

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 6 期

总第498期

北斗耀中原：时空坐标里的河南蝶变

丈量山河守初心

——河南省第三地质勘查院有限公司测绘工作素描

ISSN 1674-053X



下半月 定价: 10 元

扫码关注我们

郭幸生赴固始县茶棚村调研定点帮扶工作

本刊讯 为深入贯彻落实省委部署要求，扎实推进驻村定点帮扶工作，6月17日，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生率队深入固始县黎集镇茶棚村，调研巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接工作，并看望慰问驻村工作队员。中心基础测绘处、省测绘院负责同志及相关工作人员参与调研，黎集镇党委书记纪孝飞、副书记曹祥坤、副镇长李文超陪同座谈。

在调研座谈会上，郭幸生听取驻村第一书记扶彦及村“两委”工作汇报，详细了解茶棚村基层党建、民生改善、产业发展、基础设施建设进展，传达中心党委关于持续深化帮扶工作的指示要求，并对茶棚村取得的新成效及驻村工作队的辛勤付出给予充分肯定。郭幸生指出，要深化党建融合，推动党建工作与乡村

振兴深度融合，筑牢组织堡垒。要提速项目建设，加快基础设施建设项目落地，夯实发展根基。要培育特色产业，持续探索特色产业发展模式，提升产业竞争力和可持续性。要凝聚多元合力，加强与当地党委、政府、乡贤能人的沟通协作，凝聚多方力量共同推动茶棚村高质量发展。

纪孝飞介绍黎集镇经济发展特色、产业布局规划以及各村发展优势与面临的挑战等情况，为调研组提供了茶棚村发展区域环境的宏观视角。

此次调研，为茶棚村乡村振兴工作明确方向、注入动能。在河南省测绘地理信息技术中心的帮扶与支持下，下一步茶棚村将围绕“支部过硬、产业兴旺、生态宜居、平安法治、文明幸福”目标，稳步迈向高质量发展新征程。☞（扶彦 / 文）

河南省测绘地理信息技术中心 开展爱心捐赠活动

本刊讯 在“六一”国际儿童节来临之际，河南省测绘地理信息技术中心怀着对乡村教育的关爱与责任，走进固始县黎集镇茶棚村小学，为孩子们送上暖心的节日厚礼，用实际行动诠释爱心与担当。

百年大计，教育为本。教育是乡村振兴的关键所在。河南省测绘地理信息技术中心驻村工作队进驻茶棚村以来，始终将推动乡村教育发展作为重点工作。此次“六一”儿童节捐赠活动，经过精心策划与筹备，旨在为孩子们的学习成长助力添彩。

活动现场，崭新的书包、种类丰富的文具以及满载知识的图书在校园里整齐排列，成为一道温馨而亮丽的风景。孩子们眼睛里闪烁着喜悦和憧憬，对这份节日礼物充满期待。这些捐赠物资意义非凡：书包，作为孩子们求知路上的“亲密战友”，承载着他们对知识殿堂的向往和追求梦想的信念；文具，是孩子们描绘未来蓝图的“魔法画笔”，将陪伴他们在知识的海洋中扬起探索的风帆；图书，则宛如一扇扇通往大

千世界的智慧之门。从引人入胜的童话书籍到揭开科学奥秘的科普读物，每一本书都犹如一座知识的宝藏，等待着孩子们去挖掘、去汲取其中的智慧养分。“六一”儿童节，因为这份爱心捐赠，茶棚村小学充满了温馨与感动。

河南省测绘地理信息技术中心相关负责人介绍，此次活动共捐赠图书458本、书包和文具68套，希望通过爱心捐赠活动为茶棚村小学的教育事业贡献一份绵薄之力，勉励孩子们勤奋学习，努力成为建设祖国的栋梁之材。

近年来，河南省测绘地理信息技术中心党委以驻村帮扶工作为契机，以党建引领为抓手，在产业发展、环境改善、乡风培育等方面持续发力，同时坚持聚焦乡村教育事业发展，通过开展各类形式多样、内容丰富的公益活动，为乡村孩子送去更多关怀和希望，陪伴他们在成长的道路上稳健前行，助力他们实现人生梦想。☞（扶彦 冉灿阳 / 文）

矢志创新 共筑测绘科技新辉煌

◎ 本刊评论员

2016年5月30日，建设世界科技强国的号角在人民大会堂激昂奏响。习近平总书记发出动员令，激励广大科技工作者勇挑重担、勇攀高峰，争当建设世界科技强国的排头兵。多年来，河南测绘科技工作者深耕细作，在建设科技强国的道路上阔步前行，用智慧与汗水书写了壮丽的创新篇章，取得了令人瞩目的科技成就。

从北斗二号建设起步，到北斗三号升级完成，河南省卫星导航定位基准服务系统从无到有，在全国领先，大步迈入高精度实时定位的“北斗三号”新时代，筑牢数字河南的空间坐标根基，成为河南全力推进数智化转型的重要支撑，不仅为河南经济社会发展输送高精度定位导航服务，也为国家空间基础设施建设贡献了宝贵的“河南经验”。

“河南一号”卫星成功发射，实现河南省全域0.75米级数据双月度覆盖，使河南在时空信息快速获取能力方面位居全国前列。“河南一号”宛如高悬天际的“慧眼”，为全省自然资源调查、动态遥感监测等工作提供有力数据支撑，大幅提升执法效率。同时，为推动遥感数据共享共用，河南省测绘地理信息技术中心指导河南省遥感院自主研发河南省自然资源卫星应用云服务系统，实现海量遥感数据一站式查询申请、共享分发、在线服务、监测应用等，让用户能像用水、用电一样便捷使用卫星数据，极大提高数据利用效率。

2023年，河南在全国率先实现国土空间基础信息平台国产化替代，并搭建河南省国土空间基础信息平台和空间规划“一张图”实施监督信息系统。如今，该平台时空数据资源丰富，集成全省1万余项数据，按照“谁生产、谁负责”原则，建立完善数据更新维护机制，确保数据鲜活、权威，为河南国土空间规划与管理提供坚实的数据基础。

这些成就背后，是无数测绘科技工作者的默默奉献。他们有的常年奔波野外，风餐露宿，获取精准地理数据；有的在实验室日夜钻研，反复试验，攻克技术难题；有的致力于技术推广应用，普及先进的测绘地理信息技术，助力各行业发展。正是他们的坚守与付出，推动着河南省测绘地理信息行业不断进步。

习近平总书记强调，“推进中国式现代化，科学技术要打头阵，科技创新是必由之路”“在激烈的国际竞争中，开辟发展新领域新赛道、塑造发展新动能新优势，根本上要依靠科技创新”。

今年5月30日是第九个全国科技工作者日，主题为“矢志创新发展 建设科技强国”。这无疑是党和国家赋予科技工作者新的使命与期望。

新时代有新要求。河南测绘科技工作者要不忘初心、牢记嘱托，瞄准科技前沿，以只争朝夕的干劲、久久为功的韧劲，突破重重壁垒，培育壮大新兴产业，角逐未来产业，为高质量发展注入创新活力。一方面，持续强化自主创新能力。虽已取得诸多成绩，但在高精尖装备制造、数智化技术融合等关键技术领域，与国际先进水平仍有差距。未来需加大研发投入，在高端智能测绘装备核心元器件研发、遥感影像智能解译算法优化等方面实现更大突破，提升国产装备和技术竞争力。另一方面，进一步深化测绘地理信息技术与各行业融合应用，在智慧城市、智能交通、精准农业等领域积极探索新应用场景和模式，为各行业数字化、智能化转型提供有力支持。

往昔成绩斐然，未来使命在肩。站在新起点，催征战鼓已然擂响。广大科技工作者要增强紧迫感、使命感，锚定建设科技强国战略目标，不断向科学技术广度和深度进军。要以“十年磨一剑”的坚定决心和顽强意志，秉持创新精神，只争朝夕、埋头苦干，以更饱满的热情和昂扬斗志投入工作，在建设科技强国征程中不断创造新辉煌，为河南乃至全国经济社会发展作出更大贡献。



资源导刊 信息化测绘

2025年 下半年 第6期 总第498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 河南理工大学党委书记
刘文锴 华北水利水电大学原校长
李广云 战略支援部队信息工程大学教授
王召东 河南省土木建筑学会理事长
杜清运 武汉大学资源与环境科学学院教授
姚宜斌 武汉大学测绘学院院长
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，未经本社书面许可，不得为任何目的、以任何形式或手段复制、翻印及传播，本刊保留一切法律追究的权利。

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：李小娟
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 矢志创新 共筑测绘科技新辉煌

国内要闻

- 4 我国高阶体制高码率星地通信地面技术实验取得成功 等8则

时政传递

- 6 自然资源部启动2025年城市国土空间监测
2025年测绘地理信息发展论坛在焦作举办
7 河南省测绘地理信息技术中心开展深入贯彻中央八项规定精神
学习教育研讨会

特别关注

- 8 北斗耀中原：时空坐标里的河南蝶变

测绘广角

- 14 河南省地理信息院开展外业安全隐患排查和消防演练
南乐县自然资源局开展“双随机、一公开”抽查工作
15 新乡市首家测绘图书陈列馆揭牌
2025年河南省高等学校测绘学科教学创新与育才能力大赛落幕

经天纬地

- 16 丈量山河守初心
——河南省第三地质勘查院有限公司测绘工作素描

豫外传真

- 18 “最强大脑”让治理更智慧

技术应用

- 20 黄河流域城市植被覆盖度遥感估算及时空演变研究

- 23 基于拓扑原理学的遥感信息报文智能表达方法与应用
28 合成孔径雷达(SAR)干涉测量技术在潮间带微地形动态监测中的应用
32 基于PVC吸塑成型与AR融合的立体地图设计出版研究
36 基于Logistic函数校正的SBAS InSAR矿区地表形变监测
39 基于地表变化监测的“一测多用”关键技术研究
43 基于VB.NET和ArcEngine的县级年度变更建库软件设计与实现
48 基于自适应Unscented Kalman Filter算法的野外地形测绘研究
51 TS60自动化监测系统在邻近高铁营业线施工中的应用实践

地图故事

- 55 宋代石刻地图

文苑撷英

- 59 人生没有缆车道
60 拾麦穗与捡麦茬
61 麦儿熟了
守山水方寸

图说测绘

- 62 童心绘自然 颂歌献给党
——河南省测绘地理信息技术中心儿童书画比赛获奖作品选登

合作单位

- 64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

星空 千图网/供图

关注

我国高阶体制高码率
星地通信地面技术实验取得成功

近日，中国科学院空天信息创新研究院联合国内科技企业在丽江站开展高阶体制高码率星地通信地面技术实验，成功实现 X 频段单通道最高 2100Mbps@128QAM 的高通量数据通信，将微波通信码速率提升 75%，系当前国内 X 频段单通道星地通信最高码速率。

随着遥感应用与载荷观测能力提升，卫星观测数据量激增，星地数据传输码速率需求不断提高。空天院与企业联合提出微波技术下的高阶体制高码率传输方案，在复用现有地面资源、不增加硬件复杂度的前提下，通过升级调制解调器等关键设备，实现码速率大幅提升。

科研团队突破相位噪声补偿、非线性校正、信道均衡等关键技术，首次将深度神经网络模型引入卫星数据接收调制解调器核心算法，利用人工智能技术赋能星地数据传输，为解决我国星地通信瓶颈提供高性价比技术方案。随着后续工程化应用，该项成果将为抢占科技竞争制高点、发展航天战略新兴产业提供自主可控的原创性技术成果助力。

我国商业SAR载荷成功获取高质量影像

近日，中国航天科技集团研发的商业合成孔径雷达（SAR）载荷成功获取首批高质量影像。

5月21日，搭载该 SAR 载荷的泰景四号 02A 星搭乘乘力箭一号遥七运载火箭，在东风商业航天创新试验区顺利升空。此卫星的相控阵体制 SAR 载荷与双通道数传系统，均由航天五院西安分院匠心打造。其中，SAR 载荷具备条带、滑动聚束、扫描等多元工作模式，实现二维分辨率亚米级突破。在成像过程中，卫星姿态稳定，SAR 载荷性能卓越，产出图像细腻清晰，地物散射特征鲜明，目前已多次成功成像并获取多组珍贵影像数据。

值得关注的是，泰景四号 02A 星影像地形特征与地物纹理显著，层次感丰富，微波散射特性突出。凭借优异的观测性能、强大的覆盖能力与高效的应用效能，该卫星影像可广泛应用于资源调查、应急减灾、城市规划、生态环境监测、海洋环境研究等领域，市场应用潜力巨大，将为各行业发展提供有力支撑，推动我国商业航天迈向新征程。

国家标准《基础地理信息城市数据库建设规范》
发布

近日，由自然资源部测绘标准化研究所牵头修订的国家标准《基础地理信息城市数据库建设规范》（GB/T 21740—2025）获批、正式发布，将于 2025 年 9 月 1 日起实施，并替代原标准（标准号为 GB/T 21740—2008）。

新发布的《基础地理信息城市数据库建设规范》规定了基础地理信息城市数据库建设的基本要求、数据内容及质量要求、数据组织、建设流程以及数据库的设计、建库、开发与集成、测试验收、运行维护等技术要求，适用于城市基础地理信息数据库建设。

在修订过程中，考虑我国全力推进新型基础测绘和实景三维中国建设的新环境与新要求，在原有数据内容基础上增加了网格数据、地理实体数据、DSM 数据、街景数据等具有城市特色的地理信息数据，删除了地籍数据、数字栅格地图数据等已经被取代或不再适合作为基础地理信息的数据，并且细化了各类型数据库数据的基本组织要求。

科技

我国首颗地球物理场探测业务卫星
成功发射

6月14日15时56分，我国在酒泉卫星发射中心用长征二号丁运载火箭，成功将电磁监测卫星“张衡一号”02星发射升空，卫星进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。这是我国在地球物理场空间观测领域探测能力建设的又一重大成果，进一步提升我国对重大自然灾害的“天—空—地”立体监测能力。

该星是落实中国与意大利两国领导人于 2019 年见



证签署的电磁监测卫星 02 星合作谅解备忘录的具体实践，是国家民用空间基础设施中长期发展规划中首颗地球物理场探测业务卫星。卫星设计寿命 6 年，搭载 9 种有效载荷，包括中国与意大利合作研制的电场探测仪、意大利研制的高能粒子探测器等，将对全球电磁场、电磁波、电离层、中性大气层的相关参数开展实时监测，捕捉地质活动与人类活动引发的电磁异常、大气层中雷暴与闪电活动等信息，有效提升我国对地震、海啸、火山活动、雷暴等重大自然灾害的早期感知、风险评估和监测预警能力，为应急管理、资源测绘、通信导航等行业提供数据支撑，助力共建“一带一路”国家相关领域科技合作。

我国首个城市级低空航路地图研发成功

5 月 17 日，武汉大学团队研发的我国首个城市级低空航路地图（武汉市）及配套平台“天路图”正式亮相。

为解决相关难题，武汉大学团队创新性提出“适飞空间计算—航路智能生成—一人机地图更新”一体化构建体系。通过综合考虑城市多重因素，提出动静态多因子多维多级风险计算与适飞空间动态建模方法，构建低空航路要素体系与飞行规则，突破低空航路 AIGC 生成式人工智能技术，成功研发出武汉市低空航路地图，实现城市级低空航路从“不可见”到“可视、可用、可部署”的突破。

配套平台“天路图”则打造了涵盖“风险评估”“适飞计算”“航路生成”“航路规划”“飞行导航”等功能的三维可视化表达一体化平台，让城市低空飞行从“无路可循”转变为“有序飞行”。该成果填补了城市级低空航路地图构建的技术空白，为我国低空经济发展奠定了坚实基础。

我国首颗地质行业高光谱遥感小卫星发射成功

5 月 17 日，我国首颗服务地质行业的高光谱遥感小卫星“地质一号”，在酒泉卫星发射中心搭乘“朱雀二号”改进型运载火箭成功进入预定轨道。这标志着我国地质勘查和监测高光谱遥感卫星向“小型化、智能化、专业化”迈出关键一步。

“地质一号”由中国地质大学（武汉）等多家单位联合研制，工程总师为王力哲教授。该卫星针对地

质资源环境要素探测，在 410~2480nm 波长范围精心配置 26 个谱段，能精准识别地表物质成分，有效获取地质矿产领域深层次信息。研发团队突破多项关键技术，采用可见光/短波红外共镜头设计等手段，解决了传统高光谱载荷的诸多难题。“地质一号”的成功发射，将极大提升我国在资源勘查等领域的自主遥感能力，为地质调查等工作提供高精度数据支撑。

数字

3000 亿元

6 月 9 日，在四川眉山举办的第三届眉山市卫星应用产业发展大会上，中国遥感应用协会发布《中国遥感应用事业发展蓝皮书（2025）》。蓝皮书显示，经初步测算评估，2024 年我国遥感卫星及应用产业规模达到 3000 亿元，带动效益 1500 亿元。

蓝皮书指出，2024 年我国成功发射至少 107 颗商业投资的遥感卫星。不完全统计显示，2024 年底，我国以“遥感”命名的企业至少有 15.7 万家，以“空间信息”或“空天信息”命名的企业至少有 50 万家。对比此前数据，2023 年我国遥感卫星及应用产业规模超 2700 亿元，2022 年贡献度达 2300 亿元。经测算，2024 年产业规模同比增长约 11.1%。

本次大会上，还进行了 10 个卫星相关产业及基金项目集中签约，金额 73.35 亿元，涵盖卫星制造、运营服务、数据应用等全产业链关键环节。

40 个

5 月 15 日，中国时空信息集团有限公司正式发布新一代北斗短信产品。

新一代产品通过技术创新，收发通信能力翻倍，上行信息发送量从最多 20 个汉字提升至 40 个汉字，下行接收量从 6 个汉字提升到 12 个汉字，可满足复杂场景下大容量信息传输需求。同时，技术迭代优化了稳定性与可靠性，极端环境下仍能确保通信链路稳定，为遇险求救提供坚实保障。

发布会上，中国时空与中国电信、中国联通、中国移动共同签署商业合作备忘录。北斗短信产品将支持三大运营商网络接入，提供全范围、全场景开放服务，正式叩响大众消费市场大门，开启北斗短报文大众应用新征程，有望为更多行业 and 用户带来便捷、可靠的通信服务。☑

自然资源部启动 2025 年城市国土空间监测

近日，自然资源部办公厅印发通知，决定在全国地级及以上城市组织开展 2025 年城市国土空间监测工作，重点聚焦城市国土空间治理中公共服务、生活宜居、交通便捷、安全韧性等情况，助力提升城市规划、建设、治理水平。

通知明确，以 2024 年度国土变更调查成果为底图，在 2024 年度城市国土空间监测成果基础上，依据 2025 年 6 月底之前的高分辨率遥感影像和最新的相关专题资料，结合实地调查等工作开展城市国土空间监测。监测工作以土地利用现状为依据，确定监测要素的空间位置、占地范围、面积（长度）、相关属性等，对变化情况和相关属性进行更新和完善，对新增要素进行监测，掌握城市建设总量、用地结构、基础设施和服务功能等情况，支撑城市建设用地细化、国土空间规划编制及实施监督、国土空间规划城市体检评估、盘活存量土地、用途管制等国土空间治理工作。

通知要求，各地要深刻认识实事求是、质量第一是监测工作的生命线，要健全质量管理体系、落实质

量管理责任、强化质量问责机制。自然资源部将继续统一下发优化后的质量检查软件，各省级自然资源主管部门要严把监测成果质量关口，强化质量检查验收，加强过程质量督导（监理），各城市、县级自然资源主管部门和监测作业单位要做好生产过程质量检查工作，确保监测要素数量全、位置准、属性实。国家将对监测成果开展质量抽查，结果在全国通报。

按照进度要求，各省级自然资源主管部门应于 8 月 31 日前，将符合质量要求的成果分批汇交至国家基础地理信息中心。

通知强调，各级自然资源主管部门要不断完善数据应用协同机制，在国土空间规划编制及实施监督、国土空间规划城市体检评估、盘活存量土地等工作中加强监测成果应用。同时，积极向相关部门共享监测成果，特别是向提供监测专题数据资料的部门共享监测成果，形成工作闭环。各省级自然资源主管部门要向相关城市人民政府反馈监测成果。☑（摘编自《中国自然资源报》2025 年 6 月 10 日 1 版）

2025 年测绘地理信息发展论坛在焦作举办

◎ 余易举

5 月 24 日至 25 日，2025 年测绘地理信息发展论坛暨《测绘学报》学术年会在河南焦作举行。论坛汇聚国家最高科学技术奖获得者、中国科学院院士、中国工程院院士李德仁，中国工程院院士魏子卿、王家耀、郭仁忠、童小华，中国科学院院士龚健雅等多位嘉宾，以及来自全国的 700 余名专家、学者和同行。大会围绕国家重大战略需求、测绘学科前沿科技与产学研协同创新展开了交流讨论。

在主旨报告环节，李德仁提出了时空智能时代测绘科学的新范式，魏子卿介绍了大地测量中的边值问题，王家耀呼吁构建大科学时代的学科发展生态，龚健雅分享了全栈自主智能遥感解译框架与大模型研究的突破性进展与应用，郭仁忠介绍了新时代测绘领域学科建设的内涵与方向，童小华展示了遥感探测技术在火星生命遗迹研究中的新成果。报告集中展现了测绘地理信息关键核心技术和学科融合创新，推进高水

平科技自立自强、建设科技强国的攻关能力。

在主题为“AI+ 测绘的机遇与挑战”的学术沙龙环节，中国测绘科学研究院院长燕琴、国家基础地理信息中心张继贤等 6 位专家学者围绕人工智能与测绘技术的深度融合和未来趋势展开交流。嘉宾们一致认为，在“AI+ 测绘”的跨界融合浪潮中，在加快推进测绘地理信息转型升级一体化格局中，行业同仁要聚焦时空大数据平台、实景三维中国等智能化测绘技术研究与应用，同心协力营造测绘地理信息事业新局面。企业代表也提出，测绘企业应加快国产化装备研发，积极参与助力自然资源国家科技重大专项项目建设。

5 月 25 日举行的专题分论坛和青年科学家论坛，聚焦地理信息科学与空间智能决策遥感科学、实景三维感知、高精度定位与导航位置服务等研究热点和新兴交叉领域展出了 70 余项科研报告和成果。☑（作者单位：测绘出版社有限公司）

河南省测绘地理信息技术中心开展深入贯彻中央八项规定精神学习教育研讨会

◎ 周正 李华

6月11日，河南省测绘地理信息技术中心党委理论学习中心组开展习近平总书记关于党的建设的重要思想和中央八项规定及其实施细则精神的学习交流研讨。中心党委书记、主任郭幸生主持会议并讲话，中心党委委员、副主任武永斌作交流发言，中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议并领学。

为进一步深入贯彻中央八项规定精神学习教育，郭幸生强调，一是深化思想认识。要深刻认识到中央八项规定是党在新时代的徙木立信之举，深入学习习近平总书记考察河南重要讲话、锲而不舍落实中央八项规定精神，认真主动读原文、悟原理，坚持深学细照、笃行不怠。要深刻理解作风建设绝不是“一阵风”“走过场”，而是长期坚持的铁规矩，必须久久为功、常抓不懈。领导干部要以上率下，自上而下，一级带一级，一级做给一级看，切实发挥示范带头作用。要强化分类指导，聚焦领导干部、新提拔干部、年轻干部、关键岗位干部等重点对象，全面推进深入学习，强化典型引路，以点带面推动学习教育走深走实。

二是一体推进学查改。学上下功夫，要深入学习原文，推进党委专题学、支部跟进学，强化研讨交流、案例启发，持续改进工作作风，鼓励干部群众提要求、讲实话。查上动真格，要坚持对照上级要求查、结合实际工作查、结合群众诉求查、结合以案促改查、结合巡察审计查，查出深层次问题、实质性问题。改上见真章，从思想上改，严格按照中央、省委指示要求，以思想自觉引领行动自觉；从作风上改，严格要求自己行为，一言一行按照组织要求，培养好的工作、生活习惯，以干部作风影响群众作风；从机制上改，对照机制是否缺失、渠道是否通畅、与群众诉求是否一致等问题，深入查找薄弱环节，健全完善制度规定。

三是抓好重点工作。抓好学习教育不放松，要厉行勤俭节约、倡导过“紧日子”，坚决杜绝铺张浪费现象，将勤俭意识融入工作各环节；要狠抓违规吃喝整治不松懈，强化政治自觉，深刻认识整治违规吃喝



问题的紧迫性，重拳出击、常治长效，树立清风正气；整治群众身边不正之风和腐败问题永远在路上，重点关注群众诉求，广泛收集群众意见建议，依法依规解决合理诉求；强化干部担当作为，注重学干融合、远近结合、统筹兼顾、务实推进，以作风建设推动为民服务落地见效；强化与业务融合深度，高标准推进军民融合项目，强品牌树形象，扎实做好测绘保密工作，积极主动、善作善为。

武永斌围绕深入学习中央八项规定及其实施细则精神进行交流发言。他紧密结合思想和工作实际，从转变思想、强化学习、查摆问题、压实责任、担当作为等方面分享学习体会，强调要深刻领会精神内涵，力求将精神吃深吃透，落实到工作和生活每一个细微之处，真正做到学思用贯通、知信行统一。

会前，中心党委班子围绕《习近平总书记关于党的建设的重要思想》《中央八项规定及实施细则》和新修订的《党政机关厉行节约反对浪费条例》开展个人自学。会上，班子成员领学《习近平总书记关于党的建设的重要思想》部分内容，通报中央层面整治形式主义为基层减负典型案例，传达学习中共中央办公厅意识形态工作有关要求，以及省委党的建设工作领导小组扩大会议精神和刘宁同志在省委理论学习中心组深入贯彻中央八项规定精神学习教育第二次集体学习时的讲话等文件。□（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

北斗耀中原： 时空坐标里的河南蝶变

◎ 本刊特约记者 张永强

数字化浪潮以磅礴之势席卷全球，时空信息与导航定位服务已然跃升为支撑经济社会高质量发展的关键新型基础设施。作为我国自主研制、独立运行的重大科技结晶，北斗卫星导航系统不仅是中國科技创新征程中熠熠生辉的标志性成果，更是推动国家治理体系和治理能力现代化进程的核心驱动力。

2020年7月31日，习近平总书记郑重宣布北斗三号全球卫星导航系统正式开通，并着重强调要大力推广北斗系统应用，为我国经济社会发展作出新的更大贡献。2021年9月，习近平总书记在向首届北斗规模应用国际峰会致贺信时，再次强调愿与各方携手，共推北斗卫星导航系统建设，共享北斗成果，促进全球卫星导航事业进步，让北斗系统更好地服务全球、造福人类。

近年来，河南省高度重视北斗卫星导航系统的应用与发展，全力推进河南省卫星导航定位基准服务系统建设。河南省自然资源厅携手河南省测绘地理信息技术中心，高瞻远瞩、精益求精，圆满完成河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号升级改造工作，走出一条极具特色的融合发展之路。如今，这里矗立着国内建站标准最高、站点数量最多、密度最大的省级基准服务系统。河南省卫星导航定位北斗三号基准服务系统宛如夜空中最亮的星，在多个领域展现出巨大应用潜力，为河南经济社会发展提供精准位置服务，为全国北斗产业发展贡献了可复制、可推广的“河南经验”。



筑基：八年铸剑，星耀中原大地

在河南省测绘院的机房里，弥漫着一种科技特有的静谧氛围。那些闪烁的指示灯，宛如夜空中遥远星辰的倒影，在略显昏暗的空间里，有节奏地明灭闪烁——全省246座基准站的观测数据以1Hz的采样频率源源不断汇入系统。“这些站点平均站间距约30公里，构成覆盖全省的‘卫星导航矩阵’。”河南省测绘院卫星导航定位服务中心技术人员周哲介绍。

“从2016年启步建设北斗二号基准服务系统，到2024年完成北斗三号升级，我们用8年时间，从无到有，不仅完成技术迭代，更构建了数字河南的‘时空底座’。”河南省测绘院院长付治河感慨道。

2012年，中国北斗卫星导航系统正式开启区域服务，我国卫星导航事业迈入全新阶段。在国家战略引领下，河南省积极响应，全省卫星导航定位基准服务系统应运而生。2016年，河南省正式启动卫星导航定位基准服务系统（北斗二号）建设工作。

河南地处中原腹地，地形地貌复杂，平原广袤，山地与丘陵亦连绵起伏。如何构建高精度、高稳定性的定位服务体系，成为河南省测绘院技术团队亟待攻克的难题。项目组采用“统一规划、分步实施”的科学策略，历经两年拼搏，成功建成由246座基准站和1个省级数据中心组成的高精度北斗卫星导航定位网络。基准站平均间距约30公里，密度达平均2个站/县，实现全省无缝覆盖。

2018年11月，由李建成院士等专家教授组成的专家组对河南省基准服务系统进行了严格验收，认为成果整体达到国际先进水平。同年12月，河南省政府新闻办公室隆重举行新闻发布会，正式宣布河南省卫星导航定位基准服务系统投入使用，河南成为全国首批实现北斗高精度定位服务全覆盖省份之一。

系统建成后，河南并未止步，开启了从“能用”到“好用”的匠心雕琢之旅。

2020年7月，我国北斗三号全球卫星导航系统华丽登场。为了让河南的基准服务系统能够与时俱进，充分汲取北斗三号系统的强大优势，2022年，河南省毅然开启卫星导航定位基准服务系统的北斗三号升级改造征程。

上下齐心，其利断金。在河南省自然资源厅党组的坚强领导下，河南省测绘地理信息技术中心精心指导，河南省测绘院领导高度重视，积极调配精兵强将，协调各技术支持单位，指导各市、县（市、区）自然



● 北斗卫星导航定位基准服务系统基准站

资源管理部门对全省246座基准站进行升级改造。经过近两年紧锣密鼓的施工建设，2024年11月，全省246座基准站和省级数据中心的升级改造工作圆满收官，并顺利通过检查验收及系统功能性能测试。同年12月，河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号差分信号正式启用，标志着河南省北斗卫星导航应用大步迈入高精度实时定位的“北斗三号”新时代。

“该系统是我国目前建站技术标准最高、站点数量最多、密度最大且完全自主可控的省级系统，是河南省全力推动数智化转型的重要支撑。”河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生难掩自豪之情地表示。河南省卫星导航定位基准服务系统的全面建成与升级，不仅为河南经济社会发展精准输送了高精度的定位导航服务，更为国家空间基础设施建设奉献了珍贵的“河南经验”。

创新：多项突破，打造行业标杆

聚焦安全强化、创新驱动、技术引领等核心要素，升级为支持北斗三号的河南省卫星导航定位基准服务系统在众多省级系统中脱颖而出，呈现出七个方面的



● 河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号差分信号正式启用

显著新特点与新优势。

国产化替代方面,该系统实现软硬件全面国产化。基准站接收机采用包括五大品牌在内的国产硬件设备,省级数据中心配备国产华测卫星导航定位基准服务平台与国产银河麒麟操作系统,从根源上摆脱对国外技术的依赖,为国家空间基准数据的安全性自主性筑牢壁垒。

坐标框架与国家基准高度统一。系统采用最新基准站坐标成果,与国家基准完美契合,彰显现代测绘基准三维、动态、高精度的特性。这使河南省在各类空间定位工作中,能与国家标准无缝对接,确保数据准确权威。

系统性能卓越。经测试,与其他地基增强系统相比,北斗三号基准服务系统卫星锁定速度领先,获取固定解时间普遍低于3秒,数据传输和服务网络延迟率低于5%,空间可用性、用户时间可用性均大于95%,网络RTK定位精度平面优于2cm,高程优于6cm,全方位满足并部分超越相关标准,可提供全天候24小时稳定可靠的优质服务。

星链加持是北斗三号基准服务系统的亮点。系统支持5种导航卫星系统,可用卫星数量约达50颗,与升级改造前相比,可用卫星数量翻倍,北斗卫星数量增加了1.5倍,极大提升系统可用性。

信号频点组合丰富多样,增强系统稳定性。该系统支持5星16频,相较北斗二号的3星8频,具备更多信号频点组合方式,加快卫星锁定速度,提升系统在复杂环境的抗干扰能力与整体可靠性。

定位服务覆盖范围更广。河南省北斗三号基准站数据已融入全国卫星导航定位基准站一张网,可开展覆盖全国、统一标准产品的整网解算处理,为全国用户提供统一注册、无缝漫游与协同高精度定位服务。

在数据安全保障层面,河南省卫星导航定位基准服务系统构建了严密的数据安全保障体系,通过安全防护设备、信息系统安全等级保护测评以及“物联专网+专用APN”等多层次防护举措,实现专网卡与用户设备终端唯一绑定以及数据单向传输,确保数据交互安全稳定,为用户数据隐私和国家信息安全筑起坚固防线。

破圈：深度融合，赋能各行各业

全省林草湿样地边界坐标利用北斗定位精准测定；在燕山水库的坝体上，7个银色北斗三号监测站正以毫米级精度监测坝体状态，为这座大型水库构筑起“数字安全网”；安阳烟草配送车辆结合高精度定位优化线路，减少了53条配送路线……如今，在中原大地，卫星导航定位技术正从实验室走向万千场景，以“看不见的手”推动着产业变革。

河南省卫星导航定位基准服务系统依托自主可控的国产化软硬件，打造了集在线注册、自助办理、快速审核于一体的高精度位置服务云平台，构建了从基准站网建设到数据处理、服务应用的完整技术产品体系。对外主要提供实时差分数据、事后静态解算、空间坐标转换等三种测绘基准服务。据统计，系统已累计注册单位超1000家，开通服务账号超7000个，每年为用户提供实时差分数据服务累计超22万小时，响应服务超7.9亿次，数据结算、坐标转换超20万个点，静态数据解算279点，为实景三维河南建设、时空大数据平台、森林资源普查、自然资源确权、水资源基础调查、土地综合整治等项目提供了高精度空间定位基准服务，为自然资源管理工作奠定了坚实基础，也为国家空间基础设施建设贡献了可借鉴的“河南经验”。

当毫米级精度遇见万亿级产业，这场精准革命正在改写中原大地的发展维度，每一寸土地、每一份资源都在数字坐标系中焕发着新可能，澎湃着强劲动力。

自然资源管理：守护资源，助力科学决策

在息县，北斗三号提供的成果和技术服务已应用于全县域地形图、测量标志普查和修复、城市国土空间监测、农村房屋不动产登记、土地勘界等测绘项目。农村房屋不动产确权登记累计颁发不动产权证书4432宗，村民足不出户即可完成不动产登记全流程业务办理，而这背后，是北斗毫米级定位的支撑。息县自然资源局工作人员李涛谈及北斗三号的应用，满是赞叹：“极大地提高了作业灵活性和生产效率，节省了项目成本和费用支出，创造了明显的经济和社会效益。”

从北斗二号，到升级的北斗三号，河南省卫星导航定位基准服务系统边建边用，在自然资源管理工作中发挥着越来越多的作用，用精度和速度守护着一方自然资源，推动着自然资源管理工作不断前行。

在地理国情监测项目中，调查人员通过系统提供的厘米级网络RTK服务，外业调查采点更加准确，减少了因定位误差导致的重复测量和错误，提高了数据

质量，避免后续内业处理因精度不足而导致返工。

2024年累计为实景三维河南建设项目航摄提供基准站观测数据支持1250站天，覆盖省内14.2万平方公里，减少了地面控制点布设、观测计算工序，缩短了项目工期。系统成果已应用于航空摄影、LiDAR激光扫描空中高精度数据后处理，保障了地面影像、激光点云与基准服务系统成果的一致性。

在国土空间规划管制进程中，基准服务系统提供的高精度定位数据，犹如精准的导航仪，为规划的科学制定与精准实施提供了坚实有力的支撑。通过实时精准获取土地的位置、面积等关键信息，能够更加合理地规划城市布局、产业发展与生态保护空间，有效避免资源浪费与不合理开发。

凭借卫星导航定位基准服务系统，河南省对耕地进行实时动态监测，能够及时敏锐发现耕地被占用、破坏等异常情况，为耕地保护执法提供精准的数据支持。与此同时，在高标准农田建设中，北斗系统助力农机实现精准作业，能显著提高土地利用效率，为粮食安全保驾护航。

在河南省林业资源监测院的数据库里，林草湿样地边界坐标利用北斗定位精准测定。“过去在山区找样地，靠地图和罗盘要花半天，现在平板一键导航，20分钟就能定位。”技术人员展示郑州市林业部门的作业记录：200名技术人员利用北斗终端完成95个森林样地、16个湿地样地的调查，数据采集效率提升4倍。2024年，西华县森林草原湿地荒漠化普查中，12384个不一致图斑通过北斗定位实现100%精准认定，“每棵树的位置、每片湿地的边界都有了‘数字身份证’”。

水利工程：实时监测，保障水利设施安全

在燕山水库，河南省测绘院匠心研制的北斗三号一体化变形监测系统堪称“地质灾害预警神器”。7个一体化监测站通过北斗短报文服务，实时传回坝



● 北斗三号一体化变形监测站



● 精心维护

体表面位移数据。据项目负责人介绍，该系统实现7×24小时在线监测，精度达毫米级，较传统人工测量效率提升100倍。在郑州城区，通过融合PS-InSAR与DS-InSAR技术，2019~2023年地表形变监测发现，中牟县白沙镇区域因地下水开采出现年均20mm的沉降，为城市规划提供了关键数据支撑。

智慧物流：优化线路，提升运输效率

在安阳市烟草公司的配送中心，45套北斗终端正在改写物流规则。智能管理系统通过高精度定位分析，将原本225条配送线路优化至172条，每条线路配送商户从85户增至112户，装载率提升15%，每年减少10辆配送车。

“以前司机凭经验走，现在系统按实时路况和商户位置自动规划，单条线路规划时间从1小时缩短到5分钟。”调度员点开屏幕，实时轨迹显示某辆车正以3米误差精准停靠商户门口。类似的变革也发生在华能电力的风电维护中，70辆作业车通过厘米级定位实现动态监控，维修路线优化后，单台风机维护耗时缩短40%。

此外，在智慧交通领域，北斗系统还为城市交通管控提供了强大助力。通过实时监测车辆位置和行驶速度，交通管理部门能够及时精准掌握交通流量，合理灵活调整交通信号灯配时，优化交通组织，有效缓解城市交通拥堵。

地灾监测：实时预警，守护生命财产安全

河南省测绘院与武汉大学团队携手联合研制了基于“北斗+5G”的地质灾害监测平台，为防灾减灾工作提供了强有力的技术支撑。该平台充分利用省内高密度基准站网的独特优势，在灾害点精准安装高精度

地灾监测设备，接入平台获取监测数据并进行实时联合解算，可全天候不间断监测地质灾害点的实时位移变化状况。当位移变化量超过预警值时，平台会自动迅速发出预警信息，并及时告知相关人员和责任单位，以便及时采取应对措施。

目前，该平台已在郑州、林州、确山、泌阳、息县等地成功布设，有效提升了地质灾害监测预警能力，为人民群众生命财产安全撑起一把坚固的“保护伞”。

其他领域：多点开花，拓展生活新方式

此外，河南省卫星导航定位基准服务系统在文物保护、特殊群体监护、应急测绘等多个领域得到了广泛应用。

在文物保护方面，利用北斗高精度定位设备对文物保护单位进行实地勘测，确定保护范围线 and 建设控制地带范围线，构建保护区划电子围栏，提升了文保管理的数字化、信息化、智能化水平。在对龙门石窟的保护工作中，通过北斗定位技术实时监测石窟周边环境的变化，及时发现可能对石窟造成损害的因素，为文物保护提供了科学依据。

在特殊群体监护方面，该系统搭建起一道安全坚固的科技屏障，实现对老人、儿童、学生等特定人群的实时监控、亚米级定位、远程语音通话、路径轨迹查询，为他们的安全保驾护航。一些养老院为老人配备了带有北斗定位功能的手环，家属和养老院管理人员可以通过手机APP实时查看老人的位置和健康状况，确保老人的安全万无一失。

在应急测绘方面，当面对突发险情时，该系统可快速开通免注册、免申请的公共账号，并分发给应急测绘保障单位，为抢险救灾提供实时动态的高精度定位服务。在河南“7·20”暴雨抗灾期间，该系统为救援抢险的无人机、车辆等终端设备免费提供应急服务，服务的终端设备超过200台，服务时长超过2000小时，为抢险救灾工作的顺利进行提供了有力支持。

未来：持续创新，拓展应用新蓝图

“要让北斗时空服务如同水、电、气等公共服务一样，全面融入基础设施建设，深度赋能各行各业发展，在推动传统行业转型升级的同时，为我国数字经济高质量发展注入新的强大动力。”2025年3月27日，在河南省卫星导航定位基准服务系统应用推介会上，河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚站位抢占发展先机，赋能全省经济社会高质量发展的大局，就

如何发挥好“北斗基础设施建设强省、北斗应用市场大省”的优势，推动北斗规模化应用提出：聚焦“推动高质量发展”，赋能各类产业转型升级；聚焦“扩大高水平开放”，支撑数据统一市场建设；聚焦“创造高品质生活”，满足人民美好生活需要；聚焦“实施高效能治理”，提升政府数字治理能力。

展望未来，河南省卫星导航定位基准服务系统将继续秉持创新发展理念，不断拓展应用领域，提升服务水平，为河南的高质量发展贡献更多力量。

在融入“全国一张网”方面，河南省将积极配合自然资源部，构建基于北斗的全国卫星导航定位基准站一张网服务平台。通过开展覆盖全国、统一标准产品的整网解算处理，为全国用户提供统一注册、无缝漫游与协同高精度定位服务，进一步提升河南省在全国卫星导航定位领域的影响力，推动北斗规模化应用，服务测绘地理信息产业发展，助力数字经济建设。

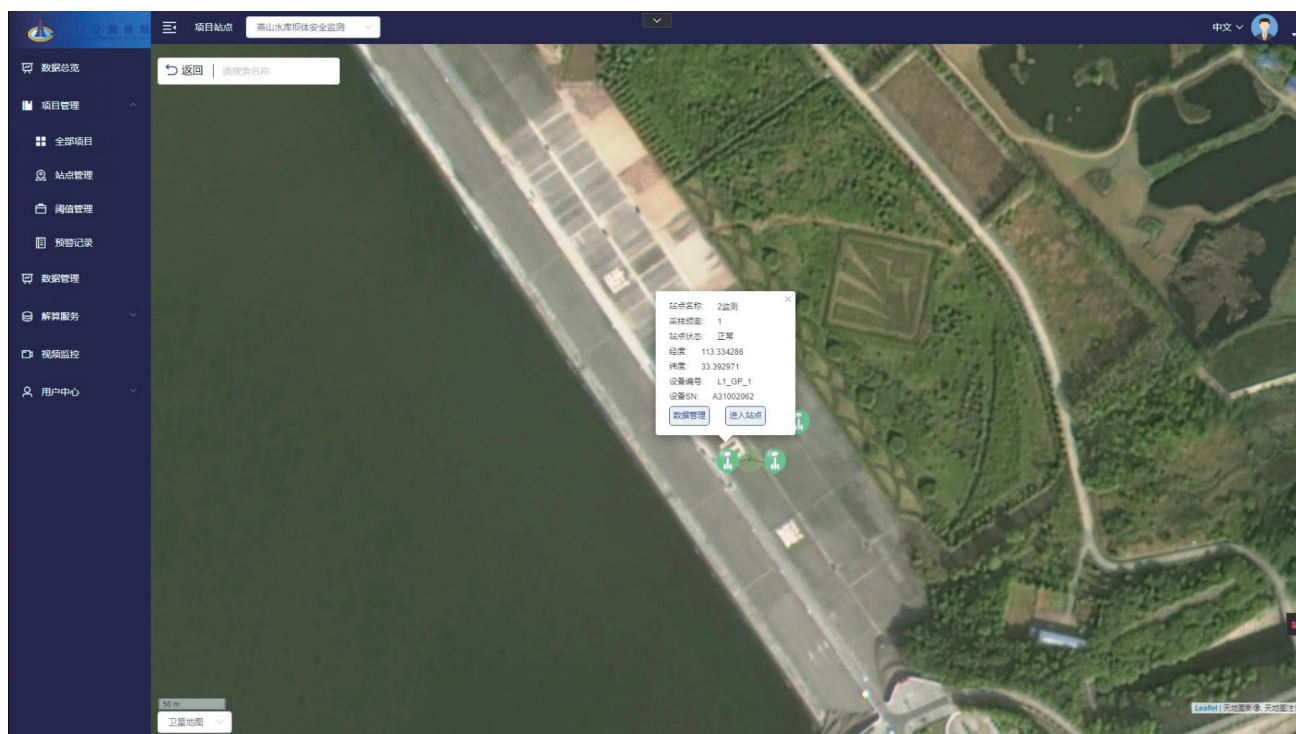
加大科研投入是提升系统技术保障能力的关键。河南省将依托省北斗导航与位置服务工程研究中心、北斗导航高精度技术创新中心，不断加强与高校、科研院所、芯片制造商的合作交流，引进培养高层次人才，加大科研经费投入。通过不断创新，提高位置服务方面的科研创新能力，为系统的持续发展提供强大的技术支撑。

加强与网络运营商的合作，也是未来发展的重要方向。河南省将积极对接移动、联通、电信、广电四大运营商，开展“北斗+5G”典型应用研究和推广，为河南省北斗三号高精度服务筑牢基准，提升北斗导航与位置服务保障能力。

在贯彻军民融合发展战略方面，河南省将通过北斗三号基准站的建设与运营，推动军民双向赋能，抢占技术和市场发展机遇，带动芯片、终端、服务全产业链升级。

河南省还将总结经验，提高服务水平，推进卫星导航定位基准服务系统在各行业广泛应用，带动河南省北斗产业的发展，实现经济和社会效益双提升。同时，进一步发挥基准服务系统的基础支撑作用，面向社会公众提供全方位的单北斗定位服务，逐步发展成为权威的单北斗导航和高精度定位解决方案的提供者。

在新时代的征程中，河南省卫星导航定位基准服务系统宛如一颗璀璨的“北斗星”，在中原大地闪耀着智慧的光芒。它以科技创新为引领，以广泛应用为支撑，为河南经济社会发展注入源源不断的动力。相信在未来，随着技术的不断进步和应用的持续拓展，这颗“北斗星”将更加闪耀，引领河南在高质量发展的道路上稳步前行，为实现中华民族伟大复兴的中国梦贡献河南力量。☑



河南省地理信息院开展外业安全隐患排查和消防演练



为强化外业安全生产与数据保密工作，5月28日，河南省地理信息院调查监测分析中心组织开展外业安全隐患排查整改和消防应急演练，全面提升风险防控与应急处置能力。

排查行动中，部门负责人对项目驻地消防器材、水电气暖设施及

车辆使用情况进行“地毯式”检查，确保排查无死角、无盲区。针对发现的安全隐患，现场分类分级登记造册，明确整改责任人和期限，并要求以“三零”态度（零容忍、零懈怠、零缺位）推进整改销号，严守数据保密红线。

在演练过程中，参练人员严格

依照模拟预案有序行动，各小组分工明确、协同配合，高效协作完成全部演练任务。从警报响起至全员安全疏散至指定区域，全程用时5分钟，充分展现了应急响应的快速性与规范性。此次演练不仅验证了项目部应急预案的实用性与可操作性，更让全体人员系统掌握消防器材规范操作流程，熟悉应急逃生路线及处置程序。

演练结束后，部门负责人组织外业人员学习了相关安全生产文件精神，深度剖析辽宁辽阳饭店火灾、山东高密车间爆炸等4起典型事故案例，以真实教训敲响安全警钟，强化全员安全防范意识与数据保密责任。

此次活动通过“排查+演练+学习”三位一体模式，增强了外业职工安全生产和数据保密意识，提升应急处置水平，为筑牢安全生产防线奠定了坚实基础。☑（河南省地理信息院 胡惊鹏 孙凯 陈山）

南乐县自然资源局开展“双随机、一公开”抽查工作

近日，南乐县自然资源局携手县市场监管局执法大队，对全县测绘资质单位开展了“双随机、一公开”抽查工作，旨在加强项目质量监督管理，强化行业监管，推动测绘地理信息行业规范、健康发展。

此次检查采取随机抽选方式确定受检测绘资质单位，通过仔细听取受检单位情况汇报、认真查阅档案资料等方式，对受检单位开展全方位“体检”，检查内容涵盖测绘资质条件是否符合要求、测绘地理信息成果质量是否达标、质量管理

体系运行是否规范有效、涉密成果安全保密工作是否严格到位、成果资料归档汇交是否及时合规、营业执照信息是否真实准确等。

针对检查中发现的问题，检查组当场向涉事单位进行反馈，责令其在规定期限内完成整改。对于拒绝整改或整改效果不佳的单位，将依据相关法律法规进行处罚，以此形成强有力的震慑。

南乐县自然资源局相关负责人强调，“双随机、一公开”抽查工作是深化“放管服”改革的重要举

措，是加强测绘资质单位监管的重要手段，通过建立事前、事中、事后全流程监管，能够及时发现和纠正测绘行业存在的问题，切实规范测绘地理信息市场秩序，促进行业健康发展。下一步，南乐县将持续完善“双随机、一公开”监管机制，加大抽查比例和频次，强化抽查结果运用，推动形成部门协同、社会共治的监管新格局，为全县经济社会高质量发展提供更加优质的测绘地理信息服务保障。☑（南乐县自然资源局 王彦兵）

新乡市首家测绘图书陈列馆揭牌

近日，新乡市首家测绘图书陈列馆——任素敏测绘图书陈列馆正式揭牌，面向社会免费开放。这座兼具“时光博物馆”与“文化驿站”功能的陈列馆，成为记录测绘技术演进、传承行业匠心的重要载体。

该馆位于新乡市东区中央财富广场新闻大厦（核心地段），占地面积 300 平方米，馆藏资源涵盖民国时期至今的线装书、教科书、工具书等各类测绘文献 2 万余册，测绘手稿笔记本 100 余本，以及不同时期的测绘仪器、工具 260 多件。

为了提升查阅便利性，馆内配备电子检索系统，实现文献资料的数字化管理。

据介绍，任素敏系新乡市人大代表、新乡市任素敏测绘图书陈列馆馆长、中国收藏家协会会员。陈列馆的建成源于任素敏 30 余年的行业坚守与文化收藏。自上世纪 90 年代投身测绘事业以来，她以“匠人”精神深耕技术，更以“史官”担当搜集保护行业文物，足迹遍及全国，她将泛黄的古籍文献与斑驳的测量器具系统整理，最终形成这

座个人收藏成果展示馆。馆内藏品不仅展现其“一笔一尺丈山河”的爱国情怀，更搭建起面向测绘专业人员、爱好者及公众的行业文化交流平台。

“测绘是丈量大地的语言，更是文明进步的标尺。”任素敏介绍，下一步将通过丰富馆藏品类、创新展陈形式、开展主题科普活动等举措，强化科普教育与文化传承功能，持续释放测绘文化魅力，为新乡市测绘事业发展注入文化动力。

（新乡市自然资源和规划局 董广）

2025 年河南省高等学校测绘学科教学创新与育才能力大赛落幕

5 月 23 日至 24 日，由河南省测绘学会测绘教育与科普工作委员会、河南省测绘学会自然资源调查专业委员会主办，黄河水利职业技术大学承办，广州南方测绘科技股份有限公司协办的“南方测绘杯”2025 年河南省高等学校测绘学科教学创新与育才能力大赛——青年教师讲课竞赛在黄河水利职业技术大学举行。

此次大赛旨在推动河南省测绘学科教学创新、提升青年教师育才能力，对促进测绘教育高质量发展具有重要意义。活动为省内高校提供了交流平台，激励青年教师落实立德树人根本任务，强化课程思政育人理念，推动课堂教学创新，提升教学质量。同时，也顺应了行业发展需求，鼓励教师创新教学方法，培养高素质技术技能人才。

大赛分本科组与高职组两个赛道，涵盖天文测量、地理信息系统、卫星定位、遥感技术与解译等多个

方向。竞赛过程中，青年教师们展现出扎实的专业功底与创新教学理念。经过预赛、决赛的激烈比拼，本科组评选出特等奖 4 名、一等奖 6 名、二等奖 7 名，高职组评选出特等奖 2 名、一等奖 3 名、二等奖 5 名。

河南省测绘学会相关负责人

表示，通过以赛促教、以赛促研，不仅激发了青年教师深耕教学的热情，更推动了全省高校测绘专业在课程体系优化、教学方法创新、师资队伍建设和方面的协同发展，未来将继续搭建此类交流平台，推动河南省测绘教育事业高质量发展。

（本刊记者 陈庆贺 张磊）



丈量山河守初心

——河南省第三地质勘查院有限公司测绘工作素描

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 褚冬莉

在时代发展的壮阔征程中，测绘地理信息始终是经济建设的“开路先锋”。在服务国家经济建设的壮阔版图上，每一次精准的定位、每一幅翔实的地图、每一组可靠的数据，都凝聚着测绘人的智慧与汗水。作为一家有着近70年光荣历史的地勘单位，河南省第三地质勘查院有限公司（以下简称“地勘三院”）在测绘地理信息领域深耕细作，坚持以“测”为笔，以“绘”为墨，穿越崇山峻岭、踏遍城市乡村，用专业与执着丈量每一寸土地，用实际行动践行自己的初心和使命，为经济社会发展注入源源不断的动能。

地勘三院是一家集科研与生产为一体的综合性地勘单位，多年来充分发挥测绘地理信息专业优势，积极参与城市基础测绘、国土调查、公路选线勘测、城市地下管线普查、自然资源确权、水资源基础调查等重大测绘项目，广泛服务自然资源、住建、农业、林业、水利、交通、不动产测绘等领域。

土地调查，探寻高原“土地密码”

土地资源调查是摸清国土家底的基础性工程，尤其在高原生态脆弱区更具战略意义。2019年，地勘三院党委委员、副总经理张殿江带队踏入平均海拔4000米以上的雪域高原开展青海省第三次全国国土调查项目，开启了一场与自然博弈、与时间赛跑的征程。

“今天要核查称多县珍秦镇图斑，每个都要精准定位！”清晨，张殿江在项目指挥部展开地图，红笔圈出的点位如同等待破译的密码。队员们快速往冲锋衣里塞进自热贴，将GNSS接收机、平板电脑等设备仔细检查后，驾着越野车向高原深处进发。

外业调查的艰苦远超想象。高原的天气瞬息万变，队员们一天之内要经历四个季节。出发时晴空万里，正午突降冰雹，午后狂风卷起漫天黄沙，傍晚又飘起细碎的雪粒。技术骨干王保雷回忆，在囊谦县白扎乡

的一次调绘中，他们为了确认一处疑似变更的林地边界，顶着大风徒步3个小时。高原缺氧让每一步都如同负重前行，嘴唇被紫外线灼得干裂，睫毛上结满冰碴，但没有一个人喊停。“我们手里的每一个数据，都关系着国土数据的精准，容不得半点马虎。”王保雷坚定地说。

在高原上，藏獒是牧民看家护院的得力助手，一旦发现陌生人经过，便会虎视眈眈。在囊谦县偏远山区核查图斑时，王保雷和张鹏博刚完成林地边界确认工作，就被一只凶猛的藏獒盯上。危急时刻，地理信息分院院长陈明珍带车及时赶到，两个队员迅速钻入车内，将狂吠的藏獒挡在车外。

夜幕降临，队员们拖着疲惫的身躯回到驻地，认真整理当天的调查数据，分析疑难图斑。针对玉树州的复杂地形和多变气候，项目组创新提出“天、空、地”一体化调查模式：利用卫星遥感宏观监测，结合人工实地核查，大大提高了工作效率。同时制定了完善的数据质量管控机制和严格的审核制度，确保每一项调查数据真实可靠。

历经两年多的艰苦奋战，玉树州称多县、囊谦县第三次全国国土调查工作圆满完成，累计调查图斑3万余个，获取高精度影像数据，完成27000km²土地调查与数据库建设，全面摸清当地自然资源基础家底，为生态保护、乡村振兴等战略实施提供了坚实的数据支撑。

当第一缕朝阳再次照亮雪域高原，这群“土地密码”探寻者收拾行囊，又向下一个目的地出发，书写新时代测绘人的使命与担当。

地图更新，定格“山河印记”

大比例尺地形图的动态更新是杭州城市发展与精细治理的重要基础支撑。近年来，地勘三院专注杭州

市 1:500 地形图动态更新项目，为城市规划、市政管理和工程建设提供了科学有效的基础地理信息数据。

2018 年，地勘三院承担杭州市基础地形图动态更新项目。为高质高效完成工作任务，为确保及时更新城市地形图，杭州项目部人员起早贪黑，肩扛仪器，身穿红色制服，头戴安全帽，走遍杭州市城区的每一个角落，以各个击破的方式全方位无死角逐图幅进行外业巡视，并迅速实施全野外数字化测图。

清晨，薄雾尚未散尽，项目部已是一片繁忙。电脑屏幕上，高精度的城市地形图无声铺展，技术人员指尖在键盘上轻快跳动，鼠标光标沿着道路、建筑轮廓精准游走——这座城市的“地理底图”正经历一场静默而深刻的“新陈代谢”。

历经 1500 多个日日夜夜，当最后一期更新数据输入 EPS 地理信息工作站，杭州的数字化又在云端完成一次细胞级更新。那些穿行在街巷的测绘背包里，装载着奥体中心亚运场馆的曲线、杭州西湖风景名胜区长来峰的海拔、互联网产业园区的轮廓——它们终将汇入杭州的“数字心脏”，驱动这座千年古城在虚实交融中奔向更智慧的未来。

与此同时，为更好实现杭州市基础地形图动态更新，地勘三院组织实施科研项目“高现势性遥感技术在城市基础建设中的应用研究”，依托 2022~2023 年度基础地形图动态更新及城市地理国情监测项目，在原有 1:500 地形图基础上，创新利用高现势性遥感技术与野外数字化测图相结合的方法，快速发现和圈定变化目标区域，大大提高了城市地理信息更新的效率和准确性。

沉降监测，感知“大地脉动”

地面沉降是威胁城市安全的“隐形杀手”，精准监测是防灾减灾的第一道防线。2024 年 6 月，地勘三院实施孟州市地面沉降监测网建设与安装项目。

项目伊始，正值盛夏时节，骄阳似火，火辣辣的太阳炙烤着大地。施工现场热浪翻涌，地表温度高达 40 多摄氏度，钻机金属部件烫得可以煎熟鸡蛋，泥浆溅在工装上瞬间蒸发出白色盐渍，空气仿佛都在蒸腾。面对时间紧、任务重的压力，陈明珍第一时间带领技术团队奔赴施工现场。

白天，伴随着钻机轰鸣作响，钻杆慢慢深入千米岩层，一线人员操控着笨重的机器，他们要为 27 个监测孔精准定位坐标，还要严格把控孔深与孔斜。豆大



的汗珠顺着脸颊滚落，滴在滚烫的地面瞬间蒸发，飞溅起的泥浆在他们的工作服上渐渐凝结，形成一道道“烙印”。他们丝毫未受影响，始终全神贯注，紧盯各项数据，确保施工过程的高精度控制。夜晚，项目部灯火通明，20 余名专业技术人员有条不紊地整理分析数据，紧跟工作进度，及时发现并解决问题。

测区地层十分复杂，在地下 5~60 米深处出现卵石层，普通钻头根本无法正常施工。钻机机长在现场交班会议上留下这样的惊叹：“钻头就像撞上混凝土墙！”为防止钻孔因地层原因出现塌孔埋钻等严重情况，项目部多次开展技术研究，反复推敲钻探施工方案，最终决定打破常规，创新采用“冲击钻碎大石+回转钻快速收尾”的复合工法，使得钻探工作顺利推进。然而，挑战并未就此结束。2024 年 11 月 19 日，一处分层标孔斜突然超过警戒值。技术人员迅速反应，紧急架设激光导向系统，密切关注钻杆状态，连续奋战 8 小时进行校准，终于将“迷途”的钻杆拉回技术要求的精度轨道。

2024 年 12 月，经过不懈努力，项目部成功完成 1 座新建基岩标、2 组新建分层标的建设与安装，总进尺达 5937 米，顺利建成地面沉降监测基准网和分层标垂向监测网，为这座城市成功植入能够精准感知大地脉动的“毫米之眼”，为相关部门实时动态掌握地面沉降变化情况、全面提升地面沉降监测水平、有力支撑省级地面沉降联防联控奠定了坚实基础。

“展望未来，地勘三院将牢牢把握测绘前沿技术，持续拓展城市规划、生态保护、民生服务等领域，以精准测绘守护山河底色，以专业匠心践行使命担当，奋力谱写测绘地理信息事业的壮丽篇章。”张殿江信心满满地说。☑

山东省烟台市打造实景三维平台，实现“云踏勘”观地、“千里眼”值守、“厘米级”精度——

“最强大脑”让治理更智慧

◎ 焦思颖 孙冰雪 姜艳春

时间与空间，每一瞬都在与我们互动，时空之力正塑造着未来之形。如何穿透时空的迷雾，让时空地理信息数据为城市发展、自然资源管理赋能？

面对新形势新要求，山东省烟台市以实景三维为底座，“多赛道”融合，持续开展面向国土空间规划、自然资源监测、应急指挥、智慧园区、城市精细化管理等40余项行业应用的研究，在不同领域开展多元探索，340余项重点工作从实景三维技术中受益。

截至目前，实景三维烟台建设已完成全市域地形级实景三维数据生产，全市14个区（市）已全面完成城市级实景三维模型生产，重点区域的高精度三维模型实现动态更新，数据精度已达2厘米……在实景三维的持续赋能下，烟台有了“最强大脑”，带领城市治理和自然资源管理不断走向新未来。

“云踏勘”观地保障重大项目落地开工

土地储备与利用是否适配、精确，是重大项目顺利推进的关键前提。烟台巧妙运用实景三维技术辅助土地收储，以“云踏勘”开启高效工作新模式。

“过去传统的土地收储和管理工作中，踏勘主要依靠‘步行+地形图+影像图+现场照片’，存在耗时久、视角死角多、全局把控难、资料整理繁琐等问题。现在通过实景三维‘云观’土地，优势十分显著。”烟台市地理信息中心主任赵杰介绍。

在土地现状调查评估环节，借助实景三维成果，可以从多个角度立体、直观地展现拟收储地块的局部详情，有效打破现场踏勘因地形、建筑遮挡导致的视野局限。在土地评估与分析环节，依托基础地理实体数据，精准提取地块内房屋类别、占地面积、建筑面积、层数、年代等属性信息，通过建筑面积分类测算模型，可快速预估目标区域的总建筑体量，实景三维模型的运用极大提高了土地现状评估效率。

同时，借助不动产登记数据、人口大数据等，可迅速锁定目标区域有证房产总量、涉及拆迁人员总量等关键数据，结合控规数据、周边房地产成交价格等相关信息，预估收储成本与预期收益，为土地管理的定量分析提供有力支撑。

如今，依托“实景三维+最新卫星影像+实时无人机视频直播”的模式，工作人员外出作业量大幅减少，土地收储效率显著提升。基于这一应用模式，烟台市已完成烟台南站等十几个片区的综合评估工作，有力提升了工作人员对目标地块研判的科学性，对实现土地资源的精准开发利用意义重大。

“在项目规划与建设过程中，实景三维如同为规划人员配备了一双无死角的慧眼。通过实景三维模型，能直观查看地形、地貌、建筑物、道路、植被等现状信息，为规划工作提供精准的数据支撑。”赵杰表示，目前，烟台市新建建筑、道路、公园等项目，都能将规划方案融入实景三维城市，直观展示规划效果。天际线分析、日照分析、市容市貌分析、淹没分析等多项定性、定量分析功能嵌入其中，能系统辅助决策者评估方案的可行性与合理性。

“现在，烟台市大量重大项目的方案比选，都在实景三维系统中进行论证，‘所见即所得’大大提升了规划决策的科学性与准确性。”赵杰说。

“千里眼”值守全天候守护林区安全

烟台林地面积达431.6万亩，森林覆盖率达16.44%，拥有12处国有林场，森林防火重点区（市）13个、重点乡镇（街道、开发区）115个。在坐拥丰厚“绿色家底”的同时，烟台市森林防火任务十分艰巨。在依靠“铁脚板”踏遍防火路的同时，实景三维“黑科技”如何助力防患于未“燃”？

在烟台市蓬莱区艾山林场，360度全天候巡航的

高山视频监控如同“智慧哨兵”凝视着每一寸山林。这些高空“千里眼”背后，也有实景三维的支撑。烟台研发的森林防火监测分析一体化系统，构建起集森林火灾预防、日常督察巡管、火情预警、应急指挥于一体的数据支撑和信息化保障体系。目前已采集防火卡口、取水点、停机坪等 2.5 万余个防火专题要素及 9530 千米防火通道和 3869 千米行进路线数据，形成森林防火“一张图”。在此基础上利用卫星监测、视频监控、无人机巡护、防火码管控，织就空、天、地、人立体监测网络。目前，采用卫星热点监测每 10 分钟推送一次火情热点信息，已累计返回热点信息 5566 条；无人机累计巡护重点林区上百架次；卡口森林防火码注册人数超 10.38 万人，登记进出山信息超过 23 万条。

据介绍，依托森林防火监测分析一体化平台，可协同多部门快速响应处置。采用无人机开展火场态势侦察，将火点位置、现场影像等信息动态呈现至电子沙盘，并将火情视频与三维实景有效拟合，可直观掌控火情态势；通过态势标绘和坡度分析等功能，研判灭火力量部署和周边资源调用，从而高效发挥应急、消防等多部门联合作战协同能力。

在森林火情的指挥现场，实景三维被接入现场应急指挥车的大屏幕，水源地、防火通道、消防行进路线等 23 类要素信息一目了然。现场指挥员可借助三维视图，精准掌握火点具体位置、火情态势，以及周边可用的应急资源和应急队伍分布，及时判断和处置复燃火点，有序指挥周边居民疏散、危险源转移，成功遏制火情蔓延，最大程度降低损失。

凭借在科技赋能、智慧管理及高效应急响应等方面的出色表现，去年以来，实景三维赋能森林防火灭火指挥调度智慧化应用场景先后入围实景三维山东十大应用创新案例、全国 2024 年实景三维数据赋能高质量发展创新应用典型案例。

“厘米级”精度赋能城市精细化治理

社区是城市的“细胞”，是创建城市现代化治理体系的最小单元。烟台市以城市级实景三维数据为底座，打造数字孪生社区创新应用场景，在立体空间整合各类信息资源，为社区群众提供政务、商务、安防及生活互助等多种便捷服务，创造安全、舒适、便利的现代化、智慧化生活环境，提升社区智慧化水平。

赵杰介绍，基于实景三维技术+网格化管理模式，并结合物联网技术，烟台在数字空间构建了数字孪生

社区，实现“地—楼—房—人—物”数据聚合管理，立体直观展示社区全貌、感知社区运行状况。通俗地说，一根路灯灯杆、一口下水道检修井、一块单位牌匾，都能在三维地图上清晰呈现，充分满足城市管理等方面的精细化场景需求。曾经模糊不清的城市末梢，如今通过这双“慧眼”看得清清楚楚。

相比以往表格式的社区管理模式，数字孪生社区为百姓生活、物业服务、政府管理提供了一种全新体验。以建昌街智慧社区为例，平台管理以网格化为基础，将社会治理内容延伸至社区，每个网格单元配备至少一名网格员。社区三维网格化建设，为网格员数据采集、网格事务管理等工作提供了更加直观、便捷的辅助工具，同时，将消防、调解、普法、治安巡逻等志愿服务队伍融入网格管理，形成一个网格员“吹哨”、多支服务队伍报到的“1+N”网格力量配备。

“在人口普查登记等工作中，通过系统三维普查覆盖功能，工作人员可以实时更新普查进展情况，对已普查人口进行标注。在三维建筑模型中就可以直观感知普查情况，相比传统工作模式，效率提高了 40%。”赵杰介绍。

未来已来，时空大数据作为数字经济时代的新兴力量，正逐步展现出强大的应用潜力和广阔的发展前景，实景三维也成为众多城市竞相发力的新赛道。

“作为重要的新型基础设施，实景三维烟台将深度融入国土空间规划、低空经济、应急管理、基层治理等城市发展全领域。未来，这项成果也将持续赋能政府科学决策、企业高效运营、市民便捷生活等，以时空之力构建城市发展新范式，为烟台高质量发展绘就数字治理新图景。”烟台市自然资源和规划局副局长于琳说。□（摘编自《中国自然资源报》2025 年 6 月 2 日 1 版）



黄河流域城市植被覆盖度遥感估算及时空演变研究

冯志立¹ 李想¹ 郝亚茜¹ 杨富民¹ 赵诺²

(1. 河南省测绘院, 河南 郑州 450003; 2. 河南省燕山水库运行中心, 河南 郑州 450003)

摘要: 为深入了解黄河流域沿岸区域城市植被覆盖的变化规律, 检验区域生态环境的修复成果, 采用年度不同时期的 Landsat8 影像资源开展植被覆盖度 (FVC) 研究。该研究首先利用 Landsat8 影像计算 2014 年至 2022 年的植被覆盖度, 并进行分级处理; 经统计方法及一元线性回归趋势研判, 对实验区植被覆盖的时空分布及演变机制进行分析。实验结果表明: (1) 2014 年至 2022 年间, 黄河流域沿岸区域植被覆盖度呈升降交替的变化趋势。(2) 高等级 FVC 主要分布在远离黄河的西北、西南地区; 低等级和中低等级 FVC 集中在黄河两岸; 中等级和中高等级 FVC 由中南地区逐渐向东南扩散, 面积占比逐年减少。(3) 区域植被覆盖度整体得到改善, 轻微改善较为明显, 显著退化减弱。

关键词: 植被覆盖度; Landsat8 影像; 一元线性回归分析; 黄河流域区域城市

1 引言

作为构建和维持良好生态环境的关键组成部分^[1], 植被通过影响区域气候和环境变化来维持生态稳定与平衡^[2,3]。计算一定的测量指标可分析植被生长状态, 对反映区域生态环境质量具有重要意义^[4,5]。植被覆盖度作为衡量植被覆盖状况、反映生态环境及植被生长的重要指标, 在研究区域性生态环境变化中被广泛应用^[6,7]。

目前, 植被覆盖度计算常用的方法有遥感技术、地面调查、GIS 技术等。遥感技术主要采用多源遥感卫星影像计算植被指数, 经过图像处理和分析来计算植被覆盖度。地面调查是通过实地采样和观察, 直接测量植被覆盖情况。GIS 技术主要结合遥感数据、地面调查数据和其他地理数据, 借助空间分析和建模方法来计算植被覆盖度。

随着多种遥感卫星的升空, 多源多时相多尺度的遥感影像数据使得计算植被覆盖度变得更加便捷、准确。近年来, 越来越多的学者将遥感技术作为研究区域植被覆盖度变化的主要手段, 用来实现对生态环境的质量评价。钱慧^[8]等以 GF-6 影像为数据源, 结合 NDVI、像元二分模型以及不同置信度方法, 推算了东海县植被覆盖度变化。阿卜杜热合曼·吾斯曼^[9]等采用 Sentinel-2 影像, 基于像元二分法提取 2017~2022 年博斯腾湖芦苇沼泽湿地信息的植被覆盖度, 分析了研究区植被覆盖度的时空特征。黄逸飞^[10]

等利用两期 Landsat8 影像, 采用归一化差异植被指数和像元二分模型估算不同时期新邵县的植被覆盖度, 分析了新邵县生态环境保护成果。

基于此, 研究采用遥感技术, 选择流经河南省多个城市的黄河流域沿岸区域, 以 Landsat8 影像为数据源, 结合像元二分模型和一元线性回归分析模型^[11-13]方法, 计算 2014~2022 年间该区域的植被覆盖度, 并分析其时空变化规律。通过实验结果反映该区域生态环境的稳定与平衡, 为环境保护、资源管理、农业生产等方面提供数据支撑。

2 实验方法

2.1 像元二分模型

像元二分模型 (Pixel Binary Model) 是一种常用于计算植被覆盖度 (Fractional Vegetation Cover, FVC) 的方法。该方法假设遥感影像中的每个像元由两类地物组成: 植被 (Vegetation, V) 和非植被 (Non-Vegetation, N)。利用像元二分模型, 可以将每个像元的光谱信息分解为植被和非植被, 从而计算出植被覆盖度。

具体而言, 假设一个像元的归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 为 $NDVI_{pixel}$, 该像元中植被部分和非植被部分的 NDVI 分别为 $NDVI_V$ 和 $NDVI_N$, 则像元的 NDVI 可以表示为:

$$NDVI_{pixel} = FVC * NDVI_V + (1 - FVC) * NDVI_N \quad (1)$$

作者简介: 冯志立 (1997—), 男, 汉族, 助理工程师, 硕士研究生, 主要研究遥感变化监测和遥感算法应用。

公式(1)中, FVC 是植被覆盖度, 通过公式(1)进行变换, 可以得出 FVC :

$$FVC = \frac{NDVI_{pixel} - NDVI_N}{NDVI_V - NDVI_N} \quad (2)$$

公式(2)中, 植被端元 $NDVI_V$ 通常是选择健康植被的 $NDVI$ 值, 一般取值为 $[0.7, 0.9]$ 。而非植被端元 $NDVI_N$ 通常选择裸土或其他非植被地物的 $NDVI$ 值, 一般取值为 $[0, 0.2]$ 。实验中选取 5% 置信度, 确定 $NDVI$ 的取值范围。

2.2 一元线性回归分析

一元线性回归分析模型是用于建立因变量和自变量之间线性关系的常用模型。在对植被覆盖度分析的研究中, 该模型是一种用于探索时间气候等因素对植被覆盖度影响的常用模型。数学模型公式如下:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X + \epsilon \quad (3)$$

公式(3)中, Y 为植被覆盖度, X 表示自变量(如时间、温度等因素), β_0 表示线性模型的截距, 当自变量为 0 时, 该值表示植被覆盖度; β_1 则表示该线性方程的斜率, 用于描述随着自变量的变化, 植被覆盖度发生的变化量; ϵ 表示误差项, 用于衡量预测值与真实值之间的差异。由于自变量和因变量的值属于离散数据, 因此, 采用最小二乘拟合线性方程, 得到分析植被覆盖的一元线性回归分析模型:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4)$$

用 $\hat{\beta}_1$ 来表示自变量时间或温度等因素对植被覆盖度的影响方向和强度。当该值大于 0 时, 表示植被覆盖度增加; 当该值小于 0 时, 表示植被覆盖度减少。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖时间变化

植被覆盖的时间变化特征, 受气候、土地利用变化、自然灾害以及生态环境保护等因素影响, 会呈现一定的规律。因此, 植被覆盖度随时间的变化特征可为制定切实有效的环境保护政策和管理措施、研究气候变化、规划土地利用等提供重要的科学依据。为探索黄河流域沿岸城市植被覆盖度的时间变化特征, 选择流经多个地域的黄河流域沿岸为研究对象, 采用 Landsat8 影像计算 2014 年至 2022 年植被覆盖度 (FVC), 通过统计每年的平均 FVC 值, 绘制变化趋势图(如图 1 所示)。

根据该地区实际情况, 研究将 FVC 划分为低等级

(, 0.3)、中低等级 $[0.3, 0.45]$ 、中等级 $[0.45, 0.6]$ 、中高等级 $[0.6, 0.75]$ 、高等级 $(0.75,)$ 等五个等级。经分析可知, 2014 年到 2022 年, 该地区植被覆盖度呈先上升后降低再上升的变化趋势, 年均 FVC 为 0.42, 表明该期间的植被覆盖度水平处于中低等级。结合各等级 FVC 面积占比分布图(如图 2 所示)可知, 2022 年高等级面积占比最大, 达到 18%, 而低等级和中低等级面积占比最大分别处于 2019 年和 2014 年。进一步分析各等级 FVC 的年份变化趋势发现, 低等级 FVC 变化从 2014 年到 2022 年是先上升后降低, 但所占百分比居高不下; 中高等级和中低等级 FVC 变化趋势一致, 随着时间推移, 所占百分比逐渐降低; 高等级 FVC 占比随着时间变化而逐渐上升。考虑该地区属于农业聚集区, 农业灌溉及农田道路建设增加、农作物换季收割等因素, 可能会造成该地区植被覆盖度下降, 同时农业发展对该地区的植被覆盖度也会产生一定影响。

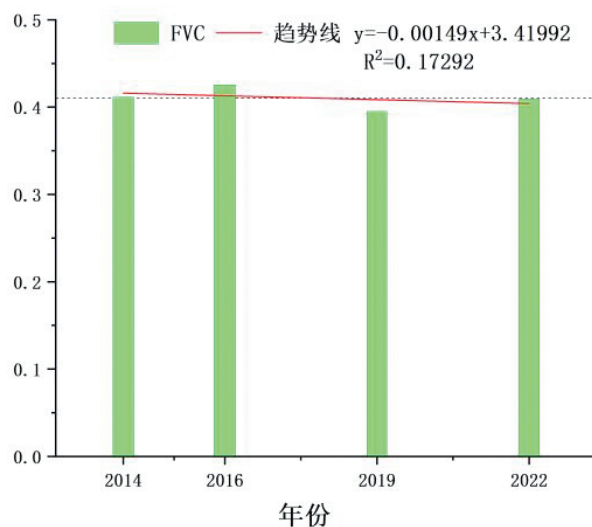


图1 FVC年份变化

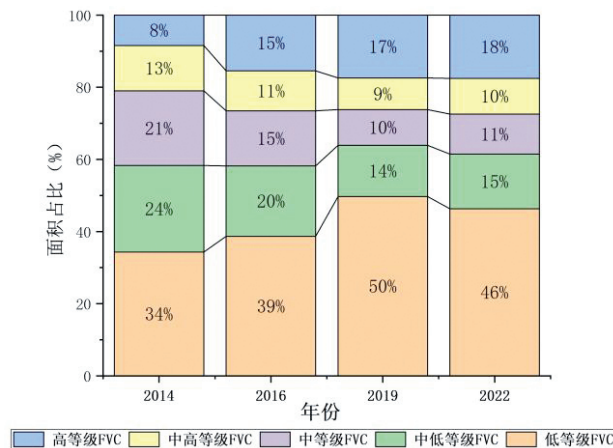


图2 FVC各级面积占比

3.2 植被覆盖空间分布

2014年至2022年植被覆盖度分布如图3所示，实验结果表明：高等级FVC主要分布在远离黄河的西北、西南地区，而接近黄河的地区，植被覆盖度等级急剧下降，低等级FVC和中低等级FVC沿黄河流向分布于两岸。中等级FVC、中高等级FVC从2014年的中南地区逐渐向东南地区扩散，且面积占比随着时间变化而逐渐减小。分析原因可能是该地区在2014年到2022年间，城市化进程加快及农业结构调整明显，使局部植被覆盖格局发生巨大变化，从而影响该区域的整体植被覆盖度变化。

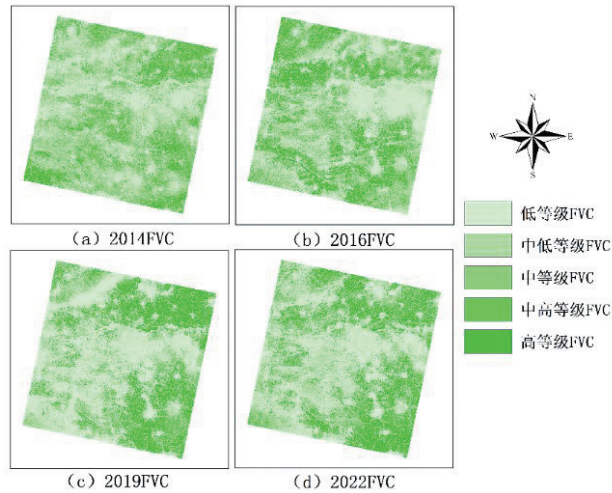


图3 FVC年份空间分布演变

3.3 一元线性回归趋势分析

为进一步分析该区域植被覆盖度变化趋势，采用一元线性回归方程对该区域植被覆盖度进行趋势分析，分析结果如图4所示，一元线性趋势分析信息统计结果如表1所示。根据图4和表1可知：该区域植被覆盖度整体处于改善状态，轻微改善比较明显，分布区域具有多向性，遍布研究区各个方向的局部，统计像元占比为40.65%；显著改善为15.81%，主要分布在黄河以北中部和黄河以南的西南部；显著退化主要分布在黄河以南的东南和中南地区，像元占比为10.32%；轻微退化主要分布在显著退化的边缘地区，所占比例为33.22%，观察其扩散特征可知，该等级变化会逐渐增加显著退化的比例，因此，需进一步改善该变化特征的植被覆盖度等级工作。

总而言之，改善占比相较于退化多出21.92%，表明该区域在农业发展及城市化进程的影响下，植被覆盖度有一定程度的改善，且该地区发展对植被覆盖度具有较高的重视程度。

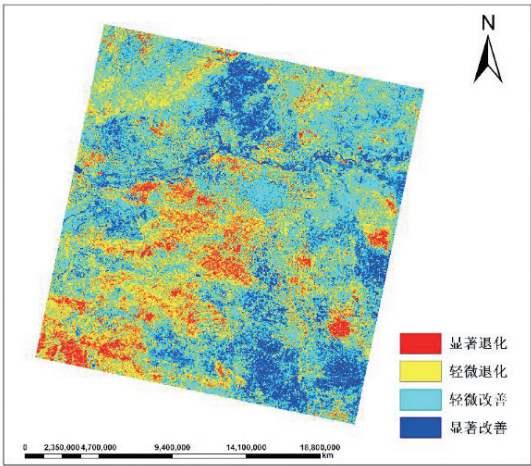


图4 FVC一元线性趋势分析

表1 一元线性趋势分析信息统计结果

变化方式	变化条件	像元数量/个	像元占比/%
显著退化	$Slope < 0, P \leq 0.05$	16821885	10.32%
轻微退化	$Slope < 0, P > 0.05$	54128723	33.22%
轻微改善	$Slope > 0, P > 0.05$	66237495	40.65%
显著改善	$Slope > 0, P \leq 0.05$	25762103	15.81%

4 结论

为探索黄河流域沿岸区域城市植被覆盖规律，研究采用不同时相的Landsat8影像，计算年度植被覆盖度(FVC)，并根据植被覆盖情况对结果进行分级处理。然后结合统计方法及一元线性回归趋势分析方法，研究植被覆盖时空分布及其演变机制，结论如下：

(1) 通过分析植被覆盖度时间变化特征可知：2014年到2022年该地区植被覆盖度呈先上升后降低再上升的变化趋势，年均FVC为0.42，总体植被覆盖度水平处于中低等级。低等级FVC变化从2014年到2022年是先上升后降低，但所占百分比居高不下；中高等级和中低等级FVC变化趋势一致，随着时间变化，所占百分比逐渐降低；高等级FVC占比随着时间变化逐渐上升。

(2) 通过分析植被覆盖度的空间分布特征可知：高等级FVC主要分布在远离黄河的西北、西南地区，而接近黄河的地区，植被覆盖度等级则急剧下降，低等级FVC和中低等级FVC沿黄河流向分布于两岸。中等级FVC、中高等级FVC从2014年的中南地区逐渐向东南地区扩散，而且面积占比随着时间的变化逐渐减小。

(3) 结合一元线性回归趋势分析结果可知：该区

(下转第27页)

基于拓扑原理学的遥感信息报文智能表达方法与应用

柳杨

(中国电子科技集团公司第二十七研究所, 河南 郑州 450047)

摘要: 针对遥感数据处理分析后生成报文过程中, 传统人工出报文方式存在效率低、主观性强、工作量大、一致性差、易出错的问题, 研究提出一种基于拓扑原理学的遥感信息报文智能表达方法, 旨在提高遥感数据转化为决策报文信息的效率。采用基于拓扑原理学的遥感信息语义自动关联技术, 研究构建遥感信息知识库, 通过数据库、模型库、知识库的关联实现遥感信息格式化报文的智能化生成, 设计了智能出报流程及软件平台, 并以中国台湾新竹地区遥感数据为例开展实验。实验结果表明, 该方法实现了遥感信息报文的智能化、自动化生成, 提升了工作效率, 能够为相关领域发展提供支撑。

关键词: 遥感信息; 智能出报; 拓扑原理学; 语义自动关联

1 引言

遥感技术作为现代地理信息科学的重要构成部分, 凭借其宏观性、时效性与综合性等特性, 为用户提供直观、清晰的遥感图像信息, 在环境监测、资源勘查、灾害预警等诸多领域的应用愈发广泛。但遥感数据大多是光学、SAR 等影像数据, 通常是多维、非结构化数据, 包含大量冗余信息, 且影像数据本身无法直接用于决策, 需要经过专业分析、提取和解读。通过转为特定的公文或报文形式, 可将关键信息提取并结构化, 转化为能理解和使用的信息并传递给决策人员, 帮助决策者快速理解当前情况, 制定科学合理的决策。

在实际应用中, 专业人员先对遥感数据进行数据预处理及热点目标判读分析, 并依据知识经验分析所关注的重点要素属性, 形成分析结果后, 根据本行业固定的格式要求, 将分析结果以人工方式形成公文或报文, 最后提交至决策者辅助完成决策。

但是传统的人工出报文方式存在明显不足: 第一, 效率低下, 专业人员需耗费大量时间进行数据整理、分析和文字撰写, 难以满足时效性要求; 第二, 一致性较差, 不同人员撰写的报文在格式、术语使用、内容详略等方面存在差异; 第三, 知识传承困难, 专业人员的经验难以有效转化为可复用的知识库; 第四, 长期重复性的报文编写工作容易导致疲劳和错误^[1]; 第五, 扩展性有限, 面对新增的观测目标或区域时, 需要投入额外的人力进行系统学习和适应。这些不足

严重制约了遥感信息服务的效率和质量提升, 亟须通过智能化技术手段加以改进。

随着人工智能技术的发展, 在大量非标记的文本数据上进行语法、语义和上下文的预训练, 生成具有一定逻辑、连贯性的文本^[2,3], 大大增加了智能出报技术的可行性。国外关于智能出报文的研究与应用已取得显著进展, 主要集中在自然语言生成(NLG)技术的创新与多领域应用。以 OpenAI 的 GPT 系列、Google 的 BERT^[4] 等为代表的先进模型, 能够基于大数据和机器学习自动生成高质量文本报告。在金融领域, 彭博社和路透社等机构已实现自动化财务报告生成; 在医疗领域, IBM Watson Health 等系统能够自动生成病历和诊断报告(引用); 新闻媒体如美联社和《华盛顿邮报》也广泛应用智能出报文技术^[5], 自动生成新闻稿件。此外, 结合文本、图像和表格等多种形式, 融入多模态生成技术可使报告内容更加丰富, 进一步提升报告的实用性和可读性^[6]。

为解决传统人工出报文存在的问题, 研究开展了遥感信息语义智能化表达方法的探讨。实现报文的智能化生成, 需要解决以下难题: 其一, 遥感信息所探测的目标种类丰富多样, 每种目标还包含多个指标, 致使报文内容结构复杂; 其二, 观测地域范围极为广泛, 从局部区域到全球尺度, 不同空间尺度下的信息表达方式存在显著差别; 其三, 遥感信息类型繁杂, 涵盖光学影像、SAR 数据等, 各类数据的特征提取和信息表达方式不尽相同^[7]; 其四, 专业领域的知识库

作者简介: 柳杨(1983—), 女, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事卫星信息应用领域工作。

体系庞大且复杂，涉及气象学、水文学、生态学等多个学科的专业知识。

鉴于此，为实现自动出报能力，通过构建数据库、模型库和知识库的协同关联机制，研究采用基于拓朴原理学的遥感信息语义自动关联技术，对遥感领域的大量专有名词进行拓朴结构分析与语义拆分，并依据汉语词性特征进行智能化重组，从而构建遥感信息知识库。研究系统阐述了遥感信息语义自动表达的理论方法和技术路线，设计了智能出报的完整流程，并开发了相应的软件平台。为验证方法的有效性，研究选取中国台湾新竹地区作为实验区，利用多源遥感数据开展了系统的实证研究，结果表明：该方法在遥感信息智能化出报方面具有显著优势，为遥感信息的自动化、智能化应用提供了新的技术途径。

2 研究方法与技术路线

2.1 研究方法

基于拓朴学原理的遥感信息语义自动关联技术，需要建立地理位置与地名用语词汇、时间度量与时间用语词汇、属性分类指标与程度用语词汇之间的拓朴关联模型库。根据观测和分析数据的时间、空间和属性特征与语言词汇之间的拓朴映射关系，应用语法规则和要素变异优先级建立语句、段落重组模型。

基于多模态融合的遥感地物信息分类方法，综合利用多种模态信息分类技术将来自不同传感器或数据源的多模态信息进行融合，以获得更全面准确的特征表示，可以适应多种遥感信息分类任务，研究技术思路如图 1 所示。

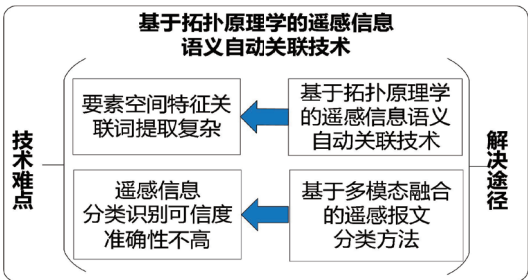


图1 实施思路

2.2 技术路线

构建基于拓朴学原理的关联模型并建立知识库，建立信息评价分类指标与常用词汇的拓朴映射关系，以及空间特征关联词的拓朴映射关系，构建报文模板，建立遥感信息分类方法，实现报文的智能化生成，技术路线如图 2 所示。

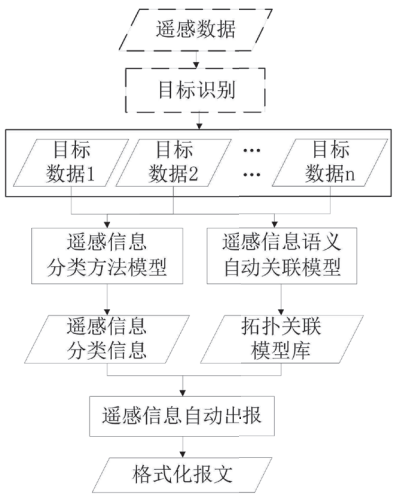


图2 技术路线

详细技术路线如下：

首先，根据用语拆分基础词汇，按照时间、空间和属性的词性特征分类构建基础词汇数据集；在遥感目标信息要素基础数据自动汇总统计、量化分析及图表自动生成基础上，运用空间信息技术分析各类要素的空间分布特征和时间变化特征属性，并给出量化分析值；同时，根据拓朴原理，建立地理位置与地名用语词汇、时间度量与时间用语词汇、属性分类指标与程度用语词汇的关联模型，构建知识库。

其次，根据目标检测识别的基础算法原理，构建目标检测识别算法模型，为模型库的构建提供模型资源支撑；以输入影像数据为数据资源，调取模型库的模型进行目标检测识别，生成目标检测识别结果信息。

再次，制作专题图内容插件时，建立各图内容插件与图产品数据库中相应数据记录的拓朴关联，实现自动成图；对于图文字描述插件，基于汉语语法对图表描述专业用语进行拓朴拆分，并根据词性录入相对应的拆分词库；利用遥感信息要素空间分布特征及关联词自动生成技术，自动分析图特征并生成空间选词存入知识库，同时将自动生成的时间及属性信息存入相应的选词知识库；然后利用专业用语重组模型完成图表描述语句的重组，以自动化生成图表描述文本，实现图与描述文字的拓朴关联，实现报文自动生成。

3 智能出报流程设计

遥感信息报文智能表达方法的总体流程主要有事前配置、数据分析、语句生成和报文生成四个模块。其中事前配置模块对应用场景、要素参数、报文模板进行事前配置，构建知识图谱；数据分析模块通过数

据输入、智能识别、要素提取等步骤完成数据分析，得出相关分析结论；语句生成模块根据数据智能解译及分析结果，利用知识图谱获取句式，生成报文语句；报文生成模块利用知识图谱生成决策树，完成报文输出模板调用，以实现格式化输出。

采用 Word 二次开发、插件技术与空间信息分析技术等相结合的方法，重点研究遥感信息模板的个性化定制技术，实现智能、自动出报。研建的智能出报软件，具备目标数据库管理、AI 模型库管理、知识库管理、AI 目标检测、地理框架数据模板配置、专题图模板设计与生成、报文模板设计与生成、报文自动生成功能，可实现智能、自动表达出报，智能出报流程如图 3 所示。

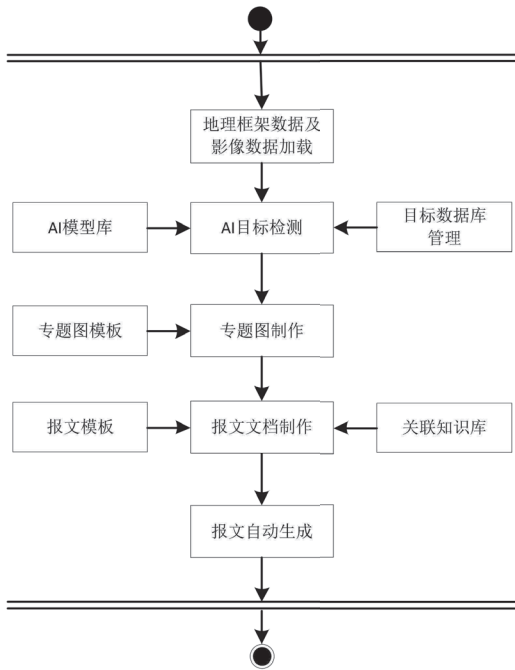


图3 智能出报流程

- (1) 软件首先通过地理框架数据模板配置，主要对应用场景、要素参数、报文模板进行事前配置。
- (2) 将配置好的影像 / 矢量地图作为展示底图进行加载显示，然后选择需要检测识别的影像数据进行叠加。
- (3) 通过 AI 模型库建设模块，构建适配样本集，并对 AI 检测识别模型进行优化，形成模型库；在目标检测时，调取 AI 模型对输入影像数据进行检测识别，通过目标数据库关联其目标属性信息。
- (4) 调取专题图模板库的模板，以影像数据、目标数据为专题图内容，进行专题图制作。
- (5) 调取报文文档模板库的模板，插入生成的专题图信息，根据场景配置查询知识图谱，再结合报文

语句权值和要素融合策略融合近似要素。通过关联知识库的数据与语言关联关系，对描述文字进行插入，同时补充制作时间、制作单位等相关信息，生成报文文档。

(6) 对生成的专题图输出存储，根据报文语句元数据调用场景模板，替换模板中属性和关系相同的语句。模板调用将根据事前模板配置，基于语句要素关系对报文产品进行模板调用。根据实际需求，生产标准的格式化报文产品，如“简报”“红头公文”等；再根据调用报文模板，将生成的报文语句和图表插入对应位置，并加载模板字体、段落、格式等配置；最后根据报文格式要求调用 doc、docx、pdf、rtf 等格式生产模块，以实现格式化输出。

4 软件设计和实验

4.1 软件插件设计

为高效、便捷定制各种报文模板框架，采用将文字、表格及图片分开处理的方法，充分利用 WPS 插件的即插即用性及 WPS 二次开发的简单实用性，基于 WPS 的 ContentControl、Table、InlineShape 接口，设计并实现各种报文内容插件池。

首先设计数据读取类 (DataReader)，定义数据读取接口 (IDataReader)，并在 DataReader 实现 IDataReader，然后以 DataReader 为基类设计了表格读取类 (TableReader)、文字读取类 (ContentReader)、图片读取类 (ImageReader) 及文件读取类 (DocumentReader) 等继承类，插件对象模型如图 4 所示。

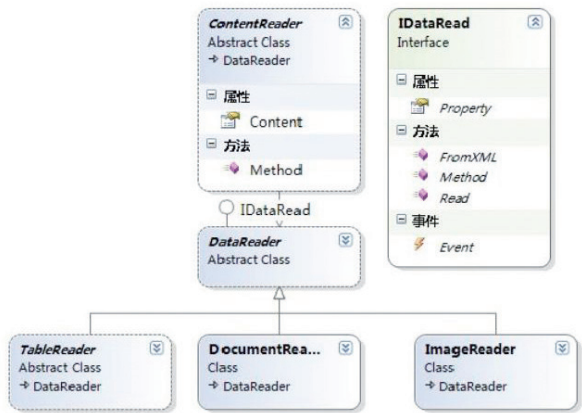


图4 插件对象模型

4.2 实验流程

选取中国台湾新竹地区光学遥感信息进行实验，实验过程如图 5 所示。

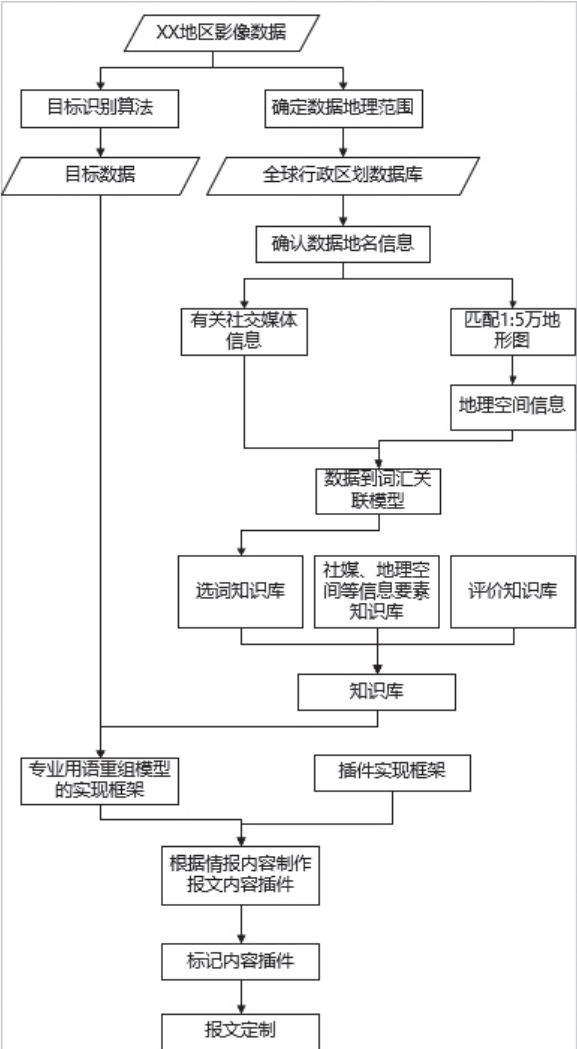


图5 遥感信息报文智能化表达流程

- (1) 采用目标识别技术从光学影像中识别出重要目标设施，如机场、飞机等。
- (2) 将识别到的目标位置信息和目标特征作为拓扑节点进行分析，得到目标位于台湾新竹市内；开展目标位置与地名数据连通性分析，匹配度较高的名称为新竹机场。基于分析得到的目标名称和识别的目标特征，结合知识库分析得到识别的飞机类型为战斗机。
- (3) 基于分析得到的目标名称和目标类别匹配知识库，通过进一步分析语义，得出战斗机为幻影2000。对2024年7月新竹地区影像数据进行空间分析，并基于拓扑学原理建立知识库，示例如表1所示。
- (4) 根据目标识别出的机场、飞机等设施的地理位置与拓扑关联模型库地名用语词汇之间的拓扑映射关系，建立知识库，搭建专业用语重组模型框架，定制词汇自组织模板。
- (5) 按照报文格式要求对遥感信息中的机场、建

筑等影像进行标绘，根据遥感信息专题图输出模板，生成相应的专题图并输出；同时结合文字插件内容，形成相应专题报文并输出。新竹地区遥感信息语义提取、报文专题图表插件及信息报文分别如图6至图8所示。

表1 新竹机场知识库信息

归属	中国台湾省
位置	台湾新竹市北区
类别	军用机场
机场基本信息	机场有主跑道一条，长3661米，宽65米。
使用单位	驻防空军第二战术战斗机联队 (原第499战术战斗机联队)
部署飞机	部署9架幻影2000战斗机，该战斗机为第四代多用途战机，于1982年11月服役，空军第二战术战斗机联队共计40架幻影2000战斗机。

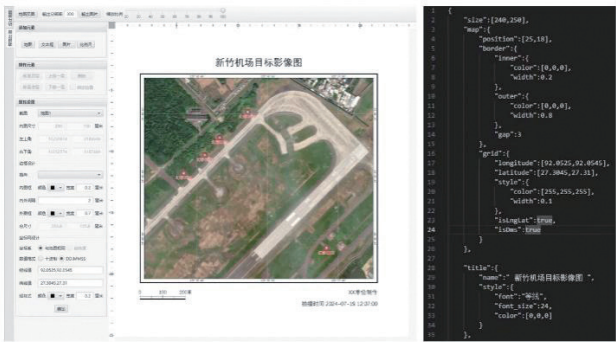


图6 新竹地区遥感信息语义提取



图7 新竹地区报文专题图表插件

5 结论

研究深入探讨基于拓扑原理学的遥感信息语义自动关联技术以及遥感信息分类方法，形成一套遥感报文智能化、自动化生成软件平台。通过理论分析与实验，以中国台湾新竹地区遥感数据为样本，有效实现遥感信息报文的智能生成。实验结果显示，该成果显著提升了工作效率，达成智能出报、自动出报的初步目标。然而由于种种限制，研究选用的词汇数据集、知识库、目标属性库等内容与实际众多应用场景还有很大差距，未来将继续从实际工作中收集、标注并扩充相关数据，进一步提升效率和准确度。

“新竹地区”天基情报

XXXX 中心

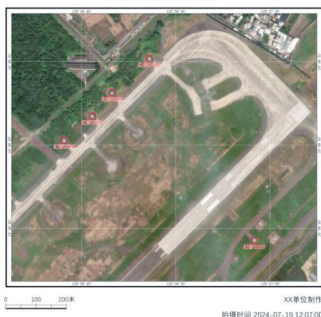
2024 年 7 月

“新竹地区”天基情报

2024 年 7 月影像监测到新竹地区机场、战斗机等设施，机场、战斗机等重要设施分布态势图见下图所示。

新竹机场位于中国台湾省新竹市北区，为军用机场。机场有主跑道一条，长 3661 米，宽 65 米。驻防空军第二战术战斗机联队(原第 499 战术战斗机联队)。

新竹机场目标影像图



新竹机场目标识别停驻五架幻影 2000 战斗机，幻影 2000 战斗机为第四代多用途战机，1982 年 11 月服役，空军第二战术战斗机联队共计 40 架幻影 2000 战斗机。

图8 新竹地区信息报文

参考文献

- [1] 陈曙东,罗超,欧阳小叶,等.基于动态词典匹配的语义增强中文命名实体识别算法[J].无线电工程,2021,51(7):519-525.
- [2] 郝建兴,刘宇轩,吴超.人工智能大模型的变革与治理[J].中国行政管理,2023(4):6-13.
- [3] 王俊秀.ChatGPT与人工智能时代:突破、风险与治理[J].东北师大学报(哲学社会科学版),2023(4):19-28.
- [4] Devlin J,Chang,M W,Lee K,et al.Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding[J].Proceedings of NAACL-HLT,2019:4171-4186.
- [5] Leppnen L,Munero M,Granroth-Wilding M,et al.Data-Driven News Generation for Automated Journalism[C]//Proceedings of the 10th International Conference on Natural Language Generation,2017:188-197.
- [6] Gatt A, Krahmer E J.Survey of the state of the art in natural language generation: core tasks, applications and evaluation[J].Journal of Artificial Intelligence Research,2018:61,65-170.
- [7] 刘冰,段睿.基于Sparse R-CNN的遥感目标检测研究[J].长春工业大学学报,2024,45(2):147-152.

(上接第 22 页)

域植被覆盖度整体处于改善状态,轻微改善比较明显,分布区域具有多向性,遍布研究区各个方向的局部;显著改善主要分布在黄河以北中部和黄河以南的西南部;显著退化主要分布在黄河以南的东南和中南地区;轻微退化主要分布在显著退化的边缘地区,观察其扩散特征可知,该等级变化会逐渐增加显著退化的所占比例,因此需要进一步改善该变化特征的植被覆盖等级工作。

综上所述,实验区整体植被覆盖度水平较低,接近黄河的地区植被覆盖度需要得到加强。同时,随着时间推移,趋向城市的区域植被覆盖度水平逐渐下降,局部地区的植被覆盖度得到改善,该区域还需进一步改善植被覆盖度,加强生态环境保护。

参考文献

- [1] 余婷,杨萍,邓兴,等.梵净山长时序植被覆盖变化趋势与对比分析[J].测绘通报,2023(10):1-6.
- [2] 朱希希,侯玉婧,张宗祥,等.基于Landsat8数据的植被覆盖度动态变化监测及生态质量指数提升对策分析——以泰州市海陵区为例[J].中国环境监测,2024,40(4):272-280.
- [3] 袁江龙,赵宏慧,刘晓煌,等.2000—2020年昆仑山植被覆盖度时空

变化驱动力分析及生态评价[J].中国地质,2024,51(6):1822-1838.

- [4] 周雪妮,巴仁基,肖成志,等.基于地质建造的岷江上游干旱河谷区下段土壤特征和植被时空变化[J].现代地质,2024,38(3):660-673.
- [5] 李文艳,兰安军,范泽孟,等.黔中城市生态功能区生态环境质量动态评估及其驱动因素分析[J].地球物理学进展,2024,39(5):1749-1762.
- [6] 吴虹蓉,朱岚巍,余恒,等.基于遥感的海南本岛植被覆盖度时空变化及其地形效应研究[J].遥感技术与应用,2023,38(5):1062-1070.
- [7] 周婕,张珂,杜涛.基于卫星遥感的水库库区植被覆盖变化研究:以三河口水库为例[J].水利水电技术(中英文),2024,55(6):134-147.
- [8] 钱慧,邱志伟,李俊峰,等.基于高分六号数据的东海县植被覆盖度分析[J].科学技术与工程,2023,23(28):11990-11996.
- [9] 阿卜杜热合曼·吾斯曼,玉素甫江·如素力,张旭辉,等.基于Sentinel-2影像的博斯腾湖芦苇沼泽湿地信息提取与动态监测研究[J].海洋湖沼通报,2023,45(4):88-96.
- [10] 黄逸飞,谭炳香,杜志,等.基于Landsat遥感影像的湖南省新邵县植被覆盖度变化分析[J].中南林业调查规划,2024,43(2):48-53.
- [11] 宋梦来,陈海涛,丁晗,等.1990—2020年天津市植被覆盖度时空演变特征及影响因素分析[J].水土保持研究,2023,30(1):154-163.
- [12] 闫萧萧,李晶,杨震.2000—2016年陈巴尔虎旗植被覆盖度时空变化遥感动态监测[J].中国农业大学学报,2018,23(6):121-129.
- [13] 卢娜,金晓媚.柴达木盆地植被覆盖分布规律及影响因素[J].人民黄河,2015,37(1):94-98.

合成孔径雷达（SAR）干涉测量技术在潮间带微地形动态监测中的应用

庄铎

（广东三海环保科技有限公司，广东 广州 510000）

摘要：针对江苏盐城潮间带海岸带变化问题，基于 Sentinel-1 卫星合成孔径雷达（SAR）影像，采用干涉测量技术（D-InSAR），构建多时相、多极化的动态监测体系。研究通过相位解缠、大气校正等数据处理流程，量化分析 2017~2024 年盐城潮间带微地形演变特征，揭示其时空变化规律及驱动机制。结果表明，潮间带总面积呈现轻微扩张趋势，年均增长率为 2.5%；区域变化差异显著，东北部和南部扩张速率较高，占总变化面积的 65%；中部和西北部则表现为退缩，占总变化面积的 35%。潮间带内部生态特征呈动态变化，植被覆盖和泥滩区域显著增加，而水体区域有所减少。

关键词：合成孔径雷达；干涉测量；地形演变；时空变化规律

1 引言

江苏盐城潮间带作为全球重要的候鸟栖息地，拥有我国最大的滩涂湿地系统，其独特的生态功能对维持区域生物多样性至关重要^[1]。然而受全球气候变化与高强度人类活动的双重影响，该区域正经历显著的微地形动态变化：海平面年均上升速率加快，围垦导致湿地面积缩减，港口建设引发局部侵蚀，直接威胁丹顶鹤等濒危物种的栖息地完整性^[2]。

传统监测手段主要依赖实地测量与航空摄影测量，前者受限于潮间带复杂的水文条件与泥泞地形，难以实现高频次、大范围的地形数据采集；后者则受光照条件与天气因素制约，无法获取全天候观测数据，且分辨率难以满足微地形演变的精细化分析需求。合成孔径雷达干涉测量技术（InSAR）能实现全天候、毫米级形变监测，为解决上述问题提供了创新方案。虽然已有众多学者在黄河三角洲、珠江口等淤泥质海岸开展地形监测研究，但对盐城潮间带的长时序动态监测尚未有深入研究^[3,4]。

研究以 2017~2024 年间的 Sentinel-1 卫星影像为数据源，采用差分干涉合成孔径雷达（D-InSAR）技术，对盐城市潮间带微地形的时空演变特征进行了系统监测与分析。通过提取地表形变信息，结合多时相遥感解译结果，探讨不同地表覆盖类型及人类活动对潮间带微地貌变化的影响机制。研究成果不仅揭示了区域潮间带动态变化趋势及其驱动因素，也为海岸带

动态监测提供了一种有效的技术路径，为盐城乃至全球类似海岸地区的可持续管理与生态修复提供科学依据与实践参考。

2 数据及原理方法

2.1 研究区概况

江苏盐城潮间带地处 $32^{\circ}34' \sim 34^{\circ}28'N$ 、 $119^{\circ}27' \sim 121^{\circ}16'E$ ，拥有 584 公里海岸线，占江苏省滩涂总面积 70%，是中国东部典型的粉砂淤泥质海岸带，盐城市概况如图 1 所示。该区域受黄海潮汐作用显著，平均潮差 3.7 米，形成独特的海陆交互动力系统。地质研究表明，自第四纪全新世时期以来，长江口泥沙输移与潮汐沉积作用共同塑造了 20~30 米厚的淤泥质沉积层，构成微地形演变的物质基础。植被群落以碱蓬、芦苇为主，形成盐沼湿地生态系统，为丹顶鹤等 23 种国家重点保护鸟类提供越冬栖息地。相关研究发现：近十年该区域年均沉积速率为 0.3~0.8 米，射阳河口因泥沙补给年均淤涨为 1.2 米，大丰港附近受人工岸线影响出现 0.5 米/年侵蚀；MODIS 数据显示，研究期内盐沼植被覆盖度下降 18.7%，潮沟系统密度增加 23%，微地形破碎化趋势明显^[5]。同时，全球海平面正以约 3.5 毫米/年的速率上升，结合区域沉积速率估算，预计未来 20 年内潮间带平均高程将下降约 0.07 米，叠加年均 1.5% 的湿地面积缩减率，可能对生态系统服务功能造成不利影响。基于此，研究通过

作者简介：庄铎（1986—），男，汉族，本科，助理工程师，主要从事航空摄影、摄影测量与遥感、海洋测绘、不动产测量等工作。

多时相 InSAR 技术，开展潮间带微地形演变的时空特征分析，旨在揭示演化规律，为海岸带侵蚀监测与预警模型构建提供数据支撑。

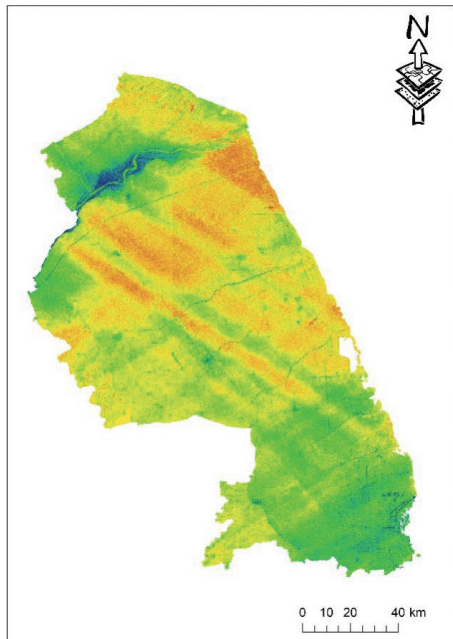


图1 盐城市概况

2.2 数据选择

Sentinel-1 是欧洲航天局哥白尼计划中的 C 波段合成孔径雷达 (SAR) 卫星，由 A、B 双星组成，具备全天候、全天时观测能力，提供高分辨率 (2.3~25 米) 雷达影像，支持干涉测量和极化分析，数据覆盖全球，可免费获取，已广泛应用于地表形变监测 (如地铁沉降分析)、海洋环境监测、农业资源评估及灾害应急响应等领域，尤其在复杂地质条件下的长期动态监测中发挥重要作用。

表1 影像数据源

影像编号	成像时间	空间基线/m	影像编号	成像时间	空间基线/m
1	2017/2/8	47.3359	13	2021/1/27	-22.9022
2	2017/5/2	137.977	14	2021/7/4	36.9042
3	2017/11/26	-39.3251	15	2021/6/9	30.4027
4	2018/1/9	-92.2006	16	2021/12/15	-45.2167
5	2018/6/26	85.6378	17	2022/2/8	0.0000
6	2018/12/8	-15.5406	18	2022/7/14	-62.3475
7	2019/2/1	-24.045	19	2022/11/19	-13.9597
8	2019/7/19	6.80089	20	2023/1/24	-14.0871
9	2019/12/29	48.5393	21	2023/5/30	-17.4293
10	2020/1/23	32.0348	22	2023/12/5	-54.2015
11	2020/7/28	-66.8252	23	2024/1/10	128.882
12	2020/12/22	73.0194	24	2024/7/15	27.4023

研究选取覆盖盐城 2017~2024 年的长时序 SAR 影

像作为原始影像数据，数据源选择如表 1 所示。在时间与空间基线最优的情况下，选择 2022 年 2 月 8 日为主影像。此外，选择欧洲航天局发布的开源高精度数字高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 消除地形相位引起的偏差。

2.3 原理与方法

(1) D-InSAR 干涉测量原理

D-InSAR (差分干涉合成孔径雷达) 是一种基于合成孔径雷达 (SAR) 影像的精密地表形变监测技术，基本原理是通过获取同一区域不同时相的两幅 SAR 影像，利用雷达波的干涉原理计算相位差信息。具体实现过程为：首先对两幅 SAR 影像进行精确配准生成干涉相位图；然后通过差分处理消除地形相位贡献，保留由地表形变引起的相位变化；最后结合卫星轨道参数和成像几何关系，将相位差转换为精确的地表位移量。

(2) 技术路线

研究构建基于 InSAR 技术的潮间带微地形动态监测体系，技术流程如下：

① 数据获取与预处理：选取 2017~2024 年 Sentinel-1A/B 条带式成像模式 (Interferometric Wide Swath, IW) 地面范围离散化产品 (Ground Range Detected, GRD) 数据，通过辐射定标将数字量化值 (Digital Number, DN) 转换为后向散射系数，采用改进型 GammaMap 滤波抑制斑点噪声。基于精密轨道根数和改进型尺度不变特征变换算法 (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT) 实现亚像素级配准，筛选 30 对时间基线 < 120 天且空间基线 < 300 米的干涉像对。

② 干涉测量处理：利用 Goldstein 相位滤波提升干涉条纹质量，基于 DEM 数据分离地形相位，采用最小费用流算法实施相位解缠，结合 ERA5 气象数据构建大气延迟模型，通过空间插值补偿水汽与电离层延迟误差。

③ 形变信息提取：采用 D-InSAR 技术反演海岸带形变速率，通过空间分析揭示微地形演变规律。

④ 影响因素分析：通过剖析地表覆盖变化特征及人类活动规律，探究海岸带演变的驱动因素。

3 结果与分析

3.1 潮间带微地形时空变化

盐城 2017~2024 年地表形变速率时间序列如图 2 所示，整体呈现为负值，在 -8 到 -12 厘米 / 年之间波

动，表明该地表在该时间段内以一定的速率下沉，且形变速率波动幅度较大。在 2020 年和 2023 年左右，地表形变速率有几次明显加速下沉趋势，而在 2019 年和 2021 年左右，形变速率较为稳定，波动幅度较小，推测该地表形变可能与地下水位降低、降雨量变化、土壤压实等自然因素，以及城市建设、基础设施施工、地下资源开采等人为活动有关。

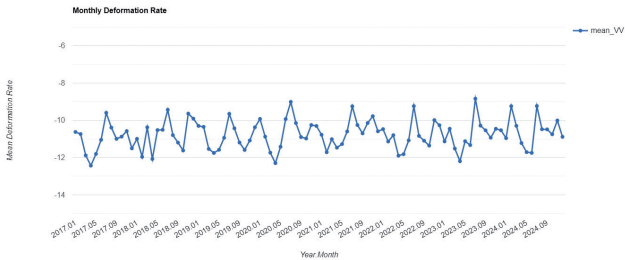


图2 地表形变时间序列

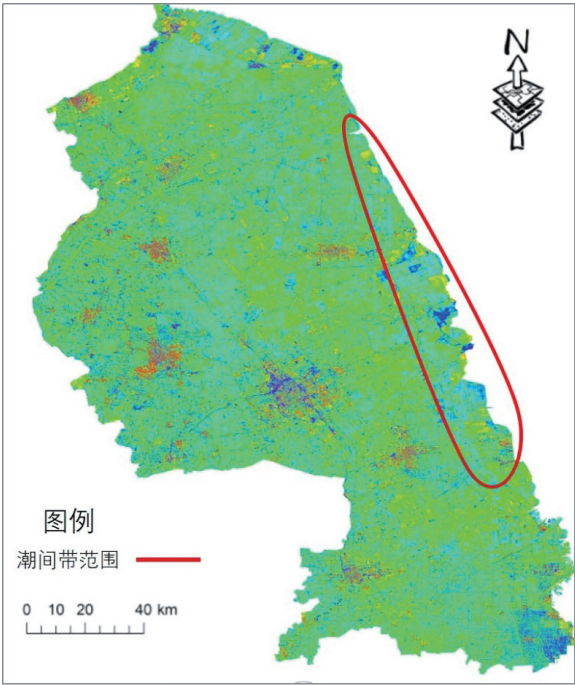


图3 地表形变空间

通过对盐城潮间带进行长时序干涉测量监测，得到如图 3 所示的地表形变空间示意图。由图 3 可知：2017~2024 年期间，盐城潮间带整体呈现一定的沉积态势，年均沉积速率为 0.3~0.8 米。其中，射阳河口和大丰港附近的沉积现象尤为显著，年均沉积速率超过 1 米/年。这些区域由于独特的地理位置和水动力条件，成为泥沙淤积的主要场所。比如，射阳河口作为河流与海洋的交汇地带，河流携带的大量泥沙在此处与海洋潮流相互作用，导致泥沙大量沉积，河口附近的潮间带不断向海洋延伸，地形逐渐抬高。结合

大丰港附近的地表覆盖类型变化情况分析，推测大丰港附近可能受到港口建设、海洋工程等人类活动影响，改变了局部水动力环境，使得泥沙更容易在此处堆积，进而造成潮间带的沉积和抬升，这种沉积速率的差异反映了不同区域水动力条件和泥沙来源的复杂性。

3.2 潮间带演变影响因素分析

研究利用 Sentinel-1 卫星影像对江苏盐城潮间带进行了连续性动态监测，监测结果如表 2 所示。由表可知：在 2017~2024 年期间，潮间带总面积从约 1210km² 增加到约 1245km²，年均增长率为 2.5%。其中，东北部和南部扩张最为显著，年均扩张面积约为 30km²，占总变化面积的 65%，而中部和西北部则表现为退缩，年均退缩面积约为 15km²，占总变化面积的 35%。进一步分析显示，东北部和南部的年均扩张速率分别为 4.2km²/年和 2.8km²/年，而中部和西北部的年均退缩速率为 1.5km²/年。

表2 盐城潮间带变化信息统计

年份 (年)	潮间带 总面积 /km ²	植被覆盖 区占比 /%	裸滩/水 域占比 /%	年际变 化率 /%	主要变化 区域 (热点)	潜在驱动 因素
2017	1210	58.1	41.9	-3.2	大丰港周边	围垦工 程、潮沟 萎缩
2019	1195	60.7	39.3	-1.2	核心保护区 (黄海湿地 公园)	生态修 复、植被 恢复
2021	1230	63.5	36.5	2.9	新洋港至斗 龙港岸段	泥沙输入 增加、自 然演替
2024	1245	64.2	35.8	1.2	射阳河口、 东台条子泥	保护政策 限制开发

在潮间带内部生态特征方面，植被覆盖区域从 2017 年的 280km² 增加到 2022 年的 320km²，年均增长率为 2.2%；泥滩区域从 2017 年的 650km² 增加到 2022 年的 700km²，年均增长率为 1.5%；而水体区域则从 2017 年的 270km² 减少到 2022 年的 230km²，年均减少率为 2.0%。

此外，潮间带边界的移动方向和速率也存在显著差异，东北部和南部的边界向海洋方向扩展，年均移动距离约为 15~20 米，而中部和西北部的边界向陆地方向退缩，年均移动距离约为 10~15 米。

3.3 典型港口变化分析

以射阳港为例，通过连续多年开展地表覆盖统计分析，得到如表 3 所示的结果。由表可知：射阳港区海岸带的地表覆盖在 2017~2024 年发生显著变化。2017 年，主要地表覆盖类型依次为盐沼（193.5km²）、

海水 (119.2km²) 和潮滩 (89.1km²)；到 2020 年，主要类型为养殖塘 (171.8km²)、海水 (152.4km²) 和农田 (113.5km²)；至 2024 年，主要类型变化为养殖塘 (201.8km²)、农田 (151.8km²) 和海水 (147.8km²)。整个研究期间，盐沼和潮滩面积显著减少，分别下降 82.8% 和 51.8%；养殖塘和农田面积则显著增加，分别增长 1.7 倍和 1 倍；海水面积增加 24.1%。此外，建设用地面积从 2020 年的 5.7km² 急剧增加到 2024 年的 52.4km²。盐田和未利用地面积占比较低（低于 8%），为区域内过渡地表覆盖类型。

表3 射阳港不同年份地表覆盖类型变化统计

类型	2017年	2020年	2024年
潮滩	89.1	50.3	42.9
海水	119.2	152.4	147.8
建设用地	0	5.7	52.4
农田	76.5	113.5	151.8
未利用地	33.3	13.7	0
盐田	44.7	44.8	0
盐沼	193.5	78.6	33.3
养殖塘	73.8	171.8	201.8

通过计算土地转移矩阵可知，射阳港区海岸带的地表覆盖转变主要发生在盐沼—养殖塘、盐沼—农田、盐沼—建设用地、未利用地—养殖塘、农田—建设用地、潮滩—海水等地表覆盖类型之间。整个研究期内主要的转出类型是盐沼、潮滩和未利用地，主要转入类型是养殖塘、农田、建设用地。盐沼主要转为养殖塘和农田，潮滩主要转为海水，未利用地全部转为养殖塘。养殖塘主要由盐沼、盐田和未利用地转入，农田主要由盐沼和养殖塘转入，建设用地则主要来源于盐沼、农田和养殖塘。空间上，地表覆盖转变最剧烈和影响最大的区域是射阳港核心区，该区域也是自然湿地（盐沼和潮滩）向建设用地转变的主要发生地。此外，在研究区南部，养殖塘和农田对盐沼、盐田和未利用地的逐步替代也极大改变了原有的地表覆盖格局。

通过上述对比分析可知，盐城潮间带地形演变是自然与人为因素协同作用的结果。自然因素方面，长江口泥沙输移通过海洋潮流为潮间带提供沉积物质基础，促使其向海洋延伸，同时潮汐作用周期性塑造潮沟、沙脊等地貌。全球气候变化导致的海平面上升加剧了潮间带上缘侵蚀，并通过改变海洋动力条件增强地形低平化趋势。人为因素中，围垦活动通过修建海堤改变海岸线，导致湿地破碎化及生物多样性丧失，港口建设则通过工程扰动局部水动力条件影响泥沙输移，

而水产养殖将湿地改造为养殖塘，进一步削弱潮间带的生态防护功能。

4 结论

研究利用 Sentinel-1 卫星影像对 2017~2024 年江苏盐城潮间带进行了连续动态监测，结果显示，潮间带总面积呈轻微扩张趋势，年均增长率为 2.5%。区域变化差异显著，东北部和南部扩张速率较高，占总变化面积的 65%；中部和西北部则表现为退缩，占总变化面积的 35%。潮间带内部生态特征也呈现动态变化，植被覆盖和泥滩区域显著增加，水体区域有所减少。此外，潮间带边界移动方向和速率有显著差异，东北部和南部向海洋扩展，中部和西北部向陆地退缩。

以射阳港为例，地表覆盖类型在研究期内发生显著变化，自然地表覆盖类型（如盐沼和潮滩）显著减少，而人工地表覆盖类型（比如养殖塘、农田和建设用地）显著增加。地表覆盖转变主要发生在盐沼—养殖塘、盐沼—农田、盐沼—建设用地等类型之间，射阳港核心区和南部区域是地表覆盖转变最剧烈的区域。通过多源多时相遥感数据分析，盐城市潮间带的动态变化受自然过程和人类活动的共同驱动，如长江口泥沙持续输送为潮间带淤涨提供物质基础，显著潮差塑造了潮沟—沙脊地貌系统，而全球气候变化引发海平面持续上升，加速了潮间带上缘侵蚀。而人类活动中，围垦导致湿地面积缩减与生态破碎化，港口工程扰动局部水动力环境，水产养殖则改变潮间带原生功能。研究成果为潮间带保护与管理提供了科学依据，未来将结合地面实测数据进一步验证遥感监测结果的准确性，并深入探讨潮间带动态变化程度监测及驱动力分析。

参考文献

- [1] 沈焕庭,朱建荣.论我国海岸带陆海相互作用研究[J].海洋通报,1999,18(6):11-17.
- [2] 韩刚,韩立卓,武海江,等.浅析海南岛海岸带的有效保护与合理利用[J].海洋开发与管理,2024,41(2):122-130.
- [3] 张金芝.基于InSAR时序分析技术的现代黄河三角洲地面沉降监测及典型影响因子分析[D].青岛:中国科学院研究生院(海洋研究所),2015.
- [4] 高辉,罗孝文,吴自银,等.基于时序InSAR的珠江口大面积地面沉降监测[J].海洋学研究,2020,38(2):7.
- [5] 郭紫茹.人类活动对盐城海岸线与滨海湿地类型影响研究[D].南京:南京师范大学,2020.

基于PVC吸塑成型与AR融合的立体地图设计出版研究

韩冬梅

(星球地图出版社, 北京 100088)

摘 要: 针对传统平面地图在空间认知上的局限性, 创新性提出并构建以“设计—编绘—优化—出版”四大模块为核心的立体地图标准化研发体系。以系列分省立体地图的研发与出版为例, 系统探讨了该体系在实际应用中的关键技术路线, 重点分析了地图设计标准构建、三维建模精度控制、数控雕刻工艺优化、热压成型参数调控, 以及融合出版服务架构搭建, 形成一个工业化、高精度、可交互的立体地图出版流程体系。实践表明, 该体系不仅显著提升了地形表达的直观性和交互性, 也为立体地图在教育、文旅、城市规划与公共安全等领域的应用推广提供了有力支撑。

关键词: 立体地图; 吸塑成型; 地图设计; 模具雕刻; AR 识别; 融合出版

随着地理信息产业的迅速发展以及公众空间认知需求的持续提升, 传统二维地图在表达地形起伏、展示复杂空间结构等方面的局限日益突出, 尤其在需要强化空间感知和直观表达的应用场景更为明显。立体地图作为二维地图的重要补充, 通过真实还原地表起伏特征, 实现空间信息的立体化呈现, 是地图产品创新的重要方向。

然而, 现有主流立体地图制作方式(比如手工雕刻、3D 打印等)普遍存在成本高、效率低、流程复杂等问题, 难以满足大规模、标准化出版需求。对此, 研究提出并构建了包含“设计—编绘—优化—出版”四大模块的立体地图标准化生产流程, 其中, 设计环节作为核心起点, 既奠定了地图空间表现力的基础^[1], 也直接决定后续吸塑成型与 AR 融合的可行性与效率。

1 分省立体地图的设计方法

1.1 图面构成设计

在地图设计方面, 研究构建了一套兼顾空间表达力、视觉美感与工艺适配性的图面设计体系, 重点解决了立体地图在形变控制、信息层次表达和符号可成型性之间的平衡问题, 更具有创新性与应用价值。

(1) 投影与比例尺设定。立体地图采用等角或等面积投影, 以降低投影变形对三维成型的影响, 确保地形几何特征在立体表达中的准确性^[2]。比例尺控制在 1:50 万至 1:200 万之间, 最大限度保证数据的完整性。

(2) 地形底图设计。采用分层设色法构建四类地貌主色调(平原—绿、丘陵—黄、山地—棕、高原—紫), 结合地形阴影渲染技术增强起伏感与空间深度, 提升三维模型的真实感与可读性。

(3) 专题信息表达。行政区划、交通网络、水系与居民地等信息通过图形符号分级编码与色彩分层设计构建多维可视化体系, 如行政边界采用不同线型与色带体现层级; 水系按照流域等级设计线宽(主河道为 0.6mm, 支流细化至 0.15mm); 交通网络依高速铁路、国道等类别设定颜色与图形组合, 部分示例如表 1 所示。

(4) 居民地与注记系统。居民地分六级符号化表达, 从首都、省会至村镇, 统一符号形态与比例尺, 提升识别效率; 注记系统采用分类分级标注策略, 通过字体、字号、颜色与布局的综合控制, 确保注记与图形和谐共存且清晰可识别。

表1 部分地理要素参数示例

要素类别	示例	线型	色号	色值	线宽	X	Y	辅助线型	辅助颜色
高速			297	3	M100	0.15	6	10	
铁路			297	3	M100	0.15	6	10	1
建筑中			297	3	M100	0.15	6	10	9
高速铁路			297	1031	C100K60	0.15	6	10	9
铁路			297	1031	C100K60	0.15	6	10	9
高速			306	6	M100Y100	0.05	2	2	4
公路			306	6	M100Y100	0.05	2	2	4
建筑中			295	6	M100Y100	0.5	5	2.5	4
高速			295	6	M100Y100	0.5	5	2.5	4
高等级			313	4	Y100	0.15	4	4	6
快速路			313	4	Y100	0.15	4	4	6
国道			308	790	M50	0.1	2.8	2.8	6

作者简介: 韩冬梅(1980—), 女, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 地图制图与地理信息系统。

1.2 地貌色层设计与视觉表达

色层设计需要结合数字高程模型（Digital Elevation Model, DEM）直方图对地形高程分布进行统计分析，以确定合理的分层间距与设色转折点，避免高程压缩或颜色分辨率不足的问题。例如在青藏高原区域，分层间距控制在 500m 以上，以增强地貌层次感；在平原地区，间距可缩小至 50~100m，以突出微地形变化（如表 2 所示）。

表2 某省立体地形图高度颜色参数值

序号	高度/m	C	M	Y	K
1	0~100	70	0	100	10
2	100~200	65	0	100	6
3	200~500	50	0	95	0
4	500~1000	25	0	80	0
5	1000~1500	0	20	50	0
6	1500~2000	0	35	65	0
7	2000~3000	0	50	80	4
8	3000~4000	0	55	85	6
9	4000~5000	25	36	0	0
10	5000~6000	10	20	0	0
11	6000~	0	10	0	0

地形阴影表达采用模拟光照算法，通过设定太阳方位角与高度角，渲染地貌投影与光照明暗关系，提高地形真实感与空间立体感。该方法特别适用于大众群体对地图的直观认知，有效提升地图的科普价值与教学辅助功能。

1.3 符号系统与图例规范

符号系统设计以标准化、系统化为目标，涵盖点状（居民地、景点）、线状（铁路、公路、水系）与面状（行政区、湖泊、林地）三类要素，制定统一的色彩编码与形状规格，并在图例中进行系统展示（如图 1 所示）。图例的版式设计考虑用户快速查阅与地图风格统一，在图幅下方或右侧以模块化方式排布。

此外，为适应增强现实（Augmented Reality, AR）交互功能，符号系统预设图像识别特征，包括边缘清晰度、颜色对比度与图形稳定性，确保印刷后仍具备良好的图像匹配效果。

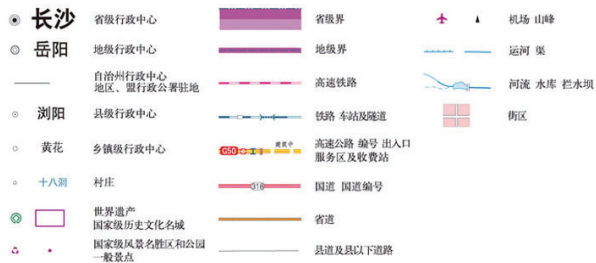


图1 省域立体地形图图例

2 立体地图编绘

相较于传统地图制图流程，立体地图的编绘工作不仅需要更高精度的地形数据处理能力，还对符号系统、图面整饰与信息层级提出更复杂的三维适配要求。研究构建一套从数据获取、图层组织到输出格式的标准化处理流程；融合 GIS 空间分析能力与人工智能（Artificial Intelligence, AI）辅助制图设计，提升制图的精细度与效率；提出适应吸塑成型和 AR 展示的注记配置与图面整饰方法，实现从二维数据到三维表达的有机转换，为立体地图批量化、高质量出版提供技术支撑和实践范式。

2.1 数据选取与处理流程

立体地图的精细度与表现力高度依赖底层空间数据的质量与现势性。数据以高精度 DEM 成果（如 SRTM、ASTER GDEM）为基础，融合国家地理信息资源目录中的最新地理国情普查成果，保障地图信息的权威性与现势性。整个数据预处理流程包括投影统一、坐标校正、空值填补、重采样处理与格式标准化，以实现多源数据的空间对齐和格式兼容。

在空间数据核验阶段，引入遥感影像判读与控制点核查机制，将控制点数据与交通边界、行政区域边界的线数据进行比对，并对边界线位置进行校正与精度修正，从而实施多源数据比对与纠偏，提升地图要素的准确性。

2.2 制图综合与数字表达

制图综合过程中，结合地图用途（如教育展示、旅游导览、规划咨询）与区域特征，采用功能导向的信息筛选策略。以河流为例，按流量等级进行抽稀保留，突出主干水系；支流则根据区域地形复杂度与空间密度进行合理删减，避免图面冗余与信息冲突。道路体系按等级保留主干路网，并结合地形覆盖情况适度简化次级道路，强化交通结构的辨识度与图面清晰度。

技术路径上，构建基于 ArcGIS 平台与 Adobe Illustrator 软件联动的数据编绘框架。具体流程为：先在 GIS 中完成数据的结构化处理与图层分类管理，再将结果导入 AI 进行图形美化与版面优化。通过图层分组管理（地形、交通、水系、注记等），实现地图内容的模块化构建，并为 AR 内容叠加、模具雕刻等后续环节提供精细化图形输出支撑 [4]。

制图符号设计引入三维适应性编码体系，在保证传统平面地图可读性的基础上，优化符号的空间视觉表现，确保在吸塑成型后的凹凸结构中仍具备良好识

别性与表现力。

2.3 制图注记与辅助元素

地图注记系统是提高地图信息传达效率和图面可读性的关键。根据不同要素的重要性与空间密度,注记内容分为三级表达层次:第一层为省会、地级市、主要自然地标(如山峰、湖泊等);第二层为县级城市、区域性文化地标与次级地貌单元;第三层为乡镇、普通地名和辅助设施等。注记字体大小、样式、颜色遵循统一编码体系,以黑体、宋体为主,通过字号大小的变化表达层级关系。标注位置避免重叠与遮挡,优先考虑地图要素中心与图形边界清晰区域。

立体地图中,传统整饰元素(如比例尺、指北针、图例、坐标网格等)需根据地形起伏变化进行视觉避让与布局优化。研究采用图层锁定+局部避让策略,结合版式设计软件的辅助线与可视区域提示功能,实现辅助元素的精准布局,有效避免注记与地形凸起之间的遮挡冲突,提升整体图面的科学性与美观性^[5]。

3 地图优化与工艺实现

立体地图的工业化生产流程中,模具雕刻与成型工艺是保障地形信息精准呈现与产品质量稳定输出的核心环节。围绕模具雕刻参数优化、吸塑成型工艺控制与成品质检机制,研究建立了一套标准化、量化的工艺体系,为后续 AR 交互内容的准确叠加与用户多场景使用奠定坚实基础。

3.1 模具雕刻参数优化

模具数控雕刻是立体地图成型的关键环节,采用五轴 CNC 雕刻设备进行模具制作,根据地形高差和夸张系数确定雕刻深度。

立体地图的雕刻深度 D (单位: mm) 由地形高差 h (单位: m)、夸张系数 k 及工艺补偿量共同决定,计算公式为:

$$D = (h \times k / 1000) + C$$

公式中, h 为实际地形高程差(需 DEM 数据支持), k 为夸张系数(建议范围 1.5~3.0, 根据地图比例尺和用途调整), C 为基板补偿量(通常为 0.2~0.5mm, 防止刀具触底)。通过该公式可精确控制雕刻深度,确保准确呈现地形特征,局部模具如图 2 所示。

3.2 吸塑成型与成品质量控制

吸塑成型与成品质控环节是确保立体地图产品具备高度成型一致性与工业化稳定输出能力的关键。成型过程中,需根据地图模具的结构复杂程

度与 PVC 板材的厚度、刚性,对热压温度(控制在 90~115℃)、负压(0.6~0.8MPa)、加热时长(15~25 秒)及冷却时间等参数进行精准设定。为提升吸附贴合效果,还可通过静电处理、喷涂防粘涂层等方式减少成型气泡与错位问题。对于高差剧烈的山地与高原区域,还引入“局部增压+分区温控”机制,以提升起伏区域的塑形清晰度与地貌层次感。

吸塑成型完成后进入质检环节,通过尺寸偏差检测(误差 $\leq 0.5\text{mm/m}$)、高差还原率比对(与 DEM 误差 $\leq 5\%$)、图层附着力测试(3M 胶带法)、表面缺陷人工目检等手段,全面评估地图质量。此外,采用三维激光扫描设备进行点云比对,可实现高精度地图复核。色彩一致性通过色差仪检测, $\Delta E \leq 3.0$ 。良品需统一编号,并附带质检合格证与参数记录卡,实现全流程溯源管理。

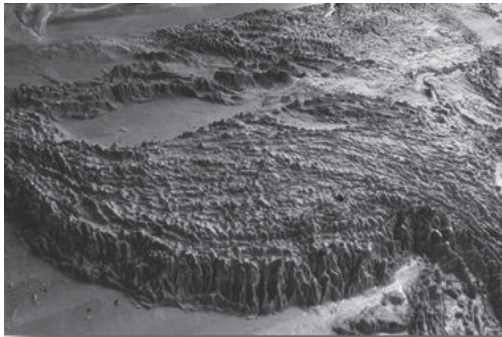


图2 局部模具

4 融合出版与服务体系

随着数字出版技术与智慧交互手段的迅速发展,立体地图正逐步从传统的静态展示媒介向融合化、服务化和多终端联动的智能出版模式演进。研究构建了基于微信小程序与 AR 技术的立体地图融合出版体系,不仅提升了用户的交互体验和获取效率,也突破了立体地图在内容容量、服务延展和场景适配方面的传统局限。该体系通过整合印刷地图与数字内容、线下实体与线上平台,实现“可视、可识、可交互”的多维地图服务能力。

4.1 AR 交互内容设计

融合出版的核心在于构建可识别、可扩展、可交互的数字地图内容体系。通过引入 AR 图像识别与三维定位算法,实现立体地图的实体地形与虚拟信息内容的精准绑定。例如,用户通过手机摄像头扫描地图上的某一景点符号,即可触发与之对应的三维建筑模型、语音导览、历史图像或动态视频。

AR 内容设计主要解决了两个关键问题：一是地图上印刷图像与移动终端识别系统之间的适配性。为此，采用符号的边界特征、颜色对比度和几何稳定性优化，确保图像能够精准识别^[6]。二是 AR 内容本身的表现形式和用户体验。通过结合不同用户群体的需求（如旅游者、学生、残障人士），设计了多样化的内容呈现方式，包括交互式热点点击、语义引导路径、实时天气叠加等功能模块，从而提升了用户体验。

同时，为提升识别鲁棒性与响应速度，系统采用多视角图像数据库预训练模型，通过特征点比对与图形聚类实现快速识别。AR 内容采用 XML 或 JSON 结构组织，便于在不同终端和平台中快速解析与渲染。

4.2 网格化识别与内容匹配

考虑到立体地图表面存在凸起、阴影和反光等成像干扰，采用“网格化识别”方案。具体做法是将整个地图按照 15cm×15cm 的规则网格进行编码，每个网格区域作为一个识别单元，与一组图像特征、AR 资源与内容标签相绑定。

每个网格具备如下三重关系链条：（1）与地图上的实际专题要素（如景点、地标、地貌单元）一一对应；（2）与识别图像库的匹配样本关联，实现图像识别后的位置反推；（3）与数据库的内容资源绑定，确保扫描后能即时获取相关信息。该方法突破传统 AR 识别依赖单一大图的技术瓶颈，显著提升了对凹凸不平表面的识别准确率与抗干扰能力。

系统实测表明，该方法在普通室内光照条件下识别成功率可达 98.4%，响应时间为 1.2~1.8 秒，满足多种使用场景需求，与传统 AR 方法的对比如表 3 所示。

表3 识别方法对比

序号	方法	识别成功率	响应时间	对不平表面适应性
1	传统AR单图识别	74.3%	3~5s	较低
2	网格识别法	98.4%	1.2~1.8s	较高

4.3 服务架构与运维机制

立体地图融合出版服务平台整体采用 B/S（Browser/Server）架构，由“前端小程序+中台识别接口+后端内容管理平台”构成，前端界面如图 3 所示。其中，前端应用以微信小程序为载体，无需安装，便于快速推广与用户接入。应用包括首页（分类浏览）、详情页（文本/音视频展示）、AR 识别页（拍摄识别）与用户互动页（评论/收藏）。

中台识别接口依托 Springboot 构建 RESTful API，负责图像识别结果处理与前端 AR 内容请求的中

转，支持资源动态调取、用户权限验证及识别结果缓存等功能。

后端内容管理平台整合 EasyAR 平台的云识别服务、内容素材数据库与运维后台，可实现地图内容定期更新、专题推送、用户行为分析及数据备份等功能。平台支持多版本地图管理、多用户角色配置，保障平台长期运行的可维护性与扩展性。



图3 立体地图融合出版平台前端界面

5 结论与展望

研究构建了以 PVC 吸塑为核心的立体地图工业化出版流程，整合设计、编绘、优化与出版四大环节，形成标准化、模块化、高效率产品体系，融合 AR 技术实现地图内容的交互式扩展，提升了地图的传播力与用户体验。未来研究可聚焦以下三方面：一是探索实景三维与立体地图的融合方式，实现实景渲染的实体图表达；二是推动盲人触觉地图的适配设计，拓展立体地图在无障碍信息服务中的应用；三是构建 AI 辅助制图平台，实现地图设计—建模—雕刻路径自动化，全面提升制图智能化水平。

参考文献

[1] 祝国瑞,郭礼珍,尹贡白,等.地图设计与编绘[M].武汉:武汉大学出版社,2010:59-60.

[2] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].北京:科学出版社,2017:45-52.

[3] 叶辉,史瑞芝,王帅.移动增强现实在纸质地图中的应用[J].测绘与空间地理信息,2018,41(1):198-201.

[4] 李云翔,张迪,张睿卓.新技术支持下的立体地图融合出版[J].测绘通报,2024(5):172-177.

[5] 章雨昂.基于双目立体视觉的栅格地图构建[D].大连:大连理工大学,2023.

[6] 张璇,朱海天.精细化立体地图制作关键技术研究[J].测绘,2019,42(3):115-119.

基于Logistic函数校正的SBAS InSAR矿区地表形变监测

武志斐 宋旭辰

(河南丰图测绘服务有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 针对SBAS InSAR监测采矿地表形变结果精度不理想的问题, 提出一种基于Logistic函数校正的SBAS InSAR矿区地表形变监测。通过分析SBAS InSAR监测结果和水准监测形变值之间差异的变化规律, 引入Levenberg-Marquardt算法对Logistic线性回归分析函数进行优化, 构建形变校正模型, 对SBAS InSAR形变结果进行校正, 进而得到矿区经校正后的高精度时间序列形变结果。结果表明: Logistic函数可准确描述SBAS InSAR监测形变值与水准监测值差异的“S”型分布规律, 校正后的结果显著优于原始SBAS InSAR监测值, 均方根误差(RMSE)降低33%~58%, 有效提升了采矿区地表形变监测精度。

关键词: SBAS InSAR; 采矿地表形变; Logistic函数; 时序监测

1 引言

矿产资源开采与利用对我国国民生活、国防安全、经济安全有着重要影响。然而, 大规模开采活动, 如露天采矿、废石堆放及地面塌陷等会占用或破坏大量土地, 影响农田利用和居民生活; 地下矿产资源开采则易形成采空区, 导致地表下沉或形变, 严重威胁矿山及周边人民生命财产安全^[1-3]。干涉合成孔径雷达(InSAR)具有全天候、高精度、高空间分辨率和覆盖范围广等优点, 已广泛用于形变监测领域。SBAS InSAR能处理较大区域的地表形变监测, 提供长时间序列的地表形变信息, 有效识别矿区地表形变的位置、分布和时空变化^[3], 适用于地质灾害评估和城市地面沉降监测等领域, 但SBAS InSAR技术监测地表形变在数据处理过程中存在粗误差, 影响形变结果精度。因此, 为提高SBAS InSAR监测矿区地表形变结果的准确性, 分析SBAS InSAR监测结果和水准监测形变值差异的变化规律, 基于Logistic函数和Levenberg-Marquardt算法构建形变校正模型, 对SBAS InSAR监测结果进行校正, 有效提高SBAS InSAR监测能力。

2 方法原理

2.1 SBAS InSAR方法

SBAS InSAR可实现时序性形变监测, 将满足时空基线阈值条件的图像对选为M个干涉对, 通过复共轭相乘生成M个干涉图。地形阶段使用外部DEM进一步模

拟, 去除M个干涉图中由地球曲率引起的干涉^[4,5], 形成SBAS InSAR的M个多时差干涉图序列。然后选择高相干像素, 并展开包裹相位。第k个差分干涉图中, 在方位-距离像素坐标系 (x, r) 内的高度相干像素处, 如果展开后差分干涉相位的观测时刻为 t_a 和 t_b ($t_a > t_b$), 可表述如下:

$$\delta\phi_k(x, r) = \phi(t_b, x, r) - \phi(t_a, x, r) \approx \frac{4\pi}{\lambda} [d(t_b, x, r) - d(t_a, x, r)] \quad (1)$$

公式(1)中, λ 是传输信号的中心波长, $d(t_a, x, r)$ 和 $d(t_b, x, r)$ 是视线(LOS)方向的累积形变, $\phi(t_b, x, r)$ 和 $\phi(t_a, x, r)$ 表示 t_a 和 t_b 处的累积形变相位。在 (x, r) 位置的高度相干像素点, 可从M个多时相展开微分干涉图序列推导出N个未知数的M个方程组:

$$Av = \delta\phi \quad (2)$$

公式(2)中, $\delta\phi$ 是M微分干涉图序列的已知相位, v 是形变相位的变化速度, $v^T = [v_1 = \frac{\phi_1 - \phi_0}{t_1 - t_0}, \dots, v_n = \frac{\phi_n - \phi_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}]$, A 是一个 $M \times N$ 矩阵。最后, 若所有影像均属一个小基线(SB)子集, 则 A 是一个列秩全矩阵, 公式(2)可通过最小二乘法(LS)求解。若M微分干涉图序列可能不属于SB子集, 存在秩不足, 公式(2)可通过奇异值分解(SVD)法求解, 获得形变幅度、形变速度和其他参数, 然后这些信息被地理编码并映射到整个研究区。上述单轨SBAS InSAR获得的地表形变是LOS形变, 是三维地表形变投影, 成分如公式(3)所示:

$$d_{los} = U_v \cos\theta - [U_N \cos(a - \frac{3\pi}{2}) + U_E \sin(a - \frac{3\pi}{2})] \sin\theta \quad (3)$$

作者简介: 武志斐(1984—), 男, 汉族, 本科, 研究方向: 激光雷达点云数据哈希建模。

公式(3)中, d_{los} 是 LOS 形变。 U_V 、 U_N 和 U_E 分别是垂直、南北和东西分量, 对应的正方向分别为向上、向南和向西, θ 是雷达入射角, α 是卫星运动方向的方位角。公式(3)表明, 需要三个方程将 LOS 形变分解为三个分量。矿区主要形变来自紫外线, U_N 和 U_E 的成分相对较小, 可通过公式(4)丢弃, 以获得近似紫外线:

$$U_V = \frac{d_{los}}{\cos \theta} \quad (4)$$

垂直形变由 SBAS InSAR 监测的 LOS 形变通过公式计算得出, 还可与通过校平获得的垂直形变进行比较。

2.2 基于 Logistic 线性回归函数的形变校正模型建立

根据已有研究成果, SBAS InSAR 与水准监测形变值的绝对差值从矿区形变盆地边缘到中心呈近似“S”型分布。Logistic 函数是一种典型的 S 型广义线性回归分析函数, 具有计算效率高、可处理大量数据、多重共线性影响较小、鲁棒性更好等优势, 可有效描述 SBAS InSAR 监测形变值与水准监测值差异的变化规律, 经典的 Logistic 函数方程可以表示为:

$$y = \frac{K}{1 + ae^{-bt}} \quad (5)$$

公式(5)中, y 是生物量或时间序列量指示符, a 为回归参数, t 是时间序列, b 是自然增长率, 代表自由和不受限制状态下人口的最大增长率; K 是生态容量。因此, 可以选择逻辑斯谛函数作为 SBAS InSAR 监测形变值的校正函数, 表示如下:

$$D = \frac{D_m}{1 + ae^{-rW}} \quad (6)$$

公式(6)中, D 是 SBAS InSAR 和水准监测结果间的形变差, D_m 是形变差的理论最大值, a 为回归参数, r 为瞬时形变速度, W 是 SBAS InSAR 监测的形变值; 其中 D_m 、 a 和 r 是要求解的参数。首先, 使用三点法获得 D_m 、 a 和 r 的初始参数, 公式(5)转换如下:

$$Ln = \frac{D_m - D}{D} = c - rW \quad (7)$$

公式(7)中, $c = L_{na}$, 将数据序列的起点 (W_1 , D_1)、中点 (W_2 , D_2) 和终点 (W_3 , D_3) 代入公式(6), 获得初始参数 D_{m0} 、 a_0 、 r_0 。SBAS InSAR 对水准点上 $N+1$ 个 SAR 成像时间的监测结果从小到大排序, W_1 和 W_3 分别是 SBAS InSAR 监测结果的最小值和最大值。 $W_2 = 1/2(W_1 + W_3)$ 。 D_1 、 D_2 和 D_3 被计算为 W_1 、 W_2 和 W_3 对应的 SBAS InSAR 和水准监测结果差值。由于初始参数具有高度偶然性, 得到的逻辑斯谛函数不是最优解。因此, 使用 Levenberg-Marquardt 算法优化

D_{m0} 、 a_0 和 r_0 , 构建一个相对客观合理的 Logistic 函数。

3 结果分析

3.1 监测结果修正

利用各组差异的综合值, 使用 Levenberg-Marquardt 算法非线性最小二乘反演, 获得全局最优参数解 $[D'_m, a', r'] = [-683.776, 23.912, -0.007]$, 根据公式(7), 获得整合 SBAS InSAR 和 Logistic 函数的校正模型:

$$W_c = W + \frac{-683.776}{1 + 23.912e^{(-0.007)W}} \quad (8)$$

然后, 对 SBAS InSAR 监测结果的每个网格点进行校正处理, 拟合 Logistic 函数曲线如图 1 所示。

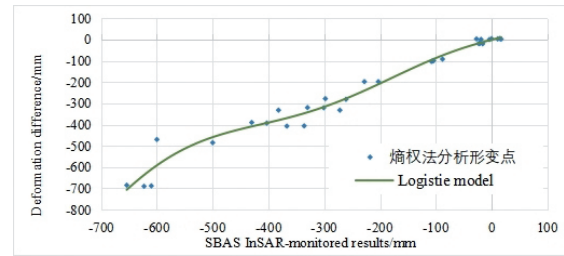


图1 差分拟合的Logistic函数

2017 年 9 月至 2018 年 1 月, 形变盆地最初出现在工作面左上方, 如图 2 (a_1) (a_2) 和 (b_1) (b_2) 所示。随着时间推移, 矿区工作面由东向西开采, 地表形变量递增, 至 2017 年 11 月, 形变区逐步向左上方迁移。由于采矿活动对工作面的影响, 上覆地表出现形变并逐渐增大。在此期间, 水准测量监测的最大累积形变值为 -872mm, SBAS InSAR 监测的最大累积形变值为 -365mm, 校正后的最大累积形变值为 -599mm。

2018 年 1 月至 6 月, 随着采矿活动进行, 有三个明显的形变盆地, 地表形变增加, 如图 2 (a_3) 和 (b_3) 所示。在此期间, 水准测量监测的最大累积形变值为 -1044mm, SBAS InSAR 监测的最大累积形变值为 -528mm, 校正后的最大累积形变值为 -949mm。

2018 年 6 月至 2019 年 5 月, 采矿活动分别持续到 2018 年 10 月和 2019 年 9 月, 上覆地表逐渐稳定, 累积地表形变没有进一步变化, 如图 2 (a_5) 和 (b_5) 所示。2018 年 4 月至 12 月, 研究区左下工作面采矿活动持续活跃, 矿区形变盆地的范围、价值和坡度显著增加, 如图 2 ($a_3 \sim a_5$) 和 ($b_3 \sim b_5$) 所示, 上覆地表形变在开采前逐渐增加, 其间, 水准测量监测最大累积形变值为 -1567mm, SBAS InSAR 监测最大累积形变值为 -982mm, 校正后的最大累积形变值为 -1648mm。综上所述, SBAS InSAR 校正前后两组监测结果的形变

信息与工作面的开采位置、空间分布和开采进度一致，校正后的累积形变值更接近现场测量值。

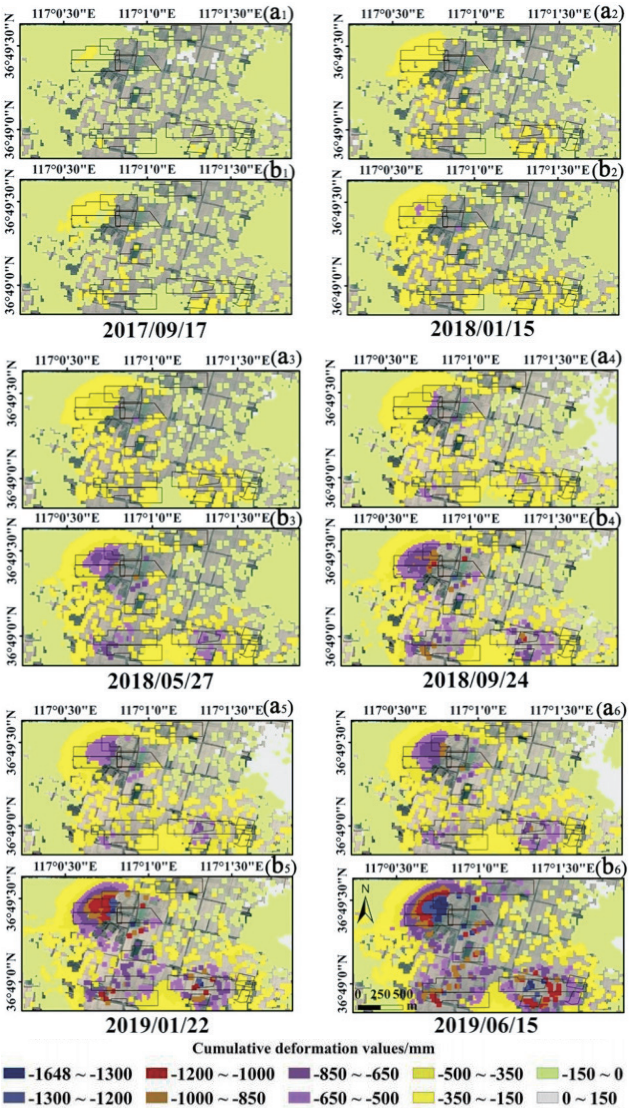


图2 6个成像日期的累积形变值 (a₁~a₆为SBAS InSAR监测结果, b₁~b₆为更正结果)

表1 实测水准点形变值RMSE

	Monitoring dates					
	2017/ 09/17	2018/ 01/15	2018/ 05/27	2018/ 09/24	2019/ 01/22	2019/ 06/15
SBAS InSAR monitored results/mm	49	167	316	381	398	416
M-corrected Re/mm	45	154	223	267	233	225
E-corrected results/mm	48	139	178	213	178	175

3.2 验证和准确性评估

为进一步验证通过熵权法从 Logistic 模型获得的校正结果 (E-校正结果)，使用平均值计算求解 Logistic 模型的差值综合值，并校正 SBAS InSAR 监测结果，获得第二组校正结果 (M-校正结果)，计算实测水准点形变位置两个校正结果的均方根误差

(RMSE)。SBAS InSAR 监测结果的 RMSE 和 6 个监测周期的两个校正形变值如表 1 所示。

4 结论

针对 SBAS InSAR 监测矿区地表形变值精度不高的问题，基于 SBAS InSAR 监测与水准监测形变值差异规律，整合 SBAS InSAR 和逻辑回归分析函数，建立并求解形变校正模型，验证结果的准确性，主要结论如下：

(1) Logistic 线性回归分析函数是一个典型的 S 型函数，可相对准确地描述 SBAS InSAR 监测结果与实际形变值的差异。

(2) 校正后的 SBAS InSAR 监测结果可更准确地反映矿区地表形变的时空分布、时空变化和程度以及研究区真实的地表形变过程。

(3) 对于形变较大的水准点，校正后的 SBAS InSAR 监测结果精度大大提高，与水准监测结果一致。对于形变相对较小的水准点，精度在一定程度上得到提高。总体而言，校正结果的 RMSE 提高了 33%~58%，研究方法减少了 SBAS InSAR 和水平监测结果间差异，通过整合 SBAS InSR 和逻辑回归分析函数，显著提高了矿区地表形变监测的准确性。

(4)校正前后的形变信息与工作面实际开采时间、进度一致，可相对准确地检测形变盆地的位置、分布和时空变化等信息。相比之下，形变盆地中心区域校正结果的地表形变梯度和程度明显更大，更符合实际形变程度，精度更高，可弥补 SBAS InSAR 监测结果精度较低、无法反映地表形变真实程度的不足。

参考文献

[1] ALEX HAY-MAN N G, Linlin G E, Zhang K,et al.Deformation mapping in three dimensions for underground mining using InSAR - Southern highland coalfield in New South Wales, Australia[J]. International Journal of Remote Sensing, 2011,32(22):7227-7256.

[2] 周可鹏,陈旺旺.基于S-SAR边坡雷达的滑坡形变监测分析研究[J].矿产勘查,2024,15(S01):138-142.

[3] Wang F, Tao Q, Liu G,et al.Monitoring of surface deformation in mining area integrating SBAS InSAR and Logistic Function[J]. Environmental Monitoring & Assessment,2023,195(12):196-208.

[4] Zeng Z, Wang Y, Yan Y,et al.Analyzing Landslide-Prone Loess Area of Heifangtai, Gansu, China Using SBAS-InSAR Technique[J]. IEEE, 2018.

[5] 贺跃光,张琪,邢学敏.平原地区钻井水溶矿区地表形变D-In SAR 监测研究[J].矿冶工程,2018,38(5):5.

基于地表变化监测的“一测多用”关键技术研究

韩红涛 王永红 赵明 张永洪 张宁丽

(自然资源部第一航测遥感院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 针对自然资源监测类项目存在重复生产、数据成果通用性差的问题, 深入开展了基于地表变化监测类项目的“一测多用”关键技术研究。该研究涵盖资料使用策略、监测体系构建、监测周期设定和技术指标确定等多个方面, 通过各环节整合与优化, 成功构建“一测多用”地表变化常态化监测方案。选取陕西省西安市长安区作为试验区, 开展为期 10 个月的常态化监测, 形成常态化监测成果。试验结果表明, 常态化监测成果在多个自然资源监测项目中重复使用率达 80% 左右, 一定程度上促进了“一测多用”目标的实现。

关键词: 自然资源; 地表变化; 一测多用; 监测体系; 监测周期

1 引言

地表覆盖与人类活动密切相关, 我国历来重视地表覆盖变化监测研究与实践, 相继开展了基础性地理国情监测、全国国土调查与变更调查、森林资源调查等重大项目^[1,2]。随着对地遥感技术的飞速发展, 基于遥感技术的地表覆盖变化监测在自然资源监管、生态环境保护等方面发挥着重要作用。

近年来, 自然资源监测类生产项目在测绘地理信息行业已成为常态化生产任务, 旨在对不同时期相的矢量数据和影像数据进行对比分析, 发现并提取地物变化信息。各类自然资源监测项目在资料运用、生产内容、监测周期、监测区域及技术指标等方面, 存在一定的交叉与重叠, 但不同监测项目的运用场景不同且独立运行, 使得项目间缺乏总体统筹及有效沟通, 客观上会造成重复性生产、成果通用性差、资源浪费等一系列问题, 这与高质量发展目标相背离。另外, 自然资源监测类生产项目在时间上相对集中, 也会带来生产单位全年生产任务不均衡问题。因此, 如何科学整合地表覆盖变化监测类生产项目, 最大程度降低同区域、同类型项目之间的重复性工作, 是解决监测失衡的关键所在。

研究设计构建基于地表变化的常态化监测生产体系, 旨在对地表覆盖进行常态化监测, 形成能同时契合多种监测需求的综合性成果, 达成“一测多用”目标。该研究涵盖监测内容、监测产品、资料使用规则及监测周期等方面。最后, 通过常态化综合监测试验及应用成效评估, 对该体系的实用性进行验证。结果表明,

该体系在地表覆盖常态化监测工作中展现出良好的应用前景, 带来较高的经济效益。

2 常见监测类生产项目介绍

地表覆盖变化遥感监测成果应用广泛, 涉及自然资源管理、生态环保、农业生产监测等诸多领域。基于此, 近年来多个部门开展了多项基于地表变化的监测类项目。

2.1 土地卫片执法

土地卫片执法项目以上年度第四季度遥感影像为基期影像, 以本年度最新时期遥感影像为监测期影像, 采用“T+5”工作模式, 通过两期影像对比, 提取以新增建设用地、推堆土为主的变化图斑, 监测内容如表 1 所示。

表1 土地卫片执法监测内容

监测类型	监测内容
新增非农建设类	新增道路
	新增建(构)筑物
	新增光伏用地
	新增高尔夫球场用地
	新增推堆土
新增其他建设类	新增其他道路, 点、线型地物
	新增库塘
	新增林园地
	新增光伏用地
其他变化类	建设用地翻建
年度持续变化类	年度内续建

2.2 国土利用动态全覆盖遥感监测

国土利用动态全覆盖遥感监测, 作为年度国土变更调查工作的关键基石, 为地方开展变更调查、“三调”

作者简介: 韩红涛(1986—), 男, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事摄影测量与遥感、遥感影像智能解译、新型基础测绘等工作。

数据库更新提供了基础数据支撑。此项监测以年度为周期，以上一年度国土变更调查成果为监测底图，以当年第四季度影像为监测期影像，并参考上一年第四季度2米分辨率遥感影像，发现并提取变化图斑。主要监测内容包括新增建设用地、耕地“非粮化”建设及设施农用地变化图斑，以及非耕农用地变化图斑等，如表2所示。

表2 国土利用动态全覆盖遥感监测内容	
监测类型	监测内容
疑似新增建设图斑	新增建筑（构）物、水工设施、水建、大型沟渠、道路、高尔夫球场、光伏用地、硬化地表、采矿场、推堆土、足球场等。
监测耕地变化图斑	耕地变化为林、园、草（绿化草地）和坑塘等图斑。
建设和设施农用地拆除监测图斑	原有建设用地、设施用地、推土区、光伏板区，影像表现为拆除、清理、植被已恢复等非建设用地特征的图斑。
非耕农用地变化图斑	林、园、草、坑塘等农用地之间的变化图斑
未利用地变化图斑	未利用地转换为农用地图斑
围填海图斑	新增围海图斑

2.3 生态遥感监测

生态遥感监测主要借助高分辨率遥感影像及已有地表分类数据，对自然地物与人工地物之间的转化状况展开监测。在完成变化发现与提取后，针对重点区域实施动态核查及疑似生态破坏核查。除此之外，该监测还依据土地利用分类数据、遥感产品及专题资料，开展生态质量现状评估及变化趋势等工作。

3 基于地表变化的“一测多用”监测生产体系设计

“一测多用”常态化监测生产体系的设计，主要基于“一测多用”这一根本目标，全面考量多个监测项目的需求特性，对综合监测内容体系、监测产品表达形式、资料使用规则及监测周期等要素展开设计。通过实施日常持续性监测，确保在需要时能够快速提供相关成果，同时为多个生产项目提供服务。

3.1 监测内容体系和监测产品设计

3.1.1 监测内容体系

为实现一次监测同时服务多个监测生产项目的目标，“一测多用”常态化监测体系应尽可能涵盖多种地表覆盖变化监测需求。研究对卫片执法、国土利用动态全覆盖遥感监测以及耕地保护遥感监测等常见监测项目的监测内容进行拆解、合并与重组，经分析整合，形成以新增建设类、耕地“非粮化”及耕地新增为主

的“一测多用”监测内容体系；在监测指标选取方面，采用上述常见监测项目的最小指标，监测内容及指标设计如表3所示。

表3 “一测多用” 综合监测内容				
监测类型	监测内容	变化类型代码	监测面积/m ²	
新增建设类 (1)	新增公路	111	200	
	新增线形地物 (11)	新增铁路	112	200
		新增其他线形地物	113	200
		新增建筑物	121	200
		新增构筑物	122	200
	新增建（构） 筑物(12)	新增高尔夫运动 用地	123	200
		新增光伏方阵用地	124	200
		新增建设推堆土	125	200
耕地变化类 (2)	新增库塘	21	400	
	新增林地	22	400	
	新增园地	23	400	
耕地新增 (4)	非建设用地变为耕地	41	400	
	建设用地变为耕地	42	400	
其他变化类 (5)	园、林、草、坑塘之间的变化	51	400	
	新增拆除区	52	400	

3.1.2 监测产品设计

在设计监测产品时，需从成果运用、监测生产的便利性角度出发，充分契合生产与应用场景，依据“一测多用”常态化监测与各生产项目监测内容体系的对应关系，从常态化监测成果中迅速筛选出所需监测图斑。与此同时，产品形式的设计要便于推进常态化监测工作，最大程度降低人工成本，提高生产效率。监测产品属性设计如表4所示。

表4 监测产品属性表设计					
序号	字段名称	字段代码	字段类型	字段长度	赋值方式
1	行政区划代码	XZQDM	字符型	6	自动
2	县名称	XMC	字符型	254	自动
3	监测图斑编号	JCBH	字符型	30	自动
4	变化前类型	QLX	字符型	8	人工
5	变化后类型	HLX	字符型	8	人工
6	前时相	QSX	字符型	20	自动
7	后时相	HSX	字符型	20	自动
8	当期景号	DQJH	字符型	254	自动
9	图斑中心点经度	LZB	双精度	18	自动
10	图斑中心点纬度	BZB	双精度	18	自动

3.2 常态化监测模式设计

3.2.1 资料选用

在构建“一测多用”常态化监测体系过程中，监测基础资料的选取与使用方式是核心要点，对监测成

果的可用性起着决定性作用。

“一测多用”常态化监测旨在通过统一的常态化监测生产流程，获取地表覆盖变化的常态化监测成果，以服务各监测类项目。然而，不同监测类生产项目在监测资料选用要求上存在一定差异。因此，有必要全面考量各项目对监测资料的使用需求。基于此，研究从监测模式与监测资料来源使用两个维度，对常见项目进行梳理，如表 5 所示。

表5 常见自然资源监测类项目

项目名称	监测资料来源	监测模式
卫片执法	基期影像（2m）+监测影像（2m）	影像对影像
国土利用动态全覆盖遥感监测	上年度矢量+监测影像（1m）+基期影像（1m）	矢量对影像为主，影像对影像为辅
上半年地类变化监测	上年度矢量+基期影像（1m）+监测影像（1m）	矢量对影像为主，影像对影像为辅
陕西省耕地保护遥感监测监管	耕地范围+基期影像（1m）+监测影像（2m）	影像对影像为主，矢量辅助限定范围

通过表 5 可知，影像对影像与矢量对影像是两种主要监测模式。对于“一测多用”常态化监测而言，必须同时采用这两种模式，并赋予它们同等重要的地位，方可实现“一测多用”目标。综合考量资料数据的可获取性，针对影像数据，原则上选取上一年第四季度分辨率为 1 米的影像作为基期影像，将本年度收集到的分辨率为 2 米的影像作为监测期影像。若同一区域、同一监测期内存在多景影像覆盖情况，则优先选用分辨率较高的影像；当分辨率相同时，优先选用时相最新的影像。而在矢量数据方面，选取上年度国土调查成果库地类图斑矢量成果。

3.2.2 监测周期

监测周期作为“一测多用”常态化监测体系的另一关键指标，其选择受到影像资料获取能力、实际应用需求以及工作量等诸多因素的影响和制约。“一测多用”监测成果应实现可用性最大化，同时服务多个生产项目，满足日常持续监测完成变化成果积累、用时快速提供的监测需求。监测类生产项目的监测周期由其自身特点和要求决定，从“T+N”到月度、季度和年度，差异较大。理论上讲，监测周期越短，频次越高，能发现的变化越多，监测成果就越丰富，但同时也会大大增加“一测多用”常态化监测的工作量。综合考量现有公益卫星影像在陕西省的覆盖情况，以及多个自然资源监测类项目的实际需求，将常态化监测设定为月度监测。

4 生产试验与应用成效评价

4.1 试验区与数据源

选择长安区为试验区，长安区位于陕西省西安市南部，地势南高北低，东高西低，区域概况如图 1 所示。近年来，长安区经济发展整体较快，人类建设活动引起的地表覆盖变化较大^[3]。

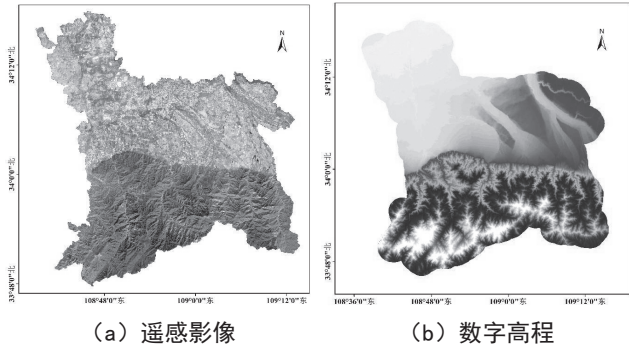


图1 试验区域概况

研究收集长安区用于国土利用动态全覆盖遥感监测的相关影像、矢量资料及其他资料。其中，影像资料包括 2022 年末分辨率为 1 米影像，以及 2023 年 1~11 月的 26 景分辨率为 2 米及亚米级影像，来源涵盖 GF1、GF2、GF6、ZY1 等卫星数据；矢量资料则选用 2022 年国土调查成果库地类图斑数据。

4.2 生产试验

按照“影像+矢量”和“影像+影像”的综合监测模式，引入遥感影像智能解译技术开展生产试验，技术流程如图 2 所示。

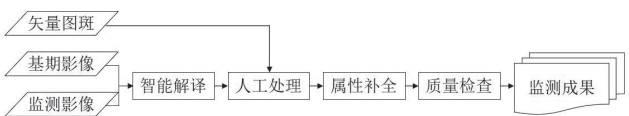


图2 生产技术流程



图3 属性维护工具

属性赋值阶段，只需要人工按照表 4 对变化前后类型两个字段进行赋值，其余属性字段可利用自研辅

助工具自动赋值，大大减少属性赋值的工作量，工具界面如图 3 所示。

研究共生产 2023 年 1~11 月 10 期月度监测成果，整个监测时段共发现和提取 9917 个变化图斑。长安区土地利用变化类型呈现一定特性，主要集中于新增建（构）筑物（121）与推堆土（125），而新增高尔夫用地（123）、光伏用地（124）、建设用地变化为耕地（42）等几个变化类型，在本次监测中未被发现。长安区监测成果类型统计如表 6 所示，监测结果如图 4 所示，该图直观反映了长安区土地利用的发展趋势和现状，表明长安区城镇化进程正处于快速推进阶段。此外，在 9 月的监测中，其他变化类型（51）数量相对较多，且主要集中在耕地和大棚间的变化。

表6 长安区监测成果类型统计

监测月份	111	112	113	121	123	124	125	21	23	22	41	42	51	52
1月	130	156	339	1428	0	0	860	78	521	0	4	0	76	4
2月	86	86	129	593	0	0	1202	0	43	0	0	0	50	1
3月	30	8	0	191	0	0	1072	13	51	0	1	0	48	5
4月	13	0	0	98	0	0	478	0	13	0	0	0	3	0
5月	48	0	0	160	0	0	108	0	13	0	0	0	21	0
6月	0	0	0	108	0	0	239	17	9	0	0	0	3	0
7月	0	20	0	150	0	0	199	0	33	0	0	0	15	0
9月	55	5	0	141	0	0	236	7	40	2	0	0	135	0
10月	3	0	42	29	0	0	16	6	13	0	0	0	0	0
11月	6	6	0	13	0	0	55	6	135	0	0	0	12	0

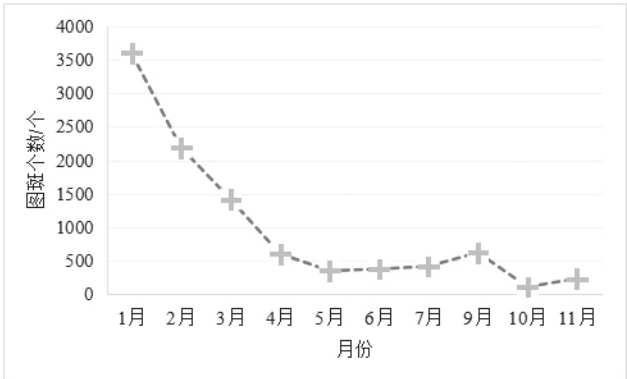


图4 长安区监测图斑变化趋势

由图 4 可知，监测图斑数量随月份增加而整体呈递减趋势。其中，第一季度图斑数量急剧下降，第二季度数量变化趋于平稳。国土调查矢量地类数据与影像在反映地类特征方面存在显著差异。具体而言，国土调查矢量数据侧重体现地类的社会属性，而影像则主要反映地类的自然属性。在第一季度监测过程中，针对两种监测方式所产生的差异，进行了大量纠正工

作，导致监测图斑数量偏多。

4.3 应用成效评估

以长安区“一测多用”常态化监测试验为例，通过统计分析常态化监测成果在现有多个自然资源监测生产项目中的应用情况，开展应用成效评估。

4.3.1 利用率分析

利用率统计结果如图 5 所示。整体而言，监测成果涵盖各监测项目的核心内容，查全率处于较高水平，在国土利用项目中可达 87.75%，能够满足同时支撑多个自然资源监测项目的需求，具备一定的实用价值。查准率整体较低，主要是由于常态化监测需要考虑各个项目的监测需求，相较于单个项目，其监测图斑数量较多，以陕西耕保项目为例，其监测成果只有 137 个图斑，即便这些图斑全部被常态化监测成果覆盖，相对于 9917 个图斑的体量而言，查准率依然较低。此外，具体业务的监测模式与常态化监测模式越接近，可提供的支持服务能力就越强，例如国土利用和上半年监测，整体利用率较高。

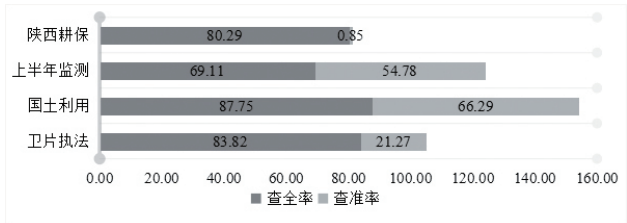


图5 综合监测在自然资源监测中的利用情况

4.3.2 效能评估

统计各项目“一测多用”前后所用时长，并进行对比分析和效能评估，结果如表 7 所示。

表7 “一测多用”效能评估

项目名称	一测多用前/d			一测多用后/d			节省时间/d
	影像准备	图斑采集	质量检查	影像准备	AI解译	图斑采集	
常态化监测	—	—	—	5	1	25	8
卫片执法	4	12	4	4	—	6	4
上半年监测	1	4	1	1	—	2	1
国土利用监测	1	5	1	1	—	3	1
陕西耕地保护	5	12	6	5	—	6	6

通过分析表 7 可知，10 期“一测多用”常态化监测总计耗时 39 天，同期为各项目节约了 16 天。仅从投入与产出的天数直观对比来看，似乎呈现一种不匹配态势。然而，对于常态化监测的成效评估，不能单

（下转第 47 页）

基于VB.NET和ArcEngine的县级年度变更建库软件设计与实现

施评达

(福建科图勘测规划有限公司, 福建 福州 350001)

摘要: 研究详细阐述了运用 VB.NET 与 ArcEngine 开发县级年度变更建库软件的过程, 经深入分析业务需求, 借助 VB.NET 的高效开发能力与 ArcEngine 的地理信息处理功能, 构建涵盖数据管理、处理、查询统计等功能模块的软件系统, 并通过应用示范, 验证其建库效率与数据准确性, 有力支撑了土地资源信息化管理。

关键词: VB.NET; ArcEngine; 年度变更建库; 增量更新; 整图层更新

1 引言

随着信息技术的飞速发展, 地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 在各领域应用日益广泛, 尤其在土地管理领域发挥着至关重要的作用。土地作为人类赖以生存和发展的基础资源, 其合理利用与有效管理对于经济发展、社会稳定、生态环境保护有着深远影响^[1]。县级年度国土变更调查是在第三次全国国土调查 (以下简称“三调”) 统一时点调查成果基础上, 以每年 12 月 31 日为标准时点, 根据最新卫星遥感影像, 提取地类变化信息, 掌握年度土地利用变化情况, 确保国土调查成果的现势性和准确性^[2]。

ArcEngine 是 ESRI 推出的强大 GIS 组件库, 为 GIS 应用开发提供丰富接口与工具, 开发者可借助其组件和类库在不同编程环境定制 GIS 应用^[3]。VB.NET 作为面向对象编程语言, 具备易学、开发效率高、功能强大等优势, 与 ArcEngine 结合可开发高效、稳定且界面友好的县级年度变更建库软件^[4]。基于此, 研究利用 VB.NET 和 ArcEngine 设计开发“三调”县级年度变更建库软件, 解决数据库更新中大量重复性、精细化、流程化建库工作, 并通过国家下发的县级数据库质检软件开展典型区县县级年度国土变更调查任务。

2 设计思路

2.1 县级年度变更建库业务分析

县级年度变更建库工作涉及大量数据处理和复杂业务流程, 数据来源主要包括变化图斑数据、变化前基础库数据及整图层图斑数据等。这些数据格式多样,

质量参差不齐, 需要进行有效整合与处理。

在业务流程方面, 首先要对输入的数据进行格式验证和预处理, 确保数据的准确性和完整性; 然后根据不同的数据类型和业务需求, 分别进行增量更新和整图层更新操作; 更新后的数据需严格检查数据质量, 确保数据符合相关标准和规范; 最后, 根据统计需求生成各类报表, 为土地管理决策提供数据支持。

从功能需求来看, 软件需要具备数据输入、存储、处理、查询、统计、质量检查、报表生成等一系列功能。同时, 为提高工作效率和用户体验, 还应具备良好的用户界面和操作流程控制功能。

2.2 软件设计总体框架

基于上述业务分析和技术选型, 软件设计采用模块化架构, 将软件系统划分为多个功能独立又相互协作的模块, 主要包括数据输入、增量更新、整图层更新、增量库、数据质量检查、统计报表等模块, 总体设计思路如图 1 所示。

数据输入模块负责接收和存储变化图斑、变化前基础库和整图层图斑数据, 并对数据格式进行验证和预处理; 增量更新模块通过对比变化图斑和变化前基础库数据, 识别变化区域并生成增量更新数据; 整图层更新模块对整图层图斑数据进行处理, 生成更新后的整图层数据; 增量库模块用于存储和管理增量更新和整图层更新数据, 提供数据查询和调用接口; 数据质量检查模块负责检查矢量数据的图形和属性问题, 生成质量检查报告; 统计报表模块读取增量库数据, 生成各类统计报表, 并提供报表查看和导出功能, 实现数据上报。

作者简介: 施评达 (1985—), 男, 汉族, 本科, 测绘工程师, 研究方向: 地理信息系统开发。

各模块之间通过定义清晰接口进行数据交互和协同，确保软件系统的稳定性和扩展性。这种模块化的设计框架使得软件的开发、维护和升级更加方便，能够有效提高开发效率和软件质量。

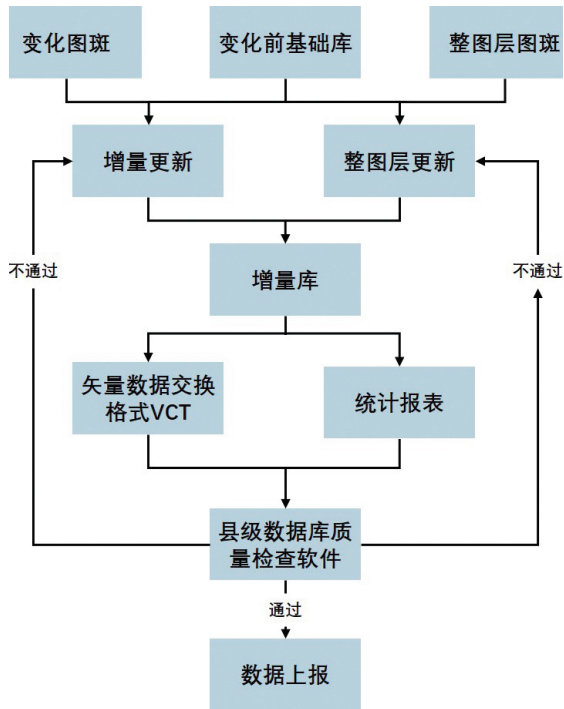


图1 软件核心功能设计

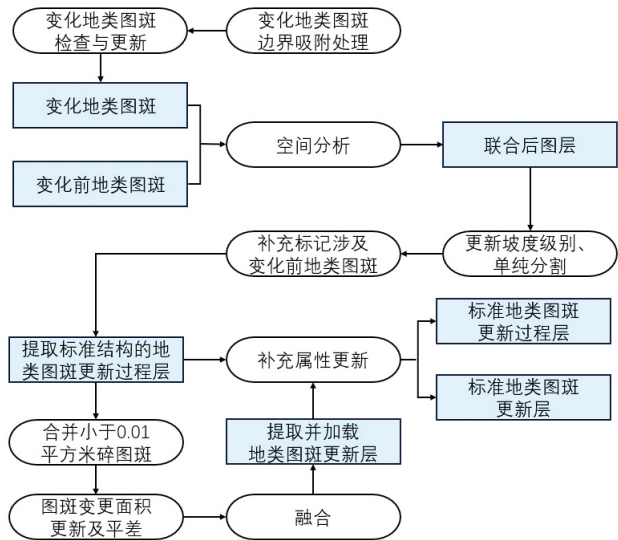


图2 增量更新流程与功能设计

3 关键功能研发与实现

3.1 增量更新功能

增量更新只记录本年度年初与年末两个时点的变化，即同一地区一年内多次变更，不记录中间变化过程。首先将年末变化图斑与年初变化前图斑进行空间分析，

提取图斑分割后的最小单元集合，同时记录图斑变化前后的属性信息，形成更新过程层；然后将年初变化前图斑的变化范围更新为变化图斑范围，并记录变化后的信息形成更新层，具体流程如图 2 所示。

3.1.1 图斑预处理技术

在增量更新过程中，变化地类图斑的预处理是确保数据准确的关键环节。由于变化图斑通常通过影像矢量化生成，与变化前地类图斑往往存在边界不匹配或偏移问题，因此采用一种基于精确计算的边界吸附处理算法，遍历变化图斑的每一个节点，在设定的容限范围内，通过计算欧氏距离捕捉变化前地类图斑的最近节点。若未能捕捉到，则根据点到图斑的距离，创建合适的最近点，使变化图斑与变化前地类图斑的边界尽可能重合，这不仅能有效减少碎图斑和局部狭长图斑，还可显著提高图斑的几何精度。图斑节点吸附前后对比如图 3 所示。

同时，软件还对变化地类图斑进行全面的拓扑和属性检查。运用 ArcEngine 提供的拓扑分析工具，严格排查图斑是否存在重叠、自相交等拓扑问题，确保图斑的空间关系正确无误；依据相关规范和标准，对图斑的属性值进行严格验证。

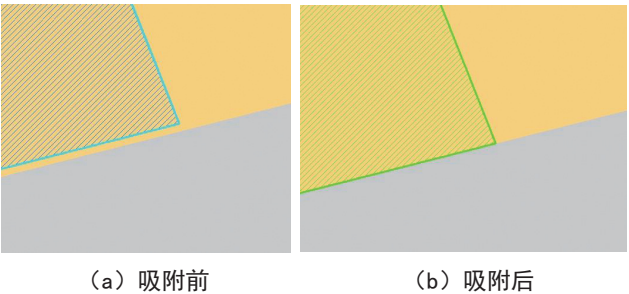


图3 图斑节点吸附前后对比

3.1.2 空间分析与过程层构建

在空间分析环节，软件通过调用 ArcGIS 工具箱的 Union 工具，将变化地类图斑与变化前地类图斑进行联合空间分析，不仅实现图斑的空间叠加，还标记了变化地类图斑涉及的变化前地类图斑，这对于后续更新过程层的提取至关重要。当判断耕地是否为单纯切割时，软件会依据严谨的逻辑进行判断，当且仅当涉及变化前图斑个数为 1，变化后图斑个数大于 1，且涉及地类均为耕地时，则认定为耕地单纯切割，此时软件会严格按照有关规定保留原耕地坡度级别，确保数据的一致性和准确性。通过一系列复杂而精准的操作，最终生成准确可靠的更新过程层，为后续数据处理奠定坚实基础。

3.1.3 碎图斑处理与面积平差

根据相关规范要求，软件自动合并面积小于 0.01 平方米的碎图斑，采用复杂算法选择与变更前图斑标识码相同且相交边最长的图斑进行合并。通过精确的几何计算和逻辑判断，确保合并后的图斑符合实际。处理完成后，软件会自动更新过程层的图斑变更面积，并以变更前图斑面积作为控制基准，运用平差计算方法让变更前后图斑面积总和不变，有效避免数据处理不当导致的面积误差。

3.1.4 属性更新与成果生成流程

地类图斑更新层生成后，软件会补充更新过程层和更新层的多个关键字段，包括变更行为、标识码、图斑编号、图斑面积等。在判断变更行为时，通过分析图斑个数来确定是属性变化还是图形变化。若图斑个数均为 1，则判定为属性变化，标识码不变；若图斑个数不为 1，则判定为图形变化，标识码按照最大标识码续编，图斑编号的更新规则与标识码一致。最后，严格按照数据库更新标准建立地类图斑更新层，并通过精确的字段匹配，将融合后的更新层数据加载到标准的地类图斑更新层，确保生成的成果完全符合相关要求。

3.2 整图层更新功能实现

整图层更新过程简洁明了，主要有图层导入、拓扑检查和属性重新维护，界面如图 4 所示。

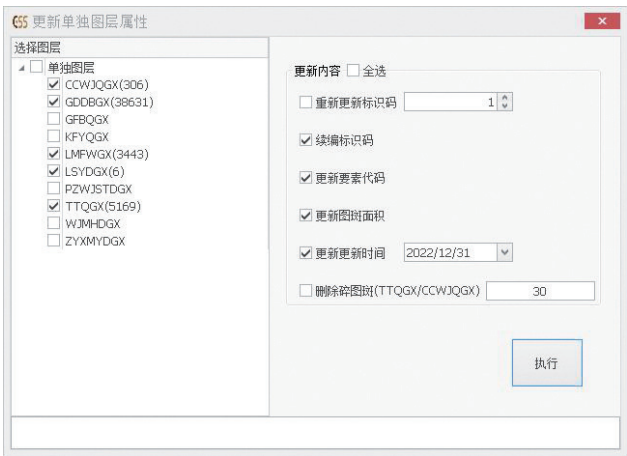


图4 整图层更新属性维护界面

3.2.1 图层导入与兼容性设计

整图层更新首先要导入多种数据格式。软件数据兼容性强，支持 MDB、GDB、ShapeFile 等多种常见格式，能够解析不同数据格式的文件结构，正确读取数据并进行数据转换和预处理，以满足后续处理需求。

为确保数据导入的稳定性和可靠性，软件设计了

较为完善的错误处理机制。当遇到数据格式错误、数据缺失或其他异常情况时，软件能及时提示用户，并提供相应的解决方案，如数据修复或重新导入等操作。

3.2.2 拓扑检查与错误修复

数据导入后，软件立即对图层进行全面拓扑检查，基于 ArcEngine 的拓扑分析算法检查图层是否存在重叠、缝隙、自相交等拓扑错误，并根据错误类型采取不同的修复策略。对于重叠图斑，通过计算重叠区域面积和位置，选择合适的处理方式，如合并重叠图斑或调整图斑边界；对于缝隙图斑，则采用自动填充或手动编辑进行修复，确保图层的几何完整性。

3.2.3 属性维护与数据规范

在属性维护方面，软件根据业务需求细致调整图层属性，更新单独图层的标识码、要素代码和面积等信息，确保属性信息准确一致。同时删除独立存在且小于 30 平方米的碎图斑，避免对后续数据分析处理产生干扰。

更新属性信息要遵循严格的数据规范和业务规则，标识码更新按照一定的编码规则进行续编，面积信息则通过精确计算和验证保证精度。

3.3 VCT 导出与报表统计功能的实现

3.3.1 VCT 数据导出机制

VCT 导出功能是软件的重要组成部分，主要按照矢量数据交换格式标准，将增量库图层的图形坐标和属性数据高效写入文本文件。在导出过程中，将更新层数据保存到更新文件，将更新过程层数据保存到更新过程文本文件。

为提高导出效率，确保数据质量符合相关规范要求，软件支持多图层批量导出功能，同时具备年初数据完整性校验功能，在导出数据前自动检测年初数据完整性，有效防止年末导出空图层情况发生。

3.3.2 统计报表生成逻辑

统计报表生成功能按照相关设计要求，首先将地类图斑更新过程层的变更前城镇村属性码替换为变更前城镇村等用地，为后续统计分析奠定数据基础。

然后从更新过程层提取变化图斑记录生成基础表，经过对基础表进行分组求和、单位换算、面积平差等操作，最终生成各类统计报表。在处理过程中，通过严谨的算法和逻辑控制，确保不同报表中相同变化地类面积一致，满足县级成果上报标准。最终生成的 VCT 文件与报表按组织目录要求导出为成果包，导出界面如图 5 所示。



图5 VCT与报表导出界面

4 应用示范

为全面评估软件性能和应用效果，选择安溪县等区县开展年度变更建库软件应用示范。这些区县具有不同的地理环境和土地利用特点，能够充分检验软件在多样化场景的适用性。

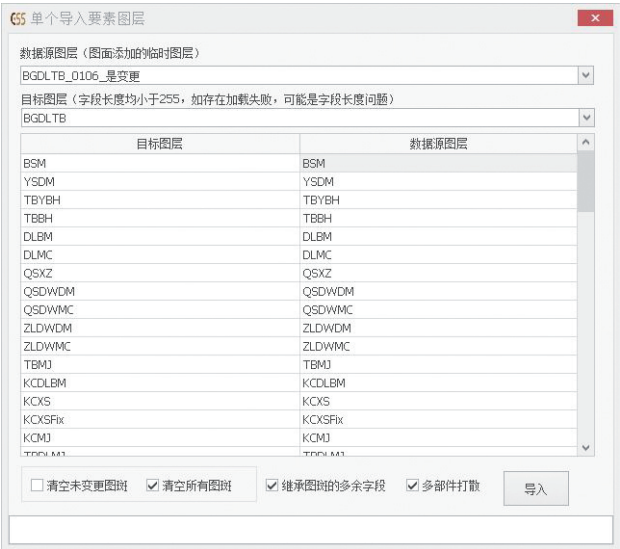
在软件环境搭建方面，安装 ArcEngine10.2.2，为软件运行提供强大的地理信息处理功能。同时，在系统环境变量的 path 中添加 Python 路径，确保相关脚本和工具顺利运行。

4.1 数据导入与处理流程

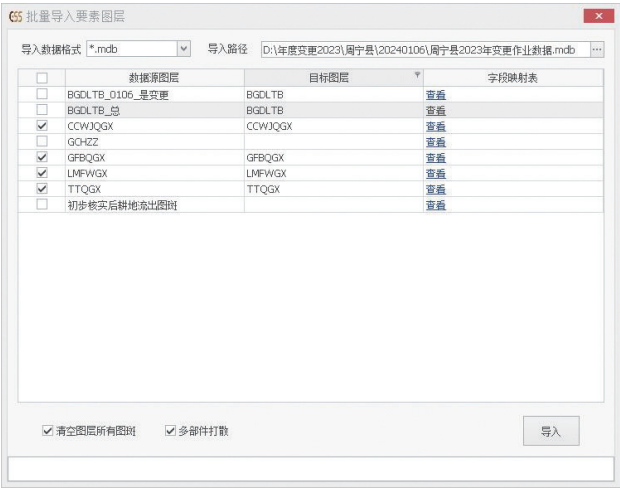
在软件首页，点击新建工程，依据当地实际情况选择合适的保存路径。例如，安溪县根据各乡镇分布和数据管理需求，确定工程保存路径，方便后续数据查找和管理。

随后，打开工程并选择相应的 SDBG.mxd 文件，依次导入年度变更下发的基础库、省级下发的 PDT 数据以及与下发基础库配套的汇总表格。在导入年初面积数据时，仔细筛选与安溪县基础库对应的各类汇总表格，涵盖建制镇内部土地利用、可调整地类面积等多方面统计表格，确保数据完整准确。

在导入 BGDLTB 数据时，根据数据特点选择合适的导入方式。对于需要字段匹配和继承多余字段的情况，采用“单个导入要素图层”；对于单独图层的导入，则使用“多图层导入”，导入界面如图 6 所示。在处理 BGDLTB 数据时，依次进行图斑边界吸附、拓扑重叠检查、图斑属性继承、更新坡度级别、更新属性和检查等操作。



(a) 单要素导入



(b) 多要素导入

图6 要素导入

4.2 变更操作与成果检查

对 BGDLTB 层进行整图层变更时，软件会重新计算切割后的耕地图斑面积占优坡度，判定耕地单纯切割图斑的坡度属性。对于碎图斑，小于 10 平方米的并入 BGDLTB，大于 10 平方米的则归并到相邻图斑；然后依次处理尖锐角、逐个修改狭长图斑。在城镇村图斑继承方面，补充提取继承城镇村属性变更图斑，对“被动图斑”进行多次处理，处理界面如图 7 所示。



图7 图斑属性处理

地类图斑变更完成后，生成 BGCZCDYD 并进行城镇村等用地变更，查看 CZCDYDYGX 层是否存在小于 30 平

方米的记录，若存在则修改相应的BGDLTB并重新进行地类图斑变更。然后对单独图层进行拓扑检查、路面范围维护、推土区和拆除未尽区处理、属性更新。最后，全面检查变更成果是否存在逻辑错误和异常变更，检查界面如图8所示



图8 变更检查

4.3 应用成效

通过软件的应用实践，国土变更调查数据质量得到显著提升，图斑边界吸附处理使图斑边界更加精确，减少了碎图斑和狭长图斑数量；拓扑重叠检查有效消除了图斑重叠问题，保证数据的空间一致性；属性继承和更新功能结合PDT数据准确计算并更新了耕地图斑的坡度级别，为土地资源的合理利用和规划提供了可靠的数据支持。

软件的自动化功能显著提高了工作效率，以安溪县2023年度变更调查为例，仅需约12分钟，即可处理16634个变化图斑（含城镇村衔接变化图斑），较传统人工处理方式缩短了数据处理时间。软件支持批量操作，不仅能确保数据处理的准确性和一致性，还能有效降低人力成本、缩短生产周期。

（上接第42页）

纯依赖简单的数字比较。常态化监测的显著优势之一在于日常持续监测、用时快速提供的模式，重点在于实现全年生产时间的合理分配。以某生产单位实际情况为例，年初生产任务相对较少，时间较为充裕，在此阶段开展常态化监测，能够显著缓解三、四季度的生产压力，促使生产资源达到最优配置，进而为生产一线带来可观效益，具体情况如图6所示。

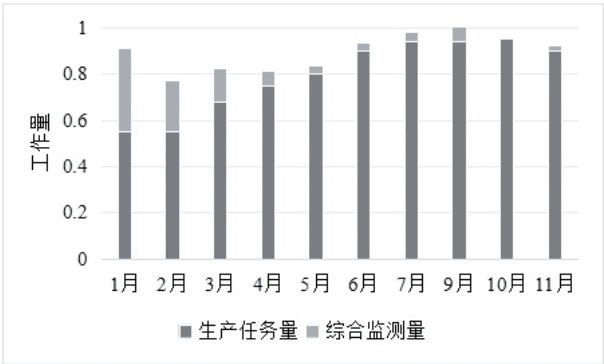


图6 月度生产工作量测算

5 结论与展望

研究成功利用VB.NET和ArcEngine技术设计开发了县级年度变更建库软件，该软件具备数据输入、处理、存储、质检、统计和报表生成等功能。通过在安溪县等地开展应用示范，验证该软件在提升数据质量和工作效率方面的成效，为土地资源管理提供有力支持。

尽管软件在实际应用中表现良好，但仍存在一些不足之处。例如，整图层变更时耕地图斑坡度判断与质检软件存在差异；碎图斑归并和狭长图斑处理的固定逻辑也存在一定误差。针对这些问题，后续将进一步优化算法和逻辑判断机制，通过增强自动处理功能解决常规图形问题，再针对复杂图形进行专项优化，以进一步提升软件的处理精度和适应性。

参考文献

[1] 吕志杰.大数据背景下地理信息系统的应用分析[J].建筑工程技术与设计,2016(27):848.
[2] 孙涛,何乐,张玉川,等.第三次国土调查及年度变更调查成果应用的探索与研究[J].现代测绘,2023,46(4):18-21.
[3] 朱仕杰,南卓铜.基于ArcEngine的GIS软件框架建设[J].遥感技术与应用,2006,21(4):6.
[4] 徐海勇,张寿雨.基于ArcEngine的“变更调查”数据质检工具设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2024,47(1):120-122.

5 结束语

研究综合多个自然资源监测项目的实际需求，设计了“一测多用”常态化地表变化监测技术体系。经生产实践与应用检验，该体系展现出一定的可行性，其成果不仅能同时满足多个监测类生产项目的需求，切实达成“一测多用”目标，还可依据生产单位全年任务量分布特点，在一定程度上实现错峰生产，进而产生良好效益。

参考文献

[1] 刘阳,傅月波,何大金,等.基于地理国情普查数据的地表覆盖变化监测[J].地理空间信息,2019,17(9):43-45.
[2] 陈军,武昊,张继贤,等.自然资源调查监测技术体系构建的方向与任务[J].地理学报,2022,77(5):1041-1055.
[3] 李博轩.生态安全视角下的秦岭北麓长安区土地利用冲突识别研究[D].西安:西安建筑科技大学,2024.

基于自适应Unscented Kalman Filter算法的野外地形测绘研究

杨周行 刘晓庆

(江苏省地质测绘院, 江苏 南京 211102)

摘要: 田间定位 (FP) 是农业数字化的关键技术。通过集成传感器和测绘技术, FP 可以传达土壤质量、植物分布和地形等关键信息。研究采用自主研发的多传感器阵列硬件作为便携式现场地形测量设备收集原始数据, 使用无迹卡尔曼滤波器 (UKF) 算法进行数据融合, 通过改进 SlimeMould 算法建立损耗值反馈, 调整 UKF 算法的自适应参数。结果表明: 该方法减少了参数设置的工作量, 提高了数据融合精度; 而且改进后的算法优化了参数, 效率可提高 40.43%。采用专业测绘级全站仪对成果精度进行验证, 测算的绝对误差小于 0.3857 米, 为实施农业数字化提供了一种新的应用技术。

关键词: 卡尔曼滤波; 自适应调整; 定位精度

1 引言

随着农田管理数字化发展, 空间定位技术 (SP) 成为农业生产应用研究的热点, 凭借精准定位和精确地形测量的性能, 为土地管理和作物种植提供强有力的数据支撑。精确的 SP 可探索设备功能, 精准施肥灌溉、监测果园作物生长与病虫害位置。

田间定位信息是精准农业管理的关键部分, 采用映射技术将环境信息与农机相连, 为新兴技术应用奠定数据获取基础。传统定位技术如全球导航卫星系统 (GNSS) 和实时动态差分 (RTK) 虽常用, 但存在精度局限。GNSS 通常为米级精度, 而 RTK 虽可达厘米级精度, 但受距离影响, 在农业应用中遇障碍物或信号差时, 精度会降低。在特定环境, 如多路径效应存在时, 传统定位技术的精度会进一步受损。

为应对传统定位技术的局限性, 国内外开展了基于位置的非接触测量 SP 研究。由于位置数据收集依赖传感器, 数据处理多选择卡尔曼滤波融合^[1]。众多学者也对卡尔曼滤波在空间定位领域的应用进行了探索, 但多数研究通常采用理论和仿真实验实现。卡尔曼滤波器数据融合算法需参数调整和附加约束, 因此结果准确性依赖先验数据, 这无疑增加了实际工作量, 且在现实农业环境应用有限。经查阅相关资料发现, 针对农业情景的定位研究较少, 尤其在动态农业环境, 需要平衡定位技术的便携性、准确性和效率。

研究提出一种改进的自适应无迹卡尔曼滤波算法

(AUKF), 通过将 UKF 算法与物理模型结合, 实现传感器数据融合, 同时引入改进的黏菌算法 (ISMA) 优化 UKF 算法参数^[2]。AUKF 算法旨在提升定位精度, 降低对传统卡尔曼滤波算法的依赖, 增强在农业环境的适用性。UKF 算法通过无迹变换 (UT) 方法逼近非线性引入的不确定性, 适用于高度非线性系统。ISMA 则通过佳点集和基于对立的差分进化机制增强, 提高初始种群的质量和全局搜索能力, 有效避免局部最优和过早收敛问题^[3], 增强定位数据处理效率和准确性, 为实现精准农业定位提供了新的算法支持。

2 实验区与数据采集

2.1 实验区选择

选择丘陵地带的芒果园为实验场地, 有效验证实地勘测和测量环境的复杂性。果园占地约 3000 平方米, 采用标准梯田耕作, 芒果树以梯度变化方式密集种植, 地形开阔多变, 是进行田间定点取样实验的理想场所, 如图 1 所示。

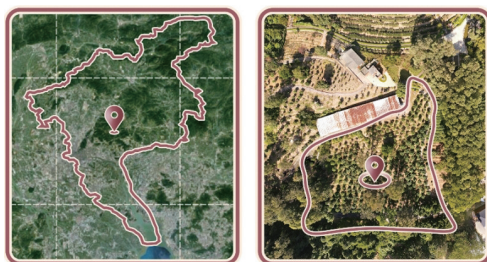


图1 实验区

作者简介: 杨周行 (1990—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 研究方向: 航空摄影测量。

2.2 数据采集

数据采集主要包括定点测量和全测区实时采集。研究设置控制组和实验组验证算法有效性。控制组反映测量误差，通过调整损失值使数据结果更接近真实值；实验组展示实际应用效果，代表长时间野外作业的性能。实验在下午光照均匀时段进行，避免正午强光对光学流传感器和激光测距传感器的干扰。实验选择地形开阔且海拔差异显著的地区开展，在建立零点后，手持便携式多传感器阵列硬件进行持续采样，实时获取卫星定位数据，每 200 毫秒测量一组传感器数据，数据采集流程如图 2 所示。

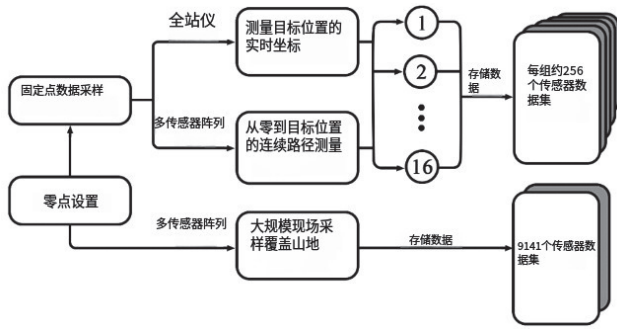


图2 数据采集流程

3 算法优化与自适应参数调整

3.1 无迹卡尔曼滤波算法

无迹卡尔曼滤波 (Unscented Kalman Filter, UKF) 是用于非线性系统状态估计的算法，通过无迹变换 (Unscented Transform, UT) 来近似计算状态和观测均值与协方差，避免对非线性函数的线性化近似。

(1) UKF 系统模型

其中：

$$\begin{aligned} X_k &= f(X_{k-1}, u_{k-1}) + W_{k-1} \\ Z_k &= h(X_k) + v_k \end{aligned} \quad (1)$$

公式(1)中， X_k 是状态向量， v_k 是观测向量， $f(\cdot)$ 是状态转移函数， $h(\cdot)$ 是观测函数， w_k 是过程噪声，假设为高斯白噪声，均值为0，协方差为 Q_k 。 u_k 是观测噪声，假设为高斯白噪声，均值为0，协方差为 R_k 。

(2) 无迹变换 (UT)

UT的核心思想是选择一组 Sigma 点，这些点能以最小点数近似描述随机变量的均值和协方差。对于一个 n 维随机变量 x ，选择 $2n+1$ 个 Sigma 点。

① Sigma 点生成：

$$\chi_{k-1}^0 = X_{k-1} \quad (2)$$

$$\chi_{k-1}^i = X_{k-1} + \sqrt{n+\lambda} * A_{k-1}(:,i) (i=1..n) \quad (3)$$

$$\chi_{k-1}^i = X_{k-1} - \sqrt{n+\lambda} * A_{k-1}(:,i-n) (i=n+1..2n) \quad (4)$$

公式中， $\lambda = \alpha^2(n+\kappa) - n$ ， α 是缩放参数， κ 是次优平衡参数。

② 权重计算：

每个 Sigma 点的均值权重与协方差权重分别如下：

$$W_0^m = W_0^c = \frac{\lambda}{n+\lambda} \quad (5)$$

$$W_i^m = W_i^c = \frac{1}{2(n+\lambda)} (i=1, \dots, 2n) \quad (6)$$

3.2 UKF 算法的自适应参数调整

UKF 算法的参数设置至关重要，尤其是影响西格玛采样细节的超参数，对结果精度和算法性能具有决定性影响。过程噪声和超参数设置需要丰富的先验知识，会增加确定参数组合所需的初步实验工作量，因而采用群体智能算法计算和识别最佳参数是一种有效方法，但会受到传统算法局部最优的影响，导致效率低下和准确性降低。

针对应用场景，研究提出改进的黏菌算法 (ISMA)，通过良好点集和基于对立的差分进化机制进行增强，用于 UKF 算法的参数调整。ISMA 在执行过程中与 UKF 算法相互作用，形成自适应的 AUKF 算法，直到输出最佳参数集。该方法适用于非线性系统中大量样本数据融合，能实现更精确的定位。鉴于研究状态输入为运动学物理量，且动态传递矩阵“ f ”符合牛顿运动定律，可初步建立以下定义：

$$\chi_k = [loc_x, loc_y, loc_z, u_x, u_y, u_z, a_x, a_y, a_z]^T \quad (7)$$

公式中， χ_k 是 ISMA 算法的状态向量。

4 结构与分析

4.1 算法优化精度分析

研究收集的原始数据是离散且按时间顺序排列的，适合使用 UKF 算法进行融合。输入研究测取的 16 组定点测量数据，使用 ISMA 在不同迭代周期和不同初始群体规模下优化，计算实际位置坐标的损失值，噪声优化过程的损失值下降结果如图 3 所示。研究提出的 AUKF 算法在精度优化方面表现突出，平均损失值为 245.24，在保持结果稳定性的同时实现高精度。箱线图表明，经过程噪声优化的 AUKF 算法损失值明显低于其他优化算法，且没有观察到异常值。与 SMA 相比，改进的 ISMA 算法通过提高种群质量和增加计算过程反馈，有效降低了结果的不稳定性，在六种对比算法中，

嵌入 AUKF 算法的 ISMA 展现出最优性能。

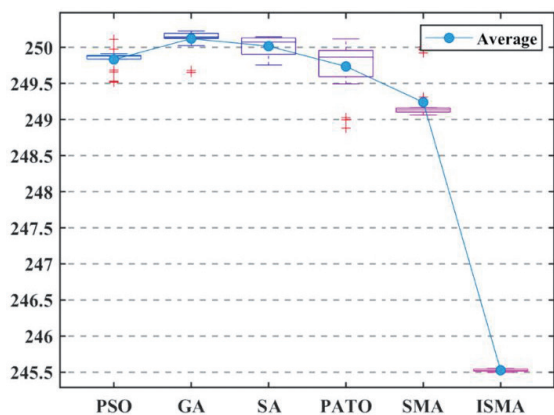


图3 精度对比

由于群体大小和迭代次数影响 AUKF 算法有效性，研究开展了仅关注两个变量的对照实验，重复进行 30 轮噪声和超参数调整测试，以确定 AUKF 算法的平均损失值。参数自适应优化后的损失价值评估如图 4 所示，当 ISMA 的迭代次数小于 1000 次时，增加群体规模和迭代次数，显著提高了 AUKF 算法预测位置的结果精度。即使在较低的群体规模和迭代次数下，该算法损失值仍低于 246.5，始终超过并行执行的传统优化算法。ISMA 的最有效收敛是通过 1000 次迭代和 100 个初始群体设置实现的，其中 AUKF 算法的平均损失评估值可减少到大约 244.1655。然而，当迭代次数超过 1000 次时，损失值的后续变化变得明显平缓，表明继续增加迭代次数和群体规模将产生不必要的性能成本。

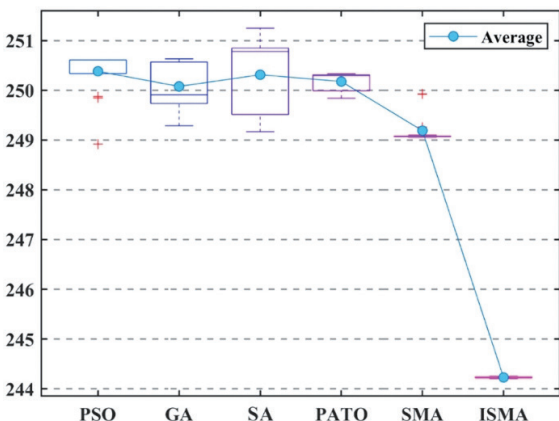


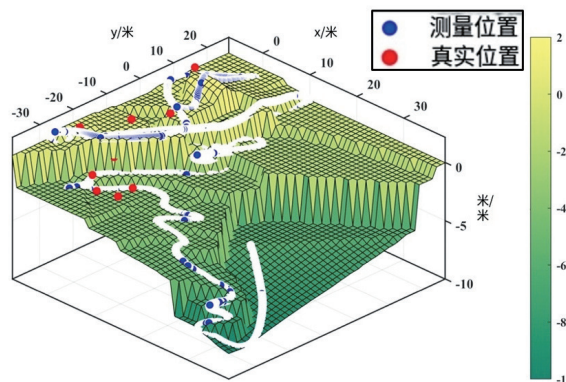
图4 参数自适应优化后的损失价值评估

4.2 外业实验精度评估

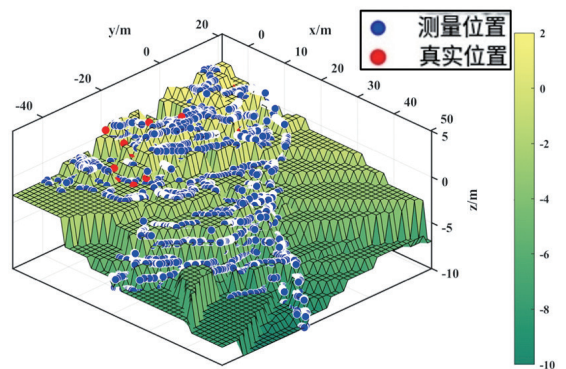
为评估算法实际性能，将 AUKF 优化参数应用于包含 9141 个采样点的实验数据集进行地形表征。基于真实坐标数据 (x, y) ，在优化样本点中匹配最近邻 z 值（垂直高程），当真实坐标与采样点无空间重叠时，将该坐标 z 值作为预测值。此过程经 30 次重复实验获取平

均结果。

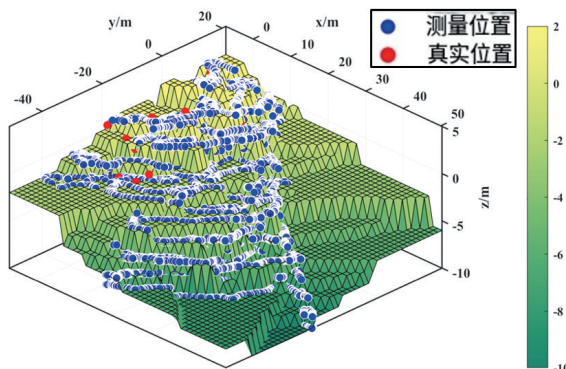
AUKF 算法的优化效能如图 5 所示，其中，图 5 (a) 显示仅依赖传感器精度的插值建模结果存在信息缺失与空间偏移，平均绝对误差达 0.9121m。图 5 (b) 表明，采用高斯白噪声作为过程噪声并设置默认超参数的 UKF 算法将平均绝对误差降至 0.7264m，定位精度显著提升，异常值有效分离并初步呈现地形轮廓。图 5 (c) 为 AUKF 优化后的插值建模结果，平均绝对误差降至 0.3857m，较优化前 UKF 算法提升 46.90%，并已在油田定位场景得到验证。



(a) 仅依赖传感器建模效果



(b) 过程噪声设置为高斯白噪声结果



(c) AUKF算法过滤后的结果

图5 大规模抽样插值建模结果

(下转第 54 页)

TS60自动化监测系统在邻近高铁营业线施工中的应用实践

陈盼盼¹ 赵亮¹ 谨雪朝²

(1. 河南水利与环境职业学院, 河南 郑州 450003; 2. 安徽中铁工程技术有限公司, 安徽 合肥 230041)

摘 要: 在城市化进程与交通基建协同发展的驱动下, 邻近高铁营业线施工对铁路安全运营影响日益凸显, 传统人工监测的局限性促使自动化监测技术成为保障高铁安全的关键技术。以焦唐高速下穿郑万高铁工程为例, 采用徕卡 TS60 测量机器人构建自动化监测系统, 对高铁营业线开展水平与竖向位移监测。结果表明, 该系统较之同行业其他系统在采集效率、精度及响应速度上优势明显, 可实现全天候动态监测与智能分析, 为同类工程安全管理提供可靠技术与实践范例。

关键词: 邻近高铁营业线施工; 自动化监测; TS60 测量机器人; 位移监测; 智能分析

1 引言

近年来, 随着我国城市化进程的加快, 道路、管线等市政基础设施与高铁线路在空间上的交叠现象日益显著^[1]。在此背景下, 邻近高铁营业线的施工项目数量大幅增加。由于高速铁路在运营过程中对线路稳定性有着极高要求^[2], 高铁变形监测数据的快速响应和实时获取已成为邻近铁路施工安全管理领域的重点。传统人工监测手段易受监测环境、数据处理效率和铁路天窗点等诸多限制, 难以实现全天候实时监测^[3, 4]。基于焦唐高速下穿郑万高铁的自动化监测系统, 开展水平、竖向方向的变形应用研究, 旨在为同类邻近铁路营业线施工监测工作提供数据支撑与实践参考。

2 项目概况

以焦唐高速公路下穿郑万高铁为研究对象, 对高速公路施工影响范围内的铁路桥墩进行变形观测, 根据高速公路与高铁的相对位置关系和《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》(TB 10314-2021) 规定, 确定监测范围为铁路桥的 74#~78# 等 5 个桥墩。焦唐高速公路与郑万高铁平面位置关系如图 1 所示。

3 监测系统设计

3.1 监测系统建立原则

根据项目实际情况和研究需要, 高速公路下穿高铁施工的自动化监测系统依据以下原则建立:

- (1) 在高速公路下穿高速铁路施工过程中, 研究高铁桥墩的形变数据特征和趋势。
- (2) 分析既有铁路路基主体结构、铁轨及附属工程措施在高速公路下穿施工中的变形特征与规律, 及时、准确地指导现场施工, 动态优化施工工艺。
- (3) 通过实时采集与分析监测数据, 量化施工方法对高铁桥墩的实际影响程度, 将监测结果与设计数值计算结果进行对比验证, 修正计算理论。
- (4) 总结工程自动化监测的技术方案与实施效果, 为同类下穿工程的设计优化、施工工艺改进提供参考, 推动高铁邻近施工监测技术的标准化与规范化。

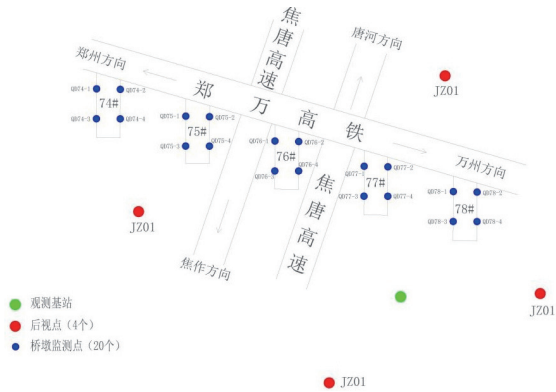


图1 焦唐高速公路与郑万高铁平面位置关系

3.2 监测系统组成

项目采用的自动化变形监测系统主要由现场监测设备和远程控制设备组成, 其中, 现场监测设备主要包括徕卡 TS60 测量机器人、工控机、温度气压传感器、

基金项目: 1. 2025年河南省科技攻关项目 (No. 252102320050); 2. 河南省高等学校重点科研项目 (No. 24A570001)
作者简介: 陈盼盼 (1990—), 女, 汉族, 硕士研究生, 主要从事测绘类专业课程教学及相关科研工作。

电源及数据传输设备、棱镜等，远程控制设备主要由进行远程控制和数据处理的计算机、路由器等组成，监测系统组织架构如图 2 所示。通过物联网综合管理系统，可实现自动测量、实时显示测量成果和变形趋势，并向用户及时提供预警和报警信息，用户可在计算机终端和手机客户端实时查看监测信息，具体工作流程如图 3 所示。



图2 自动化监测系统组织架构

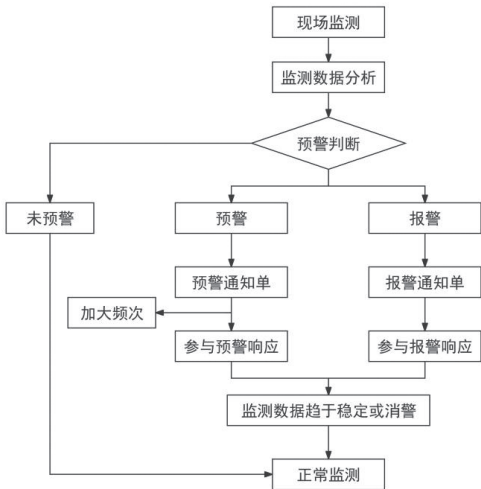


图3 自动化工作流程

3.3 基准点布设

结合项目现场情况，依据监测技术规程^[5]，布设 1 个观测墩、4 个基准点，其中观测墩设在施工区域外便道旁边，位置相对稳定且便于巡视，基准点布设在邻近施工影响区之外、相对稳定且方便使用的地方。观测墩和基准点布置如图 4 和图 5 所示。



图4 观测墩布设



图5 基准点布设

3.4 监测点布设

监测区域的 74#~78# 桥墩，每个桥墩沿同一高度方向分设 2 个上部监测点和 2 个下部监测点，累计布设 20 个监测点。所有监测点布置确保在监测期间可与全站仪通视，监测点具体位置如图 6 所示。

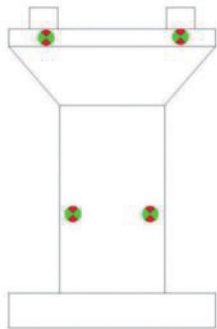


图6 监测点布设

3.5 监测方法与频次

自动化监测系统采用自由设站边角交会法进行水平、竖向位移监测。邻营施工前，通过人工监测采集基准点与监测点的初始数据，每期监测时均先进行基准点联测、稳定性判断和监测精度评定，监测点数据平差计算后通过无线传输设备实时上传至数据库，平台可以实时读取数据库的数据信息，并对监测变化量进行可视化的实时动态分析。监测期间，为保障监测基准网的可靠性，每周对基准点复测一次，统计分析基准点的稳定性，如果识别出不稳定基准点，则以稳定基准点为基础重新平差，修正工作基点等监测网点坐标。

在焦唐高速施工期间，每 2 小时观测一次，实时反馈变形数据，确保施工安全。当监测数据达到预警阈值或发生施工异常时，立即加密监测至 1 次 / 小时，

会同相关单位分析原因并提出解决方案，变形趋于稳定后恢复正常监测频次。竣工一个月内，每天观测4次，密切跟踪结构物初始变形特性。竣工一个月后变形速率不大于0.5mm/月，变形趋于稳定，可提出停测申请，经业主、设备管理单位、监理单位确认后终止监测。

3.6 监测数据分析

选取高速公路施工中变形风险最高的76#桥墩为研究对象。考虑到施工开挖阶段对桥墩变形的影响最为显著，选取以下监测数据进行分析：第一，11月5日开挖施工当天的实时监测数据，反映施工瞬时作用效应；第二，施工阶段每周二上午9:00的定期监测数据（共9次），分析施工周期内的变形规律。具体分析如下：

（1）水平位移分析。从图7和图8监测数据可以看出，自施工开始，各监测点水平位移呈现逐渐增大趋势，在10月29日至11月5日期间变化最为显著。其中，QD76-1监测点在11月5日10:05水平位移达到1.72mm，超出规定的水平位移报警值^[6]。监测数据触发报警后，相关单位第一时间得到反馈，施工方、监测方、监理方、设备管理单位等多方迅速组织现场勘查，并召开专题分析会议，最终确定开挖基坑加固措施不到位是导致位移异常的原因。通过及时采取纠正措施，监测数据逐渐趋于稳定，有效避免可能发生的安全事故。

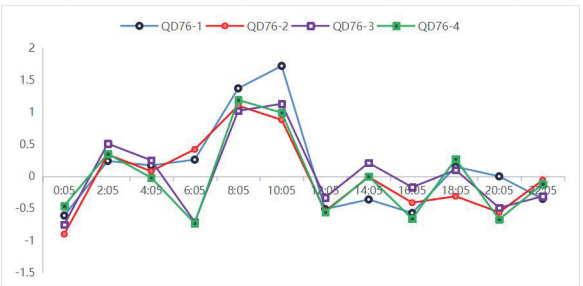


图7 11月5日76#桥墩水平位移监测数据

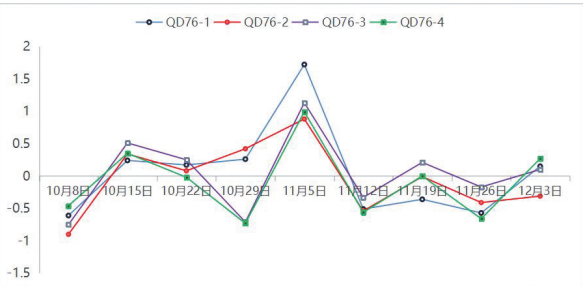


图8 施工全过程76#桥墩水平位移监测数据

（2）竖向位移分析。从图9和图10监测数据可以看出，各监测点竖向位移同样在10月29日至11月5

日期间变化最为突出，其中QD76-2监测点在11月5日12:05竖向位移数值最大，达到-1.57mm，超出规定竖向位移预警值^[6]。通过深入分析历史数据，发现此段桥墩沉降速度呈现逐渐加快趋势。针对这一情况，项目团队迅速制定桥墩防护方案，随着防护措施的有效实施，至施工结束时，监测数据逐渐稳定，成功避免桥墩沉降导致行车安全事故的发生。

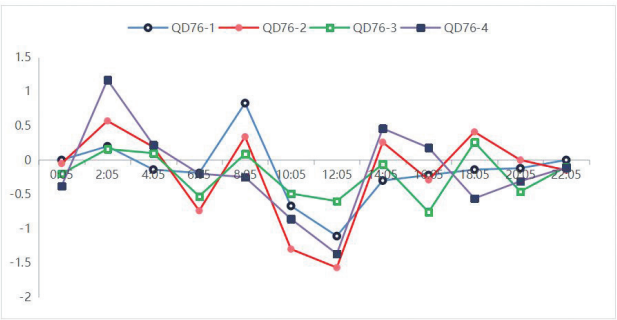


图9 11月5日76#桥墩竖向位移监测数据

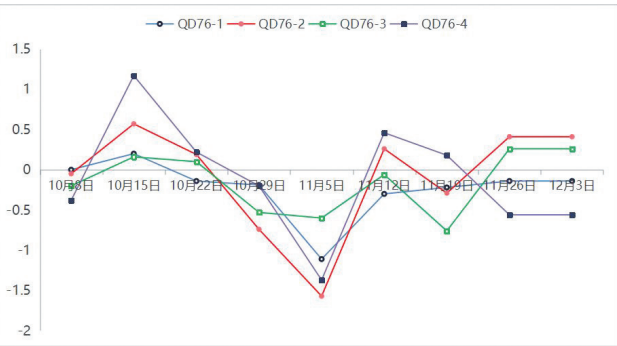


图10 施工全过程76#桥墩竖向位移监测数据

4 自动化监测的优势

（1）研究方法的观测精度、稳定性可满足相关要求，相比传统人工监测，能有效降低观测墩不固定、温度变化等多种误差因素的影响，自动剔除外界干扰造成的误差数据，真正实现连续观测的自动化，显著减少人工干预，提高工作效率。

（2）具备全天候自动监测功能，无需人工值守，解决了常规人工监测频次低、铁路运营期无法进入监测的难题，有效弥补了传统测量方法在时间和空间上的局限性，大幅提升监测效率，为铁路安全运营提供有力保障。

（3）监测数据异常可以实时预警，业主、设备管理单位、施工单位等参建各方可实时响应，结合数据分析与模式识别技术，自动化监测系统能迅速识别变形趋势，为预防性维护与应急处理提供科学依据，实现智能化预警与管理。

5 总结

研究通过工程实践验证了基于 TS60 的自动化监测方法在邻近高铁营业线施工中的可行性与有效性。自动化监测系统依托高精度测量机器人与物联网技术,实现对高铁桥墩变形的实时、动态监测,有效解决了传统人工监测受天窗时间限制、数据采集滞后等问题。施工期间,自动化监测系统准确捕捉到桥墩位移的变化趋势,并及时触发预警,为施工方案优化与风险管控提供了数据支撑,最终确保高铁运营安全与工程顺利推进。该监测方法在精度、效率及智能化水平上表现突出,其经验与技术参数可以为同类下穿高铁工程的监测设计、预警阈值设定及施工工艺改进提供重要参考。

未来,随着自动化监测技术与人工智能、大数据的深度融合,有望进一步提升邻近高铁营业线施工监

测的智能化与精细化水平,为高速铁路安全运营提供更坚实的保障。

参考文献

- [1] 杨秉辉.高铁自动化沉降监测技术在铁路施工安全管理中的应用[J].铁路技术创新,2021(2):108-113.
- [2] 铁路工程测量规范:TB 10101—2018[S].北京:中国铁道出版社,2018.
- [3] 吴灿鑫,胡雷鸣,付和宽.地铁隧道自动化监测精度分析[J].测绘通报,2015(1):137-138.
- [4] 李白露,罗远刚,樊海刚.自动化监测系统在既有铁路新增声屏障施工变形监测中的应用[J].测绘科学技术,2023,11(3):255-261.
- [5] 公路与市政工程下穿高速铁路技术规程:TB 10182—2017[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [6] 邻近铁路营业线施工安全监测技术规程:TB 10314—2021[S].北京:中国铁道出版社,2021.

(上接第 50 页)

为验证定点测量精度,将 AUKF 算法集成至硬件中。在保持与现场实验相同气象条件下,选定原点并在其 10~50 米范围内随机选取三维空间五个不同方位的测试点。操作员携带多传感器阵列硬件从原点移动至各测试点,每个点位进行 10 次重复测量并取平均值,记录 x-y 平面位移及 z 轴高程差的测量值。采用海兴达 ATS-320R 全站仪进行基准校准,通过在原点架设仪器、在目标点放置棱镜的方式获取各测试点真值数据。

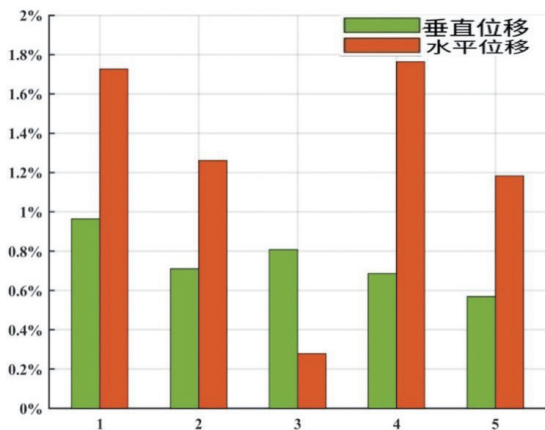


图6 定位精度分析

定位精度分析如图 6 所示,应用 AUKF 算法后,在 x-y 水平面的单点测量精度相对误差小于 1%。所选测点水平位移平均绝对误差为 0.177m, z 轴测高最大相对误差约为 1.75%,所选测点垂直高度位移平均绝对误差为 0.1792m。随着位移距离的增大,误差略有增加,

但测试结果显示的相关错误均小于 2%。结合大范围采样插值结果,平均绝对误差小于 0.4m,实现分米级定位,这表明 AUKF 算法在单点和连续可变点位置信息采集方面均能实现高精度。

5 结论

在数据融合领域,参数选择与优化的精准性直接影响系统性能。传统方法较多依赖大量实验数据与经验,为此研究提出一种基于交互式多模型自适应机制的无迹卡尔曼滤波算法,通过构建改进的智能优化算法 (ISMA) 与无迹卡尔曼滤波 (UKF) 的双向反馈架构,形成动态参数优化系统,利用 ISMA 对 UKF 的过程噪声协方差矩阵与观测模型参数进行实时自适应优化,解决传统 UKF 算法对初始参数敏感的问题,同时引入模型匹配度评价机制,在保持算法复杂度不变的前提下实现定位精度与计算效率的协同优化。

参考文献

- [1] 杨文,侍洪波,汪小帆.卡尔曼一致滤波算法综述[J].控制与决策,2011,26(4):8.
- [2] 张旭辉,林海军,刘明珠,等.基于蚁群粒子群优化的卡尔曼滤波算法模型参数辨识[J].电力系统自动化,2014,38(4):7.
- [3] 景仙林,魏永虎.自回归的卡尔曼滤波算法在UWB定位中的应用[J].地理空间信息,2023,21(5):117-119.

宋代石刻地图

◎ 王树连

宋代是中国古代石刻地图的繁荣时期，留存下种类多样的石刻地图。这些地图实物承载着中国古代一脉相承的制图传统，是研究中国古代制图技艺的宝贵材料，也是中华文明灿烂辉煌的见证之一。本文扼要介绍宋代石刻地图的背景、种类、制作水平及意义，以期在深入了解与传承中国古代制图传统基础上，顺应时代发展，开拓创新。

石刻地图的背景

宋代石刻地图是中国古代地理知识、制图技艺与雕刻技术有机结合的产物，是宋代科学技术及文化教育空前繁荣的重要成果。

宋代，刻版印刷得到长足发展，雕刻人才队伍迅速壮大，雕刻技术更加成熟。刻版印刷是把图文刻在木板上，涂上水墨，覆上图纸，用刷子扫刷，图文便印在纸上。刻版印刷多用于文字印刷，同时被开创性地用于地图印刷。我国现存最早的刻版印刷地图是宋代杨甲编撰的《六经图》中的《十五国风地理之图》，绘于1155年前后，刻印于南宋乾道元年（1165年）。该图范围包括长江以北、长城以南的广大地区，图上用黑三角表示山脉，用单曲线表示河流，用黑底白字表示不同国别，用醒目符号表示长城。李约瑟在《中国科学技术史》中称：“这张图之所以值得注意，是

因为它是中国的第一张印刷地图。欧洲的第一张印刷地图要比它晚二百年左右，见于布兰迪斯1475年在吕贝克城刊印的《吕贝克编年史》。”

同时，宋代出现多种木刻地图。沈括在《梦溪笔谈》中指出：“予奉使按边，始为木图，写其山川道路。其初遍履山川，旋以面糊木屑写其形势于木案上。未几寒冻，木屑不可为，又熔蜡为之。皆欲其轻，易赍故也。至官所，则以木刻上之。上乃召辅臣同视，乃诏边州皆为木图，藏于内府。”南宋大臣黄裳也制作过木刻地图。王应麟在《玉海》中引用《朱文公（熹）集·答李季章书》：“又闻黄文叔（裳）顷年尝作地理木图以献，其家必有原样……或恐太大，难以寄远，即依谢庄《木方丈图》，以两三路为一图，而旁设牝牡（榫头），使其犬牙相入，明刻表识，以相离合。”这说明黄裳献给朝廷的木刻地理图可以分合拼装。宋代木刻地图和刻版印刷地图的成熟技艺，为石刻地图的兴起提供了现实经验和专业人才，奠定了技术基础。

宋代重视科学文化教育，官学与书院密切结合，传授以四书五经为代表的儒学。儒学教育包括史学、地理学，制图知识教育一般挂靠于史学和地理学。全国各地文庙的石刻地图成为史学与地理学教育的实

证及教学设备。《上饶县志》记载，在上饶县学明伦堂有宋代《六经图》（现存上饶博物馆）刻石6块，分别是《十五国风地理之图》《禹贡九州疆界图》《禹贡导山川之图》《禹贡外国地名图》《周营洛邑图》《诸国今所属图》。《六经图》是对儒学经典的图解，而一所县学收藏如此多的石刻地图十分罕见。范仲淹开文庙与府学一体化先河，在苏州文庙大成殿竖立《天文图》《地理图》《帝王绍运图》《平江图》，即“天、地、人、城”四大石碑，表明宋代府学十分重视地图知识教育。《天文图》《地理图》为黄裳绘制，他曾任国子博士、太学博士、秘书郎，于南宋绍熙元年（1190年）任太子嘉王赵扩的翊善（侍读讲师），1195年嘉王即位后任礼部尚书兼侍读。为教育太子，黄裳曾绘制8种图，其中《地理图》《天文图》《帝王绍运图》被刻石立于苏州文庙。《地理图》幅面197cm×101cm，图上431个行政区名和180座山名外套方框，十分醒目。山脉采用写景法表示，78条江河的流向和位置基本正确。长城和森林用形象符号表示，河流源头有注记并外套椭圆圈，海岸线的轮廓大体正确。整个图面的刻线流畅清晰，要素选取比较适当。

此外，以《禹贡》内容为基础绘制的《禹迹图》也曾作为教学用



图。南宋绍兴十二年（1142年），镇江府府学教授俞橈根据1100年的长安刻石摹刻了《禹迹图》，立于府学，作为地理知识的教学用图。府学、县学的地图刻石说明，在儒学教育中地图知识是地理学不可或缺的一部分。换言之，宋代石刻地图的兴起在一定程度上是适应宋代地理学教学蓬勃发展需求的重要产物。

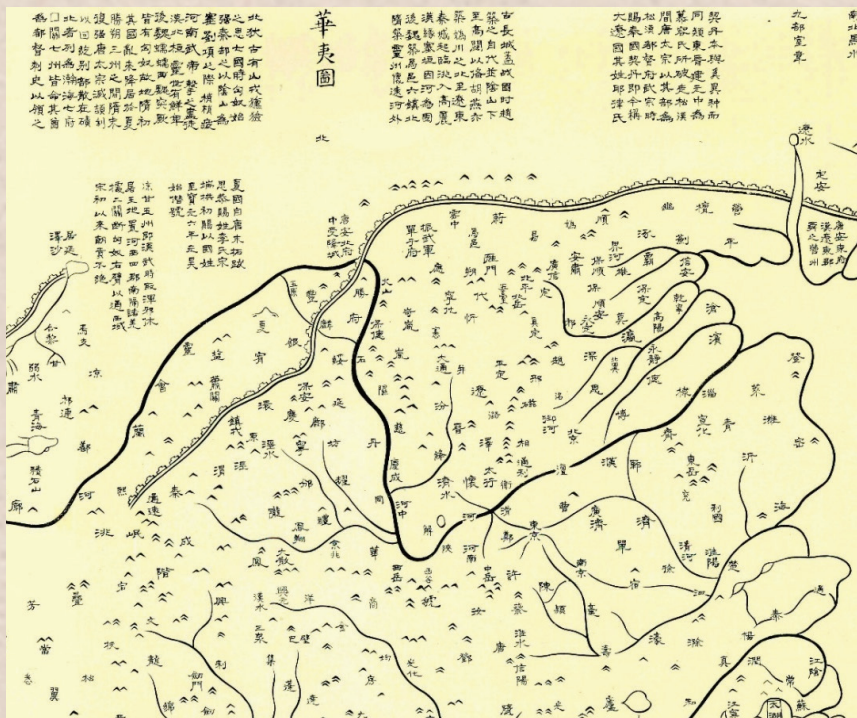
石刻地图的种类

宋代石刻地图种类丰富，反映了人们对地理空间的不同认知和实际需要。其中，反映当时人们地理视野的天下之图，有现存西安碑林的《华夷图》、日本京都栗庵庵的《舆地图》；反映宋代广阔疆域的守令图（州县图），有现存四川博物馆的《九域守令图》；有表现城市街区的城市图，如宋代苏州城区《平江图》、长安城区《长安图》；有展示城池军事部署的城防图，如刻于广西桂林郊外崖壁上的《静江府城池图》；有服务地理学教育的地理图，如现存苏州博物馆的《地理图》《帝王绍运图》等。

《华夷图》是宋代著名的石刻地图，刻于一块90cm×88cm×18cm的石碑上，现存西安碑林博物馆。

《华夷图》刻于1136年，以唐代贾耽的《海内华夷图》为蓝本，图幅范围以宋代疆域为中心、包括周边国家，图上注有“其四方蕃夷之地，唐贾魏公图所载，凡数百余国，今取其著闻者载之”。由此可知，石刻《华夷图》是唐代《海内华夷图》的缩绘，是当时人们地理视野所及的天下之图。图上地名、国名约500个，注有名称的河流有13条、山脉10座、湖泊4处，位置大体准确。

《九域守令图》是宋代行政区

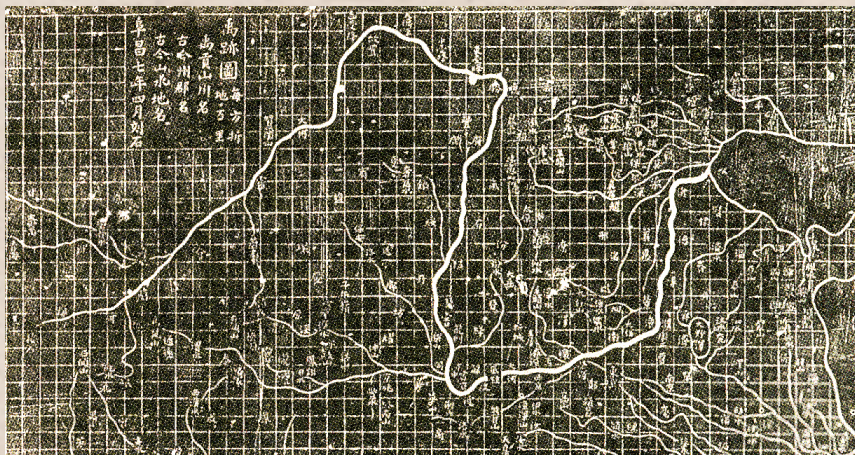


▲《华夷图》墨线图（局部）

划图，原立于四川荣县莲宇山麓文庙，1964年发现后，移存四川省博物馆。该图刻于175cm×112cm的碑石上，碑额有“皇朝九域守令图”字样，正面刻有“九域守令图”。此碑刻于北宋宣和三年（1121年），幅面130cm×100cm，由当时的荣州刺史宋昌宗立石。该图比例尺为1:190万，标有东南西北四个方向，图上有1400个行政区名，山峰27座，标注名称的河流13条，湖泊4个。行政区名的相对位置基本正确，级别等级使用符号与文字大小加以区别，山脉用写景法表示，河流的平面图形也大体正确。除清代在实测基础上绘制《皇舆全览图》和《乾隆十三排图》外，《九域守令图》的海岸线是传世古地图中画得比较准确的一幅。从《九域守令图》所载行政区名分析：题记所载府州县数，与《元丰九域志》卷首所载基本一致，图上地名的行政区划隶属与《元丰九域志》所载完全

吻合。由此说明，《九域守令图》的底图由《元丰九域志》而来。北宋元丰三年（1080年），王存、曾肇、李德刍奉敕合撰《元丰九域志》30卷，并附图3卷。1088年，沈括绘制成《守令图》（又名《天下州县图》）。《九域守令图》的底图也与《元丰郡县志》的附图及沈括的《守令图》有直接渊源。

《静江府城池图》是广西桂林的城防地图，原图刻在鸛鹑山（今桂林市北鸛鹑山）南麓石壁上，桂林碑林博物馆展有拓本。该图绘于南宋咸淳六年（1270年）三月至咸淳八年（1272年）春之间，由经略使胡颖主持。《静江府城池图》高340cm、宽320cm，是我国现存幅面最大的石刻城市平面图。从《静江府城池图》可见，静江城依山就势，部分城墙利用自然山体，城壕则主要依托自然水面。桂林地区属喀斯特地貌，图中以写景手法呈现，拔地而起的石峰清晰可辨。该



▲《禹迹图》拓片(局部)

图详细反映了静江建成后军队的驻防情况，图上标有自然和人文景观112处，军事营寨及设施69处，街道11条，其中城墙、城门、军营、官署、桥梁、渡口、山峰等军事内容十分突出。从图上可以清楚看出驻守营寨的位置与名称，如南定寨、戍军寨、亲兵寨、右军寨、马军寨、戍将衙、望火楼、烽火楼等。图上城池防守部署严密而合理：东南方依托漓江与阳江天险、城墙，部署兵力较少；西南面设有亲兵寨；西城外设有月城，驻军防守；北面鹦鹉山有南定寨；东面有戍军寨。

《静江府城池图》是宋代留存的根据地形进行有效布防的城市军事防御图。

石刻地图的水平

宋代石刻地图展现了中国古代的制图传统，以计里画方手法直观表征了制图六体。特别是《禹迹图》，成为留存至今的中国古代制图技艺——计里画方的标志性地图实物，也是现存最早用计里画方刻绘的地图。

《禹迹图》绘制于北宋元丰四年(1081年)至绍圣元年(1094年)之间，刻在一块90cm×88cm×18cm

石碑上，现存西安碑林博物馆，图纵73方，横70方，共5110方。图上注明“每方折地百里”，相当于1:150万比例尺。《禹迹图》以历史上的地理名著《禹贡》作为表现内容，是一幅全国地图，图上约有380个地名，注有名称的河流约80条、山脉约70座、湖泊6个，方位、海岸线、水系轮廓均较为准确，明显好于《华夷图》。值得说明的是，1142年镇江府府学刻石大小、内容与西安碑林博物馆保存的地图内容相同。根据石上刻有“元符三年(1100年)正月依长安本刊”字样推断，西安和镇江的刻石源于同一版本的《禹迹图》。

此外，据《山西通志·金石记》记载，在山西稷山县关帝庙也曾存放过一块《禹迹图》刻石，引述《稷山县志》注解：《禹迹图》“石横二尺五寸，为方七十一，竖三尺，为方八十一，共五千七百五十一方。每方折地百里。志《禹贡》山名，古今州县名、山川地名。刊刻极精。”可见，山西稷山县的《禹迹图》也是一块采用计里画方法并应用比例尺的石刻精品图。由此可见，山西稷山县《禹迹图》刻石，与西安和镇江的刻石不属于同一版本。

沈括结合绘制《守令图》的实践，在《梦溪笔谈·补笔谈》系统叙述了依据的制图原则和使用方法。他说：“地理之书，古人有《飞鸟图》，不知何人所为。所谓飞鸟者，谓虽有四至里数，皆是循路步之，道路迂直而不常，既列为图，则里步无缘相应。故按图别量经直四至，如空中鸟飞直达，更无山川回屈之差。予尝为《守令图》，虽以二寸折百里为分率，又立准望、牙融、旁验、高下、方斜、迂直七法，以取鸟飞之数。图成，得方隅远近之实，始可施此法。”经专家考证，上述引文应为“又立准望，互融旁验高下、方斜、迂直之法，以鸟飞之数”，其中“旁验”是动词。为得到两地直线距离就要对步量的“道里”进行高下、方斜、迂直检验与改正，这与裴秀提出的“道里、高下、方斜、迂直”相吻合，也符合沈括《进守令图表》的“参更四方之论，该备六体”。在图上正确标定某地的相对位置，不仅需要它与周边地点的距离，还需要“准望”。裴秀时代强调“四至八到”，即要求标定4至8个方位。而沈括则用“二十四至”表示和确定相对位置。他在《梦溪笔谈·补笔谈》说，“分四至八到为二十四至。以十二支、甲乙丙丁庚辛壬癸八干、乾坤艮巽四卦名之。使后世图虽亡，得予此书，按二十四至以布郡县，立可成图，毫发无差矣”。显然，用24个方位来确定一个地点在图上的位置，精度很高。由此可见，沈括是继裴秀之后系统记述制图方法的制图专家，其学说是裴秀制图六体的继承与发展。沈括关于制图方法的系统论述在很大程度上概括了宋代石刻地图的制图工艺与大体水平。

石刻地图的意义

宋代石刻地图作为古代地图的文物，承载着丰富的中国古地图信息，在保存中国古代文明成果、展示中国古代制图传统、传承古代制图技艺等方面具有重要意义。

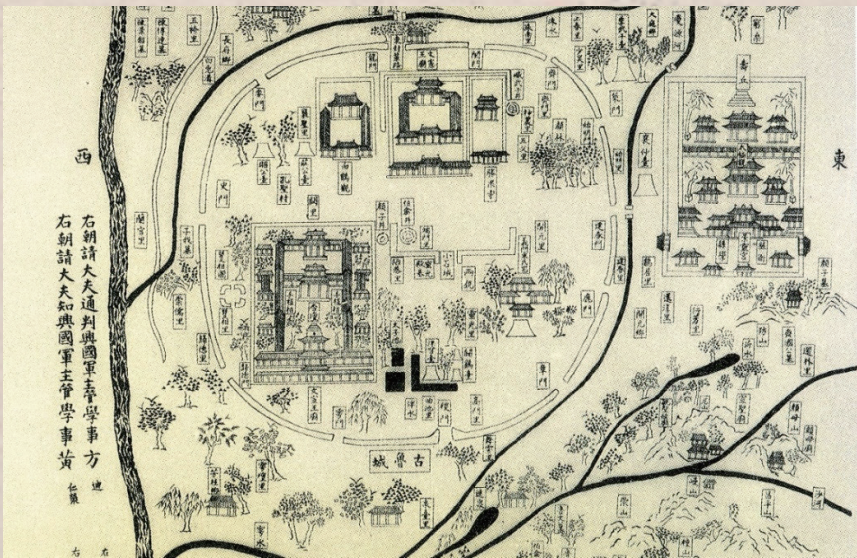
首先，石刻地图便于保存。宋代之前，制图材料已经丰富多样，有木板地图，如1986年在甘肃省天水市放马滩秦墓中出土的7幅木板地图；有绢质地图，如湖南省长沙马王堆汉墓出土的帛地图（地形图、驻军图及城邑图）、宋代幅面巨大用绢百匹的《淳化天下图》；有木刻地图，如南朝刘宋时期谢庄的《木方丈图》、宋代沈括及黄裳的木刻地图；还有罕见的纸质地图。诸如此类材质的地图传世极少，放马滩木板地图及马王堆帛地图均随墓葬出土。而石刻地图历经时代风雨，能够相对完好地保存下来。这些传世的石刻地图为后世研究中国古代制图技艺提供了宝贵的实物资料。

其次，石刻地图展示了古代制图传统。制图六体是中国古代制图传统。经典文献中记述的制图六体技艺是抽象的，而石刻地图展现的制图技艺是形象、具体的。由此，人们能够更直观地领悟中国制图传统的精髓。宋代石刻地图留存的范围很广，遍布东西南北的州县，表明地图由官府珍藏走向民间，推动了地理学知识及制图技艺的普及。在一定程度上说，地图刻石在宋代已形成风气，成为朝野争相落实的文明工程。北宋龙图阁待制吕大防主持绘制的《长安图》在元丰三年（1080年）刻石。石上有：“元丰三年五月五日，龙图阁待制知永安军府事汲郡吕大防题，京兆府户曹参军刘景阳按视，鄜州观察推官

吕大临检定，鄜州观察支使石苍舒书，工张祐画，李甫安、师民、武德诚镌。”明确记载了刻石的主持者、审查者、书写者、画工、刻工的姓名。《长安图》是古都长安的平面图，反映了长安及其周围（南北约40公里，东西约16公里）的地理要素。北宋宣和三年（1121年），孔子后代迁建孔庙，并绘制《鲁国之图》，南宋绍兴二十四年（1154年）镌石并篆刻跋文。此刻石图碑现存湖北省阳新县第一中学，地图范围东起沂水，西至泗水，北含泰山，南抵今山东邹县，大体相当于古代鲁国的领域，特别突出描绘了古代鲁城，包括城门及其名称、孔子讲学的杏台、孔子古宅等。

第三，石刻地图具有承上启下的传承作用。计里画方是中国制图传统的代表，现存最早用计里画方绘制的地图是西安碑林博物馆的《禹迹图》。《禹迹图》等石刻地图的示范作用推动着中国古代制图传统的延续。元代至大三年到延祐七年（1310~1320年），制图学家朱思本以计里画方之法绘成《舆地图》。唐锡仁、杨文衡在《中国

科学技术史》中指出：“朱思本的《舆地图》用计里画方之法绘制而成，从而使濒临衰竭的古代地图重要的绘制方法，又由他得以继承下来，并由明代罗洪先‘据画方易以编简’，将《舆地图》予以缩绘、增补为书本式的《广舆图》大量刊行后，朱图及计里画方之法，才在社会上产生较大影响。”明代罗洪先也说：“访求三年，偶得元人朱思本图。其图有计里画方之法，而形实自是可据。”也就是说，《舆地图》是《广舆图》的样本，罗洪先从《舆地图》学会了计里画方之法。罗洪先的《广舆图》稿本约完成于明嘉靖二十年（1541年），刻印于嘉靖三十四年（1555年），是中国目前能够看到的最早的刻本综合地图集。《广舆图》至清嘉庆四年（1799年）244年间先后刻过6次不同版本，流传甚广。到19世纪后期，编撰大清会典实施全国测图时，多数省份的地图还在采取计里画方法。追溯中国古代制图历史，宋代石刻地图的模范样本在传承中国制图传统中功不可没。□（作者单位：西安测绘研究所）



▲《鲁国之图》墨线图（局部）

人生没有缆车道

◎ 陈鲁民

“华山天下险”，果然名不虚传，我曾两上华山，对此深有体会。第一次是徒步，危险且艰苦。晚上十二点从山下开始出发，借助月光，攀援而上，途经几乎直上直下的千尺幢、险象环生的百尺峡、势危坡陡的天梯，早晨，正好赶到北峰看日出。第二次是坐缆车上去的，大约二十分钟便到了华山西峰，轻松愉快。

伫立山顶，放眼远眺，我突然联想到，人生也是爬山。如果人生的爬山也有缆车道，那就不需要我们再孜孜矻矻，吭吭哧哧，汗流浹背，气喘吁吁，谈笑间便可登上峰巅，居高临下，“一览众山小”，那该有多好！

当然，我也知道人生没有缆车道，这就叫痴心妄想。人生路上，每座高山都要靠我们脚手并用、挥汗如雨、历尽艰辛才能登临。诚如马克思所言：“在科学上没有平坦的大道，只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人，才有希望到达光辉的顶点。”古今中外那些事业成功者，无非是比别人爬的山更多、更高而已。譬如说，从士兵到将军，从助教到教授，从技术员到高工，从打工仔到老板，从普通公务员到县长、市长，从实习医生到主任医师，从小演员到大明星，从菜鸟运动员到世界冠军，中间都横亘着几座高山。有的人竭尽全力、奋勇拼搏，越过这些高山，最后就心想事成；有的人或力不从心，半途而废，或害怕艰苦，躺平、佛系，那就无法实



现奋斗目标，最后只有铩羽而归。

网球名将郑钦文，曾连续六次败给赛会1号种子萨巴伦卡，但她没有放弃、气馁，而是屡败屡战，越战越勇，近日终于战胜这个强大对手，媒体称她又“跨越了一座高山”。她的前边还有几座高山，没有他路，“狭路相逢勇者胜”，只有勤学苦练、不懈登攀，才能到达顶峰。

《哪吒2》大获成功，名扬中外，登上一座高峰。谈到创作经验时，导演饺子的体会是：“以往所仰望的那些大山，其实也是死磕、一步一步走出来的。”因而，我也“没有捷径，只有死磕”。换言之，他也没有缆车道，是千辛万苦、胼手胝足干出来的。

饭要一口一口吃，山要一座一座爬。红军长征渡过了24条河流，翻越了18座山脉，包括“刺破青天锷未残”的南岭、乌蒙山，终年积雪的岷山、夹金山等，最后终于胜利到达延安。人生也是如此，在

“离天三尺三”的高山面前，既没有捷径，也没有缆车道，谁都不可能扶摇直上，一步登天，唯有老老实实地爬，不畏艰险地攀登，不知不觉，你可能就会“更喜岷山千里雪，三军过后尽开颜”。

现在，科技发达，国内几乎所有的旅游名山都建有缆车道，过去需要爬上大半天的山路，现在只要一二十分钟就能到达山顶。但仍有很多游客选择徒步登山，因为坐缆车也有弊端，速度太快，又走直线，沿途许多绝妙景点都无法看到，登山旅游的意义也大打折扣。联想到丰富多彩的人生之路，也确有个别人得天独厚，含着金汤匙出生，背靠大树好乘凉，有幸坐上“缆车”，轻轻松松直接到了人生的山顶。其实，这并不值得羡慕，一是过程太简单，得到太容易，没有体会到其中的酸甜苦辣、喜怒哀乐，人生意义是枯燥乏味的；二是结果不可靠，变数大。有“缆车”固然可以帮你爬上一座山，可是下一座山怎么办，没有“缆车”的山怎么办？

放眼天下，千山万壑，有缆车道的毕竟还是少之又少，绝大多数高山还需要我们一步一步攀登。有了敢于攀登的勇气与自信，有了善于攀登的体能与精神，有了坚持不懈的韧劲与毅力，即便没有缆车道，我们也能一路向上、高歌猛进，领略绝顶美景、无限风光，书写辉煌人生，青春无悔。□（作者系战略支援部队信息工程大学教授、中国作家协会会员）

拾麦穗与捡麦茬

◎ 张延伟



小时候，每逢麦口几天，我都会做两件事：拾麦穗和捡麦茬。

焦麦炸豆时节，村小学会放半个月的“农忙假”，麦假里还要给三年级以上的学生布置拾麦任务，美其名曰“勤工俭学”，培养学生的劳动技能和珍惜粮食的美德。

有的家庭宠溺孩子，任由他们疯跑玩乐，到时从粮囤里挖些麦子上交学校。而我们弟兄仨特别是作为老大的我就没有这般幸运。奶奶岁数大，伯父身体残疾，家里原本劳力就少，要强的父亲着意培养我们热爱劳动的品格，他和母亲头顶烈日在前面割麦、打捆儿时，要求我们把碰折和散落的麦穗拾到一起，尽可能做到“颗粒归仓”。

麦场里的电动脱粒机由各家轮流使用。轮到我家“打场”时，父母负责向机器里填塞带穗的麦秆，我们则需干些力所能及的活儿，比如用木锨把麦粒拢在一起，用桑杈把脱粒后的麦秸挑离开机器等，打完场往往会得到一根冰棒或一瓶汽水作奖励，令我们觉得一切劳累都是值得的。

因始终惦记着老师布置的拾麦任务，暂时不割麦或不打场时，我

就扛着竹篮到别人收割后的麦地里捡拾落下的麦穗。尖锐的麦茬把脚面刮蹭得满是血痕，间或不小心还会被芒刺扎破手指，我都毫不在乎。偶尔会幸运地在路边捡到一小堆儿从架子上散落的麦子，就美滋滋地找个树荫坐下，小心翼翼地把颗粒饱满的麦穗一一掐下来装进篮子。

回到家，我把麦穗倒在簸箕里，脱下一只鞋抓在手里，用劲儿把鞋底摁在麦穗上来回揉搓着脱粒，然后让奶奶帮着筛去糠皮，像宝贝似的把金灿灿的麦粒装进袋子保存起来。开学时，我总因超额完成老师布置的拾麦任务而得到一支圆珠笔或两个作业本之类的奖励，自豪感油然而生。

捡麦茬则是一种自发行为。那时候尚不时兴“套播”，只要地里墒情允许，更为了将来中耕除草方便，人们就会用牛、骡等大牲口把麦茬地犁过之后再种玉米。这就为我们在星期天捡麦茬提供了机会。

捡麦茬的时间多选在下午，地点则是远离村庄的“大块地”，这样才方便我们施展拳脚。小伙伴有扛荆篮的，有背竹筐的，我们弟兄

仨则直接拉着架子车，因为车子装麦茬相对要比篮子容易且装得多。

时至仲夏，后半晌的阳光依然强烈。我们却顾不得这些，选好各自的“领地”开始干活。地里的麦茬一撮一撮的，有的裸露在外面，有的半掩在土里，小伙伴们时而弯腰，时而蹲坐在地上，先用手轻轻地把麦茬拽出来，抖落根部粘连的泥土，再一堆堆地摆放整齐，末了抱到地头儿集中起来……虽然累得汗流浹背，却一个个干劲十足、热情不减。

当村子里升起袅袅炊烟时，车上和篮筐里也都装满了麦茬，此时岗坡地里凉风习习，我们还要在地里翻几个跟头、打几个滚儿，相互追逐着疯跑一阵，才会心满意足地踏上归程……

捡回家的麦茬，可以压进粪坑沤制农家肥，也可以堆起来烧火做饭时使用。麦茬火不疾不燥，特别适合烧鏊子。每当母亲用麦茬烧火焙焦馍、摊煎饼时，想到有着自己的劳动果实在那里，总觉得焦馍和煎饼吃起来比以往任何时候都要美味可口。（作者单位：禹州市自然资源和规划局）



麦儿熟了

◎ 罗明军

站在季节的褶皱里
六月的风开始发烫
大地铺开诗行
麦穗咬住风的脊梁
日子，如此金黄且满是希望

有人用掌纹丈量麦芒的长度
收割机欢快徜徉叩击土壤

所有麦浪
都朝着阳光倒伏成同一方向

锯齿形的穗子，像一把把钥匙
叩响生活的年轮
暮色漫过磨坊
月光在晾晒场织网
将堆积的金黄

在不远处颗粒归仓

我俯下身子，贴近泥土的呼吸
献上最深沉的敬意
捧走一握温热的馈赠
书本里，麦香正悄悄生长
是我心潮里，最饱满的那粒麦芒
☑（作者单位：郑州市自然资源和规划局）

守山水方寸

◎ 孙东勋

漫步江堤，江面吹来的晚风，透着丝丝凉意，晚霞漫不经心飘过群山之巅，轻柔地晕染铺展，为苍翠峰岭披上一层金黄的薄纱。

在这美丽的江滩，目之所及，江流滔滔，波光云影，每一位游者都会将不欢与烦恼暂时搁置在夕阳余晖里，让心灵来一场涤荡与救赎。

溯江而上的山峦密林深处，藏着一处胜地——秭归。秭归风景绝佳，群山环抱，长江浩浩荡荡奔腾不息，滋养出天地英雄气、大义尚凛然的秉性与操守。遥想生于斯、长于斯的屈原，定然不会想到，两千五百多年后的今天，人们会如此珍视这位伟大的爱国主义诗人，将其精神镌刻在青山绿水间。诚然，自然有轮回，岁月本无常，往事随风而逝，但爱国的情怀、英雄的壮举、忠诚的坚守、正义的守护，在廓清历史的迷雾后依然熠熠生辉。

屈原的一生系家国牵民众，在

探寻国之大义与民之大爱的人间正道上奔波不息。他变法图强、力促政明、匡扶河山，为国为民殚精竭虑、夙夜在公，然而利益纷扰、权贵诬陷、国君疏远，数次被贬，流放蛮夷，私不能善其身，公不可报其国。在人生风雨飘摇、历史烟尘弥漫的困境中，堂堂七尺男儿空怀拳拳报国志，却只能寄情抒怀于离骚辞赋，锤炼出中国文学史上的一颗璀璨明珠，光照千秋，万世敬仰。面对家国沦陷，他悲痛欲绝，最终抱石沉江，饮恨千古，生不能明其志向，死尚存英雄本色。这是一代贤臣的悲歌，也成就历史上一段爱国爱民的伟大传奇。

位卑不敢忘忧国，只身也让匈奴服。秭归是英雄的故乡，亦是女中豪杰昭君的故里。这位手无缚鸡之力、胸怀睿智大义的柔弱女子，只身前往匈奴之地，恩威并施，传道布仁，于清风明月间悄然化解一

场又一场生灵涂炭之灾，让“明犯强汉者，虽远必诛”的大汉王朝有了更游刃有余的治国方略。王昭君以国为先、舍生取义，成就了一段流传千古的巾帼佳话，也让秭归这座名秀山川誉满天下。这并非历史的巧合，恰恰是此山此水的自然熏陶与人文滋养。

我们从未忘却屈原未竟的心愿，也不会因昭君出塞营造的和平曙光而沾沾自喜。人生之路，从无坦途，没有谁能一帆风顺；世间规制，亦非永恒，没有哪种能一成不变。在这个瞬息万变的时代，我们唯有坚守正义与公平的信念，与时代同进步、与祖国共奋进，远离迷雾，守住方寸，守好中华民族的“根”与“魂”，方能在充满不确定性的时代浪潮中，找到确定的方向，不断破浪远航，行稳致远。

☑（作者单位：中铁大桥局集团第一工程有限公司）

童心绘自然 颂歌献给党

—— 河南省测绘地理信息技术中心儿童书画比赛 获奖作品选登

“六一”国际儿童节前夕，河南省自然资源厅主办第七届“童心绘自然 颂歌献给党”儿童书画比赛。

河南省测绘地理信息技术中心作为承办方，面向机关及所属单位职工征集 115 幅少年儿童书画作品。

孩子们以稚嫩笔触、绚丽色彩勾勒奇思妙想，笔下作品童趣盎然、创意十足，既展现独特艺术视角，又饱含对世界的好奇与热爱。经严格评选，中心选送作品斩获佳绩：特等奖 6 幅、一等奖 8 幅、二等奖 101 幅。本期《图说测绘》栏目精选部分获奖佳作，邀您共赏童真之美。



● 胡湘雨 4岁



● 李师沫 10岁



● 秦一帆 11岁



● 毕洪郡 13岁



● 马嘉隆 7岁



● 王梓齐 6岁



● 赵晨曦 11岁



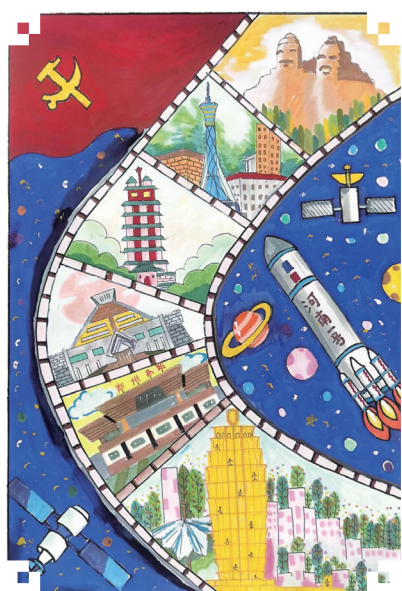
● 孙泽宸 6岁



● 唐逸君 9岁



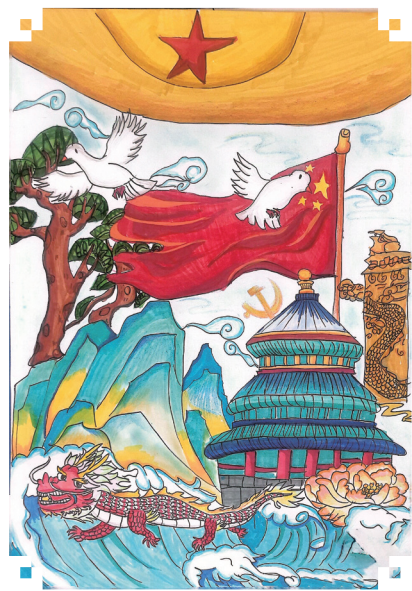
● 王欣悦 7岁



● 陈姝诺 6岁



● 毕芯茹 5岁



● 曹雅翕 9岁

《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

河南建正勘测规划设计有限公司

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

河南省测绘地理信息技术中心开展 “安全宣传咨询日”活动

本刊讯 为深入学习贯彻习近平总书记考察河南提出“两高四着力”总要求，认真落实党中央、国务院、河南省委省政府以及河南省自然资源厅关于安全生产工作的各项决策部署，结合安全生产治本攻坚三年行动的要求，6月16日，河南省测绘地理信息技术中心以“人人讲安全、个个会应急——查找身边安全隐患”第24个全国安全生产月为活动主题，在郑州市政六街16号家属院组织开展“安全宣传咨询日”活动。中心党委委员、副主任武永斌，中心所属单位安委办成员30人参加活动。

活动现场，武永斌强调，各单位要严格落实“三管三必须”要求，进一步明确安全生产职责，落实安全生产责任。要以“安全生产月”活动开展为契机，对全员安全生产责任制度进行修订完善，时刻紧绷安

全生产这根弦。要结合汛期气候特点，优化完善野外测绘作业安全应急预案、电梯故障应急预案、消防应急预案、停电应急预案，组织开展应急疏散演练，坚持实演实训实练，提升职工群众逃生避险能力。要做到人人会使用消防设备，全面提升隐患排查质效。

活动中，中心安委办紧扣“查找身边安全隐患”主题，聚焦居民安全能力提升与隐患排查整治，向社区居民宣讲普及增强居民安全意识、燃气使用安全常识、电动车规范充电、消防安全逃生技能及急救知识等多项内容。随后，还开展了“全国安全宣传日”知识问答活动，向踊跃参与的社区居民发放配套的安全生产宣传资料和“安全宣传围裙”等宣传品。同时，中心安委办对消防通道等公共场所进行专项检查，确保“生命通道”畅通无阻。☑（冉灿阳/文、图）



6·25 第35个全国“土地日”

节约集约用地 严守耕地红线

构建“一张图”管理体系
推进国土空间治理数字化转型



自然资源部宣传教育中心