

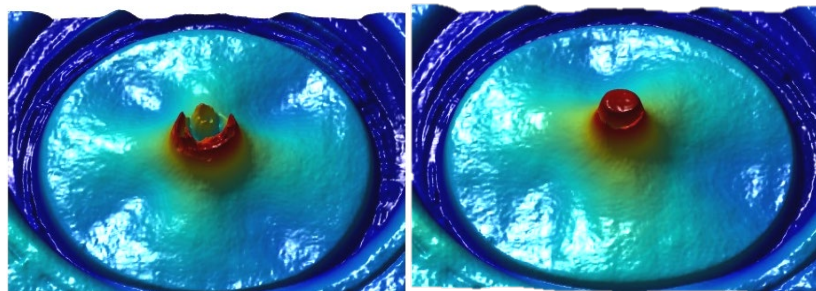
“实践十号”环形液池热毛细对流表面波的空间实验研究¹⁾

吴笛²⁾，段俐，康琦²⁾

(中国科学院力学研究所，北京，100190)

(中国科学院大学工程科学学院，北京，100049)

摘要：热毛细对流不稳定性是微重力流体物理研究的关键科学问题。环形液池热毛细对流表面波空间实验研究项目是 SJ-10 返回式科学实验卫星十九项科学实验项目之一。研究环形液池热毛细对流不仅有助于认识提拉法晶体生长流场结构、提高晶体质量，并且对理解毛细流动体系的非线性特征、流动稳定性以及分岔转捩等物理问题具有重要意义。本项目利用空间微重力环境，建立不同体积比（即不同弯液面构型）的环形液池模型，研究体积比效应对热毛细对流失稳条件和失稳模式的影响。实验采用了多种流动测试方法对热毛细不稳定进行流场诊断：通过高灵敏度的热电偶测温方法测量流体内部多点温度，通过红外热像仪测量流体表面温度分布，通过高精度位移传感器测量流体表面某一点形变。对实验数据进行频谱分析、时间演化分析和三维图像分析，获得热毛细不稳定的振荡频率、周向波数和波动特征。根据表面形貌特征，分为 1 区 ($V_r < 0.77$)、2 区 ($0.77 < V_r < 1$) 和 3 区 ($V_r > 1$)，这些区域具有不同的波动模式。在区域 2 中，在存在波数 $m=3$ 和 $m=4$ 竞争，转捩现象丰富。在临界条件下，我们观察到由驻波起振向行波转换过程和 $m=4$ 驻波向 $m=3$ 转换竞争过程。在超临界条件下，流动不稳定则导致出现行波向驻波转捩和 Benjamin-Feir 不稳定现象。这两种超临界转捩都对应准周期振荡，从而可以将一维的准周期道路和二维斑图演化联系起来。



(a) 周向波数 $m=4$ (b) 周向波数 $m=4$

图 1 环形液池空间实验表面温度分布三维显示

关键词：热毛细对流；微重力流体物理；实践十号空间实验；流动不稳定；流动转捩

1) 资助项目（空间科学先导专项实践十号返回式科学实验卫星项目（XDA04020405，XDA04020202-05），自然科学基金项目（U1738116））