引文格式：李伟,姚文举,王道顺,等. 三维建模技术在河流自然资源确权登记中的应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(11): 59-62. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.11.014

三维建模技术在河流自然资源确权登记中的应用

李　伟[1,2]，姚文举[1,2*]，王道顺[1,2]，石信肖[1,2]
（1. 山东省鲁南地质工程勘察院（山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队），山东 济宁 272100；
2. 高分辨率对地观测系统济宁数据与应用中心，山东 济宁 272100）

摘　要：2020年起各地相继开展河流自然资源确权，二维确权向三维确权过渡，实现自然资源立体化管理。以彭河自然资源确权为例，探索了多源三维建模技术在河流自然资源确权登记中的应用。结果表明，以地理信息系统为承载，以倾斜摄影、机载激光扫描、单波束测量等技术构建的水上、水下三维地理场景为底图，结合登记单元、权属界限等矢量数据构建的河流自然资源三维立体一张图，在确权登记工作中具有良好应用。

关键词：河流自然资源确权登记；三维重建技术；地理信息系统；三维立体一张图
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）11-0059-04

Application of 3D Modeling Technology in River Natural Resource Right Registration

LI Wei[1,2], YAO Wenju[1,2], WANG Daoshun[1,2], SHI Xinxiao[1,2]
(1. Shandong Provincial Lunan Geology and Exploration Institute (Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources No.2 Geological Brigade), Jining 272100, China;
2. Jining Data and Application Center of High Resolution Earth Observation System, Jining 272100, China)

Abstract: Since 2020, all localities have successively carried out rights registration of river natural resources, transitioning from 2D right registration to 3D right registration, and realizing 3D management of natural resources. Taking Peng River natural resource right registration for example, we explored the application of multi-source 3D modeling technology in river natural resource right registration. The result shows that taking GIS as the bearing, taking the 3D geographical scenes above and below water constructed by oblique photography, airborne laser scanning and single beam measurement as the base map, combining with the unit of registration, the ownership boundaries to construct 3D one map of river natural resource, has a good application in the right registration work.

Key words: river natural resource right registration, 3D reconstruction technology, GIS, 3D one map

为建立归属清晰、权责明确、保护严格、流转顺畅、监管有效的自然资源资产产权制度，实现山水林田湖草整体保护、系统修复、综合治理[1]，2019年7月自然资源部制定了《自然资源统一确权登记暂行办法》，自此各地相继启动了河流自然资源确权工作。由于缺乏立体属性，二维确权登记已无法满足河流资源多源、多维、多时序的管理需要[2]，构建河流自然资源三维立体一张图，实现自然资源管理与服务的精准化和高效化已成为自然资源管理部门关注的一个重点。得益于无人机技术、激光扫描技术、计算机图形学算法的快速发展[3]，多种三维空间建模技术相继成熟并被广泛推广，使采用与地貌匹配的建模技术快速、高效构建水上、水下河流三维模型成为可能。本文以彭河自然资源确权登记为例，提出了综合运用机载激光扫描、倾斜摄影、单波束测量等技术构建河流三维模型，实现河流二、三维一体化管理的工作思路，并总结了三维建模技术在自然资源确权中的应用。

1　项目背景

为全面落实习近平生态文明建设思想，建立系统完整的生态文明制度体系，推进自然资源确权登记法治化、规范化、标准化、信息化建设[4]，2021年4月山东省自然资源厅组织开展2021年度全省自然资源确权登记工作，内容包括徒骇河、大沽河、洙赵新河等16条河流的自然资源登记确权。为全面掌握自然资源

收稿日期：2022-07-28。
项目来源：山东省自然资源确权登记试点资助项目（SDGP370000000202102001371）。
第一作者简介：李伟（1989—），工程师，注册测绘师，从事航空摄影测量与遥感工作，E-mail：495571183@qq.com。
通信作者：姚文举（1978—），高级工程师，从事地理信息系统及遥感测绘工作，E-mail：286353622@qq.com。

现实状况、充分反映自然地理格局[5]，开展了三维确权登记工作探索，并选取彭河河段作为试点区。彭河发源于菏泽市巨野县万丰镇，总长度为25.1 km，流域面积为117 km²，水深3~4.15 m，河底比降为1/7 000~1/15 000，河底宽2~15 m，除涝流量为22~59 m²/s，防洪流量为58~154 m²/s。

2 技术方案

试点工作按照“统一规划、分级建设”的原则开展，根据试点区地理环境特征，将其划分为外围区、核心区、水下区3部分。外围区利用机载激光扫描技术构建地形级[6]三维地理场景，核心区利用倾斜摄影测量技术构建城市级[7]三维地理场景，水下区利用单波束测量技术构建水底高程三维地理场景；采用人机交互的方式进行数据接边、叠加，实现多源数据融合；结合模型对矢量数据进行节点高程赋值，最终构建河流自然资源三维立体一张图。具体技术方案见图1。

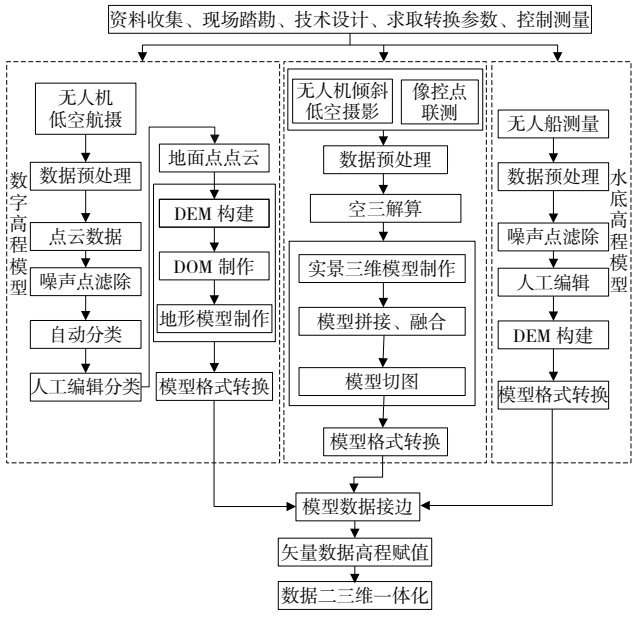


图1 技术方案

3 技术手段

1）机载激光扫描技术属于主动式非接触测量，通过激光发射器接收的信号获取地表点云数据，最大限度反映地表真实情况；具有自动化程度高、作业速度快、全天候、测量精度高和作业成本低等特点，广泛应用于大地测量、自然评估、城市三维建模等领域[8-10]。采用机载激光扫描技术构建外围区地表高程模型，首先对激光数据、影像数据进行数据解算、去噪、分类、微分纠正等操作，形成数字高程模型和数字正射影像图；再对二者进行空间叠加、融合，获得具有纹理的地表高程模型数据。采用成都纵横大鹏CW-30LiDAR航摄系统获取数据，设计航摄高度为300 m，扫描频率为600 Hz，点密度为16 Pts/m²，影像分辨率为5 cm，旁向重叠度为50%，航向重叠度为70%，成果见图2。

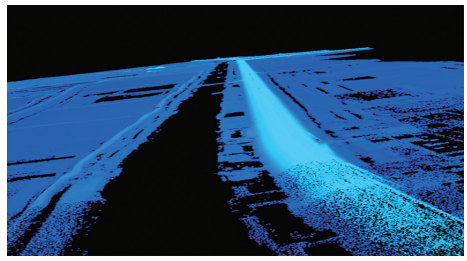


图2 试点区点云成果

2）倾斜摄影测量属于被动式可见光遥感技术，同时从多个角度获取地物纹理影像，再通过计算机影像匹配技术自动构建实景三维模型，颠覆了传统正射测量只能垂直拍摄的局限，能快速、高效、高精度进行三维模型制作[11-12]。采用倾斜摄影测量技术构建核心区实景三维模型，首先对航摄影像进行同名点提取、像控点刺点、光束网平差，获得空三解算成果；再进行计算机自动构网建模、纹理映射；最终完成实景三维模型制作。采用成都纵横CW-15无人机搭载睿铂DG4P相机进行数据采集，设计航摄高度为310 m，影像扫描分辨率为3 cm，巡航速度为70 km/h，航向重叠度为80%，旁向重叠度为80%，航摄时间为上午11时至下午2时，成果见图3。



图3 试点区倾斜模型成果

3）单波束测量属于回声探测技术，通过向水下发射声波的方式，获取水底高程数值，具有价格低、操作简单、重量轻、灵活机动等特点，是目前主要的水深测量技术之一。随着实时差分技术和无人船技术的发展，单波束测量的工作效率和准确度有了极大提高，在河道、湖泊等水下地形测量和水质监测中取得了较好的应用效果[13-14]。采用单波束测量技术获取试点区水底高程模型，首先通过超声波回波时间间隔与超声波在水中传播的平均速度计算水下深度，获得水底点云数据；再通过点位内插、构网建模的方式，完成水底高程模型制作。采用中海达iBoat B1无人船进

行数据采集，设计工作频率为150 KHz，采样分层间距为1 m，航线间隔距离为25 m，定位方式为RTK，获取的数据见图4。

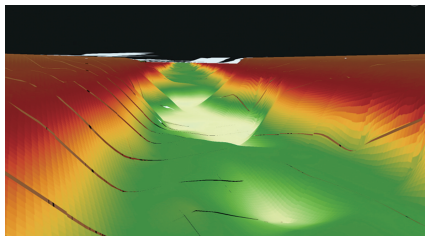


图4　试点区水底高程模型成果

4　技术难点

1）水底高程模型精度优化。彭河段水底建模总距离为25 km，沿途流经多个村庄，河况复杂，河底高程易受水草、采石挖沙、河底淤泥影响。为提高高程数据的准确性，采用RTK三维测深技术提高测深仪平面与高程精度；采用双频单波束测深仪，对比高、低频回声，获取淤泥层厚度；采用剔除明显噪点的方法剔除和修正水深的跳点、极值、零值，降低水草等障碍物影响；采用不规则方格网法制作模型，提高河底高程模型的精细程度。

2）矢量数据三维赋值。二维矢量数据缺乏高程属性，直接与三维地理场景数据叠加将导致数据分层，因此需对矢量数据进行高程赋值。常用方法是基于模型数据进行二维数据节点内插获取节点高程值。试点工作采用计算机提取赋值和手工点取赋值相结合的方式，首先对二维矢量数据进行高程点自动批提取，再检查二维数据与模型数据的贴合情况，手动调整未贴合地面节点的高程，保证二维矢量数据与三维底图的严格贴合。

3）多维、多源、多尺度数据整合。河流自然资源数据在维度、数据源、尺度上具有多样性，数据整合是构建河流自然资源立体一张图的重要步骤。随着试点工作的进行，多部门数据被统一汇总，数据不一致问题逐渐凸显，主要表现为基准不统一、平面错位、高程分层等[15]。为解决该问题，试点工作中对多维、多源、多尺度的河流自然资源数据进行了空间位置一致性处理，首先对多源数据的空间基准、投影方式和高程基准进行统一；再采用几何位置配准方法，按照“局部服从全局、低精度服从高精度、低密度服从高密度”的配准原则纠正精度不高数据的位置、高程，实现多源数据逻辑、空间上的统一。

4）多源异构数据展示。为解决管理平台多样造成的数据不通、决策矛盾等问题，实现单一平台对多源异构数据的统一展示、调度，试点工作开展了数据成果格式标准化工作，首先通过第三方软件将不同格式的数据成果转换为数据通用格式；再通过GIS软件自带工具对转换后的数据成果进行软件标准格式转换。数据格式标准化工作实现了单一平台对多源异构数据的加载，并提高了数据加载速度。

5）可视化效果提升。可视化是三维模型的天然属性。真实立体、纹理清晰、色彩明亮的模型成果在对外宣传、地方形象树立等方面都具有较好作用[16]，因此提升模型可视化效果，给浏览者提供一个舒畅的“看”的体验十分必要。针对模型纹理色差问题，采用模型成果色彩均衡的方法，对模型纹理进行色彩、色调、明亮度调整，使模型成果整体效果自然、真实；针对点、线、面数据表现形式单一的问题，对矢量数据进行成果配置、符号化处理，对重点的点状地物构建手工模型，以可视化模型成果的形式表示；针对水面破洞、起伏问题，基于水岸线高程勾绘，制作三维动态面。可视化效果提升界面见图5。



图5　可视化效果提升界面

5　成果应用

1）可视化表达。与传统自然资源数据相比，河流自然资源立体一张图可真实、立体、时序化地反映自然资源的时空信息，有效解决二维自然资源数据权属重叠、分布复杂、精细化程度不够、准确化程度不高等一系列问题[17]。试点工作通过构建三维底层，为抽象的图、表提供了空间载体，完成了数据可视化表达，有效提高了二维数据的辨识度。数据成果的可视化表达在提升确权人员对数据的认知程度、增强管理人员对数据的管控力度方面有较好的应用。

2）界址点测量与核查。界址点测量是自然资源调查的关键步骤，传统方法是通过人工现场指界和外业实测的方式，外业工作量大、测绘难度高、协调指界人员难、成果质检不便。试点工作通过对核心区构建高精度实景三维模型，实现了外业场景的室内还原，打破了传统的界址点测量方式，将原有“所到即

所得”的工作方式优化为“所见即所得”，极大地减少了外业工作量，降低了工作风险，减小了成果核查的工作难度。

3）三维图件制作。在以往确权工作中，调查工作底图、登记单元图等图件资料多以权属界线叠加正射影像图的形式表达[18]，易导致图件成果表达不直观、复杂地形图件可读性不强等问题。基于三维立体数据库，利用数据制图软件，以一定角度输出工作底图、登记单元图等图件资料，实现图件三维化，可有效解决上述问题。

4）汛情研判。模型数据具有良好的空间属性，是构建数字孪生的重要数据来源[19-20]。试点工作利用虚拟现实技术和GIS的分析功能进行多种虚拟情况模拟，为现实生产、生活提供判断依据。利用水下高程模型构建流域水文模型，计算重点区河流径流量，测算水流速度；利用地面高程模型寻找高地点，制作抗洪物资存放点方案；基于地上、水下高程模型，采用有源淹没分析方法计算洼地点、模拟洪水路径，进行汛情研判（图6）；利用自主开发平台进行人员、物资调度，实现可视化管理。



图6 淹没模拟界面

6 结 语

本文根据河流自然资源管理的切实需求，提出将三维激光扫描、倾斜摄影、单波束测量等三维建模技术运用于河流自然登记确权中的设想，并在彭河自然资源登记确权试点工作中进行了尝试。本文介绍了试点工作中构建水上、水下三维立体一张图的工作流程，阐述了三维激光扫描、倾斜摄影、单波束测量的技术特点，解析了工作中遇到的技术难点，总结了试点工作成果的应用场景。事实证明，三维建模技术的应用能有效解决以往河流自然资源确权工作中的部分弊端，为工作的开展提供了新思路。三维建模技术在彭河试点工作中取得了良好的应用效果，但仍存在数据成果的存储、保密、共享和更新等部分问题，这些需在今后的工作中进一步解决。

参考文献

[1] 自然资源部,财政部,生态环境部,水利部,国家林业和草原局. 自然资源统一确权登记暂行办法[Z].

[2] 孙雪婧,卢向伟,余鑫洋,等. 二三维一体化GIS技术在国土空间基础信息平台建设中的应用[J]. 现代测绘,2021,44(5):1-5

[3] 赵杏英,王金锋. 城市级实景三维建模方法比较分析[J]. 工程技术研究,2020,5(20):214-215

[4] 方黎明. 走向法治化规范化标准化信息化:部自然资源确权登记局负责人解读《自然资源确权登记操作指南(试行)》[J]. 资源导刊,2020(3):12-13

[5] 关梅,杨志军,刘政,等. 以第三次国土调查成果为森林资源“一张图”细化调查基础底图数据融合技术路线的探讨[J]. 山东国土资源,2020,36(8):68-71

[6] 肖建华,李鹏鹏,李海亭,等. 国家新型基础测绘建设武汉试点中期实践与思考[J]. 测绘通报,2022(1):164-167

[7] 张亮,胡菡,石婷婷,等. 基础地理实体建设探讨[J]. 地理空间信息,2021,19(12):89-90

[8] 景钦刚. 机载三维激光扫描系统在线路工程中的应用研究[J]. 电力建设,2009,30(3):35-37

[9] 符校. 机载激光雷达技术在数字高程模型制作中的应用:以惠州大亚湾区数字高程模型制作为例[J]. 经纬天地,2018(4):47-52

[10] 张金盈,胡小庆,张广庆. 机载LiDAR点云更新1∶1万DEM关键技术探讨[J]. 山东国土资源,2014,30(10):64-66

[11] 李伟,张红月,孙衍建,等. 地区级实景三维模型色彩均衡方法实验[J]. 山东国土资源,2021,37(7):86-90

[12] 王峰,滕俊利,王希秀. 多源数据融合实景三维建模关键技术研究[J]. 山东国土资源,2022,38(1):70-73

[13] 杨少愚,孙睿英,任思思. 无人船在水下地形测量应用中的可靠性分析及工艺流程优化[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(增刊1):233-236

[14] 商建伟. 基于GNSS的单波束测深系统在大中型水库水下地形测量中的应用[J]. 山东国土资源,2022,38(1):65-69

[15] 鲍文月,朱学明,徐良. 多源异构城市三维模型数据组织管理方法[J]. 现代测绘,2021,44(6):34-36

[16] 李寅超,姜波,刘照,等. 实景三维模型城市综合管理应用研究[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(11):14-16

[17] 吴成科. 解决林权登记历史遗留问题探索[J]. 山东林业科技,2021,51(6):81-83

[18] 吴颖,谢宇,游勇,等. 自然资源确权登记中若干关键技术研究与探讨[J]. 国土资源信息化,2021(6):15-20

[19] 周超,唐海华,李琪,等. 水利业务数字孪生建模平台技术与应用[J]. 人民长江,2022,53(2):203-208

[20] 袁学旺,杨金涛,赵倩,等. 智慧潍坊时空大数据与云平台建设及应用[J]. 山东国土资源,2019,35(10):71-75