

文章编号:1006-2467(2021)S1-0065-02

DOI: 10.16183/j.cnki.jsjtu.2021.S1.017

运动船舶周围为什么会出 现大范围白色泡沫流动?

张晓嵩, 万德成

(上海交通大学 船舶海洋与建筑工程学院, 上海 200240)

摘 要: 海洋航行船舶周围存在大范围白色泡沫流, 该现象涉及超大尺度跨越的多相流动成分, 包括水、气、泡、雾多种流动状态, 并与复杂湍流紧密结合. 为了加深各研究学者对船舶泡沫流的理解, 阐述其成因、演化机理以及其对结构物的影响, 为解决未来海洋环境探索与利用过程中的重要科学问题提供参考.

关键词: 白色泡沫流; 超大尺度跨越; 多相流; 湍流

中图分类号: P 73; U 661 **文献标志码:** B

Why Does a Wide Range of White Foam Appear Around Moving Ships?

ZHANG Xiaosong, WAN Decheng

(School of Naval Architecture, Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: A wide range of white foam flow naturally appears around the ships sailing on the sea. This phenomenon involves multiphase flow components spanning very large scales, including water, air, bubbles, and atomized droplets. Moreover, it is closely associated with complex turbulence. In order to improve the understanding of ship foam flow, the formation reason, evolution mechanism, and the effect on the structures were expounded. This research will provide reference for solving the important issue in the exploration and utilization of marine environment in the future.

Key words: white foam flow; very large scale range; multiphase flow; turbulence flow

1 核心思想

在实际海洋环境中, 航行船舶与周围流体相互作用, 因此会出现大范围明显的白色泡沫流动. 在该现象中, 水面以下存在大量的气体卷吸进而形成多尺度气泡, 水面以上存在大范围液体飞溅进而形成雾化液滴. 同时, 在大变形自由面附近, 气泡和液滴与湍流耦合产生多相剧烈掺混. 根据现象特点, 该问题具有以下四类特性.

(1) 水下气泡的维持特性. 与一般水下气泡上浮不同, 泡沫流中的气泡在自由面附近具有复杂的振荡运动, 因此高表面能气泡与自由面接触后仍能维持较长时间.

(2) 空中液滴的维持特性. 风浪流耦合作用使泡沫流在空中产生剧烈脉动的扩散演化, 微观表现为空中液滴的维持特性.

(3) 水-气-泡-雾反复转化特性. 泡沫流内部的演化高度非定常, 因此在与自由面相互作用过程中,

收稿日期: 2021-02-03

作者简介: 张晓嵩(1996-), 男, 黑龙江省七台河市人, 博士生, 从事水气多相流数值模拟研究.

通信作者: 万德成, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: dewan@sjtu.edu.cn.

气泡和液滴会产生多种流态的反复转化。

(4) 超大跨度的时间-空间多尺度特性。时间上,泡沫流尾迹的消散需要几十分钟,飞溅和气泡渗透需要几秒,而微观气泡液滴作用只需要几毫秒;空间上,船舶泡沫流尾迹为千米量级,其中自由面演化为米量级,而微观气泡液滴为毫米量级。

船舶泡沫流问题涉及到流体力学的复杂性和挑战性,其生成演化机理及其对船海结构物的影响目前仍未可知,这将成为未来海洋环境探索与利用过程中的重要科学问题。

2 科学价值

研究船舶泡沫流问题,一方面,有望在多相流体力学和湍流问题研究方面形成科学新突破。另一方面,有助于解决船舶绿色节能、减振降噪和声学探测等性能方面的瓶颈问题,具有较高的工程价值。

船海泡沫流是一种在考虑结构物作用下,大范围自由面附近湍流与多相流耦合的典型流动问题,其流动机理高度复杂,流动规律难以阐明,并且缺乏

有效的数学描述和数值求解方法。因此,针对该问题的研究将有助于科学界进一步理解复杂多相湍流问题的机理机制,并形成理论新突破。

目前,已有实际应用表明泡沫流会对船舶的多种性能产生影响,具体包括:泡沫流消耗船舶能量,增加阻力和能耗;推进系统周围的水下气泡影响推进性能和船桨舵配合作业;气泡和液滴产生的脉动引起高频水动力噪声;在声呐探测设备周围聚集的气泡影响声波探测效果。因此,研究船舶泡沫流的生成演化机理及其影响因素,并形成控制方法策略,将从新的角度实现船舶综合性能的显著提升。

3 发展方向

船舶泡沫流问题主要存在以下几方面重点发展方向:① 复杂泡沫流动的高保真数学建模与求解;② 船舶泡沫流的尺度效应;③ 大范围水气界面附近多相掺混的多尺度问题;④ 泡沫流中的湍流耦合强非线性作用;⑤ 结构物与泡沫流相互作用下的动量、能量输运问题。



作者简介 万德成,上海交通大学船舶与海洋工程计算水动力学研究中心(CM-HL)主任,长江学者特聘教授,国家重点研发计划首席科学家,海洋工程领域全球高被引中国学者,上海市优秀学术带头人,上海东方学者(跟踪计划)特聘教授,上海浦江人才,教育部新世纪优秀人才。获2020年度国际CH Kim学术奖(CH Kim Award)、2020年度国际海洋与极地工程(ISOPE)学会奖(ISOPE Award)、2020年度Moan-Faltinsen最佳论文奖、2019年度中国科协第四届优秀科技论文奖(海洋工程领域2019年度唯一获奖论文)等。