

Common faults and treatment methods in mechanical hydraulic devices by

Lingyue Ma

Steel Pipe Branch Company, Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract

Mechanical hydraulic systems play a vital role in industrial automation and high-load operations, where operational stability directly impacts equipment efficiency and service life. This paper examines the structural composition and working mechanisms of hydraulic systems, identifies common failure types, and focuses on analyzing manifestations and causes of pressure anomalies, actuator failures, and sealing system issues. Building on this foundation, it systematically outlines diagnostic procedures and troubleshooting methods for various common faults while proposing targeted technical improvements. Additionally, from a preventive maintenance perspective, the paper explores effective approaches to establishing scientific maintenance protocols and early-warning mechanisms. These efforts aim to enhance operational reliability and safety of mechanical hydraulic systems, providing theoretical support and technical references for equipment management and O&M practices.

Keywords

Hydraulic system; Fault diagnosis; Pressure anomalies; Sealing failure; Maintenance mechanisms

机械液压装置中常见故障与处理方法

马凌越

内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管分公司, 中国·内蒙古 包头 014010

摘要

机械液压装置在工业自动化与高负载作业领域具有重要地位,其运行的稳定性直接影响设备效率与使用寿命。本文围绕液压系统的结构组成与工作机理,梳理典型故障类型,重点分析压力异常、执行元件失灵与密封系统问题的表现形式与成因。在此基础上,系统归纳了各类常见故障的诊断流程与处理方法,提出有针对性的技术改进措施。同时,从预防性维护角度出发,探讨建立科学维护制度和故障预警机制的有效路径,旨在提升机械液压装置运行的可靠性与安全性,为相关设备管理与运维实践提供理论支撑与技术参考。

关键词

液压系统; 故障诊断; 压力异常; 密封失效; 维护机制

1 引言

随着机械装备智能化与自动化水平的持续提升,液压技术在工程机械、制造装备及交通运输等多个行业中得到了广泛应用。液压装置以其传动平稳、功率密度高、操控灵活等优势,成为关键系统运行的重要支撑。然而,在实际运行过程中,由于液压系统结构复杂、受力环境严苛,加之部分装置维护不到位,常出现一系列故障问题,影响设备的正常运行和生产安全。故障的隐蔽性与多因性使其诊断与处理成为维修技术的难点。本文旨在通过对机械液压装置常见故障现象及其成因的系统梳理,结合实践中有效的处理手段与预防策略,探讨提升设备稳定性的可行路径。

【作者简介】马凌越(1997-),男,中国内蒙古包头人,本科,助理工程师,从事机械研究。

2 液压系统基础构成与工作原理

2.1 液压能源转换与动力传递机制

液压系统通过将机械能转化为液体的压力能,实现对执行机构的控制与驱动。液压泵在外力作用下将液压油从油箱中吸出,并以一定压力输送至系统管路,形成稳定的液流。在控制元件调节下,压力油流经各功能阀门进入执行元件,完成能量传递与机械运动的实现。通过液压介质的连续流动,能量得以在系统各部分之间高效传导,并在压力与流量调节过程中实现对工作状态的精细控制。液压传动具有响应迅速、传动平稳、操作便捷等特性,广泛应用于对精度与力量控制要求较高的作业场景,其核心在于压力的有效转换和流量的精准调配。

2.2 主要部件构造与功能解析

液压系统由动力元件、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质构成,各组成部分相互协调以完成能量转换与

动作执行。动力元件主要为液压泵，其作用是将机械能转化为液压能。执行元件包括液压缸和液压马达，用于完成直线或回转运动。控制元件包括压力控制阀、流量控制阀和方向控制阀等，用以调整系统压力、控制流速与改变油液流动方向。辅助元件如油箱、滤油器、冷却器等，保障系统正常运行并延长元件寿命。工作介质通常为特定型号的液压油，在系统中起到传递能量、润滑、冷却与密封等多重作用。各部分合理配置与配合程度直接决定系统性能与运行效率。

2.3 典型液压回路形式与控制逻辑

液压回路是指液压油在各元件之间流动的路径组合，其结构形式与控制逻辑对系统功能实现起决定作用。常见回路包括开式系统与闭式系统，其中开式回路以液压泵和控制阀分离布置为特征，适用于一般执行机构控制需求。闭式回路则强调能量回收与动态响应，常见于高性能运动控制装置。控制逻辑依据工况需求设定，通常通过串联、并联与叠加方式实现动作切换、流量调节与压力控制。多种控制方式可结合应用，包括电液比例控制、定压控制与负载敏感控制等。合理的回路设计不仅提升执行效率，还能有效避免能量浪费与系统过载，确保液压装置在复杂工况下实现稳定运行。

3 液压故障排查的安全性与管理必要性理论分析

3.1 设备全生命周期视角下的风险预控理念

从设备全生命周期角度分析，液压系统的运行安全与故障排查贯穿于设计、制造、安装、运行、维护、报废等全过程管理中。液压装置的故障往往不是瞬时发生，而是在长期使用过程中因微小隐患积累、系统性磨损或润滑失衡等诱因形成的，因此需要建立覆盖生命周期各阶段的预控体系。在设计阶段引入失效模式分析和冗余设计理念，在运行阶段实施在线监测与趋势分析，在维护阶段落实标准化检修流程和记录管理制度，可实现对液压系统潜在故障的前移控制。生命周期风险管理不仅有助于保障人员与设备安全，还能延长液压系统使用年限，降低突发性维修成本。以风险为导向的管理方式已成为现代设备管理理论中的关键理念，对钢铁企业机械液压系统的安全性保障具有理论和实践双重意义。

3.2 精益运维理念在液压故障预防中的适用性探讨

精益运维理念强调在确保设备可用性的前提下，最大限度减少冗余资源与非增值活动，其核心在于通过科学的管理流程减少故障发生概率。在机械液压系统管理中，精益运维通过建立标准化点检、定量分析数据、流程再造与持续改进机制，实现从事后修复向事前预防转型。液压系统的运行状态可通过流量、压力、温度等关键参数进行实时采集与趋势分析，进而识别潜在隐患并提前进行干预。通过引入定期润滑、精密过滤、油品定性检测等方式，可有效延缓系统磨损与老化。精益运维的实施不仅降低了不必要的备件储备与人工维护频次，还提升了运维效率与人员专业化程度，为液

压系统提供了更经济高效的预防性管理模式，契合现代钢铁企业对设备管理精细化的要求。

3.3 安全生产管理体系对液压故障响应机制的驱动作用

安全生产管理体系的构建对液压故障处理提出了系统化响应要求，其核心在于通过制度驱动提升故障响应的及时性、科学性与规范性。液压系统作为压力型设备，其故障风险具有隐蔽性、突发性和连锁性特点，若未在初期阶段进行有效识别与处置，极易引发设备损毁、油液喷溅甚至火灾等事故。建立基于风险评估的分级预警体系，结合岗位职责明确的应急处置预案，有助于在故障初现时实现迅速隔离与妥善处理。配套的信息记录与反馈机制能将历史故障转化为知识资源，为类似故障提供借鉴。安全生产管理不仅仅关注事故预防，更重视风险过程控制和响应闭环，其在液压系统中的具体表现包括巡检频率优化、操作培训强化、故障诊断流程标准化等方面，是驱动液压系统故障治理体系完善的制度基础。

4 机械液压装置常见故障类型分析

4.1 系统压力异常：压力不足、过压、波动失稳

液压系统的压力稳定性是维持机械装置正常运行的关键要素。压力不足往往源于泵站供油能力下降、调压阀设定不当或管路堵塞，使系统无法维持设定的工作压力。过压现象多与溢流阀失效、负载突变或系统反应滞后相关，可能导致密封件破裂和部件损伤。压力波动失稳则常由油液温升、空气混入、传感器失真等因素引发，直接影响执行元件的重复精度与响应性能。压力异常不仅降低系统的控制能力，还加速液压元件的疲劳与老化，增加能耗与维护负担。在连续作业负载变化频繁的生产线中，压力不稳定容易造成设备动作失衡，影响加工过程的节奏与成品质量，成为系统运行中的高风险故障类型。

4.2 液压执行元件失灵：油缸爬行、动作缓慢、卡滞

液压执行元件是将液压力能转换为机械能的关键环节，其运行状态直接决定了整个系统的控制精度与工作效率。油缸爬行现象通常由密封件磨损、空气混入或节流孔堵塞引起，造成运动不连贯、速度不均匀。动作缓慢可能是由于油温过高导致粘度降低、系统流量不足或节流阀设定不合理所致。卡滞现象则可能源于滑动部位配合间隙变化、杂质进入或导向装置损坏，导致执行元件在行程中断位停滞。这些故障的存在严重干扰自动化作业流程，影响产品尺寸精度和节拍控制，同时也增加对操作人员的干预依赖。长期失灵运行还可能引起连接部件疲劳损伤，引发更大范围的设备故障与安全隐患。

4.3 液压系统泄漏与污染：接头渗油、密封失效、油液劣化

液压系统中泄漏与污染问题具有普遍性和持续性，严重威胁系统的运行稳定与环境安全。接头渗油常因连接处螺

纹松动、密封件老化或管路振动疲劳造成,形成外部油液泄露,不仅污染设备环境,还存在火灾隐患。密封失效可能因温度冲击、压力脉动或材料老化引起,导致系统内部泄漏,损害压力控制精度与执行效率。油液劣化则包括水分混入、颗粒污染和氧化变质等问题,使液压油粘度下降、润滑性能减弱,加速泵、阀等部件磨损,进而诱发连锁性机械故障。污染物在系统中循环流动,极易造成阀芯卡滞、孔口堵塞等二次损伤。液压污染问题的隐蔽性强,若及时发现和治理,将导致设备寿命缩短与维护频率增加。

5 机械液压装置系统常见故障的处理方法分析

5.1 压力异常故障的处理方法分析

处理液压系统的压力异常故障应从源头供压装置、压力控制元件与系统参数设定等方面展开。对压力不足问题,需对液压泵的输出能力进行检测,检查电机转速与吸油条件,必要时更换磨损严重的泵体或滤清器。针对系统过压,需校验溢流阀设定值是否超限,排除阀芯卡滞、弹簧疲劳等问题,同时检查压力表与传感器的精度和灵敏度。压力波动失稳则应重点排查回油回路是否畅通,检查是否存在气蚀现象或油液中含气问题,并确保油温处于合理区间。操作过程中还应加强对系统参数的实时监测,建立与工况匹配的压力调节机制,保持系统压力在设定区间内稳定波动,防止因异常波动引发结构损伤与故障扩散。

5.2 执行机构故障的处理方法分析

液压执行机构故障处理应聚焦于部件恢复、运动精度修复与运行平衡控制。油缸爬行的处理包括更换磨损密封件、清理节流通道、放气排除空气并重设行程控制装置。针对动作缓慢的情况,可调整节流阀开度、优化管路布置,检视泵站输出是否稳定,必要时更换流量不足的液压泵或调节供油顺序。卡滞故障处理需解体检查导向件和缸筒内部,清除异物、杂质或氧化物残留,并检查运动副表面是否发生偏磨或拉伤。操作策略上应保持负载与速度匹配,避免突发高频启停。定期检测执行元件位置精度,结合数据分析判断其

老化趋势,对存在潜在失效风险的组件提前更换,保障执行机构在重载、长行程条件下持续稳定运行。

5.3 泄漏与污染故障的处理方法分析

液压系统泄漏与污染问题的处理应遵循密封恢复、油液净化与防护加强的原则。接头渗油故障应通过逐点排查连接部位,重新紧固松动件,更换老化O型圈或锥面密封圈,必要时对管接头进行重配。密封失效处理需依据工作介质、温度与压力条件选用适配密封材料,对装配公差和安装方向进行严格控制。油液劣化则需通过油样化验分析污染物成分,判明水分、颗粒或氧化程度,对严重变质油液进行更换,并清洗油箱与管路系统。设置合适精度等级的过滤器,定期更换滤芯并监控其压差报警,能有效防止污染物循环扩散。建立液压油定期检测机制和污染分级管理制度,有助于提升系统清洁度,延缓元件磨损并减少故障频率。

6 结语

机械液压装置作为钢铁企业关键设备的核心组成,其运行状态直接影响生产线的稳定性与产品质量。通过系统分析液压系统中常见的压力异常、执行元件失灵以及泄漏与污染问题,不仅能够提升故障识别的准确性,也为制定高效处理策略提供理论支持。加强液压装置的日常管理、建立科学的排查机制、落实定期维护制度,将有助于降低故障率、延长设备寿命和优化生产节奏。未来应持续推动液压系统运维体系向智能化、标准化方向发展,进一步夯实钢铁企业设备保障基础,提升整体制造水平与安全运行能力。

参考文献

- [1] 孙奥雷.矿山机械设备常见液压系统故障分析[J].矿业装备,2025,(05):187-189.
- [2] 司品位.船舶液压甲板机械的维修保养策略分析[J].船舶物资与市场,2025,33(03):67-69.
- [3] 杜冰.机械液压系统常见故障及其维护保养[J].锻压装备与制造技术,2024,59(01):72-74.
- [4] 王瑜.工程机械液压系统常见故障的原因分析及对策——评《工程机械液压与液力传动》[J].铸造,2021,70(10):1258.