

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2016.04.013

三维激光扫描技术在建筑物外立面测量中的 实践及应用

朱立轩

(广东省地质局第一地质大队 测量二队,广东 珠海 519002)

摘要:三维激光扫描仪具有高速度、高精度的特点,在很多领域得到了广泛应用。文中主要对利用三维激光扫描仪进行建筑物立面测量进行分析,通过少量的控制点,测得较多外业数据点云,利用三维数据处理软件进行数据处理,得到建筑物立面图的实际生产过程进行分析。该方法能大大缩短工期,切实提高工作效率,使大量工作转为内业处理,测量精度完全符合相关规定,该方法是一个值得推广的建筑物立面测量方法。

关键词: 三维激光扫描; 云数据采集; 点云数据拼接误差; 立面图绘制

中图分类号: TB22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-358X(2016)04-0049-04

Practice and application of 3D laser scanning technology in building facade measurement

Zhu Lixuan

(First geological brigade of Guangdong Geological Bureau, Zhuhai 519002, China)

Abstract: 3D laser scanner has been widely used in many fields because of its high speed and high precision characteristics. This paper analyzes the building facades measurement with 3D laser scanner, in which more point clouds of field data are acquired through a small number of control points, and the actual production process was analyzed based on the data processed by 3D data processing software. This method can greatly shorten the construction period, effectively improve work efficiency and transfer a lot of work into interior process. In this way, the measurement accuracy is fully complied with relevant regulations, which proves that it should be promoted in the building facades measurement.

Keywords: 3D laser scanning; cloud data acquisition; point cloud data registration error; elevation drawing

三维激光扫描技术是最近几年兴起的高精度的点云测量模式,由于其显著的高精度、高速度三维数据采集特征,被誉为 HDS(High Definition Surveying)技术。目前三维激光扫描已运用于多个领域,在大范围数字高程模型的高精度实时获取、城市三维模型重建、局部区域的地理信息获取等方面表现出强大的优势,成为摄影测量与遥感技术的一个重要补充。在三维测绘、绘制大比例尺地形图、灾害评估、建立 3D 城市模型、复杂建筑物施工、大型建筑的变形监测等工程、环境检测和城市建设方面等均有成功的应用实例,随着该技术深入研究和计算机硬件

环境的不断发展,其应用领域日益广泛,从而使三维激光扫描技术应用于建筑物立面图测量变成现实。

利用三维激光扫描仪获取的点云数据构建实体三维几何模型时,通过云数据处理软件将三维几何模型转化为二维的立面图。

三维激光扫描测量技术克服了传统测量技术的局限性,采用非接触主动测量方式直接获取高精度三维数据,测量速度最快,成图最直观,数据精度高,便于设计建模,可以极大地降低成本,节约时间,而且使用方便,其输出格式可直接用于 CAD 绘制立面图。

引用格式: 朱立轩. 三维激光扫描技术在建筑物外立面测量中的实践及应用[J]. 矿山测量, 2016, 44(4): 49-52.

1 工程项目的实践和运用

1.1 项目概况

本工程地点位于珠海市香洲区港昌路、金凤路、旅游路、三台石路主干道两侧建筑物外立面测量,总长度约 3.8 km,约 268 栋建筑物外立面测量,项目测量费用为 247.9 万元,工期为 60 d。针对香洲区建筑物的结构复杂,临街绿化和店铺行人众多等影响观测的实际困难,加之外立面测量工作量大,工期短,传统的立面测量效率较低,不能满足实际的生产需要,因此本项目主要采用三维激光扫描技术测量立面图。

1.2 三维激光扫描仪型号及特征参数设置

本次测量采用广东省地质局第一地质大队测量二队购置的徕卡 C10 三维激光扫描仪及租赁的徕卡 P40 三维激光扫描仪,徕卡 C10 三维激光扫描仪采用脉冲式激光扫描方式,测量速度快,精度高,可以相当密集地对空间实体表面进行扫描测量,三维激光扫描仪参数如表 1 所示。

表 1 三维激光扫描仪参数设置表

仪器 型号	距离 精度	角度 精度	点位精度 100 m 范围	最大扫描 速率
徕卡 C10	4 mm + 10 ppm	12"	6 mm	5 万点/s
徕卡 P40	1.2 mm + 10 ppm	8"	6 mm	100 万点/s

1.3 云数据采集

首先将地面三维激光扫描仪工作时固定站点,在一个站点上只能对扫描对象进行局部扫描,得到整体的三维点云模型需要多测站扫描。(1) 场地勘查:首先需要对被扫描物体及周围环境进行考察,确定各个扫描位置和放置反射体的位置。原则有:第一,要保证各扫描位置的数据可以获得完整的被扫描物体数据;第二,尽量选择比较少的扫描位置,以减少原始数据量和拼接误差;第三,确保两个扫描位置有至少四个不在一条直线上的公共标靶;(2) 粗扫:在某一个方向对目标进行扫描时,一般先扫描一个较大的范围,争取使扫描范围内能有尽可能多的反射体(片),得到的点云图称之为粗扫图;(3) 精扫:由于拼接要依靠标靶的中心坐标,所以在每一个位置的粗扫结束以后,需要找出扫描图上标靶的位置。标靶位置确定后要对反射体(片)进行一次精确的扫描,得到它们精确的三维坐标;(4) 对目标区域的精扫:在粗扫图的范围内我们还要对目标进行精

确地扫描,得到的图称之为精扫图。

1.4 云数据处理

(1) 校准:校准是为了统一扫描仪 SOCS 和相机 CMCS 两个坐标系,以便能准确的贴纹理。配准包括两个部分:第一次使用前的配准和每次使用的安装校准。第一次使用前必须按照扫描仪使用说明进行相机配准。第一次配准后会生成相关转换矩阵并存入工程文件。每次使用后相机会需取下,再次使用时安装相机的位置和上次相比会有微小移动,因此每次使用前还需要进行安装校准;(2) 噪声点的消除:测量中由于测量仪器以及其他方面的因素,噪声点的存在不可避免,而噪声点对重建工作有很大的影响。故在进行点云数据操作之前先进行消除噪声的工作。另外和目标无关的非主体部分也可视为噪声一并除去;(3) 点云的过滤:扫描仪工作过程中首先进行垂直方向的线扫描,然后按照设定的水平角分辨率水平转动,再进行垂直方向线扫描,这样的工作过程虽然很有规律的,但是得到的点云其实仍然比较散乱,建模之前对点云进行平滑是必要的。另外对于相当一部分建模对象,原始点云数据的密度过大,无疑增加了数据量,数据简化也是必要的;(4) 拼接:拼接之前要确定一个统一的坐标系,不使用全站仪的情况下可以用项目坐标系 PRCS 作为统一的坐标系,而 PRCS 通常即选择第一个或最后一个扫描位置的局部坐标系;(5) 三角化:三角化后即得到由点云重建的网格模型。

2 误差分析及精度评定

2.1 误差分析

2.1.1 分站扫描采集数据误差分析

分站数据采集误差包括激光测距误差和扫描操作引起的误差,激光测距除了系统误差影响之外还会受到测量环境的影响,例如:大气的能见度、杂质颗粒的含量、环境中不确定因素、测量对象表面状况等等。操作误差主要会引起激光斑点大小、强度、分布密度的变化而导致误差产生。

本次测量控制措施:采用我队有经验的三维激光扫描人员进行操作,从而减少分站数据采集误差。

2.1.2 坐标系统转换误差分析

单独的采样点的三维笛卡儿坐标可以由最基本的测量距离 R , 水平方向 θ , 垂直方向 α 给出。这个坐标是以仪器几何中心为原点定义的扫描空间坐标

(x, y, z) 来标识的。然而要把扫描空间的坐标转换到绝对的大地坐标系 (X, Y, Z) 中, 才能使得最终的扫描成果通用便捷。也就是说需要对扫描点云数据进行坐标转换后, 才可为工程测量现实生产应用提供标准的数据。如图 1 所示。

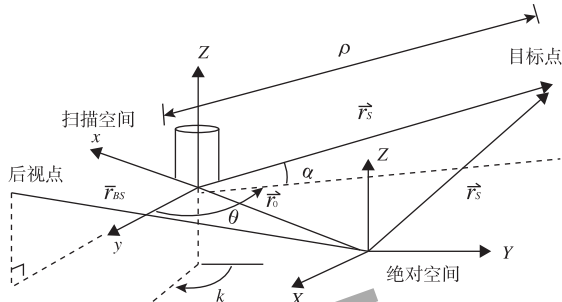


图 1 坐标转换变量关系图

点云坐标从扫描空间坐标系转换到大地坐标系, 表述如下:

$$r_g = r_0 + R_3(k)r_s \quad (1)$$

$$r_s = [\rho \cos \alpha \cos \theta \quad \rho \cos \alpha \sin \theta \quad \rho \sin \alpha]^T \quad (2)$$

$$= [x \quad y \quad z]^T_s \quad (2)$$

$$r_g = [x \quad y \quad z]^T_g \quad (3)$$

$$r_0 = [x \quad y \quad z]^T_0 \quad (4)$$

$$R_3(k) = \begin{pmatrix} \cos k & \sin k & 0 \\ -\sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

式中: r_s 为公式中扫描坐标系向量; r_g 为公式中大地坐标系向量; r_0 为公式中大地坐标系测站点坐标向量; k 为公式中测站点到后视点的方位角。

坐标转换的特征点的精度及基线长度都不同程度的影响着坐标转换结果的精度。

本次测量坐标转化误差控制措施: (1) 控制扫描的有效范围在 80 m 以内; (2) 控制扫描的角度, 尽量减少大角度扫描数据采集; (3) 控制坐标转换的特征点的精度在 2 mm 以内; (4) 控制坐标转换基线长大于 30 m。

2.1.3 点云拼接误差分析

点云拼接是地面三维激光扫描的关键技术, 是误差的主要来源。拼接方案直接导致测量精度的级别, 例如基于常规测量数据的控制点拼接精度为厘米级; 而点云特征点拟合数据拼接精度为毫米级。

本项目点云拼接采用 Leica 公司点云数据处理软件 Cyclone, 可支持多种模式的配准方法, 拼接模式包含自动标靶拼接、手动特征点拼接、混合拼接及

大地坐标定位各种模式, 考虑到测量精度的要求本项目采用标靶配准方式进行处理, 拼接精度在 6 mm 以内, 操作界面如图 2 所示。

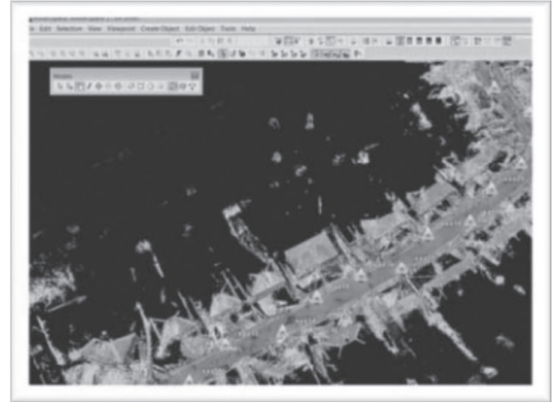


图 2 操作界面

2.2 精度评定

多测站数据配准后生成扫描对象的三维点云模型, 本次测区范围内扫描测站最多的对象为华苑花园共 12 测站, 点云拼接误差统计如表 2 所示。

表 2 华苑花园测站(测站最多)拼接误差表 (部分拼接误差)

约束基准	测站一	测站二	误差/mm
S4	Stn-06	Stn-09	1.0
S5	Stn-07	Stn-08	0.8
S5	Stn-08	Stn-09	0.6
S6	Stn-09	Stn-10	1.1

测区范围内拼接误差最大的扫描测站最多的对象为华苑花园共 12 测站, 云拼接误差统计如表 3 所示。

表 3 华苑花园测站(误差最大)拼接误差表

约束基准	测站一	测站二	类型	权重	误差/mm
h1	Stn-01	Stn-02	Coincident	1	1.6
h1	Stn-01	Stn-03	Coincident	1	1.8
h2	Stn-01	Stn-02	Coincident	1	1.3
h2	Stn-01	Stn-03	Coincident	1	1.4

根据以上信息可以对拼接后的点云数据质量进行评价, 取单一基准方向上的最大拼接误差 2 mm 作为拼接误差, 以扫描参数设置的点云精度每百米为 6 mm, 作为点云数据基准误差, 依照点云模型模型误差受拼接误差和扫描基准误差的综合影响且独立的原则, 利用误差传播公式:

$$m_c = \pm \sqrt{m_s^2 + m_m^2} \quad (6)$$

式中: m_c 为拼接后点云误差, m_s 为扫描基准误差, m_m 为配准误差。设定点云测距为100 m,取 m_s 为6 mm, m_m 为2 mm进行计算,则 $m_c=6.32$ mm,因此各扫描对象的点云误差小于2.0 cm,满足立面图的处理要求。

3 立面图测绘

点云数据拼接后,进行点云数据质量检查,符合精度要求,利用基于Cyclone点云数据处理软件开发的AutoCAD插件CloudWorx进行立面图绘制,作业程序为,首先在Cyclone软件内进行立面切片,生成新的点云ModelView场景,然后在AutoDeskCAD软件内利用CloudWorx软件中OpenModelSpace View菜单导入点云切片,设置视点方向及长度参数后,可以直接利用CAD命令进行绘图处理,如图3所示。



图3 点云分布以及软件操作过程

4 实例应用

珠海市香洲区沿街小区立面改造工程外立面测量采用三维激光扫描建模,精度设计2 cm。在测量过程中,针对香洲区沿街建筑物的结构复杂,临街绿化和店铺行人众多扫描面积大、楼房和树木遮挡严重、通视条件差、测量环境非静态因素多等的问题,划区分块扫描方式、扫描间隔2 cm,主距80 m以内,自定义坐标系并且测量了37个控制点,设站149站,测量标靶43个,控制网精度为2 cm,采用标靶测量数据、点云拟合特征点相结合的拼接方式,拼接精度小于2 cm,点云数据拼接后进行立面图绘制。但是在局部遮挡及狭小空间无法架设扫描测站的区

域,仍需钢尺测量法、手持测距仪法、全站仪面棱镜法作为立面测量有效补充。通过以三维激光扫描测量立面图为主,传统测量外立面为辅助,结合实际的测量环境,两者有机结合,灵活运用。在60 d的工期内,共绘制268栋建筑物的立面图,立面图成果如图4所示。



图4 珠海市香洲区港昌路华苑花园5栋正向立面图

参考文献:

- [1] 储云志. 三维激光扫描仪在地质矿产的应用[J]. 科技传播, 2012, 4(22): 164, 123.
- [2] 赵雯雯, 吴庆忠, 赵长胜. 基于三维激光扫描技术的煤矿井架变形分析[J]. 矿山测量, 2015, 43(2): 67 - 69.
- [3] 刁晓环, 骆社周, 王方建, 等. 地面三维激光扫描系统现状及发展评述[J]. 地理空间信息, 2012, 10(6): 13 - 15.
- [4] 丁贵. 地面三维激光扫描技术在文物测绘中的应用[J]. 矿山测量, 2015, 43(3): 9 - 11.
- [5] 刘守军, 翁国康, 杨晶. 国产地面三维激光扫描仪解决方案[J]. 测绘通报, 2013(1): 121 - 122.
- [6] 邢保振, 吴雨. 三维激光扫描仪在煤矿安全生产中的应用综述[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(2): 135 - 139.
- [7] 曾强. 三维激光测量技术在大吉山铝业井下测量中的应用[J]. 矿山测量, 2014, 42(5): 32 - 35.

作者简介: 朱立轩(1982 -), 河南省新野县人, 主任工程师, 2005年7月毕业于河南理工大学测绘工程专业, 现就职于广东省地质局第一地质大队, 从事研究方向是工程测量。

(收稿日期: 2016 - 04 - 16)