

# 浙江港航

## ZHEJIANGGANGHANG

主办单位：浙江省航海学会 浙江省港口协会 浙江交通职业技术学院

2025 年第二期  
总第 106 期

季刊

2025 年 6 月出版

# 2

浙江省科学技术协会吴晓东书记一行来我会调研

杭州国际航空航运仲裁院成立大会暨航空航运纠纷多元化解法治讲堂顺利召开

浅析船员市场现状与系统性应对策略研究

基于 AQWA 的超大型集装箱船舶临界作业条件和港口拖轮配置研究

渤海最大！这一海上油气平台起运

重回中国船厂！欧洲航运巨头新造船计划再生变数

# 浙江省港口协会常务理事以上单位名录

协会职务	单位名称
理事长单位	浙江省交通运输厅
常务副理事长单位	浙江省港航管理中心
	浙江省海港投资运营集团有限公司
	杭州市交通运输局
副理事长兼秘书长单位	浙江交通职业技术学院
副理事长单位	杭州市公路与港航管理服务中心
	嘉兴市港航管理服务中心
	湖州市交通运输局
	宁波市港航管理中心
	温州市港航管理中心
	舟山市港航事业发展中心
	台州市港航事业发展中心
	杭州港务集团有限公司
常务理事单位	浙江数智交院科技股份有限公司
	舟山市交通运输局
	绍兴市交通运输行政执法队
	金华市交通运输行政执法队
	衢州市公路港航与运输管理中心
	丽水市公路港航与运输管理中心
	浙江省交通运输科学研究院
	浙江海港内河港口发展有限公司
	浙江公路水运工程集团有限公司
	自然资源部第二海洋研究所
	浙江省水利河口研究院
	宁波舟山港舟山港务有限公司
	温州港集团有限公司
	浙江海港嘉兴港务有限公司
	台州港港务有限公司
杭州港航有限公司	

# 浙江港航

## ZHEJIANGGANGHANG

2025年6月出版（第二期）总第106期

**主办单位：**浙江省航海学会 | 浙江省港口协会 | 浙江交通职业技术学院

季刊

# 浙江港航

ZHEJIANGGANGHANG

2025年6月出版(第二期)  
总第106期(季刊)

**主办单位:** 浙江省航海学会  
浙江省港口协会  
浙江交通职业技术学院

**地址:** 杭州莫干山路1515号

**电话:** 13757123482

**邮编:** 311112

**E-mail:** bjhui@zjvtit.edu.cn

## 《浙江港航》编委会

**主任:** 夏炳荣

**副主任:** 沈亚军 徐斌

胡适军 付昌辉

**委员:** (以姓氏笔划为序)

于京阳 万丽 王辉

毛旭东 方志浩 卢金树

卢斌 刘洪义 杨利

杨挺理 何振镐 张云康

陈永芳 陈彤 陈晓峰

罗扬扬 金虹 周祥寿

郑彭军 赵列克 倪彦博

龚银交 葛军 董军

**主编:** 胡适军

**副主编:** 付昌辉

**编辑:** 鲍军晖 史善训

## 港航要闻

- 04 浙江省科学技术协会吴晓东书记一行来我会调研
- 05 省港口协会应邀参加2025海丝港口合作论坛
- 06 杭州国际航空航运仲裁院成立大会暨航空航运纠纷多元化解决法讲学堂顺利召开
- 07 省港口协会内河港口分会召开高水平建设“航运浙江”座谈会
- 08 智汇航运 共赢未来  
——2025第四届船东大会在台州圆满落幕

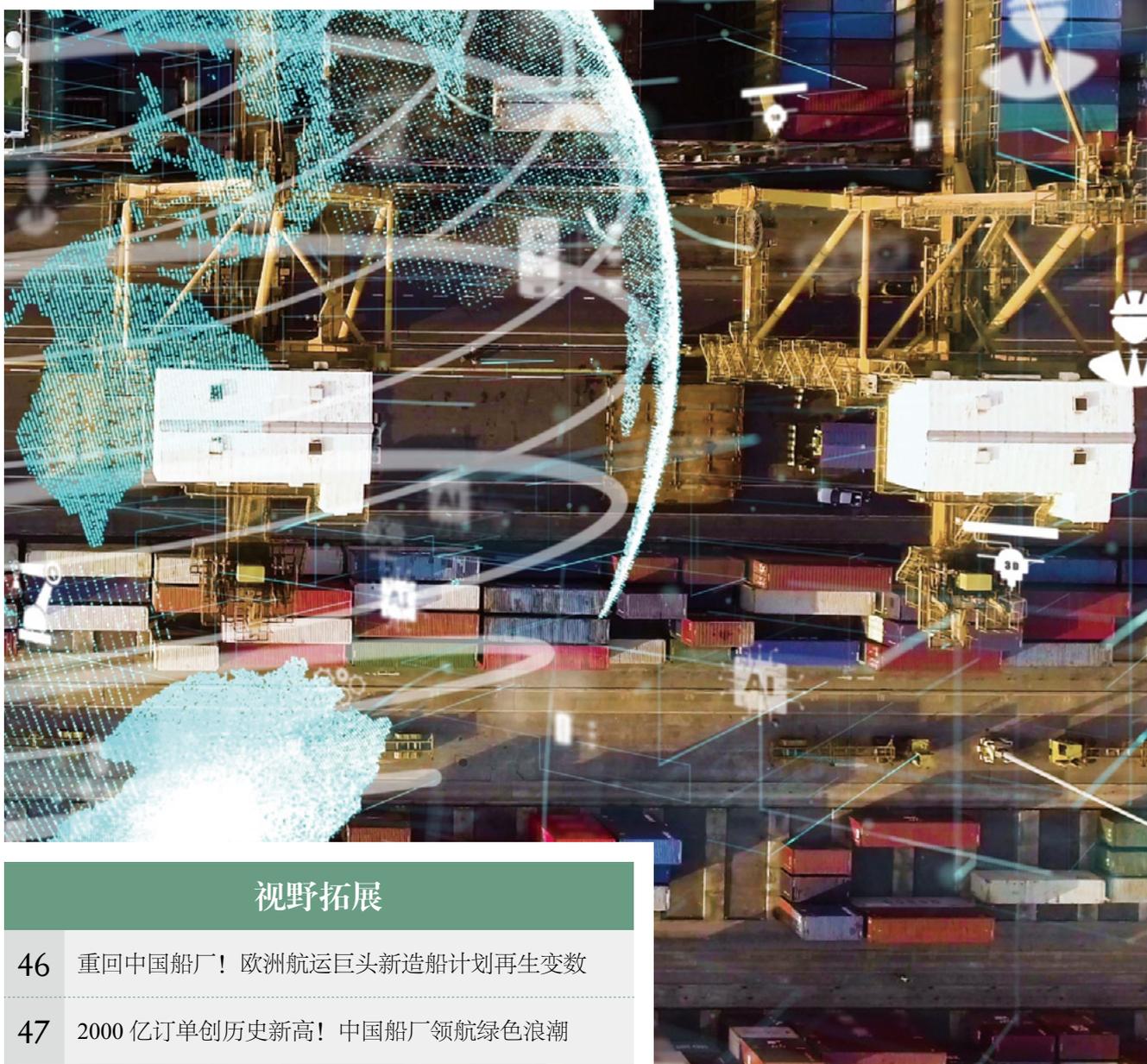


## 学术探讨

- 10 浅析船员市场现状与系统性应对策略研究  
◎ 浙江省海运集团股份有限公司 / 郑和通
- 13 加强内河船舶配备附属艇安全管理路径探析  
◎ 平湖市交通运输行政执法队 / 徐亮
- 15 富春江小型非运输船舶安全监管研究  
◎ 杭州市交通运输行政执法队 / 朱筱嘉
- 17 拖轮“拖带和绑拖”作业方法和注意事项  
◎ 宁波油港轮驳有限公司 / 李俊蔚 张伟君
- 21 基于AQWA的超大型集装箱船舶临界作业条件和港口拖轮配置研究  
◎ 宁波引航站 / 周胜刚 管怀君 高洁 赵雪光
- 26 基于AIS数据的警戒区船舶碰撞风险评估方法研究  
◎ 宁波大学海运学院 / 钟雨 陈茜 刘娇 冯宏祥 郑彭军
- 34 浅谈柴油机敲缸与气缸油的碱值选择  
◎ 宁波远洋运输股份有限公司 / 姜建伟 郑金波 葛主裕
- 37 宁波舟山港甬舟集装箱码头3#-5#泊位船舶靠离泊操纵仿真试验分析  
◎ 宁波引航站 / 陶雪兵 李梁 段晓军 慕永光 周建勇

## 行业动态

- 41 渤海最大！这一海上油气平台起运
- 43 2025 海丝论坛促成全球港航企业系列合作签约
- 43 首次发布！事关国际航运可持续燃料认证
- 44 《2025 海丝港航高层圆桌会议共同声明》发布
- 45 法国第一大港 HAROPA 加强与中国海运贸易合作



## 视野拓展

- 46 重回中国船厂！欧洲航运巨头新造船计划再生变数
- 47 2000 亿订单创历史新高！中国船厂领航绿色浪潮

## 浙江省科学技术协会吴晓东书记一行来我会调研

4月22日下午，浙江省科学技术协会党组书记、副主席吴晓东，党组成员、副主席郭寄良，学会部副部长（主持工作）程文伟，办公室副主任沈澜，学会部四级主任科员徐陈等领导前来浙江省航海学会调研和工作指导。浙江省航海学会理事长沈亚军、秘书长胡适军、常务理事厉永滨等参加接待和座谈活动。

吴书记和各位领导来到办公室亲切慰问秘书处工作人员，察看办公环境、了解学会秘书处工作状况和档案材料等情况。随后，双方在会议室进行深入交流。

吴晓东书记表示此次调研既是加强省科协与省级学（协）会的沟通和了解，更是为深入贯彻党中央和省委省政府号召、进一步推动海洋经济发展和港航强省建设工作的一次交流。沈亚军理事长代表浙江省航海学会功能型党支部和学会理事会对吴晓东书记一行的到来表示热烈的欢迎，并表示各位领导亲临我会是省科协对我会的关心和厚爱，我会所取得的成绩都离不开省科协社团党委和学会部的支持，也特别希望吴书记和各位领导能给学会带来更多的指导工作。秘书长胡适军向各位领导汇报学会基本情况和近几年



来学会在学术交流、航海科普、政府转移职能、社会服务和会员服务等方面所开展的工作。

在工作汇报后，双方还进行了深入的交流，互通更多的信息。各位领导对学会的工作开展和所取得的成绩给予肯定，同时表示省科协愿为学会和广大科技工作者搭建更多的平台，让大家有更高、更宽的发展空间，共享更多的资源。希望学会要加强党建工作，向5A级学会看齐，更上一层楼。

最后，吴书记强调指出，学会要进一步强化党建引领，引领广大航海领域科技工作者服务省委省政府中心工作；要进一步立足前沿，努力打造海洋学术的高地，更好地服务好广大会员成长成才；要更开放、更畅通地与国际接轨，链接国内外航海领域的优秀科创资源服务创新浙江建设；要进一步加大智库建设力度，为服务海洋强省、港航强省建设提供高质量的咨询建议。他表示，省科协将为学会和广大科技工作者搭建更多的平台，共享更多的资源，提供更优的服务。

浙江省航海学会秘书处供稿



## 省港口协会应邀参加 2025 海丝港口合作论坛

5月27日，以“绿色共享 智慧互联”为主题的2025海丝港口合作论坛在浙江宁波国际会议中心开幕，省港口协会理事长夏炳荣一行应邀参加了此次大会。大会吸引了来自40余个国家和地区的900多家机构、企业，1000余位嘉宾齐聚一堂，参加论坛的“1+2+N”系列活动，围绕当前国际港航热点开展深度探讨，推动国际业务合作与标准对接，为全球港航业的可持续发展贡献新力量。



2025海丝论坛由宁波市人民政府、浙江省交通运输厅、浙江省海洋经济发展厅主办，浙江省海港集团、宁波舟山港集团承办。作为贯彻落实习近平总书记关于“浙江要在深化改革、扩大开放上续写新篇”指示要求的重要实践，本届论坛紧扣国家和省级战略、港航业发展趋势，构建了多层次、跨领域的活动框架，为全球港航业搭建起业务对接、技术交流、文化互鉴的国际化平台。

浙江省委副书记、省长刘捷，交通运输部副部长王刚，浙江省委常委、宁波市委书记彭佳学，浙江省

副省长柯吉欣，原交通部部长黄镇东，塞拉利昂共和国驻华大使馆特命全权大使阿布·巴卡尔·卡里姆，比利时西弗兰德省省长卡尔·德卡卢维，宁波市市长汤飞帆，中国远洋海运集团有限公司董事长万敏，中国航海学会理事长、交通运输部原副部长何建中，交通运输部原副部长徐祖远，厄瓜多尔交通部前部长埃克多尔·比亚格兰·西佩达，国际港湾协会主席、汉堡港务局首席执行官延斯·迈尔出席论坛。外交部、交通运输部、天津市以及浙江省有关单位，相关驻华使领馆，来自全球六大洲国家和地区的港口及港航管理部门，国内外航运物流企业，高校和研究咨询机构，港航产业上下游单位的领导、嘉宾和媒体代表出席论坛。

2025年海丝论坛采用“1+2+N”的模式，精彩纷呈：主论坛首次全天候开放，汇集全球顶尖专家与行业领袖，智慧激荡，洞察未来趋势；海丝友港合作会议与海丝港航高层圆桌会议，两大重要会议凝聚行业发展共识；六大垂直领域专题论坛精准解决行业难题；N场特色联动活动丰富多彩，首次举办的“海洽会”促成现代科技与传统文化的跨界融合，“非遗展示”与“港城参观”让与会嘉宾深刻体验到中华文化和航海文化在现代港城中的新活力。论坛经过十年的发展，





已成为全球港航界公认的盛事，致力于促进“海上丝绸之路”沿线国家和地区港口的合作与交流。本届论坛吸引了来自世界各地的港航界精英，共同探讨港航产业的发展趋势、技术创新以及合作机遇。

在参与这次重要的论坛活动过程中，省港口协会

科技方面的最新进展。通过这次论坛，省港口协会获得了宝贵的信息和知识，这些都对其未来的发展建设起到积极的推动作用。同时，论坛也为港口协会指明了努力的方向和前进的目标，使其在未来的工作中能够更加明确地制定战略规划，提升自身的影响力。

不仅极大地拓宽了自己的视野，还深入了解了国际和国内港航业的最新发展趋势以及

## 杭州国际航空航运仲裁院成立大会暨航空航运纠纷多元化解法治讲堂顺利召开

4月11日下午，杭州国际航空航运仲裁院成立大会暨航空航运纠纷多元化解法治讲堂在杭州顺利召开。省司法厅党委委员、副厅长徐晓波，市政府副秘书长程晓东，省商务厅党组成员、副厅长陆勇，省交通运输厅二级巡视员徐汇，浙江海事局二级巡视员王忠祥等领导，以及行业协会、科研院所和航空航运产业链的部分企业代表共150余人参会。作为战略合作



单位，浙江省港口协会副理事长兼秘书长付昌辉、浙江省航海学会秘书长胡适军应邀出席大会。会议由市司法局党委书记、局长徐前主持。

会上，徐晓波副厅长指出，杭州国际航空航运仲裁院的设立既是对党的二十大精神贯彻，也是推进浙江高水平开放的重要措施。该仲裁院将立足全省、面向全国、辐射全球，确保高起点、高质量发展，稳定“航向”，服务大局，提升“航速”，打造航空及海事仲裁品牌，为全省涉外法治工作贡献更大力量。程晓东副秘书长指出，该产业作为高端服务产业，其高质量发展需要战略空间和法治支持。杭州国际航空航运仲裁院应达到国际先进水平，利用其地理优势，成为展示杭州涉外法治能力的平台，为杭州建设国际交通枢纽城市提供法治保障。两位领导进行了揭牌仪式。

在与会嘉宾的见证下，杭州仲裁委员会与浙江省港口协会、浙江省航海学院等6家单位签署战略合作



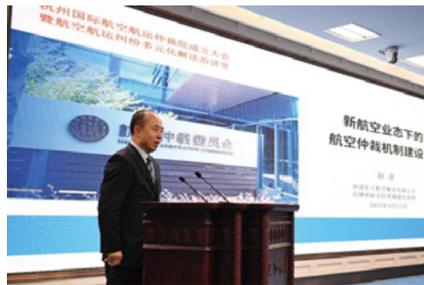
协议，共建航空航争议多元化解机制新高地。通过合作，各方将共同推动航空航运纠纷的快速、高效、公正解决，为行业健康发展提供有力保障。同时，这也将为杭州国际航空航运仲裁院的发展注入新的活力。

航空航运纠纷多元化解法治讲堂环节由华东政法大学国际法学院副教授陈琦主持。中国东方航空集

团有限公司法律合规部副总经理，中国法学院航空法学研究会副秘书长、常务理事赵进，浙江省法学会海商法学研究会副会长、原宁波海事法院审判委员会专职委员、二级高级法官吴勇奇分别就“新航空业态下的航空仲裁机制建设”“重视航运仲裁的特殊性 确保海事海商仲裁的质量”等议题作主旨演讲。

杭州国际航空航运仲裁院的成立，为浙江的港口企业、航运企业及其相关辅助产业搭建了专业化的法律服务平台，为浙江省“交通强省”战略的实施及世界一流强港的建设注入了法治化动力。省港口协会和航海学会将持续深化与杭州仲裁院的协同创新，通过整合双方资源和经验，打造行业“一站式”法律服务平台，助力企业有效化解跨境交易风险，为企业在国际竞争中维护合法权益提供坚实保障。

浙江省航海学会秘书处供稿



## 省港口协会内河港口分会召开高水平建设“航运浙江”座谈会

5月27日下午，内河港口分会召集各会长、副会长单位，在省港口协会会议室举行了“航运浙江”高水平建设座谈会。此次会议也是自3月份省港口协会内河港口分会成立以来首次召开的重要会议。省港口协会常务副理事长杨挺理出席会议并发表指导讲话，省港航管理中心港口处副处长陈建光也应邀到会进行指导。会议由省港口协会副理事长、内河分会轮值会长赵列克主持。

与会人员围绕省政府印发的《高水平建设“航运浙江”的实施意见》进行了充分的学习与交流。大家一致认为，《实施意见》紧扣高能级开放强省、世界一流强港和高水平交通强省的建设目标，立足国内，对标国际，高起点、高水平谋划。文件提出，到2030年，高水平建设“航运浙江”将取得显著成效，实现2000吨级船舶通达海港，干线航道通达60%以上的省级及以上产业平台，内河航运的组织化、智慧化、



绿色化水平保持全国领先。到 2035 年，全面建成全国现代化内河航运体系先行省，内河航运发展水平跻身世界先进行列的奋斗目标，令人鼓舞，催人奋进。《实施意见》的出台，充分体现了省政府对我省内河航运发展的高度重视，为我省内河航运的发展指明了方向、增添了动力。蓝图已绘就，接下来需真抓实干，全面推进落实。

与会人员结合各自工作实际，就加快干线航道提升、推动港产联动发展、促进物流降本增效、推进交旅融合发展、加快推进船舶及港口机械绿色低碳智能化等议题，进行了深入的探讨与交流，并提出了当前面临的一些困难问题及下一步工作的意见建议。

会议还商讨了内河港口分会下一步的工作安排，确定将推动落实绿色港口评价工作列为今年的重点任务，建立每半年一次的定期会商工作机制，以加强

工作交流。同时，根据实际情况，开展一些针对性的培训、讲座等活动，推进协会工作的顺利开展。

对此，会议特别邀请了省交通运输科学研究所的相关领导和专家，详细介绍了浙江省绿色港口评价指标体系建设的初步成果及后续评价工作的具体规划。与会人员针对该内容提出了系列修改和完善的具体建议。

会议最后，省港航管理中心港口处副处长陈建光发表了讲话，指出：“航运浙江”的发展将全面开启内河航运高质量发展的新篇章，有力推动构建高效畅通的现代化综合交通运输体系，进一步发挥内河航运在构建新发展格局中的支撑保障和先行引领作用，为浙江推进“两个先行”、长三角高质量一体化发展以及高水平交通强省建设提供坚实支撑。

省港口协会内河港口分会

## 智汇航运 共赢未来 ——2025 第四届船东大会在台州圆满落幕

5 月 23 日，2025 第四届船东大会在台州圆满落幕，来自政府部门、相关社会团体、行业专家、航运及上下游产业企业代表等 650 多人参加了会议。大会由中国商智会航运上下游产业联盟主办，商智会信息科技集团股份有限公司承办，浙江省港口协会会长夏炳荣、浙江省航海学会秘书长胡适军应邀出席指导。

开幕式上，浙江省交通运输厅原副厅长、浙江省港口协会会长夏炳荣发表致辞，为大会定下基调。作为大会指导单位的代表，浙江省港口协会理事长夏炳荣在开幕式致辞。他强调，航运业自古以来便是文明交流与贸易发展的强大驱动力。面对当前数字化与绿色化的发展趋势，我们必须紧抓此次大会的契机，汇



聚各方智慧与力量，深化产业合作，共同构建更为紧密和谐的产业生态体系。利用数字化提升安全管理，采用绿色技术促进可持续发展，激发行业活力，增强竞争力。让我们在航运领域勇往直前，共同创造“智汇航运 共赢未来”的美好未来。

随后，上海仲裁委员会副主任、上海国际航运中心发展促进会秘书长孙海华，浙江海投云贸国际供应链有限公司董事长蒋慧慧，中国商智会航运上下游产业联盟主席陈仕聪先后致辞。

主论坛期间，交通运输部原副部长徐祖远、上海组合港管委会办公室原主任徐国毅、上海海事大学原校长黄有方等分别发表《穿越周期迷雾——向管理科学要发展韧性》《船舶新能源趋势下航运企业的发展对策》《国际内河绿色和智能船舶发展动态》主旨演讲。他们对当前国际和国内航运形势、航运企业的发

展、减碳降碳、绿色与智慧航运等作了深刻的剖析，指出解决方法或建议。杭州雅格纳科技有限公司营运总监潘永立、浙江四兄绳业有限公司总经理李彦希、浙江鱼童新材料股份有限公司总经理曾超、上海航交所原总裁张页等也先后发表专题演讲和交流。

大会上，中国商智会航运上下游产业联盟分别与洋浦国际投资咨询有限公司、浙江海投云贸国际供应链有限公司、浙江二轻智慧科技有限公司、浙江四兄绳业有限公司、浙江鱼童新材料股份有限公司、杭州雅格纳科技有限公司签订战略合作协议。

本届船东大会的成功举办，不仅展现了中国航运业的发展韧性与创新活力，更标志着行业迈向高质量发展的新起点。未来，随着更多国际企业的参与和产业交流平台的完善，中国航运业必将在全球市场中书写更加壮丽的篇章，为海洋经济发展注入强劲动力。



# 浅析船员市场现状与系统性应对策略研究

◎ 浙江省海运集团股份有限公司 / 郑和通

**摘要：**船员作为全球贸易运输链的核心执行者，承担着全球 90% 货物运输的使命，其专业素质与职业状态直接关乎航运安全及国际贸易效率。本文通过实证研究发现，船员群体在船舶安全运营中具有不可替代性，国际海事组织统计显示 75% 的海事事故与人为操作因素相关，突显船员能力建设的重要性。当前中国船员市场呈现结构性矛盾：一方面普通船员“拥挤”，高级船员“稀缺”；另一方面院校毕业生流失严重，社会培训船员晋升艰难。职业吸引力持续下滑、职业发展通道阻滞、社会保障体系不完善等制度性缺陷，导致高素质人才向陆地岗位大规模转移。作者从船员市场现状分析入手，致力于研究系统性应对策略，为保障国家航运战略安全建言献策。

**关键词：**船员市场；职业吸引力；结构性失衡；系统性应对

## 0 引言

在全球贸易高度依赖海运的当下，船员作为航运业的核心人力资源，其市场供需关系与资源配置效率直接决定国家航运竞争力。据国际航运公会（ICS）预测，到 2026 年接受专业培训的海员缺口将飙升至 9 万人，其中高级船员最为短缺。而中国作为全球最大船员供给国，却面临结构性失衡的问题，这种结构性失衡不仅导致船舶配员成本上升，更衍生出海上安全事故率波动、国际航线市场份额流失等连锁风险。本文研究旨在为破解船员资源错配困局、重构航运业可持续发展生态提供决策参考。

## 1 船员市场现状与资源特征

### 1.1 船员市场结构性失衡

近年来，我国船员市场呈现出一种独特的双重趋势：一方面，普通船员资源明显过剩；另一方面，高级船员却面临着短缺的困境。这种矛盾现象，反映了船员市场的深层次问题，也给航运业的发展带来了诸多挑战。

截至 2024 年 6 月，我国持有有效海船船员适任证书的船员约 50.3 万人，其中无限航区占比约 67%，沿海航区占比约 33%。2023 年持无限航区有效海船船员适

任证书的人数约 33 万，其中持无限航区值班水手和机工证书的约 20 万人，但实时在船的值班水手机工约仅有 6.8 万人，普通船员的供给明显过剩。从无限航区目前船长和高级船员持证比例来看，持有效无限航区适任证书的船长和高级船员约 10.6 万人（船长约 1.9 万，其他职位约 8.5 万），占比两成；目前持证船长、大副、二副、三副的比例为 2.8:1.9:2.2:1，持证的轮机长、大管轮、二管轮和三管轮的比例为 4.5:2.7:3:1。从统计数据来看轮机部船员队伍结构不合理的现象更为突出，三副三管岗位船员尤为紧缺，呈现结构性失衡的现状。

### 1.2 关键岗位船员极度短缺

截至 2024 年 6 月，我国持有有效无限航区适任证书的船长约 1.9 万人，轮机长等高级船员约 8.5 万人，看似数量可观，但相较于庞大的船队规模以及航运业的发展需求，实则供不应求。随着船舶技术的不断更新换代，对高级船员的专业技能和知识储备要求也日益提高，不仅要精通传统的航海技术、轮机工程，还需掌握诸如智能船舶系统、新能源动力等新兴领域的知识，这使得符合要求的高级船员更加稀缺。

高级船员的短缺对船舶运营和航运发展带来了诸多不利影响。一方面，为了填补岗位空缺，一些航运企业不得不降低招聘标准，聘用经验不足或技能不达标的船员，这无疑增加了船舶航行的安全风险。另

一方面,由于高级船员供不应求,其人力成本不断攀升,给航运企业带来了沉重的运营负担,压缩了利润空间,也在一定程度上制约了航运业的进一步发展。

### 1.3 航海院校毕业生流失严重

航海院校作为船员的重要培养基地,近年来本科毕业生生的上船意愿持续走低。许多毕业生因为职业吸引力不足等因素,即便在校期间接受了专业系统的航海教育,毕业后也毅然放弃上船机会,转而投身于陆地的其他行业。据不完全统计,航海院校本科毕业生的上船率不足30%,这意味着大量经过专业培养的航海人才未能充实到船员队伍中,毕业后选择上船工作的本科生5年内流失率也超过70%。

大专院校航海专业的毕业生同样面临着诸多困境。尽管他们在数量上为船员队伍提供了一定的补充,但由于学历、知识储备等因素的限制,在职业晋升的道路上往往面临着比本科生更为艰难的挑战。许多大专生在担任水手机工等基础岗位一段时间后,发现晋升空间狭窄,上升通道受阻,难以实现向三副、三管轮等高级岗位的跨越,久而久之,便对航海职业的发展前景感到迷茫,进而选择离开海员职业,寻求其他更具发展潜力的职业路径。

## 2 船员市场结构失衡的成因分析

### 2.1 对于航海院校毕业生船员职业吸引力持续下降。

#### 2.1.1 船员社会地位下降的影响。

船员社会地位是指船员在整个社会系统中所处的位置,与一般社会学意义上的社会地位由社会规范、法律和习俗等因素限定不同,船员目前所处的社会地位更多是受社会发展程度的影响。从发展实际来看,社会的发展造成了船员社会认可和社会地位不如以前。

#### 2.1.2 船员发展前景不良的影响。

船员职业在薪资待遇、职业发展机会等方面的优势日渐消失,导致更多的航海院校毕业生选择在陆地发展,寻求相对更加安稳的工作。

#### 2.1.3 艰苦的工作生活环境的影响。

海上艰苦的工作生活环境导致许多航海院校毕业生放弃船员职业,船员长时间的漂泊在海上,面临着单

调乏味的生活,狭小的生活空间、有限的娱乐设施,使得他们的精神压力较大。海上的恶劣天气、潜在的航行风险等因素,也给船员的身心带来了巨大挑战。

### 2.2 社会培训船员晋升困难

除了院校培养的船员,社会培训也是船员的一个重要来源,占无限航区每年新增注册船员人数的三分之二以上。然而,这些通过社会培训进入船员行业的人员,大多集中在水手、机工等基础岗位,且在后续的职业发展中面临着重重困难。社会培训船员往往缺乏系统全面的航海知识体系,相较于航海院校毕业生,他们在专业理论方面存在明显短板。而晋升三副、三管轮等职位需要通过严格的适任考试,社会培训船员由于基础薄弱,在面对考试时往往力不从心,通过率极低。据了解,近年来社会培训船员晋升三副、三管轮的考试通过率不足20%,这使得他们长期被困在基础岗位,难以向上流动,进而造成普通船员在低层级岗位上的积压,加剧了普通船员过剩的结构性矛盾。

### 2.3 行业发展对高级船员的准入有了新要求

在全球环保意识日益增强的背景下,航运业正加速向绿色、低碳方向转型。国际海事组织(IMO)制定了严格的碳排放目标,促使船东纷纷订造新型环保船舶,这些船舶采用了诸如液化天然气(LNG)、氨燃料等新能源技术,以及智能航行、自动化操控等先进系统。传统的船员培训体系尚未能及时跟上这一技术变革的步伐,导致大部分船员对新兴技术的了解和掌握程度有限,无法满足新型船舶的运营需求,进一步凸显了高级船员的短缺状况。

### 2.4 地缘政治事件影响。

俄乌冲突给全球船员市场带来了极大的影响,俄罗斯和乌克兰一直是国际海员的重要输出国,两国海员凭借扎实的专业技能和丰富的经验,在全球航运市场占据重要地位。冲突爆发后,不仅现役海员纷纷离岗,而且新海员的培养与输出也陷入停滞,从而也间接导致我国高级船员的短缺。

## 3. 系统性应对策略构建

### 3.1 制度层面

#### 3.1.1 建立航运特殊岗位税收优惠政策。进一步完

善船员税收优惠政策,按照国际惯例,对船员在船工作期间的收入给予免税待遇,增加船员实际收入,提升职业吸引力。

3.1.2 试点船员弹性工作制与特殊优待退休方案。从提升船员职业社会地位出发考虑试点弹性工作制和特殊优待退休方案,如以在船工作时间限定最早退休年龄,同时鼓励达到退休年龄的高级船员在符合证书和健康要求的前提下继续从事航海职业。

3.1.3 促进国际合作,修订相关法律打破中国籍船舶船员聘用壁垒。逐步放开聘用外籍船员限制,具体措施如下:(1)增加许可范围修订《外国人来华工作分类标准(试行)》,逐步试点增加外国籍高级船员入《外国人外国人来华工作分类标准(试行)》的中的“外国专业人才(B类)”。(2)扩大互认范围增加与我国海事主管机关签订适任证书互认协议的缔约国范围,将世界范围内的海员劳务输出大国包括在其中。

### 3.2 产业层面

3.2.1 推行“订单式”校企联合培养自有高级船员。一方面是从税收政策层面鼓励央企航运公司加大自有高级船员培养力度,扩大自有船员队伍。另一方面是培育航海院校-航运企业定向委培产业,提升航海院校毕业生从事船员职业的意愿和比例。

3.2.2 优化船员培训模式,提升船员素质以便加快职业晋升。积极学习借鉴国际先进的船员管理经验和培训模式。一方面是与国际知名的航海院校、航运企业开展交流合作,派遣我国船员和管理人员赴外学习,引入适配于智能环保船舶的先进的航海教育资源和课程体系,提升我国船员培养的质量与水平。另一方面提高船员培训机构准入门槛,整合优化现有社会船员培训资源,从政策和资源等方面支持有一定规模和实力的船员派遣单位参与船员培训。

### 3.3 社会层面

3.3.1 建立国家海员培养基金。从国家层面设立专项资金用于高级船员的培养,鼓励更多有志于航海事业的青年才俊从事船员职业。

3.3.2 设立国家级航海人才贡献奖。弘扬航海文化,结合“中国航海日”设立航海人才专项荣誉,提升船员职业社会认可度,从而增强职业吸引力。

## 4 结论与展望

尽管当前我国船员市场面临着普通船员过剩与高级船员短缺以及分布不合理等结构性系统性问题,但展望未来,仍有诸多积极因素值得期待。随着航运业的持续发展以及各方对船员问题的重视,一系列变革正在悄然发生。

在培训教育领域,随着航海院校与社会培训机构的深度改革,未来将有更多高素质、适应新时代航运需求的船员涌入市场。院校与企业紧密合作的人才培养模式将成为主流,为学生提供从理论学习到实践操作再到职业晋升的一站式成长路径,使得船员队伍的专业素养得到全方位提升。

在职业吸引力方面,航运企业与政府携手共进,持续优化船员的工作与生活环境。薪资待遇的提升、职业发展渠道的拓宽以及船员权益保障的强化,将逐渐改变人们对船员职业的固有认知,吸引更多年轻人投身航海事业,为船员队伍注入新鲜血液,尤其是为高级船员的储备奠定基础。

国际合作的深入开展也将为我国船员市场带来新的生机。通过引进国外优秀船员、借鉴国际先进经验,我国船员队伍将在国际化交流与融合中不断壮大,逐步弥补高级船员短缺的短板,提升我国航运业在全球的竞争力。可以预见,在各方的共同努力下,我国船员市场有望逐步恢复供需平衡,航运业也将在稳健的人力支撑下蓬勃发展,续写海洋运输的辉煌篇章,向着更加绿色、智能、高效的未来砥砺前行!

### 参考文献

- [1]《2023年度中国船员发展报告》交通运输部海事局2024年6月。
- [2]《宁波远洋关于船员业务素质全面提升推动船舶安全管理进一步优化的课题研究报告》2023年3月。

# 加强内河船舶配备附属艇安全管理路径探析

◎ 平湖市交通运输行政执法队 / 徐 亮

**摘要：**附属艇作为内河运输船舶用于生产和生活的辅助设备，在实际使用中存在诸多问题和安全隐患。本文分析了附属艇的现状和管理难点，探讨了海事部门如何通过明确监管主体、加强检验登记管理、规范船员操作、强化通航秩序管理以及完善应急救援机制等措施，加强对内河船舶配备附属艇的管理，以保障水上交通安全。

**关键词：**海事部门；内河船舶；附属艇；管理难点；管理措施

**中图分类号：**U674/U698

## 1 引言

附属艇是内河运输船舶船员通常用于船岸间人员和物质短驳的辅助工具，又称为“自备艇”“辅助艇”或“交通艇”。在内河航运领域，附属艇的应用十分广泛，它为船员的日常水上交通提供了极大的便利。然而，由于附属艇自身的特点以及监管方面存在的不足，同时附属艇安全条件较差、操作不当等原因，导致人员落水、死亡及附属艇沉没等水上交通事故时有发生，如2020年3月28日，“粤东莞货101X”轮，船员驾驶该船附属艇，与一艘快艇发生碰撞，事故造成“粤东莞货101X”轮附属艇翻沉，3人落水，其中1人死亡，2人受伤；2021年1月1日，广西润桂船运有限公司所属的“润桂XXX”船锚泊在峻兴搅拌站对开靠近走沙岛一侧水域，船舶驾驶员聂某驾驶该船附属艇横越潭州水道时与不明快艇碰撞，事故造成附属艇侧翻坐沉，1人死亡，1人失踪[1]；2015年10月12日，在西江德庆九市黄牛岗渡口附近水域，“藤县金海XXXX”船附属艇被吊离水面过程中，牵引附属艇的钢丝绳断裂导致艇上1名人员落水死亡；2015年1月13日，在东莞民田涌水道，“粤惠州货XXXX”船在航行途中释放船上的附属艇过程中，导致交通艇倾斜，造成艇上一人落水死亡[2]。以上案例充分说明附属艇给水上交通安全带来了严重的威胁。因此，有必要高度关注并深入探究加强内河船舶配备

附属艇安全管理的有效路径，以保障内河航运的安全稳定发展。

## 2 附属艇的特点和管理难点

### 2.1 附属艇的特点

不同于船舶的主要设备，附属艇通常具有以下特点：一是动力相对不足，难以在复杂的水域环境下保持稳定航行；二是缺乏必要的灯光信号设备，在夜间或能见度不良的情况下难以被识别；三是抗风浪和抗碰撞能力较差，在恶劣天气或与其他船舶发生碰撞时极易受损；四是操纵性能欠佳，对驾驶人员的操作技能要求较高；五是缺乏必要的安全设施。

### 2.2 管理难点

(1) 监管主体不明确：虽然附属艇在某些角度符合“三无”船的认定标准，但由于其未经过严格的认定程序，导致在实际监管过程中，监管主体不够明确。多个部门之间存在职责交叉和空白的地带，难以形成有效的监管合力。

(2) 检验登记不规范：尽管有相关法规能够为附属艇的检验和登记提供依据，但在实际操作中，对于非游艇的附属艇，如果其不航行，则通常不需要进行检验和登记。这使得大量附属艇在未经检验和登记的情况下投入使用，难以保证其安全性能。

(3) 船员操作不规范：在附属艇的使用过程中，

部分船员存在未按照水上交通安全和防治船舶污染操作规则操纵、控制和管理船舶的情况。例如，超速航行、随意掉头、不按规定避让其他船舶及随意开展船舶油类作业等行为较为常见，增加了事故的发生风险。

(4) 附属艇的装配不规范：内河船舶附属艇的安装方式缺乏统一标准，各船舶之间的装配差异较大。在装配、释放以及回收过程中，由于操作不当或设备本身的缺陷，容易引发安全事故。如 2024 年平湖市交通运输局的 35 起以“船舶航行时，其附属艇筏伸出舷外”为案由的案件，均与附属艇的装配和使用不当有关。

(5) 附属艇缺乏统一的技术规范：附属艇的规格、结构、尺度、操控方式、动力形式以及所配备必要的安全设施没有一个统一的标准。

### 3 海事部门加强管理的措施

#### 3.1 明确监管主体

海事部门应积极争取通过立法或制定相关政策，明确自身对附属艇的监管职责，同时加强与其他相关部门的协作配合，建立健全部门间的协调机制，构建一个责任清晰、齐抓共管的管理体系。例如，可以与船舶检验机构共同制定附属艇的检验标准和流程。

#### 3.2 加强检验登记管理

(1) 制定检验标准：根据附属艇的特点，从船体结构强度、必要的灯光信号显示以及动力要求等方面制定专门的检验标准和规范。例如，明确船体材料的质量要求、结构设计的合理性标准，规定灯光信号的类型、数量和安装位置，以及动力装置的功率范围和性能指标等，并可以考虑将其纳入船用产品进行管理，确保附属艇的安全性能符合内河航运的要求。

(2) 简化登记流程：为了提高附属艇的登记率，海事部门应提供便捷的登记服务。可以通过建立网上登记平台，减少船东的登记手续和时间成本。同时，加大宣传力度，向船东和船员普及检验登记的重要性和相关要求，鼓励船东主动进行登记。

#### 3.3 规范船员操作

(1) 提升船员操作技能：要求附属工作艇驾驶人员必须为持证船员，并定期组织船员参加专业培训和考核，增强其安全意识和操作水平。在航行过程中，

船员应严格控制航速，避免在高速航行时造成碰撞、浪损等险情事故。同时，海事部门可以制作并发放附属艇安全操作指南，指导船员正确操作船舶。此外还可以将附属艇的驾驶资质纳入“特殊培训”。

(2) 严格执法监督：加大对附属艇船员操作行为的监督检查力度，采取定期检查与随机抽查相结合的方式，对未穿救生衣、违规操作的船员依法进行处罚。进一步完善相关法律法规，明确在船舶正常航行过程中不得随意释放附属艇，严禁在恶劣天气、水文条件复杂以及其他危及航行安全的状况下使用船舶附属艇。

(3) 制定操作制度：船舶应结合自身的实际情况，制定详细的附属艇操作制度，明确释放、使用、回收及保养等方面的责任人和具体操作流程。在使用附属艇前，必须征得船长或履行船长职责的驾驶员的同意，并在《航行日志》上做好相应的记录。

#### 3.4 强化通航秩序管理

(1) 合理规划航道：根据内河航道的实际情况，合理规划附属艇的可航行区域，比如可以设置专门的附属艇航道或在大型船舶航道的边缘划出一定的区域供附属艇航行，避免与大型船舶的航线冲突。

(2) 突出重点监管：将锚地、水上服务区及码头等船舶聚集区以及重点时间段（如夜间、节假日等）作为监管的重点区域和时段。在这些区域和时段，增加海事执法人员的数量和巡逻频次，加强宣传、劝诫及处罚等措施的实施力度，确保附属艇的航行安全。

(3) 加大监管力度：加快建设并利用先进的监控技术和设备，对附属艇的航行行为进行实时监控，及时发现和纠正违规行为，提高监管的效率和效果。

#### 3.5 完善应急救援机制

(1) 建立应急救援体系：制定针对附属艇事故的专项应急救援预案，明确救援流程和各相关部门及人员的责任分工。确保在事故发生时，能够迅速、有效地组织救援力量开展救援工作，减少人员伤亡和财产损失。

(2) 加强应急演练：涉及附属艇使用的航运企业应定期组织附属艇船员和相关救援人员进行应急演练，模拟各种可能发生的事故场景，如碰撞、翻沉、火灾等，提高他们应对突发事件的能力和协同作战水

# 富春江小型非运输船舶安全监管研究

◎ 杭州市交通运输行政执法队 / 朱筱嘉

**摘要：**本文聚焦杭州富春江小型非运输船舶的安全监管问题，详细阐述了其现状、存在问题及成因，从水上交通管理部门角度出发，提出一系列针对性的安全监管对策与建议，旨在减少此类船舶带来的水上交通安全隐患，保障富春江水域的安全与稳定。

**关键词：**富春江；小型非运输船舶；安全监管

## 一、引言

富春江作为杭州重要的水域，在航运、渔业、旅游等方面发挥着关键作用。然而，近年来小型非运输船舶（含“三无”船舶、小渔船）数量不断增多，违规活动频繁，事故频发，严重威胁水上交通安全。据统计，2020年富春江全年发生2起小渔船与过往货船碰撞事故，造成2艘沉船和2人死亡；2021年发生1起小型自用船艇与过往货船碰撞事故，致使1艘沉船和1人死亡。这些事故不仅造成了严重的人员伤亡和财产损失，

还对社会稳定和水域生态环境产生了负面影响。因此，加强富春江小型非运输船舶的安全监管，已成为水上交通安全管理部门亟待解决的重要课题。

## 二、富春江小型非运输船舶现状

### （一）数量众多且分布广泛

小型非运输船舶数量众多，在富春江沿线的富阳、桐庐、建德各个区（县）都有分布，仅富阳段流域内就有“三无”船舶200余艘，到达当地有捕捞许可

平。同时，通过演练，检验和完善应急救援预案的可行性和有效性。

（3）加强设施建设：加大对服务区、码头等基础设施的建设投入，完善相关设施，为船员提供更加便捷的上下船通道和交通服务，减少附属艇使用的必要性。例如，在锚地附近设置专门的船员接送点，安排固定的交通车辆或船舶接送船员，从而降低附属艇的使用频率。

### 3.6 开发统一规格产品并加以推广

在附属艇的设计和研发方面，可以参照海船“自由降落式救生艇理念”，结合内河航运的实际情况，开发适合内河的自扶正艇。这种自扶正艇能够在一定程度上提高附属艇的安全性能，减少因倾覆而导致的事故。同时，推广锂电池动力的折叠式、充气式附属艇，这种附属艇具有动力充足、占用空间小、便于存放和操作等优点，能够有效满足船员的日常使用需求。

## 4 结论

附属艇在内河航运中虽然具有一定的实用性和便利性，但其存在的安全隐患也不容忽视。海事部门应充分认识到加强内河船舶配备附属艇安全管理的重要性，积极采取有效措施，明确监管主体、加强检验登记管理、规范船员操作、强化通航秩序管理以及完善应急救援机制。通过这些综合措施的实施，加强对内河船舶配备附属艇的管理，确保水上交通安全形势的稳定，促进内河航运业的健康、可持续发展。

## 参考文献

- [1] 梁栋栋《以案示警—内河船舶附属交通艇安全管理要点》[EB/OL] 惠州海事局微信公众号 2022年9月22日。
- [2] 《西江上“吃人的附属艇”》[EB/OL] 中国海事微信公众号 2019年7月3日。

证渔船数量的2倍。无论是宽阔的主航道，还是周边的支流、河湾，都能见到它们的身影。在一些渔业资源丰富的水域，小渔船聚集；而在靠近城镇的水域，小型自用船艇和从事水上娱乐活动的船舶较为集中。

### （二）船种多样

船种丰富多样，涵盖小渔船、小型自用船艇、水上娱乐船以及部分“三无”船舶等。小渔船是从事渔业捕捞的主要工具；小型自用船艇用于日常出行、休闲娱乐；水上娱乐船则为游客提供水上游玩项目；“三无”船舶由于缺乏有效管理，混迹其中，增加了监管难度。

### （三）船舶状况参差不齐

部分船舶船龄较长，船体破旧，救生、消防、通讯等设备配备不足或老化损坏。一些小渔船和“三无”船舶甚至没有基本的航行安全设备，抗风浪能力差，在恶劣天气条件下极易发生危险。许多船舶未经过正规的检验和登记，船舶质量无法得到保障。

### （四）船员素质普遍较低

船员大多未接受过专业的船舶驾驶技能培训和安全知识教育，对航行规则、法律法规不熟悉。在航行过程中，存在不遵守交通规则、随意穿越航道、冒险航行等行为。部分船员安全意识淡薄，不穿戴救生衣，在遇到紧急情况时缺乏应对能力。

## 三、存在的问题

### （一）安全隐患突出

小型非运输船舶技术状况差，普遍存在未经过检验，船舶结构、稳定性等无法满足安全航行要求，缺乏必要的安全设施，如通讯设备、救生设备、消防设备等。由于驾驶人员缺乏水上安全知识，在航行、作业过程中，违规操作频繁，严重影响其他船舶的正常航行，一旦发生事故，容易造成严重后果。

### （二）监管难度大

小型非运输船舶数量庞大、分布广泛，且活动频繁，水上交通部门有限的人力、物力难以实现全面有效的监管。部分船舶作业时间不固定，尤其是小渔船和从事水上娱乐活动的船舶，常常在清晨、傍晚或节假日出行，给监管工作带来很大困难。由于“三无”

船舶没有合法的身份信息，难以进行追踪和管理，一旦发生事故，责任追溯困难。

### （三）法律法规不完善

对于小型非运输船舶的管理，相关法律法规存在界定不明确、处罚依据不足的问题。在实际监管过程中，对于一些违规行为，难以准确适用法律进行处罚，导致监管执法的权威性和有效性受到影响。

### （四）管理体制不健全

小型非运输船舶的管理涉及多个部门，包括交通、渔政、水利、旅游等。然而，由于各部门之间职责不清、沟通不畅，导致存在管理盲区和死角。各管理部门之间缺乏有效的沟通协调机制，信息共享不畅，无法形成监管合力。在涉及多个部门的管理事务中，容易出现互相推诿、扯皮的现象。

## 四、安全监管对策与建议

### （一）完善立法规定，明确监管职责

对现有法律法规进行梳理和完善，明确小型非运输船舶的管理规定和处罚标准，进一步明确交通、渔政、综合执法等部门在小型非运输船舶管理中的职责边界，使监管执法有法可依。可参照千岛湖农林船舶管理经验，由县政府出台《农林自用船舶管理办法》，在杭州地区率先建立起了以县、乡镇政府负责制为核心，以交通、旅游、渔政、综合执法等部门为重点，职责清晰、分工明确、协同高效的安管理基本格局，成效极为明显。

### （二）建立船舶数据库，实施分类管理

由地方政府牵头，组织城管、渔政、交通等部门对小型非运输船舶进行全面摸排，登记船舶数量、种类、分布区域、船主信息等，建立详细数据库，规范小型船舶日常停泊、航行，参照千岛湖经验对实行船舶集中停泊、统一管理和出航报备。根据船舶种类和用途，制定差异化的监管措施。对小渔船，加强与渔政部门的协作，规范捕捞行为；对小型自用船艇，督促地方政府落实属地管理责任，统一编号，发放船名牌。

### （三）加大执法力度，规范船舶运营

在重点水域、重点时段，如渔业捕捞旺季、节假日

# 拖轮“拖带和绑拖”作业方法和注意事项

◎ 宁波油港轮驳有限公司 / 李俊蔚 张伟君

**摘要:** 相对于港内靠离泊作业,拖带和绑拖作业存在很多不稳定因素,例如距离长,难度高,风险大,水域陌生,环境恶劣等;驾驶人员业务技能不熟悉,现场应变和指挥能力不足。面对各种多变的不利因素,极大增加了拖带和绑拖作业的难度系数,为了规避不利因素,首先从思想上要提高政治站位,要有高度的责任心;面对困难要敢于挑战自我;工作中不仅要大胆更需要心细,而且还要在实际操作过程中善于学习和总结,不断的提升自身业务技能水平,安全圆满的完成作业任务。

**关键词:** 人员受伤;断缆;打桨

下面我以自己的经验交流一下“拖带和绑拖”作业的一些想法。首先我个人认为作为港作拖轮从事拖带和绑拖作业主要面对三大危险因素:1. 人员受伤;

2. 断缆;3. 打桨。

在整个拖带和绑拖任务中,为了规避这三个危险因素,我们可以从以下几个方面工作入手:

日、恶劣天气期间,增加执法人员和执法频次,加强对船舶的现场检查。与农业、渔政、公安等部门建立联合执法机制,定期对小型非运输船舶的违法违规行为进行集中整治,形成高压态势,严厉打击无证驾驶、超载运输、碍航捕鱼、非法载客等违法行为。

## (四) 推进信息化监管,建立信息共享平台

在富春江重点水域安装视频监控设备,实现对船舶航行的实时监控。利用电子监控设备、无人机等技术手段,对船舶的活动进行实时监控,及时发现和处理违规行为。建立海事、水利、渔业、环保等部门的信息共享平台,实现船舶登记、检验、运营、定位等信息的互联互通,便于各部门及时掌握船舶动态,提高监管的针对性和有效性。

## (五) 加强宣传教育,提高安全意识

通过多种渠道,如安全警示牌、宣传手册、媒体报道等,广泛开展水上交通安全宣传活动,向船员和群众宣传水上交通安全法规、船舶航行安全知识等,提高他们的安全意识和法律意识。同时,设立举报热线,鼓励群众对小型非运输船舶的违法违规行为进行举报,对举报属实的给予一定奖励,形成全社会共同参与监督的良好氛围。

## 五、结论

富春江小型非运输船舶的安全监管是一项长期而艰巨的任务,关系到人民群众的生命财产安全和水域经济的可持续发展。交通部门应充分认识到当前监管工作中存在的问题和挑战,采取切实有效的措施,减少小型非运输船舶造成的水上交通安全隐患。同时,需要各相关部门和社会公众的共同努力,形成齐抓共管的良好局面,确保富春江水域的安全与稳定。在未来的工作中,还应不断总结经验,探索创新监管模式,适应水上交通发展的新形势,为富春江的繁荣发展提供坚实的安全保障。

## 参考文献

- [1] 桑涛,屠亦真. 检察公益诉讼助力解决“三无”船舶整治难点[J]. 人民检察,2024(Z1).
- [2] 陈海婷,陈奕颖,吴寿尧.“三无”船舶海事行政处罚问题及对策分析[J]. 中国海事,2023.(9).
- [3] 胡余泉,应金根. 金华乡镇非运输船舶安全管理模式[J]. 中国水运,2007,(12).

## 一、前期准备工作

### 1. 了解作业船舶的结构特点

作业任务下发后,首先要去了解作业船舶结构特点,例如船长、船宽,吃水,净空高度、缆桩和缆空位置等,如果有作业船舶的图片,对拖带方案制定会节省大量工作时间。如果能够去现场核实、查看一定要多用手机拍照,会对后期拖带方案制定的准确性、实用性起到关键性作用。

### 2. 制定拖带方案和应急预案

作业任务能否顺利,方案的制定至关重要。制定的方案不对或者不符合实际情况,将会额外增加作业人员的工作量,造成作业人员身体体能过度消耗,最终影响作业人员心理波动,出现消极等负面心理,更甚至会造成人员受伤等情况。所以制定方案要全面统筹考虑,尽量完善方案,更要充分考虑人员受伤、断缆、打桨等情况的发生。在能规避以上三大危险因素后,要注重方案的实用性。

应急预案是对作业任务的应急保障。在考虑应急方案时可以参考以下内容:1.首先要考虑人员受伤的可能,所以在作业前提前备好药品,特别是处理外伤的药品;2.考虑断缆的可能。船上至少配备一根应急缆,以便发生断缆后,可以马上投入使用;3.当断缆发生后,缆绳在船尾漂浮,如果不清楚缆绳水下位置,盲目用车极易发生打桨事故。所以断缆后,合理用车(建议停车),立刻派人员手持对讲机到船尾附近观察缆绳位置,在确保安全前提下,尽快收回漂浮在船尾处的缆绳,同时安排人员备锚。驾驶台根据船尾人员反馈的缆绳情况,充分考虑分析以后,再决定如何用车。如果船位不佳危及自身安全,必须用车时,在保证船尾收缆人员安全前提下,建议间歇性用离漂浮缆绳相反方向一侧的车调整船位;4.应急锚地的选择。由于作业难度系数高,再加上其他特殊原因,可能无法保证作业继续完成,开航前提前选择好沿途应急抛锚地点,以备应急之需。

### 3. 物资准备

俗话说“兵马未动粮草先行”,齐全的物资配备关系到作业任务能否顺利的开展。1.绑拖作业需要准备的物资相对简单。船首如果有两台缆机,可以充分

利用两台缆机上的缆绳分别当首缆和拖缆用,用一根高强度缆绳(直径 $64\times 30$ 米)作尾缆;如果船首只有一台缆机,那需要配备两根(直径 $64\times 30$ 米)高强度缆绳,分别作为拖缆和尾缆。除了正常使用的缆绳,船上最好再配备一根缆绳以备应急之需。2.短距离倒拖作业可以利用船首一台缆机内的缆绳当主拖缆。3.相对于前两种作业,长航尾吊拖需要准备的物资不仅烦杂而且要求更高。大概需要准备:主拖缆,龙须缆(工程船由于配备缆机较多,龙须缆大多由工程船提供,无需拖轮配备),过桥缆,卸扣,吊带,旗绳,引缆,撇缆绳,锂基脂润滑油,带缆帆布手套,麻袋,木板,菱形球,船用激光灯等物资。为了不影响正常作业,建议船上配备一根主拖缆和一根龙须缆,以备断缆后马上投入使用,节省拖带的时间。

### 4. 航次计划制定

航次计划关乎航行安全。航次此计划制定前要备妥航次相关航海图书资料,而且要确保图书资料保持最新版本,确保本航次所需的海图都已改正至最新;航线设计要尽量应按要求合理制定航行计划,采用公共航路,尽可能避开渔船集中作业水域,减少与渔船相遇的机会。船长要严格审核航行计划,指导驾驶人员拟定航行安全注意事项及相应行动对策,最后把航线输入到电子海图上;渔区航行时谨记:加强瞭望,安全航速,有效避让,安全第一,不要冒险!宁可绕行,尽可能避免冒险进入渔船密集区域航行!特别是在浙江沿海水域,是商渔船碰撞高发区,合理安排驾驶台航行值班人员,任何时候驾驶台应保持2名及以上航行值班人员,根据周围渔船密集程度必要时可以增加航行值班人员;严格遵守《1972年国际海上避碰规则》的规定;中国沿海水域夜间航行时,船长应每晚签发《夜航命令》,就夜间航行应采取的特别警戒措施提出要求,当班驾驶人员应认真阅读、确认和有效执行。

### 5. 船舶证书和设备检查

作业前要对船舶证书、个人证书进行仔细核实;其次要对船上通导设备,航行设备,消防设备,救生设备,缆机锚机,脱钩等关键设备进行一次全面的测试和检查,确保所有设备能够正常工作;机舱设备正常运行对航行安全尤为重要,所以机舱部人员要对机

舱设备把“好脉”，绝不允许“带病”航行。

### 6. 加油、加水等后勤保障物资

开航前根据航行距离、天气等情况估算出本航次航行天数，完成本航次所需要的燃油、滑油、淡水等后勤物资储备。

### 7. 举行航前会议

举行航前会议的对作业任务能否顺利完成起到关键作用。利用航前会议面对面详细把作业方案，作业流程和作业过程中的安全注意事项介绍给班组所有人员，并解答班组成员疑虑。有一点尤其要特别注意：一定要确保水手长完全了解操作流程和安全注意事项，因为水手长是整个方案的执行者和落实者，所以水手长熟知操作流程和注意事项关乎整个作业任务能否安全顺利完成。

## 二、作业方法和注意事项

### （一）确定作业方案。

到达现场后要第一时间与引水或着作业船的船长进行沟通和确认，确认作业方案，航行路线。同时告知本次作业过程中拖轮自身的不利因素，例如拖轮船头比较高容易造成被作业船舶栏杆损坏；视线被挡存在盲区无法有效瞭望；水深受限舵效不佳操作不灵活；以及作业过程中可能会遇到的困难或者可能发生人员受伤、断缆、打桨等情况；如果作业过程拖轮操纵困难无法保证自身或着作业船舶的安全，必要时告诉引水或着作业船舶船长，让其协助操纵，也可以请求公司岸基部门指导。

### （二）确定双方联系频道和备用频道。

作业中要经常检查高频，确认值守高频通讯畅通，避免高频中断发生。用高频回答声音要响亮，语言要简洁易懂。长航拖带作业被拖船最好2个小时左右向拖带船报告一次现场情况，尤其是缆绳磨损程度，有无断缆的可能。

### （三）确认作业方式。

由于受作业船舶的船型结构，作业距离长短，天气和海况，港口环境等因素影响，所需要的操作方式也不相同，主要有以下三种作业方式：1. 绑拖作业；2. 船首吊拖作业；3. 船尾吊拖作业。

下面简单介绍一下三种作业方法和注意事项：

#### 1. 绑拖作业：

(1)绑拖作业主要适用于：①狭水道；②弯曲，流急，流乱的水道；③商船和渔船来往交通密集区域；④船舶受风和浪影响较小的港内。

(2)绑拖作业优点：航行操控性能好、机动性强。

(3)绑拖作业操作方法：达到现场后观察作业船舶结构和特点，选择合适的带缆桩。首先带头缆，然后松头缆船身慢慢后退至尾缆有合适的出缆角度后（能够保证安全情况下，建议船尾尽量向后外伸，可以提高操控性），头缆得力，开始带腰缆，最后带尾缆。由于公司拖轮船尾多未配备缆机，尾缆收紧是靠人工，可以适当松一点头缆，船尾向里靠，方便水手长收尾缆。尾缆带好后里档车微速进并向外打，最后收紧头缆。航行中如果发现缆绳松弛，建议适时收紧头缆。俗话说：“无风三尺浪”，沿海绑拖受浪影响极易发生断缆，所以不建议沿海航行采用绑拖方式。

图例：



#### 2. 船首吊拖作业；

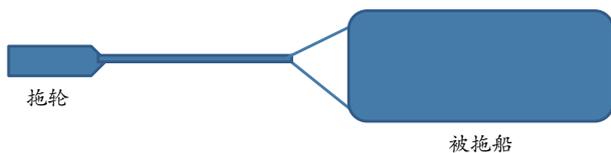
(1)船首吊拖作业主要适用于：①航行时间短（连续航行时间最好不要超过4小时）。②能见度良好的白天。③作业水域要相对较宽阔。

(2)船首吊拖作业优点：①带缆安全而且方便。②可以利用绞缆机自由控制缆绳长度。

(3)船首吊拖作业操作流程：被拖船最好抛锚或者微顶流，这样可以降低拖轮操作难度。拖轮船尾顶流远离锚链头对头尽量接近被拖船，然后拖轮稳定船位，现场人员通过撇缆绳，开始带缆。缆绳带妥以后，缆绳附近所有人员立即撤离附近危险区域，驾驶台操

纵人员和缆机操作人员要集中精力相互配合,根据驾驶员指令松缆绳,并时刻关注缆绳受力情况,切记避免缆绳瞬间受力过大,发生断缆造成人员受伤。拖轮调整缆绳到合适长度后,稳定自身船位,被拖船方可起锚开航。

图例:



### 3. 船尾吊拖作业

(1)船尾吊拖作业主要适用于:

①航行时间长。②作业水域宽阔。③气象条件不佳水域。

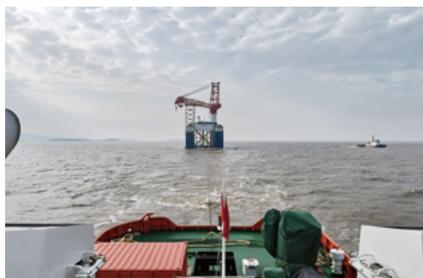
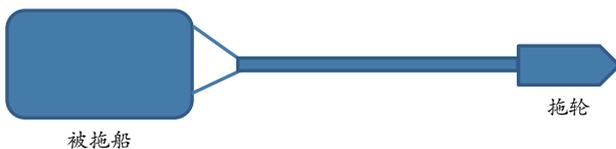
(2)船尾吊拖作业优点:①相对于绑拖作业不易发生断缆。②航行可以保持较高的船速,节支降本。③视线无遮挡利于瞭望。

(3)船尾吊拖作业操作流程:船尾吊拖驾驶台视线受阻,建议安排一个拖带经验丰富的人员手持对讲机在船尾协助。被拖船抛锚,拖轮船首顶流后退并适当远离被拖船的锚链,能够保证自身安全的情况下,尽量接近被拖船带缆位置,把定船位,通过撇缆把主拖缆拉至被拖船,利用卸扣把主拖缆和龙须缆固定在一起。然后现场所有人员立即撤离,驾驶操作人员要集中精力,慢慢微速进车,船尾协助人员时刻关注缆绳情况,并用对讲机向驾驶台报告缆绳情况,驾驶台操作人员控制好船速,缆绳受力瞬间的力不要太大,避免缆绳瞬间受力过大,发生断缆造成人员受伤。

(4)船尾吊拖注意事项:①被拖船锚收妥后,起拖时应使用微进车,并尽可能反复使用停车、微进,在保持拖缆有一定悬垂量过程中使被拖船逐步加速;起速达2节时,可分段加速,每段增加速度量以0.5节为好,以便保持拖缆的悬垂量,直到达到预定的拖航速度为止。②大幅度改向必须分段进行,避免20度以上改向,每次改向可以按5度到15度转过。待被拖船驶入现在航向之后,才可以采取新的改向措施。

在估算调头区域或旋回水域时必须将拖船、被拖船的船长及拖缆长度一并考虑进去。③被拖船偏荡将严重影响拖航稳定性。其危害增大拖缆张力,加剧拖缆磨损和应力集中,并使拖航偏离航线。抑制偏荡的措施主要有:使被拖船尾倾;降低拖航速度;缩短拖缆长度。④在浅水中或者降低拖航速度时,为防止拖缆拖底,拖缆长度应适当缩短;在狭水道航行时,为了改善其操纵性能,拖缆的长度也应适当缩短。如果拖带过程中,拖缆远离水面,间歇性松紧,这时应降低拖航速度,以免张力过大发生断缆。⑤航行过程中经常派人检查拖缆磨损情况,必要时可以用锂基脂润滑油减少拖缆磨损。⑥拖船减速停车务必要缓慢进行,防止拖缆因张力突然下降而下垂过多兜底;缓慢减速可以防止被拖船突然冲向拖船造成碰撞。⑦被拖船抛锚时应提前降速,使船首对准风流压合力方向,待有后退速度时,被拖船抛锚,抛锚时切勿使锚链和拖缆发生交缠,如有交缠可能应先将拖缆缩短或者收起后再抛锚。

图例:



### 三、作业结束后总结

每次作业完毕后,组织所有相关人员开总结会议,

分析本次作业优点并在以后作业中继续保持。同时对作业中不足之处进行讨论,分析,总结。争取以后作业时制定出更加安全、实用、简便的作业方案。

#### 参考文献

1. 《1972年国际避碰规则》
2. 《船舶操纵与避碰——操纵编》
3. 《防商渔船碰撞》
4. 《开行前自查安全自查清单》

# 基于 AQWA 的超大型集装箱船舶临界作业条件和港口拖轮配置研究

◎ 宁波引航站 / 周胜刚 管怀君 高洁 赵雪光

**摘要:** 近年来,超大型集装箱船舶在港内碰撞码头、桥吊、大桥等事故时有发生,其发展新趋势对港内限制性水域靠离泊安全带来了很大挑战。港作拖轮是协助船舶完成靠离泊作业的重要工具,目前各港口对于超大型集装箱船舶拖轮配置方案主要依赖于历史经验,缺乏理论基础的指导,相关规范滞后于行业的快速发展,需要更科学和合理的指导方案来适应超大型集装箱船舶的港口作业现代化需求。本文针对超大型集装箱船舶靠离泊过程的拖轮配置,运用经验公式计算和水动力分析软件 AQWA 进行数值模拟,研究了三类典型超大型集装箱船舶在不同风流联合作用下的拖轮配置部署方案,最终综合计算与驾引人员经验,得出了超大型集装箱船舶临界作业条件和拖轮配置的科学合理的建议。

**关键词:** 超大型集装箱船舶; AQWA; 引航实践; 临界作业条件; 拖轮配置

## 1 引言

超大型集装箱船舶 (ULCS) 的崛起带来了许多变革,尤其是在港口限制性水域内的操纵难度明显增加。最近几年,超大型集装箱船在港内事故频发,在韩国釜山、土耳其港口撞倒桥吊,在美国巴尔的摩港撞塌大桥,操纵风险巨大,后果极其严重,为此,有必要进行临界作业条件和拖轮配置研究。超大型集装箱船舶在港内靠离泊作业时,拖轮成为必要的操纵工具。特别是在恶劣天气和特殊水文气象条件下,对拖轮的依赖性更加凸显。然而,近年来集装箱船舶的尺度不断增大,但相关规范未能及时跟上超大型集装箱船舶的快速发展。目前,各港口对超大型集装箱船舶配置的拖轮的马力和数量仍主要依赖于经验总结,存在着需要关注和及时调整的问题。

本文以宁波舟山港区作为研究对象,根据港区现有拖轮情况及特点,选取典型船舶和风流环境,通过经验公式计算和 AQWA 建模计算对比分析得到了超大型集装箱船舶理论的拖轮配置和进出港限制条件。最后,充分结合宁波舟山港众多资深高级引航员的操作经验,得出了科学、合理的结果。

## 2 计算理论

现有《JTS165-2013 海港总体设计规范》,分别依据船舶的水上受风面积和水下横向面积对拖轮的拖力进行了估算,从中可以得出集装箱船舶相对于船长所需拖轮总拖力与数量的参考值。但是,此参考值只是相对于船长在 100-300m 的集装箱船舶,对于船长超过 360m、载箱量 10000TEU 以上的超大型集装箱船舶,现有的规范还没有具体的规定。

宁波舟山港作为世界上最繁忙的集装箱港口之一,截止 2023 年集装箱吞吐量连续六年位居世界第三。本文依托于宁波舟山港,根据港内拖轮现状,选取典型到港超大型集装箱船舶 (ULCS) 与风流情况,分别采用经验公式计算与 AQWA 建模仿真计算,对现有超大型集装箱船舶的港内靠离泊拖轮配置进行优化改进,结合实际操纵经验,得到科学合理的拖轮部署安排。

### 2.1 拖轮力估算

《Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals》对拖轮配置进行了系统的介绍<sup>[1]</sup>,给出所需的总拖轮拖力计算公式如下:

$$B_p = S_f \times [(CG \times F_{wind}) + F_{current} + F_{wave}]$$

式中： $B_p$  为服务作业船舶总拖力； $S_f$  为因气候条件而考虑的安全系数一般取 1.2~1.5； $CG$  阵风系数； $F_{wind}$ 、 $F_{current}$ 、 $F_{wave}$  分别为作业船舶所受到的风流浪力。

由于实际可用的总拖力  $T_c$  (包含所有的船艏侧推器) 与克服自然条件所需有效总拖力  $B_p$  之间的区别，所以增加一个安全系数  $S_o$ ，公式如下。本文取安全系数为 1.2：

$$S_o \geq \frac{T_c}{B_p} \geq 1.1 \sim 1.25$$

一般拖轮配置都是根据最后阶段的风、浪和流的作用力确定的，环境工况设置考虑船舶靠离泊时最不利的情况。船舶在靠离泊过程中，所受风流为横向，这时船舶所受侧向力矩最大，最易造成船舶的偏移和不稳定性。因此当计算拖轮总拖力时，只需计算作用在船舶上的横向环境荷载。表 1 为宁波舟山港内的拖轮现状，可见 4800HP 是主力拖轮。因此本文主要基于 4800HP 拖轮的应用，对拖轮经过公式换算得到拖轮的安全顶推力，见表 2。

表 1 宁波舟山港各马力拖轮数量

Horsepower	7200	6500	6060	5660	5600	5200	5000	4800	3200-4200
Quantity	1	1	2	2	5	1	4	14	27

表 2 拖轮基本参数表

	3200	4800	5600	6060	6500
Max Towing Force	35.6T	53.5T	62.4T	67.5T	72.4T
Max Thrust Force	42T	63T	73.5T	79.5T	85.3T
Actual Towing Force	29.7T	44.6T	52T	56.3T	60.3T
Actual Thrust Force	35T	52.5T	61.3T	66.3T	71.1T

### 2.2 经验公式计算

1. 中国《港口工程荷载规范》(JTS144-1-2010)，为中国强制性行业标准，自 2011 年 1 月 1 日起施行，给出了作用在船舶上的风力和水流力计算公式。关于港作拖轮配置，现行的《海港总体设计规范》(JTS 165-2013)，给出了船长在 100-300m 的集装箱船舶所需拖轮的估算结果，但是超大型集装箱船舶超过规范中的范围，目前还没有相关规范<sup>[2-3]</sup>。

(1) 作用于船上的风载荷计算：

$$F_{xw} = 73.6 \times 10^{-5} \cdot A_{xw} V_x^2 \zeta_1 \zeta_2$$

$$F_{yw} = 49.0 \times 10^{-5} \cdot A_{yw} V_y^2 \zeta_1 \zeta_2$$

式中： $F_{xw}$ 、 $F_{yw}$  分别为作用在船舶上的横向和纵

向风载荷； $A_{xw}$ 、 $A_{yw}$  分别为船体水面以上横向和纵向受风面积 (m<sup>2</sup>)； $V_x$ 、 $V_y$  分别为设计风速的横向和纵向分量 (m/s)； $\zeta_1$  风压不均匀折减系数； $\zeta_2$  风压高度变化修正系数。

(2) 作用于船上的流载荷计算：

$$F_{xc} = C_{xc} \frac{\rho}{2} V^2 A_{xc}$$

$$F_{yc} = C_{yc} \frac{\rho}{2} V^2 A_{yc}$$

式中： $F_{xc}$ 、 $F_{yc}$  分别为水流对船舶作用产生的横向和纵向流载荷； $C_{xc}$ 、 $C_{yc}$  分别为水流力横向和纵向分力系数； $\rho$  水的密度 (t/m<sup>3</sup>)，海水取 1.025； $V$  水流速度 (m/s)； $A_{xc}$ 、 $A_{yc}$  分别为相应装载情况下的船舶水下部分垂直和平行水流方向的投影面积 (m<sup>2</sup>)。

2. 石油公司国际海事论坛 (Oil Companies International Marine Forum, OCIMF)，是由石油产品船运和港口装卸领域分享共同利益的石油公司组成的自愿性协会。20 世纪 70 年代，各国政府及国际组织对防止海洋污染、保障海上作业安全的迫切需求，催生了 OCIMF 的成立。其编写的《Mooring Equipmng Guidelines》(第三版)中，对于作用在船舶上的风力和水流力给出了明确的计算方法<sup>[4-5]</sup>。

(1) 作用于船上的风载荷计算：

$$F_{xw} = \frac{1}{2} C_{xw} \rho_w V_w^2 A_T$$

$$F_{yw} = \frac{1}{2} C_{yw} \rho_w V_w^2 A_L$$

式中： $F_{xw}$ 、 $F_{yw}$  分别为纵向与横向风载荷； $C_{xw}$ 、 $C_{yw}$  分别为纵向和横向分力系数； $\rho_w$  为空气密度，取 1.24 kg/m<sup>3</sup>； $A_T$ 、 $A_L$  分别为水线以上纵向和横向受风面积 (m<sup>2</sup>)； $V_w$  为海面上 10 米高度处的设计风速。

(2) 作用于船上的流载荷计算：

$$F_{xf} = \frac{1}{2} \rho_c V_c^2 L_{pp} T C_{xc}$$

$$F_{yf} = \frac{1}{2} \rho_c V_c^2 L_{pp} T C_{yc}$$

式中： $F_{xf}$ 、 $F_{yf}$  分别为纵向与横向流载荷； $C_{xc}$ 、 $C_{yc}$  分别为纵向和横向分力系数； $\rho_c$  为海水密度 1.025 × 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>； $L_{pp}$  为垂线间长 (m)； $V_c$  为流速 (m/s)， $T$  为平均吃水 (m)。

图 1，相同条件下计算风流载荷。可见《港口工

程载荷规范》与 OCIMF 规范，前者风荷载计算结果偏大，后者流载荷计算结果偏大，本研究将两种规范下计算的结果进行对比，选择两者的中间值作为最终的船舶风流荷载计算结果。

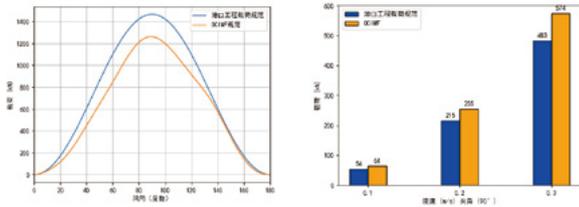


图 1 风、流载荷计算对比

### 2.3 AQWA 建模计算

本文利用海洋工程浮体分析软件 Workbench-AQWA，以三维势流理论为基础，选取三类典型超大型集装箱船舶，并作为建立有限元模型的母型船，从而对超大型集装箱船舶靠离泊的拖轮配置进行有限元模拟计算。

三维势流理论频域分析方法是基于电磁理论中的频谱分析方法提出的，用于预报不规则波下船舶所受波浪载荷的理论方法。

假设流体为无黏性、无旋、不可压缩，则可引入速度势  $\phi(x, y, z, t)$  来描述流域内的运动。当海洋结构物以自由为基准时，速度满足 Laplace 方程，如式 (3)：

$$\nabla^2 \phi(x, y, z, t) = 0$$

Laplace 方程和描述物体运动的速度势需要进行线性化处理。假定波浪和结构物的运动都较小，而流场中的速度势由入射波速度势、绕射势和辐射势叠加而成，如式 (4)：

$$\phi(x, y, z, t) = \phi^I(x, y, z, t) + \phi^D(x, y, z, t) + \phi^R(x, y, z, t)$$

式中： $\phi^I$ 为入射波速度势，表明流场中速度分布的情况； $\phi^D$ 为绕射势，表明结构物对流场内的速度产生的影响； $\phi^R$ 为辐射势，表明结构物 6 个自由度的运动及振荡对流场的影响。

## 3 实验分析

### 3.1 实验工况及模型

本文按船长对市场运营的部分超大型集装箱船

舶 (ULCS) 进行了统计，发现 ULCS 按船长基本可以分为 335m、366m、400m 三种船型。从三种典型船型中均挑选一艘船舶进行计算分析，结合宁波舟山港环境特点，设置的风流工况如下所示，为确保 ULCS 安全靠离泊，均考虑对船舶影响较大的横向风流计算，流速固定为 0.3m/s，三种船舶的具体信息及计算工况设置见表 3、4、5。

表 3 船舶基本参数设置表

船名	船长 (m)	船宽 (m)	吃水 (m)	横向受风面积 (m <sup>2</sup> )	纵向受风面积 (m <sup>2</sup> )	纵向受风面积 (m <sup>2</sup> )	纵向受风面积 (m <sup>2</sup> )
A	400	61.5	16.5	14979	5640	2927	1015
			13	17068	5200	3142	800
B	366	51.2	15.5	12922	5307	2064	794
			12.5	14666	4575	2217	640
C	335	48.4	16	11200	5200	1440	768
			12	12600	3850	1632	576

表 4 400m 船型工况基本参数设置表 (满载/压载)

工况类型	风速 (m/s)	流速 (m/s)	拖轮配置	风流向	波浪高度	波浪频率	波浪类型
工况 1	10	0.3	3 艘 4800HP+1 艘 3200HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 2	12	0.3	3 艘 4800HP+1 艘 3200HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 3	13.8	0.3	3 艘 4800HP+1 艘 3200HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 4	10	0.3	4 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 5	12	0.3	4 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 6	13.8	0.3	4 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波

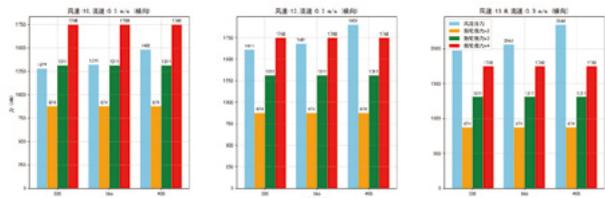
表 5 366/335 船型工况基本参数设置表 (满载/压载)

工况类型	风速 (m/s)	流速 (m/s)	拖轮配置	风流向	波浪高度	波浪频率	波浪类型
工况 1	10	0.3	2 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 2	12	0.3	2 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 3	13.8	0.3	2 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 4	10	0.3	2 艘 4800HP+1 艘 3200HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 5	12	0.3	2 艘 4800HP+1 艘 3200HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 6	13.8	0.3	2 艘 4800HP+1 艘 3200HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 7	10	0.3	3 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 8	12/13.8	0.3	3 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 9	13.8	0.3	4 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波
工况 10	15.5	0.3	4 艘 4800HP	正横	1.2m	7s	不规则波

基于经验公式计算的方法。理论上港内操纵的拖轮总拖力应等于作用于船舶上的环境载荷联合作用力，按照上一节提到的两种规范计算取均值，最终与考虑了安全系数的拖轮总拖力进行对比，即可得出设置工况下拖轮配置是否足够。

### 3.2 实验结果与分析

基于经验公式计算，环境载荷与拖轮配置对比结果如图 2 所示。法向流速 0.3m/s 时，400m 船舶靠离泊，风速 10m/s，4 条大马力拖轮协助可以满足需要；风速 12m/s、13.8m/s，4 条拖轮不能满足安全靠离泊需要。366m 船舶靠离泊，风速 10m/s、12m/s，需要 4 条拖轮协助；风速 13.8m/s，4 条拖轮不能满足安全靠离泊需要。335m 船舶靠离泊，风速 10m/s，需要 3 条拖轮协助；风速 13.8m/s，4 条拖轮不能满足安全靠离泊需要。



流受力与拖轮力对比

400m 船舶靠离泊，风速 10m/s、12m/s 的情况下，4 条大马力拖轮协助可以满足需要；风速 13.8m/s 时，4 条拖轮不能满足安全靠离泊需要。366m 船舶靠离泊，风速 10m/s 时规定 3 条拖轮协助可满足安全靠离泊需要，风速 12m/s、13.8m/s 需要 4 条拖轮协助。335m 船舶靠离泊，满载状态下，风速 10m/s、12m/s 时规定 3 条拖轮协助可满足安全靠离泊需要，风速 13.8m/s 时需要 4 条拖轮协助；压载状态下，风速 10m/s 时规定 3 条拖轮协助可满足安全靠离泊需要，风速 12m/s、13.8m/s 时需要 4 条拖轮协助。

基于上述 AQWA 实验结果，针对以上三类典型船舶进行靠离泊风流边界条件的探索。在目前拖轮配置的基础上，优化拖轮力的分配，不断尝试成功与失败之间的风力情况，逐步找到较为稳定状态下该配置所能克服的最大风流受力，见表 6。

表 6 边界情况表（正横风流）

船型 (m)	拖轮配置	风速 (m/s)	流速 (m/s)
400	4 艘 4800HP	13.5	0.3
366	3 艘 4800HP	11.1	0.3
366	4 艘 4800HP	13.9	0.3
335	3 艘 4800HP	11.5	0.3
335	4 艘 4800HP	14.5	0.3

对比以上两种计算结果（均不考虑船舶侧推器的作用），如下表 7。可以明显看出，经验公式计算结果偏大，这是因为经验公式是主要针对船长在 300m 以下的船舶，在一系列简化条件和建设建立的，其结果不一定能准确反映超大型集装箱船舶的特殊情况和复杂操作需求。AQWA 水动力计算则考虑的更多的因素，其结果更符合实际场景需求，但 AQWA 计算是在均匀的风流场的基础上对拖轮拖力进行的协调分配。在实际过程中，引航员并不一定能够及时协调这些复杂的因素，因此在计算结果与实际操作之间可能存在差异。

表 7 拖轮配置计算结果对比（均以 4800HP 拖轮为基础）

船型	船长 (m)	风速 (m/s)	宁波舟山港区规范	经验公式计算拖轮数量	AQWA 水动力计算拖轮数量
集	400	10		4	4
		12	4-5	> 4	4
		13.8		> 4	> 4
装	366	10		4	3
		13.8	3-4	> 4	4
箱	335	10		3	3
		12	2-3	4	4
		13.8		> 4	4

3.3 小结

综合以上计算结果，并对宁波舟山港区众多高级引航员的操作经验进行了统计，最终得到了较为全面、准确的结果。这种综合方法为实际操作和设计提供了有价值的参考和指导，可以更好地了解超大型集装箱船舶在靠离泊过程中的特性。表 8 为综合考虑后给出的临界作业条件。

表 8 宁波舟山港超大型集装箱船舶临界作业条件（正横风）

船型	船长 (m)	风速 (m/s)	能见度 (m)	潮流
集装箱船	335	≤ 13.8	≥ 1000	避免风、流叠加影响，避开急涨急落时段
	366	≤ 13.8	≥ 1000	
	400	≤ 12	≥ 1000	

表 9 为建议的拖轮配置，可作为参考。驾引人员在实际引航中要根据风速、风向、流速、浪高等实际情况，科学评估靠离泊的安全性，并合理配置使用拖轮。超过 13.8m/s 的风速条件下，船舶可能会面临更大的风力影响，可能导致靠离泊操作困难。此时，船舶运营者和驾引人员必须格外小心，并采取一切必要的预防和安全措施，以确保操作的安全性。

表 9 宁波舟山港超大型集装箱船舶拖轮配置建议

船型	船长 (m)	风速 ≤ 10.8m/s		10.8m/s ≤ 风速 ≤ 12m/s		12m/s ≤ 风速 ≤ 13.8m/s	
		靠泊	离泊	靠泊	离泊	靠泊	离泊
集装箱船	335	3	3	3-4	3-4	4	4
	366	3	3	4	4	4	4
	400	4	4	4-5	4-5	不建议	限紧急

## 4 引航靠离泊实例验证

### 4.1 MSC APOLLINE 靠泊远东 7# 泊位

MSC APOLLINE 2023 年 11 月 12 日 1100 靠泊远东 7#, 当天为农历九月二十九, 大潮汛; 镇海潮汐: 高潮时 1040, 潮高 354, 低潮时 1644, 潮高 90。偏北风 5~6 级, 阵风 7 级, 靠泊远东时风向接近正横, 风力大多时稳定在 10~12m/s 之间, 时值镇海高潮后 1 小时许, 落流明显。

实际带拖轮大概在 1140~1150, 于 1230 平稳靠妥码头。5 条大马力拖轮 T31 (7200HP)、T28 (4800HP)、XT5 (5600HP)、XT8 (5000HP)、XT9 (5600HP) 助泊。

#### MSC APOLLINE 基本资料:

船长 (m)	船宽 (m)	吃水 (m)	最大载箱量 (TEU)	受风面积 ( $m^2$ )	侧推功率 (KW)
400	61.5	12.8	23756	16808	3000×2

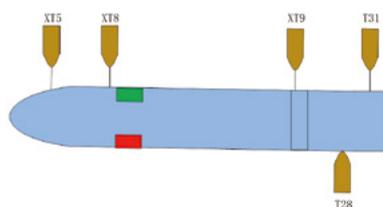


图 3 MSC APOLLINE 靠泊时拖轮助泊位置及方式

### 4.2 BARZAN 离泊招商码头 2# 泊位

BARZAN 计划 2023 年 11 月 13 日 0645 离泊招商码头 2# 泊位, 0745 掉头完成离泊。

当天为农历十月初一, 大潮汛; 镇海潮汐: 低潮时 0443, 潮高 46, 高潮时 1114, 潮高 367。北到西北风 6 级, 阵风 7-8 级, 招商码头离泊时风向接近正横, 风力大多时稳定在 11m/s 左右, 阵风 12-13m/s; 时值镇海低潮后 2 小时, 码头边涨流明显, 目测 0.5-1 节。

#### BARZAN 船舶资料:

船长 (m)	船宽 (m)	吃水 (m)	最大载箱量 (TEU)	受风面积 ( $m^2$ )	侧推功率 (KW)
400	58.6	13.6	18800	15908	3000×2

助泊拖轮: XT3 (5600HP)、XT7 (5000HP)、T33 (5000HP)、ZL8 (4800HP)、ZL20 (4800HP)。BARZAN 离泊拖轮配置示意图 4, 其中 T33 在外舷尾缆解掉后带在船尾巴拿马孔。



图 4 BARZAN 离泊拖轮配置示意

### 4.3 实例验证小结

船名	船长 (m)	船宽 (m)	吃水 (m)	风向 / 风速 (m/s)	拖轮数量
MSC APOLLINE	400	61.5	12.8	正横 / 10-12	5
BARZAN	400	58.6	13.6	正横 / 11	5

上述两次靠离泊均顺利完成, 表明 400 米超大型集装箱船在正横风速为 11-12m/s 时, 在 5 条拖轮助泊下, 可以完成靠离泊作业, 验证了 AQWA 的计算结论。

## 5. 结论及建议

5.1 随着到港集装箱船舶趋于大型化、多样化, 发展新趋势对引航及靠离泊操纵作业带来新的挑战, 风险明显上升。超大型集装箱船舶越来越多地依赖于拖轮的协助, 靠离泊时保证合理的拖轮配备数量及拖轮马力, 由拖轮协助制动与稳定航向, 是保证安全的一个有力因素。

5.2 本文通过经验公式规范计算、AQWA 的计算, 充分结合众多资深高级引航员操作经验, 给出了宁波舟山港超大型集装箱船舶临界作业条件和拖船配置建议, 填补了现有行业和设计规范的空白, 对实践具有指导意义。

5.3 实际靠离泊过程中外界条件复杂, 与理论计算存在差异, 临界作业条件和拖轮配置需要听取现场船长和引航员的意见和建议。

#### 参考文献

- [1] PIANC(International Navigation Association)(2012). Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals, Report of Working Group 116. Brussels: PIANC.
- [2] JTS144-1-2010《港口工程荷载规范》[S]. 北京: 人民交通出版社 2010
- [3] 中华人民共和国交通运输部. 海港总体设计规范 (JTS 165-2013)[S]. 北京: 人民交通出版社 2013.
- [4] OCIMF.Mooring Equipment Guidelines[M].3rd ed.Oil Companies International Marine Forum(OCIMF),2008.
- [5] 林德辉. OCIMF 及其出版物和中英文对照本 [J]. 船舶, 2016,27(03):96-100.

# 基于 AIS 数据的警戒区船舶碰撞风险评估方法研究

◎ 宁波大学海运学院 / 钟雨 陈茜 刘娇 冯宏祥 郑彭军

**摘要:** 针对警戒区船舶碰撞风险的准确量化问题, 本文提出了一种新的基于船舶自动识别系统 (Automatic Identification System, AIS) 数据的碰撞风险评估方法。首先, 基于警戒区 AIS 数据提取会遇船舶遇轨迹。其次, 基于会遇船舶轨迹对构建概率船舶域。然后, 引入基于概率船舶域的警戒区船舶碰撞风险计算方法。最后, 以宁波-舟山核心港区的 2 号和 3 号警戒区 AIS 数据为例进行实例分析。结果表明, 该方法能够合理量化碰撞风险, 并准确划分警戒区的船舶碰撞风险程度, 帮助船舶驾驶员以及相关管理部门实施有效的安全管理措施, 提高警戒区的航行安全。

**关键词:** 警戒区; 概率船舶域; 碰撞风险; AIS 数据

## 1 引言

船舶碰撞事故在海上运输中屡见不鲜, 经常造成重大人员伤亡、巨大经济损失和严重的环境污染<sup>[1]</sup>。大多数船舶碰撞事故是人为因素造成的, 约占事故总数的 80%<sup>[2]</sup>。在全球经济扩张的推动下, 船舶数量的增加和水上交通的日益复杂, 在警戒区中可能导致船舶碰撞风险的增加或不可预见的船舶碰撞事件的增加<sup>[3]</sup>。因此, 研究警戒区船舶碰撞风险评估对船舶避碰决策和海上安全监管具有重要意义。

船舶碰撞风险研究一直是海上交通安全研究的热点问题<sup>[4][5]</sup>。近年来, 众多学者对船舶碰撞风险的理论和实践进行了广泛的研究, 主要包括碰撞事故的概率和碰撞事故的统计分析。Fujii 等<sup>[6]</sup>首先采用船舶碰撞统计方法来获取碰撞概率。Wang 等<sup>[7]</sup>以香港水域为研究案例, 基于历史事故数据, 采用等效后果法对船舶碰撞后果进行分类和量化, 然后构建反向传播 (BP, Back Propagation) 神经网络估计不同后果的概率, 再将碰撞概率与相应后果进行结合来预测碰撞风险。贝叶斯网络也被广泛应用于船舶碰撞风险评估研究, Qing 等人<sup>[8]</sup>基于《巴黎备忘录港口国管制新检查制度》的数据, 使用贝叶斯网络和证据推理方法来评估沿海水域船舶的整体风险。然而, 这些方法在碰撞风险实时监测场景中的适用性还有待提高。Wang 等<sup>[9]</sup>在参数计算过程中, 考虑船舶位置预测的不确定性, 采用新颖的互反计算方法, 并整合了本船航线信

息, 提出了一种基于领域的船舶碰撞风险实时感知模型, 该模型符合航行实践, 形成了一种碰撞风险识别方法。Xin 等<sup>[10]</sup>设计了一种新的考虑环境干扰、机械因素和人为因素的基于概率风险的船舶冲突检测方法, 该方法可以识别出具有潜在多船碰撞风险的目标船舶并量化碰撞发生的概率。Yoo 等<sup>[11]</sup>采用环境应力和碰撞风险模型对船舶碰撞风险进行评估。Ant 等<sup>[12]</sup>采用受 Cox 比例风险回归模型启发的方法, 结合贝叶斯网络和最小二乘法, 以全球碰撞事故历史数据和世界商船队信息为基础, 评估风险因素对碰撞概率和碰撞事故发生的影响。然而, 该方法侧重于计算碰撞概率, 对多船碰撞的风险评估不够全面。

在研究船舶所在区域的影响因素时, 通常会结合不同的数学模型来评估船舶的碰撞风险<sup>[5]</sup>。Cheng 等人<sup>[13]</sup>提出了一种模糊逻辑模型, 在获得和错过适当的渡河机会时, 对渡河间隙的机会和间隙的适应性进行预估, 评估船舶在冲突点的碰撞风险。Liu 等<sup>[14]</sup>在考虑区域内船舶碰撞风险时, 运用了博弈论和分子动力学理论。L. Du 等<sup>[15]</sup>提出了一种基于改进的非线性速度障碍 (Non-linear Velocity Obstacle, NL-VO) 算法的实时碰撞风险评估方法。该方法包括两个主要模块: 轨迹不确定性模块假设圆形限制区域半径的增加符合 Wiener 过程; 碰撞风险评估模块采用 NL-VO 算法结合动态圆形限制区域对潜在碰撞进行评估。设计了特定港口航道的若干碰撞场景, 验证了采用该方法实时评估船舶碰撞风险的可行性。Liu 等<sup>[16]</sup>提出了一种基于合作博弈的任意

两艘船舶和多艘船舶相遇碰撞风险评估模型。Zhen 等<sup>[17]</sup>针对复杂水域多船相遇情况下船舶区域碰撞风险难以准确量化的问题,本文提出了一种结合密度聚类和多影响因素的复杂水域船舶区域碰撞风险评估新方法。Zhang 等<sup>[18]</sup>提出并改进了一种先进的船舶碰撞风险评估方法。仿真结果表明,改进后的船舶碰撞风险评估模型对于识别开阔水域船舶碰撞风险具有更高的适用性和准确性。基于最近会遇距离(Distance to Closest Point of Approach, DCPA)和最近会遇时间(Time to Closest Point of Approach, TCPA)的方法也被广泛应用于船舶碰撞风险评估中。Prastyasari 和 Shinoda<sup>[19]</sup>在巽他海峡分道通航方案区域通过险情事故分析进行了航道船舶碰撞风险评估。Debnath 等<sup>[20]</sup>提出了一种二项模型来评估船舶碰撞危险性,通过有序概率回归模型表征风险的大小。在安全边界法中,船舶域常用于分析船舶的空间关系,确定船舶碰撞风险<sup>[21]</sup>。为了评估碰撞风险,已经开发了许多船舶域模型,如椭圆船舶域<sup>[22-23]</sup>、模糊船舶域<sup>[24]</sup>、四元数船舶域<sup>[25]</sup>、经验船舶域<sup>[26]</sup>、概率船舶域<sup>[27]</sup>等。

上述船舶碰撞风险评估的研究提高了海上交通管理的效率。虽然以往的研究从不同角度测量船舶碰撞风险,但大多数研究忽略了该区域船舶之间的相互作用<sup>[5]</sup>,尤其是警戒区内的船舶。为了科学合理建立船舶定线制安全风险评价模型,更好地保障复杂航行环境下警戒区的航行安全,Xue 等<sup>[28]</sup>提出了一种基于改进熵权 TOPSIS 的警戒区安全评价模型。李松等<sup>[29]</sup>引入航行交通冲突技术定量评价警戒区的安全性。为警戒区安全分析系统的建立奠定了基础,为警戒区几何设计和交通组织的优化提供了决策依据。Z. Pietrzykowski 和 J. Magaj 等人<sup>[30]</sup>研究了分道通航制(Traffic separation scheme, TSS)中的船舶域,并分析了 TSS 内建立的与船舶交通变化有关的警戒区。此外,在特定 TSS 的警戒区内定义船舶域,并将其与沿着交通航道行驶的船舶域进行比较。Jia 等<sup>[31]</sup>提出了一种条件时间生成对抗网络(conditional temporal generative adversarial network, CTGAN)来解决船舶轨迹预测问题,并将警戒区内船舶的预测误差最小化。Lin 等<sup>[32]</sup>提出了一种基于基尼系数的船舶定线制水域碰撞风险定量评估方法。Feng 等<sup>[33]</sup>采用信息熵法结合 K-means 聚类基于 AIS 数据,定量评估船舶定线制

水域的碰撞风险,为在繁忙水域定量评估船舶碰撞风险提供了一种新的方法。

本文提出了一种基于 AIS 数据进行警戒区碰撞风险评估的新方法,该方法可以同时考虑相关船舶的静态和动态数据信息,能更准确地评估区域碰撞风险。重要的是,该方法将帮助海事安全机构识别具有较高船舶碰撞风险的区域,并帮助制订针对性的安全管理措施,以提高警戒区的航行安全。

## 2 概率船舶域模型

在水路通行能力中,船舶域被定义为“航行中船舶周围跟随的大多数船舶驾驶员都避免进入的区域”<sup>[22]</sup>。然而,在船舶避碰研究中,船舶域通常被定义为“驾驶员希望远离其他船舶和静止物体的船舶周围的有效区域”<sup>[39]</sup>。从船舶碰撞风险的角度来看,船舶周围水域可分为危险区域和安全区域两部分<sup>[40]</sup>。在构建警戒区船舶的概率船舶域模型之前,需要明确一个关键概念:禁止边界(Forbidden Boundary)和理想边界(Desired Boundary)。禁止边界是指在危险区域内,根据警戒区内船舶之间的相对位置,应划定为禁止进入的特定区域。也就是说,其他船舶不得侵入禁止区域;如果其他船只进入该区域,碰撞风险程度最高。理想边界被定义为安全区域和危险区域之间的分界线。警戒区的禁止边界和理想边界如图 1 所示。

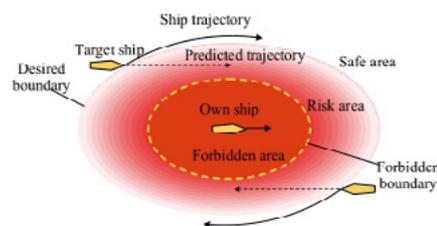


图 1 从船舶域角度研究船舶碰撞风险图

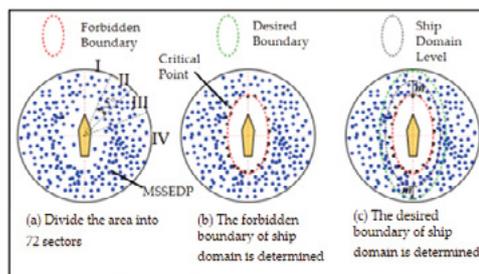


图 2 概率船舶域确定示意图

采用数理统计(95%置信区间)确定船舶域禁止边界。如图2(a)所示,在给定时间段内航行在警戒区内的所有会遇船舶对的船舶最近会遇安全距离点(MSSEDP, Minimum Ship Safety Encounter Distance Points)数据以5度间隔均匀地划分为72扇形区域。随后,对每个扇区内的最MSSEDP与中心之间的距离进行排序。选取每个扇区5%的数据点作为临界点(例如,第一个扇区有100个MSSEDP,按距离排序,最靠近中心的点作为第一个点,第5个数据点作为临界点)<sup>[36]</sup>。最后,利用最小二乘法根据各扇形区域的临界点拟合一个椭圆<sup>[42]</sup>,作为船舶域的禁止边界,如图2(b)所示。

“理想边界”划定了船舶碰撞时船员通常尽量保持安全区域的范围,代表了船舶密度峰值的轮廓。首先,将最MSSEDP数据分割为“n”层,通过船舶周围椭圆禁止边界的半长轴和半短轴,按比例缩放,确定理想边界。然后计算各层的船舶密度,选择密度最大的层作为船舶域的理想边界,如图2(c)所示。船舶域的理想边界可以表示为:

$$a_i = a_{i-1} + m, i=(1,2,\dots,n-1,n) \quad (1)$$

$$b_i = \frac{b_0 \times a_i}{a_0} \quad (2)$$

$$S_i = (a_i \times b_i - a_{i-1} \times b_{i-1}) \times \pi \quad (3)$$

$$D_i = \frac{N_i}{S_i} \quad (4)$$

$$a = \begin{cases} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_i \end{cases} \text{If} \begin{cases} D_1 = \max(D_1, D_2, \dots, D_{i-1}, D_i) \\ D_2 = \max(D_1, D_2, \dots, D_{i-1}, D_i) \\ \vdots \\ D_i = \max(D_1, D_2, \dots, D_{i-1}, D_i) \end{cases} \quad (5)$$

$$b = \begin{cases} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_i \end{cases} \text{If} \begin{cases} D_1 = \max(D_1, D_2, \dots, D_{i-1}, D_i) \\ D_2 = \max(D_1, D_2, \dots, D_{i-1}, D_i) \\ \vdots \\ D_i = \max(D_1, D_2, \dots, D_{i-1}, D_i) \end{cases} \quad (6)$$

其中,  $a_i$  为椭圆的半长轴,  $b_i$  为椭圆的半短轴,  $m$  为椭圆半长轴增加的长度(为固定值),  $a_0$  为船舶领域禁止边界的半长轴,  $b_0$  为船舶领域禁止边界的半短轴,  $D_i$  为船舶领域第  $i$  级的船舶密度,  $N_i$  为船舶领域第  $i$  级的船舶总数,  $S_i$  为船舶领域第  $i$  级的面积,  $a$  为船舶领域理想边界的半长轴,  $b$  为船舶领域理想边界的半短轴。

在船舶会遇过程中,碰撞风险与船间距离成反比,船舶域内的碰撞风险由外向内逐步升级<sup>[40][43]</sup>。为评估船舶域内不同方向和位置的碰撞风险,将船舶域禁止边界与理想边界之间的区域划分为  $j$  个级别,其数学表达式为:

$$a = \frac{a_{de} - a_{fb}}{j} \quad (7)$$

$$a_n = a_{n-1} + a, n=(1,2,\dots,j-1,j) \quad (8)$$

$$b_n = \frac{b_f \times a_n}{a_f} \quad (9)$$

其中,  $a$  为椭圆半长轴的增加长度,  $a_{de}$  为船舶领域为船舶领域理想边界的半长轴,  $a_{fb}$  为船舶领域禁止边界的半长轴,  $b_{fb}$  为船舶领域禁止边界的半短轴,  $j$  为船舶领域的分层数,  $a_n$  为船舶领域第  $n$  层椭圆的半长轴,  $b_n$  为船舶领域第  $n$  层椭圆的半短轴。

根据式(4)计算船舶域各层次的船舶密度。这些密度值被归一化为0到1的范围,确保所有级别的密度总和等于1。每一层的密度可按以下公式计算:

$$M_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, i=(1,2,3,\dots,j-1,j) \quad (10)$$

其中,  $M_i$  表示船舶领域第  $i$  层的归一化船舶密度,  $m_i$  表示第  $i$  层的实际船舶密度。通过拟合船舶密度函数到各层的密度,并为每层赋予权重,可以确定船舶领域内的碰撞风险。这种方法将船舶领域复杂的内部结构转化为可量化的数值格式,为使用AIS数据对警戒区内船舶进行碰撞风险评估的方法提供了重要依据。

### 3 警戒区内船舶碰撞风险计算

船舶碰撞风险是指两艘或两艘以上船舶相遇时发生碰撞的可能性，主要考虑位置、距离、方位等参数<sup>[44]</sup>。在基于船舶域的碰撞风险计算方法中，通常考虑本船的船舶域来评估碰撞风险，而无法获得目标船的碰撞风险<sup>[45]</sup>。

为了解决这一问题，Qu等人<sup>[46]</sup>提出了一种通过重叠本船和目标船的船舶域来评估新加坡海峡碰撞风险的方法。船舶域的重叠面积越大，船舶之间的距离越小，表明碰撞的风险越大。因此，利用船舶AIS数据的动态和静态信息，结合船舶概率域模型，对警戒区的碰撞风险进行评估。

在警戒区内的船舶会遇期间，船舶密度在船舶领域的不同距离和方位上有所变化。根据概率船舶域的定义，船舶域概率函数由随机变量的概率密度函数决定<sup>[27]</sup>。船舶最近会遇安全距离（MSEED，Minimum Ship Safety Encounter Distance）数据是随机变量 $\theta$ 的样本，可以通过核密度估计来识别 $\theta$ 的概率密度函数。扇形区 $\theta_i$ 中的MSEED数据按集合 $MSEED = \{x | \theta_i < \text{angle}(x) < \theta_{i+1}, i=1, \dots, n\}$ 分组，其中角 $(x)$ 是MSEED $(x)$ 的极角。 $\theta$ 的概率密度函数计算公式如下：

$$g(x) = \frac{1}{K'} \sum_{j=1}^{k'} \phi_h(x - x_j) = \frac{1}{K' h} \sum_{j=1}^{k'} \phi_h\left(\frac{x - x_j}{h}\right) \quad (11)$$

其中 $\phi$ 是在实数域 $R$ 中满足 $\phi(x) \geq 0$ 和 $\int_R \phi(x) dx = 1$ 的一维核函数； $h$ 是大于0的参数； $K'$ 是在 $h$ 内待研究集合中的元素数量，本文采用高斯核函数来计算概率密度函数。

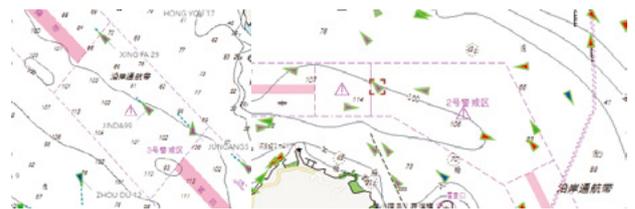
对于船舶碰撞风险评估，传统的船舶域采用阈值作为是否存在碰撞风险的判断依据。更具体地说，如果目标船在本船的船舶领域之外，则不存在碰撞风险，否则，存在碰撞风险<sup>[47]</sup>。概率船舶域不仅可以评估警戒区内船舶是否存在碰撞风险，还可以通过 $\theta$ 的概率来计算风险值，这可以通过船舶最近会遇安全距离的概率来衡量。在位置 $(\theta, r)$ 处，警戒区内的船舶碰撞风险的定义为如下公式：

$$R(\theta, r) = \begin{cases} 1, & \text{if } 0 < r \leq r_{\min}(\theta) \\ 1 - \int_0^{r-r_{\min}(\theta)} f_{\Delta}(\theta)(w) dw, & \text{if } r_{\min}(\theta) < r < l(\theta) \\ 0, & \text{if } r \geq l(\theta) \end{cases} \quad (12)$$

其中 $r$ 为他船到本船的最近会遇安全距离， $r_{\min}(\theta)$ 为在扇形区 $\theta$ 中禁止边界与本船的距离， $l(\theta)$ 为理想边界与本船的距离， $f_{\Delta}(\theta)$ 为在距离 $x$ 处的概率密度函数 $\theta$ ， $R(\theta, r)$ 为船舶碰撞风险值。

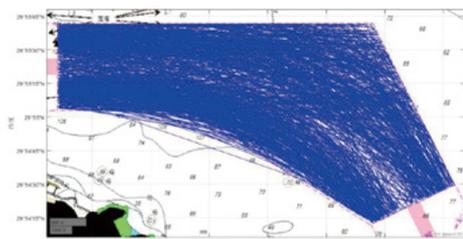
### 4 实证分析

本文选取宁波舟山港核心港区2号警戒区和3号警戒区为研究对象。图3是宁波舟山港核心港区2号警戒区和3号警戒区实际海图。本文基于宁波舟山港核心港区2号和3号警戒区历史AIS数据分别提取500对会遇船舶轨迹对。图4为宁波舟山港核心港区2号和3号警戒区内船舶轨迹可视化效果。

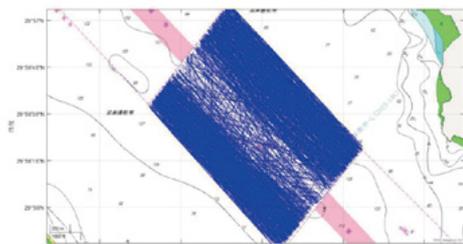


(a. 2号警戒区) (b. 3号警戒区)

图3 宁波舟山港核心港区警戒区示意图



(a. 2号警戒区)



(b. 3号警戒区)

图4 船舶轨迹图

假设会遇船舶对中两艘船舶： $V_o$ 和 $V_l$ ，AIS数据的动态信息包含实时的经度、纬度、航速和航向，对应其名称分别为 $V_o(\lambda_o, \varphi_o, S_o, C_o)$ ， $V_l(\lambda_l, \varphi_l, S_l, C_l)$ 。本文基于墨卡托算法来计算距离，墨卡托距离是在船

船舶航行实践中通常使用的距离。墨卡托算法可以准确地计算出两艘船舶之间的距离。与欧氏距离相比，墨卡托距离不仅准确而且具有实际意义。基于 AIS 数据对会遇船舶对轨迹点间距离计算如公式 (13) - (18) 所示。

$$D_\lambda = \lambda_t - \lambda_o \quad (13)$$

$$D_\phi = \phi_t - \phi_o \quad (14)$$

$$M_p = 7915.7 \log \left[ \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \left( \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)} \right)^{e/2} \right] \quad (15)$$

$$D_{MP} = M_{P_t} - M_{P_o} \quad (16)$$

$$Bearing = \arctan(D_\lambda / D_{MP}) \quad (17)$$

$$D = D_\phi / \cos(B) \quad (18)$$

其中,  $D_\lambda$ 表示经度差,  $D_\phi$ 表示纬度差,  $M_p$ 表示纬度梯度率,  $D_{MP}$ 表示不同纬度间的纬度梯度率差,  $Bearing$ 表示目标船的方位,  $D$ 为会遇船舶对轨迹点间距离, 单位为海里。

基于计算得到的会遇船舶对轨迹点间距离, 提取轨迹点间距离最小值对应船舶 AIS 数据计算会遇船舶对间相对方位, 基于 AIS 数据对会遇船舶对轨迹点间最近距离对应相对方位计算如公式 (13) - (17) 所示。图 5 为会遇船舶对轨迹点变化图。其中黄色的点表示会遇船舶对最近会遇点, 虚线表示最近会遇距离。

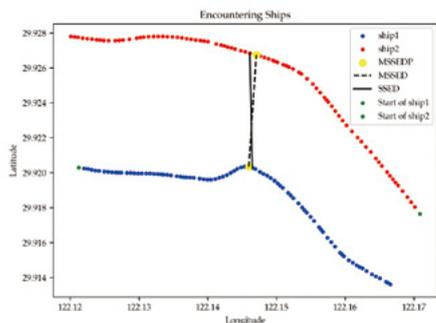
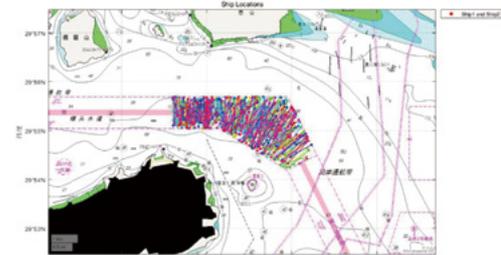


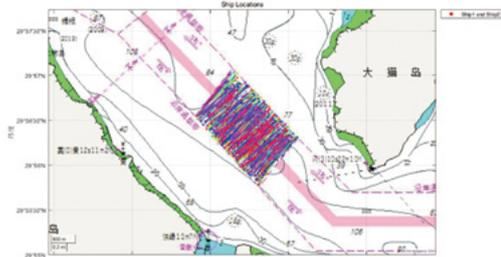
图 5 会遇船舶对轨迹点变化图

基于航海学领域距离方位法标记船位, 根据计算得到最近安全会遇距离和相对方位数据, 将会遇船舶位置在极坐标系下进行标定。首先, 以极坐标系中心为参考点, 根据会遇船舶对的航向数据标记航向, 然后结合航向与相对方位标记船舶方位, 最后根据计算得到的最近距离得到船舶具体位置。将本研究中宁波舟山港核心港区 2 号和 3 号警戒区历 500 对会遇船舶

位置进行标定。图 7 为宁波舟山港核心港区 2 号和 3 号警戒区最近会遇点实际可视化效果图, 其中会遇船舶对的 MSSIEDP 用同一颜色表示并用线连接。图 8 为宁波舟山港核心港区 2 号和 3 号警戒区内船舶极坐标系下最近会遇点分布图。

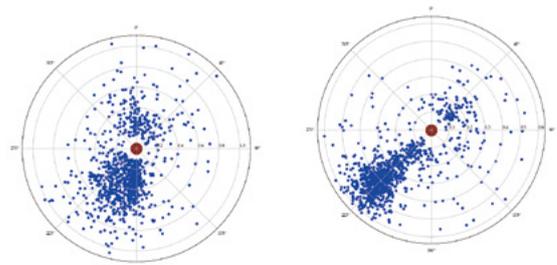


(a. 2号警戒区)



(b. 3号警戒区)

图 6 警戒区内船舶最近会遇点实际可视化效果图



(a. 2号警戒区)

((b. 3号警戒区)

图 7 警戒区内船舶极坐标系下最近会遇点分布图

图 8 是使用本研究中提到的概率船舶领域模型构建中对宁波舟山港核心港区 2 号和 3 号警戒区内会遇船舶计算得到的理想边界的密度分布图。根据对 2 号警戒区内概率船舶领域的统计分析, 该区域被分为 500 层; 船舶密度的最大层级为 3、19、29、27、45、45, 将椭圆曲线的 45 层定义为理想边界。根据对 3 号警戒区内概率船舶领域的统计分析, 该区域被分为 500 层, 船舶密度的最大层级为 239, 将椭圆曲线的 239 层定义为理想边界。

图 9 是在宁波舟山港核心港区 2 号和 3 号警戒区

内会遇船舶的概率船舶域模型禁止边界和理想边界分别用黑色实线和绿色实线表示，内部边界和外部边界分别用黄色实线和蓝色实线表示。

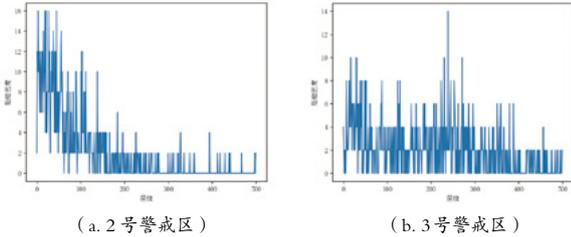


图8 警戒区内不同层级对应概率船舶域的船舶密度

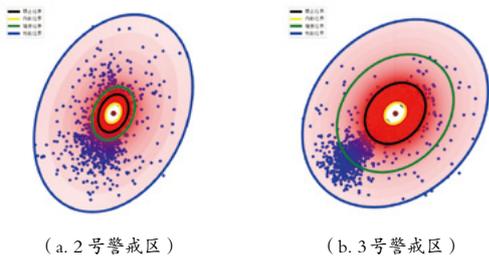


图9 警戒区内会遇船舶概率船舶域

宁波舟山港核心港区2号警戒区内船舶碰撞风险结果和可视化效果如表1和图10所示，3号警戒区内船舶碰撞风险结果和可视化效果如表2和图11所示。

表1 基于概率船舶域模型的2号警戒区内船舶碰撞风险值等级表

方位 0°				
距离 (海里)	0.388	0.211	0.158	0.141
风险值 0.502	0.635	0.781	0.841	
方位 45°				
距离 (海里)	0.331	0.308	0.228	0.163
风险值 0.510	0.518	0.600	0.765	
方位 180°				
距离 (海里)	0.465	0.214	0.161	0.131
风险值 0.500	0.627	0.772	0.878	
方位 225°				
距离 (海里)	0.511	0.212	0.163	0.145
风险值 0.500	0.631	0.765	0.827	

表2 基于概率船舶域模型的3号警戒区内船舶碰撞风险值等级表

方位 45°				
距离 (海里)	0.425	0.156	0.138	0.097
风险值 0.500	0.687	0.741	0.882	1
方位 225°				
距离 (海里)	0.569	0.189	0.166	0.162
风险值 0.500	0.612	0.662	0.671	0.717

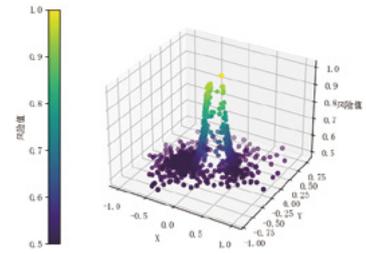


图10 基于概率船舶域的2号警戒区内船舶碰撞风险可视化效果图

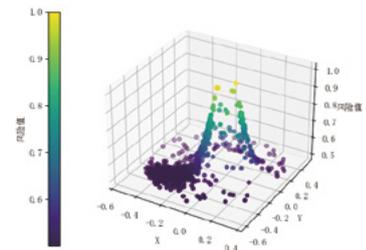


图11 基于概率船舶域的3号警戒区内船舶碰撞风险可视化效果图

### 5 结论

本文提出了一种基于 AIS 数据有效确定警戒区概率船舶域的方法，包括 MSED 数据计算和概率船舶域。随后，我们研究了如何使用新方法评估警戒区的船舶碰撞风险。最后，运用该方法对宁波舟山港2号警戒区和3号警戒区进行了碰撞风险评估并计算风险值。与传统的碰撞风险评估模型相比，该方法能够兼顾碰撞的时空风险，给出一个适用的、定量的计算警戒区碰撞风险值方法。此外，该方法还克服了传统船舶碰撞风险评估方法对非线性风险变化表征不足的问题。它可以补充传统的碰撞风险评估模型，用于船舶碰撞分析，特别是对于警戒区的船舶碰撞风险评估。该模型可以帮助监管部分或船员识别具有较高碰撞风险的船舶或船舶对，并更好地评估多船会遇时警戒区的船舶碰撞风险，从而应对相对较高交通密度或复杂性航行环境带来的挑战。

### 参考文献

[1] Zhang, L., Meng, Q., 2020. Response to the discussion by Montewka Jaku, Gil Mateusz and Wróbel Krzysztof on the article by Zhang & Meng entitled “probabilistic ship domain with applications to ship collision risk assessment [ocean Eng. 186 (2019) 106130]. Ocean Eng. 209, 107471 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107471>

oceaneng.2020.107471.

[2] Zheng, K., Jiang, Y., Zhou, S., Xue, Y., 2022. A comprehensive spatiotemporal metric for ship collision risk assessment. *Ocean Eng.* 265, 112446 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112446>.

[3] Montewka, J., Manderbacka, T., Ruponen, P., Tompuri, M., Gil, M., Hirdaris, S., 2022. Accident susceptibility index for a passenger ship—a framework and case study. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 218, 108145 <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.108145>.

[4] Shi, Z., Zhen, R.\*., Liu, J., 2022. Fuzzy logic-based modeling method for regional multi-ship collision risk assessment considering impacts of ship crossing angle and navigational environment. *Ocean Eng* 259, 111847.

[5] Chenyan Lin, Rong Zhen, Yanting Tong, Shenhua Yang & Shengkai Chen. (2024). Regional ship collision risk prediction: An approach based on encoder-decoder LSTM neural network model. *Ocean Engineering* 117019-.

[6] Fujii, Y., Shiobara, R., 1971. The analysis of traffic accidents. *J. Navig.* 24 (4), 534 - 543. Gang, L., Wang, Y., Sun, Y., et al., 2016. Estimation of vessel collision risk index based on support vector machine. *Adv. Mech. Eng.* 8 (11), 1687814016671250.

[7] Y.-F. Wang, L.-T. Wang, J.-C. Jiang, J. Wang, Z.-L. Yang, Modelling ship collision risk based on the statistical analysis of historical data: A case study in Hong Kong waters, *Ocean Eng.* 197 (2020) 106869.

[8] Qing Y., Palos Á T, Kezhong L, et al. An integrated dynamic ship risk model based on Bayesian Networks and Evidential Reasoning[J]. *Reliability Engineering and System Safety*, 2021, 216

[9] Wang Shaobo, Zhang Yingjun, Huo Ran & Mao Wengang. (2022). A real-time ship collision risk perception model derived from domain-based approach parameters. *Ocean Engineering*.

[10] Xin, X., Liu, K., Yang, Z., 2021. A probabilistic risk approach for the collision detection of multi-ships under spatiotemporal movement uncertainty. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 215, 107772.

[11] Yunja Yoo & Jin-Suk Lee. (2019). Evaluation of ship collision risk assessments using environmental stress and collision risk models. *Ocean Engineering* 106527-106527.

[12] Antão P., Sun S., Teixeira A.P. & Guedes Soares C.. (2023). Quantitative assessment of ship collision risk influencing factors from worldwide accident and fleet data. *Reliability Engineering and System Safety*.

[13] Cheng Zhiyou, Zhang Yihao, Wu Bing & Guedes Soares C.. (2023). Traffic-conflict and fuzzy-logic-based collision risk assessment for constrained crossing scenarios of a ship. *Ocean Engineering*.

[14] Liu, Z., Wu, Z., Zheng, Z., 2019b. A novel framework for regional collision risk identification based on AIS data. *Appl. Ocean Res.* 89, 261 - 272.

[15] Du, L., Banda, O.A. Valdez & Kujala, P.. (2019). (An intelligent method for real-time ship collision risk assessment and visualization). 8th International Conference on Collision and Grounding of Ships and Offshore Structures, ICCGS 2019, 293-300.

[16] Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China, Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China & Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China. (2019). A cooperative game approach for assessing the collision risk in multi-vessel encountering. *Ocean Engineering* 106175-106175.

[17] Zhen Rong, Shi Ziqiang, Liu Jialun & Shao Zheping. (2022). A novel arena-based regional collision risk assessment method of multi-ship encounter situation in complex waters. *Ocean Engineering*.

[18] Deng Y., Zhang W. & Feng X.. (2020). (An Advanced Method of Collision Risk Assessment in terms of Encountering Ships). 10th International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, QR2MSE 2020, 1043(5).

[19] F. Prastyasari, T. Shinoda, Near Miss Detection for Encountering Ships in Sunda Strait, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2020, 012039.

[20] A.K. Debnath, H.C. Chin, M.M. Haque, Modelling port water collision risk using traffic conflicts, *J. Navig.* 64 (2011) 645 - 655.

[21] Chen, P., Huang, Y., Mou, J., van Gelder, P.H.A.J.M., 2019. Probabilistic risk analysis for ship-ship collision: state-of-the-art. *Saf. Sci.* 117, 108 - 122. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.014>.

[22] Fujii, Y., Tanaka, K., 1971. Traffic capacity. *J. Navig.* 24 (4), 543 - 552. <https://doi.org/10.1017/S0373463300022384>.

[23] Coldwell, T.G., 1983. Marine traffic behaviour in restricted waters. *J. Navig.* 36 (3), 430 - 444. <https://doi.org/10.1017/S0373463300039783>.

[24] Pietrzykowski, Z., 2008. Ship's fuzzy domain - a criterion for navigational safety in narrow fairways. *J. Navig.* 61 (3), 499 - 514. <https://doi.org/10.1017/S0373463308004682>.

[25] Wang, N., 2013. A novel analytical framework for dynamic quaternion ship domains. *J. Navig.* 66 (2), 265 - 281.

[26] Hansen, M., Jensen, T., Lehn-Schiøler, T., Melchild, K., Rasmussen, F.M., Ennemark, F., 2013. Empirical ship domain based on AIS data. *J. Navig.* 66 (6), 931 - 940.

[27] Zhang, L., Meng, Q., 2019. Probabilistic ship domain with applications to ship collision risk assessment. *Ocean Eng.* 186, 106130 <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106130>.

[28] Zongyao Xue, Wenjun Zhang & Jianchuan Yin. (2020). 2Security Evaluation Model of Precautionary Area Based on Improved Entropy Weight TOPSIS. (eds.). Navigation College, Dalian Maritime University; doi:10.26914/c.cnkihy.2020.033443.

- [29] Song Li, Jianghua Zhou & Yuanqiang Zhang. (2015). Research of Vessel Traffic Safety in Ship Routeing Precautionary Areas Based on Navigational Traffic Conflict Technique. *Journal of Navigation*(3), 589–601.
- [30] Zbigniew Pietrzykowski i& Janusz Magaj. (2017). Ship Domain as a Safety Criterion in a Precautionary Area of Traffic Separation Scheme. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*(1), 93–98.
- [31] Jia Chengfeng & Ma Jie. (2023). Conditional temporal GAN for intent-aware vessel trajectory prediction in the precautionary area. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*(PA).
- [32] Lin Qin, Yin Bingbing, Zhang Xinyu, Grifoll Manel & Feng Hongxiang. (2023). Evaluation of ship collision risk in ships' routing waters: A Gini coefficient approach using AIS data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
- [33] Feng Hongxiang, Grifoll Manel, Yang Zhongzhen & Zheng Pengjun. (2022). Collision risk assessment for ships' routing waters: An information entropy approach with Automatic Identification System (AIS) data. *Ocean and Coastal Management*.
- [34] Zhao, L., Shi, G., Yang, J., 2018. Ship trajectories pre-processing based on ais data. *J. Navig.* 71 (5), 1210 – 1230.
- [35] Feng, H., Colilles, A.M., Yang, Z., 2021. Outlier processing of ais data according to distance distribution. *Navigation of China* 44 (4), 16 – 21. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-4653.2021.04.005>.
- [36] Yang Chen, Zhao Liu, Mingyang Zhang, Hongchu Yu, Xiuju Fu & Zhe Xiao. (2024). Dynamics collision risk evaluation and early alert in busy waters: A spatial-temporal coupling approach. *Ocean Engineering* 117315–.
- [37] Hørteborn, A., Ringsberg, J., Svanberg, M., Holm, H., 2019. A revisit of the definition of the ship domain based on AIS analysis. *J. Navig.* 72 (3), 777 – 794. <https://doi.org/10.1017/S0373463318000978>.
- [38] McKinley, S., Levine, M., 1998. Cubic spline interpolation. *Coll. Redwoods*. 45 (1), 1049 – 1060.
- [39] Goodwin, E.M., 1975. A statistical study of ship domains. *J. Navig.* 28 (3), 328 – 344.
- [40] <https://doi.org/10.1017/S0373463300041230>.
- [41] Zhang, L., Meng, Q., 2019. Probabilistic ship domain with applications to ship collision risk assessment. *Ocean Eng.* 186, 106130. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106130>.
- [42] Xin, X., Liu, K., Yang, X., Yuan, Z., Zhang, J., 2019. A simulation model for ship navigation in the “Xiashimen” waterway based on statistical analysis of AIS data. *Ocean Eng.* 180, 279 – 289. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.03.052>.
- [43] Pietrzykowski, Z., Wielgosz, M., 2021. Effective ship domain – Impact of ship size and speed. *Ocean Eng.* 219, 108423. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108423>.
- [44] Mizytras, P., Pollalis, C., Boulougouris, E., Theotokatos, G., 2021. A novel decision support method—ology for oceangoing vessel collision avoidance. *Ocean Eng.* 230, 109004. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109004>.
- [45] Rawson, A., Brito, M., 2021. A critique of the use of domain analysis for spatial collision risk assessment. *Ocean Eng.* 219, 108259. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108259>.
- [46] Zheng, K., Chen, Y., Jiang, Y., Qiao, S., 2020. A SVM based ship collision risk assessment algorithm. *Ocean Eng.* 202, 107062. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107062>.
- [47] Qu, X., Meng, Q., Suyi, L., 2011. Ship collision risk assessment for the Singapore Strait. *Accid. Anal. Prev.* 43 (6), 2030 – 2036. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.05.022>.
- [48] Debnath, A.K., Chin, H.C., 2010. Navigational traffic conflict technique: a proactive approach to quantitative measurement of collision risks in port waters. *J. Navig.* 63, 137.



# 浅谈柴油机敲缸与气缸油的碱值选择

◎ 宁波远洋运输股份有限公司 / 娄建伟 郑金波 葛主裕

**摘要：**本文从一起柴油机敲缸现象进行分析，进而对柴油机敲缸故障进行推理，得出引起柴油机敲缸与气缸油碱值的关系，提出了对柴油机气缸油碱值的选择要求，并对其选择的实用性进行验证，总结出二冲程柴油机气缸油管理心得。

**关键词：**柴油机；敲缸；气缸油；碱值

## 引言

在全球限硫令实施之前，船舶一般使用硫含量 1.5%--3.5% 的燃油，与之相对应的匹配碱值为 70 或 100mg/kg 的气缸油，在此情况下，主机处于良好的运行状态，随着船舶全球限硫令的实施，船舶燃油硫含量从 3.5% 上限下降至 0.5% 的上限，部分船舶还是在使用碱值为 70 ~ 100mg/kg 气缸油，导致碱值过剩。现从一起柴油机敲缸故障现象进行分析，浅谈二冲程柴油机的气缸油选择。

## 一、柴油机的敲缸现象与检查

某轮主机为二冲程低速柴油机，型号：MAN B&W 6S35MC，额定转速 173rpm/m，额定功率 4440KW，主机使用 0.5% 以下低硫油，使用昆仑 5070 气缸油，气缸油碱值为 70mg/kg，各缸套及部分活塞运行时间接近 60000 小时。

自 2021 年初开始，主机在定速航行时第 1、2 缸曲拐箱开始出现阵发性“咚”、“咚”沉闷异响，周期从每 20 秒一次到每 80 秒一次长短不等，异响同时在曲拐箱道门盖上有手触轻微震动感，扫气箱道门外壁声音不明显，缸套冷却水套上部外表经金属听棒能听到轻微低沉敲击声。随后作如下检查：

(1) 通过单缸断油和爆压测量确认非燃烧敲缸，也曾主机停车后对曲拐箱运动部件和固定部件进

行检查但未发现异常。

(2) 对主机第 1、2 缸进行了全面检查（包括主轴承螺栓预紧力检查、连杆螺栓预紧力检查、各固定螺丝收紧、十字头滑块导板接触面检查及间隙测量、链传动机构链轮导轨状况和张紧力、活塞冷却油管、轴向减震器、防爆门、通过扫气箱内部检查燃烧室等），未发现其他明显异常，运行时异响仍存在。

(3) 因响声感觉来自曲拐箱，随对主机第 1、2 缸连杆轴承和第 1、2、3 道主轴承进行拆检，未发现异常，敲击声在主机运转期间继续存在，在密切关注下主机继续运行且现象未有恶化迹象。

(4) 随后对主机第 1 缸进行吊缸保养：检测时发现气缸套内壁灰暗光滑、缸套最大磨损量在正常范围、缸套顶部内壁有一圈 0.5-0.6mm 高度磨台（见图 1）；检查燃烧室各部件，第 1 道活塞环断裂且环周围积炭严重（断环位置在扫气箱观察口对面位置，所以常规的扫气箱检查时未发现断环故障），活塞头上部侧面有部分刮擦痕迹（见图 2）；第 1 道活塞环槽磨损超标、环槽下平面磨出高度 0.4-0.6mm 磨台；第 2、3、4 道活塞环槽高度和深度方向均有不同程度磨损（见图 3）；第 1 缸扫气口附近有线性轻微金属磨痕。在对排气阀、气缸盖、填料函常规保养的基础上，对第 1 缸缸套内壁顶部用油石将磨台打磨成过渡弧形，同时将第 1 缸活塞头、活塞环换新装复。主机磨合后运转期间困扰已久的敲击声终于消除，运行工况正常。



图1 缸套顶部内壁磨出磨台



图2 第1道环断且周围积炭



图3 活塞头各环槽磨损出现台阶

## 二、柴油机敲缸分析

随后，船公司技术部门对曲拐箱异响进行了调查，从其吊缸后发现的燃烧室部件现状，结合柴油机运行时的异常声响，柴油机存在机械敲缸，其推理如下：曲拐箱异响和第1缸活塞环断裂是因为活塞环槽超标磨损和第一道活塞环槽磨台引起。主机运转时第1缸活塞环在已磨损环槽内上下运动、径向运动、转动及扭曲运动的叠加下，首先活塞环重叠搭口会挂到扫气口，造成搭口断裂，断口在上下运动时还会在扫气口附近缸套内壁上留下上下方向磨痕，并逐步成活塞环断裂。在柴油机的设计尺寸参数下，活塞在气缸中的相对位置是由活塞环来辅助支撑定位，正常装配情况下活塞环会稍高出槽脊表面且活塞与缸套之间存在合适的间隙，活塞装置与缸套中心线对正。随着运转时间的累积，柴油机活塞上各环槽会逐渐磨损，在活塞环和缸套正常磨损量的共同作用下，活塞和缸套之间的相对间隙会逐渐增大。同时在柴油机运转中由于滑块在越过上止点时会改变受力方向，且滑块导板之间存在一定的间隙，活塞和滑块在越过上止点时将会产生左右方向频繁摆动撞击，因此活塞头侧面会不定时擦碰到清洁环形成机械敲缸。同时敲缸的机械振动会传递到十字头和滑块撞击导板，通过机架传递形成曲拐箱异响和道门振动。与此同时，柴油机运行时噪音大，金属传递性强，相邻二缸往往很难有明显的不同，第2缸的曲拐箱异响和道门振动是个表象，而是第1缸就

近传递过去的，这也给管理人员的判断带来困扰。

## 三、柴油机敲缸与气缸油的碱值

从上述分析可知，曲拐箱异响是活塞机械敲缸所致，而活塞机械敲缸是由于缸套磨损并形成凸台、活塞环槽出现磨台、活塞环断裂

等因素引起，这似乎找到了原因，随后，轮机技术人员查阅了该主机运行工况及历年保养记录，表明，该主机各缸套及部分活塞运行时间仅接近60000小时，其间已有活塞更换情况，再次检查主机各缸燃烧室情况，发现活塞顶有大量白色粉末沉淀（见图4），缸套内壁衍磨纹荡然无存（见图5），缸壁明亮，未见湿润，缸套磨损已接近极限，查阅说明书，在正常维护保养的情况下，仅运行近60000小时不应出现如此严重的磨损，该主机存在燃烧室部件异常磨损情况。



图4 发现活塞顶有大量白色粉末沉淀



图5 内壁衍磨纹消失

随后，轮机技术人员查阅了该轮主机燃油及气缸油使用情况，发现该轮主机自2018年底以前使用高硫燃油，之后使用低硫燃油，燃油硫含量明显变化，而与之配套的气缸油自新船出厂以来一直使用昆仑5070H，为高碱气缸油。查阅扫气箱残余物化验单（如图6），发现扫气箱剩余碱值在72mg/kg，该碱值大大超标，活塞头白色沉淀明显（图4）。



图 6 气缸油变化前后分析报告单

所有证据表明，该轮主机在使用低硫油期间，未很好地检查燃烧室部件的运行情况，在活塞顶出现大量白色沉淀、扫气箱残余物剩余碱值大大超标时，未对主机的气缸油碱值进行重新匹配，而是一味地使用昆仑 5070H 高碱值气缸油，导致活塞顶白色粉末不断沉淀，经柴油机厂家分析，应是气缸油中过多的添加剂 Ca<sup>+</sup> 在高温高压下形成 CaCO<sub>3</sub> 与 CaSO<sub>4</sub> 白色沉淀，由于硫含量的下降，更多地形成 CaCO<sub>3</sub>，当这种疏松的结晶状粉末大量在活塞顶积聚时，随着活塞的交变加速运动，不断地喷洒在燃烧室的气缸内壁中，而后被活塞环上下刮划，其细小的颗粒不断填充到气缸内壁的衍磨纹上，导致衍磨纹贮油能力下降，进而使得活塞环与缸壁之间产生干磨擦，导致缸套异常磨损并出现凸台，与此同时，这种细小颗粒进入活塞环槽中，导致活塞环槽异常磨损，环槽出现磨台，在活塞环槽异常磨损且有磨台的情况下，活塞环开始断裂，密封变差间隙变大，特别是活塞处于上下止点时，活塞受力发生左右侧变化，出现了撞击声，当活塞处于上止点时，由于燃烧室燃烧掩盖了活塞的撞击声，当活塞处于下止点时，活塞的撞击声尤为明显，让轮机人员觉得曲拐箱出现阵发性“咚”“咚”的沉闷异响，极大地误导了轮机人员的判断。

随后，公司技术部门对该轮主机的气缸油碱值进行了调整，改用昆仑 5040，经该轮主机一年多的运

行，主机各项工况参数正常，燃烧室目视检查正常，扫气箱残余物化验剩余碱值正常（见图 6），主机处于正常的运行状态。

#### 四、管理心得

二冲程柴油机的气缸油管理是一个非常复杂的工作，气缸润滑是一个独立的全消耗系统，气缸油主要具有润滑、冷却、清洁等作用，如果使用和管理不当将会造成柴油机缸套的异常磨损甚至是拉缸、咬缸、敲缸的发生。因此日常的管理中要定期检查判断燃烧室状况，包括活塞顶部周围沉积物情况、缸套内壁及活塞环的磨损情况、注油率及注油

定时的检查、扫气箱残余物化验等。综合检查结果判断气缸油的注油率是否适量、气缸油碱值是否匹配。二冲程柴油机从使用硫含量上限 3.5% 的高硫燃油换成使用硫含量上限 0.5% 的低硫燃油后，由于燃油硫含量的降低减轻了气缸的腐蚀磨损，同时由于过高的气缸油碱值与燃油的不匹配将导致大量磨粒产生，从而大大加剧气缸的磨料磨损。对此轮机人员在管理中需对气缸油碱值和注油率做出相应的调整，可以采取直接由高碱值气缸油逐步换成低碱值气缸油，也可以采取分时段交叉使用高低碱值气缸油，在换用低碱值气缸油期间可以适度加大注油率。换用低碱值气缸油期间可以通过检查燃烧室尤其是活塞顶部沉积物的颜色是否由浅变深及数量是否由多变少、缸套内壁及活塞环周围润滑磨损情况是否正常、扫气箱残余物化验结果剩余碱值是否处于合适范围（建议剩余碱值 15--50mgKOH/g），如果检查结果正常，表明气缸注油率适当和气缸油碱值适配，否则须查明原因并采取相应措施做出调整。调整期间切忌注油率一次调整过大，换用气缸油时也最好是逐渐降低碱值。总之，气缸油的调整是一个耐心细致的工作，需要循序渐进持续较长一段时间，期间燃烧室状况须保持连续观察并做出动态调整，使得柴油机燃烧室始终处于良好的工作状态，保证各部件正常的工作寿命，最终稳定在一个正常的气缸润滑状态。

# 宁波舟山港甬舟集装箱码头 3#-5# 泊位船舶靠离泊操纵仿真试验分析

◎ 宁波引航站 / 陶雪兵 李 梁 段晓军 慕永光 周建勇

**摘要:** 宁波甬舟码头位于金塘水道强潮流区,受岬湾地形影响,潮流复杂,船舶靠离泊操纵风险和难度较大。本文首先分析泊位前沿水域的潮流特性,通过船舶操纵仿真试验,研究风流等外力影响下船舶靠离泊安全风险及操纵规律,并提出相应通航安全对策建议。试验结果表明,船舶靠离泊操纵难度受风影响较大,且潮流复杂变化对靠离泊安全影响显著。结合仿真试验,本文提出了靠离泊潮流条件、拖轮配备等安全保障建议,旨在为驾引人员提供操作安全参考和指导,以保障集装箱船舶的靠离泊安全。

**关键词:** 船舶操纵; 复杂水域靠离泊; 潮流特性

宁波舟山港甬舟集装箱码头位于金塘岛西南部大浦口湾,码头地处金塘水道强潮流区,由于岬湾地形的影响,回流明显,潮流复杂[1]。目前甬舟集装箱码头 3#-5# 泊位已完成交工验收,码头对开水域属交通要道,来往船舶众多,交通流复杂,船舶靠离泊操纵风险和难度较大。在港口水域中,靠离泊码头是非常重要的船舶操纵作业,也是船舶引航员必备的能力之一[2],有必要通过对码头前沿及附近水域的潮流和通航环境的分析研究,找出潮流规律,结合船舶操纵特性,指出船舶靠离泊操纵存在的风险并提出安全措施及相关建议。

## 1 码头前沿水域潮流分析

### 1.1 流对船舶作用力

根据《港口工程荷载规范》及《船舶操纵》作用于船舶的水流力计算公式:

$$F = C \frac{\rho}{2} V^2 B'$$

式中,  $F$  为水流对船舶横向力 (KN);  $C$  为水流对船舶横向分力系数, 横向水流漂角为  $90^\circ$ ,  $C \approx 1$ , 如图 1;  $\rho$  为海水密度,  $1.025 \text{ t/m}^3$ ;  $V$  为水流速度,  $\text{m/s}$ ;  $B'$  为船舶吃水线以下投影面积 (约取船长  $L \times$  吃水  $d$ ),  $\text{m}^2$ ; 回旋水域底标高与航道底标高保持一致, 均为  $-18\text{m}$ 。

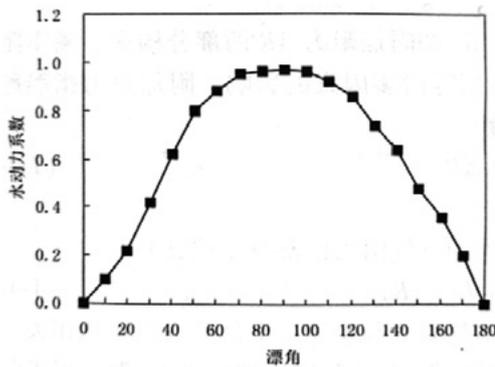


图 1 水动力系数  $C$  取值曲线图

### 1.2 2023 年潮流特征

**大潮潮流特征:** 在主航道急涨、急落时, 3#-5# 泊位附近有压拢流, 整体落流时间长于涨流时间, 落流流速大于涨流流速。甬舟码头地理位置特殊, 受大浦口山咀和外湾山咀突出的岬角地形影响, 码头对开 100-500m 流态变化快且复杂, 当主航道急流时, 码头边出现里外流向和流速不一致的回流、涡流现象。

**小潮潮流特征:** 甬舟码头 3#-5# 泊位潮流总体特点是不规则半日潮, 一日两涨两落, 在主航道急涨、急落时, 码头附近有压拢流, 整体落流时间长于涨流时间, 落流流速大于涨流流速。甬舟码头地理位置特殊, 受大浦口山咀和外湾山咀突出的岬角地形影响, 码头对开 100-500m 流态变化快且复杂, 当主航道出现急流时, 经常出现里外流向和流速不一致的回流、涡流现象。

### 1.3 泊位前沿水域潮流综合分析

各潮流测站与码头的位置关系如下图所示。

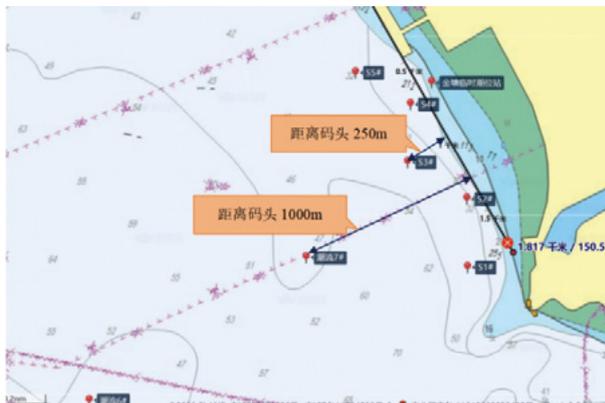


图2 各测站与码头的位置关系

S2#、S4# 站距离码头 50m, S1#、S3#、S5# 测站距离码头 250m, 潮流 7# 测站距离码头 1000m。

1) 距泊位前沿 1000m 的水域内 (7# 测站), 潮流具有明显的往复流特征。

2) 泊位前沿旋回水域内 (S3# 距泊位前沿 250m), 表层 5m 潮流流向具有往复特征: 涨潮流方向  $350^\circ$  左右 (涨潮流 5-6 小时); 落潮流方向  $152^\circ - 170^\circ$  (落潮流 14-15 小时); 落水时段明显长于涨水时段。涨落潮流的最大流速均为 1.5 节左右。涨潮流方向集中在  $350^\circ$  左右, 落潮流方向集中在  $160^\circ$  左右。

3) 泊位前沿旋回水域内 (S5# 测站, 距泊位前沿 250m), 表层 5m 潮流流向具有明显的往复特征: 涨潮流方向  $330^\circ - 340^\circ$  (涨潮流 10-12 小时); 落潮流方向  $133^\circ - 149^\circ$  (落潮流 8-10 小时), 落水时段与涨水时段基本相同。涨落潮流的最大流速均为 1.5 节左右。涨潮流方向集中在  $330^\circ$  左右, 落潮流方向集中在  $140^\circ$  左右。

4) 在相同的日期与时间内, 2# 测站 (5# 泊位前沿) 与 4# 测站 (3# 泊位前沿) 具有不同的潮流特征。4# 站位涨潮时段, 2# 站位已呈现落潮时段, 该潮流特征表明, 在 5# 泊位前沿水域存在着回转流。

5) 甬舟码头前沿水域潮流受到山咀阻挡、岬角的挑流作用形成洄流, 急落水冲向码头南端外湾山咀, 一部分流入金塘水道, 一部分受外湾山咀挑流作用在甬舟泊位前沿水域形成涨洄流, 3~5# 泊位前沿洄流示意图如下:



图3 码头前沿回流示意图

## 2 船舶靠离泊操纵模拟试验

### 2.1 试验目的及设备

针对码头 3#-5# 泊位设计船型靠离泊的可行性和安全性进行了模拟试验论证, 并提出通航安全建议。本次模拟试验从船舶操纵角度验证靠离泊期间受风流影响程度, 总结操作过程中的规律, 指导今后实际船舶操纵。

模拟试验平台采用 Transas 公司研发的 NTPRO 5000 型全任务航海模拟器。通过典型设计船型进出该水域的航行和靠离泊模拟实验, 研究船舶航行和靠离泊的运动轨迹及操作要点。

### 2.2 船舶操纵模拟设计

#### 2.2.1 试验条件

针对风流等外力影响最不利于船舶操纵安全的情况, 设计如下外界条件的试验方案: 本次模拟以横风 E 风、SE 风、N 风、NW 风为主, 模拟试验风力主要选择 6~7 级; 模拟试验流况根据港区的流况设计, 本区海流属非正规半日潮流, 考虑到泊位前沿附近潮流的特殊性及复杂性, 本次模拟结合实测潮流数据设置了流场, 船舶根据航行位置自动调取所在位置的流速和流向, 模拟流场基本能反映泊位前沿流场实际情况。

#### 2.2.2 模拟试验船型及航速

影响船舶进出港安全的船舶因素包括设计船型、载重状态、进港航速、靠离泊方式以及拖船使用计划等。

1) 本次模拟选取的试验船型主尺度如表 1 所示。

表 1 试验船型

船型	吨级	船长(m)	船宽(m)	满载吃水(m)
集装箱船	15万吨级	367	51.2	16.0
集装箱船	10万吨级	346	45.6	14.5
集装箱船	7万吨级	300	40.3	14.0

2) 船舶载重状态

根据营运的需求, 满载及压载均进行了模拟。

3) 航速的选取

航速的大小是影响船舶在航道中航行安全的重要因素之一<sup>[3]</sup>。本次模拟试验结合现有实际船舶靠离泊的航速规律, 在岬角南侧航道上初始速度设为 6kn 左右。

### 2.3 模拟试验电子海图及模拟范围

根据码头实际靠离泊操纵经验, 靠离泊船舶一般按实际可航水域进行掉头操纵, 如图 4 所示。



图 4 电子海图及模拟范围示意图

### 2.4 模拟试验分析

为了更好地验证甬舟集装箱码头 3#~5# 泊位不同集装箱船型靠离泊的规律及风险程度, 本文根据泊位、风向及潮流特点选择进行了 25 组试验, 考虑到篇幅有限, 因此选定几组典型试验进行分析。

#### 2.4.1 10 万吨级船舶靠泊试验结果分析

当风力为 7 级时, 10 万吨级集装箱船舶掉头靠泊 5# 泊位时, 由于集装箱船受风面积较大作用, 当受到 7 级风影响, 5# 泊位前沿存在扰流, 在风流共同作用下船舶靠泊过程中漂移较为明显, 同时在泊位前沿船舶受船舶流场分布产生扭矩的影响, 船舶靠泊过程中受力分布及运动趋势可能会发生瞬时变化, 操纵人员需随时关注流场变化; 此外, 在掉头过程中, 受风流影响可能漂移至邻近泊位前沿水域, 且在掉头时间较长, 拖轮受力较大。

在 7 级风靠泊 5 号泊位时, 10 万吨级集装箱船舶 7 级风时需增大拖轮马力才能安全靠离泊。



图 5 靠泊 5# 泊位运动轨迹图 (10 万吨级、风力 7 级, 风向 290°)

当风力为 6 级时, 如图 6 所示, 这拖轮受力较为正常, 落潮流顺靠相对于涨潮流掉头靠较为顺利, 靠泊时间相对较短。需要注意的是, 5# 泊位前沿存在较大的扰流, 流场对船舶不同位置的影响不太一样, 因此, 在靠泊 5# 泊位过程中, 特别是强拢风情况下, 5# 泊位前沿受到风流共同作用以及船舶受流扭矩的影响, 如果拖轮马力不足, 很有可能在 5# 泊位前沿无法平行入泊, 造成船舶触碰码头的事故。



图 6 靠泊 5# 泊位运动轨迹图 (10 万吨级、风力 6 级, 风向 060°)

根据试验结果, 对于 10 万吨级集装箱船舶 6 级风情况下靠泊 3#~4# 泊位时需配备 3 艘 4800HP 以上拖轮; 靠泊 5# 泊位困难程度增加, 建议靠泊 5# 泊位时额外增加 1 艘拖轮协助控制船舶。

#### 2.4.2 15 万吨级船舶靠泊试验结果分析

当风力为 7 级时, 如图 7 所示, 15 万吨级集装箱船舶掉头靠泊时, 由于集装箱船受风面积较大作用, 当受到 7 级风影响, 在风流共同作用下船舶靠泊过程中漂移较为明显, 且在掉头时间较长, 拖轮受力较大。

在 7 级风靠泊时, 15 万吨级集装箱船舶靠离泊相对较为困难, 需要拖轮马力较大, 考虑泊位前沿存在扰流, 特别是 5 号泊位前沿潮流复杂, 建议 15 万吨级船舶靠泊时风力选择 7 级以下。



图7 靠泊 3# 泊位运动轨迹图 (15 万吨级、风力 7 级, 风向 290°)

当风力为 6 级时, 如图 8 所示, 15 万吨级集装箱船舶靠泊 4# 泊位在拖轮协助下靠泊能够安全进行。



图8 靠泊 4# 泊位运动轨迹图 (15 万吨级、风力 6 级, 风向 220°)

但需要注意的是, 在模拟靠泊 5# 泊位时试验失败, 如图 9 所示。主要由于 5# 泊位前沿存在较大的扰流, 流场对船舶不同位置的影响不太一样, 因此, 在靠泊 5# 泊位过程中, 特别是强扰流情况下, 5# 泊位前沿受到风流共同作用以及船舶受流扭矩的影响, 如果拖轮马力不足, 很有可能在 5# 泊位前沿无法平行入泊, 造成船舶触碰码头事故。



图9 靠泊 5# 泊位运动轨迹图 (15 万吨级、风力 6 级, 风向 220°、失败)

根据试验结果, 对于 15 万吨级集装箱船舶 6 级风情况下靠泊 3#-4# 泊位时需配备 4 艘 4800HP 以上拖轮; 靠泊 5# 泊位困难程度增加, 建议靠泊 5# 泊位时其中选择 7000 马力的以上大拖轮协助控制船舶。

#### 2.4.3 10 万吨级船舶离泊试验结果分析

当风力为 6 级时, 如图 10 所示, 集装箱船舶受风

面积进较大, 当受到 6 级风影响时, 在风流共同作用下船舶掉头离泊过程中存在一定程度漂移, 受风流影响可能漂移至邻近泊位前沿水域, 在 2 艘拖轮协助下集装箱船舶 6 级风实现安全离泊比较困难, 应增加拖轮和选择利于离泊的潮流。



图10 离泊 5# 泊位运动轨迹图 (10 万吨级、风力 6 级, 风向 240°)

### 3 试验结论及建议

#### 3.1 结论

本文经过靠离泊试验记录的分析 and 讨论, 得出以下主要结论:

1) 在设定的风流情况下, 依靠拖轮的协助, 设计船型能够安全靠离 3#-5# 泊位, 码头前沿水域能够满足船舶安全靠离泊操纵需要。

2) 风对船舶靠离泊操纵的影响很大, 不同风级工况条件下、相同船型模拟试验操纵难度不同, 船型越大, 操纵难度越大。15 万吨级集装箱船舶靠离泊操纵难度明显大于 10 万吨级船舶。拖轮吨级越大所需拖轮的功率越大, 才能抑制风对船舶漂移的影响。

靠离泊操纵过程中风对船舶操纵影响是一个变化的过程, 船舶在向下风向漂移的过程中存在偏转的现象, 应充分利用拖轮的作用, 保持船舶位置和姿态。

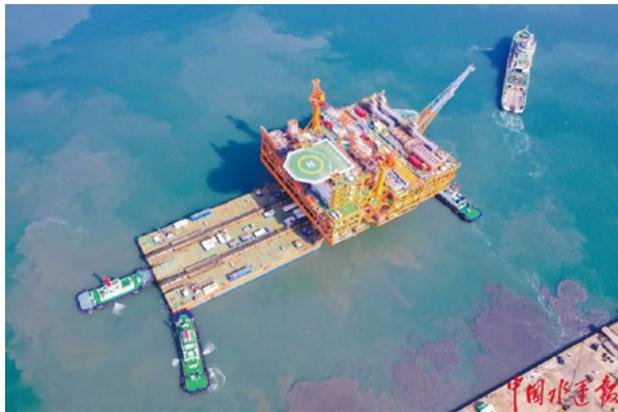
3) 主航道及泊位前沿水域潮流特征不一致, 存在较大的差别, 不同潮汛、不同潮时、不同位置潮流变化 (甚至是突变) 是影响船舶靠离泊安全的又一重要因素, 随着船舶接近泊位前沿水域, 潮流方向与流速均发生变化, 并且该变化不具有规律性, 潮流对船舶靠离泊安全影响很大。

入泊过程中潮流的突然变化会导致预先设定的靠泊计划出现变数, 影响靠泊安全, 特殊时段靠泊时应增加拖轮的数量或者功率, 供紧迫局面时使用。

## 渤海最大！这一海上油气平台起运

5月27日，由海洋石油工程股份有限公司（简称“海油工程”）承建的垦利10-2油田群开发项目（一期）中心处理平台在山东青岛国际化高端装备制造基地离港起运，标志着平台陆地工程全部完工，进入海上作业阶段。平台实现多项首创技术，创造了渤海区域海上油气平台尺寸和重量新纪录。

垦利10-2油田是迄今为止我国海上发现的规模最大的岩性油田，原油探明地质储量超过1亿吨。项目一期中心处理平台是一座集生产、生活为一体的3层8腿多功能海洋平台，高度22.8米，投影面积相当于近15个标准篮球场大小，设计重量超2万吨，是渤



“海洋石油228船”承载渤海油田最大海上油气平台——垦利10-2中心平台缓缓离开山东青岛国际化高端装备制造基地（卜文祥摄）

### 3.2 靠离泊潮流条件

1) 大潮汛期间5#泊位避开低潮前3-1.5小时时段靠离泊。初一、十六为大潮日，大潮日前2天、后3天时段为大潮汛时段。

2) 其他潮汛期间5#泊位避开低潮后0.5-2小时时段靠离泊。

3) 3#、4#泊位可全潮靠离泊。但在5#泊位避开时段靠泊，无拖轮或者配备1艘拖轮助操的船舶，应尽可能增加1艘拖轮助操。

### 3.3 拖轮配备

1) 集装箱船舶拖轮配备应综合考虑风力、风向，流向、流速，受风面积，船舶吃水，拖轮滑失等各种条件。根据现有拖轮配备规定及船舶靠离泊配备经验，3#-5#泊位前沿水域潮流特征，拖轮配备总功率不宜小于载重吨的10%。

2) 为保障码头靠离泊操纵助操拖轮的适应性，码头水域应常驻2-3艘拖轮，并且至少有1艘拖轮的功率为5000HP。后期当3#-5#泊位开始靠泊15万吨级集装箱船舶时，至少配备1艘功率为6000HP的拖轮常驻。

### 3.4 安全建议

(1) 靠离泊时风力 $\leq 6$ 级(13.8m/s)，如不可避免在7级风力条件靠离泊，需根据当时的风流情况增加拖轮数量或马力。

(2) 码头水域潮流复杂，建议码头方建立潮流预报系统。

(3) 本工程码头前沿不同距离潮流存在差异，建议码头方根据潮流分析成果，结合实际靠离泊经验制订《告船长书》。

## 4 结束语

甬舟码头3#-5#前沿水域潮流条件复杂，驾引人员如果不能准确掌握码头前沿潮流特点，靠离泊期间可能导致一定风险。本文旨在为驾引人员的靠离泊操作安全提供有益的参考和指导。

未来应进一步研究潮流规律，必要时进行潮流数值研究，同时不断积累实船靠离泊经验，从小到大、循序渐进，根据潮流规律与经验积累科学调整靠离泊窗口，使之更好的服务于港口生产，亦为大型集装箱船舶靠离泊操纵安全提供保障。

### 参考文献

- [1] 陶雪兵. 甬舟集装箱码头靠离泊方法探讨[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(10): 27-28+104.
- [2] 董明远. 船舶在靠离泊时的水动力因素研究[J]. 中国设备工程, 2022, (03): 243-244.
- [3] 张弘. 探讨大连30万吨级原油码头船舶航行及靠离泊安全模拟试验的方案[J]. 天津职业院校联合学报, 2014, 16(05): 64-68.

海海域重量最重、外形尺寸最大的海上油气平台。垦利 10-2 油田不同区块原油品质差异较大，中心平台设计了热采及冷采两套系统，搭载关键设备 240 余套，是目前渤海区域工艺流程最复杂的生产平台之一。



“海洋石油 228 船”承载着垦利 10-2 中心平台缓缓离开山东青岛国际化高端装备制造基地（张立忠 摄）

在项目实施过程中，海油工程以科技创新带动产业协同创新，加快培育和发展海洋新质生产力。“项目攻克超大型海洋平台轻量化设计关键技术，在国内首次将 420 兆帕高强度钢应用于海洋油气平台上部组块建造，在最大限度对平台进行‘瘦身’的同时，也为国产高强度钢在海洋工程中的大规模应用开辟了新道路。”海油工程青岛公司垦利 10-2 项目经理杨锦驹介绍说。此外，平台通过搭载基于 DeepseekR1 的工程生产一体化智能助手，可实现智能生产、能耗管理和安全管理一体化，着力打造以人工智能为核心的创新型海上低碳智能平台。



渤海油田最大海上油气平台——垦利 10-2 中心平台建造完工（杨锦驹 摄）

垦利 10-2 油田群开发项目（一期）中心处理平台应用管线总长达 42000 米，焊接长度超 40000 米；应用电缆总长约 760000 米，超过北京到青岛到直线距离；项目工作量相当于常规项目的 2 倍，作业高峰期



工程师在装船过程中全神贯注紧盯千斤顶作业状态（马晋雄 摄）

近 1300 人参与建设。

海油工程青岛制造基地正值建造高峰期，施工滑道资源紧张。为破解滑道资源瓶颈，加快建造进度，项目团队打破常规滑道一次性预制加总装方式，将组块在非滑道区进行深度预制后，采用 SPMT（自行式模块化运输车）二次移位至滑道区继续总装。同时，通过一体化、标准化、数字化等手段成功保障项目工期进度。此外，项目充分发挥高水平工匠引领作用，积极带动产业技术工人队伍建设，并通过构建全员全流程质量安全管理体系，实现关键焊缝一次合格率达 99.69%，创造了连续 473 万人工时‘零事故’的优秀安全绩效。



渤海油田最大海上油气平台——垦利 10-2 中心平台建造期间甲板片吊装现场（刘燕安 摄）

据悉，为加快储量向产量的转化速度，垦利 10-2 油田采取总体开发分期实施策略，分为一期、二期两个开发项目。作为渤海油田年内的重要产能建设项目之一，一期开发项目中心平台顺利离港启运标志着垦利 10-2 油田开发建设进入新阶段，对于渤海油田 2025 年油气上产 4000 万吨具有重要意义，能够进一步提升保障京津冀及环渤海地区能源供应能力。来源：中国水运报

## 首次发布！事关国际航运可持续燃料认证

5月27日，上海国际航运可持续燃料认证体系建设在沪启动，会上首次发布了《国际航运碳足迹标识认证制度建设研究蓝皮书》。标志着我国在构建国际航运绿色治理规则方面迈出关键一步。

在4月11日闭幕的国际海事组织（IMO）第83届环保会议上，针对5000总吨及以上国际航行船舶温室气体排放“技术+经济”净零排放管控新政正式获批。该新政将自2028年起对国际航行超标排放船舶实施阶梯性碳费机制。船舶所使用的燃料需经过全生命周期碳强度核算，并基于认证结果进行碳费缴纳。这标志着建立权威、独立、符合IMO标准的可持续燃料认证体系成为全球航运业的当务之急。

为积极应对国际规则调整，上海海事局、市交通委牵头组织上海海事大学专家团队，联合国内主要能源、航运企业及认证服务机构，于今年3月发起成立了



“上海国际航运碳足迹标识协会”，作为我国首个专注于国际航运可持续燃料认证体系建设的法定实体。

协会在前期工作基础上，系统编制了《国际航运碳足迹标识认证制度建设研究蓝皮书》，明确覆盖船用燃料原料采集、生产加工、运输分销、船上使用等各环节碳排放核算路径。蓝皮书全面对标IMO、欧盟等国际先进政策与认证制度，结合我国航运燃料产业实际，从政策、标准、组织、数字平台等维度，提出建立统一、高效、国际接轨的认证制度的总体框架，为我国打造具有全球影响力的航运低碳治理体系提供了“上海方案”。

目前，协会正在加快推进自主认证体系文件编制，计划于今年底完成核心制度设计并进入试运行阶段。技术支持方面，认证体系将以区块链等信息技术为支撑，构建全生命周期数据采集与验证平台，确保燃料碳足迹信息可追溯、可核查、可信赖。

当前，上海国际航运中心建设正处在从基本建成向全面建成迈进的关键时期，推动航运绿色化转型已成为提升上海航运综合竞争力的核心抓手。

我国国际航运可持续燃料认证体系的建设，既是推动上海构建国际绿色燃料交易和认证服务中心的重要支点，也是我国在全球绿色航运治理体系中积极作为的重要体现。该体系不仅有助于提升我国绿色航运话语权，更将助力上海在新一轮国际航运竞争中掌握主动，赢得先机。

来源：中国水运报

## 2025 海丝论坛促成全球港航企业系列合作签约

5月27日，在2025海丝港口合作论坛开幕式暨主论坛上，浙江省海港集团、宁波舟山港集团和宁波舟山港股份有限公司携手国内外知名航运、物流、能

源企业共同签约，聚焦绿色低碳、智慧创新、供应链协同等领域，以开放合作赋能航运业高质量发展。

浙江省海港集团分别与法国HAROPA港口联盟签

订合作谅解备忘录,与太平船务、中国海洋石油集团有限公司签订三方绿色能源加注协议,聚焦绿色低碳港口建设,共享推广经验,加强新能源应用,助力“双碳”目标实现。同时,浙江省海港集团与中国交通建设集团签订战略合作协议,围绕服务国家战略、港航基础设施、智慧创新和绿色发展、物流产业园区建设等领域

开展合作,加快释放高质量发展新动能。

宁波舟山港股份与中远海运集装箱运输有限公司签订合资协议,共同成立宁波远海供应链有限公司,打造数字化全球综合物流供应链、航运、港口一体化平台;与中国外运股份有限公司签订战略合作协议、与中



远海运散货运输有限公司签订战略合作框架协议,充分发挥各自优势,探索开展多层次、全方位合作,更好服务世界一流强港建设;与阿布扎比集团签订合作协议,深化滚装业务协同、港航资本联动、绿色能源加注及人才交流等领域合作,携手共建高效低碳物流网络,推

动全球贸易可持续发展。

以此次签约为契机,全球港航相关企业将通过“共商、共建、共享”的生动实践,加速资源整合与优势互补,持续推动智慧、绿色港口和航运建设,探索物流供应链强链新路径,为全球贸易畅通与可持续发展注入强劲动力。

来源:中国水运报

## 《2025 海丝港航高层圆桌会议共同声明》发布

5月27日上午,在2025海丝港口合作论坛开幕式暨主论坛上,来自全球超40个国家和地区的千余位嘉宾代表共同见证《绿色共享,智慧互联:在世界变局中增强港航物流链韧性——2025海丝港航高层圆桌会议共同声明》(以下简称《共同声明》)的发布,为全球港航业发展注入新动能。

主论坛上发布的《共同声明》此前一日已在2025海丝港航高层圆桌会议上一致通过。《共同声明》认为,港航业作为全球贸易的支柱,当通过自身高质量发展为全球经济提供稳定可靠的“港航锚点”,唯有凝聚共识、深化合作,以更开放的姿态、更创新的手段、更可持续的模式应对挑战,方能实现“绿色共享”的愿景,构建“智慧互联”的未来。

《共同声明》各声明方共同承诺,将积极践行绿色发展理念,推动港航业低碳转型;将深化数字化协



同创新,推动智能港口与智慧航运深度融合;将加强供应链风险预警与应急协作机制,保障全球物流链稳定畅通;将坚持多边主义,支持以规则为基础的自由贸易体系,呼吁通过对话与协商解决贸易争端;将搭建合作共荣的平台,推动知识共享与能力建设,反对

技术垄断与市场割裂，共筑港航命运共同体。

值得关注的是，作为海丝论坛的重要机制，高层圆桌会议自2018年第四届海丝论坛创设以来，持续发挥着关键作用。往届成果《海丝港口合作宁波倡议》《共时代·共丝路·共强港——海丝港口国际合作愿景与行动》先后被纳入第二届、第三届“一带一路”国际合作高峰论坛多边合作成果文件清单，凸显其国际影响力。

作为本次论坛的重要议程，5月26日举行的2025

海丝港航高层圆桌会议吸引了47位行业领袖深度参与。来自国内外重要港口、码头运营商、航运企业、国际港航组织、港航领域研究机构及智库的高层代表齐聚一堂，围绕港航安全韧性建设、绿色技术应用、数字生态协同和国际规则对接等内容深入探讨，共议港航发展良策，共同传递和合共生、融合发展的未来期许，最终全体通过《共同声明》，并同意在次日主论坛进行全球发布，向国际社会传递合作共赢的发展理念。

## 法国第一大港 HAROPA 加强与中国海运贸易合作

5月26日下午，记者从法国驻华大使馆举行的闭门记者会上获悉，法国第一大港口集团 HAROPA 于5月25日至30日组织高级别商务代表团来华访问。此次访华行程涉及北京、宁波和上海等重点城市，旨在加强海运贸易合作并吸引投资。

代表团阵容强大，由该集团首席执行官伯努瓦·罗谢 (Benoît ROCHET)、国际与欧洲战略发展总裁塞德里克·维尔西格里奥 (Cédric VIRCIGLIO) 及国际发展经理皮埃尔·德库西 (Pierre DECOUSSY) 率领。访华期间，代表团将在“海上丝绸之路港口国际合作论坛”亮相，并与宁波港签署合作协议，进一步巩固双方伙伴关系。

据介绍，此次 HAROPA 港与宁波港的合作，将聚焦四大领域：绿色走廊框架建立下的港口脱碳、智慧港口技术交流与最佳实践共享、规模化海运的改进优化、多式联运框架下的腹地连接提升。双方在脱碳目标与行动逻辑上高度契合，此次合作是两大港口综合体的重大战略举措，合作协议的签署将为经济发展注入更多确定

性，海运领域脱碳也成为合作的重要发力点。

作为法国领先的港口综合体，同时也是欧洲第四大港口，HAROPA 港的实力不容小觑。该港口于2012年由勒阿弗尔、鲁昂和巴黎三大港口合并而成，是法国唯一的河海联运港口。其拥有250万平方米的物流仓储空间，年海运与河运吞吐量超1亿吨，集装箱吞吐量达300万标准箱，除集装箱运输外，还承担干散货、液体散货、汽车运输等任务。

值得关注的是，中国与 HAROPA 港的贸易往来极为密切，中国是其最大的商业合作伙伴，目前该港口集装箱来源中，有三分之一都来自中国，且这一占比在未来还将持续攀升。

未来，HAROPA 港将继续积极探索与中国相关港口的贸易合作机遇，以促进贸易畅通为核心，通过提升港口吞吐量、扩大运输规模，推动贸易发展。合作聚焦电商、汽车工业及粮食出口等重点领域，整合全球贸易优势，致力于成为国际贸易货运与沟通的关键枢纽。



# 重回中国船厂！欧洲航运巨头新造船计划再生变数



全球第五大集运公司赫伯罗特的新一轮大型集装箱船订造计划再现波折。原本拟交由中国船企承建的订单，因美国提出征收“天价”港口费一度转向韩国，如今随着政策松动、造价优势凸显，赫伯罗特正重新将目光投向中国船企。

据外媒消息，赫伯罗特最初计划在中国船企订造最多 12 艘 12500TEU 和 6-8 艘 16000TEU 集装箱船，初期接洽的船厂是赫伯罗特去年曾签署建造合同并拥有备选船舶订单的扬子江船业与新时代造船。然而今年 2 月，在美国贸易代表办公室（USTR）发布 301 条款提案、宣称将对在中国建造船舶征收高额港口费之后，赫伯罗特的新造船谈判转向了韩国船企，包括该公司此前曾合作过的韩国韩华海洋（原大宇造船），以及韩国最大造船集团 HD 现代。

今年早些时候，赫伯罗特已经与韩华海洋签署了 6 艘 16000TEU 双燃料 LNG 动力集装箱船建造意向书，价值超过 12 亿美元（约合人民币 86.45 亿元）。赫伯罗特与韩华海洋的意向书并无约束力，仅为订单讨论设定了时间框架。这份意向书也迟迟未能转化为正式订单。

而在近期有消息称，赫伯罗特又恢复了与扬子江船业就 6 艘 16000TEU 双燃料 LNG 动力集装箱船建造订单的谈判。这 6 艘船原本是去年赫伯罗特与扬子江船业签订的 12 艘同型船中的备选订单。

专家指出，赫伯罗特的策略转变受到美国放宽对中国建造船舶的收费政策、以及韩国船企报价上涨的

双重影响。

今年 4 月中旬，USTR 宣布了修订后的 301 条款提案，放宽了收费标准，取消了此前建议的针对高比例使用中国船舶的运营商每次靠港征收 100 万至 150 万美元固定费用，也取消了针对未来中国船厂订单所征收的费用。

根据 USTR 的最新提案，对于在中国船厂建造的每艘船，无论船东 / 运营商国籍，将按照每净吨或每卸载一个集装箱征收费用（取两者中较高者）。起始收费标准为每净吨 18 美元，到 2028 年将增至 33 美元；或者是每集装箱征收 120 美元，到 2028 年增至 250 美元。

在 USTR 于 2 月底发布最初草案之后，中国船厂的新船订单一度陷入停滞，新造船价格也出现下跌，3 月中国船企月度接单量更一度不敌韩国滑落至全球第二位。而随着 USTR 发布修订计划，船东与中国船厂之间停滞的订单谈判迅速重启，4 月中国船企接单量再度大幅领先，成功斩获全球近 70% 新船订单。

除了美国政策因素之外，中国船企的价格竞争力也是吸引赫伯罗特的重要原因。消息人士称，韩国船企提出的报价远高于中国，其中 12500TEU 双燃料 LNG 动力船中国船企报价约 1.3-1.35 亿美元，而韩国船企的报价则高出约 2000 万美元；16000TEU 双燃料 LNG 动力船中国船企报价约 1.9 亿美元，韩国船企报价接近 2.25 亿美元，比中国船企高出 18%。

作为参考，克拉克森的数据显示，目前一艘 10000/11500TEU 双燃料 LNG 动力集装箱船新造船价格约为 1.43 亿美元，而一艘 15000/16000TEU 双燃料 LNG 动力船新造船价格约为 2.02 亿美元。

据了解，赫伯罗特在去年重返新造船市场，在两家中国民营船企签订了 24 艘 LNG 双燃料集装箱船大单，包括扬子江船业 12 艘 16800TEU 船，以及新时代造船 12 艘 9200TEU 船，这批新船将在 2027 年至 2029 年间陆续交付，总投资约为 40 亿美元。

这份 24 艘船的大单是赫伯罗特历史上最大规模



的新造船投资之一。当时赫伯罗特首席执行官 Rolf Habben Jansen 表示，这份订单是公司实现 2030 战略目标的重要里程碑，该战略目标包括在发展的同时实现船队的现代化和低碳化。新船全部交付后，赫伯罗特的船队总运力将增加 31.2 万 TEU。

而在去年的订单之前，赫伯罗特上一次订造集装箱船是在 2020 年 12 月，当时该公司与韩华海洋的前身大宇造船签署 6+6 艘 LNG 动力 23500TEU 集装箱船建造合同；随后在 2021 年 6 月，赫伯罗特又确认执行后续 6 艘备选订单。

赫伯罗特是全球第五大集运公司。根据 Alphaliner 的数据，目前赫伯罗特旗下船队运营 302 艘集装箱船，包括 133 艘自有船舶和 169 艘租入船舶，总运力约为 241 万 TEU，市占率 7.5%。此外，赫伯罗特还有 32 艘在建新船，总计 39 万 TEU，占其现有船队比例为 16.3%。

来源：国际船舶网

## 2000 亿订单创历史新高！中国船厂领航绿色浪潮



全球新造船市场“绿”潮涌动！今年前 4 个月，全球替代燃料船舶订单高达 165 艘，订单总额接近 2000 亿元，占新船订单总量的 63%，创下历史新高，显示出全球航运业正加速迈向低碳转型新阶段，而中国船厂则遥遥领先成为了这波大潮的领航船。

根据克拉克森的最新统计数据，今年 1-4 月全球总计 372 艘 2390 万总吨的新船订单中，多达 165 艘 1520 万总吨为替代燃料船舶，占比达到了 63%，超过去年全年的 47%，也高于 2022 年全年创历史纪录的 54.6%。

以订单价值来计算，1-4 月全球新造船投资总计 430 亿美元，替代燃料船舶订单价值 268 亿美元（约合人民币 1929.7 亿元），同比下跌 30%，所占比例达到了 62.3%。

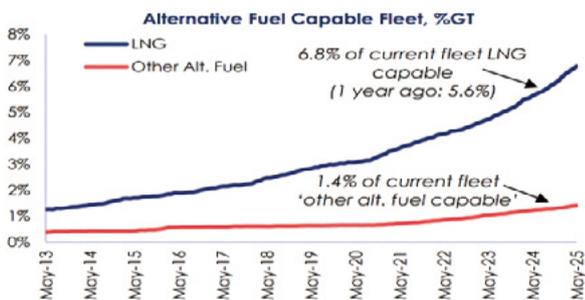
今年的替代燃料船舶订单包括 LNG 动力船 78 艘 1060 万总吨，甲醇动力船 38 艘 410 万总吨，以及电池 / 混合动力推进船舶 55 艘 100 万总吨。

近年来，替代燃料船舶在新船订单中所占比例一路攀升，从 2016 年仅 8.2% 上涨到 2021 年的 32%，2022 年更达到史上最高的 54.6%，在 2023 年一季度滑落至 41% 之后，2024 年又重新回到 47%。

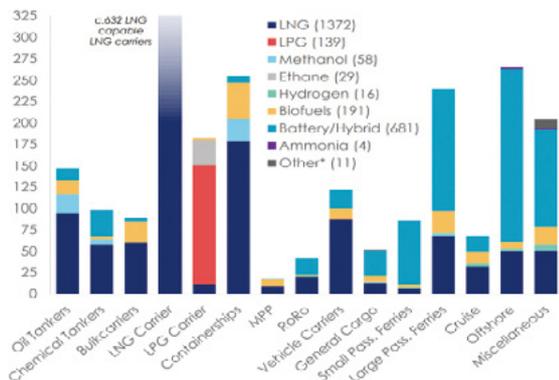
以船厂国而言，克拉克森的数据显示，2025 年 4 月的替代燃料新船订单绝大多数由中国船厂承接，总计 32 艘 199.8 万 CGT，按 CGT 计算占 2025 年 4 月替代燃料新船订单的 68.3%，接单量排名全球第一。与此同时，韩国船厂 4 月份承接了替代燃料新船订单 8 艘 32.2 万 CGT，市占率 11%。日本船厂 4 月份承接了替代燃料新船订单 4 艘 14 万 CGT，市占率 4.8%。

2025年4月中国船厂承接的32艘199.8万CGT替代燃料新船订单，甲醇双燃料船23艘147万CGT，LNG双燃料船8艘51.4万CGT，电池/混合动力推进船舶1艘1.4万CGT；韩国船厂承接的8艘32.2万CGT替代燃料新船订单，LNG双燃料船5艘26.1万CGT，LPG双燃料船3艘6.2万CGT；日本船厂承接的4艘14万CGT替代燃料新船订单，甲醇双燃料船3艘13万CGT，氢双燃料船1艘1万CGT。

根据克拉克森的数据，整体而言按吨位计算，截至目前在运营船队中能够使用替代燃料或推进装置船舶的比例已经提高到了8.2%，高于2017年的2.6%和2024年年初的6.4%。在现有总计2356艘替代燃料船舶中，包括1372艘LNG动力船、58艘甲醇动力船、139艘LPG动力船、681艘电池/混合动力推进船，此外还有252艘采用其他燃料。



Fleet (100+ GT) Using Alt. Fuels (8% Of Fleet GT), No.

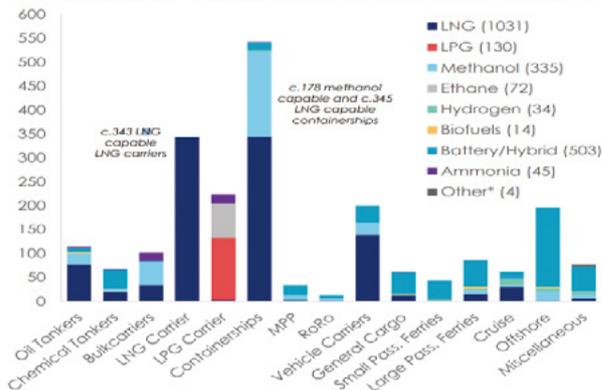


而在手持订单中，替代燃料船舶占比更是达到了53.0%，高于2017年的10.9%和2024年初的48.7%。按吨位计算，手持订单中37.4%为LNG动力船（1031艘），10.3%为甲醇动力船（335艘），1.9%为LPG动力船（130艘）；此外还有约3.4%（约541艘）使用其他替代燃料，其中包括34艘氢燃料、72艘乙烷燃料、

45艘氨燃料、14艘生物燃料和503艘电池/混合动力推进船舶，替代燃料船舶手持订单总计2037艘。



Orderbook (100+ GT) Set To Use Alt. Fuels (53% Of GT), No.



随着未来燃料选择的不断扩大，替代燃料预留船舶数量也在不断增加。目前在运营船队中有573艘船为LNG-ready船，手持订单还有136艘；同时，手持订单中有303艘氨燃料预留（ammonia-ready）船，616艘甲醇燃料预留（methanol-ready）船和16艘氢燃料预留船。

与此同时，DNV的替代燃料洞察（AFI）数据平台最新统计指出，今年4月替代燃料船舶订单依旧强劲增长，当月共有49艘新船订单，其中甲醇燃料船舶数量最多，达到24艘，显示出冬季过后需求的持续反弹。4月的甲醇动力船订单主要为集装箱船（14艘）和客滚船（9艘），另有1艘油船订单，表明选择甲醇推进系统的船型正日益多样化。

另一方面，4月LNG双燃料船订单也保持活跃，共计20艘，16艘集装箱船、2艘邮轮和2艘滚装船，此外还有2艘LNG加注船订单，表明业界对LNG基础设施的持续关注。值得一提的是，4月出现了2艘氢双燃料邮轮订单，这是自2024年6月以来的首份氢燃料船舶订单。

来源：国际船舶网



