

技术方法

# 三维激光扫描技术在青岛市房地产开发中的应用

白立飞<sup>1</sup>, 于广婷<sup>1</sup>, 卢晓龙<sup>1</sup>, 韩金芳<sup>2</sup>

(1. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250002; 2. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

**摘要:**三维激光扫描技术是一种先进的全自动高精度立体扫描技术, 又称为“实景复制技术”, 是继 GPS 空间定位技术后的又一项测绘技术革新, 使测绘数据的获取方法、服务能力与水平、数据处理方法等进入新的发展阶段。该文结合工程实例, 对该项技术用于三维精准地形测绘的方法进行了实践与研究, 并对该技术存在的一些问题做了一些探讨。

**关键词:**地形测绘; 三维激光扫描; 点云数据; 青岛市

**中图分类号:** P27

**文献标识码:** B

传统的地形数据获取工作耗时、费力, 对于较为复杂地形或测量员无法到达的危险地段来说常规的测绘方法往往显得无能为力。而三维激光扫描技术的诞生, 为上述问题的解决提供了最为有效、实用和先进的技术手段。三维激光扫描技术是 20 世纪 90 年代中期激光应用研究的一项重大突破, 它被誉为继 GPS 技术以来测绘领域的又一次技术革命<sup>[1]</sup>。三维激光扫描技术又称作“高清晰测量 (High Definition Surveying, 简称 HDS)”, 它是利用激光测距的原理, 完整并高精度地重建扫描实物及快速获得原始测绘数据, 其最大特点就是精度高、速度快、逼近原形。因其激光点云中每个三维数据都是直接采集目标的真实数据, 所以无需任何实物表面的处理, 使得后期处理的数据完全真实可靠。三维激光扫描技术可广泛应用于文物古迹保护、建筑、规划、土木工程、工厂改造、室内设计、建筑监测、交通事故处理、法律证据收集、灾害评估、船舶设计、数字城市、军事分析等, 并具有高效率、高精度的独特优势<sup>[2]</sup>, 对测绘工作具有很强的现实意义。

## 1 三维激光扫描的基本原理

三维激光扫描测量系统主要由激光发射器、内置数码相机、马达控制可旋转的滤光镜、控制电路板以及后处理软件组成。三维激光扫描系统按操作空

间位置可以划分为机载型、地面型以及手持型。其中地面三维激光扫描测量系统主要由激光发射器、激光接收器、时间计数器、马达驱动的可旋转滤光镜、内置数码相机、控制电路板、计算芯片和软件等组成。激光脉冲发射器周期性地发射激光脉冲, 然后由接收透镜接收目标表面反射的激光信号, 利用一个稳定的石英时钟对发射与接收时间差作计数, 最后由计算芯片通过按照算法处理原始数据, 从中计算出采样点的空间距离  $S$ 。精密时钟控制编码器同步测量每个激光脉冲横向扫描角度观测值  $\alpha$  和纵向扫描角度观测值  $\beta$ 。扫描仪激光测距的原理如图 1 所示<sup>[3]</sup>。

地面三维激光扫描测量一般使用仪器内部坐标系 (即以仪器为坐标原点),  $X$  轴在横向扫描面内,  $Y$  轴在横向扫描面内与  $X$  轴垂直,  $Z$  轴与横向扫描面垂直。由此可得到采样点坐标的计算公式为<sup>[4]</sup>:

$$X = S \cos \beta \cos \alpha \quad Y = S \cos \beta \sin \alpha \quad Z = S \sin \beta$$

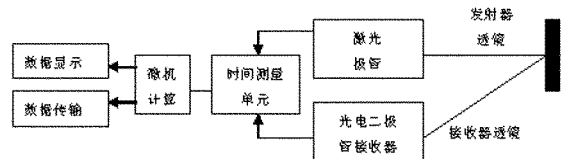


图1 三维激光扫描测量的基本原理

\* 收稿日期: 2010-08-10; 修订日期: 2010-09-26; 编辑: 孟舞平

作者简介: 白立飞 (1981—), 男, 新疆乌鲁木齐人, 助理工程师, 主要从事三维精准地形测绘的研究工作; E-mail: chytdkcc@163.com。

## 2 研究区概况

青岛市锦绣海岸房地产开发用地地形扫描项目,地处青岛市四方区西部,瑞昌路与兴隆路交会处,总扫描面积 0.08 km<sup>2</sup>。因房地产开发商需要精确的统计施工前后的土方量,故项目主要进行开发用地建筑施工前的地形扫描,实现施工前的土方保存,为开发商提供精准的基础数据。

由于现场为老居民点拆迁区,地形并未整平和动工建设,未全部拆除的破坏房屋随处可见,地形条件十分复杂。利用传统的地形测绘方法进行地形数据采集耗时、费力,而且工期不允许,三维激光扫描技术的应用解决了以上难题。

三维数据采集利用的是瑞士 Leica 公司的 Scan Station2 型号三维激光扫描仪,该扫描仪测程达 300 m,扫描速度为 50 000 点/s,且视场角达到 360° × 270°,非常适合地形扫描应用。处理软件用的是 Leica Cyclone7.0,现场大地坐标标记点由 RTK 进行坐标量测获得。

## 3 数据的获取及处理

利用三维激光扫描系统获取和处理,由于其工作原理决定了只有激光能反射回来的地方才有数据,所以数据获取前的测量规划非常重要。在做完测量规划之后,根据现场情况建立控制网,然后获取数据,并记录测量过程。在现场进行数据地拼接工作,利用 Cyclone 软件的拼接模块,现场拼接可在 1~2 min 完成。现场拼接的好处是可以直观地检查数据的完整性和有效性,对于遗漏和缺失的数据,可现场补充,避免了内业处理时才能发现数据遗漏必须返场的情况。数据拼接完毕,检查无误后,可回到室内进行数据的内业处理。数据获取和处理流程如图 2 所示。

### 3.1 外业数据采集

根据现场地形以及住宅区的分布情况,最终选取了 16 个测站点,力求扫描范围涵盖研究区内详尽的地形、地貌特征。扫描仪采取自由设站的方式,在扫描仪周围布设 3~4 个标靶,标靶坐标用 RTK 获取。外业数据采集工作共耗时 8 h 左右,共采集点云数据 8 180.780 6 万个。

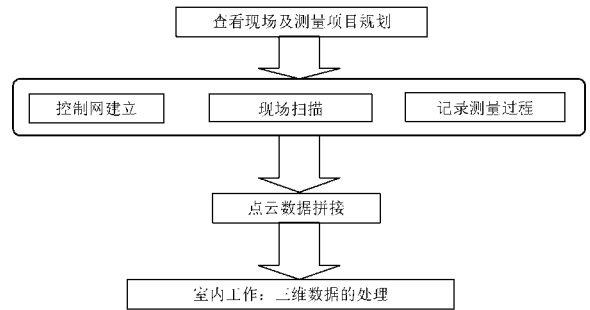


图 2 三维激光扫描系统的数据获取和处理流程

### 3.2 点云数据配准

地面三维激光扫描仪每次扫描只能得到测区局部的数据,并且每次扫描得到的数据都处在以当前测站为原点定义的一个局部坐标系中。因此,需要将每站的点云数据进行转换,从而统一到同一坐标系下,这一步叫做点云数据的“拼接”或“配准”。

一般配准的基本方式有 2 种:一种是相对配准,以某一站的坐标系为基准,其他各站的坐标系都转换到该站的坐标系下,相对配准需要相邻站点之间有 3 个以上的公共点,也就是同名标靶,它不需要测量标靶的绝对坐标,但如果测站较多,以公共点拼接的方式就会产生较大的累计误差。另一种方式是绝对配准,它是将扫描仪和常规测量相结合,利用常规测量仪器直接获取标靶中心的绝对坐标,这样各站的点云数据都转换到统一的绝对坐标系中,省去了点云数据的拼接过程,避免了相对配准的累计误差,并且数据整体精度分布均匀。

由于地形情况较为复杂,作业中受起伏地形限制,再加上测站较多,为保证地形数据的精准,点云数据的配准采用绝对配准方式。通过对瑞士 Leica 公司生产的 Scanstation2 型号三维激光扫描仪的多次尝试,发现三维激光扫描仪配合 RTK 进行简单快速的绝对配准效果很好。实际应用中不需要架设标靶,而是将 RTK 的标杆尖头作为标靶中心,利用三维激光扫描仪对 RTK 的标杆尖头进行精细扫描的同时,RTK 也获取了该点的绝对坐标,在数据拼接时从点云数据中获得标杆尖头与地面的接触点作为标靶中心点进行绝对配准,既避免了相对配准的累计误差,又省去了每站架设标靶、量取标靶高、更换棱镜和标靶等繁琐环节,提高了工作效率。

### 3.3 地物的提取与绘制

地物特征点的提取是在配准好的点云数据中手工提取的。在配准好的点云数据中建立水平的参考格网。利用 Leica 的 Cyclone7.0 软件的画线工具将地物画出,软件会自动地将地物线投影在水平参考格网上,生成图纸(地物图),并可以导出 dwg, dxf 等各种格式。

### 3.4 生成等高线

由于三维激光扫描仪获取的点云数据包含了地表的所有信息,如树木、植被等,而这些非地貌点又称为噪音点,会影响到等高线的自动生成,所以在生成等高线之前须对噪音点进行手工剔除工作。利用处理过的点云数据关闭地物图层后,剩余的数据为地形数据,选择所有的数据生成 mesh 格网模型,利用软件 Cyclone7.0 提供的工具来自动生成等高线,同时可以任意设置等高距以及选择注释方式。

### 3.5 图形编辑

将地物图与等高线图叠加到 CAD 中进行编辑,由于生成等高线的点云数据是剔除了地物部分的,所以生成的等高线会出现局部缺失、扭曲、不光滑等现象,需要手工修饰和编辑。最终得到的 CAD 格式的地形图如图 3 所示。

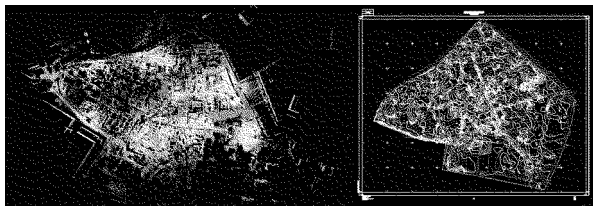


图3 原始的点云数据和最终的成果数据

## 4 问题与探讨

利用三维激光扫描技术的非接触测量优势,可以对很多较为复杂或危险的地形进行精准的地形测绘。但目前该项技术应用于精准地形测绘还存在很多问题:

(1)如何自动或半自动化剔除点云数据中的噪音点,是目前地形测绘中急需解决的问题,因为噪音点直接影响着生成等高线的准确度。

(2)对于地形测绘来说,三维激光扫描获取的数据太密,大大超过了 1:500 地形图的要求,可以在满足精度要求的前提下,前期进行数据抽稀,提高数据处理速度。

(3)对于地形起伏或遮挡较为严重的情况,合理地进行测量规划是个非常重要的环节,测站的选取既要保证测区数据的完整,又要降低测站数量。

(4)受到激光功率的局限,扫描距离和范围有限,特定材料对激光光源反射不够敏感,会造成扫描范围内出现盲区,需要在实际工作中积累外业经验加以解决。

### 参考文献:

- [1] 张过,李德仁,袁修孝,等. 卫星遥感影像的区域网平差成图精度[J]. 测绘科学技术学报,2006,23(4):239-241,245.
- [2] 李滨. 三维激光扫描系统在文物保护领域的应用[J]. 测绘通报,2008,(6):72-73.
- [3] 张远智,胡广洋,刘玉彤,等. 基于工程应用的三维激光扫描系统[J]. 公路运输文摘,2001,(9):38-40.
- [4] 国家技术监督局. GB/T13977-92,1:5000,1:10000地形图航空摄影测量外业规范[S]. 北京:中国标准出版社,1992.

## Application of Three - dimensional Laser Scanning Technology in Real Estate Development in Qingdao City

BAI Lifei<sup>1</sup>, YU Gangting<sup>1</sup>, LU XiaoLong<sup>1</sup>, HAN Jinfang<sup>2</sup>

(1. Shandong Geological Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250002, China; 2. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Three - dimensional laser scanning technology is an advanced automatically 3D scanning technology. It is also called "virtual replication". It is a revolution in surveying and mapping after GPS. It will promote data acquisition, service level and data conduction. In this article, combining with practical examples, application of 3D lasers scanning in 3D fine topographic mapping is introduced, and some problems in the application are discussed.

**Key words:** Fine topographic mapping; 3D laser scanning; point cloud datas; Qingdao city