

## 近自由面通气空泡诱导的飞溅水层闭合行为研究

王广航<sup>\*,+</sup>, 王静竹<sup>\*,2)</sup>, 王一伟<sup>\*,+,\*\*</sup>

\* (中国科学院力学研究所, 北京 100190)

+ (中国科学院大学未来技术学院, 北京 100049)

\*\* (中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)

**摘要:** 当空泡与自由面距离较远时, 两者不会发生界面的直接相互作用, 表现为以界面间液态水为间接媒介的弱耦合作用。当空泡靠近自由面时, 两者界面发生直接相互作用, 表现为空泡通气、自由面飞溅以及水层闭合行为的强耦合作用。通过实验和数值模拟研究, 本文发现了强耦合作用中两种水层飞溅的流态: (I)不闭合型飞溅水层和(II)闭合型飞溅水层。基于开源的 OpenFOAM 平台的多相可压缩求解器, 并采用流体体积法来捕捉气液界面, 本文分析了上述两种强耦合作用的产生机理。结果表明: 空泡初始膨胀过程, 空泡壁面发生 Rayleigh Taylor 不稳定导致了强耦合过程的通气和飞溅水层的产生。空泡发生通气后, 外部气体进入空泡的时间随着无量纲距离和环境压力的增加而减少, 飞溅水层闭合高度随无量纲距离的增加而增加, 随着环境压力的增加而减少。通过对飞溅水层受力分析, 获得了近自由面空泡诱导的飞溅水层闭合机制, 主要是由水层两侧的压差力驱动, 而且, 水层闭合时间与环境压力满足 $-0.92$  幂次律关系。

**关键词:** 空泡通气; 自由面飞溅; 水层闭合; 数值模拟