

FARO 三维激光扫描测量系统在锦屏二级水电站大型引水隧洞开挖中的应用

李 兵

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司,四川 成都 611130)

摘 要:结合锦屏二级水电站大型引水隧洞开挖工程,介绍了采用激光测量技术的 FARO 三维激光扫描隧道测量系统、工作流程及简要说明、应用实例、优越性及应用前景。

关键词:FARO 三维激光扫描仪;隧道扫描测量;锦屏二级水电站

中图分类号:TV7;TV554;TV53+8.4;TV221.1

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增2-0009-04

1 概 述

激光测量技术出现于20世纪80年代,其产品主要是接触式主动测量点对点的激光测距装置。它以单色性、方向性、相干性和高亮度等特性在精度、速度、易操作性等方面表现出巨大的优势。它的出现,引发了现代测量技术的一场革命,引起相关行业学者的广泛关注,许多高技术公司、研究机构将研究方向和重点放在了激光测量装置的研究和激光测量技术的运用中。如今,在激光技术、半导体技术、微电子技术、计算机技术、传感器等技术的发展和用户需求推动下,激光测量技术也逐步发展到采用非接触主动测量方式快速获取实体三维空间坐标的三维激光扫描测量装置,在测绘领域正逐渐成为重要的测量手段。

笔者结合锦屏二级水电站大型引水隧洞的开挖测量工作,具体介绍了 FARO 三维激光扫描隧道测量系统、系统的工作流程、扫描测量实例及激光测量技术的优越性和应用前景。

2 FARO 三维激光扫描隧道测量系统

锦屏二级水电站引进的三维激光扫描隧道测量系统是由美国 FARO Technologies, Inc. 公司生产的 FARO 三维激光扫描装置,这是一款相位式大空间扫描仪,型号为 FARO 3D LASER SCANNER Photon 120。

笔者简要介绍了 FARO 三维激光扫描隧道测量系统的组成和功能、工作原理、扫描特点、技术指标和数据处理平台。

2.1 系统的组成及其具有的功能

收稿日期:2015-07-14

FARO 三维激光扫描隧道测量系统的组成有以下三部分:

(1) FARO 三维激光扫描仪。用来扫描获取实体表面的三维数据。

(2) FARO SCENE 后处理软件。用来控制扫描仪操作、视角、测量和分析,也可以用来处理数据、识别物体、连接 CAD 系统(所有的 CAD 和 CAPE 系统均支持)。

(3) RR Tunnel 隧道测量软件包。这是一个具有15年历史且成熟的勘测和隧道测量软件,该软件具有如下特点和功能:

◆ 体积和面积计算。例如:已开挖土方量与规划隧道的比较;超/欠挖方量的自由计算。

◆ 无限量轮廓线。

◆ 用户自定义的扫描分段数量和距离(在同一隧道中的不同距离)。

◆ 生成隧道开挖与设计之间偏差的三维视图。

◆ 生成与设计方案的开卷偏差的二维视图。

◆ 给出各项报告,例如:RFQ,清算账目,总额等。

◆ 自动生成 CAD 图纸(根据需要生成标准或者用户定义的图纸标题)。

◆ 输出数据可以被用户控制各类计算机化的建筑机器。

◆ 集成 FARO 激光扫描仪。

上述组成 FARO 三维激光扫描隧道测量系统的三部分的配合使用可以进行隧道测量、分析、管理,达到为隧道施工建设提供最佳的测量服务、成

果输出和决策方案等。

2.2 FARO 三维激光扫描仪的工作原理

(1) 通过发射红外线光束到旋转式镜头的中心, 旋转检测环境周围的激光, 一旦接触到物体, 光束立刻被反射回扫描仪, 红外线的位移数据被测量, 从而反映出激光与物体之间的距离。

(2) 借助特殊的调制技术, HYPERMODULATION™ 可大幅提高调制信号的信噪比。之后, 通过使用角度编码器测量 Laser scanner 镜头旋转角度与激光扫描仪的水平旋转角度, 以获得每一个点的 X、Y、Z 三维坐标值。

(3) 借助载式计算机, 可以在不使用便携式计算机的情况下运行扫描。完成扫描后, 用户即可轻松导航三维视图, 对全部扫描数据在计算机上进行查看分析及后处理。

2.3 FARO 三维激光扫描仪的测量特点

FARO 三维激光扫描仪采用非接触主动测量方式直接获取高精度的三维数据, 克服了传统测量技术以点带面的固定化测量模式的局限性, 能够对任意物体表面进行扫描, 且不受白天和黑夜的限制, 既使在完全黑暗的条件下也可以扫描测量; 它能够快速将现实世界的信息转换成可以处理的数据; 它具有扫描速度快、实时性强、精度高、主动性强、全数字特征等特点, 以及可以极大地减少测量时间、使用方便、其输出格式可直接与 CAD 三维动画等工具软件接口连接的特点。

2.4 FARO 三维激光扫描仪的技术指标

有效扫描距离: 120 m

系统误差距离: 25 m 处 2 mm

清晰间距: 153.49 m

典型解析度: 8 000 × 3 500

典型持续时间: 233 s

最大解析度: 470 000 × 16 384

测量频率: 97 万 6 千点每秒

激光功率: 20 mW

波长: 785 nm

垂直视角: 320°

水平视角: 360°

重量: 14.5 kg

数据储存: 内置 80 G 硬盘或网络连接

尺寸: 400 mm × 160 mm × 280 mm

2.5 系统的数据处理平台

笔记本电脑, 至少应具有以下配置:

CPU: 2.13 GHz

RAM: 2 GB

HD: 80 GB

显卡: 512 MB

以太网网卡

预装 Windows NT 或 2000 or XP 操作系统

3 FARO 三维激光扫描隧道测量系统的工作流程及简要说明

FARO 三维激光扫描隧道测量系统在锦屏二级水电站引水隧洞开挖测量中的主要工作流程如下。

3.1 测站设计

根据待扫描开挖隧洞段的长度架设标靶和三维激光扫描仪。具体操作: 首先在已开挖隧洞的有效扫描范围内布置 2~3 个标靶; 然后将三维激光扫描仪架设在待扫描隧洞开挖段大约中部的任意地方 (不必架设在已知的测量控制点上)。

3.2 扫描仪扫描测量

扫描仪无需像传统测量仪器那样定向后才能测量, 只需较随意地选好架站地点初平扫描仪即可。扫描仪架好后, 接通 FARO 三维激光扫描仪电源待机预热 4 min 左右 (经过预热后, 三维激光扫描仪可提供最佳的扫描测量结果)。然后, 启动扫描仪上的扫描按钮, 扫描仪便会自动逆时针旋转片刻后停止, 紧接着自动转为顺时针运动、同时进行所有的连续扫描测量。待扫描仪自动顺时针旋转 360° 后完成扫描, 扫描仪又会自动逆时针旋转回到其最初的位置。至此, 一个测站的现场扫描工作全部结束。

锦屏二级水电站引水隧洞开挖工程由于施工环境恶劣, 空气中水雾、烟雾及粉尘浓度高, 完成一个测站的全部扫描测量工作用时大约 15~20 min, 能获取 70 m 左右隧洞开挖段的独立三维坐标数据, 有效使用数据约 60 m 扫描段长, 最佳使用数据约 50 m 扫描段长。

3.3 控制标靶中心坐标的获取

在已有的控制测量点上用全站仪直接测量标靶控制测量系统的三维坐标。

3.4 坐标配准

使用 FARO SCENE 后处理软件以标靶为基准, 通过测得标靶测量系统的三维坐标值, 把三维

激光扫描仪现场扫描获得的激光点云中的独立系统的每个三维数据转换成控制测量系统的三维坐标数据。

3.5 三维建模

使用 RR Tunnel 隧道测量软件在计算机中生成隧道开挖与设计之间偏差的三维视图。

3.6 成果输出

使用 RR Tunnel 隧道测量软件在计算机中可自动生成 CAD 图纸,如反映隧洞超/欠挖的剖面图、超/欠挖数值、超/欠挖面积以及自动计算超/欠挖方量等。

4 应用实例

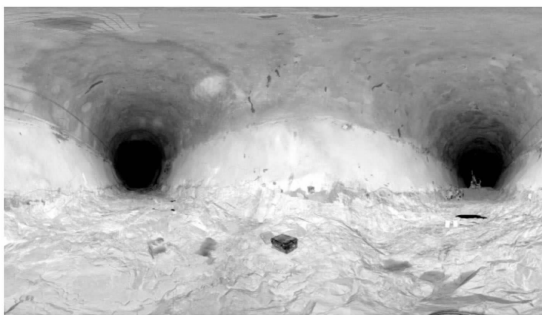
锦屏二级水电站于 2010 年 1 月开始引进

表 1 所导出的三维坐标值表

| 测量点 | X | Y | Z |
|-------|---------------|---------------|-------------|
| Point | 3 519 898.714 | 335 804.1484 | 1 608.003 6 |
| Point | 3 519 898.743 | 335 804.2423 | 1 608.009 4 |
| Point | 3 519 898.773 | 335 804.337 1 | 1 608.033 7 |
| Point | 3 519 898.803 | 335 804.431 4 | 1 608.039 5 |
| Point | 3 519 898.833 | 335 804.525 9 | 1 608.043 9 |
| Point | 3 519 898.863 | 335 804.619 8 | 1 608.037 1 |
| Point | 3 519 898.893 | 335 804.713 7 | 1 608.029 9 |
| Point | 3 519 898.925 | 335 804.813 6 | 1 608.007 2 |
| | | | |

4.2 形象逼真的三维图像

将现场扫描获得的数据导入电脑生成三维视图,可以直接查看该站扫描获得的整个扫描段的点云及杂物等情况,通过过滤和点云数据稀释以及选择并扫除无用的杂点点云后,最终生成开挖



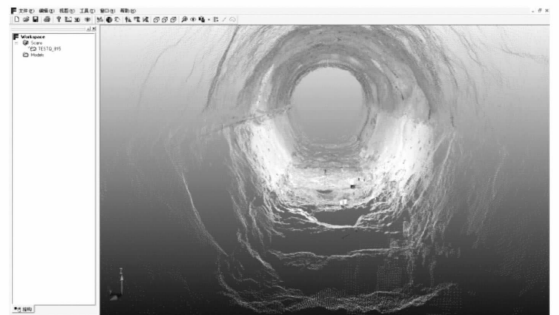
三维剖视图

FARO 三维激光扫描系统,并将其应用于引水隧洞的开挖扫描、超/欠挖检测、开挖验收和工程量计算,取得了较好的测量效果。笔者给出了 2#引水隧洞引(2)7+900~引(2)7+968 边顶拱开挖验收的部分扫描成果。

4.1 扫描数据

FARO 三维激光扫描仪现场扫描完成后,所有的数据以 Geo 文件格式存储在扫描仪的内置硬盘中,可以轻松实现数据的导入、导出和数据处理,同时也确保了所有数据的实时存储,避免了数据丢失的风险。表 1 是采用 Excel 导出的部分三维坐标数据。

扫描段清扫干净的 3D 视图(图 1)。测量数据非常方便,可以在点云图中或三维立体图中直接测量,测得的数据可用于生成尺寸精确的 CAD 模型。



三维立体 3D 视图

图 1 开挖段 3D 视图

4.3 生成开挖断面图

把 3D 视图导入数据到 RR Tunnel 隧道测量软件,可以轻松截取扫描段的隧洞开挖断面图。

不同桩号的开挖断面图之间的桩距可以根据实际需要,在软件中任意指定输入,开挖断面图的生成成为批量处理,可瞬间获得全部需要的、按桩距要求

截取的开挖断面图。

4.4 工程量计算

采用 RR Tunnel 隧道测量软件计算指定开挖段引(2)7+930~引(2)7+960 的超挖工程量,计算结果为 138.572 m³。

5 系统的优越性及应用前景

FARO 三维激光扫描系统在锦屏二级水电站大型引水隧洞开挖工程实际施工应用中,相比传统测量方法表现出更加简单、适用、精确、快速和高效的特性以及明显的技术优势,简述如下:

(1) FARO 三维激光扫描系统产生三维黑白图像,每一个像素均有 X,Y,Z 坐标。测量数据方便,可以在点云图中或三维物体中直接测量,这些数据可用于生成尺寸精确的 CAD 模型。

(2) 可以真正做到直接从已开挖的引水隧洞中进行快速的逆向三维数据采集,而无需进行任何实体表面的处理。

(3) 现场扫描获得的激光点云中的每个三维数据都是直接采集目标的数据,从而使得后期处理的数据完全真实可靠。

(4) 不同于传统的单点测量方法。传统测量方法由于全站仪的局限性在断面中只能对断面的特征点进行抽测以达到反映开挖断面是否达到设计断面的目的,其测量结果受特征点的影响较大。而 FARO 三维激光扫描仪的解析度为 8 000 × 3 500 ~ 470 000 × 16 384,典型扫描速度为每秒 12 万个 3D 点,它不仅可以轻松、精确的反映扫描到的开挖情况,也可以对所有隧洞表面进行扫描测量。

(5) 抗干扰性及环境适应性强。即使引水隧

洞空气中水雾、烟雾及粉尘浓度高到常规测量方法都难以测量的情况下也能扫描测量。

(6) 在现场扫描时无需定向,故其设站几乎不受施工的干扰,而且扫描测量操作简单,只需启动按钮即可自动完成全部扫描测量工作。

(7) 由于采用的是非接触主动测量方式,因此,扫描测量自动、高速,远比传统全站仪装载的 TMS Solution 隧道自动测量系统快速、高效,可以最大程度地节约测量时间。如 FARO 三维激光扫描仪在锦屏二级水电站涌水量大、几乎黑暗的 1# 引水隧洞的施工环境中,可自动扫描获取开挖后引水隧洞的三维扫描数据。

(8) 扫描数据内业处理高效,超/欠挖量计算容易,测量报告输出及时等。

总之,FARO 三维激光扫描系统作为激光测量技术领域较为成熟的高科技商业产品,以及其在锦屏二级水电站大型引水隧洞开挖工程中的实际生产应用中所表现出来的非同一般的优越性,赢得了锦屏二级水电站建设工程的测量市场。

目前,我国还没有国产的高精度三维激光扫描仪投放市场。笔者相信:在不久的将来,具有自主知识产权的、更加适合中国国情的三维激光扫描测量系统将会诞生,而且随着产品市场价格的下降,三维激光扫描系统一定会以其技术优势更加广泛地应用在中国建设发展的各行各业,如采矿、工程施工、城市规划、勘测、测量、交通、古迹建筑物克隆以及数字地理信息系统等行业。

作者简介:

李 兵(1963-),男,四川成都人,工程师,从事水利水电工程监理工作。
(责任编辑:李燕辉)

中国大坝协会 2015 学术年会将在成都召开

为了更好地展示我国坝工技术的最新进展和所取得的成就,搭建更加广阔交流平台,推动国内外学术交流与合作,兹定于 2015 年 9 月 24~25 日在四川成都召开中国大坝协会 2015 学术年会暨第七届碾压混凝土坝国际研讨会。本次会议将由中国大坝协会、西班牙大坝委员会主办,国电大渡河流域水电开发有限公司等单位承办。中国大坝协会 2015 学术年会的会议主题为水库大坝建设和管理中的技术进展。会议将围绕行业关注的议题邀请国内外专家做主题报告并安排专题研讨,以推动水库大坝建设与管理技术的交流和发展。主要议题包括水库大坝与水电的可持续发展;高坝建设关键技术;水库大坝与水电站的运行管理;水利水电工程的新技术、新产品和新工艺等。同时,为促进碾压混凝土筑坝技术的进步,加强国际交流与合作,中国大坝协会和西班牙大坝委员会将同时联合主办第七届碾压混凝土坝国际研讨会。会议期间,将围绕行业需求,继续举办“非洲水库大坝与水电可持续发展圆桌会议”、“水库大坝与生态环境保护”论坛等系列分会。主要议题包括信息化施工管理和质量控制;运行和安全监测;非岩石基础上的碾压混凝土坝;RCC 坝加固和用 RCC 对老坝进行加固;RCC 在水利水电工程建设中的其他应用;技术创新和发展趋势等。