引文格式：张君栋,王哲,卢春阳,等. 利用多源数据构建城市三维模型（LOD1.3级）的方法[J]. 地理空间信息, 2026, 24(5): 107-110. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2026.05.021

利用多源数据构建城市三维模型（LOD1.3 级）的方法

张君栋，王　哲*，卢春阳，吴文钊，洪年祥
（浙江省测绘科学技术研究院，浙江 杭州 310012）

摘　要：城市三维模型（LOD1.3级）是轻量化三维模型，具有高精度和高性能，是实景三维建设中的重要产品。基于1∶2 000比例尺DLG、Mesh三维模型、DEM等多源数据，提出了通过Mesh切片构建白模并基于纹理库映射实现城市三维模型（LOD1.3级）的自动化构建方法。该方法基于现有存量数据，实现了城市三维模型（LOD1.3级）的自动化构建，显著提升了建模效率，大幅降低了生产成本。在实景三维浙江建设中的成功应用，验证了该方法的实用性和可靠性，具备一定的经济效益与推广价值。

关键词：城市三维模型；LOD1.3级；新型基础测绘；实景三维
中图分类号：P231　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）05-0107-04

Construction Method of Urban 3D Model (LOD1.3 Level) Using Multi-source Data

ZHANG Jundong, WANG Zhe, LU Chunyang, WU Wenzhao, HONG Nianxiang
(Surveying and Mapping Science and Technology Research Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The urban 3D model (LOD1.3 level) is a lightweight 3D model that combines high precision and high performance, serving as a crucial product in the construction of 3D real scene. In this paper, based on multi-source data, including 1∶2 000 DLG, Mesh 3D models, and DEM, we explored an automated construction method for the urban 3D model (LOD1.3 level) by constructing a white model through Mesh slicing and mapping based on the texture library. Leveraging existing data resources, this method achieves the automated construction of urban 3D model (LOD1.3 level), significantly improving modeling efficiency and substantially reducing production costs. Its successful application in the 3D real scene construction of Zhejiang Province demonstrates the practicality and reliability of this method, demonstrating notable economic benefits and promotional value.

Key words: urban 3D model, LOD1.3 level, new basis surveying and mapping, 3D real scene

为着力推动实景三维中国建设，构建“全国一盘棋”的协同实施格局，中国测绘科学研究院印发《实景三维中国建设城市三维模型（LOD1.3级）快速构建技术规定（试行）》（以下简称《规定》），提供了基于高分辨率卫星立体影像、大比例尺地形图、高精细度建筑模型、倾斜摄影数据和LiDAR数据生产城市三维模型的5条技术路线，各地市及相关部门也对相关技术路线进行了探索[1-2]。通过对5条技术路线的生产验证，总结出不同数据源在城市三维模型快速构建中的局限性：基于卫星立体影像的生产很难获取建（构）筑物侧面纹理，拉伸到一定高度时，将产生不同程度的拉花现象，不适用于部分建筑真实纹理的构建[3-4]；基于大比例尺地形图的生产需通过影像立体模型量测高度或利用LiDAR数据点云分类获取高度[5]；基于高精细度建筑模型的生产需对外立面进行简化才能满足LOD1.3级构建的标准；基于LiDAR数据的生产建筑纹理信息难以获取[6]；基于倾斜摄影数据的生产需单独采集建（构）筑物基底面，人工成本较高[7-8]。鉴于此，本文提出了一种基于多源数据的城市三维模型（LOD1.3级）快速构建方法，利用DEM和Mesh三维模型自动获取DLG建筑物面的底部和顶部高程，实现建筑白模的自动构建；再将建筑白模面片参数与自定义纹理库参数进行匹配，将建筑白模的自动纹理填充映射，从而形成一套完整的城市三维模型快速构建技术体系，用于提升城市三维模型构建效率。该技术在实景三维浙江建设中得到了广泛应用，结果表明构建成果能满足《规定》要求，并可显著提升模型构建效率，大幅降低生产成本。

1　总体技术路线

针对城市三维模型（LOD1.3级）快速构建的建设

项目来源：厅级自然资源科技资助项目（2024ZJCH013）。
第一作者简介：张君栋（1990—），硕士，工程师，主要从事新型基础测绘与实景三维研究等相关工作，E-mail：990417423@qq.com。
通信作者：王哲（1996—），硕士，工程师，从事新型基础测绘与实景三维研究等相关工作，E-mail：2501872728@qq.com。

要求，本文利用浙江省年度更新的1∶2 000比例尺基础地理信息资源数据（DLG、DEM）和实景三维浙江建设的城市级地理场景成果（Mesh三维模型），开展城市三维模型快速构建工作[9-10]。首先通过从1∶2 000 DLG提取建（构）的基底面并转点获取DEM高程作为底部高程；再基于Mesh三维模型获取基底面对应屋顶高度自动生成建筑白模；然后通过匹配计算建筑白模面片参数与通用纹理库参数，实现纹理自动填充映射；最后快速构建城市三维模型。

2 基于多源数据的建筑白模自动构建

传统建筑白模构建方式为先采集不同高度的建筑基底面，再基于Mesh三维模型等数据将基底面由建筑物底部位置拉伸至顶部。该方式需要人工建模、效率较低，因此本文提出了一种基于多源数据的建筑白模构建方法，有效提高了构建效率。

2.1 建（构）筑物基底面自动提取

1∶2 000比例尺DLG数据采集建（构）筑物面时，会对同一建筑物不同高度部分单独采集矢量面，且会采集房屋层数、建筑结构等属性，因此可通过ArcObjects的属性查询接口（IQueryFilter）自动从1∶2 000比例尺DLG数据的建（构）筑物面提取对应分类代码的面作为城市三维模型快速构建的建（构）筑物基底面，具体提取内容见表1。数据提取时同步进行语义映射将DLG属性自动映射至建（构）筑物基底面，属性提取对应关系见表2[11]。

表1 建（构）筑物基底面提取内容

分类名称	分类代码	DLG名称	DLG分类代码
普通房屋	230101	建成一般房屋、单幢房屋（面）	3103011500
		突出房屋（面）	3104000500
		裙楼（面）	3103030500
		艺术建筑（面）	3103040500
棚房	230102	棚房（面）	3106000500
架空房、吊脚楼	230103	架空房、吊脚楼（面）	3108000500
廊房（骑楼）、飘楼	230104	廊房（骑楼）（面）	3109000500
		飘楼（面）	3109010500
蒙古包、放牧点	230106	蒙古包、放牧点（面）	3110030500

表2 属性值与DLG数据对应关系

属性字段	属性字段别名	DLG字段	DLG字段别名
FloorNumbe	房屋层数	STOREY	房屋层数
FloorNumUn	地下房屋层数	BASEMENT	地下层数
FloorNumOv	架空层数	STILTFLOOR	架空层数
Structure	结构类型	CONSTRUCT	建筑结构
Name	实体名称	NAME	名称
Usage	用途	USE	用途

2.2 底部高程自动赋值

DEM数据生产时将通过底部高程对建（构）筑物进行压平处理，因此利用ArcObjects的要素转点接口（FeatureToPoint）提取建（构）筑物基底面中心点，并获取中心点对应的DEM高程值，可作为该建（构）筑物的底部高程[12]。基于Mesh三维模型验证获取的底部高程的正确性：对于独栋房屋，将房屋矢量范围线外扩0.5 m后，获取外扩范围内的三维模型数据的坐标点，通过点云库（PCL）的StatisticalOutlierRemoval滤波器剔除噪声点后选取最低点高程作为该房屋的验证高程值；对于连片房屋，则将连片房屋整体作为对象进行验证。若验证高程值与获取高程值差值大于0.5 m，则需核实底部高程的正确性。

2.3 基于Mesh切片的建筑物白模生成

建（构）筑物三维模型高度应为参加构筑体块模型的建（构）筑物顶部结构的最高高度。不同屋顶结构的建筑物主体高度确定规则不同，因此对建（构）筑物高度赋值前，应判断屋顶结构。本文提出了一种基于Mesh切片获取屋顶面积，利用数理统计回归分析通过面积变化自动判断屋顶结构的方法。

1）基于建（构）筑物面的Mesh切片集获取。基于提取的建（构）筑物基底面，按照矢量范围对Mesh模型进行水平面截取，获取矢量范围内垂直方向的Mesh三维模型数据；计算该范围内Mesh三维模型的高程范围，记录最低、最高点高程（H_0、H_1）。由于城市三维模型快速构建高程中误差为50 cm，兼顾计算效率，本文以20 cm为切片厚度，从最高点开始依次获取矢量面对应Mesh三维模型数据的矢量切片数据集。

2）基于Mesh切片集的轮廓线获取。遍历Mesh切片数据，进行点云采样，获取对应的点云数据[13]；再采用开源PCL中的欧氏聚类方法，对点云切片中的点进行聚类，获得聚类后的各点云簇；然后将所有点云簇转化到XOY平面，计算其在XOY平面内的包围盒，并按照设定的分辨率（1 cm）将包围盒生成投影图片；最后采用OpenCV中的findContour方法和逆行轮廓线提取对应点云簇的轮廓线，并融合所有点云簇的轮廓线，得到建筑点云切片对应的轮廓线[14]。

3）基于轮廓线变化与回归分析的房屋结构智能判定方法（图1）。房屋结构主要通过建（构）筑物所有外轮廓线的变化进行判断：首先按照高程由高到低依次对比提取房屋外轮廓与对应建（构）筑物面的面积，当轮廓线面积为建（构）筑物面的95%时，以该

轮廓线为屋顶判断的分界线，以其高度值为房屋主体高度；然后基于分界线上的轮廓线进行屋顶结构的判断。若分界线上无其他轮廓线，则该屋顶为平屋顶，分界线高度值为对应矢量面的最高点高程值；若分界线上存在其他轮廓线，则利用数理统计的回归分析确定屋顶相对高度与面积之间的关系。若线性回归且顶部最小面积范围线在中间时，则判定为人字顶，以所取轮廓线的最大值为矢量面的最高点高程值；若线性回归且顶部最小面积范围线在一边时，则判定为单坡顶，以所取轮廓线的最大值为矢量面的最高点高程值[15]。



图1　屋顶轮廓线提取示意

4）基于拉伸建模技术的白模自动生成。基于建（构）筑物面以及对应底部高程值和屋顶高程值，以建（构）筑物面为平面形状，底部高程为起始高程，屋顶高程与底部高程的差值为拉伸距离，竖向为拉伸方向，利用拉伸建模技术自动拉伸生成三维建筑白模，再通过空间索引合并相连的白模，并自动去除内部重叠面片，获得该建筑物对应的白模。

3　基于通用纹理库的纹理自动映射技术

3.1　通用纹理库制作

为满足《规定》对纹理真实性、材质匹配性和楼层一致性的要求，根据建筑材质类型、功能部位和墙体颜色，构建分层分类的纹理库体系，为后期通用纹理打下基础。为解决同一建筑由于裙楼和主楼高度不一致等原因，导致建筑白模某一方向面片非规则矩带窗纹理映射面片边缘存在纹理不全的情况，在制作有窗户纹理时，需标注窗户位置，并自动将窗户相对位置信息标注到纹理信息中，以便后期进行处理（图2）。此外，纹理库中需设置纹理的材质、色系、尺寸、方位等信息以便后期基于建筑白模进行纹理自动映射。

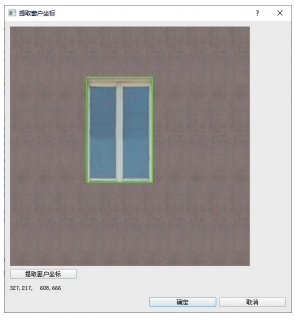


图2　带窗纹理制作示意图

3.2　建筑白模面片参数信息获取

利用建筑白模计算各面片的方位信息和白模高度信息，以便后期与纹理库匹配进行纹理自动映射。遍历建筑白模获取最高点与最低点的高程差计算白模高度。遍历建筑白模各个面片，选取3个非共线点 $A(x_1,y_1,z_1)$ 、$B(x_2,y_2,z_2)$ 、$C(x_3,y_3,z_3)$，通过 $\overrightarrow{AB}$ 和 $\overrightarrow{AC}$ 的叉乘得到法向量。基于各面片的法向量计算各面片与水平面的夹角，即

$$\alpha=\cos^{-1}\frac{\vec{a}\times\vec{b}}{|\vec{a}|\times|\vec{b}|} \tag{1}$$

式中，$\vec{a}$ 为面片的法向量；$\vec{b}$ 为垂直轴的单位向量。

若 α 小于阈值（45°），则判断所述面片为建筑面的顶部；反之，则判断所述面片为建筑面的立面。当面片为立面时，计算其法线在全局坐标系中水平面投影线在水平面内的方向角度，即

$$\beta=\cos^{-1}\frac{A}{|\vec{c}|} \tag{2}$$

式中，A 为所述面片法向量的 X 轴坐标；$\vec{c}$ 为面片法向量在水平面的投影线向量；若 β 在0~45°或315~360°之间则判断为东面，在45~135°之间判断为北面，在135~225°之间判断为西面，在225~315°之间判断为北面。

3.3　建筑纹理的获取与映射

1）纹理组合的选择。基于城市三维模型建筑属性数据的结构类型、颜色的属性值以及获取的面片方位信息，在纹理库中自动匹配材质和色系一致的纹理样式，将第一个匹配的纹理样式作为自动映射的纹理模板。

2）面片尺寸计算。基于面片建立相对坐标系，立面面片以面片所在平面与水平面的相交线为 X 轴，面片法向量方向为 Z 轴，基于 X 轴和 Z 轴确定 Y 轴；顶部面片以面片所在平面与垂直面的相交线为 X 轴，面片法向量方向为 Z 轴，基于 X 轴和 Z 轴确定 Y 轴。计算面片在相对坐标系中的水平投影面外包矩形的宽度 w 和高度 h，公式为：

$$h=\max\left(\{V_y\}\right)-\min\left(\{V_y\}\right) \tag{3}$$

$$w=\max\left(\{V_x\}\right)-\min\left(\{V_x\}\right) \tag{4}$$

式中，V_y 、V_x 为面片各顶点投影于水平面上形成的投影点纵、横坐标；$\max(\{V_y\})$、$\min(\{V_y\})$ 为面片顶点的最大、最小纵坐标；$\max(\{V_x\})$、$\min(\{V_x\})$ 为所述面片顶点的最大、最小横坐标。

以立面为例，设相对坐标系的原点坐标为

$O'(x_0, y_0, z_0)$，X、Y、Z 轴的单位向量分别为 $\bar{\boldsymbol{X}}(a_x, b_x, c_x)$、$\bar{\boldsymbol{Y}}(a_y, b_y, c_y)$、$\bar{\boldsymbol{Z}}(a_z, b_z, c_z)$，则全局坐标系与局部坐标系之间的变换矩阵为：

$$\boldsymbol{R}=\begin{bmatrix} a_x & b_x & c_x & x_0 \\ a_y & b_y & c_y & y_0 \\ a_z & b_z & c_z & z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

建筑白模对象中面片的每个顶点到局部坐标系的坐标转换公式为 $V_i'=\boldsymbol{R}\times V_i$。建筑物三维模型对象中面片每个顶点 $V_i'(V_x, V_y, V_z)$ 在局部坐标系的水平面XOY上的投影为 $V_i''(V_x, V_y, 0)$。

3）纹理选择与映射。通过面片计算所得的方位信息，从纹理组合中选取面片对应的纹理，根据面片尺寸和纹理尺寸计算面片纵向填充倍数 V 和横向填充倍数 U，并对窗户纹理不完整的情况进行处理，完成面片的纹理映射。立面纹理考虑协调性和窗户纹理不完整的情况，则有：

$$V = l \tag{6}$$

$$U = [l \times (w/h) \times (t_h/t_w)] \tag{7}$$

式中，l 为建筑物楼层数，即城市三维模型快速构建属性房屋层数，若属性值为空则以面片尺寸除以预设楼层高度作为楼层数；t_w、t_h 分别为目标纹理信息的图片高度和宽度[16]。

顶部纹理通常为纯色且不存在窗户纹理被切割和楼层数问题，则有：

$$V = h/t_h \tag{8}$$

$$U = w/t_w \tag{9}$$

针对窗户纹理不完整的问题，遍历立面面片的每个纹理，获取纹理对应的面片范围，判读是否需要进行处理。处理原则为：若面片范围与纹理范围一致则无需处理；若面片范围小于纹理范围，则比较面片小于纹理的横向和纵向距离，均小于窗户与纹理的相对距离则不处理，大于窗户与纹理的相对距离则以非窗户部分的纹理替换整个纹理。若面片执行了割窗户处理，则该面片的纹理使用整张纹理表示。通用纹理映射效果见图3。

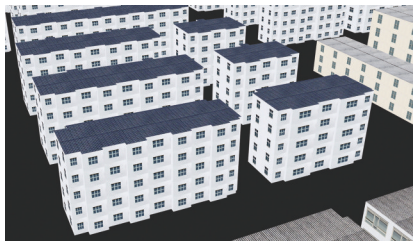


图3 通用纹理映射效果图

4 实验验证

为更好地验证技术路线与评估效率，本文选取丽水市城镇开发边界约20 km²具有代表性、建筑种类覆盖全的区域开展实验验证（图4）。实验区域的最低建筑物高度为3 m，最高建筑物高度为111.9 m，涵盖了低层建筑、多层建筑、中高层建筑、高层建筑和超高层建筑；建筑性质包括居住建筑、商业建筑、工业建筑；屋顶结构包括平屋顶、人字顶、单坡顶。实验区域共有3 735幢建（构）筑物，涉及建（构）筑物基底面15 906个，30 m以上建筑物715幢；平屋顶建筑78幢，人字顶建筑1 952幢，单坡顶建筑1 705幢。

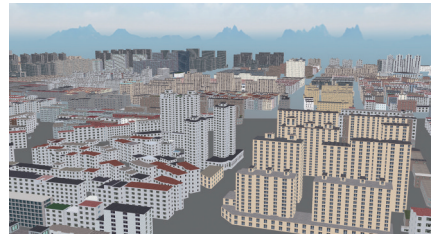


图4 样区建设效果图

实验结果表明，通过传统人工方式进行建筑白模构建以及纹理选择映射的耗时分别为240、6 h，通过本文方法自动进行建筑白模构建和纹理映射的耗时分别为40、3 h，说明本文方法可大幅减少人工作业量，显著提升生产效率。

《规定》对建筑物高度要求如下：高度小于30 m的建筑物，其建筑物高度属性与实际高度差与实际高度的比值不应大于10%；高度大于30 m的建筑物，其建筑物高度属性与实际高度差不应大于3 m。本文在样区选取43个检测点进行精度检测，经验证，利用本文方法生产的数据精度满足《规定》要求，具体高度精度见表3。

表3 城市三维模型快速构建高度精度统计表

精度类型	检查均值	最大误差	检查点数	合格率
高于30 m	2.7%	7.5%	9	100%
低于30 m	0.7 m	1.25 m	34	100%

5 结 语

本文提出了一种基于多源数据的城市三维模型（LOD1.3级）快速构建方法，通过DLG、DEM、Mesh三维模型等多源数据实现了建筑白模的自动构建，并基于纹理库实现了纹理自动化批量映射，能快速构建城市三维模型，并在杭州、丽水、绍兴、湖州等多个城市三维模型生产中得到了验证，建设成果最终经过

（下转第115页）