

基于激光点云数据的古建筑 BIM 几何模型构建

盛德新¹, 杨振球²

(1. 黑龙江测绘计量仪器检定站, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 哈尔滨市住房保障和房产管理局松北区分局, 黑龙江 哈尔滨 150028)

摘 要:针对古建筑 BIM 各种信息模型中几何模型构建的问题, 提出应用三维激光点云数据和 CloudWorx 软件进行建模的方法。应用 Cyclone 软件对点云数据进行去噪、配准, 按构件进行分割; 应用 CloudWorx 软件进行模型的构建。研究古建筑的瓦片、柱体、梁、墙体、围栏等构件的建模方法, 通过模型合并生成古建筑的整体几何模型。

关键词: 三维激光扫描; BIM; 点云数据; 几何模型构建; CloudWorx

中图分类号: P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7949(2015)07-0076-05

Construction of geometric models of ancient buildings based on laser point cloud data

SHENG De-xin¹, YANG Zhen-qiu²

(1. Heilongjiang surveying and Mapping Measurement Instrument Calibration Station, Harbin 150081, China; 2. Harbin Bureau of Housing Security and Property Management Songbei District Branch, Harbin 150028, China)

Abstract: For the construction of geometric model of ancient buildings BIM, this paper provides a modeling method using 3D laser point cloud data and CloudWorx software. First, a point cloud model is built according to the denoising and registration, and then, segmentation by the component is imposed by using Cyclone software. Second, CloudWorx software is used to build surface model, which is focused on the modeling method of ancient architectural tiles, column, beam, wall and fencing. Finally, taking an ancient building point cloud model as an example, the whole geometry model of ancient architecture is generated.

Key words: 3D laser scanning; Building Information Modeling; point cloud data; geometric model construction; CloudWorx

建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础, 进行建筑模型的建立, 通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。近年来, BIM 在建筑相关领域应用迅速, 在未来有望全面改变建筑设计、施工、检测等诸多方面的模式。就古建筑而言, 其建筑信息目前主要以文字记录的形式存在, 要想建立起 BIM 模型, 首先要将其相关信息进行数字化。我国古建筑的最主要 BIM 信息应该是其几何模型信息, 如何快速获取高精度的几何模型是古建筑 BIM 建立的关键问题。对于古建筑几

何信息模型的构建, 目前比较成熟的是三维激光扫描技术, 利用三维激光扫描仪获取点云数据, 经过去噪、平滑、配准等预处理, 可以重构古建筑的三维模型。对于点云建立的三维模型, 有的是以密集点为基础的三角网模型, 有的是以点拟合参数为主的参数模型。其中, 三角网模型的数据量较大, 不利于模型的管理和可视化, 但是该模型由对象表面密集点云构成, 精度较高; 参数模型是由点云最佳拟合出的模型, 其数据量小, 有利于模型管理、应用和可视化。所以, 应用激光扫描点云, 以拟合对象参数方法进行模型构建, 是古建筑 BIM 几何模型构建的理想方法。

目前, 应用三维激光扫描点云进行建模的软件很多, 例如 Cyclone, Geomagic, Realworks, Poly-

works 等等,但是这些软件对于古建筑 BIM 几何模型来说,在数据量、建模质量、建模速度、操作难易度、应用普适性、价格等方面都有相应的不足。针对上述问题,本文选取一种基于 CAD 的插件 CloudWorx 软件建立古建筑 BIM 几何模型。该软件可以利用点云模型拟合其参数模型,复杂建筑以其构件为单位进行建模,所有构件合成整体几何模型。CloudWorx 软件操作简单,建模速度快,所建立的几何模型数据量小,易于管理、操作和可视化。本文主要研究应用 CloudWorx 软件对古建筑点云数据进行几何建模方法。

1 CloudWorx 软件建模方法

CloudWorx 是 AutoCAD 的一个插件,它应用 AutoCAD 强大的建模功能,能够构建出任意结构的几何信息模型,此插件能够直接连接目前先进的三维数据处理软件 Leica Cyclone,从该软件中获取点云数据从而进行建模。由于点云数据量往往是很大的,CloudWorx 无法一次性全部读入点云数据,为方便模型的建立,首先应用 Cyclone 软件对古建筑点云数据按照构建的形态进行分割,CloudWorx 通过 AutoCAD 连接到 Cyclone 软件进行构件点云数据的读取,用 AutoCAD 软件的三维建模功能进行模型的建立,其主要步骤如下:

1)将激光扫描仪获取的点云数据进行去噪、平滑、配准等预处理工作,生成古建筑整体的点云模型;

2)根据古建筑的各个构件,对整体点云模型进行分割,并将分割后的构件点云存储到 Cyclone 数据库中;

3)利用 CloudWorx 软件打开 Cyclone 数据库中各个构件的点云数据,应用相应的建模功能,进行三维模型的重建;

4)重建中要应用软件的以下主要功能:

①利用“工具”栏下的“新建 UCS”,对其三维坐标进行更改;

②利用对象捕捉、删格、正交、动态坐标、目标捕捉、缩放、点过滤、用户坐标等辅助绘图工具,对点云进行灵活的捕捉;

③利用绘图工具,拉伸、旋转、扫描、放样等功能对三维点云模型进行重建;

④利用删除、修改、复制、移动、镜像、断开、修剪、旋转、三维操作、实体编辑等多种编辑操作对重建的三维模型进行修改。

5)把所有构件拟合生成的几何模型进行合并,

生成古建筑的整体几何模型。

2 古建筑几何模型构建

2.1 点云数据的精简与分割

在获取外业数据之后,首先对点云数据进行去噪、平滑、配准等预处理。由于三维激光扫描仪扫描范围的限制和扫描对象的复杂性,单站的扫描数据很难得到完整的对象点云模型,必须在不同角度对同一实物进行扫描。这些在不同角度下得到的点云经过配准后转换到统一的坐标系下,同时产生大量的冗余数据。因此点云精简对后续建模质量和效率很重要。可以应用 Cyclone 软件手动对点云数据进行精简,也可以应用 Geomagic 软件进行自动精简。

由于 AutoCAD 软件一次性读取的数据量是有限的,所以,需要将整个点云数据按照构件进行合理的分割,最后进行整合。通过对试验对象的古建筑构造的分析,并根据古建筑物构件的特点,大致将该古建筑物分为以下几类:瓦(其中包括瓦片、瓦角、瓦边以及瓦与瓦之间的连接部分)、柱子、石栏杆、墙体等几部分。根据上述的分类把经过处理的点云数据进行分割,并保存到相应的模型数据库中,如图 1 所示。

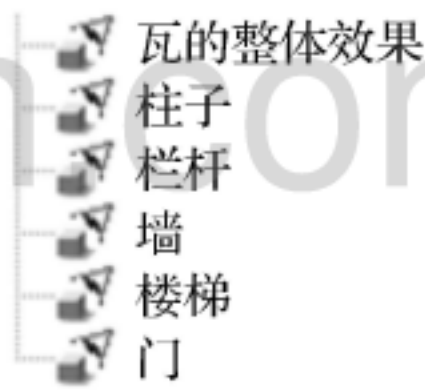


图 1 分类结果

2.2 古建筑物构件的模型构建

不同的古建筑物构件建模方法不同,每部分的构件都有它独具匠心的特点,因此,下面对古建筑物的几个特殊部件的模型构建进行介绍。

2.2.1 瓦片模型的构建

瓦片的基本结构是圆柱,主要以扫描的形式建立起模型,但是其扫描轴线不是直线,首先利用“动态观察”选项来仔细观察瓦片点云数据的整体特征,提取出其扫描对象、扫描母线及扫描轴线,如图 2 所示。

在进行扫描选项时,一定要保证扫描的对象与路径垂直。在建立扫描体之前,建立一个以扫描路径为对象的 UCS,再将其转换成 X,Y 平面与扫描

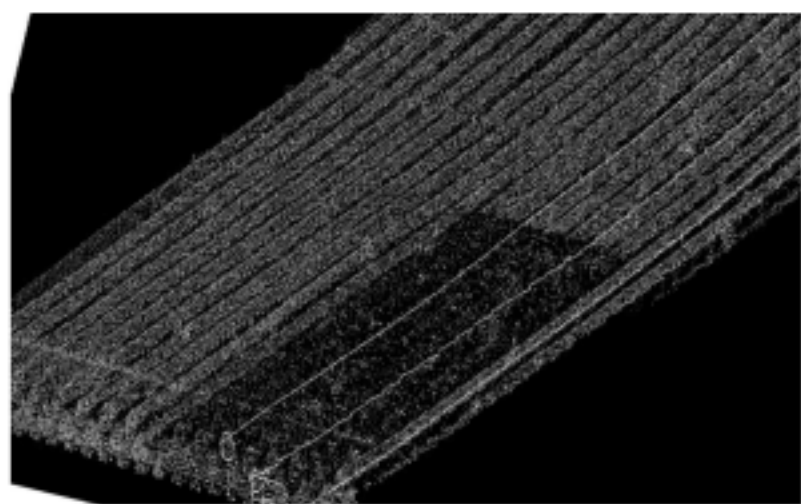


图 2 瓦片建模特征线

路径相垂直的 UCS,绘制出扫描对象后,最后进行扫描。而且,扫描半径不能大于路径的转角半径。在图形进行拼接时,可巧妙地应用“正交”等命令,使操作更加快捷。

在建模过程中,若要修改某一多段线,可以通过打断、合并命令进行修改,合并前保证两个多段线在同一个 UCS 平面内。同时,旋转命令也是在一个二维平面内进行的,所以,如果要对某些图形进行旋转,也必须要选择好适当的 UCS 平面。对所绘制的多段线进行扫描、交集等操作,形成一部分瓦片实体如图 3 所示。

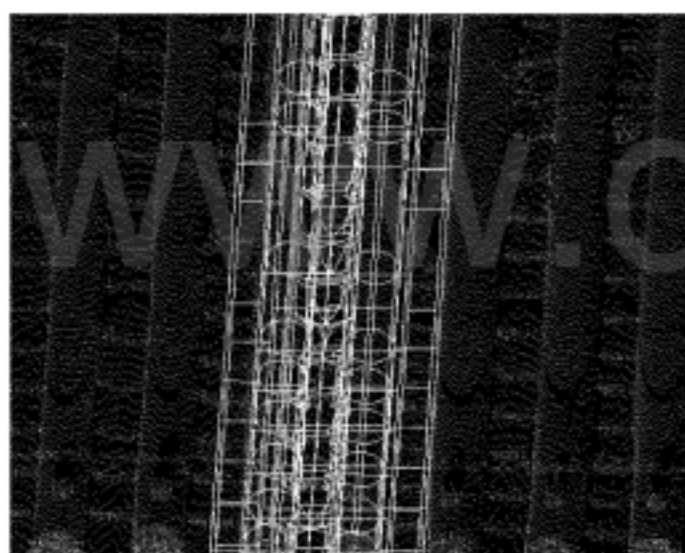


图 3 绘出的瓦片线

最后,根据点云数据,利用“移动”“旋转”“拉伸面”“剖切”“倒角”等修改操作对初成的图形进行修改加工,使其与点云数据曲面更加贴合。图 4 是瓦片的实体模型。

2.2.2 柱子及彩画梁模型的构建

在古建筑中,柱子和彩画梁往往是一个整体,其中柱子是以扫描的形式建立,彩画梁主要以面的形式建立,两部分要进行交叉和合并两种操作。对于柱子的建模,首先调整 UCS,提取出柱子扫描对象及扫描轴线,进行扫描,如图 5 所示。在进行扫描之前,最好先把要扫描的扫描对象与扫描路径都画出来,最后一起进行扫描建模。这样可有效避免因

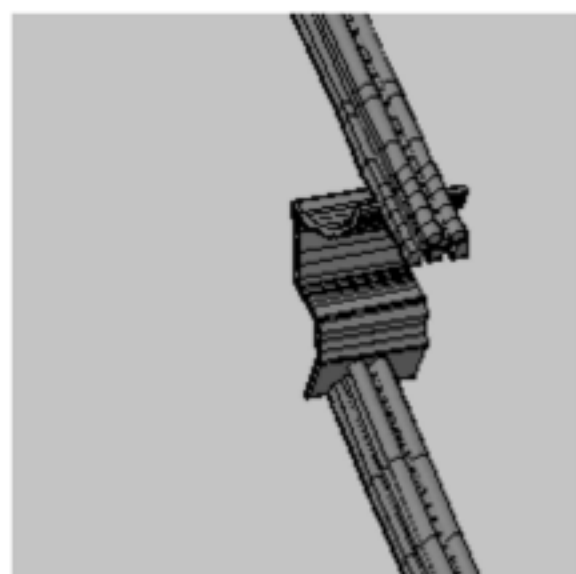


图 4 瓦片模型

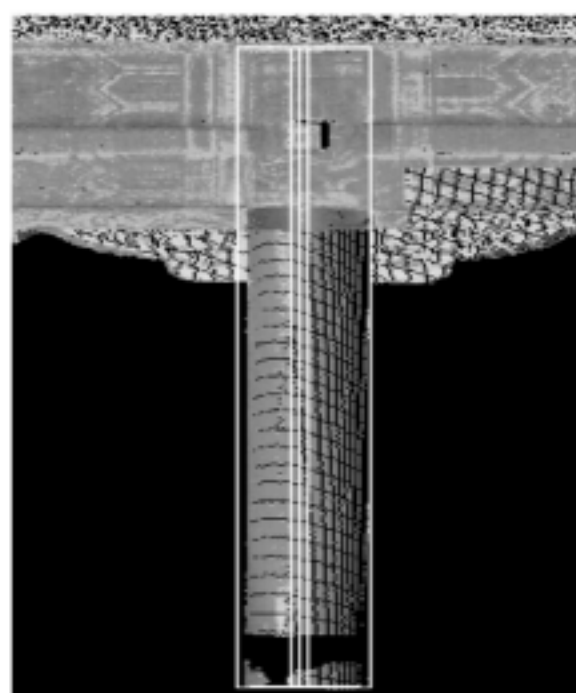


图 5 柱子的扫描对象及扫描轴线

线条过多而产生的绘制混乱错误,提高效率。

对柱子上方的彩画梁进行建模。首先对梁的所有面进行平面建模,在两个面的交界处以圆柱形式进行拟合和连接。在建模过程中,若遇到要合并的情况,可先画出一边,建立以此边打头一方为对象的 UCS,调整 X,Y 平面,做出另一边,进行合并,如图 6 所示。

2.2.3 墙体的构建

墙体模型的构建相对来说比较简单,首先利用 CloudWorx 软件打开“墙体”的点云数据,如图 7 所示。根据墙体的点云数据,进行面结构的墙体建模。对于由于遮挡而造成的点云缺失部分,如图 8 所示,其中的阴影部分为柱子等物体的遮挡,可以根据整个墙体的所有点云进行拟合,在遮挡范围不是很大的情况下,不影响建模的质量和精度。

建模完成后,如果发现点云与模型贴合的不够好,可以对拟合的墙体模型进行修改,使其与点云模型更加贴合,最后对相交的部分进行切割和合并,图 9 为一个两面墙体的整体模型。

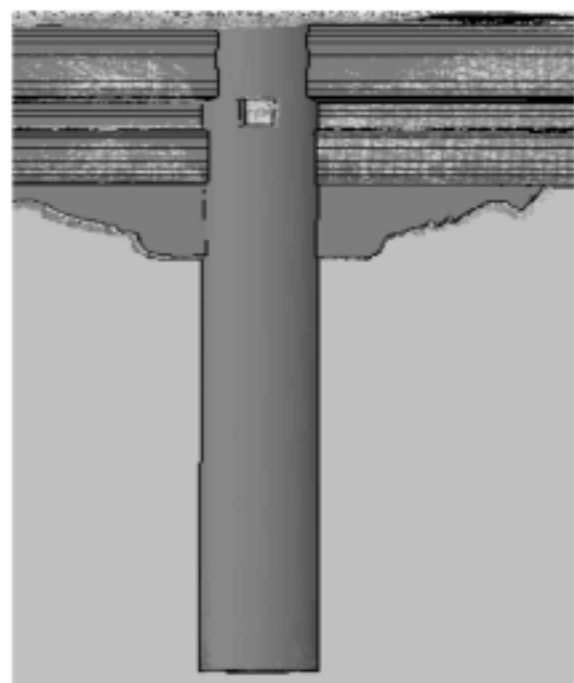


图 6 柱子模型

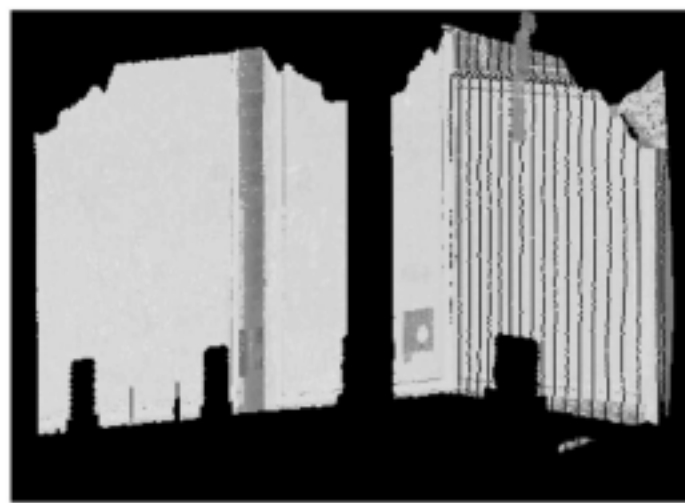


图 7 点云墙体模型

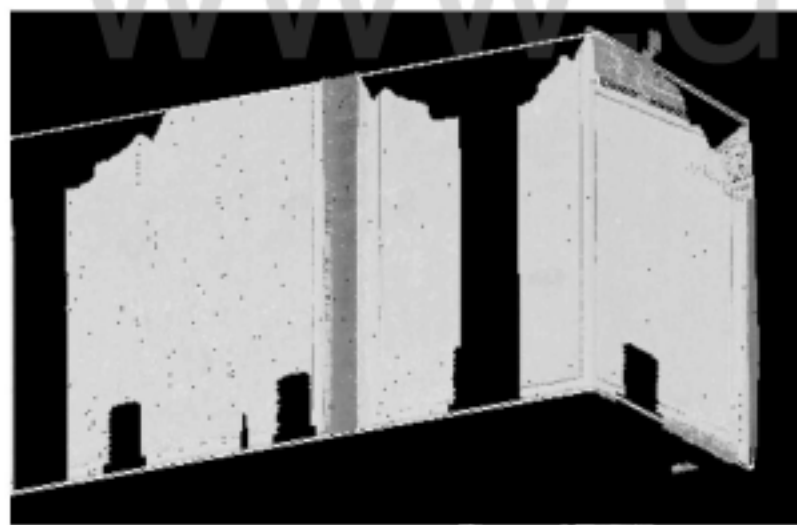


图 8 墙体建模图

2.2.4 围栏模型的构建

围栏的模型相对来说比较复杂,根据其不同的形状分别对其进行建模和合并。如图 10 石围栏点云所示,可以分为扫描建模、BOX 建模和平面建模。对于扫描建模,如图 11 上部的柱体部分,首先建立扫描对象为封闭的曲线,然后再拾取轴线,经过扫描生成的是实体。其它部分根据 BOX 和平面进行构建,最后将所有的构件进行合并。

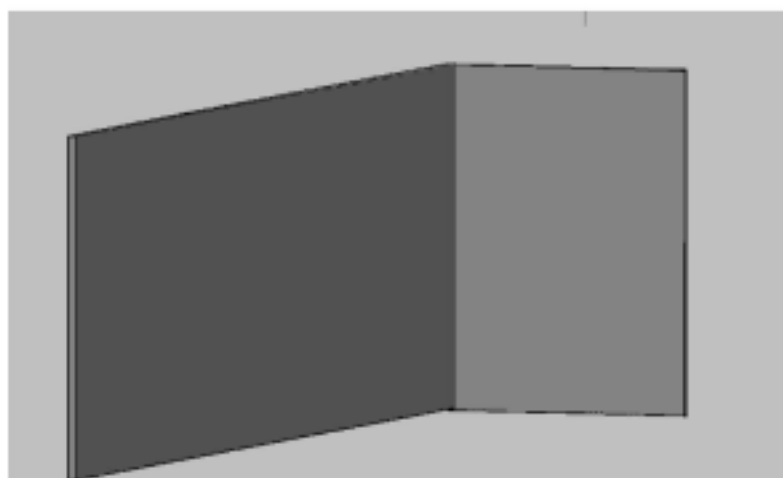


图 9 墙体模型

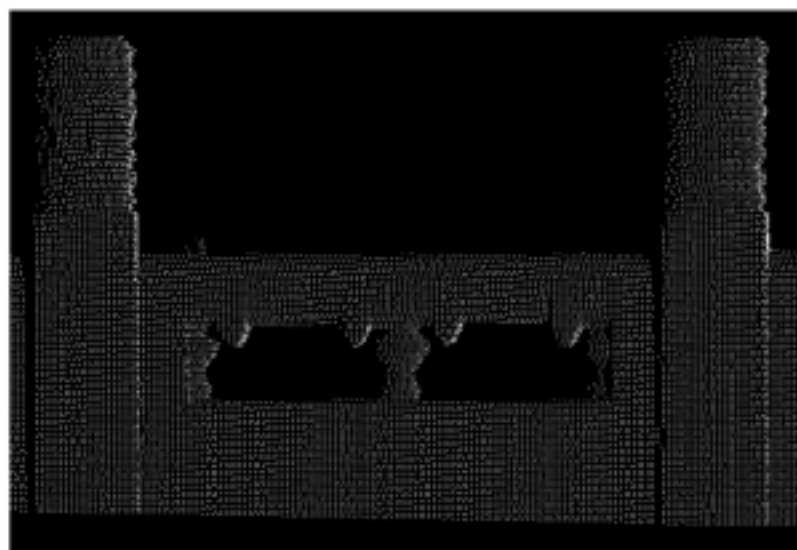


图 10 围栏点云原始数据图

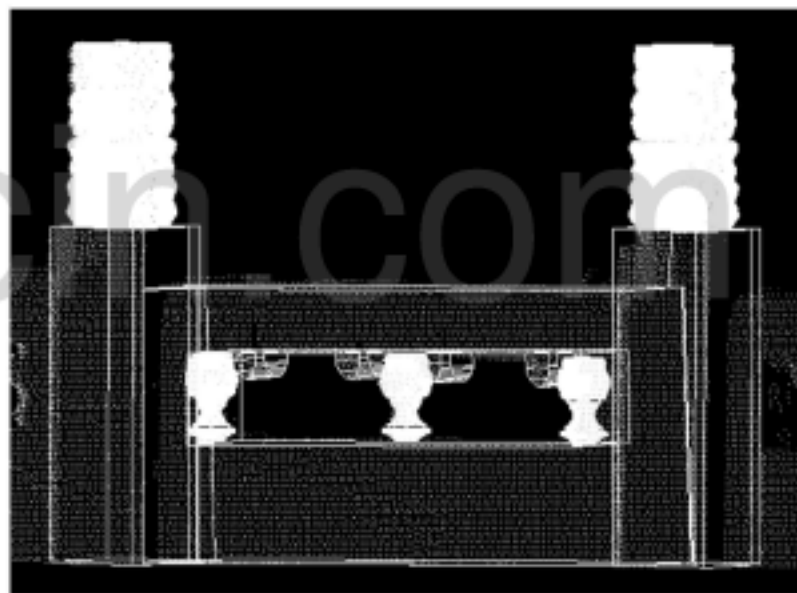


图 11 围栏的扫描对象及扫描轴线

对初成的栏杆进行圆角、拉伸面、旋转、移动等更改操作,使其与点云数据模型更加拟合。其中,在利用拉伸面对实体进行操作时,要调整好角度,选择需要进行操作的面,否则,很容易选到别的面上。在进行布尔运算的差集做镂空时,最好使要减去的实体或面域突出一些,可以避免做的镂空不够完整。图 12 为一组围栏的表面模型。

2.2.5 古建筑整体模型构建

利用点云模型,应用上述建模软件和方法,对古建筑各个构件进行模型重构,最后进行整体合并,建立整体模型,整体建模结果如图 13 所示。

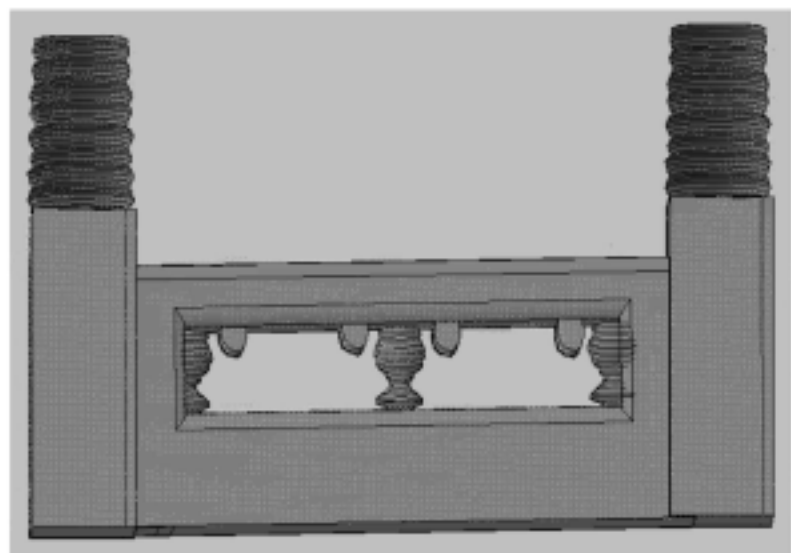


图12 围栏模型图

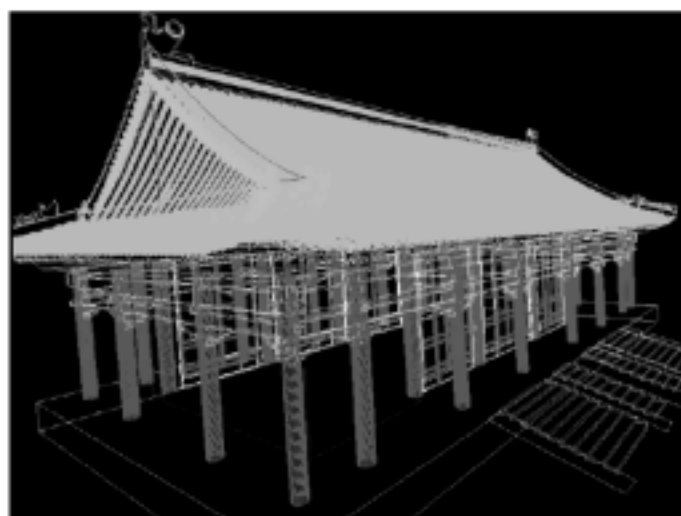


图13 整体模型

3 结束语

古建筑BIM是古建筑数字化和信息化的一个重要内容,在古建筑几何结构重建方面,激光扫描是一个很重要的数据获取手段。本文以古建筑点云信息为研究对象,研究应用CloudWorx建立古建筑几何信息的方法和流程,为古建筑BIM提供相应

的几何信息,具有一定的现实意义。由于点云的数据量大,相关的其它建模软件还不是很适应,但是随着硬件和软件的发展,古建筑几何模型构建的方法将会更加方便快捷。

参考文献:

- [1] 王书良,杨新林.三维激光扫描仪点云数据在AutoCAD中的处理[J].山西建筑,2008,36(22):360-361.
- [2] 刘旭春,丁延辉.三维激光扫描技术在古建筑保护中的应用[J].测绘工程,2006,15(10):3-4.
- [3] 刘庆玲.基于反求工程的CAD建模技术研究[J].机械管理开发,2007(6):88-91.
- [4] 吕琼琼.激光雷达点云数据的三维建模技术[D].北京:北京交通大学,2009.
- [5] 鄢腊梅,孙晓,周锋.反求工程中基于点云数据集的CAD建模研究[J].机械设计与研究,2005,21(6):72-74.
- [6] 周京平.AutoCAD 2008完全自学手册[M].北京:科学出版社,2008.
- [7] 王晏民,郭明,王国利,等.利用激光雷达技术制作古建筑正射影像图[J].北京建筑工程学院学报,2006,22(4):19-22.
- [8] 曹先革,杨金玲,司海燕,等.地面三维激光扫描点云数据精度影响因素及控制措施[J].测绘工程,2014,23(12):5-7.
- [9] 廖佳,张苗亚,汪小楠.三维仿真技术在竣工测量中的应用[J].测绘工程,2014,23(1):53-56.
- [10] 杨新林,冯冠辉,钱建国.三维激光扫描仪点云数据在AutoCAD中的处理方法研究[J].陕西煤炭,2008(3):37-38.

[责任编辑:张德福]