

# 矿山机械设备液压系统故障浅析

高晓国

内蒙古太平矿业有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015310

**摘要:** 在现代化矿山开采加工进程中, 矿山机械设备发挥着无可替代的关键作用。本文深入剖析矿山机械设备液压系统故障。先阐述系统概述, 继而详细探讨常见故障, 如压力异常、动作异常、油温过高、泄漏以及噪声与振动故障等, 并对各故障成因从系统内部与外部因素展开分析。同时介绍故障诊断方法, 涵盖主观诊断法与客观诊断法。旨在为矿山机械设备液压系统故障排查与维护提供全面且有效的理论依据与实践指导。

**关键词:** 矿山机械设备; 液压系统; 故障; 诊断方法

引言: 在矿山开采作业中, 矿山机械设备发挥着至关重要的作用, 而液压系统作为众多矿山机械设备的核心组成部分, 其运行状况直接关系到机械设备的整体性能与生产效率。一旦液压系统出现故障, 不仅会影响设备正常运转, 甚至可能导致生产停滞, 造成巨大经济损失。因此, 深入研究矿山机械设备液压系统故障, 准确把握故障成因并掌握高效诊断方法, 对于保障矿山安全生产、提高生产效益意义重大。

## 1 矿山机械设备液压系统概述

矿山机械设备压系统是一种通过液压传动技术, 将液压能转化为机械能的动力控制系统。其核心作用是为矿山设备提供高效动力输出、精准运动控制及负载适应能力, 满足高强度、高可靠性的作业需求。它主要由液压泵、液压缸、液压阀和液压油等构成。常见类型有齿轮泵、叶片泵和柱塞泵。液压缸和液压马达作为执行元件, 将压力能转变为机械能, 驱动负载进行直线或回转运动。各类液压阀则负责控制调节液体压力、流量与方向, 如溢流阀保障系统压力稳定, 节流阀调控流量, 换向阀改变油液流向。其工作原理为, 液压泵驱动液压油流动, 经液压阀控制流向和流量, 推动液压缸完成相应工作任务, 且可按需调节液压油压力, 实现精确控制与力量传递。该系统具备高压、大流量输出特性, 以满足矿山设备重负载需求, 耐用性强, 能适应恶劣复杂工作环境, 部分处于爆炸危险区域的设备, 其液压系统还具备良好的防爆性能<sup>[1]</sup>。

## 2 矿山机械设备液压系统常见故障分析

### 2.1 压力异常故障

#### 2.1.1 压力不足原因分析

**作者简介:** 高晓国(1987-)男, 甘肃通渭县, 机械工程师, 从事矿山机械设备管理工作, 内蒙古巴彦淖尔市乌拉特中旗新忽热苏木, 内蒙古太平矿业有限公司

压力不足是常见故障之一。油泵故障是主因, 如内部零件磨损, 间隙变大, 导致容积效率降低, 输出流量不足; 油泵转速过低, 可能源于电机故障或传动部件松动。溢流阀若调定压力过低或阀芯被杂质卡住无法正常关闭, 会使部分油液经溢流阀溢流回油箱, 造成系统压力下降。此外, 系统中存在严重泄漏, 包括管路接头松动、密封件老化损坏, 也会使压力难以维持, 导致执行元件驱动力不足, 影响矿山机械设备正常工作。

#### 2.1.2 压力过高原因分析

压力过高同样影响系统运行。系统中压力阀(如溢流阀、卸荷阀等)调压不当, 设定压力超出正常工作范围, 会致使压力持续升高。变量液压泵或马达的变量机构失灵, 无法根据负载需求调节排量, 持续输出过大流量, 也会使系统压力攀升。液压泵、执行器及液压阀磨损, 内部泄漏量减少, 相当于系统有效容积减小, 在流量不变情况下, 压力便会异常升高, 可能损坏密封件、管路等元件。

#### 2.1.3 压力波动原因分析

压力波动破坏系统稳定性。油液中混入空气是重要因素, 空气在系统中被压缩和膨胀, 导致压力不稳定。溢流阀磨损, 阀芯动作不灵活, 开启和关闭瞬间存在滞后, 无法及时稳定压力。油液污染严重, 杂质颗粒影响液压泵、执行器及液压阀的正常工作, 造成内部泄漏量波动, 进而引发压力波动。

## 2.2 动作异常故障

### 2.2.1 执行元件无动作原因分析

执行元件无动作, 多源于动力传输受阻。电路故障可能导致电机未启动, 使液压泵无法运转, 进而无法输出压力油。液压泵自身故障, 如内部零件严重磨损、卡死, 会造成泵无法正常吸油和压油。换向阀故障是另一关键因素, 阀芯若被杂质卡住无法换向, 油液便无法流

入执行元件；电磁换向阀的电磁铁损坏，也不能驱动阀芯动作。

### 2.2.2 执行元件动作缓慢原因分析

执行元件动作缓慢，首先与液压泵输出流量不足有关，可能是泵的转速过低，或内部磨损导致容积效率降低。油液粘度过高，在管路中流动阻力增大，使流速减慢，影响执行元件运行速度。溢流阀调定压力偏低，部分油液过早溢流回油箱，实际进入执行元件的流量减少。同时，系统存在泄漏，无论是管路接头松动，还是液压缸密封件老化，都会造成油液损失，压力和流量难以维持，致使执行元件驱动力不足，动作迟缓。

### 2.2.3 动作不规则原因分析

动作不规则常由控制信号不稳定引起。电液伺服阀或比例阀的放大器故障，输出的控制信号时强时弱，导致执行元件动作忽快忽慢。负载变化剧烈也是因素之一，矿山机械设备作业时负载频繁波动，如液压设备遇到不同强度的冲击，执行元件需不断调整输出力，若系统响应不及时，就会出现动作不规则现象。此外，机械部件磨损，如液压缸活塞与缸筒磨损，间隙变大，会造成内泄漏不均匀，引起执行元件动作不稳定，影响矿山机械设备作业精度。

## 2.3 油温过高故障

### 2.3.1 系统内部因素导致油温过高

系统内部能量损耗是油温升高主因。液压泵内部零件磨损，间隙变大，容积效率降低，大量能量在泵内以热能形式散失。溢流阀故障致使压力调节失常，持续溢流产生大量热量。执行元件与液压泵不匹配，运行时多余能量转化为热。油液粘度过高，流动阻力大，系统克服阻力做功发热；油液污染严重，杂质增加摩擦，加剧系统发热。此外，系统内部泄漏，高压油与低压油混合，能量损耗致油温上升<sup>[2]</sup>。

### 2.3.2 外部因素对油温的影响

外部因素同样不可忽视。矿山作业环境温度高，如夏季露天矿山，设备长时间受高温烘烤，热量向液压系统传递，使油温攀升。冷却装置故障，像风冷式冷却器散热片被灰尘、杂物堵塞，无法有效散热；水冷式冷却器水循环不畅，散热效率大打折扣。设备长时间高负荷运转，频繁启动、制动，加剧系统内部摩擦，产生更多热量，而散热速度跟不上，导致油温过高。

## 2.4 泄漏故障

### 2.4.1 密封件损坏导致泄漏

矿山机械设备工作环境恶劣，密封件长期受高温、高压与频繁振动冲击。温度过高使密封件材质老化、变

硬变脆，弹性下降，无法紧密贴合密封面，导致油液泄漏。高压作用下，密封件易被挤出、撕裂，像液压缸活塞密封件，在高压差下，若强度不足，就会破损。此外，矿山多粉尘，杂质颗粒进入密封部位，加剧磨损，破坏密封结构，例如防尘圈一旦磨损，外界粉尘侵入，会进一步损坏内部密封件，引发泄漏，影响系统压力维持与正常运行。

### 2.4.2 管路问题引起的泄漏

管路泄漏也是常见问题。矿山机械作业时振动剧烈，管路接头处易松动，密封失效，导致油液渗出。管路长期受油液冲刷、腐蚀，内壁变薄，在压力作用下易破裂泄漏。安装不当也是重要因素，如软管扭曲、硬管弯曲半径过小，会使管路局部应力集中，运行中出现裂缝。另外，液压油中杂质多，会加剧管路磨损，特别是节流部位，磨损速度更快，最终造成管路泄漏，降低系统工作效率。

## 2.5 噪声与振动故障

### 2.5.1 机械部件问题产生噪声振动

机械部件问题是噪声与振动的重要来源。矿山机械设备长期高负荷运转，液压泵、电机等回转部件易出现磨损，导致动平衡被破坏，运转时产生周期性不平衡力，引发转轴剧烈振动，进而产生噪声。同时，设备安装不当也会引发问题，如泵与电机轴不同心、联轴器松动，运转时会出现偏斜、撞击，产生异常振动与噪声。

### 2.5.2 液压系统内部因素引发噪声振动

液压系统内部因素同样不可小觑。油液中混入空气，在高压区被压缩、低压区膨胀，形成气穴现象，产生高频噪声与振动。液压泵工作时，压力和流量的周期性变化，会引起压力脉动，导致泵体及管路振动。溢流阀等液压阀故障，阀芯动作不灵活，开启和关闭瞬间压力突变，也会产生振动与噪声<sup>[3]</sup>。

## 3 矿山机械设备液压系统故障诊断方法

### 3.1 主观诊断法

#### 3.1.1 直觉经验判断

直觉经验判断是基于维修人员长期积累的实践经验，通过眼看、耳听、手摸等方式对故障进行初步判断。眼看即仔细观察液压系统外观，查看有无油液泄漏、管路破损、元件松动等明显异常；留意油液颜色，若变黑或浑浊，表明油液污染严重，可能引发多种故障。耳听则是倾听系统运行声音，正常工作时声音平稳，若出现异常噪声，如液压泵发出尖锐刺耳声，可能泵内零件磨损；溢流阀有啸叫声，可能其阀芯故障。手摸用于感知油温，正常油温有一定范围，温度过高说明

系统可能存在内部泄漏、散热不良等问题；还能感受执行元件振动情况，振动异常往往暗示机械部件配合不佳或液压冲击大。凭借丰富经验，维修人员可快速定位部分常见故障，不过该方法主观性强，对维修人员要求高，复杂故障易误判。

### 3.1.2 逻辑分析法

逻辑分析法依据液压系统工作原理，结合故障现象，通过逻辑推理确定故障原因。首先熟悉系统结构和工作流程，如某矿山机械设备执行元件动作缓慢，从油液流动路径思考，液压泵输出流量不足、油液泄漏、溢流阀调压不当等都可能引起。逐一排查，若泵运转正常，检查管路是否有泄漏点，再查看溢流阀调定压力是否符合要求。遵循从简单到复杂、从易到难原则，缩小故障范围。此方法需维修人员对系统原理有深入理解，能系统排查故障，但面对复杂故障，推理过程耗时久，且可能因对系统理解不全面遗漏部分原因<sup>[4]</sup>。

### 3.1.3 参数测量法

参数测量法借助专业仪器，对液压系统关键参数进行测量，与标准值对比诊断故障。压力是关键参数，使用压力表在系统不同位置测量，若压力低于设计值，可能泵内泄漏、溢流阀故障等；压力过高，可能压力阀调定错误或元件堵塞。流量测量也很重要，通过流量计检测，流量异常表明泵、阀或管路存在问题。油温同样关键，油温过高影响油液性能，加速元件磨损，用温度计测量油温，超出正常范围需排查内部泄漏、散热系统故障等。此外，还可测量泵组功率等参数。参数测量法能定量分析故障，结果准确可靠，为故障诊断提供有力数据支撑，但需配备专业测量仪器，对操作人员技术要求较高，且仪器精度影响诊断准确性。

## 3.2 客观诊断法

### 3.2.1 基于传感器技术的诊断

基于传感器技术的诊断，利用各类传感器实时采集液压系统关键参数，精准洞察系统运行状态。压力传感器安装于系统关键部位，能持续监测压力变化，一旦压力偏离预设范围，立即发出预警，如检测到液压泵出口压力骤降，可迅速定位泵故障或严重泄漏点。流量传感器能精确测量油液流量，当流量异常波动，预示着泵、阀或管路存在堵塞、泄漏等问题。温度传感器监测油温，油温过高可能是系统内部能量损耗大、散热不良等原因。振动传感器捕捉系统振动信号，分析振动频率与幅值，可判断机械部件是否磨损、松动。传感器采集数据经传输系统汇总至监测终端，工作人员依据数据直观

判断故障，该方法高效、实时性强，极大提升故障诊断效率与准确性。

### 3.2.2 油液分析诊断技术

油液如同液压系统的“血液”，油液分析诊断技术意义重大。理化性能检测是基础，检测油液粘度，粘度异常影响系统流量与压力传递；测量酸值，酸值升高表明油液氧化变质，可能腐蚀系统元件；检测水分含量，水分超标破坏油膜，加剧磨损。颗粒计数分析通过专业仪器统计油液中杂质颗粒数量、尺寸与材质，大量金属颗粒意味着元件磨损严重，如铁谱分析能清晰呈现磨损颗粒形貌、成分，助力判断磨损类型与来源。

### 3.2.3 智能诊断技术的应用

智能诊断技术借助先进算法与模型，深度挖掘液压系统运行数据。故障树分析法构建故障逻辑关系模型，输入故障现象，快速推理出可能的故障原因与传播路径。神经网络算法通过大量故障样本数据训练，学习故障特征与模式，对新数据具备强大的分类识别能力，精准判断系统故障类型与严重程度。模糊逻辑诊断则针对故障现象模糊性，将传感器数据模糊化处理，依据模糊规则推理诊断。智能诊断技术整合多源数据，突破传统诊断局限，能处理复杂故障，且随数据积累与算法优化，诊断精度持续提升，为矿山机械设备液压系统稳定运行保驾护航<sup>[5]</sup>。

## 结束语

综上所述，矿山机械设备液压系统故障类型多样，成因复杂。从压力异常、动作异常，到油温过高、泄漏、噪声与振动故障等，每种故障都对矿山生产效率与安全构成威胁。通过主观诊断法，如直觉经验判断、逻辑分析和参数测量，能初步排查常见故障，客观诊断法，像基于传感器技术、油液分析及智能诊断技术的应用，则为精准定位故障提供有力支撑。

## 参考文献

- [1]李新森.基于工程机械液压系统故障分析研究[J].轻工科技[J], 2020, 36(03): 138-139.
- [2]张友坡.工程机械液压传动系统故障原因浅析[J].内燃机与配件[J], 2020(01): 127-128.
- [3]付家其.工程机械液压系统常见故障诊断与排除[J].内燃机与配件[J], 2019(20): 152-154.
- [4]李雪谊.液压传动技术在工程机械中的应用[J].机械管理开发,2021,36(11):294-295.
- [5]郝俊杰,高虹霓,王崴,等.基于大数据分析的液压系统故障诊断综述[J].机床与液压,2022,50(10):166-173.