

智能煤矿机电设备故障检测诊断技术的应用分析

陈祖奎

(重庆永荣机械制造有限公司 重庆 402465)

摘要: 智能化机电设备在煤矿作业中的高效应用,显著提升了煤矿开采及生产效率。在智能煤矿机电设备的运行过程中,故障检测技术发挥着重要作用,无论是在智能机电设备故障诊断还是后续的维修处理,均为其提供了极为关键的参考条件,是智能煤矿机电设备正常稳定运行的重要保障。本文针对故障检测技术在智能煤矿机电设备运行中的应用展开分析,详细阐述其具体应用,并介绍几种应用概率较高的故障检测诊断技术,以此为相关工作人员提供参考。

关键词: 智能化技术; 煤矿机电设备; 故障检测技术

0 引言

智能化煤矿机电设备是煤矿行业高质量发展的基础条件,而故障检测诊断技术则是煤矿作业的核心技术支撑,二者均为煤矿产业的必备要素。智能化煤矿机电设备的安全稳定运行直接决定着该行业的经济效益。但因煤矿作业环境较为恶劣,且极易受到各类因素的干扰和影响,进而导致智能煤矿机电设备市场出现异常故障情况,轻则延缓煤矿开采及影响生产效率,重则会造成安全隐患,因此,智能煤矿机电设备的故障检测诊断极为重要,需要科学应用高效且可靠的故障检测诊断技术。

1 智能故障检测诊断技术的应用步骤

1.1 数据采集

智能故障检测技术在煤矿机电设备中的应用,其关键目标便是对设备在运行过程中的相关数据信息予以故障检测分析和诊断判定,其判定的关键参考条件是设备运行的具体参数。所以在对以上数据予以诊断判定时,需要先借助安装在煤矿机电设备上的传感器获取到设备运行过程中的全部数据信息,之后将获取到的数据信息通过计算机存储至数据中,以此为煤矿机电设备的故障检测诊断和管理维护提供极具价值的参考信息。

1.2 数据处理

煤矿机电设备的运行情况具有较强的复杂性,加之设备参数多样化,涉及的数据也较多,所以依靠

传感器采集到的设备运行数据信息无法直接呈现出设备的实际情况,故需要借助相关的数据技术对获取到的数据信息予以专业性处理。数据处理是指将获取到的煤矿机电设备数据予以制表和整合,同时筛掉无效数据,以此使处理过后的数据内容具备更高的利用价值,并且可以准确可靠地呈现设备运行实况^[1]。

1.3 数据识别

数据分析和识别是煤矿机电设备应用智能故障检测诊断技术过程中的关键步骤,具体是指将通过传感器采集到的数据信息在处理之后,对其予以有效识别和读取。该步骤是对煤矿机电设备予以故障检测和诊断的重要基础,在对数据进行有效识别和读取的基础上,将机电设备正常运行期间的数据和处于异常故障期间运行的数据予以比较分析,以此精准定位设备的详细故障位置并予以可靠判定,同时将此作为参考实施科学性、针对性的维修处理措施,进而保证煤矿机电设备的稳定安全运行。

1.4 数据建模

应用智能故障检测诊断技术于煤矿机电设备时,该技术的应用主要是在故障分析的基础上予以进行,而故障分析又是基于数据建模。在故障检测诊断期间,相关工作人员可以依靠煤矿机电设备的实际运行数据信息予以数据建模,使其能够充分准确地呈现出设备故障信息和其运行状态之间的联系,方便相关人员快速准确地判定设备故障位置和原因,为后续的维修处理提供便利^[2]。

2 智能煤矿机电设备运行中常用的故障检测诊断技术

2.1 小波包技术

小波包分析技术是通过规范正交基进行高、低频信号等多种频段的划分，同时对其予以时频局部化的分析技术。小波包分析技术集信号分解无遗漏及无冗余等优势，能够切实符合智能煤矿机电设备在故障检测诊断中的大量中、高频成分信号时域局部化的分析标准和要求。具体来讲，假设煤矿机电设备检测信号用 x 表示，应用小波包技术对 x 予以第一次分解处理完成之后，能够获取到低频信号 Ax_1 和 Dx_1 ，经过再次分解处理后， Ax_1 和 Dx_1 会被分解成 Ax_{21} 、 Dx_{21} 及 Ax_{22} 、 Dx_{22} ，由此持续至 n 次，其信号 x 便会被分解成 $2n$ 个频段。在此过程中，可以借助 x 的多频段分解及 x 的特征，予以自适应选取频带，使频带和信号频谱具备较高的契合度，以此有效符合高分辨率时频的分析标准。

2.2 专家系统

专家系统是指在多领域专家经验、知识体系的基础上，仿真人类大脑的思维逻辑，同时涉及数据库、人机交互界面、推理系统等多重板块内容的系统。通过专家系统具备的极强的解释特性及推力特性，能够精准诊断出煤矿机电设备运行过程中的故障位置和所属范畴。煤矿机电设备故障检测诊断中专家系统的应用步骤见图 1。

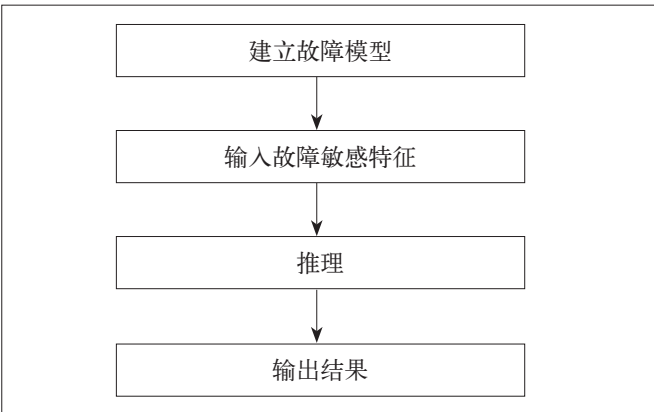


图 1 专家系统故障检测诊断技术的应用步骤示意图

分析图 1 所示内容，第一环节建立故障模型是指基于煤矿机电设备出现率较高的故障种类，再通过知识表示方法创建出设备故障的典型规则体系。第二环节故障敏感特征是指设备处于故障阶段的各种表现形式。推理环节主要分为规则推理、案例推理

及模糊推理等。最后，借助以上环节确定匹配度最高设备故障类型并予以输出，即完成了专家系统的应用。专家系统的全部应用环节均和人类的思维推理逻辑及习惯相契合，能够应用多个领域知识完成煤矿机电设备的高精度故障检测诊断。

2.3 神经网络

神经网络属于数据信息处理范畴，主要由多个处理单元构建，且集非线性及自适应等优势。将神经网络技术科学运用至煤矿机电设备运行故障检测诊断中，能够有效解决设备故障的非线性情况，使设备故障快速朝自动化及智能化处理的方向发展建设。在应用神经网络技术进行故障检测诊断过程中，应该先将比较普遍的故障震动信号信息予以录入，其主要分为分频、基频和倍频等信号信息。输出阶段是将发生概率较高的设备故障种类予以相应处理，主要分为风机叶片故障和钻机总体故障等^[3]。之后在若干神经单元的基础上完成权重连接和偏置阈值的设定，以此保证设备故障的各类敏感特征及故障种类均可依次对应，并自适应进行故障推理，进而达到设备的并行检测诊断目的。

3 智能煤矿机电设备运行中故障检测诊断技术具体应用

3.1 智能煤矿钻机故障检测诊断

智能煤矿钻机系统的振动信号具有极强的复杂繁琐特性，广泛涉及了随机信号、周期信号、瞬态信号等，并且以上信号还会直接决定钻孔深度、起拔压力和给进压力。所以，在对智能煤矿钻机系统进行故障检测诊断过程中，可以在故障检测诊断技术的基础上结合数据化信号特性提取技术，由信号处理的初始阶段逐渐深化至综合智能性的高级故障检测诊断，以此有效保障煤矿钻机振动信号的高效采集，并将其作为参考精准判定钻机故障种类。具体应用如下：

(1) 先获取到智能煤矿钻机重要位置的故障振动信号信息。

(2) 应用小波包时域分析技术，采集智能煤矿钻机故障的相关特性信息，并据此对其故障种类予以初步判断。小波包时域分析技术的应用目标是对均值、绝对平均值、峭度、波形指标、偏斜度指标等有量纲指标和无量纲指标予以振动信号能量的分析和识别。

(3) 借助专家系统并录入获取到的煤矿钻机故障特征信号, 之后利用其具备的自动化功能检测诊断煤矿钻机的故障, 同时依靠投票决策完成最后的诊断结果验证, 验证无误之后便将诊断出的钻机故障进行输出。在该过程中, 专家系统的组成主要基于学习经验样本, 同时于知识库中呈现出权值和阈值的集合状态, 在完成录入煤矿钻机监测数据信息之后, 便能够对专家知识进行智能提取和整合应用。最后, 知识工程师通过专家系统的逻辑思维推理性能对智能煤矿钻机运行的实况予以准确分析和检测, 再通过解释系统输出最终设备故障诊断结果^[4]。

3.2 智能煤矿风机故障检测诊断

智能煤矿风机拥有复杂和耦合特性, 一旦风机出现振动异常、转子不平衡、风机叶轮上附着脏污物质、风管连接位置漏气等故障现象时, 便会体现出相关性、模糊性及非线性等特征, 只有在专家系统和人工神经网络等智能化故障检测诊断技术的支持下, 才可予以自适应推理, 以此提取到高精度的故障信息。

(1) 依照煤矿主通风机常见故障种类对应的振动信号频带能量差异, 再通过以能量熵为原理的故障信号特征信息采集手段, 收集智能煤矿风机的故障信息特征参数。成功收集完成故障信号后需要对其分量予以能量熵的特性计算, 同时借助正常、风机内、外圈故障分解分量, 分别收集到处于以上状态中的煤矿风机能量熵特性数值, 详细内容见表 1。

表 1 智能煤矿主通风机振动信号特征参数

故障类型	分量 1	分量 3	分量 4	分量 5
正常	0.2496	0.9097	0.3046	0.1398
风机内圈故障	0.9097	0.3049	0.0079	0.0069
风机外圈故障	0.9497	0.0891	0.0032	0.0011

(2) 应用 SOM 神经网络 (即无监督竞争式前向神经网络模型), 采集 150 组数据信息, 并将 125 组设置为训练组, 其他 25 组设定为测试组。由于在初始阶段煤矿主通风机振动信号特征参数分量有五个, 以及神经网络模型传输的 5 个神经元, 所以该模型竞争层的神经元总数便是 52, 同时在此基础上把网络输出设置成栅栏结构, 以此防止竞争层出现神经元数量超限进而对网络训练效率形成束缚, 或者出现因竞争层神经元数量稀缺而造成网络聚类结果异常等现象。

(3) 将神经网络的权值调整为默认值, 同时设定最初状态下的学习率及网络临域数值均是 0.9、1.0, 迭代次数是 1000 次, 以此达到智能煤矿风机在运作过程中的高效聚类目标。经上述处理后, 得出结果, 基于以上 150 组数据, 其中处于正常状态下赢得测试领域的有 1、2、3、4、6、8, 处于风机外圈故障状态下赢得测试的有 26 和 32, 处于内圈故障状态下赢得测试的有 15、20、22、23、29、29、35。经过对分别处于正常及风机内、外圈故障状态下赢得测试的领域分析能够得到, 智能煤矿风机的内、外圈故障获胜领域高度的差值较小, 且故障信号特征参数也存在一定的相似特性, 如此便应该选用信号特征更加突出的数据信息, 以此有效防止出现风机内圈和外圈故障检测诊断不准的情况^[5]。

3.3 智能煤矿机电设备传感器故障检测诊断

传感器出现异常故障情况是直接影响智能煤矿机电设备稳定运行的重要因素之一, 该故障种类涵盖广泛且极具多样性的传感器数据信息, 所以, 针对该故障问题, 可以采用径向基函数网络, 并在此基础上结合风速传感器、CO 传感器、瓦斯传感器、多类别传感器的相关数据信息, 以此有效达到检测点煤矿机电设备的精准逼近。之后再获取到的逼近值作为设备故障检测诊断的参考数据, 进而实现智能煤矿机电设备的高精度、高效率检测诊断目标^[6]。

(1) 先对极易干扰智能煤矿机电设备检测值精度的环境因素予以分析明确。以煤矿作业环境中用于采集有害气体的瓦斯传感器为例, 该装置普遍会安装与上隅角、回风巷及进风巷等部位, 通常和 CO 传感器、风速传感器及温度传感器协同作用, 但是却极易受到风量、风速、CO 浓度及温度变化的干扰。

(2) 创建径向基函数, 以此对环境因素予以无线逼近。径向基函数公式如下:

$$f_i(x) = \exp \left(- \frac{(x - c_j)^T (X - c_j)}{2\sigma_j^2} \right)$$

式中: i — 输入数据信息, 即 i 可取值为 1, 2, 3, ..., n , n 为总输入数值;

$f_i(x)$ — 输入层作用函数;

j — 隐含层至输出层的权重;

X — n 维输入向量;

c — 高斯核函数中心矢量;

σ — 神经元控制数值^[7]。

在实际操作过程中,应该先输入传感器的输出信号,同时将风速、温度、CO浓度、风量等真实获取到的数据信息样本作为目标,进行离线式学习,当顺利实现原定的训练目标之后,便开始执行在线运作措施。

(3)把基于在线作用中提取到的极具精准性的逼近数值,当作智能煤矿机电设备故障检测诊断的参考依据和标准,同时利用故障检测手段达到对传感器所处状态的高精度检测效果。因传感器所处状态和参考依据数值的残差趋近于均值是0的高斯白噪声范畴,所以应用样本训练噪声误差和标准差当作阈值的故障检测诊断方法。阈值是指训练偏差的最高值再添3倍传感器输出噪声标准差值,如果传感器状态和参考数值的残差均不超过阈值,便证明此时的传感器呈正常稳定的运行状态,反之则证明其呈现异常故障状态。依照智能煤矿机电设备的实际运行状态,相关检测人员可以对阈值予以核查校对和改进,以此防止其因输出噪声及学习偏差造成误报警情况^[8]。

4 结语

综上所述,智能煤矿机电设备主要含有通风机、压风机、钻机、瓦斯传感器、CO传感器等,因其涉及范围较广且具备极强的复杂性,所以极易发生设备运行异常和故障问题,故相关工作人员的检测诊断难度较高。基于此,在对智能煤矿机电设备运行阶段予以故障检测诊断时,可以依照设备的故障部位和故障原因、程度等因素进行其需求的高精度定

位,再由工作人员于声发射、振动、油液监测传感器的安装前提下,借助小波包技术、专家系统和神经网络等数据信息故障检测诊断技术,全面详细地对设备振动速度、油压、温度等相关数据信息予以监测,以此实现智能煤矿机电设备的多层次、多角度故障诊断,确保检测的精度和准度,为后续的稳定运行和维修处理提供参考条件。

参考文献:

- [1] 付建华. 故障检测诊断技术在智能化煤矿机电设备中的应用分析[J]. 矿业装备, 2022(01):244-245.
- [2] 张琨. 浅谈故障检测诊断技术在智能化煤矿机电设备中的应用[J]. 中国设备工程, 2021(12):185-186.
- [3] 邓涛. 故障检测诊断技术在煤矿机电设备中的实践与探索[J]. 低碳世界, 2018(07):72-73.
- [4] 杨臻. 煤矿机电设备质量管理中机械设备故障检测诊断技术应用研究[J]. 智能建筑与工程机械, 2020, 2(04):68-70.
- [5] 司旭达. 论煤矿机电设备机械故障检测诊断技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(05):156.
- [6] 李勇. 选煤厂机电设备故障智能化检测系统研究[J]. 矿业装备, 2021(04):286-287.
- [7] 王静. 基于深度学习的煤矿机电设备检测技术研究[J]. 机械管理开发, 2022, 37(02):140-142.
- [8] 刘维. 自动化技术在煤矿机电设备中的运用[J]. 机电工程技术, 2020, 49(02):131-133.

作者简介: 陈祖奎(1972.08-),男,汉族,重庆人,硕士研究生,高级工程师,研究方向:煤矿机械设备及设计制造。