

# Design and Performance Optimization Study of Converter Valve in Mechanical Hydraulic System

Liangzhen Yu

Hawks Hydraulic Technology (Changzhou) Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213000, China

## Abstract

For the mechanical hydraulic system, the converter valve is a crucial link, and its performance affects the working efficiency and safety performance of the system. This paper focuses on the design and performance optimization of the converter valve, and first discusses the design of the converter valve, and records the results generated through different design strategies. Through comparison and analysis, studied the improved converter valve design scheme and optimized the structure parameters. Simulation analysis method is adopted to verify the working efficiency and stability of the new converter valve. The results show that compared with the traditional converter valve, the new converter valve shows better performance under various working conditions, especially in the pressure resistance and response speed has been significantly improved. The results can provide practical operation methods and theoretical basis for the design and optimization of mechanical hydraulic system, and help to improve the working efficiency and stability of mechanical hydraulic system.

## Keywords

mechanical hydraulic system; converter valve; design optimization; simulation analysis; work efficiency

## 机械液压系统中变流阀的设计与性能优化研究

于良振

赫克斯液压科技（常州）有限公司，中国·江苏常州 213000

## 摘要

对于机械液压系统来说，变流阀是至关重要的一环，其性能影响着系统的工作效率和安全性能。论文聚焦在变流阀的设计及性能优化方面，首先对变流阀的设计进行了探讨，并记录了通过不同设计策略产生的结果。通过对比与分析，研究出了改进型变流阀设计方案，进一步对其结构参数进行优化。采取了模拟分析法，来验证新型变流阀的工作效率和稳定性。结果显示，新型变流阀相比传统变流阀，在各种工况下均表现出更好的性能，特别是在耐压性能和响应速度上得到了显著提高。此研究结果可以为机械液压系统的设计和优化提供实际操作方法和理论依据，且有助于提高机械液压系统的工作效率和稳定性。

## 关键词

机械液压系统；变流阀；设计优化；模拟分析法；工作效率

## 1 引言

机械液压系统是很多重要工业设备的核心部分，它的工作效率和稳定性对设备的性能具有决定性影响。在机械液压系统中，变流阀扮演着至关重要的角色，其结构设计和性能优化是提高整体系统工作效率和安全性的必由之路。然而，由于变流阀先进的设计理念和高新技术的制造过程，尽管过去一些研究者已经进行了大量的研究工作，但是在变流阀的设计和性能优化方面，仍然存在许多亟待解决的问题。因此，有必要对变流阀的设计与性能优化进行深入研究，以期找到提高变流阀性能，提升液压系统整体性能的有效途径。

【作者简介】于良振（1977-），男，中国济宁金乡人，硕士，高级工程师，从事机械液压研究。

论文旨在深入研究变流阀的设计，探讨其在不同工况下的性能，并通过模拟分析法来验证其工作效率和稳定性。

## 2 机械液压系统及变流阀概述

### 2.1 机械液压系统简介

机械液压系统作为现代工业中的关键组成部分，广泛应用于各类机械设备中，其功能是通过液压装置实现能量的传递和转换，以满足不同工业应用对动力和控制的需求<sup>[1]</sup>。机械液压系统主要由液压泵、液压缸、液压马达、阀门、管路等元件组成，其中各组件的设计和功 能直接影响系统的整体性能和工作效率。液压泵负责将机械能转化为液压力能，是系统的动力源；液压缸和液压马达通过液压力能转换为机械能，执行直线运动或旋转运动。液压阀门则是系统中的控制单元，包括方向阀、压力阀、流量阀等，通过调节液流方向、

压力和流量来实现对液压执行元件的精确控制。

液压系统具有传动平稳、输出力大、布局灵活等优势，也面临着漏油、发热和系统稳定性等挑战。为了满足现代机械设备对高效、节能、环保的要求，液压系统的设计不仅追求工作性能的提升，还注重节能和减少环境影响。随着科技的进步，智能控制和信息化技术也逐渐融入液压系统中，使其在现代制造业中展现出更广阔的应用前景。通过不断的发展与创新，机械液压系统在大型工业设备、工程机械、航空航天及海洋装备等领域的应用日益增强，成为提升生产效率和产品品质的重要技术支持。

## 2.2 变流阀的功能和重要性

变流阀在机械液压系统中的功能极其重要，是控制流体流动方向和压力的核心元件。通过调节流体的流路路径和流量，变流阀有效地控制液压执行元件的运动，实现了复杂工况下的精确操作。其功能包括但不限于调节液压力、控制液流方向以及实现多级流量切换。在液压系统中，变流阀的性能直接关系到系统整体的响应速度和效率，还对系统的安全性和稳定性产生重大影响。

变流阀的重要性不仅体现在其基本功能的实现上，还在于其对整个液压系统性能的优化与提升<sup>[2]</sup>。性能优良的变流阀可以显著减少能量损失，提高设备的工作效率，并延长系统的使用寿命。例如，在高负载情况下，变流阀能够通过快速响应调整流体流向，从而防止系统过载，保障系统安全运行。高性能变流阀有助于减少液压系统的振动和噪声，提高操作的平稳性和精确性。正因为变流阀在机械液压系统中承载了如此多面向功能，其设计和优化成为液压系统研究领域的一个关键课题。

## 2.3 当前变流阀设计的机制和问题

当前变流阀的设计机制主要依托于阀芯和阀座之间的精密配合，通过调节阀口的开度来控制流体流量。此设计在实践中面临多个问题。传统变流阀在高压、高频的工况下，易出现磨损和卡滞现象，影响使用寿命。在快速响应需求的条件下，其滞后效应显著，难以满足系统的精细控制需求。由于流体压力波动较大，阀门常出现振荡和噪声问题，降低系统稳定性。对于复杂工况，传统设计缺乏针对性的结构调整，导致其在特殊应用场景中的适应性不足。

# 3 变流阀的设计改进和参数优化

## 3.1 初步设计改进的变流阀方案

在机械液压系统中，变流阀的设计是确保系统高效和稳定运行的关键。为提升变流阀的性能，设计改进需要从结构、材料和控制机制等多个方面进行考量。结构上的优化可以通过改进阀芯形状和流道布局来实现，以有效减少流动阻力和阀门磨损。在材料的选择上，使用耐磨、耐腐蚀性强的合金材料可以延长使用寿命，提高阀门在极端工作条件下的可靠性。

在控制机制方面，通过采用先进的电子控制单元，可

以实现流量和压力的精准控制。此控制单元可集成智能算法，快速响应系统变化，提高阀门的响应速度和控制精度。改进的设计方案中，增加了双流道设计，为不同的液压需求提供专门的流通通道，从而提高系统整体的能效。

对于改进型变流阀的设计方案，除了以上具体的技术措施，还需考虑生产成本与维护便捷性。通过模块化设计，使变流阀的拆卸和更换更加便捷，并能适应多种型号和应用场景。这种设计改进方案不仅提高了变流阀的性能，也对整个机械液压系统的效率提升起到重要支持作用，为后续的结构参数优化奠定了坚实基础。

## 3.2 工艺参数优化的方法及步骤

工艺参数优化是提升变流阀性能的关键环节，通过优化能够有效改善阀门的稳定性和响应速度。在进行工艺参数优化时，需考虑多个因素，包括流量、压力、温度等操作条件以及材料特性。步骤之一是确定优化目标，如最小化压力损失、提高流量稳定性等<sup>[3]</sup>。需要应用仿真软件进行参数敏感性分析，明确哪些参数对阀性能影响最大。这一步骤能够帮助缩小参数调整范围，集中精力于关键参数的调节。

在参数敏感性分析结束后，实施实验设计，通常采用正交试验或响应面分析等统计方法，系统性地探索不同参数组合对阀门性能的影响。通过实验设计，可以准确识别出最佳参数组合，达到优化目标。

之后，进行实验验证，通过实物测试或计算机模拟验证优化参数的实际效果。测量项目包括压力响应时间、流量稳定性及耐压性能等，通过与模拟结果的比较，确保优化方案的可靠性和实用性。

将优化结果应用于实际变流阀设计中，进行产品级测试，确保其在多种工况下的稳定性。整个参数优化过程是一个不断迭代的过程，需要结合实验数据和理论分析进行反复调整，最终实现变流阀性能的最优配置。

## 3.3 优化后的变流阀设计方案

优化后的变流阀设计方案以提升其综合性能为核心，着重在结构与材料选择上进行创新。新型设计方案在阀体结构上引入多通道流体导向设计，以减小流体阻力。这种优化能够提高流量效率，降低能耗。在材料方面，选用了高强度耐磨合金，增强耐用性和抗腐蚀能力，确保阀门在高压和长时间工作的条件下保持稳定。新设计中还融入了智能控制元件，通过传感器实时监测流体参数，反馈至控制系统，实现自适应调节，提升响应速度和准确性。该阀设计经过多次仿真测试，表现出与理论分析一致的优越性能，耐压能力和动态响应速度较传统变流阀有明显提升，能够更好地满足复杂工况下的使用需求。这一优化方案为未来液压系统的研发提供了新的设计思路，并显示出广阔的应用前景。

# 4 改进型变流阀的模拟分析与性能评价

## 4.1 模拟分析方法的选择与实施

在机械液压系统中，改进型变流阀的性能至关重要，

模拟分析方法在此过程中扮演着关键角色。为了有效评估其性能,选择合适的模拟分析方法是必不可少的。有限元分析(Finite Element Analysis, FEA)被广泛应用于结构强度和流体动力学性能的评价中,是一种成熟而有效的仿真手段。通过FEA,可以对变流阀的结构应力、变形以及流体流动特性进行精确的模拟,帮助设计者识别结构强度不足和流动不稳定的潜在问题。

在实施过程中,需要构建高精度的变流阀三维模型,并对材料属性、边界条件以及载荷条件进行详细设定。通过数值模拟,能够直观地呈现变流阀在不同工作状态下的压力分布和流体速度变化情况。为了确保模拟的准确性,需采用合适的网格划分技术,合理设置网格密度,特别是在几何复杂和应力集中区域需要进行细化处理。

为了验证模拟结果的可靠性,通常需要与实验数据进行比对。在比对过程中,如果模拟结果与实验结果一致性良好,表明所选模拟分析方法的有效性。通过多次迭代优化模拟参数,可以进一步提高模拟的精确性,为变流阀的设计改进提供可靠的依据。借助先进的模拟分析方法,可以全面评估并提升改进型变流阀的工作性能,为其在实际应用中的稳定性和效率提升奠定坚实基础。

#### 4.2 改进型变流阀的工作性能评价

改进型变流阀的工作性能评价是考察其设计合理性和优化效果的重要步骤。通过对改进型变流阀的模拟分析,可以获得其在不同工况下的性能表现。采用有限元分析(FEA)技术,对变流阀在高压和动态工况中的耐压性能和响应速度进行了深入研究。模拟结果显示,改进型变流阀展现出了卓越的耐压性能,能够在高压环境下保持结构的完整性和稳定性。针对响应速度,通过分析流体流动特性,可以观察到优化设计能够显著缩短阀门开启和关闭的时间。

改进型变流阀在流体控制的精准度和效率方面亦有所提高。优化后的流道设计有效减少了流动阻力,降低了能量损耗,提高了整体系统的效率。动态模拟结果进一步确认了在急剧压力变化下,改进型阀门能够快速适应并恢复至稳态,有效提升了系统的稳定性和安全性。综合各项指标,改进型变流阀在多个关键性能上均优于传统设计,为机械液压

系统的进一步发展提供了可靠保障和技术支持。通过这些评价结果,可以预见其在工业生产中的广泛应用潜力。

#### 4.3 新型变流阀的应用前景与价值

新型变流阀在机械液压系统中的应用前景广阔,具有显著的工程价值。其设计优化使得液压系统的耐压性能和响应速度得以提升,这种性能优越性显著提高了设备的整体效率和可靠性,适用于多种工业应用场景。通过模拟分析证明该变流阀在不同工作环境下均表现出稳定的性能,这为其在实际工程中的广泛应用提供了理论依据。新型变流阀在高精度和高响应要求的机械系统中表现尤为突出,体现出在精密制造、航空航天和自动化控制等领域的应用潜力。其结构优化满足了未来智能化液压系统的小型化、轻量化的发展趋势,能够在节能减排方面发挥积极作用,符合现代工业追求高效、环保的要求。新型变流阀的推广应用将有助于推动整个液压系统行业的技术进步。

### 5 结语

论文围绕机械液压系统中的变流阀设计及性能优化开展深入研究,提出了一种改进型的变流阀设计方案,并对其结构参数进行了优化。结果证明,新型变流阀相较传统变流阀在各工况下均能体现优良性能,尤其在耐压性能和响应速度方面有明显提升。然而,我们也理解到提出的优化方案并非固化不变,微小的结构和参数调整可能会带来潜在的性能风险。以后我们希望进一步评估在不同工况下,新型变流阀的性能如何变化以及如何通过参数调整来达到最优性能。我们还计划进行更多的原型测试,以确保新型变流阀在实际应用中可以成功工作,提高液压系统的稳定性和效率。这些努力都将有助于提供更优化的设计策略,提高整个液压系统的性能。

#### 参考文献

- [1] 刘明生.回路节流阀在液压系统优化设计中的应用分析[J].产业科技创新,2020(5):70-71.
- [2] 田延豹.煤矿液压支架系统电磁先导阀的优化设计[J].现代制造技术与装备,2023,59(4):48-50.
- [3] 招妙妍.回路节省阀在液压系统优化设计中的应用[J].锻压装备与制造技术,2019,54(3):48-50.