[25]直立圆柱非线性波载的SPH模拟

陈凌　周济福

中国科学院力学研究所，北京市海淀区北四环西路15号，100190

在严峻复杂的海洋动力条件下，自由表面大变形、破碎、飞溅的流动特性，及其对海洋结构物的非线性载荷，是海洋工程发展十分关注且急需解决的关键科学问题。关于非线性波浪载荷，人们基于势流和弱非线性假定发展了二阶分析理论，但应用于自由表面大变形的强非线性问题仍有很大局限。而较常采用的VOF等数值模拟方法很难准确模拟自由表面大变形、破碎、飞溅等强非线性特征。

新近发展起来的追踪流体质点运动的无网格粒子法SPH，能够自动满足自由表面的界面追踪，对大变形的强非线性水波模拟有着独特的优势。因此，本文采用该方法，通过数值造波，研究强非线性波对直立圆柱的波载。

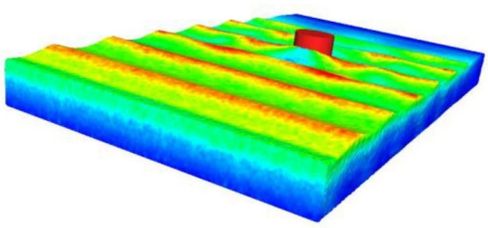

图1 SPH数值波浪水槽示意图

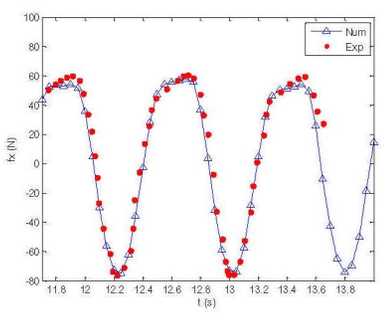

图2 二阶波载模拟结果与实验对比

水槽前端采用摇板和推板造波，模拟真实的实验水槽。造波板信号根据摇板和推板的造波机理论给出。水槽的末端采用动量衰减源项消波，得到了平稳的水波（如图1）。

本文的数值模拟基于开源DualSPHysics的GPU基本构架，添加了改进的耦合动力边界、自由面修正等模块，以适应复杂的曲面边界。对规则波和不规则波的生成模拟，与理论值和实验值基本相符。进一步模拟了穿透水面的底部固定直立圆柱和截断直立圆柱附近的波浪场，得到了圆柱面周围的波面高程和压力分布。图 2 给出了通过圆柱表面压力积分得到的水平波载随时间的变化，与实验结果基本相符。同时还讨论了粒子大小的取值对数值计算结果的影响，着重分析了不同圆柱和波浪参数下，从弱非线性到强非线性的波面高程和波载的变化趋势。

关键词：SPH；非线性波；数值造波；圆柱波载

[25]资助项目：国家自然科学基金（11232012）；国家 973 计划（2014CB046200）

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net