

Research on Fault Analysis and Maintenance Countermeasures of Main Equipment of Inland River Vessels

Mingliang Xie

Nanning Ship Inspection Center, Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

The main engine of an inland waterway vessel is the core device of the vessel's power system, responsible for providing propulsion power for the vessel's navigation. Its operating status is directly related to the vessel's safety, economy and operational efficiency. The failure of the main equipment of inland waterway vessels not only reduces the service life of the main equipment but also affects the normal operation of the vessels, causing great harm. Based on this, from the perspective of systems theory, this article analyzes the faults of the main equipment of inland river vessels in a multi-dimensional manner around four aspects: combustion system, lubrication system, transmission system and monitoring system. On the basis of exploring the manifestations and causes of faults, it proposes targeted maintenance countermeasures for the faults of the main equipment of inland river vessels.

Keywords

Inland waterway vessels Mainframe Equipment failure Maintenance

内河船舶主机设备故障分析与维修对策研究

谢明亮

广西壮族自治区南宁船舶检验中心, 中国 · 广西 南宁 530000

摘 要

内河船舶主机是船舶动力系统的核心装置, 负责为船舶航行提供推进动力, 其运行状态直接关系到船舶的安全性、经济性和运营效率。内河船舶主机设备故障, 不仅会降低主机的使用寿命, 也会影响船舶的正常营运, 危害极大。文章基于此, 从系统论的角度出发, 围绕燃烧系统、润滑系统、传动系统以及监控系统四个方面, 分析多维分析内河船舶主机设备故障, 并在故障表现形式以及成因探究的基础上, 提出针对性的内河船舶主机设备故障维修对策。

关键词

内河船舶; 主机; 设备故障; 维修

1 引言

内河船舶主机故障是指主机在运行过程中因机械磨损、部件失效、系统异常或操作不当等原因, 导致其无法正常输出设计功率或功能丧失的异常状态。主机故障必将影响船舶的正常营运, 甚至威胁到船舶及人命、财产的安全。根据前人的研究成果, 内河船舶常见的主机故障主要有主机不能启动或达不到启动转速、运转时有不正常杂音、转速不正常或不均匀、转速降低以至停车、排气冒烟、排温过高或过低、滑油压力不足、冷却水温过高、爆压升高^[1]。从系统论的角度而言, 内河船舶主机是一个庞大的系统, 由若干子系统构成, 如燃烧子系统、润滑子系统、传动子系统、监控子系统等, 故障可能发生于各个子系统中。因此, 要做好子系统常见故障的检查, 并采取好维修措施。

【作者简介】谢明亮(1990-), 男, 中国广西南宁人, 本科, 助理工程师, 从事内河船舶检验研究。

2 燃烧系统故障分析与维修对策

燃烧系统是内河船舶主机动力输出的核心模块, 主要包括燃油供给系统、空气供给系统、燃烧室组件以及正时控制系统四个部分。燃烧系统的运行效率, 不仅关系到内河船舶的运行状态, 对节能减排也有着重要的影响。当前, 燃烧系统的故障, 主要包括以下四个方面:

(1) 喷油器故障。喷油器故障由弹簧疲劳、密封失效、结焦等因素引起, 具体表现包括缸套内壁积碳加剧、燃烧噪音增大、单缸排温异常等, 严重影响燃烧系统的效率。应定期拆检喷油器, 查看弹簧老化情况, 及时更换老化弹簧。针阀与阀座磨损, 是导致密封失效的主要因素。要检查二者的磨损情况, 更换针阀偶件。采用柴油+煤油混合液浸泡清洗喷油器, 研磨修复密封面。同时, 做好喷油压力及雾化质量的周期性测试, 确保雾束均匀、无偏射、无滴漏。

(2) 喷油泵磨损。低负荷运行下, 燃油温度低、黏度大, 喷油泵易因润滑不良而出现磨损问题, 而燃油清洁度差, 也

会导致喷油泵出现磨粒磨损,致使柱塞或出油阀偶件失效。喷油泵磨损不仅会增加系统启动难度,也会影响供油量的稳定性,降低燃烧效率,拉高运行成本。长期低负荷运行时,可开启燃油加热,提高燃油温度,使黏度控制在12-25cSt,解决润滑不良的问题。定期测量柱塞偶件的磨损情况及密封性,并在磨损严重时,更换柱塞偶件。

(3) 增压器效率下降。增压器为空气供给系统的核心设备,主要通过空气量的调节来提高燃烧效率。受滑油滤器堵塞、涡轮叶片结焦、压气机叶轮积灰等因素的影响,增压器易出现效率下降的问题,具体表现则包括进气压力降低、增压器异响、排温升高等。可通过压力传感器、温度传感器,动态把握增压器滑油压力及温度,定期更换滑油。同时,制定周期性的压气机清洗计划,采用专用清洗剂,冲洗压力机,并拆检涡轮,用钢丝刷清理积灰。

(4) 活塞环磨损或断裂。活塞环在长期高温高压的工作环境下,易因材质疲劳出现磨损、断裂的现象,燃烧积碳所致的环槽结焦卡滞,进一步增加了活塞环磨损、断裂的风险。活塞环磨损或断裂,不仅会使压缩压力下降,增加启动难度,也会因窜气,导致机油上窜,增加机油的消耗量^[2]。应构建压缩压力监测机制,定期测量压缩压力,并在压缩压力低于标准值80%时拆检。针对环槽结焦卡滞的问题,可添加燃油清净剂,减少积碳生成,并合理控制燃烧温度。

3 润滑系统故障分析与维修对策

润滑系统的主要功能是为内河船舶主机中需要润滑和冷却的机械设备提供滑油,在减磨、密封、冷却、清洁等方面,发挥着重要的作用。润滑系统设备故障主要包括四类:

(1) 滑油压力异常。主机运行中,滑油压力过多或过低,均存在着很大的危害,压力过低会导致轴瓦温度升高、轴承区域异响,压力过高则会加剧管路振动、损害密封件。滑油压力过低主要和滑油泵磨损、滤器堵塞、轴承间隙过大、滑油不足等有关。应定期拆检滑油泵,清理油路,调整轴承间隙,并补充滑油。压力过高多和温控阀故障、滤器堵塞以及滑油粘度过大有关,应定期拆检温控阀,做好滤器的清洗或更换,并在低温启动前预热滑油,降低滑油黏度。

(2) 滑油污染。滑油污染是导致润滑系统设备故障的重要因素,具体类型则包括机械杂质超标、水分混入两类。机械杂质超标多由轴瓦、齿轮、活塞环等部件磨损产生的金属颗粒混入滑油中所致,会导致轴承表面出现划痕、滤器频繁堵塞。水分混入多与气缸套穴蚀、冷却器泄露、隔板泄露相关,会导致滑油乳化,油膜强度下降。针对机械杂质超标的问题,可拆检磨损部件、清理曲轴箱内金属碎屑,做好密封防护。针对水分混入的问题,可用酚酞试纸检测油样,找出泄漏点,通过镗缸修复穴蚀缸套等措施,防范泄露问题。

(3) 滑油温度过高。滑油温度过高主要和热负荷过高以及冷却不足有关。从热负荷过高的角度而言,主机超负荷运行以及轴承间隙过小,均可能导致热负荷过高,引发油温报警。从冷却不足的角度而言,水侧结垢、气侧积灰导致的冷却器堵塞,水泵故障、管路堵塞导致的冷却水量不足,使得滑油的温度难以下降。对此,要调整主机运行参数,使主机负荷 $\leq 90\%$ 额定功率,避免长期超负荷运行,同时,做好冷却器的检查与清理,校验冷却水泵流量。

(4) 轴瓦、轴承等部位磨损。轴瓦、轴承等部位为润滑系统的关键部位,其健康状况,对润滑系统的工作效率有着重要的影响。受轴承偏磨、间隙不均或油压低、油道堵塞等的影响,轴瓦、轴承等关键部位,易出现磨损问题,导致轴瓦表面熔着、曲轴箱异响。对此,要做好轴瓦、轴承等关键部位的检修,及时更换磨损部件,并且,在轴瓦更换时,需测量曲轴颈圆度,确保轴瓦与曲轴尺寸匹配。同时,配置金属颗粒监测仪,动态把握轴瓦、轴承磨损情况。

4 传动系统故障分析与维修对策

传动系统为连接主机与螺旋桨的核心动力传递单元,包括动力转换部件、动力传递部件、支撑部件、末端执行部件四大部分,其运行状态直接影响船舶推进效率、操纵性及安全性。内河环境潮湿多盐雾,船舶面临频繁启停、负载波动大等工况,传动系统易发生故障。

(1) 离合器打滑或无法分离。离合器打滑主要油摩擦片磨损、油压不足、油质污染、摩擦片表面有油污等引起,表现为主机转速升高但船速无明显增加,或摩擦片发热、油液有焦糊味。离合器无法分离多和摩擦片粘连、液压活塞卡滞、复位弹簧失效,表现为主机停机后螺旋桨仍转动、换挡时齿轮箱异响。针对离合器打滑故障,应及时拆检摩擦片,测量厚度,清理表面油污,并校验油压,更换O型圈或密封垫来修复泄漏点,清洗滤器,确保精度 $\leq 20\mu\text{m}$ 。针对离合器无法分离的问题,拆卸离合器端盖,用工具撬动摩擦片组,检查是否粘连,用柴油冲洗液压通道,清除油泥,测量弹簧自由长度,确保分离时活塞复位到位。

(2) 齿轮箱轴承损坏。油道堵塞以及供油压力低,会导致润滑不足,增加齿轮箱轴承损坏的风险,螺旋桨不平衡导致轴系弯矩增加,也会引发齿轮箱轴承损坏故障。齿轮箱轴承损坏的主要表现为轴承区域高温,一般在 90° 以上,且振动值超标,油样检测铜、铬含量升高。对此,要经常检查供油情况,用压缩空气吹扫油道,检验校验供油泵压力,同时,合理调整调整轴承间隙,如遇到滚动体剥落、保持架断裂等严重损坏情况,则应更换同型号轴承。

(3) 传动轴异常抖动。传动轴异常抖动不仅会增加轴承螺栓松动、尾轴密封泄露的风险,也会引起船体共振,危害航行安全。导致传动轴异常振动的因素有很多,轴系不平衡、传动轴弯曲、联轴节对中不良、轴承间隙过大。应做好

传动轴的周期性检修,分析导致传动轴异常抖动的原因,并采取好有效的维修措施。

(4) 联轴节螺栓断裂。联轴节螺栓数量较多,当单个螺栓受力超限时,螺栓预紧力分布不均,会增加联轴节螺栓断裂的风险。此外,内河航道复杂,船舶工况变动较大,也易使螺栓发生疲劳而断裂,致使联轴节发出异响。对此,要规范螺栓的安装,根据螺栓的型号,确定螺栓力矩,使用扭矩扳手分2-3次对称紧固,确保螺栓安装紧密,从源头上防范联轴节螺栓断裂的问题。对断裂螺栓,选用8.8级以上高强度螺栓,全部更换,避免新旧混装。

(5) 螺旋桨空泡腐蚀。受桨叶设计不合理、船舶超载的影响,螺旋桨易出现空泡腐蚀的问题,比如,螺距比过大,螺旋桨高速运转时产生空泡。此外,内河含沙量高,泥沙冲击也会加剧螺旋桨空泡腐蚀的问题,乃至引起变形,降低推进效率。对存在小面积腐蚀的桨叶,可用不锈钢焊条堆焊后打磨,并在桨叶表面喷涂厚度0.1-0.2mm陶瓷涂层,提高抗腐蚀能力,大面积腐蚀桨叶,则需返厂重铸。

5 监控系统故障分析与维修对策

内河船舶主机监控系统主要传感器、数据采集单元和控制系统等构成,能够对主机温度、压力、转速等状态实时监测与报警,监控系统故障会导致主机故障误报或漏报,掩盖主机真实风险。当前,监控系统故障主要包括四点。

(1) 压力传感器信号异常。传感器是监控系统的“神经末梢”,直接影响数据准确性。内河船舶主机采用到的传感器主要包括压力传感器、温度传感器以及转速传感器。以压力传感器为例,其信号异常主要受膜片损坏、信号线路短路或断路以及传感器校准失效等影响,具体表现为机油压力/燃油压力显示值与实际值偏差>20%。对此,要定期检查线路,用标准压力表对比检测,更换损坏传感器。

(2) 监控系统黑屏。监控系统黑屏指的是操作面板无背光,所有参数显示“---”。导致监控系统黑屏的因素有很多,常见的有电源模块故障、显示屏排线松动、主板故障。电源保险丝熔断或适配器损坏,是导致监控系统黑屏的主要因素,应用万用表测输入电压,更换保险丝或适配器^[1]。针

对显示屏排线松动、主板故障的问题,可重新插拔排线,更换故障主板。

(3) 报警误触发。监控系统具有故障报警功能,报警误触发,会影响报警的准确性,并导致错误决策,如主机运行正常,但机油压力或水温报警灯频繁亮起。报警阈值设置错误是导致报警误触发的主要因素,如将机油压力下限设为0.2MPa,低于正常值,此外,传感器线路与动力线并行导致电压波动,而形成的信号干扰以及控制系统程序错误,也会导致报警误触发。对此,要参考主机说明书,重新校准报警阈值,分离信号线路与动力线路,避免平行布线,增加屏蔽层,并重启控制系统。

(4) 数据存储丢失。数据存储丢失主要表现为操作面板“历史数据”功能显示“无记录”,引发因素则包括SD卡损坏、硬盘坏道等存储介质故障因素以及参数设置中“数据记录”未勾选等系统设定因素,此外,突然断电导致数据未保存,也是数据存储丢失的重要因素。对此,更换存储介质,采用耐振动的工业级SD卡,检查系统设置,启用“自动记录”功能,设置存储间隔,同时,加装UPS电源,防范断电导致数据丢失的问题。

6 结语

主机作为船舶的“心脏”,其故障可能引发连锁反应,对安全、经济、环境等多维度产生严重影响。主机检修是通过预防性检查、维护和修复,确保其处于良好运行状态的系统性工作。内河船舶主机故障维修具有重要意义,既能提高主机的使用寿命,也能提升运营效率,保障经济效益。因此,要做好内河船舶主机故障的分析,根据故障的类型,采取好维修措施。

参考文献

- [1] 何方焱,朱再兵,方静.故障树分析法在船舶主机燃油系统故障诊断中的应用[J].中国水运,2022,22(08):61-63.
- [2] 盛晨兴,饶响,胡浩帆.低硫条件下船舶主机缸套-活塞环磨损现状与应对策略[J].中国航海,2024,47(02):32-39.
- [3] 张桂臣,高荣华,张春昌,等.基于计算机视觉的船舶主机气缸润滑管理[J].中国航海,2024,47(2):40-47.