

文章编号:1671-251X(2017)08-0011-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.08.003

基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法

王亚飞^{1,2}, 王学文^{1,2}, 谢嘉成^{1,2}, 杨兆建^{1,2}

(1.太原理工大学 机械工程学院, 山西 太原 030024;

2.煤矿综采装备山西省重点实验室, 山西 太原 030024)

摘要:针对现有液压支架监测方法大多只能监测单台支架、无法对成组液压支架监测数据进行融合分析、监测数据利用率低等问题,提出了一种基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法。该方法采用灰色理论,根据液压支架记忆姿态监测值得出记忆姿态相关参数预测值;可根据监测到的同一个循环内前几台液压支架实际姿态预测下一台液压支架姿态,实现横向循环监测,也可根据前几个循环的液压支架实际姿态预测下一循环内该液压支架姿态,实现纵向循环监测。液压支架支撑高度监测试验结果表明,该方法对于液压支架记忆姿态的预测值与实际值相差不大,验证了该方法的有效性。

关键词:煤炭开采; 液压支架; 记忆姿态; 横向循环监测; 纵向循环监测; 灰色理论

中图分类号:TD355.4 文献标志码:A 网络出版时间:2017-07-27 09:27

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170727.0927.003.html>

Memory attitude monitoring method for hydraulic support based on grey theory

WANG Yafei^{1,2}, WANG Xuwen^{1,2}, XIE Jiacheng^{1,2}, YANG Zhaojian^{1,2}

(1.College of Mechanical Engineering,Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2.Shanxi Key Laboratory of Fully Mechanized Coal Mining Equipment, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Existing hydraulic support monitoring methods can only monitor single support without fusion analysis of monitoring data of united hydraulic supports and have low utilization ratio of monitoring data. For above problems, a memory attitude monitoring method for hydraulic support based on grey theory was proposed. The method calculates predictive value of related memory attitude parameters according to monitored value of memory attitude of hydraulic support by use of grey theory. It can predict attitude of the next hydraulic support according to actual attitude of previous hydraulic supports in the same monitoring cycle, so as to realize horizontal cycle monitoring, and also predict attitude of a hydraulic support in the next monitoring cycle according to actual attitude of the hydraulic support in the last few cycles, so as to realize longitudinal cycle monitoring. The support height of hydraulic support monitoring test results show that predictive value of memory attitude of hydraulic support is similar to the actual value, which verifies the validity of the method.

Key words: coal mining; hydraulic support; memory attitude; horizontal cycle monitoring; longitudinal cycle monitoring; grey theory

收稿日期:2017-03-31;修回日期:2017-06-14;责任编辑:李明。

基金项目:山西省回国留学人员科研资助项目(2016-043);山西省基础条件平台项目(2014091016);山西省高等学校创新人才支持计划资助项目(2014)。

作者简介:王亚飞(1991—),男,河南郑州人,硕士研究生,研究方向为煤矿机械设备工况监测,E-mail:373657742@qq.com。通信作者:王学文(1979—),男,山西长治人,教授,博士,主要从事机械设计方面的研究工作,E-mail:wxuew@163.com。

引用格式:王亚飞,王学文,谢嘉成,等.基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法[J].工矿自动化,2017,43(8):11-14.

WANG Yafei,WANG Xuwen,XIE Jiacheng, et al. Memory attitude monitoring method for hydraulic support based on grey theory [J]. Industry and Mine Automation,2017,43(8):11-14.

0 引言

独立的液压支架姿态解析和监测理论目前已比较完善。路佳等^[1]利用组态软件建立了液压支架远程监测系统,实现了井下液压支架压力的实时采集与监控。林福严等^[2]结合支撑掩护式液压支架,根据运动几何学分析,给出了位姿坐标解析表达式,满足实时在线解算要求。文治国等^[3]绘制了极限位态时液压支架关键构件运移关系曲线,可作为液压支架姿态监测的依据,同时验证了姿态算法的正确性。李阿乐等^[4]利用 Unity 3D 虚拟现实软件建立了液压支架运动状态仿真系统,完成了液压支架运动状态仿真,达到了人机交互和实时操控效果。陈冬方等^[5]针对综采工作面采煤高度测量问题,提出了一种采用液压支架角度传感器测量采煤高度的方法。上述液压支架监测方法只能监测单台液压支架数据,没有将成组液压支架的相应监测数据进行融合分析,仍存在监测漏洞,对出现的问题也无法及时做出判断,进而防止危险情况的发生。另外,现有液压支架监测方法大多将传感器监测数据^[6]传送至上位机,利用组态软件在上位机监测界面显示监测数据^[7-9],没有对监测数据进行更深入的挖掘,数据利用率低。

灰色理论在很多领域的应用已经比较成熟^[10-11]。本文参考采煤机记忆截割^[12]理论,提出了基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法,利用液压支架移架前的姿态来预测移架后的姿态,将预测姿态与实际姿态进行对比,以达到监测目的。

1 方法基本原理

1.1 方法内容

基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法在现有液压支架监测方法基础上,结合采煤机记忆截割思想,通过预测液压支架姿态得出液压支架姿态调整范围,有利于对意外情况做出及时、有效的判断。

定义液压支架移架动作包括横向循环和纵向循环。横向循环是指一组液压支架内每台液压支架依次移架,直至最后一台液压支架完成移架动作;纵向循环是指某台液压支架完成多次移架动作。基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法包含横向循环监测和纵向循环监测,即通过监测前几台液压支架移架情况,预测下一台即将移架的液压支架的姿态;通过对某台液压支架进行几次纵向循环监测,预测

下一纵向循环时该液压支架姿态。在进行横向循环监测时,将移架后的液压支架监测数据作为一组,用预测姿态及时监测即将移架的液压支架,如果液压支架实际姿态与预测姿态有较大差异,则认为相应液压支架可能处于异常状态。在进行纵向循环监测时,记录前几个循环的液压支架姿态,预测该液压支架下次循环时的姿态,并将预测姿态与下次循环时的实际姿态进行对比,以判断液压支架运行状态。该方法既可以预知对应液压支架的姿态,又能达到监测目的,提高了监测效率。

1.2 记忆姿态

记忆姿态是指液压支架移架前的实际姿态,记忆姿态监测是对液压支架实际姿态关键参数的监测过程。液压支架实际姿态关键参数包括支撑高度、压力、顶梁倾角、底座倾角、掩护梁与前后连杆的夹角等,对各个参数的监测、分析方法相似。本文以液压支架支撑高度监测为例,说明基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法的应用过程。

在同一循环中,液压支架移架前会采集很多支撑高度数据,排除异常数据,将采集数据平均值作为本次循环中液压支架支撑高度。横向循环监测中,由于移架存在先后顺序,所以计算相应的记忆姿态参数时,采集的数据总量不相等。

液压支架横向循环和纵向循环中的支撑高度计算值为

$$h_0(k) = \frac{\sum_{j=1}^p h_j(k)}{p} \quad (1)$$

式中: $h_0(k)$ 为第 k 台液压支架支撑高度, $k=1, 2, \dots, n$, n 为液压支架总数或是在同一循环中完成移架的液压支架数,具体意义由计算结果决定; $h_j(k)$ 为第 j 个采集的第 k 台液压支架支撑高度; p 为进行下一次循环前采集的第 k 台液压支架支撑高度的个数。

1.3 灰色理论的应用

由于横向循环和纵向循环内相邻液压支架姿态相差不大,且液压支架移架过程一般较短,所以液压支架记忆姿态可作为 GM(1,1)模型数据进行灰色预测^[13-14]。以液压支架支撑高度为例,介绍利用灰色理论预测液压支架记忆姿态的过程。

已知液压支架支撑高度数据列 $H_0 = (h_0(1), h_0(2), \dots, h_0(n))$, 其一次累加生成序列为 $H_1 = (h_1(1), h_1(2), \dots, h_1(n))$, $h_1(k) = \sum_{i=1}^k h_0(i)$ 。设

H_1 的均值生成序列为 $Z_1 = (z_1(2), z_1(3), \dots, z_1(n))$, 其中 $z_1(k) = 0.5h_1(k) + 0.5h_1(k-1)$, $k = 2, 3, \dots, n$ 。

建立灰色微分方程:

$$h_0(k) + az_1(k) = b \quad (2)$$

式中 a, b 均为中间计算变量。

相应的白化微分方程为

$$\frac{dh(t)}{dt} + ah(t) = b \quad (3)$$

式中: t 为时间; $h(t)$ 为与 t 对应的液压支架支撑高度。

令 $u = [a \ b]^T$, $Y = [h_0(2) \ h_0(3) \ \dots \ h_0(n)]^T$,

$$B = \begin{bmatrix} -z_1(2) & 1 \\ -z_1(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z_1(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{由最小二乘法求得使 } (Y - Bu)^T \times$$

$(Y - Bu)$ 达到最小值的 u 估计值为

$$\hat{u} = [\hat{a} \ \hat{b}]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (4)$$

式中 $\hat{a}, \hat{b}$ 分别为 a, b 的估计值。

按式(3)建立 GM(1,1)模型,可得预测支撑高度

$\hat{h}_1(k+1)$ 及与实际支撑高度对应的预测支撑高度 $\hat{h}_0(k+1)$:

$$\hat{h}_1(k+1) = \left(h_0(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) \exp(-\hat{a}k) + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, \quad k=0, 1, \dots, n \quad (5)$$

$$\hat{h}_0(k+1) = \hat{h}_1(k+1) - \hat{h}_1(k) =$$

$$(1 - \exp(\hat{a})) \left(h_0(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) \exp(-\hat{a}k), \quad k=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

采用 Matlab 将上述公式编写为程序,将 SQL 数据库中的数据传入 Matlab 中进行计算,得到预测支撑高度。

2 试验方案

在 ZZ4000/18/38 型支撑掩护式液压支架的顶梁、掩护梁、前连杆、底座处各布置 1 个双轴倾角传感器,推移油缸上安装位移传感器,立柱内安装压力传感器。每台液压支架上安装的传感器相同。

同一台液压支架上所有的传感器连接同一个 I/O 模块。I/O 模块输出端经网线连接到交换机,最后连接上位机,如图 1 所示。

以液压支架支撑高度监测试验为例介绍试验过程。在底板比较平整、工况良好的情况下,采集井下

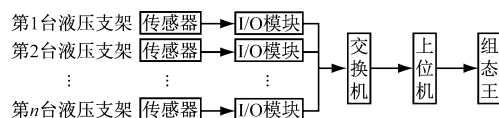


图1 试验平台

Fig. 1 Test platform

实测的 16 刀数据,每刀内每隔 1.5 m 记录 1 次采煤机滚筒高度。通过安装在液压支架上的倾角传感器间接计算液压支架工作时的实际支撑高度,利用其中部分数据,通过本文方法对横向循环和纵向循环内的液压支架支撑高度进行预测。在组态王中建立监测画面,绘制预测高度和实际高度曲线,便于直观对比预测高度和实际高度,及时发现液压支架姿态异常情况。

3 试验结果

根据前 4 次横向循环内所有液压支架的实际支撑高度曲线(图 2),预测第 5 次、第 6 次循环内的液压支架支撑高度,如图 3 所示。

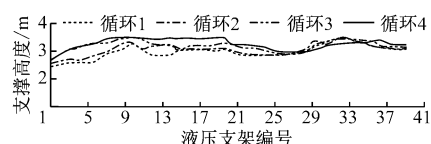


图2 前4次横向循环内所有液压支架实际支撑高度

Fig. 2 Actual support height of all hydraulic supports in the first four horizontal cycles

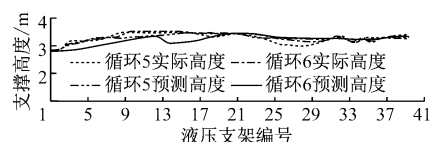


图3 第5次、第6次横向循环内所有液压支架实际支撑高度及其预测值

Fig. 3 Actual support height of all hydraulic supports in the fifth and sixth horizontal cycles and its predictive value

根据某台液压支架前 5 次纵向循环的实际支撑高度(图 4),预测该液压支架之后纵向循环的支撑高度,如图 5 所示。

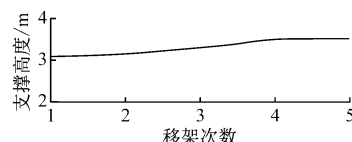


图4 某台液压支架前5次纵向循环的实际支撑高度

Fig. 4 Actual support height of a hydraulic support in the first five longitudinal cycles

从图 3、图 5 可看出,不论是横向循环预测还是纵向循环预测,所得的液压支架支撑高度预测值与实际值相差不大,变化趋势基本吻合,验证了本文方法的有效性。

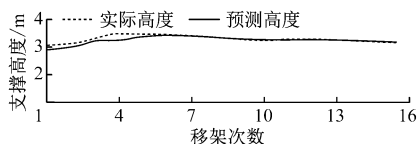


图5 某台液压支架16次纵向循环的
实际支撑高度及其预测值

Fig. 5 Actual support height of a hydraulic support in sixteen longitudinal cycles and its predictive value

4 结语

基于灰色理论的液压支架记忆姿态监测方法在横向和纵向2个维度上对液压支架传感器数据进行采集及分析,提高了液压支架监测数据的利用率,以及综采工作面液压支架监测的可靠性。以液压支架支撑高度监测试验为例,验证了该方法的有效性。

参考文献(References):

- [1] 路佳,张树齐.基于组态软件的液压支架压力远程监测系统[J]. 工矿自动化,2007,33(4):51-52.
LU Jia,ZAHNG Shuqi. Remote monitoring system of hydraulic support pressure based on configuration software[J]. Industry and Mine Automation, 2007, 33(4):51-52.
- [2] 林福严,苗长青.支撑掩护式液压支架运动位姿解算[J]. 煤炭科学技术,2011,39(4):97-100.
LIN Fuyan, MIAO Changqing. Resolution on motion posture of chock-shield type hydraulic powered support [J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(4):97-100.
- [3] 文治国,侯刚,王彪谋,等.两柱掩护式液压支架姿态监测技术研究[J]. 煤矿开采,2015,20(4):49-51.
WEN Zhiguo, HOU Gang, WANG Biaomou, et al. Attitude monitoring technology of two-prop shield powered support[J]. Coal Mining Technology, 2015, 20(4):49-51.
- [4] 李阿乐,郑晓雯,陈雪婷,等.基于人机交互的液压支架运动状态仿真研究[J]. 机电产品开发与创新, 2015,28(5):72-74.
LI Ale, ZHENG Xiaowen, CHEN Xueting, et al. Study of movement state simulation of hydraulic support based on human-computer interaction [J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2015, 28(5):72-74.
- [5] 陈冬方,李首滨.基于液压支架倾角的采煤高度测量方法[J]. 煤炭学报,2016,41(3):788-793.
CHEN Dongfang, LI Shoubin. Measurement of coal mining height based on hydraulic support structural angle[J]. Journal of China Coal Society, 2016, 41(3): 788-793.
- [6] 张维胜.倾角传感器原理和发展[J]. 传感器世界, 2002,8(8):18-21.
ZHANG Weisheng. The theory and development of tilt sensor [J]. Sensor World, 2002, 8(8):18-21.
- [7] 王桃,刘晓文,乔欣,等.基于无线传感器网络的液压支架压力监测系统的设计[J]. 工矿自动化, 2014, 40(6):7-10.
WANG Tao, LIU Xiaowen, QIAO Xin, et al. Design of pressure monitoring system of hydraulic support based on wireless sensor network [J]. Industry and Mine Automation, 2014, 40(6):7-10.
- [8] 白亚腾,孙彦景,孙建光,等.基于无线传感器网络的液压支架压力监测系统的设计[J]. 煤炭科学技术, 2014,42(12):84-88.
BAI Yateng, SUN Yanjing, SUN Jianguang, et al. Design of hydraulic support pressure monitoring system based on wireless sensor network [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(12):84-88.
- [9] 李峥,陈得宝.基于WSN的工作面液压支架监测系统研究[J]. 电子技术应用,2010(6):32-35.
LI Zheng, CHEN Debao. Research of hydraulic support monitor system in coal face based on WSN [J]. Application of Electronic Technology, 2010(6): 32-35.
- [10] 何勇,鲍一丹.灰色马尔柯夫预测模型及其应用[J]. 系统工程理论与实践,1992,12(4):59-63.
HE Yong, BAO Yidan. Grey-Markov forecasting model and its application [J]. Systems Engineering Theory and Practice, 1992, 12(4):59-63.
- [11] 刘思峰,杨英杰,吴利丰.灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [12] 樊启高,李威,王禹桥,等.一种采用灰色马尔科夫组合模型的采煤机记忆截割算法[J]. 中南大学学报(自然科学版),2011,42(10):3054-3058.
FAN Qigao, LI Wei, WANG Yuqiao, et al. An algorithm of shearer memory cutting based on grey-Markovian model [J]. Journal of Central South University(Science and Technology), 2011, 42(10): 3054-3058.
- [13] 司守奎,孙玺蓍.数学建模算法与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2011.
- [14] 杨华龙,刘金霞,郑斌.灰色预测GM(1,1)模型的改进及应用[J]. 数学的实践与认识,2011,41(23):39-46.
YANG Hualong, LIU Jinxia, ZHENG Bin. Improvement and application of grey prediction GM(1,1) model [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2011, 41(23):39-46.