场开展了讲座展览活动，播放了“小地图大作用”视频，展示地图实物，帮助公众了解地图起源、作用以及与主权、民生等的密切联系。

与此同时，26家省内测绘单位、高校集中亮相，现场展示测绘技术新装备及河南省在实景三维建设、地理信息数据应用等领域的最新成果，直观展现河南测绘地理信息产业“硬实力”。

河南省测绘地理信息技术中心工作人员介绍，2024年以来，《河南省测绘条例》《河南省测绘成果管理办法》修法进程稳步推进，地方性法规体系不断完善；实景三维河南边建边用，“天地图·河南”广泛应用，地理信息基础设施迭代升级；北斗三号差分信号成功发布，“人工智能+卫星遥感”建设成效斐然，关键软件实现自主可控；地理信息在政府决策、资源管理、生态保护、应急救援、城市管理等领域的应用场景不断拓展，地理信息产业发展取得新突破，赋能人民群众美好生活的能力和水平再上新台阶。

“强化政治引领，创新测绘法宣传方式，严格日常监管，强化协调联动，切实提升宣传实效，筑牢测绘地理信息安全底线，为河南省经济社会高质量发展提供坚实保障。”活动现场，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生表示。

## 郑州市测绘法宣传形式多样

2025年，郑州市自然资源和规划局按照河南省自然资源厅关于做好8·29测绘法宣传日活动有关要求，制定印发《关于开展2025年测绘法宣传日暨国



● 河南省自然资源厅副厅长景志刚等参加主场宣传活动

家版图意识宣传周活动的通知》，开展了形式多样的宣传活动。

自8月25日起，郑州市自然资源和规划局围绕活动主题“规范使用地图，一点都不能错”，制定专项工作方案，开展8·29测绘法线上答题、开行“测绘号”地铁专列等系列宣传活动，宣传郑州市测绘地理信息事业新进展新成效，纪念“绿水青山就是金山银山”理念发表20周年，向郑州市民宣传普及测绘法律法规和国家版图知识，推动形成维护国家版图尊严、规范使用地图的思想共识。

郑州市伊河路小学四年级李同学在答完顶端新闻App上的8·29测绘法线上有奖答题后，兴奋地说：“参加测绘法线上答题，不仅能赢得奖品，还丰富了知识，增进了对测绘地理信息行业的了解。”

线上答题由郑州市自然资源和规划局与河南报业集团顶端新闻联合策划举办，通过线上宣传方式扩大宣传范围，以趣味竞技形式让群众积极参与，不断增强市民的测绘法规意识和“规范使用地图”的社会共识。数据显示，线上答题活动吸引上万人次积极参与。

在郑州市人民公园、地铁站台等公共场所，该局摆放了宣传展板，设置了咨询台，向过往群众发放宣传资料，宣传人员耐心解答群众提出的“如何识别问题地图、从哪里获取正确地图、测绘工作对日常生活有什么影响”等问题，通过与群众互动交流，提高群众对测绘法和国家版图的认识。

除此之外，郑州市自然资源和规划局还倡议郑州市各级机关、学校等事业单位，悬挂测绘法宣传横幅，全方位开展测绘知识宣传。

据了解，近年来，郑州市测绘地理信息事业加快转型升级，加强测绘地理信息行业管理，开展违法地



● 无人机静态展示

图查处，实施“多测合一”改革，“天地图·郑州”连续三年获得省级五星级评价，为社会公众提供了多样化的测绘地理信息服务。2024年以来，郑州市加快推进实景三维建设，坚持边建设边应用，积极拓展实景三维建设成果应用领域，为政府决策、城市管理提供统一时空基底，地理信息数据要素支撑保障能力不断增强。

### 地铁“测绘号”再次上线发车

开展测绘法和国家版图意识宣传，既是加强爱国主义教育、维护国家版图尊严和完整的要求，也是普及测绘法律法规、保障地理信息安全的需要，对增强全社会维护国家安全、主权和利益的共同意识具有重要意义。

2025年8月，满载“测绘法”宣传主题的郑州地铁专列在1号线、5号线全面发车。在2024年郑州地铁上线7列“测绘号”专列的基础上，今年又新增8列测绘主题专列，通过地铁移动场景让测绘知识、国家版图意识覆盖更多群众。

走进郑州地铁1号线、5号线车厢，“规范使用地图，一点都不能错”的主题标语格外醒目，不少乘客拿出手机拍照、查询相关测绘名词。“在车厢内张贴、悬挂宣传标语和图片，让乘客深切感受测绘地理信息与生活各个方面息息相关，进一步了解测绘知识、掌握测绘知识，维护国家版图和主权完整。”河南省地理信息产业协会工作人员表示。

为迎接2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周的到来，按照河南省自然资源厅工作部署，河南省地理信息产业协会积极行动，8月初向全省会员单位下发《关于开展2025年8·29测绘法宣传活动的通知》，

征集郑州地铁宣传、现场展示、特色宣传品，做到有的放矢。

据介绍，2025年地铁专列测绘法宣传工作得到郑州市自然资源和规划局的大力支持，以及广大会员单位的积极响应。为充分发挥郑州地铁人流量大、辐射面广、传播力强等优势，打造宣传主场，开展丰富多彩的系列宣传活动，河南省遥感院、河南省资源环境调查一院、中建国信、郑州郑房测绘、郑州郑土测绘、郑州南方测绘、方宇勘测、中科宏图勘测等8家测绘资质单位积极参与郑州地铁专列测绘法的宣传推广。

2025年，河南省通过郑州地铁专列等创新宣传载体和形式，充分展示了近年来河南省测绘地理信息事业取得的成绩，面向社会公众广泛宣传测绘对经济、社会、国防、军事发展的重要作用，推动公众形成维护国家版图尊严、规范使用地图的思想共识，积极营造社会各界人士更加关心、关注、支持测绘地理信息事业发展的积极氛围。

### 各地多元化开展测绘法宣传

测绘法宣传日当天，焦作市自然资源和规划局启动测绘法宣传活动，通过线上线下联动、趣味互动结合的形式，向市民普及测绘法律知识，筑牢国家版图意识。

线上宣传覆盖面广，营造全民参与氛围。该局通过多电子屏幕滚动播放主题标语，在重点区域循环播放测绘法宣传视频；向市民群发宣传短信，制作发布抖音短视频、朋友圈宣传图，全方位解读《中华人民共和国测绘法》及国家版图知识。据不完全统计，互联网宣传浏览量近30万次，让规范用图、守护版图理念得到广泛传播。

线下活动丰富多元，趣味互动传递知识。在焦作市龙源湖公园北广场主会场，工作人员向过往市民发放国家版图知识宣传册，以图文并茂的形式直观讲解规范使用地图的重要性。活动当天，全市各县（市、区）自然资源局设立15个宣传咨询点，开展特色科普活动，累计发放材料7200余份，解答咨询2200余人次。此外，该局还组织人员对新华书店等场所开展地图市场检查、宣传地图法律法规和相关规定，进一步规范全市地图市场秩序。

在漯河市，活动现场设置多个专题展区。在测绘法律法规咨询区，工作人员向市民提供测绘法、地图管理条例等法律法规咨询服务；国家版图知识展示区

通过一系列展板介绍了国家版图相关知识；测绘技术成果展区重点展示了无人机航空摄影测量系统等前沿设备。同时，活动现场还展示了实景三维漯河建设成果，以及大比例尺地形图与自然资源“一张图”的有机结合和推广应用，彰显了测绘地理信息服务自然资源精细化管理的核心支撑作用。

洛阳的测绘法宣传活动也是精彩纷呈。洛阳市自然资源和规划局以测绘法宣传为契机，组织人员大力宣传新时代测绘地理信息支撑高质量发展的新进展新成效。通过现场张贴宣传海报、发放洛阳交通旅游图，展示测绘新技术、新装备，向群众讲解测绘法律法规等方式，普及国家版图知识，提高群众辨别“问题地图”的能力，努力营造自觉维护国家版图尊严与国家主权和领土完整、抵制“问题地图”的社会氛围。

为提升社会公众的国家版图意识，8月29日上午，兰考县自然资源局组织志愿者在县人民广场围绕“规范使用地图，一点都不能错”活动主题，开展测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周系列宣传活动。

活动现场，该局志愿者为过往群众讲解测绘法相关知识，重点解读地理信息数据安全、测绘成果应用等与民生密切相关的内容，让群众真切感受到“测绘就在身边”。同时，志愿者着重宣传规范使用地图对维护国家主权和领土完整的重要意义，倡导社会公众自觉抵制“问题地图”、树立正确国家版图观念。此次宣传活动，提高了社会公众对测绘地理信息的认知，营造了“规范用图、人人有责”的良好氛围。

### 学校师生成测绘法宣传主力

8月27日，河南理工大学测绘学院教师代表蔡来良、傅建春、潘应阳等，专程来到河南省测绘法宣传日郑州主会场，开展测绘法律法规普及、国家版图知识传播活动。

活动普及中，三位教师结合学院学科优势与教学科研实践，围绕“规范使用地图，一点都不能错”主题，通过布设展板、知识讲解等方式，详细为群众阐释测绘在各个领域的基础支撑作用。

据了解，河南理工大学测绘学院依托测绘科学与技术、遥感科学与技术等学科，始终以“科教融合、产教融汇”为理念，构建了从基础测绘技术、遥感智能感知到地理信息系统集成应用的完整学科体系。此次活动不仅是该院履行高校社会服务职能的重要体现，更是“以专业服务国家战略、以教育传递版图情

怀”的生动实践。

“下一步，学院将持续以测绘法宣传日、国家版图意识宣传周等活动为契机，深化‘政产学研用’协同，发挥学科、人才与技术优势，助力国家版图保护与测绘地理信息产业创新发展，为测绘学院‘双一流’学科创建贡献智慧和力量。”该院教师蔡来良说。

为推动国家版图意识在青少年群体落地扎根，河南省测绘法主场宣传活动特别设置“青少年绘版图”专题展示区，集中展出489幅青少年手绘地图优秀作品，还印制了《巧手绘山河 童心向祖国》主题画册与配套展板供市民观看。

在现场，郑州市第一三〇中学创新建设的地图地雕，融合各省简称与标志性文化元素，以直观、生动的方式呈现中国与世界图景。如，河南简称“豫”，天下功夫出少林、红旗渠精神、焦裕禄精神发源地兰考；重庆是桥都、雾都、山城；北京是中国的政治文化经济交流中心、万里长城是世界文化遗产等，让参观者与国家地理、优秀文化零距离对话。同时，“中国通”App以幽默解说、精美图文、知识竞猜和视听资源，打造出一个可随时随地“云游中国”的移动课堂，拓展了版图教育的时空边界。

该校学生左灵柯的参赛获奖作品《千“豫”河南》，以笔为心、以画为情，展现了作者对国家版图的认知和对家乡的深情。手绘地图上，黄河如金色丝带横贯东西，滋养着中原儿女；云台山的赤红岩壁间，碧水流淌，是祖国大好河山的生动缩影；洛阳牡丹绽放在图画角落，娇艳花瓣不仅诉说着盛唐繁华，更展现着祖国文化的多元璀璨；二七纪念塔的轮廓清晰可见，钟声仿佛穿越时空，铭记着革命先辈的奋斗历程，也彰显着祖国从历史走向复兴的壮阔征程。

绘制过程中，左灵柯始终以国家官方版图为基准，精准标注行政区域、重要地标，确保每一处细节都符合国家版图规范。她深知，尊重国家版图，就是守护国家主权与领土完整，这是每个中国人的责任与使命。

“2025年，河南省通过解读测绘法律法规、举行专题讲座、展示手绘地图、展出创新成果、上线地铁专列等宣传活动，营造出人人关心、人人关注、人人支持测绘发展和国家版图保护的良好氛围。下一步，我们将坚持推动测绘普法宣传进企业、进社区、进校园的常态化覆盖，为捍卫国家主权领土完整、推动高质量发展筑牢地理信息安全屏障。”河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生表示。☑

## 实景三维技术助力安阳城市建设

8月29日，自然资源部与国家数据局联合公布了2025年实景三维数据赋能高质量发展创新应用典型案例入选名单。由河南省测绘院申报，河南省自然资源厅、省发展和改革委员会共同推荐的“面向数字孪生城市的地理空间信息平台建设项目”成功入选典型案例。

该项目在国家重点研发计划、河南省自然资源重大科技攻关项目及安阳当地政府支持下，按照“顶层规划、分步推进”策略实施。项目以基础地理信息数据为底板，构建了安阳市建成区的高精度三维空间基底，集成融合了十余个部门的业务数据，打造了涵盖实景三维建模、数据采集与融合、智能感知监测等八大功能模块于一体的城市治理平台。

该项目实现了多要素高精度重建与动态场景构建，具备多源数据融合接入和全天候城市状态监测预警能力，形成了可推广的创新应用模式，已在安阳城市规划、智能交



通、市政设施、应急指挥、生态环保、公共安全等多个领域发挥了重要作用，显著提升了城市治理的现代化水平。

此外，该项目还实现了多源数据深度融合与全空间一体化建模，构建了具有实时动态更新机制、智能化分析决策能力的开放共享生态体系，并取得了显著成效：在经济效益上，大幅降低了管理成

本、缩短了应急响应时间；在社会效益上，有效提升公共服务质量与市民满意度；在生态效益上，切实改善环境质量并减少能耗；在管理效益上，显著提高治理效能与部门协同效率。该平台全面推动城市治理向智能化、精准化迈进，为其他城市数字化转型提供了宝贵经验，具备广泛的推广价值和应用前景。

☑（河南省测绘院 石燕桦）

## 河南省地图院国家版图意识宣传项目入选省直优秀案例

近日，河南省地图院申报的“增强版图意识，厚植爱国情怀”国家版图意识宣传教育项目，经过专家评审，成功入围河南省省直机关精神文明建设办公室2025年文明实践项目名单。

在项目交流展示现场，河南省地图院工作人员详细介绍了该院新时代文明实践项目的开展情况。项目以常态化方式面向中小學生开展地图科普与国家版图意识教育，将富含文化内涵的地图知识融入文明

实践活动之中。通过地图文化长廊，集中展示从古至今地图的发展历程、历代地图专家与测绘名人事迹、中国版图的历史演变、河南行政区划变迁以及测绘法宣传等内容，有效满足了版图意识教育需求。经过多年实践，国家版图意识教育志愿服务已成为河南省地图院具有鲜明行业特色和广泛社会影响的党建工作品牌。

下一步，河南省地图院将继续深入推进国家版图意识宣传教育，

不断拓展新时代文明实践站建设内涵，使新时代文明实践阵地成为传播文明风尚的重要平台。通过推动优质文化资源精准对接学校、服务广大学生，为中小學生提供更多贴近实际、富有成效的文明实践活动，同时丰富社区居民和儿童的精神文化生活，以文化人、以美育人，助力基层精神文明建设不断深化、落地见效，让文明之花在地图知识的土壤中绚丽绽放。☑（河南省地图院 李广军）

## 项城市开展地图市场监督管理工作



为加强测绘地理信息市场监管，进一步规范地图市场秩序，9月9日，项城市自然资源和规划局对辖区内地图市场开展“双随机、一公开”监督检查。

工作人员重点对辖区内新华书店、图书市场等销售的地图产品进行了抽查，通过查阅资料、实地查看和现场询问等方式，全面检查各类地图产品是否符合国家标准、是

否存在无审图号、错绘国界线、漏绘重要岛屿及标注敏感信息等问题。检查过程中，工作人员还向经营者普及了识别“问题地图”的方法，详细讲解了审图号查询与违规地图辨别要点，进一步增强从业人员的国家版图意识和地理信息安全意识，督促其严把进货渠道，杜绝“问题地图”流入市场。

下一步，项城市自然资源和规划局将认真履行行业监管职能，持续加强测绘地理信息安全管理 and 地图市场的监管力度，加强宣传地理信息安全法律法规，不断提升社会公众的测绘法治意识和国家版图意识，共同营造全社会遵守测绘地理信息法律法规的良好氛围。☑（项城市自然资源和规划局 王亮 魏金中）

## 祥和测绘公司完成重点宗地定界 保障国有资产安全

近日，开封市某国有商业银行信贷部门工作人员专程来到开封市祥和测绘服务有限公司，委托对一家企业抵押贷款的宗地进行实地定界放样，以厘清权属边界，为银行后期开展司法拍卖、债务清偿等工作提供准确的数据支撑。

接到委托后，该公司常务副总李威高度重视，立即组织业务骨干成立专项工作组，由业务一部部长王冰带队，与经验丰富的测绘工程师张晨晨、丁麒元共同负责项目实施。在作业准备阶段，项目组充分研究宗地历史资料，利用GNSS接收机、全站仪等设备，制订了详尽的技术方案和应急预案，确保外业测量万无一失。

现场作业当天，项目组一早便

抵达位于城乡接合部的目标宗地。该区域因历史跨度大、周边环境变迁复杂，加之植被茂密，杂草藤蔓丛生，部分边界被围墙、灌木遮挡，给测绘工作带来较大挑战。面对复杂环境，项目组细致研判，明确分工，配合默契：一人负责清理勘察通道，一人操作仪器设备，一人进行标记定位。其间，工作人员需要不时攀爬围墙、穿越灌木丛，力求每一个测量点的精准定位。

临近中午，户外气温持续升高，测量人员的工装早已被汗水浸透，手臂也被尖锐的植被划出多道血痕。尽管如此，项目组始终保持专业专注的工作态度，严格遵循测绘规范，对疑点、难点位置反复核实，绝不放过任何一处模糊边界。

经过数小时连续奋战，最终圆满完成所有定界放样任务，赢得委托方的高度认可。

这一工作场景。正是祥和测绘公司专业服务的一个缩影。多年来，该公司始终秉持“精准测量、诚信服务”的宗旨，不断引进先进设备，加强技术人员培训，努力打造了一支技术过硬、作风扎实的测绘队伍。凭借专业的测绘技术、严谨的质量控制体系和高度负责的工作态度，该公司已为多家金融机构、政府部门和企业客户提供了大量优质的测绘服务，有效防范了因权属不清引发的各类风险，在行业内赢得广泛赞誉，逐步成长为守护国有资产安全的重要技术力量。☑（开封市祥和测绘服务有限公司 马福星）

2025年河南省地理信息产业20强和最具活力中小企业系列报道

# 中科宏图的成长密码

◎ 本刊特约记者 张永强

2014年初春，郑州寒意未散，中原区华山路4号楼201号，“河南建正勘测规划设计有限公司”悄然成立。一张办公桌、几台全站仪，便是这家传统测绘企业的全部家当。谁能想到，十年间它会完成从“单一工程测绘”到“空天地海一体化地理信息服务”的蜕变，成长为扎根中原、辐射全国的高新技术企业。

金秋时节，丹桂飘香，本刊记者走进中科宏图勘测规划有限公司，循着时光脉络，探寻这家中原本土科技企业的十年成长密码。

## 科技为核：资质与荣誉浇筑发展基石

中科宏图的成长，始终以“科技”为核心引擎，以“资质”为发展底气，每一步都走得扎实而坚定。

初创的“河南建正”，业务仅聚焦土地规划与工程测量，是典型的区域性测绘企业。在河南测绘行业摸爬滚打数年后，企业逐步站稳脚跟：2016年，率先通过ISO9001质量管理体系认证，奠定服务标准化基础；2018年，凭借过硬的技术实力拿下测绘甲级资质，为企业的腾飞按下“加速键”。

2019年，为顺应测绘地理信息产业数字化、智能化转型趋势，企业正式更名为“中科宏图勘测规划有限公司”。更名背后，是战略定位的彻底革新：从“小而专”的工程测绘服务商，转向“大而全”的“空天地海一体化”地理信息解决方案提供商。

转型成效在2021年后集中爆发：中科宏图2021年10月获评“软件企业”，标志着从“技术服务”向“技术研发+服务”延伸；2021年12月拿下信息系统建设和服务能力（CS）证书，信息化服务能力获官方认可；2023年摘得“高新技术企业”金字招牌，同时取得工程咨询单位备案证书，技术与服务能力再上台阶；2024年6月，一举通过质量管理体系、环境管理体系、中国职业健康安全管理体系“三体系认证”，跻身“国家级科技型中小企业”“省级创新型中小企业”行列，合规化、规范化发展水平全面提升。

如今的中科宏图，已构建覆盖测绘地理信息核心领域的资质矩阵，拥有测绘甲级、城乡规划乙级、土地规划乙级等多项资质，业务版图从黄河之畔拓展至东北黑土地、南海之滨、西北边疆，覆盖河南、黑龙江、辽宁、新疆、福建、云南等15个省份；全国42家公司组成的服务网络，能快速响应各地客户需求。

支撑这份“底气”的，还有专业过硬的人才队伍。公司现有职工200余人，其中中高级职称人员40余人、注册测绘师5人、注册城乡规划师4人，形成“技术骨干引领、青年人才支撑”的合理梯队，为企业发展提供了坚实的人才保障。

技术与服务的双重优势，为中科宏图赢得广泛认可：2021年以来，先后获评“河南省地理信息产业最具活力中小企业”“全国地理信息产业最具成长性企业”；公司承接的项目中，1个斩获“全国优秀测绘工程奖”，6个获评“河南省优质测绘工程奖”，1个摘取“河南省地理信息产业优秀工程金奖”，2个入选“河南省地理信息产业创新应用优秀案例”；2025年又相继获评河南省地理信息产业协会先进单位、河南省测绘学会“先进集体”，并再次入选“河南省地理信息产业最具活力中小企业”“全国地理信息产业最具成长性企业”。一份份荣誉，是对企业实力的肯定，更是对其“精益求精”精神的嘉奖。

## 责任为魂：服务与口碑诠释企业担当

“荣誉不是终点，而是践行责任的新起点。”中科宏图的口碑，源于对“服务质量”的坚守和“社会责任”的践行。从农村权籍调查到城乡规划设计，数百个项目的落地实践中，中科宏图人用“精准”与“温度”诠释了新时代测绘企业的担当。

2020年承接的新密市农村房屋不动产权籍调查项目（第三标段），是中科宏图“服务民生”的典型缩影。项目面临三大难题：村落分散、权属关系交错；新冠肺炎疫情影响现场作业；村民农忙与调查时间冲突。

为啃下“硬骨头”，项目团队制定“技术创新+柔性服务”方案：技术上创新采用“无人机航测+实地核查”模式，高效获取数据并保证精度；服务上主动“错峰”，顶着40℃高温测量，利用傍晚、周末入户，学方言解政策，化身“调解员”化解权属纠纷。最终，团队仅用6个月便完成了两个乡（镇）37个行政村、3.5万余宗宅基地的权籍调查，精度达到厘米级，为后续确权登记提供了精准的数据支撑。

2024年郑州新郑国际机场二期扩建竣工验收测绘项目中，中科宏图展现了“服务重大工程”的硬实力。面对“超级工程”的复杂性、“零容忍”的精度要求、“多部门”的验收标准，团队交出亮眼答卷：多专业人员协同作战，建立数据共享机制，实现测绘成果“无缝衔接”；用高精度设备交叉验证，关键区域反复复核保证“零误差”；提前对接多部门，化解潜在矛盾，确保成果一次性通过审查。

两次“硬仗”，让中科宏图的口碑传遍行业——他们不仅是工程建设的“眼睛”，更是服务民生、助力重大工程的“可靠伙伴”。

### 创新驱动：专利与人才构筑核心竞争力

“在测绘地理信息行业，不创新就会被淘汰。”中科宏图总经理何亚超的话，道出企业成长的核心逻辑。从成立起，中科宏图便以“设备升级、技术研发、人才培养”三管齐下，构筑核心竞争力。

设备投入上，公司累计投入数百万元，引进高精度卫星定位系统、三维激光扫描仪、8套无人机及EB无人机航测系统、15台地下管线探测仪等，配备30余台单双频GPS、20余台全站仪等设备及相关专业软件。这些“高精尖”设备，让测绘效率提升3倍以上，精度达行业领先水平，为承接复杂项目提供“硬件保障”。

技术研发上，成果丰硕。公司拥有《土地规划耕地质量登记评价软件平台》等37项软件著作权，覆盖土地规划、农田建设等核心业务；《一种城市规划用的绿化喷淋装置》等3项发明专利，将创新转化为应用价值。这些成果让公司在“智能化测绘”领域领先，也为行业升级提供“中科方案”。

人才是创新的“源头活水”。中科宏图坚持“引才、育才、用才”并重：2021年与商丘工学院共建产学研合作平台，定向培养地理信息、测绘工程等专业人才；公司内部，定期组织员工参加行业培训、技术交流，鼓励技术骨干参与科研项目；用“技术入股”“项目

分红”等激励政策，让人才“留得住、有干劲”。如今，公司技术团队80%以上成员有5年以上经验，能熟练掌握无人机航测、激光雷达、倾斜摄影等新技术，成为企业创新发展的“主力军”。

设备、技术、人才协同发力，让中科宏图形成了“资质背书、技术核心、服务支撑”的黄金发展模式——18项资质覆盖行业主要领域，3项发明专利+37项软著构筑技术壁垒，优质服务赢得客户信任。这种“三位一体”的竞争力，让中科宏图在项目竞标中屡屡胜出，成为数字时代的“测绘尖兵”。

### 展望未来：以数字化、智能化勾勒“中原坐标”

站在新起点，面对测绘地理信息产业“数字化、智能化、融合化”趋势，中科宏图的未来蓝图更加清晰。何亚超表示，公司将围绕五大方向发力，向“数字地理信息综合服务商”转型：

一是技术升级，拥抱数字化浪潮。拓展无人机航测、激光雷达（LiDAR）等新技术应用，推动传统测绘向“智能测绘”升级，实现“空天地海”数据实时获取、高效处理。

二是价值延伸，聚焦数据驱动。跳出“数据采集”，加强数据挖掘与智能分析，提供趋势预测、风险评估等增值服务，让“数据”成为产业升级核心资产。

三是品质坚守，筑牢质量防线。把“质量”放首位，建立全流程质量管控体系，多轮核验数据与报告，打造行业“质量金字招牌”。

四是服务大局，融入国家战略。对接智慧城市、数字乡村、数字中国建设需求，提供高精度空间信息支撑，服务城市治理、乡村振兴等。

五是人才攻坚，培育跨界团队。引进培养精通地理信息、人工智能、大数据分析的跨界人才，打造“技术+业务+数字化”复合型团队，储备“智力资本”。

从华山路小屋起步，十余年间成长为拥有42家分支机构的全方位测绘地理信息服务商；从传统工程勘测，转型为数字城市“建筑师”——中科宏图的成长，是河南本土科技企业在数字化浪潮中突围的生动缩影。如今的中科宏图，以“硬核科技”为笔、“精准数据”为墨，在祖国大地绘制数字化、智能化地理信息蓝图。未来，这家扎根中原的企业，将继续以“匠心”守“初心”、以“创新”谋“未来”，在数字中国建设版图上，勾勒更加鲜明的“中原坐标”，为国家地理信息产业发展贡献更多“河南力量”。

# AI加持，湖南打造“调查监测大脑”

◎ 吕苑韵

当卫星云遥系统结合气象云图精准预测卫星过境时间和地点，调度卫星按需协同拍摄影像；当自研影像自动快速处理发布技术实现卫星影像当日拍、当日看，全流程无须人工参与；当“智多星”系统实现遥感变化图斑智能检测提取，工作效率提升5倍以上；当“铁塔哨兵”系统智能提取自然资源、农业农村、应急、生态等领域各类告警信息17.6万条，累计减少经济损失超100亿元……

这些智慧治理的“超能力”，源自湖南省构建的“天空地网”综合监测体系——实时汇聚卫星超100颗，统筹有人机、无人机200余架，建成铁塔视频监测站点2.5万余座，持续升级自然资源“调查监测大脑”，监测内容拓展至“1+22”，赋能三湘大地从“治理”迈向“智理”。

近年来，在推进“人工智能+”治理的实践中，湖南省以自然资源监测保护体系建设为切入点，实现现代测绘地理信息技术与云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术集成创新应用，构建起天空地一体、智能协同的综合监测体系，努力交出“人工智能+”治理的出色答卷。

## AI驱动，融合创新

数据资源统筹共享、多元技术融合应用、变化发现智能高效、问题处置上下协同，是湖南省“天空地网”综合监测体系的四大核心优势。

作为该监测体系的智慧中枢，“调查监测大脑”共设置“感知、互联、调度、分析、服务、管理”六大模块，集成人工智能、云计算、大数据等数智化技术，突破解决了遥感信息智能化处理、超大体量数据快速处理分析、多源数据协同融合应用等关键技术，不断推动全省自然资源调查监测工作从“数字化”向“智能化”跨越。

强大的“调查监测大脑”，将卫星云遥、“铁塔哨兵”、“智多星”、国土调查云等业务系统一体化集成串联，“天空地网”全链条汇集的数据流一键尽收眼底，每一个问题图斑从发现到处置全流程自动闭

环跟踪，全省域海量调查监测数据汇总分析效率数量级提升，大幅提升支撑全省自然资源治理工作的数据优势和技术优势。“如何实现不同感知技术‘一站式’协同融合应用，是构建‘天空地网’综合监测体系的关键。”湖南省第二测绘院副总工程师董胜光介绍，湖南以高精度空间定位技术攻关为纽带，通过铁塔视频空间定位技术研究实现“以地找视频”和“以视频找地”双向匹配，支持卫星遥感和铁塔视频两种感知手段在同一坐标系统下协同融合应用；通过集成HNCORS“易测”高精度定位接口，解决以往实地核查举证照片定位精度不稳定问题。

“看得准”的背后，是协同应用多种技术手段对同一地块多角度综合观测的结果。董胜光以农作物种植监测为例介绍说，首先应用光学遥感影像大范围识别水稻、油菜等作物种植分布情况，然后利用雷达遥感穿透云雾、对水体敏感的特性，补充验证光学影像精准度；再利用地块周边的铁塔视频对重点区域多角度核查研判，结合智能识别算法，实现作物长势和农田变化实时监测；对于疑似违法问题，安排专业人员现场核查确认；对于大面积图斑以及技术人员难以到达现场位置的图斑，采用无人机航摄开展外业核实。

人工智能无疑是“数智化”升级的“加速器”。湖南省以AI大模型集成应用为推手，构建了智能化遥感监测生产线。具体来说，湖南省第二测绘院研发了遥感影像变化图斑智能提取系统（“智多星”），按照传统小模型与遥感大模型协同应用思路，构建变化图斑智能提取作业流水线，显著提升复杂场景的处理水平，还实现多光谱、雷达等多源遥感影像中智能提取水体、建筑物、水稻、油菜等十余种典型地物，工作效率是传统目视解译的5倍以上。

此外，湖南省自然资源厅以时空大数据并行计算为引擎，实现海量调查监测数据快速处理分析，支持复杂数据处理分析模型“积木式”快速搭建。依托该能力，数据分析模式由“分县统计+汇总分析”向全省“一键式”转变，全省域千万级要素数据单次叠加分析速度由3天压缩至30分钟，单个县年度变更调

查成果单次质检速度由2~3小时缩短至30~40分钟。目前，该系统已自主搭建300多个开箱即可用的常规业务模型，助力永久基本农田优化调整、林耕冲突评估、农园结构优化等工作的精准决策。

### 全域感知，防患于未然

在湖南，人工智能技术与现代测绘地理信息技术的深度融合，正在重塑公共安全治理的新范式。通过构建全天候、多维度的智能感知网络，湖南实现从被动应对到主动防御的跨越式转变——实时捕捉潜在风险信号，在隐患萌芽阶段发出预警，并通过精准定位实现快速处置。这种“预防性+主动性”治理模式，不仅大幅提升了安全防控的精准度，而且精准守护了群众的生命财产安全，做到了防患于未然。

7月，湖南省自然资源厅开展“铁塔哨兵”防溺水监测工作，推动实现中小学生防溺水工作由人盯群防向“技防+人防”转变。7月12日以来，系统监测发现下河游泳现象线索28566条，其中无大人陪同、未佩戴游泳圈等线索255条，通过自动预警与人员联动处置，成功防范多起未成年人溺水事故。

在应急测绘方面，湖南省自然资源厅将铁塔视频站点集成接入应急测绘综合调度应用模块。截至目前，系统监测到全省积雪压垮厂屋棚房、高速公路车辆抛锚、大货车深陷积雪等交通安全隐患情况150起，向湖南省地质灾害防治指挥中心值班室、应急管理部门推送洪水淹没、山体滑坡告警信息292条。

在防洪抗旱监测方面，针对水灾实时监测需求，湖南省自然资源厅与水利部门建立应急响应机制，形成国内外多源卫星影像快速协同保障机制，24小时内完成任务下达、数据获取、应急产品生产和服务提供。

在森林火情监测方面，2022年9月，湖南省自然资源厅组织开展技术攻关，实现铁塔视频对浓烟、明火等目标信息的智能识别，发现森林火情第一时间通知应急管理部门处置，为及时灭火赢得时间。2022年10月以来，系统向应急管理部门推送火情信息3864条，服务全省森林防火“打早打小”。

### 科技赋能，守护绿水青山

智能监测体系如同美丽河湖的智慧之眼。2021年起，湖南省自然资源厅依托“天空地网”一体化监测体系持续开展全省河湖监测，2024年监测范围拓展至全省1474处县级以上河湖，内容涵盖矮围、岸线堆

放物、非法采砂等7类，发现问题实时下发市县河长办。

此外，湖南省第二测绘院以遥感技术为核心支撑，系统性算清全省林地、湿地、草地等生态系统的“吸碳”能力，显化碳汇可衡量、可交易的经济价值，完成交易额8139万元。

目前，该院正依托自然生态系统碳汇监测湖南省工程研究中心，构建“天空地”立体化的碳汇遥感智能监测模型与数字化服务平台，在长株潭绿心区、怀化靖州、资兴市、南山国家公园及洞庭湖生态经济区开展碳汇监测试点示范，完成全省2023年度碳汇量核算。基于碳汇核算结果开展岳阳市生态产品总值核算，为区域生态保护与绿色发展提供量化依据；指导怀化市通道县建立林地生态系统碳汇交易机制，助力全省首个林业碳券管理办法在通道县首发；将碳汇资产纳入自然资源资产组合供应项目，推动碳汇生态产品价值变现。

湖南省测绘科技研究所将智能手机作为载体，突破手机端北斗高精度定位、多时相遥感影像快速加载等关键技术，打造“生态易测”软件产品，实现手机端厘米级精度定位坐标采集、误差自动分析、轨迹自动记录、照片位置及姿态信息记录等功能，为生态质量监督监测提供高精度的时空属性标签，保障了全流程溯源管理和成果质量。此外，通过“一张图”精细化管理，所有生态监测数据全部有统一的时空基准，在一个App进行数据采集，在一张地图进行管理与分析，实现对异变数据进行自动化预警与分析决策。

“‘生态易测’软件如同为野外核查配备的智能导航仪，不仅能通过高精度定位精准锁定核查图斑、核实面积范围，还整合了自然资源系统的生态保护红线、‘三调’等底图资源，让核查人员一键掌握图斑土地属性，实现问题图斑的快速初筛。该软件还接入了全省视频监控网络，为督察执法提供立体化取证渠道。”湖南省生态环境监测中心工程师王辉介绍道。

6月，《湖南省自然资源“天空地网”综合监测体系升级版建设三年行动计划（2025—2027年）》印发。在新一轮三年行动计划中，湖南将“调查监测+人工智能”创新融合工程作为一项重要任务，持续迭代升级“调查监测大脑”，构建可扩展、可迭代、可定制的多模态调查监测大模型，打造“数据处理—信息提取—问题处置—跟踪监测”全链条智能化生产线，奋力打造“天空地网”综合监测体系升级版。（摘编自《中国自然资源报》2025年9月2日1版）



# 河南省测绘条例

9月7日,《河南省测绘条例》经河南省第十四届人民代表大会常务委员会第十九次会议表决通过,将于2025年12月1日施行,为河南省测绘事业发展注入法治新动能。

新修订的《条例》共8章60条,增加了丰富交通出行、文化旅游等数字化应用场景,以及服务低空经济发展等内容,还对基础测绘成果的更新周期作了调整,这意味着河南省的地理信息数据今后将更加鲜活、更加及时。本期《地信法制》栏目特刊登《条例》文本,供读者学习研究。

## 第一章 总则

**第一条** 为了加强测绘工作,促进地理信息产业发展,推动测绘事业转型升级,满足人民群众对美好生活的需要,保障测绘事业为经济社会高质量发展和高水平安全服务,根据《中华人民共和国测绘法》《基础测绘条例》等法律、行政法规,结合本省实际,制定本条例。

**第二条** 本省行政区域内从事测绘活动、使用测绘成果、提供地理信息服务以及测绘行业的监督管理,适用本条例。

本条例所称测绘,是指对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集、表述,以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动;使用智能网联汽车以及其他智能设备对自然地理和地表人工设施的空间坐标、影像、点云及其属性信息进行测定、采集、处理、表述和提供的行为属于测绘活动。

**第三条** 测绘事业坚持中国共产党领导,遵循规划引领、统筹推进,应用导向、数据赋能,创新驱动、服务发展,强化监管、注重安全的原则。

**第四条** 县级以上人民政府应当加强对测绘工作的领导,将测绘事业纳入本级国民经济和社会发展规划,推动测绘数据资源共享和应用,推进地理信息产业发展,协调解决测绘事业发展中的重大问题。

全省性、跨区域的基础性、公益性、战略性基础测绘、应急测绘和地理信息管理,省重大测绘地理信息工程的组织实施等所需经费纳入省级财政予以保障。其他地方性基础测绘、应急测绘等所需经费纳入市、县级财政予以保障。

**第五条** 县级以上人民政府自然资源部门是测绘地理信息主管部门,负责本行政区域测绘活动的监督管理。

县级以上人民政府工业和信息化、民政、生态环境、住房城乡建设、交通运输、水利、农业农村等有关部门按照职责分工,负责相关测绘工作。

**第六条** 各级人民政府和测绘地理信息、教育、网信、新闻出版、广播电视等有关部门和单位应当加强对国家版图知识的宣传教育,增强公民的国家版图意识。

教育行政部门、学校应当将国家版图意识教育纳入中小学教学内容,加强爱国主义教育。

**第七条** 县级以上人民政府及其有关部门应当加强对测绘工作的宣传,营造全社会支持、关心、配合测绘工作的良好氛围,提升测绘工作的社会认知度和影响力。

鼓励企业事业单位、社会团体、公民关注和配合测绘工作,支持测绘事业发展。

**第八条** 从事测绘活动,应当使用国家规定的测绘基准和测绘系统,执行国家和省规定的测绘技术规范

和标准。

**第九条** 鼓励和支持测绘科技创新和进步，开发和采用先进技术、设备和系统，提高测绘水平，推动军民融合，促进测绘成果的推广和应用。

**第十条** 对在测绘工作中做出突出贡献的单位和个人，按照国家和省有关规定给予表彰、奖励。

## 第二章 测绘基准和测绘系统

**第十一条** 因建设、国土空间规划和科学研究的需要，国家重大工程项目和国务院确定的大城市确需建立相对独立平面坐标系统的，按照国家规定，由省人民政府测绘地理信息主管部门报国务院测绘地理信息主管部门批准；其他确需建立相对独立平面坐标系统的，由省人民政府测绘地理信息主管部门批准。

建立相对独立平面坐标系统，应当与国家坐标系统相联系。

**第十二条** 省人民政府测绘地理信息主管部门应当会同本级人民政府其他有关部门，按照统筹建设、资源共享的原则，建立统一的卫星导航定位基准服务系统，并向社会免费提供导航定位基准信息公共服务。

在本省行政区域内新建、迁建、改建卫星导航定位基准站的，建设单位应当在开工建设三十日前，向省人民政府测绘地理信息主管部门备案，备案时应当明确基准站建设标准和服务范围。

在本省行政区域内，国家有关部门、中央企业组织建设和跨省建设的卫星导航定位基准站，应当与本省卫星导航定位基准站空间布局规划相衔接，按照规定完成备案后，及时抄送省人民政府测绘地理信息主管部门。

**第十三条** 卫星导航定位基准站的建设和运行维护应当符合国家标准和要求，不得危害国家安全。

卫星导航定位基准站的建设和运行维护单位应当建立数据安全保障制度，并遵守保密法律、法规的规定。

县级以上人民政府测绘地理信息主管部门以及相关部门应当按照国家统一的标准和要求，规范和指导卫星导航定位基准站的建设和运行维护。

**第十四条** 本省永久性测量标志的建设、维护、保护工作应当遵循统筹规划、统一建设、属地管护的原则。

永久性测量标志由省人民政府测绘地理信息主管部门负责建设。永久性测量标志的建设单位应当对永久性测量标志设立明显标记，并将所建永久性测量标

志信息抄送当地县级人民政府测绘地理信息主管部门。

县级人民政府测绘地理信息主管部门应当会同永久性测量标志所在地乡镇人民政府、街道办事处，明确管护单位或者人员，签订协议并支付费用，对永久性测量标志进行管护。

县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当建立本行政区域内的永久性测量标志资料库，对永久性测量标志进行定期检查和维护。

鼓励通过信息化手段对永久性测量标志进行实时监控和管理，提升管护效率和水平。

**第十五条** 任何单位和个人不得损毁或者擅自移动永久性测量标志和正在使用中的临时性测量标志，不得侵占永久性测量标志用地，不得在永久性测量标志安全控制范围内从事危害测量标志安全和使用效能的活动。

**第十六条** 进行工程建设应当避开永久性测量标志；确实无法避开，需要拆迁永久性测量标志或者使永久性测量标志失去使用效能的，建设单位应当报省人民政府测绘地理信息主管部门批准；涉及军用控制点的，按照国家有关规定办理。所需迁建费用由工程建设单位承担。

**第十七条** 测绘人员使用永久性测量标志，应当持有测绘作业证件，并保证测量标志的完好。

保管测量标志的单位和个人应当及时查验测量标志使用后的完好状况，发现问题及时向委托单位报告。

## 第三章 基础测绘和其他测绘

**第十八条** 基础测绘属于公益性事业，实行分级管理。

**第十九条** 省人民政府测绘地理信息主管部门负责组织实施下列基础测绘项目：

（一）建设、维护和更新全省统一且与国家保持一致的平面控制网、高程控制网、重力控制网、卫星导航定位基准服务系统及其设施；

（二）测制和更新本省1:5000、1:10000国家基本比例尺地图、影像图，二米、五米格网数字高程模型等数字化测绘产品，测制和更新地形级实景三维等新型基础测绘产品；

（三）建设、维护和更新省级基础地理信息时空数据库系统和省级地理信息公共服务平台等新型基础设施；

(四) 组织实施全省基础航空摄影和航空激光扫描数据获取、处理, 统筹全省航空航天遥感数据获取、处理;

(五) 编制省级基础地理底图、公益性地图、政务工作作用图和基本地图集(册);

(六) 建设永久性测量标志;

(七) 国务院测绘地理信息主管部门和省人民政府确定的其他基础测绘项目。

**第二十条** 设区的市、县(市、区)人民政府测绘地理信息主管部门负责组织实施下列基础测绘项目:

(一) 建设、维护和更新本行政区域内平面控制网、高程控制网和卫星导航定位基准站;

(二) 测制和更新本行政区域 1:500、1:1000、1:2000 国家基本比例尺地图、影像图, 0.5 米格网数字高程模型等数字化测绘产品, 测制和更新城市级实景三维等新型基础测绘产品;

(三) 建立、维护和更新本行政区域内基础地理信息时空数据库系统和市级地理信息公共服务平台等新型基础设施;

(四) 组织实施本行政区域基础航空摄影和航空激光扫描数据获取、处理, 统筹航空航天遥感数据获取、处理;

(五) 编制本行政区域基础地理底图、公益性地图、政务工作作用图和基本地图集(册);

(六) 组织地下空间和地下管线调查测绘, 建立、维护和更新数据库;

(七) 国务院测绘地理信息主管部门和省、设区的市人民政府确定的其他基础测绘项目。

**第二十一条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当会同其他有关部门, 根据国家和上一级人民政府的基础测绘规划、国土空间总体规划, 组织编制本行政区域的基础测绘规划, 报本级人民政府批准后实施。

**第二十二条** 县级以上人民政府发展改革部门应当会同测绘地理信息主管部门, 根据本行政区域的基础测绘规划编制本级基础测绘年度计划, 纳入本级国民经济和社会发展年度计划, 并分别报上一级部门备案。

**第二十三条** 本省基础测绘成果应当按照下列规定进行更新:

(一) 全省统一布设的测绘控制网, 更新周期不超过五年;

(二) 1:5000、1:10000 国家基本比例尺影像图、

地图实行年度更新; 1:500、1:1000、1:2000 国家基本比例尺影像图、地图更新周期不超过三年, 日常实时更新; 数字高程模型更新周期不超过五年;

(三) 地形级、城市级实景三维实行年度更新, 日常实时更新;

(四) 基础地理信息时空数据库系统实行年度更新, 动态维护;

(五) 全省基础航空影像的更新周期不超过三年, 航天影像应当根据需要及时更新;

(六) 公益性地图实行年度更新, 日常实时更新; 基本地图集(册)更新周期不超过五年; 政务工作作用图按需更新。

城市快速发展区域、自然灾害多发地区以及经济建设、社会发展、生态保护和国防建设急需的基础测绘成果应当及时更新。

**第二十四条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当建立基础测绘成果更新需求评估机制, 定期收集相关部门和公众对基础测绘成果更新的需求, 根据评估结果动态调整更新计划。

**第二十五条** 建立地理信息系统或者使用地理信息数据建设其他专业信息系统的, 应当采用符合国家标准的基础地理信息数据。

**第二十六条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当建立健全应急测绘保障机制, 制定应急测绘保障预案, 开展应急测绘保障演练, 并根据应急工作需要及时提供测绘成果和应急测绘保障。

县级以上人民政府应当将应急测绘设备和人员纳入本级应急管理体系, 定期组织测绘地理信息主管部门与应急管理等部门开展联合演练, 提升协同应急能力。

**第二十七条** 省、设区的市、县(市、区)行政区域界线的测绘, 按照国务院有关规定执行。

乡镇行政区域界线的标准画法图, 由省人民政府民政部门和测绘地理信息主管部门共同拟定, 报省人民政府批准后公布。

**第二十八条** 不动产登记主管部门核发不动产权属证书的附图涉及测绘的, 应当由具有相应测绘资质的单位测制。

不动产测绘应当执行国家和省统一的技术规范和标准, 并符合国家有关规定。

**第二十九条** 城乡建设、水利、能源、交通、通信、电力、生态保护、农业农村、林业、地质勘查、资源

开发和其他领域的测绘活动，应当接受县级以上人民政府测绘地理信息主管部门的监督。

**第三十条** 工程建设项目涉及多项测绘服务的，应当按照国家和省有关规定实行多测合一，在立项用地规划许可和工程建设许可、施工许可、竣工验收阶段，执行统一测绘技术标准和规则，对同一标的物只测一次、同一测绘阶段由一家测绘单位完成、同一测绘成果只提交一次，实现各部门、各阶段、各审批环节之间数据成果共享互认，信息互联互通，避免重复测绘和多头提交。

## 第四章 测绘成果

**第三十一条** 测绘成果应当依法实行汇交制度。基础测绘以及使用财政资金的测绘项目应当汇交测绘成果目录和成果副本；其他测绘项目应当汇交成果目录，但是关系到国家安全、应对突发事件、防灾减灾的，应当依法汇交测绘成果副本。测绘项目出资人或者承担项目的单位应当自项目验收完成之日起三个月内向测绘地理信息主管部门汇交测绘成果副本或者目录。

鼓励社会资本投入的测绘项目汇交成果副本。测绘地理信息主管部门应当建立保密制度，维护汇交成果的安全和著作权。除突发事件应对、公共利益等需要和法律、法规另有规定的情形外，未经汇交人或者汇交单位同意，不得将汇交成果用于其他用途。

设区的市、县（市、区）人民政府测绘地理信息主管部门应当将本行政区域上一年度的测绘成果副本和目录及时汇交至上一级测绘地理信息主管部门。

**第三十二条** 使用财政资金的测绘项目以及其他项目中涉及测绘的，投资主管部门、财政部门在批准立项、安排项目预算前，应当征求本级测绘地理信息主管部门的意见，避免重复投资和测绘。

**第三十三条** 测绘成果保管单位应当采取措施保障测绘成果资料的完整和安全，对基础测绘成果资料实行异地备份存放制度，并按照国家有关规定向社会公开和提供利用。

测绘成果属于国家秘密的，适用保密法律、行政法规的规定；需要对外提供的，按照国务院和中央军事委员会规定的审批程序执行。

测绘成果的秘密范围和秘密等级，应当依照保密法律、行政法规规定，按照保障国家秘密安全、促进地理信息共享和应用的原则确定并及时调整、公布。

**第三十四条** 基础测绘成果和财政投入完成的其他测绘成果用于政府决策、国防建设和公共服务的，应当无偿提供。

无偿使用基础测绘成果的单位，应当向测绘地理信息主管部门无偿提供本单位掌握的可用于基础测绘更新的资料。

**第三十五条** 需要利用属于国家秘密的基础测绘成果的，应当提出明确的利用目的和范围，报测绘成果所在地的测绘地理信息主管部门审批。测绘地理信息主管部门应当自受理申请之日起五个工作日内作出决定。

测绘地理信息主管部门审查同意的，应当以书面形式告知测绘成果的秘密等级、保密要求以及相关著作权保护要求。

**第三十六条** 测绘单位应当建立健全质量管理体系，测绘成果质量应当满足国家和省相关标准规范的要求。

测绘成果的所有权人、使用人或者其他利害关系人对测绘成果质量有异议的，可以依法委托测绘质量检验机构检验。

**第三十七条** 国家对重要地理信息数据实行统一审核和公布制度。

任何单位和个人不得擅自公布本省行政区域内重要地理信息数据。

提出公布重要地理信息数据建议的单位或者个人，应当按照国家有关规定向国务院测绘地理信息主管部门或者省人民政府测绘地理信息主管部门报送建议材料。省人民政府测绘地理信息主管部门收到建议材料的，应当提出办理意见并转报国务院测绘地理信息主管部门。

**第三十八条** 地图的编制、出版、展示、登载以及更新应当遵守国家有关地图编制标准、地图内容表示、地图审核的规定。

向社会公开的地图出版物、互联网地图等，应当报送有审核权的测绘地理信息主管部门审核；景区图、街区图、地铁线路图等内容简单的地图除外。

属于出版物的地图产品或者附着地图图形的产品，应当根据产品中地图主要表现地，按照国家有关规定由相应测绘地理信息主管部门审核。

**第三十九条** 县级以上人民政府测绘地理信息、网信、新闻出版、广播电视等有关部门和单位应当按照各自职责，加强对地图编制、出版、展示、登载等活

动以及互联网地图服务的监督管理。

互联网地图服务单位应当使用经依法审核批准的地图,建立地图数据安全管理制度,采取安全保障措施,定期对互联网地图服务网站进行检测,加强对新增内容的审核校对并按照规定向国务院测绘地理信息主管部门或者省人民政府测绘地理信息主管部门备案。

互联网地图服务单位应当将存放地图数据的服务器设在中华人民共和国境内,用于提供服务的地图数据库以及其他数据库不得存储、记录含有按照国家规定在地图上不得表示的内容。

## 第五章 新测绘新应用

**第四十条** 县级以上人民政府应当支持测绘地理信息主管部门加快建设高速泛在、天地一体、云网融合、安全可控的新型测绘地理信息基础设施和网络,推进测绘事业转型升级和地理信息产业发展,推动构建以测绘地理信息为时空基底的数字政府、数字经济、数字社会体系,为数智强省建设提供支撑。

**第四十一条** 县级以上人民政府应当加强对测绘地理信息数据资源共享和交换工作的领导,建立健全政府部门间地理信息资源共建共享机制,提高数据资源共享水平。

县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当及时获取、处理、更新基础地理信息数据,提升地理信息公共服务能力。

鼓励在生产经营过程中依法获取地理信息数据资源的企业参与地理信息数据集聚、更新、共享、交换。

开放、共享的地理信息数据资源应当采用国家和省规定的地理信息数据标准。

**第四十二条** 县级以上人民政府应当组织测绘地理信息主管部门和有关部门推动省、市、县级基础地理信息时空数据库共建共享、联动更新;推进基础测绘与自然资源调查监测等自然资源领域数据融通;支持有条件的地方推进城市信息模型、时空大数据、国土空间基础信息、实景三维等基础平台功能整合、协同发展,建立适应城市管理、交通运输、生态环保、应急救援等不同领域需要的综合性时空信息数据库,释放测绘地理信息数据要素价值,构建数字河南时空数据底座。

**第四十三条** 省、设区的市人民政府探索建立测绘地理信息数据权属确定、开发利用、流通交易、收益

分配等机制。

鼓励社会资本投资测绘地理信息数据开发利用,引导企业加大创新投入,促进北斗导航定位、数字地图、遥感数据等测绘地理信息与实体经济深度融合,推动地理信息产业高质量发展。

**第四十四条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当组织编制和加工多尺度、多类型的公众版测绘成果,推动测绘地理信息数据安全有序开放和高效流通,促进测绘地理信息在位置服务、精准农业、低空经济、平台经济、智能网联汽车等新业态中应用。

**第四十五条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当完善北斗导航、实景三维等低空基础设施建设,推动测绘地理信息数据与低空经济相关数据融合,为低空飞行器的航路规划、设施布局、导航定位、运行监管等提供精准地理信息服务,助力低空经济高质量发展。

**第四十六条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当加快建设新一代地理信息公共服务平台,提升地理信息开放水平。

鼓励通过平台获取测绘地理信息数据,开发基于时空大数据的按需即供、个性服务新模式,打造智慧便民生活圈,丰富交通出行、文化旅游、购物消费、居家生活、养老托育、家政服务数字化应用场景,满足人民群众对测绘地理信息服务的多样化需求。

**第四十七条** 县级以上人民政府及其有关部门应当在数字政府、智慧城市等建设中加大地理信息新技术、新产品、新服务的推广应用力度,推动地理信息科学技术的创新和进步。

县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当采取措施推进智能化测绘技术体系建设,强化测绘地理信息创新平台建设,培养高层次测绘地理信息科技人才和科技创新团队。

鼓励和支持企业、科研机构 and 高等院校发挥技术创新主体作用,加大创新投入,强化具有自主知识产权的关键核心技术攻关,加强测绘地理信息技术与新一代信息技术的应用研究和融合创新。

## 第六章 监督管理

**第四十八条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当会同保密、国家安全等有关部门建立地理信息安全管理制度和技术防控体系,并加强对地理信息

安全的监督管理。

**第四十九条** 测绘单位在实施测绘项目前，应当告知测绘项目所在地的测绘地理信息主管部门。测绘项目所在地的测绘地理信息主管部门应当对测绘项目进行备案，并为测绘单位提供便利服务。

涉及军事管理区或者国防科技工业重要设施的测绘项目，按照国务院和中央军事委员会有关规定执行。

**第五十条** 外国的组织或者个人在本省行政区域内从事测绘活动的，经国家有关部门依法批准后报省人民政府测绘地理信息主管部门备案，在批准的范围和区域内从事测绘活动，并接受所在地测绘地理信息主管部门的监管。

**第五十一条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当建立测绘成果质量监督检查制度，制定随机抽查事项清单，每年按比例随机抽查测绘成果质量，并向社会公布监督检查结果。

**第五十二条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门查处违法测绘行为时，可以依法采取下列措施：

（一）查阅、复制有关合同、票据、账簿、登记台账以及其他有关文件、资料；

（二）查封、扣押与涉嫌违法测绘行为直接相关的设备、工具、原材料、测绘成果资料等。

被检查的单位和个人应当配合，如实提供有关文件、资料，不得隐瞒、拒绝和阻碍。

**第五十三条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当对测绘单位实行信用管理，强化信用监管，及时归集测绘单位信用信息，共享至同级信用信息平台，并依法予以公示。

**第五十四条** 对违法测绘行为，任何单位和个人有权向县级以上人民政府测绘地理信息主管部门举报。接到举报的测绘地理信息主管部门应当及时依法处理。

## 第七章 法律责任

**第五十五条** 违反本条例规定，法律、行政法规已有法律责任规定的，从其规定。

**第五十六条** 违反本条例第八条规定，不执行本省规定的测绘技术规范和标准的，由县级以上人民政府测绘地理信息主管部门责令限期改正，给予警告；拒不改正的，并处一万元以上五万元以下罚款。

**第五十七条** 违反本条例第三十七条第二款规定，擅自公布本省行政区域内重要地理信息数据的，由县级以上人民政府测绘地理信息主管部门责令限期改正，给予警告；拒不改正的，并处一万元以上十万元以下罚款。

**第五十八条** 县级以上人民政府测绘地理信息主管部门或者其他有关部门工作人员违反本条例规定，有下列行为之一的，对负有责任的领导人员和直接责任人员，依法给予处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

（一）利用职务上的便利收受他人财物、其他好处；

（二）玩忽职守、滥用职权、徇私舞弊，对不符合法定条件的单位核发测绘资质证书，对符合法定条件的单位不核发测绘资质证书；

（三）不依法履行监督管理职责；

（四）发现违法行为不予查处。

## 第八章 附则

**第五十九条** 济源产城融合示范区、郑州航空港经济综合实验区参照设区的市执行本条例。

**第六十条** 本条例自2025年12月1日起施行。1995年9月6日河南省第八届人民代表大会常务委员会第十五次会议通过的《河南省测绘管理条例》同时废止。☑



# 融合点云抽稀与并行分块的PTD高效滤波改进算法

曾庆连

[城乡院(广州)有限公司, 广东 广州 511300]

**摘要:** 利用传统渐进加密三角网(PTD)滤波算法处理大范围密集点云时,存在效率低、对低点噪声敏感等问题,对此,研究提出一种融合点云抽稀与并行分块的改进算法(IPTD)。该算法首先通过地形自适应抽稀和邻域统计去噪预处理,显著降低数据量并抑制噪声;然后采用动态分块并行策略加速计算,引入三角网状态标记与最短边长约束优化迭代过程;最后通过边界扩展二次滤波提升合并精度。实验表明,在亿级点云数据集上,IPTD将处理效率提升近40倍,同时有效降低I类误差(从23.49%降至6.72%)和总误差(从8.52%降至4.35%),显著优于传统PTD及CSF-PTD算法,体现了高效性与鲁棒性。

**关键词:** 渐进加密三角网滤波;点云抽稀;去噪;分块处理

## 1 引言

三维激光扫描技术凭借出色的三维信息获取能力,为城市规划、文化遗产保护、安全监控及现代测绘等提供了强有力的数据支撑,能在短时间内采集海量高分辨率、结构紧凑且信息丰富的空间点云。作为点云数据处理的核心环节,滤波技术为构建高精度数字高程模型奠定了坚实基础<sup>[1,2]</sup>。地面点云滤波研究领域已涌现多种新技术,如坡度分析和不规则三角网加密算法<sup>[3-5]</sup>,后者凭借优异性能和广泛适用性,在滤波领域表现突出。然而,传统的渐进加密不规则三角网算法在处理海量数据时,常受限于沉重的计算负担和复杂的迭代过程,且对噪声敏感——尤其是低点噪声易导致种子点误选,进而影响滤波精度<sup>[6]</sup>。

针对上述问题,研究者正致力于算法创新以提升性能。在效率优化方面,现有方法主要有两类:一是利用多核并行计算,如亢晓琛等<sup>[6]</sup>通过并行化三角网构建与特征点识别,在8核环境下将处理速度显著提升3.1倍;二是挖掘算法内部优化潜力,例如陈性义等<sup>[7]</sup>提出的二级格网逆向点定位方法,通过优化格网布局、利用三角形面片,有效加速了滤波流程。在精度提升方面,研究多采用多算法融合策略,以增强种子点选取的准确性和鲁棒性。王竞雪等<sup>[8]</sup>基于数字形态学理论优化种子点筛选,显著减少了误差;刘洋等<sup>[9]</sup>则结合扩展局部极小值算法与薄板样条插值技术,提升了定位精度。然而,现有研究通常侧重于优化精度或效率的单一维度,缺乏综合考虑,因此,研究提出一种改进的渐进加密三角网滤波(Improved

Progressive TIN Densification, IPTD)算法,融合基于地形特征的点云抽稀思路和多级并行处理机制,旨在提升处理速度,同时,在点云处理阶段引入邻域统计法去除低点噪声,进一步提高滤波准确性。

## 2 算法原理

改进的渐进加密三角网滤波算法的主要流程为:

(1)在预处理阶段,将地形特征与邻域统计信息融合,创建针对高密度点云的抽稀去噪算法,提升整体处理效率。(2)采取分区并行处理策略,将数据集分解为多个小型、可独立处理的区块,并行执行以加快整体处理进度。(3)迭代优化阶段,采用三角形状态标记和最短边长约束等策略,进一步优化整体处理效率。

### 2.1 抽稀去噪

面对点云滤波领域对效率与精度的双重需求,特别是在处理密集点云时面临的计算复杂性和噪声影响,研究设计一种地形自适应性强的点云抽稀方案。首先,初始化格网系统并逐级细化,从粗到细划分网格。在一级格网基础上划分4个二级格网,获取二级格网最低点 $P_{low}=\{p_1, p_2, p_3, p_4\}$ 。通过比较格网内最高点与最低点的高差 $h_d$ 与预设阈值 $h_{d,max}$ ,筛选出符合条件的最低点作为疑似地面点。最后,利用邻域统计学原理分析候选点周围点云的密度分布情况,将密度低于设定阈值 $n_{min}$ 的点识别为噪声并予以剔除。

### 2.2 点云滤波

针对传统三角网渐进加密滤波算法中全局数据更新频繁的问题,提出一种基于顶点轮次标记、三角形

**作者简介:** 曾庆连(1987—),男,汉族,本科,工程师,主要从事工程测量、摄影测量等工作。

状态标记及最短边长约束等改进滤波算法，提高三角网迭代构建的流畅性，增强算法的整体性能，具体流程如图 1 所示。

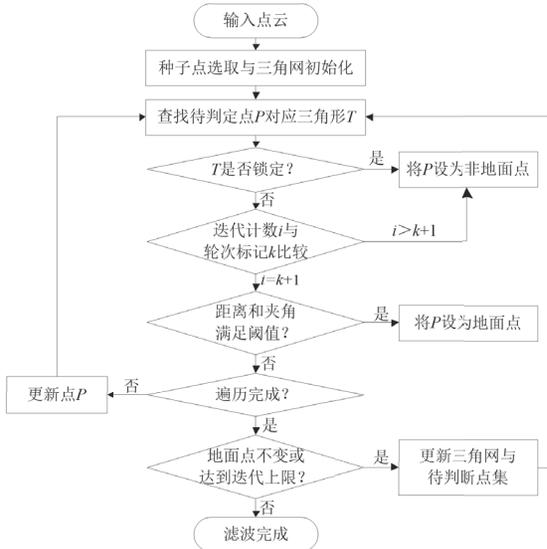


图1 渐进加密三角网滤波改进算法

具体实现步骤为：

(1) 首先设定初始格网尺寸  $g$ ，对抽稀后的点云进行格网划分，并从每个格网中选取最低点构建初始三角网。

(2) 在三角网中查找待判定点集中点  $P$  的对应三角形  $T$ 。若  $T$  已被锁定，则直接判定  $P$  为非地面点；否则，进入下一步骤。

(3) 在检查三角形  $T$  的三边长度时，若均满足预设的最小边长要求，则锁定  $T$  并判定  $P$  为非地面点；若不满足要求，则继续执行后续流程。

(4) 对比三角形  $T$  顶点上最大轮次  $k$  与当前迭代计数  $i$ ，若  $i > k+1$ ，说明  $T$  在  $k+1$  轮迭代中状态未发生改变，故将  $T$ 、 $P$  标记为锁定状态及非地面点元素；若条件不满足，则转至步骤 (5)。

(5) 计算点  $P$  到三角形  $T$  的垂直距离  $d_i$  及夹角  $t$ ，仅当两个参数均符合预设的阈值要求时， $P$  才被判定为地面点。若不符合条件， $P$  则保持在待判定点中，等待下一轮迭代处理。

(6) 随着迭代循环的不断深入，每完成一个迭代周期，新辨识出的地面点被标记为当前轮次  $i$ ，并纳入三角网结构。基于最新的待判定点集，再次启动迭代，直至没有发现新的地面点或达到设定的迭代次数限制。

### 2.3 点云分块

在处理大规模点云数据时，三角网的构建速度、点云的精确定位以及空间关系的准确判断对滤波效率

具有重要影响。因此，研究结合点云分块与并行计算技术，根据点云的密度分布和计算资源的即时状态，动态调整分块参数，使得点云处理更加高效灵活。分块方式为：

$$l' = \begin{cases} \frac{l}{2}, (n > n_{\max}) \wedge (l > l_{\min}) \\ l, (n \leq n_{\max}) \wedge (l \leq l_{\min}) \end{cases} \quad (1)$$

公式 (1) 中， $l'$  为分割后点云外接矩形边长， $l$  为点云外接矩形边长， $n$  为输入点云数量， $n_{\max}$  为最大点数， $l_{\min}$  为外接矩形最小边长。同时引入多级尺度划分方案，以最大化并行计算资源的利用率，从而加快数据处理速度。

### 2.4 地面点云合并

合并多个分块区域的地面点，得到完整地面点。为增强边界地带的滤波效果，在边界两侧向外拓展至两倍格网尺寸  $g_s$  的范围内，进行数据收集和整理，之后依据 2.3 节滤波方法，进行二次滤波处理，以优化边界区域点云滤波效果。

## 3 实验验证

为检验研究提出的滤波方法性能，选取两个数据集开展相关点云滤波实验。由飞马 D2000 搭载 LiDAR500 机载雷达系统，采集某地点云数据集  $D_1$ ，覆盖范围达  $3.5\text{km}^2$ ，点云数据量庞大，约为 1.07 亿点，数据集空间分布如图 2 所示，该数据集含有大量低噪声点。为增加算法的可靠性与适应性，选取苏黎世联邦理工学院的点云数据作为  $D_2$  数据集，该数据集包含地面、植被、建筑等多个类别，点云总数庞大，超过 16 亿个，且提供了分类信息。

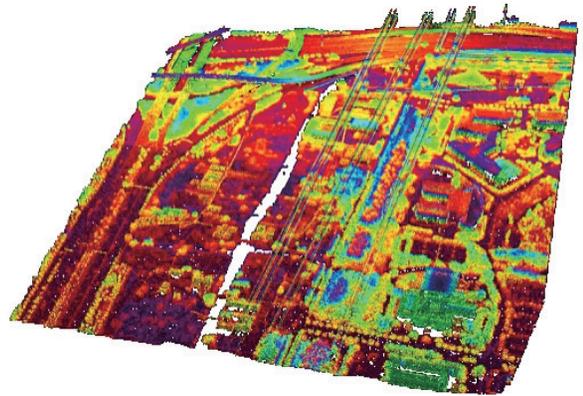


图2 点云数据集  $D_1$

通过计算并分析 I 类误差  $E_1$ 、II 类误差  $E_2$  及总误差  $E_t$ ，同时记录各算法的运算时间，全面评估不同滤波算法在精度和效率方面的表现。其中 I 类误差  $E_1$ 、

II类误差  $E_2$  及总误差  $E_t$  可表示为:

$$E_1 = \frac{F_N}{T_P + F_N} \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{F_P}{F_P + T_N} \quad (3)$$

$$E_t = \frac{F_P + F_N}{T_P + T_N + F_P + F_N} \quad (4)$$

公式中,  $T_P$  为正确分类为地面点数量,  $F_P$  为将地面点错误分类为非地面点数量,  $T_N$  为正确分类为非地面点数量,  $F_N$  为将非地面点错误分类为地面点数量。

对于  $D_1$  数据集, 分别运用 3 种滤波算法进行滤波处理, 并将滤波结果与人工分类的参考标准进行对比, 最终整理出对比分析结果, 如表 1 所示。

表1  $D_1$ 数据集点云滤波结果

算法	原始点云	抽稀后点云	$E_1/\%$	$E_2/\%$	$E_t/\%$	用时/s
渐进加密三角网滤波 (Progressive TIN Densification, PTD)		—	23.49	4.49	8.52	30 782
布料模拟滤波 (Cloth Simulation Filtering, CSF)-PTD	106 387 037	—	10.08	4.57	5.28	39 567
IPTD		28 883 267	6.72	3.92	4.35	986

实验结果表明, 在  $D_1$  数据集处理中, 相较于传统方法 CSF-PTD 与 IPTD 算法, 在降低 I 类误差方面优势显著, 较 PTD 算法分别降低了 13.41% 和 16.77%。两类算法的 II 类误差则保持相对稳定, 总误差相应下降了 3.24% 和 4.17%。PTD 算法点云滤波结果如图 3 所示, 传统 PTD 算法因在低点噪声处理中易将噪声点纳入三角网构建, 导致 I 类误差增大, 结果存在明显噪声点, 但 II 类误差控制尚可, 未过多错分地面点。IPTD 算法结果如图 4 所示, 该算法通过独特的预去噪机制(包括针对高密度点云的抽稀去噪)显著提升整体效率, 并采用分区并行策略加速处理流程。此外, 引入三角网状态标记和最短边长约束等优化手段, 有效规避了 PTD 的问题, 使得滤波结果平滑且无明显噪声。效率评估方面, CSF-PTD 因采用布料模拟滤波导致处理时间延长; 而 IPTD 则借助预处理阶段的数据抽稀(将后续处理数据量缩减至原始数据的 27.1%)和分区并行策略, 实现近 40 倍的处理速度提升。

为了评估算法在不同地物、建筑、植被、道路等场景下的性能, 在  $D_2$  数据集中选取 15 个样本开展滤波实验, 对 3 种滤波算法进行性能评估, 不同算法的平均精度指标对比表 2 所示。

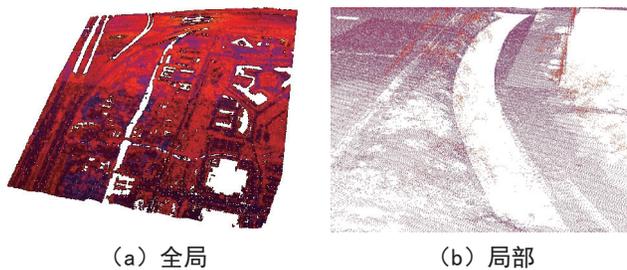


图3 PTD算法点云滤波结果

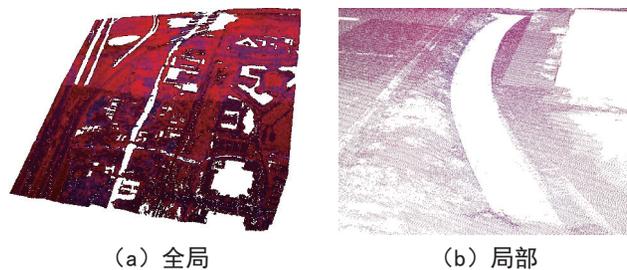


图4 IPTD算法点云滤波结果

表2 滤波结果平均精度指标对比

算法	$E_1/\%$	$E_2/\%$	$E_t/\%$
PTD	2.02	4.81	3.07
CSF-PTD	0.93	5.46	3.01
IPTD	0.79	3.89	2.07

通过表 2 可知,  $D_2$  数据集的点云滤波结果中, 与 PTD 算法相比, IPTD 算法的 I 类误差平均值下降了 1.23%, II 类误差平均值下降了 0.92%, 总误差平均值下降了 1.00%。3 种算法效率对比如表 3 所示。

表3 滤波效率对比

样本数据	点数	IPTD		CSF-PTD	PTD
		抽稀后点数	用时/s	用时/s	用时/s
s1	9 476 296	39 829	3.7	137.5	93.8
s2	7 890 622	68 534	4.3	95.6	84.1
s3	8 167 872	77 852	3.4	101.5	90.8
s4	10 025 508	35 612	2.4	188.7	129.6
s5	9 266 675	36 108	5.9	307.8	188.6
s6	8 770 284	39 863	7.5	169.4	139.8
s7	50 122 132	71 852	46.3	1 756.7	1 402.3
s8	322 079 600	76 745	84.3	7 256.9	6 034.2
s9	487 651 666	78 336	251.5	14 589.7	12 365.8
s10	280 887 734	79 328	135.6	8 368.1	6 434.8
s11	218 164 032	116 957	140.8	10 526.7	8 563.1
s12	222 789 142	92 481	122.4	9 785.5	6 922.5
s13	258 661 839	88 902	263.4	16 785.7	13 697.6
s14	27 879 910	49 526	9.7	778.5	516.4
s15	28 019 428	33 845	8.6	1 034.85	807.3

由表 3 可知, CSF-PTD 算法在处理效率上略低于 PTD 算法, IPTD 算法则凭借独特的点云抽稀策略, 有效降低了计算复杂度, 使处理效率实现大幅度提升, 该优势在处理大规模、高密度的点云数据时尤为明显。

(下转第 30 页)

# 基于SAR影像的高铁沿线采空区沉降监测研究

杜梦豪 陈盼盼 梁晓宇 黎瑾慧

(河南水利与环境职业学院, 河南 郑州 450000)

**摘要:** 煤炭在我国能源结构中占主体地位, 煤炭资源开采易造成地表沉陷。随着高速铁路网的快速建设, 部分线路不可避免会通过煤矿采空区, 因此采空区场地稳定性变得尤为重要。开展高铁沿线采空区沉降监测研究, 对保障列车运行安全具有重要意义。基于 SAR 工作原理, 对哨兵 1A 遥感影像进行处理, 研究太焦高铁沿线申家庄煤矿采空区的沉降趋势。根据申家庄煤矿采空区地表沉降变化, 验证太焦高铁动静荷载对采空区活化变形、地表沉降的影响, 为采空区上方高速铁路运行安全提供参考。

**关键词:** SAR; 开采沉陷; 采空区; 高速铁路

## 1 引言

中国是个产煤大国, 每年煤炭开采量有几十亿吨, 由此引发的地表沉陷收缩问题日益严峻, 每年采煤造成的地面塌陷面积约 1 亿  $m^2$ , 全国 21 个主要采煤省市的总采煤塌陷面积多达 45 亿  $m^2$ <sup>[1]</sup>。山西省沁水煤田是国内产煤最多的大型石炭三叠纪煤田, 区域内分布着阳泉、晋城、申家庄等大型煤业集团, 以及数百处地方煤矿, 形成面积近 2300 $km^2$  的采空区<sup>[2]</sup>。随着山西省“米”字形高速铁路网的快速推进, 一些关键线路不可避免地要通过沁水煤田采空区。因此, 开展高速铁路采空区沉降研究对于列车安全运行具有重要意义。

当前, 传统矿区沉降研究仍是主流, 汤伏全等<sup>[3]</sup>通过对多期雷达遥感影像的差分干涉处理, 研究地面沉陷区与地下开采之间的关系, 为开采沉陷的雷达遥感监测提供参考。Simmons BS 等<sup>[4]</sup>探讨大量干涉合成孔径雷达相关技术矿区地表形变建模和沉陷预测, 在地表沉陷模型研究方面取得一定进展。高速铁路一般在采空区地表移动变形衰退期结束后建设, 然而由于高铁动荷载影响, 衰退期结束后仍可能引发地表变形。研究利用 SAR 影像, 探讨分析了太焦高铁沿线申家庄煤矿采空区的沉陷范围、沉降结果与规律。

## 2 D-InSAR 沉降观测原理

### 2.1 SAR 概述

SAR (Synthetic Aperture Radar), 即合成孔径雷达, 是一种主动式对地观测系统, 通过组合孔径雷达对同一区域观察的两幅复数值影片数据进行跟踪处

理, 获得地表高程信息, 目前已广泛用于测量与遥感领域<sup>[5,6]</sup>。卫星搭载的合成孔径雷达向地物方向发射一定频率的信号, 在卫星沿直线运动过程中接收地物反射回的信号, 并对同一地物反射回的信号进行处理, 得到高精度雷达影像<sup>[6]</sup>, 成像原理如图 1 所示。

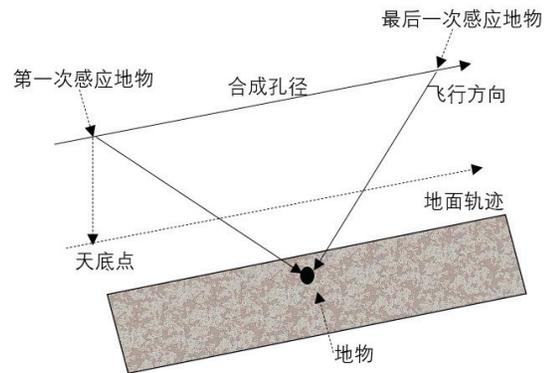


图1 SAR成像原理

### 2.2 D-InSAR 工作原理

D-InSAR (差分干涉雷达测量技术) 是利用覆盖同一区域不同成像时间的两幅 SAR 影像进行差分干涉处理, 获得两个不同成像时刻卫星与地面观测点间的相位差  $\varphi$ , 包括平地效应导致的相位  $\varphi_{flat}$ , 大气延迟导致的相位  $\varphi_{atm}$ 、噪声相位  $\varphi_{noise}$ 、地形相位  $\varphi_{topo}$ , 及影响沉降的主要因素形变相位  $\varphi_{def}$ 。各相位间计算关系如下:

$$\varphi = \varphi_{flat} + \varphi_{def} + \varphi_{atm} + \varphi_{noise} + \varphi_{topo} \quad (1)$$

D-InSAR 用于地表变形监测时, 在所有形变相位中只保留地表形变相位  $\varphi_{def}$ , 利用数学模型将形变相位转化为形变量, 计算出两期数据间隔内产生的沉降数据。数据处理过程中通过去平、滤波、相位解缠的去掉平地效应、大气扰动、外界噪声等对相位的影响,

项目来源: 河南省高等学校重点科研项目 (No.24A570001)

作者简介: 杜梦豪(1998—), 男, 汉族, 硕士研究生, 助教, 主要研究方向: 摄影测量与遥感技术。

引入外部 DEM，削弱地面起伏产生的地形相位。基于 DEM 的资料获取情况，常见的 D-InSAR 处理方法有二轨法和三轨法。二轨法所需数据为同一地区发生形变前后 2 景 SAR 影像组合而成的干涉对，以及对应地区的 DEM 数据；三轨法则需要同一地区 2 景形变发生前的 SAR 影像和 1 景形变发生后的 SAR 影像组成的两组干涉对，以及对应地区的 DEM 数据。由于采空区沉降监测覆盖范围较大，且三轨法对每组 SAR 影像干涉对间的时间基线与空间基线要求较高，一般采用二轨法进行数据处理，差分干涉原理如图 2 所示。

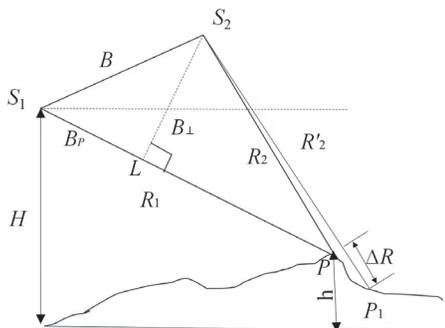


图2 二轨法原理

根据差分干涉测量原理可得，平面地表发生平地效应所产生的平地相位  $\varphi_{flat}$ ，可由公式 (2) 计算得出：

$$\varphi_{flat} = -\frac{4\pi B_p \Delta R}{\lambda R_1 \tan \theta} \quad (2)$$

二轨法中，引入外部 DEM 在主影像坐标系中进行投影，利用公式 (3) 计算得出地形相位  $\varphi_{topo}$ ：

$$\varphi_{topo} = -\frac{4\pi}{\lambda} \times \frac{B_{\perp}}{R_1 \sin \beta} h \quad (3)$$

对于大气扰动以及噪声影响产生的相位可通过公式 (4) 去除：

$$\Delta R = \frac{\lambda}{4\pi} \varphi + B_p + \frac{B_{\perp}}{R_1 \sin \beta} h \quad (4)$$

根据公式 (5) 对  $\Delta R$  求偏导所得结果，即为测量产生的形变相位，其中  $\partial h$  表示引入外部 DEM 的高程误差， $B_{\perp}$  为空间基线  $B$  在  $R_1$  方向的垂线，若  $B_{\perp}$  等于 0，则不考虑外部 DEM 精度对地表形变的影响。但正常情况下，不存在  $B_{\perp}$  为 0 的情况。因此，二轨法处理过程中，引入外部 DEM 精度是影响地表形变结果的关键因素。

$$\varphi_{def} = \partial(\Delta R) = \frac{B_{\perp}}{R_1 \sin \beta} \partial h \quad (5)$$

### 3 研究数据概况

#### 3.1 研究区概况

研究区位于高平市与长治市交界处，毗邻太焦高铁高平段沿线西侧，归属于申家庄煤矿集团，属于沁

水煤田主要区域，存在大面积采空区。研究区位置如图 3 所示，图 3 中紫色加粗虚线为太焦高铁线路。

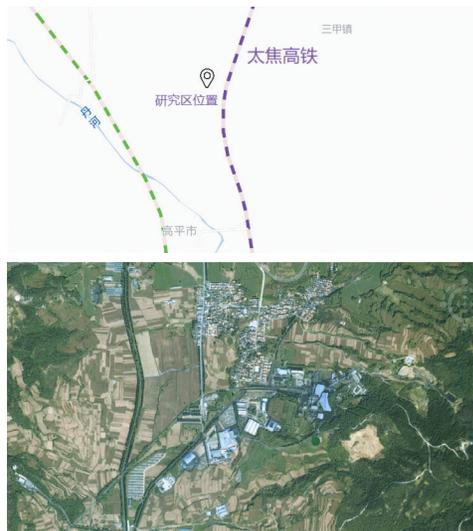


图3 研究区概况

#### 3.2 SAR 影像数据

Sentinel-1 雷达卫星具有全天时、全天候雷达成像系统，是欧空局“哥白尼计划”的首颗卫星，于 2014 年和 2016 年分别发射 A 星和 B 星组成双星系统，常用于开采沉降与变形监测研究，该卫星主要参数如表 1 所示。

表1 Sentinel-1 卫星参数

发射时间	波段	极化	图幅宽度 /km	分辨率/m	重复周期/天
2014/2016	C	VV/VH	20 (WAVE) /80 (SM)	5/20/40	12

#### 3.3 DEM 数据

DEM 数据是 D-InSAR 技术处理的重要影响因素，研究选择美国 STRM 系统获取的全球陆地表面 30m 分辨率的山西省 SRTM-1 DEM 数据。

### 4 基于 D-InSAR 的矿区地表沉降监测

研究分别选取申家庄煤矿 2020 年 5 月与 2023 年 10 月 Sentinel-1A 雷达影像，并进行 D-InSAR 处理，分析矿区沉降情况，主要技术路线如下。

#### 4.1 数据预处理

##### 4.1.1 数据裁剪

一景完整影像覆盖面较广，而矿区面积较小，若直接对整景影像进行差分干涉处理，会出现较多失相干现象，导致处理效率较低，结果分析不准确。因此，利用山西省 30m 分辨率 DEM，结合矿区矢量边界，对完整的 Sentinel-1 数据进行裁剪，获取研究区主要影像后进行 D-InSAR 处理。

#### 4.1.2 精密轨道文件

轨道信息是 SAR 数据处理过程中的重要信息。使用卫星精密轨道数据修正轨道信息，优化卫星影像元数据中精度较低的轨道向量，可有效去除因轨道误差引起的系统性误差。精确轨道数据可在使用 SNAP 处理时自动下载。

#### 4.2 差分干涉处理

估算两期影像的时间基线与空间基线，结果合格后，对影像进行差分干涉处理，主要包括去平、滤波、相位解缠等操作。

##### 4.2.1 基线解算与去平干涉图生成

基线指两次雷达观测时传感器位置向量间的差异。这个差异可以是空间基线和时间基线，D-InSAR 存在一个临界基线概念，超过这个值，数据对将失相干，无法进行有效的干涉测量，因此基线估算能辅助确定是否在临界基线内，一般在应用时需小于临界基线的十分之一，保证干涉测量的可行性。基线估算结果表明，两景数据的时间基线为 372 天，空间基线为 97.367m，远远低于临界基线 5894m，可进一步处理该数据得到准确的沉降观测结果。通过引入外部 DEM 消除平地效应的地形相位，得到正确的干涉相位，为此后的轨道精炼与重去平提供数据基础，为形变反演结果做铺垫。

##### 4.2.2 干涉图滤波与相干性计算

在干涉图处理过程中，SAR 影像不可避免会产生噪声，影响后期相位解缠。通过空间滤波处理方法，削弱或消除噪声对干涉像对的影响，以提高干涉图质量。常用的空间滤波有 Goldstein、Boxcar、Adaptive 等，研究所用数据时空基线较长，因此采用 Goldstein 滤波能削弱长时空基线干涉对失相关问题。

##### 4.2.3 相位解缠

干涉相位自身变化周期为  $2\pi$ ，若相位变化值大于  $2\pi$ ，最终解译成果会出现误差，需通过解缠操作确保处理结果与真实地表信息相匹配，避免干涉结果模糊难以辨认。选择最小费用流 (Minimum Cost Flow) 方法，设置解缠等级为 1，得到滤波后的相位解缠结果图。

##### 4.2.4 轨道精炼与重去平

为进一步提高沉降监测精度，去除差分干涉处理中残留的相位误差，需遵循“远离形变区、避免解缠错误区域、选择相干性高区域”的原则，选择若干控制点用于轨道精炼与重去平，对卫星轨道和相位偏移进行纠正，消除可能的斜坡相位，得到重去平后的干

涉图与解缠结果。部分处理结果如图 4 所示。

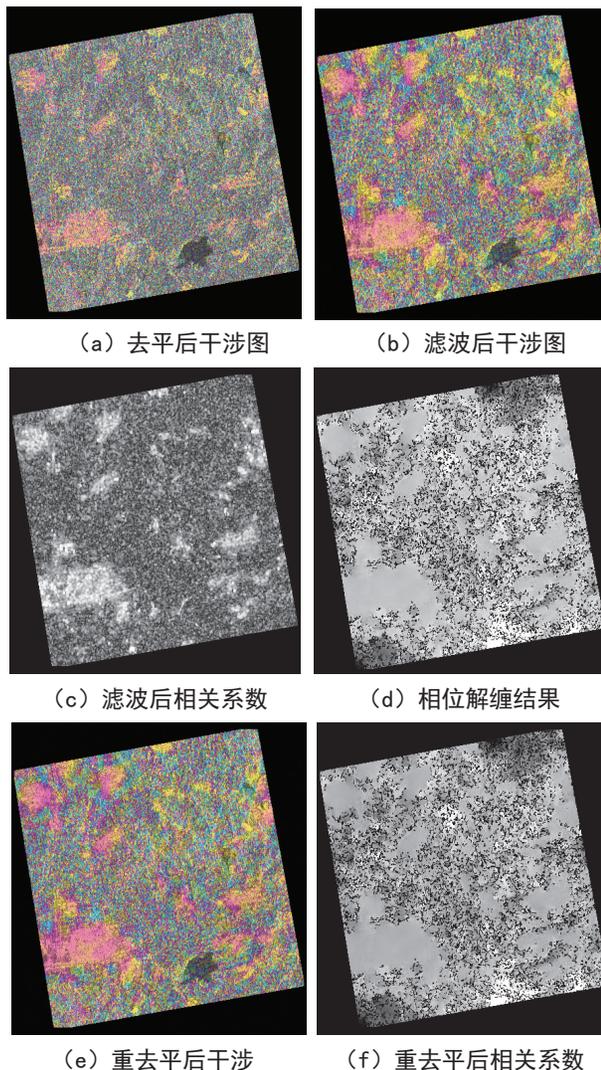


图4 D-InSAR数据处理过程

#### 4.3 结果分析

由于卫星接收模式不同，为更好地对比 SAR 影像间的几何与辐射特征，需要进行地理编码。利用 DEM 将 SAR 影像从斜距或地距投影坐标转化为地理坐标投影，对 Sentinel-1 影像进行几何纠正。利用 ArcGIS，对形变结果影像进行结果密度分割，沉降速率和结果如图 5 所示。

分析图 5 可知，从大面积范围看，自 2019 年底太焦高铁通车运行至今，高平市与长治市之间采空区范围整体呈沉降趋势，且沿太焦高铁向东西两侧沉降逐步减小，整体来看高铁对采空区存在影响。小面积申家庄煤矿东部，沉降趋势明显大于西部。较为严重的沉降区主要分布于研究区东北部靠近太焦高铁一侧，最大沉降量约 6.19cm。研究区东南角和西北角由于岩层挤压出现少量上升区，部分区域可达 5cm 左右，可

见局部范围内高铁对采空区存在影响。

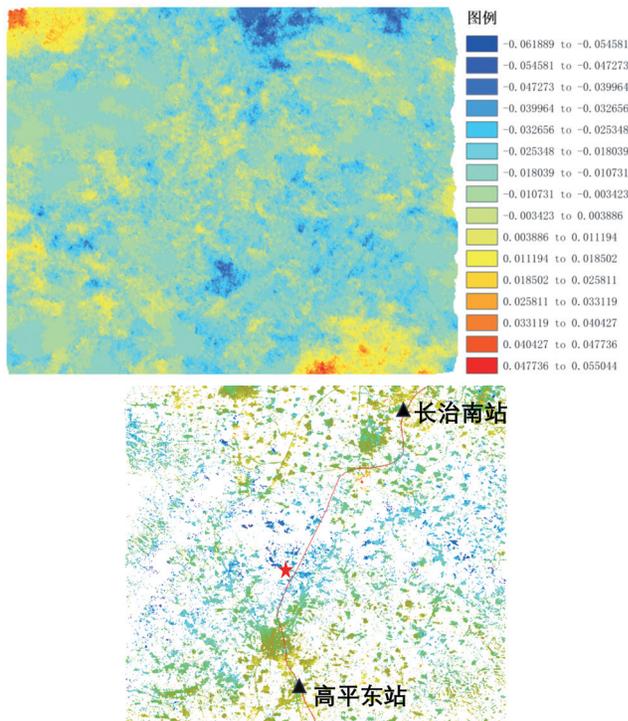


图5 地表沉陷结果

## 5 总结

太焦高铁在沁水煤田采空区地表移动变形衰退期结束后建成通车,然而衰退期结束后地表仍产生变形。

(上接第 26 页)

## 4 结束语

针对传统渐进加密三角网滤波算法处理大规模密集点云时存在效率低和低点噪声敏感问题,研究提出融合点云抽稀与并行分块的改进算法(IPTD),通过引入地形自适应抽稀去噪预处理,结合动态多级分块并行计算架构,显著降低计算复杂度;同时优化迭代流程,采用三角网状态标记与最短边长约束策略,避免无效计算。实验得出如下结论:

(1) 效率提高:在  $D_1$  数据集中, IPTD 耗时仅 986 秒,较 PTD 提速 40 倍,且数据规模越大优势越显著。

(2) 精度提高:有效抑制低点噪声干扰, I 类误差较 PTD 降低 16.77% ( $D_1$ ) 和 1.23% ( $D_2$ ), 总误差降至 4.35% ( $D_1$ ) 与 2.07% ( $D_2$ ), 边界区域通过二次滤波进一步优化。

(3) 适用性强:在复杂地物场景(建筑、植被、道路)能保持稳定性能,未来将深入解析 II 类误差成因,研发参数智能调优机制,推动算法向全自动化方向演进。

通过研究太焦高铁沿线高铁动静荷载引发的采空区活化变形,得出地表沉降结果:2020~2023年,申家庄煤矿采空区整体呈下沉趋势,最大下沉量达 6.19m,且矿区西部沉降幅度明显大于东部。结合高平东站长治南站区间大面积采空区沉降数据及申家庄煤矿沉降数据,从整体与局部两方面论证了高铁运行会导致采空区地基活化变形,进而影响地表沉降,获取的地表沉降数据对采空区灾害监测具有重要参考意义。

## 参考文献

- [1] 邹友峰,柴华彬.煤矿塌陷区路基再变形及控制技术研究现状[J].河南理工大学学报(自然科学版),2014,33(1):45-48.
- [2] 贺易航.采煤塌陷区地表残余形变时空演化规律研究[D].焦作:河南理工大学,2022.
- [3] 汤伏全,郑志琴.西部煤矿区地表沉陷雷达遥感监测试验研究[J].测绘通报,2013(9):47-50.
- [4] Simmons B S.Quantifying relationships between subsidence and longwall face advance using D-InSAR[J].International Journal of Mining Science and Technology,2021,31(1):91-94.
- [5] 张俊,汪云甲,王小辉.D-InSAR技术在煤矿区沉陷监测中的研究[J].工矿自动化,2009,35(3):31-36.
- [6] 新国旺,徐青,张红敏.合成孔径雷达干涉测量[M].北京:国防工业出版社,2014.

## 参考文献

- [1] 杨宇妍,臧玉府,肖雄武,等.基于地形断裂线约束的机载激光点云高精度滤波方法[J].测绘学报,2023,52(12):2164-2177.
- [2] 郭娇娇,陈传法,姚喜,等.基于多特征聚类的复杂环境机载点云层次滤波方法[J].测绘学报,2023,52(10):1724-1737.
- [3] 杨安秀.机载LiDAR测深点云滤波与分类方法研究[J].测绘学报,2023,52(7):1234.
- [4] 常兵涛,陈传法,郭娇娇,等.基于点的多尺度形态学重建滤波方法[J].遥感学报,2022,26(12):2582-2593.
- [5] 宿殿鹏,闫豆豆,陈亮,等.机载LiDAR测深点云SVB联合滤波算法[J].测绘学报,2023,52(4):614-623.
- [6] 亢晓琛,刘纪平,林祥国.多核处理器的机载激光雷达点云并行三角网渐进加密滤波方法[J].测绘学报,2013,42(3):331-336.
- [7] 陈性义,陶思然,毛君亚,等.渐进加密的点云滤波算法效率分析与优化[J].遥感信息,2018,33(5):106-111.
- [8] 王竞雪,张雪洋,洪绍轩,等.结合形态学和TIN三角网的机载LiDAR点云滤波算法[J].测绘科学,2019,44(5):151-156,183.
- [9] 刘洋,刁晓环,王成,等.一种改进的渐进加密三角网点云滤波算法[J].测绘科学,2020,45(5):106-111,125.

# 北斗卫星导航系统在建筑物沉降监测中的应用

李柯桦 孔德云 黄文虹

(云南省测绘工程院, 云南 昆明 650031)

**摘要:** 为验证北斗卫星导航系统(BDS)在复杂施工环境下的变形监测性能,以某建筑物为研究对象,对比分析了施工期和运营期的BDS监测数据。针对原始数据受环境干扰导致的强噪声问题,提出一种基于改进小波阈值函数的降噪方法。实验结果表明,该方法能有效抑制噪声,降噪后的监测数据与水准测量结果的平均相对误差值降至10.9%以下。基于抛物线模型对处理后的数据进行沉降预测,建筑物最终沉降量预测区间为-53.43mm至55.26mm。通过对比分析验证,降噪后的BDS监测数据具有较高的可靠性,能够准确反映建筑物的沉降趋势。研究不仅验证了BDS在复杂工程环境的监测效能,还为高精度变形监测提供了有效的数据处理方法和技术参考。

**关键词:** 北斗卫星导航系统(BDS); 建筑物; 沉降预测; 改进阈值函数; 抛物线模型

## 1 引言

我国经济保持稳健增长,推动了基础设施建设的快速扩张。然而,高层建筑在建设过程中若监管不到位,可能会威胁群众生命财产安全。因此,加强大型基础设施,特别是建筑物的实时监测与预警技术研发显得尤为重要。当前,建筑物变形监测技术已涵盖传统大地测量法(如交汇测量、几何水准测量、三角测量)、全球导航卫星系统(GNSS)等多种专业测量方法<sup>[1-3]</sup>。尽管传统大地测量技术已相当成熟,但劳动强度高、监测周期长,难以及时识别风险。相比之下,我国自主研发的北斗卫星导航系统(Beidou navigation satellite system, BDS)凭借多种优势,在地表、边坡等大型变形监测项目中得到广泛应用<sup>[4,5]</sup>。BDS相较于GPS具备更多的卫星和更优的星座布局,尤其在亚太地区,卫星可见性和几何分布更佳,能够提升变形监测精度和可靠性。其次,BDS支持三频信号,能够更好地消除电离层误差,提高监测数据的准确性。然而,BDS在变形监测中的应用目前较多集中于施工完成后的开阔区域,针对施工期间复杂动态环境下的高精度变形监测,其数据处理和误差抑制方法仍有优化空间,需要结合具体工程场景进行更深入的研究和改进。

BDS在建筑物沉降监测中面临复杂外部环境的多重影响,导致监测数据呈现显著的不稳定性,具体有数据间复杂的非线性关联和随机波动特征<sup>[6,7]</sup>。对此,研究采用改进小波阈值降噪方法处理监测数据,有效降低数据噪声;系统分析降噪后数据与水准监测数据的误差分布规律,通过多种数学模型对处理后的数据

进行拟合与预测,比较不同模型在沉降预测中的表现,最终对建筑物竣工后的沉降量作出科学预测。

## 2 BDS变形监测方法

### 2.1 BDS定位解算方法

(1) 在相对定位过程中,基准站与监测站在2个不同时间点同步观测4颗卫星,运用差分技术建立载波相位双差模型<sup>[8]</sup>。相对定位如图1所示。

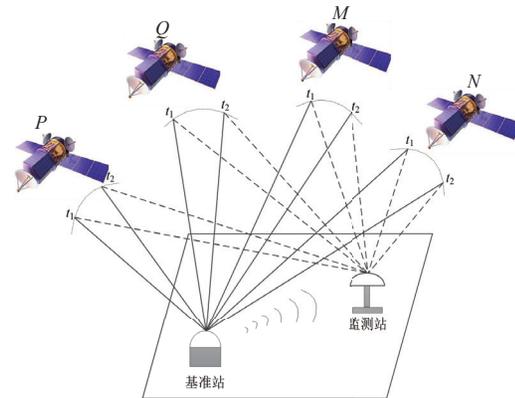


图1 相对定位

(2) 在假设载波观测值服从正态分布的前提下,计算模糊度浮点解。

(3) 通过筛选模糊度整数的有效候选值,确定双差整周模糊度,从而得出定位参数。

(4) 依据基准站的已知位置和基线向量,执行静态定位算法,精确计算出坐标值,实现高精度定位。

### 2.2 BDS监测数据降噪处理

BDS监测数据因噪声干扰而展现出波动性质,这使得对未来累计沉降量的精确预测变得更具挑战性。

**作者简介:** 李柯桦(1990—),男,汉族,硕士研究生,工程师,主要从事测绘地理信息工作。

为克服这一难题,提出一种改进的小波阈值降噪方法。

### 2.2.1 改进小波阈值降噪

小波变换作为一种备受赞誉的时频分析方法,在处理含有随机噪声的信号方面表现突出。小波阈值降噪方法的关键在于准确区分信号与噪声在能量分布上的不同。该方法的核心思想是:在噪声污染的信号中,存在一个关键阈值,高于此阈值的小波系数主要反映了信号的真实特性,而低于此阈值则更多受到噪声干扰<sup>[5]</sup>。小波阈值降噪的具体步骤如下:

(1) 首先,将原始信号进行小波分解,提取不同频率的成分。

(2) 其次,根据小波阈值准则对分解后的小波系数进行筛选,保留信号的有效信息。

(3) 最后,通过小波逆变换技术,将保留的信号分量重构,得到降噪后的信号。

改进小波阈值降噪有硬阈值和软阈值两种处理方法,硬阈值可表示为:

$$\hat{w}_{j,k} = \begin{cases} w_{j,k}, & |w_{j,k}| > \lambda \\ 0, & |w_{j,k}| \leq \lambda \end{cases} \quad (1)$$

软阈值可表示为:

$$\hat{w}_{j,k} = \begin{cases} \text{sign}(w_{j,k})(|w_{j,k}| - \lambda), & |w_{j,k}| > \lambda \\ 0, & |w_{j,k}| \leq \lambda \end{cases} \quad (2)$$

公式中, $k$ 为节点数, $\hat{w}$ 为小波系数取值, $\lambda$ 为临界阈值。硬阈值方法会直接将小于临界阈值的小波系数设置为零,软阈值方法则会对小波系数进行平滑过渡处理。然而,这两种方法都存在各自的缺陷。为弥补这些缺陷,提出一种新的阈值函数方法:

$$\hat{w}_{j,k} = \begin{cases} uw_{j,k} + (1-u)\text{sign}(w_{j,k}) \cdot \left( \frac{\lambda}{\log_2(2+t(|w_{j,k}|-\lambda))} \right), & |w_{j,k}| > \lambda \\ 0, & |w_{j,k}| \leq \lambda \end{cases} \quad (3)$$

公式(3)中, $t$ 为增长趋于硬阈值, $t=0$ 时为软阈值。

### 2.2.2 降噪误差评价指标

(1) 均方根误差。均方根误差是评估降噪效果的指标,可表示为:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - S'_i)^2} \quad (4)$$

公式(4)中, $n$ 为序列长度, $S_i$ 、 $S'_i$ 分别为降噪前后信号。

(2) 信噪比。信噪比为信号与噪声比值,可表示为:

$$SNR = 10 \times \lg \left( \frac{P_s}{P_n} \right) \quad (5)$$

公式(5)中, $P_s$ 为信号功率, $P_n$ 为噪声功率。

## 2.3 沉降量预测

### 2.3.1 回归参数模型

回归模型包括4种,分别为对数曲线模型、指数曲线模型、双曲线模型以及抛物线模型。

### 2.3.2 预测结果评价指标

(1) 选用决定系数进行拟合优度评价:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^T (S_{t_k} - S_{t_k}^*)^2}{\sum_{k=1}^T \left( S_{t_k} - \frac{1}{T} \sum_{k=1}^T S_{t_k} \right)^2} \quad (6)$$

公式(6)中, $S_{t_k}$ 、 $S_{t_k}^*$ 分别为第 $k$ 期实测值、拟合值。

(2) 为评估预测结果的精确度,以平均预测误差(MFE)和平均绝对百分比误差(MAPE)为评价指标:

$$MFE = \frac{1}{T-T_1} \sum_{k=T-T_1}^T (S_{t_k} - \hat{S}_{t_k}^*) \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{1}{T-T_1} \sum_{k=T-T_1}^T \frac{|S_{t_k} - \hat{S}_{t_k}^*|}{S_{t_k}} \times 100\% \quad (8)$$

## 3 案例分析

### 3.1 工程概况及监测点位布设

以一个已建成的建筑物为例,该建筑物地下2层、地上10层,东西方向宽91.8m,南北方向宽55.4m,周边环境复杂多变,包括相邻的建筑物、城市道路、停车场等。为监测该建筑物的变形情况,在四周均匀布置4个BDS监测点,并同步设置了水准监测点。通过持续利用BDS进行监测,分析该建筑物在施工期间和施工完成后的变形情况。

### 3.2 监测数据分析

2023年7月10日至9月30日,为期80天,实施了BDS监测,累计沉降监测结果如图2所示。由图2可以看出,随着时间的变化,累计沉降量不断攀升,至监测期末,累计沉降量达-53.43mm,且沉降速率维持在-0.69mm/d,表明沉降活动仍在持续,尚未趋于平稳。在施工进程中,受多重复杂因素的叠加影响,监测数据不可避免地引入了噪声。

### 3.3 降噪效果对比

为了更有效地消除噪声,分别使用软阈值法、硬阈值法以及改进阈值法进行降噪处理,降噪前后的数据对比情况如图3所示,具体的评估指标如表1所示。结果显示,3种降噪方法均能在一定程度上降低噪声影响,但相比之下,改进阈值法在降噪效果上更为优越,

性能更为突出。

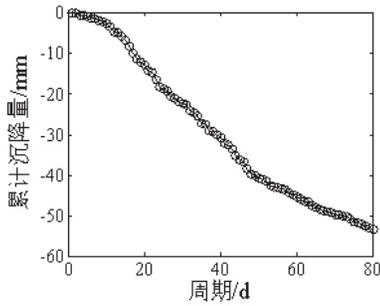


图2 累计沉降监测数据

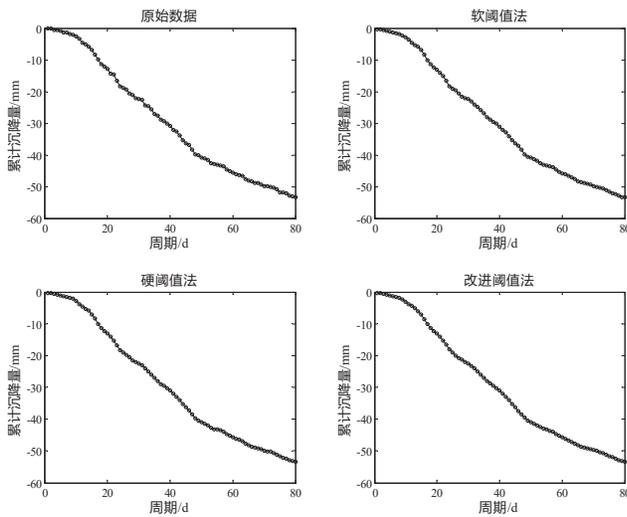


图3 降噪结果对比

表1 降噪结果评估指标

降噪方法	RMSE/mm	SNR/dB
软阈值法	0.751	54.513 1
硬阈值法	0.698	56.544 6
改进阈值法	0.663	60.214 5

### 3.4 BDS 监测数据与水准监测数据对比

将采用改进阈值降噪处理的 BDS 监测数据与水准监测数据进行对比,结果如图 4 所示。从图 4 可以看出, BDS 监测与水准监测都能准确反映建筑物的沉降情况,但水准监测的周期相对较长;而 BDS 监测则具备全天候监测能力,可更精细、准确地记录建筑物在不同时间段的沉降变形情况。经过精确对比, BDS 监测数据与水准监测数据的误差范围为 5.7%~10.9%。

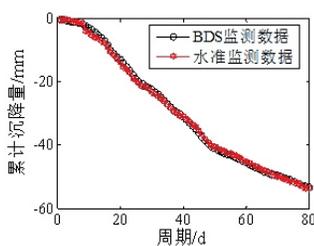


图4 BDS与水准数据对比

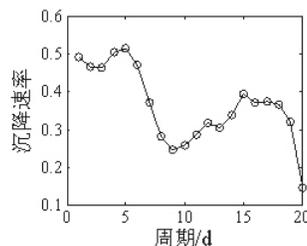


图5 施工完成后沉降速率

### 3.5 曲线特征分析

在建筑物施工结束后,继续利用 BDS 进行了为期 20 天的监测,沉降数据及速率的变化趋势如图 5 所示。从图 5 可以看到,监测初期的沉降速率较高,达到 0.514 mm/d,随后逐渐降低,至第 9 天时已降低到 0.245 mm/d。

### 3.6 预测效果对比

在建筑项目完成后的监测阶段,对监测点开展 20d 的连续日常观测。基于前两周的观测数据,构建模型并设定相关参数,而最后 6d 的数据则用来测试模型的预测效果。模型的详细参数和预测精确度如表 2 所示,建模曲线如图 6 所示。经过仔细分析比较,了解到对数曲线、指数曲线、双曲线和抛物线模型的相关系数分别为 0.9631、0.9536、0.9807 和 0.9952, MFE 值依次为 0.2619、0.3145、0.0623 和 0.0122, MAPE 值则分别为 2.9256、3.0250、1.5762 和 0.9133。经过综合考量,抛物线模型在内部拟合与外部预测方面均表现突出,因此被选为沉降预测的首选模型。

表2 不同模型的预测结果精度

模型名称	参数			拟合 优度	评价指标	
	a	b	c		MFE	MAPE
对数曲线模型	4.9376	0.4540	/	0.9631	0.2619	2.9256
指数曲线模型	4.7556	0.1127	/	0.9536	0.3145	3.0250
双曲线模型	3.8373	0.6610	/	0.9807	0.0623	1.5762
抛物线模型	3.2398	0.7688	2.5780	0.9952	0.0122	0.9133

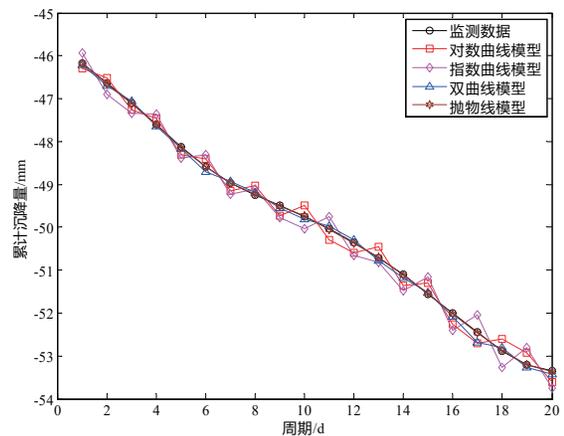


图6 沉降监测及预测曲线

### 3.7 最终沉降预测

将沉降速率稳定标准设定为 0.14mm/d,沉降速率为  $S'_k$ :

$$S'_k = ab \cdot e^{-b(t_k - c)} - b(t_k - c) \quad (9)$$

公式(9)中,计算系数参考表 2。经计算得到,

(下转第 37 页)

# 郑州市时序地表形变PS-InSAR监测分析

侯贵亮<sup>1</sup> 郝伟涛<sup>2</sup>

(1. 广东省地质测绘院, 广东 广州 510800; 2. 河南省地质局矿产资源勘查中心, 河南 郑州 450006)

**摘要:** 随着郑州市的人口和经济快速增长, 城市建设面积不断扩大。地面沉降对城市基础设施建设造成严重影响, 广域、高精度、长时序的地面沉降监测需求旺盛。基于 2023 年 Sentinel-1 卫星影像并结合 PS-InSAR 技术分析, 郑州市地表形变监测共识别出 25 个地面沉降区, 主要分布于新密市。利用 PS-InSAR 技术观测地表形变可以满足城市高精度形变监测需求, 对于城市发展规划和建设具有重要意义。

**关键词:** PS-InSAR; 时序地表形变; 郑州市

## 1 引言

在过去的二三十年里, 郑州市经历了人口和社会经济的快速增长, 城市建成区从 2000 年的 133.2 平方公里<sup>[1]</sup> 增加到 2024 年的 1431.65 平方公里<sup>[2]</sup>, 城市面积大幅扩大。早期研究指出, 郑州市曾存在显著的地面沉降漏斗现象<sup>[3]</sup>。严重的地面沉降会破坏地面城市基础设施、建筑物和农田, 限制地下空间开发。因此, 对郑州市开展地面沉降监测, 了解沉降分布具有重要意义。

传统的地表形变测量方法包括水准测量和 GPS 技术, 可在点尺度上提供精确的形变信息<sup>[4]</sup>, 无法提供具有高空间采样密度的形变图。与单点测量方法相比, 合成孔径雷达差分干涉测量技术 (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar, D-InSAR) 可利用相位信息大范围获取高精度的雷达视距高程和地表形变信息。D-InSAR 技术已广泛用于地震、火山活动及冰川运动等地表大形变现象的监测<sup>[5]</sup>。然而, 该技术受空间基线、时间基线及大气失相干等因素限制, 难以有效应用于长期微小形变监测。

为克服传统 D-InSAR 技术的局限性, 专家学者提出一系列更为先进的时间序列 InSAR 技术, 包括永久散射体干涉测量 (PS-InSAR)、基于永久散射体的斯坦福方法 (StaMPS)、相干像素技术 (CPT) 和小基线子集 (SBAS) 算法等。时序 InSAR 技术利用永久散射体 (如建筑物、人造结构) 或分辨率单元内的高相干目标, 能以毫米级精度实现广域形变监测。这类目标作为稳定散射点, 在整个观测期保持高度相干性, 确保监测数据质量可靠。鉴于 PS-InSAR 技术在地面沉降监测中的成功应用<sup>[6]</sup>, 以郑州市为研究区, 利用 2023

年 Sentinel-1 SAR 影像数据反演地表形变, 分析时空规律。

## 2 研究区与数据集

### 2.1 研究区

郑州位于河南中部, 地处山前平原、洪泛平原和黄河冲积平原的过渡地带, 属于华北地层区, 新生代沉积厚度 500~2200m, 第四纪沉积厚度 60~80m, 西南、东北厚, 新近纪沉积厚度 400~1900m<sup>[7]</sup>。郑州地层属于华北地层, 主要为第四纪覆盖。受黄河侵蚀影响, 郑州城市的地貌类型可划分为黄土台地、洪泛平原和沙丘 3 类。郑州西部有许多山脉和丘陵, 东部是平原, 海拔由西向东递减。郑州年平均降水量 500~900mm, 50% 的降水集中在夏季。

### 2.2 数据集

为监测研究区的地表形变, 获取 2023 年 27 幅 Sentinel-1 升轨影像。影像获取时间从 2023 年 1 月 11 日开始, 到 2023 年 12 月 25 日止, 时间间隔为 12 天或 24 天, 且每月至少有一期影像, 雷达入射角为 39.5 度, “VV” 极化方式。Sentinel-1 影像的覆盖范围如图 1 中黄色矩形框所示, 为尽可能覆盖郑州全域, 使用同轨两景影像拼接, 并截取郑州区域作为数据处理范围, 如图 1 绿色矩形框所示。

为辅助 Sentinel-1 卫星影像的地表形变监测, 采用 30m 分辨率的 Copernicus DEM 数据作为地形相位模拟和地理编码的外部参考数据。Copernicus DEM 是欧空局使用雷达高度计、光学卫星和激光雷达等多种技术获取的数字高程模型, 数据获取时间为 2010~2015 年, 发布时间为 2019 年, 平面精度为

**作者简介:** 侯贵亮 (1981—), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 主要从事测绘工程。

6m，高程精度为4m，高程基准为EGM2008正高系统。该数据经大地高转换后应用于合成孔径雷达卫星干涉测量(InSAR)，生成的地形数据精度达到最高水平<sup>[8]</sup>。

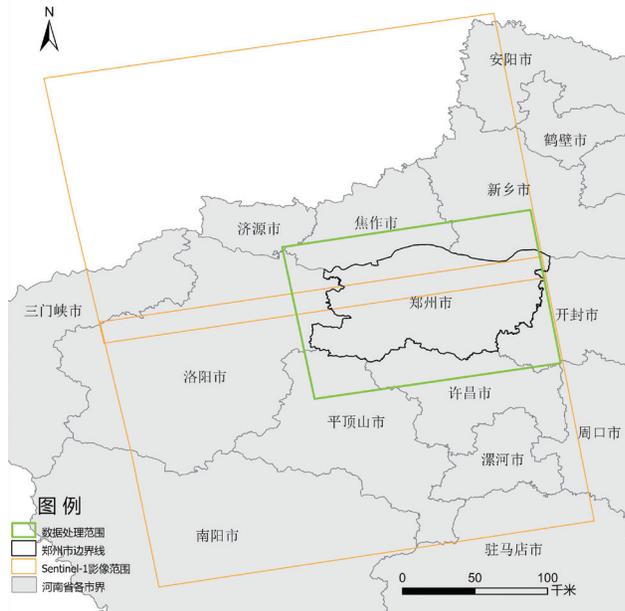


图1 影像覆盖范围及数据处理范围

### 3 PS-InSAR 方法

研究采用PS-InSAR方法，处理27期Sentinel-1卫星影像数据，以获取2023年郑州市地表形变结果，数据处理流程如图2所示。

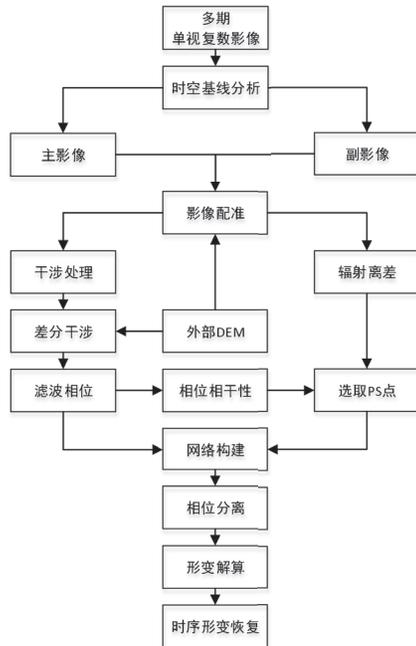


图2 PS-InSAR技术流程

分析27期SAR影像时空基线后，通常采用时空基线图(如图3所示)上位置居中的影像作为主影像，

以降低长时空基线引起的误差。研究以6月16日影像为主影像，其他26期影像为辅影像，空间基线最大不超过200m，有利于地表形变测量。

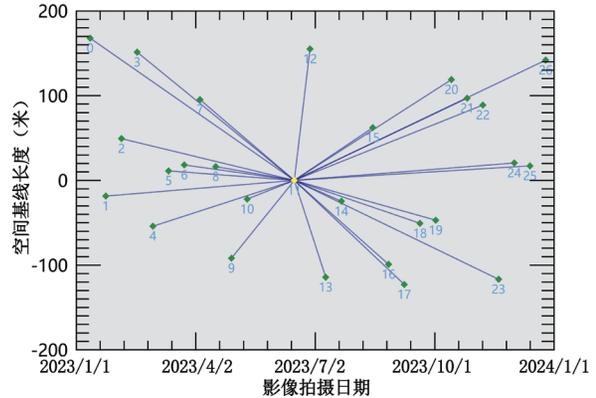


图3 SAR影像时空基线

每一期辅影像都与主影像进行配准，且配准精度不低于1/8像元。利用配准影像数据集，生成辐射离差，用于PS点选取，如公式(1)所示。

$$D_a = \sigma_a / \mu_a \quad (1)$$

公式(1)中， $D_a$ 为像元振幅离差指数， $\sigma_a$ 为振幅方差， $\mu_a$ 为振幅均值。振幅离差越小，像元反射强度越稳定。对配准后的辅影像与主影像进行干涉和去平，并用外部DEM数据模拟地形相位，进行差分干涉处理。差分干涉相位经过滤波后，生成相位相干性，也用于PS点选取，如公式(2)所示。

$$\gamma = \left| \sum S_1(x) \cdot S_2(x)^* \right| / \sqrt{\sum |S_1(x)|^2 \cdot \sum |S_2(x)|^2} \quad (2)$$

公式(2)中， $\gamma$ 为相位相干性， $S_1$ 和 $S_2$ 分别表示主影像和辅影像， $x$ 表示复数像元值， $*$ 表示复数共轭相乘。相干性值越高，像元的相位信噪比越大。

在考虑地表形变、高程误差、大气影响及失相关情况下，每个PS点的差分相位组成可表示为公式(3)：

$$\phi_{diff} = \phi_{topoE} + \phi_{def} + \phi_{orb} + \phi_{atm} + \phi_{noise} \quad (3)$$

公式(3)中， $\phi_{topoE}$ 为DEM数据高程不精准造成的残余地形相位； $\phi_{def}$ 为地表形变引起的相位差； $\phi_{orb}$ 为在不精确的轨道参数下，去平地相位过程中引入的轨道误差相位； $\phi_{atm}$ 和 $\phi_{noise}$ 分别为大气和噪声引入的相位。

PS点选取后，以点为基础构建解算网络，在网络上进行弧段参数求解获取形变速率的差、高程残差的差和整周模糊度的差，分离残余相位(包括轨道误差、大气噪声和非线性形变的相位)。网络构建常用方法有自由网、三角网和星型网，如图4所示，从左至右依次为自由网、三角网、星型网，三者计算冗余度各有优劣，可根据实际情况选择。

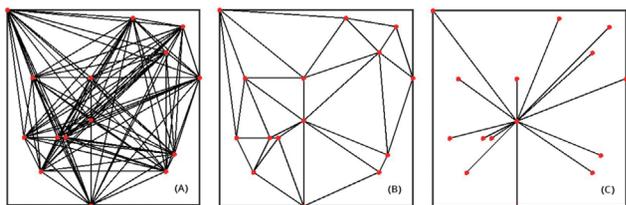


图4 常见的构网方式

利用最小二乘网平差，分别以形变速率的差、高程残差的差和整周模糊度的差为观测值，计算每个PS点的形变速率和高程残差，并对PS点的相位进行解缠。然后建立线性形变模型，计算PS点时序线性形变，并与非线性形变加和，恢复时间序列形变，完成PS点形变监测。

#### 4 结果与分析

基于27期 Sentinel-1 影像数据，利用 PS-InSAR 技术，获取2023年地表形变观测点2150.86万个，其中郑州市域地表形变观测点1252.98万个，如图5所示。图5有聚集特征的红色点为存在地面沉降的区域，绿色点是地表稳定、无形变区域，部分蓝色点是存在地面抬升或高程误差的区域（具体情况需具体分析），无点区域是地物辐射较弱、相干性较低的区域，通常分布在田间、山地、河流。

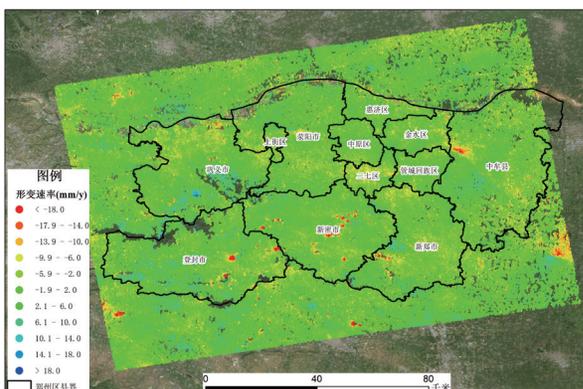


图5 郑州市2023年地表形变速率

经过分析可知，2023年郑州市地表形变速率为 $-64.89 \sim 35.22 \text{ mm/y}$ ，平均形变速率为 $-0.31 \text{ mm/y}$ ，明显的沉降区有25个，主要分布在新密市。通过查看高分辨率光学卫星影像，新密市沉降区大多在村庄及周边。

郑州市沉降速率最大的区域位于登封市，通过对比光学卫星影像，发现有煤矿企业在沉降区西北角，推测该区域地面沉降的原因是地下煤矿开采。速率最大的沉降区及最大形变点时序变化趋势如图6所示，沉降趋势为线性形变，没有减速或加速迹象。

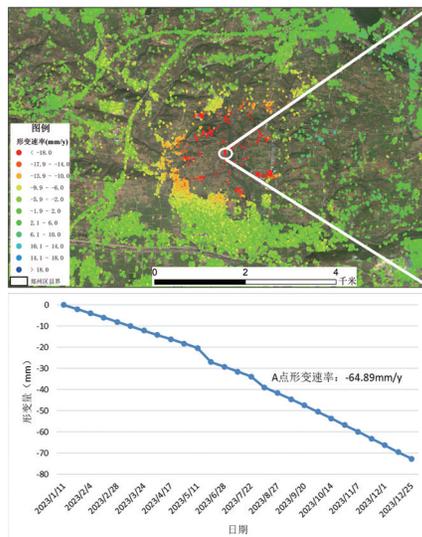


图6 速率最大的沉降区及形变趋势

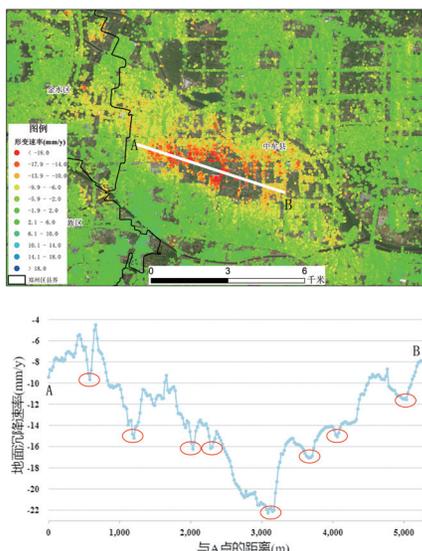


图7 面积最大的沉降区及沉降速率剖面线

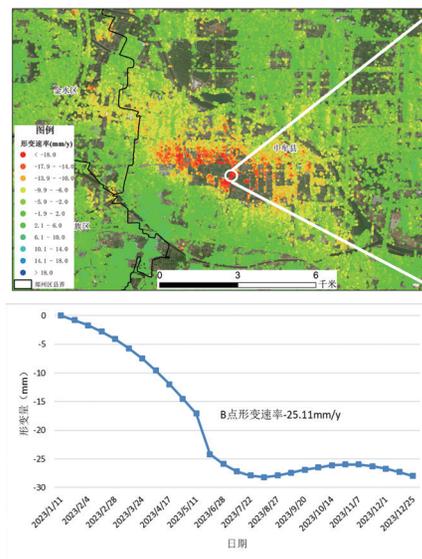


图8 面积最大的沉降区及形变趋势

郑州市面积最大的沉降区位于中牟县,通过对比光学卫星影像,沉降区分布有耕地、工矿企业、居民区等,推测该区域地面沉降的原因是地下水开采。面积最大的沉降区及沉降剖面线分析如图7所示,该区域有一个较大的沉降漏斗,形变速率达 $-22\text{mm/y}$ ,周边分布多个较小的沉降漏斗,形变速率从 $-10\text{mm/y}$ 至 $-17\text{mm/y}$ 不等。取一点分析形变趋势,如图8所示,5月11日至6月16日形变加速下沉,随后趋于稳定。

## 5 结论

基于多期 Sentinel-1 卫星影像,利用 PS-InSAR 长时序形变监测方法,可实现大范围、长时序、高精度的地表形变监测。研究的形变监测结果显示,2023年,郑州市存在明显的地表沉降区25个,大多集中在新密市的乡村居民点。沉降区形变速率最大为 $64.89\text{mm/y}$ ,位于登封市煤矿开采企业附近。沉降区面积最大为 $9\text{km}^2$ ,位于中牟县,土地利用现状为耕地、工矿企业、居民区等。分析数据时发现,部分 PS 点的时序曲线不够平滑,各期形变量存在跳变现象。这是由于采用的影像期数较少、各类残余相位估计不准造成。下一步,将采用近三年影像开展地表形变观测,

(上接第33页)

至24天后,沉降量达到稳定状态,最大沉降量为 $55.26\text{mm}$ 。

## 4 结束语

通过对 BDS 技术在建筑物沉降变形监测中的应用进行系统分析,重点研究了数据降噪与预测模型对稳定期总沉降量预测的有效性,获得以下结论:

(1) BDS 监测数据受施工扰动因素影响呈现显著波动特征,噪声水平明显高于常规水准监测,对原始数据的降噪处理在变形监测中具有必要性。

(2) 采用改进后的小波阈值降噪方法,监测数据噪声得到有效消除,降噪结果与水准监测数据的相对误差分布在 $5.7\% \sim 10.9\%$ 。

(3) 通过对比评估4种回归模型,验证抛物线模型在内部拟合和外部预测的准确度上均表现出色,适用于建筑物稳定期沉降趋势的数学建模。

(4) 基于24天连续监测数据分析表明,监测点累计沉降量已进入稳定阶段,最大沉降量收敛于

充分估计并去除误差。

## 参考文献

- [1] 郑州市统计局综合处.历年城市建设[EB/OL].(2023-04-01)[2025-01-24].<https://tjj.zhengzhou.gov.cn/ndsj/3093093.jhtml>.
- [2] 河南省人民政府.郑州市人民政府关于2024年郑州市城市建成区规模的通告(郑政通[2025]1号)[EB/OL].(2025-04-29)[2025-05-09].<https://public.zhengzhou.gov.cn/D0104X/9289959.jhtml>.
- [3] 汪宝存,李芳芳,潘登,等.PS-InSAR技术在郑州市地面沉降调查中的应用[J].测绘科学,2013,38(5):43-45.
- [4] TAŞÇI, L. Dam deformation measurements with GPS[J]. Geodesy and Cartography, 2012, 34(4):116-121.
- [5] Short N, LeBlanc A M, Sladen W, et al. RADARSAT-2 D-InSAR for ground displacement in permafrost terrain, validation from Iqaluit Airport, Baffin Island, Canada[J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 141:40-51.
- [6] 祝杰,刘洋洋,邵银星,等.利用SBAS-InSAR技术监测北京地面沉降[J].地震地磁观测与研究,2023,44(3):168-176.
- [7] 何庆成,刘文波,李志明.华北平原地面沉降调查与监测[J].高校地质学报,2006(2):195-209.
- [8] 余海坤,王微,王晓娜.多源参考数据下陆探一号DEM精度分析——以河南某区域为例[J].有色金属(矿山部分),2024,76(4):191-198.

$55.26\text{mm}$ , 监测时段内未出现异常变形特征。

## 参考文献

- [1] 杨洋,刘濛濛,高成发.基于BDS的变形监测方法及性能分析[J].测绘工程,2023,32(4):44-50.
- [2] 黄鑫,张继文,于永堂,等.基于北斗定位系统的地下车库深基坑沉降监测与分析[J].测绘通报,2023(9):18-24.
- [3] 何义磊,张云龙,张冠军,等.顾及系统偏差的BDS铁路边坡监测方法[J].测绘通报,2023(4):64-70.
- [4] 金福铭,段意,刘智慧,等.北斗在电力杆塔沉降监测系统中的应用[J].全球定位系统,2024,49(1):54-59.
- [5] 李海洋.复杂环境下BDS/GNSS桥梁变形监测算法的研究与应用分析[D].武汉:武汉大学,2022.
- [6] 王新鹏,黄声亨,张文,等. BDS/GPS组合定位在高层建筑施工基准传递复核中的应用[J].测绘工程,2021,30(3):41-44,50.
- [7] 王炜栋,王明孝.基于BDS PPP技术的超高层建筑变形监测[J].全球定位系统,2019,44(6):58-62.
- [8] 李龙,苗程广,李响,等.高精度BDS+GPS变形监测技术在特高压线路地质灾害监测中的应用[J].测绘通报,2024(3):140-144.

# 基于CCDC和RF算法的南京市撂荒耕地提取与时空变化分析

纪乐文 张馨月

(江苏省地质测绘大队, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 耕地撂荒是土地利用与覆被变化的重要现象, 对农业生产和粮食安全产生深远影响。研究以南京市为研究区, 依托 Google Earth Engine (GEE) 平台, 利用 2015~2023 年 Landsat5、Landsat7、Landsat8 遥感影像, 综合连续变化检测与分类算法 (CCDC)、随机森林分类算法 (RF) 优势, 开展南京市 2016~2023 年的撂荒耕地提取与时空变化研究。结果表明, CCDC 和 RF 算法实现了对撂荒耕地的提取, 且提取精度较高, 整体 F1 分数可达 0.87; 南京市撂荒耕地面积在 2016~2023 年间呈现初期上升、后期整体波动式下降趋势, 2017 年达到峰值 431km<sup>2</sup>。研究结果可为南京市制定农业政策、保障粮食安全提供科学依据。

**关键词:** 南京市; 耕地撂荒; 时空变化; 随机森林; CCDC 算法

## 1 引言

耕地资源是农业发展的基础, 对于保障国家粮食安全具有重要意义。然而, 随着城镇化进程的加速, 大量农村人口流向城市, 导致耕地撂荒现象日益严重。撂荒耕地不仅造成土地资源浪费, 还可能引发生态环境问题, 如水土流失、土壤质量下降等。及时准确监测耕地撂荒情况, 获取撂荒耕地的分布范围和面积, 分析时空变化特征及其驱动因素, 对于合理规划土地利用、制定耕地保护政策、保障粮食安全、促进农业可持续发展具有重要意义<sup>[1,2]</sup>。

南京市作为江苏省的省会城市, 农业发展在全省乃至全国都具有重要地位。然而, 随着城市化的不断推进, 南京市耕地撂荒问题日益凸显。以南京市为研究区, 利用遥感技术和机器学习算法, 对南京市 2016~2023 年的撂荒耕地进行提取和时空变化分析, 以期能为南京市农业可持续发展提供科学依据。

## 2 研究区与数据

### 2.1 研究区概况

南京市位于江苏省西南部, 地处长江下游, 地理坐标为北纬 31° 14'~32° 37', 东经 118° 22'~119° 14', 研究区位置如图 1 所示。全市总面积约 6587.02km<sup>2</sup>, 其中耕地面积约占总面积的 20%。南京市属亚热带季风气候区, 四季分明, 降水充沛, 年平均气温约 15.4℃, 年平均降水量约 1106mm。研究区地形以平原

和低山丘陵为主, 地势东高西低, 土壤类型多样, 适宜多种农作物生长。南京市农业以种植业为主, 主要农作物包括水稻、小麦、玉米、蔬菜等。近年来, 随着城市化进程的加快, 南京市耕地面积不断减少, 且存在一定的耕地撂荒现象。因此, 对南京市耕地撂荒情况进行监测和分析具有重要意义。

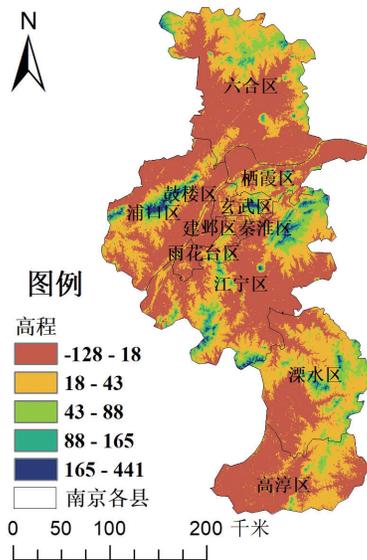


图1 研究区区位

### 2.2 数据来源及预处理

#### 2.2.1 Landsat 影像获取与预处理

研究选用 Landsat5、Landsat7 和 Landsat8 卫星影像为数据源, 覆盖南京市 2015~2023 年间的农作物生长季节 (3~10 月)。通过 GEE 平台对影像进行

**作者简介:** 纪乐文 (1992—), 女, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事地理信息系统、遥感技术与应用工作。

筛选和预处理，包括辐射校正和几何校正、条带修复（针对 Landsat7）、去除云层和阴影干扰、条带修复等步骤，最终共筛选出约 300 景 Landsat 影像用于后续分析研究。

### 2.2.2 样本数据获取与筛选

样本数据的准确性对于分类结果至关重要。本研究采用分层随机采样与目视解译相结合的方式获取样本数据。首先，利用长时序土地利用和土地覆盖分类产品（如年度中国土地覆盖数据集 CLCD 和 ESA WorldCover）进行叠加分析，筛选出稳定耕地和非耕地样本点。结合谷歌影像和原始影像进行目视解译对样本点进行逐年筛选和验证，确保样本数据的准确性和可靠性。

研究共选用 5000 个样本点，将样本的 80% 用于训练，20% 用于测试，采用交叉验证策略，对算法参数进行调整和优化，选出最优参数组合，实现南京市耕地撂荒提取工作。

## 3 研究方法

研究通过 CCDC 算法、RF 算法对研究区耕地撂荒进行长时间序列监测，通过 GEE 平台收集获取覆盖南京市 2015 ~ 2023 年 Landsat5、Landsat7、Landsat8 影像，并进行预处理，提取光谱特征、植被指数、纹理特征、地形特征，构建时序特征集合；结合长时序土地利用产品和谷歌影像，通过分层采样与目视解译相结合的方式获取研究所需的训练样本，逐年筛选检查；应用随机森林概率模型绘制 2016 ~ 2023 年耕地概率图；根据撂荒耕地的定义，运用 CCDC 算法对耕地概率时间序列进行变化检测，以此识别耕地向非耕地转变的突变点，进而提取出撂荒耕地，生成南京市耕地撂荒分布图。具体技术流程如图 2 所示。

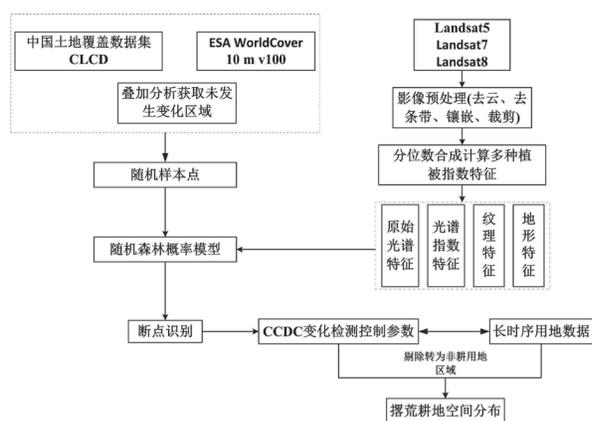


图2 技术流程

### 3.1 特征因子集合构建

研究以 Landsat 系列遥感影像数据为基础构建特征因子集，选取影像原始光谱信息（Blue、Green、Red、NIR、SWIR1、SWIR2）6 个波段作为原始光谱信息特征子集；结合植被对近红外波段（NIR）反射率高、红光波段（Red）吸收率高的特点，构建归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation Index, NDVI）、增强型植被指数（Enhanced Vegetation Index, EVI）、归一化水体指数（Normalized Difference Water Index, NDWI），并构建 NDVI、EVI、NDWI 指数的 20% 与 80% 分位数合成，用于表征植被动态变化过程（NDVI\_p20、NDVI\_p80、EVI\_p20、EVI\_p80、NDWI\_p20、NDWI\_p80）。

植被区具有较高的 NDVI 值，而裸露的土地或裸地则呈现较低的 NDVI 值，然而高植被覆盖地区敏感性较低。EVI 增加了蓝波段增强植被信号，并校正土壤背景和气溶胶散射影响，对高植被覆盖区域更加敏感<sup>[1-4]</sup>。NDWI 水体或植被中的液态水含量变化具有较高敏感性，可作为水体与陆地的区分指标，耕地通常是干燥的，具有较低的 NDWI 值，而水体则具有较高的 NDWI 值。

影像纹理特征可通过图像色调变化频率特征，揭示地物细部结构的空分布模式。耕地耕作会产生独特的纹理特征，可作为土地利用分类的要素特征。研究采用灰度共生矩阵（graylevelco-occurrence matrix）算法提取对比度（contrast）、方差（svar）和平均值（savg）三类纹理特征；据以往研究经验，地形因子对土地利用具有一定的影响能力，耕地多分布于地形相对简单、地势平坦、海拔较低的地区<sup>[2]</sup>，基于此，研究引入高程（DEM）以及坡度（Slope）因子作为提取撂荒耕地需要考虑的特征之一。多源遥感特征指标计算如表 1 所示。

表1 多源遥感特征指标计算

特征类型	特征名称	特征公式
原始光谱信息	Blue, Green, Red, NIR, SWIR1, SWIR2	B2, B3, B4, B8, B11, B12
	归一化植被指数 (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$
光谱指数	增强型植被指数 (EVI)	$EVI = \frac{2.5 * (NIR - RED)}{(NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)}$
	归一化水体指数 (NDWI)	$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$
纹理特征	对比度 (contrast)、方差 (svar)、平均值 (savg)	以 3*3 邻域为基础计算
地形因子	高程	DEM
	坡度	SLOPE

### 3.2 随机森林概率模型

随机森林是一种基于集成学习理论的机器学习算法，通过构建多个决策树来提高分类精度和稳定性。研究选用随机森林概率模型计算每个像素点属于耕地类别的概率值，该值以 0 到 1 的连续数值表示，越接近 1，表示该像素点为耕地的可能性越高<sup>[5]</sup>。

### 3.3 CCDC 时空变化检测

CCDC 算法由 ZHU 等开发，是一种基于 Landsat 卫星观测数据、在像元尺度上运行的时间序列分割算法，能够充分利用时间序列中所有可获取的观测数据。首先，利用 Fmask 算法对云及云阴影进行掩膜处理，随后整合每个像元的所有可用 Landsat 观测数据，来构建时间序列模型。当新的连续观测值超出预期范围（即达到 3 倍均方根误差）时，算法会自动标识断点，重新估计新的时间序列模型，在断点前后分别生成两个时间序列段。研究基于 CCDC 算法对耕地概率时间序列开展变化检测，以识别耕地向非耕地转变的突变点，实现撂荒耕地的精准提取。

研究以 2015 年为起始点，2023 年为结束点，采用 CCDC 算法提取 2016~2023 年耕地概率突变点。通过判断突变点变化幅度是否大于 0，来区分撂荒（负值）还是恢复（正值）。将变化幅度为负的点判定为撂荒，检测每个像素的耕地概率随时间的变化，并记录所有断点，从而确定耕地转为非耕地的具体位置和时间。停止耕地后，部分土地被重新开发利用为建筑用地，这一转化并不归为撂荒耕地，因此结合 CLCD 数据集，叠加去除转为建筑用地的区域，其他区域若连续 2 年或以上未耕种，则判定为撂荒地。CCDC 算法的参数设置如表 2 所示。

表2 CCDC算法参数设置

名称	参数描述	取值
Num Segments	在时间序列上拟合的最大段数	10
min Observations	触发断点条件的最小观测数	6
chi Square Probabilit	卡方统计变化概率阈值	0.99
minNum Of Years Scaler	模型最小年份定标值（控制识别出的变化趋势所对应的最小时间跨度）	2
dateFormat	模型使用的日期格式（1表示算法内部对特定日期格式的标识）	1
maxIterations	最大迭代次数	1000

### 3.4 精度分析

为验证撂荒耕地提取精度，在研究区随机选取样本点，通过目视解译方式确定该样本点类型。对 2016 年至 2023 年撂荒耕地结果逐年进行混淆矩阵精度验证，计算 F1 分数，得到每年精度结果，如表 3 所示。

结果表明，2016~2023 年撂荒耕地 F1 分数平均为 0.87，非撂荒耕地 F1 分数平均为 0.89，通过土地覆被变化提取 2023 年撂荒耕地，并计算 F1 分数，撂荒耕地 F1 分数为 0.86，非撂荒耕地 F1 分数为 0.93，提取精度较高。

表3 2016~2023年撂荒耕地制图精度

年份	用户精度		生产者精度		F1分数	
	撂荒地	非撂荒地	撂荒地	非撂荒地	撂荒地	非撂荒地
2016	0.80	0.93	0.91	0.75	0.85	0.83
2017	0.93	0.88	0.87	0.94	0.89	0.90
2018	0.90	0.86	0.85	0.91	0.87	0.88
2019	0.92	0.94	0.92	0.94	0.92	0.94
2020	0.80	0.93	0.91	0.75	0.85	0.83
2021	0.84	0.85	0.77	0.90	0.80	0.87
2022	0.93	0.90	0.87	0.94	0.89	0.91
2023	0.89	0.92	0.85	0.91	0.86	0.93

## 4 结果与分析

### 4.1 特征重要性结果

通过绘制不同年份的波段特征重要性图（如图 3 所示），可以发现 EVI\_p80、NDVI\_p80、近红外波段在随机森林模型中具有较高的重要性和可分异性，对于区分耕地和非耕地起到显著作用。

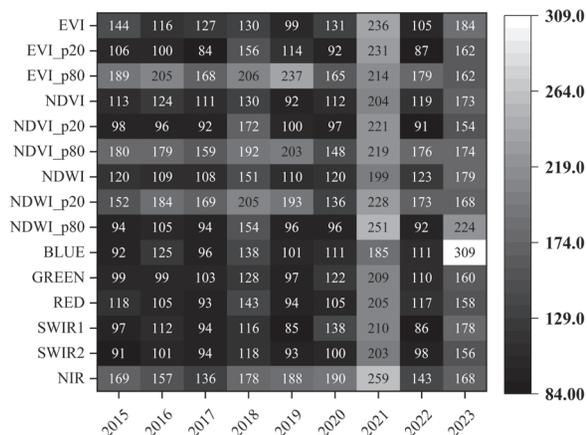


图3 不同年份的波段特征重要性

### 4.2 耕地概率空间分布

利用随机森林概率模型，计算研究区内像元的耕地概率值，评估每个像元被判定为耕地的可能性，并以 0 到 1 的连续数值表示。值越接近 1，表明该像元为耕地的可能性越高。研究区 2016~2023 年不同年份的耕地概率空间分布如图 4 所示。2016 年至 2023 年，研究区内耕地的空间分布发生了一定变化，耕地高概率区主要分布于南京市外围区域，以及建筑聚集区、沿河区周边。随着时间推移，城市化进程加快，非耕地区域扩张明显，建筑聚集区范围显著扩大，导致耕

地空间分布更加破碎化，这在一定程度上反映了城市化对耕地资源的持续挤压效应。

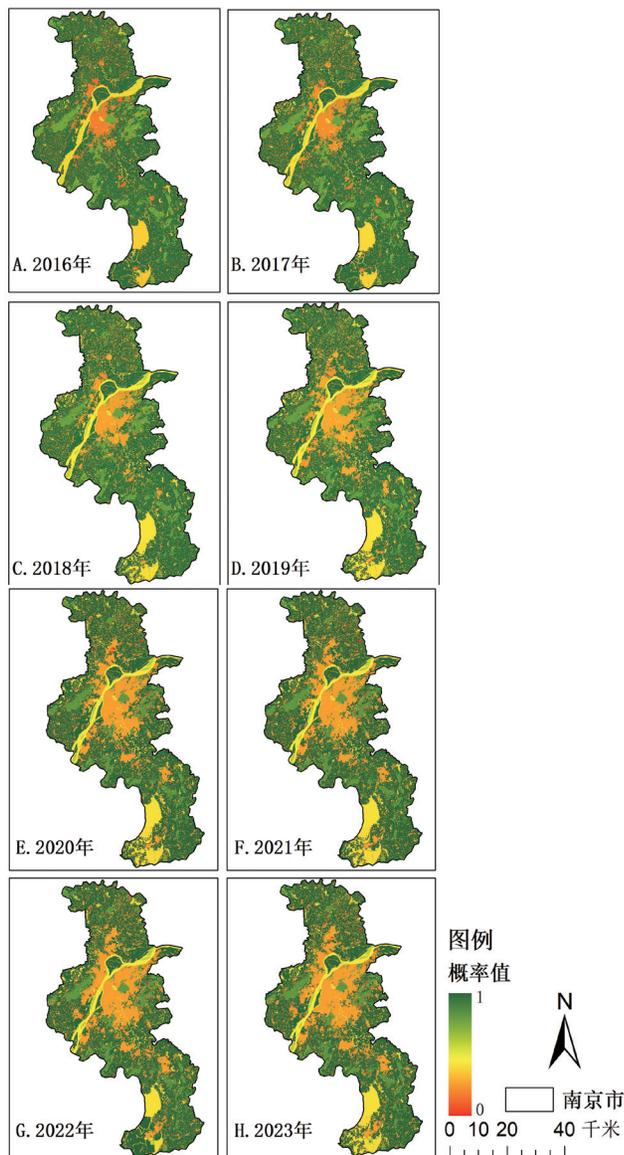


图4 2016~2023年耕地概率空间分布

### 4.3 撂荒耕地时空变化分析

得益于不断加强的耕地保护措施及相关政策干预，如《关于印发〈江苏省农业支持保护补贴（耕地地力保护）实施方案〉的通知》（苏财基层〔2017〕14号）、《关于进一步规范2021年度耕地保护补贴发放工作的通知》（宁规资〔2021〕159号）等政策，通过明确补贴对象、对撂荒地停发耕地保护补贴资金等措施，激励农民恢复耕种或合理管理土地，有助于控制耕地撂荒现象。

基于CCDC变化检测算法，识别出南京市2016~2023年间的撂荒耕地面积，统计结果如图5所示。由图5可以看出，2016~2023年间，南京市撂

荒耕地面积呈初期上升、后期整体波动式下降趋势；2017年撂荒地面积达到峰值，为431km<sup>2</sup>，随后开始波动式下降，2020年后得到有效控制，至2023年降至最低约86km<sup>2</sup>。

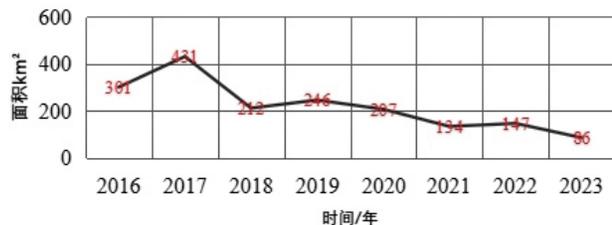


图5 2016~2023年南京市撂荒耕地面积

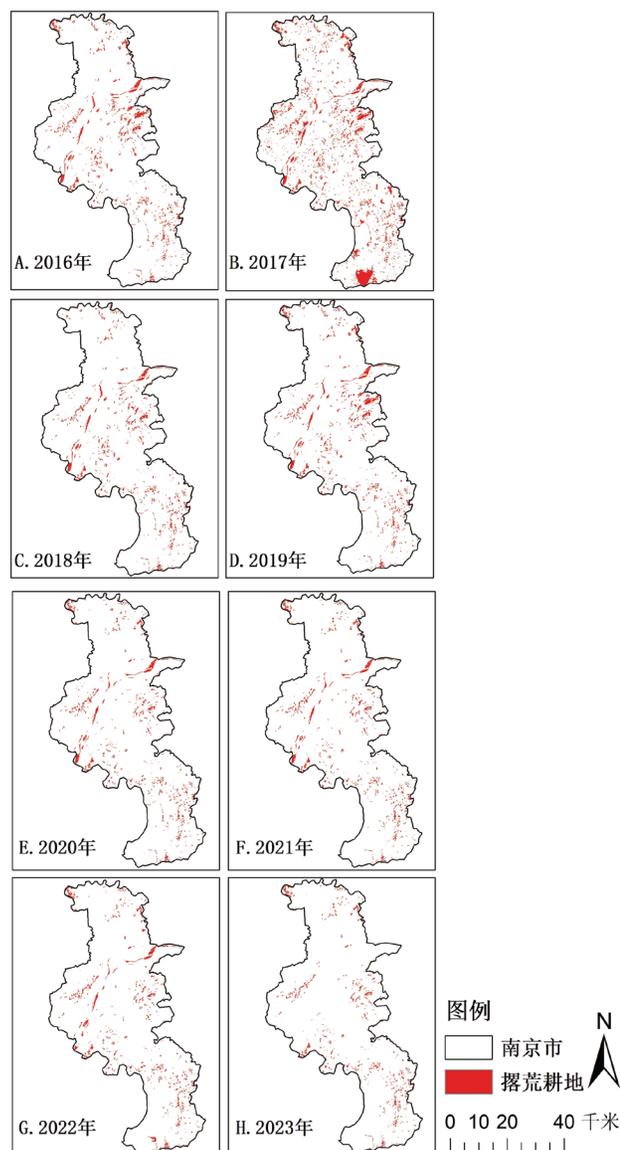


图6 2016~2023年南京市撂荒耕地空间分布

2016~2023年南京市撂荒耕地空间分布情况如图6所示，结合南京市区划情况分析发现：（1）撂荒耕地主要分布于高淳区、六合区、溧水区等郊区和农村（下转第45页）

# 基于ArcGIS的兴趣点抽稀表达方法

蒋泽娅 钟衣 赵淑鲜

(南昌市测绘勘察研究院有限公司, 江西 南昌 330038)

**摘要:** 在制作多级别电子地图时, 需要在庞大、密集的点集合中选出与各级电子地图相适应的兴趣点, 清晰、合理表达地图范围内相对重要的地物要素。基于 ArcGIS, 利用标注的优先级和标注长度, 提出一种兴趣点抽稀方法, 并给出 10~20 级南昌市电子地图的点抽稀方案, 不仅能够满足各级电子地图的表达层次需求, 且图面清晰美观, 避免了因标注互相压盖影响地物判读的现象。

**关键词:** 兴趣点; 标注; 抽稀

## 1 引言

在制作多级别电子地图时, 通常需要依据不同的显示比例尺, 对地理要素数据源进行内容上的合理选取和概括, 平衡各级地图的负载量和视觉效果, 解决多级显示比例尺之间的内容衔接矛盾。

研究者根据应用需求和数据质量已提出多种实用方法。葛银杰等人提出基于四叉树算法的 POI 分级优化显示方法<sup>[1]</sup>, 通过对不同要素赋不同长度的编码(编码长度代表编码级别), 并在同一级别通过距离阈值进行筛选。王文杰等人提出一种多比例尺下基于网格的 POI 数据抽稀方法<sup>[2]</sup>, 将数据范围划分为面积相等的网格, 在每个网格中根据权重选取最重要的点。ArcGIS 提供了高级智能标注引擎 Maplex, 可将符号和注记绑定标注, 通过相同距离阈值计算出地图上所有标注的最佳位置, 达到抽稀的目的<sup>[3]</sup>。第一种方法未充分考虑标注长度不统一的问题, 第二种方法未能考虑到兴趣点的密度对比问题, 第三种方法通过牵引线标注的符号与实际位置有偏移, 不够精确。鉴于此, 根据兴趣点的显示级别、重要度、标注距离三要素, 提出一种按从大到小的比例尺顺序进行抽稀的方法, 不仅能精确表示兴趣点位置, 完全避免标注压盖, 还能优先显示重要地物要素, 保留了源数据的密度关系。

## 2 兴趣点的特征与表达要求

兴趣点数据是与人们生活息息相关的社会公共信息资源, 是智慧城市地理空间框架的重要组成部分<sup>[4]</sup>。兴趣点按照大类分为地名地址、政府及民间组织、体育卫生、文教科技、生活服务、餐饮娱乐、旅游住宿、金融保险、商业服务业、企业单位、公共设施、商务

住宅、交通运输、邮政电信等 14 大类<sup>[5]</sup>。

### 2.1 兴趣点的属性特征

兴趣点数据在调查阶段, 分为点、线、面三种实体形态, 最终所有地物均由一个点表示。不同类别的要素空间分布特征与分布密度不同, 重要性也不同。根据《地理信息公共服务平台地理实体与地名地址数据规范》, 兴趣点具有名称、类别、显示级别、重要度、标签等属性。其中, 类别属性分为大类、中类、小类, 在符号配置时主要参考小类属性值。显示级别为某个兴趣点可以出现的最小显示比例尺级别, 分为 10~20 级, 10 级对应 1:577 792 比例尺, 每增加一个级别比例尺增大一倍, 20 级为 1:564 比例尺。标签表示同类兴趣点的专有称呼。重要度代表各类兴趣点之间、不同标签的同类兴趣点之间的相对重要性, 以兴趣点所属类别的自有级别和服务范围、影响力区分。

### 2.2 兴趣点显示要求

多级别电子地图表达需要达成以下效果: (1) 图面不表示地址信息; (2) 除地名标注外, 下一级别的兴趣点必须包含上一级别的兴趣点, 如 15 级选取标注的兴趣点也必须在 16 级选取标注; (3) 有空间包含关系的地物要素, 包含地物应优先于被包含的地物进行显示, 如某大专院校的学校包含其学院或教学楼; (4) 不同比例尺段侧重不同层次 POI 信息的表达<sup>[6]</sup>, 重要度高的地物优先显示, 如重点中小学应优先于普通中小学显示; (5) 有线性关系的重要地物需在同一级别同时显示或不显示, 如地铁线上的地铁站名称应在某一级别同时显示或同时不显示。

兴趣点的原有属性可以决定地物要素社会意义上的相对重要性, 但是无法反映地物要素之间的空间包

**作者简介:** 蒋泽娅(1998—), 女, 汉族, 本科, 助理工程师, 主要从事地图编制、数据处理和地理信息化等工作。

含关系，即自然属性上的相对重要性。因此，显示级别的原有属性值不能满足应用级多级电子地图的表达需求，需要结合兴趣点调查阶段的地物形态重新赋值。

要素的显示级别由要素类别和自然属性共同决定。去除电子地图图面无须表达的地址信息，兴趣点的表达类别有地名、公共管理服务、餐饮、住宿、教育文化、医疗卫生、批发零售、休闲娱乐、企业等 13 个大类，其中与公众生活密切相关的地物（如公共管理服务、教育文化、医疗卫生等）显示优先级较高。

自然属性反映了兴趣点代表的地物形态及其拓扑关系。地物形态为“面”的兴趣点主要包括地名、小区，公共服务设施院落等。其中，地市级地名代表的面积最大，包含其他地物要素。将这些点集合按照包含关系分类，并依据地物代表“面积”的相对大小排序，依次为行政地名、自然地物、自然村 / 小区 / 院落。地物形态为“线”的兴趣点主要包括道路、河流等，分别按照道路等级和河流等级排序赋值，等级越高，显示优先级越高。地物形态为“点”的兴趣点主要包括楼栋和商铺。

显示级别的取值范围为 10~20，数值越小，优先级越高。“面”形态地物依次从 10~15 级开始显示；“线”形态地物依次从 11~17 级开始显示；“点”形态地物中，楼栋依次从 15~17 级开始显示，商铺类则从 17 级开始显示。同一级别显示的不同要素需要进行重要度区分，重要度取值范围为 1~60，数值越低表示权重越高，抽稀时选取优先级越高。

### 3 POI 抽稀原理

#### 3.1 兴趣点的距离阈值

将兴趣点之间的距离阈值以标注缓冲区距离的形式作为抽稀干预因素。缓冲区分析是围绕空间的点、线、面实体，自动建立其周围一定宽度范围内的多边形，用以识别这些实体或主体对邻近对象的辐射范围，从而为某项分析或决策提供依据<sup>[7]</sup>。标注缓冲区是围绕地名地址兴趣点名称生成的标注外包矩形向外扩展一定宽度后形成的缓冲矩形区域，用于识别该区域的图形或文本。若在缓冲矩形区有其他标注，则依据一定的优先级顺序，改变该标注相对于点的放置方向，直至标注不在缓冲区内，则选取该标注。标注的放置方向依次为正右、正左、正上、正下、右上、左上、右下、左下（如图 1 所示）。标注缓冲区距离设为标注高度的 3 倍，若标注放置在点的任何方向均无法避开缓冲

区，说明该标注代表的点与缓冲区标注代表的点有距离冲突，无法选取。



图1 标注放置方向顺序

#### 3.2 兴趣点的权重值

兴趣点的权重值以标注优先级的方式作为抽稀因素，由显示级别和重要度共同决定，表达形式为（显示级别，重要度）。显示级别值为首要判断标准，值域为 [10, 20]，值越小，权重越大；重要度为次要判断条件，值域为 [1, 60]，值越小，权重越大。显示级别相同时重要度值越小，权重越大。

根据 POI 显示级别和重要度的所有值，可以组合出 660 种权重值，如表 1 所示。

表1 权重值

显示级别 重要度	10	11	12	13	...	20
1	(10, 1)	(11, 1)	(12, 1)	(13, 1)	(..., 1)	(20, 1)
2	(10, 2)	(11, 2)	(12, 2)	(13, 2)	(..., 2)	(20, 2)
3	(10, 3)	(11, 3)	(12, 3)	(13, 3)	(..., 3)	(20, 3)
...	(10, ...)	(11, ...)	(12, ...)	(13, ...)	(..., ...)	(20, ...)
60	(10, 60)	(11, 60)	(12, 60)	(13, 60)	(..., 60)	(20, 60)

#### 3.3 兴趣点抽稀原理

设某点的显示级别为  $a$ ，重要度为  $b$ ，标注距离阈值为  $d$ ，则该点的权重值为  $(a, b)$ ，该点的标注与最近点的标注最小距离为  $d$ 。按照权重值点集合  $U$  升序排列，过滤出权重值最小  $(10, 1)$  的点进行右侧优先标注，并在标注周围生成距离为  $d$  的缓冲区（如图 2 所示）。依照顺序将若干点进行右侧标注，若某标注与  $W_1$  的缓冲区范围无冲突，则选取（图 2 选取标注三）；若某标注与  $W_1$  的缓冲区范围有冲突，则改变冲突的标注方向，直至与已选取的点集合缓冲区无冲突，然后选取（图 3 选取了标注二，图 4 未选取任何标注，图 5 选取了标注四）；若某点标注放在任何方向，都会与缓冲区范围有冲突，则舍弃该点（图 5 舍弃标注五）。

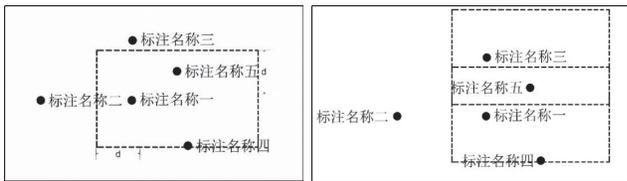


图2 右侧标注后选取

图3 左侧标注后选取

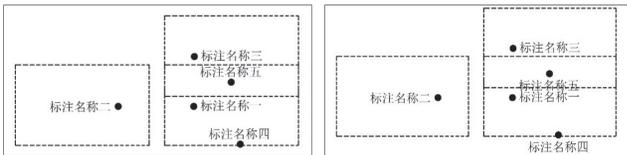


图4 上方标注后选取

图5 下方标注后选取

设  $(a_n, b_n)$  为最小权重值, 对应的点集合为  $W_n$ , 经缓冲区范围选取后得到  $U_n$ 。再从点集合  $U - \sum_{n=1} W_n$  ( $n$  为整数,  $n < 660$ ) 中过滤出权重值最小的点集合  $W_{n+1}$  进行标注,  $W_{n+1}$  的标注与点集合  $\sum_{n=1} U_n$  ( $n$  为整数,  $n < 660$ ) 的标注缓冲区不得有冲突, 自身内部点标注的缓冲区范围也不得有冲突, 通过选取后得到  $U_{n+1}$ 。利用 Arcmap 的“标注优先级排序”遍历权重值表中所有值的点, 得到  $U_1, U_2, U_3 \dots U_{660}$  生成的全部标注, 最大级别的兴趣点抽稀结果为  $U_1 + U_2 + \dots + U_{660}$ 。最大级别的 POI 选取流程 (见图 6 所示) 是单级别的 POI 抽稀流程, 多级 POI 抽稀流程为最大级别到最小级别 (即 20 级到 10 级) 的 POI 抽稀过程, 下一级别的抽稀基础兴趣点为本级别的抽稀结果数据。

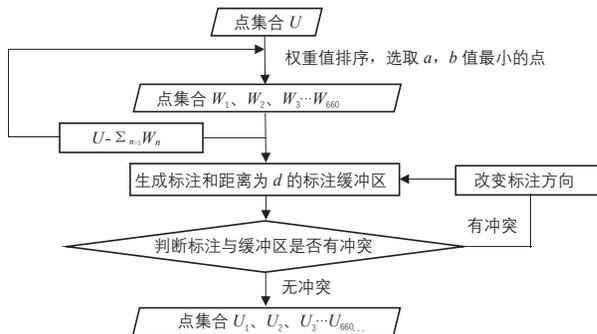


图6 最大级别POI抽稀流程

## 4 抽稀实现过程

### 4.1 单级别 POI 抽稀过程

首先, 兴趣点源数据以相同方式标注所有要素, 标注大小为 12px。为使标注在图面更紧凑, 使用特殊语句将名称超过 8 个字符的要素折行标注, 设置干扰项, 不允许标注压盖自身符号。符号与标注之间保持 2px 的距离, 不允许标注相互压盖, 将标注缓冲区阈值设为 3, 即缓冲区距离为标注高度的 3 倍, 也就是 36px。这些设置将确保每个标注之间有足够的距离,

不会相互压盖。

其次, 在兼顾读者习惯和图面美观性的前提下, 对标注的放置方向进行优先级排序, 依次为正右、正左、正上、正下、右上、左上、右下、左下。完成以上设置后得到的标注, 如图 7 所示, 仅为考虑距离阈值的抽稀结果。

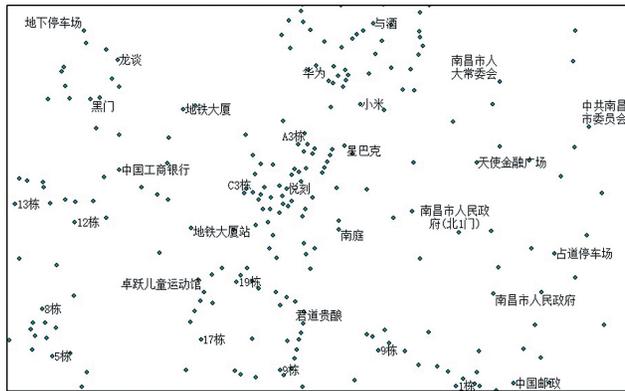


图7 仅设置距离阈值的抽稀结果

然后, 对 POI 进行“显示级别 - 重要度”的定义分类, 为每个类添加不同的标注, 再设置标注优先级, 升序排列所有类, 得到最终的标注结果, 如图 8 所示。



图8 基于标注权重和缓冲区阈值的抽稀结果

最后, 将显示的标注转为注记, 基于显示的标注与兴趣点建立唯一连接关系, 选出该级别抽稀得到的兴趣点。得到各级 POI 抽稀结果后, 根据 POI 原本的分类制作有代表意义的符号和注记。

### 4.2 多级 POI 抽稀过程

根据电子地图各级比例尺的表达要求和 POI 抽稀原理, 下一级别的兴趣点必须包含上一级别的兴趣点, 因此, POI 的抽稀流程需从最大级别开始, 每一级别都以更大一级的抽稀成果数据为基础再抽稀。假使源数据为  $P$ , 以  $P$  为基础数据, 从 20 级开始抽稀, 抽稀结果为  $P_{20}$ ;  $P_{20}$  处理后作为 19 级的抽稀基础数据, 得到  $P_{19} \dots$  依此类推, 得到 10 ~ 18 级的结果, 具体过程如图 9 所示。

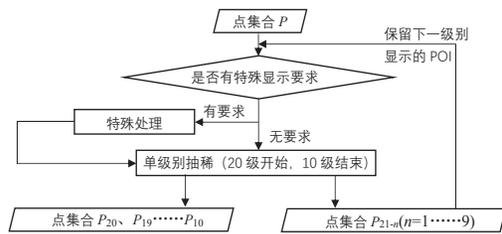


图9 10~20级电子地图POI抽稀过程

对每一级别抽稀结果进行下一级别再抽稀时，需根据显示级别进行保留处理，去除显示级别值大于当前抽稀级别的点，剩余的点集合作为本级别抽稀的基础数据。在某个特定级别，需考虑某些要素整体显示的特殊要求，例如，“楼栋号”仅在19级和20级显示，因此在18级数据抽稀时需将19级结果数据中的“楼栋号”去除，才能作为基础数据；“枢纽、互通”“高速服务区”需从16级起全部显示；“地铁站”需从17级起全部显示；“地铁站出入口”需从18级起全部显示。在进行标注时，这些要素类应在开始显示的级别设置为“必须标注”，确保表达的完整性。

## 5 结语

通过对多级电子地图中 POI 显示要求及兴趣点属性特征进行研究，提出了一种基于 ArcGIS 的兴趣点抽稀表达方法。该方法综合考虑地物要素的形态特征、空间关系、重要度、标注长度和密度等因素，选取显

示级别、重要度和标注缓冲区阈值三个影响因子，共同进行抽稀，并以南昌市红谷滩区范围内的地名地址兴趣点为试验数据进行论证。结果表明，经抽稀处理后，各层兴趣点标注密度适中，无压盖现象，保持不同区域点集合的密度关系，有效平衡了图面表达效果与承载能力。此外，抽稀结果实现了地名地址兴趣点数据在不同级别电子地图中的科学分层表达，各级 POI 过渡平滑，满足电子地图多尺度可视化表达的要求。

## 参考文献

- [1] 葛银杰,过一凤,余建军,等.基于四叉树算法的POI分级优化显示方法研究[J].测绘与空间地理信息,2017,40(3):160-162.
- [2] 王文杰,王乃生,申传庆.一种多比例尺下基于网格的POI数据抽稀方法[J].测绘技术装备,2020,22(3):33-36,44.
- [3] 侯辉娇,林旭芳,赵海强.电子地图中POI数据抽稀方法研究[J].北京测绘,2017(S1):236-239.
- [4] 袁春东.地名地址数据内外业一体化精准采集方法与实现[J].城市勘测,2024(5):42-45,50.
- [5] 牛凤辉.地名地址数据调查及数据建库建设研究[J].智能城市,2018,4(10):31-32.
- [6] 杨敏,艾廷华,卢威,等.自发地理信息兴趣点数据在线综合与多尺度可视化方法[J].测绘学报,2015,44(2):228-234.
- [7] 刘新洪,李天,张永波.基于ArcGIS的点抽稀方法的研究[J].经纬天地,2015(1):31-34.

(上接第41页)

地区，这些区域耕地资源相对丰富，受城市化进程、农业劳动力转移等因素影响，更易出现耕地撂荒现象；（2）与2016年相比，2017年撂荒地分布明显增多，之后逐年减少，其中高淳区、六合区、溧水区变化最为明显，至2023年，各区撂荒耕地面积均已降至较低水平。

## 5 结论

研究基于 GEE 平台整合 Landsat 长时序影像，采用随机森林概率模型与 CCDC 变化检测算法相结合，提取撂荒耕地，数据具有较高的精度和可靠性。研究表明：（1）2016~2023年撂荒耕地提取 F1 分数为 0.87，精度较高；（2）在耕地撂荒提取中，EVI<sub>p80</sub>、NDVI<sub>p80</sub>、近红外波段在随机森林模型中具有较高的重要性和可分异性；（3）南京市撂荒耕地面积在2016~2023年间初期呈上升趋势，至2017年达到峰

值 431km<sup>2</sup>，随着政府相关政策的实施，耕地撂荒面积呈波动式下降，耕地撂荒主要分布在南京市六合区、溧水区等区县。

## 参考文献

- [1] 夏玉松,周启刚,李辉,等.基于决策树与NDVI时序变化检测的撂荒耕地的地形特征研究——以重庆市巫山县为例[J].水土保持通报,2024,44(4):383-393.
- [2] 周小迦.丘陵地带耕地撂荒遥感监测应用研究[J].国土资源遥感,2024,36(1):235.
- [3] 叶鹏师,孙正辉,赵之重.基于遥感的海东市乐都区撂荒耕地空间分布特征研究[J].南方农业,2024,18(1):65-69.
- [4] 林娜,全海琳,李双桃,等.基于SHAP可解释特征优选的撂荒耕地遥感提取[J].农业工程学报,2025,41(14):291.
- [5] 李仿.黄土高原地区地块尺度撂荒耕地遥感监测研究[D].兰州:兰州理工大学,2024.

# 基于三维激光和探地雷达的城市道路三维测量技术研究

卢静维

(广州市城市规划勘测设计研究院有限公司, 广东 广州 510060)

**摘要:** 城市道路的数字化是智慧城市建设的重要组成部分。传统测量手段往往难以同时获取道路的地上与地下信息, 限制了道路全要素三维建模和隐患排查的深度。为此, 研究提出一种基于移动推车平台的三维激光雷达(3D LiDAR)与三维探地雷达(3D GPR)协同测绘系统, 通过GPS时钟+GNSS/IMU定位实现地上地下点云数据的同步采集与融合。该系统集成高性能传感器阵列、数据同步控制、后处理模块以及推车载体, 能够高效同步获取道路地表结构、附属物、地下管线及空洞等要素的高精度三维数据。通过实实验证, 该系统可在厘米级精度下同时重建地上一地下三维结构, 具备良好的连续性与结构辨识能力, 能够为市政维护、交通管理及数字孪生城市构建提供关键技术支撑。

**关键词:** 三维激光雷达; 探地雷达; 点云融合; 道路测量; 智慧城市

随着城市化进程的不断加快, 城市道路不仅承担着交通运输的基本功能, 同时也是市政基础设施与地下管线密集分布的重要载体。道路系统的结构安全、服务能力及地下空间状态直接影响城市运行的稳定性和安全性。在智慧城市建设背景下, 道路的数字化、信息化测绘成为城市治理现代化的重要支撑。然而, 传统道路测量手段往往存在“重地表、轻地下”问题。三维激光雷达(Three-Dimensional Light Detection and Ranging, 3D LiDAR)技术虽然能高效获取道路及周边的地面几何结构信息, 但对地下空洞、管线、构造物等隐蔽目标几乎无能为力; 而探地雷达(GPR)则具备探测地下介质反射特征的能力, 但受限于精度、定位与成像方式, 难以实现结构化三维表达和与地面信息的统一集成<sup>[1]</sup>。

因此, 亟须一种集成化、多源协同的测绘方法, 同步获取道路地上与地下的全要素信息, 实现一体化的三维建模与可视化分析。研究提出一种融合三维激光雷达与三维探地雷达(Three-Dimensional Ground Penetrating Radar, 3D GPR)的地上一地下一体化道路测量系统, 创新性地同一移动平台完成激光点云采集与地下探测数据获取, 并通过统一时空基准与数据融合算法, 实现道路的“表里如一”建模, 为城市道路病害监测、地下管网普查、交通数字孪生构建等提供高效、精确的数据基础。

## 1 系统组成与工作原理

为实现城市道路地上与地下信息的同步采集与融合建模, 研究设计并搭建了一套推载式双雷达协同移动道路测绘系统, 集成高性能传感器阵列、时间同步模块、定位定姿模块、数据采集与控制系统, 可在城市复杂环境下开展高效率、高精度的地上一地下道路信息获取和数据融合。整个系统由硬件平台、数据同步控制模块、定位导航系统、数据处理模块四个部分构成, 如图1所示, 其工作原理和系统流程如下。



图1 系统组成

### 1.1 系统硬件平台组成

该测绘系统安装于移动推车平台, 便于在人行道、非机动车道及施工路段等复杂城市场景灵活作业。系

**作者简介:** 卢静维(1986—), 女, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事工程测量(规划测量)工作。

统上部搭载一台旋转式三维激光雷达，可以实时获取道路表面及周边环境的三维点云数据。研究选用的LiDAR为32线混合固态扫描器，具有31°的垂直视场与360°的水平视场，可实现全方位环境扫描，适用于复杂地形建模与障碍物检测。点云采样频率高，能够实现道路结构、井盖、路缘、标志物等目标的细致还原<sup>[2]</sup>。

系统下部配置了一组探地雷达阵列，采用多通道并行工作方式。具体为7个发射天线与6个接收天线交错布置的GPR阵列，中心工作频率为450MHz，工作频带适中，可实现约5m深度内0.04m分辨率的地下介质结构成像。GPR阵列通过滚动方式连续采集地下横截面信号，并结合行进方向叠加形成三维体数据。

此外，为实现高精度的姿态解算与空间基准定位，系统还配备了高精度全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）接收机与惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU），支持GNSS/INS紧耦合定位。GNSS提供绝对地理坐标基准，IMU提供姿态角与动态响应能力，可保障系统在信号遮挡、复杂地形等情况下仍具备连续稳定的轨迹输出能力。GNSS时钟模块为系统内所有传感器提供统一的UTC时间基准，确保多源数据在采集端即完成时间同步，为后续的融合建模奠定基础。

## 1.2 数据同步与系统控制

系统控制模块以嵌入式工控机为核心，负责统一调度各个传感器的工作状态、触发采样命令、缓存原始数据，并进行初步质量监控。所有传感器的采样以GNSS时间信号为参考，通过时间戳同步机制为每一个数据帧打上准确的UTC时间标识，从而在时间维度上保证激光点云数据与雷达回波数据的协同一致性。

为实现空间基准的一致性，系统以WGS-84坐标系为统一的空间参考系。基于GNSS+IMU系统实时输出车体在三维空间中的位置与姿态信息，利用这些信息将LiDAR点云与GPR切片数据转换到相同的坐标体系下，确保来自不同传感器的数据在后续处理时能够准确对齐。

在作业过程中，系统启动时首先完成IMU零偏初始化，进入连续工作状态后，由工控机统一调度激光雷达与探地雷达采样进程，同时记录GNSS和IMU数据流。GPR系统每秒产生多个垂直剖面，随平台行进逐步叠加成三维地下体数据；激光雷达每秒输出上百万个点的地表三维信息<sup>[3]</sup>。所有数据流将被统一存储，进入后端的融合建模与可视化流程。

## 1.3 工作原理与数据流程

系统的核心工作原理是将地上三维激光雷达与地下探地雷达在同一平台同步运行，通过统一时空基准与坐标解算，将多源数据进行高精度配准与融合，从而构建道路“表里如一”的三维模型。系统工作流程可概括为“多源同步采集—时间统一标定—空间坐标解算—数据协同融合”四个连续环节，各环节之间依次衔接、相互支撑。

(1) 采集阶段。系统启动后，激光雷达以高频率旋转扫描，实时获取道路表面及周边环境的带时间戳三维点云；同时，探地雷达阵列随平台滚动前进，连续采样地下介质反射信号，逐步叠加生成三维雷达体数据<sup>[4]</sup>。此阶段实现了地上、地下原始信息的同步获取。

(2) 同步阶段。采集完成的多源数据首先通过GPS时钟统一时间基准，确保激光点云与雷达信号在时间轴上一一对应。通过时间戳匹配，可有效避免数据错位，为后续空间配准提供时间一致性保障。

(3) 定位阶段。在时间对齐的基础上，GNSS与IMU协同解算平台采集轨迹与姿态信息，并结合各传感器的安装几何参数，将激光雷达与探地雷达的数据精确投影到全局统一的WGS-84坐标系，实现空间基准一致化。

(4) 融合阶段。在时空双重对齐的前提下，将GPR三维体数据转换为地下点云，并与LiDAR地面点云进行空间拼接。融合过程中采用刚体变换与姿态修正等配准算法，实现无缝衔接，最终生成同时包含地面几何细节与地下结构分布的综合三维模型。

通过这一串联紧密的流程，系统通过一次外业作业即可同时获取道路结构、地下设施及周边环境等全要素信息，还能在融合结果中实现地上一地下空间的连续性表达与几何精确对齐。最终成果为城市道路空间信息的精细化建模、多源数据协同分析以及隐患快速识别，提供了坚实的数据支撑与直观的可视化效果。

## 2 关键技术

在实现城市道路地上与地下三维信息同步测绘过程中，系统面临多源异构数据时空统一、探地雷达信号质量不稳定、空间定位精度要求高以及跨域数据融合困难等多方技术挑战。为此，研究围绕时空基准统一、雷达数据增强与三维成像、三维坐标解算与点云融合环节展开探讨，三者依次衔接、层层递进，其中时空基准统一是实现多源数据有效融合的前提，探地雷达

数据增强与三维成像是提升地下信息识别精度的核心，三维坐标解算与点云融合则是生成高精度、一体化三维模型的关键环节。

### 2.1 时空基准统一

为确保多传感器采集数据具备一致的参考框架，系统在时间上引入 GNSS 时钟模块作为统一时基源，所有传感器在采集数据时均打上协调世界时 (Coordinated Universal Time, UTC) 时间戳，实现 1ms 级时间同步精度。在空间方面，采用 WGS-84 坐标系作为统一的地理参考框架，结合 GNSS/IMU 系统输出的高精度位置  $(X, Y, Z)$  与姿态角 (滚转角  $\varphi$ 、俯仰角  $\theta$ 、航向角  $\psi$ )，利用坐标变换矩阵  $T=R_z(\varphi)R_y(\theta)R_x(\psi)+t$ ，将各传感器的局部坐标系数据实时转换至 WGS-84 坐标系。选取多源采集的同一时间断面，计算 LiDAR 点云与 GPR 点云的时间差异均值与标准差，结果显示平均偏差  $< 0.9\text{ms}$ ，标准差  $0.4\text{ms}$ ，满足后续配准精度需求。

### 2.2 探地雷达信号增强与三维成像

为提升地下结构识别精度，针对 GPR 信号在采集过程中易受噪声干扰、频谱扩散及深层衰减等问题，研究构建了“直流漂移校正一带通滤波去噪一时间增益补偿”的增强处理流程。其中，直流漂移校正采用滑动平均窗口 (窗口长度 64 个采样点) 消除基线漂移；带通滤波则使用中心频率 450MHz、通带范围 350~550MHz 的 6 阶巴特沃斯滤波器，以抑制低频地层噪声与高频尖锐干扰。在此基础上，引入指数型时间增益补偿函数：

$$G(t) = e^{\alpha t}$$

对深层信号能量进行放大，其中  $\alpha=0.065$ ，为多次实验优化得到的经验值，可兼顾深层回波增强与噪声控制。在信号增强后，利用 GNSS/IMU 位姿数据将沿测线获取的二维 B-Scan 剖面定位至三维空间，按推进路径依次排列，并在相邻测线间进行空间插值，最终生成分辨率为  $0.05\text{m} \times 0.05\text{m} \times 0.02\text{m}$  的三维 C-Scan 数据体，并通过三维中值滤波平滑噪声。处理结果表明，信噪比由 14.3dB 提升至 23.9dB，深层 ( $> 3\text{m}$ ) 可识别反射界面由 5 条增加至 8 条，目标边界对比度提高 64%，显著增强了管线、空洞等地下结构的可识别性。

### 2.3 三维坐标解算与点云融合

实现地上与地下空间一体化建模的核心在于多源数据的空间坐标统一与融合。系统利用 GNSS/IMU 实时输出的三维轨迹和姿态角信息，结合探地雷达阵列各

通道的安装位置参数，将每个通道的采样点精确转换至统一的 WGS-84 世界坐标系，生成地下点云数据；同时，激光雷达点云也按照相同的空间参考系进行处理，确保两类数据在空间基准上的一致性。点云配准采用两阶段策略：首先基于 GNSS/IMU 数据进行刚体变换，实现初始对齐，再通过迭代最近点 (ICP) 算法进行姿态修正，从而在全局范围内实现精确配准。

在点云融合前，首先针对 LiDAR 点云 (密度约  $1200\text{pts}/\text{m}^2$ ，分辨率  $0.02 \sim 0.05\text{m}$ ) 与 GPR 点云 (密度约  $350\text{pts}/\text{m}^2$ ，分辨率  $0.05 \sim 0.10\text{m}$ ) 的密度与分辨率差异，采用 5cm 体素下采样对 LiDAR 数据进行均衡处理，并对 GPR 稀疏区域进行双线性插值补齐<sup>[5]</sup>。融合结果的精度评估表明，整体配准均方根误差为 2.1cm，地下管线与地面参照物的相对位置误差均值为 3.8cm，融合点云同时具备地面几何细节与地下结构分布的连续性，为道路结构精细化建模与多源信息综合分析提供了高精度数据支撑。

## 3 试验与结果

### 3.1 试验场地与设备配置

为验证所提系统在真实城市环境的作业性能，选取广州市荔湾区典型街区作为测试区域。该区域道路类型丰富，既包括主干道沥青铺装路面，也涵盖人行过街的砖石铺装段、绿化带小道、公交车站前道路，以及若干井盖、雨水算子等市政附属构筑物，具备典型的“多材质路面—多尺度城市元素”特征，是城市道路三维测量技术验证的理想场景。试验区交通流量适中，环境开放，具备良好的 GNSS 信号接收条件。测试使用的硬件平台配置与第 1.1 节所述一致，确保了试验的一致性与代表性。

### 3.2 数据采集流程

外业数据采集共分两天完成。第一天晴朗无风，以主干沥青路面为主线，完成 4 圈环形扫描；第二天多云，有轻度潮湿，增加对砖石人行道及绿化带小道的交叉扫描。每次测线前静止 30s 做 IMU 零偏校准，之后以  $0.7\text{m}/\text{s}$  匀速推行；GNSS 基准站距试验区 1.3km，RTK 固定解比例  $> 98\%$ 。两天累计行程 5.4km，获得 LiDAR 点云  $\approx 12.8 \times 10^8$  点、GPR 剖面 9927 条，原始数据量 1.6TB。

### 3.3 预处理与融合流程

(1) GNSS/INS 轨迹解算。使用 Tightly-coupled Kalman 滤波对两天全段进行轨迹平滑，剔除多路径异

常点 173 处，平面 RMSE1.9cm，高程 RMSE2.7cm。

(2) LiDAR 点云滤波。采用 Statistical Outlier Removal (SOR) 和 Radius Outlier Removal (RO) 两级去噪，再用 RANSAC 拟合路面平面初分割，点数保留率 97.4%。

(3) GPR 信号增强。经直流漂移校正、450MHz 带通去噪及  $\alpha$ -t 指数增益补偿 ( $\alpha=0.065$ )，S/N 平均提升 9.6dB，深度衰减补偿后可识别 -4.7m 反射。

(4) 点云化与双向配准。GPR 体素转化为点云时采用 voxel-to-point 中心映射，之后按 10ms 分片与 LiDAR 点云建立时间配对<sup>[6]</sup>。空间配准先用 GNSS/IMU 硬配准，再用迭代最近点算法 (Iterative Closest Point, ICP) 细配准，最终融合 RMSE2.1cm。融合点云共  $13.5 \times 10^8$  点，其中地下点约占 37%。

### 3.4 定量精度评估

为全面验证该系统在城市道路多要素三维建模中的精度表现，研究从空间定位、点云配准、地下目标识别等多个维度开展定量精度评估，具体评估结果如表 1 所示。

表1 精度评估

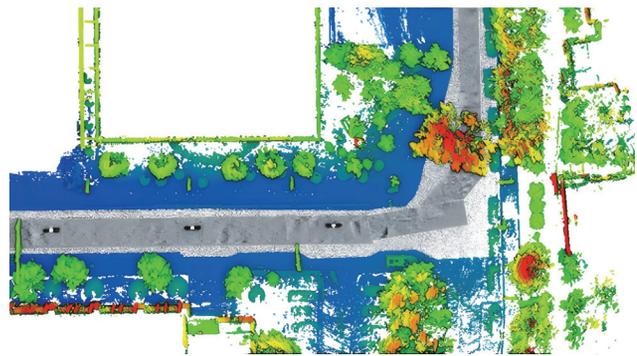
评价指标	方法	数值	说明
地表点云平面精度	与全站仪1cm网格DEM对比	1.8±0.9cm	400个采样点
地表点云高程精度	与静态RTK高程27点对比	2.3±1.2cm	最大误差4.8cm
地下管线定位误差	与探井实测对照	5.6±3.1cm	11处管线交叉口
GPR-LiDAR配准误差	ICP残差	2.1cm	50帧平均
地下空洞识别精度	P-R曲线下面积	0.91	基于人工标注68处空洞

结果显示，该系统可在厘米级精度下同时重建地上一地下三维结构，有效满足市政普查与病害定位需求，地面与地下三维点云地图的剖面图如图 2 所示。若道路下方出现空洞等情况，剖面图可用于快速准确判断空洞上方道路状态，以及是否存在其他导致道路塌陷的特征。通过对地面与地下数据进行融合分析，可以对道路问题做出更全面、直观的判断，验证了研究提出的技术方案的有效性。通过分析地上与地下信息，可准确、清晰且快速地掌握道路状况；一旦发现问题，能够结合现场实际情况迅速定位，并及时提出解决方案。

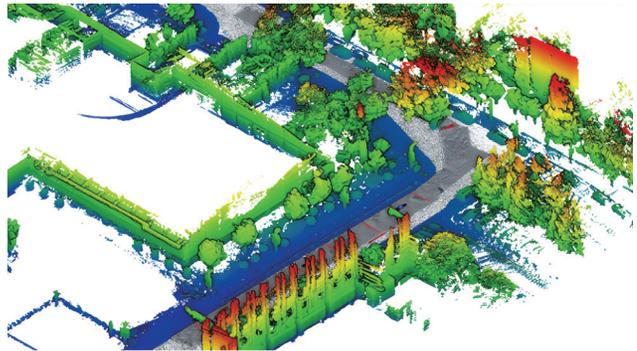
## 4 结语

研究提出一种融合三维激光雷达与三维探地雷达的城市道路综合测绘系统，实现道路地上与地下多要

素信息的同步采集、时空统一与三维融合建模。研究在广州市典型城市环境中完成实地测试，验证了该系统在道路结构重建、地下目标识别与隐患预警等方面的高精度与高效率。实测结果表明，该方法具备良好的通用性与可扩展性，能够为智慧城市建设中的数字道路、地下空间治理与市政资产管理提供可靠支撑。未来将聚焦智能解译算法、多平台协同采集与边缘处理优化，进一步推动地上一地下信息融合技术的工程应用与标准化建设。



(a)



(b)

图2 地上地下3D点云图剖面

## 参考文献

- [1] 王铭泽.基于激光雷达三维点云处理的土方测量应用研究[D].海口:海南大学,2024.
- [2] 刘国超,彭卫平,杨水华,等.地质雷达+三维测量内窥镜的城市道路病害检测与应用[J].测绘通报,2022(7):134-137.
- [3] 郑国庆.基于激光雷达的无人车室内场景构图与三维测量技术[D].南京:南京航空航天大学,2023.
- [4] 张英,汪勇,廖如超,等.三维激光雷达无人机树障实时测量系统研究[J].中国测试,2021,47(11):147-152.
- [5] 王春来,王小丽,王斐,等.SZT-R1000车载激光雷达测量系统在道路工程测量中的应用[J].经纬天地,2024(1):67-70,75.
- [6] 高攀,陈晨,苏哲,等.探索激光雷达测量(LiDAR)技术识别地质灾害隐患[J].安徽地质,2025,35(2):168-171.

# 基于多源遥感数据的韶关市森林郁闭度反演模型构建与估测

汪淑霞

(广东广量勘测规划有限公司, 广东 东莞 523000)

**摘要:** 针对传统实测方法监测范围小、效率低等问题, 提出一种结合机载激光雷达 (LiDAR) 与多源遥感影像的森林郁闭度估测方法。以广东韶关市为研究区, 联合机载 LiDAR 与多源影像数据, 生成冠层高度模型 (CHM), 计算郁闭度真值, 构建多特征参数; 引入随机森林回归模型 (Random Forest Regression, RFR), 通过特征重要性排序筛选关键参数, 构建最优郁闭度反演特征组合。结果表明: Sentinel-2 与 Sentinel-1 的特征组合 (S2+S1) 反演精度最高, 相关系数 ( $R^2$ ) 达 0.712, 均方根误差 (RMSE) 为 0.179, 平均绝对误差 (MAE) 为 0.107, 具有较高的反演精度。

**关键词:** 森林郁闭度; 机载 LiDAR; 多源遥感; 随机森林回归; 特征组合

## 1 引言

森林生态系统作为地球陆地生态系统的核心构成单元, 在气候调节、水土保持及生物多样性维护等关键生态过程中, 发挥着不可替代的基础支撑作用, 是维系陆地生态系统稳定与功能完整的关键载体<sup>[1,2]</sup>。森林郁闭度定义为林冠垂直投影面积与林地总面积的比值, 作为描述森林冠层覆盖状况的关键指标, 直接反映了森林的生长状况、光照利用效率及生态功能强度<sup>[3,4]</sup>。准确获取森林郁闭度信息, 对于森林资源调查、生态系统健康评估及碳储量估算具有重要价值。

传统森林郁闭度测定主要依赖实地调查, 耗时费力、成本高、覆盖范围有限。研究基于 LiDAR 点云数据构建冠层高度模型 (CHM), 通过阈值提取得到森林郁闭度真值, 作为模型训练数据和验证数据。同时, 综合利用多源卫星遥感数据 (Sentinel-2、Landsat-8 和 Sentinel-1 影像), 提取光谱特征与纹理特征, 按照来源将获取的特征参数分为 4 种组合。结合随机森林回归 (RFR) 算法构建反演模型, 通过对比分析不同特征组合模型, 筛选出最优模型和变量组合, 并应用于广东韶关市的森林郁闭度反演与制图, 为大范围、高效率的森林参数监测、区域碳汇评估提供科学依据。

## 2 研究区与实验数据

### 2.1 研究区概况

韶关市地处广东省北部、南岭山脉南部, 辖区面积 1.84 万  $\text{km}^2$ , 地势北高南低; 在地质上处于湘粤

褶皱带, 属亚热带季风气候, 夏热冬凉, 降水充沛, 水系发达; 韶关市自然资源丰富, 其中, 林业用地 144.64 万  $\text{hm}^2$ , 占土地总面积的 78.55%, 活立木蓄积量 1.01 亿  $\text{m}^3$ , 总碳储量 51.41 亿吨。研究区优势树种有杉木、马尾松 (广东松)、桉树和湿地松 (国外松) 等, 涵盖人工林与天然林, 林分结构复杂, 混生有阔叶树种, 乔木密度较高 (约 311 株/ $\text{hm}^2$ ), 林下植被丰富。

### 2.2 实验数据

#### 2.2.1 机载 LiDAR 数据

森林冠层三维信息的获取, 依托大疆 Matrice400 无人机飞行平台搭载 RigelVUX-1 激光雷达 (LiDAR) 扫描仪完成机载 LiDAR 数据采集。采集时飞行高度设为 1200m, 核心技术参数为: 点云密度不低于 4 点/ $\text{m}^2$ , 旁向重叠度超过 30%, 点云垂直精度优于 0.15m、水平精度优于 0.5m, 确保数据空间分辨率与准确性。

点云数据采集完成后, 首先开展去噪等预处理, 以消除干扰信息; 随后引入布料模拟滤波算法 (Cloth Simulation Filtering, CSF), 实现地面点与非地面点的精准分离; 基于分离结果分别生成数字表面模型 (Digital Surface Model, DSM) 与数字高程模型 (Digital Elevation Model, DEM); 最终通过 DSM 与 DEM 的差值运算得到冠层高度模型 (Canopy Height Model, CHM), 该模型可准确表征植被的实际高度信息。

#### 2.2.2 光学遥感影像数据

研究采用的光学遥感数据包括 Sentinel-2 和 Landsat-8 影像, 成像时间与 LiDAR 数据采集时间相近, 可减少物候差异对反演结果的影响。以光学影像的红

**作者简介:** 汪淑霞 (1977—), 女, 汉族, 本科, 高级工程师, 主要从事测绘地理信息工作。

(Red)、绿 (Gree)、蓝 (Blue)、近红外 (Nir) 波段构建光谱指数, 其中 Sentinel-2 对应波段空间分辨率为 10m, Landsat-8 对应波段空间分辨率为 30m。

### 2.2.3 微波遥感影像数据

微波遥感影像数据采用 Sentinel-1 卫星的合成孔径雷达 (SAR) 数据, 成像模式为干涉宽幅模式 (IW)、C 波段 (中心频率 5.405GHz)、双极化方式 (VV、VH)、单视复数 (SLC) 产品, 空间分辨率为 5m×20m (距离向×方位向)。

## 3 研究方法

研究综合采用多源、多模态遥感数据 (LiDAR、Sentinel-1、Sentinel-2、Landsat-8), 基于 LiDAR 点云数据构建冠层高度模型 (CHM), 经阈值提取得到森林郁闭度真值, 作为模型验证基准; 采用 Sentinel-1、Sentinel-2、Landsat-8 卫星影像等提取植被指数、纹理特征与雷达极化特征, 构建特征集。引入随机森林回归 (RFR), 验证不同的自变量组合方案对森林郁闭度反演的影响, 将  $R^2$ 、均方根误差等指标作为模型精度评价标准, 筛选最优特征组合, 提升模型泛化能力与反演精度。利用 Sentinel-1、Sentinel-2 卫星影像开展大范围森林郁闭度反演制图, 突破小范围验证局限, 为区域森林资源监测提供高效技术手段, 支撑林业精准管理与生态保护决策。具体流程如图 1 所示。

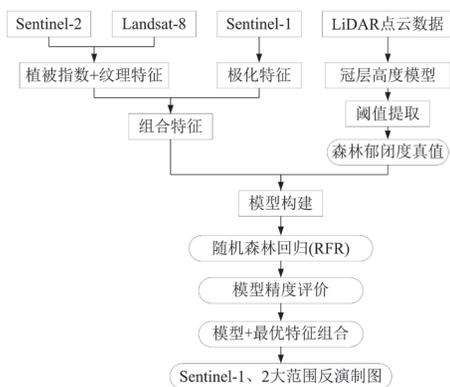


图1 技术流程

### 3.1 森林郁闭度真值计算

使用机载 LiDAR 点云数据计算森林郁闭度, 进行去噪处理, 消除异常值。然后以经过预处理的机载 LiDAR 点云数据为基础, 利用 Cloud Compare 软件的布料模拟法进行插值, 采用线性函数对数据空缺值进行填充。同时, 根据地面点数据生成 DEM, 利用所有植被第一次回波点云数据生成 DSM, 对 DSM 和 DEM 进行差值运算获取 CHM。样地 DEM 与 DSM 如图 2 所示。

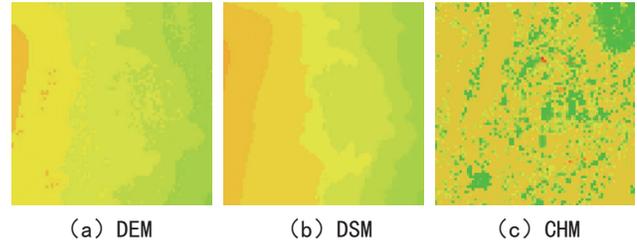


图2 激光点云数据CHM计算

采用固定阈值法根据 CHM 像元值判断是否为森林郁闭单元, 将 3m 作为阈值, 若 CHM 像元值  $\geq 3m$ , 则为森林郁闭单元, 否则为非郁闭单元。统计 Sentinel-2 像元对应 CHM 像元的郁闭度个数, 用郁闭单元的像元总数除以总像元个数, 得到森林郁闭度, 计算方法为:

$$CC = \frac{\sum CHM_{canopy}}{\sum CHM_{total}} \quad (1)$$

公式 (1) 中,  $CC$  为遥感影像像元的郁闭度,  $CHM_{canopy}$  为遥感影像像元内郁闭单元个数,  $CHM_{total}$  为遥感影像像元内对应  $CHM$  的总像元个数。利用  $CHM$  计算得到的森林郁闭度, 将数据随机分为训练集和验证集, 以便构建和评估 RFR 回归模型。

### 3.2 特征变量提取

从多源遥感数据中提取 14 种特征变量, 包括地物光谱指数特征、纹理特征和极化特征三类。

(1) 地物光谱指数特征: 包含归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)、增强型植被指数 (Enhanced Vegetation Index, EVI)、归一化绿色植被指数 (Normalized Green Vegetation Index, NDVIg)、绿波段叶绿素指数 (Chlorophyll Index-Green, CIg), 具体计算公式如表 1 所示。

表1 光谱指数特征

特征类型	特征名称	特征公式
地物光谱指数特征	归一化植被指数	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$
	增强型植被指数	$EVI = \frac{2.5 * (NIR - RED)}{(NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)}$
	归一化绿色植被指数	$NDVIg = \frac{NIR - Green}{Green + NIR}$
	绿波段叶绿素指数	$CIg = \frac{NIR}{Green} - 1$

(2) 纹理特征: 基于灰度共生矩阵 (GLCM) 从 Sentinel-2 和 Landsat-8 的近红外波段提取 8 种纹理特征, 窗口大小设为 3×3, 具体包括: 均值 (Mean, 反映纹理整体灰度水平)、均质性 (Homogeneity, 表征纹理分布的均匀程度)、对比度 (Contrast, 体现相邻像素的灰度差异幅度)、相异性 (Dissimilarity, 量化纹理的局部异质程度)、熵 (Entropy, 描述纹理灰度分布的复杂程度)、方差 (Variance, 反

映纹理灰度值的离散程度)、角二阶矩(Angular Second Moment, 表征纹理的平滑与规则性)、相关性(Correlation, 衡量相邻像素灰度的线性关联程度)<sup>[5]</sup>。纹理信息能精准捕捉森林冠层的空间结构差异, 弥补单纯依赖光谱信息(如像素灰度值)的局限性, 从而显著提升郁闭度反演的精度与可靠性。

(3) 极化特征: 从 Sentinel-1 SAR 数据中提取 VV 极化后向散射系数、VH 极化后向散射系数, 用于分析森林冠层、树干、林下地表的微波散射差异, 从不同物理机制反映森林的空间覆盖密度(即郁闭度), 通过极化差异互补, 精准量化郁闭度与森林结构的关联。

### 3.3 随机森林回归(RFR)模型构建

随机森林回归(RFR)是一种集成学习算法, 具有抗过拟合能力强、对高维数据适应性好等优点, 通过 Bootstrap 重抽样生成多个训练样本集, 每个样本集构建一棵决策树, 最终预测结果为所有决策树的平均值。

### 3.4 模型精度评价

研究使用随机森林回归法(RFR), 引入相关系数( $R^2$ )、均方根误差(RMSE)和平均绝对误差(MAE)来评价。综合反映模型精度, 具体计算公式如下:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{x}_i)^2} \quad (2)$$

公式(2)中,  $R^2$ 反映了自变量与因变量之间的相关性, 值越大, 表示自变量与因变量之间的相关性越高。

RMSE为测量预测值与实际值之间的标准差。RMSE越小, 表示预测模型的精度越高。计算公式如下:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (3)$$

MAE为平均绝对误差。MAE值越小, 表明模型的预测效果越好。计算公式如下:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \quad (4)$$

## 4 结果与分析

### 4.1 模型精度对比

根据特征变量组合, 使用RFR方法进行4种特征组合的对比实验, 包括: Sentinel-2数据提取的12种特征、Sentinel-2数据与Sentinel-1数据提取的14种特征、Landsat-8数据提取的12种特征、Landsat-8与Sentinel-1数据提取的14种特征, 以下简称S2、S2+S1、L8、L8+S1, 实验将数据按7:3分为训练样本和测试样本。

随机森林回归模型4种估测结果的散点图如图3所示。从散点图分布来看, 点的位置比较离散, 研究获取的特征变量和郁闭度训练与验证样本都是像素尺度, 像素的灰度值存在离散情况; 从散点图的不同位置来看, RFR模型在中郁闭度区域的拟合效果优于低郁闭度和高郁闭度区域; 从模型的4种特征组合情况来看, 加上S1特征的估测结果均优于没有加的特征组合, 在RFR方法中, 估测结果有所提升, 其中 $R^2$ 最高达0.712, RMSE为0.179, MAE为0.107。随机森林回归法在4种特征组合情况下的估测结果如表2所示, 其中, RFR中S2+S1组合的估测结果优于其他3种组合。

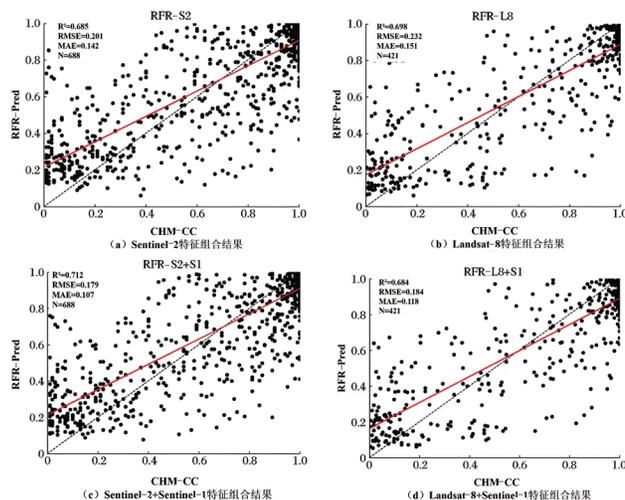


图3 随机森林回归模型精度验证结果散点

表2 不同特征组合模型精度统计

模型方法	特征组合	$R^2$	RMSE	MAE
RFR	S2	0.685	0.201	0.142
	S1+S2	0.712	0.179	0.107
	L8	0.698	0.232	0.151
	L8+S1	0.684	0.184	0.118

### 4.2 大范围森林郁闭度制图与分析

以广东韶关市为研究区, 基于RFR随机森林模型采用最优特征组合, 完成韶关市全区森林郁闭度反演。为提升统计分析的准确性, 在获取森林郁闭度制图结果后, 引入NDVI(归一化植被指数) > 0.5的筛选条件, 对非森林区域进行精准滤除, 通过该阈值掩膜处理, 成功剔除道路、河流、建筑物及裸地等干扰要素, 仅保留真实森林覆盖区域参与分级统计并空间制图, 最终生成的森林郁闭度空间分布结果如图4所示。

统计分析不同郁闭度等级面积占比, 结果如表3所示。由表3可知, 广东韶关市森林郁闭度整体特征为: 中等及以上郁闭度区域占森林总面积的60.7%。

(下转第57页)

# 河南省“天眼+自然资源”系统的研建与应用

周珍

(河南省自然资源综合保障中心, 河南 郑州 450000)

**摘要:** 河南省“天眼+自然资源”监测监管应用系统融合高分辨率遥感、大数据分析、人工智能(AI)算法等前沿技术,实现对自然资源执法的全方位、实时且高效监管。通过阐述该系统的构成、功能、应用成效以及技术创新亮点,彰显其在提升自然资源执法监察监管工作中响应快速、行动高效、处置妥当等优势。该系统不仅为河南省自然资源执法监察工作提供了有力的技术保障,也推动自然资源监管水平迈向新的高度。

**关键词:** 天眼+自然资源; 高分辨率遥感; 人工智能(AI)算法; 智能监测

## 1 引言

在构建新时代自然资源治理体系的背景下,合理开发与保护自然资源成为全球关注的焦点。当前,我国自然资源管理面临严峻挑战,如何实现资源可持续利用与生态环境有效保护成为亟待解决的问题<sup>[1]</sup>。作为经济和农业大省,河南省的自然资源执法监察工作尤为重要。近年来,卫片执法技术已成为自然资源执法监察的关键支撑,打破了传统依赖人工巡查的单一模式,显著提升了对违法用地行为的识别与监管能力。然而,受限于遥感卫星影像的观测周期及应用滞后性,违法违规建(构)筑物往往在形成后才被发现,导致拆除复耕等处置工作耗费巨大的人力、物力与财力。

与此同时,物联网、5G移动通信、人工智能、视频监控及大数据等新一代信息技术的持续演进与应用深化,为自然资源执法监察工作的技术升级提供了有利条件。对地观测与定位技术提升了动态监测精度,计算机与网络技术增强了信息化能力,云计算、大数据与人工智能技术支撑了自然资源智能化管理与服务,信息安全技术则筑牢了安全防护屏障。在此背景下,依托新一代信息技术,践行“发现在初始,解决在萌芽”的执法理念,全面提升自然资源管理与服务的智能化水平,构建自然资源监管“天眼”执法体系的技术条件与实践基础已逐渐成熟。

## 2 概述目标

河南省遵循“省级统一建设、三级一体”的原则构建了“天眼”管理平台。该平台深度融合高塔视频监控<sup>[2]</sup>、高分辨率遥感影像、地理信息等多源信息,

打造了“空天地”一体化监测体系,通过空间坐标匹配、时序关联算法,实现视频动态监测与卫星周期性扫描数据的互补融合,消除地形、地物遮挡导致的监测盲区,形成全域覆盖的资源监管数据基底。

基于天眼管理平台,河南省“天眼+自然资源”系统融合业务数据,搭建场景治理智能算法<sup>[3]</sup>,实现对自然资源违法违规行为的“实时发现、实时推送、实时处置”,有效提升了监管效能,达到“发现在初始,解决在萌芽”的线索闭环管理目标,为“互联网+监管执法”的智能化与高效化发展提供了新思路。

## 3 架构设计

河南省“天眼+自然资源”系统基于定制化开发模式,构建了违法线索汇聚、推送及处置的全流程业务闭环机制,并通过构建标准规范体系,实现对系统应用及资源管理的统一规制。该系统采用五层架构设计,包括用户层、API网关层、业务应用层、基础服务层、数据库层及运行环境层。系统总体架构如图1所示。

## 4 功能设计

河南省“天眼+自然资源”系统以提升自然资源监管效能为核心目标,集成“天眼”系统管理平台的视频监控资源与“河南一号”亚米级卫星影像数据,对已接入的监控设备,按10分/次的频率进行周期性轮巡与解析操作,实现对原始线索的实时捕捉与精准提取。基于线索属性分类、时间维度特征及优先级排序机制,平台可自动完成线索的定向分配,推送至相应的职能部门进行处置响应,构建起从线索识别到处

基金项目: 河南省自然资源厅2024年度省自然资源“揭榜挂帅”科技创新项目(2024-18)

作者简介: 周珍(1985—),女,汉族,硕士,工程师,主要从事河南省“天眼+自然资源”系统的管理及融合执法监察监管的研究探索。

置闭环的全流程管理机制。系统核心功能设计如下：

(1) 智能化监测与精准识别：综合利用视频流智能分析算法与卫星影像周期性变化检测技术，实现对土地利用变化、矿产资源开发等自然资源领域违法违规行为的高精度动态识别。

(2) 动态预警与闭环处置：建立实时预警机制，优化“线索发现—推送—分派—处置—反馈”流程，实现对违法行为的全流程动态管控与高效处置。

(3) 流程优化与决策支持：重构监管流程，提升执法响应速度与决策科学性，推动管理模式从被动应对向主动智能治理转变。

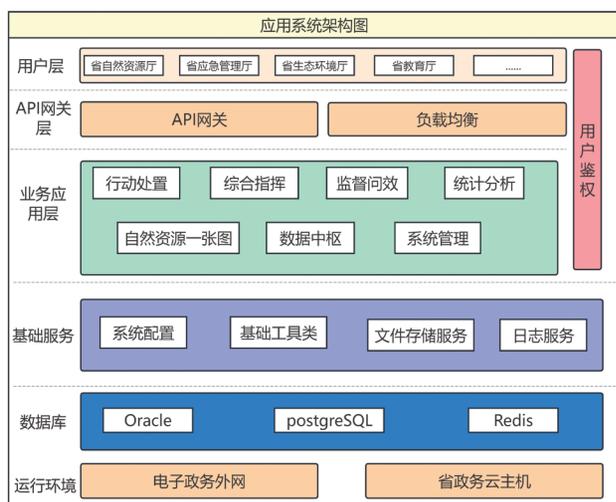


图1 系统总体架构



图2 “天眼+自然资源”应用系统核心功能

河南省“天眼+自然资源”系统的核心功能如图2所示，主要实现三大突破：一是基本实现耕地保护、矿产保护违法违规线索“实时发现、实时推送、实时处置”的闭环管理；二是链接国土空间基础信息平台，拓展自然资源领域生态治理、审批监管等多个应用场景；三是实时调取突发事件、违法现场的视频资源，

为自然资源调度指挥和统筹决策提供支撑。

系统的核心功能涵盖以下几个方面：

(1) 数据中枢系统：作为核心数据处理引擎，数据中枢系统负责接收多源监测线索，执行数据清洗、校验、抽取、融合及去重等关键操作，并利用人工智能技术优化处理规则。功能模块涵盖数据同步、治理、智能监管、线索管理与推送，为后续环节提供高质量、标准化的线索数据。

(2) 行动处置系统：主要构建自然资源违法行为与突发事件的全流程处置管理体系，固化处置指令规则，实现线索从智能分析、任务分派、多级协同处置（发现—分析—推送—处理—反馈—审核—归档）到结果归档的闭环管理。线索处置流程如图3所示。

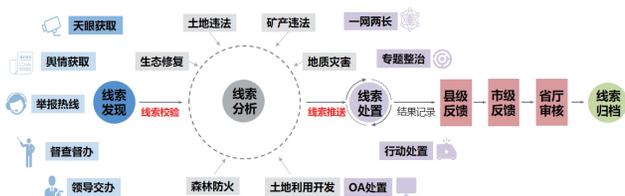


图3 线索处置流程

(3) 综合指挥系统：集成现场指挥大屏、远程视频监控、无人机及通信资源，提供运行态势统计、可视化展示、现场实时调阅与多源信息综合分析功能，为指挥调度与统筹决策提供直观、高效的支持平台。

(4) 监督问效系统：运用督察督办与综合评价机制，对省、市、县三级自然资源领域的违法违规问题处置效率、巡查执行情况及专项活动成效进行量化评估与考核，形成监管效能反馈闭环。

(5) 车载巡查接入系统：提供移动端实时接入能力，支持巡查车辆的车载终端数据采集、视频回传及语音对讲，扩展地面动态监测与现场指挥的覆盖范围与灵活性。

(6) 安全系统：构建纵深防御体系，涵盖应用防护（WEB应用防火墙）、数据安全（数据库审计、日志审计、服务器密码机）、网络隔离（网闸）及安全访问（SSL VPN），确保系统整体安全、可靠运行。

## 5 关键技术

### 5.1 容器和微服务化架构

河南省“天眼+自然资源”系统以构建自然资源领域“全方位、全天候、全过程”的动态监测预警网络为目标。为支持系统功能的持续扩展与7×24小时不间断稳定运行，采用容器化技术与微服务架构进行

搭建。

微服务架构通过业务解耦将系统划分为多个独立的服务单元，具备高可伸缩性、低耦合性和多语言开发支持能力。每个微服务专注于单一业务功能，分为前端服务与后端服务两类，服务之间通过注册中心协同，存在复杂的依赖关系，服务调用依赖服务注册表实现。在集群部署环境下，各微服务均配备负载均衡组件，确保持续可用性与高性能<sup>[4]</sup>。

微服务以镜像形式封装并运行于 Docker 容器。相比传统部署模式，Docker 通过将基础镜像与微服务打包成标准化镜像，显著简化部署流程，提升运维效率。容器集群由 Docker Swarm 统一管理，镜像资源则由镜像仓库集中存储与维护。

在容器化与微服务架构中，可通过数学模型辅助计算资源分配与服务间通信延迟。容器资源分配可采用公式（1）进行估算：

$$R_{total} = R_{cpu} + R_{mem} + R_{disk} + R_{network} \quad (1)$$

公式（1）中， $R_{total}$  表示容器的总资源需求， $R_{cpu}$  表示 CPU 资源需求， $R_{mem}$  表示内存资源需求， $R_{disk}$  表示磁盘资源需求， $R_{network}$  表示网络资源需求。

对于微服务架构，使用公式（2）来结算微服务之间的通信延迟：

$$T_{total} = T_{propagation} + T_{network} + T_{processing} \quad (2)$$

公式（2）中， $T_{total}$  表示通信延迟的总时间， $T_{propagation}$  表示信息传播时间， $T_{network}$  表示网络延迟， $T_{processing}$  表示处理时间。

## 5.2 智能（AI）算法

系统深度融合 AI 驱动的目标识别与变化检测算法，依托高清视频监控影像，基于 YOLO 目标检测架构进行建设。算法采用“EfficientRep”作为主干网络与颈部结构<sup>[5]</sup>，通过重参数化技术提升训练与推理阶段的一致性，并引入自蒸馏策略与量化感知机制，显著增强对特定地物的自动化识别精度。

结合时序影像分析与多尺度特征融合技术，敏锐捕捉不同时相中地物的差异特征，实现对目标物或事件的快速精准识别。通过视频图像与 AI 算法的深度融合<sup>[6]</sup>，系统实现了分钟级照片采样与智能识别能力，既有效缓解了多路摄像头在高码率（单路需 4M/s 带宽）传输与存储方面的压力，又可对人员闯入、车辆滞留等行为实现分钟级监测与预警，从而支撑自然资源违法行为的实时监测需求。

系统包含 13 种智能分析算法，涵盖工程车检测、

施工行为检测、植被覆盖检测、山体滑坡检测、车辆入侵检测、人员入侵检测、烟囱排气检测、水面漂浮物检测、游泳识别检测、垃圾堆检测、船只识别检测、有水无水检测、人车聚集检测等。其中工程车检测、施工行为检测、植被覆盖检测、山体滑坡检测、垃圾堆检测、人车聚集检测等为自然资源领域常用算法。

## 5.3 卫星遥感影像智能检测

基于双月更新的亚米级卫星影像数据，凭借广覆盖、高效率、大信息量、快响应、强客观性等特征，融合深度学习与计算机视觉算法，利用 CNN（卷积神经网络）强大的局部特征提取能力，以及 Transformer 模型对全局特征的卓越捕捉特性，提取影像中的多尺度特征，为变化检测提供区分度高、鲁棒性强的特征表示。在此基础上，构建变化检测模型，对比地物在影像前后时相的特征演化规律，有效识别建设用地扩张、违法开挖等典型地物变化类型<sup>[7]</sup>，为自然资源监管、耕地保护与执法监察提供高精度、量化的技术支撑。卫星遥感影像检测变化如图 4 所示。

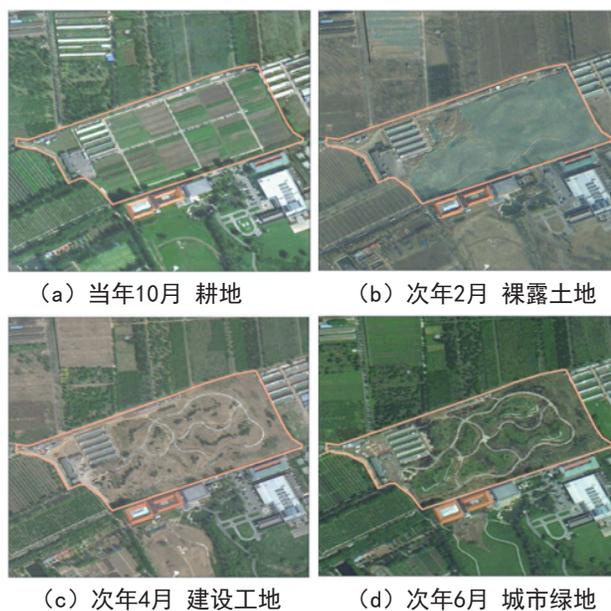


图4 卫星遥感影像检测变化

## 6 系统应用

### 6.1 耕地保护的应用

通过在耕地场景治理中配置算法（如图 5 所示），当视频监控画面抓取到工程车辆（如图 6 所示）时，系统会将对应的图斑位置匹配至卫星遥感影像上，并与时序遥感影像进行比对，确认该区域存在地表变化后，再进一步比对用地审批、全省临时用地、增减挂钩等业务数据，多维度进行核验，若无对应审批记录，

则初步判定该区域存在疑似违法用地行为，形成线索并推送至市、县（区）开展实地核实。



图5 划定电子围栏与配置智能算法



图6 抓取检测到的施工行为画面

### 6.2 矿产资源监管应用

在覆盖矿山区域的铁塔视频监控场景下，对矿山可开采地表区域进行场景治理，在可开采区域外划定电子围栏（如图7蓝色区域所示），加载工程车辆检测、施工行为检测等智能算法<sup>[8]</sup>，设定调度策略，系统开始调度视频监控进行轮巡监测。一旦在可开采边界外检测到工程车辆或施工行为，即判定为疑似非法开采行为（如图8所示），系统会将该事件进行记录，利用视频空间化技术，将事件在视频画面中的像素坐标转化为空间地理坐标，并结合遥感影像、矿业权数据库进行套合、分析、比对。若该事件发生时的空间地理信息坐标区域的遥感影像存在变化且无对应审批记录，系统将图斑推送至地市有关部门开展实地核验，最终生成核查线索。



图7 划定电子围栏与配置智能算法



图8 抓取施工车辆画面

### 6.3 地质灾害方面的应用

利用山体滑坡检测智能算法，实现对山体滑坡、崩塌等地质灾害特征的实时监测与识别。在铁塔视频监控场景下对视频监控可覆盖的地灾隐患点进行场景治理，划定电子围栏，加载山体滑坡检测智能算法，并设定调度策略，系统开始调度视频监控进行轮巡监测。系统利用同一视频监控在同一视角（PTZ值）不同时间抓取的两帧图像（分为基准帧和当前帧），输入山体滑坡检测智能算法进行分析。该算法首先通过“SIFT特征匹配”校正因摄像头轻微偏移（如风吹引起的角度变化）导致的影像错位<sup>[9]</sup>，确保地物位置具备可比性，然后将基准帧与当前帧分别输入模型的多尺度特征图，计算各尺度下的特征差异值，通过差异阈值（如某区域的特征差异值超过0.7）判定是否发生山体滑坡、崩塌等。部分滑坡现场如图9和图10所示。

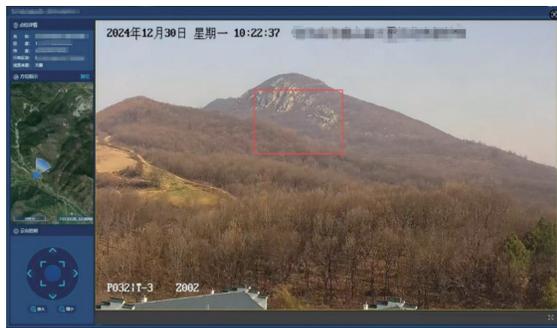


图9 某镇公路边滑坡险情现场



图10 某地滑坡现场

## 7 结论

河南省“天眼+自然资源”系统构建了“空天地一体化”自然资源执法监察体系<sup>[10]</sup>，已取得初步成效。系统利用视频监控设备降低人财物成本，提升了运作效能。应用的13种AI算法处于国内前沿，线索发现率超96%，然而，智能算法在违法违规行为直接检测与判别上仍存在技术瓶颈，尚未完全满足自然资源监管需求。下一步将聚焦算法完善、行业应用拓展，研发多物理场耦合分析模型，建立多节点协同感知的智能监控网络优化方案，为自然资源治理能力现代化提供更高水平的技术支撑。

### 参考文献

[1] 张新房.智能视频监控系统[M].北京:中国电力出版社,2018:2-64.

- [2] 李大威,徐立鸿.智能视频监控系统的目标监测与跟踪算法研究[M].上海:同济大学出版社,2018:1-8.
- [3] 张天义,张克伟,赵鸿燕.河南遥感地质理论与实践[M].北京:地质出版社,2016:140-164.
- [4] 谭荣.土地资源管理[M].北京:中国大地出版社,2023:105-134.
- [5] 苗前军.自然资源调查监测实践与探索[M].北京:商务印书馆,2023:276-303.
- [6] 赵勇,刘成林.智能视觉监控技术的发展与应用[J].模式识别与人工智能,2004,17(4):529-538.
- [7] 陈友庆,李晓维.智能视觉监控系统的应用[J].计算机学报,2007,30(2):233-243.
- [8] Russell S J,Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach[M].3rd ed.Upper Saddle River,NJ:Prentice Hall,2009.
- [9] Goodfellow I,Bengio Y,Courville A.Deep Learning[M].MIT Press,2016.
- [10] LeCun Y,Bengio Y,Hinton G.Deep learning[J].Nature,2015,521(7553):436-444.

(上接第52页)

其中，高郁闭度森林面积占比最高，达25.5%；较高郁闭度与中等郁闭度森林紧随其后，占比分别为15.7%和19.5%；而较低郁闭度与低郁闭度森林面积占比合计仅39.3%，在全区森林资源中占比相对较小。

从自然环境来看，韶关市地处亚热带区域，拥有温暖湿润的气候条件与充沛的年降水量，为树木生长提供了充足的水热保障。同时，得益于良好的气候环境，树木长势旺盛，广东韶关市森林总体郁闭度维持在较高水平，与反演及统计结果形成科学呼应。

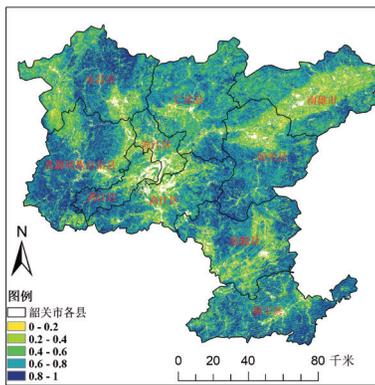


图4 韶关市森林郁闭度值空间分布  
表3 不同郁闭度等级面积占比统计

模型方法	郁闭度等级	郁闭度值	面积占比
RFR	低郁闭度	(0~0.2)	14.2%
	较低郁闭度	(0.2~0.4)	25.1%
	中等郁闭度	(0.4~0.6)	19.5%
	较高郁闭度	(0.6~0.8)	15.7%
	高郁闭度	(0.8~1.0)	25.5%

## 5 结语

以广东韶关市为研究对象，结合机载LiDAR与多源遥感影像，构建了基于RFR的森林郁闭度估测模型，结论如下：多源特征组合中，Sentinel-2与Sentinel-1的特征组合效果最佳，RFR模型的 $R^2$ 达0.712， $RMSE$ 为0.179， $MAE$ 为0.107，验证了光学与微波遥感数据协同反演的有效性；Sentinel-1的极化特征可显著提升模型反演精度，说明微波遥感在森林结构参数反演中应用价值良好；研究区森林郁闭度以中等及以上为主（占比60.7%），高郁闭度区域集中在天然林区，表明研究区的森林生态状况良好，可为大范围森林郁闭度的高效估测提供可行方法，为森林资源管理、生态系统监测及碳储量估算提供科学依据。

### 参考文献

- [1] 朱宁宁,杨必胜,董震.基于遥感的森林碳储量显式计算模型[J].测绘学报,2024,53(1):36-49.
- [2] 李永宁,张宾兰,秦淑英,等.郁闭度及其测定方法研究与应用[J].世界林业研究,2008,21(1):40-46.
- [3] 张瑞英,庞勇,李增元,等.结合机载LiDAR和LandsatETM+数据的温带森林郁闭度估测[J].植物生态学报,2016,40(2):102-115.
- [4] 谢开翼,陈瑞波,王志莉,等.广西-东盟多源遥感数据的森林高度反演及应用[J].测绘通报,2024(1):32-37.
- [5] 罗俊杰,任晓阳,刘润东,等.结合机载LiDAR和多源遥感影像的森林郁闭度估测[J].遥感技术与应用,2025,40(3):600-609.

# 民族气节重如山

◎ 陈鲁民



抗战时期，冀中平原活跃着一支八路军回民支队，英勇善战，令敌人闻风丧胆。日军抓到回民支队司令马本斋的母亲白文冠，逼迫她写信让儿子投降，被白文冠严词拒绝，她咬破手指用血写下“抗日到底”四个大字，毅然绝食明志，以身殉国。马本斋悲痛万分，写下“伟大母亲，虽死犹生，儿承母志，继续斗争”的誓言，将对母亲的思念化作奋勇杀敌的力量，率领部队对日伪发起作战 870 多次，歼敌 3 万多人。毛泽东曾称赞为：“百战百胜的回民支队。”1944 年，马本斋以身殉职后，八路军总司令朱德题写挽联：“壮志难移回汉各族模范，大节不死母子两代英雄。”

在艰苦卓绝的十四年抗战岁月里，中华大地涌现出无数像马本斋母子这样坚守气节、大义凛然的志士仁人，其伟大业绩与感人精神，与日月同辉，令山河生彩，已成为我们中华民族的宝贵精神财富。

“富贵不能淫，贫贱不能移，威武不能屈”，是对气节的最好诠释，民族危亡之际，气节更成为一个人骨子里抵御外侮的“钙质”。抗战爆发后，梅兰芳愤于国仇家恨，蓄须明志，誓死不为日伪演戏。日伪军数次登门威胁利诱，要求梅兰芳重新登台，均遭拒绝。为了维持一家几十口人的生活，他变卖首饰、

衣物、字画、古董，后又靠卖画为生，再穷再困也不变节，宁肯饿死也不卖国。直到抗战胜利，梅兰芳才剃去胡子，重返舞台。

士穷见节义，世乱识忠臣。清平世界，气节是一个人的品格修养；大敌当前，气节就成了危难中的韧性坚守。1938 年，伪教育总长汤尔和重金请著名教育家马叙伦出任北大校长，他不仅坚决拒绝，还写了《汤尔和晚节不终》一文，怒斥其变节行为，与其划清界限。1944 年除夕，他饥寒交迫，衣食无着，汉奸陈公博派人送来大米和钱。马叙伦当即制止卸车，如数退回。

“不要人夸好颜色，只留清气满乾坤”。气节，是流淌在文明血脉中的精神要素，是立身处世的脊梁，尤其在狼烟滚滚的战乱年代，始终以其坚硬的质地，衡量着人格的重量。1941 年，林徽因三弟、飞行员林恒在抗战中壮烈牺牲，她悲痛欲绝，写下长诗《哭三弟恒》。1944 年，日军直逼四川。儿子梁从诫问母亲：“日本人要是打进四川怎么办？”林徽因淡淡说：“家门口不就是扬子江吗？”梁从诫回忆说：“我被母亲的凛然之气震动了。第一次忽然觉得她好像不再是妈妈，而是变成了另外一个别人。”无数事实证明，越是在动荡时代，气节越能彰显人性的光辉。

“捐躯赴国难，视死忽如归。”生死关头，最能体现气节之重，人格之高。白山黑水，有八女投江，惊天地泣鬼神；河北易县，有狼牙山五壮士，奋身一跳，天地失色。

“国破尚如此，我何惜此头”，是抗日名将吉鸿昌的绝命词；誓死不投降，是杨靖宇将军的民族大义，战至弹尽粮绝，壮烈牺牲。还有张自忠将军身先士卒，冲锋陷阵，身中数弹，为国捐躯，践行了他的誓言“为国家、民族死之决心，海不清、石不烂、决不半点改变”……在生死抉择前对信念的执着，他们让气节超越了个人命运，成为民族精神的丰碑。

一个人有气节，便有了不可弯折的风骨；一个民族有气节，便有了生生不息的灵魂。从屈原的“虽九死其犹未悔”到苏武牧羊的节杖；从文天祥“留取丹心照汗青”到于谦的“要留清白在人间”；从白文冠的以身殉国到梅兰芳的蓄须明志；从马叙伦的不出任伪职到林徽因的凛然正气；从杨靖宇的宁死不屈到张自忠的血染疆场，气节构成中华民族精神谱系的核心，熠熠生辉，永不褪色，并激励一代代后人，忠诚坚贞，自强不息，善养浩然正气，勇赴正义之旅。☑（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）

# 以尺为笔，丈量山河

——观九三阅兵致测绘人

◎ 王红闯

当晨曦漫过天安门的飞檐，  
我看见钢枪与标尺在晨光里重逢。

历史的风，  
忽然凝在旗杆顶端，  
一面红旗，  
展开亿万双手的温度，  
将十四年烽火，百年沉沦，  
轻轻叠进，56门礼炮80响的震颤。

礼炮震落云絮的刹那，  
测绘包上的铜扣隐隐发烫，  
像握着半个世纪前的星光！

还记得吗？  
当年测绘兵的脚步，  
曾踩碎雪山的夜，  
踏破荒原的霜；  
在没有路的地方，  
劈开路径，  
用罗盘定位烽火里的坐标，  
让地图上的每一条细线  
都连着战壕里的枪膛。  
那时的标尺不够长，  
却要量尽，  
山河的每一寸沧桑，  
笔尖划过图纸的声响，  
混着前线传来的枪响，  
他们把坐标刻进岩层，  
像把信念刻进生命一样！

装甲车碾过长安街的石板，  
履带印里浮出无数年轻的面庞，

他们，曾在卢沟桥头攥紧步枪，  
曾在台儿庄的焦土上啃冷硬的干粮！

如今长安街上铁流滚滚，  
每一辆战车的轨迹都精准如量。  
我知道那车轮下的经纬，  
藏着无数测绘人的目光，  
从北斗卫星掠过苍穹的弧光，  
到地面棱镜反射的朝阳，  
我们用数字编织大地的经纬，  
让每一次前进都有精准方向！  
就像当年在战壕里校准方位，  
如今的每一组数据，  
皆是守护和平的屏障！

看啊！  
老兵胸前的勋章，  
与测绘仪的刻度同样明亮！  
一个量尽战争的苦难，  
一个测出盛世的宽广！  
当战机在天空划出笔直的航迹，  
那是我们用算法写就的诗行！  
当方阵踩着分秒不差的步点通过，  
那是大地坐标在血脉里回响！

这不是普通的检阅，  
是测绘人用忠诚丈量的信仰！  
从纸笔绘图的时代到智能测绘的今天，  
标尺换了模样，  
初心从未变样！  
我们量过边关的冷月，  
量过城市的晨光，

量过桥梁横跨江河的跨度，  
量过高铁穿梭平原的乐章，  
却始终量不尽  
对中华大地的深情绵长！

礼炮的余音渐渐淡去，  
测绘包还在肩头发烫，  
我想把今天的壮阔，  
绘于明天的图纸上，  
让每一条等高线都连着希望，  
让每一个坐标都通向远方，  
因为我们知道，  
所有精准的丈量，  
都是为了守护  
老兵用鲜血标定的，  
那片和平的晴朗！

这不是炫耀锋芒的盛宴，  
是对亡魂最深的告慰，  
是对和平最沉的诺言！  
当孩子们举着花环奔跑，  
当白鸽掠过整齐的方阵，  
我看见历史与未来紧紧相拥，  
——用钢铁的脊梁，  
托起洁白的翅膀，  
让每一寸土地都铭记，  
我们，  
为何出发，  
为何坚强！

☑（作者单位：河南省测绘地理  
信息技术中心）

# 抗战胜利 80周年

## 一枚枚勋章见证烽火岁月

◎ 王伟灿

中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 80 周年前夕，我来到抗战英雄——河南省资源环境调查二院有限公司原离休干部马俊明家里，聆听其女儿马红珍讲述马俊明的抗战故事，共同缅怀先烈功绩，铭记历史荣光，勇担时代使命。

马俊明（1926 年 12 月至 2022 年 12 月 22 日），出生于豫西山区新安县正村乡中岳村，自幼家境贫寒，上不起学，十几岁时便担起家中放羊、割草的任务。1942 年 2 月，他怀揣抗日救国的志向，毅然瞒着家人投身八路军，成为陈谢大军 24 旅 70 团 3 营 2 连的一名战士。

入伍初期，马俊明做的是通信兵，负责给连长、营长送信。后来转为号兵，为牢记不同部队的字母编号和各类号令，马俊明刻苦练习，终于能熟练吹出冲锋号、撤退号、调兵号等各种号令。在部队期间，他积极学认字、学文化，还学会了做饭，没有炊事员的时候便主动担起伙食任务。由于肯动脑筋、打仗勇敢，他后来又当上了副班长、班长、连指导员，历经抗日战争、解放战争和抗美援朝战争，为新中国的诞生奋勇杀敌、浴血奋战。

提起父亲马俊明亲历的战争岁月，马红珍如数家珍。父亲曾在湖北郟县独立团经历了一场惊心动魄的战斗，当时连长负伤转移至后方，作为连指导员的马俊明率部遇到了日军，敌我兵力都是一个连。为抢

占有利地形，马俊明迅速指挥部队占领山头，敌军不断向山顶发起猛攻。战况危急之际，为迷惑敌人，马俊明急中生智，突然高声喊道：“排长张文宝，你们要做好准备，严防敌人攻上来……”马红珍解释道：“明明只有一个班，却喊成一个排，父亲是故意虚张声势，战士们一听就明白，也能迅速配合响应。”正当他们与敌军激烈交火时，我军团部率一个排从敌人后方赶来增援，最终形成夹击之势，全俘敌军，缴获枪支，打了一场漂亮的胜仗。

马红珍还提到，父亲曾在洛宁、渑池一带游击作战，部队人多就分兵行动，人少就在村子里迂回转圈。有时候整个连队彻夜绕村行走，日军来打听时，老百姓都说八路军部队脚步声响了一夜，“鬼子以为我们人多，就不敢轻举妄动。”

当被问及父亲是否曾负伤时，马红珍感慨道：“打了那么多仗，哪有不受伤的。”有一次与日军对垒，为阻止八路军突破防线，敌人在周围放火形成一个火圈，八路军战士冲进敌军阵营，马俊明的左脚被烧伤。由于后续还要急行军至山西阳城，途中多次涉水，加上药品极度匮乏，他的伤口一度溃烂生蛆，最终在脚面留下一大片疤痕。“我父亲右胸的伤痕，也是在一次战役中中弹留下的。”马红珍说。

八路军为保存力量，常避开与敌人的正面交锋，专挑险峻偏僻的

道路行军。他们跋山涉水，连续数日不眠不休是常事。有一次，战士们连续日夜赶路，疲惫到极点，有人正吃着饭就倒头睡去，战斗号令响起时醒来，嘴里还含着饭。还有人一边走路一边打盹，一不小心就栽倒在崎岖的山路上。马红珍曾听父亲回忆，有次行军中，大家背着枪彻夜赶路，起初马俊明还能硬撑，后来实在是太困了，头一沉就撞在前面战友的枪尖上，顿时额头鲜血直流，留下了一道深深的伤疤。

还有一次，部队在冬日行军后稍作休整。马俊明正趁着暖阳脱下棉袄捉虱子，突然敌军来袭。他顾不上穿棉袄，光着膀子端起机关枪就冲上前扫射。后来，一名被俘的日军说：“八路军连衣服都不穿就打仗，真是不要命，太勇敢了！”说起这份勇毅，马红珍还提到，毒蛇虫蚁也没能阻挡战士们前进的步伐。在湖北山区，他们曾赶跑碗口粗的大蛇，也在蚂蟥遍布的山林中穿行，那些蚂蟥悄无声息地钻进战士们的腿里，等到发现时已难以拔出，双腿常常鲜血淋漓。

看着家中珍藏的一枚枚军功章、纪念章，马红珍动情地说：“父亲离开我们已近三年，但他讲过的每一个抗战故事，都是我们一生难忘的记忆，是我们家族的无上荣光，更是激励我们不断前行的动力。”

☐（作者单位：河南省资源环境调查二院有限公司）

# 关乎毫厘

○ 孙东勋

冷与热，温差感变；冰与水，临界态异。春夏秋冬，四季更替，因时而宜，方可生生不息。

狼与犬，貌似而性豺；猫与熊，同科而秉异。自然大千，各有其道。凡此种种，皆有源而遵其约。

天与天，一画起纷争；大与太，一笔写人生。字同类，而义存歧。若非戏说，岂敢游戏人生。

安与危，相伴相生；强与弱，时常转换；得与失，一念之差。不骄不躁，谦虚谨慎，人生路上花常开；换位思考，正义盈身，朗朗乾坤天地气。

花开并蒂，表里如一；首尾相

应，环环相扣。山不拒细土而巍峨，水不拘小溪而成海，积跬步而成千里，好人品换来精品。勿以善小而不为，勿以恶小而为之，经年累月，细水长流，则功成而名就、基业得常青。

水深而流静，竹高而心虚。历磨难而志弥坚，势愈艰而战愈勇，凭栏处登高望远，前行路实干为先。星转斗移间，吾辈当奋起，贵以恒、以专、以敬、以严，则万事成、天下安、人心归。

诚哉斯然，念念为虑！（作者单位：中铁大桥局集团第一工程有限公司）



# 观九三阅兵有感

○ 贺斌

当铿锵的步伐  
踏碎清晨的宁静  
整齐的队列如钢铁长城  
在长安街巍然屹立

战机划过长空  
留下璀璨的航迹  
那是雄鹰在苍穹  
书写的壮美国画

武器装备依次驶过  
闪耀着科技的锋芒  
更承载着先辈的期盼  
和今人的担当

这不是武力炫耀  
是对和平的坚定守护  
是告慰先烈的誓言  
——山河无恙，国泰民安

（作者单位：义乌市自然资源和规划局）

# 萤光

○ 罗明军

我背着书囊，萤火虫打着灯笼赶路  
母亲提着马灯，走过田埂  
月光浮在温热的豆花上  
夏天在石磨声中轻轻摇晃

父亲骨节的轮廓  
弯曲如初亏的月  
一只萤火虫，跟着铁犁翻进垄沟  
从犁痕里生长起来的  
是旷野蛙鸣的稻花香

如今，我走在城市的楼隙间

路灯通明，却忽然懂得  
腐草化萤，并非传说——  
总有微光，在肩头静静升起

当楔入泥土的手捻动银丝  
在岁月的褶皱中浮现的  
是萤火微弱的光明  
在人生的幕布上  
他们提着故乡的星空  
正缓缓降临

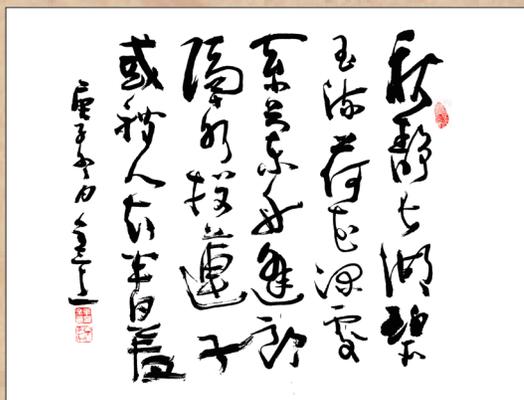
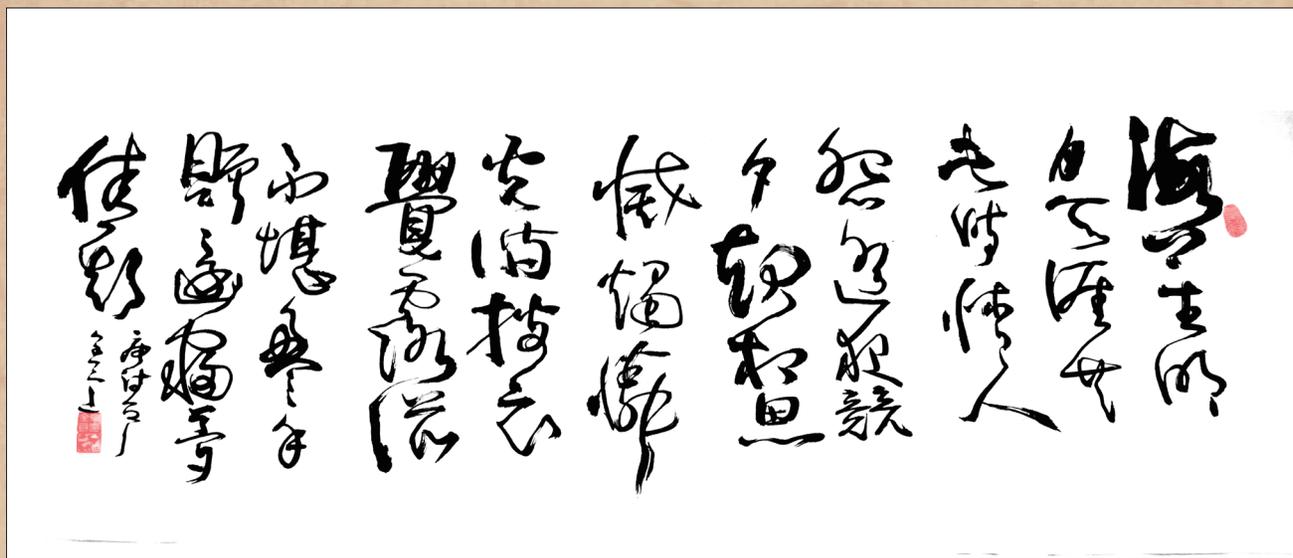
（作者单位：郑州市自然资源和规划局）

# 牛全意书法作品欣赏



牛全意，退伍军人，现任职于商丘市虞城县自然资源局利民镇自然资源所。他自幼痴心书法艺术，以碑帖为基，遍临诸家，博采众长，形成独具一格的个人风格。

牛全意先后被河南、四川、湖北省书法研究会吸纳为会员。1992年，在“凤凰杯”书法大赛、中国书画家东昌联谊会赴美大展赛、“飞亚达杯”书法篆刻大奖赛、“中华杯”和“希望杯”全国书画大赛、“金猴杯”全国书法美术篆刻大赛以及“林海杯”中国书画艺术精品大赛等众多赛事中屡获殊荣，并于同年加入中国现代青年书法家协会。1993年，他的名字闪耀于全国业余书法篆刻大奖赛、“爱克发”华人书法艺术中国展、“国际正大杯”中国书法篆刻大赛和纪念毛泽东同志诞辰100周年中华当代精英博览赛获奖人员名单之中。其间，他的3幅作品被中国亚细亚艺术研究院书法研究部珍藏，1幅作品远赴美国参展，1幅作品编入《中国艺术精品大典》。



真獨  
壬寅秋  
何人畫之

對酒當歌  
人生苦短  
何樂而不為  
壬寅秋  
何人畫之

馬  
壬寅秋  
何人畫之

覺  
壬寅秋  
何人畫之

禮德并  
義  
壬寅秋  
何人畫之



# 《资源导刊·信息化测绘》

## 宣传合作单位

### 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

### 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

河南测绘职业学院

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

思源时空科技（河南）有限公司

东网空间地理信息有限公司

河南卓越科技发展有限公司

焦作市基础地理信息中心

河南省润泰工程管理有限公司

河南恒旭力创测绘工程有限公司

河南豫西路桥勘察设计有限公司

灵宝市土地与矿产勘查测绘中心

河南蓝通实业有限公司

河南省时代测绘技术有限公司

安阳市房产测绘中心

安阳市国土资源调查规划与测绘院

河南广盛信息科技有限公司

郑州天迈科技股份有限公司

河南信大测绘科技有限公司

黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局

郑州市规划勘测设计研究院

新郑市新房测绘队

河南建岩信息工程有限公司

河南中豫勘测规划技术有限公司

郑州市交通规划勘察设计研究院

河南中联建设有限公司

郑州超图地理信息技术有限公司

河南省瑞兴工程咨询有限公司

河南省启沃土地咨询有限公司

河南数字城市科技有限公司

郑州经开规划勘测有限公司

中科宏图勘测规划有限公司

河南省国源工程咨询有限公司

郑州众益信息科技有限公司

河南省恒信工程技术服务有限公司

河南中信测绘地理信息有限公司

中建国信大数据集团有限公司

郑州市水利建筑勘测设计院

郑州郑房测绘有限责任公司

河南省水利勘测设计研究院有限公司

郑州华程测绘有限公司

开封市金源测绘有限公司

航天宏图信息技术股份有限公司

中铁七局集团郑州工程有限公司

河南三维勘测设计有限公司

河南八度土地规划设计有限公司

河南中徕测绘服务有限公司

河南天宇伟业测量仪器有限公司

河南德瑞普测绘仪器有限公司

中电云科信息技术有限公司

河南省地质科学研究所

聚鑫信息工程有限公司

荥阳市规划建筑设计室

河南省海翔测绘工程有限公司

河南智联时空信息科技有限公司

开封市祥和测绘服务有限公司

河南省中工设计研究院集团股份有限公司

河南豫兴测绘有限公司

济源市正祥房地产测绘有限公司

济源市自然资源技术保障中心

南阳空间测绘有限公司

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

# 河南举行 2025 年测绘法宣传日暨 国家版图意识宣传周活动

本刊讯 8 月 27 日，河南省 2025 年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动在郑州举行。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生参加活动。

启动仪式上，景志刚强调，要强化政治引领、紧扣核心主题，切实把“规范使用地图、维护版图安全”上升到事关国家主权尊严的高度来站位、来认识、来落实；要创新方式方法，提升宣传实效，切实增强宣传的针对性、吸引力和覆盖面；要严格日常监管，筑牢安全底线，聚焦重点与全面覆盖的“两个结合”，切实做到专项检查与常态化监管同步推进；要强化协调联动，形成工作合力，切实加强宣传、教育、市场监管等部门的配合联动，建立工作机制，确保高效落实。

启动仪式上，宣布第二批“测绘号”地铁上线，播放相关宣传片，展出河南省 2024~2025 学年少儿

手绘地图大赛获奖作品，为获奖学生、老师和单位颁奖，并邀请河南省地图院专家以“筑牢国家版图和地理信息安全意识”为题开展主题演讲。

2025 年 8 月 29 日是第 22 个全国测绘法宣传日，8 月 25 日至 29 日为国家版图意识宣传周，其间，河南创新宣传形式，通过解读测绘法律法规、举行专题讲座、展示手绘地图、展出创新成果、上线地铁专列等丰富多彩的宣传活动的倡议，积极营造人人关心、人人关注、人人支持测绘事业发展和国家版图保护的良好氛围。

河南省教育厅、郑州市政府有关领导，河南省自然资源厅有关处（室、局），各省辖市自然资源主管部门相关负责同志、省测绘地理信息技术中心、省测绘学会、省地理信息产业协会，省内相关高校、科研院所、测绘资质单位和部分中小学师生代表参加活动。

☑（卢通 / 文）

## 河南省测绘地理信息技术中心与 河南理工大学座谈交流

本刊讯 9 月 12 日，河南理工大学测绘与国土信息工程学院院长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，中心相关处室、所属各单位有关负责同志参加座谈交流。

座谈会上，肖峰介绍了河南省测绘地理信息技术中心“三步走”发展战略，特别是在河南 CORS 高精度定位、卫星遥感应用、实景三维建设等领域的工作成效。河南理工大学测绘与国土信息工程学院负责人介绍了该院在时空大数据融合与 AI 处理、矿山开采沉降监测、定量与遥感监测等前沿领域的研究成果。双方就产学研合作研究生创新实践基地建设、科研项目交流与合作、奖项联合申报、青年教师挂职锻炼、兼职导师聘任等工作展开交流探讨。双方将通过优势互补、共建联合实验室、设立开放课题基金、建立任务发布

平台等模式，着力突破测绘地理信息行业的技术瓶颈。

最终，双方在深化合作方面达成一致共识。一是充分发挥重点实验室作用，争取国家基金项目，尽快出成果、出成绩；共同发挥主观能动性，形成实景三维河南建设、农业保险及其他科研项目成果，加强应用转化，服务支撑经济社会高质量发展。二是开展遥感影像快速提取和自动化解译工作。三是建立区域性数据集群平台。四是依托河南省遥感卫星中心开展全域综合监测，联合重点实验室，统筹各院力量，积极对接市县，拓展在耕保、水利、农业、环保等领域的应用，加强生态环境保护。通过遥感手段推动实景三维河南建设多领域应用，将科技创新和研发专班相结合，提高信息化水平。五是着力培养一批雷达卫星（SAR）、高光谱遥感卫星等方面的综合型影像加工处理人才，组建高端人才团队。☑（刘红俊 / 文）

