
微重力深低温工质冷凝传热研究获进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23918.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！

微重力深低温工质冷凝传热研究获进展。

航天事业特别是载人航天和深空探测的迅猛发展，对空间热传输技术在功率、热流密度和传输距离等方面提出了更为严苛的需求，基于气液相变潜热释放的多相热流体系统因高效传热性能成为广受重视的空间先进热传输技术发展的主要方向。不同重力环境凝结导致的气液两相流动特征与传热性能，是多相热流体系统空间应用中的关键问题之一，决定着系统的热传输能力与系统稳定性。当工作介质为深低温工质时，较低的表面张力会导致气液界面不稳定性增强，这一趋势叠加上重力差异引起的气液界面分布形态变化，将进一步强化深低温工质管内冷凝流动与换热特性的天地差异。详细分析不同重力下深低温工质流动冷凝过程中气液界面行为及其对换热性能的影响，对空间两相系统应用特别是其中关键部组件之一——冷凝器的设计与优化，具有极为重要的实用价值。

近日，力学所微重力重点实验室赵建福研究员团队在35K温区氦工质管内冷凝流动传热特性及重力水平影响方面取得进展。团队构建了深低温工质管内冷凝流动与换热数值模型，通过和上海交通大学王文教授团队地面常重力氦工质冷凝换热实验数据及氮工质冷凝流型观测结果的比较，充分验证了该数值模型的可靠性。利用验证后的数值模型，系统仿真分析了不同管径、质量通量以及重力水平对氦工质冷凝流动过程中气液分布形态及换热特性的影响，揭示了深低温工质冷凝传热过程在不同重力条件下传热强化、传热恶化和重力无关三种状态的形成机理，认为流动中惯性力、重力和表面张力间的竞争决定的局部液膜分布形态。其中，重力对水平管道截面上部液膜有着明显的减薄效应，同时也导致冷凝液在底部汇聚形成所谓的液池。薄液膜热阻小，传热效率高；而液池的大厚度导致热阻显著增大，传热效率低。重力引起的水平管道截面上部液膜厚度减小与薄液膜周向占比降低将同时存在，其综合效应依赖具体的流动状态，进而视具体情形的不同呈现出传热强化、传热恶化或重力无关三种不同表现。对于深低温工质而言，表面张力往往较低，当重力减小时，冷凝界面更容易发生流动失稳，引起气液界面波动，甚至导致液膜破裂产生液滴夹带现象。气液界面波动会增大换热面积，液滴夹带则会降低附壁液膜厚度，均能强化冷凝传热效果。

相关研究成果已发表在Applied Thermal Engineering(2023, 233: 121162)和《工程热物理学报》(2023, 44(3): 684-689)，第一作者为力学所博士生何发龙，力学所杜王芳副研究员、赵建福研究员和中国空间技术研究院北京空间飞行器总体设计部苗建印研究员为共同通讯作者。部分成果曾由何发龙在首届多相传输及能源转化利用国际会议(MTCUE-2022)进行过交流，并获得最佳论文奖。

相关工作得到了国家自然科学基金面上项目(11972040)和国家重点研发计划项目(2022YFF0503502)等的资助。(来源：中国科学院力学研究所)

图1 深低温工质冷凝传热数值模型验证结果

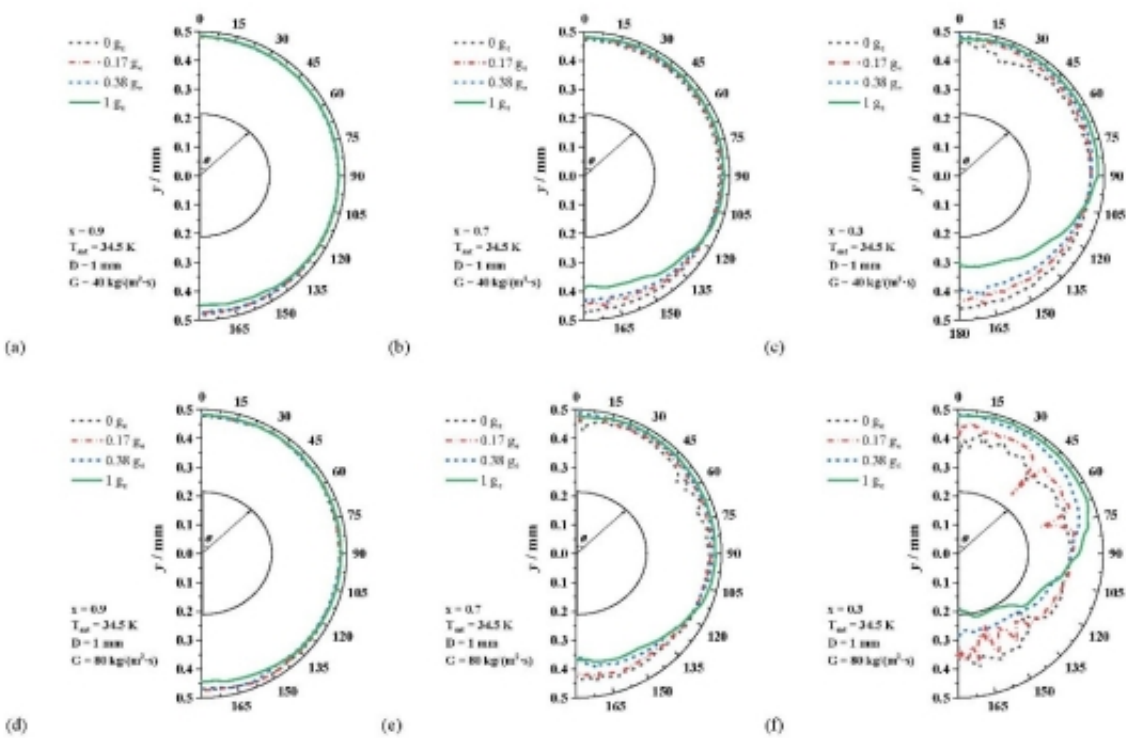


图2 重力水平对不同干度氟工质截面气液分布形态的影响

图3 不同质量流量下重力水平对氟工质流动冷凝换热系数影响

图4 1mm和2mm水平管内不同干度位置截面气液分布形态 (a) $x=0.9$; (b) $x=0.7$; (c) $x=0.5$; (d) $x=0.3$

作者：何发龙等 来源：《工程热物理学报》

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