

基于三维激光扫描技术井下巷道围岩变形监测应用

Application of 3D laser scanning technology in wall rock deformation monitoring of underground roadway

周竹峰 (陕西陕北矿业公司韩家湾煤炭有限公司, 陕西 榆林 719315)

摘要:为了提高巷道围岩变形监测效率,将三维激光扫描技术应用到巷道围岩变形监测中,并具体对监测技术方案以及现场监测结果进行分析与研究。结果表明,采用三维激光扫描技术获取的巷道围岩变形量与常规测量方法获取到的巷道围岩变形量差值在5%以内,三维激光扫描技术围岩变形监测精度较高。

关键词:巷道围岩; 三维激光扫描; 变形监测

中图分类号: TD322 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)03-0062-03

Abstract: In order to improve the monitoring efficiency of roadway wall rock deformation, 3D laser scanning technology is applied, and the monitoring technical scheme and field monitoring results are analyzed and studied. The results show that the difference between the deformation rates of roadway wall rock obtained by 3D laser scanning technology and that obtained by conventional method is less than 5%, and the monitoring accuracy of wall rock deformation by 3D laser scanning technology is higher.

Key words: roadway wall rock; 3D laser scanning; deformation monitoring

1 前言

巷道掘进是煤炭开采基础性工作,确保巷道围岩稳定对煤炭安全开采具有重要意义^[1]。围岩变形监测是掌握巷道变形的最主要手段,现阶段矿井常规的围岩变形监测方法是在巷道顶底板及巷帮各布置测点,通过测量顶底板以及巷帮间距来掌握巷道围岩变形^[2-4]。当巷道部分区域围岩变形较大时需要布置加密测点并增加测量频率,通过分析测量数据来掌握巷道围岩变形情况。传统的巷道围岩变形监测技术存在数据监测工作量大、采集不全面以及精度偏低等问题^[5]。近些年来兴起的三维激光扫描技术凭借非接触、监测效率高以及速度快等优势,在煤矿测量中广泛应用^[6]。本文以某矿214201胶运巷为工程研究对象,对三维激光扫描技术对巷道围岩变形监测情况进行详细阐述。

2 工程概况

214021胶运巷主要服务于工作面通风、行人以

及煤炭运输等,巷道沿着4⁻²煤层顶板掘进,断面为矩形,巷道具体位置关系如图1所示。4⁻²煤层厚度平均1.9m、倾角平均1°~3°,为近水平煤层,煤层埋深平均180m。4⁻²煤层掘进区域直接顶为灰色粉砂岩,含有大量的植物茎秆化石,厚度约0.4m;基本顶主要为中粒砂岩,成分以石英、长石为主,局部含有炭质纹层,顶部含有1~2层钙质细粒砂岩,结构致密、坚硬,平均厚度约32.8m。底板岩性为灰色粉砂岩,顶部含有植物茎秆化石,厚度约11.5m。

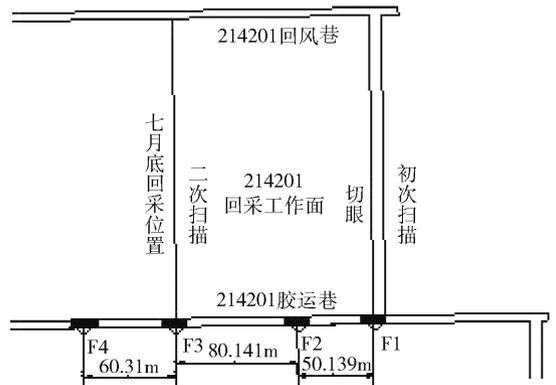


图1 巷道位置关系

巷道支护采用锚网索支护方式,顶板、巷帮锚杆规格分别为φ18mm×2200mm左旋螺纹钢锚杆、φ18mm×1800mm玻璃钢锚杆,顶板间排距为

[作者简介] 周竹峰(1985-),男,汉,陕西子洲人,本科,测量工程师,研究方向:煤矿地测防治水,煤矿开采,安全生产。

[引用格式] 周竹峰. 基于三维激光扫描技术井下巷道围岩变形监测应用[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(3): 62-64+70.

1 400 mm × 1 200 mm, 巷帮间排距为 950 mm × 1 000 mm; 锚索规格为 17.8 mm × 7 000 mm, 间排距 1 400 mm × 2 400 mm, 底板喷射有厚度 150 mm 混凝土 (C20), 具体巷道支护设计如图 2 所示。受到工作

面回采影响, 巷道围岩变形较为明显, 为了及时掌握巷道围岩变形情况并为后续的补强支护措施制定提供参考, 采用三维激光扫描技术对巷道围岩变形进行监测。

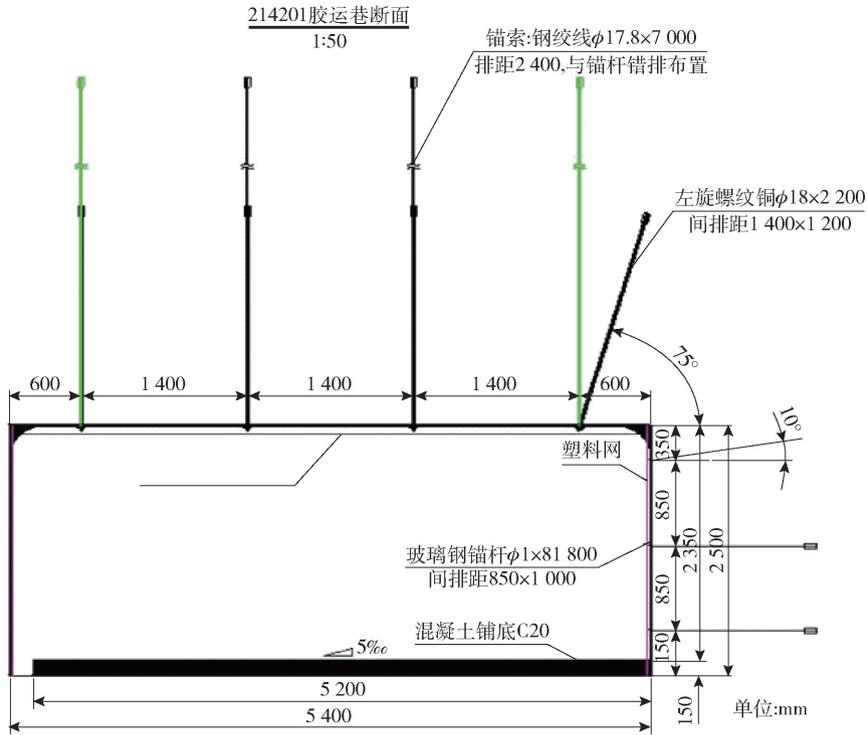


图 2 巷道围岩支护方式

3 三维激光扫描技术应用

3.1 测量技术方案

3.1.1 技术流程

采用三维激光扫描技术对巷道围岩变形进行监测, 具体技术流程可细分为外业扫描、数据处理等, 具体三维激光扫描技术监测流程如图 3 所示^[7]。

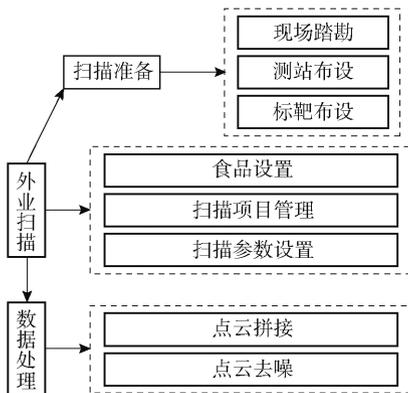


图 3 三维激光扫描技术监测流程图

3.1.2 外业扫描

在进行巷道围岩变形扫描工作前需要掌握监测巷道基本情况, 合理确定标靶布设位置以及扫描技

术方案。合理的布置扫描监测仪器行走速度可一定程度上减少冗余数据产生量; 合理的布置标靶可提高扫描仪器标靶数据识别效果。

1) 扫描技术方案

井下巷道围岩变形扫描难点在于环境复杂, 在扫描过程中受到外界影响明显, 因此采用手持式扫描仪 (Riegl VZ-1000 扫描仪) 对巷道围岩数据进行采集^[8], 具体扫描仪技术参数见表 1。

表 1 扫描仪技术参数

测量距离/m	标称精度/m	视场角/(°)	角度分辨率/(°)
2.5 < d < 1 400	0.05	100 × 360	0.000 5

由于巷道狭小、距离长, 一次性采集数据时容易出现较多的累积误差, 从而影响监测精度, 因此采用的分段扫描法采集巷道围岩变形数据, 后对获取到的数据采用人工方式进行拼接, 从而最大程度减少监测误差。

2) 控制测量

由于采用的扫描仪有独立的坐标系统, 为了更好的分析围岩变形监测结果, 需要对坐标体系进行

转换。采用全站仪进行控制测量,在扫描监测区域内设定固定标靶,采用全站仪设备获取标靶具体坐标,最后将该标靶点数据作为扫描数据控制点进行坐标转换。

靶标作为坐标转换控制点并进行数据点云拼接,对其布置有较高的要求。布置的标靶应尽量分布均匀,且间距不宜过大,标靶布置时应便于扫描且可长时间保存。

3) 扫描实施

在扫描前应确定扫描初始位置,初始扫描位置应确保不变动。由于采用的扫描仪具备拼接特性,扫描路线应为闭合线路,具体巷道内确定的扫描线路如图4所示。

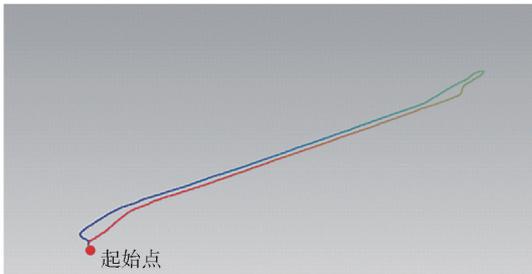


图4 扫描线路

扫描结束时扫描仪应回到初始扫描位置,并对扫描数据完整性、数据拼接完好性等进行检查,确定拼接数据完整、数据完好时则结束扫描工作。

3.1.3 业内数据处理

业内数据处理结果直接影响到后续模型质量,若获取到的数据质量差则可能无法建模。因而在建模之前对扫描获取到的数据进行预先处理确保数据完整。业内数据处理流程:点云拼接→坐标转换→数据处理→数据输出。

3.2 巷道顶底板变形监测数据提取

对工作面回采前获取到的数据(4月份监测数据)进行建模,工作面回采至140m时对获取到的数据(7月份获取到的监测数据)作为测试文件,分析巷道顶底板变形数据,从而得到监测区内巷道顶板、底板等高线图,具体如图5所示。

从图中看出,在巷道走向方向上不同断面位置处顶、底板中部以及两侧位置变形量均有一定差异。主要是由于在临近回采工作开采期间巷道围岩受到的应力分布不均衡。为了分析巷道围岩变形情况,在F2测站位置采用常规测量方法对巷道靠近工作面一侧、中轴线以及靠近实体煤一侧顶底板变形数据进行监测,并将监测结果与三维激光扫描结果进

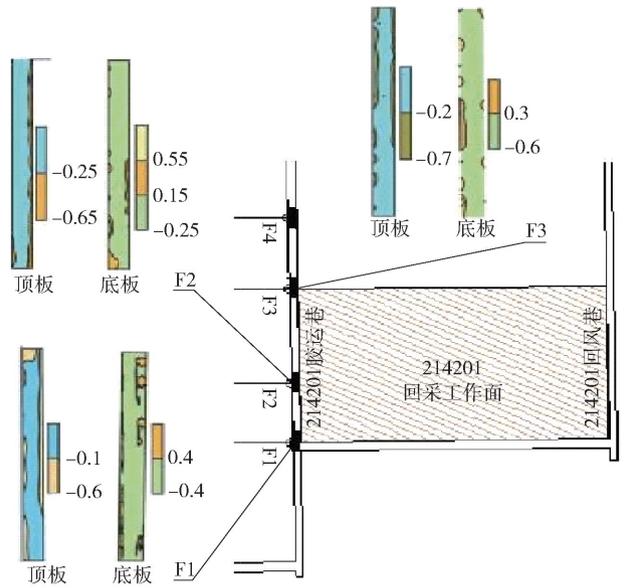


图5 顶、底板等高线图

行比对,结果两者间数据偏差在5%以内,表明三维激光扫描技术获取到的巷道变形结果具有较高精度。

在监测范围内获取到巷道顶、底板最大变形量为129.6mm,围岩变形不会给巷道正常使用带来影响。

4 结论

(1)采用三维激光扫描技术对214201胶运巷围岩变形进行监测,并详细对变形监测技术方案、监测流程等进行阐述。采用的三维激光扫描技术测量精度可达到毫米级,且可以满足井下辅助环境围岩变形监测需要。

(2)围岩变形围岩受力密切相关,由于214201胶运巷围岩应力分布不均衡,监测到巷道顶底板变形量存在差异,靠近煤柱侧顶底板变形量相对于靠近实体煤层大,但是监测数据差异不显著。

(3)三维激光扫描获取到的巷道变形与采用常规技术方法获取到的巷道变形量监测结果差值在5%以内,表明三维激光扫描技术测量精度较高,监测结果可满足巷道围岩变形监测需要。

[参考文献]

[1] 王火彬. 深部高应力软岩巷道变形破坏机理及稳定性控制策略研究[J]. 煤炭与化工, 2020, 43(9): 26-28.
 [2] 宫伟力, 朱道勇, 王炯, 等. 基于模型试验的NPR锚索支护巷道变形及能量方程验证[J]. 采矿与安全工程学报, 2020, 37(5): 918-927.