

面向 BIM 设计的复杂工点三维场景建模方法研究

李海亮

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430063)

摘要:针对倾斜摄影在复杂工点三维场景建模的不足,提出了一种结合倾斜摄影与地面激光雷达技术的三维场景建模方法。地面激光雷达能快速获取遮挡区域及异形结构的高密度点云,生成高精度三维模型,弥补了倾斜摄影技术的不足。通过工程实例验证了该文方法的高效性,该文方法能快速建立复杂场景的高精度模型,为 BIM 设计提供可靠的基础数据,同时能辅助 BIM 精细设计,提高 BIM 的完备性。

关键词:复杂工点; 倾斜摄影; 地面激光雷达; BIM 设计

1 引言

对于铁路等工程勘测设计而言,在设计前建立工程所在区域的三维场景模型可以为设计提供基础数据,作为设计依据。倾斜摄影技术因其能建立高真实感的三维模型而广泛应用于模型重建中。文献[2]利用倾斜摄影建立工点地表模型,将地表模型与 BIM 模型融合来指导项目施工,显著提高了项目施工效率;文献[3]将倾斜摄影技术应用于地质灾害研究中,传统方法容易出现视觉误差和死角、难以全面对地质灾害进行判断;倾斜摄影可以从多个角度进行观察,进行定量分析;文献[4]利用倾斜摄影建立森林景区的三维模型,真三维模型可以为旅游规划提供基础数据;文献[5]提出倾斜摄影技术应用到水利 BIM 中,将实景模型与设计模型融合在一起服务于水利工程建设,使得水利工程投资分析、设计、施工、管理等更加科学精准;文献[6]实现了传统电力塔模型与实景三维模型的无缝融合,满足输电线路选线、规划设计要求,具备一定的空间分析能力。

上述都是倾斜摄影在场景三维重建中的应用,倾斜摄影技术针对简单场景的重建有一定的成效。但当工点场景比较复杂或场景存在遮挡以及大量异形结构时,倾斜摄影无法独立建立复杂工点的高精度三维模型。

地面激光雷达是新兴的一项技术,能快速获取地面高密度点云,利用点云可直接生成高精度的三维模型,同时地面激光雷达不受地形等因素的限制,易于搬

站,能很好地弥补倾斜摄影在低层模型重建中的不足。该文针对两种建模技术的特点,提出一种结合倾斜摄影与地面激光雷达技术的复杂工点三维场景建模方法,充分利用两种技术的优点,为 BIM 设计提供可靠的基础数据,让设计师在真三维场景中进行沉浸式设计。

2 三维场景建模与 BIM 设计

对于工程设计而言,建立工点三维地形数据尤为重要;BIM 设计,尤其是铁路 BIM 设计离不开三维场景模型的支持。

现代测绘地理信息技术多年来一直以建设数字地球和智慧地球为目标,以空天地一体化对地观测技术、多源数据处理与挖掘技术和 3DGIS 技术为代表的核心技术可高精度、高逼真地再现三维场景,可为铁路 BIM 提供有力的支撑。面向 BIM 的三维场景建模,能为 BIM 提供设计基础数据,实现真实环境的可视化;辅助精细设计,更好地展现设计意图和效果。

三维场景模型与 BIM 模型的融合能更好地服务于工程设计,当两种模型处于同一三维地理环境中时,可以对两种模型进行空间分析,碰撞检测,评估设计模型的合理性,改善设计质量,同时融合后的模型可以为工程运维提供基础数据。

3 三维场景建模方法

3.1 倾斜摄影测量建模

倾斜摄影技术是利用倾斜航空相机获取地物信息

的一种新型航空摄影方式,可以获得高质量的、具有真实感纹理的倾斜数据,是国际测绘遥感领域近年发展起来的一项高新技术。利用倾斜数据建立的三维模型具有很高的真实感,可真实地反映地物的外观、位置、高度等属性,弥补了传统人工模型仿真度低的缺点。其建模流程主要包括如下步骤:

(1) 外业数据采集。主要包括倾斜影像数据的获取及像控点三维坐标获取。

(2) 内业数据处理。利用倾斜影像, pos 数据和地面控制点进行自动空中三角测量,加密控制点。根据高精度的影像匹配算法,自动匹配出所有影像中的同名点,并从影像中抽取更多的特征点构成密集点云,从而更精确地表达地物的细节。

(3) 模型重建及纹理映射。将摄区分割成多个模型小块进行处理,对每个区块内模型精细构网,生成白模;从影像中计算对应的纹理,并自动将纹理映射到对应的白模上,最终形成真实三维场景。

3.2 基于 LiDAR 点云的三维场景建模

近年来,随着激光雷达的快速发展, LiDAR 技术应用越来越广泛。LiDAR 能快速获得三维场景的高密度点云,能很好地反映地表真实形态,在模型重建上具有一定的优势,建立的高精度三维模型能很好地应用于高精度的测绘工作中,基于 LiDAR 点云的三维场景建模主要包括如下步骤:

(1) 点云数据预处理。① 点云去噪。在数据扫描时,原始数据不可避免地存在噪声,噪声会影响点云数据质量以及建模精度,因此在进行后续处理前必须对点云进行去噪处理。目前常用的去噪方法为人机交互的方法,可以有效过滤和去除相关的噪声;② 点云配准。由于工点地形场景等因素限制,需要从不同测站对物体进行扫描,得到不同视角扫描的多视点云。这就涉及到点云配准的问题,配准结果好坏决定后续建模精度。在实际工程勘测中,通过标靶将点云统一配准到同一工程坐标系中,实现多视点云的配准。

(2) 点云三维重建及纹理映射。点云三维重建通过建立算法对预处理点云进行网格化处理,建立点云间的拓扑关系。根据拓扑关系自动生成微小三角面片,连接所有微小三角面片逼近物体表面,生成白模;计算数码影像数据的纹理,并将纹理映射到白模上,实现地物的真三维模型重建。

3.3 基于多源数据融合的三维场景建模

倾斜摄影技术和地面激光雷达技术都是以建立三维模型为目标,倾斜摄影技术能获取场景多个角度的

影像数据,能够大范围、高精度、高清晰地感知复杂场景,快速生成真三维场景模型,模型能直观反映地物外观、高度等属性信息,倾斜摄影不足之处在于:当地面存在遮挡或场景包含大量异形结构时,所建模型无法满足精度需求。地面激光雷达不受地形等因素限制,数据获取效率高,能快速获取复杂场景的高密度点云,同时地面激光雷达易于搬站,在项目补测上具有独特的优势,能获取异形结构的高精度点云,提高建模精度。结合倾斜摄影和地面激光雷达的建模技术能完美实现互补,快速生成复杂工点高精度的真三维模型,具有显著的技术效益和社会效益,联合建模流程图如图 1 所示。

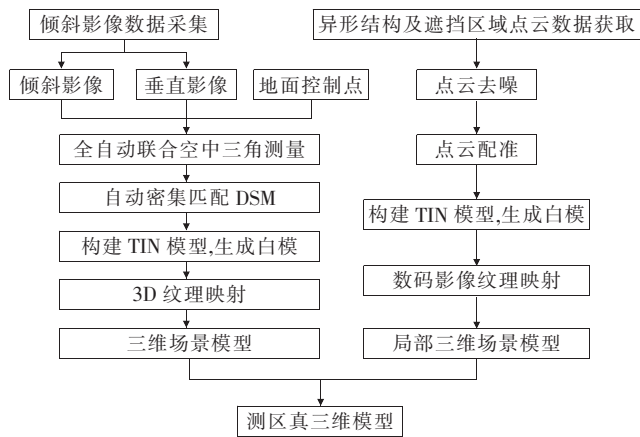


图 1 多源数据融合的三维场景建模流程

4 工程实例

4.1 工程概况

光谷广场综合体工程位于武汉东湖高新区既有光谷广场下方,集 3 条地铁线和两条市政隧道以及地下公共空间于一体,基坑开挖深、结构体系复杂、科技含量高、施工难度大、土石方开挖量相当于 20 个标准地铁站的数量,是目前亚洲较大的市政工程结合体。

为建立光谷广场综合体三维地表及其环境模型,采用先进的无人机倾斜摄影、地面激光雷达和地面近景摄影等技术,获取了光谷广场综合体的多源地理信息数据。基于多源地理信息数据,采用人工辅助建模手段,建立高精度、高逼真的场景模型。采用 3D GIS 软件对三维地表和环境模型进行拼装,形成整个光谷广场综合体三维地表和环境模型。

4.2 数据采集

考虑到光谷广场综合体含有大量异形结构,项目

采用基于多源数据的建模方法,综合倾斜摄影和地面激光雷达的优点。

(1) 采用无人四旋翼飞行器搭载相机获取了整个工程区域内的倾斜影像。通过手机端和 PC 端设计无人飞行器的航线、拍摄角度以及相应拍照参数,为整体模型建立打下基础。

(2) 对于一些光照条件较差、飞行器或测量员均不方便进入的建筑物结构、以及复杂的异形结构,采用地面三维激光扫描仪获取该部分数据,利用高精度点云数据建立模型。

(3) 对于一些有遮挡的区域,为了后期获得完整纹理影像,从而逼真地表达模型,采用数码单反相机为 Canon EOS 1DS MarkIII 获取遮挡区域的高清数码影像。

4.3 地表模型重建

考虑到工点地形条件,获取了光谷广场影像、点云、矢量等多源地理信息数据。项目结合多源数据建立工点高精度三维地表环境模型,利用矢量数据进行平面精确定位,在倾斜影像建立工点整体模型的前提下,利用点云数据对异形结构和遮挡区域进行高精度建模,建模技术路线如图 2 所示。

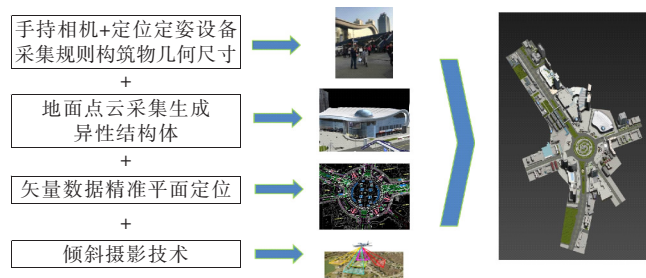


图 2 三维地表和环境模型建模技术路线

采用先进的半自动建模软件 DP-Model 软件基于倾斜影像建立整体三维地面和环境模型,对于异形建筑和倾斜摄影无法建模的建筑,用点云建模软件对激光点云数据进行高精度建模,并基于倾斜影像和数码单反相机影像进行纹理映射。将建模后的相关要素导入到 3DMAX 中进行精修,最后基于 3D GIS 软件将所有模型进行集成、检查,形成三维地表和环境模型,模型效果如图 3 所示。

4.4 面向 BIM 的地表地下模型集成

光谷广场属于一个复杂的综合体,地面是典型的复杂三维场景,拥有大量异形建筑;地下为地铁、隧道的交汇处,如何建立地上地下三维一体化模型是一个关键问题。该项目通过 Revit 设计软件建立了地下三

维 BIM 模型,并将 BIM 模型通过工程控制网统一到地理空间坐标系中,将地表高精度三维场景模型和地下 BIM 设计模型共同导入到 InfraWorks 中进行精确集成,实现地上地下一体化三维再现,一体化模型如图 4 所示。

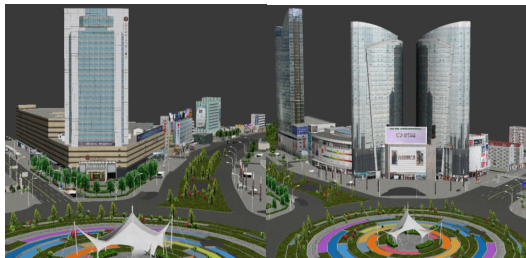


图 3 三维地表和环境模型局部效果



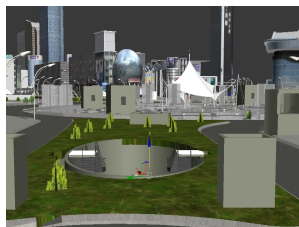
(a) 三维模型全局图



(b) 地下 BIM 设计模型透视图



(c) 集成后局部效果图



(d) 集成后模型地下效果图

图 4 光谷广场综合体地上地下三维模型

如图 4 所示,图 4(a)为集成后的综合体模型,基于多源数据生成了高精度的地表三维模型,模型地物层次分明,达到了建模预期效果;图 4(b)为地下 BIM 设计模型透视图,图中白色圆圈为地下设计模型;图 4(c)为模型集成后局部效果图,从图中可以看出,设计模型中的异形结构与地表场景融合在一起,完美实现了设计模型与地上三维场景模型的无缝对接。图 4(d)为集成后模型地下楼梯效果图,经过设计模型与场景模型的集成后,实现了地上地下一体化三维再现。

4.5 地表地下模型集成特点

(1) 利用多源数据能融合各种技术的优点,提高三维场景模型重建的精度和效率。

(2) 结合倾斜摄影与地面激光雷达技术的建模方