

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 10 期
总第506期

绘就新时代中原测绘新图景

——《河南省测绘条例》修订工作侧记

河南省2024年度省级基础测绘项目通过验收

ISSN 1674-053X



9 771674 053074



下半月 定价: 10 元 扫码关注微信

河南省自然资源系统第二届“测绘杯” 乒乓球赛圆满举办

本刊讯 10月18日，河南省自然资源系统第二届“测绘杯”乒乓球赛在河南测绘职业学院（象湖校区）成功举办。比赛由河南省自然资源厅主办，河南省测绘地理信息技术中心、河南测绘职业学院承办。河南省自然资源厅党组成员、副厅长刘大全，河南省自然资源厅总规划师张传慧，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，河南省地质局党组成员、副局长马远新，河南测绘职业学院副校长李春阳，河南省自然资源厅机关党委专职副书记王山根，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开、闭幕式。活动由河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰主持。

刘大全指出，第二届“测绘杯”乒乓球赛旨在深入贯彻落实习近平总书记关于“推动全民健身和全民健康深度融合”的重要指示精神 and 党的二十大关于“广泛开展全民健身活动”的决策部署，增强全系统干部职工干事创业的凝聚力和战斗力。运动员在比赛中赛出了风格、赛出了水平，充分彰显了全省自然资源系统上下一心、团结协作的团队精神和赛场风采，有力推动了全系统健身运动发展。广大干部职工要将赛场上的拼搏精神转化为推动工作的强大动力，将“更快、更高、更强、更团结”的体育精神融入日常工作，为奋力谱写中原大地推进中国式现代化建设新篇章贡献智慧和力量！

来自各省辖市、济源示范区、航空港区自然资源主管部门，省地质局、省林业局，省测绘地理信息技术中心机关和所属单位省测绘院、省遥感院、省地图院、省地理信息院，河南测绘职业学院等单位的24支代表队，共计165名运动员参加比赛。比赛设置男子团体、女子团体乒乓球赛以及友谊赛。团体赛严格执行奥运会团体乒乓球比赛规则，友谊赛采用淘汰赛加附加赛的方式，决出相应名次。

比赛在裁判和运动员的庄严宣誓中拉开帷幕，竞技的热情随之点燃。但见赛场之上，有当打之年的中流砥柱，技术纯熟，经验老到；有满头银发的实力老



将，沉稳睿智，风采依旧；更有不让须眉的巾帼女将，出手果决，剑指桂冠，在方寸球台间展现出当代女性的磅礴力量。赛场上，选手们比力量、赛速度、拼技巧，不仅赛出了精气神、赛出了高水准，更体现了团结协作、顽强拼搏的奋进力量。赛场下，后勤保障人员全程跟进，全力做好人员、场地、设施、器材等各项保障；保障组贴心服务，为在场人员提供茶水点心；裁判组严格裁判，确保每场比赛公平公正；医疗组严阵以待，及时为受伤运动员进行处理；啦啦队热情助威，将赛场气氛推向了一波又一波高潮。

经过一天紧张而激烈的角逐，最终男子团体一等奖、银、铜奖分别由省林业局、南阳局、省自然资源厅摘得，省地质局、济源局、洛阳局、漯河局、商丘局获得二等奖；女子团体一等奖、银、铜奖分别由省地质局、平顶山局、信阳局摘得，商丘局、河南测绘职业学院、省自然资源厅、郑州局、省测绘地理信息技术中心获得二等奖；个人一等奖、银、铜奖分别由王天顺、张顺生、王明强摘得，梁大庆、陈玉献、庞继群、温云凌、吴奎获得二等奖；商丘局获得优秀组织奖，许昌局获得道德风尚奖。

第二届“测绘杯”乒乓球赛圆满落幕，但赛场上那份“不服输、不放弃”的拼搏劲头，那份“心相连、手相牵”的团结氛围，将成为广大干部职工的宝贵精神财富。☑（王敏 张永强 王梓臣/文 陈庆贺/图）

新条例引领新征程

◎ 本刊评论员

金秋送爽，硕果盈枝。在这充满希望与收获的季节，新修订的《河南省测绘条例》如春风化雨，为中原大地测绘事业发展注入源源不断的澎湃动力，为信息化测绘这把“利器”淬火加钢，助力河南测绘地理信息事业在新时代绽放异彩。

“欲穷千里目，更上一层楼。”新条例立足高远，为河南测绘地理信息事业擘画蓝图。在数字化浪潮奔涌的今天，信息化测绘已成为测绘事业发展的“定盘星”。新条例从政策扶持、资金保障，到技术创新、人才培养，全方位、系统性地构建起信息化测绘发展的“四梁八柱”，让河南测绘事业稳稳站在更高的历史起点。有了新条例的指引，我们将跳出传统测绘的樊篱，以更开阔的视野拥抱信息化测绘的未来。

在地理信息资源共享方面，新条例如同一场“及时雨”。信息化测绘的生命力在于数据，而数据价值源于共享。新条例规定构建全省统一的地理信息公共服务平台，这架起了“数据立交桥”，打破“信息孤岛”困局，让地理信息数据自由流通。这不仅提升数据利用效率、减少资源浪费，更能为各行业提供统一、权威且高效的地理信息服务。

规范市场秩序是新条例的又一突出亮点。随着信息化测绘市场兴起，一些不规范行为滋生，如数据质量参差不齐、恶性竞争等，扰乱行业发展秩序。新条例对症下药，通过完善资质管理体系、强化质量监管、建立信用评价体系等举措，为市场装上“净化器”，营造良好市场环境，引导行业朝规范化、专业化方向发展。

信息安全保障方面，新条例“未雨绸缪”，展现出“防微杜渐”的远见卓识。信息化测绘在带来便利的同时，也伴随着安全风险。新条例构建起从数据采集到应用的全生命周期安全防护体系，为地理信息安全筑起“铜墙铁壁”。

面对新机遇，河南测绘人当以“敢为天下先”的魄力迎接挑战。一方面要牢记“创新是引领发展的第一动力”，加大技术创新力度，加强与高校、科研机构合作，开展技术攻关，让人工智能、卫星遥感等新技术为测绘事业赋能；另一方面要重视人才培养，坚持引进高端人才与培养本土人才双轮驱动，打造一支“精锐之师”，为事业发展提供人才支撑。

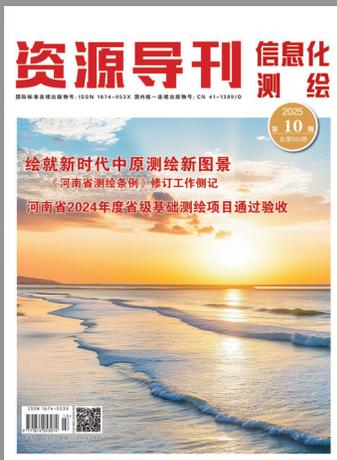
“潮平两岸阔，风正一帆悬。”新条例的出台，为河南信息化测绘发展指明了航向，注入了强大动力与活力，标志着河南测绘事业迈入新的发展阶段。在具体落实过程中，需重点把握好三个关键环节：

一是强化创新驱动。信息化测绘的核心在于技术创新，要聚焦人工智能、大数据、云计算等前沿技术，持续创新，推动测绘服务向智能化、精准化升级，保持行业竞争力。

二是深化协同共享。新条例强调地理信息资源的整合与开放，这就要求政府部门、企业、科研机构形成合力，打破数据壁垒，构建“共建、共治、共享”的发展格局。正所谓“独行快，众行远”，只有协同发展，才能充分释放测绘数据的巨大价值。

三是优化服务效能。测绘成果的落脚点是服务经济社会发展，要以需求为导向，提升测绘服务的精准性和实用性。在智慧城市、乡村振兴、生态环保等领域，信息化测绘应用广阔、潜力巨大。要做到“数据多跑路，群众少跑腿”，提升群众获得感和幸福感。

站在新的历史起点，我们要秉持“功成不必在我”的精神境界和“功成必定有我”的历史担当，乘着新条例实施的东风，以信息化测绘为笔，以中原大地为卷，围绕新条例要求推进信息化测绘建设，充分发挥测绘在经济社会发展中的基础性、先行性作用，推动河南测绘事业再创新辉煌，为中原崛起、河南振兴贡献测绘人的智慧与力量！



资源导刊 信息化测绘

2025年 下半年 第10期 总第506期

测绘资讯·政策解读
文化传播·技术交流

主管单位：河南省自然资源厅 主办单位：河南自然博物馆

编辑出版：《资源导刊》杂志社

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

邮发代号：36-373 定价：10元 印刷单位：河南普庆印刷科技有限公司

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

编辑部：0371-65941858 广告发行部：0371-65941854

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

顾问

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

河南省测绘地理信息技术中心编委会

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

声明

本刊发表的文字、图片、光盘等的版权归《资源导刊》杂志社所有，未经本社书面许可，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：段清友
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 新条例引领新征程

国内要闻

- 4 中国印尼签署卫星遥感应用协议 等8则

时政传递

- 6 河南省2024年度省级基础测绘项目通过验收
河南开展1:10000基础地理信息更新与建库项目技术培训
- 7 河南举办“一张图”建设业务培训会
河南省测绘地理信息技术中心开展财会专题培训

特别关注

- 8 绘就新时代中原测绘新图景
——《河南省测绘条例》修订工作侧记

测绘广角

- 14 河南省遥感院荣获地理信息领域多项大奖
河南省地理信息院获得“数据提供方”和“数据商”凭证
- 15 南阳加强测量标志管护 守护地理信息“基石”
淮滨县三维地籍应用试点项目通过省级验收

经天纬地

- 16 深耕测绘领域 勇担时代使命
——河南纬达勘测规划设计有限公司工作扫描

豫外传真

- 18 河北测绘地理信息事业迈上高质量发展新台阶

发展研究

- 20 李德仁院士：时空智能开启数字孪生智慧城市新纪元

技术应用

- 23 基于多遥感指数的土地复垦监测研究
- 26 千寻位置与六分科技定位服务性能研究分析
- 30 一种面向滑坡地质灾害的无人机调查方法研究
- 34 面向可量测街景的POI标注方法应用研究
- 38 基于吉林一号卫星的城市黑臭污染水体遥感监测研究
- 42 专题地图编制中信息图表可视化方法现状分析
- 45 矿区地表形变“空-天-地”一体化协同监测框架的构建
- 48 基于SBAS-InSAR技术的山区地质灾害测绘方法
- 51 基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法研究

地图故事

- 54 萧克将军与地图的故事

文苑撷英

- 56 切勿“打发时间”
- 57 笨核桃
- 58 战地黄花何处寻 唯有梦中香如故
- 59 秋辞

图说测绘

- 60 金秋竞逐“测绘杯” 自然铁军扬豪情
——河南省自然资源系统第二届“测绘杯”乒乓球赛掠影

艺术欣赏

- 62 熊君祥书法作品欣赏

合作单位

- 64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

一滩霞色浸潮声 千图网/供图

关注

中国印尼签署卫星遥感应用协议

近日，自然资源部国土卫星遥感应用中心、国家卫星海洋应用中心与印度尼西亚国家研究创新署（BRIN）三方签署了《共建中国—印度尼西亚卫星遥感应用中心实施协议》。

该协议旨在深化中国印尼两国在卫星遥感数据与技术应用领域的合作。根据协议，三方将共建中国—印度尼西亚卫星遥感应用中心，围绕两米分辨率陆地卫星数据、海洋水色与动力环境卫星数据产品及遥感与地理信息应用等方面展开合作。合作形式涵盖数据共享、联合研究、技术项目开发、知识转移与能力建设等多个维度。

今年是中国印尼建交 75 周年，协议的签署标志着双方在卫星遥感领域的合作迈入新阶段，将为两国在农业、林业、水利等资源管理领域提供强有力的技术支持，助力“中国—东盟蓝色经济伙伴关系”的推进，实现资源共享、优势互补、互利共赢。

国内首套无障碍中国地图和世界地图发布

10 月 15 日是国际盲人节。在第 42 个国际盲人节到来之际，由星球地图出版社与中国盲文出版社联合出版的国内首套无障碍版《中国地图》《世界地图》发布，这是国内首次批量发行的无障碍中外地图。

该套地图以数字盲文印刷技术为核心，采用加厚耐磨特种纸打造，具备防水防潮特性，盲文标注与地理轮廓实现精准对应。其中，《中国地图》通过触感增效设计，清晰标注省级行政区划及重点地理标志；《世界地图》则运用差异化增效纹理，直观区分七大洲四大洋，帮助视障群体感知全球空间格局。

相较传统翻模压制的触觉地图，该套地图图例系统更加丰富，承载信息量与精度显著提升，使用寿命也大幅延长，可满足视障群体日常辨位、导航及地理学习需求。

今年全国地信产业总产值将增至近万亿元

近日，中国地理信息产业协会发布相关预测信息显示，受自动驾驶等新型时空位置服务需求持续拉动，我国地理信息产业正实现快速发展，预计 2025 年，全国地理信息产业总产值将增长至近万亿元。

据介绍，这一预计产值较“十三五”末的全国地

理信息产业总产值增长近 30%，由此测算，“十四五”期间全国地理信息产业总产值年均增长率将超过 5%。产业规模扩张的同时，行业发展活力也持续提升。数据显示，“十四五”期间，全国地理信息产业从业单位数量将从“十三五”末的约 13.8 万家增至近 30 万家，增长幅度超过 1 倍；从业人员规模将从约 336 万人增至近 420 万人，增长超 20%。

资本市场对地理信息产业的发展前景同样持乐观态度，全国地理信息相关上市企业数量从“十三五”末的 50 余家增至 80 余家，进一步彰显了产业发展的良好态势。

科技

全国首个时空数据存证溯源服务在浙江上线

近日，浙江省测绘科学技术研究院、浙江大数据交易中心与南京吉印信息科技有限公司联合打造的全国首个“区块链+数字水印”时空信息数据存证溯源服务正式上线，填补了时空信息数据安全可信流通的技术空白。

时空信息数据作为支撑经济社会、生态保护的战略性资源，兼具时效性强、敏感性高的特点，传统存证溯源机制因无法适配其属性，不仅导致版权纠纷、数据篡改等问题频发，更推高交易双方互信成本，严重阻碍数据价值转化。该服务精准对接自然资源部“测绘地理信息可信分发体系”要求，覆盖矢量 SHP、GDB 及栅格 TIFF、IMG 等主流数据格式，通过构建区块链上链留存数据全节点信息、数字水印嵌入同步颁发存证证书、提供“文件上传”“存证编号查询”双查验模式三大核心功能，筑牢安全屏障。



目前，该服务已在国土空间规划、生态监测等领域试点应用，可有效降低数据验证成本，为时空数据产权登记与可信流通提供技术支撑，助力地理信息产业高质量发展。

中国卫星导航精度从数米提升至10厘米内

近日，航天恒星科技有限公司自主研发的C频段导航增强组件入选中国空间技术研究院五院商业航天卓越供应平台产品。其实现的“厘米级定轨、纳秒级授时”突破，标志着我国卫星导航精度迎来跨越式升级，从传统数米级误差迈入10厘米内的高精度时代。

据介绍，该组件在性能上实现多重突破：实时轨道确定设计精度从1~5米提升至10厘米内，轨道预报设计精度突破至20厘米内，钟差解算设计精度从15纳秒压缩至1纳秒内，PPS秒脉冲设计精度优于0.5纳秒，实现从“米级模糊”到“厘米级精准”的质变。

值得注意的是，这项技术突破恰逢我国北斗系统升级的关键时期。根据规划，我国将在2029年左右发射下一代北斗系统组网卫星，到2035年完成新一代系统的全面建设。频段导航增强组件的成熟应用，为下一代北斗系统提供了关键技术支持，使我国在全球导航系统竞争中占据更有利位置。

全球首款亚埃米级快照光谱成像芯片问世

近日，清华大学团队成功研制全球首款亚埃米级快照光谱成像芯片“玉衡”，相关研究成果以“集成铌酸锂光子学亚埃米级快照光谱成像”为题，在线发表于国际顶级期刊《Nature》，标志着我国在高精度成像测量领域迈上新台阶。

据了解，该芯片基于智能光子原理，创新采用可重构计算光学成像架构，结合随机干涉掩膜与铌酸锂材料光电重构特性，实现高维光谱调制与高通量解调协同计算，突破传统物理分光限制。其尺寸仅约2厘米×2厘米×0.5厘米，可在400~1000纳米宽光谱范围内，实现亚埃米级光谱分辨率、千万像素级空间分辨率，单次快照即可同步获取全光谱与全空间信息，分辨能力较传统设备提升两个数量级，破解光谱分辨率与成像通量难以兼得的行业瓶颈。

在应用方面，该芯片可广泛服务于机器智能、机载遥感、天文观测等领域。

9月24日，高德地图负责人介绍，目前高德调用北斗卫星的日定位量已突破9000亿次，高德地图已全面实现北斗主导定位，并成为北斗民用领域最为典型、规模最大的应用之一。

过去二十年，高德地图受益于北斗发展，从最初的“一张电子地图”，逐步成长为链接十亿用户衣食住行全场景的一体化出行生活服务平台。今年8月，高德地图宣布全面转向空间智能，实现从“连接真实世界”向“理解真实世界”的跃迁，同步发布AI原生地图应用，可定制个性化最优出行方案，上线仅一个月，单日调用量便突破12亿次，月活跃用户规模超4亿。

依托北斗技术，高德地图通过开放平台将高精度定位能力赋能超40万个App及近300万开发者；世界地图已覆盖全球超200个国家和地区，支持16种语言，境外打车服务覆盖30个国家。此外，结合北斗与空间智能打造的交通预测功能，可提前3公里预警路况，新发布的扫街榜上线首日用户超4000万。

4亿台

9月24日，第四届北斗规模应用国际峰会成果发布会在株洲举行，《北斗产业发展蓝皮书（2025年）》同期发布。

蓝皮书预测，未来三年北斗应用年均增量约4亿台，年增长率将超3%，预计到2028年底我国支持北斗的新增终端设备将突破4.2亿台，覆盖智能手机、可穿戴设备、通信基站等领域。其中，智能手机、可穿戴设备将成为最大市场，占比分别超过75%、11%。

蓝皮书指出，“十四五”期间，北斗三号定位精度从米级提升至厘米级，授时精度达纳秒级；2024年发布的《北斗卫星导航系统2035年前发展规划》，开启下一代北斗发展新路径。“十五五”期间，北斗卫星导航系统将构建以定位导航、授时服务、短报文通信为核心体系，在时空服务领域全面呈现技术融合与跨界应用的产业发展新格局。

产业化方面，2024年北斗核心产业总产值达5758亿元，同比增长7.39%，相关企事业单位近2万家、从业人员近百万；大众消费领域出货超3.5亿台，行业应用累计超4000万台；国际合作上，北斗系统服务能力已覆盖全球200多个国家和地区。☑

河南省 2024 年度省级基础测绘项目通过验收

○ 戴诗涛

9月28日，河南省自然资源厅在郑州组织专家对2024年度省级基础测绘项目进行验收。

验收会上，专家组听取了项目工作汇报，审阅了文档资料，观看了成果演示，一致认为2024年度省级基础测绘项目圆满完成1:10000基础地理信息数据更新与建库、卫星导航定位基准服务系统运行维护、两会用图编制及政务用图保障、地理信息公共服务平台（天地图·河南）数据更新及运维、应急测绘保障等6项任务，并结合实际开展了多项示范应用，成果基础性、公益性作用突出，在提升自然资源管理水平、赋能政府决策、助力数字经济发展、服务百姓美好生活等方面发挥了重要的支撑作用，经济社会效益显著；

项目资金支出类别合理，符合相关财务规定，完成既定绩效目标，同意通过验收。

会议强调，基础测绘是基础性、公益性、战略性事业，要站位发展大局，紧跟党中央，河南省委、省政府和省自然资源厅党组的决策部署，把握《河南省测绘条例》修订施行、河南省“十五五”基础测绘规划编制历史机遇，大力推进现代测绘基准、卫星遥感、实景三维、时空大数据平台等新型测绘技术与人工智能、低空经济、智能网联汽车等新业态的技术融合，尽快建立高效完善的新型基础测绘体系，为自然资源管理、政务服务、国民经济和社会发展提供强有力支撑。

☑（作者单位：河南省自然资源厅）

河南开展 1:10000 基础地理信息更新与建库项目技术培训

○ 屈万新 王梓臣

为全面贯彻落实河南省委、省政府和河南省自然资源厅关于测绘地理信息工作战略部署，深入践行“三支撑、三服务”工作理念，切实推动思想认识、技术标准、作业方式“三统一”落地见效，10月11日，河南省测绘地理信息技术中心在郑州举办2025年安全生产暨1:10000基础地理信息更新与建库项目技术培训班。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。

围绕培训的核心目标、重点内容，武永斌强调，要统一思想、提高站位，深刻领会培训的核心要义，切实将学习成果转化为工作实效，做到学以致用、以学促干。要严控质量、压实责任，清晰界定项目内容、执行规范、质量标准及完成时限，将质量意识贯穿项目全生命周期。要创新流程、提质增效，推动人工智能等先进技术与生产环节深度融合，通过流程再造优化作业模式，实现降本、提质、增效多重目标。要协同联动、凝聚合力，强化各单位在作业环节的高效衔接与密切配合，构建上下联动、左右协同的工作格局。

要坚守底线、筑牢防线，将安全生产要求融入项目规划、实施、验收全流程，坚决防范和杜绝安全事故发生。

培训设置两大专题环节，内容务实，针对性强。其中，在安全生产专题环节，参会人员集中观看了《安全生产警示片》。影片通过真实案例还原、深层原因剖析、整改措施解读等方式，系统梳理近年来行业安全生产事故的典型案例，让参会人员直观感受到安全生产的重要性、紧迫性与严肃性，进一步筑牢安全生产思想防线。在技术培训专题环节，来自河南省地理信息院、河南省遥感院、河南省计量测试科学研究所的专家，围绕项目技术设计、质量监督检验、数据处理规范等内容进行细致讲解，重点明确项目作业方式、技术标准及常见问题解决方案，为项目有序开展奠定坚实基础。

河南省测绘地理信息技术中心相关处室、所属单位分管生产院长、生产科科长、质检科科长及1:10000基础地理信息更新项目负责人、作业骨干等150余人参加培训。☑（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

河南举办“一张图”建设业务培训会

○ 黄世明 朱琳

9月28日，河南省自然资源厅召开全省自然资源管理和国土空间规划“一张图”建设业务培训视频会，旨在精准把握自然资源部关于“一张图”建设的核心要义，学习试点省市成功经验，助力破解工作难题，推动工作融合，实现同频共振。河南省自然资源厅党组成员、副厅长刘大全，省自然资源厅总规划师张传慧，参加会议。

培训邀请自然资源部“一张图”建设领导小组成员、信息中心正高级工程师谢敏担任主讲，围绕“一张图”建设核心任务，从国家战略考量、整体架构设计、具体工作路径、当前建设进展等方面进行了系统讲解，为河南省推进“一张图”建设提供了技术指导与业务实践的双重参考。在研讨交流环节，参会人员结合工作实际，围绕“一张图”规划落地、平台场景搭建、

跨部门协同审批、业务重构、项目资金保障等关键问题展开深入探讨，进一步凝聚了工作共识。

此次培训切实提升了河南省对自然资源管理和国土空间规划“一张图”建设重要性与紧迫性的认知，明确了下一步工作重点与技术路径，为全省加快构建统一的自然资源“一张图”管理体系筑牢坚实基础。河南省自然资源厅将以此次培训为契机，强力推进“一张图”建设工作，重点加强业务逻辑重塑与业务流程再造，强化信息化引领作用，实现技术深度赋能，为全省自然资源数智化管理提供有力支撑。

河南省自然资源厅、河南省林业局、河南省测绘地理信息技术中心，各省辖市、济源示范区、航空港区自然资源主管部门、技术支撑单位等相关负责同志近600人参会学习。☑（作者单位：河南省自然资源厅）

河南省测绘地理信息技术中心开展财会专题培训

○ 赵紫锋 李庆高

为进一步规范测绘地理信息领域财会管理工作，提升财政规划的科学性和预算编制的精准性，确保资金使用规范，提高资金使用效益，10月16日，河南省测绘地理信息技术中心举办2025年财会专题培训，特邀河南省财政厅预算局和环资处专家，围绕“省级部门财政规划和预算编制”“资金使用、指标调剂等财会常见问题”进行授课答疑。河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰参加会议。

肖峰强调，财会工作是测绘地理信息事业高质量发展的重要保障，必须以更高标准、更严要求抓实抓细。一是学以致用，举一反三。增强预算编制的前瞻性，提前谋划，做到“精打细算”。二是推动业财融合。财务人员既要当好“资金管理者”，更要做好“风险守护者”，推动预算编制与实际生产深度结合，从源头确保预算可操作、易执行。三是树立全局观念。各院要立足自身特色，围绕北斗导航、遥感卫星、信息化建设、特色地图等领域统筹资金使用，提高财政资金使用效益。四是坚守职业操守、筑牢纪律底线。财

务工作涉及资金往来，全体人员要保持自律，经得起诱惑、守得住规矩，确保每一笔资金都用在“刀刃上”。五是保持学习热情，持续进步。测绘工作精益求精，财务人员要多看、多听、多总结，不断提升专业素养。

会上，授课专家围绕政策要求、规划编制等方面进行详细解读，并结合日常业务中的生动案例，提出具体要求和注意事项。讲解既有理论高度，又紧密贴合测绘地理信息领域财务工作实际，具有较强的针对性、指导性和可操作性，使大家对预算管理和资金使用规范有了更清晰、更深刻的认识。同时，培训进一步提升了财务和预算编制人员的专业能力，为科学谋划财政项目、精准编制预算、规范财务管理奠定坚实基础。

会后，授课专家听取了实景三维河南、“河南一号”遥感影像动态更新、“天眼”系统等成果汇报，并对河南省测绘地理信息技术中心承担的省级财政项目完成情况和应用成效给予充分肯定。☑（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

绘就新时代中原测绘新图景

——《河南省测绘条例》修订工作侧记

◎ 本刊特约记者 张永强

山有多高、水有多深、道路有多远……你或许不曾察觉，每一寸土地的精准丈量，每一条航道的科学规划，每一次出行的便捷导航，背后都离不开测绘的坚实支撑。作为国民经济和社会发展的基础性、公益性与战略性工作，测绘始终是人类认识世界、改造世界的“眼睛”。从古人观星定影、步量大地的智慧探索，到如今卫星遥感、无人机航拍、北斗定位的科技赋能，测绘技术的迭代升级，正持续为数字中国建设注入强劲动力。

在中原大地这片热土上，测绘的身影无处不在。从郑州鳞次栉比的高楼大厦到豫东一望无际的农田沃野，从纵横交错的“米”字形高铁网到城市地下纵横的管线脉络，测绘如同一张无形却精密的“时空网络”，贯穿于经济社会发展的每一个关键环节，为河南的建设与发展提供精准的空间数据支撑。

时代浪潮奔涌向前，人工智能、实景三维、低空遥感等新型测绘技术加速涌现，低空经济、智能网联汽车、智慧政务等新业态蓬勃兴起，这些新变化对测绘工作的精准度、时效性、服务范围提出了更高要求。顺应时代呼唤，2025年9月7日，河南省第十四届人民代表大会常务委员会第十九次会议审议通过新修订的《河南省测绘条例》（以下简称《条例》），为河南测绘事业高质量发展筑牢法治根基。这部凝聚着多方心血与智慧的法规，将于2025年12月1日正式施行，标志着河南测绘地理信息法治建设迈入新阶段，其修订历程更是河南测绘事业紧跟时代步伐、主动求变的生动缩影。

时代之需：旧规新变的必然抉择

1995年,《河南省测绘管理条例》正式出台,为河南测绘工作搭建起首个法治框架。2004年,随着经济社会发展需求升级,条例迎来全面修订。此后21年间,这部法规如同忠诚的“守护者”,规范测绘市场秩序、保障基础测绘项目推进、支撑城市建设与土地规划,为河南测绘地理信息事业发展保驾护航。

然而,科技革命的浪潮推动测绘领域发生颠覆性变革。如今,打开地图App即可精准穿梭郑州高铁网络、指尖滑动就能“云游”嵩山少林与龙门石窟、卫星遥感实时监测黄淮平原的丰收景象——测绘地理信息已从单纯的“数据记录”,转变为改造传统产业、激活新兴产业、布局未来产业的核心生产要素,深度融入经济社会发展的方方面面。

新形势下,原条例的局限性逐渐凸显。在经济建设领域,传统测绘成果更新周期长的问题愈发明显,难以满足城市规划建设的实时需求;在社会治理层面,智慧出行、智能物流等新业态对导航定位的精度要求不断提升;在应急救援场景,面对极端气候灾害与城乡洪涝,现有应急测绘保障机制响应不及时、数据不精准的短板亟待补齐。同时,低空经济、实景三维、北斗导航等新兴领域缺乏明确法律规范,工程项目中重复测绘、多头提交成果等问题浪费资源,民众对测绘公共服务的多元化需求尚未得到充分满足。

此外,2017年修订的《中华人民共和国测绘法》在保障地理信息安全、促进成果社会化应用、推动产业发展等方面提出新要求,原条例与上位法的衔接亟待加强。“现行条例已无法适配我省经济社会发展与测绘工作的实际需求。”河南省自然资源厅党组书记、厅长陈治胜坦言,“以基础测绘成果更新为例,城市建设速度远超原有更新周期,导致部分数据与现实脱节;在数据共享应用上,机制不畅的问题也制约了测绘数据价值的充分释放。”

在此背景下,修订《河南省测绘条例》成为必然选择——既是衔接上位法、细化法律要求的法治需要,也是适应新技术、新业态、新需求的发展需要,更是将河南测绘工作的成熟经验固化为制度、推动测绘管理从“分散管理”向“协同治理”转型的关键举措。

修订之路：多方参与，精心雕琢

《河南省测绘条例》的修订,绝非“一蹴而就”的简单调整,而是一场贯穿“科学立法、民主立法、依



● 河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚(右一)出席河南省2025年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动

法立法”原则,凝聚多方智慧的严谨过程。从立法调研到草案起草,从征求意见到审议完善,每一个环节都力求全面覆盖需求、充分吸纳民意。

2024年,河南省自然资源厅按照省人大常委会立法工作计划,将《河南省测绘地理信息条例(修订草案)》起草工作列为推动自然资源法治建设的重点任务,迅速成立由测绘领域专家、学者及一线管理骨干组成的起草小组。工作启动后,起草小组深入基层开展调研,既走进郑州的测绘企业了解新技术应用瓶颈,赴洛阳考察实景三维建设对城市精细化管理的支撑作用,还深入南阳、信阳的乡村田间,调研测绘技术在茶园灌溉规划、乡村振兴中的实践应用。“在信阳的一个村庄,我们亲眼看到测绘数据帮助村民优化灌溉系统,茶叶产量大幅提升。这让我们更加明确,条例修订必须紧扣民生需求。”一位参与调研的工作人员回忆说。

与此同时,起草小组还对标江苏、浙江、广东等先进省份,学习其在测绘数据共享、新型基础测绘设施建设等方面的经验,结合河南实际进行本土转化,确保草案兼具前瞻性与可操作性。

河南省自然资源厅完成起草后,河南省司法厅接棒推进立法程序,组织调研团队走遍河南各地,深入测绘单位、企业与一线作业现场,倾听最真实的声音。在商丘一家测绘公司,负责人反映“工程建设项目重复测绘、多头提交成果,既浪费成本又延误工期”问题;在郑州高校座谈会上,专家提出“在法规中强化测绘人才培养与规范”建议,都被逐一记录,成为修订的重要依据。

广泛调研后,河南省司法厅从法律合规性、政策适配性、立法技术等维度对草案进行全面审查,邀请



●河南省自然资源厅立法调研小组在广东深圳华为技术有限公司调研

法律专家与行业资深人士组成审查小组，对每一条款反复推敲。针对地理信息安全、成果汇交等关键条款，审查小组多次讨论优化表述，避免歧义，确保条款既符合上位法要求，又贴合河南实际。2025年2月27日，河南省司法厅将《河南省测绘管理条例（修订草案征求意见稿）》向社会公开征求意见，一个月内收到反馈意见数十条，为草案完善提供了丰富参考。

经过反复修改、数易其稿，2025年6月4日，《条例（修订草案）》经河南省政府第61次常务会议讨论并原则通过，进入人大审议阶段。

此后，河南省人大常委会法制工作委员会通过多渠道广泛征求意见：向省直部门、省辖市人大常委会、基层立法联系点发送征求意见函；在河南人大网全文公布草案；召开专家论证会，邀请法学专家、测绘从业者“把脉问诊”。“征求意见期间，许多建议极具价值。”全程参与立法工作的河南省人大法制委员会副主任委员王新民回忆，“有委员建议强化测绘公共服务的民生属性，有专家提出增加低空经济领域的测绘应用规范，这些建议最终都被采纳，成为条例的亮点内容。”

2025年7月28日，草案提请河南省十四届人大常委会第十八次会议首次审议，常委会组成人员围绕“强化测绘在社会公共事务管理与民生服务中的作用”等提出修改意见。会后，法制委员会联合省自然资源厅、立法专家及基层立法联系点业务骨干，结合意见对草案进一步修改，并再次征求各方意见，其中基层立法联系点提出的16条意见被采纳7条。为掌握实际情况，法制委员会还赴鹤壁、洛阳、新乡、焦作等地开展补充调研，一位老测绘工作者“设备在升级，制度保障也要跟上”的感慨，更坚定了完善条款的决心。

2025年9月3日，法制委员会召开全体会议逐条审议草案，形成《条例（修订草案）》（审议修改稿）；9月7日，该审议修改稿提请省十四届人大常委会第十九次会议审议，最终表决通过，一部契合国家法律规定、贴合河南测绘实际的法规正式诞生。从酝酿到出台，历时两年有余，《条例》的修订凝聚着立法工作者、专家学者与测绘从业者的智慧，每一次调研、每一轮征求意见、每一次审议，都彰显着立法的审慎与严谨。

理念之光：贯穿始终的立法思路

此次修订中，法规名称从《河南省测绘管理条例》改为《河南省测绘条例》，看似简单的“管理”二字删减，背后是立法理念的深刻转变——从侧重“管理”转向“统筹协同”，构建覆盖测绘基准、测绘系统、基础测绘、成果汇交及共享应用的全链条制度体系。过去，测绘各环节衔接不畅，如测绘基准与基础测绘项目协同不足；新《条例》则像“指挥家”，整合各环节资源，推动全省测绘事业从“分散”向“协同”转型，实现提质增效。在基础测绘规划上，《条例》明确省、市、县三级职责，避免重复建设与资源浪费，形成“全省一盘棋”的发展格局。

面对新技术浪潮，《条例》与时俱进增设“新测绘新应用”一章，为测绘事业插上创新的翅膀。在大数据时代，数据是核心生产力，《条例》鼓励企业依法参与地理信息数据的集聚、更新、共享与交换，提升数据共享水平；同时推动测绘地理信息与实体经济深度融合，支持北斗导航定位、数字地图、遥感数据在低空经济、平台经济、智能网联汽车等新业态中的应用，为数字河南建设打造坚实的时空数据底座。

地理信息安全是不可逾越的底线。《条例》坚守底线思维，强化对地理信息获取、存储、使用的全流程管理：加强卫星导航定位基准服务系统监管，规范基准站建设与运行维护，确保符合国家标准、不危害国家安全；严格管理测绘成果，明确基础测绘成果异地备份存放制度，规范成果利用审批程序；加强互联网地图监管，要求服务单位使用经审核的地图、建立数据安全管理制度，全方位守护国家地理信息安全。

动力之源：新《条例》亮点纷呈

新修订的《河南省测绘条例》共8章60条，相较于现行条例，删除23条、修改14条、增加46条。正

如陈治胜厅长所言,《条例》紧扣新时代要求、聚焦新使命任务,既贯彻上位法精神,又贴合河南实际,创新亮点突出。

亮点一:升级测绘公共服务,聚焦民生需求

为更好地服务民众,《条例》在立法目的中新增“满足人民群众对美好生活的需要”,将民生需求置于核心位置,彰显“以人为本”的立法理念。“测绘不再只是服务经济建设与政府决策,更要贴近百姓生活。”河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚在接受采访时表示。

《条例》明确要求建立统一的卫星导航定位基准服务系统,并向社会免费提供导航定位基准信息公共服务。这意味着河南民众的开车导航、手机定位将更精准可靠——无论是日常出行找路、物流配送定位,还是共享单车停放管理,都能依托这一公共服务获得更高质量的位置服务,让出行更便捷、生活更高效。

同时,《条例》要求县级以上人民政府测绘地理信息主管部门加快建设新一代地理信息公共服务平台,提升地理信息开放水平;鼓励通过平台获取数据,开发“按需即供、个性服务”的时空大数据应用模式,打造智慧便民生活圈,丰富交通出行、文化旅游、购物消费、居家生活、养老托育、家政服务场景的数字化应用。例如,民众查找养老机构时,可通过平台精准获取机构位置、周边交通等信息;规划旅游路线时,系统能依据地理信息推荐最优景点组合,让民生服务更贴心。

亮点二:缩短成果更新周期,提升数据时效性

为适配经济社会快速发展需求,《条例》大幅缩短基础测绘成果更新周期:1:5000、1:10000比例尺地图实行年度更新;1:500、1:1000、1:2000比例尺地图更新周期不超过三年;数字高程模型更新周期不超过五年;地形级、城市级实景三维实行年度更新且日常实时更新;基础地理信息时空数据库系统实行年度更新并动态维护;全省基础航空影像更新周期不超过三年,航天影像按需及时更新;公益性地图实行年度更新且日常实时更新,基本地图集(册)更新周期不超过五年,政务工作用图按需更新。同时,针对城市快速发展区域、自然灾害多发地区及重点领域需求,要求成果“及时更新”。“郑东新区建设日新月异,现在测绘数据能实时更新,真正实现了地图‘保鲜’。”河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生举例说。

亮点三:推动测绘新技术应用与数据共享,助力数智强省建设

《条例》专设“新测绘新应用”一章,明确建立健全政府间地理信息资源共建共享机制,推动测绘数据流通交易与开发利用,鼓励社会资本参与测绘数据开发。针对低空经济这一战略性新兴产业的发展需求,《条例》第四十五条明确规定:“县级以上人民政府测绘地理信息主管部门应当完善北斗导航、实景三维等低空基础设施建设,推动测绘地理信息数据与低空经济相关数据融合,为低空飞行器的航路规划、设施布局、导航定位、运行监管等提供精准地理信息服务,助力低空经济高质量发展。”这一规定为河南低空经济发展提供了有力支撑,将测绘地理信息的关键作用融入新兴产业,为未来城市空中交通、无人机物流配送等场景奠定了制度基础。

“未来无人机导航、航路规划都离不开精准的测绘数据,《条例》的出台将加速新型测绘技术与低空经济的融合,推动产业快速发展。”河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任武永斌表示。

亮点四:拓宽基础测绘覆盖面,夯实要素保障基础

《条例》将原本没有列入基础测绘范畴,但根据上级安排或工作需要一直开展的内容明确为基础测绘,将“卫星导航定位基准服务的建设维护和更新、数字高程模型的制作和更新、地形级城市级实景三维建设和更新、地理信息公共服务平台的建设维护和更新、全省激光扫描数据和航空航天数据的获取处理、政务工作用图”等内容纳入省、市基础测绘范畴。同时,根据地方调研意见将地下空间和地下管线的普查、测绘、建库和更新工作纳入市、县基础测绘范畴。



●河南省司法厅在鹤壁市召开《河南省测绘条例》第一次立法审查会

永久性测量标志是测绘工作的“基准点”，《条例》明确其属地管护职责：县级人民政府测绘地理信息主管部门应当会同永久性测量标志所在地乡镇人民政府、街道办事处，明确管护单位或人员，签订管护协议并支付费用，实现常态化管理。“过去部分测量标志因管护责任不明确，出现损坏、擅自移动的情况。《条例》从法规层面健全机制，能有效保障测量标志安全，为测绘数据精准性筑牢基础。”武永斌表示。

亮点五：加强测绘成果汇交管理，促进地理信息资源共享利用

《条例》进一步完善了成果汇交制度，明确规定：基础测绘和使用财政资金的测绘项目，以及关系到国家安全、应对突发事件、防灾减灾的测绘项目，应当汇交测绘成果目录和成果副本；其他测绘项目应当汇交成果目录；鼓励社会资本投入的测绘项目主动汇交成果副本。这将有效避免重复投入与测绘，推动测绘地理信息成果的共建共享。

亮点六：强化测绘工作财政保障，提升测绘服务能力

《条例》明确规定，县级以上人民政府应当加强对测绘工作的领导，将测绘事业纳入本级国民经济和社

会发展规划，并将全省性、跨区域的基础性、公益性、战略性基础测绘、应急测绘和地理信息管理，省重大测绘地理信息工程的组织实施等所需经费纳入省级财政予以保障，将其他地方性基础测绘、应急测绘等所需经费纳入市、县级财政予以保障。这将有力推动基础测绘、应急测绘、地理信息管理和重大测绘工程的经费保障，切实提升测绘公共服务保障能力，为经济社会发展提供可靠的基础支撑。

亮点七：完善应急测绘保障，提升服务能力

近年来极端灾害频发，应急测绘重要性日益凸显。《条例》第二十四条规定：“县级以上人民政府应当将应急测绘设备和人员纳入本级应急管理体系，保障应急测绘设备的更新和维护经费，并定期组织测绘地理信息主管部门与应急管理等部门开展联合演练，提升应急协同能力。”这一规定将应急测绘全面融入政府应急管理体系，强化部门协同，确保灾害发生时应急测绘队伍能快速响应，为救灾指挥、方案制定提供精准数据支撑，最大限度保障民众生命财产安全。

亮点八：推行“多测合一”，优化营商环境

针对工程建设项目中重复测绘、多头提交成果的痛点，《条例》明确规定：工程建设项目涉及多项测



●郑州东区夜色 刘予平/摄

绘服务的，应当按照国家和省有关规定实行“多测合一”，在立项用地规划许可、工程建设许可、施工许可、竣工验收等阶段，执行统一测绘技术标准和规则，避免重复测绘与多头提交。这一改革如同“及时雨”，有效解决了企业“多次测绘、反复跑路”的问题，既能缩短项目审批时间，又能降低企业成本，为优化河南营商环境提供了有力支撑。

“过去一个项目可能需要多个测绘单位反复作业，不仅浪费资源，还容易出现数据不一致问题。‘多测合一’实施后，这些问题将大幅减少。”河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长王军胜解释说。

未来之路：法治护航新征程

“《河南省测绘条例》的审议通过，标志着河南测绘地理信息法治建设迈上新台阶，对推动测绘事业转型升级、赋能经济社会高质量发展、满足人民群众美好生活需要具有重要意义。”河南省自然资源厅党组书记、厅长陈治胜表示。这部法规的实施，不仅是河南测绘事业的新起点，更开启了测绘赋能中原发展的新征程。

未来，随着《条例》落地，河南测绘工作将更规

范、更高效：测绘地理信息数据将更精准、更及时，为城市规划、灾害救援、生态保护等领域提供更强支撑；“空、天、地、网”一体化监测体系加速构建，从“河南一号”卫星到地面传感器，全域覆盖的感知网络将实现农作物长势、地质灾害隐患的实时监测；地理信息产业也将迎来新机遇，《条例》鼓励社会资本投入，推动北斗导航、数字地图与实体经济融合，预计到2030年，河南地理信息产业规模将突破千亿元。

法规的生命力在于实施。“我们将通过多样化宣传培训，让全社会了解、遵守、运用《条例》。”景志刚表示，河南将从三方面推动《条例》落地：一是加大宣传力度，提升测绘从业人员、相关部门及公众的法治意识与专业认知；二是完善配套政策，细化《条例》条款，增强可操作性；三是强化监督管理，严守数据安全底线，保障测绘事业健康有序发展。

从2025年秋天出发，《河南省测绘条例》如同一张精准的“蓝图”，正以法治力量重塑中原大地的时空表达。它不仅为测绘工作提供坚实保障，更在为河南高质量发展绘制智慧未来——在新时代浪潮中，河南测绘事业必将破浪前行，为中原更加出彩、人民生活更加美好的图景，添上精准而亮丽的一笔。☑



河南省遥感院荣获地理信息领域多项大奖

近日，中国地理信息产业协会公示2025年度地理信息科技进步奖评选结果，河南省遥感院牵头完成的两项核心科技成果表现亮眼，其中“主被动遥感粮食作物农保核查与估产关键技术及应用”获一等奖，“全国产化国土空间规划‘一张图’关键技术及应用”获二等奖，同时该院在省级科技奖项及工程奖项评选中多点开花，彰显该院地理信息领域科技创新硬实力。

在国家级科技奖项方面，两项获奖成果均聚焦行业关键需求，实现技术突破与实际应用深度融合。

“主被动遥感粮食作物农保核查与估产关键技术及应用”项目，由河南省遥感院联合河南理工大学自然资源部矿山时空信息与生态修复重点实验室等单位共同研发。针对农业保险领域主粮作物识别、灾损评估、产量估算的精准化需求，该项目构建全链条技术方法体系，研发农业保险评价信息平台，推动农业保险从“经验核保”向“数字核保”

根本性转型，为国家财政补贴资金风险管控提供有力支撑。“全国产化国土空间规划‘一张图’关键技术及应用”项目，则围绕国产信创适配、规划审查标准化、跨层级协同治理等核心需求攻关，形成全栈可信基座云原生架构重构、多源规则智能判别、AI动态预警等技术体系，构建“规划—实施—监测—反馈”闭环监管路径，实现从技术底座到应用体系的系统性创新，为国土空间规划智能化治理提供技术范本。

除国家级奖项外，河南省遥感院在省内科技创新领域同样捷报频传。“多模态数据融合的露天矿山智能监管关键技术及应用”“天地协同的应急救援指挥体系关键技术研究及应用”等项目，共斩获河南省测绘科技进步奖、地理信息科技进步奖、遥感科技进步奖等8项省级科技奖项。

在工程奖项方面，该院成果再添荣誉。“河南省‘天眼’系统

建设数字高清影像制作项目”荣获2025年度地理信息产业优秀工程金奖；“智慧鹤壁时空大数据平台试点项目”获该类奖项银奖，同时与“洛阳市基础地理信息数据库建设及更新项目”等一同拿下省级测绘优质工程奖、地理信息优秀工程奖共计9项，充分展现技术成果的工程应用价值。

近年来，河南省遥感院始终将科技创新作为核心驱动力，依托省遥感大数据工程技术中心、省空天信息智能处理与集成应用工程研究中心、自然资源科创中心等平台，深耕人工智能遥感应用技术攻关，持续提升科研创新综合实力，为自然资源高效能治理和经济社会高质量发展提供坚实技术支撑。下一步，河南省遥感院将进一步释放技术积淀与科研特色协同优势，加速多元创新成果向实际应用场景转化，力争在地理信息行业创新赛道再创佳绩，为全省经济社会发展注入更多科技动能。☑（河南省遥感院 张蓓蓓）

河南省地理信息院获得“数据提供方”和“数据商”凭证

近日，河南省地理信息院顺利通过郑州数据交易中心数商资格认证，获得“数据提供方”和“数据商”证书。这一认证标志着河南省地理信息院在地理信息数据服务、数据库建设、更新和维护以及自然资源数据汇聚和应用等方面的专业能力获得数据要素市场的权威认可。

在数据要素时代，数商概念被不断强化。在推进数据要素市场化配置过程中，特别是在丰富完善数据交易的基础制度建设、促进数据

流通和开发利用等方面，数商扮演着重要角色，发挥着关键作用。作为地理信息数据提供商，河南省地理信息院拥有丰富的地理信息资源储备，形成了完整的地理信息数据产品体系，可提供从地理信息数据采集、处理、分析到可视化的全链条服务，覆盖自然资源、智慧城市、应急管理、交通等多个行业。该院还建立了严格的数据质量控制体系和数据安全保护制度，确保提供的数据产品具备可靠性、时效性和安

全性。

下一步，河南省地理信息院将通过郑州数据交易中心平台，高效推动地理信息数据要素市场化流通，助力交易各方挖掘地理信息空间数据价值，持续完善数据要素市场化各项制度、推动地理信息数据交易标准化规范化发展，为数据交易建设提供更多地理信息支撑服务，为构建完善的数据要素市场体系作出更大贡献。☑（河南省地理信息院 吴建军）

南阳加强测量标志管护 守护地理信息“基石”

近日，南阳市自然资源和规划局组织各县（市、区）开展测量标志年度巡查，通过全面普查、科学修复、精准管护等举措，大幅提升测量标志管护效能，为省域副中心城市建筑牢地理信息保障根基。

据悉，该局对南阳市 1554 个

测量标志点进行逐一核查，彻底摸清测量标志现状与管护底数。针对普查发现的问题，秉持“科学统筹、厉行节约”原则，制定分级分类分阶段修复方案，计划用两到三年时间完成受损标志的修复任务，确保测绘基础设施持续发挥效能。在管

护机制优化方面，该局多项举措同步落地：所有标志点信息全部纳入测量标志管理信息系统实现实时更新，1000 余份托管协议的签订让每个有效标志点都有明确的管理责任主体；通过规委会宣传片、报纸专题采访等多渠道宣传，显著提升社会公众的保护意识；建立“年度巡查+随机抽查”常态化监管模式，实现测量标志保护动态管控。

截至 10 月中旬，南阳卫星导航定位基准站年度运行完好率达 95%，测量标志年度损毁率在 1% 以内，管护成效较往年大幅提升。下一步，南阳市自然资源和规划局将持续完善测量标志管护机制，加大保护与修复投入，进一步夯实测绘基准体系，服务当地经济社会高质量发展。☑（南阳市自然资源和规划局 朱丁文 赵海清）



淮滨县三维地籍应用试点项目通过省级验收

9 月 19 日，河南省三维地籍建设省级示范项目——淮滨县地籍信息系统和三维地籍应用试点建设项目在郑州通过省级验收。

验收会上，来自网络空间部队信息工程大学、河南省地质研究院等单位的专家，观看了成果演示，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，认为项目数据成果精度可靠、信息准确；数据库图层设置科学合理，拓扑关系严谨无误；三维地籍信息系统功能完善、运行稳定且操作便捷；整体成果达到省级示范项目建设要求，具备较强的示范引领作用，同意通过验收。

作为项目实施主体，淮滨县自

然资源局高度重视项目推进，全程主导建设过程，积极协同河南省遥感院等技术团队，推动项目取得多项关键成果。在数据建设层面，完成开发边界内 0.03 米分辨率三维 Mesh 建模，构建“宗地-自然幢-户室”三级三维产权体数据体系，实现权属信息与空间形态的精准关联；在信息系统层面，研发涵盖不动产管理、数据更新等八大模块的三维地籍信息系统，具备三维产权体构建与管理、楼盘表二三维联动、地籍信息智能统计等核心业务能力，实现图属功能强耦合关联；在技术标准层面，结合淮滨实际编制三维地籍建设标准、规范及要点

导则草案，突破传统二维地籍管理的空间表达局限，探索出复杂空间权属管理的新路径、新方法。

下一步，淮滨县自然资源局将以此次验收为新起点，聚焦“成果转化、应用深化、长效保障”目标持续发力，一方面推动项目与不动产登记业务全流程深度融合，重点破解复杂产权登记场景难题，提升政务服务体验；另一方面积极推进项目成果嵌入国土空间规划“一张图”审批系统，在项目选址、用地预审、规划许可等环节实现空间权属冲突智能预警，全面提升不动产信息精准化管理与空间化管控能力。☑（河南省遥感院 王森）

2025年河南省地理信息产业20强和最具活力中小企业系列报道

深耕测绘领域 勇担时代使命

——河南纬达勘测规划设计有限公司工作扫描

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 李林原 张晨楠

洛阳——这座被邙山环抱、伊洛穿流的古都，其地理坐标本身就是一部活的测绘史。从周公营洛时“土圭测景”确立天地之中，到隋炀帝命宇文恺“按图索骥”营建东都，精准的地理测量始终是洛阳作为都城的立城之本。如今，GNSS 穿透王城公园的千年古柏，全站仪锁定应天门遗址的夯土层，当代测绘人正以毫米级精度，为“河山拱戴，形胜甲天下”的古都洛阳绘制新时代的空间密码。

近年来，河南纬达勘测规划设计有限公司（以下简称“纬达勘测”）始终以“精测细量、服务民生”为宗旨，在测绘地理信息领域深耕细作，业务覆盖自然资源、城乡规划、交通建设、农业发展等多个领域，凭借过硬的技术实力和高效的服务质量，在业内获得“敢打硬仗、能打胜仗”的良好口碑。

攻坚克难铸金奖

2025年7月，河南交通投资集团洛阳分公司高速公路转移登记办证测绘项目荣获河南省地理信息产业优秀工程奖金奖。荣誉的背后，是纬达人勇于担当的拼搏精神。该测绘项目涉及9条高速公路、14个县（市、区），需完成225本土地证（面积3800万平方米）、60本房产证（面积4万平方米）的转移登记，任务量是普通项目的3倍，但工期却被压缩近半。

面对“不可能完成的任务”，纬达勘测总经理刘鹏迅速组建工作专班，将团队设置为外业测绘、内业处理、协调对接三个小组，以“早7点碰头、晚9点汇总”的高强度节奏推进工作。

2024年10月的洛阳山区，秋意渐浓却阴雨连绵。在熊耳山、伏牛山余脉和万安山之间，外业技术人员冒雨顶风开展复核工作。饿了，凉馒头就着咸菜充饥，渴了，喝几口矿泉水。为了确认边界点，他们深一脚浅一脚蹚过泥泞的玉米田，鞋袜湿透全然不顾，继续



● 河南纬达勘测规划设计有限公司总经理 刘鹏

抢时间赶路。

2024年11月18日，连霍高速新安段再遇雨天，地面湿滑难行。技术人员杨法强、金宇、吴昭宁和杨慧鹏四人在雨中坚持作业，3公里的测绘任务是在泥水中完成的。在行进途中，杨法强不慎滑倒，第一反应却是紧紧护着手中的仪器，生怕损坏影响数据精度。回到驻地，看着浑身湿透的队员们，杨法强却笑着说：“测量数据拿到了，值了！”

与此同时，内业人员在办公室坚守“后方堡垒”。项目期间，内业人员共处理12000多组数据，核对285本相关证书。凌晨的办公室，图纸与泡面成了常见的“搭档”。李雅净将刚满两岁的孩子交给婆婆照顾，自己吃住在驻地加班加点工作，只在晚上休息前通过视频看一眼孩子。赵婷的孩子发烧至39℃，电话那头孩子虚弱的哭声让她心里揪成一团。她愧疚地对家人说：“项目正在关键期，我走不开。”挂断电话后，她抹着眼泪继续处理数据。最终，团队用30天完成了原计划45天的数据梳理与成果输出。

在纬达勘测，“我们”而非“我”，是每个项目过程中最动人的词汇。外业队员发烧，内业同事立刻

顶上；外业队员冒雨测完最后一个点位，内业人员同步处理数据，直至凌晨完成工作，这份团结与执着，不仅让项目圆满落地，更让纬达勘测的担当精神在测绘战场上闪闪发光。

“从项目启动那一刻，纬达人就展现出非凡的专业能力。每一个测绘细节都把控得极其严格，每一组数据都经过反复核实，彰显了深厚的技术功底和丰富的实践经验。没有他们的全力支持和付出，我们这个项目不可能顺利完成。”业主单位负责人感慨地说。

精测细量筑通途

在豫西大地的崇山峻岭与平原阡陌之间，焦作沁阳至洛阳伊川高速公路正在成为连接菏宝高速与二广高速的交通纽带。项目建设前期，纬达勘测承担沁阳至伊川高速（洛阳境）勘测定界项目，在60公里的长线上实现零误差的精准数据测量，为这条“黄金通道”奠定了坚实基础。该项目荣获2023年河南省优质测绘工程奖二等奖。

勘测定界是高速公路建设的“第一道关卡”，但是要面对复杂的自然环境考验。项目沿线横跨偃师平原与伊川浅山，春夏有蚊虫肆虐的田间地头，秋冬有寒风刺骨的荒坡沟壑。测绘队员每天凌晨5点携带沉重的仪器出发，徒步穿越田野沟壑、攀爬山坡成为常态。在偃师东部林地勘测时，队员手抓树干、脚踩碎石避开灌木林，裤腿划破、皮肤划伤成为“标配”；灌溉季节为了不破坏农作物，大家扛着设备绕行几公里，一天行走4万多步，晚上还要连夜整理数据，确保“当日事当日毕”。

与此同时，在沁阳至伊川高速（洛阳境）勘测定界项目推进中，纬达勘测采用“无人机航测+地面三维激光扫描”融合技术获取外业数据。针对传统放样效率低的问题，通过自主研发的“权属调查App”，现场录入信息、拍摄照片并同步至云端，避免后期反复核对。最终，经过纬达人的团结协作，该项目提前完成，项目成果一次性通过河南省自然资源厅审核，成为河南高速征地建设的“精准蓝本”。

如今，这条全长将近100公里的高速公路正加速推进建设，未来将温县、孟州、偃师、伊川等地串珠成线，为焦作和洛阳两市交通运输、乡村振兴、文旅资源开发注入新动力。而纬达人留下的每一个脚印、每一组数据、每一张图纸，都成为这条富民之路的坚实“基准”。

科技赋能破难题

2020年，纬达勘测在承接洛阳新安县第四批补充耕地项目地形图测绘中，测区地形条件复杂，既有陡峭山坡又有大面积植被覆盖，给传统测绘带来巨大挑战。项目时间紧、任务重，精度要求高，直接关系到耕地验收与资金结算。

这次，纬达勘测自主研发的山区地形图测绘系统派上了大用场。项目作业中，无人机载激光雷达对项目区进行大面积快速扫描，8小时内完成传统方法需5天的外业数据采集。通过GNSS、IMU与相机的多源融合，确保在复杂地形下的高精度时空配准，真实还原地表形态。

在数据处理环节，该系统的智能分类与优化等高线生成算法，将原本需1周的人工处理时间压缩至2天，大幅提升了数字高程模型（DEM）、等高线及彩色地形图的生成效率。通过全流程自动化，项目不仅提前完成地形图测绘任务，还为业主方节约了人力与时间成本，为后续耕地质量评估、规划设计与验收提供了坚实的数据支撑。

刘鹏介绍，按照边建边用理念，纬达勘测研发出山区地形图测绘系统。为验证系统平台适配性，技术人员携带背包式激光雷达在密林中穿梭；为测试无人机载系统在复杂天气下的稳定性，他们顶风在山顶蹲守，反复调整飞行参数；针对山区复杂地物特征，优化点云滤波与分类算法，经过上千次实验，实现地面点与植被、建筑物的高效分离，确保DEM精度达标。

全流程智能化是山区地形图测绘系统的亮点，它采用分类技术快速处理海量数据，利用优化后的等高线生成算法精准反映地形起伏，基于多源数据融合成图技术生成彩色地形图，使项目工期大幅缩短，精度显著提升。

纬达勘测利用科技赋能，让新安县2020年第四批补充耕地项目在保证精度与质量的前提下，实现测绘工作的高效化、智能化，树立了同类项目的标杆。

未来，纬达勘测将以“技术创新”为核心驱动力，深化激光雷达、无人机航测、大数据分析等技术融合应用，探索测绘地理信息与智慧城市、生态保护、乡村振兴的深度融合，为更多领域提供高质量数据服务。

“深耕测绘领域，勇担时代使命。纬达人将始终坚守诚信、专业、创新、担当的发展理念，以过硬的技术、高效的服务，为河南经济社会发展贡献更多纬达力量！”纬达勘测总经理刘鹏表示。☑

河北测绘地理信息事业迈上高质量发展新台阶

◎ 孙玉霞 戴祥祥



测绘地理信息是重要的战略性数据资源和新型生产要素，在推动高质量发展中具有基础性、先行性的重要地位和作用。今年以来，河北省自然资源厅深入贯彻《中华人民共和国测绘法》《河北省测绘地理信息条例》，扎实推进新型基础测绘体系建设，在改革创新、转型升级、数据服务、安全监管等方面取得显著成效，为全省高质量发展提供了坚实的自然资源支撑。

以法治护航，夯实测绘管理根基

为加强测绘地理信息管理，服务河北经济建设、社会发展、国防建设和生态保护，维护国家地理信息安全，根据《中华人民共和国测绘法》等有关法律、行政法规，河北省结合实际，制定并实施《河北省测绘地理信息条例》，自今年3月1日起全面落地。该条例从当前河北测绘地理信息工作中亟须立法解决的突出问题着手，明确了对新业态测绘的界定，聚焦基础测绘与新业态测绘、测绘资质资格、成果管理与地理信息服务等重点领域，推动测绘地理信息与新业态深度融合，进一步规范行业秩序，提升治理能力。

从今年3月1日新条例实施以来，全省共审批104项测绘资质许可事项，办理691个测绘作业证，备案1197个测绘项目，完成108项测绘师初审转报。同时，引入第三方技术审查协助省级测绘资质审批，指导各地规范开展测绘资质审批、作业证办理和项目

备案工作，并配合自然资源部做好全国测绘项目成果抽检准备，全面推动审批流程的规范化与标准化建设。

以数据赋能，驱动经济社会高质量发展

为充分发挥地理信息资源对各行各业的赋能作用，促进产业转型升级，河北省不断夯实测绘数据基础，拓展应用场景，让测绘成果惠及更多领域。

随着数字经济快速发展和新型基础测绘体系不断完善，时空信息作为关键生产要素和战略资源，其标准化、精准化和智能化水平已成为衡量区域发展质量的重要标志。河北省多措并举推进测绘地理信息事业创新发展，持续释放数据红利，赋能各行各业。

在标准化建设方面，《北斗位置基准服务平台数据接口规范》已于9月11日正式实施。该标准为全省北斗高精度定位服务提供统一技术依据，推动北斗系统在测绘、交通、农业、气象、应急救援等领域的深度应用，全面提升高精度定位导航服务能力。

在应用深化方面，河北计划在全省打造100个北斗创新应用场景，重点推进城市立体空间管理、地下空间定位导航、数字道路建设等城市治理领域应用，同时拓展至低空空域安全监管、空中游览、无人机配送等新兴领域，全面激发市场活力，加快北斗产业集群发展。

在体制机制创新方面，今年2月26日，河北省自然资源厅正式启动省级测绘事业转型升级先行区建设，选取石家庄、唐山、沧州、邯郸4市及正定、蠡县、广平、鸡泽、临漳、邱县、武安等7县（市）作为试点，从丰富地理信息资源、构建时空信息平台、赋能自然资源管理、助力数字经济发展等七大方面开展探索。重点任务包括建设区域北斗导航定位基准服务系统、研发实景三维数据库与时空大数据平台，推动测绘业务向智能化、融合化转型。各先行区依托地理实体空间身份编码，联通自然资源实体、不动产实体与国土空间规划要素，实现自然资源全业务链协同管理；

同时构建“空天地网”一体化遥感监测体系，推动自然资源在时空维度上的优化配置。

在基础测绘方面，河北已建成省级高等级控制网和北斗卫星定位基准站网，预计2025年年底前建成精度优于3厘米的似大地水准面模型，为全省测绘行业提供高精度空间基准支撑。自2022年起启动“实景三维河北”建设，计划于2025年底初步建成，完成全省0.2米分辨率三维地理信息资源建设，以及11个设区市城镇开发边界内0.05米分辨率的三维地理信息资源建设，为全省经济社会发展和生态文明建设提供高精度地理信息数据保障。

在数据应用层面，沧州市“智慧沧州时空大数据平台”项目入选中国信息协会“2025数字城市管理创新案例”，标志着沧州初步建成覆盖全域、全要素、全周期的智慧城市“时空大脑”，为城市公共管理、应急处置等提供多维度的数据融合与智能分析能力。

《北斗位置基准服务平台数据接口规范》的发布与测绘转型升级先行区建设协同推进，夯实了河北时空信息服务基底。随着标准实施和试点工作的深入，河北将逐步建成覆盖全省、辐射多领域的时空信息服务体系，为自然资源管理、数字经济发展和社会治理现代化提供坚实支撑。

以安全为本，筑牢地理信息安全防线

测绘地理信息安全是国家安全的重要组成部分，涉及数据采集、处理、存储、传输、应用等多个环节，必须严格遵守相关法律法规，确保数据使用合法合规。

河北省始终严守地理信息安全底线，系统构建覆盖数据全生命周期的安全防护体系，全面强化安全管理措施。在涉密地理信息成果分发与使用过程中，严格落实数字水印、加密锁等安全技术，实现可信分发、可控使用和全过程溯源管理。对涉密成果外发加密系统进行全面升级，引入三维数字水印技术，强化对实景三维数据的版权保护与溯源管控。同时，搭建实景三维数据可视化管理系统，梳理成果数据资源，逐步建立分级分类管理体系，提升数据管理的规范性和安全性。

此外，河北省自然资源厅还组织开展地理信息安全保密审查检查，全面排查省本级地理信息安全管理中的风险隐患，摸底调查涉密基础测绘成果使用情况，对重点领域开展专项检查，推动自查自纠，查找问题并整改落实。

在安全与应用协同发展方面，通过组织保密培训活动，破解各级地理信息管理中保密与高效应用之间的难题，确保在安全前提下积极推进最新基础测绘成果的数据共享与应用服务，明确涉密测绘数据的申请流程与使用规范。

以协同促发展，深化京津冀测绘合作

河北省积极融入京津冀协同发展大局，不断深化与北京、天津在测绘地理信息领域的交流与合作，共同推进京津冀测绘地理信息一体化建设；认真完成《京津冀地图》专项内容审查工作，为区域协同决策提供可靠的空间信息支撑。

在强化全省协同能力方面，持续加强对市、县级测绘管理人员及测绘资质单位的业务培训，特别是对具备测绘航空摄影资质的单位开展专项培训和监管，进一步规范无人机测绘操作流程。同时，在符合条件的区域开展试点，探索可复制、可推广的协同作业模式，促进全省各区域测绘工作协调发展。

展望未来：迈向测绘高质量发展新征程

河北省自然资源厅相关负责人表示，将持续深化测绘领域改革创新，夯实基础测绘体系，加快发展测绘新质生产力。同时，推进行业职业技能培训，加强高层次人才培养，打造高素质专业队伍，助力行业提质增效。

未来，河北将以编制《河北省“十五五”基础测绘规划》为契机，科学研判新时期测绘地理信息发展面临的新趋势、新机遇与新挑战，系统谋划全省测绘事业转型升级路径，持续增强测绘对经济社会高质量发展和自然资源精细化管理的服务支撑能力。☑（作者单位：河北省自然资源厅）



李德仁院士：时空智能开启数字孪生智慧城市新纪元

◎ 卓凡

在万物互联、数据奔涌的智能时代，如何让承载着亿万人生活的城市变得更聪明、更高效、更宜居？这已成为全球城市化进程的核心命题。中国科学院院士、中国工程院院士李德仁在第十八届中国智慧城市大会上指出，世界是物质的，物质是运动的，运动的物质世界中，城市是最活跃的区域。时空智能开启数字孪生智慧城市新纪元，让城市更聪明、更智慧，推动智慧城市蓬勃发展。他从时空大数据与时空智能的崛起、数字孪生智慧城市的本质特征、应用实践三个维度，勾勒了智慧城市发展的清晰图景和可循路径。

时空大数据与时空智能的兴起

李德仁院士表示，大数据时代已然到来。无处不在的亿万传感器正产生爆炸性增长的数据，量级从GB、TB级向PB、EB级乃至ZB级跃进。面对结构复杂、体量庞大的数据，迫切需要通过云端计算整合分析，将其快速转化为有价值的信息，探索和挖掘自然与社会的演变规律。一个利用大数据进行预测建模、可视化并发现新规律的时代正在开启。大数据与人工智能结合，标志着全球进入大数据人工智能时代。在数据产生、分析与应用链条中，时空智能的地位日益凸显，重要性甚至超越对互联网数据的挖掘。时空信息技术正加速迈向泛在定位、精准感知的时空智能新纪元，主要体现在：基础定位能力的重大突破、空天地海一体化感知网络的构建、关键技术的创新深化与应用拓展。

一是基础定位能力得到突破，高精度泛在定位技术日趋成熟。音频定位系统实现从定位信号设计、芯片、模组、标签到基站的全链条硬件解决方案，以及跨系统、跨平台的软件方案。该系统已在南京南站为公安民警提供实时位置服务，支撑警勤调配、联防联控应用，覆盖面积55万平方米。在鄂州顺丰机场，可为机场工作人员、车辆和物品提供精确定位服务，覆盖面积46万平方米。在杭州东站，能为室内定位导航、位置共享、

网约车等提供精准定位。此外，商用5G多波束智能定位具备高可用、高精度、广覆盖特点，基于现有5G信号体制，无需额外基站，测距精度达0.32米。基础定位能力的突破，为构建全域覆盖的感知网络奠定了坚实技术底座，支持无所不在的定位、导航、授时服务。

二是构建起空天地海一体化的时空大数据感知网络。空天地海一体化传感器网络构成时空大数据的强大基础。天基方面，全球在轨遥感卫星超1000颗；空基方面，有人/无人机得到普及；地基方面，地面移动测量系统与智能驾驶车辆持续增长；海基方面，海上移动测量系统（光学、激光雷达、声呐）广泛应用；城市感知方面，各类智能传感器（摄像头）遍布城市各个角落；个人终端方面，几乎人手一部智能手机、智能手表。这张强大的感知网络源源不断地产生海量、多维的时空大数据，这是时空大数据的优势。

三是关键技术实现创新与应用深化。激光扫描技术已广泛用于三维点云地图构建、智能巡检机器人、精细化三维建模与三维运维监控平台建设，有效解决复杂城市环境的三维建模难题。卫星在轨智能处理技术，如搭载于“吉林一号”光谱01/02星的“在轨智能森林火灾监测系统”，具备火点自动识别、搜寻、定位功能，结合北斗短报文通信，实现秒级“从传感器到用户”的信息传递，17秒内将火点位置（精度10米）送达消防队员，提升了应急响应时效。“卫星+AI实时目标监测”技术可实时监测移动目标，如珞珈三号01星可获取城市三维视频数据，清晰呈现高层建筑、交通流量甚至单个车辆，服务城市治理、交通管理及国防。珞珈二号01星是世界首颗ka毫米波雷达卫星，其丰富的纹理信息超越光学影像，可测量地表径流面积与流速，在抗洪救灾中发挥关键作用。珞珈三号02星具备高光谱成像、高精度立体测绘、夜光成像及在轨智能处理能力，夜光遥感通过捕捉地表夜间灯光、火源等辐射源，结合数据挖掘与反演，可应用于经济



发展、人口分析、电力能耗、碳排放、城市扩张、环境健康、战争损失等评估及夜间军事活动侦察等，开创卫星遥感从“对地观测”迈向“对人观测”的新纪元。通导遥一体化技术融合持续定位、导航通信、静态/动态成像、临时视频成像能力，实现全球分钟级数据获取。如“东方慧眼”星座计划部署258颗卫星，包括150颗0.5米分辨率光学卫星（5颗卫星一组，多角度同步扫描成像，支持城市三维建模）、100颗雷达卫星（监测地表地形与形变）、4颗高光谱卫星（5天全球覆盖扫描两次，22个谱段，5米分辨率）、4颗红外卫星（每天扫描地球4次，可监测森林火灾、热敏目标和矿产资源），从而构建全球“一张图”基础，研究山水林田湖草沙冰的状态与变化。星座建成后可实现全球目标的“快、清、准、全”感知，构建通导遥一体化的智能解决方案。遥感影像自动化处理与应用技术支撑“空天地海网”态势感知一体化、实时化、精准化，如自动驾驶与移动机器人，面向建筑物遮挡、隧道、地下车库等复杂场景，可解决“最后一公里”问题，L4级智能驾驶车能够实现在城市峡谷、地下车库等条件下的自动驾驶，物流机器人可精确执行路径规划、停靠与作业。

总而言之，时空大数据与时空智能是构建智慧城

市不可或缺的基石，是实现强军、富国、利民，推动人与自然协同可持续发展目标的坚强后盾。

数字孪生智慧城市的特点

李德仁院士强调，智慧城市的最高形态是数字孪生，即通过全域感知将物理世界的城市实体映射到数字空间，构建数字孪生城市。在此虚拟模型中，运用大数据、云计算、人工智能进行深度分析，可实现态势洞察、趋势预测和科学决策，优化城市运营与发展。

数字孪生智慧城市具备四大核心特点：

一是精准映射。通过空、天、地、地下、河道等多层面传感器部署，对城市基础设施进行全面数字化建模，并实时感知和动态监测城市运行状态，在信息维度实现虚拟城市对实体城市的精准表达与映射。

二是虚实交互。城市基础设施建设和居民活动均在实体空间留下痕迹，在虚拟空间产生信息。数字孪生城市中，实体空间可观察痕迹，虚拟空间可搜索信息。城市规划、建设及民众活动在虚实两域同时扩展，虚实融合与协同将定义城市未来新模式。

三是软件定义。为物理城市建立虚拟模型，利用软件模拟人、事、物在真实环境的行为。通过云端与边缘计算，软性指引和调控交通信号、能源、重大项

目管理和基础设施建设。

四是智能反馈。在数字孪生体上进行规划设计、模拟仿真，对潜在的不良影响、冲突矛盾、危险进行智能预警，并提供可行对策建议。以未来视角智能干预城市发展轨迹与运行，优化实体城市规划管理，改善市民服务，赋予城市智慧。

“我们倡导全域数字孪生，通过巧妙组合多种技术，实现模型的轻量化、准确化与精细化，这才是真正的基于数字孪生时空智能的新一代智慧城市。”李德仁院士说，“智慧城市运营大脑是核心支撑，涵盖数据采集、加工、存储、清洗、挖掘、决策、控制与利用服务。其运作模式是，智能化采集加工城市动态数据（如出行数据、电动汽车充电状态、停车场温度等），接入实时地理信息平台，通过实时数据分析、推理与认知，驱动行动（如智能交通管理、无人值守停车场管理）。”

数字孪生智慧城市的典型应用

正如习近平总书记强调的“城市管理要像绣花一样精细”，城市治理需注重科学化、精细化、智能化。据李德仁院士介绍，目前数字孪生智慧城市的应用已在多个领域落地。

一是智慧社区。如深圳市某社区采用时空大数据、人工智能、物联网等技术，发挥实景三维多尺度全空间技术优势，建设数字孪生城市社会基层管理平台，实现城市治理实时感知、全面刻画、精准决策、智能服务。通过房屋实景三维模型，实现分层分户管理，关联人、房等信息，结合智能传感器监测的水、电、燃气等数据，构建住户标准画像。及时发现数据突增异常并预警处理，实现精细化管控。基于实景三维地图，通过人工智能识别消防通道占道行为，获取精准位置，推送至管理人员，及时杜绝消防通道占道行为。基于实景三维地图，关联垃圾桶精确点位数据，结合传感器和摄像头，及时对垃圾桶满溢、异味进行监测预警，通知相关人员精准处理。对孤寡老人分发健康手环，实时监测生命体征，结合高精度定位信息和实景三维地图，对异常情况实时预警，实现精准救助关怀。对社区综合事件进行统计分析，通过实景三维立体化展示社区综合态势，辅助政府部门和社区管理人员直观全面了解社区情况，做好重点事件、重点区域精准防控。

二是智慧电网。融合电力系统物理模型、在线量测数据、无人机/机器人巡检数据、历史数据，集成电气、计算机、通信、气候、经济等多学科知识，进

行多物理量、多尺度仿真，在虚拟空间映射电网全生命周期。电力巡检机器人能实现变电站、输电和配电设备全天时、全方位、全自主智能巡检与安防（巡逻、读表、图像识别、红外测温、视频回传），替代人工，降低风险。通过建立集多要素精准定位、识别建模与三维空间关系计算于一体的软硬件系统，实现安全风险定位预警、无人值守智能管理、错峰按需用电。

三是石油天然气工厂智能化管理。通过建立石油天然气工厂数字孪生平台，精准描述石油天然气工厂物理资产的位置、机械特性、工艺特性、组成等属性，对工厂主要资产、设施进行仿真级三维建模，对重点设备建立可拆解模型，对厂区生产活动涉及的要素进行模拟仿真，解决生产、能源、工艺、安全、环保等各专业在指标颗粒、空间属性、时间属性、数据层次不一致的问题。平台和每一测点都与传感器连接，实时获取各类传感器数据，显示环境温度、湿度、易燃易爆物气体浓度等信息。平台可接入第三方视频监控系統，集成摄像头的三维空间属性，用户可便捷找到需要查询的摄像头位置、实时监控画面。平台还可模拟火灾发生时的情景，并提供最佳逃生路线与应急措施。石油天然气工厂数字孪生平台的应用，大幅提升了资产管理、生产管理、运维管理效率，能够智能分析预警故障，预计每年降低运维成本约2亿元。

四是长江流域生态环境与灾害智能化管理。成功构建天空地观测平台，通过水流泥沙浓度测量分析，服务长江上游水库群防洪调度、中游航道安全监测与应急响应、上游梯级水电综合管理；部署了上万个传感器，积累了亿万条观测记录。通过运用洪水演进模拟系统，实现长江上游各大型水库信息、预报调度信息、流域内水雨情信息实时共享，效率由原来的小时级提高到20分钟到达长江防总、30分钟到达国家防总。通过航道维护辅助分析系统，浅水航道尺度发布周期由10天缩短至7天；航标异常发现时间由最长1天缩短至10分钟，恢复时间由8小时缩短至2小时；水位测报由一天1次或3次人工读尺提升至每小时1次。

李德仁院士强调，空天地时空智能是数字孪生城市的基础，数字孪生城市是数字城市的高级阶段，也是智慧城市的新高度。要建设好基于数字孪生的智慧城市、智慧能源、智慧交通、智慧物流、智慧工厂等，推进基于数字孪生智慧城市的各种智能化应用，实现善政、促产、利民，建设人民满意的城市。（摘编自《中国测绘》杂志2025年第9期）

基于多遥感指数的土地复垦监测研究

黄靓¹ 徐卓琳² 吴玉炜¹

(1. 江西省国土调查规划研究院, 江西 南昌 330000; 2. 江西农业大学国土资源环境学院, 江西 南昌 330045)

摘要: 土地复垦是缓解人地矛盾、改善生态环境与保障耕地红线的重要举措。江西省作为长江中下游的重要生态屏障, 其县域范围内土地资源开发与复垦状况直接关系到区域生态安全与可持续发展。以江西某县为例, 利用多时相遥感影像, 构建 NDVI、NDBI、EASI、kNDVI 等多遥感指数体系, 结合面向对象分类和随机森林模型, 对 2015~2024 年的土地利用/覆盖变化进行监测, 重点识别复垦区的时空演变特征。结果表明: (1) 研究区耕地、林地是主体景观类型, 但建设用地扩张和采矿迹地增加明显; (2) 复垦区识别精度整体达到 92% 以上, 指数融合能有效区分裸地、建设用地与复垦耕地; (3) 2015 年以来复垦区面积增加约 12.6km², 复垦率逐步提升, 但复垦质量存在差异, 部分区域存在植被恢复不足的问题。研究方法与结果可为县域土地复垦监测与生态治理提供科学依据。

关键词: 土地复垦; 遥感监测; 多遥感指数; 时空演变

1 引言

土地复垦是保障耕地红线、改善生态环境和推动乡村振兴的重要措施。随着我国行蓄洪区建设和防洪工程体系的完善, 部分村庄因地处洪水威胁区域而需整体搬迁。居民迁建完成后, 原有村庄逐步拆除, 遗留的宅基地和建设用地必须及时复垦为耕地或生态用地。这一过程涉及区域尺度上的大范围土地利用/覆盖变化, 其进度和成效直接关系到耕地资源保护和区域生态安全^[1]。因此, 建立一套高效、准确的复垦监测方法, 对于政府部门落实土地整治政策和监督复垦实施情况具有重要意义。

传统的复垦监测主要依赖人工调查和地面取样, 不仅耗时费力, 而且难以覆盖大范围区域。在县域尺度的动态监管实践中, 遥感技术凭借大范围、周期短和多时相观测优势, 成为复垦监测的重要手段^[2]。拆迁—复垦过程通常伴随明显的地表覆盖变化: 拆迁后的宅基地表现为裸地或人工地表, 复垦初期植被覆盖度较低, 中后期逐渐恢复, 最终形成稳定的农田或林草地。遥感监测能够利用光谱特征和时序变化, 定量刻画这一动态过程, 从而识别不同阶段的复垦状态。

现有遥感指数和分类方法在复垦监测中仍有不足。传统 NDVI (归一化植被指数) 在高覆盖度植被区容易饱和, 难以有效反映复垦过程中不同植被生长阶段的差异; NDBI (归一化建筑指数) 等建筑指数在旧村拆除后的裸地与复垦初期耕地之间容易混淆; 监督分类方法对样本依赖度高, 在小尺度地块和过渡阶段的识

别精度不足^[3]。因此, 单一指数或传统分类方法难以满足行蓄洪区迁建背景下复垦监测精度与稳定性需求。

研究充分借鉴现有技术方法, 尝试引入新的遥感指数组合, 以克服传统方法在复垦监测中的不足。以江西某县为例, 利用 Landsat 多时相影像构建复垦监测特征, 并划分“未复垦、正在复垦、已复垦”三种状态。同时, 将 GF-2 高分辨率影像作为验证数据, 建立样本库和真值集, 对分类结果进行精度评价。研究旨在提出一套适用于行蓄洪区迁建背景下的复垦监测方法, 为县域尺度的复垦监管和政策评估提供科学支撑。

2 研究区域与数据

研究区位于江西省中部某县, 总面积约 2800km², 属于长江中下游鄱阳湖流域的重要组成部分。该区域地貌类型多样, 以低山丘陵和冲积平原为主, 地势总体西高东低, 平均海拔为 40~350m。区域气候为亚热带湿润季风气候, 年均降水量约 1600mm, 年均气温 17~18℃, 雨热同期、四季分明的气候条件十分适宜农作物生长, 是典型的农业主导型县域^[4]。

该县行蓄洪区面积较大, 是长江中下游防洪体系的重要组成部分。由于洪水威胁, 部分村庄长期存在洪涝风险, 需要整体迁建。随着搬迁工作的持续推进, 原有村庄逐步拆除, 遗留的宅基地与建设用地逐渐腾退。这些地块按照国家耕地保护和生态修复要求, 必须及时复垦, 恢复为耕地或林草地。行蓄洪区的特殊背景, 使得该县在迁建、拆旧与复垦过程中具有典型性,

作者简介: 黄靓 (1980—), 女, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为土地资源管理。

能够反映出中国中部地区在生态安全与土地资源利用双重目标下的复垦实践模式。

为了对复垦进度进行系统监测,选择2015年与2024年两个时间节点的遥感数据开展对比分析。2015年数据反映了居民迁建和复垦政策全面实施前的土地利用状况,而2024年数据则能够揭示经过十余年政策推动后的复垦成果与空间格局变化。两期数据对比有助于全面反映旧村拆除与土地复垦的时空演变过程。

研究主要采用Landsat-8 OLI影像作为复垦监测的基础数据。Landsat影像具备时间序列长、覆盖范围广、波段信息完整等优势,适合在县域尺度开展多时相对比与动态监测。同时,为了对Landsat分类结果进行验证,研究引用2024年的GF-2高分辨率影像。GF-2影像空间分辨率为1m/4m,能清晰识别村庄拆除后的宅基地细节与复垦地块边界,为构建验证样本和检验分类精度提供了可靠支撑。此外,研究还利用30m分辨率的SRTM数字高程模型(DEM)辅助分析,结合行蓄洪区边界与迁建村庄分布数据,限定研究范围与重点区域,确保监测结果符合实际管理需求。

3 研究方法

在土地复垦监测中,合理的遥感指数能够有效增强不同地物类型之间的光谱差异,并突出复垦过程中的关键特征。研究选取两类指数用于分析与分类,即增强型人工地表指数(Enhanced Artificial Surface Index, EASI)与核归一化植被指数(kernel Normalized Difference Vegetation Index, kNDVI)。前者主要用于区分建设用地与裸地,后者则用于表征复垦过程中植被的恢复程度。

3.1 增强型人工地表指数(EASI)

研究提出增强型人工地表指数(EASI)用于提取农村建设用地。EASI将现有人工地表指数(Artificial Surface Index, ASI)与研究提出的简单土壤指数(Simple Soil Index, SSI)相结合。与ASI相比,EASI可以更好地抑制建设用地内部的裸地混淆,解决在农村地区区分闲置或暂未播种土地与建设用地的难题^[5],其计算公式如下:

$$EASI = f(ASI) - \alpha \times f(SSI) \quad (1)$$

公式(1)中, f 为归一化函数, α 为权重系数,用于将ASI与SSI的值标准化到[0, 1]区间,研究设定为0.5。

ASI主要由AF(Artificial Surface Factor,

人工地表因子)、VSF(Vegetation Suppressing Factor, 植被抑制因子)、SSF(Soil Suppressing Factor, 土壤抑制因子)和MF(Moisture Factor, 水分因子)这四个遥感因子构成,用于提取建设用地信息。

$$ASI = f(AF) \times f(VSF) \times f(SSF) \times f(MF) \quad (2)$$

AF定义如下:

$$AF = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Blue}}{\rho_{NIR} + \rho_{Blue}} \quad (3)$$

公式(3)中, ρ_{NIR} 和 ρ_{Blue} 分别表示近红外和蓝光波段的地表反射率。归一化比值计算可以降低观测误差与估算不确定性。公式(2)中,VSF基于NDVI和MSAVI构建,定义如下:

$$VSF = 1 - f(NDVI) \times f(MSAVI) \quad (4)$$

公式(4)中,NDVI与MSAVI定义如下:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (5)$$

$$MSAVI = \frac{2\rho_{NIR} + 1 - \sqrt{(2\rho_{NIR} + 1)^2 - 8(\rho_{NIR} - \rho_{Red})}}{2} \quad (6)$$

公式(2)中,SSF定义如下:

$$SSF = 1 - f(SSI) \quad (7)$$

其中,SSI(Simple Soil Index, 简单土壤指数)

定义为:

$$SSI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{Green}}{\rho_{SWIR} + \rho_{Green}} \quad (8)$$

公式(2)中,MF定义如下:

$$MF = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}} \quad (9)$$

通过综合以上四个因子,ASI能较好地刻画建设用地的光谱特征,在提取农村建设用地时进一步结合SSI构建的EASI,能够有效减少裸地干扰。

3.2 核归一化植被指数(kNDVI)

在复垦监测中,识别耕地或植被状态同样重要。传统NDVI在高覆盖度条件下容易饱和,难以区分不同植被生长阶段^[6]。为此,研究引入核归一化植被指数(kNDVI),其核心思想是利用核函数方法对NDVI进行非线性映射,缓解饱和和效应。kNDVI计算公式如下:

$$kNDVI = \frac{K(\rho_{NIR}, \rho_{Red}) - K(\rho_{Red}, \rho_{Red})}{K(\rho_{NIR}, \rho_{Red}) + K(\rho_{Red}, \rho_{Red})} \quad (10)$$

公式(10)中, $K(x, y)$ 为核函数,研究采用高斯核:

$$K(x, y) = \exp\left(-\frac{\|x - y\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (11)$$

公式(11)中, σ 为核宽度参数,用于调节对光谱差异的敏感度。与NDVI相比,kNDVI在高植被覆盖区表现出更强的抗饱和性与稳健性,能更好地反映复

垦过程中不同阶段植被覆盖度的变化。

3.3 技术流程

在获得 2015 年和 2024 年的 Landsat 影像后，研究基于多光谱波段构建了增强型人工地表指数（EASI）与核归一化植被指数（kNDVI），并以村庄为基本单元开展搬迁与复垦状态的识别。基于在江西行蓄洪区计算得到的多种遥感指数结果，研究选择 1500 个样本点进行反复试验。结果表明，EASI 对建设用地与裸地的区分能力较强，而 kNDVI 在识别复垦过程中植被恢复情况时表现更为敏感。最终确定，在村庄尺度上识别建设用地的 EASI 最优阈值为 0.47；识别复垦后农田的 kNDVI 最优阈值为 0.22，技术流程如图 1 所示。

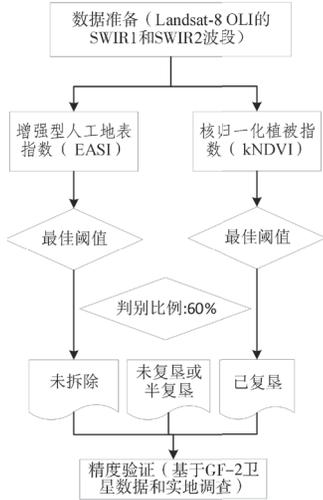


图1 技术流程

为区分尚未拆除的村庄建设用地以及拆除后已完成复垦的耕地，研究将公式（1）与公式（10）应用于遥感影像进行信息增强，并在像元级识别结果的基础上开展村庄尺度统计。多次实验表明，将阈值设定为 60% 能够有效判定村庄状态。具体规则为：

- （1）若某村庄内超过 60% 的像元满足建设用地分类标准，则判定该村庄为未拆除；
- （2）若超过 60% 的像元满足植被分类标准，则判定该村庄为已复垦；
- （3）其余情况则归为未复垦或部分复垦。

4 结果与分析

4.1 搬迁与复垦状态识别

基于 EASI 和 kNDVI 对研究区 15 个村庄的搬迁与复垦状态进行识别。结果显示，截至 2024 年，有 12 个村庄已完成搬迁，其中 5 个已完成复垦，其余 7 个仍处于未复垦或部分复垦状态；另有 3 个村庄尚未拆

除。结果表明，该县搬迁工作整体进展较快，但复垦进度明显滞后，未能与搬迁同步，识别效果如图 2 所示。

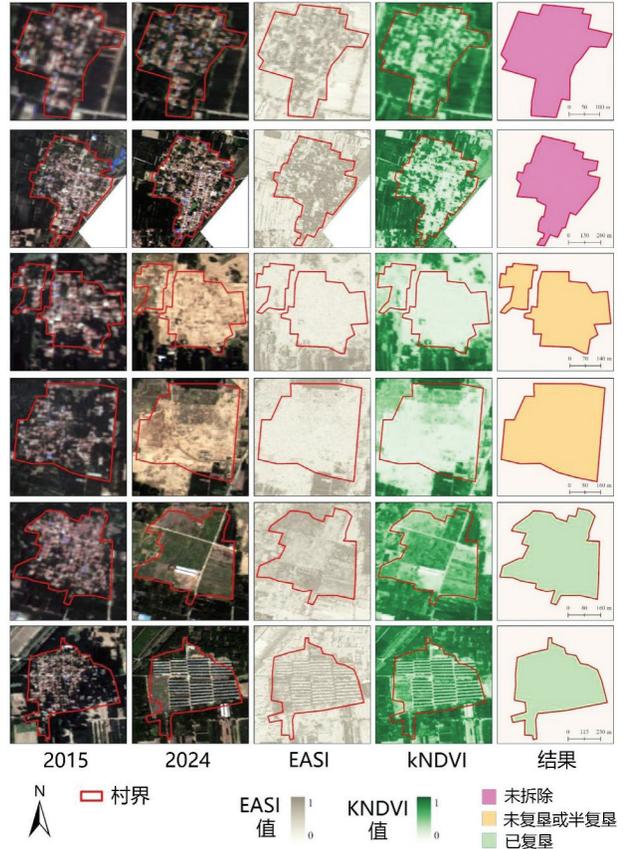


图2 基于EASI和kNDVI的搬迁与复垦状态识别效果

4.2 精度评价

采用实地调查与高分辨率影像验证相结合的方法，为验证基于 EASI 和 kNDVI 的搬迁与复垦状态识别结果的可靠性。在 2024 年获取的 GF-2 高分辨率影像上进行目视解译，构建了与“未拆除、未复垦或部分复垦、已复垦”三类状态对应的验证样本。随后，将这些验证样本与 Landsat 分类结果逐一对比，生成混淆矩阵，并计算总体精度（OA）、Kappa 系数，其中用户精度和生产者精度如表 1 所示。

表1 精度评价

类别	未拆除	未复垦/部分复垦	已复垦	用户精度 (%)
未拆除	45	3	2	90.0
未复垦/部分复垦	4	48	3	88.9
已复垦	2	4	44	85.0
生产者精度 (%)	90.0	88.9	85.0	—

结果表明，研究方法的总体精度达到 93.5%，Kappa 系数为 0.89。其中各类别的用户精度和生产者精度均在 85% 以上，说明所提出的基于多遥感指数的复垦状态识别方法具有较高的可靠性。与像元级分类

（下转第 29 页）

千寻位置与六分科技定位服务性能研究分析

闵树洋

(上海惟堪建筑工程技术有限公司, 上海 201702)

摘要:北斗地基增强系统是推广北斗高精度定位服务的重要基础设施。研究首次针对千寻位置和六分科技两家定位服务商的定位性能, 选取全国分布的 CORS 站点作为流动站, 采用 RTKLIB 软件分别接入两家服务商提供的厘米级定位服务, 在各 CORS 站点采集多组坐标值并进行对比, 得到以下结论: (1) 两家服务商在全国范围内的定位收敛时间相当, 部分区域六分科技存在固定不稳定现象。(2) 两家服务商采集的测量数据内符合精度相当, 三个方向的测量值内符合精度均小于 20mm, 满足厘米级应用场景要求。(3) 两家服务商在同一个点位采集的平面坐标应该存在 11~17cm 的系统误差, 因此同一项目不建议在 RTK 作业时使用不同厂商的定位服务。

关键词: 定位服务; 收敛时间; 内符合精度; 系统误差

1 引言

随着全球卫星导航定位技术的快速发展, 实时动态定位技术越来越成熟, 在工程测量、地形图测绘、精细农业、智慧交通等领域得到广泛应用。目前, 国内已有多家民营企业在全国各地相继建成北斗地基连续运行参考站网, 面向多个应用场景提供网络 RTK 技术, 大大提高了工作效率。其中, 由中国兵器工业集团和阿里巴巴集团共同出资成立于 2015 年的千寻位置网络有限公司 (以下简称“千寻位置”), 是一家提供高精度定位服务的技术公司, 致力于通过北斗卫星导航系统 (BDS) 和云计算技术, 为全球用户提供厘米级至毫米级的高精度定位服务, 为智能驾驶、精准农业、测绘、智慧城市等领域提供高精度定位解决方案。千寻位置提供的定位服务产品主要有千寻跬步 Find m (亚米级)、千寻知寸 Find cm (厘米级) 和千寻见微 Find mm (毫米级) 三种定位服务产品。另外一家是 2018 年由四维图新孵化成立的北京六分科技有限公司 (以下简称“六分科技”), 是一家专注于高精度定位服务的技术公司, 致力于通过全球导航卫星系统 (GNSS) 和云计算技术, 为各行各业提供米级至毫米级的高精度定位解决方案。六分科技主要提供分明 Locate-DM (亚米级) 和厘清 Locate-CM (厘米级) 两种高精度定位服务产品。

千寻位置是国内首家提供全国范围商用北斗地基增强系统服务的企业, 其提供的网络 RTK 服务已在多个应用场景得到应用, 目前公开的文献中已有学者在多个服务场景进行了较为详细的研究, 文献 [1] 到文

献 [5] 分别研究千寻位置网络 RTK 服务在电力、公路勘测、施工放样以及与省级自然资源系统 CORS 站网服务的对比。但是, 针对六分科技定位服务的公开研究较少。研究将其他公司分布于全国的 CORS 站点作为流动站, 分别接入千寻位置和六分科技的厘米级定位服务, 重点对两家定位服务商的高精度定位性能、定位精度等进行详细的对比分析, 为北斗地基增强系统网络 RTK 用户提供使用建议。

2 定位精度分析原理

实践中通常采用内符合精度和外符合精度评价定位精度的稳定性和可靠性。其中, 内符合精度通常反映数据稳定性和数据粗差率等情况, 外符合精度反映实测值与真值的差值, 体现数据的可靠性。本节介绍千寻位置和六分科技提供的网络 RTK 定位原理和内符合精度计算原理, 分析两家定位服务商提供定位服务数据的稳定性情况。

2.1 网络 RTK 定位原理

网络 RTK 技术是一种基于参考站网络的高精度定位技术, 通过多个参考站 (一般为 3 个以上) 的观测数据生成差分校正信息, 实时计算和播发坐标改正信息, 为用户提供厘米级定位服务。目前, 商用网络 RTK 技术主要有三种: 虚拟参考站 (VRS)、区域改正参数 (FKP)、主辅站 (MAC) 技术。千寻位置和六分科技提供的网络 RTK 技术均为 VRS 技术 [6]。

网络 RTK 技术主要通过削弱流动站定位残差项的影响而提高用户定位精度。传统 RTK 技术通常要求基

作者简介: 闵树洋 (1991—), 男, 汉族, 本科, 助理工程师, 主要从事测绘生产和研究。

准站和流动站的间距小于 15km，当二者间距增大时，站星间的误差关联性变弱，做差后的空间相关误差（对流层延迟误差、电离层延迟误差等）无法有效削弱，影响模糊度的固定，从而导致定位结果精度变差。相比之下，网络 RTK 技术是基于多个基准站的差分定位，利用双差处理技术可以削弱空间相关误差的影响，从而提高用户端的定位精度。

2.2 内符合精度计算原理

首先对同一点位多组实测数据求取平均值，分别将测量值的平面和高程测量值减去平均值，并对所有差值的不同区间进行概率统计^[6,7]。根据下列公式分别计算测量值坐标各分量的内符合精度 (M_x 、 M_y 、 M_z) 和点位内符合精度 (M_s)：

$$M_x = \sqrt{\frac{d_x d_x}{K-1}} \quad (1)$$

$$M_y = \sqrt{\frac{d_y d_y}{K-1}} \quad (2)$$

$$M_z = \sqrt{\frac{d_z d_z}{K-1}} \quad (3)$$

$$M_s = \sqrt{\frac{d_s d_s}{K-1}} \quad (4)$$

$$d_s = \sqrt{d_x^2 + d_y^2 + d_z^2} \quad (5)$$

公式中， M_x 、 M_y 、 M_z 分别为坐标分量内符合精度， M_s 为点位内符合精度， d_x 、 d_y 、 d_z 分别为观测值坐标分量与平均值的差值， d_s 为观测值与点位平均值的差值， K 为测试点的观测次数。

3 实例验证

实验数据统一采用 RTKLIB_2.4.3 版本进行采集。RTKLIB 软件是一款开源的全球导航卫星系统 (GNSS) 精密定位程序包，由日本东京海洋大学的高须知二开发，支持多种 GNSS 卫星系统，并提供多种定位模式，如单点定位、动态 RTK、静态 RTK 等。

实验过程中，利用 RTKLIB 软件分别接入千寻位置和六分科技提供的厘米级定位服务，在全国范围选取 8 个分布相对均匀的 CORS 站点作为移动站。选取的 8 个 CORS 站点分别位于新疆维吾尔自治区、内蒙古自治区、黑龙江省、四川省、河南省、上海市、云南省和海南省，分别代表我国边境范围内东南西北中五个典型方位，在站点分布上具有一定的代表性。实验通过

对两家定位服务商获得的观测值进行系统对比，分析两家定位服务商的定位收敛时间和定位稳定性等性能，基本能够客观真实反映两家高精定位服务商在我国境内的定位效果。

千寻位置和六分科技的定位服务地址分别是 203.107.45.154 和 101.42.128.234，两家定位服务商提供的定位数据坐标系统、服务端口以及挂载点等参数如表 1 所示。

表1 两家定位服务商厘米级定位对应的参数信息

服务商	千寻位置 (FindCM)	六分科技 (Locate-CM)
坐标系统	CGCS2000	CGCS2000
参考历元	2000.0	2010.0
服务端口	8003	8003
挂载点	AUTO	RTCM32_GRECJ2
卫星配置	五星十六频	五星十六频

利用 RTKLIB_2.4.3 提供的 rtknavi.exe 工具分别接入千寻位置和六分科技的厘米级定位服务，在每个 CORS 站点分别进行 4 次初始化测量，每次从接通服务开始计时到获得固定解终止计时，并准确记录相应的初始化时间。在移动端获得固定解后，再单独记录 30s 固定解作为第一测回的一组数据。第二个测回开始前断开服务，并依次执行上述步骤完成剩余的 3 个测回。待 4 个测回数据采集完成后，计算 4 组数据的平均值并作为真值，分别将每个测量值与其平均值进行做差，并计算各个坐标分量的内符合精度。

实验数据采集时间为 2025 年 2 月 27 日 13:30 至 15:00，各 CORS 站点具体信息和测试数据如表 2 所示，表 2 中 X、Y、Z 分别代表接入的定位服务商在测站点获取 4 个测回观测值的平均值。

表2 两家定位服务商定位收敛时间及测量坐标值

省份	站点代码	六分科技			千寻位置				
		收敛时间/s	X/m	Y/m	Z/m	收敛时间/s	X/m	Y/m	Z/m
新疆	YLYN	6.195	16.141	64.861	28.036	16.633	16.314	64.830	27.946
四川	BZBZ	16.003	-18.114	94.003	42.830	5.213	-17.980	94.083	42.777
云南	WSWS	6.643	-13.793	08.791	94.764	5.878	-13.680	08.785	94.647
黑龙江	HHBA	5.625	-06.821	03.993	81.724	5.503	-06.675	04.035	81.740
海南	QHBA	116.201	-74.738	38.337	03.194	5.598	-74.582	38.427	03.122
上海	SHJS	5.245	-69.270	61.954	60.926	5.843	-69.151	62.047	60.911
河南	ZMZY	6.563	-83.647	57.691	96.916	5.818	-83.499	57.776	96.906
内蒙古	WLJN	5.235	-84.529	53.290	31.650	5.678	-84.389	53.348	31.601

注：为了坐标保密和排版要求，省略坐标值前几位相同值，只保留个位、十位数值和三位小数值。

通过表 2 和图 1 可以得出，两家定位服务商在全国范围内的定位收敛时间性能大致相当，其中六分科

技在海南省的定位收敛时间出现跳值，因为该站点测量时出现长时间浮点解，导致4个测回的收敛时间偏长，但第二天在同一站点进行4个测回测量时均能正常收敛，具体原因有待进一步研究分析。其他省份表现出的定位收敛时间相当，基本能在10s以内获得固定解。就本次实验数据的整体效果来看，千寻位置的定位收敛时间性能在全国范围内相对较为平稳，差异性较小。



图1 两家服务商定位收敛时间

由表3和图2的结果可知，两家定位服务商测量数据之间的内符合精度整体表现相当，海南的测点数据出现跳值，这与表2体现的原因一致，主要由于在该站点测量时出现长时间浮点解，导致采集的数据之间内符合精度略有降低。此外，千寻位置和六分科技两家定位服务商在3个方向的内符合精度整体均小于20mm，能有效满足智能驾驶、精准农业、测绘等行业的应用需求。

由表4数据可以看出，千寻位置和六分科技在同一点位进行RTK测量时，X方向应该存在10~15cm的系统误差，Y方向应该存在5~8cm的系统误差，Z方向应该存在2~10cm的误差，综合平面点位应该存在11~17cm的系统误差，这可能是由于两家的坐标框架不一致所导致。因此，在项目作业中应当采用同一家定位服务商进行RTK定位，避免两家测量结果数据存在偏差。

表3 两家定位服务商测量的内符合精度

站点代码	六分科技				千寻位置			
	M_x/mm	M_y/mm	M_z/mm	M_s/mm	M_x/mm	M_y/mm	M_z/mm	M_s/mm
YLYN	2.52	2.68	1.58	4.00	0.47	4.19	1.37	4.43
BZBZ	1.02	1.70	1.85	2.71	1.42	2.86	1.73	3.63
WSWS	3.38	4.62	1.96	6.05	0.74	1.55	1.01	1.99
HHBA	0.75	1.57	0.78	1.91	1.90	1.17	1.418	2.64
QHBA	21.38	8.81	11.68	25.91	0.93	1.43	1.91	2.56
SHJS	1.54	1.50	0.60	2.23	1.04	1.26	1.08	1.96
ZMZY	1.74	3.14	10.28	10.89	1.48	5.21	3.15	6.27
WLJN	6.66	2.01	3.69	7.87	1.25	2.84	2.33	3.88



图2 两家服务商定位数据内符合精度对比

表4 两家服务商测量结果分量差值

站点代码	千寻位置与六分科技测量值较差			
	D_x/mm	D_y/mm	D_z/mm	D_p/mm
YLYN	173	-31	-90	175.76
BZBZ	134	80	-53	156.06
WSWS	113	-6	-117	113.16
HHBA	146	42	16	151.92
QHBA	156	90	-72	180.10
SHJS	119	93	-15	151.02
ZMZY	148	85	-10	170.67
WLJN	140	58	-49	151.54

注： D_x 、 D_y 、 D_z 分别代表千寻位置4个测回观测量平均值分量减去六分科技4个测回观测量平均值分量的结果， D_p 代表点位的平面坐标差值。

4 结论

(1) 在全国范围内进行RTK测量时，就实验结果而言，千寻位置的定位性能收敛时间相对六分科技的结果稳定性略好。因为在实验测试过程中六分科技在海南省存在定位收敛时间较长的情况发生，但第二天复测该区域又能正常收敛定位，具体原因需要进一步研究分析。

(2) 千寻位置和六分科技两家定位服务商在全国

范围内测量的数值内符合精度均满足厘米级要求，坐标分量3个方向的内符合精度均小于20mm，能够满足厘米级定位的应用场景需求。其中，千寻位置在部分区域内符合精度略优。

(3) 两家定位服务商在同一点位测量的坐标值存在一个系统误差，X方向存在10~15cm的系统误差，Y方向存在5~8cm的系统误差，Z方向应该存在2~10cm误差，综合平面点位可能存在10~15cm的系统误差。出现该现象的原因可能是两家定位服务商的坐标框架没有对齐，因此坐标框架需定期与国家坐标系统框架更新对齐。

(4) 在项目实施过程中，建议用户采用同一家定位服务完成整个项目施工周期，避免采用不同定位服务厂商采集的坐标值产生偏差，从而确保项目成果的一致性与可靠性。

(上接第25页)

相比，基于村庄单元的统计判别有效降低了噪声干扰，提高了分类结果的稳定性和解释性。

相比耕地复垦，利用遥感识别村庄拆迁的精度更高，主要原因有两个：

(1) 在遥感影像中，村庄拆迁表现为原有住宅减少或消失，以及土地平整后裸地覆盖类型变化、尚未复垦的撂荒地上杂草丛生、复垦后出现规则形态的耕地。这些变化在光谱和纹理特征上差异显著，相对容易识别。

(2) 将原有村庄复垦为耕地，则在遥感影像中表现为植被或农作物覆盖。这种情况下，尚未复垦但因杂草繁茂而呈现规则地块的区域，或村民自发零散种植作物的区域，容易被误判为已复垦耕地。因此，复垦监测精度相对较低。经验证发现，极少数被误判为已复垦的村庄，并非纳入政府组织的耕地复垦项目，而是自然生长了杂草，如图3(a)所示，或由村民零散种植作物，如图3(b)所示。尤其在冬季遥感影像中，由于植被不明显，这些区域更容易与周围大面积已复垦耕地混淆，如图3(c)所示。

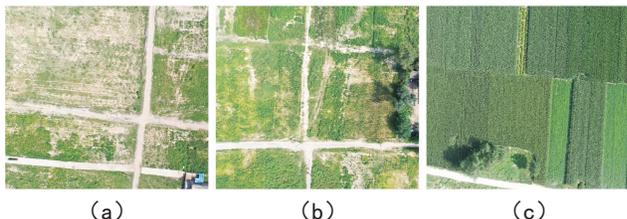


图3 实地调查对比

参考文献

- [1] 孙勇,黄明.千寻知寸FindCM和SCCORS实时动态测量位置精度的差异性评价[J].现代测绘,2022,45(1):29-32.
- [2] 杨建华.千寻位置在公路勘测中的应用研究[J].经纬天地,2022(4):10-12,23.
- [3] 董永祥.千寻位置CORS-RTK在建筑基坑放样中的应用[J].全球定位系统,2018,43(6):92-97.
- [4] 步东亮.省级CORS与千寻位置CORS BDS网络RTK精度对比分析[J].矿山测量,2021,49(1):61-64.
- [5] 刘洋,曾群意,郭忠臣,等.千寻位置与RTK技术在电力工程测量中的比较分析[J].电力勘测设计,2021(7):78-82.
- [6] 徐波,陈娜,王喜.单基站(1+1)模式与网络RTK模式适用性分析[J].资源导刊·信息化测绘,2023(8):28-30.
- [7] 史俊波,欧阳晨皓,岳金广,等.三家北斗地基增强系统的高精度定位服务性能对比分析[J].大地测量与地球动力学,2022,42(7):712-715,770.

5 结语

研究融合多种遥感指数与高分辨率影像，提出一种快速识别农村居民搬迁与复垦进展状态的方法，在现有人工地表指数(ASI)基础上，引入简单土壤指数(SSI)，有效解决了建设用地与裸地混淆，以及农村地区撂荒地或暂未播种土地与建设用地难以区分的难题。通过结合EASI和kNDVI，提出一种适应数据特征与应用场景的搬迁与复垦进展遥感识别方法。利用多种遥感指数评估搬迁与复垦政策效果，显著拓展了高分辨率遥感数据在居民搬迁与复垦研究中的应用场景。

参考文献

- [1] 时慧恩.基于遥感影像的桂林市土地覆盖变化监测技术[D].桂林:桂林电子科技大学,2021.
- [2] 周丹.ArcGIS空间分析在土地利用变更监测中的应用[J].测绘与空间地理信息,2025,48(6):95-98.
- [3] 范沛薇,郝蒙蒙,江东,等.基于高分遥感影像的露天矿区土地利用动态监测——以平朔矿区为例[J].遥感技术与应用,2023,38(2):274-284.
- [4] 万安国.基于Landsat遥感影像的萍乡市土地及生态环境监测分析[D].南昌:东华理工大学,2020.
- [5] 朱广伟.多源遥感数据融合在土地监测中的应用[J].中国资源综合利用,2025,43(5):95-97.
- [6] 金伟,余若成,徐全,等.1991—2021年江山仙霞岭省级自然保护区土地覆被动态变化遥感监测[J].自然保护地,2024,4(4):84-94.

一种面向滑坡地质灾害的无人机调查方法研究

翟孝雯

(南京江源测绘有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 采用无人机搭载三维激光扫描设备开展滑坡调查, 具备数据可靠、采集效率高等优势。但是当滑坡区域被植被覆盖时, 将出现地面激光脚点稀疏等问题, 影响成果精度。针对该问题, 提出一种基于蚁群算法的自适应航线规划方法。首先以区域遥感图为基础进行植被密度的计算与归类; 其次, 通过构建评价指数 p 与转移指数 q 对蚁群算法进行改进, 使得航线规划能够根据搜索需求与植被密度进行自适应调整。两组实验结果表明, 在满足激光扫描覆盖完整度的前提下, 研究算法平均单次迭代时间减少 46.7% 和 32.8%, 航线内植被密度减少 19.5% 和 18.7%, 理论地面点密度增加 32% 以上, 调查效率与精度均得到提升。

关键词: 无人机; 三维激光; 滑坡; 航线规划; 精度提升

1 引言

滑坡是地壳表层的岩、土体的一种动力特性的地质灾害现象, 是自然界一种多发性地质灾害。在我国各类地质灾害中, 滑坡造成的损失最为严重^[1], 开展滑坡地质灾害监测与评估的需求日益迫切。无人机航测技术具有机动灵活、时效性强、安全性高的独特优势, 可有效应对各类复杂地质灾害调查场景^[2]。而采用无人机搭载三维激光扫描系统是开展滑坡体调查的重要手段之一。激光扫描获取的点云数据具有精度高、密度高、采集效率高和自动化程度高等优点^[3]。然而, 当滑坡体表面被植被覆盖, 三维激光扫描获取的数据会出现不同程度的“失真”, 并伴随数据量大、处理效率低、植被过滤难等缺点^[4], 进而影响后期成果质量。因此, 在保证足够覆盖度的前提下, 应优先获取植被未覆盖区域及激光可穿透的低密度植被区域的扫描数据, 这是提升调查精度的重要手段之一, 而科学合理的无人机航线规划是影响这两类区域数据获取效果的重要因素。

针对滑坡体调查的专用航线规划, 毕瑞等^[5]面向复杂山地滑坡体, 提出采用立面航线规划方案构建不同航线下的三维模型; 梁诗顺等^[6]引入无人机接触式监测方法, 开展滑坡表面位移监测以改善精度; 周小龙等^[7]采用免像控无人机航线规划方法, 节约时间和人力成本; 李勇强等^[8]通过规划滑坡体垂直面航线并结合静态测量方法, 有效降低因滑坡体高度落差大而产生的误差。但相关研究大多是针对无人机实景三维

测量的航线规划, 而对于无人机三维激光扫描的航线规划研究较少。

针对植被覆盖区的滑坡体调查现状, 提出一种基于无人机三维激光扫描的自适应航线规划方法, 在开展目标区域植被覆盖密度计算的基础上, 利用改进蚁群算法对无人机航线进行自适应规划, 满足滑坡体扫描覆盖度要求的同时, 实现提升无人机调查速度、降低航线内植被密度两大目的, 从而为提升后期成果质量提供支持, 也为植被覆盖区域的滑坡体调查研究提供一种可供参考的方法。

2 技术路线

为获取滑坡体的高精度激光扫描数据, 在考虑激光雷达参数、飞行参数的同时, 重点关注滑坡体表面不同植被覆盖程度对航线规划的影响。首先, 基于遥感影像资料, 将目标地域划分为合理大小的栅格网络, 采用归一化绿红差异指数计算各网格单元植被覆盖密度, 并以此为基础对各个网格进行二元分类: I类区域是指地面无植被覆盖以及激光能够穿透的植被覆盖稀疏区; II类区域是指激光无法穿透的植被覆盖密集区; 其次, 基于已划分类别的栅格单元开展自适应航线规划方法研究, 主要是对传统蚁群算法进行改进, 加入植被密度等参数, 使蚁群算法能够有效适用于无人机的自适应航线规划, 并开展仿真验证分析; 最后, 开展实地滑坡体调查, 并对迭代速度、航线长度、航线内植被覆盖密度等关键指标进行对比。研究流程如图 1 所示。

作者简介: 翟孝雯 (1985—), 女, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事城乡规划研究。

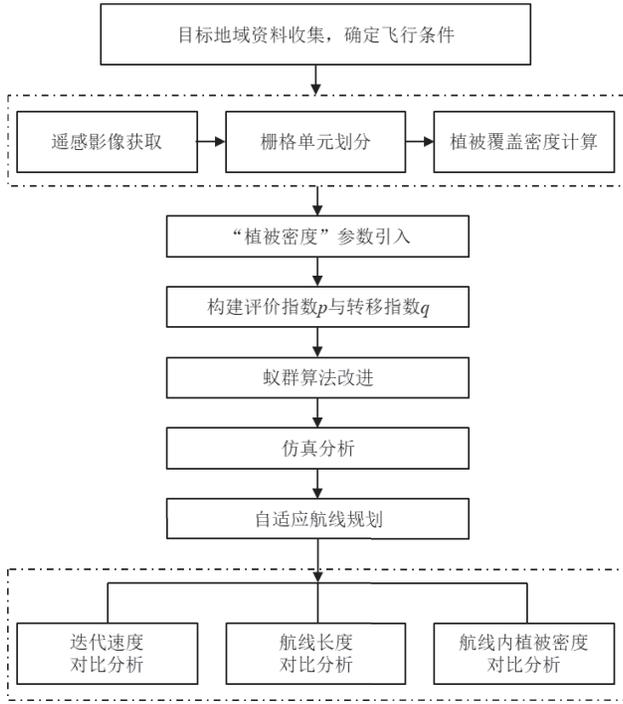


图1 研究流程

3 自适应算法研究

对于不同植被覆盖条件下的滑坡区域航线规划,本质上属于组合优化及最优路线选择问题,而蚁群算法在搜索最优路径问题上具有较强能力,且运算效率较高^[9]。因此,采用蚁群算法开展自适应航线规划研究。

3.1 蚁群算法简述

蚁群算法是一种智能仿生类算法,工作原理来自蚂蚁觅食现象,蚂蚁在觅食过程中会分泌一种生物信息素,后续蚂蚁能够感知这种独特的信息素,更容易选择浓度较高的路径,这样逐渐形成一种正反馈机制,蚂蚁倾向于选择更短路径,而路径越短信息素分布就越浓,蚂蚁选择该路径的概率越大,最终找到一条最短的觅食路径^[10]。传统蚁群算法计算公式如下:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{k \in allowed_k} \tau_{ik}^\alpha(t)\eta_{ik}^\beta(t)}, & k \in allowed_k \\ 0, & k \notin allowed_k \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)中, p_{ij}^k 是蚂蚁 k 从节点 i 到 j 的状态转移概率, $\tau_{ij}(t)$ 和 $\eta_{ij}(t)$ 分别表示 t 时刻节点 i 到 j 路径上的信息素强度和启发信息值, α 和 β 分别表示信息启发因子和期望启发因子, $allowed_k$ 是蚂蚁可以选择的所有节点集合。在蚁群算法中需要建立一个禁忌表,用来记录蚂蚁 k 经过的节点,在单次循环中蚂蚁不能再次经过这些节点,直到单次循环结束。当蚂蚁访问

完所有节点即完成一次遍历。蚂蚁路径信息素更新公式如下:

$$\begin{cases} \tau_{ij}(t+1) = (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^n \Delta\tau_{ij}^k \\ \Delta\tau_{ij}^k = Q/L_k \end{cases} \quad (2)$$

公式(2)中, ρ 和 Q 分别表示信息素挥发系数和信息素强度系数, $\Delta\tau_{ij}^k$ 为蚂蚁 k 在路径 (i,j) 上留下的信息素值, n 为蚂蚁总数, L_k 为蚂蚁 k 在单次搜索中的路径长度。

3.2 自适应算法改进

蚁群算法是概率型全局搜索算法,不确定性使得算法可以有更多机会找到全局最优解^[11]。但不确定性也可能导致以下问题:在早期由于搜索面积大且信息素浓度较为均匀,极可能产生大量冗余路径,导致算法收敛速度降低;在后期容易出现某条路径信息度较高的情况,导致算法陷入局部最优。针对以上问题,不同的应用领域有着不同的改进方法。

此次研究结合蚁群算法特点和植被密度对于航线规划的影响,以提高无人机调查效率、降低航线内植被密度为导向,从两个方面对算法进行改进。

一是信息素挥发系数自适应调整。传统蚁群算法中,信息素挥发系数 ρ 一般为经验常数, ρ 值过大会影响算法收敛速度, ρ 值过小容易使算法陷入局部最优。因此,研究探索对该值进行自适应赋值,以避免出现上述两个问题。基本思路是:迭代早期赋予 ρ 较大数值,以保持较强的搜索能力,提高找到全局最优解的能力;中后期因待搜索区域大幅减少,逐步减少该值以提升收敛速度,同时也避免陷入局部最优。基于以上思路,引入评价指数 p ,并采用指数函数构建 ρ 值自适应赋值公式:

$$\rho = \exp\left[-(d/d_{\max})^p\right] \quad (3)$$

公式(3)中, d 和 d_{\max} 分别表示当前迭代次数和最大迭代次数, p 为评价指数,该指数具体取值将在仿真分析中进行探讨。

二是状态转移规则调整。在滑坡体调查中,由于植被密度对于航线规划有重要影响,因此,在保证足够覆盖度的前提下,需要尽可能避开植被密度较大区域。对应蚁群算法中,节点的植被密度越大,蚂蚁向该节点移动的概率应当越小,反之则变大。结合以上思路,再引入一个参数:转移指数 q ,同样采用指数函数构建该指数。

$$q = \exp(-\rho'/\rho_{\max}) \quad (4)$$

公式(4)中, ρ' 和 ρ_{\max} 分别表示当前栅格中的植被密度和全部栅格中植被密度的最大值。将该值引入蚁群算法, 对公式(1)进行改进后如下:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{k \in allowed_k} \tau_{ik}^\alpha(t)\eta_{ik}^\beta(t)} \times q, & k \in allowed_k \\ 0, & k \notin allowed_k \end{cases} \quad (5)$$

4 仿真分析

仿真分析主要对评价指数 p 进行讨论并赋值, 对改进算法的可行性进行模拟分析。

对于评价指数 p 的赋值, 需要满足 p 值在迭代前期保持较大数值而后期逐渐减小、算法迭代速度快的要求。从 1 开始对评价指数 p 逐一赋值, 对应的信息素挥发系数 ρ 的变化情况如图 2 所示。可以看出, 所构建的 p 值自适应赋值公式, 满足前期数值大后期逐渐减小的要求, 但是当 p 取值大于 7 之后, 变化趋势不再明显, 继续取值验证已无意义。因此, 下一步重点对比 p 的取值在 1~7 的迭代速度情况。

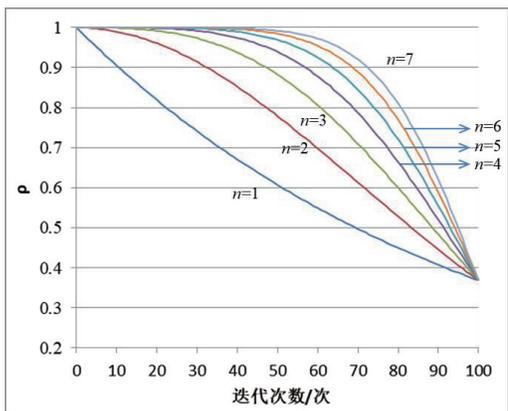


图2 评价指数赋值分析

对 p 值的 7 种取值进行迭代速度对比。迭代次数设置为 100 次, 结果如图 3 所示。当 $p=2$ 时, 迭代速度最快, 且相对路径长度最短, 算法效果最佳。因此取 $p=2$ 。

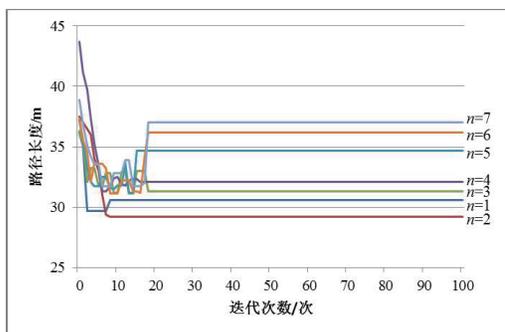


图3 不同 p 值的迭代速度对比

对改进算法的整体可行性进行仿真试验。构建一个 20×20 的网格图, 网格大小约 0.95m。网格节点分为三类: 无植被覆盖区(灰度值为 255 的网格)、激光能够穿透的植被覆盖稀疏区(灰度值为 150 的网格)、激光无法穿透的植被覆盖密集区(灰度值为 50 的网格)。将最大迭代次数设置为 100 次, 蚂蚁数量为 100 只。对传统算法和改进算法分别进行试验, 对比结果如图 4 所示。

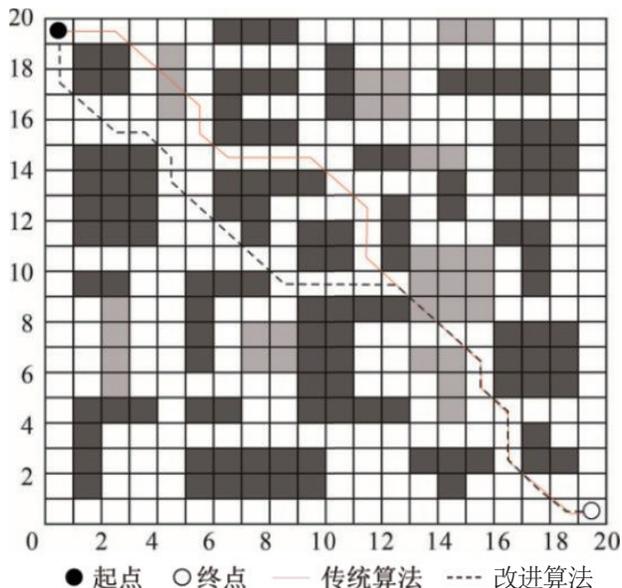


图4 两种算法效果对比分析

经仿真试验得出, 传统算法迭代的次数和时间分别为 42 次和 13.98s, 最小路径长度为 29.72m; 改进算法迭代次数和时间分别为 23 次和 11.47s, 最小路径长度为 28.52m。可以看出, 在仿真试验中, 改进算法迭代速度更快且路径最优。

5 试验验证及效果分析

5.1 研究区概况

研究区面积约 2.58km^2 , 岩性主要以第四纪黏土层、第三纪黏土夹钙黏土质灰岩和泥岩为主。区域内共有两处滑坡, 分别命名为 HT1 滑坡体和 HT2 滑坡体, 面积分别为 $8.73 \times 10^4\text{m}^2$ 、 $2.68 \times 10^4\text{m}^2$, 滑坡顶端海拔高度分别为 1392m、824m, 与邻近公路的相对高差分别为 262m、81m。降雨和地形是该地区滑坡灾害的主要诱因, 两处滑坡体对区域内村办果品加工厂与包装厂的连接通道构成严重威胁, 开展灾害体的定期监测与评估十分必要。研究区遥感影像如图 5 所示, 整体来看, 该地区地形较为复杂, 植被分布极不均匀, 是验证研究方法的理想地点。

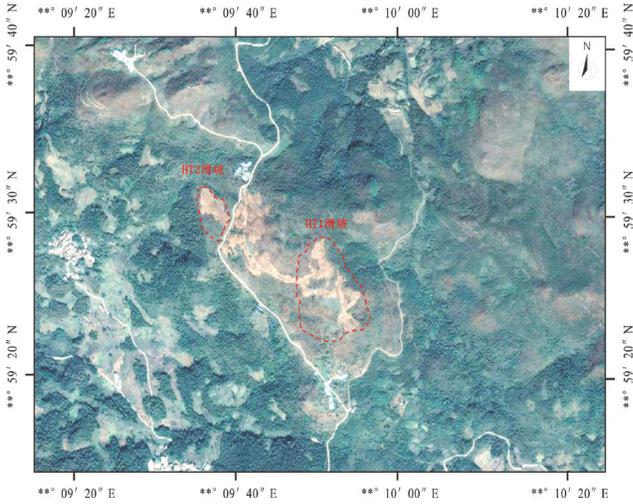


图5 研究区遥感影像

首先将研究区划分为 180×140 的网格单元，然后筛选 I 类和 II 类区域的网格样本各 80 个作为训练集，采用随机森林算法进行分类器训练，识别准确率达到 94.7%，最终的二元分类结果如图 6 所示。经统计分析发现，II 类区域占总面积的 61.3%。对于 II 类区域，只要不影响滑坡体的覆盖完整度，就应当尽可能避开此类区域，以减少对数据采集速度和最终成果精度的潜在影响。

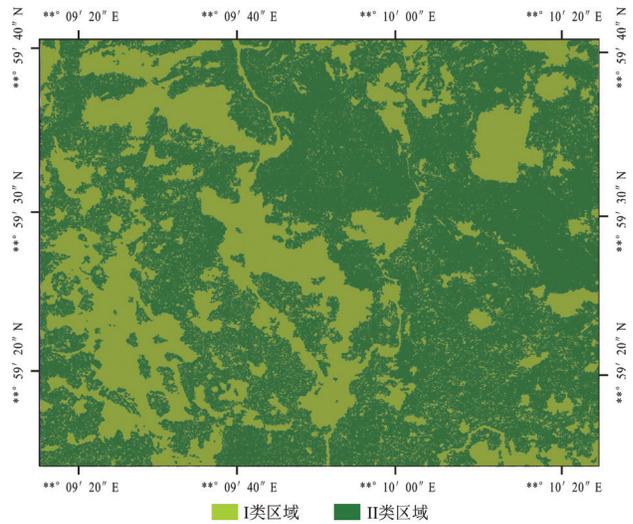


图6 研究区二元分类结果

5.2 航线规划及效果对比

试验采用大疆经纬 M300 无人机，搭载禅思 L1 激光雷达。分别开展两次试验，试验 A 为跨越整个区域的大范围调查；试验 B 为仅针对 HT1 滑坡体的专项调查。每个试验均飞行两个架次，即按照传统算法和改进算法所规划的航线各飞行 1 次。蚁群算法中设置 α 为 2， β 为 3，蚂蚁数量为 100 只。在对应的二元分类结果图上，航线规划结果如图 7 所示。

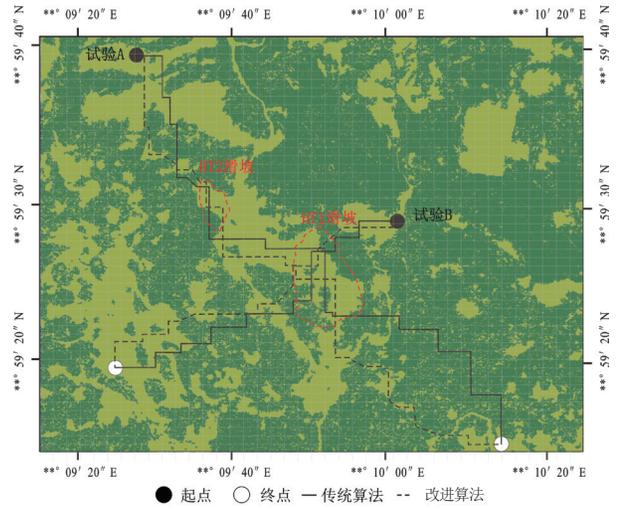


图7 航线规划

对航线规划效果进行对比，首先对比算法迭代速度。试验 A 的两条航线规划各进行 300 次迭代，试验 B 的两条航线规划各进行 200 次迭代。改进前后算法的迭代速度如表 1 所示。

表1 迭代速度对比

类别	算法	首次稳定迭代时间/s	迭代总时长/s	平均单次迭代时间/s
试验A	传统算法	2042.8	5792.1	19.307
	改进算法	807.9	3084.3	10.281
试验B	传统算法	426.1	2143.2	10.716
	改进算法	151.3	1440.6	7.203

从表 1 可以看出，在两个试验中，改进算法与传统算法相比，迭代总时长分别减少 2707.8s 和 702.6s；平均单次迭代时间分别减少 9.026s 和 3.513s，下降幅度分别为 46.7% 和 32.8%，说明改进算法的迭代效率得到大幅提升，改进方法可行。

其次对比飞行航线相关参数，结果如表 2 所示。在两个试验中，采用改进算法的航线长度分别减少 143.8m 和 6m，航线内植被密度分别减少 19.5% 和 18.7%，与之相对应的理论地面点密度则分别增加 140pts/m^2 和 133pts/m^2 ，说明无人机飞行效率提高的同时，有效采集了更多真实地面点数据，为后期成果质量提升打好基础。

表2 航线参数对比

类别	算法	航线长度/m	植被密度/%	理论地面点密度 / (pts/m^2)
试验A	传统算法	1856.6	39.2	435
	改进算法	1712.8	19.7	575
试验B	传统算法	1072.4	42.8	410
	改进算法	1066.4	24.1	543

(下转第 37 页)

面向可量测街景的POI标注方法应用研究

刘闯¹ 王建宇¹ 高腾飞²

(1. 苏州市测绘院有限责任公司, 江苏 苏州 215006; 2. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250003)

摘要: 可量测街景成果是实景三维模型成果底部商业效果不足的重要补充, 是现代化城市精细化管理、建设的重要组成部分。现阶段可量测街景成果 POI 标注效率低、准确度不高, 导致数据利用率低、人机交互效果较差等问题, 研究提出了一种基于全景影像与点云数据融合的 POI 批量标注方法。首先, 以时序特征为约束, 构筑全景影像与点云数据的高精度匹配模型, 建立全景影像像素坐标系; 其次, 开展多地理空间坐标系治理, 建立 POI 实际位置信息与全景影像像素坐标系的映射关系; 最后, 依托映射关系实现 POI 数据的批量精确标注。实验验证表明, 该方法标注效率高、精度高, 标注成果可以应用到三维全景系统的 POI 数据查询和定位功能中, 为后续 POI 数据成果广泛应用及深入研究提供基础和参考。

关键词: 可量测街景; POI 数据; 全景影像; 三维点云; 映射模型; POI 标注

1 引言

随着三维激光扫描、无人机航空摄影测量、三维全景影像等数字化技术的应用, 城市测量及成果展现形式发生巨大变化。以道路及临街建筑的精细化管理、规划为例, 人机交互体验感强的可量测街景技术应运而生。可量测街景是一种基于全景影像的真实场景虚拟再现技术, 可实现道路及临街建筑信息的 360° 浏览及量测分析。目前大家常用的可量测街景系统包括百度地图、腾讯地图、城市街景、谷歌地图及各个省份、城市发布的三维全景成果系统等。

随着三维全景采集设备、处理软件及处理方法的不断改进和创新, 可量测街景技术已趋于成熟, 在数字城市、街景地图、地籍测绘、城市部件、导航应用等领域得到应用。可量测街景数字化成果包含全景影像、三维点云、道路属性信息、位置基础信息、兴趣点(Point of Interest, POI)等多种基础数据, 其中, POI 数据主要用于地物表达、确定方向及导航定位等, 可帮助人们快速了解周围信息, 增强对周围环境的感知^[1]。精准标注的 POI 数据是实现可量测街景成果助力城市精细化管理的重要内容, 是充分挖掘可量测街景应用场景的重要体现, 已成为当前研究重点之一。

目前, POI 数据标注是直接利用 GPS 与传感器数据进行关联, 首先计算 POI 数据与全景采集轨迹的位置关系, 通过基于全景影像的增强地理现实配准方法, 结合圆柱投影, 将 POI 数据直接映射到全景序列影像, 再根据 POI 数据与全景影像匹配效果进行手动或半自

动调整, 此方法标注精度不高、标注效率较低^[2]。为此, 研究首先建立了全景影像像素坐标系, 实现 POI 实际位置信息与全景影像像素坐标系的映射, 继而提出了一种基于全景影像与点云数据融合的 POI 批量标注方法, 能够有效提高 POI 数据标注的精度和效率。

2 POI 批量标注处理方法

2.1 三维全景系统

可量测街景是指运用车载移动测量系统完成批量全景成果及点云成果的采集与处理。车载移动测量系统由软件和硬件组成。硬件由车辆载体、全景相机、三维激光扫描仪、GPS 系统、惯导系统(Inertial Measurement Unit, IMU)、里程编码器等组成, 其中全景相机、三维激光扫描仪及 GPS 系统等硬件设备利用固定刚体机械结构固定, 相对位置关系的标定参数已在标定场精确标定^[3,4]。软件包括数据采集控制软件、全景影像处理软件、点云数据处理软件及其他后处理软件^[5-7]。硬件设备中全景相机的采集对象为纹理信息, 三维激光扫描仪主要采集精确三维空间数据及回光强度值, GPS 系统、惯导系统及里程编码器组合记录车载移动测量系统的位置和姿态数据, 所有数据经过后处理软件处理, 即可用于三维全景展示系统。

2.2 全景影像与点云数据融合处理

全景影像与点云数据融合处理包含全景拼接、POS (Position and Orientation System, POS) 解算、点云与影像配准等, 具体流程如图 1 所示。

作者简介: 刘闯 (1991—), 男, 汉族, 硕士研究生, 工程师, 主要从事实景三维建设、古建筑测绘等工作。

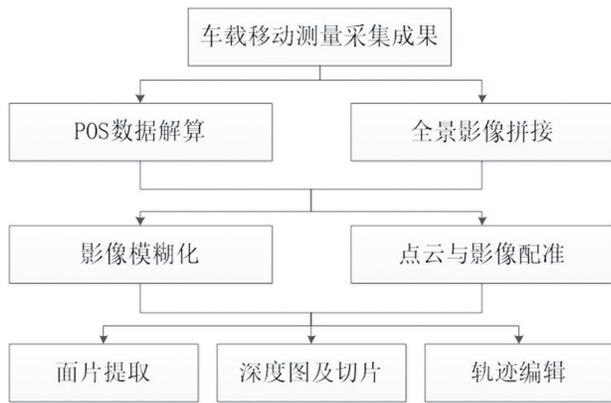


图1 全景影像与点云融合处理流程

(1) 全景影像拼接。车载移动测量系统采用拼接式全景相机组合（通常为4~8台），于同一时间拍摄不同角度的照片4~8张。全景相机组合中各相机的位置相对固定，相关参数已经试验场校正。采用校正后的相关参数，利用全景拼接软件进行批量处理，生成全景影像。

(2) POS解算。利用GPS系统、惯导系统对采集车辆的行驶轨迹进行定位和定姿（研究在POS解算时引入CORS基站数据，提高了车载移动测量系统行驶轨迹的定位精度）^[8-12]。利用专业后处理软件，结合GPS定位和授时系统实现所有采集点云数据的坐标定位与统一（CGCS2000坐标系），最终完成轨迹数据解算。

(3) 点云与影像高精度配准。按照里程触发模式等间隔采集全景影像，点云数据则是按时间连续进行采集，根据全景影像的曝光时间，实现基于时间序列的影像与点云数据的融合处理^[9,10]，建立全景影像与点云数据间的映射关系，以及全景影像的横坐标值与360°角度的对应关系^[13]，并获取每张全景影像的坐标数据^{1]}，如图2所示。



图2 全景影像像素坐标系

图2中，第一帧全景影像最左端为正北方向，指定为0°，根据上述点云数据与全景影像的映射关系，建立全景影像像素坐标系。后续全景影像数据按照顺序统一建立全景影像像素坐标系，建立POI数据精确

标注的数学基础。

2.3 POI数据处理

POI数据是地理信息系统中用来描述事物或事件地址的术语，泛指一切可抽象为点的物理对象，如医院、学校、餐厅、加油站、住宅、银行、邮局等，用于增强人们对事物和事件位置的描述能力和理解能力。POI数据处理包括数据赋值、数据检查、坐标转换、数据入库。

(1) POI数据赋值。POI数据类型多样，需根据相关规范划分种类和等级。同时，对划分后的POI数据进行行业代码、名称和图标等信息的赋值处理，便于POI数据的存储和表达。

(2) POI数据检查。POI数据标注前，对POI数据进行完整性检查、坐标转换及数据入库等处理。完整性检查内容包括POI数据名称、坐标、类别、地址描述性文字及优先级等属性数值信息检查。

(3) 坐标转换。通过建立POI位置坐标信息与全景影像像素坐标的映射模型，将POI数据坐标转换为全景影像采集轨迹坐标系。

(4) 数据入库。将分级分类后的POI数据进行入库处理，入库信息如表1所示，具体包含POI名称，初始像素坐标系坐标(x, y)、POI图层类别、优先级及具体地址。

表1 POI数据入库实例

序号	NAME	x	y	类别	优先级	地址
1	流行密码形象公社	118.35	33.93	生活服务	14	龙虎山路9号
2	爱家便利店	118.34	33.93	购物	16	龙虎山路74号
3	铭铭酒店	118.34	33.93	餐饮美食	11	龙虎山路73号
4	童乐汇品牌中心	118.34	33.93	购物	16	龙虎山路74号
5	安慈电子有限公司	118.25	33.90	公司企业	13	苏州路153号
6	江苏民丰农商银行商贸城支行	118.27	33.93	金融行业	10	义乌国际商贸城西南角
7	凤凰国际健身	118.27	33.95	运动休闲	9	发展大道88号
8	马陵公园	118.29	33.96	旅游景点	3	幸福路185号
9	舞韵少儿舞蹈培训班	118.29	33.95	文化教育	4	—

2.4 POI数据的精确标注

利用POI数据在全景影像像素坐标的地理角度位置关系，将POI数据映射到全景影像上，得到POI初始像素坐标(x₀, y₀)。为精确求得POI数据在全景影像坐标系中的坐标(x, y)，需精确解算POI数据与车载移动测量系统瞬间拍摄的位置模型，具体关系模型如图3和图4所示。

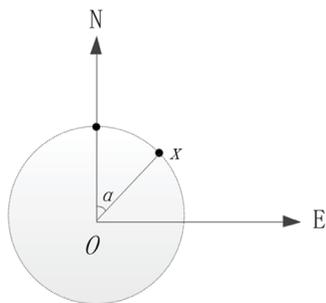


图3 全景影像像素坐标系水平方位角

图3中, O 点为车载移动测量系统瞬间拍照位置, 正北方向 N 为 y 轴正方向, 正东方向 E 为 x 轴正方向。

POI 数据在全景影像坐标系中的横坐标值如公式(1)所示。

$$x = 360 * N / \alpha \quad (1)$$

公式(1)中, N 为全景影像像素宽度, α 为 POI 数据在全景影像像素坐标系中的方位角。

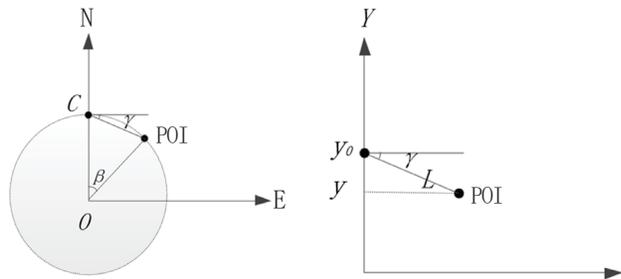


图4 全景影像像素坐标系竖直方位角

图4中, O 点为地心, C 点为车载移动测量系统瞬间拍照的坐标。

与地球半径相比, 车载移动测量系统瞬间拍照位置与 POI 数据间的距离非常小, 可将两点间的弧面距离视作直线距离。POI 数据在全景影像坐标系中的纵坐标值如公式(2)所示。

$$y = y_0 - L * \sin(\gamma) \quad (2)$$

其中:

$$\gamma = 90 - (180 - \beta * 360 / 2\pi) / 2\pi \quad (3)$$

$$\beta = \sqrt{(x_c - x_p)^2 + (y_c - y_p)^2} / R * 2\pi \quad (4)$$

公式中, β 为车载移动测量位置与 POI 数据的地心夹角, γ 为车载移动测量位置与 POI 数据的水平方位角, (x_c, y_c) 为车载移动测量系统瞬间拍摄位置的坐标, (x_p, y_p) 为 POI 坐标, R 为地球半径, y_0 为 POI 数据在全景影像像素坐标系中的初始纵坐标值, L 为 POI 与车载移动测量系统瞬间拍摄位置的距离, $L * \sin(\gamma)$ 为 POI 在垂直方向的偏移量。

由公式(1)和(2)即可求得 POI 数据在全景影像像素坐标系中的坐标。

3 成果分析验证

为了验证研究提出的 POI 批量标注方法的准确性、可靠性及实用性, 利用车载移动测量系统对江苏省苏州市某条道路进行全景影像和激光点云数据采集和处理, 并分别采用传统方法和研究提出的方法完成 5190 个 POI 数据的标注工作。

研究采用里程触发模式采集全景影像, 采样间隔为 8m, 拼接后全景影像像素统一为 12288×6144。POI 数据距离全景影像采集位置越近, 该数据占有的像素值越多, 随着 POI 数据与全景影像采集位置的距离增加, 全景影像中 POI 数据占有的像素数逐渐减少, POI 数据的标注精度及准确度随之降低。为保证 POI 数据的标注精度, 选择距离 POI 数据最近的 6 张全景影像进行标注 (POI 数据与全景影像采集轨迹点的距离小于 50m)。POI 标注效果如图 5 所示。



图5 POI数据标注效果

分别利用传统方法与研究方法进行 POI 批量标注, 统计结果分别如表 2 和表 3 所示。

表2 传统方法标注效果统计

序号	POI数量/个	是否满足要求	百分比
1	4308	是	83%
2	882	否	17%
小计	5190	—	100%

表3 研究方法标注效果统计

序号	POI数量/个	是否满足要求	百分比
1	5034	是	97%
2	156	否	3%
小计	5190	—	100%

由表 2、表 3 可知, 利用研究提出的方法进行批量标注, 共 5034 个 POI 数据满足可量测街景成果应用需求, 比传统标注方法多 726 个 (提高了 14%), 明

显提高了 POI 数据的标注效率和准确性。综上可知,研究提出的 POI 标注方法更贴合实际应用场景需求,可稳定输出高质量的标注效果。

4 结语

研究对可量测街景影像中 POI 的批量标注方法进行了探讨,通过技术路径优化与实验验证,形成一套完整的街景 POI 标注解决方案。首先对全景影像与点云数据进行高精度配准,建立全景影像坐标系与 CGCS2000 坐标系的映射关系,然后分别利用传统标注方法与研究提出的标注方法进行 POI 标注,并对两种方法的标注效率和标注准确性进行比较。结果表明,研究提出的 POI 批量标注方法具有一定的可行性和实用性,可更好地助力城市精细化管理和建设,具有较高的推广和应用价值。

参考文献

- [1] 曹正国,黄亮.基于卫星地图的街景兴趣点采集方法[J].测绘地理信息,2017(12):53-55.
- [2] 杨小明.电子地图兴趣点分类自动标注算法研究[J].网络安全技术

与应用,2015(3):13-15.

- [3] 熊友谊.地面激光扫描点云与鱼眼全景影像的配准与整合研究[D].北京:中国矿业大学,2014.
- [4] 王强.车载移动测量系统点云与影像配准研究[D].南昌:东华理工大学,2017.
- [5] 明镜,向泽君.车载移动测量系统装备研制与应用[J].测绘通报,2017(9):136-141.
- [6] 周静,张书亮.基于可量测实景影像的空间服务研究[J].南京师范大学学报,2014,14(3):57-62.
- [7] 周亦.基于移动测量技术的实景智慧燕郊建设的设计浅析[J].北京测绘,2017(S3):14-17.
- [8] 高航.轻便型移动测量系统在城市部件采集中的应用[J].北京测绘,2017(4):65-68.
- [9] 闫利,索一凡.车载激光雷达点云与全景影像的自动配准[J].测绘科学,2016,41(4):113-117,123.
- [10] 闫利,曹亮.车载全景影像与激光点云数据配准方法研究[J].测绘通报,2015(3):32-36.
- [11] 翁国康,杨晶.中海达一体化三维移动测量系统iScan[J].测绘通报,2013(4):119-120.
- [12] 卢秀山,俞家勇.车载激光点云与序列化全景影像融合方法研究[J].中国激光,2013(1):1-14.
- [13] 梁杏.面向增强现实浏览器的全景图精确标注[D].北京:北京理工大学,2015.

(上接第 33 页)

6 结语

针对当前滑坡体调查及无人机航线规划研究现状,利用三维激光扫描技术,提出一种基于蚁群算法的自适应航线规划方法,并开展了仿真分析和试验验证,重点对算法迭代速度和航线规划效果进行对比分析,得出如下结论:一是该算法能够有效应用于无人机航线规划;二是与传统算法相比,迭代速度更快、航线规划效果更优。在实际工作中,研究提出的方法能够有效提高植被覆盖区域的滑坡体调查精度。但是从试验可以看出,改进算法在缩短无人机航线长度方面效果不一,还有进一步研究优化的空间。

参考文献

- [1] 何朝阳.滑坡实时监测预警系统关键技术及其应用研究[D].成都:成都理工大学,2020.
- [2] 余宏明,栗志斌,邱同宇,等.基于无人机影像的滑坡地质灾害解译与稳定性评价以秭归县盐关滑坡为例[J].科学技术与工

程:2019,19(32):84-92.

- [3] 刘昌军,张顺福,丁留谦,等.基于激光扫描的高边坡危岩体识别及锚固方法研究[J].岩石力学与工程学报,2012,31(10):2139-2146.
- [4] 刘昌军,丁留谦,孙东亚.三星堆月亮湾城墙遗址覆土方量计算[J].水利水电科技进展,2011,31(2):81-84.
- [5] 毕瑞,甘淑,袁希平,等.面向东川复杂山地滑坡体无人机立面航线规划及建模分析[J].测绘通报,2021(5):63-67.
- [6] 梁诗顺,孟永东,田斌,等.滑坡表面位移无人机接触式监测的飞行路径优化——以三峡库区白水河滑坡为例[J].地球物理学进展,2020,35(3):1162-1167.
- [7] 周小龙,贾强,石鹏卿,等.免像控无人机航测技术在舟曲县立节北山滑坡-泥石流灾害应急处置中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,2022,33(1):107-116.
- [8] 李勇强,朱娟,周建达.基于无人机影像的精细化滑坡体建模研究[J].工程勘察,2023,51(7):41-46.
- [9] 李佳燕,方存光,槐崇飞.基于蚁群算法的纯电动汽车路径规划研究[J].沈阳理工大学学报,2024,43(1):28-35.
- [10] 时维国,宁宁,宋存利,等.基于蚁群算法与人工势场法的移动机器人路径规划[J].农业机械学报,2023,54(12):407-416.
- [11] 张家善.基于改进蚁群算法的物流配送车辆路径优化研究[D].辽宁工程技术大学,2014.

基于吉林一号卫星的城市黑臭污染水体遥感监测研究

欧秉逸

(福建省卫星数据开发有限公司, 福建 福州 350025)

摘要: 生态文明建设背景下城市水环境污染监测和治理工作愈发受到广泛关注, 卫星遥感监测作为一种动态化、大尺度、客观真实的地表探测手段, 成为城市水体健康监测的重要技术支撑。基于吉林一号星座, 研究利用两步城市水体识别指数和水调查监测数据对福州市主要研究区内城市水体分布进行精准划定, 并基于黑臭水体指数和归一化黑臭水体指数对黑臭水体区域进行监测分析和分布提取。研究结果表明: 福州市主要研究区内 43 条河湖干支流、湖泊和水库存在 11 处明显黑臭区域, 面积约为 2.35km², 约占研究区全部水体面积的 0.81%。经实地验证, 监测准确率超过 85%; 空间相关性分析结果表明, 研究区黑臭水体与化工厂、农业设施等具有较强的空间相关性, 可为当地水环境治理部门提供数据依据和决策参考。

关键词: 黑臭水体; 光谱特征; 吉林一号; 遥感监测

1 引言

随着沿海城市从大规模、大尺度建设阶段向城市治理精细化运营阶段过渡演变, 水环境质量愈发成为社会关注重点。自 2015 年国家发布《水污染防治行动计划》以来, 各城市利用卫星、无人机和各类水质传感器对城市黑臭水体进行实时动态监测监管, 逐步将城市黑臭水体控制在城市建成区水域面积的 10% 以内。水环境动态监管成为城市精细化管理和运营的重要部分, 受到社会各界的广泛关注。近年来, 吉林一号卫星在部分重点城市的水环境污染监测中起着举足轻重的作用。吉林一号卫星星座是由中国长光卫星有限公司负责研发、建设和运营的商业光学遥感卫星星座, 是目前我国最大的高分辨率卫星星座群, 近十年间陆续进行了 19 次发射, 共计 79 颗卫星, 目前具备全球范围内每年覆盖 2 次、中国国土范围内每年覆盖 6 次的观测能力^[1]。

卫星遥感技术具有宏观、实时、动态等特点, 能够为水体环境动态监测提供重要的数据支撑。姚月通过对比城市黑臭水体和普通水体的光谱特性, 发现在从绿光到红光的波段转换过程中, 黑臭水体的光谱反射率变化速率较普通水体更为平缓, 基于此, 提出了结合绿光波段和红光波段反射率的黑臭水体指数算法, 并通过实地验证, 将指数小于 0.065 的水域识别为黑臭水体^[2]; 温爽等研究发现, 相较于其他类型水

体, 城市黑臭水体的遥感反演反射系数在全波段均无显著差异, 且在 400 ~ 550nm 波段为最小, 因此采用单波段、蓝 - 绿波段差值、红绿波段比值及色度值等指标, 构建城市黑臭水体识别方法, 实证检验准确率大于 85%^[3]; 李佳琦则构建了水体洁净度评价指标, 基于影像特征构建水体颜色、次生环境、河道淤积、沿岸垃圾堆积等多个解译指标, 实现对黑臭水体的遥感辨识^[4]。

研究基于吉林一号卫星数据, 采用两步城市水体识别指数 (Two-Step Urban Water Index, TSUWI), 结合水调查监测数据库, 对福州市主要研究区的城市水体进行精准监测提取, 基于黑臭水体指数 (Black and Odorous Water Index, BOI) 和归一化黑臭水体指数 (Normalized Difference Black-odorous Water Index, NDBWI) 对提取的水体区域进行反演计算, 获取黑臭水体等级和分布范围。将结果与四种疑似黑臭污染源要素进行空间相关分析, 实现对研究区城市黑臭水体的监测和空间分析, 为水环境治理部门提供数据支撑和决策参考。

2 研究区概况和数据源

2.1 研究区概况

以福建省福州市建成区和部分县区为主要研究区域, 经纬度范围为东经 118° 30' 至东经 120° 00', 北纬

作者简介: 欧秉逸 (1991—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事工程测量技术、摄影测量技术、地理信息系统研究。

25° 15'至北纬26° 30',主要包括仓山区、晋安区、台江区、鼓楼区、闽侯县等县区。2022年,福建省实施城市污水处理提质增效专项行动,以福州、厦门、漳州、莆田等市为第一批重点试点区域,行动目标为2025年年底县级城市基本消除黑臭水体。研究区地理分布如图1所示。

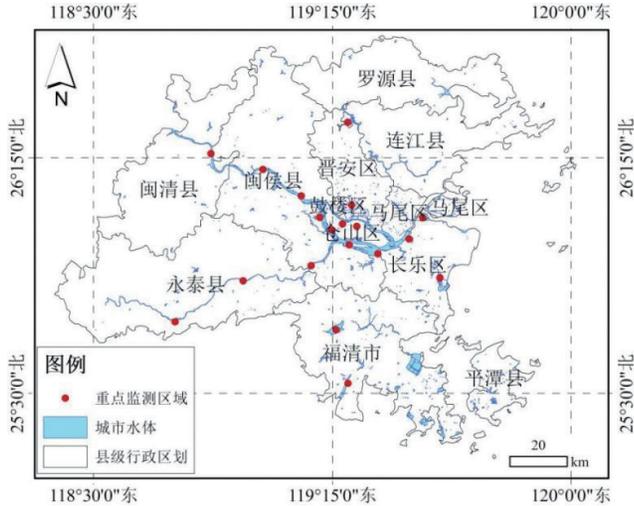


图1 研究区地理分布

辖区内水域监测总面积为290.25km²,共计43个河湖干支流、湖泊和水库。其中,鼓楼区有3条,分别是梅峰河、泮洋河、文藻河;台江区有10条,分别是大庆河、瀛洲河、三捷河、公园南部水域、济南河、打铁港、新透河、大道河、光明港一支河、红星河;仓山区有18条,主要是泰禾福州湾、龙津河、河南段台屿、阳岐河、龙津一支河、金港河、浦上河、飞凤河、跃进河、牛浦河、马洲支河、白湖亭河、潘墩河、跃进支河、吴山河、竹榄河、半洋亭河;晋安区有11条,主要是东郊河、琴亭河、竹屿河、磨洋河、新厝河、杨下河、淌洋河、陈厝河、浦东河、茶园河、羊里溪等。研究区重点监测区现场水体情况如图2所示。

2.2 数据源及预处理

研究综合选取了卫星数据、城市水体数据、黑臭污染水体分布资料以及基础数据。其中卫星数据采用研究区2023年2月至7月JLKF01A卫星数据,并通过大气校正、几何校正、融合镶嵌、匀色等影像预处理;城市水体数据包括城市河流、湖泊、水库等水体矢量边界数据,通过ArcGIS软件进行空间参考统一化、边界调整、地图匹配等预处理;黑臭污染源分布数据包括研究区内化工厂、餐饮、生活区、农业设施相关AOI和POI,需进行数据清洗、坐标系统统一化、属性挂接和边界匹配等数据预处理操作;基础数据包括现

场水质抽样调查数据,需进行空间坐标挂接和属性信息标准化等操作,行政区划包括市级、县级行政区划边界数据。

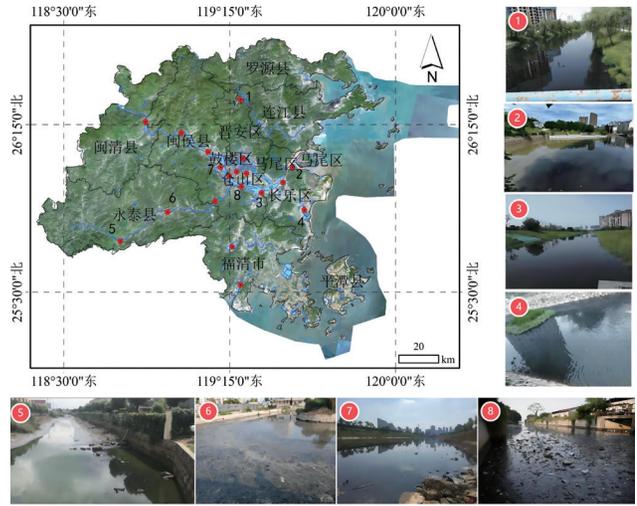


图2 研究区重点监测区现场水体情况

3 研究方法

3.1 两步城市水体识别指数

由于城市水体的遥感影像监测识别存在地表建筑物阴影和污染物噪声干扰问题,从标准卫星图像中难以有效识别。基于两步城市水体识别指数 T ,在城市复杂水环境状态下获得相对高精度的水体边界划定成果,具体计算如公式(1)至(3)所示。

$$T = (U_{WI} > t_1) \wedge (U_{SI} > t_2) \quad (1)$$

$$U_{WI} = \frac{\rho_g - 1.1\rho_r - 5.2\rho_{nir} + 0.4}{\rho_g - 1.1\rho_r - 5.2\rho_{nir}} \quad (2)$$

$$U_{SI} = 0.25 \times \frac{\rho_g}{\rho_r} - 0.57 \times \frac{\rho_{nir}}{\rho_g} - 0.83 \times \frac{\rho_b}{\rho_g} + 1 \quad (3)$$

T 指数通过整合城市水指数 U_{WI} 和城市建筑阴影指数 U_{SI} ,通过决策树分类形式,从原始影像中分离出水体和非水体区域,其中水体区域存在建筑物阴影干扰,则通过 U_{SI} 进一步剔除阴影像元。公式中, T 指数取值为[0, 1]的离散值,其中1代表水体,0代表非水体, t_1 、 t_2 分别指代 U_{WI} 和 U_{SI} 的最佳阈值, ρ_r 、 ρ_g 、 ρ_b 、 ρ_{nir} 分别代表吉林一号光学A星(JL-01A)影像的红光、绿光、蓝光以及近红外波段的反射率。

3.2 黑臭水体提取方法

研究对JL-01A影像中绿光与红光波段在普通水体与黑臭水体的反射率进行了比较,发现普通水体的反射率差异显著,黑臭水体则无此表现。基于这一光谱特征差异,分别构建了黑臭水体指数 I_{BO} 和归一化黑

臭水体指数 I_{NDBW} ，具体如公式 (4) 所示：

$$I_{BO} = \frac{\rho_g - \rho_r}{\rho_g + \rho_r + \rho_b} \leq \tau_1$$

$$I_{NDBW} = \frac{\rho_g - \rho_r}{\rho_g + \rho_r} \leq \tau_2$$
(4)

公式 (4) 中， τ_1 、 τ_2 为分割阈值。

3.3 精度验证

根据《城市黑臭水体治理工作指南》规定，研究对水体透明度、溶解氧量以及杂质含量等指标进行量化检测，认定透明度小于 25cm 或者溶解氧量小于 2mg/L 或杂质含量大于 30mg/L 的水体为黑臭水体^[5,6]。基于随机抽样原则，选取监测后 35 个典型样地对现场水体进行采样检测和精度分析。

3.4 空间自相关分析

在全局空间相关性分析中，全局莫兰指数 Global Moran' I 可用于量化计算目标空间单元要素在全局区域与周边区域的平均关联程度。研究引入该计算模型用于计算黑臭空间单元与周边特定人类活动要素（含化工厂、农业设施、生活服务、餐饮等要素）的空间关联程度，具体计算如公式 (5) 所示。

$$I = \frac{n}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$
(5)

公式 (5) 中， n 为空间单元总数量， y_i 和 y_j 分别代表第 i 个、第 j 个空间单元的属性值， \bar{y} 代表全部空间单元属性值的均值， W_{ij} 指代空间权重值。

4 黑臭水体监测结果分析

4.1 监测结果验证

根据上述方法对研究区水体范围开展遥感监测分析，黑臭水体总监测面积为 2.35km²，主要分布在闽侯县上街镇国新峰溪、福州高新区南屿镇高崎村安里河、元峰河、仓山区城门镇泰禾福州湾、金港河等处，典型监测区域黑臭水体分布如图 3 所示。从 11 处黑臭水体聚集区选取 35 处实地调查验证点，通过对验证点水体进行水样采集和水质分析，确认其中黑臭点位共计 30 处，正常水体 5 处，遥感监测准确率为 85.7%，部分黑臭水体现场调查验证情况如表 1 所示。现场调查验证结果显示，黑臭水体多呈深绿、黑色等颜色，普遍存在浮游物和浑浊现象，部分水体被监测时存在疑似黑臭水体浮游物特征，但在水体流动下逐渐恢复正常水色。由于遥感监测和现场调查存在时间差，极少

数在遥感监测时被判定为黑臭水体的取样点，在现场调查环节被定性为正常水色。

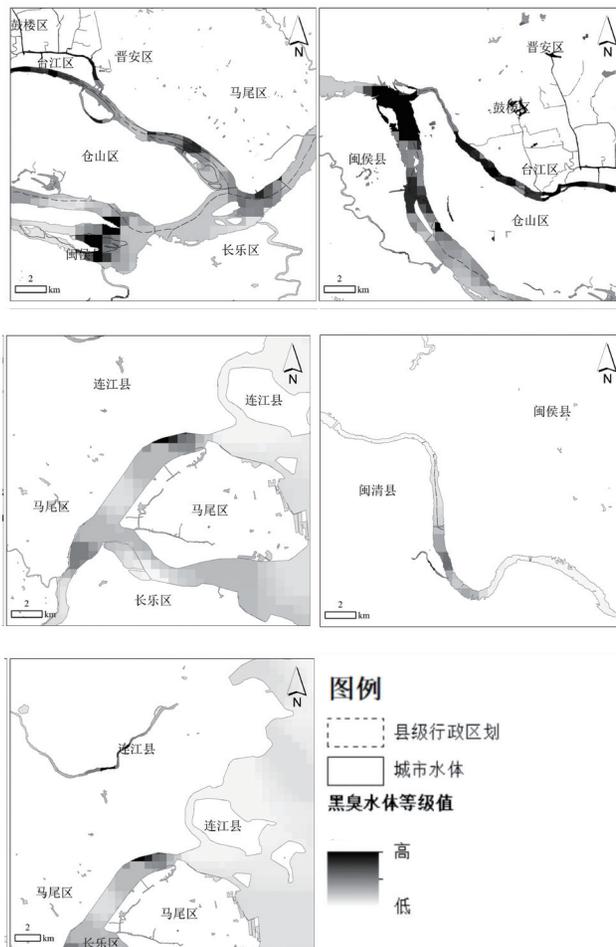


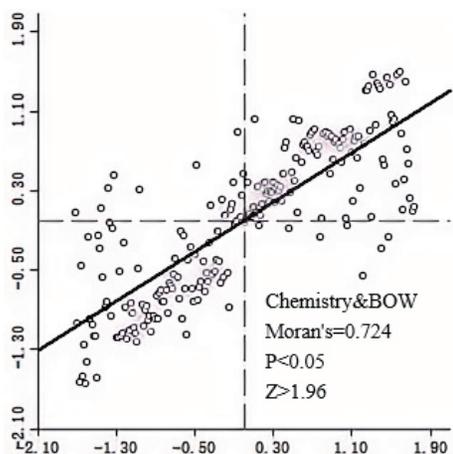
图3 典型监测区域黑臭水体分布
表1 部分黑臭水体现场调查验证情况

现场取样点编号	经度	纬度	水污染情况定性	描述
QY1	119.14°	26.03°	黑臭水体	水色深灰，有浮游物
QY2	118.38°	25.68°	黑臭水体	水体浑浊，有恶臭味，伴有浮游物
QY3	119.20°	26.47°	黑臭水体	有漂浮物，水色发黑
QY4	118.89°	26.17°	正常水体	水色偏深，但水质正常
QY5	117.89°	27.43°	黑臭水体	水色呈深黑色，有零星杂质
QY6	118.17°	28.26°	黑臭水体	水色呈墨绿色，有漂浮植物
QY7	119.06°	27.85°	黑臭水体	水色呈黑绿色，有恶臭味
QY8	118.87°	26.64°	正常水体	水色正常
QY9	117.98°	26.58°	黑臭水体	水色偏深，有少许恶臭味
QY10	119.05°	27.36°	正常水体	有少许浮游物，但水色正常
QY11	119.67°	28.24°	黑臭水体	水面有杂质浮游物，水色偏深
QY12	118.45°	26.36°	黑臭水体	水质浑浊，呈黄褐色

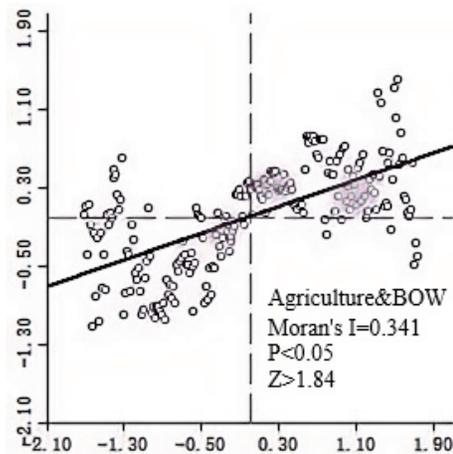
4.2 典型黑臭水体聚集区空间相关分析

基于全局莫兰指数将化工厂、农业设施、餐饮、生活服务 etc AOI/POI 与 11 处典型区域的黑臭水体分布情况进行空间相关分析，莫兰指数结果如图 4 所示。

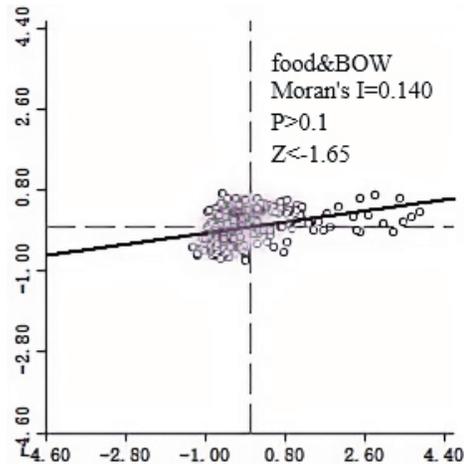
根据图4中四类要素和黑臭水体的莫兰指数分析结果来看，化工厂和农业设施活动分布与黑臭水体分布空间关联度较高，这与部分化工废水排污和农业废水倒排进入河道有密切关联；餐饮和生活服务与黑臭水体的分布空间关联度并不显著，这是由于餐饮和生活服务废水一般会进入市政管道进行处理，导致周边水体黑臭的案例较少。



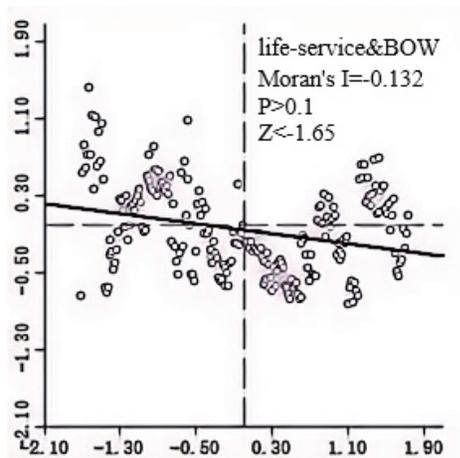
(a) 化工厂



(b) 农业设施



(c) 餐饮



(d) 生活服务

图4 莫兰指数结果

5 结语

研究基于吉林一号卫星数据，利用两步城市水体识别指数与水调查监测数据库，精准识别与提取研究区内的城市水体范围。然后基于黑臭水体指数和归一化黑臭水体指数对水体区域卫星数据进行分析，实现城市黑臭水体分布信息的提取与监测。监测结果显示，研究区内存在11处明显黑臭水体区域，面积约为2.35km²，约占研究区全部水体面积的0.81%，经实地调查与验证，黑臭水体的总体监测准确率达到85.7%。空间相关性分析结果表明，研究区黑臭水体与化工厂(Moran' I=0.724)、农业设施(Moran' I=0.341)等具有较强的空间相关性，表明该方法在福州市主要河段与湖泊的黑臭水体监测中具有良好适用性，可为水环境管理部门开展黑臭水体整治提供数据支撑和决策依据。

参考文献

- [1] 吴世红.城市黑臭水体遥感监测关键技术研究进展[J].环境工程学报,2019,13(6):1261-1271.
- [2] 姚月,申茜,朱利,等.高分二号的沈阳市黑臭水体遥感识别[J].遥感学报,2019,23(2):230-242.
- [3] 温爽,王桥,李云梅,等.基于高分影像的城市黑臭水体遥感识别:以南京为例[J].环境科学,2018,39(1):57-67.
- [4] 李佳琦,李家国,朱利,等.太原市黑臭水体遥感识别与地面验证[J].遥感学报,2019,23(4):773-784.
- [5] 胡森,张宁,王罗娟,等.多源数据对黑臭水体整治的遥感监测[J].环境与发展,2017,29(9):159-161.
- [6] 陈彦光.基于Moran统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J].地理研究,2009,28(6):1449-1463.

专题地图编制中信息图表可视化方法现状分析

张松超 张硕 胡晓玮

(61206 部队, 北京 100042)

摘要: 直观可视的信息图表在专题地图编制过程中发挥着越来越重要的作用。随着计算机技术的发展, 越来越多的数据可视化方法和软件不断涌现, 根据不同的数据选择相关软件和方法生成图表能起到事半功倍的效果。研究选取了 5 种常用的信息图表制作工具, 在分析各自优缺点的基础上, 从学习成本、样库种类、艺术效果、数据格式等方面进行量化比对, 为专题地图信息图表制作提供一定参考。

关键词: 专题地图; 数据可视化; 信息图表; 比对

1 引言

专题地图通过挖掘地理数据和其他具有时空属性的数据, 运用丰富的数理统计知识和空间分析知识, 借助可视化手段形成丰富多彩的专题地图(集)产品^[1]。经过几代地图学家的努力, 如今已形成一套成熟的表达方法, 如赵军等^[1]编写的教材里列举了 12 种专题地图要素表示方法。众多学者在专题地图集制作中对信息图表法进行了深入研究, 如呼雪梅等^[2]编制的《陕西省地理国情图集》, 采用信息图表与专题图相结合的版式, 从资源表达、经济社会、区域国情方面提升了专题内容表达效果; 杜清运等^[3]编制的《世界航海地图集》, 采用地图单元、信息图表和文字图片构建了表达空间, 结合色彩设计丰富了数据可视化效果; 李连营等^[4]构建了海洋地图可视化方法知识图谱, 信息图表法是其中一个重要分支。信息图表制作方式和软件有很多, 研究选取 5 种常用工具, 从学习成本、样库种类、艺术效果、数据格式等方面进行定量设计比对。

2 信息图表可视化原理和方法

人类获取外界知识的主要通道是眼睛, 通过人眼形成感知图像, 即视觉感知, 能显著提高信息分析的效率, 有助于人脑形象理解分析。“一图胜千言”可以准确表达这一可视化认知效果。信息图表法作为数据可视化的一个分支领域, 通过对数据进行二次加工, 既能减轻读图者获取信息的成本, 又能凸显读图者关注的核心内容, 帮助其通过数据进行分析决策。

2.1 信息图表可视化原理

在计算机领域, 可视化是指利用人眼感知能力对

数据进行交互的可视表达, 将不可见或难以直接显示的数据转化为可感知的图形、符号、颜色、纹理等^[5]。从信息加工角度看, 丰富的信息会消耗大量注意力, 数据可视化离不开数据分析, 在获取原始数据基础上, 需要对数据进行清洗、组织、分析甚至修改, 从中识别数据模式、抽取特定信息。可视化的目的在于刺激读图者发现知识的视觉本能, 给人耳目一新的视觉冲击以提高审美享受和学习、记忆能力^[6]。

信息图表可视化一般要满足以下要求:

(1) 信息图表数据要客观准确。针对表达内容, 选择合适的数据和图表类型, 不能因信息图表类型表达而修改数据, 要尝试多种图表类型, 正确绘制;

(2) 信息图表要有易读性。根据地图整体设计, 采用适当方式使信息表达更容易为读图者理解运用;

(3) 信息图表要突出重要信息。对于重要信息要突出标识, 让读图者无需耗费很多精力即可读懂表达内容, 便于分析、掌握信息;

(4) 信息图表要易于传播。在满足政治正确的条件下, 创意性、艺术性的信息图表设计更易于传播和扩大影响。

2.2 信息图表可视化方法

信息图表可视化方法没有统一规律和标准, 制图者的主观意图、审美能力、软件技能和地图任务规划、目标受众等都会影响可视化效果。一般信息图表可视化步骤分为: 数据收集与获取、数据分析与过滤、数据挖掘与提炼、信息图表类型选择与设计、信息图表效果评价、信息图表方案确定, 具体流程如图 1 所示。其中, 信息图表设计与评价需要考虑专题地图的整体布局, 精心设计数据选择、颜色设计、图面配置等。

作者简介: 张松超(1989—), 男, 汉族, 硕士研究生, 工程师, 主要从事地图制图工作。

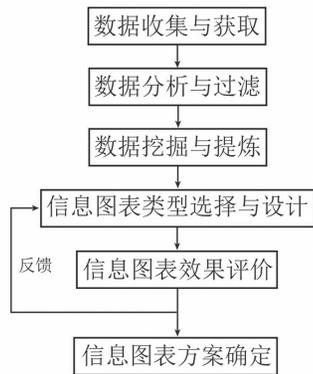


图1 信息图表可视化流程

3 常用信息图表软件

专题地图常用的编制方法是将 GIS 软件制作好的地图导入 Adobe Illustrator 作为底图，对专题要素进行编绘或从其他软件导入后，进行地图整编^[7]。可视化软件 and 平台有很多，研究选取实践中常用的 Microsoft Excel、Adobe Illustrator、Power BI、FineBI 和基于 Python 的 Matplotlib 库进行分析。

3.1 Microsoft Excel

Microsoft Excel 是微软公司的办公软件之一，具备强大的数据处理、分析功能，目前提供的模板包括柱形图、折线图、饼图、条形图、面积图、散点图、股价图、曲面图、雷达图、树状图、旭日图、直方图、箱型图、瀑布图 14 种及其组合图，还支持模板拓展。Excel 图表大体由坐标轴、轴标题、图表标题、数据标签、网格线、背景和图例组成。通过 Excel 的图表工具设计图表布局、图表样式、图表类型及其格式和颜色，方便快捷地生成各种样式的图表。

3.2 Adobe Illustrator

Adobe Illustrator（以下简称 AI）是 Adobe 公司的专业矢量绘图工具，主要功能有图形绘制和编辑、路径绘制和编辑、图像对象组织、颜色填充和描边编辑、文本编辑、图表编辑、图层和蒙版应用、样式外观与效果设计。AI 默认的图表工具有柱形图、堆积柱形图、条形图、堆积条形图、折线图、面积图、散点图、饼图、雷达图，制图效率相比 Excel 并不高，但功能强大，可绘制多种形式的图表。

3.3 Power BI

Power BI (Power Business Intelligence) 是微软公司发布的一款最新可视化工具，支持本地和云访问，能把复杂数据转换成简洁图形。Power BI 默认的可视化图表有条形图、柱形图、折线图、面积图等 25 种，

还可通过官网下载需要的可视化效果模板。除了自身丰富的图表库，Power BI 还可让用户自定义展示效果，部分效果会用到 R 语言，如阿斯特图、子弹图、和弦图、聚类图、决策树、甘特图、雷达图等。

3.4 FineBI

FineBI 是帆软旗下的自助式分析工具、新一代国产化智能分析服务平台，可通过浏览器访问使用，支持多人多岗协同办公。FineBI 具有数据整合和大数据处理能力，通过自定义拖拽分析报表，可按需生成各类分析图表。FineBI 将图表分为比较类、占比类、趋势或关联类、分布类等，大类下又细分很多小类，比如比较类下有柱形图、对比柱形图、分组柱形图、堆积柱形图、分区折线图、雷达图、词云、玫瑰图等。

3.5 Matplotlib

在 Python 可视化库中，Matplotlib 库功能强大，通过简洁代码即可绘制多种多样的图表，通过调整代码可以渐进、交互地获得所需信息图表。绘图流程一般为导入 Matplotlib 相关工具包，准备数据，绘制原始曲线，配置标题、坐标轴、刻度、图例等，添加文字说明、注解，显示、保存绘图结果。

4 信息图表软件比对分析

研究主要比对软件的信息图表可视化能力，数据收集、分析和处理不作探讨。选取《2023 年中国统计年鉴》中一次能源生产总量及构成数据作为实验数据，采用柱状图进行可视化表示，5 种软件的可视化效果如图 2 所示。研究主要从学习成本、样库种类、艺术效果、数据格式方面对软件进行比对。学习成本是指为完成可视化任务，熟练操作软件花费的时间；样库种类是指软件自带的样例库，包括通过其他渠道拓展的模板；艺术效果是指软件生成图表的新颖性、信息充实性、高效性、美感等；数据格式是指生成的图表格式种类、是否可二次编辑等。按照从 1 到 5 的分值，由弱至强估分表示，比对结果仅供参考，如图 3 所示。

(1) Excel 学习成本低，网上教学资源丰富，讲解较详细，制图员一般通过自学即可完成图表生成、修改、优化工作。Excel 默认图表模板有 14 类，还可通过网上资源导入模板。Excel 图表样式丰富，可满足基本的图表设计需要。Excel 生成的基本二维图表可导入 Illustrator，形成矢量格式并二次编辑，但一些高级图表效果，如三维效果图，导入后变成位图格式，不能编辑，分辨率也不能保证。

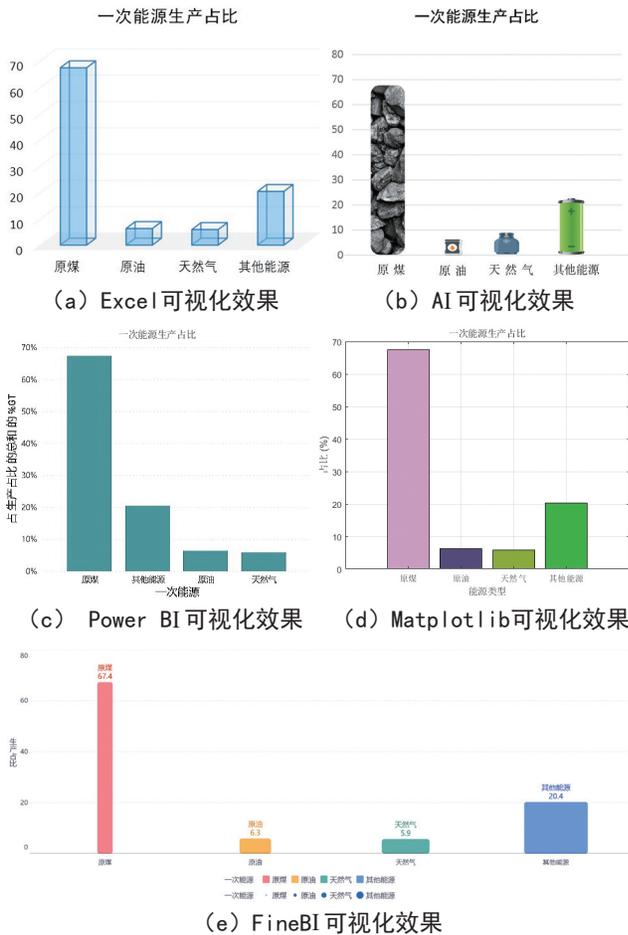


图2 一次性能源生产占比柱状图

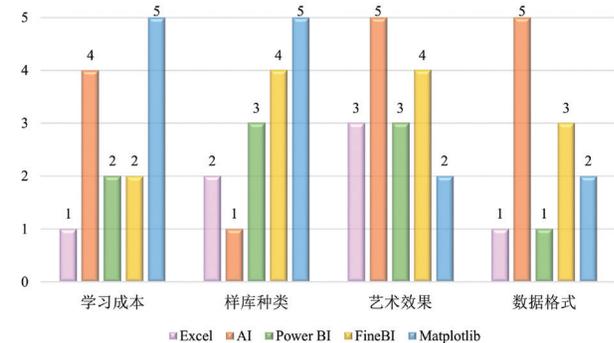


图3 5种软件信息图表可视化能力比对

(2) AI 在线教学视频和教材比较丰富，熟练使用需付出一定的时间成本。AI 自带的图表工具可用性不强，但可通过其他方式导入数据进行编辑，比如 Excel 生成的图表均可导入并编辑。依托强大的矢量工具，结合 PS 图片处理功能，AI 在艺术效果表达方面没有上限，主要受制于制图员的艺术设计能力。数据格式方面，AI 支持导出 13 种格式，方便修改和印刷。

(3) Power BI 安装使用简易，上手较快，图表可视化制作流程较为简便，内置图表种类虽较少，但提供了一个丰富的 Power BI 图表拓展市场供用户下载使用

用，图表类型可拓展性很强，相较于 Excel，信息图表丰富度更高。艺术效果方面，Power BI 自带丰富的可视化效果图表，可减少设计投入。但数据格式只能导出 Power BI 格式和 pdf 格式，可用性较为局限。

(4) FineBI 软件自带学习资源，流程化操作上手快。样库种类方面，FineBI 图表类型相对固定，没有拓展的图表库。艺术效果方面，FineBI 的可视化效果更加细腻灵活，图表可视化感染力更强，可导出 pdf、html、excel、ppt 等格式。

(5) Matplotlib 对于初学者较为简单，有很多参考资料支持能力提升，但要达到一定高度还具有挑战性。样库种类方面，Matplotlib 内置图表种类丰富，多达 60 余种，制图员可根据需要开发设计信息图表类型。但 Matplotlib 对图表类型艺术效果支持不够，需要配合其他 python 库进行设计。数据格式方面，Matplotlib 可导出 png、pdf、svg 等格式。

5 结语

研究从四个方面分析了 5 种常用的图表可视化软件，这些软件各有优缺点，实践中建议采用 Excel+Illustrator 这一组合进行信息图表可视化。Excel 简单快捷的图表生成功能结合 Illustrator 强大的图形设计功能，能有效满足专题地图编制中信息图表的可视化设计需求。随着可视化工具和方法层出不穷，很多在线工具，比如 ECharts、Flourish、ChartCube、ImageGP、IoDraw 等可视化功能丰富，制图员也可根据需求选择合适的图表可视化工具和方法。

参考文献

- [1] 赵军, 顾耀文, 凌善金, 等. 地图学[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [2] 呼雪梅, 乔俊军, 任兴, 等. 《陕西省地理国情图集·2020》的设计与编制特色[J]. 地理信息世界, 2022, 29(6): 58-64.
- [3] 杜清运, 任福, 鹿小平, 等. 《世界航海地图集》的设计与创新[J]. 测绘地理信息, 2022, 47(1): 4-12.
- [4] 李连营, 彭楚骄, 郭邦祁, 等. 海洋地图可视化方法的知识图谱构建[J]. 测绘地理信息, 2022, 47(1): 77-80.
- [5] 陈为, 沈则潜, 陶煜波, 等. 数据可视化[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [6] Kempadoo K A, Mosharov E V, Chori S J, et al. Dopamine Release from the Locus Coeruleus to the Dorsal Hippocampus Promotes Spatial Learning and Memory[J]. The National Academy of Sciences of the United States of America, 2016, 113(51): 14835-14840.
- [7] 杨善婷. 行业地理信息专题图设计与实践[J]. 勘测, 2021(9): 11-12.

矿区地表形变“空-天-地”一体化协同监测框架的构建

王小锋

(河南自然博物馆, 河南 郑州 450016)

摘要: 随着科学技术的持续发展, 各类监测技术以及具有不同防护等级的建筑不断涌现。然而, 监测技术的多样性与监测对象的复杂性, 给煤炭工业的地表变形监测带来新挑战。基于现有技术, 研究构建了矿区“空-天-地”一体化协同监测框架, 开展了工程化应用实践。研究显示, 该协同监测系统框架充分融合多种监测技术优势, 有效克服单一技术的局限性, 能够综合获取地表沉降数据, 揭示地表变形沉降规律, 为矿区环境管理提供可靠的数据支撑与技术保障。

关键词: 监测框架; 开采沉降; 偏好模型

1 引言

近年来, 新能源技术飞速发展, 在生产生活中的应用比重持续上升, 不断重塑能源消费格局。然而, 煤炭、石油、天然气等传统化石能源, 作为经济社会发展的重要基石, 在政府发展战略中仍占据关键地位。特别是煤炭, 因储量丰富、开采成本较低, 在能源消费结构中始终发挥着不可或缺的核心作用^[1,2]。

煤炭资源的大规模开发利用引发一系列生态与环境问题, 诸如地面塌陷、地质灾害频发等现象屡见不鲜, 不仅威胁矿区及周边居民的生命财产安全, 还对区域生态系统平衡与可持续发展构成巨大挑战。政府部门与相关行业协会陆续出台并实施一系列政策文件, 规范煤炭开采行为, 减轻环境破坏^[3]。然而, 煤矿开采对地表建筑物及生态环境的负面影响依然普遍存在, 迫切需要更为科学有效的监测管理方法。在此背景下, 构建“空-天-地”一体化协同监测框架具有重要意义。该框架通过综合运用多种先进监测技术, 实现对矿区地表沉降数据的精确获取, 为深入探究地表沉降规律提供了有力支撑。这一研究不仅能为矿区地质灾害预警和生态恢复提供科学依据, 还为矿山沉降治理与区域环境保护明确方向, 为推动煤炭行业绿色转型与可持续发展注入新动力^[4,5]。

2 形变监测流程

在煤炭资源开采之前, 地下岩体处于相对平衡的应力状态。然而, 矿体的地下开采破坏了围岩原有的

应力平衡, 导致应力重新分布并形成新的平衡状态。在此过程中, 岩石发生的运动和破坏被称为地层运动。地下开采是岩石运动的主要动力, 也是引发地表沉降的根本原因, 而地表沉降则是岩石运动的外在表现。采矿引发的沉降从采空区开始向围岩地表发展, 通常表现为破坏程度逐渐减弱、运动范围逐步扩大。这一过程对局部环境、自然资源、土地利用以及人类活动产生了显著影响。随着煤炭资源的开采完成, 上覆岩层逐渐塌陷并填充采空区, 地表形成沉降与积水, 具体情况如图1所示。

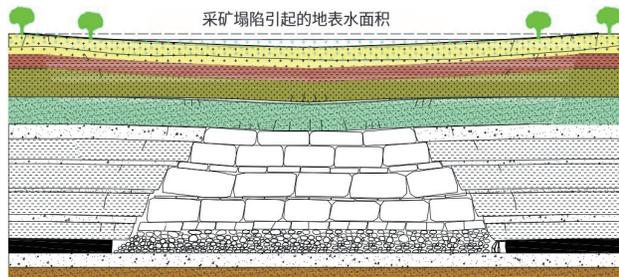


图1 采矿塌陷区

3 系统监测网络构建

矿区地表形变“空-天-地”一体化协同监测框架由空间监测组件、天空监测组件和地面监测组件三部分构成, 融合了观测网络控制、传统点线观测、区域干涉测量、地表无人机测量以及地表浅采裂缝的TLS测量等多种先进技术, 实现地表移动、变形和浅采裂缝的三维综合监测功能。通过空间监测、天空监测与地面监测各组件的高效协同, 该框架能够全面、

作者简介: 王小锋 (1979—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事测绘和地质工作。

动态地捕捉开采过程中地表变形与地面裂缝发展的时空演化过程，从而揭示矿区地表沉降变形规律与破坏机制，为矿区环境管理和灾害防控提供科学支持。

3.1 因子测定与分析

研究采用层次分析法确定指标。层次分析法是一种灵活的定量方法，已经成为风险评估的常用方法之一。根据前期研究需求，选择地表沉降监测方案影响因素，共包括3个一级指标和16个二级指标，各监测指标如图2所示。

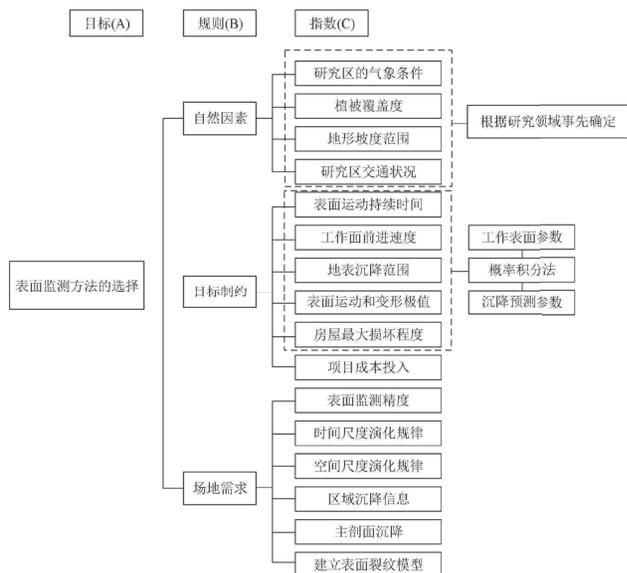


图2 地表沉降监测指标

根据二乘二比较判断原则，运用模糊数学理论推导出指标重要性比较的判断依据。将前一层因素作为下一层因素的基准，二乘二比较后的判断矩阵为 D ，公式如下：

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{X_1}{X_1} & \frac{X_1}{X_2} & \dots & \frac{X_1}{X_n} \\ \frac{X_2}{X_1} & \frac{X_2}{X_2} & \dots & \frac{X_2}{X_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{X_n}{X_1} & \frac{X_n}{X_2} & \dots & \frac{X_n}{X_n} \end{bmatrix}$$

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n X_{ij}}$$

$$W_i = \bar{W}_i / \sum_{j=1}^n \bar{W}_j$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(DW)_i}{nW_i}$$

$$R_c = \frac{I_c}{I_R} = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)I_R}$$

公式中， \bar{W}_i 分别为归一化判断矩阵， λ_{\max} 用于判断矩阵的最大特征值， I_c 是一致性检验指标， I_R 是随机

一致性指标， R_c 是判断矩阵的一致性比率。

3.2 应用研究

基于“空-天-地”一体化协同监测框架，依据相关性原则，将输入的TLS数据与InSAR数据融合为一个有机整体，构建涵盖“空-天-地”多源测量信息的集成数据集。以粗融合数据集为基准，从低分辨率、大范围InSAR遥感数据出发，逐步采用更高分辨率的TLS数据对精度进行校正。校正后的数据不仅囊括各数据的特征信息，还充分挖掘并利用了不同数据之间的相关性，切实达成“空-天-地”一体化及多源数据联动效果，最终生成整个矿区的地表沉降云图。鄂尔多斯高原东部东胜井田的沉降效果如图3所示，可为矿区生态恢复提供基础数据支撑。

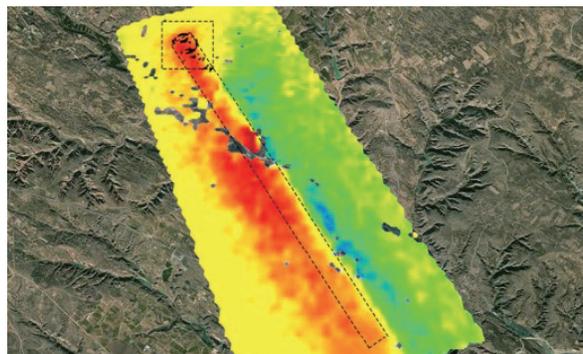


图3 表面变形速率和裂纹叠加

研究对融合数据和平准数据两个剖面的监测结果进行对比分析，结果如图4所示。两条融合剖面的沉降趋势与平准剖面一致，最大沉降差值的相对误差为2.5%。这表明在“空-天-地”一体化协同监测框架下，利用InSAR和TLS两种监测技术，通过数据融合获取大范围地表沉降盆地的方法是可行的。

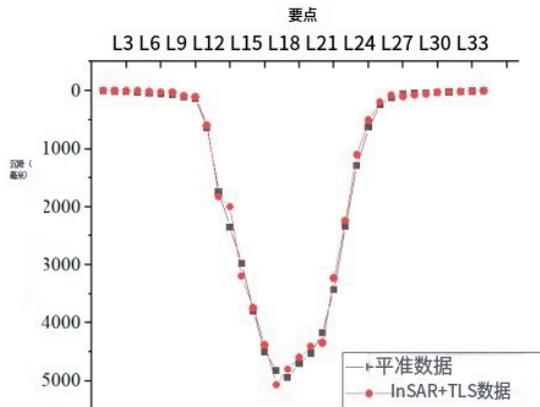


图4 融合数据与平准数据监测结果对比

为进一步分析表面变形速率和裂缝的影响关系，结合工作面推进时间（2018年3月至2019年9月），选择不同开采阶段的表面变形梯度进行研究。其中，

恢复初期（2018年8月10日）、恢复活跃期（2019年2月18日）和停止阶段（2019年9月10日）的表面变形梯度分布如图5所示。由图5可以看出，随着采煤工作面的推进，较大的表面形变梯度区域逐渐扩大，发展方向与采煤方向趋于一致，整体呈“凹”形分布，开切眼区域的表面裂缝主要分布在垂直形变梯度较大的位置周围。

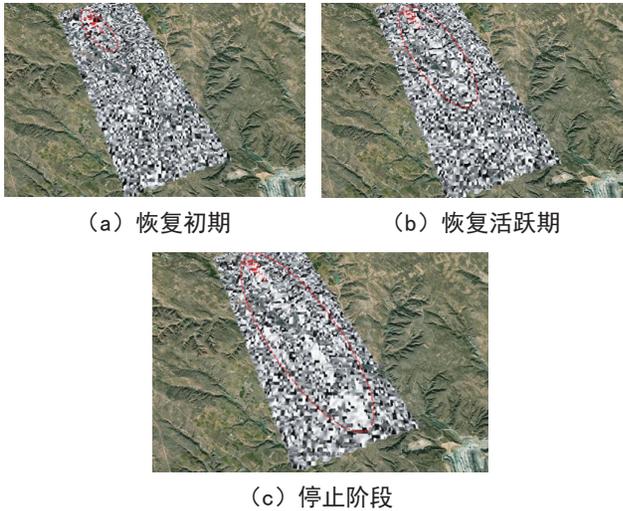


图5 表面变形梯度

西部矿区浅埋厚煤层开采具有推进速度快、地表变形剧烈的特点，地表裂缝的发展是一个动态演变过程。因此，及时准确掌握地表裂缝的真实分布具有重要意义。传统的地表裂缝现场调查方法虽然精度较高，但存在推进缓慢、周期长、成本高等问题，难以快速获取工作面推进过程中地表裂缝的变化规律。而采用搭载热红外和可见光相机的无人机进行裂缝监测，虽具有一定优势，但受限于边缘识别算法，难以识别地表边缘的小裂缝和浅埋裂缝。因此，将传统地表裂缝探测方法与无人机裂缝监测技术相结合，通过无人机技术监测沉降盆地中心及拐点位置的裂缝，同时采用传统地面裂缝测量方法监测沉降盆地边缘的裂缝，有助于更全面准确地揭示西部矿区浅埋厚煤层开采条件下的地表裂缝分布规律。

4 结语

当前，矿区地表沉降监测多依赖单一或少量技术手段，难以系统揭示变形规律。鉴于监测对象与技术手段的多样性，研究构建“空-天-地”一体化协同监测框架，引入AHP-TOPSIS偏好模型用于工程实践，以下问题值得关注：

(1) 协同监测框架优化：针对地表形变特征与技

术局限，所建框架为方案优选和多技术集成提供理论依据；方案优选需依据框架合理确定权重，发挥技术优势；多技术集成要兼顾时空协调性，以实现数据融合效果最优，获取完整的沉降形变图。

(2) 优选模型拓展：将AHP-TOPSIS模型用于协同监测框架，有助于提升决策科学性。随着人工智能的发展，神经网络等算法有望进一步优化监测方法，为框架升级提供新的可能。

(3) 裂缝监测方法创新：InSAR技术在地表裂缝识别方面优势显著，利用该技术计算变形梯度，可分析裂缝分布；结合传统探测与无人机监测手段，可实现对不同区域裂缝的精准识别，为西部矿区浅埋厚煤层开采中的裂缝研究提供有效路径。

(4) 工程应用效果验证：研究提出的一体化协同监测框架与优选模型能有效筛选实施方案。在矿区工作面应用中，可成功获取变形分布规律，识别大变形区域，为地表裂缝治理与生态恢复提供数据支持。

(5) 协同监测框架构建：基于地面形变特征与现有技术条件，建立“空-天-地”一体化协同监测框架，涵盖主流技术且具开放性，为协同监测分析与多尺度沉降研究提供理论依据与方法支撑。

(6) 监测方案优选方法：研究确立了自然因素、目标约束与现场需求3个一级指标与16个二级指标，运用AHP分析指标重要性，结合AHP-TOPSIS模型，提出基于协同框架的监测方案偏好四步法，并在神东矿区成功应用。

研究构建的“空-天-地”一体化协同监测框架具有实验性，可根据实际需求调整优化。随着研究的深入与人工智能技术的发展，将不断完善这一框架，在矿区沉降监测与管理中展现更广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 王佟,刘峰,赵欣,等.“双碳”背景下我国煤炭资源保障能力与勘查方向的思考[J].煤炭科学技术,2023,51(12):1-8.
- [2] 张宏.以煤炭行业高质量发展筑牢能源压舱石[J].煤炭经济研究,2023,43(1):1.
- [3] 贺成栋.基于新发展格局下提升煤矿安全管理水平的思考[J].内蒙古煤炭经济,2023(13):94-96.
- [4] 袁亮,张平松.煤炭精准开采地质保障技术的发展现状及展望[J].煤炭学报,2019,44(8):2277-2284.
- [5] 王燕.煤炭开采对生态环境的影响及治理对策[J].煤炭科学技术,2009(12):4.

基于SBAS-InSAR技术的山区地质灾害测绘方法

郑鑫龙 李波

(广东省城乡规划设计研究院科技集团股份有限公司, 广东 广州 510290)

摘要: 为保障山区人民群众生命财产安全, 提出基于SBAS-InSAR技术的山区地质灾害测绘方法, 结合无人机技术, 动态实时收集灾区地表要素, 对收集的影像进行处理, 然后利用处理后的数据完成三维山区地质灾害建模。实验结果表明: 基于SBAS-InSAR技术的山区地质灾害测绘方法能有效提高形变监测精度与地质灾害识别效率, 为灾后救援和灾后重建提供科学依据, 具有较好的应用效果。

关键词: InSAR 技术; 地表形变监测; 测绘; 地质灾害

1 引言

近年来, 随着全球气候变化及人类工程活动的加剧, 山区地质灾害的发生频率和危害程度呈现上升趋势。极端气候事件的频繁出现加剧了山区地质环境的不稳定, 大规模工程建设破坏了山体自然平衡, 增加了地质灾害发生风险。因此, 加强山区地质灾害监测, 有助于及时掌握地质灾害的动态变化。InSAR技术的不断发展在一定程度上消除了地形相位影响, 提高了形变监测精度。然而, 在长时间序列的地表形变监测中, 由于空间失相干和大气延迟等因素影响, InSAR技术应用受到一定限制。众多学者开展了深入研究, 如文献[1]围绕无人机航测应急数据采集精度确定、地灾滑坡应急监测控制点选取与布设, 以及应急测绘数据采集与可视化等展开研究, 实现地灾滑坡应急测绘目标, 但监测点布设成本较高。文献[2]借助GPS技术快速筛选测量点, 构建RTK差分基准站, 接收卫星信号并处理数据, 绘制工程地质勘察图, 但监测范围有限。

针对上述问题, 研究提出基于SBAS-InSAR技术的山区地质灾害测绘方法, 选取空间基线和时间基线均较短的多幅SAR影像构成干涉对集合, 运用SVD等对干涉对进行联合求解, 并结合多视处理与滤波技术等降低大气延迟影响, 实现长时间序列地表形变监测。

2 山区地质灾害测绘方法设计

2.1 山区地质影像数据采集

在山区地质灾害应急测绘中, 融合SBAS-InSAR与无人机技术可快速获取灾区影像。传统航空摄影测量虽能获取灾区高清影像, 但生成的二维平面图难以全

面反映空间地理特征, 存在较大范围的视野盲区与地形遮蔽问题^[3]。而基于SBAS-InSAR技术的无人机测绘方案, 具备三维立体化灾区信息采集能力, 通过多角度相机协同作业, 可突破二维影像的局限性, 高效获取灾区地物的多维度空间数据, 显著提升应急测绘的时空分辨率与信息完整性。具体设计如下:

首先, 设计并制造一种适配无人机航拍任务的稳定型相机挂载支架, 确保具备可靠的悬吊结构。随后, 将六台 $\alpha 6000$ 型相机以 45° 倾角阵列方式安装于支架, 其中, 五台相机的镜头焦距统一配置为40mm, 按照预设 45° 倾角对称分布于支架主体; 剩余一台相机则采用25mm短焦镜头, 以垂直向下的正射视角固定于支架前端。最终, 通过单片机系统实现六台相机的同步触发控制, 确保多视角影像数据采集的时空一致性。

其次, 在航线规划阶段, 需要综合考量相机焦距、影像分辨率及图像重叠度对数据采集的影响。为确保灾区地表特征的有效获取, 通常选用短焦距镜头。SBAS-InSAR技术地质灾害测绘监测如图1所示。

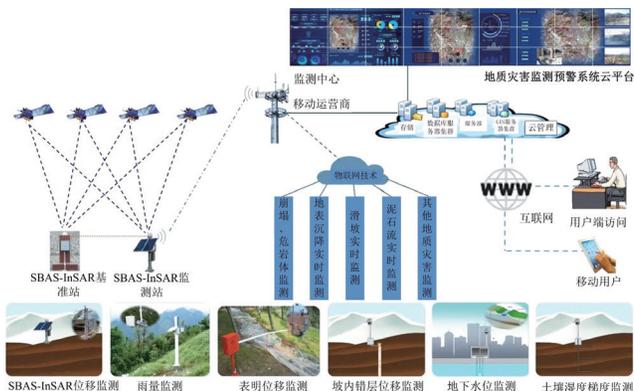


图1 SBAS-InSAR技术地质灾害测绘监测

作者简介: 郑鑫龙 (1990—), 男, 汉族, 本科, 测绘工程师, 主要从事测绘工程、测绘地理信息生产与研究、自然资源管理等工作。
通讯作者: 李波 (1986—), 女, 汉族, 本科, 测绘工程师, 主要从事不动产与界线测绘、航空摄影、工程测量工作。

根据地面分辨率要求及焦距与航高之间的几何关系,将相机焦距设定为 25mm。航高计算需依据倾斜摄影镜头的参数,其中绝对航高 (h_1) 的推导需结合航高基准值 (h_2) 与测区地形基准面高度 (h'), 具体计算公式如下:

$$h_2 = d \cdot s \quad (1)$$

$$h' = \frac{1}{2}(h_{\max} + h_{\min}) \quad (2)$$

$$h_1 = h_2 + h' \quad (3)$$

公式中, s 代表比例尺, d 代表焦距, h_{\max} , h_{\min} 分别代表测区地形高度的最高值和最低值。

最后,通过无人机搭载的影像采集模块与固定翼无人机正射视角航拍系统的同步曝光作业,可在灾情发生后迅速获取区域全景影像数据。结合点、线、面多维度信息提取策略,实现灾区地表要素的动态化实时采集。

2.2 基于 SBAS-InSAR 技术的影像处理

基于山区地质灾害区域 SAR 影像数据,通过多时相影像配准生成短基线干涉对集合,并利用奇异值分解算法对多组短基线数据集进行联合反演^[4],从而获取目标区域的时间序列形变场及地表形变速率均值,其核心原理与操作流程如下:

针对由 $Z+1$ 幅 SAR 影像构成的数据集(各影像的获取时刻依次为 $t_0, t_1 \dots t_n$),每幅影像至少能与一帧其他影像形成干涉配对,进而生成 E 组干涉图对。当 Z 为奇数时, E 与 Z 之间满足以下约束关系:

$$\frac{Z+1}{2} \leq E \leq Z \left(\frac{Z+1}{2} \right) \quad (4)$$

为保证有足够的干涉对数量,获取可靠的形变信息,需合理设置相邻影像的时间间隔,确保能捕捉到地质灾害形变过程。假设在 SAR 成像过程中,分别于时刻 t_1 和 t_2 获取同一区域的两幅影像,并基于这两幅影像生成干涉图,干涉图中的相位差可通过以下关系式表达:

$$\Delta\delta = \delta_{\text{flat}} + \delta_{\text{topo}} + \delta_{\text{def}} + \delta_{\text{noise}} + \delta_{\text{atm}} + \frac{4\pi}{\lambda} \Delta r + u \cdot 2\pi \quad (5)$$

公式(5)中, δ_{flat} 、 δ_{topo} 分别代表平地、地形的相位, δ_{def} 代表视线方向形变相位, δ_{noise} 代表噪声相位, δ_{atm} 代表两次成像期间由于大气延迟而引起的相位, Δr 代表视线方向形变量, u 代表整周模糊度。上述公式的平地相位 δ_{flat} 可通过基线参数估计获取。同时,在 SBAS-InSAR 技术处理中,由于短时间基线条件下两次成像的大气状态具有较高相似性,大气相位干扰 δ_{atm}

可视作次要因素并予以忽略。基于上述处理,分离得到的形变相位 δ_{def} 经相位解缠后,可进一步求解整周模糊度 u ,最终得到形变量 Δr ,即:

$$\Delta r = \frac{\varphi}{4\pi} \delta_{\text{def}} \quad (6)$$

基于上述计算出的形变量,SBAS-InSAR 技术的图像处理流程可概括为:

(1) 采用高精度轨道参数对 SAR 影像实施轨道误差修正,同时消除地形相位对形变监测的干扰。

(2) 基于基线估算模型计算各影像对的平地相位,为干涉对筛选提供空间和时间基准。

(3) 根据研究区特性设定时空基线阈值(时间基线设为 60 天,空间基线设为 77m),共生成 160 组短基线干涉对。

(4) 针对干涉图子集构建相位观测方程,并采用最小二乘法或奇异值分解(SVD)方法反演地表形变参数。短基线配置可有效抑制空间失相干现象,显著提升地质灾害形变监测的可靠性。

2.3 三维山区地质灾害建模

根据处理后的图像数据,利用 RiSCAN Pro 软件将数据转换为 LAS 格式的激光点云文件,并导入 TerraSolid 点云处理平台^[5]。通过人机交互式滤波操作,对数据进行分类标注,划分为地面点、建筑点、植被点及未分类点,为后续数字高程模型(DEM)与数字线划图(DLG)生产提供基础数据支撑。

此外,将 TerraSolid 软件滤波处理后的地面点数据导入 ArcGIS 10.1 平台的 LAS 数据集模块,随后在 ArcToolBox 工具箱中调用三维分析工具,将 LAS 数据集转换为高精度 DEM,进一步提取等高线及高程点要素。结合 DEM 数据与地质灾害体的空间范围,可开展灾害体土石方量估算工作,为灾害评估提供量化依据。

在 MicroStation V8 平台的 TerraSolid 模块中加载形变量数据与影像数据,通过整合多源数据,可实现房屋、道路、水系、植被及陡坎等地物要素的高精度提取。提取完成后,将成果数据导入 CASS 软件,与前期生成的等高线及高程点数据协同进行精细化编辑,完成要素的符号化表达,最终生成 DLG。

上述各步骤完成后,构建山区地质灾害体的地表三维模型(涵盖 DEM、DLG 等),并结合现场钻探获取的岩土层数据,建立地下三维地质结构模型。最终,通过将数字高程模型、SAR 遥感影像与地下地质模型进行空间融合,生成覆盖全区域的地质灾害体三维综合模型。

3 实验测试与分析

3.1 实验准备

为验证基于 SBAS-InSAR 技术的山区地质灾害测绘方法的可行性,选择云南省某山区作为实验区进行测试。实验区地质灾害频发,地形复杂多样,具有典型的高山峡谷地貌特征,为地质灾害研究提供了极具代表性的自然环境条件。在数据采集方面,采用多平台激光雷达测量系统采集实验区 SAR 影像,该系统技术性能先进,主要参数如表 1 所示。以采集的 SAR 影像数据为基础,开展后续的实验研究。

表1 无人机相机参数

配置	参数
高分辨率数码相机/pixel	D500S: 10.5M
最大扫描距离/m	1200 (对反射率为90%的物体)
角分辨率/°	0.0005
扫描精度/m	8 (100m距离处)
扫描视场范围	100°×360° (垂直×水平)
激光发射频率 / (万点 / s)	30

3.2 实验结果与分析

将基于 SBAS-InSAR 技术的山区地质灾害测绘方法与文献 [1]、文献 [2] 方法进行对比测试,并选取地质形变的监测精度与地质灾害的识别效率作为实验指标,形变量对比结果如图 2 所示。由图 2 可知,研究方法在各监测点的形变量监测结果与实际数据更为接近,相较于文献 [1] 和文献 [2] 方法,能更准确地反映地质形变的实际情况,有效提高形变监测精度。

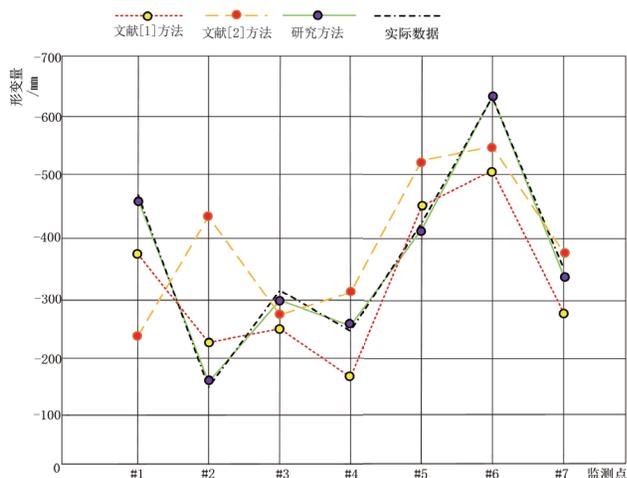


图2 形变量对比分析

灾害识别效率对比分析结果如图 3 所示,由图 3 可知,研究方法在灾害识别效率方面表现出色,相较于其他两种方法,能够更快速、准确地识别地质灾害,提高了地质灾害识别效率。实验结果表明,基于

SBAS-InSAR 技术的山区地质灾害测绘方法,在地质形变监测精度和地质灾害识别效率方面均具有明显优势,能够为灾害救援和灾后重建提供更为科学、准确的依据,具有较高的应用价值和推广意义。

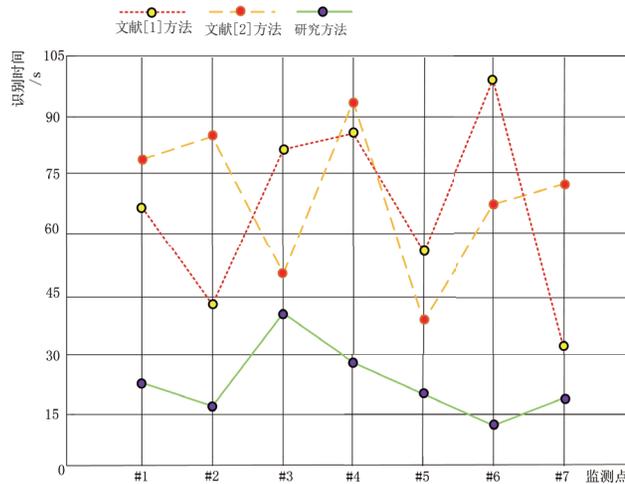


图3 灾害识别效率对比分析

4 结语

基于 SBAS-InSAR 技术的山区地质灾害测绘方法,凭借高精度、大范围、长时间序列的监测能力,成功克服传统测绘方法在复杂地形条件下的局限,为深入揭示山区地质灾害的孕育、发展和演化规律提供了有力支撑。基于该方法能够更精准、全面地获取地表形变信息,及时发现潜在的地质灾害隐患,提升山区地质灾害预警能力,优化灾害应急响应机制,指导山区工程建设规划,还能有效降低地质灾害给山区人民群众生命财产安全带来的潜在威胁,为山区可持续发展奠定坚实基础。随着技术的不断发展和完善,SBAS-InSAR 技术必将在山区地质灾害测绘领域发挥更为关键的作用,为人与自然和谐共生贡献更多力量。

参考文献

- [1] 文超.基于无人机航测的地灾滑坡应急测绘方法分析[J].城市勘测,2022(5):162-164,168.
- [2] 陈凤.基于GPS RTK技术的工程地质勘察测绘方法研究[J].住宅与房地产,2024(24):27-31.
- [3] 王爽,徐健,林璐,等.多源测绘技术在沿黄公路边坡地质灾害调查中的应用[J].测绘通报,2024(8):151-154,176.
- [4] 王硕,王晨阳,陈常松.测绘业务与地质灾害监测预警业务之间的融合途径分析[J].测绘通报,2020(11):151-154.
- [5] 于忠海,闫立波,刘茜,等.基于陆探一号SAR卫星的地质灾害普查监测技术研究及应用[J].测绘通报,2024(11):97-101,176.

基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法研究

张文恒

(广东广量勘测规划有限公司, 广东 东莞 523000)

摘要: 传统的建筑测绘方法受限于人力、环境、时间等多种因素, 已难以满足现代建筑工程高精度、高效率、实时性需求。为解决这一问题, 提出基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法。首先, 基于无人机遥感技术的建筑图像收集, 为后续图像处理提供了可靠的技术支持; 其次, 根据影像对象的亮度均值标准差的计算数值, 对建筑遥感影像进行分割处理; 最后, 制定了针对地物类别的特定特征提取准则, 实现建筑测绘信息的提取。实验结果表明: 基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法能够准确对实验区的建筑测绘信息进行提取, 并对遥感图像的像元进行分类, 该方法有较好的可行性与准确性。

关键词: 建筑物信息; 信息提取; 建筑测绘; 测绘技术; 无人机遥感技术

1 引言

随着科技的迅猛发展和测绘技术的持续革新, 建筑测绘领域正面临前所未有的机遇与挑战。在此背景下, 无人机遥感技术凭借独特优势, 已成为建筑测绘领域的研究热点和有力工具。通过搭载高精度传感器和数据处理系统, 无人机遥感为建筑测绘提供了丰富的信息源, 应用主要集中于建筑物三维模型构建、建筑物信息提取与分析等方面。其中, 建筑物信息提取是无人机遥感技术在建筑测绘领域的核心应用之一。

近年来, 学者对建筑测绘信息提取方法取得诸多进展。例如, 文献 [1] 基于卷积神经网络, 通过图像增强技术增强数据集的多样性, 利用超参数搜索优化网络参数配置, 实现遥感影像中建筑物的自动精准识别。文献 [2] 将遥感影像与 DSM 数据相结合, 通过多尺度分割生成父子对象层, 采用样本分级极值法剔除子对象层的非建筑物元素。通过建筑物分级提取方法识别并筛选建筑物种子节点, 将其映射至父对象层, 完成建筑物的有效提取。研究通过无人机获取的遥感影像数据, 结合图像处理、模式识别、地理信息系统等技术, 有效提取建筑物的高度、形状、材质等信息, 为建筑物的识别、分类与评估等提供重要依据。

2 基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法

2.1 基于无人机遥感技术的建筑图像收集

建筑测绘信息提取需准确获取建筑区的分布坐标和面积数据。地面数据采集是其中的关键环节。研究

采用手持 GPS 设备与无人机技术相结合, 对作业区域全面覆盖, 精准捕捉建筑地块坐标与面积信息。在使用手持 GPS 采集数据前, 需确保投影坐标系设置正确, 保障数据的准确性和一致性。在无人机遥感数据采集时, 核心传感器选用 Sony A46 可见光相机 [3]。该相机机身轻巧、像素分辨率高、与无人机飞行控制系统兼容性好, 能高效完成遥感数据采集。图像数据质量直接影响后续处理效果, 因此, 无人机遥感传感器的参数需符合特定标准。具体参数指标如表 1 所示。

表1 无人机遥感传感器参数

指标	参数
相机内存	≥16G
相机成像分辨率	0.2~3m
相机重量	<900g
快门速度	20~1/3000s
光感度	200
可见光相机像素	2400万
对焦方式	全景对焦

在无人机遥感图像采集过程中, 设定相机以每 1/1250s 的间隔进行拍摄, 并根据实时天气状况调整 ISO 值, 同时采用全景对焦模式保证图像的清晰度和覆盖范围。通过将相机与无人机飞行控制系统紧密连接, 并锁定相机参数设置, 确保数据采集的一致性。精确的相机参数设置保证了航片间具有足够的重叠度, 为后续图像处理提供可靠的技术支持。

2.2 建筑遥感影像的分割处理

遥感影像与传统卫星影像相比, 能够提供更为丰富的空间结构和纹理细节。然而, 若仍采用基于传统图像信息的分析方法, 将难以充分挖掘这些空间细节

作者简介: 张文恒 (1985—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事地形测绘、工程测量、不动产测绘、测绘地理信息生产和建库等工作。

特征,影响信息提取质量^[4],导致地物信息和空间细节大量丢失。因此,研究选择多尺度分割技术处理高分辨率遥感影像。

在多尺度分割过程中,各测绘对象在不同尺度层级上呈现的属性信息存在差异。其中,影像对象的亮度均值标准差是选择最佳分割尺度的有效指标。当影像层中纯净对象数量增多时,它们与相邻对象之间的光谱差异更为明显,从而使得整幅影像各图面的亮度均值标准差相应增大。反之,若影像层中混合对象属于同一主体,其与其他物体间的光谱差异也会降低,进而导致所有对象的亮度均值标准偏差减小^[5]。因此,在建筑测绘信息提取和分类过程中,可通过计算影像对象的亮度均值标准差,准确判断并选择最优分割尺度,实现对图像的精准处理。

最优分割尺度的参考值发生在亮度均值标准差的峰值,影像对象的亮度均值 a_i 、亮度均值标准差 v 、整幅影像对象的亮度均值的计算公式如下:

$$\begin{aligned} a_i &= \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q \bar{s}_i \\ \bar{a} &= \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t a_i \\ v &= \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (a_i - \bar{a})^2} \end{aligned} \quad (1)$$

公式(1)中, \bar{s}_i 代表第 i 波段的平均值, t 代表整幅影像对象的数目, q 表示影像波段数量。

为确定建筑测绘信息的最佳分割尺度,研究采用亮度均值标准差法进行系统分析。为系统探索不同尺度下的分割效果,每次以10为单位逐步调整分割尺度参数。实践发现,当分割尺度小于150时,分割结果过于细碎且存在明显过度分割现象;而当分割尺度超过300时,则会产生大量混合对象,导致分类精度降低。因此,最终选定150至300的分割尺度范围作为研究区间。

2.3 实现建筑测绘信息的提取

基于设定的分割尺度,研究分析提取建筑测绘信息,识别对象的独特特征差异,并针对不同地物类别制定特征提取准则,确保在不同且优化的分割尺度层级上,能有效提取和识别地物,从而实现精确的类别划分。

以居民建筑、耕地和道路为例,在影像中,被薄膜覆盖的耕地、道路及居民建筑区通常呈现明显的亮白色调,基于这一特征,可采用亮度均值特征有效区

分这些地物与其他地表覆盖类型,表达公式如下:

$$\delta = \frac{\bar{R} + \bar{G} + \bar{B}}{3} \quad (2)$$

公式(2)中, \bar{R} , \bar{G} , \bar{B} 分别代表影像中的红绿蓝三个通道的平均数值。依据形状指数 χ 区分道路,表达公式如下:

$$\chi = \frac{u}{4 * \sqrt{g}} \quad (3)$$

公式(3)中, g 代表影像对象面积, u 表示影像对象的边界长度。

为从影像中准确区分居民建筑,采用灰度差分矢量方法,计算像素与相邻像素之间的绝对灰度差异的发生概率。均值特征 δ 的计算公式如下:

$$\delta = \sum_{k=0}^{h-1} x_k \quad (4)$$

公式(4)中, h 表示行列个数, x_k 代表影像对象的灰度共生向量的对角线之和。

在影像处理中,针对居民建筑、耕地和道路等地物,采用多种特征进行区分。亮度均值特征能够有效识别亮白色调的地表覆盖,形状指数能够准确区分道路,灰度差分矢量方法的均值特征能够帮助准确识别居民建筑。

通过上述步骤,即可完成建筑测绘信息提取。

3 实验测试与分析

3.1 实验准备

为证明基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法的可行性,进行实验测试,设定各项实验参数,具体如表2所示。

表2 无人机技术参数

项目	参数
有效任务载荷	6kg
翼展	2.91m
续航时间	5h
飞行速度	100~120km/h
机身长	2.5m
最大起飞重量	25kg
实用升限	5000m
材质	碳纤维

为确保无人机在测试过程中安全飞行,起飞前要做好安全检查,检查内容包括线路状态、手动与自动模式下的姿态稳定性、开伞与关伞功能可靠性、磁罗盘的准确性、动压值的正常性、飞控对相机的单拍功能测试,以及动力电机性能等。所有项目功能、参数

正常后, 方可为无人机配备弹射绳, 并将其安全弹射升空执行任务。

实验选取一处 100m×100m 的建筑区, 对该区域各类地物对象进行信息提取与分类。为验证研究方法的有效性, 将研究方法与文献 [1]、文献 [2] 方法开展对比测试, 首先开展无人机图像采集, 然后使用三种方法提取建筑测绘信息, 验证三种方法的使用效果。

3.2 实验过程

在实验开始前, 首先确认实验区域天气状况适宜无人机飞行, 无强风、暴雨等恶劣天气。检查实验区是否存在影响无人机飞行的障碍物或限制区, 并确保已取得相关飞行许可。其次, 按照安全检查流程, 对无人机进行全面检查, 确保飞行安全。在实验区操控无人机按照预设路径飞行, 同时开启相机进行图像采集, 确保无人机飞行姿态稳定, 以获取清晰的遥感影像。采集完成后, 及时下载图像数据并存储于安全位置, 同时做好数据备份。

然后, 对采集的遥感图像进行预处理, 包括去噪、增强对比度、裁剪等, 以提升后续处理的准确性。使用研究提出的基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法, 对预处理后的图像进行处理, 提取建筑物的轮廓和高度信息, 并对图像像元进行分类。分别使用文献 [1] 和文献 [2] 方法对同一图像数据集进行处理, 提取建筑测绘信息。在此基础上, 对三种方法所得结果进行精度评估, 包括识别率、分类准确率、位置精度等指标, 分别计算各方法的实验误差, 并与研究方法进行对比。为进一步分析研究方法对不同高度、形状、材质建筑物的适应性, 探索结合人机交互方式提升分类和识别精度、效率的途径。

最后, 通过与文献 [1] 和文献 [2] 方法对比, 分析总结研究方法的优点, 阐述研究方法的可行性与准确性, 详细记录实验流程、数据处理方法、结果评估与分析等内容, 为后续研究提出建议和方向。

3.3 实验结果与分析

收集实验区的无人机遥感影像, 将其划分为各地物对象的像元, 并分别使用三种方法进行像元提取与分类, 所得建筑测绘信息提取结果如图 1 所示。

从图 1 可以看出, 基于无人机遥感技术的建筑测绘信息提取方法能够准确获取实验区建筑物的轮廓和高度信息, 并完成遥感影像的像元分类, 效果明显优于实验误差较大的文献 [1] 与文献 [2] 方法。实验结果表明, 研究方法对不同类型的建筑物均表现出良好

的适应性, 通过结合人机交互方式, 也可进一步提高分类与识别的精度和效率。

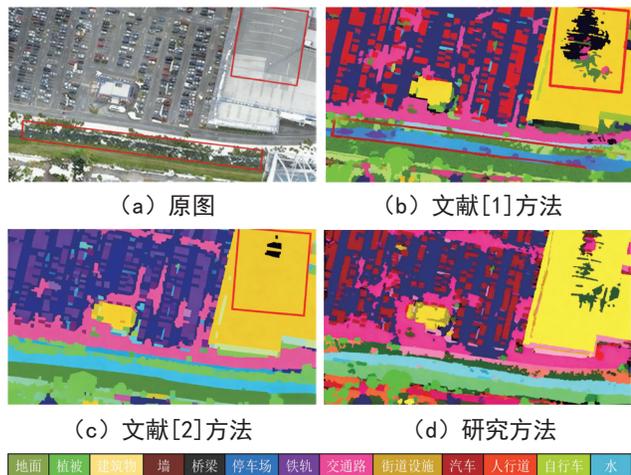


图1 建筑测绘信息提取结果

4 结语

随着无人机技术和遥感技术的日益成熟, 无人机遥感在建筑测绘信息提取领域有着巨大的应用潜力和价值。研究通过系统探索无人机遥感在建筑测绘信息中的应用, 验证了其高效、准确和灵活的技术特点, 为建筑测绘领域的发展提供了新思路。研究充分利用无人机的高空飞行能力和高分辨率遥感图像获取能力, 结合先进的图像处理和数据分析技术, 实现对建筑测绘信息的快速、准确提取, 提高了测绘工作效率, 也保证了测绘数据的精确性和可靠性, 为建筑设计和规划提供了有力的数据支持。尽管无人机遥感技术前景广阔, 但在实践中仍面临数据处理复杂、飞行安全保障措施亟待改善、法律法规尚待完善等挑战, 未来需加强技术研发与规范建设, 推动无人机遥感在建筑测绘领域的健康发展。

参考文献

- [1] 杨瑞林,管海燕,谢欢.基于AlexNet网络的高分辨率遥感影像建筑物提取方法研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(11):35-38,41.
- [2] 邢云飞,刘萍,谢育琨,等.基于高分辨率遥感影像的面向对象建筑物分级提取方法[J].航天返回与遥感,2023,44(4):88-102.
- [3] 班甜甜,蔡家斌,马超,等.基于无人机和遥感技术的蔬菜表型信息采集与监测研究[J].南方农机,2024,55(12):30-32,54.
- [4] 武红欣,陈杰,胡立俊,等.基于CiteSpace的无人机遥感技术在农业中的研究进展[J].智慧农业导刊,2024,4(11):6-10,15.
- [5] 刘正坤,宋天奇,吴丹妮.基于远程控制技术的多旋翼无人机遥感系统[J].信息技术,2024(5):98-103,109.

萧克将军与地图的故事

◎ 郭群长

萧克（1907年7月14日—2008年10月24日），湖南嘉禾人，开国上将，被称为军事才能与文学修养兼备的杰出军事家，参加了南昌起义、井冈山斗争、红军长征、抗日战争和解放战争，对地图在军事上的重要性有着深刻认识。他在回忆录中写道：“地图和军事、政治关系极大。军事地图在战争的需要中产生，并很快成为军事指挥的重要工具。指挥员要在战争中趋利避害，机动歼敌，就得熟悉和善于利用作战区域的地形，就得依靠和运用地图，军事指挥员什么时候都离不开地图。”本文记述了革命战争时期萧克与地图的两则故事。

请外国传教士翻译贵州地图

1934年8月，红6军团领导机关正式成立，年仅27岁的萧克出任军团长。当时，湘赣苏区在反“围剿”斗争中连连失利，苏区日渐缩小。根据中革军委指示，红6军团撤离湘赣苏区，到湖南中部开展游击战争。8月7日，在军政委员会主席任弼时、军团长萧克和政委王震的率领下，红6军团第17师、第18师和红军学校共9700余人，由江西遂川县出发，踏上西征的征程，为后续中央红军的战略大转移侦察探路。

9月20日，红6军团进入贵州省清水江流域，并于24日顺利渡江。进入贵州后，部队原有地图已不能使用，但行军作战又离不开

地图指引。为此，军团长萧克要求部队每至一处，务必尽力搜集当地地图，然而最终只找到中学课本上的地图。贵州地处云贵高原，阴雨连绵，山峦起伏，河网纵横，地形复杂。中学课本所附地图仅为示意性质，只能看看省会、县城和主要集镇的大致位置，以及山脉河流的大体走向，在战术层面几乎毫无价值，无法满足作战需要。当地百姓又很少出远门，往往对离家三五十里的情况一无所知，连向导都难以寻找，部队只能摸索前行。

正是在这样复杂的地理环境，红6军团一边行军，一边与国民党军作战，克服重重困难，于10月1日进占贵州旧州（今黄平县）。在一座教堂内，萧克发现一幅约1平方米的贵州省地图，如获至宝。只是地图以外文标注，军团指战员无人能识，仍然无法投入使用。这时，萧克想起被红6军团扣留的外国传教士薄复礼（又名勃沙特），他能讲带有贵州口音的汉语，还认识不少汉字。萧克立即派人将他请来。薄复礼一看便说：“这是法文。”萧克喜出望外，当即请他连夜帮助翻译。在摇曳的煤油马灯下，薄复礼逐项翻译，萧克亲自记录，整整忙了大半夜，将地图上的地名、河流等悉数标注为中文。后来，在贵州行军作战期间，这幅贵州地图发挥了重要作用。用萧克的话来说：“这可是个宝贝！”

10月23日，红6军团主力历

经艰苦转战，最终抵达贵州省印江土家族苗族自治县木黄镇，与红3军（会师后恢复红2军团番号）胜利会师。红6军团此行历时近80天，行程2500余千米，打破湘、粤、桂、黔四省国民党军的围追堵截，圆满完成突围西征任务，在战略层面拉开红军长征的序幕。10月底，为策应中央红军的战略转移，红2、红6军团发起湘西攻势，相继攻克永顺、大庸（今张家界市）、桑植、桃源等县城，缴获湘鄂川黔地区的大范围地图，1935年初委托大庸元庆石印厂翻印数百份，显著改善了部队缺少地图的困境。

薄复礼翻译的这幅贵州地图，为红6军团胜利完成西征任务发挥了关键作用。在萧克的动员下，薄复礼随军长征18个月，直至走到云南富民才领取路费离去。临别之际，萧克设宴为薄复礼饯行，并亲自做了一道拿手菜——粉蒸肉。离开红军后，薄复礼着手整理在红军的这段经历，撰写了一部传奇纪实作品《神灵之手——一个为基督事业在中国被俘者的自述》。该书于1936年11月在伦敦出版，成为西方最早介绍红军长征的专著。

薄复礼帮助翻译贵州地图的事，萧克始终铭记在心。1984年秋，萧克出国访问，途经法国，委托有关方面打听薄复礼的情况。1985年，薄复礼给中国驻法使馆工作人员回信说明近况，并请使馆工作人员向萧克转达问候。

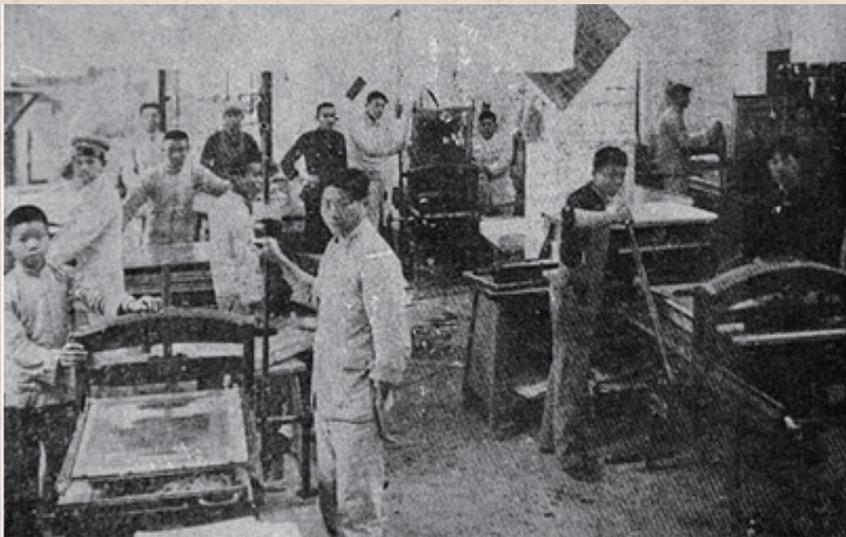


找毛泽东主席申请热河地图

全国抗战爆发后，根据国共两党达成的协议，中国共产党领导的红军和游击队，先后改编为国民革命军第八军（简称“八路军”）和陆军新编第四军（简称“新四军”），随即开赴抗日前线，投入艰苦卓绝的抗日战争。

1938年秋，八路军第120师副师长萧克在延安出席中共中央六届六中全会期间，中央军委决定成立八路军冀热察挺进军，委派萧克负责，并成立军政委员会，统一领导军队及地方党政工作。萧克参加过南昌起义、井冈山斗争和红军长征，既尝过有地图的甜头，也吃过无图可用的苦。得知将被派往新地区开展抗日游击战争，他第一时间向军委一局作战科管理地图的测绘参谋申领地图。几经周折，只找到河北地图，未能找到热河（旧省名，1955年被撤销）和察哈尔（旧省名，1952年被撤销）地图。后来，萧克得知中央军委有一份热河1:20万地图，便向中央军委参谋长滕代远申领。滕代远考虑到军委领导用图需要，再三斟酌没有同意。无奈，萧克只好壮着胆子直接找毛泽东主席，恳切地说：“别的没什么要求，就是要热河军用地图。兵多一些少一些关系不大，可没有地图不行，没有办法打仗。”毛泽东深知前线部队作战更需地图，便指示滕代远将1:20万热河地形图发给萧克。

1938年11月25日，中共中央正式决定成立冀热察挺进军和中共冀热察区委，负责开辟平西（今北京）、冀东、平北抗日根据地的战略任务。12月初，萧克与贺龙、关向应、彭真等一同从延安返回晋西北，研究组建冀热察挺进军事宜。1939年1月初，正值北国隆冬。



▲1935年初，红2、红6军团请湖南大庸元庆石印厂翻印缴获的地图（来自测绘历史资料）

萧克携带河北地图、热河1:20万地图等，率领近百名负责组建冀热察挺进军的干部，随八路军第120师师部东越同蒲路，前往晋察冀军区所在地——河北省平山县蛟潭庄。在平山县，晋察冀军区司令员聂荣臻根据中央决定，召开会议讨论中共中央、中央军委关于成立冀热察挺进军的部署。会议认为，该地区地域广阔，人口众多，群众受敌伪残酷统治，反抗情绪高涨，有利于发展革命战争，对将来收复关内外失地具有重大战略意义。

会后，萧克等启程前往平西，入驻斋堂镇。1939年2月7日，八路军冀热察挺进军正式成立，萧克任司令员兼军政委员会书记，程世才任参谋长。4月，挺进军根据八路军总部指示，兵分两路开辟新区：一路东出永定河以北地区；另一路南进涑水、房山、涿县（今涿州）平原。10月，挺进军司令部移驻斋堂川马栏村，以此为冀热察抗日指挥基地。11月，在区党委和挺进军军政委员会联席会议上，萧克根据平西、冀东和平北的地理环境和战场形势，正式提出“巩固平西、坚持冀东、发展平北”的战略方针。

随后，挺进军按照晋察冀军区整编计划，将所属部队整编为6个团。后来各主力团和地方游击队经过近3个月训练，战斗力得到显著提升。

到1942年初，冀热察挺进军主力部队发展到2万人，地方武装力量发展到1万余人，先后粉碎日伪军千人以上规模的“扫荡”近30次，相继开辟平西、冀东、平北三大战略区，形成三块互相邻近、人口达320万的冀热察抗日根据地，使北平这座千年古都完全处于八路军的战略包围之中。1942年2月，根据中共中央、中央军委关于精兵简政的指示，冀热察挺进军番号被撤销，所属部队归晋察冀军区直接指挥，萧克任晋察冀军区副司令员。至此，冀热察挺进军圆满完成中央军委赋予的战略任务。

1997年7月，时年89岁的萧克将军，带领原挺进军20多名将领，来到阔别多年的北京市门头沟区斋堂镇马栏村，为冀热察挺进军司令部旧址陈列馆开馆剪彩。他向大家娓娓讲述50多年前向毛泽东主席请领热河地图的旧事，以及当年在冀热察地区浴血奋战的峥嵘岁月。☐（作者系61206部队高级工程师）

切勿“打发时间”

◎ 陈鲁民

我平生最不喜欢听的一句话就是“打发时间”，好像我们的时间已多得用不了，竟然到了需要想法子打发、处理的程度。

人生苦短，转瞬即逝。时间就是生命，珍惜时间就是珍爱生命。那些英年早逝者且不论，即便高寿之人，两三万天的时间看似很长，其实也根本经不起几回打发。时间如流水，逝者如斯夫，三打发两打发就没了。最后到了告别这个世界的时候，回首平生，大把宝贵时间都被毫无意义地挥霍、打发了，自己则一事无成，方方面面都乏善可陈，连一点有意义的东西也没留下，想想也是很可悲的。

大千世界，在时间面前大抵有两种人，一种是觉得时间太多，不知到底该干些什么，须想办法打发才行；一种人总觉得时间不够用，需要抢分夺秒，只争朝夕，因而废寝忘食，夜以继日，恨不得一天当两天用。结果自然也大相径庭，天地之别。那些终日无所事事、苦于打发时间的人就不提了，说说那些惜时如金的人吧。学者亚里士多德活了66岁，几乎对当时每个学科都做出了贡献，涉及伦理学、形而上学、心理学、经济学、神学、政治学、修辞学、自然科学、教育学、诗歌、风俗，以及雅典法律，人称百科全书式的人物。发明家爱迪生

活了84岁，一生有两千多项发明，改变了人类历史的进程。作家倪匡活了87岁，一生写作字数超过一亿，电影剧本超过400部。他们是一辈子干了两辈子的事，活出相当于常人两辈子、三辈子的价值。什么时候提起来他们，都会令人高山仰止，景行行止。

当然，我们大都是能力有限的普通人，没那么大本事，也创造不了多少财富，单位时间实现的价值有限，但也不能自轻自贱，妄自菲薄，不把时间当回事，想咋浪费就咋浪费，想咋打发就咋打发。清人袁枚在诗《苔》里说：“白日不到处，青春恰自来。苔花如米小，也学牡丹开。”就是说的我们这些平常人，即便身处卑微环境，微不足道，也应像牡丹一样热烈绽放，不虚时日，不误年华，不甘平庸，积极向上，有一分热发一分光，以不负青春韶华，实现人生价值。

有人把娱乐享受视同打发时间，其实是个偏见。人需要工作学习，也需要娱乐享受，正常、有节制的娱乐，对于丰富生活、放松心情、调节精神，都有一定积极作用，绝不能叫打发时间。应反对的是，打起牌来昏天黑地、没完没了，玩电子游戏通宵达旦、影响学业，“修长城”痴迷到忘了工作，上了酒桌就没了时间概念，一定要喝个烂醉

如泥。这种娱乐，一是浪费时间，影响工作学习和正常生活；二是糟蹋自己的宝贵身体，对生命不负责任，不仅是在打发时间，也是在打发生命，有百害而无一利。

从另一方面说，是否叫打发时间也与年龄有关。青少年朝气蓬勃，正是奋发向上的最佳时期；人到中年，年富力强，正是实现抱负的大好年代，理应珍惜光阴，不负韶华，努力拼搏进取，建功立业，以争取燕然勒石，封狼居胥，切勿把大好时光都用于欢娱享乐，游戏人生。进入老境后，业成名就，功德圆满，享受退休生活，没有了工作任务，则不妨多游玩戏乐，唱响“夕阳红”，也是对早年辛苦劳作的一种补偿，可以心安理得地娱乐享受，没人会指责他们是在打发时间。

一寸光阴一寸金，寸金难买寸光阴。可是，天底下没几个人舍得随便“打发”金银，吝啬、小气得很；但很多人打发起时间却大方、豪放得很，好像这是世间最不值钱、最无关紧要的东西，实在令人遗憾。欧洲有句谚语：“抛弃时间的人一定会被时间抛弃”。换言之，打发时间的人也一定会被时间打发。可谓至理名言，值得好生记取，引以为鉴。☐（作者系中国人民解放军网络空间部队信息工程大学原教授、中国作家协会会员）

笨核桃

◎ 张延伟

前段时间因事回乡下，不经意间发现老宅院外那棵“笨核桃”树上居然结满了核桃，把枝头都压弯了。这些核桃似鸡蛋大小，三两个一簇，从叶丛间探出身子，青绿的外皮布满黄白色斑点，在太阳底下闪着亮光，似乎向它对面那棵核桃树示威。

我抑制不住内心的惊喜，激动地对爱人说：“幸亏当时听了你的话，没把它拔掉，要不然就太可惜了！”

这棵生长了六七年光景的“笨核桃”来历实属偶然。那年春上，我在院外整理菜园子，突然发现东北角紧挨着坟地边沿的杂草中间，不知什么时候长出来一棵筷子粗、尺把高的小树苗，椭圆形的姜黄色嫩叶片散发出特有的浓烈气味，我一眼认出这是核桃树的幼苗。

其实，菜园西南角栽有一棵核桃树，是我三年前从集会上买回的嫁接矮化丰产新品种，当时树干只有小擀杖粗细，谁知栽下的第二年就开始挂果，第一次竟结了十来个核桃，让我由衷感叹科技的力量。

然而，眼前这棵核桃幼苗到底是怎么来的，却让我百思不得其解。要说是对面那棵核桃树衍生的新芽吧，可它的根系怕是还没能力穿越十多米的距离。爱人推测，许是哪颗核桃从对面核桃树上掉落，又被我们翻地种菜时无意埋进土里，机缘巧合下便生了根发了芽。我对爱人的话将信将疑。

核桃又称“胡桃”，最早产于亚洲西部的伊朗，据说是汉代张骞出使西域时传入我国。在各种早期矮化品种出现之前，我曾多次听村里老人说起核桃树苗培育的不易。民间盛传，种核桃得先把成熟的青皮核桃用布包裹好，交由六十岁以上且儿孙满堂的老太太，揣在怀里捂上一天一夜，再囫圇个儿埋进土里。即便各种条件全部满足，出苗率也只有三分之一甚至更低。而且一棵核桃树从幼苗到结果，据说要整整18年时间，因此民间自古就有“种核桃的人吃不到核桃”之说。这些说法虽显夸张，却足见往昔核桃树“一苗难求”的境况。

前些年经村里协调，我们买下邻居赵大爷家的一处闲置宅子，以弥补住房的不足。当时赵大爷院里就长有一棵两把粗的核桃树，也即俗称的“笨核桃”。赵大爷几次惋惜地念叨：“这棵核桃树我种下没几年，还没等吃到嘴里，院子就成别人的喽！”后来核桃树终于挂果，可我们翻盖房屋时又嫌它碍事，便把它伐去了。

正因如此，当我看到眼前这棵自然冒出的核桃树苗，就一眼认出它是那种结果缓慢的“笨核桃”，刚打算把它拔掉，就被爱人拦下：“反正它长在那儿也不碍事，将来看情况再说吧！”

这些年来，我始终对这棵“笨核桃”漫不经心，任由它自生自灭，从未刻意照管。谁知它却出人意

料地“疯长”起来，如今已和平房一般高低，树干粗过碗口，树冠婆娑、枝繁叶茂，颇有后来者居上的气势。只是对面那棵核桃树年年果实累累，它却始终没有什么动静。就在我不再抱有幻想时，它却悄悄送给我们一份惊喜，实在出乎我的意料！

眼前的情景也使爱人感慨万千：“前期我们认为它笨，现在看来，它一直在暗暗攒劲儿啊。只要有足够的耐心，总会等到它开花结果的那天！”

我仔细品味爱人的话。是啊，生命的美妙正在于它的参差多样，世间万物各有其独有的生存智慧和成长节奏，一如眼前这棵所谓的“笨核桃”，不急不躁，自然生长——该来的终会来，最美的风景，总出现在最不经意的等待之后。☑（作者单位：禹州市自然资源和规划局）



战地黄花何处寻 唯有梦中香如故

◎ 刘耀

20世纪70年代末，我所在的省地质局物探队五分队驻扎在济源王屋山脚下，愚公移山的故事便发源于此。分队人不多，大概三四十个人，散住在一个名叫“清虚宫”的小山村旁。

山村因一座道观而得名，或先有道观而后其村，不得而知。道观已破败不堪，供奉的真人像早已不知去向，正殿斑驳的匾额上用黑漆楷书写着“清虚宫”三个大字。大殿屋角、窗户上满是蜘蛛网，地上有避雨人或夜宿者取暖燃烧柴草的灰烬。院落荒芜，野草丛生，唯有一株野石榴树斜倚在残破的墙角，孤零零地开满一树火红，在寂静中烈烈燃烧。

分队虽小，却有一份自编刊物，油印的，刊名《战地黄花》。刊名取自毛泽东的诗词“战地黄花分外香”，地质组的郭师傅毛笔字写得好，草书“战地黄花”四个大字，作为刊头，每期用刻笔沿着大字边缘刻成空心体字，作为封面。

驻地没有通电，按照惯例每个

职工发有一盏带玻璃罩的煤油灯，煤油管够，用完了就去材料员那儿倒，不加限制。如果晚上不想看书，也不愿凑牌局，那么打发漫长无聊的夜，就是尽心竭力、一丝不苟地擦灯罩。大家暗地里较劲儿，看谁的灯罩干净，谁的油灯亮。时间长了，我便摸索到一个窍门——用旧报纸蘸点煤油擦出来的灯罩贼亮。

白天翻山越岭作业，到了晚上，几个人聚在一处，一边闲喷海聊，一边慢悠悠地擦灯，擦去一天的劳累，擦亮心底亲人的影子，擦到眼皮儿开始打架犯困。

夜色里，苍茫万物褪成了深浅不一的黑灰色。山影如同剪影，树影仿若棉絮，几间农舍像是顽童随手摆放的积木。窄窄的山谷托起天幕上几粒寒星，显得格外高远冷峻。谷底汨汨的溪水流淌出深潭的玄秘，偶尔一两声狗吠，山村寂静得像凝固了一般。

煤油灯下，我伏在绘图板上，一笔一画用心刻着蜡版。夜深人静

时，思绪才能沉静下来，把字刻好。

白天闲暇时分，分队指导员把刻蜡版的任务交给我，我欣然受命。记得以前，找高年级同学刻蜡板、印传单，都是挑根正苗红的，好不令人羡慕！虽然我知道，分队里字写得比我好的大有人在，但年轻的心总是充满激情，哪怕有些自不量力，也愿意去挑战。

刻蜡版是个既细致还要有耐心的活儿，铁笔用力均匀地在蜡纸上刻写，轻重舒缓，把握有度。用力轻了，印出来的字笔画断续，模糊不清；用力太重，则会划破蜡纸，需要涂抹修改液后重新刻写。内容不同，对字体的要求也各异，得学会好几种字体才行，最常用的是仿宋体。要想刻好，我的经验是把钢板斜放45度，这样才能保证横平竖直。最难处理的是竖勾，得两笔完成，先竖下来弯一半，再把勾接上。冬天，蜡纸发脆，一不小心就会扯烂；而夏天刻蜡版，更是难熬，煤油灯散发的热气和内心的燥热交织在一起，额头的汗水顺着鼻尖滴

秋 辞

○ 贺 斌

金秋十月，用富有铺满大地
我贴近自然按下快捷键
捧素心一颗
踮起脚尖欣赏

盛夏，在渐远的暑气中悄然退场
秋之意象，已然成为季节的主角
荷香淡淡，山菊吐芳
苹果与枫叶，红着小脸张望

我用心咀嚼
秋日胜春朝的美感

庄稼是大地永不沉默的伙伴
丰收的喜悦，成熟的果实
把枝头轻轻压弯
我披着霞光奔跑成幸福的模样

鸟瞰辽阔大地的每个角落
都在接受成熟与厚重的检阅
秋风，优雅地撩开情绪的帷幔
秋雨，直率地描绘明净的黛山
秋月，恣意地在诗人笔下舒展
一阵冷风，又把荷叶吹干

待落日映红水面
诗意般的几竿清影
赋予残荷别样风韵
悠悠蔓延

这烟火人间，始终如此醉人
我欲把秋之影像
一帧一帧叠化成文字
或是一阕秋辞
又或是唐诗两行

（作者单位：义马市自然资源和
规划局）

到纸上，擦也不是，不擦也不是。胳膊上的汗，稍不留神就把蜡纸粘起来，弄得皱皱巴巴，让人手足无措，哭笑不得。记得有一次，为了纠正一行错字，我把蜡纸凑近煤油灯仔细查看，“轰”的一声，一个灯花崩起，不仅烧了蜡纸，还有我的一缕头发。

原来，蜡纸和年轻的心一样，都是易燃品。

《战地黄花》谈不上发行，只是和大队部、省内各分队之间相互交流传阅。但是，“苔花如米小，也学牡丹开。”麻雀虽小五脏俱全，指导员是总编，郭师傅是主编，我和一位女队员负责刻蜡版、油印和装订。

小小刊物除了刊登一些应时文章，大部分内容都是职工们写的工

作感悟、生活情感，也有诗歌、散文和杂文。当然，从文学水平上讲，这些作品还称不上真正的“文学”之作。但正因为是出自职工之手，写的是身边事、身边情，所以深受分队干部职工的青睐和喜爱，每一期《战地黄花》油墨未干，大家便争相传阅，爱不释手。

装订好的《战地黄花》卷成卷儿，外面裹一层白纸粘好，再写上地址姓名，交给材料员。材料员需翻山越岭、坐车几十里带到县城邮局寄出。就这样，那些稚嫩的文字、粗糙的印制、简陋的包装，裹着特有的油墨香，一同走出了大山。

白驹过隙，日月如梭。屈指算来，我离开王屋山已有四十余载。当年的《战地黄花》已成为过眼云烟。我真心想找一本作为珍藏，珍

藏那逝去的激情岁月，珍藏那难忘青春芳华，珍藏那煤油灯下咯吱咯吱的铁笔声，珍藏那山村夜晚飘飘散散的油墨香。

“苦遭白发不相放，羞见黄花无数新”。五分队当年的伙伴如今已各奔东西、天南地北。总编刘指导员、主编郭师傅早已退休，安享晚年；那个和我一起刻蜡版的女孩后来回到了北京，还在地矿部的行业杂志《新生界》编辑部工作过一段时间。

前几年，我去了济源王屋山一趟，本有心去看看《战地黄花》曾经绽放的地方，但由于是公差，没有充足时间，而且多年来山路都已改建，绕来转去，最后连清虚宫也未找到，只好作罢。（作者单位：河南省第三地质勘查院有限公司）

金秋竞逐“测绘杯” 自然铁军扬豪情

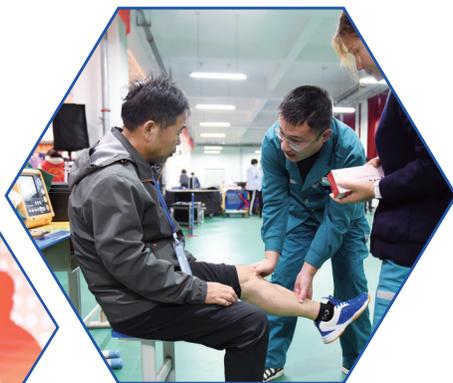
——河南省自然资源系统第二届“测绘杯”乒乓球赛掠影

金秋迎盛会，乒乓续华章。10月18日，河南省自然资源系统第二届“测绘杯”乒乓球赛在河南测绘职业学院象湖校区成功举办，比赛在裁判与运动员的宣誓中拉开帷幕。

赛场之上，选手们各展风采。中流砥柱技术纯熟，银发老将沉稳睿智，巾帼女将出手果决，推挡削拉间尽显精湛球技。他们以速度比拼、技巧较量，赛出精气神与高水准，诠释团结拼搏的奋进力量，赢得观众阵阵喝彩。

赛场之下，保障工作有条不紊。后勤组筹场地器材，保障组提供贴心服务，裁判组严守公平公正，医疗组待命应急，摄像组记录精彩瞬间，啦啦队助威造势。各单位分工协作，确保赛事顺畅推进。

本期《图说测绘》栏目甄选部分比赛瞬间，以飨读者。



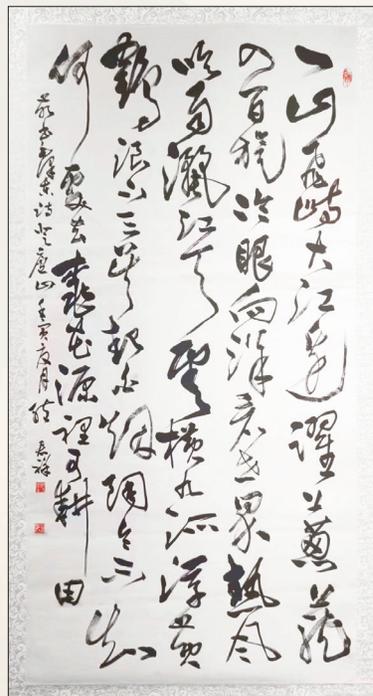
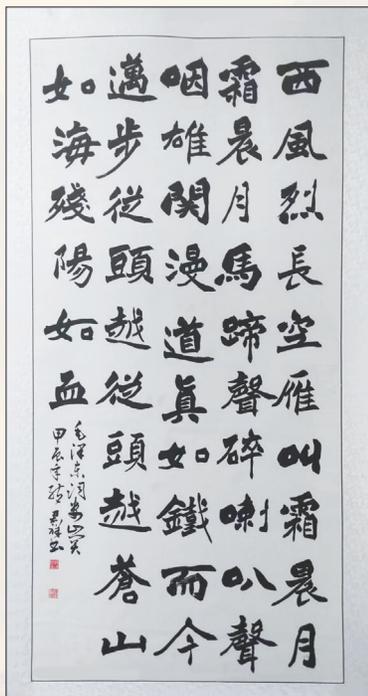
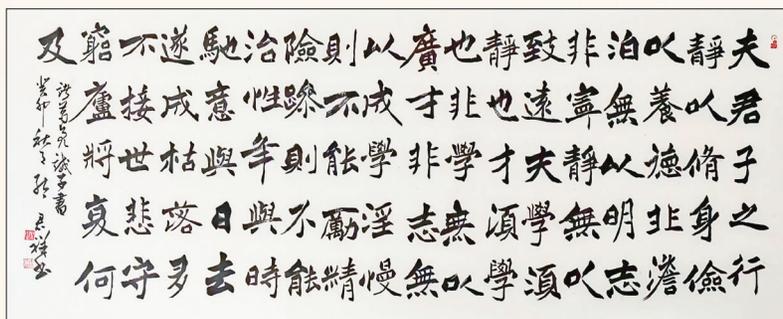
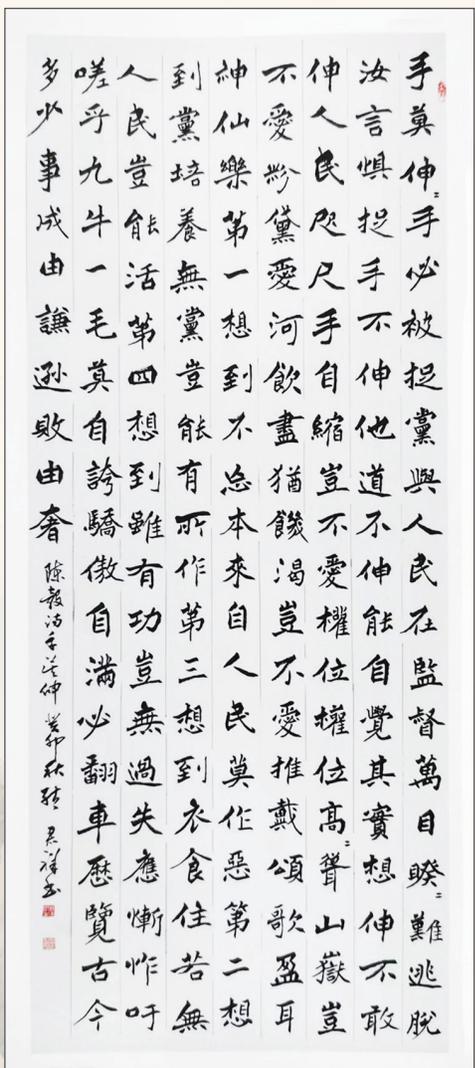


熊君祥书法作品欣赏



熊君祥，男，汉族，河南省方城县人，中共党员，大学文化，经济师，中国秦汉史研究会会员，河南省作家协会会员，河南省书法家协会会员，方城县作协主席，方城县书法家协会副主席，方城县关工委副主任。

熊君祥自幼喜爱书法写作，曾从事教育、文秘、机构编制工作，业余致力书法、文史创作，年逾花甲，痴心不改，著有长篇小说《陈胜王》《烟雨堵阳》《剑气如虹》《忠毅公吴阿衡》和《故事方城》，主编《方城县志（1986—2000）》《方城旧志丛书》，合著历史文化集《方城览胜》《中华曾氏祖根地》《厚重方城》等。其书法作品曾获河南省职工书法大赛优秀奖、河南省公务员书法大赛优秀奖、河南省退休干部书画作品大赛特等奖、河南省档案书法大赛特等奖等荣誉，并被河南省档案馆收藏。



淡古淡東
 好水好江
 石洞吳英
 雄是龍城改
 轉以真志山
 依是志生綠
 度多功紅
 志奴理推
 山法一以環
 看秋子如
 凡人之志滿
 志志好志
 志志好志
 志志好志
 志志好志

宋楊慎浚江何一霸
 吳仲秋 吳澤書

不到長城非好漢
 難酬蹈海亦英雄

吳澤書

凡劫自有其時
 鷹眼疾如鷹
 市一運神一柳柳
 千里共一車
 王維詩疏疏
 吳澤書

舍南舍北皆春水
 但見羣鷗日日来
 盤餐市遠無兼味
 樽酒家貧只舊醅
 肯與鄰翁相對飲
 隔籬呼取盡餘盃

唐杜甫詩
 吳澤書

何處飛昆命連乾
 復浸坤波渾經雁塞聲振自龍
 門岬裂新衝勢灘餘舊落痕橫溝通海上遠色盡
 山根勇逗三峯壻雄標四瀆尊灣中秋景樹闊外
 夕陽卸沫亂知魚叻槎來見鳥躡飛沙當白日凝
 霧接黃昏潤可資農故清能表帝息雨吟堪極目
 風度想驚魂顯瑞龜曾出陰靈伯固存盤渦寒漸
 惡淺瀨暑微温九曲終未勝常流可暗吞人間盡
 博望誰復到窮源

唐蘇軾詩
 吳澤書

北國風光千里
 冰天雪地封城
 雪外飄舞下餘
 內河上舞下餘
 大原山舞下餘
 失原山舞下餘
 蛇與天驕象
 欲與天驕象
 比高須晴日
 看紅裝素裹
 分外妖嬈
 江山如此多嬌
 引無數英雄競
 折腰惜秦皇
 漢武唐宗
 祖稍遜風騷
 一代天驕兒
 只識彎弓射大
 鷹看今朝人物

毛澤東詞
 吳澤書



《资源导刊·信息化测绘》

宣传合作单位

主管单位

河南省自然资源厅

承办单位

河南省测绘地理信息技术中心

核心型宣传合作单位

河南省测绘学会

河南省地理信息产业协会

河南测绘职业学院

河南省测绘院

河南省遥感院

河南省地图院

河南省地理信息院

河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

友谊型宣传合作单位

思源时空科技（河南）有限公司

东网空间地理信息有限公司

河南卓越科技发展有限公司

焦作市基础地理信息中心

河南省润泰工程管理有限公司

河南恒旭力创测绘工程有限公司

河南豫西路桥勘察设计有限公司

灵宝市土地与矿产勘查测绘中心

河南蓝通实业有限公司

河南省时代测绘技术有限公司

安阳市房产测绘中心

安阳市国土资源调查规划与测绘院

河南广盛信息科技有限公司

郑州天迈科技股份有限公司

河南信大测绘科技有限公司

黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局

郑州市规划勘测设计研究院

新郑市新房测绘队

河南建岩信息工程有限公司

河南中豫勘测规划技术有限公司

郑州市交通规划勘察设计研究院

河南中联建设有限公司

郑州超图地理信息技术有限公司

河南省瑞兴工程咨询有限公司

河南省启沃土地咨询有限公司

河南数字城市科技有限公司

郑州经开规划勘测有限公司

中科宏图勘测规划有限公司

河南省国源工程咨询有限公司

郑州众益信息科技有限公司

河南省恒信工程技术服务有限公司

河南中信测绘地理信息有限公司

中建国信大数据集团有限公司

郑州市水利建筑勘测设计院

郑州郑房测绘有限责任公司

河南省水利勘测设计研究有限公司

郑州华程测绘有限公司

开封市金源测绘有限公司

航天宏图信息技术股份有限公司

中铁七局集团郑州工程有限公司

河南三维勘测设计有限公司

河南八度土地规划设计有限公司

河南中徕测绘服务有限公司

河南天宇伟业测量仪器有限公司

河南德瑞普测绘仪器有限公司

中电云科信息技术有限公司

河南省地质科学研究所

聚鑫信息工程有限公司

荥阳市规划建筑设计室

河南省海翔测绘工程有限公司

河南智联时空信息科技有限公司

开封市祥和测绘服务有限公司

河南省中工设计研究院集团股份有限公司

河南豫兴测绘有限公司

济源市正祥房地产测绘有限公司

济源市自然资源技术保障中心

南阳空间测绘有限公司

郑州市郑土测绘服务有限公司

河南微图信息科技有限公司

《资源导刊·信息化测绘》杂志征订单

《资源导刊·信息化测绘》杂志（ISSN1674-053X/CN41-1389/D）是经国家新闻出版管理部门批准，由河南省自然资源厅主管、河南省测绘地理信息技术中心承办的国内外公开发行的科技类综合期刊。

杂志内容丰富，图文并茂，具有权威性的工作导向、高品位的学术理论、现代化的科技信息、浓郁的市场特色、新颖活泼的编排风格，是广大读者了解测绘地理信息行业法律法规、信息动态、工作经验、科研成果、学术理论的重要平台。

杂志为国际流行的大16开本，月刊，全彩印刷，每期10元，全年120元。全国各地订户可直接向杂志社订阅。

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

邮编：450003 电话：0371-65941854 65941858

《资源导刊·信息化测绘》杂志征订单

订阅单位		订阅份数	份
订 阅 起止月份	2026年1月至2026年12月（共12期）		10.00元/期
合计金额	（大写） 万 仟 佰 拾 元 整 （小写）		

.....请将下表填写完整后拍照或扫描后发至 xxhchfx@126.com.....



《资源导刊·信息化测绘》杂志征订单

订阅单位		联系人	
通信地址			电子邮箱
纳税人识别号			联系电话
订阅份数	订 阅 起止日期	2026年1月至2026年12月（共12期）	
合计金额	（大写） 万 仟 佰 拾 元 整 （小写） 元		

邮局汇款

单位名称：《资源导刊》杂志社

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 邮政编码：450003

联系电话：0371-65941854 65941858

银行汇款

单位名称：《资源导刊》杂志社

开户行：中国银行郑州黄河南路支行

账 号：2546 4929 7642

备 注：汇款时请在备注栏中注明单位名称，并将汇款凭证拍照发至 xxhchfx@126.com



欢迎订阅

《资源导刊·信息化测绘》

《资源导刊·信息化测绘》（ISSN1674-053X/CN41-1389/D）是经国家新闻出版管理部门批准，由河南省自然资源厅主管、河南省测绘地理信息技术中心承办的国内外公开发行的科技类综合期刊。

本刊以党中央、国务院关于全国测绘地理信息工作的政策、方针为指导，以繁荣测绘地理信息文化事业、引导和推动测绘地理信息行业转型升级、加强测绘科学技术人员的学术和业务经验交流为宗旨，面向全国测绘地理信息行业和公众公开发行。

这是一份属于测绘地理信息人的杂志，全面展示河南省乃至全国的测绘地理信息动态、经验、文化与最新的学术成果。杂志设有《国内要闻》《时政传递》《特别关注》《测绘广角》《经天纬地》《技术应用》《地图故事》《人文地理》《文苑撷英》《艺术欣赏》等栏目。

测绘资讯·政策解读
文化传播·技术交流

银行汇款

单位名称：《资源导刊》杂志社
开户行：中国银行郑州黄河路支行
账号：2546 4929 7642

邮局汇款

单位名称：《资源导刊》杂志社
地址：河南省郑州市黄河路8号
邮政编码：450003

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 邮编：450003 电话：0371-65941854 65941858