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1期 总第488期

2024 河南测绘地理信息事业熠熠生辉

巡天遥看 “豫”见星河

——河南卫星遥感助力测绘地理信息事业转型升级

ISSN 1674-053X

9 771674 053074 01>

下半月 定价：10元

扫码关注微信

2025年全省自然资源工作会议强调

强化转型升级 加快推进测绘地理信息事业发展

本刊讯 1月21日，河南省自然资源厅在郑州召开全省自然资源工作会议，深入学习贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，全面落实河南省委十一届八次全会暨省委经济工作会议、省“两会”和全国自然资源工作会议部署，回顾总结2024年工作，分析面临的形势任务，安排部署2025年重点工作，推动全省自然资源事业高质量发展，更好服务支撑现代化河南建设。会议强调，要强化转型升级，加快推进测绘地理信息事业发展。

会议指出，2024年，全省测绘地理信息事业加快转型升级，实景三维河南建设有序实施，“北斗三号”卫星导航系统升级改造全面完成，组织编制地理信息产业发展规划，结对支持重点产业园区建设，着力打造“头部带动、园区支撑”的地理信息产业发展新格局，中国测绘地理信息科学技术年会在郑州成功召开。

会议强调，2025年是完成“十四五”目标任务、谋篇布局“十五五”的重要时期，全省自然资源系统要深入学习贯彻习近平生态文明思想和党的二十届三中全会精神，全面落实习近平总书记关于河南工作重要讲话和关于自然资源工作重要论述重要指示批示，紧紧围绕推进河南省委、省政府和自然资源部部署，以深化自然资源重点领域改革为根本动力，更好统筹发展和安全，更好协调保护和开发，着力守红线、强保障、优服务、提质效，以高质量自然资源管理来支撑服务河南经济社会高质量发展，加快建设人与自然和谐共生的现代化河南。

2025年，河南省测绘地理信息工作要强化转型升级，着力夯实数字河南时空基底，深入推进实景三维河南建设，边建边用赋能经济社会发展；加快新一代“天地图·河南”建设，释放公共数据要素潜能；推动北斗规模化应用，建设卫星数据开发利用平台；强化地理信息安全监管，实行测绘地理信息数据分类分级保护，推广商用密码等保密技术，实现涉密测绘地理信息的可信分发和可控使用；大力发展地理信息产业，编制实施地理信息产业发展规划，制定支持政策，统筹高等院校、科研机构等专业力量，以“政策+技术+市场”方式重点培育一批示范园区和龙头企业，推进地理信息产业延链补链强链。河南省测绘地理信息技术中心要在转型升级中勇当主力军，发挥示范带动、支撑赋能作用。（张永强/文 张献伟/图）

卷首语

启航新征程 开局谋新篇

◎ 河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任 郭幸生

岁序更迭，华章日新。

当新年的钟声敲响，2024 年已悄然离去。这一年，对每一个热爱测绘地理信息事业的人来说，都意义非凡。

告别 2024，迎来 2025。站在崭新的起点，我们谨向长期以来关心支持测绘地理信息事业的各级领导、社会各界人士表示最诚挚的感谢，向全省测绘地理信息系统广大干部职工及家属致以最美好的祝福——愿大家满怀豪情赴新程，所思所盼皆如愿，阖家团圆共美满，身心无虞体康健，平安喜乐永相伴！

回望 2024 年，我们步履铿锵，勇毅笃行。河南省测绘地理信息技术中心党委班子在河南省委、省政府和省自然资源厅党组的正确领导下，始终坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神，锚定“两个确保”，持续实施“十大战略”，统筹推进“十大建设”，紧紧围绕省委、省政府中心工作履行职能，在国家“两支撑、两服务”测绘工作基础上，创新性增加“支撑军队信息强军、服务军民融合创新”内容，形成“三支撑、三服务”工作定位，确立“全面融入自然资源管理、开创军民融合新路径、打造自主研发新局面”“三步走”战略部署，着力打造数字河南时空基底、提升数据要素保障能力、营造产业发展优良环境、守牢地理信息安全底线、提高信息化治理水平，持续推动全省测绘地理信息事业转型升级并卓有成效。

这一年，新型基础测绘体系建设深入推进。实景三维河南建设大力推进，从黄河两岸到豫北平原，从豫东稻田到豫西山区，每一寸土地都被纳入精准的测绘范围。地理信息数据的精度和覆盖率全面提升，不仅为政府决策提供了科学依据，也为社会公众提供了丰富的地理信息资源。

这一年，智慧城市建设如火如荼。建设成果惠及智慧国土、城市规划、智慧文旅、智慧交通、应急环保等多个领域，为城市精细化管理、经济社会发展提供了实时、权威的时空信息基础支撑，为河南省数字化转型积累了宝贵经验。

这一年，应急测绘保障能力不断增强。全省建成以省级应急测绘骨干队伍为主、市县协同的应急测绘保障力量，构建完成“天空地一体化”应急测绘保障服务体系，实现对地质灾害的及时发现和预警，有效减少了灾害带来的损失，确保人民群众的生命财产安全。

这一年，助力生态文明建设成效显著。生态修复和环境监测项目的实施，为生态环境保护提供了科学的数据支持，对受损的生态环境进行了有效治理，恢复了生态系统的健康稳定。

这一年，科技创新取得重要突破。通过与高校和科研机构合作，推动一系列关键技术的研发和应用，提升了测绘地理信息行业的整体技术水平，实现对地理信息数据的高效采集、处理和分析，为测绘地理信息事业发展注入新的动力。

这一年，服务重大工程建设表现突出。在高铁、高速公路、大型桥梁等重大工程项目中，提供了高质量的测绘服务，确保了工程顺利推进。

这一年，数据管理和安全防护措施不断加强。完善的地理信息安全管理体系，实现对地理信息数据的全生命周期管理，确保数据的安全可控；加强网络安全防护，防止数据泄露和非法访问，保障国家地理信息安全。

奋斗，是前行路上最优雅的姿态。每一个数据的取得、每一页蓝图的绘就、每一个发展的脚步，从来都不是唾手可得；每一段岁月的磨砺、每一个岗位的坚守、每一个辉煌的铸就，离不开每一个人的默默付出，每一份付出都弥足珍贵，每一束光芒都熠熠生辉。

2025 年，是“十四五”规划的收官之年，也是河南省测绘地理信息事业迈入崭新发展阶段的关键一年。我们肩负使命和责任，将继续秉持创新驱动、服务为本的理念，切实扛牢数据要素保障重任，筑牢信息安全屏障，支持地理信息产业发展，加快推进测绘地理信息事业转型升级，为河南省经济社会发展作出更大贡献。

梦虽遥，追则能达；愿虽艰，持则可圆。2025，让我们怀揣炽热梦想重新启航，以更加昂扬的斗志、更加饱满的热情、更加坚定的信心，携手并肩，向着更高的目标迈进，共同谱写河南测绘地理信息事业更加辉煌灿烂的崭新篇章！

资源导刊 信息化测绘

2025年 下半月 第1期 总第488期

测绘资讯 · 政策解读
文化传播 · 技术交流

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

国际标准连续出版物号：ISSN 1674-053X　国内统一连续出版物号：CN 41-1389/D
邮发代号：36-373　定价：10 元　印刷单位：河南匠心印刷有限公司

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

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

2029年我国将基本完成国家数据基础设施主体构建

2025 年 1 月 13 日，国家发展改革委、国家数据局、工业和信息化部联合印发《国家数据基础设施建设指引》（以下简称《指引》），提出到 2029 年基本建成国家数据基础设施主体结构。

国家数据基础设施的建设目标涵盖数据流通利用、算力底座、网络支撑、安全和应用等多个方面，总体实现“汇通海量数据、惠及千行百业、慧见数字未来”的愿景。《指引》提出分阶段开展建设：2024—2026 年，开展技术路线试点试验，制定标准规范，完成顶层设计；2027—2028 年，建成支撑数据规模化流通、互联互通的数据基础设施，形成规模化数据可信流通利用格局，覆盖全国大中型城市。到 2029 年，国家数据基础设施主体结构基本建成，初步形成横向联通、纵向贯通、协调有力的基本格局，构建协同联动、规模流通、高效利用、规范可信的数据流通利用体系，协同构筑技术和产业良好生态，建设和运营体制机制基本建立。

电动自行车强制性国家标准发布 北斗定位功能成亮点

近日，工业和信息化部等五部门组织修订的强制性国家标准《电动自行车安全技术规范》正式发布，将于 2025 年 9 月 1 日实施。

新标准一大亮点是要求电动自行车具备北斗定位、通信与动态安全监测功能。其中，用于城市物流、商业租赁等经营性活动的电动自行车，应具有北斗模块；对于其他类型的电动自行车，应设计有北斗模块。北斗模块能提供经度、纬度、速度、时间等定位信息，方便消费者实时了解电动自行车关键安全信息。一旦发生车辆被盗、温度过高或蓄电池电压过高等异常情况，可借助通信模块第一时间提醒消费者及时处置，从而增强车辆的主动安全性能。

据悉，消费者可自主选择是否开启北斗定位功能，且电动自行车上加装的 4G、5G 通信模块已符合国家相关加密规定，能确保相关信息传输途径的安全性。

天地图“重要地理信息数据”专题频道上线

近日，天地图“重要地理信息数据”专题频道正式上线。公众可以通过天地图便捷查询 2007 年以来经国务院批准公布的重要地理信息数据，包括 84 个山峰高程、1 个陆地最低点和明长城长度等，这标志着我国地理信息服务能力的进一步提升。

天地图（https://www.tianditu.gov.cn/）是自然资源部主办的国家级地理信息公共服务平台，涵盖了丰富的地理数据资源。此次新专题频道上线，实现重要地理信息数据（高度、长度、地理分布等信息）的集成发布，有利于各类用户在行政管理、新闻传播、对外交流、教学等对社会公众有影响的活动中方便使用，让地理信息成为凝聚文化共识、增进文化认同的传播载体。

科技

我国卫星夜光遥感成果支撑联合国黎巴嫩援助行动

近日，由武汉大学测绘遥感国家重点实验室李熙教授、宇航科学与技术研究院王绍举教授团队共同完成的《基于夜光遥感的黎巴嫩人道主义局势报告》在联合国世界粮食计划署（UN-WFP）官方网站发布。该报告为联合国在黎巴嫩南部的人道主义援助工作提供了重要支撑。

接到请求后，李熙教授迅速成立紧急评估团队，在获取美国 SuomiNPP 卫星数据和可持续发展大数据国际研究中心（CBAS）SDGSAT-1 卫星数据基础上，调度武汉大学珞珈四号 01 星（人民健康号）夜间成像功能，获取多幅黎巴嫩地区高质量夜间影像。通过两个月的数据分析，紧急评估团队先后向联合国世界粮食计划署提供了两期评估报告，其中第二期评估报告被联合国世界粮食计划署官网发布。

根据紧急评估团队基于珞珈四号 01 星夜光影像的

分析，黎以达成停火协议后，黎巴嫩南部区域的灯光快速恢复。两期评估报告均为联合国在黎巴嫩的援助工作提供了科学依据。

莫干·玄衍千亿级参数地理空间大模型发布

2025 年 1 月 5 日，莫干山地信实验室发布行业千亿级参数多模态地理空间大模型 —— 莫干·玄衍。这标志着人工智能技术在地理空间智能领域取得突破，为行业数字化转型与智能化升级注入新动力。

该大模型在技术上实现了多项关键突破，包括认知—专域分层架构的高效任务分解、多模态感知的精准模型匹配，以及反馈驱动的模型持续优化。通过亿级多模态数据样本训练，该模型具备遥感视觉感知、时空数据查询分析、专业知识问答、报告自动生成、任务智能编排及工具无缝调用等六大核心能力。

据悉，莫干·玄衍功能表现较为优异。在遥感视觉领域，实现泛在空间对象、事件准确识别；在时空数据查询方面，实现对话式灵活精准分析；在专业知识服务上，提供紧贴行业的专业解答。同时，它还能自动生成图文并茂的专业报告，提高计算任务编排调度的智能化与高效性。

武大发布DoMapAI 地图生成迈入秒级新时代

近日，武汉大学发布地图生成器 DoMapAI，其对话式的地图生成功能引发了广泛关注。

长期以来，地图生产面临诸多难题，如加工周期长、人工设计任务繁重、数据处理烦琐等。为解决这些问题，武汉大学艾廷华教授研究团队在生成式人工智能技术和大语言模型的驱动下，成功研发了 DoMapAI。该团队立足“地图是地学研究的第二语言”这一理念，将语言模型拓展到地图语言模态，构建了 GeoToken 数据集，并结合文本型大语言模型，以智能体构架设计出地图生成器。

发布会上，研究团队通过操作视频和现场测试，展示了 DoMapAI 的强大功能。只需输入文本指令，无论是全球、国家还是省（市、县、区）等不同尺度的区划、地形、专题地图及地图集，都能在秒级时间内生成，主题、内容和区位设计一气呵成。目前发布的为初级版本，后续团队将继续扩充训练地图样本，推动地图生成技术向多样化、灵性化、人性化方向发展。

数字

2450亿元

2024 年 12 月 23 日，《中国卫星遥感及应用产业发展蓝皮书（2023 年）》发布会在北京举行，蓝皮书由中国国际工程咨询有限公司旗下中咨战略研究院，通过卫星遥感及应用产业规模测算的方法体系、自主数据库以及定量估算模型精心打造，实现中国卫星遥感及应用产业对国民经济贡献度的定量化呈现。

卫星遥感及应用是国家科技创新体系的重要组成部分，近年来发展迅速，在自然资源管理、生态环境保护、气象预报、灾害预警等国家治理能力提升等方面发挥着越来越重要的作用，成为培育和赋能新质生产力的重要领域。

2023 年，我国卫星遥感及应用产业规模达到 2450 亿元，增幅达到 6.5%，直接效益 434 亿元，较 2022 年同比增长 3.6%。同时，卫星遥感数据在自然资源、生态环境、农业农村、住建、气象、海洋等领域广泛应用，赋能各行业发展，在助力地方治理能力现代化、服务社会民生方面都发挥着越来越重要的作用。

100Gbps

近日，长光卫星技术股份有限公司使用自主研制的车载激光通信地面站，与“吉林一号”平台 02A02 星星载激光终端，成功开展国内首次星地激光 100Gbps 超高速高分辨遥感影像传输试验。

据悉，此次试验是长光卫星继星地 10Gbps、星间 100Gbps 激光数传试验成功后的又一重大突破，标志着我国在星间 / 星地融合构建超高速光网传输领域迈出重要一步。

为完成该项试验，长光卫星团队历时两年，攻克大气信道补偿技术、高精度时频同步技术等多项技术难题，解决了大气湍流引起的信号畸变、星地高速相对运动导致的频率漂移等关键问题，还联合北京邮电大学等单位，突破了模式分集接收技术，保障了激光信号传输的稳定性和可用性。

星地超高速激光通信技术的突破，为我国高分辨率遥感卫星星座的组网建设带来机遇，提升了数据传输效率，为海量遥感图像的快速回传提供了支撑。同时，该技术还可应用到卫星互联网星地融合移动系统建设中，提供更宽的频谱和更高的数据传输速率，助力 5G NTN 到 6G 卫星互联网发展。

河南发布《国土空间基础信息平台数据服务规范》地方标准

◎ 陈庆贺 宋碧波

近日，河南省地方标准《国土空间基础信息平台数据服务规范》（以下简称《规范》）经河南省市场监督管理局批准发布，将于2025年3月29日起实施。这一成果为河南省自然资源信息化管理工作提供了关键技术支撑，对提升自然资源数据的应用效能、促进跨部门数据共享具有重要意义。

随着国土空间规划体系建设的全面推进，河南省积极响应国家政策要求，致力于构建高效、统一的国土空间基础信息平台。该平台整合已有国土资源、测绘地理信息等自然资源数据，集成社会经济及交通、水利等相关部门数据，形成涵盖地上地下、时空连续的大数据体系，在全省自然资源信息化建设中发挥着核心作用。然而，在平台建设与应用过程中，数据服务标准不统一、技术规范不一致等问题逐渐凸显，迫切需要制定统一的标准加以规范。

此次发布的《规范》由河南省测绘地理信息技术中心所属单位河南省地理信息院牵头编制。编制团队汇聚了30余位正高级工程师、高级工程师及工程师等专业技术人才，历经起草、讨论稿、征求意见、送审稿、报批稿等多个阶段，历时5年完成。在编制过程中，充分参考了《中共中央 国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》等多项政策文件，以及地理信息、信息安全技术等领域的9项国家标准和行业标准，确保标准的科学性、协调性与适用性。

《规范》共分为9个章节，全文约1.2万字，规定了国土空间基础信息平台数据服务的基本要求、数据服务内容与交换、数据服务类型和要求、服务元数据及服务安全等内容，将有助于打破部门间的数据壁垒，实现自然资源数据在政府部门间的高效共享与交换，提升数据资源的利用效率。

下一步，河南省将积极推进《国土空间基础信息平台数据服务规范》的贯彻实施，加强对相关部门和从业人员的培训，确保《规范》的准确理解和严格执行。同时，建立《规范》的动态更新机制，根据自然资源管理的新需求和技术发展的新趋势，及时对《规范》进行修订和完善，为河南省自然资源事业的高质量发展持续提供制度保障。

（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

2025 年《河南省两会地图》秀出新质生产力

◎ 胡建军

近日，由河南省自然资源厅、河南省测绘地理信息技术中心主办，河南省地图院编制的 2025 年《河南省两会地图》如期发放到参加河南省“两会”的人大代表、政协委员手中。

党的二十届三中全会提出，“健全因地制宜发展新质生产力体制机制”。河南省坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，学习贯彻习近平总书记视察河南重要讲话指示精神，以地图的语言直观展现河南新发展蓝图。

2025 年《河南省两会地图》全面展示全省在发展新质生产力上争先出彩，建设现代化产业体系的新实践。地图成品尺寸为 840mm×570mm，5×2 折叠，有河南省图、17 省辖市及济源产城融合示范区、郑州航空港区共 20 幅地图，全方位展现全省“7+28+N”产业链群构建体系。

河南省图以“培育新动能　塑造新优势　争先出彩发展新质生产力”为题，以全开版《河南省地图》为基础数据，叠加地貌晕渲数据，主要展现河南省新型材料、新能源汽车、电子信息、先进装备、现代医药、现代食品、现代轻纺 7 大先进制造业集群；17 省辖市及济源产城融合示范区、郑州航空港区分别以八个字点题，概述当地优势产业，主要展现各市、县（区）28 个重点产业链和中原科技城、中原医学科学城、中原农谷“三足鼎立”科技创新大格局，以及周口中心港、豫东南高新技术产业开发区、北斗产业园、音乐小镇、

南水北调中线渠首、中国尼龙城等新质生产力要素在全省的发展布局情况。

据了解，自 2018 年起，河南省地图院已连续 8 年编制《河南省两会地图》，为河南省“两会”代表委员们参政议政、建言献策提供地图保障。河南省地图院作为公益一类事业单位，近年来持续扛稳打牢政务用图保障职责，在领导考察调研、概览省情、规划决策、应急处置和日常办公等应用场景中及时提供地图服务；坚持用“地图 +”来宣传河南，通过“河南啥都有”微信公众号，持续讲述中原大地的历史文化、自然风光、社会发展等，其中发布的“河南有红叶”“考古新发现”等内容被《河南日报》、大河网等多家媒体转载。（作者单位：河南省地图院）

河南测绘地理信息事业熠熠生辉

◎ 本刊编辑部

癸龙带雨辞寒去，巳蛇携风送暖来。

2024 年，在河南省委、省政府和河南省自然资源厅的坚强领导下，在全省测绘地理信息部门的共同努力下，河南省测绘地理信息事业如同璀璨星辰，熠熠生辉，展现出前所未有的活力与潜力。从年初的河南省自然资源工作会议到金秋时节的中国测绘地理信息科学技术年会，河南省测绘地理信息事业在技术创新、行业应用、政策支持等多个方面取得显著成就，为经济社会发展提供了坚实支撑。

2024 年初，河南省自然资源工作会议明确提出围绕“两统一”职责，从数字河南时空基底、数据要素保障、地信产业做大做强、自然资源信息化建设等方面，加快转型升级，加速提升测绘地理信息支撑服务水平的总体目标。在这一目标的指引下，河南省测绘地理信息部门积极行动，进一步加强基于北斗的现代化测绘基准体系建设和实景三维河南建设，夯实数字河南的时空基底。同时，深入挖掘基础测绘、卫星遥感等数据资源的应用场景，推动地理信息数据共享，探索地理信息数据产权登记、有偿使用和收益分配等机制，强化数据要素保障。

金秋十月，2024 中国测绘地理信息科学技术年会在河南郑州隆重召开，会上发布了《中国测绘地理信息科技创新与产业发展研究报告（2024）》。这一盛会不仅展示了河南省在测绘地理信息科技创新方面的成果，也吸引全国的测绘地理信息专家、学者和企业前来交流、合作。

这一年，从卫星遥感技术广泛应用到地理信息系统升级优化，从智能化测绘设备研发到大数据分析平台建设，河南省测绘地理信息事业不仅在传统测绘领域取得显著进步，还在科技创新、产业发展、信息化建设等方面实现全面突破。这些成就不仅为河南省经济社会发展提供了有力支撑，也为全国的测绘地理信息事业发展树立了典范。

展望未来，我们坚信河南省测绘地理信息事业将继续保持蓬勃发展的势头，不断创新、不断进步，为经济社会发展贡献更多智慧和力量。让我们共同期待河南省测绘地理信息事业的明天更加美好！

实景三维河南建设高位推动

2024 年，河南省坚持统筹协调，高位推动，开展实景三维河南建设。截至年底，省级地形级已完成 2042 景 0.5 米分辨率数字正射影像图生产和 3550 平方千米数字高程模型生产。郑州、开封、周口等多个地市已完成约 3 万平方千米任务区域的地形级基础地理实体数据转换生产。

河南省委、省政府高度重视实景三维河南建设，省领导多次作出指示、召开专题会议研究部署。河南省自然资源厅将项目列入“十四五”规划，作为测绘地理信息工作领域的“一号工程”推进实施，并先后印发《实景三维河南建设总体实施方案》《实景三维河南建设总体技术方案》，组成工作专班，建立全省协同联动工作体系，争取省级财政经费 1.74 亿元，市级申报专项资金 4.2 亿元。在安阳、鹤壁、漯河、周口先行试点引领，其中，鹤壁“实景三维支持政府决策和企业看地”被自然资源部、国家数据局评为 2024 年实景三维数据赋能高质量发展创新应用典型案例；郑州、焦作、济源为第二梯队跟进推动实景三维建设。

河南省自然资源厅定期开展实景三维河南建设工作培训会，提升干部队伍能力，审查批复省辖市城市级实景三维实施方案，下发《实景三维河南建设存在的九大问题》，引领各地纠正认识偏差，开展实景三维河南建设工作通报，坚决遏制突出问题；起草《实景三维河南建设工作问答》，指导各地解决技术难题。

此外，河南省自然资源厅组织下发 3 批立体卫星影像，支持地市开展实景三维建模，指导河南省测绘地理信息技术中心启动地形级基础地理实体试生产，开展生产软件测试；指导地市评估已有实景三维成果可用性，开展后续补建工作；利用现有成果开展试点建设，验证技术路线可行性。

河南省测量标志普查保护取得阶段性成效

2024 年 3 月 9 日，河南省自然资源厅组织召开全省测量标志普查保护项目验收会。来自战略支援部队信息工程大学、河南大学、华北水利水电大学等多家单位的专家，对河南省测量标志普查保护项目建设成果进行了全面细致的审查和验收，一致同意通过验收，并对项目建设成果给予高度评价和充分肯定。这标志着河南省测量标志普查保护工作取得阶段性重要成果，并正式进入一个新的发展阶段。

自 2021 年以来，河南省自然资源厅积极响应国家号召，在全省范围组织开展测量标志普查保护专项行动，历时两年，共完成河南省内 1905 个重点保护类、7888 个一般保护类测量标志的普查和数据录入，摸清全省测量标志现状，掌握了测量标志的分布、等级、使用、损坏等情况，为测量标志保护提供了数据支撑。

在此次普查中，河南省各级自然资源管理部门分级分类组织实施，对测量标志的完损情况、占地面积、权属地类、违规占地等情况进行了详细调查，并对仍有使用价值的测量标志进行了补绘点之记、维护拍照、补设或加固指示桩、保护盖等基础维护工作。同时，通过查清河南省测量标志现状，建立了数据库和统一的测量标志管理信息系统，实现河南省测量标志的实时、动态管理，进一步提升了河南省测量标志的使用效能和信息化管理水平。

河南时空大数据平台建设国家试点项目全部通过验收

2024 年 3 月 29 日，智慧鹤壁时空大数据平台建设试点项目通过国家验收。至此，全省 3 个智慧城市时空大数据平台建设国家试点项目全部通过验收，标志着河南省在智慧城市建设方面迈出坚实的一步。

自 2019 年以来，河南省积极响应国家关于智慧城市建设的号召，组织开展一系列时空大数据平台国家试点项目。智慧平顶山、智慧济源、智慧鹤壁作为佼佼者，分别在不同领域进行了深入探索和实践。这些项目以时空大数据为核心，构建了多源数据一体化、平台服务开放化、应用领域多元化的时空大数据平台，实现数据的汇聚、处理、整合和应用。

智慧鹤壁项目以“突出实用”为导向，紧紧把握自然资源部政策导向，建成时空大数据平台服务体系，收集鹤壁市 28 个政府部门的行业数据，面向自然资源、政务服务、社会公众开展典型示范应用，为政府决策、部门监管、数据共享和信息惠民等提供时空信息服务；形成“1+4+5+1”的成果体系，即一个时空数据总底座、四套不同网络环境的智慧平台、五大领域的信息系统对接和示范应用拓展、一套运行保障体系。

时空大数据平台建设试点项目的成功实施，不仅为智慧国土、城市规划、智慧文旅、智慧交通等领域带来显著效益，也为城市精细化管理、经济社会发展提供了实时、权威的时空信息基础支撑，为河南省数字化转型积累了宝贵经验。

积极推动“自主创新自主研发”战略

为深入贯彻落实河南省测绘地理信息技术中心党委提出的“自主创新自主研发”战略部署，2024 年 6 月 17 日，河南省测绘地理信息技术中心召开自主创新自主研发动员会议，正式启动实景三维河南软件体系自主研发工作。

经中心党委研究决定，成立自主研发创新工作专班，整体推进实景三维生产软件和数据库管理系统等自主研发，逐步构建完全自主可控的新型基础测绘软件体系。专班下设 6 个研发专项组，参与人员 35 名，实际研发人员 29 名，制定专班管理制度、敏捷开发管理体系、“四会”制度等；主要开展 6 项研发任务：基础组件、基础桌面软件、基础空间服务软件、地理实体生产软件、实景三维库管软件和实景三维门户软件。

自主创新自主研发工作设立近期、中期、远期总体目标：近期目标是 2024—2025 年构建一套完全自主可控的、满足实景三维河南建设需求的基础地理实体生产及省市县实景三维数据一体化管理、分析、应用和服务软件；中期目标是 2026—2028 年构建自主可控的 GIS 基础软件、持续改进实景三维数据库管理系统，产品化基础地理实体数据转换生产软件，推进包括国土空间基础信息平台在内的升级改造及行业应用；远期目标是打造自有品牌的新型基础测绘软件体系，推动成果转化，促进产业发展，实现全面转型升级。

截至 2024 年底，工作专班编制完成《新型基础测绘软件体系总体设计方案》《实景三维河南软件产品版本发布规划》和基础桌面软件、基础空间服务软件、实景三维库管软件、实景三维门户软件的详细设计，为后续软件开发明确了具体目标和计划安排。

河南测绘地理信息宣传深入人心

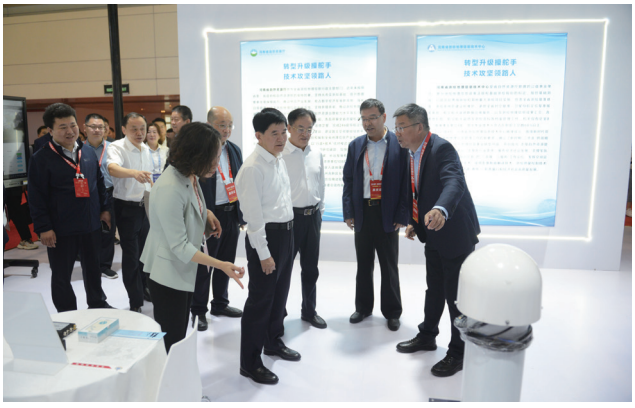
开展测绘法和国家版图意识宣传，对增强全社会维护国家安全、主权和利益的共同意识具有重要意义。2024 年 8 月 26 日，河南省自然资源厅、河南省测绘地理信息技术中心联合在郑州地铁紫荆山站，举行 2024 年全国测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周河南主场和郑州地铁“测绘号”专列发车仪式。

郑州地铁“测绘号”专列在郑州地铁 1 号线、2 号线、5 号线同时上线，围绕测绘法和国家版图意识宣传、“河南一号”卫星遥感、测绘基准、应急测绘等主题，通过在地铁车厢张贴、悬挂宣传标语和图片等，使广大乘客深切感受测绘地理信息的重要作用，掌握测绘知识，积极维护国家版图和国家主权。

通过郑州地铁开设“测绘号”专列，河南创新宣传载体和形式，充分展示了河南省测绘地理信息事业取得的新成就，广泛宣传测绘地理信息对经济社会发展和国防建设的重要作用。近年来，河南测绘地理信息事业加快转型升级，测绘地理信息数据要素支撑和

保障能力不断增强。“河南一号”卫星遥感影像成功发射，影像成果高效服务自然资源管理和经济社会发展；“北斗三号”基准站高密度覆盖，为测绘基准支撑和北斗社会化服务奠定基础；实景三维河南建设加快推进，构筑了数字河南的技术底座；“天地图·河南”平台数据更新频度和推广应用力度不断加大，在线地理信息公共服务能力不断提升，高效保障政府部门及社会公众政务性、公益性地图需求。

中国测绘地理信息科学技术年会在郑州召开



10 月 15—17 日，2024 中国测绘地理信息科学技术年会暨第 12 届中国测绘地理信息技术装备博览会在郑州隆重举行。此次盛会吸引众多行业精英和专家学者齐聚一堂，共同探讨测绘地理信息领域的前沿技术和未来发展趋势。

10 月 16 日晚上开展的测绘之夜颁奖活动文艺演出由中国测绘学会主办、河南省测绘地理信息技术中心精心筹办，为与会者带来一场精彩纷呈的视听盛宴，生动展现了测绘人的卓越风貌与河南深厚的文化底蕴。

以“拥抱新质生产力，促进测绘地理信息高质量发展——泛在 融合 智能”为主题的技术装备博览会，全方位展示了测绘地理信息技术在保障经济建设、国防建设、社会发展和生态保护领域的深入应用。来自国内外 130 多家知名企业、事业单位及科研院所热情参与，展示了测绘地理信息行业的最新科技成果。

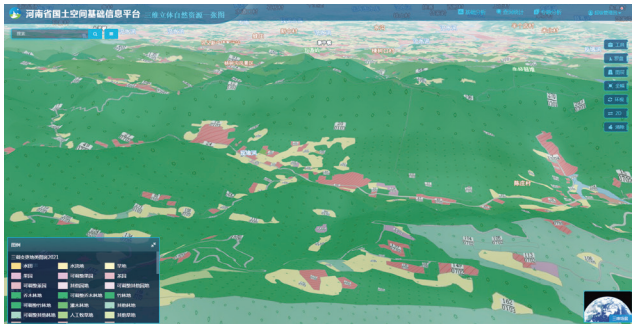
河南省测绘地理信息技术中心亮相博览会，展示了近年来在“支撑自然资源管理、服务生态文明建设，支撑各行业需求、服务经济社会发展”方面所做的贡献。自然资源部党组成员、副部长刘国洪，河南省自然资源厅党组书记、厅长陈治胜等领导莅临展区参观，听取中心关于“5G+ 天眼”在耕地保护方面的建设成果汇报。刘国洪副部长对河南在扛稳粮食安全重任方面所做的工作给予高度评价和肯定。

在河南省测绘地理信息技术中心展区，生动展现了中心五十多年来的历史沿革和发展历程，以及在测绘地理信息领域取得的显著成果。实物展示区还呈现了地灾模型、车载北斗设备、各类地图等实物，展示了测绘地理信息领域的前沿技术和应用成果。

升级完善河南省国土空间基础信息平台

截至 2024 年，河南省国土空间基础信息平台已经汇聚数据资源 11700 余项，其中省本级数据 1140 余项，市县数据 10560 余项，涵盖现状、规划管控、管理、社会经济 4 大类 38 小类 120 个三级类，为河南省自然资源厅 30 余个业务应用系统提供数据服务支持，日提供服务次数达 40 余万次。

按照《自然资源部信息化建设总体方案》《自然资源数字化治理能力提升总体方案》等文件精神，河南省自然资源厅在全国率先采用全国产化、自主可控的技术路线和省统建模式，历时三年搭建起全省统一的国土空间基础信息平台。



项目投入使用以来，河南省自然资源厅按照“统一标准、统一平台、统一门户”原则，根据现有不同业务系统的构架、部署环境等情况，通过接口对接方式，将全厅在用的 31 个信息化系统全部接入河南省国土空间基础信息平台，实现接入系统的业务数据向平台动态汇聚与在线共享，由过去单一系统数据分散管理，转变为基于平台的自然资源数据统一管理、统一对外共享，保障了全省自然资源数据的一致性、唯一性、权威性。

针对新建系统和在用系统，河南省自然资源厅坚持自主可控、安全可靠的原则，按照“分步实施、逐级替代”的思路，推进信息系统国产化适配升级改造，要求新建信息系统严格按照国产化技术标准和要求，基于国土空间基础信息平台开发建设，在用系统通过升级改造满足国产化适配要求。同时，加强对信息化项目立项、建设、验收程序监管，信息化项目原则上由河南省地理信息院等厅属技术单位承建，避免了信息化系统、核心数据等由外部企业具体掌握和管理的现象。

组建河南省工程系列测绘地理信息专业高级职称评审委员会

为适应新时代测绘地理信息事业对人才的新要求，进一步提升全省测绘地理信息专业技术人才队伍的整体水平，激励测绘地理信息人才成长，经河南省测绘地理信息技术中心党委研究，2024 年成功申请组建河南省工程系列测绘地理信息专业高级职称评审委员会（以下简称“高评委”），评审级别范围为副高级，评审专业范围为测绘地理信息专业，评审人员范围为全省测绘地理信息专业技术人员。

通过各单位推荐和自我推荐相结合的方式，经人事部门审核，选拔具有丰富经验和专业知识的专家组成评审委员会，并报河南省人力资源和社会保障厅备案；高评委下设评委会办公室，开展日常工作。同时，根据河南省测绘地理信息行业的实际情况和发展趋势，广泛征求业内专家意见，科学设置符合行业发展要求的评审子专业，制定科学、合理、公正的评审标准和程序，精准发现、识别人才，确保不低于现有评审标准，又具有行业特点。

按照国家和河南省相关政策法规，制定测绘地理信息专业高级职称评审方案，组织开展测绘地理信息专业高级职称评审工作。按照评审标准和程序，对申报人员进行全面、准确的评审，确保评审结果的公正性和准确性；对申报人员进行资格审查、业绩评估和综合评价，对评审结果进行公示，接受社会监督，维护评审工作的公正性和公平性。

2024 年 12 月，高评委高标准完成年度评审工作。此次评审，全省共有 219 人申报，通过资格审核的有 179 人，通过评审 108 人，通过率为 60.3%。组织河南省测绘地理信息技术中心所属单位开展优秀青年专业技术人才高级职称申报工作，1 名 35 岁以下专技人员通过评审取得正高级工程师任职资格。

河南元素再次闪耀太空

2024 年，“郑州航空港号”“中原 2 号”等 5 颗卫星发射升空，河南元素再次闪耀太空。

2024 年 5 月 20 日 11 时 6 分，“郑州航空港号”卫星搭乘长征二号丁运载火箭在太原卫星发射中心发射升空，卫星顺利进入预定轨道，发射任务获得圆满成功。该卫星具有高敏捷、高稳定、高精度等特点，可获取地面像元分辨率为全色 0.5 米、多光谱 2 米，优于 12 千米幅宽。该卫星投入使用后，与在轨运行的北京系列其他遥感卫星协同工作，进一步提升数据获取、智能观测和信息服务能力，长效服务实景三维中国建设，同时为自然资源、生态环保、农林水务、灾害应急等领域提供高分辨率遥感大数据产品和服务。

12 月 17 日 2 时 50 分，“中原 2 号”等 4 颗卫星搭载长征二号丁运载火箭在太原卫星发射中心发射升空，卫星顺利进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

这 4 颗卫星为“女娲星座”重要组成部分，均为 X 波段，采用太阳同步轨道，4 星同轨道面 90° 等相位编队，轨道高度约 522 千米，最高分辨率优于 0.3 米（实验模式），具备全天时全天候对地观测、高分辨率成像、

高精度形变监测、在轨智能处理等能力。

“中原 2 号”等 4 颗卫星发射组网后，“女娲星座”在轨卫星达到 12 颗，成为全国最大的商业雷达遥感星座，为我国洪涝灾害、突发涉水事件、河湖库水体及水利工程监测，以及为防灾减灾、自然资源监管、生态环境治理等领域，提供适时有效的数据、产品及服务支撑，将大幅提升我国雷达遥感领域的核心竞争力，也将对鹤壁市加快构建更加完善的商业航天产业体系、提供更高质量的卫星数据服务具有重要的推动作用。

河南卫星导航定位服务迈入“北斗三号”新时代

2024 年 12 月 31 日，河南省自然资源厅举办河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号差分信号启用仪式，标志着河南省卫星导航定位服务步入“北斗三号”新时代。

北斗卫星导航定位基准服务系统是现代测绘基准体系的核心基础设施。2018 年，河南省基于北斗二号卫星平台建设了导航定位基准服务系统，该系统由分

布全省的 246 个基准站和 1 个省级数据中心组成，运行数年来持续为河南省国土空间规划、测绘、应急、交通、水利、矿产、农业等行业提供高精度定位服务。

2020 年 7 月，我国北斗三号全球卫星导航系统建成。为确保全省基准站能全面接收北斗三号数据，河南省自然资源厅对此前卫星平台进行升级改造，使接收北斗卫星数量增加约 15 颗，单北斗系统卫星数达到 25 颗左右，多卫星系统卫星数达到 50 颗左右。系统升级后，可实现卫星锁定速度更快、系统解析时间更短、数据传输和服务网络延迟率更低、信号稳定性更强，可提供全天候 24 小时北斗服务。

河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号差分信号启用后，可全方位为用户提供实时厘米级、亚米级差分数据服务和静态毫米级差分解算服务，为数字河南建设打造统一的时空基底，同时进一步拓展了北斗应用场景，加快北斗卫星在自然资源、应急管理、森林防火、交通、智能驾驶等领域的深层次应用。

河南省两项省级自然资源科研项目通过验收

2024 年 12 月 25 日，河南省两项省级自然资源科研项目顺利通过河南省自然资源厅组织的专家组验收，为全省自然资源管理和生态文明建设提供了有力支撑。

其中，“河南省时空大数据支撑体系研究及应用”由河南省遥感院承担，是该院首个申报的省级自然资源科研项目。项目团队开展 3 个创新应用模型研究，配套完成模型研究报告，制定 3 项内部规范性文件，出台 1 项地方标准，编制项目研发成果报告，并通过科技查新，确保研究成果的创新性与实用性。项目研究成果已在智慧鹤壁时空大数据平台建设国家试点项目中成功示范应用，验证了可行性与有效性。此外，项目团队在核心期刊共发表 5 篇高质量论文，培养 26 名青年科技骨干及技术人员。评审会上，经专家组全面细致评估，项目在技术创新、实施成效及关键技术路径等方面表现突出，获得 93 分高分，达到国内先进科研水平。

“自然资源全要素调查技术方法与评价方法体系研究”由河南省地理信息院承担，聚焦河南省自然资源全要素调查，通过严谨的数据分析、前沿的技术研究和广泛的实地考察验证，在两大关键领域取得丰硕成果。一方面，构建了统一的自然资源全要素调查技术框架，为全省自然资源调查工作提供了标准化、规范化的操作指南；另一方面，创新性建立了适合河南的自然资源评价体系，从多个维度对省内自然资源状况进行科学评估。验收会上，专家组认真听取汇报、严格审查了项目资料，一致认为项目成果资料完整、规范，各项研究任务达到预期目标，具有较高的推广应用价值，同意通过验收。同时，专家建议进一步开展自然资源价值核算研究，为未来全民所有自然资源清查工作筑牢根基。

下一步，承办单位将以项目通过验收为契机，继续深化相关领域技术研究，进一步优化完善研究成果，积极探索拓宽应用领域，加速科技成果转化进程，为推动全省自然资源管理工作科学化、精细化，助力生态文明建设贡献更多测绘力量。（河南省测绘地理信息技术中心 吴梦迪 窦小楠）

郑州航空港召开实景三维建设与推广应用座谈会

1 月 14 日，郑州航空港经济综合实验区自然资源和规划局召开实景三维航空港建设与推广应用座谈会，围绕实景三维航空港建设背景、建设内容和省内外典型应用案例，深入研讨实景三维在航空港区的应用与发展方向。

会上，项目建设单位河南省遥感院对实景三维航空港项目的建设内容进行了详细汇报，同时针对上海、山东、深圳和西安等国内先进试点建设经验和应用案例作了具体演示介绍，并结合港区实际，开展应用远景分析。航空港区各委、办、局和指挥部相关部门负责人结合自身实际业务，对实景三维航空港建设和应用工作开展交流研讨，提出多方面建设意见和应用需求。

下一步，该局将认真梳理、紧密结合各单位提出的意见和应用需求，坚持“边建、边用、边提升”原则，围绕航空港区政府决策、产业招商、城市规划等重点工作，开展实景三维数据与自然资源业务管理数据、社会经济类数据的融合，为航空港区自然资源管理提供统一的时空数据基础底板，为港区经济社会高质量发展注入新的动力。（郑州航空港经济综合实验区自然资源和规划局 梁琰）

“天地图·濮阳”连续四年获评“五星级”节点

近日，“天地图·濮阳”在河南省自然资源厅组织的2024年地理信息公共服务平台市级节点综合评估工作中再次获评“五星级”节点。这是自2021年开展天地图市级节点评估工作以来，濮阳市连续4年荣获最高等次评价。

2024年，濮阳市自然资源和规划局将“天地图·濮阳”的更新运维列入年度重点工作并严格落实。一年来，共计更新矢量与地名地址数据11.12万条，更新目录子站目录并发布成果动态1次，公开提供专题地理信息2类、公益地图2幅，上报应用案例2起，发布测绘、地图及国家版图知识问答3期，先后对节点网站进行HTTPS、IPV6升级改造，健全市级节点安全防护体系，以保障平台的规范运行。

据介绍，“天地图·濮阳”有公众版和政务版，系统全面地提供了标准、便捷、丰富的基础地理信息数据服务和接口服务，满足用户在搭建自有业务系统时，对基础地图调用、专题数据融合以及GIS二次开发等应用功能的需求，有力提升了地理信息资源共享程度，提高了地理信息数据资源的社会参与度，在城市运行与管理中发挥了基础性支撑作用。

下一步，濮阳市自然资源和规划局将严格按照地理信息公共服务平台建设要求，进一步丰富“天地图·濮阳”数据资源，不断优化拓展平台服务功能，扩大地理信息数据资源开放共享范围，为政府和公众提供更加高效、全面的地理信息服务保障。（濮阳市自然资源和规划局 秦怡美）

郑房测绘公司高效完成省直青年人才公寓测绘任务

2024年12月21日，郑州郑房测绘有限责任公司（以下简称“郑房测绘公司”）圆满完成省直青年人才公寓金科苑项目测绘任务。

该项目包含99幢楼，建设用地390亩，规划建设3616套公寓，是省直人才项目规模最大的小区。面对紧急任务，郑房测绘公司党支部迅速行动，组建成立“党员突击队”，全员积极响应，主动请缨，迅速集结，奔赴测绘一线。

在项目实施中，测绘人员长时间在户外作业，双手在寒风中冻得几乎失去知觉，操作测量仪器的难度倍增；同时，建设施工现场尚未清理，测绘人员每走一步都充满艰辛。尽管如此，党员突击队凭借艰苦奋斗、无私奉献的精神和精湛的专业技能，一丝不苟开展工作，仅用3天时间便完成99幢楼，共计61.53万平方米的外业测绘任务。

廉洁监督员作为廉政监督体系的“神经末梢”，深入测绘一线，对项目进行全流程监督。他们积极与委托方沟通交流，及时解决服务中的难点和堵点，坚决杜绝“推、绕、拖”等不作为、慢作为现象，有力保障项目的顺利实施。即便面临资料不全、测绘环境恶劣等难题，党员突击队仍高质量、高效率完成任务，赢得委托方的高度认可。

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，主动投身人才公寓、安置房、“保交楼”等民生测绘项目，通过实实在在的行动，切实解决企业和百姓在测绘方面的困难，充分彰显测绘人的使命担当与家国情怀。（郑州郑房测绘有限责任公司 李娜）

巡天遥看 “豫”见星河

——河南卫星遥感助力测绘地理信息事业转型升级

◎ 张娜 王晓娜

航空航天遥感作为空间技术及应用的重要组成部分，是数字中国建设和数字经济发展的重要新型基础设施。近年来，在河南省自然资源厅、河南省测绘地理信息技术中心的领导下，河南省遥感院围绕河南省委、省政府关于卫星产业发展的决策部署，牵头组建河南省自然资源卫星应用技术中心，以推动“河南一号”应用为引领，发挥数据要素价值，创新技术服务模式，构建河南省卫星应用技术体系，全面提升河南省卫星遥感应用技术水平，助力测绘地理信息事业转型升级，有力支撑现代化河南建设。

发射“河南一号”卫星 夯实遥感数据基础

“这图斑都不准呀，你看看这地里都不是房子，还给我们下发，天天让我们白忙活。”自然资源乡所的基层人员在核查疑似乱占耕地建房图斑时抱怨道。

“最近风这么大，地里小麦都倒了，咱得尽快统计一下小麦的受灾面积。”“可是咱最近接收的影像没有覆盖这一块儿！”在河南省遭遇连续大风灾害后，河南省自然资源卫星应用技术中心工作人员发愁地说。

这样的场景还有很多。河南作为农业大省，耕地保护、粮食安全任务艰巨。但是河南省自然资源卫星应用技术中心常态化接收的自然资源陆地遥感卫星，仅能实现 2 米卫星影像一季度覆盖、亚米卫星影像半年覆盖一次。由于卫星影像分辨率低、获取频次少，出现下发违法图斑准确率低、卫星数据不够用等各类问题。

为解决全省遥感数据“不够用”问题，在河南省委、省政府决策部署下，2022 年，河南省自然资源厅与长光卫星技术股份有限公司合作发射“河南一号”卫星。双方采用“冠名 + 数据采购”合作方式，实现“低成本、零基础、高频次”卫星影像获取，在自然资源陆地遥感卫星基础上，协同“吉林一号”卫星星座，构建了“1+20+108”颗卫星对地观测格局，实现河南省全域亚米级高分辨率影像双月覆盖。

为夯实卫星数据应用基础，围绕“最后一公里”数据应用问题，河南省遥感院在接收卫星数据后，自动生产卫星遥感标准产品，满足初级用户数据需求；结合业务开展地物分类、变化检测、要素提取、作物解译等监测产品生产，满足行业监测需求；自主研发卫星应用云服务系统，提供影像查询、产品服务、需求统筹等服务，满足在线应用需求，并最终形成“数据处理自动化、定制产品业务化、数据应用平台化”模式，为充分发挥卫星遥感应用效能，支撑行业监管奠定了坚实基础。

出台统筹管理办法 推动数据开放共享

自“河南一号”发射以来，为避免数据淤积，充分发挥数据价值，解决数据“给谁用”的问题，2023 年，在多方共同努力下，河南省自然资源厅、省发展和改革委员会、省财政厅、省行政审批和政务信息管理局联合印发《河南省遥感影像成果应用统筹管理办法》，明确“全省遥感影像成果数据实行目录内统筹管理，列入遥感影像统筹目录的数据，由省级统一组织、统一标准、市县分级管理，按照统一获取（采购）、统一处理、统一质检、成果共享的方式进行统筹管理”。文件的出台极大地畅通了河南省遥感数据供应，推动了数据开放共享，自此，河南遥感数据成果迈入统筹管理时代。

河南省遥感院精心组织实施统筹工作，面向全省 47 个省直单位开展年度遥感影像需求调研，形成年度影像统筹目录，为广泛共享遥感影像成果、更好支撑全省行业应用奠定了坚实基础。

“马上要开始第四次农业普查了，国家要求全面推进基于遥感

技术的‘图数结合’普查方法，遥感数据咱从哪儿弄？”国家统计局河南调查总队的技术人员犯了难。“你看看这个文件，最近河南省自然资源厅跟好几个部门联合下发的，要实行全省影像统筹，我听说他们去年发射了‘河南一号’。前段时间，农科院都从他们那里拿数据了。”“那可太好了，赶紧跟他们联系……”

遥感影像统筹实施以来，有效缓解了各部门卫星数据匮乏的问题。据统计，2024年，河南省遥感院依据全省遥感影像统筹目录全力做好影像成果分发共享，已向17个省直单位、10个其他单位分发共享遥感影像成果62批次，数据量超过159.4TB，总覆盖面积达1404.12万平方千米，极大地满足了各行业对卫星遥感影像的需求，提升了遥感影像产品统筹保障水平，形成国产卫星数据产品在河南省行业深度融合应用新格局。

深化科技开放合作 打造遥感创新高地

为深入挖掘卫星遥感数据价值，河南省遥感院在科技创新上狠下功夫，持续深化科技开放合作，推动“河南一号”卫星遥感应用实现更大突破。

河南省遥感院联合许昌市鲲鹏人工智能计算有限公司、中国科学院空天信息创新研究院、华为技术有限公司等单位，聚合数据资源、处理算力、应用算法等各方优势，打造遥感数字经济研发与应用创新基地，为各行业卫星遥感应用提供技术支撑、算力支撑，使遥感应用从“数据服务”变为“信息服务”，真正构建面向用户的信息产品生产供给能力，解决数据“不好用”问题。

依托该服务模式，河南省遥感院充分发挥“河南一号”卫星“千里眼”作用，在耕地保护、生态修复、矿山监管、环境保护、农业保险、审计监督等10余个领域，形成近百个应用案例，行业应用成效明显。其中，“河南省全生命周期土地监测监管”入选首届全国数字化监管典型案例，“河南省主粮作物遥感监测及规模化应用案例”入选自然资源卫星创新应用案例，“河南省自然保护区动态遥感监测监管”入选河南省2023年度卫星应用典型案例、2023年河南省地理信息创新应用优秀案例。

“最近我们下发的图斑，错误的还多不多？”河南省遥感院技术人员在县区调研时问道。“一查一个准，俺们服气得很。这疑似图斑量下去了，俺们也不用白跑了。”经统计，依托“河南一号”开展的耕地卫片执法监测，图斑核实率达90%。凭借上述优异成绩，2023年河南省遥感院卫星遥感应用中心被评为全国自然资源系统先进集体。

创新合作服务模式 激活数据要素潜能

激活遥感数据要素潜能，既要在数据供给上下功夫，也要在提升数据规模和质量的基础上深挖数据用户和场景，推动数据资源向数据资产转变。为充分发挥卫星遥感要素保障作用，河南省遥感院持续创新合作模式，拓展用户群体，在传统政府用户的基础上，拓展企业用户、公众用户，挖掘卫星在各类群体中的支撑保障作用，解决“数据用户少”的问题。

一方面，河南省遥感院与中国移动等通信运营商合作，打造可复制、可推广的遥感应用复合产品，借助运营商自上而下完善的推广体系及庞大用户群体，强化卫星遥感应用。目前，河南省遥感院研发的“河南一号+5G”应用系统，融合“河南一号”卫星影像及覆盖全省的4万路“天眼”视频监控资源，通过高速5G-VPN网络向全省各级党政领导提供天地一体的掌上终端服务。

“这个矿山生态修复得怎么样？打开手机‘河南一号+5G’App就可以直观看到。”日前，正在给济源市自然资源和规划局安装软件的工程师介绍，“点击这个日新图，可以看到每周矿山修复进展，打开摄像头，它会自动定向，对准矿山，我们就可以看到矿山目前的施工状态。”“这个好，我拿着手机就可以随时随地了解进展了。”该局工作人员说。

另一方面，河南省遥感院与行业龙头公司合作，为行业基础平台提供常态化的卫星数据服务。目前，“河南一号”卫星影像服务除常态化接入河南省国土空间基础信息平台外，还服务“大宗商品现货交易平台”“蓝天卫士”智能管理平台、河南省“天眼”平台、高标准农田监测平台等10余个行业平台，形成常态化平台服务，为农产品交易、高标准农田管理等提供有力的数据支撑。

科技慧眼观寰宇，遥感助力展宏图。未来，河南省遥感院将持续推动“河南一号”卫星遥感创新应用，全面推进卫星遥感应用技术体系建设，着力提升卫星遥感数据、产品、标准等有效供给水平，积极推动遥感应用技术融合创新，构建遥感数字应用生态圈，为河南省经济社会高质量发展和生态环境高水平保护注入“星”动力。（作者单位：河南省遥感院）

长沙："低空慧眼"上阵 自然资源监测更智能

◎ 段 宁

2023 年 12 月，《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》出炉，明确要求加快数字赋能，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，健全天空地海一体化监测网络。2024 年 2 月，自然资源部印发《自然资源数字化治理能力提升总体方案》，要求探索低空无人机组网协同自主巡查监测，充分利用各地已建成的视频、野外观测设备、移动终端等物联感知设施和互联网大数据，提升规划实施、底线守护等实施动态监测能力，推动实现从人机识别到机器智能解译的转变。

长沙市统一谋划新技术驱动下的自然资源数智化场景建设，以低空视频物联为核心，创新融合 GIS、AI 检测、无人机、实景三维等智能技术，由长沙市自然资源和规划局组织长沙市规划信息服务中心研发"低空慧眼"技术系统，结合项目实践，在保障房、违法违章建筑、耕地保护、卫片执法核实等领域广泛应用，助推自然资源与规划监测预警业务场景从"人力模式"到"数智模式"转变，不断提升自然资源和国土空间治理能力的科学化、精细化、智能化水平。

深耕自然资源 攻关关键技术

为解决当前视频监测技术在自然资源和规划领域应用壁垒较高以及应用过程中"不报警、泛报警、误报警"等问题，"低空慧眼"系统着力攻关四大关键技术。

——视频地理空间化匹配模型优化。为解决传统视频画面无地理位置信息的问题，突破硬件壁垒，项目创新研究相机标定、PTZ 校正等视频空间化算法，实现视频与 GIS 图斑 360° 全方位动态、快速、精准匹配（每帧 0.05～0.2s，比传统 SIFT、ORB 匹配算法提升速度将近 20 倍；平均投影误差在米级以内），实现视频画面中自然资源和规划各类管控边界、GIS 图斑清晰可辨。

——视频 AI 智能检测技术优化。为解决传统视频无法对自然资源和规划监控目标物自动识别和预警问题，项目基于主流的深度学习算法框架，结合自然资源和规划业务需求，实现果木苗圃、工程机械、推填土、阳光房、雨阳棚等 10 余种 AI 检测目标模型，AI 识别准确率最高达 94% 以上，在自然资源和规划垂直领域的违法违章建筑行为、项目建设状态、耕地非农化非粮化等领域识别和预警效果显著，实现视频资源"不仅可看，更能自动预警"。

——视频地理电子围栏精准预警。为解决当前视频 AI 技术的泛报警、误报警问题（即对管控边界内外无差别泛预警），项目创新性融合了视频+GIS+AI 技术，实现在特定区域自动识别特定对象并预警，变泛报警为精准报警，减少误报线索 50% 左右，切实减少基层核实负担。

——视频 + 二维三维一体沉浸式感知技术。为解决传统视频画面与业务二维三维管理信息脱节、难以比对的问题，在视频 +AI+GIS 精准识别能力基础上，将视频流融合业务管理二维图形与实景三维模型，并通过图、数、属、像、模五位一体化进行呈现，实现对监测对象现场真实重现、多维感知、客观运算、及时预警。

聚焦监测预警 搭建数智化场景

面向自然资源和规划工作"促发展、守底线"的使命担当，聚焦保障房、违法违章建筑、耕地保护、执法督察等核心业务监测预警诉求，长沙市利用"低空慧眼"系统多项智能技术，驱动自然资源和规划监测预警业务场景数智化，提升自然资源和规划现代化治理能力。

保障房民生工程"无人智巡卫士"。保障房作为城市重要的民生工程，其建设进度关系着千家万户的安居问题。长沙利用"低空慧眼"系统的"无人智巡"功能，对保障房项目建设进度进行定期定点监测监管。无人机接收到任务后，自动规划路线，直达工地上空，通过视频画面、三维实景模型让业务人员不在现场也可以身临其境地随时掌握施工动态。结合 AI 智能检测技术，系统能自动识别推填土、挖掘机、工程机械等目标物，对到期"应开工未开工"的待建项目及时预警通报。对于在建项目，"无人智巡卫士"能结合三维建模技术，快速自动计算项目每栋建筑的建设高度，

并与规划建设高度进行对比分析，智能分析研判工程建设进度，并推送到智慧资规业务平台进行督办调度，保障每栋房子按时开竣工。

违法违章建筑“AI 自动识别慧眼”。传统的查违控违工作存在人工耗时耗力、核查不准、瞒报漏报、数据统计不清等问题。长沙市根据城市运行安全常态隐患查整机制要求，对目前全市违法违章建筑重点监测监管片区进行月度常态监测预警。业务人员借助“AI 自动识别慧眼”，基于反复深度学习，让无人机摄像头具有 AI 视频识别能力，在高频次的巡飞任务中自动检测“推填土、阳光房、雨阳棚、脚手架、光伏板、加层”等各类违法违章建筑行为，识别准确率可达 85% 以上且能实时统计数量；通过两期视频变化自动检测，识别增量违法违章行为，进行重点督办处置；通过视频 GIS 联动，迅速定位违法违章具体项目和楼栋位置，锁定潜在隐患，在线调取报建数据进行比对，让违法违章建筑无处遁形，做到“早发现、早制止、遏增量、清存量”，确实保障人民生命财产安全。

耕地保护“24 小时空中管家”。“低空慧眼”系统利用已建成的视频流资源，基于特征匹配的空间配准和矫正算法，实现视频画面实时匹配耕地 GIS 图斑，工作人员可以清楚知道视频中“耕地在哪里、管控要求如何”，解决了以前视频画面无法融合 GIS 管理数据的问题；同时集成基于深度学习模型优化，实现坑塘水面、推填土、工程机械、果树苗木等 10 余种典型非农化、非粮化目标 AI 智能检测，做到全天候、全方位、早发现、早制止“非农化、非粮化”行为，做好全市耕地的“24 小时空中管家”，牢牢守住耕地保护红线和粮食安全底线。

卫片执法探索“无人智核卫士”。卫片图斑核查在“人力模式”下存在人员缺、时间紧、核实难的问题，长沙市利用“低空慧眼”系统，在卫片核实工作中试点“无人智核”模式。对部、省下发的大量卫片线索，通过视频智能定位技术锁定卫片图斑地理位置，启动图斑周边固定视频流资源或者无人机定点智慧巡飞任务，结合“非农化、非粮化”AI 检测技术，业务人员不用跋山涉水到现场，通过高清视频画面，高效、准确判断该疑似卫片线索是否真正“非农化、非粮化”，大量节约外业成本，大幅提升核查效率，切实减少基层负担。

自然资源和规划治理能力的提升，离不开空天地网监测预警新技术的应用。“低空慧眼”以视频物联为核心，创新融合 GIS、AI 检测、无人机、实景三维等技术体系，实现从人防到技防、从抽象到具象、从模糊到精准、从主观到客观，在各类资源保护和开发利用活动监测预警中发挥着巨大的优势。下一步，长沙市将继续深入研究视频变化检测、视频追踪等技术，丰富 AI 智能识别对象，进一步拓展至国土空间规划实施、矿产开采、生态修复、土地拆迁、土地开发利用等领域。（作者单位：湖南省长沙市自然资源和规划局）

● 低空慧眼，视频 +GIS+AI+ 无人机 + 实景三维等多技术融合下的数智资规场景

新时代北斗产业的机遇与挑战

◎ 于贤成

当前，发展数字经济已成为全球新一轮科技革命和产业变革的重大战略选择。北斗系统提供的时空信息服务是数字经济的重要组成部分。随着我国数字经济的蓬勃发展，北斗所产生的精准时间空间数据价值越来越受到重视，北斗应用与产业化发展正迎来新机遇。

北斗产业发展的新成就

2023 年，我国卫星导航与位置服务产业总体产值达到 5362 亿元人民币，较 2022 年增长 7.09%。其中，核心产值同比增长 5.5%，达到 1611 亿元人民币；关联产值同比增长 7.79%，达到 3751 亿元人民币。截至 2023 年底，企事业单位数量已接近 2 万个，从业人员总数近百万人；在境内上市的业内相关企业总数为 90 家，上市公司涉及卫星导航与位置服务的相关产值约占全国总产值的 8.93%。

在北斗产业化方面，我国正不断地夯实北斗产品基础，拓展应用领域，完善产业生态，快速推进行业及大众的规模化应用，产业化进程不断深化，应用规模不断扩大。目前，北斗基础产品供应链稳定，性价比持续提升，已经实现了亿级量产规模，有力支撑了自主产业链和供应链的安全稳健发展。同时，国家正在积极推进研发北斗导航与低轨卫星、惯性导航、移动通信、视觉导航等多种技术手段融合的基础产品，增强应用弹性，提升应用体验。

在北斗市场化方面，相关管理部门坚持市场主导、企业主体、政府推动的原则，运用市场化手段，创新体制机制，让市场在推进北斗全面应用中发挥决定性作用。国家成立了民营经济发展局，鼓励民营企业参与北斗应用技术研发、产品研制、系统建设等，形成产业发展良性循环。在资金保障上，国家积极引导社会资本为北斗相关企业提供资金支持，2023 年北斗相关投融资总金额同比增长超过 16%。在知识产权上，截至 2023 年底，中国卫星导航专利申请累计总量已经突破了 11.9 万件，继续保持全球领先。在产品检测认证上，国内建立并实施了北斗基础产品认证检测制度。

在北斗国际化方面，北斗技术已进入10余个国际组织相关标准，北斗产品、技术和服务得到更多国际用户的认可，全球市场中的应用模式更加丰富，应用领域不断拓展。同时，国际交流合作也在持续推进，与多国搭建了合作交流平台，共享北斗建设发展成果，共同推动世界卫星导航领域的发展。通过“一带一路”倡议的推进，我国与巴基斯坦、阿联酋、沙特、南非、阿根廷等国家，以及阿拉伯信息通信技术组织、亚太空间合作组织、阿拉伯民航组织等开展务实合作，取得了良好成果。

在北斗标准化方面，2023 年共发布实施北斗相关国家标准 14 项、行业标准 36 项。截至 2023 年底，我国已累计发布实施北斗相关国家标准超过 110 项、行业标准近 190 项。

北斗产业发展的新特征新形势

目前，我国北斗产业发展呈现 4 个新特征。

一是北斗正在成为中国科技和文化融合发展的标杆。近年来，随着北斗规模应用的不断推进，北斗科普宣传及文创工作也在蓬勃发展，成为传承中华传统文化的一面旗帜。例如，近年出版发行的纪录片《北斗》、报告文学《中国北斗》、网络文学《只手摘星斗》，以及各式各样的北斗科普丛书、漫画、绘本等。

二是北斗应用有力促进农业强国建设。党的二十大报告提出，要加快建设农业强国，北斗系统正在从供给保障强、科技装备强、经营体系强、产业韧性强、竞争能力强等 5 个维度，为助推农业强国建设发挥着巨大作用。

三是时空大数据为行业智能化发展带来新机遇。通过北斗系统精确的时间和空间定位，再融合大数据和人工智能等技术，实现各行业系统的智能感知与处理，提升了行业整体的决策、调度和服务能力。

四是北斗系统得到国际社会越来越广泛的认可。截至2023年底，北斗系统已加入民航、海事、移动通信、搜救等国际标准化组织，多项支持北斗应用的国际标准相继发布，对北斗系统规模应用的国际化发展具有重要意义。

目前，我国北斗产业发展面临4个新形势。

一是发展综合PNT（定位、导航、授时）已成为未来竞争的新重心。经过云平台控制、多传感器的高度集成和多源数据融合，生成时空基准统一的，具有抗干扰、防欺骗、稳健可用、连续可靠的PNT服务信息已成为必然趋势。

二是时空信息助力数字经济高质量发展。在全社会数字化转型发展的今天，时空信息已成为重要的战略性信息资源和核心生产要素，被公认为新型信息基础设施，在数字经济高质量发展中发挥着不可或缺的重要作用。

三是“北斗+5G”逐步融合赋能智慧城市建设。“北斗+5G”成为推动城市智慧化转型升级，支撑经济社会数字化、网络化、智能化发展的关键新型基础设施。

四是北斗时空推动低空经济高质量发展。低空经济具有拉动区域经济新增长、拓展城市发展新空间、提供社会治理新手段、整合产业发展新要素等典型作用。作为新质生产力的重要代表，低空经济正成为各地聚焦的产业发展新赛道、经济增长新引擎。

北斗产业的前景展望

从发展趋势看，北斗卫星导航系统为发展数字经济、建设数字政府等提供有力技术支撑和保障，北斗产业融入数字经济已经成为必然趋势。北斗与数字经济最重要的契合点就是北斗所产生的时间空间数据，北斗提供的全天候精准时空数据为千行百业打造统一的时空数字底座。

一方面，北斗时空数据已经成为数字经济时代的新能源。与其他数据相结合，通过不断分析、挖掘、加工和运用，为国民经济社会发展提供新动能。数字经济中的多种智慧应用场景，为北斗应用提供了广阔市场，有力推动了北斗规模化应用进程。

另一方面，北斗时空数据能够满足数字化时代各类智能终端对精准时空信息的需求。通过大力推动“+北斗”应用，赋能传统行业，催生越来越多的数字化应用新场景，打造更多的智能化服务新产品、新模式，加速传统行业转型升级，促进数字经济健康发展。

随着宏观经济的复苏，各行业数字化转型和智能化升级对卫星导航设备及时空数据的需求进一步释放，国家也正在加快推进北斗优先应用和北斗产品国产化替代，为北斗时空信息应用与服务市场注入新的活力，产业整体经济效益呈现稳步回升态势。

从长远来看，市场对国产卫星导航基础器件等的需求量在持续扩大，随着北斗规模化应用的发展，未来以北斗的时空信息获取功能为基础，同时具备行业特色功能的各类终端设备将成为国内市场需求的主流。

在这种趋势下，预计产业核心产值仍将增长，但增速会呈现平稳下降态势，而通过系统集成应用和时空服务创新所形成的新产品和新业态，将逐步代替传统市场盈利模式，持续带动关联产值的较快增长，从而进一步推动产业总体经济效益提升。

当前，北斗规模应用已进入市场化、产业化、国际化发展的关键阶段，已经向综合PNT和时空服务产业生态圈衍进升级。未来与数字经济相结合，必将形成超万亿规模的巨大智能信息产业综合体。在国家“一带一路”倡议和国际国内双循环的大背景下，北斗产业正在进入高质量发展的黄金时期。我们应紧跟大势，把握住以北斗系统为核心、以时空信息服务为抓手的智能信息产业发展机遇，顺势而为，全面推动北斗产业发展迈上新台阶，实现高质量发展。

一是从市场化角度，应继续大力倡导和推动北斗优先。通过各方面政策扶持，鼓励北斗优先的产品占领市场，包括对北斗优先功能产品的检测评定、对信息应用安全的监管等。

二是从产业化角度，应坚持创新驱动和统筹协调发展。积极向国家有关部门建议加快基础设施建设，推进北斗应用领域的融合创新，发挥时空数据的赋能作用，实现北斗产业发展创新驱动。

三是从国际化角度，应积极鼓励企业走出去，拓展海外市场。创造条件让企业“搭车”海外重大工程项目，实现北斗走出去，拓宽海外投资渠道，支持国内北斗企业和北斗产品落地海外。

四是从大众应用角度，应加强北斗科普宣传，助推北斗大众应用。加强科普宣传，让更多国人了解北斗、热爱北斗、使用北斗，拓展北斗高精度定位在大众消费领域的应用场景，提升北斗应用普及程度。

（摘编自《中国测绘》杂志2024年第10期）

基于ENVINet5的生态保护区建筑物要素监测研究

倪娇娇

（南京国图信息产业有限公司，江苏 南京 210000）

摘　要：随着生态旅游区开发力度的加大，针对生态保护红线内建筑物变化情况进行常态化快速监测显得日益重要。以广东省某国家级生态公益林区部分生态保护红线区为研究区域，利用ENVINet5小样本学习建立深度学习模型机制，提取生态保护红线区地表建筑物遥感图斑信息，为房屋建筑物新增和拆除跟踪监测分析提供快速监测成果，提取结果总体精度达到88%，Kappa系数为0.82。研究结果表明，ENVINet5适用于快速监测生态保护红线区建筑物变化，为生态环境保护、林业相关部门提供决策分析依据。

关键词：生态保护红线区；深度学习；遥感监测；建筑物提取

1　引言

随着生态文明建设的不断推进，国家愈发重视生态保护红线区的治理工作。生态保护红线是指在特殊重要生态功能区、必须强制性严格保护区和生态环境敏感脆弱区等区域划定的严格管控边界，是生态功能保障基线、环境质量安全底线和自然资源利用上线，对维护生态系统格局、提高生态系统质量、规范人类活动等具有重要意义[1-3]。截至2018年10月，我国已有15个省（区、市）完成生态保护红线划定工作，如何快速开展全方位、多层次、全天候的生态保护红线监测工作成为政府和专家学者关注的重点[4]。史园莉等充分发挥卫星遥感、大数据、云计算等技术优势，建立涵盖监测预警、评估考核、日常监管、执法处置、追责惩罚的管控体系[5]；郑磊等利用ENVINet5深度学习架构克服标签较少的困难，通过语义学习进行塑料大棚提取和面积估算，总体精度和Kappa系数分别达到97.84%和0.81[6]；张鹏等利用北京二号高分辨率遥感影像开展了生态保护红线区地表覆盖精细分类与综合分析，设计了从数据预处理到面向对象分类的技术流程[7]。

以广东省某国家级生态公益林区部分生态保护红线区作为研究区域，基于遥感监测深度学习算法模型ENVINet5，将研究区域具有建筑物变化特征的遥感图像作为样本对模型进行训练，基于训练模型对验证影像内具有同样特征的疑似地表变化区域进行分割，得到类激活灰度图，并进行矢量输出得到初步成果，经优化处理获取快速监测图斑。监测研究成果可便于林业、生态环保等相关部门实时掌握林场现状及建设情况动态变化趋势，支撑生态保护红线区管理工作，促进林业资源开发和保护协同发展。

2　研究方法、数据及区域

2.1 ENVINet5模型

ENVINet5是ENVI基于全卷积神经网络U-Net开发的深度学习网络模型，U-Net最早用于解决医学影像中的细胞切割，后续被衍生到遥感影像分割中[8]，该模型的优点是网络结构简单，能够用小数量级的样本模型训练出较高准确率的效果[9]。研究所用的ENVINet5模型属于掩码和编码－解码（encoder-decoder）结构，可以对图像的单个像素进行4次相同卷积核的上下采样卷积分类，采用逆变换抽样统计方法，引入偏差机制，能够避免影像稀疏地物分布因切片选择而导致背景像素构成掩膜[10]。ENVINet5需要输入参数训练神经网络，图1通过模型的class weight和loss weight对具备高亮特征像素的切片完成参数控制。

基于ENVINet5模型，提取生态保护红线区建筑物信息，使用相同的训练集和测试集分别测试ENVINet5框架和人工提取方法在高分辨率遥感影像中的建筑物变化信息识别与提取。最后再对由计算机自主解译产生的分类结果进行处理，才能达到最终设想的分类效果，分类后处理主要包括更改类别颜色、众数分析、小斑点处理[11]，研究技术路线如图2所示。

2.2 研究区域和数据源

选取广东省某国家级生态公益林区部分生态保护红线区作为研究区域，面积为10.4km^2。收集的数据包

作者简介：倪娇娇（1987—），女，汉族，本科，测绘工程师，主要从事GIS和遥感应用工作。

括研究区 2021 年 1 月至 9 月的高分二号高分辨率国产卫星遥感影像数据，以及谷歌影像底图等基础地理信息数据和金子山林场生态保护红线区内房屋登记范围线等相关资料。

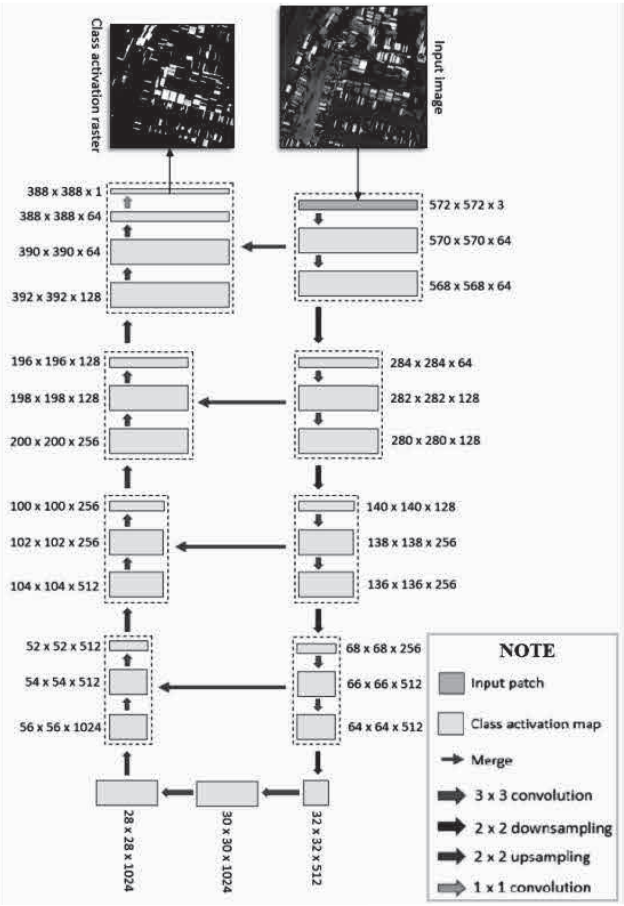


图1　ENVINet5架构

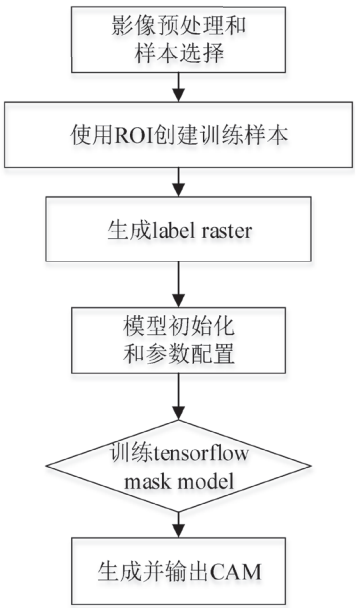


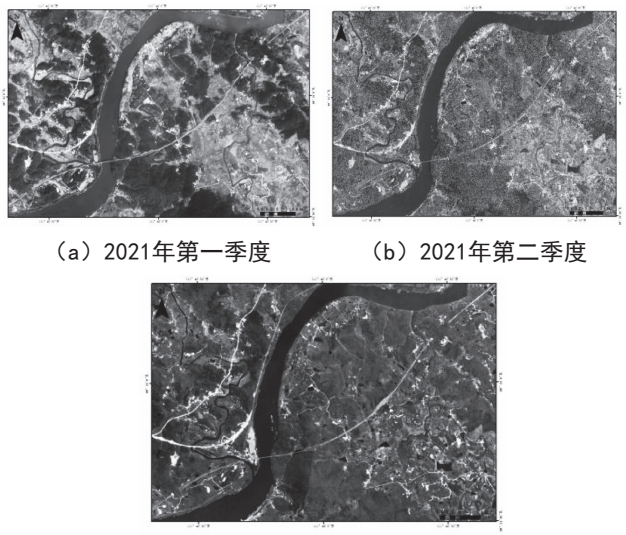
图2　技术路线

3　变化监测提取分析

3.1 数据预处理和资料整理

3.1.1 卫星影像数据预处理

光学卫星影像数据预处理包括数据质量检查、几何校正、辐射定标、大气校正、影像融合等环节。通过上述处理，研究获取 2021 年第一至第三季度时间尺度的时序卫星影像成果，如图 3 所示。



（a）2021年第一季度　（b）2021年第二季度

（c）2021年第三季度

图3　卫星影像成果

对收集国家级生态公益林区生态保护红线区数据资料进行分类，并逐一登记，填写元数据属性项内容。根据相关监测规范要求，统一进行数据格式转换、数据坐标转换和属性标准化等处理，形成开展监测工作的数字化成果资料，研究所用的基础资料整理流程和生态保护红线区范围如图 4 和图 5 所示。

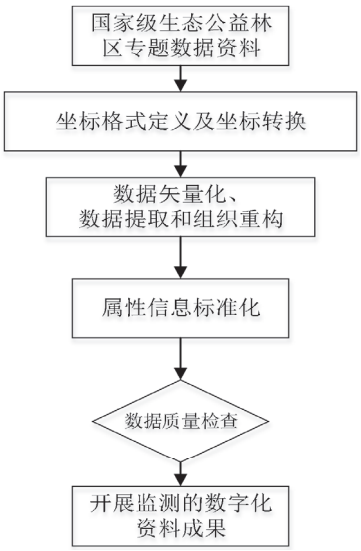


图4　基础资料整理流程

图5　生态保护红线区范围

3.1.2 样本采集和处理

标签图像是模型训练的基础样本，研究利用GIS软件对卫星遥感影像进行掩膜裁剪，截取含有建筑物的影像块作为训练样本区，为后续模型训练和验证提供样本参考，研究共计采集训练样本8721个。

首先利用二维特征样本数据ROI与训练区影像融合，生成标签栅格图像（LabelRaster），如图6所示。标签栅格为RGB（掩膜波段/band1/band2）图像，含训练区影像的原始波段和掩膜波段，掩膜波段DN值为1，代表二维特征目标，DN值为0则代表背景，重点典型地物样本如表1所示。

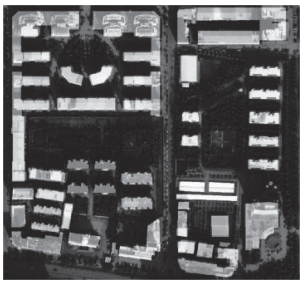
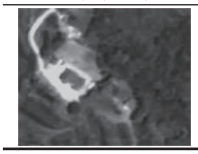


图6　标签栅格

表1　重点典型地物样本

前时相（2021年第一季度）	后时相（2021年第三季度）	变化特征
		疑似建房：通过前后时相对比，范围内存在新建房屋和相关施工痕迹，对比可分析出图中有建房图斑

3.2 建筑物变化监测

3.2.1 模型初始化

模型初始化包括预设模型结构、patch size、波段数等，需对传入训练网络的图片进行切片，patch size大小取决于GPU性能，默认按照Graphics Memory：8G对应的patch size：564预设模型参数[12]。ENVINet5有5个级别levels和27个卷积层layers，每级别代表不同的像素分辨率，切片大小为564×564（3波段），每层将一个类激活灰度图（CAM）输出转换为掩膜文件，与LabelRaster的掩膜波段进行对比。为得到较好的模型训练效果，并兼顾精度和时效性，epochs和单epochs切片数目取决于样本数据集的多样性。

3.2.2 模型训练与提取结果

对标签栅格进行参数配置和模型训练，通过模型初始化体系结构、切片大小、波段数、迭代次数、每次迭代训练的切片数及切片采样比率等参数，为稀疏训练集设置class weight最大值，有效范围在0到6之间；后者重在识别特征像素，该参数用于特征目标稀疏分布的影像，增加参数值可使损失函数偏向于寻找特征像素，有效值在0到3.0之间[13]。除了特征和背景像素权重，训练同样要考虑特征大小和边缘，通过solid distance扩展多边形特征的大小，将blur distance调整为最大值，使其在训练中聚焦于特征。选择合适的参数配置对于提取过程有重要影响，通过多次试验，利用控制变量法逐个调整参数范围，并对提取效果进行对比，最终确定的参数配置如表2所示。

表2　参数配置

参数	数值
Patch Size	564
Number of Epoch	26
Number of Patches per Epoch	350
Number of Patches per Batch	22
Patch Sampling Rate	6
Solid Distance	空
Blur Distance	Min：1，Max：6

将标签栅格图像传递给模型反复训练，模型将标签样本的光谱和几何信息转化为类激活栅格，与标签栅格的掩膜波段进行对比，通过损失函数relu得到随机预测误差位置，通过调整类权重参数来削弱误差，用于优化进程准确性，最后重新将标签传递回去。通过反复训练，利用TensorFLow Mask Classification识别其余栅格部分，最后生成CAM。通过模型提取的建筑物成果像素值为0～1，其大小代表每个像元属于建筑物的可能性，值越大说明像元属于建筑物特征的可能性越大。在对影像进行密度分割时，标定值为0.8～1的像素代表建筑物，通过密度分割等手段生成矢量建筑物提取图斑，部分成果如图7所示。

3.3 监测效果分析

混淆矩阵精度评价是对分类成果进行精度验证的计算方法，通过选取验证点、提取分类属性至验证点、

基于数据透视表制作混淆矩阵及精度评定参数计算等环节，评估 ENVINet5 模型的分类精度。以生态保护红线区建筑审批数据库中的房屋实地测量图斑为真值基准数据，通过 ENVI 混淆矩阵计算工具选取 117 处验证点，共计 245 个建筑物图斑，通过属性挂接和混淆矩阵计算，得出成果总体精度为 88%，Kappa 系数为 0.82，部分区域提取成果与房屋实地测量图斑真值成果对比如图 8 所示。通过分析发现，错分漏分原因是某些房屋低矮导致树冠遮掩部分屋顶面积，图上呈现绿色和蓝色混合状态，难以与纯屋顶进行区分。由于树冠遮掩部分屋顶的混合体性质与森林相似，提取工作受到干扰，该部分通过人工筛查得以区分。

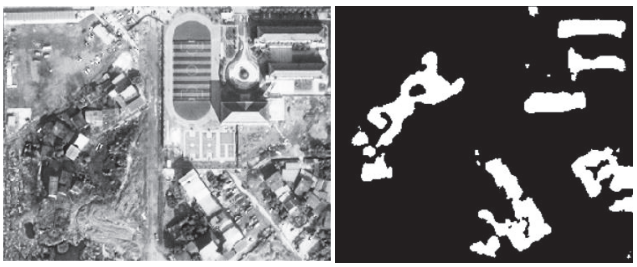


图7　局部区域建筑物信息提取

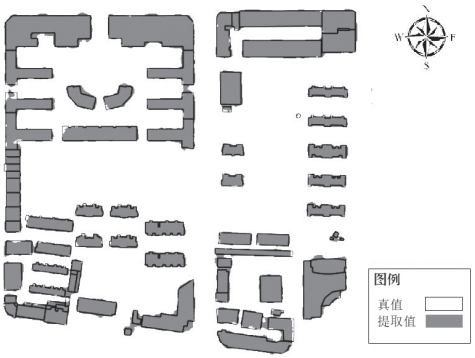


图8　提取值与真值对比

通过目视解译在地物解译标志中寻找对应关系，并根据遥感图像的影像特征来推论地表物体的变化信息[9,10]。研究重点针对林场生态保护红线区新增建筑物特征，通过人工解译判读疑似变化图斑。从提取效率分析来看，提取工作需少量人工干预，基于 ENVINet5 的小样本深度学习模型对研究区的提取效率较人工筛查大为提升，减少大量人工判读产生的误读、漏判等现象。根据数据统计分析，利用小样本学习机制的 ENVINet5 模型，每次对以森林和草地为主的生态保护红线区进行一次全覆盖新增建筑物自动检测和少量人工优化需要 5 小时，通过人工判读对生态保护红线区进行全覆盖监测则需要 22 个小时，数据表明，研究方法相较于传统监测手段更具有时效性和可用性。

4　结语

对深度学习和遥感监测技术融合进行研究探讨，利用 ENVINet5 算法模型具有结构简化、无需顾及正负样本均衡性等特点，对广东省某国家级生态公益林区的生态保护红线区遥感影像进行建筑物变化信息提取，快速得到建筑物面积与分布情况，从而对生态保护红线区建筑物变化进行快速监测分析，与传统人工监测手段相比，研究方法具有时效性强、自动化程度高、人工干预低等优点。结果表明，在基于小样本标签的前提下，研究总体精度结果为 88%，Kappa 系数为 0.82，分类结果可为生态保护红线区的快速监测工作提供有效数据支撑。

参考文献

[1] 林勇,樊景凤,温泉,等.生态红线划分的理论和技术[J].生态学报,2016,36(5):1244-1252.

[2] 王桥,侯鹏,蔡明勇,等.国家生态保护红线监管业务体系的构建思路[J].环境保护,2017,45(23):22-25.

[3] 我国近半省份已完成生态保护红线划定工作[J].现代城市研究,2018(11):132.

[4] 高吉喜.论生态保护红线划定与保护[C]//.2014中国环境科学学会学术年会(第三章).2014:1221-1225.

[5] 史园莉,毕晓玲,王丽霞,等.遥感大数据助力国家生态保护红线监管[J].中华环境,2019(9):24-27.

[6] 郑磊,何直蒙,丁海勇.基于ENVINet5的高分辨率遥感影像稀疏塑料大棚提取研究[J].遥感技术与应用,2021,36(4):908-915.

[7] 张鹏,林聪,杜培军,等.南京市生态红线区高分辨率遥感精准监测方法与应用[J].国土资源遥感,2020,32(3):157-164.

[8] Ronneberger O,Fischer P,Brox T,et al.U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation[J].Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention,2015:234-241.

[9] 程乾,陈金凤.基于高分1号杭州湾南岸滨海陆地土地覆盖信息提取方法研究[J].自然资源学报,2015,30(2):350-360.

[10] Kussul N,Lavreniuk M,Skakun S,et al.Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data[J].IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,2017(99):1-5.

[11] 薛星宇,刘红玉.基于ALOS影像的盐城海滨湿地遥感信息分类方法研究[J].遥感技术与应用,2012,27(2):248-255.

[12] 侯鹏,王桥,杨旻,等.生态保护红线成效评估框架与指标方法[J].地理研究,2018,37(10):1927-1937.

[13] Chen L C,Papandreou G,Kokkinos I,et al.DeepLab:semantic image segmentation with deep convolutional Nets,atrous convolution,and fully connected CRFs[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2016,40(4):834-848.

基于uni-app的GIS应用开发探索

郭佳　李茜楠　阚俊峰　刘玉萍

（河南省遥感院，河南 郑州 450003）

摘　要：研究深入探讨了利用 uni-app 框架结合地理信息系统（GIS）技术进行应用开发的技术细节，特别是 renderjs 数据通信机制与 ArcGIS API 的集成应用。通过详细分析技术原理、实现步骤及实际案例，展示了如何在 uni-app 中高效实现功能丰富、性能优越的 GIS 应用，为开发高效、稳定的移动 GIS 应用提供了技术参考。

关键词：uni-app；GIS 应用；renderjs；ArcGIS API

1　引言

地理信息系统（GIS）技术作为现代信息技术的重要组成部分，已广泛应用于自然资源管理、环境保护、城市规划、灾害防治等多个领域。近年来，随着智能手机和平板电脑的普及，移动 GIS 应用的需求日益增长，GIS 技术逐渐渗透到移动应用中，使得用户能够在户外或移动场景下访问、收集、分析和展示地理信息。

uni-app 作为一款使用 Vue.js 开发前端应用的框架，具有开发效率高、跨平台兼容性好等特点，成为移动 GIS 应用开发的重要选择[1]。同时，renderjs 作为 uni-app 的一个特色功能，通过直接在视图层操作文档对象模型（DOM），显著提升了应用的性能和流畅度。本文结合 ArcGIS API，探讨在 uni-app 框架下如何高效开发 GIS 应用。

2　uni-app 框架概述

uni-app 是一款跨平台的开发框架，可以同时适配多个平台，包括 Android 系统、ios 系统、HTML5、小程序等，通过统一的语法和组件库，可以极大地提高开发效率和代码复用率，降低了跨平台开发的复杂度[2]。uni-app 提供了丰富的组件库和应用程序编程接口（API），支持条件编译，可以根据不同平台编写特定代码，确保应用在不同平台上的表现和功能都能得到优化，从而满足多样化的用户需求。

在 GIS 应用的开发中，uni-app 的跨平台特性尤为重要。传统的 GIS 应用开发往往需要针对不同操作系统编写不同的代码，而 uni-app 则可以通过一套代码同时支持多个平台，大大降低了开发成本和维护难度。同时，uni-app 提供的丰富组件和 API 也为 GIS 应用的开发提供了有力支持，如地图控件、定位服务等。

3　renderjs 数据通信机制

renderjs 是 uni-app 框架中一个运行在视图层的 JavaScript 环境，允许开发者在视图层直接操作 DOM 和执行复杂的 JavaScript 代码，提高视图层与逻辑层之间的通信效率。地图渲染和交互是 GIS 应用的核心功能之一，利用 renderjs，开发者可在视图层直接加载 GIS 相关的 JavaScript 库（如 ArcGIS API），并进行地图渲染和交互操作，这减少了逻辑层与视图层之间的通信次数，提高了应用的响应速度和性能。

4　ArcGIS API 在 uni-app 中的应用

ArcGIS API for JavaScript 是 Esri 根据 JavaScript 技术实现快速创建交互式 Web GIS 应用的轻量级解决方案[3]，是用于在 Web 应用中嵌入地图和地理空间功能的 JavaScript 库。它基于 HTML5 和 JavaScript 技术，提供丰富的地图渲染、交互、分析等功能接口，支持底图加载、图层控制、地图交互等功能。结合 uni-app 和 ArcGIS API 用户界面（UI）组件库，定制符合应用需求的界面元素，如地图控件、信息窗口、图例等。

5　技术架构

技术架构是指导 GIS 应用开发的基础框架，定义了系统的层次结构、组件划分及各组件之间的交互方式。基于 uni-app 的 GIS 应用技术架构主要包括视图层、业务逻辑层和数据服务层，具体如图 1 所示。

5.1 视图层

在基于 uni-app 的 GIS 应用技术架构中，视图层扮演着与用户直接交互的重要角色，负责展示地图界面、用户交互元素以及处理用户的输入和输出。

（1）视图层组成

作者简介：郭佳（1988—），男，汉族，硕士研究生，工程师，主要从事地理信息系统开发工作。

①地图容器：为用户提供地理位置的视觉表示，让用户直观了解当前位置、图层信息等。②用户控件：通常由uni-app提供的基础组件或开发者自定义的组件构成，通过绑定数据、监听事件等方式与应用的逻辑层进行交互，实现数据的动态展示和更新。③交互元素：包括用于地图操作的工具，如缩放工具、测量工具等，以及地图中的标记点和信息弹窗。

（2）视图层的作用

①视图渲染：利用uni-app提供的页面和组件系统，构建GIS应用的用户界面。② ArcGIS API集成：在视图层通过renderjs加载ArcGIS的JavaScript库，通过npm下载esri-loader使用loadModules方式引入ArcGIS API，并初始化地图对象。

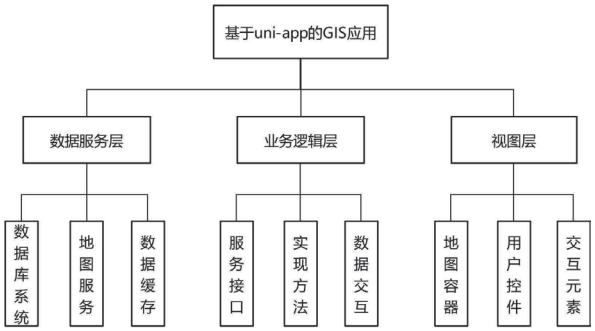


图1　技术架构

5.2 业务逻辑层

在基于uni-app的GIS应用中，业务逻辑层管理与地图数据、用户操作、后端服务等相关的业务逻辑。

（1）业务逻辑层组成

①服务接口：业务逻辑层定义了一组服务接口，及应用程序可执行的业务操作。在GIS应用中，服务接口有地图服务、空间分析服务、用户服务等。②实现方法：对于每个服务接口，业务逻辑层均提供相应的实现方法，用于处理用户请求和数据。③数据交互：业务逻辑层通过数据访问层与数据库或其他数据源进行交互，获取或更新数据。在GIS应用中，数据访问层负责与地图数据库、空间数据库等进行交互。

（2）业务逻辑层的作用

①业务规则处理：业务规则定义应用程序如何根据用户输入、系统状态和其他条件来执行操作，从数据服务层接收地图数据、空间数据等，并进行解析处理。根据需求实现空间查询、空间分析、路径规划等GIS业务逻辑。②逻辑层与视图层交互：视图层的DOM元素或组件可绑定自定义事件，并通过renderjs的this.$ownerInstance.call Method()调用逻辑层的方法传递数据。逻辑层通过修改数据，触发视图层更新。

5.3 数据服务层

在基于uni-app的GIS应用技术架构中，数据服务层主要负责处理、管理和提供GIS应用所需的数据资源。

（1）数据服务层组成

①数据库系统：是地理信息数据存储和管理的基础平台，用于存储管理结构化数据，如地理实体的属性信息。②地图服务：提供地图数据的发布和访问服务，如ArcGIS Server、GeoServer等，支持地图渲染、切片、缓存等功能，提高地图的加载速度和性能。

（2）数据服务层的功能

①数据访问控制：实现用户认证和授权机制，确保只有合法用户才能访问数据；根据用户角色和权限，控制对数据的访问范围和操作权限。②数据查询与分析：提供丰富的查询接口和分析工具，支持用户根据需求进行数据检索和分析；支持空间查询、属性查询、联合查询等多种方式。③数据更新与维护：定期对数据进行更新和维护，确保数据的准确性和时效性；提供数据备份和恢复机制，防止数据丢失和损坏。

6　实际应用案例

以天地图·郑州App为例，探讨基于uni-app的GIS应用开发。天地图·郑州App是一个融合现代移动开发技术与地理信息处理能力的移动应用软件，旨在为移动端用户提供更为便捷的地理信息公共服务，让用户可以随时查看地图及各类专题图。

6.1 系统架构设计

该应用需要展示城市的基础地理信息、民俗风情数据、自然资源数据、文化教育数据等。系统层次包括视图层、逻辑层和数据服务层。这种分层设计有助于系统的模块化、可扩展性和可维护性。视图层通过renderjs加载ArcGIS API实现地图渲染和交互；逻辑层负责处理来自后端的数据，并将其转换为地图上的可视化元素；数据服务层则负责存储和管理GIS数据，包括地图数据、空间数据、属性数据等。

6.2 地图渲染与交互

在GIS应用中，地图渲染是基础且关键的功能。通过ArcGIS API，可以在uni-app中实现多种地图底图的加载，如影像图、矢量图等，以满足用户的不同需求。同时，利用ArcGIS API提供的丰富图层和符号系统，可以在地图上叠加展示各类专题图层，如全景点、

学校、水库、人防点等。

（1）地图展示

在 uni-app 的页面组件中，可以定义一个地图容器，并通过 renderjs 引入 ArcGIS API 来初始化地图。通过 MapView 设置地图的容器、中心点、缩放级别等属性，实现地图加载和显示，支持多种底图切换。关键伪代码如下所示：

```
模块定义 myMapViews（作为 renderjs 代码块）
从‘esri-loader’引入‘loadModules’
组件 mapcomp{
// 组件的数据
数据 {
        地图对象：map
        地图容器：mapview
    }
// 组件的方法
方法创建地图 createMapview(){
// 引入 ArcGIS API
    设置 ArcGIS JS API 的加载选项 options 为：
    {
        url:‘ArcGIS JS API 的 CDN URL’
        css:‘ArcGIS 主题的 css 文件 CDN URL’
    }
    调用 loadModules 函数，传入要加载的模块
数组 [Map,MapView,Basemap]，并处理结果
    }
}
```

（2）图层管理

在 uni-app 中，可通过调用 ArcGIS API 的图层管理方法，根据用户请求或数据更新动态添加或移除图层。例如，当用户选择查看学校时，可动态加载学校图层；当用户选择查看全景数据时，可加载相应的全景点图层。

（3）交互功能

在 uni-app 中，可利用 ArcGIS API 提供的交互功能提升用户体验。例如，通过监听地图的点击事件，实现点击查询功能，当用户点击地图上某个位置时，可显示该位置的相关信息，跳转导航软件进行导航。

6.3 数据处理与展示

在该应用中，数据处理与展示是核心功能之一，需要从后端获取各种地理空间数据，并将其转换为地图上的可视化元素。

（1）数据获取

在 uni-app 中，可使用 HTTP 请求（如 uni.request）从后端服务器获取地理空间数据。这些数据通常以 JSON 或 GeoJSON 等格式提供，包含地理空间信息的坐标、属性等信息。

（2）数据处理

获取数据后，需对其进行处理，以便在地图上正确展示，包括解析 JSON 或 GeoJSON 数据，提取地理空间信息的坐标和属性，并将其转换为 ArcGIS API 可识别的格式（如 FeatureCollection）。通过 ArcGIS API 的空间分析功能（如距离测量、面积测量等），帮助用户做出基于位置的决策。

（3）数据展示

通过创建 FeatureLayer 或 GraphicsLayer 图层，将处理后的数据作为图层数据源，以图形化方式将地理空间信息展示给用户。同时，还可以利用 ArcGIS API 的样式和符号系统对图层进行美化，使其更加符合用户的审美需求。

（4）数据查询

用户可以通过输入关键词、选择查询类型等方式来查询地理信息。用户输入关键词、选择查询类型（如餐饮、公园、公厕等），应用会在地图上标出该类别的所有地理信息，并展示相关信息列表。其中，POI 查询功能的关键伪代码如下：

```
// 生成一个随机的 t 值
this.tk = this.random(config.tk)
// 创建一个空数组用于存储搜索结果
var searchResults = []
// 构建请求的 URL，包含查询参数等信息
// 使用 $.getJSON 发起一个 GET 请求获取 JSON 数据
$.getJSON(url, function(result){
// 遍历请求结果返回的 pois 数组中的每个元素
// 根据得到的经纬度创建一个新的 Point 对象
const point=new this.Point({ longitude: longitude, latitude: latitude, spatialReference: this.spatialReference })
// 将当前地点的相关信息（标题和几何坐标点）添加到搜索结果数组中
searchResults.push({title:result.pois[p].name,geometry:point } ) } }
```

（下转第 32 页）

“十四五”1∶1万数字线划地图增量更新分析研究

王淑怡

（江苏省测绘工程院，江苏 南京 210019）

摘　要：“十四五”以来，各方对1∶1万数字线划地图增量更新进行了探索与实践。结合江苏省基础测绘1∶1万数字线划地图生产工作的实际情况与要求，利用相关地图数据介绍“十四五”期间1∶1万数字线划地图的增量更新处理方法，从提取规则、数据分析和成果应用等方面加以总结，阐述增量更新技术在确保数据库质量的基础上，提高工作效率，更好地提升基础测绘服务水平，为中国式现代化建设提供强有力支撑。

关键词：数字线划地图；增量更新技术；提取规则；数据分析；成果应用

1　引言

1∶1万数字线划地图是一种地理信息矢量数据集，通过点、线、面或特定的图形符号展示地形要素，保存各要素之间的空间关系和属性信息[1]。随着高质量发展的推进，新型基础测绘工作不断发展，以满足政府部门、企事业单位和社会公众日趋多样化的需求。作为省级基础测绘的重要内容，目前1∶1万数字线划地图采用增量更新技术，为江苏“十四五”基础测绘工作打下良好基础。采用增量更新方式进行基础测绘生产，能更好地适应当下生产环境，提升数据的时效性、准确性以及数据生产更新效率，解决数据生产更新的连贯性问题，实现基础地理信息常态化更新[2]。

增量更新是为解决地理信息数据在历次更新中缺乏动态追踪问题而提出的，与全要素更新相比，更为切实有效，可提高生产效率[3]。通过利用江苏省1∶1万数字线划地图相关生产数据，介绍增量更新的提取方法、技术流程，对增量结果进行分析研究，验证增量更新在数字线划地图生产中的重要意义。

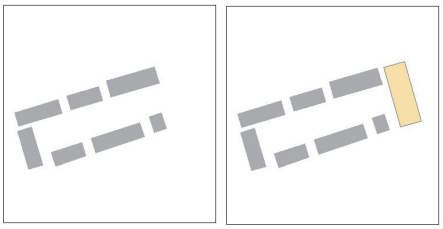
2　增量更新

2.1 提取规则

为了对地理要素进行唯一性身份标识和状态控制，本底数据采用复合编码方式，增加FGUID、CGUID、VERS、FEAID、DATE、STACOD字段[3]。其中，FGUID表示省级范围唯一标识码；CGUID表示任务区范围唯一标识码；VERS和FEAID分别表示版本标志和数据库标识，记录数据更新状态；DATE表示现势性，根据实际情况填写数据更新时间；STACOD表示更新状态标志，根据更新状态填写“增加/删除/修改”。下面对STACOD的几种情况进行详细说明。

2.1.1 增加

本底数据中不存在，而是存在于更新数据库的几何要素，属于新增要素，STACOD为“增加”，CGUID和FGUID为空，面状要素新增示例如图1所示。

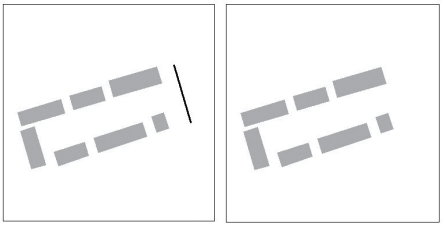


（a）新增前　　（b）新增后

图1　增加型变化示例

2.1.2 删除

本底数据中存在的几何要素整体消失，属删除要素，删除要素的STACOD为“删除”，CGUID和FGUID维持本底值，不做处理，线状要素删除示例如图2所示。



（a）灭失前　　（b）灭失后

图2　灭失型变化示例

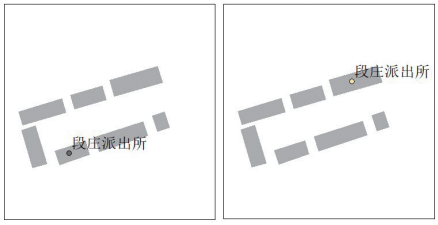
2.1.3 修改

本底数据中存在的几何要素，其坐标位置、形状或属性发生变化，属于修改要素，修改要素的STACOD为“修改”，CGUID和FGUID维持本底值，不做处理，具体包括以下几种情况：

（1）伸缩移位。几何要素的坐标位置发生变化而

作者简介：王淑怡（1996—），女，汉族，本科，助理工程师，主要从事测绘地理信息工作。

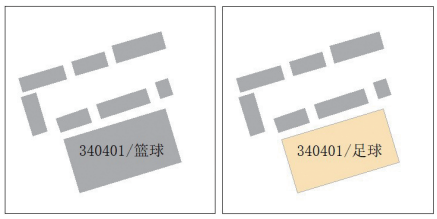
导致伸缩或移位，属于修改要素，STACOD 为“修改”，CGUID 和 FGUID 维持本底值，点状要素位移如图 3 所示。



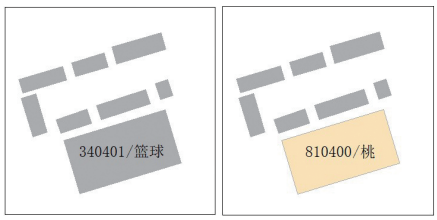
（a）位移前　　（b）位移后

图3　修改型变化示例一

（2）属性变化。属性变化有两种情况：① GB 或其他属性变化，但是其未换层。几何要素属于修改要素，STACOD 为“修改”，CGUID 和 FGUID 维持本底值。② 几何要素 GB 属性变化，导致其换层。本底要素属于删除要素，STACOD 为“删除”，CGUID 和 FGUID 维持本底值，换层后要素属于增加要素，STACOD 为“增加”，CGUID 和 FGUID 为空，具体示例如图 4 所示。



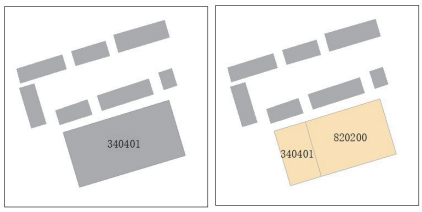
（a）属性变化：要素未换层



（b）属性变化：要素换层

图4　修改型变化示例二

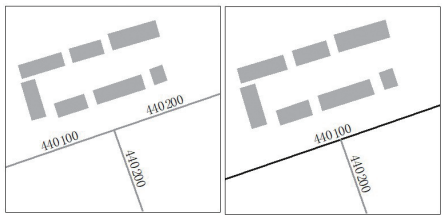
（3）分割。线状或面状要素分割为两个或多个要素时，主要要素的 STACOD 为“修改”，CGUID 和 FGUID 维持本底值，其余要素的 STACOD 为“增加”，CGUID 和 FGUID 为空，要素分割示例如图 5 所示。



（a）分割前　　（b）分割后

图5　修改型变化示例三

（4）合并。两个或多个要素合并为一个线状或面状要素时（优先合并到面积较大或长度较长的要素中），合并后的要素 STACOD 为“修改”，CGUID 和 FGUID 维持本底值（优先继承面积较大或长度较长的要素属性），其余要素的 STACOD 为“删除”，CGUID 和 FGUID 维持本底值，具体示例如图 6 所示。



（a）合并前　　（b）合并后

图6　修改型变化示例四

2.2 技术流程

1∶1 万数字线划地图数据成果有 31 个图层（定位基础、境界与政区由建库部门统一更新），采用“变化驱动更新”方式，将历史数据与最新影像进行对比，识别变化区域，依据变化范围采集最新要素信息，数据更新并检核完成后，由增量提取软件遵循上述规则，将本底数据和本年度更新数据叠加，逐图层、逐要素开展增量比对与提取，填写要素更新状态标识（STACOD）及属性，提取 STACOD 为“增加 / 修改 / 删除”的要素，生成增量包。经质保和质检部门检核合格后，将增量包成果入库，形成增量数据库，数据格式为 ESRI 的 File Geodatabase，作为本年度全省 1∶1 万数字线划地图数据库成果，交由建库部门融入本底数据，作为下年度项目更新的源数据，具体技术步骤如图 7 所示。

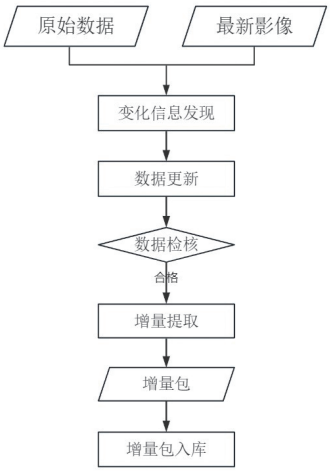


图7　技术流程

3　数据分析

3.1 增量结果分析

以江苏省某区增量数据成果为例，按照居民地、水系、交通等将 31 个图层分为七大类，统计要素的变

化量，结果如表 1 所示。由表 1 可以看出各分类要素的变化个数和变化情况，其中变化最多的是居民地，其次是植被和交通；变化率最大的是交通和植被，其次为管线，地貌的变化量和变化率都为最小。

表1　江苏省某区2023年1∶1万数字线划地图变化要素统计

数据分类	增加/个	修改/个	删除/个	变化总数/个	本底总数/个	变化率/%
水系	17	40	28	85	1106	0.08
居民地	617	412	492	1521	24030	0.06
交通	62	91	58	211	2046	0.10
管线	22	7	20	49	573	0.09
地貌	2	8	32	42	3495	0.01
植被	133	109	77	319	3177	0.10
地名	94	2	74	170	2060	0.08

3.2 经济效益分析

继续利用该区生产中采集的变化区域面积计算城市扩展强度，可以发现，城市扩展强度与该区相应的 GDP 增速情况呈正相关的规律。城市扩展强度是某一时间段各城市城区面积相对于基期城区的年扩展比例，表示单位时间内不同城区扩展快慢的相对比例[4]，其公式为：$N_i=\Delta U_{ij}/(\Delta t_j\times M_i)\times 100\%$

其中，N_i 为城市扩展强度，ΔU_{ij} 为 j 时段第 i 个研究单元城区扩展面积（单位：km^2），Δt_j 为 j 时段的时间跨度（单位：年），M_i 为 j 时段初期第 i 个单元城区总面积（单位：km^2）。

表2　江苏省某区城市扩展强度与GDP增速对比

年份	2021	2022	2023
区域面积/km^2	120.45	120.66	119.43
变化区域面积/km^2	3.68	13.11	7.68
扩展强度/%	0.03	0.11	0.06
GDP增速/%	5.62	8.96	6.1

注：以往基础测绘更新是“五年两轮”，故 2021 年变化区域面积包括 2019 年、2020 年和 2021 年三年变化量，本次 2021 年变化区域面积取平均值。

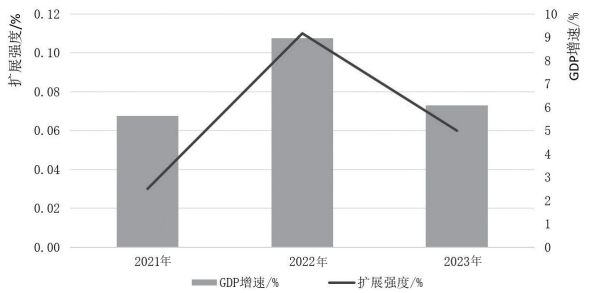


图8　扩展强度与GDP产值相关性

通过上述公式计算得到该区 2021—2023 年城区扩展强度，结果如表 2 所示，扩展强度与 GDP 产值相关性如图 8 所示。从图 8 可知，同一地区在相同时间内，城市扩展强度快慢影响该地 GDP 增速快慢，扩展强度高则 GDP 增速高，二者具有高度正相关性，因此，通过分析变化情况能较好反映地区经济发展情况。

4　成果应用

长期以来，基础测绘成果使用率偏低、可用性不足，与实际需求契合度不高。随着大数据、云计算、人工智能等技术深入发展，新型基础测绘成果将逐渐适应各行各业对测绘成果丰富性、多样性和精准性的要求，适用面将越来越宽，应用范围越来越广。

4.1 更新技术应用

基础测绘以增量更新提取增量包数据的生产方式，进一步指导市县大比例尺地形图的实际生产工作。在市县级基础测绘联动更新中，可根据省市县基础测绘联动更新机制，依据适时更新的省级影像，采用机器学习变化检测技术，发现和圈定变化区域，通过省市县联动更新平台，将变化区域下发地方测绘主管部门，实现大比例尺地形图影像变化的快速发现，以及对库数据及制图数据的联动更新。通过上述研究方法，可解决大比例尺地形图要素和多版本数据库的更新和管理问题，实现数据可回溯和可统计，极大提升建库数据和增量变化数据在新一轮数据更新中的应用价值[5]。

4.2 成果数据应用

增量更新得到的增量数据库，可在小比例尺地形图更新中使用增量数据转换方法，将 1∶1 万地形图增量数据进行数据转换和综合取舍，去除不需表示和不够指标的增量数据，提取小比例尺地形图需要的增量数据，作为地形图更新的主要依据。之后，比对 1∶1 万地形图增量数据与小比例尺地形原始数据的图形、属性变化，并进行联动更新[6]。目前，1∶1 万数字线划地形图每年度进行增量更新，数据质量与现势性显著提高，将 1∶1 万地形图增量数据成果作为小比例尺地形图数据更新的主要参考资料，利用要素间的相互对应关系实现数据的联动更新，可提高地形图数据的生产效率，实现对其他比例尺地形数据的快速更新。

4.3 其他应用

数字线划地图是一种矢量数据集，具有空间信息、属性信息、图形信息和拓扑关系等重要基础地理信息，能为灾害防御及应急处理提供准确、直观、现势性强的基础地理数据，辅助政府决策；能有效生成专题地图，在土地规划、农业规划、大气监测、道路交通建设、工厂或商场选址等工作中发挥重要作用，满足不同领域的各种需求[7]；还可以直观反映地区经济发展情况

和社会发展变化，满足社会各界对最新地理产品的需求，为城市建设、管理及经济发展做出贡献。

5 结语

增量提取的实质是矢量数据变化信息提取[8]，将增量更新技术用于数据入库和数据生产平台，在生产全过程及检查验收阶段以增量数据为对象完成工序流转，为后续增量入库、统计分析、持续更新省级数字线划地图数据库提供数据基础。增量提取改变原先全要素全覆盖的更新模式，缩短数字线划地图生产周期，实现基础测绘数据库变化信息的快速提取，从而提升数据时效性，此过程不仅提高了生产更新效率，加速地理信息数据更新，提升服务能力及水平，还支持对数据版本进行跟踪管理，最大限度避免了数据冗余，对于地理信息数据的处理和应用具有重要意义[9]。

总之，增量更新技术是当下生产基础测绘数据的重要途径和手段，对测绘技术的进一步完善与发展有着重要影响。随着科技的不断进步和创新，相信测绘技术会更好地服务经济社会发展和国防建设，技术研究与成果数据应用会越来越广泛，为社会建设需求提供更优质的数据服务保障。

参考文献

[1] 方睿红,谢三五.数字线划图自动质量检查的方法设计与实现[J].地理空间信息,2021,19(10):100-102,151.

[2] 张宝安,万旭东,石玉华.省级基础测绘DLG产品增量更新思路及技术流程探讨[J].矿山测量,2020,48(3):45-49.

[3] 江峰,陈超.省级基础测绘DLG增量更新设计与实现[J].江苏科技信息,2024,41(5):132-136.

[4] 王淼,林静静,刘博文.基于地理国情监测的城市空间扩展分析——以北京市中心城区为例[J].北京测绘,2018(9):1041-1045.

[5] 黄耀萍,雷小群,刘陵.省市县联动增量更新模式研究——以衡阳市为例[J].国土资源导刊,2022,19(2):71-75.

[6] 敖琦,张俊,王永澍,等.1:10000与1:50000比例尺基础测绘数据转换更新的探索[J].北京测绘,2023,37(11):1531-1536.

[7] 郑春红.浅谈数字线划图（DLG）的制作与应用[J].华北自然资源,2022(3):77-79.

[8] 杜凌锋.基于编辑追踪的快速更新增量包提取技术[J].测绘与空间地理信息,2023,46(1):130-132.

[9] 闫从政.新型基础测绘中数据更新技术研究[J].科技创新导报,2020,17(19):26-27,30.

（上接第 28 页）

// 调用 $ownerInstance 的 sendSearchResult 方法并传递搜索结果数组

this.$ownerInstance.callMethod('sendSearchResult',searchResults) })

6.4 性能优化

在开发 GIS 应用时，性能优化是一个不可忽视的问题。由于 GIS 应用通常需要处理大量的地理空间数据和复杂的渲染任务，因此很容易出现性能瓶颈。为了提升应用性能，可以采取以下措施：

（1）懒加载图层：对于非关键图层或数据量较大的图层，可以采用懒加载方式，即当用户需要查看该图层时才进行加载。

（2）缓存机制：对于经常访问的数据或图层，可以将其缓存到本地或服务器端，以减少网络请求和数据处理时间。

（3）优化渲染算法：对于复杂的渲染任务，可以采用更高效的渲染算法或利用 WebGL 等硬件加速技术来提升渲染性能。

通过以上措施，可以有效提升 uni-app 中 GIS 应用的性能，使其更加流畅地运行于各种设备。

7 结论与展望

研究主要探讨了基于 uni-app 的 GIS 应用开发，特别是 renderjs 和 ArcGIS API 在其中的应用。通过 renderjs 优化地图渲染性能，结合 ArcGIS API 提供的丰富 GIS 功能，开发出高效、跨平台的 GIS 移动端应用。这些应用不仅能提升用户的操作体验，还能极大地扩展 GIS 技术的应用范围。未来，随着移动 GIS 技术的不断发展，可探索更多先进的技术和工具，提升移动 GIS 应用的性能和用户体验。同时，也可以关注更多跨平台开发框架和 GIS 平台的发展动态，为移动 GIS 应用开发提供更多选择和可能性。

参考文献

[1] 高霞.基于uni-app+Express的亲子系统的设计与实现[J].电脑与信息技术,2023,31(2):49-52,58.

[2] 陈媛媛,张作状.基于5G和uni-app的智慧校园系统设计与实现[J].信息与电脑(理论版),2023,35(17):137-139.

[3] 童凌飞.复杂空间裁切分析的ArcGIS JavaScript API方法对比研究[J].地理空间信息,2022,20(4):147-150.

多频GNSS接收机不同定位系统组合精度分析探究

闫旺升

（中铁十一局集团建筑安装工程有限公司，湖北 武汉 430064）

摘　要：随着四大全球导航卫星系统的广泛应用，GNSS 数据处理软件不断得到优化与完善。利用 CGO 软件对多频接收机中不同 GNSS 系统组合（GPS、GPS/GLONASS、BDS、GPS/BDS、GPS/GLONASS/BDS）的数据进行处理，结合深赣港项目实测 GNSS 静态数据，表明 BDS 数据极大提升了静态数据解算质量，并且 GPS/BDS 组合系统的解算结果最优，为工程测量中 GNSS 数据处理提供参考。

关键词：GNSS；GPS/BDS；基线解算；精度；系统组合

1　引言

全球卫星导航系统（GNSS）可以为用户提供有效的坐标位置信息、运动状态和时间信息。目前，全球性系统有美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 Galileo、中国的 BDS，区域性系统有日本的 QZSS、印度的 IRNSS，区域增强系统有美国的 WAAS、日本的 MSAS、欧盟的 EGNOS、印度的 GAGAN 及尼日利亚的 NIG—GOMSAT—1 等。现在所使用的已经不是单一的 GNSS 导航系统，而是具有兼容性和互操作性的 GNSS 系统。

四大导航系统的完善和多频多系统接收机的发展，使得不同导航系统的组合定位研究成为热点。其中，GPS 和 GLONASS 是发展应用比较广泛的导航定位系统，北斗三号卫星的成功发射并完成组网，标志着北斗卫星导航系统的“三步走”战略顺利完成[1]。在亚太地区，北斗卫星接收的信号最好。

考虑到 GNSS 系统定位误差的主要来源有三大类，即与卫星有关的误差，与传播路径有关的误差，与接收机有关的误差。已有结果表明，综合多种 GNSS 系统的信号并在观测值层面统一处理能有效提高 GNSS 定位的可靠性和稳定性，尤其在山区、城市峡谷等信号遮挡严重的地区[2]。同时，BDS/GPS 融合系统有助于提高单系统测量的内符合精度和时间效率[3]。因此，通过对 GPS、GLONASS、BDS 三个系统之间相互组合，处理静态 GNSS 基线，并对现阶段各个卫星系统的数据处理质量进行对比分析。设置的五个参照组分别是 GPS、GPS/GLONASS、BDS、GPS/BDS、GPS/GLONASS/BDS，分析不同卫星导航定位系统组合中多频接收机的静态数据处理结果精度。

2　研究软件及数据处理

2.1 华测的 CGO 数据处理软件

CHC Geomatics Office 软件（简称 CGO）是上海华测发布的一款 GNSS 数据处理软件，可对静态或动态采集的 GNSS 原始数据进行后处理，得到较好的基线解算和网平差结果，研究选用 2023 年 3 月 23 日发布的版本。

2.2 数据获取

研究采用司南多频接收机，观测地点位于江西省赣州市深赣港项目，多丘陵地形，具有一定研究意义。外业观测利用以边连接的方式进行，数据采集完成后，利用司南 CS 软件，导入并正确处理测站和天线高信息，转换成 RINEX 标准格式数据，供后面采用华测 CGO 软件进行解算处理。

2.3 外业数据处理和精度分析

测区共有 6 个 GNSS 点，测段 2 个，重复基线边 1 条。通过数据利用率及多路径误差 mp1、mp2、mp3、mp5 对外业数据质量进行检查，CGO 软件数据检查如表 1 所示。

表1　外业数据质量检查结果

点号	测段	数据利用率	多路径 mp1	多路径 mp2	多路径 mp3	多路径 mp5
GPS3	1	97	0.48	0.47	0.48	0.48
GPS3	2	98	0.45	0.42	0.42	0.42
GPS2	1	100	0.24	0.24	0.19	0.19
GPS2	2	100	0.29	0.27	0.21	0.21
GPS4	1	99	0.3	0.32	0.25	0.25
GPS5	2	92	0.43	0.41	0.46	0.46
GPS6	1	99	0.38	0.34	0.31	0.31
GPS1	2	100	0.26	0.29	0.25	0.25

经过检查，外业观测数据的利用率均高于 85%，多路径效应均大于 0.5，满足解算要求。

作者简介：闫旺升（1991—），男，汉族，本科，工程师，主要从事建筑工程测量工作。

2.4 基线解算

在 CGO 软件中，设置高度截止角为 15°，为减弱质量差的数据对基线解算的影响，卫星观测数据的采样间隔为 5s，电离层改正模型为 Klobuchar 模型，其他参数选择系统默认设置。基线解算完成后进行质量检查，确保所有基线都检验合格。

空间位置精度因子（PDOP）表示用户位置误差和卫星位置误差之间关系的无单位数字，反映定位精度衰减的因子与所测卫星的空间几何分布有关，空间分布范围越大，PDOP 值越小，定位精度越高。

比率 RATIO 表示在采用搜索算法确定整周未知数参数的整数值时，产生次最小的单位权方差与最小的单位权方差的比值 $RMS_{次最小}/RMS_{最小}$，反映所确定出的整周未知数参数的可靠性，这一指标取决于多种因素，既与观测值质量有关，也与观测条件好坏有关。

均方根误差 RMS 值越小越好，不受观测条件（如卫星分布好坏）影响。RMS 表明观测值质量，RMS 越小，观测值质量越好；反之，观测值质量越差。通过 PDOP、RATIO 和 RMS、最弱边及最弱边相对中误差、重复基线较差五个指标来表征基线解算质量，解算结果如表 2 至表 4 所示。

基线向量解算结果合格，并显示如下规律：（1）空间位置精度：三系统＞双系统＞单系统；（2）比率 RATIO 大小：GPS+GLONASS+BDS ＞ GPS+GLONASS ＞ BDS ＞ GPS＋GLONASS ＞ GPS；（3）均方根误差 RMS 大小：BDS ＜GPS+BDS＜GPS＋GLONASS＋BDS＜GPS＋GLONASS＜GPS；（4）最弱边相对中误差大小：三系统＜双系统＜单系统；（5）重复基线较差大小：三系统＜双系统＜单系统。

据表研究可以得出如下结论：（1）从表 2 可知，BDS 数据参与解算后，数据的空间几何位置精度提高，可靠性大幅增强，代表数据精度的均方根误差数值大幅降低，几乎下降一个数量级（由厘米级降到毫米级），说明 BDS 加入基线解算极大提高了解算质量。表 3 和表 4 结果合格，最弱边相对中误差和重复基线较差大小的精度指标，可整体反映三系统数据解算精度优于两系统，两系统精度优于单系统。（2）在表 2 中，把 GPS 与 GPS+GLONASS 作为一个组，把 BDS、GPS+BDS、GPS+GLONASS+BDS 作为一个组，从 PDOP、RATIO、RMS 三个指标可以看出，多系统定位精度优于单系统。但由于 GLONASS 系统在高纬度地区的观测精度较高，中低纬度精度降低，在后一个分组中加入 GLONASS 后，引入误差，PDOP、RATIO、RMS 三个指标的精度不如 GPS+BDS，这与实际情况相符，说明在基线解算中，并不是参与解算的卫星系统越多越好。（3）数据基线解算的结果证明 BDS 与 GPS 融合能提高单系统相对定位精度。同时，BDS 基线解算精度与 GPS 相当，系统融合后能提高基线解算合格率和精度。

表2　基线解算结果

组合	GPS			GPS/GLONASS			BDS			GPS/BDS			GPS/GLONASS/BDS		
标准	PDOP	比率	RMS	PDOP	比率	RMS	PDOP	比率	RMS	PDOP	比率	RMS	PDOP	比率	RMS
B1	1.01	5.0	15.2	0.74	2.3	13.9	1.26	99.0	5.8	1.13	99.0	6.2	0.95	97	7.1
B2	1.18	99.0	7.7	0.78	99	7.8	1.74	99.0	4.9	0.94	99.0	6.1	0.89	99.0	5.3
B3	1.05	2.5	18.7	1.03	6.7	13	1.53	91.3	5.9	1.38	91.3	5.9	0.89	96.5	7.2
B4	1.42	12.5	10.8	0.96	20.2	11.3	1.22	87.8	6.7	0.95	99.0	7.0	1.00	99.0	6.1
B5	1.54	10.6	8.8	0.77	36.7	7.9	0.99	99.0	4.9	0.81	99.0	5.1	0.76	99.0	5.3
B6	1.40	8.4	9.4	0.83	9.7	7.9	1.28	94.2	6.2	1.04	99.0	6.5	0.91	80.8	6.7
B7	1.66	2.3	11.3	1.44	18.2	20.0	2.07	99.0	5.2	1.89	99.0	5.6	1.73	99.0	5.6
B8	1.91	5.9	14.2	1.37	70.6	13.5	2.08	73.3	5.8	1.76	62.5	6.7	1.91	99.0	5.6
B9	1.69	2.5	25.3	1.36	34.9	18.4	2.64	19.6	7.9	1.65	29.0	9.6	1.28	36.8	8.6
B10	1.53	10.2	9.6	0.88	37.6	10.1	094	87.7	4.8	0.76	99.0	5.0	0.73	99.0	5.2
B11	1.54	8.2	12.5	0.92	31.7	13.1	1.29	76.0	6.5	1.00	96.1	7.0	1.03	88.9	7.0
B12	1.20	59.2	5.6	0.73	99.0	5.8	0.89	99.0	3.8	0.65	99.0	4.5	0.60	99.0	4.5

表3　最弱边及最弱边相对中误差

组合	GPS	GPS+GLONASS	BDS	GPS+BDS	GPS+GLONASS+BDS
最长基线	B09：5234.1846	B09：5234.1827	B09：5234.1835	B09：5234.1860	B09：5234.1918
最短基线	B12：939.9964	B12：939.9916	B12：939.9964	B12：939.9939	B12：939.9943
最弱边	B09	B09	B09	B09	B09
最弱边相对中误差	1/2551498	1/3327875	1/2788520	1/3317782	1/3691106

表4　B04-B02重复基线比较

组合	GPS	GPS+GLONASS	BDS	GPS+BDS	GPS+GLONASS+BDS
长度较差/mm	3.6	3.3	7.6	6.5	5.6
较差限值/cm	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19
相对误差/ppm	1.16	1.07	2.46	2.11	1.83

2.5 网平差

点位精度通过网平差体现，包括三维无约束平差（自由网平差）和约束平差。自由网平差不需引入外部基准，只需 GPS 网本身任意提供一个位置基准即可进行平差，主要用于检验 GPS 网本身的内符合精度、系统误差和粗差，可评价基线质量，为 GPS 高程拟合提供大地高数据。约束平差可实现坐标系转换，获得与目标坐标系相同的平面坐标系，需引入两个以上起算点坐标数据，平差时会引起 GPS 网方位和尺度变化。

研究主要探究不同 GNSS 系统组合的精度，不进行坐标转换，因此使用无约束平差的闭合环平差结果和自由网平差判定结果对网平差是否合格进行判定，利

用无约束网平差计算的GNSS点位坐标中误差进行不同GNSS系统组合的精度判定，具体结果如表5至表8所示。

表5　闭合环平差结果

组合	GPS			GPS/GLONASS			BDS			GPS/BDS			GPS/GLONASS/BDS		
标准	水平	垂直	PPM	水平	垂直	PPM	水平	垂直	PPM	水平	垂直	PPM	水平	垂直	PPM
C1	1120	115	101	46	54	6.42	1.5	5.8	1.60	14.2	5.8	1.48	8.3	20.6	2.05
C2	1121	113	100	47	52	6.50	1.4	0.5	1.11	13.6	1.7	0.95	8.7	26.5	2.47
C3	37.8	57.0	7.59	48	82	10.5	4.7	10	1.4	6.1	18.6	2.21	15	42	4.83
C4	1110	85.7	87.5	25	22	2.90	3	3	0.47	10.6	24.3	1.98	9.9	11.8	1.00
C5	0.9	5.4	0.4	0.4	7	0.66	5.5	6.2	0.79	4.4	9.5	0.93	2.7	10.2	0.89
C6	2.3	7.2	1.9	1.9	9.0	0.79	7	6.8	1.03	6.1	13.6	1.44	5..5	4.3	0.71
C7	26	27	3.24	23	5.4	1.86	10	8	1.45	3.3	11.4	1.24	13.7	10.0	1.84
C8	25	29	3.58	21.2	7.1	2.15	9.2	8.6	1.07	4.6	7.3	0.78	13.5	4.1	1.19
C9	1.5	2.3	0.22	1.5	3.2	0.29	2.9	0.4	0.44	4.6	1.8	0.51	3.8	2	0.27
C10	2.4	4.1	0.50	2.2	4.9	0.53	6	1	0.68	6	2.3	0.88	6.6	7.9	1.09
C11	2.1	4.5	0.65	2.1	5.0	0.70	1.6	1.9	0.29	0.5	0.8	0.12	2.3	6.2	0.85
C12	1.5	1.4	0.22	0.8	0.8	0.13	2.6	7.7	0.84	0.8	10	1.09	1.3	6	0.62

注：水平和垂直分别代表闭合环的平面位置闭合差和垂直方向闭合差，单位是mm；PPM代表每百万分之几，这里代表闭合环全长相对闭合差的精度。

表6　闭合环平差结果

组合	环类型	GPS	GPS+GLONASS	BDS	GPS+BDS	GPS+GLONASS+BDS
C1	异步环	不合格	合格	合格	合格	合格
C2	同步环	不合格	不合格	合格	合格	合格
C3	同步环	不合格	不合格	合格	合格	不合格
C4	同步环	不合格	不合格	合格	合格	合格
C5	同步环	合格	合格	合格	合格	合格
C6	异步环	合格	合格	合格	合格	合格
C7	异步环	合格	合格	合格	合格	合格
C8	同步环	不合格	不合格	合格	合格	合格
C9	同步环	合格	合格	合格	合格	合格
C10	异步环	合格	合格	合格	合格	合格
C11	同步环	合格	合格	合格	合格	合格
C12	同步环	合格	合格	合格	合格	合格

表7　自由网平差结果

组合	GPS	GPS+GLONASS	BDS	GPS+BDS	GPS+GLONASS+BDS
X2卡方检验范围	10.14~35.80	10.14~35.80	10.14~35.80	10.14~35.80	10.14~35.80
X2卡方检验精度置信水平	22.97 2sigma	22.97 2sigma	22.97 2sigma	22.97 2sigma	22.97 2sigma
水平误差/mm	155.45	11.11	3.71	3.81	3.78
垂直误差/mm	184.53	13.18	4.93	4.58	4.44
结论	不合格	合格	合格	合格	合格

注：X2卡方检验：统计学的一种检验方式；卡方拟合优度检验：判断期望频数与观测频数是否有显著差异，从而达到从分类变量进行分析的目的；卡方独立性检验：根据次数资料判定两类因子彼此相关或者相互独立，这里用来表征实际值与理论值偏差的绝对大小。

表5和表6中同步环闭合差/异步环闭合差、闭合环全场相对中误差及闭合环/异步环解算精度由高到低依次是：BDS＞GPS+GLONASS+BDS＞GPS+BDS＞GPS+GLONASS（GPS单系统可用卫星观测质量不好，同步环/异步环合格率低，影响自由网平差表7解算不合格）。表8中GNSS坐标点位中误差精度评定：GPS+BDS＞BDS＞GPS+GLONASS+BDS＞GPS+GLONASS。

由表8中数据可知，BDS单系统、GPS+BDS双系统、GPS+GLONASS+BDS三系统在相同精度置信水平下，水平误差和垂直误差接近，GNSS点的中误差也很接近，但GPS+BDS双系统的GNSS点中误差最小，结果最优，这和基线解算的结论相符。

表8　GNSS点的坐标中误差结果

组合	GPS			GPS/GLONASS			BDS			GPS/BDS			GPS/GLONASS/BDS		
标准	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz
GPS1	92.5	110	16.4	7.5	8.4	6.1	2.4	2.9	4.2	2.7	2.2	1.48	2.3	3.3	2.2
GPS2	60.2	62.5	98.2	4.7	4.8	3.5	1.3	1.7	2.4	1.4	1.1	0.95	1.3	1.9	1.1
GPS3	70.5	81.5	120	5.0	6.0	4.1	1.9	2.6	3.4	1.7	1.2	2.21	1.5	2.5	1.2
GPS4	78.4	89.7	145	5.9	7.1	6.4	1.5	1.4	3.1	1.5	1.4	1.98	1.4	2.2	1.3
GPS5	193	151	259	13.5	11.1	5.8	4.0	5.0	6.9	4.6	2.6	0.93	4.2	4.6	2.3
GPS6	75.7	85.6	137	5.8	6.7	6.0	1.5	2.2	3.0	1.5	1.4	1.44	1.4	2.2	1.3

3　结论

依据深赣港项目实例，利用CGO软件对不同GNSS系统组合的数据进行分析，得出如下结论：

（1）BDS静态数据参与基线解算，数据的空间几何位置精度PDOP值提高，可靠性RATIO大幅增强，均方差RMS数值大幅降低，数据精度等级提升一个数量级（由厘米级提升到毫米级）。（2）参与GNSS静态数据解算的导航系统并非越多越好，多系统组合在数据解算时卫星的几何位置精度PDOP值、可靠性RATIO得到提升，但多系统组合中引入GLONASS数据，导致数据的均方根误差降低，最终在网平差中点位精度降低。（3）BDS数据单独解算的精度和GPS/BDS、GPS/GLONASS/BDS组合系统的计算精度相当，代表BDS系统的数据单独解算运用，将来BDS在工程测量中的应用范围会进一步拓宽。（4）目前多频多系统的GNSS接收机是主流，可处理多系统软件，在实际工程测量中可采用GPS/BDS双系统进行解算，在具体控制网基线结算中可具体分析，设置不同系统的静态处理数据。

参考文献

[1] 宋强.北斗卫星导航系统在海事领域的应用研究[J].中国海事,2019(10):42-45.

[2] 肖玉钢.高精度多模GNSS相对定位理论与方法研究[J].测绘学报,2017,46(5):670.

[3] 严丽,BDS-GPS融合精密定位理论与算法研究[D].成都:西南交通大学,2017(2):73.

一种改进U-Net网络的高分辨率影像农村道路提取方法

王明星

（江苏省地质矿产局第六地质大队，江苏 连云港 222023）

摘　要：针对原始深度学习模型存在参数量大、忽略边缘特征等问题，提出一种基于注意力机制和Transformer的改进U-Net模型。首先在编码部分引入空洞卷积来增强模型的特征学习能力；然后在编码器中使用Transformer以获得更多特征信息；最后提出一种混合注意力机制将全局信息和浅层信息进行融合，增强上下文信息的联系。实验结果表明：改进后的U-Net模型准确率达86.52%、召回率为91.23%、F1分数为88.81%。各评价指标均优于原始U-Net模型和Deeplabv3+模型，研究可为全国农村道路网规划建设提供一定的技术支持。

关键词：语义分割；高分辨率影像；农村道路；注意力机制

1　引言

农村公路建设有助于推动农村经济发展，可以更便捷地将农产品运往城市，增加农民收入。同时，城市的消费品也可以更快速地运到农村，提高农民生活水平[1]。农村路网的规划完善，需要准确的路网信息，利用高分辨率遥感影像精确提取路网信息，具有重要意义。目前，利用遥感影像提取道路信息的技术主要有两类：一类是传统信息提取法，比如模板匹配法[2]和多元数据法[3]。传统方法在城市道路提取中可取得较好效果，但针对地形复杂多变的农村，道路提取精度便大幅降低；二类则是近年兴起的深度学习技术，其中的卷积神经网络技术在道路提取和医学影像分割等领域取得良好效果，研究者对此也展开了深入研究。吴馁[4]提出一套基于改进全卷积网络模型的长株潭城市群高分辨率遥感影像道路提取方法，在道路提取的连结性和地物遮挡时的提取效果都达到较优水平。Jia等[5]提出一种基于空间关系信息的农村道路提取超分辨率网络，实验结果表明：该模型能够有效提取道路信息，对于细长的农村公路效果较好。Zhang等[6]提出基于残差网络的U-Net网络，能很好地提取道路信息。

虽然卷积神经网络和其他神经网络在路网提取中取得较好效果，但是提取精度的高低取决于训练样本的好坏，且高分辨率卫星影像在农村区域并没有公开数据集，这就需要手工制作训练样本。另外，原始的深度学习模型往往存在参数量大和忽略边缘特征的问题。为此，研究选择小样本数据集下具有良好性能的U-Net作为基本架构，设计一种改进的U-Net网络以提升样本量较小情况下典型农村路网的识别精度。

2　改进U-Net模型农村道路提取

为提高U-Net网络的分割精度，提出一种基于注意力机制和Transformer的改进U-Net模型。首先，在U-Net模型的编码器部分引入空洞卷积注意力机制来增强模型的特征学习能力，并利用残差结构使模型对结果更加敏感；然后将特征提取层中的卷积用Transformer来替代，以达到整合浅层特征和深层特征的作用；最后使用混合注意力机制（HAM）来增强全局和关键特征，融合更多特征信息。

2.1　改进U-Net模型

原始的深度学习模型存在参数量大、忽略边缘特征问题，因此结合注意力机制和Transformer[7]提出改进U-Net模型，基本结构如图1所示。该网络由编码部分和解码部分组成，编码部分包括5个特征提取层，可降低模型复杂程度。然后利用DCAM模块进行特征提取，解决模型特征提取不足问题。在编码器分支中，利用Transformer进行特征提取，图像经过提取后进入解码分支。解码分支采用相同数量的上采样来恢复特征的空间大小。和U-Net模型一样，它包含反卷积、跳跃连接和两个普通卷积。首先，通过反卷积恢复相应的特征大小；其次，为增强全局特征和关键信息，使用混合注意机制（HAM）进行增强；然后跳跃连接将特征拼接，并通过两次卷积提取特征。此操作重复4次，直到特征恢复到输入大小为止；最后，通过卷积调整

作者简介：王明星（1979—），男，汉族，本科，高级工程师，主要从事工程测量和遥感技术应用等工作。

通道数获得最终输出。

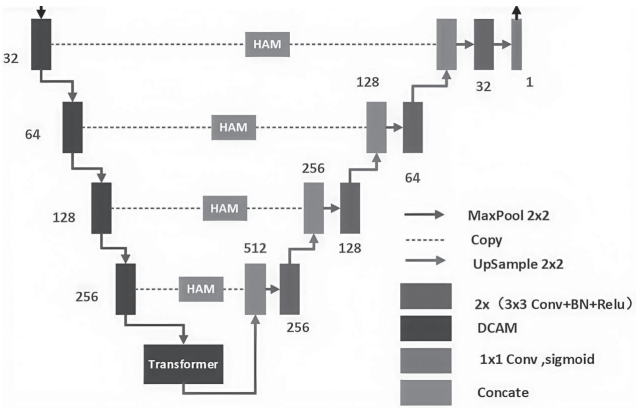


图1　改进U-Net模型结构

2.2 空洞卷积和注意力机制模块

原始 U-Net 模型只是对卷积进行简单堆叠，特征信息提取不足。因此，引入 DCAM 模块进行优化，具体结构如图 2 所示。由图 2 可知，DCAM 模块由三组卷积和一个 CBAM 注意力机制组成，可获得更大的感受野来提取更多特征信息。为获取不同层次的特征，卷积速率设为 2 和 4，并利用 1×1 卷积来降低模型的复杂性，在每个卷积后面有一个批处理归一化层和 ReLU 操作。

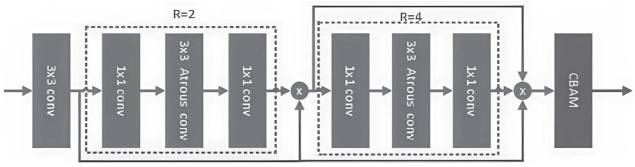


图2　DCAM网络结构

2.3 Transformer 模型

Transformer 是自然语言处理任务中最先进的技术，将其应用于深度学习语义分割任务效果较好。因此，研究使用 Transformer 代替 U-Net 网络编码部分的卷积，网络结构如图 3 所示。由图 3 可知，输入的特征信息首先会进行归一化操作，然后输出到 MSA 模块 [8]，通过残差结构连接后再进行归一化操作和 MLP 增强，最后通过残差结构获得最终输出结果。

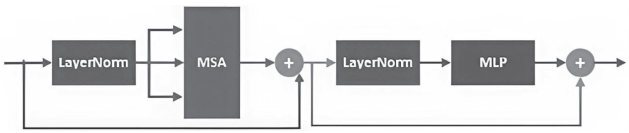


图3　Transformer结构

2.4 混合注意力机制

注意力机制的作用是通过加强网络各部分之间的联系来增强特征信息。近些年，研究者在注意力机制方面取得较好成绩，特征信息在上下文的联系变得更加紧密，但过分依赖中长距离，忽略了某些重要信息和对全局信息的把控。基于此，研究提出一种混合注意力机制（HAM），网络结构如图 4 所示。该模块主要包括全局最大池化、全局平均池化和自注意力机制。相比其他注意力机制，HAM 加强对全局特征、重点特征和长短距离特征信息的关注，通过全局平均池化获得全局信息，通过 1×1 卷积、归一化和 sigmoid 生成特征映射权重，并将输入特征进行加权求和。在另外的分支中，特征信息经过注意力分支后增强了注意力范围。与其他注意力相比，HAM 可在关注全局的情况下兼顾重点特征，强化对长短距离特征的关注。

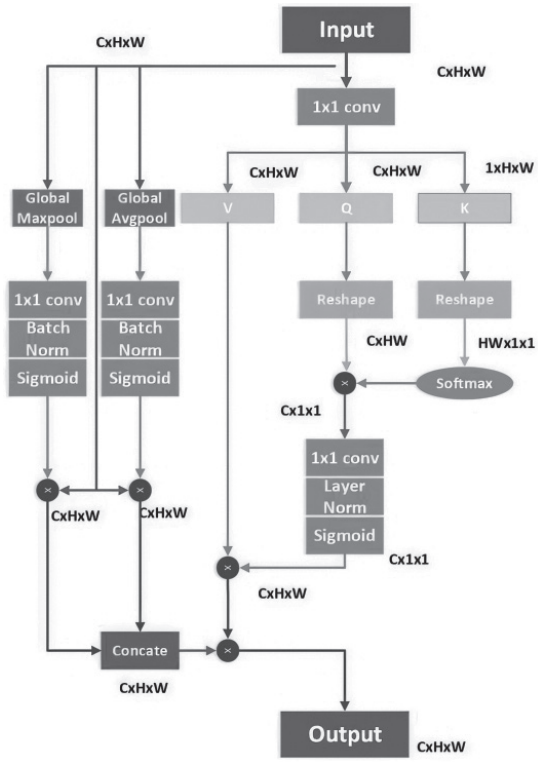


图4　HAM结构

3　实验与结果分析

3.1 实验数据集

实验数据集是通过网络获取的高分二号卫星影像，其中多光谱影像与全色影像进行融合生成分辨率为 1m 的包含 4 个波段的多光谱影像。然后选定一定区域进行切片，切片大小为 1024×1024，共计 1200 张。影像主要包含农村道路、植被、农村建筑、耕地等地物信息。农村道路在卫星影像中占比很小，宽度只有 3 到 10 个像素大小，大大增加信息提取的难度。此次实验为二分类任务，需要对切片进行标注，标注道路样本为 1024×1024 大小的黑白二值图，其中白色部分为道路，黑色部分为背景，共计标注 1200 张。为验证模型

的精确性，随机选定 1/6 的样本用于实验验证。

3.2 实验环境与参数设置

为了有效控制变量，实验基于 Tensorflow 深度学习框架，使用相同的数据增量。GPU 为 64GB Quadro RTX4000。另外使用 Adam 优化函数，初始学习率设置为 0.0001，受限于计算机配置，实验的 Batch 大小设置为 4，迭代次数为 500。

为准确评价模型对道路的识别结果，引入准确率（Precision）、召回率（Recall）和 F1 分数（F1-score）3 个指标进行精度评价，并与当下流行的 DeepLabv3+ 模型进行对比实验。其中，Precision 表示预测为正的样本中有多少样本被正确预测；Recall 代表真实标签为正的样本中有多少样本被正确预测；F1-score 是综合了 Precision 和 Recall 的一个评价指标 [9]。具体计算公式如下：

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

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

$$F1 = 2\frac{P \times R}{P + R} \tag{3}$$

3.3 对比实验结果分析

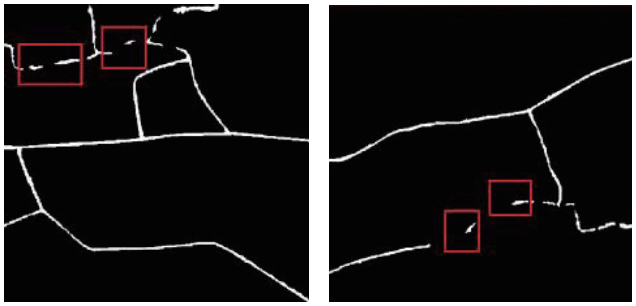
DeepLabv3+ 和 U-Net 是语义分割领域的常用模型，有各自不同的特点，常用来进行对比实验。因此，使用相同的数据集和参数对原始 U-Net 网络和 DeepLabv3+ 模型 [10] 进行训练，并将训练好的模型保存，用于对验证数据集进行道路提取，最后对提取后的农村道路进行 Precision、Recall、F1 指标计算，结果如表 1 所示。从表 1 可知，研究提出的改进 U-Net 模型在验证数据集中的农村道路提取准确率达 86.52%，相比原始 U-Net 模型和 DeepLabv3+ 分别高 3.29 和 5.07 个百分点。改进 U-Net 模型的 F1 综合评价指标达 88.81%，均优于对比模型，这表明改进模型在高分辨率卫星影像中用于提取农村道路是可行的。

表1　各模型评价

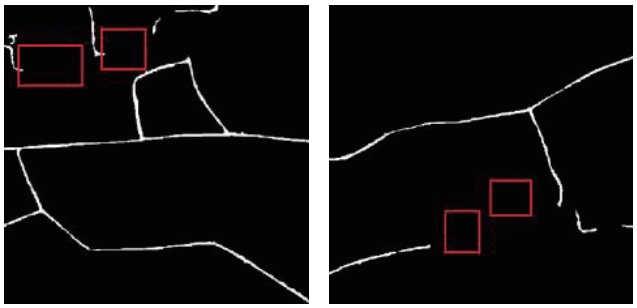
模型	准确率P/%	召回率R/%	$F1$分数/%
原始U-Net	83.23	86.76	84.96
DeepLabv3+	81.45	79.32	80.37
改进U-Net	86.52	91.23	88.81

为直观比较各模型的农村道路提取效果，在验证数据集中随机选取局部农村道路提取效果，如图 5 所示。图 5（a）表示农村道路局部场景的原始卫星影像，图 5（b）到（e）分别为真实道路标签、U-Net 提取结果、DeepLabv3+ 提取结果和改进 U-Net 提取结果。

（a）原始卫星影像

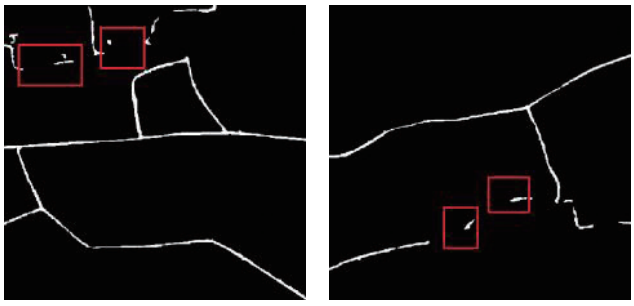


（b）真实道路标签



（c）U-Net提取结果

（d）DeepLabv3+提取结果



（e）改进U-Net提取结果

图5　各模型提取结果对比

（下转第 43 页）

基于LSTM的冬小麦估产适应性评价

郭凯[1] 叶勇[2] 杨智勇[3] 房旭[4]

(1.哈尔滨市江北城市建设规划设计院有限公司，黑龙江 哈尔滨 150000；2.浙江省工程物探勘察设计院有限公司，浙江 杭州 310000；3.武汉大势智慧科技有限公司，湖北 武汉 430000；4.河南省遥感院，河南 郑州 450003)

摘　要：农作物的大面积估产对于国家的粮食安全与政策制定具有重要意义。以河南省为研究区，融合Sentinel-1、Sentinel-2主被动遥感数据，计算归一化植被指数（NDVI）、增强植被指数（EVI）、地表水分指数（LSWI）、绿度植被指数（GVI），利用深度学习方法（LSTM模型）对2023年冬小麦产量进行估测，并与单植被指数、多植被指数组合产量预测回归模型进行精度对比。结果表明：融合后的Sentinel-1、Sentinel-2主被动遥感数据，能长时间序列观测冬小麦分布范围，利用不同多植被指数反映了冬小麦生长的变化特征，可进一步提高冬小麦产量估测精度；植被指数与实测产量回归模型、多个植被指数与产量的相关性随着冬小麦的生长不断增强，植被指数与产量的线性回归决定系数也达到最大；通过确定多植被指数的权重，构建基于长短期记忆网络（LSTM）的冬小麦估产模型，模型均方根误差为96.25斤/亩，R为0.904，估产精度高于其他回归模型，可用于实现大范围面积的冬小麦产量预估。

关键词：冬小麦；农作物估产；植被指数；长短期记忆网络

1　引言

根据2022年农业农村部农情调度显示，全国冬小麦面积3.32亿亩，与往年相比略有下降。因此，及时准确预测冬小麦的面积、长势和产量，对于政府制定粮食政策，优化冬小麦种植空间结构，研究主流估产方法对河南冬小麦估产的适用性具有重要意义。

近年来，遥感技术凭借其观测面积广、信息获取及时等特点，成为农作物种植面积测算、长势监测和产量估算等方面必不可少的技术手段，被广泛运用于冬小麦面积和产量的预测。传统的遥感监测估算作物产量方法主要利用线性回归或机器学习回归建立作物估产模型（包括经验模型、半经验模型和机理模型）。随着大数据时代的到来，可获取的样本数量越来越多，传统的遥感监测估算作物产量方法已无法满足作物估产需求，深度学习因具有强大的算法学习能力逐渐被应用于作物估产领域。

王恺宁等通过构建长短期记忆网络（LSTM），融合遥感数据与气象数据，有效提高了冬小麦估产的准确度[1]；Wei等利用卷积神经网络（CNN）建立水稻估产模型，均方根误差RMSE低至2.50%[2]；黄健熙等使用Sentinel-2影像数据建立了15种指数，与实地测量的小麦地上干物质总重分别进行相关性分析，筛选出相关性最强的指数与实测地上干物质总重后输入深度神经网络（DNN）建立回归模型[3]；赵文亮等使用MODIS数据构建了基于卷积神经网络（CNN）的冬小麦估产模型[4]。在样本集足够大的情况下，基于深度学习的作物估产相对传统估产方法具有更高的精度。在众多深度学习算法中，LSTM特殊的网络结构可以学习长期依赖信息，适用于处理长时间序列信号，在作物估产方面具有独特优势。

因此，以河南省为研究区域，融合Sentinel-1、Sentinel-2主被动遥感数据，能够长时间序列观测冬小麦分布范围，并结合地面观测气象数据与冬小麦实际单产数据，获取冬小麦主要生育期多遥感综合特征变量的权重，从而构建以加权特征变量的长短期记忆网络（LSTM）的冬小麦估产模型，同时与单植被指数、多植被指数进行了精度对比，以探索在大范围内具有较强普适性的高精度遥感估产方法和技术途径。

2　研究区概况及数据源

2.1 研究区概况

河南省是中国人口和农业发展大省，地势西高东低，地处热带季风气候与温带季风交汇的纬度地带，具有雨热同步、气候复杂多样的特点，2009年全省粮食总产量达到1078亿斤，连续4年超过1000亿斤，连续10年居全国首位。

2.2 数据源及数据处理

（1）Sentinel-1SAR数据。采用的Sentinel-1主动微波遥感卫星由两颗极轨卫星A星和B星组成，搭

作者简介：郭凯（1987—），男，汉族，本科，高级工程师，研究方向：摄影测量与遥感。

载C波段的合成孔径雷达（SAR）传感器，重访周期小于10天。研究采用分辨率为10m，极化方式为VV和VH的后向散射系数数据，选取2022年11月至2023年6月的多期Sentinel-1卫星影像，获取研究区冬小麦分布范围。

（2）Sentinel-2多光谱遥感数据。研究采用的Sentinel-2数据具有高时间分辨率，可以获取足够监测作物产量的多时相影像。河南省冬小麦种植习惯为在上一年10月初种植，当年6月中旬左右收割，生长周期包括播种、苗期、返青、拔节、抽穗、扬花、灌浆、黄熟等。选取2022年11月至2023年6月的多期Sentinel-2卫星影像，获取冬小麦分布范围。选取2023年5月中旬至6月的多期Sentinel-2卫星影像，该时期是冬小麦灌浆期，生长状况基本能够反映产量的高低，完全满足对冬小麦估产监测的需求。遥感影像参数及影像日期如表1所示。

表1　遥感影像参数及影像日期

传感器	波段	波长/nm	分辨率/m	使用数据日期
Sentinel-1	VV		10	2022.11.01~2023.06.01
	VH		10	2022.11.01~2023.06.01
Sentinel-2 MSI	B2	490	10	2022.11.01~2023.06.01
	B3	560	10	2022.11.01~2023.06.01
	B4	665	10	2022.11.01~2023.06.01
	B8	842	10	2022.11.01~2023.06.01

（3）数据融合与处理。研究选用的Sentinel-1微波遥感数据和Sentinel-2 MSI多光谱遥感数据均在GEE（Google Earth Engine）云平台进行调用、处理。在GEE云平台使用函数直接获取不同极化方式的后向散射系数，减轻SAR数据的处理难度。根据图像的大气校正状态，Sentinel-2数据可分为两个不同的级别：1C和2A。1C级为大气顶部图像，需要大气校正；2A级数据为大气底部反射数据，已进行大气校正。研究选用2A级数据，同时考虑到云雾对数据质量的影响，在GEE云平台设置的云量参数为云量低于10%[5]。

（4）地面采样数据。选取河南省重点小麦种植区作为调查区域，根据县域内小麦面积，每县均匀预选取10～15个点，导航定位到目标地块。同时在实地取样时动态调整，重点关注低产、受灾地块，每县原则上需包含5个左右低产地块点，到达田块后观察并记录田块的情况，例如倒伏、病虫害等，并依据实际到达位置记录地块经纬度（需走进田块中间）。依次用取样框取样，记录样本框中（样框大小30cm×30cm）的穗数，用于推测亩穗数；从框中采集5个穗（需要满足水分仪测量需求），脱粒用于计算平均穗粒数。每个地块测5次穗数，一共取25个穗。此次，根据冬小麦种植分布和历年冬小麦产量数据分析，每县原则上需包含5个左右低产地块点，以满足覆盖高中低产的采样要求，实际测产共采集样本点6095个，满足对河南省冬小麦估产的需求。

（5）冬小麦分布范围。融合月均值Sentinel-1 SAR数据的VV、VH极化雷达后向散射系数和Sentinel-2多光谱遥感数据，应用RF算法进行分类，得到冬小麦分布图，具体如图1所示。

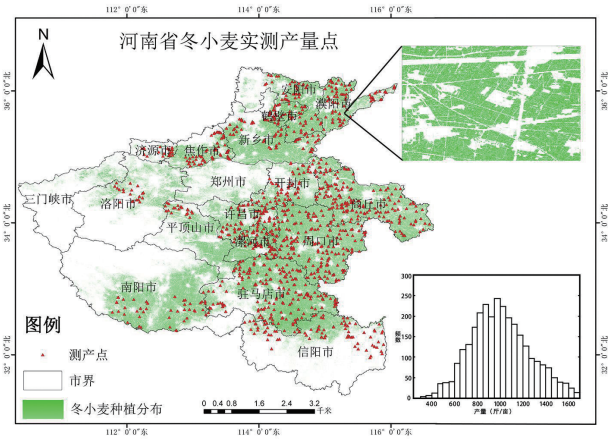


图1　研究区冬小麦及采样点空间分布及统计直方图

3　研究方法

3.1　植被指数特征参数计算

从时间序列的遥感数据上选择能表征冬小麦生长状况的冬小麦叶绿素、叶片含水量、覆盖度、生物量等参数及生育期积温等，作为随机森林产量预测模型的输入特征参数，能较好反映气象灾害对冬小麦产量的影响程度。时间序列的植被指数特征如表2所示。

表2　产量模型输入植被指数特征

植被指数	公式	表征特征
NDVI	$NDVI=\frac{\rho_{NIR}-\rho_{red}}{\rho_{NIR}+\rho_{red}}$	叶绿素、覆盖度和生物量
EVI	$EVI=2.5\times\frac{\rho_{NIR}-\rho_{red}}{\rho_{NIR}+6\times\rho_{red}-7.5\times\rho_{blue}+1}$	叶绿素和生物量
LSWI	$LSWI=\frac{\rho_{NIR}-\rho_{SWIR1}}{\rho_{NIR}+\rho_{SWIR1}}$	叶片含水量
GVI	$GVI=-0.2848\rho_2-0.2435\rho_3-0.5436\rho_4+0.7243\rho_5+0.084\rho_6-0.18\rho_7$	叶绿素、覆盖度和生物量

3.2　长短期记忆网络的产量估测模型

长短期记忆网络（LSTM）是一种具有特殊结构的循环神经网络（RNN），用于设计学习并记忆长期依赖

信息的能力。这种网络通过三个主要的控制单元，即遗忘门、输入门和输出门，来精细管理细胞状态中的信息流。在 LSTM 模型的运作过程中，首先会利用遗忘门来决定从细胞状态中丢弃哪些旧信息，接着通过输入门来决定哪些新信息将被添加到细胞状态中，最后通过输出门来确定将要输出的值。这种独特设计使得 LSTM 在处理和预测时间序列数据时，特别擅长捕捉那些间隔和延迟非常长的重要事件，例如研究所关注的冬小麦估产问题。实验采用的 LSTM 模型架构如图 2 所示，该模型由四层 LSTM 单元组成，并且在其中加入 Dropout 层，以进一步提高模型的泛化能力，防止在训练过程中出现过拟合现象。

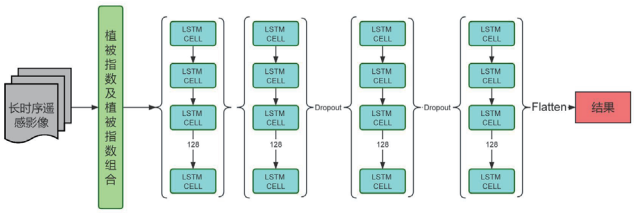


图2　LSTM模型结构

对于冬小麦产量估测，首先需要对时间序列数据（如植被指数、实测产粮数据等）进行预处理，包括数据清洗，去除异常值和缺失值。例如，实验利用 80% 的实测产量样本及对应时间段的植被指数，作为训练样本进行数据预处理。然后，确定 LSTM 网络架构，包括输入层、隐藏层和输出层的神经元数量。在输入层，输入对应参与运算的各时序影像像元的植被指数值。隐藏层设置为 10，输出层为影像对应像元的产量值，通过实验进程反馈进行调优，确定隐藏层的神经元数量及 LSTM 权重。对模型预设参数设定学习率为 0.0006，使用 Adam 优化器，batch_size 为 11，在经过 500 个 epoch 训练后模型处于稳定状态，并保存最佳模型。

最后，在经过训练后的 LSTM 模型用于产量估测时，将新的时间序列数据输入模型。例如，将时间序列的植被指数输入 LSTM 网络，通过前向传播计算得到预测的产量值。

4　结果及分析

4.1　单植被指数与实测产量的回归方程

从冬小麦产量样本库抽取 400 个测产点信息，依次制作从遥感反演植被指数图像获取的对应采样点冬小麦 NDVI、EVI、LSWI 和 GVI 值植被指数与实测产量散点图，如图 3 所示。结果发现，NDVI 与实测产量的线性回归方程的 R 最高，为 0.7495，选取 NDVI 可以提高遥感估产的精度。

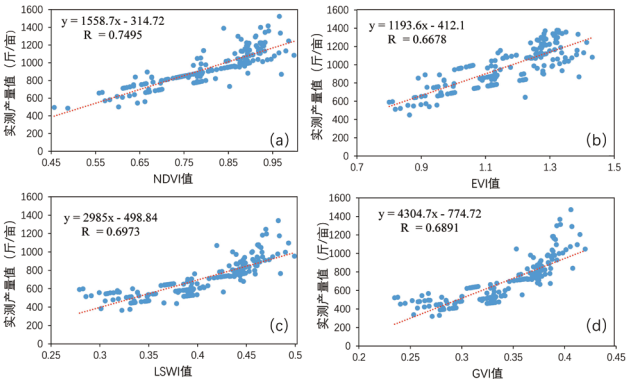


图3　单植被指数与实测产量散点图及线性回归方程

4.2　多植被指数组合与实测产量的回归方程

分别拟合不同植被指数与实测产量组合的线性回归方程，计算冬小麦产量的均方根误差 *RMSE* 和相关系数 R 两种指标，以评价冬小麦估产结果，如表 3 所示。由表 3 可以看出，NDVI、EVI、LSWI、GVI 组合与实测产量的线性回归方程的相关系数 R 最高，为 0.7501，*RMSE* 最低，为 107.7 斤 / 亩。因此，四种植被指数组合可以提高遥感估产精度，原因是各单一植被指数在估产方面存在一定缺陷，而多种植被指数可以相互补充，因此多种植被指数线性统计模型估产精度高于单一植被指数。

表3　多种植被指数组合与实测产量的线性回归方程

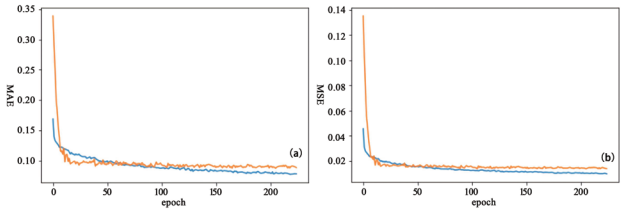
植被指数组合	线性回归方程	*RMSE*/（斤/亩）	*R*
NDVI、EVI、LSWI、GVI	$y=2962.76-13073.32NDVI+882.2EVI+1351.96LSWI+1192.56GVI$	107.7	0.7501
NDVI、EVI、LSWI	$y=2335.52-9622.12NDVI+951.4EVI+743.4LSWI$	131.7	0.7321
NDVI、EVI、GVI	$y=2538.56-11441.24NDVI+945.4EVI+884.8GVI$	130.4	0.7392
NDVI、LSWI、GVI	$y=302.8-3367.32NDVI+1737.56EVI+1406GVI$	135.5	0.7107
EVI、LSWI、GVI	$y=-381.88+100.84EVI+550.48LSWI+335.48GVI$	136.7	0.7034
NDVI、EVI	$y=2172.32-9160.84NDVI+979.64EVI$	132.3	0.7288
NDVI、LSWI	$y=-702.12+1670.44NDVI+1045.96LSWI$	139.5	0.6872
NDVI、GVI	$y=-503.8-313.56NDVI+1022.36GVI$	138.2	0.6946
EVI、LSWI	$y=-293.16+196.44EVI+412.68LSWI$	137.0	0.6017
EVI、GVI	$y=-384.88+171.52EVI+247.2GVI$	137.0	0.6017
LSWI、GVI	$y=-440.96+877.8EVI+619.16LSWI$	137.0	0.6019

4.3　长短期记忆网络的产量估测模型精度

基于上述多种植被指数组合，对实测产量的线性、非线性回归方程进行分析，将 NDVI、EVI、LSWI、GVI 等多植被指数构成估产特征向量作为模型输入，地面

实测小麦产量作为模型输出，重复交叉建模 N+1 次，使决定系数 $R2$ 达到 90% 以上并趋于稳定。

在 LSTM 模型中，使用最大最小值标准化对数据进行处理，每批输入的样本量为 32，初始学习率为 1e-3，学习率衰减为 1e-5，使用 Adam 函数为优化器，并添加 dropout 层以防止模型过拟合。模型最终的 Loss 曲线如图 4 所示，其中，蓝色线为训练集上的 Loss 曲线，橙色线为测试集上的 Loss 曲线，Loss 曲线最后收敛效果较好，但还存在小范围震荡，具体如图 4（a）和图 4（b）所示。



（a）最大值Loss曲线　　（b）最小值Loss曲线

图4　模型最终Loss曲线

从 6095 个样本总数中，随机抽取 1219 个验证样本，计算模型估算产量与实测值。冬小麦产量验证结果中，平均产量为 1003.00 斤 / 亩（实测平均产量为 991.46 斤 / 亩），其中，结果的相对误差为 96.25 斤 / 亩，产量精度为 90.40%，具体如表 4 所示。

表4　冬小麦产量精度验证

类型	样本总数	验证样本数	平均产量/（斤/亩）	相对误差/（斤/亩）	相关系数R/%
冬小麦	6095	1219	1003.00	96.25	90.40

从实验结果分析，LSTM 模型的总体精度要高于单植被指数和多植被指数回归模型，原因可能为 LSTM 模型的预测能力对输入数据集的适应能力更强。实验的输入数据为 Sentinel-2 影像原始波段序列数据，数据的特征维度较高，单植被指数回归模型易受共线性影响，精度要低于 LSTM 模型。多植被指数回归模型的结果呈明显过拟合现象，主要因为其过多的植被指数组合训练集精度远高于测试集精度。因此，单植被指数回归模型、多植被指数组合回归模型泛化能力还有待提高，更适用于区域内小范围的估产。

4.4 各县（区）产量预测及研究方法精度分析

基于 LSTM 估产方法对河南省 61 个重点产粮大县进行冬小麦预估产量和实测产量对比，相对误差最低的是南乐县和信阳市平桥区，为 0.15%；相对误差最高的是汝州市，为 38.5%。对比 61 个产粮大县冬小麦预估产量与实际产量，分析发现相对误差在 10% 以下的共有 36 个，在 10%～15% 的共有 13 个，15% 以上的共有 12 个。61 个产粮大县平均相对误差为 9.72%，均方根误差为 96.24 斤 / 亩。个别区县误差较大，根据河南省气象局气象数据和各地植保网站公布信息分析，原因可能是汝州市、固始县等 3 月底受到霜冻影响，降低了冬小麦的实际单产量。个别县如滑县、西华县等，冬小麦实际单产较高，预估产量偏低，冬小麦产量被低估，原因可能是冬小麦实测产量受人为因素干扰，造成实测产量过高，还有可能是这些地区陆续实行高标准农田建设，田间管理及时，冬小麦单产受人为因素干扰较大。2023 年各县（区）冬小麦产量精度验证结果如表 5 所示。

表5　2023年各县（区）冬小麦产量精度验证

县（区）	实际单产	估测单产	相对误差/%	县（区）	实际单产	估测单产	相对误差/%
汝州市	724.28	1003.13	38.50	修武县	1021.84	1014.00	-0.77
固始县	753.97	988	31.04	淮阳区	1079.46	1068.00	-1.06
西平县	762.90	956	25.31	商水县	999.75	985.43	-1.43
宜阳县	799.02	995.54	24.59	正阳县	1048.40	1008.35	-3.82
遂平县	799.68	990.7	23.89	长垣县	907.35	869.28	-4.20
淮滨县	808.01	999.02	23.64	扶沟县	1058.04	1003.46	-5.16
泌阳县	727.34	897	23.33	清丰县	1080.76	1024.00	-5.25
鹿邑县	822.35	943.32	14.71	武陟县	1073.90	1007.94	-6.14
襄城县	823.45	944.27	14.67	夏邑县	1053.61	986.15	-6.40
郸城县	826.10	947.13	14.65	临颍县	1058.41	985.97	-6.84
通许县	926.13	1012.2	9.29	许昌市	1052.96	977.18	-7.20
唐河县	935.31	993.31	6.20	项城市	1136.01	993.55	-12.54
台前县	967.41	1021.1	5.55	浚县	1105.08	1013.51	-8.29
确山县	958.14	1006.25	5.02	祥符区	1105.18	1009.17	-8.69
上蔡县	955.50	991.04	3.72	淇县	1121.41	1019.27	-9.11
郾城区	867.94	896	3.23	宁陵县	1120.00	1012.57	-9.59
兰考县	989.30	1019.16	3.02	尉氏县	1121.23	1007.32	-10.16
濮阳县	908.75	932	2.56	延津县	1219.75	999.60	-18.05
永城市	968.27	992.64	2.52	民权县	1139.82	1015.01	-10.95
邓州市	972.66	995.53	2.35	太康县	1121.21	996.65	-11.11
沈丘县	966.15	988.34	2.30	辉县市	1238.72	1010.81	-18.40
汝南县	979.06	999.3	2.07	平舆县	1138.90	997.67	-12.40
新蔡县	983.36	995.14	1.20	鄢陵县	1148.15	1004.57	-12.51
睢阳区	984.21	995.28	1.12	长葛市	1136.09	991.22	-12.75
虞城县	976.59	984.7	0.83	睢县	1166.48	1015.51	-12.94
召陵区	987.97	990.9	0.30	汤阴县	1191.42	1026.72	-13.82
南乐县	1027.30	1028.87	0.15	息县	1169.46	1005.09	-14.05
平桥区	897.67	899	0.15	西华县	1265.67	997.07	-21.22
济源市	998.57	992	-0.66	滑县	1292.73	1005.69	-22.20
温县	1038.05	1031	-0.68	安阳县	1261.76	1039.46	-17.62
柘城县	1006.43	998.75	-0.76%				

注：产量单位为斤 / 亩；产粮大县名单来源于河南省农业农村厅。

5　结论与展望

（1）此次数据模型建立的样点单植被指数与实测产量的线性回归方程进行遥感估产时，易受到特征共

线性影响，但由于其仅利用了超平面附近的数据，使得模型不易过拟合。

（2）建立多植被指数组合与实测产量回归模型遥感估产时，可实现信息互补，弥补单一植被指数存在的缺陷，但容易出现过拟合现象，对输入参数要求过高。

（3）通过 LSTM 模型估产方法，确定冬小麦主要生育时期构建多植被指数与冬小麦单产的多变量估产模型精度最高，但长短期网络深度学习模型需要调节的参量较多，模型结构对最终预测结果的精度影响很大，模型更具挖掘潜力。

虽然实验实现 LSTM 模型对河南省冬小麦产量的预估，但依然有提升业务化运行的空间，提出以下改进措施：（1）可以利用一定大小的窗口提取周围像元的信息，将二维的空间信息与该像元的一维序列信息相结合，以提升产量预测精度。（2）考虑到雷达遥感数据对于表层土壤的物理性质比较敏感，Landsat 影像的热红外波段可进行温度反演，可通过融合多源遥感数据进行农作物估产研究。

参考文献

[1] 王恺宁,王修信.多植被指数组合的冬小麦遥感估产方法研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(7):44-49.

[2] Wei M,Qiao B,Zhao J,et al.Application of Remote Sensing Technology in Crop Estimation[J].IEEE,2018.

[3] 黄健熙,李昕璐,刘帝佑,等.顺序同化不同时空分辨率LAI的冬小麦估产对比研究[J].农业机械学报,2015,46(1):240-248.

[4] 赵文亮,贺振,贺俊平,等.基于MODIS-NDVI的河南省冬小麦产量遥感估测[J].地理研究,2012,31(12):2310-2320.

[5] 马战林,刘昌华,薛华柱,等.GEE环境下融合主被动遥感数据的冬小麦识别技术[J].农业机械学报,2021,52(9):195-205.

（上接第 38 页）

从图 5 的各模型提取结果对比图中可以看出，在农村道路场景中，针对一些道路细窄或者树木遮挡区域，改进后的 U-Net 模型可以更好地提取道路信息，而原始的 U-Net 模型和 DeepLabv3+ 则存在大量漏检情况。从各模型对农村道路边缘的检测可以看出，改进 U-Net 模型对道路边缘的提取效果更好，能够更加完整地还原真实的道路边缘信息，而对比模型对道路边缘的提取则存在一定缺失。

综上所示，无论是对农村道路遮挡场景下的提取，还是对道路边缘的提取，改进的 U-Net 模型相比其他对比模型能取得更好的效果。

4 结语

以深度学习中的 U-Net 语义分割网络为基础，研究提出一种基于注意力机制和 Transformer 的改进 U-Net 模型，针对原始深度学习模型存在参数量大和忽略边缘特征等问题，对原始模型进行改进优化，使得农村道路提取精度更高，目视效果更佳更完整。

研究表明：研究提出的改进 U-Net 模型在农村道路提取中是可行的，综合评价指标 $F1$ 分数可达 88.81%，优于改进前的模型及对比模型。虽然研究提取的改进模型在道路提取任务中取得了较好效果，但是为了更加充分地利用国产高分二号卫星影像，后期将探究新的改进思路，利用高分二号的全部 4 个光谱波段，以期实现更高精度的农村道路提取。

参考文献

[1] 中共中央,国务院.交通强国建设纲要[Z].2019.

[2] 连仁包,王卫星,李娟.自适应圆形模板及显著图的高分辨遥感图像道路提取[J].测绘学报,2018,47(7):950-958.

[3] 查中亮.基于多源遥感数据的道路、居民点提取及布局优化研究[D].成都:四川师范大学,2018.

[4] 吴饺. 基于全卷积网络的长株潭城市群高分辨率遥感影像道路提取[D].湘潭:湖南科技大学,2020.

[5] Jia Y,Zhang X,Xiang R,et al.SuperResolution Rural Road Extraction from Sentinel-2 Imagery Using a Spatial Relationship Informed Network[J].Remote Sensing,2023,15(17):4193.

[6] Zhang Z,Liu Q,Wang Y.Road Extraction bydeep residual U-Net[J].IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,2018,15 (5):749-753.

[7] Gong H,Luo T,Ni L,et al.Research on facial recognition of sika deer based on vision transformer[J].Ecological Informatics,2023,78:10-23,34.

[8] 王菲菲. 基于改进YOLOv5m算法的野生动物检测[D].烟台:烟台大学,2023.

[9] 张仙,李伟,陈理,等.露天开采矿区要素遥感提取研究进展及展望[J].自然资源遥感,2023,35(2):25-33.

[10] Zhang Y,Wang H,Liu J, et al.A Lightweight Winter Wheat Planting Area Extraction Model Based on Improved DeepLabv3+ and CBAM [J].Remote Sensing,2023,15(17).

基于空洞卷积增强型U-Net的灾损建筑物提取

何群

（江西省赣西土木工程勘测设计院有限公司，江西 宜春 336000）

摘　要：快速准确识别地震灾害后震区建筑物的倒塌损毁情况对于灾后救援具有重要意义，基于遥感影像的自动化检测方法已成为近年研究重点。针对U-Net模型在地震受灾区复杂场景下检测精度较低的问题，提出一种空洞卷积增强U-Net模型进行灾损建筑物提取。首先对U-Net模型的基础框架进行改进，引入跳跃连接减少边缘和转角的细节损失；同时采用新的卷积模块扩大感受野，并在模型底部增加Dropout模块与空洞卷积金字塔，缓解过拟合现象，提升对波段信息的兼容性。实验结果表明，改进后U-Net模型对于震后灾损建筑物的提取精度更高，总体提升约7.2个百分点，对建筑物边界和小目标识别具备更高的鲁棒性，可有效应用于地震发生后的建筑物提取工作。

关键词：深度学习；语义分割；高分辨率影像；地震灾害；建筑物提取

1　引言

在各类自然灾害中，建筑物损毁和倒塌往往导致严重的人员伤亡和巨大的经济损失。相关数据表明，地震发生后，城市地区超过95%的人员伤亡由建筑物倒塌引发[1]。因此，实现高精度且快速的建筑物倒塌评估成为遥感领域的重要研究课题。准确评估建筑物倒塌情况对于妥善安置灾民、保护受灾民众的生命财产安全、恢复社会秩序及维护社会稳定具有重要意义。

利用高分辨率遥感影像进行灾后建筑物信息提取是目前常用的方法之一，主要包括对地震前后的多时相遥感影像进行建筑物变化检测，以及直接利用震后影像进行建筑物识别与分类[2]。近年来，随着深度学习技术的迅猛发展，研究人员已将其成功应用于高分辨率遥感影像的分类任务中。例如，伍燚垚[3]改进了原始U-Net模型，用于建筑物损毁检测，在测试数据集上达到平均93.2%的整体分类精度，这证明深度学习技术在实现建筑物损毁自动化检测方面有巨大潜力。另一种评估建筑物损毁的方法是地震后派遣救援人员进行现场勘查以收集信息[4]。尽管这种方法能获得较为精确的第一手资料，但效率较低，且由于可能存在余震等因素，现场作业风险极高。

基于深度学习技术开展高分辨率影像目标识别是提升灾后建筑物信息提取精度的热点方法，国内外学者对此展开深入探究。Yeum等[5]把计算机视觉组CNN架构的一种浅层模型VGG-F用于遥感影像，完成建筑物的损害分类；周阳等[6]提出一种借助DCNN全连接层特征结合支持向量机的方式来进行建筑物毁坏区域检测，检测正确率达到89%。

研究对原始U-Net模型加以改进，并将其应用于建筑物损毁检测。数据集通过网络获取，同时通过目视解译手动绘制建筑物倒塌和完整这两类矢量样本。运用相同的数据集对原始U-Net模型和改进后模型展开训练、预测及精度评价。结果显示，改进后的模型能够有效应用于地震灾害之后的建筑物提取工作，为相关技术部门提供快速准确的技术支持。

2　研究方法

U-Net是目前流行的深度学习语义分割网络[7]，最初应用于医学影像的分割任务，并已成为该领域最成功的方法之一。U-Net的设计特点包括长跳跃连接、对称结构以及多尺度分析。长跳跃连接有效防止因网络深度增加而导致的梯度下降和消失问题，而解码层与编码层采用对称结构以增强跳跃连接的效果，使之更适合端到端的分类任务。此外，U-Net网络支持少量数据集训练，可对像素级进行分类和分割图像块，非常适合应用于灾损建筑物的提取任务。

U-Net主要包含编码器（Encoder）与解码器（Decoder）两部分，编码器通过卷积和最大池化逐步减小特征图尺寸并提取高层语义信息；解码器则通过上采样逐步恢复特征图分辨率。在对称位置处，编码器的特征与解码器对应层进行跳跃连接（Skip Connection），保证高层语义与底层细节的融合。网络主要利用卷积层和2×2最大池化操作进行下采样，每次下采样都将原始影像的尺寸减半。经过四次下采

作者简介：何群（1990—），男，汉族，本科，工程师，主要从事水利工程测绘、三维激光扫描、无人机航测等工作。

样后，图像尺寸缩小至初始大小的1/16。上采样过程中会融合下采样阶段得到的特征图，以此减少细节损失并补充网络细节。然而，传统的U-Net网络普遍存在边缘模糊和细节丢失问题。为解决这些问题，研究提出一种新型U-Net（以下简称E-UNet）网络架构，通过使用双线性插值代替反卷积、引入空洞卷积、增设Dropout模块等操作，用以提升模型在灾损建筑物提取方面的准确度与稳定结果。

2.1 总体网络结构

改进后的网络架构与U-Net相同，皆为四层架构，能够避免因加深网络而丢失更多的边缘细节信息。E-UNet网络在编码器与解码器中间的“瓶颈”层增添了DropOut模块，在前向传播过程丢弃一部分神经元，规避模型因过度依赖神经元所导致的过拟合情况。在网络底部使用空洞卷积金字塔（Atrous Spatial Pyramid Pooling，ASPP）类似的思路，通过不同空洞率卷积并行分支进一步增强对多尺度目标的建模能力。同时在解码层的顶端增大图像尺寸，令特征在亚像素级上进行分割，进而达成更加精细的分类[8]。

模型的输出层使用Sigmoid函数充当激活函数，函数值越大意味着该模型判定该像元为正类的概率越大。另外，采用ReLU线性整流函数作为其他部分的激活函数，此函数的特点在于能够抑制负值，并能有效预防梯度爆炸。

2.2 编码层网络结构

U-Net模型存在梯度爆炸和消失现象，为了尽可能减缓这种情况，在网络中加入跳跃连接结构，同时使用不同的感受野分析不同尺寸的目标。但通过扩大卷积核增加感受野会导致网络参数量显著增加，因此E-UNet引入空洞卷积，在不增加参数量的情况下扩大感受野，有助于防止梯度消失。在E-UNet前几个block中加入空洞卷积块可以快速获取信息。在这些特征层中，使用膨胀率为2、3、5的空洞卷积来完成大范围的信息提取，这些空洞卷积与1×1卷积和池化操作的结果通过Concat操作进行融合，最后将融合后特征送入1×1卷积层进行通道数量的调整，输出256通道的特征传递给解码层。E-UNet网络的编码单元层如图1所示。

2.3 解码层网络结构

在U-Net模型中，解码器通常采用反卷积（Transposed Convolution）或上采样+卷积形式，反卷积可能带来棋盘效应，且对显存需求较高。研究尝试将上采样操作替换为双线性插值法，优点在于提升网络速度的同时能有效节省显存，提高模型的复杂度。特征信息从编码层通过连接操作传递到解码层，仅在同一层之间进行传递，防止在卷积过程中出现梯度消失现象。解码层的网络结构如图2所示。

为增加模型的鲁棒性，在编码层和解码层单元采用多种策略，使用不同大小的感受野分析不同大小的目标，且可以通过增加卷积核大小实现这一点。E-UNet采用卷积核拆解方法，在不增加参数量的情况下获得相同大小的感受野。

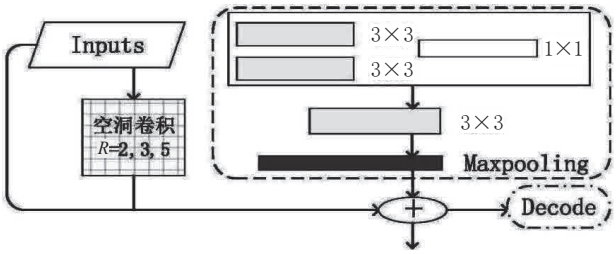


图1　编码卷积单元层

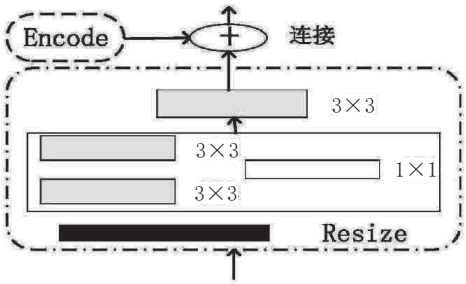


图2　解码卷积单元层

3　实验与分析

3.1 实验平台和参数设置

实验是在配备Intel(R) Xeon(R) Gold 5118 CPU @2.30GHz、NVIDIA Tesla V100 16GB GPU和64GB运行内存的服务器上进行的，神经网络模型使用Python的TensorFlow库实现。在本次实验中，初始学习率设置为0.0001，权值衰减系数设定为0.0005。考虑到计算机内存限制，将每次迭代训练的图斑数量限定为2，Dropout层丢弃神经元的概率设置为0.5。

3.2 实验数据

实验数据来自地震后建筑物遥感影像检测数据集，数据集由高分辨率卫星在地震后近期拍摄，包含城市、乡村等不同类型的地表场景，原始数据分辨率优于1m，图幅之间存在一定的光照、阴影和景观差异。由于该数据集的标注方式只适用于深度学习的目标检测任务，因此需要重新进行手动标注，以创建适用于语

义分割的样本数据集。通过使用 ArcGIS 软件，结合目视解译方法，对数据集影像中的完整建筑物和倒塌建筑物进行了勾绘。同时采用随机裁剪方式对原始影像及其对应的标签图像进行裁剪处理，共获得 1200 组包含原始影像与标签的数据样本。

考虑到深度学习模型训练通常需要大量数据来支撑，对这些原始图像及其标签图像进行了对角翻转、水平翻转和垂直翻转等操作，便于数据增强，最终得到 4800 组 512×512 大小的数据。在模型训练阶段，将这 4800 组数据按照 7∶2∶1 的比例划分为训练集、验证集和测试集。

3.3 评价指标

为更好地评估改进模型倒塌建筑物提取的有效性，使用总体精度和Kappa 系数来衡量所训练模型的性能。其中，第 u 类的正确率为：

$$pA_u = \frac{P_{u,u}}{\sum_{v=1}^{K^L} P_{u,v}} \tag{1}$$

总体精度 OA（Overall Accuracy）为：

$$OA = \frac{\sum_{u=1}^{K^L} P_{u,u}}{\sum_{u=1}^{K^L}\sum_{v=1}^{K^L} P_{u,v}} \tag{2}$$

$Kappa$ 系数为：

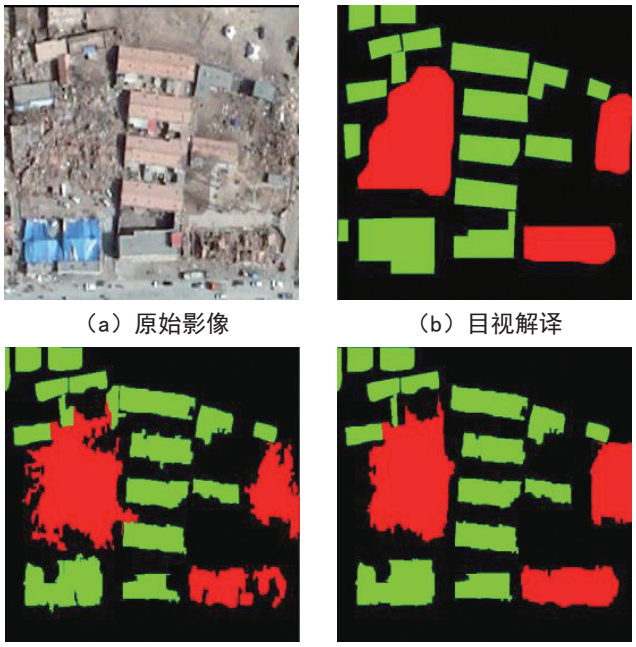
$$Kappa = \frac{N\sum_{u=1}^{K^L} P_{u,u} - \sum_{u=1}^{K^L}((\sum_{v=1}^{K^L} P_{u,v})\times(\sum_{v=1}^{K^L} P_{v,u}))}{N^2 - \sum_{u=1}^{K^L}((\sum_{v=1}^{K^L} P_{u,v})\times(\sum_{v=1}^{K^L} P_{v,u}))} \tag{3}$$

公式中，N 表示像元总数；K^L 表示语义分割中的类别数目；$P_{u,v}$ 表示本属于类 u，但是被预测成类 v 的像素数量；$P_{v,u}$ 表示本属于类 v，但是被预测成类 u 的像素数量；$P_{u,u}$ 表示类 u 被正确预测的数量。

3.4 实验结果与分析

为评估模型性能，在相同模型参数情况下使用同一套数据集对原始 U-Net 模型和改进后的 E-UNet 模型进行了训练。两组模型迭代至最优效果后，利用训练好的模型对测试集进行预测，以提取图像中的完好建筑和倒塌建筑。预测结果与人工标注的真实结果进行了对比，具体如图 3 所示。

分析发现，原始 U-Net 模型在灾损建筑物提取中存在漏检情况，对于倒塌建筑物边缘的检测效果较差，容易将建筑物周边地物误判为倒塌建筑物，这在一定程度上影响了检测精度。相比之下，改进后的 E-UNet 模型虽然也有一定的漏检现象，但从整体来看，针对建筑物边缘的检测能力较好，能够较为准确地还原倒塌建筑物的实际边界。在杂乱、破碎的倒塌建筑区域，原始U-Net 模型容易将部分瓦砾或阴影误判为建筑物，或忽略某些边缘像素而造成漏检。E-UNet 模型的结果在建筑物轮廓和边缘过渡处更平滑，对小规模废墟的捕捉也更加精确。



（a）原始影像　（b）目视解译

（c）U-Net提取结果　（d）E-UNet提取结果

图3　灾损建筑物提取结果

值得注意的是，由于使用的是一个自行制作的数据集，样本数量相对有限，这可能是造成两个模型检测效果并不十分理想的原因之一。不过，从提取结果图中可以明显看出，改进后的 E-UNet 模型的检测效果优于原始 U-Net 模型。

为进一步验证改进方法的可行性和有效性，对原始 U-Net 模型和改进后的 E-UNet 模型的预测结果进行了精度评价，评价结果如表 1 所示。根据表 1 数据，原始 U-Net 模型在进行灾损建筑物提取时的效果不尽如人意，总体精度仅为 79.46%，Kappa 系数只有 75.04%，这两项评价指标均显著低于改进后的 E-UNet 模型。

表1　模型精度评价

模型	OA/%	$Kappa$/%
U-Net	79.46	75.04
E-UNet	86.67	82.23

改进后的 E-UNet 模型表现出了更高精度，总体精度达到 86.67%，相比于原始 U-Net 模型提升了 7.21 个百分点；Kappa 数据为 82.23%，相比原始 U-Net 模型提高了 7.19 个百分点。这些结果表明，改进后的

（下转第 50 页）

无人机机载LiDAR在道路竣工规划验收测绘中的应用

周翠花

（浙江经纬测绘有限公司，浙江 杭州 310052）

摘　要：针对传统道路竣工规划验收测绘手段存在外业工作量大、成本高、耗时久，而车载 LiDAR 系统数据采集不够全面等缺点，提出利用无人机机载 LiDAR 技术的新型作业方法，通过工程实例进一步分析该方法的应用流程，同时对成果精度及应用情况进行了总结。研究结果表明，无人机机载 LiDAR 技术能快速、精确地获取道路及周边环境的三维空间信息，大大提高了测绘工作效率和质量，为道路竣工规划验收提供了数据支持和科学依据。

关键词：无人机机载 LiDAR；道路竣工规划验收测绘；点云数据；要素提取

1　引言

道路工程竣工后需进行规划验收测绘，所获取的图件用于办理建设工程竣工规划认可证，并为将来道路工程改建、扩建提供重要基础资料。传统的道路竣工规划验收测绘通常采用 GPS-RTK、全站仪等设备进行全野外数字化作业，存在外业工作量大、成本高、耗时久等不足，不能全面、快速、准确获取道路及周边环境的空间信息；而采用车载 LiDAR 的测量方法难以采集到道路两侧边坡、沟坎以及被遮挡地方的数据。

近年来，随着无人机技术和 LiDAR 技术的快速发展，无人机机载 LiDAR 技术逐渐在测绘领域得到广泛应用。该技术将 LiDAR 传感器搭载于无人机平台，通过无人机的飞行获取地面目标的三维空间信息，具有作业效率高、精度高、受地形和通视条件影响小等优点，能够快速、全面、准确地获取道路及周边环境的三维空间信息，为道路竣工规划验收测绘提供了一种全新的技术手段。

2　无人机机载 LiDAR 技术概述

2.1 无人机机载 LiDAR 工作原理

无人机机载 LiDAR 是一种新兴的主动式三维对地观测技术，是继全球卫星导航系统广泛使用以来在遥感测绘领域的又一场技术革命。它集成了激光测距技术、航空摄影测量技术、高动态载体姿态测定技术和高精度动态 GNSS 差分定位技术，能够快速获取大面积高精度的地面点云数据和高分辨率的数码影像，具有作业速度快、数据产品丰富、测量精度高、自动化程度高、受地形条件限制少等特点 [1]。

无人机机载LiDAR测量系统包括机载激光扫描仪、航空数码相机、定向定位系统 POS（包括全球导航卫星系统 GNSS 和惯性导航仪 IMU）。该系统通过机载激光扫描仪主动向目标发射高频率激光脉冲，接收反射来的激光，同时记录时间，通过发射激光和接收激光之间的时间差计算出激光扫描仪到目标的距离；利用航空数码相机采集影像数据；POS 系统记录设备在每一瞬间的空间位置与姿态，其中 GNSS 确定空间位置，IMU 惯导测量俯仰角、侧滚角和航偏角等数据 [2]。结合 POS 系统获取的位置和姿态数据计算出目标的三维坐标 [3]。无人机机载 LiDAR 工作原理如图 1 所示。

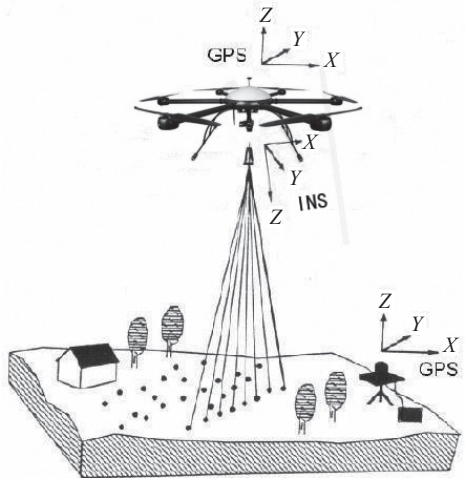


图1　无人机机载LiDAR工作原理

2.2 无人机机载 LiDAR 作业流程

无人机机载 LiDAR 作业流程主要有飞行准备、飞行实施、数据处理、数据应用四大流程，如图 2 所示。

（1）飞行准备。准备阶段需要申请空域，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。实施阶段需选择合适的飞行时机，

作者简介：周翠花（1980—），女，汉族，本科，工程师，主要从事工程测量、界线与不动产测绘、摄影测量内业、地理信息数据处理等工作。

避开不利气象条件，飞行过程应严格按照设计的各项参数执行，并实时检查数据质量，及时安排补飞和重飞。

（3）数据处理。在数据处理阶段，先进行 GNSS/IMU 联合解算，对原始点云和原始影像进行数据预处理，得到具有正确地理参考的点云数据和数码影像，然后对点云进行滤波，制作 DSM 和 DEM，再利用点云数据对影像进行纠正制作 DOM，形成各种数据成品[4]。

（4）数据应用。数据应用阶段需结合工程需求，选择合适的平台提取所需的点云数据，并进行分析应用。

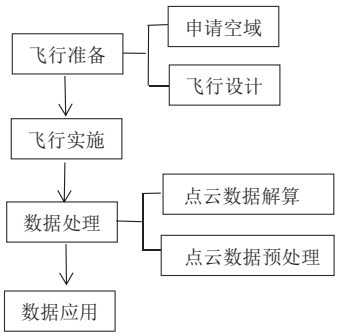


图2　无人机机载LiDAR作业流程

3　实例分析

3.1 工程介绍

大吉路（环镇北路—五里塘河）道路新建工程位于浙江省杭州市拱墅区，全长约 673.5m，标准宽 26m，是拱墅区祥符单元南北向城市次干路，该项目于 2023 年 8 月完工，通车前需要进行竣工规划验收测绘。考虑到时间紧任务急，该项目采用无人机机载 LiDAR 系统一次采集并获取完整道路及其他要素设施的真实点云及影像数据，为后续规划、交通、绿化、消防、民防等专项验收提供技术支持。

3.2 飞行准备

飞行前，首先办理空域申请手续，然后现场踏勘并收集测区已有的地形图和影像资料，再进行飞行设计，计算出各项飞行参数，用于下一步的飞行实施。

3.3 飞行实施

（1）采用设备。项目利用华测 BB4 四旋翼航拍无人机移动测量系统（如图 3 所示），该系统集华测自主研发的 AU20 多平台激光扫描仪、全画幅相机及惯性导航系统等多种传感器于一体，扫描仪测程最高可达 1845m，激光脉冲频率为 100kHz，视场角 360°，机载测量精度达到 5cm@200m。整套系统具有集成度高、体积小、重量轻等优势，可快速获取测区三维点云与影像数据，通过后处理生成高精度测绘数据产品。

（2）参数设置。数据采集作业时首先利用无人机自带的航测软件规划航线，无人机在执行作业过程中在航测边缘区域不可避免会出现频繁转弯现象，导致数据精度、密度等比测区中心点低，因此在规划航线时需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[5]。其次，为保证一定的点云密度，在确保飞行安全前提下航高不宜设置过高，同时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，确保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，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。外业航飞挑选天气晴朗、空气质量良好、气象条件温和的时间窗口实施。结合天气因素及空域申请情况，项目共飞行一个架次即完成数据采集任务，总飞行用时 30min，航飞后对数据的完整性进行检查，确保获取的数据无遗漏，覆盖整个测区。

图3　华测BB4四旋翼航拍无人机移动测量系统

3.4 数据处理

（1）点云数据解算与格式转换。利用华测 CoPre 三维数据解算软件对点云数据进行解算与格式转换，首先将 GPS 后差分数据与 IMU 数据融合，得到高精度的坐标与姿态（POS）信息，然后对数据进行格式转换，最后导出 .las 和 .xyz 等格式的点云数据融合成果。

（2）数据预处理。数据预处理旨在获取激光点云数据的空间坐标和影像外方位元素，为后期制作 DSM、DEM、DOM、路径优化和施工图测量提供数据。数据预处理时需要使用原始激光点云数据、原始数码影像数据、IMU 数据、机载 GNSS 数据和地面基站数据等预处理内容包括偏心角改正、GNSS 解算、偏心分量计算、空三加密、坐标转换等。

①点云去噪。在无人机机载 LiDAR 系统数据采集过程中，当激光脉冲对地物进行扫描时，受外界环境的杂质、目标物理特性及仪器误差等因素影响，获取的原始点云数据存在少量高程异常点，如云雾、空中悬浮的大颗粒物质等，为了使点云数据的滤波分类结果有更高精度，首先需要去除模型中较高的异常点，

水域范围也需要根据周围点的高程值进行填补。

②点云分类。根据地物特征设置不同的特征参数，利用华测 CoProcess 三维数据成果智能生产软件对建筑物、植被进行自动分类，并通过人工编辑得到分类成果。在对水系进行分类时，需要人工根据点云稀疏程度进行判断，当点云密度较低或存在大面积漏洞时，可将该区域划分为水系；在对道路、电力线进行分类时，需要人工借助影像和点云数据进行判读实现分类。

③内插及格网化 DEM 和 DSM 制作。经过噪声点滤除后，模型上会存在空洞，需要经过内插处理，用空洞周围的高程点值对空洞进行内插，使地面高程连续完整，预处理后的部分点云数据成果如图 4 所示。

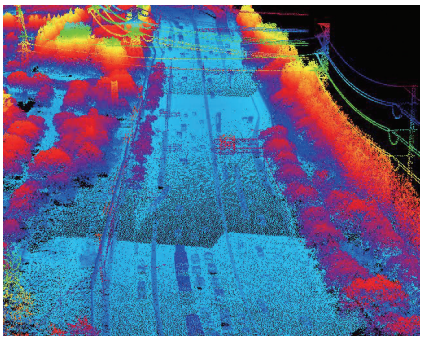


图4　部分点云数据成果

3.5 数据应用

（1）道路要素提取。华测 CoProcess 三维数据成果智能生产软件具有智能要素提取功能，可支持道路标线的自动追踪提取，并快速获取实线、虚线的线宽和线类型参数。与传统 RTK 不同，点云对地面细节描绘更加丰富，同时也增加了手工绘制断面的工作量，但通过三维数据成果智能生产软件，可以直接导入道路中线设计文件，并能根据点云剖面自动生成道路横、纵断面图。在一些特殊地形，如道路边的沟坎，也支持人工手动编辑，在道路纵、横断面图生成后，可以直接导出设计需要的断面格式或者 CAD 图形，然后提交成果，作为道路审批部门的验收依据。

（2）其他要素提取。按照数据库格式，利用华测 CoProcess 软件对点云进行分类管理，再依据规划、交通、绿化、消防、民防 5 个审批专业的要求提取各专业要素数据。其中，绿化专业可通过点云提取行道树的位置、高度、胸径、数量、面积等要素信息；交通专业可提取交通设施，如路牌、路标、路灯、探头、信号灯等位置和高度信息；消防专业可提取消防车道、消防救援口、人行车行横通道、联络通道等信息，点云无法提取的要素信息再通过人工实地调查方法来确定。最后再分专业汇总比对实测数据与审批数据差值，制作各专业要素成果表和要素成果图，作为各审批部门的验收依据。

3.6 精度分析

（1）点云数据高程精度检查。点云数据的高程精度直接影响道路规划竣工验收要素的测量精度，在测区均匀选取点云数据的 10 个点作为检查点，利用 GPS-RTK 测量出所有检查点的三维坐标值，再将这 10 个检查点内插到点云数据中，进行高程值比对，H_1 为检查点的测量高程值，H_2 为检查点内插得到的高程值，统计结果如表 1 所示。中误差计算公式如下：

$$M=\sqrt{\frac{[\Delta_i\Delta_i]}{n}}$$

公式中，M 为中误差，n 为检查点数量，Δ_i 为实测高程值与内插高程值的较差。经公式计算得出，10 个检查点的高程中误差为 0.021m，高程精度满足道路规划竣工验收的测量精度要求。

（2）要素精度检查。为了检查要素成果的测量精度，工作人员利用 GNSS-RTK 实测 20 个检查点，检查点全部为具有明显标志的交通标线角点，并均匀分布于整个测区。将实测坐标值与从要素成果中量取的坐标值进行比对，经统计，20 个检查点的平面中误差为 ±0.041m，高程中误差为 ±0.027m，满足相关规范的精度要求，部分要素检查点精度统计数据如表 2 所示。

表1　检查点高程值对比

点号	H_1	H_2	ΔH
1	13.113	13.093	-0.02
2	13.151	13.177	0.026
3	13.113	13.107	-0.006
4	12.323	12.330	0.007
5	13.673	13.687	0.014
6	18.158	18.181	0.023
7	13.179	13.210	0.031
8	18.158	18.131	-0.027
9	13.113	13.093	-0.02
10	11.323	11.335	0.012

表2　要素成果精度统计

点号	实测点坐标/m			检查点坐标/m			误差/m			
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	平面	高程
C01	3631.376	5041.347	13.673	3631.362	5041.312	13.687	-0.014	-0.035	0.038	-0.01404
C02	3643.358	5245.675	13.113	30643.324	5245.717	13.093	-0.034	-0.025	0.042	-0.020
C03	3810.349	5947.735	13.151	3810.338	5947.759	13.177	-0.011	0.024	0.026	0.026
C04	3904.844	5299.807	18.158	3904.795	5299.795	18.131	-0.049	-0.012	0.050	0.027
C05	3956.358	5331.274	11.323	3956.312	5331.249	11.335	-0.026	-0.025	0.036	-0.012
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
C20	3582.781	5780.482	13.179	3582.752	5780.467	13.210	-0.029	-0.015	0.033	0.031
中误差M_S=±0.041m　M_H=±0.027m										

3.7 应用总结

工程完成后，项目组从工作效率、测量精度方面对无人机机载 LiDAR 技术在道路竣工规划验收测绘中的应用进行了总结：

（1）工作效率方面。采用传统测量进行外业数据采集需两个小组 4 人用时 2 天完成，而利用无人机机载 LiDAR 投入 2 人，外业飞行一个架次 30 分钟就能采集到包含车道、道路附属设施等完整点云数据。传统内业需2人至少2天才能出成果，而通过三维点云测图，内业只需 1 人 1 天即可完成包括点云数据处理、要素提取、道路横纵断面快速生成等复杂成果，无人机机载 LiDAR 的工作效率相比传统作业方式要高很多。

（2）测量精度方面。项目分别抽查了点云精度和各专业要素成果精度，经统计，结果均满足相关规范要求。

4 结语

无人机机载LiDAR作为一种先进的集成测量技术，有效解决了传统道路测绘外业工作量大、成本高、耗时久、安全性差等问题，能快速、准确地获取全要素的地形地貌点云数据和航空影像数据，经专业处理可同时制作包含规划、交通、绿化、消防、民防 5 个专业的要素验收成果，为道路规划竣工验收测绘提供了宝贵经验和数据支持，有效解决了传统道路测绘外业工作量大、成本高、耗时久、安全性差等问题，对于优化整合测绘事项、统一测绘技术标准、支撑工程建设项目审批、促进经济社会高质量发展具有重要意义[6]。

参考文献

[1] 王跃武.机载LiDAR系统在土石方测量中的应用[J].资源导刊,2023(14):31-33.

[2] 魏作文.输电线路测量中传统技术与新兴技术的研究与讨论[D].南昌:华东交通大学,2020.

[3] 李寒冰,韩梦玥,王盼.基于机载LiDAR点云的道路提取方法研究[J].地理空间信息,2023(8):129-132.

[4] 刘国栋,刘佳,刘浪.一种基于机载LiDAR数据的山区道路提取方法[J].激光技术,2022(4):466-473.

[5] 韩友美,杨伯钢.车载LiDAR技术市政道路测量高程精度控制[J].测绘通报,2013(8):18-21.

[6] 施仲添.数字化改革背景下综合测绘改革的思考与实现——以杭州为例[J].城市勘测,2023(2):165-168.

（上接第 46 页）

E-UNet 模型能更有效地完成灾损建筑物的提取任务。

4 结语

针对震后高分辨率遥感影像的建筑物损毁检测任务，研究提出了一种空洞卷积增强型 U-Net（E-UNet）模型来进行灾损建筑物提取。通过改进原始模型的基础框架、采用新的卷积模块、在模型底部增加 Dropout 模块以及引入空洞卷积金字塔，在自制数据集上取得了良好的分类结果。与原始 U-Net 模型相比，改进后的 E-UNet 模型的总体精度提高了 7.21%，Kappa 系数提升了 7.19%。这表明改进后的 E-UNet 模型可以有效应用于地震灾害后的建筑物精细化提取，为震后建筑物的快速评估提供了有力的数据支持。

鉴于实验使用的数据集数量较少、样本多样性不足，人工制作数据集的工作量较大，后续计划利用公开数据集进行模型训练，同时引入更多不同地理场景、震级、建筑类型的公开数据集进行训练和验证，最终目标是将研究成果应用于洪涝、飓风、火灾等自然灾害的建筑物提取工作中，充分发挥深度学习技术的实际作用。

参考文献

[1] 赵琪,翟永梅,李铁铮.高分辨率遥感图像在城市快速震害预测中的应用研究[J].灾害学,2012,27(2):72-76.

[2] 叶昕,秦其明,王俊,等.利用高分辨率光学遥感图像检测震害损毁建筑物[J].武汉大学学报·信息科学版,2019,44(1):125-131.

[3] 伍燚垚.基于改进U-Net的建筑物震害信息提取方法研究[D].成都:西南交通大学,2020.

[4] 中国地震局.建(构)筑物的地震破坏等级划分:GB/T 24335—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.

[5] Yeum C M.Dyke S J,Ramire Z,et al.Big Visual Data Analysis for Damage Evaluation in Civil Engineering[C]//The International Conference on Smart Infrastructure and Construction. Cambridge,UK,2016.

[6] 周阳,张云生,陈斯飏,等.基于DCNN特征的建筑物震害损毁区域检测[J].国土资源遥感,2019,31(2):44-50.

[7] Ronneberger O,Fischer P,Brox T.U-Net:Convolutional networks for biomedical image segmentation[C]//International Conference on Medical image computing gand computer-assisted intervention. Springer,Cham,2015:234-241.

[8] 何直蒙.基于深度学习的高分辨率遥感影像建筑物提取研究[D].南京:南京信息工程大学,2022.

江南御倭图

◎ 王树连

明朝后期，倭患猖獗，尤以江浙为甚。为防御倭寇，地理学家郑若曾在深入调查研究的基础上编著了地理名著《江南经略》。该书内容翔实，立论清晰，有图136幅。配图中有海防图（苏松海防图）、江防图、湖防图、备寇水陆路图等，统称为江南御倭图。

制图背景

明嘉靖三十一年（1552年）三月，清明之后的东海海面上波浪起伏，东北季风劲吹。海面上有一支大型船队，迅疾向西南方向进发，朝着中国长江三角洲的海岸前进。船上满载倭寇，海盗汪直的船队也在其中。汪直盘踞在日本平户附近的五岛列岛一带，与倭寇狼狈为奸。黛色的海岸进入视线，熟悉航线与沿海地理的汪直告诉倭寇："目的地到了，可以靠岸。"一声号令，船队按计划迅速向海岸靠拢。很快，他们登上海岸，开始大肆劫掠。

《明史》记载了这次倭患："汪直勾结诸倭大举入寇，连舰数百，蔽海而至。浙东西，江南北，滨海数千里，同时告警。破昌国卫。四月犯太仓，破上海县，掠江阴，攻乍浦。八月劫金山卫，犯崇明及常熟、嘉定。三十三年正月自太仓掠苏州，攻松江，复趋江北，薄通、泰。四月陷嘉善，破崇明，复薄苏州，入崇德县。六月由吴江掠嘉兴，还屯柘林。纵横来往，若入无人之境。"

东南告急，朝廷震惊。以兵部尚书张经总督军务，协力进剿，双方战争激烈，在嘉兴一仗，消灭倭寇1900多人。但是倭寇气焰嚣张，"复掠苏州境，延及江阴、无锡，出入太湖……而官军素懦怯，所至溃奔"。于是，皇帝命胡宗宪为浙江巡按御史，不久又提升其为总督，总理7省军务，领导抗倭战争。

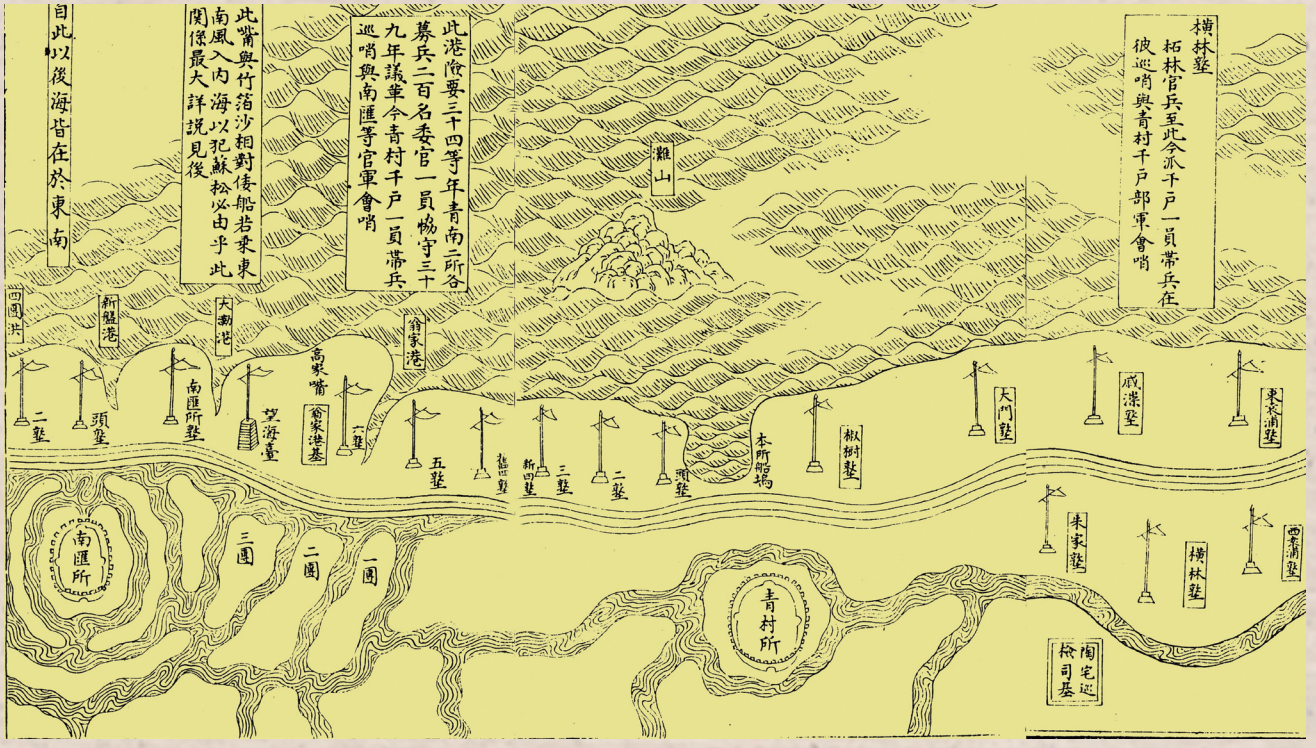
胡宗宪清楚，自元末明初，倭寇就开始侵扰我东南沿海，为了抗击倭寇侵略，明朝廷在沿海地区修建了大量城堡、卫所和烽堠。明朝前期，在沿海地区共建卫所64个，守御千户所95个，巡检司733个，关口6个，城寨11个，营堡218个，墩218个，台48个，烽堠733个。根据明朝建制，在海防线上的兵力最多时约50万。可是嘉靖以来，海防废弛，舰船破残，兵力不足，士气不高，这是倭患猖獗的根本原因。胡宗宪到任后，在江南增筑城池，招募士兵，训练水军，调整海防体制，起用戚继光、俞大猷等抗倭名将，采用"攻谋为上，角力为下"策略，开展了数年声势浩大的抗倭战争。

此时，郑若曾（1503—1570年）的家乡江苏昆山也受到倭寇劫掠。国恨家仇促使他密切关注战事发展，一心想为抗倭作些贡献。郑若曾出身书香之家，自幼好学，先后得到名师教诲，经常与当时的著名学者归有光、唐顺之、茅坤等一起探讨天文、地理、军事、地图等，是个博学多才的学问家。

有一天，郑若曾与好友唐顺之谈论抗倭战事。唐顺之说："抗倭前线战争十分激烈，中国军民打退倭寇多次入侵。但是，缺少沿海地图，影响对战争的运筹。"唐顺之时任南京兵部主事和职方员外郎，主管军事地图，面对海防图的缺乏，他感到愧疚和遗憾。

郑若曾说："海图如同棋盘，兵士如同棋子，进攻、防守、伏击等作战行动都应在地图上事先谋划。如果没有海防地图阅看，不了解地理情况，就会出现当局者迷，就不能分辨敌人从哪里进犯，不能先机待敌。倭寇进犯以来，我经常翻看江南郡县的一些图志，没有看

▲《苏松海防图》（首页）



▲《江防图》（局部）

到专门的海防图籍！”

唐顺之说：“目前朝野都没有海防图籍。我想，咱们应该编写。否则，愧对江南父老，愧对前方将士！”郑若曾说：“我有这个想法。但是没有先例，又缺少资料，怎么办？”唐顺之说：“兵部职方司里有大量图籍资料，可以参阅。”郑若曾说：“很好，我一定努力。一旦图成，‘展卷在目而心划出焉’，就可以在海防图上谋划歼敌了。”

此后，郑若曾收集大量沿海郡县图志，获取沿海卫所驻军布防资料，研究沿海及近海地区的地形。他一方面按照制图六体绘制海防图，一方面编写图论。春去秋来，寒暑交替，郑若曾废寝忘食，呕心沥血，终于编成中国历史上第一部海防图——《海防一览图》12幅，后又改称《万里海防图》。苏州郡守王道行非常支持郑若曾编撰海防图的事业。《海防一览图》及其图论即成，就出面将其刻印出来，并呈送指挥抗倭战争的总督胡宗宪。胡宗宪看后，非常高兴，招郑若曾担任幕僚。至此，郑若曾不仅以海防图论支持抗倭，还以参谋身份直接参加了抗倭斗争。

在胡宗宪的支持下，明嘉靖四十年（1561年）八月，郑若曾完成《筹海图编》13卷，共30万字，有图172幅，是中国历史上第一部全面描述中国海防的图籍，也是一部重要的海洋军事地理著作。

编写完《筹海图编》，郑若曾已经58岁。此时，在抗倭军民的打击下，倭患已是强弩之末。郑若曾无意功名，便告老还乡。当年为郑若曾刊刻《海防一览图》的苏州郡守王道行仍然做官，他欣赏郑若曾的学识，得知郑若曾回归故里，决定邀请郑若曾主持编绘长江下游和太湖地区的军事地理图籍。

王道行对郑若曾说：“郑君才识出众，所编《筹海图编》令朝野耳目一新。江南富甲天下，是倭寇的觊觎之地，应该编写江南图籍，筹划防卫策略，未雨绸缪，以为长远之计。我想组织人员研究、编写江南图籍，制定经略方针，请君出面主持，不知郑君意下如何？”郑若曾回答：“老朽当然愿意，只怕年老体弱，难以胜任。”

王道行说：“郑君只需筹划指导，我叫各郡造送‘图志，命官设局，凡薪粟之资，书绘之役，靡不周悉’，不需要郑君辛劳。”

郑若曾说：“书斋里编图籍，不是可取的方法。编图籍，‘溯委穷源，必躬履其地，非闭门造车可求其合辙也’。我想，不必兴师动众，由犬子应龙、一鸾协助我就可以。”王道行很高兴：“那就拜托了。需要本官协助之事，一定鼎力相助。”

实地踏勘

一叶扁舟在太湖上乘风破浪，向一处港汊进发。船舱里，郑若曾与儿子应龙、一鸾正在研究近几天

踏勘的地理资料，核查当地的图志记载。郑若曾认为，太湖地处江南，是倭寇从水路容易进犯的所在。因此，在调查研究基础上编写了《湖防论》，绘制了《湖防图》。载入《武备志》的《湖防图》有1幅8开纸大小的《太湖全图》和28幅16开纸大小的《太湖沿边设备之图》。前者描绘了太湖全景，后者详细描绘了沿太湖周边的港渎及其防备情况。正如郑若曾在《江南经略·湖防论》中所说："操小艇，历五湖，越半载始有所得，凡港渎通塞之迹，古今异同之名，何者为水利之所关，何者为兵防之所要，悉详识之，而绘为二图。绘全湖之图者，昭形胜也。绘沿湖之图者，详区划也。庶司兵者得有所据，以便规画（划）矣。"有资料统计，全部沿湖地图上共有港渎等约250处，其中湖5个，渎104个，港101个，另有溪、浦、口、泾、门约40处。

江南是水乡泽国，东面临海，而海岸、岛屿、海底地形对军事行动影响巨大。郑若曾认为，那种"海中无路，随处可行"的说法是不对的，海洋地形对海上活动有巨大影响，要认真研究。为此他还亲自到太湖、浙江沿海、舟山群岛一带实地勘察，对海港的位置、水深、容舟能力、避风能力、潮汐变化，以及海港之间的航程、航时、航向等进行了全面记载，并且有不少科学评价。《江南经略》卷八载有《海程论》一篇，专门叙述海上定向、计更、定位、进泊、辨潮及预测天气等内容。

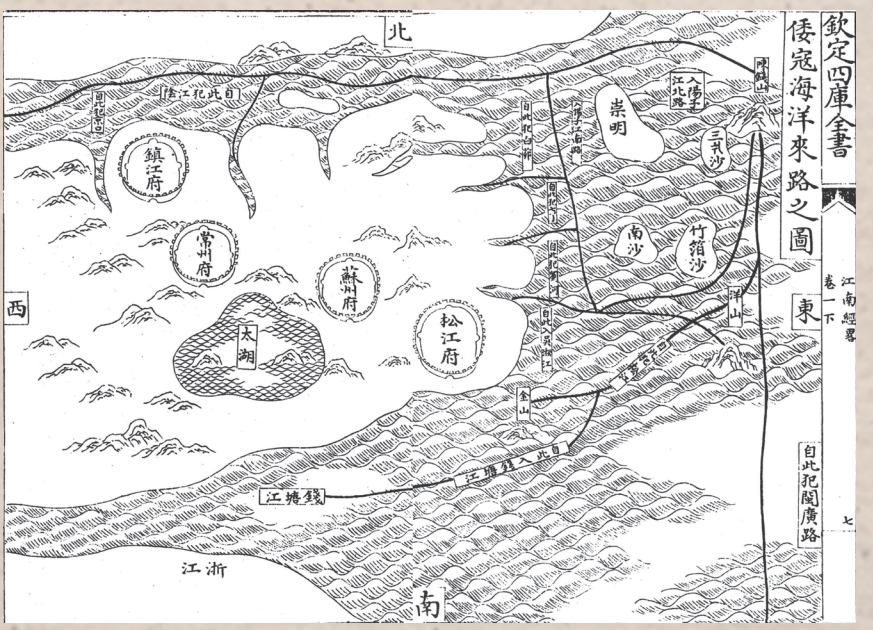
两年来，郑若曾父子就这样踏遍太湖流域江南水乡的港港汊汊，获取了大量第一手地理资料，为编写长江三角洲的军事地理与绘制海防地图奠定基础。《江南经略·序》记载，郑若曾"携二子应龙、一鸾，分方祗役，更互往复，各操小舟，游于三江五湖间。所至，辨其道里、通塞，录而识之；形势、险阻、斥堠、要津，令工图之；相度于居民，爰谘于父老；集一方之识，即为一方之计。务求切实可行，不必奇诡迂诞也"。对于偏僻边远难以到达之处，则查阅资料进行了解。又据《江南经略·凡例》："凡水陆道路，躬亲阅历，多方考证，一一注明，而于所当设险之处，又为图，为说，罔敢缺略，庶后之经略者可考而知焉。"经过两年时间，"略者始详，讹者始信"，编制出《江南经略》初稿。

《江南经略》初稿有图185幅，议论考证350多条，十多万字。删定成书为8卷，图136幅。此书详细叙述了军事地理要素及其对军事的影响，对长江三角洲地理位置的重要性分析得也很透彻："谨按长江下流乃海舶入寇之门户也。溯江深入，则留都（南京）、孝陵为之震动，所系岂小小哉。故备御江之下流，乃所以保留都，护陵寝，至要至切之务也。""苏、松、常、镇四郡，幅员千里，乃朝廷命脉之地。""今吴淞江自吴以西多淤塞而不通，凡太湖以南嘉湖杭之水悉入泖湖，从黄浦出海，其流反疾。故贼舟之入也……吴淞反为不便，势使然也。"在综合分析江南军事地理的基础上，郑若曾在《江南经略·江防论》中提出保卫南京必须防卫的三条路线：一条是从长江口溯江西进；一条是从江口西进到通泰二州登陆，沿江北西进，"屯兵六合，分师渡芜湖、采石，走太平（当涂县）北"；一条是由吴淞江至太湖，在宜兴登陆西进。

根据调查资料与分析，郑若曾对江南的地理及其防御策略进行了详细论述，并绘制出136幅地图加以标示。这些地图分门别类，形成一个体系，笔者称其为江南御倭图。

配图浅析

郑若曾沿用绘制《万里海防图》的经验，采用计里画方之法，绘制出《江南经略》中的各类地图。因刊刻原因，后世看到的地图幅面，



▲《倭寇海洋来路之图》

多为16开大小，最大为8开大小。总体看，这些江南御倭图在制作手法或制作水平上与郑若曾编绘的《万里海防图》相当。但是，江南御倭图又有以下明显特点。

踏勘基础。如上所述，郑若曾为编著《江南经略》，走出书斋，足迹踏遍太湖港湾、长江下游的南北水乡、浙江沿海及舟山群岛等，实地调查地理情况，历时两年，仅太湖沿岸就用了半年，在“略者始详，讹者始信”的基础上，绘制出不同种类的江南御倭图。显然，江南御倭图有相当好的实测基础。而之前郑若曾的《万里海防图》主要依靠各地报送的馆藏图志资料编写，比较起来，江南御倭图更贴近实际地理状况，现势性更好。

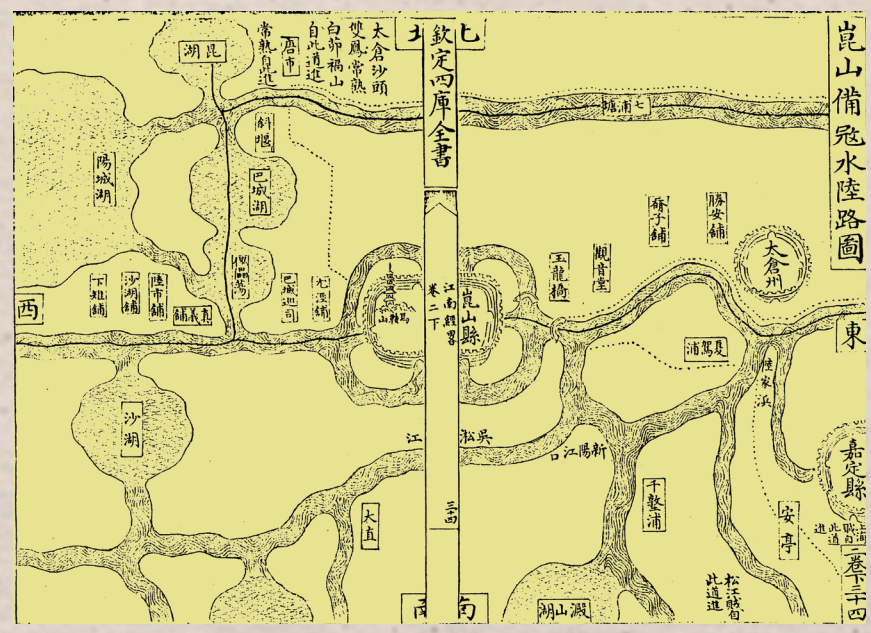
图论结合。根据综合分析，郑若曾绘制出倭寇的入侵航线以及中国将士海上巡哨路线。当时，在海防策略上，存在“御海洋”与“固海洋”之争。郑若曾认为，两者不应对立，而应统一，应互相补充。所以，一方面在《江南经略》的《御海洋论》中主张“海战为上”的思想，提出远海巡逻，近海歼敌，设置海上防线。他写道：“哨贼于远洋，而不常厥居；击贼于近洋，而勿使近岸，是谓之善体。”同时主张在海岸设立第二道防线，由于海岸南北纵向非常漫长，需要在军事要地重点驻防。沿海各地政府及其驻军既要守卫本地区，又要与相邻地区互相支援，协调作战。

种类齐备。为筹划江南防务，江南御倭图包括海防图、江防图、湖防图、交通图、险要图等，种类齐备。其中江防图46幅，范围主要为长江下游，西起今江西瑞昌县，沿江而下，东到长江口的金山卫。这个范围也是倭寇进犯可能到达的地方。《江南经略》的《江防图》收入《四库全书》，其幅面为16开纸，对江岸具有导航意义的山峰、寺院、塔楼等采用对景绘法。图上重点描述军事要素，包括江防设施、哨所驻地、各营防区范围及其界线、倭寇出没路线等。图上注记文字较多，除地名、山名、港名、寺名之外，还标注了防区的起止地点，不同巡司间的距离，巡逻水军的兵员多少、舰只数量、巡逻周期等。图上对军事险要地段均有评述，如评述南汇所附近的翁家港：“此港险要，三十四等年，青（村）、南（汇）二所，各募兵二百名，委官一员协守。三十九年议革，今青村千户一员带兵巡哨，与南汇等官军会哨。”

江南水乡，行军作战，道路最为重要，为此，郑若曾对沿江各府、县的水陆交通进行了研究，绘制了各府、县的备寇水陆路图。《昆山备寇水陆路图》是其中一幅，详细绘出水网地区的昆山县境内的城池、湖泊、江河及其相互联系的水路和陆路，明显是一幅军事交通图。

重点突出。江南御倭图是对地理考证与论说的解释与展示，图面内容简明扼要，重点突出军事地理要素。如《苏松海防图》重点描绘了苏州、松江的海防形势，包括沿海地形及军队驻防情况，图上对重点内容进行了大段评注，如注“自此至吴淞一带，虽有港汊，每多沙碛，可登岸兵，难泊舟，非选练步兵循塘据守不可”。图上对羊山、金山卫注释，指出：“羊山，高百余丈，周围约七八十里，形如圈……此山为倭至必经栖息分船之处。”“金山至宝山一带，非沙船可泊，必须分番巡哨吴淞江刘家河……金山卫西连乍浦，东接柘林，频年为倭贼之所巢窟。添设游击将军，统领马步游兵，往来游檄，则北可以护松江，而西可以援乍浦。”

总体看，江南御倭图是军事地理名著《江南经略》的重要组成部分。此系列地图，立足抗倭战争，突出军事内容，重视实地勘察，比较直观地展示出制图者的军事防御思想，为明代后期运筹帷幄、抗倭战争提供了重要的地理信息资料。



▲《昆山备寇水陆路图》

（作者单位：西安测绘研究所）

情满魏沟寄乡愁

◎ 孙利芳 / 文 张军平 / 图

每个人的心里都住着一个村庄，每个人的心中都有一抹乡愁。乡愁寄托着我们对故乡的怀念，对世外桃源的向往，对田园风光的依恋。位于焦村乡的魏沟就是这样一个能寄托乡愁的古老村庄。

魏沟村位于汝州市东北部30千米的嵩山余脉下，依山傍水，九龙锁谷，植被茂密，四面环山。北靠银洞岭、东依三官山，西望高高楼、南临圆山寨，是一个在风雨中屹立千年，有着传统美、质朴美、自然美，古风犹存、古韵幽幽的古老村落。

新型环保电车在云雾缭绕的盘山公路蜿蜒前行。往上看是巍峨山峰、气势磅礴；朝下看则是悬崖峭壁、千沟万壑。胆战心惊间，我们终于抵达群山环绕的谷底盆地魏沟村，不禁欢呼雀跃。

一栋栋古老的石头民居古朴凝重、清幽淡雅，石头窑洞进则灵便、退易藏身、御可固守；一棵棵古老的神树仙风道骨、盘根错节、枝繁叶茂，阅尽世间百态，屹立千年；一座座古桥由青石铸成，结构精美、坚固耐用；一口口古井深幽深邃、清泉流淌，滋养着淳朴智慧的人们，好一处“九龙锁谷地，九曲盘环水”的灵秀宝地。

弯弯的小河边，古老的窑洞前，高大的皂角树下，人们三三两两聚在一起聊着家常，小狗摇着尾巴围着人们撒欢，大公鸡扬着高傲的头颅唱着歌，牛儿在石槽旁悠闲地反刍，好一派田园风光！果真如诗中所云：“石窑古桥随处见，古色古香石瓦房。古树牵手看人忙，家禽野鸡嬉瘙痒。”

看到我们到来，淳朴的大妈们热情招呼：“来家吃饭吧！”看着老乡碗里黄澄澄的玉米糁散发着淡淡的清香，看着他们实诚的笑脸，一缕抹不去的乡愁蓦然从心底汩汩流淌。

穿过一条窄窄的石径，又一处古老窑洞静静伫立，坚固的青石墙古色古香，灰色的泥瓦质朴淡雅，厚实的墙壁平整美观，这里曾是王树声的指挥所。1945年3月，王树声司令在组织发动“禹西战役”期间，途经魏沟村，将指挥所设在这座石窑内，指挥了为时6天的“禹西战役”，攻克盘踞在临汝、禹州之间的十余处日伪军据点，解放人口9万余人。

“汝州市作家协会魏沟创作基地”的牌子悬挂在窑洞门口，闪闪发光，蓦地，一股游子归乡的情愫涌上心头。这片曾为和平而浴血奋战的古战场，如今依旧庇护着勤劳智慧的魏沟人民，更为我们这些热爱文学的友人提供了一个采风创作的净土，我们是何其荣幸！

在村子正中央，有一个南北长40米、东西宽20米的土石岗，从高空俯瞰，土石岗形似蜘蛛，故村民亲切地称其为“蜘蛛山”。而环绕村庄的九座龙山，龙头齐

向蜘蛛山，故也有“九龙朝蛛（珠）”之说。蜘蛛山上，矗立着3棵郁郁葱葱的古橿树，历经800年风霜雨雪，依旧枝繁叶茂，生机盎然。村民们将其视为神树，虔诚供奉。坐在古橿树下，吃着老乡精心熬制的肉片汤，我再次沉浸在浓浓的乡愁里。

沿着双龙泉河跨上一座石桥，这是建于清代的魏沟桥，青石桥身，三孔拱桥，古朴大方，坚固无比。关于村里的几座石桥还有一段感人的故事：传说，村里的孙氏和李氏家族曾因地界之争结下仇怨。后来因出行困难，两个家族都有修石桥的想法，但谁也不肯先开口。清乾隆年间的夏季，洪水将小木桥冲毁，李氏家族的一名孩童过河被冲走。李氏族长主动去找孙氏族长，商议修建石桥。两族之长遂召开族人会议，摒弃前嫌，握手言和，其余家族也纷纷响应，齐心协力，共筑“济民桥”。自此，村中邻里和睦，互帮互助，桥通人和。

沿着石径悠然前行，一座座石屋散落在古木葱郁之间，一条条林间小路披着岁月的斑驳曲径通幽。石窑、石梯、石墙、石凳、石井、石径、石磙、石磨、石桌、石椅……清一色的石头，诉说着岁月的沧桑，诉说着小村的古朴和淳厚。

攀上村北的后山，怪石林立，古树旺盛，忽见一泓碧水微波荡漾，这就是魏沟另一个著名景点——黑龙潭。相传民国时期，有位八十多岁的老人，满头银发，长髯垂胸，春节期间挨家挨户串门，言辞间尽是不舍：“哎！老了，不能再和大家做邻居了，我真舍不得你们！”乡亲不解：“您住在哪里？我们不认识您啊。”老者笑说：“你们不认识我，我认识你们，咱们成天打交道。”众人都疑惑不解。二月初二一大早，只听一声惊雷，从潭中飞出一条黑龙，扶摇直上，渐渐隐入天际。从那以后，这里便得名“黑龙潭”。

站在黑龙潭边，圣水波光粼粼，群山巍峨耸立，远处的村庄安静祥和，恍若世外桃源，令人心旷神怡，忘却尘嚣。

回想起来时那条腾架在崇山峻岭间，回旋在千沟万壑中，九曲十八弯的天路，禁不住再次为魏沟人的愚公精神折服。魏沟，地处深山，长久以来，村民出行靠的就是祖辈用脚踏出的羊肠小道，许多人终其一生未曾走出这片大山，魏沟村也长期处于贫困状态。1993年春，吃苦耐劳的魏沟人靠山吃山，

下定决心修出一条出山路，改变村民们的命运。村组干部带头拿出一年工资 1 万多元，购买硝酸铵、柴油等原料，自行动手炒制炸药。全村 780 口人齐上阵，吃红薯喝凉水，历时三年，硬生生在悬崖绝壁上开凿出一条长 3.5 千米、宽 6 米的盘山路，当代愚公的壮举感动无数人。全乡百姓自发捐款 10 万余元，焦村乡党委、政府亦鼎力支持，从乡统筹中每人提取 2 斤玉米支持修路。又经过三年奋斗，道路拓宽，并修成水泥路，魏沟人终于走出了大山。

如今，在国家脱贫攻坚、共奔小康、乡村振兴的引领下，魏沟这个神韵村落，再次走进党和政府心中。相关部门定点帮扶魏沟村，脱贫攻坚与乡村振兴集结号在古老的魏沟村吹响。从帮助村民打扫庭院、赠送鲜花，到开展“道德讲堂”、举办元旦文艺晚会；从申报国家级古村落，到道路拓宽、引水工程、透水砖项目、光伏发电项目；再到开发红色旅游，利用魏沟得天独厚的石屋、古树名木等人文资源，打造古村落旅游、绝壁攀岩、环村花海、乡村体验式观光旅游等特色项目……一系列帮扶措施如火如荼展开。这个拥有 1700 年历史的古村落如今焕然一新，讲文明、树新风的新风尚在魏沟村蔚然成风。

提到魏沟，还有一位不能不提的人物 —— 孙德，原魏沟小学的校长。山里人苦，但再苦不能苦孩子，山村的孩子更需要知识来充实头脑、打开视野。40 年来，孙德坚守山村教育这个默默无闻的岗位，任劳任怨，勤恳工作，给孩子们开启了一扇扇理想之门。学生家中困难，一时交不上书费，他就用自己微薄的工资垫付；学校食堂经费不够，他也自己掏腰包，为孩子们增加营养。他曾说：“为了孩子们，为了魏沟人的梦想，我愿永远坚守山乡。”

看到孩子们，几年前的魏沟志愿之行也历历在目：

那年冬至，我们十几名志愿者，早早地带上饺子、棉衣、文具，顶着冬日的寒风，翻山越岭，只为将那份热腾腾的关爱送达。那些渴望母爱的留守儿童，吃着我们亲手包的饺子，连声说：“真好吃！”看着孩子们的笑脸，泪水不经意间滑落脸颊。

那年元旦，我们再次为魏沟小学的 71 名孩子送上火红的围巾、刻印着“孝”“爱”的茶杯、经典读物《弟子规》与《理想点亮人生》。孩子们欢呼着奔出教室，当我们把围巾寄在他们颈间，将水杯、书籍、棉衣递入手中，他们脸上洋溢着灿烂的笑容。孩子们表演的手语舞《感恩一切》，歌声悠扬，虽未曾走出大山，见识外面的世界，但在他们幼小的心田，已播下感恩善良的种子，那颗种子一定会生根发芽，开出美丽的善良感恩之花！火红的围巾映衬着孩子们红彤彤的笑脸，如同燃烧的火焰，跳动着青春岁月的火花！

当我们依依不舍地离开时，孩子们的笑脸越来越远，渐渐地，只剩下舞动的一片火红！

一时间，大自然赋予魏沟的山水情，抗日将领王树声等一代革命前辈的中华情，帮扶队伍的公仆情，孙德校长的师生情，志愿者的爱心情，孩子们的感恩情，村民们的淳朴情……交织一起，和着乡村大舞台联欢会的歌声回荡在山谷中，飘荡在古井旁、石窑中、小河边，演奏出一曲新时代“望得见山、看得见水、记得住乡愁”的乡村恋歌。

情满魏沟，悠悠乡愁。（作者单位：汝州市地质矿产发展保护中心）

品“年味”与听“年声”

◎ 陈鲁民

一进腊月，瑞雪飘飘，日子就过得格外快，像跑步一样，离年越来越近。年是有味的，就叫“年味”，弥漫在空中的鞭炮硝烟味，厨房里飘出的煮肉味，酿酒坊的酒香味，都是浓浓的“年味”。年也是有声的，或可叫“年声”，锣鼓声，鞭炮声，杀猪声，歌舞声，拜年声，声声入耳，一听声音就知道要过年了。

有人说，现在的年味越来越淡了，其实年味并没有变淡，变的只是载体和形式。只不过是“各领风骚数十年”，年味也在与时俱进，在以新的形式来表现。譬如，旧年味里的放鞭炮、写春联、贴福字、换门神；小年夜祭灶王、送财神；除夕的祭祖先、办年饭、守旧岁；大年初一的压新岁、拜大年、逛庙会、舞狮子、踩高跷……随着岁月的变迁，有的旧年味仍有着强大生命力，“年年岁岁花相似”；也有的旧年味在慢慢消退，“流水落花春去也”。总的来说，是旧年味与新年味在共同登台，各显身手，又相得益彰。

如今的年味，除了舌尖上醉人的酒味、浓郁的腊肉味、香喷喷的饺子味、热腾腾的汤圆味，还有铺天盖地的年货广告，张灯结彩的高大建筑，精彩纷呈的春节晚会，堆积如山的新春贺卡，打爆的拜年电话，多到几百亿次的微信问候，满大街兴高采烈的红男绿女，不都是扑面而来、浓得化不开的年味吗？

再说年声。我儿时的记忆，最先让人听到的“年声”，是杀年猪的声音。先是听到一阵尖锐刺耳的磨刀声，然后是众人合力捉猪的喧闹，以及年猪的嗷嗷乱叫声。最具韵味的“年声”，则莫过于剁饺子馅的声音。进了腊月二十八，各家各户叮叮当当剁饺子馅的声音，此起彼伏，错落有致，忽紧忽慢，时重时轻，“嘈嘈切切错杂弹，大珠小珠落玉盘”，分明就是一曲雄浑壮阔的交响乐。最动听的“年声”，是那噼噼啪啪的鞭炮声。一进入腊月，就能听到零星的鞭炮声，那是孩子们在尝鲜。到了除夕那天，鞭炮声此起彼伏，不绝于耳，能一直响到后半夜。初一早上，还要比谁家响炮早，炮声大，谁家门口的炮纸屑多。

而今的“年声”，既有继承，又有创新，既有热闹，又有内涵。鞭炮还在声声作响，伴随着孩子们的朗朗笑声；拜年声也声声顺耳，恭祝健康、如意、福满四季，岁月静好；广场上的歌舞表演争奇斗艳，演员们各显绝技；电影院里贺岁大片竞相上映，好评如潮；各家卫视的春节晚会文艺节目声情并茂，美不胜收；车站、机场，回家过年的男男女女，手提大包小包，呼爹叫娘，热闹异常。

“年味”是对辛劳一年的人们的犒赏，越是勤奋、努力、成就大的人，“年味”就离他越近，浓郁到化不开；反之，那些躺平、佛系，无所事事、混日子的人，“年味”也会远他而去，唯恐避之不及。“年声”是对美好生活的高歌。只有政治清平，文明进步，社会安定，人民富裕，“年声”才能山呼海啸，入耳入心。回想在那些兵荒马乱的年代，民不聊生，饿殍遍野，许多人过年如过关，不死也得掉层皮，哪还有心思过年？即便强打起精神，也是巧妇难为无米之炊，没酒没肉，少米缺面，很难过出“年味”，听到“年声”。

“夜半梅花添一岁，梦中爆竹报残更。”年就要到了，过年要有“年味”，越浓越好；过年要有“年声”，越响越好。要让“年味”一年浓似一年，“年声”一年响似一年，咱就得自强不息，奋斗拼搏，勠力同心，共襄盛举。

（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）

儿时春节走亲戚

◎ 张延伟

在乡下，人们把亲友间的相互往来叫作“走亲戚”。在我儿时记忆里，除了庙会或中秋等节日，最隆重最热闹的走亲戚场景，则非春节莫属。

春节走亲戚一般从正月初二开始，直到正月初九乃至元宵节才算告一段落。其间男女老幼穿戴一新，带着礼物你来我往，就像走马灯似的走完这家串那家，乡间道路上随处可见熙熙攘攘的人流。调皮的孩子你追我赶，等超过大人一段路程后，再借着路旁的积雪玩会儿“掷雪球”，一路上都洒满欢声笑语。

对大人来讲，平时家里地里两头忙，趁春节这难得的闲暇相互走动瞧瞧看看，坐在一起拉拉家常，叙叙旧情，聊聊收成，谈谈愿景，也是一种增进感情的有效方式。而对孩子们来说，走亲戚时除了能穿新衣、吃到比平时多些荤腥的饭菜，最快乐的事莫过于收到长辈给的“压岁钱”。虽然每次最多块儿八毛，但积少成多，整个春节下来也有十块八块的收入，这在当时算是一笔“巨款”。我们可以自由支配买喜欢的东西，比如女孩儿头上戴的绢花、发卡或彩色头绳，男孩儿喜欢玩的鞭炮、“跳蛙”之类玩具，懂事的孩子会把压岁钱省下来买本、买笔等学习用品。

正月初二，我们跟着父母到姥爷姥娘家去，最初也和其他人一样徒步前行，半道儿上实在太累，便由父母轮流背着走一段。好在后来家里养了一头牛，除了耕种田地，春节时就能赶着牛车走亲戚了。先在车里垫上厚厚一层豆秧或秆草，铺上草席，再盖上一床棉被，我们挤坐一起，暖暖和和的，幸福极了。

携带的礼物是提前准备好的。父亲先在竹篮里放一棵自家种的、外皮已风干的大白菜，丢进去三两棵大葱，再把悬挂在屋梁的那块肉礼取下来，横放在竹篮边沿，最后掬一大把粉条蓬蓬松松摊在上面，外面再搭一条宽大的毛巾。另外，还要为姥娘家那边的近门至亲准备几斤用土黄色糙纸包装的红糖，或装在纸盒里的“蜜角儿”点心。

姥娘见到我们自是满心欢喜，把自家炒的花生、瓜子以及舅舅从外地带回的水果糖都端了出来。我们在姥娘家从不用拘束，一边吃一边抓着花生、糖块儿往衣兜里塞。这时，姥娘轻轻撩起衣襟，从夹袄口袋里掏出一沓带着体温、崭新的连号一角或两角钞票，细心数出相同的三份递给我们，然后把手一摊，笑着说：“仨人不偏不斜一样多，刚好分完，这下可都没啥挂念的了！”

院子里并排长着两棵粗壮的泡桐树，舅舅在泡桐树中间架起一根横梁，绑两条大拇指粗的绳子，下面穿块一拃宽的厚木板，就做成一个简易秋千。大人们在院子里围着火堆聊天，孩子们则轮流坐在秋千上，相互推送，身体随着秋千荡荡悠悠，玩得不亦乐乎。

中午的饭菜十分丰盛，油炸丸子、酥鸡、油出豆腐、油煎焖子令我们大快朵颐。最让我期待的还是那道压轴菜——一人一碗热气腾腾的猪肉炖粉条，让我们吃得额头冒汗、酣畅淋漓。起初，我以为这道菜是用我们当天带的肉礼和粉条现做的，后来才知并非如此。这相对贵重的肉礼本应是孝敬姥爷姥娘的，他们却无缘享受，因为改天舅舅还要拿它配着红糖、“蜜角儿”等到别家走亲戚。

返程时，姥娘特意往竹篮里放了一根带根须的大葱和三两棵绿莹莹的菠菜作回礼。母亲说，这是提醒我们亲戚间要常来常往，不能忘根本，更不能断青（亲）。我还不解地问父亲：“姥娘家也种白菜、做粉条，咱为啥还要在篮子里放这些东西？”父亲尴尬地笑笑：“恁大篮子只放一条肉礼显得老空不是？装了白菜、粉条就能‘炫铺儿’（支撑门面），提着也好看些！”我恍然大悟，囿于当时条件，人们囊中羞涩、手头拮据，连春节走亲戚也得想法装点门面,实属无奈之举。

随着经济社会的发展，人们的“腰包”逐渐鼓了起来，生活更是“芝麻开花节节高”，走亲戚时的代步工具由自行车改作拖拉机、机动三轮车，随后小轿车也走进寻常百姓家。与肉礼搭配的先是整箱的方便食品、水果饮料，直至琳琅满目的纯奶和高档补品……现如今，人们的生活节奏越来越快，见面的机会却越来越少，用什么样贵重的礼物，才能弥补亲情的缺憾呢？

（作者单位：禹州市自然资源和规划局）

蛇年说蛇：灵动的生命哲学

◎ 梁心怡

蛇，作为十二生肖之一，自古以来在中国传统文化中占有独特地位，既是吉祥的象征，也有着神秘色彩。蛇，以其独有的姿态，蜿蜒于时间的长河之中，于蛇年之际，更显其深邃与灵动。蛇年，不仅是岁月更迭的一个标记，更是对蛇这一生命形态深刻内涵的一次集体回望与沉思。

在自然界，蛇是古老而高效的生存艺术家。它没有四肢，却能以惊人的灵活性和速度穿梭于丛林、草原、沙漠乃至城市边缘，展现出生命的另一种可能。蛇的身体结构，是自然选择与进化的杰作——光滑或粗糙的鳞片，既是保护也是伪装；分叉的舌头，能捕捉空气中微小的气味分子，成为它狩猎的利器；而那双几乎隐形的眼睛，却能精准锁定目标，即便在昏暗的环境中也能洞察秋毫。蛇的存在，是对“适者生存”法则的最佳诠释，它教会我们，生命的形态多样，每一种生存方式都值得尊重与学习。

在中国传统文化中，蛇的形象复杂多面，既承载着恐惧与敬畏，也蕴含着智慧与吉祥。一方面，蛇因其冷峻的外表和难以预测的行为，常被视作阴险、狡猾的象征，如“佛口蛇心”等成语，便是对人性阴暗面的深刻警示。另一方面，蛇亦是智慧与灵性的化身，在中国神话里和古代图腾崇拜中有着神圣地位。在创世神话中，伏羲、女娲等往往被描绘成人首蛇身的形象，

象征着生命的起源与宇宙的和谐统一，体现了古人对自然界深刻而朴素的哲学思考。许多古老部落将蛇视为图腾，认为其拥有沟通天地、预知未来的能力，象征着生殖、再生与永恒。而在《白蛇传》这一民间故事中，白蛇娘子与许仙的爱情故事，更是深入人心，赋予蛇以人性光辉，让人感受到超越物种界限的情感共鸣。

在艺术领域，蛇的形象同样丰富多彩，从古老的青铜器、玉器到瓷器、绘画，乃至现代雕塑、影视作品，蛇都是艺术家们热衷表现的题材之一。在这些作品中，蛇或成为力量的象征，如古代兵器上的蛇形纹饰，彰显着威严与勇气；或化作柔美与神秘的化身，如唐代壁画中的蛇形图案，以其独特的韵律美，让人感受到一种超脱世俗的意境。

而在现代设计中，蛇的形象更是被赋予新的生命，无论是时尚界的蛇形配饰，还是文学作品中对蛇的深刻描绘，都展现了人类对蛇这一生命形态的持续探索与审美创造。这些艺术作品，不仅丰富了我们的精神世界，也让我们在欣赏美的同时，更加深刻地理解蛇所承载的文化意义与生命哲学。

每当蛇年到来，人们总会不自觉地陷入对生命本质的探讨。蛇的蜕皮，不仅是生理上的更新，更是精神上的重生，寓意着放下过去，迎接新生。在快节奏、高压力的现代生活中，蛇的这份从容与自我更新的能力，无疑是对现代人的一种启示——学会适时放下，勇于面对变化，才能在不断前行的道路上保持内心的平和与坚韧。

蛇的蜿蜒前行，也启示我们面对困难与挑战时应有的态度。它教会我们，即使前路曲折，也要保持灵活与坚韧，以智慧为引导，寻找最适合自己的路径。正如人生旅途，不可能一帆风顺，但只要我们心怀希望，勇于探索，总能找到属于自己的光明之路。

蛇年，是一个关于生命、智慧与变革的年份。蛇年，不仅是对过去一年的告别，更是对未来无限可能的期许。它提醒我们，无论外界环境如何变迁，都应保持内心的平静与智慧，灵活应对，勇于自我更新。

让我们从蛇身上汲取力量，学会在复杂多变的世界中，找到属于自己的生存之道，以更加开放和包容的心态，迎接每一个未知的明天。让我们带着对生命的敬畏与热爱，继续前行，在时间的长河中，书写属于自己的精彩篇章。

（作者单位：郑州大学文学院）

雪韵

◎ 王伟灿

在冬季，北方的人们总盼望有一场雪，湿润一下干燥的大地，为冬姑娘增添一袭素装。

盼望着，盼望着，雪终于来了。那天，在凛冽北风的怂恿下，雪花“未若柳絮因风起”，簇拥着，飞舞着，一片片洒落在河洛大地，散落在人们头上、飘落在田野里。一会儿，古都大地便蒙上一块白纱，晶莹透亮，银装素裹。人们仰着脸，张开双手捧住那一朵又一朵洁白的雪花，尽情地欢笑着。

下班后，我艰难地走向公交站台，摇晃着笨笨的身躯，踩着细碎的小步，两只臂膊在半空中来回摆动，好似南极的企鹅，生怕摔了跤。公交车缓缓驶来，乘客一窝蜂地钻进车箱，一路上听着公交车慢慢前进的行驶声，欣赏着车外乱纷纷的雪花，嘴里不由自主地小声哼起《我爱你塞北的雪》。下了公交车，我裹紧衣领缩紧了脖子，一路奔跑着摸进自己的宿舍房间。窗外，雪越下越大，飘飘洒洒地落下，把世界装扮成一个童话世界。

趴在窗台上，我想今天的人们下班后，可以打游戏、玩手机、刷视频、追剧……而古人雪天里令人想到的、想不到的趣事太多了：围炉夜话、烹雪煮茶、踏雪寻梅、寒江独钓……心中顿时涌起一阵冲动：现在睡觉还早，何不学学古人，去观赏观赏城市里的夜景，顺便找回那份无邪的童趣？

紧邻家属院的龙门大道，已有几个工友站在夜色中，欣赏美丽雪景。大道上的树木在路灯的光影中，披上一层纯洁的素纱，优雅，凝重。漫天雪花，挂在松枝上，一层又一层，压弯了枝条，在风的作用下，像极了婀娜少女翩翩起舞时甩起的水袖。随着松枝的起起落落，那一根根树枝如同振翅高飞的雄鹰，让人浮想联翩。绿化带里的枯草，在雪花的装点下，宛如一幅清新淡雅的水墨画，为大地增添了无限光彩。

家属院的花园里，影影绰绰跑来几个玩雪的孩子，尽管他们把身体裹得严严实实，鞋踩在雪地上嘎吱嘎吱作响，地面上滑溜溜的，可是挡不住他们玩雪的热情，他们打雪仗、堆雪人、滑雪溜，一阵阵清脆的笑声飘荡在夜空中。

这时，我想起了童年。儿时的冬天总是“千里冰封，万里雪飘”的景象，打雪仗是最令我们“兴趣无限”的，每次玩耍后，小伙伴的棉袄、棉裤、棉靴被雪打湿大半，尽管如此，大家也不觉得冷，在雪地里可劲撒欢儿，温暖了整个冬天。

天空中飘舞的雪花，已把天地融为一体。这时小花园里赏雪的人不断增多，天地间涌动着激情的身影，飘荡着银铃般的笑声，让夜色一下子变得活泼起来。孩子们依然尽情地挥洒着童年的欢乐，雪花不惜力气地下着，“天与云、与山、与水，上下一白”，构成了大自然绝美的风韵。

（作者单位：河南省资源环境调查二院有限公司）

新年，有春风荡漾

（外一首）

◎ 贺斌

清晨的第一缕阳光
给大地披上金色华裳
傲雪的腊梅随风送香
酿就一壶醉人的时光佳酿
岁月与春风低语
悄然间，已翻开新年序章
餐桌上，珍馐佳肴琳琅满目
幸福的气息悠悠荡漾
遥望远山，春雨滋养着竹笋
焕发出勃勃生机，肆意疯长
我顺风吟咏，好让耳旁充盈春的韵律
再寻一处桥段，让眼眸随春之意
解锁生命的奥秘
把希望的种子播撒心田
与大自然演一场热烈的爱恋篇章

春是诗的笔记

寒冬孕育着盎然春天
以坚韧笔触，一笔一划
把时间写成了年
回家的路，纵有雨雪风霜
也锁不住游子的还家之心
新春，总在数九寒天
郑重其事把窗花贴上
将喜庆深深刻在人们心间
天空绽放的烟花，绚烂璀璨
是点缀夜幕最美的色彩
而我，轻举这杯陈年佳酿
醉了新春，醉了漫天星光
醉得迎春花在心头肆意绽放
大年夜，热闹温馨盈满堂
趣事，写进我心房
那是新春醉人的诗行
伴着瓣瓣花香，温柔绵长

（作者单位：义马市自然资源和规划局）

滑晓晖摄影作品欣赏

滑晓晖，笔名柯辉，中国自然资源部摄影家协会专委会委员、江西省作家协会会员、南昌市作家协会会员、中国自然资源部作家协会会员，现就职于江西省自然资源厅。

滑晓晖的摄影之旅跨越了广袤的地理空间，从遥远的亚马逊原始森林到雄伟的安第斯山脉，从辽阔的伊朗高原到生机勃勃的非洲大草原，每一处都留下了他捕捉美的镜头。他通过独特的构图和光影处理，捕捉那些稍纵即逝的瞬间，让观者在静谧的画面中感受到生命的律动和自然的呼吸。其摄影作品多次在各类报刊上发表，并荣获中国产业新闻奖（摄影）等多项殊荣，在行业摄影大赛中更是屡获佳绩。

雨后龙虎山

庐山如琴湖雪景

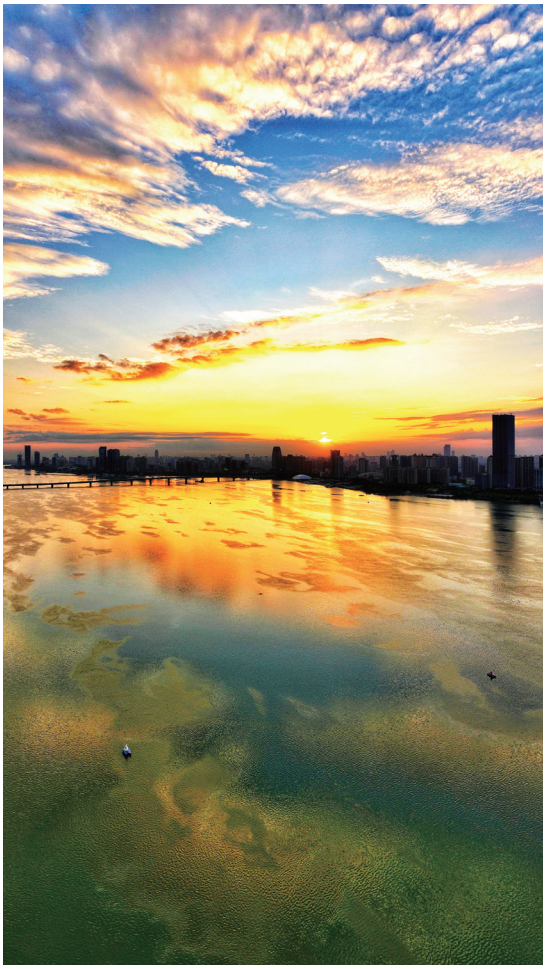
水墨龙虎山

南昌生米大桥的晨光

羊狮幕夏日黄昏

四明山一景

鄱阳湖候鸟



赣江晨色

羊狮幕秋晨

《资源导刊·信息化测绘》
宣传合作单位

主管单位

河南省自然资源厅

承办单位

河南省测绘地理信息技术中心

核心型宣传合作单位

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

友谊型宣传合作单位

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

河南省北斗三号差分信号正式启用

本刊讯 2024 年 12 月 31 日，河南省自然资源厅在郑州举行河南省卫星导航定位基准服务系统北斗三号差分信号启用仪式。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚参加启动仪式，并宣布北斗三号差分信号正式启用，这标志着河南省卫星导航定位服务步入“北斗三号”新时代。河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任武永斌，以及省委军民融合办科技教育处、省发展改革委高技术处、省工信厅信息化与软件服务业处等领导参加会议。会议由河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长王军胜主持。

景志刚指出，河南省北斗三号差分信号正式启用，是河南省深入贯彻党中央、国务院关于推进北斗应用决策部署，落实河南省委、省政府数字化战略，加快推进河南省数字经济发展的重要举措，也是推动河南省测绘地理信息转型升级和地理信息产业发展的有力抓手。新一代卫星导航定位基准服务系统作为河南省基础地理空间框架的重要组成部分，是河南省基准体系现代化服务的重要时空信息基础设施，也是河南省权威的卫星导航定位基准站网，能为用户提供实时厘米级、亚米级和事后毫米级的高精度位置服务，为数字河南建设打造统一的时空基底，为高质量发展提供丰富的数据要素保障。通过对各类测绘活动中测绘基准起算溯源的规范管理，保障测绘基准的统一性，对于维护国家测绘基准安全和国防安全、推动产业结构调整、提高社会生产效率、提升国家核心竞争力具有重要现实意义和长远战略意义。景志刚强调，要着力提升卫星导航定位基准服务能力，以及北斗应用服务创新能力，统筹好高质量发展和高水平安全；要抢抓发展机遇，加快推动北斗规模应用，助力地理信息产业发展。

郭幸生介绍了河南省卫星导航定位基准服务系统全面实现国产化替代、坐标框架与国家基准相统一、系统性能卓越、定位服务覆盖广泛、卫星数量与系统可用性提升、信号频点组合多样、数据安全保障严密等诸多新特点、新优势，以及在低空、新能源自动驾驶、应急救援、现代农业等多个领域应用的新潜力。

启动仪式上，河南省测绘院有关人员介绍了省卫星导航定位基准服务系统北斗三号升级改造情况，并开展了北斗三号差分信号技术应用培训。此次北斗三号差分信号启用仪式暨技术培训会议，面向全省推广北斗三号技术，推动北斗三号成果应用，挖掘北斗三号成果价值，更好地赋能河南地理信息产业发展和数字化转型战略实施。

各省辖市自然资源主管部门负责同志，河南省自然资源厅测绘地理信息管理处、省测绘地理信息技术中心相关人员，以及省测绘院、省遥感院、省地图院、省地理信息院、省测绘学会、省地理信息产业协会负责同志，驻郑有关测绘甲级资质单位负责同志参加启动仪式。（蒋达 / 文 许昀 / 图）

春节

爆竹声中一岁除
春风送暖入屠苏

你好2025
Happy new year

千图网 供图