

资源导刊 信息化 测 绘

国际标准刊号：ISSN 1674-053X 国内统一刊号：CN 41-1389/D

2023
第 9 期
总第456期



巧用加减乘除法 打造营商好环境 ——河南省扎实推进“多测合一”改革

“河南一号”卫星成果推介会在郑州举行

数字孪生应用



微信公众号



微信视频号



ISSN 1674-053X
9 771674 053074
下半年 定价：10元



河南省测绘地理信息技术中心召开主题教育总结会要求 深化主题教育成果 推动测绘事业高质量发展

本刊讯 9月21日，在收听收看河南省自然资源厅学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想主题教育总结会后，河南省测绘地理信息技术中心立即召开主题教育总结会议，深入学习中央、河南省委以及河南省自然资源厅主题教育总结会议精神，对持续巩固深化主题教育成果作出部署。中心党委书记、主任郭幸生，中心党委委员、副主任肖峰，中心党委委员、副主任武永斌参加会议。

郭幸生指出，主题教育开展以来，中心各级党组织围绕“学思想、强党性、重实践、建新功”总要求，紧密结合测绘地理信息工作实际，全力做到理论学习深学细悟、调查研究求真务实、推动发展扎实有效、检视整改刀刃向内、教育整顿一体推进、建章立制立破并举、组织领导有力有序，在以学铸魂、以学增智、以学正风、以学促干方面取得了实实在在的成效。

郭幸生强调，学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想是一项政治要求，也是一项长期任务，要

以始终如一的定力和韧劲，驰而不息巩固拓展主题教育成果。要持续抓实理论武装，坚持不懈用党的创新理论凝心铸魂。要坚持能动履职，全面贯彻新发展理念，积极践行习近平生态文明思想，推动测绘地理信息事业实现更高质量发展。要抓好整改落实，坚持实事求是，注重建章立制、完善机制，将“当下改”与“长久立”相结合，确保主题教育各项整改任务落到实处。要坚定树牢以人民为中心的发展思想，以民之所需、民之所求、民之所盼为导向，向社会提供高质量的测绘地理信息服务。

肖峰要求，中心各级党组织和干部职工要认真贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想和党的二十大精神，深入学习中央、省委主题教育第一批总结暨第二批部署会议精神以及河南省自然资源厅主题教育总结会议精神，总结运用好主题教育的成功经验，建立常态化、长效化制度机制，不断巩固拓展主题教育成果。☑（周正/文）

河南省政务大数据中心 与省测绘地理信息技术中心交流座谈



本刊讯 9月15日上午，河南省政务大数据中心党委书记王彦生一行到河南省测绘地理信息技术中心开展交流座谈。河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，河南省测绘地理信息技术中心副主

任武永斌等参加会议。

王彦生表示，感谢河南省测绘地理信息技术中心对省政务大数据中心机构改革工作的大力支持，输送的优秀人才为省政务大数据中心的组建和事业发展提供了可贵的人才支撑。下一步，双方要建立良好的沟通交流渠道，充分发挥数字化引领、撬动、赋能作用，驱动审批流程优化再造和政府治理方式变革。

郭幸生指出，希望双方进一步加强沟通交流，结合实际找准合作切入点，在做好数据安全保密工作前提下，充分发挥双方优势，持续强化业务合作，不断开拓数据服务应用新场景，有效提升信息化服务保障能力，推动数字化转型战略实施，为高质量建设现代化河南、高水平实现现代化河南提供强有力支撑。

☑（杜肖 陈庆贺/文、图）

“多测合一” 打造测绘服务新高地

◎ 王红闯

工程建设项目“多测合一”改革，是党中央、国务院深化“放管服”改革和优化营商环境的一项重点任务。“多测合一”改革不仅使项目费用大大减少，数据质量大大提高，而且统一规范各验收项目的测绘要求，打通了数据壁垒，共享了成果。实行“多测合一”改革以来，河南省测绘地理信息行政主管部门作了有益的探索，各省辖市也作出了卓有成效的业绩。

提高了项目审批效能，减轻了企业和群众负担。“多测合一”改革后，在项目用地立项规划审批阶段，测绘服务业务缩短10个工作日，实现“交地即发证”；在竣工验收阶段，缩短测绘工作1/3时长，实现“交房即办证”，“多测合一”全流程平均提高工作效率20%；同一测绘标的物只测一次，出具的分类报告只收一次测绘服务费，全流程测绘事项整体降费达到50%左右，大大减轻了企业和群众负担。

优化了测绘市场环境，完善了测绘行业监管。“多测合一”改革后，倒逼测绘服务机构自觉提高测绘成果质量，加强测绘业务水平，同时工程建设项目方可以自主选择服务好、质量高的测绘服务机构，营商环境得到进一步优化。测绘主管部门转变工作理念，强化职能发挥，实现从资质审批到事中事后监管无缝对接、闭环管理。严把测绘资质审批关，严格开展“多测合一”名录征集。同时，强化对测绘市场的监管，将承担“多测合一”任务的测绘单位纳入年度监督检查抽检范围，定期向社会公布检查结果。

当前，各市“多测合一”改革已经取得了一些好的做法和经验，下一步，要推动全省“多测合一”工作走深走实，真正让“多测合一”把各方力量“聚起来”，把评价标尺“立起来”，把督查利器“用起来”，确保各项措施落地见效，笔者认为，还需要从以下几个方面入手：

一是深入调查研究。各市对“多测合一”工作开展情况进行深入调研，查找出社会认知度不高、测绘市场还存在有形或无形垄断、部门协同不够、测绘机构业务能力不足等问题，对症下药。

二是加强组织协调。成立由市自然资源和规划局牵头、市住建等单位组成的工作专班，建立定期会商机制，研究解决“多测合一”工作推进过程中的难点、堵点问题。

三是压实部门责任。明确责任分工，压实自然资源、住建等部门成果审查、业务指导、联合验收窗口收件把关、测绘单位改制脱钩、行业监管等责任。

四是完善政策措施。根据部、省最新会议和文件精神，鼓励分阶段签订“多测合一”合同，强制实行联合验收阶段（含不动产登记）必须开展“多测合一”。

五是建立评价机制。建立市“多测合一”测绘中介服务机构公示评价制度，由项目业主和各成果使用职能部门通过“多测合一”管理系统对测绘服务机构进行评分，评分结果按季度在市自然资源和规划局门户网站和“多测合一”管理系统上进行公示，将评分结果较差的机构纳入重点监督对象。

六是强化考核督办。公正监管是公平竞争的保障。要构建“事前管标准、事中管达标、事后管信用”的高水平监管体系，以政府“有为”确保市场“有效”。将“多测合一”工作纳入市工改工作考核通报范畴。联合市营商办开展专项检查，对通过暗示等方式变相指定测绘服务机构、无形垄断、工作推动不力等问题进行问责。

改革争在朝夕，落实难在方寸。下一步，我们要继续探索实践，完善“多测合一”成果共享，统一窗口服务、建立统一数字平台，简化审批手续，缩短测绘时间、节约测绘成本，强化“多测合一”事中事后监管，打造测绘服务新高地，为各级层面“多测合一”工作开展提供全方位支撑；持续优化测绘市场环境，提升测绘服务效率，为助力打造全国一流营商环境注入新动能。



资源导刊 信息化测绘

2023年 下半月 第9期 总第456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

国际标准刊号：ISSN 1674-053X 国内统一刊号：CN 41-1389/D

广告发布登记证号：郑市监广发登字〔2019〕01-008号

邮发代号：36-373 定价：10元 印刷单位：郑州中彩印务有限公司

地址：河南省郑州市红专路71-1号《资源导刊·信息化测绘》编辑部

编辑部：0371-65941858 61732268 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
- 姚宣斌 武汉大学测绘学院院长
- 郭增长 河南测绘职业学院党委书记、院长
- 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 何晨 肖峰 武永斌 宋新龙 贺奕
- 成员 陈政民 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 孙常建 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：程寰
- 社长助理：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 李玉杰 陈庆贺 侯培 黄军领
- 论文编辑：张蓓蓓
- 美术编辑：张慧慧 文雅苹
- 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 “多测合一”打造测绘服务新高地

国内要闻

- 4 《测绘类项目支出标准（2023年）》印发 等9则

时政传递

- 6 “河南一号”卫星成果推介会在郑州举行
7 河南省2022年度基础测绘项目通过验收
讲好中原故事 打造中原地图名片
——河南省测绘地理信息技术中心与中图集团签订合作协议

特别关注

- 8 巧用加减乘除法 打造营商好环境
——河南省扎实推进“多测合一”改革

测绘广角

- 14 知我国家版图 共绘美丽中国
——河南省各地测绘法宣传日活动精彩纷呈

经天纬地

- 16 唱响新时代青春之歌
——河南省测绘院时空大数据服务中心“青年文明号”创建纪实

豫外传真

- 18 “天地图·内蒙古”移动端平台正式上线运行
新疆累计测制1:10000地形图超67万平方千米
19 山东建起现代测绘基准“一张网”
冀蒙辽全面深化卫星导航定位资源共享应用

经验交流

- 20 融合创新提升数据保障能力

发展研究

- 22 测绘地理信息为自动驾驶带来什么？

技术应用

- 26 点位的方差曲面与标准差曲面
30 基于高温特征的深度学习模型集成方法
34 结构知识驱动的遥感影像飞机型号识别方法
39 无偏灰色—BP神经网络组合模型在变形预测中的应用
42 基于静力水准测量技术的地铁隧道结构沉降监测
46 基于灰色—时间序列组合模型的建筑沉降预测
49 车载移动测量技术在地籍测绘中的应用

地图故事

- 52 宋代地图的种类

人文地理

- 54 在文庙，寻一方静谧润心

文苑撷英

- 56 “偷”秋
57 “年轻过”与“青春过”
58 中秋夜宴
59 青莲香气逸，家风永流传
60 芦苇
61 品读一方水

艺术欣赏

- 62 程昌静摄影作品欣赏

合作单位

- 64 《资源导刊·信息化测绘》宣传合作单位

封面

数字孪生应用 思源时空 / 供图

关注

《测绘类项目支出标准(2023年)》
印发

近日，自然资源部办公厅印发《测绘类项目支出标准(2023年)》，全面加强测绘类项目预算管理，为预算编制的规范性、科学性提供有效支撑。

项目编写组按照延续稳定、明确可行、实事求是、量价分离的基本原则，以2018年至2023年国家经济发展水平和测绘类项目生产成本费用实际消耗水平为基础，充分分析了影响测绘生产成本费用变动的各种经济因素和技术因素，经过广泛的调研分析、合理的分工测算、多轮征求意见和反复研讨论证等，最终编制完成《测绘类项目支出标准(2023年)》。支出标准分为大地测量、遥感数据获取、摄影测量与遥感、数据采集与编辑、地图编制、数据库建设与维护、系统开发与平台建设等14个章节，明确了各类测绘工作项目的工作内容、困难类别和预算经费标准。

该支出标准旨在有效规范国家测绘类项目的预算编制、审查及管理，将在自然资源部所属预算单位部门预算编制时得到应用。

我国海域海底地理实体地名有了“新华字典”

近日，我国首部以中国管辖海域海底地理实体研究与命名为主题的专题图集——《中国周边海域海底地理实体图集丛书》，由海洋出版社公开出版发行。

该丛书包含《渤海黄海东海和台湾以东海域海底地理实体图集》《南海北部海域海底地理实体图集》《南海南部海域海底地理实体图集》3册。全书采用平面图、立体图和信息表相结合的方式，科学呈现中国周边海域历次命名的769项海底地理实体命名成果。

为研编该套丛书，科研团队系统收集了近30年来在中国周边海域获取的多波束测深等数据，对来自不同项目、年代、设备和格式的多波束测深数据进行统一和规范化处理。该丛书的出版建立了中国管辖海域海底地理实体与地名的“新华字典”，规范了中国周边海域海底地理实体及其名称，为中国涉海地图、著作和论文的规范出版提供了海底地名标注的科学依据。

全球首部城市夜间灯光遥感图集发布

9月6日，全球首部城市夜间灯光遥感图集——《可持续发展科学卫星1号(SDGSAT-1)卫星微光影像

图集》，在第三届可持续发展大数据国际论坛(FBAS 2023)上正式对外发布，填补了全球高分辨率城市夜间遥感图集的空白。

全球首部城市夜间灯光遥感图集由可持续发展大数据国际研究中心(SDG中心)研制完成，收录了可持续发展科学卫星1号10米分辨率的全球105个国家147个城市夜间灯光数据，充分利用可持续发展科学卫星1号对地表进行宏观、动态、大范围、多载荷昼夜协同探测的优势，探索夜间灯光或月光等微光条件下地表环境要素探测的新方法与新途径，服务可持续发展目标相关领域的研究。

据介绍，可持续发展科学卫星1号是中国发射的、世界上首颗可持续发展科学卫星，其微光传感器具有10米分辨率彩色成像功能，在国际上处于先进水平。

科技

我国成功发射遥感四十号卫星

9月10日12时30分，我国在太原卫星发射中心使用长征六号改运载火箭，成功将遥感四十号卫星发射升空，卫星顺利进入预定轨道，“一箭三星”发射任务取得圆满成功。

遥感四十号卫星由中国航天科技集团有限公司五院航天东方红卫星有限公司抓总研制，主要用于开展电磁环境探测及相关技术试验。

长征六号改运载火箭是由中国航天科技集团有限公司八院抓总研制的新一代固液捆绑中型运载火箭。火箭为两级半构型，芯一、二级采用无毒无污染的液氧煤油推进剂，捆绑四台2米直径两段式固体助推器。火箭700公里太阳同步轨道运载能力大于4.5吨。

此次任务是长征系列运载火箭第487次飞行。



全国1米分辨率地表覆盖产品发布

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室张过教授崔浩博士后团队和信息工程大学徐青教授团队，联合研制了全国1米分辨率地表覆盖产品，近日正式发布并向各行业用户提供服务。

此次发布的1米分辨率全国地表覆盖分类产品是利用2020~2022年全国高分二号全色多光谱融合数据（含部分Google Earth补充数据），经过自动解译形成了现势性良好的10类（耕地、林地、灌木、草地、裸地、水体、冰雪、房屋、其他构筑物、道路）1米分辨率地理实体级的地表覆盖产品。团队突破了样本仿真、弱监督语义分割、域适应等遥感影像解译技术，崔浩博士后研制了地理实体级地表覆盖分类软件，实现了全国1米分辨率地理实体级地表覆盖产品研制。

资源三号02星、2米/8米光学卫星工程 完成竣工验收

自然资源部日前召开资源三号02星工程、2米/8米光学卫星（3颗）工程竣工验收会。会议指出，卫星在轨稳定运行多年，在工程技术上实现了多项创新突破，打破了国外卫星数据垄断，使“三调”国产卫星影像数据供给率提高到90%以上，推动我国陆地遥感卫星业务化应用迈上新台阶。

资源三号02星是国家民用空间基础设施发展规划的首颗遥感业务卫星，也是我国第一代民用高分辨率立体测绘卫星资源三号系列卫星的首颗业务卫星，2016年5月30日发射，当年12月投入业务化应用。该星首次搭载了试验性激光测高载荷，与资源三号01星、资源三号03星等同类卫星组网后，能更快获取覆盖全国乃至全球的高分辨率立体影像和多光谱影像，为全国1:5万基础地理信息产品生产、1:2.5万以及更大比例尺地图修测和更新、实景三维中国建设、自然资源调查监测等提供了高精度数据保障。

数字

5590.5亿次

9月1日，记者从自然资源部获悉，在国家地理信息政策及北斗系统科技支撑下，我国地理信息产业迅速发展，各类位置服务大幅提升。仅今年上半年，29家重点监测的地理信息企事业单位提供位置服务合计

达101.2万亿次，日均5590.5亿次，同比增长25.6%。

据中国地理信息产业发展报告（2022）显示，我国地理信息产业总产值近5年复合增长率11.5%，近10年复合增长率17.5%。民营经济成为主力军，在系统软件、导航定位芯片与板卡、商业遥感卫星、测绘仪器、导航软件、互联网地图等领域占据主导位置。

1.3万幅

记者从2023年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周主场活动获悉，自然资源部多方面支持业界充分利用地理信息数据要素，开发新型地图产品，丰富数字化应用场景。

五年来，自然资源主管部门共为6.3万申请件提供地图审核政务服务，其中高级辅助驾驶地图300余件，覆盖360多个城市及110多万公里道路。同时不断丰富公益性地图供给，标准地图服务形成国家、省（区、市）、市三级服务架构，涵盖世界、各大洲、中国、省（区、市）、市、县等政区和相关专题地图共计1.3万幅。启动新一代地理信息公共服务平台建设，推动天地图由单一地理信息服务向综合地理信息服务转型，及时发布各类测绘地理信息成果目录。在引导公众规范使用地图的同时，进一步提升数字地图在位置服务、平台经济等新业态中的数据要素保障作用。

1.5TB

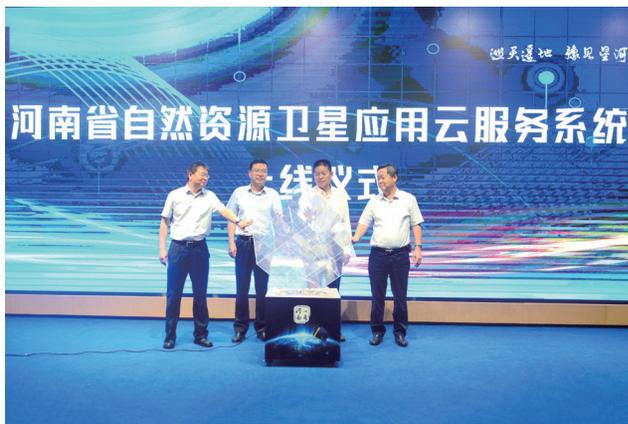
近日，中国国家航天局相关负责人接受记者采访时表示，金砖国家全球遥感卫星数据与应用合作平台的建立，将实现金砖各国卫星数据的快速汇集、高效共享与联合应用，促进金砖国家遥感卫星服务惠及全球，为区域经济社会可持续发展赋能，落实全球发展倡议，助力应对全球面临的共同挑战。

2021年8月18日，金砖国家航天机构负责人签署《关于金砖国家遥感卫星星座合作的协定》，我国高分六号卫星、资源三号02星、三亚地面站等加入金砖国家遥感卫星星座合作。协定签署以来，中国国家航天局先后发布金砖国家遥感卫星星座中国网站，提供中方遥感卫星元数据和样例数据，推动金砖国家遥感卫星星座数据共享。据统计，中方已向外方共享了超1.5TB遥感卫星数据，持续推动遥感卫星数据应用于金砖国家经济社会的各行各业。☑

“河南一号”卫星成果推介会在郑州举行

河南省自然资源卫星应用云服务系统上线

◎ 陈庆贺 龙洋



8月31日，由河南省自然资源厅主办，河南省测绘地理信息技术中心承办，河南省遥感院、长光卫星技术股份有限公司协办的“河南一号”卫星成果推介会议在郑州成功举行。河南省自然资源厅一级巡视员杜清华，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长宋新龙参加会议。会议由河南省测绘地理信息技术中心副主任肖峰主持。

杜清华表示，“河南一号”卫星是贯彻落实河南省委、省政府决策部署，由河南省自然资源厅主导、河南省测绘地理信息技术中心承担的一项重点工程，其数据由河南省自然资源卫星应用技术中心进行接收、处理和分发共享。截至目前，已累计获取“河南一号”卫星原始数据13327景，每两月更新一次全省亚米级影像，生产全省影像“一张图”产品7期。数据影像产品在河南省相关行业，尤其在自然资源系统得到了分发共享，累计提供影像成果30余批次，总覆盖面积425万平方千米，总数据量超过95TB。

杜清华指出，河南省自然资源厅充分利用“河南一号”卫星数据成果，着力打造全方位、多要素、全覆盖的卫星监测预警体系，全面融入各领域，服务保障全省各行业对遥感影像的迫切需求。一是推动建立了“日监测发现、周汇总分发、月通报结果”的工作机制，在违法违规占用耕地治理中，形成“天上看、地上核”的监管体系，促进河南土地管理秩序稳定向

好。二是推动遥感数据成果共享应用，采用“变化分类发现”“目标识别”等先进技术，辅助水利、生态、审计等领域的动态遥感监测监管工作，提升管理和保护工作精准化、智能化水平。三是推动创新研究应用，在农业保险遥感评价工作中，基于深度学习算法、长势和灾害监测模型、大数据分析等手段，精准提取要素、快速核查信息，为财政资金的合理使用提供关键支撑。

杜清华强调，把数据优势转为发展胜势，关键在于推动数据成果转化应用，挖掘和释放数据综合效能。一是强化制度机制。全面推进全省自然资源卫星应用体系建设，建立自然资源卫星应用市级中心、县级节点，打通省、市、县遥感应用链条；加强遥感影像统筹，推进市县在影像处理、应用服务、技术创新等方面协同发展，提升全省整体遥感应用能力，让“河南一号”卫星成果释放价值，爆发力量。二是强化服务支撑。持续巩固卫星遥感在自然资源调查、规划、监测、评价、执法、督察等领域的深度融合，积极推进“河南一号”卫星影像和监测成果的共享共用。三是强化创新发展。增进与高校、企业、科研院所之间的合作，在科学研究、技术创新、成果转化、人才培养等方面，进行优势互补、跨界融合；充分利用人工智能、大数据分析、数据挖掘等先进手段，不断提升数据资源应用价值。四是强化拓展应用。加强“河南一号”卫星在各地区、各部门、各行业、各企业的发展融合，以数字化、智能化、一体化、便捷化为方向，拓展“河南一号+”数据应用服务场景，提升遥感应用产业化规模，探索转型升级新路径，为河南省数字经济建设提供强劲动能，解决现实难题，惠及人民大众。

会上，杜清华、郭幸生、宋新龙和河南省遥感院院长张向军共同开启了河南省自然资源卫星应用云服务系统。该系统由河南省遥感院自主研发建设，旨在面向全省各政府部门、企事业单位和社会公众，提供遥感数据资源查询申请、共享分发、在线服务、监测应用等服务。会议还介绍了新出台的《河南省遥感影像成果应用统筹管理办法》。☑（作者单位：河南省测绘地理信息技术中心）

河南省 2022 年度基础测绘项目通过验收

◎ 本刊记者 陈庆贺

9月1日，河南省自然资源厅在郑州组织专家对河南省测绘地理信息技术中心承担完成的河南省2022年度基础测绘项目进行验收。河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，中心副主任武永斌，河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长宋新龙参加会议。

郭幸生指出，为推进基础测绘成果应用向深里走、实里走，河南省测绘地理信息技术中心多措并举，扩大合作领域，与省直各厅局、各部门、院所等签订合作协议，开创测绘地理信息技术支撑和成果应用服务新局面；相继召开了“河南一号”卫星应用一周年新闻发布会和成果推介会，着力推进卫星遥感成果的广领域深层次应用，充分发挥测绘地理信息数据要素保障作用，拓展地理信息赋能领域，培育新的经济增长点。

郭幸生表示，面对新形势、新需求，河南省测绘地理信息技术中心将秉持守正创新的发展理念，着力推进新型基础测绘体系和实景三维河南建设，为全省

自然资源管理、国土空间治理和经济社会发展提供更好更丰富的测绘地理信息产品和技术保障，助力全省数字化战略实施。

会上，来自华北水利水电大学、战略支援部队信息工程大学、河南理工大学、河南省科学院地理研究所、河南省财政厅预算评审中心的专家听取了项目工作汇报，审阅了文档资料，观看了成果演示，经质询与讨论，认为项目资料齐全、规范，根据《河南省自然资源厅关于下发2022年度基础测绘生产计划的通知》要求，完成了1:1万基础地理信息更新与建库、河南省地理信息公共服务平台数据更新及运维、老少边穷困难补助等各项任务，经第三方检测机构全面检验，成果质量符合国家相关技术标准和规范要求。项目成果公益性、基础性作用突出，在自然资源管理、赋能政府决策、助力数字经济发展、服务公众美好生活等方面发挥了重要保障作用，经济社会效益显著，项目经费使用合理，完成了绩效目标，一致同意通过验收。☑

讲好中原故事 打造中原地图名片

——河南省测绘地理信息技术中心与中图集团签订合作协议

◎ 秦文静

9月12日，河南省测绘地理信息技术中心与中国地图出版社集团有限公司（以下简称“中图集团”）举行长期合作签约仪式。中图集团党委委员、董事、副总经理张学锋，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，中心副主任肖峰参加签约仪式。

根据协议内容，双方将在测绘应急保障、政府服务、测绘地理信息成果应用、河南特色地图产品研发等方面开展合作，将建立应急数据、快速成图技术共建共享机制，提升应急地图服务能力；共同推动各行业成果转换，做好重大项目的图件成果编制、出版和发布工作，用地图记录中原发展；充分挖掘中原文化特征，利用地图这一特殊载体共同讲好中原故事，为中原出彩贡献测绘力量，打造中原地图名片；建立日常沟通协调机制，指定联系单位和部门，成立工作专班，全



力做好项目建设服务保障。

中图集团、中图地理信息公司、河南省测绘地理信息技术中心、河南省地图院等单位相关领导参加签约仪式。☑（作者单位：河南省地图院）

巧用加减乘除法 打造营商好环境

——河南省扎实推进“多测合一”改革

◎ 本刊编辑部

党中央、国务院高度重视深化“放管服”改革、优化营商环境工作，“多测合一”改革是自然资源部门贯彻落实“放管服”改革要求的重要职责和重大改革任务。2019年9月，自然资源部发布《关于以“多规合一”为基础推进规划用地“多审合一、多证合一”改革的通知》，明确提出对测绘业务进行整合，推进“多测合并、联合测绘、成果共享”，按下“多测合一”改革的启动键。

2021年，河南省自然资源厅、省发展改革委、省财政厅等7部门联合下发《关于全面推进河南省工程建设项目“多测合一”改革的指导意见》，要求全省各地从推进服务新模式、规范技术标准、建立共享新机制、探索监管新方式、优化市场环境等5个方面推进工程建设项目“多测合一”改革，最大限度缩减测绘环节和时限，切实减少测绘费用支出，助力工程建设项目行政审批效率提升和营商环境改善。

近年来，河南省各地自然资源部门针对明确测绘事项、摸清技术标准、明晰工作主体、解决主要问题等改革的关键要点狠下功夫，通过整合测绘事项，统一技术标准，推进成果共享、结果互认，逐渐探索出一批市场主体认可、实践证明有效的创新举措，有力推动了工程建设项目“多测合一”改革向深度、广度拓展。本期《特别关注》栏目特推出河南省部分地市“多测合一”改革的典型经验做法，展现优化营商环境出实招、下功夫的行动成果，为推进中国式现代化河南实践“加油赋能”。

郑州：联合测绘助力营商环境再优化



“联合测绘，转变了测绘技术支撑工程建设项目审批业务的服务模式，实现测绘成果共享应用，减少了多头对接，使测绘服务更快更优。同时‘非禁即入’原则，为企业从事联合测绘提供便利，让市场竞争更公平。”河南华顺工程勘测设计有限公司总经理孙华刚说。

近年来，郑州市自然资源和规划局围绕“放管服”改革，以市场主体期待和诉求为导向，全面深化工程建设项目联合测绘，打破部门壁垒，提升测绘服务效率，营造更好营商环境，切实方便企业和群众办事。

立标准，免争议保质量

为优化营商环境，郑州市自然资源和规划局注重在顶层设计方面做好“加法”，会同郑州市有关部门，出台一系列配套政策文件，为做好联合测绘打牢基础。

2020年4月，郑州市自然资源和规划局、郑州市住房保障和房地产管理局、郑州市人民防空办公室三部门联合印发《郑州市工程建设项目联合测绘实施细则》，将工程建设项目联合测绘所涉及的建设工程施工规划核实、人防工程竣工测量、房屋建筑面积测绘和不动产测量成果报告模板进行了确认统一。

之后，该局又联合相关部门发布了《关于郑州市工程建设项目竣工验收阶段实行联合测绘的通告》《全面推进郑州市工程建设项目联合测绘改革的实施方案》，进一步整合测绘事项，优化测绘流程。

依据相关标准，该局先后组织市本级、各区县（市）相关行政审批部门以及建设单位、测绘单位多次开展联合测绘系统操作及相关政策解读培训。通过多部门共同努力，形成了统一标准，避免了争议，确保测绘成果质量真实可靠。

合事项，提效能降成本

工程建设项目涉及资源规划、城乡建设、住房保障、人防等不同部门，测量测绘服务事项多达16项。善做“减法”，对优化营商环境大有裨益。因此，郑州市自然资源和规划局通过将各阶段涉及的测量测绘服务事项整合缩减为立项用地规划许可、建设施工许可、竣工验收等3个阶段，打通数据壁垒，实现成果共享。

据悉，郑州市工程建设项目联合测绘只需建设单位将联合测绘成果推送到郑州市工程建设项目审批管理系统备案，各行政审批部门对上传的联合测绘成果进行调阅审核，建设单位不再重复提供测绘成果备案。

如今，郑州市政府投资类的建设项目联合测绘时限仅需10个工作日，社会投资类的建设项目联合测绘小型项目时限为12个工作日、中型项目为18个工作日、大型项目不超过30个工作日，极大缩减了测绘环节和测绘时限，降低了企业投入成本，助推工程建设项目行政审批效率提升和营商环境改善。

建平台，优服务促共享

为进一步实现联合测绘成果共享，基于郑州市工程建设项目审批改革系统、“一码管地”业务审批系统、郑州市中介服务超市平台等，郑州市自然资源和规划局优化建立了郑州市工程建设项目联合测绘平台。测绘单位入驻郑州市政务服务“中介超市”接受委托，建设单位通过平台委托测绘单位服务，测绘成果通过平台共享，切实打通了“多测合一”改革“最后一公里”。

郑州市工程建设项目联合测绘，按照“非禁即入”的市场准入原则，面向社会开放，具有相应资质的测绘单位均可自愿申请加入郑州市联合测绘“中介服务超市”名录库，并纳入全市政务服务“中介超市”统一管理。目前，已有116家测绘资质单位入驻郑州市联合测绘“中介服务超市”。

“原来大多数测绘单位只做专业和单一的测量测绘服务，测绘时间长、效率低、成本高，而实行联合测绘，是传统测绘观念的一次重大转变。”郑州市郑土测绘服务有限公司总经理李延鹏说。

据悉，郑州市工程建设项目实行联合测绘以来，建设单位通过平台共发起491项服务需求，与测绘单位签订合同305项，提供测绘成果使用154项。□（刘华宝）

开封：让企业尽享改革红利

近年来，开封市自然资源和规划局不断优化政务服务，整合测绘事项，规范测绘标准，建立成果共享机制，强力推进“多测合一”改革，通过“一把尺子”量到底、“一套数据”用到底等措施，切实减轻企业和群众负担，实现营商环境再优化，助力全市经济社会高质量发展。

加强顶层设计

自2019年以来，开封市自然资源和规划局多次组织召开“多测合一”工作推进座谈会，征求开封市发改委、财政局、住建局、人防办、政务服务和大数据局、气象局，以及各县（区）自然资源主管部门、全市测绘资质单位等相关部门人员对“多测合一”改革工作的意见建议，认真梳理涉及的具体测绘事项、业务流程以及存在问题，最终形成符合全市工作实际的“多测合一”改革实施方案。

2021年8月，开封市自然资源和规划局联合七部门印发《开封市工程建设项目“多测合一”改革实施方案》，将工程建设项目立项中所需的选址测绘、土地勘测定界测绘、宗地草图等3个测绘事项，整合为立项用地规划许可阶段综合测绘；

将审批阶段所需的扩展地形图测绘、定位图测绘、放验线测绘、日照分析测绘、房产预测绘等5个测绘事项，整合为工程建设审批阶段综合测绘；

将工程建设竣工核验和登记发证阶段所需的核实测量、房屋实测、不动产落宗测绘等3个测绘事项，整合为核验登记阶段综合测绘。

整合后，每项综合测绘可由一家测绘单位完成，也可全流程由一家测绘单位完成，最大限度缩减测绘环节和时限，切实减少测绘费用支出。通过强力推进“多测合一”改革，工程建设项目测绘时间大大缩短，切实提高了工作效率。

搭建中介超市

围绕《开封市工程建设项目“多测合一”改革实施方案》，开封市自然资源和规划局不断完善政务服务“中介超市”相关模块，助力工程建设项目行政审批效率提升。

为打破测绘市场垄断，实现业主和测绘单位不见

面、线上双向互选，开封市自然资源和规划局建立“多测合一”网上服务“中介超市”平台。项目业主方只需在开封政务服务“中介超市”服务平台发布项目公告并选取测绘服务，便可一次进行全流程测绘委托，极大节约了企业的人力和时间成本。

根据“中介超市”服务平台投资项目行政审批的要求，业主方在服务平台注册，填写“多测合一”项目要求并发布项目公告。在测绘单位承接测绘服务后，测绘管理部门、大数据服务中心和行政审批部门可实时动态监督测绘服务流程、及时调取工程施工阶段性测绘成果，迅速进入审批流程，极大提高相关主管部门的监督和审批效率。如因测绘服务机构造成测绘成果出现问题，由测绘服务机构依法承担相应责任。

“今年以来，‘中介超市’完成‘多测合一’线上选取项目27个，真正实现了让数据多跑腿、让企业少跑路，进一步提升了服务效率。”开封市民之家工程建设专用窗口工作人员表示。

成果互认共享

“现在，只需登录开封市‘多测合一’数据共享平台，就可以及时下载相关的测绘成果数据及图件，成功实现不同部门间测绘成果数据流转、互认和共享。”开封市自然资源和规划局测绘地理信息管理科工作人员介绍。

据了解，为打通“多测合一”改革工作“最后一公里”，经过1年多的研发，2022年12月，开封市“多测合一”数据共享平台在政务外网正式运行。开封市住建、应急、人防、气象、消防等部门通过登录系统，便可随时随地查看“多测合一”测绘项目，也可调取接口下载平台上已录入的项目测绘成果数据、图件，实现同一个测绘事项“一次委托、一次收费、一次取结果”，为工程建设项目实施和企业发展减负、提效。

开封市自然资源和规划局负责人表示：“目前，开封基本实现了变垄断为竞争、变审批为备案、变管理为服务的三大转变，以及最多跑一次的改革目标。下一步，我们将持续深化‘放管服’改革，完善成果汇交共享机制，逐步实现‘一测多用’，为工程建设项目审批制度改革、自然资源审批监管提供更加优质高效的服务。”（卢伟强）

焦作：按下项目落地“加速键”

“感谢焦作市政府的好政策，感谢焦作市自然资源和规划局高效优质的服务，让我们在最短时间内顺利拿到了交付土地确认书和不动产权证书，为项目工程建设发展按下了加速键。”河南中源钛业有限公司中福钛锆产业园项目负责人说。

据介绍，河南中源钛业有限公司中福钛锆产业园项目3月31日完成土地摘牌，4月11日就完成国有建设用地使用权首次登记的办理，全流程用时43个工作日，比传统模式提早几个月完成交地、发证。这是焦作市城区首宗国有建设用地“交地即交证”。

中福钛锆产业园项目从拿地到开工的全程高速落地，得益于焦作市持续深化“多测合一”改革，将工程建设项目审批涉及的选址测绘、勘测定界、规划放验线、规划条件核实等测绘事项进行优化压减，减少测绘委托次数和时限。即在建设项目审批全流程中，将测绘内容相近或属于同一审批阶段的多个测绘业务，整合为一个测绘业务。这项改革打破了测绘项目行政壁垒，避免重复测绘、多头测绘，进而降低企业成本。

据了解，为进一步优化营商环境，助力工程建设项目高速落地，焦作市自然资源和规划局不断推出利民举措，上线“多测合一”全流程综合服务平台，实现一次委托，联合测绘，成果共享；在推进“多测合一”改革工作大踏步向标准化、规范化、信息化、信用化迈进的同时，让建设单位零跑腿即可办理各项测绘业

务；印发《焦作市工程建设项目“多测合一”改革实施办法》，坚持围绕测绘流程“一条线”，整合测绘事项，减少重复测绘，共享测绘成果，有效保障测量成果满足审批及信息综合管理使用。

同时，焦作市自然资源和规划局还着力推动“多测合一”数据采集、处理、质量控制、入库等流程规范化开展；依托焦作市基础地理信息中心设立测绘业务“质检站”，加强质量监管，为工程审批过程中涉及的各个环节数据进行空间关系、拓扑关系、标识绘制等检查，保障阶段性成果质量；依托焦作市“多测合一”管理服务平台完成收录存储，构建测绘成果“共享池”，推进与焦作市工程建设项目审批管理系统互联互通，项目单位在审批系统内申请报批所涉及的测绘成果可由其他应用部门或审核科室线上调取，提高共享覆盖面。

据统计，今年以来，焦作市“多测合一”改革已累计服务96个工程建设项目，为企业节约资金近200万元，测绘成本平均降低20%，测绘服务效率平均提高30%。

“下一步，我们将持续统筹推进‘多测合一’改革，进一步压减工作环节、打通信息壁垒、降低企业成本，逐步实现‘一测多赢’，为群众和企业提供更多便利。”焦作市自然资源和规划局调查测绘科科长郑彦基如是说。☑（张涛）



南阳：改革改到企业心坎上



“以前建设项目审批在每个环节都需要做一次测绘，测绘公司也不是一家，要联系不同的测绘公司，耗力耗时、重复花费。现在好了，在中介服务超市里挑选自己中意的测绘公司，测绘成果多部门、多事项共享，大大减少了测绘次数和时间，给我们节省了不少费用。‘多测合一’改革真好，改到我们的心坎上了！”8月31日，南阳市城区某公司项目负责人拿着获批的建设手续高兴地说。

据了解，为深化工程建设项目审批制度改革，进一步优化营商环境，提高测绘服务保障地方经济发展的能力，南阳市自然资源和规划局扎实推进“多测合一”改革，取得明显成效，受到社会各界的充分肯定。

工程建设项目审批涉及住建、自然资源和规划、人防、消防等多个部门，以前在不同部门办理相关审批时需要建设单位多次委托测绘，环节多、时间长、费用高等成为市场主体反映的突出问题之一。

为解决这一堵点、痛点、难点问题，南阳市自然资源和规划局按照省、市工程建设领域改革部署，积极探索“多测合一”改革新模式，首先从政策层面入手，印发《关于全面推进南阳市工程建设项目“多测合一”改革的实施意见》《关于合并工程建设项目“多测合一”事项的通知》，建立工作机制，规范测绘标准，梳理各阶段测绘事项，将测绘阶段压缩到3个，原16类事项合并为7类；明确“多测合一”管理部门职责分工、实施范围、完成时限、市场监管、质量管理、名录库管理等要求。

改革意见出台了，落实见效是关键。南阳市自然

资源和规划局高度重视，毫不松懈，采取一系列行之有效的措施推进“多测合一”改革在全市推行实施，让改革红利实实在在惠及各个建设项目。

建设“多测合一”网上办事大厅，打破行业壁垒。按照“非禁即入”的原则，全面开放测绘市场，机构均需入驻南阳市“多测合一”网上办事大厅，由业主从“南阳市网上中介服务超市”中自主选择测绘机构提供测绘服务。经审核，已有109家测绘资质单位入驻南阳市“多测合一”网上办事大厅，为“多测合一”实施提供公开公平公正、规范健康有序的市场环境。

严格作业规范，统一技术标准。该局在门户网站开设联合测绘专题模块，登载各项技术规范，要求测绘单位按照《河南省建设工程项目联合测绘技术导则（试行）》和有关规定开展“多测合一”，确保全市测绘成果规范、通用。

为加强测绘中介服务机构监管，该局印发《关于加强测绘地理信息市场监督管理工作的通知》《关于印发南阳市测绘类中介服务行业规范管理办法的通知》，要求全市自然资源部门切实履行测绘地理信息市场监督管理职责，加强对重点事项、重点领域的监督管理，加强测绘地理信息信用体系建设；印发《关于加强“多测合一”中介服务机构管理的通知》，明确要求“多测合一”技术标准、测绘服务时限、收费标准等按照国家、省、市相关规定执行。定期对测绘成果质量开展“双随机”检查，因测绘服务机构原因造成测绘成果出现问题的，依法依规承担法律责任。

如今，南阳市工程建设项目审批全流程测绘总时限由改革前的60多个工作日大幅缩减到12至30个工作日，测绘费用节省两成以上，业务审批效率得到明显提高，企业满意度大幅提升。值得一提的是，2022年9月，在河南省工程建设项目审批制度改革暨优化营商环境工作推进会上，南阳市工程建设项目“多测合一”改革作为“减少费用降低成本，持续释放改革红利”典型经验进行了推广。

自2021年推行“多测合一”改革以来，南阳市已有150余个工程建设项目受益，涉及住宅、商业综合体、教育、工业等多个领域，为南阳打造“六最”营商环境、加快南阳建设现代化省域副中心城市提供了有力支撑。☑（张帆）

济源：优化服务提高审批效率

近年来，济源产城融合示范区自然资源和规划局积极开展“多测合一”改革，通过制定配套政策、统一技术标准、搭建信息平台等“组合拳”，实现了工程建设项目全流程涉及行政审批测绘事项一次告知、一套材料、一网通办、一次办结，提高了测绘服务水平和行政审批效率。

为稳步推进“多测合一”改革，济源示范区自然资源和规划局联合住房和城乡建设局等部门，多次召开会议，研讨改革方案，先后印发《济源产城融合示范区工程建设项目“多测合一”实施办法》《济源产城融合示范区工程建设项目“多测合一”中介服务机构基本名录库管理规定（试行）》《济源产城融合示范区工程建设项目“多测合一”实施细则（试行）》等文件，为“多测合一”改革提供了制度保障。

根据相关文件标准，明确将“多测合一”业务工作流程分为测绘中介服务机构入库、项目委托、合同签订与备案、测绘作业、测绘成果审核、成果推送与共享、再次选择等7个环节，并规定了测量工作的作业时限及各行政主管部门的审核时限。按照“时间相近、内容相似、主体相同”和“同一标的物只测一次”原则，将工程建设项目涉及土地、规划、住建、消防等行政审批的全流程测绘中介服务整合为3个阶段，将原本15个测绘事项整合为3个测绘事项，有力推进了工程建设项目全生命周期测量业务的融合和精简，提高了测绘服务和行政审批效率。

为方便群众和企业办理业务，济源示范区自然资源和规划局建设完成“多测合一”信息管理系统，通过建设网上办事大厅，打造“一站式”网上服务窗口，项目委托、项目备案、成果上传、成果共享等可实现全流程线上办理。同时基于系统的业务数据和地图管理，也实现了用户、项目、测绘成果的空间关联，便于全面掌握“多测合一”业务总体情况。

此外，该局还建立了济源示范区“多测合一”中介单位名录库，做到统一组织、统一备案、统一管理和统一共享，实现部门间、环节间“线上审批”。测绘资质单位可通过网上办事大厅门户网站在线申请入驻名录库。建设单位依法依规从名录库选择测绘单位，承担与本部门行政审批相关的测绘技术服务工作。工程建设项目在立项用地规划许可和工程建设许可、施工许可、竣工验收3个阶段，可以委托一家测绘单位承担，也可全流程委托一家测绘单位承担。

各测绘资质单位受委托承接“多测合一”服务项目，应与服务对象签订“多测合一”合同，并按照规定进行测绘任务备案，上传“多测合一”合同和测绘成果（涉密成果除外）；建立健全质量管理体系，加强测绘全过程质量监管，对测绘成果终身负责。

目前，济源已有7家测绘单位入驻“多测合一”平台，48个项目实施了“多测合一”，涉及土地面积4470余亩，真正实现了压缩测绘环节、共享测绘成果、缩短审批时间，显著降低了企业运行成本。☑（孙璐）



知我国家版图 共绘美丽中国

——河南省各地测绘法宣传日活动精彩纷呈

发布倡议书、互动直播、测绘仪器设备展览、宣传活动进校园……8月28日以来,2023年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动在河南各地如火如荼展开。此次活动以“规范使用地图 一点都不能错”为主题,在全省营造了正确使用地图、自觉维护国家版图尊严的浓厚氛围,进一步强化了公众国家版图意识,让规范使用地图成为全民自觉。

开封:发布2023年版标准地图

8月28日上午,开封市2023年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动正式启动。活动现场发布了2023年版标准地图和“规范使用互联网地图倡议书”,通过悬挂横幅、发放彩页、摆放展板、播放宣传片、现场咨询讲解等方式,向群众宣传测绘法及国家版图知识。

该局还组织多家测绘单位开展测绘应急演练,检验测绘应急队伍的协作能力,展示测绘地理信息工作成果和先进的测绘仪器装备。启动仪式结束后,开封市各区分局又组织人员深入辖区图书馆、景区、车站、报亭、古玩市场、儿童玩具销售点等场所开展地图市场专项检查,切实维护国家主权、安全和利益。

安阳:线上直播宣传活动

8月29日,安阳市自然资源和规划局在市“五一广场”设置主会场,各县局设置分会场,围绕主题开展测绘法宣传活动,并通过抖音进行3个小时的网上互动直播。

此次活动共组织全市19家企事业单位参与,现场设置了测绘法律展、测绘历史展、测绘成果展和新型测绘仪器设备展、无人机飞行表演5个展区,以及5个测绘企业形象墙、1个测绘发展历史长廊、9个咨询宣讲台,同时通过室外大屏滚动播放测绘法宣传视频,发放《中国地图》《测绘法》等宣传资料,吸引了大批观众参展。

焦作:测绘法宣传从娃娃抓起

8月29日,焦作市自然资源和规划局邀请地图专家,组织城区测绘资质单位,设立宣传站点,通过展板、条幅、电子屏等方式,向公众宣传测绘法律法规,发放国家版图知识宣传册和地图,引导公众正确绘图用图。

为激发少年儿童对家乡、对祖国的认知与热爱,该局还组织全市测绘资质单位中的注册测绘师,组建市级国家版图意识公益宣讲团,

联合有关单位走进中学,开展“爱我山河,知我版图,一点都不能错”的国家版图意识公益宣讲活动。宣讲员为同学们讲解了国家版图知识、问题地图示例及危害、如何获取标准地图等内容,帮助青少年树立国家版图意识,培养自觉维护国家主权和领土完整的责任意识。

南阳:开展测绘法宣传“进社区”

8月29日,南阳市自然资源和规划局以《强化国家版图意识促进测绘事业发展》为题,在《南阳日报》发表答记者问文章,围绕测绘法宣传活动内容,介绍了近年来南阳市测绘地理信息工作成就和下一步测绘工作总体发展思路等。

该局还开展了测绘法宣传“进社区”“进校园”等活动,组织社区党员、群众、中小學生收看国家版图意识宣传片,发放中国地图拼图等宣传品,让大家熟悉测绘法律法规,进一步增强国家版图意识。



● 南阳开展测绘法宣传“进社区”活动



● 济源开展别开生面的“开学第一课”

许昌：多措并举扩大宣传范围

为进一步加强测绘地理信息法制宣传教育，许昌市自然资源和规划局多措并举，扎实开展测绘法宣传暨国家版图意识宣传周活动，充分利用局官方网站、微信公众号、电子显示屏等形式对测绘法宣传日活动主题进行了多角度、全方位宣传；成立“问题地图”专项巡查组，对市区大型商场、书店、图书批发市场等地图类制品销售场所进行专项检查；走进校园向学生宣传讲解国家版图知识，普及“问题地图”识别方法等内容，不断深化学生的国家版图意识教育。

据统计，全市共悬挂宣传横幅50余条，摆放宣传版面40余块，拍摄宣传照片300余张，发放各类宣传材料2000余份。

信阳：宣传内容丰富多彩

信阳市自然资源和规划局下发《关于开展2023年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动的通知》，利用电子屏滚动播放活动主题口号和宣传海报，组织检查组到书店、文具店等公共场所开展地图市场专项检查，组织测绘资质单位

在人员流动量大的街道、广场，为人民群众发放《测绘知识问答》宣传资料，同时组织开展测绘法宣传进社区活动，以宣传促普及，进一步增强公众的国家版图意识。

驻马店：“四进”活动让国家版图意识深入人心

驻马店市自然资源和规划局紧紧围绕“规范使用地图 一点都不能错”活动主题，积极开展测绘法及国家版图意识“进校园”“进企业”“进社区”“进农村”活动，组织21家测绘资质单位到广场设

立咨询台，悬挂横幅、摆设展板，提供咨询服务，向广大群众发放宣传彩页5000份、《测绘法》读本100份；利用广场的电子屏滚动播放《测绘法》宣传片，在市区主要交通要道的出租车站广告牌张贴宣传海报。此外，该局还到驻村帮扶地小学宣传国家版图知识，并向学生赠送了地球仪、地图拼图等物品。

济源：别开生面的“开学第一课”

8月28日上午，济源示范区自然资源和规划局与济源职业技术学院联合开展的2023年测绘法宣传日暨国家版图意识宣传周活动，为学生带来了别样的“开学第一课”：规范使用地图，一点都不能错。

在测绘课堂上，老师向学生们讲解了测绘法内容，普及了国家版图形状、“问题地图”识别要领、陆地边界和海岸线等基本知识。同时设立咨询台、悬挂宣传标语、发放宣传资料，展示GNSS、全站仪、无人机等测绘设备，向学生们宣传《地图管理条例》、国家版图等相关测绘知识，进一步营造了自觉维护国家版图完整和尊严的良好社会环境。☑（本刊编辑部综合整理）



● 驻马店市自然资源和规划局工作人员为小学生发放地球仪

唱响新时代青春之歌

——河南省测绘院时空大数据服务中心“青年文明号”创建纪实

◎ 黄军领

唱响新时代青春之歌，书写测绘人奋斗篇章。近日，河南省测绘院时空大数据服务中心（以下简称“大数据中心”）以优异的成绩，被共青团河南省直机关工委授予“青年文明号”荣誉称号。

“获得这份荣誉，是鼓励更是鞭策！”河南省测绘院院长付治河说，“近年来，河南省测绘地理信息技术中心高度重视精神文明创建工作，省测绘院也先后出台措施，推动创建工作的开展，大数据中心就是创建工作中涌现出来的先进群体。他们以‘敬业、协作、创优、奉献’为理念，以创建活动为抓手，以培育和践行社会主义核心价值观为重点，发挥青年优势，丰富精神文明建设内涵，立足‘两支撑、两服务’工作定位，提升测绘地理信息服务保障能力，取得显著成效。”

河南省测绘院时空大数据服务中心始建于1997年，现有员工42人，其中青年员工30人，占总人数的71.4%，主要从事航空摄影测量、遥感技术应用和地理信息开发等工作，先后承担了国家基础比例尺地形图测绘、地理国情监测、数字城市、自然资源调查监测、卫星遥感综合应用、空间规划等建设任务。大数据中心于2016年被授予河南省“工人先锋号”，有3人分别获得河南省“五一”劳动奖状（奖章）、河南省测绘地理信息技术能

手和河南省第三次全国国土调查技术能手荣誉称号。

党建引领 凝聚青年初心

“请党放心，强国有我！”铿锵的声音，反映了大数据中心团员青年的心声。

这场生动而精彩的党课由河南省测绘院党委书记冯中卫执讲，题目是《坚定理想信念 感悟初心使命——从共青团员和少先队员千人献词中学党史》。

“党课以庆祝中国共产党成立100周年大会上共青团员和少先队员的千人献词视频拉开帷幕，以图文并茂的形式展示了中国共产党发展历程，又通过红色地图和历史故事生动讲述了二万五千里长征的著名战例，以及我党精神谱系中建党精神、红船精神、‘两弹一星’精神的深刻内涵，让我们受益匪浅。”大数据中心青年团员张桢说。

党课最后，团员青年们齐声朗读：“不忘初心，青春朝气永在；志在千秋，百年仍是少年。奋斗正青春！青春献给党……”慷慨激昂的声音，充分体现了广大团员青年建设社会主义现代化强国的伟大志向。

大数据中心党支部书记吕宝奇表示：“在省测绘院党委的正确领导下，大数据中心坚持党建引领，凝聚青年初心，做到党建和业务工作同部署、同落实，统筹推进各项

工作。同时把党建工作成效转化为指导和推动测绘地理信息工作的实际举措，坚持党员模范带头作用，组织党员干部带头克服困难，做到发现问题在一线、推动工作在一线、解决问题在一线，通过党建引领，确保工作取得实效。”

多措并举 培养青年人才

“这里是我们成才的摇篮！”大数据中心技术负责人张尚磊说。

张尚磊2009年入职大数据中心，十几年来，他在这里历练、成长，入党、晋升工程师。他忘不了刚入职时，师傅们“一对一”指导工作的暖心时刻；他忘不了单位组织青年职工开展技能培训时的场景；他忘不了团队联合攻关克服技术难题时的兴奋。更让他自豪的是，他主导撰写的《河南省1:500、1:1000、1:2000地理信息入库标准》，填补了河南省该领域空白。

张尚磊是大数据中心青年人才群体的一个缩影。

伟大事业呼唤人才，伟大时代造就人才。近年来，大数据中心着力实施青年人才培养计划，积极引导青年人才牢固树立正确的世界观、人生观、价值观，为他们解决工作和生活上的后顾之忧，把他们的个人发展和单位的改革发展结合起来，取得了“双赢”效果。

健全青年人才选用机制。注重

改善人才知识结构、年龄结构和专业分布结构，重点加强从事专业工作及具有高学历青年人才的培养和锻炼；实行公开选拔、竞争上岗，把优秀青年选聘到合适岗位；健全能上能下、能进能出、量才使用、人尽其才的人才选用机制。

完善青年人才评价机制。建立以岗位职级体系为基础，能力评价、业绩考核相结合的综合考核评价制度，突出青年人才解决实际问题的能力；探索建立知识、技术、管理等生产要素按贡献参与分配的途径与办法；对关键岗位的技术骨干、重点项目的带头人、承担管理重任的青年干部，给予政策上的倾斜。

建立学习型青年团队。大数据中心始终把培育学习型青年团队作为建设“青年文明号”的重要内容，鼓励青年岗位成才。近年来，吕宝奇、贾宝、张小红、冯志力等先后发表多篇论文，研究内容覆盖北斗卫星导航系统、时空数据模型、城市植被等领域，切实推动了单位学术研究发展。

创新机制 打造一流业绩

2020年5月，大数据中心推出改革“大锅饭”弊端的措施，实行公开透明的量化管理制度，将每人完成任务的数量和质量进行量化，绩效工资与量化系数挂钩，真正做到多劳多得，优劳优酬，公开公示。

改革调动了大家的工作积极性，工作效率和质量提高了，收入也提高了，大家干劲更足了。同时，也涌现出更多的优秀青年带头人。

担任项目负责人的工程师王茹，就是靠着一股子拼劲和韧劲，凭着对工作的满腔热情，带领团队出色完成了大比例尺地形图编辑、



● 张桢 / 摄影

入库，河南省1:10000基础地理信息更新，河南省地理国情监测项目，浙江省台州市区基础测绘地理信息数据联动更新等多项生产任务。其实，王茹不仅是项目负责人，也是有着一双儿女的妈妈，丈夫长期在外地工作，她在工作上付出了更多的汗水和努力。

“这是一支团结能干的队伍，这里有干事创业的氛围！”王茹说。

创新机制，活力无限，大数据中心业务蓬勃开展。在去年圆满完成工作任务的基础上，今年持续发力，先后完成一系列工作任务：

完成河南省重大测绘项目：全省1:10000基础地理更新，河南省矿山遥感动态监测，河南省自然资源统一确权登记，基础地理国情监测，数字安阳、信阳、周口、许昌、罗山、内黄、鄢陵地理空间框架建设，CGCS2000坐标转换，全域土地综合整治试点项目，研究建立水源地环境动态检测技术体系。

服务自然资源主责主业：利用“北斗+5G+遥感影像”，为执法部门矿山综合整治和生态修复影像核查提供技术支持；为新蔡县耕地违法监测、安阳市自然资源和规划局

耕地非粮化和非农化遥感监测提供服务；为信阳、许昌、南阳、周口自然资源部门的“双违”监测，省级高新区开发动态监测，全省矿山遥感动态监测违法开采发现、举证及案件处理研判等提供技术支撑。

服务多个行业需求：为河南省司法厅智能管控平台建设提供地理信息公共平台政务版和北斗导航位置服务；为许昌市环保局建立公厕管理平台；为河南省文物局提供先进的北斗定位和无人机低空遥感技术，配合完成省级和国家级文物调查，研发了文物地理信息管理系统；为审计系统领导干部自然资源资产离任审计提供影像保障和技术支撑；为河南省水利厅防汛抗旱工作提供全省遥感影像切片服务和部分流域断面提取服务……

这些成绩的取得，无不凝聚着大数据中心全体员工的心血和汗水。

紧跟时代步伐，把握发展航向。付治河表示：“站在新的起点，我们将以党的二十大精神为指引，凝心聚力，奋勇拼搏，扎实奉献，把创新发展与文明创建工作融会贯通，为现代化河南建设贡献测绘人的青春力量。”

“天地图·内蒙古”移动端平台正式上线运行

○ 苗佳琦

8月31日，“天地图·内蒙古”（内蒙古自治区地理信息公共服务平台）移动端平台正式上线运行，旨在向移动端用户提供准确、权威、便捷的在线地理信息综合服务。公众在微信客户端搜索框中搜索“天地图·内蒙古”，选择小程序即可进行访问。

“天地图·内蒙古”移动端平台共包括便民地图、图集展示、标准地图、政策法规、地理知识、版图教育、意见反馈、核查上报8大模块70余项内容，为公众提供数据鲜活、服务统一、本地特色突出、资源丰富的“以图惠民”服务体验。通过移动端平台，公众不仅可以轻松访问内蒙古自治区卫星影像、城市道路、水系、绿地、居民地等地理信息要素，还可以一图查找非遗路线、红色旅游、风景名胜、“蒙”字标产品、地质公园、森林公园、自然保护区，一键导航前往加油站、充电桩、口岸、机场、火车站等地，还特别设

置了目前公众关注的呼和浩特市网红打卡点、呼和浩特市易涝点等便民服务内容，为出行、游玩提供路线指引，“一站式”满足用户需求。

此次上线的移动端平台不仅在便民服务、生态旅游等领域惠及百姓生活，而且实现了与“天地图·内蒙古”统一门户网站的同步关联，并与北疆云遥共同发力，为数字化、精细化社会管理提供高效及时的基础性、支撑性服务。

据介绍，该移动端平台的上线运行，有效地弥补了内蒙古自治区地理信息公共服务平台在移动端方面的不足。下一步，内蒙古自治区自然资源厅将继续以便捷服务为目标导向，加强影像数据更新完善，促进地理信息资源共享和高效利用，持续为自然资源管理和社会经济发展提供基础测绘成果支撑和地理信息服务保障。☑（来源：内蒙古自治区自然资源厅）

新疆累计测制 1:10000 地形图超 67 万平方千米

○ 王亚芸

9月1日，新疆维吾尔自治区测绘地理信息工作推进会召开。会议指出，“十四五”以来，全区更新绿洲重点区域1:10000地形图约8.1万平方千米，极大改变了该区域数据老旧的现状。目前，全区已累计测制1:10000地形图约67.3万平方千米，基本满足重点区域发展的需要。

1:10000地形图是国家基本比例尺地形图，是基础测绘的重要组成部分。“十四五”以来，新疆发布实施1:10000基础地理信息数据核心要素更新方案。3年来，已完成阿勒泰等10个地州市约3.3万平方千米基础地理信息数据全要素更新，组织实施塔城等7个地州市约4.8万平方千米的基础地理信息数据核心要素更新，服务农业农村、交通、水利、建设、应急等领域。

据介绍，近年来，新疆加快推动测绘地理信息进程，修订《新疆维吾尔自治区实施〈中华人民共和国测绘

法〉办法》，以法治精神引领和推动新疆测绘地理信息事业取得明显成效。截至目前，新疆建成全区卫星导航定位基准服务网和现代大地控制网，地理信息公共服务平台和应急测绘保障体系服务能力不断提升。建成遥感影像处理体系，实现了全区2米级影像处理季度全覆盖、亚米级影像处理年度全覆盖。完成天山北坡绿洲区域5.2万平方千米2米格网数字表面模型、数字高程模型，构建起区域地理场景。

新疆维吾尔自治区自然资源厅厅长木合塔尔·卡里木别克表示，下一步将充分挖掘测绘地理信息作为战略性数据资源的潜力，全面开展实景三维建设，推进测绘地理信息赋能应用，完善国土空间基础信息平台 and 自然资源三维立体“一张图”，推动时空大数据与自然资源管理深度融合，全面提高地理信息安全监管能力，坚决守住测绘地理信息安全底线。☑（来源：新疆日报）

山东建起现代测绘基准“一张网”

◎ 杜虹晓

9月5日，山东省人民政府新闻办召开新闻发布会，介绍地理空间数据要素服务支撑经济社会发展情况。

测绘基准包括大地基准、高程基准、深度基准和重力基准。山东测绘基准由136座北斗卫星导航定位大地基准站、1410个控制点、4068个水准点、大地水准面精化成果等构成。山东省北斗卫星导航定位基准站网是全省统一、权威、自主可控的现代测绘基准“一张网”，是全国首个以北斗三号为主，兼容GPS、格洛纳斯、伽利略等卫星导航系统的省级基准站网。

在地理信息数据采集和变形监测等领域，可提供厘米级、毫米级高精度定位服务，目前已为山东省30多个行业近2000家单位提供了高精度位置服务，累计向社会提供基准站网观测数据10万站/天、数据后处理686万点，在山东省重大工程中得到广泛应用。

基础地理空间数据，是指为国民经济和社会发展提供基础地理信息服务的数据，包括地图数据、遥感影像、实景三维等，总数据量超3000TB。

地图数据分为电子地图和纸质地图，电子地图包含交通、地名等要素，是各种信息资源集成关联的载体。纸质地图主要包括标准地图、政务工作用图、地图集等。目前，山东发布了山东省标准地图5000余幅。

遥感影像数据具备全天候、广覆盖、时效快的特点，

山东已实现2米遥感影像月度更新、0.5米遥感影像季度更新、0.2米航空影像重点区域年度更新。例如，利用0.5米遥感影像对耕地进行非农化、非粮化监测，提取变化预警图斑，实现早发现、早预警、早整改。

实景三维数据具有直观、精度高、可量测、信息丰富、沉浸感强等特点。山东实景三维数据包括全省陆域、海岛、近海和大中型水库水下地形地貌数据，以及市县城镇开发边界内城市三维模型数据。利用实景三维数据，重大项目选址由传统的跑现场、看图纸，转变为三维场景浏览分析，大幅度提升了工作效能。

自然资源专题地理空间数据来源于土地、矿产、海洋、林业、规划等管理业务，包括284个专题图层，其中在山东省地理信息公共服务平台共享发布了21个非涉密专题图层，服务于全省数字化空间治理。

地理空间数据有两种服务方式。一是离线分发。2018~2022年，免费向30多个行业及部门近1000家单位提供各类地理空间数据成果超49万件，数据量超65TB，数据价值近20亿元。二是在线调用。依托山东省地理信息公共服务平台向社会提供电子地图、遥感影像、地名地址等数据服务，服务日均访问量超过3500万次，累计节约财政经费超过40亿元。[☑](#)（来源：海报新闻）

冀蒙辽全面深化卫星导航定位资源共享应用

◎ 张晟南

近日，在自然资源部国土测绘司组织指导下，冀蒙辽三省（区）自然资源部门签署了《冀蒙辽卫星导航定位基准站资源共享合作协议》，有力促进三方北斗卫星导航定位“数据共享、资源互补、协同应用”，为区域卫星资源精度服务应用打下坚实基础。

近年来，三省（区）深入贯彻国家重大战略部署，聚焦空间基础设施建设，坚持立足实际、主动作为，推进北斗卫星导航定位系统建设应用，初步形成卫星数据高效服务管理局面。该合作协议的签署，实现了

省界23座基准站数据联接共享，构建了全天候、全天时的高精度导航与位置服务网络，对提升自然资源管理实时化、精准化、数字化水平具有重要意义。

下一步，三省（区）将统筹推动省级界线两侧基准站规划建设，开展北斗卫星导航定位系统的数据共享、应用，为国土空间规划、调查监测、生态保护修复、灾害预警防范等工作提供安全的时空数据支撑，积极助力自然资源事业高质量发展。[☑](#)（来源：辽宁省自然资源厅）

自然资源部第三地理信息制图院以科技创新引领，拓展应用服务—— 融合创新提升数据保障能力

◎ 任东宇 刘立 王德富

近期，四川测绘地理信息局2022年度科研项目奖和技术创新奖评选结果出炉，自然资源部第三地理信息制图院斩获两项一等奖、两项二等奖，科技创新再创佳绩。其中，“政务地图数据资源建设与快速制图关键技术”获科研项目奖一等奖，“人机协同自然资源遥感智能分类识别与变化检测技术”获技术创新奖一等奖，“融合实景三维的地质灾害隐患综合遥感识别技术”“支持图库联动与尺度传递的地图数据库更新技术”获技术创新奖二等奖，这些科技成果将有利于推进技术跨界融合、数据融合应用，提升测绘地理信息数据要素的保障能力。

政务地图保障能力大幅提升

为四川省委、省政府和相关政府部门提供政务地图保障，是自然资源部第三地理信息制图院承担的一项重要职责。仅2022年，该院开展应急政务地图保障多达90批次，提供8895幅（册）地图，是2016年的30倍，创历史新高。

据了解，能够高质量完成应急政务地图保障任务，得益于该院自主研发了一套快速供图服务体系。作为该体系的核心技术，“政务地图数据资源建设与快速制图关键技术”和“支持图库联动与尺度传递的地图数据库更新技术”突破数据模型、算法框架、生产工艺、技术规范 and 软件体系等关键技术，解决

了政务地图制图中多源数据融合困难、海量信息综合处理低效、跨尺度级联更新滞后等问题，能够支持80余种、十余个行业的地图快速编制。

十年磨一剑，该院打造的快速供图服务体系取得了4项国家发明专利和15项软件著作权，参与制定了3项行业标准和2项地方标准，相关技术成果先后荣获5项省部级科技进步奖。相比传统制图工艺，该体系使地图制图综合效率提高70%，多尺度地图数据库建设效率提高50%，生产成本降低约60%，大型地图集编制周期从1~2年缩短到3个月。

目前，自然资源部第三地理信息制图院通过该体系已为四川省30余个部门、数十个行业领域提供了各类政务保障图件达5万余份，支持编制了《四川省省情地图》《四川省两会用图》等20余种图集图册，有力支撑了日常政务管理、自然资源管理、防灾减灾、河长制、生态环境保护等工作，并已整体推广至江苏、广西、吉林等13个省区广泛应用，增强了测绘地理信息数据资源供给，为政府决策提供了更及时、高效的应急政务地图保障。



● 地灾现场变形取证

人工智能赋能自然资源调查监测

自然资源部信息化建设和调查

监测等重点工作对人工智能技术提出了迫切需求。该院于2019年初着手研究人工智能技术在自然资源调查监测领域的工程化应用，构建了具有自主知识产权的遥感智能生产技术体系。作为体系的核心技术，“人机协同自然资源遥感智能分类识别与变化检测技术”提出一种顾及遥感地物连通性的深度学习模型性能评价算法，解决模型性能评估难以顾及地学特征的难题，实现模型训练的过程质量控制、模型适用场景的最优选取和遥感影像预测结果真实质量的准确评估；创新人机协同的渐进式遥感解译生产模式，解决了现有遥感解译生产无法适应自然资源自动化、智能化与精细化管理等难题，实现遥感解译标准体系的统一建立、算力资源的统一调度和生产工艺的有效优化。

用好人工智能，激发调查监测工作活力。经过4年潜心研究和反复实践，该院构建的遥感智能生产技术体系取得了5项国家发明专利和5项软件著作权，申请了1项国际发明专利，经地理信息产业协会组织专家评价，达到国内领先水平。与传统调查监测技术相比，该体系可提高30%的生产效率，实现了“人在看、云在算”的创新目标。该研究成果已在卫片执法遥感监测、国土利用动态全覆盖遥感监测、耕地保护监测、国土空间规划智慧管控等工作中得到广泛应用，同时已推广至云南、贵州等7个省的20余家行业应用单位，推动测绘与人工智能、云计算、大数据等先进技术的融合，助力信息化测绘向智能化测绘转型升级。

实景三维助力地灾隐患识别

解决“隐患点在哪里”，是地



● 跨界融合，实景三维助力地灾隐患识别

质灾害防治的第一道门槛，更是地质灾害防治的一大难题。自2017年“6·24”四川茂县叠溪高位山体滑坡事件发生以来，该院以合成孔径雷达干涉测量（InSAR）、机载激光雷达（LiDAR）、实景三维等新型测绘技术为支撑，加强测绘与地勘业务融合，强化遥感地质多学科交叉，研究并实现了融合实景三维的地质灾害隐患综合遥感识别技术。

该研究成果针对不同地质环境下多源 SAR 数据处理要求，实现了海量 SAR 数据的全流程集群式快速处理；针对隐患识别作业环境不直观、解译数据不集中、解译流程不统一等问题，创新了融合实景三维的地质灾害隐患解译新工艺，实现了解译场景立体化、解译信息语义化、解译成果结构化，形成了实时在线协同解译、解译信息准自动读写、成果一键生成等能力，不仅有效将地质灾害隐患点的解译效率提升了约30%，还大大提升了地质灾害隐患识别的准确率。

历经6年的技术沉淀和工程实践，该院研究的融合实景三维的地质灾害隐患综合遥感识别技术已全面融入四川省地质灾害防治工作，

广泛应用于龙门山断裂带、九寨沟地震灾区、川西南高山地区、川西北强震扰动区、川东盆周红层区等地质灾害易发区的隐患监测，得到了地质灾害防治相关部门的高度认可。

当前，传统基础测绘正在向新型基础测绘转型，面对新时代测绘地理信息的转型升级要求，科技创新才是破局之道。多年来，自然资源部第三地理信息制图院坚持以“数据生产向知识服务转型”为方向，坚持以科技创新为引领，在做好地图保障、拓展应用服务中不断探索。未来，该院将继续立足测绘地理信息“两支撑、两服务”工作定位，持续打造“以基础测绘和调查监测能力为核心，以高水平地图制图为特色，以科技创新和应用服务为引擎”的业务体系，致力于服务生态文明建设、服务经济社会发展，继续锚定科技创新，向内挖潜，不断塑造发展新动能新优势，全力提升地理信息数据要素的保障能力，在建设自然资源部一流队伍的道路上行稳致远，全面赋能高质量发展，助力数字中国建设。□（摘编自《中国自然资源报》2023年8月22日7版）

测绘地理信息为自动驾驶带来什么？

◎ 吕苑鹃

“自然资源部支持业界利用测绘地理信息技术，基于时空大数据，加快数字地图、导航定位等地理信息数据、技术与智能网联汽车产业融合。”8月23日，自然资源部地理信息管理局局长李永春在自然资源部例行新闻发布会上表示。

当下，随着顶层设计逐步完善、政策持续利好、商业部署不断加快、技术产品日趋成熟，我国智能网联汽车产业发展加速，人们对于自动驾驶的想象似乎正逐渐变成现实。其中，测绘地理信息这个“助推器”发挥了不可或缺的重要作用。

“聪明的汽车”

离不开测绘地理信息支撑

近年来，测绘地理信息技术与大数据、云计算、人工智能等新技

术深度融合，催生了不少新产品、新服务、新业态，深刻影响了经济社会发展和大众的日常生活。

在汽车变“聪明”的过程，测绘地理信息深度参与其中。

在中国工程院院士、清华大学教授李克强提出的智能网联汽车“中国方案”中，由于能够有效支撑高等级自动驾驶对动态地图数据的应用需求，高精度地图基础数据平台作为关键的五大平台之一，是车路云一体化系统的重要组成部分。

中国测绘科学研究院地理信息系统与地图学研究所所长翟亮告诉记者，在智能网联汽车产业快速发展过程中，测绘地理信息可以发挥诸多重要支撑作用。

一方面，发挥了“指南针”作

用——车道级位置服务和路径导航。我国建成并投入运营的北斗卫星导航系统及其连续运行参考站（CORS），可以为智能网联汽车实时提供厘米级的高精度位置信息，是车辆智能驾控所需的最基础信息之一。在这基础上，配合高精度地图完成车辆的路径导航功能，引导车辆安全、高效地到达目的地。

另一方面，提供了“一双慧眼”——近距离实时环境感知。智能网联汽车通过安装或集成卫星导航定位接收模块、惯性测量单元、摄像头、激光雷达等传感器，能够对车辆及周边道路设施的空间坐标、影像、点云及其属性信息等测绘地理信息数据进行近距离实时环境感知、信息采集、处理判断，以满足车辆智能驾控决策的根本需



求。

同时,还形成了“专家知识”——长周期地理信息记忆。自动驾驶地图标注了所有道路特征和驾驶经验轨迹,特别是传统传感器看不到的地方,例如拐弯儿、上下坡的地方,能够为智能网联汽车构建一套完整的长周期地理信息记忆,无形中增强了车辆超视距感知能力,为车辆提供重要的先验信息与人类驾驶经验,弥补普通近距离传感器及模型训练的不足,减少对车端高算力的刚性需求,更好地满足智能驾控决策需求。

此外,智能网联汽车实时获取和更新的道路、场景等信息,也可以为基础测绘工作提供重要的数据来源,未来将实现智能驾驶和基础测绘工作的双向赋能。

随着智能网联汽车逐渐兴起而出现的自动驾驶地图,是实现自动驾驶的必要条件。不同于传统地图服务于人,自动驾驶地图的主要服务对象是车,精度更高、图层更多、内容更丰富。

据了解,自动驾驶地图绘制以及自动驾驶技术环境感知、行为决策、姿态控制和算法升级等离不开影像数据、卫星导航定位、惯性导航、激光雷达点云数据等地理信息数据。

中国科学院院士、中国工程院院士李德仁曾撰文指出,测绘遥感科学与信息科学不断与其他科学和技术交叉融合,提供各种方法进行时空数据采集、信息提取、网络管理、知识发现、空间感知认知和智能位置服务,形成了高精度位置与姿态测量、全球空天地一体化的非线性地球参考框架构建技术、星基导航增强技术、天地一体化网络通信技术(6G)、多源成像数据在轨

处理技术、信息智能终端服务技术、时空信息资源调度与网络安全、通信导航遥感一体多功能卫星平台设计与研制等一系列关键核心技术,这些关键技术正直接或间接地支撑智能驾驶技术的发展。

其中,高精度导航定位是智能驾驶技术实现的关键。通过导航卫星和具有导航增强的低轨遥感和通信卫星进行组网,实现实时、全球覆盖的高精度位置增强服务,有望为智能网联汽车未来产业发展提供技术保障。多源融合的感知导航定位可以弥补GNSS导航性能的不足,进而实现自动驾驶防撞、避障、变道导航等应用,是智能网联汽车实现高精定位的工程首选。伴随智能网联汽车的发展,移动测量技术在自动驾驶地图采集上得到了进一步应用,采集精度不断提高、数据处理自动化程度大幅提升、设备成本大幅降低。

与此同时,智能网联汽车产业也对测绘地理信息技术提出了更高需求,与智能驾驶的融合发展将成为测绘地理信息发展的新方向。

更轻更智能, “车”“图”交融共生

自动驾驶地图究竟是智能网联汽车的“最佳搭档”,还是暂时过渡的“拐杖”?近一两年来,智能驾驶“进城”步伐加速,而城市场景对于自动驾驶地图的“鲜度”要求极高。不少车企面对自动驾驶地图制作和维护成本大、周期长等现实困难,选择转向“重感知、轻地图”的路线,有的甚至提出了“无图”方案。

对于感知与地图的博弈,有业内人士认为,不过度依赖自动驾驶地图,不意味着完全不需要。而且,

辅助驾驶技术在迭代升级,地图和定位技术也在演进,一切都在动态变化中。随着自动驾驶级别的不断增高,对稳定性、安全性的要求越高,对高精度地图的需求就越强。换言之,汽车越“聪明”,越需要自动驾驶地图的辅助。有学者认为,对于L1~L3级别自动驾驶,高精度地图是可选项,对于L4+高级别自动驾驶,则是必选项。

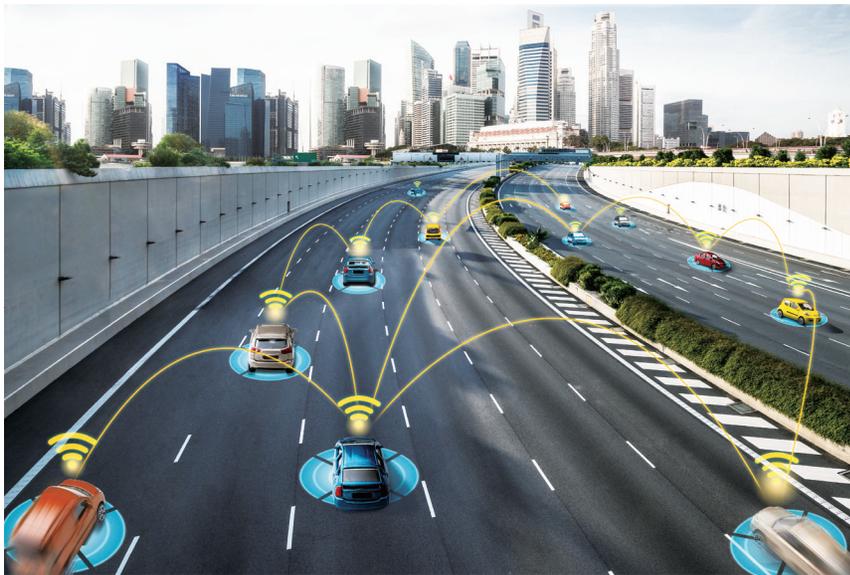
对此,高德汽车业务中心总经理江睿表示,感知和地图从来不是非此即彼,而应该是融合共生的关系。“虽然汽车目前已具备感知车辆周边环境的能力,但针对车辆阻挡、不规则路网、复杂路口、交通规则等信息,感知系统还无法做到看清、理解和表达。”

他认为,地图作为提供全局先验信息的底层基础设施,仍具有不可或缺的作用。优质的高级辅助驾驶体验离不开好用的导航路径规划、专业的静态数据、实时的动态数据以及丰富的经验数据等全方位的支持。

有研究表明,使用“纯感知”方案的高级辅助驾驶在安全、体验等多个方面仍不及“感知+地图”的协同组合。

智能网联汽车和自动驾驶地图,目前都尚且处于探索的发展阶段。无论车企还是图商并未停下脚步,而是针对自动驾驶需要时效性高、成本可控的高精度地图的这一现实,在地图的精度、覆盖率、鲜度、成本等方面进行取舍和平衡。

“随着自动驾驶应用和技术的不断深入,应用场景也逐步从高快速道路切入到城市普通道路,而城市道路的复杂性远超出高快速道路,而且季度级更新的地图时效性都难以满足自动驾驶的应用诉求。



在这种情况下，地图轻量化成为行业讨论的焦点。”腾讯地图数据负责人马常杰介绍，今年4月，腾讯发布了轻量级高精度地图数据产品HD Air，在导航地图基础上，融合车道级要素和属性，记录方式更加简洁，为实现城市道路智能驾驶的快速规模化落地提供必要的数据支撑。“相较高精度地图，具有更轻、更快、更精致等特性。”他说。同期，百度推出新产品，称其中使用的“轻量级高精度地图”比传统高精度地图要“轻”近80%。

“地图数据的鲜度是安全驾驶的基础。”百度智图总经理刘玉亭介绍，依托百度文心大模型，百度地图落地行业首个地图生成大模型，实现了地图制图成本大幅度降低，并构建了端到端车道网络新范式，显著提升地图的全流程制作技术水平。尤其表现在车道级地图数据生产自动化水平的提升，有效解决传统模式人工依赖程度高、数据生产效率低、成本高、场景泛化能力差等行业难题，实现车道级地图规模化量产能力。

此外，为解决自动驾驶地图“成本高”“鲜度低”等问题，实现道

路数据的大规模采集和更新，图商和车企已携手，探索以众源方式采集测绘地理信息数据，制作自动驾驶地图。目前，这种方式仍需要从政策法规、制作标准以及技术层面进行突破，同时探索推动在线审图和动态审图等相关工作。

据悉，中国测绘科学研究院基于测绘自主可控专项的工作积累，将商用密码技术与测绘地理信息技术进行深度融合与应用创新，设计并实现了智能网联汽车自动驾驶地图在线更新的安全技术体系，支撑华为、腾讯、高德以及四维图新等单位对相关品牌的智能网联汽车开展了自动驾驶地图模块的安全技术改造，解决了智能网联汽车自动驾驶地图采集、传输和在线更新等环节的安全监管难题，可满足测绘地理信息数据合规闭环的需求。“在守住国家安全底线、构建测绘地理信息新安全格局的同时，我们也将充分利用时空大数据、人工智能等新技术有效提升自动驾驶地图数据的鲜活度与现势性，降低自动驾驶地图的生产与使用成本，为促进智能网联汽车产业的健康发展贡献科技力量。”翟亮表示。

自动驾驶地图涉及国家地理信息安全，对审图工作提出了新挑战。为此，自然资源部地图技术审查中心正在研究建立高级辅助驾驶地图在线审查平台，逐步满足高级辅助驾驶地图数据鲜度需求，服务智能网联汽车产业发展。该中心依据公开地图内容表示相关要求，抓住自动驾驶地图审查的关键核心问题，联合相关高校、企业，开展了基于统一规格的自动驾驶地图在线审查平台顶层设计和技术研发，成果将实现自动驾驶地图快速审查。

谈及未来的发展趋势，有观察者认为，随着自动驾驶技术的发展以及车辆传感器的普及，车企将成为自动驾驶地图的重要建设者之一，而图商也可能逐渐向测绘地理信息服务企业转变。未来自动驾驶地图将以集中式与众源式相结合的方式进行更新，集中式为众源更新提供基础支撑，众源式为集中式建图提供实时动态信息，两者优势互补。

采访中，多位业内人士表示，为更好地推动测绘地理信息在智能网联汽车行业应用，建议通过机制创新、信息化技术等手段提高审图效率，细化并统一测绘地理信息数据技术规范和标准，进一步规范地理信息数据权责划分、厘清责任边界和监管边界，引导多方合力推动城市高精度地图应用。

此外，随着智能驾驶网联汽车的规模化量产，行业进入数据驱动时代。如何界定测绘地理信息数据对智能网联汽车产业的开放范围，在保障数据安全合规的前提下兼顾数据价值释放、促进数据共享利用、建立自动驾驶地图数据快速更新的闭环，也是当前迫切需要解决的问题。

释放地理信息潜能 促进新业态发展

据李永春介绍，近年来，自然资源部从五方面支持地理信息数据与智能网联汽车产业融合。

在政策保障方面，自然资源部发布了《自然资源部关于促进智能网联汽车发展维护测绘地理信息安全的通知》等文件，对汽车行业的测绘数据、测绘行为和测绘活动主体作出规范，促进测绘地理信息数据在安全合规的前提下被开发利用。

在试点实践方面，继2019年支持北京在亦庄开展自动驾驶地图测试区建设后，自然资源部2022年印发通知，在北京、上海、广州、深圳、杭州、重庆6个城市开展智能网联汽车高精度地图应用试点。

在地图审核方面，促进面向高速公路、城市快速路的高级辅助驾驶地图产品投产，2023年全面放开普通道路高级辅助驾驶地图应用。今年上半年，自然资源部积极推动高级辅助驾驶地图等相关地图产品的安全应用，自然资源部和6个试点城市共核发100余件相关地图产品审图号，有力引导、规范、支持了地图新产品新应用的发展。

在技术研发方面，自然资源部组织优化升级地图保密处理技术和相关插件，组织实施基于国产密码的数字化测绘体系安全技术改造示范工程，专项推进解决自动驾驶地图采集、传输和在线更新等环节安全问题。

在标准研制方面，印发《智能汽车基础地图标准体系建设指南（2023版）》，对智能汽车基础地图标准体系作出建设规划。

目前，各地试点工作稳步推进，并取得显著成效。

北京市积极推进地方标准立项与研制工作，发布了《自动驾驶高精度地图特征定位数据技术规范》《自动驾驶基础地图数据规范》等2项地方标准及3项团体标准，并积极推进相关行标、团标研制工作。2023年相继发布了《北京市智能网联汽车高精度地图试点工作指导意见》《关于开展北京市智能网联汽车高精度地图审图工作的通知》。

去年11月，上海市规划和自然资源局发布了《上海市智能网联汽车高精度地图管理试点规定》，开创性地提出鼓励具有导航电子地图制作测绘资质的单位，在确保数据安全、处理好知识产权等关系的前提下，探索以众源方式采集测绘地理信息数据，运用实时加密传输及实时安全审校等技术手段，制作和更新高精度地图。此外，上海联合导航电子地图制作企业制定了《上海众源试点实施方案》，按照“原始数据不出车、测绘数据不出云、测绘成果不关联、资质图商全管控”思路，建立了“三横三纵”立体安全防护体系。

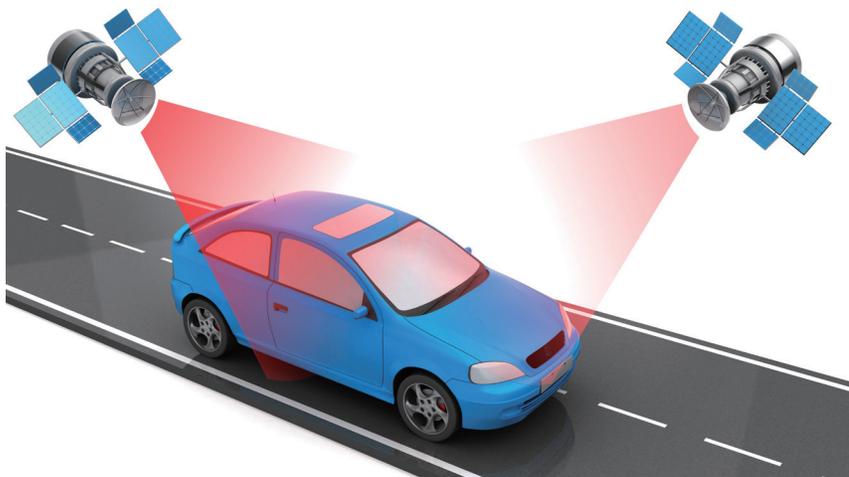
广东省自然资源厅与广州市规划和自然资源局、深圳市规划和自然资源局建立省市联动机制，广州局牵头组织工信、交通、安全、保

密等主管部门，建立跨部门的信息互通、联合监管机制，积极开展试点探索。

重庆联合相关主管部门，选取两江新区、高新区、永川区等部分区域作为智能网联汽车政策先行区，联合部分图商完成政策先行区内累计292.8公里的自动驾驶地图数据采集。

浙江发布智能网联汽车道路基础地理数据省级规范，多次召开专题座谈研讨会，广泛听取图商车商的意见建议，就有关高级辅助驾驶地图数据审核等问题给予政策解读和指导。

据了解，下一步，自然资源部将在维护国家安全的前提下，继续支持智能网联汽车新业态健康发展。一是紧密跟踪研究智能网联汽车发展动向，完善政策标准和监管手段。二是强化对自动驾驶产业发展中的数据要素保障，为相关企业申办测绘资质、使用基础测绘成果、导航电子地图送审以及政策咨询等提供便利。三是鼓励和支持各省积极探索智能网联汽车方面的测绘地理信息新政策新措施，及时总结推广好的做法，共同促进新技术新业态有序发展。☑（摘编自《中国自然资源报》2023年8月29日7版）



点位的方差曲面与标准差曲面

孙现申

(郑州工业应用技术学院 建筑工程学院, 河南 郑州 451150)

摘要: 在三维空间中, 推导了点的坐标真误差与径向真误差的关系, 从而得到点位的方差曲面方程, 给出了曲面主半径和主方向的计算方法, 并求得方差曲面围成的体积。标准差曲面与方差曲面形状相似, 推出了标准差曲面围成体积的近似公式, 并分析两个曲面的若干性质与特例。

关键词: 协方差矩阵; 方差曲面; 标准差曲面; 主半径

在平面测量问题中, 点位的精度可用方差曲线或标准差曲线形象表示, 对此, 文献 [1] 进行了比较全面的总结。越来越多的测量问题将在三维空间表示, 相应地, 点位精度的形象表达应采用方差曲面或标准差曲面。然而, 从二维推广到三维, 仍有个别问题有待研究, 本文对此进行讨论。

1 点位的方差曲面

三维空间中任一点 P 的点位精度可以表示成协方差矩阵形式

$$\Sigma_P = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y^2 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zx} & \sigma_z^2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

设点 P 真误差 Δ_p 在 x 、 y 、 z 坐标轴上的投影分别为 Δ_x 、 Δ_y 、 Δ_z , 不难理解, Δ_p 在空间任一方向 \overline{OA} 上的投影等于 Δ_x 、 Δ_y 、 Δ_z 在该方向上投影的代数和。现在设 \overline{OA} 的方位角为 α ($0 \leq \alpha < 2\pi$)、天顶距 (该方向与 z 轴的夹角) 为 γ ($0 \leq \gamma \leq \pi$), 下面讨论 \overline{OA} 与 x 、 y 轴的夹角。

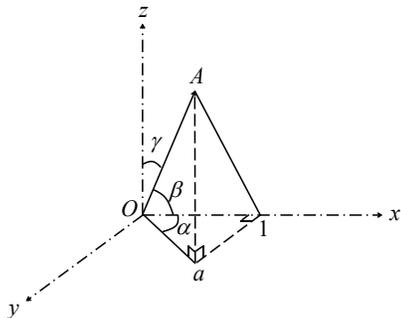


图1 空间角关系

如图 1 所示, \overline{OA} 为空间一单位矢量, 其方位为 α 、天顶距为 γ 。 \overline{Oa} 为 \overline{OA} 在水平面 Oxy 上的投影, $\overline{O1}$ 为 \overline{Oa} 在 x 轴上的投影。在 $\text{Rt.}\triangle Oa1$ 中

$$\overline{Oa} = \overline{OA} \sin \gamma = \sin \gamma$$

$$\overline{Aa} = \overline{OA} \cos \gamma = \cos \gamma$$

在 $\text{Rt.}\triangle Oa1$ 中

$$\overline{a1} = \overline{Oa} \sin \alpha = \sin \gamma \sin \alpha$$

$$\overline{O1} = \overline{Oa} \cos \alpha = \sin \gamma \cos \alpha$$

所以在 $\text{Rt.}\triangle Aa1$ 中, 斜边

$$\begin{aligned} \overline{A1} &= \sqrt{\overline{Aa}^2 + \overline{a1}^2} \\ &= \sqrt{\cos^2 \gamma + \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha} \\ &= \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha} \end{aligned}$$

在 $\triangle AO1$ 中应用余弦公式得

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \frac{\overline{OA}^2 + \overline{O1}^2 - \overline{A1}^2}{2\overline{OA} \times \overline{O1}} \\ &= \frac{1 + \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha - (1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)}{2 \times 1 \times \sin \gamma \cos \alpha} \\ &= \sin \gamma \cos \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

即 \overline{OA} 与 x 轴夹角的余弦。同理可得 \overline{OA} 与 y 轴夹角的余弦

$$\cos \eta = \sin \gamma \sin \alpha \quad (3)$$

所以 Δ_p 在 \overline{OA} 方向上投影为

$$\Delta(\alpha, \gamma) = \Delta_x \sin \gamma \cos \alpha + \Delta_y \sin \gamma \sin \alpha + \Delta_z \cos \gamma \quad (4)$$

投影 $\Delta(\alpha, \gamma)$ 也即点在 α 和 γ 所确定的方向 (\overline{OA}) 上的位置偏差, 称为点在该方向的径向真误差^[1], 式 (4) 表达了径向真误差与坐标真误差 (坐标轴方向的径向真误差) 的关系。应用协方差传播律得空间点位的方差曲面方程

$$\begin{aligned} \sigma^2(\alpha, \gamma) &= \sigma_x^2 \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha + \sigma_y^2 \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha + \\ &\sigma_z^2 \cos^2 \gamma + \sigma_{xy} \sin^2 \gamma \sin 2\alpha + \\ &\sigma_{xz} \sin 2\gamma \cos \alpha + \sigma_{yz} \sin 2\gamma \sin \alpha \end{aligned} \quad (5)$$

当然, $\sigma^2(\alpha, \gamma)$ 也即点在 α 和 γ 所确定方向 (\overline{OA}) 上的位置方差, 称为点在该方向的径向方差^[1]。容易理解,

作者简介: 孙现申 (1962—), 男, 汉族, 工学硕士, 副教授, 从事工程测量教学工作。E-mail: 3146895761@qq.com

空间点位方差曲面是一个封闭曲面，其图像如图 2 所示，其中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 为方差曲面 $\sigma^2(\alpha, \gamma)$ 的极值，称为方差曲面的主半径。

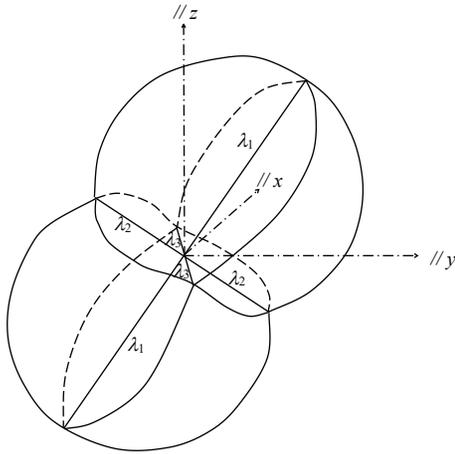


图2 点位的方差曲面

2 方差曲面的主半径和主方向

如记单位矢量

$$\mathbf{s} = (\sin \gamma \cos \alpha \quad \sin \gamma \sin \alpha \quad \cos \gamma)^T \quad (6)$$

则式 (5) 成为

$$\sigma^2(\alpha, \gamma) = \mathbf{s}^T \boldsymbol{\Sigma}_p \mathbf{s} \quad (7)$$

构造函数

$$f = f(\mathbf{s}) = \mathbf{s}^T \boldsymbol{\Sigma}_p \mathbf{s} - \lambda(\mathbf{s}^T \mathbf{s} - 1) \quad (8)$$

其中 λ 为未知系数。令

$$\frac{\partial f}{\partial \mathbf{s}} = 2\mathbf{s}^T \boldsymbol{\Sigma}_p - 2\lambda \mathbf{s}^T = 0 \quad (9)$$

即

$$(\lambda \mathbf{I} - \boldsymbol{\Sigma}_p) \mathbf{s} = \mathbf{0} \quad (10)$$

其中 \mathbf{I} 为单位阵。由式 (10) 可以看出系数 λ 是 $\boldsymbol{\Sigma}_p$ 的特征值， \mathbf{s} 是对应特征值的特征向量。对式 (9) 右乘 \mathbf{s} ，并顾及 $\mathbf{s}^T \mathbf{s} = 1$ ，得

$$\lambda = \mathbf{s}^T \boldsymbol{\Sigma}_p \mathbf{s} \quad (11)$$

显然， $\boldsymbol{\Sigma}_p$ 的特征值 λ 和特征向量 \mathbf{s} 即方差曲面 $\sigma^2(\alpha, \gamma) = \mathbf{s}^T \boldsymbol{\Sigma}_p \mathbf{s}$ 的极值和极值方向，称方差曲面的主半径和主方向。

解 $\boldsymbol{\Sigma}_p$ 的特征方程 $\det(\lambda \mathbf{I} - \boldsymbol{\Sigma}_p) = 0$ ，其中 $\det(\cdot)$ 为求行列式算子，即

$$\det(\lambda \mathbf{I} - \boldsymbol{\Sigma}_p) = \det \begin{pmatrix} \lambda - \sigma_x^2 & -\sigma_{xy} & -\sigma_{xz} \\ -\sigma_{yx} & \lambda - \sigma_y^2 & -\sigma_{yz} \\ -\sigma_{zx} & -\sigma_{zy} & \lambda - \sigma_z^2 \end{pmatrix} = 0 \quad (12)$$

展开得

$$\lambda^3 + b\lambda^2 + c\lambda + d = 0 \quad (13)$$

其中：

$$b = -\text{tr}(\boldsymbol{\Sigma}_p) \quad (14)$$

$$c = \sigma_x^2 \sigma_y^2 + \sigma_x^2 \sigma_z^2 + \sigma_y^2 \sigma_z^2 - \sigma_{xy}^2 - \sigma_{xz}^2 - \sigma_{yz}^2 \quad (15)$$

$$d = -\det(\boldsymbol{\Sigma}_p) \quad (16)$$

一元三次方程式 (13) 有三个根，记为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 。依韦达 (F. Viète) 定理

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = -b = \text{tr}(\boldsymbol{\Sigma}_p) \quad (17)$$

$$\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 = c \quad (18)$$

$$\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 = -d = \det(\boldsymbol{\Sigma}_p) \quad (19)$$

可作为计算结果的正确性检核。并且，因 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 为径向方差，为非负实数，故上三式均不能小于 0。令

$$q = \frac{2}{27} b^3 - \frac{1}{3} bc + d \quad (20)$$

$$k = c - \frac{b^2}{3} \quad (21)$$

$$g = -\frac{b}{3} \quad (22)$$

$$\Delta = \left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{k}{3}\right)^3 \quad (23)$$

$x=g$ 是曲线 $f(x) = x^3 + bx^2 + cx + d$ 的拐点，同样，在这里 g 也不能小于 0； k 为拐点处切线的斜率。因方程 (13) 只有非负实根，故判别式 $\Delta \leq 0$ 。

当 $\Delta = 0$ 时， $k \leq 0$ ，有

$$\lambda_1 = g - \sqrt[3]{4q} \quad (24)$$

$$\lambda_2 = \lambda_3 = g + \sqrt[3]{\frac{q}{2}} \quad (25)$$

若 $q=0$ ，则

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = g \quad (26)$$

方差曲面为球表面。

当 $\Delta < 0$ 时，则 $k < 0$ ，计算

$$r = \sqrt{-\left(\frac{k}{3}\right)^3} \quad (27)$$

$$\theta = \arccos\left(-\frac{q}{2r}\right) \in (0, \pi) \quad (28)$$

或

$$\theta = \arctan \frac{2\sqrt{-\Delta}}{-q} \in \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right), \quad (\text{当 } \theta < 0 \text{ 时, 加 } \pi) \quad (29)$$

得

$$\lambda_1 = g + 2\sqrt[3]{r} \cos \frac{\theta}{3} \quad (30)$$

$$\lambda_2 = g + 2\sqrt[3]{r} \cos \frac{\theta + 2\pi}{3} \quad (31)$$

$$\lambda_3 = g + 2\sqrt[3]{r} \cos \frac{\theta + 4\pi}{3} \quad (32)$$

下面讨论 $\lambda_i (i=1, 2, 3)$ 的方向, 即主方向的确定方法。将求得特征值 $\lambda_i (i=1, 2, 3)$ 代入式 (10), 并展开

$$\begin{pmatrix} \lambda_i - \sigma_x^2 & -\sigma_{xy} & -\sigma_{xz} \\ -\sigma_{yx} & \lambda_i - \sigma_y^2 & -\sigma_{yz} \\ -\sigma_{zx} & -\sigma_{zy} & \lambda_i - \sigma_z^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sin \gamma_i \cos \alpha_i \\ \sin \gamma_i \sin \alpha_i \\ \cos \gamma_i \end{pmatrix} = 0 \quad (33)$$

式 (33) 包含 3 个方程, 可以改写为

$$\begin{aligned} \tan \gamma_i &= \frac{\sigma_{xz}}{(\lambda_i - \sigma_x^2) \cos \alpha_i - \sigma_{xy} \sin \alpha_i} \\ &= \frac{\sigma_{yz}}{(\lambda_i - \sigma_y^2) \sin \alpha_i - \sigma_{xy} \cos \alpha_i} \\ &= \frac{(\lambda_i - \sigma_z^2)}{\sigma_{xz} \cos \alpha_i + \sigma_{yz} \sin \alpha_i} \end{aligned} \quad (34)$$

可解得

$$\begin{aligned} \tan \alpha_i &= \frac{(\lambda_i - \sigma_x^2) \sigma_{yz} + \sigma_{xy} \sigma_{xz}}{(\lambda_i - \sigma_y^2) \sigma_{xz} + \sigma_{xy} \sigma_{yz}} \\ &= \frac{(\lambda_i - \sigma_x^2)(\lambda_i - \sigma_z^2) - \sigma_{xz}^2}{(\lambda_i - \sigma_z^2) \sigma_{xy} + \sigma_{xz} \sigma_{yz}} \\ &= \frac{\sigma_{xz} \sigma_{yz} + (\lambda_i - \sigma_z^2) \sigma_{xy}}{(\lambda_i - \sigma_y^2)(\lambda_i - \sigma_z^2) - \sigma_{yz}^2} \end{aligned} \quad (35)$$

有 2 解, 可限定 $0^\circ \leq \alpha_i \leq 180^\circ$ 使解唯一。解出 α_i 后, 可由式 (34) 求 $\gamma_i (0^\circ \leq \gamma_i \leq 180^\circ)$ 。由 α_i 、 γ_i 可确定 λ_i 的方向向量, 如式 (6) 所示, 即

$$\begin{aligned} \mathbf{s}_i &= (\cos \beta_i \quad \cos \eta_i \quad \cos \gamma_i)^\top \\ &= (\sin \gamma_i \cos \alpha_i \quad \sin \gamma_i \sin \alpha_i \quad \cos \gamma_i)^\top \end{aligned} \quad (36)$$

或考虑到

$$\tan \alpha_i = \frac{\sin \gamma_i \sin \alpha_i}{\sin \gamma_i \cos \alpha_i} = \frac{\cos \eta_i}{\cos \beta_i} \quad (37)$$

将式 (35) 的分母、分子指定为 $\cos' \beta_i$ 、 $\cos' \eta_i$, 并代入式 (33) 得到 $\cos' \gamma_i$, 再将 $\cos' \beta_i$ 、 $\cos' \eta_i$ 、 $\cos' \gamma_i$ 单位化就可得到 $\cos \beta_i$ 、 $\cos \eta_i$ 、 $\cos \gamma_i$ 。对此, 文献 [5] 给出了部分结果。

由图 2 可以看出, 主半径及其方向决定了曲面的形状、大小和姿态, 因此, 在描述空间点位精度时, 也可以只绘出主半径, 不妨称之为方差十字架, 如图 3 示意。

在测量中, Σ_p 是一个半正定矩阵, 因此, 方差曲面有以下性质:

- ① 主半径为非负实数;

证: 由半正定矩阵的定义, 对任意向量 $\mathbf{t} \neq 0$, 都

有 $\mathbf{t}^\top \Sigma_p \mathbf{t} \geq 0$ 。取 \mathbf{t} 为特征向量 \mathbf{s} , 且 $\mathbf{s}^\top \mathbf{s} = 1$, 则由式 (11) 知 $\lambda \geq 0$ 。

- ② 不同主值所对应的主方向相互正交;

证: $\lambda_1 \mathbf{s}_1 = \Sigma_p \mathbf{s}_1$

$$\Rightarrow \lambda_1 \mathbf{s}_2^\top \mathbf{s}_1 = \mathbf{s}_2^\top \lambda_1 \mathbf{s}_1 = \mathbf{s}_2^\top \Sigma_p \mathbf{s}_1 = (\Sigma_p \mathbf{s}_2)^\top \mathbf{s}_1 = (\lambda_2 \mathbf{s}_2)^\top \mathbf{s}_1$$

$$\Rightarrow (\lambda_1 - \lambda_2) \mathbf{s}_2^\top \mathbf{s}_1 = 0$$

$(\lambda_1 - \lambda_2)$ 不为 0, 故 $\mathbf{s}_2^\top \mathbf{s}_1$ 一定为 0。

- ③ 主方向之间协方差为 0, 即主方向之间统计不相关。

证: $\mathbf{s}_2^\top \Sigma_p \mathbf{s}_1 = \mathbf{s}_2^\top \lambda_1 \mathbf{s}_1 = \lambda_1 \mathbf{s}_2^\top \mathbf{s}_1 = 0$ 。

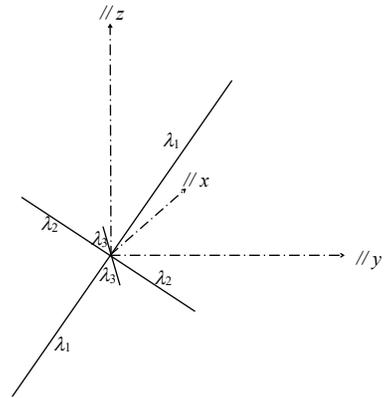


图3 点位的方差十字架

3 方差曲面算例

设点位的协方差矩阵

$$\begin{aligned} \Sigma_p &= \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y^2 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zx} & \sigma_z^2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 2.12716 & 0.54545 & 0.26888 \\ 0.54545 & 0.44927 & -0.32017 \\ 0.26888 & -0.32017 & 2.84121 \end{pmatrix} \text{mm}^2 \end{aligned}$$

则主半径计算:

$$\begin{aligned} \det(\Sigma_p) &= 1.5255063 \text{mm}^3, \quad \text{tr}(\Sigma_p) = 5.41764 \text{mm}^2 \\ b &= -5.41764 \text{mm}^2, \quad c = 7.8035269 \text{mm}^4, \quad d = -1.5255063 \text{mm}^6 \\ k &= -1.9800809 \text{mm}^4, \quad g = 1.80588 \text{mm}^2, \quad q = 0.78804582 \text{mm}^6 \\ \Delta &= -0.13227717 \text{mm}^{12}, \quad r = 0.53621938 \text{mm}^6, \quad \theta = 137.29172^\circ \\ \lambda_1 &= 2.939396 \text{mm}^2, \quad \lambda_2 = 0.230937 \text{mm}^2, \quad \lambda_3 = 2.247307 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

检核:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 5.41764 \text{mm}^2$$

$$\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 = 1.5255063 \text{mm}^6$$

$$\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 = 7.8035269 \text{mm}^4$$

$$\lambda_1^3 + b \lambda_1^2 + c \lambda_1 + d = 1.6 \times 10^{-15} \text{mm}^6$$

$$\lambda_2^3 + b \lambda_2^2 + c \lambda_2 + d = 1.3 \times 10^{-15} \text{mm}^6$$

$$\lambda_3^3 + b \lambda_3^2 + c \lambda_3 + d = 1.6 \times 10^{-15} \text{mm}^6$$

主方向计算:

$$\begin{aligned} \tan\alpha_1 &= -0.22911915, \alpha_1 = 167.09518^\circ \\ \tan\gamma_1 &= -0.29432842, \gamma_1 = 163.59934^\circ \\ \mathbf{s}_1 &= (-0.27522088 \ 0.063058374 \ -0.95931075)^\top \\ \tan\alpha_2 &= -3.2303399, \alpha_2 = 107.20069^\circ \\ \tan\gamma_2 &= 6.7735362, \gamma_2 = 81.601894^\circ \\ \mathbf{s}_2 &= (-0.29254864 \ 0.94503153 \ 0.14605033)^\top \\ \tan\alpha_3 &= 0.35034412, \alpha_3 = 19.307609^\circ \\ \tan\gamma_3 &= -4.0156663, \gamma_3 = 103.98364^\circ \\ \mathbf{s}_3 &= (0.9157886 \ 0.32084115 \ -0.24164477)^\top \\ \mathbf{s}_1\mathbf{s}_2^\top &= 5.7 \times 10^{-15}, \mathbf{s}_1\mathbf{s}_3^\top = -7.4 \times 10^{-15}, \mathbf{s}_2\mathbf{s}_3^\top = 1.9 \times 10^{-15} \end{aligned}$$

4 方差曲面围成的体积

使坐标系的三个坐标轴与方差曲面的三个主方向重合, 则方差曲面可表示为

$$\sigma^2(\alpha, \gamma) = \lambda_1 \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha + \lambda_2 \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha + \lambda_3 \cos^2 \gamma \quad (38)$$

或表示成直角坐标方程

$$(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}} = \lambda_1 x^2 + \lambda_2 y^2 + \lambda_3 z^2 \quad (39)$$

现在, 由式(38)计算方差曲面围成的体积

$$\begin{aligned} V_V &= \int_0^{\sigma^2(\alpha, \gamma)} d\sigma^2(\alpha, \gamma) \int_0^{2\pi} \sigma^2(\alpha, \gamma) \sin \gamma d\alpha \int_0^\pi \sigma^2(\alpha, \gamma) d\gamma \\ &= \frac{1}{3} \int_0^{2\pi} d\alpha \int_0^\pi \sigma^6(\alpha, \gamma) \sin \gamma d\gamma \\ &= \frac{4\pi}{3 \times 5 \times 7} [4(\lambda_1^3 + \lambda_2^3 + \lambda_3^3) + (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)^3 - 4\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3] \end{aligned} \quad (40)$$

考虑几个特例:

① 当 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$ 时, 方差曲面变成了球面

$$\sigma^2(\alpha, \gamma) = \lambda_1$$

或

$$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \lambda_1$$

体积为 $\frac{4\pi\lambda_1^3}{3}$ 。

② 当 $\lambda_1 > 0, \lambda_2 = \lambda_3 = 0$ 时, 方差曲面形成相切的两个形体, 体积为 $\frac{2 \times 2\pi\lambda_1^3}{3 \times 7}$ 。

③ 当 $\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0, \lambda_3 = 0$ 时, 方差曲面围成的体积为 $\frac{4\pi}{3 \times 7} (\lambda_1^3 + \lambda_2^3) + \frac{4\pi}{5 \times 7} (\lambda_1^2 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_2^2)$ 。

另外, 若将赫尔默特 (F. R. Helmert) 定义的点方差推广到三维

$$\sigma_p^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad (41)$$

也将韦克迈斯特 (P. Werkmeister) 定义的点方差推广到三维

$$\sigma_p'^2 = \sqrt[3]{\det(\Sigma_p)} = \sqrt[3]{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3} \quad (42)$$

在平面测量中, 点位方差、点位标准差与方差曲线、标准差曲线围成的面积之间存在简单的关系式^[1], 但在空间测量中, 点位方差、点位标准差与方差曲面、标准差曲面围成的体积之间的关系并不直接、简单。

5 标准差曲面

根据定义, 只需将式(5)开平方就可得到空间点位的标准差曲面 $\sigma(\alpha, \gamma)$ 。 $\sigma(\alpha, \gamma)$ 当然是点在 α 和 γ 所确定方向上的位置标准差, 称为点在该方向的径向标准差^[1]。

标准差曲面 $\sigma(\alpha, \gamma)$ 与方差曲面 $\sigma^2(\alpha, \gamma)$ 的图形(图2)相似, 体量较小。 $\sigma(\alpha, \gamma)$ 的主半径为 $\sqrt{\lambda_1}$ 、 $\sqrt{\lambda_2}$ 和 $\sqrt{\lambda_3}$, 主方向分别与 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 的方向相同。 $\sigma(\alpha, \gamma)$ 可以用标准差十字架表示。

当三个坐标轴与方差曲面的三个主方向重合时, 标准差曲面方程为

$$\sigma(\alpha, \gamma) = \sqrt{\lambda_1 \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha + \lambda_2 \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha + \lambda_3 \cos^2 \gamma} \quad (43)$$

或表示成直角坐标方程

$$(x^2 + y^2 + z^2)^2 = \lambda_1 x^2 + \lambda_2 y^2 + \lambda_3 z^2 \quad (44)$$

标准差曲面围成的体积为

$$\begin{aligned} V_S &= \int_0^{\sigma(\alpha, \gamma)} d\sigma(\alpha, \gamma) \int_0^{2\pi} \sigma(\alpha, \gamma) \sin \gamma d\alpha \int_0^\pi \sigma(\alpha, \gamma) d\gamma \\ &= \frac{1}{3} \int_0^{2\pi} d\alpha \int_0^\pi \sigma^3(\alpha, \gamma) \sin \gamma d\gamma \end{aligned} \quad (45)$$

该积分比较复杂, 结果表达式不易得到。假设它与式(40)具有类似的形式, 可得近似式

$$\begin{aligned} V_S &= \frac{13\pi(\sqrt{\lambda_1^3} + \sqrt{\lambda_2^3} + \sqrt{\lambda_3^3})}{36} - \\ &\quad \frac{\pi}{36} (\sqrt{\lambda_1} + \sqrt{\lambda_2} + \sqrt{\lambda_3})^3 + \pi\sqrt{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3} \end{aligned} \quad (46)$$

考虑几个特例:

① 当 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$ 时, 标准差曲面变成了球面

$$\sigma(\alpha, \gamma) = \sqrt{\lambda_1}$$

或

$$x^2 + y^2 + z^2 = \lambda_1$$

体积为 $\frac{4\pi\sqrt{\lambda_1^3}}{3}$ 。

② 当 $\lambda_1 > 0, \lambda_2 = \lambda_3 = 0$ 时, 标准差曲面变成

$$\sigma(\alpha, \gamma) = \sqrt{\lambda_1} \sin \gamma |\cos \alpha|$$

或

$$x^2 + y^2 + z^2 = \lambda_1 |x|$$

(下转第 33 页)

基于高温特征的深度学习模型集成方法

李贤蔚

(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要: 地表覆盖分类是遥感影像智能解译的重要方向。基于深度学习的语义分割算法已经成为主流方法, 深度学习模型的训练需要大量高质量标签数据, 而人工标注样本标签耗时耗力, 公开的地表覆盖产品集提供的标签数据包含一定的分类错误。提出一种基于高温特征的深度学习模型集成方法, 利用多个公开地表覆盖产品集的标签数据进行模型集成训练, 减少人工标注的工作量, 降低错误标签对深度学习模型训练的影响, 同时引入高温特征值, 提高模型训练中知识传递的效率。基于 Google Dynamic V1、Esri LULC、ESA WorldCover 和 FROM-GLC10 等 4 个地表覆盖产品集, 将标签数据与影像进行匹配, 构建训练数据集, 使用高温特征进行深度学习模型集成训练。经实验验证, 基于高温集成训练的模型精度达到 85.4%, 优于单数据集训练的模型精度, 验证了方法的有效性。

关键词: 地表覆盖; 遥感影像; 深度学习; 模型集成; 高温特征

1 引言

地表覆盖信息反映了地球表面的物理和生物特性, 对于环境保护、资源管理和政策制定等有重要意义^[1]。随着遥感影像获取愈加便捷与丰富, 深度学习技术不断发展, 基于深度学习语义分割技术的遥感影像地表覆盖分类方法取得了良好效果^[2]。然而, 深度学习模型的训练需要大量标签数据, 人工标注会消耗大量人力物力。当前, 已公开大范围的地表覆盖分类产品集, 能够为深度模型训练提供大量标签数据, 但是这些数据因为缺少人工检核等可靠步骤, 在不同方面存在一些分类错误。与此同时, 使用产品集提供的标签数据需要对应同一地理位置的卫星遥感影像, 在这一过程中可能存在影像-标签的几何位置偏移。为克服以上问题, 本文提出了一种基于高温特征的深度学习模型集成方法, 使用多个地表覆盖产品集的标签数据, 匹配对应卫星影像组成训练数据集, 基于高温特征对多个单数据集训练而成的模型进行集成训练, 最终生成精度表现更好的集成深度模型。

2 数据及原理

2.1 数据介绍

选用 Google Dynamic V1、Esri LULC、ESA WorldCover 和 FROM-GLC10 等 4 个全球地表覆盖产品集^[3-6]的标签数据, 空间分辨率均为 10 米, 分类体系相近, 具体信息如表 1 所示。

本文选用的影像数据是哨兵 2 号卫星影像, 实验

使用其中的红、绿、蓝、近红外以及 2 个短波红外等 6 个波段, 具体情况如表 2 所示。实验将不同波段数据的空间分辨率统一重采样为 10 米。

表1 本文采用的4个全球地表覆盖产品集基本情况

产品集	生产机构/公司	分类方法	产品集年份
Google Dynamic V1	谷歌公司	深度学习	从 2017 年至今每年更新
Esri LULC	易智睿公司	深度学习	从 2018 年至今每年更新
ESA WorldCover	欧洲空间局	机器学习	2020 年 2021 年
FROM-GLC10	中国科学院遥感与数字地球研究所	支持向量机	2017 年

表2 哨兵2号卫星影像波段基本情况

序号	波段名	中央波长(纳米)	空间分辨率(米)
1	Blue	458-523	10
2	Green	543-578	10
3	Red	650-680	10
4	NIR	785-900	10
5	SWIR-1	1565-1655	20
6	SWIR-2	2100-2280	20

2.2 原理介绍

采用全卷积神经网络进行地表覆盖分类。首先对 4 个产品集类别体系进行整合, 然后分别训练模型, 最后基于高温特征值集成模型。原理如下:

(1) 全卷积神经网络

作者简介: 李贤蔚 (1991—), 男, 汉族, 硕士研究生, 研究方向: 遥感影像解译。E-mail: li_xianwei@whu.edu.cn

全卷积神经网络 (Fully Convolutional Neural Network, FCN) 是一种专门用于处理图像分割任务的神经网络模型^[7]。相较于传统的卷积神经网络,全卷积神经网络不包含全连接层,而是对特征图进行上采样,使得输出与输入具有相同的空间尺寸。因此全卷积神经网络可以接受任意大小的输入图像,并逐像素输出对应的分类结果。全卷积神经网络一般还会在编码器和解码器不同尺度下的特征图间构建跳层连接 (Skip Connection),以融合不同尺度的特征信息,提高模型精度。

实验选用的 SDFCNv2 网络是面向遥感影像语义分割任务提出的全卷积神经网络模型^[8]。该网络模型同样采用对称的编码器 (encoder) - 解码器 (decoder) 结构,在网络中应用了混合基础卷积层和自映射混合基础层,应用空间通道融合挤压激励模块增大卷积神经网络的感受野,缓解了分类结果中的不连续与椒盐噪声现象。SDFCNv2 具体网络结构如图 1 所示。

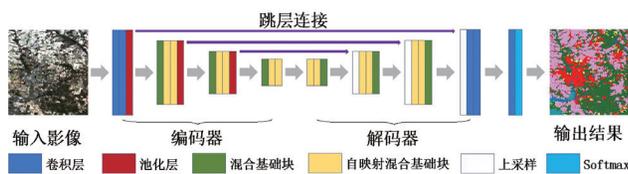


图1 SDFCNv2网络结构

(2) 地表覆盖分类体系整合

基于地表覆盖产品集融合形成统一类别体系,包含水体、森林、放牧地、裸地、耕地、人工地表、淹没植被、冰雪和其他等 9 个类别。其中,水体、森林、裸地、耕地、人工地表、冰雪属于 4 个产品集的共有类别;放牧地是由草地、灌木两个类别合并而成;淹没植被是湿地 (ESA WorldCover 数据集的红树林也归入此类);其他类则合并了 FROM-GLC10 数据集中冻土类别、ESA WorldCover 数据集中苔藓和地衣类别、Esri LULC 数据集中云类别等。

(3) 高温特征

利用知识蒸馏的高温输出思路,知识蒸馏是一种模型压缩方法,通过“老师-学生”结构将老师模型学习到的知识传递给学生模型,在训练过程中利用高温 Softmax 函数放大负标签所携带的信息,并通过蒸馏损失和常规损失对学生模型进行训练,以提高其表现^[9]。公式如下:

$$p_i = \frac{\exp(z_i/T)}{\sum \exp(z_i/T)}$$

其中, z_i 是 logits 值, T 是温度值, p_i 是高温预测值。老师模型向学生模型传递知识的方式就是通过高温输出。影像经由模型输出为 logits 值,再通过映射 (Softmax 层) 将 logits 值转化为模型预测结果,即各个类别的概率值。在传统训练中,常常忽略负标签所携带的信息,而知识蒸馏通过高温映射 (高温 Softmax 层) 可以缩小正负标签之间的概率差,从而放大负标签所携带的信息并加以利用,在每个样本上给老师模型带来更多的信息量。其中,不同的温度值设置会影响高温特征携带的信息量,同时也会影响模型训练的表现。

(4) 集成模型训练

集成学习方法通过将多个基本模型的预测结果进行组合,得到更为准确和稳定的预测结果,在处理复杂数据集或具有噪声的数据时效果显著。每个产品集的标签包含一定的错误,集成学习可用来解决这一数据噪声的问题。

特征级数据融合针对的是从影像数据转换生成的特征结果,由于深度神经网络模型的深层特征提取能力,这些特征结果包含了丰富的信息,在这一阶段进行数据融合能够达到“取长补短”的效果。为了更好地利用特征结果的丰富信息,采用知识蒸馏技术中的高温预测思路。在知识蒸馏模型中,模型输出高温预测值,充分利用负标签携带的信息,提高知识传递的效率。

3 实验结果及分析

实验研究区域为全国均匀分布的 42 个区域,跨越不同经度、纬度和自然地理分区,具体分布如图 2 所示 (黄色部分)。影像数据为研究区域的哨兵 2 号影像。标签数据来自 Google Dynamic V1、Esri LULC、FROM-GLC10 等 3 个产品集,按照统一类别体系转换,包含统一类别体系所有的地表覆盖类型。将 ESA WorldCover 产品集的标签作为真值进行精度评定。实验使用总体精度 (Overall Accuracy, OA)、F1 分数 (F1)、Kappa 系数 (Kappa)、平均交并比 (mean Intersection of Union, mIoU) 等作为精度评定指标。

为了验证高温集成方法的有效性,按照相同精度评定标准,测试了 Google Dynamic V1、Esri LULC、FROM-GLC10 等 3 个单数据集训练模型,在表 3 中分别记为模型-G、模型-E、模型-F,高温集成训练的模型记为集成模型-10 (温度 T 设为 10),模型预测精度如表 3 所示。

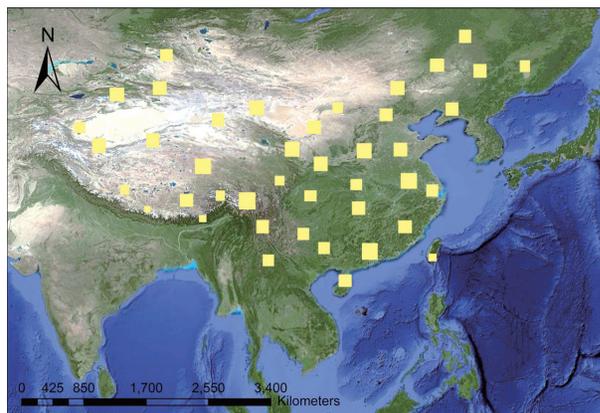


图2 研究区域分布

表3 对比实验精度结果

模型	OA	F1	Kappa	mIoU
模型-G	0.699	0.546	0.622	0.381
模型-E	0.824	0.581	0.757	0.451
模型-F	0.807	0.606	0.776	0.490
集成模型-10	0.854	0.612	0.815	0.492

此外，通过设置3个不同的温度 T 值（1、5、20），将实验所得的高温集成训练的模型分别记为集成模型-1、集成模型-5、集成模型-20，模型预测结果精度如表4所示。

表4 基于不同温度 T 值的集成训练模型精度

模型	OA	F1	Kappa	mIoU
集成模型-1	0.850	0.612	0.810	0.492
集成模型-5	0.851	0.612	0.810	0.489
集成模型-10	0.854	0.612	0.815	0.492
集成模型-20	0.842	0.611	0.800	0.484

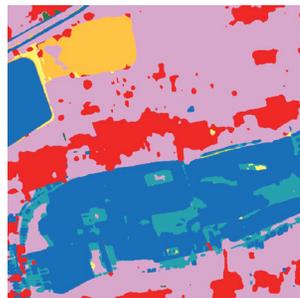
根据实验结果可以看出，无论温度 T 值为1、5、10或20，高温集成训练而成的模型精度均优于单一数据集训练的模型，验证了高温集成的模型训练方法能从多个数据集中提取有效知识，具有更强的鲁棒性，能够有力减轻单个数据集包含的错误以及标签与影像不匹配对模型训练的负面影响。

如图3所示，在影像的左上方有一块裸露土地，根据目视判读应为裸地类型。然而，在FROM-GLC10模型（模型-F）预测结果中该部分被误判为淹没植被、水体和人工建筑的组合；在Esri LULC（模型-E）的预测结果中，该部分的外围区域被预测为放牧地类型；Google Dynamic V1模型（模型-G）的预测结果较好。不同温度 T 值的高温集成模型（集成模型-1、集成模型-5、集成模型-10、集成模型-20）在该区域的预测结果表现良好，这表明高温集成模型训练方法优于

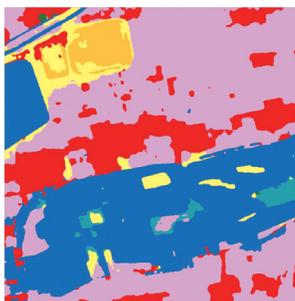
单数据集训练方法，能够有效避免单数据集训练中错误数据对于模型训练的不良影响。此外，如影像下部水塘的中间部分所示，高温集成训练而成的模型对淹没植被类型的预测结果也比单数据集训练的模型更好。



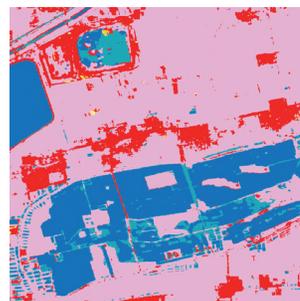
(a) 哨兵2号影像



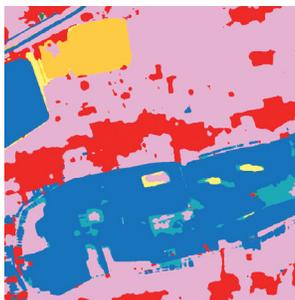
(b) 模型-G预测结果



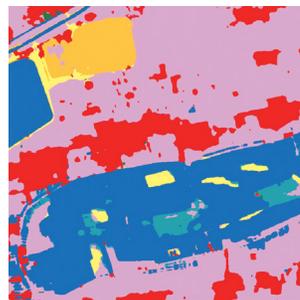
(c) 模型-E预测结果



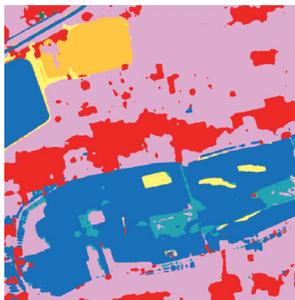
(d) 模型-F预测结果



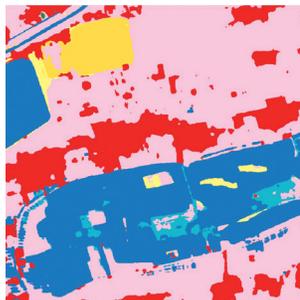
(e) 集成模型-1预测结果



(f) 集成模型-5预测结果



(g) 集成模型-10预测结果



(h) 集成模型-20预测结果



图3 模型预测结果对比

对比不同温度 T 值的实验结果，可以看出温度过低或过高都会影响融合精度。当温度过高时，负标签

携带的信息被放大太多，导致模型无法很好地区分地物类型，从而无法从数据中学习知识；当温度过低时，负标签携带的信息相对于正标签过少，未能被有效利用，导致训练效果较差。通过大量实验，针对研究区域，发现当温度 T 设置为 10 时，高温集成训练方法的精度最佳。

4 结论与展望

针对面向地表覆盖分类任务的深度模型训练需要大量标签数据的情况，利用现有多个大范围地表覆盖分类产品集的标签数据进行模型训练，提出基于高温特征的深度模型集成方法，克服标签数据包含的错误类别信息和影像-标签的不匹配情况对模型训练的负面影响。该方法减少了人工标注样本的工作量，基于多个数据源获取可靠知识，通过高温特征提高知识传递效率。集成多个全球土地覆盖产品集选择研究区开展实验，结果表明，基于高温集成的深度模型训练方法，相比于基于单数据集训练的模型，有更优的精度表现；不同的温度 T 值对模型训练有不同程度的影响，温度 T 设置为 10 时，研究区模型训练效果最好。因此，基于高温集成的深度模型训练方法可使用多个地表覆盖分类产品集标签数据对深度模型进行训练，为土地覆盖分类任务面临的标签数据问题提供了一种可行的解决方法。

(上接第 29 页)

为在原点相切的两个球，体积为 $2 \times \frac{4\pi}{3} \left(\frac{\sqrt{\lambda_1}}{2} \right)^3$ 。

③ 当 $\lambda_1 = \lambda_2 > 0$, $\lambda_3 = 0$ 时，方差曲面围成的体积为 $\frac{\pi\sqrt{\lambda_1^3}}{2}$ 。

另外，赫尔默特点位标准差和韦克迈斯特点位标准差与标准差曲面围成体积之间也无简单关系式。

6 结束语

从二维表达到三维表达，是测量工程的一个发展趋势。相应地，点位精度描述也应从方差曲线和标准差曲线发展到方差曲面和标准差曲面。

从二维到三维，有些推广是简捷的，如点位方差、径向方差的含义、方差十字（架）的表示、方差曲面的数学性质等，有些推广需经一定的研究，如径向真误差与坐标真误差的关系、方差曲面主半径、主方向的解算、方差曲面围成体积的计算等。本文对此进行了讨论，可供教学与生产参考。

参考文献

- [1] 张雯,曾豆豆.基于深度学习的城市地理国情地表覆盖分类研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(1):112-115.
- [2] 张伟,郑柯,唐婷,等.深度卷积神经网络特征提取用于地表覆盖分类初探[J].中国图象图形学报,2017,22(8):1144-1153.
- [3] Brown C F, Brumby S P, Guzder-Williams B, et al. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping[J]. Scientific Data,2022,9(1):251.
- [4] Karra K, Kontgis C, Statman-Weil Z, et al. Global land use/land cover with Sentinel 2 and deep learning[C]//2021 IEEE international geoscience and remote sensing symposium IGARSS. IEEE,2021:4704-4707.
- [5] Van De Kerchove R, Zanaga D, Keersmaecker W, et al. ESA WorldCover: Global land cover mapping at 10m resolution for 2020 based on Sentinel-1 and 2 data[C]//AGU Fall Meeting Abstracts,2021:GC45I-0915.
- [6] Gong P, Wang J, Yu L, et al. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+data[J].International Journal of Remote Sensing,2013,34(7):2607-2654.
- [7] 朱明.卷积神经网络在高分辨率卫星影像地表覆盖分类中的应用研究[D].北京:中国地质大学,2020.
- [8] Chen G, Tan X, Guo B, et al. SDFCNv2: An improved FCN framework for remote sensing images semantic segmentation[J]. Remote Sensing,2021,13(23):4902.
- [9] 邵巧忠.基于量化与知识蒸馏的语义分割研究[D].南昌:江西财经大学,2022.

参考文献

- [1] 孙现申.平面点位误差曲线及其性质[J].资源导刊·信息化测绘,2021(1):30-33,36.
- [2] 蔡剑红.一种新的点位误差度量[J].测绘学报,2009,38(3):276-279.
- [3] 杨元喜.关于“新的点位误差度量”的讨论[J].测绘学报,2009,38(3):280-282.
- [4] 蔡剑红,李德仁.三维点位不确定性中的误差椭球与误差曲面关系研究[J].测绘科学,2010(6):12-13.
- [5] 许才军,刘大杰.广义相对误差椭球(圆)[J].武汉测绘科技大学学报,1990,15(2):19-26.
- [6] 周江文.空间误差椭球[M]//周江文.误差理论.北京:测绘出版社,1979:109-119.
- [7] 郭同德,贾军国.误差椭球的性质及其在置信域问题中的应用[J].郑州大学学报(工学版),2006,27(3):116-118.
- [8] 田红亮.一元三次方程根的解法[J].湖北工程学院学报,2019,39(6):97-105.
- [9] 辜青萍.拐点和一元三次方程的求根公式[J].江汉大学学报(自然科学版),2002,19(1):28-31.

结构知识驱动的遥感影像飞机型号识别方法

冯源 肖志峰

(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要: 飞机型号识别在遥感影像的军民应用领域都扮演着愈来愈重要的角色。针对飞机型号识别的形态相似和样本稀少难点, 提出了一种结构知识驱动的具备高精度和强泛化能力的遥感影像飞机细粒度目标识别方法。首先从描述结构细微差别的需求出发, 设计了一种基于结构的关键点定义方法; 然后提出了一种基于热力图、坐标和近邻回归的飞机关键点检测模型, 快速精确地检测出飞机各个结构的关键点坐标; 最后提出了一种高泛用性的飞机细粒度目标识别方法——由关键点检测结果提取飞机结构信息, 通过离散特征过滤和模板匹配得到飞机型号识别结果。消融实验和测试结果表明, 该方法在数据集 Type-24 上表现出色。

关键词: 细粒度识别; 飞机目标; 知识驱动; 关键点检测

飞机目标型号识别是遥感影像目标识别中的一个重要分支, 在遥感影像的军民应用领域有着广泛运用。近年来, 得益于深度学习算法和影像处理技术的飞速发展, 飞机目标型号识别技术有了长足进步, 但仍然有较大的提升空间。

遥感影像中影响飞机型号识别精度的因素有很多: 影像噪声、背景复杂、旋转角度过大、形状相似、细分类数据缺乏等等。为解决这些问题而诞生的研究数不胜数, 其中较具代表性的方法可以分成两大类: 端到端识别和双阶段识别。端到端识别往往通过搭建深度神经网络直接对飞机图像实现分类。Diao 等首次使用深度置信网络解决飞机识别问题, 但仅能在小范围型号中保持较高精度^[1]。Fu 等提出了多类激活映射方法, 能够充分利用飞机结构特征^[2]。Yi 等关注飞机的局部和多级特征, 将多级注意力机制引入类型识别网络^[3]。

端到端方法有一个共同的缺点——无法确保训练集以外飞机型号的识别精度。因此, 双阶段识别方法应运而生。双阶段识别往往通过特征提取和型号分类两个阶段实现识别。在型号分类器的选择上, 轻量化且高效的机器学习方法备受青睐。但在特征提取器上经历了从 Hu 矩^[4]、傅里叶描述子^[5]、SIFT^[6]等传统人工特征到基于深度学习特征的演变。传统人工特征因为缺乏对噪声和复杂背景的鲁棒性而被淘汰, 基于深度学习的特征在最近十年逐步成为研究热点。Zhao 等开了运用关键点检测思想解决飞机细粒度识别的先河, 其方法改善了以往方法的数据敏感性问题^[7]。后

续的研究基于关键点检测思想做了许多尝试, 进一步表明通过关键点检测预测坐标和方向可以辅助分割模型提取精确的飞机轮廓^[8]。Zhang 等使用生成对抗网络从无类型标注数据集学习关键点特征表示飞机^[9]。虽然这些方法均在不同程度上缓解了数据敏感性问题, 但是在面对困难样本和繁多型号时仍然有不小的改进空间。

为了解决上述问题, 本文在现有基于关键点检测的飞机识别方法上更进一步。首先搭建了一个融合热力图回归和坐标回归的飞机关键点检测模型, 设计邻域回归模块以限制离群点。随后, 提出了一种结构知识驱动的飞机型号识别方法, 从精确的关键点坐标出发提取结构特征, 实现飞机目标细粒度识别。实验表明, 该方法兼具精度和可靠性, 在低数据量下仍能保持较好表现。

1 结构知识驱动的认识模型的构建

1.1 飞机结构建模

基于关键点检测思想的识别方法一般需要根据识别目标的特点, 人为设计关键点分布方案, 赋予各个关键点具体的语义特征。此前一些运用关键点检测思想的飞机识别方法往往仅定义较少数量的关键点, 或将少量关键点作为细粒度识别的辅助手段^[7-9]。与这些方法不同的是, 本文将关键点作为飞机型号识别的主要依据。而在众多飞机型号中, 存在许多细节上形态较为相似的型号, 应用少量关键点无法体现结构上的细微差别, 难以区分此类型号。为此, 本文基于飞

基金项目: 国家自然科学基金(41871314); 本论文数值计算得到了武汉大学超级计算中心的计算支持和帮助。

作者简介: 冯源(1998—), 男, 汉族, 硕士研究生, 主要从事遥感目标识别研究。E-mail: 2016301610187@whu.edu.cn

机结构特点，定义足够数量的关键点以保留飞机结构细节特征，设计了如图 1 所示的适应主流飞机型号的 87 点关键点分布方案。

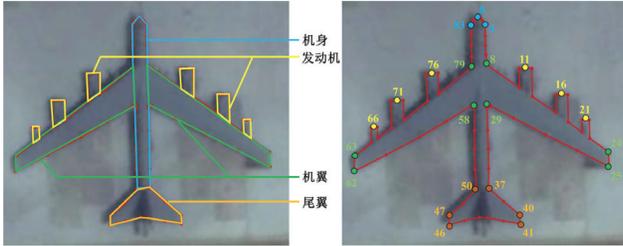


图1 87点飞机关键点分布方案

考虑到主流飞机型号的结构特点，本文划分了四个主要的飞机结构：机身、机翼、翼上发动机、尾翼。在确保关键点能够描述结构细节的前提下，各个飞机结构包含的关键点按照如下分配，其中存在部分点同时从属于多个结构：

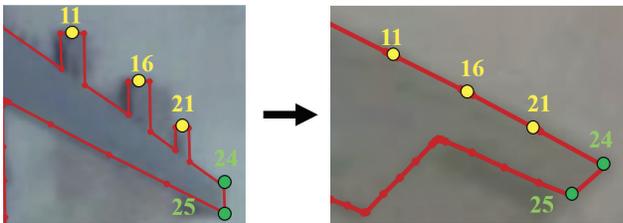
机身：点 0-8, 33-37, 50-54, 79-86;

机翼：点 8-29, 58-79;

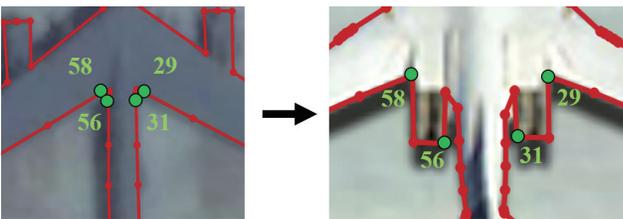
翼上发动机：点 9-23, 64-78;

尾翼：点 37-50。

部分飞机型号存在相当大的结构差异，以发动机布置方式为例，有翼上、机身等多种形式，发动机数量则有双发、四发、六发等，仅仅凭借少量关键点难以实现此类结构差异的区分^[7]。为此，本文着重增加了关键点的数量，使关键点定义能够适应多种飞机型号的结构差异情况，对于发动机布置方式和数量都有较强的适应性（如图 2 所示）。相比以往关键点定义方法，这种自适应性也保证了本文方法能够描述更多的飞机结构细节特征。



(a) 适应翼上发动机



(b) 适应机身发动机

图2 关键点定义对不同飞机型号的适应

1.2 飞机结构提取模型

通过检测具有结构语义特征的关键点提取飞机结构，需要构建飞机关键点检测模型。基于坐标回归和基于热力图回归是关键点检测的两大主流方法。基于坐标回归的方法直接预测关键点坐标，速度快但精度有限；基于热力图回归的方法通过多通道热力图预测关键点所在位置的概率，间接预测关键点位置，精度较高但速度慢，且存在部分点严重偏离附近点的离群点问题。考虑到以上方法的特点，本文结合坐标回归和热力图回归的优势，添加邻域回归模块，设计了如图 3 所示的飞机关键点检测模型。

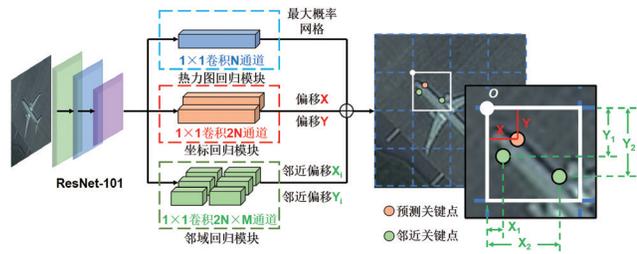


图3 飞机关键点检测网络结构

图 3 中，检测模型采用经典卷积神经网络 ResNet-101^[10] 作为主干网络，提取输入飞机图像的特征信息。特征信息分别经过热力图回归模块、坐标回归模块以及邻域回归模块输出最大概率网格、相对网格原点的偏移坐标 X 、 Y 和邻近关键点的偏移坐标 X_1 、 Y_1 。热力图回归模块采用 N 通道 1×1 卷积，将原始输入图像划分为 7×7 个尺寸相同的正方形网格，通过热力图预测每个网格中某一关键点的出现概率，从而大致预测关键点位置。其中， N 为关键点总数，本文中 $N=87$ 。

与先前研究中的许多热力图回归关键点检测网络不同，该网络的热力图预测仅需划分为较为稀疏的网格，减小了计算量，在低分辨率的热力图上实现快速的网格级关键点位置预测。坐标回归模块采用 $2N$ 通道 1×1 卷积，在热力图预测概率最大的网格基础上，预测关键点相对于该网格坐标原点的偏移坐标，得到关键点的确切位置，在部分遮挡情况下仍具备较好的轮廓联想能力。邻域回归模块采用 $2N \times M$ 通道 1×1 卷积，让待预测关键点邻近的关键点参与对该关键点的位置预测，输出邻近关键点相对于该关键点所在网格坐标原点的位置偏移，从而达成对该关键点的位置约束，减轻与周围点严重偏离的离群点现象。其中， M 为参与计算的邻近关键点数量，本文取 $M=40$ ，那么每个关

键点的位置会被它距离最近的 40 个点所约束。输出网格和坐标后，模型将计算损失，以损失的加权和作为网络训练的优化目标，其损失函数见下式^[11]：

$$L = L_H + \beta_C L_C + \beta_N L_N \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} L_H &= \frac{1}{NHW} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^H \sum_{k=1}^W (s_{ijk} - \hat{s}_{ijk})^2 \\ L_C &= \frac{1}{2N} \sum_{s_{ijk}=1} \sum_{l=1}^2 |o_{ijkl} - \hat{o}_{ijkl}| \\ L_N &= \frac{1}{2NM} \sum_{s_{ijk}=1} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^2 |n_{ijkml} - \hat{n}_{ijkml}| \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中， L_H 、 L_C 和 L_N 分别表示热力图回归、坐标回归和邻域回归的损失， β_C 和 β_N 分别表示坐标回归和邻域回归的损失权重，本文取经验值 $\beta_C=0.1$ ， $\beta_N=0.1$ 。 S_{ijk} 和 \hat{s}_{ijk} 是关键点在单个网格上归一化后的概率真实值和预测值； o_{ijkl} 和 \hat{o}_{ijkl} 是关键点与其所在网格坐标原点的归一化后的偏移真实值和预测值； n_{ijkml} 和 \hat{n}_{ijkml} 是邻近关键点与单个预测关键点所在网格坐标原点的归一化后的偏移真实值和预测值。 $S_{ijk}=1$ 意味着只让实际具有关键点的网格参与计算。

最后，在热力图输出的具有最大概率的网格中，网络将对应的坐标偏移换算成实际关键点坐标。该坐标与邻近点预测的坐标偏移在经过直接的平均融合后，将作为模型的预测关键点坐标。

1.3 结构知识驱动的飞机型号识别

1.3.1 基于结构显著差别的离散特征过滤

目前全球飞机型号种类繁多，比较不同型号间飞机结构细微差异是一个计算量较大的过程，将输入飞机图像与所有型号进行比较显然是不现实的，会造成计算资源和时间上的浪费。经过对大量飞机型号的比较分析，本文认为在遥感影像下，飞机结构具有三个较为显著的离散判别特征：机翼有无、发动机位置分布、发动机数量，透过它们可以反映不同型号间结构的显著差别。根据这些特征，本文设计了如下的显著差别判别方式：

$$\text{飞机} \begin{cases} \text{不具备机翼} & \frac{A_w}{A_f} < T_{wf} \\ \text{具备机翼} & \frac{A_w}{A_f} \geq T_{wf} \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{发动机} \begin{cases} \text{不位于机翼上} & \frac{A_{e1}}{A_w} < T_{ew} \\ \text{位于机翼上} & \frac{A_{e1}}{A_w} \geq T_{ew} \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{机翼} \begin{cases} \text{具备双发动机} & \frac{A_{e2}}{A_{e1}} < T_{ee} \\ \text{具备四发动机及以上} & \frac{A_{e2}}{A_{e1}} \geq T_{ee} \end{cases} \quad (5)$$

式中， A_w 和 A_f 分别表示飞机单侧机翼面积和机身面积， A_{e1} 和 A_{e2} 分别表示机翼上靠近机身侧的第一个

发动机和第二个发动机的面积。这些面积可由关键点检测模型预测的关键点坐标通过向量积算法求得。 T_{wf} 表示翼身面积比阈值， T_{ew} 表示发动机机翼面积比阈值， T_{ee} 表示发动机间面积比阈值，这三个阈值需要根据具体研究的飞机样本量和型号人为确定。本文在充分比较数据集中各型号的三个面积比值后，取经验值 $T_{wf}=0.01$ ， $T_{ew}=0.01$ ， $T_{ee}=3$ 。

经过上述离散特征过滤，模型可以通过预测的关键点坐标快速划分固定翼飞机和直升机、翼吊式和尾吊式飞机、双发和四发以上飞机等类别，实现粗粒度的型号类别划分，以缓解型号繁多导致的识别低效率问题。

1.3.2 融合全局和部件结构连续特征的模板匹配

模板匹配是一种在目标细粒度识别中得到广泛运用的算法，能够检测出输入图像和模板图像的细节差别。本文识别模型将部件轮廓视作飞机结构的连续性特征，融合飞机全局和部件结构相似度，采用模板匹配方法实现结构连续特征的相似度计算，具体计算方式如下：

$$S_A = S_G + \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p S_i \quad (6)$$

式中， S_A 表示总和相似度， p 表示参与模板匹配计算的部件总数。 S_G 和 S_i 分别表示全局相似度和各部件相似度，使用相关系数算法计算：

$$S = \left. \begin{aligned} S &= \frac{\sum_{x,y} (T'_{x,y} \cdot I'_{x,y})}{\sqrt{\sum_{x,y} (T'_{x,y})^2 \cdot \sum_{x,y} (I'_{x,y})^2}} \\ T'_{x,y} &= T_{x,y} - \frac{\sum_{x,y} T_{x,y}}{wh} \\ I'_{x,y} &= I_{x,y} - \frac{\sum_{x,y} I_{x,y}}{wh} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式中， $T_{x,y}$ 和 $T_{x',y'}$ 表示模板图像中某个像素灰度值和其他像素灰度值。 $I_{x,y}$ 和 $I_{x',y'}$ 表示输入图像中某个像素灰度值和其他像素灰度值。 w 和 h 代表模板图像宽高，输入图像须调整大小与之保持一致。

通过结构连续特征相似度计算，识别模型可以从型号知识库中找出与输入飞机形态无论是全局还是各部件都最为相似的飞机型号，从而实现细粒度的飞机型号识别。

2 实验结果与分析

2.1 数据集

根据飞机型号先验知识，本文搜集整理了一个具

有手工标注关键点和型号分类的数据集。数据集中含有 798 张带有关键点和型号标注的飞机样本，其中，606 张用作训练集，192 张用作验证集，以及 2291 张仅含型号标注的样本用作测试集。

数据集的部分来源于 aircraft-16^[3]、MTARSI^[12] 和 FAIRIM^[13]，其余部分在 Google Earth，高分-5 和高分-7 的 0.5m 至 1.2m 分辨率下的遥感影像中搜集而成。所有关键点标签均严格参照本文提出的 87 点飞机关键点分布方案进行标注。数据集包括 24 类飞机型号，因此命名为 Type-24，图 4 展示了数据集中的一部分样本。



图4 数据集Type-24中的部分样本

在数据集训练集的关键点标注基础上，本文制作了如图 5 所示的飞机全局模板和部件模板用于识别模型的模板匹配。

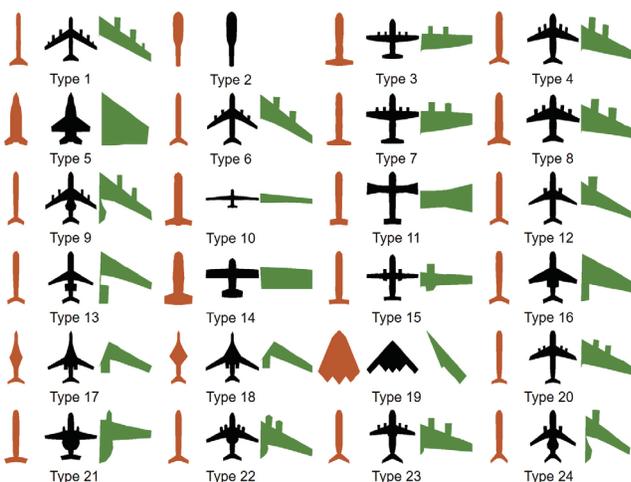


图5 由训练集生成的全局和部件模板

图 5 中，黑色模板表示飞机全局模板，橙色表示飞机机身，绿色表示机翼。在本文实验中，参与模板

匹配的部件总数 $p=2$ ，匹配时仅考虑机身和机翼的部件结构连续特征。

2.2 关键点检测实验

本节实验验证了关键点检测模型的效果。606 张训练集图像和 192 张验证集图像经过 7 次 Copy-Paste^[14] 扩充，以及 36 次随机旋转、裁剪和透视变换等数据扩充，最终得到将近 200000 张图像用于模型训练，50000 张用于模型验证。本文的关键点检测模型在 4 张 NVIDIA Tesla V100 显卡上进行训练，将 batch size 设置为 32，将 learning rate 设置为 0.0001，模型输入图像尺寸为 224×224 ，共迭代 100 个 epoch。模型的部分关键点检测结果如图 6 所示，在验证集上的损失 loss 为 0.0075，说明本文关键点检测方法具有较高的精度。

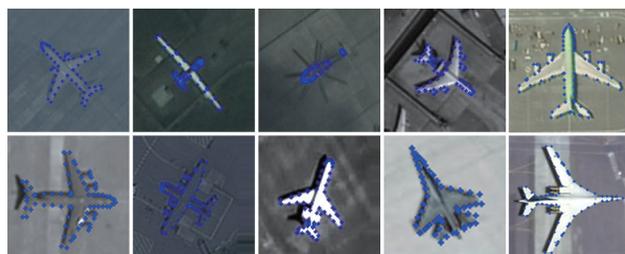


图6 验证集上部分关键点检测结果

2.3 型号识别实验

本节实验在测试集上进行关键点检测，将关键点预测坐标输入识别模型验证本文识别方法的有效性。本文方法的型号识别总体精度可达 73.11%，识别结果的混淆矩阵如图 7 所示。

图 7 中，型号 2、4、13、14、15、16 的识别表现不佳，主要原因是训练集在这些型号上尚缺少数据量；从图 5 可以看出，型号 4 在形态上与型号 20、23 较为相似，也可能在一定程度上影响了识别精度；型号 10、19 和 21 由于形态特殊，识别精度较高。

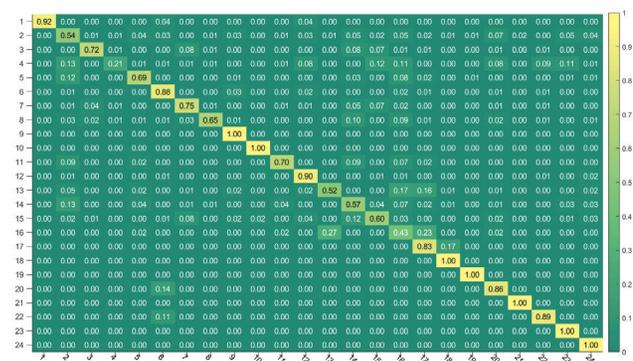


图7 识别结果的混淆矩阵

2.4 消融实验

本节设计了两组实验分别测试在删去模型中部分模块和删减部分训练集数据量的情况下,本文方法受到的影响。前者还与全连接的 ResNet-101 网络直接型号分类的效果进行了比较,总体精度和耗时对比如表 1 所示。实验表明,部件模板匹配的加入有助于弥补全局模板匹配的准确率缺陷,但对模型速度有一定影响。而离散特征过滤模块则能够减小计算量,有效提升模型速度,还对识别精度有一定改善。

表1 具备不同模块的模型消融实验结果

模型	总体精度 / %	耗时 / s
ResNet-101 全连接	67.18	0.02
全局模板匹配	52.07	0.13
全局模板匹配 + 离散特征过滤	59.14	0.06
全局部件融合匹配	68.79	0.34
全局部件融合匹配 + 离散特征过滤	73.11	0.14

第二组实验结果如表 2 所示,表明本文方法在缺乏训练数据时仍然具备可用性。结合表 1 可以看出,本文方法在训练集数据量减半的情况下仍优于在完整训练集下训练的 ResNet-101 全连接型号识别模型。

表2 削减训练集数据量对识别效果的影响

训练集数据占比 / %	训练样本数 / 个	总体精度 / %
100	606	73.11
50	303	69.18
25	152	61.15
10	61	50.28

3 结束语

为解决广泛存在的数据依赖性和敏感性问题,本文提出了一种结构知识驱动的遥感影像飞机型号识别方法,使用改进的关键点检测模型提取飞机结构特征,通过离散特征过滤和连续特征相似度计算实现细粒度型号识别。型号识别和消融实验表明,本文提出的关键点检测和全局部件融合匹配的识别流程充分利用了飞机结构特征,能够有效提高飞机型号识别精度;离散特征过滤的方法在提高识别效率的同时,也在一定程度上提升了识别精度。

参考文献

[1] DIAO W, SUN X, DOU F, et al. Object recognition in remote

sensing images using sparse deep belief networks[J].Remote Sensing Letters,2015,6(10):745-754.

[2] FU K, DAI W, ZHANG Y, et al. MultiCAM: Multiple class activation mapping for aircraft recognition in remote sensing images[J].Remote Sensing,2019,11(5).

[3] YI Y, YOU Y, ZHOU W, et al. MHA-CNN: Aircraft Fine-Grained Recognition of Remote Sensing Image Based on Multiple Hierarchies Attention[C].IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Kuala Lumpur, Malaysia,2022.

[4] DUDANI S A, BREEDING K J, MCGHEE R B. Aircraft Identification by Moment Invariants[J].IEEE Transactions on Computers,1977,C-26(1):39-46.

[5] ARBTER K, SNYDER W E, BURKHARDT H, et al. Application of affine-invariant Fourier descriptors to recognition of 3-D objects[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1990,12(7):640-647.

[6] ZHANG L, ZHANG Y. Airport Detection and Aircraft Recognition Based on Two-Layer Saliency Model in High Spatial Resolution Remote-Sensing Images[J].IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,2017,10(4):1511-1524.

[7] ZHAO A, FU K, WANG S, et al. Aircraft Recognition Based on Landmark Detection in Remote Sensing Images[J].IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,2017,14(8):1413-1417.

[8] ZUO J, XU G, FU K, et al. Aircraft Type Recognition Based on Segmentation With Deep Convolutional Neural Networks[J].IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,2018,15(2):282-286.

[9] ZHANG Y, SUN H, ZUO J, et al. Aircraft type recognition in remote sensing images based on feature learning with conditional generative adversarial networks[J].Remote Sensing,2018,10(7).

[10] SIMONYAN K, ZISSERMAN A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition[M/OL].arXiv,2015[2022-11-08].<http://arxiv.org/abs/1409.1556>.

[11] JIN H, LIAO S, SHAO L. Pixel-in-Pixel Net: Towards Efficient Facial Landmark Detection in the Wild[J].International Journal of Computer Vision,2021,129(12):3174-3194.

[12] WU Z Z, WAN S H, WANG X F, et al. A benchmark data set for aircraft type recognition from remote sensing images[J].Applied Soft Computing,2020(89):106-132.

[13] SUN X, WANG P, YAN Z, et al. FAIR1M: A benchmark dataset for fine-grained object recognition in high-resolution remote sensing imagery[J].ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2022(184):116-130.

[14] GHIASI G, CUI Y, SRINIVAS A, et al. Simple Copy-Paste is a Strong Data Augmentation Method for Instance Segmentation[M/OL].arXiv,2021[2023-01-13].<http://arxiv.org/abs/2012.07177>.

无偏灰色—BP神经网络组合模型在变形预测中的应用

李治 张芹

(河南省交通规划设计研究院股份有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 在传统灰色预测模型和BP神经网络模型的基础上提出了一种新的组合模型来对变形监测中的沉降进行预测。运用无偏灰色—BP神经网络组合模型, 兼顾了灰色预测模型计算样本少、计算简单和BP神经网络自组织、自适应的预测能力等优点, 并通过实验结果证明, 利用该组合模型方法预测结果的精度明显优于单纯的灰色模型和无偏灰色模型。

关键词: 灰色预测模型; 无偏灰色模型; 无偏灰色—BP神经网络模型; 权值; 精度

1 引言

目前, 变形监测是保证各类建筑物安全运营的重要手段, 自邓聚龙教授提出灰色模型以后, 灰色系统理论逐渐发展起来^[1], 在变形预测中得到广泛应用, 灰色系统理论具备所需原始数据少、建模简单等优点, 然而当原始数据变化快, 不符合明显的指数规律时, 使用传统灰色模型建模预测会存在固有偏差, 针对传统灰色模型存在的缺陷, 可以运用无偏灰色模型, 来消除这种固有偏差, 得到较高的预测精度。但单一的预测模型很难全面反映事物本质, 无法正确预测所需结果。人工神经网络是一种新型的、功能强大的信息处理高级算法, 属于隐式模型, 有自组织自适应能力, 具有高度的非线性, 一些研究表明该算法可适用于非线性的变形数据^[2]。在两种模型的基础上建立无偏灰色—BP神经网络组合模型。通过理论分析和算例表明, 该组合模型有更可靠的预测结果和精度。

2 无偏灰色预测模型及神经网络预测模型的建立和检验

在现实工程中, 常用的灰色预测模型^[3]通常都是一元一阶的预测模型, 灰色预测模型的建模原理及过程如下, 根据原始数据是否为等间隔序列可将原始序列分为以下两种情况^[4]:

2.1 无偏灰色预测模型建立

建立一阶白化微分方程:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b \quad (1)$$

其中: $\hat{a} = \ln(2-a) - \ln(2+a)$, $A = 2u/2+a$, 即可使用传统灰色模型的参数 a 、 b 表示原始数据序列的参数 \hat{a} 和 A 。

建立原始数据序列模型^[5-6]:

$$\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1) \quad (2)$$

$$\hat{x}^{(0)}(k) = Ae^{\hat{a}(k-1)}, k = 2, 3, \dots \quad (3)$$

2.2 模型的精度检验^[7]

在现代的数据处理中, 只有通过检验的模型才能用来预测。在现有的灰色预测模型中, 精度检验主要有残差检验法、关联度法与后验差法。残差检验法即绝对或相对误差检验, 精度检验要求误差越小越好^[8]。本文利用残差大小检验法, 对所建立的模型进行精度检验。根据原始数据和预测模型计算出的模拟数据从而得到残差, 记为 $\varepsilon(k)$:

$$\varepsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k) \quad (4)$$

令相对误差:

$$\Delta(k) = \varepsilon(k)/x^{(0)}(k) \quad (5)$$

平均相对误差:

$$\bar{\Delta}(k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(k) \quad (6)$$

根据表1, 当 $\max\{\bar{\Delta}(k), \max \Delta(k)\} < \alpha$ 成立时, 称模型为残差合格模型。

表1 精度检验等级指标

预测精度等级	α
好	0.01
合格	0.05
勉强	0.10
不合格	0.20

作者简介: 李治 (1990—), 男, 汉族, 硕士研究生, 工程师, 主要从事数据处理工作。E-mail: 767912387@qq.com

2.3 BP 神经网络模型

BP^[9-10] (Back Propagation) 网络是 1986 年由 Rumelhart 和 McClelland 为首的科学家小组提出的, 它是一种按误差逆传播算法训练的多层前馈网络, 是目前应用最广泛的神经网络模型之一。BP 神经网络能学习和存储大量的输入-输出模式映射关系, 无需事前揭示描述这种映射关系的数学方程。它的学习规则是使用最速下降法, 通过反向传播来不断调整网络的权值和阈值, 使网络的误差平方和最小。BP 神经网络模型拓扑结构包括输入层 (input)、隐层 (hide layer) 和输出层 (output layer)。

BP 神经网络模型包括输入输出模型、作用函数模型、误差计算模型和自学习模型。

(1) 节点输出模型

隐节点输出模型:

$$y_j = f_1(\sum_{i=0}^{n_1} w_{1ji} x_i + b_j), (j=1, 2, \dots, n_2) \quad (7)$$

输出节点输出模型:

$$z_k = f_2(\sum_{j=0}^{n_2} w_{2kj} y_j + b_k), (k=1, 2, \dots, n_3) \quad (8)$$

本文中, f_1 为 sigmoid 函数, f_2 为线性函数。

(2) 作用函数模型

作用函数是反映下层输入对上层节点刺激脉冲强度的函数, 又称刺激函数, 一般取为 (0, 1) 内连续取值 Sigmoid 函数:

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-x}) \quad (9)$$

(3) 误差计算模型

误差计算模型是反映神经网络期望输出与计算输出之间误差大小的函数:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \sum_{k=1}^{n_3} (y_{jk} - \bar{y}_{jk})^2 \quad (10)$$

(4) 自学习模型^[11]

神经网络的学习过程, 即连接下层节点和上层节点之间的权重矩阵 W_{ij} 的设定和误差修正过程。BP 神经网络有有师学习方式——需要设定期望值和无师学习方式——只需输入模式之分。连接权值的修正主要采用梯度下降法, 每次连接的权值修正量跟误差函数的梯度成正比, 它从输入层反向传递到各层。各层的连接权值修正量为:

$$\Delta w_{2kj} = -\Phi \frac{\delta E}{\delta w_{2kj}} = \Phi (t_k - z_k) f'_2 \cdot y_j, (k=1, 2, \dots, n_3; j=0, 1, \dots, n_2) \quad (11)$$

$$\Delta w_{1ji} = -\Phi \frac{\delta L}{\delta w_{1ji}} = \Phi \left[\sum_{k=1}^{n_3} (t_k - z_k) f'_2 \cdot w_{2kj} \right] \cdot f'_1 \cdot x_i, (j=1, 2, \dots, n_2; i=0, 1, \dots, n_1) \quad (12)$$

式中 w_{1ji} 为输入层与隐含层之间的连接权值, w_{2kj}

为隐含层与输出层之间的连接权值; n_1, n_2, n_3 分别为输入层神经元数、隐含层神经元数、输出层神经元数; Φ 为学习速率; f'_1, f'_2 分别为函数的导数; t 为样本输出值; z 为实际输出值。

3 无偏灰色—BP 神经网络组合模型建立

目前针对变形数据预测, 单单依靠传统无偏灰色模型或传统的 BP 神经网络模型进行预测, 结果易存在偏差, 因此本文提出无偏灰色—BP 神经网络组合模型, 通过运用该模型可以有效过滤系统中的灰色特性, 消除灰色系统的固有偏差, 同时充分发挥无偏灰色模型和 BP 神经网络模型的各自优势, 通过组合取长补短, 使得最后的模型预测更加准确。

无偏 GM (1, 1) 模型针对短期数据预测精度较高, 适合初期变形期数较少的预测, BP 神经网络模型有自主学习和自适应能力, 且具有一定的容错性, 但预测精度一般。无偏灰色—BP 神经网络组合模型减少了它们各自的缺点, 结合两者优势, 既保持无偏 GM (1, 1) 模型短期预测精度高的优点, 又突出 BP 神经网络模型适应学习功能、误差可控等特点, 提高预测精度的同时, 更适应长期变形预测。

本文针对原始数据建立无偏 GM (1, 1) 模型, 进行预测, 从而得到一组相对于原始数据的预测数据, 将无偏 GM (1, 1) 模型的预测值作为 BP 神经网络模型的输入样本, 观测值作为 BP 神经网络模型的输出样本, 进行网络训练, 从而得到相对于节点的一系列权值和阈值, 最后, 将所需的预测值作为神经网络的输入样本, 从而得到所需的预测值。组合模型预测步骤如下^[12]:

- (1) 对原始数据建立无偏 GM (1, 1) 模型进行预测;
- (2) 取无偏灰色 GM (1, 1) 预测序列的第 2 列到第 n 个数据, 作为输入向量 P ;
- (3) 取原始数列的第 2 列到第 n 个数据, 作为输出向量 T ;
- (4) 通过训练 BP 神经网络, 得到网络中相对于每一个节点的一系列权值跟阈值;
- (5) 将无偏 GM (1, 1) 模型预测所需时刻的值作为输入量, 进行测试, 从而得到相应的输出向量, 即为所得。

在运用组合模型预测时, 为了使收敛效果更明显, 一般采用将输入量归一化处理, 方法是将各个输入量归一到 [0, 1], 公式如下:

$$x_i = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (13)$$

式中 $\max(x)$ 、 $\min(x)$ 为样本中的最大值与最小值。

4 实例

采用五强溪大坝体 30 期的变形监测数据，取前 25 期数据作为建模初始样本，后 5 期数据作为模型预测的检验样本，建立无偏灰色—BP 神经网络组合模型进行沉降预测。先根据建模样本建立无偏灰色模型，再根据前 25 期预测值进行网络训练，得到网络中对应于每个节点的一系列权值与阈值。将由无偏 GM (1, 1) 所预测的最后 5 期数据作为神经网络的输入样本，得到相应的输出量。

4.1 模型的建立

本文中模型的输入输出、隐含层节点的确定至关重要，隐含层节点根据公式：

$$A = \sqrt{M + N} + q \quad (14)$$

式中 M 为输入神经元的个数， N 为输出神经元的个数， q 为 1~10 之间的常数，根据此来确定，通过反复测试得到隐含层节点数为 10，此时收敛速度比较快，网络误差也小。把无偏灰色 GM (1, 1) 模型预测的经过归一化处理，作为输入量到神经网络进行训练、仿真。网络的训练函数设置为 traingdim，第一层的传递函数设置为 tansig 函数，第二层的传递函数设置为 purelin 函数，训练周期设置为 50，初始学习效率为 0.05，学习动量为 0.9，样本的期望误差为 0.001。此时收敛的速度比较快，如图 1 只需要 1333 次即可完成训练。

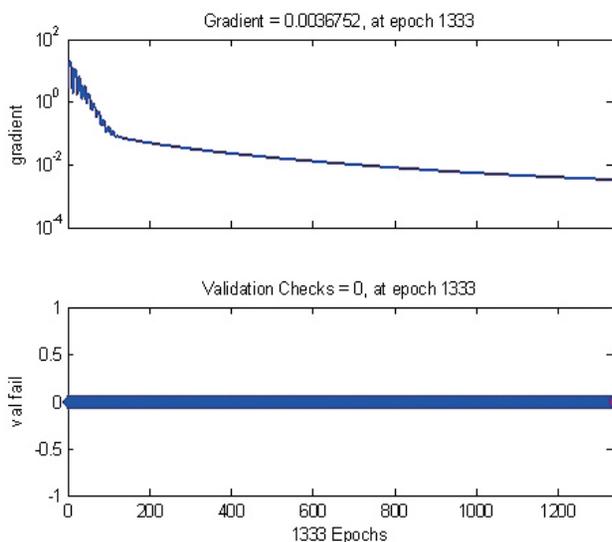


图1 无偏组合训练过程

4.2 模型的精度评定

本文采用均方误差进行模型的精度评定：

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - c_i)^2} \quad (15)$$

本文采用组合模型进行仿真，得到均方误差 0.0049。

4.3 组合模型的预测结果

首先根据前 25 期原始数据，通过无偏组合模型进行预测得到预测数据，进行归一化处理，作为输入量，进行网络训练，再对最后 5 期数据进行预测，具体结果如表 2 和表 3 所示。

表2 25期大坝相对某水平线观测值

时刻 (T)	真实 (mm)	无偏 GM 预测 (mm)	归一化后 P	归一化后 T
1	10.0800	10.0800	0.2176	0.0345
2	10.0900	10.1492	0.2452	0.0690
3	10.1000	10.1580	0.2729	0.5172
4	10.2300	10.1668	0.3005	0.4483
5	10.2100	10.1756	0.3282	0.2759
6	10.1600	10.1844	0.3559	0.2759
7	10.1600	10.1932	0.3837	0.2414
8	10.1500	10.2020	0.4114	0.2759
9	10.1600	10.2109	0.4392	0.2414
10	10.1500	10.2197	0.4670	0.5862
11	10.2500	10.2286	0.4949	0.6207
12	10.2600	10.2374	0.5227	0.7241
13	10.2900	10.2463	0.5506	0.7931
14	10.3100	10.2551	0.5785	0.8621
15	10.3300	10.2640	0.6064	0.9310
16	10.3500	10.2729	0.6344	0.9655
17	10.3600	10.2818	0.6624	1.0000
18	10.3700	10.2907	0.6904	0.8966
19	10.3400	10.2996	0.7184	0.9310
20	10.3500	10.3085	0.7464	0.7931
21	10.3100	10.3174	0.7745	0.7586
22	10.3000	10.3264	0.8026	0.6552
23	10.2700	10.3353	0.8307	0.6207
24	10.2600	10.3442	0.8589	0.6207
25	10.2600	10.3532	0.2176	0.0345

表3 最后5期大坝相对某水平线的预测值

日期	真实值 (mm)	灰色模型 (mm)	残差 (mm)	无偏灰色模型 (mm)	残差 (mm)	组合模型预测 (mm)	残差 (mm)
26	10.2300	10.3711	-0.1411	10.3622	0.1322	10.2615	-0.0315
27	10.2400	10.3801	-0.1401	10.3711	0.1311	10.2617	-0.0217
28	10.2700	10.3890	-0.1190	10.3801	0.1101	10.2617	0.0083
29	10.2600	10.3980	-0.1380	10.3891	0.1291	10.2618	-0.0018
30	10.2400	10.4070	-0.1670	10.3981	0.1581	10.2618	-0.0218

针对最后 5 期沉降量，运用灰色模型、无偏灰色模型、组合模型的预测值与观测值对比，明显发现组

(下转第 45 页)

基于静力水准测量技术的地铁隧道结构沉降监测

赵栋 张耀国 刘万松 杨立新

(中材地质工程勘察研究院有限公司, 北京 100102)

摘要: 针对传统使用水准仪监测地铁隧道结构沉降过程中存在的测量效率低、人力投入多以及测量精度易受影响等问题, 研究介绍了一种可用于地铁沉降全天候监测的静力水准测量方案, 可实现地铁隧道结构沉降的全天候不间断远程监测与采集, 通过数据分析能够发现地铁隧道结构的早期隐患, 从而保障地铁隧道施工及地铁运营安全。通过工程实例, 验证静力水准测量技术在地铁隧道结构沉降监测中具有较好的应用效果。

关键词: 结构沉降; 地铁隧道; 静力水准仪; 远程采集

1 引言

随着经济的发展与农村人口向城市流动的加速, 城市公共交通压力越来越大, 许多城市开始修建地下轨道交通系统来应对日益增多的通勤人次。地铁运力大、高效、便捷, 在城市交通系统中发挥着巨大作用, 但是因为运行于地下封闭环境, 隧道结构在交变载荷作用下容易造成稳定性下降, 进而产生安全风险。传统模式下, 使用水准仪测量隧道结构沉降情况需要在列车停运期间进行, 作业窗口较短, 且无法实现不间断的连续、实时监测。随着传感器技术和在线监测技术的不断进步和发展, 静力水准自动化监测技术逐渐在隧道监测中得到应用和推广, 该技术实现了地铁隧道监测由人工向自动化的转变, 同时, 不断升级的传感检测技术与远程在线监测技术进一步优化了静力水准监测精度及兼容性, 使其在现实工程中的应用空间得到进一步拓展。

2 静力水准测量的作用机理与组成

2.1 静力水准测量的作用机理

静力水准仪由液缸、浮筒、精密液位计、保护罩等部件组成, 基本技术原理为物理学中的连通液原理, 将多个连通器的储液罐连接, 根据连通器水平面相同的原理, 所有连通器的储液罐液面应处在同一水平面, 如果某个监测点发生沉降则通过计算储液的变化高度, 得出各个静力水准仪之间的相对变化量, 进而获取监测点的相对差异沉降信息。

将某测区分为 n 个沉降观测点, 在各沉降观测点位置分别布设静力水准测量仪, 使用连通管将所有静力水准测量仪的储液罐连通并进行相应的调校, 记录

每个静力水准测量仪的储液罐液面高度, 静力水准测量仪安装高程如图 1 所示。

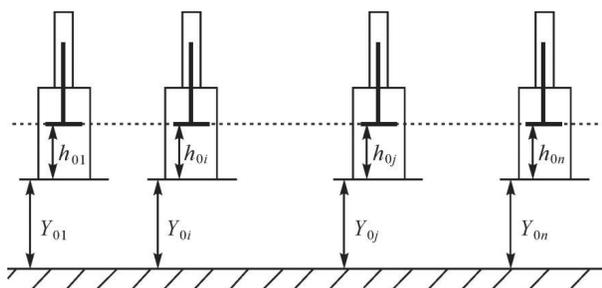


图1 静力水准测量仪安装高程^[1]

静力水准测量仪布设调校后满足公式 (1) :

$$Y_{01} + h_{01} = Y_{0i} + h_{0i} = \dots = Y_{0j} + h_{0j} = Y_{0n} + h_{0n} \quad (1)$$

$$k_i < j < n$$

公式 (1) 中, Y_{01} 、 Y_{0i} 、 Y_{0j} 、 Y_{0n} 分别表示各测点静力水准测量仪的初始安装高程; h_{01} 、 h_{0i} 、 h_{0j} 、 h_{0n} 分别代表各测点静力水准测量仪储液罐内液位值。

若第 k 次采集监测点数据时观察到监测点沉降数据出现差异, 令各监测点沉降数据分别为 Δh_1 、 Δh_i 、 Δh_j 、 Δh_n , 则相应的各监测点静力水准测量仪储液罐内液位变化量分别为 Δh_{k1} 、 Δh_{ki} 、 Δh_{kj} 、 Δh_{kn} 。监测点发生不均匀沉降后的液面变化如图 2 所示。

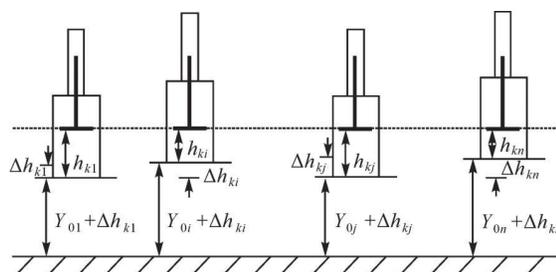


图2 监测点发生不均匀沉降后液面变化^[1]

作者简介: 赵栋 (1984—), 男, 汉族, 本科, 工程师, 主要从事工程测量工作。E-mail: zhaodongoffice@126.com

由连通器原理，出现沉降后各静力水准测量仪内液位相同，得到公式（2）：

$$\begin{aligned} (Y_{01} + \Delta h_{k1}) + h_{k1} &= (Y_{ki} + \Delta h_{ki}) + h_{ki} = \dots \\ &= (Y_{0j} + \Delta h_{kj}) + h_{kj} = (Y_{0n} + \Delta h_{kn}) + h_{kn} \end{aligned} \quad (2)$$

假定沉降测量基准点为*i*，则监测点*j*相对于*i*点的沉降量满足公式（3）：

$$H_{ji} = \Delta h_{kj} - \Delta h_{ki} \quad (3)$$

联合公式（1）至公式（3）可得公式（4）：

$$H_{ji} = (h_{kj} - h_{ki}) - (h_{0j} - h_{0i}) \quad (4)$$

由于静力水准测量仪在布设完毕后进行了相应的调校，可认为其液面初始高度值无偏差，对公式（4）进行简化可得公式（5）：

$$H_{ji} = (h_{kj} - h_{ki}) \quad (5)$$

分析公式（5）可知，分别采集各静力水准测量仪的偏差值进行求差处理，即可得到各沉降监测点的沉降量。

2.2 静力水准测量系统的结构

静力水准测量系统主要包含传感器子系统、数据采集系统、数据传输系统、监控分析系统^[2]。其中传感器子系统在静力水准测量系统中的主要作用是精确测量液面的高度和位置；数据采集系统主要收集传感器子系统采集的数据；数据传输系统将采集的监测数据通过网络等方式传输至指定监控系统的存储硬盘，进行数据存储^[3]；监控分析系统不仅可以24小时对隧道进行监控，还可根据指定时间定时获取沉降数据，避免数据冗余，而且当观测点的沉降差异量超过指定阈值时，监视监控系统会及时提醒。静力水准测量系统结构如图3所示。

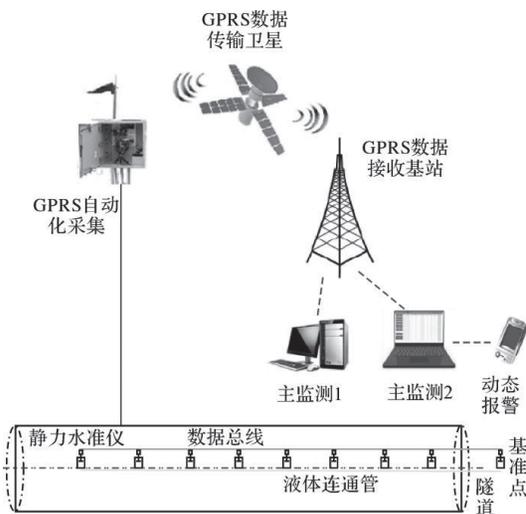


图3 静力水准测量系统结构

3 工程案例

3.1 工程概况

某地铁隧道保护区范围内有一道路工程需要施工，为了避免道路施工对地铁隧道结构安全产生威胁，需要在道路施工过程中实时监测隧道结构沉降情况。经现场勘测、设计图纸发现，拟建道路位于地铁轨道结构正上方，与线路大至呈垂直走向，路面与地铁轨道结构顶部的竖向距离最小为1.198m，沿拟建道路施工方向使用静力水准测量仪对地铁轨道结构顶部进行沉降监测，道路两侧分别向外延长50m连续监测，即监测长度总计为200m。道路施工影响范围内的地铁轨道示意图如图4所示。



图4 道路施工影响范围内地铁轨道

为了保证地铁运营安全与车次要求，使用静力水准测量仪在监测过程中应保证精度高于0.1mm，同时注意在道路施工前采集监测初始值，在道路施工过程中进行连续监测，施工结束后运营期间再采集测量数据。为了避免在连续监测过程中采集过多数据导致数据冗余，可以结合现场施工情况适当调整数据的采集频率，但是要保证在道路施工进入关键阶段后监测数据足够多且具有较高的精度。依据《建筑变形测量规范》要求，地铁隧道结构沉降量应小于6mm，相近监测点的相对沉降控制值小于4mm，在道路施工过程中隧道结构一日沉降量不得大于1.5mm，当监测到的沉降量达到控制值的70%时触发预警，当监测到的沉降量达到控制值的80%时触发报警，应立即停止施工，查找原因。基于此，项目在施工期间，依据轨道走向布设静力水准测量仪，通过连续观测，确保在施工期间实时掌握地表沉降速率，为安全施工提供重要的数据保障。

3.2 静力水准测量仪的选择与监测点设置

3.2.1 选择静力水准测量仪

常用的静力水准测量仪有光纤静力水准测量仪与GPRS无线静力水准测量仪，其中光纤静力水准测量仪较适用于短距离沉降监测，而GPRS无线静力水准测量仪在稳定性、抗干扰性、环境兼容性及测量精度等方

面优势较为突出，且随着无线通信网络的不断完善，使用范围不断扩大，在工程应用中表现出了较好的可靠性与便捷性^[4]。因此，选择GPRS无线静力水准测量仪作为本工程的沉降监测测量仪，JTM-GY8100A型硅压式静力水准仪如图5所示。

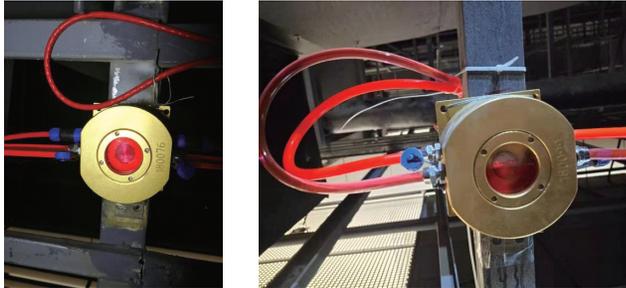


图5 JTM-GY8100A型硅压式静力水准仪

3.2.2 设置监测点



图6 静力水准测量监测点

根据静力水准测量仪工作原理及工程要求，在隧道两侧分别选定一条沉降监测线，在每条线的沉降区域外各选择一个沉降监测基准点，以便后期对沉降监测数据进行处理。沿沉降监测线间隔10m设置一个监测点，并布设一个JTM-GY8100A型硅压式静力水准仪。静力水准测量仪应安装在地铁轨道结构上，安装好以后需进行水平度调整。首先将水准管中的气泡调整到

中心位置，然后使用水平仪对水准管进行水平校正。调整完毕即可正式使用。需要注意的是，确定初始值时应按照监测要求在某一监测点采集多组观测值，待观测值逐渐稳定后再选取多组观测值求平均值，以求得的平均值作为该监测点的监测初始值^[5]。监测初始值确定后，按照监测要求对监测点的沉降数据进行监测，监测点如图6所示。

4 数据分析

道路工程于2020年6月开始，持续到2020年12月份，使用静力水准测量仪对两条监测线上各监测点的沉降数据进行监测。为消除外部环境因素对监测数据的干扰，取凌晨时分静力水准测量仪的监测数据^[6]。采集监测点沉降值，得到如图7所示的地铁隧道结构沉降监测曲线图。



(a) 右线监测点成果

(b) 左线监测点成果

图7 沉降监测曲线

由图7(a)可知，测线CJY08~CJY14区间内累计沉降量达到6mm，其他区间沉降累计3mm以内。经过现场踏勘该位置距离基坑东南角较近，基坑施工过程中开放位置在离地铁线路较远处施工，并且施工过程中，土方作业范围过大，导致基坑周边存在滑坡位移风险，造成路面荷载增加。该项目及时发现了隧道内部结构异常，并及时追溯原因，不仅有效保护了地铁交通安全，也为地铁保护区内的施工单位合理安全施工提供了技术参考。

由图7(b)可知，测线CJZ09~CJZ16区间内累计沉降量大于6mm，其他区间沉降累计3mm以内。结

合施工时间,经现场勘验发现,造成累计沉降量超过允许值的原因是道路施工过程中将土方堆放在施工场地,未及时清运,导致地铁轨道区间载荷变大。为了避免隧道结构沉降量进一步增大,及时转移现场堆积的土方,消除了安全风险,保障地铁运营安全。

5 结语

本文介绍了静力水准仪的基本原理,以及静力水准测量系统的组成及工作方法。根据实际工程案例阐述了静力水准自动测量技术在工程应用中的测量方案,通过对施工期连续不间断监测和定时数据采集,对监测数据进行分析,及时掌握基坑开挖工程中隧道结构的变化情况,并通过工程实例验证分析了静力水准仪保障地铁运营安全的应用价值。随着传感检测技术的

(上接第41页)

合模型的预测值与实际观测值更加接近,三种模型对比如图2所示。

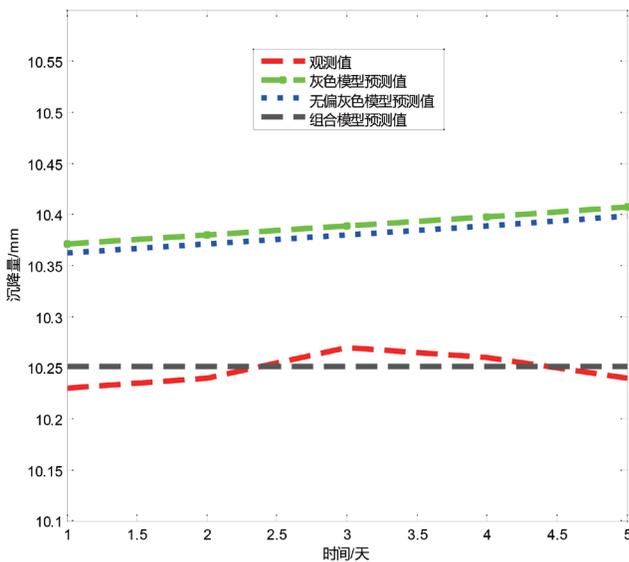


图2 不同模型预测样本与实测值对比

5 结论

基于无偏灰色模型与BP神经网络的组合模型的建立,具有较为严密的理论基础,通过在变形预测中的实验,验证了该组合模型在变形预测中具有较好的预测精度。与单纯运用灰色模型或无偏灰色模型相比,该组合模型既结合了单纯运用灰色模型所需样本少、计算简单的优点,还具有BP神经网络的自组织、自适应能力,能够更快、更准确地预测,而且对非线性数

进步与无线网络的发展,未来静力水准测量技术将在地铁隧道结构沉降监测领域得到更为广泛的应用。

参考文献

- [1] 李斌,高潮,张嘉莹.港珠澳大桥沉管隧道瞬时沉降规律分析[J].岩土工程学报,2021,43(S2):263-266.
- [2] 吴佳俊,胡祖栋.基于FLAC3D的隧道施工数值模拟及现场监测分析[J].工程建设,2021,53(11):66-72.
- [3] 张俊丽.地铁施工沉降监测及控制[J].砖瓦,2021(11):178-179.
- [4] 熊晓峰,项鑫.小波分析在地铁隧道安全监测中的应用[J].河南科学,2021,39(10):1570-1574.
- [5] 刘志鹏.一种静力水准数据处理及评定方法[J].现代制造技术与装备,2021,57(5):165-166.
- [6] 温贤培.基于液压静力水准仪的综合管廊沉降监测方法研究[J].自动化与仪器仪表,2021(4):182-185.

据的预测有较高的精度,在变形预测中具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 李祚泳.灰色系统理论及其应用进展[J].自然杂志,1989,7(12):483-487.
- [2] 徐锋,王崇倡,张飞.粒子群-BP神经网络模型在大坝变形监测中的应用[J].测绘科学,2012,37(4):181-183.
- [3] 刘鹤,吉培荣,邹红波.无偏灰色预测模型在边坡变形预测中的应用[J].三峡大学学报,2007,29(1):43-45.
- [4] 陈伟清.灰色预测在建筑物沉降变形分析中的应用[J].测绘科学,2005,10(5):43-45.
- [5] 吉培荣,黄巍松,胡翔勇.无偏灰色预测模型[J].系统工程与电子技术,2000,22(6):6-8.
- [6] 虞峰.基于无偏灰色马尔科夫模型的传染病发病率预测[J].延安大学学报,2013,11(2):12-15.
- [7] 陶云奇,许江,李树春.改进的灰色马尔科夫模型预测采煤工作面瓦斯涌出量[J].煤炭学报,2007,32(4):391-395.
- [8] 刘思峰,党耀国,方志耕.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,2004.
- [9] 飞思科技产品研发中心.神经网络理论MATLAB7.0[M].北京:电子工业出版社,2005:99-103.
- [10] 李荣丽,黄曦,叶夏,等.时间序列BP神经网络在福州市第三产业预测中的应用[J].江西农业学报,2010(12):183-185.
- [11] 熊维莉,谢祥俊,陶莉,等. GM(1,1)与BP神经网络组合模型在原油产量预测中的应用[J].石油化工自动化,2008(6):43-45.
- [12] 郭维民. GM(1,1)与BP神经网络组合预测模型在田径成绩预测中的应用[J].体育研究与教育,2013,28(5):95-97.

基于灰色—时间序列组合模型的建筑沉降预测

徐方兵

(湖北煤炭地质物探测量队, 湖北 武汉 430200)

摘要: 为了更加准确地掌握建筑物沉降变形规律, 科学预测沉降变化趋势, 在灰色系统和时间序列模型的基础上, 将两种单一模型结合, 构建灰色—时间组合预测模型, 通过建筑沉降实测数据验证组合模型的建筑沉降预测结果。相比灰色和时间序列单一模型, 灰色—时间序列组合预测模型具有更高的预测精度和稳定性, 在建筑沉降长期预测方面具有明显优势。

关键词: 灰色系统; 时间序列; 组合模型; 沉降预测

1 引言

近年来, 随着高层建筑的大量涌现, 建筑沉降预测问题得到广泛关注, 如何掌握建筑物沉降变形规律, 科学准确地预测沉降变化趋势成为一项热点问题。当前, 高层建筑沉降预测的理论模型众多, 工程实践中常用的有灰色系统、时间序列、回归分析和卡尔曼滤波等模型^[1], 考虑到单一模型预测的局限性, 主要研究方向是将两种单一模型相结合建立组合模型, 综合发挥出各单一预测模型的独特优势, 同时弥补各自的不足, 尽可能提高拟合及预测数据的精度。本文将灰色预测模型与时间序列模型相结合, 构建灰色—时间组合预测模型, 并通过建筑沉降实测数据对该组合模型的精度及稳定性进行验证。

2 灰色—时间序列组合预测模型

2.1 灰色系统模型

灰色系统模型是1982年由我国学者邓聚龙教授创立的, 它是运筹学与自动控制理论相结合的产物, 主要研究对象是“小样本”“贫信息”的不确定性系统。灰色系统理论针对已知信息进行分析并处理, 继而将有效信息提取出来, 充分利用有效信息来监控系统的运行变化^[2]。因为无法探测到随机噪声对模型的影响程度, 随着数据量的增加, 数列中的随机项导致的预测误差影响会越来越明显, 容易降低预测精度, 所以灰色模型在短期预测上优势明显, 而中长期预测效果不佳。

2.2 时间序列模型

在工程项目中, 获取的变形监测数据通常是按照时间的先后及位置变动的顺序进行排列的, 实测变形

数据之间往往存在一定的自相关性。时间序列模型正是以此建立数学模型对未来的变形量做出分析和预测。时间序列模型是一种动态数据处理方法, 相较于传统的回归分析等静态方法, 更能准确描述建筑物的动态变形特征^[3]。然而在实际监测工作中, 观测数据往往很难达到要求, 故时间序列建模在实际操作过程中受到了一定的限制, 且只能处理零均值的平稳数列, 原始观测数据必须转换成平稳零均值数列才能使用, 而此过程中部分有效信息会被剔除, 影响了时间序列模型的预测精度。

2.3 灰色—时间序列组合预测模型构建

单一预测方法建模研究的角度不同, 每种预测方法都有最佳适用条件, 同时有各自的局限性, 难以考虑所有的影响因素, 因此实际应用过程中仅使用单一预测方法难以取得理想的预测效果。单一预测方法在各自的优势领域可以提供独立的有效信息, 可以通过适当的组合, 建立组合模型, 充分发挥各自的优势, 取得相辅相成的互补效应, 从而提高预测数据的精度。组合模型是采用科学的方法将不同的单一模型进行适当的组合, 然后对各个单一模型的预测结果赋予合适的权重, 最后将加权平均值作为组合模型的最终预测结果^[4]。组合模型能够充分利用各个单一模型提供的有用信息, 有效减少随机因素对预测模型的影响, 与单一模型相比, 更全面, 更科学, 预测精度更高, 预测结果也更可靠。

灰色预测模型的优点是对于实际观测值组成的序列没有严格要求, 可直接对序列进行处理并建模预测, 缺点则是无法探测到随机噪声对模型的影响程度^[5]。时间序列模型弥补了灰色预测模型无法探测到的问题,

作者简介: 徐方兵 (1979—), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 注册测绘师, 主要从事工程测量、管线探测、城市规划等工作。E-mail: 51583408@qq.com

但一般要求观测值序列的期望为零且稳定，导致数据序列中的趋势项被抛弃，造成部分有效信息丢失，预测精度也不够理想。因此，结合两种模型的各自特点，对实际变形监测数据建立灰色—时间序列组合预测模型，以增加模型的准确度，更好地为工程的变形预测预警工作提供帮助。

建立灰色—时间序列组合预测模型，按照组合模型与子模型之间的函数关系，可以将灰色时序组合模型划分为线性组合和非线性组合两种形式。线性组合模型分别利用各子模型建模预测，对各子模型的预测值赋予不同的权重，各子模型加权后的值相加作为最后预测结果。线性组合模型的预测过程是比较简单的，各子模型的权重是确定的，其基本形式为：

$$y_t = \sum_{i=1}^m l_i f_{it} = l_1 f_{1t} + l_2 f_{2t} + \dots + l_m f_{mt} \quad (1)$$

公式(1)中， $t=1, 2, \dots, n$ ； m 为单一预测模型总数， n 为每点的真值； f_{it} 是第 i 个预测模型在 t 点的预测值， l_i 是第 i 种预测模型的权重； y_t 是 t 点的组合预测值。

定权是组合模型预测的核心环节，权重的准确度直接影响预测结果的精度^[6]。组合模型中确定各子模型权重的方法很多，采用的赋权方法不同，得到的预测结果也不尽相同。如何确定一种更精确的定权方法来提高组合模型的预测精度是组合模型的研究重点。常用的方法有等权重法、方差倒数定权法、均方差倒数定权法、简单加权法、最小二乘加权法等。本研究选取等权重法对沉降数据进行建模，等权重法又称算术平均值法，即对各子模型赋予相同的权重，权重计算公式如下：

$$l_i = \frac{1}{m}, i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

公式(2)中， m 是独立预测模型的总数。

2.4 组合预测模型精度评定

组合预测模型建立后，将预测值与实际观测值进行对比分析，从而确定组合模型预测的精度，组合模型预测精度评价指标有很多，例如误差、相对误差、平均绝对误差、均方误差、均方根误差、平方和误差等^[7]，本次研究选取平均绝对误差MAE、均方误差MSE以及平方和误差SSE对组合预测模型的预测精度进行评定。

平均绝对误差是单个观测值与算术平均值的偏差绝对值的平均值，与平均误差相比，由于偏差被绝对

值化，不会出现正负相抵消的情况，因而，能更好地反映预测值误差的实际情况^[8]，设 X_t 为实际观测值， \hat{X}_t 为组合模型预测值， N 为预测的期数（下同），则平均绝对误差计算公式为：

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |X_t - \hat{X}_t| \quad (3)$$

均方误差是衡量平均误差的一种较方便的方法，可以评价数据的变化程度，均方根误差是均方误差的算术平方根，均方误差计算公式为：

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_t - \hat{X}_t)^2} \quad (4)$$

平方和误差表示实验误差大小的偏差平方和，在相同的条件下，各次测定值对真实值的偏差平方后求和，平方和误差能充分利用测量数据所提供的信息，平方和误差计算公式为：

$$SSE = \sum_{t=1}^N (X_t - \hat{X}_t)^2 \quad (5)$$

通过以上三式计算相应的精度指标，就可以对灰色—时间序列组合预测模型的精度进行评定，从而比较模型之间的精度高低。

3 工程实例

3.1 数据选取

以某建筑的沉降监测数据为基础，选取该建筑的5号楼#4监测点连续50期累计沉降数据为例进行变形预测，其中前40期监测数据用于建模，后10期监测数据作为预测数据期望值，研究灰色系统模型、时间序列模型以及灰色—时间序列组合预测模型的精度，对三种模型预测的效果进行检验。

3.2 数据分析

首先，分别采用单一的灰色系统模型和时间序列模型对5号楼#4监测点进行分析处理，基于灰色系统模型的基本理论知识，利用该监测点前40期的监测数据进行建模，计算得出后10期的沉降预测值；同理，基于时间序列模型的基本理论知识，利用监测点前40期的监测数据进行建模，计算得出后10期的沉降预测值。

然后，根据等权重法确定灰色模型和时间序列模型的权重，权重分配过程如下：设灰色系统模型权重系数为1灰色，时间序列模型权重为1时间，根据等权重法公式对各子模型赋予权重，由于本项目采用灰色系统模型和时间序列模型预测的期数相同，因此，

组合模型的权重结果最终确定为：1 灰色 = 0.5, 1 时间 = 0.5, 根据权重值, 再利用线性组合预测模型的公式, 计算出预测结果, 三个模型的预测成果对比如图 1 所示。

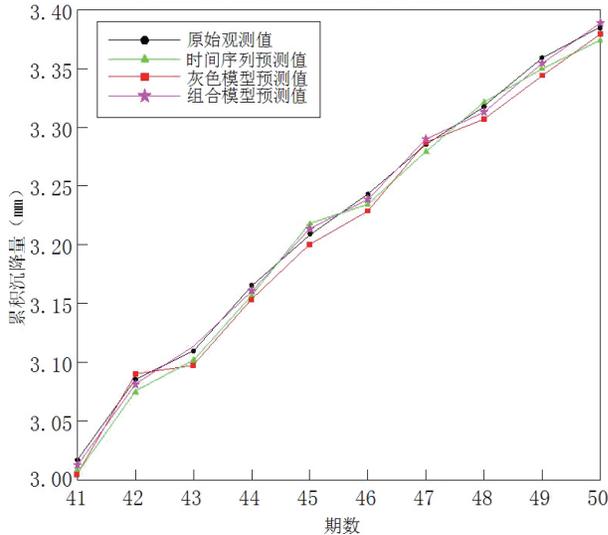


图1 5号楼#4监测点不同模型预测结果与原始观测值对比

3.3 精度评定

采用平均绝对误差 MAE、均方误差 MSE、平方和误差 SSE 对三个模型的预测结果进行评定, 三个模型的预测值精度如表 1、表 2 所示。

表1 三个模型的预测值精度

期数	实测数据 /mm	灰色系统模型		时间序列模型		组合模型	
		预测值 /mm	相对精度 /%	预测值 /mm	相对精度 /%	预测值 /mm	相对精度 /%
41	3.0200	3.0093	0.35	3.0101	0.33	3.0105	0.31
42	3.0800	3.0653	0.48	3.0713	0.38	3.0723	0.32
43	3.1100	3.1213	0.36	3.0991	0.35	3.1193	0.30
44	3.1700	3.1556	0.45	3.1577	0.39	3.1588	0.35
45	3.2100	3.1903	0.61	3.2245	0.45	3.2214	0.36
46	3.2400	3.2219	0.56	3.2245	0.48	3.2283	0.36
47	3.2800	3.2919	0.36	3.2673	0.39	3.2922	0.37
48	3.3200	3.3096	0.31	3.3282	0.25	3.3127	0.22
49	3.3600	3.3393	0.62	3.3427	0.51	3.3467	0.40
50	3.3800	3.3698	0.30	3.3678	0.36	3.3898	0.29

表2 三个模型预测值评定成果

	灰色系统模型	时间序列模型	组合模型
平均绝对误差 MAE/mm	0.0212	0.0209	0.0203
均方误差 MSE/mm	0.0428	0.0418	0.0412
平方和误差 SSE/mm	0.0119	0.0113	0.0108

从预测结果可以看出:

(1) 单一模型和组合模型的预测曲线走向趋势与实测数据曲线趋势基本保持一致, 说明单一模型和组

合模型都可在一定程度内反映建筑物变形发展趋势。时间序列模型预测曲线与实测值曲线走向趋势变化一致, 呈逐步上升趋势, 长期预测精度优于短期预测精度。灰色系统预测曲线基本浮于实测值的下方, 短期内的预测值与实测值基本吻合, 但随着预测期数的不断增加, 预测误差越来越大, 预测精度逐步降低。

(2) 组合模型的曲线较灰色系统、时间序列模型这两种单一预测模型的预测曲线更加接近实测数据曲线, 说明灰色—时序组合预测模型具有更高的预测精度和稳定性, 在中长期预测方面较单一预测模型更具优势。灰色—时序组合预测模型整合了灰色系统和时间序列单一模型的优势, 充分发挥了灰色系统的趋势项拟合特点, 又结合了时间序列模型对随机项数据预报准确的特点, 从而提高了整体预测精度。

(3) 利用不同权重分配方法获得的组合模型的预测精度效果各不相同, 随着预测期数的变化, 预测精度也发生变化。权重分配方法的选取对于组合模型非常关键, 在建立线性组合模型时应合理选择最优的权重分配方法以期获得最佳的预测效果。

4 结束语

针对灰色系统和时间序列模型在建筑沉降预测方面的不足, 构建了灰色—时间组合预测模型, 并将该模型应用到建筑物沉降预测实例中, 提高了预测精度和稳定性, 具有一定的应用价值。

参考文献

- [1] 沈毅, 郭金运. 基于灰色模型及其改进模型的土石坝沉降预测[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2014, 28(1): 6-9.
- [2] 刘军, 易胜文, 晋涛, 等. 改进的灰色模型在建筑物沉降预测中的应用研究[J]. 城市勘测, 2015, 144(1): 149-151.
- [3] 武军, 徐文革. 建筑物沉降监测数据处理与分析[J]. 北京测绘, 2015(5): 91-92.
- [4] 明祖涛, 刘军, 夏力, 等. 改进的灰色模型在高铁沉降预测中的应用[J]. 测绘科学, 2015(4): 137-140.
- [5] 表明月, 周吕, 文鸿雁, 等. 灰色系统与时间序列在高铁沉降变形中的应用[J]. 地理空间信息, 2013(4): 131-133, 189.
- [6] 霍成胜, 王成栋, 孟军海, 等. 基于灰色—时序组合模型的基坑监测预测[J]. 黄金科学技术, 2014, 22(5): 79-83.
- [7] 张善廷, 杜超, 李勇. 灰色—时序组合模型在地表变形预测中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(1): 209-211, 214.
- [8] 刘江, 王征博, 刘成, 等. 灰色—时序组合模型在建筑沉降预测中的应用[J]. 北京测绘, 2018, 32(2): 214-217.

车载移动测量技术在地籍测绘中的应用

王巍

(江西省自然资源事业发展中心, 江西 南昌 330033)

摘要: 针对常规地籍测绘方式存在作业成本高、效率低下等不足, 探讨了车载移动测量技术应用于地籍测绘中的作业流程, 结合应用进一步介绍了利用该技术进行点云数据采集、点云数据处理以及快速地籍成图的详细过程, 同时对测量精度进行了验证。与传统地籍测绘手段相比, 车载移动测量技术具有高效快捷、快速成图等优势, 值得进一步推广应用。

关键词: 车载; 移动测量; 地籍测绘; 精度

1 引言

传统的地籍测绘手段通常采用 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缺点; 利用载人飞机和无人机开展航测, 受制于空域申请困难和天气因素影响大, 在建筑密集区域难以获取完整的房屋信息; 基于遥感的测绘手段受卫星分辨率影响, 且农村居民点分散, 冗余信息较多, 现阶段精度还难以达到要求^[1]。车载移动测量技术作为一种快速的数据采集手段, 可以在车辆行驶过程中对沿街地物特别是建筑物侧面墙体信息进行采集, 可在软件支持下提取地籍要素, 从而达到快速、有效、精确测绘的目的^[2]。

2 车载移动测量技术

2.1 车载移动测量技术简介

移动测量技术诞生于 20 世纪 90 年代初, 近年来逐渐发展成熟, 在移动载体平台集三维激光扫描仪、惯导系统、全球卫星导航系统、全景相机及集成控制等技术于一体。在载体移动时, 三维激光扫描仪通过记录激光脉冲往返目标的时差、扫描中心到目标的距离和角度, 获取地物的三维点云信息^[3]。惯导系统可在外业采集点云数据时, 实时提供系统的姿态信息。全球卫星导航系统通过接收卫星信号, 利用载波相位实时动态差分技术提供高精度、高可靠性的位置信息。全景相机可获取行驶路线范围内的影像。按照搭载平台的不同, 移动测量技术分为星载、机载、车载、背负、手持等模式, 其中车载移动测量技术具有机动灵活、成本低、作业效率高, 以及数据获取高效、快速、通达性强等优势, 车载移动测量系统如图 1 所示。



图1 车载移动测量系统

2.2 车载移动测量技术的优势

车载移动测量技术较传统测绘方法的优势主要体现在以下几个方面:

(1)方便灵活。可以快速到达测区并迅速展开作业, 汽车难以作业的小路和人行道等, 可将设备安装在摩托车上开展作业, 保证测量数据的完整性。

(2)工作效率高。可实时获取包含三维坐标的点云数据, 搭载的高分辨率相机可同时获取影像资料, 数据采集过程人为干预少, 大大减少外业工作时间^[4]。内业人员可在三维点云数据中采集地籍要素, 让内业工作更加简单、方便。

(3)精度高。可以获取精度达厘米级的点云数据, 满足地籍要素采集所需精度^[5]。在城市 GNSS 信号失锁严重区域, RTK 采集手段难以实施, 移动测量技术采集效率的优势尤为突出。

3 实例应用

3.1 工程概况

某农村土地变更调查项目需要开展地籍测绘, 测区面积约 10km², 测区地形较为复杂多变, 山峦起伏,

作者简介: 王巍 (1977—), 男, 汉族, 专科, 助理工程师, 主要从事地理信息系统、测绘 HPC 高性能并行计算等工作。E-mail: 1899245@qq.com

沟深涧大，道路穿测区而过。考虑到采用传统测绘方法实施困难，应用车载移动测量技术开展作业。

3.2 方案设计

(1) 扫描路线规划。合理规划扫描路线是全面获取地籍点云数据的基础，采集前需要对预定的测区范围进行踏勘^[6]，然后以实际踏勘的 GNSS 轨迹结合测区遥感影像进行路线规划。扫描路线以直行、左拐为主，减少在 GNSS 失锁区域滞留时间，避免 GNSS 失锁造成组合导航精度下降。为保证数据的完整性，往返两次采集数据，以增加扫描物体的点云密度。

(2) 技术流程。车载移动测量技术应用于地籍测绘的技术流程如图 2 所示。

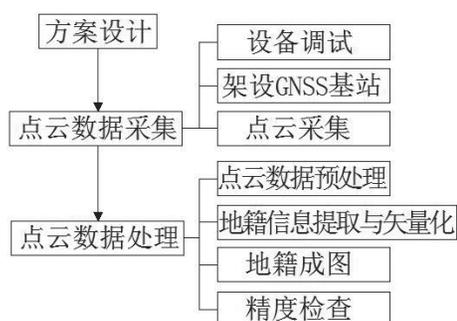


图2 作业流程

3.3 数据采集

(1) 设备调试。本次扫描采用华测导航 MS-900 车载激光扫描测量系统，该设备重约 3.5kg，通过搭载汽车平台数据采集速度高达 55 万点/秒，最大测距达到 920m，测量精度可达 10mm@100m，重复精度 5mm。作业前根据现场情况调整激光、相机等传感器的各项参数，确保系统各硬件接口和指示器正常工作。

(2) 架设 GNSS 基站。架设一级 GNSS 控制网，作为车载移动测量系统数据采集过程中的 GNSS 基准站。布设时考虑起算点的位置和图形强度，一级 GNSS 控制网作为求取坐标转换参数的参考点。单个基站覆盖半径不大于 5km，基站架设在平面和高程精度均优于 1cm 的已知点上，保证相邻基站有一定重叠度。

(3) 点云数据采集。点云数据采集时综合考虑道路交通状况、天气状况、周边环境等因素，选择在天气晴朗的时间段进行作业^[7]。数据采集时，行车速度不超过 30km/h，保证点云数据的采集密度，尽可能减少因会车造成的点云空洞，移动测量车在通过隧道、峡谷地带后均在 GNSS 信号良好且安全处静止 1 分钟以上。获取的数据成果包含测区高精度真彩激光点云和全景影像。数据采集完成后，做好数据下载和备份工作，

同时对采集的数据进行完整性检查。

3.4 点云数据处理

(1) 点云数据预处理。车载激光扫描测量系统采集的原始数据包含：组合导航数据、照片流数据、原始点云流数据和同步控制板数据，在数据解析后，可获得激光扫描坐标系下的高精度真彩点云数据、系统行驶轨迹、全景影像数据。点云及全景数据解析利用 RISCAN Pro 软件来实现，基于转换参数，完成激光扫描坐标与地方坐标系的转换。考虑车辆行驶过程中的颠簸、树木的遮挡、玻璃的透射等各种干扰因素，获取的点云数据存在冗余及噪声^[8]，因此要进行滤波去除噪声点，得到滤波后的点云数据。

(2) 地籍信息提取与矢量化。利用 Microstation 软件对预处理后的点云数据进行抽稀处理，抽稀率取值为 25%，然后对点云数据中的地物进行快速分类；可采用点云切片方式获取测区的界址点和地物特征点，提取房屋、围墙、栅栏、道路、植被等地籍要素，然后进行地物、地形矢量化处理，保证线形的连续性，测区局部点云和矢量化成果分别如图 3 和图 4 所示。

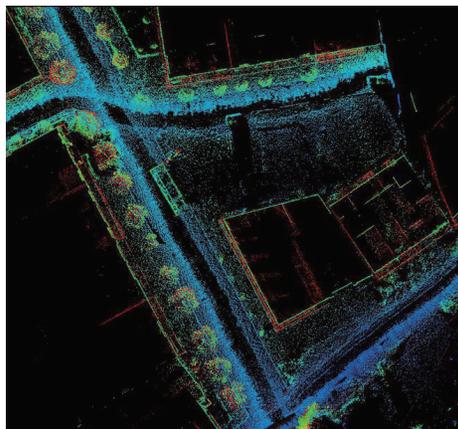


图3 测区局部点云



图4 提取后自动连图矢量化成果

3.5 地籍成图

首先利用 SWDY 软件加载矢量化后的成果和原始调查影像图, 如果加载后出现偏差, 就以矢量化成果为基准来校正影像图。在三维立体模式下, 遵循先框架后细节、先大后小的顺序, 依次采集房屋、道路、河塘、宗地等地理要素^[9]。绘制房屋时, 选择在 高程渲染模式下采集, 此模式下的点云层次分明, 房屋轮廓比较清晰。结合模型的纹理信息, 识别路沿边线、隔离带等线性地物的类型及走向, 实现快速提取道路、花圃、斜坡、陡坎等线性地物。对于内业无法采集到的特征点, 需要人工外业补测, 再对各要素进行整饰, 最终完成地籍图的编绘, 测区局部地籍图如图 5 所示。



图5 测区局部地籍图

3.6 精度检查

为了检查本次地籍测绘成果的精度, 均匀选取成果图中的 100 个界址点当作检查点, 利用 GPS-RTK 与全站仪进行实地测量, 将检查点的点云坐标与实测坐标进行对比, 统计结果如表 1 所示。

表1 检查点坐标统计/m

点号	实测坐标			点云坐标			ΔX	ΔY	ΔZ
	X	Y	Z	X	Y	Z			
1	9829.962	8358.05	32.753	9829.908	8358.112	32.726	0.062	-0.054	0.027
2	9389.544	8293.314	31.691	9389.597	8293.278	31.651	-0.036	0.053	0.04
3	9909.671	8360.895	32.932	9909.606	8360.932	32.897	0.037	-0.065	0.035
4	9833.866	8868.395	33.766	9833.834	8868.337	33.795	-0.058	-0.032	-0.029
5	8296.443	7575.224	33.173	8296.488	7575.206	33.199	-0.018	0.048	-0.026
6	3893.387	4403.721	32.578	3893.334	4403.778	32.598	0.057	-0.053	-0.02
...
100	3592.857	4088.404	32.604	3592.879	4088.373	32.574	-0.031	0.022	0.03

根据表 1 数据和中误差计算公式:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum(\Delta S)^2}{n-1}}$$

公式中 n 为检查点个数, 计算得出 100 个检查界址点的平面中误差为 $\pm 3.3\text{cm}$, 高程中误差为 2.8cm , 参照《地籍测绘规范》(CH 5002-94) 之规定: 一类界址点相对于邻近图根点的点位中误差不大于 5cm , 允许误差不大于 10cm , 本项目的检查界址点精度符合规范中一类界址点的精度要求。

3.7 效率优势分析

在外业效率方面, 传统测绘需要投入多组多名外业作业人员, 车载移动测量技术只需投入 1 组 2 人, 在较短时间就能完成外业数据采集工作。在内业效率方面, 传统方法需要对照草图手工绘制地籍图, 而车载移动测量技术可以在三维点云基础上采集地籍要素, 再经处理生成地籍图, 两种生产方式的效率统计结果如表 2 所示。

表2 生产效率统计

测绘方法	采用仪器	投入人工	需要工日
车载移动测量	车载激光扫描测量系统	1 组, 每组 2 人	2
传统测绘	GNSS-RTK、全站仪	4 组, 每组 2 人	10

从表 2 可以看出, 车载移动测量技术的生产效率是传统测绘方法的 5 倍。

4 结束语

地籍测绘工作比较繁琐, 传统测量方法受多种客观因素影响难以保证作业效率, 而应用车载移动测量技术开展地籍测绘, 可基于精确的点云数据采集地籍要素, 形成高效地籍测绘技术解决方案, 经实测分析, 成果能够满足地籍测绘项目的精度要求, 且效率较高, 为地籍测绘提供了一种有效可行的方式, 在地籍测绘领域具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 陈丕, 刘宝. 车载激光扫描系统在三权发证地籍测量中的应用[J]. 北京测绘, 2016(4):53-57.
- [2] 周海龙, 周强, 潘素霞, 等. 地面三维激光扫描测量技术在农村集体土地使用权调查中的应用研究[J]. 测绘技术装备, 2013(4):32-34.
- [3] 高立新, 梁军利. 在乡村地形测量中轻型移动测量系统的应用[J]. 数字化用户, 2023(6):189-191.
- [4] 贾宝, 肖锋, 程钢, 等. 基于车载 LiDAR 测量系统的地籍测绘研究与应用[J]. 地理空间信息, 2019(2):18-21, 33.
- [5] 董锦辉, 李琦, 徐伟, 等. 车载激光扫描系统在地籍测绘中应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37(4):208-209.
- [6] 张攀科, 裴亮, 王留召, 等. 车载激光扫描系统在地籍测量中应用[J]. 测绘科学, 2015(9):163-166.
- [7] 李媛, 李为鹏, 张晓峰, 等. 车载激光扫描系统及其在城市测量中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2012(2):22-24.
- [8] 陈哲. 车载 LiDAR 移动测量系统在地籍测绘中的应用研究[J]. 资源导刊·信息化测绘, 2022(6):30-32.
- [9] 田甜, 李胜天. 车载 LiDAR 移动测量系统在不动产籍调查测绘中的应用[J]. 资源导刊·信息化测绘, 2022(12):22-24.

宋代地图的种类

◎ 王树连

为了某种特别的需要，人们往往选择部分或某类地理要素绘制成图，这就出现了专题图。通用图与专题图并存，是地图繁荣的重要表现。宋代地图中有描绘天下地理的輿地图，有描绘全国政区的郡县图，有描绘全国交通的转运图，有描绘战区形势的设防图（城寨图），有描绘边境地区的对境图，有描绘城堡建设和设防的城防图，有描绘宫殿建筑的平面图等，充分说明了宋代地图品种多样性。

描绘天下的輿地图

描绘天下形势的輿地图有现存日本京都栗棘庵的《輿地图》、现存西安碑林的《华夷图》、淳化四年（993年）绘制的《淳化天下图》、乐史编绘的《指掌华夷图》等。

《輿地图》由左右两幅合并而

成，1265~1266年间在浙江明州（今宁波市）刻绘。1266年日本僧人白云惠晓佛照禅师来明州瑞岩寺学法，1279年将《輿地图》拓片带回日本，流传至今。该图的地理范围包括宋朝疆域的政区名称，东北部的的女真、契丹、蒙兀、室韦，西北部的高昌、龟兹、乌孙、于阗、疏勒、焉耆、碎叶，南部的印度、阁婆、三佛裘以及南海上的一些岛屿，大体上涵盖了当时所知的天下地理范围。《輿地图》北部和东北部绘有森林符号，注有“松林数千里”字样，地名之间多用线条连接，表示有道路可以通行。东部海域绘有两条海路：一条沿海岸北上，叫“过沙路”，一条向东延伸到日本，叫“大洋路”。该图是现存古代地图中最早绘有海上交通路线的地图。

《华夷图》是宋代著名的石刻地图，刻在一块90cm×88cm×18cm的石碑上，幅面为79cm×78cm，以唐代贾耽的《海内华夷图》为蓝本绘制，是以宋代疆域为中心及周边国家的地图。图上地名、国名约500个，注有名称的河流13条、山脉10座、湖泊4处，位置大体准确。周边国家的表示较为简略，主要靠文字说明。图上长城的符号十分醒目，常为后人仿用。

描绘政区的郡县图

描绘全国政区的郡县图有现存苏州博物馆的《地理图》、现存四川省博物馆的《九域守令图》、王曾的《九域图》、赵彦若的《十八路图》、沈括的《守令图》、吕南公的《十八路地势图》等。

《地理图》是反映北宋疆域的石刻地图，由南宋大臣黄裳（1147~1195年）绘制于绍熙元年（1190）至二年（1191年），淳祐七年（1247年）由王致远刻石于苏州。《地理图》幅面197cm×101cm，图上431个行政区名和180座山名外套方框，十分醒目。山脉采用写景法表示，78条江河的流向和位置基本正确。长城和森林用形象符号表示，河流的源头有注记并外套椭圆圈，海岸线的轮廓大体正确。整体图面的刻线流畅清晰，要素选取较为适当。

《九域守令图》刻于宣和三年（1121年），幅面130cm×100cm，



▲ 地理图（局部）

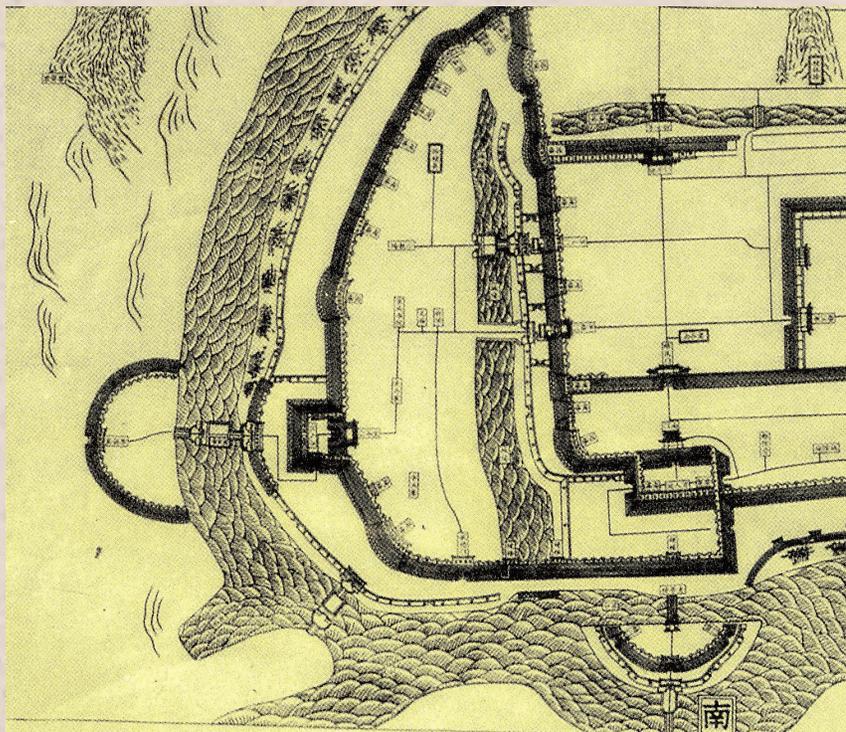
由当时的荣州刺史宋昌宗立石。该图的比例尺为1:190万，标有东南西北四个方向。图上有行政区名1400个、山峰27座，标注名称的河流13条、湖泊4个。行政区名的相对位置和河流的平面图形大体正确。除清代在实测基础上绘制的《皇輿全览图》《乾隆十三排图》等外，《九域守令图》的海岸线是传世古地图中绘制较准确的一幅。

此外，《十七路转运图》是宋初制作的具有军事交通性质的地图。《宋史·职官七》表述：“有军旅之事，则供馈钱粮，或令本官随军移运，或别置随军转运使一员，或诸路事体当合一，则置都转运使以总之。”由转运使的职能看，其绘制的地图应该突出军事运输的内容，特别是军事漕运的路线。

描绘战区的设防图

描绘战区形势的设防图（或城防图），有《河西陇右图》《祥符山川城寨图》《泾原、怀庆两路州军山川城寨图》《麟延边图》《静江府城池图》等。

《河西陇右图》有两种：一是咸平年间（998~1003年）兵部员外郎郑文宝绘制的《河西陇右图》；二是大约在大中祥符年间（1008~1016年）由屯田员外郎盛度绘制的《河西陇右图》。大中祥符七年（1014年），盛度“绘其山川、道路、区聚、壁垒，为《河西陇右图》以献”。在献图的奏章中盛度指出：“自秦筑长城，西起临洮，东至临碣，延袤万里，有郡、有军、有守捉，襟带相属，烽火相望，其为形势备御之道至矣……今复绘山川、道路、壁垒、区聚，为《河西陇右图》，愿备上览。”图上绘有山川、道路、堡垒、居民地，从



▲ 静江府城池图（局部）

中可见地图的军事用途。

大中祥符三年（1010年），长期在泾原路、怀庆路担任军事统领的曹玮组织绘制了《泾原、怀庆两路州军山川城寨图》，将此图献给宋真宗时受到称赞。宋真宗指着图说：“处置得宜，储备详悉，华夷山川、城郭、险固，出入战守之要，尽在是矣。宜令别绘二图，用枢密印，一付本道路，一留枢密院，令诸将按图计事。”

宋神宗时期，刘昌祚勘测了义太寨（今陕西省绥德县境内）到德靖寨（今陕西省志丹县境内）大约700里的边防线，“屯戍险易，地望远近”，并组织绘制了《麟延边图》。

《静江府城池图》是今桂林的城池地图。据《宋史·理宗纪四》记载，宝祐五年（1257年）元军进逼广西，皇帝下诏广南制置大使兼知静江府的李曾伯修筑城防。图上标有自然和人文景观112处，军

事营寨及设施69处，街道11条，其中城墙、城门、军营、官署、桥梁、渡口、山峰等军事内容表示得十分突出。从图上可以清楚看到驻守的营寨位置与名称，如南定寨、戍军寨、亲兵寨、右军寨、马军寨、戍将衙、望火楼、烽火楼等。该图是宋代留存下来的根据地形进行有效布防的城市军事防御图。

此外，描绘边境地区的对境图和周边地图有：曹翰的《幽燕地图》、赵至忠的《契丹地图》、沈括的《使契丹图抄》、杨承吉出使吐蕃后进献的《西蕃地理图》、出使吐蕃的使臣刘涣进献的《西州地图》、北宋名臣范仲淹《范文正公集》中所载的《西夏地形图》、元丰元年（1078年）下诏绘制的西部地区《五路都对境图》，以及《西界对境图》《南北对境图》等。对境图是边界地图，处在军事对抗的前线，该类地图的制作同样受到重视。

□（作者单位：西安测绘研究所）

在文庙，寻一方静谧润心

◎ 孙利芳



● 汝州文庙大成殿 王庆 / 摄影

青砖黛瓦古学宫，
竹翠墙红雅韵生。
漫步长廊多省悟，
先哲教诲记心中。

——题记

那日，参加完新华书店的护苗读书会，书香之气萦绕心间，意犹未尽，便约文友踱步向南，在望嵩中路左转，走进隐居于繁华世俗之中的一方净土——汝州文庙。

一

“小隐隐于野，大隐隐于市”。刚刚还是热闹繁华、人声鼎沸的街市店铺，转身便是静雅肃穆的文化圣地。文庙建筑古朴，飞檐斗拱，红墙青瓦，雕栏画栋，气势恢宏。

院内古柏苍翠，翠竹清雅，一派清幽庄严之气。一树榴花，娇艳红润，碧绿间点点嫣红，热情似火。

几杆翠竹，清影摇曳。一肩担尽高风亮节，坚强挺拔，胸怀坦荡，守着那独有的一身浩然正气，不与松柏争伟岸，不与百花争娇艳，不与杨柳比婀娜，不与桃李比香甜，平实地守住那恬然安静的一抹翠绿，忠心地倾力于那勃勃向上的一株生命。

苍松古柏、花丛掩映中的汝州文庙，位于河南省汝州市望嵩中路，始建于明洪武三年（公元1370年），距今已有600多年历史。明初，汝州文庙为祭拜孔子和儒家传道布教之场所，初名文庙，后易名学宫。

建筑有明伦堂、大成坊、文明坊、大成殿、启圣宫等。数百年间，屡毁屡建，历经沧桑，清嘉庆十六年（公元1811年）再扩建后，规模渐大，成为儒家胜迹。2006年5月25日被国务院公布为第六批全国重点文物保护单位。

二

漫步文庙，仿佛听到孔子的谆谆教诲。驻足凝目，只见明伦堂面阔五间，进深十米，过廊单檐硬山式建筑，古朴厚重，曾是古代地方官员聚会、讲学之礼堂。

孔子，倡导仁义礼智信，创立了以仁为核心的道德学说。他善良，富有同情心，乐于助人，待人真诚、

宽厚。“己所不欲，勿施于人”“君子成人之美，不成人之恶”“躬自厚而薄责于人”等等，都是他的做人准则。正是有了这些思想引领，中华民族自古以来就被称为礼仪之邦。礼是中国文化之心，对于增强中华民族凝聚力、维护社会安定祥和、提升民众文化素质、塑造民族形象发挥着重要作用。

“不贰过”“每事问”“言必信，行必果”“不学礼，无以立”“四海之内，皆兄弟也”“学而不厌，诲人不倦”“温故而知新”“学而不思则罔，思而不学则殆”……一瞬间，圣人的至理名言争先恐后涌入脑海，让人心潮汹涌。

“君子成人之美，不成人之恶”教会我们做有道德的人，成全别人好事，不促成别人坏事。“君子一言，驷马难追”让我们坚守诚信，立德为本。一句句名言哲理回荡在脑海，激励着我们沉思、醒悟、奋发、向善、进取。

三

漫步文庙，仿佛听到莘莘学子的琅琅书声。文明坊面广三间，进深六米三，过廊悬山式建筑，为古代儒家学子读书之地。

“有朋自远方来，不亦乐乎？”“学而时习之，不亦说乎？”文友们不约而同吟诵着，相视而笑，一切尽在诗词雅韵中。

“人而无信，不知其可也。”诚信，在人为立身之本，在国为立国之本。人而无信，则无人与之交往；国而无信，则将失信于民，政策、法令很难行得通。

“不能正其身，如何正人？”教会我们要行得端做得正，只有加强自身修养，提升自己，才能进而齐家、治国、平天下。

“君子坦荡荡，小人长戚戚。”教导我们要胸怀旷达，坦荡做人，清白做事，方能无私无畏，泰然自若。若心胸狭窄，私心杂念，终将愁眉苦脸，不得快乐。

四

漫步文庙，仿佛走进书法艺术宝库。文庙珍藏着汝州三宝之一的《汝帖》碑刻。《汝帖》与《淳化阁帖》《泉州帖》《降州帖》并称“四大名帖”，是我国古代书法艺术瑰宝。《汝帖》是北宋大观三年（公元1109年）汝州知府王象刻制而成，共十二卷，金文、篆、隶、楷、行、草诸体兼备。小篆圆匀绝妙，汉隶端庄遒劲，章草古逸变幻，楷书法度严整，行书刚柔潇洒，草书纵逸飞动……仪态万千，体象卓然。内容包含皇颉、竹林士贤、历代帝王、名医之能者法书。

神奇的《汝帖》啊，你让我们从书法中阅读历史，感悟艺术魅力，你亦成为古代灿烂文化的一部分。清代诗人孙灏留下诗词《汝帖》：“望嵩楼高高入云，旧藏汝帖人间闻。松煤拓纸岁万本，良司厌苦征求纷。楼瓦飘零碑坠地，过眼烟云等闲弃。谁从灰烬拾遗珍，石烂犹存古文字。”诗词不仅写出了汝帖的珍贵和厚重，也让汝州文化焕发着亘古不息的永久魅力。

五

漫步文庙，仿佛经历战火纷飞的红色洗礼。这里是中原军政大学旧址。1947年，解放战争进入战略进攻阶段，新形势需要大量军事与政工人才，经中共中央和中央军委批准，中原军政大学于1948年8月在这里成立，刘伯承任校长。1948年10月17日，身材魁梧的

刘伯承穿着粗布军服，戴着一副眼镜，声音洪亮，在汝州文庙院内对军大一总队全体同志作《军大的任务——就是努力学习军事》的重要讲话，激励青年人要树立革命信心。后中原军政大学迁往郑州，但它的开创性和在军事史、解放史、教育史上的地位不容忽视。

一块块版面，一张张图片，一行行文字，让我们仿佛走进那段可歌可泣的历史岁月，经受那个充满荣光、激情燃烧的岁月洗礼。正是那些对党忠诚、为革命鞠躬尽瘁的先烈，用鲜血和汗水换来了今天的幸福生活。历史虽然逝去，但他们的革命精神将与世长存！

六

漫步文庙，寻觅心灵的宁静，感受书香的浸染，寻找灵魂的归处。漫步红色长廊，缕缕书香悄悄沾染衣袖，丝丝书韵默默浸染心灵，高尚品德已然根植于每个人心中。

儒家思想，穿越千年，历久弥新，浸润人心。革命精神，浴血奋战，鼓舞人心，激情燃烧。书香悠悠，哲理明心，缅怀先烈，灵魂澄澈。沧桑岁月，在文庙留下太多书香印痕。每次徜徉，都仿佛与先哲结交，总有新的收获和感动；每次相遇，都仿佛聆听圣贤教诲，总有诉不尽的情思绵绵，励志励心。

红柱青瓦，凝固着岁月的沧桑厚重；青石黑碑，书写着书法艺术的瑰宝；军政大学旧址，洋溢着热血铸就的忠诚；悠悠古韵，回荡着先哲的谆谆教诲；花香翠竹，营造着宁静清雅的意境。

正是“一树榴花香满院，几杆绿玉翠如新。碑林汝帖明珠灿，书韵悠然沁汝魂”。（作者单位：汝州市地矿局）

“偷”秋

◎ 张延伟

小时候农村物质匮乏，肚子里油水儿少，总有种饥饿的感觉，见啥吃的都稀罕，特别是到了秋天收获的季节，田里种的，土里长的，树上结的……都能被孩子们拿来当作“美食”。

那时候玉米良种选育、推广程度不高，地里就长出许多又瘪又小的玉米秆，我们称之为“哑巴秆”。“哑巴秆”咀嚼起来和集会上卖的甘蔗味道差不多，这种免费的“甘蔗”深受孩子们喜爱。

放学后，我们常常跑到沙旱地里找“哑巴秆”吃。“哑巴秆”比正常结穗的玉米秆略细，有的只有手指头一般粗，外皮呈褐红色，很好辨认。大家一个个满头大汗从玉米地钻出来时，怀中无一例外抱着一捆“哑巴秆”。然后找个树荫围坐一起，就像吃甘蔗一样津津有味地咀嚼起来。有谁吃到自认为最为甘甜的“哑巴秆”，还会主动和大家分享，那种开心快乐溢于言表。

最刺激的还是“偷”秋的经历。玉米穗鲜嫩能吃时正逢暑假，我们也变得更加不安分起来。我们经常相互结伴到野外割草，草篮差不多装满时，肚子也有些饿了，四外瞧瞧，见生产队里看庄稼的大爷已经转往别处巡查了，大家立刻分头猫着腰钻进玉米地，不一会儿就各自

拖出来一两棵从根部折断的带穗玉米秆来。

大家手脚麻利地把玉米穗掰下来，先藏到旁边的荆棘杂草丛里，然后分头捡拾干枯树枝，最后找一个隐蔽的地堰或沟渠角聚在一起。有的孩子早有准备，从兜里掏出家里偷拿出来的火柴把火点着，玉米穗也不用剥皮，直接用细木棍儿扎着尾部放进火堆里烤。大家伙儿一个个兴高采烈，一边聊着天儿，一边往火堆上添柴，一边给玉米穗翻个儿……为了保险起见，高处还会留个“放哨”的。大约一二十分钟，玉米穗外面紧裹的那几层青皮几乎被烧焦而逐步脱落时，里面的玉米粒也熟了，一股浓郁的香味儿荡漾开来，大家急不可耐地从火堆里拿出玉米穗，趁热把外皮揭了，金黄的玉米粒呈现在眼前，煞是诱人；偶有翻转不及时被烧焦的部分，我们也毫不在乎，照样大快朵颐。

我们把啃干净的玉米芯扔得远远的，又捧些浮土把灰烬掩埋起来，等“罪证”都销毁了，再割些杂草把篮子装满，然后背起来若无其事地回家去。

除了嫩玉米，已经坐果的花生和红薯也诱惑着我们的味蕾。我们趁旁边无人时拿着镰刀或削尖的木棍儿来到地块中间，根据经验选择

茎叶粗壮、果蒂多且把地面撑开缝隙的花生棵，先把根部的土慢慢刨开，轻轻地将果实一个个从土里拔出来，然后选择相对饱满的花生果摘了，再把周围的土封上。挖红薯也是采取类似的方式，从根部挖开后选取其中个儿大的一个……因为只是摘取了部分果实和块茎，根系没有受到实质性损伤，一般不会影响花生或红薯秧苗的生长。直到后来人们收获时从根部的异常发现其中的“猫腻”，便会笑骂：“哪个鳖孙，鬼点子真多！”

儿时，秋天的田野里能被我们拿来吃的东西还有很多：沟壑边的红构果，吃起来甜中带酸，大人说吃多了会“烂嘴角”，可我们照吃不误；我们不顾荆棘扎手，爬沟过崖地去摘野酸枣，吃完还不忘把口袋装满；头尖身长的“大老扁”（蚂蚱的一种）在草丛间跳跃，被我们逮着用“毛毛狗草”的茎条串成一串儿，点起一堆火烤熟了，吃起来焦香可口……

如今，无论城乡，孩子们一日三餐根本用不着再考虑“吃”的问题。他们在学校和家这“两点一线”疲于奔波，平时与大自然接触的机会越来越少，秋天的田野也与他们渐行渐远……（作者单位：禹州市自然资源和规划局）

“年轻过”与“青春过”

◎ 陈鲁民



常听有人颇为自得地说自己青春无悔，但要问他曾做过几件能与青春搭上边的事，又说不出个子丑寅卯，勉强扯出的几件事，也只是出自年轻本能，而与青春无关。

青春固然属于年轻人，但年轻过不等于青春过。人生在世，既要年轻过又要青春过，才真正算得上青春无悔。因为年轻和青春并不是一回事，两者既有一定联系，又有明显区别。

譬如说，周公瑾的“小乔初嫁了”是年轻，“雄姿英发，羽扇纶巾，谈笑间，檣櫓灰飞烟灭”才是青春。王勃戏写《檄英王鸡》是年轻气盛，文成《滕王阁序》则是青春无敌。辛弃疾的“少年不识愁滋味，爱上层楼”是年轻；“金戈铁马，气吞万里如虎”才是青春。毛头小子做一夜暴富梦是年轻；为实现梦想而不懈努力是青春。好勇斗狠，脑子一热大打出手是年轻；慷慨赴义，奋勇杀敌，建功疆场是青春。高歌狂舞，夜店买醉是年轻；开拓进取，奋斗拼搏是青春。还有时下很时髦的躺平、佛系，也只与年轻有关，而与青春无涉，恰是青春的死敌。因此可见，很多人一辈子只年轻过却没青春过，虽也从二十岁经过，但却没做出二十岁该做的事。

人，谁无年轻过，谁无青葱岁

月，谁无朝气蓬勃时代，谁无风华正茂年纪，但青春须和奋斗挂钩，不奋斗的青春不是真正的青春。青春，有两种属性，一是自然属性，包括人的身体、外貌、精力、体能等；二是社会属性，包括人的奋斗，奉献，业绩，功勋。如果一个人的青春只有自然属性，而没有社会属性，只有花前月下，没有金戈铁马，只有卿卿我我，没有建功立业，那就不是真正的青春，只能说明你从这个阶段走过而已，没有留下任何有价值的记录。

奋斗，是青春的天然底色，是青春的主旋律。形象地说，奋斗是弓，青春是箭，拉弓箭箭才能击中人生目标，“会挽雕弓如满月，西北望，射天狼”。青春是铁矿，奋斗是冶炼，把青春的铁矿放进高炉里反复冶炼锻打，才能铸成干将、莫邪，锋利无比，削铁如泥。青春是璞玉，奋斗是雕琢，“玉不琢不成器”，精心打磨，方有价值连城的美玉。青春之树，要有奋斗的根系提供营养；青春之花，要用奋斗的汗水浇灌。奋斗就有价值，就是幸福，奋斗才是青春该有的样子。没有奋斗，就没有青春，只有年轻，年轻只是曾走过的岁月记录，青春才能绽放人生绚丽的花朵。

“白日莫空过，青春不再来”，

年轻，表现为唇红齿白，如花似玉；青春，意味着激情澎湃，勇敢无畏。年轻，表现为活蹦乱跳，精力充沛；青春，意味着意气风发，生机勃勃。年轻，表现为年少轻狂，无拘无束；青春表现为敢想敢干，有所作为。

“青春须早为，岂能长少年”。年轻时做了年轻人最该做的事，那就拥有了青春。“三更灯火五更鸡，正是男儿读书时”，发愤苦读是青春的标配；“衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴”，献身事业是青春的内涵；“男儿何不带吴钩，收拾关山五十州”，家国情怀是青春的最强音。年轻时参与了这些事，尽了力，没有缺席，才不会“坐叹青春别，逶迤碧水长”，才能青春无悔。

年轻过不足为傲，谁都会经历那个阶段，它只不过是在生命年轮上留下几个印记；青春过才值得自豪，毕竟不是每个人都曾激情燃烧，斗志昂扬，红红火火，光芒四射。如果，当一个人进入老境，回首当年，骄傲地说，我年轻过，也青春过，那么，你的人生就是值得羡慕的，青春无悔就是为你定制的。年轻真好，韶华如金，但千万不要“雨打梨花深闭门，误了青春，忘了青春”。（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）

中秋夜宴

◎ 王伟灿

又是一个中秋夜，月儿圆圆，皎洁的月色洒在大地上，也洒在我的回忆里……

30年前的那个中秋夜，下班回到宿舍，工友们便紧锣密鼓地忙开了：有的“叮叮当当”切菜，有的挥舞勺子炒菜，有的忙着摆桌拉凳……一阵煎炒烹炸后，温馨、浪漫的“中秋夜宴”开启了。

我们住的房子临着村边，房东一家人在城里打工，在这秋天的夜晚，周围显得很是宁静。大伙在院子里围桌而坐，一盘盘荤菜、素菜端上来了，桌子上点起的4根蜡烛，与朦胧月光交相辉映。

宴席开始后，大伙儿的话并不多，只默默地喝酒，想心事。这时，班长张来田打破了平静：“今儿个是中秋节，大伙儿平常话恁多，这会儿咋都不吭声了。”

“班长，大家都在想自家媳妇儿呢！”张绍兴平常就是个“开心果”，他一开口便惹得工友们哈哈大笑起来。

“我是在想孩子呢！”王军营抬起头，顺手端起一杯酒，猛地喝了下去，“我快半年没有回家了，上次从家里来钻机时，儿子搂着我的腿，一直哭喊‘爸爸不走，爸爸不走’，当时哭得我都快撑不住要转头回去了，现在几个月没见他，心里真是想啊。”

张绍兴把脸转向王军营，两眼盯了片刻，然后扮了个鬼脸：“不对吧，您这肯定是想孩子他妈了

吧！”现场又响起大伙儿欢乐、豪放的笑声。

大伙儿止住笑声，张班长慢悠悠地说：“过节了，想家也很正常。为了早日完成这项煤田普查工程，大家都几个月没回家了。现在家里正在收秋，我们一点忙也帮不上。前几天，你嫂子来信还埋怨我不管家里的事儿哩。”班长顿了顿，又说：“不说了，咱们喝酒！”

这时，副班长孙国田看了看夜空，提议道：“今晚的月亮多圆呀，我们不如来个插曲助助兴，就以月亮为题唱支歌吧，谁唱不了谁喝酒！”

大家顿时有了兴致。王军营是第一个唱歌的人。他站起来，想了想，深情的歌声随即飘向夜空：“十五的月亮，照在家乡，照在边关。宁静的夜晚，你也思念，我也思念。你守在婴儿的摇篮边，我在野外干钻探；你在家乡耕耘着农田，我今晚又上了个四点班……”王军营确实唱得好，浑厚的嗓音，加上临时改动的歌词，大伙又是鼓掌又是叫好。

同样爱唱歌的范海林也坐不住了，这位24岁的小伙子，几个月前在家乡相了亲，沉浸在爱情甜蜜里的他，对大家说：“昨天我女朋友来信了，她鼓励我要好好干，别想家，争取年底当个先进。为了这份鼓励，我就给大家唱首《望星空》吧。”说罢，范海林望着天空，十分投入地唱了起来：“夜蒙蒙，望

星空，我在寻找一颗星，它是那么明亮，它是那么深情，那是我早已熟悉的眼睛，我望见了你呀，你可望见了……”优美的歌声飘在天空，也飘在了大伙儿的心里。

“孙班长，该你了，你给大家唱什么歌呀？”大伙儿一下子把目光集中到孙国田身上。孙国田嘿嘿一笑，说：“我唱歌可不行，我自罚一杯酒吧。”说着，端起酒杯就要喝，张班长赶紧制止：“不行，不唱哪行？”孙国田见大伙不依不饶，就说：“其实，我是想听年轻人唱歌。我这破喉咙烂嗓子唱歌不好听，我给大家说个笑话咋样？”

张班长并不同意：“你的笑话没啥新鲜的。这样吧，你就给大家讲讲你们两口子是咋认识的吧！”大伙一听，纷纷高呼赞同。

也许是酒精的作用，孙国田没有了顾忌，绘声绘色地讲了起来：“那年冬天，我在省城参加钻探技术培训。春节放假时我坐火车回家，邻座正好是个女生，在省城上大学，长得不胖不瘦，不高不低，一双丹凤眼很是可爱。火车开动不久，我就睡着了，头靠在那位女生肩膀上，她很快就把我推开了，过了一会儿我的头又靠在她肩膀上，接着她又把我推开了。到第三次时，她发火了，我好一番赔礼道歉，她怒气才烟消云散……”

张绍兴忍不住问了一句：“孙班长，你是故意的吧？”孙国田诡秘地一笑：“我就是故意的。”



青莲香气逸，家风永流传



◎ 梁海云

家风家训，这个词对于中国人来说，即使称不上妇孺皆知，那也是举国闻名了。很多人家里也许并没有白纸黑字的家训，但是都有一本烂熟于心的无形的家风代代相传。我一个朋友，有次与我谈起她小时候，记得最清楚的就是每次用餐时，母亲都会先让家里老人动筷，之后方许他们小孩夹菜吃饭，不然则是要打手板的，这个规矩她长多大都记得。由此可见，家训家规对一个中国人来说，影响力实在是举足轻重。

我们家也不例外，对我们家家风影响最大的要数我公公了。他是个遵令如山的军人，自然事事要求我们遵守家训，且绝对是不可违背的。其中，最不可违背的就属“是自己的东西就要牢牢地守住，但是

决不可贪图别人的东西。若是想要什么，那就凭自己的本事，正正当当靠能力去挣”。他不只是这么要求我们，实际上，这也是他本人一直恪守的信条。

当年公公退伍后，为了继续报效国家，曾荣立过三等功的他没有去国家安排的公检法部门，而是选择扎根基层，做一名村党委书记。在他那个挤破头往城里钻的年代，当一名村党委书记可不是什么吃香的工作。因为村党委书记当时是没有工资的，又要管一村人大大小小的琐事，对一年四季要与土地打交道，忙得抽不开身的农家人来说，这份权力宁可不要，也比自己累得抽不开身强。但公公却自告奋勇接下了这份差事。对他而言，能为老百姓做点实事儿才是最重要的。他

这一干就是十几年，中间没有一次贪图过别人家的便宜，用自己的努力带着一村人发展经济，过上了好日子。有的人笑他傻，借着这个身份，占点儿公家的便宜不好吗？他笑笑说，这份便宜谁想占谁占，他捞不了这份油水。与其心里不安，不如过苦日子，好歹心里坦荡。他的这种精神感动了身边的所有人，所以当他立下这份家训的时候，我们每个人都牢牢地遵守，没有犯过一次。

如今，公公已经离开我们一年，但是他立下的家训，我们将会好好遵守，并永远流传下去。这份家训就像青莲一般，一朝盛放，哪怕过了千载时光，生命力仍然旺盛，永远氤氲着迷人的香气。☑（作者单位：河南省测绘院）

“别插嘴，让孙班长接着说！”张来田也被这段“爱情故事”吸引了，急于想听下文。

“随后我们就在火车上聊啊聊啊，最后她就成了你们的嫂子。”对于孙班长的爱情罗曼史，大家显然是意犹未尽。一旁的范海林道：

“我光知道嫂子是大学生，原来你们是这样认识的。”

“班长该你了，你给大家出个啥节目啊？”工友们又把目光集中到张来田身上。张班长思考着，似乎有点为难：“我不会唱歌，也没有孙班长那样的爱情故事，我出个

什么节目呢？”

这时，范海林灵机一动，给班长解围：“您刚才不是说嫂子来信了吗？就把嫂子的信给我们念念吧。”大伙齐声高呼：“可以！可以！嫂子来的信最多，我们最想知道嫂子在信里都说了些啥？”

张来田看来被逼上梁山了，众目睽睽下，只好取出一封信，慢慢读了起来：“你刚走没几天，孩子就病了。那天夜里发高烧，一量，竟然39度，我赶紧抱着孩子往医院跑，挂号、看诊、打针、拿药，回到家天已经亮了……”张班长读

完信，大伙分明看出他脸上挂着晶莹的泪花。

这时，桌上的蜡烛已经燃尽，只有那一轮明月在静静地注视着我们，好像在诉说着什么。

这时，孙国田站了起来，对大伙说：“来，咱们共同举杯，为默默支持我们工作的父母、妻子，干杯吧，正像歌曲《十五的月亮》唱的那样，军功章有我们的一半，也有她们的一半！”

月光下，一杯杯美酒碰在了一起……☑（作者单位：河南省资源环境调查二院有限公司）

芦苇

◎ 齐未儿

秋天的苇花在风中起伏，像旌旗招展，苇塘顿时有了万马奔腾的气势。一只野鸭展翅而起，像嘹亮的号角，直冲天际。

孩子们钻到苇丛里，转眼就不见了踪影。过不了半天，苇秆纷纷扑倒，被捆在一起，背上了肩，那些白色的苇花，开到孩子们的头顶上了。

春光盛大，处处姹紫嫣红，滩涂上冒出尖尖的笔帽一样的头，白亮亮，嫩生生。当我还在研究这是不是“蒹葭满地芦芽短”的芦芽时，它们已经率先跑到刚刚灌满水的稻田里去凑热闹了。

父亲弯腰低头，从泥水里把翠绿的芦芽连根拔起。那长长的“根”，一节一节的，嫩生生。后来才知道，它们与竹是同科兄弟，那棕白的根状物，其实是掩埋在地下的茎。也许，整片塘里的芦苇，都自这一根茎上挺身而出，是一家人。我尝过苇的嫩芽，有一点隐隐清凉的甜。苇的味道好，牲口也是知道的，我看姥爷家的牛总是绕着苇塘转，啃一口苇叶，低头专注地咀嚼。姥爷背着花篓割了不少苇，青料也好，晒干了留着拌料也好，都是我家那头驴爱吃的。

再次关注苇，是要包粽子了。姥姥一早奔向村前的苇塘，那些苇叶纷纷舒展。

青葱的叶片，洗干净，被姥姥

一片一片捋好，放到秫秸编的箕子上，压上一盆水，好让苇叶更平展。待到用的时候，泡进水里，三两片叠加着铺在饭桌上，再拿到手里，卷成个漏斗状，把米塞进去，包裹，绑紧，放到锅里煮。粽子熟了，还没揭锅，香气已经扑鼻而来，是苇叶的香。

到了夏天，苇子已经有一人高了，各种各样的鸟躲在里边，叽叽啾啾，此呼彼应，只闻其声，不见其形。青蛙一个纵身，踪影不见，像一道迅疾的闪电。也有泥鳅，躲在苇足下的泥里，光脚踩到，总不免吓一跳。热气蒸腾，骄阳似火，姥爷的凉帽像一把小伞顶在头上，用来挡风遮雨。“青箬笠，绿蓑衣，斜风细雨不须归”，背到这句诗的时候，我想，苇的用处真多，还能编出精巧的帽子来。

到了秋风习习的日子，父亲扛着大刘镰来到苇塘。塘里早前积的雨水被风抽干了，泥地驮得住脚，父亲一镰刀下去，面前就出现一个大大的空当儿。割下来的苇铺展在地上，风吹日晒，走走水分。接着，它们被运到院子里。父亲和几位叔叔一起，坐在那里编笆，连苇花也不用裁。他们都是个中好手，一把一把苇放下去，线绳勒紧，很快就打出一领来。手下不停，用不了多长时间，几领苇笆就戳到墙边了。盖房子的椽子檩木上边，得防备漏

土漏雨，第一层就要铺苇笆，它们是最忠于职守的屏障，再往上一层，有条件的人家是要铺苇席的，再然后才是黄土、起脊的碱土。

秋收之后，大野辽阔。一片一片苇丛，成了孩子们的乐园。捉迷藏，躲进去，苇是分毫消息也不会透露的。只有风这个莽撞的家伙，到处逡巡，晃动这里，又拨响那里，跟着帮倒忙。孩子们玩得不亦乐乎，总要有人提醒，大家才想起来，从家里出来是要来拾柴的。放倒的苇迅速在身后成了垛，上肩，像背着一座小山。

爱着芦苇的人可真不少，自春至秋，从丽日晴空到雨雪霏霏，苇出现在古今中外那么多文字里。比如：“蒹葭苍苍，白露为霜。”“纵然一夜风吹去，只在芦花浅水边。”“浅水之中潮湿地，婀娜芦苇一丛丛。”新的旧的诗词里，最爱这句“婀娜芦苇一丛丛”，其实，单看一枝芦苇，更窈窕而亭亭。我当然还知道那句帕斯卡尔的名言：“人只不过是一根苇草，是自然界最脆弱的东西；但他是一根会思想的苇草。”

芦苇是脆弱的吗？我并不这样认为。多少风狂雨骤，徒奈它何！它坚忍顽强，又优雅而峭拔，最重要的是，芦苇参与了我们的日子。

☑（作者系中国自然资源作家协会会员、河北省作家协会会员）

品读一方水

◎ 贺 斌

水，简单朴实、渊博沉静，看似柔弱、实则坚韧，万般变化、大道至简。老子在《道德经》中对水作了诠释：“上善若水，水善利万物，而不争；处众人之所恶，故几于道。”

清晨，我又来渑池县仁村水库品读这方水域。这座水库，身处乡村，被绿树、植被和庄稼簇拥着。红日投下，水库之水，澄澈清亮，波光潋滟。它是这片土地的农业命脉，每到干旱季节，开闸放水，灌溉庄稼，让粮食得丰收。

这座水库，成了包括我在内的游泳爱好者的福地，每天清晨乐此不疲来与她“亲近”，与水中的小鱼儿交流，顺便做个鱼疗，那一池碧波使我身心愉悦。这里也是垂钓者的一方乐园，他们沐浴朝阳，身披霞光，静候鱼儿的“光临”。

“一顶草帽一副竿，一心垂钓在水边。世间闲娱千百种，唯有垂钓胜神仙。”也许，这就是垂钓者的享受与追求吧！

这里远离世俗。山峦每天安静地伫立守望于此，水库周围的杨树和柳树，像一排排哨兵，为这池清泉站岗放哨。微风拂过，树叶沙沙作响，演唱着一曲轻快的“欢乐颂”。被秋风打落在水面上的树叶，各有各的模样，叶柄向上翘着，像一艘艘小帆船，任意漂浮，好不惬意。

看山腹间，滚滚而来之水，是

青山与水库的“脐带”，那哗哗流淌的声音啊，不知疲倦地日夜奔流，是在为静寂的水库演奏乐曲么？

白鹭、翠鸟、野鸭……是这里灵动的小主人。它们自由自在地栖息于此，繁衍生息。白鹭轻灵的体态，总喜欢在山涧或急或缓的瀑布旁散步，见我快要游到它们身边时，就扇动翅膀飞进树林。成群结队的小野鸭，时而停于水面，梳理羽毛；时而掠过水面，溅起一串晶莹剔透的水花。小野鸭的父母出双入对，或一前一后，或一左一右在水面看护宝宝；抑或从地面或水面翩翩起飞，那欢叫声在水库上空萦绕回荡。

岸边成熟的花椒，被太阳晒得小脸通红，空气中充满了芬芳的味道，风儿似乎知道我的喜好，把这么好的“福利”送进我的肺腑。玉米亭亭玉立，像一位头戴凤钗、身着嫩绿色长裙的“金发魔女”。向日葵每天微笑着迎接前来“拜访”的泳客。

水之美，由内而外。我喜欢水，喜欢游泳，迎着微风，顶着细浪，目视前方，划动双臂，把风景甩在身后。水汽凝结，白雾笼罩，随风飘移，岸边白鹭，悠闲踱步，好像置身于仙境。

那初升的太阳，我自私地以为，是第一个照在我身上的。因为，我要么在水中站立，要么迎着太阳游，

要么侧泳，看那轮红日一点点爬上山顶，露出笑脸。今天，我看见太阳钻进了一匹骏马云朵后面，给这匹奔腾的骏马勾画出闪光的金边，真是美醉了！

我喜欢躺于水面，闭目养神；或双臂倒划，静看云卷云舒；或左顾右盼，观察物象；抑或打开鼻腔，让歌声在蔚蓝的天空飘一会儿。每天畅游，物我两忘，心中唯世间一切美好，眼前也只有大自然与人类和谐共生的生态之美。

雨中畅游，又何尝不是一件快乐的事儿呢？双眼平视水面，细雨如万条银丝从天上飘下，像美丽的珠帘；雨越下越大，雨滴像一颗颗晶莹剔透的珠子砸在水面，溅起一把把倒放着的镂空的水晶伞，漂亮极了；起雾时，远山、村庄、水库、白鹭、野鸭和我都被薄雾笼罩。此时，水中畅游的我，如“神仙姐姐”般惬意自在。

俯瞰一池碧波清，仰望天空白云轻。

平视波光潋滟美，岸边树木映水新。

雨后青山迎宾客，烟火凡尘享幽静。

红日东升照吾身，神游醉敲心语净。

在尘世中，像水一样纯净，水一样澄明，水一样大智若愚。☑（作者单位：义乌市自然资源和规划局）



程昌静摄影作品欣赏



程昌静，1967年12月生，曾就职于贵州省地矿局106地质大队，先后任贵州省地质摄影协会副会长、遵义市汇川区摄影家协会副主席、遵义地质摄影协会秘书长，现为贵州省摄影家协会会员、遵义市摄影家协会会员。

程昌静从事摄影工作30余年，拍摄了大量风光、纪实、微距等题材的作品，先后发表在大众摄影杂志、人民摄影报、旅游杂志、中国自然资源报、中国矿业报、贵州日报、贵阳晚报、遵义日报、遵义晚报等报刊，并多次在中摄协及省、市组织的摄影比赛中获奖。



● 田园深秋



● 红色家园



● 野渡



● 九天母石



● 龙腾盛世



● 喜悦



● 长碛之春



● 轻风掠过荷塘



● 茶园农家

《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

友谊型宣传合作单位

思源时空科技(河南)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

东网空间地理信息有限公司

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服务有限公司

河南中信测绘地理信息有限公司

中建信勘勘测规划有限公司

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

北京航天宏图信息技术股份有限公司

河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

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

河南中徠测绘服务有限公司

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

河南省聚鑫勘测规划设计有限公司

荥阳市规划建筑设计室

河南省海翔测绘工程有限公司

河南智联时空信息科技有限公司

开封市祥和测绘服务有限公司

河南省交通规划设计研究院股份有限公司

河南豫兴测绘有限公司

济源市正祥房地产测绘有限公司

济源市国土测绘地质环境监测院

智慧济源时空大数据平台建设试点项目 通过自然资源部验收



本刊讯 9月20日，智慧济源时空大数据平台建设试点项目顺利通过自然资源部专家组验收。自然资源部国土测绘司副司长王瑞么，河南省测绘地理信息技术中心党委书记、主任郭幸生，河南省自然资源厅测绘地理信息管理处处长宋新龙，济源产城融合示范区党工委委员、管委会副主任俞益民参加验收会。会议由自然资源部国土测绘司二级巡视员严荣华主持。

验收会上，以中国测绘学会理事长宋超智为组长的专家组，听取了项目工作汇报，审阅了文档资料，观看了成果演示，经质询和讨论，认为项目全面完成时空大数据平台试点建设任务，一致同意通过验收。

据介绍，智慧济源时空大数据平台是由自然资源部、河南省自然资源厅、济源示范区管委会三方共建的国家试点项目，由河南省测绘地理信息技术中心所属单位河南省遥感院、济源示范区自然资源和规划局共同实施。项目于2019年9月启动，2021年底完成，建成覆盖济源全域范围7大类900余小类横跨13个部门的时空大数据资源池，建设接入国土空间规划“一张图”实施监督信息系统、智慧城市决策会商系统等8个示范应用，涉及基础时空、公共领域、自然资源、物联网实时感知、互联网在线协同共900余类数据，

融合形成了统一的时空大数据三维“一张图”；开发建设了面向智慧城市建设的政务版、面向自然资源管理的业务版以及面向社会公众使用的公众版三个版本平台，对接了济源智慧政务、智慧公安、智慧城管、智慧环保等典型应用系统，为政府宏观决策、部门监管、数据共享和信息惠民等提供精准的时空信息服务。

此外，项目还构建了集基础地理信息数据实体化、平台运行服务网格化、应用资源化于一体的新型基础测绘（“三化一新”）济源模式，项目成果进一步丰富了济源基础时空数据资源，提升了地理信息服务保障能力，为加快济源数字化改革创新、全面提升数字化治理能力提供了“智慧方案”，也为济源自然资源管理、社会治理的精细化、智慧化建设提供了精准的数据保障，对高质量推进现代化河南建设具有重要意义。

下一步，济源将建立长效运营更新机制，持续完善平台功能，不断加大数据共享和应用力度，为济源数字政府建设、新型智慧城市建设和提供更加有效的时空信息服务，全面助推城市高质量发展、高水平治理。

河南省自然资源厅、河南省测绘地理信息技术中心、河南省遥感院，济源示范区自然资源和规划局等23家单位相关人员参加验收会。□（刘思远/文、图）



2023测绘法宣传日暨
国家版图意识宣传周

规范使用地图 一点都不能错



审图号：GS (2023) 3095 号