

离心机铸管离心机传动系统故障诊断与维护研究

张建文 师佳喜 王晨阳

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] 离心铸管机是球墨铸铁管生产主要设备, 其传动系统稳定性对产量和产品质量起决定作用。文章对离心铸管机传动系统中机械部件以及电气控制系统出现的问题及其原因进行分析, 介绍了振动频谱分析法、温度热成像检测法、噪声声发射法以及电气参数检测法, 提出预防性维护措施、重要部位检修、润滑管理和突发事故应急预案等办法。研究结果表明合理使用检测技术和科学管理可以提高传动系统可靠性, 减少意外停车, 保证生产线顺利进行。

[关键词] 离心铸管机; 传动系统; 故障诊断; 预防性维护; 润滑管理

DOI: 10.33142/ect.v4i4.19544

中图分类号: TG255

文献标识码: A

Research on Fault Diagnosis and Maintenance of Centrifugal Tube Casting Centrifugal Transmission System

ZHANG Jianwen, SHI Jiayi, WANG Chenyang

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

Abstract: Centrifugal casting machine is the main equipment for ductile iron pipe production, and the stability of its transmission system plays a decisive role in the output and product quality. The article analyzes the problems and causes of mechanical components and electrical control systems in the transmission system of centrifugal casting machines, introduces vibration spectrum analysis method, temperature thermal imaging detection method, noise acoustic emission method, and electrical parameter detection method, and proposes preventive maintenance measures, important parts maintenance, lubrication management, and emergency plans for sudden accidents. The research results indicate that the reasonable use of detection technology and scientific management can improve the reliability of the transmission system, reduce unexpected parking, and ensure the smooth operation of the production line.

Keywords: centrifugal pipe casting machine; transmission system; fault diagnosis; preventive maintenance; lubrication management

引言

离心铸管机是球墨铸铁管生产线重要装置, 它是将经过冶炼合格铁水注入到高速旋转管型内, 在离心力作用下使铁水成型并固化形成产品。而传动系统则是离心铸管机主要动力源, 它负责驱动管型转动、调整转速精确度、保障浇注顺利进行等功能。但由于离心铸管机经常在高温、潮湿以及灰尘较多的环境下长时间运转, 所以传动系统受到较大机械载荷及热载荷影响, 容易出现各种问题, 从而对生产效率以及产品质量造成不良影响。传动系统故障会造成停机检修次数增多、维修费用增大, 同时也会导致管模振幅增大、铸管产生椭圆、重皮、环裂等问题。随着铸管生产向着更高效、更智能的方向发展, 对于传动系统的稳定性也提出了更高的标准, 在此背景下进行传动系统故障检测以及维修的研究有着重要的现实意义。

1 离心机铸管离心机传动系统概述

离心铸管机传动系统主要由主传动系统、管模支撑装置、辅助传动装置及电控系统等几个方面构成。主传动系统主要包括主电机、减速机(或齿轮箱)、传动轴和联轴器等主要部件, 用于给管模提供转动同时可以进行无极变速。而管模是用托轮组支承并且定位, 在传动系统的带动下使管模以很高的速度旋转, 托轮上的滚动轴承好坏直接影响管模能否正常工作。

传动系统的工作特性一是转速范围广, 离心铸管工艺要求管模转速根据管径大小可调, 在几百至一千多转/分; 二是负载变化剧烈, 在浇筑时大量铁水注入管模会产生强烈的冲击载荷, 而且在不同的时间段内负载有很大差异; 三是工作条件差, 在高温下受到热辐射, 在冷却水中浸泡以及被灰尘覆盖, 这对密封性和润滑性都提出了很高的要

求。因此,由于以上原因造成传动系统的各种可能失效方式多种多样,给其检测及维修带来困难。

2 传动系统常见故障类型与机理

2.1 机械传动部件故障

机械传动部分故障率最高,主要是轴承、齿轮、轴系以及连接件故障等。

轴承故障主要发生在托轮轴承上。由于密封不良或密封位置偏移造成轴承内部进入水分,使润滑脂变质失去润滑作用从而加剧滚道磨损^[1]。轴承磨损初期振动缓慢上升,当间隙增大后会使管模产生径向跳动而造成铸管插口椭圆以及管重增加等缺陷。严重情况下会使抱死停机,轴承不对中会导致载荷重新分布,重载轴承会产生较高频率的振动,而轻载轴承容易发生不稳定现象,并且会改变轴系统的临界转速。

齿轮故障大多发生在主传动减速器中。离心机差速器故障以一级行星齿轮、二级行星齿轮以及滑动轴承为主。行星齿轮承受着啮合力和径向力,在反复载荷作用下出现疲劳裂纹发展为断裂。滑动轴承受冲刷气蚀造成腐蚀坑,破坏油膜加速磨损。齿轮故障表现为齿面点蚀、断齿等,同时伴随有周期性的撞击声以及特定频率的振动,如表一所示,传动系统的主要机械故障及其特点总结。

表1 离心铸管机传动系统主要机械故障类型及特征

故障部位	主要故障形式	典型失效机理	主要故障特征
托轮轴承	磨损、疲劳剥落、进水锈蚀	密封失效进水、润滑不良	振动增大、温度升高、管模跳动
主传动轴承	疲劳剥落、磨损、烧损	润滑失效、过载、安装不当	异常噪声、振动谐波、温度骤升
减速器齿轮	齿面点蚀、磨损、断齿	交变应力疲劳、润滑不良	啮合频率振动、周期性冲击噪声
传动轴	弯曲、不对中、裂纹	装配误差、热变形、疲劳	1X/2X 工频振动增大、轴向窜动
联轴器	弹性体老化、螺栓松动	疲劳老化、安装偏差、冲击	2X 频率振动突出、异响

2.2 电气及控制部分故障

电气及控制类问题主要有主电机、变频器、传感器以及线路方面的问题。而驱动装置是离心机的核心部件,高转速电机、变速齿轮等任何一个环节出现问题都会影响机器工作。主电机故障有不能正常运转、转矩小或者温度过高等现象。高转速电机碳刷磨损严重、压簧脱落,造成接触不良从而烧坏换向器;线圈短路或者绝缘损坏也会使温度升高而停止工作。变频器常见问题是过电流、过电压报警或者波形失真,需要用示波器查看。控制系统的问题一般都与传感器有关。转速信息缺失或者受到干扰会使闭环控制效果降低;温度、振动传感器故障会使得报警失效。

此外,接线端子松动、接触器触点烧蚀在高温高湿环境中出现频率较大,也是造成报警误动作的原因之一。

3 传动系统故障诊断方法

3.1 振动监测与频谱分析

振动监测是旋转机械故障诊断中最常用的方法。通过对振动信号进行采集与分析可判断设备工作状态以及存在的问题,其重要性在于可以尽早发现设备故障隐患,避免故障的发生,保障设备的安全可靠运行。离心铸管机传动系统中的振动监测一般是在轴承座、减速箱外壳等位置安装加速度计来测取振动信号的时间历程及其频谱。

频谱分析法利用快速傅里叶变换把振动信号由时间域转到频率域,在不同故障特征频率下判断故障类型。一般常见故障特征频率有:不平衡故障表现为1X工频分量较大;不对中故障表现为1X与2X工频分量都较大;轴承故障表现为在轴承相关频率处有峰值;齿轮故障表现为齿轮啮合频率以及其附近有能量聚集。包络分析是检测轴承和齿轮早期故障的一种方法,通过对振动信号高频包络可以很好区分出轴承外圈、内圈及滚动体早期缺陷。在工程中,要结合离心铸管机工作情况确定测点位置,测点尽可能接近振源,避开信号传播路径中的界面、空腔或者隔声材料等,以免造成能量损失,在变速的情况下可以使用阶次跟踪方法解决因转速改变导致的频率分析问题。

3.2 温度监测与热成像技术

温度监测是判断传动部件工作状态的一种有效方法。当轴承、齿轮等摩擦副出现磨损或者缺油等情况时,摩擦生热量增大,造成局部升温。利用安装在设备上的温度传感器或者手持式红外线测温仪检测相关位置温度变化情况,可以发现早期问题。定期观察设备振动情况以及轴承温度变化是预防性保养的一个方面。红外热像仪是非接触式温度测量工具,可以获取设备表面温度场信息,有利于多种不同故障识别,尤其对寻找局部过热区有较大帮助,在离心铸管机传动系统诊断上可以用它来检查轴承座温度分布是否正常,是否有高温点出现。也可以用来检测电机以及变频器散热情况。一般旋转机械监测及诊断方法有振动信号监测及诊断方法、声信号监测及诊断方法、温度信号监测及诊断方法以及油液分析诊断方法等。将红外热成像技术和振动监测结合起来可以提高复合故障诊断正确性。

3.3 噪声分析与声发射检测

噪声分析是通过对机械设备工作过程中的声音进行监测来判断其工作状态的一种手段,在正常情况下,离心铸管机传动系统所发出的声音是有规则、稳定的,而一旦

出现诸如轴承损坏、齿轮啮合不良、连接件松动等问题,则会使得其发出的声音频率以及声音强度发生变化。异常的声音往往是驱动系统的某种问题的表现形式,例如,当轴承烧毁后转动转子就会感觉有阻力,当犬齿断开以后就会产生撞击声,在高速转动的轴即将断裂之前也会有异常的声音出现^[2]。声发射检测法就是根据物质在外力的作用下发生塑性流动或者开裂时所释放出的一瞬间的弹性波动来进行故障检测的方法,对于初期的故障非常敏感。声发射可用于检测轴承裂纹萌生、齿轮齿面微裂纹扩展等初期故障,在振动尚无显著变化之前就可报警;但是声发射信号衰减严重,因此传感器要尽可能接近被测设备。

3.4 电气参数与控制系统诊断

电气参数诊断主要是对电机电流、电压、功率等进行检测分析,进而反映传动系统的状况。电机电流信号分析(MCSA)是非接触测量的一种有效手段,在传动系统发生超载、轴承损坏或者不同轴等情况时,电机定子电流频谱会出现相应的边带频率分量,根据这些频率分量可以确定故障类型以及其严重性。控制系统的自诊断也起到一定的作用。目前大多数离心铸管机都使用 PLC 或 DCS 作为控制系统,具有自诊断及报警的功能,不同的报警代码代表不同的问题。过流报警可能是由于负载突然变化、电机绕组短路或者是逆变器的问题;过温报警要着重检查散热风扇运转情况、散热片有无灰尘堵塞以及由于电机轴承磨损所引起的摩擦发热等。检查顺序一般是“由表及里、由简到繁”,先检查外部环境,然后逐步排查内部器件。

4 传动系统维护策略与措施

4.1 预防性维护体系建立

预防性维护是保证离心铸管机传动系统正常运转的重要工作。预防性维护包括检查、清洁以及加油等工作,这些都是必要的工作可使设备有较长寿命并且良好运转。应根据一定的时间间隔或者工作状况来安排预防性维护,制定合理的预防性维护计划,规定各个部分的检查周期、检查的内容以及要求^[3]。预防性维护分为四个层级,即每天巡查,每周检查,每月保养以及每年大修。每天巡查主要是观察设备振动、温度、噪声等直观的状态参数,发现问题立即做好记录并上报。每天观察机器运转情况,检测其振动以及轴承温度,寻找泄露以及一切不正常的声音。周检主要查看连接件紧固及润滑系统工作情况。月保要加油脂、调皮带松紧度、检查电线接头等。年保要将传动部分全部拆开检查,更换严重超磨损零件。离心机内部各个

部件最好一年认真保养维修一次,有疑问的地方要校准并清理里面脏东西。

4.2 关键部件定期检修与更换

关键部件定期检查、维修是保养工作的主要内容。离心铸管机传动系统的重点部位有托轮轴承组件、主传动轴承、减速器齿轮副、传动轴以及联轴器等,应结合实际情况,确定合适的检查周期以及更换标准。如托轮轴承,一直在冷水中运转,其密封性好坏直接影响到轴承使用寿命问题,在实际生产中发现,原有的托轮密封形式不合理造成托轮进水、寿命较短的问题,通过对密封进行优化,采用骨架密封+隔离油环+骨架密封组合而成,并加装自动注油装置后,托轮寿命提高几倍。主传动减速器应定期检查齿轮油位以及油质情况,观察油色是否变黑、是否有焦味,用磁棒吸附观察是否有较多金属屑存在,如有表示齿轮已经严重损坏,应及时更换^[4]。而轴承间隙检测也是十分重要的工作,一般正常情况下应该保持在 0.1~0.3mm 之间,如果超过这个范围就需要进行调整或者更换。

4.3 润滑管理与污染控制

润滑管理对保证可靠性至关重要,主要工作有选择、加注时间、加注数量以及油品检测等。主轴上的轴承每次运转 500~1000 小时添加一次专用油脂,加入量约为轴承室容积的 1/2~2/3,过多会导致温度过高,每 2000~3000 小时清洗并更换新油;减速器里的润滑油每 3000~5000 小时更换,只能使用被允许的品牌润滑油并且要经常检查油的质量,不能混用不同种类的油液。防止污染也是延长使用寿命的一个非常重要的手段,在平时要注重密封防尘,安装防护网,经常检查滤网等。如果离心机能正常工作但是润滑系统失灵,则会使齿轮、轴承卡死,所以一定要使它稳定地工作。

4.4 故障应急处理与修复流程

当传动系统出现突然问题后,科学合理地进行应急处置以及维修可以尽量降低停机造成的经济损失。故障应急处置应当做到“迅速判断、安全停车、确定故障位置、按标准修理、试车检查”。

在故障发生之后,要迅速准确地判断出故障部位以及故障的程度,然后立即采取必要的安全停车措施以免故障进一步恶化。停车后,遵循由外到内、由简到繁的原则查找原因。皮带传动式离心机常见的故障为皮带打滑或者断裂,在检查时要注意观察皮带是否过紧或者皮带槽磨损变形;而联轴器连接式的驱动系统则容易发生弹性体老化或者螺栓松动等问题,在停车之后可以尝试用手转动主轴来

判断是否有卡住或者是间隙过大等现象。对于任何一个驱动系统的故障都必须及时停机修理并且严格按照标准进行维修作业,所用零件必须是原厂生产的合格产品,只用正品才能保证设备具有相应的性能、可靠性和寿命。维修完毕后要进行空载试运行,检查各项运行指标是否正常,确认无误后再投入使用,在此期间还要把故障出现的时间、原因以及解决办法还有更换的零件等都做好记录登记,以备日后查阅。

5 结束语

离心铸管机传动系统故障诊断及维修是保证铸管生产线正常运转的关键问题。本文就机械传动部件以及电气控制系统两方面对传动系统中出现的问题及其原因进行分析,介绍了振动监测和频谱分析、温度监测和热成像、噪声分析和声发射检测、电气参数和控制系统的检测手段等几种不同的故障诊断方式的特点,提出建立预防性维护机制、重要部件按时检修与更换、做好润滑工作并防止污染、及时进行故障排除及修理等一系列综合措施。同时,伴随着物联网、大数据和人工智能等现代信息技术的进步和发展,未来的离心铸管机传动系统智能化故障诊断和健

康管理将是一个重要的研究方向。

【参考文献】

- [1]范匡余.工业离心机常见故障技术分析及处理措施[J].机电产品开发与创新,2024,37(2):196-198.
- [2]王凯,魏强,杜宇航.超高速离心机健康管理及预测性维护关键技术研究[J].中国仪器仪表,2025,05(11):17-22.
- [3]王保伟.卧式螺旋卸料沉降离心机在壳牌气化装置中的应用及故障处理[J].化肥设计,2026,64(1):72-75.
- [4]张智宇.基于随机森林算法的化工离心机失稳故障预测[J].中国设备工程,2026,15(7):171-172.

作者简介:张建文(1994.06—),毕业于河南建筑职业技术学院建筑工程技术专业,现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司,流槽工,助理工程师;师佳喜(1994.08—),毕业于郑州职业技术学院汽车检车与维修专业,现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司,一线铸管工,助理工程师;王晨阳(1993.12—),毕业于河南应用技术职业学院电子商务专业,现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司,铸管工,助理工程师。