

课题 9：液压缸密封件仿真分析研究及应用

密封系统是液压执行机构中最重要的部件之一，主要用于确保功能的可靠性和防止油液泄漏，密封件性能的好坏直接影响液压执行机构乃至其应用主机的性能，密封失效会导致液压执行机构发生故障，造成重大的事故。因此了解液压缸不同工况下，压力、速度、温度变化以及油液污染度等参数对密封性能的影响，通过优化密封结构、材料、排布型式及压缩率等提高液压缸的密封性能具有重要意义。

随着用户对产品性能要求越来越高，利用密封件仿真分析技术提前准确预测和优化多密封件组合至关重要。当前由于缺乏精确的密封系统动态仿真手段，无法掌握实际复杂工况下的密封件性能表现，包括泄漏量、磨损情况及使用寿命等关键指标。本课题旨在攻克液压缸密封系统精确仿真技术瓶颈，建立高度符合实际工况的密封性能预测模型，充分考虑各种内外部因素如温度变化、压力波动、介质污染、材料老化、装配公差等因素对密封性能的影响，以解决液压缸密封设计与实际运行效果间的显著差距，提高液压缸的密封性能，保证主机的安全性和可靠性，推动行业向更高效、更环保、更安全的方向发展。

研究内容：

1、密封结构建模与仿真方法开发。构建密封组件的三维精细化模型，开发适用于多种工况的密封接触力学仿真方法，真实反映密封件与活塞杆之间的动态摩擦、磨损及变形过程。

2、多物理场耦合仿真。进行多物理场耦合仿真，深入研究压力、速度、温度变化以及油液污染度等参数对密封性能的影响规律。制定

多物理场的试验方案并进行试验验证。

3、密封失效机理分析。通过仿真揭示不同工况下密封失效的主要因子（如过度磨损（压缩量）、热老化等），分析各因子的影响程度。制定密封失效的试验方案，并进行试验验证。

4、结构优化设计。通过仿真手段优化密封结构、材料、排布型式及压缩率等，提高密封性能，为液压缸产品的开发与应用提供理论依据和数据支撑。

项目目标：

- 1、建立液压缸密封系统多物理场耦合仿真方法。
- 2、通过试验验证修正仿真模型，使仿真结果与试验验证的吻合度超过 90%。
- 3、揭示不同工况下密封失效因子影响率。
- 4、借助仿真优化，显著降低起重机垂直液压缸的泄漏率，提升密封性能。
- 5、发表正确署名的论文至少 3 篇，其中 SCI、EI 论文至少 1 篇，申报发明专利至少 2 项。

技术指标：

技术指标名称	技术指标值
摩擦力、泄漏量仿真预测精度	≥90%
优化后综合密封性能指标	提升 20%