

巷道收敛变形可变角监测固定装置应用研究

苏 蕾¹,杜献杰²,段振雄²

(1.太原学院 机电与车辆工程系,太原 030032;2.太原理工大学 矿业工程学院,太原 030024)

摘 要:基于巷道变形的监测与评估,研制出一种巷道收敛可变角激光测距固定装置。详细阐述了该装置的设计思路、结构设计和操作方法,并在某矿3320工作面实践应用。结果表明:激光测距固定装置简易轻便、易于安装与拆卸;采用可变角度激光测距固定装置所得数据比传统的手持式激光测距仪所得数据的离散性误差减小11.6%,保证了测量精度和数据的可靠性;解决了传统测距模式存在的测量角度单一、测点难以固定、测量误差大等问题,应用效果良好。

关键词:巷道收敛;变形监测;激光测距仪;可变角度固定装置

中图分类号:TD322

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of Variable Angle Fixing Device for Monitoring Convergence and Deformation in Roadway

SU Lei¹, DU Xianjie², DUAN Zhenxiong²

(1. Department of Electrical, Mechanical and Vehicle Engineering, Taiyuan University, Taiyuan 030032, China; 2. College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Based on the monitoring and evaluation of roadway deformation, a variable angle fixed device of laser range finder to monitor roadway convergence was developed. The article elaborated its design, structure, operation, and application in No. 3320 working face in a mine. The results show that the laser range finder fixing device is simple, portable, easy to install and disassemble. The error obtained by the device decreases by 11.6% compared with the error obtained by the traditional handheld laser range finder, thus ensuring the testing accuracy and data reliability. It solves the problems of the traditional mode, including the single measuring angle, difficulty in fixing measuring points, and large measuring errors, which shows good application effects.

Key words: roadway convergence; deformation monitoring; laser range finder; variable angle fixed device

在巷道开挖后,围岩的应力状态会发生改变,导致围岩发生变形^[1],尤其当巷道埋深加大、地质构造复杂或受采动影响时,巷道围岩的变形破坏十分明显^[2-3]。而煤矿巷道在开采运输、通风安全及人员通行中起着关键作用,因此巷道围岩变形监测及其相关测量装置的研发对稳定控制巷道意义重大。

巷道表面位移的传统监测方法大多使用的是标尺监测法、测杆监测法、收敛计监测法等^[4-5]。上述几种检测方法测量操作繁琐、不易控制,导致测量效率低、数据误差大。目前,测量巷道表面变形量的常用设备为激光测距仪^[6-7],其携带方便、操作简单,测试原理先进可靠。但是,井下巷道变形测量大多是

* 收稿日期:2020-11-27

作者简介:苏蕾(1991-),女,山西稷山人,硕士研究生,助教,从事机械工程教学与研究工作,E-mail:494198853@qq.com

与掘进施工或开采生产同时进行,测试仪器及测试过程设计不合理容易引起相互干扰。尤其当测距仪没有稳定可靠的固定方式或只能采用人工手持时,不能保证每次激光测距仪都能对准预设的测点,每次测量难以保证在同一个机位,并且在测距仪点击按压测量时往往造成机身晃动,导致测量结果受人为因素影响而误差偏大。当巷道断面较大时,操作激光测距仪需要登高作业,既不方便又不安全。

基于以上需要,本文研制了一种适用于测量不同角度巷道变形量的激光测距仪固定装置,能够稳定、准确地测量巷道变形,同时具有广泛的适用性。

1 测量固定装置的设计思路

测量固定装置是用于激光测距仪的固定与巷道表面变形监测,主要解决巷道测距过程中激光测距仪不易固定、易抖动、误差大、测量角度单一等问题。解决好这些问题,该测量固定装置设计应满足以下四点要求。

1)要与巷道帮部已有锚杆固定连接,使用简单方便,解决测距仪不易固定、误差大的问题。

2)固定装置可在 $\pm 90^\circ$ 范围内调整角度,便于巷道全断面、全方位进行收敛测量。

3)选用合理的激光测距点击方式,避免因直接点击测距仪按钮而造成整体托架上行晃动带来的测量误差。

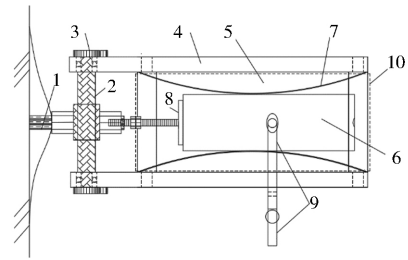
4)测距仪前后、左右位置要可调整,以适用多种型号的测距仪。

2 测量固定装置的结构设计

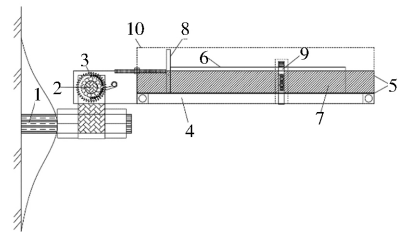
基于以上设计思路与要求,该测量固定装置应包括五大组成部分,即安装固定机构、仪器定位机构、角度调整机构、激光测距仪及外接按压机构,并在研究分析的基础上初步形成装置设计。可变角度激光测距仪的固定装置包括:激光测距仪、固定杆、转动杆、固定盒、弹簧片和外接按钮装置。测量固定装置组成图如图1所示。其中,激光测距仪设置在固定盒内,并通过固定盒内的弹簧片和挡板固定;装置固定盒与连接杆为一体,装置固定盒通过连接杆与固定杆铰接,固定杆固定在巷帮锚杆上,固定盒可通过连接杆上下转动,从而保证测量装置能对巷道周边不同角度进行测量。

该可变角度激光测距固定装置具有以下特点:

1)激光测距仪固定设置在固定盒内,固定盒内侧设有弹簧片、挡板。弹簧片固定在盒内两侧,为弧



(a)平面构成图



(b)侧面构成图

1—锚杆;2—固定杆;3—齿轮刻度盘;4—连接杆;5—固定盒;
6—激光测距仪;7—弹簧片;8—挡板;
9—外接按压装置;10—防护罩

图1 测量固定装置组成图

Fig. 1 Composition of the fixing device of laser range finder
状结构,富有弹性,起左右定位作用;挡板设在固定盒内侧,其后部焊接有调距螺杆,通过转动内、外螺母调整挡板前后位置,起调节位置与固定作用。

2)固定盒由其连接杆通过滚轴与固定杆相连接,固定杆两端焊接有齿轮,齿轮上刻有角度指示盘。由此,固定盒可上下调整角度,并通过连接杆上的齿轮卡齿将测试装置固定在一定的角度上进行测量,转动范围为 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 。

3)固定盒设有外部按压装置,由固定边、活动边和弹簧组成,活动边内侧端头设置有按钮,用于控制激光测距仪的开关。

4)整个测量固定装置通过固定杆固定在巷帮已有的锚杆上,不需要另外设置固定基点,安装简单、固定方便,操作快捷。

3 测量固定装置的应用操作

可变角度激光测距固定装置包括安装固定、仪器定位、角度调整、激光测距及外接按压等五大部分,应用过程应根据该装置五大机构的具体特点与功能进行应用操作。具体使用方法和操作步骤如下:

1)首先将测量装置通过固定杆上连接块的螺栓孔固定在巷道帮部锚杆端头上,将测量装置调校为水平位置,拧紧固定螺母;

2)将激光测距仪插入固定盒内两弹簧片之间,通过旋转调距螺母调整挡板前后位置,使激光测距

仪的开关按键对准外接按压装置上的按钮键;

3) 按压外接按压装置进行激光测距,记录巷道水平方向的监测数据;

4) 通过齿轮、卡齿调整固定测试装置角度,使其对准巷道顶板中央位置进行测量,记录齿轮上对应的角度与激光测试数据;

5) 通过多次测量结果计算巷道断面变形。

可变角度激光测距固定装置的优点:

1) 可与既有锚杆外端固定,解决测距仪不易固定、误差大的问题;

2) 固定装置可±90°范围内调整,便于巷道全断面、全方位进行收敛测量;

3) 采用外接方式间接点击激光测距仪按钮进行测距,避免了因直接点击测距仪按钮造成整体托架晃动带来的测量误差;

4) 测距仪前后、左右位置可调整,适用多种型号的测距仪。

4 巷道变形监测工程实例

某矿 3320 工作面位于一单斜构造之上,主采煤层厚度 3.75 m,为复合煤层,含有多层泥岩夹矸层,结构复杂。巷道顶板为泥岩、砂质泥岩,底板为碳质泥岩、砂质泥岩。3320 回采面运输巷为矩形断面,宽 5.4 m,高 3.8 m。巷道顶板支护采用 Φ20 mm×2 400 mm 高强螺纹钢锚杆,配 W 加厚钢带联合支护,每排布置 7 根锚杆,顶锚杆间排距为 800 mm×1 000 mm;煤柱一帮采用 Φ20 mm×2 000 mm 高强螺纹钢锚杆,另一采煤帮为切割方便采用 Φ20 mm×2 000 mm 有机玻璃钢锚杆支护,帮部配合 W 型护板竖放联合支护,每排布置 4 根锚杆,间排距 900 mm×1 000 mm;顶板锚索采用 Φ21.6 mm×6 400 mm 的高强低松弛钢绞线,配合 400 mm×400 mm×16 mm 专用锚索托板支护,锚索沿巷道轴向采用“3-4”布置。

由于 3320 工作面巷道埋深大、断面宽度大,围岩夹层多、裂隙发育,并受地质构造及动压影响,巷道围岩控制难度较大。为了掌握巷道围岩变形及稳定性变化规律,为支护方案的优化提供依据,在 3320 运输巷紧跟掘进工作面连续布置 3 个测站,每个测站间隔 30 m,分别对运输巷围岩变形及支护结构工作载荷进行监测,测站布置位置如图 2 所示。其中,巷道变形监测采用了传统的手持式激光测距仪和新研制的可变角度激光测距固定装置两种方式,以作应用对比研究。

掘进头 3 个监测工作站先后依次布置,要求紧

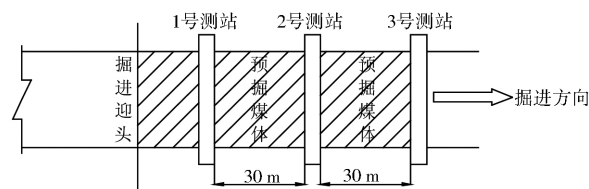


图 2 巷道测站位置图

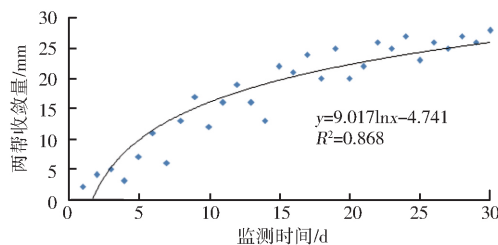
Fig. 2 Location of measuring stations in roadways

跟掘进工作面,随掘进的推进及时布置、及时监测。每个测站的具体布置:锚杆、锚索测力计布置于巷道顶板 3 套,左、右帮各 2 套,两帮测点距地面距离 1.5 m,锚杆(索)测力计安装于锚杆托板与岩面之间,达到初锚力要求。

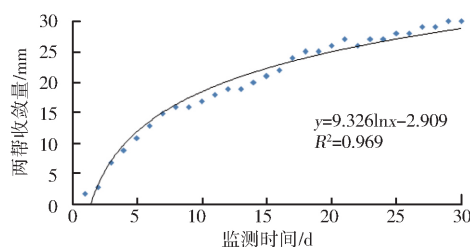
巷道表面位移收敛测量。每个测站断面于帮部布置手持式激光测距仪 2 个点,新研制的可变角度激光测距固定装置 2 个点,帮部测点距地面 1.5 m。

仪器调试、校准后每天观测一次,做好记录,持续监测时间约一个月,巷道共掘进了 268 m。

图 3(a)、图 3(b)分别为两种不同测试方式下巷道变形监测部分数据曲线。



(a)手持式测距仪



(b)可变固定测试装置

图 3 巷道变形实测结果对比

Fig. 3 Comparison of measured roadway deformation

图 3(a)为手持式激光测距仪实测数据,将数据散点回归为曲线方程为 $y = 9.017 \ln x - 4.741$,其均方差为 $R^2 = 0.868$;图 3(b)为新研制的可变角度激光测距固定装置实测数据,同样将散点回归为曲线方程为 $y = 9.326 \ln x - 2.909$,其均方差为 $R^2 = 0.969$;对比反映观测数据离散性的均方差可知,采用可变角度激光测距固定装置比传统的手持式所得数据的离散性误差减小 11.6%,从而保证了测试精度和数据的可靠性。

实测工程中发现,手持式测距仪存在找基点困难、定位不准确等问题,尤其选择角度向上的两侧巷道顶底板变形时难度更大,更具有不确定性;而采用可变角度测量固定装置则具有固定方便、操作简单、测量准确的优点。

5 结论

1)巷道收敛可变角激光测距固定装置由主要固定杆、激光测距仪、固定盒及外接按钮装置等组成。

2)固定测量装置由螺母固定在巷帮已有的锚杆端头,激光测距仪插入固定盒内。固定测试盒与固定杆采用铰接方式连接,可以通过齿轮调节上下角度实现巷道断面全方位变形监测。激光测距采用外部间接按压方式,可避免由于仪器晃动引起测量误差。

3)该测量装置简易轻便、易于安装与拆卸,改变了传统测距模式存在的测量角度单一、测点难以固定、测量误差大等问题,且适用性较强。

参考文献:

- [1] 陈晓祥,吴俊鹏.断层破碎带中巷道围岩大变形机理及控制技术研究[J].采矿与安全工程学报,2018,35(5):885-892.
CHEN X X,WU J P. Study on the mechanism and control technology of large deformation of roadway surrounding rock in the fault fracture zone[J]. Journal of Mining & Safety Engineering,2018,35(5):885-892.
- [2] 余伟健,李可,张靖,等.采动影响下深埋软岩巷道变形特征与控制因素分析[J].煤炭科学技术,2020,48(1):125-135.
YU W J,LI K,ZHANG J,et al. Deformation characteristics and control factors of the surrounding rock in the deep buried soft rock roadway under the influence of mining[J]. Coal Science and Technology,2020,48(1):125-135.
- [3] 李鹏飞.二次采动软煤巷道变形规律及锚注加固技术[J].山西煤炭,2019,39(3):24-29,48.
LI P F. Deformation law and bolting-grouting reinforcement technology of soft coal roadway in secondary mining[J]. Shanxi Coal,2019,39(3):24-29,48.
- [4] 邓海富,张洪锋.不同夹矸位置的沿空巷道围岩变形规律及支护[J].山西煤炭,2018,38(6):10-13.
DENG H F,ZHANG H F. Deformation law and supporting of surrounding rock in gob-side entry at different gangue positions [J]. Shanxi Coal,2018,38(6):10-13.
- [5] 石零,陈红梅,余新明,等.巷道断面测定仪的测试性能分析[J].矿山测量,2013(1):67-69.
SHI L,CHEN H M,YU X M,et al. Test performance analysis of roadway section tester[J]. Mine Survey,2013(1):67-69.
- [6] 孙婷.手持式激光测距仪研究[D].北京:北京交通大学,2012.
- [7] 杨乾龙,王沉,张村,等.巷道围岩全断面变形监测方法[J].煤矿安全,2015(11):107-110.
YANG Q L,WANG C,ZHANG C,et al. Whole section deformation monitoring method of surrounding rock of roadway[J]. Safety in Coal Mines,2015(11):107-110.

(编辑:樊敏)