

基于模糊诊断理论的提升机振动监测诊断系统

孟祥忠 王振起 林存海

(青岛科技大学自动化与工程学院 青岛 266042)

摘要: 依据模糊诊断理论和组态软件,设计了基于模糊诊断理论的提升机振动监测诊断系统。该系统通过 s7-200 和 EM231 模拟量采集模块对振动数据进行采集,利用 RS-485 与组态软件建立通信,将数据存入其数据库并通过模糊诊断模块对振动数据进行处理判断,组态软件对数据实时显示,并对提升机各振动异常状况进行报警。实现提升机振动状态的实时监测诊断、预测、报警。解决了人工巡检误差大和缺乏连续性问题,提高了系统监测准确性。

关键词: 矿井提升机;组态软件;模糊诊断;实时监测

中图分类号: TP2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.80

Hoist vibration monitoring and diagnosis system based on the theory of fuzzy diagnosis

Meng Xiangzhong Wang Zhenqi Lin Cunhai

(College of Automation & Electronic Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Based on the theory of fuzzy diagnostic and configuration software, We designed vibration monitoring and diagnosis system based on fuzzy diagnosis theory. The system collects vibration data based on s7-200 and EM231 analog acquisition module, and use the RS-485 to establish communication with the configuration software. And the data stored in its database. We use fuzzy theory of diagnosis to deal with the vibration fault. And the vibration hoist is real-time displayed on the MCGS configuration software and vibrated abnormal situation alarm. It realized the mine hoist vibration security status of real-time monitoring and alarm. The system resolve manual inspection errors and lack of continuity issues, improving system monitoring accuracy.

Keywords: mine hoist; configuration software; fuzzy diagnosis; real-time monitoring

1 引言

提升机在运行过程中若出现振动异常情况,提升系统会存在巨大的安全隐患,振动异常状况若不能及时消除,一旦出现故障,不仅严重威胁员工的生命安全,而且煤矿也会遭到重大经济损失。目前,煤矿中一直采用人工巡检测量方式检测轴承运转过程中的振动状况,工人凭借多年工作经验对振动状况作出判断,这种方式不能保证其检测数据的准确性和连续性,不能够掌握提升机各轴承的振动趋势。为此,本文设计了基于模糊智能诊断理论的提升机振动监测诊断系统。

基于模糊诊断理论的矿井提升机振动监测诊断系统,采用模拟量输入模块对提升机系统各轴承单元的振动数据进行采集^[1],并将数据存入实时数据库中,通过相应处理后显示在上位机上。模糊智能诊断模块运用模糊诊断理论,

通过建立故障集合 U 、引起故障的征兆集合 V 和模糊关系矩阵 R 对数据库中的数据进行处理分析,通过相应处理后显示在上位机上,对系统中的异常振动情况进行报警。此矿井提升机振动监测诊断系统的运行,将会弥补人工巡检的各种缺陷,提高了诊断的准确性,借助于组态软件简单、多样的操作画面,能够实时了解提升机各轴承振动情况,对提升机各轴承单元做出适当评估,对系统轴承的异常振动数据进行处理并提前预警,可有效避免机电事故、减少维修费用、提高煤矿设备管理水平。

2 系统硬件组成

2.1 系统硬件设计

提升机诊断系统包括上位机监测总站、现场监测分站(包括数据采集模块)、振动传感器等。系统结构如图 1 所示。

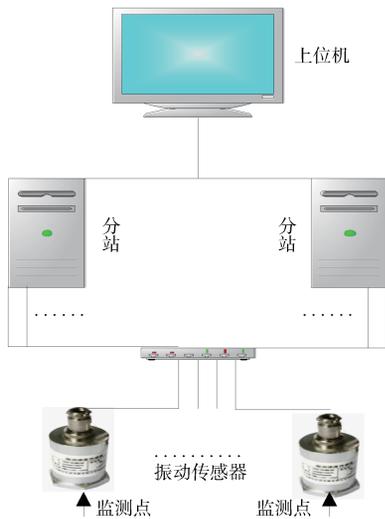
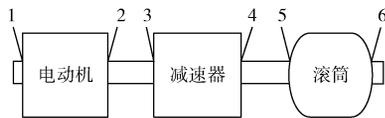


图1 系统总体架构

2.2 振动监测点的选择

在选择振动监测点时^[2],应根据设备的结构和运动类型科学地选择最能反映设备振动情况的监测点。由于提升机的振动主要是轴承位置,因此在不影响提升机系统整体运行维护的情况下,监测点越靠近轴承越好。图2为振动监测点分布。



1-电动机后轴承;2-电动机前轴承;3-减速器后(左)轴承;4-减速器前(右)轴承;5-滚筒东轴承;6-滚筒西轴承

图2 监测点分布

如图3由于振动传感器为单轴振动传感器,在监测某一点X、Y、Z方向振动时^[3],需要3个振动传感器按轴方向Z、竖直垂直方向Y、水平垂直轴方向X轴方向放置,放置传感器的位置应位于轴承垂直上下方向且尽量接近于轴承的位置。

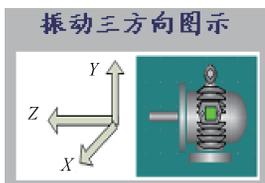


图3 振动点3个振动方向

3 监测系统软件设计

矿井提升机振动监测诊断系统上位机监测总站采用MCGS组态软件与模糊智能诊断模块。MCGS^[4]提供了灵活的操作界面、实时性好,能够控制复杂的系统工作流程,

易于维护和系统扩充。软件利用数据库来管理采集数据的存储,可靠性高,并拥有丰富的对象元件库。能够实现包括实时和历史数据处理、报警、趋势曲线显示和报表输出等诸多功能。

如图4、5分别为软件总体结构图和软件组态环境。设备窗口用于连接外部设备。PLC子设备用于连接PLC采集的传感器各振动变量;主/副井提升监控的子设备用于对MCGS组态软件中数据库的数据对象进行连接。用户窗口设置人机交互界面,包括电机、减速机各轴承振动实时曲线、历史曲线、报警界面、实时数据、参数设置等。实时数据库定义不同类型的数据变量,包括振动变量、振动报警上限、报警代码等。

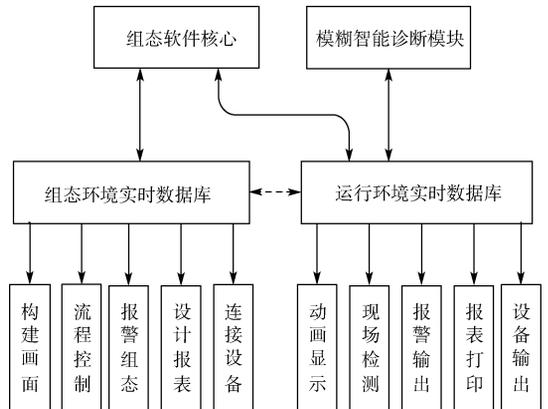


图4 软件总体结构

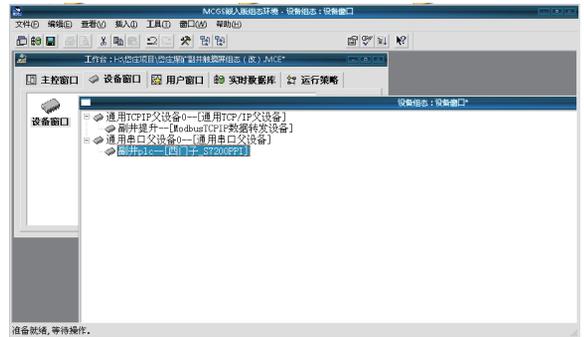


图5 软件组态环境

模糊智能诊断模块基于模糊诊断理论而建立,根据模糊诊断理论方法建立模糊集合、故障征兆集、类型集等,对存储于数据库的信息进行分析、处理诊断,确保系统监测诊断的准确性。

4 模糊智能诊断理论

提升机在运行过程中由正常范围振动到异常振动往往需要一个过程,在此过程中并不能界定提升机是完全正常还是出现故障。此过程处于一种不确定的模糊状态。在提升机振动故障检测时,特征信号有时是连续变化的,

其状态的边界相互交叉;有时故障的现象的描述是模糊的。模糊逻辑通过隶属度的概念,为这个问题提供很好解决方法,可以有效地处理故障诊断和预测中遇到不确定的信息。因此本文将模糊智能诊断理论应用于提升机的振动监测诊断系统中,来实现振动故障在线诊断和准确定位。

4.1 模糊智能诊断原理

模糊诊断是以模糊数学为理论基础根据,通过某些征兆的隶属度来求各种故障原因的隶属度。根据提升机各种资料统计出其振动的各种振动故障,组成故障集,设提升机振动可能表现的故障集合为 $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_m\}$, 由提升机轴承振动故障历史数据可以了解到,提升机常见的振动故障有^[5]: 磨损、塑性变形、断裂、机械松动,建立相应故障原因集合: $U = \{ \text{磨损、塑性变形、断裂、机械松动} \}$ 。

可能引起振动故障的不同征兆的集合为 $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ 。根据以往诊断的提升机振动故障历史经验可知,引起振动故障常见征兆^[6]: 振幅随转速的变化、振幅随负荷的变化、振幅随励磁电流的变化、振幅随定子电流的变化、振幅随机组过机流量的变化,征兆集中取 $n = 5$ 。设 r_{ij} 表示为振动故障集合的第 i 个元素 u_i 对征兆集合的第 j 个元素 v_j 的隶属度^[7], 隶属度 r_{ij} 为大于 0 小于 1 的实数,代表了第 j 个元素 v_j 对第 i 个元素 u_i 的影响程度, r_{ij} 越大,表明第 j 个元素对第 i 个元素结论成立的可能性影响越大。据此建立模糊关系矩阵 R ,

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $R_i = \frac{r_{i1}}{v_1} + \frac{r_{i2}}{v_2} + \dots + \frac{r_{im}}{v_n}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) 为单故障分析集。虽然模糊关系矩阵定义很明确,但确定起来很困难。在确定本提升机振动诊断系统中模糊关系矩阵时,应结合具体问题,根据振动数据变化规律,综合其历史振动统计数据、专家经验和轴承现场振动情况来选取。本文综合考虑旋转机械轴承振动诊断的经验,采用了升半柯西分布函数:

$$\mu_x = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq a \\ \frac{k(x-a)^2}{1+k(x-a)^2}, & a \leq x \leq \infty \end{cases} \quad (2)$$

式中: 系数 a 取 $a = 0$ 。当分布函数中 x 取提升机轴承振动允许值所对应的最大值时,其所对应的隶属度为 0.5,将上述数据代入上式确定 k 值。

由升半柯西分布函数求得振动诊断故障征兆集合的隶属度为 $A = \{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5\}^T$, 利用模糊关系矩阵 R 和模糊向量 A 作模糊变换,得到模糊向量 B ^[8]。

$$B = R \cdot A = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \cdot (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)^T = [b_1, b_2, b_3, \dots, b_m] \quad (3)$$

式中: b_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) 表示故障 u_i 出现的几率。 b 值越大表示相应故障出现的几率越大。

4.2 模糊诊断理论在实际系统的运用

本提升机系统已应用于某煤矿。提升机系统的电机为直流电动机,型号为 ZKTD250/45,为 III 类大型机械设备(硬基础)。图 6、表 1 分别为系统某监测点振动烈度和振动烈度评定等级^[9]。

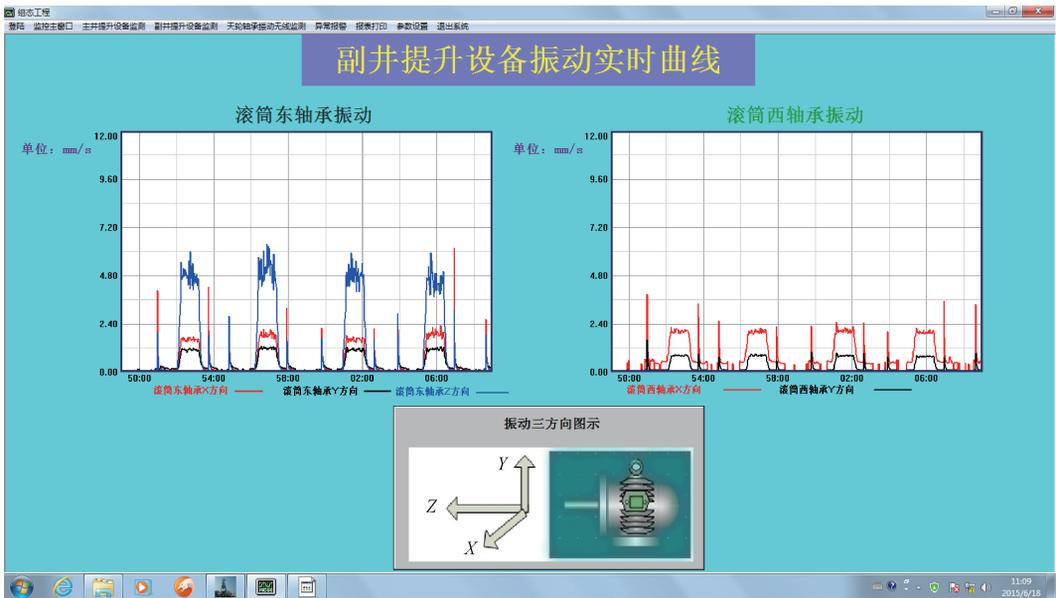


图 6 5、6 号监测点 X、Y、Z 方向振动烈度

表1 振动烈度评定等级

振动强度 振动速度/ (mm·s ⁻¹)	振动烈度评定等级			
	I	II	III	IV
0~0.71	良好	良好	良好	良好
0.71~1.12	合格			
1.12~1.8	合格			
1.8~2.8	不合格		合格	
2.8~4.5	不合格			
4.5~7.1	停机	不合格		

图6为提升机系统中轴承5、6号监测点振动实时曲线,横坐标为当前的时间,纵坐标为对应的振动速度。振动曲线中的振动速度的由0突然加快的突变点为提升机启动和停止时刻,并非振动异常引起,在数据处理和分析时可以忽略。

可以通过振动烈度评定等级看出轴承5、6号监测点的振动烈度基本都处于合格范围,只有小部分的峰值烈度超过了要求的振动烈度。由于在安装传感器的过程中,振动传感器并不能直接安装在轴承上,因此得到的数据与实际振动相比有一些偏差。

在本提升机振动监测系统中取 $m=4, n=5$, 根据升半柯西分布函数求得: $k = \frac{1}{2025}$ 。

此时, $\mu = \frac{x^2}{2025+x^2}$ ($0 \leq x \leq \infty$), $\mathbf{A} = (0.44, 0.31, 0.05, 0.24, 0.10)$ 。

表2为矿井提升机振动故障模糊关系矩阵 \mathbf{R} , 由征兆集合来诊断故障集中的故障原因。

表2 模糊关系矩阵

故障原因征兆		1	2	3	4	5
1	磨损	0.7	0.2	0	0.1	0.3
2	变形	0	0.4	0	0.2	0.1
3	断裂	0	0.6	0	0	0.3
4	机械松动	0.2	0	0.1	0	0.4

根据提升机在各稳定状况下振动转频幅值,使用模糊智能诊断方法,可得到诊断结果 $\mathbf{B} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{A} = \{0.42, 0.18, 0.22, 0.13\}$, 即

故障	磨损	变形	断裂	机械松动
隶属度	0.42	0.18	0.22	0.13

由模糊诊断结果可以看出,常见的提升机的断裂、变形、机械松动等振动故障存在的概率很低,系统轴承的磨损故障存在可能性较大,这需要工作人员严格按照润滑系统正确保养方法^[10],对润滑系统定期检查、换油清洁等。而且通过6号监测点振动烈度曲线可以看出,滚筒轴承垂直方向和水平方向振动烈度都比较小,其均处于振动烈度的合格范围,即 ≤ 4.5 mm/s、振动烈度平稳,且都有相似的振动轨迹。其模糊诊断结果与通过简单的振动烈度判断的结果基本一致,与提升机实际振动状况基本吻合。

5 结 语

基于模糊智能诊断的矿井提升机振动监测诊断系统依靠组态软件丰富的动画界面及模糊诊断理论,方便了系统故障的检测诊断,提高了故障判断的可靠性,同时解决了靠传统人工检测判断提升机振动异常的问题。由于模糊诊断理论中模糊关系矩阵是根据大量专家经验和历史数据总结确定的,并不是十分完善,还需要我们日后不断改进。本系统已应用于某煤矿提升机系统中,运行正常且效果良好。

参考文献

- [1] 孙远洋,刘同冈. 基于虚拟仪器的矿井提升机在线振动监测系统的设计[J]. 煤矿机械, 2013, 34(11): 150-152.
- [2] 赵武. 基于振动测试的矿井提升机故障诊断[J]. 制造业自动化, 2011, 33(5): 49-52.
- [3] 姚文彬,李辉,尚捷. 井下振动实时测量存储系统设计[J]. 电子测量技术, 2013, 36(3): 106-109.
- [4] 何衍兴,王琴,梅甫定. 基于MCGS的矿井主提升设备安全监测系统的设计与实现[J]. 工业安全与环保, 2012(2): 81-83.
- [5] 石明江,罗仁泽,付元华. 小波和能量特征提取的旋转机械故障诊断方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(8): 1114-1120.
- [6] 蒋超,张应红,徐晋勇,等. 基于振动的滚动轴承故障诊断技术研究[J]. 煤矿机械, 2012, 33(2): 235-237.
- [7] 吴海青,石瑞敏. 多绳摩擦提升机主轴振动监测与故障诊断研究[J]. 煤矿机械, 2013, 34(8): 302-304.
- [8] 王霞,律方成. 一种基于模糊综合评判的变压器故障诊断方法[J]. 电力科学与工程, 2009, 25(1): 27-29.
- [9] 孙远洋,刘同冈. 基于虚拟仪器的矿井提升机在线振动监测系统的设计[J]. 煤矿机械, 2013, 34(11): 150-152.
- [10] 李克欣. 电机振动监测故障分析[J]. 电工技术, 2014(1): 42-43.

(下转第181页)