

三维激光扫描技术在城市测绘中的应用

张涛

蚌埠市勘测设计研究院

摘要: 三维激光扫描技术具有方便、准确、快捷等优点,被广泛应用于各个领域测绘工作中,尤其在城市测绘中的应用大大减弱外业人员的劳动强度,提高外业工作效率。本文通过实例,简要介绍了三维激光扫描仪在城市竣工测绘中的应用,进一步探讨了三维激光扫描仪在城市测绘中的具体应用,为其在城市测绘中更好的应用提供参考。

关键词: 三维激光扫描仪技术; 测量原理; 数据采集; 精度; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.03.080

一、引言

三维激光扫描技术是进入二十世纪以来发展起来的新技术,又被称为实景复制技术,是测绘领域继GNSS技术之后又一项测绘技术革命。它通过激光高速扫描测量的方法,快速的获取被测物体表面的离散的点云数据,这些离散点都有真实的三维坐标。这些离散点云数据结合扫描时获取的物体纹理数据为后期建立三维模型提供了数据。三维扫描可以真正做到了从实物中进行快速的三维数据采集及后期的模型重建,无需进行任何的数据处理,每个点云的三维数据都是最直接反映目标的真实数据,这样的数据获取方式比较真实完整。三维扫描技术和传统的单点测量方法完全不一致,采用大量的激光束进行批量测量,其最大特点就是方便、准确、快捷、逼近原形,其应用领域是目前测绘行业研究的热点。

二、三维激光扫描技术简介

三维扫描技术是测绘界的一项技术革新,是通过发射的激光束,碰到扫描目标物体后,通过接收反射信号的时间差解算出与测站点的距离和相对测站点的角度。传统全站仪测量每次只能测到某个点,而激光扫描技术则是把被测物体的三维信息全部扫描记录下来。

三维激光扫描通过发射连续的激光束,将被测物体的空间信息以离散点云的形式进行扫描记录,采集范围更可达 $360^{\circ} \times 270^{\circ}$ 以上,扫描距离最远可以到达1000米,通过测站间的拼接处理手段,可实现更大的测量范围。真正实现所见及所得的效果。还可以通过三维激光扫描设备上的影像设备,获取物体的影像信息。

将获取到的点云和影像数据通过后期技术处理,可快速建立一些形状不规则、结构比较复杂物体的三维可视模型,生成正射影像等等。这种超强的三维建模和虚拟重现能力,让三维激光扫描目前成为研究的热点。目前三维激光扫描设备搭载的平台也开始多种多样,主要有:定点激光扫描器,车载激光扫描器,机载激光扫描器,船载激光扫描器,手持激光扫描器等等。

可以说三维激光扫描的应用也开始多种多样,目前主要应用于大规模城市模型重建,城市还原;水电站大

坝复杂地形测绘;道路、河道、桥梁测绘;建筑物地基测绘;桥梁结构检测、变形监测、空间位置冲突测量、空间的面积和体积测量;三维高保真建模;文物古迹的保护测量及修复,现场保护性影像记录等。

三、地面三维激光扫描系统基本原理

三维扫描仪是利用角度测量系统与激光测距系统相结合在一起的全自动测量系统,在已知点设站后对被测物体进行扫描测量,通过获得激光点所能直接接触物体表面的角度和反射强度以及发射和接收激光的时间差,自动存储并计算,直接获得物体表面的点云数据。最远的测量距离能够达到一千多米,扫描的频率最高可达每秒钟几十万点,纵向扫描角接近 90° (仪器下面的部分本站无法扫描),横向可进行 360° 全方位旋转扫描,扫描的点云和纹理数据可通过多种传输方式传输到计算机。点云和纹理数据经过电脑软件处理后,结合三维测量软件可快速重建出物体的三维模型及二维和三维的等各种图形数据。

四、地面三维激光扫描仪作业流程

三维激光扫描仪采用非接触式高速激光扫描测量方式,对被测目标整体或局部进行全自动步进测量,获取目标的空间三维数据,进而获取复杂物体或者复杂地形的几何图形数据,并利用外置或内置的高清数码相机拍摄纹理获取影像数据。后期使用数据处理软件对扫描的点云和影像数据进行拼接处理、加工和扩展,以多种不同的格式输出,作为数据源来满足空间信息数据库和其他不同应用的需要。

三维激光扫描仪的作业流程主要是:

(一) 数据获取

利用自身的软件控制三维扫描仪对实体和提前布置好的反射参照点进行扫描,全面的获取实体的相关信息。三维扫描仪获取的是被测物体的空间离散点云数据,以及外置或内置相机获取的物体表面的纹理信息。离散点云和纹理数据一并存储在当天新建的工程文件中。反射参照点都必须具有高反射的特性,它的布设可以根据测量工程的需求选择不同的数量和不同的型号,如需要后期拼接通常两站间扫描中应有四个以上的反射参照点。

(二) 数据处理

1. 数据预处理

外业扫描结束之后的第一步就是对获取的点云数据和物体表面的纹理数据进行预处理,应用激光点云处理软件过滤原始点云中的有问题的点。然后对过滤后的点云数据进行识别分类,对扫描获取的物体表面的纹理数据进行几何纠正。

2. 数据拼接匹配

通常情况下一个实体在一个测站的扫描是不能完整的反映实体的,这需要我们在周边对它多个测站进行扫

描，这样就会存在多个测站之间的扫描成果如何拼接在一起的问题。在扫描过程中要实现两个测站或是多个测站的拼接，我们通常利用一些共同的反射参照点来实现测站间的拼接。这个过程也叫间接的地理参照。选取的反射参照目标当作两站之间的地面控制点，利用它的高对比度特性实现扫描定位以及不同测站之间的匹配。扫描的同时，采用传统手段，如全站仪测量，获得每个测站扫描中已知控制点的坐标数据和方位角，再进行坐标转换，后期通过计算就可以获得的离散点云数据的绝对三维坐标。如图4.2.2所示：

(三) 建模

1. 算法选择

在数据处理完成后，接下来的工作就是对被扫描物体进行重建模型，而重建三维模型的第一步工作是模型算法的选择。模型算法是一个几何图形反演的过程，不同的模型算法决定了最终三维模型的精度和模型的精细程度。

2. 模型建立和纹理镶嵌

选择了合适的算法，可以通过计算机直接对实体进行自动建模。离散的点云数据保证了表面模型的数据结构，真实反映了物体的形状，而物体的表面纹理数据反映了物体的真实色彩。通过三维激光软件平台，用获取的离散点云强度信息和相机获取的物体的表面纹理信息对模型色彩的描述。如图4.3.2所示：

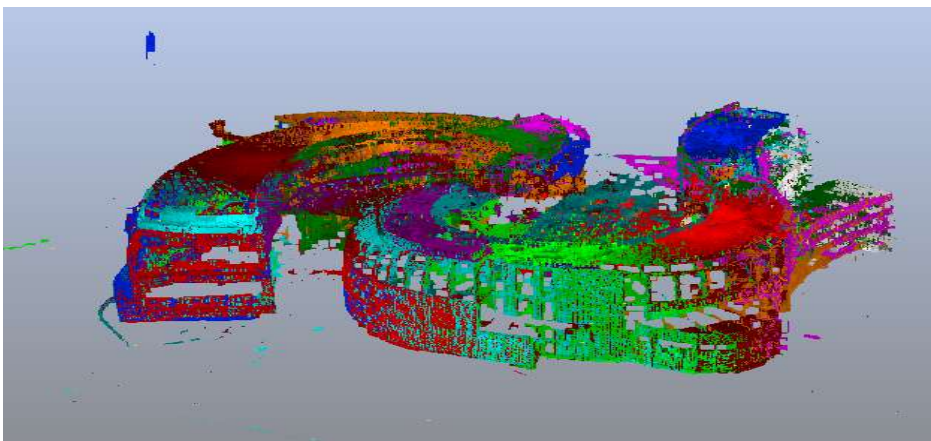


图 4.2.2 拼接后三维激光点云数据侧视图

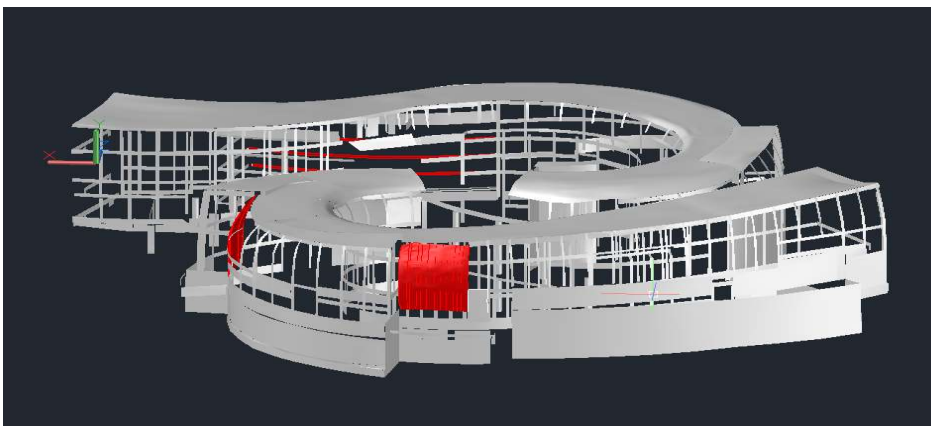


图 4.3.2 建模后模型数据侧视图

3. 数据的输出与评价

根据我们不同的需求，可以把三维模型输出为不同的种类，也可直接作为数据源为一些空间数据库提供基础数据。然而三维模型的精度和数据质量是否能够满足大多数应用的要求，对模型进行综合的质量评价仍是很重要的步骤，模型的质量评价标准要根据不同工程的质量需求来确定。

(四) 三维激光扫描仪采集数据及处理特点

1. 可以在较短的时间内获取关于目标对象的高精度、高密度点云数据；
2. 自动化程度高；

3. 非接触测量，可在夜间测量；
4. 数据信息丰富（三维坐标、强度信息、色彩信息）；
5. 数据量大，作业员技术要求较高。

五、应用实例

三维扫描技术是一种全新的地形测量方法，它的运用将给我们带来全新的感官。其原理就是通过激光束高速扫描的方法，快速获取物体表面的离散的点云数据和纹理数据，这些离散点都有真实的三维坐标。其性能可靠，稳定，数字化、自动化等独特优势，已经成了一种便捷的测量技术。所获得的点云和物体纹理数据能够快

速的生成三维模型和高程模型。其极大的优势在于可以快速的扫描地形地貌，不需要棱镜也可以获得高密度的离散点云和物体纹理数据，可以真实高效地对任何物体进行三维模型建设。

（一）项目概况

中国房地产开发蚌埠有限公司开发建设的中房·御景翰苑小区位于蚌埠市凤阳东路南侧，解放三路东侧，交通便利。该项目总占地面积约0.10km²，总建筑面积约126000m²。由1#-19#楼、商铺及地下室构成，其中1#-5#、7#、10#、11#、13#、15#、16#、19#为11层，6#、8#、9#、12#、14#、17#、18#为18层，商铺为2层。小区内道路、绿化、景观、配套均已建成。

（二）实施步骤

1. 现场踏勘

为了能够更好的完成此项工程，提升现场的了解程度，组织有关技术人员进行现场踏勘，确定被扫描物体的位置，然后根据被扫描物体的空间分布、内部架构和外部形态、现场绘制草图，根据任务需要确定扫描的精度，确定扫描的测站站数和测站位置。

2. 控制网布设

要想获得一个物体完整的点云数据，就必须要进行多站式扫描，而单站扫描的点云数据之间是没有联系的，为了使测站间扫描的点云数据统一到同一个坐标系下，需要布设控制点，选择的控制点间的距离要大致相等且通视，并便于扫描仪的安置。本测区根据技术设计书要求和周边已有控制点情况，控制网采用2000国家大地坐标系，1985国家高程基准。由于小区楼房比较高，结构比较复杂，为了获取完整的点云数据，共布设10个扫描站点。

3. 仪器准备

针对所要扫描的目标对象，本项目采用中海达HS1000i高精度三维激光扫描仪。

根据技术设计书要求和小区建筑物分部情况，共布设图根控制点12个，均在一级导线点基础上利用中海达iRTK5进行测量，其仪器均经过技术监督计量站进行检测合格。

设置基准站均利用测区附近不少于3个一级以上平面控制点作为起算依据，高程采用GPS RTK拟合的方法进行测量，参加GPS RTK高程拟合的起算点，一般不少于4点，点位均分布于测区周边和中部，GPS RTK高程拟合起算点均为四等水准成果，所有GPS RTK拟合高程均用水准联测检查。

（三）外业数据采集

为提高扫描数据的精度和效率，本院勇于创新，成功引入三维激光扫描测量技术。本次引用的地面三维激光扫描仪为中海达公司HS1000i高精度三维激光扫描仪。本次作业是1:500竣工测量，精度要求高，测量内容多，为了更好地完成此项任务，院里积极组织开展三维激光扫描测量技术培训。在扫描目标对象之前，需要设定分辨率，扫描仪自动扫描，扫描完后自动存储数据，然后移动至下一站，按照作业流程进行下一站的扫描，直至完整获得点云数据。在御景翰苑小区项目扫描

中，由于楼房比较高，地面附属物比较复杂，为尽可能扫描完整，共架设了12站，约6个小时左右完成了小区扫描工作。

（四）数据后处理

地形图测绘的主要流程为：在点云数据处理的基础上，提取地物和地形等要素的特征点，内业数据处理采用海达数云HD TLS Scene软件+ Hidata三维测图系列软件，性能稳定，操作简单易上手，从外业扫描到内业数据生产提供整体解决方案。在所有测量工作完成后，进行数据改正，数据后处理。再对其编辑，即可形成地形图。

地物的提取即特征点提取，是利用海达数云HD TLS Scene软件处理后的点云数据中人工提取房屋点，电线杆中心点等，以一定的格式输出后，导入大比例尺数据测图软件中绘制地物。

三维激光扫描技术获得的点云数据，具有精确的坐标信息，通过使用海达数云HD TLS Scene软件，自定义设置图形，即可由高精度点云数据自动生成图形。海达数云HD TLS Scene软件支持联动CAD软件，生成的图形可导入至CAD中，绘制并保存图形即可。

本案例所测数据可以一次外业测量多次使用。通过后期数据处理，能够使扫描点云根据不同客户需求生成不同模式的数据，从而满足竣工地形图、竣工图，建筑物、绿化、道路、配套设式等面积图计算的要求。

（五）精度检核

为确保中房·御景翰苑小区的1:500竣工图测量成果成图质量满足规划核实的需要，院总工办加强了竣工图的质量检查工作，组织有关技术人员，实地全面巡视检查，采用钢卷尺量取地物点的间距、地物的边长32条，间距中误差为±0.042m，野外数据采集使用尼康DTM-352C全站仪1台，测角精度2"，测距标称精度为2mm+2ppm，检测地物点52个，点位中误差为±0.046m，检测高程注记点32个，高程中误差为±0.039m。

六、结束语

通过这个工程证实了三维扫描技术在城市进行竣工测量和大比例尺地形图测绘，能够有效的节约人力、物力和生产成本，极大的缩短了外业的时间，避免由于恶劣的天气造成的工期延长，提高了工作效率；特别是一些复杂的地形地貌和一些不能近距离接触的危险测区，通过扫描能够完整快速的进行外业数据采集，节约了外业时间，保证了人员的安全，也提高了工作效率。

地面三维扫描系统进行竣工测量工作，是对传统竣工测量工作的有力补充，这个系统是在竣工测量工作人员难以到达的区域而开展数据采集方面占有十分的优势。

参考文献

- [1] 藏伟，钱林，孙宝军，董明. 地面三维激光扫描技术在工程测量中的应用[J]. 北京测绘，2015，3.
- [2] 王峰，林鸿，李长辉. 地面三维激光扫描技术在城市测绘中的应用[J]. 测绘通报，2012，05.
- [3] 李旭，孙永康. 地面三维激光扫描技术在工程测量中的应用[J]. 城市地理，2018，04.