

电液伺服阀故障与油质关系的分析

李树海

杭州邦威机电控制工程有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：本文深入探讨了电液伺服阀的工作原理及其结构特点，着重分析了油质对电液伺服阀故障产生的重大影响。通过实际案例分析，揭示了油质问题如何引发电液伺服阀的故障。针对这一问题，本文提出了一系列预防措施和建议，旨在减少因油质不佳导致的电液伺服阀故障，从而提高液压系统的稳定性和可靠性。这些措施和建议对于液压系统的维护和管理具有重要意义。

关键词：电液伺服阀；油质；故障分析；预防措施

引言：电液伺服阀作为自动控制系统核心组件，其性能对系统稳定性与可靠性至关重要。然而，电液伺服阀在实际运行中常遭遇多种故障，其中油质问题尤为突出。油质不良会直接影响电液伺服阀的工作效率和寿命，甚至导致系统瘫痪。因此，本文深入探究油质与电液伺服阀故障之间的内在联系，旨在提出有效的预防措施，以提高电液伺服阀的运行稳定性和系统整体性能。

1 电液伺服阀的工作原理及结构特点

1.1 电液伺服阀的工作原理

电液伺服阀是自动控制系统中的关键元件，负责将电气信号精确转换为液压系统的流量和压力控制。其核心工作原理基于电磁力与机械力的平衡，以及流体动力学原理。当控制系统发出电气信号时，这一信号被转换为电磁铁的磁力，作用于阀芯上。通过精确控制电磁铁的电流大小和方向，可以改变阀芯的位置和开度，从而实现了对液压系统中流量和压力的连续、精确调节。具体而言，电液伺服阀的工作原理可以分为以下几个步骤：

(1) 电气信号输入：控制系统发出的电气信号，通常是一个模拟或数字信号，代表所需的液压流量或压力值。

(2) 电磁力转换：电气信号被传递给电磁铁，电磁铁根据信号的大小和方向产生相应的磁力。这个磁力是驱动阀芯移动的主要动力。

(3) 阀芯位置调节：电磁力作用于阀芯上，与调节弹簧的弹力相平衡。通过改变电磁力的大小，可以调整阀芯的位置，从而改变节流口的大小，实现对流量的控制。

(4) 压力与流量输出：阀芯位置的改变导致节流口开度的变化，进而调节液压系统中的流量和压力。这些变化通过液压执行器（如油缸、马达等）转化为机械运动或力。

(5) 反馈与校正：为了进一步提高控制精度，电液伺服阀通常还配备有反馈机构。反馈机构可以实时监测液压系统的实际流量或压力，并与设定值进行比较。如果存在偏差，控制系统会

调整电气信号，通过电磁铁再次调节阀芯位置，直至实际值与设定值一致。

1.2 电液伺服阀的结构特点

电液伺服阀的结构设计充分考虑了其高精度、快速响应和稳定可靠的工作要求。其主要组成部分及特点如下：

(1) 阀芯与阀座：阀芯是电液伺服阀的核心部件，负责根据电磁力的大小和方向移动，从而改变节流口的开度^[1]。阀座则与阀芯配合，形成密封和节流作用。阀芯和阀座的材质通常具有高硬度和耐磨性，以确保长期使用的稳定性和精度。

(2) 电磁铁：电磁铁是电液伺服阀的驱动部件，负责将电气信号转换为磁力。电磁铁的设计通常包括线圈、铁芯和磁极等部分。线圈通电后产生磁场，磁极则通过磁力作用于阀芯上。电磁铁的响应速度和精度直接影响到电液伺服阀的动态性能。

(3) 调节弹簧：调节弹簧是电液伺服阀中的重要元件，用于提供阀芯的初始位置和复位力。通过调整弹簧的刚度和预紧力，可以改变阀芯的灵敏度和稳定性。调节弹簧的材质和工艺要求通常较高，以确保其长期使用的可靠性和精度。

(4) 流量节流器：流量节流器是电液伺服阀中用于调节流量的关键部件。它通常位于阀芯与阀座之间，通过改变节流口的开度来调节液压系统中的流量。流量节流器的设计需要考虑到流量特性、压力损失和稳定性等因素，以确保电液伺服阀具有优异的流量控制性能。

(5) 紧凑结构与高精度：电液伺服阀通常具有体积小、结构紧凑的特点，以适应现代自动控制系统中对空间利用和集成度的要求。同时电液伺服阀还具备高精度、直线性好和动态响应快等优点，能够实现对液压系统的精确控制。这些特点使得电液伺服阀在航空航天、冶金机械、船舶制造等领域得到广泛应用。

2 油质对电液伺服阀故障的影响

在液压系统中，电液伺服阀作为精密的电液转换

器,其性能与稳定性直接决定了整个系统的控制精度和可靠性。然而电液伺服阀的精密结构和工作原理也意味着它对油质有着极高的要求。油质的好坏直接关系到电液伺服阀能否正常工作,以及系统整体的稳定性和寿命。

2.1 油液污染导致的故障

油液污染是电液伺服阀故障最常见的原因之一。在液压系统中,金属屑、尘埃、水分、微生物以及其他化学杂质都可能进入油液中。这些杂质一旦进入伺服阀内部,就可能堵塞节流孔、喷嘴等关键部件,导致伺服阀动作不良或完全失效。节流孔和喷嘴是伺服阀控制流量的关键部位,一旦堵塞,就会严重影响伺服阀的流量调节能力和响应速度。此外杂质还可能磨损伺服阀的阀芯和阀座,破坏其密封性能,进一步加剧故障的发生。

2.2 油液氧化焦化导致的故障

在长期工作中,液压油会因为高温、高压以及氧气的存在而发生氧化焦化。这一过程会导致油液品质下降,产生酸性物质和沉淀物^[2]。这些酸性物质会腐蚀伺服阀的内部部件,如阀芯、阀座和电磁铁等,导致其表面粗糙度增加,密封性能下降。同时沉淀物也可能堵塞伺服阀的节流孔和喷嘴,影响流量控制。此外氧化焦化的油液还会增加伺服阀的摩擦阻力,降低其响应速度和精度。

2.3 油温变化导致的故障

油温是影响油液黏度的主要因素之一。油温升高会导致油液黏度降低,反之则黏度增加。黏度变化会直接影响伺服阀的流量和压力控制精度。因为伺服阀的设计通常基于特定的油液黏度范围,当油温变化超出这一范围时,就会导致伺服阀的流量特性偏离设计值,引起系统不稳定。此外,油温变化还可能引起伺服阀零位偏移,即在没有控制信号输入时,阀芯仍然保持一定的开度或位移,这会导致系统在没有指令的情况下产生不必要的运动或力。

2.4 油液中的水分和酸值导致的故障

油液中的水分和酸值是反映油液品质的重要指标。水分会增加油液的导电性,降低电阻率,从而加剧电化学腐蚀。伺服阀内部含有许多金属部件,如电磁铁、阀芯和阀座等,这些部件在电化学腐蚀的作用下会迅速损坏。并且水分还会促进微生物的生长和繁殖,进一步恶化油液品质。酸值的增加则意味着油液中酸性物质的增多,这些酸性物质会腐蚀伺服阀的内部部件,破坏其表面保护膜,导致部件磨损加剧。

3 电液伺服阀故障案例分析

在工业生产中,电液伺服阀作为精密的控制元件,其稳定性和可靠性对于整个系统的运行至关重要。然而

由于各种因素的影响,电液伺服阀在使用过程中可能会出现各种故障。以下是一个关于某生产玻壳的自动压机采用OILGEAR公司SC-VP系列电液伺服阀出现故障的案例,该案例充分展示了油质污染对电液伺服阀故障的影响。

3.1 案例背景

该自动压机在生产玻壳过程中,采用了OILGEAR公司的SC-VP系列电液伺服阀进行精密控制。然而,在运行一段时间后,操作人员发现压机在工作过程中出现了明显的颤抖现象,严重影响了生产效率和产品质量。

3.2 故障诊断

针对压机出现的颤抖现象,技术人员首先对伺服阀进行了详细的检查。通过观察伺服阀的动作过程,他们发现阀芯在动作过程中存在颤抖动作,这表明伺服阀的控制精度和稳定性已经受到了影响^[1]。为了进一步确定故障原因,技术人员对液压油进行了取样分析。结果发现,液压油中含有大量的金属屑,这些金属屑很可能来自于压机内部的机械磨损。这些金属屑的存在不仅会对伺服阀的节流孔、喷嘴等部件造成堵塞,还会对伺服阀的内部结构造成磨损和腐蚀。随后,技术人员拆开了伺服阀进行进一步检查。他们发现力矩马达导磁体与衔铁缝隙中堆积了大量的金属屑。这些金属屑减小了衔铁在中位时的气隙长度,破坏了力矩马达的静态特性,导致伺服阀的控制精度和稳定性下降,从而引发了压机的颤抖现象。

3.3 故障处理

在确定了故障原因后,技术人员对伺服阀进行了维修。他们更换了伺服阀的先导部分,清除了力矩马达导磁体与衔铁缝隙中的金属屑,并对液压油进行了更换和过滤处理。经过维修后的伺服阀重新安装在压机上,压机恢复了正常运行,颤抖现象得到了彻底解决。

3.4 案例启示

这一案例充分说明了油质污染对电液伺服阀故障的影响。液压油中的金属屑等杂质不仅会对伺服阀的内部结构造成磨损和腐蚀,还会破坏伺服阀的控制精度和稳定性。因此,在液压系统的使用过程中,必须严格控制油质污染,定期更换和过滤液压油,保持油液的清洁度和适宜的黏度范围。同时,还需要加强液压系统的维护和保养工作,及时发现并处理潜在的故障隐患,以确保电液伺服阀的正常工作和系统的稳定性。

4 油质导致电液伺服阀故障预防措施及建议

电液伺服阀作为精密的电液转换元件,在自动控制系统中扮演着至关重要的角色。然而油质问题一直是导致电液伺服阀故障的主要因素之一。为了有效预防因油

质问题引发的电液伺服阀故障,确保系统的稳定运行,以下提出了一系列针对性的预防措施和建议。

4.1 定期更换液压油

液压油作为电液伺服阀的“血液”,其品质优劣直接关系到伺服阀的性能发挥与使用寿命。为确保伺服阀始终处于最佳工作状态,定期更换液压油显得尤为重要。更换周期需综合考虑使用说明、工作环境及油品化验结果,以科学确定。在更换时,务必选用与系统相匹配、品质上乘的液压油,并严格把控更换过程,确保新油免受污染。此外,对于更换下来的旧油,应按照环保法规妥善处理,防止对生态环境造成不良影响。这一系列举措,旨在从源头上保障伺服阀的“健康”,提升系统整体效能。

4.2 清洗滤油器

滤油器是液压系统中的重要部件,负责过滤油液中的杂质和颗粒,保持油液的清洁度。然而,随着使用时间的增长,滤油器会逐渐堵塞,影响其过滤效果。因此,定期清洗或更换伺服阀滤油器是预防故障的重要措施^[4]。在清洗或更换滤油器时,应注意选择合适的滤材和过滤精度,以确保油液中的杂质得到有效去除。同时清洗或更换滤油器应在系统停机状态下进行,避免油液泄漏和污染。

4.3 控制油温

油温是影响液压油黏度和伺服阀性能的关键因素之一。油温过高或过低都会导致液压油黏度变化,进而影响伺服阀的流量和压力控制精度。因此,控制油温是预防故障的重要措施。在油路中加装油冷却器和加热器,可以根据系统需求调节油温,将其控制在所需范围内。同时,应定期检查冷却器和加热器的工作状态,确保其正常运行。此外,还可以通过优化系统设计和改进散热条件来降低油温波动,提高伺服阀的性能稳定性。

4.4 严格控制油质指标

油质指标是衡量液压油品质的关键标尺,对于保障电液伺服阀的稳定运行至关重要。定期且严谨地检测油液中的颗粒度、酸值、电导率及水分等指标,是预防潜在故障、保障系统效能的重要手段。(1)颗粒度过高犹如隐形杀手,悄无声息地堵塞伺服阀的节流孔与喷嘴,导致流量控制失准;(2)酸值攀升则如慢性毒药,悄然腐蚀伺服阀内部结构,缩短其使用寿命;(3)电导率异

常升高,会加速电化学腐蚀进程,对伺服阀构成直接威胁;(4)而水分超标,则削弱油液润滑性能,破坏系统稳定性,影响伺服阀性能发挥。因此务必严格把控这些油质指标,确保液压油品质始终符合系统要求。在检测过程中,应采用高精度、专业化的检测设备与方法,确保检测结果的精准无误,为液压油品质管理提供坚实的数据支撑,从而有力保障电液伺服阀乃至整个液压系统的可靠运行。

4.5 保持伺服阀清洁

伺服阀作为精密元件,其内部结构和部件对污染极为敏感。在伺服阀的装拆过程中,应保持工作环境的清洁度,避免污染物的侵入^[5]。所有与伺服阀接触的零件和工具都应在干净、相容的商用溶剂中进行清洗,以确保其表面的清洁度。在清洗过程中,应注意选择合适的清洗剂 and 清洗方法,避免对伺服阀造成损害。并且清洗后的零件应及时进行干燥和防锈处理,以防止其生锈和腐蚀。在伺服阀的安装过程中,应采用专用的安装工具和密封件,确保安装过程的清洁度和密封性。

结语

油质作为影响电液伺服阀性能的关键要素,其重要性不容忽视。通过深入研究油质与伺服阀故障的内在联系,并采取针对性的预防措施,我们能够有效降低伺服阀的故障风险,确保系统的稳定运行。在实际操作中,必须严格把控油质,保持油液清洁与品质优良,为电液伺服阀的正常工作提供有力保障,进而提升整个液压系统的可靠性和稳定性。

参考文献

- [1]谢楠.炼钢厂液压系统电液伺服阀的选用与日常维护[J].山西冶金,2022,45(6):162-163.
- [2]李跃松.射流管液反馈两级电液伺服阀的高阶状态空间模型[J].液压与气动,2023(10):91-97.
- [3]阎耀保何承鹏张鑫彬王晓露傅俊勇原佳阳.力反馈式电液伺服阀衔铁组件力学模型[J].飞控与探测,2022,5(1):1-7.
- [4]丰章俊.插装式二维电液伺服阀的动态特性研究[J].机床与液压,2022,50(19):38-44.
- [5]徐海荣,徐文辉,李钢强,等.喷嘴挡板型电液伺服阀零偏的研究及调整[J].热力透平,2023,52(3):237-240.