

地面式三维激光扫描仪在引水隧洞测量中的应用

张涛, 周文科

(中铁十二局集团第二工程有限公司, 四川 泸定 626100)

摘要:硬梁包水电站引水隧洞地质条件和施工工艺复杂,作为大断面开挖的典型实例,对隧洞开挖轮廓、支护轮廓断面轮廓进行快速高精度检测,为施工工艺改善提供必要的数据及成果支持。笔者阐述地面式三维激光扫描仪 FARO Focus S70(采用 TK-PCAS 软件对点云数据后处理)在硬梁包水电站 CⅢ 标引水隧洞开挖支护衬砌形体检测中的应用,为今后大断面施工各类形体检测和测绘行业数字化办公提供参考。

关键词:三维激光扫描仪;测量;数据采集

中图分类号:TP731

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)01-0137-04

Application of Ground Three-dimensional Laser Scanner in Headrace Tunnel Measuring

ZHANG Tao, ZHOU Wenke

(The Second Engineering Co. Ltd. of Chana Railway 12th Bureau Group, Luding Sichuan 626100)

Abstract: The geological conditions and construction process of the headrace tunnel of Yingliangbao Hydropower Station are complex. As a typical case of large section excavation, the tunnel excavation profile and lining profile are measured quickly and accurately, and necessary data and achievement are provided for the improvement of the construction technology. In this paper, the application of ground three-dimensional laser scanner FARO Focus S70(using TK-PCAS software to process point cloud data)is introduced, which is used in the shape detection of headrace tunnel excavation and lining project of bid CⅢ in Yingliangbao Hydropower Station. It could provide reference for the detection of various tunnel shape with large section and digital office of surveying and mapping industry.

Key words: Three-dimensional laser scanner; Measurement; Data collection

1 概述

三维激光扫描技术是二十世纪九十年代中期开始出现的一种快速获取三维空间信息的新技术^[1]。与传统全站仪的单断面、单点数据采集测量方法对比,具有快速、高密度、高精度、数字化、自动化等特性。在水工隧洞施工过程中,需要快速精准地对已开挖段进行形体检测,用传统测量方法需要消耗大量的人力、时间,且无法全面反馈开挖的整体形体。因此采用三维激光扫描仪的无接触、快速、大量扫描方式成为解决此类问题的一条新途径。笔者以大渡河硬梁包水电站 CⅢ 标 1 号引水隧洞的开挖形体检测为例,介绍地面式三维激光扫描仪在水工隧洞形体检测中数据采集流程和数据处理方法,并对断面形体检测的技术和

方法进行详细探讨。

2 三维激光扫描系统的技术原理

三维激光扫描系统由三维激光扫描仪主机(FARO Focus S70)1 个,电池 1 块,充电器 1 个,手提箱 1 个,合格证 1 份,标靶球 6 个,脚架及转换头 1 付,SD 存储卡(32G)1 个,天佑智隧三维激光点云分析处理系统 TK-PCAS(含加密狗)1 套;利用激光测距的原理^[2],通过记录被测物体表面大量的密集点三维坐标、反射率和纹理等信息,通过天佑智隧三维激光点云分析处理系统对采集的数据进行分析处理,并生成所需的测量成果(包括断面测量成果、断面展开图、原始测量断面数据)。

3 实例分析

硬梁包水电站引水隧洞为在建工程项目,采用两条隧洞平行布置于大渡河左岸,两洞间距

收稿日期:2022-07-22

60.0 m,1号引水隧洞(靠大渡河侧)长度为14 316.402 m,2号引水隧洞(靠山侧)长度为14 420.679 m,引水隧洞衬砌后内径13.1 m,全断面钢筋混凝土衬砌,衬砌厚度为:Ⅲ₁类围岩段0.4 m,Ⅲ₂类围岩段0.5 m,Ⅳ类围岩段0.8 m,Ⅴ类围岩段1.0 m。硬梁包水电站CⅢ标段引水隧洞总长4 495 m,里程为K3+995~K8+490。1号引水隧洞存在辉绿岩脉、蚀变岩层、破碎岩层等地质条件,测量条件复杂,时间紧任务重;用传统GPS和全站仪无法快速精准完成断面形体检测测量工作,而使用三维激光扫描仪可以高精度、快速的对开挖形体进行采集监测,给施工工艺和施工质量提供必要的参考技术支持。

3.1 软硬件平台介绍^[3]

该次测量任务扫描采用美国FARO公司Focus S70型地面式三维激光扫描仪。Focus S70是一种“实景复制技术”,扫描半径70 m,测距误差±3 mm,扫描范围360°×300°,扫描速度488 p/s。

天佑智隧三维激光点云分析处理系统TK-PCAS是Focus S70型三维激光扫描仪配套软件,可实现对点云数据的配准、去噪、过滤、导出等功能。集成工程线路的线路管理(平曲线、竖曲线)、横断面管理(断面绘制、里程设置)、数据管理功能,可以与三维激光扫描仪数据配合使用,实现数据分析、生成报告、3D浏览、激光断面、导出DXF、展开图、混凝土方量计算、全系变形监测等功能。

除上述主要软硬件平台外,还需要的辅助设备有:Lecia 1201+ R400全站仪(精度等级1",出厂编号239779),用于采集定位球的坐标。也可用同等级精度的其他型号全站仪替代。

3.2 数据采集及注意事项

数据采集主要分为扫描仪定位球坐标采集、扫描仪点云数据采集两大部分。

(1)现场查勘设站定站。FARO Focus S70扫描仪采用地面式定点扫描方式,每次扫描最大能获取扫描仪定站里程前后35 m范围内的点云数据,所以首先要对被扫描区域及周围环境进行考察,避免出现扫描点云数据不完整的情况。原则是:保证点云数据扫描影像清晰、点云扫描区域完全涵盖无物体遮挡。扫描影像清晰的目的是为

了保证后期数据处理的时候,能够自动根据定位球的坐标拟合坐标;点云区域无物体遮挡的目的是避免设备或认为干扰造成点云数据不全的情况。由于硬梁包水电站CⅢ标引1目前进行的是上层洞室开挖,周边无其他施工干扰,决定在8+092~8+123段布设1个扫描站即可满足现场形体检核需求。扫描前需要对扫描仪的对应参数进行设置,包括设置作业名、传感器设置、扫描仪参数设置。

(2)全站仪获取扫描仪定位球坐标。在定站位置安置扫描仪及配套的定位球,定位球面向全站仪,距离大于5 m,高差大于3 cm,根据现场情况灵活安置。在全站仪设站后,测取定位球坐标P1、P2,见表1,测取的定位球坐标值。

(3)目标区域精扫^[4]。在扫描仪开始作业前需要进行设置,根据本次测量任务需求设置的扫描参数为:室内10 m配置,分辨率44.0 MPts/2X,水平/垂直0°-360°/-60°-90°,传感器倾角仪/指北针/气压/温度,其他设站不用打开。设置完成扫描仪会根据设置估算显示:扫描持续时间约2 min 40 s,扫描尺寸为10 240×4 267 Pt,扫描文件大小约139 MB。测取的定位球坐标值见表1。

表1 测取的定位球坐标值 /m

定位球点号	Y	X	H
P1	520 816.7531	3 283 246.223 3	1 211.646 8
P2	520 822.7580	3 283 246.648 6	1 212.032 9

开始测量后,无需人工干预操作,扫描仪会自动进行扫描。等待扫描完成,查看点云数据影像,确认影像清晰后结束该次外业测量任务,进入点云数据处理阶段。

3.3 线路管理参数录入与数据处理流程

数据处理采用智隧三维激光点云分析处理系统TK-PCAS。在进行数据处理前,需要先对线路管理参数和断面管理参数进行设置,包括平面线路参数、纵断面参数、断面绘制、里程设置。本次测量前已按照设计图纸录入对应参数。三维激光扫描的数据处理流程见图1。

3.3.1 点云数据预处理^[5]

全站仪定站采用与线路管理的参数为同一坐标系(平面坐标系统为:1954年北京坐标系,3'分带,中央子午线东经102°,带号34。高程系统:

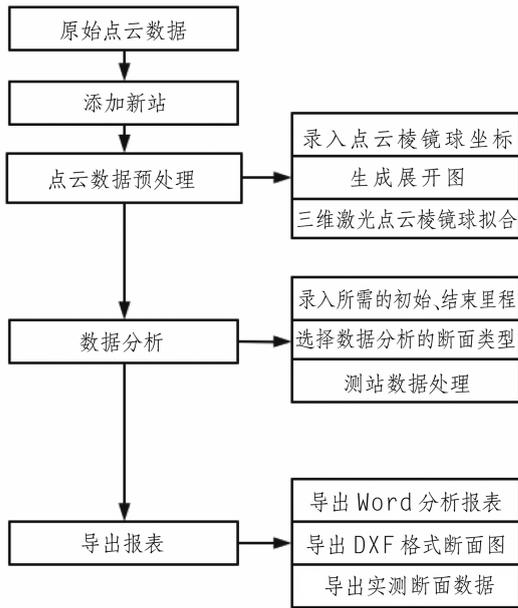


图 1 三维激光扫描的数据处理流程

1956 年黄海高程系。边长规划面:1 200 m。点云棱镜球坐标的测量决定着定位球拟合差值的大小,直接影响成果的输出精度。根据相应的测量规范要求,断面扫描采集点允许值 ± 2 cm,断面里程允许值 ± 20 cm,结合扫描仪的测距精度 ± 3 mm,故定位球的拟合差允许值定为 ± 17 mm。选择需要拟合的定位球位置,进行拟合计算。软件会根据定位球坐标值中的高差值自动进行拟合差计算,故定位球的选择不分左右,选择位置即可。

3.3.2 数据分析^[6]

数据分析中需要录入初始里程、结束里程、选择数据分析的断面类型。点云是通过机载激光发射器接收信号进行数据处理所获得的表达地表三维形态、离散的、密度不均匀的数据点。基于点云的特性,需要进行点云滤波处理滤除噪声点后方可进行数据处理。

3.3.3 导出报告

由于采用统一坐标系,软件集成线路管理处理功能,故不需要二次坐标转换。根据需要导出 Word 分析报表、断面图以及断面实测数据。

从表 2 中可以看出,采用三维激光扫描仪对隧洞形体检测与常规全站仪测量具有速度快、点密度高、单站测设长度长等优点。图 2 为桩号 8+116 形体断面成果图。

表 2 常规测量与三维激光扫描仪形体检测对比

测量方式	leica 1201+全站仪	三维激光扫描仪
测量精度	± 1 mm	± 3 mm
断面里程限差	± 20 cm	± 17 mm
单个断面扫描时间	15 mins	2 mins 40 s
单站扫描最大断面长度	± 8 m	± 35 m
单个断面测设点数	22 个	>80 万个
点间距	80~100 cm	± 3 mm

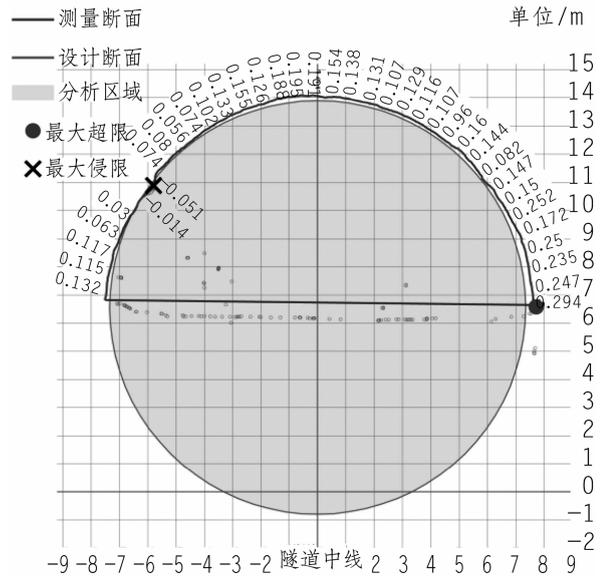


图 2 桩号 8+116 形体断面成果图

三维激光对扫描形体的检测能更直观地反映超挖欠挖情况,报表中的数据分析汇总也比常规测量更全面。断面检测汇总见表 3。

表 3 断面检测汇总表

桩号	设计断面面积 /m ²	分析区域面积 /m ²	测量面积 /m ²	超限面积 /m ²	侵限面积 /m ²	最大超限 /m	最大侵限 /m	线性平均超限 /m
8+116	179.079	179.079	87.762	0.977	0	0.294	0	0.131

4 结 语

在引水隧洞中采用三维激光扫描仪对引水隧洞形体测量能更加便捷、高效、全面反映出形体的情况,节约现场测量时间和人力,其实用性和可操

作性得到验证。

通过运用地面式三维扫描仪对 1 号引水隧洞 8+116 里程的初支形体测量中发现,运用三维扫描技术在高精度测量的前提下能显著提高作业效

率。适用于大断面开挖的引水隧洞。

在国市监计量发【2021】86 号《关于加强国家现代先进测量体系建设的指导意见》通知中重点任务明确,积极推进计量数字化,加强数字计量基础设施建设,开展计量标准和测量仪器设备数字化技术研究,推进先进测量仪器设备研发和应用。三维扫描仪作为新兴的测量仪器设备,在建筑业中可以推动办公可视化、直观化、精细化,推动数字化测量、无纸化办公,也可以推广应用于医疗、物联网、区块链、人工智能等领域。

后期应用中,对于建好的纹理模型可通过虚拟现实技术结合人工智能,实现远程就医问诊手术、建筑模型受力分析模拟、智能交通运营管理等。三维激光扫描仪在水工建筑物的开挖形体检测、支护形体检测、衬砌形体检测、钢筋检测、围岩监控量测等方面还存在巨大的潜力,需要进一

(上接第 128 页)

有明显的提高,施工期间基本没有堵管现象;蜂窝麻面、冷缝基本杜绝;砂线明显减少;底膜处混凝土气泡明显减少、浮浆基本杜绝^[5]。

5 结 语

因大断面引水隧洞工程全圆针梁台车衬砌施工一次浇筑成型难度大、技术复杂,混凝土体积大,这就对混凝土和易性、适用性有较高要求。因此该类混凝土有较好的流动性,保水性能及良好的包裹性、棍度等。减少底模气泡、浮浆及蜂窝麻面、漏石、冷缝等现象发生频率。

通过对原配合比在现有材料技术参数上进行优化后,混凝土质量大幅度提升,对施工配合比有较好的指导作用,能够对混凝土用材料日常管控保持其质量稳定性,使优化后混凝土配合比状态保持。

参考文献:

[1] 金亮. 水利工程混凝土配合比的试配技术探讨[B]. 辽宁省水利水电勘测设计研究院有限公司,沈阳,黑龙江水利科技

步探索和研究。

参考文献:

[1] 任彤,吴昱樾. 地面三维激光扫描仪在水利工程地形测绘中的应用[J]. 海河水利委员会水文局,天津,2016(2):54-58.
[2] 崔亦芳,丁双林,施攀,等. 三维激光扫描技术在水利工程地形测绘中的应用[J]. 北京测绘,2015(2):89-92.
[3] 梅文胜,周燕芳,周俊. 基于地面三维激光扫描的精细地形测绘[J]. 测绘通报,2010(1):53-56.
[4] 袁夏. 三维激光扫描点云数据处理级应用技术[D]. 南京,南京理工大学,2006:15-17.
[5] 高志国. 地面三维激光扫描数据处理及建模研究[D]. 西安,长安大学,2010:53-57.
[6] 胡哉. 三维激光扫描技术中纹理图像与点云的配准[D]. 南京,南京理工大学,2009:10-16.

作者简介:

张 涛(1989-),男,河南南阳人,专科,测量员,从事工程方面测量工作;
周文科(1975-),男,山东郯城人,专科,测量队长,从事工程方面测量工作.

(责任编辑:吴永红)

2019,47(4):82-84.
[2] 罗毅. 特长水工隧道衬砌混凝土配合比的优化研究[A]. 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司,长沙,中国农村水利水电 2018(11):179-182.
[3] 付沛兴. 论混凝土配合比的合理设计方法[A]. 北京市建筑工程研究院,北京,建筑技术 2008,39(1):50-54.
[4] 王大刚. 隧道二次衬砌混凝土配合比优化试验及支护结构力学[A]. 中国电子工程设计院,北京,市政交通 水利工程设计 2016:117-119.
[5] 温润生. 混凝土配合比与施工控制[A]. 徐州技师学院,徐州,价值工程 2011:86.

作者简介:

李孝坡(1985-),男,陕西渭南人,中铁十二局集团第二工程有限公司,工程师,大专,从事试验检测工作;
温哲昊(1992-),男,四川成都人,四川华能泸定水电有限公司,工程师,学士,从事水利水电工程管理工作;
李联书(1975-),男,四川仁寿人,四川华能泸定水电有限公司,高级工程师,学士,一级建造师,从事水利水电工程建设质量管理工作;
邱鸿志(1997-),男,四川汶川人,四川华能泸定水电有限公司,助理工程师,学士,从事水利水电工程方面工作.

(责任编辑:吴永红)

2022 年全国能源保供能力稳步提升 清洁能源发电同比增长 5.3%

国家统计局能源统计司司长胡汉舟介绍,2022 年,中国着力增强能源生产保障能力,充分发挥煤炭主体能源作用,不断提升油气勘探开发力度,大力发展多元清洁供电体系,有力保障了经济社会稳定发展和持续增长的民生用能需求。原油产量继续回升,天然气持续增产。2022 年,油气生产企业持续加强勘探开发和增储上产,提升油气自给能力。全国规模以上工业原油产量 20 467 万吨,比上年增长 2.9%,2016 年以来首次回升至 2 亿吨以上;天然气产量 2 178 亿立方米,比上年增长 6.4%,连续 6 年增产超 100 亿立方米。

(来源:人民日报海外版 2023-02-01)