

# Application of 3D Laser Scanning Technology in Underground Civil Air Defense Engineering Mapping

Wenhua Liang

Guangdong Jianhao Information Technology Co., Ltd., Yunfu, Guangdong, 527300, China

## Abstract

3D laser scanning technology provides a revolutionary solution for underground civil air defense engineering mapping. This technique allows scanning, collecting and simulating complex three-dimensional space in a short time, greatly improving the efficiency and precision of underground space mapping. Taking urban underground civil air defense engineering as an example, the author shows the application of 3D laser scanning technology in technical drawing, including data acquisition and preprocessing, 3D space modeling, underground space characteristics analysis, accuracy evaluation and quality control. And the dynamic deformation monitoring and analysis. In addition, the 3D laser scanning technology combines advanced technologies such as cloud computing and artificial intelligence, which plays an important role in the underground civil air defense engineering mapping and provides strong support for the development of engineering intelligence and automation.

## Keywords

3D laser; surveying and mapping; dynamic monitoring; cloud computing; solid mode

## 三维激光扫描技术在地下人防工程测绘中的应用

梁文华

广东建昊信息科技有限公司, 中国·广东·云浮 527300

## 摘要

三维激光扫描技术为地下人防工程测绘提供了革命性的解决方案。该技术允许在短时间内扫描、收集和模拟复杂的三维空间,大大提高了地下空间测绘的效率和精度。笔者以城市地下人防工程为例,展示了三维激光扫描技术在技术制图中的应用,包括数据采集和预处理、三维空间建模、地下空间特征分析、精度评估和质量控制。以及动态变形监测和分析。此外,三维激光扫描技术结合了云计算和人工智能等先进技术,在地下人防工程测绘中发挥了重要作用,为工程智能化和自动化发展提供了强大支持。

## 关键词

三维激光; 测绘; 动态监测; 云计算; 实体模型

## 1 引言

三维激光扫描具有速度快、精度高、非接触等特点,能够快速获取海量高精度的3D空间数据,能够很好地弥补现有测绘方法的不足。三维激光扫描技术具备全自动、高精度等优点,能够快速获取地表三维点的物理模型,为城市地下人防工程测绘提供有力的数据支撑。论文结合某城市地下人防工程实例,论述了三维激光扫描技术在工程测绘中的运用,对提高测绘效率、优化设计、加强施工监理具有重要意义。

## 2 地下人防工程的特点

### 2.1 结构复杂性

城市地下人防体系的多维度分布是复杂的。在有限的

地下空间中,工程往往要求对人员撤离路径,材料存放地点以及重要设备作出适当的计划。在这样一个复杂的空间布局中,既要有高度的空间想象能力,又要有创造性,才能保证建筑设计的合理与实用。再者,由于土木建筑本身的复杂性,各种使用需求也表现出了多样性。在满足基本防卫需求的同时,还要兼顾通讯、电力供应、环境监控等多方面的需求。如何将这些功能整合在一起,就需要更多的工程设计<sup>[1]</sup>。

### 2.2 空间限制

地下人防工程的空间约束对规划者提出了可行性与有效性的要求。在有限的空间中,如何对各功能区进行合理配置,以保证人员及材料的高效安全撤离,是论文研究的重点。再者,由于场地有限,工程的安全性也受到了很大的影响。在有限的空间中设置适当的安全距离与撤离路径,对保障人员的人身安全具有重要意义。在此背景下,利用仿真技术对不同的建筑结构进行安全评价,确定建筑结构的最优布置,

【作者简介】梁文华(1985-),男,中国广东云浮人,本科,工程师,从事测绘研究。

保证突发事件中的人员能够迅速撤离。

### 2.3 安全性要求

土木工程对安全性的需求表现为对其高强度、高稳定的需求。建筑结构要能承受外界的冲击与压力,就必须具备一定的强度与耐久能力。再者,对建筑物的安全性也应考虑到周围的环境,如防水、防潮、防火等。地下工程是一种复杂多变的地下环境,其长期稳定与安全关系重大。采用新型防水材料、自动监控系统、严格的施工质量管理等措施,保证了工程在各种环境下的安全性<sup>[2]</sup>。

## 3 三维激光扫描技术原理

三维激光扫描的理论基础即激光路径划分及点云数据的产生。该系统通过发射一束激光,并将其反射回来,就能准确地测出激光照射点与被测物体间的距离,同时获得扫描的竖直角和水平角,可以求得物体在激光扫描坐标系中的三维坐标,获取目标物体的点云数据包括坐标、反射强度和RGB信息。三维激光扫描技术在地下人防工程中的应用,还可以实现对复杂空间结构的准确探测。建筑实体通常形状不规则、内部构造复杂,采用常规观测手段难以获取其精确参数。三维激光扫描可以实现无死角的全方位扫描,将地下空间的所有信息都完整地记录下来,为项目的设计与建设提供准确的空间资料。其中,针对特定需求,研究适用于地下空间特定需求的专用软件,并采用智能算法对不同类型的云数据点进行自动识别与分类<sup>[3]</sup>。

## 4 地下人防工程测绘的特点与挑战

首先,在地面进行高精度的3D模型构建。地下人防工程往往处于地下环境复杂、构造复杂、空间狭小的环境中。采用常规的测绘手段,难以获取工程场地的精确三维信息。三维激光扫描是一种能够实现高精度三维点云建模的新方法。可通过对点云进行高精度、多面扫描等方法的研究,在保证模型精度、可靠性的前提下,对整个流程进行优化。其次,三维激光扫描技术能够对整个工程的进展情况进行实时测绘,并将其与设计模型进行对比分析,从而发现并修正设计中的偏差。通过周期性的检测,对工程的质量进行不断的监测,保证工程的设计与安全。最后,通过对点云数据进行对比分析,从而判断结构的健康状态及结构的演变趋势。同时,点云数据也可以应用于维修与养护方案的制订,实现资源分配与施工方案的优化<sup>[4]</sup>。

## 5 三维激光扫描技术在地下人防工程测绘中的应用

### 5.1 数据采集与预处理

在资料收集方面,利用高精度三维激光扫描仪,对地下空间进行全面扫描,以保证资料的完整与准确;在扫描时,对采集参数进行调节,并对采集参数进行优化,得到了高质量点云。针对复杂地表环境,如光照不足、空间狭小等,采

用多边形多层扫描技术,降低探测盲区,降低采集误差。通过对点云数据的自动分类与识别,实现结构表面、裂纹等关键特性的准确辨识,为后续结构分析与状态监控提供准确的数据支撑。最后,采用云计算技术,对所采集的数据进行高效、准确的存储与处理。强大的云计算功能保证了在保证数据处理灵活、可伸缩性的前提下,对海量云数据进行快速的处理与分析<sup>[5]</sup>。

数据采集采用公共标靶进行后续点云数据配准,相邻扫描测站的公共标靶数据不小于3个,平面标靶的激光束相对标靶平面的入射角度不大于50°。扫描结构特征后续点云数据配准时,相邻测站间的点云重叠度不低于25%。在地下人防区域布设均匀、成对分布控制点标靶,将点云数据与控制点标靶坐标、其他集成传感器数据等进行融合解算,得到满足精度要求的三维点云坐标。

数据预处理的点云配准使用公共标靶、结构特征点云数据配准,相邻两站采用同名点建立转换。点云数据中存在脱离扫描目标物的异常点、孤立点时,采用滤波或人机交互进行降噪处理。

### 5.2 三维空间建模

首先,对采集到的点云数据进行准确定标与集成,是空间3D造型的重要环节。最新点迭代(ICP)等高级算法可实现多视角的高精度融合,有效消除数据间的误差,保证模型的一致性与完整性,利用多视图融合技术,将多个扫描点的数据进行整合,构建出一种无缝的三维模型。其次,利用点云三角法、四维网格剖分等高精度网格划分方法,建立高精度的3D网格剖分,以达到最大精度,实现高精度三维建模。最后,在三维空间造型中,模型优化与简化仍是急需解决的问题。该方法能够在保持模型准确性的基础上,根据不同的应用要求和计算平台,减小模型的复杂度,减小数据规模。

### 5.3 精度评估与质量控制

通过3D激光扫描获取的点云数据,对地下空间进行几何分析;所得到的资料能较好地反映出地下空间的真实形态及尺寸,同时能为设计及建造提供详尽的几何资料。专门的3D造型软件可以对点云数据进行加工与分析,从而建立一个3D的地下空间模型。通过对室内非规则区域、结构缺陷及安全隐患的分析,可为结构的优化与加固提供准确的指导。再者,从城市功能布局角度,对城市地下空间的高效使用与人的流动进行了研究。三维激光扫描能够将各个功能区的位置、面积等细节信息显示出来,其中包含了人员疏散路径、物料存放地点、重要设施等。通过对人群的运动、运输路径进行仿真,实现对人群活动的最优化,从而为突发事件中的人员快速、高效的撤离提供保障。

因障碍物严重遮挡、水雾、噪声或其他因素影响内业解算精度时,应进行补测。激光扫描仪的测距常数定期采用0.5秒全站仪进行检查,测距常数超出其标称值时,应进行

修正,而保证数据质量。

精度评估采用免棱镜全站仪测量出地下人防区域均匀分布多个特征点三维坐标数据,与激光扫描获取的点云数据三维坐标数据对比,统计分析点云数据三维坐标精度。

#### 5.4 动态监测与变形分析

首先,采用周期性的三维激光扫描仪进行动态监测。利用这种方法,可以对地下人防工程进行多个时段的连续扫描,得到实时的三维构造资料。对各时刻的监测数据进行对比,可以对结构的微小变形、位移进行追踪,从而能够及时地检测出可能存在的结构问题。其次,利用现代化的资料处理与分析软件对形变进行分析。将采集到的点云数据导入专门的分析软件中,实现对结构形变的量化分析。采用有限元法等数值模拟手段,对各种工况下的结构响应进行仿真,并对其稳定性与安全评价。同时,通过机器学习、人工智能等方法,实现对结构形变发展趋势的自动辨识与预测,从而为设备的预防性维修提供理论依据。最后,根据实际情况,对监测策略进行优化。针对地下深部防护技术的构造特征及具体情况,确定合适的监测方案及监测频次,以形变分析为基础,对监测点布置进行合理布置,并对监测方案进行优化,既能增强监测的关联性,又能减少监测代价,提高资源利用效率。

### 6 三维激光扫描在特定地下工程中的应用

本项目地下人防坐标系与地面坐标系一致,通过联系测量将地面基准引入地下人防,在两个地下人防出入口处布设控制点,采用闭合导线测量方法引入地下人防作为激光扫描的起算平面坐标基准,采用水准测量方法引入地下人防作为起算高程基准。

某城市地下人防工程原设计容量为5000人的工程现已扩展至能容纳6000人,并针对新的安保要求进行了设施升级。扩建工程涵盖了安全门的安装、通风系统的更新以及居住区的改善等多个方面,并通过专门软件绘制平面图的墙、柱、出入口等细节,可在平面图上量取地下人防建筑面积,统计掩蔽体、墙体、辅助、口部面积,用于规划设计。项目组在前期工作中,已获得超过500万点云数据,并建立了高精度的毫米级三维模型。相对于人工测量,三维造型所需时间可减少60%。项目组每隔两个星期就会用三维雷射检视,以保证错误侦测到的错误在1mm内。在工程建设中,如安检门的安装,利用三维激光扫描技术,可将缺陷误差控制在2mm以内,大大小于5mm工业标准。在扩建工程完工后,该公司已设立一套楼宇监控体系,并对各主要建筑进行定期视察。本课题拟采用机器学习方法,实现3个月时间里对裂纹扩展速率进行辨识,并对其服役性能进行预测,发现潜在

的结构问题。项目组制定了5年的维修规划,可以使企业的运营费用较传统方式减少30%。三维激光扫描技术已被广泛应用于土木工程的设计、建造、监测与维修等各个环节,一系列创新性的应用,显示了三维激光扫描技术在现代化的井下测绘与维修中的可行性与有效性。

为了检测本项目三维扫描仪精度,利用免棱镜0.5秒全站仪,测量出地下人防区域均匀分布12个特征点三维坐标数据,并与点云数据的三维坐标进行对比,统计分析三维扫描仪精度,其结果满足本项目相关规定要求。

激光扫描与全站仪坐标精度统计表如表1所示。

表1 激光扫描与全站仪坐标精度统计表 单位(m)

序号	激光扫描		全站仪实测坐标		点位较差		
	X	Y	X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta S$
1	286.6229	270.8159	286.6151	270.8174	0.0078	-0.0015	0.0079
2	283.6456	311.8131	283.6440	311.8108	0.0016	0.0023	0.0028
3	295.8853	353.8022	295.8903	353.7994	-0.0050	0.0028	0.0057
4	362.0457	347.8510	362.0491	347.8577	-0.0034	-0.0067	0.0075
5	371.9697	311.1519	371.9692	311.1538	0.0005	-0.0019	0.0020
6	399.7571	272.4690	399.7586	272.4689	-0.0015	0.0001	0.0015
7	441.1073	278.4202	441.1066	278.4250	0.0007	-0.0048	0.0049
8	435.8145	325.0380	435.8219	325.0316	-0.0074	0.0064	0.0098
9	456.3242	351.4878	456.3181	351.4834	0.0061	0.0044	0.0075
10	508.9217	348.8429	508.9243	348.8437	-0.0026	-0.0008	0.0027
11	510.9065	315.1193	510.9101	315.1271	-0.0036	-0.0078	0.0086
12	503.9596	275.4446	503.9584	275.4516	0.0012	-0.0070	0.0071

### 7 结语

随着三维激光扫描技术在土木工程测绘中的广泛应用,为提高测绘精度,优化技术设计,强化施工监控与维修管理提供了有力的支撑。三维激光扫描技术具有诸多优点,可大幅提升地下空间数据获取的效率与品质,并可为未来工程智能化、自动化水平的提升提供有力的技术支撑。文章以实例说明了三维激光扫描技术在地下人防工程测绘中的应用。从数据获取与前处理、三维空间模型构建、地下空间特性解析、精度评价与质量控制、动态监测与分析等环节,充分体现了科技对于提升工程测绘水平的重大意义。

#### 参考文献

- [1] 王雨欣,孟丽媛,陈昱璇,等.三维激光扫描技术在地下人防工程中的应用[J].科技创新与应用,2023,13(27):173-176.
- [2] 陈文波.BIM技术在地下人防工程设计中的应用研究[J].中国建筑金属结构,2022(9):154-156.
- [3] 王凯.地下人防工程土方开挖施工技术探析[J].科技资讯,2020,18(19):56-57+60.
- [4] 马雪萍,陈立民.三维激光扫描技术在地下人防工程中的应用实践[J].城市勘测,2018(1):18-21.
- [5] 吴亮,杨晶,高悦,等.浅析三维激光扫描技术在地下洞库工程中的应用前景[J].河北工程技术高等专科学校学报,2014(4):42-46.