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 5 期
总第496期

朴实无华写忠诚

——河南省测绘地理信息技术中心挂职干部素描

自然资源部印发地理信息数据分类分级指南

ISSN 1674-053X
05>
9 771674 053074
下半月 定价：10元
扫码关注微信

河南省测绘地理信息技术中心组织召开以案促改以案促治专题民主生活会

本刊讯 为深入贯彻落实全省自然资源系统以案促改以案促治工作部署，5 月 16 日，河南省测绘地理信息技术中心党委召开违纪违法案件以案促改以案促治专题民主生活会。中心党委书记、主任郭幸生主持会议，中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任武永斌，中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议。河南省自然资源厅二级巡视员杨书国、河南省纪委监委驻厅纪检监察组副组长林宪磊到会指导。

会上，郭幸生代表中心党委作对照检查，从党的政治建设、思想建设、组织建设、作风建设、纪律建设等方面剖析问题根源，提出整改方向，并带头作个人对照检查。中心党委班子成员逐一进行对照检查，开展批评和自我批评，自我批评直指要害，相互批评坦诚尖锐，真正做到“红脸出汗、排毒治病”。

针对狠抓整改落实，郭幸生提出具体要求，一是树立“快”的意识。对河南省委、省政府和省自然资源厅党组关心的问题处理要快、干部职工急需解决的问题解决要快。党员领导干部要做到掌握新政策快、适应新形势快，对省委、省政府提出的最新要求，要快速调整工作重点和作风。二是提升“高”的标准。拉高工作标杆，严格做到“政治要求高、廉洁自律高、工作标准高、自我要求高”，防止和克服只求过得去、不求过得硬的心态，推进各项工作走在前、作表率。三是强化“严”的理念。一以贯之推动落实中央八项规定精神和反腐败工作，从违规吃喝案例和违法违纪案件中汲取教训、引以为戒，真正把严的基调、严的措施、严的氛围长期坚持下去。四是增强“闯”的干劲。把以案促改成效转化为担当作为的动力，既要吸取教训，又要敢闯敢干，做到愿担当、敢担当、善担当。五是凝聚“合”的力量。把握住国家大力推进数字化发展、智能化进步的“天时”、河南创新发展的“地利”、班子团结和同志们进取的“人和”氛围，加强团结协作，形成共同促进事业发展的良好局面。

杨书国对此次民主生活会给予肯定，认为会议准备充分、班子思想认识深刻、批评和自我批评严肃认真、案例对照联系紧密、查摆问题单刀直入、整改措施具体务实，整体质量很高，充分展现了刀刃向内的自我革命精神。就巩固深化以案促改工作成效，杨书国强调，要进一步坚定理想信念，增强廉洁自律意识，筑牢拒腐防变思想防线；要进一步规范权力运行，针对监管薄弱环节完善制度规定；要进一步改进工作作风，以作风持续好转推动工作成效提升；要进一步健全长效机制，及时将有效措施充实到长效机制中，推动全面从严治党向纵深发展。（周正 冉灿阳 / 文、图）

真挂真干出“真彩”

◎ 王红闯

挂职制度作为党和国家干部人事制度的重要组成部分，是促进干部快速成长的重要途径。习近平总书记指出：“组织上安排年轻干部去艰苦边远地区工作，是信任更是培养，年轻干部应该以此为荣、争先恐后。”挂职锻炼一直以来是我们党培养干部的一项有效举措。将优秀年轻干部下派至基层单位挂职锻炼，不仅为基层组织注入了活力，也为当地发展提供了服务，对年轻干部自身而言更是一次积累实践经验、提高综合素质的宝贵机会。正如古人云：“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”基层实践正是干部成长不可或缺的“练兵场”。

近年来，河南省自然资源厅积极落实习近平总书记关于加强青年干部教育、加快青年干部培养的重要指示精神，通过推动优秀年轻干部到基层实践锻炼，取得显著成效。2023 年，河南省测绘地理信息技术中心选派 5 位优秀年轻干部到基层自然资源局挂职，开了测绘地理信息技术干部到自然资源系统挂职的先河。这些挂职干部以高度的责任感和使命感，在挂职期间履职尽责、无私奉献，用测绘精神作为行动指南，用汗水与担当书写了对党的忠诚，真正实现“真挂真干”，在一年半的时间里向省自然资源厅党组交上一份圆满答卷。

回顾以往工作，我们可以看到，挂职干部始终牢记初心使命，积极融入基层，把挂职的地方当作“第二故乡”，不仅迅速转变角色，适应新环境，还主动承担繁重的基层任务，展现了新时代年轻干部的良好风貌。他们深入田间地头开展调研，面对陌生领域和复杂问题，始终保持归零心态，勤学善问，摸清实情，总结经验，不断提升服务群众的能力。同时，他们注重发挥自身专业优势，积极推动政策措施落地见效，为接收单位带来新思路新方法，切实解决实际问题，赢得基层干部群众的高度认可。

挂职干部“一手托两家”，既是上级单位与基层之间的桥梁，也是政策与实践结合的纽带。他们在基层汲取养分的同时，充分发挥主观能动性，将资源和经验带到基层，帮助基层更好地落实各项工作。他们定期向上级单位反馈基层经验案例，及时反映难点堵点，确保政策制定更加贴近实际。这种双向互动模式，不仅促进上下级单位之间的沟通协作，更为基层发展注入强劲动力。恰似 “问渠那得清如许？为有源头活水来”，源源不断地为基层带来新活力。

在基层一线工作中，挂职干部始终强化责任担当，严格要求自己，高标准完成各项任务。他们积极参与乡村振兴、安全生产、信访维稳等急难险重任务，展现了“敢啃硬骨头”“争做急先锋”的优良品质，真正做到守土有责、守土担责、守土尽责。与此同时，他们严格自律，筑牢拒腐防变防线，注重修炼“慎独”功夫，树立挂职干部的良好形象。“清心为治本，直道是身谋”，他们用实际行动诠释着廉洁奉公的准则。

挂职锻炼作为一次难得的成长经历，不仅是干部能力提升的重要平台，更成为他们人生中一笔宝贵的财富。事实证明，挂职干部只有将“挂职”当作“任职”，全身心投入基层工作，才能真正实现个人成长与服务发展的双赢目标。河南省测绘地理信息技术中心选派的挂职干部，以实际行动诠释了这一理念，为全省挂职干部树立了标杆和榜样。他们的努力和付出，不仅为基层经济社会发展贡献了智慧和力量，也为其他挂职干部提供了可借鉴的经验和启示。

展望未来，我们相信，随着更多优秀年轻干部投身基层挂职锻炼，必将进一步激发基层活力，推动地方经济社会持续健康发展，同时也为党和国家培养出更多德才兼备、堪当大任的时代新人！“长江后浪推前浪，浮事新人换旧人”， 在新时代的征程中，挂职干部必将续写更多精彩篇章。

资源导刊 信息化测绘

2025年 下半月 第5期 总第496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

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

目 录

CONTENTS

关注

全球首次！我国在白天完成地月空间激光测距

4 月 29 日，“天都一号”通导技术试验星成功完成白天强光干扰条件下的地月空间激光测距技术试验，这是全球首次在白天进行的地月空间卫星激光测距，标志着我国在深空轨道精密测量领域取得技术新突破。

地月空间卫星进行激光测距相当于万米外瞄准一根头发丝，并实施精密跟踪与信号捕获，白天受太阳光影响，微弱的卫星回波信号容易被淹没在强烈的背景噪声中，难以被准确识别和提取。以往，这项试验只能在光干扰较少的夜间进行。此次试验顺利实施，有效拓展了该技术的观测窗口，将有力支撑国际月球科研站等深空探测重大工程任务论证与实施。

据了解，“天都一号”通导技术试验星于 2024 年 3 月与鹊桥二号一同发射升空，其核心任务是验证未来地月通导综合星座系统建设中的通信导航新技术，目前已在轨完成多项新技术试验。

我国构建“空天地”一体化地灾防治体系

5 月 12 日，记者从自然资源部了解到，2025 年全国极端气候事件总体呈多发态势，地质灾害防治形势依然严峻复杂。目前，我国通过“空天地”一体化监测技术体系，已实现对重大灾害隐患的主动防治。

自 2020 年起，自然资源部门借助涵盖光学卫星和合成孔径雷达等 10 多颗遥感卫星识别地质灾害隐患，在全国找出 4.6 万多处重大隐患，其中在甘肃、青海、四川、云南等省份，大型隐患识别正确率达 80%。卫星识别风险源后，通过航空无人机低空观测可进一步提升识别精细度，再结合地面调查，就能确定地质灾害风险隐患点，以便采取预防措施。

近年来，我国通过在地质灾害隐患点安装北斗滑坡监测仪、泥位计等传感器，实现对地质灾害风险的实时监控，其中北斗滑坡监测仪对地表形变的测量精度可达毫米级。目前，全国已有 27 个省份建设了自动化监测台站，覆盖 7 万多处地质灾害隐患点。

新版国家地理信息公共服务平台正式上线

日前，新版国家地理信息公共服务平台“天地图”正式上线。新版“天地图”增设“美丽自然”与“美好生活”两个板块，补充汇集了林草、地调、海洋等自然资源专题地理信息数据，在一张地理底图上集成叠加了国家公园、“三北”工程、和美海岛等 18 个专题，全方位展现自然资源风貌和生态文明建设成果，呈现“地图上的绿水青山”。

新版“天地图”以“地理信息 + 空间可视”形式提升地理信息专业服务，帮助用户更好地走进数字国土空间、认识祖国丰富的自然资源资产、了解各地空间规划、浏览和美海岛、追溯地质演化、漫游国家公园、体验“三北”工程、实时查询全球港口潮流潮汐预报。

自 2011 年上线以来，“天地图”注册开发用户已超过 124 万个，支撑各类应用超过 100 万个，地图服务日均访问量超过 10 亿次，持续为政府、企业、公众提供权威、标准、统一的地理信息服务。

科技

中国科学家实现1.36公里外毫米级高分辨成像技术

日前，中国科学技术大学潘建伟、张强、徐飞虎等人联合国内外科研机构，首次提出并实验验证了主动光学强度干涉技术合成孔径技术，实现对 1.36 公里外毫米级目标的高分辨成像，实验系统的成像分辨率较干涉仪中的单台望远镜提升约 14 倍。相关成果日前发表于国际权威学术期刊《物理评论快报》。

研究团队提出主动光学强度干涉技术，开发一种多激光发射器阵列系统，通过大气湍流的自然调制，巧妙合成多个相位独立的激光束以实现远距离赝热照明。在 1.36 公里城市大气链路外场实验中，研究团队使用 8 个相互独立的激光发射器构建发射阵列照射目标，相邻发射器间距为 0.15 米，大于大气湍流的典型外尺度，以确保每束激光在经过大气传播后具有独立

且随机的相位变化。同时，构建的接收系统由两台可移动的望远镜组成 0.07 至 0.87 米的干涉基线，结合高灵敏度的单光子探测器以测量目标反射光场的强度关联信息。研究团队还开发了鲁棒的图像恢复算法，最终成功重建出具有毫米级分辨率的目标图像。

我国第四代自主量子计算测控系统正式发布

5 月 6 日，本源量子计算科技（合肥）股份有限公司正式推出支持 500+ 量子比特的中国第四代自主量子计算测控系统“本源天机 4.0”，标志着我国量子计算产业已具备可复制、可迭代的工程化生产能力，为百比特级量子计算机量产奠定了产业化基础。

量子计算测控系统是量子计算机的“神经中枢”，承担着量子芯片精密信号生成、采集与控制的核心职能。“本源天机 4.0”是继 3.0 版本成功应用于我国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”后的重大升级，在扩展性、集成度、性能稳定性及自动化水平方面实现跨越式提升。

据了解，搭载“本源天机 3.0”的中国第三代自主超导量子计算机“本源悟空”自上线以来，已为来自全球 139 个国家和地区的超 2600 万人次，完成 38 万余个量子计算任务。当前，“本源天机 4.0”正支撑着中国下一代自主量子计算机的研发攻关，在全球量子科技竞争中，全面构建自主可控的“中国方案”。

我国成功发射太空计算卫星星座

5 月 14 日，长征二号丁运载火箭成功将太空计算卫星星座送入预定轨道。该星座由 12 颗卫星组成，是“星算”计划首发星座，也是之江实验室“三体计算星座”的首次发射。

这 12 颗计算卫星搭载星载智算系统与星间通信系统，可实现整轨卫星互联，具备在轨计算能力。单颗卫星最高算力达 744TOPS，整个星座具备 5POPS 的太空计算能力，星间激光通信速率最大可达 100Gbps，组网后将形成全球最强太空计算能力。卫星还搭载 80 亿参数的天基模型，可对卫星数据在轨处理，执行天文科学观测等任务。

据悉，太空计算卫星星座通过星间激光高速互联、星座稳定组网和算力分布式调度，构建开放共享的太空计算系统，打造天基智能计算基础设施，将完成太空计算系统建链、组网、成云等基础功能的在轨验证与应用。

数字

5758亿元

5 月 18 日，中国卫星导航定位协会发布《2025 中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》。

数据显示，2024 年我国卫星导航与位置服务产业产值达 5758 亿元，同比增长 7.39%。其中，产业核心产值 1699 亿元，占比 29.51%，增长 5.46%；关联产值 4059 亿元，占比 70.49%，增长 8.21%。相关企事业单位近 2 万家，从业人员近百万。在知识产权方面，截至 2024 年年底，中国卫星导航专利申请累计总量突破 12.9 万件，同比增长 4.8%，全球领先。

目前，北斗系统服务及相关产品已覆盖 140 余个国家和地区，国际话语权提升。在大众应用市场，约 2.88 亿部智能手机支持北斗定位，占比 98%；大众地图软件车道级导航覆盖全国 99% 以上城乡道路，11 家供应商日均位置服务超 1 万亿次，导航总里程超 40 亿公里。同时，国内北斗兼容型芯片及模块累计出货量近 23 亿片，相关终端产品社会总保有量超 20 亿台 / 套。

10米

近日，中国科学院空天信息创新研究院（空天院）CropWatch 团队研发出全球首套 10 米分辨率的梯田分布图（GTM），相关成果发表于《国际应用地球观测与地理信息杂志》。

针对全球梯田农业缺乏精确分布图的现状，研究团队突破复杂梯田遥感智能提取技术，评估了 8 种深度学习模型，确定梯田识别的最优模型，并将其应用于 GoogleColabPro+ 云计算平台，实现梯田精准提取。此外，团队共收集全球 108300 个训练样本，保证样本的多样性和代表性，增强模型在不同景观的泛化能力。

该数据集总体精度达 92.8%，将为评估梯田的农业生态影响、优化土地管理提供关键数据支撑。数据集显示，全球梯田面积达 85316 千公顷，占全球耕地总面积的 5.1%，其中亚洲占 51%、非洲占 42.5%。中国、埃塞俄比亚、肯尼亚等是梯田面积最大的国家，卢旺达、布隆迪等非洲国家梯田面积占比最高，表明其对梯田农业的依赖程度较高。

自然资源部印发地理信息数据分类分级指南

◎ 吕苑鹃

为进一步加强地理信息数据安全保护，促进地理信息数据流通交易和开发利用，近日，自然资源部印发《地理信息数据分类分级工作指南（试行）》（以下简称《指南》）。

数据分类分级是开展地理信息数据治理，实现数据采集汇聚、加工处理、流通交易、共享利用等全过程保护的前提和基础。《指南》的制定和实施，有利于摸清行业地理信息重要数据和核心数据底数，为强化地理信息数据全生命周期安全、统筹实施数据差异化安全防护提供依据。同时，有助于推进地理信息数据分类分级确权授权使用和流通交易，有序扩大地理信息数据要素供给，充分发挥测绘地理信息数据要素保障作用。

《指南》包括四方面主要内容。一是明确地理信息数据分类分级原则。在数据分类、数据分级、目录管理与更新等各环节均应遵循“科学实用、综合判定、动态更新”原则。二是确定数据分类规则。将地理信息数据分为基础地理信息数据、遥感影像数据和专题地理信息数据三大类，大类下再细分若干中类，同时可根据数据管理实际和应用服务场景再细化分类。三是提出数据分级规则。确定了识别地理信息数据分级因素、开展数据影响分析和综合评估定级的分级规则，同时给出重要数据、核心数据识别的判定指标。四是明确分类分级管理要求。规定了地理信息重要数据目录申报、审核、认定等相关工作程序，以及动态更新情形与更新管理等若干要求。

据介绍，地理信息数据分类分级工作是已开展的自然资源政务数据分类分级工作的补充和延伸。《指南》在数据分类上与自然资源政务数据分类分级保持衔接，在数据分级上针对地理信息数据作了细化。在适用范围上，《指南》主要用于省级自然资源主管部门指导本地区测绘资质单位按照《指南》要求开展地理信息数据分类分级工作。在重要数据保护方面，遵循《自然资源领域数据安全管理办法》有关规定。

下一步，自然资源部将加强《指南》的解读与培训，开发重要数据目录系统，实现全国地理信息重要数据目录一站式申报、审核、查询、检索和更新。（摘编自《中国自然资源报》2025 年 5 月 7 日 1 版）

河南省推进“十五五”基础测绘规划编制工作

◎ 赵紫锋

4 月 25 日，河南省测绘地理信息技术中心组织召开“十五五”基础测绘规划编制工作推进会。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，河南省“十五五”基础测绘规划编制要提高站位，紧密对标国家、河南省委省政府重大战略部署，围绕地理信息支撑高质量发展的切实需求，结合河南实际，提前谋划重点任务和重大工程，积极对接自然资源部，加强部省联动，以前瞻性视野统筹规划各项目标任务。他指出，规划编制要重点抓好五个方面工作：一是以学为先聚合力。以政策为引领，坚持“走出去”，学习先进经验，同时立足自身实际、凝聚共识，广泛征求各方意见。二是以干为要补短板。聚焦专项规划、乡村振兴等实际需求，开展全省大比例尺基础测绘数据全域覆盖与动态更新，着力补齐自然资源管理时空短板。三是以责为纲填空白。各单位要对照自身职责，主动谋划，着力填补水下地形、地下管线等基础数据空白，积极探索开展三维空间确权登记试点。四是以市场需求为方向谋创新。精准对接行业需求，提升产品与服务的市场契合度，积极探索新型地理信息应用场景。五是以夯实基础为目的做品牌。各单位要明确定位，树牢品牌意识，破解发展难题，为河南经济社会高质量发展提供坚实的测绘地理信息技术支撑。

会上，规划编制人员对河南省“十五五”基础测绘规划编制进展进行了汇报，各业务部门对“十五五”期间计划开展的主要工作和重点项目进行了深入研讨。（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

自然资源部明确“一张图”建设时间表和路线图

◎ 王少勇

日前，自然资源部、国家林业和草原局印发《“一张图”建设工作方案》（以下简称《方案》），明确了“一张图”建设时间表和路线图。

建立“一张图”，是自然资源部落实习近平总书记“统一底图、统一标准、统一规划、统一平台”重要指示，履行“两统一”核心职责、做好“四个融合”的重要载体和具体举措，是“多规合一”的具体体现，是做好自然资源工作的长远大计。

《方案》明确了“一张图”建设的工作目标，以夯实底座、规划上图、管理上图、应用链接为重点建设内容，充分借鉴推广重庆、浙江等地经验做法，构建一张图、一套数、一个平台管理体系，建成统一的国土空间基础信息平台，形成统一空间底座、工作底图、1+N“多规合一”的“一张图”，升级重构应用场景，真正让规划活起来，把资源管起来，让大家用起来。到2025年年底前，统一地理底图建成，部局核心业务协同格局基本形成；到2026年年底前，全业务协同管理规则和标准全面建立，“一张图”基本形成；到2027年年底前，司局、部局、部门、部省融合全面实现。

《方案》按照一年一个台阶、三年全面完成“一张图”建设的总体要求，明确统一地理底图、统一调查、统一产权底板、统一规划、统一用途管制、一体化督察和协同执法、灾害监测预警、统一平台等8项任务49项具体工作，制定了《“一张图”建设工作推进计划（2025—2027）》。

《方案》细化提出了2025年13项重点工作，包括处理地类矛盾冲突，建设陆海衔接的统一地理底座，建设统一的自然资源调查监测现状图，融合地质、海洋、森林草原火灾等灾害监测预警系统等。

《方案》还从加强组织领导、优化工作机制、整合各类资源、强化示范引领等方面提出了具体保障措施。

（摘编自《中国自然资源报》2025年4月25日1版）

河南省测绘地理信息技术中心向帮扶村捐赠物资

◎ 扶 彦

4月27日，河南省测绘地理信息技术中心在固始县黎集镇茶棚村举办乡村振兴定点帮扶捐赠活动暨驻村工作交流会。与会人员围绕“共商发展良策共谋振兴蓝图”主题展开深度实践研讨。

活动现场，针对茶棚村生活垃圾露天堆放、村道夜间照明不足等问题，河南省测绘地理信息技术中心向茶棚村捐赠基础型环卫桶120个、普通路灯40盏，为村民营造更加整洁、安全、宜居的生活环境。

固始县自然资源局副局长汪国华表示，以此活动为契机，将充分发挥部门职能，强化自然资源要素保障，深化跨部门协同联动机制，全力推动固始县乡村振兴工作取得新成效。

座谈交流环节，河南省自然资源厅派驻固始县的驻村第一书记们围绕产业发展、基层治理、民生保障等乡村振兴重点工作，结合驻村实际，分享梳理工作中形成的产业发展案例和基层治理创新举措，坦诚交流遇到的困难和挑战。大家表示，这些宝贵经验和深入探讨，为各驻村工作队提供了新思路、新方法，也为固始县乡村振兴工作提供了有益借鉴。

据了解，下一步，河南省测绘地理信息技术中心将深入贯彻落实《河南省乡村建设行动实施方案》要求，着力构建“政企研”三位一体的乡村振兴交流学习平台，通过定期举办产业发展论坛、技术培训课堂和项目对接会等多元形式，系统整合省域内自然资源管理经验、测绘地理信息技术优势和社会资本力量，为固始县乡村振兴注入新动能。在多方协同发力下，将重点推进人居环境综合整治、特色产业培育和数字乡村建设三大工程，通过建立驻村工作队跨村协作机制、搭建乡贤智力资源库、创新“项目+人才”双轮驱动模式，全面激活乡村振兴内生动力，奋力开创县域农业农村现代化发展新格局。（作者单位：河南省测绘院）

朴实无华写忠诚

——河南省测绘地理信息技术中心挂职干部素描

◎ 本刊记者 王红闯

从海之畔到山之巅，从沼泽到戈壁，从繁华到荒芜，从青春年少到耄耋之年，从大地到天空……

只步为尺，测天量地，为了国家的建设与发展，几代测绘队员奉献青春乃至生命，将无法测量的忠诚与热爱遍洒山川大地，凝聚成“热爱祖国、忠诚事业、艰苦奋斗、无私奉献”的测绘精神。大地上那一行行测绘队员的足迹，是给祖国最深情的献诗！

“测绘精神”，在广袤的中原大地熠熠生辉，既镌刻在测绘队员的测天量地间，也彰显于测绘干部的实干担当中。5位来自河南省测绘系统的挂职干部，用行动诠释测绘精神的真谛：在“八朝古都”开封的古城墙边，在巍巍太行脚下的焦作大地，在“中华第一龙”发源地濮阳的黄河岸边，在“华夏第一都”钧瓷之乡的禹州，在“红色亿元村”南街村所在的临颍红色沃土，都有他们履职尽责、无私奉献的身影。他们挂职更挂心，用汗水与担当书写对党的忠诚，用一年半的坚守与奉献，向河南省自然资源厅党组交出一份圆满的挂职答卷！

一片祥云罩古城

许翔云，人如其名。这位来自河南省测绘地理信息技术中心的二级调研员，受河南省自然资源厅党组委派，2023 年 9 月到开封市自然资源和规划局挂任党组成员、副局长。一年半的时间里，她积极融入新环境，适应新岗位，深入基层不断学习、勇于探索，把挂职当任职，圆满完成各项任务，以踏实的业绩实实在在给开封人民带来一片“祥云”！

挂职期间，按照开封市自然资源和规划局党组分工，许翔云分管测绘地理信息管理、矿产开发与管理、安全生产和生态修复等工作。“作为测绘专业人员，挂职以后，首先想到的一定是如何做好测绘管理工作。”许翔云告诉记者，开封市共有 29 家测绘资质单位，其中甲级 2 家，乙级 27 家。如何做好测绘管理工作呢？最初也是毫无头绪。2024 年 7 月，一个难得的机遇出现了 —— 河南省测绘行业职业技能竞赛暨第八届全国测绘地理信息行业职业技能竞赛河南赛区选拔赛即将举办。许翔云意识到，这是加强测绘管理的一个突破口，不仅能提升开封测绘行业人员的专业技能，激发从业者的学习热情和创新精神，还能增强测绘行业的凝聚力和向心力。

许翔云是个急性子，在得到局主要领导大力支持后，立即着手筹备参赛事宜。她在组织队伍参赛时发现，虽然各单位报名踊跃，但缺乏参赛经验。她便利用“娘家”单位河南省测绘地理信息技术中心的优势，邀请河南省地图院专家开展赛前培训，并协助市局组织市级选拔赛，最终选出 6 名优秀选手组成 3 支队伍代表开封参加省级比赛。“经过参赛选手的奋力角逐，最终斩获单人赛二等奖、三等奖各一项，开封市自然资源和规划局获得优秀组织奖。虽然成绩不算突出，但实现开封在职业技能竞赛上零的突破。”谈及此事，许翔云清瘦的脸上绽放出两个欣慰的酒窝。

稳步推进地热探矿权出让工作是许翔云深感自豪的一件事。开封市地热资源丰富，2000 米深的地热井出水温度普遍为 70℃左右，个别条件较好、2200 米深的地热井出水温度可达 92℃左右。2021 年，国家发展改革委、国家能源局等八部委印发《关于促进地热能开发利用的若干意见》，根据要求，河南省将地热矿业权审批权限下放至省辖市。许翔云敏锐把握这一政策机遇，带队赴山东德州、郑州、南阳等地深入调研，学习先进经验；针对开封市矿产管理基础薄弱的现状，主持制定《开封市自然资源和规划局矿业权出让流程》，

● 工作中的许翔云

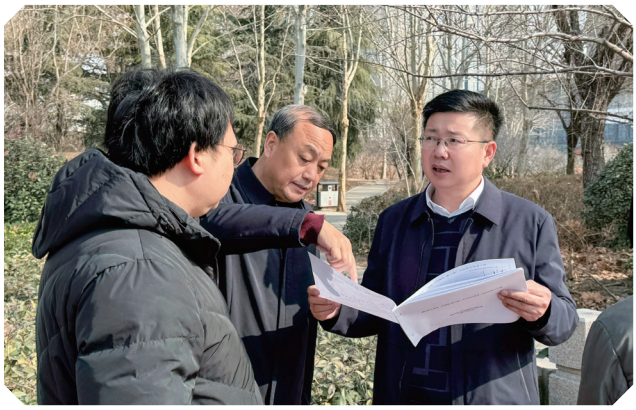
为矿权出让提供制度依据，并以开封市产城融合示范区为试点探索矿权出让工作经验。

“我们与省里有关地热权威单位共同谋划的河南省开封西部地热资源可行性勘查项目，已被成功纳入河南省财政地质勘查项目库，计划对开封市西部 141 平方公里开展地热普查，为‘十五五’矿产资源规划提供重要支撑。虽然因挂职时间有限未能见证最终成果，但能为开封地热开发奠定基础，我深感欣慰。”许翔云的话语中，既有成就的喜悦，也带着一丝未竟的遗憾。

挂职期间，配合做好河南省地面沉降监测网建设项目选址协调工作也是值得一提的事情。河南省地面沉降监测网建设是省厅国债项目，要求一年内完成 30 座基岩标和 60 座分层标建设，涉及 9 个地市。其中开封要布设 3 座基岩标和 6 座分层标，覆盖 5 个县区 6 个地块。

“许翔云副局长高度重视，积极协调各县（市、区），在乙级重大线性工程沿线，在村委、大型企业用地现场，都能看到她忙碌的身影。”开封市自然资源和规划局一位工作人员回忆道。经过勘察，共提供 19 个备选点位，经专家实地踏勘后，最终确定 6 处建设地点。最终，开封市在全省 9 个地市地面沉降监测项目中实现选址和进场施工双第一，得到省自然资源厅和市局领导的高度赞扬。

谈及挂职体会，许翔云动情地说：“感谢省自然资源厅党组和省测绘地理信息技术中心的培养，感谢开封市自然资源和规划局的关心支持。通过挂职锻炼，我解放了思想、开阔了眼界、积累了经验，也认识到了自身的不足。我将以此次挂职锻炼为起点，用积累的宝贵经验为测绘事业发展贡献绵薄之力。”



● 曹宏文（右一）联合多部门对城区排水设施提升改造工程进行现场踏勘

宏图绘就在龙乡

曹宏文，军测毕业后，从一名普通测绘队员成长为河南省地理信息院副院长（挂职前职务），他常年戴着眼镜，一副文质彬彬的书生模样，但内心却有奉献测绘事业的宏图大志。他始终牢记省自然资源厅党组“通过实践锻炼提升站位、提升格局、增长才干、改进作风、守住底线”的嘱托，在濮阳市自然资源和规划局挂职期间经常深入一线调研，以严谨细致的作风和高效务实的风格，交出一份令人瞩目的成绩单。

曹宏文拥有测绘、土地、计算机、法律、经济学专业背景和国企、事业、行政工作经历，这种多元化的专业积淀和实践经验，让他能够快速适应新环境、把握新要求。在濮阳负责“大规划”管理工作时，他全链条参与市级国土空间规划体系建立、实施和监督，成功实现三个重要转变：从专注局部思维转变为注重全局考量，从单纯技术服务提升到综合管理，从价值判断转变为问题解决。

面对规划这项全新工作，曹宏文迅速理清思路，抓住规划引领这个关键，有序推进各级各类规划编制工作。在市级层面，经过专家论证、征求意见，濮阳市级总规于 2024 年 4 月 29 日获得省政府批复；5 县总规于 6 月 23 日获批；在市级总规单元划分基础上，进一步优化形成 81 个控规单元，并制定年度城市更新片区详规编制计划。专项规划方面，编制完成《濮阳市市域一体发展规划（2021—2035 年）》《濮濮清同城化空间发展规划（2021—2035 年）》，尤其是《濮阳市历史文化名城保护规划（2021—2035）》，已通过濮阳市规委会审查，正按程序上报上级审批，有效化解了濮阳国家历史文化名城摘帽风险。在规划执法方面，组织开展全市别墅类低层高档住宅“私搭乱建”问题专项整治，将 357 条违法线索全部移交执法部门处理。与此同时，他积极探索乡镇国土空间规划编制新模式，“以点带面”推进全市村庄规划编制，指导各县完成村庄建设边界划定，制定“通则式”村庄规划编制模版，指导清丰县完成实用性村庄规划试点，在全省创新开展“多镇联编、总详同编、镇村合编”。

挂职期间，曹宏文依法行政，高效服务项目建设，为优化营商环境注入新动能。一方面严抓规划审批与核实确认，按照一窗受理、一次告知、一网通办等要求，开展网上并联审批，将建设用地预审与规划选址、规划条件核定、规划许可与核实等事项纳入自然资源部监管系统，实现从“企业跑腿”到“数据跑路”的转变，系统配号率达 100%。仅 2024 年，就办理各类规划审批 240 余件，涉及总建筑面积超 450 万平方米，审批效率大大提升。另一方面，优化技术审查流程，推动出台《中心城区建设项目修建性详细规划方案审查审批制度》《濮阳市工程建设项目“多测合一”实施细则》，推进“多审合一”“多测合一”，探索建立“四交底”服务机制，在土地受让单位签订土地使用权成交确认书时，组织召开政策宣讲、出让合同释疑、规划设计管控交底和报建程序交底会，详细介绍有关政策法规、办理程序，实现规划实施的全流程管控。

针对民生实事，他牵头化解不动产登记问题，组织相关科室对问题楼盘进行调研论证，出具规划认定意见和现状指标说明；围绕电动自行车安全隐患全链条整治，坚持“复合利用、功能兼容”的合理布局，对新建项目按照规划条件和修建性详细规划设定指标，对既有小区补建停放场所和充电设施；针对城镇燃气“带病运行”现状，督促整改燃气站、所、管网等规划手续缺失或安全间距不足问题，完善管网类建设工程规划审批程序；严把养老设施配套关，在核定规划条件、审定设计方案、规划许可、核实验收阶段，严格落实居住区规范与河南省养老服务条例要求。

“规划工作既要守住底线，更要服务发展。”从最初的规划“门外汉”到如今的“行家里手”，曹宏文用实干与担当交出一份亮眼的规划答卷，为濮阳市高质量发展提供了坚实的规划保障。

挂职期间，曹宏文还充分发挥测绘专业优势，推动时空信息数据与业务深度融合，用数字赋能自然资源和规划治理水平提升。他引进省自然资源厅和省测绘地理信息技术中心的先进信息技术，部署市级国土空间基础信息平台、“一张图”实施监督信息系统和

自然资源会商决策系统，整合各类规划、测绘、管理、社会经济数据资源，实现数据集中管理和共享，提升规划实施监督的智能化水平。他主持编写的《国土空间基础信息平台数据服务规范》已于 2024 年 12 月 30 日由河南省市场监督管理局批准为河南省地方标准。

“一年多的锻炼让我深切感受到，做好本职工作不仅要守好政治关、业务关、廉洁关，还要具备统筹谋划、推动执行、破解难题、应急处突的能力。”挂职回来已调整到河南省地图院任副院长的曹宏文对挂职经历深有感触，其间遇到不少困难，但他始终保持一种谋发展、求发展、争发展的激情，坚定信心、迎难而上、奋力争先，最终实现自我提升与事业发展的双赢。

从容信步走太行

李奕文，挂职前是河南省遥感院副院长，到焦作市自然资源和规划局挂职副局长后，分管调查测绘、重点项目要素保障工作。在太行山麓这片热土，他发挥专业优势，以“数字+”思维创新管理模式，从容信步，助力焦作自然资源从传统管理向智慧管理跨越式发展。

国土变更调查成果是自然资源管理的统一底板，是耕地保护和粮食安全责任制考核的基本依据。李奕文积极推进国土变更调查，探索“工作专班抓统筹、具体科室抓协调、外业举证抓进度、内业核查抓质量”工作机制，创新“村、乡、县、市”四级联合审查模式，强化县级成果质量跟踪管理，严格落实自检、互检等制度，确保调查数据、图件与实地三者一致。在他的推动下，全市 11 个县（市）区、108 个乡（镇、办事处）1819 个行政村全面完成耕地地类调查认定和变更，还将近 6000 亩永久基本农田不合理流出地块的复耕整改与变更调查衔接，为守牢耕地红线提供了坚实保障。

李奕文以“政府搭台、企业唱戏、市场运作”模式，推动实景三维焦作建设，协调对接焦作市国资集团、市政务服务和大数据局、市财政局，紧密结合省地图院、省遥感院，不仅将实景三维建设列入焦作市市民中心项目，更争取到省级航摄计划支持；按照“边建边用”原则开展数据和平台建设，强化实景三维建设成果应用，推动规划审批由传统平面向三维全要素、全方位审查模式转变，逐步实现地下管线三维可视化分析管理；通过建设分层分户单体三维模型和不动产三维楼盘表，实现二三维一体化的不动产权籍立体管理和不动产三维可视化查询，为违法用地查处提供真实场景还原、场景对比等基础支撑，切实提升自然资源管理的智能化水平。在此基础上研发耕地保护“一码通”平台示范应用，实现耕地基本信息查询、耕地保护政策学习、违法违规占地行为举报等便民功能，为建设焦作自然资源监测网络，探索推进耕地基本农田信息实时监测、及时预警、及时整改奠定基础。

在重点项目用地保障方面，李奕文坚持主动服务、靠前服务、跟踪服务和专班服务，牵头对接焦作市发改、商务、工信和省厅重点办等有关单位，深入企业摸排问题，带队到县（市、区）局调研督导，着力解决用地保障难题，精准掌握用地需求，强化要素保障，确保沿黄高速、西霞院水利枢纽、岭南风电等重大工程开工建设，2024 年度实现焦作市 727 个省市“三个一批”重点项目、28 个新开工省重点项目用地应保尽保，保障率居全省前列，获得省自然资源厅通报表扬。

在“万人助万企”活动中，李奕文推行“专班统筹、跟踪服务、群策群力”工作法，发挥焦作局“万人助万企”专班作用，明确包联企业、包联领导和包联科室，强化科室联动；面向全市收集需市级办理的规划许可类问题 52 项，建立工作台账，实行销号管理，协调业务科室解决问题，并持续跟踪问效，包联企业问题办结率达 100%；坚持群策群力，组织有关负责人召开座谈会，就企业存在问题、解决办法进行研讨，助力民营经济健康发展。由于成绩显著，焦作市自然资源和规划局被焦作市委办表扬为“万人助万企”活动表现突出集体。

“挂职期间取得的成绩，离不开上级领导的关心、班子成员的通力协作、分管科室同志们的辛勤努力。这段经历重塑了我的工作理念，是我一生的财富。未来，我将以更加坚定的信心、扎实的工作作风，为自然资源和测绘事业高质量发展作出新贡献。”目前已任省地理信息院副院长的李奕文表示。

● 李奕文（左）到县区检查督导国土变更调查工作

● 王磊（左一）与工作人员实地核查国土变更调查疑问图斑

硕果累累挂枝头

80 后的王磊，毕业于中国地质大学地球信息科学与技术专业，挂职前在省地图院任副科长，按照省自然资源厅党组部署，2023 年 10 月到临颍县自然资源局挂职党组成员、副局长，在测绘行业管理、城市国土空间监测、自然资源确权登记等方面做出骄人成绩。

在测绘行业管理方面，王磊建立了全链条监管体系，严格落实测绘资质单位备案、质量监督、成果汇交制度，同时开展基础地理信息地名核查，强化地理信息数据保密工作，确保测绘行业规范有序发展。

在调查监测领域，王磊创新工作方法，基于 2023 年度国土变更调查成果，开展年度国土利用动态全覆盖遥感检测，统一制作调查底图；整合多部门力量，依据国土变更调查规则，聚焦耕地占用情况，确定新增建设用地图斑；采用“三统一”（统一技术队伍、统一技术标准、统一举证平台）工作模式，开展外业调查举证，高效完成年度国土变更调查任务。此外，他还以 2023 年度国土变更调查成果为底图，利用最新高分辨率遥感影像和专题资料，结合实地调查，构建科学完善的监测体系，顺利推进城市国土空间监测工作。

2024 年 6 月，王磊依据有关法规对临颍县税务局石桥分局用地确权进行审核，通过查阅原始档案、现场调查询问、梳理相关材料，确保权属清晰、四邻无异议，最终经县政府同意该宗地确认为国有土地使用权。临颍黄龙省级湿地公园自然资源统一确权登记工作，多次被上级部门通报督导，针对资金困难、长期停滞等困境，王磊多次到临颍县政府和县财政局协调，经过 5 个月的不懈努力，成功推动项目资金落实到位，让停滞半年之久的项目重新启动。

回顾挂职履历，王磊体会颇深：“这一年半实现了三重蜕变：首先是身份转变，在业务工作中不断提高发现问题、分析问题和解决问题的能力；其次是心态转变，在工作中始终端正态度，放低姿态，向基层领导和同事学习，提升自身综合素质和履职尽责能力；最后是专业技术向综合管理转变，基层工作让我深刻认识到，解决问题不仅需要专业技能，更需要统筹协调的智慧和为民服务的担当。”

华夏瓷都一艳红

赵艳坤是省地理信息院的一名科级干部，2023 年到禹州市自然资源和规划局挂职党组成员、副局长。在一年半的时间里，他认真开展测绘地理信息“双随机、一公开”监督检查工作，高质量完成 2023 年、2024 年度国土变更调查工作，认真梳理完善分管业务数据资源和业务办理制度，得到有关领导的高度赞扬。

禹州市共有 7 家测绘资质单位，测绘市场竞争充分、发展活跃。为进一步优化营商环境、规范市场秩序、提升测绘地理信息产品质量，赵艳坤积极与禹州市场监督管理等部门协调沟通，结合当地测绘行业发展实际，建立覆盖全市测绘资质单位的检查对象库，健全监督检查要件和程序，于 2024 年 10 月顺利完成监督检查工作。“在禹州，我们首次独立开展并完成‘双随机、一公开’监督检查，得到许昌市自然资源和规划局的充分肯定，这离不开上级部门和禹州市局领导的信任与支持。”赵艳坤感慨地说。

年度国土变更调查工作是赵艳坤在禹州挂职期间的重点任务。他科学制定实施方案，明确分工和时间节点，理清工作顺序，高效组织外业核查举证，摸清底数，认真分析研判，高质量完成数据建库工作，为禹州市耕地非农化、非粮化问题整改赢得宝贵时间，为顺利通过耕地保护和粮食安全考核奠定基础。

● 赵艳坤（右二）实地核查变更图斑

禹州市是河南省县级“数字城市”建设的先行者，空间数据成果丰富，但存在数据存储碎片化、底数不清、管理不规范等问题，一定程度上制约了建设成果的推广应用。基于此，赵艳坤与科室人员仔细梳理历史建设成果资料，建立数据资源目录，明晰数据格式、存储方式和路径，优化完善成果使用档案，对现有业务数据资源做到心中有数，进一步发挥好自然资源数据要素保障作用。此外，他通过梳理研究，厘清日常地类认定工作职责边界和认定结果应用范围，形成较为规范的业务办理制度，确保日常工作开展有据可依。

谈及挂职工作体会，赵艳坤表示：“挂职锻炼期间，工作角色发生转变，我更多的是从全局站位谋划工作、统筹推进上级部署落地生根，政治站位得到提高，真抓实干的责任感和使命感也进一步增强。”

家国情怀诉衷肠

仰望历史的天空，家国情怀熠熠生辉；跨越时间的长河，家国情怀绵绵不断。习近平总书记强调：“中国人自古以来就具有家国情怀，国是第一位的，没有国就没有家，没有国家的统一强盛就没有家庭的美满和个人的幸福。”秉持家国情怀的赤子之心，每一个家庭、每一个人的向上向好，构成国家欣欣向荣的基石，化为中华民族生生不息的前进动力。我们测绘人的挂职干部在家与国的选择中，往往是舍小家顾大家，为了大局，奋不顾身、勇毅前行。

许翔云在接到去开封挂职的通知时，曾一度犹豫。母亲身体不好，一直随她生活，去还是不去？她陷入两难抉择。既然组织已有安排，就要服从命令，干脆把开封当成家，带着母亲一同前往，一边工作，一边照顾母亲！

在焦作挂职的李奕文，谈起家事一脸内疚。他岳父常年患病，生活不能自理，可面对组织安排，他还是毅然选择牺牲个人利益。因工作繁忙，他很少回去照顾老人，妻子便一边工作，一边担起家庭重任。

挂职期间，曹宏文感觉最对不起的就是家人。女儿刚上小学需要接送辅导，家中老人也需照料，这些重担全都压在妻子身上。谈到这些，他泛红的双眼望向远方。让他欣慰的是，妻子女儿特别支持他的工作。每当他想道歉时，妻子总是温柔地说：“你专心工作，家里有我。”这句简单的话语背后，是妻子无声的付出与坚守。正是这份支持，让他化愧疚为动力，全身心投入紧张的濮阳市“大规划”工作。

在临颍县挂职的王磊，说起不能照顾家庭的遗憾，满腹心酸。2024 年 12 月，临颍县国土变更调查和监测任务繁重，还涉及执法图斑整改，他以身作则，带领科室同志连续奋战一个月，如期完成任务。当时，他的孩子正在读六年级，成绩出现波动。尽管临颍离郑州只有一个多小时车程，他却没时间回家照顾孩子，只能通过视频电话和家人、孩子沟通。面对孩子的责怪，他耐心解释：“爸爸工作忙完了就回郑州陪你……”

赵艳坤接到挂职通知时，孩子刚上小学一年级，自主学习习惯尚未养成，正需要父亲陪伴辅导。但他毫不犹豫按时到禹州市报到。一年多来，为减轻妻子既要上班又要照顾老人和孩子的重任，一有空闲，赵艳坤便通过视频隔空辅导孩子作业。

“舍小家为大家”，源于对国家、民族和人民的大忠大义大爱，是家国情怀催发的如山使命。舍小家为大家、先国家后个人，向来是中华传统文化的核心基因与中华民族的精神标识，是凝聚中华儿女的强大精神力量。河南测绘的挂职干部不仅是“舍小家为大家”的典范，也是践行“热爱祖国、忠诚事业、艰苦奋斗、无私奉献”测绘精神的新时代测绘追梦人！

开封古城墙，因他们的汗水增添历史厚度；巍巍太行山，因他们的奋斗更显雄壮巍峨；“中华第一龙”发源地濮阳，留下他们奋斗的足迹；“华夏第一都”钧瓷故里，因他们的付出更加光彩夺目；“红色亿元村”南街村所在的临颍，因他们感人的故事又增添红色印迹！

在他们挂职期间，河南省测绘地理信息技术中心领导也很牵挂，中心党委书记、主任郭幸生多次去挂职地看望慰问，要求挂职干部珍惜机遇，围绕当地自然资源中心任务，充分发挥省测绘地理信息技术中心优势，认真实践锻炼，提升能力素质，为自然资源事业发展做出应有贡献。挂职干部备受鼓舞，纷纷表示要在学中干，在干中学，尽心竭力履行好职责，利用以前服务自然资源业务和辅助领导决策积累的经验，做好省测绘地理信息技术中心服务市县的桥梁，精准提供测绘地理信息服务，为自然资源和测绘地理信息高质量发展持续赋能，努力为当地经济社会发展贡献力量。

河南测绘人，也没有辜负陈治胜厅长在挂职动员会上的嘱托与期望：“厅党组期望你们这一批干部能有良好发展、新的提升。希望你们成为未来支持、引领自然资源高质量发展的一群力量，成为自然资源推动中国式现代化建设河南实践的重要力量，成为建设人与自然和谐共生、美丽河南的重要力量。”

淮滨县三维地籍省级试点项目设计书通过专家评审

4 月 25 日，淮滨县自然资源局在郑州组织召开淮滨县地籍信息系统和三维地籍应用试点建设项目设计书评审会。来自河南省第三地质勘查院有限公司、河南省地球物理空间信息研究院有限公司等单位的专家团队，对项目实施单位河南省遥感院编制的设计书进行了全面评审。

评审会上，专家组认真听取项目设计汇报、审阅相关材料，并就技术细节展开质询讨论，最后专家组一致认为，设计书内容完整规范、需求分析透彻、目标任务明确，技术路线与质量指标符合相关规程要求，能够为淮滨县三维地籍省级试点工作提供科学指导，同意设计书通过评审。

据介绍，该项目以自然资源部及河南省自然资源厅相关文件为指引，聚焦三维地籍管理制度、技术标准、数据库及信息平台建设，旨在通过整合淮滨县全域 1209 平方千米地形级实景三维、高分辨率卫星遥感影像，以及 42.14 平方千米重点区域 0.03 米分辨率倾斜摄影模型等多源数据，构建集三维宗地产权体、自然幢产权体、户室产权体模型于一体的三维地籍数据库，并建立三维地籍信息系统，实现地籍数据与不动产登记数据的跨网络关联互通。

项目建成后，将通过三维地籍信息系统立体化呈现地表建筑形态、土地权属界线及空间分层分户信息，为不动产登记、权属纠纷处理等提供直观的数据支撑。同时，依托“一码串联”的三维地籍数据，可全流程追溯土地批、供、用、补、查、登等环节资料，显著提升自然资源管理的精细化水平，助力解决立体空间产权界定模糊、审批效率偏低等痛点。

此次设计书通过评审，标志着淮滨县三维地籍省级试点工作正式进入实施阶段。未来，项目建设成果将深度融入智慧城市建设，为国土空间数字化转型、优化营商环境及经济社会高质量发展提供数据支撑，推动淮滨县打造“以三维地籍明晰产权、以数字治理赋能发展”的全新格局，为全省乃至全国提供可复制的县域空间治理现代化样本。（河南省遥感院 阚俊峰 李凯）

淅川县创新“信用 + 测绘”模式 赋能营商环境优化升级

近年来，淅川县自然资源局积极探索营商环境优化新路径，创新推出“信用 + 测绘”管理模式，以信用体系建设为抓手，推动测绘行业服务质量全面提升，为县域经济高质量发展注入新动能。

在具体实践中，淅川县自然资源局打出一套“组合拳”。

一是综合评估，实行量化管理。该局通过建立测绘行业信用评价体系，将信用体系建设与测绘行业监管紧密结合，对测绘服务机构的信用状况进行全面和动态化评估，并依据《河南省测绘地理信息行业信用监督管理办法》，明确信用评价的具体标准和方法，将企业的不良行为信息和良好行为信息进行量化赋分。

二是出台措施，开辟绿色通道。该局不断完善信用信息归集机制，制定了科学的信用评价标准，对于信用等级较高的测绘单位可以优先享受测绘资质备案、变更及测绘成果利用等各项优惠政策，极大地提高了守信测绘单位的市场竞争地位，助力各项业务高效开展。

三是强化监管，落实惩戒措施。该局持续加大对测绘行业的监管力度，对于存在失信行为的测绘单位，依法采取限制业务范围、责令整改、通报批评等惩戒措施；对于存在严重失信行为的单位，将依法吊销其测绘资质证书，有效震慑测绘行业的失信行为，维护市场的良性公平竞争秩序。

四是注重协同，提供便捷服务。为进一步推动“信用 + 测绘”模式的落地实施，该局积极与相关县直部门合作，依托“多测合一”平台，创新打造出测绘服务全流程“统一标准、一次测绘、分类报告、分时办结、成果共享”的线上办理和信用核查工作新模式，有效解决以往测绘流程复杂、重复测绘、技术标准不统一等问题，着力提升工作质效。

下一步，淅川县自然资源局将持续推进社会信用体系建设工作，不断拓展“信用 +”应用场景，全力构建“信用有价值，守信有力量”的市场环境，努力为县域经济社会高质量发展提供良好的营商信用环境。（淅川县自然资源局 范书礼 程哲）

鹿邑县启动历史遗留矿山图斑数据更新

近日，鹿邑县自然资源局全面启动2025年度历史遗留矿山图斑数据更新攻坚战，通过科技创新手段赋能生态修复，为鹿邑县生态保护与高质量发展注入强劲动力。

此次治理涵盖鹿邑县玄武镇、邱集乡等15个乡镇的36处历史遗留矿山，修复面积达1.3491平方千米。该局创新建立“三维核查机制”，通过卫星遥感影像比对、无人机全景航拍、地面实景采集相结合的立体化核查体系，对每个图斑进行精准“生态体检”。

在玄武镇作业现场，技术团队运用多光谱无人机开展空中巡查，自动生成三维实景模型。地面核查人员同步采集多角度影像资料，重点区域拍摄量超百张，确保每个治理单元都建立“全视角数字档案”。目前，该局已完成全部图斑的“三线合一”数据套合，实现国土变更调查数据、卫星遥感影像与实地核查数据的精准匹配。

“我们采取‘一图斑一档案’管理模式，同步收集用地审批、权属证明等28类基础资料。”鹿邑县自然资源局国土空间生态修复股负责人介绍，通过建立包含影像资料、矢量数据、权属证明的电子化数据库，形成可追溯、可验证的治理台账，为后续生态修复工程提供数据底板。

此次数据更新聚焦三大核心问题攻坚：厘清历史遗留矿山产权归属，破解权属不清难题；搭建动态监测预警系统，实现长效监管；制定差异化修复方案，提升治理科学性。其中，技术团队研发的“矿山生态指数评价模型”能自动识别植被覆盖率、水土流失等关键指标，对修复成效进行量化评估，为政府决策提供科学依据。（鹿邑县自然资源局 桑玉良）

大势智慧入选湖北制造业单项冠军企业名单

日前，湖北省经济和信息化厅发布《关于2024年湖北省制造业单项冠军企业名单的公示》，武汉大势智慧科技有限公司凭借自主研发的重建大师软件系统，成功获评“2024年湖北省制造业单项冠军企业”，成为湖北省制造业细分领域的技术标杆。

制造业单项冠军企业被誉为“制造业皇冠上的明珠”，要求企业长期深耕特定细分领域，拥有国际先进的生产技术或工艺水平，且单项产品市场占有率位居前列。此次入选，标志着大势智慧在“AI+实景三维”领域的技术创新实力与市场领导地位获得权威认可。

作为一家专注于真实世界三维数字化重建与应用的技术型企业，大势智慧多年来持续聚焦“AI+实景三维”，打造了一套具有完全自主知识产权的实景三维数据生产全流程软硬件产品体系，满足国产信创要求，填补国内多项技术空白。

其中，重建大师软件系统是大势智慧的核心成果。这款专为超大规模实景三维数据生产打造的自动化集群建模软件，支持空天地影像、点云、视频等多源数据输入，同时具备卓越的空三处理和高精度的自动化三维重建能力，能够满足国家数字建设进程中基础底座构建与持续化更新的需求。

此次获评单项冠军企业，将成为大势智慧发展的新起点。未来，大势智慧将进一步加大研发投入，深化技术创新与行业应用，持续推动实景三维数字化产业高质量发展。（武汉大势智慧科技有限公司 杨庆广）

河南省遥感院组织开展“中国航天日”活动

在第十个“中国航天日”到来之际，4 月 26 日，由河南省自然资源厅主办、河南省测绘地理信息技术中心与河南省遥感院联合承办的“中国航天日”开放日活动在郑州举行。活动以“海上生明月，九天揽星河”为主题，设置一个主会场与两个分会场，为参与者带来一场沉浸式的航天科普盛宴。

在活动主会场，专业人员借助生动的 PPT 与视频，从火箭的轰鸣升空到飞船的太空遨游，从卫星的精准观测到航天英雄的光辉事迹，为参会少年科普中国航天发展史以及“河南一号”遥感卫星。随后开展的航天卫星知识有奖问答环节，更是将现场气氛推向高潮，少年们踊跃抢答，展现出对航天知识的浓厚兴趣。知识科普结束后，少年们与家长携手合作，共同完成航天模型手工拼装。一个个巡天遥地的航天器模型陆续诞生，承载着孩子们对浩瀚宇宙的无限憧憬。

在无人机分会场，形态各异的无人机整齐陈列，工作人员通过现场展示与专业讲解，揭开了无人机的神秘面纱。孩子们眼中满是好奇，接连抛出无人机相关问题，工作人员一一耐心解答。

在模拟飞行分会场，少年们热情高涨，纷纷化身“小小飞手”，在工作人员帮助下，进行无人机模拟飞行。他们通过操纵模拟摇杆，让无人机在“山海间”自由穿梭、灵活转向，沉浸式体验了无人机飞行的乐趣与魅力。

下一步，河南省遥感院将持续开展形式多样的航天科普活动，帮助青少年更好地了解航天、热爱航天，为培养具备科学素养的新时代接班人贡献力量。（河南省遥感院 贾丽辉）

郑房测绘匠心服务赢口碑

近日，郑州新发展润置房地产开发有限公司项目代表将一面绣着“郑州测绘树标杆 匠心服务赢赞誉”的锦旗送到郑州郑房测绘有限责任公司第三分公司测绘人员手中。这是对郑房测绘团队在润景园一期、二期项目中房产测量与不动产测绘工作的高度认可。

润景园一期、二期项目体量庞大，涵盖住宅、商业、多功能综合楼及独幢配套建筑，总面积约 15 万平方米，测绘工作数据量大、难度高。时间紧、任务重，郑房测绘第三分公司迅速响应，组建数据攻坚小组。团队成员凭借丰富的专业经验和扎实的技术功底，高效出具测绘数据，并以精益求精的态度反复核对建筑设计图纸、开展逻辑校验与交叉验证，确保每一项测绘成果精准可靠。

为进一步提升工作效率，郑房测绘第三分公司积极创新工作方法，优化数据处理流程，建立标准化数据模板，有效缩短了数据处理时间。随后，团队成员又马不停蹄，立即投入不动产测绘工作，为后续业务开展提供了有力支撑。

这面锦旗不仅承载着委托单位的信任与期待，更是对郑房测绘团队专业能力与敬业精神的充分肯定。未来，郑州郑房测绘有限责任公司将继续以客户需求为导向，在测绘领域深耕细作，持续提升技术创新能力与服务水平，用更优质的测绘成果助力项目高效推进，为郑州城市可持续发展贡献测绘力量。（郑州郑房测绘有限责任公司 马明璐 高鹏）

广东省国土资源测绘院推出地理信息场景化知识服务平台

◎ 郑华健 谭宾

为响应自然资源数字化治理与测绘行业转型升级的迫切需求，广东省国土资源测绘院（以下简称“广东测绘院”）于近日推出地理信息场景化知识服务平台。该平台深度融合业务流、数据流与知识流，以“数据要素→知识服务”为核心路径，推动测绘行业从标准化数据供应向场景化知识赋能跃升，为自然资源管理、政府决策及城市治理提供智能化知识服务中枢，助力测绘行业智能化转型升级。

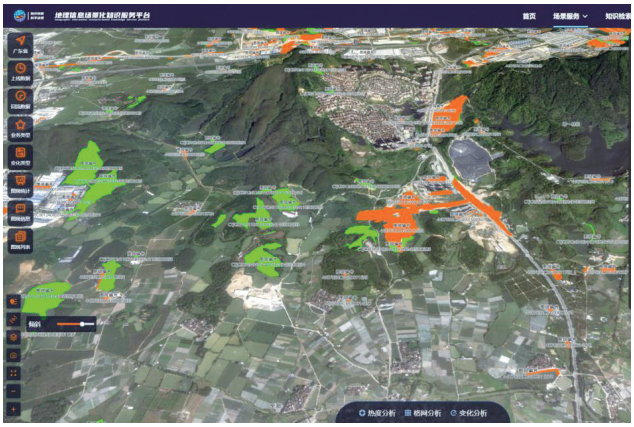
针对当前自然资源管理面临数据孤岛、知识挖掘不足、决策支撑薄弱等问题，广东测绘院聚焦底线守护、格局优化等20个数字化应用场景，打造了地理信息场景化知识服务平台。平台通过整合多源数据、构建动态知识库等，实现从静态存储到主动赋能的转变。平台主要为调查监测、耕地保护、生态修复、国土空间规划等自然资源管理场景提供知识服务，为政府决策、城市治理、防灾减灾提供智能化、知识化工具。

具体来说，平台以四大创新技术赋能业务管理。

一是图斑全生命周期动态管理。在常态化监测工作中，以往推送的业务关联监测成果呈现形式主要为图斑，缺少图斑以外区域的时空信息，平台在图斑全生命周期展示模块集成了变化图斑时空变化分析、业务关联、三维场景模拟、多源数据实时叠加等能力，为变化图斑分门别类按需处置、时空变化分析、内业研判等提供支撑。

二是即时计算能力。平台建设了模块化工具集，初步构建290+指标与240+模型，覆盖耕地季度监测、常态化监测等场景，支持耕地季度监测等场景一键生成报告，通过可视化配置指标规则、调整模型参数，实现数据自动分析及报告报表秒级输出，提升临时任务响应效率。

三是图文数表联动可视化。平台通过交互式数据穿透，将报告与大屏无缝链接，支持从结果溯源至数据源头，提供趋势对比、区域排名及指标深度解读；支持动态展示，点击行政区即可查看指标数值、趋势及业务规则，增强数据可读性与决策支撑力。



四是AI大模型智能问答。平台将本地知识库与AI大模型深度融合，基于Deepseek、Qwen等本地化开源大模型，解析自然语言查询，联动结构化指标与非结构化知识库，为业务人员提供实时智能辅助。

目前，该平台已在自然资源常态化监测、耕地保护统计分析等场景落地应用。在自然资源常态化监测场景中，支持变化图斑关联用地审批等40余类业务数据，为变化图斑自动打标签，分类处置准确率超90%；通过网格化分级统计（1km×1km至市县镇村级别），自动生成图斑数量排行榜，实现人力物力“棋盘化”精准调度，资源投放效率提升40%；已累计生成报告30余份，分析月报生成时间由传统人工处理的5天缩短至1天，效率提升80%。耕地保护季度分析任务响应速度提高3倍，数据流转周期从周级压缩至小时级。

下一步，广东测绘院将持续深化科技成果转化落地应用，拓展地理信息场景化知识服务平台的业务场景，做好平台技术迭代升级，强化AI大模型与时空数据的深度融合，联合产学研机构推动科技成果转化，拓宽地理信息产业新赛道，为严守资源安全底线、优化国土空间格局、促进绿色低碳发展、维护资源资产权益等重大战略场景提供知识服务，以更加务实的举措推动地理信息产业高质量发展，进一步拓宽新质生产力发展的新领域、新赛道。（作者单位：广东省国土资源测绘院）

福州：专家汇聚 开辟实景三维新赛道

◎ 陆 芬

4 月 28 日，福州海峡国际会展中心，第八届数字中国建设峰会会场，一场关于实景三维中国建设的开放交流活动在此举行。

能容纳 200 人的会场座无虚席。来自自然资源系统、科研院所、地方政府、高等院校和行业企业的嘉宾，交流经验成果，为开辟实景三维新赛道建言献策。

塑造新业态

当前，数字技术和数字经济已成为引领新一轮科技革命和产业变革的核心动力，也是在国际竞争中抢占先机的战略领域。

“国家大力推动数字经济、数字社会、数字政府建设，驱动生产、生活和治理方式全面深入变革，迫切需要新型时空信息产品与服务。”中国工程院院士陈军在作报告时表示，“我们生活在三维空间，时空信息要想真正支撑经济社会发展、支撑数字化转型，就要对生产、生活、生态和文化空间进行三维数字化描述和表达。”

近年来，自然资源部大力推动实景三维中国建设，将国土空间范围内有关实体与要素数字化，形成实体化、立体化、真实化的三维数据空间，赋能高质量发展和数字化转型。

“这是划时代的时空信息工程。”陈军院士表示，实景三维中国建设最重要任务之一是充分发挥其数据要素的价值，打通应用的“最后一公里”。“不仅要丰富各类应用场景，更要塑造实景三维新业态，打造实景三维新赛道，把实景三维作为一个大蛋糕。”

新赛道，是以新技术、新模式为核心竞争力的新兴产业或行业细分领域，具有引领性发展、颠覆性创新、爆发式成长等特性，蕴含海量的市场和全新的增长机会。陈军院士认为，实景三维有着广阔的应用前景和巨大的市场潜力，具有明显的数字化特征、显著的跨界融合趋势、创新与个性化本质，符合新业态的基本要求。其上游是实景三维生产，包括仪器装备、数据采集、信息提取、加工处理等；中游是实景三维数据要素，包括基础设施、软件平台、内容制作、数字孪生、信息服务等；下游是实景三维应用场景，包括低空经济、文旅融合、游戏产业、自动驾驶、城市治理等。

“我们要充分借鉴低空经济创新发展的成功经验，发挥实景三维时空数据要素作用，努力形成新业态。”陈军院士说。

赋能低空经济

低空经济是近年来迅猛发展的战略性新兴产业，各地争相布局。有机构预测，我国低空经济规模有望

在 2025 年跨越 8500 亿元大关，2026 年有望达到万亿元级别。

事实上，低空经济具有立体性特点，是一种依托三维空间发展的经济形态。实践表明，以实景三维为基础，整合集成低空空域要素，打造低空数据空间，构建实景三维航图，正有效赋能低空经济。

交流会上，湖南省自然资源厅分享了“实景三维 + 北斗”赋能低空经济的创新实践。作为全域低空空域管理改革试点省份，湖南已在省级层面明确将实景三维作为推动低空经济高质量发展的权威时空底座。基于实景三维，湖南探索了全域低空网格模型划分编码。将 3000 米以下的空域分解成 1 米与 8 米边长的网格，每个网格对应一个编码，支撑低空飞行路线规划与空域精细化管理。这套网格管理体系在湖南省低空经济集团管理平台进行了初步测试，能将航线规划和单位空间的计算量降低一个数量级。

基于陆地探测一号卫星 InSAR 数据，湖南探索自适应提取低空障碍物专题地理实体，为低空飞行实时路径规划提供精度避障边界数据，降低碰撞风险；融合低空通道、低空空域规划等专题数据，通过空间拓扑分析、二三维一体化等关键技术，制作了试点区域三维航路图、三维空域图与三维避障图，保障飞行安全。

此外，北斗精准定位已支撑低空通航精细化管理。依托 HNCORS 系统，目前已为黄花机场、芦淞机场等 14 个通用机场提供北斗厘米级定位服务，保障了全省 19.3 万架次的通航飞行与安全起降，支撑了 1 万多台地面终端的精准定位与调度。

催生文旅融合

武汉大学文化遗产智能计算实验室教授黄先锋点击鼠标，一尊 13 米高的云冈石窟立体模型立刻呈现在会场大屏幕上。

黄先锋所在团队在云冈石窟十三窟用单反相机人工拍摄了 28.34 万张照片，获得 15.1TB 数据量，利用实景三维重构技术，瞬间恢复了每张照片拍摄瞬间位置和姿态，分辨率达到 0.085 毫米。局部放大石窟，分毫毕现。

“这就是实景三维在微观层面的数字化能力。”黄先锋表示，“如果没有实景三维中国建设的推动，我们在这方面技术是不成熟的，国外也同样如此。”

文化遗产空间尺度跨度大、体量大、存在大的高差、细节丰富，实景三维技术解决了跨尺度三维建模能力，因而在遗址保护中的价值巨大。

北京中轴线全长 7.8 公里，纵贯北京老城南北，始建于 13 世纪，形成于 16 世纪，是世界上最长的城市轴线。行走在北京中轴线上，人们既可领略“都”的中正庄严，也能感受“城”的生生不息。2020 年 9 月开始，北京市测绘设计研究院的技术团队，开展了北京中轴线遗产点实地测绘。基于厘米级精度的实景三维成果，搭建了中轴线遗产监测体系和中轴线遗产保护中心监测平台，直接支撑北京中轴线成功申遗。

“实景三维与文化遗产行业应用结合，想象空间非常大。”黄先锋说。

从大空间到小文物，从保护区域到文物构件，数字化采集与三维建模技术、多光谱成像技术、AI 技术、轻量化技术等一系列技术，为文化遗产的保护、研究、展示和传承提供了融合创新手段。

推动时空智能

轻点鼠标，汩汩清泉润泽农田。引洮供水工程是甘肃规模最大的跨流域调水工程，涉及 13 个县（区），工程管线长、涉及面广、管护难。数字孪生为智能管护提供了可能。

“实景三维与人工智能结合是满足智能化应用的核心。”泰瑞数创科技股份有限公司董事长刘俊伟从数字孪生引洮供水工程案例分享了实景三维赋能行业智能化应用转型的思考。他介绍，依托人工智能、大数据、水利大模型等技术，耦合多物理场仿真、跨领域流程仿真等技术，数字孪生引洮供水工程实现对洮河水的精准调度，降低分配水设施能耗 60% 以上，降低管理成本 40% 以上，提升水资源利用率 20% 以上。

“时空智能是系统性解决产业问题的必然路径。”土豆数据科技集团有限公司董事长霍向琦表示，时空信息产业面临专、散、慢三大难题，需要 AI 系统化重构。他认为时空智能的本质是构建世界大模型，要以时空大模型为核心，以时空智能体为载体，实现产业智能化。土豆数据历时两年打造了时空产业基础大模型 —— 洛书大模型，同时联合莫干山地信实验室、高校、生态伙伴等打造时空智能开源生态。

开放交流汇聚智慧力量。塑造新业态、打造新赛道，实景三维中国建设期待政、产、学、研合作，瞄准实景三维与行业应用结合的痛点与难点，打通实景三维赋能应用的“最后一公里”。（摘编自《中国自然资源报》2025 年 4 月 30 日第 2 版）

卢伟强：二十五载测绘 以匠心致初心

◎ 本刊记者 栗荣晓

二十五载风雨兼程，他始终秉持“热爱祖国、忠诚事业、艰苦奋斗、无私奉献”的测绘精神，以精益求精的专业态度，为中原大地的工程建设贡献绵薄力量。这位平凡的测绘工程师，用青春和汗水，在测绘道路上留下了坚实的足迹。

2019 年至 2022 年，他先后荣获河南省测绘学会先进个人、开封市自然资源系统先进个人、党务工作先进个人，在开封市自然资源系统“我为群众办实事、万人助万企、三大建设年”等重大专项工作中表现突出，荣获先进个人。

他的故事，就像他手中的测绘仪器一样，精准记录着时代的脉搏和个人的奋斗历程。他就是开封市自然资源和规划局派驻尉氏王响村第一书记卢伟强。

热血青年勇担当

2000 年 6 月，卢伟强大学毕业后，怀揣梦想来到尉氏县土地管理局测量队。那一年，他刚满 20 岁，风华正茂，满腔热血，开启了他的测绘人生。

主动认真、勤勉负责、踏实肯干是卢伟强的工作写照。每天清晨，他和同事背着沉重的测量仪器，穿梭于田间地头、山川河流之间，精确测量每一寸土地，为政府和企事业单位提供准确的数据支持。凭着强烈的事业心、永不懈怠的干劲，卢伟强迅速成长为单位的年轻骨干。

2007 年盛夏，卢伟强和同事在豫西南伏牛山区展开了一场艰苦卓绝的测绘攻坚战。这里山势险峻，沟壑纵横，许多地方车辆无法通行，他们只能背着沉重的测绘仪器徒步攀登。

作为项目负责人，卢伟强身先士卒。30 斤重的全站仪压在肩头，汗水浸透工装，荆棘划破皮肤，他却只是缠紧绷带继续测量。为了摸清伏牛山区资源“家底”，他带队蹚过齐腰深的积水，打着手电筒定位故障点；为完成山顶测绘，他冒雨穿雾、跋山涉水，遭遇山洪仍坚守岗位。

在野外作业的那些日子，他们常常天蒙蒙亮就出发，夜幕降临才收工。饿了渴了，就啃几口干粮，喝几口山泉；困了累了，就在林中休息一会儿，然后继续前行。有时为了赶时间，卢伟强和队友们干脆夜宿山林，用树枝树叶搭建简易窝棚，以抵御蚊虫叮咬和夜晚的寒气。

尽管环境恶劣、条件艰苦，他们依然坚持精益求精的工作态度，将 GPS 测绘与传统人工测量相结合，克服种种技术难题，反复核对每一项数据，最终精准绘制出伏牛山区地形图，如期完成测绘任务，及时为当地政府科学决策提供了精准的数据支持。

2006 年 12 月，由于工作表现出色，卢伟强被任命为尉氏县国土资源局测量队副队长。在测量队的岁月里，卢伟强不仅积累了丰富的实践经验，更锤炼出坚韧不拔的毅力和严谨的工作作风。

勤于奉献促成长

勤于奉献、勇挑重担、团结同事是卢伟强的敬业写照。2010 年 3 月，卢伟强被任命为尉氏县国土资源局矿产测绘管理股股长。彼时，在贾鲁河下游的尉氏县与鄢陵县交界处存在非法挖沙取土现象，河岸植被、生态环境遭到破坏，影响行洪安全。当地政府责令国

土资源管理部门抓紧取缔这一违法现象。

于是，卢伟强带领工作人员深入非法采砂现场，精确测量地形地貌，分析河沙分布情况，作出评估报告。面对尘土飞扬、噪音震耳的恶劣环境，大家没有丝毫退缩。白天，顶着烈日，在现场仔细勘测，详细记录每一个采坑的深度、面积以及周边地形变化；晚上，回到办公室加班整理数据、分析资料，常常工作到深夜。

经过一段时间的不懈努力，他们高质量完成测绘和评估报告，详细记录了非法采砂对河道生态环境的影响，包括河床的破坏程度、周边植被的损毁情况以及对行洪安全的潜在威胁。根据报告，当地政府采取一系列措施，对非法采砂行为进行了严厉打击，生态环境得到明显改善，行洪安全得到保障。

2011 年 3 月，卢伟强被抽调到开封市国土资源局矿产测绘管理科，置身于一个充满活力与创新的前沿阵地，接触到大量先进技术和前沿理念，视野迅速开阔，专业能力得到进一步提升。

近年来，卢伟强连续参与开封市基础测绘“十二五”“十三五”“十四五”地理信息发展规划编制，深感测绘地理信息工作对城市发展的深远影响；参与推动多项前沿测绘技术的应用，如无人机测绘、三维激光扫描等，不仅提高了测绘工作效率和精度，还为城市文化遗产保护、城市更新等项目提供了全新的解决方案。例如，通过三维激光扫描技术，对开封市古建筑进行高精度建模，为文化遗产数字化保护和修复提供有力支持。无人机测绘技术能够快速获取城市老旧小区的详细地形地貌数据，在城市更新项目中发挥了重要作用。

“测绘数据如同城市的‘骨骼’，支撑着城市规划、建设与管理；测绘技术则是城市的‘眼睛’，帮助城市管理者洞察城市的每一个角落，精准把握城市发展脉络。”卢伟强如是说。

匠心精神铸测绘

匠心测绘、积极进取、不忘初心是卢伟强的精神写照。近年来，在测绘专业领域，卢伟强成绩显著，主导参与多个重大项目，如开封市矿产资源总体规划（2021—2025 年）、2000 国家大地坐标转换及推广应用等。

2018 年 2 月至 2019 年 3 月，卢伟强参与开封市精准扶贫工作“一村一图一平台”工程构建探索及应用研究课题，获得开封市哲学和社会科学规划调研课题专利。“一村一图一平台”工程的实施，极大地提升了开封市精准扶贫工作的效率和精准度，为扶贫决策提供了科学依据；通过信息化手段实现扶贫资源的优化配置和扶贫项目的有效管理，以及数据的全域归集和下沉应用，形成“一村一档”，并在此基础上推动乡村治理和产业发展的数字化转型，具有现实意义和实用价值。

多年来，在测绘一线工作，卢伟强始终秉持精益求精的原则，追求卓越的品质。他主持和参与的多个项目荣获优质工程奖，这些奖项不仅是对他工作的认可，也是他匠心精神的体现。

2016 年 12 月至 2017 年 8 月，卢伟强主持襄城县中心城区 1∶500 地形图测绘项目，荣获 2018 年河南省测绘优质工程一等奖。在项目实施过程中，卢伟强带领团队克服时间紧、任务重、技术难度大等困难，确保项目高质量完成。

2022 年，卢伟强参与开封大学东京大道校区联合测绘项目、汤阴县自然资源局农村房屋不动产登记权籍调查项目，两个项目均荣获河南省测绘优质工程一等奖。在这些项目中，卢伟强充分发挥自己的专业优势，为项目的顺利实施提供了有力的技术支持。

“荣誉不仅仅是对我个人的肯定，也是对我们团队的鼓励，这些成绩的取得离不开团队的协作和支持。”卢伟强说。

2024 年 8 月，卢伟强被派驻到尉氏县王响村担任驻村第一书记。这是一个全新的角色，对他来说既是挑战，也是使命。卢伟强到任后，深入村组调研，了解群众需求。他发现王响村是一个典型的农业村，虽然土地资源丰富，但缺乏有效的规划利用，经济发展相对滞后。

为改变王响村经济状况，卢伟强科学制定发展规划，带领驻村工作队精准测绘全村土地资源，分析土地的肥力、水源等情况，为农作物种植提供科学依据。同时，积极争取帮扶资金，完善村里的基础设施建设，大力改善村民的生活环境。

在卢伟强的努力下，王响村焕发出新的生机。如今，村里引进先进农业种植技术，特色农业发展蒸蒸日上，群众的获得感、幸福感、安全感明显提升。

匠心致初心，二十五载测绘路。卢伟强用专业知识和敬业精神，为城市建设、农村发展、资源保护做出测绘人应有的贡献。他的故事还在继续，他的测绘人生，也将书写新的篇章。

基于长时序Sentinel-2影像的湛江近海赤潮危险性评估

涂粲然

（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：赤潮灾害发生影响海洋生态系统，对海水养殖和滨海旅游业造成经济损失，赤潮灾害的动态监测及危险性评估对滨海旅游和海洋牧场规划建设具有重要意义。针对赤潮资料收集困难、危险评估难度大等问题，研究基于Google Earth Engine（GEE）云平台调用长时序Sentinel-2数据，提取2019~2025年逐月湛江近海赤潮分布图，分析赤潮发生时空特征，综合评价赤潮危险性空间分布，结果发现赤潮高风险区集中分布在雷州湾、流沙湾、安铺港、海康港。

关键词：GEE；Sentinel-2；赤潮；危险评估

1　引言

赤潮是指海水中某些浮游生物或细菌短时间内爆发性增殖或高度聚焦，成因与过度排放的污水及海水养殖等人类活动密切相关[1]。赤潮灾害的发生不仅破坏海洋生态系统，还对海水养殖业、滨海旅游业构成威胁，有毒赤潮甚至威胁人民生命财产安全。据《2023年广东省海洋灾害报告》显示，2014～2023年间广东海域赤潮年平均值发生次数为9.5次，累积面积平均值为347.80km^2，其中湛江市赤潮灾害严重，累计发生赤潮灾害22次，累积影响面积达1487km^2。

赤潮传统监测手段受限于船只定点航测和浮标空间覆盖不足与时效性差的缺陷，难以满足大尺度动态监测需求。近年来，卫星遥感技术为赤潮监测提供了新途径[2]。Hou等[3]利用1982～2019年Landsat系列影像采用CIE方法建立全球赤潮数据库。Caballero等[4]、Gernez等[5]和Mishra and Mishra[6]基于Sentinel-2多光谱影像计算NDCI（归一化叶绿素指数），开展赤潮的时空分布特征分析。

赤潮灾害危险性区划为灾害应急处理及管控提供科学依据，指导海水养殖及滨海旅游业规划。文世勇等[7]利用1959～2013年历史记录数据空间评估划分灾害危险度区。王会芳等[8]基于浮游生物与水文监测数据构建赤潮风险评估指标体系，划分灾害风险等级区划图。Xie等[9]使用Sentinel-3影像计算归一化波段光谱指数，表征赤潮发生风险性，并制作中国北部湾和雷州湾风险图。

现有赤潮研究多聚焦监测技术和算法改进[2-6,10,11]，灾害风险评估往往依赖历史记录数据或海洋调查实测数据[7-9,12]，针对大范围赤潮风险的系统评估仍存空白。研究借助GEE云平台数据处理优势和Sentinel-2长时序高分辨率（10m）影像，构建湛江近海赤潮长时序动态监测模型，量化赤潮发生频率、空间分布特征，建立赤潮风险评估体系，为海洋生态灾害预警与防控提供科学依据。

2　研究区与数据源

研究聚焦湛江市离岸10km或水深小于10m的近海海域。该区域受陆源污染物输入与海水养殖活动交互影响显著，水体富营养化特征突出，是赤潮灾害的典型敏感区。研究使用GEE平台（Sentinel-2 MSI Level-2A）调用的2019～2025年长时序Sentinel-2多光谱影像（数据参数如表1所示），与Sentinel-3、CZCS、SeaWiFS、MODIS、GOCI等卫星数据相比，Sentinel-2影像具备高空间分辨率优势。

3　研究方法

根据《赤潮灾害风险评估与区划导则》，赤潮灾害危险性评估以区域为对象，综合考虑年均赤潮发现频次、有毒有害赤潮占比、平均赤潮面积、平均持续时间4个指标。研究利用长时序Sentinel-2影像提取月际赤潮结果，计算海域赤潮发生频次分布图，评价

基金项目：珠三角地区小流域尺度下生态—社会功能复合的碧道设计手法研究（2020-KY-006）

作者简介：涂粲然（1998—），女，汉族，硕士研究生，海洋助理工程师，主要从事海岸带遥感方面研究。

赤潮危险性，具体技术流程如图 1 所示。

表1　Sentinel-2 MSI传感器波段参数

Sentinel-2 MSI	类型	中心波长/μm	分辨率/m
波段1	海岸气溶胶	442.7	60
波段2	蓝	492.4	10
波段3	绿	559.8	10
波段4	红	664.6	10
波段5	植被红外	704.1	20
波段6	植被红外	740.5	20
波段7	植被红外	782.8	20
波段8	近红外	832.8	10
波段8A	窄波近红外	864.7	20
波段9	水蒸气	945.1	60
波段10	卷云	1373.5	60
波段11	短波红外1	1613.7	20
波段12	短波红外2	2202.4	20

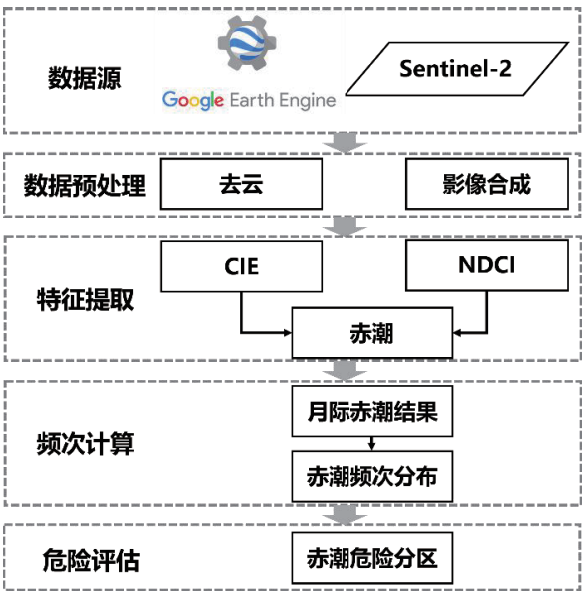


图1　技术流程

3.1 数据预处理

研究基于 GEE 云平台调用 2019～2025 年 Sentinel-2 地表反射率数据集，该数据集已完成正射校正和大气校正。首先利用湛江近海研究区范围筛选影像，并采用 QA60 去云算法对云像素点进行掩膜剔除。然后按月划分影像构建月际赤潮结果序列，其中每月影像有效像素点采用最大值合成。

3.2 特征提取

3.2.1 叶绿素浓度计算

叶绿素在红色波段反射率低，在红外波段反射率高，NDCI 通过计算红色、红外波段差异程度反演叶绿素 a 浓度高低。研究参考 Caballero 等[4]、Gernez 等[5]和 Mishra and Mishra[6]，利用 Sentinel-2 影像计算 Normalized Difference Chlorophyll Index（NDCI）指数反演叶绿素 a 浓度。NDCI 和叶绿素 a 浓度计算公式如下：

$$NDCI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4} \tag{1}$$

$$C = 14.039 + 86.115 \times NDCI + 194.325 \times NDCI^2$$

公式中，C 表示叶绿素 a 浓度，$B5$ 和 $B4$ 表示 Sentinel-2 第五波段和第四波段。

研究系统收集广东省海洋预报台（https://g.hyyb.org/systems/HyybServices/City_guangdong/warning.html）发布的历史《湛江海域赤潮监测预警专报》，统计多期预警中叶绿素浓度。通过非参数统计，选择中位数 53mg/m^3 作为叶绿素 a 分割阈值提取赤潮。

3.2.2 CIE 提取赤潮

赤潮灾害发生时水体颜色会发生变化，CIE 方法将遥感影像波段转换突出颜色差异性，从而自动化提取赤潮空间分布。研究参考 Hou 等[3]和 Liu 等[13]利用 CIE 提取赤潮的方法，提取湛江近海赤潮发生情况。CIE 方法计算公式如下：

$$\begin{aligned} X &= 2.7689 \times NIR + 1.7517 \times R + 1.1302 \times G \\ Y &= 1.0000 \times NIR + 4.5907 \times R + 0.0601 \times G \\ Z &= 0.0000 \times NIR + 0.0565 \times R + 5.5934 \times G \\ x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \\ x' &= x - \frac{1}{3} \\ y' &= y - \frac{1}{3} \\ \alpha &= ARCTAN(x', y') \end{aligned} \tag{2}$$

公式中，NIR、R、G 分别表示 Sentinel-2 多光谱近红外、红、绿波段。

3.2.3 异常值剔除

研究依据叶绿素 a 浓度及 CIE 光谱特征提取赤潮。由于红树林和赤潮在可见、红边波段存在部分重叠，叶绿素浓度阈值分割易导致红树林误判为赤潮。为此，研究采用刘叶取等[14]提取的红树林矢量数据集，剔除红树林对赤潮结果的影响。

3.2.4 提取结果验证

研究融合叶绿素 a 浓度阈值分割和 CIE 特征提取两种算法，构建赤潮空间识别模型。为验证提取精度，选取《2022 年广东省海洋灾害报告》记录的典型赤潮事件进行时空匹配验证：2022 年 6 月在硇洲岛南部、

东里镇东部、新寮岛东北部海域发生赤潮灾害。研究2022年6月赤潮提取结果及叶绿素a浓度结果如图2所示，与灾害公报记录空间一致性较高。

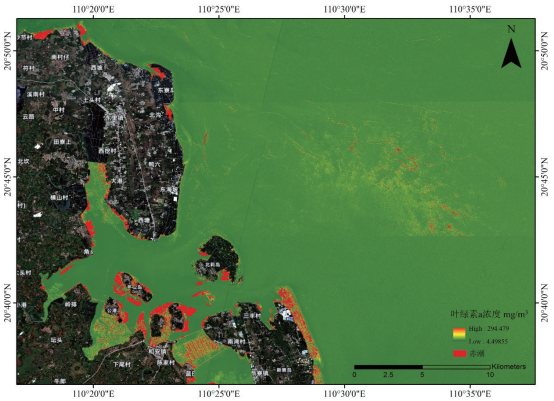


图2　2022年6月叶绿素a浓度及赤潮分布

3.3 频次计算

研究充分利用Sentinel-2高时间分辨率优势（重访周期5天），对2019年1月至2025年4月期间湛江近海海域进行连续监测，提取76幅赤潮发生影像，通过空间统计方法计算各像元赤潮发生频率和年均发生频次。频率和年均发生频次计算公式如下：

$$F(x,y)=\frac{\sum_{t=1}^{76} I_t(x,y)}{76} \qquad (3)$$

$$T(x,y)=12\times F(x,y)$$

公式中，F（x，y）表示（x，y）赤潮出现频率；T（x，y）表示（x，y）赤潮年均发生频次；I_t（x，y）表示第t期影像中（x，y）像元是否识别为赤潮，是赋值为1，否则赋值为0。

4　研究结果

4.1 赤潮频率空间分布分析

湛江市近海赤潮发生高频率地区主要分布在沿海半封闭海湾。结合2025年更新的海水养殖调查结果，湛江市近海赤潮高发区集中分布于雷州湾、湛江湾、流沙湾、海康港等围海养殖区域，海上筏式养殖、网箱养殖区域赤潮发生频率较低。围海养殖相比海上开放式养殖水体交换周期长，应采取养殖密度控制、投饵优化等措施来降低赤潮发生频次。

统计分析发现，湛江近海年赤潮发生频次主要分布在1～7次，其中年赤潮发生1次的区域面积最大约60km^2，年赤潮发生10次的区域面积最小约0.65km^2。月际赤潮发生频率分布和赤潮年发生频次统计如图3和图4所示。

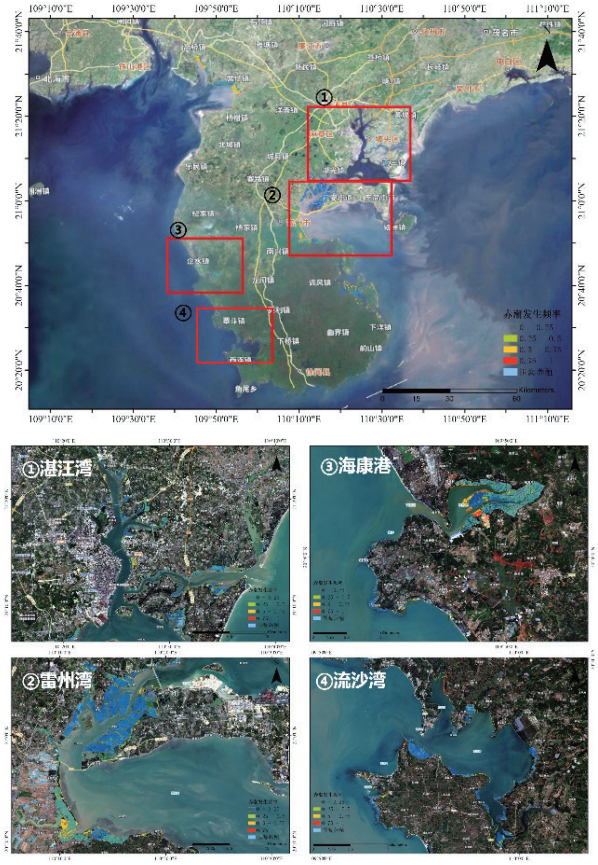


图3　月际赤潮发生频率分布

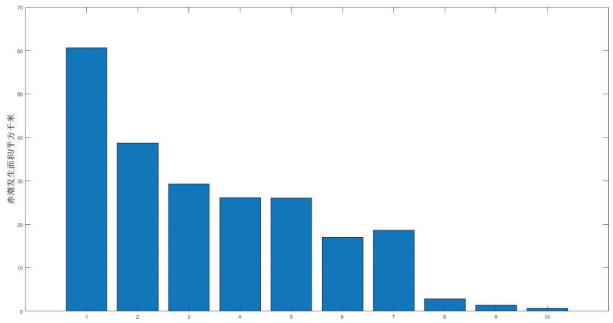


图4　赤潮年发生频次统计

4.2 赤潮危险性空间分布分析

根据《赤潮灾害风险评估与区划导则》，赤潮危险性评估应综合年均赤潮发生频次、有毒有害赤潮占比、平均赤潮面积及持续时间4个指标。研究基于Sentinel-2长时序遥感影像提取赤潮月际分布图，计算赤潮发生频率分布图和年均赤潮发生频次空间分布图（10m空间分辨率），可体现赤潮长时序空间演变特征，再加上公开的有毒有害赤潮占比数据缺失严重，因此研究选取年均赤潮发生频次作为唯一危险性评价指标，即年均赤潮发生频次赋值等于赤潮灾害危险性指数。其中，年均赤潮发生频次评价指标危险性赋值标准如表2所示。赤潮危险性等级按照从高到低划分

为Ⅰ（3，4]、Ⅱ(2，3]、Ⅲ（1，2]、Ⅳ(1），其中Ⅰ级代表该区域赤潮危险性最大。

表2　赤潮危险性指数赋值标准

评估指标	指标特征	赋值
年均赤潮发生频次（次）	（3，+∞）	4
	（1，3]	3
	（0.3，1]	2
	（0，0.3]	1

赤潮危险性空间分布如图5所示，湛江市近海赤潮危险性Ⅰ级面积约10.7km^2，Ⅱ级面积约7.7km^2，Ⅲ级面积约11.9km^2，其中高风险区主要分布在湛江湾、雷州湾、安铺港、海康港。流沙湾高风险区主要分布在湛江水道、龙王湾、石龙海区域；雷州湾高风险区主要分布在通明渔港以南沿岸围海养殖区，较高风险区主要分布在通明海海域；安铺港高风险区和较高风险区主要分布在沿岸围海养殖区；海康港高风险区主要分布在半封闭海湾。

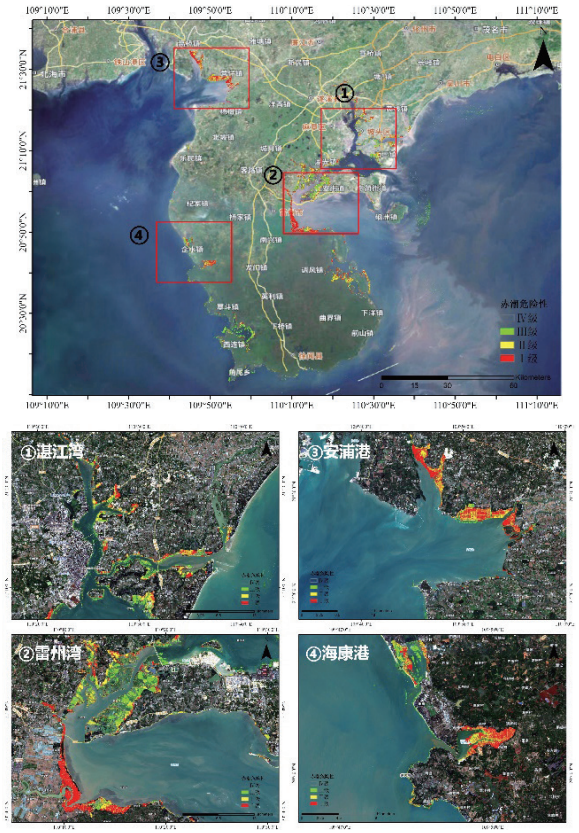


图5　赤潮危险性分布

5　结论

研究利用2019～2025年Sentinel-2长时序影像，融合叶绿素浓度阈值分割和CIE提取两种算法提取湛江市近海赤潮月际分布图，并通过空间统计分析生成赤潮发生频率分布图及危险性分布图。结果表明，赤潮高风险区集中在雷州湾、流沙湾、安铺港、海康港等半封闭海湾，湾内高密度的围海养殖行为是赤潮发生的主要原因。为减少赤潮灾害发生，应加强围海海水养殖监管，实时监测水质动态，减少或避免对养殖产生损失。

参考文献

[1] 高波,邵爱杰.我国近海赤潮灾害发生特征、机理及防治对策研究[J].海洋预报,2011,28(2): 68-77.

[2] XIE M,YING L,ZHICHEN L,et al.Red tide identification in coastal regions based on the logical operation of multi-band spectral indices[J].Remote Sensing Letters,2025,16(1):1-12.

[3] HOU X,FENG L,DAI Y,et al.Global mapping reveals increase in lacustrine algal blooms over the past decade[J].Nature Geoscience,2022,15(2):130-134.

[4] CABALLERO I,FERNá NDEZ R,ESCALANTE O M,et al.New capabilities of Sentinel-2A/B satellites combined with in situ data for monitoring small harmful algal blooms in complex coastal waters [J]. Scientific Reports,2020,10(1):8743.

[5] GERNEZ P,ZOFFOLI M L,LACOUR T,et al.The many shades of red tides:Sentinel-2 optical types of highly-concentrated harmful algal blooms[J].Remote Sensing of Environment,2023,287:113486.

[6] MISHRA S,MISHRA D R.Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters[J].Remote Sensing of Environment,2012,117:394-406.

[7] 文世勇,孙田力,王涛,等.基于历史记录的赤潮灾害危险性区划方法的构建与应用[J].灾害学,2022,37(1):72-76.

[8] 王会芳,黄秀清,刘建华,等.福建海坛海峡赤潮灾害潜在生态风险评估[J].热带海洋学报,2021,40(4):122-133.

[9] XIE M,QIN M,LI Y,et al.Experimental analysis on the optimal spectral index for the risk assessment of red tide occurrence[J].Journal of Oceanology and Limnology,2024.

[10] BRAMICH J,BOLCH C J S,FISCHER A.Improved red-edge chlorophyll-a detection for Sentinel 2[J].Ecological Indicators,2021,120:106876.

[11] 罗婕纯一,秦龙君,毛鹏,等.水质遥感监测的关键要素叶绿素a的反演算法研究进展[J].遥感技术与应用,2021,36(3):473-488.

[12] 谢宏英,王金辉,马祖友,等.赤潮灾害的研究进展[J].海洋环境科学,2019,38(3):482-488.

[13] LIU R, XIAO Y, MA Y, et al. Red tide detection based on high spatial resolution broad band optical satellite data[J].ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2022,184:131-147.

[14] 刘叶取,张立,郭康丽,等.2015-2020年广东省沿岸红树林矢量数据集[J].中国科学数据(中英文网络版),2022,7(1):256-263.

海上风电场陆上计量站沉降监测技术研究

王力江[1]　孙远[2]

(1. 浙江舟山浙新能海上风力发电有限公司，浙江 舟山 316000；2. 浙江华东测绘与工程安全技术有限公司，浙江 杭州 310014)

摘　要：研究以嘉兴1号海上风电场陆上计量站为对象，针对基础沉降问题开展系统性监测。采用二等水准测量技术进行两期观测，监测结果显示，两期观测水准路线闭合差分别为1.61mm和3.76mm，均满足规范限差要求；各设施用房及高站变区域累计沉降量均小于4mm，平均沉降速率普遍低于0.04mm/d，符合规范标准。研究验证了监测体系的可靠性，并提出加强数据采集完整性的改进建议，为海上风电场陆上设施安全运营提供科学依据。

关键词：海上风电场；陆上计量站；基础沉降；安全运营

1　引言

海上风电场是指在沿海多年平均大潮高潮线以下海域，利用风能资源进行发电的设施[1]，主要组成部分包括风电机组、支撑结构、集电海缆、海上升压站、高压送出海缆和陆上计量站等[2]，这些共同构成一个完整的海上风电系统。陆上计量站是指陆地上用于接收、处理和传输海上风电场电能的设施[3]，是海上风电场与电网之间的“门户”，陆上计量站主体建筑包括综合楼、设备楼、GIS楼、无功补偿楼等[4]，站内布置有降压变压器、高压电抗器、SVG设备预制舱、35kV组合电器预制舱、生活预制舱、消防泵箱一体化预制舱等设备，还配备储能系统，如磷酸铁锂电池储能单元，用于调节电网负荷。站区设施还包括事故油池、消防泵房、生活污水处理设备及危险废物临时贮存间。陆上计量站不仅是电能输送的关键节点，还承担着远程监控、数据分析和设备管理等重要任务，是海上风电场高效运行的重要保障。为确保陆上计量站安全运营，需要定期进行沉降监测，掌握建筑物或构筑物基础在垂直方向的位移变化，以评估地基和基础的稳定性和安全性[5]。目前，国内相关学者对陆上计量站沉降监测技术的研究尚属空白，鉴于此，以实际工程应用为例，针对监测方案、数据处理和稳定性分析等方面进行研究探讨，旨在为海上风电监测提供借鉴。

2　工程应用

2.1 工程概况

浙能嘉兴1号海上风电场位于杭州湾平湖海域，东西平均长约9km，南北宽2～17km，规划容量300MW。陆上计量站位于独山港海堤内侧区域，距离海堤约100m，所处海域的水下滩面地形较为平缓，高程一般为-4.90～-8.60m，海底滩面最大坡度小于1°。风场中心点离南岸约20km，离北岸约32km，最远机位点离北岸约42km。场区海底地形变化较小，水深为8～12m，水深条件较好。浙能嘉兴1号海上风电场装机容量为300MW，包括74台风机、1座220kV海上升压站、12回35kV集电线路、2回220kV海缆、1座陆上计量站等。陆上计量站内布置GIS楼、无功补偿楼、生产楼、值班楼、消防楼、门卫等建（构）筑物，以及2台高站变、4台电抗器基础，总建筑面积4012m^2，具体位置如图1所示。该陆上计量站距离海域很近，日常运营易受海洋环境、台风等影响，导致建筑物存在安全隐患，因此需定期进行基础沉降监测。

图1　陆上计量站区位[审图号：GS(2024)0568号]

2.2 监测方案

嘉兴1号陆上计量站周边有JD1、JD2、JD3、JD4控制点，沉降监测前，先对四个控制点进行联测，发现点位稳定性良好[6]。通过现场踏勘，陆上计量站南侧沿海大堤有沉降基准点FD2，该点状态良好，平面位置如图1所示。将沉降基准点FD2与JD1、JD2、

作者简介：王力江（1977—），男，汉族，本科，工程师，主要从事海上风电工程管理、安全监测工作。

JD3、JD4 控制点进行联测，获取基准点高程值，并作为本次沉降监测的起算点，FD2 高程为 7.712m。根据工程特点和临海环境合理设置沉降监测点位，确保观测数据的可靠性和代表性。对嘉兴 1 号海上风电场陆上计量站进行实地踏勘，根据踏勘结果共计布设沉降监测点 66 个：其中 GIS 楼 12 个点，高站变、电抗器区域 24 个点（其中 Jc5-1 测点损坏），无功补偿楼 10 个点，综合楼 4 个点，生产辅助楼 4 个点，附属楼 8 个点，门卫 4 个点，测点平面布置如图 2 所示。其中，状态良好满足观测要求的沉降测点有 65 个，高站变、电抗器沉降测点 Jc5-1 已损坏。陆上计量站沉降监测点照片如图 3 所示。

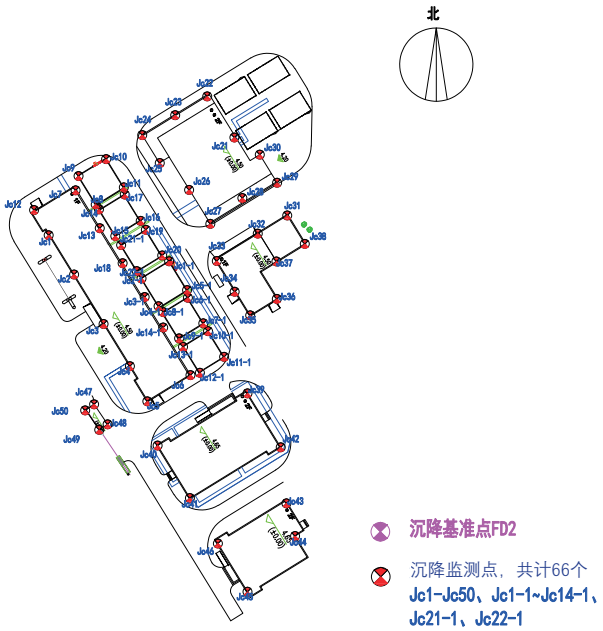


图2　测点平面布置

图3　沉降监测点

陆上计量站建(构)筑物沉降点连成闭合水准路线，按二等水准测量施测，使用 TrimbleDINI03 电子水准仪施测，监测点沉降监测采用单程观测，基准点复核采用往返观测，水准观测在标尺分划线成像清晰稳定时进行，观测时在水准路线上标定尺、站位置，保持每期观测的一致性，2 次读数所测高差的差≤ 0.7mm，单次测量奇数测站照准标尺顺序为“后前前后”，偶数测站照准标尺顺序为“前后后前”。为掌握建筑物沉降情况，项目于 2023 年 4 月和 7 月进行了两期观测。

2.3 数据处理

沉降数据处理时，各监测点的最近沉降量为：

$$H_x = H_{xi} - H_{xi\text{-}1} \tag{1}$$

各监测点的累计沉降量为：

$$\Sigma\Delta H_x = H_{xi} - H_{xio} \tag{2}$$

公式中，ΔH_x 表示 x 点最近两次监测期的沉降量（mm），$\Sigma\Delta H_x$ 表示 x 点累计沉降量（mm），H_{xi} 表示 x 点第 i 次监测得到的高程（m），H_{xi-1} 表示 x 点第 i 前一次监测得到的高程（m），H_{xio} 表示 x 点第一次监测得到的高程（m）。

测点损坏重新布设后，数据衔接需将所测数值叠加原相应点位累计沉降量，并参考前后左右各监测点在损坏期间的位移（沉降）量加以修正。测量数据平差前，先进行数据处理并计算参数，满足平差条件后进行平差。若不满足平差条件则重新测量。

高差闭合差为：

$$f_h = \Sigma h_{测} - (h_B - h_A) \tag{3}$$

高差容许闭合差为：

$$f_{h容} = \pm 4\sqrt{L} \tag{4}$$

或：

$$f_{h容} = \pm 4\sqrt{K} \tag{5}$$

公式中，f_h 表示高差闭合差，h_B 表示末站点高程，h_A 表示首站点高程，$f_{h容}$表示高差容许闭合差，L 表示距离总长度，K 表示测站站数。当 $f_h < f_{h容}$时，满足闭合差条件。

每公里中误差计算因本次水准测量路线中前后测站间距 s 大致相等，设 A、B 间的距离为 S，v 为观测值真误差，n 为测站数，偶然中误差 $\sigma_{站}$按下式计算：

$$\sigma_{站} = \pm\sqrt{\frac{【vv】}{n-1}} \tag{6}$$

若 S=1km，S 以 km 为单位，则一千米的测站数为：

$$N_{千米} = \frac{1}{S} \tag{7}$$

而一千米观测高差的中误差为：

$$\sigma_{千米} = \sqrt{\frac{1}{S}\sigma_{站}} \tag{8}$$

依照《国家一、二等水准测量规范（GB 12897-91）》，每公里水准测量的偶然中误差按 1mm 取值。

本次沉降数据处理采用测点定权，整个水准路线

中每一测站测定两点间高差，获得测点前后点的观测高差 h_1，h_2，$h_3 \cdots h_n$，各路线的测站数分别为 n_1，n_2，$n_3 \cdots n_n$。由于每一测站观测高差的精度相同，设其中误差均为 $\sigma_{站}$，则各路线观测高差的中误差为：

$$\sigma_i = \sqrt{N_i \sigma_{站}} (i = 1,2,3...n) \quad (9)$$

沉降监测成果采用科傻（COSA）系统测量平差软件按上述参数进行平差处理，由结果可知，第一期观测水准测量路线中最弱点高程中误差为 0.85mm，最弱测段高差中误差为 0.27mm，水准路线闭合差为 1.61mm，远小于限差 4.10mm，说明水准测量精度及高差闭合差满足规范要求。第二期观测水准测量路线中最弱点高程中误差为 1.99mm，最弱测段高差中误差为 0.64mm，水准路线闭合差为 3.76mm，小于限差 4.13mm，说明水准测量精度及高差闭合差满足规范要求。平差后获得两期沉降点高程值，两期观测结果基本一致，如图 4 所示。

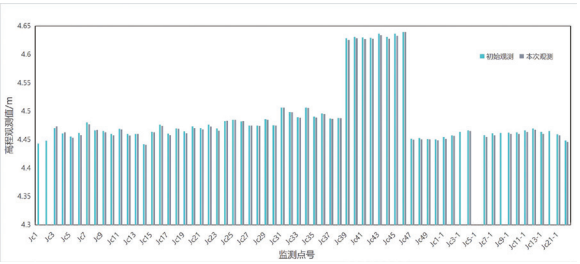


图4　陆上计量站基础沉降高程观测值

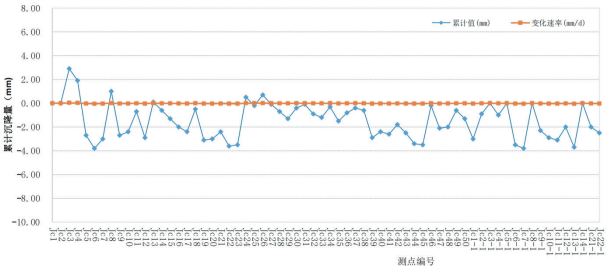


图5　陆上计量站基础沉降累计分布

2.4 稳定性分析

进一步分析两次观测结果，获取陆上计量站基础沉降结果，如图 5 所示，可以发现，从 2023 年 4 月底初值采集开始到 2023 年 7 月 15 日，除个别测点外，陆上计量站各设施用房及高站变区域基础沉降变形量总体较小，累计沉降量均在 4mm 以内，对应平均沉降速率基本小于 0.04mm/d。其中累计沉降量最大位于高站变区域 5 的 Jc7.1：-3.8mm，平均沉降速率为 -0.05mm/d。根据《建筑变形测量规范》（JGJ8-2016）的稳定评定标准：当最后 100d 的最大沉降速率小于 0.01mm/d～0.04mm/d 时，可认为已达稳定状态。由此可知，嘉兴 1 号海上风电场陆上计量站各设施用房及高站变区域基础沉降变形总体处于稳定状态，需要关注沉降变形尚未完全达到稳定状态的高变站 5 区域后续沉降变形趋势。针对计量站内少数沉降测点因围挡锁住数据无法采集问题，后续需要与现场监管单位加强沟通，确保计量站各建（构）筑物沉降数据的完整性。

3　结束语

通过对嘉兴 1 号海上风电场陆上计量站进行两期沉降监测，得出以下结论：

（1）基于二等水准测量的闭合路线观测方案，结合 Trimble DINI03 高精度仪器与 COSA 平差系统，得出高程中误差≤ 1.99mm、闭合差≤ 3.76mm，验证了该技术体系在海上风电陆上设施沉降监测中的适用性。

（2）全站累计沉降量及速率均处于可控范围，符合《建筑变形测量规范》稳定标准，表明陆上计量站地基处理与结构设计合理，施工质量达标，但高站变区域 Jc7.1 测点异常，沉降速率提示局部荷载分布或地质条件差异需进一步分析，若后续监测发现沉降速率突破阈值则需启动地基加固、荷载调整或排水系统优化等工程干预措施。

（3）结合《地面沉降测量规范》（DZ/T 0154—2020），建议将高站变区域纳入重点监测剖面，加密观测频次至每月一次，并引入 GNSS 或 InSAR 技术辅助分析区域沉降趋势。

（4）研究为海上风电场陆上计量站的沉降控制提供了科学依据，未来可结合更多案例，构建区域性沉降预测模型，推动海上风电基础设施全生命周期智慧化管理。

参考文献

[1] 顾云娟,钱林峰,周红芳,等.江苏海上风电产业创新发展路径与对策研究[J].海洋开发与管理,2023,40(4):106-115.

[2] 吴焕萍,魏培阳,张永强,等.风能资源分析与服务平台设计和实现[J].应用气象学报,2025,36(2):245-256.

[3] 罗红梅,申旭辉,董立,等.采用交流海缆接入的海上风电场无功配置方法[J].电力电容器与无功补偿,2021,42(6):1-10.

[4] 吴飞龙,杨庆波,陈端云,等.远海风电场控制通道灾备技术研究及工程应用[J].电力信息与通信技术,2021,19(10):30-37.

[5] 彭潜.海上风电场风机基础不均匀沉降监测与分析[J].水电与新能源,2019,33(2):75-78.

[6] 袁超,葛俊涛.海上风电场地形组合测绘方法研究[J].测绘技术装备,2023,25(4):1-4.

无人机航空摄影测量成果精度的质量控制研究

孙环[1]　徐利[2]　张德德[1]　冯向楠[2]

(1.河南省计量测试科学研究院，河南 郑州 450000；2.河南省地理信息院，河南 郑州 450003)

摘　要：随着无人机航空摄影测量技术的广泛应用，其成果精度的质量控制成为重点。将传统航空摄影测量的检校场飞行原理引用到无人机航空摄影测量中，以驻马店市平舆县西洋店镇为实验区，进行无人机航空摄影测量，研究相机检校的准确性对测量成果精度产生的影响。

关键词：无人机航空摄影测量；检校场；小十字飞行；精度分析

1　引言

近年来，无人机测绘技术发展迅速，已成为测绘地理信息数据获取的主要手段。以无人机为平台进行航空摄影，与传统航空摄影相比，成本较低，操作简单，快速灵活[1]，在小区域和飞行困难地区获取高分辨率图像具有明显优势。但无人机航测的精度控制难度较大，影响成果精度的因素很多，其中作为无人机航空摄影平台核心硬件的摄影相机至关重要。摄影相机的像素、感光度、镜头等特性会决定图像采集质量和细节捕捉程度，内部参数（如焦距、主距）和外部参数（如相机姿态、位置）的准确性会影响图像的空间定位精度。因此，对相机的畸变参数进行优化改正，会直接干预无人机航空摄影测量成果的最终精度。

在现有无人机航空摄影测量的技术条件下，研究从相机检校角度，就如何提高成果质量进行探讨，以减小测量数据误差，使获取的测量成果更加准确可信，从而提高地形图精度和质量，进一步优化无人机航空摄影测量作业流程，提高工作效率[2]。

2　研究思路

研究旨在提升无人机航空摄影测量成果精度，从相机检校角度出发，将传统航空摄影测量的检校场飞行原理引入无人机航空摄影测量，在常见相机检校方法基础上通过小十字飞行对相机参数进行二次优化，并通过实例验证，分析测绘成果精度质量产生的影响。

传统航空摄影测量的检校场飞行是通过预先布置特殊标识物来校准航摄相机的畸变参数，以优化航摄相机精度，为后续航空摄影测量提供参考依据。同时检验航测系统的稳定性，提高航空摄影测量质量和数据可靠性。通过检校场飞行获取的影像数据，可用于计算定位精度、影像匹配及数字摄影测量的算法调优等，优化数据采集和处理流程，提高测量精度和效率。

将传统航空摄影测量的检校场飞行原理运用到无人机摄影测量，是此次研究的主要技术。在无人机摄影测量中，小十字飞行航线是检校场飞行的一种方式，其飞行模式是无人机沿一条直线飞行，然后在特定点转弯，形成一个小十字形状。该形状通常由两条相交直线组成。在实际飞行中确定每条线的长度和方向，保持相对于地面稳定的航高，无人机按照预设航线飞行，对地面布置的标识物进行拍摄。这些标识物通常包括地面上的目标点和地面标志，通过测量目标点在图像上的坐标，可进一步计算摄影测量所需的内外参数，如相机焦距、畸变校正系数等。相比传统相机检校方式，采用小十字飞行航线易于掌握和操作，能提供较好的标定效果。同时，由于飞行路径相对简单，可保证飞行稳定性和图像一致性，对于相机参数校正、系统稳定性验证、飞行高度和航线布设的确定，以及数据采集和处理流程优化具有重要意义。

3　实例分析

3.1 实验区概况

实验区为驻马店平舆县西洋店镇主镇区，无人机航空摄影面积约 2km^2。实验区有沟渠纵贯南北，以及大面积水塘、大片林地和耕地等弱纹理地貌，低矮房屋和高层建筑相对集中，建筑物顶部相对规整。此类地物特征便于成图数据与实测打点精度的对比分析。

3.2 实验流程

首先在实验区布设地面靶标控制点，采用网络RTK（HNCORS）技术进行靶标控制测量和检测点实地测

作者简介：孙环（1989—），女，汉族，硕士研究生，工程师，主要从事测绘产品质量监督检验工作。

量。然后进行小十字模式飞行（起到检校场作用）和全测区模式飞行（测区内正常飞行作业），获取无人机航空影像数据。通过内业空三加密，利用无人机航空数字影像建立立体模型，并采集检测点数据。最后以外业实地测量的检测点成果为基础，对比内业利用立测软件采集的数据，进行检测点精度对比和分析，验证成果精度，实验流程如图 1 所示。

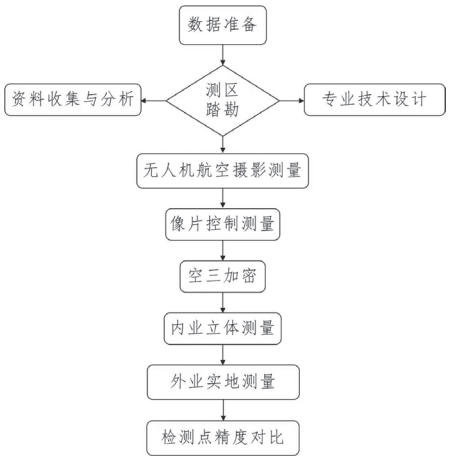


图1　实验流程

3.3 技术设计

为保证实验的科学性，在现场采集了大量平面检测点和高程检测点，这些点共同用于后期两套空三成果(使用检校场飞行和未使用检校场飞行)的精度检测，以证明实验结果的可靠性。实验技术要点如下：

（1）像片控制测量

像片控制点采用无人机航飞前布设地面靶标控制点方式，按照矩形网格的设计原则布设，格网间距 300m，实验区共布设像控点 29 个。采用 RTK（HNCORS）技术进行靶标像控测量，平面收敛精度优于 2cm，高程收敛精度优于 3cm。地面靶标控制点和周边色彩要形成鲜明对比，若周边为深色，则标志以浅色为主，若周边多为白色，可喷红色油漆为主。喷漆宽度不得低于 30cm。选取的靶标控制点应有相对稳定、平整、清晰易识别的地面特征，如突出的地物等，且尽量避开遮挡物，如树木、建筑物、电线杆等，以确保测量精度和点位长久保存[3]。控制点布设和测量如图 2 所示。

（2）无人机航空摄影

按照《低空数字航摄与数据处理规范》(GB/T 39612—2020）规范要求，1∶500 比例尺航测地面分辨率≤ 5cm，无人机航测分辨率设为 3.0cm，相对航高 319m。结合实验区形状，航线按东西向敷设飞行，航空摄影设计航向重叠度 60%～70%，旁向重叠度 50%～60%。为保证测区边缘区域的影像覆盖，测区航线端点超出测区边界 5 条基线；平行于测区边界线的首末航线敷设在测区边界，确保测区边界的实际覆盖不少于像幅的 40%[4]。

为减少阴影带来的误差，航摄时间选择正午时分。影像质量要求画面清晰、反差适中、颜色饱和、色彩鲜明、色调一致、层次丰富，能分辨与地面分辨率相适应的细小地物。根据要求分别完成小十字航线飞行和全测区飞行，获取两套航空摄影数据，如图 3 所示。

图2　控制点布设和测量

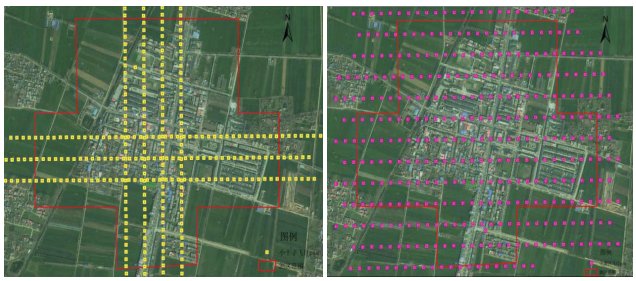


图3　小十字飞行航线和全测区飞行航线

（3）检测点测量

为验证实验结果并保证数据可靠，外业现场采集了大量平面检测点和高程检测点，其中平面检测点 83 个、高程检测点 89 个。平面检测点采集使用全站仪免棱镜测量方式对建筑物顶部实测打点，如建筑物房檐外角等，后期内业在立体像对上对同点位进行立体量测，用于对比分析平面精度；高程检测点采集采用 RTK（HNCORS）技术对硬化地面实地测量，后期内业同样在立体像对上对同点位进行立体量测，用于对比分析高程精度。平面检测点和高程检测点分布如图 4 所示。

图4　平面检测点和高程检测点分布

（4）空三加密

收集整理好航空摄影资料，空三加密前检查影像数据、飞行 pos 数据、检测点数据、像控点成果等是否符合加密作业要求[5]。

①通过空三数据处理软件，直接使用相机的原始标定参数代入全测区飞行数据的空三加密作业，即不利用小十字航线飞行数据进行相机参数优化改正，直接进行空三计算，得到一套未使用检校场优化的空三结果并导出立测文件。

②通过空三数据处理软件，使用航测相机的原始标定参数对小十字航线飞行采集的影像进行匹配和校准。结合小十字飞行数据处理结果，得到优化改正的相机参数，包括焦距、畸变参数优化等。使用优化后的相机参数代入测区飞行数据的空三加密作业，最终得到一套使用检校场优化的空三结果并导出立测文件。

相机参数优化前后对比如图 5 所示，相机焦距、像主点、畸变参数等均发生变化。


```
<CAMERA>
  <name>Sony A7R4</name>
  <fullname/>
  <width>9504</width>
  <height>6336</height>
  <focal>40.52183208</focal>
  <ccd_width>35.73500000</ccd_width>
  <ccd_height>23.82300000</ccd_height>
  <x0>4754.32000000</x0>
  <y0>3171.11500000</y0>
  <dtype>1</dtype>
  <k1>5.168708e-10</k1>
  <k2>-1.596104e-17</k2>
  <k3>4.402512e-25</k3>
  <p1>-6.688274e-8</p1>
  <p2>5.306845e-8</p2>
  <alpha>-0.0002803723</alpha>
  <beta>-4.928986e-5</beta>
  <k4>-5.866609e-33</k4>
  <k5>0</k5>
  <k6>0</k6>
</CAMERA>
```

```
<CAMERA>
  <name>Sony A7R4</name>
  <fullname/>
  <width>9504</width>
  <height>6336</height>
  <focal>40.71294095</focal>
  <ccd_width>35.73500000</ccd_width>
  <ccd_height>23.82300000</ccd_height>
  <x0>4773.90267600</x0>
  <y0>3169.58713400</y0>
  <dtype>1</dtype>
  <k1>3.738538321e-10</k1>
  <k2>-4.239931898e-18</k2>
  <k3>1.609748703e-26</k3>
  <p1>-9.241556074e-8</p1>
  <p2>1.288720124e-8</p2>
  <alpha>5.024112128e-6</alpha>
  <beta>-7.678007556e-8</beta>
  <k4>-1.044893343e-34</k4>
  <k5>0</k5>
  <k6>0</k6>
</CAMERA>
```


图5　相机参数优化前后对比

4　精度对比分析

实验精度检测分为平面精度检测和高程精度检测，检测方法是：采用 MapMatrix（航天远景）全数字摄影测量软件分别将两套空三成果建立起立体测量工程。在立体像对环境，把平面检测点和高程检测点导入立测工程，在检测点同点位进行立测采集，得到两套平面误差和高程误差统计，用以分析相机参数优化前后的精度变化和对无人机航空摄影测量成果精度的影响。

经过对比相机参数优化前后的平面和高程精度误差，相机参数优化后的平面精度提高 2.48cm，高程精度提高 1.90cm，具体如表 1 至表 4 所示。实验发现，将传统航空摄影测量的检校场飞行原理引入无人机摄影测量，用于相机参数优化并参与数据处理计算，能提升测量成果的数学精度。

表1　平面误差测定记录（优化前）

点号	实地坐标		立测坐标		ΔX	ΔY	ΔS
	x	y	x	y			
1	557372.26	3634650.693	557372.3087	3634650.649	-0.0487	0.0440	0.0656
2	557369.265	3634690.486	557369.1134	3634690.449	0.1516	0.0370	0.1560
3	557419.998	3634724.8	557419.927	3634724.659	0.0710	0.1410	0.1579
4	557413.328	3634681.503	557413.1173	3634681.473	0.2107	0.0300	0.2128
5	557423.458	3634679.652	557423.4997	3634679.513	-0.0417	0.1390	0.1451
6	557422.825	3634678.777	557422.8448	3634678.739	-0.0198	0.0380	0.0428
7	557427.826	3634637.317	557427.7773	3634637.266	0.0487	0.0510	0.0705
8	557406.863	3634643.029	557406.8684	3634642.967	-0.0054	0.0620	0.0622
9	557385.837	3634500.532	557385.6765	3634500.592	0.1605	-0.0600	0.1713
10	557395.561	3634633.261	557395.5726	3634633.107	-0.0116	0.1540	0.1544
…	…	…	…	…	…	…	…
83	557688.04	3634482.287	557688.0427	3634482.359	-0.0027	-0.0720	0.0721
中误差计算					M=±0.1289		

表2　平面误差测定记录（优化后）

点号	实地坐标		立测坐标		ΔX	ΔY	ΔS
	x	y	x	y			
1	557372.26	3634650.693	557372.1845	3634650.671	0.0755	0.0217	0.0786
2	557369.265	3634690.486	557369.1429	3634690.435	0.1221	0.0509	0.1323
3	557419.998	3634724.8	557419.9347	3634724.661	0.0633	0.1394	0.1531
4	557413.328	3634681.503	557413.3655	3634681.447	-0.0375	0.0558	0.0672
5	557427.826	3634637.317	557427.7974	3634637.196	0.0286	0.1207	0.1240
6	557406.863	3634643.029	557406.8782	3634642.82	-0.0152	0.2087	0.2093
7	557385.837	3634500.532	557385.6477	3634500.532	0.1893	-0.0002	0.1893
8	557411.344	3634651.951	557411.3443	3634652.006	-0.0003	-0.0551	0.0551
9	557435.915	3634326.611	557435.9841	3634326.674	-0.0691	-0.0625	0.0932
10	557408.737	3634338.143	557408.741	3634338.197	-0.0040	-0.0540	0.0541
…	…	…	…	…	…	…	…
83	557608.153	3634360.527	557608.4083	3634360.516	-0.2553	0.0109	0.2555
中误差计算					M=± 0.1041		

表 3　高程误差测定记录（优化前）

点号	实地高程	立测高程	较差
G001	60.343	60.1389	0.2041
G002	60.332	60.1546	0.1774
G003	60.254	60.0152	0.2388
G004	60.098	59.906	0.1920
G005	60.052	60.0545	-0.0025
G006	59.62	59.8532	-0.2332
G007	59.336	59.4884	-0.1524
G008	59.184	59.2985	-0.1145
G009	59.364	59.4582	-0.0942
G010	59.676	59.6957	-0.0197
…	…	…	…
G100	59.63	59.5891	0.0409
中误差计算			M=±0.1371

（下转第 35 页）

低高度角GPS数据对提高对流层水平梯度改正精度的影响分析

郭科

（河南技师学院，河南 郑州 450039）

摘　要：为分析低高度角 GPS 数据对附有水平梯度的对流层延迟的影响，通过理论分析计算和实例，验证在不同卫星高度角下对流层水平梯度改正以及天顶延迟改正的偏差，得到结论为 5° 卫星截止高度角可以获得最优梯度改正参数估值。

关键词：水平梯度；截止高度角；改正模型；不对称性

1　引言

对流层延迟是影响 GPS 定位精度不可忽视的误差源之一。为更好地消除对流层延迟误差影响，相关学者先后提出多种改正模型，例如 Hopfield、Saastamoinen、Marini、NMF 等[1]。但这些改正模型都是建立在近似球对称的大气模型基础之上，即假设大气为球形对称。实际上大气层是非常复杂的，并不完全是一个球对称壳状结构，这使得对流层天顶方向与实际天顶方向并不重合，而是相差一个微小的角度，称为水平梯度。1977 年，Gardner[2] 通过无线电探空器资料分析了对流层延迟中方位不对称性的影响，得出当高度角为 20° 时可达到厘米级。严豪健[3] 等通过观测的计算结果，表明当高度角下降到 10° 时，水平梯度影响可达到 3～4cm，即使在天顶方向附近也可能导致毫米级误差。许华冠[4] 通过资料分析了水平梯度对对流层天顶延迟的影响，并且截止高度角选取越低影响越大。李黎等[5] 更为详细地探讨了水平梯度对提高对流层天顶延迟精度的影响。

在对流层延迟估计中对于水平梯度的研究不可忽视。影响水平梯度的因素有气压、温度、湿度以及卫星截止高度角等。当前，有关气压、温度、湿度方面已有较好的研究[4-6]，而低卫星截止高度角的选取对水平梯度精度的影响并无太多详细探讨。目前，工程实践中常选取的高度角多为 10° 到 15°，采用低高度角可以观测更多卫星，增加观测值数量，但会产生较严重的多路径效应、天线相位中心偏差、噪声等误差，使得定位精度并不理想。可以通过一些现有的算法模型减弱误差影响[7]，最高限度提高定位精度。为了充分利用低高度角数据，通过理论分析和实例，证明卫星高度角选取有利于提高水平梯度精度，研究将讨论卫星高度角的最优适选。

2　估计水平梯度参数的数学模型

由于对流层延迟在水平方向不对称，对流层延迟的最小方向（天顶方向）与实际方向不重合，存在一个 β 角，这两个天顶高度角的关系为[7]：

$$\tilde{z}_k^i = z_k^i + \beta = z_k^i + x_k \cos(A_k^i) + y_k \sin(A_k^i) \quad (1)$$

公式（1）中，$\tilde{z}_k^i$ 为最小天顶方向，z_k^i 为实际天顶方向，A_k^i 为测站 k 到卫星 i 的方位角，x_k，y_k 为测站坐标。

考虑水平梯度后的对流层延迟改正 L_a 可表示为[8]：

$$L_a = L_{sym}(\varepsilon) + L_{az}(\varepsilon, \alpha) \quad (2)$$

公式（2）中，α 表示方位角，ε 表示高度角，$L_{sym}(\varepsilon)$ 表示球对称大气引起的延迟改正，$L_{az}(\varepsilon, \alpha)$ 表示考虑水平梯度产生的延迟改正。

公式（2）等式右端第二项可写成[8]：

$$L_{az}(\varepsilon,\alpha) = L_{ns} m_{az}(\varepsilon)\cos\alpha + L_{ew} m_{az}(\varepsilon)\sin\alpha \quad (3)$$

公式（3）中，L_{ns}、L_{ew} 分别为水平梯度南北、东西梯度参数，$m_\alpha(\varepsilon)$表示梯度映射函数，可写成 sin（ε）、tan（ε）的连分式形式，当只取第一项系数时，可写成[8]：$m_{az}(\varepsilon) = \dfrac{1}{\sin\varepsilon \tan\varepsilon + C}$，其中 C 为常数，C 的取值文献[8]中有详细讨论，研究取 C=0.0032。

从公式（3）可以看出，截止高度角的选择对水平梯度改正有一定影响，这是由于采用低高度角卫星观测值改善了卫星观测的空间几何精度因子，使得水平梯度估计精度提高。

作者简介：郭科（1989—），男，汉族，硕士研究生，讲师，主要从事大地测量、GNSS测量理论教学与研究。

3 实例结果及分析

BERN大学研制的Bernese软件和美国GAMIT软件是目前使用较多的软件，GAMIT软件免费且开放代码，以双差方法处理GPS数据，但只能在Linux环境运行，在国内普遍使用的Windows界面无法运行。Bernese软件作为一个商业软件，有专人负责维护更新，提供源代码，既可处理双差数据也可处理非差数据，软件操作界面也更为友好，还可在Windows界面运行。数据处理方面，Bernese软件自身结构化强，代码清晰，带有一个详细的技术文档，在数据处理出现问题时，可根据每一步的操作及结果文件、提示信息来判断是否在该环节出错，若出错即可就地解决。相比之下，GAMIT软件比较笼统，当数据处理出现问题时，查找原因相对比较困难。综合考虑各软件特点与研究内容，采用Bernese软件进行处理。

Bernese软件功能强大，主要有精密单点定位；卫星精密定轨，求解地球自转参数；卫星或接收机的钟差估计；电离层和对流层延迟估计；组合处理GPS和GLONASS观测数据；测站坐标解算，高精度定位；太阳光压参数估计。

利用Bernese软件处理数据有以下步骤：

（1）数据准备。主要准备RINEX格式的观测文件、精密星历文件、轨道文件，更新数据处理所需的基本文件，例如卫星问题文件、极文件、站点信息等。

（2）生成标准卫星轨道。主要程序有RXOBV3、POLUPD、PRETAB、ORBGEN。将数据格式由RINEX转换为Bernese标准格式，精密星历由地球参考框架转换到天球参考框架，生成精密星历表文件，根据精密星历表和卫星钟差生成标准轨道。

（3）数据预处理。主要程序有计算接收机钟改正量（CODSPP），根据最大观测值准则在观测网中形成基线文件（SNGDIF），进行周跳修复与探测（MAUPRP）、参数估计（GPSEST），剔除粗差的残差处理（RESRMS）。

（4）数据处理。主要为参数估计（GPSEST），包括基于原观测值求解参数，根据法方程求解参数（ADDNEQ）。

实验数据处理的基本方案框架有以下几个方面：

（1）惯性框架选用J2000，章动模型选用IAU2000。

（2）数据预处理和数据处理采用IGS精密星历，L3消除电离层组合，QIF法解算模糊度，参数估计选用多段线性随机过程法。

（3）选取BRUS 13101M004作为参考站点进行网平差，解算双差观测值。

（4）大气参数估计选用天顶对流层模型Saastamoinen和Niell映射函数组合，梯度模型选用Tilting。

（5）水平梯度参数估计，全天每隔一小时估计一次。

（6）天顶延迟改正参数估计，全天每隔一小时估计一次。

实验选用全球IGS跟踪站的8个固定点，分别为BRUS、FFMJ、ONSA、ZIMM、MATE、PTBB、VILL、ZIMJ，如表1所示。应用Bernese5.0软件处理各站2002年第143日的数据，数据预处理和数据处理采用IGS精密星历，L3消除电离层组合，QIF法解算模糊度，标准对流层模型选用Saastamoinen和Niell映射函数组合，梯度模型选用Tilting。解算双差观测值，选取BRUS 13101M004作为参考站点进行网平差，解算出水平梯度东西、南北分量估值，以及天顶延迟改正值、相应中误差RMS值。

表1 实验选用全球IGS跟踪站的8个固定点信息

测站点	所在地	接收机类型/天线类型	天线罩	天线高
BRUS13101M004	布鲁塞尔（比利时）	ASHTECHZ-XII3T ASH701945B_ M	无	3.9702m
FFMJ14279M001	法兰克福（德国）	JPS LEGACY JPSREGANT_SD_E	无	0,0000m
MATE12734M008	马泰拉（意大利）	TRIMBLE 4000SSI TRM29659.00	无	0.1010m
ONSA10402M004	昂萨拉（瑞典）	ASHTECH Z-XII3 AOAD/M_B	OSOD	0.9950m
PTBB14234M001	布伦瑞克（德国）	ASHTECH Z-XII3T ASH700936E	SNOW	0.0562m
VILL13406M001	维拉夫兰卡（西班牙）	ASHTECH Z-XII3 AOAD/M_T	无	0.0437m
ZIMJ14001M006	齐默瓦尔德（瑞士）	JPS LEGACY JPSREGANT_SD_E	无	0.0770m
ZIMM14001M004	齐默瓦尔德（瑞士）	TRIMBLE 4000SSI TRM29659.00	无	0.0000m

表2 不同卫星截止高度角与观测值、各参数个数的关系

卫星高度角	0°	3°	5°	10°	13°
观测值个数	16662	16663	16643	15836	14887
整周模糊度	114	115	112	66	50
梯度估计的参考高度角	51.8	51.8	51.8	51.8	51.8
最小高度角的投影影响因子	-	364.6	131.1	32.7	19.3

实验依次选取卫星截止高度角3°、5°、10°、13°，选取时首先考虑目前工程较为常用的低截止高度角10°到15°，因此，实验选取10°和13°参与低高度角研究。其次在低高度角范围内，选取较为典型、代表性强的3°和5°作为研究对象。

实验处理得到不同卫星截止高度角与观测值个数、整周模糊度及投影影响因子之间的关系，如表 2 所示。

选取不同的截止高度角首先影响观测值个数与卫星截止高度角的关系，随着卫星高度角增大，观测值个数会减少，最小高度角的投影影响因子随之变少，而数据处理可利用的大气参数也会减少，这必然影响对流层延迟精度、水平梯度质量。综合考虑，实验采取相应措施提高低高度角 GPS 数据的利用率，分析低卫星截止高度角选取多少可使得水平梯度和对流层延迟估计达到最优。

选取 BRUS 站点作为代表，在不同截止高度角的情况下，列出一天内以一小时为间隔的站点水平梯度南北分量均方差 RMS 值（如表 3 所示）、东西分量均方差 RMS 值（如表 4 所示），以及相应的 RMS 折线图（如图 1 和图 2 所示）。

表3　BRUS站不同高度角的水平梯度南北分量RMS值（单位：m）

时段	3°	5°	10°	13°	时段	3°	5°	10°	13°
1	0.00012	0.00013	0.00019	0.00025	13	0.00009	0.00009	0.00013	0.00016
2	0.00011	0.00012	0.00018	0.00024	14	0.0001	0.0001	0.00013	0.00017
3	0.00011	0.00011	0.00017	0.00022	15	0.0001	0.0001	0.00013	0.00017
4	0.0001	0.00011	0.00016	0.00021	16	0.00011	0.00011	0.00014	0.00018
5	0.00009	0.0001	0.00015	0.0002	17	0.00011	0.00011	0.00015	0.00019
6	0.00009	0.0001	0.00015	0.00019	18	0.00012	0.00012	0.00016	0.0002
7	0.00009	0.00009	0.00014	0.00018	19	0.00013	0.00013	0.00017	0.00021
8	0.00008	0.00009	0.00013	0.00017	20	0.00014	0.00014	0.00018	0.00023
9	0.00008	0.00009	0.00013	0.00017	21	0.00015	0.00014	0.00019	0.00024
10	0.00008	0.00009	0.00013	0.00016	22	0.00015	0.00015	0.0002	0.00026
11	0.00009	0.00009	0.00012	0.00016	23	0.00016	0.00016	0.00021	0.00027
12	0.00009	0.00009	0.00012	0.00016	24	0.00017	0.00017	0.00022	0.00029

表4　BRUS站不同高度角的水平梯度东西分量RMS值（单位：m）

时段	3°	5°	10°	13°	时段	3°	5°	10°	13°
1	0.00014	0.00014	0.00018	0.00023	13	0.00009	0.00009	0.00011	0.00014
2	0.00013	0.00013	0.00017	0.00022	14	0.00009	0.00009	0.00011	0.00014
3	0.00013	0.00013	0.00016	0.0002	15	0.0001	0.00009	0.00011	0.00014
4	0.00012	0.00012	0.00016	0.00019	16	0.0001	0.0001	0.00012	0.00015
5	0.00011	0.00011	0.00015	0.00018	17	0.0001	0.0001	0.00012	0.00015
6	0.00011	0.00011	0.00014	0.00017	18	0.00011	0.00011	0.00013	0.00016
7	0.0001	0.0001	0.00013	0.00016	19	0.00011	0.00011	0.00013	0.00017
8	0.0001	0.0001	0.00013	0.00016	20	0.00012	0.00012	0.00014	0.00018
9	0.0001	0.00009	0.00012	0.00015	21	0.00013	0.00012	0.00015	0.00019
10	0.00009	0.00009	0.00012	0.00014	22	0.00013	0.00013	0.00016	0.0002
11	0.00009	0.00009	0.00011	0.00014	23	0.00014	0.00014	0.00017	0.00021
12	0.00009	0.00009	0.00011	0.00014	24	0.00015	0.00015	0.00018	0.00022

由表 3、表 4 可以看出，南北、东西梯度 RMS 值随着截止高度角的变大而增大：高度角为 3° 与 5° 时，梯度 RMS 值基本相同；高度角为 10° 时，各时段梯度 RMS 值明显大于高度角为 5° 时 RMS 值；当高度角为 13° 时，各时段梯度 RMS 值约为 5° 时的两倍。通过不同高度角下东西、南北梯度 RMS 值的比较，可以看出高度角降低到 5° 时可显著提高梯度精度，而继续降低高度角时 RMS 值基本没有变化，对进一步提高梯度精度没有太大作用。

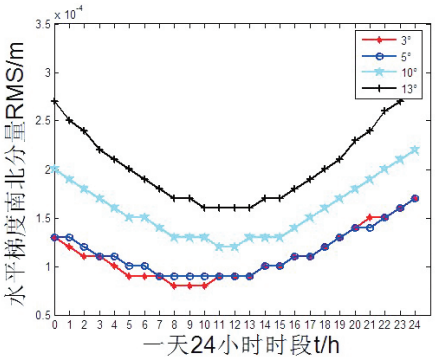


图1　BRUS站不同高度角的水平梯度南北分量RMS值

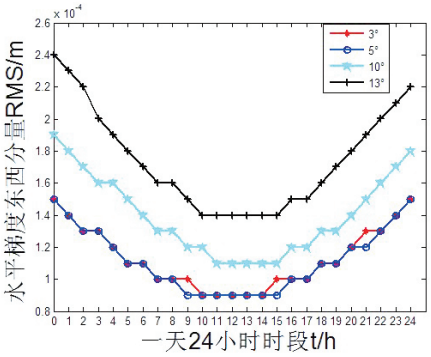


图2　BRUS站不同高度角的水平梯度东西分量RMS值

表5　BRUS站不同高度角的天顶延迟改正值（单位：m）

时段	IGS	3°	5°	10°	13°
1	2.3723	2.3887	2.3880	2.3929	2.3974
2	2.3679	2.3722	2.3702	2.3730	2.3766
3	2.3637	2.3667	2.3669	2.3748	2.3811
4	2.3642	2.3682	2.3687	2.3760	2.3817
5	2.3606	2.3542	2.3507	2.3534	2.3607
6	2.3576	2.3592	2.3595	2.3611	2.3628
7	2.3607	2.3595	2.3611	2.3609	2.3624
8	2.3666	2.3662	2.3672	2.3680	2.3698
9	2.3700	2.3745	2.3777	2.3778	2.3822
10	2.3679	2.3712	2.3740	2.3736	2.3762
11	2.3619	2.3672	2.3683	2.3682	2.3723
12	2.3606	2.3634	2.3657	2.3657	2.3679

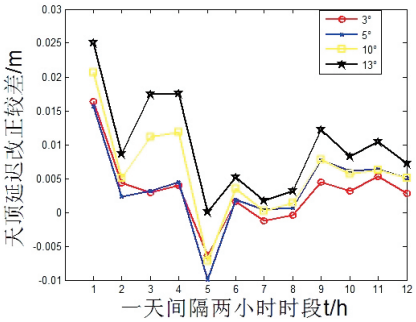


图3　BRUS站不同高度角的天顶延迟改正与IGS产品的较差

通过分析不同卫星截止高度角对水平梯度南北、东西分量的影响，发现两者 RMS 值都随高度角的变大而增大，反之则减小；当高度角降低到 5° 和 3° 时，高度角的变化对精度提高没有明显作用。考虑多路径效应等误差影响，选取高度角 5° 为最优高度角值。

选取 BRUS 站点为代表，列出不同高度角下天顶延迟改正值以及 IGS 发布的相应对流层天顶延迟改正值（如表 5 所示），解算天顶延迟改正值与 IGS 产品间的较差，如图 3 所示。当截止高度角为 3° 和 5° 时，天顶延迟改正较差基本在 1cm 以内，且差异并不明显；当截止高度角降低到 5° 以下，对流层天顶延迟改正精度并没有明显提高。综合考虑，在截止高度角取 5° 时可得到较高精度的天顶延迟。

4 结论

通过理论分析，从实例解算结果可以看出，附加水平梯度的对流层延迟改正在卫星截止高度角为5° 时，可以获取较好的水平梯度参数估值，进而有效利用低高度角数据，得到精度较高的对流层延迟结果。

参考文献

[1] 宋淑丽,朱文耀,廖新浩.地基GPS气象学研究的主要问题及最新进展[J].中国科学院上海天文台年刊,2004,19(2):250-259.

[2] Gardner C S.Correction of laser tracking data for the effects of horizontal refractivity gradients[J].Applied Optics,1977,16(9):2427-2432.

[3] 严豪健.对流层大气折射延迟改正（Ⅱ）：当前主要研究方向和进展[J].天文学进展,1996,14(3):181-191.

[4] 许华冠.GPS资料分析中大气折射水平梯度的估计[J].中国科学院上海天文台年刊,1999(20):84-90.

[5] 李黎,匡翠林,朱建军,等.水平梯度和映射函数对PPP对流层延迟估计的影响分析[J].工程勘测,2011(5):52-56.

[6] Davis J L,Elgered G,Niell A E,et al. Ground-based measurement of gradients in the wet radio refractivity of air[J]. Radio Science,1993(28):1003-1018.

[7] Rolf Dach,Urs Hugentobler,Pierre Fridez.Bernese GPS Software Version 5.0[M].Bernese Astronimical Institute,University of Bern,2007.

[8] G.Chen,T.A.Herring.Effects of Atmospheric Azimuthal Asymmetry on the Analysis of space Geodetic data[J].Journal of Geophysical Research Solid Earth,1997,102(B9):20489-20502.

（上接第 31 页）

表4 高程误差测定记录（优化后）

点号	实地高程	立测高程	较差
G001	60.254	60.2463	0.0077
G002	60.098	60.2402	-0.1422
G003	60.052	59.946	0.1060
G004	59.62	59.8154	-0.1954
G005	59.336	59.5334	-0.1974
G006	59.262	59.4582	-0.1962
G007	59.184	59.2278	-0.0438
G008	59.223	59.3403	-0.1173
G009	59.364	59.349	0.0150
G010	59.676	59.7269	-0.0509
…	…	…	…
G100	59.63	59.5557	0.0743
中误差计算		M=±0.1181	

5 结论

传统相机检校方式通常要准备标定板、控制点等辅助物，安排拍摄任务和数据处理等步骤，需要较长时间和劳动力。检校过程要在相对平整和稳定的场地进行，在有限的工作环境进行检校可能会受到遮挡物、光线条件等限制，影响后续测量成果的准确性，若相机检校结果存在一定误差，可能会导致测量成果精度下降[6]。实验将传统航空摄影测量的检校场飞行原理引入无人机航空摄影测量，在常见相机检校方法基础上通过小十字飞行对相机参数进行二次优化改进，提升测绘成果精度。同时，小十字飞行航线易于掌握和操作，能提供较好的标定效果，对于相机参数校正、系统稳定性验证、数据采集和处理流程优化有重要意义。

参考文献

[1] 王春祥.浅析无人机航空摄影测量系统及应用[J].文化科学微范文,2022(7):27-27.

[2] 陈会明.无人机摄影测量技术在国土资源管理中的应用[J].安徽农学通报,2021,27(2):113-113.

[3] 李娟.无人机航空摄影测量技术在地形测量中的应用与实践[J].甘肃地质,2020,29(5):235-236.

[4] 何先宁.无人机航空摄影测量技术在地形测绘中的应用探析[J].智能城市,2019,5(1):119-120.

[5] 周乐皆,王冬梅.无人机航测技术在大比例尺地形测绘中的应用[J].测绘与空间地理信息,2016,39(3):201-203.

[6] 张永生,巩丹超.无人机遥感技术的发展与应用[J].测绘科学,2019,44(2):1-11.

不同差分码偏差处理策略对BDS-3三频PPP影响

黄志明

（武汉中海庭数据技术有限公司，湖北 武汉 430205）

摘　要：差分码偏差（Differential Code Bias，DCB）是影响精密单点定位精度的重要因素之一，研究采用三频无电离层两两组合模型解算了中国科学院（CAS）、德国宇航中心（DLR）和德国地学中心发布的北斗多模 GNSS 产品（GBM）在 BDS-3 B1IB2aB3I 和 B1CB2aB3I 中的精度。实验结果表明，CAS 产品和 DLR 产品日解算值相比 GBM 稳定性较好，除 B1IB2aB3I 动态解算外，均采用 CAS 产品解算得到的 BDS-3 PPP 精度最优，但与 DLR 产品解算精度相差仅在 1cm 以内，采用 GBM 产品解算的 PPP 精度最差，与前两种产品精度相差为几厘米，可为今后 PPP 解算选择 DCB 产品提供一定参考。

关键词：差分码偏差；BDS-3；三频；精密单点定位；精度

1　引言

北斗三号卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System Phase Ⅲ，BDS-3）自正式开通服务以来，各方面都在快速完善发展，应用领域也越来越广[1]。多频信号的播发丰富了 BDS-3 多频组合定位方式，但依旧存在由卫星或者接收机端造成的相同或不同频率、不同测距码的时延差，这种偏差称为差分码偏差（Differential Code Bias，DCB）[2]。差分码偏差是影响 BDS-3 定位精度的重要因素，虽然在进行精密单点定位（Precise Point Positioning，PPP）等高精度定位时，接收机端造成的差分码偏差融入接收机钟差进行参数估计，但卫星端造成的差分码偏差依旧存在，因此要对卫星端差分码偏差进行改正[3]。

文献 [4] 分析了 DCB 产品的稳定性以及对准天顶卫星系统伪距单点定位的影响，结果表明 DCB 产品的月稳定值优于 0.2ns，对伪距单点定位的改善在米级。文献 [5] 对比了中国科学院（Chinese Academy of Sciences，CAS）和德国宇航中心（German Aerospace Center，DLR）两种 DCB 产品对 BDS-3 伪距单点定位的影响，结果表明采用 CAS 产品解算的 B1I、B1C、B2a、B1C/B2a、B1I/B3I 伪距单点定位精度整体优于 DLR 产品。文献 [6] 对比了 CDB 改正前后 BDS 伪距与精密单点定位精度，结果表明 DCB 对伪距单点定位精度的改善在米级，对精密单点定位精度的改正在厘米级。文献 [7] 对比了 DCB 改正前后 BDS-3 七种不同双频组合精密单点定位性能，结果表明 DCB 对精密单点定位初始定位精度和收敛时间改善效果明显，对最终定位精度改善无明显效果。文献 [8] 分析了 DCB 产品的稳定性及对 BDS-3 单点定位的影响，结果表明 MGEX 发布的 DCB 产品稳定性较高，对伪距单点定位精度和精密单点定位精度、收敛时间都有明显提升。文献 [9] 分析了差分码偏差改正模型以及对北斗单点定位精度的影响，结果表明对伪距和精密单点定位精度都有明显改善。

上述研究较为关注 DCB 对单点定位性能的影响，都集中于伪距单点定位和双频精密单点定位，缺乏 DCB 对 BDS-3 三频精密单点定位精度影响的探讨。因此，研究推导了 BDS-3 三频精密单点定位 DCB 改正模型，评估了几种 DCB 产品的稳定性，最后分析不同 DCB 产品对 BDS-3 三频精密单点定位精度的影响。

2　观测方程及 DCB 改正模型

2.1 PPP 观测方程

研究采用的三频 PPP 定位模型为三频无电离层两两组合模型，一般可表示为[10]：

$$\begin{cases} P_{r,12}^{s}=\bar{\rho}_{r}^{s}+t_{r,12}+\bar{T}_{r}+\varepsilon_{r,12}^{s} \\ P_{r,13}^{s}=\bar{\rho}_{r}^{s}+t_{r,12}+\bar{T}_{r}+d^{s,IF_{12}}-d_{r,IF_{12}}+d_{r,IF_{13}}-d^{s,IF_{13}}+\varepsilon_{r,13}^{s} \\ L_{r,12}^{s}=\bar{\rho}_{r}^{s}+t_{r,12}+\bar{T}_{r}+\alpha_{12}\cdot\lambda_{1}\cdot(N_{r,1}^{s}+b_{r,1}-b_{1}^{s})+ \\ \beta_{12}\cdot\lambda_{2}\cdot(N_{r,2}^{s}+b_{r,2}-b_{2}^{s})-d_{r,IF_{12}}+d^{s,IF_{12}}+\varepsilon_{r,12}^{s} \\ L_{r,13}^{s}=\bar{\rho}_{r}^{s}+t_{r,12}+\bar{T}_{r}+\alpha_{13}\cdot\lambda_{1}\cdot(N_{r,1}^{s}+b_{r,1}-b_{1}^{s})+ \\ \beta_{13}\cdot\lambda_{3}\cdot(N_{r,3}^{s}+b_{r,3}-b_{3}^{s})-d_{r,IF_{12}}+d^{s,IF_{12}}+\varepsilon_{r,13}^{s} \end{cases} \tag{1}$$

公式（1）中，r 为接收机，s 为卫星，1、2、3 为频率号，p 为伪距观测值，L 为载波相位观测值，$\bar{\rho}$ 为

作者简介：黄志明 （1988—），男，汉族，本科，注册测绘师，主要从事高精地图方面研究。

顾及各种误差改正后的卫星至接收机间几何距离，$t_{r,12}$ 为原始接收机钟差吸收了伪距码延迟后双频无电离层接收机钟差，$\overline{T}_r$ 为测站天顶对流层延迟，$d^{s,IF_{13}}$ 和 $d^{s,IF_{12}}$ 为卫星端双频无电离层组合硬件延迟，$d_{r,IF_{12}}$ 和 $d_{r,IF_{13}}$ 为接收机端双频无电离层组合硬件延迟，α_{12}、α_{13}、β_{12}、β_{13} 为无电离层组合因子，λ 为波长，N 为原始整周模糊度，$b_{r,1}$、$b_{r,2}$、$b_{r,3}$ 为接收机端原始硬件延迟，b_1^s、b_2^s、b_3^s 为卫星端原始硬件延迟，ε 为未模型化误差和观测噪声。

2.2 DCB 改正模型

研究解算了两种 BDS-3 三频 PPP（B1CB2aB3I 和 B1IB2aB3I）定位结果，两两组合方式为 B1CB2a+B1CB3I 和 B1IB2a+B1IB3I，各频点双频无电离层组合的 DCB 改正公式可表示为[11]：

$$\begin{cases} P_{C12} = \rho + d_{tro} + d_{t_r} - \overline{d}_{t^s_{pre}} \\ P_{C13} = \rho + d_{tro} + d_{t_r} - \overline{d}_{t^s_{pre}} - [\dfrac{1}{\beta - 1} D^{CB}_{P_1P_3} - \dfrac{1}{r-1} D^{CB}_{P_1P_2}] \end{cases} \tag{2}$$

公式（2）中，P_{C12} 和 P_{C13} 为组合观测值，ρ 为接收机与卫星间几何距离，d_{tro} 为对流层延迟，d_{t_r} 为接收机钟差，$\overline{d}_{t^s_{pre}}$ 为精密钟差产品的钟差，$D^{CB}_{P_1P_3}$ 和 $D^{CB}_{P_1P_2}$ 为硬件延迟偏差，$r = f_1^2 / f_2^2$，$\beta = f_1^2 / f_3^2$，f 为频率。

3 BDS-3 卫星 DCB 稳定性分析

基于上述研究和公式可知，DCB 产品的质量和稳定性直接影响 BDS-3 精密单点定位精度，因此尽可能对参与 BDS-3 三频精密单点定位频率的稳定性进行分析。目前，多模 GNSS 实验计划（Multi-GNSS Experiment，MGEX）共计发布三种 DCB 产品，分别为 CAS、DLR 和德国地学中心发布的北斗多模 GNSS 产品（GFZ BeiDou Multi-GNSS，GBM）。鉴于不同 DCB 产品提供的 BDS-3 卫星 DCB 改正频率不同，研究选取 CAS 产品的 C2I-C6I、C1X-C5X、C1X-C6I，DLR 产品的 C2I-C6I、C2I-C5X，GBM 产品的 C2I-C6I 进行分析，年积日为 2023 年第 200～239 天。几种频率 DCB 日解算值及参与卫星的 DCB 值如图 1 所示。

通过图 1 可知，CAS 产品和 DLR 产品的 DCB 日解算值稳定性较好，而 GBM 产品的 DCB 日解算值波动较大，相比 CAS 产品和 DLR 产品的 DCB 值稳定性较差。CAS 产品 DCB C2I-C6I 日解算值范围为 -46.956～20.275ns，C1X-C5X 日解算值范围为 -81.810～31.208ns，C1X-C6I 日解算值范围为 -43.528～25.225ns；DLR 产品 DCB C2I-C6I 日解算值范围为 -37.285～29.698ns，C2I-C5X 日解算值范围为 -80.852～28.194ns；GBM 产品 DCB C2I-C6I 日解算值范围为 -49.573～44.273ns。不同产品的 DCB 日解算值不同，是由于不同产品参与解算的卫星不同，DLR 产品相比 CAS 产品多了 C56，GBM 产品相比 CAS 产品多了 C59 和 C60。

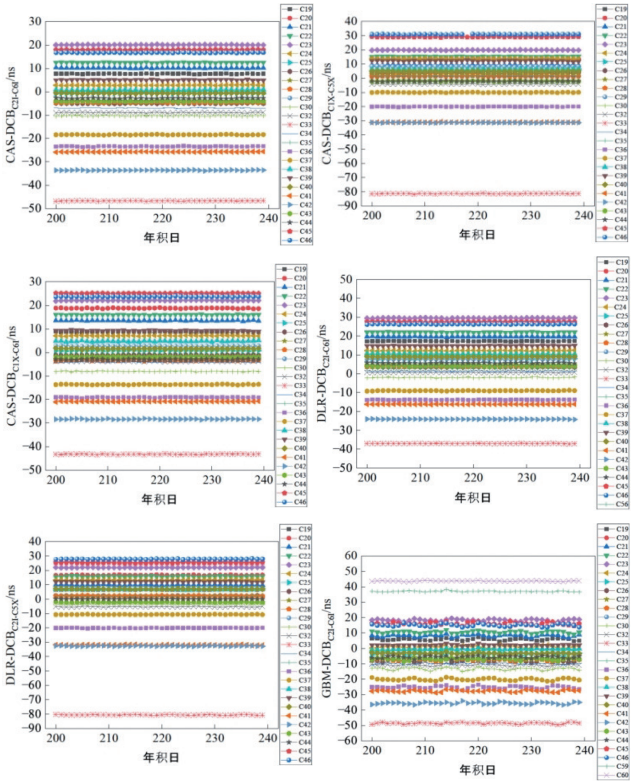
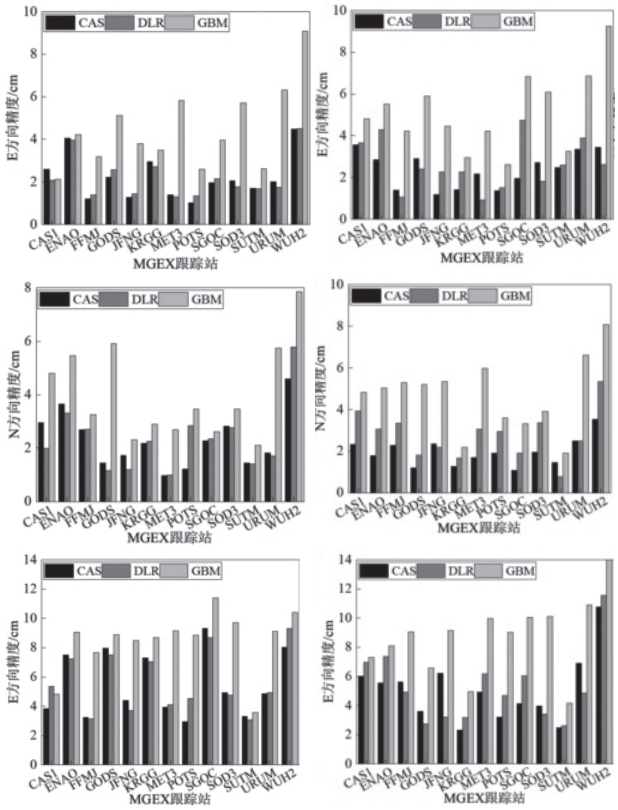


图1 不同产品BDS-3卫星DCB日解算值

4 实验分析

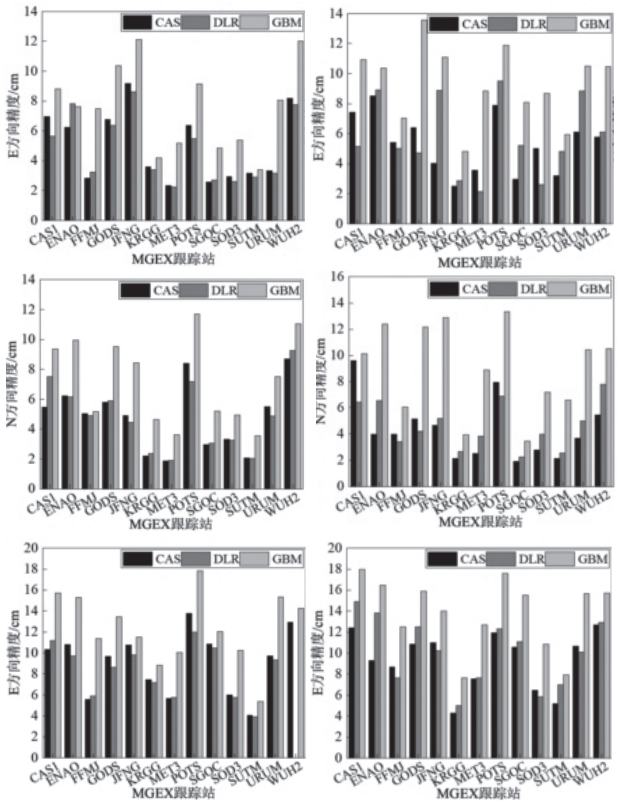
为评估 DCB 产品对 BDS-3 三频 PPP 的影响，研究选择全球范围内均匀分布的 13 个 MGEX 跟踪站数据进行 PPP 实验，年积日为 2023 年第 205～211 天，数据采样间隔为 30s，高度角为 10°。精密产品采用武汉大学发布的星历与钟差，BDS-3 参与解算频率为 B1IB2aB3I 和 B1CB2aB3I，DCB 产品分别采用 CAS、DLR 和 GBM，进行静态与仿动态 PPP 实验。

研究首先进行静态 PPP 实验，计算了 B1IB2aB3I 和 B1CB2aB3I 单个测站多天静态 PPP 精度平均值，如图 2 所示。由图 2 可知，除个别测站外，CAS 产品和 DLR 产品解算得到的静态 PPP 精度相当，而 GBM 产品解算得到的静态 PPP 精度相比 CAS 产品和 DLR 产品较差。整体而言，CAS 产品和 DLR 产品解算得到两种三频组合静态 PPP 水平精度优于 4cm，高程精度优于 8cm，GBM 产品解算得到两种三频组合静态 PPP 水平精度优于 6cm，高程精度优于 10cm。



（a）B1IB2aB3I　　（b）B1CB2aB3I

图2　不同DCB产品解算得到的单测站静态PPP精度平均值



（a）B1IB2aB3I　　（b）B1CB2aB3I

图3 不同DCB产品解算得到的单测站动态PPP精度平均值

然后进行动态PPP实验，计算B1IB2aB3I和B1CB2aB3I单个测站多天动态PPP精度平均值，如图3所示。由图3可知，不同DCB产品对BDS-3动态PPP的影响与静态一致。CAS产品和DLR产品解算得到两种三频组合静态PPP水平精度优于8cm，高程精度优于12cm，GBM产品解算得到两种三频组合静态PPP水平精度优于14cm，高程精度优于18cm。

最终，为更直观地表示不同DCB产品对BDS-3三频PPP定位精度的影响，研究统计了三种DCB产品解算的B1IB2aB3I、B1CB2aB3I静态与动态PPP多测站多天定位精度平均值，如表1所示。

表1　不同DCB产品解算得到的多测站多天PPP精度平均值

PPP模式	组合频率	DCB产品	定位精度/cm			
			E	N	U	3D
静态PPP	B1IB2aB3I	CAS	2.22	2.29	5.51	6.37
		DLR	2.20	2.34	5.65	6.50
		GBM	4.46	4.04	8.45	10.37
	B1CB2aB3I	CAS	2.37	1.95	5.05	5.91
		DLR	2.61	2.76	5.21	6.45
		GBM	5.15	4.71	8.89	11.30
动态PPP	B1IB2aB3I	CAS	4.96	4.80	9.04	11.38
		DLR	4.77	4.83	8.31	10.73
		GBM	7.59	7.28	12.40	16.26
	B1CB2aB3I	CAS	5.30	4.30	9.35	11.58
		DLR	5.75	4.67	10.08	12.51
		GBM	9.40	9.07	13.89	19.06

由表1可知，对于静态PPP，采用CAS产品和DLR产品解算得到的B1IB2aB3I水平精度优于3cm，高程精度优于6cm，3D精度优于7cm；采用GBM产品解算得到的B1IB2aB3I水平精度优于5cm，高程精度优于9cm，3D精度优于11cm。采用CAS产品解算得到的B1CB2aB3I E方向精度优于3cm，N方向精度优于2cm，U方向和3D方向精度优于6cm；采用DLR产品解算得到的B1CB2aB3I水平精度优于3cm，U方向精度优于6cm，3D方向精度优于7cm；采用GBM产品解算得到的B1CB2aB3I E方向精度优于6cm，N方向精度优于5cm，U方向精度优于9cm，3D方向精度优于12cm。

对于动态PPP，采用CAS产品解算得到B1IB2aB3I水平精度优于5cm，U方向精度优于10cm，3D方向精度优于12cm；采用DLR产品解算得到B1IB2aB3I水平精度优于5cm，U方向精度优于9cm，3D方向精度优于11cm；采用GBM产品解算得到B1IB2aB3I水平精度优于8cm，U方向精度优于13cm，3D方向精度优于17cm。采用CAS产品解算得到B1CB2aB3I E方向精度优于6cm，N方向精度优于5cm，U方向精度优于

（下转第42页）

组合预测模型在高层建筑沉降监测中的应用

黄仁昭　张守魁

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

摘　要：为了更加高效准确地掌握高层建筑的沉降趋势以及发展规律，确保高层建筑安全，研究整合灰色与时序模型优势，构建了灰色—时序组合预测模型，并将该组合模型应用于某高层建筑沉降预测中。结果表明：灰色—时序组合预测模型相比单一模型更为全面系统，可有效提高高层建筑沉降预测精度，预测稳定性更高，具有一定的应用价值。

关键词：高层建筑沉降预测；灰色系统；时序；组合模型

1　引言

近年来，随着我国城市化进程的快速推进，高层建筑日渐增多。受主体荷载增加以及外界因素等影响，高层建筑在施工和运营期间因沉降问题导致的事故时有发生。因此，对高层建筑进行沉降监测，结合数学理论对监测数据建立预测模型，可掌握其沉降发展规律，确保高层建筑安全[1]。当前，针对沉降监测的理论模型众多，应用较为广泛的有灰色模型、时序、回归分析和卡尔曼滤波等模型。考虑到单一预测模型的局限性，当前预测领域的研究热点是将两种单一模型相结合建立组合模型，综合发挥各单一预测模型的优势，弥补各自的不足，尽可能提高拟合及预测数据的精度[2]。组合模型相比单一预测模型更为全面系统，可大大提高预测结果的可靠性，研究将灰色模型与时序模型进行组合，构建灰色—时序组合预测模型，并通过建筑沉降实测数据对该组合模型的精度及稳定性进行验证。

2　灰色—时序组合预测模型

2.1 灰色模型

灰色模型由我国学者邓聚龙教授于1982年提出，是运筹学与自动控制理论相结合的产物，主要研究“小样本”“贫信息”的不确定性系统。灰色模型理论通过对已知信息进行分析处理，提取出有效信息来监控系统的运行变化[3]，但模型数据散乱无序，且信息不完整，仅有部分信息已知。因无法探测到随机噪声对模型的影响程度，随着数据量增加，数列中的随机项对预测误差影响越来越明显，降低了预测精度。灰色模型可有效完成对非平稳数据序列的分析预测处理，在建模阶段对原始数据进行累加处理，加强序列的确定性信息，进而精确提取趋势项。由于灰色模型不能充分考虑噪声影响，中长期预测效果不佳，但在短期预测上优势明显。

2.2 时序模型

在工程实践中，获取的变形监测数据通常按照时序发生的先后及位置变动顺序进行排列，实测变形数据之间往往存在一定的自相关性。时序模型正是通过研究实测变形数据之间的自相关性，从而建立相应的数学模型对未来的变形量进行分析和预测。时序模型是一种动态数据处理方法，相较于传统回归分析等静态方法，更能准确描述建筑物的动态变形特征[4]。时序上的数据具有随机性，因此时序变化也具有随机性和突发性，受各类复杂变动因子影响，变动规律较难掌握。预测结果可显示未来一段时序内建筑物的沉降变形发展趋势，但用以往的实测数据预测未来发展会产生一定误差，导致预测结果与实际观测数据不能完全一致。

时序模型利用变形观测数据间的相关性对未来的变形发展趋势进行预测，采用的原始数据序列越大，预测精度越高，而对于小样本数据则预测效果一般。此外，时序模型只能处理零均值的平稳数列，原始观测数据必须经处理转换成平稳零均值数列才能用于时序模型建模，但处理原始数据时，部分有效信息会被剔除，从而影响时序模型的预测精度。

2.3 灰色—时序组合预测模型构建

灰色模型与时序模型是常用的预测模型，前者优势在于对原始观测值组成的数列没有严格要求，可以把原始数据直接拿来处理，但由于建模前没有降噪，

作者简介：黄仁昭（1980—），男，汉族，本科，高级工程师，主要从事摄影测量与遥感、地理信息系统工程、工程测量、航空摄影等工作。

模型精度较低。时序模型虽然可以处理灰色模型无法解决的问题，但只能对期望值为零且平稳数列进行建模，这在实际观测中很难实现，因此在时序模型建模前必须先对数据进行预处理，将数据转化为等间隔平稳数列才能建模。

在生产实践中，可根据实际情况将单一模型组合应用，更好地建立变形预测模型，进而提升模型精度。灰色模型具有强大的分析确定趋势性数据的能力，对于离散数据却不能很好地分析，因此在使用灰色模型建模时，通常情况下要先对原始数据进行累加，使其具有指数性质，但在使用灰色模型提取到趋势项后，仍存在残差，残差包含大量有用信息，不能一味舍弃，因此用时序模型拟合随机项部分，最后形成灰色—时序组合预测模型[5,6]。

（1）灰色—时序组合预测模型结合方法

灰色—时序组合预测模型的结合方法有两种：一种是分别用两个模型建模，然后根据每个模型的预测精度赋予不同权重，精度较高的模型赋予较大的值，精度较低的模型赋予较小的值，最后将两个模型的预测结果叠加；另一种是先用灰色模型拟合观测序列中的趋势项，用时序模型处理序列中的波动项，处理好以后再把两者数据叠加，这两种方法各有特点，研究采用第二种方法，模型表达式为：

$$X_t = d_t + Y_t \tag{1}$$

公式（1）中，d_t 为 X_t 序列中的趋势项，Y_t 为 X_t 中的波动项。

（2）建模维数选择

灰色模型利用小部分早期数据即可预测未来走势，这是其优势所在，但时序越早的数据，所能代表的趋势性质就越弱，建模得到的结果往往不能代表实际，因此在建模时要及时去掉早期数据，即保持一定的序列长度，不要过于冗余。建模时若数据过少，会影响建模结果，维数过多不仅浪费时序，不必要的信息还会降低模型精度，因此实际应用时要具体问题具体分析，找出最适合的建模维数，既能保证精度，又能提高工作效率。

（3）灰色模型拟合趋势项

设原始观测序列为：

$$x^{(1)} = AGOx^{(0)}, z^{(1)} = MEANx^{(1)}, X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2)\cdots x^{(0)}(n)\} \tag{2}$$

生成一阶微分方程：

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = d \tag{3}$$

利用最小二乘法求得其参数：

$$\hat{a}=[a\ d]^T=(B^TB)^{-1}B^TY_N \tag{4}$$

公式（4）中，

$$B=\begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(2)+x^{(1)}(1)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(3)+x^{(1)}(2)) & 1 \\ \cdots & \cdots \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(n)+x^{(1)}(n-1)) & 1 \end{bmatrix}, \quad Y_N=\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \cdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

得出结果：

$$\hat{x}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{d}{a})e^{-ak} + \frac{d}{a} \tag{5}$$

（4）时序模型拟合波动项

拟合波动项是时序模型预测的关键，只有平稳的残差序列才能用时序模型预测，因此在使用时序模型预测之前，先检验残差序列。时序模型拟合波动项有多种方法，如特征根检验法、数据图检验法、逆序检验法、参数检验法等，研究采用逆序检验法，检验出均值和方差随时序的波动趋势，主要步骤是：

①先取一组没有关联的数据，用时序求出均值或方差值，然后把序列分成几小段，比如分成 M 段，设所得序列为 y_1，y_2，$y_3\cdots y_m$。

②计算出处理后序列的逆序总数，比如对于 y_1 来说，若后面有值比 y_1 大，则称 y_j（$j > i$）为一个逆序，所有比 y_1 大的值相加就得到逆序总数。

$$A = \sum_{i=1}^{M} A_i \tag{6}$$

③对统计量进行统计检验，则有：

$$E(A) = \tfrac{1}{4}M(M-1) \tag{7}$$

$$D(A) = \frac{|M(2M^2+3M-5)|}{72} \tag{8}$$

$$Z = \frac{\left|A + \frac{1}{2} - E(A)\right|}{\sqrt{D(A)}} \tag{9}$$

统计量 Z 渐进服从正态分布，A 的大小代表序列趋势，如果 A 过大，则说明序列呈上升趋势，A 过小，则说明序列呈下降趋势。

2.4 组合模型预测精度评定

将相对误差作为衡量组合模型预测效果的指标，首先计算绝对误差序列：

$$e(0) = \{e^{(0)}(1), e^{(0)}(2)\cdots e^{(0)}(n)\} \tag{10}$$

公式（10）中，$e^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - x^{(0)}(k)$，得到相对误差为：

$$q=\{q_1,q_2\cdots q_n\} \tag{11}$$

公式（11）中，$q_1=\frac{e^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}$，对预测结果的精度进行分级，等级参照如表 1 所示[7]。

表1　精度检验等级参照

模型精度等级	相对误差e/%
一级	1
二级	5
三级	10
四级	20

3　工程实例

3.1 数据选取

以某高层建筑结构监测点的沉降监测数据为例，对灰色—时序组合预测模型的预测效果进行检验。选取该建筑 3 号楼 #6 监测点 2022 年 6 月 15 日至 2023 年 10 月 15 日共 17 期沉降监测数据作为实验数据，观察后发现 #6 监测点取前 7 期的预测结果精度最高，因此将前 7 期沉降数据作为训练样本，后 10 期沉降数据作为预测值的期望数据，分别研究灰色模型、时序模型以及灰色—时序组合预测模型的预测精度，并对三种模型的预测效果进行检验。

3.2 沉降数据预测

首先分别采用单一灰色模型和时序模型对 3 号楼 #6 监测点进行分析处理。基于灰色模型基本理论知识，利用 #6 监测点前 7 期监测数据进行建模，计算出后 10 期的沉降预测值；同理，基于时序模型基本理论知识，利用 #6 监测点前 7 期监测数据进行建模，计算出后 10 期的沉降预测值。然后利用灰色—时序组合预测模型预测后 10 期沉降值，#6 监测点 7 维初始数据为：

$X^{(0)}$={1.231　2.341　3.457　4.556　5.012　6.260　6.993}

对其进行 I-AGO 后得到：

$X^{(1)}$={2.006　4.223　9.762　17.76　26.301　37.561　48.384}

建立矩阵 B 和 Y：

$$B=\begin{bmatrix}-12.981 & -23.890 & -36.261 & -50.031 & -65.431 & -82.473\\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1\end{bmatrix}$$

$$Y=\begin{bmatrix}2.341\\3.457\\4.556\\5.012\\6.260\\6.993\end{bmatrix}$$

首先将矩阵 B 值和 Y 值代入公式（4），求得参数 $\hat{a}$=[-0.1103　8.9242]^T，然后将 $\hat{a}$ 值代入公式（6），得到 #6 监测点第 8 期沉降预测值：X^0（8）=7.943mm，重复前面步骤，以此类推，采用模型计算公式依次对后几期沉降量进行预测，预测结果如表 2 所示，同时绘制成沉降曲线图，如图 1 所示。

表2　三种模型预测结果

期数	观测值/mm	灰色模型		时序模型		灰色—时序组合预测模型	
		预测值/mm	相对误差/%	预测值/mm	相对误差/%	预测值/mm	相对误差/%
8	7.943	7.9668	0.30	7.9716	0.36	7.9660	0.29
9	10.075	10.1234	0.48	10.1133	0.38	10.1072	0.32
10	11.744	11.7804	0.31	11.7734	0.25	11.7698	0.22
11	12.998	13.0565	0.45	13.0487	0.39	13.0435	0.35
12	14.541	14.5919	0.35	14.589	0.33	14.5861	0.31
13	16.260	16.3511	0.56	16.338	0.48	16.3185	0.36
14	17.823	17.8872	0.36	17.8925	0.39	17.8889	0.37
15	20.112	20.2347	0.61	20.2025	0.45	20.1844	0.36
16	21.546	21.6796	0.62	21.6559	0.51	21.6322	0.40
17	21.970	22.0491	0.36	22.0469	0.35	22.0359	0.30

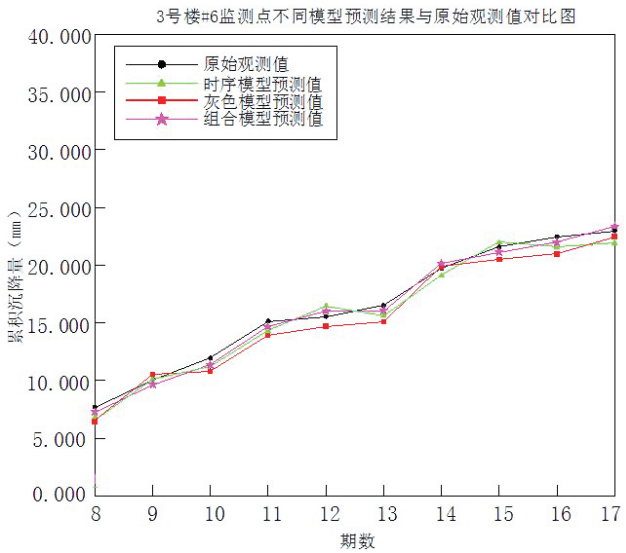


图1　预测曲线

3.3 数据分析

（1）用相对误差指标对预测精度进行评定，结果如表 2 所示，参照表 1 模型精度等级标准，三种模型预测的相对误差都小于 1%，在一级精度范围内，其中灰色—时序组合预测模型的精度最高。

（2）单一模型和组合模型的预测曲线走向趋势与实测数据曲线趋势基本保持一致，说明单一模型和组合模型都可在一定程度内反映高层建筑沉降发展趋势，可用作变形预测分析。整体来看，灰色—时序组合预

测模型曲线较单一预测模型更加接近实测数据曲线，说明灰色—时序组合预测模型具有更高的预测精度和稳定性，在中长期预测方面更具优势。这是由于灰色—时序组合预测模型整合灰色模型和时间序列单一模型的优势，充分发挥了灰色模型的趋势项拟合特点，同时又结合时序模型对随机项预报准确的特点，从而提高了预测精度。

4 结束语

将灰色模型和时序模型进行结合，构建灰色—时序组合预测模型，并通过高层建筑沉降实测数据验证预测效果。相比单一灰色和时序模型，组合模型具有更高的预测精度和稳定性，在高层建筑长期沉降预测方面具有明显优势。研究仅针对灰色和时序模型进行组合并开展预测分析，单一预测模型有很多种，都有各自的优势和缺点，因此其他组合模型在高层建筑沉降中的预测尚待进一步研究。

参考文献

[1] 张文祥,黄张裕,于小桐,等.新灰色组合模型在沉降变形预测中的作用[J].地理空间信息,2018(4):107-109.

[2] 苗长伟.地铁变形监测小波去噪与灰色-时序模型研究[J].地理空间信息,2023(10):76-79.

[3] 鲁玉芬,方从,严开明.灰色-时序组合模型在建筑物沉降预测中的应用[J].科技和产业,2022(8):315-318.

[4] 黄浩,苏小文,凌青.优化非等时距加权灰色-时序组合模型在地铁监测中的应用[J].测绘与空间地理信息,2021(9):201-204.

[5] 刘江,王征博,刘成,等.灰色-时序组合模型在建筑沉降预测中的应用[J].北京测绘,2018,32(2):214-217.

[6] 杨小虎,朱庆伟,沈宇恒.改进灰色时序模型在建筑物变形监测中的应用[J].西安科技大学学报,2020(5):919-926.

[7] 陆爱萍.组合模型在地铁沉降数据预测中的应用[J].浙江测绘,2022(1):48-51,55.

（上接第 38 页）

10cm，3D 方向精度优于 12cm；采用 DLR 产品解算得到的 B1CB2aB3I E 方向精度优于 6cm，N 方向精度优于 5cm，U 方向精度优于 11cm，3D 方向精度优于 13cm；采用 GBM 产品解算得到 B1CB2aB3I 水平精度优于 10cm，U 方向精度优于 14cm，3D 方向精度优于 20cm。

综合 3D 方向精度可知，除 B1IB2aB3I 动态 PPP 采用 DLR 产品解算精度最优外，其余采用 CAS 产品解算 PPP 精度最优，采用 GBM 产品解算 PPP 精度最差。CAS 产品和 DLR 产品解算 BDS-3 PPP 精度相差 1cm 以内，而 GBM 产品解算 BDS-3 PPP 精度相差为几厘米。

5 结束语

为探究 DCB 产品对 BDS-3 PPP 的影响，研究借助 13 个 MGEX 跟踪站连续 7 天观测数据，分别利用 CAS 产品、DLR 产品和 GBM 产品进行静态与动态 PPP 实验。实验结果表明：（1）CAS 产品和 DLR 产品日解算值稳定性较好，而 GBM 产品解算值稳定性较差，参与解算的卫星数不同导致不同产品的 DCB 值存在差异。（2）BDS-3 两种三频 PPP 精度较优，静态 PPP 整体水平精度优于 5cm，高程精度优于 10cm；动态 PPP 水平精度优于 10cm，高程精度达到分米级。（3）除 B1IB2aB3I 动态 PPP 采用 DLR 产品解算精度最优外，其余情况均采用 CAS 产品解算的 PPP 精度最优，但与 DLR 产品相差较小，明显优于 GBM 产品。

参考文献

[1] 蔡巍,陈明剑,王洋,等.BDS-2/BDS-3组合长基线三频RTK算法[J].导航定位学报,2023,11(6):142-148.

[2] 耿涛,杨佳彬,谢新.不同方法的BDS-3多频单点测速对比分析[J].导航定位学报,2023,11(4):56-62.

[3] 韩金阳,张杰,钟世明,等.差分码偏差对PPP授时精度影响的研究[J].导航定位与授时,2021,8(6):131-137.

[4] 李佳豪,贾小林,杜彦君,等.差分码偏差对QZSS单点定位的影响[J].全球定位系统,2023,48(2):59-64.

[5] 胡倬铭,袁海军,何秀凤,等.MGEX差分码偏差产品对BDS-3伪距单点定位的影响研究[J/OL].武汉大学学报(信息科学版),1-17[2024-03-12].

[6] 许明佳,董坤烽,郭天伟.DCB对伪距单点定位/精密单点定位的影响分析[J].地理空间信息,2024,22(2):89-91.

[7] 杜彦君,贾小林,姚硕强,等.卫星差分码偏差对北斗三号双频精密单点定位的影响[J].国防科技大学学报,2024,46(1):42-50.

[8] 袁海军,章浙涛,何秀凤,等.北斗三号卫星差分码偏差稳定性分析及其对单点定位的影响[J].武汉大学学报(信息科学版),2023,48(3):425-432,452.

[9] 谷世铭,党亚民,王虎,等.北斗差分码偏差改正对单点定位的影响[J].测绘科学,2020,45(10):10-15.

[10] 张小红,柳根,郭斐,等.北斗三频精密单点定位模型比较及定位性能分析[J].武汉大学学报(信息科学版),2018,43(12):2124-2130.

[11] Guo F,Zhang X,Wang J.Timing group delay and differential code bias corrections for BeiDou positioning[J].Journal of Geodesy,2015,89(5):427-445.

高边坡抗滑桩变形监测与预测模型构建方法研究

薛世辉[1]　张婧[2]

（1.贵州省有色金属和核工业地质勘查局六总队，贵州 凯里 556000；2.凯里学院建筑工程学院，贵州 凯里 556011）

摘　要：土木建设中应急施工会对周边已有构筑物造成不稳定影响，为实时监测高边坡抗滑桩在应急施工期间及后续各阶段的沉降状态和变形情况，研究以监测区开阔稳固区控制点为基础，分析高边坡抗滑桩6个监测点的沉降数据以及沉降规律；选取沉降最大位置监测点，基于一元多项式模型、指数模型、对数模型拟合分析，获取高精度模型，并引入误差平方和（SSE）、平均绝对百分误差（MAPE）评定各预测模型精度。结果表明：3种预测模型的拟合优度均大于0.8，均可对高边坡抗滑桩进行短期沉降预测；将3种模型的预测沉降量与实测值对比可知，对数模型预测结果与实测值最贴合，且预测精度最高。

关键词：抗滑桩；沉降监测；预测模型；数值计算

1　引言

监测施工区高边坡抗滑桩在应急施工及后续各阶段的沉降状态和变形情况，可为建设施工单位提供准确可靠的建筑物动态沉降数据，以便在发生不正常现象时能及时分析原因，采取应对措施，防止事故发生，确保工程质量安全，同时积累相关经验，为今后同类工程设计提供依据。

国内外众多学者在沉降、位移预测领域已有诸多研究成果。杨三强等根据实测数据建立了4种沉降预测模型，并对比了各模型的特点和预测精度，最终建立一种组合预测曲线模型，可准确预测高填方路基的最终沉降量[1]。吴志辉等通过对高速公路路基进行沉降监测，利用实测数据进行双曲线模型预测分析[2]。李华东则基于传统路基沉降双曲线预测模型，创新提出一种组合双曲线预测模型，提高了沉降预测精度[3]。康永发从监测模块提取数据，采用指数模型和双曲线模型预测某时刻软土路基的沉降量和最终沉降量，并通过与实际沉降对比验证了曲线预测沉降的可靠性[4]。戴培柱等为了验证沉降预测的科学性和准确性，结合有限元软件进行对比分析已成为常用方法[5]。吴竞一等将现场监测和PLAXIS2D有限元软件分析相结合，研究高边坡抗滑桩的沉降和稳定性[6]。杨天琪则采用有限元软件模拟高填方路基沉降，将模拟结果与预测模型曲线预测值对比，验证了预测模型的正确性[7]。

根据项目监测区施工要求，需在高层教学楼南侧开挖5米基坑，基坑开挖形成高边坡，导致土体原始应力平衡被破坏，临空面失稳。为防止开挖深度超过土体自稳能力时，坡体在重力、地下水及外部荷载作用下发生剪切变形，形成陡峭斜坡，需建立抗滑桩以稳固土体，获取抗滑桩沉降情况，为土体稳定性监测提供数据支撑。因此，研究在高边坡抗滑桩顶部设置沉降监测点，分析实际沉降值与时间发展间的内在联系，建立拟合预测模型，并引入误差平方和（SSE）、平均绝对百分误差（MAPE）评定各预测模型的精度。

2　抗滑桩沉降监测与分析

高边坡抗滑桩的稳定性对周边建筑安全至关重要。以施工区教师、学生宿舍楼南侧高边坡抗滑桩为研究对象，对高边坡抗滑桩进行沉降监测，旨在精准掌握抗滑桩在不同阶段的沉降变化规律。监测时间从2021年7月7日至9月10 日，总历时63天。

项目观测频率为：监测首月前5天处于关键的初始变化阶段，每天监测2次，及时捕捉早期快速沉降数据；第2个星期调整为每日监测1次，持续追踪沉降趋势；第3、第4个星期要兼顾监测准确性与成本效率，监测频次为每周2次；进入第2个月，考虑到沉降趋于稳定，监测频率为每周1次。整个监测周期未出现突发异常状况，也未遭遇暴雨等恶劣天气，监测工作按照计划顺利推进。

为分析累积沉降量与时间的关系，构建时间—沉降量数据模型，基于Excel数据分析工具对现场实测数据进行清洗、整理与统计分析，通过绘制散点图、拟合曲线等方式，挖掘数据背后的潜在规律，分析预

作者简介：薛世辉（1988—），男，苗族，本科，工程师，主要从事航空摄影测量、工程测量、地理信息工程、不动产测量、变形监测等工作。

测不同时间的高边坡抗滑桩沉降量与监测周期的关联性，为后续工程维护与安全评估提供坚实的数据支撑。

2.1 监测点布置

2.1.1 基准点布设

在高边坡抗滑桩变形监测中，基准点是获取准确数据的重要基础。为确保监测数据真实有效，需根据现场踏勘情况，以通视性、稳定性、视野开阔性为准则布设基准点。具体而言，选址地点要优先考虑便于仪器观测、距离测量区域，确保监测设备高效运行，减少测量误差；要土质稳定、不易发生沉降，避免基准点自身发生位移；要远离施工机械和人员活动频繁地带，不受施工干扰，防止人为破坏。最终选定区域要地势稳固、交通便利、视野开阔且不易被破坏，方便监测人员和设备出入，为长期监测创造良好条件。

基准点埋设完成后，在抗滑桩变形监测期间对基准点进行周期性复检，监测期间基准点始终稳定未发生位置偏移，确保变形监测结果准确。项目按照设计方案要求已布设监测基准点 3 个（JZ1、JZ2、JZ3）。

2.1.2 监测点布设

根据《建筑变形测量规范》（JGJ8-2016），对本次沉降监测按以下标准布设监测点：（1）监测点埋设在最能反映抗滑桩实际状态及变化趋势的位置。（2）设置的监测点纵横向对称，均匀分布在抗滑桩顶部，埋设选用特制的沉降观测弯钉，钉帽朝上。（3）监测点布置不妨碍监测对象正常工作。（4）观测标志稳固、明显、结构合理，监测点位置避开障碍物，便于观测。

为防止滑坡出现“越顶”失稳情况，将监测点布置在抗滑桩顶端位置，以准确监测宿舍楼南侧高边坡抗滑桩，反映桩体竖向稳定性，进而判断桩基承载能力是否满足设计要求。抗滑桩监测点共 6 个，编号为 KH1、KH2、KH3、KH4、KH5、KH6，如图 1 所示。

图1　抗滑桩监测点布设

2.2 抗滑桩三维位移监测方案

沉降监测需固定监测人员、监测使用仪器、基准点、观测路线及方法，尽量减少主观不确定性造成的观测误差，使结果具有统一趋向性，保证各次复测结果与首次观测结果具有可比性，使成果更真实、可靠。抗滑桩三维位移监测采用全站仪自动跟踪测量法，具体操作如下：

（1）待基准点和监测点埋设稳定后，通过基准点建立基准网，得到基准点的三维坐标数据，作为各监测点平差计算的起算数据。

（2）首期观测抗滑桩监测点时，在基准点架设徕卡测量机器人，对各监测点进行两次独立观测，通过徕卡后数据处理软件进行平差计算，在不超限的前提下，取两次观测的平均值作为初始观测数据即基准数据。后期都是按照预定观测周期采用相同方法进行观测，通过数据预处理和平差计算，获得各监测点的三维坐标数据，将相邻两期数据作比较，计算得出当前周期的“位移及沉降量”“累计位移及沉降量”等变化量成果。

（3）将当期平差成果数据与前一期成果数据作差比较，得到各监测点的水平位移量和沉降量，通过累加计算，得到累计变化量，计算当期各点的变化速率，最后汇编数据成果表。

（4）监测报警值应符合基坑工程设计的限值、地下主体结构设计要求及监测对象控制要求。一般情况下，监测报警值由基坑工程设计方确定。根据以上原则，结合实践经验，参考《建筑基坑工程监测技术规范》（GB 50497-2009），对项目提出报警值，如表 1 所示。

表1　监测报警值

监测内容	累计值	
	绝对值	相对基坑深度
抗滑桩顶部水平位移	40~50mm	0.5%~0.7%
抗滑桩顶部竖向位移	25~30mm	0.3%~0.5%

2.3 沉降监测结果及分析

抗滑桩变形监测及建筑物沉降监测是保障工程安全与稳定的关键环节。抗滑桩变形监测及建筑物沉降监测从 2021 年 7 月 7 日起观测，截至 2021 年 9 月 10 日，共历时 63 天，顺利完成 26 期监测任务，全面覆盖抗滑桩变形监测与建筑物沉降监测工作。所有观测值均可作为实际观测值使用，且所有监测点数据未超出报警值，变化趋势总体符合一般变化规律，监测期间无异常现象，抗滑桩各监测点变化趋势如图 2 所示。对观测数据进行统计分析发现，抗滑桩变形监测累计沉降量变化最大的监测点为 KH3，最大沉降变化量达到 6.1mm。数据统计结果表明：

（1）在整个监测期间，KH3 点的沉降幅度较为显著，需要持续重点关注。

（2）监测点 KH2 情况较为特殊，沉降量变化幅度最大，不仅存在沉降现象，还出现上升情况，但最终累计沉降量为 0.0mm。

（3）各监测点均出现“先升后降”或“升降”反复情况。通过对现场施工情况深入分析发现，这是由于水位上升导致土壤膨胀或浮力，监测点抬升；水位下降则引发土体压缩沉降以及基坑开挖后土体卸荷回弹，或后期加载建筑增重，导致沉降监测点沉降值出现“升降”交替变化。

（4）各监测点的平均累计沉降量为 3.4mm，表明抗滑桩在监测期间整体沉降趋势处于一定范围内。

（5）监测期间，监测点沉降值仍在变化，后续工程施工和运营需要继续加强抗滑桩和建筑物沉降监测工作，密切关注水位变化对土体的影响，进而采取有效排水措施避免水位大幅波动对工程造成不利影响。同时，对于沉降变化较为明显的监测点，如 KH3，应增加监测频率，及时掌握其变形动态，确保工程安全稳定运行。

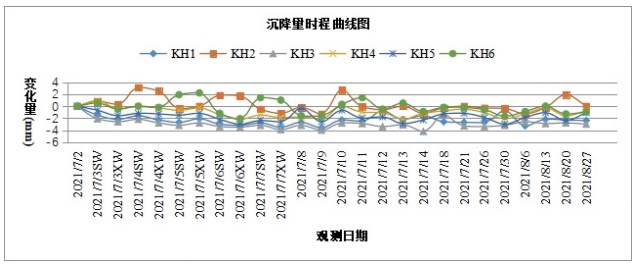


图2　抗滑桩监测点沉降值记录

3　高边坡抗滑桩沉降预测研究

3.1　预测模型理论

（1）一元多项式模型：监测点沉降值与沉降时间 t 按照一元多项式变化规律表达，构建一元多项式模型，具体表达式为：

$$S_t = at^2 + bt + c \tag{1}$$

（2）指数模型：监测点沉降值 S_t 与沉降时间 t 按照指数曲线变化规律表达，构建指数模型，具体表达式为：

$$S_t = (1-\alpha^{-\beta t}) \times S_\infty \tag{2}$$

（3）对数模型：监测点沉降值 S_t 与沉降时间 t 按照对数曲线变化规律表达，构建对数模型，具体表达式为：

$$S_t = a + b\ln t \tag{3}$$

3.2　预测模型建立与分析

3.2.1　预测模型的建立

抗滑桩是高边坡施工的必要防护设施，抗滑桩沉降、位移形变量是高边坡稳定性的体现，因此选择抗滑桩顶部监测点 2021 年 7 月至 9 月的现成监测数据，引入经典指数模型、一元多项式模型、对数模型进行拟合分析，计算相关系数 R^2 为评价指标，R^2 值越趋近于 1，表明模型拟合结果越优。研究选用高边坡中心点 KH3 抗滑桩监测点数据进行模型拟合优选，预测模型及拟合优度如表 2、图 3 到图 5 所示。

表2　KH3预测模型

预测模型	拟合表达式	相关系数R^2
一元多项式模型	S=-0.0092t^2+0.7442t+6.5739	R^2=0.8308
指数模型	S=4.756$t^{0.4209}$	R^2=0.8085
对数模型	S=3.92651ln（t）+4.8739	R^2=0.9515

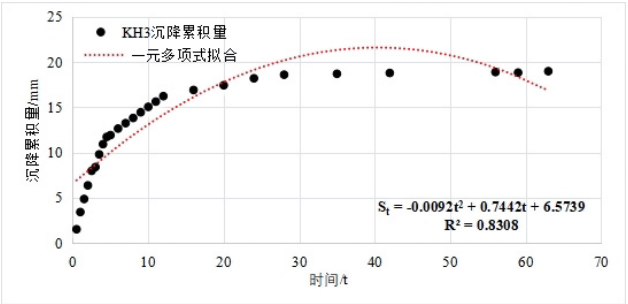


图3　一元多项式模型

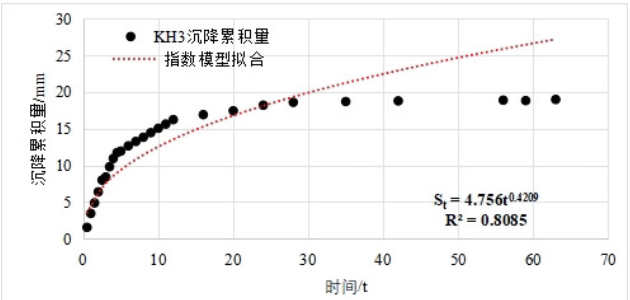


图4　指数模型

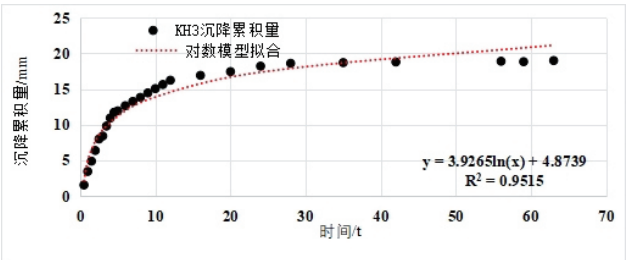


图5　对数模型

从表 2 编号 KH3 沉降值与时间建立模型分析结果可知，三种模型与 KH3 现场监测沉降值的拟合相关系数较高，均大于 0.8，对数模型的拟合度最高 R^2 为 0.95。

总体而言，一元多项式模型、指数模型及对数模型均能对高边坡抗滑桩短时间沉降进行较为精确的模拟，但对长期沉降预测情况尚需讨论验证。总体而言，三种模型都可对高边坡抗滑桩短时间沉降进行较精确的拟合，长期沉降预测亟待探讨。

3.2.2 预测模型对比分析

为更深入地分析各模型，将 KH3 监测点现场监测值与各预测模型进行分析对比，并采用已建立的预测模型对高边坡抗滑桩监测点 KH3 第 65、68、72、75、80 天进行沉降量预测，KH3 沉降实测值与各预测模型预测值结果曲线如图 6 所示。

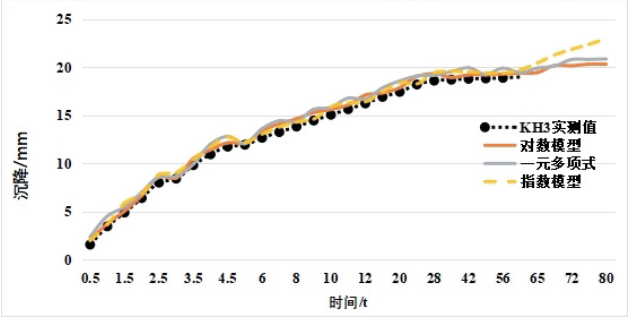


图 6 KH3沉降累计实测值与各预测模型预测曲线

由图 6 可知，在 0～63 天，三种模型均贴近 KH3 实地监测值；63 天后一元多项式、对数模型的预测沉降量基本趋于平稳，未呈现明显增加现象，且随着时间增加，预测模型的沉降量具有收敛值，较为贴近 KH3 实测曲线值。而指数模型则在 63 天后与一元多项式、对数模型分离，沉降累积量呈上升趋势，无明显收敛。因此，在考虑三种预测模型预测高边坡抗滑桩沉降时，优先选择对数模型进行预测，引入误差平方和（SSE）、平均绝对百分误差（MAPE）评定各预测模型的精度，精度评定结果如表 3 所示，设预测值为 $S_{预}$，现场实测值为 $S_{实}$，具体计算公式为：

$$SSE=\sum_{i=1}^{n}(S_{预}-S_{实})^2 \quad (4)$$

$$MPAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\left|S_{预}-S_{实}\right|}{S_{实}}\times 100\right) \quad (5)$$

表3 预测模型精度指标

预测模型	误差平方和（SSE）	平均绝对百分误差（MAPE）/%
一元多项式模型	4.26	9.3
指数模型	3.79	8.4
对数模型	1.04	6.7

根据表 3 结果可知，指数模型、一元多项式模型误差平方和较大，数值达 4.26、3.79，相较于对数模型偏差较大，但两者的平均绝对百分误差均未超过 10%，属于较高精度的预测模型。而对数模型的误差平方和、平均绝对百分误差最小，分别为 1.04 与 6.7%，表明对数模型与实测值更为贴近，且预测精度最高，对高边坡抗滑桩的沉降效果最好。

4 结论

（1）根据高边坡抗滑桩 0～63 天现场实际监测结果，记录每次监测点沉降量，绘制沉降曲线。其中以高边坡抗滑桩监测点 KH3 处沉降值最大，在边坡监测中边坡中部沉降量最大，大于边坡两侧。抗滑桩沉降在 0～11 天沉降最大，在后期 10～63 天逐步趋于稳定。

（2）运用 Excel 数据分析功能，采用一元多项式模型、指数模型、对数模型对编号 KH3 的实测数据进行拟合，三种预测模型的拟合 R^2 均超过 0.8，贴合实际监测结果，均可作为短期内高边坡抗滑桩的沉降模拟预测。

（3）从所有监测成果来看，监测数据真实、可靠，除去现场观测外界条件、通视条件及仪器等引起观测误差外，所测数据均能反映被监测体的变化情况。因此，监测成果和地面宏观调查情况表明，抗滑桩趋于稳定状态。

（4）研究仍存在不足之处：模型建立过程仅考虑沉降量与时程之间的内在关联，但缺少对高边坡区土质应力、地下水情况等干扰因素的综合分析，数据样本量较少，目前仅适用于短期的沉降量拟合与预测分析，模型泛化及长期沉降预测能力仍有待提升。

参考文献

[1] 杨三强,段士超,刘娜,等.黄土质高填方路基沉降变形与预测[J].河北大学学报:自然科学版,2020,40(5):7.

[2] 吴志辉,于涛,杨维,等.高速公路填筑路基沉降监测和预测分析[J].交通世界,2024(Z2):67-69.

[3] 李华东.组合双曲线法在高铁路基沉降预测中的应用[J].铁道建筑技术,2019(4):138-141,146.

[4] 康永发.非洲地区软土路基填筑及沉降预测研究[J].工程机械与维修,2021(5):226-229.

[5] 戴培柱,李明智,陈川,等.高填路基边坡工后变形特征及预测模型研究[J].公路工程,2024,49(6):107-112.

[6] 吴竞一,汪春亮,徐方,等.新线、帮宽及既有高铁路基系统的沉降及稳定性研究[J].铁道标准设计,2024,68(6):58-64,71.

[7] 杨天琪.临清高速公路河谷区多层软土强夯加固地基路基沉降分析与预测[D].北京: 北京交通大学,2021.

复杂地形下的西南露天矿E级控制网设计研究

吴鲁鹏

（贵州省有色金属和核工业地质勘查局三总队，贵州 遵义 563000）

摘　要：研究深入探讨如何在复杂地形布设E级控制网并开展点位测量，通过详细分析贵州省西南地区典型露天矿普查项目的GNSS网平差计算成果，提出一套系统提升控制网精度的创新策略。研究采用多种观测技术和算法，对控制网的平面和高程精度进行了全面优化。结果表明，研究布设的E级控制网能够显著提高测量精度，为西南地区露天矿的勘查、设计与开发提供了更为精确、可靠的测量基础，有效提升了矿山测量的准确性和可靠性，满足现代矿山测量的高精度需求。

关键词：露天矿；E级控制网；精度优化

1　引言

在全球能源与资源需求持续攀升的背景下，露天矿作为资源开发的重要方式，其高效、安全开采已成为支撑国民经济稳健发展的关键力量。我国西南地区凭借独特的板块碰撞构造带和丰富的成矿地质条件，坐拥超全国1/3的战略性矿产储量，成为保障国家资源安全的核心开采基地[1,2]。随着数字化矿山与智能开采技术的迭代升级，高精度测量控制网已成为贯穿矿产资源勘查、三维建模、开采规划及边坡稳定性监测全生命周期的技术基石[3,4]。其中，E级控制网以厘米级的定位精度与亚毫米级的相对精度，成为构建矿山空间基准体系的核心框架，对提升开采效率、减少资源浪费、防范安全生产事故具有不可替代的作用[5]。

然而，西南地区典型的喀斯特地貌、高山峡谷地形与频发的地质灾害，使得传统控制网技术体系面临严峻挑战。地形起伏导致通视盲区覆盖率超过40%，极大限制了全站仪、经纬仪等常规测量手段的应用效能；复杂地质构造引发的高程异常梯度可达15m/km，致使水准测量精度难以保障；极端气候条件下（年均强降雨日超80天），控制点的长期稳定性与数据采集效率均受到显著影响[6]。现有研究多聚焦平坦矿区的控制网优化，对复杂地形E级控制网的自适应设计方法、多源数据融合处理策略及动态监测技术体系尚未形成系统性解决方案，亟须融合全球导航卫星系统（GNSS）等新型测绘技术，基于地形地貌特征分析与地质结构建模，构建一套适用于复杂地形的E级控制网优化设计与智能测量技术体系[7-9]。

以我国西南地区典型露天矿为研究对象，通过分析复杂地形的控制网布设难度、地形对控制网精度的影响机理，合理设计控制网，并开展E级控制网测量，以期为复杂地形区域矿山测绘基准体系建设提供理论支撑与技术示范。

2　研究区概况

研究区位于我国贵州省境内，地形地貌复杂多样，山地、丘陵与盆地交错分布，地势起伏剧烈，平均海拔超过1000m。高耸的山地与陡峭的悬崖使得野外踏勘和测量困难重重，控制点选址受限；狭窄的山谷与茂密植被严重遮挡视线，导致相邻控制点之间难以通视，进而破坏控制网的几何结构，影响整体测量精度。

在卫星信号接收方面，复杂地形对GNSS观测构成显著干扰。山体遮挡常造成卫星信号中断或失锁，严重影响数据连续性；低洼的山谷与盆地易引发多路径效应，使信号经过多次反射后产生较大的测量误差；同时，植被覆盖也会削弱信号强度，进一步降低GNSS系统的测量精度与可靠性。

此外，气候条件也给测量工作带来较大挑战。研究区属亚热带季风气候，年均降水量约1200mm，雨量充沛导致地面湿滑泥泞，增加了作业难度与安全风险，甚至可能诱发滑坡、泥石流等地质灾害，威胁控制点的长期稳定性。同时，高湿度、云雾天气会影响光电仪器观测效果，温度的频繁变化还会引起测量仪器的热胀冷缩，进而对测量结果的准确性造成不利影响。

为此，设计控制网时，借助高精度遥感影像和数字高程模型（DEM）初步筛选点位，再结合实地踏勘，优先选择地势平坦、视野开阔、交通便利且地基稳固

作者简介：吴鲁鹏（1989—），男，侗族，本科，测绘工程师，主要从事摄影测量与遥感、工程测量、不动产测量、地理信息系统工程等工作。

处布设控制点。在卫星信号方面，合理增密控制点，优化布局。针对气候，建立气象监测系统，并依天气调整测量方案，定期校准维护仪器，保障测量精度与仪器稳定。

3 试验流程

3.1 观测设备选择

在进行GNSS测量时，研究选用Trimble R10 GNSS接收机，这是一款性能卓越的设备，支持多星座卫星信号的接收，包括GPS、GLONASS、Galileo以及北斗系统等，极大地提升了卫星信号的可用性和测量精度。为了进一步提高作业效率，研究配置4台该型号接收机，可同时观测多个控制点，大幅缩短了野外工作周期。

此外，每台接收机均配备了高精度扼流圈天线，这种天线设计先进，能够有效抑制多路径效应，并显著减少信号干扰，从而增强测量数据的稳定性和可靠性。综合来看，这些高端配置不仅保证了数据采集的高效性，同时也确保结果的精确度和可信度，满足复杂环境下的高精度测量需求。

3.2 观测点位布设

研究区面积约17.05km^2，按照设计书及相关规范要求，新建18个E级GPS点，共22个点布设成勘查区GPS E级控制网，编号为GP01、GP02……GP18，具体布设情况如图1所示。

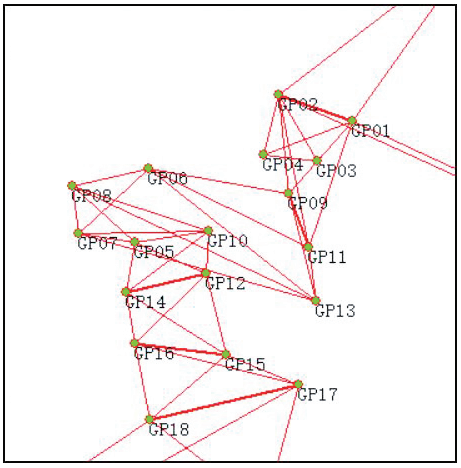


图1 E级GPS控制网

E级控制点的选点与埋设要求选在交通便利、土质坚实、稳固可靠的地方，有利于观测、加密、扩展和联测；点位设置视野开阔，便于安置数据接收设备和人员操作，视场内没有高度角大于15°的成片障碍物；布设点位远离高压输电线和大功率无线电发射源，离高压线的水平距离不小于50m，与无线电发射源（电视台、微波站）的水平距离不小于200m，应避免布设在水库、湖泊等大面积水域附近。

控制点在水泥路面埋设时，用切割机修饰成20cm×20cm的正方形边框，中心埋入标心，并用混凝土固紧，标心略高于地面；在坚硬稳定的岩石面可采用混凝土浇灌岩标办法，标石面规格为20cm×20cm，以标志稳固为准；在房顶表面设标时，采用浇筑标石，规格为20cm×20cm、高为15cm的混凝土标石；在土质地面埋设标石时，规格为20cm×40cm×40cm的混凝土标石，点位如图2所示。

图2 控制点埋设

3.3 数据采集

在GNSS观测中，技术人员依据卫星预报信息，精选观测时段，于上午10点至11点40分对某观测点开展观测，此时卫星信号稳定，PDOP值小于4。观测前全面检查GNSS接收机的电池电量、内存容量、天线连接等，保障设备正常运行；观测时，每15秒自动记录一次卫星号、卫星高度角、方位角、伪距、载波相位等观测数据，并利用接收机内置气象传感器，实时记录温度、气压、湿度等气象参数，为后续气象改正提供数据支持。

3.4 数据预处理

（1）格式转换：在E级控制网测量中，不同观测设备数据格式各异，GNSS接收机采集的数据以含丰富卫星观测信息的RINEX格式存储。为此，采用专业数据处理软件进行格式转换及数据处理，用TrimbleBusinessCenter软件将GNSS数据转换为通用的TBC内部格式，在转换时准确读取RINEX文件的卫星观测数据，按TBC格式要求重新存储，并将卫星观测值、历元时间、天线高、卫星轨道信息等转换为对应字段，确保后续处理能正确解析利用。

（2）异常值处理：观测数据存在错误数据和异常值，会严重影响控制网精度优化效果。GNSS数据受卫星信号遮挡、多路径效应影响，易出现周跳、伪距异常问题，处理时利用周跳探测算法，采用高次差法计算载波相位观测值的高次差，超阈值则判断有周跳并

用多项式拟合修复，同时利用卫星星历数据和观测数据的统计特性对伪距观测值进行异常检测，若偏差超范围则剔除。

4 实验结果与分析

4.1 平差模型

在平差解算中，参数设置很关键：在最小二乘平差中，根据各观测手段的精度评估，为不同类型观测值分配相应权值，高精度GNSS静态测量数据赋较大权值；在抗差估计中，选用IGGIII等价权函数法，并设置残差阈值为3倍中误差等相关参数；在神经网络辅助平差中，依据观测数据维度和待求参数数量，设置输入层、隐藏层、输出层节点数，确定隐藏层节点数为10个，同时设置步长为0.01、训练次数为1000次，选用均方误差损失函数作为训练参数，确保神经网络能精准学习观测数据的内在关系，优化平差模型参数。

4.2 平差解算

通过数据融合平差模型解算，控制网的平面中误差显著降低，具体成果如表1、表2所示。由表可知，最弱点平面中误差从0.41cm降低至0.28cm，提升了约32%。这表明研究布设的E级控制网能够有效提高控制网的平面精度，使控制点的平面位置更加准确，满足矿山测量对高精度平面控制的要求。高程中误差也有所减小，最弱点高程中误差从1.74cm降低至1.23cm，提升了约29%。融合后的高程数据更加可靠，能够为矿山的高程控制和地形测量提供更精确的依据，确保矿山生产活动顺利进行；边长相对中误差从1/191706提高至1/284560，提升了约48%。这说明控制网在边长测量方面也具有显著优化效果，能够提高控制网的几何精度，为矿山工程测量和资源勘查提供更准确的距离测量数据。

4.3 结果分析

在复杂地形的严苛测量环境下，研究构建的E级控制网通过深度挖掘数据互补性与冗余信息，实现测量精度的跨越式提升。多源数据协同机制是核心优势：全球导航卫星系统（GNSS）凭借全天候、广域覆盖的特性，能够快速获取区域控制点的三维坐标，在千米级尺度上实现厘米级定位精度，但其信号易受地形遮蔽、多路径效应干扰，在峡谷、深凹矿区等局部区域存在精度衰减问题。

观测数据的冗余性为复杂地形测量提供了双重保障。在E级控制网观测过程中，通过重复测量、交叉验证等手段获取冗余信息，不仅能有效抑制偶然误差的累积效应，还可借助最小二乘法、卡尔曼滤波等经典算法实现误差的动态修正。以山区高程测量为例，冗余观测数据可通过平差计算削弱地形折光差、大气垂直分层误差的影响，使高程精度提升至±15mm以内。这种数据冗余机制在滑坡、泥石流等地质灾害高发区域更具现实意义，通过构建冗余观测网络，能够实时捕捉控制点的微小形变，为矿山安全生产提供可靠的监测预警数据支撑。

表1 E级控制网精度指标

指标名称	融合前精度	融合后精度	提升比例
平面中误差	0.41	0.28	32%
高程中误差	1.74	1.23	29%
边长相对中误差	1/191706	1/284560	48%

表2 平差计算成果（单位：cm）

点名	*X*坐标	*Y*坐标	*Z*坐标	平面中误差	高程中误差
GP01	3187958.3	411344.6	630.3	0.41	1.74
GP02	3188464.7	409944.9	1371.2	0.38	1.69
GP03	3187165.1	410692.2	626.6	0.41	1.72
GP04	3187285.5	409636.2	1054.2	0.40	1.71
GP05	3185617.2	407171.6	809.7	0.32	1.56
GP06	3187033.7	407433.6	783.1	0.39	1.71
GP07	3185789.2	406078.2	1153.9	0.36	1.65
GP08	3186701.1	405962.4	1205.6	0.37	1.68
GP09	3186543.6	410135.4	667.9	0.40	1.72
GP10	3185834.4	408591.1	720.1	0.41	1.74
GP11	3185508.6	410503.3	876.3	0.41	1.72
GP12	3184998.2	408543.9	840.8	0.39	1.73
GP13	3184467.9	410659.1	1203.8	0.41	1.71
GP14	3184655.7	407006.1	642.8	0.4	1.72
GP15	3183451.6	408911.9	721.4	0.38	1.70
GP16	3183659.1	407175.3	857.4	0.39	1.72
GP17	3182865.8	410317.7	1007.3	0.41	1.70
GP18	3182189.4	407454.3	1140.2	0.40	1.73

5 结论与展望

5.1 结论

研究通过对贵州省西南地区典型露天矿普查项目开展复杂地形E级控制网布设与测量研究，得出以下结论：

（1）研究在复杂地形布设的控制网显著提高了平面、高程和边长的测量精度，平面中误差降低了32%，高程中误差降低了29%，边长相对中误差提高了48%。这一成果表明，优化的控制网布设方案能够有效克服复杂地形带来的测量难题，为露天矿普查项目提

（下转第53页）

无人机激光雷达在矿山地表沉陷的应用研究

邹志

（湖南省地球物理地球化学调查所，湖南 长沙 410000）

摘　要：地表沉陷是矿区面临的重大环境地质问题。传统监测手段如水准仪测量和全球导航卫星系统，虽然准确，但成本高、周期长，在复杂地形难以实施。以某矿区 5302 工作面为研究区，探讨无人机激光雷达（LiDAR）技术在矿山地表沉陷监测中的应用，详细介绍无人机激光雷达系统的工作原理、数据采集流程和后期数据处理方法。通过实地数据采集和点云数据的综合处理，成功构建了高精度的数字高程模型（DEM），有效揭示了矿区地表沉陷特征。结果表明，无人机激光雷达技术在地表沉陷监测中具有较高的精度和效率。通过与传统水准测量数据对比，最大误差为 0.0827m，平均误差为 0.0443m，均满足机载激光雷达数据获取技术规范要求，证明该技术在矿山地表沉陷监测中的有效性和可靠性。

关键词：无人机激光雷达；地表沉陷；点云数据；数字高程；数据处理

矿产资源如煤炭对国民经济和社会发展至关重要，但开采过程对原始地质结构的破坏，容易引发一系列地质灾害，如地表沉陷、滑坡、泥石流和裂缝等[1-3]，因此，对由开采活动引起的地表形变进行有效监测，揭示沉陷变形规律，预防和预测灾害至关重要[4,5]。

目前，沉陷监测方法主要有传统地面观测站测量、三维激光测量、合成孔径雷达干涉测量（InSAR）等。传统地面观测站测量可揭示沉陷模式，且精度较高。InSAR 适用于广泛区域的大规模监测，但相对昂贵，需要数据解译方面的专业知识。而无人机低空遥感技术虽需要熟练的操作员和数据处理技术，但因智能化、小型化、模块化特性而备受关注，且凭借高效性、短周期、低成本已广泛用于诸多领域。廉旭刚等[6]分析了无人机低空遥感对矿山地质灾害监测的应用现状，从数据采集、数据传输等多方面对无人机应用进行了展望；尹宏昌等[7]采用无人机激光雷达对鄂尔多斯王家塔煤矿进行了开采沉陷监测，实测地表 DEM 精度为 15mm，得到高精度的地表沉陷盆地信息；崔雷[8]对无人机遥感技术在水利工程测量中的应用进行了研究，分析了主要应用范围和工程测绘效率；杨帆等[9]利用无人机机载 LiDAR 技术对某矿 5302 工作面进行地表监测，并将提取的沉降结果与其他方法进行比较，结果表明机载 LiDAR 可很好地满足大范围沉降监测需求。申小兵等[10]采用无人机搭载倾斜 5 镜头采集数据，并以实际项目构建三维模型，对成果精度进行检测。

综上所述，随着无人机激光雷达技术的兴起，已有众多行业进行了成功应用，但目前较多研究表述不够详细。因此，通过对现有成果和近年来相关实践进行综合考察，研究基于工程案例介绍了利用无人机激光雷达技术开展矿区沉陷监测的方法，为机载激光雷达技术在矿区地面沉陷精准监测提供实践经验。

1　研究区概况及数据获取

1.1 研究区概况

研究选取某矿区 5302 工作面，该工作面尺寸为 240m×1960m，平均倾角 2°，平均采深 538m，平均采厚 19m，采用长壁后退式综放开采，设计采放比为 1∶3。矿区位于准格尔旗人民政府所在地薛家湾镇西北约 4km 处，地理坐标为 111°10′27″E～111°14′34″E，39°52′45″N～39°57′22″N。测区地处鄂尔多斯高原，地形多种多样，属典型侵蚀性丘陵地貌，区域特征包括两山三沟，覆盖着灌木植被，总面积约为 0.625km^2。区内沟壑纵横，呈树枝状分布，地形起伏较大，植被较为稀疏，主要以低矮植物为主。测区配备地表岩移观测站，已执行多轮 RTK 和水准测量，实验与其他全面观测任务同步执行。

1.2 无人机激光雷达系统基本原理

无人机激光雷达系统将多旋翼无人机作为激光雷达平台，整合激光测距、全球定位及惯性导航技术，以采集点云数据，制作高精度数字高程模型（DEM）。系统通过发射激光脉冲并捕获反射信号，通过信号接收器测算出脉冲往返时间，配合数据处理软件，可迅

作者简介：邹志(1981—)，男，汉族，本科，高级工程师，研究方向：测绘地理信息。

速制作数字化地表模型，具备轻便、易携带和高效处理数据的特点。

1.3 无人机激光雷达地表沉陷监测技术流程

考虑到矿区地形和地表塌陷特性，监测流程主要有外业数据采集、下沉地表确定及参数动态反演，采集过程涉及选定测区、规划飞行路径和实地调查。在数据预处理阶段，首先将采集的原始数据导入计算机并存储，然后结合 POS 系统和基站数据进行解算，合成后的数据形成精确的三维地面激光点云。通过比较两个时期的 DEM，并进行相减处理，可以得到地表下沉的详细情况。监测技术流程如图 1 所示。

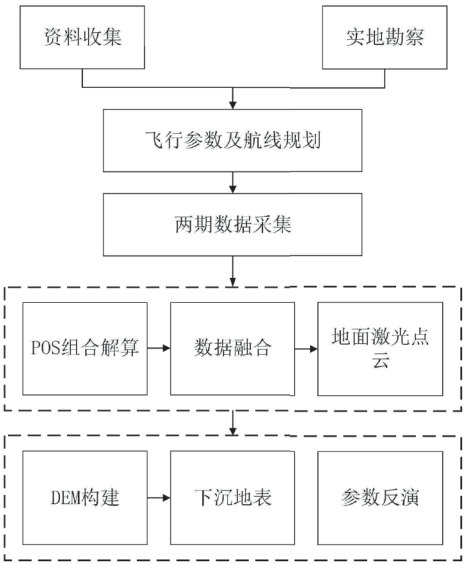


图1　无人机激光雷达监测技术流程

1.4 数据采集

在实施机载激光雷达测量之前，应进行航空摄影测量以了解地形地貌特征，并设定飞行参数；在测区附近建立 GPS 基站，测量静态 GPS 数据，并与无人机激光雷达获取的 POS 数据相结合以提高定位精度；进行 5 分钟激光雷达静态校准操作，初始化惯性导航系统；执行飞行任务并采集数据，然后再次进行 5 分钟静态校准，确保数据准确；最后通过采集若干检查点的三维坐标，验证无人机激光雷达数据的准确性。相关的仪器参数如表 1 所示。

表1　无人机及激光雷达系统性能指标

八旋翼无人机系统		激光雷达系统	
性能指标	参数	性能指标	参数
无人机轴距	1650mm	角度分辨率	0.004°
空重	18.5kg	激光测距精度	5mm
最大速度	50km/h	扫描频率	0~200Hz
限制起飞重量	56kg	有效测量数据	500000点·s-1
续航	5kg/35m	激光测距极限	450m

地表移动观测主要有全面观测、连接测量和日常观测。全面观测用于确定各测量点的初始位置和高度，为后续监测提供基准数据，要求进行两轮独立全面观测，间隔不超过 5 天。若两次观测中同一点位的高度差小于 10mm 且同一边长度差小于 4mm，则取两次观测平均值作为初始数据。连接测量用于确保测量数据与地理参考系统一致，观测点埋设后需等待 10～15 天，待点位固结后进行测量。首先联测观测点和控制网，以获得观测站控制点的平面位置和高程，其中，高程测量需达到三等水准精度。日常观测用于持续监测地表沉陷变化，需在特定时间间隔进行，比如开采期间每4~5天观测一次，待沉陷稳定后根据沉陷速度每1~3个月观测一次，以系统评估和记录沉陷发展状况。

2　数据处理

构建 DEM 前，需对无人机激光雷达获取的数据进行预处理。原始数据受设备性能、地形复杂性和环境变化等多种因素影响，可能含有大量噪声点。利用先进软件和算法进行数据处理，识别并剔除噪声点，保留真实地形特征。去噪过程需准确区分地形和噪声，考虑点云数据的密度、分布和地形连续性。此外，要进行几何校正、坐标转换和高度校准，以消除误差和环境因素影响，提高数据精度，确保最终生成的 DEM 准确反映地表三维特征。

处理的具体步骤包括：

（1）同步解算与坐标调整：利用 Scan Look Export 软件设置坐标系参数，实现点云数据、POS 数据的准确匹配和融合，提高数据的准确性，确保最终生成的点云数据具有精确的绝对坐标。

（2）高精度数据融合：利用同步解算获得的精确 POS 数据，对原始激光点云数据进行深度融合，生成符合实验要求的高精度三维坐标点云数据。

（3）点云去噪处理：为提升点云数据质量，使用 Scan Look Export 软件筛选飞行轨迹数据，去除起飞和降落阶段的数据，剔除由飞行不稳定引起的误差数据，保留无人机在规定航线稳定飞行时采集的高质量数据。

（4）点云数据优化：通过 Scan Look Export 软件对点云数据进行解压和优化，确保数据精度的同时，减少数据冗余，提升处理效率。

（5）高效三维建模：使用 PolyWorks 软件的 Delaunay 模块进行三维建模，利用其压缩功能优化数

据，加快模型重建速度，在数据曲率较大区域保留更多数据点，在曲率较小区域减少数据点，以确保模型精度和数据形状特性。

（6）手动数据分类：基于视觉判断对点云进行分类，对未分类或误分类点云进行修正。例如，通过对比矿区地面农房的正射影像和自动滤波处理后的地面点云数据，清晰区分房屋等结构，从而手动删除错误分类点云，如图 2 所示。

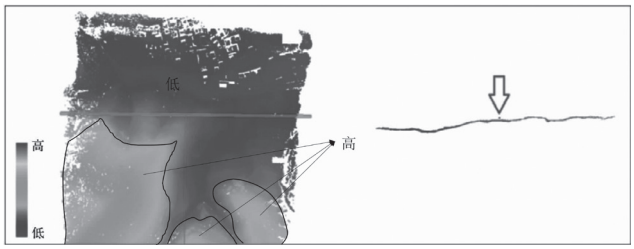


图2　错误点云分类

3　监测结果分析

3.1 典型沉陷区剖面情况

经研究发现，研究区北部沉陷区域有显著的沉陷幅度，且沉陷现象呈现较高的集中性，这可能受该区地质结构特殊或长期地下活动，如矿产资源开采、水资源抽取等因素影响。将第一期点云数据构建的三维模型作为参考面，将第二期点云数据构建的三维模型作为测试面，对比两期三维模型相同点的距离差值，分析监测区域的地表沉降情况，监测周期共 110 天。对比分析后发现，该区地表出现明显下沉现象，最大沉陷量达到 1.1836m，而最小沉陷量则为 0.1252m。结果表明，监测区域沉陷不均匀，基本呈现下沉发展趋势。研究区域北部沉陷区剖面如图 3 所示。

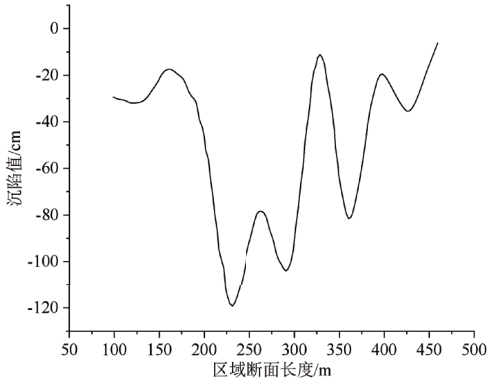


图3　研究区域北部沉陷区剖面

3.2 精度分析

（1）通过对比沉陷监测标志点的水准测量数据与激光雷达点云数据，验证无人机激光雷达在地面沉陷监测中的精度。首先利用水准仪对沉陷区的标志点进行精准测量，记录每个点的高程坐标。然后利用无人机激光雷达对同一区域进行航测，获取激光点云数据并处理，提取每个标志点的三维坐标。最后将两种方法得到的高程坐标进行对比分析。水准测量结果和点云提取结果间的误差统计如表 2 所示。由表可知，最大误差为 0.0827m，最小误差为 0.0023m，平均误差为 0.0443m，激光雷达点云数据能以厘米级精度反映地面目标高程，误差值均在相关规范的允许误差范围内。

表2　水准测量数据与点云数据对比

序号	水准数据	点云数据	误差
1	1197.939	1197.926	0.0130
2	1189.891	1189.856	0.3474
3	1190.063	1190.006	0.0572
4	1196.917	1196.96	0.0435
5	1192.66	1192.666	-0.0060
6	1200.586	1200.63	0.0442
7	1204.639	1204.566	0.0733
8	1203.896	1203.846	0.0499

（2）选取研究区已部署的两个地表 GPS 沉降监测点，两点记录的累积沉降量分别为 0.014m 和 0.1630m，与点云数据提取的沉降量进行对比分析，具体结果如表 3 所示。通过比较发现，误差的最大值为 0.0533m，平均误差为 0.0434m，误差均低于 0.40m 的阈值。矿区地表沉陷监测通常要求精度控制在 0.1m 以内，本次测量结果满足工程应用的精度要求，证实了无人机激光雷达在矿区地表沉陷监测中的适用性。

表3　GPS监测数据与点云数据对比

序号	GPS沉陷值	点云沉陷值	误差/m
MT-2-1	0.155	0.1214	0.0336
MT-2-2	0.006	0.0593	-0.0533

3.3 误差产生原因

在数据采集过程中，点云数据密度会影响监测结果；点云处理采用的抽稀密度、去噪方式、建模方法等，也会产生不同程度的误差，进而影响监测结果精度；另外，仪器本身在距离测量和角度测量方面也存在固有误差。产生的误差可由公式得出：

$$m_y = \sqrt{m_d^2 + m_a^2 / \rho^2 D^2}$$

公式中，m_a 为角度测量误差，m_d 为距离测量产生的误差，ρ 为仪器本身误差，D 为监测点与监测站点之间的水平距离。

4 结论

无人机激光雷达技术不仅能提高数据获取效率，还能通过高精度点云数据处理有效揭示地表沉陷的空间特征，在矿山地表沉陷监测中有较高的适用性；相较于传统监测方法，无人机激光雷达技术在监测精度上满足相关规范要求，在复杂地形进行矿山地表沉陷监测有巨大潜力。

参考文献

[1] 张晓岩,路鑫.S1306工作面开采沉陷“天-地”协同监测方案研究[J].煤,2022,31(9):55-57,73.

[2] 刘欢,郝茜茜,刘文慧,等.无人机智能测控技术发展趋势[J].中国科技信息,2023(19):67-71.

[3] 亓立壮,安士凯,田超,等.基于无人机激光雷达技术的开采沉陷监测方法与参数反演[J].科学技术与工程,2022,22(12):4752-4761.

[4] 张永庭,徐友宁,梁伟,等.基于无人机载LiDAR的采煤沉陷监测技术方法——以宁东煤矿基地马连台煤矿为例[J].地质通报,2018,37(12):2270-2277.

[5] 王雁昕,轩涛,刘凤英,等.沙漠地形下无人机激光扫描开采沉陷监测方法[J].北京测绘,2023,37(4):530-535.

[6] 廉旭刚,韩雨,刘晓宇,等.无人机低空遥感矿山地质灾害监测研究进展及发展趋势[J].金属矿山,2023(1):17-29.

[7] 尹宏昌,田丰,马海博,等.无人机激光雷达矿山开采沉陷监测研究[J].煤炭工程,2023,55(8):130-136.

[8] 崔雷.无人机遥感技术在水利工程测量中的应用分析[J].科技与创新,2023(20):179-181.

[9] 杨帆,任闯,曲丹,等.机载LiDAR技术在矿区地表沉陷灾害监测中的应用[J].测绘工程,2023,32(4):59-68.

[10] 申小兵,闫令军,季晓菲.无人机倾斜摄影测量技术在农村地籍测绘中的应用探讨[J].科技创新与应用,2023,13(25):179-181,185.

（上接第 49 页）

供更为精确的测量数据支持。

（2）观测模型和算法选择对优化效果有重要影响，合理的融合策略可以充分发挥多源数据优势。不同的融合模型和算法适用于不同的测量环境和数据类型，合适的融合方法是实现精度优化的关键。因此，实际测量工作需要根据测量环境、数据类型以及精度要求，选择合适的观测模型、算法及数据融合策略，以确保测量结果的准确性和可靠性，为工程项目提供坚实的数据支持。

5.2 研究展望

研究布设的 E 级控制网虽在复杂地形取得了较为理想的观测结果，但仍需解决以下问题：拓展无人机、激光扫描、SAR 等新型测量数据的融合方式，提升控制网精度；改进现有算法，开发基于机器学习的高效智能算法以应对大规模复杂数据；突破矿山测量实时性需求，解决数据快速传输与算法实时优化问题，为矿山生产提供即时测量支持。这些方向将为控制网优化提供技术突破。

面向未来，人工智能与机器学习技术的深度融合将重塑控制测量范式。基于深度学习的数据融合算法，可自动解析复杂地形下多源数据的时空特征，动态调整 GNSS 数据的权重配比，实现测量资源的智能分配。例如，卷积神经网络（CNN）能够快速识别地形特征与数据质量之间的关联，自适应优化观测方案；强化学习算法可在复杂环境约束下，通过模拟不同观测策略的效果，自主探索最优数据融合路径。这种智能化演进不仅将推动控制网优化从经验驱动向数据驱动转变，更有望突破传统测量技术在极端环境的应用瓶颈，为复杂地形区域的工程建设、资源勘探等提供高精度、高可靠的测量基准解决方案。

参考文献

[1] 于汶加,陈其慎,张艳飞,等.世界新格局与中国新矿产资源战略观[J].资源科学,2015,37(5):860-870.

[2] 张树良,张志强,熊永兰.矿产资源领域国际科技发展态势分析[J].资源科学,2010(11):13.

[3] 毛善君,鲁守明,李存禄,等.基于精确大地坐标的煤矿透明化智能综采工作面自适应割煤关键技术研究及系统应用[J].煤炭学报,2022(1):47.

[4] CORS系统的构建及其在矿山测量中的应用[D].北京:中国地质大学,2014.

[5] 潘少群,熊芳芳.GPS控制网在矿山测量中的应用及精度分析[J].世界有色金属,2018(7):2.

[6] 缑晓阳.基于CORS的静态长基线观测的精度分析与应用[J].矿山测量,2017,45(3):5.

[7] 张永俊.矿山测量数据处理与三维巷道建模方法研究[J].消费导刊,2020(28):103.

[8] CH/T 1022-2010,平面控制测量成果质量检验技术规程[S].北京:测绘出版社, 2010.

[9] GB/T 18341-2021,地质矿产勘查测量规范[S].北京:中国标准出版社, 2021.

濮阳湖是湖

◎ 王康年

我喜欢拍贵州的山水，也曾多次来过濮阳湖。

晨雾未散，湖面如镜，倒映着黔东的苍翠群山，远处朱家山原始森林的轮廓若隐若现，仿佛一幅未干的水墨画。有人在旁边说，濮阳湖是人工筑坝而成的水库，从事地质工作的我，却听见湖底传来远古的私语，那是白垩纪的古老湖水，在紫红色的砂砾岩层里低声呢喃。

一亿年前，这里已变成大陆湖泊盆地的一部分。乡村公路边，紫红色的白垩系含砾砂岩，层层堆叠，记录着恐龙时代由兴盛到消亡的潮汐涨落。那时的濮阳湖尚未得名，却已是一方浩渺水域，烟波无际。比起现在的人工湖，水域面积更大，包括整个旧州大坝。那时的湖畔，一定蕨类丛生，鱼龙潜游，季风裹挟着孢子与尘埃，在湖面书写时间的年轮。我们地质界称此为“古湖相沉积”，我却更愿想象，那些砂岩、砾岩是凝固的浪花，将远古的水面永远定格在岩层深处。想象着那时的场景，我仿佛能听到古老湖面上那波光粼粼的细语，感受到微风拂过湖面的轻柔。

而今，人类以智慧之手，在旧州古镇上游五公里处筑起大坝，将濮阳河的水流挽留成湖。古湖泊的魂魄与现代工程的肌理在此交融，濮阳湖成为时间的琥珀，既盛着白垩纪的沧桑，又映着人类新纪元的云影。

泛舟湖上，向南而行，岛屿或半岛频繁呈现在眼前，如翠珠散落。船夫指向一处峡谷，名曰“情人谷”，又叫“乐源峡谷”，亦称“一线天”。谷壁陡立百米，悬石欲坠，似天工挥斧劈就。传说古时一对苗族恋人因族群纷争被迫分离，女子化作山崖，男子化为石象，日夜相望。果然，峡谷深处有一尊天然石象，象鼻垂地，象身巍然，仿佛自云端坠落凡间，只为守护一段未尽的誓言。

更奇的是“仙女浴池”。一汪碧潭藏于谷底，钟乳石垂如帘幕，瀑布飞泻如银绦。当地人说，月圆之夜，曾有苗家少女见仙女在此沐浴，纱衣轻扬时，潭水泛起七彩光晕。科学解释此为钙华沉积与光线折射的奇观，但谁又忍心戳破这浪漫的想象呢？濮阳湖的每一座小岛屿、每一块岩石、每一道波纹，都浸透了传说

的灵性。

湖岸东不远的山间坝子一角，便是旧州古镇。这座两千年前的且兰古国都城，至今仍保留着明清街巷的肌理。青石板路上，文昌宫的飞檐挑起一片晚霞，万寿宫的门楣上，麒麟浮雕已然斑驳，却依旧昂首向天。古镇上的老人说，旧州曾是西南盐茶古道的中枢，马帮铃铛声与濞阳河的涛声交织，商贾云集时，“舟楫如林，灯火彻夜不眠”。

站在新修建的古城垣上远眺，透过濞阳湖恍惚间看见历史如长河奔涌：诸葛亮南征时在此疏浚河道，王阳明游历飞云崖时留下“云贵之秀萃于斯崖”的慨叹，明清文人将“濞阳八景”吟成诗篇……湖水默默收纳这些碎片，成为一部流动的史诗。

若说亿年前的砂砾岩层是濞阳湖的骨骼，传说是其魂魄，那民俗便是流淌其间的血液。每逢农历四月初八，湖畔苗寨会举办“祭水节”。芦笙悠扬，少女头戴银冠，以竹筒舀起湖水洒向田间，祈求年年风调雨顺。夜幕降临，篝火燃起，酸汤鱼的香气混着米酒的醇厚，在湖风里飘散。苗家歌师唱起古调：“濞阳水长啊，流过了九十九道湾；祖先的魂灵啊，化成了湖底的星……”

更妙的是“浪洞温泉”。离湖不远的森林深处，几十眼温泉如碧玉嵌于山坳，苗族人视其为“圣水”，传言沐浴后可祛百病。科学检测显示，泉水富含硫、锂等元素，但当地人不屑于数据，只信“汤池中有山神的呼吸”。

黄昏时刻，我来到波洞小学旧址的半岛上，这里可是拍秋天枫叶的好地方，夕阳将湖水染成琥珀色，一群白鹭掠过水面，翅尖点起涟漪，仿佛在叩问：何为湖？地质人说，湖是地壳运动的产物；史学家说，湖是文明的摇篮；苗家老人说，湖是祖先眼泪汇成的镜子。而濞阳湖给出了更宏大的答案，它既是白垩纪古湖泊的残章，又是现代文明中水利工程的新篇；既是神话的载体，又是现实的镜像。

人工与天然在此和解重叠，时间与空间于此交融。当最后一缕霞光沉入湖心时，我忽然明了，濞阳湖是湖，却不只是湖，它是一首写不完的诗、一幅绘不尽的画。它也是黔东大地上的一滴眼泪，一滴凝固了亿年光阴的眼泪，还是一段跨越时空的对话。古湖泊并未消亡，它只是换了一种方式，在人类的眼前继续呼吸，映照出天地悠悠、人间烟火。

（作者单位：贵州省地矿局101地质队）

拼搏于大漠戈壁的特别测量支队

◎ 郭群长

20 世纪 50 年代末，在祖国大西北的大漠戈壁深处，活跃着一支神秘的测绘队伍。这支测绘队伍，是总参测绘局奉命从直属单位抽调人员组成的特别测量支队，执行原子弹、导弹试验基地建设测绘任务。

新中国成立初期，美国凭借手中的原子弹，对中国进行核讹诈与核威胁。为了打破帝国主义的核垄断、核威胁，保卫国家安全，维护世界和平，1955 年 1 月，毛泽东主席主持召开中共中央书记处扩大会议，专门讨论发展原子能事业问题，作出了发展原子能事业、研制原子弹的决定。会后，国务院、中央军委即开始研究发展导弹技术的有关问题。1958 年 5 月，毛泽东主席在中国共产党第八次全国代表大会第二次会议上，发出“我们也要搞人造卫星”的号召。由此，形成了我国“两弹一星”的发展战略。“两弹”指原子弹（及氢弹）和导弹，“一星”指人造地球卫星。

根据中共中央和毛泽东主席的战略决策，1957 年，中央军委决定筹建综合导弹试验靶场，并先后成立以炮兵政治委员邱创成为主任的筹建委员会，军委秘书长黄克诚为主任和陈锡联、陈士渠、张令彬为副主任的靶场委员会，以陈士渠为主任的勘察委员会。1958 年 1～2 月，陈锡联率领有关人员和苏联专家一起组成勘察队，赴东北、华北、西北等地勘察，最后确定在甘肃与内蒙古西部接壤地区建设试验场，并在甘肃西部和新疆南部地区选定弹着区。3 月 3 日，中共中央批准该方案。同年 10 月 20 日，西北综合导弹试验基地正式成立。

测绘是国防建设的一项基础性、先行性工作。实施国防试验基地建设，首先需要进行测绘。1958 年 2 月，总参测绘局奉命派出测绘技术人员，随勘察队对拟选试验场地进行勘察，并承担测绘保障任务。3 月，总参测绘局从直属 3 个大地测量队、3 个地形测量队、4 个内业测量队和解放军测绘学院抽调近千人，配备车辆 200 余台，组成代号为 7619 部队 4 支队的特别测量支队，由总参测绘局测量处副处长朱异羽任支队长、政治部副主任周舒峰任政治委员、第 4 大地测量队队长杜聘之任副支队长。被抽调的测量队迅速动员，从四面八方陆续向西北大漠戈壁开进，展开导弹、核武器试验场工程建设测绘任务。

拟建导弹、核武器试验场范围比较大，要求对东西长 2130 公里、南北宽 300 公里范围进行勘察测绘。测区为地形图无图区，首先需要综合采用天文、三角、水准、导线等测量方法，布测大地控制网；然后，以此作为控制基础，采用航空摄影测量与平板仪测图相结合的方法，测绘工程规划设计、施工建设所需的各种比例尺地形图。各测量队进入测区后，先对导弹试验场进行基本测绘，然后对核武器试验场和敦煌以西 160 公里核爆炸中心区进行测绘。后来经专家测算，原定的核爆炸中心区距敦煌城区较近，核爆炸时会影响敦煌地区居民和驰名中外的文化古迹莫高窟的安全，改选在罗布泊西北地区。因此，测量支队又对罗布泊核爆炸中心区域进行了测绘。

这是一项绝密任务，刚开始很多同志不知道要去什么地方、执行什么任务。直到进入测区，参测官兵才知道作业区为大漠戈壁，荒无人烟，干旱缺水，寸草不生。当地流传着这样的说法：“早穿皮袄午穿纱，夜间围着火炉吃西瓜。”这样恶劣的自然环境，不仅给测绘作业和生活保障带来很大困难，还随时危及参测官兵的生命安全。为圆满完成中央军委赋予的使命，及时保障国防试验基地建设和尖端技术发展需要，参测官兵决心战胜恶劣环境带来的种种困难与考验。

在沙漠戈壁进行野外测绘，干旱缺水是最严峻的挑战。作业组外出时需要携带测量仪器，而带去的水是有限的，只能勉强维持做饭和饮用所需。在茫茫戈壁寻找水源犹如大海捞针，因此，队员们不洗脸不刷牙乃是常事。每天外出作业，每人仅能携带一壶水，

尽管大家已极力控制饮水量，但在烈日炙烤下，水壶往往到下午两三点就已见底。由于缺水，很多同志嘴唇干裂出血，说话声音嘶哑。有一次，第3地形测量队一个作业组外出打游击作业时，携带的饮用水断了两天多，同志们干渴难忍，只好打开汽车水箱，喝里面的水。水箱里的水早已变色变味，锈味刺鼻，但为了完成任务、维持生存，同志们顾不了这么多。即便如此，他们也不敢多喝，唯恐喝光了影响汽车行驶。更令人心酸的是，第3大地测量队的两名同志，在徒步到中队部送观测成果途中，喝光了随身携带的4壶水，最终只能饮用水壶里备用的尿液解渴。

在沙漠戈壁作业，还经常遇到飞沙走石的威胁。作业区几乎天天刮风沙，当地有谚云："无风三尺尘，刮风不见天。"这样的恶劣天气对大地测量作业影响很大，往往是刚架好仪器，风沙就席卷而来，每观测一点都非常困难。作业组搭设的帐篷也经常被大风刮到几十米、几百米远的地方。茫茫的沙漠戈壁缺少明显方位物，一旦狂风骤起，飞沙走石间方向难辨，极易迷失方向找不到驻地。有一次，第3地形测量队一个小组作业时突遇风沙，一名作业员走散后迷失方向，直至次日傍晚才在一个沙土堆旁被找到。当时，他双腿被沙土覆盖，昏迷不醒，经抢救方脱离危险。

为早日完成任务，保证基地建设，测量支队自进入测区开始，就不分寒暑，连续作业。参测官兵既要忍受炎热天气的折磨，还要经受寒冷天气的考验。炎热的夏天，中午前后气温高达40多摄氏度，穿着解放鞋走在戈壁滩上会烫脚，放在帐篷里的蜡烛会融化。就是在这样的环境中，参测官兵头顶烈日，脚踏滚烫的黄沙，衣服湿了干、干了湿，衣服表面结了一层白盐霜。有的同志干脆身穿短裤作业，身上被火辣辣的太阳晒起水泡，背上掉落一层又一层皮，疼痛难忍，仍然坚持作业。在测绘罗布泊核爆炸中心区域时，已是数九寒冬，平均气温零下10多摄氏度，夜间零下20多摄氏度。白天，外出作业寒风刺骨，手、脚、脸和耳朵冻得红一块紫一块，有的同志甚至被冻裂流血；夜晚，测绘官兵住的是单帐篷，睡的是地铺，冻得难以入眠。他们用平板仪测图时，一些技术员手冻得拿不住绘图铅笔，就将手放在腋下暖一暖再绘；脚冻麻了站不住，就围着测图板跑几圈继续作业，就这样硬是坚持到1959年3月份完成任务。

作业中，全体参测官兵怀着"祖国利益高于一切，为了祖国利益可以牺牲一切"的爱国主义和革命英雄主义精神，战戈壁沙漠斗酷暑严寒，克服了环境恶劣、气候多变、交通不便、装备简陋等重重困难，于1959年7月提前完成导弹、核武器试验场勘察测绘任务。在历时1年零4个月的野外作业中，共测量各等级天文点66点，各等级基线18条，二等导线100公里，各等级三角点1442点，各等级水准路线7674公里；测绘1∶10万地形图134幅，1∶1万地形图4668平方公里，1∶1000、1∶2000大比例尺地形图9433平方公里，以及道路图、工程图1.2万平方公里。测量成果的计算工作，由总参测绘局计算队和国家测绘总局的一个计算组完成。

这些测绘成果成图，是参测官兵在极端恶劣环境突击完成的，为国防试验基地建设提供了准确、可靠的依据。据此，施工部队经过两年多的艰苦奋战，1960年底在大漠戈壁深处建成一座综合导弹试验场。接着，测绘部队又先后承担了"两弹一星"试验与发射的测绘保障。1964年10月16日，我国首颗原子弹爆炸试验成功；1966年10月27日，我国首次导弹核武器飞行试验成功；1967年6月17日，我国首颗氢弹爆炸试验成功；1970年4月24日，我国第一颗人造地球卫星"东方红一号"发射成功。

▲1970年"东方红一号"卫星发射前测绘人员进行定向观测（来自测绘历史资料）

这一个个成功的背后，饱含着参测官兵的辛勤劳动。在一年多超强度的连续野外作业中，不少官兵患上疾病，有3名同志因病重不能及时救治而长眠于大漠。多年后，一名参测技术员在回忆录中写道："在我国第一朵蘑菇云升起的地方，在我国第一颗人造地球卫星上天的地方，浸透着我们测绘战士的汗水和鲜血，感到很自豪！"（作者系61206部队高级工程师）

稳贵在心

◎ 陈鲁民

提到一个“稳”字，可以给我们带来很多联想，如稳扎稳打，稳如泰山，四平八稳，稳步推进，稳定团结，稳重大方，稳定军心，稳住局面……凡此种种，均有稳固、稳重、稳妥、稳定之意。这两年我们更多地要和经济方面的稳字打交道：稳经济，稳生产，稳外贸，稳就业，稳消费，稳投资，稳物价，稳产高产，稳中求进等，不一而足。

拆分这个“稳”字，由两部分组成，一半是“禾”，即禾苗、庄稼、粮食。手里有粮，心中不慌，是亘古不变的真理。元朝末年，天下大乱，朱元璋的谋士朱升出策“高筑墙，广积粮，缓称王”。按这个路子走下去，朱元璋最后剿灭群雄，坐了天下，有了二百七十多年基业。二十世纪六七十年代，国家也曾为了适应当时形势需要，提出“深挖洞，广积粮，不称霸”的战略方针。再联想广一点，禾也意味着经济。

经济是基础，没有经济，其他都无从谈起。经济好了，有粮有钱，有吃有穿，自然是一稳百稳；经济差了，缺粮少钱，什么都稳不了。

“稳”字的另一边是“急”字。稳中却藏个意思完全相反的“急”字，古人造字可谓别具情怀，寓意很深，既有生活气息，亦不乏哲学意味，充满了相辅相成的辩证法、亦正亦奇的大智慧。稳与急是相对的，互为因果，互相转化。现在的稳是为了以后的急打基础、做准备，积蓄力量，卧薪尝胆，一旦时机成熟，万事俱备，就会一飞冲天，大获全胜。因而，该稳的时候，要稳如泰山，稳如磐石，一定不能急，一旦急于求成，就会急中生乱，急而失稳。心急吃不了热豆腐，无论干什么，只要急到失去理性，就会失了分寸，坏了章法，欲速不达，适得其反。这个时候就需要急不忘稳，先稳住阵脚，稳定军心，然后再寻找机会，奋力前行。

“急”字如果再两分，上边是个“刍”字，即称自己的谦辞；下边是个“心”字，即人的思想感情等。合起来说就是“我的心思心胸”。稳贵在心，要稳住事，先稳住心，“心思心胸”稳住了，不慌不忙了，就有章法遵循了，进退就有序了，稳字就真正落实了。

稳贵在心，心要宽阔。雨果说：“比海洋更宽阔的是天空，比天空更宽阔的是人的胸怀。”胸怀开阔了，才能胜不骄败不馁，不会因为一两次受挫就乱了方寸、一蹶不振，也不会小有胜利就得意忘形、沾沾自喜，而会得之淡然，失之泰然，坚守稳妥的既定方针。

稳贵在心，心要沉静。要想稳得住，就不能慌乱，心静下来，有点大将风度，任凭风浪起，稳坐钓鱼船。不论遇到什么情况，都要不露声色，镇定自若，“每临大事有静气”。淝水大战，苻坚率领百万大军气势汹汹而来，前方正在鏖战，打得不可开交，东晋主帅谢安还稳稳地和客人对弈，落子如飞。他稳住了，将士们也稳住了，有条不紊地按计划进行，胜利也就稳了，淝水大战的奇迹就这样诞生了。

稳贵在心，心要坚定。本来一直稳步前行，稳中求进，但一被人催促，一看见别人出成绩了，就沉不住气，着急上火，心神不宁，那就很难稳住了。既然定了求稳方针，就要坚定不移，不为外因所动，不能轻易更改。任你敲锣打鼓，“我自岿然不动”；“不管风吹浪打，胜似闲庭信步”。否则，稳就是一句空话。

稳贵在心，只要心稳了，神定了，不急不躁，不疾不徐，再加上手里有粮，心里有底，就能步步为营，稳扎稳打，稳而不滞，稳而有序。看似速度没那么快，不是那么轰轰烈烈，但可以把步子迈稳，路子走正，不摔跤，少失误，最后算总账，其实一点也不慢，会稳稳当当地实现奋斗目标。（作者系战略支援部队信息工程大学教授、中国作家协会会员）

月池历险记

◎ 刘家信

在三线建设中，我们铁道兵5808部队学生13连参与建设襄渝铁路，每天在隧道打洞放炮，与炸药打交道，危机四伏、险象环生。最惊险的一次，就是1972年暮春，在月池隧道施工时，由于一个戏剧性的巧合，加上我在危急关头的机智反应，有幸避免一次可能造成十多名铁道兵干部伤亡的重大事故。

在开挖月池隧道时，我连原计划是导坑挖掘掌子面。副连长陈富山、四排长魏朔南发现掌子面离出渣处太远，便临时决定改为落夹层（即上、下导坑的中间岩石夹层）施工。改变计划是可行的，但当时没有手机等通讯工具，未能及时通知我，这为后来的险情埋下隐患。

那天，我正巧参加全团施工检查，团营连干部十余人一路翻越高山，检查了多处工地，经过我连施工隧道时，个个疲惫不堪，不愿再翻山越岭，决定抄近路穿过月池隧道——由隧道东口进入，从西头侧门而出。我当即反对："洞内正在紧张开挖掌子面，不能入洞影响施工！"（如我得知是落夹层作业，绝不会让众人进洞）检查团决心已定，考虑到众人体力不支，不宜再爬山，我只好勉强带他们进入一段约百米的旧隧道。这段隧道平时无人进出，洞内坑坑洼洼、积水连连，我们深一脚浅一脚地缓慢前行。

当大家即将到达四排施工现场时，我突感情况异常：洞内没有亮光，没有风枪声，四周静得可怕，空气中还弥漫着刺鼻的硝烟气息。一种不祥的预感涌上心头，但又不明实情难以决断。此时，我发现洞内的探照灯也熄灭了，这让我猛然想起昨晚全团观看的《奇袭》电影——抗美援朝时，志愿军为堵死敌人后路，要炸毁武陵桥，但敌人的探照灯将桥墩照得如同白昼一般。志愿军便果断将其打灭，敌人一看，惊慌失措地大喊："探照灯！探照灯！"

说时迟那时快，我也本能地大喊："探照灯！探照灯！"这喊声惊动了隧道西侧洞口的四排长魏朔南，他听到我的声音大惊失色：洞内人员早已撤出，夹层炸药即将引爆，而连长还在洞中！他急声高喊："连长，夹层炸药要爆炸了！"

这生死攸关的一喊一答，挽救了十多条鲜活生命。我当即对十余名军官大吼："撤！"这道不容迟疑的命令如同惊雷炸响！方才进洞时，众人还小心翼翼避让污水，缓慢前行；此刻却个个如离弦之箭，以刘翔冲刺般的速度狂奔。不到三十秒，所有人已冲出隧道东口。

众人气喘吁吁、初初站定，洞内便传来万炮轰鸣、震天动地的爆炸声。几米厚的岩层在炸药威力下轰然崩塌，一股爆炸的强气流随之冲出洞口。真是惊心动魄，若再迟半分钟，那或是众多鲜活生命的陨灭，是永远无法改写的人生悲剧。

站在隧道东口，几位团营连领导看着彼此满身污泥的狼狈模样，紧绷的神经终于松弛下来，有人打趣道："刘连长，这回你可把我们

害惨了。"我半开玩笑地回应："早叫你们不要进洞，偏不听。也幸好大伙儿跑得快，大难不死，算是幸运啦！"众人摇头苦笑，虽然嘴上埋怨，但心里也都明白，若不是我当时在场、急速撤离，后果将不堪设想。

细想之下，这次脱险实乃诸多巧合的叠加：若非前一晚看了《奇袭》电影，若洞内没有探照灯，我不会条件反射般喊出"探照灯"；若非魏朔南及时回应，我们无从得知危险将至；若我没有果断下令撤离，若众人没有百米冲刺，我们也不可能在爆炸前逃出生天。这惊心动魄的一幕，几十年来刻骨铭心，每每回忆都不寒而栗。

这次险情也暴露出我们施工管理上的漏洞，在隧道落夹层爆破时，理应在洞口设置警戒哨，防止他人进入。血的教训警示我们：安全生产容不得半点马虎，任何一个环节的疏忽都可能酿成无法挽回的悲剧。乙（作者单位：自然资源部第一地理信息制图院）

我与乡村邮递员的情缘

◎ 郜泉州

我抽屉里珍藏着一本小巧玲珑的绿色笔记本，是一位邮递员送给我的。每逢看见它，我便会想起30多年前的往事，想起一张憨厚可爱、笑意盈盈的娃娃脸，他就是乡村邮递员小雷。

那年夏季的一个星期天，我奉父母之命，步行到5公里外嵩山北麓的小山村，看望年迈体弱的姥姥。通往村子的只有一条蜿蜒小道。我仗着年轻体壮，背着给姥姥的礼物，快步走向山上。

行至半山腰，乌云如披着硕大黑袍的贼自东边袭来，霎时化作浓重黑幕，把烈日遮得严严实实，真应了那句“六月天，婴孩儿脸，说变就变”。眼见暴雨将至，我慌忙躲到一堵山崖下。刹那间狂风大作，闪电如金鞭劈开天幕，肆意抽打。雷声应和着电光，自天际滚滚而来，由远及近，轰鸣震耳。紧接着，大雨倾盆而下，嵩山万物尽数笼在雨幕之中。不过片刻，山坡上便有无数条“溪流”奔涌着汇入山涧成为山洪，又咆哮着冲向远方。

雨点随风势扑在身上，如冰凌刺骨，冻得我直打寒战。我暗自懊悔，怎就忘了听天气预报？为何只穿了单衣短裤？正懊恼时，忽见雨幕中有个模糊人影，扛着一辆自行车，踉跄着走上山来。短短一段路，他已滑倒数回。荒山暴雨中忽见人迹，我竟觉出几分暖意，心里那团焦灼也淡了几分。

待那人走近崖下，我才看清是乡邮递员小雷。我忙上前卸下自行车，把他拽进避雨处。看他淋得落汤鸡似的，便惊讶地问：“你怎么用雨衣裹着车，却让自己淋成这样？”小雷随手擦了下脸上的雨水说道：“邮递包里全是信和包裹，有个包裹里还是救命药，万一湿了可要误大事。”闻言我喉头一哽，不由对他肃然起敬。

小雷22岁，中专邮电学校毕业，两年前分到我们乡当邮递员。他工作认真负责，常往村中学送信件报刊，有时还给我送汇款单，我们便熟络起来。记得有年暑假，我正在高山坡锄地，忽听山道有人喊“郜老师”——竟是小雷推着自行车一边爬山，一边喊我。山路陡峭，看他走得吃力，我赶忙跑下山。他擦擦汗，从邮包里掏出个纸包让我签收，里面是刊载我文章的样书，我嗔怪着说：“大热天何必专程送来，开学捎到学校就是。”他憨厚一笑：“咱有规矩，当日件当日送，要不我晚上睡不着觉。”我深受感动，写了篇《高山寻邮主》的通讯，先后在县报和市省广播电台刊播，反响不错。第二年，小雷被评为县局模范。

半小时后，风停雨住，云开雾散，太阳从云层探出头来，将金光洒向绿水青山，山涧流水潺潺，好一幅山水丹青画。这时，小雷取出一个邮递包说：“您看，上面写着救命药，这等急件哪敢耽误啊！”我一看地址人名，竟是离姥姥家不远的张老太太。“巧了，我引你去。这村子虽小，却分布在七沟八岭间。我姥姥住东山岭，收药的老太太就在西坡，保准不让你走冤枉路。”

小雷闻言大喜，推着车往山上走，我在后面帮忙。说说笑笑间，不觉已到姥姥家。放下礼物我便领着小雷前往张老太太家，谁知“铁将军把门”。正发愁时，姥姥来到说：“张老太一早去闺女家了。”小雷忙问地址。姥姥指着南边山洼说：“在山疙瘩村，门前有棵大核桃树，很好认。”“离这里多远？”“五六里地，抄近路二三里，我带你去。”我正要引路，小雷已跨上自行车：“不用，只要车能走，远点没啥，我骑车技术好着呢！”说完，他沿着崎岖山路摇摇摆摆地奔下山去。

事隔几年后，小雷因工作出色被调到外地邮局机关，临走时送给我一本绿色笔记本。后来我因调入城市规划建设部门工作，从此和小雷失去联系。偶然听闻小雷评上了市模范，在某县邮局任职，我深感欣慰，小雷终于以出色的工作赢得了应有的认可。

如今，我已年过花甲，退休在家。小雷与我年纪相仿，想必也已退休了吧？不知他身体可还康健？

（作者单位：河南省巩义市住房和城乡建设局）

红林白鹭共潮生

◎ 孙东勋

潮汐层层叠叠的海浪，嬉闹追逐着，踏拍而歌，一步一步向岸的故乡靠拢。

沐浴在春风里的红树林抽出淡绿新枝，细细枝叶间洒下斑驳碎银，闪闪发亮。粼粼波光表达着彼此的问候，洁白的浪花轻轻抚摸着树根。蚰蜒般的根须向海泥里肆意延伸，稳稳托出长长岸线，而渐次的都市繁华又赋予岸线灵魂与温情。阵阵暖意在片片叶子上升腾，这是春天的节奏，也是快乐成长的养分，如盖绿荫不断滋养出海之韵味。

养生天堂的北海，是红树林的故乡。合浦铁山港的这片浅浅海湾，孕育出独一无二的天然红林，那通透的绿呀，沁人心脾，让人陶醉。生性胆怯的白鹭最懂红树林，出没间定是林茂食丰的生态宝地。它们倏尔展翅高飞，在蓝天碧海间划出一道道优美的弧线；忽而掠沙浅翔，轻落枝头，兴致浓时便欢快地跳起春天的芭蕾，颀腿长肢翩翩起舞，优雅动人。潮涨潮落间，鹭鸟蹦跳鸣叫，呢喃细语中仿佛有说不完的聚离愁绪。

不远处，一口口鱼塘虾塘与红树林比邻而居，星罗棋布，纵横交错。仲春时节，游弋的虾苗鱼苗处处可见，渔民们辛勤劳作，期盼着丰收的喜悦。海边的人们深深懂得，天道酬勤，而红树林的生态庇佑让更多收获触手可及。

拥湾的红树林，像一道道天然屏障为岸线遮风挡雨，默默守护着脚下这片红土地。濒岸而住的半坡居民，生活悠闲恬静，一座座小楼掩映在青山翠枝间，俯瞰那迷人的海湾，享受着阳光、雨露与沙滩的四季馈赠。乡野情趣令人向往，黑鹅引颈高歌，鸡鸭自在觅虫，山坳草丛间，几头大黄牛悠闲地品尝嫩草之鲜美……

阵阵春风拂过山冈，一棵棵桉树窸窸窣窣，叶间悦耳动听，林中空灵通透，宛如大自然演奏的一曲曲交响乐。体态修长的树干，皮肤光滑的外表，与玲珑稀疏的桉叶自然天成，恰似翩翩少年潇洒俊逸。当地壮族老乡讲，成年桉树高大挺拔，枝干顺直，质优材好，生命力极其旺盛，为他们的生活带来丰厚收益。山脚茂密的桉树与濒海珍稀的红树林俯仰相望，共同守护着这片生机勃勃的海湾，守望着勤劳百姓的幸福家园。

桂南人家的小院是一座座花果园，墙头院角的火龙果秧极像仙人掌，初见时我险些认错，还对着这片繁盛的“仙人掌”赞叹不已。最令我难忘的是一颗颗拳头大小像茄子一样的绿木薯，它们憨态可掬，簇拥着挤在一株细细的枝头，顶着伞状的叶片遮雨蔽日。我从未见过这类植物，驻足端详一刻来钟，从前数到后，从内数到外，这纤弱的枝干竟挂着四五十个疙疙瘩瘩的木薯果，它们结结实实拥在一起，好似挨过抱团取暖的漫漫冬日，正积蓄力量，静待秋日的丰收。院中的龙眼树正开着淡黄小花，上扬的花蕊恰似“龙眼”之名的最佳注脚，与四周葱郁的竹林相映成趣，围拢着烟火人家。最是那怒放的三角梅，灼灼如火，映照着渔民的红火生活……

一轮明月升起，月光温柔地洒向这片安静的海滩，嬉戏的白鹭已然憩息，退却的潮水依依惜别红树林，却将大海的馈赠——海蛎、螃蟹等宝贝悄悄留在海滩，等着犒赏早行辛劳的赶海人。这是大自然的恩赐，更是红树林庇护下人们的无限希冀。

晨昏更迭间，白鹭翩跹的红树林与海湾万物共沐星光朝霞，蕴蓄日月精华，哺育苦乐年华，无私而又泰然，见证着人与自然和谐相处、生生不息的岁月盛景。（作者单位：中铁大桥局集团一公司）

肖建雄摄影作品欣赏

肖建雄，1954 年 6 月出生于湖南省岳阳市，中国摄影家协会会员，自然资源部摄影家协会会员，湖南省摄影家协会会员，岳阳市摄影家协会会员。

其摄影创作硕果累累，有近百幅（组）作品在国家、省、市影展赛事中屡获佳绩。作品在第九届中国摄影艺术节大展等国家级重要展览中，荣获入选、收藏、评委推荐等奖项；在省级届展及比赛中斩获银奖、铜奖、优秀奖；在市级届展和赛事中摘得金奖、铜奖、优秀奖等荣誉。其中，代表作《晒秋》入选人民日报社在故宫博物院主办的“一带一路”人文历史摄影展，作品《索源》于 2020 年在浙江省博物馆展出并获铜奖。此外，近 30 幅作品见诸《中国自然资源报》《中国测绘报》《岳阳日报》等报纸。他还曾受邀为《湖南省旅游地图集》拍摄洞庭湖和岳阳楼风光，以镜头定格家乡的壮美与灵韵，为传播地域文化贡献了力量。

拂堤杨柳醉春烟

芦荡晨雾

花瑶山色赛仙境

紫鹊界梯田

暮归

日落洞庭

天边的牧人

沐

秋染黄盖湖

《资源导刊·信息化测绘》
宣传合作单位

主管单位

河南省自然资源厅

承办单位

河南省测绘地理信息技术中心

核心型宣传合作单位

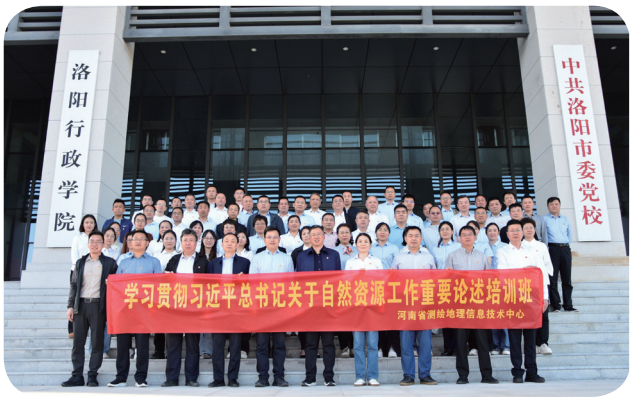
河南省测绘学会
河南省地理信息产业协会
河南测绘职业学院
河南省测绘院
河南省遥感院
河南省地图院
河南省地理信息院
河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

友谊型宣传合作单位

思源时空科技（河南）有限公司
东网空间地理信息有限公司
河南卓越科技发展有限公司
焦作市基础地理信息中心
河南省润泰工程管理有限公司
河南恒旭力创测绘工程有限公司
河南豫西路桥勘察设计有限公司
灵宝市土地与矿产勘查测绘中心
河南蓝通实业有限公司
河南省时代测绘技术有限公司
安阳市房产测绘中心
安阳市国土资源调查规划与测绘院
河南广盛信息科技有限公司
郑州天迈科技股份有限公司
河南信大测绘科技有限公司
黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局
郑州市规划勘测设计研究院
新郑市新房测绘队
河南建岩信息工程有限公司
河南中豫勘测规划技术有限公司
郑州市交通规划勘察设计研究院
河南中联建设有限公司
郑州超图地理信息技术有限公司
河南省瑞兴工程咨询有限公司
河南省启沃土地咨询有限公司
河南数字城市科技有限公司
郑州经开规划勘测有限公司
河南建正勘测规划设计有限公司
河南省国源工程咨询有限公司
郑州众益信息科技有限公司
河南省恒信工程技术服务有限公司
河南中信测绘地理信息有限公司
中建国信大数据集团有限公司
郑州市水利建筑勘测设计院
郑州郑房测绘有限责任公司
河南省水利勘测设计研究有限公司
郑州华程测绘有限公司
开封市金源测绘有限公司
航天宏图信息技术股份有限公司
中铁七局集团郑州工程有限公司
河南三维勘测设计有限公司
河南八度土地规划设计有限公司
河南中徕测绘服务有限公司
河南天宇伟业测量仪器有限公司
河南德瑞普测绘仪器有限公司
中电云科信息技术有限公司
河南省地质科学研究所
聚鑫信息工程有限公司
荥阳市规划建筑设计室
河南省海翔测绘工程有限公司
河南智联时空信息科技有限公司
开封市祥和测绘服务有限公司
河南省中工设计研究院集团股份有限公司
河南豫兴测绘有限公司
济源市正祥房地产测绘有限公司
济源市自然资源技术保障中心
南阳空间测绘有限公司
郑州市郑土测绘服务有限公司
河南微图信息科技有限公司

河南省测绘地理信息技术中心举办培训班

学习贯彻习近平总书记关于自然资源工作重要论述



本刊讯 为深入学习贯彻习近平总书记关于自然资源工作重要论述，近日，河南省测绘地理信息技术中心依托洛阳市委党校，连续举办两期“学习贯彻习近平总书记关于自然资源工作重要论述”主题培训班。河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、办公室主任陈政民参加学习。

培训班通过专家授课、警示教育、实地调研、交流研讨等形式开展。肖峰强调，一要胸怀“国之大者”，原原本本研学精髓要义。深入研读细悟习近平总书记关于自然资源工作重要论述，深刻把握“山水林田湖草是生命共同体”的系统观、“像保护大熊猫一样保护耕地”的底线思维；坚持读原著、学原文、悟原理，从“洛阳地脉花最宜”的历史智慧中，感悟“人与自然生命共同体”的时代价值，围绕“四高四争先”，紧跟河南省委、省政府中心工作，找准测绘地理信息工作的切入点，提升高质量发展水平。二要紧扣实践需求，对标对表破解发展难题。通过实地考察、案例分析，重点研讨如何处理好保护与发展的关系，结合“三支撑、三服务”工作定位，积极寻找解决困难的新方法、新路径，深入思考推进资源数智监管和生态修复智能化、科学化、数字化的具体路径，努力将学习成果转化为服务测绘地理信息工作、服务自然资源工作高质量发展的实际成效。三要强化学思用贯通，交流学习凝聚共识动能。把培训作为一次理论上的强力充电，对重要篇目、关键章节要反复研读、重点推敲，深刻领会精神实质，准确把握核心要义；把培训作为思想破冰的“磨刀石”，充分利用课上学习、课下交流、分组讨论、分享体会等形式，强化交流互动、深化思想碰撞；把培训作为一次党性上的深度淬炼，坚持边学习、边对照、边检视、边整改，发扬刀刃向内的自我革命精神，推动“书本理论”转化为“行动指南”。四要弘扬严实学风，牢记底线严守纪律规矩。严格遵守培训班的规章制度，保持良好的学习纪律，珍惜宝贵的集中学习机会，以严谨的态度、饱满的热情投入学习，确保学有所得、学有所成。

通过系统学习，大家深刻认识到学习贯彻习近平总书记关于自然资源工作重要论述，对于以高水平保护支撑高质量发展，努力建设人与自然和谐共生的中国式现代化，具有十分重要的意义，是新时代生态文明建设的根本遵循，是统筹山水林田湖草沙系统治理的科学指南。自然资源工作面临耕地保护红线、生态修复攻坚、绿色发展转型、数字中国建设、数字经济发展、低空经济产业发展等多重任务，对测绘地理信息工作提出新的更高要求。大家纷纷表示，将以理论清醒筑牢政治忠诚，以思想破冰引领改革突围，争做生态文明建设的排头兵、绿色发展的先锋队、测绘事业的实干家，共同书写“锦绣山河终不负，绿水青山带笑颜”的时代答卷！（李华 冉灿阳 / 文、图）


千图网 供图