

航空发动机滑油泵性能稳定控制技术研究

张 涛

河南省新乡市新乡航空工业（集团）有限公司 河南 新乡 453000

摘 要：航空发动机滑油泵性能稳定控制技术研究旨在探索高效、可靠的控制策略与方法，以提升滑油泵在各种工况下的稳定性和耐久性。本研究通过深入分析滑油泵的工作原理及其与发动机性能的关联，结合先进的控制算法和仿真技术，对滑油泵的控制参数进行优化与调整。还考虑系统升级与扩展以及长期性能监测与维护的需求，为航空发动机滑油泵的性能稳定控制提供全面的解决方案。

关键词：航空发动机；滑油泵；性能稳定；控制技术

1 航空发动机滑油泵概述

航空发动机滑油泵是航空发动机润滑系统中的关键部件，它主要负责发动机轴承和传动齿轮部分的润滑油的输送与回收。滑油泵的质量和性能直接影响着发动机滑油系统的性能，因此其重要性不言而喻。滑油泵主要分为增压泵和回油泵两种，它们的作用职能完全不同。增压泵通过增压功能将高压滑油输送到各个系统，确保发动机各部件得到充分润滑，减小摩擦力和摩擦损失。而回油泵则是将流经各系统的滑油抽回滑油箱，一般回油泵的容积至少大于增压泵容积的两倍，因为回油温度高，且有泡沫，使回油滑油的容积大于供油容积。滑油泵多为齿轮泵，形式较多，包括普通滑油泵、多齿轮滑油泵等，具有结构简单、体积小、重量轻、自吸性好等优点。为了适应现代航空发动机对高压、低流量脉动、低噪声、大排量等要求，滑油泵也在不断发展和改进。在航空发动机中，滑油泵的工作压力通常较小，属于低压泵类。选择和确定滑油泵时，需要综合考虑工作压力范围、转速、流量、容积效率、自吸能力、压力脉动及造价等因素，以满足发动机重量轻、结构紧凑、安全可靠的要求。

2 航空发动机滑油泵在航空领域的重要性

航空发动机滑油泵在航空领域中扮演着至关重要的角色，是确保航空发动机稳定运行与高效性能的关键组件之一。滑油泵负责为发动机的各个关键部位提供充足的润滑油，这些部位包括轴承、齿轮以及其他需要润滑以减少摩擦和磨损的组件。通过有效润滑，滑油泵能够显著降低发动机工作时的热量和磨损，从而延长其使用寿命，提高整体运行效率^[1]。在航空飞行过程中，滑油泵的可靠性至关重要，一旦滑油泵出现故障，可能导致发动机部件因缺乏润滑而过热、磨损甚至损坏，这不仅会严重影响飞行安全，还可能导致灾难性后果。滑油泵的

设计、制造与维护都需遵循极高的标准和要求，以确保其在极端恶劣的飞行环境中仍能稳定工作。

3 航空发动机滑油泵性能分析

3.1 滑油泵工作原理

航空发动机滑油泵是发动机润滑系统中的核心部件，其工作原理基于齿轮传动的原理，通过齿轮的啮合与分离来实现润滑油的吸入与排出。在滑油泵内部，通常包含两个或多个相互啮合的齿轮，这些齿轮被安装在泵体内，并由发动机主轴或传动机匣驱动旋转。当齿轮开始旋转时，它们之间的啮合与分离导致齿轮间容积的变化。在齿轮开始啮合的位置，齿间容积逐渐减小，从而将润滑油挤出；而在齿轮脱离啮合的位置，齿间容积逐渐增大，形成负压，从而吸入新的润滑油。这一过程在齿轮的不断旋转中持续进行，实现了润滑油的连续输送与回收。滑油泵的工作原理决定了其能够高效地将润滑油输送到发动机的各个关键部位，确保这些部位得到充分的润滑与冷却。滑油泵的设计也考虑了其在极端工作环境下的稳定性与可靠性，以确保发动机在各种飞行条件下都能正常运行。

3.2 滑油泵性能评估方法

评估滑油泵的性能是确保其满足发动机需求的重要环节。通过测量滑油泵在单位时间内的润滑油输送量来评估其流量性能。这通常需要使用专门的流量测量设备，如流量计或容积法测量装置。流量测试可以直观地反映滑油泵的输送能力，是评估其性能的基础指标之一。滑油泵的工作压力是其性能评估的另一个重要方面。通过测量滑油泵出口处的润滑油压力，可以评估其压力输出能力。压力测试有助于了解滑油泵在高压工作环境下的稳定性和可靠性。滑油泵的效率是指其将输入功率转化为输出功率的能力。效率评估通常通过比较滑油泵的实际流量与设计流量之比来实现。高效的滑油泵

能够更有效地利用输入功率,降低能耗,提高发动机的整体性能。滑油泵在工作过程中产生的噪声与振动也是评估其性能的重要指标。通过测量噪声与振动水平,可以了解滑油泵的运转平稳性和对环境的影响。低噪声、低振动的滑油泵有助于提高飞机的乘坐舒适性和运行安全性。耐久性测试是评估滑油泵长期使用性能的关键环节。通过模拟发动机在各种工况下的运行条件,对滑油泵进行长时间的连续测试,可以了解其在使用过程中的磨损情况、性能下降程度以及使用寿命等。

3.3 滑油泵性能影响因素

滑油泵的性能受到多种因素的影响,滑油泵的设计与制造质量直接影响其性能。优秀的设计和高质量的制造工艺能够确保滑油泵在恶劣的工作环境下仍能保持稳定性和可靠性。例如,齿轮的啮合精度、泵体的密封性、轴承的耐磨性等都是影响滑油泵性能的关键因素。滑油泵的工作环境也是影响其性能的重要因素。例如,高温、高压、高速等极端工作环境会导致滑油泵的磨损加剧、性能下降。工作环境中的杂质、颗粒物等也会对滑油泵的性能产生负面影响。润滑油的品质对滑油泵的性能也有重要影响。优质的润滑油能够提供更好的润滑效果,减少滑油泵的磨损和故障率。同时不同品质的润滑油对滑油泵的适应性也不同,因此需要根据发动机的具体需求选择合适的润滑油^[2]。

4 航空发动机滑油泵性能稳定控制策略

4.1 控制策略设计原则

航空发动机滑油泵的性能稳定控制策略设计,首要原则是确保滑油泵在各种工况下都能保持高效、稳定的工作状态。这要求控制策略不仅要考虑滑油泵本身的性能特点,还要兼顾发动机的整体运行需求。(1) 系统性原则:将滑油泵视为发动机润滑系统的一个子系统,从系统整体的角度出发,设计控制策略。这要求在设计过程中,充分考虑滑油泵与发动机其他部件之间的相互作用和影响,确保控制策略能够协调各个部件的工作,实现系统的整体优化。(2) 实时性原则:航空发动机的工作环境复杂多变,滑油泵的性能也会受到多种因素的影响。控制策略需要具备实时性,能够迅速响应发动机工况的变化,及时调整滑油泵的工作参数,确保滑油泵的稳定性和可靠性。(3) 鲁棒性原则:由于航空发动机滑油泵的工作环境恶劣,控制策略需要具备较强的鲁棒性,能够应对各种不确定性因素,如温度波动、压力变化、润滑油品质差异等,确保滑油泵在各种工况下都能保持稳定的性能。(4) 经济性原则:在满足性能要求的前提下,控制策略的设计还需要考虑经济性。通过优化

控制策略,降低滑油泵的能耗和故障率,延长其使用寿命,从而降低发动机的维护成本和使用成本。

4.2 先进控制算法应用

为了实现对航空发动机滑油泵性能的稳定控制,需要采用先进的控制算法。模糊控制是一种基于模糊集合理论的智能控制方法,它不需要建立精确的数学模型,而是通过模糊规则和模糊推理来实现对系统的控制。在滑油泵控制中,模糊控制可以根据滑油泵的工作状态和发动机的需求,自动调整控制参数,实现对滑油泵性能的精确控制。PID控制是一种经典的反馈控制方法,它通过调整比例、积分和微分三个控制参数,实现对系统输出的精确控制。在滑油泵控制中,PID控制可以根据滑油泵的流量、压力等参数,实时调整控制策略,确保滑油泵的稳定性和可靠性。自适应控制是一种能够根据系统状态和环境变化自动调整控制参数的控制方法。在滑油泵控制中,自适应控制可以根据滑油泵的工况变化和发动机的需求,自动调整控制策略,实现对滑油泵性能的动态优化。神经网络控制是一种基于人工神经网络的智能控制方法,它通过学习系统的输入输出关系,实现对系统的精确控制。在滑油泵控制中,神经网络控制可以根据滑油泵的工作状态和发动机的需求,自动调整控制参数,实现对滑油泵性能的智能化控制。

4.3 综合控制策略设计

为了实现航空发动机滑油泵性能的稳定控制,需要设计一种综合控制策略。这种策略应该结合上述先进控制算法的优点,充分考虑滑油泵的工作特点和发动机的需求,实现对滑油泵性能的全面优化。综合控制策略的设计可以包括以下几个步骤:首先,需要对航空发动机滑油泵进行建模,包括其工作原理、性能特点以及与其他部件的相互作用等。这有助于了解滑油泵的性能特点和影响因素,为后续的控制策略设计提供基础。根据滑油泵的工作特点和发动机的需求,选择合适的控制算法。例如,对于需要快速响应的工况,可以选择模糊控制或自适应控制;对于需要精确控制的工况,可以选择PID控制或神经网络控制。在确定控制算法后,需要对控制参数进行优化。这可以通过仿真试验或实际测试来实现,确保控制策略能够实现对滑油泵性能的精确控制^[3]。最后,需要对综合控制策略进行验证。这可以通过实际测试或仿真试验来实现,验证控制策略的有效性和稳定性。同时还需要对控制策略进行持续改进和优化,以适应发动机工况的变化和滑油泵性能的提升。

5 滑油泵性能稳定控制技术的优化与改进

5.1 参数优化与调整

滑油泵性能稳定控制技术的优化与改进,首先聚焦于参数优化与调整。参数优化是指对滑油泵控制系统中的关键参数进行精细调整,以达到最佳的控制效果。这些参数包括但不限于滑油泵的转速、压力设定值、流量调节系数等。在参数优化过程中,首先需要深入理解滑油泵的工作原理及其与发动机整体性能的关联。通过理论分析和实际测试,确定影响滑油泵性能的关键因素,如齿轮间隙、轴承摩擦、润滑油粘度等。随后,运用先进的控制算法和仿真技术,对这些参数进行模拟和优化,以找到最优的参数组合。参数调整则需要根据发动机的实际运行状况进行,在实际操作中,可以通过监测滑油泵的出口压力、流量和温度等参数,以及发动机的转速、负荷和温度等状态,来实时调整滑油泵的控制参数。这种动态调整能够确保滑油泵在各种工况下都能保持稳定的性能,同时提高发动机的整体效率。参数优化与调整还需要考虑滑油泵的寿命和可靠性,通过合理的参数设置,可以减少滑油泵的磨损和故障率,延长其使用寿命。优化后的参数还能提高滑油泵对发动机工况变化的适应能力,确保其在极端条件下仍能保持稳定的工作状态。

5.2 系统升级与扩展

系统升级与扩展是滑油泵性能稳定控制技术优化与改进的另一个重要方面。随着航空发动机技术的不断进步和发动机性能要求的不断提高,滑油泵控制系统也需要进行相应的升级和扩展。系统升级主要包括硬件和软件两个层面。硬件升级包括更换更高性能的传感器和执行器,提高数据采集和处理的精度和速度。软件升级则包括更新控制算法、优化用户界面和增加新功能等。通过硬件和软件的升级,可以显著提升滑油泵控制系统的性能和可靠性^[4]。系统扩展则是指将滑油泵控制系统与其他发动机控制系统进行集成和协同工作。这种集成和协同工作不仅可以提高发动机的效率和可靠性,还可以降低控制系统的复杂性和成本。在系统升级与扩展过程中,需要充分考虑系统的兼容性和可扩展性。确保新系统能够与现有系统无缝对接,同时为新功能的添加和系统的进一步扩展预留足够的空间。

5.3 长期性能监测与维护

长期性能监测与维护是确保滑油泵性能稳定控制技

术持续优化与改进的关键环节。通过对滑油泵进行长期的性能监测和维护,可以及时发现并解决潜在的问题,确保其在整个使用寿命期间都能保持稳定的性能。性能监测主要包括对滑油泵的出口压力、流量、温度等关键参数的实时监测和记录。通过定期分析这些参数的变化趋势和异常情况,可以及时发现滑油泵的性能下降或故障迹象。一旦发现异常情况,应立即采取措施进行排查和修复,以避免问题进一步扩大。维护则包括定期对滑油泵进行清洗、检查和更换磨损部件等工作。通过定期维护,可以保持滑油泵的清洁和良好运行状态,延长其使用寿命。维护过程中还可以对滑油泵的性能进行评估和测试,以验证其是否满足设计要求和使用标准。在长期性能监测与维护过程中,需要建立完善的监测和维护体系。这包括制定详细的监测计划和维护标准,培训专业的技术人员进行监测和维护工作,以及建立相应的数据管理和分析系统。通过这些措施,可以确保滑油泵的性能稳定控制技术得到持续优化和改进,为发动机的高效运行和飞行安全提供有力保障。

结束语

综上所述,航空发动机滑油泵性能稳定控制技术的研究对于提升发动机的整体性能和可靠性具有重要意义。通过本研究,深入了解了滑油泵的工作特性和性能需求,提出了有效的控制策略和方法。未来,将继续探索更加先进的控制技术和方法,以进一步提高滑油泵的性能稳定性和可靠性,为航空发动机的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]唐树群.数控技术的进展及我国数控技术发展现状[J].科技视界,2020(2):214-215.
- [2]李琳,陈宏鑫.数控技术研究现状及发展趋势[J].科技创业月刊,2020(9):85-86.
- [3]袁雪,张岩松,邱大明,陈中刚.航空发动机转子轴向力动态特征测试技术[J].航空动力学报,2021,36(09):1804-1810.
- [4]钟亚飞,马宏伟,李金原,郭君德.航空发动机进气总压畸变地面试验测试技术进展[J].航空发动机,2020,46(06):62-77.