

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 2 期
总第490期

逐梦扬帆再起航 行稳致远谱新篇

——河南省测绘地理信息技术中心部署 2025 年重点工作

大势智慧：绘出实景三维美丽画卷



ISSN 1674-053X



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 召开 2025 年工作会议



本刊讯 2月7日，河南省测绘地理信息技术中心召开2025年工作会议，总结2024年工作，谋划2025年重点任务。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚，省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，省自然资源厅测绘地理信息管理处处长王军胜，省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任武永斌，中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议。

景志刚对中心2025年工作提出六项要求。一是讲大局，主动担当作为。要立足全省高质量发展，围绕自然资源“两统一”职责，发挥测绘地理信息技术优势，提升自然资源现代化治理能力。二是重引领，突出示范带动。加强核心业务拓展，在关键技术上创新突破，将测绘核心技术优势融入科研项目，融入国家应急、军队应战指挥保障服务链，引领行业发展。三是强支撑，深化技术赋能。编制产业发展规划，推动地理信息产业差异化发展，提升引领地理信息产业发展能力。四是固根本，做强主责主业。推进实景三维河南建设，做好测量标志维护与基准更新、全省遥感影像统筹管理、现代测绘基准应用、北斗规模化应用等工作。五是促融合，注重整体联动。深刻领会“四个融合”要求，树立大局观，强化担当，全面支撑自然资源治理体系和治理能力现代化。六是严管理，加强自身建设。坚持守正创新，强化能力素质与作风建设，做好地理信息安全和数据保密工作，走好测绘事业高质量发展

安全之路。

郭幸生指出，2024年在河南省委、省政府和省自然资源厅的坚强领导下，中心党委统筹谋划、守正创新，围绕“三支撑、三服务”工作定位，在融入自然资源管理、军民融合发展、实景三维河南建设、北斗服务技术升级、职工人均创收水平、申请组建测绘专业副高级职称评审委员会等方面取得突出成效。

郭幸生强调，2025年是国家“十四五”规划收官之年，要持续实施“三步走”战略，围绕“八个聚焦”，全力推动中心测绘事业再上新台阶。一是聚焦实景三维河南建设。立足“数据为王”“应用为本”“创新为要”，深入构建实景三维河南良好生态。二是聚焦省自然资源厅信息化建设。依托河南省国土空间基础信息平台开展2025年信息化工作，提升自然资源管理支撑服务能力。三是聚焦北斗三号推广应用。推进北斗卫星导航基准二等水准联测项目立项实施，完善大地、高程、重力基准。四是聚焦卫星平台建设。建设市级卫星应用节点，做好平台原型设计等工作，加强算力资源建设及申请使用，筹备组建专家咨询委员会。五是聚焦军民融合创新。履行智库单位责任，发挥平台优势，开展课题研究，设置奖补经费，编制军民融合发展方案。六是聚焦自主研发创新。开展系列应用场景软件系统研发，奠定新型基础测绘体系基础。七是聚焦数据服务保障。推进“一张图”建设，实施全省影像统筹等项目，为领导决策提供支撑。八是聚焦地信产业发展。编制产业发展规划，推进产教融合，拓展服务领域广度。

肖峰强调，各单位要迅速贯彻落实会议精神，紧密结合主责主业，细化工作思路和目标任务，严格对照2025年度目标任务和具体工作安排，层层压实责任，高质量推动河南测绘事业发展。

中心各处室、所属单位及省测绘学会、省地理信息产业协会负责人递交2025年安全生产目标和工作目标责任书。会议还对“先进党组织”“测绘地理信息工作先进集体”“先进处室”“突出贡献奖获得者”进行表彰。☑（冉灿阳/文、图）

人勤春来早 谋高事业兴

◎ 本刊评论员

春雷一声惊鸿起，万物复苏显生机。

2月7日，河南省测绘地理信息技术中心召开2025年工作会议，总结2024年工作成效，科学谋划2025年重点任务。这是一次总结过往、谋划未来的盛会，更是一次激发斗志、凝聚力量的动员大会，犹如一声奋进的号角，为河南省测绘地理信息事业在新征程的发展指明了方向。

回顾2024年，硕果累累，河南省测绘地理信息技术中心统筹谋划、守正创新，在诸多方面取得了显著成绩，融入自然资源管理更加全面，军民融合工作取得重大突破，实景三维河南建设稳步推进，北斗服务实现技术升级……这些成绩不仅彰显了测绘在经济社会发展中的重要作用，更为测绘事业的未来发展奠定了坚实基础。

展望2025年，再攀高峰，河南省测绘地理信息技术中心围绕“三支撑、三服务”工作定位，提出“全面融入自然资源管理、开创军民融合新路径、打造自主研发新局面”的“三步走”战略，这一部署契合了当前测绘事业高质量发展的新趋势和新要求。

会议明确，2025年要聚焦实景三维河南建设，深入构建实景三维河南良好生态；聚焦省厅信息化建设，提升自然资源管理支撑服务能力；聚焦北斗三号推广应用，完善大地、高程、重力基准；聚焦卫星平台建设，加强算力资源建设及申请使用；聚焦军民融合创新，履行智库单位责任；聚焦自主研发创新，奠定新型基础测绘体系基础；聚焦数据服务保障，为领导决策提供支撑；聚焦地信产业发展，整合测绘队伍，推进产教融合，全力推动测绘地理信息事业再上新台阶。这“八个聚焦”，既是对河南省测绘地理信息技术中心未来工作的全面部署，也是对全体测绘人的动员和号召。

人勤春来早，谋高事业兴。会议确定了发展目标，明确了工作任务，描绘了一幅波澜壮阔的发展蓝图，令人振奋，催人奋进。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚在会上提出的“讲大局、重引领、强支撑、固根本、促融合、严管理”六点明确要求，更是推动全省测绘地理信息事业高质量发展的关键所在。

讲大局，就是要立足全省经济社会发展和自然资源管理大局，主动担当作为。测绘工作要紧紧围绕“两统一”职责，充分发挥技术优势，提升自然资源现代化治理能力，为全省经济社会发展提供坚实保障。

重引领，就是要突出示范带动，加强核心业务拓展，在关键技术上创新突破，将测绘核心技术优势融入军方科研项目，融入国家应急、军队应战指挥保障服务链，为国家安全和发展贡献更大力量。

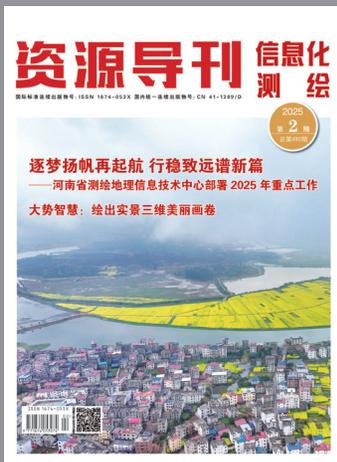
强支撑，就是要深化技术赋能，推动地理信息产业园差异化发展，不断提升引领地理信息产业发展能力，通过技术创新和产业升级，推动地理信息产业园成为全省乃至全国地理信息产业的标杆和典范。

固根本，就是要做强主责主业，坚持社会效益与经济效益并重。扎实推进实景三维河南建设，做好测量标志维护与基准更新、全省遥感影像统筹管理等工作，为河南省自然资源管理和经济社会发展提供坚实支撑。

促融合，就是要注重整体联动，深刻领会“四个融合”要求，发挥最大效能，全面支撑自然资源治理体系和治理能力现代化，为河南省高质量发展贡献力量。

严管理，就是要加强自身建设，坚持守正创新。强化能力素质与作风建设，增强风险意识，做好生产安全、地理信息安全和数据保密工作，确保测绘地理信息事业健康发展。

春光不待人，奋斗正当时。新的一年，河南测绘人将以更加饱满的热情、更加昂扬的斗志、更加务实的作风，以时不我待的紧迫感、舍我其谁的责任感、勇于担当的使命感，投身到测绘地理信息事业的伟大实践中去，奋力开创测绘地理信息事业发展新局面。



资源导刊 信息化测绘

2025年 下半年 第2期 总第490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：河南匠心印刷有限公司

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

编辑部：0371-65941858 广告发行部：0371-65941854

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

顾问

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

河南省测绘地理信息技术中心编委会

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

声明

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

社长：刘立新
执行总编：肖峰
副社长：左金安
副总编：刘鹏飞
编辑部主任：王红闯
责任编辑：王敏
摄影总监：赵洪山
文字编辑：王敏 栗荣晓
陈庆贺
论文编辑：卢清国
美术编辑：宋珂
发行：丁翔

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

网站合作单位



目录

CONTENTS

卷首语

1 人勤春来早 谋高事业兴

国内要闻

4 自然资源部拟推国标: 导航电子地图要使用商用密码技术 等8则

时政传递

6 2025年全国测绘地理信息质检工作交流会召开

7 河南省测绘地理信息技术中心召开2024年度民主生活会

特别关注

8 逐梦扬帆再起航 行稳致远谱新篇

——河南省测绘地理信息技术中心部署2025年重点工作

11 创新引领 点燃高质量发展新引擎

——2024年测绘地理信息工作亮点回眸

测绘广角

14 河南省测绘地理信息技术中心开展安全生产专项检查

河南省地理信息院开展城市三维模型快速构建技术培训

15 河南省测绘院开展综合素质培训

长垣市开展测绘企业安全生产检查

经天纬地

16 大势智慧: 绘出实景三维美丽画卷

豫外传真

18 实景三维上海动态拟真城市发布

19 厦门: 为测量标志保护装上“智慧大脑”

20 黑龙江测绘地理信息局: 用数字智慧点亮冰雪盛事

发展研究

22 充分发挥测绘地理信息数据要素保障作用 助力数字经济发展

技术应用

25 基于Anubis多模多频GNSS数据质量性能验证与分析

30 DCB产品对中国境内GNSS兼容频率PPP影响分析

33 基于自适应邻域特征估算与优选的电力线提取

36 遥感解译深度学习在自然资源要素提取中的应用研究

39 水库大坝安全监测设计与实践

42 基于机载LiDAR技术的矿区土石方量测应用研究

45 基于像控后处理的倾斜摄影三维建模精度研究

48 基于CIM的智慧城市构建及关键技术研究

地图故事

53 图说古代城市中轴线

人文地理

56 诗意山水属巴中

文苑撷英

58 明亮而不刺眼

59 橘乡横桥江自流

60 三川到处好风光

61 江城子·贺中心2025年工作会召开

定风波·塞南群峦耸入云

破阵子·乐山遇真

艺术欣赏

62 情系三门峡 鸿鹄艳彩霞

——三门峡大天鹅采风掠影

合作单位

64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

余干县月亮湾油菜花田 滑晓晖/供图

关注

自然资源部拟推国标：
导航电子地图要使用商用密码技术

2月5日，自然资源部发布强制性国家标准《导航电子地图安全处理技术基本要求（征求意见稿）》，面向各机关团体、企事业单位和社会公众征求意见。

征求意见稿明确要求，导航电子地图制作应采用自主可控的技术体系，建立覆盖数据采集、处理、传输、存储全流程的安全管理机制。技术规范重点涉及空间位置精度控制、敏感信息过滤、数据加密传输等核心环节，要求对军事设施、涉密单位等敏感地理信息进行保密技术处理，同时确保民用导航服务的精准性。

征求意见稿创新性提出分级分类处理原则，针对不同应用场景设定差异化的安全处理要求。其中特别规定，面向智能网联汽车、自动驾驶等新型应用场景的导航电子地图，须采用增强型空间位置保密技术和实时动态脱敏机制。

《全球三维地形的标准化与应用》编译完成

近期，自然资源部测绘标准化研究所完成《国外测绘标准译文选辑（22）——全球三维地形的标准化与应用》的编译工作。

该译文集主要对美国3DEP战略、重要标准和三维数据的应用，以及各国三维地理空间战略、方案和标准相关资料进行了编译和整理。其中，译文集第一部分“美国3DEP战略”系统介绍了美国三维高程计划（3DEP）实施情况；第二部分“各国前沿理念及战略”介绍了多个国家和国际组织三维地理信息资源的战略规划 and 建设方案等内容。

该译文集的推出有助于读者了解未来国际测绘地理信息的发展和融合趋势，学习借鉴国外三维地形的成果应用，对测绘地理信息行业的科研、生产、服务起到一定的助推作用。

京津沪穗完成全国首笔联合数据交易

近日，京津沪穗百米高楼时空数据集在北京国际数据交易所取得数据资产登记证书，并完成数据资产交易，这是全国首笔城市测绘院跨市联合交易。

此次交易由北京市测绘设计研究院、上海市测绘院、天津市测绘院有限公司、广州市城市规划勘测设计研究院有限公司共同发起，交易对象为清华大学，

主要用于城市规划专题研究。交易内容涵盖四城市百米高楼名录、属性信息、矢量数据、影像图及相关专题分析报告等。

该数据集以公开数据为基础，经四城市测绘院自主数据验证、补充与校正，在保障数据安全的同时确保可靠性。此外，根据清华大学的需求，量身定制了专题数据和分析报告，提升了数据的实用性。

此次跨市联合交易，通过统一分析框架和技术规格，形成统一数据产品，推动各地零散数据发挥更大价值，助力空间数据在全国大市场流通，为城市规划和发展提供有力的数据支撑。

科技

我国光子毫米波雷达技术
取得突破性进展

1月27日，南开大学携手香港城市大学研制的薄膜铌酸锂光子毫米波雷达芯片成果在《自然·光子学》杂志发表。

该芯片基于兼容CMOS工艺的4英寸薄膜铌酸锂平台设计，实现厘米级距离与速度探测分辨率，在逆合成孔径雷达（ISAR）二维成像方面精度卓越，突破传统电子雷达低频段窄带宽的技术瓶颈，推动集成光子毫米波雷达系统在分辨率、灵活性、适用性和集成度方面迈上新台阶。

研究团队优化制备技术，成功在单一芯片上集成倍频和回波去斜模块，完成雷达信号的高效产生、处理和接收。经测距、测速和逆合成孔径成像测试验证，该雷达能精准探测距离和速度，并对不同目标进行高清晰度成像。

研究团队表示，这一成果提升了现有微波光子雷



达性能，为未来高性能、小型化光子雷达系统发展树立新标杆。

星图低空云发布 助力低空飞行器管理升级

近日，我国面向低空场景的综合性服务平台——星图低空云正式发布。该平台依托数字地球圈层数据和天基卫星的数据供给能力，借助超级计算机强大算力，致力于为低空飞行器提供精细化空域管理和安全飞行保障服务。

星图低空云运用卫星能力与超级计算机算力，实现空域网格化管理、航线智能规划、安全精准评估以及全方位飞行保障。借助其强大功能，可同时管理数百万架无人机飞行，评估超10万架无人机飞行安全，规划数万条飞行路线，大幅提升空域容纳规模和飞行安全保障水平。

业内人士表示，基于空天信息的星图低空云开放平台，有望为政府低空监管部门提供包括空域管理、飞行管控在内的全方位解决方案，同时也将为相关企业提供更优质的服务，推动低空经济安全、高效发展，助力我国低空领域管理迈向新高度。

实景三维黄鹤楼闪耀春晚

1月28日，央视春晚舞台上，宋代黄鹤楼以雅澹古朴之姿惊艳亮相，借榫卯部件的巧妙组合，尽显中国传统建筑技艺的魅力。

这座高度还原的宋代黄鹤楼三维模型，得益于科研团队的先进技术。黄鹤楼榫卯结构复杂，获取其建筑细节颇具挑战。科研团队运用高精度三维激光扫描技术，对亭阁斗拱、翘角重檐等进行多角度、多层次扫描，获取海量高精度、高密度的三维点云数据。再叠加高精度控制点，借助自适应噪声滤波、融合迭代优化算法，精准保留榫卯边缘、棱角等细节，并完成多源数据的高精度配准。

面对部件繁多、拆解困难的问题，科研团队依循合理思路，将模型逐层结构化拆解，精心雕琢，形成数十万个精细的部件级三维模型。为解决海量数据渲染卡顿的问题，在保证模型结构细节的基础上，科研团队对模型进行顶点压缩、网格简化等轻量化处理，采用LOD渐进式渲染和遮挡剔除等可视化策略，最终利用三维仿真软件实现模型的数字化立体还原。

中国究竟有多少棵树？北京大学、中国科学院等科研机构组成的联合团队，借助新技术给出答案，相关成果近日在《科学通报》发表。

以往，传统森林资源调查依靠地面样方测量，效率低且难以实现全国高分辨率覆盖。自2015年起，研究团队突破困境，利用自主研发的手持、背包、无人机等激光雷达设备，广泛收集数据，仅无人机激光雷达数据量就超400TB，涵盖各类森林生态系统。在此基础上，研究团队结合地形、土壤、气候等多源遥感数据，构建AI模型，绘制出我国首张100米高分辨率的“树密度地图”。

经测算得出，截至2020年，我国森林平均树木密度为每公顷 689 ± 17 株，全国树木总数达 1426 ± 3.5 亿棵，人均约100棵。研究还发现，不同地域树密度差异明显，西南地区树木最多，西北、华北地区相对稀疏；寒温带针叶林等植被类型的树密度较高。

该研究成果意义重大，相关技术未来可应用于碳汇评估、生态修复规划和森林防灾减灾等领域，推动我国生态保护和资源管理进入新阶段。

500米

近日，中山大学广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室许晓聪研究团队在城市研究领域取得重大突破。其研究论文在《Engineering》发表，并发布全球首套500米分辨率的城市三维建筑结构数据集（GUS-3D），填补城市三维研究空白。

研究团队突破数据收集与模型校准难题，构建高精度制图模型，成功研制GUS-3D数据集，涵盖建筑体积、高度、占地面积等关键信息。研究揭示，2015年全球建筑总体积超1万亿立方米，1985~2015年间，三维建筑体积增长幅度有所增加，二维建筑占地面积和城市范围扩张幅度显著减少，体现城市土地垂直利用强度持续增强。从全球地理分布看，城市三维建筑体积和垂直建筑高度空间分异明显，北半球中低纬度地区集中大量建筑体积，中国、美国、日本等国建筑体积居全球前列。

该成果为城市研究开拓新视角，将助力城市规划、资源利用、环境研究等多领域发展，推动全球城市可持续发展研究迈向新高度。☑

2025 年全国测绘地理信息质检工作交流会召开

◎ 高婕 戴维



2月24日，2025年全国测绘地理信息质检工作交流会在浙江德清召开。此次会议旨在贯彻落实全国自然资源工作会议重要部署，准确把握新时代新征程测绘地理信息“两支撑、两服务”工作定位，以建立支撑自然资源高质量发展的质检保障体系为目标，系统谋划“十五五”发展思路，不断推动质检工作转型升级高质量发展。

会议指出，过去一年，全国测绘地理信息质检工作围绕支撑服务测绘质量监管、支撑地理信息安全、开展实景三维产品质检研究和实践、拓展质检对自然资源管理工作的支撑与服务、严格把关重大工程成果质量、积极推动智能化质检能力建设、推进测绘质检标准体系建设等重点任务，勇于担当、积极作为，开创了事业发展新局面。

会议部署了2025年全国测绘质检工作重点。一是深刻认识测绘质检工作对于“两统一”职责履行的重要意义。积极推动自然资源质量管理体系建设，建立层次清晰的质量职责体系，推进质量管理模式变革，构建统筹协调优势互补的协同机制。二是着力强化测绘地理信息、自然资源调查监测、自然资源确权

登记、国土空间规划、生态保护修复五大业务领域质检保障，为“一张图”建设提供质量支撑。三是坚决做好行业监管质量保障。支撑做好测绘成果质量监督抽查与地理信息安全监管，应对新技术新业态风险挑战。四是积极提供社会化质检技术服务。突出服务重点，严把服务质量，加强国省测绘质检机构合作。五是强力推动测绘质检科技创新。积极推进智能化质检技术研发，高度关注重大课题申报，加快完善质检标准体系。六是认真研究制定“十五五”发展规划。对未来5年的工作做出全面部署，持续为自然资源高质量发展提供质检支撑。

会议强调，要强化理论武装、牢牢把握政治方向，加强干部人才队伍建设、努力建设一支高素质的质检强军，为支撑自然资源高质量发展作出新的更大贡献。

来自自然资源部、国家测绘产品质量检验测试中心和全国各省（区、市）测绘质检机构的代表共80多人参加会议。会上，浙江、四川、陕西、上海、湖北、广东、广西、重庆测绘质检机构分别就自然资源质检支撑、智能化质检、行业监管质检支撑等内容进行了分享。☑（作者单位：自然资源部宣传教育中心）

河南省测绘地理信息技术中心召开 2024 年度民主生活会

◎ 李华 周正

2月11日，河南省测绘地理信息技术中心党委召开2024年度民主生活会。会议以“深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，巩固深化党纪学习教育成果，全面发挥党的纪律教育约束、保障激励作用，为进一步全面深化改革、推进中国式现代化提供坚强纪律保证”为主题，结合思想和工作实际进行自我检视、党性分析，通过开展批评和自我批评，明确改进措施和努力方向。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚到会指导，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生主持会议，中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任武永斌，中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议。

河南省测绘地理信息技术中心党委对开好2024年度民主生活会高度重视。会前精心谋划部署，召开专题会议集体研讨，结合个人自学等方式加强理论学习，通过典型案例深入剖析，广泛征求意见建议，深入开展谈心谈话，切实查摆突出问题，认真撰写对照检查材料，有针对性提出整改方案，为开好民主生活会做好充分准备。会上，通报了河南省测绘地理信息技术中心班子成员学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想主题教育专题民主生活会整改落实情况和2024年度民主生活会征求意见情况。郭幸生代表班子成员作对照检查，并带头进行个人对照检查，中心党委班子成员逐一发言，认真进行对照检查，严肃开展批评和自我批评。

景志刚对中心2024年度民主生活会给予充分肯定，认为大家从旗帜鲜明讲政治的高度看待这次民主生活会，体现党内政治生活的政治性、时代性、原则性、战斗性，达到统一思想、改进作风、增强团结、促进工作的目的。下一步，一要加强政治建设，进一步增强党建引领业务的能力。抓好学习，学深悟透习近平总书记关于生态文明建设和测绘地理信息工作的重要论述，以政治建设明方向、抓重点、破难题。二要围绕“四高四争先”，提升服务效能。紧跟省委中心工作，找准测绘工作的切入点，提升发展质量。三要聚



焦主责主业，持续提升支撑保障能力。立足测绘行业，巩固自身优势，在承担重大任务过程中提升科技能力，在推动产业发展中壮大综合实力。四要坚持严管厚爱，夯实基层基础能力。狠抓作风纪律建设，坚持清单化、台账化抓落实，做好自身人才培养工作，解决干部群众关心的实际困难。

郭幸生强调，针对问题整改，一要提高政治站位，强化责任担当。将整改作为增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”的实际行动，以高度的政治责任感和使命感，切实履行好整改主体责任。二要按照整改方案，明确整改措施。针对查摆出的问题，认真梳理归纳，制定详细的整改方案，明确整改措施、整改责任和整改时限，确保问题整改落到实处、取得实效。三要坚持标本兼治，建立制度长效机制。注重从制度层面查找原因，堵塞漏洞，完善制度，形成用制度管人、管事的长效机制，防止问题反弹回潮。四要抓好成果转化，推动工作发展。把问题整改与推动当前工作紧密结合起来，将民主生活会的成果转化为推动工作的强大动力，以更加饱满的热情、更加扎实的作风，努力开创河南省测绘地理信息技术中心事业发展新局面。

河南省测绘地理信息技术中心直属单位党委、纪检监察室负责同志参加会议。☑（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）



逐梦扬帆再起航 行稳致远谱新篇

——河南省测绘地理信息技术中心部署 2025 年重点工作

◎ 本刊编辑部

新岁序开启宏图，万象更新谱华章。

2月7日，河南省测绘地理信息技术中心在郑州召开2025年工作会议。会议以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，全面落实河南省委经济工作会议、省“两会”和全国、全省自然资源工作会议部署，系统总结2024年工作成效，科学谋划2025年重点工作。

会议强调，2025年是国家“十四五”规划的收官之年，是贯彻落实党的二十届三中全会精神开局之年、“十五五”规划谋篇之年、实景三维河南建设决胜之年，河南省测绘地理信息技术中心要持续实施“三步走”战略，强化测绘转型升级，着力夯实数字河南时空基底，统筹推进各项重点工作落地见效，努力推动测绘地理信息事业高质量发展。

01

聚焦实景三维河南建设，夯实数字河南时空基底

立足“数据为王”，2025 年要完成地形级实景三维数据全省 100% 覆盖，以及省级数据生产任务和实景三维数据成果建库，开展成果检查验收、物联感知数据接入与融合能力建设、数据库管理系统建设等相关任务。

立足“应用为本”，持续推进实景三维河南建设成果应用，完成实景三维省级示范应用建设，以点带面，深入发掘拓展实景三维河南应用场景。

立足“创新为要”，完成实景三维建设相关软件自主研发，逐步制定完善标准规范和更新体制机制，构建实景三维河南良好生态。

02

聚焦省厅信息化建设，提升自然资源管理支撑服务能力

依托河南省国土空间基础信息平台，做好现有业务系统的运维和升级，积极对接驻马店、漯河等市，进一步加大对市县自然资源数字化建设支撑力度。

按照“统一标准、统一平台、统一管理、统一应用”原则，统筹推进 2025 年信息化建设工作，整合中心资源，保障省自然资源厅在用信息系统正常运行，升级矿业权审批系统，自主研发省级耕地占补平衡监管系统、测绘地理信息产业运行监控系统等。持续做好耕地占补平衡、土地专项督察等业务支撑，为自然资源综合统计分析、舆情监测、矿业权审批、用途管制等业务提供信息化技术保障。

持续提升河南省国土空间基础信息平台网络安全防护能力，基于省委国安办数据安全试点，做好数据分类分级、数据安全风险评估和应急预案工作。基于国土空间基础信息平台和“一张图”实施监督信息系统建设，深度挖掘整合数据资源，定期形成分析报告，为省委、省政府和省自然资源厅决策提供支撑。

03

聚焦北斗三号推广应用，强化服务应用场景建设

推进北斗卫星导航基准二等水准联测项目立项实施，完善河南省大地基准、高程基准和重力基准，持续推进测量标志维护与基准更新，积极做好后续测量标志修复等工作。加强现代测绘基准应用，结合实景



三维河南建设，完成北斗三号基准服务平台上线应用服务工作，提升河南省测绘基准公共服务能力和北斗产业化应用水平。加强北斗应用服务、现代测绘基准等方面标准体系研究，积极开展标准研制，形成上下联动的工作格局。

04

聚焦卫星平台建设，助力河南数智发展

按照省委、省政府关于“研究提出卫星数据开发利用平台建设方案”指示精神，面向省直相关单位开展卫星数据、平台功能等方面需求调研，编制发布 2025 年度卫星数据需求统筹目录，对接河南省行政审批和政务信息管理局、国家超算郑州中心等单位，沟通算力资源建设及申请使用，积极筹备组建专家咨询委员会。

完成卫星平台建设项目技术方案的编制与专家评审，做好平台原型设计和技术选型工作，积极与财政等部门对接落实项目经费。开展数据资源建设，面向政府部门持续分发共享卫星数据标准产品，持续完善算力基础设施。研发卫星数据开发利用平台软件，建设全省市级卫星应用节点，引导卫星应用企业入驻平台。

05

聚焦军民融合创新，打造全省信息强军高地

督促指导河南省地图院、河南省地理信息院完成军工保密资质申请，持续深耕“北斗定位”“河南一号”“特色地图”“信息化集成”“公共应急”五大核心技术应用场景，保障军民融合项目落地见效，强化测绘成果援军援战能力。抓住遥感 AI 解译、北斗加密通讯、高精模型等部队急需的关键技术，精心编制形成具有河南特色的军民融合方案以及测绘领域专项

融合方案，推动军民深度融合。切实履行首批智库单位责任义务，充分发挥平台优势，深入开展军民融合课题研究，设置专项奖补经费。

加强自身能力建设，根据军方项目要求不断提升技术水平，强化测绘军事应用。2025年军方项目将迎来爆发式增长，要在项目承接能力上持续发力，联合军方机构深入开展军队招采、军事测绘规范、军工测绘产品标准、数据生产保密等学习培训，培养一批领军带头的军工项目承接人才；加快推动军工项目生产工艺、流程探索，打造一批军民融合协同创新发展典型经验，形成内部可复制、可推广的生产模式，真正在军民融合领域大展手脚、建功立业。

06 聚焦自主研发创新，奠定新型基础测绘体系坚实基础

按照既定研发计划推进实景三维系列软件自主研发迭代，完成6项任务研发，在满足实景三维河南建设需求基础上进一步优化完善，逐步摆脱对商业软件的依赖，实现从“有”到“优”的跨越。按照“应用为本、需求牵引、边建边用、以用促建”原则，围绕自然资源管理、生态文明建设、社会经济发展对实景三维建设成果的需求，开展系列应用场景的软件系统研发工作。坚持以应用为导向，持续优化实景三维数据产品设计，进一步推动测绘地理信息与自然资源业务深度融合。

07 聚焦数据服务保障，为领导决策提供有力支撑

基于“河南一号”卫星影像数据，持续做好全省域6期亚米影像更新，为省自然资源厅土地卫片执法、耕地保护、矿山监测、土地利用等提供图斑核查服务。持续实施全省影像统筹、市级卫星中心等项目，推动遥感解译大模型建设，推动“河南一号”核心技术深层次、多领域、产业化应用。

按照自然资源部关于强力推进“一张图”建设要求，深入研究新一代地理信息公共服务平台建设总体实施方案，扎实开展调研，加速推动新一代“天地图·河南”立项实施、全面建设，进一步释放公共数据要素潜能。

按照省自然资源厅党组关于强化地理信息数据安全要求，加强测绘成果汇交和提供使用管理，推进保

密监管技术在数据分发中的应用，形成涉密测绘成果可信分发、可控使用和过程溯源技术体系，进一步强化涉密地理信息数据的规范使用。

08 聚焦地信产业发展，提升引领地信产业发展能力

充分发挥示范带动作用，牵头整合省级测绘队伍、行业应用单位及市县自然资源系统测绘队伍，结合实景三维河南与北斗三号工程，与多领域单位合作打造国内知名综合性测绘地理信息项目。依托军民融合，凭借核心技术场景与智库优势，在关键技术上持续创新突破。

协助省自然资源厅制定河南省测绘项目支出标准与市场管理规定、信用管理办法，加强测绘资质单位信用监管，打击无资质、涉密违规及涉外涉军非法测绘行为。推动测绘地理信息供给格局转变，鼓励社会力量参与，整合行业数据，构建制度体系，促进资源资产转化，推进地理信息产业延链补链强链。

积极与高校院所成立“创新联合体”，联合各方制定研发计划，建设创新平台。丰富数据应用场景，完善测绘基准，推进多产业融合与应用场景培育，拓展领域与服务广度。支持高校学科建设，推进产教融合，依托职称评审储备人才，鼓励单位建立人才引进激励机制。

协助省自然资源厅编制实施地理信息产业发展规划，结合区域条件助力地理信息产业园差异化发展，推动政策联动与产业对接。所属单位要勇挑重担、做大做强，持续创新研发，掌握前沿技术，拓展应用领域，开拓国内外市场，以行业领军者的自觉不断引领地信产业发展，打造河南地信产业金字招牌。

同时，2025年也是人才建设年、对外合作升级年、技术跨越年、发展转型年。要清醒认识“发展才是硬道理”，以发展促事业转型、发展促人才储备、发展促社会和谐，在发展中解决矛盾和问题，在发展中加强党的建设，在发展中自觉落实全面从严治党政治责任。

号角声起，格局新开；奋楫笃行，履践致远。

新的一年，让我们更加紧密团结在以习近平总书记为核心的党中央周围，在河南省委、省政府的坚强领导下，在河南省自然资源厅的指导带领下，锚定“两个确保”，实施“十大战略”，团结一心、踔厉奋发，继续推动测绘地理信息事业发展行稳致远，为谱写新时代中原更加出彩的绚丽篇章作出新的更大贡献。☑

创新引领 点燃高质量发展新引擎

——2024 年测绘地理信息工作亮点回眸

2024 年，在河南省委、省政府和省自然资源厅的坚强领导下，河南省测绘地理信息技术中心领导班子团结带领全体干部职工，心往一处想、劲往一处使，改革创新、攻坚克难，加快转型升级，强化数据要素保障，军民融合工作迅猛发展，自主研发、北斗服务、实景三维等重大项目取得关键突破，测绘地理信息事业发展开创了新局面。

融入自然资源更全面

河南省测绘地理信息技术中心深度融合自然资源管理全流程业务，进一步转变观念，强化公益支撑，健全服务体系，从做项目向做场景、做标准转化，走稳走实测绘地理信息转型升级之路，更好更全面地助力自然资源事业高质量发展。

推动自然资源信息化建设，实现数字治理转型升级。编制的河南省地方标准《国土空间基础信息平台数据服务规范》获批实施，助力实现“统一标准、一个入口、一个出口”目标；起草《信息化项目管理办法》等文件，梳理省自然资源厅在用信息系统，解决系统互不兼容、孤岛林立等问题；开发矿业权审批、自然资源综合统计监测分析等 6 大系统，为统一迁入河南省国土空间基础信息平台奠定基础。同时，组建系统运维和不动产专班驻厅服务，完成省不动产登记信息管理基础平台等 36 个系统交接工作。推动市县国土空间基础信息平台 and “一张图” 实施监督信息系统本地化部署及应用，协助洛阳等 20 余个市县开展空间规划成果数据入库，圆满完成自然资源部组织的全面评定，得到高度评价。

释放数字治理效能，支撑自然资源业务应用。开展自然资源遥感监测服务，按照“日监测、周下发、月评价”工作机制，在每周形成变化图斑基础上，利用河南省国土空间基础信息平台搭建审批信息和地类套合分析模型，形成疑似违法违规问题图斑下发、处置。高效支撑耕地保护监督、矿产资源监督管理等工作，完成全省小麦等作物、耕地未耕种情况遥感监测



和统计分析，编制形成 2024 年全省夏收主粮作物遥感监测报告；完成全省国土调查云项目省级审核工作 151 个，实地开展 11 个地市、23 个县区补充耕地核查。拓展“河南一号”卫星遥感高质量监测技术应用场景，服务露天矿山和生态修复数字化管理，在全省矿山整治现场会上得到刘玉江副省长肯定。开发全省尾矿信息核实系统，开展林州等 9 县区非法采矿鉴定 20 余处，严守矿产资源安全底线。运维并推广“土地豫选云”平台，全省已录入平台拟供土地信息近 1200 宗、6.5 万亩，线上选地实现土地资源价值最大化。

数据要素保障更丰富

数字时代，测绘地理信息既是重要的战略性数据资源，又是新型生产要素。2024 年，河南省测绘地理信息技术中心在数据供给上持续发力，丰富测绘地理信息数据资源，提升数据获取和服务能力，同时深挖数据价值，赋能政府决策和行业发展。

全面强化地信数据共享。高效统筹全省卫星影像，全年累计接收“河南一号”卫星数据 10796 景，形成 6 期全省亚米级影像“一张图”成果，向 28 家单位提供 50 批次影像成果，总数据量超过 152TB，实现遥感影像资源“一获多用”，节约财政资金约 1.6 亿元；完成 2024 年度遥感影像成果应用统筹目录公告，面向全省 47 个厅、局征集 2025 年度需求；所属单位河



南省测绘院、省遥感院入选 2024 年度河南省卫星应用典型案例名单。推动地理信息公共服务，“天地图·河南”累计注册用户 5 万多个，开发用户近 3 万，日访问量 3000 多万次，连续十年被自然资源部评估为最高等次的“五星级”省级节点。加强涉密基础测绘成果安全使用，提供涉密基础测绘成果审批技术审查 130 余次，接收测绘成果目录汇交 150 余次、涉密基础测绘成果销毁报备 624 批次，为南水北调用地不动产权证办理等业务提供纸图 69 幅，控制点近 5000 个，切实维护地理信息数据安全。

同时，激活数据要素潜能，加强测绘服务保障能力，完成南阳等市域约 4.89 万 km^2 1:1 万基础地理信息数据更新，并通过数据验收。协助完成全省测量标志普查保护项目验收，助力河南省测量标志普查保护工作迈入新阶段。修订完成《河南省测绘成果管理办法》草案，高质量编制 2024 年《河南省两会用图》及各类专题图件，提供地图服务保障 940 余幅，为省委领导了解河南省情紧急制作河南省三大山区地图，紧急为李强总理来豫调研提供调研线路图。全力配合省自然资源厅和中国测绘学会保障中国测绘地理信息科学技术年会顺利召开，受到中国测绘学会致信感谢。开通全国首列“测绘号”地铁专列，加强对测绘法和国家版图意识的宣传。

支撑经济社会发展更有力

测绘赋能各行各业，服务千家万户，在推动高质量发展中具有基础性、先行性地位。河南省测绘地理信息技术中心结合全省重大项目、重点工程以及农林、交通、文物保护、生态环保等领域工作需求，持续创新应用场景，做好服务保障，不断拓展融入经济社会发展主战场的深度和广度。

引领迈向地信产业新起点。坚定实施换道领跑战略，推动地理信息产业高质量发展，按照省委、省政府主要领导关于加快卫星数据开发利用平台建设的批示指示，第一时间成立专班，编制平台建设实施和技术方案，进一步丰富卫星数据资源，挖掘开发利用价值，为地信产业发展注入动能。编写《河南省地理信息产业发展规划大纲》，起草《关于进一步促进测绘地理信息产业发展的实施意见》，配合省自然资源厅结对扶持郑州、安阳、鹤壁等地重点产业园区建设，打造“头部带动、园区支撑”的地信产业新格局。以“河南一号”卫星发射应用为引领，郑州航空港号、中原 2 号等卫星相继发射成功，为全省经济发展注入新活力。

行稳致远持续深化厅、局协作。建立健全工作机制，构建跨部门、跨领域的业务服务保障体系，在厅、局层面全年共落地 25 个项目。其中，林业方面，开拓完成禹州、长葛、周口 3 个森林调查项目；文物保护方面，开展世界文化遗产大运河动态监测；交通方面，建设“5G+河南一号”和“天空地网人立体监测平台”，为省交通厅保通保畅工作提供精确服务；在高标准农田工程监测项目基础上，升级增加天眼物联网监管能力。此外，支撑服务生态环境管控，对生态环境部 6056 个“绿盾”点位回头看实施生态红线人类活动监测，荣获 2024 年河南省地信创新应用一等奖。与省移动共建合作，开展兰考县高标准农田遥感监测试点，可形成样板大面积推广。

扎实推进市县合作，承接郑州航空港区实景三维建设项目，郑州、商丘、信阳等地实景三维城市建设立项，其他地市进入立项对接阶段；推进智慧洛阳时空大数据平台项目落地，在漯河、焦作、方城等地实施基础信息平台、数据更新、普查地类、数字城市等



156个项目，市县合作稳定增长。坚定不移实施“走出去”战略，与北京、上海、新疆、云南、湖南、江苏、陕西、宁夏、山西、河北、内蒙古等省市区，签订实施20个项目，继续保持省外业务快速增长。

改革创新持续深化

创新驱动发展，科技引领未来。测绘地理信息领域科技密集、创新驱动的特征突出，加强科技创新能够催生新产业、新模式、新动能。河南省测绘地理信息技术中心以重点突破带动全面推进，在军民融合、自主研发、实景三维、北斗三号、人才选拔等方面取得创新突破，交出测绘事业亮眼成绩单。

开辟军民融合新路径。形成军民融合发展“一张清单”，细化10项重点任务，统筹制定《2024年军民融合工作统筹图和路线图》。作为全省首批智库单位，河南省测绘地理信息技术中心承担4项科研课题研究，全力保障武警第一机动总队抗洪抢险任务，配合省自然资源厅接受2024年度全省军民融合发展工作实地督查；省测绘院、省遥感院突破性获得军工保密资质，在军民融合新赛道创启新篇，实现从0到1的重大突破。考察调研武汉、北京、深圳等10多个城市，协调座谈有关单位20多家，全年签订军民融合项目19个，让军民融合成为支撑中心事业转型升级的强力抓手。

转换自主研发新赛道。身处科技大爆发和人工智能时代，要不断加强自身创新能力建设，从根本上改变关键核心技术受制于人、“卡脖子”局面。河南省测绘地理信息技术中心积极贯彻落实省委创新驱动战略，召开自主研发动员大会，推选29名研发人员成立研发专班，落实实景三维库管软件等6项研发任务，编制完成《新型基础测绘体系自主研发技术方案》《实景三维河南软件产品版本发布规划》，同时搭建河南省实景三维生产服务应用全流程技术框架，基础地理实体数据生产软件投入使用，实现河南省自主可控实景三维基础软件从无到有的突破。基于国家要求，制定符合省情实际的实景三维数据产品标准，利用自主研发生产软件超额完成省级生产任务。

打造实景三维新模式。欲筑室者，先治其基。数字河南的璀璨楼阁，需要一座坚固、统一的时空基底。河南省测绘地理信息技术中心积极构建新型基础测绘体系，创新利用债券资金新渠道，推动1.74亿元省级经费落实和使用；按照“边建边用、以用促建”原则，编制《成果质量控制方案》《总体技术方案》等省级



方案，谋划实景三维成果应用场景，完成实景三维河南建设约64%省级生产任务，西南部禁飞区1.3万 km^2 5米格网DEM制作，西南部禁飞区外14.2万 km^2 机载激光点云数据获取和2.5万 km^2 2米格网DEM、DSM制作，以及12.4万 km^2 地形级基础地理实体数据转换生产，协助完成17个省辖市、济源示范区、郑州航空港区实景三维实施方案审查，为2025年实现地形级实景三维全省域覆盖打下坚实基础。

开启北斗三号新纪元。深入贯彻党中央、国务院关于推进北斗应用决策部署，落实省委、省政府数字化战略，整理汇交237个卫星导航定位基准站共计7117站天观测数据，完成全省测绘基准坐标框架更新，向社会提供基准定位服务次数累计超过7亿次。完成全省246座基准站北斗三号升级改造，132个基准站融入国家卫星导航基准站“一张网”，正式启用北斗三号差分信号，河南省卫星导航开启“北斗三号”新纪元。进一步拓展北斗应用场景，加快北斗在自然资源、应急管理、森林防火、智能驾驶等领域的深层次应用，努力为数字河南建设打造统一的时空基底，全力助推河南省数字经济发展。

拓展人才选拔新渠道。把准人才强省战略，可为测绘地理信息事业培养孵化更多高素质人才。2024年，河南省测绘地理信息技术中心成功申请组建河南测绘专业副高级职称评审委员会，并高标准完成年度评审工作。此次评审，全省共有219人申报、179人通过资格审核、108人通过评审，通过率为60.3%，为测绘事业发展积蓄人才储备力量。同时，严格选人用人，充分发挥职务职级并行制度激励作用，落实干部能上能下机制，通过公开招录、军队转业等方式引进专业人才。积极举办自然资源知识大讲堂等各类培训班9次，培训900余人次，被河南省政府表彰为“河南省技能人才高地建设工作先进集体”。

河南省测绘地理信息技术中心开展安全生产专项检查



为深入贯彻落实习近平总书记关于安全生产的重要指示精神，切实保护人民群众生命财产安全，2月14日，河南省测绘地理信息技术中心办公室主任陈政民带领安全督导组，对所属各单位及家属院开展安全生产专项检查。

陈政民在检查中强调，各单位及家属院物业要强化责任意识，深入贯彻落实“三管三必须”要求，

将消防安全纳入绩效考核体系，坚决杜绝形式主义排查。要常态化开展隐患治理，建立健全“隐患清单、整改台账、复查销号”闭环管理机制，重点防范电气火灾、消防通道堵塞等风险隐患。同时，要推动全民参与共治，通过专题讲座、应急演练等形式普及消防安全知识，提升干部职工及住户“自查自纠”能力，共同筑牢消防安全防线。

检查组重点对消防设施、电气线路、疏散通道等关键环节进行了全面排查：一是开展消防设施“全面体检”，现场测试消火栓水压，逐一核查灭火器生产日期、压力表数值及应急照明设备状况，要求建立“一器一档”动态管理机制；二是排查房屋楼顶安全隐患，对配电房、空调外机、楼顶线路敷设等情况进行专项检查，针对发现的线路套管脱落问题，责令责任单位限期整改；三是保障生命通道畅通，对部分住户在楼道堆放废旧家具、纸箱等杂物的现象，现场督促完成清理；四是开展“面对面”安全宣传，结合典型火灾案例，向住户讲解常见火灾隐患的危害性，切实增强居民的消防安全意识。

下一步，河南省测绘地理信息技术中心将持续开展安全检查“回头看”行动，以“零容忍”态度守牢安全底线，为测绘事业高质量发展保驾护航。☑（河南省测绘地理信息技术中心 冉灿阳）

河南省地理信息院开展城市三维模型快速构建技术培训

为提升城市三维模型快速构建能力，2月18日，河南省地理信息院邀请济南泰乐信息技术有限公司专家团队，就实景三维城市模型（LOD1.3）高效构建技术开展专题培训。

此次培训对标《实景三维河南建设总体实施方案（2023—2025年）》《实景三维中国建设城市三维模型（LOD1.3级）快速构建技术规定》要求，依托 SummitSolid 一站式单体化处理系统，重点围绕

体块模型构建、纹理挂接、属性处理、质量控制和成果汇交五大环节展开系统教学。

培训采取“理论+实操”模式进行。技术人员首先演示基础数据规范化处理流程，运用系统智能建模功能快速生成单体模型，并通过拓扑检查保障建模精度；在属性处理环节，系统自动采集建筑属性信息，经人工核验后形成标准化数据库；最后专题讲解了成果数据质量检查要点，规范数据汇交流程，确

保符合国家技术标准。

此次培训成效显著，参训人员系统掌握了从数据处理到成果生成的全流程技术规范，实操效率提升40%以上，为推进城市三维模型快速构建项目夯实技术基础。下一步，河南省地理信息院将科学制定项目实施方案，健全质量管理体系，定期开展岗位技能培训，着力打造专业化技术团队，高质量完成实景三维河南建设任务。☑（河南省地理信息院 李敏敏）

河南省测绘院开展综合素质培训

为进一步增强单位凝聚力，营造团结和谐的工作氛围，激活“文化年”建设新动能，2月13日至15日，河南省测绘院组织开展了“聚力争春早，奋进正当时”综合素质培训活动，全院200名干部职工踊跃参与。

开班仪式上，该院领导强调，团结协作是推动事业发展的核心动力，全体参训人员要以此次活动为契机，深入交流、密切配合，深化跨部门协作机制，切实将团队精神转化为推动落实2025年重点工作的具体实践，为全年工作开好局、起好步。

此次活动创新采用“分层设计，梯度赋能”模式，将200名职工划分为6支战队。各战队积极发挥创意，精心设计独特的队名、响亮的口号和激昂的队歌，充分展现出团队的个性与风采。随后，在一系列富有挑战性的团队活动中，各战队展开了激烈角逐，包括队列练习、

一圈到底、激情节拍、不倒森林、鼓舞人心、急速60秒等。活动现场，该院班子成员与队员们并肩作战，齐心协力，奋勇争先。现场气氛热烈，欢声笑语不断，加油声、呐喊声此起彼伏，充分彰显出“跨部门协作零障碍，攻坚克难敢担当”的精神风貌。

此次活动的成功举办，为河南

省测绘院注入了强大的发展活力。干部职工纷纷表示，将以此次活动为起点，把收获的团队精神、创新思维和高效执行力转化为工作的强大动力，用实际行动践行“三支撑、三服务”工作定位，为推动“文化年”建设，实现单位高质量、跨越式发展贡献更多力量。☑（河南省测绘院 许昀）



长垣市开展测绘企业安全生产检查

2月20日，长垣市自然资源和规划局测绘工作人员到河南中元地理信息技术有限公司，开展安全生产检查工作，旨在贯彻落实河南省自然资源厅有关安全生产文件精神，全面排查安全隐患，提升测绘企业安全生产水平。

检查中，工作人员重点围绕安全生产制度建立落实、安全生产教育培训、外业安全设施装备配置、测绘成果管理、外业车辆交通安全管理、办公场所消防设施配备、消防演练情况、安全生产台账建立、

日常值班等情况进行全面检查。

安全生产是企业发展的生命线，容不得丝毫懈怠。针对检查中发现的问题，工作人员现场反馈并明确整改时限，要求企业立即制定切实可行的整改措施，确保问题整改到位；同时要求进一步强化员工安全生产意识培训，提升安全操作技能，从根源消除安全生产隐患。

河南中元地理信息技术有限公司负责人表示，将严格按照检查组要求，认真落实整改措施，全面加强安全生产管理，确保安全生产工

作有效落实。同时，将以此次检查为契机，进一步提高员工安全生产意识，加强安全生产培训，为公司稳健发展筑牢根基。

此次检查进一步提升了企业安全生产意识，及时消除安全隐患，为安全生产形势持续稳定夯实基础。下一步，该局将继续深入开展测绘企业安全生产检查，加大隐患排查整治力度，坚决将风险隐患消除在萌芽状态，全力保障全市测绘行业安全稳定发展。☑（长垣市自然资源和规划局 刘新军 付国起 柳英杰）

大势智慧：绘出实景三维美丽画卷

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 杨庆广

在全面贯彻新发展理念、推动高质量发展的时代浪潮中，科技创新已成为城市发展的核心驱动力。武汉，这座充满活力与创新精神的中部重镇，高校里的科研成果犹如一座座知识宝库，不断输出着前沿理论与技术突破，一大批顶尖的科研人才正在用智慧和汗水推动科研成果从实验室走向市场。

近年来，武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室教授黄先锋创办武汉大势智慧科技有限公司（以下简称“大势智慧”），不断突破技术瓶颈，实现实景三维重建技术的国产化，催生出一系列可广泛应用于各行业数字化建设的产品，为国家测绘地理信息行业自主创新发展增添了“国产强心剂”。

实景三维国产化全流程生产

“武汉大学作为测绘遥感技术研究的前沿阵地，我们有责任推动科研成果转化，让国产的摄影测量技术真正解决行业痛点，持续深化应用。”黄先锋表示。

历经10年科研攻关，大势智慧掌握了多角度影像的国产化三维重建核心技术，解决了超大规模数据处理难题，实现各种国产化环境的软硬件适配，完成国内第一个国产化软硬件一体机的商业交付，解决了实景三维大规模数据的应用问题——实景三维数据轻量化。

基于这些自主可控的关键技



● 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室教授黄先锋

术，大势智慧建立了一套全国产的实景三维数据生产全流程软硬件产品体系，覆盖数据采集、自动三维建模、模型后处理、展示质检、成果汇交、数据管理全流程，同时实现三维重建软硬件的国产化替代和大规模数据应用。目前，大势智慧利用国产化三维技术与产品，已经为国内90%以上的测绘资质单位提供相关服务。

值得关注的是，大势智慧的核心软件“重建大师”能够支持超大规模自动化三维模型重建，无论是在建模效率还是建模质量方面，都已全面超越国外同类型软件，打破了国外三维重建软件垄断国内市场的被动局面。

重建大师已与多类国产软硬件环境适配，能够用国产设备实现大规模三维场景的高效率自动化建模，有效保障我国地理空间数据安全和生产过程的自主可控。为满

足加快推进实景三维中国建设的需求，重建大师还推出了卫星版，支持多源多角度卫星影像三维建模，建模效率高达1200km²/节点/天（0.5m分辨率）。

截至目前，重建大师彻底实现实景三维重建处理软件的国产化替代，是全球唯一一款可以完成百万张照片一次性空三及建模的软件，先后被评为2022年湖北省优秀软件产品、2022年测绘地理信息创新产品。值得一提的是，2023年中国实景三维相关软件“Mesh三维模型数据生产类软件”测评中，重建大师软件官方测评排名第一。

打造信创三维重建装备

硕果累累的背后是对创新的不断努力与钻研。大势智慧联合创始人张帆表示：“武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室的前沿理论指引着大势智慧向正确的科研方向发展，目前60%以上研发人员专注于底层技术研发工作。”

在推动三维重建底层技术自主研发创新的同时，大势智慧积极响应国家推进测绘地理信息技术全面信创的号召，强力打造国产化三维重建装备。

早在3年前，大势智慧已经启动信创自主可控产品研发任务。目前与鲲鹏、海光、飞腾等国产CPU完成适配工作，与银河麒麟、统信、中科方德三款国产操作系统完成

深度适配。

2023年，大势智慧推出符合信创要求的软硬一体高效集群建模解决方案——重建农场信创版（以下简称“信创农场”）。2024年，大势智慧又推出自主研发的全流程实景三维数据信创生产体系，实现国产CPU+国产GPU+国产操作系统+国产全流程软件生产工具深度融合与最优适配，在解决测绘生产端数据安全问题上，取得突破性成果。

信创农场是大势智慧与整机厂家清华同方及GPU厂家芯动科技联合打造的一款实景三维重建信创设备。以多核心、高主频、全生态的CPU和高性能DCU，轻松实现超大规模的集群运算，在满足信创要求的同时，助力用户高效完成实景三维建设任务。

张帆介绍，信创农场以高效的重建算力和安全可信的生产环境吸引着测绘资质单位用于项目生产。例如，在某用户单位生产项目上，对中心城区面积为6km²、地面分辨率1.5cm的3万张影像进行三维重建，使用信创农场不到1天时间就顺利完成。

“针对信创农场这套装备，我们在选型调研、测试验证等各方面都做了很多投入，通过大量测试对各类国产化零部件产品与软硬件进行整合优化，提升国产产品的核心竞争力。”黄先锋表示。

接下来，大势智慧将持续深入打造实景三维数据生产全流程信创产品体系，保证国产化三维重建信息技术体系的自主可控与安全可靠。

让实景三维更好地赋能应用

在文化遗产数字化保护与传承方面，大势智慧发挥出了三维重建数字化技术的价值。

云冈石窟是中国规模最大的石窟群之一。大势智慧采用三维激光扫描、近景摄影测量等技术，参与了云冈石窟第13~16窟的数字化重建保护工作，对石窟进行全方位、非接触式的数据采集。仅在云冈第16窟的保护工作中，数据采集阶段就拍摄了共计33.7万张高清影像，最终生成石窟三维模型体量高达560GB，助力云冈研究院建立了完整的石窟数字化档案。

由于石窟模型数据量庞大，模型在展示和浏览时加载速度缓慢，甚至出现延迟过高、掉帧、页面崩溃等情况。因此，模型建成后的石窟数据量简化工作也相当重要。

“我们通过轻量化技术将原本560GB的模型压缩至9.9GB，轻量化率达到98.2%，让这种超大规模的石窟场景在手机、平板电脑、PC端随时打开，并且能够快速浏览。”大势智慧营销中心总经理段鸿介绍，轻量化技术为文物的展示传播提供了有力支撑，确保文化遗产模型“减量不减质”，提升多端展示浏览体验，让文化遗产数字化成果“飞入寻常百姓家”。

2024年初，大势智慧推出轻量化大师软件，进一步降低了轻量化技

术的使用门槛与用户门槛，助力解决实景三维应用难的问题。

从提供完整的服务到提供成熟化产品，从新型基础测绘、实景三维中国建设到智慧城市、智慧水利、国防军工、乡村规划、建筑施工，甚至是考古、农业等多个行业领域，均能看到大势智慧的身影。大势智慧将三维重建这项通用性极强的基础性技术与泛测绘行业需求打通，并根据不同的应用场景打磨出一系列标准化的解决方案，让实景三维数据底座更好地赋能行业应用。

随着低空经济的迅速发展，大势智慧利用自身领先的三维技术实力，积极探索三维与AI相融合的技术发展路径。2024年11月，大势智慧发布低空三维AI智算平台，实现三维数据生产到应用的全流程一体化，让三维技术在低空场景变得更加简单和高效。

“未来，大势智慧将持续加大技术投入，拥抱人工智能，围绕自动化三维重建、实时三维建模、低空三维AI智算多个技术层面，进一步开展技术研发。同时，积极探索AI赋能下的三维技术在各类场景的实际应用，描绘自主可控的AI+实景三维画卷。”黄先锋表示。☑



● 大场景城市实景三维模型

实景三维上海动态拟真城市发布

◎ 赵万为 毛炜青

近日，上海市测绘院发布了“实景三维上海动态拟真城市”数据产品（以下简称“拟真城市”）。拟真城市采用“空一天一地一地下—水下”新型基础测绘体系，实现城市全空间三维信息的精准采集与真实复刻，是“可感知、可分析、可决策”的实景三维数据产品。

上海市测绘院在新型基础测绘既有经验基础上，面向未来实景三维数据基底建设要求，以健全标准体系、完善语义信息、提升数据质量、创新应用场景为目标，于2024年启动了三维数据治理工作，重点建立适合未来发展空间的数据存储管理体系、设计符合未来应用需求的数据产品体系、打造切合生产与发布实际的数据动态更新机制等。

2024年7月，上海市测绘院以应用需求为牵引，发布了首批三维数据治理成果——“实景三维上海意象框架城市”数据产品，该产品利用建筑、道路、水系、绿化等城市基础要素以及地下管线、桩基、水下地形等地下空间要素的白模和素模，实现超大城市三维场景的数据轻量化、视觉意象化、应用敏捷化，为城市规划、治理更新、低空经济发展等提供基础底板。

随着数据治理工作的推进，上海市测绘院在语义化建模、湖仓一体化存储、三维模型动态发布方面进行了充分探索，初步构建了面向未来的实景三维数据生产体系。基于该生产体系，上海市测绘院对“一江一河”核心区域进行了三维数据治理与更新，于近期推出了全空间虚拟与现实一一映射的“拟真城市”。

——从地上到地下、从陆地到水域，拟真城市刻画了全空间结构和重要时空信息，“细品城市精致入微”。拟真城市采用智能化、精细化、标准化全息测绘技术，搭建了实景三维多层次数据产品，形成协调统一、精细入微的拟真城市静态基底：全息道路模型通过全要素采集、部件化建模勾勒出纵横交错的“城市动脉”；地下轨交、桩基模型衔接地地上建构物，为城市地下空间规划提供了“透视图”；地下管线模型按照类别对管点、管线设备进行建模与渲染，绣出城市运行“生命线”；苏州河水下地形一览无余，清

晰呈现水下世界“秘境”。

——从历史到现在，从静态到动态，拟真城市接入实时感知数据，“细察城市灵动生机”。时空特性是静态基底的内在属性，拟真城市通过历史数据的汇聚，展示了城市发展变迁。时空行为大数据是支撑静态基底有序运行的来源，通过接入智能设施和感知体系，形成可兼容异构信息的动态基底：以城市治理单元为基础进行多源信息挂接，实现人、地、事、物等管理对象的时空映射，助力管理信息数字化、城市治理精细化；基于政务服务与社会化多元时空动态大数据，从时间、空间多维度展示城市运行状态，为政府、企业和公众等应用场景建设提供信息可视化窗口与智能化服务出口；叠加城市视频监控，在广阔的地形场景或错综复杂的建筑内部场景，让虚拟与现实完美融合，形成物理城市的动态实时画像。

——从现在到未来，从意象到拟真，拟真城市可实时监测并精准调控城市运行状态，“细探城市潜力无限”。拟真城市整合城市运行数据与时空信息，实现静态与动态行为数据之间的互联、互通、互操作，形成虚实相生、万物互联的拟真城市孪生基底：在规划建设方面，拟真城市提供规划、建设和管理全过程可视化、可模拟、可分析能力，赋能城市管理、土地规划、工程建设“规管建”一体化发展，谋划宜居宜业的“梦想之城”；在城市管理方面，拟真城市构建了重点区域建筑内部结构模型，实现室内空间的精细分割，明确空间形态、容量质量等多维信息，为城市更新提供建筑功能快速转换的现状依据，助力城市“卓越运营”；在智慧园区方面，拟真城市对建筑、人、车、资产设施进行全联接构建园区数字孪生，实现数据全融合、状态全可视、业务全可管、事件全可控，打造智慧楼宇、智慧车库等示范场景，支撑园区“智慧管理”；在智能交通方面，拟真城市接入交通信号灯，将汽车、交通、通讯充分融合，搭建无人驾驶测试模拟场景，帮助开发者在虚拟环境中测试无人驾驶从感知、决策、控制到交互的整个过程，为无人驾驶提供“实训场”。（作者单位：上海市测绘院）

厦门：为测量标志保护装上“智慧大脑”

◎ 颜妍 朱永红 李彬钰

近日，由福建省厦门市自然资源和规划局、厦门市测绘与基础地理信息中心共同完成的“基于物联网智能感知模式的测量标志管护机制研究及‘智慧测量标志’信息化平台建设”项目荣获2024年福建省测绘地理信息科技进步奖一等奖。这是该项目继取得国家知识产权局颁发的三项实用新型专利后，在专业领域获得的又一项重磅荣誉。

测量标志保护关系国家经济建设和发展的安全保障。过去，主要依靠传统的人工定期现场巡查保护方式，进行测量标志及保护装置的损坏上报和事后修复，需要投入较多的人力物力，信息更新和问题发现存在“滞后性”。2019年起，厦门市测绘与基础地理信息中心建立厦门市测量标志在线监测管护系统平台，将智能传感器设备引入测量标志保护工作，通过采用智慧物联网技术，建立基于地理信息的物联感知，结合智能传感器、智能锁、NB-IoT（窄带低功耗蜂窝物联网）、云计算及大数据等技术手段，为全市109座具有重要应用和保护价值的高等级测量标志点安装智能锁井盖并开展实时监测，进一步提升巡查保护工作效率，助力测量标志保护工作规范化、智能化。

完善智能管护体系，实现全流程动态管理。传统测量标志保护井盖多为预制水泥块，保护作用有限，对于翻动甚至破坏往往不能及时发现和制止。为此，厦门市测绘与基础地理信息中心从规范管理和信息技术入手，一方面，在厦门市测量标志在线监测管护系统平台建立测量标志使用全流程管理标准规范，增设授权审批环节，对测量标志的使用申请、涉密审批、授权使用、实时监测和及时保护等环节实行全生命周期闭环管理；另一方面，为实时判断受保护的测量标志井盖发出的警报信息是否属于破坏行为或授权使用行为，工作人员在保护井盖上搭载自主研发设计的集成智能传感器、机械锁和智能锁，为该平台自动实现智能传感器异常倾斜位移的预警触发和指令授权开锁。

线上线下协同管护，巡查效率不断提升。厦门市测量标志在线监测管护系统平台上线前，多数测量标志点位由巡查人员每季度定期人工巡查，部分点位处

于深山密林，巡查难度大，只能一年巡查一次，异常情况难以及时发现。厦门市测量标志在线监测管护系统平台建立后，作为测量标志保护的中枢，通过与物联网云平台实现实时数据交互，对各点位实时监测、不间断保护，一旦产生预警信息，经平台自动分析研判，通过小程序“i测量标志”移动端向外业巡查员发出测量标志巡查任务，形成“双端联动”的数字化管护模式。当监测管护系统发现异常时，平台将自动推送预警和点位信息，便于巡查人员及时赶赴现场核实、修复，还可通过移动端扫描智能井盖上增设的二维码，将测量标志当前状态与现场周围环境等拍照上传反馈，形成“发现—上报—核实—反馈”的测量标志全流程管理体系。截至1月15日，该平台已监测测量标志疑似遭破坏1441次，委派巡护管理人员现场巡查663次。

扩大社会管护参与度。厦门市在智慧测量标志的实用和美观上下功夫，将自然资源元素与测绘、城市环境融合，为城市绿地、道路增添色彩。此外，智慧测量标志井盖增设的二维码涵盖点号、点名、等级等测量标志基础信息，市民可扫描二维码通过“i测量标志”小程序查询认识测量标志基础信息或上报标志点位异常情况，异常情况经管理员核实后推送巡查人员现场处理，处理结果可通过小程序反馈上报人。截至目前，有3起异常情况由市民群众通过小程序参与上报反馈，形成了全民共同维护测量标志的良好氛围。

☑（作者单位：厦门市自然资源和规划局）



黑龙江测绘地理信息局： 用数字智慧点亮冰雪盛事

◎ 孟婷

当亚洲健儿在哈尔滨的冰雪赛场尽情驰骋，当亿万观众为第九届亚冬会的精彩欢呼雀跃，很少有人知道，在这场冰雪盛事的背后，黑龙江测绘地理信息人以“助力亚冬，奉献有我”的高度责任感和专业精神，用智慧和汗水为这场盛会的成功举办提供了坚实的技术保障。

提供快速审图服务，守护国家版图安全

亚冬会期间，黑龙江测绘地理信息局结合亚冬会组委会的地图服务需求，积极履行地图服务职责，在自然资源部，黑龙江省委、省政府的指导下，成立亚冬会用图工作专班，开辟快速审图通道，明确地图监管流程，与亚冬会组委会在赛事活动、涉外活动、宣传活动中建立了顺畅的用图沟通协调机制。

为确保亚冬会审图工作顺利开展，专班制定了节假日应急保障预案，春节期间也能及时处理地图报件，有力守护了国家版图安全，高标准、高质量的地图服务保障工作得到组委会和有关部门的高度肯定。

运用数字孪生技术，提供真实准确的空间底座

2024年10月，自然资源部经济管理科学研究所启动了亚冬会实景三维数据生产及平台建设，基于实景三维技术获取亚布力滑雪场及哈尔滨冰雪大世界等重点场馆的实景三维模型，真实还原赛事场馆全貌。此次抽调数据生产、系统研发的精兵强将，组建了亚冬会保障突击队、技术攻关组和青年突击队，提供驻场服务，助力亚冬会的数字孪生建设。通过数字孪生技术的应用，打造了一套室内外三维建模与综合安保管理平台。

从宏观到微观，综合利用北斗定位服务、倾斜摄影、贴近摄影等多源化测量手段，对5个冰上场馆、6个雪上场地及45个非竞赛场馆进行了高精度数据采集，拍摄照片26.3万余张，数据量达5.26TB。利用人工智能、图像处理、空地融合等先进技术，自动化构建了101平方千米的室外三维模型，并对周边建筑、

道路、停车场、植被等进行全面还原，形成与真实环境高度一致的数字孪生环境。

15人，15天。春节前，汪永强就带领技术团队入驻亚冬会主会场，为相关单位提供24小时驻场服务。汪永强是测绘保障专班的技术负责人，为赛事安保工作筑牢技术防线是他和团队的职责所在。他们日夜坚守，直到亚冬会开幕式结束才回到单位，但仍时时与前方保持连线，以备应对突发状况。

模型生产组采用国内最先进的测绘技术构建了亚冬会56个室内外三维模型，研发了亚冬会综合安保指挥平台。该组负责提供基础数据支撑服务，打造高精度数字孪生底座。这支技术团队通过卫星遥感、航空摄影、机载雷达、穿戴式背包和手持扫描设备，获取三维点云数据，构建了宏观可视、直接可见、精准可量测的三维模型，实现对场馆、火炬传递路线、亚布力赛区等场景的真实还原。为确保亚冬会安保工作万无一失，模型生产组全员连续奋战70余天，力求每个模型都精准无误。

“以实景三维数据为基底，搭建了覆盖面积超100平方千米的综合安保管理系统，实现24小时实时视频监控、警力资源调度、勤务路线规划等功能，清晰展示各场馆的整体面貌和内部空间。围绕比赛环节、观众路线，对志愿者和安保人员进行科学合理的部署，进一步优化了赛事服务设施。相比传统安保模式，该系统响应时间缩短30%，资源配置效率提高40%。”自然资源部经济管理科学研究所所长孙睿英为这支敢打硬仗的团队感到自豪。

研建“亚冬会地理空间一张图”，进行全过程信息化监管

在亚冬会总指挥部（主运行中心）的大屏幕上，即时调用的“亚冬会地理空间一张图”就出自自然资源部黑龙江基础地理信息中心的一支年轻技术团队。该团队平均年龄34岁，技术精湛、经验丰富，在各种急难险重任务中冲锋在前，先后获得全国工人先锋号、



● 在亚布力赛场获取高精度数据

自然资源部及省直机关青年文明号等荣誉。

“亚冬会地理空间一张图”通过将传统的文字表格数据赋予空间生命力，为亚冬会住宿宾馆和赛事场馆运行板块的指挥调度提供时空智能服务。通过该系统，可以直观掌握全部 11 个赛事场馆的地理位置，实时查看 39 家住宿宾馆的分布区域、接待能力、接待对象、安保等级等信息，所有数据“跃然图上”，为亚冬会场馆智能化保驾护航。

研判指挥需要最新的、高清晰的遥感影像数据作支撑。“为及时获取亚布力比赛场地高清遥感影像，团队无人机机组成员提前制定飞行计划、精心规划航线、备足后勤补给，在零下 20 多摄氏度的严寒条件下，连续工作三昼夜，完成了亚布力比赛场地遥感影像数据采集。”黑龙江基础地理信息中心主任刘喜说，有了高清遥感影像的加持，所有赛事场馆和住宿宾馆的地面环境均清晰可见，连赛道周边的防护装置都可以准确辨别。

连续奋战，团队成员没有一个人叫苦、退缩，他们心里有一个共识：亚冬会在家门口举办，作为测绘人，能够发挥技术优势尽一份力，是莫大的光荣。

以高精度测绘与定位技术辅助场地建设

“这片场地非常好，符合国际赛事比赛场地的要求。”徐梦桃获得本届亚冬会自由式滑雪女子个人空

中技巧冠军后，如是评价亚布力比赛场地。

自然资源部第四地形测量队参与了亚布力雪上项目的改扩建任务，为赛场建设和设施安全提供了坚实保障。项目启动后，成立了一支涵盖卫星遥感、多源数据建模、变形监测等多个领域的专业项目组，投入 650 余人次，配备了高精度定位仪、自动瞄准全站仪、无人机等设备 30 余台。他们不仅完成了亚布力基地的地形地貌测量，还进行了长达 3 个多月的沉降和水平位移监测，确保了赛道安全稳定。春节期间，项目组全员在岗，实行“赛前一日一测、赛事期间一日三测”机制。赛事期间重点对 U 型池和空中技巧两个项目运动员通道和出发区的山体斜坡实施人工监测，精准研判、实时预警，确保运动员人身安全。

通过对亚布力雪上比赛场地平面和高程控制点测量、无人机航摄，获取赛场点云数据和高分辨率正射影像，准确掌握亚布力基地的地形地貌特征。内外业多人协同作业，生产制作 1:500 和 1:2000 比例尺 DLG 等基础数据，为雪道设计、施工和运营提供基础数据支撑。借助高精度北斗 GNSS 等测量设备，实现山高林密等困难区域的精准定位，解决了赛场建设初期林区内场地选址和征地红线定位困难的问题。

黑龙江测绘地理信息人用实际行动诠释着“助力亚冬，奉献有我”，让哈尔滨这座“双亚冬之城”呈现出独特魅力。☑（作者单位：黑龙江测绘地理信息局）

充分发挥测绘地理信息数据要素保障作用 助力数字经济发展

◎ 熊伟

党的十九大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视现代化产业体系建设，多次强调“加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合”，对数字经济发展作出战略部署和系统安排。2021年，国务院印发《“十四五”数字经济发展规划》，首次明确指出“数字经济是继农业经济、工业经济之后的主要经济形态，是以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力，促进公平与效率更加统一的新经济形态。”深入贯彻落实党中央、国务院关于发展数字经济的重大决策部署，应深刻认识发展数字经济是我国把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择，深刻理解数据作为生产要素的发展要求，不断释放测绘地理信息数据要素潜能，充分发挥测绘地理信息数据要素保障作用，加快推动测绘地理信息转型升级，赋能经济社会高质量发展。

一、数据要素的基本内涵

1. 什么是生产要素

生产要素是指进行社会生产经营活动时所需要的各种社会资源，是维系国民经济运行及市场主体生产经营过程中所必须具备的基本因素。生产要素是构成生产力（劳动者与生产资料）的基本因素，生产

力的发展与生产要素的利用和配置密切相关。

生产要素是一个历史范畴，其构成随着经济社会的发展而不断演进。比如，农业时代的生产要素主要包括土地、劳动力、资本三要素；第一次和第二次工业革命后的工业时代产生了技术要素，包括技术、资本、土地、劳动力四要素；数字时代的到来催生了数据要素，形成数据、技术、资本、土地、劳动力五大生产要素。

2. 数据成为生产要素的机理分析

数据，本质上是对自然现象、自然地理要素和人工设施、经济活动等客观事物或事件进行电子或非电子形式的记录，并可以识别或鉴别的符号，包括数字、文字、字母、图形、图像、视频、音频等。

数据通常产生于人类生产生活过程，又用来指导生产生活实践。比如，农业时代，古人逐渐掌握通过观察和分析云彩变化规律、获取天气预测数据的方法，指导农业生产，提高农业生产率；工业时代，人类利用先进的科学技术生产天气预测数据，并不断提高预测准确率，更好地指导农业生产。

农业时代和工业时代，人类更关心的是农产品、工业产品等物质资料生产过程（生产、分配、交换、消费），通常将数据作为提升生产

效率的某种工具或方法。另一方面，因为数据本身不会生产出房子、汽车、大米等产品供人类消费使用，同时受人类发展程度和发展需求等因素影响，决定了农业时代和工业时代的数据不会像技术、资本、土地、劳动力对生产起到决定性作用。但是，客观来看，数据从诞生之日起一直都带有劳动资料或劳动对象的属性，并不同程度地参与实际生产过程，发挥着十分重要的作用。

从20世纪中叶通用计算机的问世，到20世纪80年代末期互联网的兴起，为推动数据成为生产要素提供了初步可能。此后30多年，随着计算机、互联网、通信、对地观测等技术的不断升级进步，尤其是人工智能、云计算、大数据、物联网、区块链等新一代信息技术的快速发展，能够迅速生产出与经济社会发展密切相关的海量数据，能够实现数据的快速流通、自动计算分析和深度开发利用。在各种先进的数字技术支撑下，数据能够全方位融入物质资料生产过程并对生产效率和质量提升起到决定性作用，成为新型生产要素，同时也宣告数字时代的到来。

可以看到，数据成为新型生产要素，具有重要的时代特性，离不开先进数字技术的支撑，需要与技术要素融合后共同参与物质资料生产过程。比如，现代智慧工厂生产

一辆智能汽车，从冲压、焊接、涂装到总装、电池组装等几乎所有工艺都是由机器自动化完成，这背后就是数据和技术共同在发挥作用。此外，数据要素对生产的投入具有相对独立性，能够独立参与收入分配，但需要与劳动、土地、资本、技术等其他要素协同，共同完成生产任务，进而产生倍增效应。比如，通过加强空间数据、产业数据、人口数据、生态数据与土地数据的融合，可以提高土地要素配置精准性和利用效率，提升土地要素保障能力，有力支撑一二三产业升级发展。

在实际工作中，数据可分为四类：一是作为生产要素直接用于交易的数据，比如大数据交易所交易的数据（场内交易）和场外直接交易的数据；二是作为生产要素用于提升单位最终产品或服务性能和生产效率的数据，比如优化生产线、强化信息化管理；三是作为生产要素用于企业兼并收购或战略合作的数据，能起到决定性作用，非直接交易数据；四是作为最终商品或服务的数据，具有生产要素和非生产要素的双重属性，比如在线资讯和视频对于老百姓来说就是一个消费品，对于企业生产来说可能起到完善营销策略等作用。

二、国家关于发挥数据要素保障作用的具体要求

党的十九大以来，习近平总书记高度重视发挥数据要素作用和完善数据基础制度，党中央、国务院、相关政府部门及地方政府出台了发挥数据要素保障作用的相关政策法规文件，为做好测绘地理信息数据要素保障工作提供基本遵循。

1. 习近平总书记就发展数据要素提出明确要求

2017年12月8日，习近平总书记在十九届中央政治局第二次集体学习时强调，“要加快建设数字中国，构建以数据为关键要素的数字经济，推动实体经济和数字经济融合发展”。首次明确数据是一种生产要素，充分肯定数据在发展数字经济过程中的关键作用。

2018年4月20日，习近平总书记在全国网络安全和信息化工作会议上指出，“在以信息化培育新动能方面，要加快推动数字产业化，发挥互联网作为新型基础设施的作用，发挥数据、信息、知识作为新生产要素的作用，依靠信息技术创新驱动，不断催生新产业新业态新模式，用新动能推动新发展”。

2019年，习近平总书记在党的十九届四中全会上强调，“坚持按劳分配为主体、多种分配方式并存。坚持多劳多得，着重保护劳动者报酬，提高劳动报酬在初次分配中的比重。健全劳动、资本、土地、知识、技术、管理、数据等生产要素由市场评价贡献、按贡献决定报酬的机制”。首次提出将数据作为生产要素参与分配。

2021年10月18日，习近平总书记在十九届中央政治局第三十四次集体学习时指出，“数据作为新型生产要素，对传统生产方式变革具有重大影响”。

2022年6月22日，习近平总书记在中央全面深化改革委员会第二十六次会议上指出，“数据基础制度建设事关国家发展和安全大局，要维护国家数据安全，保护个人信息和商业秘密，促进数据高效流通使用、赋能实体经济，统筹推进数据产权、流通交易、收益分配、安全治理，加快构建数据基础制度

体系”。

2. 国家对发展数据要素作出重要安排

2020年，中共中央、国务院印发《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》，将数据与土地、劳动力、资本、技术等生产要素相并列，提出要加快培育数据要素市场。

2021年3月11日，十三届全国人大四次会议表决通过《国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，提出了“激活数据要素潜能”“建立健全数据要素市场规则”“发展技术和数据要素市场”等重要任务。

2022年12月，中共中央、国务院印发《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》（俗称“数据二十条”），从数据产权、流通交易、收益分配、安全治理四方面系统性构建数据基础制度体系的“四梁八柱”，绘制了数据要素发展的长远蓝图。

2023年2月，中共中央、国务院印发《数字中国建设整体布局规划》，明确要求按照“2522”整体框架布局“夯实数据资源体系”“畅通数据资源大循环，推动公共数据汇聚利用，释放商业数据价值潜能，加快建立数据产权制度，开展数据资产计价研究，建立数据要素按价值贡献参与分配机制”。

3. 相关部门及地方政府推进数据要素市场建设的相关实践

2020年以来，《中华人民共和国数据安全法》《贵州省政府数据共享开放条例》《上海市数据条例》等一批数据相关法律法规陆续出台，为规范有序推进数据汇聚、共享、开发、开放，培育发展数据要素市场，提供了遵循和指导。

2023年8月21日，财政部印发《企业数据资源相关会计处理暂行规定》，推动企业按照国家统一的会计制度对数据资源进行入表会计处理，激活数据要素价值。

2023年12月31日，国家数据局等17部门联合印发《“数据要素×”三年行动计划（2024—2026年）》，明确了工业制造、现代农业、文化旅游、城市治理、绿色低碳等12个领域的数据要素应用重点行动，旨在贯彻落实习近平总书记关于发挥数据要素作用的重要指示精神和党中央、国务院决策部署，解决我国数据供给质量不高、流通机制不畅、应用潜力释放不够等问题，发挥数据要素乘数效应，赋能经济社会发展。

2023年12月31日，财政部制定印发《关于加强数据资产管理的指导意见》，从依法合规管理数据资产、明晰数据资产权责关系、完善数据资产相关标准、强化数据资产过程监测等12个方面提出了具体要求，旨在深入贯彻落实党中央关于构建数据基础制度的决策部署，规范和加强数据资产管理，更好推动数字经济发展。

2024年5月24日，在国家数据局推动下，贵阳大数据交易所等24家数据交易机构在数字中国建设峰会主论坛上联合发布《数据交易机构互认互通倡议》，旨在提高数据流通和交易效率，降低合规流通和交易成本，激发数据要素市场活力，推动构建统一开放、活跃高效的数据要素市场。

三、充分发挥测绘地理信息数据要素保障作用的若干建议

发展数字经济已成为我国重要的战略任务，数据要素是推动数字

经济持续发展壮大的核心引擎。2022年，我国的数字经济规模达到50.2万亿元，占GDP比重提升至41.5%，已成为稳增长促转型的重要引擎。测绘作为国民经济和社会发展的基础性事业，天然就与数据打交道，尤其是进入21世纪、完成数字化测绘技术体系改造以后，这一特点更为明显。数字经济时代下，为更好地发挥测绘地理信息服务支撑作用，应加快谋划测绘地理信息数据要素发展思路，激活测绘地理信息数据要素潜能，推动测绘地理信息数据赋能经济社会高质量发展。

一是深入贯彻落实习近平总书记关于发展数据要素的重要论述精神，参考借鉴中央及有关部门关于加强数据要素市场建设的主要做法，从数据要素的基本内涵和价值作用等层面谋划和推动测绘地理信息数据相关法律法规制度建设，为建立繁荣、有活力的测绘地理信息要素市场提供基本的制度保障。

二是积极培育测绘地理信息数据要素市场。制定测绘地理信息数据场内交易推进行动方案，引导测绘企业赴各地全国性数据交易机构开展数据交易活动。培育和发展测绘地理信息数据交易第三方服务机构，打造权威、统一的全国性数据交易服务平台，鼓励各类测绘单位提交拟上市交易且权属清晰的数据产品清单，促进数据合规交易。鼓励测绘地理信息单位围绕各行业各领域信息化、数字化、智能化发展需求，加强测绘地理信息数据服务，推动“数据产品”成为“数据要素”，促进全社会数字化、智能化水平。

三是不断提升测绘地理信息数据要素保障能力。开展测绘地理信息领域质量提升行动，面向数字中

国、数字经济、数字政务、数字社会、数字文化等建设需求，明确提升测绘地理信息数据供给能力的发展指标，重点突出数据服务效率和质量方面的关键指标，制定出台相应的技术规程。顺应数字化发展趋势，推动测绘地理信息科技创新与人工智能的深度融合，加快构建适应测绘行业特点的人工智能大模型，大幅度提升测绘地理信息数据生产和服务能力，激发数据要素潜能，强化数据要素保障。着力解决测绘地理信息数据安全保密与参与社会化大生产的实际矛盾，将测绘地理信息保密数据处理技术研发工作作为全局性工作推进，提供充足的资金、人才、管理等支持，持续优化数据保密处理技术研发机制，吸收全社会力量参与保密数据处理研发，力争早日实现大多数测绘地理信息数据都可以脱密使用的目标。

四是加快推进测绘地理信息数据要素基础制度建设。坚持市场在资源配置中起决定性作用和更好地发挥政府作用的原则，完善测绘地理信息数据供给和配置体制机制，明确测绘地理信息数据市场参与者的权利和职责。完善优化地理信息数据保密管理制度，适应形势发展需要，及时修订测绘地理信息保密管理政策，尽可能增加数据供应流通量，减少数据交易制度性成本。充分借鉴全国数据交易中心运行模式、首部数据确权授权标准、数据资产入表试点、数据要素登记规则及测绘地理信息领域数据交易实践等相关工作和制度成果，深入研究分析测绘地理信息数据生产和服务特点，加快建立测绘地理信息数据分类分级保护、确权登记、流通交易、安全治理等制度。☑（作者单位：自然资源部测绘发展研究中心）

基于Anubis多模多频GNSS数据质量性能验证与分析

徐波

(浙江时空道宇科技有限公司, 上海 200030)

摘要: 鉴于传统主流数据质量检测软件在处理多系统、多模式、多频段的全球混合卫星导航定位系统数据时存在局限性, 特别是缺乏对我国北斗导航定位系统等新兴系统的支持, 研究特引入阿努比斯 (Anubis) 软件。通过分析 Anubis 软件的核心功能和用法, 利用实测数据与传统质检软件 TEQC 和 BNC 进行对比测试, 并进行质量检验和性能分析, 同时采用两种不同环境的基准站数据, 验证其可用性。结果表明: Anubis 数据质量检核结果与 TEQC 和 BNC 相当, 但 Anubis 全面支持北斗系统各频点, 且在数据质量指标统计分析上展现出更高的精确度和深度, 能深入剖析各卫星频点的质量状况, 同时, Anubis 在不同环境对多系统数据的灵敏性和可用性均表现出色, 适用性和实用性较强。

关键词: 数据质量检核; Anubis; TEQC; BNC; 可用性

1 引言

随着我国北斗事业的发展, 用户已逐渐从依赖单一 GPS (Global Positioning System) 系统的定位方式过渡到以北斗系统为核心, 同时兼容其他卫星系统的多星座、多系统、多模多频的全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 定位方式, 进入“四多”时代。在“四多”时代背景下, GNSS 数据更丰富, 可为用户提供更广泛的观测数据, 同时也对用户提出了更高要求。用户必须制定并实施全面高效的数据预处理策略, 这一策略包含观测数据的编辑、质量检查及可视化分析等环节, 便于用户获得精度更高、可靠性更强的导航、定位及时间信息^[1,2]。

目前, 国际导航卫星数据处理软件主要包括: 美国地壳形变观测研究大学联合体研制的 TEQC (Translation, Editing and Quality Checking)、德国波茨坦地学研究中心开发的 GFZRNX、德国联邦制图和大地测量局开发的 BNC (BKG Ntrip Client), 以及捷克地形与地图制图研究所开发的 Anubis 软件等导航卫星数据处理领域的 4 大主流软件。其中, TEQC 在 RINEX 文件格式转换、内容编辑以及质量检测等方面性能表现较好, 但因其已经停止更新, 导致 TEQC 仅支持 RINEX 2.11 及以下版本, 无法支持我国的北斗系统^[3]; GFZRNX 在数据编辑方面表现出色, 能够兼容 RINEX 3.02 及以下版本, 然而, 它在卫星数据质量指标具体分析上存在局限, 在可视化方面的表现也略显不足; BNC 软件虽然支持 RINEX 3.02 版本, 且能够展

示多路径、信噪比等部分参数的可视化效果, 但在可视化可靠性方面仍需进一步完善和优化; Anubis 支持 RINEX 3.04 及以下版本, 几乎兼容所有导航卫星系统的观测数据, 包括我国 BDS-3 的系统频点, 能对 GNSS 系统进行深入且全面的分析, 具体涵盖多路径、周跳、信噪比等多个关键参数, 同时可以根据系统、卫星、频点等进行针对性的质量评估。此外, Anubis 还极大地简化了可视化过程, 使可视化内容变得更加丰富^[4-6]。

2 Anubis 与 GNSS 主流质检软件对比

通过表 1 可以看出, 几款数据质检软件均可在主流操作系统下运行, 除 BNC 是交互式操作方式以外, 其他几款均为命令行形式。通过对比可知, 只有 Anubis 和 BNC 两款软件支持对多系统数据进行全方位分析, 同时 Anubis 具有强大的可视化功能, 支持的 RINEX 格式版本也是最高的。Anubis 软件功能多样且全面, 包括数据预处理、观测数据质量检查以及强大的可视化等多个重要功能, 能够精确计算卫星观测数据量、数据可用率以及卫星数量等重要指标, 同时具备强大的可视化功能, 能够直观呈现单系统或者多系统卫星相关数据特点和关系^[7,8]。

3 数据质量检核标准

通常利用多个数据指标来综合评估 GNSS 数据质量的优劣程度, 主要包括数据有效利用率、周跳比、多路径效应以及信噪比等关键参数, 通过数据分析软件

作者简介: 徐波 (1991—), 男, 汉族, 硕士研究生, 工程师, 主要从事 GNSS 导航定位与数据处理工作。

按照科学的计算方法对各系统各指标进行具体化计算分析,按照相关行业标准定义 GNSS 数据质量的优劣程度,以下对具体指标进行介绍。

表1 各卫星数据检核软件对比

功能	具体介绍	Anubis	TEQC	GFZRNX	BNC
	操作系统	Wins/Linux/OS	Wins/Unix/Linux/OS	Wins/Linux/OS	Wins/Linux/OS
使用环境	操作方式	命令行	命令行	命令行	交互式
	是否开源	是	否	否	是
	RINEX 最高版本	3.04	2.11	3.02	3.02
支持	版本转换	是	否	是	是
	卫星系统	GRECJSI	GR	不支持检核	GRECJS
质量检核	周跳探测	组合周跳探测	电离层变化率	否	否
	多路径探测	全星全频点	GR所有频点	否	部分系统
	是否支持	是	是	否	是
可视化	可视化方式	提供绘图脚本	QCview32软件	否	软件本身

3.1 数据有效率

数据有效率是评估 GNSS 数据质量的关键指标之一,主要体现在特定时间内,终端实际接收到的可用观测值数量与理论观测值数量之比,一般用 R_i 表示,能够直观展现数据的有效利用情况,计算公式如下:

$$R_i = \frac{H_{av}}{E_{xp}} \times 100\% \quad (1)$$

通过卫星截止高度角和卫星星历信息,可以计算出终端理论观测值个数,一般用 E_{xp} 表示;根据实际接收可用的历元数(通常按照每个历元大于五颗卫星数记作可用),得到可用观测值数量,一般用 H_{av} 表示。

3.2 周跳比

周跳也是评估 GNSS 观测数据质量的重要指标之一。在接收卫星信号的过程中,由于环境因素(如信号干扰、遮挡等)或其他因素影响,终端在接收卫星信号时可能引起信号失锁从而导致整周计数发生跳变,跳变的数量能反映卫星数据质量情况。GNSS 载波相位观测值捕获过程中出现信号失锁,导致整周模糊度不连续,数据处理时若不考虑周跳则导致结果错误,若考虑周跳则需增加相应的估计参数,因此在载波相位高精度数据处理时需要探测并修复周跳。

周跳探测方法较多,且每种方法均有独特优势和局限性,TEQC 和 Anubis 采用不同的方法探测周跳,TEQC 采用电离层残差法检测 GNSS 观测数据中的周跳现象,当差值超出划定的阈值则判断为周跳;Anubis 利用 Geometry-Free (GF 组合)、Melbourne-Wubbean (MW 组合) 两种方式进行周跳探测,通过历元间观测

值差值与阈值进行对比,超过阈值则判断为周跳^[9]。

(1) GF 组合法

GF 组合利用 GNSS 信号中两个不同频率的载波相位观测数据进行线性组合,形成一种无几何距离组合观测值以探测周跳,公式如下:

$$L_4 = L_1 - L_2 = \lambda_1 \Phi_1 - \lambda_2 \Phi_2 = a_1 I_1 + amb + \varepsilon_{GF} \quad (2)$$

公式(2)中, L_4 为 GF 组合载波相位值, L_1 、 L_2 分别为第 1、第 2 频率的载波相位观测值(单位: m), Φ_1 、 Φ_2 为以周为单位的两个频点的载波相位观测值, λ_1 、 λ_2 分别代表对应的波长, a_1 为电离层残差系数, I_1 为电离层延迟, amb 表示 GF 组合值的整周模糊度, ε_{GF} 为组合的噪声以及多路径。

GF 组合能够有效剔除卫星和接收机之间几何距离相关的多种误差项,如卫星钟差和对流层延迟等,从而提高定位数据的可靠性和准确性。GF 组合观测值中误差来源被显著简化后,GF 组合仅包含电离层延迟、整周模糊度以及观测噪声和多路径效应等误差项,可以继续通过历元间差分:

$$\Delta L_4(t) = L_4(t+1) - L_4(t) = a_1 \Delta I_1 + \Delta amb + \Delta \varepsilon_{GF} \quad (3)$$

当终端采样率设置为 30 秒以内时,电离层在时域上变化较为缓慢,通过历元间差分处理可消除大部分电离层延迟残差影响,即可认为 $\Delta I_1 \approx 0$ 。在未出现周跳的情况下,即 $\Delta amb=0$ 时, ΔL_4 仅包含观测噪声和多路径效应误差。基于此,可设定适当的阈值(μ)进行周跳探测,若 $\Delta L_4 > \mu$,则判定发生了周跳。

在处理 GNSS 数据时,若电离层活动频繁,仅通过历元间差分往往无法彻底消除电离层残差($\Delta I_1 > \mu$),容易发生误判。对此,在历元间可以继续求二次差,降低误判概率,计算理论如上。

(2) MW 组合法

Hatch-Melbourne-Wubben (HMW) 组合(Hatch 等, 1982; Melbourne, 1985; Wubben, 1985)既消了电离层,又消了几何距离,可用于 UPD 估计、周跳探测等。HMW 组合有时也被叫作 MW 组合,表现形式有很多,当然它们原理上是等价的,其特性为:消电离层、消几何距离、消对流层和钟差、双频伪距载波混组,形成的宽巷模糊度仅受硬件的固定延迟、多路径效应以及观测噪声干扰等影响。

$$N_{MW} = (\Phi_1 - \Phi_2) - \left(\frac{f_1}{f_1 + f_2} P_1 + \frac{f_2}{f_1 + f_2} P_2 \right) = \lambda_{MW} (N_1 - N_2) \quad (4)$$

其中, λ_{MW} 为 MW 组合约为 86cm 波长, P 为伪距观测值。

GF 和 MW 组合方法能更深入地探测周跳,降低误判,在数据检查结果文件中通常采用 o/slps 反映观测值周跳情况,其中 o 为观测值数量,slps 为周跳数。

3.3 多路径效应

多路径效应同样是衡量 GNSS 数据质量关键指标之一。多路径的计算方法有多种,其中 Anubis 软件是利用伪距和载波相位观测值的线性组合而求得,计算公式如下:

$$MP_n = P_n - L_i - \beta(L_i - L_j) = P_n + \alpha L_i + \beta L_j \quad (5)$$

$$\alpha = -\frac{(f_j^2 + f_i^2)f_i^2}{(f_i^2 + f_j^2)f_n^2} \quad (6)$$

$$\beta = \frac{(f_j^2 + f_n^2)f_j^2}{(f_i^2 - f_j^2)f_n^2} \quad (7)$$

其中, MP 是伪距多路径效应, P 是双频伪距观测值, L 是双频载波相位观测值, f 是频率; n 、 i 和 j 是频率索引。

当 $n=i=1, j=2$ 时, 有

$$MP_1 = P_1 - L_1 - \frac{2f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)}(L_1 - L_2) \quad (8)$$

当 $n=i=2, j=1$ 时, 有

$$MP_2 = P_2 - L_2 - \frac{2f_1^2}{(f_2^2 - f_1^2)}(L_2 - L_1) \quad (9)$$

当 $n=5, i=1, j=2$ 时, 有

$$MP_3 = P_3 - L_1 - \frac{(f_1^2 + f_5^2)f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)f_5^2}(L_1 - L_2) \quad (10)$$

3.4 信噪比

信噪比通常被用作衡量信号强度的关键指标。在 GNSS 系统中, 卫星的信号强度可以通过载波相位强度与噪声强度的比值得出, 该值以 $\text{dB} \cdot \text{Hz}$ 为单位, 一般用 SNR 表示, 能直观反映信号的质量水平。信号强度与终端参数有关, 一般而言, 数值越大表示信号越强。在 GNSS 观测文件中, 每个历元的每颗卫星对应的信噪比值都可直接获取。若已知原始信号强度, 可以对其进行标准化处理, 计算公式如下:

$$S_{nmx} = \min(\max(\text{int}(S_{naw}), 1), 9) \quad (11)$$

其中, S_{nmx} 为标准化信号强度, S_{naw} 为原始信号强度。

4 Anubis 处理数据和结果分析

为了评估 Anubis 在 GNSS 数据检核方面的表现, 采用两组实测数据进行测试验证。实验 1 采用开阔场景下一组 GNSS 观测数据, 分别用 TEQC 和 Anubis 处

理数据, 比较二者的计算结果, 全面验证对 GNSS 观测数据各项数据质量指标的分析效果; 实验 2 采用半遮挡环境下接收的多系统数据, 利用几款主流质检软件进行比较, 全面检验 Anubis 软件在不同场景下 GNSS 多系统数据分析反应的灵敏性。

4.1 开阔场景

选择上海某站 (SHXH), 该站点四周环境开阔无遮挡。选取 2024 年 1 月 1 日至 1 月 7 日 7 天观测数据进行处理, 采样间隔设置为 5s, 将理论与实际观测量与 TEQC 处理结果进行对比。由于 TEQC 不支持北斗系统, 所以在信噪比与多路径值对比时, 引入 BNC 的处理结果作为对照, 使得对比更为全面。理论和实际观测值对比分别如图 1 和图 2 所示。

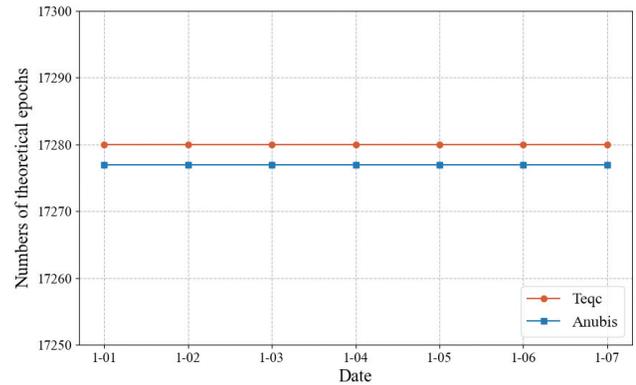


图1 理论观测值对比

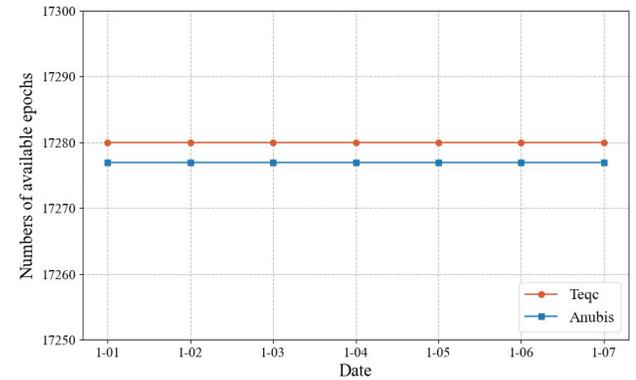


图2 实际观测值对比

由图 1 和图 2 可知, Anubis 与 TEQC 两者结果基本一致, TEQC 理论和实际均为 17280, Anubis 理论和实际均为 17277。两者的起始观测时间均为当日 0 时 20 秒, TEQC 默认的结束时间为次日 0 时 15 秒, Anubis 自定义设置为次日 0 时 0 秒, 因此 Anubis 相比 TEQC 少了 3 个观测值。

在信噪比方面, 由图 3、图 4 和图 5 可以看出, 在 GPS、GAL 和 BDS 三种系统下, Anubis 与 BNC 的信噪比结果误差基本维持在 1 以内, 同时 Anubis 能统计

到更多观测频点，如图5的BDSS2P。

对于多路径效率计算，TEQC通常是对观测文件的全部卫星系统进行统一计算，从而得出各频点多路径效应的综合影响，如图6所示的MP1、MP2、MP5和MP6。与之不同，Anubis软件更侧重对观测数据的不同卫星系统各频点进行单独计算，尤其在多系统融合优化方面，数据分析的灵活性更高。为更全面、细致地检验Anubis软件在评估各独立系统不同频点多路径效应方面的性能，加入BNC解算结果进行对比，如图7所示，二者计算结果相当，多路径差值基本稳定在5 cm内。

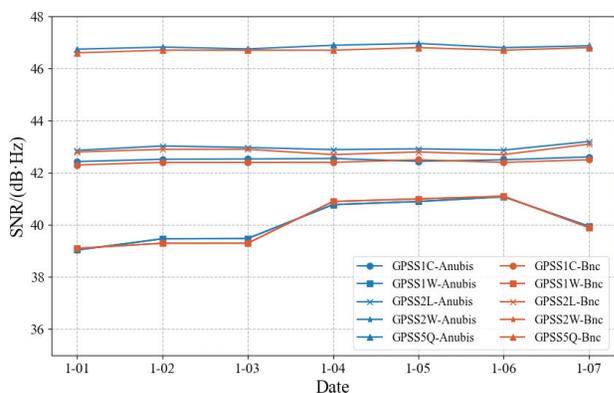


图3 GPS系统信噪比对比

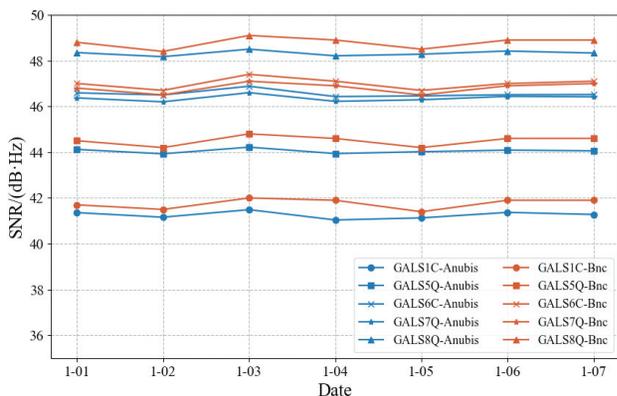


图4 GAL系统信噪比对比

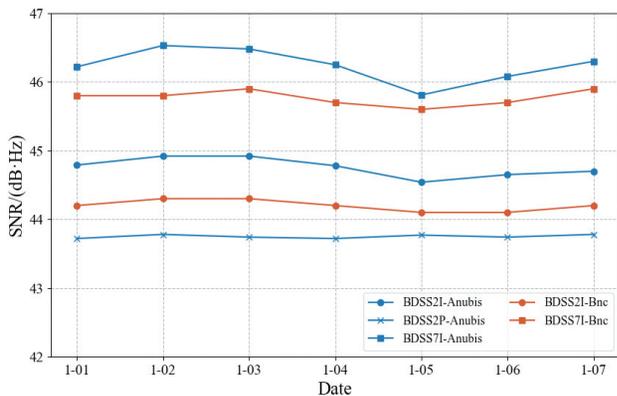


图5 BDS系统信噪比对比

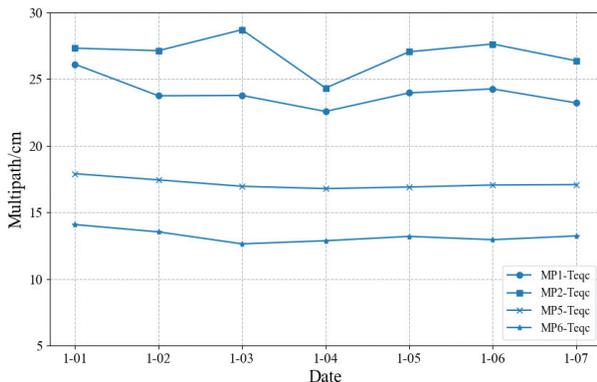


图6 TEQC多路径结果

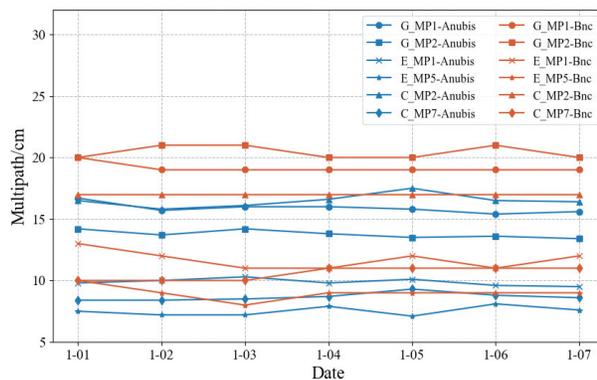


图7 Anubis与BNC多路径对比

4.2 半遮挡场景

为了检验Anubis在半遮挡环境下对多系统数据检核的性能及灵敏度，特选择广西某站（LBXZ）作为实验对象，该站西侧和南侧均存在建筑物遮挡。同时选择环境条件较好的SHXH站作为对比，同步采集2024年1月1日至1月7日一周数据，通过Anubis软件分别处理后进行对比分析。

将半遮挡环境下的LBXZ站和开阔场景的SHXH站进行对比，利用Anubis进行卫星可见性分析，得到如图8所示的结果，从整体可见卫星数量上看，LBXZ在7天的统计数据中均少于SHXH站，尤其对于BDS卫星，LBXZ站BDS卫星数普遍比SHXH少2~5颗。

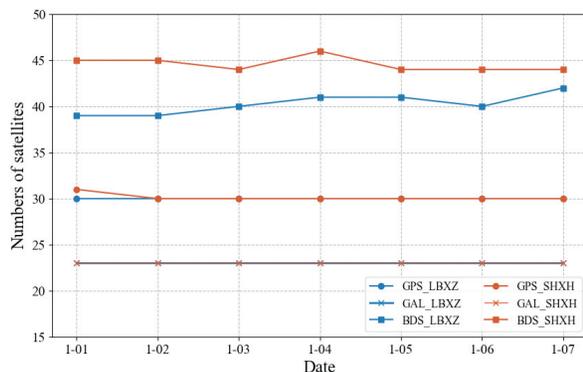


图8 可见卫星数量对比

在GNSS观测数据检核过程中,Anubis具有分系统、分类别、分频点的细致分析能力,在周跳分析方面能精准识别并分类给出不同系统的相位、卫星缺失、信号扰动、历元缺失等因素引起的周跳,如图9所示。与SHXH相比,LBXZ站各类型周跳都呈现明显增长,尤其GAL系统的信号扰动周跳增长5倍,相位周跳增长11倍。在多路径方面,由图10可以看出,LBXZ在GPS系统各频点的多路径平均上涨2~3cm,在GAL系统下更为显著,最多的频点上涨了9cm。在信噪比统计方面,在统计的所有频点中,LBSZ相对于SHXH站均有所下降,其中GAL和BDS系统较为明显,如图11所示。图8和图9反映了质量指标波动情况,主要由于LBXZ站址在西侧和南侧存在遮挡的不利环境。

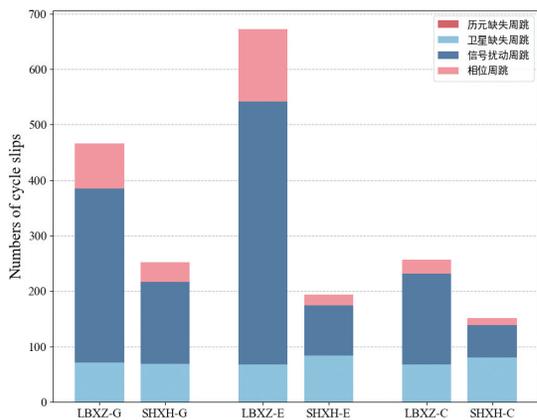


图9 周跳数量对比

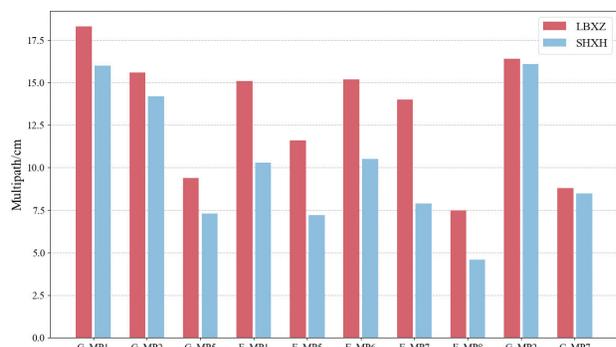


图10 多路径对比

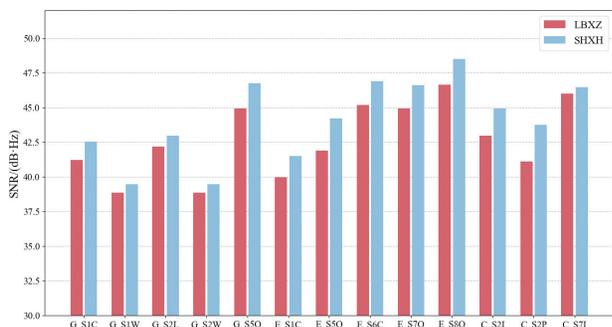


图11 信噪比对比

5 结论

(1) 相较于传统TEQC数据质检软件,Anubis可对最高版本的RINEX全系统卫星数据进行质量检核,能够全面支持我国的北斗导航定位系统的数据质量处理。在对比各项性能指标时,Anubis与TEQC对共同支持的卫星系统和频点数据质量分析结果相当,Anubis支持的卫星系统更丰富。

(2) Anubis与BNC通过实测数据分析对比可得,二者在周跳、多路径、信噪比等几个关键指标计算结果相当,但Anubis能统计到更多观测频点,如BDS系统的L2P频点。同时,在观测数据的周跳分析中,Anubis相较于TEQC和BNC软件,展现出更为具体和细致的分析能力,能够针对不同系统的相位差异、卫星缺失、信号扰动、历元缺失等因素导致周跳发生,使得用户在对观测数据分析时更加灵活多变,特别是在多系统融合优化方面,Anubis分析数据质量的优势更加明显。

(3) 针对数据采集的不同场景,Anubis软件可以反映不同系统数据的各项指标变化情况,数据灵敏性和可用性比较强,同时具有丰富的可视化内容,能够大大提升多系统数据的分析效率,进而有效支撑CORS系统的运行和维护,包括站点选址和完备性检测等多个方面。

参考文献

- [1] 岳金广.基于Anubis的北斗/GNSS数据质量分析[J].科学技术创新,2023(25):46-49.
- [2] 张宁,何正斌,赵春梅,等.GNSS数据质量的可视化表达与分析[J].导航定位学报,2023,11(3):171-178.
- [3] 赵忠海,张洪文,马新文.北斗三号卫星观测数据质量分析[J].测绘与空间地理信息,2019,42(10):61-64.
- [4] 桑文刚,卢凯,宁一鹏,等.基于Anubis多模多频GNSS数据质量检核性能验证与分析[J].导航定位与授时,2022,9(4):115-122.
- [5] 丁志鹏,贺凯飞,邱立杰,等.基于Anubis的北斗观测数据质量分析[J].大地测量与地球动力学,2022,42(2):143-147.
- [6] 伊均,徐爱功,唐龙江.利用Anubis检核BDS观测数据质量[J].导航定位学报,2021,9(5):131-141,162.
- [7] 薛世强,牟浩嘉,胡文建.基于Anubis的SSCORS数据质量分析[J].测绘通报,2021(S1):213-217.
- [8] 董斌斌,陈国恒,聂庆森.基于G-nut/Anubis的GNSS多系统数据质量分析研究[J].全球定位系统,2020,45(3):28-3,36.
- [9] 康朝虎,刘宁,田永瑞,等.Anubis在GNSS数据质量可视化分析中的应用[J].导航定位学报,2018,6(4):105-111.

DCB产品对中国境内GNSS兼容频率PPP影响分析

王兰英

(菏泽市测绘院, 山东 菏泽 274000)

摘要: 针对差分码偏差 (DCB) 影响单点定位精度问题, 选取中国境内的 GNSS 多系统跟踪站连续多天数据, 对比分析 CAS 和 DLR 产品对 BDS-3、GPS、Galileo 和 QZSS 兼容频率 PPP 精度的影响。结果表明, 两种 DCB 产品对 GPS、Galileo 和 QZSS 兼容频率 PPP 精度没有影响, 对 BDS-3 PPP 精度有影响, 但整体影响在毫米级, 最大在厘米级。采用 DLR 产品解算得到的 BDS-3 静态 PPP 精度略优, 采用 CAS 解算得到的 BDS-3 动态 PPP 精度略优。

关键词: 差分码偏差; GNSS 多系统; 兼容频率; 精密单点定位

1 引言

随着科技与经济的快速发展, 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 呈现多元化发展趋势, 目前能提供全球或区域定位服务的 GNSS 系统有美国的 GPS、中国的 BDS-3、欧盟的 Galileo、俄罗斯的 GLONASS、日本的 QZSS 以及印度的 IRNSS。受观测环境限制和对定位精度要求的提升, 多系统 GNSS 组合定位将会越来越受重视, 为保证多系统 GNSS 组合定位的兼容性, 大部分 GNSS 系统都设计了与其他系统兼容的频率, 主要包括 BDS-3 系统的 B1C 和 B2a 频率、GPS 系统的 L1 和 L5 频率、Galileo 系统的 E1 和 E5a 频率、QZSS 系统的 L1 和 L5 频率相互对应兼容^[1]。精密单点定位 (Precise Point Positioning, PPP) 是当前高精度定位技术之一, 根据精密星历与钟差产品, 使用单台 GNSS 接收机就能快速实现厘米级定位, 已被广泛用于多个领域。影响精密单点定位精度的因素很多, 其中差分码偏差 (Differential Code Bias, DCB) 是影响 GNSS 单点定位误差源之一, 对单点定位精度的影响最大可达米级, 因此是精密单点定位不可忽略的重要因素^[2]。

当前, 很多学者针对 DCB 改正在单点定位中的重要性展开研究。许明佳等^[2]推导了双频单点定位 DCB 模型, 基于 MGEX 跟踪站数据分析了 DCB 对双频伪距和精密单点定位的影响, 结果表明 DCB 对伪距单点定位精度改正在米级, 对精密单点定位精度改正在厘米级, 对 E、N、U 方向定位精度提升量分别为 16.22%、17.77%、12.68%。杜彦君等^[3]推导了 BDS-3 双频无电离层组合 DCB 改正模型, 进行 7 种双频组合精密单点定位 DCB 改正实验, 结果表明 DCB 对 BDS-3 双频精

密单点定位初始历元定位精度与收敛时间改善效果更明显, B2a/B3I 及 B2b/B3I 定位精度与收敛速度相比其他组合较低, 但 DCB 能改善二者定位精度, 对静态精密单点定位精度提升量为 20%~65%, 收敛时间改善量约为 6%, 对动态精密单点定位收敛时间的改善量约为 20%。李佳豪等^[4]推导了 QZSS 系统伪距单点定位时间群延迟 (TGD) 和 DCB 改正模型, 进行了 DCB 对伪距单点定位精度影响实验, 结果表明 DCB 产品的月解算值稳定性较好, 每颗卫星的月 DCB 值稳定度优于 0.2ns, 与 TGD 差值在 2.5ns 以内, 经 DCB 改正后的伪距单点定位精度有明显提升, 提升量约为 10%~46%。袁海军等^[5]分析了北斗三号卫星 DCB 产品稳定性及对伪距、精密单点定位的影响, 结果表明 DCB 产品稳定性较高, 对单频和双频伪距单点定位精度提升为 48%~85% 和 71%~91%, 使双频精密单点定位收敛时间减少 56%~83%。胡倬铭等^[6]推导了 BDS-3 单频与双频伪距单点定位 DCB 改正模型, 评估中国科学院 (Chinese Academy of Sciences, CAS) 和德国宇航中心 (German Aerospace Center, DLR) 提供的两种 DCB 产品对 B1I、B1C 和 B2a 单频与 B1C/B2a、B1I/B3I 伪距单点定位精度影响, 结果表明 CAS 产品对 BDS-3 单频与双频伪距单点定位精度的提升效果优于 DLR 产品。韩金阳等^[7]分析不同 DCB 产品的天稳定性, 研究不同 DCB 产品对精密单点定位授时精度的影响, 结果显示两种 DCB 产品的天解算值差异并不显著, 且有较好的稳定性, 但与德国宇航中心的 DCB 产品相比, 中国科学院的 DCB 产品天稳定性略优; 选取测站时采用的不同 DCB 产品估计钟差的均方差和时间偏差均优于 0.4ns, 同样是中国科学院的 DCB 产品精度最高, 均方

作者简介: 王兰英 (1981—), 女, 汉族, 本科, 高级工程师, 主要从事大地测量、工程测量、摄影测量与遥感等。

差和时间偏差均优于 0.2ns，而德国宇航中心和欧洲定轨中心的 DCB 产品精度略差，但也可达亚纳秒级。

鉴于当前 DCB 对 GNSS 定位性能影响的研究，基于 MGEX 发布的 CAS 产品和 DLR 产品，选取中国境内的 MEGX 跟踪站实测数据，对比分析 DCB 产品对中国境内 GNSS 多系统兼容频率双频精密单点定位精度的影响。

2 基本观测方程

双频无电离层组合模型是双频精密单点定位常用的组合模型，当前精密产品主要基于 B1I 和 B3I 频率解算得到，因此，不同双频组合精密单点定位的 DCB 改正方式不同，B1I/B3I 双频无电离层组合方程如下^[8]：

$$P_{IF_{B1I B3I}} = \rho_r^s + c \cdot \bar{d}_r - c \cdot dt^s + \frac{c \cdot (f_{B1I}^2 \cdot \tau_{B1I}^2 - f_{B3I}^2 \cdot \tau_{B3I}^2)}{(f_{B1I}^2 - f_{B3I}^2)} + T + m_i^{IF} + \varepsilon_{IF_{B1I B3I}} \quad (1)$$

公式中， r 为接收机， s 为卫星， $P_{IF_{B1I B3I}}$ 为双频无电离层组合伪距观测值， ρ_r^s 为接收机与卫星间几何距离， c 为真空中光速， \bar{d}_r 为吸收了接收机端硬件延迟的接收机钟差， dt^s 为卫星钟差， f_{B1I} 和 f_{B3I} 为频率值， τ_{B1I} 和 τ_{B3I} 为卫星端硬件延迟参数， T 为对流层延迟， m_i^{IF} 为伪距多路径误差， $\varepsilon_{IF_{B1I B3I}}$ 为观测噪声。

根据王利军等^[8]可知，将 B1C/B2a 组合钟差参数归算至 B1I/B3I 组合基准下，可以表示为：

$$\bar{d}_{B1C B2a}^s = \bar{d}_s - \frac{(f_{B1C}^2 \cdot \tau_{B1C}^2 - f_{B2a}^2 \cdot \tau_{B2a}^2)}{(f_{B1C}^2 - f_{B2a}^2)} + \frac{(f_{B1I}^2 \cdot \tau_{B1I}^2 - f_{B3I}^2 \cdot \tau_{B3I}^2)}{(f_{B1I}^2 - f_{B3I}^2)} \quad (2)$$

公式 (2) 符号表示含义与公式 (1) 相同，只是代表不同频率。根据 DCB 产品的参数定义，可得到 B1C/B2a 的 DCB 改正方程^[8]，其中 $DCB_{C2I-C6I}$ 、 $DCB_{C1X-C6I}$ 和 $DCB_{C1X-C5X}$ 由 DCB 产品提供。

$$\bar{d}_{B1C B2a}^s = \bar{d}_s + \frac{(f_{B1I}^2 \cdot DCB_{C2I-C6I})}{(f_{B1I}^2 - f_{B3I}^2)} - DCB_{C1X-C6I} + \frac{(f_{B2a}^2 \cdot DCB_{C1X-C5X})}{(f_{B1C}^2 - f_{B2a}^2)} \quad (3)$$

3 实验分析

为分析 DCB 产品对中国境内 GNSS 多系统兼容频率 PPP 性能的影响，选取中国境内的 URUM 跟踪站和 WUH2 跟踪站连续 7 天的观测数据进行静态与动态 PPP 实验，采用频率为 30s。DCB 采用中国科学院 (CAS) 和德国宇航中心 (DLR) 的产品，解算频率为 BDS-3 系

统 B1C/B2a 频率、GPS 系统 L1/L5 频率、Galileo 系统 E1/E5a 频率和 QZSS 系统 L1/L5 频率。解算软件根据 RTKLIB 最新版本编译实现，精密产品采用武汉大学的精密星历与钟差，对流层改正采用 Saastamoinen 模型。

3.1 DCB 产品介绍

目前，可为中国 BDS-3 系统提供频间偏差改正的 DCB 产品主要有中国科学院的 CAS 和德国宇航中心的 DLR，二者计算方法略有不同，但稳定性较好。DLR 频内偏差参数基于码观测测量组合得到，频间偏差估计则是通过 MGEX 监测站数据，在扣除全球电离层格网 (Global Ionosphere Maps, GIM) 电离层 TEC 影响后得出，自 2013 年起，DLR 开始向国际 GNSS 服务组织 (IGS) 提供包含 GPS、GLONASS、BDS 及 Galileo 在内的每天多系统 DCB 产品^[7,9]。CAS 频内偏差参数计算方法与 DLR 相同，频间偏差计算则采用扩展的 IGGDCB 方法，自 2015 年起向 IGS 提供每天多系统 DCB 产品^[7,10]。

3.2 静态 PPP 实验

根据实验方案，图 1 展示了 URUM 跟踪站和 WUH2 跟踪站采用两种 DCB 产品解算得到的 GNSS 多系统静态 PPP 单测站多天定位精度平均值，包括 E 方向、N 方向和 U 方向，横坐标为 GNSS 系统，纵坐标为定位精度。

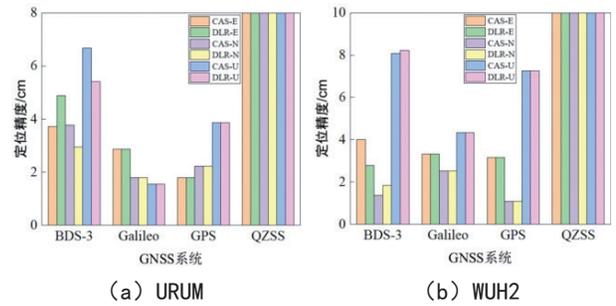


图1 不同DCB产品解算得到的GNSS多系统静态PPP单测站多天定位精度平均值

如图 1 所示，两个跟踪站采用 CAS 和 DLR 产品解算得到的 GPS 系统、Galileo 系统及 QZSS 系统兼容频率双频静态 PPP 定位精度一致，说明不同 DCB 产品对这三个 GNSS 系统静态 PPP 定位精度没有影响。但采用 CAS 和 DLR 产品解算得到的 BDS-3 系统静态 PPP 精度不同，对于 URUM 跟踪站，CAS 产品解算得到的 E 和 N 方向精度优于 4cm，DLR 产品解算得到的 E 方向精度优于 5cm，CAS 产品解算得到的 U 方向精度优于 7cm，DLR 产品解算得到的 U 方向精度优于 6cm。对于 WUH2 跟踪站，CAS 产品解算得到的 E 方向精度优于 4cm，DLR 产品解算得到的 E 方向精度优于 3cm，CAS 和 DLR 产品解算得到的 N 方向精度优于 2cm，CAS 和 DLR 产品

解算得到的U方向精度优于9cm。

3.3 动态 PPP 实验

根据实验方案，图2为URUM跟踪站和WUH2跟踪站采用两种DCB产品解算得到的GNSS多系统动态PPP单测站多天定位精度平均值，包括E方向、N方向和U方向，横坐标为GNSS系统，纵坐标为定位精度。

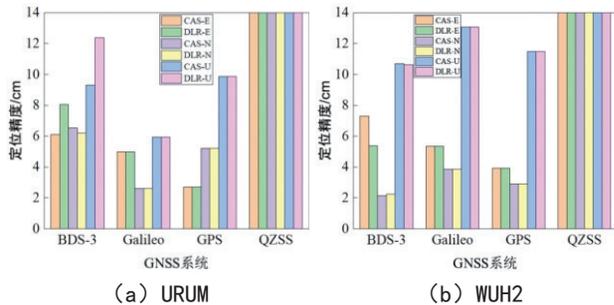


图2 不同DCB产品解算得到的GNSS多系统动态PPP单测站多天定位精度平均值

如图2所示，CAS和DLR产品同样对GPS系统、Galileo系统及QZSS系统兼容频率动态PPP精度没有影响，而对BDS-3系统动态PPP存在影响。对于URUM跟踪站BDS-3定位，CAS产品解算得到的E和N方向精度优于7cm，DLR产品解算得到的E方向精度优于9cm，CAS产品解算得到的U方向精度优于10cm，DLR产品解算得到的U方向精度优于13cm。对于WUH2跟踪站BDS-3定位，CAS产品解算得到的E方向精度优于8cm，DLR产品解算得到的E方向精度优于6cm，CAS和DLR产品解算得到的N方向精度优于3cm，CAS和DLR产品解算得到的U方向精度优于11cm。

由于CAS和DLR产品对GPS系统、Galileo系统及QZSS系统兼容频率PPP精度没有影响，因此表1进一步统计了两种DCB产品解算得到的BDS-3系统PPP多测站多天定位精度平均值。

表1 两种DCB产品解算得到的BDS-3系统PPP多测站多天定位精度平均值

PPP模式	DCB产品	定位精度/cm			
		E	N	U	3D
静态PPP	CAS	3.86	2.37	7.08	8.40
	DLR	3.84	2.39	6.82	8.18
动态PPP	CAS	6.71	4.34	9.99	12.79
	DLR	6.72	4.23	11.49	13.96

如表1所示，采用CAS和DLR产品解算得到的BDS-3系统PPP精度相近，除动态PPP精度相差在厘米级，其余方向精度相差均在毫米级。两种DCB产品解算得到的静态PPP E方向精度优于4cm，N方向精度优于3cm，U方向精度在7cm左右。两种DCB产品解算

得到的动态PPP E方向精度优于7cm，N方向精度优于8cm，CAS产品解算得到的动态PPP U方向精度优于10cm，DLR产品解算得到的动态PPP U方向精度优于14cm。通过对比3D方向可知，DLR产品解算得到的BDS-3系统静态PPP精度略优于CAS产品，CAS产品解算得到的BDS-3系统静态PPP精度优于DLR产品。

4 结束语

基于国内多系统GNSS跟踪站观测数据，对比分析了CAS和DLR两种DCB产品对GNSS多系统PPP精度的影响。结果表明，两种DCB产品对GPS系统、Galileo系统和QZSS系统兼容频率PPP精度没有影响，解算精度一致，但对BDS-3系统PPP精度有影响，影响量最大在厘米级，DLR解算得到的静态PPP精度略优，而CAS解算得到的动态PPP精度较优。当前只分析了DCB产品对中国境内部分测站GNSS多系统兼容频率PPP性能的影响，未来会分析对全球范围PPP性能的影响。

参考文献

- [1] 刘生锋,杨文龙,谷涛. BDS-3双频组合精密单点定位精度分析[J]. 测绘通报,2021(3):7-11,17.
- [2] 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.
- [3] 杜彦君,贾小林,姚颈强,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.
- [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] 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.
- [6] 胡伟铭,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].武汉大学学报(信息科学版),2024,49(5):756-764.
- [7] 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.
- [8] 王利军,焦文海,贾小林,等.BDS-3精密单点定位性能比较分析[J].大地测量与地球动力学,2021,41(4):357-361.
- [9] Montenbruck O, Hauschild A, Steigenberger P. Differential code bias estimation using multi-GNSS observations and global ionosphere maps[J].NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation,2014,61(3):191-201.
- [10] Wang N, Yuan Y, Li Z, et al. Determination of differential code biases with multi-GNSS observations[J].Journal of Geodesy,2016,90:209-228.

基于自适应邻域特征估算与优选的电力线提取

王建宇

(苏州市测绘院有限责任公司, 江苏 苏州 215006)

摘要: 针对野外地形复杂、电力线走向复杂、电力塔样式多变以及点云分布差异等造成电力线提取精度较低等问题, 提出一种基于最优邻域特征估算的电力线提取方法。首先分析电力线走向, 完成地面非目标点滤除; 后引入 PCA 算法以及熵值指标进行最优邻域选取, 并估算采样点各维度特征; 利用 LightGBM 进行特征筛选, 结合随机森林 (RF) 实现点云分类, 提取电力线信息。实验结果表明, 该方法对电力线信息提取精度可达 95.6, 且具有较高的适用性。

关键词: 机载 LiDAR; 电力线; 最优邻域; 特征优选

1 引言

电力巡检是保障电力正常安全供应的重要措施。近年来, 随着经济发展, 对电力的供应需求急速增高, 对电力安全及现代化电网建设与管理要求越来越高, 传统的人工巡检方法受复杂地形及天气等因素干扰, 成本高、效率低, 难以满足现阶段高效、大范围巡检要求^[1]。机载激光扫描技术可大范围、高效获取目标物高精度三维信息, 目前已在电力巡检、三维重建等方面得到广泛应用^[2,3]。

机载扫描技术应用于电力巡检的关键技术是实现电力线信息的精准提取。现阶段基于机载扫描技术提取电力线的方法主要有: (1) 将数据投影至二维空间, 提取电力线特征, 并基于电力线在三维空间密度等空间分布特征实现电力线提取^[4]; (2) 根据电力线分布特征构建电力线提取模型, 并利用 DBSCAN 聚类算法实现电力线精提取^[5]。以上方法多受限于购建模型及阈值设置的准确性, 普适性较低。因此提出一种邻域自适应与多特征优选、监督分类算法相结合实现电力线提取的算法, 以熵值判别最优邻域, 利用轻量级梯度提升机 (Light Gradient Boosting Machine, LightGBM) 进行特征筛选, 结合随机森林 (Random Forest, RF), 实现点云分类, 提取电力线信息。

2 研究方法

由于点云数据冗余度高, 为精确高效提取电力线信息, 首先沿电力线分布方向对数据进行滤波处理。同时分析点云特性及对不同目标物空间描述的差异性, 通过采样点邻域熵值分析确定最优邻域, 估算采样点

各维度特征, 利用 LightGBM 进行特征筛选, 结合随机森林实现点云分类, 提取电力线信息, 具体技术流程如图 1 所示。

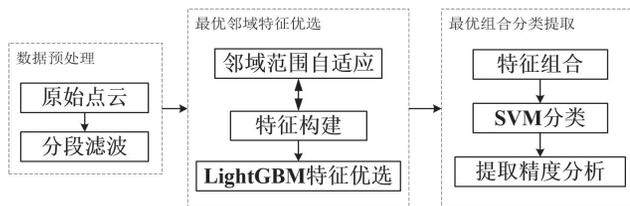


图1 电力线提取技术流程

2.1 数据精简滤波

机载激光扫描系统在获取电力线信息的同时, 也获取了目标物所在范围的大场景信息, 包含植被、房屋、电力塔塔杆等干扰信息, 造成点云数据的高冗余度^[6,7]。为实现电力线的高效精确提取, 首先对非目标信息进行滤除。基于此, 研究分析电力线分布特征, 根据电力线走向对数据进行分块滤波处理。

为防止电力线纵向分割, 根据大场景范围内点云 XY 方向最大、最小坐标值, 计算最大最小 XY 坐标差值 Δx 、 Δy , 进而根据 Δx 、 Δy 大小判断电力线方向, 具体计算如公式 (1):

$$\begin{cases} \Delta x = (X_{\max} - X_{\min}) \\ \Delta y = (Y_{\max} - Y_{\min}) \end{cases} \quad (1)$$

公式 (1) 中, X_{\max} 、 X_{\min} 、 Y_{\max} 、 Y_{\min} 分别为点云范围在 X、Y 方向的最大、最小值, Δx 、 Δy 为 X、Y 方向最大、最小值插值。若 $\Delta x > \Delta y$, 则按 X 方向进行分块, $\Delta x < \Delta y$ 按 Y 方向进行分块。

因研究区野外地形起伏大、地物复杂, 单一高程阈值难以保证在滤除建筑、树木等干扰因素的同时保留电力线信息, 因此对点云进行分块处理, 根据各分

作者简介: 王建宇 (1988—), 男, 汉族, 硕士研究生, 工程师, 主要从事工程测量、三维数字化等工作。

块单元点云分布特征设定合适阈值，进行有效滤波。

2.2 邻域自适应特征估算

采样点邻域范围的选择是点云微分几何特征估算的重要依据，直接影响点云空间几何特征构建的准确性，因此，研究引入信息熵值分析采样点最优邻域范围。

通过信息熵数值分析点云空间分布特征，信息熵值越小表示邻域范围点云空间分布特征越接近，该范围是采样点进行特征计算的最优邻域，然后利用 PCA 算法实现采样点几何特征估算，并基于最优邻域几何特征构建各维度点云特征，共 13 个，主要有：（1）采样点邻域构建协方差矩阵，求取三个局部特征向量，特征向量的排序可反映采样点邻域内点的空间分布特征，基于特征向量值计算线性、平面性、各向异性及曲率变化等维度特征值。（2）反射强度特征：分析电力线与其他地物的材质差异，依据对激光的反射强度不同，计算邻域内点云反射强度均值。（3）高程特征：结合电力线悬空的空间分布特征，计算采样点邻域内点的最大最小高程差、高程均值、高差标准差等高程分布特征。点云局部法向特征及信息熵计算公式如下：

$$\begin{cases} C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - \bar{p}) * (p_i - \bar{p})^T \\ C * \vec{v}_j = e_j * \vec{v}_j, j \in \{0,1,2\} \end{cases} \quad (2)$$

$$E_V = - \sum_{i=1}^3 v_i \ln v_i \quad (3)$$

公式中， N 表示采样点邻域内点的数量， \bar{p} 为邻域中所有点的质心， e_j 是协方差矩阵的第 j 个特征值， \vec{v}_j 是第 j 个特征向量。对求取的协方差矩阵 C 的 3 个特征值从大到小排序： $V_1 \geq V_2 \geq V_3 > 0$ ， V_1 、 V_2 分别为局部特征向量方向的偏离度， V_3 是法线方向的偏离度^[6,8]。 E_V 为基于特征向量计算的采样点邻域信息熵。特征表达式及变量说明如表 1 所示。

表1 特征表达式及变量说明

特征	表达式	特征变量说明
协方差特征值	V_1, V_2, V_3	
线性	$L_V = (V_1 - V_2) / V_1$	V_1, V_2, V_3 为局部特征向量， L_V, P_V, G_V, C 分别为线性值、平面性值、各向异性值、曲率变化值
平面性	$P_V = (V_2 - V_3) / V_1$	
各向异性	$G_V = (V_1 - V_3) / V_1$	
曲率变化	$C = 3 * V_3 / (V_1 + V_2 + V_3)$	
反射强度特征	P_{mean}	邻域反射强度均值
高程特征	$H_{mean}, H_{ce}, H_{\delta}$	分别为邻域高程均值、高程差及高程方差

2.3 支持向量机—递归特征消除法特征优选

实现对待分对象具有较高分离度描述特征优选，有助于提高分类效率与精度，因此引入 LightGBM 算

法模型，实现对构建的采样点几何特征的优选^[8]。LightGBM 算法通过分散规约的方法实现数据并行处理。基于投票的数据并行进一步优化并行中的通信代价，投票并行原则适用于大数据处理工作，因此较为适合点云数据处理。研究引入 LightGBM 特征优选算法，根据训练数据样本特征进行得分排序，进而选择重要度较高的特征实现点云分类，提取电力线信息。

3 电力线提取结果分析

研究区位于广东茂名某区域，地形复杂多样，总长 341.2m，且存在茂盛的植被、高层建筑等多类型地物，对电力线精准提取造成干扰。为实现电力线的精准提取，首先对数据进行分段滤波，减少数据冗余，提高运算效率；然后引入熵值分析、特征优选以及点云分类技术实现电力线提取。研究区概况如图 2 所示。



图2 研究区概况

3.1 分段滤波

以多段机载 LiDAR 数据进行实验，数据包含待巡检电力线及复杂地形下房屋、树木等干扰源。为有效提取电力线，首先沿电力线方向将实验数据分割为边长为 30m 分段，高差阈值设为 40m。分段滤波的三维渲染显示结果如图 3 所示，可以看出电力线点云得到保留，但部分区域干扰源并未完全滤除，分析发现该区域地形起伏过大，坡度达 60°，导致部分地面、树木等未完全滤除。



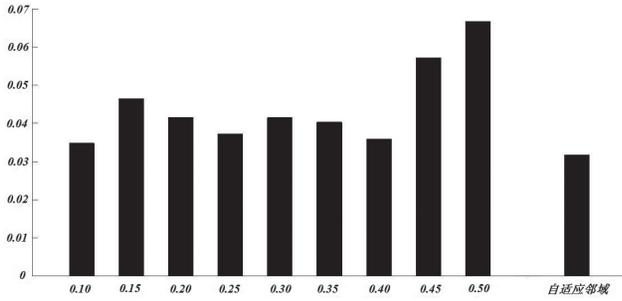
图3 分段滤波结果

3.2 特征构建与优选

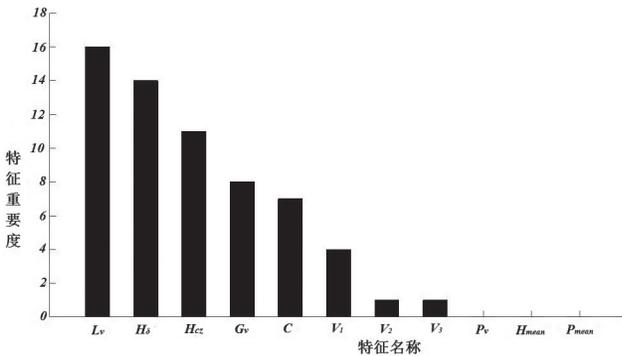
以 [0.1m, 0.05m, 0.5m] 为邻域搜索半径上下限，邻域半径增加步长为 0.05m。采用 PCA 算法实现采样点特征值的计算，基于信息熵函数计算局部邻域熵函数数值 E_V ，比较不同邻域尺寸范围内信息熵 E_V 的大小，以最小 E_V 值对应的特征向量作为采样点的特征值，分析目标物点云空间分布特征^[8,9]。分析图 4 可知，自适应邻域计算所得信息熵均值最小，表明研究方法可有效确保邻域范围内点云分布的一致性，有效提高点

云特征估算准确性。

采样点维度特征计算完毕后，采用 LightGBM 算法对计算所得的 13 个特征进行重要性排序，结果如图 4 所示。研究选择线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})、曲率变化 (C) 用于点云分类提取电力线。



(a) 自适应邻域熵值计算



(b) 基于LightGBM特征重要性分析

图4 特征优选

3.3 电力线提取对比分析

采用邻域自适应算法，以熵值为判别标准，确定点云采样点最优邻域，实现多维度特征估算，引入 LightGBM 算法实现特征重要度排名，选取重要度较高的特征进行组合，并采用随机森林^[8,9]分类算法进行电力线信息提取。具体模型评价指标对比如表 2 所示，其中方案 6 提取精度最高，因此采用 SVM 分类算法，以线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})、曲率变化 (C) 特征为最优特征组合，提取电力线信息，与霍夫变换提取结果对比如图 5 所示，图中黑色为电力线，浅灰为非电力线信息，其中 A、B 两区域为漏提区，分析发现由于该区域受遮挡，点云密度过于稀疏，特征表现不明显，造成漏提。



图5 电力线提取成果

表2 不同特征组合方案的电力线提取精度对比

分类模型	方案	特征组合	提取精度
SVM	1	线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})、各向异性 (G_V)、曲率变化 (C)	93.9%
	2	线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})、各向异性 (G_V)	90.2%
	3	线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})	79.4%
	4	线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)	78.9%
	5	线性特征 (L_V)	91.6%
	6	线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})、曲率变化 (C)	96.7%

4 结论

针对复杂地形电力线提取困难的问题，提出一种邻域自适应特征优选算法。首先通过分段滤波形式完成非目标点的快速滤除，同时引入熵值分析方法确定最优邻域，并通过 LightGBM 算法，对提取的 13 个点云特征变量进行特征重要性排序，最终以线性特征 (L_V)、邻域高程方差 (H_δ)、邻域内高程差 (H_{cz})、曲率变化 (C) 等重要度较高的特征进行多种方案组合，构建优选特征子集，并通过不同的组合方案采用 SVM 分类算法实现点云分类，提取电力线信息。对比发现，该方法可以很好地排除电力塔的干扰，较为完整准确地提取电力线，且适用于多类型地形特征。

参考文献

- [1] 张清波,严加栋.融合自适应最优邻域和卷积神经网络的三维点云分类[J].测绘通报,2023(7):177-182.
- [2] 朱依民,田林亚,毕继鑫,等.基于无人机机载LiDAR的电力线点云提取与重建[J].激光技术,2021,45(5):554-560.
- [3] 谭弘武,王敬茹,刘武能,等.机载LiDAR高压线塔点云自动化提取[J].遥感信息,2021,36(4):7-11.
- [4] 孙斐.以机载LiDAR点云为数据源的电力线自动提取算法研究[J].测绘标准化,2023,39(3):81-85.
- [5] 曾小东,彭馨仪,陈诗强,等.一种利用综合特征的K近邻电力线识别方法:CN202211342712.2[P].CN115657022A[2024-02-20].
- [6] 王果,王强,徐棒,等.机载激光雷达电力线提取的布料模拟法[J].激光技术,2022,46(1):134-138.
- [7] 赵沛冉,管海燕,李迪龙,等.利用样本生成方法进行机载多光谱LiDAR数据深度学习分类[J].测绘通报,2021(12):16-21.
- [8] 吴争荣,樊灵孟,吴新桥,等.基于机载激光点云的输电线路树障隐患快速检测方法[J].应用激光,2022,42(3):128-134.
- [9] 曾远,陈亦,姚攀,等.基于机载激光点云数据的输电线路走廊自动识别技术[J].应用激光,2021,41(5):1033-1038.

遥感解译深度学习在自然资源要素提取中的应用研究

李林青

(珠海市测绘院, 广东 珠海 519000)

摘要: 为提高自然资源要素识别提取效率, 弥补传统人工解译方法的不足, 在传统遥感影像自然资源要素目视解译提取的基础上, 利用深度学习技术, 基于 Pytorch 深度学习框架, 采用 PSPNet 模型结构设计搭建自然资源要素解译模型, 实现自然资源地物要素的快速提取解译。通过设计样本区域选取及生产原则, 确保样本数据具有典型代表性, 利用 Web 端管理系统对样例库进行全流程可视化监管, 为解译模型训练提供准确可靠的数据支撑, 提高解译模型精度。利用两处试验区对解译模型应用效果进行分析, 通过不断调整训练样本数量及迭代次数, 进一步提高解译模型提取结果与实际地物类型的匹配准确度, 准确提取了试验区房屋及大棚地物要素空间位置及轮廓面, 验证了基于深度学习解译模型自然资源要素快速高精度提取方法的适用性及可靠性。

关键词: 自然资源; 遥感影像; 深度学习; 样例库; 解译模型

1 引言

自然资源监测通过获取一定时间段内自然资源变化情况, 为自然资源规划利用和保护提供基础数据, 促进自然资源开发利用的可持续发展^[1]。自然资源要素提取是自然资源动态监测的基础, 现阶段自然资源要素提取主要以遥感影像为基础, 采用人工目视解译方法获取各自然资源类型、面积及空间分布等信息, 通过实地核查进一步检核确认, 实现自然资源要素信息的准确采集。该方法可靠性较高, 但存在作业强度大、数据生产效率低等弊端, 且数据成果容易受到多种主观因素影响, 无法满足现阶段自然资源全要素、全流程、全覆盖一体化要求^[2]。因此, 迫切需要引入经济高效的自然资源基础要素提取采集方式。

近年来, 较多研究采用自动化技术方法基于遥感影像进行自然资源要素提取, 但现阶段存在对地物的分辨率和可辨识度较低、对地物识别的准确性不高等问题^[3]。为进一步提高地物识别精度, 一些专家学者利用面向对象的解译方法对地物对象进行细分, 转化为训练样本, 进而构建深度学习模型^[4], 利用深度学习技术进行自然资源要素快速提取, 该方法的关键是构建准确丰富的样例库, 同时不同解译模型会影响解译精度和作业效率。

研究以深度学习技术为基础, 进行自然资源要素快速提取, 通过设计和建立多类型自然资源遥感影像

样例库, 整理各种自然资源要素的遥感影像样本, 为深度学习解译模型提供训练数据支撑; 同时基于 Pytorch 深度学习框架, 采用 PSPNet (Pyramid Scene Parsing Network) 模型结构建立自然资源解译模型, 实现自然资源要素的高效提取, 从而提高遥感影像的处理精度和效率, 为自然资源合理利用和环境保护提供有力保障。

2 技术流程设计

历年的测绘成果数据具有较为完整的生产检校流程, 不仅包括前期的数据采集、预处理, 还涉及中期的数据解释与模型构建, 以及后期的数据验证与成果发布, 在完整的测绘流程基础上, 每个环节均有较为规范严格的质量控制, 从而保障测绘成果具有较高的准确性及可靠性^[5]。因此测绘成果数据无疑成为建立影像样例库的天然数据源, 具有无可替代的价值。充分利用计算机技术, 以已有测绘成果高精度遥感影像数据为基础, 建立样本库, 进一步训练出相应的解译模型, 在一定程度上提高解译模型的可靠性。

依托已有高精度遥感影像数据, 构建自然资源要素遥感影像解译样本库, 并设计样本库管理系统, 建立高准确度解译模型, 为深度学习提供数据支撑, 实现多类型自然资源要素自动化提取作业。研究基于 Pytorch 深度学习框架, 采用 PSPNet 模型结构进行图像解译^[6], 利用 Google Earth Engine 模型训练平台

作者简介: 李林青 (1987—), 男, 汉族, 本科, 助理工程师, 注册测绘师, 主要研究方向为工程测量。

进行训练。为丰富样例库，提高模型训练学习效率，通过对提取样本进行翻转、变形等处理，利用多次迭代来获得最优模型，提升模型的准确性和泛化性，总体技术流程如图 1 所示。

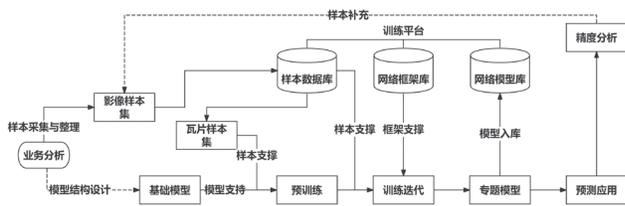


图1 基于深度学习的模型训练与迭代技术

3 试验应用研究

3.1 遥感影像样例库

3.1.1 样例设计和生产

为构建准确的自然资源遥感影像样例库，应当尽量遵循样例分辨率与待分类影像分辨率一致的原则，便于图像清晰度和内容的读取与判断；样例的大小不一定要求固定，但是需要能够真实有效反映地物的所有特征，涵盖地物类别的各种复杂度与层次，从而更准确地理解和分析地物的性质与特点。同时为了对样本集进行有效优化与整合，必须对样本进行细致清洗，通过严谨评估与筛选，剔除不规范样本，避免有误导性的数据对后续工作产生负面影响，有利于提高自然资源要素解译模型的精度^[7]。

为确保样例生产的准确性，应选择具有典型特征的乡镇、村庄作为样例主要生产区域，针对不同自然资源要素特征差异，单独设定样例生产方式。以房屋要素为例，同时在房屋密集分布和零星分布区域进行样例生产，统计研究区内主要房屋类型、平均面积等数据，进行解译模型训练样本尺寸设计。由于遥感影像中普遍获取的是房屋顶部数据，但研究区历年测绘成果中多为房屋要素底部投影面，因此需要对测绘成果数据中的房屋要素进行修正或重新采集^[8]。借助 ArcGIS 软件工具，对研究区内选择的样例区遥感影像进行裁剪处理，同时对房屋与其他地物进行二值化处理，生成样例影像和标签数据；然后通过人工清洗检查，剔除质量较差的样例影像，为样例数据库构建和解译模型提供高质量数据支撑。

3.1.2 样例数据库设计构建

以测区历年测绘成果数据为基础，进行深入剖析，构建不同策略下测区高质量自然资源要素遥感影像样例库。采用文件夹存储形式对多类型自然资源要素进

行分类管理，按照不同要素类别影像及属性特征，设定多个文件夹，实现单要素、多要素以及统计文件的灵活存储调用。为更好地管理测区自然资源要素遥感影像样例库，设计开发 Web 端可视化样例管理系统，实现样例录入、查询浏览、样例清洗、统计分析、模型调用等全流程可视化操作监管，用户通过在系统中新建存储文件夹，将生产完成后的样例录入系统存储，通过样例智能清洗处理，提升样例数据质量，为解译模型提供准确可靠的训练样本。研究区自然资源要素遥感影像样例库可视化管理系统界面如图 2 所示。



图2 样例库管理界面

3.2 遥感影像解译模型

以研究区自然资源要素遥感影像样例库为基础，利用深度学习技术，基于 Pytorch 深度学习框架，采用 PSPNet 模型结构设计搭建自然资源要素解译模型，实现研究区自然资源要素的快速自动化提取作业；同时为确保自然资源要素提取精度，利用多类型特征样本对基于深度学习技术的解译模型进行多次迭代训练，不断调整优化解译模型参数，确保解译模型的准确性和可靠性^[9]。

训练样本的选取直接影响模型的分精度，通过设计样本选取规则、构建可视化样例库管理系统，为解译模型训练迭代提供可靠数据支撑。选用样例库具有多样性和代表性的样本对解译模型进行训练，利用其他样本对模型精度进行检核，并调整优化模型参数。研究采用 IOU（交并比）指标对解译模型自然资源要素提取精度进行分析评估，当 IOU 计算结果与 1 较为接近时，表明解译结果精度较高，与实际地物类型较为匹配，同时结合人工目视解译成果进一步对比检核，确保解译模型的高可靠性。

3.3 试验效果分析

为验证基于深度学习算法的自然资源要素提取方法的适用性及可靠性,选择某地两片地物类型不同的 $5\text{km}\times 5\text{km}$ 区域进行地物识别提取,其中A区以居民房屋建筑为主,B区以大棚为主,利用深度学习算法构建房屋、大棚解译模型,通过不断调整训练样本数量和训练迭代次数,提升解译模型精度。在样本数量和训练次数增加后,房屋建筑要素解译模型 IOU 值从 0.65 提升至 0.83;大棚要素解译模型 IOU 值则从 0.70 提高至 0.86,初步验证了自然资源要素提取解译模型的准确性。利用基于深度学习算法构建的高精度解译模型,对试验区进行房屋、大棚要素提取,结果如图 3 和图 4 所示。



(a) 房屋原始影像 (b) 房屋识别解译

图3 居民房屋建筑区域解译结果



(a) 大棚原始影像 (b) 大棚识别解译

图4 大棚区域解译结果

分析图 3 和图 4 可知:

(1) 房屋要素解析累计耗时 13s,在较短时间内完成 25km^2 范围内房屋要素识别提取解译工作,由图 3

(b) 可以明显看出,房屋地物位置解译结果较为准确,轮廓面较为完整,解译结果较为理想。

(2) 大棚要素解译累计耗时 12s,相较于房屋解译用时略有降低,原因为 B 区大棚分布相对较为集中,而 A 区居民房屋建筑分布相对较为零散,同时大棚数量略低于房屋建筑,因此解译用时相对较少;由图 4(b) 可以明显看出,大棚解译地物位置和轮廓面较为准确,解译结果相对较好。

(3) 试验虽准确识别提取了房屋和大棚地物的空间位置及轮廓面,但在边界区域解译精度相对较低,同时存在将其他地物要素解译为目标地物要素的情况,后续可进一步增加训练样本数量及训练次数,建立典型错误样例库,不断提高自然资源要素提取解译精度。

4 结束语

自然资源监测是自然资源综合管理的基础,通过提取不同类型自然资源要素,分析变化规律及时空分布特征,为自然资源合理规划和开发利用提供指导。针对现阶段自然资源要素识别提取方法的不足,以深度学习技术为基础,设计并建立多类型自然资源要素遥感影像样例库,利用 Web 端信息系统进行样例生产、录入、清洗、调用等全流程可视化管理;同时基于 Pytorch 深度学习框架,采用 PSPNet 模型结构设计搭建自然资源要素解译模型,实现自然资源要素快速提取解译;利用某居民建筑区域和大棚区域对算法可靠性进行分析验证,实现房屋和大棚要素的准确提取。由于目前自然资源要素样例库不够完善,后续需进一步增加训练样本数量及训练次数,优化迭代解译模型,不断提高自然资源要素解译精度,为自然资源高效监管及可持续利用提供准确可靠的基础数据。

参考文献

- [1] 唐静秋.浅析遥感信息技术在自然资源监测监管中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(10):38-40.
- [2] 张继贤,李海涛,顾海燕,等.人机协同的自然资源要素智能提取方法[J].测绘学报,2021,50(8):1023-1032.
- [3] 叶萍萍.基于深度学习的遥感影像自然资源信息自动提取技术研究[J].测绘技术装备,2023,25(1):36-40.
- [4] 张力仁,冯然,齐中华,等.基于第三次国土调查的自然资源调查研究[J].测绘通报,2020(4):130-133,138.
- [5] 沈佳洁,曹侃,祁信舒.自然资源要素遥感智能解译样本分类体系研究[J].地理空间信息,2023,21(4):103-106.
- [6] 王佳,刘锦秀,李晓民,等.深度学习支持下的智能化信息提取技术在青海省自然资源变化监测中的应用[J].青海国土经略,2021(5):61-67.
- [7] 刘涵,王钰,桑玲玲,等.自然资源无缝数据立方体构建与要素智能监测[J].测绘科学,2023,48(1):201-213.
- [8] 张琳原,刘爱霞,韩旭,等.以遥感影像为监测单元的自然资源变化信息提取任务规划设计与实现[J].工程勘察,2023,51(7):47-51,66.
- [9] 程晓晖,李长辉,欧佳斌,等.深度学习在海珠国家湿地公园统一确权调查中的应用[J].测绘通报,2021(11):110-114.

水库大坝安全监测设计与实践

李章超¹ 李文富² 王元银¹ 曾帅³

(1. 昭通市水利水电勘测设计研究院, 云南 昭通 657000; 2. 云南省昭通市昭阳区水务局, 云南 昭通 657000;
3. 中邦建工有限公司, 云南 昭通 657000)

摘要: 对水库大坝实施安全监测是保障大坝安全的基础, 研究介绍了云南省昭通市巧家县小海子水库大坝变形监测的设计与实践, 通过采用 GPS 变形监测、应力应变监测、渗流监测等多种方法, 对小海子水库大坝的变形情况进行了详细监测, 分析了变形原因及趋势, 研究结果对水库安全管理和工程设计具有重要意义。

关键词: 水库; 大坝变形监测; GPS 监测; 遥感技术; 应变计监测

1 引言

随着全球气候变化与人类活动影响的加剧, 水库大坝作为重要的水利基础设施, 在防洪减灾、水资源调配、清洁能源供应和生态环境保护等方面发挥着不可替代的作用。然而, 大坝工程长期受复杂环境荷载、材料老化、地质条件变化等因素影响, 结构安全性和服役性能面临严峻挑战。近年来, 全球范围多次发生大坝失稳引发重大安全事故, 造成巨大经济损失和生态环境破坏, 凸显出大坝安全监测与风险预警的紧迫性。传统安全监测手段主要依赖人工巡检和离散式传感器数据采集, 存在监测周期长、数据维度单一、实时性不足等问题。随着物联网、人工智能(AI)、大数据等技术快速发展, 大坝安全监测正朝着智能化、集成化和高精度方向演进。如何采用多种监测技术提取大坝主体结构关键信息, 仍是当前研究难点。

基于 GPS 变形监测、应力应变监测、渗流监测等多种方法, 针对正在实施监测的小海子水库大坝开展工程研究, 可为提升大坝全生命周期安全管理水平提供理论支撑和技术参考。

2 设计方案

小海子水库位于金沙江二级支流、昭通市南部巧家县马树镇马树村的马树河上游, 距离马树镇约 3km。小海子水库是以农村人畜饮水和农田灌溉供水为主, 兼有下游村镇、农田防洪保护等综合利用的中型水利工程。水库大坝为混凝土面板堆石坝, 坝顶长 194.18m, 坝顶高程 2541.8m, 最大坝高 65.8m, 最大坝底宽 284.02m。为确保大坝的安全运行, 通过对水库大坝主要技术数据的实时监测监控, 了解坝体安全

状态并做出预测预警, 为科学决策提供依据。为全面覆盖对小海子水库大坝的变形监测, 主要开展坝体表面变形监测点监测、应力应变监测、渗流监测等工作。

2.1 坝体表面变形监测设计

巧家县小海子水库大坝变形监测平面坐标系为新建的独立平面坐标系统, 以设计坝轴线坝右处为坐标原点, 坝左方向为 X 轴(北坐标), 垂直于坝轴线下游方向为 Y 轴(东坐标); 高程系统为 1985 国家高程基准, 表面监测基准网由 JCJ-A、JCJ-B、JCJ-C、JCJ-D 等 4 个工作基点组成, 4 个基准点均埋设于地质稳定处, 并进行三角网控制测量和严密平差计算。

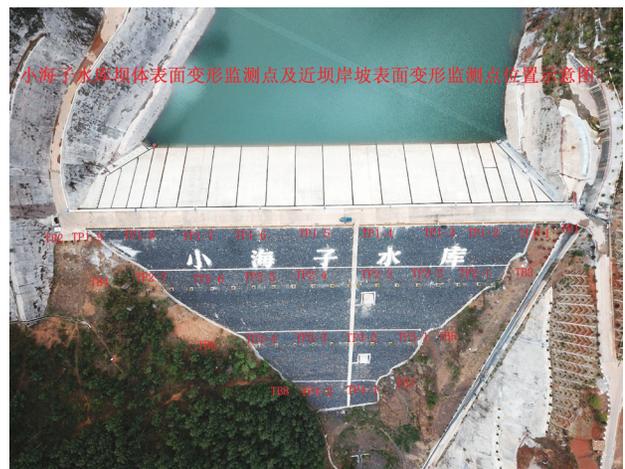


图1 表面变形监测布设

小海子水库大坝建设时已在能反映坝体表面变形特征及结构特征的位置^[1]埋设了 24 个表面变形监测点(后坝坡 2541m 高程位置埋设 TB1、TB2、TP1 ~ TP9, 后坝坡 2531m 高程位置埋设 TP2-1 ~ TP2-7, 后坝坡 2511m 高程位置埋设 TP3-1 ~ TP3-4, 后坝坡 2489m 高程位置埋设 TP4-1、TP4-2), 在近坝岸坡埋设了 6 个

作者简介: 李章超(1993—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要研究方向为水利水电工程测绘。

表面变形监测点（左近坝岸坡：TB3、TB5、TB7；右近坝岸坡：TB4、TB6、TB8），监测点标石为强制归心装置的混凝土标墩。坝体表面变形监测点及近坝岸坡表面变形监测点的埋设位置如图1所示。

2.2 应力应变及温度监测设计

大坝面板内部分别预埋了单向测缝计、应变计、无应力计、三向测缝计、脱空观测仪、温度计、倾角仪、钢筋计。其中，单向测缝计共预埋7组，分别位于5#面板(DB-J-01、DB-J-02)、9#面板(DB-J-03~DB-J-05)、15#面板(DB-J-06、DB-J-07)。应变计预埋11组，分别位于5#面板(DB-S3-01~DB-S3-03)、9#面板(DB-S3-04~DB-S3-08)、15#面板(DB-S3-09~DB-S3-11)，其中DB-S3-1-2、DB-S3-3-2因故障无观测数据。无应力计预埋6组，分别位于5#面板(DB-N-01、DB-N-02)、9#面板(DB-N-03、DB-N-04)、15#面板(DB-N-05、DB-N-06)。三向测缝计预埋6组，分别位于2#面板趾板处(DB-J3-01)、5#面板趾板处(DB-J3-02)、7#面板趾板处(DB-J3-03)、9#面板坝脚处(DB-J3-04)、13#面板趾板处(DB-J3-05)，17#、18#面板接缝处(DB-J3-06)，其中DB-J3-4-02(剪切)因故障无数据。脱空观测仪预埋3组，均位于9#面板内，其中DB-TS-01、DB-TS-02因故障无数据。温度计预埋3组，均位于9#面板内。倾角仪预埋11组，分别位于5#面板(DB-Q-01~DB-Q-03)、9#面板(DB-Q-04~DB-Q-08)、15#面板(DB-Q-09~DB-Q-11)，其中DB-Q-02~DB-Q-06、DB-Q-08~DB-Q-10因故障无数据。钢筋计预埋11组，分别位于5#面板(DB-R-01、DB-R-02)、9#面板(DB-R-04~DB-R-10)、15#面板(DB-R-11、DB-R-12)。

2.3 渗流监测设计

渗流量监测共预设渗压计、水位孔、量水堰。其中，渗压计预埋8组，其中P-01~P-04位于大坝坝基河床处，P-05~P-08位于两岸趾板处。水位孔预设6个，其中DB-HW-01~DB-HW-03位于左近坝岸坡上，DB-HW-04~DB-HW-06位于右近坝岸坡上，水位孔DB-HW-02、DB-HW-04、DB-HW-05因故障无数据。量水堰共预设3个，1#量水堰为梯形堰，设置在坝脚处；2#量水堰为梯形堰，设置在输水隧洞出口处；3#量水堰设置在龙潭口，为三角堰。

3 监测实践

基准网工作基点观测是在各工作基点架设徕卡全站仪TM30进行对向观测，使工作基点形成三角形网或

导线网^[2]，通过DAM6.0软件对观测数据进行严密平差计算。大坝坝体表面监测点、近坝岸坡表面变形监测点水平位移监测和垂直位移监测在监测工作基点架设徕卡全站仪TM30，采用极坐标方法进行观测。通过对每监测期原始观测数据进行处理和平差计算，得到变形监测点每监测期的累计位移量^[3]。

变形观测数据首先对现场采集的原始数据进行预处理，并根据最小二乘原理，用间接平差法进行平差计算；再利用各期平差后得到的坐标、高程及内部监测物理量数据，计算出各监测项目累计位移量，绘制累计位移曲线图。针对变形(位移)量计算，将本期监测计算出的变形监测点坐标值与上期的变形监测点坐标值之差作为本期监测点变形(位移)量，本期监测计算出的变形监测点坐标值与初始期变形监测点坐标值之差为累计变形(位移)量。对于个别异常位移量，及时进行复核、复测，或根据后续监测数据进行修正^[4]。

针对变形(位移)量符号，需要区分内部监测、表面变形监测两种情况^[5]。

(1) 内部监测中，界面、接(裂)缝及脱空变形：张开(脱开)为正，闭合为负。相对于稳定界面(如混凝土墙、趾板、基岩岸坡等)，下沉为正，反之为负；向左岸或下游为正，反之为负。引张线式水平位移计向下游为正，反之为负；水管式沉降仪数据下沉为正，反之为负。

(2) 表面变形监测点的位移量符号：小海子水库大坝监测独立坐标系中，水平位移向坝左(向北)、向下游(向东)为正，向南、向西为负；垂直位移向下为正，向上为负。因此，每次观测求得的位移量需要转换为水平位移方向，以向坝下游方向位移为正，向坝上游为负，位移量符号如图2所示。

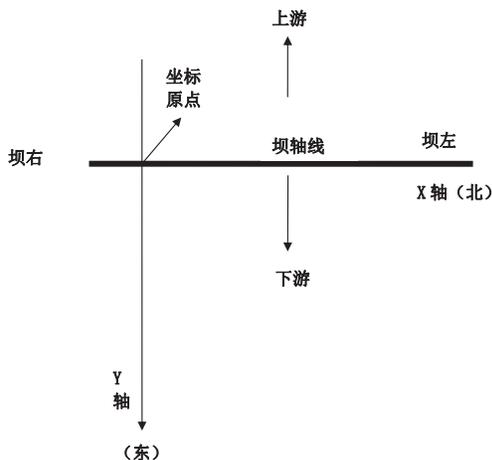


图2 位移量符号

4 监测结果分析

根据观测原始数据和平差计算数据的成果分析,观测精度良好,数据成果满足相关技术规范要求。经现场巡视,未发现表面可见明显变化的裂缝,近坝左岸坡监测前期有少量肉眼可见水流溢出、近期水流明显减小。

具体来说,在表面变形监测方面,后坝坡 2541m 高程处 TB1、TB2、TP1~TP9 的 11 个监测点位移量变化不大,累计最大水平位移为 TP1~TP3 的 9.0mm,累计最大垂直位移为 TP1~TP7 的 6.3mm。

后坝坡 2531m 高程: TP2-1~TP2-7 的 7 个表面监测点位移量变化不大,累计最大水平位移为 TP2-1 的 7.4mm,累计最大垂直位移为 TP2-1 的 6.2mm。

后坝坡 2511m 高程: TP3-1~TP3-4 本季度位移量变化不大,累计最大水平位移为 TP3-4 的 5.5mm,累计最大垂直位移为 TP3-2 的 5.0mm。

后坝坡 2489m 高程: TP4-1、TP4-2 本季度位移量变化不大,累计最大水平位移为 TP4-1 的 3.6mm,累计最大垂直位移为 TP4-2 的 4.2mm;近坝岸坡 6 个表面变形监测点(TB3、TB4、TB5、TB6、TB7、TB8)本季度位移量变化不大,累计最大水平位移为 TB3 的 6.3mm,累计最大垂直位移为 TB7 的 4.1mm。

在应力应变及温度监测方面,应力应变数据变化不明显。大坝面板钢筋计从本季度监测成果可知, DB-R-01~12 累计应力为 -36.55~55.21MPa,本季度应力为 -6.87~42.64MPa,从监测成果看,本季度钢筋计多为受拉力状态,应力变化无异常。大坝面板无应力计组从本季度监测成果可知, DB-N-01~6 累计应变量为 -161.63~208.77 $\mu\epsilon$,本季度应变量为 -118.63~105.87 $\mu\epsilon$,从监测成果看,无应力计组本季度数据变化稳定,无异常值。从本季度监测数据看,大坝应力应变本季度变化平稳。

在渗流监测方面,大坝坝基河床渗压计(P-01~P-04)累计渗透压力为 -0.001~1.84MPa,本季度渗透压力为 0.004~0.073MPa;大坝两岸趾板渗压计(P-05~P-08)累计渗透压力为 -0.08~0.17MPa,本季度渗透压力为 -0.001~0.005MPa。

从监测成果来看,本季度渗透水压力较上季度有所减小,目前渗透水压力无异常。

(1) 1#量水堰本季度流量为 11.16~11.93L/S,本季度 1#量水堰渗流量变化区间较稳定,但渗流量稍

大;2#量水堰本季度流量均为 7.25~77.38L/S,原因是该时段处于水库开闸放水期,造成 2#量水堰处流量激增;3#量水堰本季度流量均为 2.16~2.53L/S,本季度量水堰流量变化区间较小。

(2) 目前有三个水位孔有数据(DB-HW-01、DB-HW-03、DB-HW-06),水位孔 DB-HW-01 本季度水深为 18.20~18.78m,水位孔 DB-HW-03 本季度水深为 4.63~4.78m,水位孔 DB-HW-06 本季度水深为 13.39~13.59m,三个水位孔本季度水深变化区间较小,孔内水深较上季度变化不大,本季度小海子水库大坝监测数据无异常变化值。

经过连续三年的持续监测,结合观测原始数据和平差计算数据的成果分析,观测精度良好,平差计算公式应用正确,平差软件可靠,符合技术规范要求,监测数据成果满足监测精度和数据使用。

5 总结与展望

水库大坝安全监测对于保障大坝安全运行、保护下游人民生命财产安全、维持水资源合理利用至关重要。研究深入探讨水库大坝安全监测的设计与实践,监测内容涵盖变形监测、渗流监测、应力应变监测等,这些监测数据犹如大坝的“健康指标”,为评估大坝的运行状态提供了直接依据。研究结果表明,小海子水库大坝存在一定程度的变形,但变形速度较慢,研究成果对于水库的安全管理和工程设计具有重要意义。随着物联网、传感器等新兴技术的应用,监测系统将实现自动化运行,减少人为干预,提高监测的连续性和可靠性;管理系统将借助大数据分析和人工智能技术,实现对历史数据和实时监测数据的深度挖掘和分析,为大坝安全管理决策提供更加科学和准确的依据。

参考文献

- [1] 徐立君.基于监测数据的施工运营期大坝安全稳定性研究[J].水利科技与经济,2024,30(2):167-170.
- [2] 伍志刚,张国良,余宣兴,等.万家寨水利枢纽外部变形观测控制网自动化系统[J].水利水电工程设计,2000(1):47-48,53.
- [3] 张汇颖,陶志忠.基于GNSS的自动安全监测系统在老石坎水库的应用与分析[J].山西水利科技,2023(4):11-15.
- [4] 朱银旺,濮久武.论大坝安全监测系统运行诊断工作实效[J].大坝与安全,2023(2):36-39.
- [5] 陈强.大体积混凝土基础底板温控监测方法[J].江西建材,2022(12):78-79,82.

基于机载LiDAR技术的矿区土石方量测应用研究

夏蔓

(贵州省地质矿产勘查开发局一〇三地质大队, 贵州 铜仁 554300)

摘要: 针对露天矿山建设过程中传统土石方量测技术方法效率低、安全保障差等弊端, 以机载激光雷达 (LiDAR) 技术为基础, 对某露天矿区进行土石方量算作业, 利用 2023 年 7 月、9 月获取的高密度点云数据成果, 以及施工作业前原始地形数据, 分别采用三角网法、方格网法、ArcGIS 填挖方工具法计算不同施工区域的挖方体积。结果显示, 不同计算方法解析成果差值相对较小, 验证了项目土石方量测成果的准确性, 且机载 LiDAR 技术测速快、覆盖面积广、穿透力强, 外业数据采集和内业数据处理自动化程度高, 能够实现大范围复杂矿区土石方快速量测作业, 以准确可靠的土石方量测数据成果指导安全施工。

关键词: 机载 LiDAR; 点云数据; 土石方量测; 三角网法; 方格网法; ArcGIS 填挖方工具法

1 引言

土石方测量是矿区工程建设的基础。现阶段矿区土石方测量普遍采用全站仪、RTK 等仪器设备, 对矿区进行逐点测量, 利用获取的地形成果信息解算矿区土石方数据成果, 工作量大, 较难实现自动分析计算, 土石方测算效率相对较低^[1], 尤其是近年来矿山地理条件复杂程度增加, 对开展传统 RTK 测量造成较大困难。随着新型测绘仪器的发展应用, 矿区土石方测算也出现了新的技术方法。通过在无人机飞行平台搭载多视角倾斜相机, 定期对矿区进行航摄作业, 构建不同时期的矿区三维模型, 解析矿区工程建设土石方挖填量, 该方法工作量少、自动化程度高, 能快速实现矿区土石方测量解算, 但当矿区植被较多时, 倾斜摄影往往较难准确获取地表数据^[2], 高程信息多为灌木、草丛等顶部高程, 影响土石方量测精度。机载激光雷达 (Light Detection and Ranging, LiDAR) 技术同样能够对矿区地表信息进行快速采集, 相较于倾斜摄影测量, 具有较强的穿透能力, 能在植被覆盖密集的矿区进行地表信息准确采集^[3], 为矿区工程土石方快速测算提供了可靠有效的解决方案。

研究以某露天矿区土石方测算项目为研究对象, 以无人机为飞行平台, 搭载 LiDAR 测量系统进行数据采集, 获取矿区高精度点云数据及三维模型, 对比不同时期机载 LiDAR 数据成果, 解析矿区建设过程中的土石方挖填量, 从而实现低成本、高效率、高精度的矿区土石方测算。

2 项目概况

研究区属低山丘陵地区, 地形总体上西高东低, 最高点位于矿区中西部, 海拔标高 +570.69m, 最低点位于矿区东北侧 94.34m, 地形最大高差 476.35m, 整体自然斜坡坡度 10°~30°, 地势总体低缓。矿区外围北西向约 3.5km 为研究区最大地表水体, 最高洪水水位约为 13~15m。已有数据资料包括测区周边四等平面控制点 3 个、三等水准点 2 个, 平面坐标系采用 2000 国家大地坐标系, 高程基准采用 1985 国家高程基准, 经检核无误后作为测量起算控制点; 卫星定位系统采用省级连续运行卫星定位服务系统 (CORS), 并结合相关部门提供的 CGCS2000 坐标与 WGS84 坐标间的转换参数, GNSS 高程已经过似大地水准面精化处理。

3 机载 LiDAR 系统土石方测算

3.1 机载 LiDAR 系统

研究采用机载 LiDAR 系统进行矿区土石方测算, 以大疆 M300RTK 无人机为飞行平台, 搭载 RIEGL VUX-11LR 激光雷达采集点云数据, 采用 Inertial Explorer 航迹解算软件和 Terrasolid 点云数据处理软件进行数据解算, 构建矿区数字高程模型 (DEM), 解析矿区土石方量, 项目投入设备清单如表 1 所示。

3.2 技术路径

采用机载 LiDAR 系统获取矿区高精度点云数据成果, 首先进行前期测量规划准备, 包括制定飞行计划、系统测定与检校、设置 CORS 基准站等^[4], 同时对机

作者简介: 夏蔓 (1998—), 女, 土家族, 本科, 助理工程师, 主要研究方向为基础测绘、GIS 应用等。

载 LiDAR 系统的导航卫星定位系统和 CORS 基准站数据进行同步差分处理, 确保激光扫描获取的激光脚点三维坐标与区域参考基准保持一致。然后进行航摄作业, 采集空间位置、航摄姿态、地物影像等多类型数据^[5]; 采集完成后进行内业处理, 受飞行速度、光照强度、风速风向等因素影响, 航摄点云容易存在测量误差, 因此需进行误差检校及平差处理, 降低误差影响^[6]。接着进行点云滤波分类, 提取所需的地物点云; 利用内业处理软件对提取的点云进行分析处理, 生成 DEM、DOM、DLG 等数据成果, 为矿区土石方量解析提供数据支撑, 技术路径如图 1 所示。

表1 项目投入设备清单

序号	设备名称	规格型号	数量	备注
1	无人机飞行平台	大疆M300RTK	1架	飞行平台
2		亿展DL160Pro	1架	搭载机载激光雷达
3	航摄仪	禅思P1	1台	获取正射影像
4	激光雷达	RIEGL VUX-1LR	1台	点云获取
5	GNSS接收机	Trimble R10	1套	像控点测设、碎部点采集
6	全站仪	拓普康	1套	碎部点采集
7	航摄数据处理工作站	CPU: Intel 13900k GPU: AMD 7950x3D 内存: 128G 显卡: RTX4090	2台	数据处理
8	航迹解算软件	Inertial Explorer	1套	航线轨迹解算
9	点云数据处理软件	Terrasolid	1套	点云数据处理
10	其他辅助设备	/	若干	辅助测量作业

3.3 点云数据解算

点云数据处理是机载 LiDAR 矿区土石方测算的核心内容, 主要包括轨迹后差分处理、点云预处理、点云滤波等。

(1) 轨迹后差分处理。轨迹数据基于 Trimble Applanix 的软件 POSPAC 进行解算, 利用架设的 GPS 基站观测数据, 对飞行轨迹、姿态数据进行后差分解算处理, 获取精确轨迹信息。

(2) 点云预处理。利用 RIEGL 自带的处理软件 RiPROCESS 对各航带数据进行解算及拼接, 得到高精度点云数据, 并转换至目标坐标系导出; 然后采用孤立点排异法、邻域平均法、最小二乘法滤波等方法进行原始点云数据去噪处理, 对于明显的孤立点、漂移点、冗余点, 采用可视化方式删除, 提高点云质量^[7]。

(3) 点云滤波。对点云数据进行滤波与分类, 根

据所属的地物地类属性区分离散无属性的点云数据, 将地物点分为若干类型, 同时消除部分冗余数据, 提取所需地物地类属性数据。

点云数据处理完成后需进行 DEM 生产, 基于分类后的点云叠加全要素矢量数据, 剔除地表要素后构建 TIN 网模型^[8]; 同时可通过滤波及平滑处理地物和异常点, 栅格化镶嵌生成 DSM, 用于后期 DOM 生产, 同时还提供 DSM 三维编辑工具, 对不符合要求的 DEM 部分区域进行编辑。为保证成果满足 DOM 纠正的精度需要, 需对编辑后的 DEM 数据成果进行精度检查。精度检查一般采用检查点进行, 通过 DEM 的检查点误差统计或者由 DEM 对应的纠正影像精度来评判 DEM 是否满足要求, 满足要求后方可进行矿区土石方量解算分析。

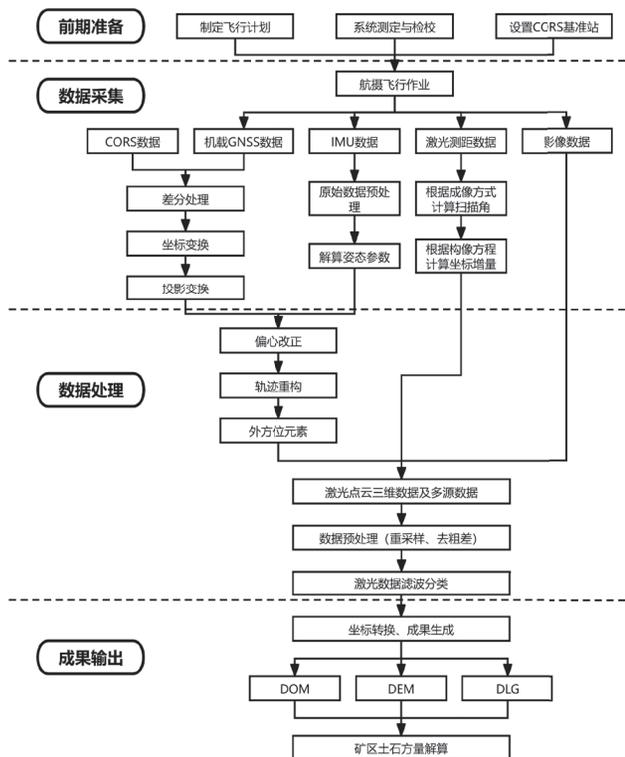


图1 机载LiDAR系统土石方量测技术路径

3.4 土石方量解算

采用 CASS10.1 专业测绘软件的三角网法、方格网法进行土石方量计算, 使用 ArcGIS 软件 3D Analyst 模块中 Area and Volume Statistics 工具计算体积进行比对。以 2023 年 7 月、9 月实测露天矿区地面点云高程数据及矿区施工作业前原始地形图数据为依据, 将研究区划分为 7 个施工区, 部分区域土石方量解算结果如图 2 所示。分别采用 CASS 方格网法、三角网法及 ArcGIS 填挖方工具法计算挖填方量, 验证土石方量解算结果的准确性, 统计结果如表 2 和表 3 所示。

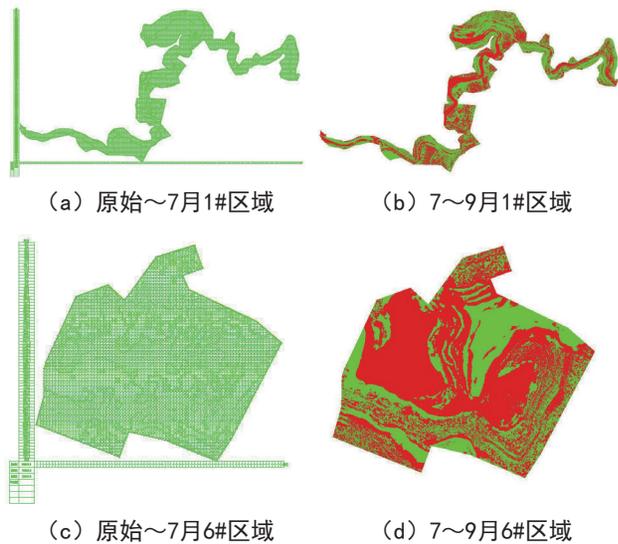


图2 部分区域土石方量解算结果

表2 原始地形图数据与2023年7月地形图数据计算结果统计

施工区域	挖填方面积/m ²	CASS	CASS	数据对比	
		三角网法	方格网法	挖方体积/m ³	挖方差值/m ³
1#	27593.1	337430.0	336252.5	1177.6	0.4%
2#	4726.9	13962.5	13921.0	41.5	0.3%
3#	6077.9	7884.1	7906.4	-22.3	-0.3%
4#	184508.0	471097.7	463547.1	7550.6	1.6%
5#	59940.3	306279.0	303441.1	2837.9	0.9%
6#	90876.6	32131.5	32051.6	79.9	0.2%
7#	2306.7	4714.2	4684.6	29.6	0.6%
总计	376029.5	1173499.0	1161804.3	11694.8	1.0%

表3 2023年7月与9月点云高程数据计算结果统计

施工区域	挖填方面积/m ²	CASS方格网法	ArcGIS填挖方工具法	数据对比	
		挖方体积/m ³	挖方体积/m ³	挖方差值/m ³	差值占比
1#	27593.1	34247.9	34801.0	-553.1	-1.6%
2#	1552.5	2838.1	2828.7	9.4	0.3%
3#	16097.5	54522.8	55685.1	-1162.3	-2.1%
4#	184508.0	51677.0	50189.5	1487.5	3.0%
5#	64100.7	130775.2	132409.6	-1634.4	-1.2%
6#	59940.3	107688.8	110738.0	-3049.2	-2.8%
7#	6544.3	480.8	502.0	-21.2	-4.2%
总计	360336.4	382230.6	387153.8	-4923.2	-1.3%

由表2可知,除1#区域外,其他区域通过三角网法和方格网法计算的挖方体积差值相对较小,差值比均未超过1%,验证了利用2023年7月获取的矿区地面点云高程数据与原始地形图数据解析计算的矿区土石方量成果的准确性。

由表3可知,采用CASS方格网法和ArcGIS填挖方工具法计算2023年7月~9月矿区开挖土石方量时,

挖方差值相对较大,差值比普遍在3.0%上下浮动,原因为项目采用CASS方格网法时边界采样间距设为2.0m,测区覆盖程度依然低于ArcGIS填挖方工具法中叠加的测区高密度点云模型,当施工区地形条件较为复杂时,两种解析方法获取的挖方体积差值相对更大。但两种解析方法挖方差值比均未超出5%,矿区土石方量测成果准确性相对较高,满足矿区建设施工要求。

4 结束语

土石方量测是矿山施工建设的重要内容,传统RTK、全站仪测量方法存在效率低、强度大、安全隐患高等弊端,而倾斜摄影测量穿透能力相对较弱,在植被覆盖密集矿区土石方量测成果准确性略有不足。以某露天矿区为研究对象,利用机载LiDAR技术对研究区土石方量进行测量解析,通过外业航摄、轨迹后差分处理、点云预处理、点云滤波等,获取地物高精度点云数据,构建矿区DEM数据成果,分别利用CASS三角网法、CASS方格网法、ArcGIS填挖方工具法解析7个施工区域原始地形至2023年7月间土石方挖填量、2023年7月~9月土石方挖填量,不同方法解析的挖方体积差异相对较小,验证了土石方量测成果的准确性。机载LiDAR技术能快速采集矿区高密度高精度三维点云数据,内业数据处理自动化程度较高,借助ArcGIS填挖方工具法获取的土石方挖填量数据成果可靠性高,可为矿区安全建设提供准确数据支撑。

参考文献

- [1] 杨娇.探讨机载LiDAR与倾斜摄影在大范围数字化土方测算中的应用[J].数字技术与应用,2021,39(12):20-22.
- [2] 刘国超,马会姣.机载LiDAR+Civil 3D在植被茂密山区边坡设计土石方概算中的应用[J].城市勘测,2022(1):114-116,121.
- [3] 闫兆进,阎凌宇,孟祥宇.基于车载LiDAR点云数据的某露天矿土石方量计算[J].现代矿业,2017,33(1):177-178.
- [4] 史丰博.倾斜摄影和机载LiDAR技术在工程测量中的应用研究[J].甘肃科技,2022,38(3):32-34.
- [5] 邓小东,张春元,曹婷婷,等.土方量计算的几种方法及精度分析[J].矿山测量,2019,47(6):67-70.
- [6] 荣幸.基于机载LiDAR技术的林地面积调查应用研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(9):209-211,217.
- [7] 程飞,金泽林.土方量计算方法研究与应用[J].测绘与空间地理信息,2021,44(1):176-180.
- [8] 韩丽苹,李明.三种不同矿山土方量量算方法对比与分析[J].西部资源,2023(5):25-28.

基于像控后处理的倾斜摄影三维建模精度研究

林选博

(广州市城市更新规划设计研究院有限公司, 广东 广州 510030)

摘要: 倾斜摄影三维模型精度与像控点布设量测质量密切相关, 针对城市建筑物密集分布的环境复杂区域难以布设高质量像控点的弊端, 以城市历史高精度三维模型为基础, 基于像控后处理模型量测方法进行三维建模, 无需现场布设像控点, 有效降低了外业工作量, 提升了三维模型生产更新效率。同时为验证该方法三维建模成果的可靠性, 分别采用无像控和传统现场布控量测方法构建测区三维模型, 与基于像控后处理模型量测方法的三维模型进行对比分析, 结果表明: 该方法的三维模型平面和高程中误差与传统现场布控量测三维模型基本一致, 均小于 0.05 m, 满足相关规范精度指标及生产使用要求, 为城市实景三维模型动态更新提供了高效可靠的技术方法。

关键词: 像控点; 像控后处理; 三维模型; 倾斜摄影

1 引言

随着无人机技术的快速发展, 倾斜摄影测量硬件成本降低, 航摄效率及建模精度得到大幅度提升, 在城市规划、建筑设计、灾害评估等领域发挥越来越重要的作用^[1]。采用无人机倾斜摄影技术进行外业航摄时, 为保障测量成果精度, 需要预先布设一定数量的高质量像控点^[2], 但在地形环境复杂、建筑物密集分布区域, 像控点布设往往较为困难^[3]。研究表明, 像控点数量、位置、布设方式等均会对三维模型精度产生影响, 而无像控点情况下, 三维建模精度则相对较差, 虽然可通过航摄系统辅助设备及算法模型提高成果精度, 但辅助设备和算法模型的要求较高^[4], 成本投入较大, 经济适用性差。针对无像控点模式下倾斜摄影三维模型精度较低的问题, 以某城市三维模型更新项目为研究对象, 采用无人机倾斜摄影技术直接获取测区三维模型, 以无像控三维模型为基础, 选择特征显著的地面点作为像控点, 并从测区已有的高精度三维模型中提取像控点相应坐标数据, 利用像控后处理方式重新构建城市三维模型, 从而实现城市三维模型的快速高精度更新。

2 像控后处理三维建模

常规倾斜摄影测量需要以测区航摄底图为基础, 在测区布设高质量像控点, 为倾斜摄影三维建模提供控制基准, 保障建模精度。但作业环境复杂区域往往较难布设像控点, 且像控点量测与航摄作业存在一定时间差, 布设的像控点容易遭到破坏, 因而需要布设

更多的像控点进行冗余控制^[5], 而无像控点模式下, 倾斜模型精度却又难以满足要求。因此, 研究以测区已有的高精度三维模型为基础, 采用像控后处理技术进行三维模型快速生产更新。

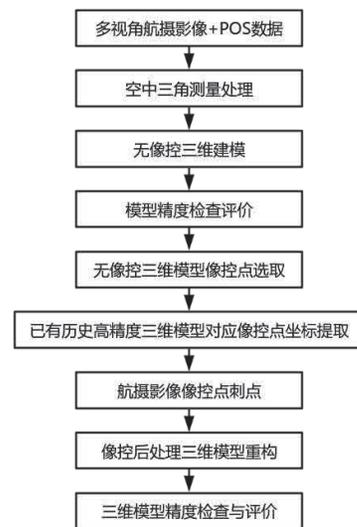


图1 像控后处理三维建模技术路径

像控后处理是在无像控点模式下初步构建测区三维模型, 将模型特征显著点位作为像控点, 从测区已有高精度三维模型中提取坐标, 并将其刺入无像控点模式获取的测区航摄原始相片, 再次构建测区三维模型^[6]。像控后处理技术无需布设像控点, 降低了外业工作量, 且无需新增仪器设备和算法模型, 同时又能确保三维模型成果精度; 但该方法是基于测区已有高精度三维模型进行像控点坐标提取, 具有较强的依赖性^[7], 适用于区域内历史三维模型快速更新项目。研究以某城市区域三维模型更新项目为对象, 利用像

作者简介: 林选博 (1995—), 男, 汉族, 本科, 助理工程师, 主要研究方向为城市更新、测绘技术应用等。

控后处理技术进行三维模型快速生产更新,建模技术路径如图1所示,同时采用常规像控点和无像控点模式进行测区三维模型构建,并与像控后处理三维建模精度进行对比分析,以验证像控后处理技术的可靠性。

3 项目应用研究

3.1 项目概况

研究以某城市三维模型更新项目为对象,选择部分区域对像控后处理技术的适用性及可靠性进行分析。测区面积约为0.63km²,存在较多建筑物,包含高层小区及低矮楼房,建筑物分布密集,像控点布设较为困难。采用搭载五镜头相机的大疆M210多旋翼无人机进行航摄作业,航摄参数如表1所示,共计获取13380张多视角航摄影像。

表1 航摄参数

类型	参数
相机焦距/mm	35
飞行速度/(m/s)	7.5
相对航高/m	80
航向重叠度/%	85
旁向重叠度/%	80
航摄路线	S型

3.2 像控点布设量测方法研究

3.2.1 像控点量测方法

现阶段普遍采用显著标识进行像控点布设,在测区选择合适位置布设像控点标识,然后采用高精度全站仪或RTK测量中心位置坐标数据,外业工作量较大,需要投入较多人力物力。为提高像控点量测效率,降低外业工作量,研究人员提出像控后处理实测方式,首先采用无像控点方式构建测区初始三维模型,选择模型中易识别、具有显著特征的角点作为像控点,进行外业实测,获取像控点坐标数据;像控后处理实测方式无需布设像控点,结合三维模型中测区实际地形地貌灵活选择像控点位置,像控点空间分布更为科学合理,能在一定程度上降低外业工作量,提高像控点量测效率。

研究以测区已有高精度三维模型为基础,对像控后处理实测方式进行改进,同样通过无像控三维模型设置像控点空间分布,然后在已有三维模型中提取对应点位坐标数据,即可实现像控后处理模型量测;相较于像控后处理实测方式,像控点后处理模型量测同样可以灵活选择像控点空间位置,且无需外业测量作业,大幅度提升了像控点量测效率,但需要测区具有

历史高精度三维模型,可用于城镇三维模型局部定期生产更新。

3.2.2 像控点空间位置分布

像控点空间位置分布会影响倾斜摄影三维模型精度,因此研究针对测区形态,共设计三种像控点布设方案,并以测区两年前获取的高精度三维模型为基础,采用像控后处理模型量测方法采集像控点坐标,分别构建测区三维模型,探索测区像控点最佳空间分布方式。

方案一:边角分布,依据测区形态在边角位置均匀选取8个像控点,如图2(a)所示;

方案二:中心分布,在测区均匀选取8个像控点,边缘位置不设置像控点,如图2(b)所示;

方案三:边角及中心分布,在测区四角位置选取4个像控点,在测区较长边的中部补增1个像控点,在测区中心位置均匀选取3个像控点,如图2(c)所示。

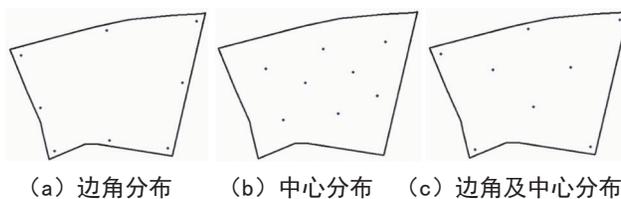


图2 不同像控点空间位置分布

为研究像控点空间位置分布对基于像控后处理模型量测方法的三维模型精度的影响,研究采用像控后处理模型量测方法对三种不同空间位置的像控点布设方案进行建模。首先利用ContextCapture软件构建无像控三维模型,在模型中确定像控点位置,从测区已有高精度三维模型中提取像控点坐标,重新进行刺点、空三平差、白膜构建、纹理映射等^[8],构建测区像控后处理三维实景模型。

在测区均匀选择12个具有显著特征的建筑物角点作为三维模型精度检核点,利用多次独立测量结果的平均值作为检核点真值,以中误差形式对三维模型精度进行评定,公式如下:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_x \Delta_x]}{n}}$$

$$m_y = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_y \Delta_y]}{n}}$$

$$m_z = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_z \Delta_z]}{n}}$$

$$m_{xy} = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

公式中, m_x 、 m_y 、 m_z 分别表示三维模型 x 、 y 方向

及高程中误差, m_{xy} 表示三维模型平面中误差, Δx 、 Δy 、 Δz 分别表示 x 、 y 方向及高程真误差, n 表示检核点数量。

三种像控点布设方案构建的三维模型精度统计结果如表 2 所示。

表2 三维模型精度统计

中误差类型	基于像控后处理模型量测方法的三维模型		
	方案一	方案二	方案三
平面中误差/m	0.0401	0.0519	0.0322
高程中误差/m	0.0474	0.0827	0.0376

对表 2 分析可知:

(1) 三种像控点布设方案中, 方案三的三维模型精度最高, 其次为方案一, 方案二模型精度最低, 平面和高程中误差均超过 0.05m, 不满足相关规范精度指标要求, 表明采用像控后处理模型量测进行三维建模时, 应避免仅在测区中心位置选取像控点。

(2) 方案一像控点边角分布构建的三维模型虽然整体精度满足相关规范要求, 但三维模型精度分布不均匀, 测区边角位置模型精度较高, 而内部靠近中间位置模型精度偏低, 部分检核点误差超出 0.05m, 表明仅在边角选取像控点形式, 三维建模效果依旧不太理想。

(3) 方案三像控点边角及中心分布构建的三维模型精度较高, 检核点误差及平面、高程中误差均未超出 0.05m, 满足相关规范精度指标要求, 且模型误差分布较为均匀, 表明采用像控后处理模型量测方法进行三维建模时, 应尽量在测区边角和内部均匀选取像控点, 保障三维建模精度。

3.3 不同像控点量测方法三维建模精度分析

为进一步分析基于像控后处理模型量测方法构建三维模型成果的可靠性, 研究分别采用无像控点方法、实地量测像控点方法、像控后处理模型量测方法进行测区三维建模, 采用边角及中心分布形式布设像控点, 利用测区均匀布设的 12 个检核点对不同像控点量测方法三维模型平面和高程中误差进行分析评估。

为保障无像控点三维建模精度, 降低因航摄系统、飞行时间、外界环境等因素产生的无像控三维模型分层、扭曲、拉伸错位等现象^[9], 研究通过多次实验对比分析, 以较为完整的单架次为主体, 在确保相邻航线间旁向重叠率不低于 75% 的前提下, 删除与其重叠的其他航线航摄影像, 提高无像控点三维模型可读性, 为基于像控后处理模型量测方法提供较高清晰度的初

始模型, 无像控三维模型分层现象治理前后效果对比如图 3 所示。

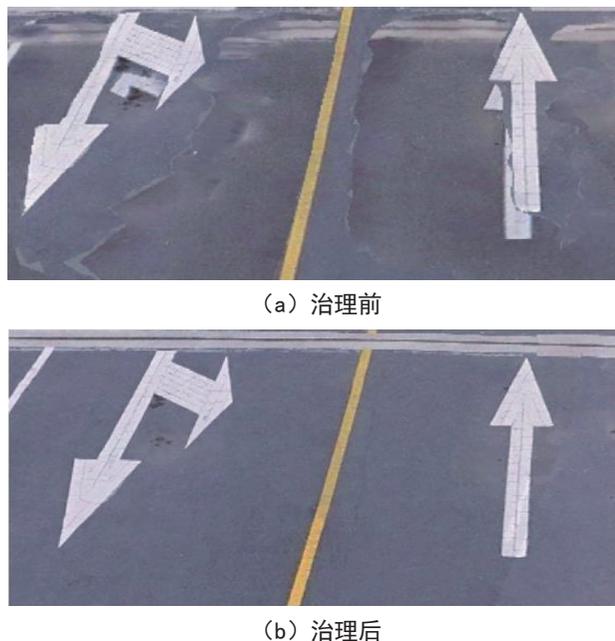


图3 无像控三维模型分层现象治理效果

表3 不同像控点量测方法三维建模精度统计

检核点号	无像控点三维模型		实地量测像控点三维模型		基于像控后处理模型量测方法的三维模型	
	平面误差/m	高程误差/m	平面误差/m	高程误差/m	平面误差/m	高程误差/m
JH01	0.1402	0.4067	0.0149	0.0383	0.0310	0.0393
JH02	0.3865	0.6210	0.0087	0.0133	0.0376	-0.0401
JH03	0.2128	0.2681	0.0209	0.0056	0.0432	-0.0379
JH04	0.2996	0.7123	0.0326	-0.0202	0.0440	0.0450
JH05	0.2682	-0.2138	0.0148	-0.0412	0.0410	0.0442
JH06	0.2790	-0.3990	0.0198	-0.0466	0.0308	-0.0342
中误差	0.2603	0.5125	0.0203	0.0319	0.0329	0.0402

基于无像控点方法、实地量测像控点方法、像控后处理模型量测方法构建的测区三维模型精度统计结果如表 3 所示。

对表 3 分析可知, 无像控点三维模型整体精度较差, 检核点平面和高程误差均超过 0.1m, 尤其是高程误差, 绝对值最大为 0.7566m, 与实测值存在较大偏差, 三维模型平面中误差为 0.2603m, 高程中误差为 0.5125m, 精度较差, 无法满足相关规范精度指标要求。实地量测像控点三维模型精度最高, 平面中误差为 0.0203m, 高程中误差为 0.0319m, 且所有检核点较差相对较小, 均未超过 0.05m, 满足相关规范精度指

(下转第 52 页)

基于CIM的智慧城市构建及关键技术研究

庄鸿凌¹ 付健² 齐麟²

(1. 广州南方测绘科技股份有限公司, 广东 广州 510663; 2. 广州南方智能技术有限公司, 广东 广州 510663)

摘要: 近年来, 智慧城市建设逐渐成为推动城市可持续发展的重要引擎。研究主要探讨城市信息模型(CIM)技术在智慧城市建设中的应用, 重点分析BIM轻量化、多源异构数据融合、仿真渲染等核心技术, 并深入探讨这些技术在智慧城市多尺度应用场景的实际应用, 展望了CIM平台在城市管理领域的未来发展趋势。通过融合建筑信息模型(BIM)、地理信息系统(GIS)和物联网(IoT)等先进技术, CIM有效打破了数据孤岛现象, 实现城市规划、建设和管理全周期的数据融合与业务协同。

关键词: 城市信息模型; 智慧城市; 建筑信息模型; 地理信息系统; 物联网; 城市治理

1 引言

我国城市建设已迈入高质量发展的关键阶段, 人口正不断从农村地区向城市流动和聚集。这种人口迁移现象不仅有力促进了经济增长, 还引发了社会结构的深刻调整及生活方式的重大转变。在新型城镇化稳步推进过程中, 城镇化发展已从单纯追求速度和规模增长, 转向更加注重发展质量和效益, 城市空间布局持续优化, 城镇化质量稳步提升。王蒙徽在《实施城市更新行动》报告中明确指出^[1], 要大力推进以信息化、数字化和智能化为特征的新型城市基础设施建设, 加快构建城市信息模型(City Information Modeling, 简称CIM)平台。

CIM平台是新型城市基础设施的关键组成部分, 能有效打破智慧城市建设的信息壁垒, 实现城市规划、建设、管理全生命周期的数据融合、技术整合、业务协同。CIM平台依托城市基础地理信息, 可以构建涵盖建筑物、基础设施等的三维数字模型, 作为表达和管理城市三维空间信息的基础平台。通过CIM平台, 可以推动城市物理空间向数字化转变, 促进数据、技术与业务的深度融合, 提升城市治理与社会治理的综合能力。

CIM平台的应用有助于实现城市全生命周期的管理目标, 避免重复建设和数据孤岛现象, 为智慧城市建设提供强大的数据支撑和运行保障。在广州等地的试点实践中, CIM平台通过整合遥感信息、城市多维地理信息以及建筑信息模型(Building Information Modeling, 简称BIM), 构建了城市三维空间的全要

素表达体系, 为智慧城市建设提供了有力支持。作为新型城市基础设施的核心内容, CIM平台是推动城市高质量发展的重要抓手, 加强CIM平台建设, 不仅能全面提升城市建设水平和运行效率, 还能为实现国家治理体系和治理能力现代化奠定坚实基础^[2]。研究主要探讨城市信息模型(CIM)技术在智慧城市建设中的应用及关键技术, 展望未来发展趋势, 旨在为相关工程应用提供参考。

2 CIM智慧城市框架

2.1 CIM概述

CIM概念与建筑信息模型(BIM)联系紧密。BIM在建筑领域至关重要, 能高效管理建筑物设计、施工、运维等全生命周期信息, 促进业务协同。CIM可以理解为是BIM的拓展和延伸, 通过整合城市规划、建设、运维管理等全链条信息, 解决城市建设的数据孤岛难题。CIM是构建“数字孪生城市”的重要基础之一^[3], 其技术核心在于将云计算技术与深度融合大场景的GIS技术、小场景的BIM技术和微观的物联网IoT技术有效结合^[4]。

2.2 基于CIM的智慧城市架构

CIM平台作为智慧城市建设的核心信息基础设施, 能够实现数据的深度融合和技术的有机整合, 推动业务自治和协同发展。CIM的智慧城市框架主要由基础设施、数据资源、CIM平台、CIM+应用等组成, 智慧城市框架如图1所示。

(1) 基础设施

基础设施主要包含城市云、传感网等重要组成部

作者简介: 庄鸿凌(1992—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要研究方向为测绘地理三维可视化应用、测绘地理信息智慧城市应用、仿真教育、游戏引擎等。

分。城市云构建可采用公有云、政务云、混合云等多种方式，能为智慧城市建设提供强大的数据存储和计算能力，实现各类数据的安全、高效存储和处理。多样化的传感器终端、社交媒体、公众网络等城市感知工具可实现对城市空间的全方位、高精度监测，构建天空地一体化的感知体系，实时、有效地捕捉城市空间的各类动态信息，为城市管理和决策提供及时、准确的数据支持。

(2) 数据资源

城市数据资源包括遥感、地理信息、BIM 模型、倾斜摄影、互联网感知及业务专题等多种数据类型。这些数据以城市地理空间信息为核心实现汇聚整合，共同构筑城市的数字资产体系，为城市规划、建设和管理提供不可或缺的支持。

(3) CIM 平台

CIM 平台能够执行从数据采集、汇聚、处理、分发到共享的一站式数据治理流程，具备强大的三维可视化和空间分析能力，能够深度整合、优化现有平台的基础架构和资源，可以全面支持城市三维全空间要素管理及海量数据处理，为上层应用提供稳定可靠的基础服务。

(4) CIM+ 应用

CIM 平台架构灵活、高度开放，支持政府部门、各行各业、社会公众按需开发和扩展业务应用，进而打造多样化、个性化的应用场景和解决方案，促进跨领域协作与联动，全面支撑城市治理、社会治理及智慧城市建设^[5]。

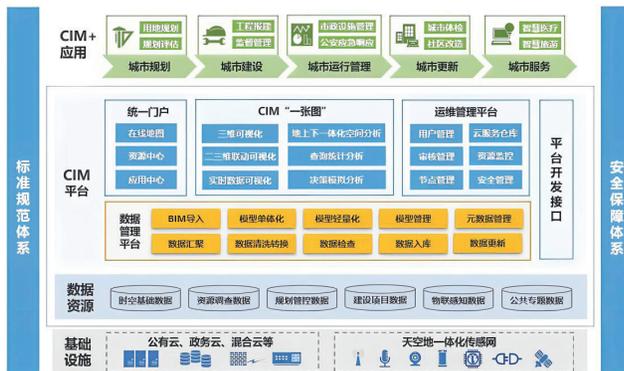


图1 基于CIM的智慧城市框架

3 关键技术研究

3.1 BIM 轻量化技术

在 CIM 平台中，BIM 数据是城市规划、设计、建设及运维等各阶段的重要支撑，对城市精细化管理具

有关键作用。然而，BIM 数据量庞大，通常从几百兆到几千兆不等，这不仅对计算机性能提出更高要求，还可能影响模型的加载速度和数量。为了在 CIM 平台高效利用 BIM 数据，需要采取几何模型简化、数据模型简化、显示简化等轻量化处理措施。其中，几何模型简化可减少模型的复杂度，降低文件大小；数据模型简化则通过删除冗余数据或压缩数据来优化模型；显示简化则利用细节层次 (LOD) 技术，根据用户需求选择不同层级的模型展示，从而提升加载速度和用户体验。这些技术手段共同作用，能够有效提升 BIM 数据在 CIM 平台的处理效率和展示效果^[6]。

3.1.1 几何模型简化

几何模型简化的核心是在确保模型完整性基础上，合理删除点、面和相同图元等元素，减少三角形数量，从而优化模型结构。在实际操作中，普遍采用边折叠算法和减面优化方法来简化。其中，边折叠算法通过逐一折叠模型的每条边，计算并生成能保证模型完整性的新顶点，将新顶点与折叠前的边相连，同时移除因折叠产生的退化边和三角形。而减面优化方法则直接删除模型的边或顶点，同时移除与之相关的三角形，从而实现模型简化。这些方法不仅能有效减少模型的三角形数量，还能在保持原模型层次结构的基础上，显著提升加载速度和内存利用率，使模型在 CIM 平台的运行更加流畅。

3.1.2 数据模型简化

数据模型简化主要包括精简各阶段数据、删除重复数据模型、压缩数据模型等流程。在设计、施工、运维等不同阶段，通过筛选，删除重复数据，剔除非必要数据，仅保留关键数据，进而减少数据冗余，确保数据的唯一性与准确性。压缩数据模型则是通过运用先进算法处理数据，有效缩减数据量，提升存储效率和传输速度，为 BIM 数据在 CIM 平台的高效应用创造条件。

3.1.3 显示简化

根据实际应用场景需求，选用合理的细节层次模型至关重要。因此，需要根据用户的关注焦点和实际需求，灵活展示不同层次的模型细节，避免在非必要情况下提供过高精度的模型细节，进而有效提高平台的响应能力。例如，在城市宏观浏览场景，采用较低细节层次的模型展示能提高加载速度和浏览流畅性；而当需要对特定建筑进行详细分析时，则可切换至高细节层次的模型，满足用户的专业分析需求。

3.2 多源异构数据融合技术

CIM平台的数据来源广泛、格式多样,涉及多个部门与行业,因此,必须对多源异构数据进行统一时空基准、统一格式标准和实体精准匹配等高质量集成与融合处理,以促进数据的高效利用。

3.2.1 统一时空基准

在CIM平台中,需对多源异构数据的坐标系进行统一转换,一般转换为2000国家大地坐标系和1985国家高程基准。基于统一时空基准,CIM平台能够实现影像、矢量、点云及手工建模等数据的坐标统一和转换,以保证数据空间位置的精准性。

3.2.2 统一格式标准

CIM平台主要基于Indexed 3D Scene Layer (I3S)标准来统一多源异构数据格式。该标准能将多种来源的数据,比如人工建模成果、倾斜摄影模型、三维几何元素(点、线、面)、地形数据、影像资料等,转换为SLPK格式。统一格式标准不仅解决了数据格式不兼容问题,还为数据在移动设备、浏览器等多种终端的高效存储、快速渲染、便捷共享与互操作性提供了有效的解决方案。

3.2.3 实体精准匹配

在数据融合过程中,不同数据源存在精度差异,常面临实体精准匹配和属性关联的复杂问题,需要进行融合匹配。

(1) DEM和DOM融合

为满足城市空间分析和科学决策需求,CIM平台对数字高程模型(DEM)和数字正射影像(DOM)进行了逐级切片处理,并依据规定的瓦片尺寸和最大等级数进行分层存储,这种处理方式不仅提升了数据精度,还为三维大场景的基础数据构建提供了支持。

(2) BIM与GIS数据融合

利用CIM平台数据接口二次开发,研发了专用数据转换插件,能够将Revit、CATIA等主流BIM软件成果接入CIM平台,并与3D GIS的I3S(SLPK)通用标准格式深度融合,融合过程基于GIS平台进行,主要依据CIM平台语义模型之间的关系和差异,制定语义映射转换规则,进而筛选提取IFC语义与几何关系属性,并利用一对一、一对多或间接映射的方法,按照映射对象的特征将IFC几何信息转为中间LOD模型,再借助BIM表面模型生成算法构建I3S(SLPK)模型,实现GIS与BIM数据的多细节融合,助力城市综合信息分析^[7]。

(3) BIM与倾斜摄影模型、手工建模数据融合

以现状模型(倾斜摄影模型/手工建模数据)为基准框架,选择隐藏现状模型,以全面查看BIM的整体形态、体量、色彩等信息与现状场景是否相同。此外,用户还可在BIM与现状模型之间进行便捷切换,从不同角度观察分析模型,确保最终融合效果满足实际需求。

(4) IoT数据与BIM、GIS数据融合

在CIM平台中,将IoT数据上传至数据库,再利用平台内置的BIM/GIS数据应用程序API接口,高效调用并接入IoT数据,从而实现IoT数据与BIM、GIS数据的集成与融合,进而方便城市管理者实时掌握城市运行动态信息,为城市智能化管理和决策制定提供及时、准确的数据支撑。

3.3 仿真渲染技术

仿真渲染,即三维渲染技术,主要包括WebGL图形渲染、图形简化与删除、三维瓦片渲染、光线追踪等先进技术,主要运用明暗着色、光线追踪、表面纹理等技术方法,对图形数据进行加工处理,生成能逼真模拟现实世界肉眼所见的图像,为城市可视化分析与决策提供直观的视觉辅助。

3.3.1 图形简化与删除

在渲染过程中,通过精确删除场景中不可见的图形元素,结合高效压缩与简化算法,对渲染模型进行优化处理,在不影响整体视觉效果的前提下提升渲染效率和性能。通常采用细节层次(Level of Detail, LOD)技术来科学管理图形数据,依据物体在场景的具体位置及重要性,合理选择细节层次模型,从而建立起多层次、多精度的图形数据架构,提升渲染效率,保证视觉质量,满足智慧城市建设对城市模型快速、高质量渲染的需求。

3.3.2 材质优化

城市三维模型的纹理数据通常存在数据量大、图像质量不佳、尺寸不同等突出问题,严重影响CIM平台的渲染效率和视觉呈现。因此,需要采用基于图像熵和清晰度的纹理压缩、基于KTX的材质纹理选择、基于边缘计算的材质替换等技术方法,来优化材质数据,提升渲染速度。比如,在基于边缘计算的材质替换方法中,低精度LOD材质的纹理数据在网络传输过程中会占用大量网络线程,导致传输效率低下,为此,首先分离模型瓦片数据和纹理数据,便于后续单独处理;随后,利用特定算法计算低精度LOD材质纹理特征,并依据这些特征在纹理库中搜索匹配相似纹理数

据，借助边缘计算的快速处理能力快速完成匹配，并确定最佳纹理替换方案；最后，对模型材质纹理优化更新，最大程度提升模型加载效率和展示效果，为城市规划和管理提供可视化支撑^[8]。

3.3.3 云渲染技术

云渲染技术将本地计算任务转移到云端服务器处理，用户通过互联网连接云渲染服务平台，按照既定流程上传场景文件和相关资源，随后借助云端强大的计算集群高效完成渲染。渲染结束后，用户可便捷下载图像或视频文件，实现高质量图形渲染，完全突破本地硬件性能局限，大幅削减渲染成本，增强渲染的灵活性与效率，为CIM平台图形渲染提供高效便捷的处理方式。

4 赋能 CIM+ 应用

CIM平台凭借独特的技术优势，成功使传统地理空间信息平台从室外宏观大场景向部件、构件乃至零件级的精细化微观信息管理转型，各行各业可基于CIM平台按需搭载各类行业应用，深入探索行业管理和城市治理的创新路径与解决方案。CIM平台与其他系统的关系如图2所示。

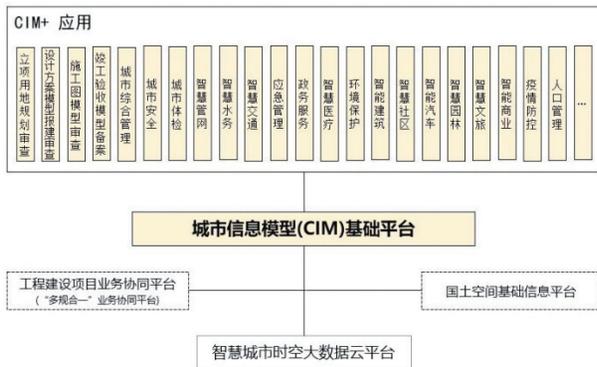


图2 CIM平台与其他系统关系

4.1 多尺度应用

通过整合多种空间尺度信息，CIM平台能够覆盖从单体建筑、项目到社区、园区，乃至整个城市和区域等不同层级的应用场景。

在项目层面，CIM平台主要依托BIM模型与周边环境的GIS模型相结合，支持能耗分析、资产管理以及实时监控等精细化管理任务，典型应用场景包括智能审图、交通智慧化建设，以及公共服务场所智慧化管理等。在园区层面，应用场景主要聚焦于工业园区、医院、学校等区域，在小范围实施精细化管理与服务，主要涵盖社区管理、校园管理等常见领域。

在城市层面，CIM平台主要覆盖城市建成区，以三维城市空间为基底，运用空间分析技术、大数据挖掘手段等量化分析方法，为城市管理者科学决策提供精准的数据和技术支撑。主要应用场景有：在城市设计领域，通过CIM平台综合分析城市地形、建筑、交通等要素，优化城市空间布局，提升整体形象和功能；在城市体检方面，利用多源数据全面评估城市基础设施、生态环境、公共服务等，为可持续发展提供科学依据；在城市安全领域，整合公安、消防、应急等部门数据，实现安全风险实时监测预警，保障城市安全稳定运行；在智慧交通方面，通过实时采集分析交通流量、路况等信息，实现交通信号智能调控、拥堵疏导等功能，提高城市交通运行效率^[9]。

4.2 全生命周期应用

作为城市数字化转型的重要基础工具，CIM平台具备强大的数据整合能力，能够汇聚城市过去、现在、未来的全时域数据，涵盖地上、地下的全空间数据，包括BIM、GIS和IoT等多源信息。依托CIM平台，可以在城市生命周期的不同阶段搭建丰富全面的应用体系，城市各阶段的应用成果能回流到CIM平台，实现跨阶段的数据共享与流通，为城市一体化协同管理提供强有力支持。

在城市规划阶段，CIM平台通过三维可视化技术可提供设计方案的空间模拟和智能审查比对功能。例如，在规划城市新区时，利用CIM平台可以直观对比不同方案在土地利用、交通布局、生态环境保护等方面的优劣，从而科学指导规划决策。

在建设实施阶段，CIM平台与BIM模型紧密结合，可推动建筑、桥梁、地铁等重点工程的智慧化建造，支持设备安全管理、碰撞检测和人流调控管理等功能，推动装配式设计等建造技术的应用。同时，CIM平台还能整合人口、房屋等专题数据，为城市更新建设提供保障。

进入运营管理阶段，CIM平台通过物联网技术和BIM模型，实现对管理对象能耗和人流的实时监控和预警。以商业建筑为例，可通过传感器采集客流量和能源消耗数据，同时结合BIM模型分析，优化空间布局，促进能源合理利用。此外，CIM平台还能整合交通、环保、气象等多领域数据，构建交通信息专网，有效提升交通运行效率和管理效能。

此外，CIM平台通过构建统一的数据管理体系，打破传统城市管理模式的信息壁垒，不仅支持实时数

据采集和分析,还通过智能算法优化城市管理决策流程,提高城市管理效率和精确度。例如,在智慧灯杆管理、智慧社区建设等方面,CIM平台都展现出巨大的应用潜力。

5 结语与展望

CIM平台与宏观场景的GIS技术、微观场景的BIM技术以及物联网IoT技术相融合,能够促进各行各业在城市管理各环节信息与模型的横向与纵向流通,为实现空间场景无缝切换、信息实时传输提供了新途径。

未来,CIM平台仍面临诸多机遇与挑战。一方面,随着大数据、人工智能、区块链等新兴技术的蓬勃发展,CIM平台仍需积极探索与新兴技术的深度融合路径,进一步提升数据处理能力、智能分析水平和安全保障性能。另一方面,应持续拓展CIM平台的应用领域,深入挖掘在城市应急管理、生态环境保护、文化遗产保护等领域的应用潜力,同时还要加快制定和完善CIM平台相关标准规范,推动跨地区、跨部门间CIM平台的互联互通和高效协同。

(上接第47页)

标准要求。基于像控后处理模型量测方法的三维模型整体精度略低于实地量测像控点三维模型,平面中误差为0.0329m,高程中误差为0.0402m,平面误差最大值为0.0425m,高程误差最大值为0.450m,同样满足相关规范精度指标要求,且误差分布较为均匀,建模效果相对较好。

4 结束语

以测区历史高精度三维模型为基础,利用无像控模式获取初始三维模型,在初始三维模型中选取合适像控点,然后在测区历史高精度三维模型中提取像控点坐标数据,采用像控后处理模型量测方法,实现测区三维模型快速生产更新。同时构建测区无像控点三维模型和实地量测像控点三维模型,与基于像控后处理模型量测方法的三维模型进行对比分析,无像控点三维模型精度较差,实地量测像控点三维模型和基于像控后处理模型量测方法的三维模型精度较高,平面和高程中误差均小于0.05m,满足相关规范精度指标要求;且基于像控后处理模型量测方法的三维模型无需现场布设像控点,外业工作量小,三维模型生产更新效率高,但需要测区具有历史高精度三维模型数据,

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部.(2020-09-21).住房和城乡建设部办公厅关于印发《城市信息模型(CIM)基础平台技术导则》的通知[EB/OL].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-09/25/content_5546996.htm
- [2] 王蒙徽.实施城市更新行动[N].人民日报,2020-12-29.
- [3] 王明省,何华贵,林鸿.CIM时空数据库的研究与实践[J].电子技术与软件工程,2020(3):172-173.
- [4] 杨滔.以“时空”为出发点打造城市信息操作系统[N].中国建设报,2020-3-30.
- [5] 操锋,张海兵,段高博.BIM模型轻量化问题研究[J].中国管理信息化,2020,23(2):79-80.
- [6] 陈明娥,崔海福,黄颖,等.BIM+GIS集成可视化性能优化技术[J].地理信息世界,2020,27(5):108-114.
- [7] 陈聪健.BIM与D-CIM技术结合在数据中心的应用[J].科学技术创新,2020(2):70-71.
- [8] 许浩,李珊珊,张明婕.城市信息模型平台关键技术研究[J].自然资源信息化,2022(2):57-62.
- [9] 汪科,季珏,王梓豪.城市更新背景下基于CIM的新型智慧城市建设和应用初探[J].建设科技,2021(6):12-15.

在城市高精度三维模型定期生产更新中具有较高的适用性及可靠性。

参考文献

- [1] 潘国富,单弘煜,赵鑫.基于动态后处理的无人机免像控测图方法[J].北京测绘,2021,35(8):1084-1088.
- [2] 唐磊,张振军,杨松,等.基于PPK技术的消费级无人机航测像控点布设方法优化[J].水利水电快报,2020,41(7):22-25.
- [3] 刘伟伟.无人机倾斜摄影测量在城市竣工测量中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(2):196-198.
- [4] 刘荣孝.不同定向方法对倾斜摄影三维建模精度的影响研究[J].测绘技术装备,2023,25(4):22-28.
- [5] 闻彩焕,王文栋,王晓东.实景三维模型空间信息采集像控点布设分析[J].测绘通报,2021(S1):1-5.
- [6] 朱焕康.像控点布设对无人机摄影测量精度评估[J].城市勘测,2022(5):86-89.
- [7] 吕树春.无人机倾斜摄影测量像控点布设方案优化研究[J].经纬天地,2023(5):66-70.
- [8] 周胜洁,邸国辉,李秉乾,等.基于无人机倾斜摄影的像控点布设对空三精度的影响[J].测绘与空间地理信息,2021,44(11):23-26,30.
- [9] 闫宏昌,罗玉恒.像控点设计方案对正射影像与三维倾斜模型的精度影响[J].北京测绘,2023,37(4):536-541.

图说古代城市中轴线

◎ 徐永清

2024年7月27日，在印度新德里召开的联合国教科文组织第46届世界遗产大会通过决议，将“北京中轴线——中国理想都城秩序的杰作”列入《世界遗产名录》。

申遗成功的北京中轴线，北起钟鼓楼，南至永定门，全长7.8千米，是世界上现存最长、保存最为完整的古代城市轴线之一，已经存在700余年。2008年北京奥运会后，北京中轴线继续向北延伸到奥林匹克公园，并在轴线东侧建造了“鸟巢”，在西侧建造了“水立方”；再加上永定门向南的永定门南大街、南苑路，这条都城中轴线全长达到23千米，为世界之冠。

中轴线，中国古代都城规划、建设的基本概念和理想模式。

建筑学家将中国古代大建筑群平面中统率全局的轴线，称为中轴线。战国时期的典籍《考工记》记载：“匠人营国，方九里，旁三门，国中九经九纬，经图九轨，左祖右舍，前朝后市，市朝一夫。”即城市为正方形，周边筑城墙，每边长九里，开三个城门；城中有九条直街，九条横街，每条大街宽九轨；全城的中央是宫城，左边是太庙，右边是社稷坛，后边是市场。这段话描述了古代城市的理想状态，含有中轴线思想。

1976年，陕西省宝鸡市岐山县凤雏村发现一处西周宫殿遗址，位于周原遗址核心区，为西周初期



▲ 陕西省宝鸡市岐山县凤雏村西周宫殿遗址

诸侯的宫殿或宗庙。这是一组严格按轴线对称关系组织的两进四合院式建筑，所有建筑空间沿着一条南北向中轴线布置，南北长45.2米，东西宽32.5米，其中轴线上依次排列有照壁、大门、前堂和后室，前堂和后室间以廊子相连接。不过，这种布局手法在此后的1000多年中，并未在建筑实践中普及。从商代到南北朝时期，中国最具代表性的宫殿建筑是所谓的“高台建筑”（台榭建筑）。

早期的东汉洛阳城，大朝正殿与南宫门、大城南城门一平城门形成一条南北向轴线；晚期东汉洛阳城，大朝正殿与北宫南门、大城南城门形成一条南北向轴线，这是我国历史上第一条以大朝正殿为基

点、宫城轴线与都城轴线重合的都城中轴线。在曹魏洛阳城中，中轴线自北向南依次为大朝正殿太极殿、宫城正门阊阖门、铜驼街、外城正门宣阳门，较此前的都城中轴线更为接近“居中”位置。

隋代在今陕西西安新建都城大兴城，由著名建筑家宇文恺负责规划和营造。唐代仍以大兴城为都，更名为长安城。长安城呈长方形，分为外郭城、宫城和皇城，宫城和皇城位于外郭城北部中央。宫城中部为太极宫，正殿太极殿位于宫城区南部正中，与宫城南面正门承天门相对，构成了宫城的中轴线。皇城正门朱雀门，北对宫城正门承天门，南为朱雀大街直通外郭城正门明德门，形成一条串联宫城、皇城、

外郭城的规模宏大的中轴线。此外，以这条中轴线为界，两侧对称分布着东市、西市和110个里坊，形成极为规整的中轴对称布局。

唐长安城总体上沿袭隋大兴城中轴对称的格局，设计时参考了邺城和建康城的布局。全城以南北方向的朱雀大街作为中轴线，东西两侧整齐排列着数目与面积相等的坊市。街衢与坊里整齐并排在一起，东西向与南北向大街成网格状交叉。将外郭城进行网格分区，每

个网格就是一个坊里。皇城中的12条大街呈相互交错状，将皇城地区进行网格分区，布局极为整齐，规制严密，因势改革，开创了新的都城规划制度，成为我国历史上规划最为规范的一座城池。

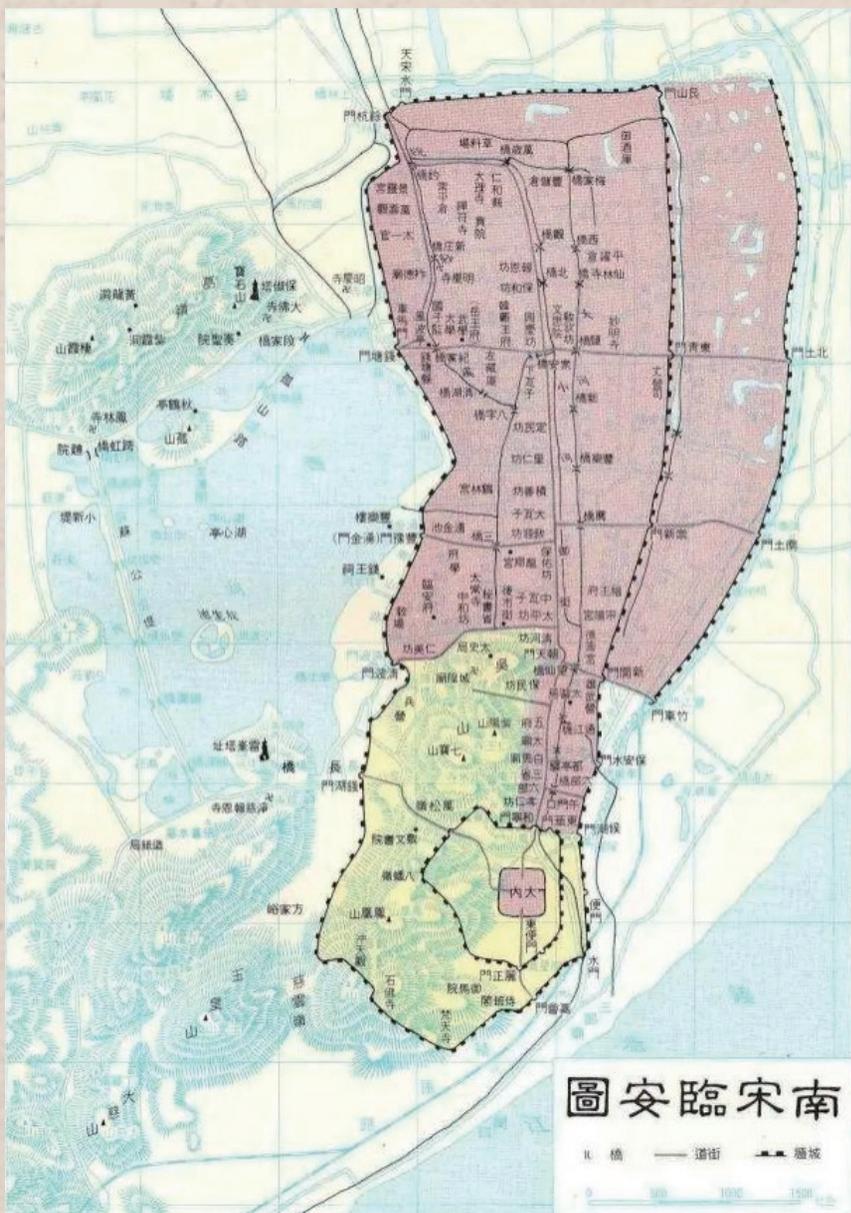
自隋唐以后，将一座都城按照左右对称式规划处理，从而形成一条城市中轴线，并且在大部分情况下，将帝王的宫殿布置在这条轴线上，几乎成了惯例。当然，都城中轴线也不是一成不变的，在自然环

境、老城布局等客观条件限制下，也会出现例外。

北宋都城汴梁宫城、内城、外城三城相套，宫城居于内城中心，自宫城南面正门宣德门外的御街向南，越过汴河上的周桥至内城南面正门朱雀门和外城南面正门南熏门，形成纵贯内、外城的长约4千米的南北向中轴线。由于汴梁是在隋唐旧城基础上发展而来，为避免大规模城市改造，中轴线没有向宫城以北延伸，就城市中轴线空间形态而言，不是很完整。

南宋都城临安城，位于今浙江省杭州市南部凤凰山东麓宋城路一带，包括宫城和外城，整体看平面似长方形，南跨吴山，北到武林门，东南靠钱塘江，西临西湖，南北长约7千米，东西宽约2.5千米。临安城依托群山、河流、平地等自然地理条件，在旧有城垣基础上进行改扩建，使城墙随地形变化而呈现不规则形状，故有“九曲城”之称。经考古发掘，临安城皇城南宫门和丽正门、主要宫殿、皇城北宫门和宁门并不处于同一条直线上，表明南宋皇城并没有一条纵贯南北的中轴线。

梁思成先生1951年在《北京——都市计划的无比杰作》一文中，对北京中轴线作了富于激情的描述：“我们可以从外城最南的永定门说起，从这南端正门北行，在中轴线左右是天坛和先农坛两个约略对称的建筑群；经过长长一条市楼对列的大街，到达珠市口的十字街口之后，才面向着内城第一个重点——雄伟的正阳门楼……过了此点，从正阳门楼到中华门，由中华门到天安门……由天安门起，是一系列轻重不一的宫门和广庭，一直引导到太和殿顶，便到达中轴



▲南宋临安城

前半的极点……然后向北、重点逐渐退削，以神武门为尾声。再往北，又‘奇峰突起’地立着景山做了宫城背后的衬托……由地安门，到鼓楼、钟楼，高大的建筑物都继续在中轴线上。但到了钟楼，中轴线便有计划地，也恰到好处地结束了。中线不再向北到达墙根，而将重点平稳地分配给左右分立的两个北面城楼——安定门和德胜门。这样有气魄的建筑总布局，世界上没有第二个！”

北京中轴线，始建于元朝，发展于明朝，完善于清朝，已有750余年历史。这条中轴线以位于全城中心的故宫太和殿为基点，首先形成宫城中轴线，随后又向南北延伸，将外城、内城、皇城和宫城串联起来，形成一条长7.8千米、南北贯穿全城的都城中轴线。从永定门到钟鼓楼，这条古都北京的中轴线，也是世界上现存最长的城市中轴线。

元大都的中轴线，自城北侧的中心台（当前的钟鼓楼西侧），穿过万宁桥，皇城的厚载红门，宫城的厚载门、延春阁、大明殿、崇天门，再到千步廊及最南端的丽正门。该轴线全长3.8千米，丽正门正坐落于当前的天安门。这条轴线一开始就不是正南北，皇城以北的中轴线向西偏斜 2° ，其中地安门向西偏离子午线200多米，轴线向北指向元上都（今内蒙古自治区锡林郭勒盟正蓝旗境内）。

在明清两代，北京中轴线向东移动了150米，最终形成如今的格局。中轴线上建筑从南往北依次为永定门箭楼（1957年拆除）、永定门城楼（1957年拆除，2005年重建）、天桥（1934年拆除）、正阳桥坊（五牌楼）、正阳门（前



▲ 元大都复原图

门）箭楼，正阳门城楼、中华门（明称大明门，清称大清门，民国时改为中华门，1954年拆除）、天安门、端门、午门、太和门、太和殿、中和殿、保和殿、乾清门、乾清宫、交泰殿、坤宁宫、坤宁门、御花园、钦安殿、顺贞门、神武门、北上门（1956年拆除）、景山门、绮望楼、万春亭、寿皇门、寿皇殿、地安门（1954年拆除）、万宁桥、鼓楼和钟楼。从南端永定门起，有天坛—先农坛、东便门—西便门、崇文门—宣武门、太庙—社稷坛、东三座门—西三座门、长安左门—长安右门、东华门—西华门、东直门—西直门、安定门—德胜门以中轴线为轴对称分布。

明清时期的北京古地图，有不少描绘了这条都城中轴线。

2004年，中国测绘科学研究所的航测专家夔中羽从北京航摄影像图上发现，北京中轴线从南端起始点（永定门）开始，向北延伸时开始呈逆时针方向偏离子午线，而终点位置（钟楼）换算后的实际距

离，已经离开子午线约300米。

北京现有的中轴线沿用了元大都时的中轴线，为什么会偏离呢？有学者认为，可能是建造者采用磁针定位法，造成技术上的误差。夔中羽认为，北京南北中轴线向北的延伸线，可连接270多千米外、今内蒙古正蓝旗附近的元上都。当时，元世祖忽必烈冬天在元大都办公，夏天在元上都办公，在建元大都前的测量工作中，很可能采用了上都—大都连线作为大都中轴线。

笔者觉得，毕竟元代的测量技术不可能有现在这么精确，北京中轴线出现二三百米的偏差，是有可能的。而且，按照夔中羽的测量，北京中轴线和元上都遗址中轴线之间也有几千米误差。从故宫以肉眼向北边的钟楼看去，这二三百米的偏差是完全看不出来的，在750年前的古代社会，这种“大概齐”的大都中轴线，也大概能够向元世祖忽必烈交代了吧。☑（作者系中国测绘学会边海地图工作委员会副主任委员、《地图研究》集刊主编）



诗意山水属巴中

◎ 赵洪山 / 文、图

2024年10月28日，我再次踏上巴中光雾山—诺水河世界地质公园的土地，开始了我的摄影之旅。

光雾山—诺水河世界地质公园位于四川省巴中市，地质遗迹保存完整，地貌景观、地质剖面、水体景观、古生物等地质遗迹十分丰富。五个时代的碳酸盐岩地层造就了完整的喀斯特地貌景观，从地表到地下，鹅管、石瀑、地层连续性极为可观。

燕子岭位于南江光雾山景区的核心区域。坐索道上山，只见山下云雾缭绕，五光十色，变幻莫测，景色令人称奇。山上分布着红山崖、南天门、七女峰、“万笏”朝圣、燕岩石林等多个景点，宛如人间仙

境。其中一根峰林石柱似“银蛇出山”，直冲蓝天，令人惊叹。

在“云天飞燕”景点，远观群山，满山红叶将远处的山峦装扮得瑰丽多姿，分外妖娆。这里是中国红叶之乡，被誉为“亚洲最长天然红地毯”。金秋时节正是红叶满山季，形成一道“天然红叶画廊”。红叶盛景的重要组成部分巴山水青冈为世界稀有树种，被鉴定为“冰川时期遗留下的植物活化石”，是世界水青冈属植物的起源和现代分布中心之一，此处也是中国目前水青冈属植物保存面积最大的地区。

大坝景区并没有大坝，而是一处群山环绕的盆地，因四周群山类似大坝而得名。大坝景区主要以宽

缓的“V”形峡谷地貌景观和生物季相景观为主体，峡谷绵长，曲折透迤。特别是以巴山水青冈为主的万亩原始森林更为罕见，被称为“四川盆地北部边缘山地重要的生物基因库”。

不远处就是著名的黑熊沟。黑熊沟发源于有“小峨眉”之称的香炉山，是焦家河的主要上游支流，因早年常有黑熊出没，故而得名。沟内水量丰沛，水质优良，清冽可鉴。河床由花岗岩构成，奇石密布，飞瀑流泉，蜿蜒流淌，碧潭相连，红叶斑斓。景区已开发黑熊沟近两公里，栈道铺就，索桥相连，游览轻松，沿着实木栈道放眼望去，飞瀑层叠，浪花翻滚。

桃园景区是清朝时期为纪念三国刘备、关羽、张飞在桃园三结义而建寺得名。这里地势南北高、中部低，焦家河自东向西横贯其间，自然风光荟萃，沿河直下，崖石奇特，古木参天，水质洁净，嘉鱼潜游；两岸山势，有似庐山奇峰怒拔，有似黄山瑰丽典雅，有似峨眉飘逸秀美，有似剑门陡峭险峻，真是雄、奇、秀、幽相映生辉，姿态各异，气象万千。

桃园景区主要以秀丽多姿的岩溶峰丛、绝壁如画的峡谷山崖、娟秀妩媚的幽谷飞瀑碧潭、原始洪荒的石林等景观资源为主体，奇峰林立，绵延逶迤，烟霞萦回，清丽出尘，艳如瑶池，美胜仙境。

10月29日晚，秋雨绵绵而至。次日一早，在去往十八月潭景区途中，云海低沉，雾气蒙蒙。汽车盘旋在弯曲的山路，但见山的一侧，云海穿行于漫山红叶之间，若隐若现，美不胜收。不久，光雾山的壮丽美景便映入眼帘。据当地人说，光雾山意为有雾，可见云雾是此地一大特色。每逢雨后日出，林间水汽蒸腾，冉冉升起，在一定高度汇聚成云海，当地人称之为“过山雾”，就是雾气从山脊一侧涌上来，越过山脊向另一侧流淌而去，如此奇特的景观要凭运气方能见到。

十八月潭景区，顾名思义就是18个水潭，潭以花岗石为底，有大有小，水有深有浅，形状各异。景区森林茂密，瀑潭富集，季相鲜明，环境幽静，每个潭、瀑都有绝妙图形隐藏其中，潭名也多以形态、规模和特点而取，如“婚纱瀑”，整个瀑布势如一溪浣纱，挥洒而下，轻若婚纱，美妙壮观；“神鹰潭”似雄鹰展翅，潭潭相连；“玉兔潭”形如一只兔子，“情侣潭”

好似一对情侣在拥抱与亲吻……取名之雅、韵味之浓，真是难以用笔墨来描述。漫步景区，溪水时而直泻而下，时而一片静谧，时而穿过林海，时而流淌于山涧，瀑潭相连相接，令人心旷神怡，故又有“川东北的九寨沟”之美称。

诺水河园区地处四川盆地之北，秦岭造山带南缘，出露地层有寒武系、奥陶系、志留系、二叠系、三叠系与第四系等。由于新构造运动，园区地形出现明显的“层状结构”，由北向南层层降低，由河谷至分水岭层层升高，且产生大量水平裂隙和纵张裂隙，为岩溶作用提供了良好通道，因而使溶洞、暗河成层发育，共分布有四层，大致与四级夷平面对应，形成时代为距今约260万年的更新世以前。独特的地质构造条件、岩石组合以及气候因素造就了诺水河宏大的溶洞群。园区岩溶洞穴数量巨大，地域集中，洞洞迥异，洞中有洞，盘根错节，洞道崎岖迂回，变化多端，如入迷宫，保存自然完整，为国内少有。

龙湖洞洞道分上、中、下三层，可游览面积5万平方米，主要景点

有“界河”“龙湖”“喊泉”“鹅管群”“古城堡”“生命之源”等，真可谓洞中有洞、洞上有洞。鹅管群景点，“鹅管”峰丛，密密麻麻，在灯光照射下迸发出亮晶晶的光芒，令人震撼，流连忘返。

狮子洞内的景象更是令人叹为观止，主洞深2000余米，高30~80米，洞内塔柱林立，阴河幽邃，四壁乳石密布，形状神奇，气势宏伟，置身洞中，令人顿觉庄严肃穆。钟乳石造型奇特，千姿百态，尤其是那些圆柱，上下一般粗，高达丈余。“乳石莲花”“定海神针”“珍珠玉盘”“金龟戏水”和“古水文线”等遗迹堪称绝景。

光雾山—诺水河世界地质公园自2018年10月揭牌开园以来，以“世界级”的身份迎接八方来客，对提升巴中知名度、保护地质遗迹、普及地学知识、发展旅游产业、推动巴中发展意义非凡。游览其中，洞奇、石怪、山秀、水美、峡幽、路险，如入梦幻之境，令人流连忘返，思欲重游。☑（作者系自然资源部摄影家协会副秘书长、河南省测绘地理信息技术中心退休干部）



明亮而不刺眼

◎ 陈鲁民



我特别喜欢余秋雨《东坡突围》里的一段话：“成熟是一种明亮而不刺眼的光辉，一种圆润而不腻耳的音响，一种不再需要对别人察言观色的从容，一种终于停止向周围申诉求告的大气，一种不理睬哄闹的微笑，一种洗刷了偏激的淡漠，一种无须声张的厚实，一种并不陡峭的高度。”

人活一世，草木一春，只要努力奋斗，又不是太笨，做到人生明亮并不算太难，无非是事业成功，梦想实现，声名显赫，光彩照人；而要做到人生不刺眼就更是容易，默默无闻，低调内敛，为人谦恭，出语平和，这也正是我等大多数普通人的自然选择。但要做到明亮而不刺眼，那就有些难度了。一个人既功成名就又不喜张扬，既名闻天下又不摆架子，既身居高位又频接地气，既文武全才又不恃才傲物，这样的人可谓少之又少，如同凤毛麟角，因此也更难能可贵。

一般来说，明亮与刺眼成正比，自然界里不论什么光源，都是越明亮就越刺眼，越暗淡就越柔和。太

阳比月亮要明亮得多，自然也刺眼得多，人们可以随时欣赏月之皎洁明媚，作诗颂歌，“把酒问青天”；而赏日则只能早看日出晚见夕阳，大部分时间是无法直视太阳的。人也是如此，越是成就大、名气大，就越是光芒万丈，刺人眼目，这也是一般常态，虽很正常却并非什么好事，因为难以接近。做人的理想境界还是要明亮而不刺眼，圆润而不腻耳，人与其交如沐春风，如浴冬阳。

明亮而不刺眼，是做人成熟的标志。一个不成熟者，稍有成就便会四处夸耀，生怕别人不知道，有点本事就不知天高地厚，自认为老子天下第一，离了我地球就不会转，这就是刺眼的明亮，让人很不舒服，不仅不会心生敬意，反而会心存厌恶。而一个成熟者，不论业绩多大，声望多高，都不会狂妄自大，轻视他人，他们发出的光芒是柔和、温暖的，既有可见光也有不见光，让人乐于接受，给人带来舒适的感觉。

明亮而不刺眼，是人格魅力的体现。有的人明亮不足却刺眼有余，

高高在上，眼生于顶，让人望而生畏，可敬而不可亲。而一个睿智的成功者，肯定也是一个具有人格魅力者。人格魅力，即一个人在性格、气质、能力、道德品质等方面具有的强烈吸引人的力量，要吸引人就不能太刺眼，盛气凌人，那只会让人不敢直视，避而远之。

明亮而不刺眼，是那些真正伟人的标配。大名鼎鼎的爱因斯坦，不修边幅，不讲究吃穿，常穿一身普通服装，与街头百姓一起聊天品茶，与常人无异。两获诺贝尔奖的居里夫人，从不恃奖而傲，每日从实验室回来，照常买菜做饭，就像邻家大婶，珍贵的勋章也被她拿来给孩子当玩具玩。他们的明亮不刺眼而永恒，英名流芳百世。

明亮而不刺眼，才能吾道不孤，朋友遍天下。早年苏东坡，恃才傲物，有些咄咄逼人，明亮而刺眼，得罪人不少。人到中年，东坡成熟了，做事扎实，对人真诚，处世稳重，低调谦恭，依旧明亮却不再刺眼，虽被一再贬谪，朋友却越来越多。好友参寥和尚，专程到黄州陪他住了一年多，精神上给东坡很大支持。老友巢谷，不顾73岁高龄，从四川去海南看望东坡，结果累死途中。朋友情谊安抚了他饱受摧残的心灵，支持了苏轼充满魅力的一生。

或许是我活得不够明亮且有点嫉妒心吧，天生对那些明亮而又刺眼者有一种排斥感，无论你本事再大，成就再高，名声再响，一旦牛气哄哄，颐指气使，大话欺人，就会被我打入另册。

明亮只能使人产生敬畏，不刺眼才能使人感到亲近，愿你我都做个明亮而不刺眼的人。☑（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）

橘乡横桥江自流

◎ 孙东勋

南下疾驰的高铁，驶过江城武汉，折西深入荆楚大地，沿途树木葱郁，河湖清澄，未见丝毫萧瑟，到了三峡明珠、水电之都宜昌就更像温润江南了。

浩浩荡荡的长江冲出层峦叠嶂，在宜昌划过长长的岸线，特殊的地理环境，成就了举世瞩目的长江三峡、葛洲坝超级水电站威名。

“一座来电的城市”是宜昌叫响的文旅头牌，三峡广场、三峡大厦、三峡人家与电不无关系，在人群中穿梭，就像神奇的“电流”“电波”充斥“电路”“电能”，浑身充满力量，又暗暗敬佩无所不能的“电老虎”。

不到三公里的葛洲坝下游，至喜长江大桥巍然立于江流，高塔托起长索，在长江黄金水道并肩而立，蔚为壮观。追溯历史，北宋著名文学家欧阳修任宜昌县令时，受人之托为至喜亭作记，据其编撰的《峡州至喜亭记》记载：“且志夫天下之大险至此而始平夷，以为行人之喜幸。”寓意岷江水路的凶险至此平定，行人皆感幸运和喜悦。2016年，“庙嘴桥”通车前征集桥名，有人提议取名“至喜”，大抵出于此，颇有浓郁的地域文化特色。

长江流向至喜桥下游东南约四千米处，夷陵长江大桥横跨江面，三座象征天、地、人的主塔直插云天，密密麻麻的斜拉索将大桥锚紧拉起。这是湖北第十一座长江大桥，于世纪之交建成，历经二十余载风雨洗礼，依旧刚劲挺拔，见证着岁

月变迁与世事沧桑。

江水悠悠，浪涛南逐。十四年前通车的宜万铁路宜昌长江大桥，如一道长虹卧于江涛之上，一列高铁风驰电掣般呼啸而过，江中两道钢管拱雄踞而盘，如九天大鹏展翅翱翔，将宜昌港的壮丽美景尽收眼底。昔日，大桥建设者安家江畔，历经三载余，与江水为邻，用豪情筑基，写下不朽青春诗篇，让开进祖国大西南的列车轨道天堑变通途。

橘子是宜昌的另一张名片，特别是秭归橙橘，个大、皮薄、色美、汁浓，品尝香甜美味时不禁勾起无限乡愁与人生感怀。古有楚辞之屈原，以橘喻人，借橘咏志，为其变法图强抱负、直谏忠诚品行寻觅本源清流，也为他终身著就的《离骚》《天问》等浪漫主义作品写下生动注脚。

冬日桥畔，神农山信江而拥，宁静安详。跟随风的律动，挂在枝头的山橘跳起欢快的舞蹈，似一个个小精灵探头张望。橘子树绿意盎然，树干光滑温和，泛着银白光泽，如一把把撑开的雨伞点缀山坡，美不胜收。山上间或杂生的柚子，微黄略青，个大形椭，像一颗颗玛瑙镶嵌于树冠叶间，为蓝天白云下的乡土人家描绘喜庆自信的丰收图景。站在山上远眺，云卷云舒，长江毕现，大桥横亘，船舶往返，晚霞映心，万般烦恼随风消散。

在浓郁清甜的橘香品味中，循沿江大道步行一刻钟许，一座八角七级仿楼阁式砖石塔巍然矗立于大

桥下游。始建于晋代的天然塔，由著名文学家郭璞寓居夷陵时筑造，历代不断修葺，五年前被列为全国重点文物。风雨飘摇、岁月久摧的八棱形塔基愈加坚固厚敦，六棱形平台、拱形门窗、古砖灰瓦，穿越历史云烟，沐浴着雨露阳光，在四季江风的吹拂中感受当下的盛世太平与幸福安宁。

层层天然塔，体验不一般。攀上塔端，极目瞭望，大江奔泻，近在眼前的伍家岗长江大桥，将江北与江南紧紧相牵，与夷陵、至喜两座宏伟大桥有机连成新城，宛如一只环绕老城翻飞的蝴蝶，跟随春天的脚步寻觅万花丛的无限美好。

作为东门户的宜昌长江公路大桥，距市区约十公里，由曾任国务院副总理的邹家华题写桥名，是沪渝高速公路的重要跨江通道，拱卫着这座美丽的水电之城，每天阳光自信地笑迎八方慕名者。

吹过甘甜的江风，捕获假日的浪漫，总以甜蜜示人的橘香，在彩虹镶嵌的桥面上跨越江流港滩，用希望生机与灿烂阳光精心装扮每一处山头。☑（作者单位：中铁大桥局集团第一工程有限公司）



三川到处好风光

◎ 童建军

“三川到处好风光”，这个题目在我心中已萦绕良久。三川是指周口沙河、颍河、贾鲁河，这是我家乡的河，是一个我与之有故事的地方。

提及周口，人们大抵都会说起三川交汇的壮丽景象。细究三川交汇的历史，我也是经年累月，步步探索，方才有了一些深入系统的认识。这里的故事可以从我的学生时代说起。

1989年到1991年，我在周口师专（周口师范学院的前身）上学，那时的周师还在周口七一路东段，向北没多远是河堤和大庆路桥，向东是康湾村和一处乡镇企业，再向东就是郊野了。课余或周末时，同学们会三三两两到间为土路的河堤上散步，或是到东边的禹亳小铁路周口支线小铁路桥上拍照。沙颍河水蜿蜒东去，岸上林木掩映，夹岸是一片片村舍和庄稼地，四季更迭，一派乡土风情的样子。作为文体委员，我还组织过几次集体“远游”，其中一次是到周口沙河大闸（一座历时10年于1975年建成的地标性建筑），归来写了篇作文《春游》，还被老师评了优秀。

许是同三川有缘，刚参加工作的单位是在周口的“河西”（贾鲁河之西），东边是三川交汇口，西边是周口大闸。上班路上，我有时会从贾鲁河的二板桥经过，大多数时候则是走周口大闸桥，近可闻涛声隆隆，远可眺碧水长天。单位出门

对着的就是沙颍河，每年3月到6月，大片河漫滩绿草如茵、蝴蝶翩翩，布网的，划船的，钓鱼的，河床浅的地方甚至可以涉水而过，日之夕矣，牛羊下来，仿佛一曲田园牧歌。其间，我还参加过一次城乡建设和环境保护方面的法律法规知识竞赛，时常坐在河边背题，最终获得一等奖，那努力的样子和场景至今记得。

后来，我调到局办公室工作，于一个冬日的清晨开始，下决心坚持步行上下班。在黎明晨曦里，沐浴着朝霞而行，于江天寥廓之中感受太阳带给人的喷薄力量；在滨河公园里，溯流而行，顺着宽阔的视觉廊道，看波光潋潋，寒鸭戏水，船泊河面，平添几多三川交汇处的自然之趣；在长虹卧波上，看一河两岸的建筑群落，或现代前卫、高大挺拔，或古朴庄重、精巧雅致。新与旧相衬，传统与现代相融，展现出一派开放多元而又充满活力的现代城市规划建设图景。游走多年，又有春日杨柳、夏日星河，可谓四时之景不同，而乐亦无穷矣。

2014年，我到周口港口物流产业集聚区工作，那时的港区处于初创阶段，修路架桥建新港，整个处于“筚路蓝缕，以启山林”的状态。为了项目踏勘和规划选址，有时我开车一路风尘，穿过乡间道路，或是步行走到沙颍岸边，寻到古颖歧口（明永乐年间开辟中原漕运，曾在此转运北上转输北京）、高山

顶机灌站（20世纪60年代的红旗水利标杆工程）遗存，也看到孤舟、鸭群、成双成对的喜鹊、飞翔的白鹭、乡野古渡和渡船上的人们，时不时会生出一种历史的沧桑感，当然更多的还是因为劳作和奉献、蓝图变为现实油然而生的美感和自豪感。那几年，我们编制了一系列周口港口物流产业集聚区规划，港区的主要交通路网基本成型，港口码头中部作业区初步建成并投入开港运营，高大的橘红色门座起重机、多色集装箱、千吨级货船，还有载满金色麦子的船舱等，同碧水蓝天交相辉映，依托沙颍河航道，内联外通达江海的中原港城以至国家内陆区域中心港口城市风采初展，作为其中的规划者和建设参与者，我为周口港区打基础重长远的发展尽了绵薄之力，也是一段难忘的经历。

2017年，结合百城提质建设工程，周口市设立城市规划展览馆（临时馆），我负责一些具体工作。工作需要，也是自身兴趣使然，我抽出更多时间沿着三川，深入城市街巷调研拍照，搜索查阅大量资料，并随机做些记录。起初是围绕中心城区“转小圈”，之后逐步扩大到全市域“大环线”。从沙颍河景观公园到沙颍河生态经济带，从组团城市到美丽乡村，一路走来，我对周口三川之变、城乡之变有了更加全面直观的感受，也对周口三川的历史由来、水系沿革和水运发展有了更深入的了解，就此写出并发表

江城子·贺中心2025年工作会议召开

○ 翟娅娟

中原大地聚群英，
绘蓝图，强支撑。
服务社会，硕果满枝红。
测绘精诚开伟业，
山河秀，梦相通。

资源监管责任重，
强保护，集约用。

军民融合，携手共兴盛。
科技赋能添羽翼，
新时代，展雄风。

回首去岁喜盈胸，
路虽艰，初心秉。
砥砺前行，步步向高峰。
不负韶华争朝夕，

情似火，气如虹。

新年擘画启新程，
再扬帆，破长风。
使命在肩，壮志贯长空。
待到功成欢庆日，
歌盛世，颂丰功。☑

(作者单位：河南省测绘地理信息技术中心)

定风波·塞南群峦耸入云

○ 冯思儒

塞南群峦耸入云，翠峰叠嶂映天青。古寺钟声传远近，心静，禅意悠悠入画屏。
曲径通幽寻胜境，风轻，瀑潭流转何人行。登顶远眺山河壮，云聚，此境
此景难为情。

破阵子·乐山¹遇真²

○ 冯思儒

碧瓦辉日今古，朱甍画栋蔡州。远眺青山云雾绕，近看绿水映桔荣，悟道遇真宫。
壮志何须实现，人生不止此途。莫叹征途多险阻，且把前程细绘图，寻常过凛冬。

注：1.今河南省驻马店市老乐山，历史上称为郎陵山，后改名为老乐山，为中原道教名山。

2.老乐山道观。☑ (作者单位：河南省测绘院)

了《溯源周口三川水系》《寻找西老寨》《老城话复兴》《历史视域下的周口港》《虹桥灯火映三川》等一系列文章，引起社会各界的共鸣和反响，由此让我同周口申报国家历史文化名城结下工作之缘。

2022年，周口市依托丰厚的历史文化积淀和独特的城水共生的空间格局，提出申报国家历史文化

名城，并成立专门的工作组织，我有幸作为自然资源和规划部门的抽调人员，参与了这项工作。这使我有更多时间和精力了解三川、亲近三川，为三川沿岸历史景观风貌的保护和有机更新尽份心力。“装点此三川，今朝更好看”，通过充分的走访调研和上下共同努力，周口南寨（沙南老街）历史文化街区保

护更新等项目深入推进，“大渡口”“磨盘山”等历史文化景观得以重现，周口三川的历史文脉由此得以赓续。

我见三川多妩媚，料三川见我应如是。不忘初心，继续前进，我爱周口三川，我和周口三川的故事还将继续下去。☑ (作者单位：周口市自然资源和规划局)

情系三门峡 鸿鹄艳彩霞

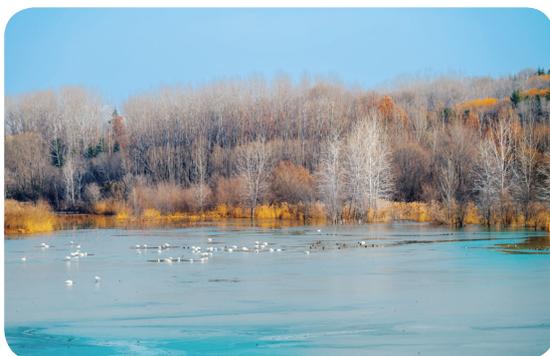
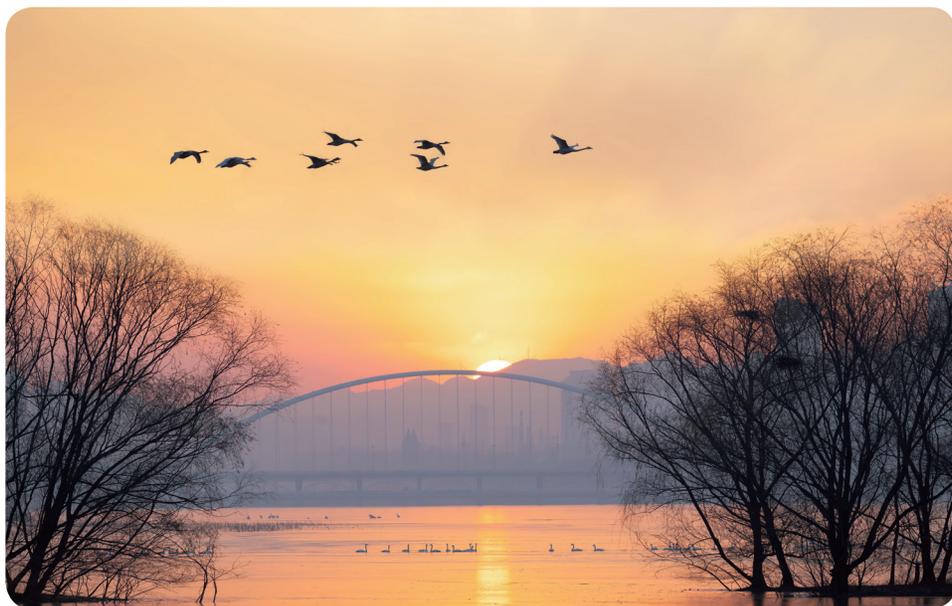
——三门峡大天鹅采风掠影



张仲增

笔名逆光，国家高级摄影师，中国摄影著作权协会会员、福建省摄影家协会会员、中国自然资源部作家协会会员、自然资源部摄影家协会特约摄影家、《人民摄影报》特约摄影家等，现就职于福建省自然资源厅。

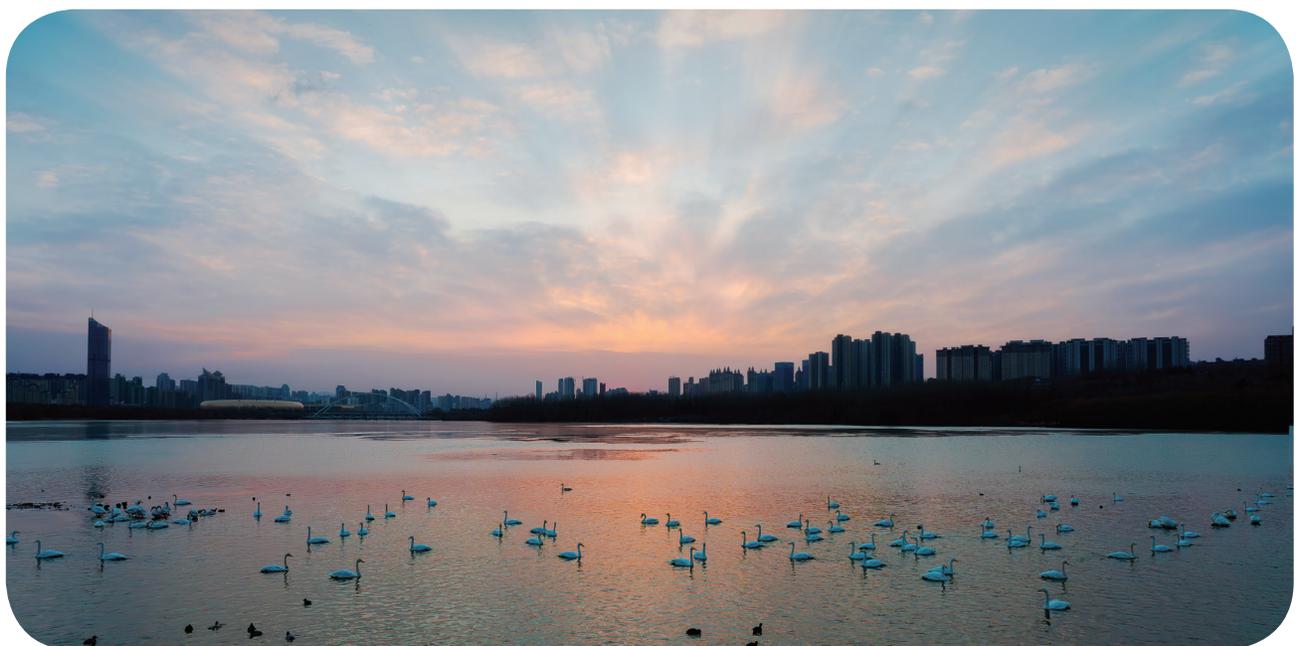
立冬刚过，深秋的余韵仍在尽情挥洒绚丽的色彩。此时，追随着日出日落脚步，追逐着天边那抹绚烂的霞光，在三门峡捕捉大天鹅的情影，无疑是一件令人心潮澎湃、乐此不疲的美事。





三门峡天鹅湖国家城市湿地公园内，数千只天鹅或嬉戏欢歌，或自由翱翔，与黄河岸边的自然风光交相辉映，勾勒出一幅人与自然和谐共生的动人画卷。作为一个外地人，我之所以对三门峡情有独钟，最初是被天鹅吸引，但深入其中才发现，这座城市不仅有着山的葱郁、水的静谧、人的热情，更有着悠久的历史 and 灿烂的文化。它如同一颗镶嵌在中原大地黄河岸边的璀璨明珠，散发着迷人光彩。

对于摄影爱好者而言，拍摄天鹅的最佳时机莫过于清晨与黄昏。此时，天鹅们或振翅欲飞，或梳理羽毛，或相互啄喙，或金鸡独立般将头埋入翅膀小憩。它们优美的身姿与周围的山光水色融为一体，构成一幅幅如诗如画的美丽图景。白天鹅与城市的完美融合，让人仿佛置身于“鹅在湖中，湖在城中，人与鹅和谐共处”的独特意境之中。这独特风景不仅讲述人与自然和谐相处的动人故事，更为三门峡的寒冬增添一抹别样的风度和温情。



《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

河南省交通规划设计研究院股份有限公司

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

河南省测绘地理信息技术中心召开 2025年全面从严治政工作会议

本刊讯 2月7日，河南省测绘地理信息技术中心召开2025年全面从严治政工作会议。会议以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大和二十届三中全会精神，深入学习贯彻习近平总书记在二十届中央纪委四次全会上的重要讲话精神，落实河南省委十一届八次全会、十一届省纪委五次全会和全省自然资源系统全面从严治政工作会议精神，总结2024年全面从严治政工作，部署2025年全面从严治政重点工作。中心党委书记、主任郭幸生参加会议并讲话，省纪委监委驻厅纪检监察组副组长林宪磊、综合室主任杨斌到会指导，中心党委委员、副主任肖峰作工作报告，中心党委委员、副主任武永斌主持会议，中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议。

会议指出，在河南省委、省政府和省自然资源厅党组有力领导下，在驻厅纪检监察组的监督指导下，中心坚决扛牢全面从严治政政治责任，推进政治建设筑基固本、专题教育深入人心、组织生活规范严谨、监督执纪精准有力、自我革命成效显著，全面从严治政不断向纵深推进，风清气正的政治生态持续巩固。

就做好2025年全面从严治政工作，郭幸生强调，要坚持用改革精神和严的标准管党治党，巩固深化党纪学习教育成效，聚焦“三从严两鼓励两强化”，纵深推进正风肃纪反腐。一是从严推进政治监督。找准政治监督发力方向，紧盯“保耕地、保发展、保生态、保权益、保安全”工作重点，落实中心“三步走”重大战略部署，坚持用党的创新理论凝心铸魂，不断夯实基层组织建设，扎实抓好巡视巡察反馈问题整改。二是从严加强纪律建设。持续深化党纪教育，将党性教育融入日常、成为经常，扎实推进清廉测绘建设，严肃执纪问责，推动正风反腐一体深化，全力整治群众身边不正之风和腐败问题。三是从严抓好作风建设。紧盯关键群体，发挥领导干部的“头雁效应”，推广“一线工作法”，带头深入基层解决实际问题，形成有效管用的内部制约监督机制，转变思维意识，健全基层减负常态化机制，从严开展日常监督，完善作风监督机制，使中心作风更严、更实。四是鼓励探索党建新



路。积极打造学习型党组织，构建“终身学习体系”，创新党建思维方式，搭建交流平台，鼓励干部职工“有话对我说”。五是鼓励大胆改革创新。注重培养创新思维，推动技术创新和业务创新，深化人事制度改革，树立鲜明用人导向，落实“三个区分开来”，为改革创新营造良好环境。六是抓实抓牢意识形态。牢牢掌握马克思主义理论指导权和意识形态话语主导权，加强意识形态阵地管理，强化网络意识形态安全。七是持续做好统战工作。牢固树立命运共同体理念，不断丰富学习形式和活动载体，凝心聚力发展好新时代统一战线。

林宪磊代表驻厅纪检监察组对中心全面从严治政工作给予肯定，就学习贯彻二十届中央纪委四次全会和十一届省纪委五次全会精神，要求坚定不移用改革精神和严的标准推进反腐败斗争；坚持问题导向，清醒认识中心全面从严治政面临的形势和任务；严守监督第一职责，强力推动全面从严治政向纵深发展。

肖峰带领大家重温二十届中央纪委四次全会、十一届省纪委五次全会和省自然资源厅党组关于全面从严治政工作的重要指示精神，回顾了2024年度中心在全面从严治政方面取得的成效，并对2025年重点工作进行了安排部署。

会上，中心机关各党支部、所属单位党组织和省测绘学会、省地理信息产业协会负责同志递交了全面从严治政目标责任书。□（周正/文 冉灿阳/图）

