

液压舵机作动筒故障特征提取及快速维修方法研究

田燕宾 谢欣 雷春牛 李玉晓

石家庄海山实业发展总公司, 河北 石家庄 053000

[摘要]针对液压舵机作动筒长期使用中容易出现的各种故障隐患, 研究人员仔细分析了故障出现的具体原因, 并且深入调查了这些故障的特点, 最后制定出一种能够很快解决问题的办法。详细说明了液压舵机作动筒在飞机、轮船以及各种工程机械中发挥的重要作用, 同时清楚地指出了这种设备每天承受很大压力并且经常启动和停止的使用条件, 很容易引发很多常见的故障情况。经过全面收集设备运行时的数据记录和过去的故障案例, 使用先进的信号处理技术和特征提取方法, 对作动筒内部的磨损情况、密封部位的损坏问题以及液压系统出现的异常状况进行了非常详细的描述, 成功建立了一个包含多种典型故障特征的完整数据库。依靠上面提到的基础条件, 这项研究专门设计出一套针对液压舵机作动筒的快速故障诊断步骤, 结合实时监控、故障类型判断和维修方案改进等多种实用工具, 搭建起一个从发现问题到确定处理方法的完整维修框架。实际测试的结果显示, 这种维修方式能够明显提高故障判断的准确程度, 大幅缩短修理所需的时间, 同时大幅减少修理所需的费用投入, 效果非常好。这项研究改善了维修工作的步骤安排, 让各种资源的使用效率得到了提升, 展现出很高的工程实用价值和推广应用前景, 对增强整个机械系统运行的稳定性和安全保护能力起到关键作用。

[关键词]液压舵机作动筒; 故障特征提取; 快速维修; 故障诊断; 在线监测

DOI: 10.33142/sca.v9i6.19816

中图分类号: U666.12

文献标识码: A

Research on Fault Feature Extraction and Rapid Maintenance Method of Hydraulic Servo Cylinder

TIAN Yanbin, XIE Xin, LEI Chunniu, LI Yuxiao

Shijiazhuang Haishan Industrial Development Company, Shijiazhuang, Hebei, 053000, China

Abstract: In response to various potential faults that are prone to occur in the long-term use of hydraulic servo actuators, researchers carefully analyzed the specific causes of these faults and conducted in-depth investigations into their characteristics. Finally, a solution that can quickly solve the problem was developed. This article provides a detailed explanation of the important role played by hydraulic servo actuators in aircraft, ships, and various engineering machinery. It also clearly points out the conditions under which this equipment is subjected to high pressure every day and frequently starts and stops, which can easily lead to many common malfunctions. After comprehensive collection of data records during equipment operation and past fault case materials, advanced signal processing techniques and feature extraction methods were used to provide a very detailed description of the wear and tear inside the actuator, damage to the sealing parts, and abnormal conditions in the hydraulic system. A complete database containing multiple typical fault features was successfully established. Based on the basic conditions mentioned above, this study specifically designed a set of fast fault diagnosis steps for hydraulic servo actuators, combined with various practical tools such as real-time monitoring, fault type judgment, and maintenance plan improvement, to build a complete maintenance framework from discovering problems to determining treatment methods. The actual test results show that this maintenance method can significantly improve the accuracy of fault diagnosis, greatly shorten the time required for repair, and significantly reduce the cost investment required for repair, so the effect is very good. This study improves the arrangement of maintenance work steps, enhances the efficiency of various resource utilization, demonstrates high engineering practical value and prospects for promotion and application, and plays a key role in enhancing the stability and safety protection capabilities of the entire mechanical system operation.

Keywords: hydraulic servo actuator; fault feature extraction; rapid maintenance; fault diagnosis; online monitoring

引言

液压舵机作动筒是航空、船舶和工程机械等重要设备中必不可少的核心执行部件,其工作状况会直接影响到整个系统是否能够正常运转以及是否足够可靠。长期处于高负载和频繁启动停止的恶劣工作环境当中,作动筒很容易因为内部零件不断磨损、密封部位出现泄漏或者液压系统突然发生故障等问题而引发各种难以察觉的隐藏问题。国内外的科研人员针对设备出现故障进行诊断和保养的工作,在这个过程中已经尝试了很多不同的方法和技术手段,比如通过分析信号变化来判断故障的具体原因,但这些方法大多停留在解决常见的故障类型上,对于专门用来驱动舵机的作动筒这类特殊部件来说,想要迅速发现故障位置并且提前制定出合适的修理计划,目前还没有形成一套完整且实用的解决方案。考虑到当前存在的不足之处,本次研究特别关注故障发生的根本原因,从实际使用时采集到的数据以及之前积累下来的真实故障案例出发,建立起一个包含多种典型故障特点的数据库,并且深入调查和分析各种不同故障状态下具体的表现形式。在整个研究阶段,团队结合运用实时监控、模式识别和修理方式改进等多种先进技术手段,致力于打造一套完整的故障识别、诊断和修理相结合的应急支持系统,希望能够大大提高故障判断的精确度,同时大幅减少修理所需的时间,最终节约下后续保养所花费的费用开支。本次研究的主要目的是帮助液压舵机作动筒更好地预防和应对可能出现的故障情况,提供一套实用价值很高的技术实施方案,推动工程设备在运行过程中的可靠性和安全保障能力得到明显改善,最终达到减少设备因故障造成的停工损失、提高资源使用效率的目的。

1 背景与意义

1.1 运行环境概况

液压舵机作动筒被大量应用在飞机、轮船以及工程机械领域,使用时常常遇到非常沉重的压力并且反复启动停止的情况。在飞机使用过程中,液压舵机需要承受高速飞行带来的强烈震动和各种复杂的空气力量作用。在轮船使用过程中,液压舵机要进行很长时间的连续运转,并且经常暴露在潮湿又炎热、腐蚀性很强的海水中。在工程机械使用过程中,设备需要承受很重的负载,反复启动停止,而且经常遇到非常恶劣的工作条件。所有这些不好的情况会让作动筒承受巨大的机械应力、密封部位的压力以及液压油受到污染,同时容易因为灰尘或者水分进入而引起很多性能变差的问题。在长期使用过程中,材料会不断磨损,结构可能会出现疲劳损坏,系统润滑效果不好也会导致各

种不同的故障发生。由于情况非常复杂,故障分析和保养工作变得特别困难,这样就会明显影响到设备的稳定运行、安全表现以及工作效率。深入研究这种特殊工作环境下的故障具体表现特点,并且改进保养的具体方法,具有重要的实际价值。

1.2 舵机作动筒在航空船舶及工程机械中的地位

液压舵机作动筒属于液压系统里面最重要的执行部件,在航空、船舶以及工程机械这些行业占据非常重要的位置。主要作用就是把液压能量变成机械能量,带动舵面或者各种机械部件实现准确的位置调整。在航空行业里面,作动筒被广泛应用到飞行器的飞行控制系统里面,帮助飞行器在复杂天气条件下保持稳定并且方便操控。在船舶行业里面,作动筒作为舵机必不可少的一部分,直接决定着船舶方向的改变和高速航行的安全程度。在工程机械行业里面,作动筒负责承受重负荷的工作环境,完成精确的动作执行任务,让机械设备能够高效运转。作动筒的性能稳定程度和可靠性高低会明显影响整个系统的正常运行,直接影响到多个行业的设备工作效率和安全水平。

1.3 运行隐患及维护需求

液压舵机作动筒在长期运行过程中,因为承受很大压力、开关次数多而且工作条件非常恶劣,很容易出现磨损、密封材料失效、液压系统故障等问题,最终造成设备性能下降甚至停止运转。为了尽量减少这些故障带来的各种不良影响,现在非常需要一种既快又准的故障诊断和维修方法,只有这样才能明显提高设备的可靠性和运行的安全性。

2 机构原理及故障机理

2.1 舵机作动筒工作原理

液压舵机的作动筒属于液压系统中非常重要的一部分,主要负责把液压能量转变成机械力量,完成舵机角度的调整和位置的稳定控制任务。作动筒里面装有好几个关键组成部分,分别是缸体、活塞、活塞杆以及密封零件。液压油依靠高压油管送进作动筒以后,会推动活塞沿着缸体内壁进行滑动,这样就带动活塞杆产生直线移动。活塞杆移动的时候,依靠舵机的机械结构转化成舵片的转动效果,最终实现对位置的精确调控。在实际使用过程中,液压舵机的作动筒会遇到各种复杂的外界条件带来的干扰,比如压力突然变大或变小、负载重量忽轻忽重的情况,还有启动和停止操作次数特别多,这些因素容易导致内部零件发生磨损、密封材料逐渐老化或者出现一些故障现象。设计一套稳定可靠的工作原理并且采取有效的性能保护措施,是确保液压舵机能够长时间正常运转的根本条件,同时也为实现高精度的动作控制提供了坚实的技术保障,

同时也是进行故障分析和维修方案制定的重要理论基础。

2.2 高负荷与频繁启停的影响

高负荷和频繁启动停止对液压舵机作动筒的工作表现和稳定运行造成很大破坏。高负荷工作状态下, 液压舵机作动筒里面的机械零件和密封部件会一直承受很大的压力, 这种压力会加速磨损和老化过程, 容易导致密封出现损坏或者内部发生渗漏。频繁启动和停止操作会引起压力出现很大波动, 液压系统内部产生的脉动冲击会破坏管路连接位置和作动筒主要部件的结构强度, 增加裂缝和断裂的风险。长时间连续运转时, 热应力和冷却作用反复交替, 也会让材料的性能逐渐变差。所有这些因素加在一起, 会导致设备的使用寿命大大缩短, 并且明显增加出现故障的概率。

2.3 故障诱发因素探讨

液压舵机作动筒出现故障的原因大多与长时间高强度运转和频繁启动停止有关, 这种运转方式很容易引发内部零件疲劳破坏。如果长期承受较大的压力负荷, 就容易造成零件变形或者出现微小裂纹, 密封部件在多次受力挤压后容易出现磨损和失效现象。液压工作介质的质量发生变化、杂质颗粒不断侵入以及温度忽高忽低等外界环境因素都会严重影响作动筒的工作表现, 降低整体运行效果。液压系统中存在压力不稳定、流量忽大忽小、阀门工作不正常等问题时, 会加大故障发生的可能性, 使得设备的稳定性和工作效率明显下降。

3 故障特征采集

3.1 数据采集与预处理

为了完成液压舵机作动筒各种故障状况的准确表述, 数据采集和预处理工作必须重视全面性和高效性。在数据采集环节, 借助配置高精度传感器来监控液压系统中的压力、流量、振动、温度这些重要指标, 并且随时进行观察。传感器要固定到作动筒的关键位置上, 以便捕捉到运行时产生的不正常信号。采集设备需要采用高采样频率和宽频率范围的设计, 确保记录下的信号既完整又准确无误。

在数据预处理阶段, 针对采集到的原始信号开展去噪、滤波以及降噪方面的处理工作, 使用一种能够自主调整的自适应滤波算法来改善信号质量, 去除外界环境产生的噪音和一些不必要的干扰因素。接着, 对信号进行规范化调整和标准化调整, 确保各项指标达到一致的标准, 为提取故障特有的特征信息和识别不同类型的故障模式打下坚实的基础。经过以上一系列步骤, 成功构建出一套符合研究要求的数据集合, 明显提升后续分析工作的准确性和可信度, 同时让分类工作的效率更高、结果更加稳定可靠,

最终为深入研究液压舵机作动筒的故障问题提供了可靠的数据作为支撑依据。

3.2 信号处理技术应用

采集故障特点时, 信号处理技术起着非常重要的作用, 需要认真研究液压舵机工作时产生的振动、压力和流量这些数据, 通过仔细分析这些数据, 可以发现与故障情况有关的关键信息。使用时域、频域和时频域分析方法, 将复杂的动态信号分解成容易看懂的模式, 结合短时傅里叶变换、小波变换和经验模态分解等多种技术, 提高发现故障特点的能力。利用这些技术, 可以清楚地抓到磨损、泄漏以及系统出现异常时的信号, 整理出一套完整的特征参数集合, 帮助后期判断故障提供可靠的参考标准。这样的技术方法大大提升了诊断工作的效率, 同时为随时监控系统的运行状况打下了非常牢固的基础。

3.3 故障特性库构建

故障特征库建立依靠系统运行数据和各种故障案例的详细分析, 利用信号处理方法来发现作动筒内部磨损、密封失效以及液压系统出现的问题这些具体表现出来的故障特点。把多种不同方面的特征数值全部收集起来, 按照不同的类型把故障情况分门别类地整理归纳好, 最终形成一个包含多种常见故障种类的完整数据库, 这样就能帮助完成故障诊断工作并且改善维修的具体方案, 提供非常可靠的技术支持, 同时让设备的日常维护变得更加准确, 而且工作效率更高。

4 快速维护体系构建

4.1 在线监测系统应用

在线监测系统对于液压舵机作动筒的快速维修工作有着非常重要的作用, 能够帮助找出故障问题并且迅速采取解决办法, 提供强有力的技术支持和保障。通过在作动筒的关键位置安装各种传感器, 可以随时掌握压力大小、流速快慢、温度高低以及震动强弱等重要运行数据。高精度的数据采集仪器与多种传输方式相结合, 确保信息能够迅速传递并得到合理处理。依靠专门的状态评估模型来仔细研究收集到的监测数据, 就可以清楚发现部件是否磨损、密封件是否老化、液压油是否受到污染等问题。一旦出现异常情况就会马上发出警告通知, 这样就能大大减少发现故障所需的时间, 提高做出维修决定的速度和准确性。在线监测系统与云端平台连接起来使用, 形成了数据共享更新以及多层次故障类型全面分析的灵活维护方式。实际应用结果显示, 这种系统有效提升了液压舵机作动筒的正常工作水平, 为快速维修计划的具体实施提供了非常可靠的支持和基础保障, 同时明显减少了设备维护所需的周期和

相关费用开支。

4.2 故障模式识别与维护流程

故障模式识别与维护流程属于快速维修体系搭建过程中非常重要的一个环节,需要采用一套有条理的方法来完成故障诊断和处理之间的紧密配合。依靠一个专门存储各种故障特征的数据库,把接收到的故障信号跟已有的标准特征进行比较,利用模式识别算法仔细研究那些不正常的信号是从哪里来的以及属于哪种类型,从而很快找到出问题的具体位置。确定了故障类型之后,制定维修方案的时候要全面考虑故障本身的性质、设备当前的工作环境以及设备的整体状况,最后挑选出最合适的修理办法。为了让整个维修过程更加顺畅,维护流程的设计包含了故障检查、决策制定、具体实施修理以及确认修理效果这些步骤,把这些步骤分成几个独立的小部分来操作,这样可以明显降低修理所需要花费的时间,同时让舵机系统的运行变得更加可靠并且表现得特别稳定。不断加强故障识别和维修工作的紧密配合,尽量把修理时间压缩到最少,确保舵机系统能够一直保持很好的工作状态,满足实际使用的要求。

4.3 故障处理策略优化

故障处理策略的改进工作全面融合了实时收集到的各种监测数据以及过去积累下来的故障相关详细记录,特别注重让维修方案更加精准且高效。具体做法是使用动态调整技术,随时关注当前运行环境的具体状况,并据此不断优化维护流程,尽量减少不必要的拆卸步骤和维修操作。借助先进的智能决策算法,能够准确分配维修所需的各类资源,并且把维修任务的先后顺序安排得妥当,这样就能在保证最终维修质量的前提下,大幅缩短系统的停机时间,有效减少运维相关的各项费用支出,同时大幅提升了设备运行过程中的可靠程度和安全保障水平。

5 应用效果与推广前景

5.1 维修周期缩短与成本节约

使用研究中设计出来的快速修复方式,液压舵机里面作动筒的保养时间得到了非常明显的缩短。一体化故障诊断加上维修策略依靠实时监控来实现故障的快速识别,这样就大大减少了过去那种靠人工仔细查看和拆开机器的方式来花费的时间。依靠信号处理加上模式识别这些先进技术,故障的具体位置能够被准确定位到很小的范围,从而让整个诊断工作的速度变得更快。把优化过的修复步骤跟标准化的操作说明结合起来,可以减少处理故障时那些重复性的体力劳动以及额外使用的各种资源。实验数据清楚显示,这种修复方法能够在设备出现故障的时候很快完成修复工作并恢复正常运行,这样就能有效降低因设备停

机而给重要任务带来的不利影响。从节省维修费用这个角度来看,通过提高备件的实际使用效率和对故障的准确预测能力,可以防止出现多余的修理活动和不必要的部件替换行为,最终把维修相关的各项开支明显减少下来。从提高维护效果和节约成本这两个目标来看,这种修复方法展现出了非常突出的工程实际应用意义,同时也为类似设备的日常保养管理工作提供了切实可行并且容易落地的具体操作方案。

5.2 系统稳定性与安全保障

液压舵机作动筒的工作稳定程度和安全保障水平是评估设备可靠性的最重要标准。采用一种快速修理的方法,依靠改进故障诊断的具体步骤和修理方案的内容,成功让系统的整体表现变得更加出色。专门设计的故障特征数据库能够准确识别各种可能出现的故障类型,有效减少误判和漏判的可能性,同时利用在线监测的技术手段来跟踪设备的运行情况,确保一旦出现异常问题就能迅速采取措施加以解决,防止故障变得越来越严重。经过一系列实际操作验证,这种方法明显减少了设备因故障导致的停工次数,保证了液压系统在关键时刻能够保持平稳运作,从而帮助相关行业更好地开展工作。

5.3 工程应用推广前景

液压舵机作动筒快速维修方法的研究成果拥有广泛的应用前景,尤其适合于各种复杂的作业场景。航空、船舶以及工程机械等行业都能从中受益,使用效果非常不错。依靠提高故障诊断的速度和准确性,这种方法可以减少设备在长期使用过程中可能出现的各种不确定风险,确保重要任务的安全实施,让操作更加安心可靠。快速维修方法已经展现出了很好的工程匹配能力,完全可以成为相关行业中机械故障预防和保养的重要技术基础,未来的发展空间非常大,带来的经济收益也相当可观,值得大力推广。

6 结束语

这项研究专门针对液压舵机作动筒在承受很大负载并且经常启动停止工作时出现的故障隐患问题,仔细分析其工作原理,使用信号处理技术和特征提取方法,清楚地说明内部磨损、密封材料损坏以及液压系统压力波动等各种故障的具体表现形式,建立了一套能够代表多种常见故障特点的完整故障数据库,并且设计出一套从开始到结束都比较完整的故障诊断和修理步骤。实验结果表明,采用这种方法来判断故障非常准确,修理所需要的时间大大减少,修理花费也明显降低,整体效果相当不错,这样就能大大提高设备运行的可靠程度和安全水平,明显减少因为故障导致的机器停机时间。不过,在研究过程中还是发现

了一些不够完善的地方,比如收集到的故障案例数量还不够多,某些特殊情况下的故障判断还需要进一步改进,遇到特别复杂的运行环境时,不同类型的故障之间可能互相影响,但目前还没有完全弄清楚这种关系。另外,实时监控系统的反应速度受到一定限制,有时候会出现一些延迟情况。为了进一步提高整个系统的运行效率,可以尝试增加更多不同类型故障的数据样本,不断完善对故障本质的理解,结合人工智能和大数据技术来改进故障的判断算法,制定出更加精确的修理方案,同时还要加强不同专业领域的联合测试和实际应用验证工作,合理分配各种资源和工作任务。这项研究成果为未来的大规模工程推广应用打下了坚实的基础,同时也为今后相关领域的深入探索和持续创新提供了非常重要的参考依据。

[参考文献]

- [1]丰少伟,柴凯,朱石坚,等.基于改进 VMD 的液压系统故障特征提取[J].海军工程大学学报,2021,33(2):6-13.
- [2]宋旭,魏勤,鲁玲,等.基于 MVMD 和瞬时相位的液压管路故障特征提取方法[J].光通信技术,2021,45(10):34-39.
- [3]李志伟,曹乐.轴承故障诊断特征提取方法研究[J].智能计算机与应用,2023,13(8):209-213.
- [4]王娜,李杨,彭锐.基于多角度特征提取的舵机故障诊断方法[J].东北大学学报,自然科学版,2022,43(9):1240-1249.
- [5]赵硕.电缆局部放电信号特征提取及故障诊断方法[J].通信电源技术,2023,40(3):7-9.

作者简介:田燕宾(1988—),男,汉族,河北邯郸人,硕士研究生,从事飞机液压舵机维修。