引文格式：闫昶,宋伟凯. 面向多源数据的开源三维GIS关键技术研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(6): 39-42. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.06.009

面向多源数据的开源三维GIS关键技术研究

闫　昶[1]，宋伟凯[1]
（1. 江苏省地质测绘院，江苏 南京 211102）

摘　要：自然资源调查监测、自然资源统一确权登记、实景三维中国建设等工作的开展带来了丰富、多样、大量的多源异构成果数据。研究如何以开源化的技术对这些多源数据进行管理和利用，对于发挥多源数据的信息价值以及降低三维应用系统的建设成本具有非常重要的实用价值和参考意义。本文面向多源异构多类型的自然资源成果数据，阐述了多源数据的开源化处理、二三维数据的存储方式、多维空间数据的服务发布方法以及开源三维GIS构建的知识体系等关键技术，并创新性地运用于自然资源可视化管理和城镇房屋信息化建设中，为开源技术和行业应用的发展提供了有益案例。

关键词：自然资源；多源数据；空间服务；开发体系；开源技术；三维GIS
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）06-0039-04

Research on Key Technologies of Open Source 3D GIS for Multi-source Data

YAN Chang[1], SONG Weikai[1]
(1. Jiangsu Geologic Surveying and Mapping Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: The implementation of natural resources survey and monitoring, unified rights confirmation and registration of natural resources and real scene 3D China construction has brought rich, diverse, and large amounts of multi-source heterogeneous result data. The research on how to manage and utilize these multi-source data with open-source technology has very important practical value and reference significance for exerting the information value of multi-source data and reducing the construction cost of 3D application system. Aiming at multi-source, heterogeneous and multi-type natural resource achievement data, we expounded the key technologies such as the open-source processing of multi-source data, the storage method of 2D and 3D data, the service release method of multi-dimensional spatial data, and the knowledge system constructed by open-source 3D GIS. It has been innovatively applied to natural resource visual management and urban housing informatization construction, which can provide a useful case for the development of open-source technology and industry applications.

Key words: natural resource, multi-source data, spatial service, development system, open-source technology, 3D GIS

自然资源是指土地、矿产、森林、草原、水、湿地、海域海岛等天然存在，具有使用价值，在当前和未来可提高人类福利的自然环境因素的总和[1]。查清各类自然资源状况和变化情况，对于科学编制国土空间规划，逐步实现山水林田湖草的整体保护、系统修复和综合治理具有重要意义。近年来，围绕自然资源开展了自然资源调查监测体系构建[2-3]、自然资源统一确权登记[4-5]、实景三维中国建设[6-7]等方面的工作，在自然资源调查监测技术体系构建的方向与任务[8]、自然资源调查监测地表覆盖成果的质检技术[9]、自然资源测绘地理信息服务平台关键技术[10]、自然资源确权登记三维空间数据的表达与可视化[11]、自然资源统一确权登记信息管理系统建设[12]、实景三维建模[13]以及实景三维模型可视化[14]等方面进行了大量的研究与实践。

自然资源调查监测、自然资源统一确权登记以及实景三维中国建设等相关工作的开展，带来了以图斑为代表的二维矢量数据、以模型为代表的三维实景数据、以部件为代表的BIM数据以及以特征提取为代表的三维点云数据等众多的多源异构多类型数据。本文以自然资源丰富、多样、大量的多源异构成果数据为基础，结合多源数据的来源特点、维度特点、结构特点以及表达特点等方面的情况，在多源数据的开源化处理、二三维数据的存储方式、多维空间数据的服务发布以及开源三维GIS构建的知识体系等方面，进行了面向多源数据的开源三维GIS关键技术研究，并展示了其在自然

收稿日期：2023-01-13。
项目来源：江苏省自然资源综合调查监测国家试点技术服务项目（HAZC-2021070351-XY）。
第一作者简介：闫昶（1992—），硕士，工程师，主要从事地理信息系统、自然资源调查监测、实景三维建设等方面的应用与工作，E-mail：1308009208@qq.com。

资源可视化管理和城镇房屋信息化建设中的典型应用，对于有效管理自然资源成果数据、降低系统应用建设成本以及推进智慧城市和实景三维建设具有重要的现实意义。

1 自然资源多源数据

1.1 多源数据概况

自然资源多源数据主要包括GIS数据、人工模型、BIM数据、倾斜数据以及点云数据等。

其中，GIS数据基于基础测绘数据通过ArcGIS等专业软件进行生产获得，主要包括矢量数据、影像数据以及高程数据。矢量数据主要包括自然资源基础调查和专项调查中的图斑数据、自然资源统一确权登记中的图斑数据以及第三次国土调查、基础地理数据等参考数据；影像数据主要是正射影像数据和卫星遥感影像数据等；高程数据主要是数字高程模型数据等。

人工模型以及BIM数据基于各软件厂家的原始模型数据，通过各软件厂家各自软件的数据转换和输出功能，生成fbx、obj等用于数据交换的开放格式的模型数据。人工模型主要包括建筑单体模型、湖泊水体模型、矿坑水体模型、区块森林体模型、地质体模型等；BIM数据主要包括室内要素各部件模型、交通要素各部件模型以及管点管线各部件模型等。

倾斜数据基于大疆精灵4 RTK无人机或者大疆M300 RTK多旋翼无人机等倾斜航空摄影获取的航摄数据和原始照片，通过ContextCapture等三维建模软件进行生产获得。倾斜数据主要是osgb格式的倾斜模型数据。

点云数据主要是通过机载、车载三维激光扫描仪以及站式三维激光扫描仪进行数据的采集和生产获得，可以通过CloudCompare开源化三维点云处理软件对点云数据进行浏览、编辑和处理操作。

1.2 多源数据处理

为了在开源三维GIS服务平台或应用系统中对GIS数据、人工模型、BIM数据、倾斜数据以及点云数据等多源数据进行二三维一体化的融合显示、三维浏览、空间量测、应用分析、数据统计、场景模拟、有效管理和辅助决策，需要对这些多源数据进行数据处理和格式转换。

在GIS数据中，GeoTiff格式的高程数据可以通过Cesium Terrain Builder开源工具或者Cesiumlab工具的“地形切片”模块进行地形切片处理，获取Terrain格式的地形切片数据；GeoTiff格式的影像数据可以通过GeoServer开源Web服务器或者ArcGIS、SuperMap、Global Mapper等专业软件进行影像切片处理，获取jpeg、png等格式的栅格瓦片数据；shp格式矢量数据可以通过GDAL开源地理空间数据转换库、GeoServer开源Web服务器或者SuperMap专业软件等进行矢量数据切片处理，获取geojson、pbf格式的矢量瓦片数据或者jpeg、png格式的栅格瓦片数据。

对于人工模型和BIM数据，fbx、obj等格式的人工模型以及ifc、clm等格式的BIM数据可以通过Github开源的小工具或者Cesiumlab工具通用模型切片模块进行通用模型切片处理，获取b3dm格式的3dtiles数据。

对于osgb格式的倾斜模型数据，可以通过fanvanzh开源工具、OSGBLab工具或者Cesiumlab工具“倾斜模型切片”模块进行倾斜模型数据切片处理，获取b3dm格式的3dtiles数据。对于LAS格式的点云数据，可以通过Cesiumlab工具“点云切片”模块进行点云数据的切片处理，获取pnts格式的3dtiles数据。

1.3 多源数据存储

自然资源多源数据的存储包括原始成果数据的存储以及经过切片工具处理后的瓦片数据的存储。对于大数据量的自然资源数据一般存放于NAS（网络附属存储），而正常数据量以及小数据量的自然资源数据可以存放于服务器磁盘或者本地磁盘上。

在GIS数据中，以DEM（数字高程模型）代表的高程数据和以DOM（数字正射影像）为代表的影像数据一般以文件的形式进行存储和管理，对于矢量数据，一般以shp文件的形式进行存储，数据种类多、数据量大时也可以存储于PostgreSQL/PostGIS开源数据库中，另外也可以利用ArcGIS、SuperMap等软件提供的SDE将数据存储于SQLServer、SQLite等数据库。而GIS数据通过切片工具生成的瓦片数据一般以散列文件的形式进行存储和管理。

人工模型、BIM模型以及点云数据一般以单文件、多文件的形式进行存储和管理。倾斜模型一般以散列文件的形式进行存储和管理。人工模型、BIM模型以及倾斜模型通过切片工具、转换工具生成的瓦片数据既可以以散列文件的方式进行存储和管理，也可以通过MongoDB等数据库进行存储和管理。

2 空间数据服务发布

为了建立自然资源多源成果数据与开源三维GIS应用系统之间的数据访问通道，需要对多源数据切片之后的瓦片数据进行空间服务的发布。多源数据的服

务发布包括二维空间数据的服务发布和三维空间数据的服务发布。

2.1　二维空间数据服务发布

二维空间数据主要包括GIS数据中的矢量数据和影像数据。其中，矢量数据主要以图斑为典型特征的自然资源基础调查数据、自然资源专项调查数据以及自然资源统一确权登记数据等。影像数据主要是数字正射影像、遥感卫星影像以及各专题应用渲染图等。

二维空间数据通过开源Web服务器GeoServer软件进行服务发布。其中，矢量数据服务发布的主要用途是为三维应用场景提供地图服务以及为各资源图层和各专项要素提供信息查询和数据统计服务；影像数据服务发布的主要用途是为三维应用场景提供影像底图服务和专题渲染服务。

2.2　三维空间数据服务发布

三维空间数据主要包括地形数据、人工模型、BIM数据、倾斜模型以及点云数据。

三维空间数据基于切片后的瓦片数据，采用Nginx高性能的HTTP和反向代理web服务器进行服务发布。其中，人工模型服务发布的主要用途是对各自然资源体进行可视化表达以及对各自然资源体属性信息进行查询分析；BIM数据服务发布的主要用途是对各要素部件进行可视化表达并对各要素部件属性信息进行查询分析；倾斜模型服务发布的主要用途是为三维应用场景提供统一的空间底座，服务于数据管理和行业应用；点云数据服务发布的主要用途是三维场景的可视化渲染以及地物的变化监测等。

3　开发体系与典型应用

3.1　前后端开发技术栈

开源三维GIS应用系统目前主要是采取前后端分离的开发技术进行实现，即在前后端开发人员约定好应用程序接口的基础上，前端开发人员独立编写客户端代码实现业务功能，后端开发人员独立编写服务端代码提供数据接口，前端通过ajax请求来访问后端的数据接口，后端开发完成前端不依赖后端提供的接口通过利用mock数据机制进行功能开发和测试，前后端开发完成后进行系统集成。如图1所示。

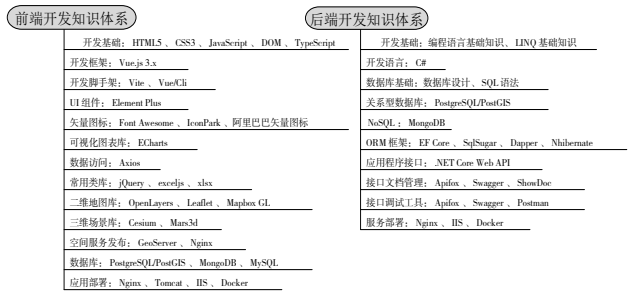


图1　前后端开发知识体系

3.2　典型应用

1）自然资源可视化管理。在江苏省自然资源综合调查监测国家试点一查多用子任务中，为了丰富自然资源的三维表现形式以及加强自然资源的统一管理，基于地形数据、影像数据、图斑数据、各资源体模型、倾斜模型等多源异构成果数据。采用实例模型切片工具、通用模型切片工具以及倾斜模型转换工具等获取多源异构成果数据的切片成果并以散列文件的方式进行存储管理，采用GeoServer以及Nginx等开源Web服务器对各类切片成果数据进行二三维空间数据的服务发布，并通过采用主流的前后端开发技术体系，开发了自然资源综合调查监测二三维一体化成果管理系统，实现了多源数据的融合浏览、自然资源图斑的动态查询与实时渲染、自然资源体模型的模拟与查询以及空间重叠资源的立体表达。该系统提高了自然资源的信息化管理水平，为自然资源综合调查监测成果数据的有效管理和应用分析提供了良好助益，如图2所示。



图2　自然资源可视化管理

2）城镇房屋信息化建设。在实景三维城市建设中，为了加强城镇房屋的信息化建设和安全隐患房屋的实景管理，基于城市级实景三维模型数据、房屋综合调查数据库、现状及规划路网和水网等数据，采用实例模型切片工具、倾斜模型转换工具等获取多源异构成果数据的切片成果并以散列文件的方式进行存储管理，采用GeoServer以及Nginx等开源Web服务器对各类切片成果数据进行二三维空间数据的服务发布，并通过采用主流的前后端开发技术体系，开发了房屋三维动态管理平台。该系统实现了实景三维模型下城镇房屋的分布查询、空间定位、专题渲染、房屋管理等功能，为智慧城市建设中快速了解各种用途房屋空间分布、实景查看房屋外观、便捷掌握权利人信息、有效管理房屋状态提供了重要途径，如图3所示。



图3 城镇房屋信息化建设

4 结 语

本文面向自然资源成果数据，研究了多源数据的开源化处理、存储、发布关键技术以及开源三维GIS构建的知识体系，并创新性地运用于自然资源可视化管理和城镇房屋信息化建设中。面向多源数据的开源三维GIS关键技术研究，加强了对自然资源多源数据的有效管理以及对自然资源信息价值的分析挖掘，降低了系统应用的建设成本，也为开源三维GIS应用系统的构建提供了可复制、可推广、可拓展的技术方案。

参考文献

[1] 自然资源部. 自然资源部关于印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》的通知 自然资发[2020]15号[J]. 自然资源通讯,2020(2):13-22

[2] 陈根良,郭双仁,全思湘,等. 湖南省自然资源调查监测体系构建[J]. 测绘通报,2021(6):139-142

[3] 黄景金,唐长增,李毅,等. 广西自然资源调查监测体系构建[J]. 国土资源遥感,2020,32(2):154-161

[4] 孙靖. 新时代测绘地理信息服务于自然资源统一确权登记的探索:以北京市自然资源统一确权登记为例[J]. 测绘通报,2019(4):125-129

[5] 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

[6] 陈军,刘建军,田海波. 实景三维中国建设的基本定位与技术路径[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2022,47(10):1 568-1 575

[7] 张帆,黄先锋,高云龙,等. 实景三维中国建设技术大纲(2021版)解读与思考[J]. 测绘地理信息,2021,46(6):171-174

[8] 陈军,武昊,张继贤,等. 自然资源调查监测技术体系构建的方向与任务[J]. 地理学报,2022,77(5):1 041-1 055

[9] 陈海鹏,张莉,李淼,等. 自然资源调查监测地表覆盖成果质检关键技术探讨[J]. 测绘通报,2022(1):96-99

[10] 何冰,李旺民,丁建勋. 自然资源测绘地理信息服务平台关键技术研究[J]. 地理空间信息,2021,19(6):29-31

[11] 张敬波,王贵和,吴洪桥,等. 自然资源确权登记三维空间数据表达与可视化技术研究[J]. 自然资源信息化,2022(2):21-27

[12] 王军,冯永玉,高洁,等. 山东省自然资源统一确权登记信息管理系统建设和设计[J]. 信息技术与信息化,2022(8):56-60

[13] 朱庆,张利国,丁雨淋,等. 从实景三维建模到数字孪生建模[J]. 测绘学报,2022,51(6):1 040-1 049

[14] 方孟元,罗年学,许毅,等. 基于Cesium的BIM与实景三维模型集成可视化研究[J]. 测绘地理信息,2022,47(2):111-114