

# 线缆设备液压系统常见故障排查与维护工艺优化

高海涛, 刘峰, 李传鹏, 李自习, 王辉涛

(山东太平洋电力通信装备有限公司, 山东 聊城 252311)

**摘要** 液压系统是线缆设备正常运转的“心脏”, 工作状况好坏直接关系到设备的生产效率和使用寿命。但是由于工作环境复杂、负载变化频繁等原因, 线缆设备液压系统在实际运行中很容易出现压力异常、元件泄漏、噪声振动等各种故障, 如果不及时排查处理, 会造成严重的设备损坏和生产损失。本文以线缆设备液压系统为研究对象, 对常见故障类型和原因进行了梳理, 对压力检测、元件性能诊断、智能化数据监测等故障排查方法进行了分析, 从日常维护规范、预防性维护工艺改进、管理体系建立三个方面提出了维护工艺优化策略, 以期有效降低故障的发生率提供参考。

**关键词** 线缆设备; 液压系统; 故障排查; 维护工艺; 预防性维护

**中图分类号**: TM75

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.11.033

## 0 引言

线缆制造行业是现代工业体系的重要组成部分, 其生产设备对液压系统有很高的依赖性。液压系统凭借传动平稳、功率密度大、易于自动控制等优点, 在放线机、绞线机、挤塑机等各种线缆生产设备中被广泛应用, 起到驱动、夹紧、张力控制等作用。但是由于液压系统结构复杂、工作介质特殊, 再加上线缆生产环境中粉尘、高温、振动等不利因素长期交织在一起, 液压系统的故障频发问题越来越突出。根据生产现场调查得知, 一部分设备停机事故与液压系统故障有着直接联系, 严重影响着企业的连续生产能力以及经济效益。目前, 我国的线缆企业在液压系统的维护上普遍存在缺少完善的维护体系、故障诊断手段落后、维护工艺没有标准化等问题。

## 1 线缆设备液压系统常见故障类型与成因分析

### 1.1 液压系统压力异常故障及其成因

压力异常属于线缆设备液压系统最常见的一种故障形式, 主要有系统压力不足、压力剧烈波动或者压力无法建立这三种情况。压力不足一般是由液压泵磨损造成容积效率降低、溢流阀调定值过低或者内泄流量过大引起的; 压力波动大多和液压油中混入气体、油液污染造成阀芯动作不稳定有关; 压力无法建立多半是由于溢流阀弹簧失效、液压泵严重损坏或者管路

大面积破损所致。另外, 液压油黏度选型不当也会造成压力异常, 过低的黏度会造成内泄漏加剧, 过高则会使系统阻力增大, 两者都会使压力参数偏离正常工作范围, 从而影响线缆设备的正常运行<sup>[1]</sup>。

### 1.2 液压元件泄漏故障及其诱发因素

泄漏故障属于液压系统中危害性大、发生率高的故障, 分为内泄漏和外泄漏两种形式。内泄漏指的是液压油在系统内部从高压侧向低压侧渗漏, 主要发生在液压缸活塞、控制阀阀芯等配合副处, 直接后果就是系统效率降低、温度异常升高。外泄漏是液压油渗漏到设备外面, 主要发生在管接头松动、密封件老化失效和缸体端盖密封面损伤等地方。从成因上看, 密封件的老化和变形是造成泄漏故障的主要原因, 装配工艺不当、管路振动冲击造成接头松弛、油液污染加速密封件磨损等都会引起泄漏故障的发生, 因此需要在维护工作中加以综合防控<sup>[2]</sup>。

### 1.3 液压系统运行噪声与振动故障分析

液压系统工作时出现异常的噪声和振动, 既扰乱了工作环境, 又是系统内部有故障的信号。噪声故障根据来源分为机械噪声、流体噪声和空穴噪声三类。机械噪声主要是由于液压泵和电动机的轴承磨损、联轴器失中等造成的; 流体噪声主要是由于液压油流速过高、节流口压差过大、管路设计不合理等因素造成的;

**作者简介**: 高海涛 (1985-), 男, 专科, 高级技师, 研究方向: 电子信息。

空穴噪声是油液中溶解气体在低压区析出、气泡破裂所引起的,对元件的破坏性很强。系统振动主要是由于管路固定不牢固、液压冲击大、泵流量脉动造成的。以上问题如果不能得到有效的解决,就会使元件的疲劳损伤加重,从而产生更严重的连锁故障<sup>[3]</sup>。

## 2 线缆设备液压系统故障排查方法

### 2.1 系统压力检测与故障定位技术

系统压力检测是液压故障排查的基础方法,用压力表或者压力传感器在液压系统的各个节点上安装,可以得到各个回路的压力分布情况,为故障的定位提供直接的依据。在具体操作时,排查人员要依照从主回路到支路、从泵出口到执行元件入口的顺序,逐级测量并对比各个节点的压力值同设计额定值的差别。当主泵出口压力正常,但执行元件压力不足时,故障点一般在中间控制阀或者管路段;如果主泵出口压力本身偏低,那么就要检查液压泵的输出性能和溢流阀的调定状态。压力脉动幅度检测对识别泵体磨损程度和阀芯异常有很重要的作用。在实际的排查当中还要联系温度检测手段,借助于对各个元件表面温升状况的观测来辅助判定内泄漏的严重程度,进而实现准确的故障定位以及高效的操作决策。值得注意的是,在压力检测过程中应确保检测仪器本身的精度与量程匹配系统工作压力范围,避免因仪器误差导致判断失误<sup>[4]</sup>。

### 2.2 液压元件性能检测与诊断流程

液压元件的性能检测是在系统压力诊断的基础上进行的深层次故障识别工作,它的主要目的是对各个重要的液压元件逐一进行功能性测试,从而找出故障元件并对其损坏程度做出评价。液压泵性能检测主要为容积效率测定、输出流量测定,当泵的容积效率小于设计值的 85% 时,就认为是需要检修或者更换了。液压阀的诊断重点是检验换向响应时间、内泄漏量、压降特性是否符合设计参数,阀芯卡滞现象可以借助手动操作测试和电信号响应对比来发现。液压缸检测主要用活塞杆密封性能和爬行现象作为判据,必要时用超声波检测仪对缸体内壁磨损情况进行无损检测。整个诊断过程要遵照“先易后难、先外后内、先调整后拆检”的基本准则,在保证诊断准确性的基础上尽量削减不必要的元件拆解,从而缩减设备停机时长,缩减维修开支。在诊断流程执行过程中,还应充分重视元件拆检记录的规范填写,将每次检测所得的磨损量、泄漏量等实测数据完整保存,以便与历史数据进行纵向对比,为元件剩余寿命评估与更换周期的动态调整提供可靠依据<sup>[5]</sup>。

### 2.3 基于数据监测的智能化故障诊断

随着传感技术和数据处理技术的发展,以实时数据监测为基础的智能化故障诊断方法在电缆设备液压系统维护中越来越深入。该方法是在液压系统泵站、主控阀组、执行机构等关键部位布置压力、温度、流量和振动等各种类型的传感器,不断采集系统运行状态数据,用数据处理算法对多维参数进行综合分析,从而达到早期故障征兆识别和预警的目的。从数据分析角度来讲,可以创建液压系统各个参数的正常运行基准模型,把实测数据同基准模型的偏差程度当作故障判定的准则,当偏差超出预设阈值的时候立刻发出报警并推送故障提示信息。该方法的优势是可以实现不停机的在线诊断,很好地弥补了定期人工检测时效性差的缺点,给维护人员提供及时、客观的故障预警支持,大大提高了液压系统维护工作的主动性、精准性。在系统推广应用智能化诊断手段的同时,还需注重维护人员对数据解读能力的培养,避免过度依赖自动报警而忽视人工经验判断的辅助作用,确保智能诊断系统与人工复核机制有效协同,共同提升故障识别的准确率与处置效率。

## 3 线缆设备液压系统维护工艺优化策略

### 3.1 液压系统日常维护规范与标准化管理

日常维护是液压系统长久稳定运转的根基工作,创建科学规范的日常维护体系,对削减液压系统故障出现量有着决定性的作用。就实际的维护管理实践而言,液压系统日常维护工作应当以“看、查、测、记”这四个主要环节来创建规范化的操作流程。“看”是操作人员在每天上班时对液压系统进行目视检查,主要观察管路接头、缸体有无渗漏、液位计显示是否正常、各仪表读数是否正常等,发现异常立即报告。“查”是指维护人员按照规定的周期对液压油过滤器、冷却器、蓄能器等辅助元件进行状态检查,看其工作性能是否满足系统的要求。“测”是用仪器定期测定液压油的黏度、酸值、含水量和颗粒污染度等主要理化指标,根据检测结果来判断液压油是否需要更换或者补充。“记”则是指每次检查、检测结果要详细地记录在维护台账上,形成系统运行状态历史数据的档案,给故障分析和趋势判断提供数据支持。从标准化管理的角度来说,应当就不同型号的线缆设备制定专门的液压系统维护规程,对各种维护操作的具体步骤、技术参数要求以及质量验收标准做出规定。根据生产现场统计,对实施规范化日常维护管理的设备进行液压系统保养,液压系统年均故障停机次数比未实施规范

管理的同类设备低很多,设备综合可用率也有所提高。同时定期对维修人员进行液压知识、操作技能的培训,提高维修人员对液压系统工作原理、常见故障特点的认识程度,保证各项保养工作按要求进行,充分发挥日常维护防止故障的作用。

### 3.2 关键液压元件的预防性维护工艺改进

预防性维护是在液压元件发生功能性失效之前,根据它的使用周期规律和状态监测数据,主动对它进行检修或者更换的维护方法,比事后维修更具有经济性、可靠性。在关键液压元件的预防性维护工艺优化上,液压泵、控制阀、液压缸这三种主要元件应该受到最重视。对液压泵根据不同的设计寿命和工作状况来确定合理的定期检修周期。一般来说,对重载连续工作的齿轮泵、柱塞泵等,每运行3 000~4 000小时做一次预防性拆检,测量重要摩擦副的磨损量,与设计允许差值比较,决定是否更换。经过对多台设备连续跟踪观察后发现,按上述周期进行预防性拆检的液压泵,由于磨损引起的突然失效的比例明显减少。对控制阀来说,预防性维护的主要内容是清洗阀芯、更换密封件。液压油中含有的污染颗粒是造成阀芯卡滞、密封件加速磨损的原因,因此在维护工艺上要将精细过滤和定期清洗阀体作为标准作业项目。从维护记录可知,经过定期清洗的控制阀换向响应时间异常发生率比未定期清洗的同类阀件低很多,阀件使用寿命也有所提高。液压缸预防性维护的核心工艺是密封件的计划性更换。密封件老化失效有规律可循,对同种液压缸密封件在相同工况下所用的更换周期进行统计分析,可以得到密封件的预期更换周期模型。不能等到密封件有明显的泄漏才更换,而应该在预计失效时间的一定提前量内有计划地更换密封件,从而把外泄漏的风险控制在可以接受的范围内。预防性维护工艺全面推广之后,要创建与之相适应的备件储备管理机制,保证常用易损件库存充足,防止因备件缺货而影响维护时间。

### 3.3 维护工艺流程优化与管理体系统构建

维护工艺流程的系统性优化是提高液压系统维护效能的重要途径,其关键之处在于对现有的维护操作流程进行系统的分析,找出其中存在的低效环节,从而形成以提质增效为宗旨的优化工艺标准。流程优化的实施路径,就是对整理、评价各类维护作业操作步骤、工时消耗、资源占用等,对工序排列是否合理、工具配置是否恰当、操作规范是否完备等问题进行审查,提出相应的改进措施。在具体的工艺优化措施上,

应该推广模块化维护作业方式,即把液压系统按照功能单元分成若干相对独立的维护模块,对每一个模块都制定出标准化的作业卡,明确作业步骤、技术要点、安全注意事项和验收标准。模块化的方式可以降低由于操作人员个人经验而造成的维护作业的影响,也可以使各个模块的维护质量可以独立评价、持续改进。根据对维护流程优化前后效果的对比分析可知,实行模块化标准作业之后,相同项目的平均作业工时明显减少,维护质量较好,返修率降低。从管理体系创建角度来讲,应当创建包含维护计划管理、作业过程管理、维护质量管控和维护档案管理这四个方面的液压系统综合维护管理体系。维护计划管理按照设备运行数据和历史故障信息来制定动态化的维护计划,保证维护工作具有前瞻性、针对性;作业过程管理实行维护作业票制度和现场确认制,保证每一个维护操作都按规范执行;维护质量管理制订详细的质控标准并定期进行质控审核,对维护工作实施全过程的监督。

## 4 结束语

液压系统是线缆设备的主要动力源,其运行可靠程度直接影响到整个生产效率。本文对线缆设备液压系统常见故障类型和原因进行系统的整理,采用压力检测、元件诊断、智能化数据监测等方法对故障进行排查,并从日常维护规范化、预防性维护工艺改进、维护管理体系建立三个方面提出优化策略。研究表明,创建系统化、标准化的液压维护体系,可以明显改善故障识别的及时性以及处置的精确度,大幅度削减非计划停机的危险。未来,随着状态监测技术、数据分析技术的发展,液压系统维护工作会向着更高级别的智能化、预测性方向发展,给线缆企业高质量发展提供更加坚实的技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 魏启明.高炉炉前设备液压系统的常见故障及解决方案[J].冶金与材料,2024,44(02):121-123.
- [2] 张小林.飞机液压系统的常见故障与日常维护探究[J].标准生活,2025(06):128-130.
- [3] 田丽晶.农业机械液压系统常见故障分析与维护[J].河北农机,2025(05):58-60.
- [4] 占伟,胡雪松,武彦阳.风电场东汽风电机组液压系统常见故障检测技术[J].电子元器件与信息技术,2025,09(05):96-98.
- [5] 谈鑫,王力,杨亚飞.农业机械液压系统常见故障及维护措施[J].农机使用与维修,2024(01):81-83.