

刮板输送机动力传动系统故障检测与诊断技术研究

赵 伟 (汾西矿业设备修造厂, 山西 介休 032000)

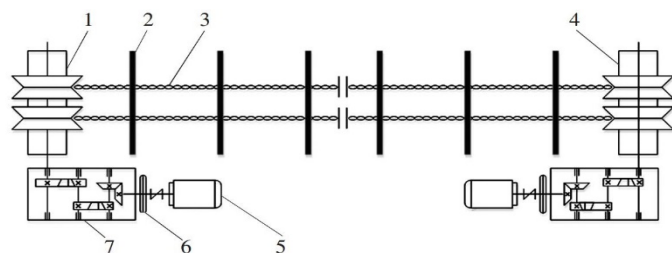
摘要: 为提高矿井刮板输送机运行效率以及可靠性, 提出一种传动系统故障检测与诊断技术, 该技术通过 BP 神经网络对链轮、链环受力进行预测, 并依据预测结果对故障进行检测及诊断。现场试验后, 文中提出的检测与诊断技术方法获取到的链轮、链环受力与实际测定值接近, 同时相对误差 A 、均方根误差 R 均较小, 表明文中所提技术方法可满足刮板输送机传动系统故障诊断需要。

关键词: 刮板输送机; 传动系统; 链环; 链齿; 受力; 模拟分析; BP 神经网络

刮板输送机是矿井采掘作业面重要设备, 主要用以煤矸石运输、采煤机运行导向等作用。井下回采工作面生产的煤炭首先使用刮板输送机运输至转载机, 并经过带式输送机等运行至井下煤仓或者地面。刮板输送机运行效率以及可靠性直接关系煤炭生产。刮板输送机结构包括有机头、机尾、中部槽、刮板链以及其他附属设备等, 其中机头带动刮板链往返运动, 从而实现煤矸石运输。刮板输送机在使用过程中故障高发位置为刮板链, 故障占比达到 53.5%。为此, 文中对刮板输送机动力传动系统展开研究, 提出针对性的故障检查及诊断技术, 以期能在一定程度上提升矿井刮板输送机传动系统运行可靠性及稳定性。

1 矿井刮板输送机传动系统结构分析

刮板输送机传动系统结构由机头及机尾链轮、刮板链、刮板、驱动电机、减速器、耦合器等构成。链条有单链、双链之分, 井下使用的重型刮板输送机一般使用双链。驱动电机通过减速器、耦合器带动链轮运转, 刮板链在机头及机尾链轮上随链轮一起啮合转动, 将刮板上的煤、矸石等运输至转载机或者带上输送机上。具体矿井常使用的中双链刮板输送机传动系统结构见图 1 所示。



1. 机头链轮; 2. 刮板; 3. 链条;
4. 机尾链轮; 5. 电机; 6. 耦合器; 7. 减速器
图 1 中双链刮板输送机传动系统结构

2 刮板输送机动力传送系统受力分析

动力传动系统中最为常见的故障类型为刮板链断链。断链事故主要是链轮突然增加从而使得链轮突然出现开裂或者塑形变形。依据链条、链轮啮合规律判定当出现断链后链环受力应超过允许值; 与链环啮合的链轮受力短时间内会显著增加。为了掌握链轮、链环啮合时应力变化特征, 使用 ANSYS 对链环、链轮应变、应力

分布进行模拟分析。

链轮、链环柔性、刚性区使用公共边界点连接, 力矩通过刚性区域传递给柔性齿上。模拟时刮板输送机传动系统参数见表 1 所示。

表 1 刮板输送机传动系统参数

链条、链轮静摩擦系数	链条、链轮动摩擦系数	链轮转速 / (m/s)	链条张力 / kN	链轮转矩 / (kN·m)	转速 / (m/s)
0.1	0.2	1.0	200	60	3.97

在刮板输送机正常运行 0.5s 后随机给刮板输送机 200kN 载荷冲击, 具体模拟得到的链轮、链环受力云图见图 2 所示。

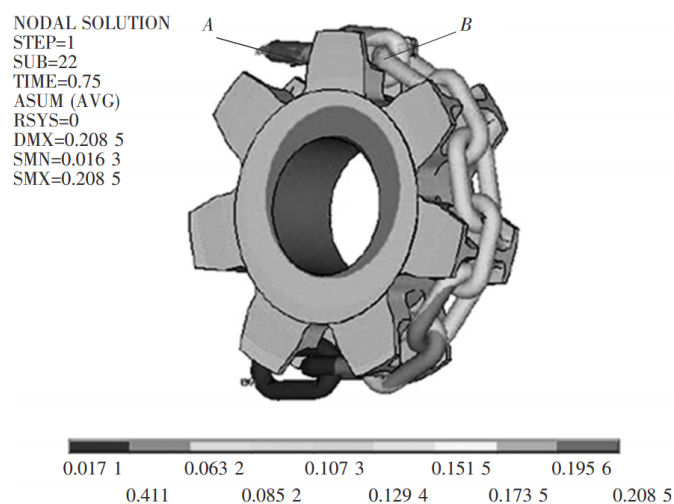


图 2 链轮、链环受力云图

在载荷冲击后 0.05s、0.25s 后刮板链应力分有所增加, 此后随着刮板链转动最终出现断链故障, 具体发生在载荷冲击作用后 0.4~0.5s 时间内。从图 2 中看出, 链轮、链环应力最大值位置分别图中 A、B 点位置, 分别代表链轮齿根、链窝接触位置。

3 刮板链传动系统故障检测与诊断分析

BP 神经网络具有易实现、结构简单等优点, 是现阶段应用最为广泛的神经网络。依据上述模拟分析得到的刮板输送机刮板链传动故障应力数据, 并以此为基础对 BP 神经网络进行训练。后通过 Matlab 构建模拟模型,

从而实现对刮板输送机动力传动系统故障检测及诊断,具体构建的故障检测与诊断运行流程见图3所示。

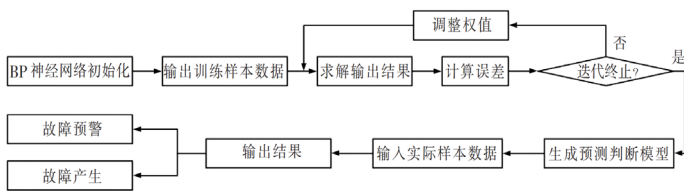


图3 故障检测与诊断运行流程

采用平均相对误差、均方根误差对构建的模型预测结果进行诊断分析,具体计算公式为:

平均相对误差:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_{p,i} - y_{t,i}}{y_{t,i}} \right|$$

均方根误差:

$$R = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{p,i} - y_{t,i})^2}$$

其中: n 表示训练样本数量; $y_{p,i}$ 、 $y_{t,i}$ 分别表示第 i 个样本预测值、试验值。

平均相对误差 A 、均方根误差 R 计算值越小表明构建的预测模型故障检测与诊断结果可信度越高。

4 试验结果分析

山西某矿 3201 综采工作面设计倾向长度 180m, 采面布置的刮板输送机型号为 SGZ1250/2×1000, 设备额定功率为 2000kW, 采用变频器控制运行, 可实现 0~1.6m/s 无极变速。

ANSYS 模拟软件获取到的不同运行工况下数据构成试验数据以及训练样本数据。由于链轮、链环应力变化受多种因素影响, 在试验过程中将影响传动系统应力变化的主因素当作 BP 神经网络的输入值, 具体各输入参数见表 2 所示。

表2 输入参数

编号	1	2	3	4	5	6
参数	煤流量	链轮速度	链条速度	链环速度	物料堆积角	接触力

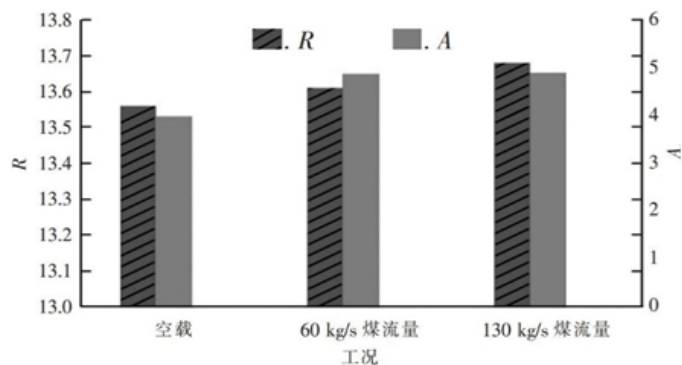


图4 相对误差 A 、均方根误差 R 计算结果

文中构建的 BP 网络输入层包含有 6 个输入参数, 隐含层节点数为 10 个, 输出值为链轮、链环受力预测值。煤流量在 150kg/s 时不同工况下 BP 网络预测模型

得到链轮、链环受力变化情况发现, BP 网络计算得到的链轮、链环受力变化情况与现场实际获取到的应力变化情况较为接近。具体试验得到的不同工况下平均相对误差 A 、均方根误差 R 计算结果见图 4 所示。

从图中看出, 不同工况下 A 值、 R 值均较小, 表明文中构建的 BP 神经网络模型可用以对刮板输送机传动系统故障的检测与诊断, 同时检测结果具有较高的可信度。

5 总结

刮板输送机运行过程中传动系统故障占比较高, 提高传统系统运行可靠性以及稳定性对提升矿井运输效率具有重要意义。为此, 文中使用数值模拟软件 (ANSYS) 对刮板输送机在不同工况链环、链轮受力情况进行分析, 从而得到传动系统故障发生前链轮、链环应力变化特征; 以获取到的应力变化特征为基础采用 BP 网络构建故障检测与诊断模型, 对刮板输送机传动系统故障进行分析。现场试验后发现文中所构建刮板输送机传动系统故障与检测系统可对刮板链环、链轮受力的精准预测, 从而实现刮板输送机传动故障的高效检测与诊断。

参考文献:

- [1] 董明. 某扩建矿井运输系统运输能力计算核验研究 [J]. 中国矿山工程, 2020,49(05):58-60.
- [2] 高永红. 矿井辅助运输设备选型研究 [J]. 中国矿山工程, 2020,49(04):49-51+60.
- [3] 李晓栋. 矿用刮板输送机动力系统故障统计分析及预防措施 [J]. 机械管理开发, 2020,35(04):259-261.
- [4] 张国梁. 矿用刮板输送机负载特性分析 [J]. 现代矿业, 2017,33(10):144-145+147.
- [5] 乔峰. 井工煤矿综采工作面刮板输送机常见故障分析及预防措施 [J]. 科技创新与应用, 2017(23):81-82.
- [6] 索智文. 综采工作面刮板输送机驱动方式的发展 [J]. 煤矿机械, 2016,37(07):1-4.
- [7] 王琳. 刮板输送机故障分析与技术改进研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2006.
- [8] 朱家. 矿用刮板输送机日常维护及常见故障分析 [J]. 机械管理开发, 2018,33(12):269-270.
- [9] 朱礼佳. 矿用刮板输送机常见故障及预防措施分析 [J]. 机械工程与自动化, 2018(06):209-210.
- [10] 崔峰. 矿用刮板输送机故障分析与处理 [J]. 山东工业技术, 2018(19):258.
- [11] 高军. 刮板输送机常见故障分析及处理方法 [J]. 科技风, 2018(19):65.
- [12] 范志红. 刮板输送机常见故障分析与处理措施 [J]. 机电技术, 2018,34(03):134-135.

作者简介:

赵伟 (1981-), 男, 山西平遥人, 2020 年 7 月毕业于国家开放大学, 机械设计制造及其自动化专业, 本科, 现为助理工程师。