

三维激光扫描技术在土方测量中的应用

王志耕 杨勇
重庆市勘测院

DOI:10.12238/gmsm.v5i5.1437

[摘要] 社会经济发展水平的提升带动了建设行业的稳定持续发展,建设行业发展规模的扩大同时反哺了社会经济的增长。建设项目的开展需要各类信息数据作为支撑,在科学技术、信息技术、网络技术迅速发展的背景下,各类新技术、新设备和新的测量工艺在工程测绘行业得到了广泛应用。本文从三维激光扫描技术原理、三维激光扫描工作流程对三维激光扫描技术展开了探讨,以某地区公路改建工程为例,根据测区实际情况,对三维激光扫描技术在土方测量中应用的外业测量、数据处理和数据控制的关键点展开了分析,论述了最终的测量成果,旨在为相关人员提供参考。

[关键词] 三维激光扫描; 土方测量; 数据采集; 应用

中图分类号: TP731 **文献标识码:** A

Application of 3D Laser Scanning Technology in Earthwork Measurement

Zhigeng Wang Yong Yang
Chongqing Survey Institute

[Abstract] The improvement of social and economic development level has driven the stable and sustainable development of the construction industry, and the expansion of the development scale of the construction industry has fed the growth of social economy at the same time. Construction projects need all kinds of information data as support. In the background of the rapid development of science and technology, information technology, network technology, all kinds of new technology, new equipment and new measurement process in the engineering surveying and mapping industry have been widely used. This paper discusses 3D laser scanning technology from the principle of 3D laser scanning technology and 3D laser scanning workflow, takes a regional highway reconstruction project as an example, analyzes the key points of field measurement, data processing and data control according to the actual situation of the survey area, and discusses the final measurement results, aiming to provide reference for relevant personnel.

[Key words] 3D laser scanning; earthwork measurement; data acquisition; application

引言

众所周知,土方测量工作是一项复杂性、系统、连续性的工作任务,测量技术、工艺、设备的选择要根据待测区域的地质环境、测量范围和甲方的需求而定。从测量数据的准确度、测量施工周期、人员分配等方面确定测量方案,制定科学、合理、可行的测量计划书,才能保证不同测量流程之间有效衔接,为后续的土方工程量计算、施工等工作提供全面的数据支撑。

1 三维激光扫描仪技术概述

1.1 三维激光扫描技术原理

三维激光扫描仪由一台高速精确的激光测距仪、可引导激光并以均匀角度扫描的反射棱镜、电源及附属设备组成,激光测距仪的主要作用是在扫描测量时发射激光,同时接受测量对象反射的信号,实现距离的计算^[1]。例如光在空气中以速度 c 在A、

B两点往返一次的时间为 t ,那么A、B两点距离可通过下式计算:

$$D = \frac{1}{2}ct$$

式中: D ——A、B两测点间距离;

c ——速度;

t ——光往返A、B两测点所需时间。

该项技术应用非接触式的高速激光测测量,应用范围比较广泛,可以获取复杂地形的影像数据,利用相关软件对采集到的点云数据和影像数据信息进行分析,获取扫描点的空间坐标。原理如图1所示。三维激光扫描技术具有效率高、精准度有保障、测量范围广、环境适应性强等多重优势,在多个领域有着广泛的应用,该项技术推动了我国测绘工程的创新发展。

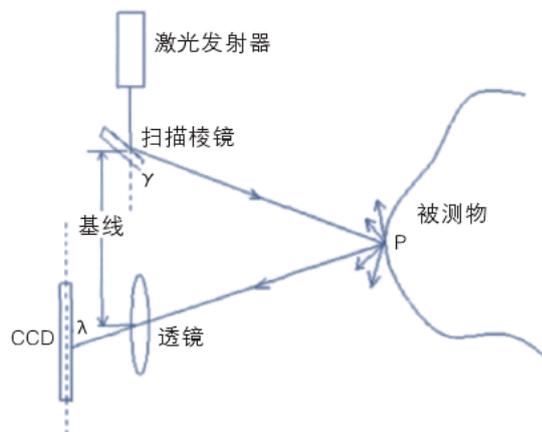


图1 三角测距原理示意图

1.2 三维激光扫描工作流程

在土方测量中,三维激光测量系统主要通过图2所示步骤进行测量。(1)现场勘察和站点选择。在土方测量过程中,首先要开展现场勘察工作,从多个角度了解测量范围内的地势环境,确定扫描站点的布设位置和数量。保证扫描站点的精准度和测量效率,要将站点确定在光照条件较好、视野开阔的区域,避免出现扫描盲区,影响扫描点坐标的精准度和影像成像数据的完整新性^[2]。(2)控制点的布设。在使用测站点和是后视点组合方法采集数据时,要保证控制点和扫描站点的重合。应用其他采集方法时保证控制点的数量要在3个以上,控制点的分布要保证均匀和数量的合理。确定控制点布设数量时要综合考虑测量的精度需求和外业的工作量。全站仪、GPS、水准仪等测量仪器要布设在地势平坦,不会产生外界干扰因素的点位处。(3)站点数据采集。做好上述工作流程之后,开始采集数据的工作,在站点上固定激光扫描仪器并确定扫描分辨率,扫描标靶分辨率的确定要以云数据配准方式为参考,为提高扫描数据的精准度,降低外界因素的干扰,要控制人员随意走动,降低异常点出现的数量。(4)控制点测量。可以利用全站仪、GPS RTK等测量方法获取控制点坐标,高程数据的采集可以利用水准测量、三角高程、GPS拟合水准等方法^[3]。

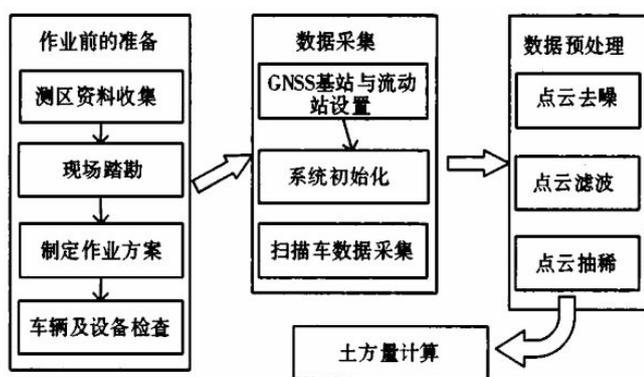


图2 三维激光测量系统运行流畅图

2 工程实例

2.1 测区概况

以重庆某地区公路改建工程中土方测量为例,该公路设计为一级公路,是该地区重要干线公路。根据公路整体设计要求要求,需要对某路段的一块场地进行测量并回填。需回填的场地面积大约为20万平方米,受到复杂地理地质环境、前期施工等多方面因素的影响,测区内凹凸不平的土坑比较多,回填难度比较大,根据甲方要求,需要完成原地面10m×10m网格测量,作为土方结算依据。在该项目中,要根据施工周期、工程量等方面的因素综合考虑选择合适的测量方法,如果选择极坐标法进行测量,根据测量要求和碎步点间间距,粗略计算需要采集4000个左右的点,测量周期会持续比较长,采用三维激光扫描的测量方法可以在保证测量质量、数据要求的基础上缩短施工周期。

2.2 外业测量

以本项目为例,在测量过程中,要严格按照工作流程开展外业测量工作,保证不同专业内容之间的有效衔接,在该测量工程中,首先要对测量区域的地势环境、水文条件的进行全面勘察,保证扫描站点布设位置的合理性,为后续扫描工作的顺利开展提供保障。其次,在布控点设置完成之后,要根据工程量、测量进度计划等多方面的内容确定数据采集方法,设计数据采集点的数量和分布位置,确定全站仪等测量设备安置位置。根据测量区域的范围、面积和测量土方测量工作的工程量等具体情况,为提高测量效率,将现场测量人员分为2个组别。在该测量工作中,外业测量的工作内容主要包括站点选取、控制点布设、站点数据采集、控制点测量等工作内容,其中一个小组主要负责三维激光扫描,根据测量需求共分为36个站点,在扫描时利用RTC360对整个测量区域进行扫描,每个站点的扫描时间控制在10分钟左右,要保证测量工作的全面性,无扫描盲区出现。一般情况下,以扫描站作为中心点,要将扫描的半径设置为400m左右。在扫描工作的准备阶段,要保持扫描仪器三脚架的平整度,如果出现倾斜度过大的问题,会影响后续数据拼接的精准度。扫描仪每一站所需要储存的数据、影像数据量庞大,在扫描时技术人员要实时观察储存容量,当出现容量不足的问题时要及时外接储存设备,维持扫描设备的正常工作。另一个小组主要负责控制点、检查点的设置及测量工作,根据该测量项目的要求,在测量区域内共设置16个控制点,保证控制点的均匀性,同时要提前做好检查点的布设工作。

2.3 数据处理

在该工程项目中,处理数据时应用Trimble RealWords软件,经过噪声处理、标靶中心坐标提取、点云数据简化等多个步骤,获得任何一个坐标系中的点云数据模型,转化为三维坐标数据。(1)从噪声的处理来看,首先要明确噪声的来源,在数据擦剂时候,受到周围车辆行驶、风力、周围建筑物、恶劣天气等多方面的影响,都会产生噪声,对采集数据的精准度造成影响,在去除噪声时要分析去除之后是否会对土方计算的准确度造成干扰,要尽量对影响土方计算数据准确度之外所有噪声都去除。除此以外,在该环节还要做好误差分析,明确导致三维激光扫描设备在数据获取阶段的误差来源,如扫描镜镜片偏差、电机转动不均

匀、旋转扫描镜时产生的误差、被测物体在信号反射时出现的误差等,通过加强对误差点的分析,有助于排除干扰因素对数据产生的影响。(2)数据重采样。结合该测量工程中的数据采集实际工作来看,不同站点获取的数据信息量庞大,要根据计算需求对各类数据进行抽稀处理,降低后期数据处理的难度,为此,需要对数据进行重新采样,在该项目中,采样点云间距为20cm,如果间距设置过大,会降低土方计算的精准度,如果间距控制过小,虽然可以提高计算的精准度,但是增加数据计算量。(3)数据拼接和模型构建。数据拼接和模型构建是内业数据处理工作最为关键的工作内容之一,可以采用手动和自动相结合的方法开展数据拼接工作。利用手动的方式对X、Y、Z轴进行移动,对Z轴进行旋转完成数据对接工作。数据自动拼接是利用Trimble RealWords软件具备的自平差功能,进行多次拼接计算,直到实现精度要求。模型的构建同样也是应用Trimble RealWords软件构建曲面DEM,结合测量工程的特征和要求计算土方体积。

2.4 成果分析

在质量检查工作执行过程中,利用Trimble RealWords软件点位高程数据,与水准测量获得的各点高程进行比较,初步计算模型点高程精度,如表1所示。由计算所得的具体数据来看,观测出现的误差值为8.7mm,在误差允许范围内,可知由三维激光扫描获得的模型数据满足三维坐标数据的精度要求。

表1 模型高程与水准高程的数据对比

点名	模型高程/m	水准高程/m	Δ/mm	Δ^2/mm^2
J1	27.238	27.219	19	381
J2	29.187	29.199	-12	144
J3	27.337	27.329	8	64
J4	27.352	27.363	-11	121
J5	27.386	27.397	-11	121
J6	27.341	27.336	5	25
J7	27.386	27.392	-6	36
J8	27.377	27.362	15	225
J9	27.435	27.420	15	225
J10	27.421	27.408	13	169

扫描设备获取的数据经过坐标转换之后,通过检验,数据质量合格,误差可控,能满足测量工作的要求。预先在测量区域中央和周边均匀布设一定数量的检查点,获得三维坐标,将模型上的点与三维坐标比较,计算模型精度。

根据测区边界点对点云进行裁剪,对剩余点云构建规则方格网和不规则三角网。按照场地平整度对高程面进行设计,对挖土方量与填土方量进行计算。同时,为保证检核的有效性,使用DTM与方格网两种方法,结果如表2所示。

表2 土方量计算(m^3)

模型		挖方量	填方量	挖填方总量
方格网法	1m	2744.9	2471364.5	2474109.4
	5m	2733.2	2471400.2	2474133.6
	10m	2631.7	2471624.3	2474255.5
DTM法	1m	2698.5	2471393.8	2474092.1
	5m	2705.8	2471498.9	2474204.0
	10m	2746.4	2471773.6	2474519.8

3 结语

综上所述,三维激光扫描技术是目前比较先进的测绘技术,在土方测量中的应用,可以在短时间内获取大量的土方计算所需的云点数据,操作比较简单,稳定性强,在复杂的地形环境中也能展现出高效率的测量优势。技术人员要明确该项技术的应用关键点,从前期的扫描设备位置确定,到后续的数据扫描和收集,数据处理,保证不同工作内容之间的有效衔接,充分发挥出该项技术在土方测绘中的重要价值。

[参考文献]

- [1]李嘉禾,李国柱,赵子龙,等.三维激光扫描技术在地下空间测量中的应用[J].城市勘测,2022,(03):109-113.
- [2]郑磊,纪志刚,易恒,等.三维激光扫描技术在土方测绘项目中的应用[J].山西建筑,2019,45(18):162-164.
- [3]郭超,牛雪峰,梁振兴,等.三维激光扫描技术在土方量计算中的应用[J].数字技术与应用,2013,(01):85-86.

作者简介:

王志耕(1991--),男,土家族,重庆渝北人,本科,工程师,从事测绘与地理信息研究。