

6500米深海高压下滴水不漏？国产新型水液压旋转比例阀做到了！

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41158.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

6500米深海高压下滴水不漏？国产新型水液压旋转比例阀做到了！。深海资源开发是海洋强国建设的核心方向，水下机械手作为深海作业核心装备，广泛应用于矿产勘探、生态监测等领域。传统机械手液压系统以矿物油为工作介质，不仅泄漏易污染海洋生态，还存在难以自然降解等问题。同时，深海装备核心液压元件长期依赖进口，水液压比例阀更是高端制造领域的卡脖子技术，制约我国深海装备自主化发展，亟需研发适配深海、绿色高效的核心阀件。

近日，华中科技大学刘银水、吴德发教授团队在期刊Frontiers of Mechanical Engineering（已于2026年更名为ENGINEERING Mechanical Engineering）发表了题为Numerical analysis and experimental verification of a novel water hydraulic rotary proportional valve for an environment-friendly manipulator的研究论文。研究团队研制了一款面向环保机械手、采用四通三位原理与平面密封方式的新型水液压旋转比例阀，在深海机械手领域具备优异的应用前景。

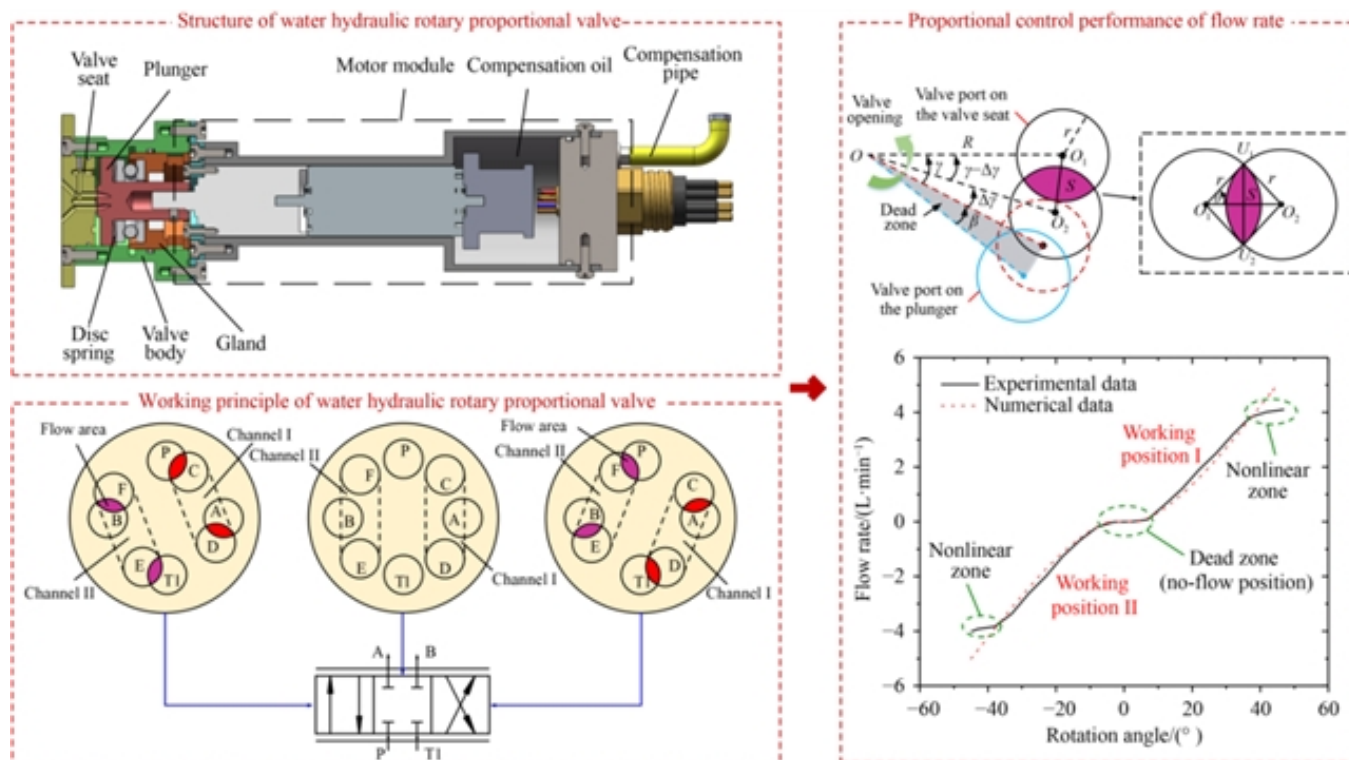


图1.研究内容示意图

深海极端环境给水液压阀研发带来三重核心难题：一是水介质黏度低、润滑性差，传统滑阀结构泄漏严重，难以实现可靠密封；二是6500米深海超高压易导致阀件结构变形，引发间隙泄漏、性能衰减；三是水介质腐蚀性强、含悬浮物，阀件需兼顾耐腐蚀、抗污染与高精度控制，现有锥阀、普通旋转阀无法平衡轻量化、密封性与动态性能，尚无成熟可用的深海专用水液压比例阀。

该研究团队聚焦上述痛点，研制出四通三位水液压旋转比例阀，实现关键技术突破。结构上创新采用平面密封+碟簧预紧设计，柱塞采用碳纤维增强聚醚醚酮（PEEK）材质、阀座用316L不锈钢，兼顾密封与耐磨；配置压力补偿结构，可自动抵消深海高压变形，实现零泄漏，死区控制在10%左右。性能上，数值仿真与实验结果高度吻合，输入信号幅值为全行程的5%时，带宽达30Hz；幅值为全行程的100%时，带宽为6Hz。在6500米水深的深海模拟环境中，该阀能精准控制机械手肘关节的摆动缸系统，转角误差仅为 $\pm 0.1^\circ$ ，解决了深海高压下控制精度不足、泄漏严重的核心难题，填补了国内深海专用水液压比例阀的空白。

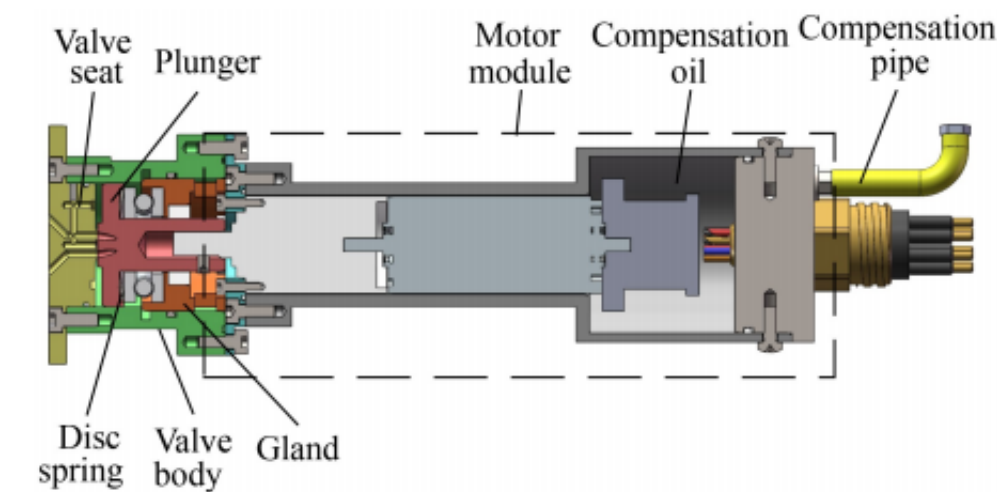


图2.水液压旋转比例阀结构示意图

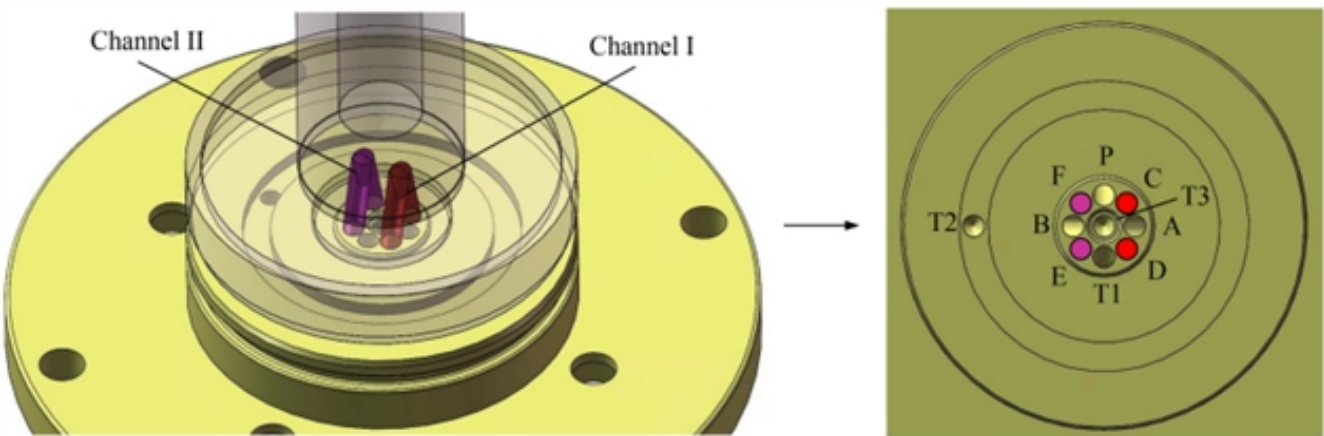


图3.旋转比例阀工作原理示意图

该成果兼具生态价值、产业价值与战略价值。生态层面，以海水为工作介质，彻底杜绝矿物油泄

漏污染，契合碳中和绿色发展要求，助力海洋生态保护；产业层面，突破水液压比例阀卡脖子瓶颈，摆脱进口依赖，推动我国深海液压装备国产化，支撑高端制造产业链自主可控；应用层面，阀件适配6500米全深海工况，为深海机械手、水下作业平台提供核心控制元件，支撑深海资源高效开发；技术层面，平面密封、高压自补偿等创新设计，为水液压技术在深海、极地等极端环境的应用提供范式，推动我国水液压装备从跟跑到并跑、领跑，助力海洋强国与高端制造强国建设。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fme/EN/10.1007/s11465-025-0820-z>

作者：刘银水等 来源：《工程·机械工程》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发