引文格式：闫昶,郝思宝,宋伟凯,等. 地理空间边界约束的倾斜摄影三维模型增量更新方法[J]. 地理空间信息, 2026, 24(7): 125-127. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2026.07.024

地理空间边界约束的倾斜摄影三维模型增量更新方法

闫　昶[1,2]，郝思宝[1,2]，宋伟凯[1,2]，李　想[1,2]
（1. 江苏省地质测绘大队，江苏 南京 211102；2. 江苏省自然资源厅 地质时空信息工程技术创新中心，江苏 南京 211102）

摘　要：由于倾斜摄影三维模型具有数据量大、数据结构复杂、算力依赖性强、模型处理耗时长等特点，因此倾斜摄影三维模型的全量更新存在制作成本高、性能要求高、存储占用大和迁移耗时长的问题。针对这些问题，提出了一种地理空间边界约束的倾斜摄影三维模型增量更新方法，在Web应用端实现倾斜摄影三维模型的增量更新，并以研究区域为例进行了验证。结果表明，该方法可有效降低模型冗余量，提高模型更新效率。

关键词：地理空间边界；倾斜摄影三维模型；动态调度；三维GIS；增量更新
中图分类号：P231　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）07-0125-03

Incremental Update Method for Oblique Photography 3D Model with Geographical Spatial Boundary Constraints

YAN Chang[1,2], HAO Sibao[1,2], SONG Weikai[1,2], LI Xiang[1,2]
(1. Jiangsu Provincial Geological Surveying and Mapping Brigade, Nanjing 211102, China;
2. Technology Innovation Center for Geological Spatio-temporal Information, Department of Natural Resources of Jiangsu Province, Nanjing 211102, China)

Abstract: Due to the characteristics of large data volume, complex data structure, strong dependence on computing power, and long model processing time of oblique photography 3D models, there are problems of high production cost, high performance requirements, high storage usage, and high migration time consumption in the physical data processing aspect of fully update oblique photography 3D models. In response to these issues, we proposed an incremental update method for oblique photography 3D models with geographical spatial boundary constraints. The incremental update of oblique photography 3D models was implemented on Web application end, and verified with the example of research area. The result indicates that this method can effectively reduce model redundancy and improve model update efficiency.

Key words: geographical spatial boundary, oblique photography 3D model, dynamic scheduling, 3D GIS, incremental update

倾斜摄影三维模型是对倾斜摄影测量技术获取的多角度航空影像进行处理和模型重建后生成的三维模型[1]，具有真实立体、信息丰富、数据准确和时序表达等优点[2]。在城市级实景三维建设中，倾斜摄影三维模型是构建地理场景产品的基础数据，对于打造多粒度、多细节层次、多时相的城市场景产品具有重要的支撑作用[3]。现阶段围绕倾斜摄影三维模型的研究主要包括摄影测量方式[4-5]、三维建模技术[6-8]、模型修复方法[9-10]、质量检查评价[11-12]以及行业应用实践[13-14]等方面；而对倾斜摄影三维模型数据更新的研究较少，主要集中在物理数据处理方面[15-16]。由于倾斜摄影三维模型具有数据量大、数据结构复杂、软硬件算力依赖性强和模型处理耗时长等特点，倾斜摄影三维模型进行物理数据更新时存在制作成本高、性能要求高、存储占用大和迁移耗时长等问题。鉴于此，本文面向行业应用中对于倾斜摄影三维模型的数据更新需求，提出了一种基于地理空间边界约束的倾斜摄影三维模型增量更新方法。综合利用空间检索和动态调度等方法，结合三维渲染与交互技术的优势，在Web应用端实现多时态倾斜摄影三维模型的动态调度，以降低模型更新的生产成本，提高模型的更新效率，促进倾斜摄影三维模型在各领域的推广应用。

1　技术路线

本文的技术路线主要包括地理空间边界划定、更新元数据制定与登记、增量模型生产与发布以及增量模型动态调度4个部分，地理空间边界划定是确定增量倾斜摄影三维模型实际生产区域范围和增量更新区

项目来源：2024年度江苏省地质局科技资助项目（2024KJ14）。
第一作者简介：闫昶（1992—），硕士，工程师，从事地理信息系统、自然资源调查监测、实景三维建设等应用与研究工作，E-mail：yancchang@qq.com。

域范围；更新元数据制定与登记是根据模型增量更新所依赖的空间与属性信息，进行的更新元数据内容项标准制定和相应数据登记；增量模型生产与发布主要包括增量模型生产、模型数据存储和空间数据服务等环节，提供数据源和数据访问途径；增量模型动态调度介绍了倾斜摄影三维模型在Web应用端实现增量更新的技术方法和详细技术流程。

1.1 地理空间边界划定

更新需求范围是指倾斜摄影三维模型建设或管理部门，根据城市发展或行业应用需求，在倾斜摄影三维模型数据更新过程中圈定的模型生产范围。该范围的划定没有标准尺度，因此实际的增量更新边界存在范围有重叠、标准不统一的问题。基础地理实体是新型基础测绘体系建设试点技术大纲中指出的成果模式创新切入点，是其他地理实体和相关信息的定位框架与承载基础。将自然地理实体、人工地理实体和管理地理实体等作为地理空间边界的参考数据，可以很好地解决倾斜摄影三维模型更新时尺度不统一、范围有重叠、标准不统一等问题。根据倾斜摄影三维模型更新需求范围，结合其基础地理实体数据，划定倾斜摄影三维模型更新区域的地理空间边界（图1）。当更新需求范围跨两个或多个基础地理实体时，以全部包含这些基础地理实体的范围作为实际生产区域，以实际生产区域对应的基础地理实体作为动态增量更新的地理空间边界约束。

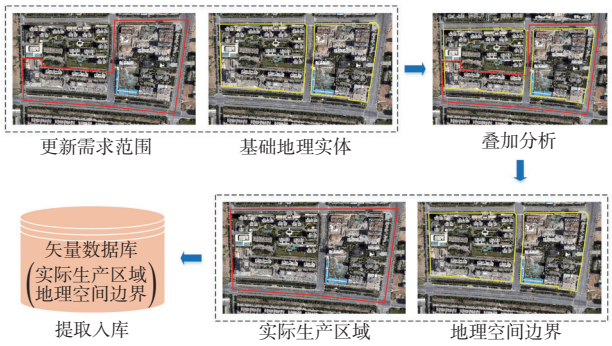


图1 地理空间边界划定过程

1.2 更新元数据制定与登记

根据倾斜摄影三维模型增量更新的需求信息，基于地理空间边界、基础模型和增量模型的几何数据、属性数据及其对应时相信息，参考新型基础测绘与实景三维中国建设系列技术文件《基础地理实体数据元数据》[17]，制定更新元数据。更新元数据包含空间信息和属性信息，空间信息为地理空间边界提供的几何图形数据，属性信息提供了实体编码、模型编码、增量模型编码、场景编码、实体来源、实体所属空间、实体面积、坐标系统、高程系统、实体范围、平面精度和高程精度等内容。

基于更新元数据空间和属性项标准，登记更新区域地理空间边界范围的几何数据和属性数据、基础模型和增量模型的属性数据和时相信息，以提供倾斜摄影三维模型增量更新所需的空间数据、属性数据和时相信息。

1.3 增量模型生产与发布

根据地理空间边界划定的增量模型实际生产区域，采用无人机倾斜摄影技术采集更新区域数据，利用瞰景Smart3D等实景三维建模软件生产更新区域增量倾斜摄影三维模型，通过DP-Modeler图像快速建模系统等模型编辑软件进行模型整饰，并利用Cesium Lab地理信息基础数据处理平台中的倾斜模型切片工具将osgb格式的模型数据转换为3DTiles格式，便于增量模型在实景三维Web应用系统中进行加载和分析。

倾斜摄影三维模型以数据库或散列文件的方式进行存储管理[18]。对于小范围小数据量的增量模型，采用散列文件的方式进行存储管理，不依赖于数据库软硬件环境，操作方便、数据使用门槛低，但迁移效率不高；对于大范围大数据量的增量模型，采用数据库的方式进行存储管理，迁移效率高，但依赖软硬件环境、数据使用门槛高。本文中增量模型采用散列文件的方式进行存储管理，随着增量模型的不断增多，采用PostgreSQL、MongoDB等关系型、非关系型数据库进行存储管理。

倾斜摄影三维模型增量更新空间数据服务见表1。增量模型3DTiles数据与增量模型空间服务为一对一或多对一关系。正常情况下一块区域增量模型3DTiles数据对应一个增量模型空间服务，当增量模型区域和数据量增多时，可根据地理空间边界、时相等信息进行多块增量模型的索引合并，发布为一个增量模型空间服务。增量模型通过增量模型编码和空间服务编码等更新元数据进行登记和管理。

表1 空间数据服务

服务类型	数据名称	数据类型	生产格式	发布格式
二维空间数据服务	地理空间边界	GIS数据	shp	GeoJSON
实景三维模型服务	基础和增量倾斜摄影三维模型	倾斜模型	osgb	b3dm
元数据服务	更新元数据	GIS数据	shp	GeoJSON

1.4　增量模型动态调度

在实景三维Web应用系统的地理场景中，用户平移或缩放地理视场，系统则调用三维平台API自动根据屏幕空间与坐标系统进行视域分析，获取当前地理视场范围，并通过空间检索的编码实现，获取当前视场范围对应的地理空间边界；再根据该地理空间边界的实体编码，在更新元数据中查询相匹配的元数据信息；然后通过元数据属性信息中的增量模型服务地址进行增量模型的访问与加载；最后根据元数据空间信息中的位置坐标数据，利用三维平台API提供的三维渲染技术对基础和增量模型进行模型裁剪分析。随着用户的不断交互，系统动态地进行地理空间边界的空间检索、基础模型裁剪与恢复以及增量模型加载、裁剪与恢复，从而实现增量倾斜摄影三维模型的动态调度。

由于地理空间边界范围不重叠，对于覆盖同一地理空间边界范围的多时相增量模型，只将完整覆盖地理空间边界范围的增量模型编码与实体编码在更新元数据中进行关联登记，部分覆盖或没有覆盖的增量模型不进行登记。在实景三维Web应用系统中，通过右侧时相选项卡的方式对多时相增量模型进行时序化管理。用户点击相应时相后，系统对当前地理视场下各地理空间边界关联的增量模型进行模型裁剪，没有关联的增量模型不处理，可视化呈现当前时相下各地理空间边界范围对应的增量模型，以时序化管理的方式实现模型的动态增量更新。客户端具有独立显卡时前端渲染效率更高。

2　方法验证

研究区倾斜摄影三维模型面积约为150 km^2，涵盖城镇、郊区和农村区域（图2），地表覆盖类型多样，可以充分验证地理空间边界约束的倾斜摄影三维模型增量更新方法的效率和效果。以基础场景11.06 km^2、增量场景4.12 km^2的区域为例进行对比分析：物理全量更新产生的模型裁剪、网格重划分数据量为45.85、52.65 G，最终模型格式转换的数据量为87.86 G，在Web应用端倾斜摄影三维模型增量更新的总数据量为86.00 G，降低了65%的模型数据冗余量，提高了倾斜摄影三维模型的更新效率。倾斜摄影三维模型动态增量更新前后对比见图3。地理空间边界约束的倾斜摄影三维模型增量更新方法有效降低了模型更新的数据冗余量，丰富了模型更新的实现方式，提高了模型更新的效率，满足了倾斜摄影三维模型数据更新的应用需求。

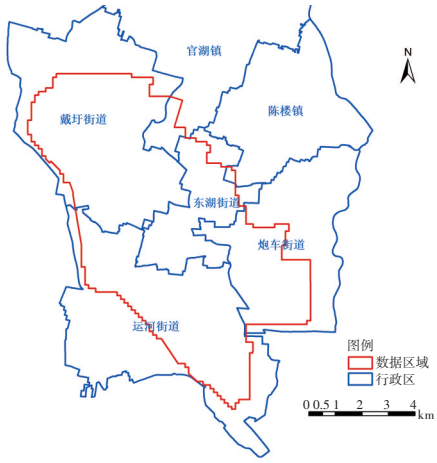


图2　数据区域

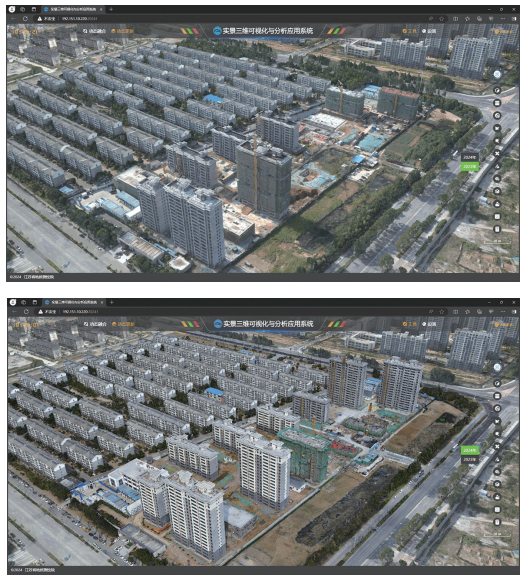


图3　动态增量更新

3　结　语

针对倾斜摄影三维模型数据更新，本文结合倾斜摄影三维模型数据量大、数据结构复杂、软硬件算力依赖性强、模型处理耗时长等特点，面向物理数据更新层面存在的数据生产周期长、模型数据冗余多、机器要求配置高和迁移管理效率低等痛点，提出了地理空间边界约束下的倾斜摄影三维模型增量更新方法，在Web应用端实现了倾斜摄影三维模型的动态增量更新。数据区域的方法验证表明，该方法可减少倾斜摄影三维模型的数据更新生产成本，提高模型更新效率，为倾斜摄影三维模型在各领域的推广应用提供了方法参考和技术支撑。本文方法针对的是面状区域倾斜摄影三维模型的动态增量更新，轨道交通、城际公路、城市道路等常见线状要素，可通过采集实际范围形成面状区域，再使用该方法。对于增量模型与基础模型的无缝接边问题，还需继续深入研究。（下转第131页）