

杨昊,周锦为,宿文姬,等. 基于三维激光扫描的BIM技术在城市老旧建筑改造的应用[J]. 华南地震, 2023, 43(3): 183–188. [YANG Hao, ZHOU Jinwei, SU Wenji, et al. The Application of BIM Technology Based on 3D Laser Scanning in the Reconstruction of Urban Old Buildings [J]. South China journal of seismology, 2023, 43(3): 183–188]

## 基于三维激光扫描的BIM技术在城市老旧建筑改造的应用

杨 昊, 周锦为, 宿文姬, 沈选文

(华南理工大学土木与交通学院, 广州 510640)

**摘要:** 近年来, 三维激光扫描被广泛应用于复杂老旧建筑物的数据采集, 应用BIM技术实现建筑信息模型的创建是建筑信息管理的热潮。基于三维激光扫描技术和BIM技术, 以深圳市光明区某复杂老建筑的自来水管网扫描工作为例, 运用三维激光扫描仪对复杂老建筑外围进行实景测量, 提取原始数据导入 Cyclone Register 360 软件进行点云数据处理, 并探索了通过 Autodesk Recap 将扫描的点云数据逆向建模, 创建复杂老建筑的 BIM 模型。

**关键词:** 老旧建筑; 三维激光扫描; 点云数据; BIM 模型

中图分类号: TU746.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2023)03-0183-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2023.03.21

## The Application of BIM Technology Based on 3D Laser Scanning in the Reconstruction of Urban Old Buildings

YANG Hao, ZHOU Jinwei, SU Wenji, SHEN Xuanwen

(Department of Civil Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In recent years, 3D laser scanning has been widely used in data collection of complex old buildings. The application of BIM technology to realize the creation of building information model is an upsurge of building information management. Based on 3D laser scanning technology and BIM technology, taking the scanning work of the tap water pipe network of a complex old building in Guangming District, Shenzhen as an example, the paper uses the 3D laser scanner to measure the exterior of the complex old building, extracts the original data and imports them into Cyclone Register 360 for point cloud data processing, and explores the reverse modeling of scanned point cloud data through Autodesk Recap to create a BIM model of complex old buildings

**Keywords:** Old Building; 3D laser scanning; Point cloud data; BIM model

收稿日期: 2023-06-10

基金项目: 广东省大学生创新创业训练计划项目(S202110561256)

作者简介: 杨昊(2001-), 男, 本科, 主要从事土木工程方向的研究。

E-mail: attyangh@163.com

通信作者: 宿文姬(1969-), 女, 博士, 副教授, 主要从事地质灾害防灾减灾研究。

E-mail: wjsu@scut.edu.cn

## 0 引言

我国众多大城市拥有数量较多的复杂老旧建筑,对这些建筑进行更新改造、维护管理等工作是城市化程度进一步加深的重点,有利于保护人民的安全、提高其生活质量,能够促进城市建设和规划的工作。这些工作离不开对建筑的数据扫描,对复杂老建筑进行扫描获取数据的工作时,建筑物的规模、不规则形状和结构以及表面复杂的附属物分布等都大大增加了工作的难度,采用传统的测绘手段已经难以清晰表达复杂老建筑各构筑物的空间位置信息<sup>[1]</sup>,且花费的人力物力较大,而三维激光扫描技术具有快速、自动化和高精度等特性<sup>[2]</sup>,现已广泛应用于建筑数据的测取。现在建筑的信息化管理是建筑管理的发展方向,也是建筑智能化的重点。对于复杂老建筑,创建其信息模型是对信息化管理的实践,对后续的改造、维护工作有积极的意义。本文结合具体工程,研究三维激光扫描在复杂老建筑的应用以及基于三维激光扫描的数据逆向创建BIM模型。

## 1 三维激光扫描技术

传统工程测量中常采用的全站仪、水准仪、GPS等方法测量点少,测量花费时间长,站点布设受地形等因素影响较大,难以判定无测量点区域变形的情况,同时还存在观测距离较短、精度有限等问题,难以提供复杂建筑建模需要的数据量。近些年,三维激光扫描技术应用,很好地解决了上面的问题。在激光扫描设备中的P50全站扫描仪是更精准、更高效的智能型三维激光扫描仪,更适合用于扫描、监测等工作。下面将详细分析评价P50在实际测量扫描工作中的功能和优势。

### 1.1 三维激光扫描原理

三维激光扫描系统主要由三维激光扫描仪、计算机、电源供应系统、支架以及系统配套软件构成。三维激光扫描测量是基于三角测量原理进行的,根据激光扫描的传感驱动进行三维方向的自动步进测量<sup>[3]</sup>,能够直接获取被扫描物体表面的反射强度、位置、颜色等信息,之后能够实现对扫描的点云数据的自动储存和计算。三维激光扫描常常用于高精度的复杂测量扫描任务,因此对

其精度要求较高。根据误差来源,可将其分为三类:外界环境条件引起的误差、目标物体反射面引起的误差和仪器误差<sup>[4]</sup>。

(1)外界环境条件引起的误差包括环境温度、环境湿度、大气折射、大气漩涡、大气灰尘、障碍物、目标的背景等。这些误差可以通过调整仪器使用条件和控制仪器使用时间来减少。

(2)目标物体反射面引起的误差主要包括目标大小、表面形状、材质、反射面曲率等。目前在实际工作中只能通过了解其影响规律尽量避免<sup>[5]</sup>。

(3)仪器本身的误差:距离误差、角度误差、数据同步、轴系稳定性、校准、仪器供电漂移误差、时钟误差等。

### 1.2 三维激光扫描的优势

目前,三维激光扫描仪器一般只是内置了激光扫描仪功能,无法准确获得站点的坐标信息<sup>[6]</sup>,作业时对各测站点数据的拼接、配准、坐标纠正会影响到点云数据的精度,市面上普通的三维激光扫描设备无法满足一些严格限制精度项目的需求。而P50全站扫描仪技术克服了上述缺点,更加精确,其优点为:①工作效率高,扫描快速;②测量条件需求底,可以远距离扫描;③测量程序简便,能实现全景扫描,盲区很少,一般情况下能直接借助其他软件自动拼接扫描的点云数据;④防护需求低,能在较大的环境温度区间下正常作业,防止灰尘、水等的影响;⑤激光的穿透性高,建筑物表面不同层次的信息都可以经过扫描得出;⑥智能主动,主动式扫描,探测由激光脉冲回射信号,进而描述目标建筑的信息,不受时间和空间的约束。机器发射准平行光,减少了光学变形误差,可以更加完整地描述建筑的具体信息,更加实效、准确;⑦测量密度高、精度高,传感工艺精密,对建筑物实体的立体和表面结构的三维空间数据自动立体采集。减少了因为人工计算绘图总结导致的误差。利用庞大的点阵和格网来描述实体信息,获取的点云分布较均匀;⑧自动聚焦,减少人为干预,方便操作,减少人的作用,从而提高精度,获得的数据组成的模型更加接近实体建筑物。

### 1.3 三维激光扫描工作流程

三维激光扫描工作流程见图1。

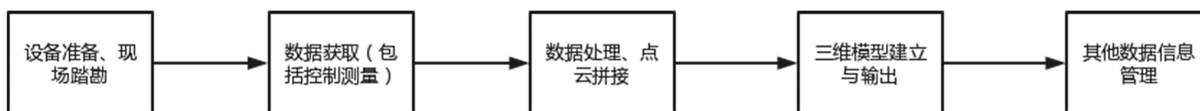


图1 三维激光扫描工作流程

Fig.1 Three-dimensional laser scanning workflow

## 2 基于三维激光扫描的BIM技术

BIM技术是指建筑信息模型,是一种在计算机辅助设计等技术基础上发展起来的多维建筑信息集成管理技术,可以使建设项目的所有参与方从项目概念的产生到投入使用、再到完全拆除的全生命周期都能在软件平台操作模型的信息,有利于提高工作效率、降低成本、以实现可持续发展。

基于三维激光扫描的BIM技术是将三位激光扫描仪测得的点云数据导入与BIM软件互通的点云数据处理软件进行储存和处理,并将点云数据拼接所得模型导入BIM软件,实现对工程信息模型的建立。它利用了三维激光扫描技术的高效率及高精度,为创建准确的参数化模型提供了一个全新的思路和方法<sup>[7]</sup>,快速在BIM软件创建建筑信息化模型,供参与项目各方可在Revit等流通性较高的软件平台上共同管理建筑信息,有利于推广及深入BIM的应用,加速建筑信息化的发展,推动全生命周期数据集成平台的建立,是行业智能化的一大推动力量。在此技术背景下,基于深圳光明区某复杂老建筑的自来水管网更新工作,利用三维激光扫描技术在现场进行数据采集,通过BIM技术创建信息模型,探索基于三维激光扫描的BIM技术应用,为建筑后续的养护提供信息操作的平台。

## 3 三维激光扫描的实际工程应用

针对深圳市光明区某建筑改造项目,利用P50三维激光扫描仪对某高层复杂建筑外围进行扫描,项目要求获取建筑表面的管线分布。该建筑管线布置较隐蔽,且形状不规则,人流量较多,测量精度和速度要求较高,三维激光扫描技术在这种条件下很适用。利用P50获取建筑点云数据、进行数据处理、完成点云拼接,进而得到点云模型。

### 3.1 点云数据获取

P50在360°视角场、270 m扫描距离和6 mm定位精度下,单测站进行拍照和扫描仅需要5分钟左

右,其测量精度和测量效率在此环境下都能满足要求。普通情况下,P50两个测站之间的距离可以达到50米甚至更多,但该建筑周围环境复杂,遮挡较多,因此我们在测量时两个测站间的距离适当减小,几乎都不超过30 m,个别特殊位置如楼梯处加设测站。为了后续实施其他工作的需要,我们在该建筑的四个角点都设置了测站和标靶,一方面这四个点视野开阔,另一方面以这四个点为控制点以便之后利用RTK等获取绝对坐标,这样的布置同时也方便了下面的拼接工作。其次,我们在这四个测站之间路径上的出入口、楼梯间、遮挡较多部位处设置了其他测站,最终在该建筑外围布置了9个测站。这样的布置不仅使得工作量适宜,而且保证了任何两个测站扫描得到的点云之间都有超过20%的重叠率,这大大降低了后续点云拼接工作的难度。

测量时,在角点处的测站(如下图2所示)需要先获取标靶,其他所有测站处只需要将参数设置为全景扫描加拍照,调整测程和精度(结构复杂程度增加的位置可以选择高一级的精度)。扫描完成后,可以在仪器上预览扫描效果,对某些部位点量不满意时,可单独框选该部位进行局部再扫描。

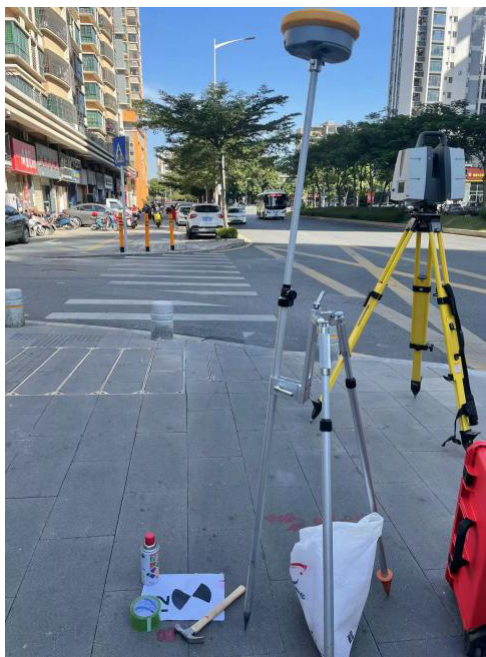


图2 点云数据获取

Fig.2 Acquisition of point cloud data

扫描过程中，在移动设备上运用Cyclone Field 360软件对各个点云进行初拼接，这可以极大减少后续拼接点云的工作量。扫描完成后，将数据传输到电脑上，借助Cyclone、Cyclone Register 360等软件进行数据处理。

3.2 点云数据处理

3.2.1 数据预处理

扫描获得的初始点云数据会存在噪声点和冗余点(地面堆载、待测建筑区域外的点)，这些点的存在不仅会增加数据量，而且会降低拼接速度、影响建模精度。一般情况下可以直接对每个测站的点云进行删除多余点操作，这样还能使拼接时两个测站的点云之间的重叠度增加，提高拼接效率；此外，采用滤波或人机交互的方式进行降噪处理<sup>[8]</sup>，进一步去除错误点和含有粗差的点。

3.2.2 点云拼接

将点云数据导入Cyclone Register 360 软件，采用基于特征点拼接的拼接模式。先手动将两相邻测站的点云进行旋转并将公共区域重叠，由于该建筑较高，还需要切换到正面视图将待连接的点云的高程进行调整，一般情况只需要在该视图下将某一根或两根特征线进行同高度拼接就能保证建筑拼接正确。手动调整过后，待连接点云之间在不同方向上都有了较大程度的重叠，这时，使用“自动点云配准”功能，软件会进行进一步配准，自动对齐测站位置。当所有点云都拼接完成后，使用优化功能，再对拼接结果图、误差等进行检查，当对拼接结果满意时，就可以输出拼接报告了。最终该点群的总体误差为8 mm，重叠度26%。下图3为宏汇阁照片，图4是Cyclone Register 360 中得到的点云模型。

3.2.3 点云数据管理

在Cyclone Register 360中能对点云数据进行管理，可以进行显示或关闭包括点云、设站、连接、站点地图和设置标签等操作，来对项目显示进行最后的调整。此外，P50获取的点云数据为.Bin 格式，为了得到其他建模软件更通用的格式，Cyclone Register 360能够将数据格式转换为.E57，.ptg，.ptx等格式。

4 BIM模型的创建

通常情况下，通过三维激光扫描技术测取的数据可在Cyclone软件中进行预处理、点云拼接等



图3 宏汇阁建筑外貌

Fig.3 The architectural appearance of Honghui Building



图4 宏汇阁点云模型

Fig.4 Point cloud model of Honghui Building

工作，但由于Cyclone软件的普遍性不及Autodesk Revit等BIM软件，不便于项目参与各方直接操作模型信息，因此本次研究选用Autodesk Recap软件创建BIM模型，其能够将扫描文件数据转换成点云格式文件，并对其进行存储、清理、分类、注册(拼接)、测量和形象化等操作。

本次测取的项目为复杂建筑，养护和管理难度较大，建筑信息的测取和存储难度大。本次对其的信息数据采集、信息模型创立对未来的维护工作有积极的意义，可为管线更新、建筑测绘等工作提供信息参考。此次探索复杂老建筑BIM模型创建的思路为：基于通过三维激光扫描技术测取此建筑自来水管网的数据，在Cyclone Register 360进行点云数据的预处理，导入Autodesk Recap进行存储和拼接创建模型，后续可进行对建筑信息模型的其它操作。

4.1 点云数据导入与注册

在Cyclone Register 360中预处理过后的点云数

据导出为 .ptx 格式，导入 Autodesk Recap 中，数据将按测站以及其测站的顺序呈现，成功导入数据后对其进行注册，即通过确定扫描或图像之间的公用区来连接项目数据，可选择自动注册或手动注册。本次项目采取手动注册，按照测站的分布进行数据的合并扫描，进而进行连接。同时针对一些数据密度较低的位置，或3D预览效果较差的位置进行目标识别，如窗户、水管等较细致的对象，提高数据注册的重叠度和平衡度，使模型更接近实际状况。

4.2 模型创建成果

完成数据注册后，Autodesk Recap 自动为扫描编制索引，编制完成后即可启动项目，启动项目即可见由所扫描数据创建的建筑信息模型。在 Autodesk Recap 中可对模型进行项目浏览或共享，可设置模型的显示，可对所需要的两点测取距离，还可以将 Navisworks 项目附着到该模型中，建筑信息化模型后续的精细化、模型数据的补充十分方便，有利于建筑的管理以及未来的维护工作进行。

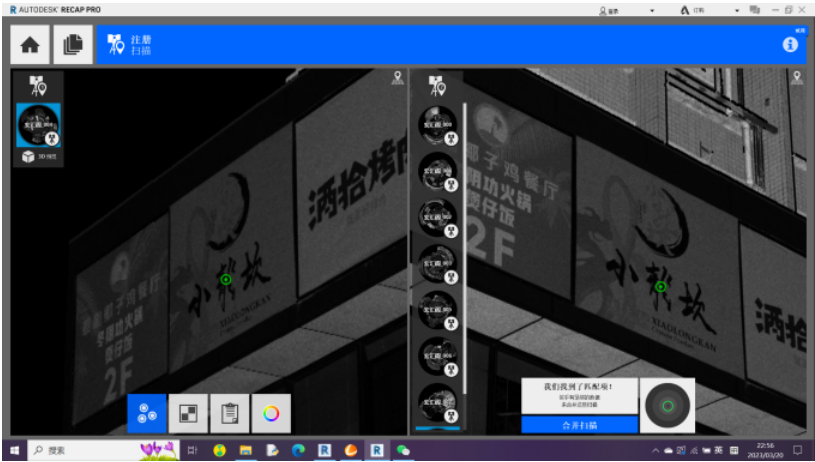


图5 点云数据导入  
Fig.5 Import of point cloud data

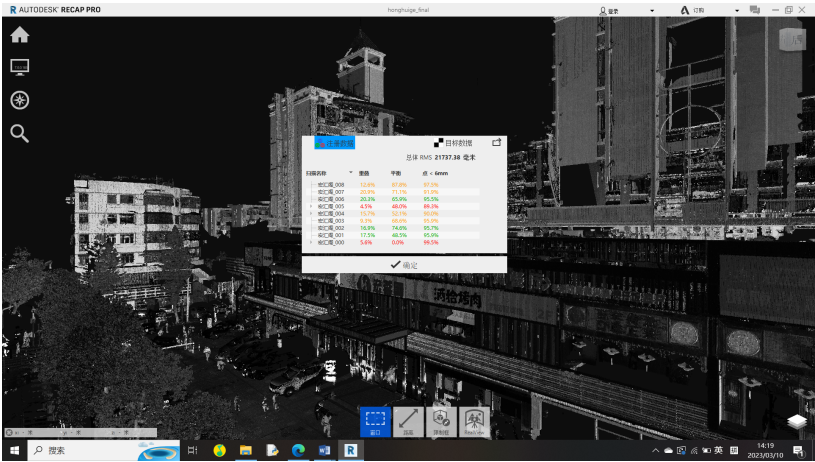


图6 点云数据报告  
Fig.6 Point cloud data report

4.3 模型后续操作

存储在 Autodesk Recap 的建筑信息模型已经可以供参与项目的各方进行建筑信息的操作，可从中获取如建筑概况、管线分布等信息，可直接获取两点间的距离，极大简化测绘的工作；还可以导出 .rcp 格式的模型数据并导入 Autodesk Revit，在 Revit

中可对信息化模型进行更多的操作，如为信息模型的不同部分添加材质、注释等，使模型信息更加完整、质量更加精细。

5 结语

对我国复杂老旧建筑持续的监控管廊、改造优化是未来城市建设的重点工作。本文运用徕卡 P50

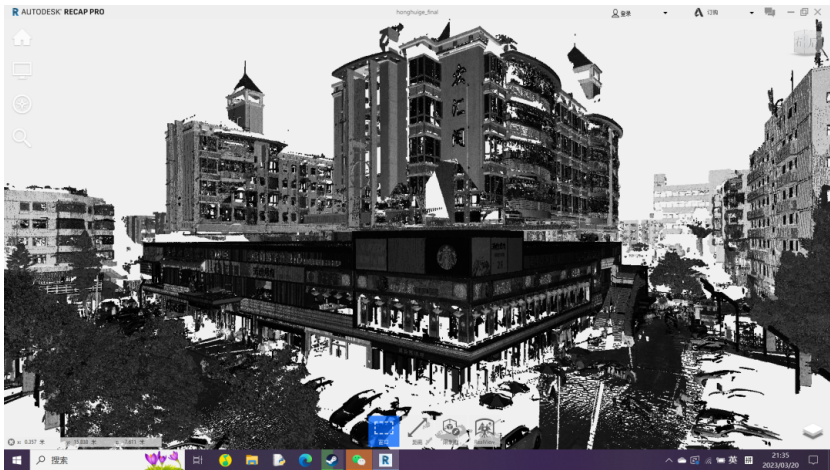


图7 Autodesk Recap中的信息模型  
Fig.7 The information model in Autodesk Recap

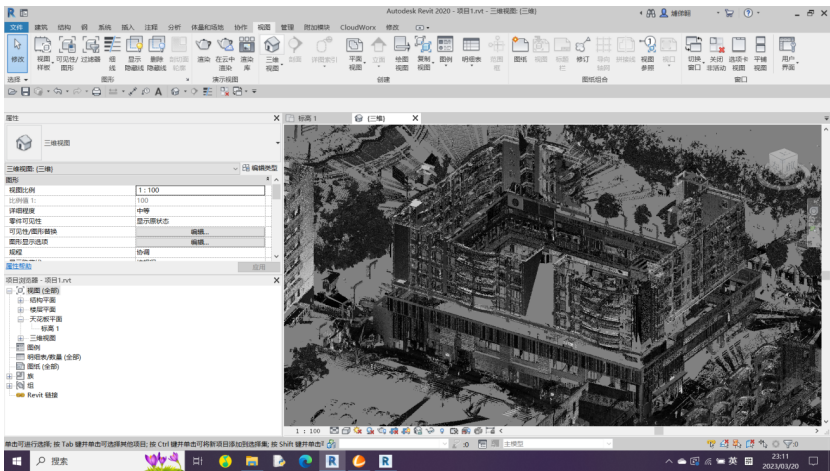


图8 Autodesk Revit中的信息模型  
Fig.8 The information model in Autodesk Revit

三维激光扫描仪快速获取了深圳市光明区某复杂老建筑的点云数据，运用配套软件对数据进行了处理拼接，得到的点云模型能够全面准确的描述该建筑外围原貌；并根据点云数据对老建筑的BIM模型进行了研究，能够高效实现建筑的可视化、信息化管理，为创建复杂老建筑数据模型提出了全新完整的思路和方法。但是，本文建模获取的点云数据均为地平高度设站获取，未在建筑3层平台进行扫描，后续进一步研究应补测点云数据，解决建筑遮挡等引起的模型不完整问题。

参考文献

[1] 李照永,侯至群,解智强,等.基于背包式三维激光扫描技术的城市地下管廊三维建模实现[J].城市勘测,2020(3): 93-97.

[2] 郭泽群,颜锋,蔡兆旋,马坤.三维激光扫描技术与BIM技术的建筑数字化保护应用研究及展望[J].中国工程咨询, 2021(05):87-92.

[3] 毛方儒,王磊.三维激光扫描测量技术[J].宇航计测技术. 2005(02):1-6.

[4] 高志国.地面三维激光扫描数据处理及建模研究[D].西安:长安大学,2010.

[5] 陈勇,吴涛,陈朝辉.大型桥梁三维激光扫描测量误差分析与控制[J].铁道建筑. 2022,62(01):96-100.

[6] 陈军,陆立峰,吴卫平.三维激光扫描技术在监(检)测工程中的应用[J].水运工程,2018(06):279-282.

[7] 马奔.基于三维激光扫描的BIM技术在地下综合管廊中的应用[J].水利科技与经济,2019,25(10):84-88.

[8] 周晓卫,刘鹏程,田旦等.三维激光扫描仪在地下空间测绘中的应用[J].城市勘测,2020(6):127-130.