



第二十五届全国水动力学研讨会暨 第十二届全国水动力学学术会议文集

Proceedings of the 25th National Conference on Hydrodynamics &
12th National Congress on Hydrodynamics

吴有生 颜 开 谢永和 主编

(下 册)

13/1038(12)-B

TV13
1038(12)-B1



NUAA2013074263

第二十五届全国水动力学研讨会 暨 第十二届全国水动力学学术会议文集

Proceeding of the 25th National Conference on Hydrodynamics &
12th National Congress on Hydrodynamics

(下册)

吴有生 颜开 谢永和 主编

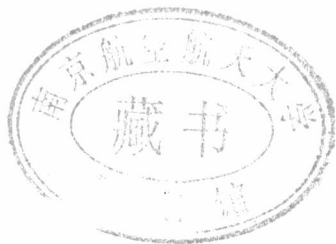
主办单位

《水动力学研究与进展》编委会

中国力学学会

中国造船工程学会

浙江海洋学院



海洋出版社

2013年·北京

2013074263

第二十五届全国水动力学研讨会
暨
第十二届全国水动力学学术会议文集
编辑委员会

主任委员:吴有生

副主任委员:颜 开 谢永和 竺柏康 周连第

委 员:(以姓氏笔画为序)

刘 桦 任永华 孙 奕 宋付权 竺柏康

范余明 吴有生 杨显成 周连第 徐宗孟

谢永和 缪国平 颜 开 戴世强

主 编:吴有生 颜 开 谢永和

第二十五届全国水动力学研讨会
暨
第十二届全国水动力学学术会议文集

承 办 单 位

浙江海洋学院

船舶与海洋工程学院

化工与能源工程学院

上海《水动力学研究与进展》杂志社

中国力学学会水动力学专业组

中国造船工程学会船舶力学委员会

中国船舶科学研究中心水动力学重点实验室

上海市船舶与海洋工程学会船舶流体力学专业委员会

目 录

大会报告

波浪环境下超大型浮式结构物的水弹性响应研究	吴有生 田超 宗智 段文洋 顾学康 (1)
拖网渔船水动力节能技术研究	谢永和 (14)
Practical evaluation of the drag of a ship for design and optimization	Yang Chi Huang Fu-xin Francis Noblesse (21)
油气开发中的多相流问题	吴应湘 许晶禹 李华 钟兴福 李东晖 石在虹 (34)
自由表面格林函数—分类计算及其船海工程中的应用	朱仁传 缪国平 (42)
微纳米流体力学研究进展及其在非常规油气资源开发中的应用	宋付权 竺柏康 (53)
Rayleigh-Bénard 湍流热对流系统的边界层结构	周全 (61)

水动力学基础

Hamilton 流固多物体系统的非定常动力学问题之 2—两种等价的描述体系	孙仁 白帆 (68)
EFDC 模型在三维水动力学及溢油扩散预报中的应用	陈少峰 严烈 (75)
无穷多海洋表面波相互作用的动量守恒和共振条件	黄虎 (82)
绕平头回转体初生空化形态及流场特性研究	胡常莉 王国玉 黄彪 (87)
声介质中船舶三维水弹性力学的时域分析技术	邹明松 吴有生 司马灿 孙建刚 (95)
空腔不可压缩流动特征及其声学特性研究	刘聪尉 吴方良 李环 彭娅玲 李万平 (102)
基于广义阻滞原理的流阻计算及检验	冷学礼 田茂诚 张冠敏 (111)
页岩气渗流中的力学模型分析	刘禹 王常斌 文建军 宋付权 (117)
液体在微纳米管道中的非线性流动特征	袁琳 王常斌 徐士元 宋付权 (123)
平板上突出圆柱的水动力噪声特性分析研究	李霖 李光明 季刚 (129)
不同长细比突出体的漩涡特性研究	岳蕾 张志国 (135)
二维振荡水翼推进效能数值模拟及分析	倪阳 魏泽 邱耿耀 (141)
黑色素瘤在附着血管壁面的白细胞上的水动力附着特性	秦一 陆家丰 李昂 孙仁 (148)
高航速翼身融合航行体兴波阻力特性研究	吴小翠 王一伟 黄晨光 胡志强 杜特专 廖丽涓 (152)
Blake 简化翼型壁面湍流脉动压力的大涡模拟研究	张晓龙 张楠 吴宝山 (158)
利用离散涡方法模拟圆柱绕流及涡激振动	黄熙龙 王嘉松 (167)
翼型参数变化对其辐射噪声影响的数值分析研究	翟树成 刘登成 刘竹青 (173)
基于大涡模拟与声学类比的二维空腔流动特性与水动噪声研究	孙霖 陈敏 张志国 王先洲 冯大奎 (179)
多目标粒子群算法在翼型优化的应用	黄胜 任万龙 王超 何新 (185)
船舶近场格林函数内在特性研究	杜君君 王星 孙珍丽 章社生 金升平 (191)

Investigation of transient cavitating flows around a fast pitching hydrofoil	Huang Biao Wu Qin Wang Guo-yu (197)
泡泡间相互作用的理论及数值研究	张凌新 王文凤 邵雪明 (206)
被动俯仰拍动翼的运动特性研究	张晓龙 余钊圣 邵雪明 (213)
颗粒惯性对湍槽流影响的数值研究	林昭武 余钊圣 邵雪明 (220)
层流圆管潜射流生成蘑菇形涡结构特性实验与数值研究	陈云祥 陈科 尤云祥 胡天群 (227)
基于 CFD 的空腔几何结构对流动和减阻特性的影响研究	陈曦 吴哲 张志国 王先洲 冯大奎 (236)

计算流体力学

动力定位铺缆船环境载荷数值模拟	倪歆韵 倪阳 魏泽 邱耿耀 (242)
船舶驶出船闸时的水动力数值预报	王宏志 邹早建 (249)
基于有限元法的孤立波和二维结构物非线性相互作用的数值模拟	王赤忠 程烨 魏亮 (255)
鱼雷垂直入水过程数值模拟	储慧林 朱仁庆 (261)
基于 CFD 的桨-毂帽鳍-舵性能研究	杨帆 陈昌运 陈霞萍 (268)
下风向风力机塔影效应的非定常数值模拟	周胡 万德成 (277)
湍流模型对风力机叶片数值模拟的影响	赵文超 周胡 万德成 (284)
基于重叠网格技术的运动船舶黏性流场数值模拟	孟庆杰 隋智享 万德成 (291)
并行 MPS 方法数值模拟三维溃坝流动	张雨新 唐振远 万德成 (299)
锚泊浮式码头在波浪上的运动响应计算	刘远传 万德成 (306)
基于 OpenFOAM 的螺旋桨空泡数值模拟方法研究	郑巢生 张志荣 (313)
抽吸控制翼板结合部马蹄涡的大涡模拟研究	张胜利 张楠 刘君 (319)
导管桨推进水下航行体艇体推进器相互作用分析研究	司朝善 姚惠之 张楠 (328)
双尾鳍集装箱船的参数化设计与数值模拟研究	陈京普 蒋武杰 魏锦芳 (337)
海洋环境下多体运动的数值模拟	叶俊杰 李廷秋 (343)
集装箱船纯稳性丧失薄弱性衡准计算研究	王田华 顾民 鲁江 (349)
施加电磁搅拌的板坯连铸结晶器内金属液流动的数值模拟	房心强 郭加宏 雷作胜 (356)
岩屑床清除钻杆流场的数值模拟与分析	房亮 李孝伟 狄勤丰 (363)
扰动风作用下微型旋翼流场的数值模拟研究	赵贺 李孝伟 李亮 (370)
有限水深两层流体中内孤立波数值造波方式比较研究	王旭 林忠义 尤云祥 胡天群 (376)
面元法分析 Kappel 桨时的尾涡修正	王睿 熊鹰 时立攀 (383)
使用一阶面元法与高阶面元法求解船舶兴波问题的比较研究	张伟 邹早建 (389)
高精度VOF方法在自由面流动问题中的应用	赵西增 (395)
滑艇静水阻力及航行姿态 CFD 预报研究	常亮 魏泽 倪阳 孙华伟 (401)
浅水流动的分离涡模拟	张景新 刘桦 (407)
空化器舵角对超空泡航行体水动力特性的影响研究	陈鑫 陈瑛 李杰 宫兆新 鲁传敬 (413)
高速可压缩空泡流数值模拟方法	陈瑛 鲁传敬 陈鑫 曹嘉怡 李杰 (419)
基于 LES 的潜艇扰流特性分析研究	高顺凯 蒋奉兼 张志国 王先洲 冯大奎 (427)
基于大涡模拟的螺旋桨水动力噪声预报研究	陈敏 姚喜 葛怡君 何然 王国栋 (433)

带内部结构的三维液舱晃荡数值计算研究	徐国徽 胡嘉骏 顾学康 (439)
三维水翼梢涡空化的数值模拟	刘志辉 王亚赞 王本龙 (450)
数值水池的概念与发展路线探讨	赵峰 吴乘胜 黄少锋 张志荣 (456)
大型集装箱船三维波浪载荷的数值模拟	李再庆 李廷秋 (462)
OpenCL-based acceleration of SPH method in free surface flow simulation	QIU Liu-chao (470)
电磁力控制高雷诺数圆柱体绕流场特性数值模拟	尹纪富 尤云祥 胡天群 (476)

水动力学试验与测试技术

通气超空泡水洞试验阻塞效应影响研究	周景军 项庆睿 吕瑞 (484)
桨舵相互干扰的水动力特性模型试验研究	季少鹏 朱爱军 王文涛 (493)
大型散货船波激振动和砰击振动模型试验研究	丁军 汪雪良 田超 胡嘉骏 (502)
船舶风载荷数值计算及风洞试验	蔡文山 董国祥 杨春勤 高家镛 (511)
水平运动超空泡的实验和数值研究	施红辉 胡俊辉 胡青青 周素云 王昀 高聚瑞 陈波 贾会霞 (518)
二维类圆柱尾迹的空间动力学行为研究 I 局部空间动力学行为	陈瑜 谢锡麟 麻伟巍 (524)
长时间多数据动态实验的热线分析	马云驰 蒋运幸 余宇轩 谢锡麟 麻伟巍 (534)
坐底式平台基础冲刷的模型试验研究	赵静 王世澎 袁振宇 闫云 (547)
沙坝海岸沿岸流速度剖面特征	王彦 邹志利 (555)
中型豪华游船线型优化与模型试验研究	陈京普 王艳霞 蒋武杰 程红蓉 (564)
分层流水槽中风生水面微尺度随机波 CCD 图像反演内孤立波的研究初探	陈祥瑞 魏岗 李万鹏 屈子云 靖树 (570)
渐扩非均匀水流紊动强度试验研究	杨明哲 文传平 童思陈 (576)
柱状气浮分离器处理含油污水实验研究	张军 许晶禹 郭军 王淑京 郑之初 (582)
集装箱船模型螺旋桨空泡与脉动压力比对试验研究	马艳 陆芳 黄红波 丁恩宝 曾志波 C. Johannsen (588)
发展空化及其不稳定现象研究	彭晓星 (595)
波浪在滨海生态防护植物群落内传播特性的实验研究	郭晓宇 王本龙 刘桦 (602)
垂直入汇河段流速分布特性试验研究	李世荣 马腾飞 钟博刚 程文 (608)
孤立波水槽造波方法的比较实验研究	张金牛 吴卫 刘桦 房咏柳 (614)

工业流体力学

平面被动式减摇水舱减摇效果的模型试验研究	张进丰 赵战华 周国平 刘长德 (621)
Spar 型浮式风机平台耦合动力响应分析	唐耀 邹早建 范菊 缪国平 (628)
新型防泥沙装置优化改进研究	赵璐 黄国富 苗飞 (634)
水平井与直井不规则井网水平井注聚合理配注量的确定方法	孙哲 崔海清 (643)
丛式井集油环温降压降的数值计算	张悦 金丽 崔海清 吕素萍 刘丽 (650)
吊舱推进器中鳍的变化对水动力性能的影响研究	胡芳琳 张志荣 (656)
基于 CFD 的不同介质液舱晃荡比较分析	陆志妹 范余明 朱仁传 (665)
垂直管道内油-水两相环状流的流动特征	张健 许晶禹 陈小平 高梦忱 黄玉彤 (673)

低温液体在节流过程中的空化现象数值模拟	刘海飞 陈虹 杨潞锋 雷刚 许晶禹 吴应湘 (680)
导流片型管道式油水分离器的压降特性研究	史仕炎 许晶禹 高梦忱 黄玉彤 陈小平 马乃庆 (687)
深水钻井隔水管段岩屑运移特性研究	翟羽佳 汪志明 张权 郝希宁 (695)
泵站蜗形进水池不同水位三维紊流数值模拟	周孝华 刘厚林 王凯 王文博 (701)
风浪流作用下 LNG 船舶系泊试验研究	王兴刚 据烈红 (708)
船舶风帆、风电综合应用初步数值研究	刘德兴 郑艳娜 彭海婷 温铂洋 (716)
水下滑翔器滑翔翼水动力布局对航行性能影响研究	李迎华 陈鲁愚 张波 张华 (723)
考虑流固耦合的立管涡激振动研究	魏东泽 白兴兰 顾恩凯 (730)
含不凝气体饱和蒸汽圆管内凝结数值模拟	房达 田茂诚 冷学礼 (736)
管形对水平管外降膜流动流型及波长的影响	罗林聪 张冠敏 潘继红 田茂诚 (743)
脉动流通过螺旋翅片管流动特性分析	屈晓航 田茂诚 冷学礼 (750)
深水钢悬链线立管与海床动力相互作用	白兴兰 段梦兰 (758)
Study about the effects of waves and currents on flexible pipe system	JING Kun CHEN Zheng-shou (767)
基于动态空化模型绕数值研究扭曲三维翼型的非稳态空化过程	张伟 张瑞平 陈建业 熊炜 张小斌 邱利民 (774)
淹没条件下前混合磨料射流的数值模拟	赵艳红 沈艳霞 (781)
深海浮动式平台与系泊/立管系统动力响应异步耦合分析研究	马山 段文洋 (786)
Labview 的海上溢油虚拟实验平台	王怀栋 白莉 张鹏 任东亮 刘书龙 宫名 (793)
Stop-and-go waves in traffic flow through power spectral density analysis	ZHU Huibing GAO Jianbo JING Huimin (801)
关于超声波热量表准确度检测的几个问题	耿介 周春丽 杜广生 徐广祥 邵珠峰 (807)
不同地形条件下潮流对电厂差位式取排水特性的影响分析	程友良 张国峰 涂春民 (816)
热镀锌锅内锌液流动和传热规律研究	袁硕 杨芑 刘池 周新平 (823)
基于管网水力模型的雨水系统混接分流改造方案研究	尹海龙 李新建 (829)

船舶与海洋工程水动力学

一艘高速排水型船舶的波浪载荷预报和实测比较	邱强 (840)
4500T 全回转起重船运动性能研究	范亚丽 匡晓峰 张凤伟 徐华 (849)
扩展 MLM 入水砰击模型及其应用	朱鑫 段文洋 (856)
不同船型静水阻力性能的 RANS 数值模拟	查若思 冯观 何佳益 叶海轩 万德成 (866)
导管间隙对带前置定子导管桨水动力性能的影响研究	刘登成 洪方文 (873)
船舶最小推进功率跟踪研究	魏锦芳 王杉 苏甲 陈京普 (881)
海洋平台三用工作船的线型优化研究	苏甲 陈京普 杨奕 (887)
基于 CFD 的船舶阻力三因次预报方法研究	沈兴荣 范余明 吴琼 (893)
某集装箱船调整设计航速的线型优化研究	于海 陈红梅 熊小青 孔为平 (901)
基于 OSHIP 软件的 KCS 算例数值模拟	孙海素 (907)
船舶耐波性评价方法综述	祁江涛 王迎晖 顾民 张进丰 (917)
船舶低速作业操纵性水动力研究	赵桥生 江伟 韦喜中 杜荣 (923)
静水阻力和波浪增阻集成优化系统开发与应用研究	王杉 陈京普 魏锦芳 黄国富 (928)
基于面元法的桨后舵附推力鳍尾流场的研究	张旭婷 苏玉民 刘业宝 王影 (934)

低阻高耐波性排水式新船型构型及水动力性能研究	李积德 孙树政 赵晓东 田博 (940)
双桨式吊舱推进器水动力性能 CFD 预报建模方法研究	庄光宇 蔡昊鹏 马骋 陈科 钱正芳 陈科 尹宝瑞 (947)
一种优化螺旋桨侧斜分布的数值方法	蔡昊鹏 马骋 陈科 钱正芳 张赫 (955)
两船会遇黏性水动力数值计算	周琦 王化明 李旭辉 (964)
船间水动力作用数学模型及其在拖轮模拟器中的应用	任俊生 张祥伟 (972)
船舶参数横摇薄弱性衡准计算研究	卜淑霞 顾民 鲁江 王田华 (979)
顶浪规则波中参数横摇数值方法研究	鲁江 顾民 卜淑霞 王田华 (986)
组合式水动力节能装置在 5.7 万吨散货船上的设计与应用	黄国富 黄振宇 马艳 张海华 杨奕 (992)
航行船舶频域运动计算比较与分析	洪亮 朱仁传 缪国平 范菊 (1000)
不同风向角下集装箱船风阻力数值模拟研究	赵强 苏甲 陈京普 (1008)

海岸环境与地球物体流体力学

长江口长兴岛东岸圈围对横沙通道影响分析	谢慧姣 沈薇 (1013)
数值模拟南海复杂海底地形上的波浪演化	曹洪建 张晨亮 万德成 (1019)
Rheological investigation of natural mudflow at Lian-yun Harbor in China	Xu Jing-yu Zhang Jian Tang Chi Huhe Aode (1025)
海啸预警研究进展与南海海啸预警方法研究	任智源 赵曦 刘桦 (1040)
徐圩航道淤泥流变特性研究	许晶禹 呼和敖德 唐驰 张健 (1049)
Kappel 型螺旋桨敞水性能数值分析研究	孙群 吴琼 (1057)
数值模拟长江口北支潮波变化	马丹青 顾杰 王晓莉 杨继忠 胡田 王媛 (1063)
基于高斯统计方法的地下水空间参数场参数率定	柏睿 黄跃飞 尹冬勤 王光谦 (1070)
数值模拟长江口滞流点的季节变化	王晓莉 顾杰 马丹青 杨继忠 胡田 王媛 (1081)
海平面上升对杭州湾盐水入侵的影响	鲁海燕 潘存鸿 史英标 (1088)
动水条件下泥水界面附近溶解态无机磷释放研究	程鹏达 林卫青 卢士强 王道增 (1094)
波浪与潜堤和水面浮体作用的数值模拟	陈学彬 陈志涯 詹杰民 (1100)
波浪作用下高桩码头承台浮托力计算	刘长根 邵万骏 崔可夫 (1109)
天津近岸海域生态环境特性研究与模拟	陶建华 (1117)
海面油污扩散的力学建模及相关数值研究	张大鹏 史倩 陈瑜 谢锡麟 (1125)
福建平潭海坛湾潮流场数值模拟	王彬谕 匡翠萍 单云驰 郑吉祥 (1140)
黄骅港潮流场二维数值模拟及分析	钱从锐 匡翠萍 姚凯华 刘鹏晨 (1146)

水利水电和河流动力学

蓝藻控制曝氧设备性能试验	严烈 黄国富 赵璐 陈少峰 严周广 (1152)
基于 EFDC 的宽浅型湖泊水动力水质模拟——以乌梁素海为例	尹冬勤 黄跃飞 柏睿 王寅 (1160)
植被水流的糙率系数研究	王伟杰 王坤鹏 马雨露 槐文信 (1173)
基于无结构网格 WAF 格式及其在二维溃坝问题中的应用	杨金波 短文刚 黄国兵 李订芳 (1179)
基于 ArcGIS 的坡面细沟分形研究	张攀 (1187)
金塘水道水动力特性分析	蔡相芸 张金善 王金城 张清扬 (1193)

沉螺池连接段水流结构分析	刘家栋 卢金友 曹夏飞 曾庆芳(1200)
突扩突跌段弧形闸门局开工况的数值模拟	李国栋 叶龙斌 胡琴芬 白祖辉 胡元 陈刚(1207)
压力弯道偏流特性研究	张宏伟 刘之平 张东 吴一红(1216)
窄缝式表孔泄流水力特性数值模拟	肖潇 吴时强 周辉 樊新建 曹伟岳(1222)
异型门槽水力特性的数值模拟研究	章晋雄 张东 吴一红 张文远 张宏伟(1229)
物理模型几何变态对复式明渠水流水力要素相似性的影响	薛娇 刘士和(1237)
掺气设施底坡设计反问题	樊博 吴建华 许唯临(1244)
阶梯消能工水力特性研究综述	聂境 张建民 栗帅(1253)
尾水河段情势变化的影响及治理数值模拟研究	栗帅 张建民 石旭芳(1259)
岸坡崩塌回填体加固措施试验研究	何小泷 张建民 栗帅 汪旭(1265)

平面被动式减摇水舱减摇效果的模型试验研究

张进丰¹, 赵战华¹, 周国平², 刘长德¹

(1. 中国船舶科学研究中心, 江苏 无锡 214082, Email: zzh-088@163.com;

2. 上海船舶研究设计院, 上海 201203)

摘要: 目前, 被动式减摇水舱在船舶工程领域得到了广泛应用。本研究以一艘万马力级深水三用工作船为研究对象, 针对不同格栅方案的平面被动式减摇水舱开展运动性能模型试验。首先, 通过两种装载状态下静水横摇衰减试验和横浪规则波试验对不同方案减摇效果进行对比和优选。在此基础上对优选方案和无水舱方案进行不同浪向和不同航速下的规则波和不规则波运动响应对比试验。结果表明平面被动式减摇水舱具有显著的减横摇效果。通过试验, 获得较为丰富的试验数据, 为船舶减摇装置的设计与开发提供技术支撑。

关键词: 平面被动式减摇水舱; 格栅方案; 减摇效果; 模型试验

1 引言

近年来, 随着海上油气资源开发的不断发展, 拖船、穿梭船、铺管船、油田守护船、FPSO等用于油气开采或为平台作业提供服务的船型得到了大量的生产和应用。此类船舶通常定点或低速航行与海面上, 作业过程中经常要面对大的风浪环境。剧烈的摇荡运动会严重影响船舶的安全性、适航性、舒适性以及设备的正常作业。因此, 抗摇性是此类船舶设计中必须重点考虑的内容之一^[1]。

目前, 得到应用的减摇装置主要有舭龙骨、减摇鳍和减摇水舱^[2]。舭龙骨和减摇鳍多用于高速航行的船舶。对于定点或低速航行的船舶一般采用减摇水舱来提高抗摇性。减摇水舱又分为U型主动式减摇水舱和平面被动式减摇水舱, 前者主要依靠改变U型管两侧水面高度产生横向力矩来抵抗船体外部横摇载荷来降低横摇运动, 该装置结构复杂, 对设备技术要求高, 目前还使用不多; 后者通过在水舱内布置栅格, 依靠压载水通过阻尼栅格移动时产生的异相位横倾力矩来达到减摇目的, 该装置结构简单, 便于维护, 目前在国外海洋工程船舶设计中得到了广泛应用。但需要注意的是, 水舱和栅格的结构形式必须和船舶特性相匹配, 一般需要通过模型试验来检验。

2 试验概述

试验对象为一艘万马力级三用工作船, 其主要任务是为深海油气勘探开采平台、工程建

筑设施等提供多种作业和服务^[3]。

本次试验通过对目标船设计吃水和满载吃水状态下各种减摇水舱方案的静水横摇衰减试验和规则波试验对水舱方案进行优选。并在此基础上,通过规则波试验和不规则试验对减摇水舱的减摇效果进行对比分析和评估^[4]。

2.1 试验模型

试验模型采用玻璃钢材料加工制作,考虑目标船自身特点,对其附体艏龙骨、呆木、舵等进行了模拟,附体与实船满足几何相似,模型主要尺度和相关参数见表1,模型见图1。

表1 试验模型主要尺度和参数

项目	排水量 /kg	平均吃水 /m	初稳性高 /m	纵向惯性半径 /m	横摇周期 /s	总长 /m	垂线间长 /m	型宽 /m	型深 /m
设计吃水	552.5	0.26	0.0852	0.82	2.198	3.712	3.28	0.904	0.392
满载吃水	698.6	0.312	0.0908	0.82	2.24				

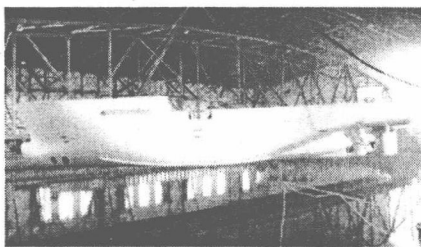


图1 试验模型

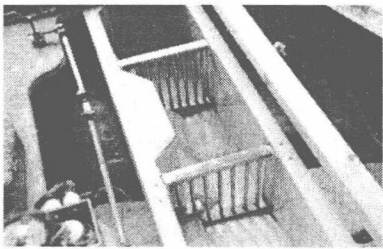


图2 减摇水舱模型

2.2 减摇水舱方案

减摇水舱模型也采用玻璃钢材料制作而成,安装在船模尾部(图2和图3)。减摇水舱方案不同之处在于水舱中布置有不同数量的格栅,分别为:7格栅、9格栅和11格栅。每根格栅均为圆柱状,其直径相同,格栅间距相等(图4)。整个减摇水舱中同时布置两排相同数量的格栅,两排格栅分别置于1/3舱宽处。水舱纵向位置为:5#~12#肋骨,其宽度为整个船宽范围。减摇水舱模型主要参数见表2。

表2 减摇水舱主要尺度及参数

舱长/m	舱宽/m	舱高/m	舱载水高度/m	栅格直径/mm
0.904	0.184	0.180	0.09	8.0

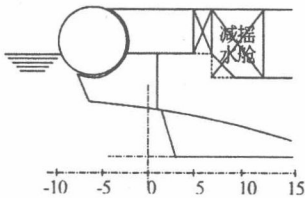


图3 减摇布置位置

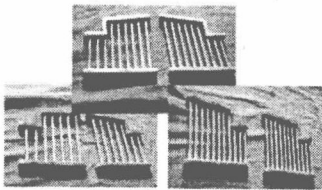


图4 三种栅格模型(7、9、11格栅)

2.3 环境条件模拟

模型试验中不规则波采用 ITTC 双参数谱进行模拟，谱密度为：

$$S_{\zeta} = \frac{173H_{1/3}^2}{\omega^5 T_{01}^4} \exp\left(-\frac{691}{\omega^4 T_{01}^4}\right) \tag{1}$$

式中： $H_{1/3}$ 为有义波高； T_{01} 为波浪平均周期； ω 为波浪圆频率。

3 方案优选试验

方案优选试验包括不同方案下的静水横摇衰减试验和规则波试验，通过对试验结果的对
比分析，选择减摇效果最优的格栅方案。

3.1 静水横摇衰减试验

静水中横摇衰减试验分别包含满载吃水状态和设计吃水状态下无水舱方案、有水舱无格
栅以及不同格栅方案，试验航速为零。通过试验获得各工况下横摇衰减曲线、横摇固有周期
和无因次衰减阻尼系数，横摇衰减曲线见图 5 和图 6，固有周期和阻尼系数试验结果见表 3。

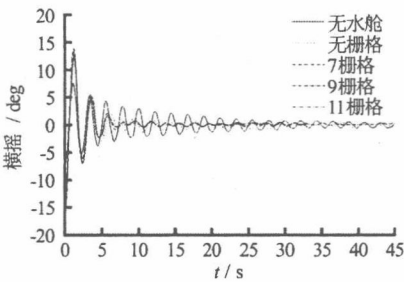


图 5 装载状态下个工况横摇衰减曲线

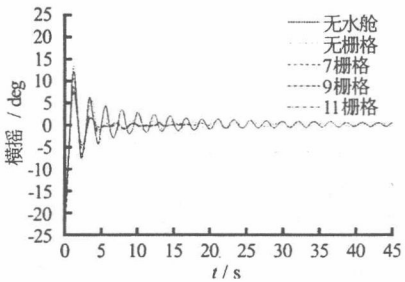


图 6 设计状态下个工况横摇衰减曲线

表 3 静水中无因次横摇衰减阻尼系数 μ (5° 横摇角) 和横摇周期

工况	满载工况					设计工况				
	无水 舱	无栅 格	7 栅 格	9 栅 格	11 栅 格	无水 舱	无栅 格	7 栅 格	9 栅 格	11 栅 格
阻尼系数 μ	0.047	0.133	0.15	0.145	0.149	0.064	0.198	0.211	0.218	0.228
横摇周期 s	2.232	2.8	2.33	2.29	2.3	2.204	2.686	2.34	2.3	2.27

从图 5、图 6 和表 3 中可以看出：

(1) 带水舱的船体横摇固有周期比无水舱方案有所增大，这主要是由于水舱自由液面的影响，水舱加格栅方案的船体横摇固有周期略小于水舱无格栅方案，但与无水舱方案比较接近，这可能是由于加格栅后船体横摇阻尼进一步增大，因而横摇周期有所减小。

(2) 带水舱的船体横摇阻尼是无水舱方案的 3 倍左右, 水舱加上格栅后横摇阻尼有少量增加, 这在横摇衰减曲线上也得到了验证, 无水舱方案的横摇运动经过约 12 个周期的衰减接近零度, 带水舱方案的横摇运动经过约 4 个周期的衰减接近零度, 水舱加上格栅后横摇运动只需 2 个周期就已基本停止, 可见水舱及格栅对船体横摇阻尼的影响程度很大。

3.2 规则波优选试验

分别针对两个吃水状态的 5 种格栅方案进行零航速横浪规则波试验, 测量不同方案的横摇运动, 并通过比较分析, 以优选两个吃水下减摇效果最好的格栅方案。规则波试验波高取 1/50 船模长度约 65 mm。

通过模型试验获得不同工况下的运动幅值频率响应函数曲线 (图 7 和图 8)。

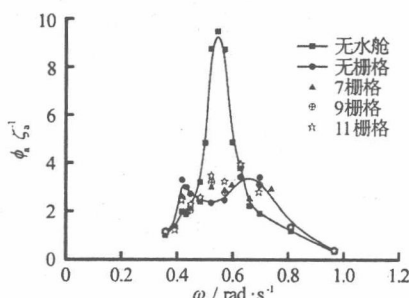


图 7 满载状态不同工况下横摇 RAO

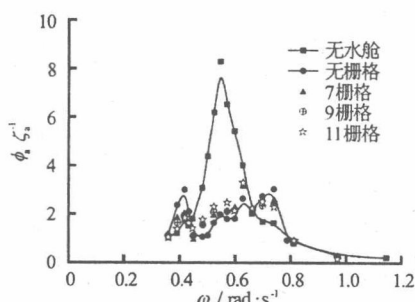


图 8 设计状态不同工况下横摇 RAO

从图 7 和图 8 的对比分析可以看出：

(1) 带水舱方案的船体横摇运动与无水舱方案相比, 在横摇固有周期附近大幅减少, 减少程度约为 75% 左右; 在波浪频率 0.42 和 0.7 附近有所增加, 但该频段附近运动响应较小, 水舱对其横摇运动影响较小; 这符合一般减摇水舱的规律。

(2) 水舱带格栅方案的船体横摇运动与无格栅方案相比, 在横摇固有周期附近有少量增加, 但在波浪频率 0.42 和 0.7 附近有少量减少, 其中在频率 0.42 附近最大减少量约为 30% 左右, 在高频区域两者相差不大。

(3) 7、9、11 格栅方案之间的横摇运动相差不大。

通过对静水衰减试验和规则波试验结果综合分析, 两个吃水状态下 7 格栅方案的运动略小, 因此选用 7 格栅方案进行后续性能对比试验。

4 减摇性能对比试验

在前面方案优选的基础上, 选择 7 格栅方案和不带水舱方案开展一系列规则波试验和不规则波试验, 对两方案减摇效果进行对比分析。

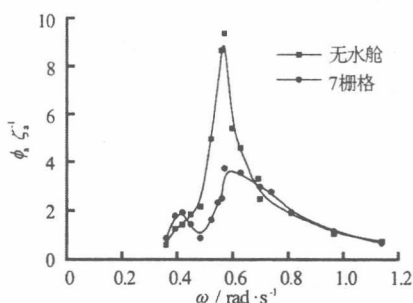
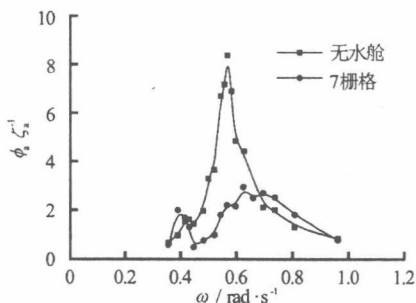
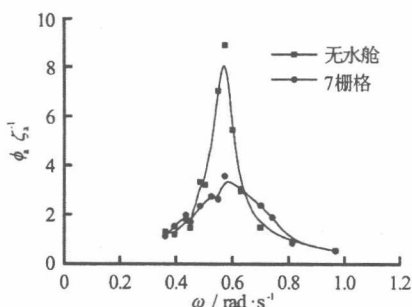
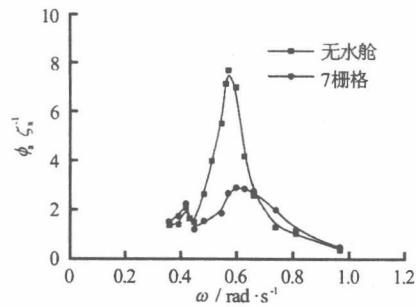
4.1 规则波运动对比试验

规则波运动对比试验针对优选的 7 格栅方案和不带水舱的方案, 分别进行零航速、艏斜浪 135° 以及航速 6 kn、横浪时的规则波对比试验。通过试验得到不同浪向的横摇运动响应传递函数 (图 9 至图 12)。从图中的对比可以看出:

(1) 零航速、艏斜浪 135° 时, 7 格栅方案的船体横摇运动与无水舱方案相比, 在横摇固有周期附近大幅减少, 减少程度约为 70% 左右; 在波浪频率 0.4 和 0.7 附近有所增加, 但该频段附近运动响应较小, 水舱对其横摇运动影响较小。

(2) 零航速、艏斜浪 135° 时, 7 格栅方案的船体纵摇运动与无水舱方案相比, 两者相差不大, 可见该水舱方案对纵摇的影响不大。

(3) 航速 6 kn、横浪时, 7 格栅方案的船体横摇运动与无水舱方案相比, 在横摇固有周期附近大幅减少, 最大减少程度约为 65% 左右; 在波浪频率 0.4 和 0.7 附近有所增加, 但该频段附近运动响应较小, 水舱对其横摇运动影响较小。

图 9 满载状态 135° 浪向横摇 RAO ($V=0$)图 10 设计状态 135° 浪向横摇 RAO ($V=0$)图 11 满载状态横浪横摇 RAO ($V=6 \text{ kn}$)图 12 设计状态横浪横摇 RAO ($V=6 \text{ kn}$)

4.2 不规则波运动对比试验

为了更加全面分析及评估减摇水舱减摇效果, 对无水舱方案和 7 格栅方案开展了不规则波运动响应试验。试验针对 6 级海况下两个吃水状态进行, 模型试验波高为 240 mm, 波浪平均周期为 1.96 s, 试验浪向为艏斜浪 135° 和横浪 90° , 试验航速为零。表 4 给出了上述试验的单幅有义值试验结果。

同时利用方案优选试验中的规则波试验结果, 对 7 级海况 (有义波高 9 m, 平均周期 11.5 s) 的横摇、纵摇运动进行预报和分析, 以评估该海况下 7 格栅方案的减摇效果, 预报结果见表 5。表中所有试验结果均已经换算至实船状态。

另外, 还对 7 格栅方案的减横摇效率 η 进行了计算, 采用的公式如下^[5]:

$$\eta = \left[1 - \frac{\phi_{1/3 \text{ 减摇}}}{\phi_{1/3 \text{ 未减摇}}} \right] \% \quad (2)$$

从表 4 结果, 可以看出:

(1) 6 级海况时, 7 格栅方案在横浪时的减摇效率为 22.0%~27.2%, 艏斜浪 135° 的减摇效率为 36.3%~37.5%, 艏斜浪的减摇效果略高于横浪。

(2) 7 级海况时, 7 格栅方案在横浪时的减摇效率为 37.2%~47.7%, 艏斜浪 135° 的减摇效率为 42.6%~49.6%, 总的来说, 艏斜浪的减摇效果略高于横浪。

(3) 7 级海况时的减摇效果高于 6 级海况, 其原因可能是 7 级海况的波浪周期更接近于船体横摇固有周期, 因而更能发挥减摇水舱的效果。

(4) 艏斜浪 135° 时两个方案的纵摇运动相差不多, 可见该船水舱方案对纵摇的影响不大。

表 4 6 级海况试验结果(单幅有义值)

工况 方案	满载工况				设计工况			
	无水舱	7 格栅	无水舱	7 格栅	无水舱	7 格栅	无水舱	7 格栅
浪向/(°)	90	90	135	135	90	90	135	135
横摇/(°)	8.79	6.86	8.89	5.67	7.72	5.62	7.34	4.59
纵摇/(°)	/	/	2.98	2.84	/	/	3.9	3.83
减摇效率	/	22.00%	/	36.30%	/	27.20%	/	37.50%

表 5 7 级海况预报结果(单幅有义值)

装载状态	格栅方案	航速/kn	浪向/(°)	横摇/(°)	纵摇/(°)	减横摇效率
满载	无水舱	0	90	18.45	/	/
	7 格栅		90	10.46	/	43.3%
	无水舱		135	15.98	4.45	/
	7 格栅	6	135	9.17	4.27	42.6%
	无水舱		90	15.05	/	/
	7 格栅		90	9.45	/	37.2%
设计	无水舱	0	90	15.57	/	/
	7 格栅		90	8.14	/	47.7%
	无水舱		135	14.06	5.41	/
	7 格栅	6	135	7.09	5.40	49.6%
	无水舱		90	14.71	/	/
	7 格栅		90	8.07	/	45.1%

5 小结

通过对万马力级深水三用工作船的各种减摇水舱方案进行规则波和不规则波运动响应模型试验, 以及利用规则波试验结果预报不规则海浪中的运动统计特性, 得到了不同方案的运动响应特性。从试验的航速和浪向来看, 可以得到以下结论: ① 带水舱的船体横摇阻尼是无水舱方案的 3 倍左右, 水舱加上格栅后横摇阻尼有少量增加; ② 水舱方案和带格栅方案在两个吃水下都可取得比较明显的减横摇效果, 尤其是在谐摇区(横摇固有周期)减摇效率可达到 65%~75%; 但在波浪频率 0.4 和 0.7 附近, 有一定的增摇效果, 但该频段附近运动响应较小, 水舱对其横摇运动影响较小。③ 7 格栅、9 格栅、11 格栅方案之间的横摇运动相差不大, 总的来说, 两个吃水下 7 格栅方案的减摇效果略优; ④ 6 级海况时, 7 格栅方案在横浪时的减摇效率为 22.0%~27.2%, 艏斜浪 135° 的减摇效率为 36.3%~37.5%; ⑤ 7 级海况时, 7 格栅方案在横浪时的减摇效率为 37.2%~47.7%, 艏斜浪 135° 的减摇效率为 42.6%~49.6%。⑥ 对于万马力级深水三用工作船, 其水舱方案对纵摇运动的影响不大, 且艏斜浪的减横摇效果略高于横浪。

本研究试验结果可供船舶减摇水舱设计提供参考。

参 考 文 献

- 1 董美华, 马汝建, 赵东. 船舶减摇技术研究进展[J]. 济南大学学报, 2008, 22(2): 183-188.
- 2 周国平, 梁天山. 矩形平面被动式减摇水舱的研究与设计[J]. 船舶研究设计通讯, 2001, 103: 11-17.
- 3 周国平. 万马力级深水三用工作船船体说明书. 上海船舶研究设计院, 2012.
- 4 张进丰, 刘长德. 万马力级深水三用工作船减摇水舱模型试验报告. 中国船舶科学研究中心科技报告, 2012.
- 5 肖龙飞, 彭涛, 杨建民, 盛振邦. 被动式减摇水舱减摇效果的评定[J]. 上海交通大学学报, 2001, 35(10): 1455-1459.

Model experimental study of effect for plane passive anti-rolling tank

ZHANG Jin-feng¹, ZHAO Zhan-hua¹, ZHOU Guo-ping², LIU Chang-de¹

(1. China Ship Scientific Research Center, Jiangsu Wuxi 214082, China)

(2. Shanghai Merchant Ship Design And Research Institute, Shanghai 201203, China)

Abstract: At present, passive anti-rolling tank was adopted widely. A 10000 Horsepower Level Deep-water AHTS Vessel is taken as the research object in this paper. Aiming at plane passive anti-rolling tank with the different grid projects, motion performance experiment was occurred. First, roll decay test in calm and regular wave model test in two loading conditions were finished to find out the best project of plane anti-rolling tank. Then contrast test of motion response was carried out in different wave. On this basis, contrast tests of motion response for regular wave and irregular wave in different wave headings and speeds between optimized object and the project without tank were carried out. The result show that plane passive anti-rolling tank has prominent anti-rolling effect. Through the tests, richer test data was obtained, and provide the technique support to the design of ship anti-rolling equipment.

Key words: plane passive anti-rolling tank; grid project; anti-rolling effect; model experiment