

资源导刊 信息化 测 绘

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

2026

第 1 期

总第513期

经纬绘中原 数智赋新篇

——河南省“十四五”测绘地理信息工作扫描

自然资源部加快构建自动驾驶地图标准体系
把数据变红利! 河南测绘新政出台

ISSN 1674-053X



9 771674 053074



扫码关注微信

中旬 定价: 10元

测绘地理信息赋能低空经济高质量发展 研讨会在安阳召开

本刊讯 1月20日，河南省自然资源厅在安阳组织召开测绘地理信息赋能低空经济高质量发展研讨会。中国工程院院士、河南省时空大数据产业技术研究院院长王家耀，网络空间部队信息工程大学教授童晓冲受邀作专题报告。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚，安阳市人民政府副市长高勤科，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，河南省测绘学会常务副理事长杜清华参加会议。

景志刚指出，低空经济作为战略性新兴产业，是河南省未来发展的重要增长极，测绘地理信息作为基础性、战略性资源，在低空经济的规划布局、安全监管、场景应用等方面发挥着重要的基础支撑作用。自然资源部门要主动服务、积极作为，推进测绘地理信息与低空经济深度融合，以精准的时空信息数据为低空经济高质量发展提供支撑保障。一是加强统筹规划，推动现代测绘基准、实景三维、时空大数据平台等新型基础设施与低空经济重点区域、重点场景的衔接和融合，以“时空智能”支撑低空经济等新兴产业的创新发展；二是加大技术创新，围绕“数据精准化、服务智能化”目标，重点突破三维空间建模、多源数据融合、动态场景更新等关键技术，打造好服务低空经济时空基底；三是强化协同合作，建立协调机制，实现数据共享共用，打通时空信息服务流通链条，形成双向赋能的低空经济发展格局；四是拓展应用场景，深入挖掘低空经济各细分领域对测绘地理信息技术的需求，开发专属化、定制化应用解决方案，为低空经济的多元化发展提供有力支撑。

高勤科指出，安阳市紧紧把握发展机遇，积极落实河南省委、省政府部署，着力推动空域资源、地理信息与产业场景深度融合，加快构建具有区域竞争力的低空经济生态体系。期待与各位专家深化交流，破解难题、共谋发展，推动测绘地理信息与低空经济在更广范围、更深层次融合发展。安阳将持续优化政策环境，强化要素保障，为低空经济高质量发展营造更优生态。

与会人员围绕“测绘地理信息赋能低空经济高质量发展”会议主题，结合各自领域的实践经验和研究



成果，展开深入交流。王家耀院士立足国家战略高度，围绕低空经济发展现状、立体交通基础设施建设和应用情况，深入阐述低空经济发展现状与前景、人工智能赋能作用、高精度地图创新示范应用等，并对如何利用测绘地理信息技术优势推动低空经济创新发展提出指导意见。童晓冲教授聚焦低空飞行环境智能感知和保障技术，通过基于实景三维的低空航路规划等典型应用案例分享，对提升低空飞行安全和效率提出技术思路。河南省测绘地理信息技术中心、河南省低空经济发展集团、安阳低空经济投资集团、河南九域恩湃电力公司等与会单位与参会人员就低空经济发展中面临的时空信息服务需求、数据共享难题及应用场景拓展等低空经济高质量发展的关键问题进行研讨交流。

为进一步推进测绘地理信息和安阳低空经济高质量发展融合，会议期间，河南省测绘地理信息技术中心与安阳低空经济投资集团签订合作框架协议。此次签约，标志着省市协同推动低空经济发展正式启航，将为安阳乃至全省测绘地理信息支撑低空经济规范化、智能化高质量发展注入新动能。

河南省发展和改革委员会、河南大学、河南省中工设计研究院集团、河南省测绘学会、河南省地理信息产业协会，安阳市直相关单位、县（市）区政府、相关企业及部分省辖市自然资源主管部门等单位代表参加会议。☑（王红伟/文、图）

续写测绘地理信息事业新篇章

◎ 本刊评论员

“十四五”是数字中国建设提速、数字经济崛起的关键五年。在中原大地上，河南测绘地理信息行业深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，锚定“两支撑、两服务”职责定位，以脚步丈量山河，以科技勾勒蓝图，在夯实数字底座、赋能产业转型、筑牢安全屏障中书写精彩答卷，为现代化河南建设提供坚实的时空信息支撑。

五年深耕，数字基底愈发坚实，时空支撑有力。我省坚持全省“一盘棋”，全力推进实景三维河南建设，省级地形级、城市级数据覆盖率分别达92%、75%，多项成果获国家肯定，为数字孪生城市筑牢根基。“河南一号”卫星构建“1+20+108”立体化数据保障体系，实现亚米级影像双月全省覆盖，织密“空天地”一体化监测网络。北斗应用纵深拓展，246座基准站完成升级，其中132座融入国家“一张网”，“北斗+烟草”“北斗+电力”等融合应用落地，让高精尖技术赋能千行百业。


五年笃行，产业生态活力迸发，融合动能尽显。我省探索“高校+特色园区”发展路径，联合焦作市、河南理工大学打造产业高地，举办千人规模峰会，推动“政产学研用金”深度融合。通过建立行业数据库、推广先进经验，形成“规划引领、链式衔接”的良性格局。截至2024年底，全省测绘资质单位达1093家，年服务总值近50亿元，稳居全国前十。苍灵遥感智能解译系统等创新成果广泛应用并入选全国典型案例，彰显对新质生产力的助推作用。

五年坚守，法治屏障不断牢固，安全防线筑成。历时9年修订的《河南省测绘条例》于2025年12月1日正式实施，创新增设“新测绘新应用”专章，将低空经济、数据共享纳入法治轨道，配套出台《河南省测绘成果管理办法》，形成“法规+规章+制度”完整治理体系。常态化开展基准站安全排查、涉密成果检查，推广“圆周率”安全防护系统，推进软硬件国产化替代，整治“问题地图”，坚决筑牢国家地理信息安全屏障。

五年赋能，服务效能显著提升，为民底色鲜明。“天地图·河南”完成“五统一”升级，提供7×24小时服务，注册用户超6万，日访问量突破3500万次，成为社会治理的“数字孪生窗口”。应急测绘队伍在郑州“7·20”特大暴雨、“杜苏芮”台风抢险中冲锋在前，依托“4+X”体系守护群众安全，获评“省级骨干应急救援队伍”。“测绘号”地铁专列、少儿手绘地图大赛等活动，持续营造全社会支持测绘事业的良好氛围。

回望“十四五”，成就鼓舞人心。这五年是河南测绘事业改革创新、转型突破的五年，是服务能力跃升、产业生态完善的五年，更是广大测绘工作者默默耕耘、砥砺前行的五年。每一组数据、每一项工程，都凝结着智慧与汗水，镌刻着服务现代化河南建设的坚实印记。

展望“十五五”，蓝图绘就，奋进正当其时。随着智慧城市建设加速、新型基础设施拓展、新质生产力蓬勃兴起，对测绘地理信息的精准性、融合力与赋能水平提出了更高要求。河南已明确方向：加快编制“十五五”基础测绘规划，突出新质生产力培育；优化现代测绘基准体系，深化实景三维建设与动态更新，打造鲜活、精准、智慧的空间信息底座；推动《河南省测绘条例》全面实施，培育龙头企业和示范园区，促进测绘与5G、人工智能等深度融合；拓展“一张图”与“后土”大模型应用场景，深耕耕地保护、灾害防治、城市治理等领域，充分释放地理信息数据要素价值。

关山初度路犹长，策马扬帆再启航。站在新的发展起点，河南测绘地理信息事业舞台广阔、重任在肩。让我们以更加坚定的信念、更加扎实的作风、更加创新的姿态，牢记使命、锐意进取，以精准定义责任，以融合驱动发展，用一组组数据、一幅幅图景、一项项成果，奋力绘就河南高质量发展与高效能治理的崭新画卷，在“十五五”壮阔征程中，续写河南测绘地理信息事业的璀璨华章！

测绘资讯·政策解读
文化传播·技术交流



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

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

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

资源导刊 信息化测绘

2026年 中旬 第1期 总第513期

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

顾问

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

河南省测绘地理信息技术中心编委会

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

网站合作单位



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。

目录

CONTENTS

卷首语

- 1 续写测绘地理信息事业新篇章

国内要闻

- 4 第四次全国农业普查遥感测量启动 等8则

时政传递

- 6 自然资源部加快构建自动驾驶地图标准体系
7 首期中原数据交易联盟进百企专项活动举办
8 把数据变红利！河南测绘新政出台
9 河南“十五五”基础测绘规划政技对接研讨会召开

特别关注

- 10 经纬绘中原 数智赋新篇
——河南省“十四五”测绘地理信息工作扫描

测绘广角

- 16 河南两个市级自然资源卫星应用技术中心获批建设
郑州市二七区开展地图市场“双随机、一公开”监督检查
17 邓州两大公园自然资源确权登记成果通过省级验收

经天纬地

- 18 师梦勘测：让测绘赋能城乡发展

豫外传真

- 20 深耕结硕果 “慧眼”瞰青海
——“十四五”青海遥感数据共享综述

发展研究

- 22 遥测一体：发展可全域更新感知的测绘生产力

技术应用

- 24 基于无人船多波束测深系统的水库水下地形测绘应用研究
28 基于RSEI的城市生态质量时空变化及驱动因素分析
32 基于FME的“多测合一”成果质检工具
35 抵偿高程面任意投影带工程坐标系建立方法研究

- 39 磴口县1990~2023年沙漠化遥感监测研究
42 GPS与BDS在短基线控制测量中的性能分析
45 省市县时空服务一体化资源池建设实践
49 卫星遥感数据在管线工程竣工测量全流程中的应用研究
52 无人机低空遥感在矿区生态修复监测中的应用

人文地理

- 56 红石峡谷 奇秀天下
——云台山世界地质公园掠影

文苑撷英

- 58 心有所悦，业有所成
59 人生地图
60 山河做卷：测绘薪火永相传
61 初雪入怀
冬之舞

艺术欣赏

- 62 蔡辉摄影作品欣赏

合作单位

- 64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

前坪水库 杨其格 / 摄



关注 第四次全国农业普查遥感测量启动

近日，国务院第四次全国农业普查遥感测量工作启动。此次工作依托卫星遥感、无人机、人工智能等先进技术，查清全国主要粮食作物、大宗经济作物播种面积及设施农业分布。

本次遥感测量涵盖实地调查、作物与设施农业遥感测量、数据核实等六项内容，以“当年、当季、作物在地调查”为鲜明特点，结合秋冬播、春夏播等关键生产时点推进，主体工作于2026年年内全部完成。此次测量范围覆盖全国31个省（自治区、直辖市）农作物种植地块，涵盖稻谷、小麦等主粮，棉花、油菜等大宗经济作物，以及各类种植、养殖设施，调查维度更加全面。

此项工作将深度应用人工智能技术，通过严格把控数据审核环节提升普查质效，确保数据精准客观，为科学制定农业农村发展政策、筑牢粮食安全根基提供坚实的数据支撑。

自然资源部推进无人机集群三维探测

2026年1月4日，自然资源部发布《关于加强基础性地质调查工作的通知》（以下简称《通知》），明确将无人机集群高效三维探测技术列为重点发展方向，同步推进高分辨率国产卫星遥感数据融合应用，赋能复杂区域地质调查。

《通知》提出，深化重力、磁法、地震等地球物理技术联合创新，攻关穿透性地球化学探测与三维地质填图技术，构建多技术融合勘查体系，突破复杂地形集群协同探测瓶颈。针对高山峡谷、沙漠等典型区域，《通知》要求，强化绿色勘查及野外快速分析装备研发，依托资源三号系列卫星等高分辨率数据融合成果，破解复杂环境勘查难题，提升调查精准度与安全性。

此次举措以“无人机集群+国产卫星+多源地球物理技术”融合创新为核心，筑牢基础性地质调查技术底座，为自然资源勘探、生态保护、灾害防治提供高效支撑，推动地质调查向智能化、绿色化转型。

全国首例“地理信息+文旅”数据资产“入表+交易”

近日，中煤航测遥感集团自主研发的“地理信息文旅景区高质量数据集”顺利完成资产化评估与入表，

并通过西部国家版权交易中心与可信数据空间完成数据交易流通，成为全国首例实现“地理信息+文旅”数据资产入表与交易完整闭环的案例。

中煤航测遥感集团已形成涵盖16大类、90小类的资源环境数据体系，为数据集提供了坚实的数据基底。该数据集融合高精度三维建模、多源遥感监测等核心技术，覆盖全国多个典型文旅景区，兼具高精度、强时效优势，可直接为智慧文旅建设提供核心时空数据支撑，精准赋能文旅产业高质量发展。

此次实践清晰呈现了数据资源向数据资产转化的完整路径，验证了“地理信息+文旅”类数据集的资产价值与市场化流通可行性，也为构建数据增值服务产业体系积累了关键经验。

科技 我国首张甚高分辨率彩色夜光遥感卫星影像发布

2026年1月1日，长光卫星研制的吉星一号高分07系列卫星采用夜光成像模式，成功获取我国首张甚高分辨率彩色夜光遥感卫星影像，分辨率优于0.3米。

这张影像聚焦元旦当晚的哈尔滨冰雪大世界，清晰呈现了园区夜间灯光分布、景观风貌等，精准捕捉到单个路灯的照明区域。该卫星在夜光模式下可获取幅宽15千米高空间分辨率、高无控定位精度推扫影像，凭借超稳姿态控制下的降速推扫技术，搭配长曝光高级数时间延迟积分技术，提升低照度环境探测灵敏度。

作为吉林一号星座成员，高分07系列卫星具备“高性能、高可靠、高稳定”特性。此次技术突破可通过捕捉夜间人工光源，提供独特的社会经济与自然环境数据，在城市规划、灾害应急、夜间经济监测等领域



应用前景广阔，为我国高分辨夜光数据业务化服务奠定坚实基础，助力商业遥感向高精度、广场景方向升级。

亚洲高山区地下水可持续性评估取得新成果

2026年1月2日，我国科研团队一项关于亚洲高山区地下水可持续性的研究成果，发表于英国皇家物理学会旗下《环境研究快报》。该成果由中科院空天院牵头，联合国内外多家单位完成，研究获国家重点研发计划和国家自然科学基金重点项目资助。

针对亚洲高山区流域观测稀缺、过程复杂等难题，研究团队构建“知识引导的数据驱动”评估体系，整合多源卫星遥感、地球系统模式与可解释人工智能，反演近20年地下水储量时空变化并解析驱动因素。该体系嵌入物理知识与可解释性约束，有效克服复杂地形导致的缺测等问题。

研究显示，2003~2020年，亚洲高山区约三分之二区域地下水储量下降，年净损失约24.2Gt，下游人口密集、灌溉强度大的流域下降最显著。气候因子影响近半数变化，人类取水在下游灌溉带贡献占比高且2010年后加速增强，结论经交叉验证，稳健性良好。

近海卫星观测项目

获批纳入联合国“海洋十年”计划

近日，由卫星海洋环境动力学国家重点实验室何贤强研究员牵头发起的“近海卫星观测”项目获批纳入联合国“海洋十年”计划。

SOCO项目依托联合国“海洋十年”大科学计划“海岸带预测计划”，联合法国、澳大利亚、印度、孟加拉国、科特迪瓦等国家的科研人员共同开展，观测范围覆盖全球主要沿海海域，以提升全球沿海区域水污染、碳汇及生态系统健康的卫星监测能力为核心目标，依托遥感技术的全球观测优势与历史回溯能力，监测人类活动与气候变化双重影响下沿海水环境、生态系统健康的演变，为沿海生态环境保护、生物多样性保护及可持续发展决策提供科学支撑。

SOCO项目拟率先在中国、法国、澳大利亚、印度、孟加拉国、科特迪瓦等沿海区域开展卫星观测实践，实现将卫星海洋环境动力学国家重点实验室研发的高分辨率沿海水体污染、碳汇等卫星遥感监视监测技术进行全球化推广应用。

2025年12月30日，自然资源部举行新闻发布会，介绍全国卫星导航定位基准站“一张网”、全球地理信息共享应用等工作成果。

目前，全国约7000座基准站数据资源已整合成“一张网”，面向全社会提供北斗高精度定位服务，广泛用于林草监测、地灾预警、精准农业等领域，日均专业服务超千万次，构筑起自主可控、覆盖全域的高精度时空基准公共服务底座。

在全球共享方面，我国已向联合国捐赠三版全球30米地表覆盖产品，该产品已在联合国相关机构、130多个国家和地区、400多个研究机构及570多所大学投入应用，支撑全球变化研究与可持续发展规划。

同时，国家地理信息公共服务平台天地图完成改版升级，在统一地理底图上汇聚24个自然资源专题信息。截至2025年12月25日，其在线注册开发用户达148.29万个，累计授权应用112.93万个，日均服务接口访问量10亿次，支撑40多个行业、数千家政府用户及3万余家企业应用。

9000亿元

我国地理信息公共服务不断丰富，地理信息产业与新业态融合不断加深，截至“十四五”末，地理信息产业总产值预计超过9000亿元，较“十三五”期间增长超30%，从业人员超400万人。

“十四五”期间，我国不断强化地理信息服务供给。全国地理信息资源目录服务系统共发布各类资源目录809万条，全国发布标准地图总量达1.3万幅，形成国家、省（自治区、直辖市）、市三级服务架构。应急测绘保障体制机制进一步健全，具备突发事件6小时内获取现场高分辨率遥感影像、12小时内提供首批应急测绘成果的能力。测绘装备研发取得突破性进展，无人机摄影测量系统、北斗接收机、高精度全站仪等产品跻身国际一流。同时，初步建成实景三维中国，5米、10米格网等系列产品覆盖陆地国土，1:10000数据覆盖70%陆地国土。

同时，地理信息产业蓬勃发展，逐步构建起自动驾驶地图标准体系，覆盖全国大中城市普通道路L3级以下自动驾驶地图产品得到广泛应用。智慧物流、智慧城市、数字乡村建设等领域的创新应用不断深化。☑

自然资源部加快构建自动驾驶地图标准体系



近日,自然资源部地理信息管理司司长陈平表示,自然资源部已在北京、上海、重庆、杭州、广州、深圳等6个城市,开展“在确保安全的前提下试行高精度地图面向智能网联汽车使用”创新试点,初步贯通地图数据快速融合更新路径,逐步构建自动驾驶地图标准体系。

陈平表示,目前我国覆盖大中城市普通道路L3级以下自动驾驶地图产品得到广泛应用,个别试点城市出现支撑L3级以上自动驾驶的地图产品,地图赋能自动驾驶的应用场景持续深化。

据介绍,我国已经实现在一张地理底图上汇聚发布规划、地调、林草、海洋和测绘地理信息等24个自然资源专题信息,实现了天地图从传统基础地理信息服务平台向自然资源综合服务平台的转变。

标准地图方面,形成了国家、省(自治区、直辖市)、市三级服务架构,全国发布总量1.3万幅,供给不断丰富。应急测绘方面,形成了部、省、市、县四级贯通、协调联动的应急测绘保障组织体系,具备突发事件6小时内获取现场高分辨率遥感影像、12小时内提供首批应急测绘成果的能力。

同时,我国地理信息产业发展势头良好。据中国地理信息产业协会测算,“十四五”末,我国地理信息产业总产值预计突破9000亿元,较“十三五”期间增长超30%,从业人员超400万人。

自然资源部国土测绘司司长陈军表示,我国已经初步建成实景三维中国,支撑数字中国建设。通过技术集成和数据整合,我国已经建立了从设计、建设到应用的实景三维技术体系,构建了由地理实体、地理场景、地理实景等组成的系列实景三维数据成果。

宏观层面,地形级实景三维实现大场景三维数字映射,5米、10米格网等系列产品覆盖全国陆地国土,1:1万数据覆盖70%陆地国土。中观层面,城市级实景三维对城市三维空间进行数字映射,300余个地级以上城市完成LOD1.3级三维模型生产,67个城市开展智慧城市时空大数据平台建设试点,助推城市全域数字化转型。

同时,我国已经建成全国卫星导航定位基准站一张网,进一步提升北斗导航定位服务;出台了《卫星导航定位基准站管理办法》,实行基准站统一规划、统一标准、统一监管。该办法从2026年1月1日正式施行,是我国首部从全链条规范基准站管理的部门规章,制定全国基准站建设布局规划方案,引导基准站建设合理布局,避免重复建设。构建“1+32”国家级和省级北斗应用与基准服务中心,形成上下联动、区域协同的服务保障机制。面向全社会提供测绘基准服务,为林草监测、地灾预警、精准农业等领域提供北斗高精度定位服务,日均专业服务超千万次。[☑](#)(来源:央广网)

首期中原数据交易联盟进百企专项活动举办

◎ 吴建军 王琼蕾



1月6日，首期“数聚中原 赋能百企——中原数据交易联盟进百企专项活动”在河南省地理信息院成功举办。河南省测绘地理信息技术中心、河南省工业和信息化厅大数据产业发展局、中原数据交易联盟相关领导及近20家成员单位代表开展调研座谈。

河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任武永斌，河南省工业和信息化厅大数据产业发展局局长李俊岭，中原数据交易联盟秘书长崔刚分别致辞，对此次活动给予充分肯定和殷切期望。

武永斌指出，河南省地理信息院作为全省基础测绘成果数据的“保管库”，积累了海量时空数据资源。在信息化时代，数据已成为与土地、矿产同等重要的生产要素，此前，河南省地理信息院成功完成省内首单地理信息数据场内交易，实现从“0”到“1”的突破，为盘活数据资产迈出了关键一步。希望该院以此次调研为契机，加强与联盟企业的合作，推动地理信息数据资源整合与创新应用。

李俊岭围绕河南省大数据产业发展规划，介绍了大数据产业发展局的主要职责，提出要进一步促进地理信息数据与各行业数据跨界融合，为全省数字经济高质量发展注入新动能。

崔刚介绍了此次专项活动的目的和意义。他表示，此次走进河南省地理信息院，是联盟深入企业、服务企业的重要举措，鼓励联盟成员单位加强沟通协作，共同推动中原地区数据交易市场的繁荣发展。

河南省地理信息院有关人员全面阐述该院近年来地理信息技术创新与应用、信息化建设、数据要素治理和数据交易试点等工作成效，就院情概况、全省基础测绘成果保障情况进行专题介绍，现场演示河南省国土空间基础信息平台，展现了其丰富的数据资源、先进的技术能力和广泛的应用场景。

在座谈交流环节，河南碳投科技有限公司、河南省城乡规划设计研究总院、河南天擎机电技术有限公司、河南省石油和化工工业协会等联盟成员单位代表，结合各自在相关领域的实践及遇到的问题，围绕地理信息数据的获取、应用、共享、交易及安全合规等议题展开讨论，同时为地理信息数据要素市场的发展和大数据产业的进步提出了宝贵建议。

河南省地理信息院将以此次会议为契机，加强与联盟成员单位的沟通协作，共同探索数据交易的新模式、新路径，进一步促进大数据产业与地理信息技术的融合发展。☑（作者单位：河南省地理信息院）

把数据变红利！河南测绘新政出台

◎ 郭栩汝 何山

农业生产、交通出行、文化旅游、居家生活……测绘赋能千行百业，服务千家万户。为促进测绘成果开发和应用，满足经济建设、国防建设、社会发展和生态保护需要，近日，河南省省长王凯签署第235号省政府令，正式公布《河南省测绘成果管理办法》（以下简称《办法》），自2026年2月1日起施行。

应对数字经济发展需求，“老办法”升级了

“现行《办法》自2012年通过以来，已经历13个年头，在数字技术与数字经济快速发展的当下，现行《办法》已不能满足新时代的发展需求。”河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚表示，特别是今年新修订的《河南省测绘条例》，新增加了测绘成果汇交、成果社会化应用等内容，急需结合实际，将上位法要求转化为具体制度。

据了解，当前河南省测绘成果管理存在“汇交乱、共享难、更新慢、安全弱、新业态支撑不足”等五大痛点，制约了地理信息价值释放。《办法》坚持“问题为导向、需求为牵引”，旨在推动测绘数据资源共建共享和融合融通，让“数据多跑路，群众少跑腿”，为测绘成果“安全保得住、共享用得好、价值挖得深”提供了坚实的制度遵循。

河南省测绘地理信息技术中心地理信息应用开发处处长李辉认为，《办法》贴合河南省测绘事业发展、数智河南建设等实际需求，破解了成果“分散管理、共享不畅”难题。通过规范成果应用，助力北斗导航、时空大数据等技术落地，为全省地理信息产业升级奠定制度基础。

打破信息壁垒，测绘成果汇交实现数据共建共享

测绘成果汇交是消除“数据孤岛”，避免重复投入、重复测绘，实现测绘地理信息成果共建共享的基础性工作。

“我省水利、交通等领域测绘成果需求旺盛，通过汇交既能整合多行业成果，又能减少重复采集，同时保障数据可追溯，支撑公共服务，比如应急救援时可快速调用汇交的地理数据，避免临时测绘延误时机。”

李辉分析。然而，以往河南省面临着测绘成果管理分散、汇交机制不健全、汇交制度难落实、社会数据参与度低等问题，导致出现信息壁垒和资源浪费。

《办法》要求，测绘成果应当依法实行汇交制度。基础测绘项目以及使用财政资金的测绘项目应当汇交测绘成果副本和目录；其他测绘项目应当汇交成果目录，其中关系国家安全、应对突发事件、防灾减灾的应当依法汇交测绘成果副本。

测绘成果副本包括：项目合同、技术设计书、技术总结、质量自查报告、项目验收报告、成果数据及图形范围。测绘成果副本采用电子形式依法汇交。

测绘项目出资人或者测绘项目承担单位应当自测绘项目验收完成之日起3个月内向测绘地理信息主管部门汇交测绘成果副本或者目录。

测绘成果咋落地？河南明确使用规范与法律责任

如今，测绘成果已从专业技术领域走进百姓的日常生活，成为触手可及的“民生保障”。“河南一号”卫星通过“卫星遥感+智能解译”技术，实现对耕地“非农化”“非粮化”情况进行实时监测；全省建成的卫星导航定位基准服务系统，为群众出行、城市生活等多个领域提供厘米级实时定位服务。

如何申请使用测绘成果？《办法》明确，需要利用测绘成果的单位和个人，可以通过省测绘地理信息公共服务平台查询、下载和调用公开发布的测绘成果。

需要注意的是，违反《办法》规定，被许可利用人擅自改变涉密基础测绘成果利用目的和范围，将被予以警告，可并处10000元以上50000元以下的罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

景志刚介绍，当前，河南省实景三维河南建设成效显著。利用实景三维成果搭建的“自然资源综合决策会商系统”和“互联网+实景三维土地供应系统”，辅助政府实现精准决策，有效解决企业“看地难、看地贵、看地远”问题。

为让实景三维成果更好地赋能经济社会发展，《办法》提出，县级以上人民政府应当将实景三维河南建设纳入数字政府和新型基础设施规划，推动实景三维

河南“十五五”基础测绘规划政技对接研讨会召开

○ 高浩博

为全面落实河南省委、省政府关于编制“十五五”规划的系列部署要求，切实提升基础测绘对全省经济社会发展的支撑保障能力，进一步优化完善《河南省“十五五”基础测绘规划》（以下简称《规划》），1月12日，河南省自然资源厅测绘地理信息管理处联合河南省测绘地理信息技术中心组织召开《规划》政技对接研讨会。与会人员围绕《规划》编制内容展开深入研讨交流，对“十五五”时期面临的形势、主要建设任务和重大工程项目等内容进行再梳理、再细化。

会议强调，一要坚持政治引领、精准对标。《规划》编制必须紧跟党中央、国务院及河南省委、省政府关于“十五五”时期经济社会发展的决策部署，严格对标河南省自然资源厅党组要求，牢牢把握“服务经济社会高质量发展、确保数据高水平安全、助力社会高效能治理”三条主线，紧密结合河南省测绘地理信息事业发展现状，着力破解发展瓶颈、补齐短板弱项。二要坚持系统谋划、突出重点。重点从完善体制机制

建设、构建现代测绘基准体系、丰富测绘地理信息数据要素供给、深化地理信息成果共享应用、推动地理信息产业发展、筑牢地理信息数据安全屏障、提高科技创新和人才培养能力等七方面发力，全面建成现代化新型基础测绘体系，全力推动河南省测绘地理信息事业转型升级。三要坚持开门问计、广聚民智。《规划》编制要“跳出测绘看测绘”，主动对接省直各厅局、各省辖市发展需求，通过实地调研、座谈交流、书面征求意见等多种形式，精准掌握各行业对测绘地理信息的应用需求；积极借鉴先进省份在《规划》编制方面的成功经验，确保《规划》内容贴合河南发展实际，满足社会各界需求。

下一步，河南省自然资源厅测绘地理信息管理处将以此次会议为契机，扎实开展《规划》调研论证工作，不断完善《规划》内容，切实提升编制的科学性、前瞻性，为加快建设数字（智）河南贡献测绘地理信息力量。

☑（作者单位：河南省自然资源厅）

等测绘成果在智慧城市、低空经济、国土空间规划、应急救援、农业农村、水利、交通运输、文化和旅游、历史文化遗产保护等领域应用。

守护数据精准性，涉密成果管理有了“硬约束”

“测绘成果的质量直接决定其应用价值与安全底线，是测绘工作的‘生命线’。”李辉强调，国土调查、生态保护、国土空间规划等工作均依赖精准测绘数据，涉密测绘成果的质量达标更是关乎国家安全。

为守住质量底线，《办法》明确要求从事测绘活动的单位应当取得测绘资质，建立健全覆盖本单位测绘业务范围的质量管理体系，使用经法定计量检定机构检定合格且在有效期内的测绘计量器具。

“可以通过压实企业主体责任、搭建省级测绘信用评价平台、培育专业第三方检验机构、加强人才培养等方式，强化测绘成果全链条管控，建立人、机、法、环，多维度筑牢质量防线。”李辉建议。

测绘成果涉及国家安全和核心利益，保密工作至关重要。《办法》严格规定涉密测绘成果管理，要求测绘成果保管单位对属于国家秘密的测绘成果应当统一编号、登记造册，并制定具体的保管、领取和借用制度。

如何平衡测绘成果应用与安全管控？景志刚指出，《办法》通过分类分级管控、全流程制度设计、技术与管理协同发力，构建“利用有渠道、安全有保障”的平衡机制。“既充分释放测绘成果的经济社会价值，又筑牢安全防线，精准适配河南省经济社会发展对测绘成果‘高效利用、严防泄露’的双重需求。”

“《办法》的落地，将推动测绘成果从‘库房’走向‘战场’，从‘数据’变成‘红利’。”景志刚表示，下一步，河南省自然资源厅将从完善政策配套、加强宣传培训、强化监督执法、完善技术支撑、深化应用推广、注重协同联动六大维度发力，实现测绘成果“管得住、用得好、促发展”，推动《办法》落地见效，为河南高质量发展提供测绘地理信息支撑。☑

经纬绘中原 数智赋新篇

——河南省“十四五”测绘地理信息工作扫描

◎ 本刊特约记者 张永强

“十四五”收官，现代化河南建设步履铿锵、硕果盈枝。

站在这一历史节点回望，过去五年，河南省测绘地理信息工作始终以习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的二十大精神为指引，紧扣《河南省“十四五”基础测绘规划》部署，锚定“两支撑、两服务”工作定位与“四个为”工作目标，深耕科技创新、优化服务供给、筑牢安全防线，构建起全域覆盖、智能高效的现代测绘体系，为全省自然资源管理、生态文明建设、智慧城市发展及应急保障筑牢时空基底，以精准测绘之力赋能中原大地高质量发展。

一部法规护航、一张三维画卷、一组北斗应用、一套数据体系、一个产业集群、一支应急铁军、一种文化浸润、一次治理革命……河南测绘人以脚步丈量山河，以数智勾勒经纬，用一项项硬核成果、一个个创新实践，为现代化河南建设绘制出精准鲜活的“数字蓝图”。

一部法规筑基：为新兴业态铺就法治航道

法治是行业发展的根本保障。2025年9月7日，河南省第十四届人大常委会第十九次会议审议通过新修订的《河南省测绘条例》，当年12月1日正式施行。这部法规创新性增设“新测绘新应用”专章，首次将实景三维、北斗应用、低空经济等新兴业态纳入法治框架，实现立法与产业发展同频共振。

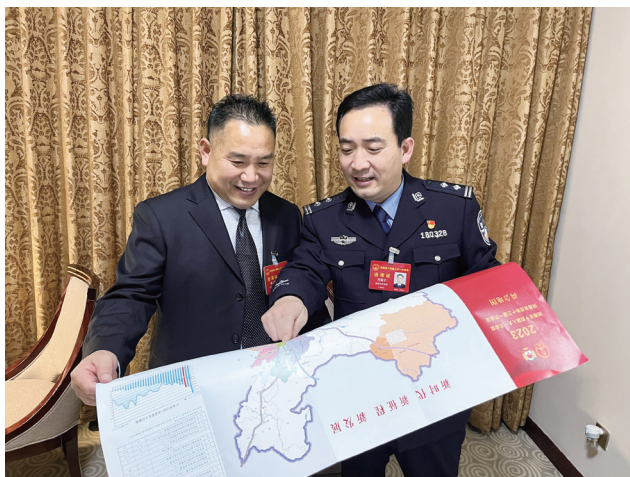
“此次修订的最大突破，在于践行包容审慎的监管理念，在严守安全底线的同时，为新业态留足成长空间。”河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚表示。该条例依托服务低空经济发展，为河南地理信息产业创新发展新赛道提供坚实法律支撑，更为无人机测绘、城市空中交通等新应用作出规范指引。

法治体系的完善不止于此。2025年底，《河南省测绘成果管理办法》以省政府令形式发布，将于2026年2月1日起施行。两部法规的相继出台，标志着河南构建起以《中华人民共和国测绘法》为统领，《河南省测绘条例》《河南省测绘成果管理办法》为主干，多项配套制度为支撑的测绘地理信息法规体系。

“法治是最好的营商环境。”景志刚指出，通过法规修订，河南明确测绘地理信息数据以应用场景推动事业发展路径，建立了统筹时空数据生成、汇交、应用、交易的法律规则，破解了地理信息数据共享应用与市场化配置的瓶颈。目前，河南省地理信息近百亿的产业集群，正在规范有序的法治环境中蓬勃生长。

一张三维地图：从“纸上谈兵”到“身临其境”

走进河南省自然资源厅指挥中心，巨大电子屏上的郑州东区三维模型栩栩如生：写字楼玻璃幕墙映照



●《河南两会地图》亮相省“两会”



●参演 2025 年自然资源领域省市县实战化应急测绘综合演练

实时天气，道路车流复刻早晚高峰节律，绿地植被细节清晰可辨。这并非科幻场景，而是实景三维河南建设的生动缩影。

作为新型基础测绘的核心载体，实景三维河南建设正加速铺展立体数字画卷。截至2025年年底，省级地形级实景三维建设已完成92%的数据生产，各地城市级完成75%的数据生产，为数字孪生城市、智慧交通、智能建造等领域提供坚实数据支撑。

技术升级催生应用变革。在鹤壁，实景三维平台成为招商引资“新利器”，企业代表无需亲临现场，即可“沉浸式”考察地块条件、周边配套及交通格局，该应用获评2024年全国实景三维赋能高质量发展创新典型案例。在郑州，基于实景三维的数字孪生平台化身城市治理的“智慧大脑”，2024年7月强降雨期间，平台快速调取积水点历史数据、融合实时监测信息，精准规划疏散路径，最大限度降低灾害损失。

“实景三维不仅是技术迭代，更是治理理念的深刻变革。”河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生表示，从规划设计到城市运维，从应急处置到民生服务，实景三维正重塑空间治理模式，让决策更精准、服务更高效。

一组北斗应用：从“国之重器”到“民之日用”

在安阳市烟草物流中心，配送员老张的工作因北斗技术焕发新活力：“以前靠经验跑路线，现在App自动规划最优路径、避开拥堵，每天能多送3~5个点位。”这套由河南省测绘院研发的智能系统，依托北斗高精度定位与大数据分析，实现配送效率提升18%，年节约成本超千万元，成为北斗规模化应用的生动注脚。



● 2022年8月10日，“河南一号”卫星发射成功

2025年10月30日，自然资源部北斗应用与基准服务河南分中心正式挂牌，标志着河南北斗应用迈入标准化、产业化新阶段。目前，全省246座卫星导航定位基准站完成北斗三号升级改造，132个站点纳入国家“一张网”，厘米级高精度定位服务实现全省覆盖，为各行业赋能提供核心支撑。

在燕山水库，7座搭载北斗高精度接收机的一体化变形监测站24小时值守，每5分钟回传一次数据，可精准捕捉毫米级坝体位移，相较以往每周一次的人工监测，预警响应效率实现质的飞跃。该项目于2024年12月通过验收，为全省129座大中型水库安全监测提供可复制方案。

从行业赋能到民生普惠，北斗应用场景持续拓展。“北斗+电力”实现无人机自动巡线，“北斗+农业”服务精准作业，“5G+北斗”智慧物流……截至2025年底，河南自然资源领域卫星导航产品保有量达7147台（套），基于“北斗+”或“+北斗”的创新应用如雨后春笋般涌现。

“北斗应用正从行业领域走向大众生活。”河南省测绘地理信息技术中心副主任武永斌表示，目前河南正推进北斗在更多民生领域的应用，让“国之重器”真正走进千家万户，成为“民之日用”。

一套数据体系：从“信息孤岛”到“共享共融”

2025年年初，河南省水利厅急需黄河某段最新影像用于汛前检查，工作人员按照地理信息应急预案申请数据，仅3小时就收到0.5米分辨率影像，而按正常程序，此类数据审批至少需要一周。效率的跃升，源于河南构建的“1+20+108”卫星数据保障体系。

以“河南一号”遥感卫星为基础，构建的“1+20+108”

卫星数据保障体系，形成亚米分辨率双月全省覆盖、2米级月度全省覆盖的天基观测能力。截至2025年年底，累计获取卫星原始数据19245景，总覆盖面积267.2万平方千米，总数据量超过40.7TB，通过年度遥感影像统筹目录制度，常态化服务47个省直厅局及市县单位、高校企业。

数据共享的触角不断延伸。济源、安阳、南阳、平顶山等市级卫星应用技术中心相继建成，实现卫星数据服务省市县纵向贯通，为地方自然资源监管、污染防治、应急指挥提供支撑。更具突破性的是国土空间基础信息平台全国产化建设，通过建成测绘、土地、矿产数据分中心，联通林业、地灾数据，构建起自然资源领域“一张图”数据目录，编制3大类9项数据标准，实现“一键查询、一图统管”。这套“空天地一体化”监测系统，成功入选首届全国数字化监管100个典型案例。

AI技术为数据赋能添翼。河南省遥感院与中科院空天院共建的“苍灵”遥感智能解译平台，依托超大规模样本库和AI模型，将单幅影像解译时间从数天压缩至几分钟，准确率超90%，已广泛用于卫片执法、森林防火、农作物估产等领域，让海量数据转化为治理效能。

一个产业集群：从“星星之火”到“燎原之势”

五年间，焦作地理信息产业园，从一片标准厂房成长为集聚32家地理信息企业的产业高地，形成从数据采集、处理到应用的完整产业链，2024年产值突破15亿元，见证着河南地理信息产业的跨越式发展。

产业崛起离不开“政产学研用金”深度融合。2025年，河南省自然资源厅、焦作市政府、河南理工大学签署三方协议，以“高校+园区”模式共建产业新高地，



● 在全省组织开展测量标志普查保护工作

将实验室建在园区、课堂搬到车间，推动产业链、创新链、人才链同频共振。

在华北水利水电大学地理信息工程中心，学生们正在老师的指导下处理实景三维数据。“我们与省内20多家企业建立了实习基地，学生毕业前就能参与真实项目。”该中心主任介绍。学校还联合河南省自然资源厅测绘地理信息管理处，编印《河南省测绘地理信息行业动态》，搭建“政产学研用金”交流平台。

平台搭建激活产业活力。2025年4月，全省地理信息产业高质量发展交流研讨会在郑州召开，1000余名政府部门、园区、高校、企业代表齐聚，达成12项合作协议，意向投资超5亿元。“这次会议不仅是行业的聚会，更是产业生态的构建。”一位参会企业家感慨。

截至2024年年底，全省测绘资质单位达1093家，年服务总值49.8亿元，全国排名第十。更可喜的是，产业结构正从传统测绘向地理信息服务、位置服务、遥感应用等高端领域加速升级。

“我们正编制全省地理信息产业发展规划，打造‘一核引领、多点支撑、全域协同’的产业格局。”河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长王军胜透露，河南将重点培育示范园区和龙头企业，推动测绘地理信息与5G、物联网、精准农业、低空经济深度融合，让产业“星星之火”成“燎原之势”。

一支应急铁军：从被动响应到主动防控

2025年夏天，黄河河南段举行了一场特殊的演练。模拟强降雨导致堤防出现险情，无人机迅速升空，实时传回高清影像；应急指挥中心大屏上，三维洪水淹没模型快速生成，救援路径自动规划，人员转移方案即时生成。



●息县濮公山实景三维



●参加河南省防汛综合演练

这是“2025年河南省自然资源领域省市县实战化应急测绘综合演练”的场景。在这场多部门、多层级联动的演练中，河南测绘应急保障队伍展现了“快、准、精”的硬实力。

“我们的目标是灾后1小时内生成应急测绘‘一张图’。”河南省应急测绘保障中心负责人说。这支在2022年被命名为“省级骨干应急救援队伍”的专业力量，在郑州“7·20”特大暴雨、北京“杜苏芮”台风等灾害救援中屡立战功。

在新乡辉县，地质灾害应急演练刚刚结束。山区公路旁，基于北斗的监测设备实时感知着山体位移。“过去靠人工巡查，现在设备自动监测，位移超过阈值立即报警，为人员转移赢得宝贵时间。”现场指挥员介绍，这套“北斗+5G”地质灾害监测平台由河南与武汉大学联合研发，已在全省布设70多处。

应急能力的提升，源于坚实的体系建设。河南构建起以4支省级应急测绘骨干队伍为核心、市县协同的“4+X”保障体系，配备无人机、移动测量车、应急通信等装备，完善应急预案并定期开展实战演练。

“应急测绘不仅是灾后救援，更是风险防控。”河南省自然资源厅相关负责人表示，通过常态化监测和数据分析，能提前发现隐患点，实现从被动应对向主动防控转变。目前，河南已建立全省地质灾害隐患点数据库，对1700多处隐患点实行动态管理，通过常态化监测与数据分析，实现从“灾后救援”到“事前预警”的转变，筑牢安全防线。

一种文化浸润：从“专业领域”到“社会共识”

2025年8月27日，全国测绘法宣传日前夕，15辆“测绘号”主题地铁专列在郑州1号线、5号线上线，车厢



● 郑州地铁“测绘号”专列发车仪式举行

内的测绘历史、国家版图知识、北斗应用科普图文并茂，成为流动的科普课堂——这是河南连续第二年打造地铁宣传阵地，让测绘文化走进大众生活。

科普宣传多点开花。《巧手绘山河 童心向祖国》少儿手绘地图大赛收到3000余幅作品，孩子们用画笔勾勒对家园的热爱；河南省地图院打造的《河南百年红色记忆》图集、“地图话中原”手绘系列、“河南啥都有”特色地图等创意产品，全网阅读量超50万，让严肃的地理信息变得生动鲜活。

“测绘地理信息不仅是专业技术，更是国家主权、国家安全的重要体现。”景志刚表示，通过持续开展测绘法宣传、国家版图意识教育，全社会测绘法治意识与国家安全观念不断增强。

变化体现在合作意愿上：2025年测绘地理信息数据赋能高质量发展推介会上，近40个单位的100余名负责人参会，河南省自然资源厅与省水利厅现场签署数据共享协议；产业界更是主动求变，物流、农业、旅游等行业纷纷寻求合作，形成“需求倒逼创新、创新驱动发展”的良性循环。

一次治理革新：从“条块分割”到“整体智治”

登录河南省自然资源“一张图”平台，点击“矿业权审批”，系统自动关联用地规划、生态保护红线、矿

产规划等数据，审批时间从过去的数月缩短到20个工作日。

这是河南自然资源治理数字化转型的缩影。通过“迁移、集成、重构”，河南省自然资源厅将27个在用系统整合到统一平台，实现“一键登录、多系统联动”，解决了长期存在的“信息孤岛”问题。

“数字化转型不仅是技术升级，更是治理革命。”景志刚表示，通过流程再造和数据共享，实现了从“人找数据”到“数据找人”、从“被动审批”到“主动服务”的转变。

在矿山环境监测监管系统大屏上，全省所有矿山的开采状态、生态修复进度实时可见。“过去监管靠人力，现在系统自动预警，效率提升十倍以上。”工作人员演示了系统功能：无人机定期巡检、AI识别违法开采、修复进度自动比对设计图。

耕地保护也有了“智慧大脑”。空天地一体化监测系统，通过卫星遥感、无人机、地面监测，形成土地“批、供、用、补、查”全链条监管。“哪个地方动了土，系统第一时间就能知道。”河南省自然资源厅耕地保护监督处相关负责人说，2024年通过系统发现并制止违法占用耕地行为300多起。

更大的突破在于“后土”大模型的应用。这个基于人工智能的地理信息大模型，能自动解译遥感影像、

预测城市扩张、模拟灾害影响。“就像给自然资源管理装上了‘大脑’。”研发团队负责人说，目前大模型已试点应用于耕地智能监测，未来将扩展到更多领域。

数字化转型也带来了安全挑战。河南购置了“圆周率”安全防护软件，实施主动防御；定期开展基准站安全风险排查，2025年下发整改通知书12份；联合多部门开展地理信息安全检查和培训，守牢安全底线。

一份未来蓝图：从“数字测绘”到“智慧服务”

站在“十四五”收官、“十五五”开局的历史节点，河南测绘地理信息工作锚定新目标、谋划新路径。

“到2027年，基本建成新型基础测绘体系，实现实景三维全省覆盖、北斗应用全域普及，地理信息产业服务总值突破80亿元，数字化治理水平跻身全国前列。”王军胜勾勒出清晰愿景。

“十五五”期间，河南将重点实施五大工程：新一代测绘基准体系建设工程，开展全省二等水准点复测，构建更加精准的时空基准；实景三维深化应用工程，建立省市县联动更新机制，拓展数字孪生城市应用；遥感影像智能服务工程，推动AI解译规模化应用，服务国土空间规划、生态修复等领域；地理信息安全保障工程，完善法规标准体系，提升主动防御能力；产业生态培育工程，建设3~5个特色产业园，培育一批龙头企业。

正在谋划中的“智慧自然资源”项目，以“一张图”

为基础、“后土”大模型为内核，将推动管理从数字化向智能化跃升，实现“感知现状、预测趋势、辅助决策”的智慧治理目标。

在焦作地理信息产业园，北斗应用创新中心、遥感大数据中心、地理信息孵化器等载体正在规划建设，园区目标2027年产值突破30亿元，打造中部地区地理信息产业高地。

从嵩山之巅到黄河之滨，从城市街巷到田间地头，河南测绘人用精准的数据描绘山河，用创新的应用服务社会，用开放的理念拥抱未来。在他们手中，古老的测绘技术正与前沿的数字技术深度融合，传统的纸质地图正被鲜活的三维模型取代，封闭的数据孤岛正变成共享的要素资源。

这是一场静悄悄的革命，却深刻改变着这片土地的面貌。当实景三维覆盖城乡，当北斗信号无处不在，当地理信息融入千行百业，一个更加智慧、精准、高效的“数字河南”正从蓝图走向现实。而这一切，都始于测绘地理信息人那永不停歇的脚步和那双始终望向未来的眼睛。

经纬纵横间，数智绘新篇。河南测绘地理信息工作的“十四五”答卷，不仅是一组组亮眼的数据、一项项创新的应用，更是一种发展理念的升华、一种治理方式的变革。在数字化转型的浪潮中，河南正以测绘地理信息为笔，以科技创新为墨，在16.7万平方千米的大地上，绘制着高质量发展的新时代画卷。[Z]



●三维立体自然资源一张图

河南两个市级自然资源卫星应用技术中心获批建设

近日，濮阳市、焦作市自然资源卫星应用技术中心相继获河南省自然资源厅批复同意建设。这标志着两市自然资源卫星应用技术体系建设工作迈上新台阶，省级卫星应用技术体系的市级节点布局进一步完善。

获批建设的两市自然资源卫星应用技术中心，均依托卫星遥感技术，充分发挥各类卫星资源优势，高标准构建“空天地网”一体化监测体系，通过数智化技术手段实现对辖区内自然资源卫星数据的科学管理、资源共享、精确分析与高效利用，打通国家及省级卫星数据向地方应用的“最后一公里”，推动海量遥感数据转化为适配本地实际需求的标准化、业务化、智能化信息产品。

其中，濮阳市自然资源卫星应用技术中心将聚焦自然资源主责主业，全面赋能自然资源调查监测、耕地保护、国土空间规划实施与监

测预警评估、自然资源开发利用、生态保护修复、执法监察与测绘管理等工作，助力濮阳精准掌握全市域自然资源“家底”及其动态变化，为城市国土空间规划监测监管提供精准支撑。在保障自然资源核心业务基础上，濮阳市自然资源卫星应用技术中心还将拓展服务边界，广泛赋能经济建设、重点项目规划及公共服务等多个领域，以技术创新持续改善城市人居环境、提升城市空间品质。濮阳市自然资源和规划局将加快推进卫星应用技术中心建设工作，严格落实建设方案，力争三年内建成并投用全省一流的卫星应用技术中心，打造市级卫星应用技术服务标杆。

焦作市自然资源卫星应用技术中心明确定位为省级卫星应用技术体系的重要市级节点，将全面整合现有技术力量与数据资源，系统承担卫星遥感数据接收处理、产品加工、应用解译与业务化推广等核心

职能。在服务自然资源管理方面，焦作市自然资源卫星应用技术中心将为国土空间规划与用途管制、自然资源调查监测、生态保护修复监督、自然资源执法监察等工作提供精准数据支撑，助力焦作市自然资源管理迈入“空天地一体化”精准监测与智能管理新阶段。同时，将建立共享服务机制，推动技术与数据成果跨部门应用，为农业农村、水利、交通运输、应急管理等领域提供专业化支持，如农作物长势监测、河湖水域岸线变化监测、交通基础设施安全监测、防灾减灾决策等，促进跨部门数据融合与业务协同，提升焦作市城市综合治理智能化水平。

两市自然资源卫星应用技术中心的建设与投用，将进一步完善河南省自然资源卫星应用网络，为区域自然资源精细化管理和经济社会高质量发展注入强劲的科技动能。

☑（田凌松 郑彦基）

郑州市二七区开展地图市场“双随机、一公开”监督检查

为进一步加强辖区地图市场监管，切实维护国家主权、安全与利益，推动辖区地图市场健康有序发展，近日，郑州市自然资源和规划局二七分局联合二七区市场监管局，对辖区地图市场开展“双随机、一公开”监督检查。

检查过程中，工作人员全面排查在售的各类挂图、地图集（册）、地球仪等地图产品，细致核查地图审图号、中华人民共和国国界表示等关键细节。同时，检查人员向销售地图的单位及工作人员开展地图

出版法规与国家版图意识宣传教育，提升相关人员对问题地图产品的识别能力，并要求经营者规范进货渠道，从源头杜绝“问题地图”流入市场。经全面细致排查，此次检查未发现不合格地图产品及违规经营行为。通过此次行动，全区地图市场秩序得到进一步规范，群众辨别“问题地图”的能力得到有效提升，为地图市场健康有序发展提供了有力保障。

据介绍，为规范地图市场秩序，郑州市自然资源和规划局二七分局

建立了地图市场长效机制。一方面，定期对地图市场进行复查，确保问题得到彻底整改，防止问题反弹；另一方面，加强与相关部门的沟通协作，形成监管合力，共同应对地图市场出现的新情况、新问题。

此外，该局还通过多种渠道，如官方网站、印制宣传页等，持续向社会公众普及地图知识，增强公众的国家版图意识，营造全社会共同维护国家主权、安全与利益的良好氛围。☑（郑州市自然资源和规划局二七分局 李聪 董怡军）

邓州两大公园自然资源确权登记成果通过省级验收

1月9日，邓州市杏山省级地质公园与湍河国家湿地公园自然资源统一确权登记项目成果，顺利通过河南省自然资源厅组织的专家组验收。这标志着邓州市在自然资源资产产权制度改革领域取得阶段性进展，为两大公园生态保护与可持续管理筑牢产权根基。

验收期间，专家组严格遵循相关技术规范，通过听取项目汇报、审阅成果资料、现场质询、讨论等环节，对项目进行全面核查。专家组一致认为，项目技术路线科学合理，数据资料翔实完备，成果质量精准可靠，完全符合自然资源统一确权登记工作要求，同意通过验收。

这一成果的落地，得益于邓州市在确权登记工作中的系统谋划、科技赋能与协同联动。

系统谋划，精准推进确权登记。为深入落实国家关于自然资源资产产权制度改革的决策部署，邓州市自然资源和规划局统筹谋划、精准施策，有序推进两大公园自然资源统一确权登记工作。“我们通过系统开展资源清查、建立完善档案，明晰产权主体、划清权属界线，严格执行通告发布、地籍调查、审核公示等规范流程，为公园自然资源办理了清晰可溯的‘产权户口’。”该局分管负责人表示，标准化、规范化的流程管控，为高质量推进确权登记工作奠定了坚实基础。

科技赋能，构建高效调查体系。项目承担单位邓房测绘有限公司组建20名技术骨干组成专项工作组，分设协调、内业、外业、质检等职能小组，形成分工明确、协同高效的工作格局。项目组综合运用“空



天地”一体化测绘技术，依托无人机倾斜摄影、RTK、GNSS等先进设备，对公园内湿地、水流、植被等核心要素开展高精度数据采集与勘测。同时以最新国土变更调查成果为基础，融合生态保护红线等专项数据，通过实地勘测定界，科学划定登记单元界线，形成自然资源现状图、权属界线图、管制保护关联图等系列成果，构建起统一规范的自然资源地籍调查数据库。

协同联动，确保成果权威准确。邓州市自然资源和规划局牵头统筹，组织林业、水利、生态环境等部门，对登记单元界线、资源类型、现状信息等进行联合审核，有效破解资源类型交叉、权属界线模糊等问题，确保登记成果的现势性、完整性与准确性。项目建立“技术单位自检、市县审核、省级会审、第三方质检”四级质量管控体系，通过内业核验、外业核查、社会公示等多环节把关；对权属争议或模糊信息，采取实地补充调查、资料比对、多方指界协商等方式逐一厘清，最终形成权属清晰、材料完备、

图件规范的标准化成果体系。

明晰权属，划清“四个边界”。此次确权登记全面查清两大公园内水流、湿地、森林等自然资源的数量、质量、分布及权属状况，清晰划定全民所有与集体所有之间、全民所有不同层级政府行使所有权之间、不同集体所有者之间以及不同类型自然资源之间的“四个边界”，明确了各类资源的保护范围与责任主体，为后续自然资源确权监管、生态保护、权益实现及有偿使用提供了坚实产权依据。

此次确权登记不仅摸清邓州市重要自然生态空间的资源本底，更推动全市自然资源管理迈向精细化、法治化方向。“下一步，我们将加快推进确权登记成果与国土空间规划、生态保护红线、自然保护地体系等平台的衔接融合，构建‘产权清晰、管控严格、利用有序’的一体化治理机制，释放自然资源资产综合效益，实现生态保护与区域发展协同共赢。”邓州市自然资源和规划局相关负责人表示。☑（本刊记者 栗荣晓 通讯员 许丹 文枫扬）

2025年河南省地理信息产业20强和最具活力中小企业系列报道

师梦勘测：让测绘赋能城乡发展

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 刘启胜 王苗苗

走进师梦勘测设计集团有限公司（以下简称“师梦勘测”），人们都会被该公司企业文化深深吸引：以“师”为立身之本，秉持专业深耕的匠心与精益求精的态度；以“梦”为腾飞之翼，承载科技创新的追求与产业升级的抱负。

师梦勘测拥有测绘甲级资质、国土空间规划乙级资质、林业调查丙级资质、地灾评估勘察乙级资质、检验检测资质认定（CMA）等20余项资质。近年来，师梦勘测在一次次的攻坚任务中，以智慧攻克技术壁垒，以勇气与高效协同，将一个个艰巨的任务转化为精准的测绘数据成果，赋能河南城乡经济建设。

城市“体检”：搭建精准监测体系

城市“体检”，学名为“城市国土空间监测”。2022年，城市国土空间监测首次在全国开展。师梦勘测承担平顶山鲁山县城市国土空间监测项目，对该县国土空间的现状、变化情况进行全面精准监测，为城市规划实施监督、资源管理提供科学依据。

项目伊始，师梦勘测抽调骨干人员成立项目组，积极学习研讨，推演可能遇到的问题和相应的解决方案，直至确定科学高效的技术路线。

城市国土空间监测项目不是简单的“拍照打卡”，而是对城市空间进行“全面体检”。2022年12月，师梦勘测外业调查组投入生产，他们不畏严寒，穿梭于城区小巷和乡村大道，对每一块土地的使用情况进行详细勘察记录；他们手持专业设备，仔细测量、认真标注，不放过任何一个细节。

此次城市国土空间监测工作，鲁山县城是重中之重，不仅要细致调查商品住房、保障性住房、医院、养老院、中小学等公共服务设施，以及公共交通、自来水厂、污水处理厂等城市要素情况，还要详细测绘记录各类要素的空间位置、范围、面积、数量。



● 师梦勘测设计集团有限公司总经理 莫超越

为保证数据真实准确，师梦勘测拿出了“硬核”措施。在严苛的验收指标基础上，实行“两级检查、一级验收”，要求项目组必须100%完成自查和核查。相关数据要素须全部覆盖全域，若出现问题必须“举一反三”整改到位，确保交出的每一份数据都是“放心数据”。

遇到数据格式多样、难以矢量化等技术难题，技术人员积极查阅资料、请教专家，经过一次次的探索实践，一一化解相关技术难题。2023年，鲁山县城市国土空间监测成果通过省级验收，同时受到市县两级政府的充分肯定。

鲁山县自然资源部门相关负责人介绍，通过城市“体检”，全面真实反映了城区发展健康状况和规划实施效果，及时发现城市空间品质的短板，把监测成果转化成为城市治理的“决策智囊”。与此同时，为优化综合交通网络、提升城市韧性空间、解决群众急难愁盼问题提供数据依据。

城市国土空间监测是一项长期、复杂且重要的工作，每年都要对原有监测要素进行核实，对新增要素

进行补充。“我们将按照鲁山县智慧城市建设目标，让数据‘活’起来，深化监测成果在规划监督、城市体检、智慧平台建设中的应用，完善监测工作机制，搭建城市精准监测体系，为未来智慧城市治理打下坚实基础。”师梦勘测总经理莫超越说。

多测合一：让数据赋能更快捷

“以前，我们的工程建设项目从用地、规划、施工、竣工到不动产登记全流程需要多家测绘资质单位重复测量、重复收费，而且测量工期较长。实行‘多测合一’改革后，大大减少了企业的测绘成本支出，缩短了测绘时间，切实为企业减轻了负担！”近日，河南省郑县某企业负责人表示。

“多测合一”是将工程建设项目在项目审批、施工监督、竣工验收过程中涉及的规划、土地、房产、人防等测量业务进行联合测绘，实现“一把尺子量到底”“一套数据用到底”。

据了解，承担郑县“多测合一”平台建设项目的正是师梦勘测。2024年，在师梦勘测总经理莫超越带领下，技术团队十余人圆满完成郑县“多测合一”项目建设。

项目建设内容包括“多测合一”网上办事大厅（含项目委托、合同备案、成果提交等全流程线上办理）、综合管理模块（测绘机构监管、项目管理）、成果管理模块（数据入库、共享与查询）、移动端小程序（业务流程跟踪、服务评价）、系统安全与接口对接（与“工改系统”等政务平台互联），涵盖工程建设项目全生命周期（用地预审、规划许可、施工许可、竣工验收等阶段），实现“一次委托、联合测绘、成果共享”。

莫超越介绍，项目建设采用GIS地图服务、移动端开发、数据共享接口等前沿技术，实现测绘业务全流程信息化，同时创新了管理模式，支持动态数据编辑与实时进度跟踪，提升管理效率。

与此同时，“多测合一”很好地处理了政府与市场、测绘服务与审批监管业务、服务效能与质量安全等关系，为工程建设项目审批制度改革、自然资源审批监管提供了高效的技术服务。

据了解，通过“多测合一”改革，郑县提高了测绘市场的规范性，规范市场准入与退出机制，减少了很多流程，提高了工作效率。截至目前，郑县工程建设项目审批效率提高25%左右，测绘总工作时间平均

缩短35%，测绘费用减少40%以上，有效降低了时间成本和经济成本。

测绘先行：筑牢地下安全“生命线”

信阳市中心城区排水管网检测修复及改造项目是根据“全域海绵”城市建设要求，为信阳市黑臭水体治理和提质增效实施的一系列水污染治理工程。

2024年4月，师梦勘测接到任务后，迅速组织技术团队，扎实开展工作，确保高质量完成此项任务。项目整体技术采用CCTV检测、声呐检测、管道潜望镜检测（OV检测）、传统方法等方式进行检测，并依据统一标准规范进行管道缺陷评估，确保检测成果质量。

值得关注的是，地下管网测绘是一项集地球物理勘探、工程测量、地理信息技术及计算机辅助设计于一体的综合性技术服务，核心是探明地下管线不可见的空间位置和属性特征，并将其转化为数字化、可视化成果，为城市规划、工程建设、应急抢险及智慧城市管理提供精准的数据支撑。

该项目地下管网环境及地下管线错综复杂，给作业团队增加不少困难。为了查明管线的实际走向和分支情况，技术人员坚持在充满积水和淤泥的井下作业。在狭小的空间内，空气流通不畅，混合着霉味，他们顾不上污水浸透工装、淤泥沾满裤腿，手持仪器和图纸，艰难穿行。每一个节点的确认、每一处分支的标注，他们都精益求精，用脚步丈量城市的地下“生命线”，以“泥人”的形象诠释着测绘人的责任与担当。

2024年底，师梦勘测完成工程建设内容，主要包括清淤检测市政排水渠约583.5千米，混错接改造建设排水管道8744米，开挖及非开挖修复改造排水管道6684米。

凭借精准的数据成果，信阳市中心城区排水管网检测修复及改造项目斩获2025年河南省地理信息产业优秀工程金奖。信阳市城市管理局相关负责人表示：“感谢师梦勘测提供的精准数据成果，社会效益体现在预防城市内涝、保障居民出行安全，减少污水溢流等方面，促进了生态健康与公共卫生；经济效益通过优化运维资金配置，支撑排水系统高效运行与智慧化管理，实现资源节约。”

“未来，师梦勘测将坚持在测绘领域深耕细研，积极探索新兴科技，开拓创新，砥砺前行，为中国式现代化建设河南实践贡献应有的测绘技术力量。”莫超越坚定地说。☑

深耕结硕果 “慧眼” 瞰青海

——“十四五”青海遥感数据共享综述

◎ 康维海 芦常英

“十四五”以来，青海自然资源部门依托青海省地理信息和自然资源综合调查中心及其下属的青海省自然资源遥感中心（高分辨率对地观测系统青海数据与应用中心）的专业技术优势，大力推进航空航天等遥感公共数据统筹获取、开发应用与开放共享，让现代科技“卫星眼”充分释放效能，为青海省自然资源保护利用和全省经济社会高质量发展，提供了全方位、高质量的数据支撑，已形成面向全省的多源遥感数据共享服务能力。

早在2019年，青海省自然资源厅便主动作为，联合多部门印发《青海省航空航天遥感数据开放共享的相关管理实施办法》（以下简称《办法》）。五年来，青海省自然资源遥感中心勇担重任、乘势而上，以务实举措全力推进全省航空航天遥感数据开放共享，用显著成效交上了一份优异的数据共享“成绩单”。

织密遥感数据共享网，赋能多元应用

自2019年青海省自然资源厅整合组建青海省自然资源遥感中心以来，该中心便扛起全省航空航天遥感数据开放共享的重任。从强化项目立项入手，有效补足了亚米级数据获取短板，形成“公益卫星为主，商业卫星为辅”的航天遥感数据获取能力，为全省遥感数据共享筑牢坚实基础。

“遥感中心现已具备特定影像的更新与覆盖能力。尤其是‘十四五’以来，全省2米级影像的月度更新、1米级影像的年度更新以及针对重点监测区域的0.5米级商业影像年度覆盖，数据质量好且应用价值高。”青海省自然资源遥感中心主任马旭燕介绍，截至2025年，中心可获取的公益、商业卫星数量多达34颗。通过多年连续且常态化获取全省航天、航空影像数据，中心累积接收并管理全省遥感影像数据达19万余景，成功打造全省多类型、长时序遥感影像数据库，形成了面向全省的多源遥感数据共享服务能力。

在此基础上，青海省自然资源遥感中心全力推进遥感数据共享共用，以精准数据保障驱动多行业应用。

据统计，五年来，中心已累计为省青海自然资源厅系统、省内其他行业单位、高校科研机构、企业等190家单位，提供遥感影像数据9万余景，覆盖面积7213.63万平方千米，累计为全省节约财政资金超亿元。

在服务政府履职方面，遥感数据化身科学决策的“智慧大脑”，为自然资源监管提供硬核支撑。中心连续五年依托遥感技术，累计提取、移交全省土地、矿产疑似违法线索近万条，倒逼违法问题整改，守护耕地红线与矿产资源；利用高清影像细致核查全省用地项目报批情况，提升用地报批效率；结合最新航天遥感数据与无人机跟踪航摄技术，开展城乡建设用地增减挂钩项目立项真实性和拆旧复垦核实，助力自然资源用途管制与节约集约利用；开展重点地区地质灾害隐患早期遥感识别监测，为灾害预警与防治提供参考。

立足青海独特省情，遥感数据深度融入行业监测应用。在该中心共享的高分遥感数据支持下，青海省气象科学研究所强化卫星遥感技术在农业气象服务领域的应用，以诺木洪气象站为核心，建立枸杞遥感监测体系，获取枸杞生长状况和面积分布信息，为枸杞种植户提供及时、准确的气象信息服务。省农牧厅联合相关单位连续多年开展全省农作物种植变化率、规模化设施农业占地面积、草原植被长势及草畜平衡等遥感监测工作，提升青海农牧业遥感监测服务能力。

面向企业与公众需求，该中心着力打造多元数据服务矩阵。近年来，中心全力支撑“天地图·青海”影像数据更新工作，实现全省2米遥感影像数据年度更新，0.5米遥感影像45个县驻地城区年度更新。为满足政务部门应急决策、指挥调度、规划部署、重大活动等工作需要，中心快速响应，利用高分2米分辨率、1米分辨率影像数据开展应急遥感影像图编制及政务用图编制工作，满足不同用户、不同场景的用图需求。

科技赋能，让数据服务“一键升级”

高效履行数据共享使命的背后，是青海省自然资源遥感中心为提升核心能力付出的不懈努力。

“十四五”期间，为实现优质高效的遥感数据共享服务目标，该中心汇聚专业力量，组建起一支专业能力精湛的高素质团队。同时，中心积极推动技术创新，深度优化生产模式，经过持续攻坚，逐步构建起一套兼具专业化、标准化的航天遥感数据生产体系。

2024年初，“高分遥感一站式综合服务系统”成功建成并投入运行。该系统的应用，推动遥感影像数据生产模式实现重大转变——从传统人工分步式操作全面转向全自动一体化处理，生产效率显著提升。

“我们还打造了影像数据即时处理、按需服务的保障模式，能够满足各类动态监测任务的个性化需求。”马旭燕介绍道。

在扎实推进影像数据产品共享服务工作的同时，该中心多渠道筹措资金，引进AI智能解译平台，通过解译模型的优化训练，形成人机协同的遥感监测信息提取能力，推动变化图斑提取工作从“人工地毯式”排查向“智能精准式”识别跨越，也让共享服务从单纯的影像数据服务，向提供高级产品、监测信息延伸。

目前，这些智能化监测产品已在国土变更调查、自然资源执法督查、耕地“非农化”监测、乱占耕地监测、生态修复工程跟踪监测等方面得到大量应用。

如今，遥感技术凭借独特优势与强大功能，已然成为推动各类政策措施切实落地生效的关键力量，在保障自然资源合理利用与生态环境可持续发展等方面发挥着不可或缺的作用，为“十四五”相关发展目标落地见效注入强劲的科技动能。

贴心服务“闭环”打造超满意体验

秉持着提升数据共享服务质量与实效的目标，青海省自然资源遥感中心历经多年探索，成功构建起一套完备的“闭环服务”机制，涵盖了从需求征集、精准响应、按需获取、共享服务直至年度交流反馈等多个关键环节，各环节紧密相连、协同配合，形成了一个高效有序的服务链条。

自2020年起，青海省自然资源厅每年年初都会发布全省多源遥感数据需求征集通知，并组织召开需求对接专题会议。这一举措得到了各行业的高度重视与积极响应，每年参与反馈数据需求的行业单位数量超过20家，且数据需求量逐年增长。

“以2024年为例，提出数据需求的单位多达26家，相应的数据需求面积更是累计突破3900万平方千米，

充分彰显出各行业对遥感数据的强劲需求。”青海省自然资源遥感中心技术部主任辛兵厂介绍。

立足已建立的“闭环服务”机制，该中心探索形成一套科学高效的需求响应方案，不仅能够确保数据覆盖范围全面，又能在满足各行业共性需求的基础上，充分兼顾个性需求差异。

得益于这一创新响应办法，近年来全省2米级影像数据需求满足率近乎达到100%，亚米级及高频次影像数据需求满足率也超过50%，整体服务满意度维持在95%以上的高位。

与此同时，为搭建一个跨行业、跨领域的学习交流交流平台，该中心连续三年举办高分遥感数据共享技术交流年会。全省环保、水利、交通、农牧、国家公园等20多个行业以及单位的专业人士齐聚一堂，积极分享实践经验、交流前沿观点，有力推动了多源遥感数据在全省各行业的深度应用与广泛推广，促进了不同行业间的数据共享经验交流与融合发展。

线上线下齐发力，跑出数据共享“加速度”

提升数据共享效能，关键在于打通渠道、畅通流转。

面对传统线下“拷贝式”数据共享方式难以适配高效应用需求的现状，2021年，青海省自然资源遥感中心搭建的青海省高分应用综合信息服务平台正式投入使用。该平台集成多源遥感数据入库管理、线上查询、申请下载等多项核心功能，成功实现原始卫星影像数据的线上共享服务。

目前，该平台注册用户数量突破50家，覆盖全省10余个行业领域，累计完成线上审批、分发数据达100余批次，切实发挥了在数据共享方面的积极作用。

该中心持续强化数据安全管控，严格遵循涉密测绘成果审批流程，采取审慎的“线上查询”“线下申领”方式，为青海省自然资源厅系统、省内其他行业单位、高校科研机构提供高精度遥感影像数据成果达519批次，确保涉密数据在安全合规的前提下实现有效共享。

展望未来，青海省自然资源遥感中心将继续落实自然资源部《自然资源卫星遥感应用能力三年行动计划（2024—2027年）》，统筹规划发展蓝图，持续加强核心技术、产品、标准的研发与推广，不断拓展卫星遥感数据共享领域和应用场景，通过做强做优全省航空航天遥感数据统筹共享，以更高水平赋能千行百业，为青海省高质量发展注入源源不断的数据动能。☑（作者单位：青海省自然资源厅）

遥测一体： 发展可全域更新感知的测绘生产力

◎ 黄先锋 张志华 何华贵

随着我国城市化进程持续深化，基础设施建设日趋完善，增量建设速度逐步放缓。与此同时，城市人口快速增长、空间结构愈发复杂，城市管理和社会治理领域对高精度空间数据的需求日益迫切。在此背景下，测绘服务需求正从传统工程建设领域向社会治理、智慧城市等新型应用场景拓展。

传统测绘以测量和绘图为核心，主要服务于工程建设环节，例如为房屋建设、桥梁道路等提供基准数据支撑。我国早期测绘体系及技术规则借鉴了西方相关标准和经验，逐步发展形成测绘科学与技术一级学科。近年来，新型测绘技术和装备快速发展，SLAM扫描仪、倾斜摄影等智能化测绘仪器和处理工具不断涌现，为城市更新、工程测绘、数字孪生等场景提供了高效精准的技术支撑，推动测绘服务全面走向市场化。

然而，当前测绘产品与生产体系的变革速度，已滞后于需求端的转变，亟须提速升级。业界呼吁，应加快推动测绘生产体系与技术创新和需求变化同频共振，从而更好地支撑经济社会高质量发展。

破解“数据滞后”困局

在精度和现势性间找到平衡支点

随着测绘服务需求的深刻改变，测绘体系变革正面临精度与现势性的平衡课题。

测绘学科及测绘生产过程始终以精度为核心构建，其理论基础源于误差分布和传播理论——在建筑、工程等传统应用场景中，数据不精确将直接引发施工风险，且修正成本极高。因此，测绘成果标准、生产工艺标准和体系均以满足特定精度标准为前提进行构建。

事实上，测绘成果的可信不仅体现在几何数据的准确性，还需要考虑与现势的吻合度。尤其在新型应用场景中，对于数据现势性的需求远超几何精度。一年一次甚至三年一次的传统成果更新模式，已难以适配实际需求：不仅投入成本高昂，还因数据滞后导致

政府部门满意度偏低。某一线城市调研显示，尽管市级层面已建设全市域实景三维数据，但区级政府仍使用自建数据，缘由是市级更新速度跟不上实际需求。

现势性不足，导致测绘数据未能充分发挥应有价值。当前，随着测绘服务需求转向，数据现势性已经成为测绘成果的核心要素，亟须在产品设计与生产环节重点考量。这并非否定精度的重要性，而是根据需求变化，在精度和现势性之间找到合适的平衡点，让测绘数据更好支撑相关工作开展。

避免标准“一刀切”+ 流程碎片化

测绘生产体系亟待适配新需求

我国现行测绘标准和体系历经数十年发展完善，已形成相对完整的架构，是我国测绘事业自主独立发展的重要成果。但这一体系在设计时对数据现势性需求考量不足，既缺乏精度与时效的平衡机制，也未能充分适配不同应用场景的差异化需求。以倾斜摄影实景三维生产为例，自动化建模效率已实现大幅提升，但数据质检仍沿用传统测绘标准对精度进行核查，并未区分成果是用于城市管理，还是基于倾斜数据生成建筑物线划图。这种“一刀切”或标准不细化的模式，不仅推高了生产成本，也拉长了整体生产周期。

与此同时，生产组织模式的割裂也进一步降低数据产出效率。当前，测绘生产普遍分为外业、内业、质检、入库、服务等环节，分别由测绘院、质检站、地信中心等多个部门负责。这种架构虽旨在实现专业化分工与过程控制制衡，但造成流程衔接低效，整体生产周期常达数月乃至一年。

尽管部分技术实力较强的测绘单位已尝试创新模式，通过“边生产、边质检、边服务”提升效率，但此类改进仍以传统产品体系为主要生产内容，大量数据难以通过AI和自动化技术实现规模化生产。

总体来看，现有测绘生产组织模式更侧重保障数

据精准度，对现势性的考量不足，已难以完全满足当前生产力发展的需要。

锚定低空感知 测绘行业应突围低空经济新赛道

当前低空经济加速推进、快速布局，但行业格局尚未完全清晰。这一新兴领域既为测绘行业带来新需求，也带来潜在冲击与挑战：一方面，低空经济对高频次更新的实景三维底图需求迫切；另一方面，大量无人机机巢的铺设，也对传统测绘行业形成一定冲击。

城市巡查、城市数据采集曾是测绘部门深度参与城市治理的重要途径和抓手，如今正发生变化：其他部门主导建设的相关系统，融入 AI 感知能力后，可直接开展城市兴趣目标巡查，无需依托测绘院、遥感院等专业机构；同时，搭载高分辨率相机低空无人机，能快速获取兴趣区域图像、构建实景三维模型，并直接接入大数据局的平台，为城市管理提供服务。

业内认为，无人机机巢作为城市新型基础设施，是低空遥感的感知端，蕴含着重要的行业机遇。在城市基础设施建设放缓背景下，若测绘部门未能主动参与这一系统建设，不仅将失去城市感知与三维底图更新的核心抓手，还可能面临更大发展压力。因此，测绘部门需积极寻求突破，力争进入城市低空建设核心领域，掌握低空无人机机巢、无人机控制、数据接入等关键资源，确保在城市底图更新、低空遥感服务等领域的核心能力和话语权。

遥测一体 构建数据鲜活“一张图”

面对上述挑战，测绘行业的未来出路在于构建遥测一体产品与服务体系。在不增加现有测绘成本投入的前提下，通过技术、标准、组织三大体系的系统性改造，打造一个能够实现月度城市三维底座自动更新的服务体系，以数据的鲜活性破解发展难题。

这一转型将彻底改变传统以人力为核心的生产模式，强化 AI 技术在数据处理中的应用，构建新型测绘生产组织体系：以卫星、无人机机巢为感知端，以自动化数据处理体系为核心，打通“处理—服务”一体化链路，真正构建数据鲜活的全国“一张图”。该体系将形成“变化感知—半自动采集—高度自动化处理—半自动质检—自动数据服务”的全流程能力，确保数据的时效性：三四线以下城市数据 1 月以内更新，一二线城市区级 1 月以内更新、全域 2 月以内更新。

为达成这一目标，测绘行业须推进四项重点工作：

一是梳理测绘产品和作业体系，精简传统标准体系中应用价值偏低的产品和要素，进一步优化实景三维相关测绘成果要求和工艺。二是构建“卫星+低空无人机”全覆盖的遥感—测绘一体化感知网，卫星覆盖城市周边，无人机覆盖城市建成区，建立体系相对统一和能满足新型测绘成果需求的数据感知标准和感知能力。三是打造高度智能化数据处理系统，涵盖变化自动发现、数据采集、数据回传、自动处理、内容感知和服务等功能，构建广域控制网用于自动像控点和更新，划分非规则的城市更新网格，以城市更新网格为单元构建城市更新框架，减少人力投入和野外作业，实现自动化数据处理与分发。四是培育低空测绘与低空遥感一体化能力，构建适配测绘数据生产更新、城市立体感知需求的硬件基础设施和软件系统，推动行业跳出传统业务藩篱，从以数据生产为核心业务，转向以低空测绘遥感能力渗透政府多部门业务，成为城市治理核心技术的提供者。

目前，多地测绘单位已率先布局相关体系建设：山东省自然资源厅联合省测绘院推进体系规划，甘肃省测绘处和工程院在全省构建点状低空感知系统并逐步深化，福州市勘察院打造全市统一的低空感知与三维建模体系，青岛勘察院推动新一代的测绘感知一体化体系建设，武汉市测绘院、广州市城市规划勘测设计研究院等已启动相关布局。

强调测绘成果的时效性，并非否定精度的核心价值——缺乏精度保障的成果既不能称之为测绘产品，更无市场竞争力，精度始终是测绘成果可用性的重要基石。但是，若一味侧重精确性而忽视时效性的提升，则会逐渐限制测绘事业的发展空间。面对经济社会发展对测绘服务的新需求，测绘行业应根据实际需求适当保障精度的基础上，着力提升成果的现势性。

随着人工智能技术快速发展和国家“十五五”规划的推进，测绘行业转型升级已迫在眉睫，变革方向是从精确测绘图的提供者，转变为高度现势性基础空间信息的提供者。当前，我国的国情和发展水平决定了测绘行业必须走出一条立足自身需求的独特发展道路，无现成西方经验可借鉴。这要求测绘从业者从底层重构思路入手，以更大胆的改革创新举措破解发展难题。同时，国家高质量发展趋势对测绘行业提出更高要求：必须打破传统思维束缚，解放生产力，构建适合当下及未来需求的测绘产品、生产与服务体系。

☑（摘编自《中国自然资源报》2025 年 12 月 9 日第 7 版）

基于无人船多波束测深系统的水库水下地形测绘应用研究

葛晓春

(浙江浙能嘉兴海上风力发电有限公司, 浙江 嘉兴 314000)

摘要: 为提升大面积水库水下地形测绘效率, 利用灵活性较强的无人船多波束测深系统进行水下地形测绘作业。以某中型水库为研究对象, 采用华微4号Pro无人船搭载HQ-400多波束测深系统进行水深数据采集, 通过对原始水深观测值进行滤波去噪、声速校正、姿态校正等处理, 构建不规则三角网, 生成水下地形数字高程模型(DEM)成果; 利用检核测线对水深观测数据成果内符合、外符合精度进行分析评定, 验证了水深观测成果精度较高, 满足水库水下地形测绘生产使用要求。

关键词: 无人船; 多波束测深系统; 水深观测; 水下地形测绘

1 引言

水库作为水资源调控、防洪减灾、水力发电及生态环境保护的重要基础设施, 在经济社会发展中占据举足轻重的位置。随着水库运行年限的增长, 泥沙淤积、岸坡坍塌等问题逐渐凸显, 一方面会影响水库蓄水能力、发电效率及防洪安全, 另一方面还对周边生态环境及下游居民安全产生威胁^[1], 因此需定期进行水下地形测绘, 准确掌握水库水下地形信息, 为水库运行管理、淤积治理和防洪调度提供科学依据。传统水下地形测绘主要通过在行驶船上搭载单波束测深设备采集水深数据, 虽可满足一般水下地形测绘的精度要求, 但单波束单次测量仅能获取单点水深数据, 作业效率低, 难以实现大范围水域的快速全覆盖测绘^[2], 且受限于水库复杂地理环境, 人员驾驶船只进行测绘作业时容易存在测量盲区, 难以实现水库全域高精度测绘。

随着现代化新型测绘技术的快速发展, 以无人船为载体的多波束测深系统应运而生, 在水下地形测绘领域展现出巨大的应用潜力。多波束测深技术通过发射宽幅声呐波束, 可同时获取数百至数千个测深点数据, 形成高密度、全覆盖的水深矩阵, 精准还原水下地形的细微起伏变化, 有效提升水下地形测绘效率及精度^[3]; 无人船平台具备自主避障、远程操控、全天候作业能力, 能克服复杂环境限制, 深入传统船只难以抵达的复杂水域, 弥补有人船作业灵活性差、覆盖面不足等缺陷。以某中型水库为研究对象, 以无人船

为载体搭载多波束测深系统, 开展水下地形精细化测绘作业, 探索无人船多波束测深技术在复杂水库环境的应用效果, 验证其高精度、高效率水下地形测绘能力。

2 无人船多波束测深系统

无人船多波束测深系统主要分为无人船平台及多波束测深设备两部分, 其中无人船平台负责搭载和稳定测深设备, 具备自主导航、避障等功能, 无人船测量系统整体架构如图1所示; 多波束测深设备通过发射和接收声波信号, 获取水下地形信息, 两者协同工作可有效满足水库复杂水域环境的测绘需求。

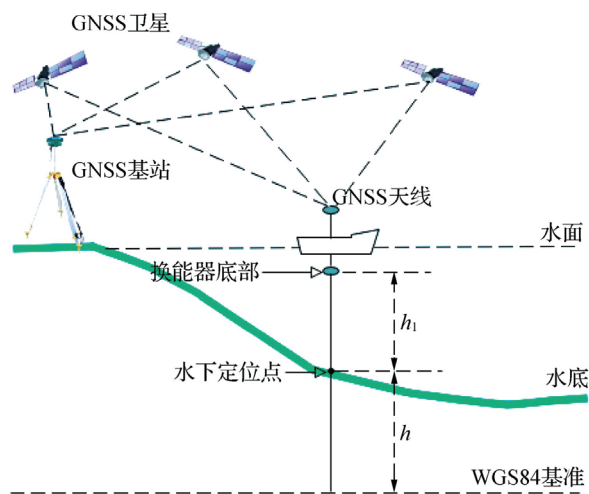


图1 无人船测量系统

2.1 无人船平台

无人船作为近年来新兴的一种高效、精确的测绘工具, 具备良好的机动性和稳定性, 能在复杂水域灵

作者简介: 葛晓春(1982—), 男, 汉族, 硕士, 工程师, 主要研究方向为海上风电建设等领域。

活作业，为水下地形测绘提供便捷高效的硬件支持。无人船测量平台主要包括船体、动力系统、导航与控制模块、载荷接口等，集成自主导航与避障、高精度姿态控制、多传感器时间同步等技术^[4]，为水下地形探测提供可靠硬件支持。无人船测量系统通过搭载高精度 GNSS 卫星天线，实现厘米级定位精度，结合 IMU 惯性测量单元，确保船体姿态稳定，数据采集精准无误；辅以 4G/5G 双模通信与北斗短报文备份链路，实现无人船远程操控与实时数据传输，支持操作人员的安全距离实时监控和调整测绘过程。

2.2 多波束测深系统

多波束测深仪是获取水下地形数据的核心传感器，通过换能器阵列向水下发射扇面形声呐波束，声波经水底反射后被接收阵列捕获，基于声波传播时间与声速计算测点水深，进而生成高分辨率的水深数据网格，精确描绘水下地形信息。

2.2.1 基本原理

多波束测深系统基于声波在水中的传播特性实现水深测量，通过换能器阵列向水下发射宽幅扇面形声束，声波以纵波形式传播至水底后反射回接收阵列，记录声波往返时间，并结合声速剖面数据计算各测点的水深值，生成高密度水深数据网格^[5]。与单波束测深系统相比，多波束测深系统覆盖范围广、数据密度高，同时发射和接收多个波束，单次发射可同时获取数百至数千个测深点，形成与航线垂直的水深剖面带，有效提升测绘效率和精度，适用于大范围水下地形快速扫描测量作业。

2.2.2 水深数据采集及处理

水深测量作业前，需对多波束换能器进行姿态偏移标定，通过静态悬挂法测量换能器坐标系与船体坐标系的偏差，标定误差需控制在 $\pm 0.1^\circ$ ，避免安装偏差导致系统性测深误差；依据水库实地勘察结果及历史水深观测成果规划航线，依据不同水深区域采用分区动态规划策略设计测线，同时避开已知障碍物，并预留 10% 应急测线用于补测^[6]。在静水区开展试测，记录换能器吃水、船体姿态零漂初始状态参数，分析回波信号强度，调整发射功率和脉冲重复频率，按预设航线自主航行，实时监控测深数据质量。

无人船依据预设航线进行航行作业，换能器连续发射扇形声波，接收反射信号，实时记录水深数据。假设第 i 个波束的往返时间为 Δt_i ，由于声波在水中的传播速度受温度、盐度、深度等因素影响，需通过声

速剖面仪 (SVPT) 实时测量校准，换能器至水底的距离值 L_i 计算过程如下：

$$L_i = \frac{1}{2} c(T, S, P) \Delta t_i \quad (1)$$

公式 (1) 中， $c(T, S, P)$ 为经水温 T 、盐度 S 、压力 P 实时校正的水体声速。

通过实时获取的水深观测数据，结合无人船搭载的 GNSS 定位模块，实时获取船体高精度三维坐标， $(x_{\text{船}}, y_{\text{船}}, z_{\text{船}})$ 将每个测深点匹配至统一坐标系，构建覆盖全域的高密度水深点云矩阵，实现水库水下地形高精度建模。由于水下测量环境复杂，多波束测深系统获取的水深原始观测数据需进行数据去噪、动态校正等处理^[7]，主要包括以下内容：

(1) 数据预处理。采用 3σ 准则过滤异常值，剔除超出均值 ± 3 倍标准差的水深观测数据，并通过线性插值将不同设备采样数据进行时间对齐，确保时空匹配。

(2) 姿态校正。船体横摇 α 、纵摇 β 、航向偏差 γ 会导致波束入射角 θ 发生偏移，需通过空间几何关系将 L_i 转换为垂直水深 h_i ，公式如下：

$$h_i = L_i \cdot \cos \theta + \Delta h_{\text{姿态}} \quad (2)$$

公式 (2) 中，姿态修正量 $\Delta h_{\text{姿态}}$ 由横摇 ($\Delta h_{\alpha} = h \cdot \tan \alpha \cdot \sin \theta$)、纵摇 ($\Delta h_{\beta} = h \cdot \tan \beta \cdot \cos \theta$) 及航向偏差综合计算得出。

(3) 声速校正。水下声速传播速度与水温、盐度、压力等因素相关，一般采用 Chen-Millero 公式计算水下声速，如公式 (3) 所示，经声速校正处理后水深值如公式 (4) 所示，其中， c_i 、 c_0 分别为实际声速及初始假设声速。

$$c = 1449.2 + 4.6T - 0.055T^2 + 0.00029T^3 + (1.34 - 0.017T)(S - 35) + 0.016P \quad (3)$$

$$h_i' = h_i \frac{c_i}{c_0} \quad (4)$$

(4) 其他校正。无人船多波束测深系统测量作业时需对船体吃水情况进行校正处理，同时利用坝体水位计实时获取水面高程，将测深数据转换至绝对高程。

2.3 水下地形构建

以校正处理后的高质量水深观测密集点云数据为基础，连接离散水深点构建不规则三角网 (TIN)，通过 Delaunay 三角剖分算法优化网格结构，逐点插入算法构建初始 TIN，确保每个三角形外接圆不包含其他点，避免狭长三角形导致地形失真；针对深水区与浅水区地形梯度差异大的特点，动态调整 TIN 三角形密度，在深水区地形平缓区域，三角形边长可适当加长，

但地形复杂区域需加密处理，平衡计算效率与地形精度，确保每平方米不得少于一个有效水深点，以保证地形重构的连续性与可靠性。结合多波束反射强度属性数据信息，识别水下地形特征线，强制 TIN 沿特征线剖分，增强模型对复杂地形的表现力；对测区边缘或障碍物阴影区数据缺失部分，通过相邻三角形插值方法扩展填补空洞，精确划定水库水陆边界，确保模型范围准确闭合，实现高精度水下地形模型构建。

为满足地形可视化、数值模拟及空间分析需求，采用反距离加权插值（IDW）方法将 TIN 模型插值为规则格网数字高程模型（DEM），通过格网初始化、权重分配、高程插值、边界空洞处理等，构建高质量水下地形 DEM 成果，为后续水库安全评估、生态保护及资源开发提供可靠数据支撑。

3 项目应用分析

3.1 水库概况

选取长江中下游支流流域某中型水库为研究对象，该水库是一座以防洪为主，兼顾灌溉、城镇供水及生态调节的综合水利工程，控制流域面积约 203km²，总库容 1.21 亿 m³。水库坝体为混凝土重力坝，最大坝高 38m，坝长 420m，库区地形呈狭长形，南北长约 8.5km，库区内有 3 处主要支流汇入，河口区域因泥沙沉积形成扇形浅滩，水深普遍小于 5m；坝前区域为深水区，最大水深 45m，地形陡峭；库尾段受上游来沙影响，年均淤积厚度约 0.3m，已形成长约 1.2km 的淤积体。近年来，水库库尾泥沙淤积导致有效库容逐年减少，灌溉供水能力下降，同时坝前右岸岸坡出现局部坍塌迹象，对坝体安全构成潜在威胁，急需高精度水下地形数据支撑淤积量核算、清淤规划及岸坡稳定性评估。

3.2 水下地形测绘

在收集整理水库已有数据资料基础上，采用无人船多波束测深系统进行水下地形全覆盖测量，测图比例为 1:2000，总体技术流程如图 2 所示。

3.2.1 设备选型

为提高水库水下地形测绘效率，以华微 4 号 Pro 无人船为载体，搭载 HQ-400 多波束测深系统，对水库水下地形进行测绘作业。船体尺寸为 1200mm×750mm×400mm，体积较小，机动灵活，适合在狭窄水域和复杂地形作业；HQ-400 多波束测深系统测深为 0.1~300m，测量精度为 ±10mm，具有高精度、高效率特点，可快速采集大面积水域水下地形数据。

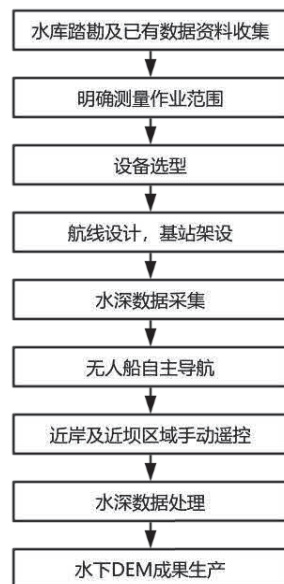


图2 水下地形测绘技术流程

3.2.2 航线设计

结合水库地形特征，采用分区动态加密策略布设无人船航线，如下所示：

(1) 主库区（水深 10~45m）：采用平行测线布设，测线方向与水流方向一致，间距 40m，确保相邻测线重叠率 ≥ 25%，总测线长度 72km；

(2) 支流入口区（水深 1~10m）：因水域狭窄且浅滩密布，采用“之”字形穿梭测线，测线间距缩减至 15m，重点覆盖河口三角洲区域，测线总长 48km；

(3) 坝前重点区（水深 30~45m）：针对岸坡坍塌隐患区域，布设环形加密测线，核心区测线间距 10m，形成 3 层同心圆测网，保障水深观测点云密度。

3.2.3 数据采集及处理

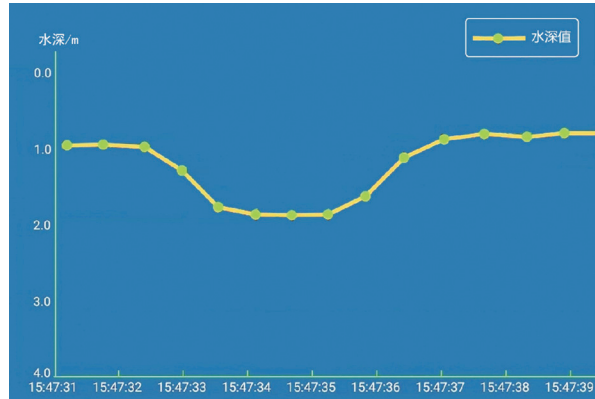
在水库空旷稳固地表架设 GNSS 基站，为无人船提供控制基准。作业参数设置及设备校准完成后，无人船按照预设航线自动航行，岸基控制终端实时监控船体姿态、测深数据质量、电池电量等信息，同步采集声速剖面数据及水库水位变化信息。为确保水库水下地形完整覆盖，在靠近库岸、坝体等区域采用手动操控无人船进行精细补测，重点核查疑似坍塌区，准确获取水下地形完整特征信息。无人船数据采集及水深数据动态展示如图 3 所示。

外业数据采集完成后，采用 Auto Planner 和 Hydro Surver 软件处理内业数据，通过数据预处理剔除卫星定位浮点解、差分解，并过滤水深观测粗差，依次进行声速校正、姿态校正、水位改正、吃水改正等。基于清洗后的水深数据构建 TIN 模型，再通过 IDW 方

法构建水下地形 DEM 数据成果, 如图 4 所示。



(a) 数据采集



(b) 水深取样

图3 外业水深数据采集

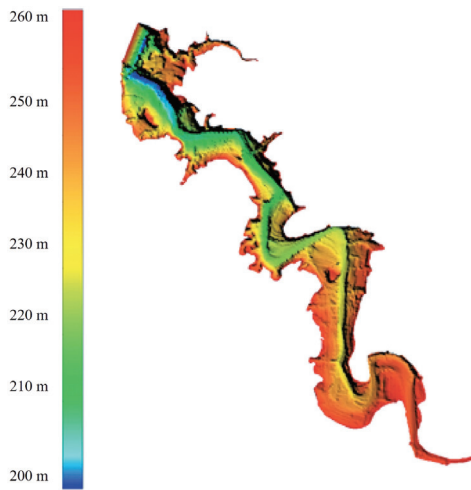


图4 水库水下DEM数据成果

3.3 精度评定

为验证无人船多波束测深系统水下地形测绘成果的准确性, 在已知水深区域布设 4 条检核测线, 与主测深线垂直, 利用公式 (5) 和 (6) 计算水深观测数据内符合、外符合精度, 统计结果如表 1 和表 2 所示。分析可知, 研究获取的水深数据内符合、外符合精度均优于 $\pm 10\text{cm}$, 精度较高, 整体误差分布较为均匀, 验证了无人船测深系统的可靠性和高精度。

$$m_{\text{内}} = \sqrt{\frac{[\Delta^1 \Delta^1]}{n-1}} \quad (5)$$

$$m_{\text{外}} = \frac{\sqrt{[\Delta \Delta]}}{n} \quad (6)$$

公式 (5) 中, Δ^1 为观测值与其最大似然估值较差, Δ 为观测值与真值较差, n 为检核点数量。

表1 水深检核测线观测成果精度评定

水深检核测线	检核点数量/个	内符合精度/cm	外符合精度/cm
1 [#]	480	± 3.8	± 4.7
2 [#]	460	± 2.6	± 3.9
3 [#]	460	± 4.4	± 5.8
4 [#]	480	± 5.3	± 7.1

表2 相邻测线重叠区域水深观测成果精度评定

相邻水深检核测线	检核点数量/个	内符合精度/cm
1 [#] ~2 [#]	120	± 5.6
2 [#] ~3 [#]	120	± 7.3
3 [#] ~4 [#]	120	± 5.9

4 结束语

为提高水库大面积水域水下地形测绘效率, 研究采用无人船多波束测深系统进行水下地形测绘, 通过分析无人船多波束测深系统的技术特征、作业原理及数据处理流程, 以某中型水库为研究对象, 采用华微 4 号 Pro 无人船搭载 HQ-400 多波束测深系统采集水深数据, 通过声速校正、姿态校正等多重数据处理, 提高水深数据质量, 构建 TIN 模型及水下地形 DEM 数据成果, 同时利用检核测线验证了水深观测数据内符合、外符合精度相对较高, 实现水下地形的精细化还原, 为微地形分析与水库综合运行管理提供了数据基础。

参考文献

- [1] 周海春, 金裕平. 基于单波束条带测深仪的大中型水库水下地形图测绘方法[J]. 北京测绘, 2024, 38(10): 1498-1503.
- [2] 陈景涛, 孙文亮, 程彬, 等. 线状狭长区域水下地形测量中高程转换问题探讨[J]. 地理空间信息, 2025, 23(3): 106-108, 117.
- [3] 江勇, 陈丽娜, 陈梁, 等. 无人测量船河道断面测绘技术研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2023, 46(5): 209-212.
- [4] 侍恒, 曾贺, 苏磊, 等. 基于区域生长法的无人机和无人船一体化测绘技术研究[J]. 人民黄河, 2024, 46(11): 137-141, 148.
- [5] 顾洁. 智能无人船在水下地形测量中的应用——以中海达 iBoat BS3 智能无人船龙子湖水下地形测量为例[J]. 经纬天地, 2025(1): 65-67.
- [6] 王超起. 多波束测深系统在水下地形测量中的研究与应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2025, 48(S1): 187-188, 191.
- [7] 申建华. 无人船测深系统在线性工程水下测量中的应用[J]. 城市勘测, 2024(3): 134-137.

基于RSEI的城市生态质量时空变化及驱动因素分析

李亚琼 阚俊峰

(河南省遥感院, 河南 郑州 450003)

摘要: 为解决高速城市化带来的诸多生态环境问题, 研究利用遥感技术监测豫西某市生态环境和变化因素, 利用遥感生态指数(RSEI)对2000~2020年研究区生态质量进行量化反演, 通过地理探测器和地理加权回归分析驱动因素。结果表明, 2000~2020年研究区遥感生态指数呈现先升后降趋势, 具有明显的空间自相关性; 引起RSEI空间差异的主要驱动因子为海拔($q=0.48\sim 0.63$)、坡度($q=0.42\sim 0.59$)和GDP($q=0.3\sim 0.42$), 且各因子的驱动作用和作用范围随时间而发生变化。

关键词: 遥感生态指数; 空间自相关; 驱动力分析; 时空变化

1 引言

人口密集、经济发达的城市核心区, 其生态格局演变不仅影响陆地生态系统功能, 更与人类的生存与发展密切相关^[1,2]。近年来, 我国经历了高速城市化进程, 引发了栖息地退化、城市热岛效应加剧、内涝灾害频发、城市生物多样性锐减等一系列生态环境问题。要想改善生态环境质量、实现城市可持续发展, 首先需要客观评价城市生态环境质量, 精准识别影响生态环境质量的关键因素^[3]。遥感技术凭借速度快、实时、大尺度监测等优势, 已在生态环境领域得到广泛应用^[4]。由遥感卫星数据反演得到的归一化植被指数(NDVI)、叶面积指数(LAI)、增强植被指数(EVI)、地表温度(LST)、温度植被干旱指数(TVDI)及归一化水分差指数(NDMI)等, 可作为区域生态环境评价的常规指标^[5-8]。然而, 影响生态环境变化的因素复杂多样, 仅依靠单一指标开展评价缺陷十分明显。

研究基于GEE云平台处理遥感影像数据, 确定研究区的遥感生态指数(RSEI), 并引入地理探测器模型, 通过因子检测和交互作用检测, 分析RSEI空间发散原因。在此基础上, 使用地理加权回归模型分析每个因素的驱动作用及其范围^[9]。该方法通过遥感数据监测城市生态环境, 结合空间分析方法确定驱动因素范围, 实现RSEI空间分异原因的全面解析, 可为城市可持续发展提供科学的决策依据^[10]。

2 数据与方法

研究基于Google Earth Engine(GEE)遥感大数据云平台的强大算力, 获取1984年至2023年间覆盖

研究区的Landsat5 TM及Landsat8 OLI/TIRS系列影像数据集。针对多源异构数据, 采用以下预处理策略提升数据质量与精度:

云量控制: 选取云量 $\leq 10\%$ 的影像, 优先使用无云或少云数据;

时间窗口: 选取每年4~10月植被生长季影像, 避免非生长季低估NDVI等指标;

合成策略: 采用中值合成法生成年度无云影像, 降低单景影像噪声干扰;

掩膜处理: 利用归一化差异水体指数(MNDWI)掩膜剔除水体, 避免对湿度、热度和干度指标造成影响。

选取2000年、2005年、2010年、2015年和2020年5个时段, 生成30m分辨率的RSEI, 通过转移矩阵分析生态指数时空变化过程, 基于RSEI计算结果评价研究区主要都市圈环境质量; 利用地理探测器分析各要素对RSEI变化的驱动能力, 结合地理加权回归模型探究各要素在时空维度对RSEI的影响。

2.1 研究区域

研究区位于我国河南省西部, 具体位置介于 $33^{\circ} 31' 24'' \sim 35^{\circ} 05' 48''$ N、 $110^{\circ} 21' 42'' \sim 112^{\circ} 01' 24''$ E之间, 地处豫晋陕三省交界, 是连接中原经济区与关中平原城市群的重要枢纽, 具体位置如图1所示。中心城区面积约 61.2km^2 , 地貌以山地、丘陵和黄土塬为主, 属暖温带大陆性季风气候, 年平均气温 13.7°C , 年平均降水量 584.9mm , 年平均日照时数 2055.4h ; 2023年总人口230.85万, 城镇化率 57.70% , 人口密度较低, 土地开发强度适中, 具备良好的生态承载力和可持续发展潜力。

作者简介: 李亚琼(1990—), 女, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事GIS数据加工工作。

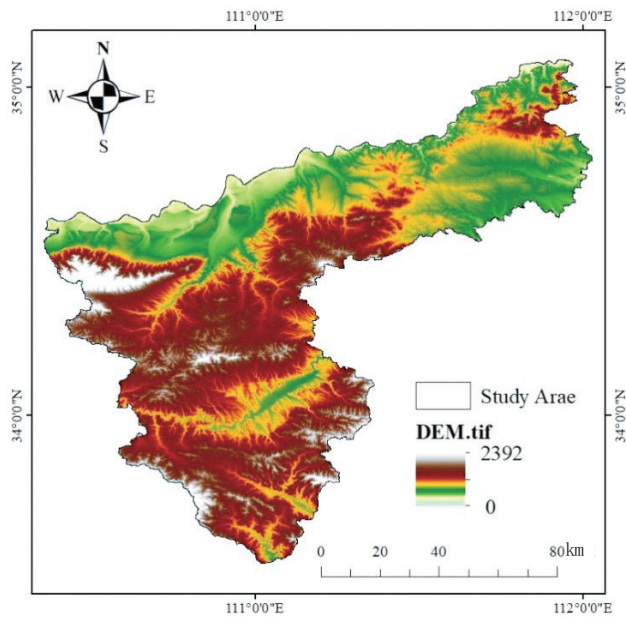


图1 研究区位置

2.2 数据来源与预处理

研究数据来源于谷歌地球引擎 (GEE) 平台获取的美国地质调查局 (USGS) Landsat/TM/OLI/TIRS 图像 (<https://www.usgs.gov>), 空间分辨率 30m, 无需下载即可在 GEE 平台直接处理。为精准评价生态环境质量, 选取 4~10 月植被生长旺盛期的 17 幅影像作为基础数据, 涵盖 15、10、11、17 等轨道号; 2000~2020 年 5 个研究时段均采用中值法合成年度影像并去云。通过 Python 脚本 API 对 Landsat 系列地表反射率数据进行辐射校正、大气校正和几何精度校正, 采用 MNDWI 指数掩膜处理水体, 避免大水域对 RSEI 计算的干扰。

2.3 方法

采用 RSEI 监测研究区中心城区 2000~2020 年生态环境变化, 该指数包含绿度、湿度、热量和干度 4 个指标, 计算公式如下:

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

公式 (1) 中, 绿度 (NDVI) 值越高表示植被越茂盛, 正向影响 RSEI; 湿度 (WET) 值越高表示土壤或植被水分越充足, 正向影响; 热量 (LST) 值越高表示热环境越差, 负向影响; 干度 (NDBSI) 值越高表示裸土与建筑用地越多, 负向影响。

由于公式 (1) 的尺度不统一, 直接进行 PCA 计算会导致各指标权重不平衡。因此, 必须按照以下公式对尺度进行归一化:

$$NI_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_e} \quad (2)$$

公式 (2) 中, NI_i 为正则化后的某个度量值, I_i 为像素 i 中该指标的值, I_{\max} 为该指标的最大值, I_{\min} 为该指标的最小值。

各年度 4 个指标在 PCA 第一主成分 (PC1) 上的载荷值如表 1 所示。PC1 方差解释率均超过 80%, 是构建 RSEI 的核心依据。NDVI 与 WET 载荷为正, 表明对生态环境质量具有正向贡献; LST 与 NDBSI 载荷为负, 表明具有负向贡献, 与 RSEI 构建逻辑一致, 验证了指标选取的合理性。

表1 RSEI主成分分析结果

Year	Index	PC1	PC2	PC3	PC4
2000	NDVI	0.5298	0.5334	-0.4415	0.4897
	WET	0.4230	-0.8151	-0.0404	0.3937
	LST	-0.4464	-0.2178	-0.8658	-0.0604
	NDBSI	-0.5840	0.0601	0.2320	0.7756
	Eigenvalue	0.2150	0.0514	0.0448	0.0034
Percenteigenvalue		68.34%	16.33%	14.25%	1.08%
2005	NDVI	0.5476	0.4815	0.3973	0.5571
	WET	0.3742	-0.8343	-0.0651	0.3997
	LST	0.6	-0.23	0.8238	0.1114
	NDBSI	-0.5541	0.1272	-0.3991	0.7194
	Eigenvalue	0.2717	0.0413	0.0114	0.0028
Percenteigenvalue		83.05%	12.63%	3.47%	0.84%
2010	NDVI	0.5582	0.4782	0.3642	0.5719
	WET	0.3857	-0.8545	-0.0	0.3477
	LST	-0.4965	-0.1934	0.8387	0.1123
	NDBSI	-0.5414	0.0617	-0.4046	0.7344
	Eigenvalue	0.3022	0.0350	0.0116	0.0023
Percenteigenvalue		86.06%	9.98%	3.32%	0.65%
2015	NDVI	0.5822	0.4325	0.4478	0.5230
	WET	0.3525	-0.8013	-0.1988	0.4405
	LST	-0.4830	-0.3368	0.7971	0.1338
	NDBSI	-0.5509	0.2396	-0.3530	0.7173
	Eigenvalue	0.2455	0.0178	0.0067	0.0011
Percenteigenvalue		90.58%	6.92%	2.46%	0.040%
2020	NDVI	0.5778	0.4157	0.4792	0.5136
	WET	0.3811	-0.7904	-0.2267	0.4226
	LST	0.4609	0.3941	0.7886	0.1016
	NDBSI	-0.5555	0.2170	-0.3115	0.7398
	Eigenvalue	0.2506	0.0178	0.0079	0.0009
Percenteigenvalue		90.40%	6.41%	2.85%	0.34%

同样, 为了便于度量 and 指标之间的比较, 可以将 $RSEI_0$ 归一化:

$$RSEI_0 = 1 - PC1[f(NDVI, WET, LST, NDBSI)] \quad (3)$$

$$RSEI = \frac{(RSEI_0 - RSEI_{0\min})}{(RSEI_{0\max} - RSEI_{0\min})} \quad (4)$$

公式中, PC1 是 4 个指标的第一个主成分, 选取 PC1 作为 RSEI 构建依据, 是因为其方差解释率在各年均超过 80%, 能最大程度保留原始信息, 同时避免人为赋权带来的主观偏差, 确保指数构建的客观性与一

致性。RSEI 的取值范围为 [0, 1]，值越接近 1，生态环境质量越好。将 RSEI 结果分为差 (0~0.2)、一般 (0.2~0.4)、中等 (0.4~0.6)、好 (0.6~0.8)、优 (0.8~1.0) 5 个等级。

3 结果

3.1 基于 RSEI 的生态环境评价结果

研究区中心城区 2000~2020 年 RSEI 时空分布特征如图 2 所示，颜色由蓝色(对应“差”等级)向红色(对应“优”等级)渐变，直观反映生态环境质量差异。空间格局上，研究区生态质量呈现“主城区低、近郊高”的分异特征，这与主城区人类活动强度大、开发程度高的发展特点直接相关。图中部分区域存在影像接边差异，主要因不同年份影像的采集时间、传感器类型及大气条件不同所致。为削弱此类干扰，后续拟采用两种优化方案：一是通过 3 年滑动平均的长时间序列平滑处理，二是结合 Sentinel-2 等更高分辨率影像开展对比验证。

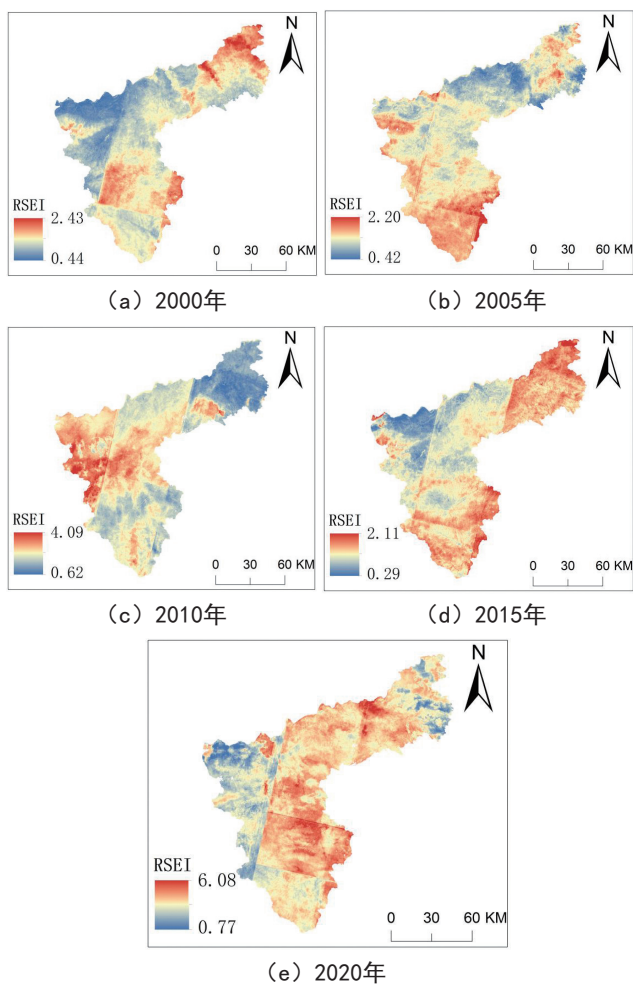


图2 2000~2020年研究区RSEI空间分布特征

3.2 RSEI 驱动分析

3.2.1 基于 Geodetector 的驱动因素检测

2000~2020 年各因素对 RSEI 检测的解释力如表 2 所示，海拔 (X1)、坡度 (X2) 等 8 个因素对 RSEI 变化均有显著影响 ($p < 0.001$)：X1、X2 为 2000~2020 年最主要影响因素，解释力随时间逐渐增强 (X1 在 5 个研究年 q 值为 0.48~0.63, X2 为 0.42~0.59)，高海拔与陡坡区域因开发难度大、人类活动干扰少，生态质量相对较好，而低海拔缓坡区域易被城市扩张占用，生态质量下降明显；人口密度 (X3) 解释力从 0.3 升至 0.42，反映人类活动影响持续增强；GDP (X4) 解释力先增 (0.3 → 0.39) 后减 (0.39 → 0.23)，体现经济发展与环境保护的关联效应；降水 (X5)、距水体距离 (X6)、距公园距离 (X7) 解释力均呈波动上升，表明合理的蓝绿空间规划有助于改善生态质量。

表2 2000~2020年各因素对RSEI检测的解释力

	2000		2005		2010		2015		2020	
	q	p	q	p	q	p	q	p	q	p
X1	0.48	0.000	0.58	0.000	0.62	0.000	0.63	0.000	0.63	0.000
X2	0.42	0.000	0.54	0.000	0.57	0.000	0.59	0.000	0.59	0.000
X3	0.30	0.000	0.46	0.000	0.43	0.000	0.41	0.000	0.42	0.000
X4	0.30	0.000	0.3	0.000	0.39	0.000	0.25	0.000	0.23	0.000
X5	0.28	0.000	0.3	0.000	0.28	0.000	0.37	0.000	0.31	0.000
X6	0.31	0.000	0.34	0.000	0.36	0.000	0.36	0.000	0.33	0.000
X7	0.16	0.000	0.22	0.000	0.24	0.000	0.22	0.000	0.21	0.000
X8	0.22	0.000	0.23	0.000	0.22	0.000	0.21	0.000	0.18	0.000

3.2.2 基于 GWR 的驱动因素回归系数结果

为探究各因子对 RSEI 的空间影响，采用地理加权回归 (GWR) 模型分析其空间异质性，模型采用 AICc 最小准则自适应带宽、Bi-square 权重函数，各因子 VIF 值均小于 7.5，且标准化残差基本呈正态分布，拟合效果良好。图 3 显示各因素间呈非线性弱增强交互特征，2000~2020 年，X1 ∩ X3、X1 ∩ X4 以及 X1 ∩ X2 交互作用最为显著 (q 值为 0.5477~0.6775)，前 10 年高程与人口密度、GDP 的交互为主要影响，后 10 年高程与坡度交互成为关键驱动，反映出前 10 年低海拔人类活动主导 RSEI 变化，后 10 年低海拔开发饱和，在高海拔山地生态保护政策下高程与坡度交互作用凸显。

表 3 列出了 RSEI 与各影响因素的 Spearman 相关系数和方差膨胀系数。结果显示，RSEI 与各因子均呈显著相关 ($p < 0.001$)，且各因子 VIF 值均小于 7.5，这表明协方差程度较低，符合模型要求。其中，海拔、

坡度、年平均降雨量、距水体距离、距公园距离、距政府距离均与RSEI呈显著正相关；GDP和人口密度与RSEI呈显著负相关。2020年，高程与坡度的相关系数最高，GDP与年平均降雨量次之，与因子检测结果一致。

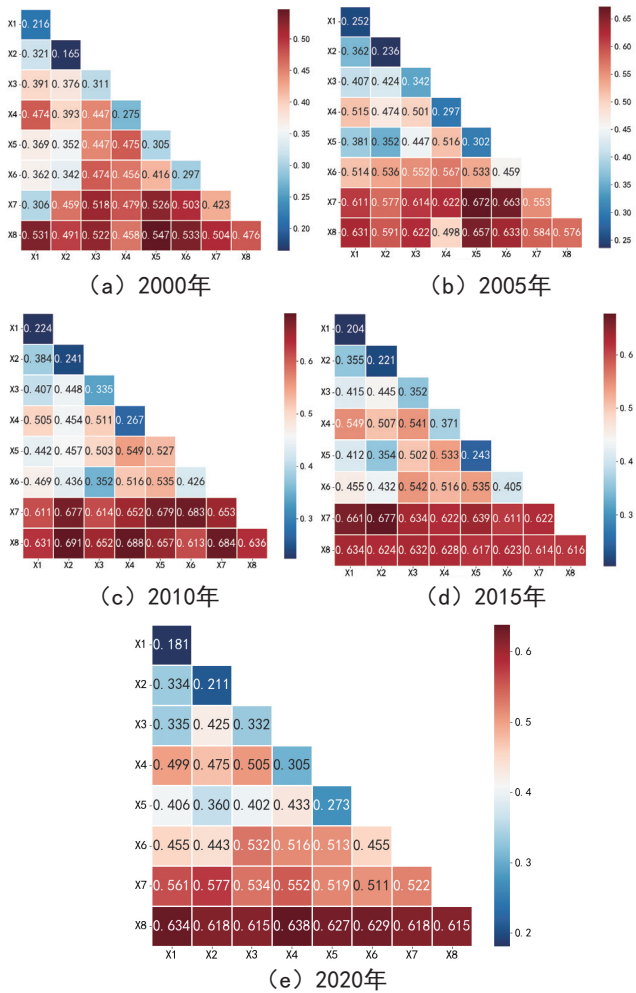


图3 各因素的交互检测

表3 RSEI与各影响因素的Spearman相关系数

		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
2000	Coefficient	0.669	0.629	-0.469	-0.33	0.508	0.529	0.395	0.374
	Sig	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIF	5.76	1.766	2.464	2.119	4.707	2.746	2.171	2.965
2005	Coefficient	0.751	0.727	-0.627	-0.334	0.533	0.562	0.466	0.411
	Sig	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIF	4.63	1.839	1.469	2.484	3.674	2.718	1.849	3.38
2010	Coefficient	0.787	0.74	-0.642	-0.393	0.512	0.585	0.496	0.426
	Sig	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIF	5.013	1.787	3.382	2.806	3.411	2.717	2.145	3.158
2015	Coefficient	0.801	0.75	-0.645	-0.291	0.621	0.607	0.484	0.433
	Sig	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIF	6.21	1.78	3.197	2.022	4.681	2.722	2.123	3.181
2020	Coefficient	0.795	0.746	-0.639	-0.256	0.529	0.594	0.466	0.413
	Sig	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIF	4.135	1.799	3.267	1.89	2.419	2.683	2.147	2.75

4 结论

研究建立了区域生态环境质量快速评价方法，系统揭示了生态质量空间分异的驱动机制，为城市化推进与城市可持续发展提供科学支撑。

2000~2020年，研究区平均RSEI呈先升后降趋势，等级面积变化特征为：“差”级减少17.27km²，“一般”级增加55.49km²，“中等”级减少1.84km²，“良好”级减少106.02km²，“优良”级增加97.78km²。

Global Moran's I指数检验表明(0.61~0.73, $p < 0.001$)，2000~2020年RSEI存在显著空间聚集性；Z-score均大于2.58，进一步验证其空间自相关性显著。

驱动因素方面，高程、坡度等6个因子对RSEI呈正向影响，人口密度与GDP呈负向影响；正向驱动区向边界收缩，负向驱动区向外扩张。高程与坡度的解释力持续增强，反映城市化推进下低海拔区域开发加剧，市中心生态问题突出。据此建议，市中心需新增城市公园，合理规划土地开发，强化自然生态保护。

参考文献

- [1] 李婷,李朝奎,从政,等.基于遥感生态指数的大冶矿区生态网络格局构建及优化[J/OL].浙江农林大学学报,1-17[2025-04-29].
- [2] 张明洋,王成,习晓环,等.基于MGCI和RSEI的漓江流域生态质量评估研究[J].遥感技术与应用,2025,40(2):368-375.
- [3] 陈兵兵,盖迎春,王生棠,等.基于改进遥感生态指数的干旱区生态质量评价——以石羊河流域为例[J].遥感技术与应用,2025,40(2):472-484.
- [4] 吴汪洋,田钧文,高斌,等.基于RSEI的青海湖东部沙地-草地生态过渡带宽度识别[J/OL].东华理工大学学报(自然科学版),1-11[2025-04-29].
- [5] 张引,陈丽,王小红,等.基于遥感生态指数的合肥市生态环境动态变化监测分析[J].安徽农学通报,2025,31(5):73-79.
- [6] 邵于洋,李恒鹏,耿建伟,等.基于改进Biome-BGC模型的东南丘陵区茶园生态系统碳通量模拟[J/OL].应用生态学报,1-12[2025-04-29].
- [7] 李娜娜,高飞,骆劲涛.基于遥感生态指数的防沙治沙工程治理成效评价[J].温带林业研究,2025,8(1):34-38.
- [8] 郭立明,施光耀,杜慧慧,等.基于遥感生态指数的银川市生态环境质量时空演变及驱动机制[J/OL].资源环境与工程,1-12[2025-04-29].
- [9] 徐燕飞,胡振琪,陈永春,等.基于遥感生态指数的淮南矿区生态环境质量变化分析[J].煤炭工程,2025,57(1):195-202.
- [10] 孔祥侨,黄宝华,焦继波.基于改进型遥感生态指数的烟台市生态环境质量分析[J].测绘工程,2025,34(2):48-55.

基于FME的“多测合一”成果质检工具

刘馨 何春林

(常州市武进规划勘测设计院, 江苏 常州 213100)

摘要: 针对“多测合一”成果在质检过程中存在错检漏检、效率不高的问题, 分析了成果格式和属性内容特点, 提出使用FME对“多测合一”成果数据进行自动化质检。基于FME的数据处理优势, 建立格式转换、数据清洗与提取、红线处理、质量检查等模块, 实现对成果完整性、数据标准符合性、拓扑、属性精度等检查, 相较于传统检查模式, 大大提升了质检效率。

关键词: 多测合一; FME; 质量检查

1 引言

严格执行江苏省《工程建设项目“多测合一”技术规程》(以下简称《规程》)的技术规定、质量控制和成果提交等要求, 是提升“多测合一”各阶段工作的标准化、系列化、生产快捷化服务保障能力的重要举措。根据《规程》要求, 做好“多测合一”测绘成果质检工作, 是“多测合一”测绘成果质量控制的重要环节。“多测合一”测绘成果格式分为纸质报告和矢量文件, 传统质检方法多以人工检查为主、计算机为辅, 其中立项用地规划许可阶段(出让/划拨前期土地利用现状勘测调查成果报告)、竣工验收阶段(地籍核实勘丈报告)缺乏符合需求的质检工具, 存在错检漏检、效率不高的问题。

因此, 针对上述两类“多测合一”成果, 从生产实际需求出发, 研究基于FME平台开发了一套质检工具, 可预设自动化质检解决方案, 搭建检查模板, 实现快速响应, 大幅提高了质检效率, 降低了漏检错检率, 有助于提升项目成果质量, 加快项目进度。

2 成果质检概述

2.1 “多测合一”成果内容

出让(划拨)前期土地利用现状勘测调查是指对土地类别、性质、权属、大小等进行详细勘测, 为土地出让(划拨)、办理国有建设用地使用权初始登记提供依据。出让(划拨)前期土地利用现场勘测调查需提交成果报告, 包括报告说明、现状调查表、土地性质分布图(DWG格式)、相关批准资料等。

地籍核实勘丈是指竣工验收阶段, 对建设用地单

位依法用地和履行土地出让(流转)合同(划拨用地批准文件)情况的监督管理, 通过测绘提供相应图件和数据, 主要内容包括地籍建立或地籍修测中的控制测量、地籍要素调查和测量、地籍图绘制、面积量算等。地籍核实勘丈需提交的成果报告包括地籍勘丈说明、地籍勘丈界址点成果表、地籍勘丈图(DWG格式)等。

“多测合一”成果分为纸质报告和电子数据成果两类, 其中电子数据类型有Excel表格和DWG文件。

2.2 FME简介

加拿大SafeSoftware公司开发的FME软件, 是一套包含完整空间ETL解决方案的空间数据转换处理系统, 基于OpenGIS组织提出的新数据转换理念——语义转换, 能读、写、存储、转换各种空间数据, 还能通过提供转换函数(Transformers)自定义实现复杂的数据转换和处理功能^[1]。FME主要有FME Workbench、FME Universal Translator、FME Universal Viewer等六个模块, 最常用的是FME Workbench模块^[2]。

FME Workbench提供图形化操作界面, 用户无需代码基础即可实现自动化重复操作, 轻松构建数据处理流程, 减少大量重复手动操作, 实现不同格式数据间的无损、高效转换^[3]。FME Workbench质量检查的核心是转换器, 转换器以图形形式放置在可视化图形界面, 将源数据、转换器和目标数据连接起来构成数据流, 从而完成对数据的质量检查。

2.3 质检功能与流程

总体思路是在成果完整性检查基础上, 利用FME平台的多转换器多线程处理, 对电子成果的Excel表格、DWG数据及项目用地红线图(DWG格式)进行格式转换、清洗提取关键文本信息和矢量图形, 进而对各

作者简介: 刘馨(1997—), 女, 汉族, 本科, 助理工程师, 主要从事土地勘测定界、地理信息数据处理工作。

类矢量图形与业务管理数据叠加统计分析，最后与报告成果关键文本信息对比，使用 Inspector 模块进行可视化处理，输出质检结果，具体流程如图 1 所示。

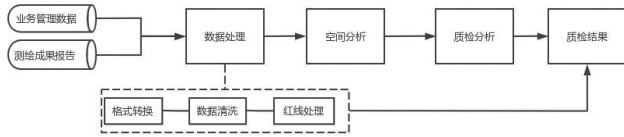


图1 质检流程

质量检查模型主要完成成果完整性、数据标准符合性、空间拓扑、属性精度等检查，具体如表 1 所示。

表1 质量检查内容

检查分类	检查项目	检查内容
成果完整性	目录及文件规范	电子成果数据目录结构和文件命名符合提交规定。
	数据格式正确	文件格式符合提交规定。
	数据有效	数据文件能正常打开。
	数学基础	平面坐标系采用2000国家大地坐标系。
数据标准符合性	图层名称规范	土地性质分布图中图层名称符合提交要求。
	图层完整性	成果图层应包含DJT、ZD。
	字段必填	必填字段符合要求。
	数据一致性检查	成果报告引用的已批数据、登记发证数据的矢量图形是否与对应业务基础库一致。
空间拓扑	图数一致性	报告中相关数据的填写与矢量数据空间分析结果保持一致。
	面层拓扑关系	报告中关键图层要素不应存在自相交、不与已备案数据重叠等拓扑问题。
	碎小图斑	面层内不存在小于1平方米的碎小图斑。
	权属来源正确性	权属性质、已批数据、登记发证等土地权属信息应准确。
属性精度	项目基本信息	项目名称、土地坐落等基本信息应与审批材料保持一致。

3 关键技术

3.1 格式转换

格式转换主要将 DWG 文件转换为 SHP 数据，为后续空间分析和质量检查做好准备。涉及的 DWG 文件包括：（1）成果报告中的土地性质分布图、地籍勘丈图；（2）建设项目选址意见书或建设用地规划条件。

利用 FME 平台的 Workbench 模块，分别添加“读模块”“写模块”，选择 DWG 格式作为输入数据源，选择 SHP 格式作为输出数据源，配置“Attribute Exposer”转换器对 DWG 属性进行暴露。

3.2 数据清洗与提取

在城市规划中，建设用地规划条件或建设项目选址意见书等数据格式主要是 DWG。DWG 格式的规划成果主要通过图面表达，要素间不存在拓扑关系，属性信息主要通过扩展属性表达^[4]。质检涉及的 DWG 文件，图层复杂、数据量大，特别是建设项目选址意见书、

规划条件图层设置、文字注记等专业要求高，在格式转换后必须针对需求进行数据清洗与提取。数据提取的主要图层为“红线”，信息主要为地块名称和规划地块面积等注记。

红线提取要综合考虑项目选址意见书、规划条件的基本要求和绘制不规范的可能，不能单一按照某一图层名称选择。为此，筛选条件设置为：（1）图层名称包含“红线”“HX”字符且为面状图形；（2）图层颜色为红色；（3）图形的面积与规划地块面积基本一致。

红线提取过程中，通过 Geometry Filter 转换器对图形进行几何分类，利用“Tester”“AttributeCreator”转换器提取指定图层的图形并标记，再使用“Attribute Exposer”转换器暴露颜色属性进行筛选，最后规范化处理属性值，使用“String Replacer”转换器，对属性值进行批量替换。由于初始数据中图层注记数据复杂，需采用表达式替换指定内容，再使用 Tester 转换器进行筛选、扇出，供下一层转换器使用。此转换器通过数据过滤进行错误值替换，达到修改数据的目的，提高了工作效率。数据清洗与提取模型如图 2 所示。

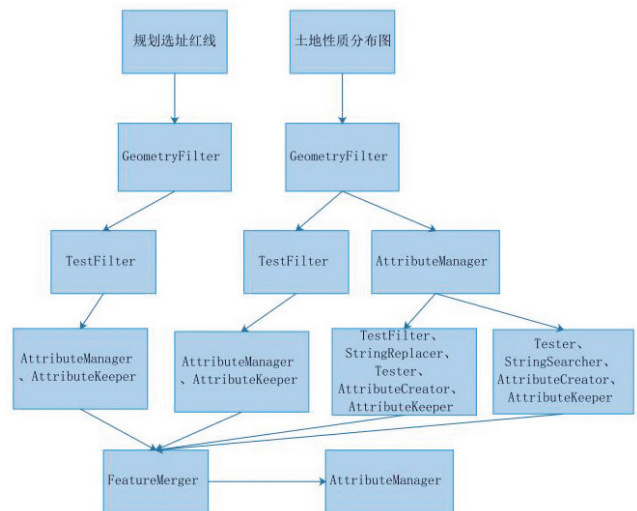


图2 数据清洗与提取模型

3.3 红线处理

红线处理主要针对建设用地规划条件或建设项目选址意见书等相关图件提取的用地红线，进行圆弧折线化、抽稀节点等数据处理。红线处理即勘测定界中用地界址线的确定，是勘测定界工作的基础，对于用地范围的正确确定、界址位置的合理设置、面积的准确性至关重要，进一步影响用地审批和管理^[5]。

用地红线一般含有多个圆弧，圆弧半径和弧长通常并不一致。弧线的存在影响界址点、界址线的确定，直接拉直会产生变形、错位、偏差、相交等错误；当

某圆弧半径很大且弧长很小时，转换弦长设置过长，容易造成转换后图形失真，转换面积误差过大；若转换弦长设置过短，容易造成界址点数量过多、数据冗余；实际转换时取 1~2m 为宜^[6]，以确保数据准确且数据量处于合理范围。红线处理模型如图 3 所示。

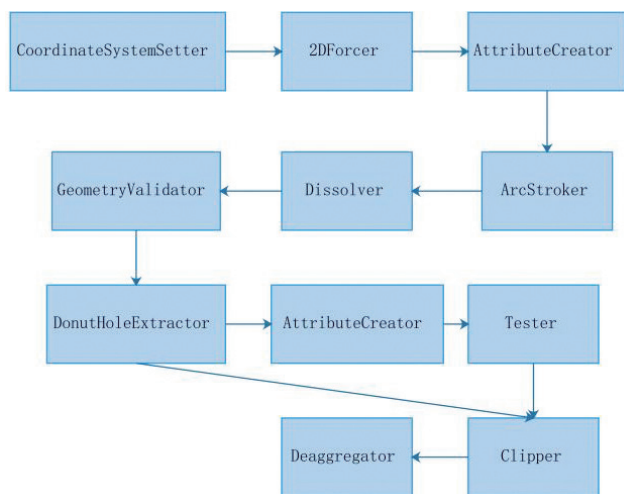


图3 红线处理模型

3.4 拓扑检查

成果报告中的土地性质分布图、地籍勘丈图包含宗地图层，后期作为土地供地和登记范围而被直接引用，一方面要满足入库的拓扑检查要求，另一方面宗地图层不能与已供地、已登记范围有重叠。因此，利用质检工具对项目作业产生的宗地数据进行拓扑检查，并输出质检结果数据库，拓扑检查内容如表 2 所示。

表2 拓扑检查内容

检查项	FME转换器	问题描述
要素自相交	AreaOnAreaOverlay、tester	图形存在自相交、自重叠
要素是否存在碎小面 (图斑面积小于1m ²)	MinimumAreaForcer	存在碎小面
要素存在尖锐角 (夹角小于5°)	SpikeRemover	存在尖锐角

3.5 属性精度与数据一致性检查

FME 提供了对 Excel 电子表格（工作簿）的读/写能力，通过添加“读模块”选中需提取的工作表，完成参数设置，即可提取指定单元格内容。出让（划拨）前期土地利用现场勘测调查提交成果报告（报告说明、现状调查表）有固定的 Excel 电子表格模板，按要求将相关信息填写在指定区域的单元格内。通过 FME “读模块”的参数提取成果报告的关键信息，例如地块名称、土地性质、土地批准文号、不动产证号等。同时，利用 FME 空间分析工具，将数据处理提取的红线范围与土地批、供、用等业务管理图层进行空间叠

加分析，获取相关属性，再与 FME 提取的成果报告关键信息进行对比，完成属性精度与数据一致性检查。

4 应用与实例分析

“多测合一”成果质检工具已应用于立项用地规划许可阶段（出让 / 划拨前期土地利用现状勘测调查成果报告）、竣工验收阶段（地籍核实勘丈报告）的质检工作中，质检工具如图 4 所示。以某出让（划拨）前期土地利用现状勘测调查成果报告为例，传统质检方法需人工核对信息，使用 AutoCAD、ArcGIS、Excel 等多平台打开成果数据，然后对比分析，耗时长且存在误判可能，极大影响效率。通过自动化运行质检工具，共用时 32 秒，并输出质检结果数据库。

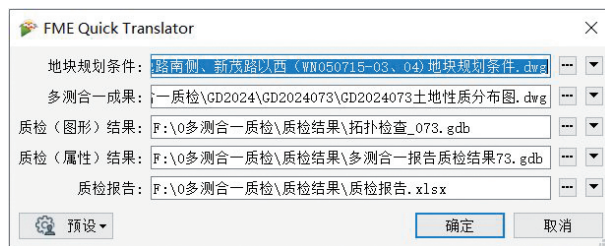


图4 “多测合一”成果质检工具

5 结语

针对“多测合一”成果数据要素多、属性精度要求高、逻辑关联强等特点，基于 FME 强大的数据转换与处理功能，研究设计了一套成果数据质检模板工具。该工具具备质检内容全面（涵盖成果完整性、数据标准符合性、拓扑、属性精度等检查）、质检效率高、漏检率低等优点，节省了时间和人力成本，对类似项目成果质检工作具有较高的参考价值。

参考文献

- [1] 曾传俊,李莲芳,褚睿涛.基于FME的DWG图形转换[J].测绘通报,2019(增刊2):275-277.
- [2] 刘芙蓉.基于FME的天地图·福州地名兴趣点数据融合关键技术研究[J].城市勘测,2019(4):57-59.
- [3] 李明峰,蔡炜珩,周醉,等.基于FME的CAD与GIS数据转换研究[J].现代测绘,2017(6):1-4.
- [4] 周浩,吴正鹏.基于FME实现CAD向GIS数据转换的关键技术研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(5):119-120,126.
- [5] 何春林.ModelBuilder在土地勘测定界红线处理中的应用[J].测绘与空间地理信息,2021,44(5):185-187,195.
- [6] 吴亦长.土地勘测定界中圆弧线段弓形面积缺损误差分析[J].地矿测绘,2011,27(2):44-45.

抵偿高程面任意投影带工程坐标系建立方法研究

王欣宇 丁俊杰 刘培更

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要: 在精密工程建设及城市工程测量中, 国家坐标系的长度值与实地测量长度值偏差较大, 需建立工程独立坐标系, 减小坐标系投影误差, 使工程独立坐标系的长度值与实地测量长度值偏差较小, 以满足工程建设需要。研究概括分析了工程坐标系的建立方法, 以一工程控制网为背景建立工程独立坐标系, 运用抵偿高程面任意投影带的方法建立控制网工程独立坐标系, 编写工程坐标系计算程序, 通过中心点计算边长比例系数, 求得的边长比例误差均小于 11mm/km, 满足工程独立坐标系边长比例误差小于 2.5cm/km 的精度要求。

关键词: 工程坐标系; 高程归化; 高斯投影; 中央子午线; 抵偿高程面

1 引言

为便于施工放样及测图等, 在城市工程测量中, 需要地面实测边长与坐标系投影边长相等, 采用国家标准 3° 带高斯坐标系, 长度投影变形应小于 2.5cm/km (1/40000) [1-3], 在控制区偏离中央子午线较远或测区在高海拔地区时, 为减小或消除边长变形对工程精度的影响, 可以选择控制高程归算和高斯投影两种方法, 建立多种工程坐标系来减小投影变形的影响, 根据工程特点选择适宜的工程坐标系。

2 坐标系长度变形分析

影响坐标系长度变形的因素主要有两个: 其一是地面实测边长归化至参考椭球面过程中产生的变形值 (高程归化产生的变形); 其二则是参考椭球面边长投影至高斯投影面时出现的变形值 (高斯投影产生的变形)。

2.1 高程归化产生的变形

高程归化产生的变形值, 即实测边长与参考椭球面边长的变形, 由地面实测边长 S_0 到椭球面边长 S 的改正公式为:

$$S = S_0 \left(1 - \frac{H_m}{R_A + H_m} \right) \quad (1)$$

$$\begin{cases} e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \\ R_m = \frac{a\sqrt{1 - e^2}}{1 - e^2 \sin^2 B} \\ \Delta S = S - S_0 = S_0 \left(-\frac{H_m}{R_A + H_m} \right) \approx S_0 \left(-\frac{H_m}{R_m} \right) \end{cases} \quad (2)$$

公式中, e 为椭球第一偏心率, a 、 b 分别表示椭球长半轴与短半轴, R_m 为归算高程面相应纬度的平均曲率半径 (当地的椭球面平均曲率半径, 其取值可通过纬度查询), 指该点各方向法截线曲率半径的算数平均值; B 为该点纬度, H_m 为投影边的平均大地高, 即测线两端点高出参考椭球面的平均高差; R_A 为测线方向的椭球曲率半径 [4,5]。

则由地面实测边长 S_0 到任意高程投影面 H_0 的长度变形为:

$$\Delta S = S_0 \left(-\frac{H_m - H_0}{R_m} \right) \quad (3)$$

2.2 高斯投影产生的变形

高斯投影产生的变形值, 即参考椭球面边长与高斯投影面边长之间的变形, 由椭球面边长 S 到高斯投影面边长 D 的改正公式为:

$$D = \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \cdot S \quad (4)$$

公式中, y_m 取大地线投影后边长两端点的横坐标平均值, 即 $y_m = (y_1 + y_2) / 2$ (投影边长中心至中央子午线的距离), R_m 为测区平均椭球曲率半径。由椭球面边长 S 投影到高斯平面边长 D 的边长改正公式为:

$$\Delta D = D - S = \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \cdot S \quad (5)$$

2.3 高程归化和高斯投影产生的综合变形

实测边长与椭球面同一距离近似相等, 有 $S_0 \approx S$; 地面实测边长 S_0 到高斯投影面边长 D 的综合改正公式为 [6-8]:

$$\Delta = \Delta S + \Delta D = S_0 \left(-\frac{H_m}{R_m} \right) + S \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \approx S_0 \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} - \frac{H_m}{R_m} \right) \quad (6)$$

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

公式中, H_m 为投影边的平均大地高, 即测线两端点高出参考椭球面的平均高差。由公式 (6) 可知, 边长投影变形与测区在投影带的位置和测区平均高程有关, 利用公式 (6) 可计算出测区已知长度相对变形的大小。

y_m (投影边长中心点横坐标) 和 H_m-H_0 (投影边长中心点高程与高程投影面的高差) 之间的关系, 可由公式 (6) 推导得出:

$$\left| \frac{\Delta}{S_0} \right| = \left| \frac{y_m^2}{2R_m^2} - \frac{H_m - H_0}{R_m} \right| \leq \frac{1}{40000} \quad (7)$$

可知, 若要满足工程独立坐标系边长比例误差小于 2.5cm/km 的精度要求, 均需满足上式。

3 工程坐标系建立方法

3.1 抵偿高程面法

采用抵偿投影面的 3° 带高斯正形投影平面直角坐标系, 旨在通过控制高程归算值实现变形补偿, 该方法也被称为抵偿高程面法。此方法不再将参考椭球面作为投影基准面, 而是选取一个恰当的高程投影面, 使高程归算引发的长度变形与高斯投影产生的长度变形相互抵消, 中央子午线仍使用国家标准的 3° 带中央子午线, y_m 值保持不变, 将高程归算长度变形与高斯投影长度变形相等, 即可求得高程投影面的高程。

$$\begin{cases} \frac{y_m^2}{2R_m^2} = \frac{H_m - H_0}{R_m} \\ H_0 = H_m - \frac{y_m^2}{2R_m} \end{cases} \quad (8)$$

将实测边长投影至任意高程投影面 H_0 高程面上, 可使高程归算长度变形与高斯投影变形相互抵消, 达到消除投影变形的目的。该方法没有改变中央子午线位置, 优点是工程坐标系的坐标值与原国家坐标系的值相差不大, 但只适合在测区范围较小时适用, 且需同时满足椭球参数改变、投影高程面和测区高程高差不宜过大等条件。此外, 该方法在中央子午线附近长度变形较大, 因此在平坦地区的施工测量中很少使用。

3.2 抵偿投影带法

任意带高斯正形投影平面直角坐标系的构建原则是不改变高程投影基准面, 即依旧选取参考椭球面作为投影面, 仅通过调整中央子午线的位置实现变形补偿, 因此, 该方法也被称为抵偿投影带法^[9-13]。该方法不再沿用国家标准 3° 带对应的中央子午线, 而是结合工程测区位置选择合适的子午线作为高斯投影的中

央子午线, 使得参考椭球面长度投影到高斯平面的长度变形与实测边长投影至参考椭球面的长度变形相互抵消, 此时, 标准国家坐标 y_m 的取值发生变化, 且高程投影面为参考椭球面, 高程基准值 $H_0=0$ 。

$$\begin{cases} \frac{y_m^2}{2R_m^2} = \frac{H_m - H_0}{R_m} \\ y_m = \sqrt{2H_m R_m} \end{cases} \quad (9)$$

由 y_m 值可求得测区投影的中央子午线位置, 该方法的优点是不改变高程投影面, 仍选择参考椭球面作为高程投影面, 椭球参数不变。

由公式 (3) 推导得出, 高程归算引起的长度变形与 H_m-H_0 成正比; 结合公式 (4) 可知, 高斯投影产生的变形与 y_m^2 成正比。基于此, 在高海拔且靠近中央子午线的地区, 精度有所降低; 通过调整高斯投影中央子午线位置后, 坐标值与原国家标准 3° 带投影坐标值之间变化较大, 在实际工程应用中会带来不便。

3.3 抵偿投影面投影带方法

既改变高程投影面又改变高斯投影中央子午线的抵偿投影面投影带方法, 是对前述两种单一补偿方法的有机整合, 即选取测区中心或邻近位置对应的国家标准 3° 带整经度子午线, 作为高斯投影的中央子午线; 将测区的平均高程面或略低于平均高程面的高程作为高程投影基准面。通过同时控制 y_m 与 H_m-H_0 , 使其取值尽可能小, 确保整体投影变形精度满足工程测量的指标要求, 具体要符合如下公式:

$$\left| \frac{\Delta}{S_0} \right| = \left| \frac{y_m^2}{2R_m^2} - \frac{H_m - H_0}{R_m} \right| \leq \frac{1}{40000} \quad (10)$$

采用含抵偿高程面的任意带高斯正形投影平面直角坐标系, 投影变形较小, 该方法将高程归算和高斯投影引起的边长变形均达到最小, 并非相互抵消来实现精度优化, 能更有效地控制边长变形, 适用于测区范围较大的工程项目, 尤其适用于偏离国家标准 3° 带子午线较远或高海拔地区进行长度变形改正。

4 工程案例

以某工程项目为例, 建立工程平面控制网独立坐标系。项目共埋设 11 个 E 级 GPS 控制点标石, 均布设于周围无明显干扰源的空旷位置; 外业观测采用 6 台拓普康 HIPER II 型 GPS 接收机, 以静态观测模式按边连接方式共施测 11 个点, 每一测站同步观测 60min^[14]。起算点使用两个 C 级 GPS 控制点和两个 D 级 GPS 控制点进行约束平差, 数据下载后转换为通用 RINEX 格式,

利用 Trimble Business Center GPS 软件进行数据处理，平面坐标系采用连接于 CGCS2000 的工程坐标系，投影方式为 3° 带高斯克吕格投影，在国家标准 3° 带投影平面直角坐标系基础上建立工程独立坐标系。

4.1 选择工程坐标系

通过解算国家标准 3° 带投影坐标系，获取 CGCS2000 坐标系坐标；测区范围东西宽最大约为 2732m，南北宽最大约为 1641m；测区高程最大落差约为 144m；测区中心经度与最近的中央子午线距离大于 1°；且国家标准 3° 带平面直角坐标系坐标边长投影误差大于 2.5cm/km，不满足精度要求，具体误差数据如表 1 所示（选择 8 条具有代表性的边长进行分析）。

表1 国家标准投影坐标系下边长比例误差

边名	椭球面边长/m	实际边长/m	误差/(cm/km)
1	1433.234	1433.173	4.3
2	1345.894	1345.837	4.3
3	933.977	933.944	3.6
4	547.852	547.829	4.1
5	1061.227	1061.186	3.9
6	2731.786	2731.661	4.6
7	1026.934	1026.883	4.9
8	511.517	511.492	4.9

为满足边长投影变形精度要求，研究通过高程归化改正与边长投影改正构建工程独立坐标系；根据测区范围、各点高程落差、测区中心与中央子午线偏离程度等，最终采用含抵偿高程面的任意带高斯正形投影平面直角坐标系，并将测区中心点对应的子午线确定为中央子午线，将测区中心点高程作为高程投影面。

4.2 工程坐标系计算程序

研究采用 Visual Basic 语言编写工程坐标系计算程序。Visual Basic 是一种具备可视化开发环境、支持面向对象编程 (OOP) 和采用事件驱动方式的高级结构化程序设计语言，广泛应用于 Windows 平台的各类应用程序开发。Visual Basic 集成的可视化设计工具与事件驱动编程机制，能显著提升开发效率，快速构建功能完善、图形界面友好的 Windows 应用系统。

(1) 工程坐标系计算过程中有以下因子：

① 已知量： X_0 、 Y_0 为中心点坐标，抵偿高程面高程值 H_m （测区中心点高程值）、测区高程面平均曲率半径 R_m ，国家标准 3° 带投影坐标 (X_i, Y_i) ($i=1, 2, 3\cdots$)。

② 未知量： (X_i', Y_i') ($i=1, 2, 3\cdots$) 为工程坐标系坐标。

③ 过程量：各坐标增量投影后和投影前的比例系数 K_i ，以测区中心点高程作为高程投影面，对中心点

坐标至各点坐标增量进行高程归化和高斯投影改正，求得各坐标增量投影后和投影前的比例系数，根据公式 (1) 和公式 (4) 推导出下式：

$$K = \frac{S_{\text{抵偿高程面}}}{S_{\text{参考椭球面}}} = \frac{1}{\left(1 - \frac{H_m}{R_m + H_m}\right) \cdot \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2}\right)} \quad (11)$$

公式中， $S_{\text{抵偿高程面}}$ 为高程投影面坐标增量， $S_{\text{参考椭球面}}$ 为参考椭球面坐标增量， H_m 为测区中心点高程值（已知量）， R_m 为测区高程面平均曲率半径（已知量）， y_m 为测区中心点坐标 Y_0 与 i 点坐标 Y_i 之间平均值偏离中央子午线的距离值 $(Y_0 + Y_i) / 2 - 500000$ （已知量）， $\Delta y = Y_i - Y_0$ （已知量）。

(2) 工程坐标系计算过程

工程坐标系计算程序如图 1 所示，工程坐标系计算程序界面如图 2 所示。

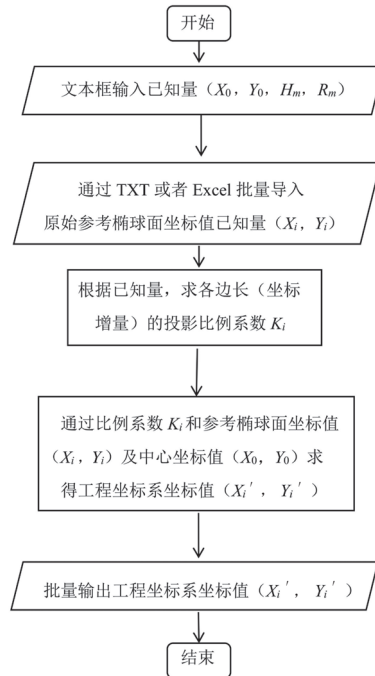


图1 工程坐标系计算程序

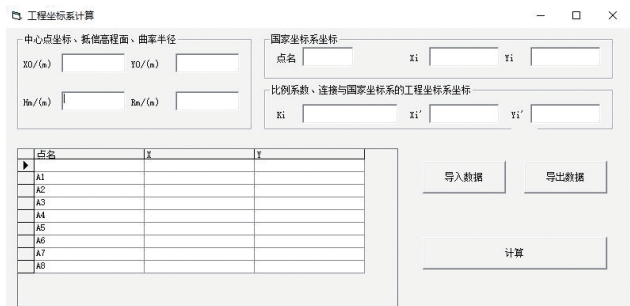


图2 工程坐标系计算程序界面

工程坐标系具体计算过程如下：

① 输入已知量：测区中心点坐标 (X_0, Y_0) 、抵

偿高程面高程值 H_m (测区中心点高程值)、测区高程面平均曲率半径 R_m 均设为可输入的已知变量, 通过文本框输入已知参数 (可变)。

②导入已知量: 国家标准 3° 带投影坐标 (X_i, Y_i) ($i=1, 2, 3, \dots$), 以文本或 Excel 格式存在, 通过 TXT 或者 Excel 形式批量输入。

③求投影比例系数: 求得各坐标增量投影后和投影前的比例系数 K_i 。

④导出过程量: 以 TXT 或 Excel 形式批量输出比例因子 K_i 。

⑤计算未知量: 通过 TXT 或 Excel 中 (X_i, Y_i) ($i=1, 2, 3, \dots$) 与 TXT 或 Excel 中 (K_i) , 利用公式 (12) 求得工程坐标系坐标 (X_i', Y_i') ($i=1, 2, 3, \dots$)。

$$\begin{cases} X_i' = X_0 + K_i(X_i - X_0) \\ Y_i' = Y_0 + K_i(Y_i - Y_0) \end{cases} \quad (12)$$

⑥导出所求未知量: 通过 TXT 或 Excel 格式批量输出 (X_i', Y_i') ($i=1, 2, 3, \dots$)。

4.3 工程坐标系边长比例误差

通过编写工程坐标系计算程序, 计算出边长比例系数, 并据此得到工程坐标系下的边长比例误差, 具体数据如表 2 所示。

表2 边长比例误差

边名	投影面边长/m	实际边长/m	误差/ (cm/km)
1	1433.175	1433.173	0.1
2	1345.843	1345.837	0.5
3	933.940	933.944	0.5
4	547.830	547.829	0.1
5	1061.187	1061.186	0.1
6	2731.678	2731.661	0.6
7	1026.893	1026.883	1.0
8	511.497	511.492	1.1

由表 2 可知, 工程坐标系下的边长投影误差最大值为 11mm/km, 满足工程测量坐标系对边长投影误差小于 2.5cm/km 的精度要求。将国家标准投影坐标系下的边长比例误差与研究求得的边长比例误差进行对比分析, 结果如图 3 所示。

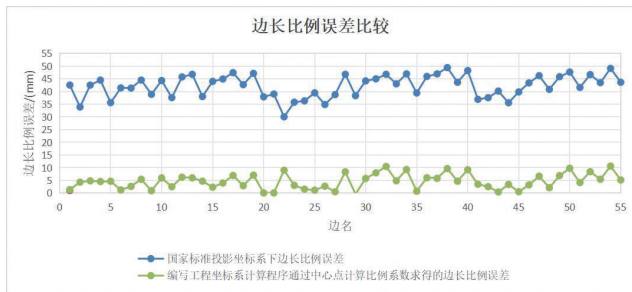


图3 边长比例误差比较

由图 3 可知, 通过编写工程坐标系计算程序, 基于中心点计算比例系数求得的边长比例误差均小于 11mm/km, 满足工程独立坐标系对长度变形小于 2.5cm/km 的精度要求。

5 结语

对工程独立坐标系的建立方法进行研究, 分析高程归算和高斯投影产生的长度变形, 为使两种变形的综合影响在中央子午线处均达到最小, 应选择测区平均高程面为抵偿高程面、测区中心子午线为中央子午线。通过工程案例建立工程独立坐标系, 根据测区特点选择抵偿高程面的任意带高斯平面直角坐标系, 然后编写工程坐标系计算程序, 通过测区中心点计算比例系数建立工程独立坐标系, 边长比例误差最大为 11mm/km, 满足工程测量对工程独立坐标系边长比例误差小于 2.5cm/km 的精度要求。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部.工程测量规范:GB50026—2007[S].北京:中国计划出版社,2008.
- [2] 北京市测绘设计研究院.城市测量规范:CJJ/T 8—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [3] 全国地理信息标准化委员会.城市坐标系统建设规范:GB/T 28584—2012[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [4] 张冠军.铁路工程测量中几种平面坐标系的建立[J].测绘工程,2010,19(2):75-77.
- [5] 杨元兴.抵偿高程面的选择与计算[J].城市勘测,2008(2):72-74.
- [6] 李江卫,解斌,蔡国兴,等.基于CGCS2000的城市平面坐标系最佳选取[J].城市勘测,2011(2):118-123.
- [7] 郭春喜,李东.基于CGCS2000建立城市相对独立坐标系统的方法[J].测绘通报,2011(2):5-7.
- [8] 方青,聂怀昌,施建平,等.铁路测量中坐标系的建立与转换[J].测绘与空间地理信息,2013,36(12):267-269.
- [9] 杨远程,何小利,刘朋俊,等.两种工程坐标系的建立方法[J].测绘技术装备,2023,25(3):67-70.
- [10] 范旭亮,湛国毅,姚秀光.椭球膨胀法在基于CGCS2000下建立工程独立坐标系的方法及应用[J].价值工程,2023,42(18):127-129.
- [11] 李贤忠,张龙,张向波,等.坐标系分带与抵偿投影对长直线路影响分析[J].城市勘测,2023(1):133-135,139.
- [12] 胡玉祥,张洪德,王晓兵,等.工程独立坐标系的建立方法及应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(10):258-260,264.
- [13] 袁晨历,杨昆仑.工程独立坐标系转2000国家大地坐标系应用实践[J].陕西水利,2021(8):160-162.
- [14] 孔祥元,梅是义.控制测量学[M].北京:测绘出版社,1991.

磴口县1990~2023年沙漠化遥感监测研究

于添宇

(辽宁工程技术大学, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 为评估典型沙漠区磴口县土地沙漠化时空演变特征, 利用 Landsat5/8 多源遥感数据构建 NDVI-Albedo 特征空间, 计算 DDI (Desertification Difference Index, DDI) 沙漠化指数, 分析了研究区 1990 ~ 2023 年的沙漠化程度及不同等级间的转移情况。结果表明: (1) 沙漠化空间分布在 2000 ~ 2010 年间较为一致, 2010 ~ 2020 年间变化较为明显, 2020 ~ 2023 年间演变趋势显著; (2) 1990 ~ 2020 年间, 有 195711 个极重度沙漠化像元向其他等级转化, 其中转为重度等级的像元最多, 占比近 52%; 同期, 有 867027 个重度沙漠化像元发生等级转化, 主要转向中度。

关键词: 沙漠化; 遥感反演; NDVI-Albedo 特征空间; 多源遥感数据; Albedo 地表反照率

1 引言

沙漠化(又称荒漠化)是指在干旱、半干旱及部分半湿润地区, 受自然、人文因素共同作用, 致使生态系统失衡, 土地生产力下降、土地退化, 逐渐向沙漠或类似沙漠景观演变的过程^[1]。沙漠化不仅体现生态破坏问题, 还直接导致可利用土地资源不可逆丧失, 土地肥力衰退、风沙灾害频发, 致使农业等经济发展受限, 严重制约经济社会的可持续发展^[2], 因此开展土地沙漠化时序监测分析, 可实时监测沙漠化的“扩张/逆转”趋势, 以及沙化程度的等级变化(轻度→中度→重度, 或重度→中度→轻度), 定量化、空间化分析沙漠化演变过程, 为生态治理提供科学支撑。

近年来, 基于多源数据融合对我国沙漠化的成因类型、分布规律、发展过程及演变趋势等进行研究已成为热点, 如彭万林等利用 Landsat MSS/TM/ETM+/OLI 影像, 以修正土壤调节植被指数(MSAVI)、地表反照率(Albedo)和裸土指数(BSI)作为沙漠化指标因子, 采用决策树模型提取沙漠化信息, 获取研究区近 46 年间土地沙漠化动态演化趋势, 并分析沙漠化成因^[3]。曹琪琪等将耕作年限、土地利用类型、海拔高度、植被归一化指数和到水域的距离作为影响因素, 分析绿洲化进程中土壤性质变化的主要驱动因素^[4]。

以我国典型沙漠区内内蒙古自治区巴彦淖尔市磴口县为研究对象, 利用 GEE (Google Earth Engine, GEE) 遥感云平台获取并处理多期遥感影像, 通过计算水体指数方法去除研究区水域影响, 建立 Albedo-NDVI 特征空间模型, 获取沙漠化指数 DDI, 并进行分

级趋势判断, 深入分析不同沙漠化程度转移等情况。

2 研究区及数据处理

2.1 数据来源及数据处理

利用 GEE 遥感云平台在线处理并下载 1990 年、2000 年、2010 年 Landsat 5TM 数据和 2020 年、2023 年的 Landsat 8OLI 数据, 主要选取植被生长季(7~9月)且云量覆盖小于 10% 的影像, 获取研究区 1990~2023 年 5 个时期 16 景 Landsat TM/OLI 数据, 然后对数据进行几何校正、辐射定标、大气校正、图像裁剪与拼接等数据预处理, 实现研究区数据全覆盖。

2.2 研究区概况

磴口县位于 106° 9' ~ 107° 10' E 40° 9' ~ 40° 57' N, 全县国土面积 3677km², 处于乌兰布和沙漠的东北边缘和“三北”防护林要冲地带, 属于生态环境敏感和脆弱的农牧交错区。长期以来, 在当地干旱、多风的气候条件和各种人为活动的影响下, 该区广泛分布的松散富沙冲积地层就地起沙, 土地沙漠化进一步发展, 成为黄河沿岸冲积平原区沙漠化程度严重的地区之一。

3 沙漠化遥感监测方法

3.1 提取水体信息

沙漠化监测需去除水体信息干扰, 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI), 结合阈值分割技术实现研究区多期水体区域识别。MNDWI 指数是在传统归一化差异水体指数(Normalized Difference Water Index, NDWI)基础上进行改进, 能更好地区分水体和其他地物, 主要利用绿色波段和短波红外波段的反射

作者简介: 于添宇(2004—), 男, 汉族, 本科, 主要从事测绘工程、摄影测量与遥感等工作。

率^[5]，计算公式如下：

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR} \quad (1)$$

公式(1)中，Green、SWIR分别对应Landsat TM图像的第2和第5波段及Landsat OLI图像的第3和第6波段。MNDWI值在-1到1之间，利用Otsu阈值法^[6]确定每期数据最优分割阈值，获取水体区域。

3.2 计算沙漠化特征指数

3.2.1 归一化植被指数的计算

归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)能有效反映植被的生长状况^[7]，计算公式如下：

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

公式(2)中，NIR和RED分别为近红外波段和可见光红外波段，分别对应Landsat TM图像的第4和第3波段及Landsat OLI图像的第5和第4波段。

3.2.2 地表反照率的计算

地表反照率(Albedo)是物体的半球反射率，为物体向各个方向反射的太阳全部辐射通量与到达该物体表面总辐射通量之比^[6-8]，在沙漠化反演模型中的应用具有多方面优势，主要体现在地表能量平衡敏感性、多源数据融合能力、动态监测适用性以及对于土地退化关键指标的响应上。Albedo对地表能量平衡和土地退化敏感，能有效反映沙漠化过程，计算公式如下：

$$Albedo(TM) = 0.356b1 + 0.130b3 + 0.373b4 + 0.085b5 + 0.072b7 - 0.0018 \quad (3)$$

$$Albedo(OLI) = 0.356b2 + 0.130b4 + 0.373b5 + 0.085b6 + 0.072b7 - 0.0018 \quad (4)$$

公式中，b1、b2、b3、b4、b5、b6、b7分别对应Landsat TM和Landsat OLI的相应波段。

3.2.3 构建(Albedo-NDVI)特征空间

在研究区均匀选择若干样本点，采集样本点对应位置的NDVI和Albedo数值，对两个特征的数值进行定量分析，建立一元线性回归方程，公式如下：

$$Albedo = k \cdot NDVI + b \quad (5)$$

公式(5)中，k为系数、b为参数。Albedo-NDVI负相关关系式的不同位置，代表沙漠化的不同程度和状态，NDVI值越小，沙漠化程度越大。Albedo值越大，沙漠化程度越高，即沙漠化程度可由Albedo-NDVI的一元线性回归表达式反映。DDI可以构建为^[9]：

$$DDI = 1/k \cdot NDVI - Albedo \quad (6)$$

结合构建的Albedo-NDVI回归模型，计算出沙漠化指数公式，各年DDI沙漠化指数构建公式如表1所示。

表1 DDI沙漠化指数构建公式

年份	DDI
1990	2.83×NDVI-Albedo
2000	2.43×NDVI-Albedo
2010	2.25×NDVI-Albedo
2020	5.84×NDVI-Albedo
2023	3.33×NDVI-Albedo

为深入分析研究区1990~2023年沙漠化情况，利用自然断点法对多期DDI沙漠化指数进行分级，根据层级划分为无沙漠化、轻度、中度、重度、极度五个级别，分级结果如图1所示。

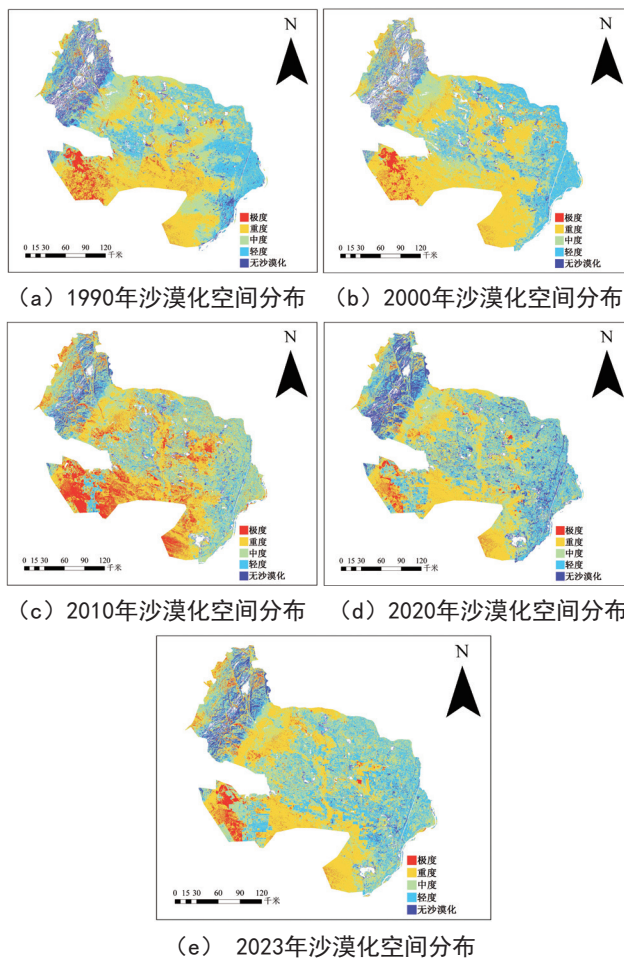


图1 磴口县DDI沙漠化指数专题

针对研究区1990~2023年不同沙漠化等级的时空变化趋势，研究以多项式模型对像元个数和年份进行建模，磴口县各年DDI沙漠化等级统计结果如图2所示。1990~2023年，研究区每年的沙漠化程度相差较大，其中沙漠化程度最轻的是2020年，最严重的是2000年。整体来看，极度沙漠化变化趋势在1990~2023年先下降后上升；重度沙漠化变化趋势与极度沙漠化程度相反，1990~2000年呈逐渐上升趋势，之后有明显下降趋势；对于中度沙漠化而言，1990~2000年有

略微下降趋势，之后一直呈现比较明显的上升趋势；对于轻度沙漠化，1990~2010年间呈略微下降趋势，之后呈较为明显的上升趋势；而对于无沙漠化区域，1990~2023年间基本保持不变。

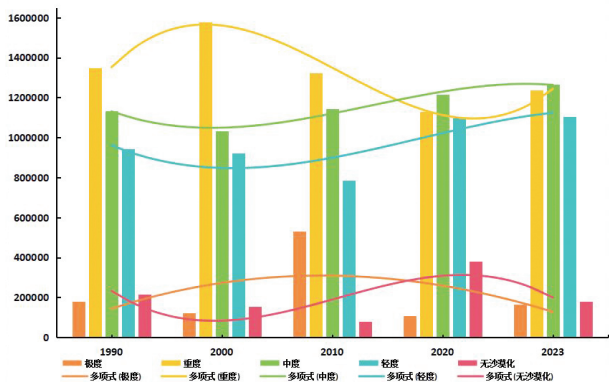


图2 磴口县各年DDI沙漠化等级统计结果

为量化分析研究期间磴口县沙漠化动态变化趋势，选择沙漠化程度严重的2000年和沙漠化程度较轻的2020年为时间节点，分析不同沙漠化程度面积转移矩阵，结果如表2所示。在2000~2020年间，有245330个极度像元分别转到重度、中度、轻度和无沙漠化程度，其中转为重度的最多，占比近41.6%，其余分别占比20.5%、16%和21.8%，而重度级别有856899个像元转为其他程度的沙漠化，其中极度、中度、轻度和无沙漠化分别占比5%、55.3%、35%、5%，大部分重度沙漠化减轻为中度，表明研究区沙漠化程度减轻。中度级别有45899个像元转为其他程度的沙漠化，其中极度、重度、轻度和无沙漠化分别占比1.6%、40.4%、54.3%和3.6%。轻度级别有283293个像元转为极度、重度、中度和无沙漠化级别，分别占比1%、12.1%、19.7%和67%。无沙漠化程度转化虽然不多，但依然有部分像元级别转移到极度、重度、中度和轻度，分别占比0.36%、9.83%、29.06%、60.75%。

表2 沙漠化程度转移矩阵

级别	极度 (2020)	重度 (2020)	中度 (2020)	轻度 (2020)	无沙漠化 (2020)
极度 (2000)	53547	101978	50436	39369	53547
重度 (2000)	41563	734723	473576	300197	41563
中度 (2000)	7563	185574	398646	249355	16507
轻度 (2000)	2885	29933	48778	368362	165697
无沙漠化 (2000)	539	14608	43186	90283	9783

4 结语

利用多源数据 Landsat 5 和 Landsat8 监测沙漠化程度，结合 MNDWI 水体指数实现水体精确提取，在此基础上计算 NDVI 和 Albedo 参数，进行回归建模，根

据建模系数关系反演沙漠化指数，得出如下结论：

NDVI 和 Albedo 有明显负相关关系，且不同年份的相关程度差异较大。2000~2010年，DDI 指数空间分布较为一致，2010~2020年变化较为明显，2020~2023年变化趋势明显。

通过对比分析不同时期的沙漠化程度可知，1990~2023年，研究区每年的沙漠化程度相差较大，其中沙漠化程度最轻的是2020年，最严重的是2000年。整体来看，极度沙漠化在1990~2023年变化趋势先上升后下降，2020年之后呈现比较明显的下降趋势；对于重度沙漠化，1990~2000年呈逐渐上升趋势，之后有明显下降趋势，2020~2023年有上升迹象；中度沙漠化在1990~2000年有略微下降趋势，之后一直呈现比较明显的上升趋势；轻度沙漠化在1990~2010年呈略微下降趋势，之后呈现较为明显的上升趋势；无沙漠化区域在1990~2023年基本保持不变。

1990~2020年，有195711个极度像元分别转到重度、中度、轻度和无沙漠化程度，其中转为重度的最多，占比近52%，而重度级别867027个像元转为其他程度的沙漠化，其中大部分减轻为中度。中度级别有484430个像元转为其他程度的沙漠化，其中轻度占比51%，轻度级别转为中度最多，占比57.93%。

参考文献

- [1] 陈文阳.回顾与反思：国内沙漠化研究的发展评述[J].黑龙江环境通报,2023,36(6):1-3.
- [2] 郭泽呈,魏伟,石培基,等.中国西北干旱区土地沙漠化敏感性时空格局[J].地理学报,2020,75(9):1948-1965.
- [3] 彭万林,马立龙,刘恩泽.近46年新疆昆玉市北部土地沙漠化遥感监测研究[J].地下水,2021,43(4):143-146.
- [4] 曹琪琪.乌兰布和沙漠东北部绿洲化进程中土壤性质演变特征及影响因素[D].北京:北京林业大学,2021.
- [5] 徐涵秋.利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J].遥感学报,2005(5):589-595.
- [6] Liang S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms[J].Remote Sensing of Environment,2001,76(2):213-238.
- [7] 曹鹏,梁其椿,李淑敏.基于Otsu算法的太湖蓝藻水华与水生植被遥感同步监测方法[J].江苏农业科学,2019,47(14):288-294.
- [8] 曾永年,向南平,冯兆东,等.Albedo—NDVI特征空间及沙漠化遥感监测指数研究[J].地理科学,2006(1):75-81.
- [9] 岳辉,刘英.基于NDVI—Albedo特征空间的陕西省干旱与荒漠化遥感监测[J].西北林学院学报,2019,34(1):198-205.

GPS与BDS在短基线控制测量中的性能分析

张德德 孙环 张强

(河南省计量测试科学研究院, 河南 郑州 450000)

摘要: 为探究全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 与北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System, BDS) 在短基线控制测量中的定位性能, 分别利用静态观测数据进行系统基线解算及平差处理, 最后进行卫星可见性分析、基于 Ratio 值与 RMS 值的基线解算精度评定以及几何精度因子分析, 得出以下结论: BDS 的卫星空间分布相较于 GPS 处于劣势, 但卫星可见数集中于 11~14 颗, 而 GPS 系统集中于 4~8 颗; BDS 的基线解算 RMS 值普遍比 GPS 小, BDS 的卫星观测值质量更好; BDS 的 Ratio 均值略高于 GPS, 两者在模糊度解算的可靠性方面相当; BDS 的水平精度因子 HDOP 小于 GPS, 而垂直精度因子 VDOP 略大于 GPS, 说明水平方向 BDS 的定位精度更高, 垂直方向 GPS 的定位精度更好。

关键词: GPS; BDS; 短基线; 精度因子

1 引言

北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System, BDS) 是我国为满足国家安全和经济发展需要, 自主研发、独立运行的全球性卫星导航定位系统^[1]。从 2012 年开始, BDS 系统就已经开始为亚太地区提供导航、定位、授时及短报文通信等服务。2020 年 6 月 23 日, 最后一颗北斗三号组网卫星发射成功, 北斗三号系统全球组网部署完成, 标志着 BDS 系统服务范围将扩展至全球。与其他全球性卫星导航定位系统相比, BDS 系统具有以下特点: 一是抗遮挡能力强, 尤其在低纬度地区; 二是能提供多频信号组合使用等方式, 从而提高导航、定位、授时精度; 三是 BDS 特有的短报文通信能力, 是其他系统所不具备的一项十分重要的技术突破; 四是 BDS 星座实现星间链路 ISL, 使得全球特色服务的性能和容量得到显著提高^[2]。BDS 凭借实时导航、快速定位、精确授时、位置报告和短报文通信服务功能在诸多领域都得到广泛应用。BDS 的不断完善及飞速发展, 使 BDS 与 GPS 的定位精度等性能的对比分析成为众多学者研究的热点。

众多学者针对 GPS 和 BDS 开展了丰富研究^[3,4]。根据现有研究成果来看, 在一些领域, BDS 的定位精度能与 GPS 相媲美, 甚至超过 GPS。武红敢等^[5]通过研究森林环境中 BDS 与 GPS 的定位精度差异, 发现两者在森林环境定位性能方面基本一致; 柯晔等^[6]利用卫星仿真工具包研究 BDS 与 GPS 卫星导航星座的定位

性能精度, 结论显示 BDS 较 GPS 在国内外的典型站点定位性能更优; 刘明亮等^[7]基于全球 16 个 MGEX 跟踪站多天实测数据进行不同的伪距单点定位解算试验, 发现 BDS 在全球范围内定位性能较优, 甚至部分频率定位性能优于 GPS 和 Galileo; Zhao 等^[8]基于多 GNSS 观测数据对多 GNSS 在极地地区的信号质量和定位性能进行了评价, 发现在极地地区 BDS 和 GPS 的可见卫星、PDOP 及定位精度等相当。

虽然 BDS 发展十分迅速且拥有许多先进技术, 但 BDS 的定位精度等性能仍具有一定的发展空间。慕仁海等^[9]基于国家 GNSS 基准站的多系统数据进行 BDS 与 GPS 单系统解算, 发现无论是采用高精度基线还是精密单点定位的解算方式, BDS 相对于 GPS 的精度都略有差距。当然, 许多时候多系统组合更能提高精度。杨毅等^[10]通过全球不同区域监测站的观测数据, 采用 GPS、BDS、BDS/GPS 组合定位三种模式在不同模拟遮挡环境下进行伪距单点定位, 发现多系统组合比单系统定位精度要高。

目前在测量领域, RTK (Real-time Kinematic) 实时动态差分定位技术应用最为广泛^[11,12], 但精度有待提高, 一般适用于碎部测量。静态测量作为一种经典的高精度测量方法, 具有操作简单、选点灵活等优点, 是控制测量主要方法之一。鉴于此, 研究首先进行静态控制测量的设计及观测, 然后对多系统卫星数据进行分流, 再利用单系统进行基线解算及平差处理, 最后进行卫星可见性分析、基线解算精度评定及几何精

作者简介: 张德德 (1992—), 男, 汉族, 硕士, 工程师, 主要从事测绘地理信息领域的计量方法与应用研究。

度因子分析,以比较 BDS 与 GPS 在静态测量中的精度。

2 研究方法

GNSS 静态测量在郑州市郊农田区域进行,实验区及周边原有测量控制点的分布较为广泛,且保持情况较好,高楼建筑物、树木等较少。研究基本流程如下:

(1) 选点布网:考虑到测区已有较多点位稳定的埋石图根点,为保证实验结果的精度和可靠性,不再布设临时控制点。依据 GNSS 网选点原则,选取 6 个未知点及 3 个已知控制点参与布网,控制网的网形如图 1 所示,其中 HG16、HG17 及 y1 点的坐标已知。

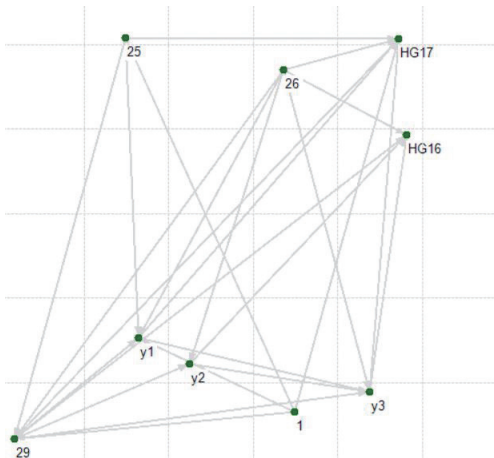


图1 GNSS控制网网形及分布

(2) 外业观测:实验布设 E 级网,依据《卫星定位城市测量技术规范》,具体观测模式为采用 5 台中海达 iRTK5 接收机,同步观测 4 颗以上卫星,站点观测为 2 个时段,每时段 45min 以上,采样间隔为 1s。

(3) 数据处理:为比较 GPS 和 BDS 在静态测量中的观测结果,首先进行数据格式转换及数据分流,然后进行基线解算,调整截止高度角、修改 Ratio 值的限值等,使基线、重复基线、同步环和异步环均在限差范围内,最后进行三维自由网平差及二维约束平差,得到平差结果。具体数据处理流程如图 2 所示。

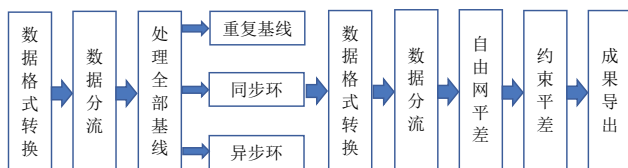


图2 数据处理流程

(4) 结果分析:首先,可见卫星数目能较好地反映观测质量的重要指标;其次,采用 Ratio 值、RMS 均方根误差等指标来评定检验基线解算结果的质量。Ratio 值越大,确定的整周未知数参数的可靠性越高。

均方根误差 RMS 越小,观测值质量越高。最后,通过几何精度因子 DOP (Dilution of Precision) 衡量定位精度。

3 实证结果

3.1 卫星可见性分析

GPS 卫星跟踪图及 BDS 卫星跟踪图如图 3 所示。从图 3 可知,在河南郑州地区,BDS 可见卫星主要分布于测站的西南天空,而 GPS 可见卫星分布较为均匀。在卫星几何分布方面,BDS 的卫星空间分布相较于 GPS 处于劣势。其次,依据卫星跟踪序列图统计出卫星的可见数目变化,如图 4 所示。从图 4 可知,两系统的可见卫星数均已达到独立导航定位的需求。在观测时段的任意时刻,BDS 卫星可见数均高于 GPS 系统,GPS 可见卫星数目为 4~8 颗,且卫星升降较为频繁,BDS 可见卫星数目为 11~13 颗,较为稳定,在持续跟踪锁定卫星方面更具优势。

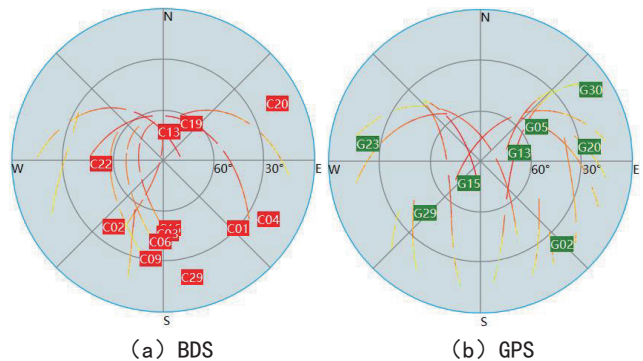


图3 卫星跟踪

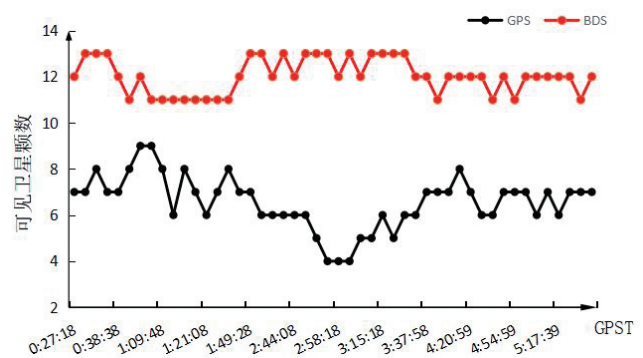


图4 可见卫星数目变化

3.2 基于 Ratio 值和 RMS 值的基线解算结果评定

基线解算是通过载波相位观测值或差分观测值,求解同步观测测站间基线坐标差的过程。其中评估基线解算质量的指标有 RMS 值、方差比 Ratio 值、数据剔除率、相对定位精度因子 RDOP、重复基线是否合格、同步环闭合差及异步环闭合差等多项指标。研究

仅采用 RMS 值及 Ratio 值来反映观测质量，其中 RMS 值为基线解算的均方根误差，不受观测条件好坏影响，观测值质量越好 RMS 越小。基线解算后获得的 GPS 和 BDS 单星系统解算基线 RMS 统计如图 5 所示。从图 5 可知，BDS 基线解算结果的均方根误差 RMS 普遍小于 GPS，集中在 0.004 ~ 0.008 之间；GPS 的 RMS 值浮动较大，大致位于 0.004 ~ 0.012 之间，说明卫星观测信号与 BDS 相比较差，这也可从基线解算的残差序列图中体现，由于篇幅限制，残差序列图不再展示。基于此可以看出，BDS 系统比 GPS 系统的观测质量好。此外，对于 1km 内的短基线，无论是 BDS 还是 GPS 系统，都难以发现基线解算的 RMS 值与基线长度的关系。

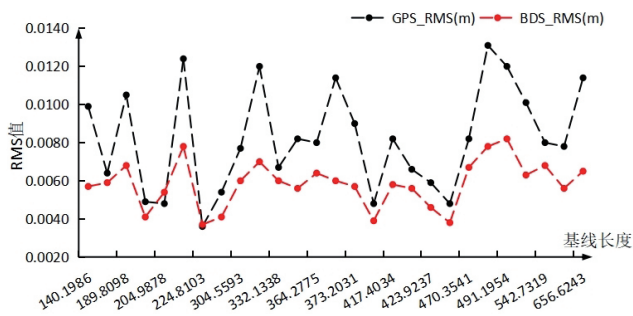


图5 GPS和BDS单系统解算基线RMS统计

方差比 Ratio 值这一指标取决于多种因素，既与观测值质量有关，也与观测条件好坏有关，反映了确定的整周未知数参数的可靠性，Ratio 值越大，整周模糊度的解算结果越可靠。BDS、GPS 单系统 Ratio 值对比如表 1 所示。

表1 GPS、BDS的Ratio值对比

基线ID	GPS_Ratio	BDS_Ratio	距离/m
B01	99	99	279.696
B02	21.13	31.84	189.812
B03	99	89.51	423.923
B04	99	73.25	189.809
B05	26.09	99	423.922
B06	99	99	204.987
B07	36.85	53.47	332.133
B08	99	99	304.559
...
B26	6.63	36.01	224.810
B27	10.66	33.66	373.203
B28	99	99	367.742

经统计分析，对于 BDS 系统，Ratio 值最大为 99，最小为 23.12，均值为 73.19；对于 GPS 系统，Ratio 值最大为 99，最小为 6.63，均值为 70.43；虽然 GPS 的 Ratio 最小值及均值都比 BDS 小，但是 GPS 系统 Ratio 值为 99 的有 16 条基线，而 BDS 仅有 10 条。

综合来看，GPS 与 BDS 整周模糊度的可靠性相当。同样，对于 1km 内的短基线，无论是 BDS 还是 GPS 系统，都难以发现基线解算的 Ratio 值与基线长度的关系。

3.3 几何定位精度因子分析

几何精度因子 DOP (Dilution of Precision) 是衡量定位精度的重要指标，DOP 值的大小与定位误差成正比，DOP 值越大则定位误差越大，定位精度就低。研究以三维位置精度因子 PDOP (Position Dilution of Precision)、水平分量精度因子 HDOP (Horizontal Dilution of Precision)、垂直分量精度因子 VDOP (Vertical Dilution of Precision) 为评价定位精度的指标。PDOP 直接反映 GPS 卫星的分布情况，当 PDOP 较大时，表明空中的卫星几何分布不理想，定位精度较低，反之亦然。好的几何因子实际上是指卫星空间分布不集中于一个区域，同时能均匀分布在不同方位区域。基线解算得到的几何精度因子统计如表 2 所示。经统计分析，BDS 的水平分量精度因子 HDOP 普遍低于 GPS，但在垂直方向，BDS 比 GPS 的浮动较大。GPS 与 BDS 的位置精度因子 PDOP 如图 6 所示，GPS 的位置精度因子 PDOP 最大值为 4.249，最小值为 2.433，平均值为 3.081；BDS 的位置精度因子 PDOP 最大值为 4.849，最小值为 1.769，平均值为 2.878。基于此可得出结论，BDS 在水平方向的精度略优于 GPS 系统，但在垂直方向，GPS 的定位精度更高。

表2 几何精度因子分析

基线ID	BDS_HDOP	BDS_VDOP	BDS_PDOP	GPS_HDOP	GPS_VDOP	GPS_PDOP
B01	1.075	1.576	1.907	1.508	2.605	3.01
B02	0.992	1.679	1.95	1.377	2.675	3.009
B03	1.074	1.575	1.906	1.849	3.284	3.769
...
B26	1.51	3.543	3.851	1.346	2.282	2.649
B27	1.52	3.594	3.902	1.379	2.259	2.647
B28	1.668	4.408	4.713	1.912	3.333	3.842

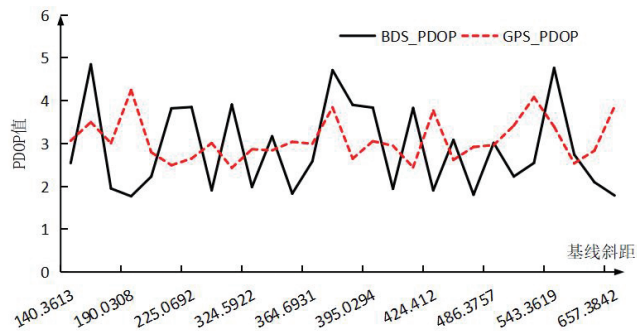


图6 GPS与BDS的位置精度因子PDOP分析

(下转第 48 页)

省市县时空服务一体化资源池建设实践

张梦琪¹ 杨峰¹ 李鹏²

(1. 江苏省基础地理信息中心, 江苏 南京 210013; 2. 南京元时空地理信息技术有限公司, 江苏 南京 210023)

摘要: 为实现省市县时空大数据成果的统一管理与融合服务, 针对多源地理信息服务集成中存在的服务引擎异构、空间参考不一致等问题, 突破了跨引擎多协议服务集成、异构多源服务融合代理、多兼容性地图容器构建等系列技术难点, 建设了江苏省省市县一体化资源池, 实现全省时空服务“一张图”展示。研究成果对于推动时空数据融合应用、充分发挥时空数据要素基础性支撑作用具有重要的现实意义。

关键词: 时空大数据平台; 多源时空服务集成; 省市县一体化资源池

1 引言

时空数据作为重要战略性数据资源和新型生产要素, 在支撑经济社会高质量发展中发挥着越来越重要的作用。时空大数据平台是时空信息汇聚管理、资源融合、交换共享、协同应用的载体^[1]。2021年, 江苏省在全国率先建成省级智慧城市时空大数据平台——智慧江苏时空大数据平台, 并在全省陆续建成30余个市、县级时空大数据平台, 持续为各级政府部门、行业用户提供地理信息公共服务。然而由于各级各类平台建设时间有先后, 依据标准不统一, 平台间存在“网络不连通、数据不流动、服务不协同”的问题, 涉及跨行政区数据资源应用时, 需要通过不同平台分别查阅和申请, 限制了省市县时空数据资源的互通共享。

《中共中央 国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》中提出, 数据资源建设要“加强整体工作统筹, 促进跨地区跨部门跨层级协同联动”。立足江苏省“一盘棋”时空基底建设, 围绕跨引擎多协议服务集成、异构多源服务融合代理、多级服务融合展示等瓶颈问题, 研究全省时空数据服务统一展示、管理、服务方法。

2 市县时空服务差异性分析

2.1 网络连通性

江苏省电子政务外网于2017年建成并正式投入运行, 对上联通国家骨干网, 横向联接300余家省级部门单位, 对下实现省市县乡村五级全覆盖, 是全省数字政府建设运行的基础骨干网络。全省各级时空大数据平台均部署于电子政务外网环境。然而虽然政务外

网全省贯通, 但各地政务网络大多设有安全策略, 无法直接连通, 导致平台间无法相互访问, 限制了数据资源的互通和共享。

2.2 服务引擎

由于市县时空大数据平台均为独立建设, 在GIS引擎选择、服务协议及数据格式方面缺乏统一标准, 导致各平台技术栈各异。市县平台采用的二三维GIS引擎涵盖GeoServer、ArcGIS、超图、Cesium等主流产品; 支持的地图服务协议则包括OGC标准的WMS/WMTS、ArcGIS REST API、超图iServer REST API等多种类型; 三维模型数据格式以3DTiles等为主。在同时加载来自不同平台的服务与数据时, 会因参数不一致、切片方案差异等问题^[2,3], 导致服务调用失败。全省各协议服务数量及占比情况如表1所示。

表1 全省各协议服务数量及占比情况

类型	GeoServer WMTS服务	GeoServer WMS服务	ArcGIS 瓦片服务	ArcGIS动态 地图服务	超图 iServer REST服务	超图 S3M	Cesium 3DTiles
数量	182	141	397	318	156	11	27
占比/%	14.77	11.44	32.22	25.82	12.67	0.89	2.19

2.3 空间参考

《智慧城市时空大数据平台建设技术大纲(2019版)》要求, 空间定位基础采用2000国家大地坐标系(CGCS2000)。CGCS2000即EPSG:4490, 是当前各类地理信息系统中使用最普遍的坐标参考系统, 江苏省、南京市、无锡市、徐州市、苏州市、南通市、淮安市、泰州市及大部分县级时空大数据平台均采用此坐标系统。然而, 受地方既有平台选型和当地政务系统建设标准的影响, 仍有部分地区采用EPSG:4528(CGCS2000_3_Degree_GK_Zone_40)或EPSG:4326(WGS

基金项目: 江苏省测绘科研项目“市县一体化时空大数据平台建设模式研究”(编号: 2022041)。

作者简介: 张梦琪(1993—), 女, 汉族, 硕士, 工程师, 主要从事时空大数据平台建设工作的。

84)，空间参考系的差异，会直接导致服务空间匹配失败。

3 省市县一体化资源池建设

针对省市县时空大数据统一管理应用需求迫切的现状，围绕跨引擎多协议平台集成、异构多源服务融合代理等关键技术开展研究，实现原有平台“本级孤立”的资源管理中心向省市县互联互通的一体化资源池升级。

3.1 跨引擎多协议平台集成

顾及市县平台的引擎差异和协议多样性，构建统一的协议框架，能够兼容 GeoServer、ArcGIS、超图、Cesium 等主流二三维 GIS 引擎以及 OGC 标准、ArcGIS REST、超图 iServer REST 等多类型服务协议，从而实现跨引擎多协议的各级平台服务集成。同时，面向实景三维数据的管理需要，构建二三维时空信息服务注册、管理、发布与共享的资源服务能力，扩展资源池对于三维数据服务的支持范畴。跨引擎多协议服务集成如图 1 所示。

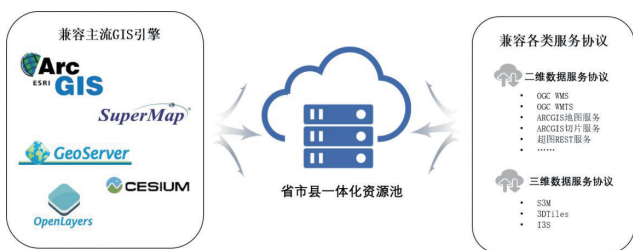


图1 跨引擎多协议服务集成

3.2 异构多源服务融合代理

省市县一体化资源池搭建完成后，部署于省级时空大数据平台，通过网络环境连通工作^[4]，实现省市县三级平台运行环境互连互通。基于互通的网络环境，市县平台服务可在省市县一体化资源池注册。一体化资源池采用“Nginx+Spring MVC”分层架构，实现对注册服务的统一封装和代理。Nginx 作为反向代理和负载均衡器位于前端，负责跨域处理、静态资源缓存、请求转发和负载均衡，Spring MVC 应用负责密钥管理、权限控制和协议转换，从而统一出口，面向各级政府部门提供全省各级时空数据服务。

3.3 时空服务更新自动识别

为保证一体化资源池中数据服务现势性，面向 WMTS、WFS 等类型的时空数据服务构建了服务更新自动识别能力，实现方式如下：

(1) 基于标准化服务注册信息，通过 REST 接口调用服务数据和瓦片图像，本地化关联存储返回结果，

对于多期数据建立图像索引关系。

(2) 基于图像色差、图像相似性识别算法，多线程并行开展多期数据的差异比对，并对差异图像像素内容进行标记。

(3) 对标记的差异像素区域通过形态学膨胀操作连接相邻差异点，并计算最小外接矩形作为图像差异边界。对极小、零散的差异像素进行去噪处理，提高差异范围识别结果的可读性。

(4) 对新旧服务瓦片图像差异识别范围坐标记录，转换为 Polygon 几何类型空间数据，采用 GeoJson 空间格式进行标准化存储。

通过以上方法，定期检测数据服务更新情况，精确识别更新范围，从而实现对省市县数据服务更新的有效监管和及时维护。

4 时空服务“一张图”

时空服务“一张图”系统基于 Vue+Element UI 框架构建前端页面，采用 OpenLayers 地图渲染引擎，实现多源异构省市县时空服务的统一展示。在解析各类 GIS 引擎发布的时空服务的切片方案、接口类型、空间参考信息基础上，选择节点加载的地图容器，实现异构地图服务在统一页面的集成展示。时空服务“一张图”系统如图 2 所示。



图2 时空服务“一张图”系统实现

4.1 系统架构

(1) 前端框架 Vue.js

Vue.js 是一种渐进式 JavaScript 框架，采用声明式与组件化模型，简化用户界面开发。基于 MVVM

架构,Vue.js 通过数据驱动视图,避免直接操作 DOM,提升开发效率。其丰富的第三方组件库和活跃社区为系统扩展与维护提供了坚实支撑。

(2) 组件库 Element UI

Element UI 是一款基于 Vue.js 的开源 UI 组件库,提供了丰富的 UI 组件和主题样式,帮助用户快速开发基于 Vue.js 的 Web 应用,提高开发效率的同时提升了系统的整体美观度。

(3) 地图渲染框架 OpenLayers

OpenLayers 是一个高性能、功能齐全的地图类开源 JavaScript 框架,具有开发简单、成本低廉、支持多类地图格式等特点^[5]。尽管市县服务的切片方案和接口类型各异,难以直接加载,但大多符合 XYZ 源切片方案特征。系统采用 OpenLayers 的 ol.source.XYZ 类,以 EPSG:4490 为空间参考系,实现市县服务的无缝叠加,为数据服务的统一展示与管理提供技术支持。对于非 XYZ 切片方案的服务,如 GeoServer WMS 服务,可通过 ol.source.TileWMS 或 ol.source.ImageWMS 进行加载,而 ArcGIS 动态地图服务则需采用 ol.source.ImageArcGISRest 加载,这两类服务的加载方式与 XYZ 切片方案分属不同的技术实现范畴,下文将详细介绍。

4.2 多兼容性地图容器构建

为实现多引擎服务统一页面展示,系统构建两个地图容器,以空间参考系的类型作为划分地图容器依据,将市县服务放置到不同地图容器。系统根据接入服务的类型标识自动识别并显示与之匹配的地图容器,通过 CSS (Cascading Style Sheets, 层叠样式表) 隐藏其他类型地图容器,从而实现在同一页面加载不同空间参考类型的地图服务,完成多兼容性地图容器构建。

4.3 多源异构地图服务集成调用

整合不同地图服务框架是提升 WebGIS 系统兼容性的重要研究方向。在系统研发中,针对 OpenLayers 框架调用多源服务的参数适配问题,提出一种基于坐标转换的瓦片加载算法,解决了异构地图服务间切片方案与层级参数差异导致的瓦片匹配难题。

(1) OpenLayers 调用超图 iServer REST 服务

超图 iServer REST 服务通过特定参数 (如 scale、x、y) 定义瓦片请求规则,而 OpenLayers 的 ol.source.XYZ 类可通过 tileUrlFunction 方法获取对应的瓦片索引数组 tileCoord,分别记为参数

tileCoord_x、tileCoord_y、tileCoord_z。两者的核心差异在于层级定义与坐标基准:OpenLayers 以离散层级 (z) 描述地图缩放级别,而超图服务通过连续比例尺 (scale) 实现多尺度表达。为实现参数映射,首先需建立层级转换模型。根据超图官方定义,比例尺 scale 的计算需结合地面分辨率 (Resolution) 与设备物理参数,其公式为:

$$scale = \frac{0.0254}{Resolution \times 111194.872221777 \times 96} \quad (1)$$

公式 (1) 中,Resolution 表示像素对应地理长度 (单位:度),通过层级 z 与分辨率 Resolution 间固定对应关系获取;常数 111194.872221777 为经纬度与米的转换系数,96 为系统默认屏幕 DPI 值。该公式将 OpenLayers 的离散层级 z 转换为超图服务的连续比例尺 scale,确保瓦片请求的尺度一致性。

其次,坐标原点偏移问题需通过空间基准校正解决。假设超图服务切图方案原点为 (origin_x_super, origin_y_super),当前地图容器原点为 (origin_x, origin_y),则行列号转换公式为:

$$\begin{cases} x = tileCoord_x + \frac{origin_x - origin_x_super}{256 \times Resolution} \\ y = tileCoord_y + \frac{origin_y - origin_y_super}{256 \times Resolution} \end{cases} \quad (2)$$

公式 (2) 中,256 为瓦片标准像素尺寸,分母项实现了地理坐标偏移量向瓦片行列号的标准化转换。通过动态计算 x、y 值,可消除不同切图基准导致的瓦片错位现象。

实验表明,该方法通过 tileUrlFunction 重写瓦片 URL 生成逻辑,将转换后的 scale、x、y 参数嵌入超图服务请求链,实现 OpenLayers 对 iServer REST 地图服务的无缝加载。动态参数计算效率经浏览器原生 performance.now() 微秒级 API 验证:在 Chrome 138 固定环境对 10000 组跨层级瓦片坐标进行采样,直接测量坐标转换至 URL 拼接全链路耗时。结果显示,平均耗时仅 0.33ms (P95=0.70ms,峰值=33.4ms,标准差 ±0.79ms),占单瓦片加载周期不足 1%。相较于传统静态参数配置方案,本算法以可复现的低计算开销实现更强的自适应能力,可兼容不同坐标系与切图策略的第三方服务。

(2) OpenLayers 调用 GeoServer 与 ArcGIS Server 瓦片服务

相较于调用超图 iServer REST 服务应用的复杂转换算法,使用 OpenLayers 的 ol.source.XYZ 类加载

GeoServer 与 ArcGIS Server 瓦片服务更为直接, 只需根据各服务地址拼接相应瓦片 URL, 并满足以下条件:

- ①解决访问控制, 处理服务端的 Token 认证、Referer 校验、CORS 策略等安全限制;
 - ②完成身份认证, 若服务启用复杂认证机制(如 OAuth), 需额外配置;
 - ③拼接有效 URL, 根据服务规范构造瓦片请求地址。
- 满足上述条件后, 即可实现 OpenLayers 对 GeoServer 或 ArcGIS Server 瓦片加载。

5 结束语

江苏省创新时空平台和时空服务省级统筹管理模式, 解决了多层级异构服务汇聚、融合、展示、更新阶段的瓶颈问题, 综合构建了省市县一体化资源池, 一方面, 提升了省级时空大数据平台作为全省测绘地理信息成果在线服务统一出口的能力水平, 形成面向

(上接第 44 页)

4 结束语

为探究静态控制测量中 GPS 与 BDS 系统的性能优劣, 首先设计静态控制测量方案, 采用中海达 iRTK5 仪器进行观测, 然后进行数据预处理、单系统基线解算及平差处理, 最后从卫星可见性分析、基于 Ratio 值和 RMS 值的基线解算精度评定、几何精度因子等方面进行分析, 得出以下结论:

(1) 从卫星星座空间分布来看, BDS 的卫星空间分布处于劣势, 但从卫星可见数目来看, 任意观测时段 BDS 系统的卫星可见数均比 GPS 多 4~5 颗, BDS 在持续跟踪锁定卫星方面更具优势。

(2) 从基线解算结果来看, BDS 基线解算结果的均方根误差 RMS 值普遍小于 GPS, BDS 系统的卫星观测质量更好。

(3) 在几何精度因子方面, BDS 的水平分量精度因子 HDOP 普遍小于 GPS, 说明在水平方向 BDS 的精度比 GPS 更高; 然而 BDS 的垂直分量精度因子 VDOP 比 GPS 浮动更大, 且 GPS 在垂直方向的定位精度更好。

参考文献

[1] 何运成. 北斗系统在我国民航领域应用现状及发展前景[J]. 卫星应用, 2019(9):19-24.

全省政府部门和社会公众的时空服务集群, 推动测绘地理信息数据供给; 另一方面, 以服务形式实现成果共享和多级复用, 简化数据交换的烦琐步骤, 避免重复建设。

参考文献

[1] 王家耀, 王利军, 程士源. 时空大数据及其应用[J]. 测绘科学技术学报, 2024, 40(4):331-337, 391.
 [2] 熊华伟. 基于适配器原理的异构地理信息数据服务集成方法与实验[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(9):117-119.
 [3] 夏志华, 刘洪良, 倪雨函, 等. 基于可视化数据挖掘技术的 GIS 时空大数据融合方法[J]. 中国新技术新产品, 2024(22):17-19.
 [4] 张梦琪, 孙卓尔. 江苏省市县级时空大数据平台运行监测评估方法研究[J]. 江苏科技信息, 2022, 39(14):34-36, 40.
 [5] 赵锐, 刘言, 马乐, 等. 基于 OpenLayers 的应急供应站地理信息系统研究与设计[J]. 四川兵工学报, 2014, 35(3):70.

[2] Yang Y, Liu L, Li J, et al. Featured services and performance of BDS-3[J]. Science Bulletin, 2021, 66(20):2135-2143.
 [3] Yang Y, He H, Xu G. Adaptively robust filtering for kinematic geodetic positioning[J]. Journal of geodesy, 2001, 75:109-116.
 [4] Han S, Rizos C. GPS multipath mitigation using fir filters[J]. Survey Review, 2000, 35(277):487-498.
 [5] 武红敢, 罗鹏, 杨云凤, 等. 森林环境下的北斗卫星导航系统性能分析[J]. 测绘科学, 2021, 46(5):1-7.
 [6] 柯晔, 吕志伟, 徐海龙, 等. BDS-3 与 GPS 导航卫星星座性能对比分析[C]//第十二届中国卫星导航年会论文集:S04 卫星轨道与系统误差处理, 2021:23-29.
 [7] 刘明亮, 安家春, 王泽民, 等. BDS-3 多频伪距定位性能分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, 48(6):902-910.
 [8] Zhao J, An J, Wang Z, et al. Signal quality and positioning performance of GPS/BDS-3/GLONASS/Galileo in polar regions[J]. Advances in Space Research, 2022, 69(6):2541-2554.
 [9] 慕仁海, 党亚民, 许长辉. 国家 GNSS 基准站解算 BDS/GPS 精度对比分析[J]. 测绘工程, 2020, 29(5):55-59.
 [10] 杨毅, 胡洪, 解雪峰, 等. BDS-3/GPS 在遮挡环境下定位性能分析[J]. 全球定位系统, 2021, 46(3):104-110.
 [11] Ogaja C, Rizos C, Wang J, et al. A dynamic GPS system for on-line structural monitoring[C]. Int. Symp. on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics & Navigation (KIS 2001), Banff, Canada, 2001: 5-8.
 [12] Kuang C, Dai W. Measurement of wind-induced vibration of tall buildings using GPS and wavelet application[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010, 35(9):1024-1028.

卫星遥感数据在管线工程竣工测量全流程中的应用研究

苏立柱¹ 苏晓柱²

(1. 西安大地测绘股份有限公司, 陕西 西安 710000; 2. 陕西添洋测绘信息有限公司, 陕西 西安 710100)

摘要: 针对滨海软土地区地质条件复杂给地铁管道竣工测量带来的挑战, 以青岛地铁管网为研究对象, 提出一种基于 SBAS-InSAR (小基线集成孔径雷达干涉测量) 的管道竣工形变监测方法。通过整合 2017 年至 2024 年的 Sentinel-1A/B 时序影像数据, 构建了适用于软土地区的地铁管道竣工监测模型, 有效揭示了地铁环线管道竣工后的时空形变特征。结果显示: 超过 70% 的管道区域处于稳定状态; 1 号线软土段、6 号线断裂带段、8 号线填海区以及 12 号线深基坑周边的管道形变较为显著; 管道形变呈现出周期性波动与长期沉降并存的特征, 且 2020 年后的沉降速率平均增幅达 25%; 监测期内观测到两次异常回弹现象, 推测与地下水回灌及区域地壳应力调整有关。研究构建的模型为滨海软土地区地铁管道竣工测量提供了一个可推广的技术框架。

关键词: 地铁建设; 地面沉降; Sentinel-1; InSAR; 沉降速率

1 引言

随着城市化进程的推进, 我国地铁建设规模不断扩大, 管道竣工后的稳定性直接关系到轨道交通的运营安全, 因此构建一套实时、精准的竣工监测体系意义重大^[1]。传统手段 (如人工探地雷达、全站仪) 存在覆盖范围有限、时效性差以及在复杂地质条件下适应性弱等问题, 难以满足长距离动态监测需求^[2]。近年来, InSAR 技术凭借非接触、全天候及厘米级精度的优势, 已成为管道竣工监测的核心技术^[3,4]。其中, SBAS-InSAR 通过时空自适应滤波有效抑制大气与轨道误差, 实现亚毫米级精度, 为大规模监测提供了新方法^[5,6]。该技术将大气相位屏误差控制在 1.5mm 内、轨道误差 0.8mm 内, 自 2002 年提出后逐步得到推广, 并已在南京、天津地铁监测中验证了有效性, 识别了形变敏感区, 揭示了与地质的关联^[7]。但现有研究多依赖地面控制点, 在无水准点条件下的精度验证仍显不足, 且滨海软土区管道竣工的时空规律与定量模型缺乏系统框架。

青岛作为典型的滨海软土城市, 地铁管道竣工测量面临软土蠕变、地下水位波动等严峻挑战。为此, 以青岛地铁管道为研究对象, 整合 2017~2024 年 Sentinel-1A/B 影像, 构建 SBAS-InSAR 模型, 验证在试验区无控制点精度条件下的监测能力, 并揭示其形变规律, 为相关技术研究提供参考。

2 数据源及原理方法

2.1 数据源

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 2.3m 至 25m 分辨率的雷达影像, 支持干涉测量和极化分析。其数据覆盖全球且免费获取, 广泛应用于地下管道监测、地表形变分析等领域, 尤其在复杂地质条件下的管道长期动态监测中发挥重要作用。

研究选取覆盖青岛市区地铁施工管道沿线 2017 年至 2024 年的长时序 SAR 影像作为原始数据。尽管部分影像时间间隔达 3~6 个月, 可能影响相干性, 但考虑到 Sentinel-1A/B 双星重访周期为 6 天, 实际可用影像受数据缺失、轨道切换及处理资源限制, 最终筛选出 24 景高质量、低空间基线 (< 150m) 影像用于 SBAS 分析, 保证干涉对数量, 同时兼顾时间覆盖完整性与形变信号提取的可靠性。影像数据源如表 1 所示。

2.2 技术方法

研究采用基于 SBAS-InSAR 技术的竣工形变监测方法, 技术流程如图 1 所示。具体步骤如下:

首先, 对 Sentinel-1 雷达影像进行辐射定标与几何校正; 其次, 基于精确轨道参数估算基线, 筛选满足时空基线阈值的影像对, 生成差分干涉图 (DInSAR), 并利用 SRTM DEM 去除地形相位并消除平地效应。再次,

作者简介: 苏立柱 (1989—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事城市地下管线探测、工程测量、排水管道检测工作。

采用最小费用流 (MCF) 算法对残余相位进行相位解缠, 获得连续形变相位, 并通过轨道精炼与重去平进一步抑制轨道误差。最后, 结合奇异值分解 (SVD) 进行时间序列反演, 估算地表形变速率, 去除大气延迟相位, 并完成地理编码, 输出最终形变结果。

通过时间序列分析方法估算管道沿线地表形变速率, 可间接反映地下管道竣工后的形变状态。该技术流程梳理并完善了 SBAS-InSAR 技术在管道竣工测量中的应用路径, 为管道竣工质量评估提供了科学依据。

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

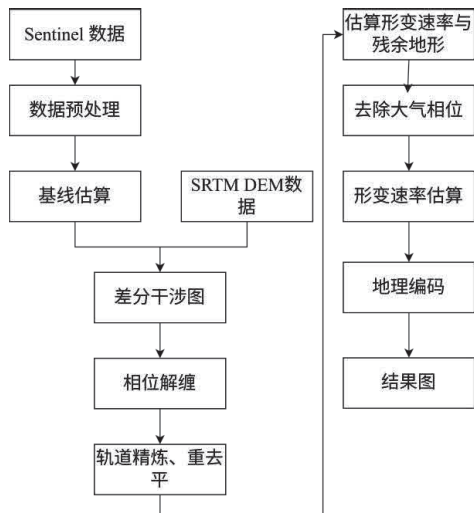


图1 数据处理流程

3 结果分析

3.1 地铁施工管道竣工形变监测

研究利用 SBAS-InSAR 技术监测了 2017~2024 年青岛地铁管道竣工后沿线的地表形变, 获取 30m 空间分辨率、12 天时间间隔的形变场数据, 垂向形变速率范围为 -1.93mm/a 至 2.10mm/a。在无地面控制点的情况下, 与 GPS 数据的相关系数达 0.89(RMSE=0.38mm/a)。主要空间格局特征如下:

西北及沿海区域: 以正向形变 (抬升) 为主, 推测与构造抬升或沉积物均衡回弹有关;

东南及内陆区域: 表现为持续沉降, 可能因地下水超采导致含水层压缩与软黏土蠕变, 管道沉降敏感段与地下水漏斗区的耦合度达 82%;

人类活动密集带: 在老城区、填海造陆区等区域, 管道年均沉降局部接近 -1.5mm, 成因包括施工附加应力、建筑荷载次固结及地下水开采失衡;

填海区: 形变呈非线性特征, 2019~2021 年沉降速率突增 30%, 与地铁 6 号线盾构施工在时空上高度相关 (滞后约 6 个月);

人工干预效应: 崂山区等新建城区经桩基加固与地下水回灌处理后, 形变速率稳定于 -0.5mm/a 至 0.5mm/a, 回灌区形变速率较非回灌区降低 62%, 停灌后 3 个月残余抑制率达 65%, 体现了人工干预的持续效益;

风险叠加: 沿海低洼地带因沉降与海平面上升耦合, 加大了管道接口渗漏风险; 交通枢纽周边易诱发设施性能退化, 胶州湾东岸年均海平面上升 3.2mm, 与沉降叠加后接口应力增长率达 4.8mm/a, 需重点关注接口密封性检测维护。2017~2024 年形变速率监测结果如图 2 所示。

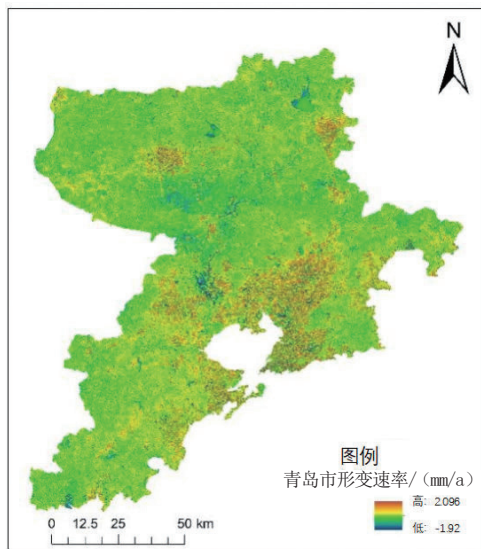


图2 2017~2024年形变速率监测

3.2 地铁环线管道竣工形变分析

(1) 形变速率分析

2017~2024 年青岛市地铁环线 (1 号线、6 号线、8 号线、12 号线) 施工管道竣工后的形变速率监测结果如图 3 所示, 管道沿线形变呈显著时空异质性, 大部分管道段形变速率接近零值 (图中绿色和浅绿色区域占主导), 表明管道竣工后状态较为稳定。

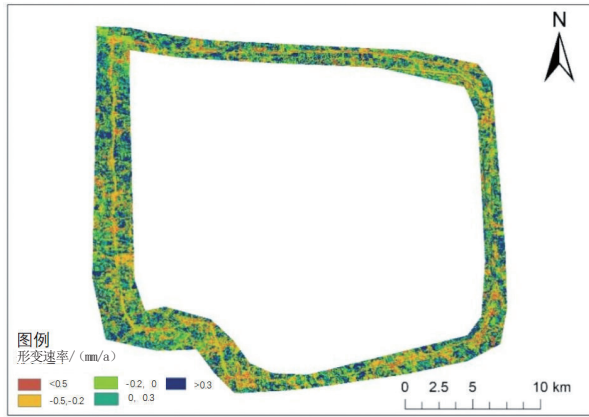


图3 青岛市地铁沿线形变监测

具体分段监测数据如下：

1号线（软土段）：胜利桥—青岛站段建设期间年均沉降速率约3~5mm/a，主要受软土地质条件影响；2021年应用预制拼装工艺后，沉降速率显著降低，降幅达60%，表明工艺改进对管道竣工形变控制效果显著。

6号线（断裂带）：穿越胶州湾断裂带管道依托高精度盾构控制技术，差异沉降被控制在小于5mm范围内，表明先进技术在复杂地质条件下对管道竣工质量的保障作用。

12号线（深基坑）：临海工业站周边管道在深基坑施工阶段引发约12mm的阶段性形变；通过AI通风调控技术，运营期形变已稳定至亚毫米级，显示工程措施对管道竣工后形变的有效控制。

填海区与基岩区：填海区（如黄岛段）因地下水位波动导致平均沉降速率约为8mm/a；而基岩区（如西海岸）管道形变速率小于2mm/a，差异显著。

协同支护效应：5号线和8号线应用新型轨道—管道协同支护技术，使管道沉降量较传统工法减少约40%，进一步验证了技术改进对管道竣工稳定性的积极作用。各管道区段竣工后形变速率如表2所示。

表2 各管道区段竣工后形变速率

线路/区域	位置	时间	形变速率
1号线	沿海软土段（胜利桥—青岛站）	建设期间	3~5mm/a
1号线	沿海软土段（胜利桥—青岛站）	2021年后	1.2~2mm/a
6号线	胶州湾断裂带	2017~2024年	小于5mm
12号线	临海工业站	深基坑施工阶段	约12mm（阶段性）
12号线	临海工业站	运营期	亚毫米级
填海区（黄岛段）	黄岛段	2017~2024年	约8mm/a
基岩区（西海岸）	西海岸	2017~2024年	小于2mm/a
5号线、8号线	整体线路	2017~2024年	沉降量减少40%

（2）形变趋势分析

青岛市地铁环线施工管道2017~2024年竣工后

地表形变速率趋势如图4所示，主要呈现以下规律：

周期性波动：管道形变速率呈显著年际周期性，5月较1月平均升高12.3%，这与青岛季节性水文—热力耦合效应相关，夏季降水占全年65%，月均温差达8.5℃，导致地下水位波动超1.2m，地表热胀冷缩引发的土体形变量占年总量的18%~22%，轨道荷载的季节性变化进一步放大了形变差异。

长期沉降加速：2017~2024年沿线地表年均下沉 -14.2 ± 2.1 mm，2020年后沉降速率加速至 -16.8 mm/a，这与胶州湾断裂带微震频率升高、地下水超采激增及西海岸新区建设用地扩张（年均8.7km²）密切相关。

异常回弹现象：2019年及2022年形变速率出现短暂回弹（分别达到0.8mm/a和1.2mm/a），回弹现象在时空上分别与黄岛填海区地下水回灌（单日 5×10^4 m³）、8号线智能注浆补偿技术高度耦合，区域潮汐荷载（最大潮差4.7m）可能参与了短期形变调节。

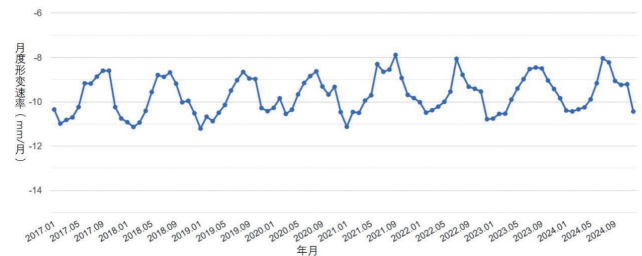


图4 地表形变速率趋势

3.3 精度验证

为验证SBAS-InSAR技术在无地面控制点条件下的监测精度，选取2023年3月~2024年3月青岛地铁1号线（胜利桥—青岛站段）12个GPS水准联测点进行对比。GPS数据由青岛市勘察测绘研究院提供，采用Trimble R12 GNSS接收机+二等水准测量，垂直精度优于 ± 1 mm。点位沿管线约500m布设一个，覆盖软土段、断裂带、填海区等典型地质。在每个GPS点30m缓冲区提取InSAR形变速率均值，剔除相干性 < 0.3 的像元。验证结果如表3所示，相关系数 R 达0.89，RMSE为 ± 0.38 mm/a，表明InSAR监测结果与实测数据高度一致，仅在填海区存在轻微系统性低估，属于可接受范围。

表3 精度验证

指标	数值	说明
样本数	n=12	有效联测点
相关系数 (R)	0.89	线性拟合优度显著 ($p < 0.001$)
RMSE	± 0.38 mm/a	垂直形变速率差异
最大偏差	-0.7mm/a	位于填海区（黄岛段），可能与浅部软土非线性沉降有关
系统偏差	-0.12mm/a	InSAR略低估沉降，处于可接受范围

（下转第55页）

无人机低空遥感在矿区生态修复监测中的应用

梁宏灌

(广州市番禺城市规划勘测设计院有限公司, 广州 番禺 511400)

摘要: 以广东某露天石料矿区为例, 探讨了无人机低空遥感技术在矿区生态修复监测中的应用, 包括二维植被覆盖度监测、垂直结构地形特征监测等方面。通过构建生态修复成效评估体系, 对广东某露天石料矿区的生态修复成效进行了综合评价, 为其他废弃矿区的生态修复监测和成效评估提供了示范。

关键词: 无人机低空遥感; 矿区生态修复; 植被覆盖度; 垂直结构分析; 成效评估

1 引言

矿区生态修复作为恢复矿区生态环境、保障生态系统服务功能的重要手段, 已成为当前生态环境保护领域的热点问题。然而, 传统矿区生态修复监测方法存在成本高、效率低、覆盖范围有限等问题, 难以满足大规模矿区生态修复监测需求^[1]。无人机低空遥感技术以低成本、高灵活性、高分辨率和易于操作的特点, 在矿区生态修复监测中展现出巨大潜力。通过搭载激光雷达、多光谱相机等传感器, 无人机能够获取矿区地形地貌、植被覆盖、土壤湿度等多元信息, 为矿区生态修复监测和成效评估提供科学依据^[2]。

研究以广东某露天石料矿区为例, 探讨了无人机低空遥感技术在矿区生态修复监测中的应用, 构建了生态修复成效评估体系, 并对广东某露天石料矿区的生态修复成效进行了综合评价。

2 研究区概况及数据

2.1 研究区概况

研究以广东某区露天石料矿区为目标, 开展无人机低空遥感技术在矿区生态修复监测中的应用分析。该矿区早期因开采活动导致土地和植被严重破坏, 形成大面积开采创伤面和地质灾害隐患。为恢复矿区生态环境, 相关部门启动了地质环境综合治理一期工程, 对广东某露天石料矿区进行生态修复, 修复措施包括削方减载、分级放坡、复绿工程、地质灾害清理等。目前, 广东某露天石料矿区的生态修复工作已完成, 植被覆盖度显著提高, 地质灾害隐患得到有效治理。

2.2 多模态、多视角数据获取

在矿区生态修复监测中, 激光雷达技术可获取矿区地形地貌等垂直结构信息。采用大疆 M300RTK+L1 无

人机载激光雷达系统, 对广东某露天石料矿区进行高精度激光点云数据采集, 通过仿地飞行策略, 确保激光点云数据完整准确。采用大疆精灵 4RTK 多光谱无人机, 对广东某露天石料矿区进行多光谱数据采集, 采集时间选择在林地苗木最繁茂的 9 月份, 确保数据准确可靠。通过不同波段的光谱组合, 可形成各种植被指数, 用于反映植被的生长状况和覆盖度。无人机载多光谱扫描飞行技术要求如表 1 所示。

表1 无人机载多光谱扫描飞行技术要求

飞行参数	技术要求	飞行参数	技术要求
航向重叠率	70%~80%	地面分辨率	优于1m
旁向重叠率	65%~70%	飞行速度	≤8m/s
起飞点飞行高度	180~250m	主航线角度	与太阳方位角垂直

利用 Pix4DMapper、大疆智图等建模处理软件, 对激光雷达和多光谱航拍影像质量进行检查, 开展 POS 纠正和空三解算平差, 生成区域高分辨率数字正射影像图 (DOM)、点云高程模型图 (DEM)、归一化植被指数图 (NDVI) 和植被覆盖度图 (FVC)。成果图坐标系统一为 CGCS2000 大地坐标系、高斯克吕格投影。

3 监测效果

3.1 二维平面监测

利用多光谱无人机采集的矿区多光谱正射影像, 通过不同波段的光谱组合, 计算归一化植被指数 (NDVI), 并依据像元二分模型合成最大 NDVI 值, 估算植被覆盖度。首先计算归一化植被指数:

$$NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red})} / 10000 \quad (1)$$

公式 (1) 中, ρ_{nir} 为近红外波段 (Near-Infrared) 的反射率, ρ_{red} 为红波段 (Red) 的反射率。由于传感器识别差异等问题, NDVI 存在负值, 负值地区多为水体和积雪地区, 因此将 NDVI 值小于 0 的地区去掉^[3]。

作者简介: 梁宏灌 (1994—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事摄影测量与遥感、工程测量、不动产测量、地理信息系统等工作。

基于计算获取的 $NDVI$ 数据, 采用像元二分法计算植被覆盖度。像元二分模型假设每个像元的光谱信息由植被覆盖部分 (S_{veg}) 和非植被覆盖部分 (S_{soil}) 线性加权合成, 权重为两者在像元中的面积占比。结合研究区土地利用数据, 以 0.5% 为阈值, 选取研究区最大值所有像元中 99.5% 对应的 $NDVI$ 值, 作为植被覆盖的理想最大值 ($NDVI_{veg}$), 经计算, 研究区 $NDVI_{veg}$ 为 0.9515。选取研究区最小值所有像元中 0.5% 对应的 $NDVI$ 值, 作为研究区土壤 $NDVI$ 值^[4,5]。具体公式如下:

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (2)$$

公式 (2) 中, $NDVI_{soil}$ 为纯裸土像元的 $NDVI$ 值, 通常取累计频率 5% 的 $NDVI$ 值, 研究中 $NDVI_{soil}$ 取值为 0.023; $NDVI_{veg}$ 为纯植被像元的 $NDVI$ 值, 通常取累计频率 95% 的 $NDVI$ 值, $NDVI_{veg}$ 取值为 0.803。

3.2 垂直结构分析

采用数字绿土 LiDAR360 软件, 对 LAS 激光雷达点云进行噪声去除、重采样、裁剪及单木分割, 并对点云数据进行去噪处理, 去除噪点影像。采用 LiDAR360 软件的渐进加密三角网滤波算法, 分离出点云数据的地面点和非地面点, 插值生成数字高程模型 (DEM)、数字地表模型 (DSM)。航飞数据矿山垂直结构分析如图 1 所示。

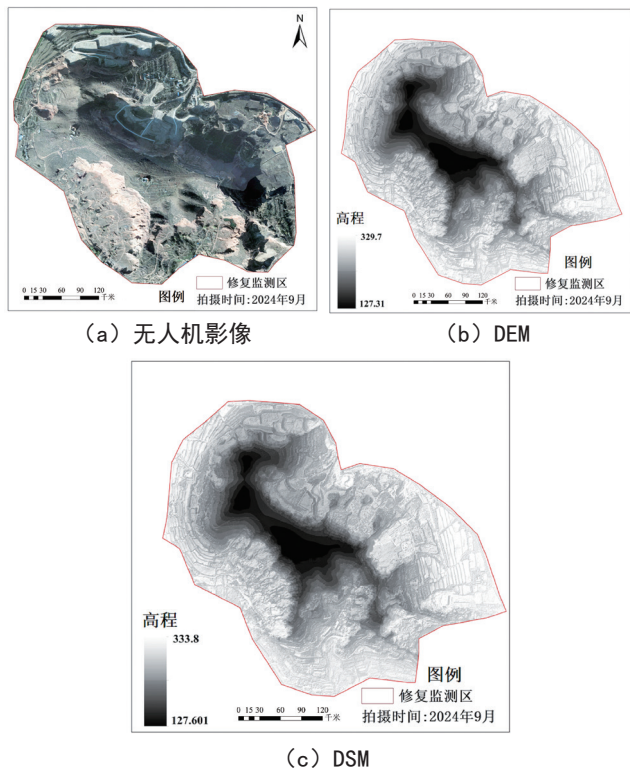


图1 航飞数据矿山垂直结构分析

4 生态修复成效评估及体系构建

研究利用无人机倾斜摄影技术对矿山生态修复现状进行勘探调查, 并基于获取的矿区正射影像、DEM、DSM 等数据, 实现对矿山生态环境信息和修复特征信息的提取。结合无人机影像数据特征和矿山生态修复的目标与原则, 依据自然资源部发布的《中华人民共和国土地管理行业标准》(TD/T1070.4—2022)、《矿山生态修复技术规范 第 1 部分: 通则》, 生态修复成效评估主要包含经济效益、社会效益、生态效益三个部分, 结合国际生态修复学会 (SER) 于 2016 年发布的《生态修复实践国际标准》以及 2030 年可持续发展目标 (SDGs) 开展综合评估, 根据矿山监测、调查成果和现有资料, 构建生态修复成效评估指标体系。

4.1 评价体系及指标构建

根据国内外生态修复成效评估研究现状, 结合广东某露天石料矿区实际情况, 选取生态效益、经济效益和社会效益三大类共 15 个评价指标, 构建了生态修复成效评估体系。

(1) 经济效益指标: 主要包括效益费用比、固碳收益等。

①效益费用比 (C13): 即单位面积经济收益与单位面积修复费用的比值。场地修复费用包含表土剥离、土地平整、边坡覆土、平台覆土、排水沟、道路管护、乔木种植、灌木种植、草本种植; 植被经济收益包含乔木经济效益、草本经济效益。

$$BCR = \frac{\text{单位面积植被经济收益}}{\text{单位面积修复费用}} \quad (3)$$

$$= \frac{B_{乔木} + B_{草本}}{C_{表} + C_{平整} + C_{边坡} + C_{平台} + C_{排水} + C_{道路} + C_{乔} + C_{灌} + C_{草}}$$

②固碳收益 (C14): 生态系统固碳包含植物固碳与土壤固碳。运用 InVEST 碳储量模型计算总碳储量, 模型参数选取四类碳库分量: 一是地上生物碳 (C_{above}), 即土壤以上所有存活植物材料中的碳含量; 二是地下生物碳 (C_{below}), 即存在于植物活根系统中的碳; 三是死亡有机碳 (C_{dead}), 即凋落物、倒立或站立的已死亡树木中的碳储量; 四是土壤碳库 (C_{soil}), 即分布在有机土壤或矿质土壤中的有机碳。基于四类碳库分量计算固碳储量 (C_{stored}), 再结合地块面积 (S) 和 2024 年全国碳市场碳排放权 (CEA) 挂牌协议交易平均价格 (C_{price}) 量化计算固碳收益。固碳收益评价指标以单位面积固碳收益为准, 单位为元 / hm^2 。

$$C_{stored} = C_{above} + C_{below} + C_{dead} + C_{soil} + C_{price} = C_{stored} \cdot S \cdot C_{price} \quad (4)$$

(2) 社会效益指标: 包括人居环境满意度等。人居环境满意度 (C15), 即以矿区周边生活居民为调查对象, 围绕矿区生态修复后的地块生态环境、生活环境及主观感官体验等信息开展监测调查, 获取 62 位村民矿山生态修复后的人居环境满意度调查问卷, 经整理与统计分析, 形成人居环境满意度的量化评价结果。

(3) 生态效益指标: 包括植被覆盖度、林木高度、土地利用多样性等, 具体如表 2 所示。

表2 生态效益指标

指标	指标释义
植被覆盖度 (FVC, C1)	是露天矿区生态修复最重要的内容。
林木高度 (C2)	是林地分层结构指标, 由于不同树种高度区间不同, 为消除由此产生的影响, 采用树高归一化的处理方式。
冠幅面积 (C3)	冠幅用来衡量苗木长势, 冠幅越大表明苗木长势越茂盛
工程布设效果 (C5)	指矿山生态修复措施和修复效果。
地形坡度 (C6)	指矿山地形的起伏程度。地形坡度缓和较难发生地质灾害和水土流失, 对矿区的植被生长有重要影响。DSM能够应用于精细地形分析, 基于DSM提取矿区内的地形坡度, 确定不同坡度的空间分布。
地质灾害隐患清理程度 (C7)	矿山地质安全隐患消除后的矿山地质安全。
植物群落盖度 (C8)	指植物基部的覆盖面积。对于草原群落, 常以距离地面 2.54cm 高度的断面积计算; 对于森林群落, 以树木胸高 1.3m 的断面积计算。植被盖度测定方法采用 RGB 数据, 对无人机获取的 DOM 影响进行处理, 获得群落盖度。
植物群落完整性 (C9)	指群落中乔、灌、草及林下动物的完整性, 反映植被群落结构特征。
景观特色 (C10)	指完成生态修复后的矿山生态景观的特色程度。调查邀请 3 位具有生态修复领域经验的专家进行打分评价。
景观协调程度 (C11)	指矿山生态修复完成后接近自然环境的程度、与周围自然景观的协调性、连续性。调查邀请 3 位从事生态修复领域工作的专家进行打分评价。
植物观赏性 (C12)	指矿山植被复绿后的观赏性程度。邀请 3 位从事林草种植领域工作的专家进行打分评价。

4.2 评价方法及生态修复成效评估结果

研究共邀请 5 位地质灾害治理领域、生态修复领域、林草种植资源领域的专家, 采用《九级标度法》对指标层各个要素进行两两比较, 构建判断矩阵, 计算权重向量, 并对土地利用多样性、工程布设效果和地质灾害隐患清理程度、植物群落完整性、景观特色性、景观协调程度、植物观赏性、生态修复措施等进行综合评价打分, 利用模糊综合评价法确定矿山生态修复成效, 按照评级标准确定生态修复成效等级。首先确定评价指标的隶属度, 隶属度计算公式如下:

$$w_i = \begin{cases} k_1 & x_i < u_1 \\ (k_{n+1} - k_n) / (u_{n+1} - u_n) & u_n \leq x_i \leq u_{n+1} \\ (x_i - u_n) + k_n & (1 \leq n \leq 5) \\ k_6 & x_i > u_6 \end{cases} \quad (5)$$

设评价指标集 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$, 共 m 个评价指标。综合评价标准设为 5 个等级, 综合评价集 $EE = \{I, II, III, IV, V\}$, 即 {好, 良好, 中等, 较好, 差}, 所对应的区间阈值范围为 $[k_1, k_2)$ 、 $[k_2, k_3)$ 、 $[k_3, k_4)$ 、 $[k_4, k_5)$ 、 $[k_5, k_6]$, 设综合评价集区间阈值对应的评价指标阈值分别为 $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ 。

公式 (5) 中, x_i 为第 i 项评价指标的实际值, k_n 为综合评价集区间阈值, u_n 为评价指标区间阈值, w_i 为第 i 项评价指标。

采用公式 (6) 最终确定研究区废弃矿山生态修复成效评估各等级的综合评价指数 (EE)。

$$EE = \sum_{i=1}^m (S_i \times w_i) \quad (6)$$

公式 (6) 中, S_i 为第 i 项评价指标权重, w_i 为第 i 项评价指标。评价指标权重如表 3 所示, 研究区生态修复成效评估结果如表 4 所示。

表3 评价指标权重

目标层	准则层	权重	指标层	权重	综合权重
露天石料矿区生态修复成效评估	生态效益	0.531	植被覆盖度 (FVC, C1)	0.057	0.032
			林木高度 (C2)	0.057	0.032
			冠幅面积 (C3)	0.057	0.032
			工程布设效果 (C5)	0.075	0.046
			地形坡度 (C6)	0.057	0.032
			地质灾害隐患清理程度 (C7)	0.031	0.019
	经济效益	0.106	植物群落盖度 (C8)	0.351	0.132
			植物群落完整性 (C9)	0.057	0.038
			景观特色 (C10)	0.107	0.042
			景观协调程度 (C11)	0.084	0.056
			植物观赏性 (C12)	0.074	0.056
			效益费用比 (C13)	0.574	0.067
社会效益	0.301	固碳收益 (C14)	0.426	0.049	
		人居环境满意度 (C15)	0.066	0.030	

表4 研究区生态修复成效评估结果

生态修复成效评估 隶属度指标	分级				
	I	II	III	IV	V
	0.43	0.28	0.16	0.11	0.02

通过模糊综合评价法综合计算, 广东某露天石料矿区生态修复成效的综合评价指数为 0.43, 评估结果为 I 级, 即评级为“好”, 这表明广东某露天石料矿区的生态修复工作取得显著成效, 矿区生态环境得到有效恢复。

5 结论

(1) 无人机激光雷达监测技术能较为准确地获取植被的二维平面和垂直结构数据,采用该技术开展废弃矿山生态修复监测和成效评估,不仅工作精度高,而且大大节省了人力资源。通过人机交互和深度学习技术的应用,可对废弃矿山生态修复、矿山地质灾害治理情况及生态修复成效进行监测和评估。

(2) 通过对废弃矿山实施系统性生态修复治理,形成生态富集区。在生态修复成效评价过程中,研究选取与生态效益相关联的评价指标,将有形的生态产品和无形的生态服务结合起来,进行价值转换,间接探索了生态产品价值的实现路径。

研究以广东某露天石料矿区为例,探讨了无人机低空遥感技术在矿区生态修复监测中的应用。通过构建生态修复成效评估体系,对该矿区的生态修复成效进行了综合评价。结果表明,无人机低空遥感技术能够准确获取矿区的植被覆盖度、林木垂直结构等关键

(上接第 51 页)

4 结论

研究利用 SBAS-InSAR 技术提取了青岛市 2017 年至 2024 年地铁施工管道竣工后的沿线地表形变数据,间接评估管道竣工质量。研究成果不仅为青岛市地铁管道竣工质量评估体系建设提供理论支撑,还为我国沿海城市轨道交通工程管道竣工测量与风险防控提供重要的数据参考。主要结论如下:

(1) 技术有效性: SBAS-InSAR 技术在青岛市无水准测量控制点的条件下,取得较理想的监测效果,与 GPS 数据相关系数达 0.89,能够有效反映管道竣工后的稳定性状态。

(2) 形变空间特征: 青岛市地铁环线管道竣工后形变速率时空异质性显著,整体以稳定状态为主(管道沿线形变速率近零区域占比 > 70%)。其中,1 号线软土段、6 号线地质断裂带穿越段、8 号线填海区及 12 号线深基坑施工区周边管道有明显的竣工后形变。

(3) 形变时间趋势: 管道形变存在周期性波动(5 月高于 1 月)与长期沉降趋势(2020 年后速率加快)。监测期内出现异常回弹现象,推测与地下水回灌及区域地壳应力调整有关。

研究虽取得较理想的监测成果,但仍存在不足。后续将针对地铁管道沿线竣工形变的时空异质性特征,

生态指标,为矿区生态修复监测和成效评估提供了科学依据。广东某露天石料矿区的生态修复取得显著成效,为其他废弃矿区的生态修复提供了借鉴。未来需进一步优化无人机低空遥感技术,完善生态修复成效评估体系,探索创新生态修复模式,推动矿区生态环境治理工作的持续开展和深入推进。

参考文献

- [1] 邓小年. 矿山生态修复的发展方向及实践策略分析[J]. 世界有色金属, 2024(23):94-96.
- [2] 刘帅辉,刘超,杨永均,等. 基于实景三维的废弃矿山生态修复动态监管方法与实践[J]. 测绘通报, 2025(2):18-22.
- [3] 姜庆丰,刘德成,曹琛,等. 废弃矿山生态环境修复中无人机倾斜摄影技术应用研究[J]. 化工矿产地质, 2024,46(3):242-248.
- [4] 垢元培,张鸽,航测点云数据在矿山修复工程量复核中的研究与应用[J]. 金属矿山, 2024(8):191-196.
- [5] 陈春,谭壮. 无人机航摄在矿山生态环境修复治理中的应用[J]. 北京测绘, 2024,38(2):227-232.

进一步探究与地质结构、地下水变化及工程施工活动间的定量关系;探索 SBAS-InSAR 技术与其他先进监测手段(如探地雷达、GNSS 等)的融合应用,构建多尺度、多维度的地下管道竣工监测体系,满足复杂城市环境的精细化竣工测量需求。

参考文献

- [1] 苏增云,刘宇. 基于互联网地图的城市轨道交通控制网布设应用研究[J]. 北京测绘, 2017(01S):78-81.
- [2] 任政兆,朱照荣,张锡越,等. 北京市沉降区 CORS 站高程基准变化分析[J]. 北京测绘, 2022(2):173-177.
- [3] 于胜文,王志伟,刘国林,等. InSAR 技术在沂沭断裂带地表形变监测中的应用研究[J]. 测绘科学技术学报, 2016,33(2):150-156.
- [4] 牛瑞,汤晓涛,楼良盛,等. 星载合成孔径雷达的发展以及干涉测量应用[J]. 遥感信息, 2006(4):79-82.
- [5] 周吕,郭际明,李昕,等. 基于 SBAS-InSAR 的北京地区地表沉降监测与分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2016,36(9):793-797.
- [6] 叶萍萍. 基于 SBAS-InSAR 的城市地表形变监测技术研究:以兰州新区城区为例[J]. 矿山测量, 2020,48(6):80-83.
- [7] Abdikan S, Arikan M, Sanli FB, et al. Monitoring of coal mining subsidence in peri-urban area of Zonguldak City (NW Turkey) with persistent scatterer interferometry using ALOS-PALSAR[J]. Environmental earth sciences, 2014,71(9):4081-4089.

红石峡谷 奇秀天下

——云台山世界地质公园掠影

◎ 赵洪山 / 文、图

有一次，我在美国科罗拉多大峡谷摄影时，遇到美国摄影界的几位朋友。他们问：“中国有个云台山，你去拍过吗？”我回答：“云台山是我的家乡，我拍了很多年了。”美国科罗拉多大峡谷和中国云台山是“姐妹”公园，所以很多美国人都知道云台山。

云台山位于中国太行山南麓，拥有丰富的自然山水资源，境内峡谷众多，地质构造独具特色，是一处颇具东方山水气质的世界地质公园。云台山与美国科罗拉多大峡谷虽然远隔重洋、相距万里，但处于同一纬度，有着相同的地质构造成因。双方于2007年8月结为“姐妹”，在地质研究、解说培训、资源保护、公园管理等领域开展合作。

提起云台山是中国最美的山水之一，一点也不夸张。

2003年7月26日，由原国土资源部组织的申报世界地质公园考察组，在中国地质科学院原副院长赵逊（已故）带领下，抵达焦作，对云台山申报世界地质公园进行实地考察。同时，河南省地质调查院对云台山地质构造作了详细汇报，经整理和上报翔实资料，云台山最终被联合国教科文组织批准为世界地质公园。从此，河南省焦作市修武县北部、太行山南麓的云台山更是名闻天下。

与美国科罗拉多大峡谷相比，

云台山在面积上只能算其小小一角，如同大峡谷的微缩式盆景，但两个地区均为红色峡谷，都有完整的地层系统，都以层状峡谷地貌为主，且在发展进程中均有久远的人文历史，所以云台山又被称为“东方的科罗拉多”。

云台山因山势高峻、群峰似刀、峭崖平台上常见白云缭绕而得名。云台山构造以单面山体、断崖飞瀑和幽谷清泉为特点，地貌复杂，地势起伏，多为深沟峡谷，悬崖峭壁。连绵起伏的构造剥蚀地貌，使群峰耸峙，直插云端，山势雄特，拔地通天，潭池辉映，峰异石奇，生态植被点缀群山。

2008年5月21日，我第一次到云台山观光，首先看到的是红石峡。红石峡原名温盘峪，位于子房湖南峪，整个峡谷由红岩绝壁构成，属于中国北方少有的丹霞地貌峡谷景观，崖壁通体赤红色，故称红石峡。红石峡集泉、瀑、溪、潭、涧诸景于一谷，融雄、险、奇、幽诸美于一体，夏日凉爽宜人，隆冬苍卉葳草翠绿，天然的生态资源被风景园林专家赞为自然界山水的精品。

从南部进入红石峡，走过天桥，沿着一路向下的台阶至谷底，再穿越一道涵洞，便见一道峡谷。向下看，但见水流飞旋，震耳欲聋。向前方看，便是红石峡著名水体景观——仙桥飞瀑。向上看，陡峭

的山峦、碧蓝的天空映入眼帘。景区为了便于管理，更为了游客安全，峡谷栈道全是单行。峡谷流水很清，浅水处清澈见底，深水处却像绿宝石一样幽深；山体大多红彤彤的，加上山的挺拔、水的流动，简直是一幅活泼而带有色彩的水画。

走出红石峡，乘车向云台山深处进发，大约3千米后便是泉瀑峡。这里高峰耸立，花木繁茂。沿着山路上行400米，可以看到华夏第一瀑——云台天瀑。瀑布上端如同镶嵌着朵朵白云，随风悠悠飘落，连绵不绝。下端宛如飞花溅玉，纷纷扬扬，洒入墨绿色的水潭。急泻而下的瀑布，在潭水中溅起高高的水花，又化作团团水雾，将瀑布笼罩在蒙蒙雾气中。在雨水频繁的夏季，瀑布水流更是磅礴壮观，像脱缰之烈马，日夜奔腾，声震数里，近听如闷雷轰鸣，远听似古钟长鸣。

从泉瀑峡折返后，再走进潭瀑峡。这里三步一泉、五步一瀑、十步一潭，故称潭瀑川。沿着游览线路标示，或拾级前行，或依亭小憩，大自然构成的生态幽境，给人带来轻松愉悦。一路上巨石矗立、溪水潺潺。两岸高山对峙、绿树成荫、藤萝虬结。瀑布姿态各异，成因不同，落差不一。“情人瀑”分为三层，每一层均有两条瀑布相吸相融，如同情人一般。“丫字瀑”“龙凤瀑”，一个比一个精彩、一个比一

个迷人。剑劈石犹如宽阔的肩膀，让流水轻盈流过，汇聚成潭。流水在那粗糙的崖壁上，形成了珍珠玛瑙，银链纷垂。潭水翡翠碧绿，清澈见底，山花野草倒映其中，十分秀美。清风拂过，但见“蝴蝶”岩漂浮其中。其实，这是一处瓮谷，向上看谷口就像张开的虎口，细细的水流像串串珍珠落下，崖壁上的青苔就像给珍珠垫上了一层绿毯，妙不可言。右上方，一片碧水似仙女飘洒而下，给峡谷增添无限遐想。回首来时路，这峡谷不就像一个坛子吗？瓮谷之名实在贴切！

值得关注的是，云台山世界地质公园除主体景区外，还有三大园区供游客欣赏。

峰林峡园区，位于焦作市修武县西北部，距离修武城区48千米、焦作市区25千米。园区面积50平方千米，自然风光独具特色，人文景观内涵丰富。峰林峡以山水交融的翡翠湖为主体，山的隽秀、水的神韵融为一体，被誉为“人间天上一湖水，万千景象在其中”，更有“云台天池”的美誉。境内十里平湖宛若一条在峡谷中飘拂的玉带，湖区岛屿星罗棋布，湖周峰峦起伏，湖面波光涟漪。

青龙峡园区，位于焦作市修武县境内，距焦作市区33千米，面积108平方千米。作为云台山的主要景点之一，青龙峡有着“云台山第一大峡谷”的美誉。瀑飞泉悬，潭幽溪清，山水含情，草木解意，自然的灵性和生命的灵动在这里演绎得活灵活现，狂野的心跳和怦然的心动在这里挥洒得淋漓尽致，堪称生态旅游、休闲避暑的好去处。此外，青龙峡气候独特、山清水秀、环境优美，是一处天然“氧吧”。这里集峰、崖、岭、巅、台、沟、



涧、川、瀑、洞等地貌于一体，主峰海拔1323米，站在岭巅，大有“举目四观天下小”之感慨！

神农坛园区，位于焦作市沁阳市西北25千米处的太行山南麓，总面积50余平方千米，因炎帝神农在此播五谷、尝百草而得名，由紫金顶、云阳河、仙神河、黑龙潭、白松岭、临川寺、悬谷山、尧舜路八大景区组成。如诗如画的自然景观，内涵丰富的人文历史，险奇旷幽的原始森林，好似人间仙境，令人流连忘返。

自从第一次登临云台山之后，我就被这里的自然景观和人文历史深深吸引，在随后的十几年间，我又多次来到云台山观光摄影。云台山的灵秀和壮观，简直就像一件艺术品，炫目得让人眼花，美得让人心颤，神秘得令人窒息。

大自然无处不充满智慧，云台山世界地质公园就是那智慧盛开的火焰。云台山的风景不只属于焦作，也不只属于河南，云台山属于中国，属于世界。☑（作者系国家一级摄影师、自然资源部摄影家协会副秘书长）

心有所悦，业有所成

◎ 陈鲁民

“心有所悦，业有所成，万事皆可期。”是习近平总书记在2026新年贺词中对国人的衷心祝福。心有所悦，即内心深处对某一事物的热爱与欢喜；业有所成，则是这份热爱与欢喜结出的累累硕果。人生路上，唯有以热爱为船、欢喜为帆，自强不息，奋斗拼搏，方能战胜风浪，绕过暗礁，抵达成功彼岸。古往今来，概莫能外。

热爱与欢喜是建功立业路上最持久的动力，能让人在平凡中坚守，在逆境中奋进。造机器人是宇树科技创始人王兴兴的心有所悦。他从19岁时就把目标定在造机器人上，当时几乎没人看好，都笑他痴人说梦。刚创业时，他白手起家，四处碰壁，少有援手；开始量产时，贷款无门，销路不畅，但他都咬牙顶住了。一路走来，筚路蓝缕，他开创了低成本高性能足式机器人的技术先河，目前他和团队研发的四足机器人已占全球近七成销售份额，他也荣获2025年度五四青年奖章。王兴兴的经历启示我们，心有所悦才能业有所成。

心有所悦，方能耐住寂寞，沉下心打磨技艺，积累经验，步步为营，事业终成。动画导演饺子，无比热爱自己的事业，每天在家里苦心钻研动画艺术，到了走火入魔的地步。期间，他没有任何收入来源，

生活捉襟见肘，靠着母亲每月1000元的退休金勉强维持生活，在家“啃老”了三年零八个月，却始终未曾磨灭他对动画的热爱。最后，他大获成功，凭着电影《哪吒之魔童闹海》一炮打红，这部片子不仅在中国持续热映，而且在世界许多国家都大受欢迎，票房收入高达150多亿，名列世界动画片第一。饺子在谈到成功经验时说：“热爱无敌，我心中一直有团无名火在烧。”

热爱能让人突破局限，迸发无限潜能，欢喜能让人乐而忘疲，甘之如饴，在陌生领域闯出一片天地。中国工程院首批院士、国家最高科学技术奖获得者钱七虎，在现代防护工程领域取得多个第一。对于攻克难关的诀窍，钱七虎笑着说：“热爱就不难。对我的事业，我一生热爱，为此一直奋斗。”这份成就，皆源于他对农业事业的满心欢喜与毕生追求。有记者问中国核潜艇之父黄旭华：“一辈子干一件事，不乏味吗？”他反问一句：“你难道不喜欢一直干自己喜欢的事情吗？”然后又说了这样一句话：“热爱可抵岁月漫长。”

在现实生活中，许多人做事半途而废，碌碌无为，并非能力不足，而是心中无悦，只把工作当作谋生饭碗，缺乏内心的热爱，没有前行的动力。有的人频繁跳槽，也并

非对新工作心有所悦，热爱喜欢，他们瞄准的只是工资报酬，待遇福利，可以肯定，这份工作他是干不好的。须知，没有热爱的支撑，再好的工作也难干出成绩，再近的目标也难抵达。

心有所悦，如沐春风；业有所成，如获甘霖。陶渊明爱田园，便弃官归隐，写下无数田园佳作。徐霞客爱游历，就跋山涉水，猎奇探幽，书成《徐霞客游记》。马伟明爱科研，硕果累累，他的口头禅是“强国强军的成果是拼出来的”“不拼命，国家要我们这些院士做什么？”杨利伟爱航天，是首位进入太空的中国人，对中国航天事业起到了里程碑作用。吴孟超爱医学，便深耕一线，治病救人直到耄耋之年；全红婵爱跳水，便刻苦训练，在奥运赛场摘金夺银。他们的成功，都印证了“心有所悦，业有所成”的不二法门。

“鹰击长空，鱼翔浅底，万类霜天竞自由。”愿我们都能找到心中所悦，以热爱为翼，以欢喜为足，稳扎稳打，砥砺前行。终有一天，那份发自内心的热爱与欢喜，定会绽放出人生路上最美丽的花朵，让我们在自己的领域，收获事业的成功。☑（作者系中国人民解放军网络空间部队信息工程大学原教授、中国作家协会会员）

人生地图

◎ 赵梦杰

我的人生“地图”，没有精确的经纬度，却标注着一个普通人突破自我的每一步。

从小我就爱做梦，刚入职那几年，凭着一股拼劲儿成为单位第一个90后高铁列车长。那时总觉得人生就像列车，沿着轨道一往无前，直到为了家庭换了工作，成为一名测绘人。

可隔行如隔山，曾经在列车上运筹帷幄的我，面对图纸上密密麻麻的线条，突然像个迷路的孩子。无论怎么加班，总追不上同事的脚步。身边人劝我：“三十多岁的人了，踏踏实实把孩子带好就行，天天瞎想啥。”日子在上班画图、下班接孩子的循环里变得平淡，我心里那股劲儿像被闷在罐子里，越来越迷茫，辞职报告写了又改，改了又写，终于在2021年底那个清晨，我拿着它走进了单位。

刚进门，就撞见小邢鬼鬼祟祟从茶水间出来，我一拍她肩膀：“嘿，干啥呢？”她吓了一跳，手里还攥着没吃完的面包：“昨天加了通宵没回家，项目急，你可别告诉领导。”我哈哈大笑，笑着笑着眼泪却掉了下来——她眼里的红血丝，多像当年通宵备考列车长的自己啊。我悄悄把辞职报告揉成一团塞进口袋。原来那股不服输的劲儿从未消失，只是被柴米油盐轻轻盖住了，像冬夜里将熄未熄的炭火，表面覆着薄灰，内里始终滚烫。

让我重新抬头的是曹歆宏老

师。那年做培训保障，开课头一晚，负责核心模块的小王突然接到母亲进ICU的电话。离授课只剩十几个小时，谁都知道这个模块有多重要。“我上吧！”是曹老师，那位还有半年就退休的老测绘员，她内向到跟人说话都会脸红。

第二天帮曹老师调话筒时，我触到她冰凉颤抖的指尖，像碰到两只受惊的小鸟。台下300多双眼睛盯着，她的声音发颤，却一字一句清清楚楚，沙哑的嗓音里全是豁出去的认真。后来才知道，她前一晚吃了安眠药才睡着。掌声震动时，她走下来忽然说：“年轻时总觉得自己不行，现在才懂，有些事不逼自己一把，永远不知道能站得多稳。”那一刻，我攥紧了拳头。原来勇气是明明怕得发抖，还愿意迈出那一步。

2022年，实景三维中国建设的号角吹响，我像听到了冲锋号。这对所有人都是新领域，我白天泡在资料堆里，晚上听线上课。院里组建专班那天，我在同事诧异的目光里第一个举了手——我等这个机会太久了。


真正的考验来得猝不及防。平顶山要听汇报，技术骨干全在外地，鹏哥拽着我就往高铁站冲：“三点前必须到！”可到了会场才发现，没有PPT。距离汇报只剩20余分钟，我趴在走廊的窗台上，手抖得连鼠标都握不稳。“没时间了！”我咬牙切齿，强迫自己冷静下来。指尖在

键盘上翻飞，脑子里却像过电影一样：曹老师颤抖的指尖，小邢眼里的红血丝，当年自己第一次佩戴列车长徽章的样子……这些画面仿佛一道光，照亮了我混乱的思绪，化作源源不断的灵感，我将啃过的知识点、整理的数据、绘制的图表，争分夺秒地敲进PPT。

当我深吸一口气，缓缓上台开口汇报时，幻灯片一页页弹出，待翻至最后一页时，后背的汗早已浸透衬衫。直到领导一句“方案让小赵来写吧”落下，满场的掌声砸在耳边，我才惊觉自己手心全是冷汗，嘴角的笑意却怎么也停不下来。

回程高铁上，看着窗外倒退的风景，我忽然懂了：所谓“不被定义”，不是天生强大，是摔了跤还愿意爬起来，给人生多画一条路。

现在，我们的实景三维建设项目在全省落地，那些曾被笑为“瞎想”的蓝图，正变成看得见的坐标。其实我们画的不仅仅是地图，更是每一名测绘人不甘平庸的人生。

曹老师说，她画过无数等号线，最陡的那条是自己跨过的坎。而我想说，人生的地图从不是批量生产的标准图纸，而是一针一线绣出来的锦缎。只有自己用脚步丈量过的道路，才能烙下滚烫的温度——那是跌倒时的灼热，是突破极限的沸腾，更是梦想成真的暖流。这样的地图，才配得上我们热气腾腾的人生！（作者单位：河南省遥感院）

山河做卷：测绘薪火永相传

◎ 付翔宇

站在舞台，凝望前方，一幅饱蘸岁月风霜的画卷正徐徐展开——那是测绘前辈们以双足为笔，以大地为卷，一寸寸丈量祖国山河的身影。灼目的烈日下，汗珠砸进滚烫的泥土；刺骨的寒风中，冻僵的手指仍紧握仪器。他们负重而行，跋涉于无人之境，将青春烙印在经纬交错之间。常有人问：测绘精神何以穿越风雨，生生不息？我想，答案就镌刻在——那一代代人甘愿燃烧自己，化作不灭的薪火，只为以身为炬，照亮后来者脚下每一寸未知的疆域。

四年前，怀揣测绘梦想踏入河南省测绘院。然而，眼前冰冷的精密仪器、艰深如谜的图纸，让初来乍到的我内心被忐忑啃噬。“我真能胜任吗？”这疑问如藤蔓日夜缠绕心间。直到那天，郭俊锋老师宽厚的手掌落在我肩头，带着微笑说：“小子，莫慌！谁不是这么蹚过来的？记住，用心，准能成！”这声寻常的叮咛，竟如一道光刺破我眼前的浓雾。从此，“用心就能做好”这六字箴言，便成了我闯过道道难关的灯塔。

记得初次野外测绘，理论知识

在手，实操却让我手心沁汗，心跳如鼓。侯文才老师，这位素日沉默的“硬汉”，彼时却化身最温煦的引路人。他俯身，手把手教我调校仪器——从精妙的对中整平，到严谨的数据采集，直至应对嶙峋地形的独门诀窍，每一步都耐心讲解示范，无一保留，倾囊相授。暮色渐沉，他嗓音已磨得粗粝沙哑，却仍指向一处，嘶声嘱咐：“小付，这里……千万盯紧了！”


后来我才知道，三十年前，他的师傅也是这样手把手教他的。那一刻，我忽然明白：测绘精神的传承，不仅仅是技术的延续，更是一代代测绘人之间无声的约定。这种“以老带新”的温暖，正是独属于我们的浪漫。

测绘人的战场，远在数据与图纸之外，常隐于无人问津的荒野深处。在信阳罗山测区，背负着如山的精密仪器，我们丈量着十几公里只有虫鸣做伴的险峻山径。汗水早已将衣衫湿透，紧贴脊背；双腿肌肉突突直跳，每一次抬脚都要耗尽最后一丝气力。一个念头在心底咆哮：“回去就撂挑子不干了！”可猛一回头，年近六旬的高长友老

师，背影如岩，正稳稳踩实脚下的每一寸坎坷。

小憩时，他仿佛洞穿了我的溃退，咧嘴笑开，那刀刻般的皱纹里藏着理解：“头回上山，我也这么嘀咕！可活儿摆在那儿，总得有人扛。扛着扛着，也就习惯了。”这句朴拙如石的话语，却如重锤撞开混沌！是啊，测绘征途何曾有过坦荡的康庄？正是一代代人的躬身砥砺，才让万里河山的脉络毫厘不差，让时代擘画的蓝图笔笔清晰。

立于先辈以钢铁脊梁垒砌的高台之上，我们测绘人肩扛的，是破浪前行的崭新使命！当技术革新浪潮奔涌而至，我们不仅要“栉风沐雨、毫厘必争”的薪火承接，更要以锐意开凿通途，令传统测绘与数字星河璀璨相连！

一尺量天地，千钧担在肩。一炬传薪火，精神万代延。看今朝：北斗纵横，天眼如织，寰宇尽收罗网；待明日：吾辈执笔，蘸青春墨，续写万里华章！让我们——擎薪火为帜，驾匠心之舟，在壮丽山河间，烙印新时代测绘人的荣光，共赴中国测绘的星海无疆！（作者单位：河南省测绘院）

初雪入怀

◎ 孙东勋

望着轻盈蹁跹的雪影，一雾一雾飘落，带着漫不经心的自由与洒脱，如刚沏的一壶新茶，叶片缓缓舒展，嫩芽慢慢升腾，茶香袅袅，浓淡正好，我简直有些醉了。

这是雪吗？轻如羽绒，飘似飞天神女的舞袂，不疾不徐，不聒不躁，在天地间无拘无束地游弋。载着确幸、携着祥瑞的可爱小精灵，悄悄滑落掌心，凉丝丝的，却无寒意与冷冽，唯有脉脉慰藉，令我陷入深深思绪与万般憧憬。

站在空旷的料场，雪霏轻轻拂过“永远的开路先锋”几个熠熠生辉的红字。凝思间，从泥泞里跋涉、在烽火中淬炼的开路先锋精神，仿佛穿透岁月烟尘，历经重重洗礼，正焕发出不忘初心、牢记使命的新时代风采。那镶嵌着“中国建造铁肩担当”交通强国的伟大梦想，挺起一代代桥梁人“精雕细琢 百年品质”的钢铁脊梁，将炽热的灵魂和卓越的匠心，默默书写在茫茫天地间。

难忘的夏日，蝉鸣聒噪，烈日灼灼，我与同志们并肩作战，闪

烁的光亮、迎风的朝霞，每个星辰都投下建设者难忘的背影。时光或许恍惚，记忆却清晰如昨：滂沱大雨的狼狈、挥汗如雨的豪爽，还有整日萦绕耳边的电钻轰鸣、切割锐响……点点滴滴，皆如灯火，温暖了来路，也照亮着前路。

秋，毫无征兆地降临，裹挟在一场场连绵秋雨中，给施工出了一道又一道难题。工人们身披雨衣、脚踩雨鞋，日日与湿滑泥泞为伴，挖沟、清淤、砌石……凭着与天斗、与地斗、与恶劣环境斗的英雄气概，将艰难摔在泥里、抛在身后。纵使风吹雨打，他们依然精神抖擞、神采奕奕。

如今，桥梁人的脚步又在雪地里奔走，走过花繁叶黄，走过黑夜星垂，走向每一个黎明与当下。这是责任，更是使命，是一代一代桥梁建设者刻入骨髓的坚毅与担当。当悠长哨声刺破雪夜的朦胧，汽车塔吊旋转的轨迹奏响冬韵之曲；当同伴加油鼓劲的声音传来，阵阵暖意划过指尖，在心底缓缓流淌，这一帧帧都在记忆里永存。



清晨，渭河畔的栈桥打下第一根管桩，杆件旁飘摆的红旗在初雪映衬下分外动人；螺丝帽上还闪烁着尚未远去的施拧铁花；身旁，刚出锅的包子热气腾腾，是辛劳过后最暖心的犒赏。我们在这初雪的情影里相互依偎、彼此关照，各有姿态而泰然处之，心照不宣而从容不迫。于我、于战友，困难面前从未退缩，也从未放弃，在脚下流动着热浪的暗河里默默发力，把根深深扎在泥土里，自由地呼吸着沉稳与坚毅。

“待到山花烂漫时，她在丛中笑”。明春的渭河定生机勃勃，绵长渭堤也将焕发新颜。这改变，换来的是便捷与和谐，也孕育出力量与希望。

落红不是无情物，化作春泥更护花。暂别是为更好地相逢，下一季的邂逅定有柳芽萌发的浪漫、高粱摇曳的火热，还有那一抹悸动于每个人胸腔、点燃在心头的中国中铁蓝，永远闪耀，永不褪色。☑（作者单位：中铁大桥局集团第一工程有限公司）

冬之舞

◎ 罗明军

你从秋天出走，向皎月赊三斤涂料
乘着北风倏然归来，我坐在门槛上玩耍
看一片片雪花，飘飘落下

瓦楞和田野的白纱，山川河流的冰甲
童话般粉饰了世界
我在梦中伺探精灵的变化

无数个冬去春来
村口的风吹皱了稚气，追着老屋年迈的筋骨抽打
摸一摸岁月斑驳的门环，庭院里没有了嘈杂

我满怀希冀
裁雪为画，揉风成诗
鹅毛大雪，庄稼地里的青苗正在出芽

☑（作者单位：郑州市自然资源和规划局）

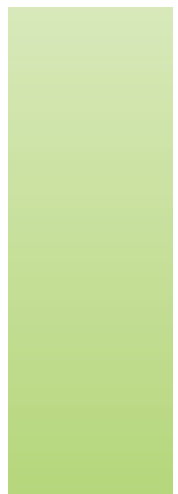
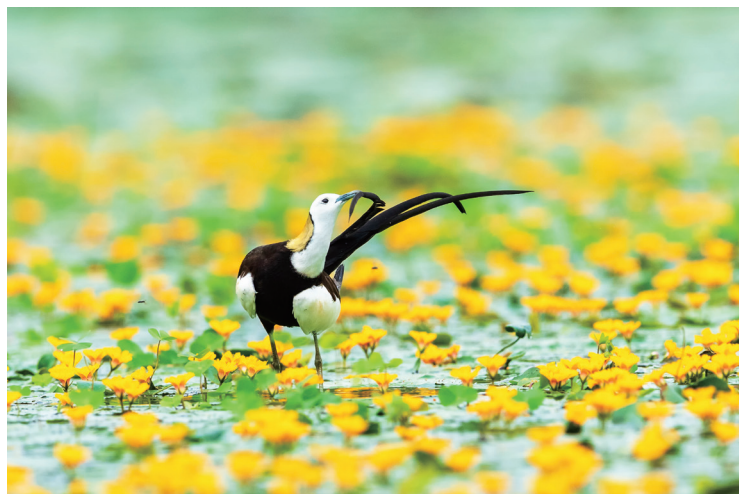
蔡辉摄影作品欣赏



蔡辉，河南省自然资源厅退休干部。年少从军，曾在解放军和武警部队奉献青春二十余载，后转业至省直部门工作十七年。

2022年退休后，蔡辉重拾昔日爱好，醉心摄影，陶冶性情。他始终怀有对自然的敬畏与感恩之心，将镜头聚焦于山水风光、花鸟虫鱼，以心、以情、以镜头定格自然之美，传递自然之韵。通过一幅幅作品，不仅为观者带来视觉享受，更唤起人们对自然的敬畏之情，激发公众保护环境、守护绿水青山、共建美好家园的自觉行动。





《资源导刊·信息化测绘》

宣传合作单位

主管单位

河南省自然资源厅

承办单位

河南省测绘地理信息技术中心

核心型宣传合作单位

河南省测绘学会

河南省地理信息产业协会

河南测绘职业学院

河南省测绘院

河南省遥感院

河南省地图院

河南省地理信息院

河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

友谊型宣传合作单位

思源时空科技（河南）有限公司

东网空间地理信息有限公司

河南卓越科技发展有限公司

焦作市基础地理信息中心

河南省润泰工程管理有限公司

河南恒旭力创测绘工程有限公司

河南豫西路桥勘察设计有限公司

灵宝市土地与矿产勘查测绘中心

河南蓝通实业有限公司

河南省时代测绘技术有限公司

安阳市房产测绘中心

安阳市国土资源调查规划与测绘院

河南广盛信息科技有限公司

郑州天迈科技股份有限公司

河南信大测绘科技有限公司

黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局

郑州市规划勘测设计研究院

新郑市新房测绘队

河南建岩信息工程有限公司

河南中豫勘测规划技术有限公司

郑州市交通规划勘察设计研究院

河南中联建设有限公司

郑州超图地理信息技术有限公司

河南省瑞兴工程咨询有限公司

河南省启沃土地咨询有限公司

河南数字城市科技有限公司

郑州经开规划勘测有限公司

中科宏图勘测规划有限公司

河南省国源工程咨询有限公司

郑州众益信息科技有限公司

河南省恒信工程技术服务有限公司

河南中信测绘地理信息有限公司

中建国信大数据集团有限公司

郑州市水利建筑勘测设计院

郑州郑房测绘有限责任公司

河南省水利勘测设计研究有限公司

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

安徽省测绘局到河南省测绘地理信息技术中心 调研交流



本刊讯 近日，安徽省测绘局党委副书记、副局长张岚一行到河南省测绘地理信息技术中心开展调研交流。河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰，中心机关办公室、发展研究处、人事教育处等人员参加会议。

肖峰对张岚一行的到来表示热烈欢迎，并围绕调研重点，系统介绍了河南省测绘地理信息技术中心在

机构改革、职能优化、队伍建设、科技创新等方面的工作情况与成效。随后，张岚结合安徽省测绘局的实际情况，分享了在优化人事管理体系、激发科技创新活力等方面的积极探索与实践路径。

座谈会上，双方观看了河南省测绘地理信息技术中心宣传片，重点围绕机构改革与职能优化、人才梯队建设与激励考核、科技创新项目管理及成果转化机制等议题进行了深入探讨与经验分享。此次跨省调研交流，不仅加深了皖豫两地在测绘地理信息领域的相互了解，也为双方在深化改革、优化管理、协同创新等方面提供了有益参考。

与会双方一致认为，将以此次交流为契机，进一步建立常态化沟通协作机制，在人才培养、技术研发、成果共享等领域拓展合作空间，共同推动两省测绘地理信息事业在中国式现代化建设中实现更高质量、更有效率的发展，为服务区域经济社会发展和国家重大战略实施落地提供坚实的测绘地理信息技术支撑。

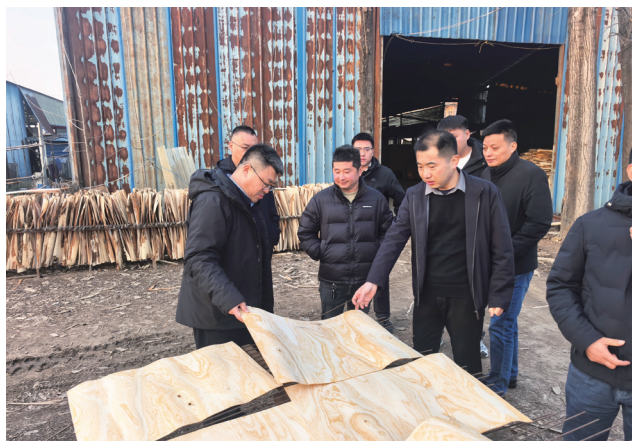
☑（于亚娇 / 文 李华 / 图）

武永斌到固始县茶棚村调研乡村振兴工作

本刊讯 近日，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任武永斌带领中心相关处室及河南省地理信息院有关负责同志到固始县黎集镇茶棚村，专题调研乡村振兴工作。

调研中，武永斌充分肯定了驻村工作队一年来的工作成效，并结合茶棚村实际情况，对下一步帮扶工作提出四点要求：一要强化基层党组织建设，凝聚干群合力，筑牢乡村振兴组织保障。二要立足资源禀赋，因地制宜制定发展规划，推动乡村发展提质增效。三要开拓思路，聚焦特色产业培育，夯实乡村振兴经济基础。四要筑牢安全生产防线，加强安全生产教育，确保人民群众生命财产安全。

武永斌一行还深入茶棚村板材厂，实地参观考察村集体经济发展状况，详细询问企业生产经营、产品销售及带动村民就业等情况。随后，武永斌来到



驻村工作队队员住宿地点，亲切察看他们的居住环境，细致了解日常生活保障情况，为他们送上慰问品，并向坚守在乡村振兴一线的队员们致以诚挚的问候。

☑（扶彦 / 文 吴荒源 / 图）

