

# 三维激光扫描与倾斜摄影测量 技术融合的建模效果研究

鲁逸骁

(陕西地矿汉中地质大队有限公司, 陕西 汉中 723000)

**摘要** 倾斜摄影技术的应用, 主要是通过建筑物顶部与侧面结构, 完成三维纹理的建立, 但是在近地面区域内, 或者出现纹理遮挡时, 则无法保证模型效果。使用三维激光扫描技术也存在着不足之处, 比如扫描角度受到限制, 则无法保障数据的真实性, 如若在建筑顶部出现了扫描盲区, 无法保证模型信息的完整性, 影响最终的建模效果。在倾斜摄影技术的基础上, 使用三维激光扫描技术, 能够获取精度更高的实景三维模型, 能够实现数据源的补充, 弥补建模的不足与缺陷, 提高了三维模型建立的综合质量。

**关键词** 三维激光扫描; 倾斜摄影测量技术; 建模效果

**中图分类号:** P23

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2023)10-0034-03

低空无人机技术近年来得到了广泛应用, 也带动了倾斜摄影三维建模技术的快速发展, 与传统摄影测量相比, 倾斜摄影可通过多个角度获取影像信息, 还能够通过多个视角多个维度详细地观察地表地物, 真实地反映出所摄物体的具体情况, 为实景三维建模提供可靠信息支持。联合配套软件平台, 可对正射影像技术的数据信息加以弥补, 通过批量自动映射纹理, 能够调整各项数据, 有效节省了三维建模资源, 目前倾斜摄影测量技术在多个行业中已得到广泛应用。但是如果建筑底部存在遮挡严重区域, 则无法保证建模效果, 也会降低模型的精度, 难以满足用户的需求。三维激光扫描技术属于非接触式主动测量技术, 包含着不同的搭载平台与工作场景, 包括机载、地面、车载等多种模式。在激光扫描技术的支持下, 可获得高密度点云, 通过获取影像纹理, 采取后期处理技术, 可获得精度更高的三维模型, 目前在数字矿山、河道治理、水利工程、文物保护等多个领域都得到了广泛应用。

## 1 概述

### 1.1 三维激光扫描技术

三维激光扫描技术属于非接触式测量方法, 是主动式测量技术的一种, 也被称为实景复制技术, 具有高效率、高精度的特征, 在恶劣的观测条件下, 也可以完成外业扫描, 实现快速、大面积的地获取坐标数据, 通过数据处理形成三维激光点云在高密度点云的支持下, 可形成三角网, 完成数字表面模型的建立,

而在激光扫描仪上为内置或外接同轴数码相机, 通过拍摄影像, 点云附上真彩色, 最终所呈现出的数字表面模型, 能够呈现出更为真实的物体场景。三维激光扫描技术的应用操作更为简单快捷, 而且操作更为安全, 能获得精度更高的影像信息, 实现了外业数据采集效率的全面提升, 还能够减轻工作人员的劳动压力, 使得生产效率不断提高, 目前在多个领域中得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。但是三维激光扫描技术的应用也存在不足, 比如, 在扫描高层建筑物顶部时, 可能会出现扫描盲区, 相机的拍摄效果并不理想, 后期数据处理时效率较低。

### 1.2 倾斜摄影测量技术

倾斜摄影测量技术属于三维模型构建的重要手段, 主要是通过无人机, 搭载多角度的影像采集相机, 可获得更为精准的纹理数据信息与定位信息, 可保证三维建模效果。该技术成本更为低廉, 不会受到人工干预的影响, 采集效率较高, 可获得真实的视觉效果, 目前在大场景实景的三维模型建设中得到了广泛应用。但是在实际使用过程中, 可能会受到数据处理、算法、环境、天气、航高等多种因素的限制与影响, 使得三维模型重建存在空洞、拉花等缺陷, 尤其是如若存在多种纹理覆盖情况时, 或者地形起伏较大时, 可能会导致倾斜影像自动匹配难度相对较大, 如若飞行器姿态发生变化时也可能引起误差, 导致建筑物侧面或底部模型粘连, 无法保证建模效果。如若单体建筑三维模型存在缺陷的, 可通过人工修复优化模型结构, 但如果属于大场景建模的, 通过人工优化的方式, 可

能会降低生产效率,增加人力成本,而且可能无法满足项目的生产需求,致使三维建模效率降低,无法保障三维建模质量。

### 1.3 技术融合的优势

使用单一的数据源,在构建实景三维模型时,虽然不同的技术能够展现出相应的优势,但是在实际应用中,却无法项目对三维信息的基本需求。将三维激光扫描与倾斜摄影测量技术融合,能够弥补使用单一数据源存在的缺陷与不足,使得建立模型的效果得以强化,保证模型建立的可行性,提高模型的精度与质量。在倾斜摄影测量技术的应用基础上,使用激光扫描技术,既能够融合空中无人机影像获取的优势,也能够实现与三维激光点云的融合,使得最终获得的坐标信息更加全面、完善,真实地展现出地表物体情况,实现三维建模精度的不断增高。

## 2 融合建模流程设计

获取融合数据以后需要加以处理,如若为机载激光雷达的,还应当提前做好飞行数据,确定二者的坐标系保持一致,如果出现不一致的情况,需要先进行坐标转换<sup>[2]</sup>。将航迹与激光点云坐标相匹配,最终获得的数据信息可导入配套软件中,并进行配准操作,随后准备建模。

倾斜摄影测量技术的应用,需要将数码相机放置在无人机上,在获取影像数据时,可实现多个角度去拍摄地表对象,并在进行匹配时,联合地表同名点坐标加以操作,从而保证能够尽快获得地表三维数据。倾斜摄影测量主要数据的是 JPG 图片,在软件平台的支持下能够实现空三加密,联合密集匹配算法,可对影像的透明点进行自动匹配,结合特征点,构建密集云。

密集匹配环节,可获取较大数量的点云数据,而此类数据可用于与倾斜摄影与三维激光的密集点云融合,通过提高三维激光点云的精准度,实现三维激光技术对倾斜摄影数据捕捉不足的弥补,使用空中无人机倾斜摄影技术,能够弥补三维激光顶部扫描盲区的不足,弥补视角存在限制的缺陷,在两种技术方法的融合下,能够提高三维建模的精准度,还能够避免出现局部拉花效应,改善底部问题。联合使用三维激光技术,可保障三维坐标的精准度,不需再进行外业布设像控点,显著降低了劳动成本,提高了作业效率。

## 3 融合建模实施过程

### 3.1 地面激光扫描及数据处理

三维激光扫描技术可获取真实的定义坐标,主要涉及两种方法:其一,在布设部分测站时,需要联合

已知控制点,在控制点上进行对中整平,随后进行扫描;其二,在获取点云内业控制点时,可选择精细扫描已知坐标的标靶。标靶坐标的获取,也可从两个方向分别展开:其一,可在已知控制点上布设标靶架;其二,在已知控制点上架设全站仪,通过全站仪测量获得更为精准的标靶坐标。在使用三维激光扫描仪时,可以与 GNSS 设备相连接,在双频 GNSS 设备的支持下,可获得精准的测站点坐标。而在使用三维激光扫描时,如若属于无惯性导航系统,测站与测站之间需要处于同一公共面,从而实现不同测站点云在内业处理时可有效拼接<sup>[3]</sup>。以 Riegl-VZ400 为例,本设备属于常见的三维激光扫描仪,内部是有惯性导航系统,可精准地获得姿态,位置应用于外业扫描中,可实现自动拼接,如若拼接失败,可选择手动配准拼接,拼接完成以后,可进行滤波、抽稀处理点云,使得点云的处理效果得以保障。扫描仪的应用,需要先保障各测站能够精准扫描各地物点信息,从而使得测站数量减少,还能够提高外业扫描效率。扫描时还可结合实际项目需求,科学设置数据采样频率与点云密度,实现一键扫描。

### 3.2 无人机倾斜摄影实景三维建模

地面激光扫描能够实现高精度重建测区底部数字表面模型(DSM),但是对于测区高处,比如建筑顶部常出现扫描盲区的情况,所以地面激光扫描数据可能会出现纹理失真的情况,使用无人机倾斜摄影,能够在空中通过多个角度进行俯拍,所获取的影像纹理真实性更高、分辨率更高,对地面激光扫描技术的不足起到了有效的补充作用。为了实现两种技术的全面融合,在使用无人机倾斜摄影技术时,需要保障各个阶段能够严格按照预设参数与标准实施,主要涉及航线设计、像控布设、多视影像空三加密、密集匹配等方面。

航线设计方面,需要根据建筑主体的朝向以及日常方向,科学布置航线,航线主要以井字型航线为主,并使其与测距横纵线方向一致,在布设航线时,还需要综合考虑地形环境等因素,防止地形高度影响航线的方向,保障飞行安全。为了保证建模效果及其精准度,在确定各视角时,其地面分辨率应当超过 2cm,在辐射航线时航向重叠度应大于 80%,旁向重叠度应大于 70%。为了保障摄影纹理清晰,拍摄完整,航线航向覆盖应超出测区边界 8~10 条航线,而在旁向覆盖应超出测区边界 3~5 条航线,航线至少应高出测区制高点 50m<sup>[4]</sup>。

在布设像控点时,布设位置包括测距范围内的边角点,其余只需要根据具体的控制点要求,保障其均匀分布,点与点之间的距离应当在 250~300m 之间。结合现场的地形条件科学布点,在布设各个控制点时,

应当优先选择地物处明显区域、交角良好的地物交点处。而在地表位置布设相控点时,如若存在特殊的情况,可先将其选择放置在构筑物的拐角位置处。

密集匹配方面,需要空三加密倾斜摄影数据以及外业相控测量数据,并准备进行密集匹配和空三加密环节,然后对摄影影像进行加载,结合具体的布控要求,适当地增加控制点,根据光束法区域网最终的整体平差,可选取相片中的光线,作为平差单元,而在确定基础方程时,可将中心投影共线方程作为主要选择,在实际操作过程中,可获得公共光线的最佳交汇点并将其应用到控制点坐标系中,可获得整体区域最佳点,从而精准地恢复地物间位置关系,使用高精度影像匹配算法,通过自动匹配影像数据中的同名点,可获得更丰富的特征点,为构建密集点云提供支持,使得各地物的细节能够精确地表达出来。

### 3.3 三维激光扫描仪点云数据处理

在航空影像中,在密集匹配环节,可获得丰富密集点云,此类点云可融合激光点云数据,但在数据融合前,需要注意不同的点云数据格式需要保持一致性,一般会转换为点云通用格式\*.las。三维激光点云较倾斜摄影技术相比,精度更高,所以在配准融合两种点云数据时,需要以三维激光点云作为基准,采用迭代最邻近点配准法(人工配准与ICP算法结合)的方式,将三维激光与倾斜摄影密集点云加以配准融合,使最终所获得的点云模型精度更高<sup>[5]</sup>。

### 3.4 模型建立及结果分析

融合点云模型来源于数据融合的基础,通过空中三角测量建立影像间的三角关系,可形成不规则三角网,再由不规则三角网构成白模,在软件计算下,可联合倾斜影像中的数据信息,通过计算与分析,最终得出纹理,并将纹理自动映射到对应白模上,形成更为真实的三维场景。在完成纹理映射与白模建立以后,需要对三维模型效果加以评价,对比单一使用倾斜摄影测量技术,可以发现与激光点云融合之后,所建立的三维模型墙面的平整度更好,还可改善底部效应,减弱拉花现象,最终模型效果明显得到了优化。

## 4 关键技术环节

第一,在融合倾斜摄影点云与地面三维激光扫描点云过程中,为了保证两种点云的匹配尺度相一致,获取更为良好的融合效果,需要确保倾斜摄影影像的分辨率与激光点云密度相同。

第二,倾斜影像的点云需要按照项目的质量要求,

对其密度与精度进行提取,必要的情况下,可根据激光点云所获取的定位信息加以处理。但如果两种点云最终的精度存在显著差异,可能无法实现点云的有效融合,此时模型纹理可能会出现拉花与重影。

第三,注意地面激光扫描仪的摆放,需要在既定的需求与标准下合理摆放,同时要科学设置水平角与竖直角范围,不可发生地物遮挡等问题,保障扫描的全面性<sup>[6]</sup>。另外,要确保扫描参数设计的合理性,如扫描密度、相机参数与发射频率等。

第四,在对各点云数据进行单站点定位时,需要先对数据信息进行北方向定位,随后再进行扫描,否则该站数据可能无法保证定位的准确度,使得多站点校正过程中,激光点云数据无法实现准确定向。

## 5 结语

综上所述,在三维建模中,将三维激光扫描仪与倾斜摄影测量技术相融合,可有效改善三维模型建模的综合效果,提高建模的精准度,而且还能够避免在使用倾斜摄影测量技术时,进行外业像控点布设,显著减少了外业工作人员的工作量,提高了建模效率。但是两项技术的融合,需要注意比如针对个别位置纹理失真的情况。而且地面激光扫描仪需要搬站,与车载激光扫描仪相比,工作量相对较大,未来可深入探究如何实现倾斜摄影测量技术与车载移动测量技术的融合,以提高工作效率。

## 参考文献:

- [1] 郑金玮,孔琪,董聪.三维激光扫描与倾斜摄影测量技术融合的建模效果研究[J].黑龙江科学,2023,14(12):141-143,146.
- [2] 孙佳明,李慧.基于倾斜摄影测量与激光扫描技术的融合建模研究[J].水利技术监督,2023(02):280-284.
- [3] 孟凡超,董帅.倾斜摄影测量与地面激光扫描技术的三维建模研究与应用[J].黑龙江科学,2022,13(24):94-97.
- [4] 裴建隆.基于三维激光扫描与无人机倾斜摄影技术对异形建筑三维建模的融合应用[J].江西科学,2021,39(06):1060-1064.
- [5] 曹正响.基于倾斜摄影与地面激光扫描技术的三维建模融合应用研究[J].现代矿业,2021,37(10):230-232,235.
- [6] 李晓斌,林志军,杨玺,等.基于激光扫描和倾斜摄影技术的三维实景融合建模研究[J].激光杂志,2021,42(08):166-170.