

离心机液压系统常见故障及对策研究

任勇军 张伟松 王志岗

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]离心铸管机液压系统是离心设备完成推管、拔管等动作的“动力心脏”，它的运行是否可靠，直接关系到球墨铸铁管成型质量的好坏以及设备的安全。文章从液压系统组成及工作原理入手，对压力异常、执行元件动作不正常和泄漏等常见故障及原因做了系统的整理。在此基础上，主要对液压参数在线监测、油液分析、振动和噪声诊断、多源信息融合及智能诊断等故障诊断和监测技术进行了研究，从液压油选型与污染控制、关键元件状态检修、系统参数优化调整、运行管理与规范化操作四个方面提出了系统的故障对策和预防措施。

[关键词]离心铸管机；液压系统；故障诊断；在线监测；油液分析；智能诊断

DOI: 10.33142/ec.v9i6.19822

中图分类号: TH137

文献标识码: A

Research on Common Faults and Countermeasures of Centrifugal Hydraulic System

REN Yongjun, ZHANG Weisong, WANG Zhigang

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

Abstract: The hydraulic system of a centrifugal casting machine is the "power heart" of centrifugal equipment to complete actions such as pushing and pulling pipes. The reliability of its operation directly affects the quality of ductile iron pipe forming and the safety of the equipment. The article starts with the composition and working principle of hydraulic systems, and systematically summarizes common faults and causes such as abnormal pressure, abnormal action of actuating components, and leakage. On this basis, research was mainly conducted on fault diagnosis and monitoring technologies such as online monitoring of hydraulic parameters, oil analysis, vibration and noise diagnosis, multi-source information fusion, and intelligent diagnosis. System fault countermeasures and preventive measures were proposed from four aspects: hydraulic oil selection and pollution control, key component status maintenance, system parameter optimization and adjustment, operation management, and standardized operation.

Keywords: centrifugal pipe casting machine; hydraulic system; fault diagnosis; online monitoring; oil analysis; intelligent diagnosis

卧式离心铸管机在球墨铸铁管生产领域广泛用于管道的离心成型，推管、拔管及管模控制等动作一般由液压系统驱动。液压系统由于组成元件多、工作条件恶劣，所以故障发生率很高。从统计数据中可知，大部分故障是由油液污染引起的，压力不稳定、动作失灵等比较常见。一旦液压系统出现故障，离心机就会被停机检修。目前许多企业对设备的维护仍然采取的是被动式的“坏了再修”的方式，缺少了系统化的故障诊断以及预防性的维护。

1 离心机液压系统组成与工作原理

离心机液压系统主要由液压泵、液压马达、液压缸、液压阀、油箱、管路等组成。液压泵提供动力油源，液压缸用于驱动推管装置，将成型后的球墨铸铁管从高速旋转的管模中平稳推出，完成拔管动作^[1]。液压阀用来控制流量、压力和方向，一般有溢流阀、节流阀和换向阀等。以

DN80-300 型离心铸管机为例，液压系统主要是由油箱、滤油器、液压泵（柱塞泵或者叶片泵）、换向阀、节流阀、液压缸和管路组成。液压泵输出的压力油经由换向阀、节流阀到达推管油缸，推动推管头做往复运动，把离心成型的铸铁管从管模里推出，进而达成连续生产。

2 离心机液压系统常见故障及成因

2.1 系统压力异常

压力异常最常见的是压力过低或者过高。压力不够时，执行元件不能达到额定的负载，推管无力或者动作迟缓。根据现场设备工况，离心铸管机液压系统正常压力通常稳定在 2.0~2.2MPa。压力不足主要是由于液压泵内部磨损造成容积效率降低、溢流阀阀芯卡滞在开启位置、吸空故障如油位过低、滤油器堵塞或者吸油管密封不良、管路或者接头严重泄漏、密封件老化导致内外泄漏过大造成的^[2]。

压力过大容易造成溢流阀长时间溢流发热,管路爆裂或者元件损坏。成因主要是溢流阀设定压力超过额定值、负载突然变化而安全阀不能及时卸压、换向阀阀芯卡滞在非中位。

2.2 执行元件动作失调与泄漏

动作失调就是动作慢、爬行、换向冲击等。缓慢无力是由于系统压力、流量不够造成的。爬行一般是由油缸中混入空气、系统未完全排气或者密封件漏气造成的活塞运动不连续、跳跃。换向冲击和油温过高导致黏度降低或者缓冲阀芯卡滞有关。泄漏分为内泄漏和外泄漏。外泄漏是由于管接头、阀体结合面、密封件的泄露造成的污染和油液浪费,也会引起泵吸空。内泄漏是油液在元件内部从高压腔向低压腔的短循环,即柱塞和缸体间隙增大、阀芯和阀孔磨损等。内泄漏不能直接看到,但是会使得容积效率降低,执行元件动作缓慢、压力不足。

3 故障诊断与监测技术

3.1 液压参数在线监测

在线监测设置传感器网络,对压力、流量、温度、油位等参数进行持续采集并和正常范围进行比较。压力传感器装在液压泵出口和执行元件进油口,流量计检测泵输出流量和执行元件进油流量,异常往往是内部泄漏或者泵效率下降的征兆,温度传感器布置在油箱和管路关键节点。对离心机液压系统,在油泵出口处装设动态压力传感器,在回油滤芯前后装设压差传感器,在油箱内装设液位、温度传感器。信号经过 PLC 集中处理,设置分级报警阈值,压力超过正常范围 10%~15%时发出报警。在线监测可以实现 24h 的状态跟踪,缩短故障响应时间。另外,把在线监测系统同工业互联网平台联系起来,可以达成运行数据的远程传送,集中保存并加以智能剖析。利用历史数据建立设备健康评价模型,对异常波动趋势进行提前预警,给预测性维护提供依据。管理人员可以通过监控终端对系统的运行状况进行实时观察和了解,从而制定出检修计划,避免由于突然出现的故障造成设备停机,保证离心机液压系统的安全、稳定和经济运行。

3.2 油液分析

油液分析依靠对油液的理化性质以及磨损颗粒的检测来给状态评价和故障预示赋予支撑。主要的手段有理化分析、红外光谱分析、铁谱分析、元素光谱分析以及污染度测试。理化分析、红外光谱来判断油品的衰变状态,即黏度变化、酸值上升、水分超标等。黏度降低造成泄漏增大,黏度增加影响低温启动。水分会加快乳化、添加剂水解、元件锈蚀。铁谱分析把磨损颗粒分离开后用显微镜

观察,区分出异常磨损的种类和严重程度,对 1~250 μm 颗粒比较敏感。通过元素光谱分析来检测磨损元素(Fe、Cu、Cr 等)和添加剂元素(Zn、P、Ca 等)、污染元素(Si、Na 等),从而快速找到磨损的部位以及磨损的速度。采取定期送检加现场快检的办法,每季度最少送检一次完整的分析,现场装备便携式颗粒计数器每周做一次检查。油液分析的价值就在于具有趋势分析的能力,黏度连续下降或者颗粒度不断上升,比单次超标更能反映出潜在的故障。

3.3 振动与噪声诊断

振动分析用加速度传感器采集泵体、管路和整机的振动信号。液压泵内部磨损是引起振动增大的一个因素。齿轮泵齿面磨损会引起高频振动,柱塞泵配流盘磨损会使压力脉动增大。联轴器同轴度误差过大会造成振动异常,加剧轴承及密封件的磨损。在实践中定期用手持式测振仪对泵体、电机轴承座等测点进行测量,和历史数据对比来判断趋势。噪声诊断要分清机械噪声和流体噪声。机械噪声主要是泵内部磨损或者联轴器对中不好造成的,流体噪声主要是吸空、溢流阀共振、换向阀液击引起的。出现持续异响或者周期性冲击声时,首先要检查油箱油位、吸油管路气密性以及溢流阀的状态。

3.4 多源信息融合与智能诊断

离心机液压系统故障往往是由多个异常信号叠加在一起造成的。单一检测手段信息不全,不能准确找到故障的源头。多源信息融合技术把压力、温度、流量、振动、油液颗粒浓度等参数综合起来,用融合算法提取出故障特征,提高诊断的准确性。智能诊断方法近几年取得了明显的发展^[3]。基于遗传算法优化 BP 神经网络的液压系统故障诊断方法,在多故障并行的情况下有更优的性能。对离心机液压系统可以建立多源信息融合的智能诊断框架,在泵出口、油缸进油口、回油管路等节点上安装压力、流量、温度传感器,在泵体和管路关键部位安装振动加速度传感器,并且要加入在线油液分析仪。多源数据经过预处理之后,送入深度神经网络故障分类模型进行实时诊断,检测出异常特征时就输出故障类型和处置建议。

4 故障对策与预防措施

4.1 液压油选型与污染控制

液压油品质好坏直接影响到系统的整体健康状况。从研究中可以看出,液压系统 85%以上的故障是由油液污染造成的,污染物有固体颗粒、水分和空气。做好选型和污染控制,从源头上降低故障率是最有效的办法。根据工作环境温度、系统压力等级、液压泵类型选择合适的液压油粘度等级和添加剂配方。液压油采购要创建品控体系,

新油入库之前要开展重要指标检测。污染控制要构筑起多道防线。防入侵，油箱加注口、呼吸器密封良好，加油、维修时用高精度过滤装置。勤过滤，按制造商建议的周期更换滤芯，连续工作的离心机回油滤芯、吸油滤芯更换周期不大于 500h。常检测就是定期采集油液样本，用 ISO 4406 标准进行颗粒计数，把清洁度控制在目标等级之内。

4.2 关键元件的状态检修

主要的元件有液压泵、液压阀组、液压缸和密封件等。采用状态检修策略，在故障出现之前依靠监测数据来预测健康状况并制订维修计划，可以有效地防止非计划停机。液压泵的健康状况影响系统的运行质量。定期测量泵出口压力、流量，计算容积效率，是判断泵磨损程度的较好方法^[4]。当容积效率比初始值降低 10%以上时，应进行检修或者更换。对变量柱塞泵来说，检测泵壳泄漏口流量可以了解柱塞副及配流盘的磨损情况。液压阀组中，溢流阀、节流阀最容易出现故障。溢流阀阀芯卡滞会造成压力异常，定期清洗阀芯、检查弹簧刚度属于预防性维护的内容。密封件老化是泄漏的主要原因，密封件的使用寿命受到油温的影响很大，油温长期大于 65℃时，老化速度会增加 50%以上。密封件更换要依照运行时间及油温记录来制订安排，正常运行两年左右就要开展系统性的更换。

4.3 系统参数优化与调整

离心机液压系统性能很大程度上取决于运行参数设置是否合理。不当的设置会加快元件的磨损，增大能耗，并且还会造成压力异常等故障。定期检查、调整、优化参数属于预防性维护的一部分。系统压力的设定是首要问题。以现场正在运行的 DN80-300 型离心机为例，其推管液压系统压力应稳定在 2.0~2.2MPa。压力过低造成推管无力，压力过高造成溢流阀长期溢流、油温升高、管路爆裂的风

险增大。压力设定在停机状态时进行逐步调节，先用节流阀关闭出油回路，启动油泵后慢慢调节溢流阀到目标压力，再把节流阀慢慢打开到工作位置。推管次数（频率）的调节要兼顾流量和压力的平衡。调节节流阀的开口度来控制进入推管油缸的流量，从而改变推管头的往复频率。流量过大造成推管过快、管模内铁水冷却时间不够、铸管质量变差；流量过小造成推管过慢、产能受限。流量与压力的匹配要靠实际运行不断调节，才能找到铸管成型质量和处理能力的最佳区间。

4.4 运行管理与规范化操作

规范化的启停操作程序要成为岗位培训的基础。离心铸管机的标准启动程序为：开车前检查、启动液压泵电机、启动离心主机（管模旋转）、均匀注入铁水；停车程序为：停止注入铁水、进行管模冷却和清理、停止离心主机、待管模完全停止转动后执行推管动作、停止液压泵电机。液压系统不能达到正常工作油压就启动离心主机，容易引起机械故障。停止时必须在管模完全停止转动后才停止液压泵电机。保证液压油在减速过程中仍然提供润滑。

运行参数的记录以及日常巡检也不能轻视。操作人员每天对油位、油温、压力表进行检查并做好记录，有异常情况及时查找原因。巡检时看泵体和电机的振动、听异常噪声、用手感觉外壳温度。建立完整的设备运行档案，记载维护内容、更换备件及测试数据，当故障反复出现的时候，可以凭借数据反推根本原因并制订改进措施。为了方便现场维护人员查找，表 1 给出了离心机液压系统常见故障的诊断及处理措施。

5 结束语

离心机液压系统故障机理复杂，压力异常、动作失调、泄漏最常见，背后都是油液污染、元件磨损、参数失配、

表 1 离心铸管机液压系统常见故障诊断与处理对照

故障现象	可能成因	诊断手段	处理对策
系统压力过低，推管无力	液压泵磨损、溢流阀卡滞、吸油滤芯堵塞、管路泄漏	测泵流量/容积效率、检查压力表、观察回油量	检修或更换液压泵、清洗溢流阀、更换滤芯、紧固泄漏点
系统压力过高	溢流阀设定值过高、阀芯卡滞、系统无卸荷通路	测泵出口压力、检查压力表校准、排查阀芯状态	重新设定溢流阀、清洗或更换溢流阀、检查换向阀中位
推料盘动作爬行或冲击	油缸混入空气、密封件漏气、油温过高黏度下降	油液排气、检查油液变色、测量油温	系统彻底排气、更换密封件、改善散热、降低负载
液压泵异响、振动加剧	泵内部磨损、联轴器不对中、吸空	振动加速度测量、检查联轴器对中、检查油位	检修或更换液压泵、校正联轴器、加注油液、清理吸油滤芯
执行元件动作缓慢	内泄漏严重、节流阀开口过小、油液黏度过高	测执行元件进油流量、检查油液黏度	检查元件配合间隙、调大节流阀开口、更换合适黏度液压油
油液污染度过高	外界污染物侵入、元件磨损产生磨粒、滤芯失效	油液颗粒计数、铁谱/光谱分析、检查滤芯压差	更换液压油和滤芯、排查污染源、安装高精度过滤器

操作失当等多重因素交织在一起。传统的经验诊断、事后维修模式已经不能满足连续生产高可靠性的需要了。文章就故障诊断和监测、故障对策和预防两方面做了系统的论述。在线监测、油液分析、振动噪声诊断、多源信息融合、智能诊断构成一条完整的检测链,油液分析性价比最高,智能诊断是发展方向。从油液选型、污染控制等源头降低故障率是降低故障率的关键,状态检修可以达到预测性维护的目的,参数优化保证最佳工况,运行管理、规范化操作保证技术措施的落实。

[参考文献]

- [1]潘虎.浅谈工程机械液压系统故障诊断及维修技术[J].中国设备工程,2024,10(5):170-172.
- [2]赵星星.基于压力分级与集成控制的工程机械支腿液压系统设计与实践[J].中国机械,2026,15(7):22-25.

[3]李雪谊,葛智学.工程机械液压系统故障诊断及维修思路[J].机械管理开发,2023,38(4):205-207.

[4]杨志强.工程机械液压系统故障诊断与维修技术研究[J].中国科技纵横,2025,8(15):102-104.

作者简介:任勇军(1978—),男,河南安阳人,助理工程师,四川农业大学机电一体化技术专业毕业,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;张伟松(1981—),男,河南安阳人,助理工程师,北京科技大学机械工程及自动化专业毕业,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;王志岗(1979—),男,河南安阳人,助理工程师,漯河食品工程职业大学机电一体化技术专业毕业,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。