

资源导刊 信息化 测 绘

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

2025

第 4 期

总第494期

河南省地理信息产业 高质量发展交流研讨会成功召开

“豫”见地理信息新图景

——河南省推动地理信息产业发展情况报告

ISSN 1674-053X



9 771674 053074



扫码关注微信

下半月 定价: 10 元

推动北斗规模化应用 赋能中原高质量发展

河南省卫星导航定位基准服务系统应用推介会召开



本刊讯 为深入落实河南省委“四高四争先”战略部署，加快推动北斗规模化应用，赋能经济社会发展和人民群众美好生活，3月27日，河南省自然资源厅在郑州举办河南省卫星导航定位基准服务系统应用推介会。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚参加会议并讲话，河南省自然资源厅二级巡视员杨书国，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任武永斌参加会议。

河南省新一代卫星导航定位基准服务系统是国家北斗系统的重要组成部分，是重要的空间基础设施和战略设施。近年来，河南省高标准完成246座基准站和省CORS中心的北斗三号升级，上线播发北斗三号差分信号，精选132个基准站点纳入国家卫星导航基准站“一张网”，建成国内建站标准最高，整体达到国际先进水平的省级基准站网，形成全天候、全方位、高精度的定位导航服务能力。

景志刚就如何发挥好河南省“北斗基础设施建设强省、北斗应用市场大省”优势，推动北斗规模化应用提出具体要求。一是聚焦“推动高质量发展”，赋能各类产业转型升级。加快推进“北斗+”与“+北斗”融合创新，推动传统产业升级，催生更多新业态、新动能。二是聚焦“扩大高水平开放”，支撑数据统一

市场建设。提供标准统一的时空数据服务，促进时空信息与各类行业信息数据融合、共享和增值，为构建全国数据交易统一大市场提供重要支撑。三是聚焦“创造高品质生活”，满足人民美好生活需要。开发即需即供、主动服务的“北斗+”智慧便民产品，赋能人民群众高品质生活。四是聚焦“实施高效能治理”，提升政府数字治理能力。深化北斗在自然资源管理和各行业的应用，助力提升数字化、智能化的现代治理能力。

活动现场，河南省林业资源监测院、河南省自然资源监测和国土整治院、河南农业农村大数据管理有限公司与河南省测绘院签订深化北斗导航定位基准服务系统应用战略合作协议。中国测绘科学研究院、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学资深专家就北斗规模化应用、北斗与AI技术的融合发展等方面开展了创新讲座。

河南省委网信办、省委军民融合办、省工业和信息化厅、省交通运输厅、省水利厅、省公安厅、省民政厅、省农业农村厅、省住房和城乡建设厅、省文化和旅游厅，相关高校、科研院所和头部企业，省自然资源厅机关、各省辖市自然资源主管部门、省测绘地理信息技术中心所属单位共计200余人参加推介会。

（王红伟/文 许昀/图）

众人划桨开大船 同舟共济向深蓝

◎ 本刊评论员

浩荡东风起，奋进正当时。在春意盎然的四月，河南省地理信息产业高质量发展交流研讨会在郑州隆重召开，来自政府部门、行业单位、高校、科研院所、金融机构的千余名代表齐聚一堂，以“融合、聚力、共享、赋能”为航标，共绘地理信息产业发展蓝图。

这场盛会既是思想的碰撞，更是行动的号角，生动诠释了“众人划桨开大船”的协作精神。面对数字时代的澎湃浪潮，唯有各方携手，以融合破边界、以聚力强根基、以共享激活力、以赋能拓未来，着力构建“政产学研金”协同创新的良好生态，方能推动地理信息产业这艘巨轮破浪前行，驶向高质量发展的深蓝。

政府掌舵，把稳发展方向。在地理信息产业高质量发展中，政府不仅是政策的制定者，更是资源的整合者与服务的提供者。近年来，河南省地理信息产业成效显著：“河南一号”卫星成功发射，新一代卫星导航定位基准服务系统全面升级，智慧城市时空大数据平台建设成果广泛应用，无不彰显政府推动地理信息产业发展的决心与成效。未来，需进一步强化顶层设计，优化产业园区布局，完善数据开放共享机制，创新“北斗+”应用场景，为市场主体创造公平竞争的“软环境”，打造产业集聚的“硬支撑”。

行业扬帆，激发创新动能。行业单位是产业发展的主力军。各级测绘学会、地信协会等行业组织，以及头部企业，在技术创新、市场开拓、人才培养等方面有着独特优势，通过“地理信息+”创新实践，将卫星遥感、AI 智算、低空经济等融入城市治理、应急救援等领域，展现“硬核”科技力量。当前，地理信息产业正加速向智能化、融合化转型，行业单位要各尽所能，以“揭榜挂帅”之势攻克核心技术，以“跨界融合”之姿拓展应用边界，让“北斗”不止于导航，让“数据”不止于存储。同时，龙头企业与中小微企业协同发展，形成“大手拉小手”的良性生态，让产业航船在多元动力中稳健前行。

学研赋能，夯实技术根基。高校与科研院所是产业创新的“智慧引擎”。王家耀院士提出的“时空大数据融合应用”与“青年科技人才培育”建议，点明产教融合的深层价值。河南高校与科研机构既要面向国家重大战略需求，攻关“卡脖子”技术，又要扎根产业一线，将论文写在实景三维建模的代码中、写在智慧城市的数据流里。通过共建实验室、推动科技成果转化、完善人才评价机制，为产业提供持续智力支持，为航船注入不竭的智力燃料。

金融活水，滋养产业生态。金融是产业发展的“血液”。当前，“测银结合”创新模式正探索数据资产质押、知识产权证券化等路径，为轻资产型科技企业破解融资难题。金融机构需以“精准滴灌”替代“大水漫灌”，针对产业特点开发“地理信息产业基金”“数据要素保险”等工具，既支持北斗产业园建设等重资产项目，也呵护初创企业的创新火种。当金融活水与产业沃土深度交融，方能催生“数据变资产、技术变资本”的化学反应，为航船扬起风帆。

“积力之所举，则无不胜也；众智之所为，则无不成也。”地理信息产业的未来，绝非某一方的独角戏，而是多方协同的“大合唱”。政府部门加强政策引导和支持，为产业发展提供良好环境；行业单位发挥主力军作用，不断提升核心竞争力；高校和科研院所强化产学研用协同创新，加速科技成果转化；金融机构加大支持力度，促进产业升级。只有构建“政产学研金”环环相扣的命运共同体，才能让数据要素的“乘数效应”、技术融合的“叠加效应”、生态协同的“裂变效应”充分释放。

众人划桨开大船，同舟共济向深蓝。站在数字经济时代潮头，地理信息产业已不仅是地图上的线条与坐标，更是驱动高质量发展的“数字罗盘”。各方当以“众人划桨”的团结精神，深度合作，优势互补，让政策、技术、人才、资本在融合中催生裂变。唯有如此，方能驾驶地理信息产业巨轮穿越风浪，在服务国家战略、赋能千行百业、造福社会民生的航道上，书写新时代的壮阔篇章！



资源导刊 信息化测绘

2025年 下半月 第4期 总第494期

测绘资讯 · 政策解读

文化传播 · 技术交流

主管单位：河南省自然资源厅 主办单位：河南自然博物馆

编辑出版：《资源导刊》杂志社

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

邮发代号：36-373 定价：10 元 印刷单位：河南普庆印刷科技有限公司

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

编辑部：0371-65941858 广告发行部：0371-65941854

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

顾问

王家耀 中国工程院院士
刘先林 中国工程院院士
李建成 中国工程院院士
龚健雅 中国科学院院士
邹友峰 河南理工大学党委书记
刘文锴 华北水利水电大学原校长
李广云 战略支援部队信息工程大学教授
王召东 河南省土木建筑学会理事长
杜清运 武汉大学资源与环境科学学院教授
姚宜斌 武汉大学测绘学院院长
郭增长 河南测绘职业学院教授
毛忠民 河南省测绘地理信息技术中心原二级巡视员

河南省测绘地理信息技术中心编委会

主 任 郭幸生
副主任 肖 峰 武永斌 王军胜 陈政民 贺 奕
成 员 翟娅娟 赵海滨 赵立明 孙常建 李 辉
寿燕翻 王明强 付治河 张向军 田耀永
朱志军 曹 源 周学军

声明

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

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

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

网站合作单位



目录

CONTENTS

卷首语

- 1 众人划桨开大船 同舟共济向深蓝

国内要闻

- 4 一季度我国测绘地理信息数据需求旺盛 等8则

时政传递

- 6 河南明确今年测绘地理信息管理工作要点
7 河南省测绘地理信息技术中心召开2025年度安全生产工作会议

特别关注

- 8 河南省地理信息产业高质量发展交流研讨会成功召开
11 “豫”见地理信息新图景
——河南省推动地理信息产业发展情况报告

测绘广角

- 14 河南省测绘志愿者开展爱国卫生月志愿活动
河南省地理信息院召开地理信息数据交易座谈会
新乡市修订工程建设项目“多测合一”实施办法
15 濮阳市完成2024年度测绘地理信息统计年报工作
河南纬达公司稳步推进重点项目勘测定界工作

经天纬地

- 16 邓州规划中心：测绘为民 服务基层

豫外传真

- 18 江苏南通：以地图为笔智绘城市新坐标
20 河北加快测绘事业转型升级先行区建设
湖南省自然资源厅与湖南低空经济集团签订协议

技术应用

- 21 工程坐标系高斯投影变形研究
25 基于多尺度特征交互网络遥感影像变化检测
28 FME在“房地一体”数据建库中的应用研究
32 多源遥感数据融合与耦合模型驱动的河流水文季节性时空分异机制研究
35 SBAS-InSAR反向估计获取完整时间序列变形算法探究
39 基于ArcEngine的园林草地分等工具设计与实现
42 梅州市国土空间基础信息平台建构及应用
45 智慧城市可视化系统与三维场景建模关键技术研究
49 三维激光扫描在地铁测量中的应用
52 基于无人机倾斜摄影与地面激光扫描的不动产测绘研究

地图故事

- 56 为进军西藏测绘地图

文苑撷英

- 58 岁月从不败好人
59 又是一年春花烂漫时
60 远山的呼唤
61 游丹霞山

艺术欣赏

- 62 刘毅书法作品欣赏

合作单位

- 64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

高山草甸 高文信 / 摄

关注

一季度我国测绘地理信息数据需求旺盛

日前，自然资源部举行4月例行新闻发布会。会上通报，2025年一季度，我国测绘地理信息数据需求旺盛，公共服务能力持续提升。

其中，地理信息公共服务平台新增应用系统3.4万个，新增注册用户6.3万个，同比增长137%，地图服务接口日均访问超过10亿次。全国地理信息资源目录服务系统发布测绘成果目录36.17万条，同比增长58%。全国重点监测的11家地理信息企业提供位置服务日均达1.4万亿次，同比增长43%。

在加强测绘地理信息公共服务上，自然资源部深入推进实景三维中国建设，2024年获取735万平方千米不同精细度的实景三维数据，全国已有42个城市完成实景三维城市建设并验收。同时，国家基础地理空间数据库年度更新工作有序开展，1:5万地形数据库年度更新完成，全国1:25万地形数据库实现联动更新，基于北斗的全国卫星导航定位基准站一张网建成。

全国首宗三维空间“交地即交证”完成

4月19日，记者从深圳市不动产登记中心获悉，深圳国际红树林中心秘书处项目用地不动产权证书已完成核发。这是全国首宗三维空间“交地即交证”项目。

据悉，该用地作为深圳国际红树林中心的核心配套项目，选址于深圳福田区侨城东片区的深圳地铁9号线车辆段上方空间，与下方车辆段形成垂直复合的“空间嵌套”开发模式，是土地立体化管理应用场景的新实践。针对传统二维登记难以精准界定立体权属难题，该项目采用三维确权登记，通过三维表达方式清晰界定宗地权属界限及范围，更直观立体地反映不动产的空间及属性信息。

通过打通三维地籍测绘调查及审核入库、划拨决定核发与不动产登记全链条，该案例实现跨部门数据实时交互与线上“一站式办理”，为城市立体空间产权精细化管理提供了可复制的“深圳经验”。

《数字孪生水利数据底板地理空间数据规范》发布

3月26日，水利部批准发布《数字孪生水利数据底板地理空间数据规范》等4项水利行业标准，这些标准将于5月12日施行。

其中，《数字孪生水利数据底板地理空间数据规范》为新制订标准，共6章、7个附录，明确了数字孪生水利数据底板地理空间数据的基本准则，在数据分级分类、时空基准、数据安全及元数据等方面提出要求。同时，详细规定了不同类型的地理空间数据，如数字正射影像（DOM）、数字高程模型（DEM）/数字表面模型（DSM）、倾斜摄影模型、激光点云模型、水下地形和建筑信息模型（BIM）的技术指标与规格，涵盖空间分辨率、格网尺寸、色彩模式及像素位、数据精度等内容。

该规范适用于指导数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生水利工程等数据底板地理空间数据的建设与共享工作，为构建数字孪生水利体系提供了关键标准支撑，将有力推动水利行业数字化转型。

科技

“海哨一号”获取首批高分辨多极化雷达图像

近日，首颗超低轨合成孔径雷达（SAR）遥感卫星“海哨一号”成功在轨验证，并获取首批高分辨多极化雷达图像。

“海哨一号”搭载全球首个具备多极化（单、双、四、简缩极化）观测能力的微小卫星SAR载荷，可实现高分辨率（优于1米）、大幅宽（最大160公里）微波对地成像观测。该卫星具备多种工作模式，例如常规模式包括聚束模式（优于1米分辨率）、条带模式（1米分辨率）和扫描模式，可适应不同场景观测需求；试验模式包括混合全极化模式、视频SAR及非沿迹SAR等新体制成像模式，为未来SAR应用拓展提供数据支撑。



目前，“海哨一号”卫星已完成全部常规模式、试验模式及星上智能处理功能的在轨验证，将有力支撑应急减灾快速响应、国土资源管理、水利设施动态监测以及海洋环境长期观测等重大需求，提升海洋环境监测能力和海上目标识别效能。

我国科学家为地球装上“阳光扫描仪”

近日，中国科学院空天信息创新研究院遥感与数字地球全国重点实验室研究员胡斯勒图和石崇联合国内外科学家，率先构建了基于国际上最新一代地球静止卫星的多星组网地表太阳辐射观测（GSNO）系统，建立了多源异构卫星观测遥感模型，实现近全球尺度地表太阳辐射最高时空分辨率的探测能力，并同步提升探测精度。相关研究成果发表在《创新》。

这一技术相当于给地球表面装上了“阳光扫描仪”，可精确监测地表太阳辐射变化，为清洁能源利用、农业估产、气候变化应对、人体健康等提供精准数据支撑。

据介绍，GSNO系统可同步解析近全球的太阳短波辐射（0.3~3微米）、光合有效辐射（0.4~0.7微米）、紫外线A/B波段及其直射与散射分量，可提供空间分辨率5公里、观测频次每小时1次的近全球地表太阳辐射监测数据，实现空间分辨率的数量级提升，可精细捕捉台风路径、青藏高原等局地辐射变化。

全球首个地图领域AI导航智能体发布

4月14日，高德地图正式发布全球首个基于地图的AI导航智能体，引领导航服务从传统工具向智能伙伴转型，为用户打造更高效、智能且贴心的出行体验。

高德AI导航智能体以“思考—预判—行动”的全链路智能模式，重新定义出行产品运作逻辑，能实时感知路况、预判潜在风险并主动调整策略，通过感知、规划、执行、表达四大模块构建智能闭环，实现全方位智能化升级。

该智能体打破传统导航“局部感知”局限，运用TrafficVLM模型将不同时空交通信息转化为图片帧，经模型推理识别并预测交通走势，赋予导航超视距感知能力。无论是高速行驶推荐最优车道、复杂路况提前预警，还是停车场景提供无缝步行导航，都展现出卓越决策力，提升出行效率与安全性。

此外，高德AI导航智能体还构建情感识别、意图理解和情绪表达交互体系，结合AmapVoice情感语音技术，与用户自然贴心互动。目前，该智能体已陆续向全国用户推送。

数字

14m

近日，新一代高光谱遥感智能小卫星——“地质一号”的载荷研制成功。该卫星由中国地质大学（武汉）牵头，联合中国地质调查局自然资源航空物探遥感中心、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所等单位共同研制，预计2025年上半年择机发射。

“地质一号”重83kg，运行于520km高的太阳同步轨道，遥感探测能力出色，可见光成像分辨率达14m，短波红外成像分辨率为30m，波长范围400~2480nm，包含26个谱段，尤其在1000~2500nm短波红外区间设置10个关键谱段，极大提升地质要素识别精度，有力支持多种地质和环境要素探测。

研制团队在载荷设计、光学配置及结构集成等方面实现多项技术创新。相机框架采用碳纤维铺层优化设计实现轻量化，卫星载荷采用可见与短波红外共用镜头及离轴三反光学设计，有效控制光学系统复杂性，契合小型卫星平台需求。“地质一号”的成功研制，顺应商业航天发展趋势，为后续“地质资源环境”小卫星星座建设筑牢技术根基。

4958公顷

近日，安徽省黄山市创新完成新安江水流自然资源的三维立体调查登记，系全国首例，标志着我国自然资源确权登记工作迈向新高度。

此次调查登记项目聚焦新安江流域，通过补充水下地形测绘、取水口及排污口高程数据采集等技术手段，成功构建总面积达4958.4623公顷的三维立体产权模型。该模型突破传统二维登记局限，对水面、水下地形地貌、岸线空间及附属设施进行全方位、立体化的数据采集与整合，实现水流自然资源状况的精准刻画。同时，黄山市创新研发实景三维新安江管理系统，依托系统生成的“三维时空底板”，为政府科学决策、生态环境实时监管、多部门协同治理提供直观高效的可视化数据支撑，显著提升了自然资源管理效能。[Z]

河南明确今年测绘地理信息管理工作要点

◎ 本刊记者 刘立新 行海燕

近日，河南省自然资源厅印发《2025 年测绘地理信息管理工作要点》，明确 2025 年全省测绘地理信息管理工作从提升保障能力、推动产业发展、守牢安全底线、实现多方融合和提高信息化治理水平 5 个维度精准发力，推动全省测绘地理信息事业转型升级与产业发展。

在夯实基础、强化数据要素支撑保障能力方面，河南将持续推进新型基础测绘体系建设，确保 2025 年年底完成实景三维河南建设任务，推动其在“一张图”建设中的应用，为各领域应用提供坚实支撑；完善现代测绘基准体系，推广 2000 国家大地坐标系统，开展测量标志清查保护，保障基准站运维，推进北斗三号差分信号应用，助力构建全国卫星导航定位基准站“一张网”；时空大数据平台应用不断拓展，平顶山、鹤壁、济源等地平台功能持续完善；督促“十四五”基础测绘规划落实，谋划“十五五”规划；深化遥感影像统筹，提升其在多领域的应用水平；提升地理信息公共服务水平，加强应急测绘保障能力，推进新一代地理信息公共服务平台（天地图·河南）建设，实现在数据资源、服务功能、数据更新、运行支撑 4 个方面的更新升级；推动北斗在自然资源业务中的规模化应用，打造调查监测、违法用地监管、地质灾害防治等“北斗+”应用场景；修订《河南省测绘管理条例》和《河南省测绘成果管理办法》。

在推动产业发展壮大、构建地理信息产业发展新格局方面，河南将强化政策引领，编制地理信息产业

发展规划，构建“一核、两翼、五支撑”的产业布局；培育示范园区和龙头企业，做优做强卫星遥感应用等产业链条；编制《河南省测绘地理信息行业动态》，召开产业发展研讨交流会，促进协同发展。

在强化行业监管、守牢测绘地理信息发展安全底线方面，河南将全面加强测绘行业监管，开展 2025 年测绘地理信息“双随机、一公开”监督检查，规范测绘市场活动，深化“多测合一”改革；抓好安全生产管理，督促测绘资质单位落实安全制度；开展涉密测绘成果专项检查，强化安全保密意识；开展地图管理专项检查，加强互联网地图监管，办好测绘法宣传活动。

在推动多方融合、形成测绘地理信息事业发展合力方面，河南将建立省、市、县三级协同联动机制，推动省、市、县融合；加强与多部门沟通，促进测绘地理信息与各行业融合应用，探索数据产权和交易机制；推动测绘地理信息数据军地互通共享，提升军民融合发展水平；办好测绘地理信息“大讲堂”等活动，培养专业人才队伍。

在强化信息化建设统筹、提升自然资源现代化治理水平方面，河南将加强统筹管理，遵循“全面整合、自主可控”原则做好自然资源管理信息化顶层设计，实现信息化高效利用；编制信息化建设和数据管理相关办法，提升标准化水平；提升智能化水平，基于实景三维时空信息基底和国土空间基础信息平台，搭建智慧自然资源体系框架，推动人工智能深度赋能，提升自然资源现代化治理能力。



河南省测绘地理信息技术中心召开 2025 年度安全生产工作会议

○ 高敏 冉灿阳



为深入学习贯彻习近平总书记关于安全生产的重要论述和指示批示精神，认真落实党中央、国务院和河南省委、省政府和省自然资源厅关于安全生产的各项决策部署，紧紧围绕“防风险、守底线、保安全”工作目标，进一步夯实安全生产基础工作，4月9日，河南省测绘地理信息技术中心召开2025年度安全生产工作会议。河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任武永斌参加会议并讲话，中心党委委员、办公室主任陈政民主持会议。

会议观看了省自然资源厅安委办《建筑火灾事故逃生预防》《驾驶机动车落水淹溺事故预防》和中心《遥感院测绘外业夏季防暑知识》《地信院逃生缓降器的使用》安全教育视频，并学习传达《自然资源部办公厅关于做好2025年地质勘查和测绘行业安全生产工作的通知》《河南省人民政府令第231号〈河南省生产经营单位安全生产主体责任规定〉》《河南省自然资源厅关于做好2025年地质勘查和测绘行业安全生产工作的通知》等文件精神，并对2025年安全生产工作目标作出部署。

肖峰要求，一是认真学习领会习近平总书记关于安全生产重要指示精神，牢固树立风险意识和底线思维，坚决克服麻痹思想，扎实做好安全生产工作。二是压紧压实安全生产责任，强化考核问责机制，推动野外作业安全生产水平再上新台阶。三是全面排查整

治安全生产隐患，着重保障数据网络安全，强化科技赋能，推动安全防护“版本”措施更新升级，定期开展智能测绘安全攻防演练，实现新型防护装备智能化升级。四是定期组织开展“四不两直”检查工作和安全生产培训，夯实安全生产基础工作，完善信息化测绘力量，积极推行智慧安全防护手段。

武永斌指出，中心所属单位和处室要坚决贯彻“发展要安全”理念，始终秉承将“防”字牢记在心、以“严”字作为工作准则、让“实”字在工作中落地生根。他要求，要扛起政治责任，以“时时放心不下”的强烈责任感，筑牢安全保密防线；要聚焦重点，精准施策，以“事事心中有数”的高效行动力，稳固安全生产态势；要压实责任、强化落实，以“处处走到查到”的崇高使命感，构建安全生产工作新格局。

陈政民强调，各单位要及时传达学习会议精神，要迅速组织全体人员学习，确保全员覆盖、不漏一人。要思想上高度重视安全生产工作，建立健全规章制度，依靠政策管事、程序管人，将安全管理责任细化到个人，形成完整的管理闭环。要把握重点问题，立即开展“五一”假期安全生产工作隐患排查，突出抓好用电、用水、用气、防火、防盗、食品安全、车辆安全、外业出测等方面管控措施，加强网络舆情监测，确保中心各项工作安全稳定。□（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

融合 聚力 共享 赋能

河南省地理信息产业高质量发展 交流研讨会成功召开

◎ 本刊特约记者 张永强 / 文 栗荣晓 / 图

群贤荟萃集众智，同心擘画兴伟业。4月18日，由河南省测绘学会、河南省地理信息产业协会主办的“河南省地理信息产业高质量发展交流研讨会”在郑州隆重举行。研讨会以“推动地理信息产业高质量发展——融合、聚力、共享、赋能”为主题，聚焦河南省委“四高四争先”战略部署和全省自然资源工作会议要求，着力为政府部门、行业单位、高等院校、科研院所、地理信息产业园区、金融机构，以及其他相关行业学会、协会搭建“政产学研金”深度融合的交流平台，进一步推动全省地理信息产业高质量发展。



聚智：为河南地理信息产业把脉定向

大会开幕式由河南省测绘学会常务副理事长杜清华主持，中国工程院院士王家耀通过视频发表贺词。中国测绘学会理事长宋超智、中国地理信息产业协会监事长刘小波、河南省科学技术协会党组书记尹洪斌，河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚等领导现场分别致辞讲话，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议，共同为河南地理信息产业发展把脉定向。

王家耀院士在视频致辞中，希望河南省地理信息产业发展聚焦时空大数据融合应用、强化“政产学研金”协同、培育青年科技人才、推动自主技术可控、践行“以人为本”理念，积极支撑服务国家重大战略，搭建更多跨界对话平台，推动行业转型发展，坚持服务人民，助力实现“让生活更美好”的愿景。

宋超智在致辞中结合河南实际，提出三点建议：一是深化产学研用协同创新，加速科技成果转化，打造核心竞争力；二是依托区位优势，加快“北斗+”应用场景创新，打造中部地区地理信息产业高地，拓展服务领域，全方位融入社会需求链；三是构建协同生态，激发产业活力。政府、高校、科研院所、企业和金融机构各尽所能，多方协同，促进产业升级。他表示，中国测绘学会将助力河南构建“政产学研金”协同生态，期待形成具有示范意义的“河南模式”供全国借鉴。

刘小波在致辞中建议河南把握三大发展路径：一是坚持创新驱动，发挥自身优势，推进产学研用协同创新，打造产业集群；二是深化融合应用，结合重大需求，拓展“地理信息+”在多领域的应用，挖掘数



据价值；三是强化开放协作，政府、企业、行业协会、学会需共同发力，构建良好产业生态，为地理信息产业服务中国式现代化贡献“河南经验”。

尹洪斌在致辞中提出，以“融合”为牵引，构建良好创新生态，桥接各方推动技术与产业链耦合；以“聚力”为导向，夯实创新人才根基，完善人才培养评价机制，厚植人才沃土；以“共享”为纽带，促进要素高效流通，推动学会在“赋能”产业创新发展中发挥更大作用。

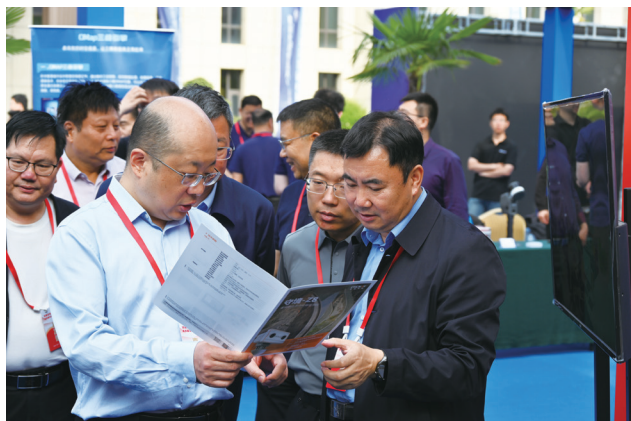
赋能：河南地理信息产业发展势头强劲

地理信息作为战略数据资源和新型生产要素，支撑社会治理，赋能经济发展，服务千家万户。

近年来，河南省全面贯彻落实习近平总书记关于数字中国建设、数字经济发展的重要指示批示精神，准确把握新时代测绘地理信息“两支撑、两服务”工作定位，坚持创新发展、释放动能，着力提升地理空间数据要素保障能力、守牢地理信息安全底线，加快推动测绘地理信息事业转型升级和产业发展。“河南一号”高频次高分辨率卫星遨游太空，新一代卫星导航定位基准服务系统全面服务经济社会发展，“北斗+”应用场景快速拓展，智慧时空大数据平台为城市管理装上“智慧大脑”，实景三维河南建设稳步推进，数字河南时空基底不断夯实。

景志刚在讲话中指出，地理信息成为现代化河南建设的重要支撑，地理信息产业成为数字产业和未来产业的重要板块，地理信息领域成为经济社会高质量发展的新赛道和自然资源部门服务经济建设的主战场。对于地理信息产业未来发展，他强调，2025年是“十四五”规划收官之年，也是谋划“十五五”发





展的关键时期，推动“政产学研金”深度融合，促进地理信息产业高质量发展，一要坚持融合创新，增强产业发展内生动力，加速新技术与传统产业融合，拓展“地理信息+”应用场景；二要坚持聚力协同，营造产业发展良好生态，强化政策引领，扶持优质企业，促进区域集群发展；三要坚持共享共建，构建开放协同的数据市场，推动基础数据共享，促进技术成果共享，释放数据要素价值；四要坚持赋能提质，拓展产业发展空间，服务于政府治理、经济社会发展和人民美好生活。

景志刚表示，河南将持续聚焦“四高四争先”，以“融合”突破技术边界，以“聚力”整合资源要素，以“共享”激活数据价值，以“赋能”服务国计民生，携手打造中部地区地理信息产业创新高地，为现代化河南建设贡献力量。

共享：同心协力共推产业创新发展

会上，中国测绘学会与河南省科学技术协会签订战略合作协议，双方将在促进科技成果转化、融通“政产学研金”、开展人才培养引进、提高全民科学素质、指导省级学会发展等方面深化合作、相互点亮，共同推动河南地理信息产业创新发展。

大会设置“1+4+N”的立体化交流体系。主论坛特邀中国测绘学会宋超智理事长作主题报告，从宏观层面重点解读地理信息产业发展新趋势、新理念、新思路。河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长、一级调研员王军胜向大会报告河南省地理信息产业发展现状及产业发展推动情况。上海华测、南方测绘、合众思壮、海克斯康、中海达等行业头部企业负责人带来前沿的专题报告，从不同的视角分享前沿学术思想、科技前

沿成果等，为大家带来了更多的智慧启迪。

当天下午，四个分会场围绕大会主题进行分组交流，分别安排相关头部企业、高等院校、科研院所、产业园区以及金融机构作交流发言，重点介绍测绘地理信息领域取得的新成效、推动地理信息产业发展的新理念、地理信息产业园区招商引资的新政策、金融机构支持“测银结合”的新举措等。这些分组交流涵盖低空经济、卫星遥感、实景三维、智能感知装备、AI 智算平台、“北斗+”位置服务、城市生命线监测、国土空间数字化治理、地理信息数据安全、产业园区发展以及金融服务方案等多个前沿领域，充分展现了测绘地理信息技术创新应用的广阔前景。

会议创新设立“三新展示区”和“政产学研金”对接交流区，同步开展了新装备、新技术、新成果展示活动，集中展示地理信息领域前沿技术与创新成果，吸引了众多参会者驻足交流；“政产学研金”对接交流区，为政府部门、行业单位、高校、科研院所、金融机构提供面对面交流合作的机会，促进各方资源共享、优势互补，进一步推动地理信息产业的深度融合与协同发展。

此次研讨会汇聚了测绘地理信息行业院士专家，中国测绘学会、中国地理信息产业协会领导，河南省科学技术协会领导，河南省自然资源厅及相关厅局负责人，河南省测绘地理信息技术中心领导，河南省测绘院、河南省遥感院、河南省地图院、河南省地理信息院负责人，各省辖市自然资源主管部门代表，高等院校及科研院所专家，产业园区负责人，通信企业以及相关学会、协会领导和会员代表、河南省测绘资质单位及行业单位负责人、新闻媒体等 1000 余人参加会议。☑



“豫”见地理信息新图景

——河南省推动地理信息产业发展情况报告

◎ 王军胜

顺应时势，勇担使命

党的十八大以来，习近平总书记高瞻远瞩，将发展数字经济和未来产业视为抢占发展新高地、把握新一轮科技革命与产业变革机遇的战略抉择，把时空信息、定位导航服务等纳入重要的新型基础设施范畴。测绘地理信息凭借“泛在、赋能”特性，在国家数字战略中肩负重任，地理信息产业迎来前所未有的发展机遇。

2023年8月，自然资源部印发《关于加快测绘地理信息事业转型升级 更好支撑高质量发展的意见》，全力推动地理信息产业发展。河南省委、省政府积极实施数字转型战略，大力推动未来经济和新兴产业发展。河南省自然资源厅党组把握时机、主动作为，将支持地理信息产业发展列为重点工作。在2024年工作会议上，明确将其作为自然资源部门投身经济建设的两大主战场之一。河南省自然资源厅主要负责同志多次听取专题汇报，研究产业发展事宜。2024年11月，成立“地理信息产业发展工作专班”，形成厅机关、河南省测绘地理信息技术中心和省测绘学会协会协同联动的工作格局，并拟定“1+1+1+N+X”的近期工作目标，即编制一个发展规划，出台一个支持文件，开发一个行业监测系统，探索“行政+技术”帮扶措施，支持多个重点园区发展，推动多个重点课题研究，致力于构建“全省统筹有规划、产业链条有衔接、近期示范有突破、长远发展有后劲”的产业发展布局，得到河南省委、省政府的高度认可。

摸清家底，洞察形势

工作专班组建后，从基础工作做起，努力实现“四摸清、四找准、两建立”，摸清地理信息产业发展历程，掌握全国及全省产业现状，了解全省从业单位和产业园区情况，剖析河南省产业发展的前景、优势与不足。明确地理信息产业的时代定位、在全产业链中的位置、在河南经济中的地位，以及自然资源部门的职能定位。



建立相关基础资源库和数据库，做到情况明了、心中有数。

近年来，河南省地理信息产业发展迅速，规模不断扩大。截至目前，全省共有测绘资质单位1095家（其中甲级124家，乙级971家），较2023年增长5.9%，从业人员2.07万人。2024年，全省测绘单位服务总值48.3亿元，占全国的2.9%，较2022年末增长9.27%，在全国排名第12位。2024年，河南省交通规划设计研究院股份有限公司等4家单位入选地理信息全国百强企业。

河南省地理信息产业发展呈现以下特点：经营主体数量多但规模小、实力弱，缺乏有全国影响力的龙头企业；传统项目占比大，新兴及国家重点项目少，处于产业链低端；空间分布不均衡，测绘资质企业集中在郑州、洛阳等地；产业聚集度和产业链完整性不足，示范效应有待增强。郑州高新区北斗产业园等园区已具雏形，安阳地理信息产业园正在建设，郑州航空港区卫星遥感产业园正在规划。此外，教学科研实力较强，但校办企业少，技术孵化率低；传统测绘市场萎缩，企业欠款问题突出，部分中小企业发展艰难。

产业发展也面临诸多不利因素：一是地理信息的赋能特性和当前发展阶段，使部分地方政府对发展地理信息产业重视不足；二是配套政策不完善，存在地

理信息产权不明、数据标准不一、保密边界不清、共享难、价值挖掘难等问题；三是行业管理不规范，信用评价体系不健全，监管、评价与资质管理未有效衔接；四是自然资源部门与其他部门协同支持产业发展的机制尚未建立；五是“产学研用”渠道不畅，“政技企银”融合不深入，创新成果实用性低、转化率不高；六是河南省自然资源系统人才配置难以满足产业发展需求，懂产业的人才稀缺，行业领军人才、科研团队和重点实验室匮乏。

但同时，产业发展也具备诸多机遇和优势：一是习近平总书记为测绘地理信息事业发展指明方向；二是数字中国建设和数字经济发展，为地理信息产业提供广阔空间；三是全球数字化加速，地理信息应用服务持续增长；四是省委“四高四争先”战略拓展了地理信息的赋能空间；五是省政府出台相关文件，提供政策支持；六是河南省经济体量大、人口多、企业数量多，市场容量大、应用场景丰富；七是省测绘地理信息技术中心、信息工程大学等高校科研院所及院士团队提供智力支持，全省布局众多实验室和产业研究院；八是河南省积极推动测绘地理信息转型升级，新型基础测绘体系建设成效显著；九是河南交通、通信和算力基础设施完善，为地理空间数据流通和产业联动提供支撑；十是“人人持证、技能河南”工程为产业发展提供人才保障。

推动转型，强化支撑

2024年以来，河南省提出“坚持多维发力，推动转型升级”的测绘地理信息事业发展思路，即：坚持完善测绘基准、标准规范和规章制度体系建设，打牢发展根基；坚持推动行业、产业和头部企业发展壮大，



抢占发展高地；坚持守牢地理信息、地图管理和行业安全底线，确保发展安全；坚持深化行政、技术和企业三方融合，增强发展合力；坚持加快平台、软件和数据三维整合，提高信息化支撑水平，并以此为主线谋划推动工作。

省级争取1.74亿资金，市级申报3亿多资金，推进实景三维河南建设，并实现边建边用，打造数字河南新基底。

开展测量标志保护专项行动，完成自然资源领域70%的DBD替代，升级246座卫星导航定位基准站和省CORS管理中心，发布北斗三号差分信号，132个站点纳入全国卫星导航定位基准站“一张网”，省级基准站网达到国际先进水平。

与19个省直部门实现数据共享，推动天地图升级和本地化部署，连续10年获国家“五星级”评价。

联合多部门印发遥感影像统筹办法，发布《遥感影像统筹目录》，实现遥感影像“一获多用”，节约财政资金约1.6亿元。

明确“统一、统筹、安全、智能”目标和相关原则，将厅内近百个信息化系统整合为38个，并接入河南省国土空间基础信息平台，提升治理能力。

高标准协办2024中国测绘技术年会，推出“测绘号”地铁专列，提升测绘行业影响力。

争取支持，组建测绘系列高评委并完成首评，加强人才培养。

推动《河南省测绘条例》《河南省测绘成果管理办法》进入立法程序，为地理信息产业发展提供法律保障。

支持河南省测绘学会和地理信息产业协会建设，印发《行业动态》，开发产业监测系统，搭建产业发展平台。

科学谋划，有序推进

在深入调研和广泛征求意见的基础上，河南省拟定《关于进一步促进测绘地理信息产业发展的实施意见》和《河南省地理信息产业发展规划》征求意见稿。

《意见》从优化营商环境、加强规划引领、建强基础设施、加大数据共享、深化场景应用、加快改革创新、支持园区建设等方面释放政策红利。《规划》分析了产业发展背景、优势与不足、目标任务和方法要求，提出总体构想。

在区域布局上，着力构建“1+2+5”总体布局。“1”指发挥郑州优势，打造全省测绘科技创新和地理信息产业发展核心区；“2”指利用鹤壁和郑州航空港区的产业优势，打造未来产业发展先导区；“5”指支持5个潜力地区打造特色产业示范区，形成“一核、两翼、五支撑”的产业发展格局。

在产业结构上，坚持“三优三转两深化”。发挥河南省卫星遥感、北斗导航、实景三维等优势，做优相关产业；推动传统测绘业务转型、产能转移、数据转化；培育龙头企业，深化高端智造和应用软件开发，补齐发展短板。

在发展路径上，坚持“五化”驱动。发挥专家团队作用，实现专业化引领；加快转型升级，强化新型基础设施建设；破解数据管理难题，打通数据交易和共享通道；支持园区建设，实现园区化集聚；加强协同合作，推动协同化发展；完善信用评价体系，营造

优良发展环境。

在产业协同上，坚持“泛在、融合、赋能”原则，从自然资源管理出发，为全省经济社会发展赋能。

融合聚力，确保落实

下一步，河南省将总结经验，广泛听取意见，做到“三个加快”，确保工作取得实效。

加快建章立制，凝聚工作合力。构建专班与院士专家团队、上级主管部门、相关单位、市县政府和产业园区、头部企业的协同联动机制。出台配套制度，加强调研、汇报和沟通，搭建平台，争取支持，解决当前工作中的困境。

加快课题研究，破除发展障碍。围绕产业发展难点，开展六个课题研究，包括地理信息产业运行监测和统计体系研究、行业自律和信用体系建设研究、空间地理信息数据统筹体系建设研究、地理信息数据分类分级管理及交易办法研究、“产学研用”生态研究、“测银合作”机制研究，为产业发展扫除障碍。

加快工作节奏，聚焦重点突破。坚持远近结合、宏观微观同步推进。加快产业发展规划编制、政策文件完善、省级测绘立法建设、产业监管系统升级、“行政+技术”帮扶措施落实、实景三维河南建设成果应用等工作，培育示范园区和龙头企业，形成“凝聚、融合、共享、赋能”的发展局面。（作者系河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长）



河南省测绘志愿者开展爱国卫生月志愿活动

2025年4月是第37个爱国卫生月。4月11日,河南省测绘地理信息技术中心所属单位河南省测绘院、河南省遥感院、河南省地理信息院携手丰产路街道广测社区,共同开展了一场别开生面的“测绘志愿先行,绘制卫生新篇”爱国卫生月志愿活动。

活动现场,志愿者们迅速明确职责与分工,有条不紊地投入清扫工作。社区主干道上,他们认真清

扫每一片落叶、每一处杂物,确保道路干净整洁,为居民出行创造良好条件;绿化带里,志愿者们弯下身子,仔细拔除杂草,清理隐藏在绿植间的垃圾,让绿植重新焕发生机;卫生死角是重点攻坚区域,志愿者们不怕脏、不怕累,徒手清理多年积存的垃圾,并对公共设施进行全面清洁擦拭,用实际行动为居民传递文明健康的生活理念,带动更多居民关注爱护周边环境,积极

参与社区治理。

此次志愿服务活动通过志愿者们身体力行的示范和宣传引导,有效提升了居民的环保意识,激发了群众主动参与社区治理的热情。下一步,双方将进一步强化党建引领,依托“双报到”机制,建立常态化共建模式,定期开展环境卫生清洁、主题志愿服务等活动,携手打造整洁、和谐、宜居的社区环境。□(河南省测绘院 许昀)

河南省地理信息院召开地理信息数据交易座谈会

4月11日,河南省地理信息院与郑州数据交易中心开展了地理信息数据交易座谈会。

会议重点研讨《河南省地理信息数据交易管理暂行办法(征求意见稿)》《河南省公共数据资源授权运营实施办法》,围绕行业现状分析,数据合规与安全,数据脱敏、隐私保护与法律风险防范,河南省数据交易市场培育前景,地理信息数据交易实践案例分享等议题展开

座谈交流。

会议指出,中共中央、国务院印发《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》,充分说明测绘地理信息数据开发和交易的必要性。开展测绘地理信息数据交易,是进一步盘活测绘地理信息数据资源,提高数据利用效率,进而履行《中华人民共和国测绘法》规定的“为经济建设、国防建设、社会发展和生态保护服务”的一种

新途径。要坚持安全与发展并重原则,在守住测绘地理信息安全红线前提下,通过“三权分置”机制实现数据资源向数据资产转化。

下一步,河南省地理信息院将加快推进《河南省公共数据资源授权运营实施办法》的落地,编制地理信息公共数据授权实施方案,进一步推进地理信息公共数据资源的高效开发和价值释放。□(河南省地理信息院 吴建军)

新乡市修订工程建设项目“多测合一”实施办法

近日,新乡市自然资源和规划局、市住建局、市国防动员办公室、市大数据局联合发文,对《新乡市工程建设项目“多测合一”实施办法》(以下简称《办法》)进行修订完善。

据了解,自开展“多测合一”改革工作以来,新乡市积极响应党中央、国务院相关部署,各部门协同合作,在减少重复测绘、减轻企业负担、提高工作效率等方面取得

一定成效。

《办法》明确了项目适用范围、部门工作职责、测绘服务机构要求、项目实施程序、监督管理等内容。在工程建设项目审批全流程环节,按照“一次委托、联合测绘、成果共享”原则,将涉及的规划、土地、人防、绿地、不动产等测绘事项进行整合。建设单位通过“多测合一”系统平台自主选取测绘服务机构,一次性委托一家测绘服务

机构完成当前阶段测绘服务事项,相关审批部门通过审查后,测绘成果可以在“多测合一”系统平台实现共享互认。

《办法》修订实施后,将进一步减少项目审批环节、降低企业成本、节省办事时间,为该市营商环境优化和经济发展提供有力支持,助力新乡市在高质量发展道路上迈出更坚实的步伐。□(新乡市自然资源和规划局 董广)

濮阳市完成 2024 年度测绘地理信息统计年报工作

近日，濮阳市自然资源和规划局及时部署，积极沟通，有序推进，按时保质保量完成 2024 年度测绘地理信息行业统计年报工作，为自然资源管理做实数据支撑服务。

该局严格贯彻落实河南省自然资源厅要求，明确市、县两级职责分工，安排专职人员全程跟进统计数据填报，确保责任落实到位到人。同时强化数据审核，对填报数据逐项审核，核实异常信息，确保统计数据的真实性、准确性、完整性、及时性和可比性，强化全流程

监管，杜绝虚报、漏报现象。此外，该局加强与省级主管部门的纵向联动，及时反馈疑难问题，同步落实整改要求，保障统计工作按时保质完成。利用测绘资质管理线上交流群等渠道，实时解答填报疑问，提升填报效率。

统计数据显示，濮阳市现有测绘资质持证单位 34 家，从业人员总数达 383 人，拥有各类测绘仪器设备 300 余台（套），全年测绘服务总产值逾 5000 万元。这些数据不仅直观体现了濮阳测绘地理信息

产业规模的扩张与服务能力的全面升级，更标志着测绘地理信息已深度融入濮阳市城市建设与社会发展的各个领域。

下一步，濮阳市自然资源和规划局将持续深化测绘地理信息产业监管与服务，推动数据成果在自然资源管理、智慧城市建设、生态环境保护等领域的高效应用，为濮阳经济社会高质量发展注入更多地理信息动能，奋力书写测绘地理信息产业赋能城市发展的新篇章。

（濮阳市自然资源和规划局 高润）

河南纬达公司稳步推进重点项目勘测定界工作

近日，河南纬达勘测规划设计有限公司（以下简称“纬达公司”）赴浞池、洛宁、宜阳、新安、孟津、吉利等地，开展重点工程项目建设用地勘测定界工作，以扎实行动稳步推进重点项目建设。

项目工期紧、任务重、技术难度高、涉及区域广。纬达公司高度重视，组织技术人员迅速进场，开展现场踏勘、权属调查、实地放线、界址测量等外业调查，精准掌握项目用地范围、地类及土地权属状况，并按要求对界址点进行标记或喷漆。同时，技术人员积极配合当地政府部门，协助完成沿线附着物清点、面积丈量等工作，为重点项目顺利推进奠定坚实基础。

在勘测定界工作中，技术人员两人一组，每日早出晚归。洛阳周边天气变幻莫测，时而烈日炎炎，时而风沙漫天，外业人员经常被吹得灰头土脸，还要时刻提防枣刺带来的伤害。即便如此，他们仍一丝



不苟，对测量数据反复核实、多次复测，确保放线精准无误。每当夜幕降临，办公室依旧灯火通明，键盘敲击声不断，众人全身心投入内业数据处理工作。在洛宁开展放线的外业人员，为节省时间，每周回家一次，吃住都在当地，以实际行动诠释对测绘工作的执着与坚守。

此次重点工程项目建设用地勘测定

界工作，不仅是对纬达公司专业技术能力的全面检验，更是彰显企业责任担当的重要契机。未来，纬达公司将持续发挥技术优势，凝聚团队力量，以精益求精的态度攻坚克难，确保项目高质量完成，为地方发展与重点工程建设交出一份满意答卷。（河南纬达勘测规划设计有限公司 张晨楠）

邓州规划中心：测绘为民 服务基层

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 杨征

在广袤的田野间，在崎岖的小径上，在喧嚣的城镇角落，有这样一群默默无闻的测绘人，他们用脚步丈量大地，用仪器描绘山河。他们扎根基层，走遍每一寸土地，只为精准的数据能成为建设的基石。从农田确权到道路规划，从地籍测量到灾害监测，他们的身影始终出现在最需要的地方。

他们，就是邓州市规划服务中心（以下简称“邓州规划中心”）的测绘人。没有豪言壮语，只有踏实苦干；没有镁光灯的聚焦，只有图纸上密密麻麻的坐标与线条。他们用专业与坚守，为乡村振兴、城市发展编织着最坚实的地理信息网，在平凡的岗位上诠释着测绘人的担当与奉献。

服务群众“零距离”

近年来，邓州规划中心干部职工立足本职岗位，结合工作实际，着力解决群众的操心事、烦心事、揪心事，在完善办事流程、提高办事效率上狠下功夫。

打通“最后一米”，服务群众“零距离”。为进一步深化便民服务举措，实现“让服务多跑路，让群众少跑腿”，邓州规划中心积极优化办事流程，努力为群众提供更优质、更高效的测绘服务。

邓州市湍河办事处姚巷的李大妈，年事已高，行动不便。2023

年5月的一天，她只身一人来到邓州规划中心申请办理房产测绘业务。根据李大妈的实际情况，工作人员加班加点，当天上午就完成从外业测量到内业出图的全流程。这在以前，需要经过业务申请、业务受理、下达测绘任务书等一项项程序，才能进行外业测量、内业出图。当工作人员把图纸交到李大妈手中时，她激动地说：“都说个人房产测绘出图比较慢，现在这么快就办好了，让我少跑了好几趟路，真是太感谢你们啦！”

群众利益无小事，一枝一叶总关情。邓州规划中心以“我为群众办实事”实践活动为契机，根据群众和企业面临的急难愁盼问题，制定“为群众办实事”实践活动服务事项清单，同时把实践活动融入工作的方方面面，转化为为民服务的动力，用实际行动温暖民心，极大地提高了群众和企业的便捷度、满意度。

2023年4月12日，邓州市罗庄镇自然资源和规划所工作人员及相关企业负责人来到邓州规划中心，办理罗庄镇第二中心幼儿园土地规划测绘业务。经了解，该项目用地位于罗庄镇青冢村村委会东侧，土地性质前期已调整为增减挂钩项目建设用地。由于省级报批时间节点临近，为确保项目尽快落地，让学龄前儿童早日步入新校园，邓

州规划中心决定特事特办，加快办理流程。

当时正值中午12点，所有外业测绘人员均已派出。面对紧急情况，邓州规划中心立即协调正在返回途中的3名技术人员，调转车头赶赴罗庄镇开展外业测量。当天下午，工作人员就将绘制完成的测绘成果交到企业负责人手中。这项原本四五个工作日才能完成的测绘成果，当天便圆满完成，创造了高效服务的典范。

“如果不是你们帮忙，估计还得等几天才能拿到用地位置图，那项目恐怕就要落到别处了。”事后，罗庄镇第二中心幼儿园负责人感动地说。

开展烈士设施测绘

2024年11月19日，邓州规划中心接到邓州市退役军人事务局请求，对全市零散烈士纪念设施开展测绘，划定保护范围。

邓州规划中心高度重视，迅速组织业务骨干成立项目组，对分布在全市13个乡镇（街道）的27处零散烈士墓展开测绘，采集烈士陵园及零散烈士纪念设施各项数据，实行电子文件归档和电子档案管理，明确邓州市烈士纪念设施保护范围，推进烈士褒扬纪念设施建设和保护。

针对烈士墓地分布零散等特

点，项目组分设2个作业小组，按照规划路线有序开展外业测量。工作人员凭借专业的测量技术，使用精密测量仪器采集每处烈士设施位置及现状等信息，及时为内业绘图、划定烈士陵园保护范围与建设控制地带图提供数据支撑。

每到一处，工作人员通过无人机实地航测、全景拍摄，对烈士纪念设施的地理位置进行精准定位，对辖区内烈士纪念设施的实物、环境、管理保护部门等各项数据逐一核校，不断更新完善系统信息，做到底数清、情况明、数据准。

十林镇郭林长烈士墓地位于公共墓园，植被茂密、杂草丛生，无人机无法获取数据。工作人员便手持RTK进入墓园实施测量，对周围界限、界址进行登记，明确土地权属，划清保护红线，建立工作台账，实现一处一档管理，保证烈士纪念设施采集信息准确。

“在摸清零散烈士纪念设施底数同时，我们也经历了一场精神上的洗礼。”项目组业务骨干李勇志表示，“下一步我们将对信息进行系统分类总结，挖掘感人的英雄事迹，讲好英雄故事，传播正能量，弘扬真善美。”

“4月23日，全国双拥模范城（县）名单发布，邓州市成功获此殊荣。这离不开邓州规划中心测绘人员的辛勤付出和无私奉献。”邓州市退役军人事务局相关负责人高兴日表示。

高标准完成“两区”调整补划

2024年以来，为全面落实省、市关于粮食生产功能区和重要农产品生产保护区工作部署要求，优化农业生产布局，保障重要农产品有效供给，邓州市积极开展“两区”



调整补划工作，进一步稳定粮食及重要农产品产能，为邓州市农业高质量发展筑牢根基。

为确保调整补划作业高效推进，在邓州市自然资源和规划局指导下，今年1月，邓州规划中心组织技术骨干成立工作专班，制定详细的工作计划，分设4个作业小组分区同步开展工作。工作中，技术人员结合第三次全国国土调查成果、遥感影像等资料，运用地理信息系统（GIS）等先进技术，精准补划“两区”范围。新纳入的地块经严格筛选，具备地势平坦、土壤适宜、灌溉便利等优势。

与此同时，作业小组在调整补划过程中，充分征求农民意见，保障农民权益，确保“两区”调整补划后能迅速发挥生产功能。每到一村，工作人员都通过集中宣讲，向基层群众传达“两区”调整补划的重要性，对农村农业发展的重大意义，提高群众思想认识；深入田间地头，与了解当地农作物种植情况的农民深入交流，逐个地块确定农作物种植情况和农田基础水利设施情况；结合每村具体情况与群众

一起探讨交流，充分尊重农民自主经营的意愿，保护农民土地承包经营权。

“‘两区’调整补划涉及的单位多、数据量大，有的数据缺失，有的与实际不符。通过将影像与原始数据进行套合比对，找出变化区域，再派工作人员现场调查、测量，确保调查成果的准确性。”该项目负责人白云飞说。

截至目前，项目已全部完成外业测量、调查工作，正在进行内业上图和数据库建库，预计在今年5月底高标准完成“两区”调整补划工作，做到全部建档立卡、上图入库，实现信息化和精准化管理，确保调得准、补得足、建得好、管得住，为邓州市扛稳粮食安全重任、保障重要农产品有效供给提供精准的数据支撑。

“经济发展，测绘先行。我们始终坚持测天绘地的匠心和躬身力行的作风，为城乡经济社会发展绘就更精准的蓝图，为人民群众交出更满意的答卷！”邓州市自然资源和规划局党组成员、邓州市规划服务中心主任姚军如是说。☑

江苏南通：以地图为笔智绘城市新坐标

◎ 曹军 陆成 张舒

地图是通过投影等方法，运用符号、颜色和注记，将地球表面自然和人文现象，按照一定比例尺描绘在平面上的图形，反映了各种事物和现象的地理分布及其在空间和时间上的相互制约、内在联系和发展变化。因此，作为城市治理现代化的重要工具，地图既承载着地理信息的时空演变，也彰显出空间治理的智慧力量。江苏省南通市自然资源和规划局立足“两统一”职责，以地图为笔，用空间坐标诠释“挑大梁”的担当与决心。

解锁地图产品“新菜单”

首先是提供权威可信地图产品。作为地图编制和审核的职能部门，近年来，南通市自然资源和规划局持续加强与民政、交通、住建、水利等部门的协同合作，建立常态化地图编制联动工作机制，在完善地图成果丰富度、覆盖面和新鲜度的同时，保证地图产品的准确性、真实性和权威性，打造出涵盖五大地图种类、总数超2万幅的动态更新地图产品体系，数据总量超110TB，包括地形图、遥感地图、实景三维地图、标准地图和电子地图。从平面到三维，从陆地到水下，高精度、全覆盖、多基准地展现南通市的城市风貌和发展变迁，为全市经济社会发展和生态文明建设提供多维度、多分辨率、多比例尺的时空基底和可视化支撑。

其次是定期发布地图成果目录。该局每年组织编制、更新并对外发布《基础测绘成果目录》，包括空间定位基准、基础地理数据、实景三维模型和地图等4个一级目录，平面控制网、数字正射影像、标准地图等10个二级目录，既有数字线划图等传统地图成果，又包含街景数据、城市级三维场景等新型地图成果，全面展示了市级地图成果内容、覆盖范围和现势性。目前，南通市所有县（市、区）局（分局）全部对外发布基础测绘成果目录，地图成果服务覆盖面持续提升。

再次是探索差异化地图服务路径。该局充分把握地图的社会公众服务特性，通过该局大数据共享平台、“一张图”系统和全市政务数据共享交换平台直接提

供地图线上查询、调用等服务，有效保障各行业管理对地图成果的需求。线下通过书面申请，对使用单位的项目来源、使用目的、安全措施等进行审核，保证合法、合规用图，满足全市经济发展、城市建设和人民生活等对公益性地图服务的需要。同时，主动送图上门、送图下基层、送图到学校，开展地图精准服务政府招商引资、土地推介、规划师下乡等活动，五年来，该局线上、线下提供地图服务达1500多次。

同时建立高效畅通地图共享机制。该局引入成果共享机制，地图服务由“多次申请”调整为“一次申请、更新共享”；对接公安、水利、生态环境、民防等20多个部门，打破部门间的数据壁垒，地理信息成果跨部门、跨领域流通共享有力；开展成果共享使用后评估试点，探索建立地理信息成果反馈机制。

为了扩大影响力，该局举办了丰富多样的地图宣传活动。一方面，该局借助主流媒体和政务新媒体宣传最新地图成果。另一方面，与南通市委宣传部、科协、教育局联合开展科普宣传活动，借助规划展示馆、博物馆等阵地，走进校园，以地图为媒介，借助各类科普讲座和活动，以多元化方式提升地图的教育意义和科普价值。

打好地图监管“组合拳”

地图市场巡查常态化。该局成立由测绘、执法、信息化等业务条线技术骨干组成的地图监管工作专班，开展线上线下常态化巡查。线上依托江苏省互联网地图监管平台，将南通市主要的互联网网站，包括政府网站、新闻媒体、微博、公众号等纳入监管对象库，日常监管对象超60个。市、县两级资规部门同步开设“问题地图”举报热线。市、县两级工作专班针对辖区内的书店、规划馆、展览馆、连锁店及重大展会活动场所等开展线下实地检查。2024年，全市共完成94批次线上、31家重点场所的线下实地检查，处置“问题地图”疑似案例6起，排除了“问题地图”风险隐患。

部门合作监管联动化。该局通过巩固部门间协同管理机制，推动形成地图监管合力。一是联合海关、

市场监管、边检等部门协同会商、线下巡查、案件移送等合作，共同打击制售使用“问题地图”行为，净化全市地图市场环境。二是联合宣传部、边检等部门在地铁站等公共场所开展现场宣讲活动，通过开展“问题地图”典型案例教育，提升社会公众的国家版图意识。三是联合网信等部门持续加强互联网地图监管，滚动扩展监管对象库，加大对微博、微信公众号的线上地图监管，持续扩大覆盖面，为全市安全合法用图保驾护航。

审图方法方式多样化。近年来，该局积极推进服务前置化、流程标准化、审核专业化的审图工作机制，做好地图审核服务保障。该局对送审的新型地图进行前置调研辅导，主动服务地图新产品，探索建立新型地图审查方式。同时，完善“线下会审、在线申报”的标准化审图流程，开辟地图增量审查快速通道，实现材料一次过、过程零返工，提高地图审核效率。

“问题地图”处置体系化。该局对监管发现的“问题地图”始终保持“零容忍”态度，建立起“快响应、双查处、回头看”的处置体系。收到“问题地图”线索后，第一时间快速响应，约谈涉事单位、个人，对于非主观故意违法行为，主动指导整改，下架“问题地图”，引导正确使用地图，营造良好营商环境。同时将发现“问题地图”的企业、个人纳入重点监管对象库，定期“回头看”，以常态化监管行动守护国家安全。

探索地图生产新路径

统筹汇聚地图成果需求。面对政府部门决策、行业管理对地图成果的不同需求，该局充分发挥管理机制优势，坚持“横向协作+纵向协同”理念，全面考量市级部门、资规系统内部的用图特点，以地图编制会商、数据资源共享为切入点，聚焦用图需求反馈，聚力地图成果编制，聚势业务融合。纵向上，充分利用垂直管理优势，借助局业务办公会、月度调度会，实现市县一体化协同，构建起市县统筹、上下一体的地图统编模式。

统筹落实地图经费保障。该局与市财政、大数据管理部门协商一致，其他部门需要基础测绘数据、地图成果统一由该局提供，从源头堵住多头编制、重复投入。近年来，该局先后完成三维地图、天地图、辅助决策地图、标准地图、影像专题图等编制更新工作，实现基础测绘财政投入可持续、集约化良性发展态势。



● 工作人员现场核对标准地图数据

统筹提升地图编制质量。该局在组织地图生产时，以成果质量为第一导向，注重统一标准、要素完整、联动更新，保证各板块在全市范围内的统一性。近年来，该局制定了1:500、1:1000、1:2000地形数据地方标准，市、县两级地形图按市标生产，成果统一管理，数据规范且精度高，做到了坐标、格式和标准的“三统一”，成果质量有了质的跃升。成果服务也从最初零散、无序跃升到集约、规范，地图服务也从单一提供转变为多种路径，服务质量档次高，优化了测绘服务营商环境。

统筹建设“天地图·南通”。天地图建设初期，市、县分建，分别对外提供服务，费时费力，成果不一致，服务不统一。2022年，该局以市、县统筹方式升级平台功能，整合原有县（市、区）节点数据，市、县以一个节点对外提供服务，实现数据标准、格式和服务的“三统一”。2024年，全市统一启动重要地理信息要素月度更新工作，新增地理信息数据访问统计和应用开发资源目录及开发调用指南功能，持续拓展电子地图的公众服务深度和广度。

统筹定制专题地图。面向政务类服务，该局持续夯实地图服务在重大战略实施和区域发展中的基础性作用，积极定制沿江岸线管理地图、区域生态保护和景区影像图，服务长江堤岸精细化管理、五山及沿江地区生态保护和修复、景区规划与管理等工作；定制南通沿海部分区域专题图，支撑《南通临海产业和空间规划》编制；定制自然资源和规划业务专题图，服务海太通道、通启运河周边生态空间管控、南通之链滨江生态空间修复等市重大项目前期研究；定制各类园区、专题要素工作用图，保障多项专项规划和政府决策的工作用图。☑（作者单位：江苏省南通市自然资源和规划局）

河北加快测绘事业转型升级先行区建设

◎ 姜慧婕 宋海娟

近日，河北省自然资源厅通过申报推荐、择优确定石家庄、唐山、沧州、邯郸4市和正定、蠡县、广平、鸡泽、临漳、邱县、武安7个县（市），开展省级测绘事业转型升级先行区建设。

先行区建设将从丰富基础地理信息资源、夯实时空信息定位基础、构建时空信息数据平台、赋能支撑自然资源管理、助力数字经济发展、加强测绘科技创新引领、优化生产组织体系结构等七个方面，示范带动全省建立以现代测绘基准、实景三维、时空大数据平台为主要内容的新型基础测绘业务格局，进一步丰富全省实景三维数据资源，深入挖掘时空地理信息要素服务应用场景。

在激活数据要素潜能方面，先行区将以地理实体空间身份编码为纽带，建立自然资源实体、不动产实体、

国土空间规划要素等之间的时空关联，实现自然资源业务全链条贯通；开展空天地网一体化遥感监测，促进自然资源在时间、空间上的优化配置，实现以数据换空间。同时，推动实景三维数据支撑城市现代化治理模式创新，服务政府决策、防灾减灾、生态环境保护、城市治理等智慧专题和应用场景；大力促进实景三维在精准农业、交通水利、公安消防、平台经济等方面建设。

据悉，第一批11个先行区将通过为期两年的示范建设，建立健全相关机构和推进机制，系统推进理论创新、技术创新和制度创新，形成可落地、可复制、可推广的示范经验，提升对自然资源管理、政府科学决策、社会公众服务保障能力。□（作者单位：河北省自然资源厅）

湖南省自然资源厅与湖南低空经济集团 签订协议

◎ 王丽容 王磊

近日，湖南省自然资源厅直属单位湖南省第一、第二、第三测绘院以及湖南省测绘科技研究所与湖南省低空经济发展集团有限公司（以下简称“湖南低空经济集团”）举行战略合作框架协议签订仪式。

协议明确，按照“优势互补、平等互利、着眼未来、共同发展”的原则，湖南省第一、第二、第三测绘院和湖南省测绘科技研究所发挥测绘地理信息领域的平台、资源、技术、能力优势。湖南低空经济集团作为省级低空经济发展战略实施主平台，发挥政策和行业优势。双方开展项目合作、创新平台建设、技术交流与人才培养等，实现优势互补、创新融合，共同助力湖南低空经济实现更高水平的跨越发展。

下一步，双方将围绕三方面开展合作。一是进一步明确合作方向和内容，联合推动实景三维、网格划分、

天空地网监测、地理信息数据挖掘分析、北斗高精度定位等技术在低空产业中的深度融合与创新，共同打造湖南省低空智联一张网。二是把握低空经济发展黄金期，在智慧城市管控等多行业谋划创新应用示范，形成可复制、可推广的标准规范及应用场景。三是双向赋能共建开创新局面，秉持资源互通、技术共享原则，为全省低空经济高质量发展注入强劲动能。

据悉，湖南此前明确了将实景三维作为推动全省低空经济高质量发展的权威数字基底，基于实景三维开展全省约400个高速管理区内无人飞行器起降点范围划定，以及低空试点选址等多项工作，助力低空经济“振翅高飞”。目前，长沙正在建设国内首个全量感知多源融合低空智联网。□（作者单位：湖南省自然资源厅）

工程坐标系高斯投影变形研究

王欣宇¹ 李冲¹ 马丞方¹

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要: 由于城市及水利工程控制测量对平面坐标的相对精度要求较高, 而采用国家坐标系统在高海拔地区或离中央子午线较远地方不能满足精度要求, 需要建立工程独立坐标系减小边长投影变形影响。研究对高程归算和高斯投影产生的长度变形进行了探讨, 提出确保测区边长长度变形不超过 2.5cm/km 的解决方案, 即要根据测区东西宽度和测区中心偏离中央子午线的距离选择适宜的高程投影面。在平坦地区, 应选择低于测线高程 150m 以内的高程投影面, 或选择测区平均高程面为抵偿高程面, 工程东西范围不宜超过 60km, 将测区中心子午线作为中央子午线, 确保高程归算和高斯投影产生的长度变形综合影响在中央子午线处均较小; 在高原起伏较大的高山地区, 应结合不同高程范围内局部施工的独立性, 考虑建立多个工程独立坐标系。

关键词: 工程坐标系; 高程投影面; 高斯投影; 长度变形

1 引言

在实际工程测量项目中, 需根据不同的用途和工程需求采用相应的坐标系。高斯-克吕格投影分带虽能有效限制长度变形, 但远离中央子午线的投影带边缘地区, 长度变形仍然较大。为满足城市和水利工程建设的精度要求, 需要对高斯投影的长度变形进行控制, 因此, 要建立工程独立坐标系, 减小高程归化与投影长度变形的影响, 将变形值控制在较小范围内, 确保坐标反算距离与地面实际长度一致。在城市测量中, 采用标准的国家 3 度带高斯坐标系, 当长度投影变形超过 2.5cm/km (即 1/40000)^[1,2] 时, 应建立满足工程需要的独立坐标系。

建立工程坐标系时长度变形包含两个方面: (1) 测区内不同高程的测量边长投影到固定高程投影面(一般选择测区内平均高程面)而产生的变形, 该变形受测区至高程投影面之间的高程差影响较大; (2) 由曲面长度投影到高斯平面的长度变形, 该变形受测区所在经度位置偏离中央子午线的横坐标 y 值影响, 距离越远变形越大^[3,4]。由于高斯投影长度变形受这两种因素影响, 如何改正投影长度变形需要充分考虑测区位置、范围、东西宽度、高程等因素, 选择合适的投影方法是解决长度投影变形的关键。

2 工程坐标系投影变形分析

在建立工程独立坐标系中, 根据高斯投影原理, 会产生高程投影变形和高斯平面投影变形。

高程投影变形是由于高斯投影过程中地面实测边长投影到归算高程面时并非等比例投影。越偏离高程投影面, 边长变形越大; 越接近高程投影面, 则存在比例缩放, 变形量越小。因此, 需将实地测量边长归算至投影高程面, 以减小高程投影误差。

为保证角度观测元素投影前后一致, 高斯投影采用正形等角投影, 即横轴椭圆柱面等角投影。椭圆柱面横套在地球椭球体外面, 与一条子午线相切, 椭圆柱中心轴穿过椭球体中心, 将中央子午线两侧各一定经差范围内的地区投影到椭圆柱面, 再将此柱面展开成为投影面。

由高斯投影的原理可知有以下特性: (1) 中央子午线投影后为直线, 且长度不变; 其他经线为凹向中央子午线的曲线, 且长度改变, 距中央子午线越远变形越大。(2) 投影后赤道为一直线, 但长度改变, 其他纬线呈凸向赤道的曲线。(3) 投影后中央子午线与赤道正交, 经线与纬线也互相垂直。

2.1 高程归算影响

在城市及水利工程建立独立坐标系时, 需要进行高程归算改正, 将地面实测边长换算到参考椭球面, 产生长度变形, 如图 1 所示。

将地面实测边长 S_0 归算到参考椭球面的边长 S 及改正, 即高程对长度归算的影响如下:

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

转化得:

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

$$S = S_0 \left(1 - \frac{H_m}{R_A + H_m} \right) \quad (2)$$

则由高程引起的边长归算公式为:

$$\begin{cases} e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \\ R_m = \frac{a\sqrt{1 - e^2}}{1 - e^2 \sin^2 B} \\ \Delta S = S - S_0 = S_0 \left(-\frac{H_m}{R_A + H_m} \right) \approx S_0 \left(-\frac{H_m}{R_m} \right) \end{cases} \quad (3)$$

公式中, e 为椭球的第一偏心率, a 为椭球长半轴, b 为椭球短半轴, R_m 为归算高程面相应纬度的平均曲率半径(即当地椭球面平均曲率半径可根据纬度查询), 是指该点各个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(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^[5,6]。

则地面边长投影至任意高程投影面 H_0 的长度变形如下:

$$\Delta S = S_0 \left(-\frac{H_m - H_0}{R_m} \right) \quad (4)$$

为满足长度变形精度要求, 需满足下式:

$$\left| \frac{\Delta S}{S_0} \right| = \left| -\frac{H_m - H_0}{R_m} \right| \leq \frac{1}{40000} \quad (5)$$

$$|H_m - H_0| \leq \frac{R_m}{40000} \quad (6)$$

当 R_m 取 6371km 时, 为求高程投影面距离测线高差与每千米距离改正量之间的关系, 令 S_0 等于 1km, 则有:

$$|H_m - H_0| = \frac{6371000 \cdot \Delta S}{1000} \quad (7)$$

上述公式中, $0 \leq \Delta S \leq 0.025\text{m}$; 于是, 有 $|H_m - H_0| \leq 159.3\text{m}$ 。

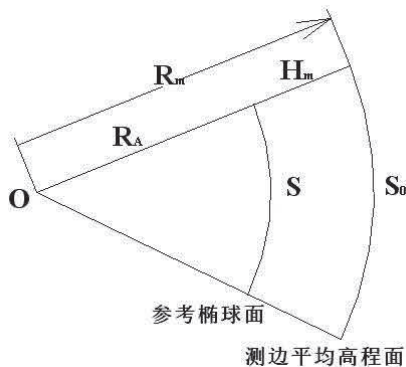


图1 实测边长投影至参考椭球面

2.2 高斯投影影响

在正形投影中, 某点长度比仅与该点位置有关, 而与方向无关。椭球面上的大地线 S 在高斯投影面的平面长度为 D , 根据投影面与椭球面的长度比, 计算公式有:

$$\frac{D}{S} = 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \quad (8)$$

故距离改化公式为:

$$D = \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \cdot S \quad (9)$$

公式中, y_m 取大地线投影后边长两端点横坐标平均值, $y_m = (y_1 + y_2) / 2$ (即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。

则由椭球面的边长 S 投影到高斯平面的边长 D 引起的边长改正公式为:

$$\Delta D = D - S = \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \cdot S \quad (10)$$

为满足长度变形精度要求, 需满足下式:

$$\frac{\Delta D}{S} = \frac{y_m^2}{2R_m^2} \leq \frac{1}{40000} \quad (11)$$

$$|y_m| \leq \frac{\sqrt{2}R_m}{200} \quad (12)$$

当 R_m 取 6371km 时, 为求 y_m 坐标偏离中央子午线距离与每千米高斯改正量的关系, 令 S 为 1km, 则有:

$$y_m = \pm \sqrt{\frac{2R_m^2 \cdot \Delta D}{S}} \quad (13)$$

$$y_m^2 = \frac{2 \cdot 6371000^2 \cdot \Delta D}{1000} \quad (14)$$

公式中, $0 \leq \Delta D \leq 0.025\text{m}$, 于是有 $|y_m| \leq 45\text{km}$ 。

2.3 高程归算和高斯投影综合变形影响

根据地面实测边长 S_0 到椭球面的边长 S 改正公式和椭球面边长 S 到高斯投影面的边长 D 改正公式可知, 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^[7-9] 为:

$$\Delta = \Delta S + \Delta D = S_0 \left(-\frac{H_m}{R_m} \right) + S \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \approx S_0 \left(-\frac{H_m}{R_m} + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \quad (15)$$

根据公式 (15) 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 (15) 可计算出已知测区内长度相对变形的大小。

由上式可知, 若要满足精度要求需满足:

$$\left| \frac{\Delta}{S_0} \right| = \left| \frac{y_m^2}{2R_m^2} - \frac{H_m - H_0}{R_m} \right| \leq \frac{1}{40000} \quad (16)$$

$$\Delta = \left| \frac{y_m^2}{2R_m^2} - \frac{H_m - H_0}{R_m} \right| \cdot 1000 \leq 0.025\text{m} \quad (17)$$

$H_m - H_0$ 过大会改变椭球参数而使计算结果不准确, 因此, H_0 一般选取测区平均高程面或比平均高程面低的高程作为高程投影面。为使高程归化产生的长度变形值与高斯投影产生的长度变形值相互抵偿, 应使高程归化产生的长度变形为负值, 因此, 公式中 $H_m - H_0 \geq 0$, 且不宜过大, 随着高程差 $H_m - H_0$ 的增加, 边长变形值较小区离中央子午线越来越远, 尽管由于高程归算引起的长度变形和高斯投影引起的长度变形可以相互抵偿, 但这种抵偿的范围有限, 高程投影面距离测区平均高程面高差越大, 则边长投影变形值较小区的东西方向越窄, 且中央子午线附近的变形值越大。将高程归算和高斯投影综合变形直观展示为三维彩色图, 如图 2 所示, 图中绿色区域为综合变形较小区。

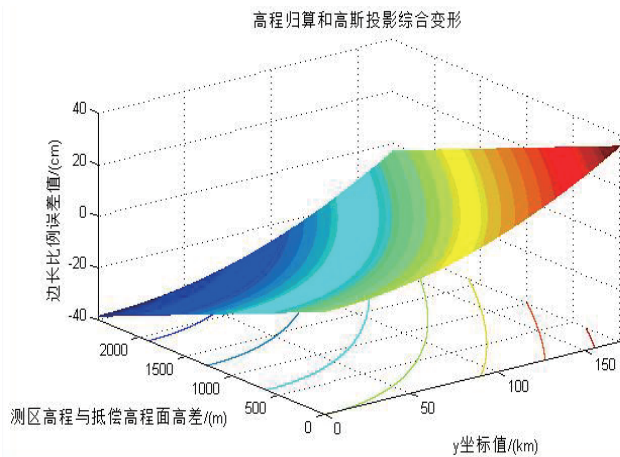


图2 综合变形三维彩色图

量化如图 3 和表 1 所示, 以标准国家 3 度带投影为例, 对误差允许临界值进行拟合曲线, 图 3 中黑线与红线之间的范围为边长比例误差小于 2.5cm/km 的允许范围。

(1) 当 $0\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 150\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围为偏离中央子午线约 0~60km, 测区控制范围大约在偏离中央子午线东西各 60km 内 (即约 120km); 当 $H_m - H_0 = 150\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围离中央子午线最宽为 60km, 此时由高程归化和高斯投影引起的长度变形抵偿效果最好, 且中央子午线附近边长变形均在允许范围内, 最大值为 -2.35 cm/km, 测区中心可选在中央子午线附近。

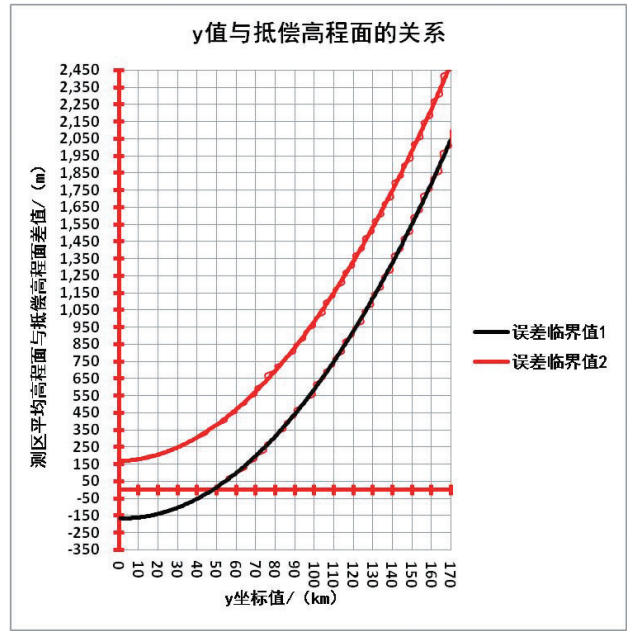


图3 y_m 与 $H_m - H_0$ 的关系

表1 高程归算和高斯投影综合影响

$H_m - H_0$	允许变形值范围与中央子午线的近似距离/km	允许变形值范围近似宽度/km	中央子午线处边长比例误差最大值/(cm/km)
$0\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 150\text{m}$	0~60	120	-2.35
$150\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 250\text{m}$	20~70	40	-3.9
$250\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 375\text{m}$	40~80	30	-5.9
$375\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 600\text{m}$	60~95	20	-9.4
$600\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 850\text{m}$	80~110	15	-13.3
$850\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 1575\text{m}$	100~145	10	-24.7
$1575\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 2450\text{m}$	140~170	5~10	-38.45
$H_m - H_0 > 2450\text{m}$	170~	-	-

(2) 当 $150\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 250\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围为离中央子午线大约为 20km~70km, 宽度约为 40km, 测区中心大约在偏离中央子午线 45km 处, 此时中央子午线附近边长变形超过 2.5cm/km, 最大为 -3.9cm/km。

(3) 当 $250\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 375\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围为离中央子午线大约为 40km~80km, 宽度约为 30km, 测区中心大约在偏离中央子午线 60km 处, 此时中央子午线附近边长变形超过 2.5cm/km, 最大为 -5.9cm/km。

(4) 当 $375\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 600\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围为离中央子午线大约为 60km~95km, 宽度约为 20km, 测区中心大约在偏离中央子午线 80km 处, 此时中央子午线附近边长变形超过 2.5cm/km, 最大为 -9.4cm/km。

(5) 当 $600\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 850\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围为离中央子午线大约 $80\text{km} \sim 110\text{km}$, 宽度约为 15km , 测区中心大约在偏离中央子午线 95km 处, 此时中央子午线附近边长变形超过 2.5cm/km , 最大为 -13.3cm/km 。

(6) 当 $850\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 1575\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围为偏离中央子午线大约为 $100\text{km} \sim 145\text{km}$, 宽度约为 10km , 且随测区测线高程增高, 可控范围中心离中央子午线越远。

(7) 当 $1575\text{m} \leq H_m - H_0 \leq 2450\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的范围离中央子午线大约 $140\text{km} \sim 170\text{km}$, 宽度约为 $5\text{km} \sim 10\text{km}$, 同样随测区测线高程增高, 可控范围中心离中央子午线越远。

(8) 当 $H_m - H_0 > 2450\text{m}$ 时, 边长变形值在 2.5cm/km 以内的东西范围已经不在离中央子午线 1.5° 范围内, 不再考虑。

3 减小长度变形的的方法

(1) 选择合适的高程投影面减弱高程投影变形影响。根据 2.1 节高程归算影响可知, 高程投影面与地面实测边长的高程差越小, 精度越高, 变形越小, 高程差最大不应大于 159.3m 。

(2) 在投影过程中, 选择合适的中央子午线进行高斯投影, 建立工程坐标系, 以减弱高斯投影变形影响。根据 2.2 节高斯投影影响可知, 越靠近中央子午线的点投影变形越小, 如测区东西宽度较小, 在 90km 范围内, 可选择测区中心位置作为中央子午线。

(3) 长度投影变形不能单一考虑高程投影变形或者高斯平面投影变形, 应该综合考虑, 才能使投影过程中产生的变形更接近实际, 根据 2.3 节高程归算和高斯投影综合影响可知, 由于高斯投影变形值一定是正值, 为使高程归化产生的长度变形值与高斯投影产生的长度变形值相互抵偿, 需要使高程归化产生的长度变形为负值, 即应使高程投影面的高程低于测区平均高程。

尽管由于高程归算引起的长度变形和高斯投影引起的长度变形可以相互抵偿, 但这种抵偿的范围有限, 高程投影面距离测区平均高程面高差越大, 边长投影变形值较小区域的东西方向越窄, 且中央子午线附近的变形值越大。通过 2.3 节高程归算和高斯投影综合影响分析可知, 高程投影面宜选在低于测区平均高程面 150m 以内。

4 结语

研究对工程独立坐标系中高程归算和高斯投影产生的长度变形进行了探讨, 通过两种变形的综合影响提出不同情况下选择适宜高程投影面的方法, 即应根据测区东西宽度和测区中心偏离中央子午线的距离选择合适的高程投影面。

(1) 在平坦地区, 当工程东西范围较大时 (120km 内), 测区边长长度变形要控制在 2.5cm/km 以内, 难以使高程归算和高斯投影产生的长度变形综合影响在中央子午线处均达到最小, 应选择低于测区测线高程 150m 的高程投影面。

(2) 在平坦地区, 当工程东西范围不大时 (60km 内), 测区边长长度变形要控制在 2.5cm/km 以内, 为确保高程归算和高斯投影产生的长度变形综合影响在中央子午线处均较小, 应选择测区平均高程面为抵偿高程面 (平均高程面小于 150m), 并将测区中心子午线作为中央子午线。

(3) 在高程起伏较大的高山地区, 应结合不同高程范围内局部施工的独立性, 考虑在不同高程范围内建立多个工程独立坐标系。

综上所述, 在建立工程坐标系前, 首先应判断测区东西宽度和高程起伏情况, 大部分工程符合条件时即可满足精度要求, 而特殊情况下还需根据工程特点建立多个工程坐标系。

参考文献

- [1] 北京市测绘设计研究院. CJJ/T 8-2011. 城市测量规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] 全国地理信息标准化委员会. GB/T 28584-2012. 城市坐标系统建设规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [3] 孔祥元, 郭际明, 刘宗泉. 大地测量学基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2010.
- [4] 张正禄, 李广云, 潘国荣, 等. 工程测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [5] 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.
- [6] 杨元兴. 抵偿高程面的选择与计算[J]. 城市勘测, 2008(2): 72-74.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.

基于多尺度特征交互网络遥感影像变化检测

孙建欣¹ 杨晓钰² 姜滕龙² 陈芳馨¹

(1. 生态环境部卫星环境应用中心, 北京 100094; 2. 山东省济南生态环境监测中心, 山东 济南 250102)

摘要: 遥感变化检测是利用多时相遥感影像识别地表变化的重要技术, 通过对比多期遥感影像对地物特征的差异化表达提取变化区域。针对变化检测算法存在特征融合方式单一、多尺度特征信息利用不充分导致高分辨率遥感图像变化检测效果差等问题, 研究通过构建双时相影像的多尺度、多类型遥感变化检测样本集, 提出一种基于多尺度特征提取的算法。该算法融合不同层次的特征信息, 较准确地提取变化区域, 最大程度还原边缘细节, 提高了变化检测精度。结果表明, 变化检测算法精度为 90.21%, 召回率达 92.92%, F1 得分为 91.50%, 平均交并比 (MIoU) 为 84.98%。

关键词: 双时相; 变化检测; 多尺度特征; 特征融合

1 引言

随着卫星遥感技术的快速发展, 利用多期遥感影像进行地表变化信息提取, 已成为当前遥感领域的热点问题^[1]。变化检测技术在城市规划、农业调查、自然灾害评估领域均有重要作用^[2], 传统变化检测方法可分为无监督算法和有监督算法, 如主成分分析法、基于 K-means 聚类的迭代加权多元变化检测算法等均为无监督算法^[3-5], 支持向量机 (SVM)、决策树、随机森林、神经网络等属于有监督算法^[6-8]。受光照、气候、季节变化影响, 两期影像间的光谱及纹理特征会形成差异, 在复杂背景下, 传统无监督技术受光谱、纹理差异大、先验数据缺乏等客观因素影响, 容易产生较大的检测误差, 且需根据不同任务场景调整参数, 耗时较长。随着人工智能技术的发展, 深度学习技术已广泛用于遥感监测场景, 研究人员针对变化检测任务提出全卷积早期融合网络 (FC-EF)、全卷积孪生连接网络 (FC-Siam-conc) 和全卷积孪生差异网络 (FC-Siam-diff), 其中 FC-Siam-conc、FC-Siam-diff 是 FC-EF 的孪生扩展, 在变化检测任务中取得了更好的效果^[9, 10]。然而, 当前大多数变化检测算法对多尺度特征信息的利用并不充分, 仅仅是对某一层差异特征分别施加注意力权重来滤除冗余信息, 或者在空间、通道维度对融合后的特征加权, 以增强有效信息, 而忽视了不同层次差异特征之间的依赖关系, 丢失了部分空间细节信息, 导致变化检测效果较差。

针对双时相数据在同一区域、不同时期受季节、光照等因素影响, 导致光谱和空间纹理信息差异显著,

难以充分融合原始图像提取的特征, 进而出现误检、漏检等问题, 研究提出一种多尺度特征交互网络模型 (MFIN), 通过在编解码过程中最大程度地还原上下文特征信息, 实现影像中多尺度特征信息的有效提取与充分融合, 最终提升变化检测精确度。

2 方法

2.1 样本数据集构建

样本数据由具有遥感解译经验的专业人员来对比双时相影像, 在遥感影像处理软件中手动标注变化区域。标注时根据颜色、纹理、形状等特征来判断地物是否发生变化。利用软件的多边形、画笔等绘图工具, 精确绘制变化区域边界, 并记录变化类型, 如新增建设用地、植被减少等。根据研究目的和研究区的地物类型, 建立合理的变化类型分类体系, 主要分析建筑物、道路、农用地、植被、水域等之间的转换, 在标注变化区域时, 按照分类体系详细标注每一个变化区域类型, 为后续的数据分析和模型训练提供准确标签, 部分样本数据示例如图 1 所示。



Farmland to Build Farmland to Greenhouse

图1 高分遥感变化检测样本数据示例

作者简介: 孙建欣 (1989—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事生态环境遥感监测工作。

2.2 多尺度特征交互网络

研究提出的多尺度特征交互网络充分考虑遥感变化检测任务特点,由多个关键模块协同构成:多尺度特征提取网络(MFEN)可基于两期影像提取多尺度特征;功能交互模块(FIM)为添加注意力机制,可增强对变化区域的关注度,提升模型检测精度;细节特征引导模块(DFGM)进一步引导模型在不增加计算成本的情况下学习底层空间细节,从而使模型更加关注边缘细节;多层感知器(Multi-Layer Perceptron, MLP)在解码段融合和解码多尺度特征信息。模型具体框架如图2所示。

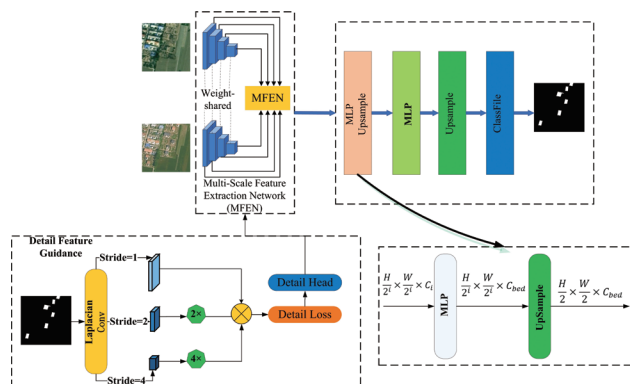


图2 多尺度特征交互网络结构

2.3 多尺度特征提取网络

由于自然界地物分布复杂,成像条件易受季节、光照等因素影响,高分影像目标空间属性对于特征检测十分重要。若目标覆盖像素较少,在空间分布上不占优,易受背景噪声抑制,在多次采样中导致信息丢失。为提升变化检测精度,研究设计多尺度特征提取模块(MFEM),先用 1×1 卷积调整通道,再用 3×3 卷积。通过卷积提取多尺度特征信息,通过加法运算融合不同尺度的特征信息,最后对融合后的输出进行 1×1 卷积,恢复特征通道个数,具体结构如图3所示。

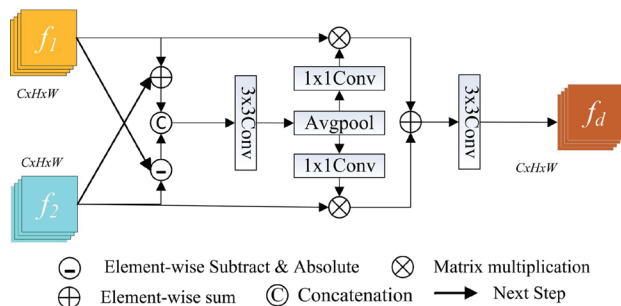


图3 多尺度特征提取网络结构

2.4 特征交互模块

变化检测不同于传统分割和分类任务,是对两期影像数据的综合分析对比,因此,两幅图像之间特征

信息的交互可以过滤出网络的关键特征信息。现阶段变化检测算法通常建立两个独立分支提取特征信息,难以实现两期影像图的特征信息交互。模型着重分析变化部分的特征信息而忽略特征选择,导致特征间映射较少、主网络模型性能降低。为更好地确定变化区域,需要对两幅图像的特征信息进行交互处理。受自注意力机制启发,研究提出特征交互模块(FIM),如图4所示,具体计算公式如下:

$$X_1 = X_1 + \text{soft max} \frac{Q_1 \times K_1^T}{\sqrt{d}} \times V_1 \quad (1)$$

$$X_2 = X_2 + \text{soft max} \frac{Q_2 \times K_2^T}{\sqrt{d}} \times V_2 \quad (2)$$

公式中, X_1, X_2 为特征映射, d 为矩阵 Q_1, Q_2 的维数。 Q_1, K_1 和 V_1 ($i=1, 2$) 分别表示 X_i 中对应的 Q, K 和 V 。

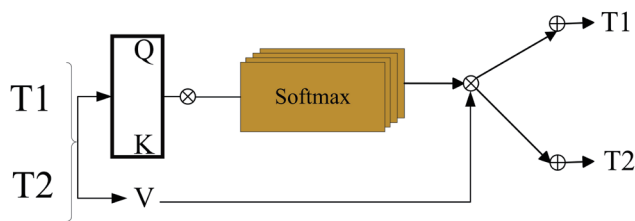


图4 特征交互模块结构

2.5 细节特征引导模块

针对遥感数据背景信息的复杂性,目标对象边缘细节较以前有较大提升,若仅从主网络中提取特征信息,会在一定程度上减弱细节点特征的获取,降低模型变化检测的准确度,因此,研究提出细节特征引导模块(DFGM),使用Laplace创建详细地图的地面真值操作符,引入交叉熵和dice loss来相互优化细节学习,生成细节特征图,为主网络学习提供更详细的地面真实信息,进而有效提高遥感变化检测任务的准确性。若预测详图的高度和宽度分别为 H 和 W ,则详图损失 L_d 表示为:

$$L_d(x_{pd}, x_{dg}) = L_{bce}(x_{pd}, x_{dg}) + L_{dice}(x_{pd}, x_{dg}) \quad (3)$$

$$L_{dice}(x_{pd}, x_{dg}) = 1 - \frac{2 \sum_i^{H \times W} x_{pd}^i x_{dg}^i + 1}{\sum_i^{H \times W} (x_{pd}^i)^2 + \sum_i^{H \times W} (x_{dg}^i)^2 + 1} \quad (4)$$

2.6 MLP 解码器

在解码阶段,使用MLP和上采样构建解码器。首先,对编码器各级输出的特征图进行MLP处理,统一编码数的通道尺寸;然后通过上样本操作将特征映射大小统一恢复到 $H/2 \times W/2$ 大小;再通过MLP层对各阶段处理的特征映射进行融合连接。最后,将融合后

的特征映射上采样到 $H \times W$ 大小，并进行分类器操作，具体计算如下：

$$\bar{F}_i = \text{Upsample}(\text{Linear}(C_i, C_{bed}, F_i))(i=1,2,3,4) \quad (5)$$

$$F = \text{Linear}(4C_{bed}, C_{bed}, \text{Cat}(\bar{F}_1, \bar{F}_2, \bar{F}_3, \bar{F}_4)) \quad (6)$$

$$\text{Out} = \text{Linear}(C_{bed}, n, \text{Upsample}(F)) \quad (7)$$

公式中， F_i 为第 i 阶段的输出特征图， C_{bed} 为嵌入维数， C_i 为第 i 阶段的输出特征图维数， n 为类数。

2.7 评价指标

研究采用像素精确率 (PR)、召回率 (RC)、F1 分数和平均交并比 (MIoU) 四个指标来评估模型精度。RC 为原始图像中识别出变化区域的比例，PR 表示正确预测的像素数在变化区域的比例，F1 是综合考虑精度和召回率的指标，用于平衡两者关系，是精度和召回率的调和平均数，MIoU 为交集和并集比，交集用于表示变化检测任务中的变化区域，并集用于表示不变区域。在评价指标中，精确度值越高，说明检测到的变化像素越准确，召回率越高表示模型发现错误变化像素的现象越少。基于这四个方面，可以更好地验证模型性能，相关公式定义如下：

准确率：

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (8)$$

召回率：

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (9)$$

平均交并比：

$$\text{MIoU} = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (10)$$

F1 分数：

$$F_1 = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (11)$$

公式中， TP 模型将正类正确预测为正类， FP 模型将负类错误预测为正类，假阴性 FN 模型错误地将正类预测为负类， TN 模型正确地将负类预测。

3 试验结果与分析

为验证多尺度特征交互网络结构 (MFIN) 的先进性，研究在自行构建数据集上与 FC-EC、CGnet-CD、SNUNet 方法进行对比，将遥感变化检测模型与其他三种模型性能作对比，表 1 为表征模型性能各项指标的量化展示，图 5 可较为清晰地反映不同网络模型在边缘细节方面的准确度。

与其他变化检测算法相比，研究算法能更好地提取变化区域的边缘细节信息，减少漏检和误检。这主

要是因为研究算法能实现多尺度特征融合，通过特征交互模块 (FIM) 增强不同层级特征间的关联性，使模型能够自适应地关注变化信息。此外，通过细节特征引导模块 (DFGM) 还能有效恢复图像边缘细节。图 5 显示了从测试集中选择的三对不同算法的预测图，可以看出研究算法在正确预测变化区域的同时，能最大限度地还原图像的边缘信息，避免误检和漏检。

表1 对比实验的定量比较结果

网络模型	PR/%	RC/%	F1/%	MIoU/%
FC-EC	86.91	80.17	83.40	71.53
CGnet-CD	87.42	90.58	89.11	80.20
SNUNet	89.23	91.43	90.32	82.36
Our Proposed	90.21	92.92	91.50	84.98

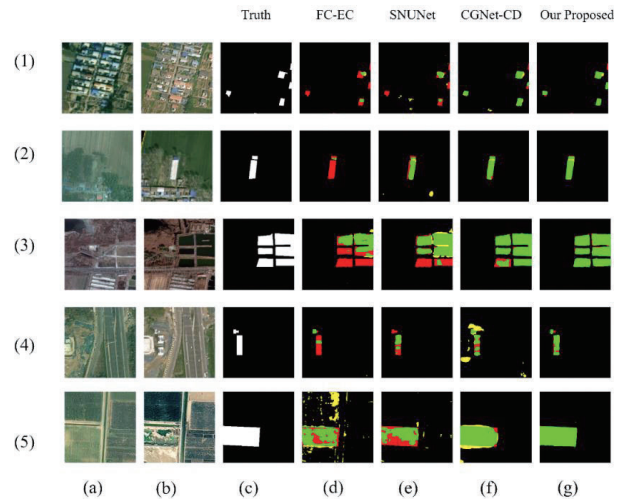


图5 三对模型预测图的定性比较结果

为验证研究算法的可用性，以河南、陕西部分地区为实验区，以 2024 年第一季度数据为基底，以 2024 年 11 月影像为后时相影像，利用研究的遥感变化检测模型开展变化检测，结果如图 6 所示，可以看出研究算法能有效提取变化区域，尤其对于小区域变化检测效果显著。

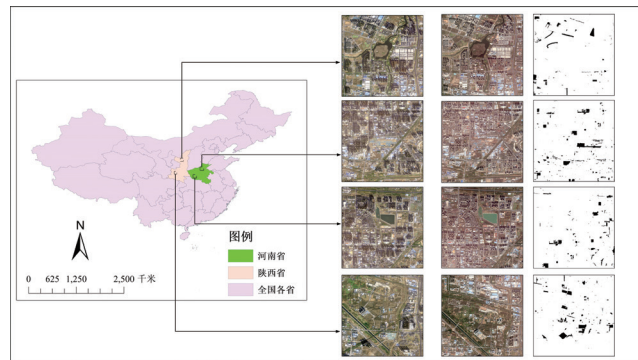


图6 研究区部分区域检测结果

(下转第 31 页)

FME在“房地一体”数据建库中的应用研究

彭博¹ 杨勇¹ 赵利民²

[1. 广州市交通规划研究院有限公司, 广东 广州 510800; 2. 广东省地质局河源地质调查中心 (广东省河源地质灾害应急抢险技术中心), 广东 河源 517000]

摘要: 随着“房地一体”农村不动产登记发证项目在广东省全面推进, 数据建库工作也被提上日程。在实际操作中, 不仅要按照省厅要求构建数据库模板, 在修改数据库空间数据时还需要将 ArcGIS 和南方 CASS 软件相结合, 流程尤为繁琐。针对这种情况, 研究提出一种结合 FME 软件的建库方法, 实现“房地一体”数据建库的格式转换、数据处理、数据融合、自动化模板等功能, 为“房地一体”农村不动产权籍调查成果数据入库提供思路和经验。

关键词: FME; 房地一体; 数据库; 格式转换; 数据融合

1 引言

根据《关于进一步加快宅基地和集体建设用地确权登记发证有关问题的通知》等文件要求, 广东省正在积极推进农村宅基地和集体建设用地确权登记工作。实施“房地一体”农村不动产登记发证项目意义重大, 不仅可以解决农村土地确权问题, 促进土地流转和农村经济发展, 还可以推动农村土地治理和乡村振兴, 为农民提供更加稳定、可持续的土地权益保障, 为农村发展注入新的活力^[1,2]。

近年来, 随着数字化、自动化进程的加速推进, FME 逐渐进入人们视野。FME (Feature Manipulate Engine, 空间数据转换处理系统) 是由加拿大 Safe Software 公司开发的用于转换 GIS 数据的平台, 支持超过 250 种不同数据格式和模型的相互转换。FME 功能强大, 工具丰富, 可对数据进行格式转换、数据清理、数据合并、数据筛选等操作。用户通过 FME 可轻松处理各种数据类型和格式, 包括矢量数据、栅格数据、数据库数据等^[3-6]。此外, FME 还支持自定义转换规则和脚本, 使用户能够根据自身需求灵活进行数据转换、处理及融合。基于 FME 的诸多优势, 以“房地一体”项目为例, 从格式转换、数据处理、数据融合、自动化模板编写等方面展开深入研究。

2 项目背景

龙门县是惠州市辖县, 位于广东省中部、增江上游, 地处珠江三角洲边缘, 东南与河源市、博罗县接壤, 西南与从化市、增城市毗邻, 北与新丰县相连; 行政区域位于东经 113° 48' 26" ~ 114° 24' 58", 北纬

23° 20' 06" ~ 23° 57' 50", 全县总面积 2295 平方公里, 人口 36 万, 辖 11 个乡镇 (街道、管委会)。项目以“总登记”方式, 利用龙门县农村地籍调查等成果, 对符合登记发证条件的农村宅基地和集体建设用地使用权及其地上建筑物、构筑物所有权进行土地和房屋调查与测绘, 全面查清农村土地及房屋的位置、面积、权属等基本情况, 形成“权属清楚、界址清晰、面积准确”的调查成果。项目分为外业测量调查和内业数据处理两部分, 其中, 内业数据处理主要以数据库建设为主, 针对数据库建设中流程繁琐、时间久等问题, 详细开展 FME 在数据建库中的应用研究。

3 数据库处理

3.1 格式转换

格式转换是指将异构数据进行重新组合。一个完整的格式转换程序能够对图形、属性等必要信息进行无损处理, 保证转换中不丢失任何重要信息。GIS 数据库建立的初期阶段, 常使用传统制图数据格式作为数据来源, 如 Autodesk AutoCAD DWG/DXF、Bentley MicroStation Design (V7/V8) 等, 这些数据格式虽然便于绘图和设计, 但在数据管理和分析方面存在局限性, 如数据结构不规范、数据属性缺失、数据不一致等^[7]。为了解决这些问题, 将这些制图格式转换为数据库格式, 如 Esri Geodatabase (GDB)、Esri Shapefile (SHP) 等, 然后就利用数据库优势, 实现数据的集中管理、高效查询、多维分析等功能。FME 软件能够实现这一转换过程, 根据用户需求自定义转换规则和流程, 保证数据的完整性和准确性。

作者简介: 彭博 (1996—), 男, 汉族, 本科, 测绘工程师, 主要从事房产测绘研究。

以南方 CASS 数据向 ArcGIS 的 Shapefile (SHP) 格式转换为例。南方 CASS 是一款专业的前端数据采集软件，基于 ObjectARX 技术对 AutoCAD 平台进行二次开发而创建。南方 CASS 利用 ObjectARX 优势，实现对 AutoCAD 数据的高效采集和管理^[8]，生成的数据不仅包括基本图形和属性信息，如坐标、长度、面积等，还包括图层、颜色、线型和块名等特殊信息。此外，还能用 XDATA 赋予编码、名称、类型等额外属性，使用命令 XDLIST 来查看，具体操作如图 1 所示。

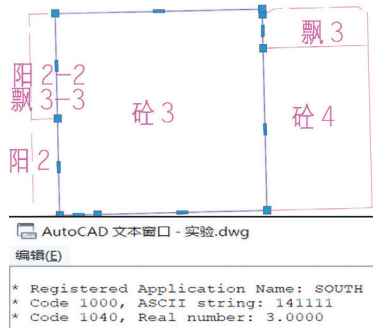


图1 南方CASS软件房屋属性拓展信息

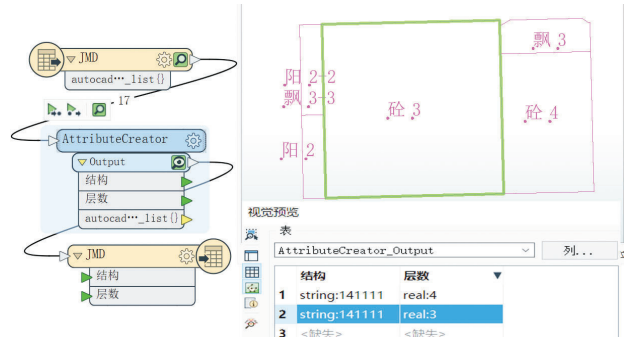


图2 DWG转SHP格式流程

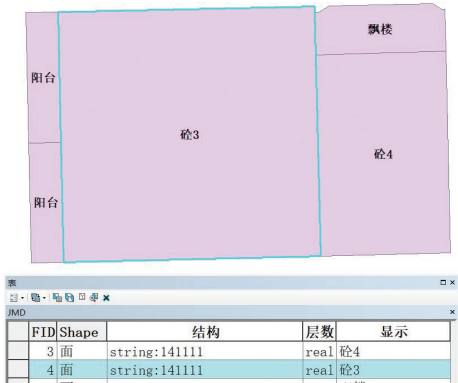


图3 DWG转SHP结果

“房地一体”初期阶段，作业人员一般利用南方 CASS 采集的底图进行外业调查和内业赋属性工作，在提交数据库时将外业底图的 DWG 格式转化为空间数据 SHP 格式，若直接向 ArcGIS 输入 DWG 原始数据，无法提取到房屋层数、结构、附属等关键信息，但 FME

Workbench 读写模块拥有约 400 个转换函数，可便捷转换数据。具体步骤为：在 Workbench 里读取模块 DWG，输出模块 Esri Shapefile，将原数据的相关属性赋值给 SHP 新建字段，即可完成数据转换，具体流程如图 2 所示。然后将原数据房屋结构编码替换成通用的房屋结构名称，便可得到最终转换数据，如图 3 所示。

3.2 数据处理

通过 Workbench 转化为省厅数据库格式后，作业人员常面临进一步处理数据库的难题，如更改字段名称和字段长度，或在特定字段填写固定信息等。这通常需要借助 ArcGIS 的更改字段名称或字段计算器功能来完成，步骤往往较为繁杂，且在处理宗数较多的数据库时（1 万宗以上），对电脑硬件要求较高，经常因数据量过大导致计算机卡死，数据库制作过程缓慢。而利用 FME 的 Attribute Manager（属性管理转换器）可以高效完成增加或删除字段、字段计算等数据处理任务。以向“ZJD”（宅基地）表中添加不动产单元号为例，即便在处理宗数较多的数据库时（1 万宗以上），处理过程也仅需几秒钟，具体操作如图 4 所示，Attribute Manager 转换器计算结果如表 1 所示。

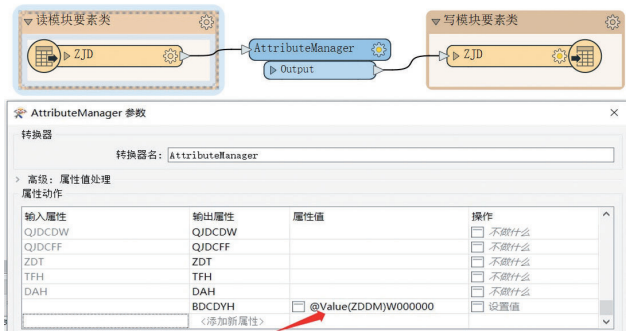


图4 Attribute Manager转换器计算字段

表1 Attribute Manager转换器计算结果

ZDDM	BDCDYH	ZDTZM	ZL
441324118216JC**001	441324118216JC**001W**	C	惠州市龙门县龙山镇双东村
441324118216JC**002	441324118216JC**002W**	C	惠州市龙门县龙山镇双东村
441324118216JC**003	441324118216JC**003W**	C	惠州市龙门县龙山镇双东村
441324118216JC**004	441324118216JC**004W**	C	惠州市龙门县龙山镇双东村
441324118216JC**005	441324118216JC**005W**	C	惠州市龙门县龙山镇双东村

3.3 数据融合

由于提交质检的“房地一体”数据总库是由各行政村分库数据融合而成，因此合库是关键。ArcGIS、Access 等常用制库软件缺乏批量合库功能，导致合库工作难度较大。而利用 FME 数据融合功能，可一次性高效合并所有分库。以非空间数据合并为例，仅需两

步便可完成：首先通过读模块读取待合并数据，其次通过写模块输出动态 MDB，具体操作如图 5 和图 6 所示。

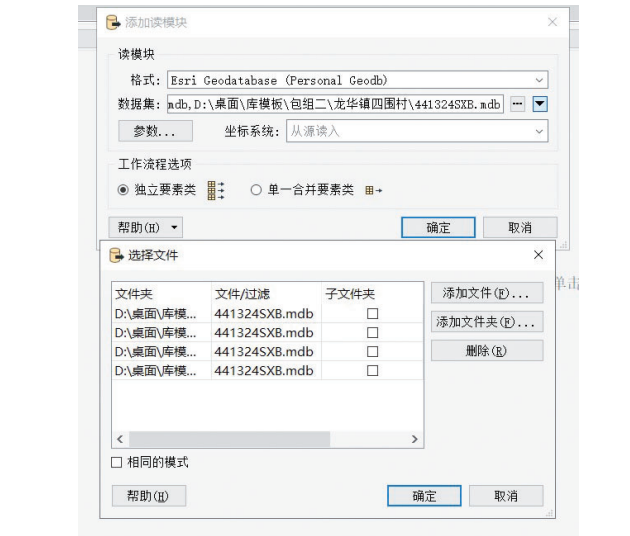


图5 读模块读取需要合并的数据

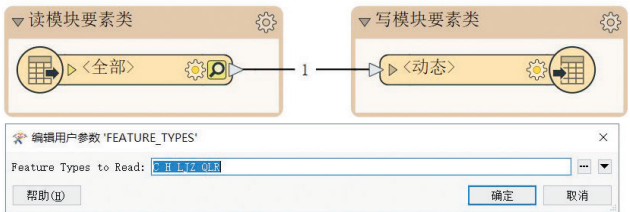


图6 写模块输出动态 MDB

3.4 编写自动化模板

在“房地一体”建库中，许多步骤存在单一重复或固定逻辑流程，比如空间数据“ZJD”（宅基地）表中的 ZDDM（宗地代码）字段需要和非空间数据的“H”（户）表中的 ZDDM 保持一致、所有空间数据的坐标系都需要投影到 CSCS2000 的 3 度带；部分逻辑性计算字段如“ZRZ”（自然幢）表中的“JZWMC”（建筑物名称）需要根据“QLR”（权利人）表中的“QLRMC”（权利人名称）添加后缀“宅”得到，非空间数据“QLR”表中的共有情况则需要按照所有不动产单位号的相同权利人组合而成。这些步骤有大量重复性入库工作，大大降低了工作效率，同时也对技术人员专业知识储备要求较高。使用 FME Workbench 的转换器功能，可以实现建库标准化、操作流程化，理清逻辑关系，用转换器依次按照逻辑连接，即可得到符合质检要求的数据库，显著提升了内业人员的工作效率。

编写自动化模板常用的转换器主要有：（1）Attribute Creator（属性创建转换器），用于创建属性，可在字符串编辑器中自定义属性值，便于对要素类属性进行编辑和修改；（2）Attribute Remover

（字段删除转换器），可以直接删除多余字段；（3）Feature Merger（属性关联转换器），根据两个数据的关键字段进行关联，可用于带几个图形的属性关联；（4）Attribute Filter/Tester（条件判断转换器），根据某些条件对所有要素进行筛选。

以填自然幢表建筑物名称模板为例，只需要读写模块后，依次插入以上转换器，就可得到最终成果，运行自动化模板流程如图 7 所示，自动化模板运行结果如表 2 所示。

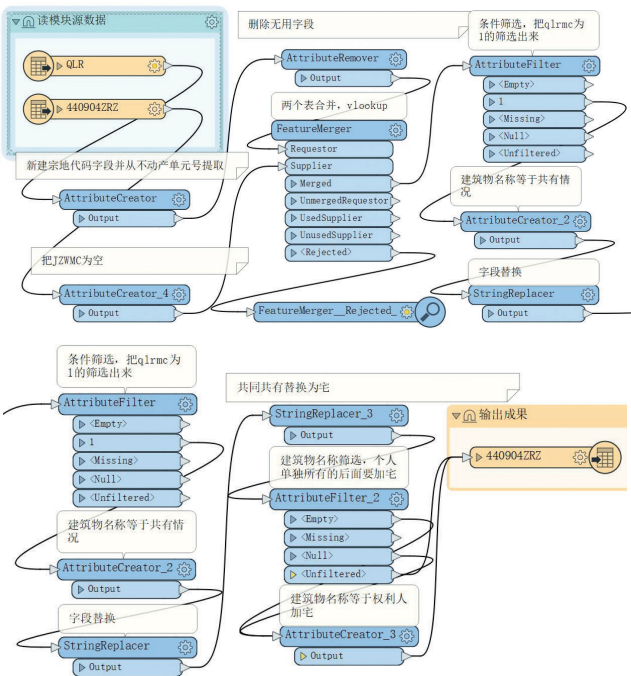


图7 自动化模板流程

表2 自动化模板运行结果

ZDDM	BDCDYH	FWZL	ZRZH	JZWMC
441324**JC**160	441324**JC**160F***	惠州市龙门县龙华镇到滩村**	441324**JC**160F**	*宅
441324**JC**010	441324**JC**010F***	惠州市龙门县龙华镇到滩村**	441324**JC**010F**	*宅
441324**JC**019	441324**JC**019F***	惠州市龙门县龙华镇到滩村**	441324**JC**019F**	*宅
441324**JC**004	441324**JC**004F***	惠州市龙门县龙华镇到滩村**	441324**JC**004F**	*宅
441324**JC**006	441324**JC**006F***	惠州市龙门县龙华镇到滩村**	441324**JC**006F**	*宅

3.5 成果输出

自动化模板编辑后，可分别对数据库各表进行自动化模板编写，如图 8 所示，完成所有流程后利用省厅下发的质检软件对最终处理好的数据库进行质检。

3.6 质检结果

通过 FME 软件，优化了“房地一体”数据库中的关键步骤，完成的龙门县“房地一体”数据库经处理整合后，顺利通过市级和省级验收。



图8 各种自动化模板（左）和 最终输出数据库（右）

4 结语

通过搭建城乡统一化的不动产登记体系，构建一套基础性、统一性、完整性的“房地一体”数据库，不仅可以规范农村宅基地管理，推进农村不动产统一登记，还能满足现代不动产管理制度的客观要求，为城乡统筹发展奠定坚实的产权基础。以“房地一体”项目为实践背景，针对传统人工制库方法存在效率低下、质量不稳定等问题，深入研究 FME 软件在“房地一体”数据建库中的创新应用，实现“房地一体”数据建库的格式转换、数据处理、数据融合和自动化模板编写等步骤，有效提升了项目进度和成果质量，

为“房地一体”农村不动产权籍调查成果入库提供了可借鉴的技术方案和实践经验。

参考文献

- [1] 赵敏宁,姚玉研,徐晓婷.农村房地一体化项目确权登记问题浅析[J].南方农业,2019,13(29):98-99.
- [2] 中华人民共和国自然资源部.自然资源部关于加快宅基地和集体建设用地使用权确权登记工作的通知[EB/OL].2020-05-14.https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-05/19/content_5512913.htm.
- [3] 焦道振,曾铭,高照忠,等.FME和VSFTP相结合的不动产数据模式探讨[J].测绘通报,2019(5):125-128.
- [4] 杨梅,陈利燕,詹金瑞.基于FME的不动产数据抽取整合建库技术研究[J].测绘与空间地理信息,2018,41(4):189-191.
- [5] 金怡杉,洪涛.基于ArcGIS与FME的不动产登记数据整合与建库方法[J].测绘地理信息,2017,42(6):88-90.
- [6] 耿继军,刘荣,吴聪聪,等.一种计算机辅助设计数据与GIS数据转换方法[J].测绘科学,2016,41(8):134-137.
- [7] 何春林,杨伟峰.FME在地籍数据处理中的应用[C]//江苏省测绘学会.2013年度江苏省测绘学会年会论文集:现代测绘,2013:2.
- [8] 孟涛.南方CASS数字化测图的作业过程及技巧方法[J].大众标准化,2023(19):47-49.

(上接第 27 页)

4 结论

研究提出一种基于多尺度特征交互网络(MFIN)的双时相遥感图像区域变化检测模型。首先,通过多尺度特征提取网络(MFEN)提取双时相图像的多层次特征信息;再利用特征交互模块(FIM)和细节特征引导模块(DFGM)的两个子模块与双时相图像特征信息进行有效交互,最大限度地恢复图像边缘细节;在解码部分,以多层感知器(MLP)编码器为解码器,融合和解码多尺度特征信息。最后,对不同尺度的特征信息进行融合和上采样输出,结合多尺度监督优化模型训练,使模型适应不同尺寸区域的变化检测。实验结果表明,该模型可以更精确地检测变化区域的边缘细节信息,对小区域和狭长区域也能保持良好的检测性能,模型精度和复杂度有着较好的平衡。

参考文献

- [1] Wang Z, Xia M, Lu M, et al. Parameter Identification in Power Transmission Systems Based on Graph Convolution Network[J].

Power Delivery, IEEE Trans. on (T-PWRD), 2022, 37(4):9.

- [2] 姜明,张新长,孙颖,等.全尺度特征聚合的高分辨率遥感影像变化检测网络[J].测绘学报,2023,52(10):1738-1748.
- [3] Qu Y, Xia M, Zhang Y. Strip pooling channel spatial attention network for the segmentation of cloud and cloud shadow[J]. Computers & geosciences, 2021(12):157.
- [4] 曹云,杭鑫,高艺,等.利用高分二号影像对城市黑臭水体遥感监测——以南京市主城区为例[J].四川环境,2023,42(1):208-217.
- [5] 火久元,刘梦.基于PCA信息熵特征融合的遥感影像变化检测[J].Journal of Measurement Science and Instrumentation, 2023, 14(4):398-412.
- [6] 唐瑞宏,牛晓伟.基于多尺度特征交叉融合的遥感图像变化检测[J].电光与控制,2024,31(7):81-86.
- [7] 范捷.顾及不确定性分析的二级分类遥感变化检测[D].宜昌:三峡大学,2023.
- [8] 冯文卿,睦海刚,涂继辉,等.高分辨率遥感影像的随机森林变化检测方法[J].测绘学报,2017,46(11):11.
- [9] Zhan Y, Fu K, Yan M, et al. Change Detection Based on Deep Siamese Convolutional Network for Optical Aerial Images[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2017, 14(10):1845-1849.
- [10] 梁哲恒,黎宵,邓鹏,等.融合多尺度特征注意力的遥感影像变化检测方法[J].测绘学报,2022,51(5):668-676.

多源遥感数据融合与耦合模型驱动的河流水文季节性时空分异机制研究

杨晓晨

(平顶山市水利勘测设计院, 河南 平顶山 467000)

摘要: 研究基于多源数据融合与耦合模型驱动方法, 揭示了河流水文季节性时空分异特征及驱动机制。通过整合遥感数据、地面观测与气象资料, 解析河流水位与流量的时空变化规律: 空间上呈现上游至下游水位逐渐升高、流量显著增大的梯度分布特征; 时间上表现为春季受融雪和降水补给影响, 水位与流量持续上升, 夏季因强降水事件达到峰值, 秋冬随降水减少逐渐回落至枯水期。研究构建了 SWAT 模型多级耦合框架, 通过数据融合、参数优化与动态更新机制, 提升了水文季节性时空变化模拟精度。影响因素分析表明, 气候的季节性降水特征是驱动水文动态的核心因素, 地形地貌通过调控流域汇流路径和流速影响时空分异格局, 人类活动的跨流域调水、农业灌溉及城市化进程则通过改变水资源时空分配加剧径流量衰减。研究成果可为流域水文过程解析与水资源综合管理提供理论依据。

关键词: 多源数据; 耦合模型; 时空变化

1 引言

水资源作为支撑人类社会可持续发展的战略资源, 其动态演化规律已成为全球变化科学领域的核心议题。河流水文系统是陆地表层系统中物质能量交换的关键纽带, 其季节性时空分异特征不仅反映气候波动与人类活动的交互作用, 还直接影响流域生态安全格局与水资源管理决策^[1]。随着全球气候变化加剧与人类活动强度的持续增强, 传统基于地面观测网络的水文监测体系已难以满足高精度、高时空分辨率的需求。

遥感技术的快速发展为水文科学研究提供了全新技术范式。多源遥感数据(如 Sentinel-2/Landsat 系列光学影像、Sentinel-1SAR 数据等)通过不同物理机制获取地表信息, 在水文参数反演领域展现出独特优势。光学遥感凭借高光谱分辨率特性, 在水体边界提取、水质参数反演等方面具有重要作用; 雷达遥感则以全天时、全天候观测能力, 在洪水过程监测、水位动态追踪等领域有显著优势。随着数据融合技术的发展, 通过整合多源遥感信息的时空互补特性, 有效提升了水文要素反演的时空连续性与精度可靠性^[2,3]。然而, 当前河流水文季节性分异机制未能有效构建“数据—模型—机制”的闭环研究体系, 制约了对河流水文系统季节性变化规律的理解, 亟须发展多源遥感数据融合与耦合模型驱动的综合研究方法^[4]。

以流域水文过程为对象, 研究基于 Soil and

Water Assessment Tool (SWAT) 水文模型构建“多源数据—水文模型耦合—时空分异机制解析”的技术路线^[5]。通过优化多源遥感数据时空配准与特征融合算法, 建立多要素协同反演模型; 基于此构建遥感数据驱动的分布式水文模型, 揭示气候—水文—生态系统的耦合关系, 最终形成具有普适性的河流水文季节性分异机制解析框架, 为流域水资源精细化管理提供支撑。

2 原理方法及数据介绍

2.1 数据源

研究使用的数据及来源如下:

卫星影像: 主要采用欧空局的哨兵二号多光谱卫星影像数据;

数字高程模型 (DEM): 采用 SRTM 的 30m×30m 分辨率地形产品数据, 进行了滤波处理和误差修正;

水文数据: 由某大学图书馆特色馆藏整理得到, 涉及 2 个水文站和 12 个雨量站信息;

气象数据: 模型需要输入逐日降水数据, 研究使用的气象数据来源于中国气象数据网。

2.2 耦合模型构建

SWAT 模型是美国农业部 (USDA)、农业研究局 (ARS) JefArnold 博士开发的流域尺度模型, 具有很强的物理基础, 能在资料缺乏的地区建模, 目前已在北美、非洲、中东、欧洲等地得到广泛应用, 近些年国内在诸多流域开展 SWAT 模型的水文循环模拟研究, 以水量

作者简介: 杨晓晨 (1987—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 研究方向: 测绘工程。

平衡方程为基础:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

将多源遥感数据与 SWAT 模型耦合,旨在融合遥感数据的空间信息优势与水文模型的物理过程模拟能力,以精准模拟河流水文季节性时空变化。耦合思路如下:

数据输入耦合:以多源遥感数据补充或替换 SWAT 模型部分传统观测数据。利用遥感数据提取土地利用类型信息,更新模型数据层,优化产汇流模拟。

参数优化耦合:基于遥感数据提取地表特征,优化 SWAT 模型参数;依植被覆盖度调整相关参数,精准模拟植被对水文过程的影响;结合遥感反演地形信息与 DEM 数据优化地形参数,增强对水流运动的模拟能力。

动态更新耦合:利用遥感数据时间序列动态更新并实时校正模型。不同季节的遥感数据反映流域地表动态变化,要及时输入模型,精准跟踪水文季节性变化。

3 结果与分析

3.1 河流水文季节性时空分异

(1) 不同季节河流形态变化

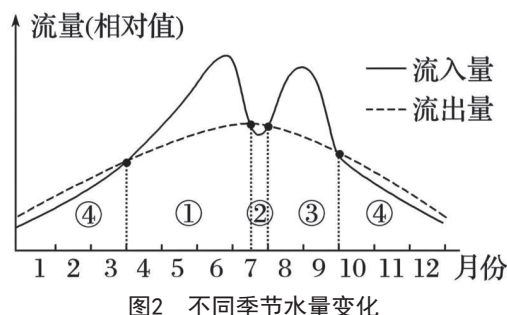
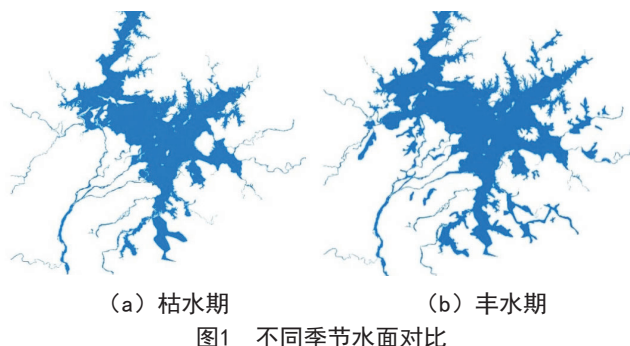
通过分析融合后的多源卫星数据,可清晰观察到枯水期与丰水期河流形态的显著变化。在丰水期,降水充沛,河流水量达到一年中最大值,河流宽度明显增大,许多河滩被淹没,河流与周边湿地的连通性增强。在一些地势较低地区,河流可能出现漫溢现象,形成大面积洪泛区,河流弯曲度也有所增加,这是因为水量大,水流速度快,在遇到河道障碍物或地形变化时,更易形成弯曲河道。河流的流速加快,携带的泥沙量也相应增加,使得河流颜色变得较为浑浊。

枯水期时,降水逐渐减少,河流水量开始下降,河流宽度逐渐缩小,河滩重新露出水面,河流与周边湿地的连通性减弱。河流弯曲度相对稳定,但由于水量减少,水流对河道的冲刷作用减弱,河道中泥沙开始淤积,一些河床出现沙洲和浅滩。当气温降低,部分河流甚至会出现断流,只剩主河道有少量水流。在一些寒冷地区,河流可能会结冰,形成冰面,此时河流形态相对稳定,但冰面也会对河流的水文过程产生一定影响。不同季节的水面对比如图 1 所示。

(2) 水位与流量的时空变化

基于融合数据和耦合模型的分析结果,对不同季节、不同河段的水位和流量变化趋势、分布特征进行了深入研究,结果如图 2 所示。由图可知,在不同季

节,水位和流量变化显著。春季,气温升高,由于积雪融水和春雨补给,河流水位开始上升,流量逐渐增大;有些以冰雪融水补给为主的河流,水位和流量增长尤为明显,通常会出现春汛现象。夏季,降水集中,河流水位和流量迅速上升,达到一年中的峰值;在暴雨期间,河流水位可能会急剧上涨,形成洪水灾害;在山区,由于地形陡峭,降水迅速汇聚,容易引发山洪,对下游的人民生命财产安全造成严重威胁。秋季,降水减少,河流水位和流量开始下降,但有些地区因台风等天气带来降水,河流水位和流量仍可能出现一定波动。冬季,河流进入枯水期,水位和流量降至最低;在一些寒冷地区,河流可能会结冰,冰盖对水流产生一定阻碍,进一步降低河流流量;而在一些干旱地区,河流可能会出现断流,加剧水资源短缺问题。



3.2 影响因素分析

(1) 气候因素

气候因素是影响河流水文季节性变化的关键因素之一,降水作为河流的主要补给来源,其季节性变化直接决定河流水位和流量的季节性波动。在降水集中季节,如夏季,大量降雨使河流补给量迅速增加,水位急剧上升,流量随之增大,从而形成丰水期。在我国南方地区,夏季受季风影响降水丰富,许多河流会出现明显汛期,水位和流量大幅增加,一些中小河流甚至可能因洪水而泛滥。而在降水较少的季节,如冬季,河流补给量减少,水位下降,流量减小,进入枯水期。在北方地区,冬季降水稀少,河流水位和流量明显降低,

部分河流甚至出现断流。

通过统计气象数据与径流数据,分析降雨对径流变化的影响,如图3所示。由图可知,降水强度和持续时间对河流水文有重要影响。短时间强降水容易引发洪水,导致河流水位迅速上涨,流量急剧增加,对周边生态环境和人类活动造成严重威胁。在山区,强降水可能引发山洪,洪水携带大量泥沙和石块,对河道和河岸造成严重冲刷和破坏,同时也可能引发山体滑坡等地质灾害,危及人民生命财产安全。而长时间持续降水则可能使河流水位持续升高,流量保持在较高水平,增加洪水的持续时间和影响范围。

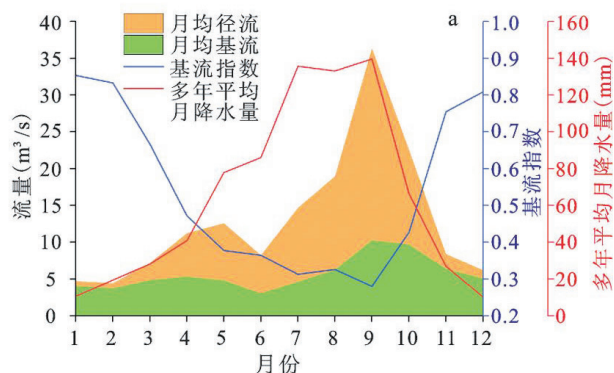


图3 降雨径流相互关系统计分析

(2) 地形地貌因素

地形因素显著影响着河流水文季节性变化,如图4所示。山区地势陡峭,河流落差大,流速快,侵蚀能力强,携带大量泥沙,易形成峡谷。如金沙江段,流经横断山脉,落差达数千米,流速极快,对河床冲刷强烈。而平原地势平坦,河流落差小,流速慢,搬运能力弱,泥沙易淤积,使河道变浅。黄河下游流经华北平原,流速缓慢,大量泥沙淤积,河床抬高,形成“地上河”,给防洪带来压力。

流域坡度影响汇流时间和洪峰形成。山区流域坡度大,降水时坡面径流迅速汇集,水位和流量快速增加,易引发洪水;平原坡度小,汇流时间长,水位和流量变化平缓,洪水峰值低。地形地貌还影响河流的汇流路径和流域面积,复杂地形使汇流路径曲折,增加流动距离和时间,而山脉和丘陵阻挡水流,延长汇流时间。流域面积大,能汇集更多降水和坡面径流,使河流水量大,如长江流域面积广阔,支流众多,水量大。

(3) 人类活动因素

对流域范围进行土地利用类型分类,主要包含人造地表、林地、水体、湿地、耕地、草地、裸地,分类结果如图5所示。由图可知,流域内水体不仅包含

主流和支流,也存在部分独立坑塘;流域内耕地面积较为广泛,主要分布在水体周围,且种植类型多为水稻;流域内的林地和草地较多,多分布在山地,如东北部、西北部,山地较多,植被覆盖较好,为涵养水源提供了绝佳地理环境,保证鄱阳湖充足的水分来源。

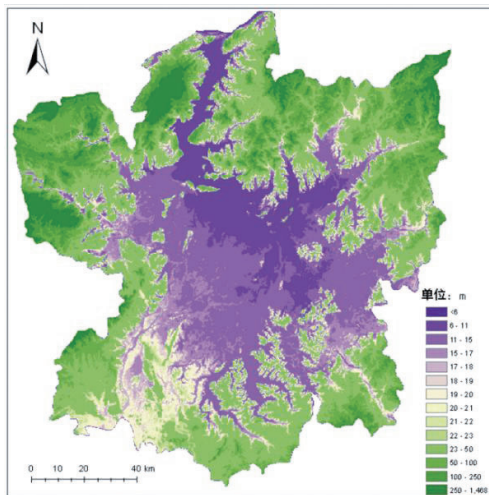


图4 流域DEM数据及河流分布

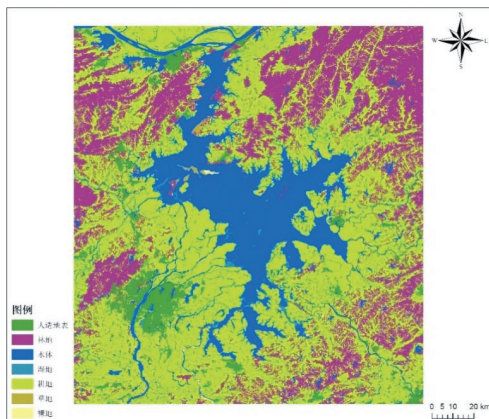


图5 流域地物分类

然而,人类活动如灌溉和城市供水,会大量消耗水资源,导致河流径流量减少。在干旱时期,灌溉用水量,河流水量被大量抽取用于农业灌溉,使得河流径流量大幅减少,甚至出现断流,生态环境日益恶化。城市供水也会影响河流水文,随着城市人口增加和经济发展,城市用水量不断增大,对河流的取水压力也越来越大,影响河流与地下水的补给关系。

4 结论与展望

通过多源数据融合与耦合模型驱动方法,对河流水文季节性时空分异机制进行深入探讨,研究取得以下成果:

(下转第38页)

SBAS-InSAR反向估计获取完整时间序列变形算法探究

武志斐 宋旭辰

(河南丰图测绘服务有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 由于合成孔径雷达 (SAR) 技术在开展地表动态变形监测时难以捕捉完整变形过程, 研究提出一种新的框架, 即时序小基线子集 InSAR (SBAS-InSAR) 反向估计算法。该算法利用时序最小二乘调整来动态恢复表面变形时间序列。为验证该算法的有效性, 研究开展了模拟和真实数据对比实验, 结果表明: 该算法获得的模拟结果与传统 SBAS-InSAR 技术一致, 而 InSAR 获得的变形时间序列与 GNSS 结果的标准偏差优于 6mm。

关键词: 变形时间序列; 动态反向估计; 序贯平差; 小基线子集干涉合成孔径雷达 (SBAS-InSAR)

1 引言

合成孔径雷达 (SAR) 是观测地球表面形变的关键技术, 具有测量精度高、监测区域广、成本低等优点; 干涉相位由五个部分组成: 平坦地球相位、地形相位、变形相位、大气延迟相位和噪声相位^[1,2]。对于形变相位, 需要采用差分干涉合成孔径雷达 (D-InSAR) 去除其他相位误差, 但 D-InSAR 的精度易受时间去相关和大气误差影响^[3]。近年来, 出现一些先进的多时相 InSAR 技术, 如 PS-InSAR^[4]、小基线子集 InSAR (SBAS-InSAR)^[5]、DS-InSAR 和 ISBAS-InSAR, 可监测每次 SAR 采集时的变形时间序列, 已广泛用于地面沉降、采矿坍塌、滑坡、火山、地震、冰川和其他人造结构的变形监测。

随着遥感技术的不断发展, SAR 数据源得到有效保障, 对地表形变进行动态监测的需求日益提升。为此, 不少专家学者开展了 InSAR 动态处理策略研究, 如罗雪玮等人对 SBAS-InSAR 进行顺序调整, 以动态更新 InSAR 变形时间序列^[1]。由于序贯最小二乘估计无法抵抗严重误差, 李少为等人引入一种基于 InSAR 变形动态监测的 M 估计鲁棒技术, 以削弱异常误差的影响^[2]。任开瑀、姚鑫提出一种用于 InSAR 时间序列分析的卡尔曼滤波器 (KF), 利用卡尔曼滤波和新生成的未包裹干涉图来动态更新历史变形时间序列^[3]。纪政楠等人提出一种无预测的 KF, 将预测信息的权重设置为零, 避免因预测信息不准而降低更新变形时间序列的准确性^[4]。

目前, 大多数 InSAR 动态处理都是通过在历史变

形时间序列中添加新的 SAR 图像来更新变形时间序列, 因此, SAR 变形监测被固定在特定时段。为捕捉完整的变形过程, 研究提出一种顺序 SBAS-InSAR 反向估计算法, 寻找变形的起始时间, 以恢复完整的变形时间序列。

2 技术原理

2.1 SBAS-InSAR 技术

SBAS-InSAR 是 InSAR 技术的典型应用, 通过设置较短的空间和时间基线阈值来生成差分干涉对, 抑制表面随时间变化引起的去相关效应^[5]。假设有 $n+1$ 个 SLC 图像, 对应于 $t=[t_k, t_{k+1}, \dots, t_{k+n+1}]$ 采集日期, 其中最早的 SAR 采集日期为 t_k 。在所有 SLC 图像配准后, 使用 SBAS-InSAR 技术生成干涉图。以时间周期 $t_i \sim t_{i+1}$ ($i=k \dots k+n-1$) 的变形率 $v(\Delta t)$ 为未知参数, 微分干涉相位 φ_i ($i=1 \dots m$) 为观测值, 在去除 DEM 误差和大气延迟误差后, SBAS-InSAR 技术获取的具有预定 SLC 图像的变形时间序列函数模型为:

$$V_1 = A_1 X_1 - L_1, P_1 \quad (1)$$

$$X_1 = [v(t_k) \quad v(t_{k+1}) \quad \dots \quad v(t_{k+n+1}-1)]^T \quad (2)$$

$$L_1 = [\phi_1 \quad \phi_2 \quad \dots \quad \phi_{m1}]^T \quad (3)$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} \Delta t_k & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \Delta t_k & \Delta t_{k+1} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \Delta t_{k+n+1-1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

A_1 是 $m \times n+1$ 设计矩阵, 可从生成的干涉对小基线集的时间基线中确定, X_1 是要估计的参数, L_1 是观

测向量, V_1 是残差向量, P_1 是与观测向量 L_1 对应的权重矩阵。对于公式 (1), 可使用最小二乘准则获得最优解:

$$X_1 = (A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_1^T P_1 L_1, Q_{X_1} = (A_1^T P_1 A_1)^{-1} \quad (5)$$

其中, Q_{X_1} 是 X_1 的协方差矩阵, 表示不同时间段估计变形率的相对精度。最后, 通过对所有时间段的时域变形量进行积分, 得到累积变形时间序列。

2.2 变形时间序列的顺序 SBAS-InSAR 反向估计

用 $n1+1$ 幅 SAR 图像进行 SBAS-InSAR 处理后, 若要恢复纪元 t_k 前的 $n2+1$ 变形时间序列, 即获得纪元 t_i 的累积变形时间序列 ($i=k-n, k-n+1 \cdots k \cdots k+n1, k > n2$), 则只需恢复每个新时间间隔的变形率即可调整从 t_{k-n2} 到 t_k 的 SAR 采集相关的 $m2$ 干涉图, 以及已完成估计的从 t_k 到 t_{k+n1} 的变形率。最后, 对所有时间段的变形量进行积分以获得累积变形, 功能模型为^[4]:

$$V_2 = [B \quad A_2] \begin{bmatrix} Y \\ X_2 \end{bmatrix} - L_2, P_2 \quad (6)$$

$$Y = [v(t_{k-n2}) \quad v(t_{k-n2+1}) \quad \cdots \quad v(t_{k-1})]^T \quad (7)$$

Y 是要重建的历史时段变形率, X_2 是 X_1 重构后的更新值; B 和 A_2 分别是 Y 、 X_2 对应的系数矩阵, L_2 是观测向量, 由与时间 t_k 相关的 DEM 误差和大气延迟误差去除后差分干扰相位组成; P_2 是观测向量 L_2 的权重矩阵; V_2 是残差向量。估计结果 X_1 可视为待估计参数 X_2 的先验信息, 因此, X_2 和 V_2 都服从正态分布且相互独立, 即:

$$V_2 \sim N(0, \sigma_0^2 P_2^{-1}), X_2 \sim N(0, \sigma_0^2 Q_{X_1}) \quad (8)$$

$$\text{Cov}(V_2, X_2) = 0$$

其中 σ_0^2 是单位方差。对于公式 (6), 调整标准成立:

$$\begin{bmatrix} A_2^T P_2 B & A_2^T P_2 A_2 + Q_{X_1}^{-1} \\ B^T P_2 B & B^T P_2 A_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_2^T P_2 L_2 + Q_{X_1}^{-1} X_1 \\ B^T P_2 L_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\frac{\partial F}{\partial X_2} = 0, \frac{\partial F}{\partial Y} = 0 \quad (10)$$

$$N \begin{bmatrix} Y \\ X_2 \end{bmatrix} = W \quad (11)$$

可以写成:

$$N^{-1} = \begin{bmatrix} N_{11}^{-1} + N_{11}^{-1} N_{12} M^{-1} N_{12} N_{11}^{-1} & -N_{11}^{-1} N_{12} M^{-1} \\ M^{-1} N_{12} N_{11}^{-1} & M^{-1} \end{bmatrix} \quad (12)$$

那么, 公式 (12) 可以写成:

$$\begin{bmatrix} Y \\ X_2 \end{bmatrix} = N^{-1} W, Q_{[Y \quad X_2]^T} = N^{-1} \quad (13)$$

对于矩阵 N 的逆矩阵, 可使用块矩阵逆来提高计算效率。根据块矩阵逆公式, 有:

$$N^{-1} = \begin{bmatrix} N_{11}^{-1} + N_{11}^{-1} N_{12} M^{-1} N_{12} N_{11}^{-1} & -N_{11}^{-1} N_{12} M^{-1} \\ M^{-1} N_{12} N_{11}^{-1} & M^{-1} \end{bmatrix} \quad (14)$$

其中 $M = N_{22} - N_{21} N_{11}^{-1} N_{12}$, 因此, 公式 (14) 的解是:

$$\begin{bmatrix} Y \\ X_2 \end{bmatrix} = N^{-1} W, Q_{[Y \quad X_2]^T} = N^{-1} \quad (15)$$

在重建历史变形时间序列的过程中, 需要不断调整时间参考。以最早恢复的历元作为时间参考, 并将变形值设置为零。通过顺序 SBAS-InSAR 反向推算, 可以动态恢复监测点的历史变形时间序列, 寻找变形开始时间。一旦确定变形开始时间, 该点的动态计算停止, 将大幅减少计算工作量。

3 结果和讨论

3.1 数据模拟

为比较 SBAS-InSAR 和顺序 SBAS-InSAR 反向估计算法的结果, 在不添加噪声和添加噪声的情况下分别模拟三种不同变形模型 (即线性模型、三角模型和二次模型) 的变形时间序列实验, 具体结果如图 1 所示。在三种变形模型下共收集 30 个 SLC 数据生成的 78 个干涉对相位, 然后进行模拟, 从干涉相位中解算变形时间序列。顺序 SBAS-InSAR 反向估计共执行三次, 恢复所有变形时间序列。首先, 通过 SBAS-InSAR 获得从第 21 次到第 30 次 SAR 采集的变形时间序列。然后, 执行顺序 SBAS-InSAR 反向估计, 恢复从第 11 次到第 20 次、从第 1 次到第 10 次 SAR 采集的历史变形时间序列。

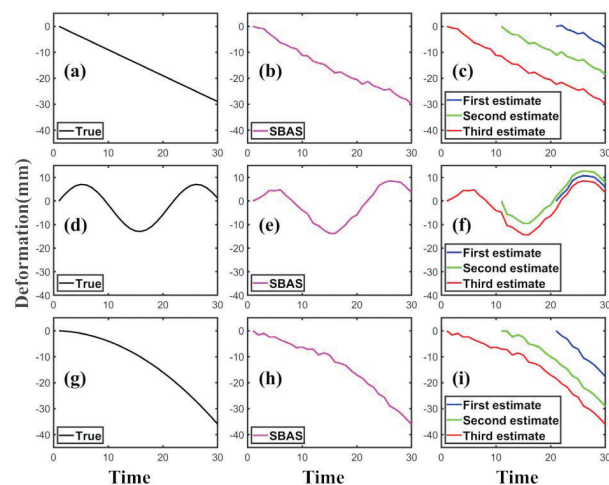


图1 SBAS-InSAR结果和SBAS-InSAR反向估计结果

图 1 (a) (d) 和 (g) 分别为用线性、三角和二次模型模拟的变形时间序列, 图 1 (b) (e) 和 (h) 是通过模拟数据进行一次处理而获得的估计结果,

该模拟数据用 SBAS-InSAR 添加了噪声。图 1 (c) (f) 和 (i) 为使用 SBAS-InSAR 反向估计算法三次估计的变形时间序列结果, 显示了三种变形模型的变形时间序列解结果。对于三种变形模型, 在添加服从高斯分布 $N(0, 1.52)$ 的随机噪声后, SBAS-InSAR 和顺序 SBAS-InSAR 反向估计的结果相同。

在添加随机噪声后, SBAS-InSAR 的单位权重标准偏差为 1.79mm, 在第一、第二和第三次反向估计后, 顺序 SBAS-InSAR 反向估计的单位权重标准偏差分别为 1.15mm、1.81mm 和 1.79mm。对于二次变形模型, 添加随机噪声后 SBAS-InSAR 的单位权重标准偏差为 1.61mm, 顺序 SBAS-InSAR 第一、第二和第三次反向估计后的单位权重标准偏差分别为 1.77mm、1.57mm 和 1.61mm。

3.2 真实数据

以山西某区为研究区, 利用滑坡变形监测的真实 SAR 数据对 SBAS-InSAR 和顺序 SBAS-InSAR 反向估计结果进行测试和比较, 从 2016 年 1 月 24 日至 11 月 5 日的 19 个 TerraSAR-X 数据中生成 44 个干涉图。

真实 SAR 数据由 SBAS-InSAR 和顺序 SBAS-InSAR 反向估计处理, 其中, 顺序 SBAS-InSAR 首先估计 2016 年 6 月 15 日至 11 月 5 日 SAR 图像最后 10 个场景的变形时间序列, 然后恢复 2016 年 1 月 24 日至 6 月 15 日间前 9 个场景的变形时间序列, 顺序 SBAS-InSAR 反向估计结果如图 2 所示。研究对 SBAS-InSAR 和顺序 SBAS-InSAR 反向估计的变形时间序列差异进行对比, 变形时间序列差异直方图如图 3 所示, 其中计算精度引起的微小差异忽略不计。通过顺序 SBAS-InSAR 反向估计获得的变形时间序列与 SBAS-InSAR 技术获得的结果一致。

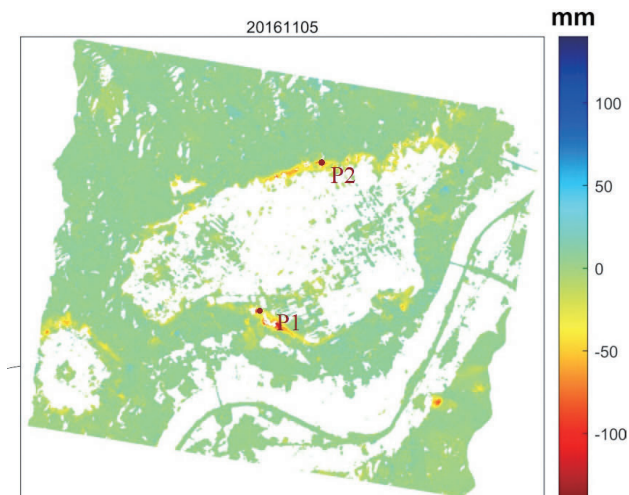
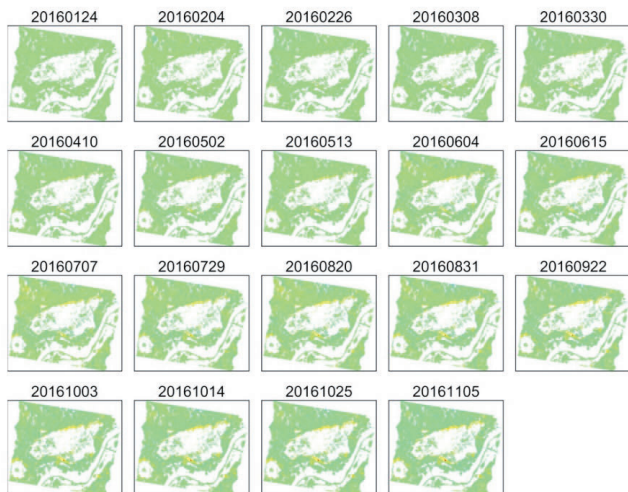


图2 SBAS-InSAR反向估计对19个场景SAR图像的变形时间序列进行二次估计

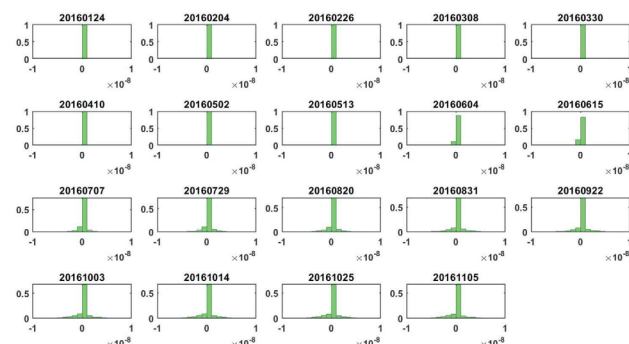
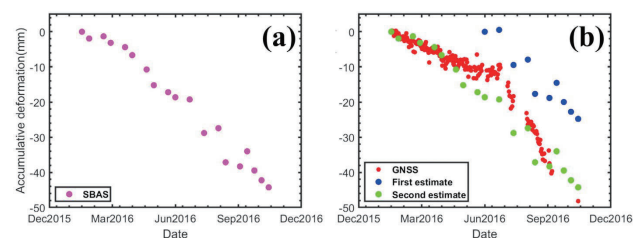
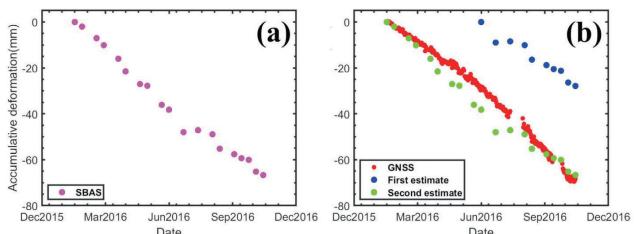


图3 SBAS-InSAR与SBAS-InSAR反向估计变形时间序列差异直方图



(a) SBAS-InSAR变形时间序列 (b) SBAS-InSAR反向估计结果



(a) SBAS-InSAR变形时间序列 (b) SBAS-InSAR反向估计结果

图5 P2的变形时间序列

研究提取了图 2 中 P1 和 P2 两个点的变形时间序列, 结果分别如图 4 和图 5 所示。GNSS 三维变形结果被投影到 SAR 的视线方向, 以验证变形时间序列的一

致性。可以看出,顺序 SBAS-InSAR 反向估计结果与 SBAS-InSAR 结果一致。然而,InSAR 结果和 GNSS 结果存在一定差异,通过采样方式计算 InSAR 和 GNSS 结果的标准偏差。InSAR 获得的变形时间序列与 GNSS 结果的标准偏差为 P1 点 5.2mm, P2 点 5.9mm, 这证明顺序 SBAS-InSAR 反向估计可以毫米精度恢复早期变形时间序列。

在恢复历史变形时间序列时, SBAS-InSAR 需要重新处理所有 SAR 数据, 耗费时间长且需要长时间系列变形数据。相比之下, 顺序 SBAS-InSAR 反向估计利用从最后一个解中获得的变形速度和协方差矩阵, 并结合早期变形历史对应的未包裹干涉图, 基于序贯估计, 发现所有时间段的变形速度都与传统 SBAS-InSAR 技术没有差异, 还可在时域中对变形速度进行积分, 重建历史变形时间序列。

4 结论

研究将序贯估计和 SBAS-InSAR 技术相结合, 动态恢复历史变形时间序列。通过三种模拟的变形模

型, 即线性模型、三角模型和二次模型, 验证新技术与传统 SBAS-InSAR 技术的等效性。此外, 2016 年山西某区 TerraSAR-X 图像的 19 个真实场景也证明顺序 SBAS-InSAR 反向估计算法具有优越性, 可为动态处理大规模 SAR 数据、恢复长历史变形时间序列提供重要支撑。

参考文献

- [1] 罗雪玮, 向喜琼, 吕亚东. 龙里某塌陷时序 InSAR 变形监测的 PS 修正[J]. 自然资源遥感, 2022, 34(3): 82-87.
- [2] 李少为, 徐旭, 李洁, 等. 一种误差自动校正的 InSAR 时序变形监测方法: CN202310054817.6[P]. CN115856889A[2025-01-19].
- [3] 任开瑞, 姚鑫, 赵小铭, 等. 基于时序 InSAR、GPS、影像偏移测量 3 种监测数据的滑坡失稳破坏预测研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2020, 39(S2): 3421-3431.
- [4] 纪政楠, 杜亚男, 师延泽, 等. 基于时序 InSAR 的广州市地铁沿线地表形变时空监测与归因分析[J]. 遥感学报, 2024: 1-11.
- [5] 李幸丽, 戴华阳, 方军, 等. 基于 SBAS-InSAR 技术的老采空区注浆充填地表变形时空分布特征分析[J]. 中国矿业, 2024, 33(11): 1-10.

(上接第 34 页)

基于多源数据融合准确提取了河流水位、流量等关键水文要素的时空变化信息。在空间上, 水位与流量呈现明显梯度变化特征, 上游水位低流量小、中游水位升高流量增大、下游水位高流量大; 在时间上, 春季受积雪融水、春雨补给影响, 水位和流量上升, 夏季受降水集中影响达到峰值, 秋季随降水减少而下降, 冬季进入枯水期降至最低。

研究基于 SWAT 水文模型通过数据输入耦合、参数优化耦合、动态更新耦合等技术, 实现对河流水文季节性时空变化的准确模拟; 在分析影响因素方面, 明确气候、地形地貌和人类活动等因素对河流水文季节性时空分异有重要影响。在气候因素中, 降水的季节性变化、强度和持续时间直接决定河流的水位和流量变化; 地形起伏和流域坡度影响河流流速和汇流时间, 地形地貌影响河流的汇流路径和流域面积, 从而影响河流水文的季节性时空分异。在人类活动中, 水资源开发利用如跨流域调水、灌溉、城市供水等, 导致水资源的空间分布改变和径流量减少。

尽管研究取得一定成果, 但仍存在不足。在数据精度方面, 虽然多源遥感数据融合能提高数据的时空分辨率和信息丰富度, 但卫星数据在获取过程中可能

受大气干扰、传感器噪声等影响, 存在一定误差。

耦合模型虽然在模拟河流水文的季节性时空变化方面取得较好效果, 但在不同的流域和复杂的地理环境, 模型适应性仍有待提高。未来将拓展模型应用范围, 深入研究不同流域以提高适应性和通用性; 不断加强对河流水文生态系统的研究, 分析水文变化对水生生物多样性、湿地生态系统等的影响机制, 并结合生态模型研究二者相互作用, 为生态环境保护和修复提供科学依据。

参考文献

- [1] 谭志强, 许秀丽, 李云良, 等. 长江中游大型通江湖泊湿地景观格局演变特征[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(10): 11.
- [2] 刘畅, 唐海蓉, 计璐艳, 等. 长时间序列 1984 年—2020 年密云水库水面信息遥感监测与分析[J]. 遥感学报, 2023, 27(2): 16.
- [3] 王中根, 刘昌明, 黄友波. SWAT 模型的原理、结构及应用研究[J]. 地理科学进展, 2003, 22(1): 79-86.
- [4] 刘志方, 刘友存, 郝永红, 等. 黑河出山径流过程与气象要素多尺度交叉小波分析[J]. 干旱区地理, 2014, 37(6): 1137-1146.
- [5] 王林, 陈兴伟. 退化山地生态系统植被恢复水文效应的 SWAT 模拟[J]. 山地学报, 2008, 26(1): 5.

基于ArcEngine的园林草地分等工具设计与实现

胡波¹ 李洁^{1,2} 李路雪¹ 彭程¹

(1. 四川省地质调查研究院测绘地理信息中心, 四川 成都 610000; 2. 自然资源部耕地资源调查监测与保护利用重点实验室, 四川 成都 610045)

摘要: 针对传统园林草地分等方法人工计算多、效率低、准确性不高等弊端, 基于 ArcEngine 的强大功能, 针对园林草地分等中指标量化等过程开发批处理工具, 实现园林草地分等的自动化计算和可视化展示。经甘孜州园林草地分等项目验证表明, 该工具能够对园林草地进行准确分级, 既简化了数据处理中的重复性工作, 又提高了工作效率和数据处理的正确性, 为资源配置和管理决策提供了科学依据和有力支持, 具有一定的实际应用价值。

关键词: ArcEngine; 园林草地; 分等; 工具

1 引言

园林草地分等工作主要是对园地、林地和草地进行分类和评定, 以反映自然资源禀赋优劣, 对自然资源进行科学量化和评价, 全面掌握园林草地资源质量分布, 为构建自然资源资产分等价格评估体系和自然资源管理“两统一”提供重要支撑。传统草地分等方法常依赖人工实地调查和主观判断, 效率低下, 准确性难以保证。随着地理信息系统 (GIS) 技术的发展, ArcEngine 为园林草地分等研究提供了新思路。ArcEngine 是一套基于 ArcGIS 的嵌入式开发组件库, 具有强大的空间数据处理和分析能力, 将其用于园林草地分等研究, 可高效管理和分析大量空间数据, 为分等评价提供科学依据。研究基于 ArcEngine, 通过构建指标体系, 针对园林草地分等中的指标量化等建立模型, 开发了高效、准确的数据批处理工具, 实现园林草地分等的自动化计算和可视化展示。

2 ArcEngine 概述

ArcEngine 是 ESRI 公司推出的一款功能强大的 GIS 开发组件库, 基于 ArcGIS 平台为开发人员提供了多样化工具, 可构建定制化的地理信息应用程序^[1]。ArcEngine 包含的组件和接口涵盖地图显示、数据访问、空间分析、图形绘制、地理处理等多个方面。地图显示支持多种地图格式和投影方式, 能实现地图的缩放、平移、旋转等操作, 以及对地图图层的管理和控制。数据访问功能允许开发者连接和操作各类地理数据, 包括矢量数据、栅格数据、数据库的地理数据等。空间分析提供了缓冲区分析、叠加分析、网络分析等

多种分析工具, 帮助用户解决地理空间相关的问题和决策。图形绘制功能让开发者能在地图上创建和编辑各种图形元素, 如点、线、面等^[2]。

此外, ArcEngine 还支持地理处理任务创建和执行, 能自动化和批处理一系列地理操作, 具有良好的可扩展性和兼容性, 可在多种编程语言环境使用, 如 C#、VB.NET 等。无论是开发独立的桌面应用程序, 还是将地理信息功能集成到现有业务系统, ArcEngine 都能帮助开发者高效创建满足需求的地理信息应用。

3 园林草地分等工具设计与实现

3.1 技术路线

采用因素法进行园林草地分等, 原理是对园林草地质量的各种自然因素进行深入分析, 通过建立指标体系并确定指标权重, 计算分等单元总分值, 以此客观评价园林草地的等别^[3]。结合《自然资源分等通则》, 确定园地分等工作总体技术路线, 如图 1 所示。



图1 园林草地分等技术路线

3.2 数据采集与整理

数据整理主要对采集的数据进行筛选、分类和规范化处理, 去除无效和错误数据, 确保数据的准确性和可靠性, 然后将不同类型的数据按照一定标准进行分类^[4], 如按照草地的地理位置、类型、用途等。最后, 对数据进行标准化处理, 统一格式和度量标准, 便于后续分析处理。通过科学合理的数据采集与整理,

作者简介: 胡波 (1982—), 男, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事国土空间规划、国土整治和地籍测绘等工作。

为园林草地分等提供准确、全面的数据支持，保障分等结果的科学性和有效性。

3.3 指标体系构建

(1) 分等指标权重体系及评价标准

根据《园地分等规程》《林地分等规程》《草地分等规程》规定，园林草地等别划分主要考虑气候、土壤、地形及生物多样性等因素。根据不同二级地类的特点，选择对园林草地质量具有主导影响的评价指标，通过特尔斐法确定各指标权重，进而构建园林草地分等指标权重体系。

(2) 指标量化

由于园林草地分等指标量化涉及的数据量大、指标数多，多数指标涉及对栅格数据值的处理，按常规赋值方式，需将分等单元和指标对应数据进行重复套合，再进行挂接赋值，工作量大且繁琐。利用 ArcEngine 的编程功能，创建模型构建器，以可视化方式将一系列地理处理工具和数据连接起来，形成流程化操作，用户只需拖放组件、设置参数，就能快速构建复杂的地理处理模型，提高工作效率^[5]，实现 ArcEngine 环境下园林草地数据库文件读写操作的全面自动化和批量化处理，无论是复杂的矢量数据，还是精细的栅格数据，都能得到高效精准的处理。

对于矢量数据，模型构建器能准确读取图形信息，包括线条走向、形状轮廓及节点坐标等，同时还能获取相关属性信息，如名称、类别、面积等。而对于栅格数据，可清晰展示图形分布特征，如像素排列和色彩组合，还能成功获取像素值、分辨率等重要属性内容。这种自动化和批量化处理方式大大提高了工作效率，减少了人工操作可能带来的误差和繁琐，为园林草地数据库管理和分析提供了强有力的技术支持，有助于更深入、全面地了解和研究园林草地相关情况。

3.4 分等模型建立

在开发过程中，研究深入分析了园林草地分值计算涉及的各种复杂因素和规则，从草地的植被类型、覆盖度、生长状况，到土壤的肥力、质地、含水量，再到周边环境的气候条件、地形地貌等，都被纳入分值计算考量范围。将这些因素转化为可量化指标，分等单元分值计算采用多因素加权求和法，数学模型为：

$$G_i = \sum_{j=1}^m w_j Q_{ij}$$

公式中， G_i 为第 i 个分等单元分值， i 为分等单元编号， m 为分等指标个数， j 为分等指标编号， w_j 为

第 j 个分等指标的权重， Q_{ij} 为第 i 个分等单元第 j 个分等指标的分值。通过设置各指标权重信息，将分等单元分值划分标准、逻辑及计算公式放入工具程序，输入分等单元图层数据，点击处理数据，实现分等单元分值一键计算。工具程序能自动读取和处理输入的各项数据，按照预设的计算逻辑进行精确运算，最终得出科学准确的园林草地分值。

3.5 结果可视化与输出

基于 ArcEngine 组件搭建可视化界面，以地图形式直观展示园林草地分布，不同等级的园林草地可用不同颜色、符号、图案来区分，缩放、平移地图以查看不同区域的细节和整体分布。结果输出功能可实现图像输出，将可视化园林草地分等地图输出为多种图像格式（如 JPEG、PNG 等），以便在文档、报告中使用。报表输出能生成包含相关数据、图表等内容的报表文档。打印输出可设置打印参数，实现高质量的地图打印，满足纸质存档、展示等需求。园地分等单元分值计算工具界面如图 2 所示。



图2 园地分等单元分值计算工具界面

4 应用实例

4.1 研究区概况

四川省甘孜藏族自治州位于四川省西部、青藏高原东南缘，地处北纬 27° 58' ~ 34° 20'、东经 97° 22' ~ 102° 29'，东与四川阿坝和雅安相连，南与四川凉山、云南迪庆相接，西隔金沙江与西藏昌都相望，北与四川阿坝、青海玉树和果洛交界，南北长约 663 公里，东西宽约 490 公里，全州总面积 15.3 万平方千米，占全省总面积的 31.76%。甘孜州地处中国最高一级阶梯向第二级阶梯云贵高原和四川盆地过渡地带，属横断山系北段川西高山高原区，是四川盆地西缘山地向青藏高原过渡地带；属青藏高原气候，随高差呈

明显垂直分布姿态,特点是气温低、冬季长、降水少、日照足。

4.2 数据采集与整理

研究数据包括四川省 2020 年度国土变更调查数据,四川省气象局和甘孜州气象局获取的近 30 年年日照时数、积温、年均气温、年均降水量等各指标平均值,以及耕地资源质量分类森林资源一张图、中国高分辨率国家土壤信息网络基本属性数据集、坡度图、DEM、生态保护红线、自然保护地红线等数据。对收集的数据进行筛选、分类和规范化处理,统一格式和度量标准。

4.3 分等结果分析

基于 ArcEngine 开发的工具对四川省甘孜藏族自治州的园林草地进行分等,实现数据分析、可视化展示的全流程科学化、自动化、高效化,分等结果包括不同等级的分布范围和面积占比,可通过图表或地图直观展示各级别的分布情况,如表 1 和图 3 所示。

表1 甘孜州园林草地分等成果汇总

地类	园地		林地		草地	
	面积	占比	面积	占比	面积	占比
1等	—	—	—	—	8123.48	0.17%
2等	1.22	0.01%	65866	0.89%	3486168.04	89.36%
3等	165.31	1.82%	798880.37	10.85%	2090589.02	10.33%
4等	1490.04	16.41%	2567905.83	34.88%	7858.85	0.14%
5等	4815.03	53.04%	2965043.71	40.27%	—	—
6等	1974.4	21.75%	842588.25	11.44%	—	—
7等	599.65	6.61%	111085.46	1.51%	—	—
8等	32.2	0.35%	11436.09	0.16%	—	—
合计	9077.85	100.00%	7362805.71	100.00%	5592739.39	100.00%
面积加权平均等级	5.2	—	4.6	—	2.4	—

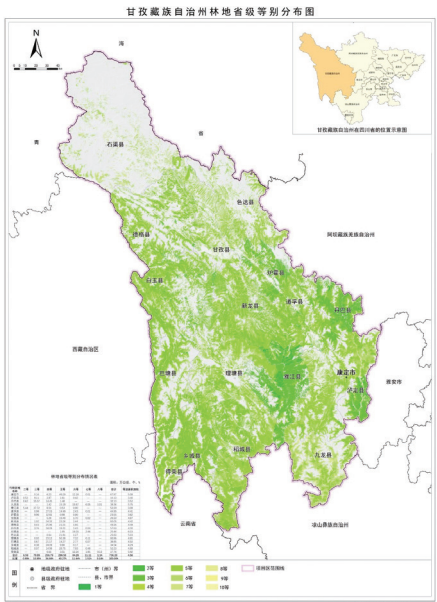


图3 甘孜藏族自治州林地等别分布

根据等别分布特点看,研究区园地多为中等地,总体质量处于中等偏下,还有上升空间;林地大多为中等地,总体质量处于中等偏上,开发利用和保护较好;草地有 62.33% 等别为 2 等,整体质量处于中等偏上,天然牧草地占草地面积 99.7%,自然分区类型主要为青藏高原高寒区,但实际地理位置属亚热带湿润区与青藏高原高寒区过渡区域,自然、地形和土壤条件、植被盖度等都比青藏高原好,因此草地整体质量较好。

4.4 分等结果检验

利用内业抽检和外业抽检,对园林草地分等结果进行检验,检查是否有不合理的值,最终确定分等单元等别。内业随机抽取不少于 5% 的分等单元,结果表明所有分等单元均符合要求,分值计算结果正确率 100%。外业核查中,园地随机抽取不少于 1% 的分等单元,林地草地随机抽取不超过总数 5% 的分等单元。外业抽检按照园、林、草地类型对分等单元土地利用现状进行核查,其中,园地检查指标包括坡度、坡向、海拔、有效土层厚度、土壤质地;林地检查指标包括坡度、地貌类型、海拔、土层厚度等级和土壤质地;草地检查指标包括坡度、坡向、有效土层厚度和土壤质地。

经检验,所有分等结果均与实际相符,正确率 100%,证明该工具的分等结果精度可靠,大大降低人员劳动强度,提高工作效率,具有较高的推广应用价值。

5 结束语

基于 ArcEngine 开发的分等处理工具为园林草地管理和规划提供了一种新手段,通过构建科学合理的指标体系、精确的数据处理和可靠的评估模型,实现对园林草地的准确分等。未来,随着技术的不断发展和数据的不断丰富,该工具有望在园林草地领域发挥更大作用,推动园林草地可持续发展和精细化管理。

参考文献

[1] 张寿雨.基于ArcEngine的三调和变更调查文档批量制作工具[J].测绘与空间地理信息,2023,46(6):219-221.

[2] 祖鹏蕾,于凤兵,谢克文.ArcGIS模型构建器在自然资源清查中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(2):118-120.

[3] 王财春.园地分等工作的过程和方法——以洛江区为例[J].安徽农学通报,2023,29(18):67-72.

[4] 石田,武健伟,李晓霞,等.林地分等模式构建与实践——以海南省林地为例[J].林业资源管理,2022(6):19-25.

[5] 伍育鹏,吴克宁,王枫.草地分等的技术规范构建[J].中国土地,2022(2):18-20.

梅州市国土空间基础信息平台建构及应用

饶兴元

(梅州市测绘与地理信息中心, 广东 梅州 514071)

摘 要: 国土空间规划是国家可持续发展战略的重要组成部分, 对于保护生态环境、优化资源配置、促进经济社会协调发展具有重要意义。梅州市积极响应国家生态文明建设, 将国土空间规划作为重点工作之一, 在全面开展国土空间规划编制建设过程中, 逐步建立了国土空间基础信息平台。平台通过整合各类空间数据, 实现数据共享和交互, 为国土空间规划编制提供了强有力支撑。研究详细阐述梅州市国土空间基础信息平台的建构和应用情况, 探讨平台在国土空间规划中的重要作用, 并对其未来发展趋势加以展望。

关键词: 国土空间规划; 建设背景; 信息平台建设

1 国土空间基础信息平台构建及应用意义

国土空间基础信息平台构建及应用在多个维度发挥着重要作用。首先, 在政府管理层面, 平台可促进部门协同与业务融合, 提升国土空间治理能力^[1]。其次, 平台通过深入挖掘和分析国土空间数据, 可为国土空间规划和政策制定提供科学依据, 促进经济社会可持续发展。最后, 平台通过开放接口和服务, 使政府部门、企业、公众都能便捷获取和利用国土空间信息, 提升了国土空间管理的透明度和公开性^[2]。

2 梅州市国土空间基础信息平台建设背景

2020 年 1 月, 广东省自然资源厅印发《广东省国土空间规划“一张图”建设工作方案》, 明确以第三次全国国土调查成果为基础, 整合各类空间关联数据, 形成坐标一致、边界吻合、上下贯通的全省一张底图; 充分利用新技术、新手段, 依托“粤政图”和自然资源一体化数据库, 建设完善全省各级国土空间基础信息平台。梅州基于原有国土空间基础信息框架, 积极构建满足市级业务需求的国土空间基础信息平台, 该平台以自然资源大体系为基础, 通过构建空间知识库及对知识库的管理, 提供应用运维功能, 并针对本地需求开发数据资源管理系统和数据专题应用系统, 有效满足新形势下自然资源管理、国土空间规划的需求。

3 梅州市国土空间基础信息平台建设内容

梅州市国土空间基础信息平台设计的具体应用服务包括资产管理与确权登记、空间规划与用途管制、国土空间生态修复、地质矿产与防灾减灾、测绘管理、

执法督察、综合管理及党建等。在支撑平台层面, 既有通用服务, 又有规划、审批、决策查询等专题服务, 力求构建一张图大数据体系, 即整合现状数据、规划数据、管理数据、社会经济数据、生态环境数据、林草数据、水利数据等, 构建空天地水一体化监测格局, 国土空间基础信息平台框架如图 1 所示。

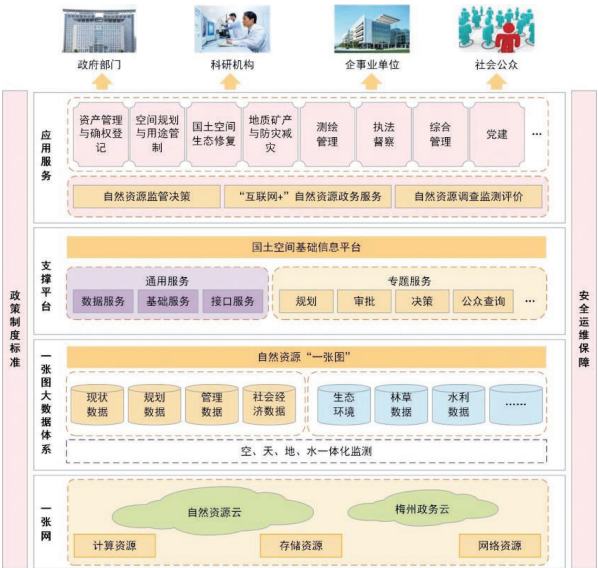


图1 国土空间基础信息平台框架

3.1 标准规范建设

梅州市国土空间基础信息平台建设以标准化为导向, 遵循部、省下发的建设指南及相关行业标准, 结合自身信息化建设、管理、应用需求, 编制平台数据规范、服务规范、数据共享及更新规范。一方面, 梅州市明确制定统一的接口标准和服务协议, 确保各个系统和平台之间实现数据交换和共享, 同时明确各类服务功能和使用方法, 提供统一的开发工具和技术支

作者简介: 饶兴元 (1983—), 男, 汉族, 本科, 测绘高级工程师, 主要从事测绘地理信息生产与研究、自然资源管理等工作。

持,方便各个部门和用户快速、便捷地访问和利用国土空间基础信息平台,形成一体化数据库^[3]。另一方面,梅州市积极建立数据共享机制和流程,明确各个部门的数据提供和获取责任,推动数据共享和互联互通。同时,制定数据更新频率和方式,建立数据更新审核、发布机制,确保数据的时效性和准确性。

3.2 空间规划知识库建设

梅州市国土空间基础信息平台主要建立知识生产、知识运用、知识传递、知识验证升级等完整的空间规划知识体系,构建并管理空间规划指标及模型体系,建立可视化知识管理及表达工具,最终形成一系列面向自然资源业务的知识专题应用。具体来说,从国土空间规划业务出发,挖掘空间规划数据与业务数据空间关联,基于空间规划业务场景及管控要求,用模型、指标、数据建立知识生产链条,构建可视化知识管理及表达体系,形成自我感知、自我学习的空间规划知识库。

3.3 数据服务子系统

梅州市国土空间基础信息平台根据《自然资源部信息化建设总体方案》的要求,对基础地理、土地、矿产、地质、森林、草原与湿地等专业数据,按照现状、规划、管理分别归类,建立统一的自然资源一张图目录体系。同时提供数据服务,实现数据访问、浏览、搜索等功能。数据服务子系统建设主要包括资源编目管理、图集管理、数据服务基础功能等内容。

3.4 专题服务子系统

根据《自然资源部信息化建设总体方案》要求,梅州市国土空间基础信息平台对各类数据实体进行索引与组织,通过血缘分析、数据集成、数据开发,将数据按层次、主题、区域进行信息整合和融合^[4],面向不同的业务领域、区域领域、时间领域,形成内容丰富的主题数据。同时,平台注重提升专题应用服务能力,为辅助选址、合规性检查、差异分析等多种专题应用提供标准化服务。

专题服务子系统建设主要包括辅助选址、合规性检查、差异分析、全生命周期、控规一张图、建设用地平衡统计、规划文档资料查看、占压分析、地类核查、图资一体等内容。其中,平台辅助选址界面、合规性检查界面分别如图2和图3所示。

3.5 应用运维管理子系统

梅州市国土空间基础信息平台通过应用运维管理子系统提供基础运维管理服务,实现用户定义管理、资源注册配置、空间BI配置、功能配置等功能,满足

系统动态管理需求。应用运维管理子系统建设包括用户角色、资源管理、空间BI配置、红线配置等内容。

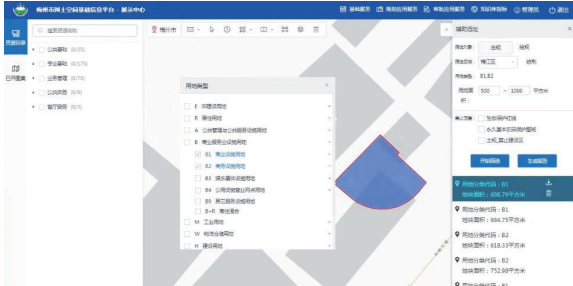


图2 辅助选址界面

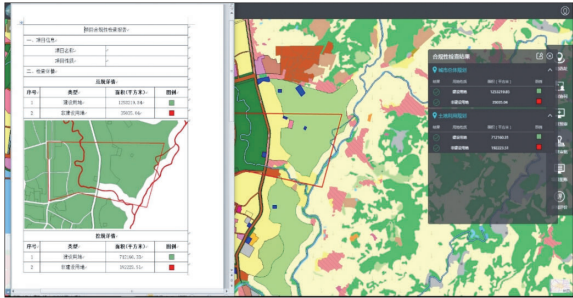


图3 合规性检查界面

3.6 空间规划知识库管理子系统

梅州市国土空间基础信息平台通过引入空间规划知识库管理子系统,实现对知识模型、方案、数据源、资源及各种分析工具的统一高效管理和复用,为梅州市国土空间规划提供技术保障^[5]。空间规划知识库管理子系统可有效管理和维护各种空间规划知识模型,如城市总体规划、土地利用规划、交通规划等,涵盖梅州市国土空间各方面。用户可便捷查阅、更新、共享知识模型,确保规划准确一致,具体运行界面示意图如图4所示。空间规划知识库管理子系统还可管理城市发展战略、土地利用调整方案等各类规划方案,对比评估不同方案的优劣,最终选择最优方案实施。

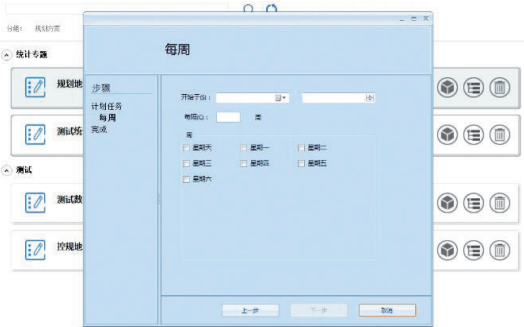


图4 知识模型运行界面

3.7 国土空间规划指标模型及评价模型管理

梅州市国土空间基础信息平台梳理并搭建了国土空间规划指标模型库,并基于模型库开发了配套管理

应用,实现指标与模型的可视化配置和管理,有效支撑国土空间规划监测评估预警工作,满足广东省国土空间规划“一张图”实施监督信息系统标准版的部署要求,确保与业务调整需求无缝对接。

平台还通过国土空间规划分析评价模型,对资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评估、国土空间规划实施评估和风险识别评估等模型进行管理。这些模型以国土空间规划数据为底板,利用专业分析评价方法,为各类规划评估工作提供科学依据。

3.8 国土空间规划成果审查模型和预警模型管理

梅州市国土空间基础信息平台集成国土空间规划成果审查模型,实现规划成果汇交质检、成果管理;基于国土空间规划监测评估预警模型,研发动态监测、行为监测、定期评估、及时预警等功能,通过监督预警月报、监测预警详情—监测总览、监测预警详情—监测细分、监测预警详情—预警总览、监测预警详情—预警细分等多层次监管手段,对重要控制线和重点区域进行监测预警,对规划实施评估和专项评估模型进行规范化管理,为责任部门落实主体责任、科学管理决策提供有效的监管工具和数据支持。

4 梅州市国土空间基础信息平台技术支撑

4.1 全矢量多线程调图技术

梅州市国土空间基础信息平台采用全矢量多线程调图技术搭建了数据展示系统,实现城市级全矢量数据的实时调图和浏览应用,为知识库专题构建、变更及调整提供实时依据,提升了工作效率,节约了时间和资源成本。该系统还实现“所变即所得”的即时响应效果,任何矢量空间数据变更都能实时呈现在地图上,确保用户能获取最新地理信息,并根据自身需求进行个性化定制。数据展示系统还结合全矢量调图和知识库管理技术,为矢量数据专题构建、共享和发布提供了即时响应功能,用户既可根据需求创建专题,将相关矢量数据添加到知识库,还可根据个人兴趣浏览不同的专题内容。

4.2 数据仓库技术

数据仓库旨在构建面向分析的集成化数据环境,为企业决策提供支持。数据仓库既不产生也不消耗数据,其数据来自外部,且开放给外部应用。因此,数据仓库的基本架构主要围绕数据流入流出过程设计,可分为三层:源数据、数据仓库、数据应用。数据仓库技术是用于集成、存储和管理大量数据的解决方案,

通过将不同业务系统的数据进行抽取、转换和加载,整合到统一的数据仓库,然后国土空间基础信息平台就能从多源数据中获取所需数据,并将其存储于数据仓库,便于后续查询、分析和应用。

4.3 空间数据挖掘技术

梅州市国土空间基础信息平台通过空间数据挖掘技术,结合现有GIS技术,最大限度提取和挖掘现有数据的有用信息,综合分析土地利用变化状况、人口、经济等指标,掌握社会发展和土地利用变化的关系,提出合理利用土地的建议和对策,为领导决策提供依据。通过空间数据挖掘技术,可对土地利用变化进行监测分析;通过获取历史土地利用数据和现有数据,识别跟踪土地利用变化趋势和模式,如分析城市扩张方向和速度、农田面积减少、工业用地增加等,这些结果可帮助工作人员了解土地资源合理利用情况,为土地规划和管理提供指导。

5 结语

梅州市国土空间基础信息平台建设实践取得显著成效。首先,在区域自然资源和规划日常工作方面,平台提供了全面、准确的数据支持,有助于决策者更好地了解和把握当地的土地资源状况。其次,平台建立了数据共享机制,促进各部门之间的信息互通和协同。最后,平台可根据实际需求进行功能定制,包括但不限于土地调查和监测、土地利用规划编制和管理、土地供应和交易管理、土地执法和监管等,有助于优化营商环境,促进经济社会可持续发展。未来,研究将进一步完善平台功能和数据体系,增强平台的智能化和可视化能力。

参考文献

- [1] 宁德怀,车勇,黄田,等.国土空间规划“一张图”实施监督信息系统的开发与数据融合应用[C]//2024年中国城市规划信息化年会论文集.昆明市自然资源信息中心,2024:7.
- [2] 宁德怀,车勇,黄田,等.国土空间规划数据的可视化管理与智能分析应用[C]//中国城市规划学会城市规划新技术应用专业委员会2024:4.
- [3] 徐勇.嘉峪关市国土空间基础信息平台建设研究[J].工程技术研究,2024,9(14):216-218.
- [4] 王龙波.国土空间基础信息平台与时空大数据平台的关系分析与应用[J].南方自然资源,2024(5):33-36.
- [5] 张勇,黄敏,刘玉强.江西省国土空间基础信息平台的设计与应用[J].测绘与空间地理信息,2024,47(4):34-38,43.

智慧城市可视化系统与三维场景建模关键技术研究

赵硕

(河南省遥感院, 河南 郑州 450003)

摘要: 研究利用 Revit、3ds Max、City Engine 等建模软件及虚拟环境构建工具共同构建智慧城市系统, 重点探讨模型兼容性及可视化平台集成, 通过实现不同软件功能的无缝衔接, 构建一个经济高效、高度可视化、交互性强、功能全面的智慧城市系统。首先, 聚焦 BIM 数据的集成与可视化, 结合模拟数据与实际数据, 反映城市实时运营状态。其次, 重点关注系统的交互体验与决策支持功能, 让用户与场景模型互动, 模拟不同的城市发展策略, 为决策者提供数据支持和技术辅助。

关键词: BIM; 虚拟引擎; 智慧城市; 系统构建

1 背景

随着城市化进程加快和信息技术不断进步, 数字孪生和智慧城市已成为城市规划和管理的的重要工具^[1]。将虚拟现实、3D 建模、人机交互等先进技术集成到智慧城市, 有助于城市生活质量评估, 促进城市可持续发展^[2]。智慧城市管理系统构建通常包含场景建模与系统开发两个步骤。倾斜摄影和激光点云建模技术能高效采集处理大量数据, 加速城市模型的构建, 缩短开发周期^[3], 在智慧城市建设中应用日益广泛。然而, 目前, 基于倾斜摄影和激光点云的主流模型主要聚焦外部结构, 缺乏对建筑内部细节的精准还原; 不同软件构建的建筑信息模型 (BIM) 在导入可视化平台时, 兼容性和可视化效果较差; 城市建筑模型细节层次较低, 尤其缺乏对室内空间的详细刻画^[4], 这都是智慧城市建设面临的主要挑战。基于此, 研究深入分析建模工具优势, 整合建筑模型资源, 实现模型的空间可视化, 通过无缝结合建筑模型、信息系统和智慧城市概念, 为城市规划和管理的带来新的思路和解决方案。

2 系统构建工具选择

城市三维数据模型可视化受多种因素影响, 需围绕城市三维数据的本质特征和结构进行分析。研究选择 Revit、3ds Max 和 City Engine 作为智慧城市建设的主要工具, 利用各软件优势, 选择合适工具进行建筑元素建模, 高效完成智慧城市管理系统的场景构建。

2.1 指标参数评估

(1) 建立目标和标准

首先, 明确优化三维场景建模效果与效率的目标,

制定影响三维场景建模有效性和效率的关键标准, 包括模型复杂度 (X1)、模型精度 (X2)、模型导出时间 (X3)、建模效果 (X4)、软件兼容性 (X5)、模型存储大小 (X6)、建模类型 (X7)、软件可用性 (X8) 以及程序建模 (X9) 等因素。明确各项指标参数, 进行对比分析与权重计算, 并根据参数指标的权重排序, 对关键指标进行实验测试, 从而优化三维场景建模的有效性, 如表 1 所示。

表1 数据可视化表达式评价指标参数

目标水平	因素	指示器参数	描述
计算机建模效率	X1	模型复杂度	选择合适的建模软件解决或避免复杂性问题
	X2	模型精度	三维模型之间的一致性实际对象
	X3	模型导出时间	建模效率和时间
	X4	建模效果	利用模型之间的一致性程度和实际对象
	X5	软件兼容性	软件与系统集成
	X6	模型存储大小	资源利用
	X7	建模类型	建模元素多样
	X8	软件可用性	软件操作简便
	X9	程序建模	基于规则的程序建模使用

(2) 权重确定

采用专家判断法确定各评价指标的权重, 并根据指标参数的权重进行评分。首先, 评估各项参数对城市三维数据模型可视化的影响程度, 并在 1 至 5 分范围内对每项指标打分, 以确定具体权重。其次, 针对影响城市三维可视化的相关因素, 设计调查问卷, 统计并最终确定每个指标的权重。

(3) 专家评分

通过专家问卷形式, 收集各项参数指标的评价, 并计算出平均分。为了简化表示, 基于 Revit、3ds

作者简介: 赵硕 (1985—), 男, 汉族, 本科, 测绘工程师, 主要从事航空摄影测量和遥感信息处理工作。

Max 和 City Engine, 采用专家评分的平均值构建条形图, 以展示各评估指标的平均分值, 如图 1 所示。



图1 评价结果的平均值分析

2.2 评估结果分析

根据专家评估, Revit 在复杂但相对规则的建筑中表现较好, 在保持精度的同时取得良好效果, 然而, 在过程建模方面存在不足。相比来说, 3ds Max 性能良好, 可有效处理典型项目; City Engine 具有很强的软件兼容性, 特别是在程序建模方面表现出色。

3 技术路线

为实现城市的高精度建模, 详细探索内部建筑元素, 构建可视化建筑模型系统, 智慧城市系统构建流程如图 2 所示。

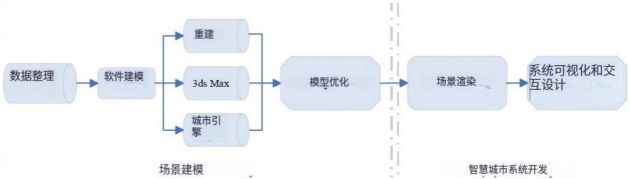


图2 技术路线

首先, 组织构建模型所需数据, 创建系统场景所需模型。城市景观元素主要包括建筑、道路、植被、市政设施等。然后, 整合构建模型并导入虚拟引擎 (UE) 可视化平台, 确保结构完整。随后, 利用 UE 渲染功能调整各地物的照明、纹理、高光及透明度, 读取城市位置的 DEM (数字高程模型) 数据, 生成真实地形, 实现逼真效果。最后, 利用蓝图和插件完成系统交互, 对系统进行打包处理, 完成智慧城市系统整体建设。

4 系统构建的关键技术

4.1 模型构建

智慧城市系统中, 模型构建是决策支持和规划的基础。这些模型能够直观展现城市结构、资源利用和发展方向, 既是有效的可视化工具, 也为制定可持续发展战略、优化资源管理和提升城市安全提供关键支

撑。通过构建城市模型, 可以全面了解城市内部结构和功能, 为智慧城市的高效运作与可持续发展打下坚实基础。

(1) 原始数据组织

构建三维城市模型, 首先从建筑 CAD 图纸中提取平面图、立面图和结构设计数据, 将窗户、门、立面细节、材料和纹理等元素集成到模型中, 增强建筑模型的真实感与精确度。同时, 获取智慧城市的高程数据和地形图, 将建筑信息与场景地形数据相结合, 有助于创建高质量、逼真且具有交互性的智慧城市模型。

(2) Revit 建模

Revit 是建筑信息建模 (BIM) 的代表工具, 建模功能强大, 涵盖墙体、楼梯、窗户、门等建筑各方面, 可提供丰富的模型库以满足不同结构需求, 特别适用于建筑内部结构、机械和电气模型的构建, 可使用户更直观和全面地构建建筑模型, 如图 3 和图 4 所示。

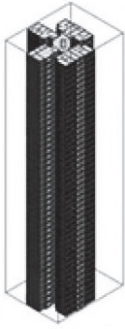


图3 建筑三维图

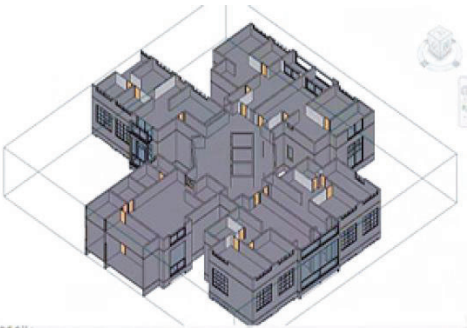


图4 模型横截面

Revit 在建筑建模和电气管道布局方面具有独特优势, 在处理建筑结构、内部管道及门窗细节的精度和效率上表现出色, 尤其适用于复杂的建筑设计和管道布局。然而, Revit 在处理城市规划的交通流、人行道及室外环境时存在一定局限, 无法高效表示复杂的室外环境或快速精确地构建道路网络。因此, 在智慧城市综合规划中, Revit 主要负责建筑结构和内部设计, 涉及更广泛的城市规划时, 需要与 City Engine 等工具进行融合。

将 Revit 模型导入 UE 可视化平台时, 常遇到模型格式转换问题。Revit 使用专有的 BIM 文件格式 (.RVT), 而 UE 可视化平台则使用 FBX 或 Unreal Datasmith 格式, 因此需要进行格式转换, 将 Revit 模型以 FBX 或 Unreal Datasmith 格式导入 UE, 实现建筑组件的独立可视化展现。这种方式对计算机性能要求较高, 适合小型建筑模型, 但在处理高层建筑或智慧城市复杂建筑模型时, 容易出现性能瓶颈, 甚至系统崩溃。因此,

需要在确保细节完整的前提下，减轻模型的复杂度，比如导入FBX模型时，需在3ds Max中进行轻量化处理，合并同类建筑组件，修改建筑属性信息，为后续可视化操作提供支持。

（3）City Engine 建模

City Engine 是 Esri 公司开发的规则建模软件，在城市规划和建筑模型生成领域应用广泛。在程序化道路建模方面，City Engine 允许用户通过调整规则和参数快速生成复杂的道路网络，显著提升了道路设计和布局效率，因此已成为快速道路建模的首选工具。包含不同元素的道路模型如图 5 所示，配备高架栏杆的常见道路设计如图 6 所示。



图5 道路高架桥



图6 常规道路设计

首先，将 16 级或更高级别的智慧城市区域高分辨率卫星图像，导入 City Engine 作为地形数据，并链接该区域的数字高程模型（DEM），生成真实的数字地形。这对于利用 UE 平台集成后续道路数据至关重要，有助于精准重建该区域地理特征。

随后，利用 City Engine 的道路生成器和编辑工具，快速生成满足特定需求的道路网络，创建直线、曲线、交叉口、路灯、车道等多类型道路系统，增强虚拟场景的真实感和细节，为智慧城市可视化提供有力支持。

尽管 City Engine 能直接导出为虚幻数据史密斯

（Unreal Datasmith）格式，但在环形道路建模时，块状地形可能会出现异常。由于 UE 平台模型编辑功能有限，通常需要将模型导出为 FBX 格式，便于后续处理。利用 3ds Max 对模型进行检查和优化，纠正程序建模过程中的精度问题，同时合并同类建筑组件，简化系统数据库，避免因数据冗余而导致系统性能下降。

（4）3ds Max 建模

在智慧城市系统建设中，3ds Max 主要用于集成建筑模型并雕刻特定组件，实现建筑模型的轻量化处理，已被广泛用于复杂或不规则建筑的快速建模。与 Revit 模型相比，3ds Max 导入 UE 平台时能节省超 50% 的建模时间，在效果上几乎没有差异。利用 3ds Max 和虚幻数据史密斯插件，能将模型导出为 UE 平台兼容的数据史密斯格式，不仅节省内存，还能保留材质信息，减少智慧城市系统建设成本。

4.2 智慧城市系统建设

智慧城市系统开发主要分为两个方面：一是运用建模软件构建复杂全面的系统场景，展示智慧城市的多样特征及实际应用场景，为用户提供高质量的三维城市景观；二是整合各种交互功能，为用户提供更加丰富、全面的体验，提升用户参与度和沉浸感。

4.2.1 系统场景构建

（1）地形导入

首先，获取智慧城市区域的数字高程模型（DEM）。由于 UE 平台无法直接读取 DEM 数据，且只能识别高度不超过 512 米的地形，因此，要将 DEM 转换为灰度 PNG 格式，并对地形高度进行调整。

（2）导入建筑模型

导入建筑模型时，要选择适当的单位和坐标系，并对模型的位置和比例进行调整，确保建筑模型的尺寸和位置准确无误。同时，还可重建建筑内部细节，以实现更加逼真的效果，如图 7（a）所示。

（3）材质制作和 UV 调整

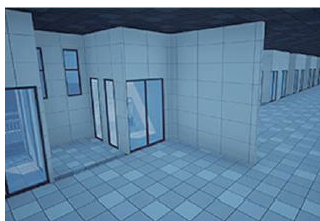
为构建逼真的场景，需对建筑物和地形进行纹理映射，并调整材质比例，增强视觉效果。同时，利用蓝图节点调整材料的高亮度和粗糙度等物理特性，如图 7（b）和（c）所示，这些材质可通过 UE 平台与 Quixel Bridge 集成获取。

（4）灯光渲染

适当的灯光渲染能够突显城市特色和风格，模拟建筑阴影效果，营造独特的城市氛围。同时，灯光渲染还可模拟建筑物阴影的物理特性，为场景增添更多

现实感。

准确表达城市模型信息可为智慧城市系统提供可靠决策支持。通过高精度的三维模型,系统可以获得有关城市空间信息和环境数据,为政策制定者提供科学、准确的数据支持。



(a)



(b)

(c)

图7 智慧城市场景的渲染效果

4.2.2 系统交互功能开发

(1) 用户界面(UI)设计

良好的UI设计能简化操作流程,提升用户的便捷度和使用效率,改善用户体验。基于UE的画布面板功能,可快速创建系统的基础UI界面;与ECharts集成,可实现复杂图表可视化;运用前端开发技术,能加快UI界面制作进程,为后续动态数据集成奠定基础。

(2) 自定义场景导航与探索

智慧城市模型具备自定义场景导航和探索功能,支持用户通过键盘和鼠标设计导航路径,如主要道路和地标,进而漫游城市;通过设置交互式触发点,让用户点击特定位置获取信息;通过集成虚拟现实(VR)或增强现实(AR)技术,用户能够身临其境地探索智慧城市各个场景,参与感和沉浸感进一步增强。

(3) 引入天气系统

在虚拟引擎中引入天气系统,为智慧城市模型增添更为逼真的沉浸氛围,提升用户体验,帮助城市规划者评估不同天气条件下城市建筑和基础设施的性能与韧性。

(4) 城市交通模拟

在智慧城市模型中引入城市交通模拟,通过模拟城市交通流量、车辆类型和行驶路径,辅助规划者了解交通动态,评估道路状况、拥堵程度和交通管理效果。同时,结合不同时段和天气条件的模拟数据,可为城

市规划决策提供科学依据。

(5) 建筑模型分层可视化

虚拟引擎可实现建筑模型分层可视化,为智慧城市模型提供更多视觉细节。用户可灵活查看地面结构、楼层布局和建筑细节等建筑的不同层级,更清晰地理解建筑结构与设计,提升内部空间的可视性和交互性。

虚拟引擎为智慧城市建设提供了丰富的交互设计功能,通过集成虚拟现实、智能控制仿真、决策支持仿真等功能,打造沉浸式多元化的交互式体验,增强模型的真实感和实用性。智慧城市可视化平台界面如图8所示。



图8 智慧城市可视化平台

5 结论

研究基于Revit、3ds Max和City Engine等建模软件构建室内外三维场景,经虚拟引擎(UE)集成开发,实现智慧城市系统的高效3D可视化。该方案具有成本低、开发周期短和硬件要求低等优点,可为智慧城市建设提供高效、经济的技术路径。

尽管智慧城市系统建设已取得显著成效,仍存在优化空间:首先,系统发布后不可直接修改,需建立定期安全检查和系统性能评估机制,及时收集用户反馈,为系统升级提供依据;其次,未来系统设计应提升场景模型的适应性,支持用户自主升级,从而增强系统的灵活性和需求响应能力。

参考文献

- [1] 王成山,董博,于浩,等.智慧城市综合能源系统数字孪生技术及应用[J].中国电机工程学报,2021,41(5):1597-1607.
- [2] 陈若飞,李江川,马燕,等.基于数字孪生技术的明珠湾智慧城市信息平台建设实践[J].国土资源信息化,2022(2):63-68.
- [3] 蔡周平,吴享,李强,等.城市引擎在智慧城市规划中的应用[J].北京测绘,2021,35(10):1298-1302.
- [4] 李朝奎,严雯英,杨武,等.三维城市模型数据划分及分布式存储方法[J].地球信息科学学报,2015,17(12):8.

三维激光扫描在地铁测量中的应用

张子昕

(湖南省交通科学研究院有限公司, 湖南 长沙 410114)

摘要: 结合三维激光扫描在宁波地铁测量项目中的实际应用, 介绍一种可用于地铁断面收敛、错台、轴线、侵界和病害检测的高效隧道三维扫描测量方法, 为实现隧道结构安全检测提供了全新的成果类型——激光雷达隧道正射影像, 该影像可用于全面直观地分析隧道收敛变形、结构侵界、裂缝渗水等隧道病害问题。

关键词: 三维激光扫描; 断面收敛; 激光雷达隧道正射影像; 隧道病害

1 引言

随着国内城市地铁建设工程大规模开展, 隧道基础设施建设引发新的技术问题, 即如何对新建和已建隧道进行全面、快速、有效的结构检测, 确保营运安全。传统隧道结构检测方法通常采用二维断面仪、马达全站仪和收敛计等进行断面抽样检测, 效率低下, 成果单一。随着三维激光扫描技术的快速发展和完善, 基于三维激光扫描的新型断面检测方法, 凭借速度、精度和覆盖率等方面的独特优势, 成为开展隧道全面检测、采集分析断面数据的新方法^[1]。

2 三维激光扫描地铁测量方法

2.1 三维激光扫描基本原理

基于三维激光扫描的外业采集类似一台升级版的超级免棱镜马达全站仪, 免棱镜测量速度可达 100 万点/秒, 且短距离测量精度优于 2mm 甚至 1mm。以 5.5m 直径地铁盾构隧道为例, 每站检测覆盖的隧道长度为 30m~50m, 在隧道壁上反射回的高密度三维激光点云数量可达 4000 万点以上, 可通过点云绝对定位法或常规多站点云拼接法将隧道控制点坐标系融入点云数据, 使得每一个点都具备隧道控制坐标系下的精确坐标, 三维激光扫描隧道如图 1 所示。

基于三维激光扫描的外业数据采集环节, 每站时间为 5 分钟 (包含行走和设站时间), 若仅检测断面, 部分扫描仪的实际采集时间更短, 如 Amberg Profiler5033 (现场照片如图 2 所示), 实际采集仅 1.5 分钟, 加上搬站和行走时间, 一般不超 4 分钟。由于三维激光扫描仪的操作要求比全站仪低, 普通人只需经过简单培训即可操作扫描仪进行外业数据采集, 采集效率是常规二维断面仪法的 30 倍以上, 即使按照现

行规范要求的 5m (或 5 环) 断面间隔测算, 相同时间内采集的断面数量也是二维断面仪法的 5~6 倍。基于三维激光扫描获取的每个断面可包含几千个点, 内业数据处理时通常只需从每个断面均匀提取超 150 个点进行分析, 即可完成高精度断面收敛、断面中心拟合和相邻管环错台等工作, 且能提供常规方法难以完成的全断面检测成果^[2], 实现隧道管环任意断面的检测。

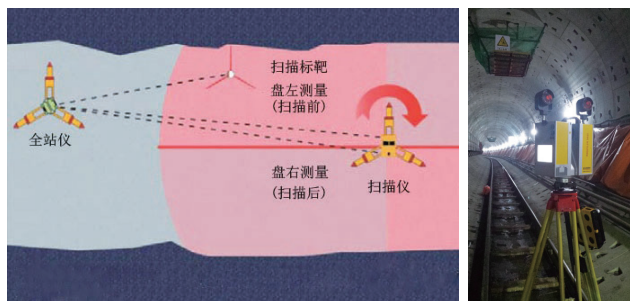


图1 点云绝对定位法现场作业

图2 现场照片

2.2 内业数据处理

基于三维激光扫描的内业数据处理一般采用针对隧道扫描测量开发的点云处理软件, 将隧道的设计中线 (平曲线和竖曲线)、设计断面、断面里程分配表等数据输入软件作为参考隧道模型^[3]。基于三维激光扫描可提取隧道内壁高密度全断面, 理论间隔为 1cm, 结合断面点的精确里程, 还可提取任意里程断面。该方法获得的点云数据包含隧道内壁的几何位置信息和激光反射强度值, 该值灰度分阶范围为 -2048 到 2048, 基于此数据可生成投影至设计断面的激光雷达隧道正射影像。该影像把激光扫描得到的隧道内壁各点反射强度, 转化为灰度像素, 并贴于隧道实际位置, 然后成千上万、前后上下的相邻像素, 就构成一幅可与隧道内壁无缝贴合的 1:1 黑白影像图^[4]。

通过将激光雷达正射影像沿隧道轴线正下方剪开,

作者简介: 张子昕 (1987—), 男, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 注册测绘师, 主要从事交通数字三维科研及管理工作。

再沿轴线方向展开,可得到 1:300 比例尺的灰度影像,如图 3 所示,图中横坐标为隧道里程,纵坐标为同一断面测点到隧道中线的距离,北方向代表隧道中线左侧,南方向为隧道中线右侧。

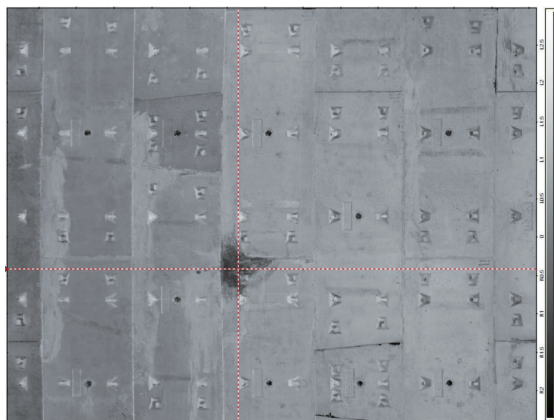


图3 激光雷达隧道正射影像灰度图

激光雷达隧道正射影像灰度图可支撑隧道内壁裂缝、渗水等异状检测和隧道三维建模^[5],也可作为隧道超欠挖、断面收敛值、平整度等彩色数据分析的底图。该影像展开图的隧道实际位置、纵坐标与隧道断面对应关系如图 4 所示。

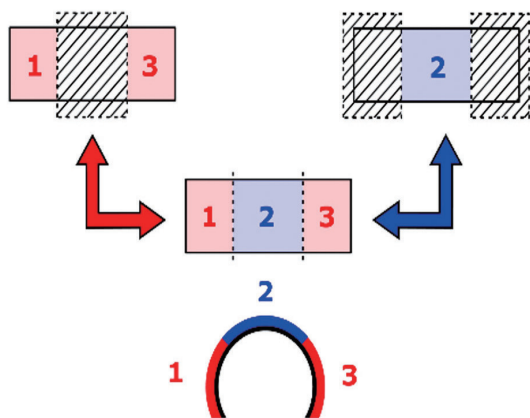


图4 激光雷达隧道正射影像展开图

3 三维激光扫描在地铁测量中的典型应用

与常规断面检测方法相比,三维激光扫描的作业效率高,但在获取海量隧道三维点云后,如何提取、分析结构检测成果还存在难点。研究以宁波地铁 1 号线延长线竣工检测、1 号线出入段运营检测为例,介绍目前隧道扫描点云数据的有效成果类型。为保证断面测量精度和激光雷达隧道正射影像达到 5mm 分辨率,将站间距控制在 12m 左右(环宽 1.2m,圆环直径 5.5m)。

3.1 外业站间距规划

外业规划要严格控制每站有效扫描范围内最远点

云的最大点间距,这将直接影响隧道正射影像分辨率。采用 Amberg Profiler5033 扫描仪的高分辨率扫描模式,水平垂直均为 10000 行(列),10 米处的点间距为 6.2mm;每站最大点间距 = $\text{SQRT}[(\text{站间距}^2)^2 \times (\text{隧道直径} - \text{仪器高})^2 + (\text{隧道直径}/2)^2] \times 6.3/10$,具体测算如表 1 所示。

表1 测站有效扫描范围最大点间距测算

站间距/m	仪器高/m	隧道直径/m	最远距离/m	最大点间距/mm
12	1.5	5.5	7.718	4.862
30	1.5	5.5	15.766	9.932

3.2 生成断面收敛图和变形曲线图

在内业数据处理过程中,首先将包含隧道控制坐标系坐标以及里程信息的平曲线、竖曲线、设计断面轮廓线等设计数据输入后处理软件,将点云的绝对三维坐标与设计断面数据进行关联,得到实测与设计断面对比图,如图 5 所示。然后将管线等干扰点过滤,基于隧道内壁的点展开分析,利用椭圆拟合法生成管环收敛分析断面图^[6],如图 6 所示。

将管环顶部作为起始点,顺时针每隔 2.5° 标出管环相对于标准圆的变形量,得到管环变形曲线分析图,如图 7 所示。由图可知,管环水平横径处的直径收敛值为 16mm,管环的最大变形并非位于水平横径的 90° 和 270°,而是发生在 22.5° 和 200.5° 的小旋角,最大变形量达到 12mm。分析表明,管环变形并非由正上方压力所致。通过管环全形态收敛分析,可有效帮助隧道结构工程师判断管环变形的受力来源及大小,是隧道几何形态检测的重要成果。

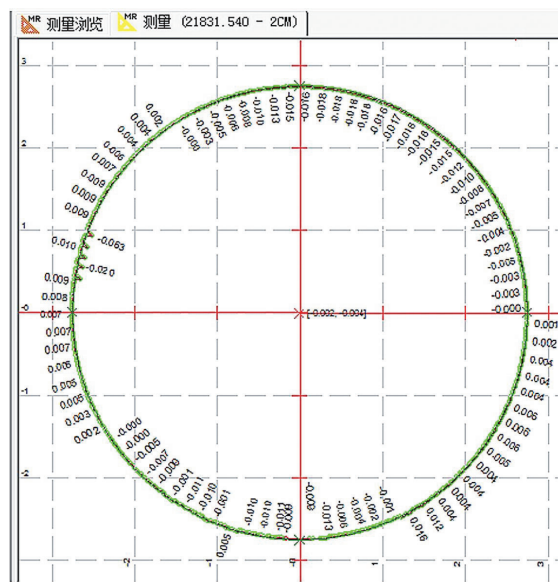


图5 竣工断面对比

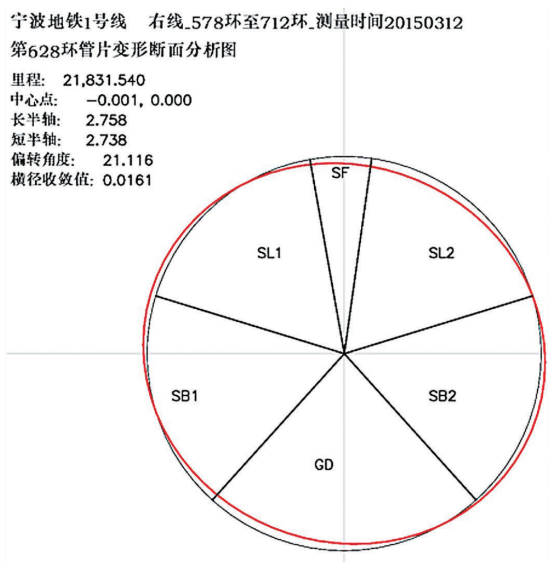


图6 管环收敛分析断面图

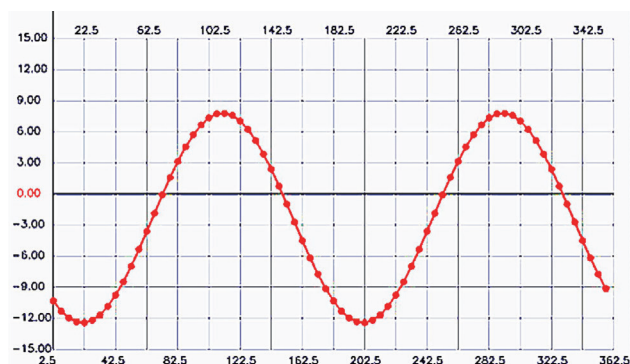


图7 管环变形曲线分析

3.3 生成激光雷达影像断面收敛彩色数值分析图

基于断面变形分析数据，以不同区间对应不同色彩为原则，生成彩色数值分析图，并将激光雷达灰度影像图作为底图，以彩色分析图方式在隧道内壁影像上清晰展示断面收敛情况，效果如图8所示。

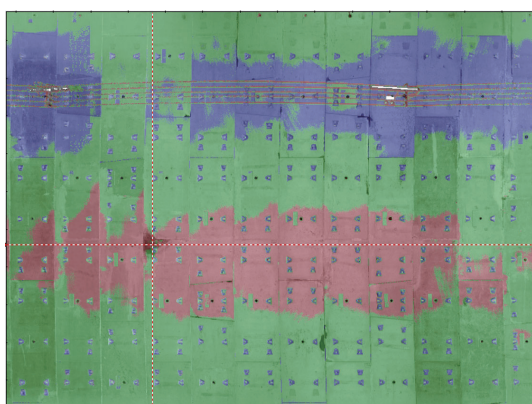


图8 断面收敛彩色数值分析

图8中，10mm以内的变形以绿色透明方式显示，超过10mm的欠挖变形标记为红色、超挖变形则用蓝色

表示。将多环断面变形数据集成于一张隧道内壁展开图上，既能清晰展现相邻管环的整体变形情况，又可精确定位管环具体变形部位，使复杂的变形数据一目了然。

3.4 相邻管环精度及错台分析

基于隧道正射影像的精确里程信息，可实现管环首和环尾断面的精确定位与自动提取。具体而言，依据隧道里程标识，在正射影像图上确定每个管环的起止位置，并获取对应断面进行对比分析。通过分析断面轮廓、尺寸差异及特征点位置变化，可检测相邻管环的精度，判断是否存在错台、变形等质量问题。

3.5 三维扫描断面测量的重复性精度评定

为验证扫描精度，在不同高度对同一段隧道架设扫描仪，进行两次扫描。通过对比同一断面的两次扫描数据，剔除因扫描角度不同导致的遮挡物反射点粗差，然后用费列罗公式分析。结果显示，距测站7.5m处的断面偏差重复测量精度为1.5mm，说明在有效扫描范围内，三维激光扫描的断面测量重复性精度可优于2mm。两次扫描对比如图9所示。

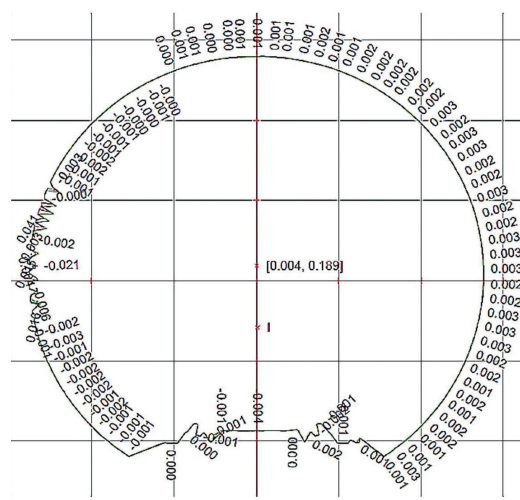


图9 距测站7.5m处的两次扫描断面对比

3.6 隧道病害空间定位和尺寸量测

在宁波地铁1号线出段线隧道裂缝扫描检测中，将激光雷达可量测正射影像导入CAD，对该影像标示点坐标与全站仪测量数据进行对比，结果显示，二者对标示点的直线距离量测差值小于1cm，对不同的反射率数值进行彩色染色，可在激光雷达正射影像图上实现渗水区域的自动识别与标注，如图10所示，该试验段利用不同反射率特征，在灰度图上自动标注了渗水区域范围。

(下转第55页)

基于无人机倾斜摄影与地面激光扫描的不动产测绘研究

张守魁 黄仁昭

[山东省鲁南地质工程勘察院(山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队), 山东 兖州 272100]

摘要: 不动产测绘是不动产统一登记的基础性工作, 传统方法存在生产周期长、效率低、人力物力投入大、遇到复杂地形和建筑物施测困难等问题, 通过将无人机倾斜摄影测量和三维激光扫描技术进行融合应用, 可以打破单一技术的局限性, 实现空间精度和完整性的优势互补, 提高了工作效率, 缩短了工作周期, 为不动产测绘提供了重要技术支撑。

关键词: 无人机倾斜摄影; 地面激光扫描; 不动产测绘; 融合应用

1 引言

不动产统一登记制度的正式实施, 对不动产测绘技术的精确性和高效性提出了更高要求。传统不动产测绘方法存在诸多局限, 比如生产周期长、效率低下、人力物力投入大、遇到复杂地形和建筑物施测困难等问题, 因此, 迫切需要一种新型测绘技术来解决^[1]。无人机倾斜摄影测量与地面三维激光扫描技术的出现为不动产测绘带来了新的机遇与挑战, 倾斜摄影测量可以获取不动产的顶部信息和三维实景模型, 地面三维激光扫描系统可以深入房屋密集区域和内部进行点云数据采集, 空地一体化协同作业获取的数据通过融合处理, 能快速生产高精度的不动产图件, 为不动产测绘提供高效的数据支持。

2 无人机倾斜摄影与地面激光扫描协同作业方法

2.1 无人机倾斜摄影测量系统

无人机倾斜摄影通过在无人飞行平台搭载五镜头相机, 同时从一个垂直和四个倾斜方向采集地面物体的影像。其中, 垂直地面拍摄的一组影像, 画面垂直向下, 称作正片; 而镜头与地面呈特定夹角拍摄得到的四组影像, 分别指向东南西北方向, 称之为斜片, 如图1所示。无人机倾斜摄影测量系统主要涵盖无人机飞行平台、飞控系统、任务设备、数据传输系统、地面监控系统以及综合保障系统六个部分^[2]。利用全自动高性能后处理系统, 可对拍摄影像进行批量定向和三维建模, 快速搭建具有精确地物位置与清晰纹理

特征的高分辨率真三维场景。基于专业数据处理平台, 还可实现地物三维模型的精准量测, 进而生成多种数字化测绘衍生产品, 满足各领域生产用图需要。

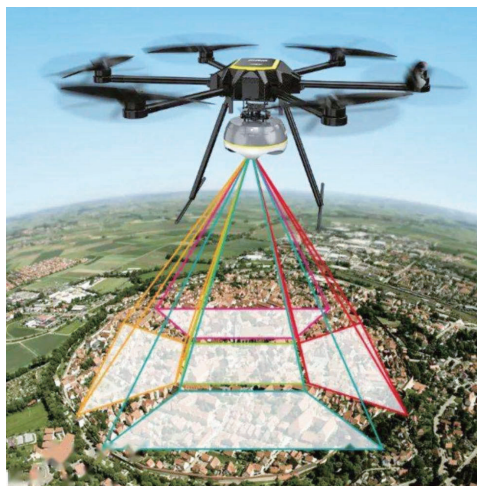


图1 无人机倾斜摄影测量系统

2.2 三维激光扫描系统

三维激光扫描技术, 也被称作实景复制技术, 运用高速激光扫描测量方式, 能在短时间内, 大面积且高分辨率地采集物体表面各点的三维坐标、反射率及色彩等数据信息, 进而快速构建1:1真彩色三维点云模型^[3]。三维激光扫描仪的工作原理为: 激光发射器发射激光脉冲信号, 经地物表面漫反射后, 会沿原光路返回接收器, 基于此可计算出目标点 P 与扫描仪的距离 S 。与此同时, 控制器会同步测定每个脉冲的横向扫描角 α 和纵向扫描角 β 的观测值。三维激光扫描测量通常采用仪器自定义坐标系, 其中, X 轴和 Y 轴均位于横向扫描面且相互垂直, Z 轴则与横向扫描面

作者简介: 张守魁(1981—), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 主要从事工程测量、航空摄影、界线与不动产测绘、摄影测量与遥感等工作。

垂直，目标点 P 的坐标计算原理如图 2 所示。

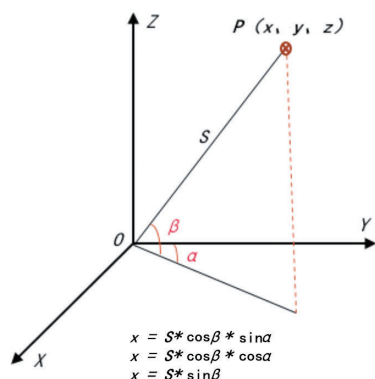


图2 三维激光扫描仪获取目标点坐标原理

2.3 倾斜摄影与三维激光扫描数据的融合应用

通过融合应用倾斜摄影与三维激光扫描数据的各自优势，可以提高空间数据的精度和完整性。三维激光扫描数据在获取物体几何形状和空间位置方面精度较高，而倾斜摄影数据可以提供丰富的纹理和颜色信息^[4]。在融合过程中，三维激光扫描数据可为倾斜摄影数据提供精确的三维坐标，改善倾斜影像的几何精度；而倾斜摄影数据则为三维激光扫描数据增加纹理信息，使得三维模型更加真实。因此，融合后的数据具有较高的空间精度和完整性，为后续的数据分析和应用提供了可靠基础。

3 工程实例

3.1 项目背景

以某不动产测绘项目为例进行试验，试验区范围约为 0.32km^2 ，预估宗地数为 120 宗，基于无人机倾斜摄影测量系统与车载三维激光扫描系统对试验区进行测绘，并使用 GPS-RTK 检查不动产测绘的成果精度。

3.2 倾斜摄影数据采集与处理

研究采用大疆经纬 M300 RTK 四旋翼无人机，搭载赛尔 102S Pro 五镜头倾斜相机开展倾斜摄影数据采集。该无人机续航时间长、飞行性能稳定、操作灵活，利用内置航测规划软件可以设置航测目标区范围，并将倾斜摄影参数的正摄相机等效焦距设为 40mm，倾斜相机等效焦距设为 60mm，倾斜/正摄镜头比值为 1.5，大疆航测规划软件根据以上参数自动规划出 1 组正摄航线和 4 组不同方向的倾斜航线，无人机即可全自动执行飞行任务。像控测量根据测区地形地貌情况，全部采用平高点单航带布设方案，按分段 6 点法布设平面像控点和高程像控点。布设方式以靶标为主，辅以明显地物点（如房角、渠道边等），主要采用 GPS-

RTK 技术进行快速测量。本次航飞共获取倾斜摄影影像 212 张，数据总量 2.58GB。

将外业航飞获取的原始影像导入大疆公司自主开发的大疆智图 Terra 软件，即可自动获取影像的 POS 数据，提取外方位元素，同时将像控点测量数据导入软件，经像控点刺点、空中三角测量步骤后，自动匹配影像的同名点进行三维建模，Terra 软件建模过程只需极少的人工干预，即可生成高精度高分辨率的三维实景模型，且占用计算机的内存小、重建速度快。

3.3 地面激光扫描数据采集

(1) 设备调试

研究选用华测导航 MS-900 车载激光扫描测量系统，该系统重约 3.5kg，搭载于汽车平台开展作业时，数据采集速度较快，每秒可达 55 万点，最远测距可达 920m，在 100m 距离测量精度可达 10mm，重复精度为 5mm。数据采集前需依据现场实际状况，对激光、相机等传感器的各类参数进行针对性调整，保证系统的各硬件接口和指示器均能正常稳定运行。

(2) 架设 GNSS 基站

在测区架设一级 GNSS 控制网，作为车载移动测量系统的基准站网及坐标转换参考框架，布设时要考虑起算点位置和图形强度，基准站要架设在平面精度和高程精度均优于 1cm 的已知点，单个基准站有效覆盖半径不超过 5km，相邻基准站要保持适当的重叠覆盖度，确保测量数据的连续性与准确性。

(3) 点云数据采集

点云数据采集时综合考虑交通、天气、周边环境等因素，选择在天空晴朗的时间段进行作业。在数据采集阶段，为确保点云数据拥有足够的采集密度，并最大程度降低会车导致的点云空洞问题，移动测量车的行驶速度需控制在 30km/h 以内。当移动测量车穿过房屋密集区域时，需在 GNSS 信号稳定且安全的地方停留 1 分钟以上。采集获得的数据成果涵盖测区高精度真彩激光点云以及全景影像。在数据采集任务结束后，要及时下载数据，做好数据备份，同时全面检查采集数据的完整性。

3.4 数据处理

(1) 数据预处理

在倾斜摄影与三维激光扫描数据融合前，需要对两种数据进行预处理和配准。预处理主要包括数据清洗、滤波、去噪等操作，以提高数据质量和可靠性。配准是指将三维激光扫描数据和无人机影像数据在空

间上进行对齐和匹配,使其具有相同的坐标系统和参考框架^[5]。

数据预处理环节旨在去除数据中的噪声和异常值,提高后续融合分析的准确性。倾斜摄影数据预处理主要去除光照不均、遮挡和失真等影响因素,对影像进行辐射校正和几何校正;三维激光扫描数据预处理主要去除地面点、建筑物点、植被点等非目标点,对点云进行平滑和密度均匀化处理。

数据配准是融合的关键,主要有粗配准和精配准两阶段。粗配准通过全局变换方法(如相似变换、仿射变换等)将三维激光扫描数据和无人机影像数据进行初步对齐,让二者在空间上保持一致;精配准则通过局部优化方法(如迭代最近点算法、块匹配等)进一步优化数据间的空间关系,以达到更高的配准精度。

(2) 数据融合处理

在完成数据预处理和配准后,需要分别构建倾斜摄影数据和三维激光扫描数据的三维模型,并为模型生成纹理。倾斜摄影数据的三维模型构建主要依赖光学原理和计算机视觉技术,包括影像匹配、立体重建和模型优化等步骤;三维激光扫描数据的三维模型构建主要包括表面重建、模型优化等步骤。影像匹配是通过提取影像的特征点并计算其对应关系,建立多视角影像间的几何关联;立体重建是基于匹配结果和相机参数,解算物体表面的三维坐标,生成稠密点云;模型优化则与三维激光扫描数据的优化方法类似,主要采用网格简化、拓扑优化等方法。

纹理生成是为三维模型添加颜色和纹理信息,提高模型的真实感和可视化效果。对于倾斜摄影数据,纹理生成可直接基于原始影像,通过贴图和纹理融合等方法,生成具有连续性和一致性的纹理;对于三维激光扫描数据,纹理生成主要依赖无人机影像数据,通过投影变换和纹理映射方法,将影像上的颜色信息传递到模型表面,融合处理后的部分数据如图3所示。

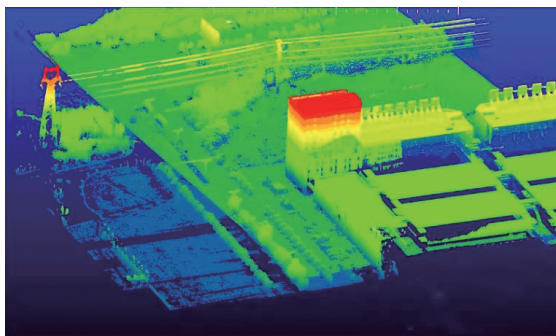


图3 融合处理后的部分数据

3.5 不动产图件绘制

(1) 地籍信息提取与矢量化

基于 Microstation 软件对融合后的点云数据进行抽稀处理,抽稀率设为 25%。然后对抽稀后的点云数据进行地物快速分类,通过点云切片技术获取测区界址点及地物特征点,进而提取各类地籍要素,如房屋、围墙、栅栏、道路、植被等。最后,对测区地物、地形实施矢量化处理,确保线划要素的几何连续性与拓扑正确性,最终生成符合要求的测区地籍图。

(2) 地籍成图

利用 SWDY 软件加载矢量化成果和原始调查影像,加载后若出现偏差,则以矢量化成果为基准校正正影像图。在三维立体模式下,按照“先框架后细节、先大后小”顺序依次采集房屋、道路、河塘、宗地等要素。房屋采集选择高程渲染模式,确保点云层次分明、房屋轮廓清晰。线性地物通过剖析模型纹理信息,有效识别路沿边线、隔离带等地物类别和方向,进而提取道路、花圃、斜坡、陡坎等线性地物。对于内业难以判定的特征点,组织外业实地补测并同步更新数据。最后对提取的要素进行整饰,编绘形成地籍图,如图4所示。



图4 测区局部地籍图

3.6 精度分析与效率统计

(1) 精度分析

为检查此次不动产测绘成果的精度,在测区范围内均匀设置 26 个检核点,通过将检核点航测坐标与 GPS-RTK 实测坐标进行对比,分析测图精度,统计结果如表 1 所示。

根据表 1 数据和中误差计算公式:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta S)^2}{n-1}}$$

公式中, m 为中误差, n 为检查点个数,通过计算得出 26 个检核点的最大误差为 0.061m,中误差为 $\pm 0.038m$,精度满足《地籍测绘规范》的要求。

（2）效率统计

不动产测绘工作完成后，将无人机倾斜摄影与地面激光扫描协同作业方法与常规测量方法的生产效率进行比较，统计结果如表 2 所示。

表1 检核点精度统计（单位：m）

点号	航测坐标		GPS-RTK实测坐标		ΔX	ΔY	ΔS
	X	Y	X	Y			
1	335430.343	1342900.121	335430.360	1342900.150	0.017	0.029	0.034
3	335402.187	1342823.345	335402.155	1342823.367	-0.032	0.022	0.039
4	335399.352	1342850.189	335399.371	1342850.163	0.019	-0.026	0.032
5	335336.378	1342849.785	335336.356	1342849.804	-0.022	0.019	0.029
6	335378.341	1342821.978	335378.349	1342821.997	0.008	0.019	0.021
7	335330.645	1342799.145	335330.694	1342799.109	0.049	-0.036	0.061
8	335337.238	1342766.383	335337.215	1342766.400	-0.023	0.017	0.029
9	335331.479	1342734.679	335331.487	1342734.663	0.008	-0.016	0.018
10	335321.184	1342702.321	335321.205	1342702.339	0.021	0.018	0.028
---	---	---	---	---	---	---	---
26	335267.283	1342652.345	335267.295	1342652.366	0.012	0.021	0.024

表2 生产效率统计

测量方法	采用仪器	投入人工	需要工日
协同作业方法	无人机倾斜摄影测量系统和车载激光扫描系统	1组，每组2人	2
常规测量	GPS-RTK、全站仪	3组，每组2人	10

通过表 2 数据可以看出，在相同工作量的前提下，采用无人机倾斜摄影测量系统和车载激光扫描系统的

协同作业方法只需 2 个工日，而利用 GPS-RTK 和全站仪测量需要 10 个工日，生产效率提高了 5 倍，节省了人力物力，应用效果显著。

4 结束语

基于无人机倾斜摄影和地面激光扫描进行不动产测绘，并以具体项目为例进行试验，通过三维模型和点云数据的融合应用，形成优势互补，成功构建了具有高精度的不动产测绘图件，探索出一条高效的地籍成图技术路线，为后续开展不动产统一登记提供了基础性资料。

参考文献

- [1] 裴建隆.基于三维激光扫描与无人机倾斜摄影技术对异形建筑三维建模的融合应用[J].江西科学,2021,39(6):1060-1064.
- [2] 刘兴国.倾斜摄影测量与地面架站激光扫描相结合的不动产测量新方法[J].经纬天地,2022(1):51-54.
- [3] 冷辉辉.基于测绘新技术的农村不动产测绘应用对比[J].测绘技术装备,2022(4):60-64.
- [4] 项翾.无人机倾斜摄影测量技术在农村不动产确权登记中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(1):205-207.
- [5] 田甜,李胜天.车载LiDAR移动测量系统在不动产权籍调查测绘中的应用[J].资源导刊·信息化测绘版,2022(12):22-24.

（上接第 51 页）

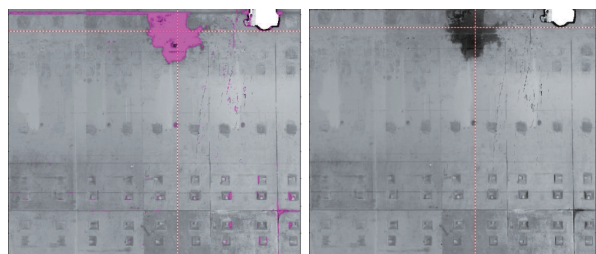


图10 渗水试验段正射影像灰度图和反射率自动识别图

4 结论

基于三维激光扫描获取隧道内点云并提取断面信息，经内符合精度验证表明，隧道三维扫描有效测量范围内的断面重复测量精度优于 2mm。基于三维激光扫描的隧道检测方法^[7]，凭借高精度、全面检测和成果丰富直观等特点，已发展为一种相对成熟的隧道结构安全检测方法，可为地铁隧道测量的断面收敛、相邻管环错台、渗水裂缝识别等提供直观、准确的数据

支撑，辅助隧道安全运营监测。

参考文献

- [1] 北京市规划委员会.GB 50308-2008.城市轨道交通工程测量规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2008:67,84.
- [2] 耿直.3D激光扫描技术在地铁隧道断面收敛测量中的应用[J].上海国土资源,2014,35(4):102-104.
- [3] 刘绍堂,潘国荣.基于激光扫描的隧道变形监测的误差来源及变形分析[J].铁道工程学报,2013(5):69-74.
- [4] 张蕴明,马全民,李丞鹏,等.三维激光扫描技术在地铁隧道收敛监测中的应用[J].测绘通报,2012(S1):438-440.
- [5] 尤相骏,倪涵.一种三维激光扫描仪定位装置和激光点云绝对定位方法:中国,2014101181574[P]. 2014-07-09.
- [6] 谢雄耀,卢晓智.基于地面三维激光扫描技术的隧道全断面变形测量方法[J].岩石力学与工程学报,2013,32(11):2214-2224.
- [7] 刘燕萍,程效军,贾东峰.基于激光扫描的隧道收敛分析[J].工程勘察,2013(3):74-77.

为进军西藏测绘地图

◎ 郭群长



1950年3月，川西平原已是一派春意盎然、万物复苏的景象。遵照中央军委和西南军区的指示，进驻乐山的人民解放军第18军迅速做好进军西藏的各项准备。

西藏是中国领土不可分割的一部分。1949年冬，在人民解放军进军西南取得决定性胜利的形势下，西藏地方当局在帝国主义支持下，妄图把西藏从中国分裂出去。1950年1月，为完成解放全国的历史使命，中共中央决定采取军事进攻与政治相结合的方针，指示中共中央西南局担负进军西藏及经营西藏的任务。经中央军委批准，西南军区第18军等部队在西北军区骑兵部队一部配合下，完成解放西藏的战略任务。3月29日，第18军军长张国华在先遣部队第52师誓师大会上动员：“西藏是我国神圣的领土，人民解放军一定要解放西藏，统一祖国。这是党中央、毛主席赋予我们的崇高使命，全体指战员要继续发扬不怕困难、不怕牺牲的革命精神，打到西藏去，解放全中国！”

根据西南军区首长的部署，将军区司令部测量队扩编为入藏测量队，由队长兼政委杜斌带领，随先遣部队进藏开展测绘任务。这支测量队是第二野战军进军西南前，于1949年7月在南京成立的，副队长吴仕杰、王仕杰和谢世杰等测绘人员毕业于同济大学，是一支技术

力量较强的测绘队伍。进藏部队前线指挥部赋予测量队三项任务：一是为保证后续部队进藏和公路工程建设需要，在行军中测绘路线图；二是调查和选择修筑公路的最佳路线；三是注意沿途可供修建机场、空投场和兵站的合适地点，并测绘地形图。为保证测绘任务完成，先遣部队给测量队配属一个运输连，有战士40余名、牲口60多匹，主要是驮运测绘器材和粮食给养。誓师大会后，入藏测量队60多名测绘人员精神抖擞，随先遣部队乘汽车从乐山向雅安出发。

4月2日，测量队随先遣部队第154团从雅安开始，步行向西藏进军。为了加快测图进度，测量队挑选5名技术好的地形测量技术员，组成一个测绘组，每天平均以25公里的速度测绘1:20万比例尺路线图。测绘方法是：采用空盒气压计测高程，用立体视距仪测距，用小平板仪测图，并用天文测量方法定位，以控制长距离测量带来的误差，确保路线图测绘精度。

进军西藏前，西南军区测绘分局制图科科长吴忠性组织制图人员，利用旧资料和他任印度学习时绘制的西藏地图，突击作业一周，编制了部分进藏路线图。但是，这些路线图是根据旧资料编绘的，要保证后续大部队进藏和修筑公路，路线图还需要实地测绘。为此，测量队一路行军，一路测绘路线图。

他们翻越风雪二郎山，重走红军长征时走过的泸定桥，又翻越海拔4400米的折多山，过道孚、炉霍等地，第7天到达甘孜。

甘孜是西康（旧省名）西北重镇，不远处就是德格、岗托，隔着金沙江和藏军对峙。甘孜附近地形是一个东西长约6公里、南北宽约3公里的小盆地，海拔3300米，四周是山，视野开阔，适合修建迫降场作为空投点。测量队到达甘孜后，抓紧测绘甘孜1:5万比例尺地形图。不久，第18军副政委王其梅、参谋长李觉等领导前线指挥部到达甘孜，鼓舞大家：“全国人民都在支援进军西藏，第53、第54师和工兵第8、第12团以及数千民工，已在测量队选定的路线上，从雅安到甘孜全线铺开，昼夜抢修公路，争取国庆节前通车。”测量队员听后非常振奋，决心加快测绘进度，为继续进军西藏当好先锋。

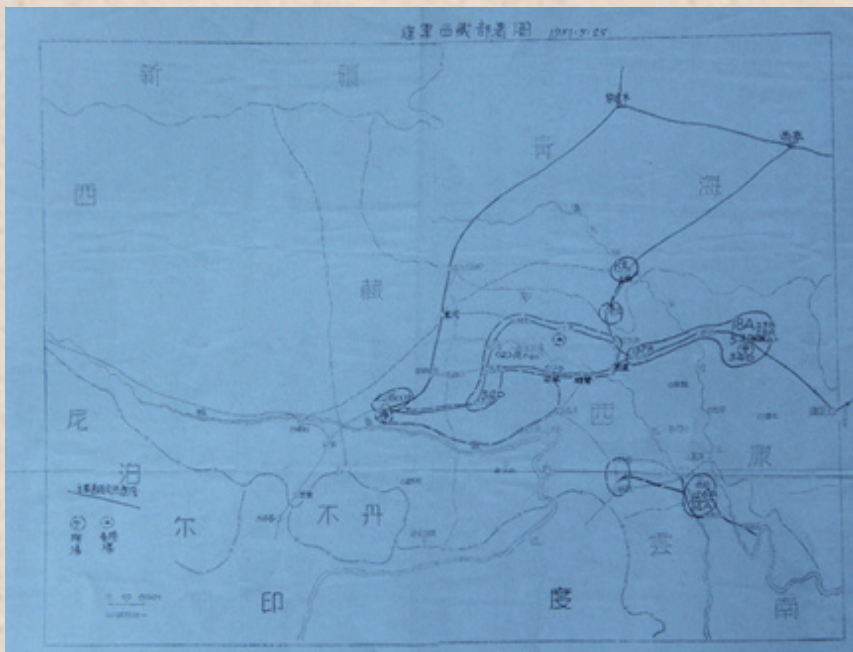
在甘孜，先遣部队大部分人员进行休整，学习藏语，适应高原生活，总结进军经验，为进攻昌都做准备。进藏部队前线指挥部给测量队明确两项任务：一部分人员随先遣部队分路继续进军，测绘1:5万比例尺路线图；另一部分人员留驻甘孜，协助后方司令部修筑机场和公路。休整期间，测量队总结前段行军测图经验，进行评功评奖，王仕杰等13人立功，副队长吴仕杰等几名分队干部还光荣加入中国共

产党。

9月，公路从雅安通达甘孜，第18军主力集结于金沙江东岸。然而，在人民解放军准备进藏期间，西藏地方当局的反动势力拒绝和平谈判，将其总兵力三分之二共计10个代本（相当于团）约8000人，部署在昌都及其周围地区，企图以武力阻止人民解放军进藏。根据中共中央的指示，中共中央西南局和西南军区决定于10月间发起昌都战役，打开进军西藏的大门。根据战役需要，测量队抽调6名技术人员，随第154团正面进军昌都，沿中线直指拉萨，测绘1:5万路线图。

10月6日，进藏部队发起昌都战役。20日，昌都总督阿沛·阿旺晋美率4个代本和总署机关放下武器。24日，昌都战役结束，歼灭藏军5700余人，打通了进军西藏的门户。昌都战役后，西藏爱国力量得到发展，反动势力受到抑制。1951年2月，西藏地方政府派出阿沛·阿旺晋美为首的代表团前往北京，同以李维汉为首的中央人民政府代表谈判，5月23日，签署《中央人民政府和西藏地方政府关于和平解放西藏办法的协议》。5月25日，中央军委按照协议规定，发出人民解放军进驻西藏的命令。8月，第18军先遣部队补充给养后，从甘孜全速向拉萨进发。

测量队前进部队分三路向拉萨进军，中路小组由崔熙成带领，随先遣部队从昌都向西进发；南北两路分别由张光文和吴仕杰带领，在昌都集中后再分头前进。9月中旬，南北两路测量小组到达昌都，北路向丁青、索县、那曲、当雄等地开进，南路向八宿、波密、林芝等地开进。测量队的主要任务是寻找适宜的运输路线，选择修筑公路的最



▲1951年5月测量队绘制的《进军西藏部署图》（来自测绘历史资料）

佳方案。由于这里是地图空白区，没有任何可供参考的地形资料，测量队只好边行军，边勘察路线，边测绘1:5万比例尺路线图。

副队长吴仕杰带领的北路小组，沿途是平均海拔4000米以上的草原，氧气稀薄，饭煮不熟，肉炖不烂。10月中旬，北路小组到达黑河，往前经过一个无名湖，遇上暴风雪，伸手不见五指，方向难辨。没有干草，没有牛粪，没有办法做饭，大家就吃糌粑、酥油充饥。风雪太大搭不起帐篷，夜里只好露宿雪地，早晨醒来被子上压着厚厚的积雪。正当他们辨不出方向、找不到路时，遇到从青海绕道去日喀则的班禅一行，跟着到了当雄。当雄位于念青唐古拉和唐古拉山脉之间，是一片大草原，海拔4200米，是修建机场的理想之地。测量小组突击作业10天，测绘了当雄1:5万比例尺地形图。11月下旬，北路小组历尽千辛万苦到达拉萨时，中路小组随先遣部队已在一个月前抵达拉萨，而去波密、山南的南路小组，

则到12月中旬才抵拉萨会师。

1951年10月26日，第18军主力抵达拉萨，一部于11月下旬进驻重镇日喀则、江孜。第14军1个团及骑兵支队、独立骑兵师等部，也先后进抵察隅、拉萨、阿里等地。12月20日，中央人民政府代表张经武一行及西藏地方政府谈判代表团与进藏部队在拉萨召开庆祝西藏和平解放大会。从此，西藏进入崭新的历史时期。

在进军西藏过程中，测量队在雪域高原一路当先锋，测绘1:5万比例尺路线图140余幅及机场建设地形图，为人民解放军进军西藏、修筑川藏公路和建设西藏机场提供了地形资料。三个测量小组在拉萨会合后，第18军副政委王其梅设宴款待全队同志，祝贺测量队圆满完成任务。在拉萨休整3个月后，测量队奉命分成三路，分别向青海格尔木、阿里狮泉河、亚东下马司进发，执行新的测绘任务，为西藏建设作贡献。☑（作者系61206部队高级工程师）

岁月从不败好人

◎ 陈鲁民

东坡诗曰：“白发戴花君莫笑，岁月从不败美人。”显系浪漫夸张之说，君不见，多少美人才四十出头就韶华难留，露出老态，即所谓美女迟暮，人老珠黄。

好人就不一样了，是越老越有德行，越有内涵，越有智慧，也越令人敬重，有一个词就叫德高望重。岁月留给他们的，除了白发与皱纹，还有佳品良德，礼赞美誉。因此，岁月很难打败他们。

因为吃苦耐劳，困窘贫穷打不败好人。好人不因贫困改变志向，即所谓君子固穷，“贫贱不能移”。他们的精神是富足的，灵魂是强大的，因而“穷且益坚，不坠青云之志”。好人不会被贫困压倒，他们会穷则思变，发愤图强，因而不可能永远与穷困为伍。从小喝粥度日的范仲淹，成了杰出的政治家、文学家。曾靠打柴为生、被妻子抛弃的朱买臣，后来授主爵都尉，位列九卿。这叫“艰难困苦，玉汝于成”。

因为品行正直，各种诱惑打不败好人。好人列子，品学兼优，但日子清贫，常吃不饱饭。郑国执政的子阳想拉拢他，送来十车粮食，他却顶住诱惑，拒而不受。因他特立独行，拒绝攀附，后来，郑国发生变乱，子阳被杀，其党众多被株连而死，而列子得以安然无恙。杨震暮夜却金，留下“四知太守”的美称。羊续廉洁自守，悬鱼拒贿，人称“悬鱼太守”。品行正直使好人战胜诱惑，洁身自好，美名远扬，益及子孙。



因为严于律己，灯红酒绿打不败好人。灯红酒绿能打败那些无操守的人，他们一见美酒佳丽，就眼睛发亮，脑子发热，沉溺在温柔乡中不可自拔。好人则知道“皓齿蛾眉，命曰伐性之斧；甘脆肥脓，命曰腐肠之药”，因而对酒色高度警惕，保持距离，绝不做欲望的奴隶，淡泊自律，始终立于不败之地。

因为勇敢坚韧，强敌如云打不败好人。战场上枪林弹雨，九死一生，好人偏能化险为夷，扭转乾坤。诸葛亮失街亭后，巧唱空城计，吓退司马懿，绝处逢生，全师而退。宁王叛乱，满朝震动，王阳明接到平叛命令，巧施计策，声东击西，仅用35天就成功平定叛乱，擒获宁王。诸葛亮与王阳明均为历史公认的“立德、立功、立言”好人。

因为睿智豁达，风云变幻打不败好人。有人就有江湖恩怨、勾心斗角，就有弱肉强食、刀光剑影，好人能审时度势，趋利避害，不立危地，不涉险境。勾践搞鸟尽弓藏，范蠡能早有预料，泛舟五湖，重开经商大业，成为商界鼻祖陶朱公。刘邦搞兔死狗烹，张良以学道修仙

为名，远离是非之地，在三杰中以独善其身。郭子仪居功至伟，名震天下，他深知功高震主，始终谦恭低调，严格约束子弟，不授人以柄，得以使自己和家人安然无恙。

因为自强不息，天灾人祸打不败好人。前几年疫情肆虐，如火如荼的外语培训骤然变冷，新东方遭到重挫。俞敏洪看准潮流，及时转行电商，“东方甄选”大放异彩，再创辉煌。1960年，苏联撕毁协议，撤走专家。氢弹总设计师于敏，带领团队白手起家，从零开始，运用纸笔与算盘，成功解决从氢弹原理到构形的理论问题，他也因此荣获“共和国勋章”。

沧海桑田，岁月如歌。人最可贵的财富是拥有美德，最高兴的事是践行美德，最卓越的成就是成为好人。古往今来，岁月从不败好人，因为美德是好人心中永不熄灭的太阳。好人可以是一个人，也可以是一群人、一代人，社会需要好人，人民需要好人，一个国家，好人源源不绝涌现，才能繁荣昌盛。（作者系战略支援部队信息工程大学教授、中国作家协会会员）

又是一年春花烂漫时

◎ 张延伟

不经意间，单位院子东北角那棵杏树的枝头已悄然绽放出一片粉红，令我心底平添几分欣喜和激动：又一个春花烂漫的季节来到了。

小时候，除了硕果盈枝、瓜果飘香的秋季，我最喜欢的就是春天。一进入农历二月，大地回暖、万物复苏，田间的麦苗，山野的杂草，河边的杨柳，枝头的小鸟，水里的鱼虾……到处都是一派蠢蠢欲动的景象。伴随着“吹面不寒杨柳风”的惬意，一幅幅春花烂漫的美丽画卷徐徐展开，令人陶醉不已。

彼时，次第开花的果树，不外乎杏、桃、梨和苹果这几样“看家”品种。由于长期缺乏品种改良，杏果多是俗称的“羊屎蛋儿杏”，桃子则是布满茸毛的“毛桃儿”，个儿小、质硬且难吃，这也是当时乡下鲜有规模杏园、桃园的主要原因。杏树和桃树要么孤零零长在庭院的某个角落，要么三三两两地散落于沟渠路旁或山岗土坡，仿佛是大自然不经意间遗落的生灵，自生自灭。尽管如此，在孩子们纯真质朴的审美观念里，那竞相怒放的杏花和桃花依然是心中最美的景致。

二月杏花三月桃，“你方唱罢我登场”，更有蜂蝶循香而至，翩跹起舞，将周围的一切装扮得更加婀娜多姿、灵动脱俗。那时不似现在，动辄举办“杏花节”“桃花节”之类的活动，好在学校西北面的山坡上就长着十几棵历经沧桑的大杏树，因主干低且侧枝多，自然成为我和同学们课余玩“摸脚猴儿”游

戏的首选。尤其是春日里，满树芬芳、花开灿烂，更引得我们频频驻足，心生亲近。

某日，也不知是谁突发奇想，小心翼翼折下几枝造型规整、含苞欲放的杏花，拿回教室，插入装满清水的瓶中，置于向阳的窗台。我们满心欢喜地看着杏花在咫尺之间缓缓绽放，整间教室都弥漫着淡雅的芬芳，美丽和欢愉也萦绕在每个人心间。

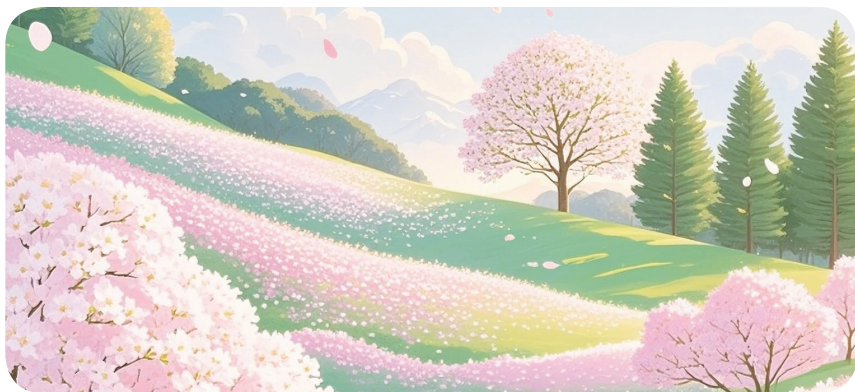
令人遗憾的是，这份美丽终究难以长久，仅仅三五天时间，那些绚烂的花朵便逐渐枯萎，片片粉白的花瓣散落在窗台，瓶中只剩下黢黑的枝杈。好在，杏花开后还有桃花，再晚些时候还有梨花、苹果花，同学们相互接力，四下搜寻不同时节的花朵，为延续这份纯真与美好而不遗余力。

翌年，春花烂漫的时节，当我满心欢喜从外面带回一大把花蕾紧簇、犹如朱唇半启的杏花，期待能像小伙伴那样将这份折枝插瓶的美好带回家中，不承想却被前来串门的姑父碰见。姑父上过高中，见多

识广，大集体时曾干过公社林站的技术员，如今在侍弄庄稼之余还养了十多箱蜜蜂。他对于“美”的理解，远非我们这些孩子所能及。

姑父语重心长地说：“真正的美，应该是自然生长、自由绽放的，而不是通过人为的方式强行保留。你们也知道，这种折花的方式并不能持久，但如果让这些花儿在枝头自然盛开，经由蜜蜂和风传播授粉后，待到夏季来临，满树挂满黄澄澄的果实，那又该是多么美丽的景致啊！”当时姑父还说了很多，我虽然懵懵懂懂，但也大致明白姑父教我不要随意折花毁果、伤害花木的良苦用心。

后来，随着岁月的流逝和知识的累积，我对自然之美的领悟不断深化，愈发懂得自然界的每一个生命都值得尊重与爱护。每年春花烂漫时，当我们漫步原野，静赏花儿们在自然界的美丽风采，就会发现这份未经雕琢的原始之美会更加坦荡和舒适，也更能给予我们无尽而持久的慰藉与滋养。□（作者单位：禹州市自然资源和规划局）



远山的呼唤

◎ 王伟灿

第一场

一处矿山环境修复治理现场，作业人员正忙碌有序地进行野外踏勘，有的摊开地图热烈讨论着，有的手持仪器仔细测量着，有的行走在矿坑周围查看地形……

这时，项目组组长叶华的手机响了起来，他看了一眼，是父亲打来的电话：“华子，我们马上到现场了，你来接一下。”叶华走下山坡时，一辆轿车正颠簸着缓缓驶进作业现场，父亲和叔叔从车内走了出来。叶华颇感意外：“爸爸、叔叔，你们咋来了？怎么没提前打个招呼？”

父亲快步走到叶华跟前，满脸笑容地说：“你叔给你找的工作，成了，这几天就可以去上班。你现在就回去，赶紧写辞职报告，别耽误了。”

叔叔给他找工作的事，叶华并没有同意。“叔叔，谢谢您，让您操心了。可我们这个项目刚刚开始，我又是项目组组长，哪能说走就走呀！”

父亲一听，急了：“你说啥？你不走？你看看这里，环境这么艰苦，就别在这里吃苦受累了。你叔费了老大劲在大城市给你找了工作，冬天有暖气，夏天有空调，多美呀！”

望着大伙儿忙碌的身影，叶华缓缓开口：“爸，您可是干了一辈

子的老地质人，啥情况您是知道的。跟大家在这里干项目，我觉得充实有意义，所以我决定不走了。”

“不行，你今天必须跟我们回去！”父亲说着就要上前拉叶华。

见父亲坚决，叶华只好采取缓兵之计：“那行，等我把这个项目干完再说。”说完，就向山顶走去。

父亲见状，紧追上去，一把抓住叶华的胳膊：“小子，你还跟老子耍心眼，今天说啥也得跟我回去！”说着，父亲、叔叔一人一胳膊架着叶华就往车里拉。

见此情景，工友们纷纷跑来询问情况。叶华一脸愁容地说：“我家里有点急事儿，需要回去处理一下。大伙儿先干着，项目调查一定要往前赶……”说罢，他深情地望了一眼远山，又看了看并肩作战的工友们，依依不舍地离开了。

看着渐渐远去的轿车，大伙儿似乎明白了什么。

“咱们叶组长一定是找到好工作了，看来是不会再来了。”

“我看不一定。叶组长那么热爱地质工作，我觉得他是迫不得已，肯定还会回来的。”

施工现场，调查人员议论纷纷。

第二场

叶华家里宁静而温馨。他坐在椅子上，桌上放着纸笔，满脸愁容，深陷纠结：“这辞职报告是写还是

不写？”

“丁零、丁零……”门铃响了。叶华打开门，一位80多岁、衣着简朴、头发花白却精神矍铄的长者走了进来，叶华一看是爷爷，急忙上前搀扶。

爷爷看见叶华，两眼放光，满面春风：“小孙孙，听说你回来了，我来看看你。”

叶华一边扶着爷爷坐下一边说：“爷爷，我都快30岁了，还小孙孙呢。”爷爷随即关切地问道：“华子，听说你这次回来有事，快跟爷爷说说。”

叶华蹲在爷爷跟前，道明了原委：“叔叔在城里给我找了份工作，环境好、待遇高，我爸非让我辞职。说实话，爷爷，我舍不下现在的工作，虽然环境苦了点，可单位领导非常重视我们青年员工的培养和发展，加上我大学专业也对口，干起工作顺心又顺手，我是真不想辞职。”

老爷子静静听着，沉思片刻，郑重地说：“我支持你！咱家三代都是地质人，干地质没啥不好。从老一辈到你父亲这一代，我们为国家找到多少个大煤田，谁也记不清了，但我们的付出，历史不会忘记。现在，你们这一代，有知识、有文化，又是大学生，干地质能发挥更大作用。”

“爷爷，您说得对。可我爸非

得让我辞职，咋办呀？”叶华一脸无奈，望着爷爷，希望爷爷能说服父亲。

“你女朋友知道吗？”爷爷问。

“我还没告诉她，不过她也支持我干地质。”叶华答。

老爷子思忖片刻，大手一挥，脸上绽放出自信光彩：“没事儿，孩子，天塌不下来，这个问题我来解决！”

第三场

第二天，叶华和爷爷、父亲、叔叔、叶华的女朋友梅梅一同乘车来到一个矿山生态修复现场参观。只见一片片青松覆盖山坡，一排排绿柳随风摇曳，边坡陡峭处的藤蔓扭动着身体攀附缠绕，而平缓之处则绿草如茵，与远处的田野和村庄交相辉映，组成一幅色彩斑斓、层次分明的绝美画卷。

梅梅立刻被眼前的风景吸引，迫不及待拿出手机，在花丛间留下美好瞬间。

“华子，这就是你们干的活儿？真漂亮，像个花园！”爷爷赞叹道。

“爷爷，这是我们两年前完成的项目。那时，这里还是矿坑遍布，矿渣堆积，像是大自然的一块块伤疤……”叶华化身讲解员，娓娓诉说着废弃矿山的历史。

爷爷一边欣赏迷人的景致，一边对两个儿子说：“你们知道吗，华子他们干的工作对社会有巨大贡献，别总盯着工作环境的艰苦，看看今天的成果，是不是觉得华子的工作同样值得骄傲啊？”

叶华的父亲却不以为然：“爸，给华子换个工作，是关乎他一辈子的大事！咱们在山里跑了几十年，难道还想让您孙子再干一辈子地质吗？”

爷爷闻言，语气坚定：“干地质有什么不好，国家找矿、环境治理、土地整治，都需要我们，要是都不干地质，那不就抓瞎了？”

“那是国家的事情，不是咱老百姓该操心的！”父亲寸步不让。

一旁的叔叔连忙打圆场：“好了好了，都是为了孩子，您爷俩就别争了。”

叶华则挽着爷爷，轻声安慰：“爷爷，您可不要生气啊。”

这时，梅梅拍完照款款走来，爷爷立刻有了主意：“我看这事儿还是让梅梅拿主意吧，她最有发言权。”

“行，就让梅梅决定！”父亲坚定认为梅梅会站在自己这边，于是爽快答应。

实际上，梅梅心中早有主意，她莞尔一笑，不紧不慢地说：“叔叔，叶华跟我说过好多次，他们近年来完成了一项又一项大工程，生态环境改善了，老百姓幸福指数也提高了，多有意义啊！所以我觉得，干地质挺不错的，叶华想干就让他干呗，我们经常不在一起还省得吵架呢！”

梅梅话语一出，叶华父亲彻底泄气了。爷爷却精神十足，声音立刻提高八度：“听见了吧，梅梅都支持，你们还有啥说的，就按照俺孙媳妇的意思执行！”

叶华父亲想了一会儿，脸上终于露出笑容：“哎，不说了，那就少数服从多数，我也听梅梅的！”

爷爷暗自得意：“小样儿，我还治不了你？”

叔叔终于看出了父亲的良苦用心：“呵呵，姜还是老的辣啊！”

一片欢笑声在山野间飘荡开来……（作者单位：河南省资源环境调查二院有限公司）

游丹霞山

◎ 禄丰年

少闻丹霞山，
老来方成行。
千里南寻仙地，
满目皆奇峰。
览尽红石颜，
玩转水陆空。
登阶临崖侧，
放眼望碧琼。
舵石柱石阴阳石，
君台韶台毓秀台，
嗟叹鬼斧神工！

汇美池，细美寨；
睡美人，翔龙湖；
双龙壁，九龙亭。
索道车船递进，
丹画红花相映。
清流渡绿舟，
近拜长老峰。
水上赤霞普照，
天然啤酒颈瓶。
送子观音赐福，
六指神魔攀升。

老僧戴角帽，
金龟正朝圣。
鲤鱼跳龙门，
不惧拉网翁。
微风吹秀发，
霞壁留倩影。
景点不胜枚举，
一日遍览岂能！
赞世界地质公园，
耀华夏粤北南岭。

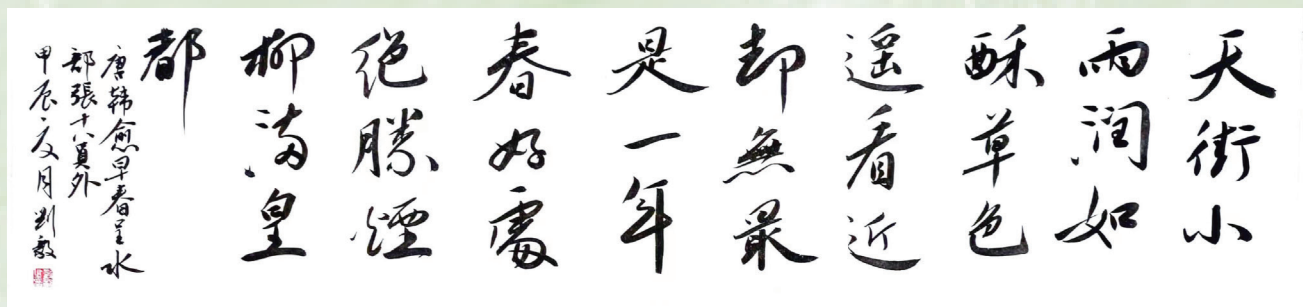
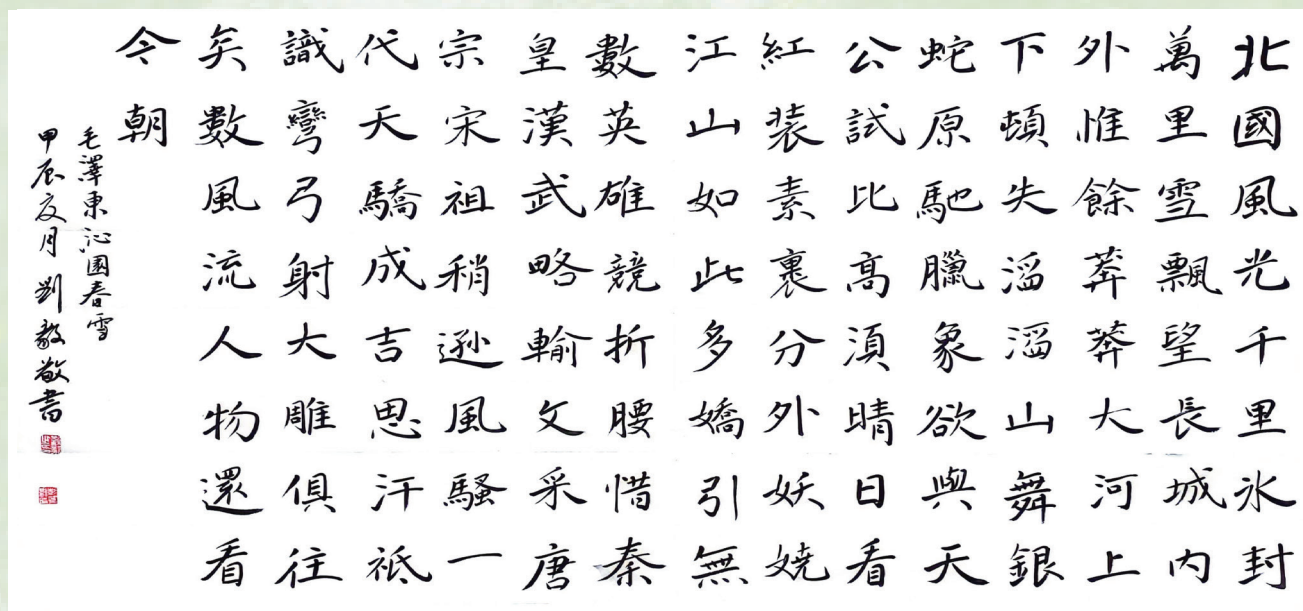
（作者系河南省地质局
退休干部）

刘毅书法作品欣赏

刘毅，1966年4月生，中国共产党党员，中国土地学会土地文化分会副主任委员、中国楹联协会会员、徐州市书法家协会理事、徐州市贾汪区政协委员、徐州市贾汪区书法家协会副主席兼秘书长，现就职于江苏省徐州市贾汪区自然资源和规划局。

刘毅自幼喜欢书法，早年临摹唐代柳公权的《玄秘塔碑》、汉代的《石门颂》、北魏的《张猛龙碑》等经典碑帖，打下了坚实基础。后来主要研究王羲之、王献之的书法，以及明代王铎的行草书。其书作笔法洒脱遒劲，格调古雅清正，笔势跌宕生姿，线条游走如虬龙盘曲，既得传统法度之妙，又具个人情志之抒，于碑帖融合间形成独特艺术风格。

多年来，刘毅书法作品多次被《书法报》《书法导报》《中国书画报》《中国自然资源报》等报刊发表，并获得全国自然资源系统“庆祝新中国成立70周年书法绘画摄影艺术大赛”优秀奖，江苏省机关工委“我和我的祖国”主题文化活动书法比赛二等奖等。



崇德尚賢

甲辰冬月
桂山居士
劉毅

大地情緣

甲辰夏
劉毅

路遠則至 雖難必成
行將事難 則必成

甲辰夏月
桂山居士
劉毅

三三中路我之江升 吳水東流主
此田多力岸有山 相對出帆一片日
近來

唐李太白望月山
甲辰夏月桂山居士劉毅書

春能醞藉如相識
風入襟懷只自知

甲辰夏月劉毅



獨坐窗下人海無物似新
雲霞生海曙梅柳渡江春
清夢有香夢為曉空轉綿軟
忽也歌大圓海海於活中

唐杜甫和晉陵陸軍早春遊望 甲辰秋月劉毅

《资源导刊·信息化测绘》

宣传合作单位

主管单位

河南省自然资源厅

承办单位

河南省测绘地理信息技术中心

核心型宣传合作单位

河南省测绘学会

河南省地理信息产业协会

河南测绘职业学院

河南省测绘院

河南省遥感院

河南省地图院

河南省地理信息院

河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

友谊型宣传合作单位

思源时空科技（河南）有限公司

东网空间地理信息有限公司

河南卓越科技发展有限公司

焦作市基础地理信息中心

河南省润泰工程管理有限公司

河南恒旭力创测绘工程有限公司

河南豫西路桥勘察设计有限公司

灵宝市土地与矿产勘查测绘中心

河南蓝通实业有限公司

河南省时代测绘技术有限公司

安阳市房产测绘中心

安阳市国土资源调查规划与测绘院

河南广盛信息科技有限公司

郑州天迈科技股份有限公司

河南信大测绘科技有限公司

黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局

郑州市规划勘测设计研究院

新郑市新房测绘队

河南建岩信息工程有限公司

河南中豫勘测规划技术有限公司

郑州市交通规划勘察设计研究院

河南中联建设有限公司

郑州超图地理信息技术有限公司

河南省瑞兴工程咨询有限公司

河南省启沃土地咨询有限公司

河南数字城市科技有限公司

郑州经开规划勘测有限公司

河南建正勘测规划设计有限公司

河南省国源工程咨询有限公司

郑州众益信息科技有限公司

河南省恒信工程技术服务有限公司

河南中信测绘地理信息有限公司

中建国信大数据集团有限公司

郑州市水利建筑勘测设计院

郑州郑房测绘有限责任公司

河南省水利勘测设计研究院有限公司

郑州华程测绘有限公司

开封市金源测绘有限公司

航天宏图信息技术股份有限公司

中铁七局集团郑州工程有限公司

河南三维勘测设计有限公司

河南八度土地规划设计有限公司

河南中徕测绘服务有限公司

河南天宇伟业测量仪器有限公司

河南德瑞普测绘仪器有限公司

中电云科信息技术有限公司

河南省地质科学研究所

聚鑫信息工程有限公司

荥阳市规划建筑设计室

河南省海翔测绘工程有限公司

河南智联时空信息科技有限公司

开封市祥和测绘服务有限公司

河南省中工设计研究院集团股份有限公司

河南豫兴测绘有限公司

济源市正祥房地产测绘有限公司

济源市自然资源技术保障中心

南阳空间测绘有限公司

郑州市郑土测绘服务有限公司

河南微图信息科技有限公司

河南省测绘地理信息技术中心 深入贯彻中央八项规定精神学习教育



本刊讯 近日，河南省测绘地理信息技术中心召开党委（扩大）会议，以“第一议题”形式，深入学习并传达习近平总书记关于深入贯彻中央八项规定精神学习教育的最新要求，开展中央八项规定精神学习教育工作。河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生主持会议，中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任武永斌，中心党委委员、办公室主任陈政民，河南省自然资源厅驻厅纪检监察组副组长林宪磊参加会议。

会议指出，在全党开展深入贯彻中央八项规定精神学习教育，是以习近平同志为核心的党中央作出的重大决策部署，是今年党建工作的重点任务，是巩固深化学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想主题教育和党纪学习教育成果、纵深推进全面从严治党的重要举措，是密切党群干群关系、巩固党的执政基础的必然要求，中心各级党组织和广大党员干部要站在坚定拥护“两个确立”、坚决做到“两个维护”的政治高度，切实把思想和行动统一到以习近平同志为核心的党中央决策部署上来，充分认识开展学习教育的重大意义。

郭幸生强调，中心各级班子成员要认真履行“一岗双责”，各级党组织要切实履行主体责任，成立工作专班，制定具体实施方案，明确责任分工，各司其

职。一是坚持思想引领、学习在先。要采取理论学习中心组学习、举办读书班、专题党课、警示教育等多种形式，确保中央八项规定精神在中心落地生根。二是坚持以案为鉴、深查问题。要系统深入查摆问题，强化警示教育和检视剖析，结合4月份召开的全省警示教育会，以及违纪违法案例以案促改工作，进一步深化以案说纪说法工作。三是坚持边查边改、以改促治。要把问题整改贯穿学习教育始终，制定整改措施，正确引导、客观对待、果断处置、动真碰硬，坚持“当下改”和“长久立”相结合，注重从制度层面补齐短板漏洞。四是坚持开门教育、群众参与。各级领导干部要落实好“四下基层”制度，广泛征求意见，接受群众监督，主动为民办好实事，中心所属各单位要把群众利益放在首位，重视职工意见，抓好问题整改，把群众满意作为检验标准，让群众切身感受到新气象、新变化。五是务求工作实效，力戒形式主义。要紧密结合中心工作，全面准确、不折不扣地落实规定，把开展学习教育同贯彻落实党中央重大决策部署结合起来，同推进“四高四争先”结合起来，同深入推进党风廉政建设和反腐败斗争结合起来，同做好巡察反馈问题整改“回头看”结合起来，把学习教育成果转化为推动测绘地理信息事业高质量发展的工作动力和实际成效。□（李华 / 文、图）



全民国家安全教育日

全民国家安全教育 / 走深走实十周年

[illegible]

河南省自然资源厅 宣