

## 分层环境中风浪环流湍流状态研究

柴锦<sup>\*,\*</sup>, 杨子轩<sup>+, 2)</sup>, 王展<sup>+,\*</sup>, 王志英<sup>+</sup>

<sup>+</sup> (中国科学院力学研究所, 北京 100190)

<sup>\*</sup> (中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)

**摘要:** 真实海洋环境由海面上方风吹剪切、自由面表面波浪、海洋内波、水下变化地形、运动物体及其之间的相互作用, 形成了较为典型的风浪复杂流动。在较为极端的情况下, 出现例如台风、畸形波等自然现象, 对海洋工程设施带来较大威胁。已有的风浪环流数值研究多基于水面附近均匀混合层和水面恒定热量通量的假设, 聚焦于风与同向传播的波浪共同作用下形成的 Langmuir 环流湍流状态研究, 以及剪切、涡力作用下混合层形成速率的统计。一方面, 由于与热量相关的自然过程多样, 水面处的边界条件热量通量值难以与真实环境相匹配, 另一方面量级分析显示, 水面热量通量引起的温度梯度对应的密度分层远小于海洋原盐度形成的密度分层。因此, 面向真实海洋环境背景, 本文解除混合层的假设, 并不考虑水面热量通量的影响, 仅以密度梯度和输运为主体, 在密度分层条件下, 基于高精度谱方法和 Craik-Leibovich 方程引入涡力项简化了波浪效应的计算, 发展了适用于任意连续密度分层的内波求解器和风浪模拟模块, 实现并分析了风浪作用下形成的水面边界层的湍流状态及其随 Langmuir 数、浮力频率的演化规律。通过湍流统计量的分布与尺度分析, 对比混合层假设条件下的风浪环流场以及剪切湍流场结果, 揭示了真实海洋环境中风浪边界层及水下大尺度流动结构的生成演化机理。

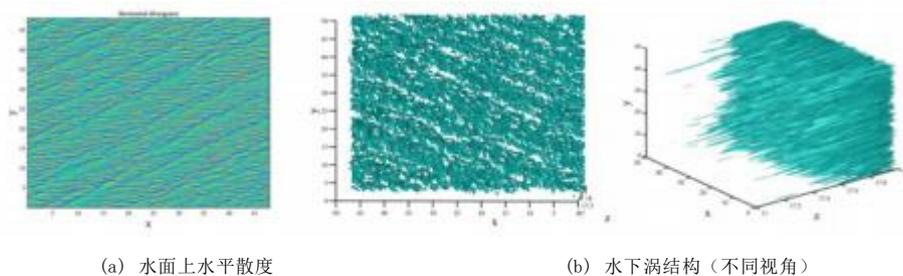


图 均匀密度分层环境中风浪作用形成的水面表征及水面附近环流湍流涡结构

**关键词:** 分层流体, 风浪, Langmuir 环流, 混合层