

Hydraulic System Hydraulic Oil Contamination and Control

Zhiqiang Sun

Baotou Steel Pipe Branch, Baotou, Inner Mongolia, China, 014010

Abstract

Hydraulic oil is widely used in facilities and equipment such as steel production, vehicles, ships, aerospace, and military applications. Its primary function is hydraulic transmission, that is, to transfer energy within the equipment's hydraulic system. It also plays roles in lubrication, corrosion protection, rust prevention, and cooling, forming the foundation for ensuring long-term reliable operation of equipment. However, hydraulic oil contamination can severely hinder normal equipment operation. This paper takes Baogang Steel Pipe Branch Company as the research subject. It first explains the definition, classification, and hazard mechanisms of hydraulic oil contamination, then explores the sources of contamination at the company and the weaknesses in existing controls. Subsequently, it designs a comprehensive solution involving source prevention, process purification, monitoring and early warning, and standardized management, with practical cases used to verify the effectiveness of the solution. The study shows that this solution can reduce equipment failure rates, extend the service life of hydraulic oil, and provide support for lowering costs, improving efficiency, and ensuring stable production for the enterprise.

Keywords

Hydraulic system; Hydraulic oil; Contamination and control

液压系统液压油污染与控制

孙志强

包钢钢管分公司, 中国·内蒙古 包头 014010

摘要

液压油广泛应用于钢材生产、车辆、船舶、航空航天和军事等设施设备上,其主要作用是液压传动,即在设备的液压系统中实现能量的传递,还起着润滑、防腐、防锈及冷却等作用,是保障设备长期可靠运转的基础,但液压油被污染会严重阻碍设备的正常运转。本文把包钢钢管分公司当作研究对象,首先说明液压油污染的定义、分类及危害机制,再探究该公司污染的来源以及现有控制的薄弱点,进而设计源头防控、过程净化、监测预警及管理规范化的综合方案,结合实际案例验证方案成效。研究表明,此方案能降低设备故障率、拉长油液的使用期限,为企业降低成本、提升效益以及保障生产稳定给予支撑。

关键词

液压系统; 液压油; 污染与控制

1 引言

在现代工业生产中,液压系统依靠传动平稳、功率密度高的优势,成为钢铁冶金、机械制造等领域核心设备的“动力关键”。就包钢钢管分公司而言,轧管机、矫直机、输送设备等关键生产装置均依靠液压系统达成精确动作,其运转状况直接对钢管的生产效率与产品精度起决定作用,如轧制过程中液压系统压力稳定性的偏差现象,可能会造成钢管壁厚不等。液压油污染属于制约系统效能的突出问题。包钢钢管分公司的生产环境中,轧制过程所产生的氧化铁皮以及车

间空气里的粉尘易侵入系统,元件磨损生成的金属颗粒、油液高温氧化的产物会进一步加剧污染,这些污染物会引起过滤器堵塞、阀组阻滞,引起非计划性的停机,增加维护成本,还可能因设备动作出现滞后情况影响钢管质量。本文聚焦该公司液压油污染问题开展研究,探究针对性的管理路径,以处理实际生产的痛点。

2 液压油污染的基础认知

2.1 液压油污染的定义与分类

液压油污染是指液压油混入超出系统许可范围的非目标物质,或油液自身因环境与工况的影响出现性能劣化,让其无法正常达成传动、润滑等功能的现象。结合包钢钢管分公司的生产场景,污染可归为四类:一为固体颗粒污染,为

【作者简介】孙志强(1987-),中国内蒙古人,本科,工程师,从事机械、液压研究。

该公司里最主要污染类型,含有车间轧制工序产生的氧化铁皮、空气当中的粉尘,加上液压泵、阀套磨损生成的金属碎末,这类颗粒易随油液的流动堵塞住滤芯;二为液体污染,主要是水分渗进系统中,多是从车间环境的冷凝水或维护操作时带入,会破坏油液的润滑作用并引起金属部件生锈;三是气体污染,由加油时混入空气或系统密封方面存在问题引发的空气吸入,产生的气泡会引起压力波动,影响轧管机动作精度;四是化学污染,因包钢钢管分公司的液压系统长期处于高温工况,油液加速氧化后生成酸类、胶质等各类产物,降低油液的粘度与抗磨性能^[1]。

2.2 液压油污染的危害机制

液压油污染对系统的危害呈“连锁反应式”扩散,首先影响液压元件:固体颗粒随油液进入阀芯与阀套的间隙,会引起磨粒式磨损,造成阀组密封性能出现下降,出现压力外漏,包钢钢管分公司矫直机液压阀磨损后,可能引起矫直力度不稳定;水分混入时会把油膜破坏掉,促使泵轴、油缸等金属部件的锈蚀情况恶化,引起元件寿命缩减;化学污染物会推动密封圈加速老化,引起油液渗漏,增多维护的次数。其次影响系统的整体性能:污染物引起过滤器堵塞,系统压力损失明显增大,轧管机极易出现动作滞后状况,造成钢管的壁厚出现偏差;因气体被污染引发的“气穴”现象,会引起泵体噪声增高,进一步加重元件的磨损。最终波及生产环节:非计划停机的频次不断上升,如阀组故障造成轧管生产线停止作业,提升维护成本,还会由于产品精度未达到指标增加返工量,直接影响企业生产效率以及经济上的效益。

3 包钢钢管分公司液压油污染现状分析

3.1 污染源专项排查

结合包钢钢管分公司以轧管、矫直等为核心环节的生产场景,污染源可分为外部侵入以及内部生成这两类。就外部来源而言,车间环境属于主要的诱发根源,轧管操作中,高温钢坯形成的氧化铁皮、钢材切割形成的粉尘,容易借助液压油箱呼吸口、设备检修开口侵入系统;新油进厂的时段同样存在污染风险,部分供应商的油液未达到NAS 8级的洁净要求,且卸油、加油的时候,软管不干净且无过滤装置,进一步掺入杂质。内部来源其实和设备的工况状态直接相关:轧管机、矫直机的液压泵与阀组长期处在高压工况下,元件磨损后生成金属碎屑;轧制操作的高温环境(油温常超60℃)加速了油液的氧化,生成如酸类、胶质这类化学污染物;密封件长时间与高温油液接触后老化脱落,成为橡胶颗粒,这些内部污染物随油液循环实现扩散,造成系统污染的加剧。

3.2 现有污染控制体系短板

现今的体系在监测、处理、管理三方面存在显著的不足。监测环节未体现出时效性,仅在设备出现故障后对油液洁净度进行取样检测,未配置在线监测设备,诸如颗粒计数器、

水分传感器,无法实时掌握关键设备油液当下的状态,容易错失污染早期的干预机会。处理环节技术适配性欠佳:过滤器选型未与工况相结合,高压轧管机液压系统需采用1-3 μm高精度滤芯,实际却采用了5-10 μm的滤芯,过滤效果欠佳;换油周期按照固定时长设定,如每6个月开展换油,未根据油液的粘度、水分含量等实际指标进行相应调整,造成油液的浪费或过度利用。管理环节存在流程漏洞,维护人员尚无统一的操作规范,加油时未对加油口做清洁处理、更换滤芯时未将系统开口密封妥当,人为动作带入杂质;且未设置污染控制考核机制,导致员工重视的力度弱,进一步造成污染控制效果下降^[2]。

4 液压油污染控制关键技术与落地方案

4.1 源头控制技术

源头控制是阻隔污染进入液压系统的首要要点,应结合包钢钢管分公司轧管生产场景开展针对性的设计。新油入厂阶段需创建双重管控机制,首先界定供应商油液洁净度的验收标准,要求新油应达到NAS 8级或更低的油液级别,到货之后凭借便携式颗粒计数器开展现场检测,若油液不合格则直接退回;新油注入系统前,需采用高精度滤油机实施二次过滤,滤油机精度调整到3 μm以下,保证将运输、储存中混入的杂质除掉。车间环境防控得聚焦粉尘与水分这两大风险点,在轧管机、矫直机等设备周边添装工业集尘罩,依靠负压吸附收集轧制过程中产生的氧化铁皮与钢材粉尘,减少空气污染物的侵入量;同时于液压油箱呼吸口这个地方安装带除湿功能的高效空气滤清器,可实现对空气中固体颗粒的过滤,又可吸附水蒸气,杜绝冷凝水进入油液。维护操作源头把控需规范工具运用,换油、补油时采用专门制作的洁净软管,使用软管前要用同型号的液压油进行冲洗,需给加油口盖上防尘盖,打开之后迅速用无尘布擦拭,杜绝人为掺入杂质。

4.2 过程净化技术

过程净化应围绕油液循环的全流程展开,按照设备工况优化净化方案,保证液压油在使用阶段持续保持洁净。过滤器系统优化是核心,要按照设备压力等级的差异配置滤芯:主轧管机、矫直机这类高压液压系统选用1-3 μm精度的玻璃纤维滤芯,保证过滤微小金属粒子;如输送设备等低压系统,采用5-10 μm精度的纸质滤芯,平衡过滤成效与使用费用。为关键设备添加旁路过滤装置,旁路过滤系统脱离主循环独立,以低流量不间断过滤油液,能减轻主过滤器的工作负荷,延长其使用寿命,并及时清除系统内生成的污染物。若要控制油温需配套冷却装置,就轧管车间的高温环境而言,在液压系统回油管路添加水冷式换热器,把油温稳定维持在50-55℃,避免油温超出60℃加快油液的氧化;定期对油液中添加剂含量做检测,每3个月抽取油样对抗氧剂、抗磨剂浓度进行分析,要是添加剂含量低于标准值的80%

时,迅速补充相应添加剂,维持油液化学性质的稳定。针对水分污染问题,在油箱底部设置真空脱水机,按月启动 1 次,把油液水分含量控制在 0.1% 以内,预防水分引起油液乳化以及金属部件生锈。

4.3 监测与预警体系建设

监测与预警体系应达成“定期检测+在线监测”相结合,保证及时发现潜在的污染隐患。定期检测得制定标准化的规划,每月从各生产线的液压系统里取样,检测的项目有油液洁净度、水分含量、运动粘度,把检测数据录入专属数据库,对比历史数据形成趋势分析,若洁净度下降至 NAS 8 级、水分超出 0.15% 或粘度变化率超出 10% 时,发出预警并编制处理策略。在线监测应聚焦到关键设备,把在线颗粒计数器与水分传感器安装在主轧管机、矫直机的液压站,设备在运行时实时采集油液中的颗粒数量以及水分含量数据,依靠工业以太网传输到车间中控室,中控系统设置阈值报警功能,若颗粒数超出 NAS 8 级或水分超出 0.2% 时,自动发出声光警示,同时推送消息至维护人员手机^[3]。搭建油液监测与设备状态联动机制,把油液污染数据与设备故障记录关联分析,如当某台轧管机液压阀频繁卡滞时,结合油液中金属颗粒含量变化,判断是否因元件磨损造成污染程度加剧,为故障根源追溯提供数据依托,完成从“被动维修”到“主动预警”的转变。

4.4 管理流程规范化

管理流程实现规范化可保障技术落地,应凭借制度、培训及考核形成闭环管理模式。制定《包钢钢管分公司液压系统维护操作手册》,明确各环节的操作规范:换油时需先排放旧油,用新油对油箱内壁冲洗 2-3 次后再注入新油;更换滤芯需确保停机状态,拆卸旧滤芯后迅速密封接口,安装新滤芯之前,需查验包装的完整性;补油的时候需记录补油数量与时间,防止过度补油造成油箱溢油。开展分层人员培训,每月组织维护人员开展污染控制培训课程,内容有污染危害的原理阐释、滤油机及在线监测设备操作实践、油液检测数据解读等,培训结束后需通过理论考试与实操考核,合格人员方可上岗;每季度邀请液压技术专家开展专门的主题讲座,分享钢铁行业中污染控制的实际案例,提升人员专业能力。最后构建考核与追溯体系,把液压油洁净度达标率、设备故障频次归入班组绩效指标范畴,每月实施统计排名,给达标班组发放奖励;建立维护操作记录簿册,记录每次换油、滤芯替换、检测操作的时间、操作人员与数据,以便后续追责。

5 应用案例与效果验证

采用某大型钢铁企业轧管车间作为参考案例,该车间的设备类型和生产环境与包钢钢管分公司相似度极高,以往因为液压油污染,造成轧管机月平均故障 2-3 次,油液更换周期仅 4 个月。其改造措施聚焦“源头-过程-监测”:新油进入厂里采用 3 μm 精度滤油机过滤,轧管机液压站添装在线颗粒计数器与旁路过滤系统,同时对换油操作流程实施规范处理。实施改造后运行 6 个月,设备因污染引起的故障下降至每月平均 0.5 次,油液的更换周期延长为 6 个月,年度维护及油液采购成本减少约 45 万元,轧管壁厚偏差率从 0.8% 降低至 0.3%,产品质量的稳定性大幅提升。包钢钢管分公司择取 1 条热轧管生产线开展试点活动,采用上述核心方案:新油进厂按照 NAS 8 级标准进行验收,液压站添装在线水分传感器与旁路过滤装置,维护人员依照手册的规范去操作。试点 6 个月数据显示,该生产线液压阀卡滞故障次数从每月 1.2 次降到 0.3 次,油液洁净度稳定维持为,油液的更换周期从 5 个月拉长至 8 个月,每条线一年节省的维护成本差不多是 18 万元,而且冷轧管产品合格率增加了 0.5 个百分点,证实了污染控制方案在该公司场景下是可行且有实效的,为后续全车间推广做好铺垫^[4]。

6 结语

综上所述,液压油污染是关乎包钢钢管分公司液压系统稳定的核心问题,其来源包括外部环境的侵入和内部元件的磨损,现存的控制体系在监测、技术适配及管理层面有明显的不足。本文提出的“源头-过程-监测-管理”方案,能有效阻断污染途径、保证油液清洁度,经案例参考实施验证,可以降低设备故障频次、延长油液的存续寿命,为企业降本增效。未来可融入智能监测技术,实现对污染控制的精准化,助力公司提高液压系统的可靠性,保障钢管生产长久高效开展。

参考文献

- [1] 钟建.工程机械液压油污染原因及控制措施探析[J].中国机械,2024,(05):94-97.
- [2] 姜鹏.工程机械液压油污染分析[J].露天采矿技术,2022,37(02):110-112.
- [3] 刘享明,李洋,刘威,等.在用液压油固体污染检测技术及污染控制研究[J].润滑油,2020,35(04):55-59.
- [4] 顾建军,唐德佳,沈红祥,等.一种实时检测液压油清洁度等级装备的设计与实现[J].液压与气动,2020,(07):175-178.