

# 三维激光扫描技术在数字矿山领域的应用

白立飞,潘宝玉,张兰

(山东省地质测绘院,山东 济南 250002)

**摘要:**随着数字矿山概念的提出,矿山管理对空间三维信息的需求也显得更加迫切,三维可视化的管理模式已经成为数字矿山的主要内容之一,而目前常规的测量方式所获取的数据很难满足三维数字矿山的需要。三维激光扫描技术具有高分辨率、高采样率以及非接触式测量优势,非常适用于获取矿山的复杂表面和高危区域的空间三维信息。该文结合三维激光扫描的技术优势探讨该技术在数字矿山中的应用和方法,总结了三维激光扫描技术在数字矿山领域的应用方向。

**关键词:**数字矿山;三维激光扫描;点云;矿山精准管理

**中图分类号:**P225;TD17

**文献标识码:**B

随着信息技术研究的深入以及数字地球、数字矿山等概念的提出,空间三维信息数据显得越来越重要。所谓数字矿山就是对矿山整体及其相关现象的统一表达与数字化再现,把矿山的所有空间数据进行数字化的存储和深加工,所以数字矿山的基础就是矿山的空间三维信息。目前,虽然有全站仪、GPS等测量设备,但它们只能够获得单点的高精度三维数据,所以利用这些单点数据去反映复杂的矿山,不可避免的会丧失很多真实信息。因此,常规的获取矿山空间三维信息的手段难以满足数字矿山的需求,如何将矿山的实景信息复制到电脑上来,转换成计算机可以浏览和分析的数字化信息是当前一个技术瓶颈。三维激光扫描技术的出现和发展为矿山三维信息的获取提供了全新的技术手段和方法,为数字矿山的发展提供了有力的技术支撑。

## 1 三维激光扫描技术

### 1.1 三维激光扫描技术简介

三维激光扫描技术利用激光测距的原理,完整并高精度的重建扫描实物,快速获得空间三维数据,具有采集速度快、高分辨率、高精度、非接触式测量、实时、动态以及高度自动化等优势<sup>[1]</sup>。三维激光扫

描所获取的数据称为点云数据,它可理解为大量离散点的集合,其包含的信息量十分丰富。点云数据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<sup>[2]</sup>。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,具有高效率、高精度的独特优势<sup>[3]</sup>,能够为数字矿山建设提供精准的空间三维数据。

### 1.2 三维激光扫描基本原理

三维激光扫描系统集激光发射器、数码相机、控制电路板、滤光镜为一体<sup>[4]</sup>,能够在短时间内高速地获取被测对象表面的三维空间信息。它利用激光测距的原理,通过对水平方向与竖直方向旋转的角度记录,计算出被测点与扫描仪的相对位置。扫描仪的滤光镜在竖直方向运转,扫描仪机身在水平方向旋转,同时激光发射器不间断的发射激光,对被测对象完成从左至右,从上到下的矩阵式扫描,扫描的数据实时地存入设备的硬盘中,通过点云后处理软件,在电脑上呈现出高密度且排列有序的点云数据。

收稿日期:2013-07-10;修订日期:2013-07-15;编辑:王秀元

作者简介:白立飞(1981—),男,新疆乌鲁木齐人,工程师,主要从事三维激光扫描应用研究;E-mail:bailifl127@163.com。

## 2 应用优势

(1) 三维激光扫描技术可以将矿山的所有实景信息复制到计算机,并且可以转换为计算机可以浏览和分析的数字化信息,从而实现数字矿山的精准管理;

(2) 可以根据三维激光扫描技术获取的三维激光点云数据建立矿山的数字模型,在此模型上可以提取多种数据信息,例如长度、距离、体积、面积等;

(3) 将多次扫描的数据模型进行叠加分析,可精确地计算出目标的结构形变、位移以及变化关系等,为指导矿山安全生产提供真实可靠的基础数据。

## 3 应用方向

### 3.1 矿区三维立体化管理

#### 3.1.1 矿区地表三维模型建立

利用三维激光扫描技术将矿区地表的建筑以及设施进行三维扫描,通过获取的点云数据建立矿山地表建筑和其他设施的三维模型。在三维后处理软件中将矿区的每个三维模型都挂接详细的属性信息,管理部门可通过模型准确地了解各设施的具体属性。另外还可以建立模型的索引目录,使用者通过点击索引目录便可直接跳转至对应的模型进行浏览和属性查看,从而实现矿山的数字化管理(图1)。

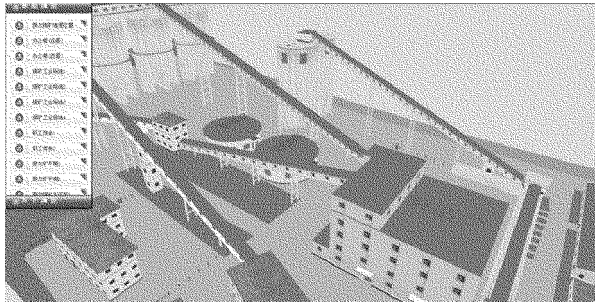


图1 矿区三维立体化管理示意图

#### 3.1.2 矿区地下巷道三维可视化

三维激光扫描可以完整地记录巷道内的所有信息,包括细小的纹理。基于三维激光获取的巷道点云建立巷道的三维模型,可以直观立体地展现地下的实际情况,并且能够详细地了解地下的工作进度,实现整个地下矿区的全景透视。另外,通过三维激光扫描建立巷道内设备及附属设施的模型,不仅可

以形象的展示,还可以在模型中建立数据通讯,实现设备信息的查看。有了巷道模型的基础,人员定位系统不再基于平面显示,而是立体直观地展现出人员的实际位置,并且可以实现运动轨迹回放。在巷道模型中嵌入安全监测设备的实际位置,当某处监测信息出现异常,将在模型中高亮显示报警,真正做到三维可视化安全监测。在三维立体的直观效果下进行员工的安全培训,可以让员工印象更加深刻,有效提高了安全培训的效果。通过地下巷道三维可视化,可以将矿山的管理工作提升到一个新的层面(图2)。

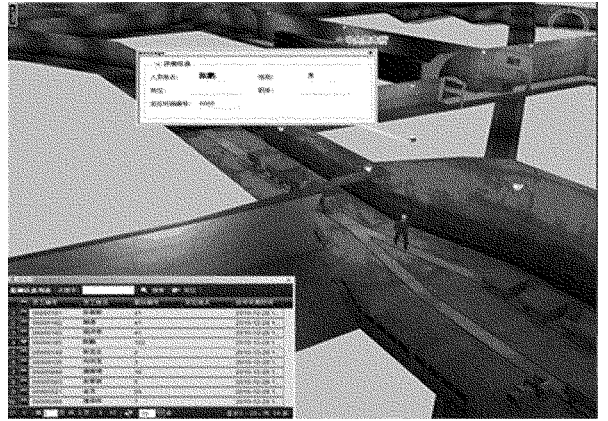


图2 巷道三维可视化示意图

### 3.2 矿区 Web 点云的浏览和量算

通过三维激光扫描技术获取矿山的点云数据,利用三维激光扫描仪标配的数码相机对矿山进行纹理采集,然后利用三维点云后处理软件可以生成矿区的 Web 点云。该形式成果通过 windows 内置的 IE 浏览器即可打开,并且能够通过网络的形式将矿山的实际情况进行三维展示。矿区 Web 点云的优势在于不仅具有矿山的三维数据,而且还具备矿山的实景颜色信息。使用者通过网络便可远程浏览到矿山的实景信息,还可通过点击单个测站全景浏览该测站的点云数据。另外,该形式成果还具备精准的量算功能,量算结果十分可靠,如图3所示。因此,矿区 Web 点云可使管理者准确地掌握矿山的每个细节。

### 3.3 矿区开挖体积的精确统计

对露天矿坑进行定期的三维激光扫描,根据获取的点云数据建立每一期的数据模型。将多期的数据模型叠加分析,不仅可以显示变化部分的模型,还

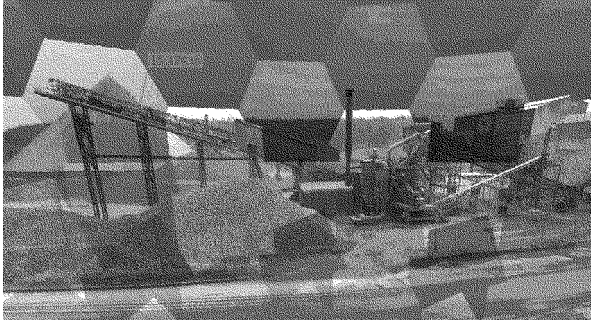


图3 矿区 Web 点云

可以计算出该阶段的开挖体积,如图4所示。另外,基于矿坑的数字模型可进行多种模拟计算,例如模拟开采计划,从而科学的指导矿山生产。

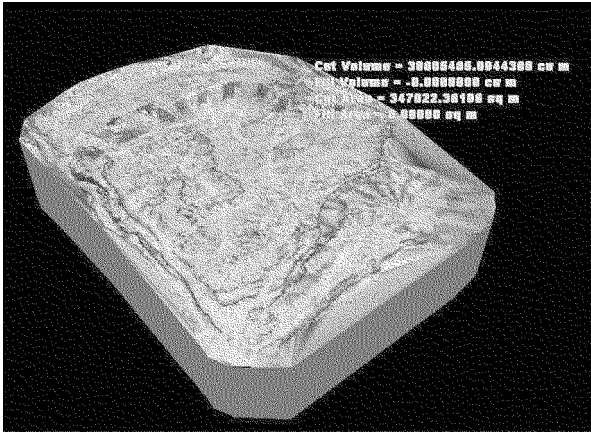


图4 开挖体积测算

### 3.4 采空区数字化治理

地下开采形成的大量采空区已成为影响数字矿山发展的重大危险源之一,危及到设备和人员安全,制约了矿山的正常生产经营。如何准确地掌握采空区的形态、大小和边界,从而订制有效的处理方案、控制因采空区引发的安全事故和灾害成为亟待解决的难题。然而三维激光扫描技术的非接触式测量优势特别适合于探测矿山采空区,该技术不仅可以确定采空区位置、分布情况和贯通关系等,而且通过三维数据后处理建立起采空区的数字模型后,还可以确定采空区的体积、顶板的面积及实际边界,从而实现采空区的可视化计算,为数字矿山建设提供有力的技术保障(图5)。在地下复杂环境中进行三维激光扫描并进行精度评定,测距量程在83 m以上,测距精度范围 $\pm 3$  cm,精度较高<sup>[5-8]</sup>。

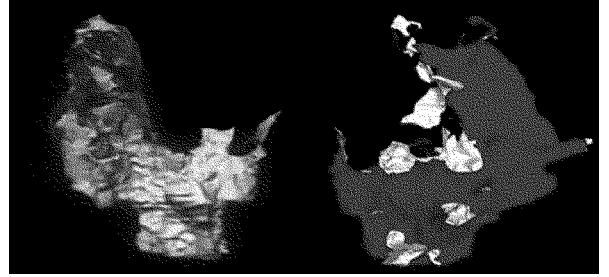


图5 采空区三维模型

## 4 结语

三维激光扫描技术是获取矿山空间三维信息的有效方法,与传统的测量方式相比有其显著的优点:

(1)实用性强。三维激光扫描技术突破了传统测量的局限性,采用非接触式测量方式能够对陡峭、复杂、高危区域的目标进行空间三维信息的采集。另外其全天候作业的特点,非常适用于光线较差的井下巷道作业。

(2)直观性好。在传统的测量概念里,所获取的数据最终输出的都是二维形式的成果,但是随着数字矿山的发展,三维化管理模式已经逐渐的替代二维,因为二维成果很难准确地描述矿山的关键信息。

(3)成果多样化。三维激光扫描技术所获取的数据是点云数据,该数据包含丰富的信息,因此基于该数据既可以制作常规的数据成果,也可以制作常规测量方法无法实现的成果样式。

三维激光扫描技术是一项新兴的测绘技术,它突破了传统的单点测量模式,为数字矿山建设提供了一个崭新的技术途径。将三维激光扫描技术应用于数字矿山领域可以有效解决以前的技术难题。目前,三维激光扫描技术还处于发展阶段,本文只例举了三维激光扫描技术在数字矿山建设中的一部分应用方向,事实上它在数字矿山中的应用方向还要广泛得多,还有待广大的矿山工作者积极开发,但不难看出三维激光扫描技术在数字矿山的应用前景十分广阔。

## 参考文献:

- [1] 于广婷,白立飞. 基于三维激光扫描技术的大比例尺地形图绘制方法[J]. 现代测绘, 2012, 35(增): 97-99.
- [2] 白立飞,于广婷. 三维激光扫描技术在青岛市房地产开发中的

- 应用[J]. 山东国土资源,2011,27(3):41-43.
- [3] 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.
- [4] 梅文胜,周燕芳. 基于地面三维激光扫描的精细地形测绘[J]. 测绘通报,2010,23(1):53-56.
- [5] 陈凯,杨小聪. 采空区三维激光扫描变形监测试验研究[J]. 有色金属,2011,64(5):1-5.
- [6] 夏永华,方源敏. 三维激光探测技术在采空区测量中的应用与实践[J]. 金属矿山,2009,(2):112-113.
- [7] 邱贞生. 三维激光扫描及技术在矿山采空区测绘中的应用[J]. 福建地质,2012,(1):91-94.
- [8] 夏永华,方源敏. 三维激光探测系统在采空区测量中的误差校正[J]. 测绘通报,2009,(19):18-21.

## Application of 3D Laser Scanning in Digital Mine

BAI Lifei, PAN Baoyu, ZHANG Lan

(Shandong Institute of Surveying and Mapping of Geology, Shandong Jinan 250002, China)

**Abstract:** With the new concept of Digital Mine, mine management has urgent demands for 3D spatial information. 3D visualization management is an important component of digital mine. It is difficult for the current normal survey method to acquire data to meet the demand from 3D digital mine. 3D laser scanning, with the advantage of high resolution and non-touch measurement, is suitable to acquire the 3D information on complex surface and dangerous area in mine. Based on the advantages of 3D laser scanning, this article discusses the application and method of this technology in mine, and gives a summary on the direction of its application in digital mine.

**Key words:** Digital mine; 3D laser scanning; point cloud; precise mine management