

引文格式: 关丽, 丁燕杰, 张辉, 等. 面向数字城市建设的三维建模关键技术研究与应用[J]. 测绘通报, 2017(2): 90-94. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2017.0056.

面向数字城市建设的三维建模关键技术研究与应用

关丽¹, 丁燕杰¹, 张辉¹, 冯学兵¹, 谭向农², 赵金玲²

(1. 北京市测绘设计研究院城市空间信息工程北京市重点实验室, 北京 100038;

2. 中国石油新疆油田分公司数据公司, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要: 三维模型数据以其直观性、客观性和真实性等特性, 成为数字城市数据库中的重要组成部分。为了解决三维模型数据获取的精准性和高效性等, 在建设数字城市过程中, 采取多种技术方式实现三维模型的获取。包括采用传统手工三维建模实现三维精细模型的精准性, 采用三维激光扫描技术实现三维模型数据的超精细化, 以倾斜摄影测量的半自动建模方式实现快速建模等。本文从技术角度全面总结了在建设数字城市过程中三维模型的具体技术途径及应用方式。三维模型数据应用于数字城市的历史文保、教育、经济等多个领域, 为智慧城市的建设奠定了坚实的数据基础。

关键词: 数字城市; 三维模型; 三维激光扫描; 倾斜摄影测量

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 0494-0911(2017) 02-0090-05

Key Technologies Research and Application of 3D Modeling for Digital City Construction

GUAN Li¹, DING Yanjie¹, ZHANG Hui¹, FENG Xuebing¹, TAN Xiangnong², ZHAO Jinling²

(1. Beijing Key Laboratory of Urban Spatial Information Engineering, Beijing Institute of Surveying and Mapping, Beijing 100038, China;

2. Karamay MapWorld Ltd., Karamay 834000, China)

Abstract: 3D model data has become an important part in the construction of digital city database with its intuitive, objectivity and accuracy characteristics. In order to solve the accuracy and efficiency requirement of 3D model data acquisition, in the process of building digital city, Beijing takes a variety of ways to achieve 3D model acquisition. Utilizing the traditional manual 3D modeling to achieve the accuracy of 3D fine model, utilizing 3D laser scanning technology to realize the accuracy of 3D hyperfine model, utilizing tilt photogrammetry semi-automatic modeling method to achieve rapid modeling etc. From the technical point of view, this paper is a comprehensive summary of the specific technical approach and application methods for 3D model in the process of Beijing digital city construction. 3D model data applied in many fields of Beijing digital city such as historical and cultural protection, education and economic and so on, which lay a solid data base for the construction of intelligent Beijing.

Key words: digital city; 3D modelling; 3D laser scanning technology; oblique photogrammetry monitoring technology

数字城市是指以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础, 以宽带网络为纽带, 运用遥感、GPS、GIS、遥测、仿真-虚拟等技术, 对城市进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述, 即利用信息技术手段把城市的过去、现状和未来的全部内容在网上进行数字化虚拟实现。空间信息领域建设的数字城市地理空间框架遵循了国家测绘地理信息局提出的“一库+一平台+N个典型应用”的建设思路, 主要以城市各区县为单位展开建设。一库是指统一的空间数据库, 其中包括二维基础数据、二维专题数据、三维数据等数据内容。一平台指全区统一的、权威的地理信息公共服务平台

台, 通过平台可以为全区各委办局提供各种数据服务。 N 个典型应用指结合区县各自的需求特点, 建立 N 个服务区县实际需要的应用系统。其中, 三维数据作为一库中的组成部分, 由于其直观性、客观性和真实性, 成为数字城市建设的重要组成部分。在数字城市建设中, 三维模型数据的获取主要采取以下技术方式: 采用传统手工三维建模得到三维精细模型; 以三维激光扫描方式实现三维超精细建模; 以倾斜摄影测量的半自动建模方式实现快速建模^[1]。本文将逐一阐述三类建模技术具体的实现方式和应用方式。

收稿日期: 2016-04-25; 修回日期: 2016-07-25

作者简介: 关丽(1980—), 女, 博士, 高级工程师, 研究方向为空间数据分析与应用。E-mail: binger02600@163.com

1 传统手工三维建模技术

传统的三维手工建模方式可分为三维地形模型、三维灰体模型、三维精细模型等 3 类。

1.1 三维地形模型的制作

三维地形模型是在已有 DEM 基础上叠加 DOM 影像,通过地形生成软件将两者组合,生成三维地形模型,如图 1 所示。

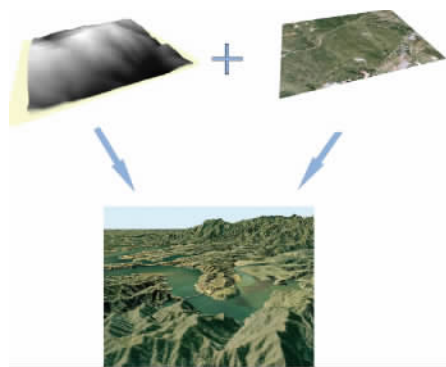


图 1 三维地形模型的制作

1.2 三维灰体模型的制作

三维灰体模型是利用地形图建筑物矢量数据和建筑物高度信息及三维模型软件自动生成,如图 2 所示。



图 2 三维灰体模型的制作

1.3 三维精细模型的制作

三维精细模型是基于 1:500 比例尺地形图和高分辨率 DOM 影像数据获取地物的精准平面位置,通过航测内业获取地物主体顶部精准高程。采用外业采集地物纹理照片,使用 Photoshop 软件进行纹理照片的处理,使用 3ds Max 软件进行手工模型制作。最后,将三维地形模型和三维精细模型进行场景整合^[2],如图 3 所示。

目前,已经应用手工三维建模的方式完成了城市的三维建模工作,如图 4 所示。

这种模型的优点是测量精度高、场景真实度高、对象已单体化,缺点是建模周期长,难以满足数字城市、智慧城市等应用对三维数据的时间需求。

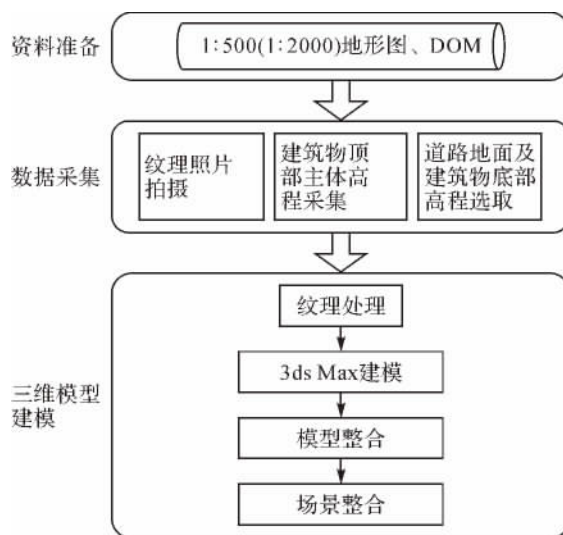


图 3 三维精细模型的制作流程



图 4 三维精细模型示例

2 三维激光扫描建模技术

有些地物自身复杂度高且三维可视化要求高,传统手工三维建模方式就不能满足其建模要求,此时需要利用三维激光扫描的方式完成工作,如历史文化保护建模、旧有钢厂地上管线建模、复杂立交桥建模工作等。三维激光扫描建模方式可分为定点三维激光扫描和车载激光扫描,其技术原理相似,只是载体方式不同而产生的工作方式不同。三维激光扫描技术流程图如图 5 所示。

2.1 定点三维激光扫描技术

定点三维激光扫描是利用激光测距的原理,通过记录被测物体表面大量的密集点的三维坐标、反射率和纹理等信息,可快速复建出被测目标的三维模型及线、面、体等各种图件数据。由于三维激光扫描系统可以密集地大量获取目标对象的数据点,因此相对于传统的单点测量,三维激光扫描技术也被称为从单点测量进化到面测量的革命性技术突破。利用该项技术进行了三维模型的建设,效果较好^[3-5]。

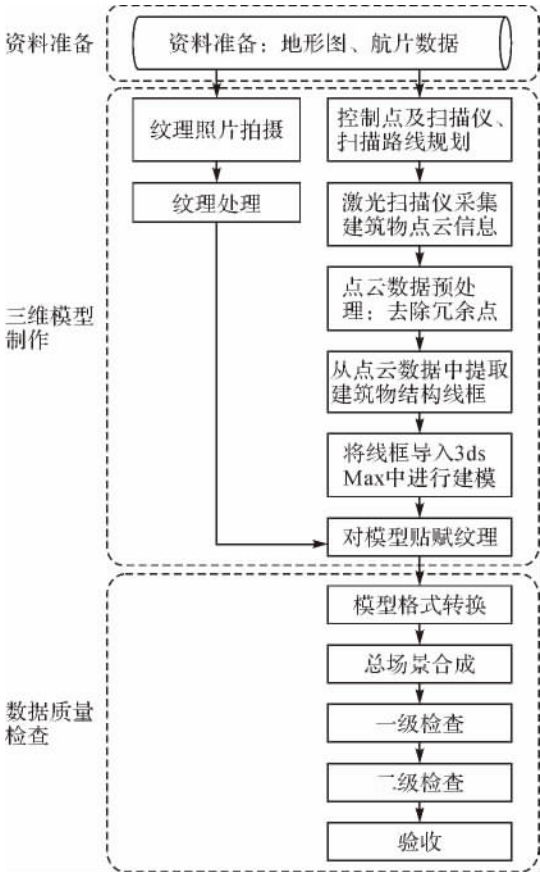


图 5 三维激光扫描技术流程

2.2 车载激光扫描技术

车载激光扫描技术是通过将激光扫描仪置于移动平台之上进行作业的方式。车载激光扫描测量系统包括：移动平台、POS 系统（位置姿态测量系统）或导航传感器、测量系统 3 个基本部分。移动平台一般是汽车、船舶等用于承载移动测量系统的装置。车载激光扫描仪器可以在短距离内作业，采集速度快、精度高、密度大，由于其可沿着街道快速行驶，从而可以快速获取街道两侧地物的几何信息和纹理信息，目前已经成为城市空间信息快速获取的主要手段之一^[6]。车载激光扫描技术流程如图 6 所示。

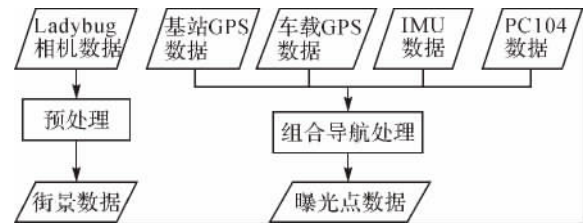


图 6 车载激光扫描技术流程

通过上述方式，可以快速获取三维点云数据和纹理信息，从而快速得到复杂结构的三维模型，如立交桥。同时，还可以快速获取街景数据，是一种有效

获得城市空间信息的方式。目前，已经应用车载激光扫描方式获得了城市主要街道街景数据和四环内所有立交桥的三维精细模型^[7-9]，如图 7 所示。

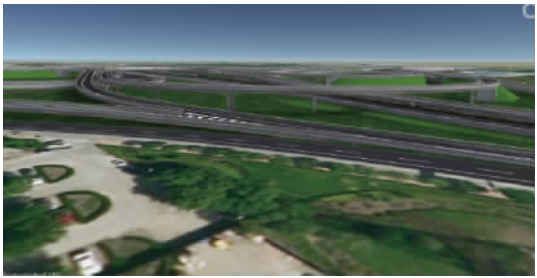


图 7 立交桥三维模型

通过三维激光扫描方式完成的三维数据模型工作，其优点是三维模型精度高，缺点是造价高，扫描后的数据后期处理工作量大。因此，此种方式主要用于超精细化的三维建模和复杂结构的三维建模。

3 基于倾斜摄影测量的半自动建模技术

基于传统手工三维建模和三维激光扫描技术主要解决模型的精细和超精细的问题，但城市空间信息很多时候有快速获取的要求，因此，为了达到三维模型快速获取的目标，引入了倾斜摄影测量技术^[10-11]。原则上，倾斜摄影测量技术属于机载三维激光扫描的一种。基于倾斜摄影测量技术的半自动建模方式可以分为低空倾斜摄影测量建模和中高空倾斜摄影测量建模。其技术原理相同，只是采用不同航高、不同机型载体，实现不同范围的三维建模。首先，用机载 LiDAR 获取建筑顶部和侧部的激光点云，得到描述建筑物整体框架的激光点云数据，用于制作建筑体框模型；使用倾斜和垂直相机分别采集地物影像，通过程序半自动匹配实现纹理贴赋，完成建筑精细模型制作。其关键技术包括点云的分类算法、点云数据与处理、点云数据建模方法、POS 数据解算、倾斜影像空间三角测量、密集匹配、遮挡检测、纹理选取和纹理映射等^[12-14]。基于倾斜摄影测量的半自动建模技术流程如图 8 所示。

低空的倾斜摄影测量建模工作主要采用旋翼机完成社区级别的三维建模工作，一般航高在 100 ~ 200 m 之间，模型精细度高、建模速度快。中高空倾斜摄影测量建模工作主要采用大飞机作为主要载体完成区县级范围范围的三维建模工作，航高一般在 1500 ~ 3000 m 之间。目前，采用六旋翼低空倾斜摄影测量技术实现了某社区的快速三维建模工作，主要辅助于查处违法建设工作，对于一些隐蔽性好、难

以入门的违法建设采用此方法,直观而高效。同时,采用 A3 相机完成了某区的快速三维建模,用于记录城市变迁。基于倾斜摄影测量技术的半自动建模方式获取三维模型数据方式的优点是建模速度快、现实感强,缺点是对象单体化困难,只满足浏览需求,数据编辑与叠加难度高^[15-17]。基于倾斜摄影测量技术的三维模型示例如图 9 所示。

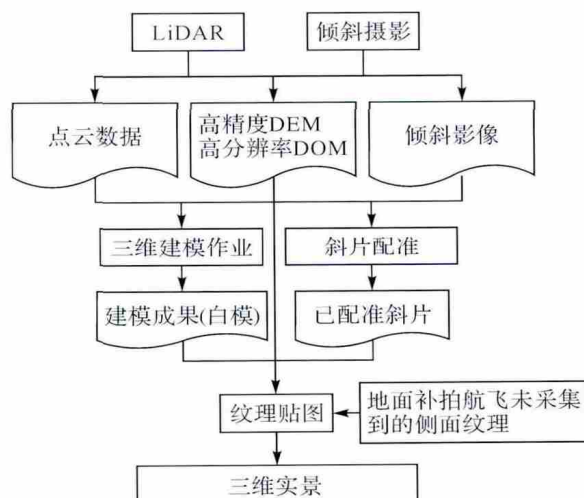


图 8 基于倾斜摄影测量的半自动建模技术流程



图 9 基于倾斜摄影测量技术的三维模型示例

4 应用案例

4.1 应用于历史文化保护

应用传统手工三维建模和三维激光扫描的方式对城市区历史文化保护区域进行三维建模,完成旧城保护的信息化措施。建设的三维模型数据用于数据浏览、分析,并与其他二维数据叠加分析旧城保护策略,如图 10 所示。



图 10 东城历史文化保护三维模型

4.2 应用于教育

应用传统手工三维建模的方式,基于 Unity 3D 平台,实现城市小学的室内三维建模工作。基于此室内三维模型叠加管线等数据,实现应急路线规划、设施管理等具体应用,如图 11 所示。



图 11 某小学三维模型

4.3 应用于经济发展

结合科技园区的经济发展需求,应用全三维模式建设了规划土地、企业统计、产业布局、项目管理、招商宣传等 9 个业务系统,在三维模型数据的基础上,叠加经济业务数据,实现业务和位置双直观的方式,而且针对中关村展示厅的需求,利用传统手工建模实现了室内展厅的建模工作,展示和分析的效果很好,如图 12 所示。另外,应用三维建模技术在地下管线、住建业务等方面均有不同突破。

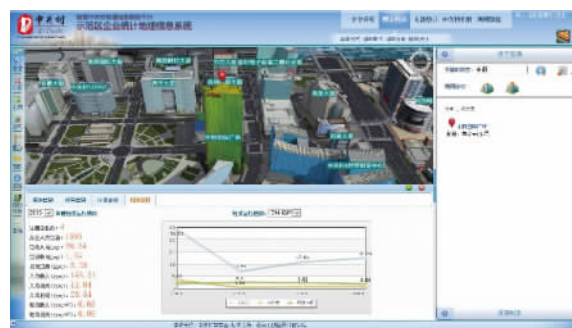


图 12 科技园区三维模型

5 结束语

本文在详细论述了传统手工三维建模、三维激光扫描方式建模、倾斜摄影测量的半自动建模等 3 种技术方式基础上,结合城市的实际应用,对每种技术的三维数据模型应用方式进行了阐述。最后,基于丰富的应用案例对城市三维模型数据应用于历史文保、教育、经济发展等方面进行了综合介绍。三维模型数据以其直观性、客观性和精准性成为数字城市建设中的重要成果,本文是对数字城市三维模型技术的一次全面的总结,也为未来智慧城市的建设奠定了扎实的数据和技术基础。

参考文献:

- [1] MURGITROYD E ,MARDUSKA M ,GONZALEZ J ,et al. 3D Digital Anatomy Modelling-Practical or Pretty [J]. Surgeon Journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh & Ireland 2015 ,3(13) : 177-180.
- [2] JØRGENSEN F ,HØYER A S ,SANDERSEN P B E , et al. Combining 3D Geological Modelling Techniques to Address Variations in Geology ,Data Type and Density- An Example from Southern Denmark [J]. Computers & Geosciences 2015(81) : 53-63.
- [3] 梅文胜 ,周燕芳 ,周俊.基于地面三维激光扫描的精细地形测绘[J].测绘通报 2010(1) : 53-56.
- [4] 周华伟 ,朱大明.三维激光扫描技术与 GIS 在古建筑保护中的应用[J].工程勘察 2011 ,6(39) : 73-77.
- [5] KEDZIERSKI M ,FRYSKOWSKA A. Methods of Laser Scanning Point Clouds Integration in Precise 3D Building Modelling [J]. Measurement 2015 ,74: 221-232.
- [6] 马利 ,谢孔振 ,白文斌 ,等.三维激光扫描技术在道路工程测绘中的应用[J].北京测绘 2011(2) : 48-51.
- [7] KIM M ,CHENG J C P ,SOHN H ,et al. A Framework for Dimensional and Surface Quality Assessment of Precast Concrete Elements Using BIM and 3D Laser Scanning [J]. Automation in Construction 2015(49) : 225-238.
- [8] ZHONG R ,WEI J ,SU W ,et al. A Method for Extracting Trees from Vehicle-borne Laser Scanning Data [J]. Mathematical & Computer Modelling 2013(58) : 733-742.
- [9] LEONOV A V ,ANIKUSHKIN M N ,IVANOV A V , et al. Laser Scanning and 3D Modeling of the Shukhov Hyperboloid Tower in Moscow [J]. Journal of Cultural Heritage 2014 ,4(16) : 551-559.
- [10] GULER Y ,OSMAN S. 3D City Modelling with Oblique Photogrammetry Method [J]. Procedia Technology 2015 (19) : 424-431.
- [11] KRISTIAN S ,GUARNIERI P ,STEMMERIK L. From Oblique Photogrammetry to a 3D Model-Structural Modeling of Kilen ,Eastern North Greenland [J]. Computers & Geosciences 2015(83) : 120-126.
- [12] 李镇洲 ,张学之.基于倾斜摄影测量技术快速建立城市 3 维模型研究 [J].测绘与空间地理信息 2012 ,4 (35) : 117-119.
- [13] VETRIVEL A ,GERKE M ,KERLE N ,et al. Identification of Damage in Buildings Based on Gaps in 3D Point Clouds from very High Resolution Oblique Airborne Images [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 2015(105) : 61-78.
- [14] 杨国东 ,王民水.倾斜摄影测量技术应用及展望 [J]. 测绘与空间地理信息 2016(1) : 13-15.
- [15] 卢晓攀.无人机低空摄影测量成图精度实证研究 [D]. 北京: 中国矿业大学 ,2014.
- [16] 冯梅.基于 LiDAR 和航空影像的三维建模方法探讨 [J].测绘通报 2011(12) : 12-14.
- [17] 陈义 ,陆珏 ,郑波.近景摄影测量中大角度问题的探讨 [J].测绘学报 2008 ,37(4) : 458-463.
- [18] 孙宏伟.基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模 [J].现代测绘 2014 ,1(37) : 18-21.

《摄影测量学》内容简介

本书主编王双亭 ,河南理工大学教授 ,毕业于解放军测绘学院航空摄影测量专业 ,主要从事数字摄影测量和遥感信息提取方面的教学与研究工作。

本书系统地介绍了摄影测量的基本原理、技术和最新成果。全书共分为六章: 第一章介绍摄影测量的基本概念、发展过程及所面临的问题; 第二章介绍了摄影像片的获取原理与技术; 第三章介绍了中心投影的概念与特性。第四章介绍了立体观察的原理和方法; 第五章介绍了摄影像片的系统误差来源和改正方法; 第六章简要介绍了数字影像的获取方法 ,特征提取、特征定位、影像匹配的理论和技术 ,DEM 的获取与应用及数字微分纠正的原理和方法。

全书语言流畅、层次清晰、说理透彻 ,适合作为测绘类本、专科教材 ,也可供相关科研、工程技术人员自学或参考。

本书为 16 开本 235 页 ,定价 38.00 元 2017 年 2 月由测绘出版社出版。