

机械液压系统的维修技术探讨

吴宇翔

中国船舶集团有限公司第七一三研究所 河南 郑州 450015

摘要: 在机械液压系统维修领域, 本文首先对常见故障类型与成因展开分析, 涉及压力、动作、泄漏以及油液污染故障等方面。接着构建起完整的维修技术体系, 涵盖故障诊断、策略制定、典型维修技术以及工具设备等内容。同时强调维修质量控制要点, 包括过程控制、调试以及验收标准等环节。最后对维修技术发展趋势进行探讨, 如智能化、绿色、精密及模块化维修技术。

关键词: 机械液压系统; 维修技术; 故障诊断; 质量控制; 发展趋势

引言: 机械液压系统凭借传递动力大、传动平稳等优势, 在众多工业领域占据关键地位。其运行状态直接影响设备整体性能与生产效率。但在实际运行中, 受多种因素影响, 系统易出现各类故障, 导致设备无法正常工作, 造成经济损失。深入探讨机械液压系统维修技术, 精准诊断故障、高效实施维修、严格把控质量, 对保障系统稳定运行、延长设备使用寿命、提升生产效益具有重要意义。

1 常见故障类型与成因分析

1.1 压力异常故障

机械液压系统运行中, 压力异常是较为突出的问题, 具体表现为系统压力不足或压力波动。系统压力不足会直接导致执行元件无法获得足够的动力, 影响设备正常工作^[1]。溢流阀作为液压系统中的关键压力控制元件, 其失效是引发压力异常的常见原因。当溢流阀的弹簧疲劳、阀芯磨损或被杂质卡滞时, 无法准确调节系统压力, 导致压力偏离设定值。液压泵作为系统的动力源, 其内部泄漏问题也不容忽视。泵内零件如齿轮、柱塞等因长期使用产生磨损, 间隙增大, 使得泵的容积效率下降, 输出的液压油流量减少, 进而造成系统压力不足。

1.2 动作异常故障

执行元件的动作异常会严重影响设备的操作精度和工作效率。执行元件出现爬行与抖动现象, 多是由于系统中混入空气、液压油黏度不合适或摩擦力不均匀等因素导致。空气混入液压油中会产生气穴现象, 破坏液压油的连续性, 使执行元件运动不平稳。方向控制阀卡滞会导致液压油流向改变受阻, 执行元件无法按照预定方向动作。这主要是因为阀芯与阀体之间的配合间隙过小, 或液压油中的杂质进入间隙, 造成阀芯运动不灵活。负载匹配失调问题同样会引起动作异常, 当负载过大或过小, 与液压系统的输出能力不匹配时, 执行元件可能出

现速度不稳定、动作迟缓等情况。

1.3 泄漏故障

泄漏故障在机械液压系统中较为常见, 分为静密封失效和动密封磨损。静密封失效通常是由于密封件安装不当、老化或受到外力损伤, 导致密封性能下降, 液压油从密封处泄漏。动密封磨损则主要发生在运动部件的密封处, 如活塞与缸筒之间、轴与孔之间等。长期相对运动使密封件磨损, 间隙增大, 引发泄漏。管路振动疲劳裂纹也是泄漏的原因之一, 液压系统工作时管路会产生振动, 长期振动会使管路材料疲劳, 产生裂纹, 最终导致液压油泄漏。焊接接头缺陷如未焊透、气孔等, 会降低接头的强度和密封性, 引发泄漏。

1.4 油液污染故障

油液污染是影响机械液压系统性能的重要因素。固体颗粒污染源主要来自外界环境, 如灰尘、金属屑等进入液压系统, 或系统内部零件磨损产生的颗粒。这些固体颗粒会加速液压元件的磨损, 堵塞滤油器, 影响系统正常运行。水分混入液压油会降低油的润滑性能, 导致金属部件生锈腐蚀, 同时水分在低温环境下会结冰, 影响液压油的流动性。油液氧化变质过程受温度、氧气和金属催化剂等因素影响, 氧化后的油液黏度增大, 酸值升高, 产生沉淀物, 降低油液的使用性能, 缩短液压元件的使用寿命。

2 维修技术体系构建

2.1 故障诊断技术

在机械液压系统维修中, 精准的故障诊断是关键前提。感官诊断法凭借维修人员的经验积累, 通过听设备运行声音判断是否存在异常振动或噪声; 观察系统外观是否有泄漏、部件变形等情况; 触摸部件感受温度变化, 判断是否存在过热或过冷现象; 嗅闻油液气味, 辨别是否出现焦糊等异常气味, 从而初步定位故障范围。参数

测量法借助专业仪器,对系统压力、流量、温度等关键参数进行实时监测。当参数偏离正常范围时,可快速锁定故障点^[2]。振动频谱分析原理基于设备振动信号的频谱特征,通过分析不同频率成分的幅值和相位,识别故障类型,如轴承磨损、齿轮啮合不良等。油液分析技术涵盖光谱分析和铁谱分析,光谱分析可检测油液中金属元素的含量,判断部件磨损程度;铁谱分析通过观察油液中磨粒的形态、大小和分布,分析磨损类型和部位。

2.2 维修策略制定

预防性维修与预测性维修各有特点。预防性维修依据设备运行时间和经验,定期进行维护保养,虽能降低故障发生率,但可能存在过度维修情况。预测性维修借助传感器和数据分析技术,实时监测设备状态,根据状态变化趋势预测故障发生时间,实现精准维修。关键部件寿命周期管理针对系统中对性能和可靠性影响重大的部件,制定全生命周期管理计划,从选型、安装、使用到报废,全程跟踪管理,确保部件始终处于良好状态。维修优先级分级方法根据故障对系统的影响程度、紧急程度等因素,将维修任务划分为不同等级,优先处理对系统运行影响大、紧急程度高的故障,提高维修效率。

2.3 典型维修技术

液压泵解体维修工艺需严格按照规范操作。不同类型液压泵维修要点各异,齿轮泵维修时要注意齿轮啮合间隙调整;柱塞泵维修需检查柱塞与缸体配合情况;叶片泵维修要保证叶片在转子槽内滑动灵活。液压阀修复技术中,滑阀研磨是关键环节,通过研磨使阀芯与阀体配合间隙达到要求,保证密封性能。电磁阀线圈检测与更换要使用专业仪器,确保线圈电阻符合标准。液压缸维修流程包括活塞密封更换、导向套修复和缸筒内壁镀层修复等。活塞密封更换要选择合适密封件,保证密封效果;导向套修复需恢复导向精度;缸筒内壁镀层修复技术可恢复缸筒内壁的耐磨性和耐腐蚀性。

2.4 维修工具与设备

专用拆装工具在维修中发挥重要作用,卡簧钳可方便拆卸和安装卡簧,液压拔轮器能安全高效地拆卸联轴器等部件。例如,使用液压拔轮器拆卸直径为200mm的联轴器,可在30min内完成拆卸工作。精密测量仪器如千分表、内径百分表,可精确测量部件尺寸和形位公差,为维修提供准确数据。千分表的测量精度可达0.001mm,内径百分表可测量内径尺寸,测量范围为50-500mm。清洗设备中,超声波清洗机利用超声波的空化作用,彻底清除部件表面的油污和杂质。试验台用于检测维修后的液压泵、阀等部件性能,确保达到设计要求,保障系统

可靠运行。

3 维修质量控制要点

3.1 维修过程控制

在机械液压系统维修过程中,清洁度控制是保障系统可靠运行的基础。遵循NAS1638标准,对维修环境、工具及零部件进行严格清洁管理。该标准详细划分了不同清洁度等级,维修人员需依据系统要求,将清洁度控制在相应等级范围内,防止杂质进入系统,避免引发磨损、卡滞等故障^[3]。装配扭矩规范与防松措施同样不容忽视。零部件装配时,必须按照规定扭矩使用合适工具进行紧固。扭矩过小可能导致连接松动,引发泄漏或部件移位;扭矩过大则可能造成零部件损坏。完成装配后,采取有效的防松措施,如使用弹簧垫圈、锁紧螺母或涂螺纹锁固胶等,防止在设备运行过程中因振动导致连接松动。关键尺寸公差配合要求直接影响系统性能。维修时,对涉及关键尺寸的零部件进行精确测量,确保其尺寸公差在允许范围内。例如,液压泵的齿轮啮合间隙、液压缸活塞与缸筒的配合间隙等,这些间隙过大或过小都会影响系统的压力、流量和动作精度,必须严格按照设计要求进行控制。

3.2 维修后调试

系统排气操作规范是维修后调试的重要环节。液压系统中混入空气会影响系统性能,导致执行元件动作不平稳、压力波动等问题。按照规范的操作流程,通过排气阀或特定部位缓慢排出系统内空气,确保液压油充满整个系统,保证系统正常运行。压力设定与调整方法需根据设备工作要求进行。依据系统设计参数,使用专业压力调节装置,逐步调整系统压力至规定值。在调整过程中,密切观察压力表指示,确保压力稳定且符合要求,避免压力过高或过低对系统造成损害。动作同步性校准流程针对多执行元件协同工作的系统。通过调整控制阀、同步装置等,使各执行元件的动作速度、行程等保持一致,确保设备运行的协调性和稳定性,提高工作效率和产品质量。

3.3 验收标准制定

空载运行测试要求设备在无负载状态下运行一定时间,观察系统运行是否平稳,有无异常噪声、振动和泄漏等现象。检查各执行元件动作是否灵活、准确,压力、流量等参数是否稳定且符合设计要求。负载试验验收指标根据设备实际工作负载确定。在加载状态下,测试系统的压力、流量、功率等参数是否满足工作要求,执行元件能否完成规定动作,且动作精度和稳定性达到要求。噪声与振动限值是衡量设备运行质量的重要指标。使用

专业仪器测量设备运行时的噪声和振动值,确保在规定限值范围内,减少对工作环境和操作人员的影响,保障设备长期稳定运行。

4 维修技术发展趋势

4.1 智能化维修技术

随着科技持续进步,智能化维修技术已成为机械液压系统维修领域的关键发展方向。远程诊断为维修工作提供极大便利,借助网络通信技术,维修人员能实时获取设备运行数据。这些数据会被传输至特定分析平台,平台依据预设算法对数据进行处理,快速诊断故障类型,进而给出维修建议,有效缩短故障排查时间,提升维修效率^[4]。基于物联网的状态监测技术同样发挥着重要作用。通过在设备关键部位安装传感器,可实现对设备运行状态的实时、全方位监测。传感器能够收集压力、温度、振动等关键参数,并将数据上传至云端。对云端数据进行深度分析后,能够提前察觉设备潜在故障隐患,实现预测性维修,避免设备突发故障带来损失。

4.2 绿色维修技术

在环保意识日益增强的背景下,绿色维修技术备受关注。液压油再生处理技术可对使用后的液压油进行净化、再生处理,去除其中的杂质、水分和氧化物等有害物质,恢复液压油的性能,实现液压油的循环利用。这不仅减少了对新液压油的消耗,降低了维修成本,还减少了废油排放对环境的污染。节能型维修工艺开发注重在维修过程中降低能源消耗。例如,采用新型节能设备进行零部件加工和修复,优化维修流程,减少不必要的能源浪费,推动维修行业向绿色、可持续发展方向迈进。

4.3 精密维修技术

机械液压系统对零部件的精度和性能要求越来越高,精密维修技术应运而生。纳米修复材料应用为零部件修复提供了全新的解决方案。纳米材料具有独特的物理和化学性质,如高强度、高硬度、良好的耐磨性和耐腐蚀性等。将其应用于零部件表面修复,能够显著提高零部件的表面质量和使用寿命,恢复甚至提升零部件的性能。激光熔覆再制造技术则是精密维修的又一重要手段。该

技术利用高能激光束将合金粉末熔化并沉积在零部件表面,形成与基体材料冶金结合的涂层。通过精确控制激光参数和粉末成分,可以实现对零部件表面的精准修复和性能强化,使磨损、破损的零部件重获新生,延长设备整体使用寿命。

4.4 模块化维修技术

模块化维修技术为提高维修效率和降低维修难度提供了有效途径。总成件快速更换模式将设备划分为多个独立的模块,每个模块具有相对独立的功能。当某个模块出现故障时,无需对整个设备进行繁琐的拆解和维修,只需快速更换故障模块即可,大大缩短了设备停机时间,提高了设备的可用性。维修包标准化设计针对不同类型设备的常见故障,将维修所需的零部件、工具和资料等进行标准化组合,形成维修包。维修人员可以根据故障类型迅速选取相应的维修包,按照标准化的维修流程进行操作,提高了维修工作的规范性和效率,降低了对维修人员技能水平的依赖。

结束语

机械液压系统维修技术不断发展创新,智能化、绿色、精密和模块化维修技术为系统维修带来新契机。精准的故障诊断、合理的维修策略、严格的维修质量控制以及紧跟发展趋势的维修技术应用,能有效解决系统故障问题,保障系统可靠运行。维修人员需不断学习新技术,提升维修技能,以适应机械液压系统维修领域的发展需求,为工业生产稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]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(15):102-104.
- [2]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(5):170-172.
- [3]王君.煤矿机械设备液压系统维修与保养[J].煤炭新视界,2024(2):117-118.
- [4]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.