

激光诱导空化导致的二维圆柱液滴不稳定性分析¹⁾

宋广毅^{*,+}, 王静竹^{*,+2)}, 王一伟^{*,+,#}

^{*} (中国科学院力学研究所流固耦合系统力学重点实验室, 北京 100190)

⁺ (中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)

[#] (中国科学院大学未来技术学院, 北京 100049)

摘要: 当液滴中心受到脉冲激光激励时会产生空化现象, 空化气泡会导致液滴内部体积振荡并使液滴表面发生不稳定, 即液滴的 Rayleigh-Taylor(R-T) 不稳定问题, 对液滴不稳定性的研究有助于理解液滴的动力学性质。目前, 对于受径向激励的球形液滴的不稳定性分析有着更为简洁的理论结果, 但球形液滴在实验中很难测量表面扰动情况, 而采用圆柱液滴则更有利于进行实验和观察现象。本文基于线性小扰动理论, 采用 Floquet 理论对受到轴向脉冲激光激励的圆柱液滴界面不稳定性进行研究, 得到了径向振动液滴表面波的增长率与表面波模数以及液滴物理参数之间的色散关系。通过求解随维数增加而低阶收敛的关于表面变形模态的特征值问题, 得到圆柱液滴在轴向脉冲激励下的中性稳定曲线。通过对实验中得到的液滴表面位移曲线进行分析得到最主要频率, 并结合无量纲加速度和无量纲频率的三次关系式与中性稳定曲线, 得到相应的最不稳定模态的波数, 并与实验结果进行比较。结果表明, 无黏条件下, 圆柱液滴与球形液滴的中性稳定曲线具有一致性; 通过中性稳定曲线和三次关系式的结合, 可以确定液滴的稳定和不稳定状态; 通过理论分析结果和实验结果的比较, 可以发现理论结果与实验结果吻合较好。

关键词: 气泡动力学; 线性稳定性; 瑞利-泰勒不稳定性; 空化

1) 资金资助项目 (国家自然科学基金优秀青年基金项目 (12122214)、中国科学院青年创新促进会 (Y201906 和 2022019))