引文格式：方喜波, 魏硕, 余祥正, 等. 面向日照测量的三维激光扫描采集研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 62-65. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.04.015

面向日照测量的三维激光扫描采集研究

方喜波[1]，魏　硕[1]，余祥正[1]，何　航[1]
（1. 星际空间（天津）科技发展有限公司，天津 300384）

摘　要：以天津市某规划小区的日照测量工作为例，研究三维激光扫描技术在日照测量数据采集中的工作流程，利用三维激光扫描采集点云对现状建筑进行关键点特征点提取，并根据特征点实现现状建筑快速建模，可精确计算出现状建筑日照时间，辅助规划审批，实践证明技术方案的成果经验满足日照测量精度要求。采用三维激光扫描技术进行的日照测量可突破传统的日照测量的作业模式，解决传统作业模式外业测量工作量大、效率低，内业建模效果不智能的问题，为日照测量与分析提供新的技术方案。

关键词：日照测量；三维激光扫描；建模分析
中图分类号：P231　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0062-04

Research on 3D Laser Scanning Acquisition for Sunlight Measurement

FANG Xibo[1], WEI Shuo[1], YU Xiangzheng[1], HE Hang[1]
(1. StarGIS (Tianjin) Technology Development Co., Ltd., Tianjin 300384, China)

Abstract: Taking the sunlight measurement in a planned community in Tianjin for example, we studied the workflow of 3D laser scanning technology in sunlight measurement data collection, used 3D laser scanning to collect point clouds to extract the feature points of current buildings, and according to the feature points realized the rapid modeling of current buildings, which could accurately calculate the sunlight time of existing buildings, and assist in planning approval. The results of this technical solution have been verified to meet the requirements of sunlight measurement accuracy. The method can break through the traditional operation mode of sunlight measurement, solve the problems of large field measurement workload, low efficiency and unintelligent effect of interior work modeling in the traditional operation mode, and provide new solutions for sunlight measurement.

Key words: sunlight measurement, 3D laser scanning, modeling analysis

目前，日照测量主要采用全站仪采集建筑物平面与高度信息，利用水准仪采集建筑物的高程信息，再结合卷尺及测距仪量取细部尺寸，人工绘制草图及内业工作借助数字成图软件成图，绘制出建筑平立面信息，再提供给日照分析计算软件进行日照时间计算[1-6]。

日照测量中的建筑立面测量也可采用多基线近景摄影测量的方法，它包括摄影、影响处理和制图3个步骤，以光学像片和纸质两种形式共同记录文件信息，均可以较为精确地显示建筑表面的纹理，成果能满足建筑立面测量精度，但数据无法进行地形图测量，测量和图像处理过程繁琐复杂，且获取的数据无法用于模型重建[7-8]。

1　三维激光扫描日照测量中的应用流程

三维激光扫描测量技术的出现和发展，克服了传统建筑立面测量的局限性，它不再是利用皮尺、测距仪等简单工具进行建筑物长宽高测量的模式，而是对建筑物无接触、快速、高精度扫描，同时将获取的点云信息快速转换成计算机可以处理的数据高效测量方式，解决了建筑物立面数据人工采集时所带来的精度损失、效率损失等问题[9]。同时，相比传统的日照分析测量采用全站仪、水准仪的方法，三维激光扫描技术有着快速、高效、自动化、信息丰富、非接触的特点[2]。三维激光扫描技术可获取的点云数据具有高密度、高精度等特点，已在文物及文化保护[10-11]、城乡规划[12]、变形测量[13]、人防工事[14]、数字城市[15]等领域有了广泛的应用。三维激光扫描技术进行日照测量的作业流程主要涉及外业采集、数据处理、质量检查、建模计算、成果输出等部分。

收稿日期：2021-10-26；修回日期：2023-03-03。
项目来源：2018年天津市重点研发计划科技支撑重点项目（18YFYSZC00120）。
第一作者简介：方喜波（1987—），高级工程师，注册测绘师，主要从事工程测量、测绘地理信息在城市规划中应用，E-mail：fangxibo001@163.com。

三维激光扫描技术进行日照测量的作业流程主要涉及外业采集、数据处理、质量检查、建模计算、成果输出等部分。如图1所示。

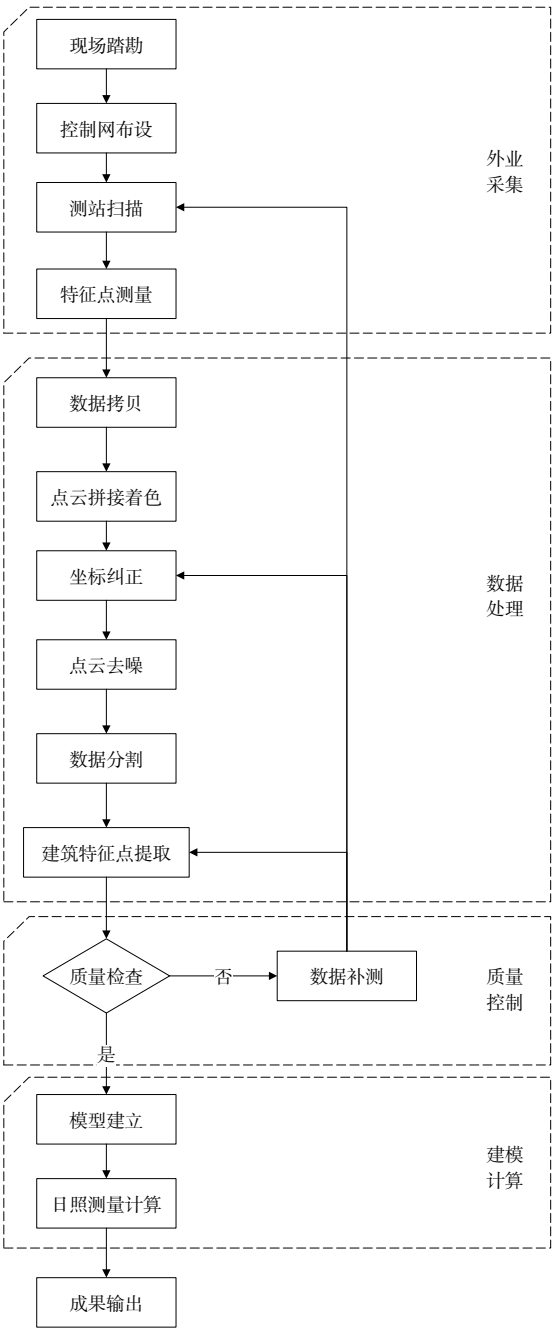


图1　面向日照测量的三维激光扫描技术路线

外业采集主要涉及现场踏勘、控制网布设、测站扫描以及特征点测量几部分；数据处理主要涉及数据拷贝、点云拼接着色、坐标纠正、点云去噪、数据分割和建筑特征点提取等环节；质检控制主要是对点云数据精度进行检查，确保点云精度满足要求；建模计算主要涉及模型建立、日照测量计算等步骤；成果输出主要是对日照测量的结果输出规定格式的图表和报告。

2　日照测量项目实验

以天津市某拟建小区为例，介绍利用三维激光扫描技术对现状建筑进行日照测量的过程和方法。该拟建小区主要为9栋18层高层住宅和8栋多层建筑，拟建小区提供规划设计总图与高度信息，需对拟建小区外3栋现状住宅建立三维模型，分析拟建小区对该3栋现状住宅的日照采光影响情况。

2.1　外业采集

2.1.1　现场踏勘与控制网布设

根据现场情况选取扫描测站点，并为了将点云统一到当地的平面和高程系统内，需要根据现场建筑的情况，设置平面和高程控制点及测量测区内的特征点。控制网可以快速地测出靶标点位或特征点平面与高程信息，也可为质量检查提供控制依据。

2.1.2　测站扫描

根据踏勘情况对现状建筑进行测站扫描，扫描的同时利用仪器自带的相机拍摄建筑的全景照片。扫描现场情况如图2所示。



图2　现场及测站扫描情况

2.1.3　特征点测量

为了将扫描点云纠正到当地的平面和高程系统内，需要在测区内选取适量的特征点进行测量，获取其平面及高程数据。特征点一方面是点云拼接的关键点，另一方面也是控制点云精度的关键，因此特征点选取位置就至关重要。特征点的选取原则如下：特征点的平面位置须尽量覆盖项目的周边，避免处于同一直线上；特征点的高程位置不能处于同一平面内，便于控制扫描项目的高程精度。

特征点的设置与测量方法有2种：①利用靶标扫描时同步测设特站点。在测站扫描时摆设靶标，靶标一般选取在距测站2~3 m的空旷位置，确保测站能够识别靶标点，利用全站仪或GPS测量靶标中心点的三维坐标。②扫描拼接完成后，在点云中选取明显固定标志点，利用全站仪测量选定的特征点的三维坐标进行测量。特征点选取在地面、建筑等明显固定的位置。选择地面时可选在井盖中心、斑马线交点、喷涂标志等点云可识别的独立拐点位置，选择在建筑上时可选在平屋顶建筑屋顶角点、窗台角

点、屋檐下沿等方形物体的角点位置。本次实验采用方法2进行特征点测量，特征点选择位置如图3所示。

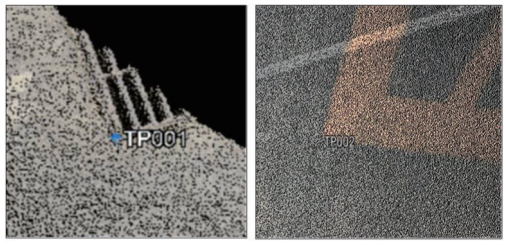


图3　特征点选取位置

2.2　数据处理

2.2.1　点云处理

对扫描获取的点云的按照数据拷贝、点云的拼接着色、根据采集的特征点进行坐标纠正、点云去噪和数据分割的步骤进行处理，最终获取与规划设计方案坐标系一致的单体建筑物点云数据。

2.2.2　建筑特征点提取

按照建筑轮廓几何形状顺序提取单体建筑的特征点的坐标（x，y，z）。在建筑物轮廓特征点选取时，其中特征点必须至少包含该建筑体块的一个最低点和一个最高点，特征点选择好后，将特征点批量导出。特征点包括建筑主体轮廓，建筑线角轮廓、屋顶轮廓、窗户位置、阳台位置。建筑特征点的选取位置如图4所示。

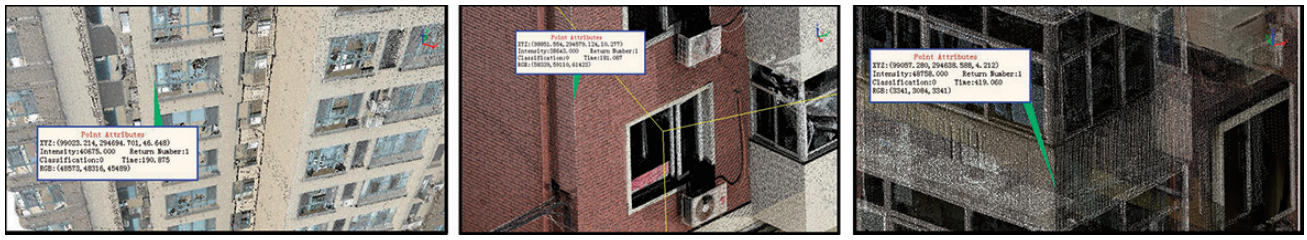


图4　建筑物特征点选取位置

2.3　质量控制

利用全站仪及测距仪至实地检测建筑特征点的建筑平面和高程及建筑边长信息，对照扫描点云相应信息，评价点云的精度。若检测点云精度符合要求，进行后续建筑模型建立；若检测点云不符合精度要求，查找出精度超限部分或点云数据获取不完整的部分，至现场数据补测。其中《城市测量规范》中日照测量平面精度小于5 cm，高程精度小于4 cm。

2.4　建模分析

2.4.1　模型建立

对于现状建筑，运用自动建模软件读取每个建筑物的特征点文件，实现建筑物的自动建模，对于建筑屋顶可适当简化建模，建筑物的窗户可根据提取的特征点文件手动建模插窗。将生成模型在Tsun软件中进行数据模型转换设定。对于规划拟建建筑，在Tsun软件中按照规划建筑的各层平面图纸提取规划建筑的各层平面轮廓、需分析的居室窗户位置，根据设计图纸的高度、室外高差等数据建立规划建筑的模型。建模后建筑模型如图5所示。

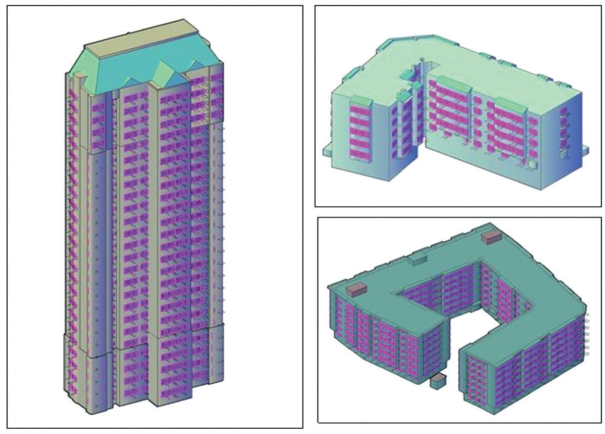


图5　建模完成的建筑模型

2.4.2　日照分析计算

规划建筑模型处理：根据规划设计图纸的分户情况，对规划建筑模型进行命名、分户、分组等处理，形成待分析的规划建筑模型。现状建筑模型处理：根据日照测量项目的实际情况，现状建筑分为客体建筑与主体建筑。对客体建筑需根据建筑实际的分户情况对外业采集生成的模型进行命名、分户、分组等处理，对主体建筑仅进行命名、分组等处理。客体建筑分户时需删除卫生间、厨房、储藏间、楼梯间等不需进行分析的窗户模型，每户仅保留客厅、卧室等需分析居室的窗。

模型拼接计算：根据规划建筑的设计位置及现状主、客体建筑采集的现状平面位置及高程信息，对处理后的规划建筑模型及现状主、客体建筑模型进行拼接，使规划建筑与现状建筑处于实际的位置，再将拼接后的模型整理移动到坐标原点位置。按照国家及天津市日照分析的相关规定在T-sun软件中设置分析计算参数，计算现状客体建筑每个窗户建设前、后的日

照时间，统计出规划建筑在建设前和建设后对现状建筑窗户及户数的影响情况，根据居住建筑的相关标准判断规划建筑是否对现状客建筑的日照影响情况。

天津市建设项目规划审批对日照测量结果的判定为：规划建筑建成后对现状客体建筑每户的采光标准不降低。即规划建筑建成后，现状客体建筑的每户的日照时间不小于大寒日2 h（住宅类）、冬至日3 h（幼儿园）、冬至日2 h（老年人居住建筑）。

2.5　成果输出

日照测量成果宜包括日照分析图、日照分析报告和城市规划主管部门要求的其他相关资料[3]。通过日照软件计算分析出每个楼的建筑时间，自动导出每个建筑每个窗户在规划建筑建设前后日照时间的对比，将窗分析计算结果导入至日照分析报告书中。根据天津市当地的日照分析要求，制作相应的日照分析图。

3　作业效率对比

目前日照测量最常用的方式全站仪测量，在此实验中将三维激光扫描技术与全站仪测量技术相比，作业效率提升约4倍。两种作业效率对比情况如表2所示。

表2　两种测量方式作业效率情况（按照3栋建筑计算）

效率统计	全站仪测量/min	三维激光扫描仪扫描/min
外业采集	2 180	222
建模时间	378	380

4　精度评价

三维激光扫描仪和全站仪的单点定位精度都可以达到毫米级，三维激光扫描仪受限于扫描分辨率，测量精度会比全站仪略低，现场采用全站仪测量点云选取若干建筑拐点、窗、阳台、线脚点将三维激光扫描仪的测量结果同全站仪抽样点对比，其中平面精度中误差为2.6 cm，高程精度中误差为2.5 cm，满足《城市测量规范》中日照测量平面精度小于5 cm，高程精度小于4 cm，的要求。

5　结　语

相比传统的日照测量采用全站仪、水准仪采集建筑物平面和高程信息的方法，采用三维激光扫描技术的日照测量数据采集，有着快速高效、非接触、自动化等特点，不仅可以满足日照测量精度要求，也可提高外业测量的工作效率，大大降低外业测量的工作量，在内业建模方面也可通过点云提取特征点的方法快速建模，省略生成建筑平立面的过程，和根据建筑平立面建立建筑模型的繁琐过程，提高了建筑物日照分析模型建立效率和准确度。在内、外业作业效率上均有较大提升，取得很好的成效。

由于三维激光扫描技术在点云拼接时需要站与站间大量的同名重合点，所以该技术较适合大面积的测量，对于零散的分散房屋测量需要连接的无用测站较多，会产生较多冗余数据，也会降级作业效率。同时在今后的工作中需进一步探究基于Tsun软件的建筑物日照分析模型建立的自动化程度，进一步提升数据处理与建模效率。

参考文献

[1] 吴颖. 数码城市GIS中的日照分析研究[J]. 测绘通报,2007(12):62-65

[2] 李强. 基于Leica三维激光扫描仪的建筑物日照分析测量[J]. 城市勘测,2019(2):66-69

[3] 城市测量规范: CJJ/T8-2011 [S].

[4] 建筑日照计算参数标准:GB/T 50947-2014 [S].

[5] 王雷,司海燕,刘妍. 全站仪在日照测量中的应用[J]. 测绘工程,2013(8):68-71

[6] 张立,宋莉. 三维激光扫描技术在建筑立面测绘中的应用[J]. 测绘通报,2019(9):152-154

[7] 王进选,王斌. 多基线数字近景摄影测量在建筑立面提取中的应用[J]. 测绘通报,2012(6):47-50

[8] 袁楠,高伟,侯聪毅. 三维激光扫描技术在文物保护中的应用研究与进展[J]. 天津城建大学学报,2019,25(1):65-70

[9] 彭劲松,叶波,李娟,等. 三维激光技术在建筑物外立面测量中的应用[J]. 测绘通报,2018(7):156-159

[10] 吴育华,张玉敏. 文化遗产三维数字化保护应用规范化研究[J]. 遗产与保护研究,2016(2):1-5

[11] 桂仁,王永明,檀丁. 基于三维激光扫描技术的建筑物立面测量方法[J]. 北京测绘,2017(增刊):110-113

[12] 黄承亮. 三维激光扫描技术在城市规划管理中的应用[J]. 测绘通报,2018(增刊):84-88

[13] 林鸿,欧海平,王峰. 地面激光扫描技术在建筑变形测量中的应用探讨[J]. 测绘通报,2016(6):73-76

[14] 王敏,杜伟吉,段伟. 基于三维激光扫描技术的人防工事模型重构与应用分析[J]. 测绘通报,2019(5):148-151

[15] 王文宇,田慧云. 数字城市三维重建技术[J]. 北京建筑工程学院学报,2009,6(2):35-38