

文章编号:1673-9469(2010)02-0070-03

3D TLS 在相似模型开采实验中的应用研究

侯耀青, 史长鳌, 刘秀格

(中国冶勘一局 518 队, 河北邯郸 056003)

摘要:提出了将地面三维激光扫描应用于相似材料模型实验的扫描观测。基于扫描得到的点云图像进行三维数字建模,通过特征提取获取每一期次模型上标志点三维坐标,绘制了地表下随工作面推进的动态沉陷过程曲线。此外,用该方法建立的三维模型还可以在日后再现当时的顶板断裂垮落过程,克服了传统观测方法随着模型的损毁而无法再次获取模型表面数据的局限性,为地表实测数据与模型观测值的对比研究提供了新的途径。

关键词:三维地面激光扫描;模型试验;相似材料;点云图像;三维建模

中图分类号:P208

文献标识码:A

Application research of 3D TLS in experiment of similar model

HOU Yao-qing, SHI Chang-ao, LIU Xiu-ge

(Team 518, First Bureau of China Metallurgical Geology Bureau, Handan 056003, China)

Abstract: The 3D terrestrial laser scanning (3D TLS) was used to the observe the experiment of similar material model, then we built the 3D digital model based on the scanned point - cloud image, obtained the 3D coordinates of targets on the model every period by feature extraction, and drew the dynamic curves of earth surface subsidence with the mining face progress. This way to establish the 3D model could overcomes the limitation of traditional methods that can't get data when the model was damaged, to represent the course of fracture and collapse of the top plate afterwards, which provided a new approach to the comparison research on ground surface measurement and the data from model.

Key words: 3D terrestrial laser scanning; model experiment; similar material; point cloud; 3D modeling

相似材料模型实验是一种以相似理论为基础,用一定的相似材料构造物理参数与工程相似模型来研究实际工程问题的实验方法。通过模型实验,能在短时间内从一定程度上全面地反映岩土工程力学过程和变形形态,具有灵活性和直观性,是研究人员经常采用的研究手段^[1]。但是传统的模型点位移观测方法都不同程度地存在着观测和记录工作量大,数据处理过程繁琐,获取数据不同时等缺陷。地面三维激光扫描技术以非接触、高精度、高速度、高密度、面状扫描的方式一次性实时获取模型表面大量的三维空间坐标,经过三维建模可以重现模型在不同阶段的原有状态,而被称为“实景复制技术”,在很多领域得到了广泛应用^[2,3]。本文采用地面三维激光扫描仪进行

模型点位移观测方法,并以某矿区为例对高效开采条件下地表下沉动态沉陷规律进行了研究。

1 地面三维激光扫描

地面三维激光扫描技术包括三维激光扫描仪及其数据采集、处理的理论与方法和相应的数据处理软件等,其核心是三维激光扫描仪。

本研究使用 Konica Minolta Vivid 910 型三维激光扫描仪采集模型表面的三维空间数据。该仪器使用激光三角法测距,通过光源孔发射出一束水平的激光束来扫描物体,激光线经过旋转平面镜的作用,改变角度,使得激光线发射到物体表面,经过物体表面反射之后,每一条激光线都通过

CCD 传感器采集成一帧数据。根据物体表面不同的形状,每条激光线反射回来的信息中所包含表面等高线数据,完整范围的最高精度扫描只需要 2.5s(快速模式 0.3s)。将物体表面的形状转换为超过 300 000 点的点云数据,精度达到 0.008mm,测程在 500 - 2 500mm。Vivid 910 不仅能提供点云数据,此外一个 24bit 色深度的被扫描物体的彩色图像同时被采集下来。速度上的优势和超高精度使得 Vivid 910 在很多要求高速扫描和高精度的工程研究项目中得到应用。

通过对数据进行一系列处理获得目标的三维立体模型。目标的三维构模、格式转换、三维可视化以及各种量算等都在专业应用软件下进行。常用的“点云”数据处理软件有 Polyworks、Cyclone 以及 I-SiTE Studio 等。如利用 Polyworks 软件进行三维建模,可快速将“点云”图转换成三维模型、二维平面图、等高线图或断面图等。数据可在 AutoCAD、MicroStation 软件平台上或其它绘图软件上直接使用,也可用 Polyworks 软件在点云图内直接完成三维交互式可视化检测及概念设计等。

2 模型设计与观测

相似材料模拟方法是根据相似原理将矿山岩层以一定比例缩小,用相似材料作成模型,然后在模型上模拟煤层开采,观测模型上岩层的移动和破坏情况,根据模型上出现的情况,分析推测岩层实际发生的破坏和移动情况。

2.1 模型设计

结合山东某矿区地层情况模拟研究高效开采条件下地表动态沉陷规律。拟模拟开采深度 240m,开采厚度 8m,开采长度 1 040m,推进速度 12m/d。

2.2 测线设计与观测方法

根据高效煤层开采的移动特点,本实验模型上覆岩层上布置了 6 行 41 列大号观测点和 2 行 42 列小号观测点。大号观测点纵向、横向布置间距均为 100mm,测点标志为一半径为 15mm 的大圆,其中心为 0.5mm 的十字线,小号观测点一行布置在地表,一行布置在页岩内,测点横向间距为 100mm,测点标志为一半径为 7mm 的小圆,其中心为 0.2mm 的十字丝,如图 1 所示。实验采用 Vivid 910 三维激光扫描仪,在各个块段开采后对

模型进行全面观测。

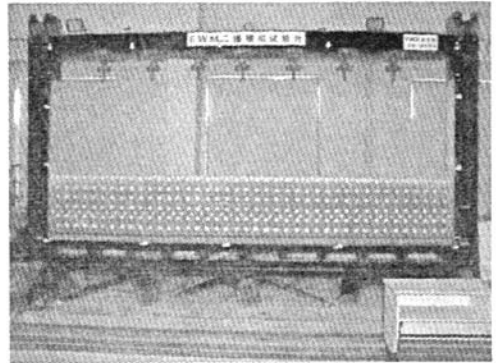


图1 观测点设置分布

Fig. 1 The setting and distribution of observation points

2.3 模型开采与观测

模型架尺寸为 4 200mm × 250mm × 1 800mm,左侧留 800mm 煤柱,右侧留 800mm 煤柱。设计开采宽度为 2 600mm,开采分 52 个块段连续开采,开采时考虑时间比,从左边开始开采,每个块段开采 50mm,实验每 2 个小时开采一个块段(相当于实际每天推进 12m),每开采完一个块段,随即使用 Vivid 910 三维激光扫描仪对模型进行整体扫描观测。仪器设在距模型表面 1.2m 处,从多个不同的视点对模型进行扫描。

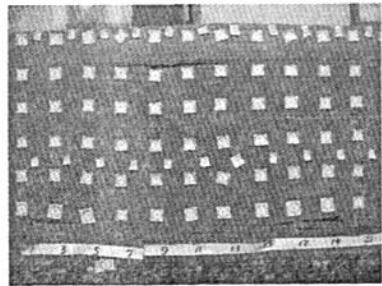


图2 顶板断裂垮落局部模型照片

Fig. 2 Part picture of top fracture and collapse

开采第 1、2 块段时,顶板无垮落。随着开采宽度的加大,顶板逐步垮落,垮落高度也逐步加大。采空区上覆岩层从边界向内侧以 60 ~ 70° 的断裂破坏线向地表发展,靠近采空区的 3 层顶板完全断裂垮落至采空区,再其上各岩层在断裂破坏线处断裂并向下弯曲支撑在下覆岩层上,岩层间离层主要发育在两侧断裂破坏线之间的采空区中部,当垮落或断裂破坏线发展至地表时,采空区中部上方的大离层消失。之后随着开采向前推进,开采侧断裂破坏

线也向前发展,最后采至停采线位置时,停采线一侧断裂破坏线角度比开切眼一侧要小。图2为开采至19块段时顶板断裂垮落局部模型照片。

3 数据处理与数据分析

3.1 数据处理

采用后处理软件 Polyworks 8.0 提供的坐标匹配(登记)功能将不同视点的点云数据“拼合”为一个完整的点云模型,利用自动分段处理功能、抽取功能和 TIN 模型构造等功能,将相似材料模型体的细部模型化,并最终完成整个模型体的三维建模。对58期次(开采前初始扫描2次,稳定后不同时期分别进行4次扫描,52个块段每开采一次随即对模型进行整体扫描)的扫描点云数据进行预处理、三维建模和特征提取,得到模型观测点的三维坐标数据,靶标中心特征提取如图3所示。

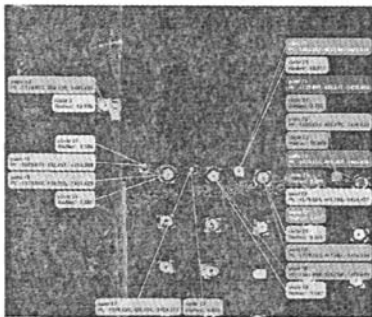


图3 模型观测点三维坐标提取

Fig. 3 The 3D coordinate extraction of observation points from 3D model

3.2 数据分析

根据提取的模型观测点不同期次的三维坐标,绘制了模拟高效开采条件下地表下沉随工作面推进的动态沉陷过程曲线,如图4所示。

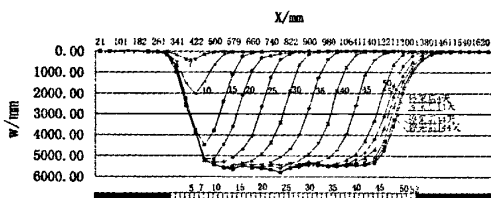


图4 工作面推进过程中地表下沉盆地发展变化过程

Fig. 4 The development and variation process of surface subsidence basin from small change to big

回采工作面由开切眼开始,开采完1~4块段后地表未发现移动,第5块段采后地表部分点下沉超10mm,即本实验启动距100m,约为采深240m的0.42倍。随着工作面推进距离的继续增加,地表下沉盆地逐渐增大,动态最大下沉值也不断增大。当工作面推进到一定距离后,动态最大下沉值增加量减小,从开始开采到20块段为地表下沉发展阶段,此后随着工作面继续推进,最大下沉值增加的较小。即从20块段开始一直到52块段开采结束为动态下沉充分阶段,动态下沉盆地出现平底,而且下沉盆地的平底随着工作面向前推进而不断增大;工作面停采后地表下沉衰减阶段下沉盆地向前移动(扩大)较小。这一结果与多年这一矿区的地表实测资料反映的情况吻合较好^[4]。

4 结语

地面三维激光扫描技术以其独有的优势,在高效开采条件下模型开采实验模型点位移观测中得到了应用,与传统观测方法最显著的不同在于日后可以重现三维模型的动态变化的全过程,并可随时进行特征提取,这为日后实际开采过程中地表实测数据的反演分析对比提供了可能,为地表动态沉陷规律的研究提供了新的和更加有效的手段。此外,采用三维激光扫描技术进行模型点位移观测简便易行,效率和精度更高,使人们摆脱了繁复的观测、记录和计算。

参考文献:

- [1] 戴华阳,王金庄,张俊英,等. 急倾斜煤层开采非连续变形的相似模型实验研究[J]. 湘潭矿业学院学报, 2000,15(3):1-6.
- [2] 李秋,秦永智,李宏英. 激光三维扫描技术在矿区地表沉陷监测中的应用研究[J]. 煤炭工程, 2006,4:16-18.
- [3] 史长鳌,周园,刘秀格,等. 基于LIDAR数据融合的数码城市三维重建[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2007,24(2):81-83.
- [4] 煤炭科学研究总院北京开采研究所. 矿区铁路下综合机械化放顶煤开采试验研究报告[R]. 兖州:兖州矿务局兴隆庄煤矿, 1995.

(责任编辑 刘存英)