

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

2024
第 12 期
总第486期

群贤毕至献良策 乡村振兴添活力

“地信智能+”数字乡村高质量发展研讨会成功举办

河南省召开地理信息产业高质量发展座谈会

ISSN 1674-053X



下半月 定价: 10 元



扫码关注我们

河南元素再次闪耀太空 “中原2号”卫星成功发射

本刊讯 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。

河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生接受媒体采访时表示，此次“中原2号”等4颗卫星成功发射，是一件喜事，也是一件大事，对河南省现有“天空地网”一体化、自然资源卫星监测预警体系、卫星遥感数据等方面是非常有意义的补充。它再次强化了河南省卫星遥感数据资源优势，必将对河南省自然资源、生态环境、农业农村、公共应急、防灾减灾等经济社会发展产生较强的助推作用。

郭幸生指出，河南省委、省政府高度重视卫星产业和遥感数据的应用。近日，河南省委书记楼阳生、副省长刘玉江分别对全省卫星遥感数据应用平台建设做出指示和安排。河南省政府明确，该平台由河南省自然资源厅和鹤壁市政府牵头开发建设，由河南省测绘地理信息技术中心负责具体承担实施。下一步，希望鹤壁市政府与河南省测绘地理信息技术中心紧密合

作，将数据优势转化为产业优势、发展优势，为贯彻落实河南省委、省政府“十大战略”“十大发展”贡献卫星遥感科技力量。

据了解，此次成功发射的4颗卫星根据行业、区域等分别命名为“中原2号”“水利1号”“黄冈1号”“黄冈2号”，均为“女娲星座”的重要组成部分。该组卫星均为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522km，最高分辨率优于0.3m（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，将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和省市县相关区域，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。☑（栗荣晓/文 张宁/图）



创新地理信息应用 引领数字乡村建设

◎ 本刊评论员

群贤毕至献良策，集慧聚智助振兴。

2024年12月7日，以“创新地理信息应用引领数字乡村建设”为主题的“地信智能+”数字乡村高质量发展研讨会在郑州成功举办。来自省内外的专家学者齐聚一堂，围绕数字乡村建设积极建言献策，奉献了一场智慧盛宴，为蓬勃发展的乡村振兴事业注入了新动力。

在当今信息化快速发展的时代，数字乡村建设已成为乡村振兴战略和数字中国建设的重要组成部分。2018年，中央一号文件提出数字乡村概念，旨在利用数字化技术缩小城乡数字鸿沟，促进资源优化配置，实现城乡融合发展。创新地理信息应用，作为数字乡村建设的重要基础和引领力量，正逐步显现出不可替代的价值。

数字乡村是响应第四次工业革命的乡村社会发展新形态，通过互联网、物联网、人工智能等现代信息技术，推动乡村经济、治理、文化和公共服务的数字化转型。数字乡村建设包括乡村经济数字化、乡村治理数字化、乡村文化数字化和乡村公共服务数字化。这些方面的数字化转型，旨在实现乡村全面振兴和可持续发展，打破信息壁垒，推动农业现代化，提升乡村竞争力。

地理信息作为数字乡村建设的重要基础，发挥着至关重要的作用。地理信息系统（GIS）技术通过整合不同来源的空间数据，如地图、卫星影像、遥感数据等，为乡村建设提供准确的空间分析和决策支持。GIS技术通过地图制作、空间数据的录入和管理、空间分析和建模以及空间可视化与展示等功能，赋予数字乡村建设重要的应用价值。

在乡村经济数字化方面，利用GIS技术可采集乡村规划所需的地理信息数据，通过空间分析功能可对这些数据进行分析 and 模拟，为乡村产业布局、土地利用规划、交通道路规划等提供科学依据。在乡村治理数字化方面，应用大数据分析和智能化决策，可以提高乡村治理效率，确保社会稳定。通过GIS技术，可以对乡村文化遗产进行数字化保护和管理，推动文化创新，增强文化软实力。同时，还可以应用于乡村公共服务领域，通过远程教育、医疗等提高服务便捷性和均等性，改善民生。

近年来，河南省测绘地理信息系统勇挑重担，攻坚克难，圆满完成第一次全国地理国情普查任务，摸清了河南地理国情“家底”，有序推进河南省国土空间基础信息平台 and 国土空间规划“一张图”实施监督信息系统建设和应用，为乡村振兴提供信息和技术保障；建成我国站点数量最多、密度最大、完全自主可控的北斗卫星导航定位基准服务系统，为农机、交通、旅游等乡村振兴的关键环节提供高精度位置服务；成立了河南省自然资源卫星应用技术中心，统筹全省遥感影像的获取、管理、服务和应用，为高标准农田工程、耕地保护、农村不动产权籍调查、农业保险绩效监管等提供了数据支撑和技术保障。

在数字乡村建设推进过程中，强化数据整合与共享，夯实数字乡村基础是首要任务。通过多源数据的深度融合与广泛共享，为数字乡村建设中的精准农业、智慧规划、高效治理等多方面工作提供坚实的数据依托。同时，深化产学研合作机制，提升数字乡村建设人才支撑也是关键。高校、科研机构与地理信息企业应协同创新，打造一支既懂地理信息技术又熟悉农业农村业务的高素质人才队伍，为数字乡村持续发展注入强劲动力。

千帆竞发助振兴，地理信息大有为。创新地理信息应用是数字乡村建设的重要支撑和引领力量。通过GIS技术的应用，可以实现乡村经济、治理、文化和公共服务的数字化转型，推动乡村全面振兴和可持续发展。未来，随着人工智能、大数据分析等技术的不断发展，GIS技术在数字乡村建设中的应用将更加智能化和精细化，为乡村的可持续发展和智慧管理提供重要支持。让我们共同努力，创新地理信息应用，引领数字乡村建设，为实现乡村振兴和中华民族伟大复兴的中国梦贡献力量。



资源导刊 信息化测绘

2024年 下半年 第12期 总第486期

测绘资讯 · 政策解读
文化传播 · 技术交流

主管单位：河南省自然资源厅 主办单位：河南自然博物馆

编辑出版：《资源导刊》杂志社

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

邮发代号：36-373 定价：10 元 印刷单位：河南匠心印刷有限公司

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

编辑部：0371-65941858 广告发行部：0371-65941854

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

顾问

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

河南省测绘地理信息技术中心编委会

主 任 郭幸生
副主任 肖 峰 武永斌 王军胜 陈政民 贺 奕
成 员 翟娅娟 李 辉 王明强 赵立明
寿燕翻 赵海滨 付治河 张向军
田耀永 朱志军 曹 源 周学军

声明

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

社 长：刘立新
执行总编：肖 峰
副 社 长：左金安
副 总 编：刘鹏飞
编辑部主任：王红闯
责任编辑：王 敏
摄影总监：赵洪山
文字编辑：王 敏 栗荣晓
陈庆贺
论文编辑：朱 琦
美术编辑：宋 珂
发 行：丁 翔

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

网站合作单位



目录

CONTENTS

卷首语

- 1 创新地理信息应用 引领数字乡村建设

国内要闻

- 4 我国两项地理信息国际标准项目正式立项 等8则

时政传递

- 6 中国地理信息产业协会李维森会长在河南调研
7 河南省召开地理信息产业高质量发展座谈会
河南省测绘地理信息技术中心召开会议要求：
树立“一盘棋”理念 形成齐抓共管新格局

特别关注

- 8 群贤毕至献良策 乡村振兴添活力
10 中国地理信息产业发展展望
12 多元主体协同推进数字乡村经济赋能
14 遥感技术助力数字乡村建设
16 测绘新技术助推高标准农田精准智能高质量发展
18 实景三维河南：驱动乡村振兴的新引擎

测绘广角

- 20 平顶山市“多测合一”信息服务平台建成
驻马店市山体保护工作迈上新台阶
21 实景三维航空港建设项目设计书通过专家评审
南阳市召开测绘地理信息工作会议

经天纬地

- 22 寒暑砥砺行 匠心筑测绘
——记邓州市邓房测绘调度中心主任杨波

豫外传真

- 24 上海启动“量子城市”建设 打开通向未来城市的门户
25 国家新型基础测绘建设北京试点通过验收

技术应用

- 26 不同形状联系三角形地下待测边方位角计算研究
29 车载LiDAR在道路全息测绘中的应用及精度分析
33 多源地理信息数据匹配质量评价方法研究
36 基于边缘检测网络算法的农作物多源遥感解译与地块优化研究
39 机载LiDAR在交通线性工程“多测合一”中的应用
42 抽水蓄能电站实景三维模型的构建与工程应用
47 空天地通导遥一体化应用于应急救援的探讨
50 不动产存量数据整合技术研究与实践
55 基于GPS-RTK的不动产测绘信息存储系统设计

地图故事

- 58 地图助力直罗镇战役打得漂亮

文苑撷英

- 60 “宥坐之器”的启发
61 心中的那汪清泉

艺术欣赏

- 62 罗明军书法作品欣赏

合作单位

- 64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

九寨雪山 张智勇 / 供图

关注

我国两项地理信息国际标准项目
正式立项

近日，由国家基础地理信息中心组织，中国科学院空天信息创新研究院（空天院）和莫干山地信实验室分别牵头提出的《地理信息遥感数据及产品定标与验证第3部分：光学传感器》和《地理信息遥感数据及产品定标与验证第4部分：LiDAR》两项国际标准项目提案在国际标准化组织地理信息技术委员会（ISO/TC211）正式通过立项，项目编号分别为ISO19124-3和ISO19124-4，计划于2027年11月完成。

《地理信息遥感数据及产品定标与验证》分多个部分，其中《地理信息遥感数据及产品定标与验证第1部分：总则》已于2023年发布，主要对各类遥感传感器对地观测数据及产品定标与验证的整体框架和共同过程进行了描述与定义。ISO19124后续部分拟按光学、SAR、LiDAR等数据产品以及定标场分成多个部分编制。《地理信息遥感数据及产品定标与验证第2部分：SAR》由中国主导，于2022年11月正式立项，目前已完成大部分编制工作，即将进入国际标准草案投票阶段。

我国科研团队首次实现像素“分割”成像

日前，中国科学院空天信息创新研究院张泽研究团队首次实现像素“分割”成像，成功开发出超采样成像技术，可显著提升图像传感器的像素分辨率和成像质量。相关研究成果发表于《激光与光子学评论》杂志。

数字图像传感器的像素规模和性能，是影响天文、遥感等领域图像成像质量的核心要素。在当前的芯片制造水平下，数字图像传感器的像素分辨率和成像质量已臻极限，难以大幅提升。超采样成像是一种能够突破像素分辨率极限，利用少数像素传感器实现大规模像素显像能力的技术，能够绕过芯片制造水平的限制，为突破像素分辨率成像提供一条稳定性很强的技术途径。

据了解，张泽团队开发的超采样成像技术，目前可以把像素规模提高 5×5 倍，即利用像素分辨率为 1000×1000 的数字图像传感器实现 5000×5000 像素分辨率的成像。随着标校精度提高，像素分辨率具有提升空间。目前该技术已在室内、室外对无人机、建筑、高铁、月亮等目标进行成像试验，技术稳定性良好。

我国下一代北斗系统计划2035年完成建设

11月28日，中国卫星导航系统管理办公室在北京组织召开纪念北斗卫星导航系统工程建设三十周年座谈会，发布了《北斗卫星导航系统2035年前发展规划》，我国下一代北斗系统建设“路线图”由此敲定。

依据规划，我国下一代北斗系统建设将稳步推进。到2025年，科研团队将聚焦关键技术，全力攻关，为后续发展筑牢根基，力求突破一系列制约北斗系统性能提升的核心难题。2027年前后，3颗先导试验卫星将腾空而起，它们如同“探路先锋”，率先开展新技术体制试验，验证全新技术路线的可行性，为大规模组网积累宝贵数据与经验。此后，大约自2029年起，组网卫星将分批奔赴苍穹，开启组网“接力赛”，逐步构建起下一代北斗系统的坚实架构。至2035年，下一代北斗系统将全面竣工，届时，其定位精度、抗干扰能力、服务功能等都将实现跃升，全方位赋能交通、农业、应急救援等诸多领域，持续为全球用户提供更优质、精准的导航服务，开启北斗新篇章。

科技

Hi-GLASS全球首套长时序
高分辨率定量遥感数据集正式发布

近日，Hi-GLASS全球长时序高分辨率定量遥感数据集在武汉大学正式发布。

Hi-GLASS数据产品是国际首套面向生态环境、自然资源监测的长时间序列、全球覆盖、多参量的高分辨率定量遥感数据集。它将现有产品的空间分辨率从公里级提升到30米、时间跨度提升至40年，充分显示遥感科学与技术交叉创新、服务国家生态文明建设的使命担当。该数据集是武汉大学和多个院校、科研



院所合作研发的高级遥感产品，是学科自主创新、支撑国家战略、服务可持续发展的典型案例。

据悉，该数据集主要依托武汉大学遥感信息工程学院陆表与大气定量遥感湖北省重点实验室科研团队建设。该实验室于2022年8月获批建设，聚焦生态环境、全球变化和碳污协同等热点问题，重点开展遥感技术在陆表和大气探测方面的基础理论和应用研究。

我国首颗超低轨SAR卫星“海哨一号”成功发射

12月4日12时46分，我国在西昌卫星发射中心用快舟一号甲运载火箭，成功将“海哨一号”卫星（AIRSAT-08星）发射升空，卫星顺利入轨。

“海哨一号”是我国首颗低倾角、超低轨SAR遥感卫星，运行于43°低倾角、350公里轨道高度，可有效提高中低纬度地区观测效率，实现光-SAR一体化协同观测。卫星主要载荷为X频段多极化合成孔径雷达，成像分辨率优于1米，具备单、双、减缩极化成像能力，能实现多极化、高分辨率、大幅宽微波对地成像观测。

“海哨一号”卫星的成功发射填补了民用超低轨合成孔径雷达空白，抢占国际低倾角卫星、超低轨星载SAR科技制高点，将为应急减灾、国土管理等领域提供有力的遥感数据支持，进一步提升陆海环境监测和应用能力，助力我国海洋强国建设和“一带一路”倡议实施。

“水利一号”卫星成功发射 助力数字孪生水利监测

12月17日02时50分，“水利一号”遥感卫星在太原卫星发射中心发射成功，这是我国首颗以水利命名的遥感卫星，为数字孪生水利“天空地水工”一体化监测感知体系“天基”监测增添了新力量。

此次发射采取一箭四星方式，“水利一号”和其他3颗卫星均为太阳同步轨道X波段SAR卫星，轨道高度约522km，分辨率优于0.3m（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、在轨智能处理等功能，将为我国洪涝灾害、突发涉水事件、河湖库水体、水利工程安全监测等水利重要业务和数字孪生水利L1、L2级数据底板构建提供遥感数据支撑，进一步提升水利专业监测手段和效能。

11月27日，全球低空经济论坛在北京成功举行，会上发布了《低空经济发展趋势报告》（以下简称《报告》），并透露了中国低空经济的新动向。业内人士表示，中国已迎来低空经济的黄金十年，预计到2030年，低空经济规模将突破3万亿元。

《报告》显示，未来无人机将无处不在，电动垂直起降飞行器（eVTOL）等新型飞行器将逐步普及，预计在未来两到三年内，中国主要大城市的空中交通网络和地面飞行服务设施将基本建成，eVTOL也将实现大批量商业化。到2030年，四五座的eVTOL价格有望降至两三百万元，并可能有10万架eVTOL进入家庭或成为空中的士。同时，无人机仍将是低空飞行主角，广泛应用于物流、农林等多领域。

《报告》还指出，发展低空经济需要同时具备清晰的思路、平台思维、稀缺资源和政策支持四个条件。业内人士表示，低空经济需要做好顶层设计，完善基础设施和配套服务，才能安全有序飞行，并赋能生产生活，提升人民生活品质。

12颗

12月23日晚，随着“宏图二号”09至12星成功发射入轨后完成一系列调试并传回高清影像和数据，由12颗商业雷达遥感卫星组成的“女娲星座”开启规模应用，将为救灾应急、农业监测、海洋观测、能源开发等提供高分辨率的对地观测影像。

“女娲星座”成像分辨率高达1米，能穿透云雾云层，实现全天时、全天候对地精准观测，让地面情况无所遁形。“女娲星座”计划发射114颗遥感卫星，目前入轨的12颗商业雷达遥感卫星采用独特编队模式，已具备全球覆盖能力。在效率方面，从指令发出到数据回传仅需不到1小时，且借助大数据与人工智能技术，影像解析效率大幅提升。

目前，该星座数据已在湖南华容县洞庭湖干堤溃决抢险等重大灾害救援中崭露头角，成功支撑上百次事件监测。预计到2025年底，“女娲星座”将扩至至少20颗卫星组网，届时将进一步强化卫星响应速度与信息服务质量，在应急减灾、防汛抢险、自然资源监管等领域持续深耕，发挥更大效能，守护社会安全与发展。□

中国地理信息产业协会李维森会长在河南调研

◎ 本刊记者 栗荣晓



12月6日至8日，中国地理信息产业协会会长李维森在郑州参加“地信智能+”数字乡村高质量发展研讨会期间，先后来到河南测绘职业技术学院、河南智联时空信息科技有限公司、河南理工大学测绘学院开展调研活动。

12月6日，李维森首先来到河南测绘职业技术学院调研，河南省自然资源厅原一级巡视员杜清华、河南省地理信息产业协会副会长兼秘书长曹源参加调研。李维森一行参观了该校红色测绘文化长廊、仪器装备室和部分实训基地，对学校的教学质量、培养方向和办学成就给予充分肯定。李维森表示，通过调研沟通交流，加深双方相互了解，为未来合作奠定坚实基础，期待通过更多的实践活动和平台搭建，促进资源共享、优势互补，培养出更多适应产业需求的测绘人才，共同书写测绘教育与科技产业融合发展新篇章。

12月7日，李维森到河南智联时空信息科技有限公司调研，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰参加调研。座谈会上，李维森听取该公司情况汇报，详细了解公司的业务范围、创新成果以及面临的挑战和存在的问题，并对公司下一步发展提出建议。他指出，一要提升公司核心竞争力，加大研发投入，推动技术创新，不断提升产品质量和服务水平。二要积极开拓技术新路线，紧跟人工智能遥感解译等

技术发展趋势，积极探索新技术在地理信息领域的应用，为企业发展注入新活力。三要树立信心，应对挑战，结合自身实际，开创服务升级，为未来发展奠定坚实基础。四要加强管理，提升效率，制定科学管理制度，确保企业各项工作有序进行。同时希望该公司积极参与协会活动，展示业务能力，增进交流合作，为地理信息产业发展贡献力量。

12月8日，李维森来到河南理工大学测绘与国土信息工程学院调研，并受聘为该学院兼职教授。河南理工大学党委书记邹友峰参加聘任仪式并颁发聘书。

李维森作了题为《中国地理信息产业发展、机遇与挑战》学术报告，系统介绍了产业发展历程、发展现状、机遇与挑战。他指出，地理信息技术是新质生产力的重要组成部分，在数字中国、美丽中国、数字经济建设中发挥着重要作用，发展前景广阔，融合创新大有可为。整场报告理论深厚、内涵丰富、实例生动，具有很强的前瞻性和指导性，对推进学校测绘地理信息学科和专业建设、提升人才培养质量具有重要意义。报告结束，李维森与师生互动交流，解答大家关于专业知识、专业技能和发展前景等提问。

此次调研将为河南地理信息产业发展增添新的动力与信心，同时也为测绘资质单位、高校发展提供了宝贵经验与启示。☑

河南省召开地理信息产业高质量发展座谈会

◎ 姜晨曦

12月20日，河南省自然资源厅在郑州召开地理信息产业高质量发展座谈会，围绕贯彻落实河南省委、省政府数字化转型战略，聚焦培育和促进地理信息产业发展壮大，深入研讨形势任务、矛盾问题和方法路径。河南省自然资源厅党组成员、副厅长景志刚出席会议并讲话。

景志刚指出，当今时代，测绘地理信息已经成为“泛在、赋能、智能”的生产要素，地理信息产业已成为数字产业和未来产业的重要组成部分，成为河南省经济社会高质量发展的新赛道和自然资源部门服务经济建设的主战场。河南省自然资源厅将深入开展调查研究，广泛听取意见建议，充分借鉴有益经验，深度借力专家团队，加快推进全省地理信息产业发展规划的编制、支持政策的出台和重点课题的研究，推动

全省地理信息产业布局优化和结构调整，构建全省地理信息产业发展的四梁八柱。

河南省委军民融合办、河南省发展改革委、河南省工业和信息化厅等省直单位业务部门负责人同志，郑州、鹤壁、焦作、航空港区等地相关地理信息产业园区负责同志，郑州大学、河南大学、河南理工大学、华北水利水电大学相关专家，航天宏图、合众思壮、二十一世纪、中核勘察等业内重点企业负责人应邀参加座谈。与会代表围绕河南省地理信息产业的发展定位、现状、趋势以及如何推动产业集聚、加快延链强链，如何推动“产学研用”结合、加快成果转化，如何发挥头部企业引领作用、加快产业融合发展等进行了深入交流，形成广泛共识，并提出很好的意见建议。

（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

河南省测绘地理信息技术中心召开会议要求： 树立“一盘棋”理念 形成齐抓共管新格局

◎ 李 华

12月10日，河南省测绘地理信息技术中心召开党委理论学习中心组（扩大）会议。会议由中心党委书记、主任郭幸生主持，中心党委委员、副主任武永斌，中心党委委员、办公室主任陈政民参加会议。

会议学习马克思主义与中国实践相结合的经典篇目，重点学习习近平总书记关于进一步全面深化改革的一系列新思想、新观点、新论断及关于宪法的重要论述。会议要求，要将学习马克思主义哲学与学习习近平新时代中国特色社会主义思想，特别是与贯彻《习近平关于自然资源工作论述摘编》相结合，与党的二十大、二十届三中全会精神相融合，组织党员干部多形式、分层次、全覆盖开展学习研讨，营造浓厚学习氛围。

郭幸生就树立中心“一盘棋”理念，推动形成齐抓共管工作格局提出要求：要武装头脑，强化思维，按照河南省自然资源厅党组“五抓五着力”要求及中心党委精心规划的三步走战略，明确责任，细化分工，确保各项决策部署有效执行。要守正创新，披荆斩棘，

锚定年度目标任务，加强顶层设计，以全局观念和系统思维谋划推进，固强补短、稳中求进，加大测绘地理信息数据资源的供给力度；对标对表绩效考核要求，坚持改革和法治相统一，强化危机意识，拒绝躺平心态，统筹推动改革任务梯次接续、前后衔接、纵深推进。要团结协作，主动作为，全力推进省部级重大项目，加强信息化建设、深化军民融合，扎实做好巡察整改等工作。要学以致用，转变作风，准确把握党和国家重大决策部署、河南省自然资源厅党组和中心党委的工作安排，运用“六步走”办事法，成为民情民意的“瞭望哨”、改革进程中的“排头兵”，促进发展“快”起来，推动创新激情“涨”起来，改善民生“实”起来。

郭幸生还对实景三维建设、基础测绘项目质量、军民融合项目进度等工作提出具体要求。武永斌围绕学习马克思主义哲学和学习贯彻《习近平关于自然资源工作论述摘编》精神引领高质量发展作了交流发言。

（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）



群贤毕至献良策 乡村振兴添活力

“地信智能+”数字乡村高质量发展研讨会成功举办

◎ 本刊特约记者 张永强

初冬时节，中原大地孕育着生机与活力。12月7日，“地信智能+”数字乡村高质量发展研讨会在郑州顺利召开。来自省内外的专家学者和地信企业代表200余人齐聚一堂，围绕“创新地理信息应用 引领数字乡村建设”主题，展开热烈讨论和交流。中国地理信息产业协会会长李维森出席会议并作主旨演讲。河南省自然资源厅原一级巡视员、河南省地理信息产业协会领导杜清华，河南省测绘地理信息技术中心党委委员、副主任肖峰参加会议并讲话、致辞。

本次研讨会由河南省地理信息产业协会指导，由协会数字乡村建设工作委员会、新时代宣传思想文化工作委员会主办，旨在贯彻落实党中央、国务院和河南省委、省政府加快推进乡村全面振兴和数字乡村建设的一系列文件精神，充分发挥地理信息在数字乡村建设中的引领作用，加快推进河南农业农村现代化。

研讨会上，李维森在题为《中国地理信息产业发

展现状及展望》的主旨演讲中，高屋建瓴，回顾了中国地理信息产业的发展历程，认真分析了中国地理信息产业的发展现状和存在问题，结合国际地理信息产业的发展态势展望了我国地理信息产业发展方向，为与会者打开了一扇窗，拓宽了视野，启迪了发展思路，理顺了发展方向。

杜清华代表河南省地理信息产业协会向拨冗出席本次研讨会的每一位领导、专家、嘉宾表示热烈欢迎和诚挚感谢。他表示，河南省地理信息产业协会作为政府部门和企事业单位之间的桥梁纽带，在聚焦数字乡村建设需求和乡村振兴需要，通过大数据、互联网、智能测绘等高新技术的深度融合，积极打造乡村管理平台，提升农业产业价值，促进智慧农业建设方面作了有益尝试；在通过地理信息系统的全面整合，有效开展资源共享服务，辅助政府决策、社会治理，开展乡村公共服务，挖掘乡村文化、旅游特色，辅助休闲

农业经营模式方面等进行了初步探索。下一步，还将充分发挥现代测绘地理信息数据和技术优势，为数字乡村建设搭建统一的时空基底，大力推进北斗、无人机、实景三维等在数字乡村的应用。通过地信智能，推动数字乡村高质量发展，让更多农村居民在数字时代通过地理信息找到获得感，使乡村生活更加充盈幸福美满。

肖峰在致辞中强调，创新地理信息应用助力数字乡村建设高质量发展，要重点做好三方面工作：一是强化数据整合与共享，夯实数字乡村基础。通过多源数据的深度融合与广泛共享，为数字乡村建设中的精准农业、智慧规划、高效治理等工作提供坚实的数据依托，从而全方位地夯实数字乡村蓬勃发展的根基，让每一项决策、每一个规划都能基于精准的数据洞察，推动数字乡村建设稳步迈向更高层级。二是深化地理信息技术应用，创新数字乡村服务模式。以地理信息数据为基础，构建乡村综合信息服务平台，整合各类涉农信息，为农民提供更加便捷的信息查询、在线办理等服务，创新乡村社会治理模式，提升乡村公共服务水平与治理效能。三是深化产学研合作机制，提升数字乡村建设人才支撑。河南省地理信息产业协会要充分发挥桥梁纽带作用，积极搭建高校、科研机构与地理信息企业协同创新平台，鼓励各方在数字乡村关

键技术研发、应用推广等方面深度合作。通过各方紧密协作，打造一支既懂地理信息技术又熟悉农业农村业务的高素质人才队伍，为河南数字乡村持续发展注入强劲动力。

来自河南大学、河南理工大学、河南省农科院、北京城市学院数字乡村研究中心、河南省遥感院、河南城建学院、河南省城乡规划设计研究总院等单位的领导、专家、学者详细分析了测绘地理信息行业在数字乡村建设中面临的重大机遇，探讨了遥感、实景三维等地信技术的新成果和新突破以及数字乡村建设的新模式和新探索，分享了各自在数字乡村建设领域取得的研究成果，带来了许多新思想、新思路。来自乡村第一线、全国乡村治理示范村的新乡县东大阳堤村党支部书记陈来胜热情洋溢地介绍了东大阳堤村的数字乡村建设成效，揭示了乡村建设的“善治密码”，令人耳目一新。方宇勘测有限公司、中建国信大数据集团有限公司作为优秀企业代表进行了发言，并分享了参与数字乡村建设的成功案例。

与会者纷纷表示，此次“地信智能+”数字乡村高质量发展研讨会的成功举办，不仅为各方搭建了一个良好的交流平台，也为推动数字乡村建设提供了宝贵的思路和经验，必将促进数字乡村建设高质量发展，为乡村振兴注入新的动力和活力。☑



中国地理信息产业发展展望

◎ 李维森



地理信息作为重要的战略性数据资源和新型生产要素，在社会经济发展中发挥着重要作用。近年来，随着全球数字化进程加速推进，中国地理信息产业已成为数字经济的重要组成部分，呈现快速增长和广泛应用的态势，产值规模稳步增长，市场预期积极向好。

三中全会精神指引方向 改革创新引领产业做大做强

党的二十届三中全会审议通过《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》（以下简称《决定》），提出多项重要改革举措，对地理信息产业发展有着重要指导意义，主要从以下三个方面对地理信息产业起着直接的促进作用。

深化科技体制改革，引领产业创新发展。要通过推动科技创新和产业创新融合发展，强化企业科技创新主体地位，建立培育壮大科技领军企业机制，加强企业主导的产学研深度融合，深化科技成果转化机制改革，提升国家创新体系整体效能。

加快构建促进数字经济发展体制机制，完善促进数字产业化和产业数字化政策体系。加快新一代信息技术全方位全链条普及应用，发展工业互联网，打造具有国际竞争力的数字产业集群。建设和运营国家数据基础设施，促进数据共享。加快建立数据产权归属认定、市场交易、权益分配、利益保护制度，提升数据安全治理监管能力，建立高效便利安全的数据跨境

流动机制。

美丽中国等建设推动地理信息技术深化应用。深化人工智能等数字技术应用，建设绿色智慧的数字生态文明，加快形成智慧执法体系，健全天空地海一体化监测网络，提升生态环境质量预测预报水平。

新质生产力加快发展 推进科技与产业创新深度融合

习近平总书记指出，发展新质生产力要统筹推进科技创新和产业创新，加强科技成果转化应用，推动传统产业转型升级，发展战略性新兴产业，布局建设未来产业，加快建设现代化产业体系。

加快发展新质生产力，要推动上游（实景三维、通导遥）、中游（遥感智能解译等）、下游（地理信息+、北斗+）产业链供应链的优化升级，要积极培育自动驾驶、低空经济、元宇宙、卫星互联网、共享经济、平台经济等新兴产业和未来产业，要深入推进重要的新型基础设施、战略性数据资源、高质量发展数据要素保障等数字经济的创新发展。

教育科技人才“三位一体” 提升国家创新体系整体效能

党的二十届三中全会《决定》指出，必须深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，统筹推进教育科技人才体制机制一体改革，健全新型举国体制，提升国家创新体系整体效能。

深化教育综合改革，要建立科技发展、国家战略需求牵引的学科设置调整机制和人才培养模式，加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设和拔尖人才培养，完善高校科技创新机制，提高成果转化效能。

深化科技体制改革，要加强创新资源统筹和力量组织，推动科技创新和产业创新融合发展，强化基础研究领域、交叉前沿领域、重点领域前瞻性、引领性布局，鼓励和引导高校、科研院所按照先使用后付费方式把科技成果许可给中小微企业使用，允许科技人员在科技成果转化收益分配上有更大自主权。

深化人才发展体制机制改革，着力培养造就战略

科学家、一流科技领军人才和创新团队，完善青年创新人才发现、选拔、培养机制，建立以创新能力、质量、实效、贡献为导向的人才评价体系，打通高校、科研院所和企业人才交流通道。

数字中国建设提质提速 夯实时空底座拓展市场空间

2023年2月，《数字中国建设整体布局规划》发布，财政部相继出台《企业数据资源相关会计处理暂行规定》《关于加强数据资产管理的指导意见》。在政策引领下，2023年10月，国家数据局挂牌成立。至2024年3月，31个省级数据机构均已组建设立。目前，20多个省市成立了专门的数据交易机构，数十个省市上线公共数据运营平台。

当前，地理信息产业已成为数字经济的重要组成部分。2023年我国数字经济核心产业增加值为127555亿元，占GDP比重为9.9%，预计2024年将达到63.8万亿元。2023年我国数据生产总量达32.85ZB，同比增长22.44%。中国大数据产业2022年规模达1.57万亿元，同比增长18%。中国数据交易行业市场规模达到876.8亿元，占全球数据交易市场规模的13.4%。

低空经济万亿级新赛道 新应用新需求成增长新引擎

2023年12月，中央经济工作会议将低空经济调为战略性新兴产业。2024年3月，政府工作报告提出打造低空经济等新增长引擎。全国已有近30个省（直辖市、自治区）将“低空经济”有关内容写入2024年政府工作报告或出台相关政策。低空经济市场规模预测2024年6703亿元，2026年超过万亿元，2035年有望达到6万亿元。中国的无人机销售额占全球70%以上，位居全球第一阵营。中国在自主控制、导航、避障、精准定位、智能感知等方面积累了较为成熟的技术和经验。地理信息技术可为低空经济发展提供三维空间数据支撑，将低空空域变成可定标、可量化、可计算、可管理、可利用的时空数据空间，用时空数据说话，在三维空间研判，靠时空知识管控。

抢抓人工智能革命机遇 全链接驱动产业提质增效

习近平总书记强调，把新一代人工智能作为推动科技跨越发展、产业优化升级、生产力整体跃升的驱

动力，努力实现高质量发展。党的二十届三中全会《决定》提出，完善推动新一代信息技术、人工智能、航空航天等战略性新兴产业发展政策和治理体系。截至2024年一季度，全球AI企业近3万家，美国占全球的34%，中国占全球的15%。全球人工智能大模型数量为1328个，美国的数量位居第一位，占比44%；中国位居第二位，占比为36%。截至2024年7月30日，全国范围内已有197个生成式人工智能服务通过网信办备案，行业大模型占比近70%，注册用户超过6亿。2014年至2023年，中国生成式人工智能专利申请量超3.8万件，居世界第一，是第二名美国的6倍。我国人工智能产业2023年核心产业规模达5784亿元，增速13.9%；生成式人工智能市场规模约为14.4万亿元。2024年前7个月，我国大模型领域融资总额超320亿元。人工智能推动地理信息产业全链条发展，促使测绘装备智能化升级，提升数据获取效率，降低地理信息获取成本；在处理地理信息时，与云计算、大数据、大模型等结合，实现对多源数据快速、融合、高效处理。同时，结合AI技术，可以进行智能化分析，智慧应用，提升地理信息应用价值。

把握融合创新发展趋势 全方位推动产业创新发展

地理信息产业将与现代信息技术融合，包括人工智能技术、5G/6G、卫星互联网、区块链、量子计算、边缘计算、云计算、机器人技术、太空技术、XR技术等。地理信息与其他行业的数据融合也将进一步推进，包括自然资源、城乡建设、交通、能源、水利、农业、民政等行业地理信息数据的共享与利用，推进经济社会信息关联融合，丰富测绘地理信息数据资源体系。

中国地理信息产业正处于快速发展阶段，产值规模稳步增长。随着国家数字治理和数字经济发展，地理信息的作用日益突出，以地理信息为基底的数据集成和分析的市场需求将更加旺盛，更多的资本将进入地理信息产业。中国地理信息市场预期积极向好，产业规模2025年将达到近1万亿元，2030年将达到1.8万亿元，具有广阔的发展前景和巨大的增长潜力。

未来，随着政策支持力度加大和技术融合不断推进，地理信息产业将在数字经济时代发挥更加重要的作用，迎来更大的发展机遇，成为数字经济的重要支柱，推动各行各业数字化智能化转型，助力美丽中国建设。

（作者系中国地理信息产业协会会长）

多元主体协同推进数字乡村经济赋能

◎ 高建华



乡村振兴战略背景下，数字乡村建设作为推动乡村全面振兴的关键路径，承载着多功能目标。其中，通过数字乡村建设赋能乡村经济发展无疑是“牵牛鼻子”的核心功能。目前，我国数字乡村建设有发展规划，有技术指南，有年度工作重点，在这些政策与技术指导下，不同类型的数字乡村试点建设遍地开花，各地都在积极探索符合自身实际的数字乡村发展路径。梳理这些国家级数字乡村试点与各地建设情况，识别数字乡村建设中赋能产业与经济发

数字乡村富民产业型试点与相关建设现状

在2020年公布的国家数字乡村试点地区名单中，没有对数字乡村试点进行分类。2024年国家数字乡村试点地区对数字乡村试点进行了分类，包括领域特色型、区域综合型、机制共建型，领域特色型又具体包括智慧农业、乡村数字富民产业、乡村数字治理、乡村数字文化、乡村数字惠民服务、智慧美丽乡村等类型。乡村数字富民产业型试点旨在通过数字化手段促进乡村产业与经济发展。江苏南京高淳区、江西抚州广昌县、四川绵阳安州区等地作为典型，围绕电商高质量发展、乡村新业态培育、农村数字普惠金融等方面展开探索，取得了一定成效。《数字乡村建设指南2.0》明确指出乡村数字富民产业的电商高质量发展、培训壮大乡村新业态、大力发展农村数字普惠金融的

建设内容，要求到2026年底，试点地区数字乡村建设取得显著成效，乡村信息化发展基础更加夯实，城乡“数字鸿沟”加快弥合，涉农数据资源实现共享互通，数字经济促进共同富裕作用凸显。

目前，乡村数字富民产业型试点建设各具特色，都尚在建设之中。与此同时，各地开展的以乡村数字富民产业型为主的数字乡村建设，也都在积极探索与运营中。从工作实际情况看，一方面，数字乡村建设对于推动乡村产业与经济发展的作用显著，通过探索农村电商的新模式，拓宽了农产品销售渠道，增加了农民收入；采用大数据分析指导农业生产决策，为农民提供了种植品种选择等建议；应用智能农机装备，实现农业生产的自动化和智能化，提高了农业生产效率和农产品质量，推动农业产业升级。另一方面，实践中也发现一些比较突出的问题，影响数字乡村赋能乡村产业富民的效用，主要表现为：（1）缺少规划体系，所做工作是“片段化”的；（2）乡村产业规模较小，产业链组织松散，数字化应用程度低；（3）数字乡村建设的专业性、技术性较强，对使用、基本维护要求较高，基层缺少专业人才；（4）数字乡村建设资金投入大，要如何构建机制，破解成本效益难题。当然，这些问题不是整体可以解决的，也不是短期内可以解决的，需要的是因地制宜、循序渐进地开展工作逐步解决。

不同主体推动数字乡村经济赋能的抓手

我国的数字乡村建设，除具有一般数字乡村的属性外，结合我国国情、区情、村情，还具有包括主体多元、综合整体、长远战略等多重属性，其中的主体多元属性是指在数字乡村建设过程中，政府、企业、村集体、科研单位等不同主体的作用。主体不同，建设目标与内容都不同，不同主体不同分工，同时又相互影响，只有共同参与，协同推进，才能统筹推动数字乡村建设，实现数字乡村的可持续发展。

（一）政府管理部门的抓手

在数字乡村赋能乡村产业与经济发展中，政府管理部门具有统领作用，主要抓手包括：

制定战略规划与计划：制定数字乡村建设的包括产业发展在内的战略规划与计划，明确建设的目标、任务和重点领域；出台鼓励政策，推动农村电商、数字农业等产业的发展。

基础设施建设：加大对农村地区网络基础设施建设的投入，改善农村网络通信条件，构建农村公共服务数字化平台，整合教育、医疗、社保、政务等公共服务资源。

数据管理：负责收集、整合各类涉农产业数据，建立统一的数据标准和数据共享机制，加强农村数据安全，建立数据安全防护体系。

技能培训与人才引进：开展包括智能手机应用、计算机操作、数字农业技术、电商运营等针对农村居民的数字技能培训，制定人才引进政策，吸引数字技术人才、电商人才、农业科技人才等投身数字乡村建设。

监督与评估：对数字乡村建设的产业项目进行全程监督和绩效评估，确保项目建设质量和资金使用效益。同时，协调农业农村等相关部门，形成工作合力，共同推进数字乡村建设。

（二）企业的抓手

企业作为技术创新的主体，是数字乡村建设的主力军，主要抓手包括：

技术研发与投入：加大对数字乡村相关技术的研发投入，研发适合农村的物联网设备、精准农业技术、农村电商平台，开发智能农业传感器，为农业生产提供精准的数据监测服务，为农村居民提供便捷、实用、价格合理的数字产品和服务。

产业数字化改造：积极参与农村产业数字化改造，带动农村传统农业、农产品加工、农村文旅等产业的转型升级。电商企业通过与农村合作社合作，帮助农民开展电商业务，提升农产品的品牌知名度和附加值；农业科技企业通过推广数字农业技术，提高农业生产效率和农产品质量。

（三）村集体的抓手

村集体是数字乡村建设产业发展的主体，其抓手主要有：

基础设施建设与维护：村集体要积极配合政府和相关企业，进行数字乡村产业发展基础设施建设，确保建设项目顺利落地，避免因土地纠纷等问题影响建设进度。同时，对已经建成的数字基础设施进行日常监督和维护。

应用场景挖掘：结合实际情况，挖掘适合本村的

数字应用场景。村集体推动电商平台、数字文旅应用，组织村民开展农产品电商销售，推广智慧旅游系统，积极组织村民参加数字技术培训，提高村民参与培训的积极性。

数据收集与利用：负责收集本村的基础数据，如土地利用数据、人口数据、农产品产量数据等。

产业发展引导：根据本村的资源禀赋和数字技术应用情况，引导农村产业发展方向。同时，加强村与村之间的合作，共同探索数字乡村建设的新模式，实现优势互补。

（四）科研单位的抓手

数字乡村建设的工作是多方面的，首要的是数字乡村建设的规划与设计，是数字装备的研发，主要抓手包括：

技术研发与创新：研发高效精准的农业传感器技术，提高传感器的精度、稳定性和耐用性，以满足复杂多变的农村环境和农业生产需求；开展农村大数据分析和人工智能应用技术研究，为农村产业发展、社会治理提供更精准的决策支持。

技术指导与咨询服务：在数字农业项目建设中，科研单位可以指导农民如何正确安装和使用智能灌溉系统、精准施肥设备等，确保技术应用的有效性和安全性；开展数字乡村建设相关的咨询服务，包括技术选型、方案设计、成本效益分析等方面，为农村电商企业提供电商平台选择、运营模式设计等咨询。

人才培养与知识传播：通过与高校联合办学、开设短期培训班等方式，培养数字乡村建设所需的专业人才；利用学术讲座、科普活动等，向农村居民普及数字技术知识。

产学研合作促进：搭建产学研合作平台，促进科研单位、企业和高校之间的合作；通过举办产学研对接会、技术成果转化洽谈会等活动，加强各方在数字乡村建设中的合作与交流。

数字乡村建设是一个长期而复杂的过程，不同主体在其中扮演着不可或缺的角色。只有全面调动政府管理部门、企业、村集体、科研单位等不同主体的积极性与创造性，整合不同主体的资源，才能实现数字乡村建设的既定目标。通过不同主体的协同合作，众志成城，数字乡村建设不仅能有效赋能乡村经济发展，还能推动农业现代化，提升农村居民的生活质量，实现乡村振兴的美好愿景。（作者系河南大学地理科学与工学部教授、博士生导师）

遥感技术助力数字乡村建设

◎ 卢小平



遥感技术发展现状

遥感 (Remote Sensing, RS) 是 20 世纪 60 年代兴起的一种卫星对地观测技术, 即利用传感器获取目标的时空信息和辐射信息, 对获取的影像和非影像信息进行分析和解译, 提取目标对象的几何特征信息和物理特征信息。遥感技术是在空间科学、地球科学、计算机技术、电子技术等学科融合基础上, 发展起来的一门新兴边缘交叉学科, 是自然资源、农村农业、生态环境、气象、水利、交通、国防等领域的共同需求, 是落实国家重大工程和战略的技术支撑。

遥感技术的全过程包括信息获取、信息传输与接收、信息处理和解译、应用服务。

遥感技术可按照传感器的工作波段和运载工具 (即遥感平台) 进行分类。按传感器工作的电磁波波段可分为可见光遥感、红外遥感、微波遥感等; 按传感器的运载工具 (即遥感平台) 不同, 可分为航天遥感、航空遥感、地面遥感、水下遥感等。

高分系列卫星是 2010 年 5 月我国启动的“高分辨率对地观测计划天基专项”, 旨在全面提升我国自主获取高分辨率观测数据的能力, 支撑国土调查与利用、地理测绘、海洋和气候气象观测、农林业监测、城市交通精细化管理、地球系统科学研究等重大领域应用需求, 加快推动空间信息产业发展。

环境卫星 (HJ) 系列是我国专门用于环境和灾害监测的对地观测卫星系统, 由 2 颗光学卫星 (HJ-1A 和 HJ-1B) 和 1 颗雷达卫星 (HJ-1C) 组成, 拥有光学、

红外、超光谱, 具备大范围、全天候、全天时动态监测能力。

资源卫星 (ZY) 系列是中国地球资源探测卫星的代表, 其中, 资源一号 (CBERS-1) 卫星由中国、巴西联合研制, 于 1999 年发射升空, 资源一号 02C 卫星于 2011 年 12 月 22 日成功发射; 资源二号卫星 01 星和 02 星分别于 2000 年 9 月和 2002 年 10 月发射; 资源三号卫星 (ZY-3) 于 2012 年发射, 是首颗民用高分辨率光学立体测图卫星。

随着卫星制造与火箭低成本化、卫星功能性能大幅提高, 商业企业开始进入航天及其应用领域, 卫星市场化应用逐渐形成新的产业。北京小卫星计划是最早的商业卫星, “北京一号”小卫星于 2005 年 10 月 27 日发射升空, 是 2008 北京奥运科技行动计划重大专项。“北京二号”由三颗 0.8 米全色、3.2 米多光谱的光学遥感卫星组成; “北京三号”于 2021 年 6 月发射, 目前已形成北京商业小卫星星座。吉林一号商业卫星星座是长光卫星技术有限公司的核心工程, 是国内规模最大的商用光学遥感卫星星座, 截至 2023 年底, 有 108 颗卫星在轨运行。

近年来, 随着合成孔径雷达 (SAR) 技术的不断进步和应用场景的不断拓展, SAR 卫星已经成为我国商业航天领域的一大亮点。海丝一号、齐鲁一号、泰景四号 01 星、航天宏图一号等卫星成功发射, 为我国发展航天事业、建设航天强国提供了有力支撑。

无人机遥感

无人机 (UAV) 遥感是利用无人驾驶飞行器搭载遥感传感器、GNSS 差分定位或 POS 系统, 快速获取国土资源、自然环境等空间信息, 完成遥感数据处理、建模和应用分析。无人机遥感系统凭借机动、快速、灵活、经济等优势, 已成为世界各国争相研究的热点。

无人机系统由飞行平台、定位定姿 (POS) 系统、数据传输系统、GNSS 地面站、发射与回收系统和地面监控系统组成。按照系统组成和飞行特点, 无人机可分为固定翼无人机、旋翼无人机和复合翼无人机三大种类。

固定翼无人机通过动力系统和机翼的滑翔实现起降和飞行，具有飞行速度快和高度高、长航时、搭载能力强等优点。旋翼无人机的技术优势是能够定点起飞、降落，操控性强，可垂直起降和悬停，缺点是续航时间短、载荷小。复合翼无人机又称垂直起降固定翼无人机，兼顾固定翼和旋翼的特点，具有垂直起降与灵活部署、长航时与大范围覆盖、强环境适应性与稳定性、任务多样性与高效率等优势。

传感器是根据不同类型的遥感任务选择相应的机载遥感设备，如 CCD 光学相机、多光谱成像仪、红外扫描仪、激光雷达、合成孔径雷达、磁测仪等。光学相机又分为单镜头或多镜头相机，如 2 镜头、4 镜头、5 镜头等。

天空地网一体化监测与精准农业

天基遥感通过卫星平台获取农业区域的全面信息，包括作物生长状况、环境条件等，为农业监测提供广域、长时序的数据支持。空基遥感利用无人机等空基平台，获取农业区域高分辨率、近实时的信息，可对作物长势、病虫害等进行精细化监测。地基遥感即部署地面传感器网络，实时监测土壤、气象等农业生产要素，为精准农业管理提供基础数据支撑。

精准农业是以新一代空天地网信息技术和智能农机装备为支撑，构建北斗导航和高分遥感融合服务精准农业模式，可实现耕一种一管一收全过程的无人化精准作业，助力提升现代农业技术水平和创新能力。

“天空地网一体化农业监测平台”具有四情监测、灌溉作业、施肥与喷药等精准管理等功能，为作物估产、病虫害预防、水肥药的变量喷施提供决策。

依托北斗+空天地网时空信息，构建农业数据资源“一张图”智能管理系统，打造农场生产经营数字化管理中枢，实现农资、人员、成本、设备、农事、收成等精准管理。农业数据资源“一张图”管理系统包括：智慧农业物联网数据中心、生产基地可视化数字地图、智慧大田四情监测系统、智慧农机管理系统、水肥一体化智能灌溉系统、农事活动管理系统和追溯信息管理系统。

遥感技术助力乡村建设应用案例

在作物长势监测与估产方面，利用多源时序遥感数据，可以构建作物、土壤等地物波谱和遥感图像解译样本数据库，持续监测作物不同生长期，及时了解

作物生长状况和分布状况，获取精准农业所需信息。

在智慧茶叶种植方面，可利用高光谱遥感数据监测茶叶生长状况，评估茶叶品质和健康状况；分析不同生长阶段的茶叶光谱特征，评估茶叶的品质等级；优化茶园管理策略，如施肥和采摘时间，提高茶叶产量和质量。

在油菜籽生产管理方面，利用卫星遥感数据分析植被指数等因素，可以为油菜籽产量预测提供关键的数据支撑；结合温度、降雨量等气象数据，可建立精准的油菜籽产量预测模型；同时还可提供细致的油菜籽产量预测结果，为市场供需调节和农民种植决策提供依据。

运用遥感技术还可以实时监测农业干旱情况，分析干旱影响范围和持续时间，为政府和农民提供决策支持，减少干旱对农业生产的损失。针对土壤湿度监测，可使用遥感数据反演得到土壤湿度分布图，为干旱评估和应对措施提供依据。在干旱指数分析方面，可利用遥感数据反演干旱指数（如 NDDI），提供干旱预警信息，为采取应对措施提供依据。

据了解，随着农业保险规模的迅速扩大，农业保险经营过程中的信息不对称、理赔成本和效率等问题日益凸显。利用卫星、无人机等空间信息技术，结合确权数据和地块分割技术，能快速确定作物受灾范围和受灾程度，且具体到地块，可为承保和理赔工作提供准确的数据支持，实现“按图承保”和“按图理赔”。

实景三维技术作为数字乡村建设的重要支撑，正逐渐在数字乡村建设中发挥着不可或缺的作用。在乡村规划工作中，实景三维技术能以三维形式呈现乡村地形地貌、建筑物、道路、植被等实体信息，为乡村规划提供详实的数据支持。同时，实景三维技术还可用于土地管理、房屋管理、环境保护等，提高管理效率。

在农业生产与服务工作中，实景三维技术可以实时监测农田的生长状况、土壤质量、气候变化等信息，为农业生产提供精准的数据支持。实景三维技术还可服务农业旅游、休闲农业等，为游客提供更加丰富多彩的农业体验。

在乡村文化遗产保护方面，利用实景三维技术可将乡村的文化遗产、历史建筑、传统手工艺等以三维形式呈现，为文化遗产保护提供技术支持。同时还能将文化遗产进行数字化存档、展示和传播，为文化遗产修复提供详实的数据支持。（作者系河南理工大学教授、自然资源部矿山时空信息与生态修复重点实验室主任）

测绘新技术助推高标准农田精准智能高质量发展

◎ 杨 力



传统的农业生产管理方式主要依赖经验和粗放式管理，效率低下且资源利用不均衡。随着测绘新技术的发展，特别是遥感、无人机、北斗和时空大数据平台等技术的引入，通过精准的地理信息采集、数据处理与分析，为高标准农田建设提供了科学的依据和技术支撑，使高标准农田建设进入一个更加精细化、智能化的发展阶段，有效提升了农业综合生产能力，促进了农村经济发展。

测绘新技术

测绘新技术主要包括遥感、无人机、北斗技术、大数据平台等。

遥感技术是指通过非接触方式，从远距离（通常是从飞机、卫星、无人机等搭载的传感器）获取地表物体或环境信息，通过处理这些信息进行分析和监测的技术。遥感以其高精度、多样化和实时性特点，融合农学知识、地理信息系统等多种学科，实现农业资源空间分布信息的高效获取及管理。利用遥感技术收集土地覆盖信息、植被覆盖率、农作物种植情况以及可利用农田等，并对可能影响农业生产的信息如气候、水源、温度等进行采集、分析，帮助农田管理者全面了解并掌握现有农业资源，有助于形成精准、智能、可持续发展新模式。

无人机技术是指利用无人机作为飞行平台，搭载先进的传感器、喷洒系统等设备，通过集成卫星导航、

自动避障、变量喷洒等技术，实现对农田的精准监测和农药、肥料的精准施用。无人机具有高灵活性、低成本和高精度等特点，可以快速部署、适应不同规模的农田，提供高效的数据采集方式。

北斗卫星导航系统具有全球覆盖、高精度、实时性强等特点，提供高精度定位和导航服务，在精准农业的生产过程中应用广泛，效果显著，包括精确播种、农业植保、农田信息采集、环境监测、农机自动驾驶及作业信息监测等。以北斗卫星导航系统为基础运行的“北斗+农业”发展模式显著提升了农业生产的先进性，为数字化农业发展提供了更多方向。

时空大数据平台利用云计算、物联网、大数据、5G等新一代信息技术，依托部署在农业生产现场的各种传感节点和无线通信网络实现农业生产环境的智能感知、智能预警、智能决策、智能分析、专家在线指导，为农业生产提供精准化种植、可视化管理、智能化决策的监控平台，有效提高农业生产效率，保障农产品安全，推动农业产业升级。

测绘新技术在高标准农田建设中的应用

农田气象监测。北斗系统拥有实时处理能力，可以快速、准确地收集气象数据，进行实时监测，从而更好地预测天气变化，有助于为高标准农田建设提供更精确的气象服务，做出更科学的农业生产决策，提升农作物产量，减少农业灾害损失。北斗系统与气象监测和天气预报的结合，为提升气象服务水平和精准度提供了强大的技术支持。

病虫害监测。加强农作物病虫害的监测，对农作物病虫害进行精准防控，对保障粮食安全、提高农产品产量和质量具有重要意义。遥感技术通过卫星、无人机、航天平台等设备，获取大范围高标准农田的影像数据，利用图像处理和数据分析技术，实时监测和识别农业病虫害的发生、蔓延及其影响程度，做到早发现、早防治，把病虫害损失降到最低。

作物产量监测。遥感监测农作物产量可以高效获取农田信息。通过结合遥感影像、植被指数、水分监测、时序分析等多种手段，能够对农作物的生长状况、

健康程度、产量潜力等进行精准监测。遥感技术的广泛应用不仅提高了产量预测的准确性，还为高标准农田生产的优化管理提供了科学依据。

农田智能灌溉。高标准农田环境较为复杂，作物需水量可能受到多种因素影响，所以系统收集到的数据信息也愈加复杂，在智能灌溉系统中加入遥感技术、大数据技术，可以实时监测环境信息，如土壤湿度及环境温度等，并根据不同作物的生长需求、气候情况以及土壤状况等因素，预测最佳的灌溉时间和用水量，从而实现自动化控制灌溉用水的目的，提高灌溉效率和水资源利用率。

耕地质量评价。遥感技术以其覆盖面积大、实时性强等优势广泛应用于耕地资源信息提取，特别在地理环境恶劣、交通条件不便、常规手段难以获取数据的区域。对耕地资源进行全天候、全覆盖、多分辨率、多尺度的遥感监测，有利于高标准农田建设精准实施“藏粮于地，藏粮于技”战略。

大数据可视化平台。基于时空大数据和地理信息技术，构建智慧农业综合信息服务平台，可实现高标准农田综合信息的数字化管理和可视化展示。通过地理空间数据分析，能帮助农业管理者实现精准的土地规划与农田管理；整合各种环境数据，比如气象、病虫害、灌溉、土壤墒情和作物生长情况等数据，帮助农业管理者监控农田生态环境的变化，有助于做出科学的生产决策，提升高标准农田建设的智能化、精准化水平。

测绘新技术在“中原农谷”的成功实践

为全面提升农业科技创新水平，破解农作物新品种被发达国家“卡脖子”等难题，2022年4月，河南省人民政府制定印发《“中原农谷”建设方案》，中原农谷建设全面启动，以新乡市平原示范区为核心，推动中原农谷实施种业创新战略。平原示范区以高标准农田建设为抓手，升级改造良田10.9万亩，采用遥感、北斗及大数据平台等测绘新技术，搭建智慧农业管理平台，建设无人农场，提高平原示范区信息化、现代化水平，全面提升农业综合生产能力，为“中原农谷”建设夯实根基。

智慧农业管理平台。应用大数据和地理信息技术，平原示范区构建“智慧农业科技体验中心+智慧农业管理平台”体系，汇集苗情、墒情、肥情、虫情、病情、灾情等数据信息，开展分析、预警，提供精准指

导，高效服务农业生产“耕、种、管、收、运”各环节，提升农业防灾减灾能力。

智慧灯杆。示范区采用智慧灯杆收集农田数据，智慧灯杆高度集成多种传感器、多种功能，数据传输接口统一时，在对接各县（区）、市、省级数字农业平台时既省时又省力，且获取数据的准确性、科学性较高，有利于农作物生长模型、灌溉模型、病虫害模型等的优化，有效提高数字农业平台对农事分析的决策能力。

喷灌机北斗精准管理。中原农谷示范区喷灌机控制系统应用北斗定位技术，通过反馈控制大型喷灌机各塔架车轮的前进速度和方向，实现喷灌机正反向运行和不同的运行速度，确保设备可以稳定、可靠地朝着预定方向直线行走，显著提升喷灌系统的精准性和效率，保证农作物获得充足水分，减少水分不足或者过度灌溉带来的负面影响，从而提高农作物的产量与质量。

无人农场。中原农谷示范区师寨展示区大城线西侧建设了2000亩无人农场，采用北斗、遥感、大数据、无人机、人工智能等技术，通过对农场设施、装备等远程控制，或智能装备与机器人的自主决策、自主作业完成所有生产管理任务，是一种全天候、全过程、全空间的无人化生产作业模式，具有“耕种管收生产环节全覆盖、机库田间转移作业全自动、自动避障异况停车保安全、作物生产过程实时全监控、智能决策精准作业全无人”五大特点。

智能监测。中原农谷示范区采用基于遥感和北斗技术的X波段昆虫雷达、宇宙射线区域土壤水分监测仪、智能孢子捕捉仪、苗情监控、智能气象等仪器设备服务高标准农田建设，为农业生产提供精准的病虫害预测预报、气象灾害监测预警等服务。

测绘新技术的应用，助力中原农谷建设成为国内一流的种业创新平台，为高标准农田的精准、智能、高质量发展提供了强有力支持。这些技术不仅在农田气象监测、病虫害监测、作物产量监测、农田智能灌溉、耕地质量评价、大数据可视化平台等方面发挥了巨大作用，还将助力农业生产向更加智能、精细和可持续的方向转型。随着技术的不断创新与完善，测绘技术必将为农业现代化提供更加精准、智能的解决方案，为实现国家粮食安全、促进乡村振兴和绿色发展贡献更大的力量。（作者系河南大学环境与规划学院教授、博士生导师）

实景三维河南：驱动乡村振兴的新引擎

◎ 李国清



习近平总书记强调：“当今时代，数字技术、数字经济是世界科技革命和产业变革的先机，是新一轮国际竞争重点领域。”实景三维中国建设是中国数字化转型的重要组成部分，而实景三维河南则是这一宏伟蓝图中的重要环节，将为河南经济社会发展提供方方面面的服务和支撑，也是乡村振兴的重要基础设施。

实景三维总体概况

实景三维技术是对一定范围内人类生产、生活、生态空间的真实、立体、时序化反映和表达的数字虚拟空间信息。它是新型基础测绘的标准化产品，能够实现数字空间与现实空间的关联互通，为数字中国提供统一的空间定位框架和分析基础。

实景三维技术的核心特征有真实化、实时化、立体化、实体化、语义化等。真实化，即尽可能与现实世界保持一致，形成高度逼真的场景。实时化，即接入视频监控、交通信号灯等实时物联感知数据，实现与现实的关联和反馈。立体化，是对现实世界从二维抽象描述到三维真实表达。实体化，是以地理实体为对象，突破比例尺、分幅和投影限制，采用面向对象的思维来组织数据。语义化，是由“人能看懂、机器无法理解”到“人能看懂、机器能读懂”，支撑计算机分析决策。

当前，国家正在全面推进实景三维中国建设。中共中央、国务院《关于加快经济社会发展全面绿色转

型的意见》提出，推进实景三维中国建设与时空信息赋能应用。国家发展改革委《关于深化智慧城市发展推进城市全域数字化转型的指导意见》提出，鼓励推进实景三维中国等基础平台功能整合，为城市数字化转型提供统一的时空框架。工信部 11 部委《关于推动新型信息基础设施协调发展有关事项的通知》提出全面建设实景三维中国，搭建数字中国时空基座和数据融合平台。各种政策表明：实景三维正在从自然资源行业行为上升为国家层面跨部门的新型信息基础设施。

实景三维在乡村振兴中的应用

实景三维技术不仅能够应用于城市现代化治理，还可以在乡村规划、基础设施建设、环境监测、文化遗产保护等方面发挥重要作用。

村庄规划与基础设施规划：实景三维技术能够为村庄规划提供直观、详尽的数据支持。通过三维空间分析，从宏观到微观实现村庄规划、产业发展规划、空间管控与用地规划的可视化展示和动态分析，从而为村庄规划编制与成果执行提供科学决策依据。例如，广西通过实景三维可视化、人工智能监测等技术手段，建设精准化、智能化、高效化的实景三维辅助国土空间规划系统平台，全流程辅助国土空间规划编制、规划审批和规划监督实施，提升国土空间规划治理能力。项目成果为河池市宜州区刘三姐镇小龙村、合浦县、北流市、桂平市、象州县大新县、武宣县、凤山县、扶绥县、东兰县、南宁市江南区等 95 个村的村庄规划提供三维数据底图及规划编制分析工具，持续深入推进“低成本实用性简易型”村庄规划编制新模式。

数字乡村建设：实景三维技术能汇聚乡村村情村貌、人房、党建、治理、服务、产业、物联、环境等各项业务的数据和资源，提升乡村治理的精细化、智能化、立体化、联动化和数据共享化水平，构建实景数字乡村一张图。例如，山西省平鲁区西易村通过实景三维技术打造数字乡村孪生底座，在实景地图上对“人房地事物情”实现联动分析。建设三维实景智能运营中心，拓展乡村基层网格综治、直播电商、休闲农业观光等多类孪生产品应用。通过实景三维技术，

西易村实现村庄规划、环境监测、文化遗产保护等数字化管理,显著提升乡村治理的精细化和智能化水平。

高标准农田建设: 依托地形级实景三维,融合土壤、水质、气候等农情数据,辅助规划人员科学规划农田布局,优化作物种植结构。利用部件级实景三维,挂接灌溉、排水、大棚、农业物联网等农业设施,实现农田信息实时监测与分析,精准实施灌溉、施肥等管理措施,提高农田管理智能化水平。例如,四川省通过实景三维可视化、物联网监测等技术手段,建设“天府粮仓”高水平建设项目,实现耕地变化24小时无人值守监测预警。

养殖业转型升级: 通过对养殖场进行三维建模,实时监测温度、湿度、二氧化碳浓度等环境信息,实现养殖精准管理、过程可视、全程可溯。例如,山东济宁市通过“数智”赋能,助力养殖业转型升级,实现从育雏鸡舍到产蛋鸡舍的全过程数字化和自动化管理。

实景三维河南建设

实景三维河南建设分为省级和市县两个层面。河南省委、省政府高度重视实景三维河南建设,主要领导亲自督导进展情况,多次召开专题会议研究部署相关工作。河南省自然资源厅将该项目列入“十四五”规划,作为测绘地理信息工作的“一号工程”推进实施,组建专班,建立全省协同联动工作体系,落实财政经费,开展政策机制与总体设计,相继发布《实景三维河南建设总体实施方案》《实景三维河南建设质检方

案》《实景三维河南建设总体技术方案》,计划2024年底完成60%省级建设任务,2025年底初步建成实景三维河南。目前,在地理场景建设方面,河南已完成LiDAR航飞招标,年底完成全部14.2万平方千米航飞任务;DSM、DEM年底完成7.1万平方千米;优于1米DOM完成全省8期133.6万平方千米,0.5米DOM全部完成。地理实体方面,年底完成10万平方公里地形级地理实体数据生产。

实景三维河南建设已在全省推开。安阳、鹤壁、漯河、周口四个首批河南省试点城市已初步完成项目建设,首批成果正在各领域推广应用。新乡、焦作、航空港区完成全部或部分项目招标,整体进展走在全省前列。全省18地市将在2025年底完成城市开发边界内的城市级实景三维建设。在县级层面,汝阳、光山、鲁山等地已完成城区倾斜摄影模型制作和数字平台搭建。

卫星遥感影像是常态化更新地形级实景三维地表要素的重要手段,河南省依托“河南一号”遥感卫星,形成“1+20+108”的卫星资源保障局面,实现0.75米分辨率遥感影像全省双月覆盖,2米级分辨率每月覆盖,具备“周新图”在线服务能力,出台《遥感影像统筹管理办法》,已面向全省分发共享卫星遥感资源。

实景三维技术作为一种多粒度、多尺度、多维度数据的“黏合剂”,已成为构建数字化底座的必备条件,在乡村振兴中的应用前景广阔,不仅能提升乡村治理的精细化、智能化水平,还能促进乡村产业多元化发展。

☑ (作者系河南省遥感院副院长)



平顶山市“多测合一”信息服务平台建成

12月17日下午，平顶山市自然资源和规划局组织专家，对河南省遥感院承担建设的平顶山市“多测合一”信息服务平台建设项目进行验收。

验收会上，省市相关领域的专家听取了项目工作和技术汇报，观看了成果演示，审阅了相关材料，经质询和讨论，认为平顶山市“多测合一”信息服务平台业务流程合理、功能完善、界面友好易用、系统运行安全可靠，符合国家和地方关于工程建设项目审批制度改革及优化营商环境的要求，项目将“多测合一”与“一码管地”创新融合，助力不动产全生命周期管理，一致同意通过验收。

据了解，平顶山市“多测合一”信息服务平台建设项目被纳入

2024年河南省自然资源系统便民惠企促发展十项微改革事项。项目旨在优化整合测绘事项、统一数据标准、避免重复测绘、减轻企业负担。自项目启动以来，平顶山市自然资源和规划局联合平顶山市住建局、国动办、房产中心以及河南省遥感院等多家单位，精心组织、全力推进平台建设，历经需求调研、系统开发、测试优化等多个阶段，印发《平顶山市工程建设项目“多测合一”工作实施方案》，对时间相近、内容相似、出资主体相同的多个测绘事项进行优化整合，执行统一的技术标准，实现同一标的物只测一次、同一测绘成果只提交一次的测绘服务模式。

据介绍，平台搭建了“多测合一”一张图管理模块，构建了高效、

精准的电子图档管理平台，实现测绘成果与“天地图”数据的精准套合，赋予用户灵活整合多源数据、进行可视化展示、快速查询与应用、成果检查及共享的能力。平台还延伸性提出“一码管地”与“多测合一”融合创新机制，在“多测合一”工作中，关联统一的不动产单元代码，构建数字化、标准化的信息查询与追溯体系，提升服务的便捷性和透明度，助力不动产全生命周期管理。

下一步，平顶山市自然资源和规划局将持续完善“多测合一”工作机制，推动平台的广泛应用和深度融合，为全市工程建设项目的顺利推进保驾护航，助力打造更加优质、便捷、高效的营商环境。□（平顶山市自然资源和规划局 李凯）

驻马店市山体保护工作迈上新台阶

12月18日，由河南省测绘院主导编制的《驻马店市山体保护规划（2021—2035）》（以下简称《规划》）专家评审会顺利召开。经过评审专家组严格细致的审查，《规划》最终顺利通过验收。

评审过程中，专家组听取了河南省测绘院关于《规划》编制过程及主要内容的汇报，审阅了相关文档资料，并进行深入质询和讨论。专家组一致认为：《规划》指导思想正确，编制依据充分，保障措施合理，资料图件齐全，山体保护名录分类合理，重点工程谋划符合驻马店市经济社会发展实际；《规划》着力打造驻马店市山体绿色屏障，提升生态环境质量，加快推进山体

绿色开发和生态修复，将有力推动驻马店市生态文明建设和经济社会协调发展，具有前瞻性、科学性和可操作性；研建的驻马店市山体保护规划信息共享平台和山体保护动态监测管理系统，具有山体保护动态监管、三维可视化等功能，可保障山体保护实际需求，有效提升山体资源信息化管理水平。

据了解，按照《驻马店市国土空间总体规划（2021—2035年）》

《驻马店市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》等相关文件要求，编制单位对驻马店市山体进行了现状摸查，开展了山体保护工作评估，并对现状问题进行了梳理，进而完成

《规划》编制工作。《规划》解读了最新政策要求，全面衔接上位规划和相关规划，提出驻马店市山体保护的总体目标，明确相关保护名录、落界线调整思路，更新了山体保护名录，制定了配套山体保护管控措施，拟定了分期行动计划，最终形成逐座山的山体保护规划，为驻马店市的山体保护工作提供了强有力支撑。

《规划》的验收标志着驻马店市山体保护工作迈上了新台阶。下一步，河南省测绘院将继续秉持严谨求实的工作态度，积极参与更多类似项目，为推动生态文明建设和地方经济社会高质量发展贡献智慧力量。□（河南省测绘院 贾宝）

实景三维航空港建设项目设计书通过专家评审

12月4日，郑州航空港经济综合实验区自然资源和规划局在郑州组织召开《郑州航空港经济综合实验区实景三维建设项目设计书》专家评审会。

会上，来自中国测绘科学研究院、战略支援部队信息工程大学、河南省测绘地理信息技术中心、河南省计量院测绘产品质量监督检验研究所等单位的专家认真听取了项目承建单位河南省遥感院的项目设计汇报，审阅了相关材料，经质询和讨论后，一致认为该设计书较好地完成了航空港区城市级基础地理实体数据制作、城市三维模型

（LOD1.3级）构建、倾斜摄影三维模型制作和精修、DEM和DSM数据制作、数据融合、在线系统与支撑环境建设等工作内容的设计；项目书内容完整，编写规范，依据充分，需求分析全面，目标任务明确，技术路线正确，技术质量指标符合有关规程要求，具有较强的针对性和可操作性。同时，项目设计符合《实景三维河南建设总体实施方案（2023—2025年）》要求，能够指导郑州航空港经济综合实验区实景三维建设，同意通过评审。

据介绍，实景三维航空港建设作为实景三维河南建设的关键

一环，是自然资源管理现代化的迫切需求，对推动航空港区经济社会发展、提升政府治理能力具有深远意义。项目建设单位将认真梳理、深入研究专家组提出的意见和建议，认真修改完善，确保设计书更加科学、合理、可行；坚持“边建边用边提升”的原则，围绕航空港区产业招商、港口建设、城市规划等重点工作，积极开展实景三维数据与自然资源业务管理数据、社会经济类数据的关联融合研究，为航空港区自然资源管理、经济社会发展提供统一的时空数据基础底板。

（河南省遥感院 赵硕 李剑）

南阳市召开测绘地理信息工作会议

12月18日，南阳市自然资源和规划局召开全市测绘地理信息工作会议。

会议紧扣测绘地理信息事业转型升级和产业发展主题，全面总结南阳市2024年测绘地理信息管理工作情况，研究谋划2025年工作，重点部署了实景三维建设、测量标志修复保护等工作，对北斗规模化应用和涉密基础测绘成果管理专项检查进行了再推进、再加压。

会议指出，要统一思想、提高认识，准确把握新时代新征程测绘地理信息“两支撑、两服务”工作定位，持续提升测绘地理信息数据要素保障能力，更好地服务自然资源管理和南阳经济社会高质量发展。要强化监管、守住底线，充分认识测绘地理信息安全管理工作的重要性和紧迫性，不折不扣落实好上级关于安全保密的工作安排，加



强保密教育，完善保密措施，严守测绘地理信息安全管理底线，坚决保护国家安全。

会议分析了南阳测绘行业发展现状及面临的问题，指出行业管理部门要履职尽责，放管结合，打造宽松公平的测绘市场；测绘企业要把准时代脉搏，紧跟时代步伐，加

快转型升级，健康快速发展。

会议还邀请河南省CORS管理中心相关专家，作了《河南省北斗三号卫星导航定位基准服务系统建设与应用》《自然资源系统北斗规模化应用》《三维空间数据底座构建方法》三个专题报告。（南阳市自然资源和规划局 张帆）

寒暑砥砺行 匠心筑测绘

——记邓州市邓房测绘调度中心主任杨波

◎ 本刊记者 栗荣晓 通讯员 李海明 许丹

邓州历史悠久，文化灿烂，距今已有6400年历史。这里人杰地灵，人才辈出，孕育了一代代名人志士。杨波作为邓州市邓房测绘有限公司（以下简称“邓房测绘”）调度中心主任，从小受到历史名人的熏陶，养成了坚毅奋斗的性格，参加工作13年来，一直拼搏奉献在测绘生产一线。工作中，杨波秉承测绘人吃苦耐劳、无私奉献的进取精神和精益求精、严谨细实的工作作风，虽名不见经传，但用实际行动诠释着新时代测绘人的责任与担当。



践行测绘人担当

邓房测绘系国家甲级测绘企业，现有各类高、中、初级技术人员53名，面向社会开展不动产测绘、工程测量、地理信息系统工程、航空摄影测量、摄影测量与遥感等多项服务。

2020年11月，邓房测绘承接到邓州市广亿不夜城房产测绘项目，为其进行不动产权登记提供测绘成果。作为项目负责人，杨波迅速指导测绘人员收集各项资料及完整图纸，对照图纸确认各幢楼层、车库、阁楼等基本信息，对每层每户房屋测量到位，认真记录每一个测量数据。

一次正常测量工作中，突然赶上停电，为了不耽误测量时间，杨

波身先士卒，扛着仪器一口气爬上9楼，虽是冬天，汗水却湿透了他的衣衫，在他的感召下，队员们争先恐后干起活来。还有一次，杨波正在现场认真测量尺寸，伴随着脚底一阵钻心的疼痛，他“哎哟”一声低头查看，原来一根铁钉扎进了脚底。大家劝他赶紧就医包扎，以免感染，但他却坚持完成当天测绘任务，最后被队友搀扶着走向诊所。他就是这样，在平凡的测绘岗位上不顾个人安危，用行动践行着新时代测绘人的责任与担当。

邓州市广亿不夜城房产测绘项目开展过程中，杨波带领测绘人员采用多走、多看、多测量、多计数的方式进行作业，对发现的问题，

及时向业主方反馈，并给出合理化建议和整改意见。同时，对整个测量过程进行严格检查和监督，确保测量成果的准确性。

“邓房测绘为我公司及时、准确地提供了项目的综合数据信息，满足不动产权登记、物业管理、维修基金收缴、纳税申报等工作需求，实现资源管理现代化、科学化、信息化。”邓州市广亿不夜城房产项目负责人如是说。

打造精品工程

“干测绘工作夏天被‘烧烤’，冬天被‘冷冻’，虽然辛苦，但是我们的每份测绘成果，每个测绘报告，都为各行业高质量发展奠定了

坚实基础。”这是杨波常挂在嘴边的一句话。

2021年冬季，邓房测绘中标邓州市国家储备林基地建设测绘项目，测区面积近10万亩，涵盖大小图斑401个，不仅涉及大面积树林覆盖地带，测绘区域还存在许多复杂地形。

面对如此庞大的项目规模，如果仅仅使用皮尺、测距仪、罗盘仪等传统测绘工具，手动测量并记录每一棵树木的数据，既耗时又耗力，短期内完成10万亩测绘任务根本不可能。

在邓房测绘领导的支持下，项目技术负责人杨波积极联系相关高校专家指导，运用机载激光雷达遥感测绘技术，成功获取测区高清正射影像，并从中提取地理高程信息。利用这些数据，项目组快速准确识别出地形地貌、经营边界以及各类树种的第一手信息。此外，他们还利用数字孪生技术优势，为收储工作提供实时高分辨率影像，为邓州市国家储备林基地建设提供测绘数据支撑。

在高铁沿线、机场附近等禁飞区域，杨波带领技术人员克服恶劣天气，携带RTK等测量设备，徒步开展实地勘察测绘。为了满足地形图的精度，有些像控点必须布设在高铁沿线，杨波勇挑重担、冲锋在前，带领3名队员上午9点出发，在高铁沿线徒步来往60多公里，完成8个像控点联测，回到市区时已是深夜11点多。为保证次日工作顺利进行，杨波按照路程远近、难易程度给每个队员分配任务，当他拖着疲惫的身躯到家时已是凌晨两点。

经过1个月的持续奋战，项目组圆满完成邓州市国家储备林基地

建设测绘，为该市林业管理和国土空间规划提供科学的数据支持。

在项目测绘成果验收会上，专家组认为邓州市国家储备林基地建设测绘项目完全符合相关规范标准，测绘成果优良，打造出邓州市测绘行业的精品工程。

“测绘”精彩人生

2022年4月6日，邓房测绘接到邓州市内外城河房屋普查测绘项目，必须在15个工作日提交测绘成果。

项目时间紧、任务重，作业区域房屋情况复杂，作业难度较大，如采用传统模式需投入约300人，30个工作日才能完成。杨波深知，此次任务对测绘人员来说不仅要求专业过硬，也要熟悉相关国家政策和法律法规，还要善于做老百姓的思想工作。他组织项目组人员学习研讨，以户为单位填表登记，为群众解惑答疑。

基础工作打牢后，杨波将技术人员分成4个作业小组，运用大疆M300无人机、大疆禅思P1云台相机、合众思壮GNSS RTK、全站仪、红外线测距仪等测绘设备，分别负责外业航测、内业数据处理、不动产线划丈量图、入户核查权调。

测绘调查中，杨波带领航测小组利用无人机摄影测量，获取影像资料和地理信息数据；内业数据处理人员轮换值班，24小时不间断处理外业影像数据，并对数据进行二维矢量转化，利用已有的测绘成果进行信息叠加，整理土地和房屋信息，信息缺失的组织人员现场测绘；使用EPS绘图软件对摄影测量成果进行矢量图绘制，为后续作业提供数据支持；依据作业区域不动产线划丈量图，技术人员对邓州市

城市规划区内外城河沿岸30万平方米范围内的房屋进行测量和权籍调查，确保测绘成果的准确性。

在项目组的共同努力下，历时12个昼夜，提前3天优质高效完成此次测绘，得到邓州市政府和业主单位的好评。“我们运用科学的统筹方法合理安排作业工序和时间，认真分级检查，确保测绘质量成果。”杨波说。

付出总有回报，杨波凭着对测绘事业的执着匠心，使邓州市内外城河房屋普查测绘项目获得2023年度河南省地理信息创新应用优秀案例奖。

十三年测绘之路，十三年风雨兼程，有泪水和心酸，亦有鲜花和荣耀。在“优秀共产党员”“先进工作者”等荣誉面前，杨波淡然地说：“这些荣誉不只属于我个人，展现的是邓房测绘支撑自然资源管理，服务生态文明建设的新作为、新担当。在未来征程中，我将一如既往地坚守初心，勇担使命，匠心测绘，为经济社会发展贡献应有的力量。”



上海启动“量子城市”建设 打开通向未来城市的门户

◎ 本刊特约记者 张永强

2024年12月13日，上海量子城市时空创新基地开启。杨浦区复兴岛，上海主城区唯一一座岛屿、城市规划的珍贵留白，全域1.1平方公里范围将成为量子城市时空创新先行实验区，探索线上线下空间统筹交互。这标志着这座超大城市在推进数字孪生技术应用、构建智慧城市方面迈出了重要一步，这里将成为通向未来城市的门户。

这是上海首次披露“量子城市”概念。未来，上海市将利用先进的量子计算、大数据和人工智能技术，打造一个虚实相生、线上线下联动、万物互联感应的时空数字孪生系统，从而为超大城市时空治理的智能化转型提供“上海样本”。

什么是“量子城市”？

在上海这座繁华的国际化大都市，随着城市化进程的加速，城市管理面临的挑战日益增多。传统的城市管理已经难以满足现代城市的高效运行需求。于是，“量子城市”的概念应运而生，为上海的未来发展指明了方向。

“量子城市”不仅仅是一个抽象概念，它代表了一种全新的城市治理模式。上海市规划和自然资源局数字城市规划处处长庄澜介绍说，量子城市就是借助量子理论的“量子化”和“量子纠缠”概念，打造时空联动、虚实相生的数字体系，是上海探索使用人工智能技术赋能超大城市治理新模式。简单来说，“量子城市”不仅是用二维和三维数据把现实世界可视化，更重要的是基于人工智能的仿真推演和实时反馈，让大模型做到可计算、可交互，让数字城市学习现实城市的规律，最终又反馈到现实城市进行提升改造。

目前，全球超大城市都在加快城市空间治理模型的建设。例如，新加坡打造“虚拟新加坡”国家级数字孪生体，东京打造“PLATEAU”城市建筑外部白模，伦敦打造“Heritage Building”城市级文物建筑AI孪生平台。他们都是在建构城市空间智能孪生体。总的来看，这些模型都是应用于部分垂类领域场景，超大城市全域全场景级别、系统集成性的空间智能大模型仍有待探索。

上海的“量子城市”是海量复刻现实物理空间，即1.7万平方公里的国土面积，包括城镇、郊野、海洋，覆盖地上、

地表和地下的全域空间资源。这一创新项目通过云宇星空大模型，实现城市空间的智能配置与实时反馈，旨在提升城市资源利用效率，适应数字化时代的挑战。

为什么要建设“量子城市”？

上海提出建设“量子城市”，核心原因在于城市发展和人的需求，目的就是通过引入前沿科技，提高城市管理和服务的智能化水平，促进城市的可持续发展。

目前，上海的城市空间资源利用效率有待提升，打造时空三维智能体有利于提升国土空间利用效能；作为超大型城市，城市运行也需要引入更多“先知”系统来预判风险、规避风险。庄澜坦言，过去，城市的学校、医疗等资源通常是按照区域内的人口数量来规划配置的。随着数字化时代的到来，人们的许多需求已经转移到了线上。电商平台的兴起就是一个很好的例子——它们极大地改变了人们的购物习惯，但同时也暴露出线下设施响应迟缓的问题。尽管线上消费日益增长，商场仍在不断建设，这可能导致空置率上升，未能及时反映和满足实际需求。

面对城市发展的种种挑战，未来的城市规划需要更加灵活和智能化。而“量子城市”建设，正是通向这一目标的桥梁。

“量子城市”要建什么？

量子城市建设蓝图宏伟，工程浩大，不可能一蹴而就，需要持续的投入、创新与合作。

12月13日，上海量子城市星空联盟正式成立，清华大学建筑院、同济规划院、超图软件、阿里云、商汤科技等69家科研院所和企业加入，将积极探索空间营造新模式，合力构建虚实相生、互联感应的上海量子城市“时空智能体”。这些规划设计领域资深行业单位和科技企业，自2024年3月起就陆续加入“上海量子城市”建设团队。

为了建成“量子城市”，上海首个三维时空治理模型——云宇星空大模型同步启动建设，旨在通过精确的空间数据管理和模拟，实现对城市空间资源的优化配置和高效管理。云宇星空大模型将覆盖1.7万平方公里的国土面积，包括城镇、郊野、海洋，覆盖地上、地表和地下的

国家新型基础测绘建设北京试点通过验收

◎ 吕苑鹃

12月23日，自然资源部在北京组织召开验收会，国家新型基础测绘建设北京试点项目顺利通过验收。

2021年6月，自然资源部批复同意北京作为国家新型基础测绘建设试点。为落实首都战略定位，满足“一总规、两控规”及超大城市治理体系和治理能力现代化建设要求，立足智慧城市建设需求，北京形成智慧城市“一图一码”、国土空间“现状一张图”及国家新型基础测绘北京试点的“三位一体”工作机制。试点以“全市一个底板、两个精细管理区、两个技术探索区”的生产布局，首次形成全市域多粒度、分等级的实景三维数据底座，打造了满足“一核一主一副、两轴多点一区”城市空间结构的数据体系，形成一套完整覆盖、有机组合的数据采集体系，创新构筑了智慧城市框架下的时空数据建设及应用体系，探索出一条具有首都特色的新型基础测绘体系建设之路。

验收会上，专家组认为，北京试点设计了涵盖地理实体、地理场景、定制化产品等5类数据产品在内的新型基础测绘产品体系，形成了连接全市数据链的

时空数据多方协同生产组织体系，构建了具有统一编码、关联智慧城市实体数据的全市时空底座，形成了“空天地”多策略组合的技术体系，研发了基于高影采编的地理实体快速采集、多类型实景三维自动化质检评估、基于地理实体的城市码时空标识“一码关联”等创新技术，形成了可落地、可借鉴、可复制、可推广的经验，一致同意通过验收。

据介绍，北京试点成果已在规划和自然资源管理、生态保护修复、辅助政府应急决策等方面得到应用，支撑了北京中轴线成功申遗，开展了时空数据资产交易，探索了公共数据专区授权运营机制，有力提升了基础测绘的服务保障能力，在北京智慧城市建设和数字经济发展中发挥了重要作用。下一步，北京将持续推动试点成果深度转化与落地，深化基础测绘与新型基础测绘转换衔接，实现基础测绘转型升级；以地理实体为纽带关联融合多源数据，丰富时空数据底座；大力培育应用生态，激活实景三维数据要素，赋能首都高质量发展。（来源：中国自然资源报）

全域空间资源。这一模型能够实时监测和预测城市运行状态，及时分析区域人口特性，可以更为精准地分析区域内的配置资源需求，把闲置资源腾挪出来建设人们更需要的空间。同时，这一模型不仅为城市规划师提供了提高空间利用效率的强大工具，也将为商户带来优化经营策略的新机遇。以上海银联为例，在杨浦五角场、合生汇等三个大型商业综合体中，银联借助这一先进模型实现了优惠券发放活动的精准赋能。在低空运输方面，利用云宇星空大模型可以统筹低空空域利用，打造低空运输的时空载体，挖掘未来城市拓展的空域价值，建立未来城市治理的飞行视角，谋划未来城市繁荣的空中走廊。

上海在复兴岛上建立了“上海量子城市时空创新基地”，以及相关的重点实验室和孵化平台，为技术创新提供支撑。该基地将首批启动28个孵化巢台，涵盖城市治理、时空经济、城市安全等场景。例如，在商务楼宇单元方面，以间/层/楼为空间单位，挂载区域条件、建筑情况、商务服务、社会贡献与经济效益等24项指标，包括楼龄、空置率、租金等监测指标，为监管部门和企业提供数据支

持和决策依据。当楼龄老化、空置率过高时，系统就会发出预警提示。

上海“量子城市”建设将涵盖交通、环境、安全等多个领域，通过物联网、大数据分析等技术手段，提升城市管理效率和服务水平。在交通管理方面，通过实时数据分析，可以优化交通流量，减少拥堵现象。在环境管理方面，通过传感器和监控设备，可以实时监测空气质量、水质等环境指标，及时采取措施改善环境质量。在安全管理方面，通过视频监控和数据分析，可以及时发现和处理安全隐患，保障市民的安全。在经济发展方面，量子城市通过优化资源配置，推动产业升级和创新发展，为上海的经济的发展注入新的动力。

上海的“量子城市”建设，是全球范围内智慧城市建设的一个重要探索。它不仅将为上海的城市治理提供新的解决方案，也将为其他城市提供可借鉴的经验。目前，上海已经制定量子城市时空创新三年行动计划，预计2025年在规划资源领域率先实现全业务上线，提升城市管理的智能化水平。

不同形状联系三角形地下待测边方位角计算研究

程继国

(广州三海海洋工程勘察设计有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 联系三角形法是地下工程平面联系测量的常用方法, 具有较高的可靠性及环境适用性, 但外业测量和数据处理过程较为繁琐。通过研究联系三角形法地上地下控制基准传递过程及原理, 讨论地下待测边方位角影响因素, 总结归纳 4 种常用的联系三角形形状, 详细论述不同形状的联系三角形地下待测边方位角推导过程, 然后利用某地铁工程地上地下联系测量项目对推导的联系三角形计算过程进行验证。结果显示, 三次独立测量方位角最大较差为 8.26", 地下待测边方位角最大误差为 2.91", 满足相关规范和地下隧道测量要求。

关键词: 地下工程; 联系测量; 联系三角形法; 方位角

1 引言

近年来, 城市地下空间建设规模不断扩大, 通过修建地铁隧道、地下商场、综合管廊等地下工程, 缓解城市土地资源利用压力, 为城市现代化建设提供更多空间资源。地下空间建设施工主要有开挖施工和非开挖施工工艺, 为减少对城市地表建(构)筑物的破坏, 多采用顶管、盾构等非开挖施工工艺^[1]。为保障地下空间顺利贯通, 需要通过联系测量方法将地表施工控制基准网传到地下, 统一控制基准。联系测量包括平面联系测量和高程联系测量^[2], 当工作井较浅时, 可直接采用全站仪、水准仪等进行控制基准传递^[3]; 当工作井较深时, 需采用其他方法进行地上地下联系测量。高程联系测量普遍采用垂吊钢尺水准测量法进行高程基准传递^[4]。平面联系测量相对复杂, 主要有导线直接传递法、两井定向法、投点定向法、陀螺定向法、联系三角形法等^[5], 其中联系三角形法对施工场地依赖较小, 数据成果精度高, 是现阶段较为常用的平面联系测量方法^[6], 尤其在城市地铁、综合管廊等工程建设中, 工作井普遍较小, 联系三角形法更具适用性。通过分析联系三角形法作业原理, 探讨多种不同形状的联系三角形, 研究地下待测边方位角最佳计算方法, 为不同施工场景的平面联系测量提供控制数据支撑。

2 联系三角形法控制基准传递原理

采用联系三角形法进行平面控制基准传递, 需在—工作井竖直下放两根吊锤钢丝, 与地上已知点和地下待测点形成存在相关性的三角形, 然后解析地下待测点坐标及待测边方位角。作业原理如图 1 所示, A、

B 点为地面已知点, C、D 点为地下隧道待测点, M、N 为垂直下放的—根钢丝; 通过构建三角形 $\triangle AMN$, 将已知方位角传递给钢丝 1 和钢丝 2, 然后在地下构建三角形 $\triangle CMN$, 将两根钢丝坐标及方位角传递给待测点 C、D, 从而实现地上地下平面联系测量作业。

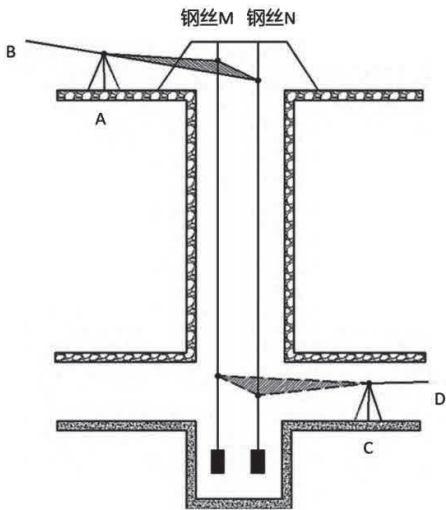


图1 联系三角形法测量作业原理

将联系三角形法地上地下涉及点位投影至同一水平面, 如图 2 所示, 可直观获取两个三角形的内在联系, 从而推导待测边方位角的解析推导过程。

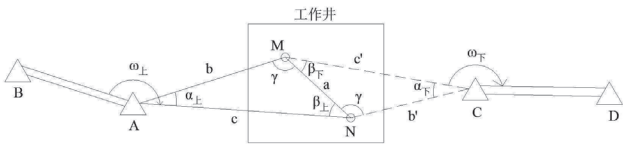


图2 联系三角形法水平面投影

假设联系三角形法地上部分构建的 $\triangle AMN$ 边长观测值为 $a、b、c$, 角度观测值为 $\alpha_{上}$ 和 $\omega_{上}$; 地下部分 $\triangle CMN$ 边长观测值为 $a'、b'、c'$, 其中 $a' = a$, 角度观测

作者简介: 程继国 (1987—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事海洋测绘和地理信息系统制图工作。

值为 $\alpha_{\text{下}}$ 和 $\omega_{\text{下}}$ 。在进行平面联系测量时，两根钢丝绳形成的三角形边 NM 方位角计算过程如式(1)所示。式中， α_{BA} 为地上已知 BA 方位角； α_{NM} 为钢丝绳连线 NM 方位角； $\omega_{\text{上}}$ 为地上部分测得的连接角； $\beta_{\text{上}}$ 为地上三角形内角，其中 $\sin \beta = \frac{b}{a} \sin \alpha$ 。

$$\alpha_{NM} = \alpha_{BA} + \omega_{\text{上}} + \beta_{\text{上}} \quad (1)$$

α_{BA} 和 $\omega_{\text{上}}$ 通过全站仪进行采集，若要提升 α_{NM} 精度，则需提升 β 角解析精度。由 β 角计算公式可知，其精度与三角形边长有较大关联，假设三角形边长为等精度观测^[7]，则边长中误差 $m_a = m_b = m_c = m_s$ ，因此可得 β 角观测误差为：

$$m_{\beta} = \frac{\tan^2 \beta}{b^2} \rho^2 m_s^2 + \frac{\tan^2 \beta}{a^2} \rho^2 m_s^2 + \frac{b^2}{a^2 \cos^2 \beta} m_a^2 - \tan^2 \beta m_a^2 \quad (2)$$

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\rho^2 \tan^2 \beta \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) + m_a^2 \left(\frac{b^2}{a^2 \cos^2 \beta} - \tan^2 \beta \right)} \quad (2)$$

式中， $\rho = 206265''$ ； $m_{\beta_1} = \rho^2 m_s^2 \tan^2 \beta \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)$ 表示三角形边长观测对 β 角精度的影响； $m_{\beta_2} = m_a^2 \left(\frac{b^2}{a^2 \cos^2 \beta} - \tan^2 \beta \right)$ 表示观测角度 α 对 β 角精度的影响。当 α 、 β 数值很小时， $\tan \beta = \frac{b}{a} \tan \alpha$ ， $\cos^2 \beta \approx 1$ ，因此有：

$$m_{\beta_1} = m_s \frac{\rho'' \tan \alpha}{a} \sqrt{1 + \left(\frac{b}{a} \right)^2} \quad (3)$$

$$m_{\beta_2} = \frac{b}{a} m_a \quad (4)$$

对式(3)和式(4)分析可知，两根钢丝绳间的距离 a 越大，角度 α 越小，对 β 角解析精度的影响也相对越小；同时由公式 $\sin \gamma = \frac{c}{a} \sin \alpha$ 可得： $m_{\gamma} = \frac{c}{a} m_a$ ， $m_{\beta_2} < m_{\gamma}$ 。因此，为提高方位角传递精度，采用联系三角形法进行地上地下控制基准传递时，应控制传递方向所经过的角度 β 相对较小。

3 不同形状联系三角形待测边方位角计算

地铁隧道工程具有多样性特征，需结合施工场地实际地形地貌布设地上控制点，且地下隧道掘进方向也会存在一定差异，因此联系三角形形状特征并非固定不变，以下对四种常见联系三角形形状的地下待测边方位角计算过程进行分析研究。

3.1 地上地下控制点同侧分布

当地上地下控制点位于工作井同侧时，由于隧道掘进方向和钢丝绳下放位置不同，会存在两种形状的联系三角形，分别为地上地下 β 角位于钢丝绳连线的同侧及两侧，如图3所示。

3.1.1 控制点及 β 角同侧分布

由图3(a)可知，当控制基准传递方向经过的 β

角位于钢丝绳连线同侧时，方位角传递路线为 $BA-AN-NM-NC-CD$ ，传递过程中，各方位角计算过程如式(5)所示。

$$\begin{aligned} \alpha_{AN} &= \alpha_{BA} + \omega \pm 180^\circ \\ \alpha_{NM} &= \alpha_{AN} + \beta \pm 180^\circ \\ \alpha_{NC} &= \alpha_{NM} + (360^\circ - \beta_1) \pm 180^\circ \\ \alpha_{CD} &= \alpha_{NC} + \omega_1 \pm 180^\circ \end{aligned} \quad (5)$$

因此，地下待测边 CD 的方位角 α_{CD} 计算推导过程如式(6)所示。式中， k 为某一整数， α_{BA} 为地上已知边 BA 的方位角。

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BA} + \omega + \beta + (360^\circ - \beta_1) + \omega_1 \pm 180^\circ \cdot k \quad (6)$$

3.1.2 控制点同侧 β 角异侧分布

由图3(b)可知，当控制基准传递方向经过的 β 角位于钢丝绳连线异侧时，方位角传递路线为 $BA-AN-NM-NC-CD$ ，传递过程中，各方位角计算过程如式(7)所示。

$$\begin{aligned} \alpha_{AN} &= \alpha_{BA} + \omega \pm 180^\circ \\ \alpha_{NM} &= \alpha_{AN} + \beta \pm 180^\circ \\ \alpha_{NC} &= \alpha_{NM} + \beta_2 \pm 180^\circ \\ \alpha_{CD} &= \alpha_{2N} + \omega_2 \pm 180^\circ \end{aligned} \quad (7)$$

因此，地下待测边 CD 的方位角 α_{CD} 计算推导过程如式(8)所示。

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BA} + \omega + \beta + \beta_2 + \omega_2 \pm 180^\circ \cdot k \quad (8)$$

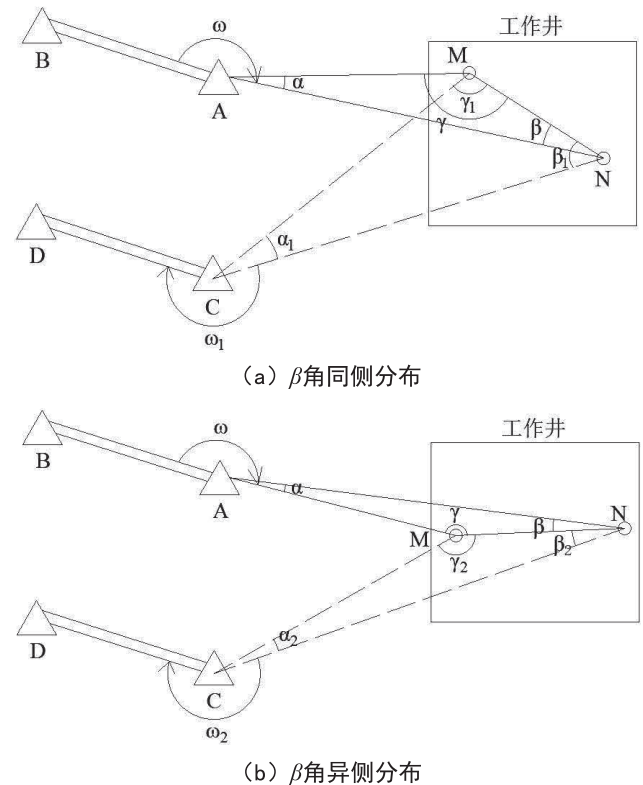


图3 控制点同侧分布联系三角形

3.2 地上地下控制点异侧分布

当地上地下控制点位于工作井两侧时，由于隧道掘进方向和钢丝绳下放位置不同，同样会存在地上地下β角位于钢丝绳连线同侧及两侧两种形状的联系三角形，如图4所示。

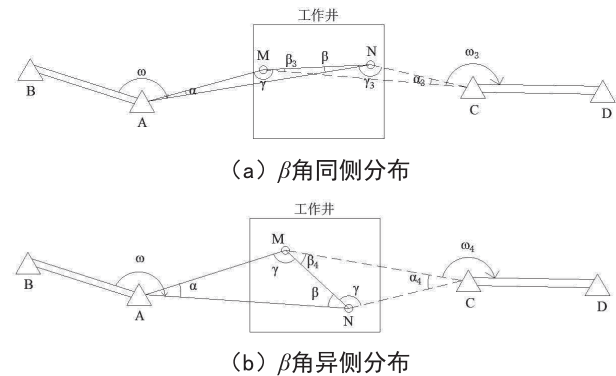


图4 控制点异侧分布联系三角形

3.2.1 控制点异侧β角同侧分布

由图4(a)可知，当控制基准传递方向经过的β角位于钢丝绳连线同侧时，方位角传递路线为BA—AN—NM—MC—CD，传递过程中，各方位角计算过程如式(9)所示。

$$\begin{aligned}\alpha_{AN} &= \alpha_{BA} + \omega \pm 180^\circ \\ \alpha_{NM} &= \alpha_{AN} + \beta \pm 180^\circ \\ \alpha_{MC} &= \alpha_{NM} + \beta_3 \pm 180^\circ \\ \alpha_{CD} &= \alpha_{MC} + \omega_3 \pm 180^\circ\end{aligned}\tag{9}$$

因此，地下待测边CD的方位角α_{CD}计算推导过程如式(10)所示。

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BA} + \omega + \beta + \beta_3 + \omega_3 \pm 180^\circ \cdot k\tag{10}$$

3.2.2 控制点及β角异侧分布

由图4(b)可知，当控制基准传递方向经过的β角位于钢丝绳连线异侧时，方位角传递路线为BA—AN—NM—MC—CD，该传递过程中，各方位角计算过程如式(11)所示。

$$\begin{aligned}\alpha_{AN} &= \alpha_{BA} + \omega \pm 180^\circ \\ \alpha_{NM} &= \alpha_{AN} + \beta \pm 180^\circ \\ \alpha_{MC} &= \alpha_{NM} - \beta_4 \pm 180^\circ \\ \alpha_{CD} &= \alpha_{MC} + \omega_3 \pm 180^\circ\end{aligned}\tag{11}$$

因此，地下待测边CD的方位角α_{CD}计算推导过程如式(12)所示。

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BA} + \omega + \beta - \beta_4 + \omega_3 \pm 180^\circ \cdot k\tag{12}$$

4 项目应用研究

某城市新建地铁项目采用盾构法施工工艺，某区间段始发井为6.0m×8.8m矩形，开挖深度为20.84m，

接收井与始发井不具备通视条件，无法采用两井定向法进行联系测量。为保障平面控制基准传递精度，采用联系三角形法进行地上地下联系测量作业，依据近井控制点分布及隧道掘进方向，地上和地下控制点位于始发井两侧，结合始发井实际情况，下放吊锤钢丝绳，所形成的联系三角形可归为图4(b)三角形形状。

为了保障地上地下联系测量的成果精度，研究采用徕卡TM50测量机器人(测角精度为0.5″，测距精度0.6mm+1.0ppm)开展测量作业，搭配徕卡标准圆棱镜，确保所有仪器设备均在检定有效期内，联系测量作业前需在施工场地进一步测定棱镜常数。地面近井点及加密控制点空间分布如图5所示，其中，JJD03为近井点，JM04、JZ05为加密控制点，JZ36、JZ37、JZ44、JZ46为测区平面控制点，地面加密控制点复测按照《城市轨道交通工程测量规范》精密导线要求进行作业，近井点控制测量同样要严格遵循规范精密导线测量要求，组合成附和导线，为地上地下联系测量提供准确的起算数据。

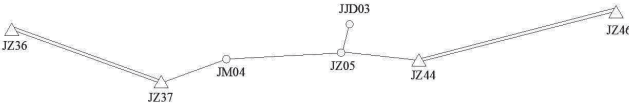


图5 地面近井点及加密控制点空间分布

联系测量时，对每个三角形均进行三次独立测量，每次观测三测回，各测回测距较差不得超过±1mm，地上地下钢丝绳间距较差不得超过±2mm；采用六测回全圆观测法进行角度测量，角度观测中误差不得超过±2.5″。利用联系三角形法获取的地下待测边方位角较差不得超过±12″，方位角平均中误差不得超过±8″。本次测量作业角度观测记录如表1所示。

表1 外业角度观测记录

测量次数	联系测量过程中各测量角度			
	地上连接角	地上β角	地下β角	地下连接角
1	118°4′48.65″	0°20′36.96″	0°4′12.94″	172°0′15.59″
2	118°4′33.10″	0°20′34.26″	0°4′13.04″	172°0′16.67″
3	118°4′48.79″	0°20′33.72″	0°4′13.19″	172°0′16.96″

传统联系测量需要结合点位分布图形进行解析计算，逐步推导传递过程中的各个方位角，计算过程较为繁琐。为提高联系三角形法地下待测边方位角计算推导效率，利用编程工具对四种常用形状的三角形解析过程进行编程处理，实现观测数据的自动化处理。当外业数据观测记录完成后，直接录入对应形状三角形计算过程，即可实现控制传递过程中各方位角数值

(下转第32页)

车载LiDAR在道路全息测绘中的应用及精度分析

陈伟

(上海市岩土工程检测中心有限公司, 上海 200436)

摘要: 智能化全息测绘是一项多种先进技术组合的新技术, 是新型测绘技术体系建设的重要组成部分, 相较于传统测绘技术, 能获取更全面、更实时、更精细的实体空间地理信息数据成果。以上海市崇明区道路全息测绘项目为例, 采用车载激光扫描技术获取道路两侧空间点云数据和全息影像数据。通过对点云矢量数据提取、调绘、处理和编辑, 完成全息测绘成果制作, 并结合传统测绘手段对点云数据成果进行检测和精度评价, 结果显示, 基于车载三维激光扫描技术的道路全息测绘不同要素成果精度满足全要素地形数据精度要求。

关键词: 全息测绘; 三维激光; 点云数据; 精度

1 引言

随着智能驾驶兴起和城市精细化管理推进, 公众和政府对于基础地理信息数据的要求越来越精细, 结合《全国基础测绘中长期规划纲要(2015—2030年)》中“加快发展基础测绘, 形成新型基础测绘体系”的要求, 以及《汽车驾驶自动化分级》定义的3级驾驶自动化和4级驾驶自动化功能的需求, 需要不断提高高精地图的现势性。在原有基础测绘采集内容基础上, 进一步丰富和完善地理空间要素的采集种类, 进一步扩充城市管理所需的自然属性和社会属性, 以“全息要素, 应采尽采”为原则, 形成全要素地形数据, 为城市建设管理和智能驾驶提供更精细的数据服务^[1,2]。

相比由人工测量、标记、绘图的数据获取方法, 车载三维激光扫描技术能获取更全面、精细、真实的空间地理信息数据。智能化全息测绘是一个新工艺、新概念, 是计算机、传感器、导航定位、传感器等技术的结合, 在地理实体三维数据的采集手段、内容、数据精度方面和传统测绘方法有较大差异, 还能定制化生成形式多样的数据成果。同时, 全息测绘又是一个系列性、系统性工程, 上海作为试点城市之一, 在全息测绘技术实施过程中有部分内容需要更新迭代, 如国家和地方有关规范及质量管理体系鲜有涉及, 许多生产环节涉及的技术类、质量类标准仍待完善等。

以上海市崇明区主要道路智能化全息测绘数据采集、处理与入库为实例, 利用车载三维激光扫描等方式采集数据, 结合综合调绘, 进行要素提取与成果编辑, 以及纠正点、检查点布设和精度检验, 最终形成上海市崇明区道路全息测绘成果。

2 工程解决方案

2.1 总体技术路线

车载三维激光扫描技术是一种多传感器集成的技术呈现, 包含激光测距、全球卫星导航系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)定位模块、惯性导航及摄影测量等多源传感器。运用该技术扫描地理实体, 获取三维点云数据, 结合专业算法和软件处理海量点云数据, 进行影像判读和外业调绘等, 进而获取高精度、长距离的三维空间数据和影像信息。最终, 根据实际需求制作全要素地图或专题地图等成果。根据高精地图要求, 需在测区布设纠正点, 对采集的点云数据进行纠正, 提高数据精度。纠正点布设可与点云数据采集同步, 也可以等采集区数据扫描完成后单独布设^[3,4]。道路全息测绘项目生产流程如图1所示。

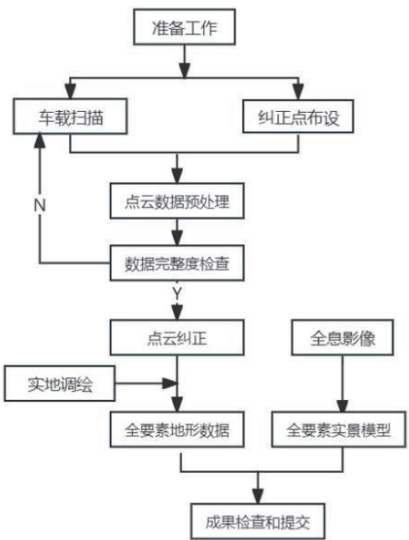


图1 点云数据采集和处理流程

作者简介: 陈伟(1990—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 研究方向: 工程测量生产和研究。

2.2 数据采集

全息测绘的数据采集主要包括车载数据采集、控制点布设、点云数据处理等三个模块。

2.2.1 车载数据采集

车载三维数据采集主要包括扫描获取测区的点云数据、全景影像数据、车辆轨迹数据等。在正式扫描前，需对扫描仪进行静态和动态初始化。其中，静态初始化需保证有效 GNSS 卫星数大于 10 颗，位置精度衰减因子 (Position Dilution of Precision, PDOP) 值小于 4，静态观测时长不少于 5 分钟。静态初始化完成后进行动态初始化，动态初始化需要扫描仪载体正常行驶一段路线，行驶路线至少包括一次直线和两次拐弯，待仪器设备适应车辆载体的行驶状态后，方可进入项目区打开激光扫描仪、全景相机和其他辅助设备，采集三维点云数据。数据采集完成后，将车辆行驶至空旷区域，待所有设备处于静止状态后，关闭设备系统。

2.2.2 控制点布设

控制点布设采用 RTK 模式，依据《卫星定位测量技术规范》图根控制要求，困难地区采用全站仪按导线逐级布设，高程用水准仪从城市水准点进行联测，控制点平面精度不低于 3cm，高程精度不低于 5cm。检查点的平面和高程精度均不低于 5cm。控制点布设主要包括点云纠正点和检查点，当通过车载激光扫描系统获取的点云数据无法满足精度要求时，需要测设一定数量的纠正点来提升点云数据精度，检查点应均匀分布在测区，数量一般不低于纠正点总数的 10%^[5,6]。

2.3 点云数据处理

当外业数据采集完成后，通过基站数据解算、定位测姿数据解算、点云解算、点云纠正坐标转换等处理，形成合格的点云与全景数据成果。点云数据和影像数据以道路为单元制作成果，东西向道路和南北向道路交叉部分，路口成果放在东西向道路内，一般以人行道和停止线之间的区域切分，点云数据和影像数据宜采用通用格式；纠正后点云数据的平面中误差应低于 7cm，高程中误差应低于 5cm。

3 关键质量元素分析

3.1 位置精度

由于全息测绘技术的生产流程和环节复杂，涉及传感器设备较多，扫描仪本身的位置精度也受多个因素影响如扫描仪本身存在各类误差项、车辆载体在行

驶轨迹的定位误差，以及点云强度密度、点云数据接边、点云空洞、数据处理算法本身存在的误差等都是数据误差源。因此，各环节必须严格按照标准执行，以降低误差源带来的数据精度损失^[6-8]。

通常采用点云平面数据内符合精度、高程外符合精度和等精度中误差方式对位置数据精度进行评定。

(1) 等精度中误差

等精度中误差计算公式如下：

$$M_j = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{2n}} \quad (1)$$

式中， n 为检测点个数， Δ_i 为平面或高程较差。

(2) 平面内符合精度

通过对比同一点位往返的点云数据评价内符合精度，按照等精度计算平面内符合精度，公式如下：

$$m_{内} = \pm \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}} \quad (2)$$

式中， d_i 为往返点云同一点位的坐标间距。

(3) 高程外符合精度

通过已知水准点的高程数据，采用水准测量方法测出检测点的高程值，与点云成果点高程值进行对比，按照等精度计算高程外符合精度，公式如下：

$$m_{外} = \pm \sqrt{\frac{\sum h_i^2}{2n}} \quad (3)$$

式中， h_i 为同位点实测的高程值与点云高程成果值之差。

依据团体标准《基于地理实体的全息数据采集与建库》(T/SHCH001)，分等级的道路全要素地形数据精度指标如表 1 所示。

表1 道路全要素地形数据精度指标

精度等级	平面精度/cm	高程精度/cm	要素类别
一级	≤10	≤5	城市道路（含道路标线及其两侧坚实地面）
二级	≤10	≤10	城市部件
三级	≤25	≤20	地貌、植被、其他设施

3.2 属性精度

地理实体需有属性信息才完整。基于地理实体的全息测绘项目，通常采用内外业相结合方式，即内业影像判读和外业实地调绘相结合，进行审核、分析、检查属性编码、实体纹理、实体属性的完整性和正确性。

3.3 完整性

全息测绘技术以“全息要素，应采尽采”为原则，突破了传统比例尺分级概念，可按实际应用需求将道路要素精度分级，如高精地图密切相关的道路交通标

志、城市道路附属等部件按照高等级精度控制，其他与城市管理需求相关的部件要素可按实际需求进行精度控制。因此，地理实体三维点云数据的完整性是全息测绘数据质量的重要元素之一，同时也是整个项目技术体系的建设目标，在质检过程中完整性主要体现在多采和遗漏两大类，且呈现一定的随机性。

4 实例分析

项目内容是完成上海市崇明区全域不少于 2230 公里道路的智能化全息测绘，要求辖区内的国道、省道、县道、城市道路必须测绘，其中需完成路宽大于 4 米的乡道两侧的三维点云数据采集。崇明区道路多数为乡道，两侧树木茂密且无道路标线，崇明区国、省、县、乡和二、三、四级道路分布如图 2 所示。



图2 上海市崇明区道路采集分布

道路全息测绘是上海市智能化全息测绘的重要组成部分，项目使用徕卡车载扫描设备采集崇明区道路两侧的三维点云数据。选择崇明区扫描较为困难的陈仿公路和草港公路作为测试道路，全长共计 30 余公里。在道路全息测量数据中，随机选取平面检核点 24 个、高程检测点 26 个，通过传统测绘方法获取检核点的坐标信息，并与点云数据进行精度对比分析。表 2 和表 3 仅体现其中 10 个点位的精度对比，图 3 和图 4 的点位精度对比展现了本次所有检核点精度情况。

由上述图表可知，测试共抽取原始解算点云与路段平面检测点 24 个、高程检测点 26 个，经对比分析，平面精度最大值为 9.1cm，高程精度最大值为 8.9cm。通过公式 (1) 计算，可得平面中误差为 $\pm 5.0\text{cm}$ ，高程中误差为 $\pm 3.5\text{cm}$ 。本路段平面中误差需满足 $\pm 10.5\text{cm}$ 、高程中误差需满足 $\pm 7.5\text{cm}$ ，符合规范要求。经验证，测试仪器点云精度可靠，相对于传统车载扫描仪在不布设或布设少量纠正点的前提下，能够满足项目精度要求。

表2 平面精度对比

点号	实测坐标		点云坐标		$\Delta S/\text{cm}$
	X/m	Y/m	X/m	Y/m	
K1	38741.97	19564.44	38741.90	19564.46	7.1
K2	38310.67	20238.96	38310.64	20239.01	6.2
K3	37787.94	21052.98	37787.90	21052.95	4.6
K4	33617.69	21673.53	33617.66	21673.50	4.0
K5	36908.16	22448.49	36908.19	22448.47	3.7
K6	32582.22	23276.49	32582.22	23276.52	3.0
K7	36413.47	23525.36	36413.49	23525.37	2.8
K8	35623.14	25253.56	35623.16	25253.53	3.8
K9	31866.67	25821.40	31866.73	25821.42	5.9
K10	35088.77	26231.56	35088.78	26231.53	3.9

表3 高程精度对比

点号	点云高程 (h/m)	检测高程(h/m)	Δh (cm)
A1	4.168	4.22	5.2
A2	4.201	4.238	3.7
A3	4.231	4.262	3.1
A4	4.518	4.531	1.3
A5	4.487	4.407	8.0
A6	4.621	4.704	8.3
A7	4.485	4.519	3.4
A8	5.200	5.257	5.7
A9	5.088	5.121	3.3
A10	4.422	4.474	5.2

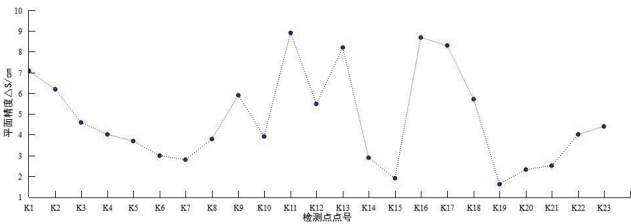


图3 实测坐标与点云坐标平面精度对比

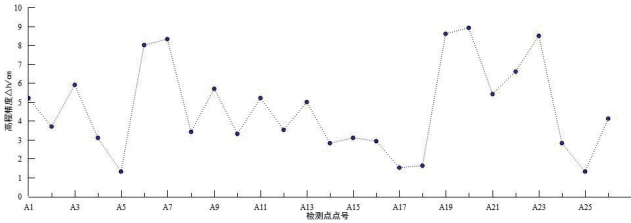


图4 实测高程与点云高程精度对比

5 结论

通过分析智能化全息测绘工作流程，以实际工程为例，研究阐述了道路全息测绘的点云数据采集方法、数据处理和质量检测流程。结合项目实践，得出以下结论：

(1) 新型基础测绘面临种类更多、质量更高和应用更广泛的现实要求, 全息测绘技术以“全息要素, 应采尽采”为原则, 能获取测区全量空间地理信息数据, 通过对海量点云数据、全息影像等全要素数据的处理, 以需求为导向, 不同要素对应不同精度的生产标准和要求, 可用于地面模型构建、地形图测绘、道路纵横断面以及特殊要素数据的测绘产品生产。相较于传统测绘生产模式, 智能化全息测绘技术大大提高了作业效率, 同时无需测绘人员在高速公路上测绘, 降低了测绘人员的安全风险。

(2) 通过实际项目生产统计分析地理实体三维点云数据的平面和高程精度, 归纳并提出了数据质量检查内容及检验方法, 发现基于车载三维激光扫描的点云数据精度满足全要素地形数据精度要求, 可为后续数据质量检查、评价规范和标准制定提供参考。

(3) 全息测绘技术仍存在一些不足之处, 例如, 设备成本较高, 主要集中在国有企事业单位或大型企业中应用, 不利于中小企业发展; 数据采集时项目区

存在部分扫描盲区、卫星信号受遮挡影响数据精度等问题, 需进一步研究解决。

参考文献

[1] 袁振超.SHCORS在上海市智能化全息测绘中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(6):59-62.
[2] 顾建祥,董震,郭王.面向上海城市数字化转型的新型测绘[J].测绘通报,2021(7):131-134,139.
[3] 王越,江威,王树根.车载移动测量技术在道路全息测绘中的应用[J].测绘技术装备,2023,25(1):50-55.
[4] 钟炜,姚恋秋.城市道路全息测绘成果关键质量元素的探讨[J].现代测绘,2021,44(z1):90-92.
[5] 韦通.道路全息测绘智能化提取方法研究[J].经纬天地,2022(3):4-6.
[6] 赵婧文,金雯,申建华,等.智能化全息测绘成果及其质量检查探讨[J].测绘通报,2021(S2):257-259.
[7] 王艺.基于FME的智能化全息测绘要素转换研究——以上海市新型基础测绘张江试点为例[J].现代测绘,2023,46(2):18-23.
[8] 赵鹏飞,雷婉南.智能化全息测绘在高速公路改建中的应用[J].城市勘测,2021(5):155-158.

(上接第 28 页)

的自动推导计算, 有效提升内业数据处理效率。项目控制基准传递过程中各方位角计算成果如表 2 所示。

表2 方位角推算成果

测量次数	联系测量过程中各方位角				
	已知A~B	N~A	M~N	C~M	待测C~D
1	214°27'8.03"	152°31'56.68"	333°16'48.04"	153°12'18.94"	325°12'50.72"
2	214°27'8.03"	152°31'55.52"	333°16'29.78"	153°12'16.74"	325°12'47.81"
3	214°27'8.03"	152°31'56.82"	333°16'30.54"	153°12'17.32"	325°12'48.67"

由表 1 和表 2 可知, 三次独立测量的方位角最大误差为 8.26", 地下待测边方位角最大误差为 2.91", 精度较高, 满足相关规范及地下控制测量作业要求, 实现地上地下控制基准的准确传递。

5 结束语

城市地下工程施工要有准确可靠的控制基准, 因此需采用联系测量方法将地上控制基准准确传递至地下。现阶段联系三角形法因可靠性较高且对施工环境依赖性较小, 是较为常用的平面联系测量方法。通过分析联系三角形法基本原理, 探讨待测边方位角推导精度影响因素, 在实际应用过程中, 应尽可能使联系角 β 相对较小, 提高待测边方位角推导计算精度; 同时梳理常见联系三角形形状, 将其归纳为四种类型, 基本涵盖联系三角形常用形态, 详细推导每类地下待

测边方位角计算公式, 采用 Matlab 工具对四种形状的联系三角形计算过程进行编程处理, 提高内业数据处理效率。为验证归纳的联系三角形法计算过程的可靠性, 采用某地铁工程项目进行应用分析, 三次独立测量中, 方位角最大误差为 8.26", 地下待测边方位角解算成果精度较高, 满足相关规范的精度指标要求, 可为地铁隧道顺利贯通提供准确的数据支撑。

参考文献

[1] 赵沛.平面联系三角形测量在地铁暗挖隧道中的应用[J].智能城市,2020,6(4):166-167.
[2] 张献伟,刘卫军,杨晨,等.联系测量在地铁工程中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(3):76-78,82.
[3] 韦文.矿井内协同化联系测量技术的应用精度分析[J].山东煤炭科技,2023,41(4):188-190.
[4] 刘瑞敏,高帅,马全明.地铁小井口竖井后方交会和双联系三角形测量精度分析[J].城市勘测,2019(6):163-166.
[5] 刘少春.利用测量机器人进行联系测量的方法与精度分析[J].金属矿山,2020(6):216-220.
[6] 陈梦,张涛,李晋东,等.矿山立井精密贯通工程实践与技术探讨[J].测绘与空间地理信息,2020,43(6):208-210,214.
[7] 贾东杰,徐顺明.小井口竖井条件下盾构隧道联系测量方法研究[J].现代隧道技术,2022,59(S1):979-985.

多源地理信息数据匹配质量评价方法研究

葛飞

(佛山市南海区测绘成果质量检验中心, 广东 佛山 528200)

摘要: 从多源地理信息数据匹配融合的必要性出发, 详细介绍了常用的点实体、线实体、面实体匹配方法以及匹配质量评价准则, 基于国情监测数据与 1:1000 DLG 数据的匹配研究, 从匹配精度和匹配效率方面, 对不同类型的多源地理信息数据匹配方法的成果进行分析研究。结果表明: 对于几何位置数据获取标准差异性较大的点实体匹配, 采用基于属性相似度的匹配方法, 同时辅以距离、环境相似度等, 提高匹配质量; 针对属性数据吻合度较差的线实体匹配, 以某一数据集的属性数据为基准, 采用基于 Fréchet 距离的几何特征匹配方法能够快速准确完成线实体匹配作业; 利用候选数据集获取算法对面实体匹配数据进行初步匹配筛选, 能够在一定程度上提高匹配精度, 但同时要兼顾匹配效率。

关键词: 数据匹配; 匹配方法; 匹配精度; 匹配效率

1 引言

我国幅员辽阔, 自然资源种类繁多且储量丰富。然而, 由于自然资源分布较为零散, 自然资源监管职责分散于多个部门, 自然资源分类体系和数据标准差异较大, 缺乏统一的参考标准。各部门开展自然资源调查监测时, 调查对象、覆盖范围、涉及内容在一定程度上存在重复、交叉, 甚至相互矛盾现象^[1], 一方面增加了自然资源监管的工作量, 另一方面调查成果复杂多样, 很难进行综合分析利用。为实现自然资源信息化监管, 需有效融合多源多类型数据, 然而自然资源历史数据在空间尺度、时间版本、几何位置、表现形状等方面存在较大差异^[2], 影响自然资源历史数据的整合, 以及自然资源历史数据库的搭建。为解决这一问题, 较多专家学者对多种技术方法进行深入研究, 其中应用效果相对较好的为地理实体自动化匹配, 通过专业算法对点、线、面实体进行精准匹配^[3], 从而完成对多源历史数据的整合, 但匹配质量和整合效果的评估却难以形成统一标准。通过对现阶段常用的多源地理信息数据整合匹配算法进行研究, 以国情监测数据和 1:10000DLG (数字线划图) 数据间的匹配为研究对象, 对点、线、面三类空间数据的匹配质量进行综合评估, 研究多源地理信息数据的最佳匹配方法。

2 匹配质量评价

多源地理信息数据匹配质量包含匹配精度和匹配效率两个方面。其中匹配精度评价普遍以查全率

(Recall) 和查准率 (Precision) 为评价准则^[4]。作为现阶段较为常用的多源地理信息数据匹配精度评价准则, Recall 和 Precision 呈负相关关系, 即当 Recall 指标提升时, Precision 在一定程度上会有所降低, Precision 增大也会导致 Recall 指标降低, 因此在多源地理信息数据匹配精度评价时, 应综合考虑两个指标间的平衡关系, 多采用综合评价指标 (F-Measure) 对 Recall 和 Precision 的取值进行调和, 公式如下:

$$Recall = \frac{C}{E} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{C}{R} \quad (2)$$

$$F = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

公式中, E 表示待匹配的两个数据集中的实体数量, R 表示多源地理信息数据匹配结果中的全部实体数量, C 表示准确完成匹配的实体数量。

匹配效率评价主要是对耗费时间的评价, 在进行多源地理信息数据匹配时, 得到匹配成果所耗费的时间越少, 表明匹配效率越高, 但需要与匹配精度进行结合, 综合评估多源地理信息数据匹配质量。

3 多源地理信息数据匹配质量评价

3.1 点实体匹配质量评价

现阶段, 点实体匹配主要有三种匹配方法, 分别为基于距离相似度、属性相似度、多特征组合的匹配方法。其中, 基于距离相似度的匹配方法是以欧式距

作者简介: 葛飞 (1993—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事联合测绘、房产测绘、地籍测量及地理信息数据处理等工作。

离为基础^[5]，将其视为待匹配的点实体间的距离相似度。研究对国情监测数据中的BOUP7图层包含的所有数据和1:10000DLG数据中AGNP图层的行政村数据进行点实体匹配，并对匹配质量进行评价，如公式（4）所示：

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \tag{4}$$

公式（4）中， m_1 、 m_2 表示两组待匹配数据的点精度， m 表示两点之间的距离精度，在实际数据匹配应用过程中，普遍采用3倍 m 作为点实体之间的距离阈值。

基于属性相似度的匹配方法是以待匹配数据的文本字符串为基础，将其匹配程度作为点实体属性相似度。以行政村名称（NAME）数据为研究对象，进行属性相似度匹配方法研究。但属性数据在输入过程中常存在属性值输入错误或遗漏等现象，使得本来具有较高匹配度的属性无法进行匹配，为解决这一问题，以权重为基础，构建文本综合相似度指标，如公式（5）所示：

$$P_{a,b} = \alpha \times \frac{iCount}{n} + \beta \times \frac{iCommon}{n} \tag{5}$$

公式（5）中， $iCount$ （ $iCount \leq n$ ）表示待匹配的两个文本字符串中字符相同的数量， n 表示两个字符串包含的字符最小的一组字符串的数量， $iCommon$ 表示两个字符串中最长的公共字符串的字符数量， α 、 β 表示可进行灵活调整的参数，研究将两个参数设定为 $\alpha=0.6$ 、 $\beta=0.4$ 。

基于多特征组合的匹配方法是一种综合性匹配方法，将待匹配的点实体距离和属性相似度进行充分融合^[6]，依据各自特征将距离、属性及环境等多种因素之间的相似度进行组合，充分考虑各因素对匹配质量的影响程度，进行综合性匹配。

研究分别采用以上三种方法进行点实体匹配，并对匹配质量进行评价，结果如表1所示。由表1可知，基于距离相似度的匹配方法较为简单，匹配效率较快，但匹配精度较差；基于多特征组合的匹配方法复杂度较高，匹配效率较差，且对于几何位置数据标准差异度较高的点实体匹配，精度相对较弱；基于属性相似度的匹配方法能够较好地完成几何位置数据标准不统一的点实体匹配，匹配精度较高，且兼顾了匹配效率。因此在进行此类数据匹配时，应以属性匹配方法为主，必要时可以利用环境相似度等条件进行辅助匹配，最大程度保障匹配精度。

表1 不同点实体匹配方法的质量统计

匹配方法	数据类型	数据量	匹配精度			匹配效率/s
			Recall	Precision	综合评价指标	
基于距离相似度匹配	国情监测数据	21770	53.54%	73.00%	61.77%	13.2
	1:10000DLG	20770				
基于属性相似度匹配	国情监测数据	21770	73.35%	82.67%	77.73%	17.8
	1:10000DLG	20770				
基于多特征组合匹配	国情监测数据	21770	51.84%	77.60%	62.16%	22.1
	1:10000DLG	20770				

3.2 线实体匹配质量评价

较为常用的线实体匹配方法有三种，分别为基于语义相似度、几何特征、拓扑特征的匹配方法。随着深度学习算法的研究发展，人工神经网络的应用领域愈加广泛，尤其在基于几何特征的线实体匹配方法中^[7]，应用愈加成熟。基于几何特征的线实体匹配方法，相似度指标较多，主要包括距离、长度、方向、面积等因素^[8]。研究将国情监测数据及1:10000DLG数据中的各等级道路数据作为线实体匹配数据源，利用基于几何特征的线实体匹配方法进行匹配，将距离因素作为几何特征相似度指标，分别通过基于Hausdorff距离、基于Fréchet距离，以及基于语义和Fréchet距离相结合的匹配方法，对线实体匹配成果质量进行分析评价，评价结果如表2所示。

表2 不同线实体匹配方法的质量统计

匹配方法	数据类型	数据量	匹配精度			匹配效率/s
			Recall	Precision	综合评价指标	
基于Hausdorff距离匹配	国情监测数据	59165	50.19%	58.08%	53.85%	204.3
	1:10000DLG	56170				
基于Fréchet距离匹配	国情监测数据	59165	64.82%	83.31%	72.91%	107.4
	1:10000DLG	56170				
基于语义和Fréchet距离匹配	国情监测数据	59165	18.38%	86.33%	30.31%	109.0
	1:10000DLG	56170				

由表2可知，基于Fréchet距离的匹配方法无论是匹配效率还是匹配精度，均有较大优势，能较好地 进行线实体匹配，相较于基于Hausdorff距离的匹配方法，Precision值提高了近20%；相较于基于语义和Fréchet距离的匹配方法，Precision值差异较小，但综合评价指标提高了两倍不止。研究选择的两个数据集中的道路名称填写时存在简称和全称混合情况，属性吻合度相对较差，利用基于Fréchet距离的几何特征匹配方法，以某一数据集中的属性值为基准，能够较好地 完成线实体匹配工作。

3.3 面实体匹配质量评价

相较于点实体和线实体匹配，面实体匹配复杂程度更大，是近年来专家学者的重点研究课题。面实体匹配方法主要包含两大类，分别为基于空间相似性的匹配方法和基于多因素组合的匹配方法^[9]。研究以国情监测数据和 1:10000DLG 数据中的 HYDA 图层水库数据为数据源，分别采用基于空间相似性、基于拓扑和空间相似性、基于 Voronoi 图和空间相似性三种匹配方法进行面实体匹配，并对匹配质量进行分析评价。

基于空间相似性匹配方法如公式（6）所示，其中， A 、 B 分别表示待匹配的两个数据集。

$$sim(A,B)=\frac{\alpha\times sim_d(A,B)+\beta\times sim_{sh}(A,B)+\gamma\times sim_{si}(A,B)}{\alpha+\beta+\gamma} \quad (6)$$

公式（6）中， $sim_d(A,B)$ 、 $sim_{sh}(A,B)$ 、 $sim_{si}(A,B)$ 分别表示两个数据集之间的距离相似度、形状相似度、面积相似度， α 、 β 、 γ 分别为距离、形状以及面积相似度的权重， $\alpha+\beta+\gamma=1$ 。

基于拓扑和空间相似性的匹配方法首先依据所建立的拓扑关系对待匹配的数据集进行初步匹配和筛选，然后依据空间相似性进行面实体匹配。基于 Voronoi 图和空间相似性的匹配方法利用广义 Voronoi 图对待匹配数据集进行筛选，获取候选集，然后依据要素之间的相交面积进行初步匹配，再以空间相似性进行组合匹配。三种面实体匹配方法的质量评价统计结果如表 3 所示。

表3 不同面实体匹配方法的质量统计

匹配方法	数据类型	数据量	匹配精度			匹配效率/s
			Recall	Precision	综合评价指标	
基于空间相似性匹配	国情监测数据	1581	50.35%	73.23%	59.67%	18.3
	1:10000DLG	1718				
基于拓扑和空间相似性匹配	国情监测数据	1581	52.35%	79.44%	60.88%	21.9
	1:10000DLG	1718				
基于Voronoi和空间相似性匹配	国情监测数据	1581	61.16%	94.43%	74.24%	190.8
	1:10000DLG	1718				

由表 3 可知，仅采用空间相似性匹配，面实体匹配质量略低，利用辅助方法对待匹配数据集进行初步匹配及筛选，能够提高匹配精度，辅助方法的不同对匹配精度和匹配效率有较大影响。基于拓扑和空间相似性的匹配方法，面实体匹配精度提升程度相对较低，但匹配效率较快；基于 Voronoi 图和空间相似性的匹配方法，匹配精度提升较为显著，但匹配效率大大降低，在基于广义 Voronoi 图候选集获取上耗费了较多时间。因此，在实际面实体匹配过程中，应当注意匹配效率

和匹配精度之间的平衡关系，选取合适的候选数据集获取算法。

4 结束语

多源多类型自然资源数据的有效融合对于历史自然资源数据的规范化管理及数据库建立有着重要意义。通过对较为常用的数据匹配方法进行分析研究，以国情监测数据与 1:10000DLG 数据为数据源，采用不同方法进行点实体、线实体及面实体匹配，并对匹配成果质量及匹配精度进行综合评价，得出以下结论：

（1）对于几何位置数据标准不统一的点实体匹配，采用基于属性相似度的匹配方法，匹配质量更佳，必要时可结合距离相似度和环境相似度等因素进行辅助匹配，从而提高匹配成果精度及匹配效率。

（2）对于属性数据吻合度相对较差的线实体匹配，以待匹配数据的某一数据集属性数据为基准，采用基于 Fréchet 距离的几何特征匹配方法能够对待匹配数据集进行高效准确的匹配融合。

（3）对于面实体匹配，采用基于拓扑或 Voronoi 图等方法对待匹配数据获取候选数据集，并进行初步筛选和匹配，能提高面实体匹配精度，但不同候选数据集获取算法的匹配精度提高程度及匹配效率不同，在实际使用过程中应根据面实体匹配需求灵活选取。

参考文献

[1] 张彭涛.面向多源矢量道路和建筑物数据的关联匹配与属性融合研究[D].南京:南京师范大学,2019.

[2] 马静,刘卫刚.多源基础数据整合与更新方法[J].测绘标准化,2016,32(1):40-42.

[3] 谭永滨,唐瑶,李小龙,等.语义支持的地理要素属性相似性计算模型[J].遥感信息,2017,32(1):126-133.

[4] 郭黎,姜晶莉,李豪,等.多源地理空间矢量数据关联模型设计[J].测绘通报,2020(7):97-102.

[5] 康磊,张付兵.一种基于OSM数据的道路更新方法[J].测绘与空间地理信息,2021,44(2):19-23.

[6] 白亭颖.陆海地理信息数据融合关键技术研究[J].测绘通报,2015(7):99-102.

[7] 翟梦.天地图·福建多源道路数据匹配与融合技术研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(8):63-65.

[8] 吕丹,龙华,赵继东,等.基于地图地理信息点的数据融合算法的改进[J].西北大学学报(自然科学版),2017,47(5):687-692.

[9] 张家新,韩保民,逮跃锋,等.一种复杂矢量面状实体的匹配方法[J].山东理工大学学报(自然科学版),2017,31(5):65-69.

基于边缘检测网络算法的农作物多源遥感解译与地块优化研究

王建宇

(苏州市测绘院有限责任公司, 江苏 苏州 21500)

摘 要: 利用中高分辨率卫星影像开展作物解译与耕地地块优化研究, 得到以下结论: 通过对比多时期卫星影像, 找出各类作物最优解译时间窗口与大气窗口; 采用自适应特征融合网络训练作物解译模型, 较好地提取出各类作物的种植分布情况; 采用 DexiNed 网络提取的耕地地块整体上与实际情况吻合, 地块边线均沿田埂分布, 且剔除了建筑区及农村道路; 利用耕地地块优化作物解译成果, 优化后图斑严格按照田埂走向, 避免了非耕地范围的影响以及漏识别等问题, 整体上大大提升了作物解译精度。

关键词: 作物解译; 地块提取; 自适应特征; DexiNed

1 引言

粮食安全关系着每一个人的生活, 也是国家安全的重要基础。近年来, 我国农业结构不断优化, 区域布局趋于合理, 粮食生产连年丰收, 有力保障了国家粮食安全, 为稳定经济社会发展大局提供坚实支撑^[1]。但也需注意到, 随着我国人口增长、消费结构不断升级和资源环境承载能力趋紧, 粮食产需仍将维持紧平衡态势, 为此, 及时掌握粮食种植信息对保障国家粮食安全、扛稳粮食生产重任有重要意义^[2,3]。传统的地面调查方法费时费力, 且获得的多是零散的地面调查点, 难以全面反映研究区的作物分布情况。自 2006 年深度学习这一概念被提出后, 经过十几年发展, 已在多个大数据领域取得突破性成就。深度学习具有更强的特征表达能力, 可以自动挖掘大数据的深层特征, 相比于需要手工设计特征的传统方法, 操作更加简便, 精度也更高^[4-6]。基于中高分辨率卫星影像, 选择模型框架简单、通用性较强的孪生卷积神经网络算法, 通过制作样本标签、模型训练、迭代优化, 得到一个具有较高精度的农作物解译模型, 并采用语义分割算法提取耕地地块, 通过耕地地块优化作物解译成果, 展示人工智能算法在作物提取中的有效应用。

2 原理与方法

2.1 自适应窗口特征融合网络

针对大范围农作物提取应用中地域跨度大、场景复杂、田块细碎和样本数量较少等诸多问题, 提出一

种新型的作物分类模型, 主要包括面向复杂场景的自适应窗口特征融合模块、提升稳定性和中心点光谱特征权重的 TabNet 分支、交叉建模进行空间特征和光谱特征融合的特征融合模块, 以及使用多任务学习策略的双损失函数设计。

由于作物地块的大小在不同场景会存在一定差异, 使用过大的滑动窗口会引入过多与中心待分点类别不同的像元, 这些像元可能会作为噪声影响分类结果。而使用过小的滑动窗口会导致引入的空间信息过少, 使得分类不准确。针对上述问题, 研究设计面向复杂场景的自适应窗口特征融合模块, 自适应设置不同滑动窗口的权重, 并进行特征融合, 获得最佳空间信息。

自适应窗口特征融合网络是为应对复杂多变的数据特征提取与融合需求而设计的创新架构, 核心原理是基于对不同尺度、不同语义层次信息的精准捕捉与协同利用。

首先, 通过多层卷积层构建初步特征图谱, 逐步提取数据中的基础特征, 如纹理、颜色、形状等信息, 为后续处理奠定基础。

其次, 自适应窗口模块发挥关键作用。在农作物种植区域边界模糊、植被类型混杂区域, 窗口自动扩大, 以获取更宏观的上下文信息, 确保不遗漏关键特征。

随后, 不同尺度窗口提取到的特征进入融合阶段。通过精心设计的融合策略, 按重要性对来自大窗口的全局特征与小窗口的局部特征分配权重, 使二者优势互补, 让最终输出的特征图谱全面且精准反映农作物

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

的真实状态，为后续农作物多源遥感解译提供坚实的数据支撑。

2.2 耕地地块提取

近年来，随着深度学习的不断发展，边缘检测领域出现了许多深度方法，和传统方法相比，深度学习方法的精度更好，提取出的边缘更准确。DexiNed是由Poma X.S等人提出的一种边缘检测网络，与其他边缘检测网络相比可以提取出更细的边缘。DexiNed的网络由一个编码器组成，该编码器具有6个受Xception网络启发的输出块。网络在每个主要块上输出特征图，每一个输出的特征图还会通过上采样模块进行上采样，以获得更细的边缘。上采样模块由条件堆叠子块组成，每个子块有2层，即卷积层和反卷积层，分别进行特征融合和上采样。最后，由上采样块产生的所有边缘图都被连接起来，送到网络最末端的学习滤波器堆栈，并产生融合边缘图。

为获得更细的边缘图，DexiNed使用多个上采样模块，与插值采样和反卷积采样不同，对不同尺度特征图进行了不同操作。对于浅层特征图，尺寸和真值大小相差不多，直接使用反卷积进行上采样，而对于深层特征图，由于其尺寸和真值相差过大，迭代使用多个2倍上采样的反卷积操作进行采样。与直接采样相比，这样可以更好地保留深层特征图的特征，从而获得更准确的边缘结果。模型中多次使用了跳层链接操作，可在加深网络的同时方便网络优化，提升边界提取精度。最后，将不同层获得的边缘图进行融合，充分使用不同尺度的影像特征，有利于提取不同尺度的地块对象。

3 结果分析

3.1 作物解译

(1) 时序变化分析

基于特定时期的多光谱影像反演归一化植被指数(NDVI)，寻找作物样本在不同时期的反射率最大差异，挑选出最优解译的时间窗口与大气窗口，从而实现农作物准确分类。以玉米为例，图1为自6月10日起，每隔7天计算一次的NDVI，玉米植被指数长势变化整体呈现有升、有稳、有降的态势。在8月中下旬植被指数达到最大，主要是因为该时期玉米处于孕穗期，玉米叶片的叶绿素含量积累达到最高。但到了9月上中旬，植被指数急剧下降，这主要是成熟期玉米株水分减少、叶片由绿转黄导致。

(2) 各作物最大反射率

通过计算每7天一次的植被指数，分享各作物的光谱反射率变化趋势，基于特定时期的单景多光谱影像，寻找四种作物样本点在Sentinel-2影像不同波段上的反射率最大差异，以实现单时相农作物准确分类。图2分别为玉米、花生、大豆的最大反射率差异箱图，玉米与花生最大反射率差异整体相差较小，在短波红外波段有较明显差异。而大豆的最大反射率差异与玉米、花生有明显区别，大豆在近红外波段、红边波段、短波红外波段的反射率差异更显著，基于这一特征可以较好地地区分出大豆作物。

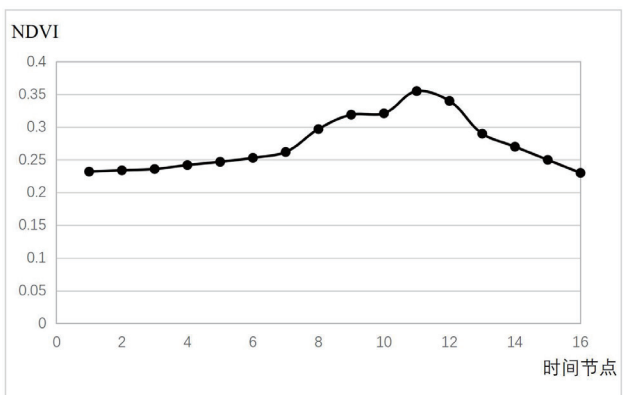


图1 NDVI

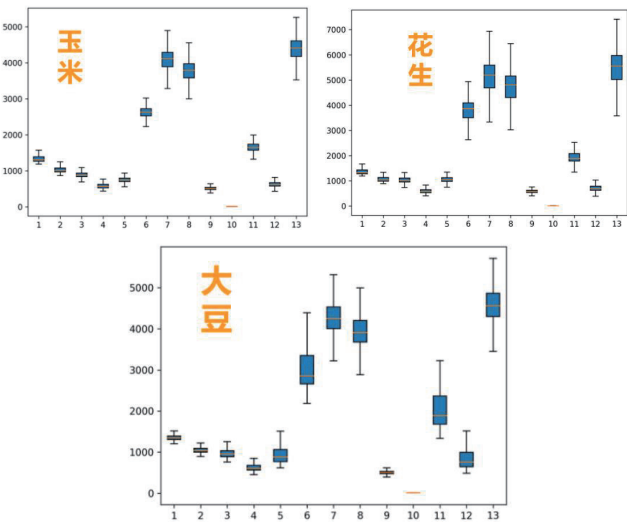


图2 各作物最大反射率差异箱图

(3) 多特征融合作物解译

基于上述特征，将各作物的植被指数特征带入自适应特征融合网络，进行模型迭代与优化，得到不同作物最优解译模型，将Sentinel-2影像带入模型，得到如图3所示的解译成果。由图可知：将Sentinel-2影像进行假彩色合成，将不同作物颜色特征区分开来，套合各作物解译成果，作物整体上与影像表现出的视

觉效果吻合度较好,作物集中种植区图斑全部提取出来,且较好地区分出耕地范围内的道路等信息,作物种植过渡区的细小田块也较完整提取出来。

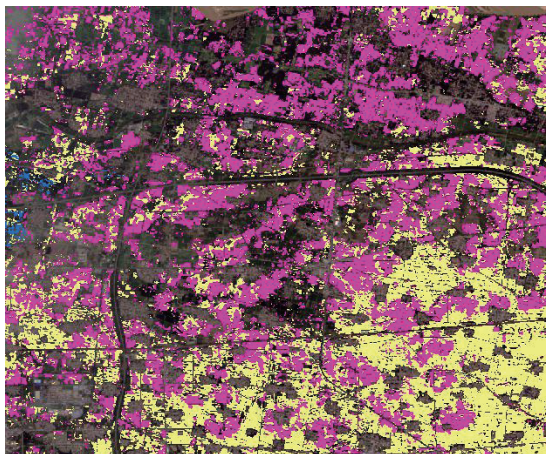


图3 作物遥感解译成果

3.2 地块提取

由于混合像元导致的农作物解译图斑存在解译不到边、图斑有漏洞问题,影响解译精度,基于此,研究利用 DexiNed 网络在高分辨率卫星影像上开展耕地地块提取,以此优化作物解译成果。经过 DexiNed 网络提取的耕地地块如图 4 所示, DexiNed 网络提取的耕地地块整体与实际情况吻合,地块边线均沿田埂分布,并且剔除了建筑区以及农村道路,避免后续优化的作物解译成果存在潜在误差。

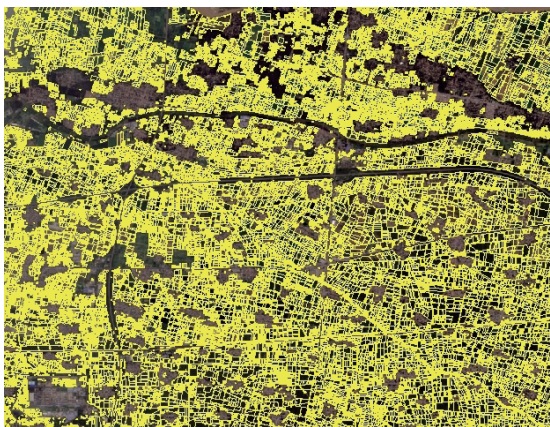


图4 耕地地块提取成果

3.3 作物解译成果优化

利用耕地地块优化作物解译成果,将作物解译成果叠加至耕地地块,进行解译成果占耕地地块的面积比例计算,设定 80% 阈值。当解译成果占地块面积超过 80% 以上,对耕地地块进行属性附加,附加对应的作物类型,以此优化作物解译成果,优化后的解译成果如图 5 所示。由图可知,优化后的解译成果,图斑

严格按照田埂走向,避免非耕地范围的影响以及漏识别等问题,整体上大大提升了作物解译精度。

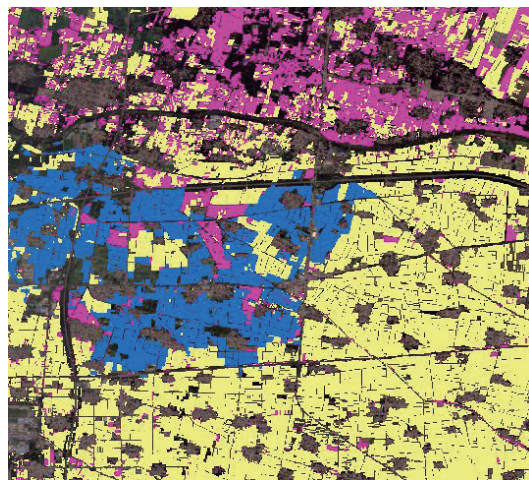


图5 优化后的解译成果

4 结语

研究利用中高分辨率卫星影像开展作物解译与耕地地块优化研究,得到以下结论:

(1) 通过对比多时期卫星影像,找出各类作物最优解译时间窗口与大气窗口;采用自适应特征融合网络训练作物解译模型,较好地提取出了各类作物的种植分布情况。

(2) 采用 DexiNed 网络提取的耕地地块整体上与实际情况吻合,地块边线均沿田埂分布,并且剔除了建筑区以及农村道路;利用耕地地块优化作物解译成果,优化后图斑严格按照田埂走向,避免了非耕地范围的影响以及漏识别等问题,整体上大大提升了作物解译精度。

参考文献

- [1] 房绍坤,袁晓燕.全方位夯实粮食安全根基的法治保障[J].学习与探索,2023(5):85-95.
- [2] 黎莉莉,胡晓群,陈松柏.新世纪中国粮食生产特征及粮食安全政策取向[J].宏观经济研究,2023(1):70-83.
- [3] 周慧,周鑫.耕地非粮化:成因,矛盾与对策[J].农业经济,2022(11):98-100.
- [4] 刘炜.土地利用/覆被变化信息遥感图像自动分类识别与提取方法研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [5] 席一帆,孙乐乐,何立明,等.基于改进 Deeplab V3+ 网络的语义分割[J].计算机系统应用,2020,29(9):178-183.
- [6] 李宏达,高小红,汤敏.基于 CNN 的不同空间分辨率影像土地覆被分类研究[J].遥感技术与应用,2020,35(4):749-758.

机载LiDAR在交通线性工程“多测合一”中的应用

童露芸

(浙江信宇勘测规划设计有限公司, 浙江 杭州 311202)

摘要: 针对传统交通线性工程竣工测绘手段存在外业工作量大、成本高、耗时久, 复杂地形施测困难, 而车载激光雷达系统数据采集不够全面等问题, 利用机载 LiDAR 技术的新型作业方法, 开展交通线性工程“多测合一”, 通过实例, 进一步分析了该方法的具体应用流程, 并对获取成果的精度及应用情况进行了总结。实践证明, 机载 LiDAR 技术效率高、成果精度可靠、安全性高, 具有一定的实用性, 可为交通线性工程“多测合一”提供宝贵经验和数据支持。

关键词: 机载 LiDAR; 交通线性工程; 多测合一; 精度

1 引言

自“多测合一”工作开展以来, 杭州市已在房屋建筑、市政场站工程方面取得显著成效, 当前, 相关部门已着手研究交通线性工程“多测合一”实施路径, 为持续提升测绘服务效率、助力打造一流营商环境注入新动能。交通线性工程“多测合一”包含规划、交通、绿化、消防、民防等五个专业的测绘工作, 旨在实现同一标的物只测一次、同一测绘工作执行统一的技术标准、同一测绘成果只提交一次的目标^[1]。

传统交通线性工程测绘手段通常采用 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、复杂地形施测困难等不足。采用车载 LiDAR (激光雷达) 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。

当前, 机载 LiDAR 凭借机动灵活、高效快捷、安全可靠等优势发展迅猛, 广泛应用于基础地理信息采集、地质调查、勘察测绘等领域^[2]。以某交通线性工程“多测合一”项目为例, 利用机载 LiDAR 获取全要素地形地貌数据, 经专业处理制作各专业要素成果表和要素成果图, 作为各审批部门的竣工验收依据。

2 机载 LiDAR 工作原理

机载 LiDAR 是一种高度集成多种电子设备的新型测量系统, 可以快速精准地获取被测对象离散随机分布的三维空间点云数据, 再对原始数据进行去噪、分类、模型重建后, 进一步生成高精度的测绘产品^[3]。机载 LiDAR 系统内部构成复杂, 主要由搭载平台、激光雷达扫描测距仪、GPS (全球导航卫星定位系统)、IMU (惯

性导航系统) 以及成像系统和控制单元等设备组成, GPS 提供空中位置, IMU 记录飞行姿态, 激光雷达测量地形表面的距离与扫描角度, 工作原理如图 1 所示。

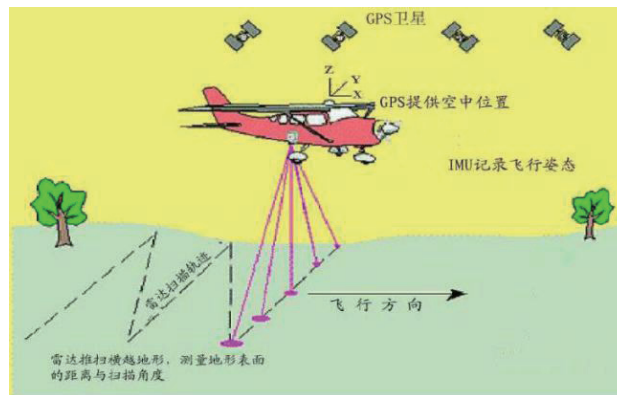


图1 机载LiDAR工作原理

近年来, 随着科技的不断进步, 机载激光扫描设备朝着精巧化和小型化方向发展, 应用方向也不断扩展, 数据获取能力不断提升。在测绘地理信息行业, 机载 LiDAR 的技术特点如下:

(1) 受环境因素影响小, 植被穿透性强

机载 LiDAR 发射的激光可以穿过薄雾和云层到达地面, 甚至能穿过植被等障碍物^[4], 不受光线限制, 可在阴天或夜间进行作业, 属于主动测量式技术, 在高山峡谷或者植被覆盖密集的地方, 具有强大的环境适应能力。

(2) 高效率

机载 LiDAR 仅需布置少量外业像控点, 即能在短时间内采集到海量的地表空间信息和影像, 内业将点云和影像数据进行融合, 即可轻松解译出大部分地物, 相比传统的航测手段, 生产效率要高很多, 大大

作者简介: 童露芸 (1985—), 女, 汉族, 本科, 测绘工程师, 主要从事工程测量、界线与不动产测绘内业等工作。

减少了劳动强度。

(3) 高精度

机载 LiDAR 由激光直接采集地面物体的点云数据，点云密度能达到每平方米几个甚至十几个，且能够同时获取影像等其他多源数据，这些数据间能够彼此互相验证^[5]，因此相比传统航测精度更高、成果质量更有保障。

3 实例分析

3.1 工程介绍

杭州市国环二路（东沙湖—国纵二路）道路工程西起东沙湖，东至国纵二路，全长约 410 米，标准段红线宽 15 米，设置双向两车道，设计时速为 30 千米，于 2023 年 8 月完工。为争取早日通车并在交通线性工程竣工验收中试点“多测合一”，该项目采用机载 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 技术路线

机载 LiDAR 应用于交通线性工程“多测合一”的技术路线主要有数据采集、数据处理、“多测合一”规划竣工验收要素的提取，其中数据采集包括参数设置和外业航飞，数据处理包括点云数据预处理、点云数据解算与转换，具体流程如图 2 所示。

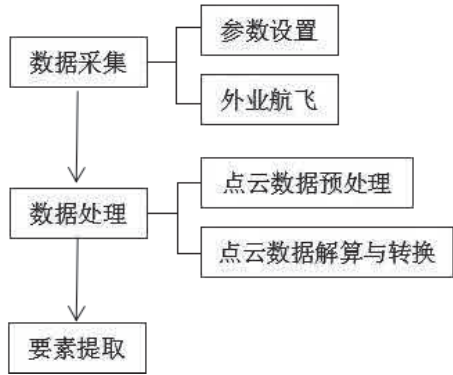


图2 技术路线

3.3 数据采集

3.3.1 采用设备

数据采集利用南方雷凌 SL700 智能长航时高精度无人机载移动测量系统（如图 3 所示），该系统集南方 SZT-R250 轻小型激光扫描仪、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 330m，激光脉冲频率为 100kHz，视场角为 360°，机载测量精度达到 5cm@50m、10cm@100m。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。



图3 南方雷凌SL700无人机载移动测量系统

3.3.2 参数设置

数据采集作业时首先利用南方征图移动测量系统操控软件 ZTControler 规划航线，在无人机执行任务时，由于航测边缘区域不可避免会出现频繁转弯现象，相较于测区中心点，数据精度、密度等都有所降低，因此，在前期规划航线时需要预先将测区外扩一定范围，确保经过预处理后研究区的点云数据质量满足要求。其次，为保证一定的点云密度，在兼顾飞行安全的前提下航高不宜设置过高，同时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，确保无人机执行任务时保持稳定的飞行姿态。结合实验设备的硬件参数，本次航飞的航向与旁向重叠度分别设置为 80%、75%，航高设置为 100m。

3.3.3 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。结合天气因素及申请的空域情况，项目飞行一个架次即完成数据采集任务，总飞行用时 30 分钟，航飞后对采集数据的完整性进行了检查，确保获取数据无遗漏、覆盖整个测区。

3.4 数据处理

(1) 数据预处理

在测量工作中，当机载 LiDAR 系统的激光脉冲对地物进行扫描时，受外界环境杂质、目标物理特性以及仪器误差等因素影响，获取到的原始点云数据存在噪声点。为了使点云数据的滤波分类结果有更高精度，需要对点云数据进行预处理，也就是对噪声点进行检测定位及滤除的处理过程，包括噪声点剔除和点云滤波处理，以得到高精度地面点云数据。

(2) 点云数据解算与转换

点云数据预处理完成后，利用 ZTPreProcess 南方征图数据融合软件对预处理结果进行解算与转换，首

先将 GPS 后差分数据与 IMU 数据进行融合，得到高精度的坐标与姿态（POS）信息，然后对数据进行格式转化，最后导出 .las 和 .xyz 等格式的点云数据融合成果（如图 4 所示）。

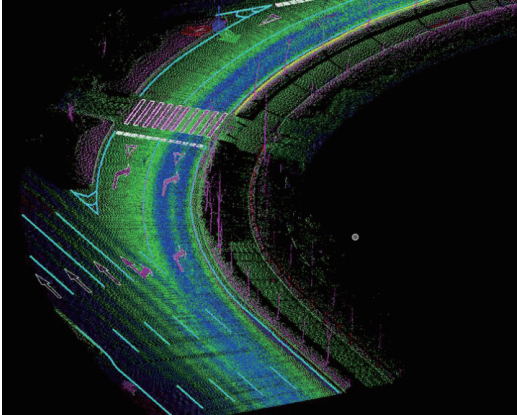


图4 点云数据成果

3.5 “多测合一”规划竣工验收要素的提取

（1）道路要素的提取

道路要素的提取采用征途三维激光点云地形地籍成图软件 South LiDAR，该软件具有智能要素提取功能，支持道路标线的自动追踪提取，可快速获取实线、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工作量，但通过三维数据成果智能生产软件 South LiDAR，可以直接导入道路中线设计文件，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，可直接导出设计需要的断面格式或 CAD 图形，然后提交成果，作为道路审批部门的验收依据。

（2）其他要素的提取

按照数据库格式，利用 South LiDAR 软件对点云进行分类管理，再依据规划、交通、消防、民防、绿化五个审批专业的要求提取各专业要素数据，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，内容对比如表 1 所示。

3.6 精度分析

为检查各专业要素成果的测量精度，工作人员利用 GNSS-RTK 和免棱镜激光全站仪进行实测，均匀采集 100 个要素点作为检查点，检查点均匀分布于整个测区，然后将仪器实测坐标值与从图中量取的坐标值进行比对，统计结果如表 2 所示。

表1 道路规划竣工验收与“多测合一”测量内容对比

序号	内容	原规划竣工验收测量	多测合一
1	平面高程控制测量	√	√
2	全要素地形测量	√	√
3	纵断面测量	√	√
4	横断面测量	√	√
5	桥梁测量	√	√
6	绿化测量	/	行道树位置、高度、胸径、覆土深度、树穴、种类、数量、面积
7	消防测量	/	消防车道、消防救援口、消防管线、人行横道、消防通道、联络通道、逃生楼梯以及道路侧消火栓等消防设施
8	交通测量	/	交通设施：路牌、路标、路灯、探头、信号灯等高度，路面标志标线测量
9	管线测量	/	调查所有管线检查井的类别、编号
10	民防测量	/	测量民防工程各层的墙、柱、人防门、口部及口部外通道、生活和设备设施等辅助房间的尺寸

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	1904.844	6299.807	18.158	1904.795	6299.795	18.131	-0.049	-0.012	0.050	0.027
C02	1643.358	6245.675	13.113	50643.324	6245.717	13.093	-0.034	-0.025	0.042	-0.020
C03	1810.349	6947.735	13.151	1810.338	6947.759	13.177	-0.011	0.024	0.026	0.026
C04	1956.358	5331.274	11.323	1956.312	5331.249	11.335	-0.026	-0.025	0.036	-0.012
C05	1631.376	5041.347	13.673	1631.362	5041.312	13.687	-0.014	-0.035	0.038	-0.01404
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
C100056	1582.781	6780.482	13.179	1582.752	6780.467	13.210	-0.029	-0.015	0.033	0.031

按照中误差计算公式计算检查点的平面位置中误差和高程中误差，公式为：

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

公式中，M 为中误差，n 为检查点数量，Δi 为实测坐标值与量取坐标值的较差。经公式计算得出，100 个要素检查点的平面位置中误差为 ±0.041m，高程中误差为 ±0.027m，平面和高程精度都满足道路规划竣工验收的测量精度要求。

3.7 应用总结

工程完成后，项目组从工作效率、测量精度、安全性方面对机载 LiDAR 技术在交通线性工程“多测合一”中的应用进行了总结：

（1）工作效率：采用传统测量方式进行外业数据采集需要两个小组 4 人用时 2 天完成，而利用机载 LiDAR 技术，投入 2 人，外业飞行一个架次 30 分钟就

（下转第 46 页）

抽水蓄能电站实景三维模型的构建与工程应用

李丽娟 沈尤 陈跃 王慧 孙超

(中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司, 北京 100024)

摘要: 无人机倾斜摄影测量技术能够重建抽水蓄能电站工程区域的实景三维模型, 为方案设计工作提供更直观、更真实、可量测的基础数据。在实景三维模型的航飞方案设计、空三解算、模型生产及模型修复等关键技术上提出解决方案, 优化建模流程的同时提高了模型质量。通过工程应用实例, 介绍了实景三维模型在抽水蓄能电站勘察、设计等不同阶段发挥的辅助作用, 并对该技术未来发展和应用前景做出展望。

关键词: 抽水蓄能电站; 实景三维模型; 模型修复; 数据融合

1 引言

抽水蓄能电站是根据电力负荷调解原理, 在低谷时段借助电能将水源抽升至水库, 高峰时段则放水到水电站进行发电, 可解决电力资源高峰期紧张、低谷期浪费的问题^[1]。2021年, 国家能源局发布《抽水蓄能中长期发展规划》, 助力中国抽水蓄能电站建设, 对电站建设管理水平和投产效率与质量提出了更高要求^[2]。抽水蓄能电站领域的专家积极探索新技术的发展与应用。李斌等研发了数字化灌浆监测系统, 提高了灌浆工程信息化管理水平^[3]。何铮等在仙居抽水蓄能电站项目中探讨泛在电力物联网下抽水蓄能电站的智慧管理模式^[4]。周国亮等探讨了电力大数据全景实时分析面临的挑战及实现技术, 并分析了平台的体系架构^[5]。叶宏等结合新一代信息技术、现代工业互联网技术和工程数字化技术, 提出抽水蓄能数字化智能电站建设理念, 研究抽水蓄能数字化智能电站总体技术方案^[6]。孙瑶等基于项目区的实景三维模型、数字高程模型以及水库BIM模型等, 探讨三维可视化的分析和计算, 并将无人机倾斜三维技术应用于项目BIM设计与实施^[7]。

目前, 抽水蓄能电站规划设计、建设施工与运营管理各个阶段的数字化技术应用相对独立, 在电站数字化建设、管理及技术应用等方面尚未形成完整体系, 既缺乏贯穿电站建设全生命周期的实景三维模型基础数据成果, 也不能全面体现数字化技术成果在抽水蓄能电站建设中的服务优势。从抽水蓄能电站实景三维模型构建的关键技术入手, 以具体工程应用为实例, 展示实景三维模型以及结合GIS平台、VR技术等数字化技术应用特点与效果, 并展望未来应用前景。

2 实景三维模型建模关键技术

2.1 航飞方案设计

航飞方案主要包括航飞人员和设备配置、航摄分区、航线设计、像控点布设等。现阶段, 作为倾斜摄影平台的无人机大多为轻小型无人机, 最常用的类型主要包括电力驱动的多旋翼无人机和垂直起降固定翼无人机。其中, 固定翼无人机有飞行速度快、续航时间长、像幅覆盖面积广等优势, 然而, 难以根据实际需求灵活调节飞行速度; 而多旋翼无人机能够在低空飞行, 起降操作比较灵活, 飞行速度易于控制, 但缺点是飞行时间相对较短, 作业效率较低。由于抽水蓄能电站项目区多为山区, 起降场地受限, 通常选择多旋翼无人机搭载五镜头相机进行航飞, 设置起降场地、飞行高度、重叠度等。

鉴于抽水蓄能电站测区内地形高差显著, 为满足测区最高点重叠度和最低点分辨率的要求, 一般会采用地形跟随飞行方式进行航空摄影, 并按照地形的起伏变化实时调整飞行高度; 结合测区的实际地形特征, 分区采用区域网布点法, 沿不同航线间隔设置像控点。某抽水蓄能电站航飞设计方案如图1所示, 最后将飞行计划上传至飞行控制系统开展航摄作业。

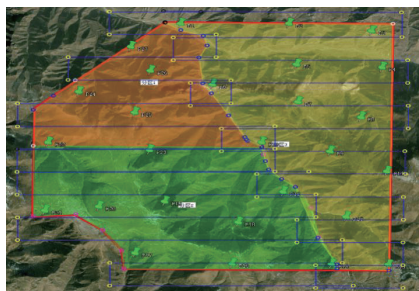


图1 某抽水蓄能电站航飞设计方案

作者简介: 李丽娟(1989—), 女, 汉族, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事摄影测量、地理信息等工作。

2.2 数据采集

数据采集工作主要有倾斜影像采集、像控点布设与采集。获取倾斜摄影影像时需严格遵循航飞设计方案,选择在天气晴朗、能见度良好的条件下实施,确保无人机飞行时姿态稳定,获取的影像清晰、层次分明。对于已获取的航拍像片及POS (Position and Orientation System) 数据,需按照顺序确定有效像片数量、编辑POS数据、更改各镜头影像名称,确保POS信息与五镜头的像片数量、影像信息相匹配^[8]。

像控点采集一般有两种方式:(1)若航飞影像分辨率较高,像控点测量可通过在航片上选点完成。具体而言,应选取地物折角的顶点、交角清晰且细小的线状地物交点、影像上尺寸小于0.2mm的点状地物中心,且周边地形坡度变化平缓、便于精确量测的地物,直接进行影像判读与刺点;(2)如无明显地物点作为像控点,则采用设置地标的方式布设像控点。

像控点坐标可采用RTK (Real-Time Kinematic, 实时动态载波相位差分) 技术获取,需严格按照《低空数字航空摄影测量外业规范》要求,详细记录每个像控点的点之记,便于后续内业空中三角测量时应用。

2.3 基于 Smart 3D 空中三角测量计算

空中三角测量(简称“空三”)是倾斜三维建模的关键步骤,涉及解算相机参数、确定影像位置与姿态、计算加密点三维坐标等。无人机倾斜摄影获取的影像数据包括垂直影像与倾斜影像,难点在于多视影像密集匹配过程中,要尽可能避免遮挡情况影响匹配结果。因此,传统算法已不再适用多元化的影像数据测算^[9]。目前,瞰景科技的Smart 3D软件在多视影像空三解算方面优势显著,比如测区划分灵活、二次平差处理速度快、空三解算一次性通过率高等优点^[10]。因此,针对抽水蓄能电站大场景下倾斜数据量大、高差大、植被覆盖率高的特点,选择Smart 3D平台进行空三解算,不仅能完成每张倾斜影像的相对定向、绝对定向,还可以导出测区的空三成果文件。

2.4 集群模式下 Context Capture 三维建模技术

抽水蓄能电站项目建模面积大,为提高建模质量与效率,宜选择具有集群建模方式的Context Capture (简称“CC”) 建模平台^[11]。CC4.4以上版本在基于逻辑并行计算的集群环境,由主机的master节点创建任务,并根据“先到先得”的原则建立工作队列,分配任务;副机上的Engine组件负责接收并执行分配的子任务,完成并行计算;Setting模块作为中间桥梁,

主要引导Engine指向任务路径。

首先,将Smart 3D软件导出的XML成果导入CC软件,按顺序合并,随后检查各分区接边处是否存在分层或错层等问题。然后,根据计算机的内存空间设置合理的切块大小,确定建模参数;根据数据量和工期要求,合理部署主机和副机,组成建模集群。CC软件基于高密度点云,能自动构建地物的不规则三角网(TIN)模型,然后根据模型的位置和形状,从原始影像中选择适宜的纹理进行贴合。最后,根据项目需求,输出“.osgb” “.obj” “.las”等多种三维模型格式。

2.5 实景三维模型精细化修复

在航飞拍摄过程中,实景三维模型的影像可能存在运动、遮挡、反光、影像落水等现象,在后续构建三角网时会导致模型出现扭曲、空洞、碎片等缺陷,进而影响三维模型的可视化效果。因此,需利用专业的三维模型修复软件修复存在缺陷的模型^[12]。分析市场主流修模软件的优缺点,结合抽水蓄能电站三维模型存在的主要缺陷,选择武汉智觉空间的SVS修模软件进行三维模型精细化修复。利用SVSMeshEditor实景编辑软件对三维模型进行压平、水面修复、道路修饰、色彩调整、模型融合、悬浮物删除等功能操作,对实景三维模型数据进行结构优化和纹理修饰,旨在消除三维重建后初级模型各类瑕疵,改善实景三维模型的视觉效果和感观质量,水面空洞精细化修复的对比效果如图2所示。针对实景三维模型中结构破坏较大、纹理严重扭曲的建筑物,利用SVSModeler软件对建筑物进行量测和纹理重建后,导出完整模型,修复更新模型后的效果对比如图3所示。



图2 水面空洞精细化修复后效果



图3 建筑物单体化修复后效果

3 实景三维模型在工程勘察中的应用

某抽水蓄能电站项目区山势陡峭、地形复杂、通行不便，技术人员进出现场勘测受到诸多因素影响。为尽快完成工程勘察任务，技术人员借助电站实景三维模型具有的真实重塑现场地物地貌、地理信息丰富且可量测等成果特性，在已有工程勘察资料基础上，进行了部分工作内容的辅助分析：

(1) 识别基覆界线、岩性分解线；(2) 识别断层出露位置；(3) 识别危岩体、滑坡、堆积体，从模型中获取滑坡及堆积体的边界范围；(4) 利用实景三维模型准确布设钻孔位置；(5) 设定地质剖面，绘制或导入剖面线，快速生成剖面成果，如图 4 和图 5 所示。



图4 三维模型上绘制剖面线



图5 剖面分析

4 实景三维模型在电站设计中的应用

抽水蓄能电站项目涵盖多个专业领域，比如水工、景观设计、电气等，这些专业在确定设计方案时关联性较强。传统的二维设计方式不直观，容易导致设计方案间的冲突，引发连锁反应。通过采用BIM(Building Information Modeling, 建筑信息模型)三维协同设计，能够有效揭示各专业设计方案之间的衔接问题，增强各专业间的沟通与协作，从而有效避免矛盾产生。然而，传统的二维矢量地形图在提供BIM所需的多样化地理信息数据，特别是三维基础数据方面存在局限。

利用无人机倾斜摄影测量技术能够重建测区三维模型，为设计建筑信息模型提供必要的支撑。虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术能够创建富含多种元素的虚拟环境，让用户在沉浸式体验中与数字对象进行实时交互，使设计者能全面掌握和理解电站的整体设计方案^[13]。Unity 3D是由Unity Technologies开发的一款多平台集成游戏开发工具，可让用户轻松创建交互式内容^[14]。某抽水蓄能电站项目通过Unity 3D平台实现实景三维模型与BIM模型的融合，辅助施工设计方案如下：

(1) 采用飞马 D2000 多旋翼无人机及其配套CAM3000 相机进行航摄，工程区航飞分三区进行，共飞行 5 架次，拍摄航片 5382 张，利用 Smart 3D 完成空三处理，基于 CC 完成模型构建并导出“.obj”格式模型，在 SVS 中进行数据裁剪、空洞修补、纹理修饰、删除悬浮物等实景三维模型的精细化修复操作，满足抽水蓄能电站地理信息数据基准的要求。

(2) 各设计专业利用 3Dmax 建模软件构建抽水蓄能电站的主要 BIM 模型，图 6 从上到下主要模型依次为上水库、引水系统、地下厂房、尾水系统、下水库、拦河坝、拦沙坝等。

(3) 利用 Unity 3D 平台，可以将实景三维模型和 BIM 进行位置摆放，通过调整光线至适宜的亮度，增强空间层次感；可以模拟设置抽水蓄能电站在晴天、雾天、雨天、阴天等不同天气下的场景；还可以利用平台的 Box Collider 或 Mesh Collider 碰撞组件，为地面、树木、建筑等添加碰撞属性，某抽水蓄能电站 BIM 设计模型与实景三维模型在 Unity 3D 平台融合后的效果如图 6 所示。



图6 某抽水蓄能电站BIM+实景三维模型

5 实景三维模型在电站施工中的应用

某抽水蓄能电站以辅助设计为目的，对整个工程项目区构建了实景三维模型，随着项目的推进，对工

程建设关键节点部位通过补充飞行进行了模型更新。结合工程区域环境特点，项目选择大疆精灵 4RTK 无人机进行航飞，搭载 FC6310R 相机进行拍摄，同时采用 DJI 大疆平台的 GSP 航线规划软件进行地面站操作，于 2021 年 10 月首次进行全区航飞，并构建实景三维模型。

为监控工程施工进度，于 2022 年 5 月和 8 月、2023 年 3 月对业主临时营地，2022 年 6 月和 10 月、2023 年 4 月和 6 月对改线公路隧道进口，2022 年 9 月、2023 年 5 月对改线公路隧道出口进行多次航飞，完成不同时期三维模型的构建，“.osgb”格式的业主营地在不同时期的实景三维模型如图 7 所示。



图7 业主营地施工进度监控

土方工程是工程地面开关站施工的重要内容，土方量计算准确与否会直接影响施工进度。马飞等^[15]已在张家港市一建设用地项目中通过三维实景模型构建 DTM 方法计算土方量，通过评估模型的垂直精度对土方精度进行分析，其高程中误差为 2.13cm，土方测量精度满足《城市测量规范》（CJJ/T82011）中 1:500 比例尺成图要求，且该技术在数据采集效率及内业处理方面均有较大提升。

试验项目在构建实景三维模型基础上可以快速输出工程区的 las 点云文件，通过 LiDAR360 点云处理软件自动过滤建筑物、植被等地物提取地面点，将施工前后的两次点云文件进行对比，或者将原始点云文件与设计开挖面进行对比，计算出工程区的实际填挖方量。将原始地形航飞后生成的点云文件与设计开挖面进行对比，效果如图 8 所示，计算结果如图 9 所示，挖方体积为 15491.37 立方米，填方体积为 21730.22 立方米。

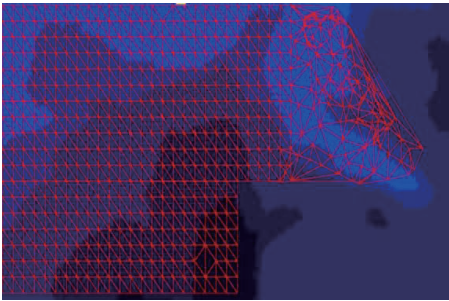


图8 原始点云曲面（蓝）+设计曲面（红）

统计信息		值
常规		
规格		
体积		
基准曲面		DEM 文件中的规格 asc文件
对照曲面		设计场坪面
松散系数		1.000
压实系数		1.000
挖方体积（改正的）		15491.37 立方米
填方体积（改正的）		21730.22 立方米
体积净值（改正的）		6238.85 立方米<填方>

图9 土方量计算结果

6 结论和展望

实景三维模型在抽水蓄能电站的设计和建设中有着诸多应用场景，研究主要从实景三维模型构建的关键技术入手，结合抽水蓄能工程特点，优化建模流程，结合多种分析工具、数据处理平台实现实景三维模型对抽水蓄能电站建设周期的赋能。

（1）针对抽水蓄能电站工程区面积大、水域大、高差大、数据量大、植被茂盛等特点，选择空三和建模各具优点的平台构建实景三维模型，提高建模效率，后期通过 SVS 修模软件对模型进行精细化修复，提高模型质量，满足实景三维模型作为基础数据的要求。

（2）实景三维模型由于建模周期短、承载信息丰富、可实施三维空间分析等特点，已被社会各领域广泛使用。地质专业在工程前期勘察阶段，可联合 GIS 软件的强大分析能力，以现有勘察资料为基础，借助电站工程区实景三维模型辅助部分勘察工作。

（3）在设计阶段，通过 Unity 3D 引擎实现各设计专业 BIM 与实景三维模型的融合，让用户在沉浸式环境与数字对象进行实时交互，通过直观的设计成果呈现各专业之间的联系与对接，使抽水蓄能电站方案设计师能够全方位、立体化感知工程。

（4）在施工阶段，通过对比不同时期的实景三维模型，监控施工进度，通过实景三维模型导出点云数据、提取地面点、构建地形曲面等，计算电站工程指定区

域的填挖方量,大幅度提高工作效率。

实景三维模型和 BIM 融合可实现信息化和可视化整合。抽水蓄能电站建成后,可采用无人机倾斜摄影和 LiDAR 技术采集抽水蓄能电站室内外数据,构建抽水蓄能电站的室内外一体化实景三维模型,场地受限区再辅以 BIM,构成完整的电站基础数据库;基于实景展示和漫游功能,融入 VR 技术,能显著提升用户的沉浸式体验;在电站运维管理方面,可通过感兴趣点(POI)实现实景和属性信息的整合,及三维空间信息的查询、分析和交互;通过地理连接将二维平面地图、BIM 模型等与实景三维进行空间联动,全面展示工程区的 GIS 信息、BIM 模型、电站运行动态、现场视频监控及全景照片,实现工程从全局到局部、从外至内、地上地下结合、静态模型与动态信息呼应的三维可视化展现,为用户提供全方位的信息支持与决策依据。

参考文献

- [1] 翟娜.抽水蓄能电站融资难点及突破措施[J].经济师,2023(7):294-295.
- [2] 田继荣,黄成家,杨磊,等.数字化大坝技术在缙云抽水蓄能电站工程中的应用[J].水利水电快报,2023(7):116-121.
- [3] 李斌,陈玉荣,孟宪磊,等.基于智能物联网的数字化灌浆监测系统在

河北丰宁抽水蓄能电站的应用[J].水电与抽水蓄能,2019(4):21-24.

- [4] 何铮,张林.泛在电力物联网下的抽水蓄能电站智慧管理模式思考[J].水电与抽水蓄能,2019(5):27-30.
- [5] 周国亮,吕凇杰,王桂兰.电力大数据全景实时分析关键技术[J].电信科学,2016(4):159-168.
- [6] 叶宏,孙勇,韩宏韬,等.抽水蓄能数字化智能电站建设探索与实践[J].水电与抽水蓄能,2021(6):17-20.
- [7] 孙瑶,郑东玉.无人机倾斜摄影测量在水库BIM设计中的应用[J].中国农村水利水电,2022(8):174-177.
- [8] 李丽娟,朱超乾,顾景强.多重分辨率倾斜影像三维集群建模技术[J].北京测绘,2022,36(1):40-45.
- [9] 周晓波,王军,周伟.基于无人机倾斜摄影快速建模方法研究[J].现代测绘,2017(1):40-42.
- [10] 邵金鹏.无人机倾斜摄影空中三角测量解算关键技术优化研究[J].科技创新与生产力,2022(5):49-51.
- [11] 何雁如,徐敬海,秦骏.集群技术下的实景三维建模[J].测绘通报,2019(4):119-124.
- [12] 叶燕萍,詹莹.基于倾斜摄影数据的实景三维建模、修饰及应用探讨[J].大坝与安全,2018(6):66-70.
- [13] 董昊锦.虚拟现实无人机倾斜摄影建模技术的应用[J].数字技术与应用,2020,38(5):2.
- [14] 康传利,程耀,石灵璠.无人机倾斜摄影建模技术在虚拟现实中的应用[J].桂林理工大学学报,2020(1):138-142.
- [15] 马飞,黄勇,顾东.基于无人机倾斜摄影测量的土方量计算[J].现代测绘,2022(z1):56-58.

(上接第 41 页)

能采集到包含车道、道路附属设施等完整的点云数据。传统测量方式的内业需要 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。机载 LiDAR 系统将大部分外业工作转移到室内,数据处理水平和处理效率得到极大提升。

(2) 测量精度:项目分别对点云精度和各专业要素成果的精度进行了抽查,经统计,两方面精度都满足相关规范要求。

(3) 安全性:机载 LiDAR 可以获取测量人员难以到达区域的地形数据,降低了野外作业风险,有效保障了测量人员的安全。

4 结束语

机载 LiDAR 作为一种先进的集成测量技术,有效解决了传统交通线性工程测绘外业工作量大、成本高、耗时久、安全性差等问题,同时能获取全要素的地形地貌点云数据,经专业处理可同时制作“多测合一”

中包含规划、交通、绿化、消防、民防等五个专业的要素验收成果,为交通线性工程竣工验收“多测合一”提供了宝贵经验和数据支持,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] 上海市测绘地理信息学会.上海市首个交通线性工程“多测合一”试点项目完成竣工规划资源验收[J].资源导刊,2023(20):15.
- [2] 陈健华.基于机载LiDAR点云的道路提取算法研究[J].测绘工程,2020(3):51-55.
- [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] 罗小夫,侯婷婷.无人机激光雷达在“多测合一”中的应用[J].测绘与勘探,2023(1):92-94.
- [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.

空天地通导遥一体化应用于应急救援的探讨

姜沛杉¹ 廖楚江²

(1. 武汉珞珈众恒遥感数据科技有限公司, 湖北 武汉 430079; 2. 国家航天局对地观测与数据中心, 北京 100101)

摘要: 以 2023 年甘肃积石山地震应急救援和 2024 年洞庭湖团洲垸决堤抢险救灾为研究背景, 探讨空天地通导遥一体化的应用模式。分析结果表明, 通信、导航和遥感技术在一定程度上实现了融合与协同, 极大地提升了灾害应急响应效率, 减少了损失, 但同时也暴露出跨系统协同、系统兼容性、应急场景适配性和协同指挥与决策支持系统等方面的不足, 为实现真正意义上的空天地通导遥一体化应用, 提出相应的措施建议。

关键词: 通导遥一体化; 应急救援; 遥感; 导航; 通信

1 引言

空天地通导遥一体化是指通过融合天基系统(如卫星、空间站)、航空系统(如有人机、无人机、平流层飞艇)、地面系统(如传感设备、通信网络)和通信、导航、遥感技术, 构建一体化的综合信息服务体系, 旨在实现多源信息的高效采集、传输、分析和应用, 支持复杂场景的协同决策和高效行动。

空天地通导遥一体化应用特点体现在以下四个方面: (1) 综合性: 集通信、导航、遥感为一体, 覆盖天基、空基和地基系统。(2) 实时性: 通过多源数据快速采集与融合, 实现对动态场景的实时监测和响应。

(3) 协同性: 支持多平台、多终端之间的协同运行和指挥调度。(4) 普适性: 可广泛用于应急救援、环境监测、交通管理、智慧农业等领域。

空天地通导遥一体化技术在应急救援中有着快速响应、高效协调和精准决策的显著优势, 在 2021 年河南郑州“7·20”特大暴雨、2022 年重庆山火、2023 年甘肃积石山地震、2024 年华容县洞庭湖决堤等应急救援中都发挥了重要作用。研究以甘肃积石山地震应急响应和洞庭湖团洲垸决堤抢险中的空天地通导遥一体应用为例, 探讨空天地通导遥一体服务于应急救援的方法模式。

2 甘肃积石山地震应急救援中的应用

2023 年 12 月 18 日, 甘肃省临夏回族自治州积石山发生 6.2 级地震, 震中位于积石山县柳沟乡, 距离临夏州积石山县 8 公里, 距离临夏市 39 公里, 距离兰州市 102 公里。空天地通导遥一体化应用显著提升了灾害信息获取速度、通信保障能力和救援效率(如图

1 所示), 实现高效的受灾人员搜救和物资精准投送, 减少了生命财产损失。研究分别以遥感、导航和通信为核心, 探讨空天地通导遥的具体应用。

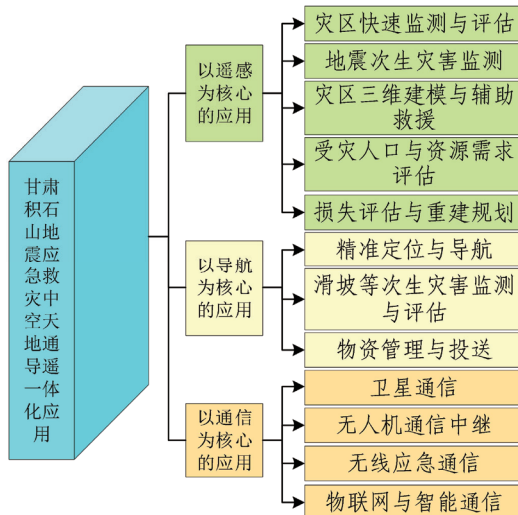


图1 甘肃积石山地震应急救援中空天地通导遥一体化应用

2.1 以遥感为核心的应用

在甘肃积石山地震中, 国家航天局对地观测与数据中心第一时间启动民商航天应急响应机制^[1], 紧急协调中国资源卫星应用中心、长光卫星技术股份有限公司、天仪研究院、北京 21 世纪有限公司、山东产业技术研究院、微纳星空科技有限公司等民商卫星单位进行灾害应急成像, 基于遥感数据, 与地面调查结合, 为震后应急响应提供高效、全面的空间信息支持, 显著提升了救灾效率和科学决策能力。主要应用包括以下几个方面:

2.1.1 灾区快速监测与评估

基于高分系列、吉林一号、北京三号等 22 颗高分辨率卫星数据和无人机遥感数据, 评估地震造成的地

作者简介: 姜沛杉(2000—), 女, 汉族, 本科, 助理工程师, 研究方向为遥感数据处理与应用。

表破坏范围,得到震中区域的房屋倒塌、山体滑坡和交通中断等情况,帮助规划救援队伍的最佳路径,进而实施精准救援。基于热红外遥感,监测地表温度变化,识别可能发生的次生灾害,如火灾等。基于北京三号数据分析得到的房屋损毁情况如图2所示。



图2 房屋损毁情况对比

2.1.2 地震次生灾害监测

基于高分三号、陆探一号等 SAR 卫星数据,监测震后可能引发的滑坡、泥石流等地质灾害区域^[2];监测震区水库、大坝的结构完整性,评估泄洪或垮塌风险。基于 INSAR 卫星数据获取震前震后地表的微小变形,评估断裂带活动和地震对地表的影响。

2.1.3 灾区三维建模与辅助救援

基于高分七号等立体测绘卫星数据,结合无人机倾斜摄影测量和机载激光雷达(LiDAR)数据,对灾区进行三维建模,重建受灾区域的地形和建筑物分布^[3],为救援决策提供精确的地形数据支持,帮助救援人员规划行动,模拟救援场景,提高救援效率。

2.1.4 受灾人口与资源需求评估

基于高分辨率卫星遥感数据,结合 GIS 系统,分析受灾区域的人口分布、建筑密度以及关键基础设施位置,快速估算受灾人口规模和物资需求。

2.1.5 灾后评估与重建规划

基于遥感数据,评估地震对生态环境、农业生产和基础设施的损害,为后续修复和重建提供科学参考;评估灾后地质条件,为选址重建、道路修复、生态恢复提供科学依据。

2.2 以北斗导航为核心的应用

在甘肃积石山地震中,北斗卫星导航系统(BDS)显著提高了抗震救灾的效率和精准度,为保障生命安全、减少灾害损失提供了有力支持。主要应用包括以下几个方面:

2.2.1 精准定位与导航

北斗导航可提供厘米级定位能力,帮助指挥中心

实时掌握救援队伍、救援车辆和设备的位置分布,优化调度,避免资源浪费;帮助救援队快速确定灾区的受灾范围和重点区域。救援车辆和设备可以通过北斗导航系统规划最佳路线,提高救援效率。

2.2.2 滑坡等次生灾害监测与评估

北斗卫星支持对地震引发的山体滑坡、道路损毁等次生灾害进行快速监测,辅助灾情评估。通过与地震监测台网的结合,北斗系统为地震参数的实时更新和分析提供了支撑。

2.2.3 物资管理与投送

北斗系统全程跟踪救援物资的运输过程,确保物资精准送达灾区。无人机和直升机在北斗导航支持下,精确投放救援物资到灾民聚集区域或交通受阻地区。

2.3 以通信为核心的应用

在甘肃积石山地震的应急救援中,通信技术的高效应用确保了震后救援行动的信息畅通,增强了各方力量的协调能力,为最大限度挽救生命和减少损失提供了坚实支撑。主要应用包括以下几个方面:

2.3.1 卫星通信

在此次地震中,传统通信网络受损,救援人员通过北斗终端发送救灾信息、位置坐标和伤员情况,北斗短报文有效弥补了通信盲区,为指挥中心提供可靠的数据支撑。天通卫星电话充分发挥全天候、无盲区、轻巧便携的优势,有效保障救援力量的应急通信指挥。此外,搭载天通卫星通话功能的华为Mate60 Pro 终端,提供手机直连卫星双向语音通话和短信收发服务,也为此次救援团队和部分受灾群众实现通信自由提供了便利。

2.3.2 无人机通信中继

此次救灾中,“翼龙-2H”应急救援型无人机在抵达震中区域后,执行应急通信保障和灾情侦察等任务,为偏远或通信盲区的救援队伍提供临时通信覆盖,同时回传高分辨率影像和视频数据。

2.3.3 无线应急通信

搭载卫星通信、4G/5G 基站和无线中继设备的应急通信车快速到达灾区,建立临时通信网络,恢复震中区域的通信能力。

2.3.4 物联网与智能通信设备

救援人员使用内置通信模块的智能设备(如智能手环、定位终端),向指挥中心报告实时位置和健康状况。利用传感器和物联网设备实时监测灾区环境数据(如温湿度、空气质量),辅助救援行动。

3 团洲垸决堤抢险救灾中的应用

2024 年 7 月 5 日，湖南省岳阳市华容县团洲垸洞庭湖一线堤防发生决口，空天地通遥一体化应用同样发挥了显著作用，如图 3 所示。

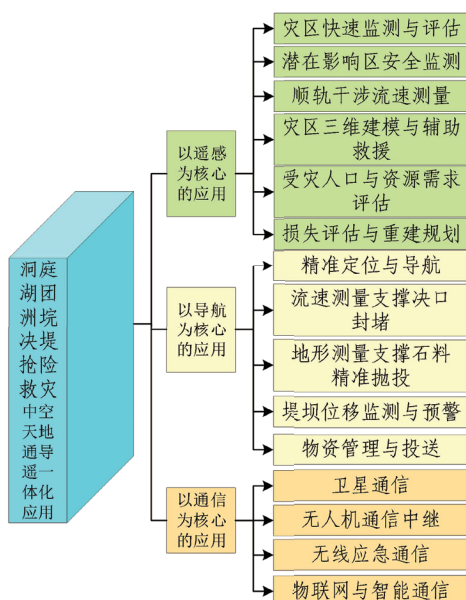


图3 洞庭湖团洲垸决堤抢险救灾中空天地通遥一体化应用

3.1 以遥感为核心的应用

在此次救灾中，遥感技术以高效、精准、广覆盖的优势，成为洞庭湖决堤抢险工作不可或缺的工具，遥感技术应用主要体现在灾区快速监测与评估、潜在影响区安全监测、灾区三维建模与辅助救援、受灾人口与资源需求评估、损失评估与重建规划等方面，其中潜在影响区安全监测与上一节有所不同。

3.1.1 潜在影响区安全监测

国家航天局对地观测与数据中心第一时间启动民商航天应急响应机制，为灾害救援提供卫星图像信息。统筹协调高分三号 02、高分三号 03、高分一号、高分四号、资源 1E、资源三号 03、吉林一号等 13 颗卫星对灾区成像，为灾害监测、评估和救援提供高效支持。基于卫星遥感数据和无人机数据，动态监测洪涝淹没范围、溃口宽度、重点对象安全、应急工程、潜在影响区安全情况，尤其是重点研判钱粮湖南垸和团洲垸间堤管涌险情点发生区域未出现大范围洪水淹没（如图 4 所示），支撑了间堤的安全防护和决堤封堵的决策。

3.1.2 顺轨干涉流速测量

珞珈二号 01 星具备精准的水体流速监测能力，其广域覆盖能力使得对整个决堤区域上下游的流速分布进行监控成为可能，与下文装载北斗导航的无人船在



图4 团洲垸钱团间堤管涌险情监测

决堤口附近的流速测量相配合，为决堤封堵时机选择提供了有效的数据和技术支持。

3.2 以导航为核心的应用

在此次救灾中，北斗导航不仅提供高精度定位服务，还支持多样化应用场景，在抗洪救灾中展现了独特优势。与甘肃积石山地震应急救援相似的是，北斗导航在精准定位与导航、物资管理与投送方面发挥了重要作用，与之不同的应用主要包括以下 3 个方面。

3.2.1 流速测量支撑决口封堵

选择在洞庭湖水位与团洲垸内积水水位持平、流速较缓的状态下尝试封堵，因此流速测量是制定封堵时机的关键。水利部长江委采用水文快艇和无人船测流系统进行走航式测量，辅以无人机搭载雷达波测流系统进行验证，将非接触式和接触式流量测验方式相结合，实现决口处流速、流量的快速准确测量，为决口封堵提供了数据支撑^[4]。

3.2.2 地形测量支撑石料精准抛投

本次决口地形测量依托无人机激光雷达航摄系统和无人船搭载双频单波束激光雷达，从水下、水面、空中三个维度实时采集地物三维点云，经数据处理获取地物的三维几何信息，构建水陆一体三维模型，支撑装备北斗的船舶实现厘米级定位的石料精准投放^[5]。

3.2.3 堤坝位移监测与预警

结合北斗高精度定位技术，在第二道防线和第三道防线部署传感设备，监控堤坝形变和水位变化，提前发现可能的次生灾害风险。

3.3 以通信为核心的应用

此次救灾中，卫星通信解决了基础设施损毁后的通信中断问题，应急通信车、无人机和便携式基站确保全区域通信覆盖，保障抢险救灾的快速响应，保障方式与甘肃积石山地震应急救援相似，在此不再赘述。

（下转第 54 页）

不动产存量数据整合技术研究与实践

黄国浩

(佛山市顺德区测绘地理信息中心, 广东 佛山 528300)

摘要: 存量数据清理整合是不动产统一登记的基础, 以佛山市顺德区不动产存量数据整合项目为例, 阐述不动产存量数据整合工作的技术路线, 通过科学利用模板化存储、应急落宗机制、整合配套辅助工具与多库自动增量同步等关键技术, 完成不动产存量数据整合, 研究技术和方法可为全国不动产登记工作提供一定借鉴。

关键词: 不动产登记; 存量数据整合; 模板化存储技术; 应急落宗机制

1 引言

为响应上级部门开展的不动产登记信息管理基础平台建设要求, 广东省各地先后开展不动产存量数据整合工作。从实践看, 各地的数据基础、应用系统及数据信息化程度参差不齐, 不动产存量数据整合工作的重难点可能有所不同, 但主要问题有数据量庞大、数据结构不一、登记业务多、人工整合难度大、重复登记等^[1]。从佛山市顺德区不动产存量数据整合实践出发, 对整合中出现的问题进行深入分析, 科学制定整体技术路线, 并利用模板化存储技术、应急落宗机制、整合配套辅助工具与多库自动增量同步技术等, 完成不动产存量数据整合, 研究内容可为相关项目实施提供经验与解决方案。

2 当前不动产存量数据整合存在的问题

2.1 数据体量大

不动产存量数据包括土地登记数据、房产登记数据、空间图形数据及档案数据等^[1], 其中土地登记数据动辄十几万条, 房产登记数据更是多达几十万条。针对如此巨大的数据量, 若采用人工进行消除整合, 一方面会影响项目成果质量、增加项目开展难度, 另一方面可能会导致项目成本加大或项目周期延长。因此, 不动产存量数据整合必须考虑各登记数据的特点, 梳理内部关联逻辑^[2], 研发不动产存量数据整合配套辅助工具, 实现图属数据的挂接关联, 从而大幅提高工作效率。

2.2 数据来源多

不动产存量数据往往来源于多个部门和机构, 如自然资源、林业、档案管理等部门, 这些部门编辑、

整理、存储与管理数据的方式存在差异。同时, 由于不动产登记存量数据具有时间跨度长、历经系统多、流转部门广的特点, 数据格式、数据标准、数据质量等差异较大, 给数据整合带来很大困难。

2.3 登记业务多

不动产存量数据整合涉及土地、房产、草地、林地等多种不动产登记信息, 随着时间的变迁, 会产生多种登记业务, 例如, 房产登记中首次登记就分为商品房初始登记、自建房初始登记、企业改制房屋登记等。除了首次登记, 还有房产抵押登记、房产查封登记等^[3], 众多登记类型给不动产存量数据清理整合带来一定困扰。

2.4 人工整合难度大

采用传统的人工逐户判断落宗落户方式, 工作人员需要从海量资料中整理数据, 工作效率低下, 而且由于人工识别量大, 容易出现错误, 影响整理工作进度和不动产登记成果库质量, 不利于不动产统一登记工作的顺利进行。

2.5 重复登记问题

不动产存量数据整合过程耗时较长, 会出现数据整合与日常登记工作同时进行的情况。在日常登记中, 工作人员会根据申请人提交的登记材料, 对申请的不动产进行落宗落幢, 编制不动产单元号, 而存量数据整理也可能会对同一不动产编制不动产单元号, 这就可能造成一户多编, 违背不动产单元号的唯一性原则, 从而引发重复登记问题。

针对以上问题, 按照《不动产登记数据库标准》等规范, 利用模板存储技术、应急落宗机制与整合配套辅助工具等技术手段, 探索不动产存量数据的快速

作者简介: 黄国浩(1991—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 注册测绘师, 主要从事工程测量、基础测绘、不动产测绘及测绘地理信息工程的质量管理工作。

整合方法，并设计研发了不动产存量数据一体化整合系统，实现不动产存量数据落宗落户的规范化、流程化、自动化，在很大程度上提高了工作效率，降低了生产成本。

3 技术路线

不动产登记存量数据整合系统是不动产存量数据整合工作的核心，工作流程主要分为准备工作、数据规范化整理、整合挂接关联（含落地、落幢、落户）、协同工作、数据入库，技术路线如图 1 所示。

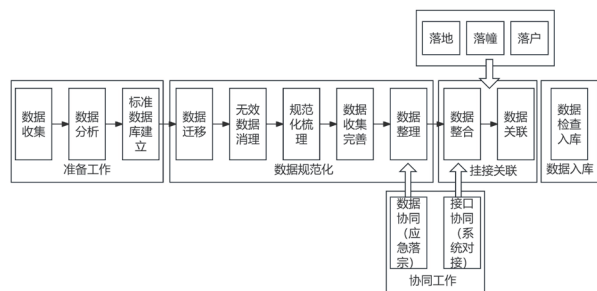


图1 总体整合技术路线

3.1 数据准备

准备工作主要收集不动产登记相关数据，通过分析构建不动产登记标准数据库，建立各部门登记数据库与不动产登记数据库之间的映射关系，将各部门的登记数据库迁移到整合生产库^[4]。

3.2 数据规范化整理

数据规范化整理主要根据不动产登记数据库标准对数据进行标准化、规范化整理，并对已有的登记信息补录完善^[5]，转换形成符合《不动产登记数据库标准（试行）》要求的不动产登记数据库，同时重建各登记数据（空间数据与属性数据）之间的逻辑关系，形成完整、统一、有内部关联的不动产数据。具体工作内容包括：数据迁移、无效数据清理、规范化梳理、数据采集完善与数据整理等。

3.3 整合挂接关联

整合挂接关联主要是建立不动产登记数据之间的关联关系，实现不动产单元的落宗^[6]。

（1）数据整合：通过对整理后的空间数据进行空间参考一致性处理、图层合并、冗余数据剔除、信息补录等操作，形成符合《不动产登记数据库标准》（试行）要求的空间数据以及与之关联的属性数据，并以此为基础对地籍区、地籍子区、宗地以及建筑物、构筑物等空间数据进行统一编码；通过对整理后的非空间数据进行数据归并、冗余数据剔除、信息补录等操作，

形成与不动产登记相关技术要求以及《不动产登记数据库标准》（试行）要求相符的不不动产登记簿。

（2）数据关联：将整合后的空间数据和非空间数据进行关联，按照不动产单元编码规则进行不动产单元编号，用宗地代码把宗地和不动产单元进行关联，用不动产单元编号把不动产和不动产权利关联，用业务号实现不动产权利和登记过程的关联，最终形成空间数据、非空间数据关联，历史和现状信息清晰完整的不不动产登记信息。

3.4 协同工作

在数据整理过程中，不动产业务也在同步办理，实时产生不动产登记空间数据、非空间数据、档案数据，这部分数据没有落到宗地上，必须以新标准过渡到新数据库，通过人工和程序实时进行数据整合和关联（主要是数据落地落宗）。同时，数据处理可能会调用多个系统的数据接口和服务接口，因此，数据协同及系统协同工作须同时开展。

3.5 数据入库

数据入库主要是根据实际工作部署，通过开发入库检查，逐步将整合关联阶段形成的阶段性成果（存量数据整合生产库），进行入库操作，以构建不动产存量数据整合成果库，并自动推送到不动产登记成果数据库。

4 关键技术及其运行效果

4.1 模板化控制技术

依据不动产登记数据库标准，结合本地区的个性化需求定义一套数据存储方案，实现宗地、自然幢、房屋分层分户图形数据和不动产登记数据（权属、权利、权利人）整体存储，通过图形 GUID、权属 GUID 和权利 GUID 实现图形空间数据与属性数据的相互关联，各关联关系如图 2 所示。使用模板化控制技术，把地、楼、层、户图形和对应属性数据按照数字化标准整合到系统模板文件，形成日常不动产生产（包括应急落宗）、存量数据整合、不动产数据质检和数据出入库检查的数据标准依据，实现各环节生产数据的高度统一，确保数据质量。

模板控制技术在佛山市顺德区不动产存量数据整理工作的核心技术，按照定义的数据存储方案，对数据来源不一、结构多样的存量数据进行规范化、数字化整理存储，不仅能从庞大的数据量中梳理出内部逻辑规律，还能为后续的整理、挂接、检查及入库等自

动化处理工作奠定基础，从而更好地解决人工整理存量数据难度大的问题。

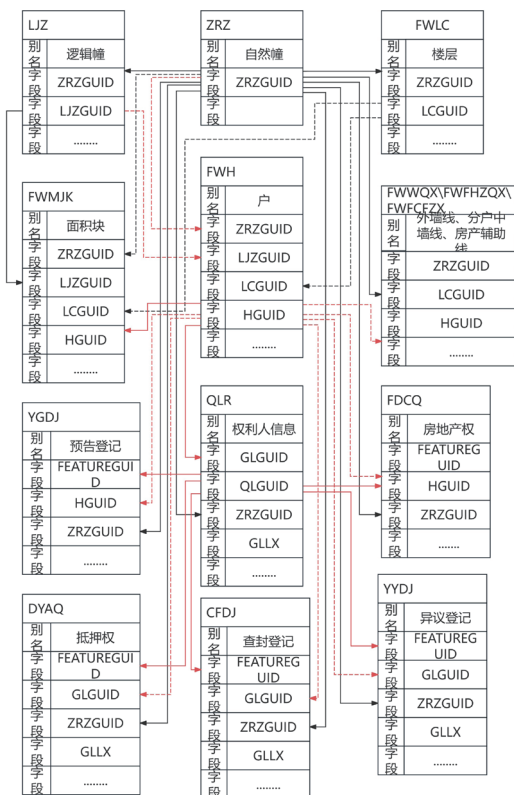


图2 自然幢、楼层、逻辑幢、户与权属、权利关联关系

4.2 應急落宗机制

在不动产存量数据整合过程中，按照不动产登记相关标准，对现需登记且未整合至不动产登记库的业务，启动应急落宗机制，进行受理。主要流程如下：

(1) 业务科室受理业务，根据业务信息判别能否关联对应的不动产单元号，若能，说明存量数据已整合至不动产数据成果库，按照登记业务审批流程办理；若不能关联，则把业务流转至落宗整理小组进行应急落宗。

(2) 落宗整理小组根据业务信息及其所关联的产权信息,综合原房产、测绘、土地等信息判断,在原有测绘数据库成果基础上,以宗地为基本单位,整理出对应的宗地与自然幢、逻辑幢、层、户,并进行初步质检(如拓扑错误等);落宗整理完成后,则把业务信息及落宗信息流转至日常业务整理小组。

(3) 日常业务整理小组需要根据业务信息及产权信息进行核实检查, 检查通过后, 将业务流转至登记审批岗, 业务流程如图 3 所示。

启动应急落宗机制是保障不动产登记业务正常开展的主要辅助手段，主要针对现需登记但未整合至不

动产登记库的业务，启用以来，体现出稳定、便利、高效的效果，实现不动产存量数据整合与日常登记业务同步开展，避免一户多编、数据重复入库及数据与业务办理脱钩等问题。

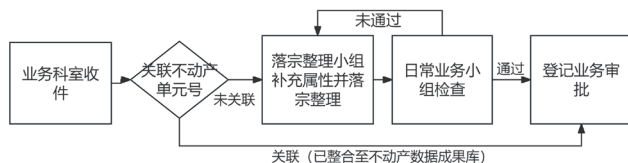


图3 应急落宗机制流程

4.3 不动产存量数据整合配套辅助工具的开发应用

4.3.1 宗地多源数据显示与落宗宗地快速定位工具

在数据整合过程中,如何快速定位落宗宗地是整合工作的难点之一,需要开发一个界面,同时显示各时期各版本宗地界线的属性和图形,供作业人员参考和选取。如此就需要解决两个问题:(1)数据统一存储问题:如何把测绘矢量库和测绘资料库统一存放以供参考?(2)功能技术问题:如何统一展示,方便选取操作?

解决数据统一存储问题,需统一组织测绘的矢量库和资料库,存放于整合生产库(ArcSDE),原测绘矢量库(不动产宗地和其他宗地)统一字段对照后导入整合生产库。资料库通过坐标文件(txt)、属性文件(nam),生成矢量数据导入整合生产库。

在功能界面上,实现属性和图形的联库浏览,如图4所示,在一个界面可以同时显示测绘不动产宗地的属性信息、其他宗地的属性信息和资料库的各时期各版本属性信息。

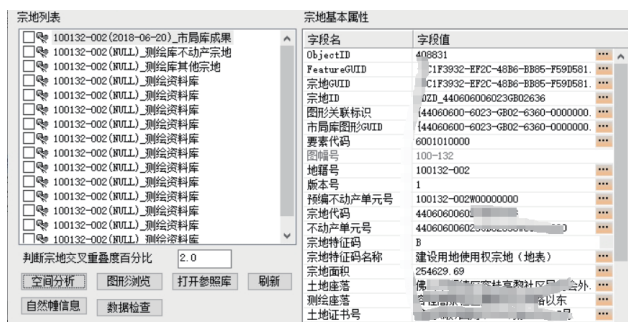


图4 宗地信息多数据源综合显示

在点击界面的图形浏览后,可以浏览汇集到整合生产库的各时期各版本的宗地图形情况,如图5所示。

同一宗地有多库、多版本、多业务类型的数据,如何集成多源数据,实现图形、属性的快速查询、定位和选取,是整合的关键。基于 EPS 软件开发宗地整理功能,实现属性和图形的联库浏览核对,为幢快速

落宗、小宗地转大宗地提供了快捷工具，极大地提高了落宗效率。

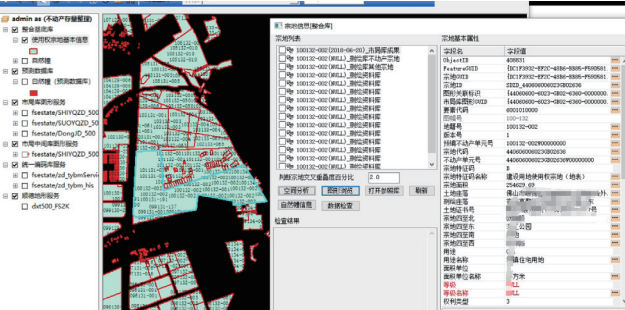


图5 宗地属性和图形数据综合显示

4.3.2 不动产集成化信息整合工具

不动产存量数据整合的一大难点在于，如何在一个界面全面显示基本信息、权利信息、权利人信息、抵押和查封信息，确保不动产数据的完整性，避免出现属性信息的自相矛盾。为此，研究开发了不动产宗地信息完整显示界面，如图6所示，该界面能够综合呈现宗地的各类相关信息，包括参考宗地、宗地基本属性、宗地关联属性和关联表属性等，便于作业人员高效选择宗地源数据。

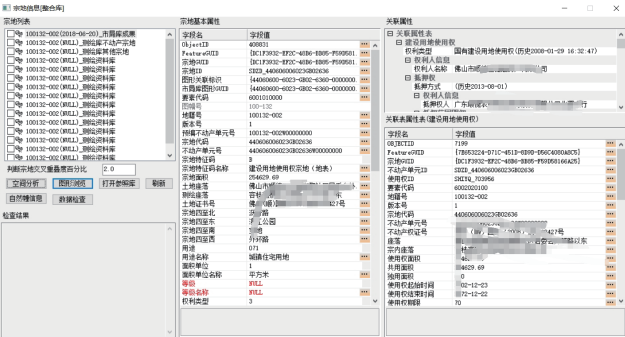


图6 不动产集成化信息整合工具

不动产地、幢、层、户图形、属性和登记数据之间有着强逻辑关联联系。开发不动产集成化信息整合工具，可实现宗地、自然幢、楼层、户的图属一体化浏览编辑，在一个界面快速完整显示一个不动产标的物的基本信息、权利信息、权利人信息、抵押和查封信息，便于整理时总体把握不动产数据。通过设置属性字段的有效性脚本检查规则，实现必填字段合法性的实时检测，若有错误字段则标红警示，达到属性随录随检查，大大提高了整合效率。

4.3.3 智能化菜单引导整合工具

针对物、权、人信息，根据数据记录的属性情况分别进行整合处理。如果采用传统的菜单方式，作业人员难以判断应执行的功能，可能导致漏执行或错误

执行。因此，开发出一个右键菜单功能，即根据所选整合记录弹出，列出该图形或权属记录需要执行的整合操作，进而降低了人工整合难度，提高了数据整合效率和准确率，具体工具如图7所示。

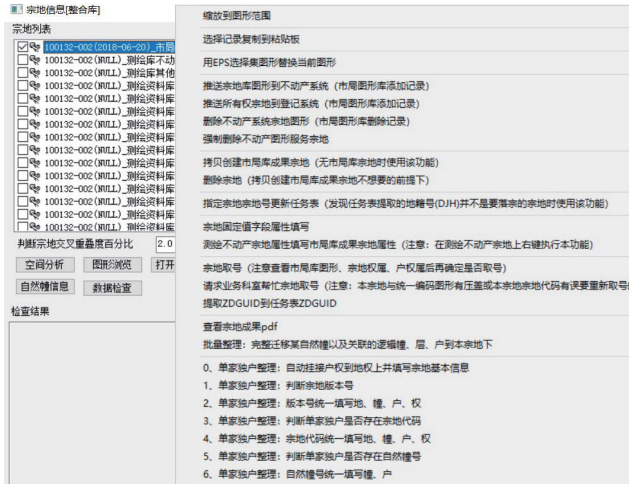


图7 智能化菜单引导整合工具

4.3.4 不动产数据入库检测

开发不动产数据入库检测功能，用于检测比对库中已有数据，确保同一项目多次入库时不会覆盖已发证的不动产单元属性信息。该功能支持属性继承，便于处理实际变更记录，在数据库层面解决了新登记业务与存量数据整合的同步冲突，确保各不动产单元号的唯一性。

4.4 多库自动增量同步技术

在项目实施过程中，存量数据整合、日常不动产登记业务、日常不动产测绘生产等多业务并行开展，不动产整合生产库、不动产测绘生产库、整合成果库和不动产登记库的数据如何协同，如何保持一致，是项目实施的关键。对此，研究采用多库自动增量同步技术，面向每一个数据库开发一套读取和写入服务接口，将不动产整合生产库成果推送到整合成果库和测绘生产库。

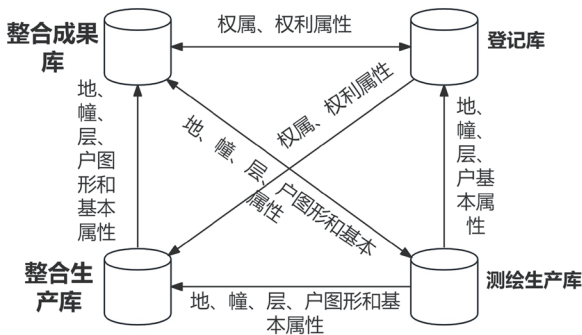


图8 多库自动增量同步技术架构

利用不动产登记系统读取接口,从整合成果库或测绘生产库抽取存量或增量登记数据进行不动产登记,登记结束后,再通过写入服务接口把登簿结果回写到不动产整合生产库,形成地、楼、层、户和权属、权利信息高度融合的不动产整合生产库,最终通过协同接口实现测绘生产、存量整合随时推送,实时登记,多库自动增量同步技术架构如图8所示。

5 结语及展望

全国各地不动产登记存量数据基础和数据管理平台各异,但只要遵循“明确责任分工、加强协作配合、确保工作质量、落实经费保障”的原则,持续发现并解决问题,就能确保整合工作按时保质保量完成,进而推动不动产信息化管理进程。不动产存量整合成果库建成后,通过优化现有库的数据组织,调整属性结构,基于 SkyLine 平台采用 XPL2 模型、楼层代理点、户代理点,构建可视化三维不动产权籍库,实现三维不动

产登记信息的精细化管理,有效提升业务工作效率,解决传统技术难以精确描述不动产权利交叉等问题,助力不动产统一登记工作快速推进。

参考文献

- [1] 赵一梦.不动产登记存量数据整合建库技术研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(10):150-152,155.
- [2] 王卫东.张掖市不动产登记数据整合问题研究[J].测绘技术装备,2021,23(1):48-51.
- [3] 刘燃,柯艳丽,罗明俊,等.不动产存量数据清理整合重难点的分析与探讨[J].地理空间信息,2022,20(6):146-148.
- [4] 焦汉科,易家莉,刘振荣.不动产登记房地存量数据整合技术路线研究——以广州市增城区为例[J].地理信息世界,2019,26(1):132-138.
- [5] 涂炎钦,王丽转,张强,等.基于国家统一标准整合全省不动产登记数据库的探索研究[J].自然资源信息化,2024(3):1-7.
- [6] 钱伟,沈颖,周杰.嘉兴市区不动产数据质量维护与提升实践[J].浙江国土资源,2024(5):34-36.

(上接第49页)

4 结语

通过对两次应急救灾中空天地通导遥一体化应用可以看出,通信、导航和遥感技术在一定程度上实现融合与协同,极大地提升了灾害应急响应效率,减少了损失,但在实际操作中仍存在一些不足:

(1) 跨系统协同不足。不同部门间数据难以共享,通信、导航和遥感系统分属不同部门或机构,数据接口不统一,难以实现高效的互联互通。职责分工不明确,指挥部门、技术单位、通信运营商之间的协作机制不完善,容易出现重复作业或任务脱节。(2) 系统兼容性不足。由于卫星接收站、无人机、地面通信站之间存在协议兼容性问题,限制了数据共享与协作。各系统设计之初多为独立运行,未充分考虑通导遥协同应用,导致集成难度大。(3) 应急场景适配性不足。如甘肃积石山地震伴随降雪天气,影响光学遥感影像质量,延迟数据采集。在洞庭湖洪灾中,传统地面基站或参考点被淹没后,导航系统缺乏辅助信号支持,定位精度下降,尤其在无人船测速和水下地形测量中。(4) 协同指挥与决策支持系统欠完善。现有指挥系统对通导遥数据的综合利用能力不足,缺乏智能分析和辅助决策功能。也未能有效整合各部门的数据与资源,难以快速响应动态变化的灾情。

针对以上不足,提出以下建议:

(1) 建立统一的技术标准和协议,推动通导遥系统间的标准化,促进不同设备、平台的无缝对接。(2) 加强跨部门协同机制,构建多部门联动的协作平台,明确职责分工,打破数据孤岛。(3) 提升实时处理能力,加强卫星遥感数据的快速获取与处理,优化灾区通信恢复的应急预案。(4) 拓展适配复杂地形的技术手段,利用低轨卫星、无人机中继通信和多模导航技术提升覆盖能力。(5) 发展智能化决策支持系统,集成通导遥数据,结合人工智能技术,为应急指挥提供动态、精准的决策支持。

参考文献

- [1] 王丝丝,刘志春,张景,等.灾害应急响应中多源遥感数据国际共享服务研究[J].遥感技术与应用,2024,39(1):198-208.
- [2] 马星宇,王兰民,蒲小武,等.基于Newmark模型的积石山6.2级地震滑坡快速评估[J].地震工程学报,2024,46(04):825-835.
- [3] 郭海涛,贾源源,王会娟,等.甘肃积石山6.2级地震房屋破坏特征分析[J].地震工程学报,2024,46(04):846-856.
- [4] 彭文启,穆杰,喻海军,等.湖南团洲垸堤防溃口险情应对关键技术[J].中国水利,2024,(18):25-31.
- [5] 杨涛,沈玉芳,师鹏飞,等.湖南洞庭湖团洲垸堤防决口复盘推演与分析[J].中国应急管理,2024,(09):43-47.

基于GPS-RTK的不动产测绘信息存储系统设计

邓建辉

(梅州市自然资源局梅县分局, 广东 梅州 514700)

摘要: 不动产测绘信息存储的准确性和完整性对于城市规划、土地管理、环境保护等具有重要意义, 研究设计基于 GPS-RTK 的不动产测绘信息存储系统。在硬件方面, 设计了 USB 存储器用于安全存储不动产测绘数据, 并采用 XC7Z015 核心芯片实现高速、安全的数据管理。在软件方面, 采用 PS-RTK 技术采集不动产测绘信息, 通过校准设备、设置测量点并实时传输数据, 得到准确的不动产测绘信息。同时, 通过数据加密编程和数据库存储对不动产测绘信息进行加密处理, 提升数据传输和存储的安全性。测试结果表明, 该存储系统在安全性指标参数和信息读取完整性上均显著优于传统方法, 具有较强的安全性能和高度可靠性。

关键词: GPS-RTK; 不动产测绘; 信息存储系统; 系统设计

1 引言

随着城市化进程加快, 不动产资源管理与利用逐渐成为社会关注焦点^[1]。不动产测绘信息的准确性和完整性对于城市规划、土地管理、环境保护等具有重要意义。然而, 传统测绘方法因受到技术限制, 难以满足现代社会对不动产信息精确性和实时性的需求^[2]。为解决这一问题, 基于 GPS-RTK (实时动态差分定位) 技术的不动产测绘信息存储系统应运而生, 能为不动产资源管理和利用提供高精度、实时的地理坐标信息。

尽管 GPS-RTK 技术在测绘领域应用广泛, 但在不动产测绘信息存储系统设计方面仍面临诸多挑战, 比如, 如何实现高精度实时定位, 如何将地理信息数据与不动产属性数据有效结合, 以提供全面准确的不动产信息等^[3]。此外, 数据安全与隐私保护也是必须考虑的重要因素。近年来, 国内外学者对基于 GPS-RTK 技术的不动产测绘信息存储系统展开研究, 并取得一定的研究成果^[4]。然而, 如何进一步提高系统的稳定性、安全性及数据整合效率仍是当前研究的重难点。

综上所述, 基于 GPS-RTK 技术的不动产测绘信息存储系统设计对于提升不动产资源管理和利用水平具有重要意义。

2 硬件设计

2.1 USB 存储器

USB 存储器主要用于存储经计算机处理的不动产测绘数据, 其硬件结构如图 1 所示。该硬件利用 DSP 启动主 USB 控制器, 采用优化的混合加密算法对不动

产测绘信息进行加密, 从而增强信息存储的安全性。根据存储控制规则和数据存储策略, 加密信息必须保存于 USB 移动存储设备。此外, DSP 通过芯片提供精确的时间信息, 并具备信息流控制功能, 确保装置准确运作。

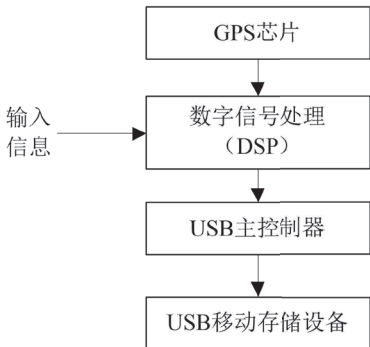


图1 USB存储器硬件结构

2.2 核心芯片

研究使用的 XC7Z015 芯片具有体积小、控制力强、存储速度快等特点, 工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, 属于低容量、高扩展性芯片, 在不动产测绘信息管理方面发挥着关键作用。作为系统存储模块的基础, XC7Z015 芯片负责管理单个预信息存储系统, 有效集成 MMC/SD/SDIO、UART/USART 和以太网接口等多种功能。该芯片的运行架构采用 MCU 和 FPGA 的双层设计, 内置 512KB 的 RAM, 外部配备有 DMA 接口, 可与外部组件连接, 确保数据的快速存储与传输。当系统发送数据存储指令后, 数据首先传输到芯片的主要部分, 然后利用芯片的自动处理能力, 将不动产测绘信息存储到系统中。

作者简介: 邓建辉 (1983—), 男, 汉族, 本科, 测绘工程师, 主要从事不动产测绘工作。

3 基于 GPS-RTK 的不动产测绘信息存储系统设计

3.1 基于 GPS-RTK 的不动产测绘信息采集

GPS-RTK 技术是不动产测绘信息采集的重要手段^[5]。在数据采集前,需要收集地形图、规划图等基础资料,确定测量区域和测量点。同时,选择合适的 GPS-RTK 设备,并进行校准和设置。

确定测量区域和测量点后,在每个测量点设置 GPS 接收器,确保其正常运行,可实时接收卫星定位数据,并通过数据传输设备将数据传输到数据处理中心。记录每个测量点的地理位置坐标、高程、地物特征等信息,确保数据准确完整。在数据采集阶段,使用距离计算公式计算出测量点之间的距离,公式如下:

$$D=\sqrt{X^2+Y^2+Z^2} \quad (1)$$

公式中, D 代表距离, X 、 Y 、 Z 分别代表三维空间的坐标值, $\sqrt{}$ 表示平方根函数。

对原始数据进行筛选、过滤处理,去除异常值和错误数据^[6]。通过已知控制点或其他高精度数据,对 GPS-RTK 数据进行精度校准,将采集到的坐标数据与地图数据进行匹配,确保数据的地理坐标与地图坐标一致。根据地物的特征和属性,对地物进行分类和标识,便于后续数据整理和分析。从地图数据中提取相关属性信息,如建筑物的高度、面积、结构等信息,为后续的成果输出提供依据。在数据处理阶段,使用两点间欧几里得距离公式对采集数据进行处理,计算出测量点之间的精确距离,公式如下:

$$E=(X_1-X_2)^2+(Y_1-Y_2)^2+(Z_1-Z_2)^2 \quad (2)$$

公式中, E 代表两点间的欧几里得距离, X_1 、 Y_1 、 Z_1 和 X_2 、 Y_2 、 Z_2 分别代表两个测量点的三维坐标值。

根据数据处理和分析结果,最终得到准确的不动产测绘信息,如地形图、地籍图、规划图等。

3.2 不动产测绘信息加密处理

数据加密编程是实现不动产测绘信息加密存储的关键,存储管理员须提交不动产测绘的映射信息、对称密码和数字签名的摘要,在不动产测绘的映射信息对象与信息文本之间建立有效连接,以便数据库管理员迅速导出地图信息。摘要应描述不动产测绘信息在互联网空间的存储长度。多数情况下,不动产测绘的映射数据在转化为摘要形式时,除包含基本的测绘数据流外,还会增加摘要的物理长度。

对称密码是一种强大的编码方式,在锁定设备中

可使用监控模块和加密信息存储模块对不动产测绘信息参数进行编码和处理,显著提升互联网环境下数据传输的安全性。数字签名条件与最终生成的不动产测绘信息文档紧密相关,其摘要准确反映加密存储系统当前的执行能力,为系统主机提供具有参考价值的传输约束条件。通过深入了解系统性能和容量,主机可依据约束条件做出合理决策,确保数据传输可靠安全。这种准确描述不仅能有效提升数据存储效率,还有助于防止数据泄露等安全风险。

传输的实际相位值能反映不动产测绘的映射信息。在已知的数据加密计划下,消息结构的物理部分可能更大,因为在数据库操作员控制下,可以确定更多信息。消息的头部也被称为前缀,表示映射的实际存储位置,并以属性区域的形式表示。由于锁链算子的作用,该结构对象的定义能长期保持多样化特征。

假设 M_0 为主定义条件, M 为主定义情况, d 为消息量值,则不动产测绘信息加密的定义项可以定义为:

$$S=1/B[d/(M-M_0)^2+L^2] \quad (3)$$

公式中, B 代表权重因子, L 代表不动产测绘特征的编码因子在映射信息中的作用。

3.3 利用数据库实现不动产测绘信息存储

对不同类别的加密数据应进行有序组织,根据二进制表示的加密长度,确定每个信息密码的长度,长度延长为 $N \times 512 + 442$ 。数据应按照相关规定补充和存储,存储数据库的具体操作如表 1 所示。

将收集到的数据整合到表 1 数据库,并根据需要查找对应的不动产测绘信息,以减少数据查询时间,确保加密存储效果。在 GPS-RTK 技术支持下,将相关软件和硬件仪器结构相结合,实现不动产测绘信息存储系统的正常运行。

表1 存储数据库

字段名	说明	数据类型	是否为主键
Stor-ID	登录名称	Invarchar	Yes
Stor-IP	登录地址	Varchar	No
Stor-oude	测绘信息	Varchar	No

4 系统测试

为验证不动产测绘信息存储系统的使用效果,对系统性能进行测试。首先启动系统软件,调整系统的性能参数,确保系统正常运行与安全使用,然后对传统不动产测绘信息存储系统与基于 GPS-RTK 的不动产测绘信息存储系统进行对比,得出测试结果。

试验开始前先调试系统硬件。按照常规方法安装XC7Z015芯片和SATA存储器,检查每个驱动LED是否正常点亮。若LED未点亮,需重新安装并检查。启动系统软件和通用模块,创建系统访问界面。系统登录界面如图2所示。

用户名

密码

数据采集模块

加密处理模块

数据存储模块

登录

退出

高级A

图2 系统登录界面

管理人员应按照常规方法填写不动产测绘的映射信息和密码,根据所需信息位置,选择数据采集模块、加密处理模块和数据存储模块。如系统无法提供所需信息,表明无法正常运行,必须重新安装并检查存在问题。

随机选择1000至5500byte的信息进行测试,并以安全指标参数为基础,将传统方法1和传统方法2设计系统的安全指标参数与本文设计系统的安全指标参数进行比较,具体结果如表2所示。

表2 安全性测试结果对比

信息量/byte	传统方法1 存储系统安全 性指标参数	传统方法2 存储系统安全 性指标参数	本文方法存储 系统安全性指 标参数
1000	0.864	0.747	1.000
1500	0.862	0.726	0.999
2000	0.852	0.736	0.998
2500	0.863	0.752	0.996
3000	0.863	0.736	0.998
3500	0.896	0.726	0.993
4000	0.825	0.794	0.995
4500	0.865	0.736	0.995
5000	0.854	0.737	0.994

从表2数据可知,基于GPS-RTK技术的不动产测绘信息存储系统在安全性指标参数上明显超越传统系统。在5000byte信息的安全性能测试中,两种传统方法的安全性能指标均低于研究方法,验证了GPS-RTK技术在不动产测绘信息存储领域的安全优势。

不动产测绘信息涉及土地、房产等产权界定和管理,任何信息缺失或错误都可能引发产权纠纷等严重问题。因此,通过完整性测试,及时发现并解决潜在问题,确保读取的测绘信息准确、完整,为不动产登记、交易等提供可靠的数据支持,信息读取完整性测试结果如表3所示。

表3 信息读取完整性结果

信息量/byte	信息读取完整性/%		
	传统方法1	传统方法2	本文方法
1000	79.65	76.32	99.87
1500	78.48	75.98	99.92
2000	77.23	76.15	99.78
2500	80.89	78.47	99.95
3000	79.56	77.03	99.82
3500	78.34	75.89	99.90
4000	79.72	76.28	99.85
4500	78.51	76.01	99.93
5000	77.40	75.95	99.89

分析表3数据可知,随着信息量的增加,传统方法1和传统方法2的信息读取完整性逐渐下降,在75%至81%之间波动。而研究方法的信息读取完整性始终保持在99.78%以上,即使信息量达到5000byte,也仅略有下降,仍远高于传统方法。结果表明,研究方法在信息读取完整性方面具有显著优势,尤其在信息量大、读取要求高的不动产测绘信息存储系统设计中,具有更高的可靠性和稳定性。

5 结束语

基于GPS-RTK技术的不动产测绘信息存储系统,凭借高精度实时定位能力、高效的数据整合手段以及严密的安全保护措施,为不动产资源管理和利用提供了更准确、高效的支持,不仅极大提升了测绘信息的精度和时效性,还有效保障数据的完整性和安全性,为土地规划、房产交易、产权界定等提供了坚实的技术支撑。展望未来,随着GPS-RTK技术的持续革新和应用领域的不断拓展,该系统将为不动产测绘信息的智能化管理和利用开辟新的道路。

参考文献

- [1] 史雅妮,陈嘉曼,李晨瑜,等.破解电子病历信息共享困境:区块链的转型干预作用[J].图书情报知识,2022,39(6):20-34.
- [2] 廖丽霞,周建达,刘子巍,等.地面三维激光扫描技术在不动产测绘中的应用[J].工程勘察,2023,51(10):40-45.
- [3] 罗来曦,朱渔.基于大数据的隐私信息存储与检索系统设计[J].技术与市场,2023,30(8):90-92.
- [4] 漆明欣.基于多特征信息融合的不动产测绘信息存储加密系统设计[J].无线互联科技,2022,19(21):92-94.
- [5] 谢瑞军,孙剑.基于云计算技术的网络安全存储系统开发[J].粘接,2022,49(8):186-188,192.
- [6] 符安文.可见光通信技术支持下的电子密码锁系统与系统加密技术[J].数字技术与应用,2021,39(8):194-196.

地图助力直罗镇战役打得漂亮

◎ 郭群长

孙子曰：“知彼知己，胜乃不殆；知天知地，胜乃不穷。”《管子·地图篇》强调：“凡主兵者，必先审知地图。”由此，被视为军事指挥员眼睛的军用地图，就成为夺取战争胜利的重要保障。1935年中国工农红军取得直罗镇战役的重大胜利，战前测绘准备充分就是典型战例。

1935年10月19日，中共中央率红军陕甘支队顺利到达陕甘边区西部的吴起镇，宣告红一方面军主力历时一年、纵横11省、行程两万五千里的长征胜利结束。11月初，陕甘支队到达甘泉地区，与红15军团胜利会师。11月3日，中共中央召开政治局会议，决定成立西北革命军事委员会，主席毛泽东，副主席周恩来、彭德怀，参谋长叶剑英。同时，恢复红一方面军番号，彭德怀兼司令员，毛泽东兼政治委员，叶剑英兼参谋长。陕甘支队编为第1军团，林彪任军团长，聂荣臻任政治委员；第15军团编入红一方面军建制，徐海东任军团长，程子华任政治委员。

中央红军主力与陕北红军胜利会师，极大地震惊了国民党当局。10月下旬，蒋介石立即重新调整“围剿”部署，以5个师3万余人的兵力，企图首先构成沿葫芦河的东西封锁线，并打通洛川、郿县、

甘泉、延安之间的联系，构成沿洛河的南北封锁线，限制红军向南发展，而后采取南进北堵、逐步向北压缩的战法，妄想趁中共中央和红军立足未稳，消灭于洛河以东、葫芦河以北地区。11月1日，国民党军第57军军长董英斌率第106、第108、第109、第111师，由甘肃庆阳、合水经太白镇沿葫芦河向郿县东进；11月6日，第67军第117师由洛川进至郿县，配合第57军东进。

直罗镇三面环山，北依葫芦河，东面山坡筑有土寨子，一条大道穿镇而过，地形险要，利于设伏。西北革命军事委员会决定诱敌深入，集中兵力将敌歼灭于直罗镇地区。在革命斗争实践中，红军指挥员深刻认识到战前测绘准备的重要性。鉴于中央红军初到陕北，地图资料缺乏、地理地形不熟等实际，毛泽东、彭德怀于11月6日至8日先后3次致电红1、红15军团领导，要求迅速派员调查直罗镇以北地区及以南之道路、地形、人家情况，并绘地形略图上报。

彼时，红军还没有成建制的测绘队伍，只有分散在团以上司令部数量不多的测绘参谋或测绘员。红1军团参谋长左权很快做出决定，从各团抽调4名技术相对较好的测绘参谋到司令部，由军团司令部测

绘参谋李廷赞率领进入直罗镇地区，调查并绘制地形略图。

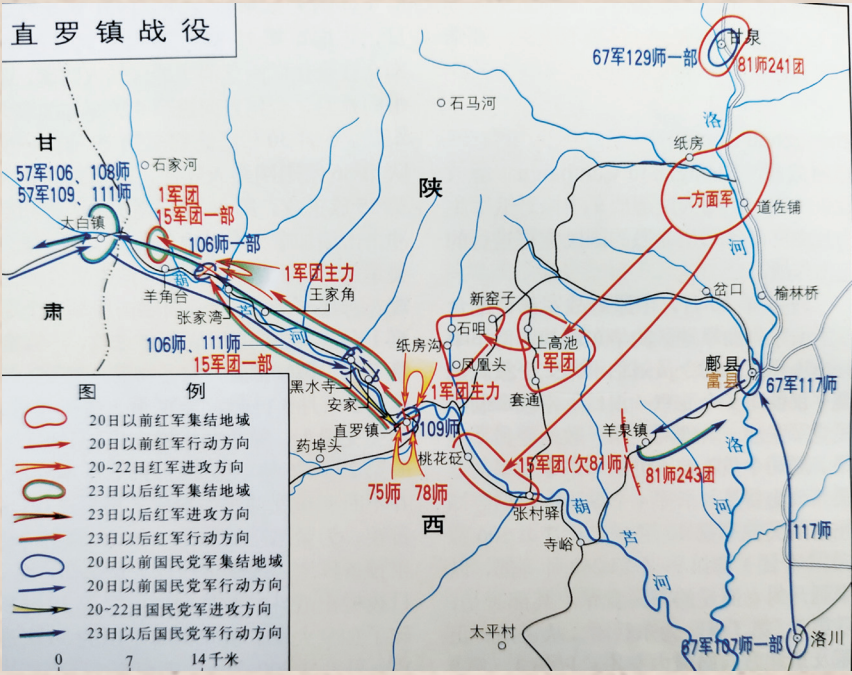
测绘参谋李廷赞（1914—2008年），是人民军队创建后自己培养的第一批测绘技术人员，此时已具有较为丰富的战地测绘经验。因此，左权参谋长指定由他组织这次测绘。李廷赞于1914年生于天津，初中毕业后迫于生计，于1931年7月进入国民党军第26军学兵连测绘组，开始学习简易测绘技术。1931年12月，他在江西参加第26军举行的“宁都暴动”，加入中国工农红军，成为红军学校首期测绘训练班学员，毕业后先后任红军总司令部、红1军和红3军团测绘参谋。新中国成立后，曾担任国家地质部测绘局局长、国家测绘总局局长等职。

战场测绘是一项先行性工作，必须在战役发起前完成，并及时把地图送到指挥员手中。李廷赞带领测绘人员进入直罗镇地区时，黑水寺已被国民党军占领，可以清楚看到敌军的哨兵。在敌我交错的阵地前沿测图，不能有丝毫马虎，既要迅速果敢，又要灵活机动，必须在战前完成测图任务。根据直罗镇的地形特点，李廷赞带领大家爬到直罗镇附近山头上，对测图任务做了分工，以直罗镇为中心向四周延伸，以约定的河流、道路、山脊为

界，每人负责一块区域进行简易测图，李廷赞承担中心区域的测图任务。明确分工后，李廷赞要求大家注意相互之间接边，并规定了完成任务的时间和集合地点，然后分散展开作业。没有正规的测绘仪器，他们就采用步量、目测等土办法，进行简易测绘。野外测绘完成后，李廷赞便昼夜进行拼接和修正。因未用精密仪器测量，也无测图控制点，地物地貌发生移位、扭曲，李廷赞便以技术好的同志测绘的地图为准，进行修正、拼接，绘制成地形略图。完成直罗镇测图后，李廷赞又带领测绘人员向张村驿方向转移，扩大了测图范围，在战役发起前完成任务。

直罗镇战役，是中央红军与陕北红军会师后主动发起的第一个重要战役，胜败关系到红军能否在陕北站稳脚跟，红军指挥员给予了高度重视。11月19日，毛泽东、彭德怀亲自率领团长以上干部前往直罗镇地区，登上周围多个山头，对照刚测绘的地形略图，进一步查看道路、山岭、村庄、河流和地形，部署各部的伏击位置，明确各部的作战任务。

11月20日16时左右，国民党军第57军第109师进至直罗镇地区。红一方面军领导毛泽东、彭德怀当即决定，抓住第109师比较突出的有利战机，集中两个军团的优势兵力，将该师歼灭于直罗镇地区。当日夜，红1、红15军团按照预定计划，迅速由待机地域向直罗镇开进，进入伏击位置，将敌军包围。次日拂晓，红1军团由北向南，红15军团由南向北，对被包围之敌展开猛攻，激战至下午2时，将其大部歼灭。11月23日，又在张家湾歼灭其援敌1个团，被围在



▲直罗镇战役图（来自《中国军事百科全书·军事历史》）

直罗镇的残敌援助无望，在向东突围时全部被歼，师长牛元峰当场被击毙。此役共歼国民党军1个师又1个团，共计毙敌1000余人，俘5300余人，缴获各种枪支3500余支（挺）。

此次战役中，战前地形图测绘和地形观察发挥了重要作用。11月30日，毛泽东在陕西富县东村召开的红一方面军营以上干部大会上，作《直罗战役同目前的形势与任务》报告，总结了红军能够取得直罗镇战役胜利的四条重要经验，其中一条就是战前测绘做得好。他说，如果“没有团长以上的地形观察与地形图测绘，便不能布置得这样适当，打得这样漂亮”。

李廷赞从红军学校毕业后，就开始从事一线测绘工作，参加了中央苏区第五次反“围剿”作战和红军长征中的测绘保障。部队每到新的地区，只要时间允许，他都抓紧测绘一幅驻地附近的地形略图，对于新开辟的地区或刚占领的阵地，

则扩大测绘范围。对于直罗镇战役战前测绘，李廷赞非常满意。当他看到自己测绘的地图，使红军打了大胜仗，又得到毛泽东主席的充分肯定，心里充满喜悦。新中国成立后，李廷赞曾撰写《我在红军时期从事测绘工作》一文，回忆了直罗镇战役测绘的情况。

直罗镇战役胜利，是中央红军主力与陕北红军会师后取得的第一次重大胜利，极大地鼓舞了陕甘根据地军民的士气，彻底打破了国民党军对陕甘根据地的第三次“围剿”，沉重打击了国民党军的嚣张气焰，迫使蒋介石调整战略部署，为红军在西北站稳脚跟、巩固陕甘革命根据地、积蓄发展新的力量，赢得了宝贵时间，使陕北成为红军长征的落脚点、夺取中国革命胜利的出发点。正如毛泽东所说：“直罗镇战役是给党中央把全国革命大本营放在西北的任务，举行了一个奠基礼。”（作者系61206部队高级工程师）

『宥坐之器』的启发

◎ 陈鲁民



“虚则欹”，提醒人们要敏而好学，苦读多思，经常充实自己，加油充电，决不能不学无术，腹中空空。无论古今中外，君臣黎民，肚子里若不装点学问，没有点见识，就会才疏学浅，空有理想，甚至处处碰壁，走投无路，不仅被人小瞧，也被历史轻视。

“中则正”，告诫人们要进退有据，伸屈有度，凡事过犹不及，切勿失了规矩方圆。挣钱要适可而止，见好就收，不能贪得无厌，欲壑难填，更不能贪污受贿，捞取不义之财。做官要有所节制，不是越大越好，官职官位要与自己的贡献和能力成正比，否则就会德不配位，能不配位，非但不能服众，自己也心虚。求名也要实事求是，不务虚名，不炒作，不造势，做到实至名归，名副其实。要不然，虚夸的名气，就像太大的帽子，戴在头上很滑稽，或被人笑话是沐猴而冠。

“满则覆”，则告诫人们不能骄傲自满，自得自负，否则就会水满则溢，月盈则亏，人满则损，离失败倾覆也就不远了。古往今来，因为自大狂妄，心态失衡，犯了胜利后骄傲错误的人，车载斗量，不计其数，无不教训惨痛。李自成打进北京后，自满自大，不思进取，

贪图享乐，结果一个多月就被赶出北京，落荒而逃，一败涂地。毛泽东特别重视这个案例，在延安时，就专门把郭沫若的《甲申三百年祭》作为整风文件来学，表示绝不做李自成的决心。

以物喻人，修身养性，以器警世，防微杜渐，是中国古代先贤常用的自我激励之术，设置宥坐之器就是其中典型一例。但有没有效果，要取决于当事之人对这些器物引发的道理和寓意是不是真相信，真服膺，真受教，真践行。平心而论，宥坐之器成本不高，工艺不繁，价钱亦不贵，谁都能买一个放在座右，装装样子，可真正成为明正之君、贤达之士的却寥寥无几，少如凤毛麟角。这也就是王阳明心学揭示的“知易行难”的道理。

说到王阳明，他也曾格物致知，想学竹子的修养与品格，曾连续七天七夜盯着竹子格物，却什么也没看出来，还因此生了一场大病。后来，他龙场悟道，追求良知，把知行合一的境界作为人生最高境界，成了“此心光明”的一代伟人。

由此可见，无论是宥坐器也好，座右铭也好，戒贪碑也罢，家里挂的励志字画也好，还有历代志士仁人都很欣赏的梅兰竹菊，皆有不凡意趣、不俗寓意，也都有一定励志警诫作用，但关键是要做到知行合一、心口如一。否则，就是前后院都种满竹子，也学不来竹子的“凛凛冰霜节，修修玉雪身”；就是座位左右都摆满宥坐之器，也难成饱学之士、谦恭之君，自然也很难有所作为，就像那个用宥坐之器装模作样的鲁桓公，其实也是一个志大才疏、器识有限的君王。（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）

有一次，孔子到鲁桓公的庙堂上参观，看到一只倾斜易覆的器皿，就问守庙人：“这是什么东西？”守庙人回答说：“这是鲁桓公放在座右，用来警诫自己的器皿。”孔子说：“我曾听说过这样的器皿，空了它便倾斜，适中时它就端正，满了就会倾覆。君王以此作为最好的鉴戒，所以常将它放置座位的右边来警惕自己。”说完，孔子对子弟们说：“放水进去试试看。”弟子把水灌进去，恰到好处时，它便端正；继续加水，水满它就倾覆。

“虚则欹，中则正，满则覆”，是宥坐之器用来教育人的三个特性。这三点都能做到的人，好学上进，满腹经纶；适度中正，不偏不倚；谦虚谨慎，戒骄戒躁。为君可成明君，开创一代盛世，青史留名；为人则可成贤良，立德立功立言，不虚此生。

从小就渴望成为一名作家，写下流传千古的炙口华章。随着生活阅历的丰富，作家的梦想离我越来越远，想写的东西却越来越多，之所以迟迟没写，一是因为工作繁忙，二是担心自己拙劣的文笔不足以表达我的思绪。每当读到哪位作家把我内心深处的情感表达出来，我便拍案叫绝，仔细一琢磨，其实我原来的想法还不够成熟，写文章不能刻意要求辞藻华丽，最重要的是内心情感能够自然流露，如涓涓细流娓娓道来，便是一篇好文了。

自然的状态，并非随心所欲，而是返璞归真后最和谐的状态。就如同在城市的喧嚣中生活久了，心灵似乎也被蒙上一层尘埃，总想与大自然中的山水林田湖草沙来个亲密接触，让疲惫的灵魂亲近自然、得到洗礼。对我来说，最和谐的状态便是拖着疲惫的灵魂、带着浓浓的乡愁回到家乡。我的家乡便位于那令人怀念的山水林田之中，那里承载了太多令我难以割舍的情怀。

2024年8月18日（农历七月十五日）中元节，我驱车几百公里回到家乡，只为和母亲说上几句话。忽然理解了余光中笔下的乡愁，一方矮矮的坟墓，我在外头，母亲在里头。田中比人还高的玉米秆，遮挡了烈日下的微风，异常酷热，不断从脸上滴下的，已分不清是汗水还是泪水。

回到老房子，第一时间装好院里的压水井。水井的水位非常高，常年保持在井口处，好像随时等我回去一般。轻轻一压，井水便缓缓流出，呈现出自然的松弛感，使人格外放松，不像自来水，高压胁迫着水流喷涌而出，如同城市的生活节奏，使人精神高度紧张。那井水清凉甘甜，简直是一个天然冰箱，

在炎热的天气竟能流出这一汪清凉的甘泉，我不得不感慨大自然的魅力。借着这汪甘泉，我痛痛快快地洗了个脸，索性把上衣也脱了，连脖子、身上一块儿洗了，瞬间暑气全解，微风习来，我竟打了个寒战。

水井旁的老房子是一座二层楼房，是父母倾尽毕生积蓄给我盖的婚房，婚房没用上，我便考上了大学，从此回来的日子便越来越少。母亲为了帮衬我大学毕业后在城市立足，便又到省城做起了小生意，

心中的那汪清泉

◎ 胡启立

母亲的勤劳质朴使生意越来越好，多家媒体来店采访报道，不仅使店里的生意进一步火爆，也为我在城市立足奠定了经济基础。在城市逐渐立足，老家的房子便也逐渐荒废，母亲总想过几年回老家养老，心心念念要在老家房前打一口井，以便什么时候回老家随时有井水可用。于是便委托亲戚在房前打了这口压水井。水井打好后，因为没有大量抽水洗井，再加上使用频率低，导致我们过年回老家时，井底已被淤泥堵住，压不上来水，尝试修了几次也没有修好，便也没再管它。

母亲走后，我提议把这口水井修好，家人纷纷表示赞同。水井荒废多年，想修好并不容易，最后将井管上拔5米，掠过淤泥层，才见井口缓缓出水。有了上次的经验教

训，在水井修好后，便大量抽水洗井，直到井底形成稳定的泉水，便可以长期使用了。这口井的泉水非常旺盛，水质上乘，在强烈阳光的炙烤下，始终清澈如新的井水缓缓流淌，如母亲的关怀，令人心驰神往。这哪里是一口水井，简直是一汪能够洗涤我心灵尘埃的清泉。

不知不觉太阳已偏西，西方的青山依稀可见，一条清澈的小河从西山流经村旁，在夕阳余晖中，仿佛母亲在田里锄地的身影依稀可见。



“爸爸，我们要回家了。”孩子突然把我拉回现实，“好，回城里的家……”

回城的路上，路过西山矿区，不知什么时候，当年尘土飞扬的采矿区，现在山体上已经重新长满郁郁葱葱的林木，生态环境已经得到极大修复。这忽然使我意识到，发源于西山的清澈小河和清凉甘甜的井水，或许都得益于此。

作为一名国土空间生态修复工作者，“绿水青山就是金山银山”的标语就印在办公室的墙上，没有想到，一口小小的压水井让我真切体会到生态修复的意义。

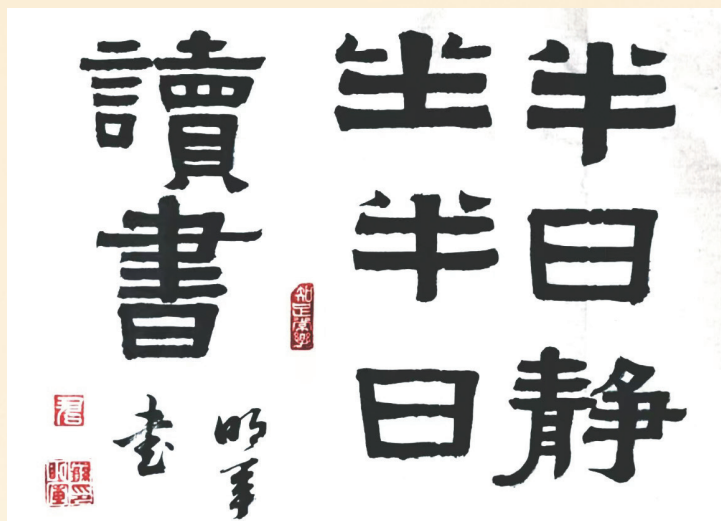
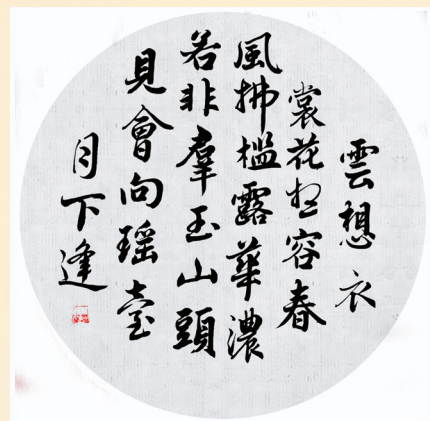
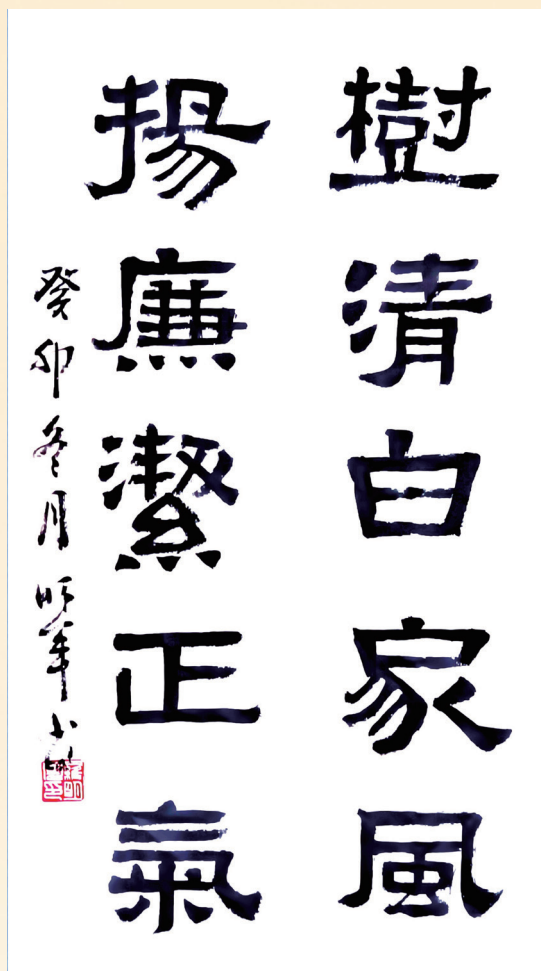
鸟恋旧林，鱼思故渊，留得住青山绿水，才能记得住乡愁，而我的乡愁就在这山水之间的那汪清泉中。☑（作者单位：河南省测绘院）

罗明军书法作品欣赏



罗明军，湖北武汉人，现就职于郑州市自然资源和规划局，系中国自然资源作家协会会员、中国作家网注册会员、郑州市书法家协会会员。

罗明军自小琢磨书画，从军后尤甚，长期笔耕不辍，研习隶楷行草和山水画，取法张迁碑、曹全碑，以及赵孟頫、梁启超、田英章等碑帖和名家。其隶书追古拙厚，行书柔美飘逸；学画寄情山水，为随性表达；其文学和书画作品多次在省市展出，被主要媒体转载并获奖，他本人曾获脱贫攻坚帮扶优秀驻村第一书记等荣誉。



月是故乡明

但此去
久矣
其味
甲辰
明君

風月自成景
山林別有天

甲辰冬月 明君



萬年枝上春常在
五色雲中日永明

明君



落筆如驚風日
詩成泣鬼神

甲辰夏 明君



明君



藏愛
書字
為不
富貧



《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院有限公司
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
荣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

《资源导刊·信息化测绘》杂志征订单

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

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

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

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

邮编：450003 电话：0371-65941854 65941858

《资源导刊·信息化测绘》杂志征订单

订阅单位		订阅份数	份
订 阅 起止月份	2025年1月至2025年12月（共12期）		10.00元/期
合计金额	（大写） 万 仟 佰 拾 元整 （小写） 元		

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

《资源导刊·信息化测绘》杂志征订单

订阅单位		联系人	
通信地址		电子邮箱	
纳税人识别号		联系电话	
订阅份数		订 阅 起止日期	2025年1月至2025年12月（共12期）
合计金额	（大写） 万 仟 佰 拾 元整 （小写） 元		

邮局汇款

单位名称：《资源导刊》杂志社

地址：河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部 邮政编码：450003

联系电话：0371-65941854 65941858

银行汇款

单位名称：《资源导刊》杂志社

开户行：中国银行郑州黄河南路支行

账 号：2546 4929 7642

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

欢迎订阅

《资源导刊·信息化测绘》

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

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

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



测绘资讯·政策解读
文化传播·技术交流

银行汇款

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

邮局汇款

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

地址:河南省郑州市黄河路8号《资源导刊·信息化测绘》编辑部 邮编:450003 电话:0371-65941854 65941858