

三维激光扫描技术在地下空间测量的应用探讨

李磊 赵晋睿

华北地质勘查局五一九大队

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1859

[摘要] 针对地下空间调查、测绘、确权等问题,分别采用常规测量方法和基于三维激光扫描仪的测量技术获取点云,进而得到地形特征点、地籍界址点坐标,重点阐述了三维激光扫描仪的工作原理和数据处理方法。通过分析比较,基于三维激光扫描仪的地下空间测量技术测绘精度高于常规测量方法,具有较好的推广价值;为地下空间的利用、设计、确权,提供技术和立体展示,指导地下空间在生产、生活中的使用,保护和监督地下空间合理开发。

[关键词] 地下空间测量; SLAM技术; 三维激光扫描; 建模

中图分类号: O343.2 **文献标识码:** A

Exploration of the Application of 3D Laser Scanning Technology in Underground Space Measurement

Lei Li Jinrui Zhao

North China Geological Exploration Bureau May 19 Brigade

[Abstract] In response to issues such as underground space investigation, surveying, and property rights confirmation, conventional measurement methods and measurement techniques based on 3D laser scanners are used to obtain point clouds, and then terrain feature points and cadastral boundary point coordinates are obtained. The working principles and data processing methods of 3D laser scanners are emphasized. Through analysis and comparison, the underground space measurement technology based on 3D laser scanner has higher surveying accuracy than conventional measurement methods and has good promotion value; To provide technology and three-dimensional displays for the utilization, design, and ownership of underground spaces, guide the use of underground spaces in production and daily life, and protect and supervise the rational development of underground spaces.

[Key words] underground space measurement; SLAM technology; 3D laser scanning; modeling

引言

在发达地区,地下商场、地下车位正在成为一种特殊的产权形式,尤其地下车位产权的重要性随着房价的增高不断增大,地下车库和车位都缺乏严格意义上的界线坐标,个别地区对地下车位精确定权的要求也越来越高,已经提出对地下停车场分类为车位和车库两类属性统计,需要运用新型测绘技术对地下空间、地下商场、居民地下室、地下车库等进行不动产测绘,获得权属空间界址坐标,并形成测绘成果后随房产实测报告一并提交产权备案,作为日后处理产权纠纷、确定产权权属的法律依据。

1 传统测量技术的地下空间测量

以不动产测绘的要求,地下空间确权不涉及高程,一般使用全站仪通过平面控制测量、联系测量、碎步测量等步骤即可;如测量地下空间三维坐标还需要进行高程传递、免棱镜碎步测

量等步骤。为了与地面建筑位置匹配,在地面室外空旷地采用卫星定位测量(如CORS技术测量)技术确定地上地下起算总控制点,再使用全站仪通过地下空间出入口进行导线测量、三角测量将控制点传递到地下空间,作为地下控制起算点。

在地下控制点的基础上,采集已经划分好的地下室、停车位界线,如地下车位需将车位界址点设置于车位线中点,可以将连接在一起的多个停车位(或独立的单个停车位)划分为一个单元,测量最外围停车位四个界址点坐标(中点非边点)作为该单元车位界址点,再通过解析法进行平分定位,也可采用全站仪解析法实测界址点坐标,坐标测至车位线中心处^[1]。

2 三维激光扫描技术的地下空间测量

2.1 三维激光扫描技术原理

地面三维激光扫描是非接触主动测量技术^[2],通过激光测距仪及扫描仪内部水平角、垂直角度盘分别记录激光测量斜距

和激光光束的水平角、垂直角,从而解算目标相对于仪器中心的三维坐标。

仪器工作时使用二极管让激光脉冲发送实时信号借助探测仪器的旋转棱镜,将信号传输给目标从而对脉冲信号进行接收,通过激光测距原理获取仪器中心到扫描物体的距离S,同时测量扫描物体返回的横向扫描角度值 ϕ 和纵向扫描角度值 ω ,通过SLAM算法完成空间数据的相对关系匹配,通过三维激光扫描技术可以有效获取测量目标空间范围的信息。

$$X=S\cos\omega\sin\phi$$

$$Y=S\cos\omega\cos\phi$$

$$Z=S\sin\omega$$

三维测量技术不断发展并已成熟,目前三维扫描设备一般分为架站式、手持式、车载式和机载式等不同平台,一般架站式精度高,但使用范围受限较多;手持式使用自由,能生产不同成果,但点云效果一般,需要后处理;车载式和机载式一般都在室外使用,本文不作讨论。

2. 2架站式三维激光扫描技术对地下车位扫描

基于地下空间的扫描精度要求,选用法如Focus S150,其测程150米,精度达到1MM,因三维激光扫描仪一次扫描的数据有限,为了获得地下空间所有点云数据,必须分多次在不同的扫描站进行数据扫描采集。

具体作业步骤如下:

(1)准备工作。根据测量任务,确定测量区域,规划好测量路线,踏勘做好扫描站设置,设备初始化准备测量。扫描站的布设应设置在视野开阔、地面稳定的安全区域;范围应覆盖整个扫描目标物,均匀布设,尽量减少设站数目;需要搭设平台时,应保证平台稳定和仪器、人身安全。

(2)点云数据采集。按照扫描站顺序进入待测量区域,架站扫描。对于特殊重要点位必须进行标靶布设,标靶布设时应在扫描范围内均匀布置且高低错落;配准扫描站的标靶个数不应少于4个;地下空间具有墙角等明显特征点,在扫描时可不布设标靶,可把墙角等明显特征点作为标靶,由后期的点云数据进行配准。

点云数据扫描作业前应该将仪器放置在观测环境中30分钟以上;相邻扫描站间有效点云的重叠度不低于30%,困难区域不低于15%;应根据项目名称、扫描日期、扫描站点等信息命名扫描站点,存储扫描数据,并在草图上标注位置。扫描作业结束后,应将数据导入电脑,检查点云数据覆盖范围的完整性和可用性,对于缺失和异常数据,应及时补扫。

(3)点云数据处理。获取整个地下空间点云数据后,将点云数据导入数据处理软件CloudCompare进行点云数据查看、抽稀、降噪、剪切、移动以及漂移点的处理等等,最终得到地下空间三维数据,降噪点云数据如图1所示。

(4)三维建模。三维模型数据应该准确反映对象的空间相对位置并完整地表达对象主要特征,对模型的不同部分应能予以识别。三维模型数据由几何数据、纹理信息和属

性信息等组成,本次仅采用其几何数据作为重点。实际模型如图2。

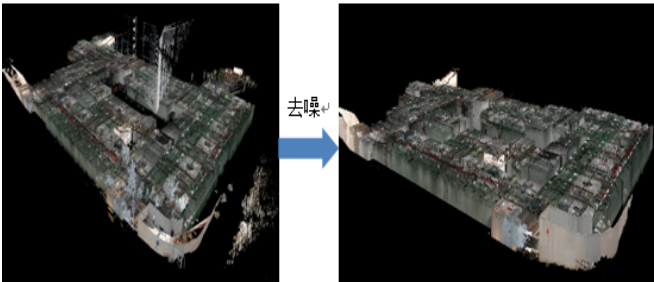


图1 去噪示意图

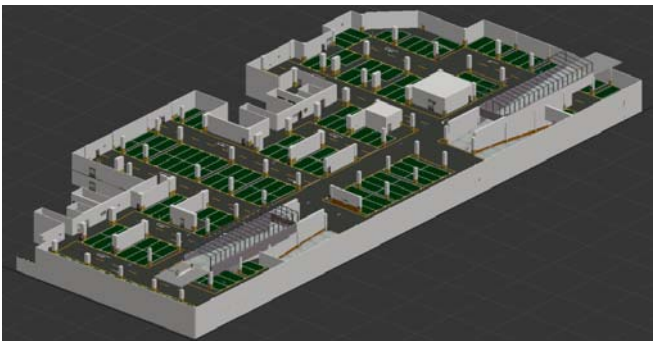


图2 地下车库三维模型示意图

(5)模型取点。选取模型中地下空间各类特征点,形成二维数据成果,如车位界址点坐标,并输出为《界址点成果表》。

3 三维扫描结果精度评定

3. 1扫描结果稳定性测评

随机选择5个车位样本,对于任意一个样本选取两个不同的扫描站点获得的点云数据经过降噪等方法处理后,人工从点云、模型中采集车位尺寸,每站均量测2次,比较4次结果的差值,以此来验证三维激光扫描方法的稳定性。试验结果如表1(单位:米)所示:

序号		扫描站1		扫描站2		平均值	最大差值
1	长	5.421	5.42	5.421	5.421	5.421	0.001
	宽	2.543	2.541	2.545	2.541	2.543	0.002
2	长	5.66	5.659	5.659	5.661	5.66	0.001
	宽	2.478	2.48	2.482	2.481	2.48	0
3	长	4.449	4.448	4.449	4.451	4.449	0.001
	宽	2.202	2.204	2.203	2.201	2.203	0.002
4	长	6.082	6.081	6.08	6.081	6.081	0
	宽	2.551	2.554	2.551	2.552	2.552	0.002
5	长	5.736	5.733	5.734	5.735	5.735	0.002
	宽	2.522	2.523	2.522	2.521	2.522	0.001

从上表中可以看出,所有数据在不同扫描站所测4次成果中,边长较差均小于3mm,三维激光扫描技术测量数据的稳定性符合地下空间建模及不动产测绘精度要求。

3. 2界址点坐标比较

平均选取采用全站仪全解析法获取的车位界址点坐标10个,与采用三维激光扫描技术所获取界址点坐标进行对比差值如表2(单位:米)所示:

点号	全站仪法		扫描法		坐标较差		△D(cm)
1	41520.165	41377.747	41520.158	41377.747	0.7	0	0.7
2	41785.192	41532.469	41785.191	41532.471	0.1	-0.2	0.2
3	41455.408	41999.609	41455.403	41999.607	0.5	0.2	0.5
4	41476.461	41684.963	41476.453	41684.967	0.8	-0.4	0.9
5	41495.246	41958.529	41495.249	41958.536	-0.3	-0.7	0.8
6	41918.887	41494.558	41918.893	41494.561	-0.6	-0.3	0.7
7	41762.77	41403.556	41762.766	41403.558	0.4	-0.2	0.4
8	41071.846	41112.181	41071.846	41112.189	0	-0.8	0.8
9	41839.762	41329.356	41839.754	41329.355	0.8	0.1	0.8
10	41523.591	41371.056	41523.583	41371.049	0.8	0.7	1.1

从上表较差分析出三维激光扫描技术与传统全站仪测量方法所得坐标差值绝大部分在1cm以内,超出1cm的点位误差也在精度范围内。

3. 3结果分析

通过数据对比并分析:(1)传统方法测量的界址点坐标与三维激光扫描技术测量的界址点坐标精度一致,且经过实验检核,后者所得坐标更为准确,整体稳定性较好;(2)基于三维激光扫

描技术采集点云数据以及三维建模均为仪器操作,较好还原实地情况,不涉及操作误差,大大减小偶然误差的存在;(3)采用全站仪传统方法测量,控制测量任务重,在不同的测站对相同的点测量,所得结果存在偏差,数据稳定性差,基于三维激光扫描技术可以消除不同扫描站对同一界址点测量产生的测量误差影响;(4)三维建模数据齐全,完全可以作为质量检查基础,可减少外业检核工作量^[3]。

4 总结

根据本次实例,架站式三维激光扫描技术可以完成地下空间三维数字模型以及不动产确权点云数据采集,极大提高测量效率;比传统测量技术具有更好的地下空间适应性;外业测量过程简便,内业数据处理简洁,可以单人完成全部测量任务;点云密度高、精度好,可完整、详实地反映地下空间现状;可直接与三维展示、量测软件良好衔接,为地下空间不动产确权管理提供详实三维数据。基于三维激光扫描技术测量方法获得的界址点坐标,其精度可达到不动产测量要求,为地下车位、地下空间的精确定权(面积、尺寸、坐标)提供新方法;该技术在地下空间地形测量、不动产测绘中具有一定的可行性和可靠性。

[参考文献]

[1]毛方儒,王磊.三维激光扫描测量技术[J].宇航计测技术,2005,25(2):1-6.

[2]刘海飞,杨敏华,车建仁.地下空间中测绘技术的探讨[J].地理空间信息,2013,(12):16-18+21.

[3]李德仁.移动测量技术及其应用[J].地理空间信息 2006,4(4):1-5.

作者简介:

李磊(1983--),男,汉族,河北保定人,本科,高级工程师,从事地理信息行业多年;研究方向有不动产测绘、工程测量、地理信息系统、航空摄影测量等。