

铸管离心机机械故障诊断与维护技术研究

王志岗 白云龙 杨志峰

河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455133

[摘要]铸管离心机运行稳定性直接决定铸管产品质量、生产效率及生产成本。针对铸管离心机长期易出现主轴偏移、托轮失效等问题,文中研究将深入分析典型机械故障的诊断机制与精准维护技术,提出分层分级的精细化维护策略,降低故障停机率,保障铸管生产的连续性与稳定性。研究表明,优化后的维护技术可提升故障识别准确率,延长设备使用寿命,确保铸管行业离心机设备的安全稳定运行。

[关键词]铸管离心机;机械故障;故障诊断;维护技术;多源信号融合

DOI: 10.33142/ec.v9i7.20067

中图分类号: TG248

文献标识码: A

Research on Mechanical Fault Diagnosis and Maintenance Technology of Cast Pipe Centrifuge

WANG Zhigang, BAI Yunlong, YANG Zhifeng

Angang Yongtong Ductile Iron Pipe Limited Liability Company, He'nan Iron & Steel Group, Anyang, He'nan, 455133, China

Abstract: The stability of the operation of the centrifuge for casting pipes directly determines the quality, production efficiency, and production cost of casting pipe products. In response to the long-term problems of spindle offset and supporting wheel failure in cast tube centrifuges, this study will deeply analyze the diagnostic mechanism and precise maintenance technology of typical mechanical faults, propose a layered and graded refined maintenance strategy, reduce the failure shutdown rate, and ensure the continuity and stability of cast tube production. The research results indicate that optimized maintenance techniques can improve the accuracy of fault identification, extend the service life of equipment, and ensure the safe and stable operation of centrifuge equipment in the casting industry.

Keywords: cast pipe centrifuge; mechanical failure; fault diagnosis; maintenance technology; multi source signal fusion

引言

铸管离心机作为离心铸造工艺的核心设备,在运行过程中,需承受高速旋转产生的巨大离心力、振动载荷以及局部温度急剧升高,同时生产过程中产生的铸造粉尘等杂质加剧零部件的磨损与腐蚀。长期在这种复杂的工况下连续运行,铸管离心机核心零部件易出现磨损、疲劳、变形、失效等故障,导致设备停机检修,不仅降低了生产效率,还增加了生产成本,甚至影响产品合格率。因此,为了故

障的早期识别与精准处置、提升铸管生产效率、降低生产成本、保障产品质量,开展铸管离心机机械故障诊断与维护技术研究具有重要的现实意义,为同类离心设备的故障诊断研究提供新的思路与方法,提升企业的经济效益与市场竞争力。

1 铸管离心机典型机械故障类型及特征分析

铸管离心机典型机械故障主要集中在主轴、轴承、托轮、传动系统及润滑系统,如下表 1 所示。

表 1 铸管离心机典型机械故障特征及影响

故障类型	故障特征表现	主要影响
主轴弯曲/偏移	设备振动加剧, 主轴径向跳动量超标; 管模旋转偏心, 铸管壁厚偏差增大; 轴承温度升高, 伴有异常噪声	影响铸管成型质量, 加剧轴承磨损, 严重时导致主轴断裂
轴承磨损/失效	轴承温度急剧升高 (超过 80℃); 设备运行产生尖锐异常噪声; 振动信号中出现轴承故障特征频率; 润滑油中金属颗粒含量超标	导致主轴旋转不稳定, 引发设备振动, 严重时轴承卡死, 造成设备停机
托轮磨损/偏心	托轮表面出现不均匀磨损、划痕; 管模旋转振动增大, 轴向窜动加剧; 铸管表面出现螺旋纹、椭圆度超标	影响铸管表面质量与尺寸精度, 加剧管模磨损, 导致托轮轴断裂
传动系统故障	动力传递不稳定, 管模转速波动; 传动部件出现异响、松动; 电机电流异常波动; 皮带打滑、齿轮磨损	导致铸管成型不均匀, 影响产品质量, 严重时传动部件损坏, 造成设备停机
润滑系统故障	润滑油压力不足、油位过低; 润滑油温度过高、变质; 润滑油管路堵塞、泄漏; 润滑脂加注不足	加剧各运动副磨损, 导致零部件过热失效, 引发轴承、齿轮等故障

铸管离心机机械故障的产生并非偶然,而是零部件在多种因素的共同作用下,发生磨损、疲劳、变形、老化等表现。(1) 磨损机理。磨损是铸管离心机零部件失效的主要形式之一,生产过程中产生的铸造粉尘、铁渣等杂质侵入设备内部,与零部件表面接触,对零部件表面造成刮擦、冲刷、磨损。主轴、轴承、托轮等零部件在高速旋转与重载作用下,金属表面直接接触并发生粘着,形成粘着磨损;零部件在周期性交变载荷作用下形成疲劳磨损。磨损的程度与载荷大小、运动速度、润滑状态、环境杂质含量等因素密切相关。(2) 疲劳机理。铸管离心机零部件长期承受周期性交变载荷产生交变应力,且作用次数达到一定值时产生微小疲劳裂纹,最终导致零部件断裂失效。疲劳失效的发生与载荷的周期性、零部件材料性能、应力大小等因素存在相关。(3) 润滑失效机理。润滑油/脂在高温、杂质污染、氧化作用下发生变质,其粘度、润滑性能下降。润滑油管路堵塞、泄漏会导致润滑油供应不足,过滤器失效会导致润滑油中杂质无法被过滤,恶化润滑效果。润滑失效的发生与润滑油/脂的选型、环境杂质、维护周期等因素相关。(4) 热变形机理。铸管离心机运行过程中受管模内高温铁水的辐射热导致设备局部温度急剧升高,在温度梯度作用下,零部件发生热胀冷缩,产生热应力,导致零部件发生永久性热变形,引发设备故障。热变形的程度与温度升高幅度、材料热膨胀系数、零部件结构等因素相关。

2 铸管离心机机械故障诊断方法研究

2.1 故障诊断的核心思路与原则

故障诊断过程需遵循以下原则实现故障的精准识别、定位与严重程度评估:(1) 精准性原则:优化信号处理,建立精准模型;(2) 系统性原则:采集设备各关键部位、各类型的运行信号,综合分析信号特征与故障机理;(3) 实时性原则:实现信号的实时采集、分析与诊断,避免故障扩大;(4) 实用性原则:诊断方法结合工况实际,易操作、成本可控。

2.2 多源信号采集与预处理

2.2.1 信号采集方案

根据铸管离心机的结构特性与故障分布,选取主轴两端轴承座、托轮轴承座等故障高发部位作为采集点;采用加速度传感器采集振动信号,采集方向包括径向与轴向。选取主轴轴承、减速机等高温部位作为采集点,采用热电偶温度传感器实时监测零部件的工作温度变化;定期从润滑系统的取样口采集润滑油样本 50~100ml,判断润滑系统状态与零部件磨损情况。

信号采集系统的组成如图 1 所示。

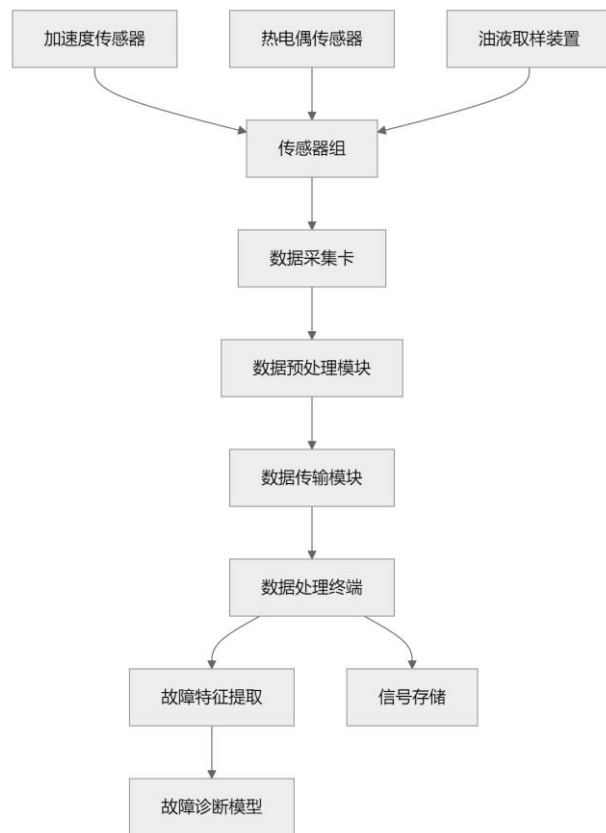


图 1 多源信号采集系统组成图

2.2.2 信号预处理方法

采集到的原始信号中含有大量的噪声干扰,因此需要对原始信号进行预处理。采用小波分析方法对振动信号与温度信号进行去噪,重构去噪后的信号;对于油液信号,采用过滤法去除样本中的杂质颗粒。采用移动平均法对去噪后的信号进行平滑处理消除信号中的高频波动。采用 min-max 归一化方法消除不同信号的量纲差异,提升诊断模型的稳定性。

2.3 故障特征提取

故障特征提取目的是从预处理后的信号中提取能够反映故障类型、严重程度特征参数,构建多维度故障特征向量。振动信号特征提取从时域与频域两个维度,提取峰值、有效值、偏度、脉冲指标等时域特征参数。对振动信号进行傅里叶变换(FFT),将时域信号转换为频域信号,提取频率峰值、谐波幅值比等频域特征参数。温度信号的变化特征提取从温度平均值、温度最大值、温度变化率、温度波动幅度等维度提取。如轴承温度超过 80℃时,表明零部件可能存在润滑失效等故障;温度变化率急剧升高,表明零部件可能出现轴承卡死等故障。油液信号的特征参数提取润滑油粘度、水分含量、金属颗粒含量、油液

污染度等。金属颗粒含量异常升高表明零部件存在严重磨损,粘度异常升高或降低表明润滑油已变质。各类信号的特征参数汇总如下表 2 所示。

表 2 多源信号故障特征参数汇总表

信号类型	特征参数类别	具体特征参数
振动信号	时域特征	峰值、有效值、峭度、偏度、脉冲指标、波形指标
	频域特征	特征频率、频率峰值、谐波幅值比
温度信号	温度特征	温度平均值、温度最大值、温度变化率、温度波动幅度
油液信号	油液特征	润滑油粘度、水分含量、金属颗粒含量、油液污染度

2.4 多源信号融合故障诊断模型构建

2.4.1 模型结构设计

故障诊断模型采用“特征层-决策层”双层融合结构,含四模块:特征层融合模块采用加权平均法融合振动、温度、油液信号特征向量,依贡献度设权重(振动 0.5、温度 0.2、油液 0.3)以全面反映故障信息。特征选择模块:采用 Relief-F 算法选融合后特征,剔除冗余无效特征。决策层融合模块:以 BP 神经网络为诊断器,对多类信号及融合特征诊断,再用 D-S 证据理论融合结果。故障识别模块:根据决策融合结果和故障特征库精准识别故障,并输出报告与预警。

2.4.2 模型参数优化

为提升故障诊断模型的性能,BP 神经网络的输入层节点数为特征选择后的特征参数个数,隐藏层节点数通过试凑法确定,输出层节点数为故障类型数;激活函数选取 Sigmoid 函数,训练算法选取梯度下降法,训练次数设置为 1000~5000 次,D-S 证据理论参数设置证据冲突阈值为 0.7,采用遗传算法对特征层融合的权重进行优化,通过迭代寻优,得到最优的融合权重组合。

3 铸管离心机机械故障精细化维护技术研究

3.1 分层分级维护策略构建

结合铸管离心机的故障特征、零部件重要程度与运行工况,将维护工作分为三个层级,实现设备的全生命周期维护。

基础维护(一级维护)是保障设备正常运行的基础,基础维护的主要内容包括:日常检查设备的运行状态,查看润滑系统的油位、油压,传动系统的皮带、齿轮等是否正常,检查托轮的位置、主轴的径向跳动量等,清理设备表面的铸造粉尘、铁渣等杂质,及时补充润滑油/脂,确保润滑充足。预防维护(二级维护)是基于零部件的寿命规律与设备运行状态,消除潜在故障隐患。主要内容包括:每周对设备的核心零部件进行检查,测量轴承温度、主轴

径向跳动量、托轮磨损量等参数。每月对润滑系统、冷却系统进行全面保养,更换润滑油/脂,清洗润滑油箱、过滤器、清洗冷却水管路、散热器,检查润滑系统的密封性能以及冷却水的水质与水量。定期更换易损零部件,避免零部件失效引发故障。故障维护(三级维护)是在设备发生故障后,进行故障处置、零部件维修与更换,目的是快速恢复设备正常运行。主要流程包括:结合故障诊断系统的诊断结果,确认故障类型、故障部位与故障严重程度,采取相应的停机措施,严重故障,立即停机,对故障部位进行详细排查,采取针对性的维修措施。维修完成后,检查设备的运行状态,确认故障已排除,对故障产生的原因、维修过程进行复盘,优化维护策略与方案。

3.2 典型故障针对性维护技术

结合故障机理与诊断结果,制定针对性的维护技术方案,主轴弯曲/偏移故障的维护采用百分表测量主轴的径向跳动量与轴向窜动量,径向跳动量超过 0.05mm 进行校正或更换。对于轻微弯曲的主轴,采用冷校正法进行校正,对于严重弯曲的主轴,采用热校正法或直接更换主轴。校正或更换主轴后,调整主轴与联轴器、管模的配合精度,加强主轴的日常润滑与冷却。轴承磨损/失效故障应该检查轴承的磨损程度,分析磨损原因,选用与原型号一致、精度等级匹配的轴承、高温抗磨润滑油/脂,更换前对轴承、润滑系统的过滤器与管路进行清洁,避免杂质侵入。托轮磨损/偏心故障的维护采用百分表测量托轮的径向跳动量与表面磨损量确定托轮的磨损程度与偏心量,对于轻微磨损的托轮,采用打磨、淬火等方法进行修复,对于严重磨损或偏心的托轮,直接更换托轮。更换或修复托轮后,调整托轮的位置、高度、间距。传动系统故障,及时检查传动皮带/齿轮的磨损程度、松动情况以及电机的运行状态。直接更换磨损严重的传动皮带/齿轮,紧固松动的部件。润滑系统故障的维护中,检查润滑油箱的油位、油压,润滑油管路的堵塞与泄漏情况,过滤器的失效情况,润滑油的变质情况,补充润滑油或更换变质的润滑油,修复泄漏的管路与密封件,更换失效的油泵、过滤器等部件。根据设备运行工况,优化润滑油的选型。加强润滑系统的日常检查,及时发现并消除管路堵塞、泄漏等隐患,定期更换润滑油与过滤器。

3.3 维护参数优化

结合铸管离心机的运行工况与维护实践,优化基础维护、预防维护的周期,优化润滑油的选型的粘度、润滑脂的加注量与加注周期,对于高温工况下的轴承部件,选用耐高温锂基润滑脂,加注周期缩短至 7~10 天。同时,明

确润滑油的更换周期,常规工况下润滑油更换周期优化为3~6个月,润滑油粘度变化率超过20%、水分含量超过0.1%或金属颗粒含量超标时,立即更换润滑油。优化冷却系统的运行参数,调整冷却水进水温度,控制在20~30℃,进水压力设置为0.2~0.3MPa,每15~20天清理一次冷却水管路内的水垢与杂质,每3个月对散热器进行全面检修。优化设备运行参数,如DN1200以上规格铸管,管模转速控制在200~500r/min, DN300~DN1200规格的铸管,管模转速控制在300~800r/min,减少故障发生概率。明确各核心零部件的检测参数阈值,当检测参数超过阈值时,立即启动相应级别的维护流程。

4 结论

本文针对铸管离心机长期处于高速、重载、高温、多杂质恶劣工况下易出现故障、维护效率低、成本高的问题,构建了基于振动、温度、油液多源信号融合的故障诊断模型。设计了科学的多源信号采集方案,实现故障的早期预警、精准识别与定位。提出了铸管离心机机械故障分层分级精细化维护策略,并针对典型机械故障,制定了针对性的维护技术方案,实现了维护工作的标准化、精细化,能够有效降低故障停机率与维护成本,延长设备使用寿命、保障产品质量。未来可优化故障诊断模型性能、结合大数据技术,引入机器人巡检、远程维护等技术,实现故障诊

断模型的自学习、自优化,提升维护工作的效率与安全性,为铸管行业的高质量发展提供更有力的技术支撑。

[参考文献]

- [1] 琚素英.离心机常见故障及处理方法研究[J].矿业装备,2020,10(6):140-141.
 - [2] 孙大海,徐颖,周培培.降低污泥脱水离心机的故障时间[J].设备管理与维修,2020,15(14):102-103.
 - [3] 董晓利,马登金.卧式螺旋离心机常见机械故障分析和解决方法[J].设备管理与维修,2020(11):49-52.
 - [4] 黄伟.机电设备点检管理的针对性及方法[J].镇江高专学报,2019,32(4):36-38.
 - [5] 范英俊.离心机球墨铸管工艺及装备[M].北京:中国科学技术出版社,2001.
- 作者简介:王志岗(1979—),毕业于漯河食品工程职业大学机电一体化技术专业,现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限公司,助理工程师;白云龙(1991—),河南安阳人,助理工程师,毕业于漯河食品工程职业大学机电一体化技术专业,现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限公司,从事机械维检工作;杨志峰(1982—),河南安阳人,工程师,毕业于河南科技学院机械设计制造及其自动化专业,现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限公司,从事设备管理工作。