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 3 期
总第492期

智绘中原：DeepSeek 技术重塑测绘地理信息产业新生态

自然资源部部署 2025 年地勘和测绘行业安全生产工作

ISSN 1674-053X
9 771674 053074 03>
下半月 定价：10 元

扫码关注微信

实景三维河南建设业务培训班在焦作举办

本刊讯 为加快推进实景三维河南建设和应用，更好支持数字河南和数字经济发展，3 月 19 日至 20 日，由河南省自然资源厅主办、河南省测绘地理信息技术中心承办的实景三维河南建设业务培训班在焦作市召开。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚，焦作市人民政府副市长李瑞霞，河南省自然资源厅二级巡视员杨书国，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰和武永斌参加培训会议。

景志刚在开班讲话中指出，2025 年是“十四五”规划的收官之年，也是深入贯彻落实河南省委“四高四争先”要求，谋划“十五五” 发展蓝图的关键一年。全省测绘地理信息工作要聚焦“两支撑、两服务”工作定位和“四个为”工作目标，加快推进测绘地理信息事业转型升级和高质量发展，在现代化河南建设中奋勇争先。一是攻坚克难、加压提速，加快推进实景三维河南建设重大任务。要聚焦数据为王，加快建设进度；深化应用为本，拓展赋能应用；突出创新驱动，加强技术攻关。要深入挖掘实景三维应用场景，持续优化实景三维数据产品设计，探索“实景三维 +”应用服务模式，重点打造以实景三维为基础的自然资源“一张图”空间底座，推动实景三维成为地方数据基础设施建设、数字政府建设的权威统一基底。二是夯实基础、补齐弱项，持续推动河南省测绘地理信息事业转型升级。要加快新型基础测绘体系建设，持续丰富地理空间数据资源；提高精准保障能力水平，赋能各行业各领域高质量发展；健全完善测绘地理信息管理机制，开展补缺性制度建设；锚定“四高四争先”要求，推动河南省地理信息产业发展壮大；严守地理信息安全底线，夯实测绘地理信息新安全格局；加强部门自身建设，进一步提升测绘地理信息管理与保障能力。三是前瞻谋划、提前部署，高质量组织编制“十五五”基础测绘规划。要围绕河南省委、省政府重大决策部署和各市重点工作要求，聚焦测绘地理信息工作主责主业，紧紧抓住探索构建新型基础测绘体系、提高基础地理信息数据覆盖度、提升遥感影像共享服务水平、提升测绘基准服务应用能力等关键点，强化培育壮大新兴产业和未来产业，推动传统产业改造升级，激发数字经济创新活力。要把发展新质生产力作为“十五五”规划基本思路的研究重点，科学谋划“十五五”时期发展的战略方向、主要目标、重点任务，高效推动测绘地理信息事业转型升级，更好满足全省经济社会发展对测绘地理信息的应用需求。

培训特别邀请国家基础地理信息中心、中国测绘科学研究院、河北省第一测绘院，以及来自省内有关单位的专家学者，围绕实景三维建设、地理信息安全和测绘成果管理、基础地理实体数据生产等进行专题授课。

河南省测绘地理信息技术中心及所属各单位，省自然资源厅测绘地理信息管理处，各省辖市、济源示范区、航空港区自然资源主管部门分管领导、科室负责人和业务骨干共计 140 余人参加培训。（王红伟 娄晨曦 / 文 冉灿阳 / 图）

借 AI 劲风 谱测绘新章

◎ 本刊评论员

科技浪潮汹涌澎湃、奔涌不息，人工智能（AI）宛如一场迅猛的变革风暴，正以颠覆性力量重塑各行各业的发展格局。测绘地理信息产业作为支撑经济社会发展的重要基石，正处于转型升级的关键十字路口，亟待借助 AI 的强劲东风，实现跨越式转型升级。

从城市规划的精密蓝图到物流配送的精准路径，从农田的智能灌溉到电网的智慧运维，测绘地理信息已深度融入国民经济命脉，应用场景遍布基础设施建设与新兴产业发展。尤其在智慧城市建设中，测绘地理信息如同数字世界的空间坐标系，为数字孪生、自动驾驶等前沿技术提供底层支撑。

然而，传统作业模式已显疲态：人工测绘效率与精度难以突破，海量空间数据处理能力捉襟见肘，行业监管体系亟待完善。自然资源部 2023 年出台的转型升级指导意见，明确提出构建新型基础测绘体系、建设实景三维中国等战略目标，为行业发展注入政策动能。

AI 技术的介入，如同一场悄然而至的革命，深刻改变着传统测绘地理信息产业的生产方式、服务模式和商业模式，推动产业如同展翅高飞的雄鹰，朝着智能化、精准化、实时化方向转型升级。AI 技术强大的数据处理能力，极大地提升了数据处理速度与精度。其自动化与智能化水平更是令人惊叹，仿佛一位不知疲倦的智能助手，能够高效完成诸多繁琐任务。对复杂模式的识别与预测能力，使其擅于从海量数据中敏锐捕捉潜藏规律与趋势。这些卓越特性与测绘地理信息产业的转型升级需求高度契合，犹如榫卯相接，严丝合缝。

岁末年初，DeepSeek 横空出世，凭借强大的语义理解与空间计算能力，以雷霆万钧之势重构全球 AI 生态格局，也为测绘地理信息行业带来颠覆性变革。

河南省的实践印证了技术赋能的可行性。在河南省测绘地理信息技术中心的统筹指导下，河南省测绘院、河南省遥感院等所属单位积极探索 DeepSeek 技术应用，犹如为工作效率的提升安装了一台强劲引擎，推动了治理模式从传统“经验驱动”向现代“数据驱动”华丽转型。在河南省自然资源管理领域，AI 技术的应用正在成为提升治理效能、防范安全风险的关键利刃，发挥着举足轻重的作用。

时代的列车已风驰电掣般驶入 AI 驱动的快车道，当 DeepSeek 的智能算法与千年中原地理智慧深度融合，测绘地理信息产业宛如一位才华横溢的作家，正在书写新的辉煌历史篇章。从甲骨文的九州分野到卫星星座的全球组网，从徐霞客的山水丈量到 AI 的时空解码，技术迭代始终在拓展人类认知边界。当 AI 算法与地理智慧深度融合，我们正在见证，空间感知从静态走向动态，数据分析从平面迈向立体，行业价值从工具支撑升级为决策中枢。

展望未来，测绘地理信息产业将在三个维度实现突破：构建空天地海一体化的智能感知网络，打造分钟级响应的时空信息服务平台，培育跨界融合的地理信息产业生态。河南作为华夏文明发源地，正以“数字孪生黄河”等标杆项目为抓手，推动传统测绘向智能服务转型，为黄河流域生态保护和高质量发展提供时空底座。

“好风凭借力，送我上青云。”站在时代的风口浪尖，河南测绘地理信息产业若能如勇敢的冲浪者，借助 AI 的强劲东风，建立产学研用协同机制，培育复合型人才梯队，筑牢地理信息安全防线，必将实现从传统产业向智慧型产业的华丽蝶变，为国家数字经济建设、生态文明建设以及社会可持续发展绘就更为绚丽多彩、精彩绝伦的时代篇章。

大鹏一日同风起，扶摇直上九万里。让我们携手并进，以“拼”的意识、“抢”的精神、“赶”的动力，推动河南测绘地理信息事业转型实现大跨步、新跃进、优提升，为谱写新时代中原更加出彩的绚丽篇章贡献更大力量！

资源导刊 信息化测绘

2025年 下半月 第3期 总第492期

测绘资讯 · 政策解读
文化传播 · 技术交流

主管单位：河南省自然资源厅　**主办单位：**河南自然博物馆
编辑出版：《资源导刊》杂志社

国际标准连续出版物号：ISSN 1674-053X　国内统一连续出版物号：CN 41-1389/D
邮发代号：36-373　定价：10 元　印刷单位：河南普庆印刷科技有限公司

地址：河南省郑州市黄河路 8 号《资源导刊 · 信息化测绘》编辑部
编辑部：0371-65941858　广告发行部：0371-65941854
投稿邮箱：xxhch2015@163.com　QQ 通联群：185394654

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

目 录

CONTENTS

关注 自然资源部规范重要地理信息数据审核公布管理工作

3 月 13 日，自然资源部发布的《关于规范重要地理信息数据审核公布管理工作的通知》（以下简称《通知》）正式实施，有效期 5 年。

《通知》明确了重要地理信息数据审核主体、流程及标准，提出公布重要地理信息数据建议的单位或个人，需向自然资源部或省级自然资源主管部门提交数据成果资料、技术方案、质检报告等完整材料。其中，地方政府及国务院部门可免报基本情况。自然资源部将重点审核数据公布的必要性、资料真实性及国家利益影响等五方面内容，并与国务院相关部门、军队测绘部门开展联合会商。通过审核的数据将由国务院授权部门公布，未通过者将收到书面反馈。

《通知》强调，经审核公布的重要地理信息数据需在公告中注明审核部门，强化责任追溯机制。同时将建立省级初审、部级终审、多部门会商三级审核体系，推动地理信息数据管理向法治化、规范化迈进，为自然资源管理、生态保护和国家安全提供坚实数据支撑。

2024年国家测绘质量监督抽查结果公布

3 月 4 日，自然资源部发布 2024 年国家测绘质量监督抽查结果公告。

据了解，自然资源部于 2024 年 4 月至 12 月组织开展了 2024 年国家测绘质量监督抽查工作。抽查对象为甲级测绘资质单位 2022 年 1 月 1 日以来完成的各行业各领域三维模型项目。按照“双随机、一公开”要求，从 320 家甲级测绘资质单位完成的 612 个项目中随机抽取 30 个项目。依据抽查方案、标准规范、各项目技术设计书等，重点对数学精度、表达精细度、数据及结构正确性、逻辑关系、场景效果、资料质量等 6 个质量元素 27 个检查项进行全面检验。

公告显示，30 个项目成果质量均为批合格。同时，此次检查发现了一些问题，包括个别项目高程基准使用不规范、个别项目表达精细度与设计要求不符、个别项目全过程质量控制存在薄弱环节等。

全国首个高速公路全要素实景三维模型建成

近日，重庆市交通执法总队率先打造完成全国首个高速公路全要素实景三维模型。

该模型创新运用无人机激光雷达测绘、北斗定位、GIS+BIM 等前沿技术，实现对全市高速公路路网及周边环境的毫米级数字化重构，涵盖道路、桥梁、隧道、边坡等各类要素信息，为交通执法数智化转型提供核心支撑。

据了解，通过构建“空天地”一体化感知体系，执法人员可依托三维模型实现无人机自动巡航、违法车辆 AI 识别、隐患智能预警等全流程监管。特别是在 2024 年 7 月 G75 兰海高速一品立交边坡变形事件中，执法人员通过三维建模精准预判滑坡风险，提前转移受威胁村民并启动应急处置，成功避免重大事故发生。数据显示，该体系使路面巡查效率提升 60%，隐患处置响应时间缩短至 15 分钟内，违法识别准确率达 98.7%。

科技 《城市空间语义实体模型数据格式》正式实施

3 月 15 日，由中国地理信息产业协会提出并归口的团体标准《城市空间语义实体模型数据格式》（标准编号：T/CAGIS14—2024）正式实施。

该标准定义一种面向城市的开放且可扩展的语义实体模型（SEM）及数据格式，旨在实现城市空间数据的多维度融合表达、多模态组织存储和跨领域共享交换，以提升城市空间数据产品的规范性和易用性。

SEM 基于实体语义信息构建空间和属性索引，利用描述城市常见空间对象的几何表示、细节层次（LoD）、属性信息、层次结构、纹理外观以及相互关系等信息，实现城市空间对象的不同 LoD 和语义信息的一致性和互操作。SEM 支持以结构化方式进行扩展，适用于城

市空间对象的表达、存储和交换，可支撑实景三维、城市信息模型（CIM）和数字孪生等应用。

中国科研团队提出遥感科学研究新体系

近日，中国科学院空天信息创新研究院张兵研究员在《遥感学报》发表《遥感科学的内涵与基础性问题》研究成果，从遥感物理机制入手，首次构建起遥感科学的“三大特性—五大效应”理论体系，为遥感技术创新发展提供了理论指引。

该理论体系涵盖地物固有属性和观测条件对遥感信息的双重影响。其中，地物的辐射特性、光谱特性和时相特性分别对应地物在电磁波谱上的整体辐射强度、不同波长下的差异特征及随时间的变化规律。五大效应则涉及遥感成像过程中的多种因素：尺度效应反映成像尺度带来的影响，大气效应体现大气条件的作用，角度效应描述观测角度的差异，邻近效应关注背景环境的干扰，传递效应则与遥感器成像机制相关。

张兵团队指出，通过明确遥感数据的物理本质，能有效解决传统数据驱动方法存在的可解释性不足问题，不仅推动了遥感信息获取、处理与应用技术的创新，还促进了遥感与其他学科领域的交叉融合。

世界首款超小型便携式测绘无人机来了

3 月 11 日，天府绛溪实验室时空 AI 感知技术创新中心发布了世界首款超小型便携式测绘无人机“维度 I 型”。

据介绍，这款设备采用专利球形抗撞结构，可在复杂、危险或难以到达的环境灵活作业，攻克了自动化三维重建核心技术难题，可在飞行时同步创建 3D 模型，较传统方式降低近 50% 测绘成本。该设备还融合了多项核心技术：多传感器融合技术解决了特征退化环境下的定位难题，路径自动规划技术实现极端环境中低速自动巡航、航点规划与动态避障，点云激光雷达物体识别与渲染技术能快速识别三维物体。

此外，传统方法面对暗涵、管网等受限空间往往束手无策。近期，在深 250 米、直径 12 米至 18 米的水电站泄洪竖井检测中，该无人机仅用几分钟即完成收集数据、数字化构建并生成精准的三维模型，为测量人员提供直观的测量结果。

超小型便携式测绘无人机市场正快速发展，备受能源管道、电力巡检、地下空间探测、工业设施检测、救援及安防等领域关注。该中心正加快推动“维度 I 型”无人机市场化进程，持续拓展应用场景。

数字

5项

近日，由国家基础地理信息中心牵头的 5 项北斗应用国家标准在西安启动编制，来自自然资源、通信、安全、电力、燃气等领域的 23 家企事业单位、科研院校 60 多位专家参加研讨。

此次研讨重点围绕北斗卫星导航定位基准站的观测数据质量评价、数据传输技术、站网性能评估、实时高程服务和管理服务系统等方面展开，涵盖北斗应用多个关键环节和技术体系。与会专家结合各自经验和技术特长，就标准的总体框架、技术内容、指标设定、应用场景等方面进行了深入讨论，最终形成 5 项国家标准的初步框架。

据悉，这是首次面向北斗应用的 5 项国家标准同步启动编制，契合国家北斗规模化应用的发展宏图，可有效填补我国卫星导航定位基准站服务、传输与评估等技术体系空白，有助于完善北斗卫星导航标准体系、提高测绘地理信息要素保障效能、促进北斗产业高质量发展和提升我国北斗系统的国际竞争力。

8颗

北京时间 3 月 17 日 16 时 07 分，中国在酒泉卫星发射中心使用谷神星一号运载火箭，成功将云遥一号 55-60 星和中科卫星 06 星、07 星发射升空，卫星顺利进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

此次发射的云遥一号 55-60 星可获取大气层温度、湿度、压力以及电离层电子密度等信息。这些数据在气象观测领域具有广阔的应用前景和价值，将为天气预报、气候监测、空间天气预警等提供重要数据支撑。

中科卫星 06 星、07 星均配置了多光谱相机载荷，能获取高质量的遥感图像。两颗卫星入轨后将加入 AIRSAT 星座，进一步拓展 AIRSAT 星座的对地遥感观测手段，增加遥感数据的多样性，为农业、林业、资源环境、防灾减灾等领域提供更加精准、高效的遥感数据服务。AIRSAT 星座年内还有多次发射任务，将稳步推进星座总体建设工作。

自然资源部部署 2025 年地勘和测绘行业安全生产工作

◎ 本刊记者 王敏

近日，自然资源部发布《关于做好 2025 年地质勘查和测绘行业安全生产工作的通知》（以下简称《通知》），就扎实做好今年地质勘查和测绘行业安全生产管理工作提出明确要求。

《通知》明确，各级自然资源主管部门要认真学习领会习近平总书记重要指示批示精神，牢固树立安全发展理念，防范重大安全风险，针对地质勘查和测绘行业野外作业风险高、意外突发情况较多、部分装备老化严重、通讯交通受限等特点，抓好行业安全制度建设，采取更加有力、更有针对性的举措抓紧抓好安全生产，压实地质勘查和测绘行业单位主体责任，以高水平安全更好保障地质勘查和测绘行业高质量发展。

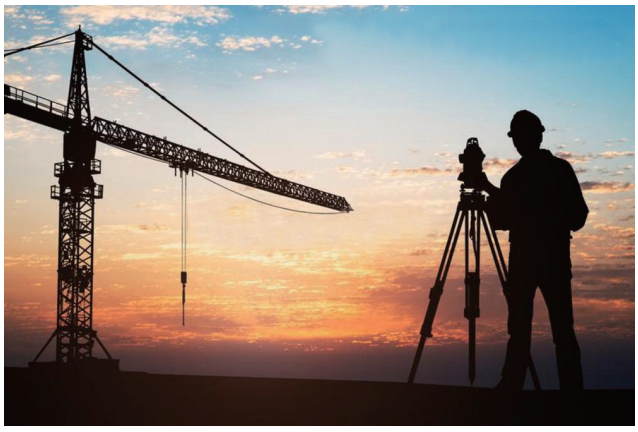
《通知》强调，要压紧压实各方安全生产责任，以责任到位推动安全制度措施落实到位。一是强化落实行业单位安全生产主体责任。地质勘查和测绘行业单位要严格落实有关法律法规，加强安全生产管理，持续加大对安全生产资金、人员的保障力度，构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，健全风险防范化解机制，确保安全生产。二是建立完善全员安全生产责任制。地质勘查和测绘行业单位的主要负责人是本单位安全生产第一责任人，对本单位的安全生产工作全面负责；要明确各岗位责任人员、责任范围和考核标准，加强内部监督考核，确保责任措施压实到各个环节、具体岗位、具体人员。三是守土尽责履行好属地监管职责。省级自然资源主管部门要统筹发展和安全，确保安全生产工作与业务工作同部署、同实施、同监督；健全安全生产责任制，压紧压实地质勘查和测绘行业单位安全生产主体责任，采取灵活多样的方式，加强安全生产培训，提升安全防范意识和能力，全面排查安全生产风险隐患，确保作业安全。

为防患于未然，《通知》要求全面开展行业安全生产风险隐患大排查。一是紧盯关键环节安全风险。地质勘查和测绘行业单位要严格按照有关文件要求，细致排查野外安全风险防范、艰险地区作业安全、野外作业施工安全、野外交通安全、实验室安全等关键环节各项安全管理措施落实情况，发现问题及时报告，纳入问题隐患清单。持续动态开展事故隐患自查自纠，建立完善安全生产事故隐患内部报告奖励机制，畅通行业单位内部报告渠道，鼓励职工反映本单位安全生产隐患，及时奖励相关人员。

二是抓好风险隐患整改工作。地质勘查和测绘行业单位要同步建立问题隐患和整改措施“两个清单”，对发现的问题隐患要逐一明确责任人、工作措施和完成时限，形成闭环管理。要深究问题根源，从根本上消除事故隐患、从根本上解决问题，坚决防止隐患排查整改走形式、走过场。对 2024 年排查发现的风险隐患，要进行“回头看”，对反复出现的问题举一反三，有效推动同类问题隐患整改。

三是精心指导做好安全生产管理。省级自然资源主管部门要继续按照有关要求，聚焦重点单位、高危艰险地区等重点区域、汛期假期等重点时段，组织行业专家帮助排查整治风险隐患，指导地质勘查和测绘行业单位在事故隐患多的环节持续发力、以点带面，提升行业整体安全水平。地质勘查和测绘行业跨地区开展业务较多，要建立完善单位注册地和项目所在地共管机制，加强联合监管。

此外，《通知》要求省级自然资源主管部门切实提高政治站位，坚决落实“三管三必须”要求，督促行业单位落实安全生产主体责任，梳理总结安全生产管理经验做法、存在问题和意见建议，形成总结报告于 12 月 31 日前报送自然资源部。



国家档案局自然资源部联合调研测绘地理信息业务档案工作

◎ 蒋志浩 白驹

近日，国家档案局档案馆（室）业务指导司、自然资源部地理信息管理司在国家基础地理信息中心（以下简称地信中心）调研测绘地理信息业务档案工作，并围绕加强档案管理现代化、信息化、规范化建设进行座谈交流。参会人员实地考察了档案库房、工作机房及成果展示区，调研了解馆藏古地图、民国地图、历史航片保护、档案信息化平台等情况。

座谈交流中，大家认为，测绘地理信息业务档案记录着国内外自然、经济、人文变化，是国家重要历史记忆，也是国家档案资源重要组成部分。随着新一代信息技术迅速发展和我国地理信息资源持续丰富，测绘地理信息业务档案数量呈现爆发式增长态势，其成果形式多样、应用场景多元、存储数据海量、安全保密要求高等特点，对传统管理模式下的档案管理提出严峻挑战。因此，一定要把测绘地理信息业务档案资源保护好、留存好、记录好、利用好，加强对档案的科学性管理、安全性保障、信息化支撑和高效利用服务。

会议明确，未来要继续做好测绘地理信息业务档案工作，进一步完善测绘地理信息业务档案管理工作机制，坚持问题导向，充分结合国家档案管理要求和档案保管单位实际需求，在前期工作基础上，积极推进《关于加强测绘地理信息业务档案管理工作的通知》制定工作。要大力加强档案数字化保护和信息化建设，加大国省协同力度，一盘棋统筹推进全国历史档案抢救性保护和新一代测绘地理信息业务档案管理信息系统建设。要持续加强部门合作，联合开展科技攻关和标准规范制订，不断挖掘历史档案价值，加大馆藏资源编研利用。要加大对重要测绘地理信息资料收集力度，严格规范测绘地理信息文件材料归档，不断加强测绘地理信息业务档案监督检查。（摘编自《中国自然资源报》2025 年 3 月 18 日 7 版）

河南省测绘地理信息技术中心推进意识形态及统战重点工作

◎ 吴荒源 李华

3 月 17 日，河南省测绘地理信息技术中心召开意识形态及统战重点工作推进会，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰，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。

会议强调，为坚决贯彻新时代意识形态工作，一是提高政治站位，压紧压实、扛稳扛牢意识形态工作政治责任。党组织负责人是第一责任人，班子成员“一岗双责”，所有党员是自己的责任人。二是持续运用党的创新理论凝聚人心、铸就灵魂，增强理论落实的思想和行动自觉性。紧密围绕中心“三服务、三支撑”战略，为推动河南省测绘地理信息事业高质量发展提供坚实的思想保障。三是突出工作重点，精准施策，防范测绘地理信息工作中的意识形态风险，防止负面舆情转化为意识形态问题、地理信息数据泄露引发意识形态问题，以及因自身问题导致舆情和意识形态风险。四是压实责任，持续强化思想引导，严格执行谈心谈话制度，重视“四个知道、一个跟上”；严格管理舆论阵地，实施“三及时两不”原则，聚焦关键问题，确保意识形态工作有效实施。

会议要求，要深入学习习近平总书记关于新时代党的统一战线工作的重要思想，统一思想，提高政治站位，增强做好统一战线工作的责任感、使命感和紧迫感。要结合测绘工作实际，积极发现、培养和使用人才，为党外知识分子提供广阔的发展空间。要加强对统一战线工作的领导、统筹调度、调研督导和宣传引导。（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

智绘中原：DeepSeek 技术重塑测绘地理信息产业新生态

◎ 本刊特约记者　张永强

在数字化与智能化飞速前行的时代浪潮中，测绘地理信息行业正经历着深刻变革，同时也迎来前所未有的发展机遇。以人工智能、大数据、云计算为代表的新兴技术如汹涌浪潮，澎湃而来。作为国产 AI 大模型的标杆之作，DeepSeek 凭借强大的语义理解与空间计算能力，正逐渐展现出对测绘地理信息行业的强大赋能潜力。

为积极响应国家推动测绘地理信息事业转型升级的战略部署，加速前沿技术在测绘领域的融合与创新应用，2 月 28 日，河南省测绘地理信息技术中心举办了一场别开生面的测绘新技术交流座谈会。来自行业内的专家及相关单位代表齐聚一堂，围绕 DeepSeek 技术在遥感解译、智能制图、数据治理等领域的创新应用，紧密结合各自单位的实际工作案例，从技术特点、应用场景以及实践成果等多个维度进行深入细致的探讨，为行业的未来发展出谋划策。

这场座谈会不仅是对国家“十四五”规划中测绘地理信息事业转型升级战略的深度践行，更标志着以 DeepSeek 为代表的人工智能技术正在河南这片热土重塑传统测绘行业的生态格局。

生动实践展现新活力

DeepSeek 横空出世，搅动一池春水。河南省测绘地理信息技术中心通过一系列生动实践，证明了 DeepSeek 技术在测绘地理信息行业的广阔应用前景。

河南省测绘地理信息技术中心自主研发专班在 DeepSeek 应用方面进行了多维度探索与实践，完成 DeepSeek70B 模型在国产化硬件平台的全链路部署，构建起本地化知识库与智能体开发框架。在私有化部署应用中，采用全离线部署的大模型管理工具，整个部署配置流程在 30 分钟内即可完成，为保证本地数据安全提供了可靠的技术支撑。在问答交流应用测试中，通过对比不同参数模型的表现，发现基于 32B 模型的 DeepSeek 在正常问答和检索场景的综合表现优于 14B 模型，问题理解更准确、响应速度更快、回答内容更翔实。此外，DeepSeek 还能辅助开发应用，基于需求指导技术选型、程序结构设计、测试用例和代码注释，为开发人员提供思路，提升开发效率。

河南省测绘院在新技术应用方面成果斐然。在商汤智能遥感解译软件生产应用中，通用变化监测功能发挥了重要作用。在泌阳县非农化非粮化监测项目中，SenseRemote 通用变化监测模块实现“一键式”全流程处理，单期检测图斑可达 2000～3000 个，较传统流程效率提升 300%。通过“AI 初筛 + 人工复核 + 外业验证”三级体系，将监测周期从 15 天压缩至 7 天，支撑政府“一月双检”政策要求。在作物提取功能方面，传统的人机交互式和机器学习方法存在诸多弊端，而 SenseRemote 软件的作物提取模块则带来了新的解决方案。河南省农投小麦长势分析项目需要精确的主粮种植范围，该软件的作物提取模块仅需输入 4 波段 RGBN 遥感影像，默认参数即可启动操作。在确保影像质量良好的前提下，其提取效果可与人工勾画相媲美，实现万亩良田的精准“数字画像”。

近年来，河南省遥感院在人工智能应用及研究方面始终走在前列，承担多项样本库、算法优化、模型训练等科研项目，并围绕卫星遥感影像智能解译开展了大量业务应用，利用 AI 变化监测模型常态化开展监测服务，为卫片执法、省自然保护地、生态红线生态破坏问题监测监管等工作提供了有力支持。同时，与中科院空天院合作的“苍灵遥感大脑智能”平台，在农作物长势、估产、病虫害等遥感智能监测方面取得了积极进展。

在 DeepSeek 应用实践中，河南省遥感院统筹谋划，整合卫星中心、科创中心等部门精锐力量，积极开展 DeepSeek 的私有化部署与多场景应用探索，最终采用 Ollama 大模型管理工具离线部署方式，成功运行部署在本地的 1.5B 到 70B 推理模型。在智能体构建方面，将 DeepSeek + 智能体接入本地部署的天空地网人立体监测系统，初步构建了智能化、可对话的智能体，实现用户以自然语言方式与系统功能交互。在遥感解译工作中，利用 DeepSeek 辅助构建分类及反演算法，开展植被、土壤等多要素的定量反演算法编译，有效缩减代码编译时间，加速遥感数据处理流程。

河南省地图院的实践展现了更深层的产业变革。目前，该院已完成 DeepSeek-8B 模型本地化部署，为后续研究和应用奠定了基础。在此过程中，根据模型的性能要求，全面优化升级本地计算机的硬件资源，包括增加内存、更换高性能显卡等，同时搭建了适配的软件环境，安装了必要的深度学习框架和依赖库。在“天地图·河南”智能化升级工程中，利用 DeepSeek 动态路网更新模型，将周级道路变化监测 F1-score 提升至 0.89（行业平均 0.75），通过高德 API 实时数据融合，道路信息更新时效从 14 天压缩至 72 小时，支撑每日 120 万次的导航查询。更具革命性的是三维地理智能建模：通过融合 NeRF（Neural Radiance Fields）技术与倾斜摄影数据，建模效率提升 3 倍，单场景建模耗时小于 6 小时，数据量减少 75%，为城市数字孪生提供了新范式。

河南省地理信息院结合自身生产实际和前期应用基础，深入开展 DeepSeek 技术运用，进一步提升测绘地理信息保障能力，打造测绘地理信息知识化、智能化服务新质生产力。在方案设计方面，DeepSeek 大显神通。在自然资源研发过程中，需求调研阶段需要学习大量业务知识，通过 DeepSeek 可以快速准确地了解相关业务，降低了学习成本，显著加快了系统需求及方案编制效率。在揭榜挂帅科研项目中，借助 DeepSeek 工具能快速筛选和整理相关文献，生成带重点标记的文献清单，并按引用量、发表年份等条件进行排序。同时，可以快速判断引用标准是否有效，避免逐个查询；还能生成文献综述框架，为方案编写提供思路，减少手动查找资料和综合提炼的时间。

在系统研发方面，DeepSeek 提升了编程效率及代码质量。自然资源统计工作由于业务系统复杂，分析过程中算法模型常无法符合预期，通过开发工具集成 DeepSeek 插件后，能够自动解析错误，找出问题根源，

并快速生成修复后的代码，极大提升了编程效率，保障了代码质量。在自然资源统计分析系统开发过程中，针对系统处理数据量庞大且结构复杂导致服务接口响应速度慢的问题，利用人工智能对 SQL 语句进行精心优化，改进前端页面渲染和加载方式，将亿级数据量分析响应时间从分钟级压缩至秒级，显著提升了系统查询统计效率，支撑省级自然资源决策实时化。

在系统运维中，DeepSeek 还能辅助问题排查。基于河南省国基空间基础信息平台服务卫片执法业务中，平台大数据分布式分析时出现结果显示异常，技术人员以往需现场收集操作日志等信息进行排查，从问题反馈到完成复现分析，最快也要数小时。引入 DeepSeek 后，依据其提供的详细步骤可快速分析原因，并采取针对性解决措施，大大缩短了问题处理周期。此外，DeepSeek 还能减少重复工作量。在服务国土空间规划成果数据入库方面，由于数据命名不规范、坐标系不统一等问题，无法进行数据合并。使用 DeepSeek 生成基于 Python 的数据批处理工具，能高效完成数据预处理工作，有效提升数据处理效率。

技术落地，绘就发展新画卷。DeepSeek 技术在河南省测绘地理信息行业的应用，不仅改变了传统测绘的工作方式，提升了工作效率，更为行业发展注入新的活力。

技术创新实现新破局

尽管 DeepSeek 在河南省测绘地理信息系统应用成效显著，然而，在实际应用过程中，也面临一系列挑战，亟须破局突围。

在具体应用中，硬件资源瓶颈始终如影随形。在地理数据处理与复杂模型运算时，本地计算机硬件资源明显不足。运行地理分析任务时，CPU 与内存使用率常达饱和，导致速度缓慢甚至程序卡顿，影响智能体响应效率。例如，GPU 显存占用率高达 98%，批量处理延迟超过行业标准 40%，极大制约了实时响应能力。

DeepSeek8B 模型在处理专业测绘业务时，也存在适应性问题。对特殊地形的识别准确性有待提高，如在山地、喀斯特地貌等特殊地形，识别准确率仅为 72%，低于人工判读的 85% 基准，影响业务成果的可靠性；对部分复杂地理现象的理解与分析不够深入，难以满足多样化业务需求。

数据安全隐患也不容忽视。地理信息数据涉及国家安全与隐私，本地部署环境下，在利用 DeepSeek 模型处理数据时，如何确保数据在存储、传输与使用过程中的安全性，防止数据泄露、篡改，成为亟待解决的问题。目前，敏感地理数据加密传输覆盖率仅为 60%，模型推理日志审计功能缺失，存在合规风险。

技术革命倒逼人才升级。自然资源领域数据特殊，在数据分析时需上传至云端服务器进行处理与存储，互联网版 DeepSeek 在应用过程中存在数据泄露风险。若利用 DeepSeek 处理涉密材料或信息，则需要进行本地化部署，但本地化部署需要较高的硬件资源，特别是 CPU 和 GPU。同时，本地化的 DeepSeek 要实现专业级的推理与交互能力，还需构建定制化知识库并训练专用智能体，这对实施团队的技术能力提出较高要求，需要储备包括系统部署、模型优化和知识工程等多个领域的专业知识。

针对存在的问题，河南省测绘地理信息系统有的放矢，见招拆招，有针对性地解决一个个难题，突破技术瓶颈，破局突围。

河南省测绘院积极部署，将现有资料纳入知识库，以提高文档编写效果，并进一步扩充知识库，探索用 DeepSeek 辅助审阅各类文本报告，提高编制质量和效率。同时，结合工作实际，将“DeepSeek 思维链如何与遥感样本库结合，突破传统解译模型对结构化数据的依赖”“如何利用 DeepSeek 思维链梳理国标（行标或地标）与军标之间的关系，提升地标转军标的能力”“地理实体转换生产中，可否引入 DeepSeek 梳理基础地理信息数据与地理实体数据间的关系，提高工作效率”等问题列入近期科技攻关的重点突破方向。

河南省遥感院以河南省地理空间数据资源为核心，构建覆盖测绘地理信息、自然资源管理、空间规划、应急救灾指挥、生态环境保护等领域的时空知识库，推动测绘与交通、农业、文化旅游等行业深度融合，打造具有河南特色的测绘知识服务体系。同时，深入研究 DeepSeek+ 智能体，构建 AI 自动化空间数据处理流程。通过智能体的自主决策和任务执行能力，结合空间分析与处理算子，高效完成常规、标准化的数据分析和处理任务，提高空间数据处理效率和准确性，并深度融合 DeepSeek+ 智能体 + 系统平台，在未来信息化项目中实现对话式或语音操作系统。

河南省地图院制定了深化应用规划。在“天地图•河南”智能化升级方面，计划构建基于 DeepSeek 的多模态问答引擎，支持自然语言查询，如“郑州市二七区 2023 年新建道路”等。建立道路变化监测模型，实现

周级路网更新，提升“天地图·河南”数据现势性，助力路线规划及导航功能应用。开发模板化制图工具，支持行业专题地图自动生成，提升地图制图效率，如产业分布、灾害风险等专题地图。利用 DeepSeek 模型的学习分析能力，深度挖掘河南海量地理信息数据，与自然语言描述融合，构建动态仿真场景，如构建城市洪涝演进模型，支持 72 小时灾情推演，空间精度±0.5 米。建立空间关系知识图谱，包含 50 万 + 实体节点，涵盖道路、建筑、水系等地理实体。同时，引入 DeepSeek 大模型，实现标准化、模板化、流程化、数字化文档处理。在安全增强方案方面，部署国产化加密模块（SM4/SM9 算法），构建模型沙箱环境，实现数据“可用不可见”，全面保障数据安全。

河南省地理信息院计划开展 DeepSeek 大模型本地化部署与实践，利用自有高性能软硬件资源，迅速完成 DeepSeek 大模型本地化部署，构建基于 RAG（本地检索增强）技术的本地知识库和 Agent 智能体应用环境，形成本地化大模型全链条应用服务能力，为地理信息开发应用、时空大数据分析挖掘等场景提供智慧大脑和新质内核，逐步实现通用性与专业性兼容的应用场景。该院还将加强 DeepSeek 使用，组织相关培训，提供应用服务知识供给，提升数据生产自动化水平，深化 DeepSeek 在测绘地理信息和自然资源管理业务方面的训练与应用。例如，利用深度学习算法实现遥感影像中地物的自动识别与分类提取，快速、高效发现耕地违法行为；结合无人机影像与神经辐射场（NeRF）技术，生成高精度三维城市模型，应用于数字孪生、智慧城市等领域。

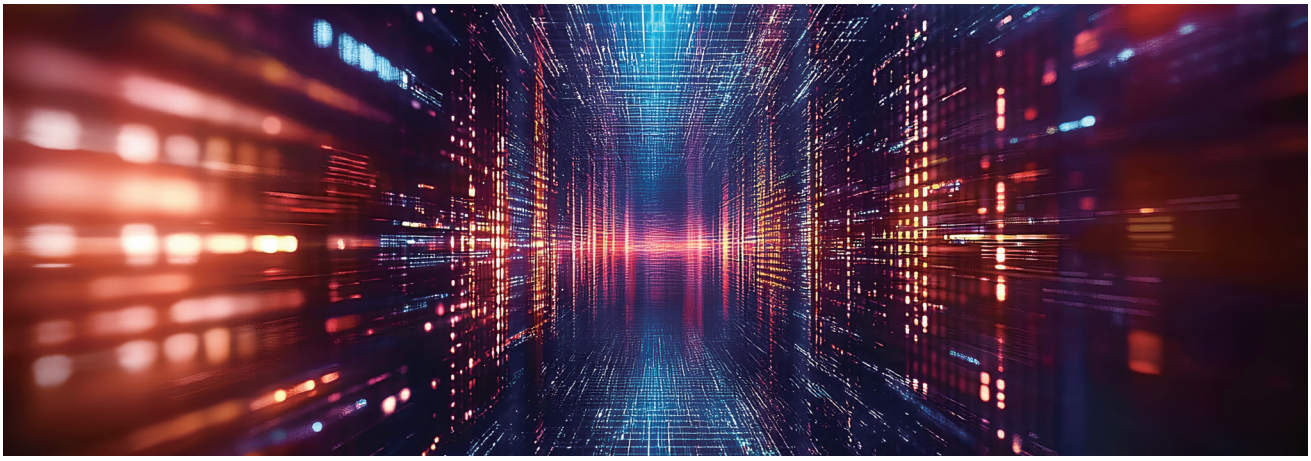
自主研发专班期望 Deepseek 能基于智能体和空间分析、处理算子，通过智能体的自主决策和任务执行能力，高效处理常规、标准化的数据分析和处理任务，如自动识别和提取属性字段关键信息、准确进行空间信息编码等，减少人工干预，为地理信息系统、城市规划、环境监测等领域提供强大的技术支持。

智能测绘擘画新蓝图

河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生在 2025 年工作会议上指出，转型升级是事业发展的必由之路，改革创新是事业发展的不竭动力。国产 AI 大模型“深度求索”（DeepSeek）对全球科技和经济都带来深远影响，身处科技大爆发和人工智能时代，测绘地理信息工作要紧跟发展步伐，不断加强自身创新能力建设。

此次测绘地理信息新技术交流座谈会的召开，使参会人员对 DeepSeek 在测绘地理信息领域的应用有了更深入的了解，并对未来发展方向有了清晰认识。会议强调，要牢牢把握新技术发展机遇，持续深化对 DeepSeek 等前沿技术的研究应用，加强新技术与测绘地理信息领域的深度融合，推动技术创新与业务发展同频共振。

智绘新时代，地理更智能。在 DeepSeek 等人工智能技术的引领下，中国测绘地理信息正加速走向智能化、实时化、全球化的新纪元。当 DeepSeek 的智能光芒照亮河南测绘人的创新征程，这不仅是技术工具的迭代，更是一个古老行业在数字文明浪潮中的华丽蝶变。从“铁人精神”到“AI 赋能”，从手工绘图到智能时空，中国测绘正在书写属于这个时代的创新答卷。而河南测绘人将以“智绘中原”为使命，让每一寸土地都浸润着智能，让每一次决策都基于精准，这是河南测绘人献给新时代的最美答卷！



DeepSeek 赋能测绘地理信息工作

◎ 路 涛

信息技术的快速发展，对自然资源数字化治理能力提出了更高要求。为落实自然资源部关于自然资源数字化治理能力提升总体方案，推动地理信息技术与人工智能、大数据深度融合，促进测绘地理信息事业高质量发展，近期，自然资源系统相关测绘地理信息单位先后进行了 DeepSeek 大模型本地化部署和跟进研究，以智能化赋能自然资源高质量发展。

黑龙江测绘地理信息局：开展大模型创新应用

近日，黑龙江测绘地理信息局完成 DeepSeek R1 大模型本地化部署，并开展一系列创新应用，在已有自研的遥感大模型基础上，实施遥感、语言大模型“双轮驱动”，打造测绘地理信息知识化、智能化服务新质生产力。

该局抢前抓早，构建本地化大模型全链条引擎，形成本地化大模型全链条应用服务能力，为行业管理智能化服务、地理信息开发应用、时空大数据分析挖掘等场景提供了“智慧大脑”和新质内核。

同时，该局以时空大数据为基石，以实际业务场景为载体，开展了系列应用探索。未来，还将进一步加大测绘地理信息智能化技术能力提升的部署与投入，持续开展人工智能在测绘生产、遥感智能解译、时空大数据分析挖掘等领域的应用实践，积极推动测绘地理信息事业转型升级，为自然资源管理和经济社会发展提供高质量服务与支撑。

陕西省地理空间大数据中心：实现“地理空间信息+AI”技术的前沿性探索

近日，陕西省地理空间大数据中心完成 DeepSeek 大模型多个版本全栈式本地化部署，实现“地理空间信息 +AI”技术的前沿性探索，为测绘地理信息事业转型升级注入强劲的科技动能。

在前期对 OpenAI、通义千问等大模型的研究成果基础上，陕西省地理空间大数据中心充分利用现有高性能服务器集群，迅速完成 DeepSeek 大模型本地化部署，为地理空间数据管理、地理信息应用开发、地理信息智能问答等场景的智能化融合应用提供了强劲引擎，开辟了地理信息与人工智能技术深度融合新路径。同时，基于 DeepSeek 等大模型，该中心还开展了数据清洗融合、辅助地图制图、信息推理分析三方面的应用探索。

湖南省自然资源厅属测绘单位：部署多版本DeepSeek模型，探索实践性应用

湖南省测绘科技研究所利用 DeepSeek 搭建 HNCORS 智能 AI 客服系统，实现信息高效检索和问题精准解答，提升了用户体验和服务效率。

湖南省第一测绘院将 DeepSeek 与实景三维生产有效结合，解决生产过程中的难点；湖南省第二测绘院将 DeepSeek 融入图像精准识别，提高地类图斑判别效率，降低人力成本；湖南省第三测绘院基于不同的应用场景，部署多版本 DeepSeek 模型服务，为内部研究工作提供了良好的基础环境；同时利用 RAG 技术，构建外部知识库，在技术方案编制、公文撰写和校验等方面开展探索，并结合数据治理工作，开展 AI 辅助生产工具研发，开发各类数据治理工具，以提升数据治理效率。

广东省国土资源测绘院：实现应用接入和本地化部署

近日，广东省国土资源测绘院 AI 大模型平台完成 DeepSeek 满血版全面接入和 DeepSeek-R1-70B 的本地化部署，实现 DeepSeek 模型的应用接入和本地化部署、测绘地理信息行业知识库构建和智能体构建。同时，该院在互联网环境构建了自然资源法律法规知识问答助手、综合感知系统客服助手、测绘项目知识问答助手等多个智能体应用。

新疆乌鲁木齐市城市勘察测绘院：率先在全疆实现测绘领域DeepSeek大模型深度赋能

近期，新疆乌鲁木齐市城市勘察测绘院（市基础地理信息中心）将 DeepSeek 大模型部署在内网云算力平台，将其与测绘生产管理系统融合，构建了覆盖智能办公、数据查询分析、遥感影像解译、WebGIS 开发等核心业务的应用矩阵，为自然资源管理工作注入强劲科技动能。（作者单位：中国自然资源报社）

DeepSeek 大模型驱动自然资源智治的深度探索

◎ 张永兵

当前，以 DeepSeek 大模型为标志的通用人工智能技术正引领治理模式从“经验驱动”向“数据驱动”的深刻转变，自然资源管理领域尤为显著。自然资源部《自然资源数字化治理能力提升总体方案》明确提出：“加速生成式人工智能等新技术应用，构建自然资源行业大模型技术体系。”在“山水林田湖草沙”一体化治理的宏大背景下，自然资源管理正面临数据规模爆炸式增长与业务逻辑复杂交织的双重挑战。AI 大模型的迭代突破，为自然资源治理的范式变革注入前所未有的活力。

自然资源大模型的能力构建

DeepSeek 类大模型，基于混合专家（MoE）架构，构建了一套强大的自然资源管理技术体系，展现出三大核心能力。

“全能翻译官”：多模态数据融合引擎。DeepSeek 如同配备专业翻译团队的智能中枢，通过动态路由机制，实现卫星影像、地质报告、审批文书等十几种模态数据的跨模态对齐，能在几分钟内完成人类需数日完成的手动核查任务，让 AI 真正读懂土地密码。

“成长型助手”：持续进化学习。借助强化学习框架、人类反馈机制与知识蒸馏技术，DeepSeek 类大模型展现出持续进化的学习能力。它像经验丰富的测绘员，从识别简单隐患到预判复杂地质风险，不断精进，越用越懂自然资源。

“安全管家”：三重防护体系。构建符合《河南省数据条例》的安全防护体系，满足等保三级认证与涉密载体管理规范。硬件层采用国产算力平台完成全部计算，把钥匙掌握在自己手中；传输层采用国密算法 + 量子密钥加密，给数据穿上“防弹衣”；应用层实现无痕操作，确保数据在分析与使用过程中安全无虞。

自然资源智能治理的路径思考

在利用人工智能大模型实现自然资源现代化治理的探索中，河南省自然资源系统可以在五大场景进行探索，实现技术突破。

地质灾害预警响应系统。针对传统预警模型泛化能力不足、应急决策支持薄弱的问题，可利用大模型构建立体监测网络，集成 SAR 卫星、无人机 LiDAR、地面 GNSS 站等多尺度感知体系，结合应急知识图谱，实现 72 小时趋势预警与 6 小时临灾响应，自动生成多场景应急处置方案，推动地质灾害防治从被动应对转向主动防控。

矿产资源立体监管平台。面对矿山动态监管的盲区与人工巡查的高成本，可融合卫星影像、矿车北斗轨迹、InSAR 形变监测数据，开发智能取证系统，实现矿区毫米级形变感知与电子证据链自动生成，构建“天上看、地上查、网上管”的立体化监管体系。

智能审批监管系统。针对自然资源审批的多源异构数据融合与复杂规则耦合分析难题，可基于混合专家架构，集成卫星影像解析、法规文本理解、空间数据分析模块，构建智能规则库，实现审批材料合规性审查的端到端自动化，为“放管服”改革提供技术支撑，推动审批流程标准化与效率跃升。

黄河流域生态监测体系。针对生态退化监测的尺度差异、数据融合难、修复效果评估滞后等问题，可以融合多光谱数据，构建植被覆盖动态模型与水土流失评估体系，实现亚公顷级生态破坏识别与生态修复效果量化评估，为黄河流域生态保护提供精准的数据支撑。

空间规划智能决策系统。针对规划冲突识别依赖人工经验、文本语义与空间数据脱节的问题，可以开发语义量化模型与冲突热力图谱，实现规划文本与空间数据的智能关联分析，提供冲突面积测算与调整成本预估功能，从而提升国土空间规划的科学性与实施效能。

人工智能在自然资源治理中的角色演进，标志着从工具性辅助向范式性重构的深刻转型。DeepSeek 大模型的应用，不仅为“山水林田湖草沙”生命共同体治理提供了技术解决方案，更在数字文明与生态文明的交汇点上，探索出一条自主可控的现代化转型之路。

（作者单位：中国移动云能力中心）

河南省测绘地理信息技术中心开展“小小少年飞行课”志愿活动

为扎实推动新时代文明实践中心建设，充分发挥省级文明单位共建帮扶作用，根据《2025 年河南省新时代文明实践推动周活动方案》要求，3 月 5 日，河南省测绘地理信息技术中心组织青年志愿者赴卫辉市第六小学开展“小小少年飞行课”科技志愿服务活动，通过沉浸式科普体验激发青少年科技创新热情，培养创新精神和实践能力。

活动现场，来自中心所属单位河南省遥感院的志愿者为 80 余名师生带来了生动有趣的无人机知识讲解。从无人机的发展历史到飞行原理，从应用领域到安全操作规范，志愿者带领孩子们走进无人机的奇妙世界。接着，志愿者与学生们进行了问答互动，并让学生体验了模拟器飞行。在户外试飞环节，学生代表轮流操控无人机完成起飞、悬停、转向等动作，感受科技带来的乐趣和成就感。看着自己操控的无人机在空中翱翔，孩子们的脸上洋溢着兴奋和自豪的笑容。

参加活动的师生纷纷表示，此次活动内容丰富，让大家学习了无人机和地理信息知识，进一步激发了大家学习科学知识、探索科技奥秘的兴趣。

下一步，河南省测绘地理信息技术中心将发挥技术优势，围绕国家版图意识教育、测绘知识科普、地理信息技术应用等，与共建单位开展系列主题志愿服务活动，以点带面推动志愿服务纵深开展，为谱写中国式现代化河南篇章贡献力量。（河南省测绘地理信息技术中心 吴荒源 孙萌）

河南省测绘院研究部署 2025 年精神文明创建工作

近日，河南省测绘院召开会议研究部署 2025 年全院精神文明创建工作，切实推进全院省级文明单位创建提档增质。

会议指出，要深入学习贯彻习近平总书记关于社会主义精神文明建设的重要论述，强化思想引领，始终把精神文明建设作为全局大计来考量。要健全“党委统一领导、文明办组织协调、各部门各负其责、全院职工积极参与”的工作体系，要聚焦培育和践行社会主义核心价值观，坚持德润养正、成风化人，坚持宣传引导、典型引领，使全院精神文明建设工作在守正创新中出彩出色。

会议强调，2025 年是全面贯彻党的二十届三中全会精神的开局之年，精神文明创建工作责任重大。一要提升政治站位，筑牢引领根基。深刻领会习近平总书记关于精神文明建设和自然资源工作的重要论述精神，提升职工的政治素质和业务能力，推进业务工作与精神文明建设协调发展，以更实的举措统筹推动文明培育、文明实践、文明创建。二要对标精准发力，突显优势特质。按照有关工作部署，紧盯创建要求，细化目标任务，量化考核指标，强化工作举措，不仅要抓好测评体系中的各项“规定动作”，更要因地制宜设计好、完成好“自选动作”。三要促进深度融合，达成一体并进。牢固树立精神文明创建工作“一盘棋”思想，形成“人人有责、人人参与、人人共享”的工作合力，切实提升创建工作的规范化、制度化水平；要将创建工作与党建工作、测绘业务、群团工作深度融合，共同推动单位文化建设年各项任务落地见效。（河南省测绘院 许昀）

济源自然资源卫星应用技术中心获批建设

近日，济源自然资源卫星应用技术中心获河南省自然资源厅批复同意建设，济源产城融合示范区成为全省首批建设城市之一，标志着济源卫星应用技术中心建设迈出实质性一步。

卫星应用技术中心建设是河南省“十四五”基础测绘规划的重要工作之一，济源示范区党工委、管委会高度重视，不仅将此项工作列入推进落实“十大战略”行动计划，还对济源市自然资源技术保障中心的机构编制给予充分保障，加挂卫星应用技术中心牌子。

卫星应用技术中心建成后，将充分发挥国产卫星资源和技术优势，在保障自然资源和规划主责主业应用的同时，高效支撑济源示范区相关行业和领域的卫星应用需求，切实提高国产卫星对政府决策管理的服务水平。

下一步，济源示范区自然资源和规划局将科学谋划，认真落实建设方案，充分发挥卫星遥感“效率倍增器”作用，力争三年时间努力建成全省一流的卫星应用技术中心，为济源经济社会高质量发展提供强有力的空间信息技术支撑。（济源产城融合示范区自然资源和规划局 孙璐）

河南省地理信息产业协会召开2025年工作会

3月8日，河南省地理信息产业协会召开2025年工作会。会议围绕河南省自然资源厅工作部署，总结2024年工作，部署2025年重点任务，探讨全省地理信息产业发展现状、未来方向及新格局新思路。河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长王军胜、协会17个工作委员会代表及特邀代表参加会议。

王军胜通报了河南省自然资源厅测绘地理信息管理处2024年完成的十五项重点工作情况、地理信息产业发展情况以及2025年全省测绘地理信息工作的总体思考和谋划。针对协会2025年重点工作，王军胜提出要“把站位提起来、把态度亮出来、把力量聚起来、把主责扛起来、把产业链建起来、把声音发出来、把形象树起来”七点工作建议。

会议介绍了协会工作委员会成立背景和工作开展情况，传达学习了2025年全国自然资源工作会议精神，通报了协会2025年重点工作计划，领学了协会工作委员会管理规定。

在专题研讨会上，四个工作委员会牵头单位代表分别围绕地理信息产业升级、地下空间信息开发利用、水利数字孪生建设及卫星导航创新应用等主题作典型发言。与会代表就河南地理信息产业发展的新格局、新路径展开深入探讨，现场交流踊跃、气氛热烈。通过思维碰撞和观点交锋，与会人员进一步凝聚了共识，深化了对协会工作方向的理解和认识，为2025年协会重点工作的顺利推进奠定了坚实基础。（本刊记者 栗荣晓）

河南省地理信息院召开地理信息数据应用拓展交流会

日前，河南省地理信息院以“数据赋能新发展，携手聚力新征程”为主题，组织召开地理信息数据应用拓展交流座谈会。

会议围绕全省多类型地理信息数据资源和应用展开深入交流。河南省政务大数据中心从政策背景、运行情况、典型应用、经验总结和未来展望五个方面作详细报告。郑州众益信息科技有限公司、北京超图软件股份有限公司、郑州英创电子技术有限公司、重庆光大网络技术有限公司、北京元图科技发展有限公司等企业代表从不同角度分享了“一码管地”典型应用案例、测绘地理信息数据应用的工作进展和成效，共同探讨地理信息创新应用和未来发展趋势。

会议强调，要立足“三支撑、三服务”工作要求，加快推进测绘地理信息事业转型升级，更好地支撑自然资源管理和经济社会发展；要深化跨部门协同创新，统筹整合各方优势资源，搭建全方位、多层次的合作交流平台，共同探索数据赋能高质量发展的创新路径。（河南省地理信息院 邓丽 王琼蕾）

郑房测绘：精准测绘为民生

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 梁宇

在飞速发展的现代化都市建设中，测绘作为城市规划和基础建设的“先行者”，始终以精准的数据和专业的服务为郑州这座国家中心城市的发展保驾护航。在郑州城市发展的浪潮中，郑州郑房测绘有限责任公司（以下简称“郑房测绘公司”）是一家在测绘领域深耕30多年的国有企业，他们依托先进的测绘技术、丰富的行业经验和高素质的专业团队，以蓬勃之势助力城市更新与住房体系建设，成为郑州城市建设不可或缺的“空间数据管家”，为人民群众的获得感、幸福感和安全感努力贡献着应有的测绘力量。

智绘万家，便民服务

有这样一群人，主动放弃节假日与家人团聚、外出旅游的时间，始终坚守在工作岗位，为平时无暇前来办理业务的群众提供房产测绘配图服务，用服务“不打烊”的热情，温暖人心，点亮万家灯火。

“您好，请问有什么需要帮助？”2023年10月3日，郑房测绘公司档案管理部工作人员遇到了因房屋加装暖气前来咨询房产面积的群众。工作人员耐心认真，逐户地为他们核对分户平面图面积表，并主动与热力部门对接，为群众消解困扰，化解难题。他们以实际行动诠释高效真情的服务理念，得到郑州市民的由衷点赞。

郑房测绘公司档案管理部工作人员还接待了一位满头银发的老人。经仔细沟通了解到，老人身边没有亲人，自己体弱多病，此次前来办理拆迁安置房的实测图纸。但该栋楼的测绘成果分户图已被开发公司统一领取，而老人并不知晓。为避免老人多跑路，工作人员根据她手里的资料，在电子档案系统里查询到该栋楼房产测绘信息，为老人重新出具了一套图纸。在办理完毕后，窗口服务人员将老人搀扶送到一楼办事大厅，引导老人到郑州市房管局办理下一个流程的业务。

立足“小”窗口，做优“大”服务，郑房测绘公司将便民利民作为窗口服务的出发点和落脚点，着力把惠民生、暖民心、顺民意的工作做到群众心坎上，及时解决群众急难愁盼的问题，成为郑州市民的贴心人。

为保障一年一度小学生入学报名工作顺利推进，郑房测绘公司每次都会认真做好“房户一致”变更配图工作，切实解决家长在“房户一致”审核中的房产分户图问题。

2024年8月4日至5日，郑房测绘公司在郑州市政务大厅和郑东新区联合大厦同时开展“房户一致”房产分户图坐落变更集中办理业务。工作人员认真审核家长提供的各项材料，耐心解答家长疑问，并严格按照相关政策和程序进行操作。对于材料不齐全的家长，工作人员一次性告知所需补充的材料，并为他们提供“容缺办理”服务。

“现场办理业务的家长很多，郑房测绘公司设置了清晰的指引标识，工作人员服务热情，减少家长的等待时间，真心为郑房人的工作效率点赞。”办理“房户一致”变更配图业务的市民李女士说。

2024年8月，郑房测绘公司办理“房户一致”房产分户图坐落变更业务共400多件，及时解决了家长的后顾之忧，为小学入学报名工作提供了有力保障。

为房产测绘提供坚实保障

一直以来，郑房测绘公司始终坚守为民服务的宗旨，聚焦企业和群众最关切的问题，以强烈的社会责任感，积极投身安置房、人才公寓、“保交楼”等民生测绘项目，通过实实在在的惠民行动，不断提升企业和群众的获得感、幸福感。

“感谢公司领导和工作人员，加班加点，完成五个安置房项目的测绘工作。”2024年10月21日，郑州市管城回族区城市更新中心工作人员来到郑州郑房测绘公司，送上一面写有“真情为民办实事 情系民心解民忧”的锦旗，表达感激之情。

去年9月21日，郑房测绘公司陆续接到管城回族区魏紫园等五个安置房项目的测绘任务。经多次对接洽谈，郑房测绘公司了解到五

个项目企业均存在一定困难。

为保障群众权益，合法依规完成安置房网签前置工作，郑房测绘公司召开会议讨论研究，在时间紧、任务重、资料不齐全的情况下，组织工作人员对项目企业经办人进行一对一业务指导，加快补齐相关资料。会议当天，郑房测绘公司成立“党员突击队”，划分五个小组分别进入项目企业测区，白天外业采集数据，晚上内业精心绘制图纸。突击队员们秉持艰苦奋斗、无私奉献的测绘精神和精湛的专业技能，一丝不苟地开展工作，用 10 天时间圆满完成魏紫园 37 幢楼、63.52 万平方米的测绘任务。

为打好这次“攻坚战”，确保安置房网签工作顺利进行，郑房测绘公司“廉洁监督员”深入测绘一线，充分发挥“前哨”作用，积极督促项目进展，杜绝出现服务不到位，“推、绕、拖”等不作为、慢作为现象。与此同时，公司“平安建设专员”全程跟进项目作业，做好安全生产宣传和保障，排查风险隐患，筑牢安全生产防线。通过联合跟进监督模式，确保在最短时间高质高效完成测绘任务，赢得企业的高度赞誉。

“真是帮我们解决了大问题！郑房测绘公司在企业面临困境时，伸出援手、鼎力支持，替企业排忧解难，工作人员主动放弃休息时间，加班加点完成测绘任务，让我们在 9 月 30 日前完成安置房测绘工作。”管城回族区城市更新中心副主任李琛深有感触地说。

“验登合一”助力“交房即发证”

“真是没想到，同一天拿到建设项目竣工备案证和不动产权证两个证书，感谢郑房测绘公司以专业的技术，热情的服务，为我们企业项目‘验登合一’顺利实现尽心尽力！”2023 年 12 月，河南正商中州置业有限公司相关经办人特意到郑房测绘公司送来锦旗感谢。

● 郑州市管城回族区城市更新中心赠送锦旗

近年来，郑房测绘公司深入贯彻落实郑州市营造一流营商环境方案部署，推动工程建设项目审批制度改革，在上级部门指导下，积极与郑州市不动产登记中心、自然资源、房管等各部门团结协作，在“交房即发证”常态化运行基础上，为工程建设项目审批制度改革“验登合一”作出积极努力，在房产、不动产联合测绘工作中探索办理新模式。

据介绍，“验登合一”全面打破以往联合验收备案和不动产办证互为分割的传统，将国有建设用地使用权和房屋所有权首次登记事项纳入竣工验收阶段，在企业申请竣工验收备案时，同步启动不动产首次登记办理工作。

正商美誉铭筑（二期）是郑州市“验登合一”首例项目。在郑州市城建、不动产、房管部门统筹推动下，郑房测绘公司积极与相关部门精研政策，与业务部门通力合作，从承接测绘业务到现场实地测量、计算面积，再到检验核查成果，全流程、高效率、高质量完成，确保了“验登合一”顺利进行。该项目在取得郑州市房屋建筑和市政基础设施工程竣工联合意见书的同时，又取得不动产权证书，切实保障了 1027 户群众“交房即发证”，成为郑州市首个“验登合一”商业办公项目。

郑房测绘公司创新发展“验登合一”业务办理流程，极大提高了企业办事效率、缩短了办理时间，实现建设单位少跑路、少流程，为郑州房产、不动产联合测绘新模式提供智力支持。

“改革催奋进，路长行将至。我们将坚持做专、做精、做优的理念，秉承城市建设服务者、社会发展参与者的发展定位，不断提升服务质量和水平，为郑州市企业和群众多办实事、办好事，为中原崛起和数字化转型书写更加辉煌的测绘篇章！”郑房测绘公司党支部书记、董事长张保军表示。

浙江宁波：三维筑基 智启低空

◎ 李俊峰 曾妍

浙江省宁波市聚力打造数字孪生空间底座，全面布设“空天地”立体监测网，充分激活时空要素潜能，以实景三维赋能低空经济发展，为城市治理和经济发展注入新动能。

汇聚整合时空数据集，夯实数字孪生底座

目前，宁波市已归集地表空间基础数据、地下设施公共数据和城市运行专项数据，基本建成“地上地下、陆域海域、室内室外”于一体的全市二维三维时空基底，实现地形级实景三维全域覆盖，优于5厘米的城市级实景三维覆盖全市近一半陆域面积。

加快空间数据“全量覆盖”。空间维度上，宁波市在高精度地形级和城市级实景三维数据基础上，结合城市灾害风险评估、基础设施建设等精细化管理需求，将城镇开发边界内外激光点云采集密度分别提升至16点/平方米和4点/平方米。查清全市建筑实体345万幢和院落实体6.3万个，形成475万条标准地名地址，构建超精细室内模型20万平方米，掌握城镇区域6.6万千米的地下市政管线、820余万个附属设施和1100万平方米的地下空间数据，探清沿海近岸水下地形近5000平方千米。时间维度上，宁波市整合1960年以来的遥感影像，汇集历年国土调查数据，集成多种专项调查数据，力求各类基础信息无死角覆盖。

促进数据信息“全面融合”。宁波市畅通上下数据链条，依托市域空间治理数字化平台，衔接省市县三级空间治理仓，构建数据“上传、回流、反馈”循环体系，实现基础地理、自然资源规划、社会经济、物联感知等4大类、1500多个图层数据的动态更新。打通部门数据壁垒，与宁波城市大脑深度融合，推动全市涉及12家部门40余项专题数据实现空间化治理。

推动数字底座“全景孪生”。宁波市精确强化时空关联，重点围绕“地、房、人、物、事”等基层治理核心对象，以建筑实体为空间载体，以标准地址为纽带，基于空间关联技术，构建规划、现状、确权登记关联融合以及建筑物、自然人、企业时空连接，刻画楼宇人口全息画像。精准实施动态孪生，以实景三维为空间底板，紧扣城市运行核心要素，完成37类、120余万个感知设备的空间孪生融合，全面反映自然资源现实状况、城乡空间分布格局、城市实际运行状态。

创新打造应用大场景，助推治理形态升级

宁波市坚持边建边用，在社会治理领域持续拓展实景三维应用场景，加速释放时空数据要素价值，为42家单位、53个应用场景提供支撑，强力推进基层治理体系和治理能力现代化。其中，海曙区时空公共数据资源平台成功入选2024年度自然资源部和国家数据局实景三维创新应用典型案例。

基层治理加“数”而行。宁波市积极推动智治大脑“一览无余”，聚力打造县级社会治理中心和街镇综合指挥室，在实景地图上实现人、房、企、事、视频、设备等基层信息一体化管理，强化视频AI识别算法支撑，开展违章停车、占道经营等14种城市管理高频事件全场景感知分析、数字流转和闭环管理，推动事件处置周期缩短80%。

城市运行随“数”而安。宁波市坚持在众多领域积极拓展实景三维应用场景。在气象预警领域，开发“数智气象”应用场景，实时获取气象站点感知数据，在极端天气可向农业大户、重点企业、普通民众精准推送预警消息。在防洪防涝领域，创建“风暴潮漫堤预警”应用场景，动态推演岸段潮位预警情况，实景呈现风暴潮风险图；探索“沟谷流域自然灾害推演防御路径”，模拟推演极端强降雨险情，助力制定沟谷小流域风险管控预案；建成“甬江流域数字孪生”应用场景，精准预判全市洪涝灾害隐患，为抗台减灾会商研判、风险管控预案制定、抢险救灾指挥提供关键支撑。在应急处置领域，打造“管网孪生底座”，实现管网运行状态的立体透视和态势感知，支撑紧急事件模拟仿真推演，减少系统性安全风险。

无感监测乘“数”而上。为实时感知异常信息，宁波市建立了“数联、物联、智联”三位一体技术体系，基于三维实景楼盘表，接入智能水表、充电桩、烟感探测、摄像头等2万余件“视听嗅味触”物联感知设备，

通过跟踪分析用水、用电量情况，及时就异常情况进行预判推演和告警提示。为全链溯源污染问题，宁波市集成水位、水质感知信息，仿真模拟“河道断面—排水口—管网—排水户”污染链条，及时发现异常排污及问题点位，促进污染问题水岸同治、源头治理。为有效监控重大项目，宁波市关联无人机、摄像头等空地一体监控网络，开展定期巡检、实时指挥和时序管理，实现重大项目批后立体监管和历史追溯。

统筹建设无人机矩阵，构建低空智控体系

宁波市自然资源和规划局按照“全局谋划、按需布设、急用先行”的原则，聚焦全市自然资源规划管理，统筹各条线业务需求，确定无人机机场矩阵的总体布局框架，在全市布设14座无人机机场，实现集约利用、兼容共享、高效建设。

空域资源集约共享。宁波市建设了“甬瞰·低空慧眼”无人机智能管控平台，实现对无人机的全方位监控与高效调度。具体来说，一是构建低空无人机机场资源池，汇聚接入符合建设要求的无人机机场设备，统一管理；允许符合条件的政企用户使用共建的机场设备，提供快捷高效、安全可靠、专业规范的飞行服务，避免重复建设。二是构建智能调度体系，集成智能排班、自主巡航、指令飞行、自主采集、云端建图、智能运维等功能，提升空域资源利用率，简化飞行任务流程，增强飞行管理协同，支撑大规模低空飞行前、中、后全过程的智慧低空调度运行。三是构建成果共享体系，建设航飞数据资源中心，实现数据成果共享，提高数据利用率，促进多业务场景“综合飞一次”。

慧眼平台智能监测。为支撑跨部门、多业务场景的智能化实时监测，宁波市依托计算中心和边缘计算服务器等基础设施能力，着力打造“甬瞰·低空慧眼”平台三方面功能。一是航线自主规划。平台结合数字孪生空间底座中的高精度实景三维成果，自动适配巡检标准和参数设置，构建无人机航飞空域图，实现飞行航线自主规划。二是信息自动判别。平台在系统中集成各类生成式AI大模型，如DeepSeek Janus Pro多模态大模型，以多模态理解辅助无人机航片样本标注，有力提升识别速度和精度，现已实现车、人、路、房、火等44种对象自动识别，正在逐步按需推进河湖填挖、岸堤垦种、路面破损、地面垃圾等复杂对象及其状态的精细化识别。最后是模型快速重建。平台初步建立实景三维模型低成本快速更新机制，实现无人机2分钟起飞、5分钟到达现场、30分钟完成10万平方米小区的三维模型建模及数据上传。同时，结合规划设计模型、监控探头信息和无人机定期巡检，可多屏联动跟踪重大项目建设，实时监督用地红线、建筑高度等合规情况。

应用成效全面显化。宁波市以无人机机场矩阵为基础，协同卫星遥感、铁塔视联及重点区域物联网等感知手段，构建“空天地”一体化智能感知网络监测体系，现已广泛用于森林防火、土地整治、耕地保护等场景。首先是“全程”响应支撑林火防治。通过该监测体系，可日常开展林火阻隔带、“以水灭火”基础设施巡检，对浓密草灌阻碍等问题进行识别预警，有效防范森林大火；在瞭望塔视频监控林区出现异常情况时，借助无人机悬停监测进一步核实确认，防止火警误报；在重点防火期，开展重点区域巡护，火情发生时可抵近观测，实时回传火场视频；在扑救阶段，能快速获取火场态势，应用热像测温，为灭火救援提供行动指引；火灾发生后，不仅能快速评估灾损，还能持续监测灭火效果，实时获取区域温度，排查潜在复燃点，防止火情复燃。其次是“双网”融合守护千顷沃土。针对“多田套合”农用地布局优化工作，宁波市在重点片区开展常态化巡航监测，作为铁塔视联等传统监测手段的补充，在监控盲区获取高清影像和视频数据，帮助精准掌握永久基本农田、高标准农田、粮食生产功能区等底数，同时搭载高分辨率、多光谱传感器等设备，获取更加全面的地物信息，确保违法违规占用耕地现象及时发现，实现耕地“非农化”“非粮化”问题毫末可察。最后是“全链”透视助力土地整治。在土地整治立项前期，辅助实地踏勘和现场记录，开展航飞数据采集，服务立地条件评估；在项目推进过程中，通过定期航拍和实时监控，动态监测工程进度，为项目主管部门统筹调度提供有力保障；在整治成效分析中，通过整治前后的实地变化影像视频、三维模型等数据比对，直观呈现整治成效。

下一步，宁波市将持续探索破解数据共享瓶颈，积极开展区块链、隐私计算、轻量化等数据安全技术攻关，加速补齐物联感知体系不够智能、数据关联融合不够充分等短板，推进低空数字底座、数字空域图等新型基础设施建设，搭建“一飞多用”管理平台，探索建立政府监测监管类应用无人机统筹调度机制，共建低空经济生态圈，释放低空经济数智化潜能。

（作者单位：浙江省宁波市测绘和遥感技术研究院）

陈军院士：时空信息赋能数字生态文明建设

◎ 白 洁

2023 年 7 月，习近平总书记在全国生态环境保护大会上提出："深化人工智能等数字技术应用，构建美丽中国数字化治理体系，建设绿色智慧的数字生态文明。"广义地讲，数字生态文明就是利用数字化技术助力生态文明建设，充分利用各领域数据，实时获取、精准识别生态环境信息，为生态环境风险监测预警、生态保护规划等提供可靠依据，提升生态治理效能，实现人与自然和谐共生的发展目标。

自然资源部门既是生态文明建设的主责部门之一，也是时空信息的主要提供者和管理者，肩负着资源要素与时空数据要素保障的重要使命。在 1 月 5 日莫干山地信实验室召开的智能遥感赋能高质量发展学术研讨会上，中国工程院院士、莫干山地信实验室主任陈军以《时空信息赋能数字生态文明建设》为题，对此进行了详细阐述。

时空信息大有所为

"时空信息兼具时间和空间维度及属性，反映现实世界实体与现象的空间分布、时间变化及属性特征，运用时空信息支撑数字化转型，是时代的呼唤。时空信息应用需求十分迫切，前景广阔。"陈军院士开宗明义。

自然资源依托国土空间，支撑人类生产生活，是一个具有显著的多维、动态特征的复杂巨系统，对时空信息提出了诸多需求。例如，在首轮全国国土空间规划纲要编制过程中，测绘科技工作者利用时空大数据分析思路与手段，开展了全国人口空间分异、城市空间扩张、地面沉降等分析，为编制《全国国土空间规划纲要（2021—2035 年）》提供了第一手资料和科学依据。陈军院士分别作了介绍。

赋能全国人口空间分异系统分析。根据手机位置数据，可识别城市间的人口迁移，刻画城市间人流带来的联系强度，分析城市内人口通勤时间；利用企业大数据、人口格网化数据，可分析全国三产企业、高耗能企业、高技术企业的数量、分布与聚集状况，以及与人口分布格局之间的关系；利用地理国情数据，结合人口数据，可围绕交通、教育、医疗、体育等方面，分析公共服务设施的空间可及性、覆盖程度以及与人口的匹配程度。通过基于时空信息的人口空间分异分析，有助于优化城市空间结构，合理布置城市内部"次中心"；优化企业空间布局，拉动企业向中西部发展，引导人口合理分布和流动；加强公共服务设施的城乡统筹与共享利用，提高设施使用效率。

赋能城市空间扩张分析。中国人均城市土地面积由 2000 年的 92 平方米上升至 2020 年初的 126 平方米，城市用地效率提升和内部挖潜重点仍在东部。通过分析 2018 年全国 108 个城市建成区的林草覆盖率空间差异，以及 2000 年至 2018 年 70 个典型城市城区绿地空间差异及变化，发现我国城市生态空间分布差异明显，中部地区建成区林草覆盖总体较差，中西部地区绿地空间相对较少。

赋能地面沉降分析。通过梳理全国地面沉降发生发展的主要地区和基本成因，为研究提出高质量开发、高品质利用、高水平保护的国土空间战略目标、任务、政策及措施提供了科学依据。分析发现，当前我国地面沉降主要分布在平原、盆地与河口海岸三角洲地区，共有 21 个省（自治区、直辖市）103 个地级以上城市发生地面沉降。易发区在中东部地区，总面积达 117.7 万平方千米。高易发区分布于北方平原、盆地地区，总面积达 21.5 万平方千米。京津冀平原区、汾渭盆地、山东北部平原区、粤港澳大湾区为当前地面沉降最为突出的地区，也是沉降防控与空间规划需重点关注的地区。地面沉降产生原因主要包括构造运动，地下水、石油、天然气及地下固体矿产资源开采，建筑物荷载及软土地基自然固结，工程施工等。未来，重大工程、重要战略区规划需从规划之初就予以考虑，避免出现破坏性影响。

今年是联合国成立 80 周年，"两山"理论提出 20 周年，联合国 2030 议程提出 10 周年。陈军院士介绍，目前莫干山地信实验室正与湖州市政府策划启动全市域综合检测评估，用时空数据解析"什么

样的绿水青山变成了什么样的金山银山”以及“如何变成金山银山”，讲述地方高质量发展的故事。

时空信息技术发展迅猛

经过多年创新发展，以遥感、定位和地理信息系统为核心的时空信息技术迅猛发展，获取、处理、服务能力大幅提升，与相关学科的交叉融合逐渐成为常态，极大扩展了人类对地球与环境的感知、认知与管控能力。

以遥感为例，自20世纪70年代美国发射Landsat卫星以来，民用遥感卫星迅猛发展，利用各类星载传感器，获取地球空间、光谱、辐射等遥感数据，在经济建设、社会发展、国家安全中发挥了重要作用，为人类认识世界提供了先进高效的感知手段。据陈军院士介绍，在国家“863计划”支持下，我国利用Landsat等卫星遥感资料，依据遥感影像中蕴含的光谱、纹理及时相特征，结合各种参考资料，采用数理统计、交互解译等方法，提取类型分布及变化信息，研制出首个全球30米地表覆盖信息产品GlobeLand30，2014年中国政府将其赠送给联合国。利用GlobeLand30能够进行全球城乡建设用地空间分布与变化分析，了解全球城乡建设用地情况。

陈军院士指出，经过数十年努力，我国已形成资源、环境、海洋、应急、高分等国产卫星系列，数量达上百颗，类型覆盖全谱段，遥感资料日益丰富，改变了以往严重依赖国外资料的不利局面，初步形成全国陆域16米级每天、2米级每季度的覆盖能力，并开始向非洲、东南亚等地区的发展中国家提供数据服务，向全球提供地表覆盖、影像等公共数据产品。综合利用遥感等技术方法，能够动态掌握各类资源情况，及时发现各种变化，形成从山顶到海洋的“天空地海”一体化自然资源调查监测技术体系。该体系以数据获取、信息处理、集成管理、分析评价与应用为主线，开展“自动提取+人机协同”的遥感监测，可以有效遏制占用耕地、破坏生态等违法行为。

目前，我国正在大力推进实景三维中国建设，将多维现实世界的自然和人文现象数字化，形成实景三维信息产品。陈军院士认为，新型实景三维信息产品体系是对原有4D产品的继承与发展，是以时序化、立体化和真实化为特点，以地理实体、地理场景和地理实景为代表的新一代产品。地理实体是指现实地理世界中客观存在、具有空间位置、可以相互区分的事物，是对自然、人工等不同类型地理实体进行统一建模、数字化描述、语义化表达的基础，具有多类型、多尺度、多颗粒等特点。地理场景产品是对地形、城市地表等自然或人文景观进行数字化描述、融合化建模、一体化存储、真实化表达所形成的地理空间数据产品，可以直接满足用户对地理环境的空间感知需求。地理实景产品是以地理实体与地理场景产品为基础，动态接入物联感知、社会经济、时空轨迹等实时信息，形成地理实体与场景矢量栅格一体化存储、融合表达的动态实景产品。

面临的挑战与对策

陈军院士在报告中指出，将时空信息与人工智能等技术深度融合，赋能数字生态文明建设和高质量发展，仍然面临诸多技术难题。一是数据既多又少，难以实现全面、实时的高质量数据保障。二是数据海量、信息爆炸、知识难求，难以支撑对国土空间的高层次科学认知。三是后知后觉，被动应对，无法做到高水平的早发现、早预警、早干预。

针对这些挑战，陈军院士给出这样的“良方”——以全面动态感知、系统精准认知、全域智慧管控为主线，构建时空信息技术体系，提供高质量时空信息，支撑高层次时空分析，实现高水平时空赋能。针对“数据既多又少”的困境，应研究时空数据的实景化感知的混合智能计算模式，研发协同化观测、实时化处理、场景化重建等方法，为实现全域动态感知提供混合智能感知的新思路、新手段。针对“数据海量、信息爆炸、知识难求”的困境，应根据时空场景的多维动态特性和人类空间认知习惯，研发多维度认知模型和技术，提供高层次信息与知识，支撑从宏观到微观、从平面到立体、从静态到动态的时空认知。针对“后知后觉、被动应对”的困境，应运用发展格局解析、结构诊断、趋势预测、态势预警、方案优化等手段，实现数据赋能的问题研判、知识驱动的智慧决策，走向“先知先觉”。

“时空信息赋能数字生态文明建设，意义重大，是当前和今后一段时期自然资源部门的努力方向之一。未来，应提高站位，谋局造势，借力发展，深化时空信息赋能，努力打造数字生态文明的时空数据空间，统筹自然环境、建成环境和人文环境的数字化发展，支撑构建美丽中国数字化治理体系，建设绿色智慧的数字生态文明。”陈军院士最后总结道。（摘编自《中国测绘》杂志2025年第1期）

一种改进DeepLabv3+网络的城市绿地提取方法

夏修建

（广东南方数码科技股份有限公司，广东 广州 510665）

摘　要：快速准确地获取城市绿地信息对城市发展规划具有重要作用。选用高分二号卫星影像作为研究数据，采用一种基于 DeepLabv3+ 网络的深度学习方法对绿地信息进行提取，并对原始网络进行改进，最后与常用的深度学习网络进行精度对比实验。实验结果表明：改进 DeepLabv+ 网络在城市绿地信息提取中具有更高的精度，精确率达到 91.20%，相比原始 DeepLabv+ 网络提升约 4 个百分点，且精度明显优于其他对比网络。研究改进的方法可以获取城市绿地信息，为相关部门开展城市规划工作提供重要的数据支撑。

关键词：语义分割；遥感影像；城市绿地；DeepLabv3+ 网络

1　引言

改革开放以来，我国城镇人口数量逐年攀升。城镇的快速扩张给城市环境造成极大压力，伴随产生各种各样的问题，给城市发展规划敲响了警钟[1]。因此，合理的城市绿地规划显得格外重要，只有及时准确地获取城市的绿地分布和变化，才能更好地保护城市环境，实现城市的可持续发展。

传统的绿地提取方法是通过人工目视解译来完成，耗时费力，且对解译人员的经验要求较高。针对较为复杂的场景，很容易造成错分误分现象[2]。随着机器学习和深度学习技术的发展，自动化、高精度、快速地提取绿地信息成为研究热点。李桢等[3]以高分一号国产卫星影像数据为基础，构建决策树算法，在城市绿地提取任务中精度达到 80% 以上；刘文雅等[4]提出一种基于 DeepLabv3+ 深度学习语义分割网络的 GF-2 遥感影像城市绿地自动化提取架构，实验结果显示，总体精度优于传统机器学习模型；闫利等[5]提出基于注意力网络的遥感影像植被提取方法，通过数据集进行实验，结果具有较好的泛化能力；祁佳峰等[6]以哨兵二号卫星影像为数据源，采用 U-Net 深度学习模型进行棉花种植提取，验证区总体精度为 89.55%。

原始的 DeepLabv3+ 网络在城市绿地提取任务中存在错分、误分和边缘检测效果不好等问题，因此，提出一种改进的 DeepLabv3+ 网络，通过添加注意力机制、替换原始主干网络和使用组归一化方式优化原始网络，并在测试数据集中进行测试，以探究研究方法的适用性。

2　基于改进 DeepLabv3+ 网络的城市绿地提取方法

针对传统深度学习方法在进行城市绿地提取任务时耗时费力，且存在一定漏检误判等问题，根据低阶特征和高阶特征的特点，在神经网络中添加注意力机制来提高目标区域的重要性，减少细节丢失。另外，通过替换原始的主干网络和使用组归一化方式，进一步提高模型性能，改进后的深度学习模型如图 1 所示。

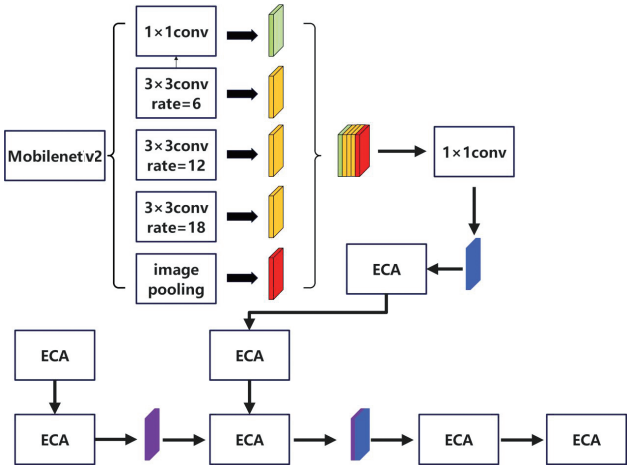


图1　改进的DeepLabv3+结构网

2.1 Mobilenetv2 主干网络

主干特征提取网络的编码和解码模块相对可分离，通常会根据不同的任务替换不同的主干网络，从而适应不同的工作场景。Xception 主干网络在自然图像语义分割中效果较好，但在开展遥感影像地物提取时，并不能很好地发挥深度网络优势，还会增加过拟合风险。针对此问题，研究选用 Mobilenetv2 作为主干网络，

作者简介：夏修建（1982—），男，汉族，本科，助理工程师，主要从事摄影测量与遥感、工程测量、界线与不动产测绘、地理信息系统工程、地图编制、互联网地图服务等工作。

该网络具有轻量化的网络结构，且参数量较少，大大扩宽了模型的应用范围，提高模型的实用性。

2.2 注意力机制

针对遥感影像中城区绿地边界像元分类困难，在DeepLabv3+网络模型中嵌入注意力机制，将通道注意力机制和高阶特征、空间注意力机制和低阶特征进行串联，从而高效获取遥感影像中有效的特征信息。

使用通道注意力模块（CA）[7]对表现出高反应通道的目标分配较大的权重，虽然增加了一定的计算量，但是模型性能却能显著提升。研究选择ECAnet实现通道注意力机制，可以将低阶特征图和高阶特征图进行融合，虽然保留更多细节信息，但同时也保留了背景中其他地物的特征信息。此外，添加注意力机制之后，还可以对背景区域进行一定程度的过滤，突出目标区域特征，使模型能够更好地学习绿地边界处的细节信息，具体结构如图2所示。

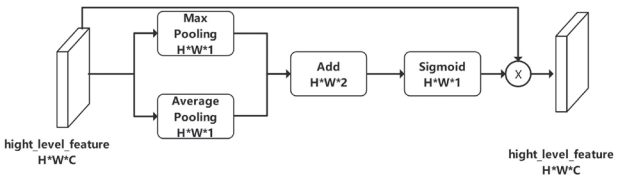


图2　空间注意力结构

2.3 组归一化方法

批归一化是在批次维度进行的归一化操作，但是若批次较小会导致归一化性能下降，因为卫星影像数据通常会占用较大内存，计算机视觉的批次通常只有个位数，无法达到最佳的工作批次。因此，研究采用组归一化方法来完成归一化操作，该方法具有更强的稳定性，即使在小批次任务中也能发挥很好的性能。组归一化把通道分为组，计算每一组的均值和方差，以进行归一化。组归一化的计算与批量大小无关，精度也能在各种批量大小下保持稳定。

2.4 精度评价方法

为了探究研究方法的优势，选取U-Net、SegNet常用深度学习网络与研究方法进行精度对比。精度评价指标基于混淆矩阵计算，主要包括精确率（Precision）、召回率（Recall）和F1值（F1-score）。所有模型均使用相同的数据集进行训练和测试[8]。

精确率P表示被正确识别为绿地的像素个数与所有被识别为绿地的像素个数之比，召回率R表示被正确识别为绿地的像素个数与测试集中实际绿地的像素个数之比，$F1$值是综合考虑精确率和召回率来评价模型精度的指标，可看作精确率和召回率的加权平均值。

$$P=\frac{TP}{TP+FP} \tag{1}$$

$$R=\frac{TP}{TP+FN} \tag{2}$$

$$F1\text{-}score(F1)=\frac{2\times P\times R}{P+R} \tag{3}$$

公式中，TP表示识别为绿地，实际也是绿地的像素数；FP表示识别为绿地，实际为非绿地的像素数；FN表示识别为非绿地，实际为绿地的像素数。

3　实验与结果分析

3.1 数据来源和样本制作

选择某省会城市作为研究区，获取主城区的高分二号卫星影像（数据来源于中国资源卫星应用中心），并对高分二号影像进行一系列预处理操作[9]，最终得到研究区影像和样本区影像。

卫星影像的尺寸非常大，为了合理利用计算机内存，采用10%重叠率对样本区影像进行裁剪，得到256×256像素的样本切片。研究中，正样本是绿地信息部分，像元值设置为1，负样本是除绿地以外的其他部分，像元值设置为0。另外，为了使样本库更加丰富，将数据集进行数据增强，通过水平翻转、垂直翻转、对角镜像方式扩充数据集，最终得到样本数据23000个，并按照随机分配原则，将数据集按7∶3划分为训练集、验证集。研究不做测试集，直接使用训练好的模型对研究区进行提取，并将研究区按顺序裁剪成小块，通过模型进行提取，然后拼接，最终获取研究区完整的提取结果。

3.2 实验环境及参数设置

实验使用64位的Windows10操作系统；深度学习框架为TensorFlow-gpu：2.4.0，自带Keras无需额外安装；GPU为RTX 3060Ti，显存64GB；CPU型号为i9-10900X，内存128GB；编程语言使用python3.7；搭建深度学习网络时，均选用线性整流函数作为激活函数；超参数均保持一致，即学习率设置为1e-4，Batch Size为32，Epoch为100；使用交叉熵损失函数，所有模型均使用相同的数据集进行训练。模型提取时，为了防止内存溢出，将整个研究区影像进行裁剪，裁剪成256×256像素的小块，使用训练好的模型对小块进行提取，并将提取结果进行拼接输出。

3.3 对比分析

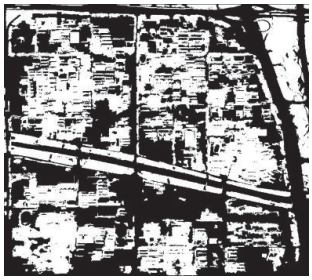
为探究研究方法的有效性，与原始DeepLabv3+、U-Net和SegNet3中深度学习方法进行对比，绿地提取结果如图3所示。图中白色部分表示绿地，黑色表

示背景区域，各个模型均能将城区绿地提取出来，总体来看效果较好。但是针对小区内部的绿化植被提取，DeepLabv3+、U-Net 和 SegNet 均没有很好地提取，而是将小区建筑和植被识别到一起，反观研究改进的 DeepLabv3+ 模型，能够很好地将小区细碎的植被绿地提取出来，针对绿地细节信息的提取能力更加优秀。通过在模型中添加注意力机制，使得模型更加侧重学习绿地信息，进而在预测提取时，具有更好的提取效果。增加注意力机制会使模型参数量增大，但是研究选用 Mobilenetv2 作为主干网络，该网络具有轻量化的网络结构，且参数量较少，大大扩宽了模型的应用范围，提高模型的实用性，使模型更加轻量化。

（a）原始影像

（b）DeepLabv3+提取结果

（c）U-Net提取结果



（d）SegNet提取结果

（e）研究方法提取结果

图3　各模型绿地提取结果

为了进一步对比各模型在绿地提取任务中的精度，通过精确率、召回率、F1 分数和总体精度对各模型进行精度评价，绿地提取结果的具体精度如表 1 所示。从表 1 可以看出，研究改进的 DeepLabv3+ 模型在城区绿地提取任务中的精确率为 91.20%，召回率为 91.47%，F1 分数为 0.91，相比原始 DeepLabv3+ 模型分别提高 4.79%、2.24% 和 0.03，明显优于其他对比模型，说明通过研究改进方法，可以极大地提高模型的提取能力。

表1　各模型绿地提取精度

模型	Precision/%	Recall/%	F1-score
DeepLabv3+	86.41	89.23	0.88
U-Net	85.53	80.78	0.83
SegNet	84.38	85.73	0.85
研究方法	91.20	91.47	0.91

4　结束语

研究提出一种改进 DeepLabv3+ 网络的城市绿地提取方法，以高分二号卫星影像为数据源，将研究方法与三种常用的深度学习模型进行对比。结果表明，改进 DeepLabv3+ 网络在城市绿地提取中效果更好，精度评价指标 Precision、Recall 和 F1 分数分别达到 91.20%、91.47% 和 0.91，能有效减少错分漏分现象，可以将小区的细碎绿地完整提取出来。

在数据源选择上，研究只使用了高分二号影像，后续将增加无人机等高分辨率影像进行下一步研究，同时将会继续探究模型的改进方法，尝试加入生成对抗网络和注意力机制等，进一步改进模型，使模型达到更好的提取效果。

参考文献

[1] 国土空间规划体系构建工作全面展开[J].城市规划,2019,43(6):5.

[2] 高侃.基于GF-2号高分辨率影像的城市绿地提取方法研究[D].广州:广东工业大学,2021.

[3] 李桢,王祖亮,马红利,等.基于高分一号遥感影像的城市绿地信息提取[J].测绘技术装备,2022,24(3):26-29.

[4] 刘文雅,岳安志,季珏,等.基于DeepLabv3+语义分割模型的GF-2影像城市绿地提取[J].国土资源遥感,2020,32(2):120-129.

[5] 闫利,徐青,刘异.基于注意力网络的遥感影像植被提取方法[J].测绘地理信息,2021,46(S1):44-48.

[6] 祁佳峰,郭鹏,徐权,等.基于Sentinel-2A遥感影像的棉花种植信息提取研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(8):85-88,92.

[7] 宁文乐,李志伟,肖新杰,等.融合注意力和多级残差的引线框架表面缺陷检测方法[J/OL].光电子·激光:1-13[2024-04-07].

[8] 刘顺利,刘昌华,张雷,等.基于改进SSD的无人机影像松材线虫病变色木检测[J].林业资源管理,2022(3):135-141.

[9] 裴建.基于高分二号的城市绿地提取方法研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(1):110-112,116.

基于规则格网三维点云建模算法研究

张子昕　陈晓林　邹辉文　林宇

（湖南省交通科学研究院有限公司，湖南 长沙 410114）

摘　要：离散点云三维建模主要分为规则格网建模与不规则格网建模两大类，规则格网存储的点、线、面实体，数据具有规则性，容易被计算机存储及处理，方便进行叠加综合分析，故重点研究规则格网建模算法，并对各类经典算法进行分析，最终确定将反距离权重的规则格网插值算法与 TIN 生成算法相结合，运用于点云三维建模实际中，取得良好的建模效果。

关键词：点云；格网建模；TIN

1　引言

无人机激光雷达航测技术和三维激光扫描技术应用越来越广泛，基于点云三维建模算法的研究也有很多，总结起来主要分为两类：第一类为规则格网建模[1]，第二类为不规则格网建模[2]。在 GIS 应用中数据通常需要有一定规则，但大部分可用数据（如点云数据）都是离散状态或成不规则分布，因此要利用空间插值算法将不规则数据转换成规则数据。在规则格网中位置信息存储于行和列，格网划分越细，精度越高，数据量就越大，规则数据容易被计算机处理，便于叠加分析，因此重点对基于规则格网建模算法进行研究，而三角网具备高稳定性，可高效高精度拟合各类地形特征，故基于规则三角网建模是点云三维表面建模的最基本方法，快速、准确构建地形三角网，一直是三维实景建模领域的研究热点。

2　空间插值算法及规则格网建模

空间插值算法是一种根据已知空间数据点来估算未知位置数据值的方法，在地理信息系统、气象学、地质学等多个领域都有广泛应用[3]。在构建点云三维表面模型过程中，常遇到采样点密度不够，在进行曲线拟合与曲面光滑处理时必须通过有效的插值算法对空间点云数据进行补充并拟合，因此，空间插值在点云建模算法中最为关键，按照特定的插值算法可以由有限个采样离散点来推测和拟合未知区域，从而构建完善点云曲面[4]。实际构建点云表面模型时，通常要根据实际需求，综合考量插值效率及精度，选取不同的插值方法，以下是几种常见的空间插值算法介绍。

2.1 空间插值算法

空间插值算法种类繁多，每种算法在不同参数和条件下都会有所差异，最终的插值效果也存在优劣之分[5]。在点云地表拟合过程中，使用最多的插值方法主要有泰森多边形法、趋势面法及反距离权重法。

（1）泰森多边形法

泰森多边形法（别名 Voronoi 多边形）采取最邻近点构建三角网，是由荷兰一名叫 A.H.Thiessen 的气象学家最早提出，泰森多边形是由完全覆盖表面且不相互重叠的一组连续多边形组成，是利用数据点位置连线将区域分割成相应的子区域，如图 1 所示。

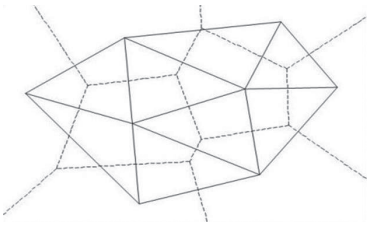


图1　泰森多边形 Voronoi

（2）　趋势面法

趋势面法是先根据已知点数据拟合出一个接近实体表面的数学曲面方程，再通过曲面方程求得曲面各点的数据。趋势面是一个平滑的函数，具有连续性，基本不能恰好通过所有原始离散数据点，如图 2 所示。在实际工程应用中，要综合考虑精度和效率两个维度，选择合适的次数来进行趋势面拟合。

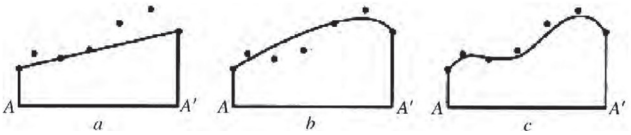


图2　用不同次数拟合的趋势面剖面图

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

（3） 反距离权重法

反距离权重法（Inverse Distance Weighted），本质上为权重与距离成反比，通用公式如下：

$$v_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i \frac{1}{d_i^K}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^K}}, i = 1,2,\cdots,n \quad (1)$$

公式（1）中，v_i 为未知点的估计量值，d_i 表示采样点 i 到未知点之间的距离，n 为估算中所有采样点的数目，K 为距离的幂。

反距离权重插值算法的数学原理清晰易懂，在编程实现方面较为容易。然而，该算法存在一定的缺点：它属于一种全局方法，当计算曲面上某一点的函数值时，需对所有数据进行对比分析。一旦其中一个数据点发生变化，整个建模曲面都将呈现不同效果；且 n 的取值越大，计算所需时间及计算量就越多，三维建模工作效率将受到影响。实践中经常采用改正的局部逼近算法替代全局修正，可以获得逼真的拟合效果，同时节约计算资源，也就是初步选定一个半径 R 的搜索范围，当插值点处在以 R 为半径的区域时搜索数据点，插值点只受搜索区域内点的影响，而不是全局范围内全部的点，初始半径 R 通过公式（2）来计算。

$$R = \sqrt{k \frac{A}{n\pi}} \quad (2)$$

公式（2）中，n 为数据点总数，k 是平均值，取 7 时比较合适，A 为采样点数据的区域面积。当满足相应条件时可直接进行内插操作，若采样点数量未达到要求，则可依据特定步长来缩小范围，或者扩大搜索半径使之达到内插标准。在实际应用中，要综合考虑采样点的分布情况、内插模型对数据量的要求及内插点精度等来确定距离权的次数、初始搜索半径、半径变化步长等参数。除上述三种插值方法外，还有样条函数法、克里金法、多元回归法等，在此不再详述。

2.2 空间插值算法在点云规则格网建模中的应用

点云规则格网建模一般分为直接法建模和间接法建模，直接法顾名思义是直接利用离散点云通过插值建立规则格网，间接法则先建立采样点的不规则三角网，然后在生成 TIN 基础上通过各种内插算法构建规则格网。

2.2.1 直接法构建点云规则三角网

基于分布不规则的点云数据直接建立规则三角网，通常采用移动趋势面拟合和反距离权重方法，这两种方法虽采用不同的数学模型，呈现不同的建模效果，但步骤基本相同，具体如下：

（1）邻域大小和邻域内点的确定

在点云插值中，一般根据插值算法模型要求，选择恰当的搜索半径，并进行调整，直到满足插值条件。邻域搜索区域除搜索圆方法以外，研究采用正方形搜索法，以内插点为中心构建一定大小的正方形区域，再按照正方形边长开始搜索，按公式（3）计算[6]：

$$s = \sqrt{k \frac{A}{n}} \quad (3)$$

公式中，A 为区域面积，n 为点云采样点总个数，k 是数据平均值，根据实际情况选定。如果内插点在邻域范围，即满足如下公式：

$$\begin{cases} x - \frac{s}{2} \le x_i \le x + \frac{s}{2} \\ y - \frac{s}{2} \le y_i \le y + \frac{s}{2} \end{cases} \quad (4)$$

（2）采样点权值的确定

由上文可知，普通采样点的权重值按 $p_i = \frac{1}{d_i^2}$ 计算，即采样点权重值与两点间距离平方的倒数成正相关性。

（3）插值的函数模型

假设内插点 p 的坐标为（x_p，y_p，z_p），附近搜索范围的采样点坐标为（x_i，y_i，z_i），n 是邻域内采样点的数量，p_i 是采样点 i 的权重，d_i 是采样点 i 与邻近内插点之间的距离，根据采样点坐标（x_i，y_i，z_i）计算 p 点高程 Z_p 时，可利用如下加权平均法的数学模型：

$$z_p = \frac{\sum_{1}^{n} (p_i z_i)}{\sum_{1}^{n} p_i} \quad (5)$$

趋势面拟合法数学模型为：

$$z_p = ax_p^2 + bx_p y_p + cy_p^2 + dx_p + ey_p + f \quad (6)$$

公式（6）中有 6 个未知系数，因此至少需要利用 6 个已知点坐标构建 6 个方程组才能求解相关系数。利用最小二乘法可以求最优解，相关步骤如下：

将搜索区域插值点的值代入公式（6），可推断出曲面高程值 Z_n：

$$\begin{aligned} Z_1 &= ax_1^2 + bx_1 y_1 + cy_1^2 + dx_1 + ey_1 + f \\ &\vdots \\ Z_n &= ax_n^2 + bx_n y_n + cy_n^2 + dx_n + ey_n + f \end{aligned} \quad (7)$$

采样点的实际观测值为 z_i，且 Z_i 不等于 z_i。若已知点少于方程组中系数个数，则在考虑权重时，利用

最小二乘算法使得 Z_i 和 z_i 的差值平方和最小，即：

$$Q=\min=\sum_{1}^{n}p_i(Z_i-z_i)^2 \\ =\sum_{1}^{n}p_i(ax_i^2+bx_iy_i+cy_i^2+dx_i+ey_i+f-z_i)^2 \quad (8)$$

若要使公式（8）的值最小，则满足 $\frac{\partial Q}{\partial l}=0$（其中 $l=a$，b，c，d，e，f），此操作将成立一个六元一次方程函数组，通过求解该方程组，得到公式（6）涉及的 6 个参数，进而算出各内插点高程。趋势面拟合方法具有较高的精准度，计算方式较为灵活。倘若采样点数量超过 8 个，可使用完整的二次项；当数据点数量为 6～7 个，可舍去其中一项；当数据点数量为 4～5 个，可把平方项也去除；若仅使用三个点，就只保留线性方程。趋势面拟合算法较为灵活，在激光雷达点云地表建模插值计算领域应用前景广阔[7]。

2.2.2 间接法在构建点云三维规则格网中的应用

基于 TIN 的点云三维表面建模，首先依据采样点构建研究区域的三角形不规则网络（TIN），之后在 TIN 上进行空间插值，获取各个格网点的高程。在 TIN 上实行空间插值计算时，主要运用线性内插及精确拟合内插两种方式进行拟合，如图 3 所示。设内插点 p 的坐标为（x_p，y_p，z_p），包含 p 点在三角形 T 内的三个顶点坐标为（V_1，V_2，V_3），与三角形 T 有关的三个三角形为 $V_1V_4V_2$，$V_2V_5V_3$，$V_3V_6V_1$，各三角形的三个顶点坐标均为已知点，将其设为 V_i（x_i，y_i，z_i）。

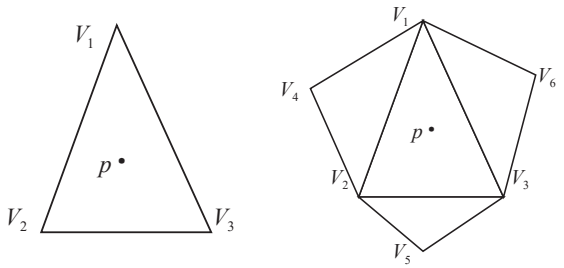


图3　在TIN中内插点

（1）线性内插：三角形的线性内插法计算简单，如图 3（a）所示，$z_p=ax_p+by_p+c$ 为一个线性平面，其中 a，b，c 唯一确定。

（2）精确拟合内插：通过线性内插获得点 p 处于三角形平面内，而三角网的公共边可能发生突变，使得拟合曲面连续但不光滑。为解决这个问题，采用精确拟合内插办法，即利用公式（6）的二次曲面拟合函数求解。公式（6）包含 6 个不同系数，利用包含目标点 p 的三角形三条边相邻的三个三角形来计算，具体情况如图 3（b）所示。在这种方法中，未知数的数量和已知点数量相等，方程具有唯一解，且曲面会通过三角形顶点，因此该方法被称作精确曲面拟合[8]。除上述线性内插和精确拟合内插外，基于 TIN 的规则格网建模还可运用连续双 5 次多项式内插方法，在此不再详细阐述。

3　点云规则格网反距离权重插值算法的实现

算法旨在实现地形的精细化建模，先借助反距离权重插值算法，依据已知点构建规则格网模型，再叠加 TIN 生成算法进行显示。在插值计算时，需将邻域内采样点数量控制在 4 至 10 个，以平衡计算精度和执行效率。传统搜索圆或正方形算法采用固定累进搜索增加值，易出现不收敛情况，为此研究重新设计可自动智能调整搜索半径的方法。初始设置搜索半径为 R_0，步长为 ΔR，设定最小和最大数据量。当搜索邻域内采样点数量不满足要求时，若数量过多，将搜索半径缩小至 $R_0/2$；若仍不满足，再将步长变为原来一半继续搜索，直至满足要求。程序实现算法如下：

```
define Integer W,H    // 申明格网横、纵维数
define double small_x,small_y,cellradius
// 设定格网左下角点位坐标与最小单位格大小
define Interger Points_count    // 申明样本个数
define struct Position(float point.x; float point.y; float point.z)    // 申明结构体
define struct Position samples[Points_count]    // 定义格网点
define float data[w][H]        // 定义储存结果数组
input samples[Points_count]     // 样本数据输入
for i=0 to W-1 do           // 循环
float data[i][j]=float InterPolation(float x,float y,const Position samples[Points_count])
// 插值各网点
output data[w][h]      // 结果输出
```

上述代码中，InterPolation 函数为反距离权重函数，方程式为：

$$v_i=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{d_i^K}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{d_i^K}} \quad (i=1,2,\ldots\ldots,n) \quad (9)$$

（下转第 31 页）

基于倾斜摄影和机载LiDAR技术的矿山修复治理应用研究

姚美蓉

（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：针对矿山废弃地环境复杂、实地调查测绘难度大等弊端，采用无人机倾斜摄影测量和机载 LiDAR 系统相结合的技术方法进行测量作业，充分结合倾斜摄影快速获取高分辨率地物影像和机载 LiDAR 穿透力较强的优势，获取矿山地表地物高分辨率影像数据及高精度三维点云数据，通过内业数据处理构建矿区真彩色点云模型，解析植被、林木数据信息，进行矿山植被林木资源调查，分析矿山修复治理效果；同时可生成矿山废弃地 DOM、DEM、DSM 等数据成果，依据修复治理需求制作矿山地物要素分类图、地形坡度分级图等专题数据，为矿山生态修复治理及风险评估提供准确可靠的数据支撑。

关键词：倾斜摄影；机载 LiDAR；点云数据；矿山修复治理

1　引言

矿产资源开采利用推动了社会经济快速发展，同时也对矿区生态环境产生较大破坏。资源开采改变了原有岩层结构，引发地表沉降甚至塌陷现象[1]，同时矿区运输道路修建、废弃料堆积等，也对矿区地表植被、生态系统等造成较大影响。为大力推进生态文明建设，还原绿水青山，需对矿山进行生态修复治理。对于开采中的矿山而言，需严格落实边开采、边治理政策，最大程度降低对生态环境的破坏；针对历史遗留废弃矿山而言，需采用专业技术方法开展现状调查，依据实际情况进行针对性修复治理[2]，同时定期开展调查测绘，获取矿区植被覆盖类型、生长情况等数据信息[3]，评估生态修复成效。

现代化仪器设备和测绘技术的快速发展为矿山修复现状调查测绘提供了新的解决方案，以轻便型消费级无人机为飞行平台[4]，搭载高分辨率相机，能够快速准确获取大区域范围内地表地物影像数据[5]，进而构建实景三维模型，辅助分析矿山修复治理情况；同时可在无人机飞行平台集成激光雷达系统，利用 LiDAR（LightLaser Detection and Ranging，激光探测及测距）技术强大的穿透力，获取矿区林木、地表高密度三维点云，为矿区林木植被调查及长势分析提供可靠的数据支撑。

以某矿山废弃地为研究对象，采用无人机倾斜摄影结合机载 LiDAR 技术的作业方法对矿山现状及生态修复治理情况进行调查分析，快速获取矿山高精度地表地物三维模型及林木植被点云模型，同时生成多类型专题数据，以高精度可视化数据成果辅助作业人员进行矿山修复治理。

2　倾斜摄影与机载 LiDAR 技术

2.1 倾斜摄影测量

无人机倾斜摄影测量是近年来发展迅速、应用广泛的一种新型测绘技术，通过在无人机飞行平台集成单镜头或五镜头高分辨率相机、定位系统、惯导系统等，从多个角度获取同一地物多视影像数据，通过内业处理构建高质量实景三维模型。倾斜摄影测量能够有效提高地物三维重建的精度和真实感，尤其在复杂地形和建筑物密集区域，倾斜摄影测量能够提供更为全面和详细的地表信息。倾斜摄影测量技术的核心在于多视影像密集匹配及融合处理，利用影像匹配算法模型，将多角度拍摄的高质量地物影像进行空间定位和几何校正，然后通过区域网平差、白模生产、纹理映射等[6]，构建还原真实场景的高质量三维模型。

在矿山废弃地的生态修复治理应用中，无人机倾斜摄影测量能够提供包含精确地形地貌信息的实景三维模型，直观反映地形起伏变化、植被覆盖情况以及潜在的滑坡、塌陷等风险区域，为矿山修复治理方案设计提供准确可靠的基础数据；同时可对比修复前后的三维模型，动态评估矿山修复治理效果，为后续的环境监测和修复治理提供科学指导。

作者简介：姚美蓉（1998—），女，侗族，本科，助理工程师，主要研究方向为工程测量。

2.2 机载 LiDAR 技术

机载 LiDAR 是一种利用激光脉冲对地表进行精确测量的技术，通过发射激光束并接收反射回来的信号，结合集成的定位定姿系统，快速获取地表地物三维坐标信息，具有快速、精度高、全天候、非接触式测量等优势[7]。与倾斜摄影测量技术相比，机载 LiDAR 技术激光穿透力较强，能够准确获取植被下的地形地貌情况，同时获取林木植被三维点云，在植被密集覆盖区域具有更高的适用性。

在矿山修复治理过程中，机载 LiDAR 系统发射的激光束能够穿透树冠层，准确采集地表地物特征信息，利用高密度、高精度点云数据评估和监测地形变化、植被生长状况，还可进行地质灾害风险评估。同时，通过构建高分辨率的数字高程模型（Digital Elevation Model，DEM），可以直观分析矿山的地形坡度、坡向等特征，为制定科学合理的修复方案提供依据。

3 矿山修复治理应用分析

3.1 矿山废弃地概况

某地区矿产资源丰富，分布有无烟煤、耐火黏土、石灰岩等，矿产资源开采促进了该地区社会经济的快速发展，但同时形成大量矿山废弃地，不仅破坏了原有生态环境，还容易引发滑坡、泥石流等地质灾害，对周边环境和人类活动构成潜在威胁。因此，对这些矿山废弃地进行有效的修复治理，恢复其生态功能，已成为当地环境保护和可持续发展的重要任务。在矿山废弃地修复治理前，需要对废弃地的现状进行全面调查和评估，包括对废弃地的地形地貌、土壤类型、植被覆盖情况、水文地质条件等进行详细调查。

研究采用无人机倾斜摄影和机载 LiDAR 技术相结合的作业方法进行调查测绘，获取矿山地表地物高精度点云成果及具有丰富纹理信息的实景三维模型，对矿山废弃地的坡度、坡向等特征进行深入分析，识别潜在地质灾害风险区域，分析地表植被类型及分布现状，为矿山废弃地的生态修复治理提供准确可靠的可视化数据支撑。

3.2 技术流程

研究采用无人机倾斜摄影和机载 LiDAR 系统采集外业数据，主要设备包括华测大黄蜂 BB4 四旋翼无人机、AS-900H 多平台激光雷达系统、AS-420 正射单相机等，技术参数如表 1 所示。

表1　主要设备技术参数

核心设备	参数类型	详细参数
BB4四旋翼无人机	荷载重量	7.0kg
	飞行时间	35.0min
	最大速度	14.0m/s
	悬停精度	水平1cm+1ppm，垂直2cm+1ppm
AS-900H激光雷达	测量精度	10mm
	最大测程	920m
	点云密度	55万点/秒
	支持信号	BDS、GLONASS、GPS
AS-420正射单相机	传感器类型	Exmor RCMOS
	传感器尺寸	35.9mm×24.0mm（35mm全画幅）
	有效像素	4240万

废弃矿山地形环境普遍较为复杂，外业航摄影像及激光点云采集前，需对矿区进行资料收集及详细踏勘，依据矿山实际撰写技术设计书，明确航摄高度、飞行路线、飞行速度、航向及旁向重叠度等参数，并布设一定数量的控制点，为航摄成果提供控制基准；针对地表起伏较大矿区，可采用仿地飞行作业方法，保障外业采集成果质量。选择无低云晴朗天气进行外业航摄，分别获取矿山地表地物正射影像数据和高密度点云数据，通过内业解析数据生成矿山废弃地多类型数据成果，为矿山生态修复治理提供准确数据支撑，整体技术流程如图 1 所示。

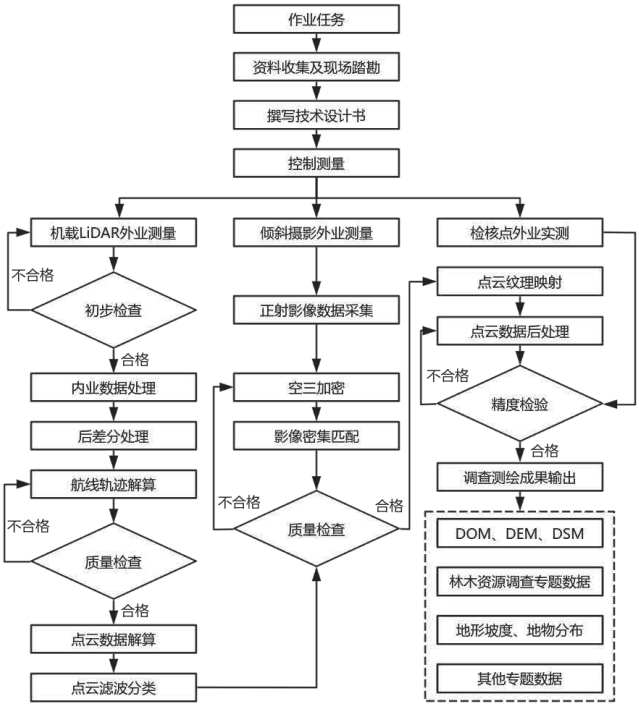


图1　基于倾斜摄影和机载LiDAR技术矿山调查测绘流程

3.3 数据处理

无人机倾斜摄影测量航摄作业完成后，需要对航摄影像进行质量检查，满足要求后将航摄影像、POS数据、相机参数、控制点数据等导入Smart3D软件，进行空中三角测量、影像密集匹配、区域网平差、纹理映射等步骤，构建矿山废弃地实景三维模型，并生产数字正射影像图（Digital Orthophoto Map，DOM）、数字表面模型（DigitalSurface Model，DSM）、数字高程模型（Digital Elevation Model，DEM）等多类型数据成果，直观呈现矿山废弃地的地形地貌及植被现状信息。

机载LiDAR系统数据成果为地表地物高密度点云数据，研究采用华测配套软件Copre进行内业解析，将GNSS基站数据、机载GNSS数据、惯导系统数据、控制点数据以及原始激光点云数据导入Copre软件，获取高质量的LAS格式三维点云数据成果。为提高三维点云数据的处理效率和利用价值，采用LiDAR360软件对倾斜摄影DOM和三维点云数据进行融合处理，通过滤波分类剔除非相干点云，降低点云噪声，同时利用航摄影像进行纹理重映射，构建矿山废弃地真彩色三维点云模型，为矿山生态修复治理提供可靠数据支撑。

3.4 精度检验

为验证基于倾斜摄影和机载LiDAR技术的矿山废弃地调查测绘成果的准确性，在测区布设了80个检核点，采用高精度RTK进行实地测量，取多次测量结果的平均值作为检核点真值，与真彩色三维点云模型中的对应点云三维坐标进行对比分析。计算可得：点云成果平面中误差为0.024m，高程中误差为0.043m，整体点云密度为82点/m^2，点云成果精度及分布密度均相对较高，可为矿山生态修复治理提供准确可靠的调查测绘数据。

3.5 矿山废弃地风险林木资源修复综合评估

林木资源现状调查是矿山生态修复治理的重要内容，通过专业技术方法获取矿山林木类型、数量、空间分布、生长态势等信息，评估分析生态修复治理成效。以真彩色三维点云数据为基础，利用滤波算法对点云进行分类，获取林木点云数据，如图2所示；然后对其进行单木分割处理，结合DEM、DSM等构建冠层高度模型，提取树高、胸径、冠幅面积、树冠体积等属性信息，如表2所示。对比分析不同时期矿山林木资源调查数据，可以直观呈现矿山生态修复治理成效，为下一步修复治理提供科学指导。

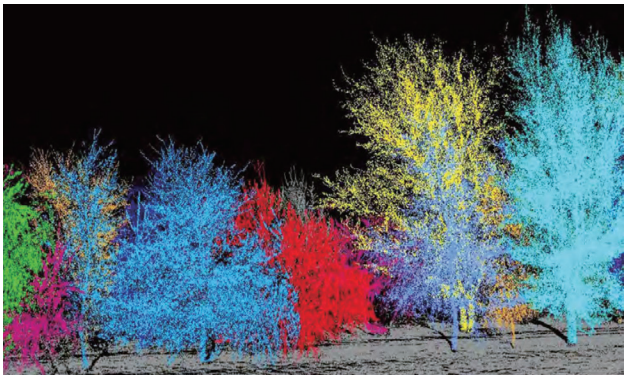


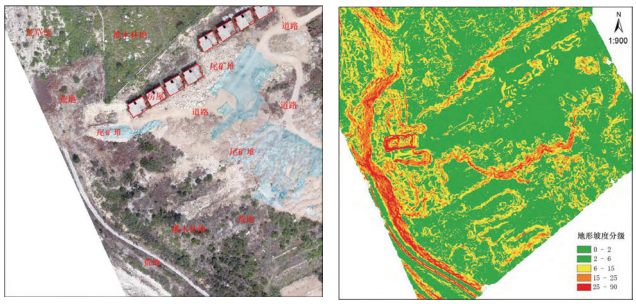
图2　矿山林木点云数据

表2　单木属性信息提取结果

林木编号	树高/m	树冠直径/m	树冠面积/m^2	树冠体积/m^3
L01	5.362	3.897	12.044	27.993
L02	5.737	6.492	31.299	75.832
L03	7.384	6.005	27.892	82.448
L04	6.419	3.624	10.021	28.475

3.6 矿山废弃地风险区域综合评估

以无人机倾斜摄影测量DOM数据成果为基础，融合机载LiDAR高精度点云数据，地面分辨率可达0.03～0.10m，精度较高，纹理信息丰富，能够准确直观呈现矿山地表地物要素信息。利用制图软件灵活提取不同地物要素特征信息，包括尾矿堆积物、矿区道路、房屋、荒地、荒草地、灌木林地等，直观展示不同地物要素的空间位置，如图3（a）所示，通过对比不同时期矿山地物要素变化情况，综合评估矿山修复治理效果。



（a）地物要素分类　　（b）地形坡度分级

图3　矿山废弃地地形环境可视化分析

由于矿山废弃地地形环境普遍较为复杂，因此需对矿山地形坡度进行统计分析，以高精度DEM数据成果为基础，依据《农用地质量分等规程》要求，将矿山废弃地地形坡度划分为5个层级，分别为0～2°、2°～6°、6°～15°、15°～25°和＞25°，并将分类成果进行可视化呈现，如图3（b）所示，辅助作业人员综合评估矿山废弃地风险区域，同时对不同地形坡度

区域进行针对性修复治理，提高矿山生态修复治理的科学性。

4 结束语

研究采用无人机倾斜摄影测量和机载 LiDAR 系统对矿山废弃地现状信息进行调查测绘，倾斜摄影测量技术能够快速获取地表地物高分辨率影像数据，通过内业处理构建矿山实景三维模型，生产 DOM、DEM、DSM 等数据成果；同时采用机载 LiDAR 系统进行地表地物点云数据采集，可以有效穿透植被覆盖，获取地下地形信息，结合倾斜摄影测量成果构建真彩色点云模型，进行矿山地形坡度分级、地物要素分类等，然后利用多类型专题数据全方位分析矿山地形地貌，可为矿山生态针对性、定制化修复治理提供准确可靠的数据支撑。

参考文献

[1] 邱敏,邓雄文,李媛媛.倾斜摄影测量技术在矿山生态修复调查中的应用——以南沙吸水角石场为例[J].北京测绘,2021,35(6):765-768.

[2] 李松,李明.低空机载LiDAR遥感技术在交通困难矿区地形测量中的应用[J].测绘技术装备,2022,24(4):95-99.

[3] 鲍国,张书毕,陈强,等.基于地面LiDAR的建筑物精细化三维重建及精度分析[J].金属矿山,2023(9):140-144.

[4] 吴勋元.基于倾斜摄影测量的矿山恢复调查应用研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(7):200-202.

[5] 陈瑞家.基于矿山生态修复中的LiDAR扫描技术实施与探究[J].世界有色金属,2023(16):199-201.

[6] 孙丽红,朱大明,李勇发,等.基于倾斜摄影测量的矿山生态修复规划应用[J].城市勘测,2021(2):87-91.

[7] 韩珞.无人机激光雷达技术在矿山测量中的应用[J].工程技术研究,2024,9(14):207-209.

（上接第 27 页）

最终，基于规则三角网的建模效果如图 4 所示。

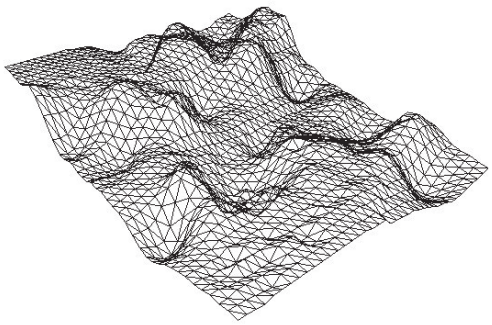


图4 反距离权重结合TIN生成算法构建规则格网地表模型

4 总结

在三维建模领域，规则格网点云数据的处理与建模是重要研究方向。反距离权重的规则格网插值算法，凭借对空间数据分布特性的良好适应，能有效利用已知格网点信息，通过对周围邻近点赋予与距离成反比的权重，精确估算出未知格网点的值，从而对规则格网进行数据填充与优化。该算法考虑了点云数据的空间位置关系，使插值结果更符合实际地形或物体表面特征[9]。然而，单纯的规则格网插值在处理复杂地形或物体表面时，可能无法准确反映局部细节，因此，在点云规则格网反距离权重插值算法中引入 TIN 生成算法作为补充，TIN 生成算法以三角形不规则网络形式构建模型，能根据数据点分布自动调整网格密度，在地形变化剧烈或物体表面细节丰富的区域，通过加密三角形网格精确捕捉局部特征。通过将两种算法有机结合，研究先利用反距离权重规则格网插值算法生成初步的规则格网模型，为整体建模提供基础框架；再借助 TIN 生成算法对模型的细节缺失或表现不足的区域进行优化，从而构建更为精确、细致且符合实际的三维模型。

参考文献

[1] 张鼎林.空间曲面上点云的三角剖分[D].长春:吉林大学,2017.

[2] 王青,王融清,鲍虎军,等.散乱数据点的增量快速曲面重建算法[J].软件学报,2000,11(9):1221-1227.

[3] 许兆新,花文华.三维地形可视化技术研究[J].计算机工程与应用,2018,44(3):91-93.

[4] 戴静兰.海量点云预处理算法研究[D].杭州:浙江大学,2016.

[5] 丁玉成,洪军,曹亮,等.逆向工程中的测量数据精简技术研究[J].西安交通大学学报,2014,38(7):661-664.

[6] 黄雪梅,王平江,陈洁红,等.三维散乱三角形网格逼近的一种算法[J].计算机工程与设计,2018,19(2):9-15.

[7] 郝力.数字城市地理信息系统及应用[M].北京:电子工业出版社,2022:36-40.

[8] 郑德华.三维激光扫描数据处理的理论与方法[D].上海:同济大学,2015.

[9] 张子昕.空间插值算法在GIS中的应用[J].测绘与地理信息工程,2015(2):103-107.

基于时序站载点云的边坡变形监测研究

陈长伟

（辽宁省测绘产品质量监督检验站，辽宁 沈阳 110034）

摘　要：针对传统边坡沉降定点监测缺点，基于站载激光扫描技术实现边坡表面沉降监测，构建点与面的边坡沉降监测系统。基于 PFH 点云算子 +ICP 算法实现时序点云数据配准，构建即时性数字高程模型（Digital Elevation Model，DEM）以及等高线，并综合特征点重点监测成果，实现整个边坡的位移动态分析。实验结果表明：三维激光扫描技术可有效应用于大场景边坡位移的时序监测，且监测精度高、范围广，可高效获取监测区位移、沉降信息，对区域性滑坡等灾害预警具有独特优势。

关键词：边坡监测；站载激光扫描；PFH+ICP；数字高程模型

1　引言

我国地形特征复杂多样，包含平原、高原、山地、丘陵以及盆地五大基本地形，其中山区面积约为全国国土面积的 2/3，地势变化呈自西向东阶梯状分布。由于山地、丘陵面积较多，我国滑坡灾害频发，且部分区域位于交通客流量较大的道路周边以及居民区附近，严重危及人民生命和财产安全，因此开展滑坡监测预测具有重要意义。现阶段对边坡变形监测的主要手段多为采用 GPS 或全站仪进行周期性、定点式观测，仅对部分重要部位进行时序性观测，该方法获取的监测结果较为精确，但无法实现大范围面状监测，若监测点遭到破坏会直接影响监测资料的连续性 [1]。研究基于站载式激光扫描技术，实现被监测体范围性高精度三维数据获取，通过目标时序性监测资料累积，完成对目标边坡的变形趋势分析，进而实现区域性滑坡灾害预警。

2　方法

2.1 PFH 算子 +ICP 时序点云数据配准

ICP 算法是基于最小二乘算法，以两期点云数据中对应点间的最小距离为目标函数，提取源点云数据中的参考点，并以参考点为固定值，提取待配准点云数据中与参考点距离最近的点数据，实现两者之间的转换参数计算，并对待配准数据进行整体转换。但该方法需要优选点对进行参数计算，导致迭代时间长，处理效率低，为此研究引入 PFH 点云算子进行源点云以及待配准点云特征点提取，进而基于两期点云数据特征点进行转换参数计算，提升点云配准效率。

PFH 点云算子可通过特征计算方式参数化、定量化查询点与相邻点间的空间差异性，进而构建多维直方图实现采样点邻域的几何描述，同时直方图提供的信息对于点云具有平移旋转不变性，对采样密度和噪声点具有稳健性 [2,3]。PFH 点云算子可基于采样点及其邻域点间的关系、点对间的法线关系，来描述几何特征，具体计算公式如下：

$$\begin{cases} u = n_s \\ v = u \times \dfrac{(p_t - p_s)}{\|p_t - p_s\|_2} \\ w = u \times v \end{cases} \tag{1}$$

$$\begin{cases} \alpha = v \times n_t \\ \alpha, \varphi, \theta, d \end{cases} \tag{2}$$

$$\theta = \arctan(w \times n_t, u \times n_t) \tag{3}$$

公式中，d 是两点之间的欧氏距离，$d = \|p_t - p_s\|_2$，利用 α、φ、θ、d 四个元素可以构成 PFH 描述子。

具体配准过程主要分为以下 4 个步骤：

（1）首先基于 PFH 点云算子分析基准点云及待配准点云数据，构建 PFH 特征描述子，分别从基准点及待配准点云中选取具有不同 PFH 特征的样点数据，同时匹配两组样点数据中具有近似或一致 PFH 特征的点构建点对。

（2）将提取的点对导入 ICP 算法，但经初始提取的点对数对应关系并不完全准确，错误的对应关系会影响最终配准结果，采用方向向量阈值剔除错误的对应点对。

（3）对经筛选的点对数据进行旋转矩阵 R 以及平

作者简介：陈长伟（1983—），男，汉族，本科，高级工程师，主要从事工程质检与研究、点云处理、变形监测工作。

移向量 T 的计算，通过设定某一阈值 $\varepsilon=d_k-d_{k-1}$ 和最大迭代次数 N_{max}， 将上一步得到的刚体变换作用于源点云 P' ，得到新点云 P''，计算 P'' 和 Q 的距离误差，如果两次迭代的误差小于阈值 ε，或者当前迭代次数大于 N_{max}，则迭代结束，否则将初始配准的点集更新为 P'' 和 Q，继续重复上述步骤，直至满足收敛条件。

（4）计算对应点之间刚体变换矩阵，然后通过求解对应点变换后的距离误差和函数来判断当前配准变换的性能，此处的距离误差和函数多使用 Huber 惩罚函数表示。点对连接如图 1 所示。

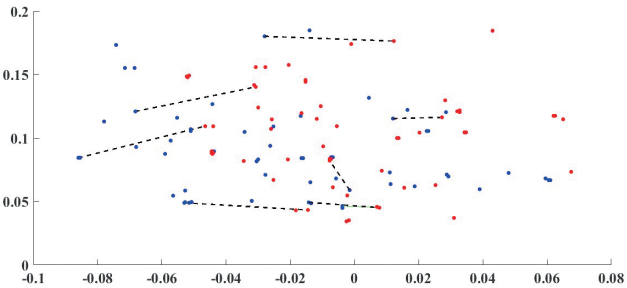


图1　点对连接

2.2 基于渐进形态学滤波的数字高程模型（DEM）生成方法

渐进形态学滤波的 DEM 生成方法，将离散点云转成连续的网格面，最好的办法就是构网。由于 DSM 生成的点云是一种 2.5 维数据，所以构建 Delaunay 三角网 [4] 就可以较好地复原地形特征。构建 Delaunay 三角网的方法有很多，例如常见的分治法和逐点插入法等。这些算法相对比较成熟，也有一些开源算法库可以直接使用，例如知名计算几何库 CGAL[5] 就包含一个非常优秀的逐点插入法实现方案。为了进一步评估算法的准确性，在监测区监测周期内采用全站仪测量方式同周期获取实测点位高程值，通过比较算法生成的 DEM 高程值与高程点高程值来评估算法精度。

3　结果分析

以辽宁省某一开挖矿区小型边坡为研究对象，以地方坐标系为基础，采用时序站载激光扫描技术获取三期（周期为一年）激光点云数据，构建三期测区数字高程模型，并以基于全站仪技术获取的同时期实测点位高程值数据进行验证。

3.1 点云时序配准

为精确分析监测区边坡的沉降变形状态，研究引入 FPFH+ICP 算法，以第一期点云监测数据为基准，二期、三期数据为待配准点云数据。首先通过 FPFH 算子构建多期数据 FPFH 特征描述子，并进行对比分析，提取特征描述子接近一致的点对，再引入 ICP 点云配准算法进行转换参数计算，实现多期数据精准配准，为数字高程模型的生成及空间对比分析提供数据基础，配准效果如图 2 所示。

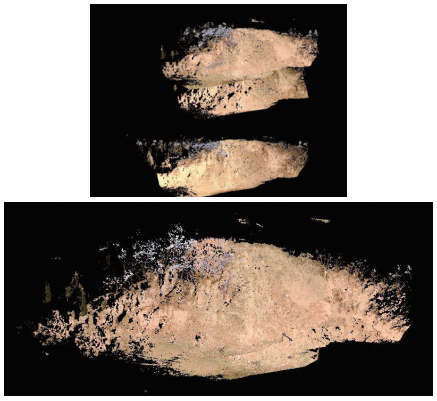


图2　多期点云监测数据配准效果

经配准后的点云数据贴合效果较好，可使同位置点云数据一致，确保多期点云数据构建数字高程模型的有效性，进而实现时序性对比分析。

3.2 时序数字高程模型（DEM）边坡沉降变化分析

3.2.1 数字高程模型构建

基于三期站载激光扫描技术获取监测区点云数据，采用渐进形态学滤波的 DEM 生成方法构建监测区数字高程模型高程值空间分布图，如图 3 所示。从图 3 可以看出，监测区植被等地物被干净抹除，地形起伏信息得到很好的保留，且监测区边坡呈现东高西低的分布状态，高程变化十分明显，与监测区实际空间分布一致。

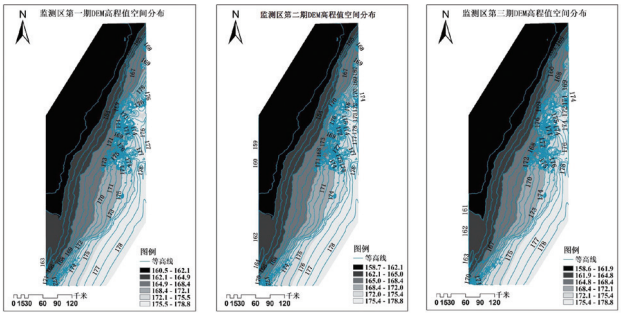


图3　多期数据高程模型（DEM）高程值分布

3.2.2 数字高程模型 (DEM) 建模高程精度分析

为验证研究方法在边坡沉降变形监测方面的准确性，在采用三维激光扫描技术进行边坡数据采集并构建数字高程模型基础上，采用传统三角高程与全站仪相结合的方式进行对比分析。全站仪测高采用三角高程测量法，即先在观测站点建立一个参考面，然后测

量待测点和参考面之间的距离，同时记录测量时的气温、气压等环境参数，就能计算出待测点高度。一般情况下全站仪可以通过自动化程序进行数据处理和计算，且具有较高的高程测量精度。以测区控制点为基础同步获取三期相同时段的顶点位置高程以及平面坐标，并对比分析高程精度。对比数字高程模型与定点测量获取实际高程值，经差值分析发现，研究构建的数据高程模型精度可达 ±2cm，建模精度完全满足对边坡沉降、变形的分析要求。三期实测点对比结果如表 1 到表 3 所示。

表1　第一期实测点对比

控制点	X/m	Y/m	Z/m	DEM高程值	误差
KZD1	978.052	971.835	1009.068	1009.045	0.023
KZD2	979.939	966.991	1014.159	1014.120	0.039
KZD3	990.648	960.839	1014.269	1014.242	0.027
KZD4	990.78	965.748	1009.802	1009.817	-0.015
KZD5	988.326	969.207	1007.887	1007.891	-0.004
KZD6	995.436	970.355	1004.35	1004.333	0.017

表2　第二期实测点对比

控制点	X/m	Y/m	Z/m	DEM高程值	误差
KZD1	973.035	945.875	1009.061	1009.042	0.019
KZD2	979.955	912.051	1014.147	1014.161	-0.014
KZD3	990.654	978.886	1014.258	1014.231	0.027
KZD4	990.785	915.781	1009.797	1009.724	0.073
KZD5	988.327	929.249	1007.884	1007.851	0.033
KZD6	995.44	970.396	1004.348	1004.363	-0.015

表3　第三期实测点对比

控制点	X/m	Y/m	Z/m	DEM高程值	误差
KZD1	978.044	971.847	1009.06	1009.081	-0.021
KZD2	979.953	967.008	1014.145	1014.162	-0.017
KZD3	990.659	960.831	1014.258	1014.235	0.023
KZD4	990.789	965.756	1009.796	1009.781	0.015
KZD5	988.334	969.219	1007.879	1007.864	0.015
KZD6	995.439	970.344	1004.344	1004.321	0.023

3.2.3 定量化分析监测对象的沉降时序变化

为分析测区监测对象沉降时序变化情况，研究基于多期点云构建测区高精度数据高程模型，实现前后期数字高程模型的差值计算，并构建高程差值变化空间分布图，具体如图 4 所示。

分析图 4 可以发现，监测区高程值出现明显沉降以及堆叠造成的高程值变化情况。其中高程表现为沉降的区域主要集中在坡顶、坡中心位置，而高程值增加区域多集中在坡地及半坡位置。在研究监测期间，监测目标存在明显的滑坡变形现象，导致上层土质滑脱堆积在坡底，表明研究方法能够有效发现边坡的变形及滑坡现象，但由于监测周期过长，致使未能及时准确掌握该区域的滑坡发生起始阶段。

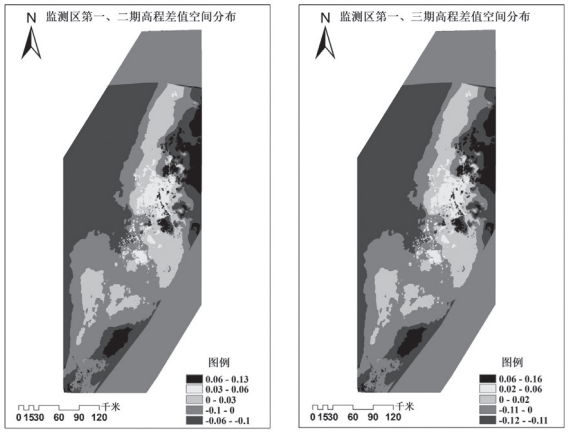


图4　多期监测区高程数据模型（DEM）高程差

4　结论

研究结果发现，三维激光扫描技术可以面状结构有效反映滑坡的变形特征，完成面状结构沉降变化定量分析。对比站点实测结果表明，该方法能够有效反映滑坡危险区域变形特征，在无高精度监测结果的要求下，是一种简单、高效的滤波方法，适用于有稀疏植被覆盖的滑坡监测分析。地面三维激光扫描技术应用于滑坡灾害监测领域，有着较为广阔的发展前景。但具体应用到滑坡变形监测与预测预报时尚存在许多实际问题有待解决，如缩短监测周期、无人值守、数据处理效率提升等方面。研究仅仅提供一种尝试和参考，随着三维激光仪的改进、监测方法的完善、新滤波方法的出现等，激光扫描技术将会越来越多应用于岩土工程监测，成为一种常规监测手段。

参考文献

[1] 张凯惠,王鑫.高海拔顺层矿山边坡变形监测预警应用分析[J].中国安全生产科学技术, 2023(S1):73-78.

[2] 霍欣杰,崔磊,蒋国辉,等.浅析三维激光扫描仪在边坡变形监测中的应用[J].测绘通报, 2017(11):2.

[3] 张汶雯,杨俊明.山区高速公路高边坡施工变形监测[J].城市建筑空间,2023,30(S1):381-382.

[4] 王德军,万田宝,孙晓东,等.基于三维激光扫描的植被覆盖边坡监测[J].测绘通报, 2023(12):112-115.

[5] 孙贝贝,周葵,林永春.基于S-SAR的高海拔露天矿边坡变形监测与影响因素研究[J].中国安全生产科学技术, 2023(S1):79-85.

基于开源数据分析的战例可视化技术研究

王慧谟　王海龙　麻洪川　孙玮

(31016 部队，北京 100080)

摘　要：战例可视化是当前开展战例研究分析的重要途径。对基于开源数据分析的战例可视化技术进行研究分析，提出一种基于开源数据分析的战例可视化流程。首先基于开源数据分类采集战例数据并开展数据加工治理；然后对采集的战例数据进行对象化建模与实例化以构建战例实体，进而基于战例实体构建多种战例可视化应用；最后以诺曼底登陆战役为例展开可视化流程实例验证，验证该方法的有效性和实用性。研究成果可为军事研究人员和决策者提供分析工具，实现对经典战例更深入、全面的理解和分析。

关键词：开源数据分析；战例可视化；战例实体

1　引言

随着现代战争形式的演变和复杂化，军事战例研究对于全面、深入理解战斗过程及有效指导未来军事行动和决策显得尤为关键。军事科学研究的深度和广度首先取决于掌握信息资源的丰富程度，军事科学研究的客观性也要求详尽分析各种因素、占有多种资料。其中原始、真实、客观的历史经验和实战数据是最重要、最可靠的实践源泉和知识源泉[1,2]。然而，传统的战例研究往往依赖于文字描述和统计分析，难以直观展现复杂的战例数据和战斗情况。随着信息技术的发展和可视化技术的应用，战例可视化作为一种强大的工具，为战例研究和军事决策提供了新的思路和方法。

战例数据[3]是支撑可视化展示的基础。传统的战例数据获取方式需要耗费大量时间和精力，获取的数据可能受到信息来源限制，具有一定局限性。近年来，随着开源数据的兴起，现代数据获取方式更加便捷和高效。开源数据为研究人员提供了丰富、实时、开放的数据资源，为战例研究和可视化分析提供更广阔的数据支持，促进军事领域数据分析和决策水平的提升。

在探讨基于开源数据分析的战例可视化技术基础上，设计一套从开源战例数据采集加工、战例实体对象化建模到战例可视化应用构建流程，以期为军事领域数据分析和决策提供新的思路和方法。

2　开源数据在战例可视化中的应用

2.1 开源数据概述

开源数据是指在开放环境下，通过合法方法从公开资料中获取的数据，可被任何人自由访问、重复使用与共享，没有版权、专利或其他限制[4]。基于开源数据开展战例数据采集可获取丰富的战例数据资源。按照数据类型不同可具体分为：（1）地理空间数据：通常包含战争发生地点的基础地理环境与地形条件等数据，大范围、多比例尺地理空间数据可对战场环境进行全方位描述。（2）军事作战数据：通常包括作战计划、兵力部署、兵力损伤情况、战斗过程等与军事行动相关的信息。军事作战数据具有高度的可靠性与可信性，因此数据采集时要顾及全面性与完整性，确保可视化结果能全面模拟再现逼真的作战情况。（3）多媒体数据：通常包括战例相关的图片资料，电影、纪录片等音视频数据，新闻报道与历史资料、社交媒体论坛及其他网络资源，为可视化提供了丰富素材。

2.2 开源数据战例可视化应用

不同类型的开源数据在战例可视化中的应用方式与可视化效果存在差异，研究针对不同的开源数据类型对可视化应用方式与效果展开分析：

（1）地理空间数据可用来构建战场地理环境、地形地貌，展示地形、地貌、交通、水系等地理特征。通过发布地图服务等地图可视化方式进行地理空间数据可视化，帮助相关人员直观了解战场的地理特征。

（2）军事作战数据可用来构建战斗过程的相关信息。例如战例背景、作战单位的战斗过程、兵力部署信息、战斗结果等。通过图表可视化、时间轴可视化等方式进行军事作战数据可视化，实现作战过程的动态展示；通过对战双方军事力量分布以及作战意图、行进方向等信息的可视化，全面展示战场态势。

（3）多媒体数据可用来构建多样化视角解释战例，包含战场照片、环境描述、战斗视频等多类信息，通

作者简介：王慧谟（1976—），男，汉族，硕士，高级工程师，主要从事地图制图和地理信息系统应用技术研究。

过虚拟现实、图文分析等技术对多媒体数据进行可视化呈现，丰富战例数据内容，增强对战场的感知和理解。

综上所述，多种类型的开源数据为战例可视化提供了多样且丰富的信息和背景，帮助相关人员全方位直观生动地理解战例、剖析战例、应用战例。

3 基于开源数据的战例可视化

3.1 战例可视化内容

以全方位多角度开展战例可视化为原则，对战例全阶段开展剖析，并设计以下几种战例可视化内容：

（1）战场环境可视化[5]：包含自然战场环境、人文战场环境与战场地域结构可视化三方面内容。自然战场环境可视化是指战场环境中的地形、地貌与水系等自然地理要素的可视化；人文战场环境可视化是指交战过程中的交通、建筑、港口等人文地理要素的可视化；战场地域结构可视化是指对交战过程的重要通道、要点要地、障碍区等地域的可视化。

（2）战前地缘战略形式可视化：是指将战役爆发前不同政治军事力量在地缘政治、经济、军事等方面的对抗情况呈现出来，通常涉及国际层面与作战区域层面。

（3）兵力部署可视化：是指按照兵种、编制与兵力分布信息以可视化形式将对战双方呈现出来。

（4）作战过程可视化：是指将在交战过程中军事作战单位的部署位置、行进路线以及战术运用等信息以可视化方式呈现。

（5）战斗结果可视化：是指将交战双方的兵力损伤和投入、领土占领情况等信息以可视化方式呈现。

3.2 战例对象可视化表达

战例对象符号表达是实施战例及其时空对象可视化表达的具体体现。战例实体符号设计时各类战例对象的符号类型应与对象的空间形态特征相对应，其次符号之间相互协调且具有完整体系，才能整体表达多个对象的战争过程。

通常战例对象在二维对象空间表现为点、线、面三种空间形态，那么在进行战例对象的形状符号设计时应将其对应表现为点状符号、线状符号与面状符号。同时针对每个对象符号配备文字标注，标注对象的属性名称，便于直观展示该战例对象。然而当视角切换到低视距大比例尺时，如果作战人员、武器装备等类型的对象还是通过简单的点、线、面二维平面符号来表达，则无法在局部范围直观、清晰且立体地表达多个对象的时空特征变化，因此实验选用三维模型符号去表达战例对象，使对象立起来。尤其利用三维模型符号展示作战人员、武器装备等具有动态轨迹特征的时空对象时，可以丰富作战过程的可视化效果，实现多层次的局部作战态势可视化表达。

为进一步提升视觉效果，规范化表达战例，可对作战单位类型的实体对象开展军标符号设计[6]。规范统一的符号设计，有助于清晰地区分和识别作战单位类型，快速准确地定位作战单位，实现作战单位行动轨迹的一目了然。注意设计军标符号时，需要基于实际研究的战例背景和军事标号规范开展。因此在战例对象符号表达设计时，不仅要从对象本身空间形态出发，还要从可视化效果出发，考虑多维度、多层次的表达效果，以实现战例全过程的可视化呈现。

4 基于开源数据的可视化流程设计

4.1 战例数据采集加工

基于开源数据的战例数据采集加工流程主要包括数据采集、数据清洗、数据加工与数据质量检查、数据存储入库五个步骤，具体流程如图 1 所示。

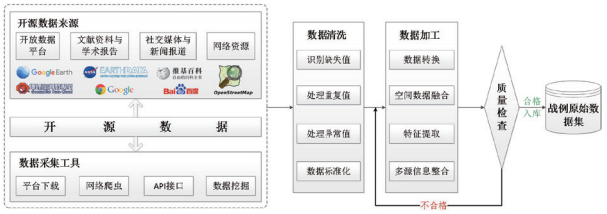


图1 开源数据采集加工流程

（1）开源数据采集。基于开放数据平台、网络资源等渠道使用网络爬虫等工具开展数据采集，主要采集战例可视化所需的地理空间数据、军事作战数据以及多媒体数据。

（2）数据清洗。对采集的开源数据首先进行数据预清洗，包括对数据格式、结构、单位、类型等信息的标准化以及缺失值、重复值与异常值的处理，以确保数据质量。

（3）数据加工。数据清洗过后即可开始数据加工环节，对地理空间数据、军事作战数据与多媒体数据进行有效的数据加工处理，挖掘数据潜在的信息和价值，为战例可视化建立良好的数据基础。

（4）质量检查。最后对数据加工成果进行完整性、一致性、准确性等全面质量检查，确保数据质量准确可靠，为后续战例可视化分析提供数据基础。

（5）存储入库。将质量检查合格的数据存储入库，

便于后续管理与更新维护。

4.2 战例实体对象化建模

4.2.1 战例时空对象数据模型

战例数据涉及整个战争发生各阶段的数据，这些数据涵盖不同的空间尺度与时间尺度，涉及多种类型的对象和实体，包括军事作战单位、武器装备、军事设施、战场环境等。这些对象在不同时空尺度下相互作用变化，伴随着战斗过程的发展，对象的行为状态以及各类战例对象间的关系与结构也发生动态变化。

传统的建模方法侧重描述时空对象在时间与空间的属性特征，而忽略对象随着时空尺度的变化结构、关系、行为等多维特征的动态变化。多粒度时空对象数据模型[7,8]的提出，解决了这一难题，该模型从时空参照、空间位置、空间形态、组成结构、关联关系、认知能力、行为能力和属性特征 8 个方面进行时空对象数据的建模，全面且多维动态地描述战例时空对象。因此采用多粒度时空对象数据模型描述框架对战例数据开展对象化建模，研究设计的多粒度战例时空对象数据模型框架如图 2 所示。

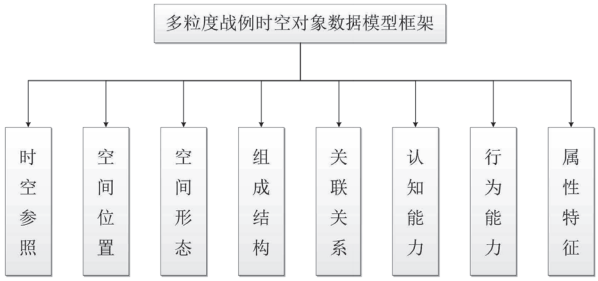


图2　多粒度战例时空对象数据模型框架

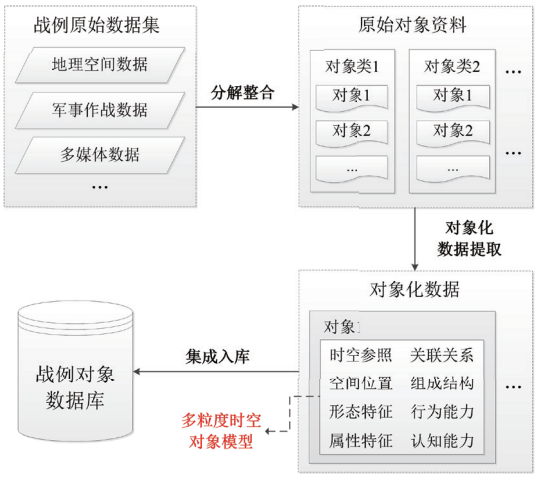


图3　战例数据实例化流程

4.2.2 战例时空对象实例化

采用多粒度战例时空对象数据模型对战例原始数据集进行战例时空对象的实例化，将其整合为多粒度战例时空对象数据。首先按照多粒度战例时空对象概念模型要求，将基于开源数据采集的战例原始数据集进行对象选取与数据整合，整理成原始的对象化资料；其次将原始对象化资料数据进行对象及其特征项的解析与数据重组，形成满足多粒度战例时空对象数据模型要求的战例时空对象数据集；最后将数据集存储入库，具体流程如图 3 所示。

4.3 基于战例实体的战例可视化

（1）战场环境可视化。以瓦片地图服务方式加载和渲染三维地形瓦片、遥感影像瓦片、植被等专题要素瓦片数据，并对三维地形瓦片进行三维拉伸，以实体对象方式加载水系数据，并添加文字标签。将水系数据与多类型专题要素数据叠加，实现自然战场环境可视化；以实体对象方式按实体类型加载建筑、交通等人文战场环境要素，加载重要通道、要点要地等类型战役地域结构要素，以实现人文战场环境与战场地域结构的可视化。

（2）战前地缘战略形式可视化。以实体对象加载、动态符号、文字标签、地图动画及时间轴播放方式展示战役爆发前不同军事力量的对抗情况；以冷暖色调面域符号展示国际关系，以红、绿、蓝色箭头标绘体现敌军攻击、友军支援与部队行进方向；同时辅以高亮、爆炸等粒子效果，结合地图战场环境要素背景将对战双方在作战区域和国际层面的地缘战略形势可视化展现。

（3）兵力部署可视化。以军标符号和文字标签的方式进行兵力部署可视化。以红蓝底色的军标符号来区分作战双方，同时添加文字标签对军标符号进行文字解释。加载不同类型的军事设施实体，并添加多级符号展示效果，直观显示作战双方在作战区域的布防情况，以实现战争双方的兵力部署可视化。

（4）作战过程可视化。以时间轴与场景漫游方式动态展示交战过程。以红、蓝颜色区分对战双方，作战单位实体以动态军标符号和动态文字标签展示，同时以红、蓝颜色的三维威力球显示作战单位实体随着战斗进行的兵力损伤、投入情况与战斗存亡状况的动态变化；三维模型符号展示战场防御工事等军事设施；作战类型实体随着时间轴演播过程不断移动，其位置、行为关系及属性信息等动态发生变化；同时辅助以粒子效果展示轰炸、天气等情况，添加爆炸音效等效果，实现多感官的作战过程可视化展现。

（5）战斗结果可视化。以图、文、表可视化方式

呈现作战双方兵力投入、损伤情况与领土被侵占情况等方面的战斗结果。

5 实例验证

诺曼底登陆战役，代号“霸王行动”，是盟军在第二次世界大战期间进行的一次规模最大的登陆战役。它的胜利使得盟军在西欧成功开辟第二战场，纳粹德国腹背受敌，第二次世界大战的战略态势发生了根本性转变[9]。在该战役中，盟军与轴心国的军事战略与决策部署具有重要的研究意义与军事教育意义。因此，以诺曼底登陆战役为实例运用上述可视化流程构建方法开展战例可视化研究分析。

5.1 可视化平台搭建

在普通计算机环境（Intel Core i7 处理器，3.41Hz 主频），在 Web 端基于 React 和 Cesium 框架使用 JavaScript 语言搭建战例可视化系统平台，以诺曼底登陆战役为例对战例可视化流程进行验证。

5.2 结果分析

图 4 为战场环境可视化结果展示，通过加载专题瓦片地图服务，呈现诺曼底登陆战役的地形、植被等自然环境要素。水系、建筑、交通、要点要地等数据以实体对象方式加载，并添加文字标签，清晰展现各实体位置，使得战场环境更加真实。

图4 战场环境可视化结果

图 5 为战前地缘战略形势可视化结果展示，采用动态符号、文字标签、动画地图和时间轴播放等方式，清晰展示诺曼底登陆前不同军事力量的对抗情况。冷暖色调面域符号和箭头标绘体现了国际关系和部队攻击、支援、行进方向，粒子效果的添加使得战场形势变化一目了然。

图 6 为兵力部署可视化结果展示，通过加载不同底色的军标符号与文字标签，直观展示诺曼底地区作战双方的兵力部署。此外，加载防守方在诺曼底地区的防御工事（如图 7 所示），通过多级符号展示防御工事信息，模型真实贴合实际，直观展示布防情况。

图5 战前地缘战略形势可视化结果

图6 兵力部署可视化结果

图7 防御工事可视化细节

图8 作战过程可视化结果

图 8 为作战过程可视化结果展示，通过时间轴与场景漫游方式动态展示交战过程，包括作战单位实体的动态展示、兵力损伤投入情况的动态变化等，以多感官方式展现了作战过程。

图 9 为战斗结果可视化结果展示，以文字与表格方式，呈现作战双方的兵力投入、损伤情况和领土控制情况，直观展现了战斗结果。

实验结果表明，提出的战例可视化流程方法在展现战场环境、地缘战略形势、兵力部署、作战过程和战斗结果方面具有显著效果。通过多种可视化手段的

（下转第 42 页）

基于无人机载激光测量系统的地质灾害动态监测研究

王实

[广东省矿产资源勘查院（广东省核地质勘查研究院），广东 广州 510030]

摘　要：针对传统地质灾害动态监测手段存在作业难度大、安全性差、费时费力、效率低下、监测成本高等不足，利用无人机载激光测量系统的新型监测方法开展地质灾害动态监测，通过实例介绍该方法的具体应用流程，同时对获取成果的精度及监测情况进行了总结。实践证明，无人机载激光测量系统无需接触、效率高、成果精度能满足相关规范要求，可为地质灾害动态监测提供有效的数据支持。

关键词：无人机载激光测量系统；地质灾害动态监测；点云数据；三维仿真模型

1　引言

我国国土辽阔、地形复杂多样，近年来，受工程建设、采矿、台风暴雨等因素影响，地面坍塌、滑坡、地面沉降、泥石流等地质灾害时常发生，造成严重的人员伤亡和经济损失[1]，因此对灾害隐患区域进行动态监测，及时发出预警就显得极为重要。传统的地面监测手段作业难度大、安全性差，而且费时费力效率低下，难以满足快速、精准的监测工作要求；基于遥感和全球卫星导航系统（GNSS）的监测方法虽已成熟，但受卫星时序及监测成本影响，应用范围有限。随着科学技术的不断发展，先进测绘仪器和设备不断迭代升级，特别是近几年出现的无人机载激光测量系统已在测绘领域崭露头角，利用该系统的非接触性、高精度、高效率等优势，且无需布设监测点位即可获取地面海量点云数据，进而构建地质灾害隐患区域的精细化三维模型，通过对比不同时期的模型结果，可以快速分析监测面整体的变化情况，为复杂的地质灾害监测难题提供了全新解决方案。

2　无人机载激光测量系统

2.1 无人机载激光测量系统原理

无人机载激光测量系统是一种高度集成多种电子设备的新型测量系统，可快速精准地获取被测对象离散随机分布的三维空间点云数据，对原始数据进行去噪、分类、模型重建后进一步生成高精度测绘产品[2]。无人机载激光测量系统内部构成复杂，主要由搭载平台、激光雷达扫描测距仪、全球导航卫星定位系统、惯性导航系统、成像系统和控制单元等设备组成。

用 G 表示激光雷达扫描测距仪的中心位置点，三维坐标数据用（X_G，Y_G，Z_G）表示，激光雷达扫描测距仪与地面点 P 之间的距离可以测量求取，惯性导航系统可计算无人机载激光测量系统作业时的空间姿态信息，运用空中三角测量原理得到地面点 P 的三维坐标信息[3]，地面点 P 的三维坐标计算公式如下：

$$\begin{cases} X_P = X_G + \Delta X \\ Y_P = Y_G + \Delta Y \\ Z_P = Z_G + \Delta Z \end{cases} \tag{1}$$

公式（1）中，ΔX、ΔY、ΔZ 为机载激光雷达扫描仪的中心点 G 与目标物体点 P 间三个方向的坐标增量。无人机载激光测量系统工作原理如图 1 所示。

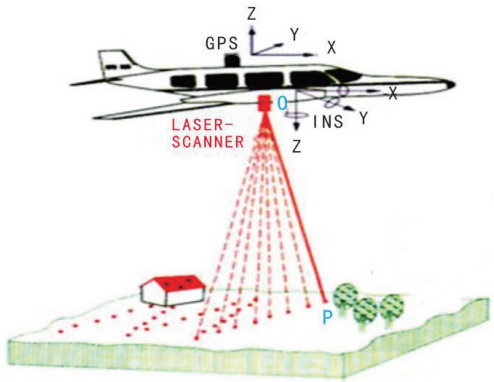


图1　无人机载激光测量系统工作原理

2.2 无人机载激光测量系统作业流程

无人机载激光测量系统作业流程主要有飞行准备、飞行实施、数据处理、数据应用与分析四大流程，具体如图 2 所示。

作者简介：王实（1985—），男，汉族，本科，经济师，二级建造师，主要从事大地测量、工程测量、界线与不动产测绘等工作。

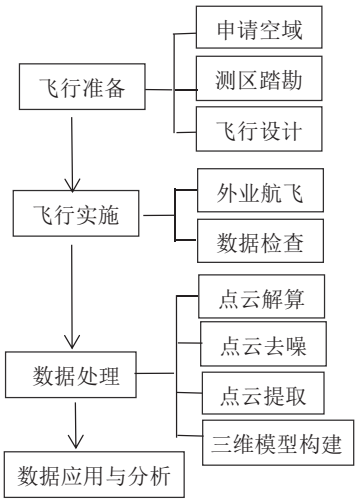


图2　技术路线

（1）飞行准备：飞行准备阶段需申请空域，对测区进行踏勘，利用已有地形图或影像图资料，结合工程要求进行飞行设计，计算出各项飞行参数，用于飞行实施。

（2）飞行实施：选择合适时机开展外业航飞，避开不利气象条件，飞行过程应严格按照飞行设计的各项参数执行，实时检查数据质量，及时安排补飞和重飞。

（3）数据处理：数据处理主要包括点云解算、点云去噪、点云提取、三维模型构建。

（4）数据应用与分析：结合工程实际需求，通过对三维模型进行量测和分析，得到各种满足实际需求的数据。

3　实例分析

3.1 项目背景

某地质灾害隐患点位于广东省惠东县平山街道红光社区象山地段和莲花社区糖锅山地段，处于惠东县城北侧丘陵地带，自然山体斜坡坡角25°～42°，人工边坡坡度角大于60°，地理坐标为东经114°42′23″～114°43′42″，北纬22°59′59″。该滑坡隐患点的山脚住宅密集，多为2～4层的砖混结构建筑，坡下几百人的生命和财产安全受到严重威胁。鉴于该处滑坡的特殊性，项目采用无人机载激光测量系统定期获取山体表面点云数据，进行科学全面的动态监测，为后续灾害评估与预警提供依据。

3.2 点云数据获取

（1）采用设备

点云数据获取利用北京数字绿土LiAir无人机载激光雷达系统，搭配数字绿土“大八轴”旋翼无人机，负载可达15kg，整套系统具有集成度高、体积小、重量轻等优势，可在30分钟内完成整个测区的高精度三维点云数据采集，再通过后处理软件生成高精度的测绘数据产品。

（2）参数设置

点云数据采集前首先进行航线规划，由于无人机在执行作业过程中对于航测边缘区域不可避免会出现频繁转弯现象，数据精度、密度等与测区中心点相比出现降低，因此前期规划航线时需要对测区外扩一定距离，保证预处理后研究区的点云数据质量。同时，为保证一定的点云密度，在保证飞行安全的前提下航高不宜设置过高，需尽量将航测范围规划为规则矩形区域，避免出现大量长短不一的短航线，以保证无人机在作业过程中的姿态稳定性。结合实验设备的硬件参数，本次航飞的航向与旁向重叠度分别设置为80%、75%，航高设置为100m。

（3）外业航飞

外业航飞选择空气质量良好、气象条件温和的时间窗口实施。结合天气因素及申请的空域情况，项目外业航飞分两次进行，时间相隔一个月，每次飞行一个架次即完成数据采集任务，航飞后对数据的完整性进行检查，以保证数据无遗漏，覆盖整个测区。

3.3 点云数据处理

点云数据处理采用数字绿土LiDAR360激光雷达点云数据处理分析软件（以下简称“LiDAR360软件”），处理过程主要包括点云解算、点云去噪、点云提取、三维模型构建。

（1）点云解算

基于LiDAR360软件对点云数据进行解算，利用GNSS偏心分量、IMU偏心分量和相机偏心分量，采用差分技术，融合IMU数据，联合解算获取影像的初始外方位元素和激光扫描仪的航迹文件，航迹文件包含激光扫描仪在各个GNSS采样时间的位置信息、姿态信息及速度。根据激光扫描仪的航迹文件和激光扫描数据的回波强度和回波次数等信息，计算激光点云在WGS-84坐标系下的三维坐标。

（2）点云去噪

由于边坡长满杂草，部分区域有低矮灌木，采集的点云数据有大量噪声点。在数据采集过程中，不可避免会将空气中的悬浮颗粒、测区周边的警示牌等采集到点云中，因此需要将这些影响数据准确性的噪声点去除[4]。边坡的植被点及警示牌等噪声点采用

LiDAR360 软件自带的植被噪声去除模块自动剔除；针对空气中的悬浮颗粒，通过过滤功能，根据不同物体的反射率，设置阈值为 0～50，将尘土悬浮物质剔除。对于 LiDAR360 软件不能完全剔除的接近边坡表面的灰尘及贴近地面生长的杂草点云数据，由人工根据高程是否连续来判断，将高程异常值或者颜色与周边不连续的点剔除。

（3）点云提取

提取的点云数据要真实反映滑坡的表面特征状态，根据扫描对象的整体点云平均间距重新进行空间采样，避免出现点云数据冗余现象，本次测量的点云间距为 5mm，LiDAR360 软件处理后的点云数据可以导出 *LAS、*ASC、*E57 等多种通用格式。结合项目实际情况，点云数据使用最常用的 *ASC 格式，然后利用三维建模软件加载点云数据，构建边坡仿真三维模型。

（4）三维模型构建

将处理后的点云数据构成 TIN 三角格网，由于该格网的点都为真实采集点，不会因内插产生数据损失，将 TIN 构成数字高程模型，数字高程模型上的点和线可对地形进行可视化表示，对建模过程中产生的数据损失进行补充，最终形成该处滑坡的仿真三维模型 [5]，效果如图 3 所示。

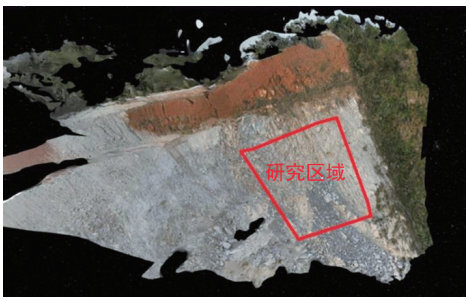


图3　滑坡仿真三维模型

3.4 精度分析

三维模型精度直接影响后续数据应用与分析的精度，因此需对滑坡三维模型的点云精度进行分析。均匀选取三维点云数据的 20 个特征点作为检查点，利用 GNSS-RTK 测量这 20 个特征点的坐标值，将实测坐标值与量取坐标值进行比对，统计结果如表 1 所示。

按照中误差计算公式：

$$M=\sqrt{\frac{[\Delta_i\Delta_i]}{n}} \qquad (2)$$

公式（2）中，M 为中误差，n 为检查点数量，Δi 为实测坐标值与量取坐标值的较差。经公式（2）计算得出，20 个检查点的平面位置中误差为 0.013m，高程中误差为0.011m，平面和高程精度均满足相关规范要求。

表1　检查点实测与采集数据对比

点号	ΔX	ΔY	ΔS	ΔH
1	0.013	-0.011	0.017	0.011
2	-0.011	0.005	0.012	0.009
3	0.009	0.009	0.013	0.004
4	0.008	-0.005	0.009	0.008
5	0.011	0.004	0.012	0.007
6	-0.009	0.009	0.013	0.012
7	0.012	-0.003	0.012	0.008
8	-0.008	0.004	0.009	0.004
9	0.005	0.018	0.018	0.005
…	…	…	…	…
20	-0.008	-0.009	0.012	0.013

3.5 数据应用与分析

以前一期数据为基准数据，后一期数据为对照数据，通过模型的法线匹配，实现 DEM 叠加，得出前后两期数据的差分比较，如图 4 所示。

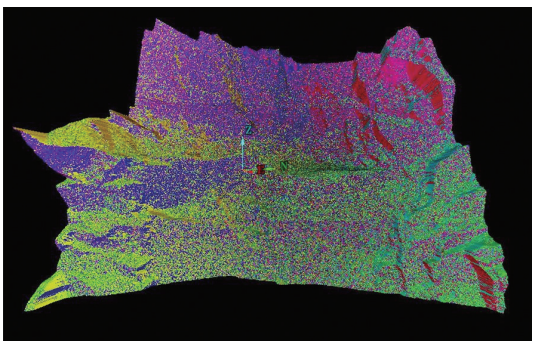


图4　前后两期数据对比

通过对三维模型的色彩条进行设置，红色区域表示变形量为正（轻微变形或存在新增泥土、石块堆积），蓝色区域表示变形量为负（存在沉降变形），颜色越深，表示变形值越大。分析图 4 可知，绿色为滑坡稳定区域，三维变形量较小，经放大模型进行量测，变形值都在 20mm 以内，可认定该区域趋向稳定；图 4 的右上、右下部红色区域为滑坡堆积变形区域，右侧部分存在滑坡沉降变形，通过量测大部分区域变形量为 20～50mm，可判定此区域目前较为稳定，暂无滑坡风险，部分区域形变值达到 50mm，经判断主要由碎石脱落造成。综合分析三维监测结果，可判断此区域目前较为平稳，暂无滑坡风险。

3.6 监测总结

（1）利用无人机载激光测量系统在不同时间段获取地质灾害监测面的点云数据，再利用专业软件对点云数据进行处理，构建三维仿真模型；通过三维模型对监测数据进行对比分析，证明无人机载激光测量系

统应用于地质灾害监测领域是可靠的，且相对于传统监测手段，该系统可实现无接触测绘，提高了外业作业效率，降低了监测成本，在地质灾害动态监测领域具有积极的推广价值。

（2）与传统监测相比，通过无人机载激光测量系统监测分析的结果具有可视化、多样化效果，可以更直观地反映整个滑坡体不同位置的形变量级，获取的变形数据更为精确，可以综合分析滑坡体的整体失稳状态和失稳风险，为地质灾害的发生及时发出预警。

（3）研究仅用两期数据进行分析，且间隔时间较短，其间无降水影响，后续可对此区域进行更长周期、更多期数的监测，特别是在降水后增加监测次数来查看是否有较大形变，通过叠加多期数据进行比对分析，及时获取灾害体不稳定区域的位置和大小，以便开展更深入的研究。

4 结束语

无人机载激光测量系统作为一种先进的集成测量技术，能够快速、精确地获取全要素的地形地貌点云数据，经专业处理可以构建地物仿真三维模型，进而通过三维模型来分析地质灾害体的变形值，实现监测成果从点到三维立体的跨越，以更加直观精确地反映灾害体的整体变形趋势，有效解决传统监测作业难度大、安全性差、费时费力、效率低下、监测成本高等问题，可为地质灾害动态监测及安全预警提供高效准确的数据支持。

参考文献

[1] 梁雪燕.倾斜摄影+机载LiDAR技术监测地质灾害[J].中国测绘,2023(9):50−52.

[2] 熊威,焦明东,李云昊,等.基于机载激光雷达的大比例尺地形图测绘应用实践[J].测绘与空间地理信息,2022,45(8):237−239,244.

[3] 张小青.机载LiDAR与倾斜摄影测量在地质灾害中的应用[J].北京测绘,2022,36(10):1327−1331.

[4] 邱延林.基于地面LiDAR对滑坡体应急监测研究[D].南昌:南昌工程学院,2020.

[5] 卞敏,徐亮,骆元鹏,等.空地一体精细化三维模型构建方法[J].测绘通报,2019(7):83−86.

（上接第 38 页）

综合运用，成功实现对诺曼底登陆战役的全面展示，为军事决策和作战指挥提供了直观、清晰的数据支持。

诺曼底登陆战役战斗结果

诺曼底登陆战役最终以盟军的胜利告终。在整个战场上，盟军已到达冈城-考蒙-圣洛-莱索一线，形成正面宽150千米，纵深15~35千米的登陆场，建立并巩固了战略性质的桥头堡。该战役的胜利，为盟军在西欧展开大规模进攻奠定了基础，对于加速纳粹德国的崩溃具有重大意义，使第二次世界大战的战略态势发生了根本性变化。

盟军战损情况		德军战损情况	
盟军投入兵力	288万人	德军投入兵力	138万人
盟军伤亡兵力	12.2万人	德军伤亡兵力	伤亡7.3万人，被俘4.1万人
其他	缴获和摧毁德军的各种火炮3000多门，摧毁战车1000多辆	其他	损失飞机3500架，坦克1.3万辆，各种车辆2万辆

图9 战斗结果可视化结果

6 结论

研究对基于开源数据分析的战例可视化相关技术进行了深入探讨，设计一套完整的战例可视化流程，并以诺曼底登陆战役为例开展了实例验证与分析，验证该流程在军事领域的可用性、有效性、实用性，为军事决策提供了重要支持和参考。研究的贡献在于系统介绍了战例可视化流程，为军事专家、决策者和研究人员提供了一种全面、直观的战例数据分析和展示方式。未来的研究可以进一步探讨战例可视化技术的发展趋势和应用领域，不断完善和优化战例数据分析的方法和工具，满足不断变化的军事需求和挑战。

参考文献

[1] 何明,陈小阳,杨雪生,等.信息化条件下战例的新拓展——仿真战例[J].军事运筹与系统工程,2011,25(2):17−21.

[2] 陈小阳,李梦汶,杨雪生,等.仿真战例的设计与创建研究[J].军事运筹与系统工程,2012,26(1):25−29.

[3] 赵頔,王跃利,战晓苏.基于战例数据的制胜要素选择方法[J].火力与指挥控制,2017,42(4):18−22.

[4] 李霄,陈天莹.开源数据的质量评估指标体系研究[J].信息安全与通信保密,2023(7):93−99.

[5] 夏青,万刚,武志强.战场可视化综述[J].系统仿真学报,2001(S2):273−275,289.

[6] 何利明.二维军标生成与态势标绘技术研究[D].武汉:华中科技大学,2017.

[7] 华一新,周成虎.面向全空间信息系统的多粒度时空对象数据模型描述框架[J].地球信息科学学报,2017,19(9):1142−1149.

[8] 华一新.全空间信息系统的核心问题和关键技术[J].测绘科学技术学报,2016,33(4):331−335.

[9] 孟圣波.诺曼底登陆战役给联合登陆作战指挥的启示[J].军事文摘,2022(17):60−63.

基于EPS和ArcGIS二次开发的部件普查技术研究

王成　王凯莹

（南宁市勘测设计院集团有限公司，广西 南宁 530000）

摘　要：基于提升城市部件普查作业效率和质量目的，通过综合运用EPS平台模板定制技术和ArcGIS批处理脚本技术，结合城市地理信息、倾斜摄影、点云、街景等多源数据，研究提出一种城市部件普查快速作业技术方案。该方案以多源数据提取转换、智能化规范化数据采集和成果数据批处理为核心，经过南宁市部件普查更新项目实践，能满足部件普查各项指标要求，提高城市部件普查效率，值得参考和借鉴。

关键词：EPS；ArcGIS；部件普查；二次开发；技术研究

1　引言

数字城市管理是信息技术在城市管理领域的重要应用，是推进城市信息化建设的重要组成部分。部件基础数据库构建是其主要应用之一，必须持续更新城市部件信息，及时获取精度高、可用性强的动态数据。EPS地理信息工作站（简称EPS平台），是面向GIS数据生产、处理、建库更新的专业软件，由北京山维科技股份有限公司开发，目前已在国内测绘行业得到广泛应用[1]，ArcGIS软件在海量GIS数据处理方面也发挥着重要作用。因此，基于EPS平台和ArcGIS平台，结合当前城市部件普查工作流程，研究提出一种快速作业技术方案，并以南宁市部件普查更新项目为例，验证该方案对部件普查效率的提升[2]，为其他城市的部件普查提供重要参考和借鉴。

2　普查范围概况

项目包含约27.035km^{2}的110类部件基础信息数据更新，普查范围广，时间紧，涉及南宁多个城区；项目作业期正值夏季，多高温、暴雨天气，影响野外作业进度。部分道路车辆通行密集，施测难度大，采集效率低；主干道路中央等作业区域存在安全隐患，部分点位难以采集；项目工期紧张，待采集的部件数量多，部分部件权属单位信息不明，内外业任务繁重。

3　关键技术研究

3.1　倾斜、正射影像及三维点云激光等多源数据应用

随着激光扫描技术的发展，点云数据成为继地图和影像之后的第三类空间数据，为三维现实世界的精确刻画提供了新的表达方式，在智慧城市、智能交通等领域起到重要作用[3]。激光扫描系统能在高速移动状态下，获取道路及两侧建筑物、树木、交通标牌等地物表面的精确三维信息，短时间内可完成大面积区域的地理信息采集，大大减少了外业工作量，提高了工作效率。此外，该系统不受雨雪等天气影响，在各种天气环境都能正常工作，确保数据采集的连续性和可靠性，具有数据采集速度快、自动化程度高、数据内容丰富等优势，对于提高测绘成果生产效率及自动化水平具有重要作用[4,5]。三维点云激光数据的应用效果如图1所示。

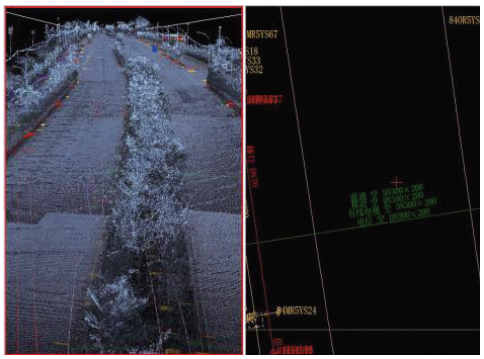


图1　三维点云激光数据应用效果

项目收集了测区最新的1∶500地理信息数据、综合地下管线数据、正射影像图、倾斜摄影三维模型、三维点云激光数据和街景数据等已有资料，使用EPS提供的点云数据二三维采集编辑工具开展内业预调查，实现基于点云数据的点云三维测图以及基于倾斜摄影生成实景三维模型的虚拟现实立体测图[6]。利用现有综合地下管线数据，处理外业普查时无任何标识且难以分辨的井盖，为部件采集处理提供参考；基于正射

项目资助：南宁市城市管理监督评价中心数字城管系统地理信息数据更新服务（项目编号：NNZC2020-30164A）。

作者简介：王成（1993—），男，汉族，硕士，高级工程师，主要从事测绘工程。

影像图、倾斜摄影三维模型和已有部件资料，判断部件位置是否正确、是否有遗漏等，然后形成外业工作底图，作业流程如图 2 所示。

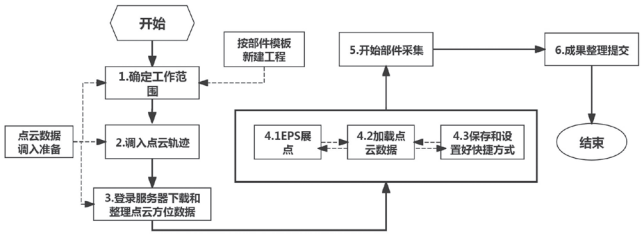


图2　作业流程

3.2 EPS 地理信息工作站辅助工具及网站开发

EPS 地理信息工作站是目前主流的信息化测绘生产技术软件，是以数据库为核心，构建地理要素信息化表达，结合图形和属性信息实现动态符号化的技术。该软件提供超过 20 个功能模块，解决地理空间数据的采集、处理、检查、建库、更新和管理等问题，简化生产流程，提高工作效率。

项目开展前无工作模板，各地图要素符号未定制，作业和质检程序未定，虽已有南宁市黑臭水体整治项目地下管网普查成果、南宁市城市地理信息普查成果，但已有成果的利用存在编码对照、属性对照等难题。因此，利用软件接口层提供的基于 C++ 的程序级二次开发研发辅助工具，制定作业和质检标准程序，通过网站进行交底等信息化技术手段克服上述困难。

3.2.1 内业一体化工具箱设计及实现

通过软件平台将外业测量的部件点坐标文件展绘成图，根据部件调查表录入各属性项数据，比如部件的标识码、名称、主管部门、权属单位、养护单位、所在单元网格、位置描述、状态、现势性、初始时间、变更时间、源比例尺分母和数据来源等基本属性，同时录入根据行业特点和专业需要增加的属性项。针对更新项目需求和特点，专门制作部件普查工具箱，极大地提高了数据处理效率。工具箱大部分功能由脚本实现，少部分功能由 C++ 模块实现，工具箱内容如下：

常用文件工具：内嵌作业指导网站、TXT 笔记本功能。

换码帮助工具：根据地理信息数据和城市部件做一对一和多对一的对照映射，在转换过程中，要求内业人员选定部件照片，按规则默认填充权属单位、单位编码、位置描述等人工难以处理的属性，转换完成后由内业人员决定是否修改。

补照片工具：用于照片预览和照片挂接到部件。

补位置描述工具：根据周边小区自动计算方位角和最近距离，填写位置描述字段，解决以往效率最低的属性问题。

数据提取工具：主要针对无权属井盖，根据设置的提取距离和字段映射，自动从管线普查数据源中提取范围内最近的井盖权属单位，此功能由南宁地图拓展模块提供。

数据合法性检查工具：对 EPS 数据监理进行定制、自动化检查，根据检查结果进行人工处理，包括数据来源现势性检查、表示内容及方式检查、平面精度和高程精度检查、接边检查、属性检查、逻辑一致性检查、完整性检查 [7]，具体如图 3 所示。

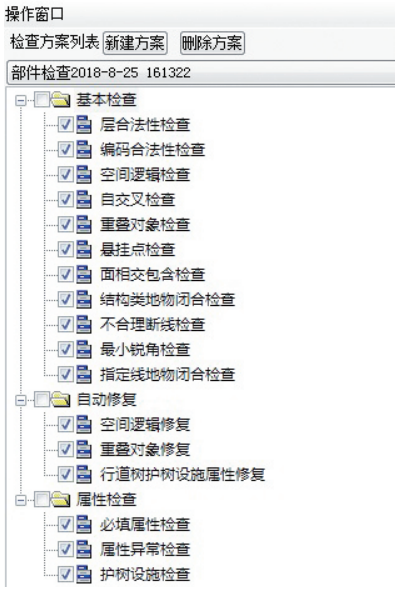


图3　数据合法性检查

图层控制工具：只看部件用于隔离所有非部件成果图层，若选择隔离则只显示当前选中地物所在图层，反之则让所有图层显示状态相反，ON 开启所有图层显示，OFF 则关闭所有图层显示。此功能由南宁地图拓展模块提供。

信息查询工具：查看部件照片信息，用于自检，互检和专检时参照外业采集图片。

导出 KML 工具：用于导出指定数据，生成全属性或无属性 kml 文件。借助导出 kml 脚本，导出图幅图框，然后导入手机地图软件，再借助手机定位导航地图辅助外业，打印全要素地图，解决部分作业人员无方向感、不识图的问题。

输出 shp 工具：用于把最终成果导入 ArcGIS，使用 ArcPy 脚本批量处理。

部件内业一体化工具箱包含常见图层操作、部件

录入辅助、数据提取、数据导出及质量检查等，都是基于实际作业需求定制开发满足部件数据生产需求的功能，提高了内业作业效率和作业质量。通过导出图幅图框 kml 数据到手机，结合奥维地图定位和方向指示功能，还可减少对照纸质图寻方向、找图幅的时间。

3.2.2 作业指导网站

开发作业指导网页并部署于内网，通过脚本内嵌集成到 EPS 部件普查工具箱，作业前要开展培训交底工作，统一作业流程和标准，网站如图 4 所示。作业指导网站对于同一部件作业疑难问题（例如常见树类型、井盖类型权属等）的判定标准发挥了重要作用，减少了沟通的时间成本，提高了总体作业质量。集成作业指导网站代码如下：

```
Sub OnClick()
set WshShell= CreateObject("Wscript.Shell")
templateDocName = "http://172.16.5.52:8888/"
WshShell.run  templateDocName
set WshShell=nothing
End Sub
```

图4　作业指导网站

3.3 ArcGIS 数据处理批处理脚本

部件普查涉及图层多，编码工作量大，需保证城区编码前缀正确，流水号不重复，若通过传统方式利用 Arcmap 操作，效率低易出错，因此需要一种批量处理数据技术。ArcPy 作为 ArcGIS 平台的 Python 库，为 GIS 专业人员提供了强大的编程工具。数据处理是 GIS 工作流程的关键环节，批处理脚本则为大规模数据处理提供了高效方式 [8]。对于项目的部件 OBJCODE 编码，需要唯一存在值，且不能与总数据库的编码重复，每个部件需与对应照片关联，使用 Python 脚本可于短时间内遍历总数据库的所有编码，检测最大编码，将新部件编码从最大编码开始赋值，保证编码为唯一存在值，提高了编码赋值效率。

对于工作网格、万米网格编码赋值工作，若使用 Arcmap 人工操作，需要先进行空间连接，再进行字段删除等操作，部件共有 110 类图层，每个图层都要重复操作费时费力。通过编写 Python 脚本，循环所有图层，逐个与工作网格、万米网格进行空间连接获取所需编码，然后进行字段赋值，删除连接的多余字段，1 天内即可完成全部部件 OBJCODE 无重复编码以及 BGCODE、WGCODE 的编码赋值工作。

Python 脚本除了具备系统性、可操作性、可重复性、可推广性等优点，还能有效提高数据成果处理效率，减少人工出错率。特别是针对连续性项目，每年均有不同区域的普查任务，通过脚本进行数据处理具有一次编码多次重复使用的好处。

4　总结

研究探索了提升部件普查工作效率的新方法，基于 EPS 平台开发定制专用工具箱、专用模板，经项目实践，该平台能很好地提升部件数据采集效率，结合 ArcGIS 批处理脚本对成果数据进行空间关联和编码，可缩短普查作业任务的工作周期，提高自动化水平，减少人工干预，同时又能保证数据的准确性和可靠性，达到提高作业效率及准确性的目的 [9]。

参考文献

[1] 林海,戴相喜.一种使用EPS平台脚本实现地理信息数据多进程批处理的方法[J].城市勘测,2022(1):66-68.

[2] 唐清芸,蓝贵文,范冬林,等.城市部件普查数据快速协同入库方法[J].桂林理工大学学报,2022,42(4):932-937.

[3] 李真,吕志慧,张浩.基于车载雷达技术的城市部件普查研究[J].地理空间信息,2021,19(9):34-37.

[4] 杨必胜,顾建祥,董震,等.面向全息测绘的多平台点云智能处理方法[P].CN201910266150.X: 2019-07-16.

[5] 侯兴泽,王永红,李俊,等.车载激光建模测量系统在城市部件普查中的应用[J].测绘与空间地理信息,2018,41(3):167-170.

[6] 张兆鹏,张德成,朱新杰,等.多技术交叉融合的地籍调查方法研究[J].测绘科学,2022,47(5):212-220.

[7] 项超超.基于ArcGIS Data Reviewer的天地图融合数据质量检查方法[J].测绘与空间地理信息,2022,45(6):147-150.

[8] 张永磊,朱君,来彦明.一种市政设施普查数据快速入库的方法[J].城市勘测,2020(3):153-155.

[9] 张济楷,薄正权.基于EPS平台工程测量面积自动化计算的研究及脚本开发[J].城市勘测,2020(5):174-177.

基于无人机倾斜摄影测量与背包式三维激光扫描的不动产确权登记研究

陈长浩[1]　姚传仪[2]　周祥杰[1]

(1. 自然资源部海南测绘产品质量监督检验站，海南 海口 570000；2. 自然资源部第七地形测量队，海南 海口 570000)

摘　要：依托某农村“房地一体”不动产权籍调查项目，提出一种结合测绘新技术与全周期监理检查机制的“房地一体”不动产权籍调查新模式。经过实验验证，多种测绘新技术及新工具的应用有效提升了工作效率，不仅满足高精度、高速要求，还能降低工作强度、丰富产品形式，可为相关项目的开展提供一定的经验与参考，有利于推动农村“房地一体”不动产登记的发展。

关键词：无人机倾斜摄影测量；背包式三维激光扫描仪；房地一体权籍调查；全周期监理检查机制

1　引言

随着经济社会的发展及城镇化进程的加快，农村“房地一体”不动产权籍调查正在紧锣密鼓地推进。调查时间紧、任务重，需要大量人力物力，以往多采用传统高精度测量技术开展，效率低，难以满足现有项目需求。快速、高效、高质量获取农村房屋与地籍的几何空间信息与属性信息，成为农村“房地一体”不动产权籍调查的关键步骤[1-3]。近年来，随着测绘软硬件设备的发展与更新，多种测绘新技术不断涌现，其中较具代表性的有倾斜摄影测量技术与激光扫描技术。新型空间数据采集技术有效弥补常规测量手段的不足，三维激光扫描技术可在短时间内采集大量高精度点云数据，具有效率高、精度高的优势，缺点在于无法采集高层建筑的顶部数据[4]，无人机倾斜摄影测量技术通过多视角相机对地观测，实现空间场景位置与纹理信息的采集，在建筑物顶部信息采集中具有得天独厚的优势，能有效弥补三维激光扫描技术的劣势[5]。

将测绘新技术应用于农村“房地一体”不动产权籍调查，其中无人机倾斜摄影测量技术的应用优势在于：（1）将大量外业房屋调查工作转至室内进行，在提升生产、检查与管理效率的前提下降低时间与经济成本；（2）可使用倾斜摄影三维模型进行质量检查；（3）能够获取多种数据类型，如数字高程模型、数字正射影像图、三维实景模型等。

利用移动背包三维激光扫描技术开展不动产权籍调查的优势主要有：（1）能高效完成农村密集且狭窄房屋的测量；（2）成果数据精度满足国家相关规范要求，数据链全面完整；（3）能构建更加精准、精细的三维实景模型；（4）仅需一人即可完成外业数据采集。

研究以实际项目为依托，设计了基于新型空间数据采集技术、移动端 App 权属调查及全周期监理检查机制的农村“房地一体”不动产权籍调查新模式，有效保障调查的准确度与精细度，为不动产确权登记提供基础数据支撑。

2　关键技术与方法

2.1 总体思路

根据农村“房地一体”业务需求，从技术手段与工作机制两方面考虑，探索一种权籍调查新模式，主要采用测绘新技术与质检入库方式采集与存储土地、建筑物的权属信息等；工作机制方面，采用全周期监理检查机制提升调查效率，保障权籍调查数据质量。

2.2 内外业一体化平台

不动产权籍调查包括 PC 端数据处理与移动端数据采集，均在统一质量体系标准框架下开展，确保权籍调查数据精度不损失，属性不丢失，内外业数据系统之间无缝流转，从而提升生产效率。

2.3 无人机倾斜摄影数据制作

近年来，无人机倾斜摄影测量技术发展日益成熟，打破传统正射影像技术边界，不再受限于单一的垂直视角。其核心优势在于，一个飞行平台能够集成多套传感器，同时捕获垂直及四个倾斜角度的五个不同视角的图像，从而生成全面而丰富的多角度数据[6,7]，极大地提升了获取建筑物顶部和侧面高清纹理图像的便

作者简介：陈长浩（1987—），男，汉族，本科，测绘工程师，主要从事地理信息数据处理等工作。

利性。倾斜摄影测量技术不仅能精确反映地物的实际状态，还能提供准确的位置信息和详尽的纹理细节，便于构建高精度三维模型。目前，无人机倾斜摄影测量技术已在国土安全监控、应急响应、房地产估价、城市管理等众多领域得到广泛应用，并取得积极效果[8]。

研究将 Smart 3D 自动建模系统用于三维模型制作，使用分层显示技术 LOD 进行空间关系与纹理信息显示，无需人工干预，技术路线如图 1 所示。

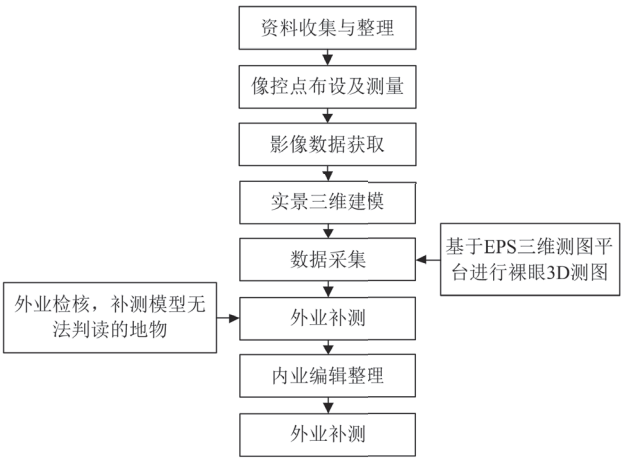


图1　三维模型构建技术路线

2.3.1 像控点测量

像控点精度和数量直接影响航测数据后处理精度，布设方案需根据飞行区域大小、地形复杂程度及相机像素大小等因素确定。像控点布设方法主要有非野外布设、全野外布设与特殊情况布设[9]。非野外布设是指根据地理信息系统数据，如测区已有高精度 GIS 数据（地形图、矢量数据、卫星影像等），选取合适地物点作为像控点。全野外布设是指实地布设像控点，点位应选择影像清晰、易于识别和量测的明显地物点，如明显地物拐角点、接近正交的线状地物交点或固定的点状地物。特殊情况布设是指在地形起伏较大、地貌复杂区域，相应增加像控点数量以提高数据精度。

2.3.2 无人机倾斜摄影测量

无人机倾斜摄影测量方案设计如下：设备为多旋翼无人机，相对航高 100m 左右，以硬化路面为分界线划分子测区，航摄时间为上午 9 点至下午 4 点，航向重叠度与旁向重叠度均大于 75%，检查航飞数据，确保照片成像清晰，无云影、烟雾、反光和污点等明显问题，符合高质量影像标准，能直接用于实景三维建模。

2.3.3 实景三维建模

将 Smart 3D 自动建模系统用于三维模型生产，主要包括 4 个步骤：一是使用匹配的特征点通过三角测量构建初步的三维结构，包含场景基本三维信息；二是根据稀疏点云和图像数据，利用图像处理算法得到稠密点云模型；三是将稠密点云转换为三维网格模型；四是将原始图像映射至三维模型，在视觉上更加贴近真实世界。其中 LOD 分层多达 20 层以上，能有效加载地物模型，准确反映建筑物细节信息[10]。

2.3.4 数据采集

将实景模型数据与正射影像数据加载至 EPS 平台三维测图模块，通过观察三维场景的模型数据，进行地形数据采集，包括选择地形模型，缩放、旋转、平移等操作，可在二维平台观测数据采集情况。

2.3.5 外业补测

受遮挡、天气等因素影响，若采集的影像数据不全，会导致生成的三维模型数据模糊不清，影响内业数据采集，因此需要采用高精度测绘技术开展外业补测。此外，部分要素属性无法直接获取，也需要外业补充调绘，最终整理调绘、补测成果编制形成地籍图。

2.4 背包式三维激光扫描数据制作

2.4.1 外业扫描

采用 Pegasus Backpack 背包式三维激光扫描系统进行外业扫描作业，该系统较其他背包三维激光扫描系统稳定性更高，配备 5 个相机与 2 个激光扫描仪且在作业过程中对环境要求较低，仅需一人即可完成从作业准备、数据采集、数据处理到成果输出的所有步骤。

2.4.2 内业处理

完成外业点云数据与纹理数据采集作业后，将外业采集数据拷贝至计算机，使用 Inertial Explorer 软件解算轨迹数据，利用 Infinity 软件构建坐标系，基于 Pegasus Manager 软件进行点云数据解算。

内业数据处理主要包括 6 部分：（1）整理控制点数据、流动站数据、基准站数据，为点云数据解算提供基础；（2）将基准站数据与移动站数据导入 Inertial Explorer 软件，对点云的轨迹数据进行解算；（3）根据参数转换轨迹数据坐标；（4）使用系统自带数据处理软件生成照片与具有通用格式的点云数据；（5）对点云进行位置纠正、滤波等预处理；（6）将点云数据导入清华三维 EPS 平台三维测图模块进行要素采集，然后编制形成地籍图。

2.5 不动产权籍调查模式

传统“房地一体”不动产权籍调查主要存在以下问题：不同作业员字迹不一，不便内业判读；填写错误率高，造成纸张浪费。无论是作业便捷性还是作业

效率，纸质调查均存在较大问题[11]，项目特引入移动端 App 来解决，具体步骤为：（1）通过三维实景模型与点云完成地籍、房屋等空间位置与属性信息录入；（2）使用移动终端 App 对接已有房屋图、地籍图等；（3）利用移动终端 App 核实空间信息，完善修改权属信息；（4）根据同步按钮将调查成果上传至服务器。

2.5.1 基于移动终端App的“房地一体”不动产权籍调查模式

研究采用移动端 App 作为权籍调查新平台，实现内外工作流程的无缝整合与数据实时传输，优化了数据交换流程，降低了运营成本。内业部门运用三维建模与正射影像，构建地籍与房屋三维模型，并初步收集关键属性信息；外业调查人员可通过移动端 App 访问电子资料，进行实地验证。此外，移动端 App 还充当信息更新的窗口，快速修正或完善土地、房屋的权属细节，包括权属状态、界址界定等，同时经权利人现场确认，确保调查成果全面精确，整体流程高效顺畅。

2.5.2 自动化数据质检与入库

研究制定《“房地一体”不动产权籍调查要素数据标准》，该标准根据调查数据种类，分为 10 大类与 30 小类，便于开展数据调查、入库与更新。利用 FME 数据处理软件建立数据质检与入库模型，对数据进行拼接与存储，可有效提升工作效率，缩短工作时限。

2.5.3 不动产权籍调查监理检查机制

为按时、按量完成农村“房地一体”不动产权籍调查工作，引入全周期权籍调查监理检查机制，统一监理工作要求，为项目的顺利开展与实施提供依据，监理检查流程如图 2 所示。

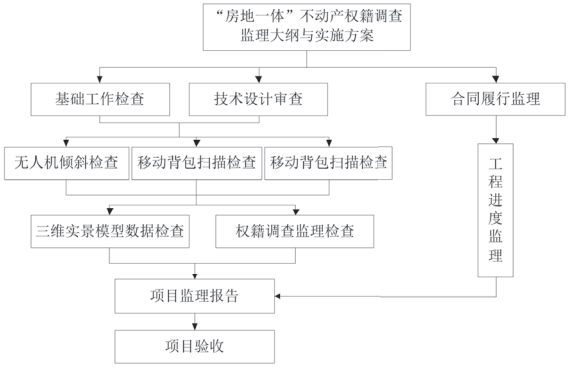


图2　监理检查流程

2.6 研究方法的技术优势

将无人机倾斜摄影与背包式三维激光扫描引入不动产确权登记，与传统不动产测量外业相比，作业效率更高，其中背包式三维激光扫描对于建筑物密集区的数据采集更有优势，可近距离开展不动产测量，后续无需外业数据补测；无人机倾斜摄影可采集更加精细的不动产顶部信息，采集数据更全面。另外，研究集成多种技术手段，涵盖移动端应用实现的权属验证服务，融合 FME 技术的质量把控与数据整合入库流程、全程监控与检验系统，共同打造“房地一体”不动产权籍调查新模式，不仅加速调查进程、优化作业质量，还提升了调查结果的准确性及可信性。

3　实验成果检验

3.1 实验区介绍

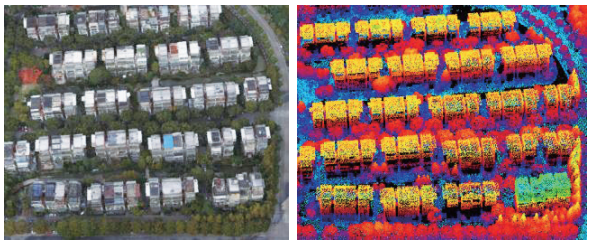
以某地农村“房地一体”不动产权籍调查项目为例，使用无人机倾斜摄影测量技术与移动背包三维激光扫描技术开展不动产实地测绘。根据相关资料以及实地踏勘得知，现场护坡道路较多，采集要素多，便于使用测绘新技术开展测量。实验区实际面积为 0.15km^2，具体如图 3 所示。

图3　实验区范围

3.2 实验设计

3.2.1 无人机倾斜摄影数据制作

实验共完成两个架次的航摄飞行，每个架次飞行耗时约 26min，采集影像数量为 5417 张。将采集数据导入 Smart 3D 自动建模系统，完成倾斜模型数据制作，如图 4（a）所示。



（a）倾斜模型　　（b）点云

图4　实验区成果数据

3.2.2 背包式三维激光扫描数据制作

实验区数据采集耗时 120min，将外业采集数据导入 Pegasus Manager 软件进行点云数据解算，完成背

包式三维激光点云制作，如图 4（b）所示。

3.2.3 绘制成图

将点云数据及倾斜模型数据导入测图软件，结合点云数据与倾斜模型数据优势，采集矢量数据，根据元素特有的几何构成（点、线、面），识别并提取三维特征点、线，并深入研究相关的空间属性信息。倾斜模型在矢量数据提取中可能存在模型清晰度不足、蜡融区域等问题，因此，要避免任何基于主观臆测的随意描绘，须依据现场实际条件进行精确补充测量。同时，要素采集工作要严格遵循无偏移、无遗漏准则，保证数据的精确性和全面性。基于倾斜模型数据与点云数据制作完成的地籍图成果如图 5 所示。

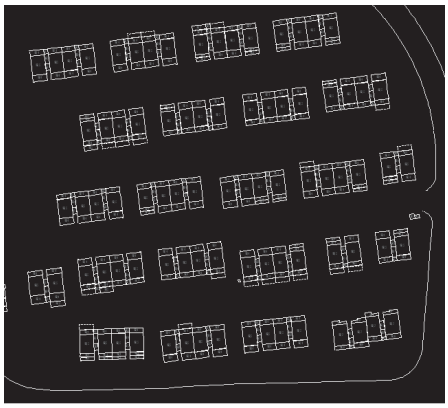


图5　地籍图绘制成果

3.2.4 不动产权属调查

将空间位置与属性信息录入移动终端 App，通过现场核实，完善修改权属信息，最终将权属调查成果上传至服务器。

3.3 精度检验

使用传统高精度测绘手段外业采集真实数据，与实验采集的界址点与界址点间距进行对比，共采集 50 个界址点坐标以及 60 条界址点间距[12]，得到精度检测结果如表 1 所示。

实验共对 50 个界址点进行精度检验，其中最小误差为 0.59cm，最大误差为 10.6cm，中误差为 3.5cm，无论是误差还是中误差均满足精度要求；然后对 60 条界址线进行精度检验，其中最小误差为 0cm，最大误差为 10cm，中误差为 3.1cm，无论是误差还是中误差均满足精度要求。

表1　三维测图成果精度统计（单位：cm）

检测项	检测点/边数	最小误差	最大误差	允许误差	中误差	允许中误差
界址点位	50	0.59	10.6	14.2	3.5	5
界址间距	60	0	10	10	3.1	5

4　结束语

以某农村“房地一体”不动产权籍调查项目为依托，设计一整套基于多种测绘技术及全周期数据普查监理检查机制的不动产权籍调查流程，得出以下结论：

（1）从界址点平面位置精度、边长精度对基于无人机倾斜摄影测量技术、背包式三维激光扫描技术获取的三维测图精度进行检验，结果表明两种方法均能满足农村“房地一体”不动产权籍调查的测量要求。

（2）通过融合三维实景模型与三维激光扫描点云数据能准确还原不动产三维本质，直观反映产权内容，有效解决了精细化程度低、作业效率低等现实问题，通过集成房产信息、地籍信息与模型成果，能更加真实地反映地物周边现状，更加有效地管理空间数据。

（3）创新引入全周期权籍调查监理检查机制，为项目顺利开展提供技术支撑，在保证成果质量的前提下缩短项目周期。

参考文献

[1] 丁智奇,赵文军,李俊锋.基于倾斜摄影和LiDAR融合的不动产测量应用研究[J].地理空间信息,2021,19(4):24-27,36.

[2] 赵文军,丁智奇,王泓森.倾斜实景模型和LiDAR点云数据相融合的不动产测量新方法[J].测绘通报,2021(2):87-92.

[3] 项翩.无人机倾斜摄影测量技术在农村不动产确权登记中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(1):205-207,210.

[4] 邓清军,许邦鑫,张从宝,等.地面三维激光扫描技术在农村不动产测绘中的应用研究[J].电力勘测设计,2020(S2):73-77.

[5] 廖文兵,王新坤,张胜利.“倾斜摄影+”技术在房地一体不动产确权登记中的应用[J].测绘技术装备,2021,23(4):68-71.

[6] 方青,周飞.倾斜摄影测量技术在农村不动产测绘项目中的应用及精度分析——以南京市江宁区为例[J].经纬天地,2021(6):22-24,29.

[7] 梁延庆,马俊海,侯智军,等.背包式三维激光扫描仪、惯导RTK在房地一体项目中的应用及精度验证[J].测绘与空间地理信息,2021,44(11):193-195,199.

[8] 岳顺,蔡东健,周旺辉,等.背包式三维激光扫描仪在村庄地籍调查工作底图测量中的应用[J].地理空间信息,2022,20(7):134-137.

[9] 刘兴国.倾斜摄影测量与地面架站激光扫描相结合的不动产测量新方法[J].经纬天地,2022(1):51-54.

[10] 胡文权,陆青弟.测绘新技术在不动产测量中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(1):107-110.

[11] 张元敏.空地融合技术不动产确权登记解决方案[J].测绘通报,2021(S2):291-295.

[12] 赵昕,李薇,邰贺,等.基于移动端不动产权籍调查系统设计与实现[J].城市勘测,2022(4):52-56.

中国天绘地图的创制

◎ 王树连

在中国测绘界，多用严格的专业术语界定概念，也有些约定俗成的称谓。比如，把采用航空摄影测量技术测绘的地形图，称为“航测图”，以便与平板仪测图相区别。当依托飞机的遥感装备搭载到人造卫星上，出现了航天摄影测量技术，人们习惯把采用此技术测绘的地形图称为“天绘地图”或航天测绘地图。中国最早的航天测绘工程是“480 工程”，其创新成果便是中国最早的天绘地图，也是中国测绘技术与航天技术相结合的产物。本文简要介绍“480 工程”的始末，概述中国天绘地图的创制过程，挖掘这些成果背后跌宕起伏的故事，以记录中国测绘创业者们的奋斗轨迹，向中国航天测绘的先行者致敬。

▲ 中国第一颗摄影测量卫星矗立在发射架上

隆重汇报会

1991 年 7 月 9 日，盛夏的北京城，人民大会堂里气氛隆重而热烈。中国“480 工程”测绘的第一批地图及成果汇报会在这里举行。

人民大会堂展厅里，展出了中国“480 工程”第一颗、第二颗摄影测量卫星拍摄的国内外重要地区的卫星像片、摄影覆盖略图，以及利用中国第一批卫星像片绘制的台湾海峡地区与国外重要地域 1∶5 万地形图、修测的 1∶25 万地形图、重要目标判绘等测绘成果。这是公开展示的中国最早的天绘地图产品。

时任中华人民共和国主席杨尚昆莅临会议，在展示的航天测绘成果前驻足、观看、询问，大加称赞，并与参会的航天测绘科研人员代表合影留念。

接着，航天测绘“480 工程”的代表向杨尚昆主席及相关首长汇报了中国卫星摄影测量事业的发展历程、摄影测量卫星的多种测绘成果及其对提高中国国防与经济建设测绘保障水平的重大意义。杨主席高兴地听取汇报，不时插话问询航天测绘的细节。他充分肯定了中国航天测绘的开创性成就，鼓励大家继续努力，圆满完成既定的卫星摄影测量工程任务。

在庄严的人民大会堂，面对首长们的鼓励和同行们的赞誉，作为航天测绘工程应用系统的技术总师，王任享研究员（后来当选中国工程院院士），深受鼓舞，不禁回忆起近 20 年来中国航天测绘的发展历程。

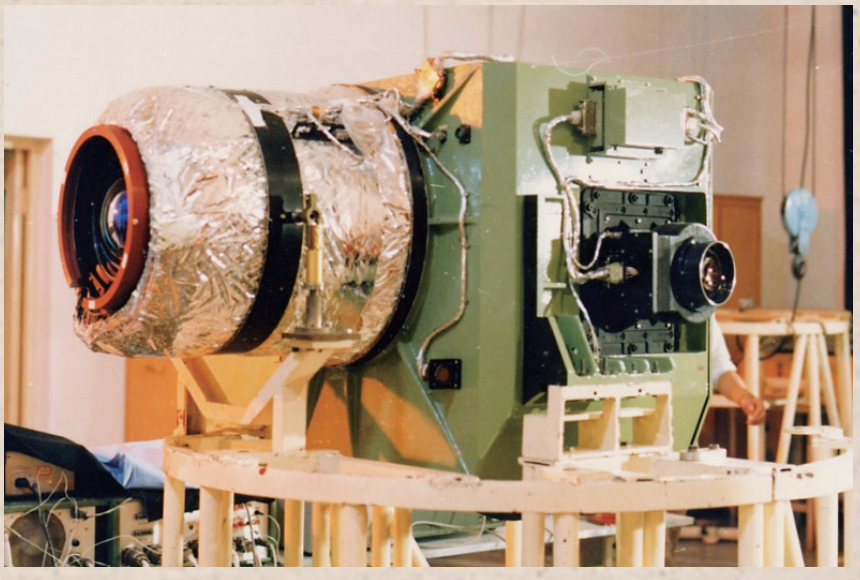
举步维艰

1974 年夏，航空摄影测量专家王任享奉命调进保密严格的 401 研究室。直到此时，他才真正了解到这个特殊单位所肩负的责任与使命。

中国的地球卫星上天之后，中国测绘工作者敏感地意识到，航天测绘将成为实行国家安全战略与科学技术发展的重要保障。1970 年 8 月，上级机关决定在北京组成卫星摄影定位研究小组，了解国内外航天技术发展状况，探索符合中国实际的卫星摄影测量原理和技术途径。1971 年，以卫星摄影定位小组为基础，中国在西安测绘研究所组建专门的卫星摄影测量研究室 —— 401 研究室，抽调的大地测量专家与航空摄影测量专家根据各自的专业理论，分别提出了航天测绘方案。两套技术方案因为航天相机太重，超出当时航天技术的实际水平，先后召开的两次论证会都对拟定技术方案亮出红牌。为了攻坚克难，研究所领导决定调集精兵强将，引进新鲜血液，充实 401 研究室。在这种情况下，王任享调入 401 研究室。

通过一段时间对卫星摄影测量基本原理的学习，王任享发现：利用轨道摄站坐标和卫星姿态解决目

标定位问题，与他曾经研究过的利用雷达数据进行空中三角测量平差有许多雷同之处。于是提出将两个地相机改为一个地相机的新方案，同时降低对航天相机的技术指标要求。课题组对新方案进行验证：利用飞机高空摄影，摄取了1∶65万比例尺像片，像片上显示出丰富的地物信息，由此推证，太空环境下，卫星摄影质量应该更好。王任享提出的新方案优化了相机设计方案，减少了卫星载荷，为卫星成功发射、巡航摄影、返回舱着陆创造了有利条件，因而1974年11月，课题组确定采用此方案。



▲第一颗摄影测量卫星搭载的航天相机

但是，天有不测风云。航天相机预定搭乘的第一颗试验卫星平台发射失败，航天测绘课题被迫下马。1975年8月，上级决定暂时解散401研究室，只留下个别研究人员“留守”课题。

虽然航天测绘课题下马了，但是经过近5年的不懈探索，锻炼了航天测绘技术队伍，逐渐形成中国卫星摄影定位总体技术方案，为后续航天测绘工程立项提供了人才与技术准备。

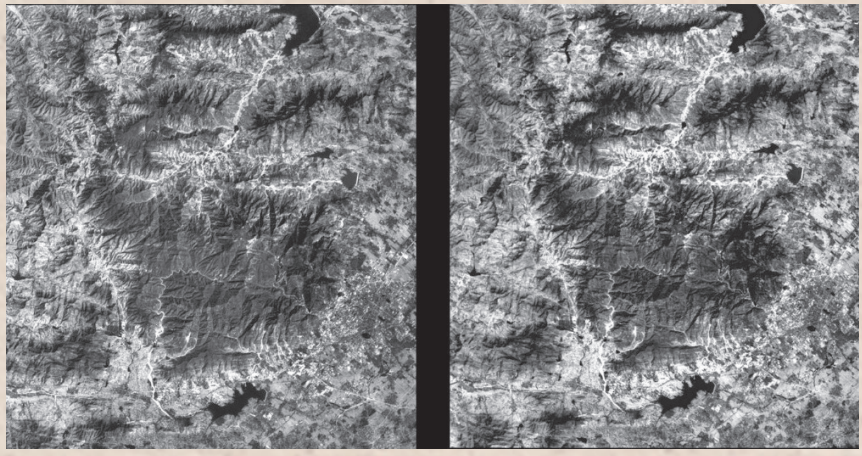
航天测绘课题的转机出现于1978年的全国科学大会。1977年，航天测绘相机依托的卫星平台发射成功，原航天测绘课题组专家受邀参加摄影图像处理，并取得满意成果，这为航天测绘课题重新上马提供了条件。全国科学大会之后，根据上级指示，西安测绘研究所在航空摄影测量研究室成立研究小组，重开卫星摄影定位研究。从此，王任享与课题组同仁继续完善航天测绘技术方案。他们根据国外卫星摄影测量发展状况和国内航天技术发展水平，提出研制200毫米×370毫米大幅面测量相机的新思路，并对卫星像片的平差精度进行了科学估算。1979年5月和1980年3月，航天专家与测绘专家共同对摄影测量卫星新的技术方案进行论证，确认方案的科学性与可行性。1980年4月，卫星摄影测量项目得到上级批准，并列入国家重点型号研制项目，代号为“480工程”。

航空摄影测量专家张绪茂是航天测绘课题的主要留守人员，他回忆说：“1974年4月的论证会上，第一次正式提出的摄影定位卫星方案，因与当时我国的航天工业技术基础不相适应，无法实现；侦察卫星能否代替测绘卫星的争论也没有结论；国家的经济情况又不能同时支持两个类似卫星型号等，所以1975年8月迫不得已下马，只能等待时机东山再起。按照上级指示，401室解散了，但预研攻关工作并没有中断。在此后的近5年时间，结合实际，总结经验教训，借鉴美国阿波罗探月摄影测量的思路，重新选优拟定了大幅面测量相机及整个摄影系统；放弃了单航线空中三角测量处理方法，改用理论更为严密的光束法区域网平差处理方法；提出了卫星像片的数学模拟原理，设计了卫星摄影像片的自动生成软件，考验和完善了数据处理工艺流程的技术难题，为后来‘480工程’综合论证和立项、地面应用系统成功完成数据处理等，打下了坚实的技术基础。”

十年一剑

航天测绘与航空测绘虽有类似之处，但是航天测绘是更加复杂的科学技术系统工程，有诸多关键技术亟待突破。比如，需要稳定巡航的卫星平台、高性能的摄影相机（地相机、星相机）、分辨率满足测图需要的卫星像片以及成套的应用处理技术等。这就需要大量的论证预研工作。

1983年6月，“480工程”第一次协调会召开。从此，各个分系统进入实施阶段。留学荷兰航天航空摄影测量学院归来的王任享成为航天测绘课题应用系统总体组组长，肩负统筹“480工程”应用系统实施的任务。总体组对工程进行了设计与谋划，明确了各分系统的职能、任务、时间结点等。王任享作为技



▲我国第一颗返回式卫星获取的立体摄影测量影像（泰山地区）

术总负责人，认真审验利用国外卫星像片进行摄影质量、地物判读、地形图测绘的评估报告，对各关键技术严格把关。与此同时，航天部门研制的卫星平台也有了改进。

经过多年的方案制定、方案评审、关键技术攻关、试验设备集成、利用国外卫星像片完成定位和测图试验等过程，验证了方案、方法和功能的正确性。1986 年 6 月，国家行政部门下发摄影定位卫星研制任务书，确定“480 工程”共发射 5 颗卫星，首先发射 2 颗摄影测量定位试验卫星，而后发射 3 颗装备卫星。至 1986 年底，“480 工程”完成卫星发射前的全部准备工作。箭在弦上，择机待发。

1987 年 9 月 9 日，酒泉卫星发射场，中国第一颗摄影测量卫星矗立在发射架上。王任享、张绪茂等卫星应用系统总体组成员望着待机发射的卫星，心中有一种婴儿诞生前的期盼与紧张。来到发射场的还有卫星、运载火箭、发射、测控等卫星摄影定位工程各分系统的主要负责人及相关领导。

随着指挥员倒计时口令，火箭喷着熊熊火焰腾空而起，飞向太空。卫星被成功送入太空轨道，王任享与在场人员无不欢欣鼓舞。卫星在星海里穿行，在预定轨道巡航，航天相机对准地球预定区域一次次摄取可见光图像。7 天后，载着大量地面图像的回收舱返回地球，最终飘落在四川省中部。

面对来自太空的中国人摄取的第一批卫星图像，测量技术人员如获至宝，小心细致地按照作业程序和试验经验进行了冲洗，获得分辨率优于 300 米的卫星像片。像片清晰，重叠合适，能构建立体像对，进行立体测图。地面应用系统的研究团队充分利用获得的地像片（地相机摄取的地球表面图像）资料，开展了有地图控制点的空间三角测量、测图、判读以及轨道精度检测等工作，进一步检验了地面应用系统研制和地相机系统研制成果的正确性，尤其是 200 毫米 ×370 毫米大画幅相机的成功，使得奋斗多年的科研团队受到很大鼓舞。

追求圆满

科学创新路从来都不是一帆风顺的。首颗测绘卫星的地相机摄取的图像十分成功，但是星相机只拍到勉强算作一等星、二等星的图像，不符合既定的技术指标要求，这就不能实现无地面控制点的目标定位与测图。这让“480 工程”研究人员特别是星相机研制的主要负责人感到沉重的压力。

所有研究人员都在思索，星像片不达标问题出在哪里？有人怀疑，测绘人员采用的空间测定姿态原理有问题。有人认为，像片冲洗技术不过关。还有人讲，只要有 3 颗以上恒星影像就算成功……为此，地面应用系统的研究人员进行了充分的理论分析和模拟计算，系统说明航天测绘原理方案的正确性和星相机图像要达到五等星的必要性。卫星及相机研制部门也在积极查找原因，最终发现星相机的关键技术——消除杂光环节没有处理好，为此，经过近一年多次改进，星相机性能明显提高。

1988 年 8 月 5 日，第二颗摄影测量卫星成功发射。经过 8 天的巡航摄影，回收舱返回地面。摄影处理团队凭借娴熟的技术，对卫星回收资料、摄星相片和摄地相片进行了精心处理，所有卫星像片无一损坏。特别是获取了优良的星像片，像片上六等星清晰可见，优于预先估计，因此利用星像片数据顺利计算出卫星姿态角。

课题组第一次进行无地面控制点目标定位，没有经验，在国内几个地区利用地面点检测目标定位误差多半在 700 多米，超过 500 米立项指标。总体组经过反复分析判定，星地相机夹角转换参数出厂标定值可能存在问题。于是利用国内地面控制点按摄影测量方法对星地相机的转换参数进行在轨标定，而后对国外地区检测目标定位，无控定位中误差减小为 300 米（轨推 1/2 圈之内），优于立项指标，达到当时国际同类卫星水平。这是中国人

首次成功实现国外地区目标无控定位，标志着“480 工程”第二颗试验卫星取得圆满成功，同时也彰显了轨道计算人员的专业能力与重要贡献。测绘技术人员克服卫星像片比例尺过小带来的立体测图困难，成功绘制多个目标区 20 米等高距 1∶5 万比例尺地形图，并完成重要目标和地形要素的判读工作。

1988 年 11 月 29 日，“480 工程”成果评审会在北京召开，对中国第一批天绘地图进行评议与技术鉴定。鉴定委员会认为：该项研究是“测绘技术与航天技术相结合，解决国外无图区目标定位和测图的首次成功实践和重大突破，具有重大的军事、社会和经济效益”“该项目的研制成功，标志着我国航天摄影测量事业进入实用阶段……对国外无控制地区的测绘提供了新的手段，填补了国内空白；所制定的处理方案和工艺流程是先进的，所得成果达到国外同期同类资料处理的国际先进水平，使我国的航天摄影测量跻身于国际先进行列”。

与国际上同类系统相比，卫星影像分辨率、高程相对精度优于苏联的 KATэ-200 系统和欧空局的 MC 系统，接近居世界领先地位的美国大画幅相机 LFC 系统。中国著名航空摄影测量专家、评审委员会主任钱曾波教授提出，“480 工程”研究内容丰富，大大超出摄影定位的内容，建议改为卫星摄影定位与测图。1989 年，“480 工程”测量成果被列为目标整编的主要手段，开始向用户提供规范性的目标成果，包括重要目标的地心坐标及目标区地形图。同时开始用于测制中国周边地区的地形图，修测或测绘国外重点地区地形图，以及数字高程图和数字影像图。

1989 年 11 月，中国科学院院士、中国摄影测量著名学者王之卓教授和李德仁教授到西安测绘研究所讲学、参观了“480 工程”摄影测量成果，并给予高度评价。王之卓教授高兴地说：“从航空摄影测量到航天摄影测量是中国测量界的大事件，是测绘人的骄傲。”李德仁教授提出：1990 年，国际摄影测量学会（ISPRS）第三委员会将在武汉召开学术会议，希望测绘研究所能在会议上作中国卫星摄影测量报告。

第二颗摄影卫星成功发射及其取得的可喜成果，标志着科研人员经过十余年的不懈努力，以强烈的使命感圆满完成国家下达的重大型号科研任务，为中国经济、科技、国防及社会发展提供了新的测绘保障手段。后来，“480 工程”获得省部级科技进步奖一等奖和国家科技进步奖一等奖。

再接再厉

面对奖励与赞誉，攻关团队没有沾沾自喜，因为任务尚未结束，还有三颗装备星发射任务。基于已经获取的经验，1990 年 10 月 5 日，第三颗卫星即第一颗装备卫星发射成功。1992 年 10 月 6 日，又成功发射了第四颗卫星，即第二颗装备卫星。两颗装备卫星摄取星像片、地像片数万张，每颗卫星摄影的有效覆盖面积约为 900 万平方千米，每张卫星像片覆盖面积 3 万多平方千米。对回收的摄影资料处理成果表明：在无控制条件下的目标定位精度优于 300 米（轨道外推 1/2 圈之内），高程相对精度 ±6 米至 ±8 米，可测绘等高距为 20 米的 1∶10 万比例尺地形图。“480 工程”原定目标是：目标定位精度 ±500 米，获取的卫星图像能够测绘 1∶20 万区域地形图。显然，最终成果优于原定指标。此外，测绘科研人员还研究提出一套利用卫星像片直接测制 1∶2.5 万和 1∶5 万战略目标图的方法，包括测制目标图的图幅设计、目标判读、地形测绘与制图表示、目标定位等技术工艺。

事物发展常常一波三折。1993 年 10 月 8 日，摄影覆盖地区更多、技术难度更高的第五颗测绘卫星成功发射。10 月 16 日，大家翘首以盼，期盼第五颗星如约归来，期盼着“480 工程”画上圆满句号。但是，这颗卫星的姿态控制系统在飞行过程中出现不稳定，虽采取多种措施，仍然时好时坏，导致最后注入的回收姿态控制数据不准确，卫星没有按照返回轨道下降，而是带着航天人及测绘人的遗憾飞向太空。

王任享和张绪茂作为“480 工程”地面应用系统研制的领军人物，多年后回忆研制过程，依然唏嘘不已。张绪茂说：“回顾‘480 工程’的研制历程，任务得来不易，研制过程也并非一帆风顺，存在高度风险。没有迫切的现实需求，就不会催生立项研制；没有综合国力的逐步增强，就不可能支撑航天测绘事业向前发展；没有科技的不断进步，就不能攻克前进中的一道道技术难关；没有‘480 工程’探路，就不会换来测绘卫星后续型号的不断繁荣。”

毫无疑问，在中国航天测绘的发展道路上，“480 工程”及系列天绘地图产品是中国航天测绘发展史上的开创性里程碑，为中国第二代返回式摄影定位卫星和数据传输型测绘卫星的研制及产品开发奠定了技术基础，培养了大批骨干人才。

（作者单位：西安测绘研究所）

绿野仙踪九峰山

◎ 孙利芳

和煦的春风，吹在脸上，舒适如酥；温婉的阳光，洒在身上，明媚清亮；淡淡的花香，沁入肺腑，神清气爽，春日的九峰山，绿海翻涌，仿佛让人畅游在绿色的海洋。

九峰山森林公园位于河南省汝州市，因自西向东有九座奇峰而得名，2007 年被批准为省级森林公园，2019 年被批准为国家 AAAA 级旅游景区。景区内翠峥绿谷、怪石危崖、奇峡碧水、天然溶洞、原始栎林等自然景观旖旎秀丽，且历史文化内涵丰富，有迄今发现最早的楚长城、四寨山等春秋战国文化，森林覆盖率 87.5%，因此，有“天然避暑天堂”“地质彩岩奇观”“浓缩山水画廊”“春秋战国文苑”之美誉。

绿海波澜

一踏进九峰山的怀抱，漫山遍野的绿便热情吻上我的发梢，浸润我的衣裙，连空气也似乎被染上一抹清新的绿意。

晨露点缀的草儿绿茸茸的，晶莹中透着翡翠般的光泽；阳光穿透的树叶绿莹莹的，裹挟着一股清爽的自然之风摇曳如玉；巍峨雄伟的山川绿茵茵的，青山绿水在这里和谐交融；蜿蜒曲折的小溪绿油油的，宛如身着绿裙的小姑娘，哼着欢快的曲调一路奔跑。

山青青，水碧碧，情悠悠，意绵绵。

黄绿、浅绿、碧绿、青绿、翠绿，整座山川铺锦叠翠，欲滴还休。一阵风吹过，绿色如波涛翻涌，如海浪沉浮，漫卷而来。

因那晶莹的绿，路边红梗罗布麻的紫花更显神秘；因那剔透的绿，崖上猫抓草的黄花愈发明艳；因那苍翠的绿，树丛中的紫桐花更添绚丽；因那玲珑的绿，奇异的油桐泛起娇羞的浅红。

绿，唤醒一个个鲜活的生命。绿，赋予九峰山以灵气，赋予河流以生机，更赋予人间四月天盎然的春意与激情。

绿染群山山俊雅，绿染河水水更幽，绿染百花花更艳，绿染空气愈清新。那片绿哦！绿得晶莹，绿得温润，绿得通透，绿得纯净。我屏住呼吸，唯恐有一丝声响将这醉人的绿意惊扰。

闪耀着生命之光的绿，让整座九峰山宁静清幽，灵动俊秀。黄色、紫色、白色的野花摇曳在翡翠般的绿叶间，星星点点，碧波荡漾，犹如绿色海洋中翻涌的朵朵浪花。空气散发出浓浓的负氧离子，让人仿佛置身天然氧吧。行走在绿野仙踪的九峰山，绿色植被遮天蔽日，给我们撑起一把天然的遮阳伞。这里树木品种繁多，仅保护和观赏植物就有 100 多种，药用植物有 300 多种，难怪食疗鼻祖孟诜曾在九峰山采药隐居，编著《食疗本草》。

九峰山的魅力不仅在于满目苍翠，还有那犹如天籁的鸟语虫鸣。春蝉、纺织娘和许许多多不知名的昆虫，扯开歌喉，你一声我一腔，演奏着自然的交响曲，愈发衬托出山水的宁静。小百灵们婉转的歌声衬着诱人的绿，响彻耳畔，环绕在青山碧水间，格外好听。

九峰山所在的寄料镇煤炭资源丰富，小煤窑众多，后因青山绿水可持续发展的理念引领，实现产业转型，由地下黑色经济发展为地上绿色旅游经济。如今，九峰山这颗藏在深闺人未识的璀璨明珠，终于崭露头角、熠熠生辉。

史韵悠长

九峰山有着独特的地质地貌，二十亿年前的泥沙因地壳运动沉入地下，后又经嵩阳运动重新出露，形成以沉积岩为主的山崖。大自然的鬼斧神工不仅造就了千奇百怪的九峰山，更创造了令人叹为观止的神奇“文字”。

天书小道上的母子石、鸟迹文、百家姓，沉积岩石上的天然文字，以及国宝《汝帖》记载的《皇颉文二十八》《禹王碑》，无不让人感叹华夏文明的源远流长与底蕴厚重。

在一块奇特的大石头旁，郭鸿志老师兴致勃勃地为我们讲解，这石头上的“母子”二字，是几亿年沧海桑田留下的奇妙文字石。那一道道沉积痕迹，是由自然之笔，书写出的天造地设的“文字”，神奇极了。路边岩石上镌刻的鸟迹文、百家姓等古文字，不断映入眼帘，诉说着人类文明进步的历史。

在一处巨大的岩石前，赫然矗立着一座碑文：“戊己甲乙，居首共友，所止列世，式气光明，左互乂家，受赤水尊，戈矛斧芾。”我们不解其意，郭老师解惑：“黄帝在中土立国，收服东部九夷炎帝，建立了炎黄联盟。黄帝为首，炎帝辅佐，他们言行典范，治国理念光耀天下。百姓拥戴二帝，和睦共处。在盛大的联盟成立庆典上，炎帝向黄帝献上象征王权的赤水尊，当黄帝接尊之时，全场欢腾，人们举旗挥戈，欢呼拥戴。” 这段文字出自汝州三宝之一《汝帖》的首篇——《皇颉文二十八》。

仓颉是黄帝时期造字的左史官，受鸟兽足迹启发，创造出中华文字的雏形——鸟迹文，结束了“结绳记事”的时代。仓颉造字之举，感天动地，致使“天雨粟、鬼夜哭”。黄帝赐名“人中一君”“君上一人”，即“仓”的古体，老百姓敬他为皇颉。据史料记载，仓颉所造之字共三卷，可惜隋朝时遭火灾焚毁，唯留下二十八个字。

另一处绝壁上，刻着《汝帖》第二篇关于大禹南巡的故事，即“夏禹”：“出令聂子，星纪齐春，其尚节化。”郭老师向我们娓娓道来：“大禹南巡前训诫儿子说，称帝并非易事，要想帝位稳固，江山长久，必须改掉骄奢淫逸的毛病，崇尚节俭，以此感化天下。”几千年来，文字承载着人们的思想、哲学、文化、历史、科技等智慧结晶，影响着一代又一代华夏儿女。

在一夫门前，我们一边体验“一夫当关，万夫莫开”的险要地势，一边感悟大自然的沧桑巨变。继续前行，一段石头所砌的城墙映入眼帘，这就是传说中的楚长城遗址，修筑于春秋战国之交（公元前540年左右）。“四寨山上一陡隘，千年流传播鼓台。楚国当年北疆地，长城自南延伸来。城境脚下军列陈，

● 人间仙境九峰山 郭亚伟/摄

●九峰山玻璃栈桥　郭亚伟 / 摄

战鼓声中兵成排。问鼎中原虎狼师，面对周王眼不抬。”擂鼓台上，一首古诗让我驻足良久。想当年，为抵御外敌，人们修筑长城，增建军事设施，当城墙上发现敌情时，便擂响战鼓通知将士迅速增援防御，抗击外敌。

攀上长城，登上擂鼓台，放眼望去，群山苍翠环绕，一览众山小的豪迈、华夏文明的自豪、山光水色的优美，让人不得不赞叹九峰山的神奇画卷和千年的历史沧桑。

仙踪缥缈

除了自然风光、史迹文风，九峰山还有很多民间传说。九女峡、金蟾吐币、八仙棚、情侣谷、将军石，每一个景点都有一个美丽的传说。

玉皇大帝有九位女儿，个个如出水芙蓉，相约到此游玩，演绎了九女峡的美丽传说，留下“三潭九池两面盆”“一棚一庙一仙坑”的神奇景观。

月宫金蟾来此峡谷修炼，巧遇王母娘娘与九仙女。金蟾谨记王母教诲，修行之余尽力行善，逢穷人在池边洗脸喝水，便悄悄向池中吐落金币以资助行善。久之，善举被恶人所窥，他们伪装穷人前来索币，被金蟾识破不予理会。恶人遂招来黑鹰啄伤金蟾，金蟾疼痛难忍化身为石，永留此间。

而八仙听闻王母娘娘及九仙女在此游玩，料定山水必佳，便也前来云游。钟离权与铁拐李开怀畅饮，吕洞宾与曹国舅兴起对弈，调皮的蓝采和坐在一旁观战，见吕洞宾下了一步臭棋便出言嘲笑，张果老赶紧示意“观棋不语真君子”。好动的何仙姑在采摘灵芝，多才好静的韩湘子攀上岩石悠然吹起竹箫。八仙乐不思归，“八仙棚”便由此而来。

情侣谷，山水相依，景色旖旎，植被葱郁，曲径通幽，流水潺潺。兰溪静谧，柳丝婉约，青山倒影，倩影婆娑，一步一景，妙不可言。春日，绿意盎然，百花争艳；夏天，清幽凉爽，绿染山川；秋季，红叶遍山，层林尽染；冬日，白雪皑皑，冰挂奇观。

相传，九峰山龙潭沟有一条白龙与人间美丽善良的莲花姑娘相恋，却遭到龙潭沟红龙的横加阻挠，两龙互不相让，生死相搏。白龙被红龙的帮凶黑鹰啄伤眼睛，仍背负着受伤的莲花与之殊死搏斗。危急

时刻，祖师闻讯赶来，用山谷神水治愈了白龙和莲花的伤势，使饱受磨难的有情人终成眷属。祖师还收服残暴的红龙，使之改邪归正，造福百姓。白龙、莲花为爱舍生忘死的故事代代流传，此地也因此被称为“情侣谷”。

在幽谷兰溪中畅游，处处皆美景，心情乐翩翩。一路游玩一路欢声，突然一块巨石映入眼帘。石块层层叠叠，蜿蜒悬空，盘旋交错，每一层岩石如同自然的年轮，记录着沧海桑田的变换。石块中间粗壮，两头渐细，从侧面看，顶端有个尖尖的嘴巴，似有摇摇欲坠之感，实则稳如泰山，颇有一番韵味。有人言巨石酷似雄鹰，有人说它像一盏灯，也有人说像火炬，一时间众说纷纭，各抒己见。

其实，巨石背后也蕴藏一则悲壮的传说：九峰山曾有一头修炼千年的独角兽，被龙潭沟的白龙收伏后，封为将军，忠心耿耿守护白龙。当得知白龙遇险时，独角兽急忙赶去相助，却发现白龙和莲花双目均被黑鹰啄伤，于是一边与红龙的帮凶黑鹰、黑虎奋勇搏斗，一边拿出神灯为受伤的白龙引路。一个不慎，被黑虎偷袭，掏心而亡。临终前，独角兽强忍剧痛，将神灯放置头顶继续为白龙指引方向，而自己则化为巨石。后人感念其忠勇，将此石命名为“将军石”。听罢传说，再看巨石，果然威风凛凛，颇有将军之风度。

一边聆听古老的传说，一边领略九峰山美丽的自然风光。如意潭清澈幽深，瀑布如银花飞溅直落千尺；鱼鳞泉环环相扣，清澈见底；七彩滑道上欢声笑语，快乐刺激；湖上泛舟，山水相映，悠然自得；玻璃吊桥凌空架设，惊险刺激，翠色环绕；喊泉神奇非凡，水柱横贯长空；丛林穿越，心境娴雅，惬意悠然，每一处都让人流连忘返。

石头缝中顽强盛开的野花，岩石上绿意融融的青苔，花间翩翩飞舞的蝴蝶，草下缓缓而行的蜗牛，林间清脆悦耳的鸟鸣，九峰山处处洋溢着蓬勃的生命力，生机盎然的绿色浸润着我们的心灵。

寻一处山水相间的妙境，享受闲适惬意的生活；启一程青山绿水的自然之旅，感悟自然的诗意与葱茏；觅一处历史的足迹，感受文化的不朽魅力；来一场说走就走的旅行，高山流水觅知音。

来吧，朋友们，我在九峰山等你！（作者单位：汝州市地质矿产保护发展中心）

●九峰山步道

虫鸣雷霆，皆是天赠

◎ 陈鲁民

歌手王菲在蛇年春晚演唱的歌曲《世界赠予我的》里唱道：“世界赠予我虫鸣，也赠予我雷霆；赠我弯弯一枚月，也赠予我晚星；赠我一场病，又慢慢痊愈摇风铃；赠我一场空，又渐渐填满真感情……”

虫鸣雷霆，皆是天赠。言下之意，人生在世，无不苦乐并存，得失同在。有春风得意之日，也有身陷囹圄之时；有荣华富贵之日，也有穷困潦倒之时；有风调雨顺之日，也有水旱灾害之时；有吃香喝辣之日，也有吞糠咽菜之时。这些都是造物主的赐予，一样都不会少，而且无法拒绝，只有坦然接受从容面对。

古人也有类似说法。杨涟是明末东林六君子之一，因受魏忠贤的迫害，先遭罢官贬谪，又被捕入狱，受尽酷刑，坚贞不屈，最后被残忍杀害。临刑之际，阴云密布，电闪雷鸣，杨涟有感而发，写下绝命诗：“家倾路远，交绝途穷，身非铁石，有命而已。雷霆雨露，莫非天恩，仁义一生，死于诏狱，难言不得死所。何憾于天？何怨于人？”后人把杨涟这句话演变为“风霜雨露，尽为天恩”。

一个心态阳光乐观的人，不论是风霜交加的逆境，还是雨露滋润的顺境，都能保持好的心态，失意泰然，得意淡然，不屈不挠地顶住风霜雷霆，有滋有味地享受雨露虫鸣。大雪封门，滴水成冰，他们知道，冬天到了，春天还会远吗？春暖花开，万物复苏，他们抓紧时间发枝生叶，开花结果。秋风来袭，七月流火，他们忙着颗粒归仓，不误时节。在他们看来，“春有百花秋有月，夏有凉风冬有雪，若无闲事挂心头，便是人间好时节”。

有人却拒绝雷霆，只爱虫鸣；拒绝风霜，只爱雨露。这是幼稚的儿童思路，可笑的懦夫思维。人既然来到世间，食五谷杂粮，做红尘男女，就要准备接受雷霆虫鸣，风霜雨露，享用甜酸苦辣，不能只要好的一半，不要差的一半。《风俗通义》记载，齐国有女，村东和村西各有一人前来求婚。村东小伙丑而富，村西小伙帅而贫。父母就让闺女自己决定，若不便直言，就朝东或朝西露出胳膊来表示。齐女一下露出了两只胳膊说：我想白天在东家吃香喝辣，晚上到西家温存共眠！此女好笑但也可悲，愚昧且荒唐，世上哪有这样的好事？

更有甚者，有人不仅把雷霆风霜驱逐门外，连虫鸣雨露也打入另册。大观园里的林黛玉，锦衣玉食，养尊处优，衣来伸手饭来张口，就这还不满意，终日怨天尤人，怼天怼地，在《葬花词》里牢骚满腹：“一年三百六十日，风刀霜剑严相逼。”这就有点过了，不论是人还是花，一年四季，总有一段舒心日子吧，可是在她眼里，天天都生活在不如意之中。按照性格即命运的说法，她最后的结局也是早已命中注定。

人无千日好，花无百日红。即便是运气最好的人，也不可能一辈子都顺风顺水，事事如意，多多少少总会遇到点孔子断粮、秦琼卖马、东坡坐牢、韩愈被贬之类的倒霉事。阳光雨露不可能老是关照你，造物主也有关注不到你的时候。此时此刻，最重要的是要保持良好心态与豁达襟怀，对名利得失的身外之事，要得之淡然，失之泰然，“宠辱不惊，看庭前花开花落；去留无意，望天上云卷云舒”。

北宋吕蒙正《寒窑赋》说：“人道我贵，非我之能也，此乃时也、运也、命也。”反之，人的倒霉、落魄、失意也是如此。面对风霜雷霆，能抗拒自然最好，若无法改变，那就要努力适应，在逆来顺受中寻找机会，谋求咸鱼翻身的可能。实在无能为力，也得认命服输，牢记一句古训“岂能尽如人意，但求无愧我心”。

虫鸣雷霆，皆是天赠；风霜雨露，尽为天恩。诚哉斯言，善哉斯言！

（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）

罗平的自然与人文之美

◎ 贺 斌

走进云南省罗平县布鲁革村，一股古朴典雅的气息扑面而来，古民居、石板路、斑驳的墙壁，无不诉说着村落深厚的历史底蕴与文化积淀，让人恍若穿越时空，置身往昔岁月。当地居民的热情与淳朴，更为这片土地增添了一抹温暖的人文色彩。

三月的罗平，油菜花田如金色海洋般铺展，与蓝天白云、四周苍翠相映成趣，散发着春天的气息，吸引无数游客慕名而来。远处层峦叠嶂的山脉在蓝天映衬下更显雄伟壮观，几朵洁白的云彩悠然漂浮于山野之间，为这幅天然画卷平添几分灵动。最是柔美的多依河，每次相见总有惊喜，令人欣羡忘返。

多依河，宛如一条碧玉丝带，蜿蜒于崇山峻岭之间，将罗平的自然美景与人文风情巧妙串联。漫步河畔，翠竹垂柳随风摇曳，青山绿树倒映水中，潺潺流水与鸟语花香交织成一幅动人的水墨画卷。乘船游览时，河水清澈见底，在阳光照耀下闪烁着粼粼波光，像极了打碎的镜片。一朵朵飘荡的白云静静搁浅在水面，随着船桨轻划，泛起圈圈涟漪，人影、笑颜映照在那一片片波动的“镜片”上，只需稍稍低头，便能与水中游弋的云影轻声絮语，仿佛与自然展开一场静谧的交谈。

你看，那两岸盘根错节的古树，仿佛一座自然根雕艺术展馆，每一处枝干和根茎都镌刻着岁月的印记。古树根部千姿百态，或如蛟龙蜿蜒，或似巨柱耸立，无不以其独特形态彰显大自然的鬼斧神工。从远古部落到现代都市，古树静静伫立，默默记录时代的变迁，诉说生命的顽强与自然的永恒魅力，它们既是自然界的瑰宝，更是人类与自然和谐共生的精神象征。

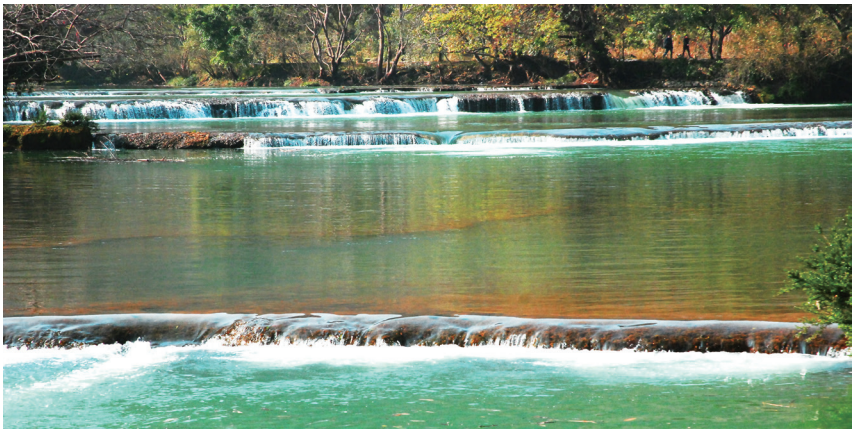
多依河畔，一座座古老的水车缓缓转动，“吱呀吱呀”，仿佛在诉说往昔的农耕记忆。这些水车不仅是农田灌溉的重要工具，更是当地人民智慧的结晶，如今虽已不再承担主要功能，却作为文化遗产保留下来，让游客得以感受时间的流转与历史的沉淀。

来到罗平，怎能不品尝一下闻名遐迩的五彩饭？这道传统美食以糯米为主料，用植物染色而成，不仅色泽鲜艳，口感软糯，更承载着吉祥如意、五福临门的美好寓意。五彩饭，最早是当地少数民族为祭祀祖先而发明，不同颜色的米饭代表不同的祝福，可以祈求来年风调雨顺、五谷丰登。随着时间的推移，五彩饭逐渐成为当地人日常生活不可或缺的一部分，流传至今。

每次到罗平，我都会选择不同季节，感受这片土地在四季变换中的不同风貌与魅力。春天，桃花纷飞，花瓣随风洒落河面；夏天，绿荫送爽，微风拂过水面，带来丝丝惬意；秋天，金黄的树叶纷纷落下，为河流披上一件金色外衣；冬天，冰层下流水潺潺，奏响大自然的冬日乐章。每逢端午，布鲁革都会举办盛大的节日庆典。村民们身着盛装，载歌载舞。龙舟竞渡的鼓声与呐喊声此起彼伏，踩高跷、舞狮等传统节目热闹非凡，吸引众多游客前来感受浓郁的民族风情。

在这片远离喧嚣与纷扰的土地上，时间仿佛放慢了脚步。清晨薄雾笼罩，午后阳光轻洒，河水清澈，波光潋滟，鸟语花香间，野生动物自由穿梭，勾勒出一幅生机勃勃的动感画面。罗平，一个融合自然之美与人文之韵的秘境，无论是日常休闲还是繁忙工作中的片刻喘息，无疑都是一个能让心灵得到慰藉的绝佳去处。乙

（作者单位：义马市自然资源和规划局）



“喇叭碗儿”和收音机

◎ 张延伟

小时候，乡下还没有收音机，人们获取信息的主要渠道，就靠悬挂在屋门口那个俗称“喇叭碗儿”的广播匣子。

喇叭碗儿像个黑色牛皮纸糊的平底浅沿碗，虽形状简单粗陋，可只要给它接上广播线，下面再连一根接地线就能发出令人痴迷的声音。一些讲究的人家会另外用薄木板做一个方匣子，正面镂空成五角星形状，抹上红漆，再把喇叭碗儿镶嵌进去，就显得美观许多。

据说，喇叭碗儿最初是为“备战”需要而建立的有线广播网的一部分。平时，县总站把广播节目传输到各公社，再经公社放大站转播到各家各户。一般早上六点开始播音，晚上十点停播，开播的乐曲总是《东方红》，早晚有固定时间转播中央人民广播电台的新闻和报纸摘要，以及省人民广播电台的新闻节目，其他时段则转播一些上级电台的文艺节目或自办节目，有时插播一些重要会议或信息广告等。

只要不逢“焦麦炸豆”等大忙时节，人们都喜欢收听广播。特别是到了饭点，大伙儿端着饭碗或蹲或坐在喇叭碗儿底下，吃饭听“音儿”两不耽误。夏日的夜晚，大人小孩在院子里铺个草席，躺在上面一边纳凉一边听广播，直到喇叭碗儿里传来“今天的节目播送完了，明天再见”，才恋恋不舍地睡觉。

孩子们对喇叭碗儿播送的其他节目不大关心，我们最喜欢每天下午转播的中央人民广播电台“小喇叭”节目。只要广播里传来：“滴滴答，滴滴答，小喇叭开始广播啦！”原本淘气、热闹的我们仿佛接到命令一般，一下子就安静下来。通过“小喇叭”，我们牢牢记住了“故事爷爷”孙敬修，通过孙爷爷之口，我们知道了“孙悟空三打白骨精”“神笔马良”“孔融让梨”等许多民间故事，更在幼小的心底建立起朦胧的善恶是非观。

只是，这个喇叭碗儿经常会发出“呲呲啦啦”的噪音，有时断断续续，声音小且听不清楚。说来也怪，此时只要在埋接地线的土坑里浇上一碗水，喇叭碗儿的声音立马就会变大，音质也清晰许多。这其中的道理当时谁也说不清，老人们就开玩笑说，这喇叭碗儿像人一样，说话时间长了累得口干舌燥，给它喝点水润润嗓子就好了。后来我学到了物理知识，这才知道浇水能够增加喇叭碗儿底线的导电性能，进而增强广播信号的接收能力，发音状况自然就会有所改善。

1980 年代以后，随着无线广播事业的发展，有线广播慢慢变成“哑巴”。再加上农村生产生活条件改善，一些家庭顺应时代变化，买回收音机收听广播节目，取代了原来的“喇叭碗儿”。有一年腊月，父亲把家里做的粉条拉到供销社卖了，卖粉条的钱除了给我们弟兄仨扯回几尺做新衣的军绿色布料，还奢侈地买回一个天蓝色外壳的收音机。我们仨如获至宝，兴奋的劲头儿不亚于过年，从此再也不用到同学或邻居家蹭“音儿”了。

相较于喇叭碗儿，收音机可以根据喜好随时调台，能在同一时段随心所欲地收听不同电台的各种节目。当时收音机里播送的最受欢迎的节目，要属中午的长篇小说（评书）连播。不同电台播出的小说（评书）也不相同，有《西游记》《水浒传》《岳飞传》《三国演义》《封神演义》等古代或神话小说，也有近现代题材的《夜幕下的哈尔滨》《平凡的世界》《刘胡兰》等，每次播出 30 分钟。

每天中午放学，我们都是跑步前进，到家后的第一件事就是打开收音机，一边吃饭一边听广播，听完一个赶紧调台，尽管一中午能连续收听两三家电台的小说（评书），可总给人意犹未尽的感觉。好在那时，老师布置的作业大都已在课堂完成，要不然就得顾此失彼了。

收音机用的干电池不需要全新，手电筒用过的、有残存电量的旧电池，装在收音机里能再用一段时间。为了旧物利用，我们曾按道听途说的方法，用尖钉在旧电池尾部凿两个小孔，灌进去适量浓盐水，再用蜡把孔封住，以此来增加电量。还会随时准备一个绑有导线的小电珠，对收集的旧电池逐一试验，凡能使电珠发出一点光亮的就保存起来。然后拼装一个能装入多节电池

孤柏渡也有春天

◎ 罗明军

九曲黄河在位居中游末端的象棋策源地——河南荥阳，摆了一下腰，河面腰身渐收，水势温柔平和。孤柏渡口作为古时拱卫京畿的水上交通要道，承载着南北东西物质屯储集散和兵源中转功能。它东接飞龙顶，西连虎牢关，南界茸茸川原，北濒滔滔黄河，是十三朝古都洛阳和长安的重要安全屏障。孤柏渡口见证了楚汉争霸的烽烟，演绎过三国征战的厮杀，聆听过隋唐群雄逐鹿的蹄声，张扬着古城商都的久远。

我曾多次到过黄河岸边，有时陪朋友，有时和家人。从花园口沿黄河大堤西至荥阳的孤柏渡，有广阔的黄河滩、汉霸二王城、桃花峪三皇山、莽莽邙山、黄河中下游分界处等景点。站在邙山霸王城遗址看黄河，脚下黄土丘陵间的谷地，就是当年魏惠王开凿的曾经波涛汹涌的鸿沟。曾几何时，这里硝烟四起，杀伐攻戮，枭雄人物你方唱罢我登场，百姓深陷水深火热，留下一片片废墟沉默于历史的长河。

随着时代变迁，孤柏渡失去了重要的军事作用，改名为古柏渡，2015 年正式更名为古柏渡飞黄旅游区，面积 3.5 平方公里。景区内古柏苍翠，绿树掩映，风光秀丽，每一寸黄土都积淀着两千年的岁月烟尘，如今已是飞越黄河、赏花观景、休闲娱乐的旅游打卡地。

站在古柏渡口，河面辽阔而明亮，河水如潮般涌来。经过生态治理的黄河有浩渺无垠的壮丽，金光铺水，粼粼波纹，微澜起伏，水鸟翩跹。河水的黄，与烟渚间点缀的绿意交相辉映，白昼的光线自苍穹倾泻而下，共同织就一幅宏大的自然调色盘，这种自然之美，正是古柏渡令人难以忘怀的魅力所在。在这片沐浴温暖阳光的沙滩上，孩子们追逐嬉戏，笑语盈盈。而我凝视着古柏渡，清风自背后拂来，近岸水面宛如明镜，远方则泛起层层涟漪。此刻，我仿佛化身一朵轻盈的蒲公英，随风飘向那涟漪处，感受水波的温柔拥抱，一圈又一圈向外扩散，如同在时间的长河里轻轻起伏，体验岁月静好的流转与韵味。

在这里，举世瞩目的南水北调工程独具慧眼选中古柏渡，让汉江水跨越千山与母亲河联袂共舞。每逢节假日，穿越郑州境内多座巍峨壮丽的跨黄河大桥，前往荥阳古柏渡度假，已然成为黄河两岸人们近郊游的首选。

春日，樱花的雍容婥姿与油菜花的娇艳灿烂交相辉映。据说，古柏渡的樱花园栽有 12 万株樱花，有早樱、中樱和晚樱，花期长达 40 天，每个阶段都展现不同的风情与美妙，让那些踏破铁鞋、四处寻觅赏樱美景的游客们大饱眼福、流连忘返。特别推荐赏樱的正确打开方式——身着唐装，仙琚飘飘，仿佛穿越时空，与古韵盎然的环境完美融合。人面樱花，古风飘逸，袅袅婷婷，在粉白红相间的樱花树下，宛如天使降落人间。（作者单位：郑州市自然资源和规划局）

的长方形木盒子，用导线把盒子两端的触点分别连接到收音机的正负极，就能保证充足的电量供应了。

收音机在收听过程中难免发生磕碰或零部件松动现象，我们在摸索中逐渐掌握了一些诀窍。比如发音不畅、断断续续，拍打几下外壳即可恢复正常，多是某个二极管或三极管的焊接点松动了。只要把有毛病的管子找出来，用折叠的硬纸片塞在下面支着，或用铁丝烧红代替烙铁把松动的地方焊牢即可。如果出现多台串音，则是接收电磁波的磁性天线有毛病，只要顺着磁棒左右拨动线圈，等获得最佳音效时再用蜡油把线圈固定即可。当然，遇到难以解决的复杂问题，就只能送到维修店请专业人士维修了。

后来，随着电视机、电脑等逐渐走进百姓家，直至智能手机等电子产品的普及，不同人群获取信息的渠道越发宽广而便捷，收音机逐渐远离人们的生活，目前城乡家庭已很少再见到它的影子了。

曾经，喇叭碗儿和收音机就像良师益友，引导我们从懵懂无知逐渐认识世界，帮助我们明辨善恶是非、形成正确的价值观和人生观，陪伴我们这代人走过了从童年到少年乃至青年的快乐时光，更成就一段美好回忆。所以，我一直把它们记在心里。（作者单位：禹州市自然资源和规划局）

姚立军绘画作品欣赏

姚立军，笔名海军，河北南和人，河北省邢台市老研会会员、中国老研会会员，现任职于邢台市自然资源和规划局。姚立军早年投身军旅，不仅铸就了坚毅的性格，更在心底埋下艺术创作的种子，为后续的艺术之路积累了丰沛的情感与灵感源泉。

2002 年，姚立军转业到南和县自然资源和规划局，在岗位上默默耕耘。即便工作忙碌，对艺术的热忱从未被磨灭。2020 年，他拜入河北省美协会员谢长虹老师门下，绘画技艺飞速提升，逐渐形成独特风格。其作品笔触细腻，既有扎实的功底展现，又饱含对自然万物、日常生活的深度洞察与真挚情感，深受观者喜爱，并在 2023 年和 2024 年全国民间小品画展上获得一等奖。

《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
河南微图信息科技有限公司

河南省测绘地理信息技术中心与省水文水资源中心合作

加强时空信息保障 提升水利数字孪生能力

本刊讯 3月6日，河南省测绘地理信息技术中心与河南省水文水资源中心合作共建协议在郑州签署，进一步加强时空信息保障，提升水利数字孪生能力。河南省测绘地理信息技术中心副主任肖峰，河南省水文水资源中心副主任唐学哲参加签约仪式并讲话。

肖峰指出，双方要以此次合作共建为契机，充分发挥专业特长，实现资源共享、优势互补，共同提升测绘地理信息服务保障、水文水利资源管理水平，为经济社会发展、中部崛起提供更加坚实的技术支撑。要积极探索测绘地理信息数据与水文监测数据的深度融合，推动空天地一体化监测体系在防洪调度中的创新应用，强化实景三维建模与水利工程全生命周期监测监管有机结合。通过加强数据共享、技术交流、联合研发、项目实施，推动双方在测绘技术应用、水文水利工程建设、灾害预警与防治等领域深度合作，共同打造跨部门协同的“测绘+水利”样板工程，为中国式现代化建设河南实践提供更加精准的空间信息服务保障。

唐学哲强调，此次双方围绕“加强时空信息保障，提升水利数字孪生能力”实施合作共建，是深入贯彻新发展理念、扎实推动新质生产力发展的重要举措，是提升水利行业智慧化水平和测绘地理信息技术应用能力的具体实践。双方将充分发挥各自领域的优势资源，坚持守正创新，强化使命担当，为河南省水文水利事业、测绘地理信息事业发展作出更大贡献。

座谈会上，河南省测绘地理信息技术中心有关人员作《河南省新型基础测绘建设与应用》主题汇报，河南省水文水资源中心有关人员作《河南省水利数字孪生建设与应用》主题汇报。参会人员踊跃发言，现场气氛热烈，大家在思维碰撞中明晰合作共建发展方向，为推进后续工作奠定坚实基础。

签约仪式上，河南省测绘地理信息技术中心副主任肖峰、河南省水文水资源中心副主任唐学哲代表双方签约合作共建协议。（栗荣晓/文）

固始县致信感谢河南省测绘地理信息技术中心

本刊讯 近日，河南省测绘地理信息技术中心收到中共固始县委员会、固始县人民政府的感谢信，信中高度赞扬该中心12年如一日对刘营村的倾情帮扶，充分肯定其在脱贫攻坚、乡村振兴和民生改善中发挥的关键作用。

自2012年开展定点帮扶以来，河南省测绘地理信息技术中心以“党建+帮扶”双轮驱动，通过组织共建、资源共享等方式，累计选派多批次驻村工作队扎根刘营村，助力该村实现从“软弱涣散村”“深度贫困村”到“省级文明村”“五星党支部”的跨越式蜕变，成功打造市级乡村振兴示范村和美丽乡村红旗村标杆。

河南省测绘地理信息技术中心依托测绘专业优势，为李店镇全域提供高精度测绘技术支持，完成村庄规划基础数据采集，精准指导道路拓宽、灌溉系统建设等民生工程。通过无人机航测技术实施高标准农田建设，解决困扰村民多年的交通不便、灌溉用水难等发展瓶颈，创新实施“三边一院”庭院经济模式，推动村内多户农户实现稳定增收。通过消费帮扶专项行动打响“刘营原生态”农产品品牌，驻村工作队常态化开展“送温暖”系列行动，举办饺子宴、粽子宴等民俗活动百余场，覆盖村民、脱贫户、监测对象开展教育、医疗政策精准解读，确保惠民政策落地见效。

固始县委书记在信中表示：“贵中心以玉壶冰心的赤诚，书写了新时代对口帮扶的典范。这份跨越12年的山海情谊，已成为固始县全面推进乡村振兴的强劲动能。”

下一步，河南省测绘地理信息技术中心将持续深化“五级联动”帮扶机制，围绕乡村产业数字化、治理智慧化、生态可视化等领域开展创新实践，为谱写乡村振兴新篇章贡献测绘力量。（冉灿阳/文）

千图网 供图