

三维激光扫描技术在早期人防工程测绘中的应用研究

Research on Application of 3D Laser Scanning Technology in Surveying and Mapping of Early Civil Air Defense Engineering

李洪庆 张先林 任茜

Hongqing Li Xianlin Zhang Qian Ren

烟台市人防指挥保障中心 中国·山东烟台 264000

Yantai Civil Air Defense Command and Support Center, Yantai, Shandong, 264000, China

摘要: 针对早期人防工程规模小、埋置深, 结构复杂、通视困难等特点, 本次研究采用三维激光扫描技术, 通过扫描地表控制点与地下标靶相结合的方法, 完成对早期人防工程的点云数据采集; 通过对点云数据进行配准、拼接、坐标归算等处理, 实现精准建模和地下人防工程特征物坐标及几何尺寸提取, 准确描述早期人防工程的地下空间分布特征并建立精确的三维场景模型, 为进一步提升对早期人防工程的监管能力, 全面了解、精确掌握早期人防工程分布现状提供支持。

Abstract: In view of the characteristics of early civil air defense projects, such as small scale, deep embedding, complex structure and difficult visibility, this study adopted three-dimensional laser scanning technology to complete the point cloud data collection of early civil air defense projects by combining the scanning of surface control points and ground subtargets. Through the registration, splicing, coordinate reduction and other processing of point cloud data, accurate modeling and extraction of coordinates and geometric dimensions of features of underground civil air defense engineering are realized, and the underground spatial distribution characteristics of early civil air defense engineering are accurately described and accurate three-dimensional scene models are established. In order to further improve the supervision ability of early civil air defense engineering, Comprehensively understand and accurately grasp the distribution status of early civil air defense projects to provide support.

关键词: 三维激光扫描; 早期人防工程; 点云; 三维建模

Keywords: three-dimensional laser scanning; early civil air defense engineering; point cloud; three-dimensional modeling

DOI: 10.12346/etr.v5i8.8465

1 引言

早期人防工程一般指 20 世纪 70 年代前后修建的适于当时战争技术条件的人防设施, 主要类型为坑道、地道工程。随着时间的推移, 许多早期人防工程已经废弃并停止使用, 由于外部条件(如荷载、水浸等)的变化, 容易引发地面塌陷、地基基础不均匀沉降等城市地质灾害, 严重影响城市建设的安全发展。因此, 开展城市早期人防工程综合勘查、治理普查工作非常必要紧急, 受到各级地方政府、住建、人防部门的高度重视。

本次早期人防工程点云数据采用 GeoSLAM 三维激光点云数据采集处理系统进行外业采集及内业处理。GeoSLAM

ZEB-REVO 是目前移动扫描领域中最优质的扫描系统, 其采用手持移动扫描的方式便可实现对小空间以及大空间进行高精度高效率的扫描作业, 为地下空间测量提供了最有效的解决方案。扫描测量的总体作业流程如图 1 所示。

2 资料收集及现场踏勘

本次测量收集了早期人防工程施工设计图、施工平面图、人防工程设计说明、人防工程竣工报告、工程情况统计表等资料。

技术成员通过现场踏勘确认待测区域。判断可视角度, 规划合理的点云采集行走路线。现场踏勘示意图如图 2 所示。

【作者简介】李洪庆(1982-), 男, 中国山东聊城人, 本科, 工程师, 从事人防工程维护管理研究。

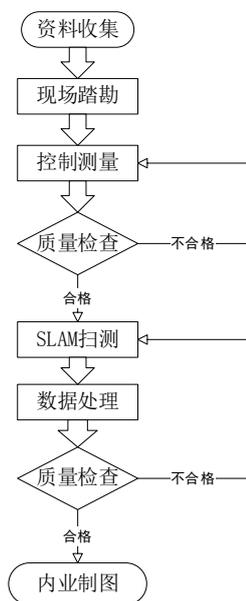


图1 作业流程示意图



图2 现场踏勘示意图

3 控制网布设

本次工作平面坐标系采用2000国家大地坐标系，即CGCS2000；地图投影采用“高斯-克吕格投影”，中央经线120°E，高程基准采用1985国家高程基准^[1]。

3.1 制网布设原则

控制网是早期人防工程展示图测绘的起算面，其精度高将直接影响最终成图的质量。在人防工程测绘过程中，图根点的布设应遵循“从整体到局部”的原则，控制网大小、形状、点位分布应与工程范围、人防工程形状相适应，点位布设要便于人防工程点云数据及特征点的采集。

3.2 控制网布设方式

根据人防工程的实际情况，利用洞口、楼梯、采光竖井等进行地上与地下的联系测量工作，将地上图根控制点的坐标和方位角传入地下，让地上与地下形成具有统一坐标系统的控制网。

导线控制网的布设过程中主要使用闭合导线、附和导线、

支导线等测量方式。

①闭合导线是已知一条边，测量若干个边长和夹角后又闭合到已知边的导线测量方法，适用于小区域控制测量；

②附和导线是起始于一个高级控制点，最后附和到另一高级控制点的导线。适用于狭长区域的控制；

③支导线是指由已知控制点出发，不附和、不闭合于任何已知点的导线。适用于仅有一个出入口的狭长区域。

3.3 控制作业流程

①根据人防工程实际位置情况，在安全、通视区域内布置控制点。地上空间采用埋置钢钉方式进行控制点的布设，地下空间采用记号笔标记形式，完成控制点的布设；

②地上空间部分优先采用CORS系统、网络RTK技术，实测地面上图根点坐标，然后根据设计的控制网布设方式进行地面上与地面下的联系测量，将地面上的坐标和方位角传入地下；

③根据地上空间传递至地下空间的坐标和方位角，使用全站仪进行地下空间的控制网测量。

3.4 平面精度检测

质量检查随测量工作进度同步进行，按照“一同三不同”的原则进行。

经计算，本次测地工作测点点位中误差 $\sigma = \pm 0.041\text{m}$ ；高程中误差 $\sigma = \pm 0.072\text{m}$ ，各项精度指标满足规范和设计要求。

4 点云数据采集

①将连接线（航空插头）两端分别接入数据记录端与手持扫描端。HDMI高清线分别接入数据记录端与手持扫描端。USB数据线同样安装接入数据记录端与手持扫描端。

②接入供电电池：供电电池设有防反插卡口，按照卡槽接入即可实现设备供电。电量显示灯闪烁给出电量显示。

③设备准备就绪，设备自动完成以上流程后进入设备就绪状态，即可手动按下设备启动按钮进行扫描。

④将设备与基座连接，在外业扫描过程中对控制点数据进行定点采集，固定10S后软件可以自动提取出地面控制点位置，提取地面控制点后，平稳拿起扫描头，按照设计的扫描路线，采集人员匀速平稳的手持仪器行进，直至完成点云数据的采集。

若中途出现扫描头动作幅度过大情况且数据出现褶皱，则对此次采集路径内的人防洞室进行重新测量。

⑤完成扫描回归原点，路径自动回环校正。当环境不允许时也不必走回原点形成回环。

5 点云数据内业处理及精度检测

5.1 数据预处理

GeoSLAM采集的点云数据的预处理采用自带点云预处理软件，进行数据的解算和平差计算。

5.2 数据后处理

经过预处理后的点云数据使用 Trimble RealWorks 进行点云后处理。Trimble RealWorks 提供了极为有效的管理、处理和分析庞大数据的能力。RealWorks 支持广泛的工作流程,可以高效可靠地编辑、处理和校准天宝三维激光扫描仪采集的数据^[2]。

①数据融合。选取不同路线扫测点云数据的特征点,实现目标的自动提取和配准:自动检测提取球状目标或者黑白平面目标,通过自动化算法自动配准。

若点云拼接误差大于 15cm,则对不符合要求的点云数据进行重测。

②坐标归算。点云数据坐标定义于仪器自身相对坐标系,为实现地下模型与地面模型数据的准确拼接,必须结合控制点坐标,通过坐标转换把仪器的相对坐标转换到地面绝对坐标系下。

③点云数据编辑。为保证参与内业制图的点云数据简洁性与目标物识别的准确性,对拼接转换后点云数据进行噪点剔除。

5.3 精度检测

此次点云成果精度检查按照“一同三不同”的原则进行。选取施测工程内 30 个地物特征点进行点云成果的精度检查。经计算,相对于临近控制点的点位中误差 $\sigma = \pm 0.206\text{m}$;高程中误差 $\sigma = \pm 0.232\text{m}$,其精度指标满足规范和设计要求。

6 内业制图

6.1 平面图绘制

将经后处理后的成果点云数据发送到 AutoCAD 后,通

过不同视角人工判读洞室特征点,通过手工绘制的方法,对点云数据进行“描绘”成图,在点云处理软件中读取相应特征点的坐标和几何尺寸等特征信息补充到工程平面图中^[3]。

6.2 影像图绘制

将绘制成的工程平面图,通过搭建奥维离线地图服务器,生成影像图,实现早期人防工程与地表建筑的可视化联动。

7 结语

三维激光扫描技术因其可实时生成 3D 云场景,更加轻便化、简单化等技术优势和特点,已在室内空间、矿山巷道、地下空间、BIM 和地籍测量等方面得到了较广泛的应用。

合理利用本次研究获取的三维点云数据,通过三维建模,可为进一步提升人防工程监管能力,提高人防工程与地下空间开发利用总体规划水平,全面了解、精确掌握早期人防工程分布现状提供数据支持。

通过搭载基础信息平台,可实现对早期人防工程线上精准定位、信息共享,为后期城市建设提供基础数据,提升城市安全和防灾能力、优化资源利用和环境保护、推动地方经济发展。

参考文献

- [1] 苗亚哲,李胜波,邓安仲,等.三维激光点云数据在既有地下人防工程BIM模型重建中的应用[J].测绘通报,2019(6):100-104.
- [2] 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.
- [3] 王智,薛慧艳.三维激光扫描技术在异形建筑竣工测量中的应用[J].测绘通报,2018(1):149-152.