引文格式：马楚,王奕涵,周军元,等. 构建自然资源三维数字空间模型的探索与应用[J]. 地理空间信息, 2025, 23(2): 74-77. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.02.016

# 构建自然资源三维数字空间模型的探索与应用

马　楚[1]，王奕涵[1]，周军元[1]，李勇超[1]，肖　聪[1]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北 武汉 430074）

**摘　要：**为了适应新形势下自然资源系统以及各部门业务在三维层面上的管理需求，基于统一基础地理空间参考，全面梳理各类空间数据，利用ArcGIS Pro、ArcGIS Server进行模型开发与构建，对“山水林田湖草沙”等各类自然资源要素进行综合集成与展示，展示真实、详细、立体的三维场景，结合倾斜摄影和专题业务数据，构建自然资源三维数字空间模型。该模型以地形级实景三维为数据底座，在一定程度上为自然资源管理、国土空间规划、生态监管、地灾防治提供支撑保障。后续将继续进行探索升级，整体提升模型共享服务和应用支撑等方面的能力。

**关键词：**数字空间模型；自然资源管理；实景三维；地形级三维
**中图分类号：**P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）02-0074-04

## Exploration and Application of 3D Digital Space Model Construction of Natural Resources

MA Chu[1], WANG Yihan[1], ZHOU Junyuan[1], LI Yongchao1, XIAO Cong[1]
(1. Hubei Institute of Surveying and Mapping, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In order to adapt to the new situation of natural resource system and the management needs of various departments on the 3D level, based on the unified basic geospatial reference, we comprehensively sorted out all kinds of spatial data, used ArcGIS Pro and ArcGIS Server to develop and construct model, comprehensive integrated and displayed the various natural resource elements such as mountains, landscapes, forests, field, lakes, grass and sand, and combined with oblique photography and thematic business data, constructed the 3D digital spatial model of natural resources. The model takes the terrain-level 3D as the data base, provides support and guarantee for natural resource management, territorial spatial planning, ecological supervision and ground disaster prevention to a certain extent. In the future, we will continue to explore and upgrade to improve the model's capabilities in shared services and application support.

**Key words:** digital spatial model, natural resource management, real scene 3D, terrain-level 3D

自然资源是发展之基、生态之源、民生之本。随着自然资源管理改革不断深入和大数据、人工智能等技术不断发展，传统的自然资源信息化管理将逐步向智慧化管理转变。当前，中国正处于数字化转型助力高质量发展的关键时期，面向新时期数字中国建设和生态文明建设的新定位，为了满足自然资源业务对三维空间的管理需求，亟需将二维的空间数据资源全面向三维数字空间拓展[1]。

新形势下开展自然资源信息化工作，需要形成全覆盖的自然资源三维数字底座，为自然资源和经济社会高质量发展赋能[2]。自然资源部密集出台文件及通知，鼓励实景三维中国建设[3]。2021年8月，自然资源部办公厅印发《实景三维中国建设技术大纲》，明确要借助新型测绘技术，构建实景三维中国，为数字中国建设提供统一的空间基底[4]。部分学者也在实景三维建设服务于自然资源三维管控方面进行了大量的探索，如白杨[5]、乐黎明[6]、黄明伟[7]、张莉等[8]。李德仁院士认为目前实景三维产业已经具备充分的技术条件来满足行业发展的迫切需求[9]，各省市响应号召，如山东省[10]、重庆市[11]、武汉市[12]相继开展实景三维平台试点建设和示范应用，为“数字城市”打造统一的空间底版和数字基底。实景三维技术有着真实、立体、时序化的优势，充分发挥地形级实景三维的时空数据底座功能，构建自然资源三维立体数字空间模型，可实现自然资源管理从平面向立体的跨越升级。

本文以数字高程模型、数字正射影像、实景三维数据、自然资源数据为基础，整合海量多源异构、多维多尺度空间数据，在地形级实景三维的基础上搭建覆盖湖北省全域的自然资源三维立体时空模型，探索“实景三维+”应用的二三维一体化自然资源业务体系，为三维立体空间下的自然资源精细化管理和决策

第一作者简介：马楚（1994—），硕士，工程师，主要从事实景三维研究与新型基础测绘项目生产工作，E-mail：894410638@qq.com。

提供全过程、全周期的数据与技术赋能。

## 1　研究方案

本文模型是在收集2015—2021年湖北省18.59万$km^2$亚米级影像数据、5 m×5 m数字高程模型的基础上，形成全省地形级三维模型，同步叠加近年来的地名、水系、路网等基础地理信息数据，历年自然资源数据如地理国情监测数据、矿产资源、地质环境、地灾点等数据，专题业务数据如“三区三线”、国土空间规划、社会经济等数据，采用最先进的三维地理信息技术，通过软硬件环境搭建，采用CGCS2000坐标基准、基于I3S标准数据格式，形成集成融合、可持续更新的三维数字空间有机综合体。研究方案的技术流程，如图1所示。

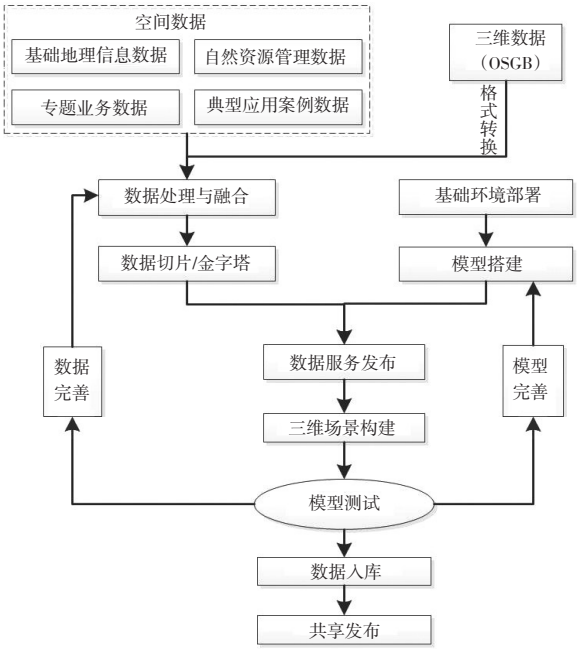



图1　技术方案流程图

## 2　关键技术

### 2.1　基于Geodatabase的海量地理空间信息数据融合管理

Geodatabase是一种采用标准关系数据库技术来表现地理信息的数据模型。Geodatabase支持在标准的数据库管理系统（DBMS）表中存储和管理地理信息。本模型是基于Geodatabase关系数据库技术标准下，对海量数据进行融合管理。

1）数据收集和整理。梳理现有的DEM数据卫星遥感正射影像、航空正射影像、数字线划图（DLG）资料等，形成地理空间信息基础；分析湖北省国土空间规划资料、湖北省土地利用现状资料、湖北省地灾点资料、湖北省地矿权资料、废弃露天矿山生态修复资料及湖北省局部三维模型资料等，从中分离出有效的空间数据和业务数据资源。

2）数据转换及编辑融合。对覆盖湖北省全域的基础性地理国情监测正射影像采用联动编辑的方式进行匀光匀色及镶嵌处理，成果作为三维可视化平台的影像底图。提取DLG数据中的行政注记，并根据三维可视化的需要将提取的数据分级合并，生成全省各级行政界线及相应名称注记。对自然资源业务数据进行数据合并和抽取。多源数据按照统一的标准格式进行坐标系转换和入库，为数据分级调用和三维可视化实现奠定数据基础。

### 2.2　基于三维可视化平台的智能地图服务

本模型搭建是基于三维可视化平台来实现服务资源的汇聚和集成，所有资源都以服务形式进入平台，包括二维数据服务和三维数据服务。其中三维数据服务采用统一的I3S标准，二维矢量数据制作矢量切片服务。通过发布智能地图的方式，用户可根据自身需求任意组织数据，将各类服务分拆成一个个有机的“服务单元”，实现了灵活定制，按需搭配的三维场景。

1）三维数据发布统一的I3S标准服务。把.osgb格式存储的倾斜摄影数据通过转换工具转换成slpk格式，对一些转换后缺失空洞的数据进行节点修复，并对繁复的模型进行模型轻量化处理，优化模型显示效果和效率。

2）二维矢量数据制作矢量切片服务。自然资源管理数据如土地就利用数据、空间规划数据等，具有体量大且需按年份更新的特点，这些数据直接以动态服务在web端显示效率较低，而传统的栅格切片前期工作量非常大且更新麻烦，也无法动态更改地图显示样式。本模型在处理自然资源专题数据时采用了矢量切片技术，实现了动态查询、动态显示、动态制作的三维地图展示需求。模型共完成60多个矢量切片服务包的制作，包含部分基础地形数据、自然资源（土地、矿产、林草等数据）、地理国情监测数据、道路交通数据、重点发展战略数据，大部分数据基于矢量要素重新配图创建矢量切片。

### 2.3　数据可视化技术

研究通过将丰富的自然资源数据进行清洗、整理、融合后实现查询检索、多维度统计、可视化效果展示，实现了数据可视化，使得数据能够与自然资源特征结合，实现数据和业务应用的贯通。针对

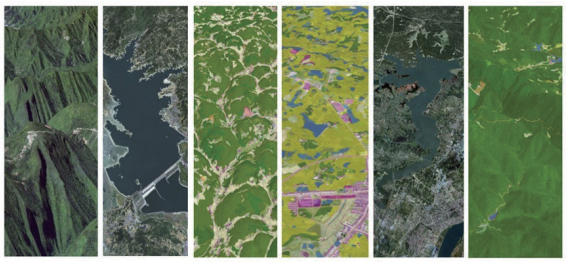


图2 三维立体渲染

海量、多维、多时空的数据，本模型主要采用的WebGL技术在浏览器端进行二三维数据可视化渲染。在提升渲染效率上，创新使用IndexedDB缓存方式，充分利用IndexedDB中的额外缓存存储临时数据，并采用渐进式加载模式，实现更大规模数据量加载以及更高效的前端展示（图2）；在丰富数据呈现效果上，通过在三维可视化平台上开发拼组不同模块，充分挖掘数据形式的丰富性，完成联动展示、时序对比等多维展示功能的开发，满足不同业务场景的需求（图3）。

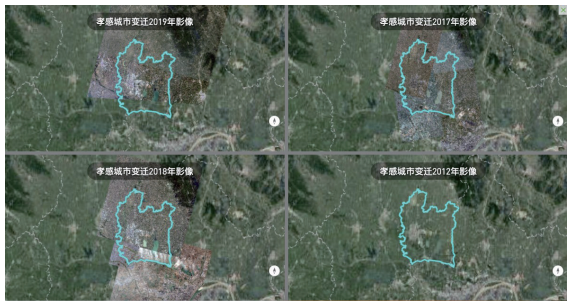



图3 多视图联动可视化

## 3 模型应用

### 3.1 国土空间规划

国土空间规划是各类开发保护建设活动的基本依据，三维规划相比二维规划有更直观、更科学、携带信息量更大等优势，实现国土空间规划各要素从静态到动态的直观展示。在自然资源三维数字空间模型中叠加生态保护红线、永久基本农田保护红线、城镇开发边界等信息，通过模型三维全景分析，直观反映各类生态要素的空间分布的大小、位置、变化情况，辅助“三区三线”管控（图4）；叠加“现状一张图”、“规划一张图”，为统一国土空间用途管制、耕地保护等自然资源管理决策提供依据，实现生态空间、生产空间和生活空间的和谐共生。

### 3.2 生态修复监管

在自然资源三维数字空间模型中汇集与生态修复相关现状数据、规划数据、监测数据，从空间上直接展示生态本底和整治修复成效，为生态监管等提供

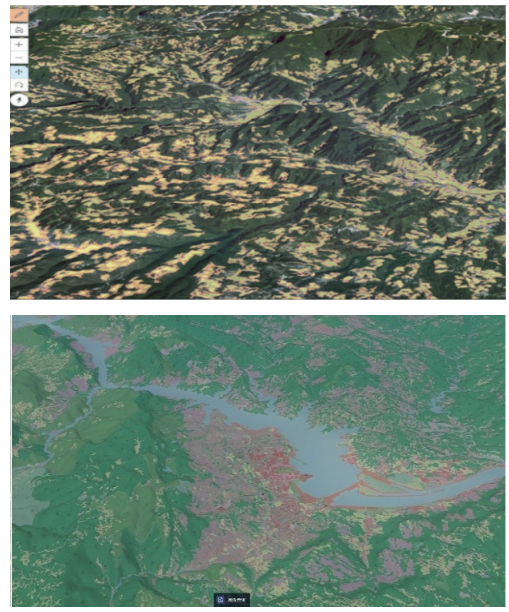


图4 模型叠加三区三线和现状用地分类

“全、准、活”的数据支撑。在码头生态整治案例中，通过分屏同步显示不同时期的影像，对违法违规建筑、闲置用地、码头复绿等情况进行动态监测。在三维场景中，使用三维量测和属性查询等，结合历史数据展现码头治理的时空演化，对生态治理情况进行监管与评估（图5）。

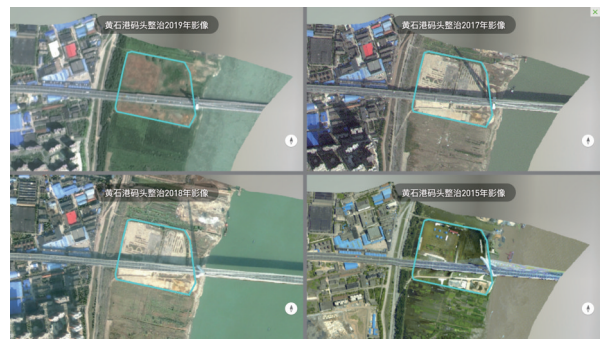



图5 码头生态修复案例

### 3.3 地质灾害防治

地质灾害的发生与区域地理位置、地形状况及地质环境息息相关，可在三维数字空间模型中结合地灾点数据进行三维可视化的分析评估，为地质灾害防治打下基础。通过定期获取重点隐患地区的正射影像及倾斜摄影数据对模型进行更新，判断地形形状、地形形变、地表覆盖情况，实现重点隐患地区实时监测跟踪。在灾害发生后，通过对灾害发生点进行三维重建，辅助灾情研判、决策部署，为政府相关部门有序开展抢险排险工作提供技术支撑。如在恩施马者村滑坡堰塞湖灾情排险案例中，结合无人机仿地形倾斜拍摄，制作全景三维数字空间模型，采集DEM数据、堰塞体坝顶高程、水位高程，结合模型底板，对滑坡前

后的水位高差比对，库容增量进行计算，辅助评估清淤策略方案（图6）。




图6　恩施滑坡前后期三维对比

## 4　结　语

从二维平面静态到三维立体动态的地理空间要素表达与呈现，既是落实国家新型基础设施建设的具体部署，也是落实数字中国、数字经济的重要举措。通过整合二维地理信息数据，向三维地理信息系统转变，基于地形级实景三维打造了一个基础的自然资源可视化底板，叠加国土空间规划数据、三区三线数据、土地利用现状、生态监测数据以及城市实景三维等数据，构建自然资源三维数字空间模型，为自然资源管理提供全方位的技术赋能与决策支撑。后期将持续推进模型功能优化完善，以大数据、物联感知、算力平台为基础，提升模型共享服务和应用支撑能力，促进自然资源精细化、科学化、智慧化管理能力提升，为数字政府、数字经济建设夯实基础。

## 参考文献

[1] 周军元,苏勤龙,刘威,等. 浅谈自然资源三维可视化研究与应用[J]. 地理空间信息,2022,20(9):133-135

[2] 王瑞幺,严荣华,肖建华,等. 国家新型基础测绘体系建设试点的进展与思考[J]. 地理空间信息,2023,21(7):1-6

[3] 王维,王晨阳. 实景三维中国建设布局与实现路径思考[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(7):6-8

[4] 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

[5] 白杨,李永强,王英,等. 时空一体化实景三维建模在自然资源确权登记中的应用研究:以山东长岛国家级自然保护区为例 [J]. 山东国土资源,2023,39(10):67-74

[6] 乐黎明,覃雪梅,王祥,等. 实景三维模型的建设技术与应用[J]. 地理空间信息,2022,20(11):96-99

[7] 黄明伟,李梦梦,陈超,等. 实景三维在自然资源监测的应用[J]. 测绘通报,2023(10):150-153

[8] 张莉,洪亮,薄立明. 湖北省实景三维建设路线研究[J]. 城市勘测,2022(6):15-18

[9] 李德仁,肖雄武,郭丙轩,等. 倾斜影像自动空三及其在城市真三维模型重建中的应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2016,41(6):711-721

[10] 凌晓春,张金盈,杨金凤,等. 实景三维山东建设关键技术研究[J]. 山东国土资源,2022(8):34-39

[11] 马红. 大范围多源多尺度实景三维模型建设及应用研究:以重庆市实景三维模型建设为例[J]. 测绘通报,2019(增刊):61-64

[12] 肖建华,李鹏鹏,彭清山,等. 武汉市实景三维城市建设的实践和思考[J]. 城市勘测,2021(1):8-11

（上接第73页）

1 509-1 516

[4] 段敏杰,李延明,李新宇,等. 北京城市彩叶系植物秋季高光谱特征研究及差异性分析[J]. 光谱学与光谱分析,2022,42(3):841-846

[5] 柴颖,阮仁宗,柴国武,等. 基于光谱特征的湿地植物种类识别[J]. 国土资源遥感,2016,28(3):86-90

[6] 左萍萍,付波霖,蓝斐芳,等. 基于无人机多光谱的沼泽植被识别方法[J]. 中国环境科学,2021,41(5):2 399-2 410

[7] 张晓同,徐佳,陈仁喜. 基于无人机可见光影像的城市植被信息提取[J]. 地理空间信息,2022,20(5):63-68

[8] 程帆,丁宁,彭天驰,等. 便携式无人机在地理国情应急监测系统的应用[J]. 地理空间信息,2022,20(8):136-138

[9] 加力戈,张勃,魏怀东. 三种典型荒漠植物生长期光谱特征变化分析[J]. 光谱学与光谱分析,2018,38(9):2 881-2 887

[10] 周兰萍,魏怀东,丁峰,等. 石羊河流域下游民勤荒漠植物光谱特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(3):121-125

[11] Vogelmann J E, Moss D M. Spectral Reflectance Measurements in the Genus Sphagnum[J]. Remote Sensing of Environment,1993,45(3):273-279

[12] Harris A. Spectral Reflectance and Photosynthetic Properties of Sphagnum Mosses Exposed to Progressive Drought[J]. Ecohydrology,2010,1(1):35-42

[13] Harris A, Bryant R G, Baird A J. Remote Sensing of Sphagnum Stress: A Proxy for Near-surface Wetness Conditions in Northern Peatlands?[C]//Globe Wetland Symposium, Looking at Wetlands from Space, Italy, Frascati, 2006

[14] 马东辉,柯长青. 南京冬季典型植被光谱特征分析[J]. 遥感技术与应用,2016,31(4):702-708