

# 徕卡 ScanStation2 激光扫描仪在水电工程地质编录中的应用

成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室 董秀军  
徕卡测量系统(上海)技术中心 戚万权

## 一、引言

随着社会对能源需求的与日俱增,近年来我国水电建设方兴未艾。可是水电开发往往进行于高山峡谷之中,并且由于山高坡陡,场地道路简易,因此导致水电建设的勘察工作艰苦且危险,也对地质勘察信息的获取带来了大量困难。

边坡岩体结构地质编录是地质勘察的重要内容,同时也是进行工程地质问题分析与评价的基础。在科技日新月异的今天,水电建设借助科学技术的进步取得了巨大发展,但是工程地质编录的主要手段仍停留在罗盘+皮尺的传统方式,即通过皮尺确定结构面的相对位置、延伸长度、厚度、间距等几何特征,现场勾绘结构面轮廓线;使用地质罗盘获取结构面产状信息,然后通过计算机扫描矢量化现场图件。这种方法不但工作量大、效率较低,而且难以保证测量数据的准确性。另外,随着工程建设规模越来越大,边坡越挖越高,开挖速度越来越快,在施工过程中开挖、运渣、支护往往又是同时进行,因此很难为调查人员提供充裕的时间和安全的空间进行详细的现场地质编录,特别是在高陡边坡开挖过程中,现场获取开挖边坡的岩体结构信息,难度是相当大的。

面对快速开挖形成的高陡边坡,如何快速完成相关的地质编录工作,如何减少对施工的影响以及对作业人员的安全隐患,如何在艰苦的环境条件下提高水电工程前期地质调查工作的效率和精度等问题,都需要引进快速、高效,且对地形条件有很强适宜性的现场地质调查技术。

针对以上这一系列难题,国内外开展了大量技术方法的研究工作,如数字摄影测量、数码像片解译等,并在硐室围岩、边坡开挖等工程的地质编录与隧道、坡体变形监测等方面都有应用。但这些技术的应用需要配合大量的现场测量工作,并受光线、天气等诸多因素影响,同时还存在一些技术上难以克服的问题,因此某些生产实践中并不适用。而三维激光扫描技术的产生,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。

## 二、徕卡 ScanStation2 激光扫描系统

徕卡 ScanStation 2 三维激光扫描仪是目前扫描速度最快的脉冲式激光扫描仪,其扫描速率可达 50 000 点/秒,也是第一部具有全站仪功能的扫描仪,具有全方位视角、高精度双轴(倾斜)补偿器、测量级的点位精度等特点。ScanStation 2 三维激光扫描仪由笔记本电脑控制操作,可方便查看扫描成果,还具有一体化内置数码相机,可现场实时采集扫描物体的彩色信息,并使得彩色信息与点云数据完美结合。该扫描仪还具有先进的激光器及扫描批处理技术,其硬件设备具体参数如表 1 所示。

表 1 ScanStation 2 激光扫描仪性能参数

扫描距离	最远可达 300 m	数据采样率	50 000 点/s
标靶获取精度	±2.0 mm	最小点间距 (X, Y 轴)	1 mm
距离精度	±4 mm (50 m 距离)	定位精度	±6 mm (50 m 距离)
激光类型	绿色激光	激光等级	3R 级
集成数码相机	360° × 270° 全角扫描状态, 111 个图像采样, 约 6 千 4 百万像素, 空间位置自动纠正	扫描视场	360° × 270°
扫描仪重量	18.5 kg	扫描仪尺寸	265 mm × 370 mm × 510 mm
电源	36VDC, 80 W	数据存储	笔记本电脑

## 三、水电工程开挖边坡地质编录中的应用

某水电站左岸拱肩槽开挖边坡高数百米,在高程 1 845 m 马道处上一级开挖槽坡高 10 m,长 55 m,坡角 60°,呈现陡崖状,现场不具备攀爬条件。由于边坡现代化施工速度迅速,现场地质编录时间有限,同时边坡上部进行的支护施工会对坡面地质调查人员人身安全带来安全隐患。因此传统的工程地质编录方式在此已经不再适宜。

本次扫描采用徕卡 ScanStation2 三维激光扫描仪,并充分利用该设备点云数据采样精度高、速度快、采样分辨率高的特性,对该高程马道上一级开挖边坡进行三维点云数据采集。根据现场地形条件,本次采集共设置2处扫描机位点,并将两次获取的点云数据通过标靶拼接方式进行合并,同时对标靶点进行大地坐标测量,以便对获取的点云数据进行坐标转换,使点云图像坐标与工地现场实际情况相符合;考虑到本次研究内容要求,需要获取细小岩体结构面空间信息,以便进行岩体结构的精细描述。因此,考虑采样时间限制,最终设定采样点间距为4 mm。

### 1. 结构面迹线空间位置获取

通过点云数据与彩色信息相互耦合的后期处理,便可以得到彩色信息真实、采样密度大、大地坐标值准确的点云数据影像。此时提取I、II级结构面信息已变得简单,但是对于III级结构面识别与提取在某些情况下还存在一定困难。由于III级结构面相比之下具有随即断续分布、延伸长度较小及硬性接触等特点,较难解译识别。

笔者通过大量试验、多次尝试,找到了两种III级结构面三维点云数据的识别、解译提取信息的方法:①直接在点云数据表面识别结构面;②利用外部数码相片耦合提取。

方法①在扫描点云数据中用空间多义线对结构面出露迹线进行描述,简单实用、快捷,在结构面发育、出露清晰、规整的条件下,可利用点云影像数据直接识别。但在实际工作中经常会遇到由于结构面短小、杂乱等情况,此方法就存在一定困难,为解决这一问题,可采用方法②。

方法②可按照如下流程进行操作:

1) 由于目前扫描技术可以实现外部彩色相片与点云数据相耦合,因此,可以利用高清晰数码相片分辨率高,对细小结构面反映清楚、细致这一特点。先从外部数码相片入手,在数码相片上解译细小结构面,然后利用画图工具在照片上将结构面出露迹线用不同颜色描出并分组。

2) 利用坡表或人工标记点将三维点云数据与处理过的多幅照片进行耦合。

3) 通过标记结构面信息的彩色点云三维影像数据,可以清晰、准确提取III级结构面的空间信息。

### 2. 结构面产状获取

在 Cyclone 软件中将岩体结构面识别后,利用选取工具在结构面出露部位点云数据中选取一个点或多个点,然后利用软件中提供的 Create Object/Region Grow/Patch 功能,对所选点的平面进行自动

搜索,以最终得到拟合平面(如图1所示)。选取点的准确性及代表性将直接影响拟合结构面的准确性,最后由拟合平面获取平面方程参数。



图1 生成拟合平面并获取参数

本文所提的三维点云数据都经过大地坐标转换,每个点云的坐标值都与现场扫描目标体真实大地坐标相对应,由此就可以应用几何、数学知识求解结构面的产状。

因此,可在分组结构面对每组典型结构面进行产状测量。对结构面坡表出露部位上点云数据的自动捕捉,生成一拟合平面,以此平面代表结构面的空间延伸状态,并获取该平面法向矢量。由于其所在坐标系统为真实的大地坐标值,因此根据平面法向矢量便可得到结构面的产状参数。根据获取的结构面分组产状,再利用 AutoCAD 进一步完善在以上的操作流程中,还需注意一些细节问题:①获取的结构面三维数据只能反映结构面空间几何信息,彩色信息也只能反映部分地质信息,现场岩体结构的总体观察、判断及描述是十分必要的,这点对后期的解译也具有重要的指导意义;②获取多幅外部数码相片时,应注意照片拍摄环境尽量一致,避免造成前后照片色差、亮度等变化过大;③外部数码相片要完全包含扫描区域范围;④对细小结构面的三维点云识别,除了照片标记的迹线外同时还要注意其三维空间形态,最好是两者相结合共同识别。

## 四、结论及展望

基于三维点云数据对岩体结构进行快速辅助地质编录工作的研究,是传统地质调查方法的有益补充,并提供了岩体结构调查的一种新方法。实践表明该方法速度快、精度高,具有很强的适用性和极高的应用推广价值。

三维激光扫描技术在水电工程领域有着广阔的应用空间,大力发展三维激光扫描技术与传统地质调查方法相结合的技术方法与手段有着重要的研究意义。着眼未来“数字水电”、“三维可视化”等先进技术发展方向,三维激光扫描技术必将掀起一轮地质调查方法的技术革新。

(本专栏由徕卡测量系统和本刊编辑部共同主办)