

# 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

2024 年第二期  
总第 102 期

季刊

2024 年 6 月出版

# 2

省造船工程学会和港口协会联合开展“助学+科普”公益活动  
这些救生圈自发烟雾信号十分重要！你了解吗

排水量型船的长度、航速及与航道水深的合理组合的设计思考  
多桥联动的桥梁防船撞主动预警系统在内河流域的应用

浙江海事局组织开展 2024 年防台桌面推演暨防台工作部署会  
宁波舟山港一体化取得新突破 宁波舟山港引航站挂牌成立





# 浙江港航

## ZHEJIANGGANGHANG

2024年6月出版(第二期)总第102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  
2024年6月出版(第二期)  
总第101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:** 0571-88481664

**邮编:** 311112

**E-mail:** zjgx666@163.com

**浙江港航QQ群:** 517585132

## 《浙江港航》编委会

**主任:** 郑惠明

**副主任:** 沈亚军 曹云

胡适军 朱金龙

**委员:** (以姓氏笔划为序)

马鹤鸣 尤克诗 王常金

王照祥 叶永平 卢金树

卢斌 朱文华 朱剑

向坚刚 汤岳忠 李可

沈坚 陈永芳 陈晓峰

陈德强 步海滨 邱向真

杨礼平 余春辉 何振镐

邹德武 周卫国 周浩杰

周祥寿 郑彭军 郑勇

郑毅彪 施仲凯 顾军

黄海运 韩凤雷 薛建忠

**主编:** 胡适军

**副主编:** 付昌辉

**编辑:** 鲍军晖 李彦朝

## 文化园地

- 04 学会与教育携手共进,助力青少年成长,点燃科学梦想  
——省造船工程学会和港口协会联合开展“助学+科普”公益活动
- 05 这些救生圈自发烟雾信号十分重要!你了解吗?



## 学术探讨

- 07 排水量型船的长度、航速及与航道水深的合理组合的设计思考  
◎平湖市交通运输行政执法队/丁金全  
◎嘉兴市金航船舶设计有限公司/祝林 冯磊
- 11 多桥联动的桥梁防船撞主动预警系统在内河流域的应用  
◎上海坤匙科技集团有限公司/潘嘉诚 王海巍 李灏明  
◎温州龙港市经济发展局/黄友标
- 16 7s管理在船舶安全管理中的应用  
◎宁波海运股份有限公司/彭健 黄勇波 毛旭东
- 21 四瓦可倾瓦轴承-转子系统临界转速研究  
◎浙江海洋大学 船舶与海运学院/朱发新 王帅帅  
◎浙江自贸区敏瑞企业管理有限公司/张敏
- 25 基于GA-PID的无刷直流电机调速系统仿真研究  
◎浙江海洋大学/唐阳 朱发新 陈昊  
◎广州航海学院/滕宪斌 董良雄
- 29 关于滩涂光伏类项目安全管理的主要做法和建议  
◎台州海事局指挥中心/庄林锋
- 31 基于过程管理的船舶燃油质量事故防范及应急处置研究  
◎浙江国际海运职业技术学院/王雪峰  
◎舟山杉桐船舶管理有限公司/董浩

## 行业动态

- 36 浙江海事局组织开展 2024 年防台桌面推演暨防台工作部署会
- 37 浙江海事局与浙江省海港集团开展加快推进世界一流强港建设合作交流
- 38 宁波舟山港一体化取得新突破 宁波舟山港引航站挂牌成立
- 39 国内首艘自主研发的新建甲醇燃料加注船将“落户”台州临海
- 40 中国航海学会成功举办 2024 年航海科技创新与成果评价培训班
- 41 中国航海学会举办 2024 年标准化委员会第一次工作会议
- 42 浙江全面开启长三角船检通检互认试点



## 视野拓展

- 44 至少 7 人受伤！日本百年船厂发生严重事故
- 45 54 艘：2 艘！中国船企“完爆”韩国持续领跑
- 46 217 艘 2100 亿元！中国船企“垄断”绿色船舶市场
- 48 重磅！今明两年我国邮轮旅游市场将全面恢复

# 学会与教育携手共进， 助力青少年成长，点燃科学梦想

——省造船工程学会和港口协会联合开展“助学+科普”公益活动



一位参加活动的学生表示：“今天的活动让我大开眼界，我特别喜欢那个船文化。不仅学到了很多知识，还激发了我对未来科技的兴趣，今天才明白树叶有专攻的真正含义”

省造船工程学会和省港口协会负责人表示：“我们希望通过这样的活动，既能在物质上帮助有需要的学生，也能在精神上激励他们，让他们感受到社会的关爱和科技的精彩。未来，我们将继续举办更多

类似的公益活动，为更多的孩子带去希望和梦想。”

在充满激情与活力的六月，一场别开生面的“助学+科普”公益活动在衢州理工学校成功举办。本次活动由省造船工程学会和省港口协会联合组织，旨在通过结合教育资源和科技元素，为青少年提供一个增长见识、激发创新潜能的科普公益活动。

活动于6月4日早上9点正式开始，二百多名学生参加了这次活动。科普涵盖了港口和船舶方面的人工智能、虚拟现实、环境保护等多个领域的知识。参与者不仅能够聆听专家的一场精彩讲座，还能亲自在电脑上操作各类数字科技设备，亲身体验科技的魅力。

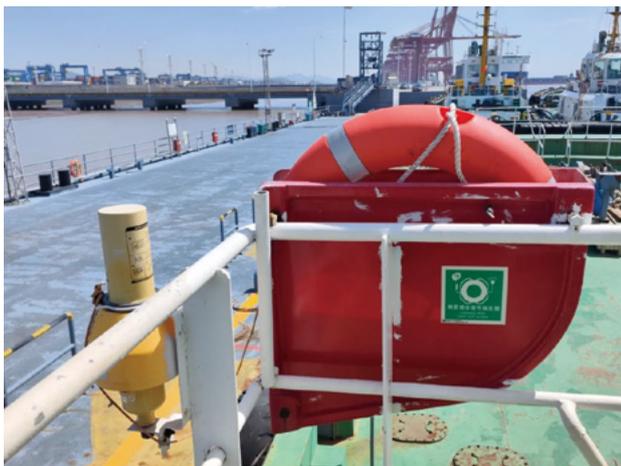
除了丰富的科普内容，本次活动还特别关注到那些家庭经济困难的学生。主办方在现场设立了助学金颁发仪式，为数十名品学兼优的贫困学生颁发了资助金，以支持他们的学业。

浙江省港口协会  
2024年6月7日



## 这些救生圈自发烟雾信号十分重要！你了解吗？

救生设备的良好技术状态对船员的生命安全具有至关重要的影响。但在执法人员检查中发现，救生圈、自亮灯及自发烟雾信号存在不少问题，这些问题虽然看似微不足道，但在紧急情况下却可能直接关系到人们的生命安全。



### 自发烟雾信号到底是什么呢？



救生圈自发烟雾信号，确切的说应该叫做自亮灯及自发烟雾信号，和救生圈组合在一起，安装在驾驶台两翼，通常各有一只比较特殊的救生圈存放在快速释放箱内，这个救生圈全称是“带自亮灯和自发烟雾信号救生圈”，再加上一个快速释放装置，就叫做“自亮灯和自发烟雾信号救生圈快速释放装置”，通常简称有“组合烟雾信号救生圈”、“MOB”等。

### 它的作用又是什么呢？

简单来说，“自亮灯及自发烟雾信号”用于定位，其中“自亮灯”是在晚上或者能见度不良的时候指示

位置，“自发烟雾信号”是在白天的时候发出橙色烟雾指示位置，而“救生圈”则用于落水人员自救。

### 公约及法规要求：

#### 1.SOLAS 公约第 III 章第 7 条第 1.3 款明确规定：

少于总数一半的救生圈应设有符合规则 2.1.2 要求的自亮灯；这些救生圈中不少于 2 个还应设有符合规则 2.1.3 要求的自发烟雾信号，并能从驾驶室迅速抛投；设有自亮灯的救生圈和设有自亮灯及自发烟雾信号的救生圈，应均等分布在船舶两舷。

#### 2. LSA 第 II 章个人救生设备救生圈自发烟雾信号要求：

①其构造，应能经受从存放位置至最轻载航行水线的高度或 30m 处，取其大者，投落入水而不致损害救生圈或其附件；

②如救生圈配有自发烟雾信号及自亮灯装置，用于迅速抛投，则应具有不少于 4kg 的质量。

③在平静水面漂浮时，匀速喷出鲜明易见颜色的烟雾不少于 15 分钟；

④在喷出烟雾信号的整个期间；不会爆炸般地点燃或喷出任何火焰；

⑤在海浪中，不致潮湿；

⑥当完全浸没在水中时，能继续喷出烟雾至少 10s；

⑦能经受 2.1.1.6 所要求的投落试验；

⑧配备一迅速抛投装置，该装置将自动投放，和启动信号及与救生圈相连的自亮灯，其质量不超过 4kg。

救生圈的最小质量：质量不少于 4KG（救生圈的最小质量），一般为 4.3KG。

快速释放装置的最大启动质量：启动该快速释放装置（自亮灯和自发烟雾信号救生圈快速释放装置）的质量不超过 4KG。此处安装的超过 4.3KG 的救生圈施放时加一定长度的连接系绳能够产生足够的动能拉开自发烟雾信号保护盖（保护帽），从而自动释放。

### 烟雾信号有哪几种？

烟雾信号会“自发”就是靠救生圈的质量和速度产生的动能拉开了（折断了）烟雾信号的保护盖子，而使内部烟雾冒出。自发烟雾信号和自亮灯的种类挺多的，常见的有以下三种：



#### 卡口式：

卡口式烟雾自激发方式需要拉开保护帽，在装船则需要先将顶部防水盖拧下，装入定位卡口后，再拧上防水盖，倒置装船。



#### 折断式：

折断式烟雾自激发方式需要折断顶部塑料盖，装船后，注意需要把安全插销拔除，否则施放时可能无法折断顶部，影响烟雾施放。



#### 拉绳式：

拉绳式需要通过顶部的拉绳拉开盖子才能施放烟雾，所以装船时头部的拉绳是需要固定在船上的。

### 常见缺陷有哪些？



1、自发烟雾信号的密封盖被开启：自发烟雾信号下端的密封盖被开启应作为失效处理。

2、自亮灯及自发烟雾信号过期：自亮灯及自发烟雾信号在其壳体上标有到期日期，到期应及时换新。

3、自亮灯及自发烟雾信号海水电极氧化严重：海水电极日久容易氧化或粘附上杂物，可能会导致开关失效。需经常性进行测试和保养，及时清除杂物和氧化物。

4、自亮灯及自发烟雾信号与其存放架不配套：组合信号与其存放架应相配套，出厂时往往有配套的存放架，所使用的存放架应与拉发方式相配套。

5、自亮灯及自发烟雾信号的安装保险销未拔除：折断式的，自亮灯及自发烟雾信号安装妥后，应将保险销拔除，否则无法正常使用。

6、自亮灯及自发烟雾信号的自亮灯故障：通过正确测试，确定其故障，自亮灯为整体形通常无法修复。

7、自亮灯及自发烟雾信号的拉发绳、连接绳的连接错误；用其它绳索绑住：自发烟雾信号的拉发绳应系住在存放架，连接绳系住在救生圈的把手穿孔上，不应有缠绕或打结情况。拉发绳和连接绳系需有足够的强度，腐蚀或磨损及时更新。

8、自亮灯及自发烟雾信号的存放架锈蚀严重：存放架应有适当的强度，特别是二开口架应有一定的张力，才能固定住信号，出现锈蚀应换新。

9、自亮灯及自发烟雾信号安装位置、开口方向未能满足被救生圈直接带向舷外；自亮灯及自发烟雾信号应安装舷外或接近舷外，存放架开口向舷外，能保证被救生圈直接带向舷外。

10、自亮灯及自发烟雾信号未倒置安装：因内设有水银开关，应将自亮灯及自发烟雾信号倒置安装在存放架上。

# 排水量型船的长度、航速及与航道水深的合理组合的设计思考

◎ 平湖市交通运输行政执法队 / 丁金全   ◎ 嘉兴市金航船舶设计有限公司 / 祝林 冯磊

**摘要:** 合理选取与航道水深相适应的排水量船型的长度和航速, 使得由其组合的长度傅氏数和水深傅氏数均处于理想的范围内, 避免由船舶航行所产生的兴波和兴波阻力的激增而出现的峰值, 综合提高船舶的快速性和经济性, 是设计此种船型必须考虑的关键问题, 应该引起船舶设计人员的足够重视。

## 1 前言

排水量型船, 是指在航行过程中, 船体重量完全由其流体静压力——浮力所支承的船型。这种船型在航行时, 航态几乎没有明显变化, 与静浮时差别不大。且浮心与重心位于同一根垂直线上。

对排水量型船舶而言, 由长度(实指满载水线长, 下同)、航速组合决定的长度傅氏数  $Fr_L$  的数值, 决定了船舶的兴波和阻力性能, 直接决定了船舶快速性能的优劣; 对于航行于内河的浅水航段或近海的浅滩水域的排水量型船舶而言, 除了长度、航速组合外, 还须计及水深影响这一重要因素。充分考虑由速度和水深组合决定的水深傅氏数  $Fr_h$  对浅水排水量型船舶的兴波和兴波阻力的影响, 避开引起阻力激增的临界区域。是降低浅水排水量型船舶阻力的另一关键。

由此可见, 在合理选取船长和航速优化组合的同时, 充分计及由船长、航速和航道水深决定的长度傅氏数和水深傅氏数对排水量型船舶阻力性能的影响至关重要。

本文专门对此进行分析研究, 提出了一些合理优选航速、船长和水深三者间优化组合的思考和建议, 供有关设计人员参考。抛砖引玉, 共同促进此种船型快速性的发展和提高。

## 2 合理组合的设计原则

### (1) 长度傅氏数对排水量型船型的影响及设计原则

如前所述, 排水量型船是指在航行过程中, 船体重量完全由流体静压力——浮力所支承的船型。《船

舶阻力》理论<sup>[2]</sup>指出, 排水量型船又可分为“低速”船、“中速”船和“高速”船等几种; 但相对于船体重量由其浮力和产生于船底的水动力共同承担的“过渡型排水量型高速艇”和“滑行艇”等“高速艇”而言, 这三种排水量型船均不属于“高速船”的范畴。

由《高速艇动力学》理论<sup>[3]</sup>可知, 由船航速和船长组合而成的长度傅汝德数  $Fr_L = \frac{Vs}{\sqrt{gL}}$  的数值大小才是决定其航行状态的依据。

理论和实践表明, “过渡型排水量型高速艇”和“滑行艇”等“高速艇”的长度傅氏数均处于 0.4 以上; 排水量型船舶的长度傅氏数则处于 0.4 以下。

前述的三种排水量型船中, “低速”船相应的长度傅氏数  $Fr_L$  小于 0.2; “中速”船相应的长度傅氏数处于  $0.2 < Fr_L < 0.3$  的范围内; 即使是所谓“高速”的排水量型船, 其相应的长度傅氏数  $Fr_L$  一般也只为 0.35。

在三种排水量型船舶中, “低速”船的航速较低, 兴波阻力很小。其总阻力成分中, 摩擦阻力与粘压阻力占主要成分。在设计这类船舶时, 重点考虑减小这两类阻力。因此, 这类船的形状比较肥短, 旨在减小湿表面积以减小摩擦阻力; 同时, 这类肥短船型的尾部易于产生旋涡, 必须注意其去流段的设计, 以防止粘压阻力的增大。

“中速”船的航速较“低速”船有所增大, 兴波阻力成分也随之增加。故在设计中, 既要防止增加兴波阻力, 又要防止其他阻力成分的增大。为此, 一方面要注意选择增大船长, 以造成首、尾波系的有利干扰; 同时, 还尽可能地使船型瘦削, 避免产生大量涡流而导致粘压阻力的增大。

“高速”船的航速又较“中速”船有所提高,兴波阻力进一步增大,是构成船舶总阻力的主要成分,有时高达50%以上。因此,在设计这类排水量型时,应力求减小兴波阻力。一般说来,“高速”排水量型船所兴起的波浪长度都比较长,首尾波系产生有利干扰的可能性很小。所以,在设计中,往往通过采用瘦长船体,特别是前体尤甚,力求减小船首波系的波高。

理论和实践表明,对于排水量型船舶,通过合理选取船长和航速的有效组合,将其长度傅氏数控制在0.35左右,最大不超过0.38;避免接近临界值0.4,避开兴波阻力的峰值区域,是提高此类船舶阻力性能的有效技术措施。

## (2)水深傅氏数对浅水排水量型船舶的影响及设计原则

排水量型船,不论是用于通行水深较浅的内河航道的小型内河船,还是通行近海水域的较大型近海船舶,其船舶阻力,特别是兴波阻力,均受到内河和近海浅滩的水深影响和限制。

船舶在浅水中航行时,由于水深受限制,船底和水底间的流速增大。致使部分水流被挤向船舷的两侧,从而增大了船底和船侧的粘性阻力。同时,由于船底的流速增大,压力增加,致使其吃水增大而引起航态变化。

在水深受限的情况下,船舶兴波的变化很大。理论分析和试验结果都表明,水深傅汝德数  $Fr_h = \frac{Vs}{\sqrt{gh}}$  是影响船舶兴波和兴波阻力的重要参数。

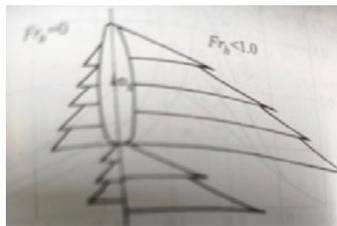
船舶在水面航行时,都会产生波浪,即所谓的船舶兴波。船体兴起的波浪分成两类:一类是在船舶驶过之后,留在船体后方并不断向外传播的波浪称为船行波;另一类是被船体兴起后很快就破碎的波浪,称为破波,并不以波浪的形式留在船后,它主要发生在肥大型船舶。此外在船体附近还有局部的水面起伏,在定常运动情况下,这部分水面起伏只是随船一起运动,不构成阻力成分。

船舶在水面上航行时产生波浪的原因主要在于:水流流经弯曲的船体时,沿船体表面的压力分布不一样,导致船体周围的水面升高或下降,在重力和惯性的作用下,在船后形成实际的船波。

在深水情况下的船行波,可以近似地用“凯尔文”

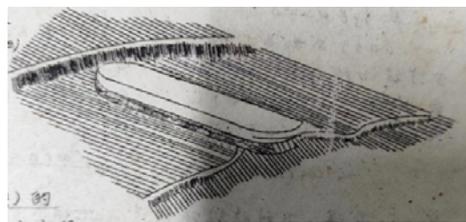
波系来描述。根据观察,凯尔文波系由散波和横波两种波系所组成。两种波系的波峰交点的连线与船体纵中剖线的夹角  $\beta$  是  $19^\circ 28'$  (即凯尔文角),且不随航速而变化;而在浅水情况下,  $\beta$  角、波长以及船的航态则发生不同程度的变化。

下图表示的是相应于水深傅氏数  $Fr_h < 1.0$  的“亚临界速度区”的船行波系情况。



这种速度区的船行波系又分为二种。一种水深傅氏数处于  $0 < Fr_h < 0.5$  范围内的较低航速情况,航行时的船行波系如图中的左侧所示。此时的船行速度较低,水深的影响不大,船行波系与前述的深水航行所产生的凯尔文波系比较接近,散波是船行波的主要波系;另一种是水深傅氏数处于  $0.5 < Fr_h < 1.0$  的较高速航行情况,船行波系如图中的右侧所示。此时的船行速度的逐步增高,水深的影响也越来越为显著。船行波的波长将大于深水中相同航速下的船行波长,两种波系的波峰交点的连线与船体纵中剖线的夹角  $\beta$  也越来越大。

当航速增大至临界傅氏数  $Fr_h \approx 1.0$  的“临界”情况,即船舶航速  $V_c$  时,散波角  $\beta$  将增大至  $90^\circ$ 。这时,散波与横波合并,横波成为船行波的主要波系,在船首形成巨大的孤独波<sup>[5]</sup>,致使兴波阻力剧增。此时,船的尾倾也为最大。模型试验表明<sup>[2]、[4]</sup>,此时的船舶首尾波系情况如下图所示。



不论是内河排水量型船舶在内河的浅水航段航行,还是近海的排水量型船舶在近海的浅水水域工作,均会出现此种情况,船员将其俗称为“拉溜”现

象。这时,船舶需推进其前方出现的孤独波航行,犹如推着质量为无穷大的水柱前进,是无法实现的,只能采取减速措施度过浅滩后再增速前进。

因此,船舶在浅水中航行时,其极限航速的相应的水深傅氏数  $Fr_h = v_s / \sqrt{gh}$  不能达到作为临界值的 1.0。般仅取为 0.85 左右。这是合理选择航速与水深合理组合必须考虑的另一个准则。

### 3 合理组合原则的校验实例

#### (1) 某内河浅吃水“海巡艇”的实船校验

某内河海巡艇是 2014 年设计建造的产品。原设计意图是设计成过渡式排水量型高速艇。该艇的总长 15.9m,排水体积 23.82m<sup>3</sup>,设计航速为 10.8 节,相应的长度傅氏数  $Fr_L$  为 0.4495,属于高速艇中的低速级。

为适应高速艇航行时在艇底产生流体动升力的需求,该艇设计原采用方尾和圆舳型线型;但在建造时,应船东要求而改为园尾。建成后试航发现,该船的航速只约达到 9.7 节,且产生散波角约为 60 度的船行波。其主要尺度及航速测试结果汇总列于表 1,作为实船校验的分析基础。

表 1 某内河海巡艇的主要尺度及航速

水线长 m	型宽 m	吃水 m	航速 kn	航道 水深 m	长度 傅氏数 $Fr_L$	水深 傅氏数 $Fr_h$
15.59	3.38	1	原设计 10.80	约 3.5	约 0.45	约 0.95
15.59	3.38	1	实测(下水) 9.7	约 3.5	约 0.40	约 0.85
15.59	3.38	1	估计(静水) 9.2	约 3.5	约 0.38	约 0.81

根据《船舶设计实用手册—总体分册》<sup>[1]</sup>和《高速艇动力学》<sup>[3]</sup>的定义,

高速排水量型艇(过渡型艇)的长度傅氏数  $Fr_L$  应处于 0.4-1.0 之间,该艇的设计意图即为此类高速艇。若能达到 10.8 节的设计航速,则其相应的长度傅氏数可望达到 0.45;但要达到相应于 3.5m 水深的水深傅氏数 0.95,致使以兴波阻力处于“亚临界”状态,本身就难于实现;何况,在施工时,应船东的要求,将原设计的圆舳、方尾线型改变为园尾线型,航行时,无法在艇底产生流体动升力以支承部分重量而维持在排水量型状态航行,无法达到设计航速是必然

的。据说,试航时测出的航速只有 9.7 节。事实上,若能达到这一航速,则其相应的长度傅氏数和水深傅氏数需分别达到 0.40 和 0.85,对于排水量型船舶来说,也是难于实现的。9.7 节的实测航速可能计及了下水航行的水流速度。设若当时试航航道的水流速度为 0.5 节,则实际的对水航速为 9.2 节,相应的长度傅氏数和水深傅氏数需分别达到 0.38 和 0.81,而且,试航时还出现了接近于“亚临界”状态约 60 度散波角的船行波,会导致兴波阻力的激增,这也是船舶无法达到设计航速的重要诱因。

此为本项合理组合原则的实船校验的第一个实例。

#### (2) 某近海浅吃水“渔政船”的实船校验

某近海浅吃水“渔政船”是 2021 年的设计产品,建成后投产使用已有一年多。据说,建成后,曾在 10m 水深下,船舶以 1750r/min 的额定转速运转时,测得的船舶航速可达 19.5 节,即 36.15km/h;但因存在振动及尾部“浪”大等问题,业主及船检人员认为螺旋桨存在问题。特让螺旋桨制造厂家进厂,对螺旋桨作了一些现场调整。主要是将螺距修小。调整后,振动虽然得到了一些改善;但航速下降了 1 节左右;且在主机转速高于 1700r/m 以上运行时,振动问题仍然存在。准备乘船舶进场大进行年度大修的机会进一步更换直径较小的螺旋桨。

为此,2023 年 12 月,在船舶运行的近海水域,对该船的实船航速进行了一次认真的测试。测试时,同步测定了测试水域的水深为 11.25m,相应于 1700r/min 的主机额定转速的实测航速为 17.4 节。

现将船舶的主要尺度连同航速测试的结果汇总列于表 1,作为实船校验的分析基础。

表 2 某近海浅吃水“渔政船”的主要尺度及航速

水线长 m	型宽 m	吃水 m	航速 kn	航道 水深 m	长度 傅氏数 $Fr_L$	水深 傅氏数 $Fr_h$
58.86	9	2.9	据说约为 19.5	约为 10.0	0.42	0.96
58.86	9	2.9	实测为 17.40	实测为 11.25	0.37	0.85

对于排水量型船舶而言,若在 10m 水深条件下的航速达到 19.5 节(36.1km/h),其相应的长度傅氏数和水深傅氏数分别达到 0.42 和 1.013,超过了临界值,

是无法实现的，“测得”的航速是难于置信的。

此次试航测定的在 11.25m 水深条件下测得的航速为 17.2 节，所相应的水深傅氏数  $FN_h$  为 0.8523，是正常的，具有一定的可信性。

此为本项合理组合原则的实船校验的另一个实例。

#### 4 结论性意见

综合前述，对于排水量型船舶和浅水排水量型船舶，避免出现船舶兴波和兴波阻力的极增是技术关键，合计选取船长、航速和水深的有效组合，是解决这一问题的重要措施。通过上述分析研究，得出下列结论性意见：

1) 在制定排水量船型的设计任务书或从事船舶方案设计的初期，一定要认真考虑选取长度和航速的合理组合，使其组合构成的长度傅氏数  $Fr_L$  值一定要控制在低于临界值的 0.4 以下，最好不超过 0.38。否则，需要考虑降低设计航速，或者考虑增大船长。对于排水量型肥大货船而言，如果航道条件许可，以考虑增大船长为宜。

2) 在制定航行于内河浅水航道或近海浅滩水域的排水量船型的设计任务书或从事船舶方案设计的初期，一定要认真考虑选取设计航速和航道水深及船舶长度三者间的合理组合。

首先，要按水深条件调整设计航速，将其相应水深傅氏数  $Fr_h$  控制在小于 0.8 以内的范围内；以此为基础，再进一步合理选取船长和航速的组合，使其组合形成的长度傅氏数  $Fr_L$  值控制在低于 0.38 以下。实现航速、水深和船舶长度三者间的有利组合，综合提高浅水排水量型船舶的快速性和经济性。

#### 参考文献

- [1] 船舶设计实用手册—总体分册沈奇心国防工业出版社 1998 年 12 月第一版
- [2] 船舶原理（上册）盛振邦刘应中上海交通大学出版社 2003 年 9 月第一版
- [3] 高速艇动力学邵世明王永才上海交通大学出版社 1990 年 8 月第一版
- [4] 船舶兴波阻力理论上海交通大学船舶流体力学专业讲义 1962 年
- [5] Fundamentals of ship resistance and propulsion Part A: Resistance Publication № 129a of the N.S.M.B



# 多桥联动的桥梁防船撞主动预警系统 在内河流域的应用

◎ 上海坤匙科技集团有限公司 / 潘嘉诚 王海巍 李灏明 ◎ 温州龙港市经济发展局 / 黄友标

**摘要：**水路运输的发展和桥梁的增多，导致越来越多的船桥相撞事故发生。目前，通常有三类解决方案，第一类是在桥墩安装防撞设施被动防撞解决方案，但被动防撞设施投资巨大，对大量的现存内河桥梁来说，实现成本过于高昂，且此方案不能防止超高船舶对桥面的撞击。第二种是主动防撞解决方案，此方案采用各种前端感知设备，例如：雷达、摄像头、对射激光等，提前发现具有危险行为的船舶并提前预警。第三种方案是方案一和方案二的融合，主动预警加被动防撞，这种方案适合特别重要的桥梁。

上海坤匙科技集团有限公司结合国内部分桥梁主动防撞预警系统的实验研究与分析，并对船撞力的计算、桥墩水域流场对船舶航行安全的影响等进行了探索性研究，取得了一系列的研究成果和应用成果。

**关键词：**桥梁；防撞预警；智能；应用

## 1 绪论

### 1.1 项目背景

诸暨航区拥有枫桥江、浦阳东江、浦阳西江三大重要的水上通道。随着诸暨航道通航条件的不断改善，船舶流量日益增大，船舶碰撞桥梁的隐患也大幅增加，这给诸暨内河通航安全带来了潜在风险。

依据《中华人民共和国内河交通安全管理条例》以及交通运输部办公厅，国家铁路局综合司，国铁集团办公厅关于印发《船舶碰撞桥梁隐患治理三年行动实施方案》的通知，浙江省交通运输厅出台了《浙江省船舶碰撞桥梁隐患治理专项行动实施方案》。为了保障诸暨内河运输安全生产，诸暨交通运输行政执法队作为诸暨航区主要管理单位开展了桥梁主动预警监测系统的建设。

### 1.2 项目建设范围

本项目共在浦阳西江、浦阳东江、枫桥江上 18 座桥梁建设主动防撞预警设施，并与 4 座码头和 1 处电子卡口形成信息联动。如图 1-1 所示：

### 1.3 主要功能

#### (1) 船舶危险行为监测预警



图 1-1 诸暨多桥联动桥梁防船撞主动预警系统桥梁分布图

对偏航、超高、超速等对桥梁及船舶安全造成威胁的驾驶行为进行监测。监测有效距离不小于 1000m，极限应急区域不小于 300m。

#### (2) 全天候监控

在 18 座桥梁、4 座码头以及 1 个卡口设置船舶识别和全天候监控。

(3) 联动预警

系统数据实现实时互通、共享与联动。当船舶进入任一识别区后，船舶动静态信息即由全系统共享。如船舶出现危险行，系统自动通过多种手段对船舶进行警示和引导。

(4) 智慧管控平台

桥梁防撞主动预警集中管控系统利用电子海图结合物联网设备数据，实现“一张图”监管全局的作用。

2 多桥联动的桥梁防船撞主动预警系统设计

2.1 系统设计难点

本项目所涉及水域广阔，桥梁众多，存在以下现实问题需要在方案设计之初充分考虑：

(1) 桥梁众多，需求各异

本项目中涉及桥梁众多，涉及区域面积广阔，每座桥的桥龄、桥况以及桥区水域水文气象环境不尽相同，在设计时需要确定每座桥的监测预警距离，设计合理的监控区域，科学部署感知监测设备，使每座桥的方案都有针对性。

(2) 河流弯道多

很多弯道距离桥体仅有两三百米的距离，弯道使某些感知设备（如雷达、摄像头）的功能会受到弯道上障碍物的影响不能完全发挥其功能，如果不能做到提前发现、提前预警，则船舶过了弯道后就没有足够的应急处置时间。因此在设计时需要针对弯道桥梁特别关注。

(3) 多桥联动的实现

探测距离越远，预警距离越长，对于危险船舶的应急处理时间就越多，但是受制于设备功能的局限性，单座桥的探测距离和预警距离有限。当船舶经过某座桥梁后，这艘船的动静态信息为全系统共享，为其它桥梁进行提前预警判定。

2.2 系统工作原理

2.2.1 单桥防船撞主动预警系统原理

诸暨桥梁防船撞主动预警系统单桥的工作原理如图 2-1 所示。

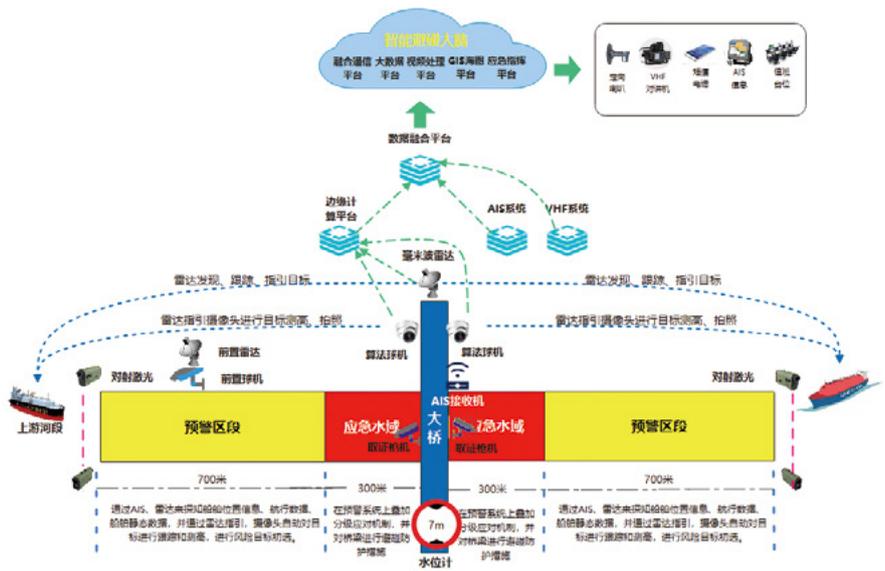


图 2-1 诸暨单桥防船撞主动预警系统工作原理图

其中，主要的硬件感知设备有：

(1) 桥上雷达

根据本项目桥梁和内河航道特点，采用探测 1000 米的毫米波雷达。雷达安装位置在桥体中央，上下游各一台，用于发现上下游的船舶。当雷达发现目标时，引导摄像头对船舶进行跟踪、偏航识别、测高等。

(2) 算法球机

算法球机对船舶目标进行跟踪，并通过算法进行船舶测高、船员未穿救生衣识别等。算法球机安装在桥体中央，上下游各一台。

(3) 取证枪机

取证枪机安装在桥墩附近，监控桥墩通航状态。

(4) 前置雷达+前置球机

对于上下游有弯道的桥梁，为了扩展探测和预警距离，在弯道之前的合适地点增加前置雷达和前置球机。

(5) 对射激光

在河道较窄桥梁上下游的预警高度各交叉安放对射激光，对船舶进行高度探测。

(6) 水位计

用于测量实际的通航水位高度，并用于船舶的超高判定。

(7) AIS 接收机

AIS 接收机的作用是接收船舶的动静态信息。并于雷达进行融合定位的方式对目标进行探测。

(8) VHF 高频呼叫系统

当有预警发生，自动将语音报警通过 VHF 经 13 频道发送。

桥梁上下游分为两级警戒区：预警区和应急区。预警区离桥 300 米至 1 公里范围内，通过 AIS 和雷达融合对船舶精确定位，并指引摄像头自动对目标进行跟踪和测高，进行风险目标初选。应急区设置在离桥 300 米范围内，在预警系统上叠加分级应对机制，并对桥梁进行避碰防护措施。

预警距离通常根据允许船舶采用操纵措施安全通过桥梁的最小水域范围来界定。根据航运相关文献，航速在 10-12 节时，制动距离约为船舶长度的 5 ~ 15 倍。500 吨代表货船长度 49.9 米，则制动距离应为 249.5m ~ 748.5m 以上。根据现场观察，诸暨水域船舶航行速度大概在 5-7 节，而且诸暨三条江弯弯曲曲的地方很多，航速更慢。按此推算，本项目里设置的预警区域 1000 米是合理的。

两级区域的预警流程如图所示：

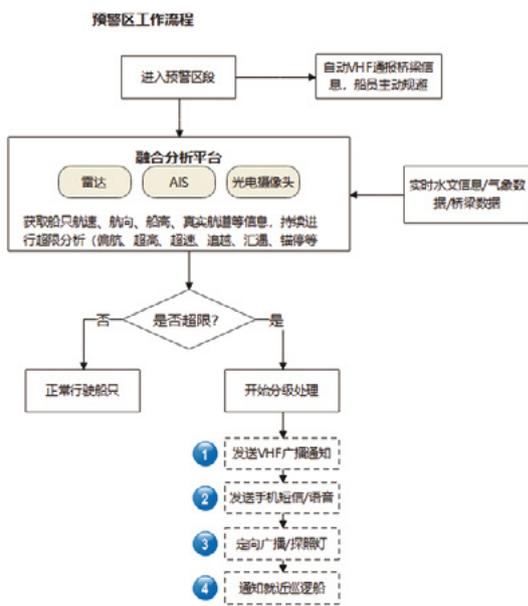


图 2-2 预警区工作流程

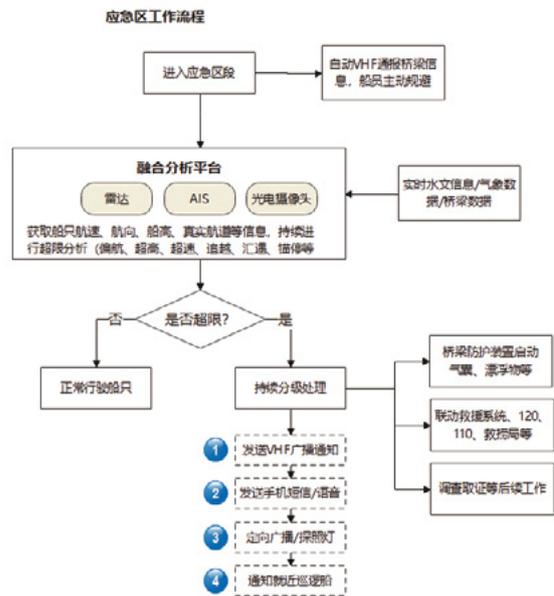


图 2-3 应急区工作流程

2.2.2 多桥联动防船撞主动预警系统原理

多桥联动预警的系统工作原理如图 2-4 所示：

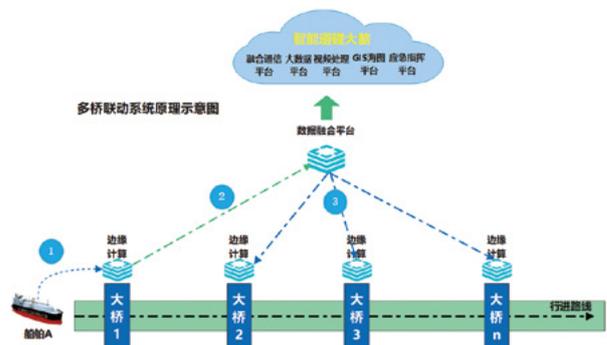


图 2-4 多桥联动防船撞主动预警系统工作原理图

① 当船舶 A 经过大桥 1 时，通过桥上的感知设备和边缘计算平台，获得该船舶的静态信息（如：船名、编号、船型、船高等）和动态航行数据（如：船向、船速、位置、吃水线深度等）。

② 这些数据上传至数据融合平台，为全系统共享。

③ 通过航迹预测，提前预判该船是否对其它桥梁会产生潜在风险，并通过多种技术手段通知船主。

2.3 子系统功能设计

2.3.1 智能卡口子系统

采用 AIS、光电摄像机与图像算法技术的融合在船舶第一次进入流域入口时，监测船舶 AIS 系统是否

开启，并接收船舶相关数据，对船舶类型进行识别、船舶高度预检、船舶特征抓拍等工作。

### 2.3.2 偏航预警子系统

当船舶进入监控区域后，系统自动持续跟踪船舶轨迹、航速、航向等各项参数。系统根据船舶行驶动态，自动演算船舶轨迹进行分析。如发现船舶偏航的情形，系统自动通过 VHF、定向喇叭、手机短信预警，提醒船舶注意。

### 2.3.3 超高预警子系统

对于监控区域内的船舶，通过摄像头算法测高、对射激光限高等方式判断船舶是否超高。

### 2.3.4 取证监控子系统

在桥墩附近安装取证摄像头，随时监控可能发生碰撞事故的船舶，以达到取证的功能。

### 2.3.5 声光预警子系统

系统发现超限或者危险行为的船舶后，通过 VHF、定向喇叭、短信通知等方式尽快通知目标船舶。所有通知都是由系统自动转发到设备，无需管理人员干预。

## 3 软件平台设计

### 3.1 软件平台技术架构

软件平台技术架构由：网络层、通讯层、数据应用层、数据服务层、计算层、存储层和数据源组成。如下图所示：



图 3-1 软件平台技术架构设计图

### 3.3 平台界面设计

平台界面如图 3-2 所示：

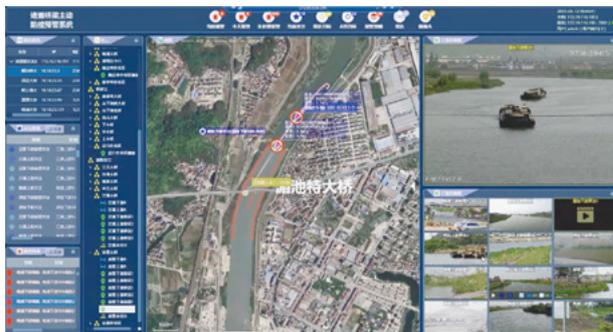


图 3-2 系统平台界面

整个平台分为如下功能区域：

#### 1) 树形导航区

树形导航区提供快速定位相关桥梁及摄像头。

#### 2) 船舶通航状态显示区

此区域用于监测通过桥梁船舶的实时状态。当船舶距离桥梁 300-800 米的距离，系统会发出关注信息，表示船舶正在接近桥梁，需要关注其行驶状态。桥梁上下游 0-300 米区域根据通航孔状态设置禁航区电子围栏（见红色区域），若船舶行驶到此区域，系统会进行报警，并通过 VHF 将预警信息发送到目标船舶。



图 3-3 船舶通航状态显示区

#### 3) 主视频监控区

主视频监控区跟踪显示目标船舶的视频，通过视

频轮动自动监控船舶，不需要人工干预，直至船舶穿过桥梁。



图 3-4 主视频监控区

#### 4) 子视频监控区域

便于用户同时监测多个桥梁的船舶通航状态。



图 3-5 子视频监控区

#### 5) 报警列表

此列表中显示所有类型的报警信息，显示报警详情及轨迹回放。



图 3-6 报警详情

### 3.4 核心算法

#### 3.4.1 船舶异常行为判断算法

通过 AIS 数据集进行轨迹段划分及分组、桥区水域内船舶交通特征分析、轨迹段数据插值、轨迹段数据滤波、提取船舶瞬时航行模式、船舶异常行为阈值参数识别等算法对船舶异常行为进行识别。

#### 3.4.2 雷达和 AIS 数据融合算法

雷达和 AIS 是船舶导航领域的两大关键设备。雷达是有源传感器，回波易受天气、海况、地形遮挡等影响，导致目标不易识别。AIS 的出现弥补了雷达的不足。它是一种无源传感器。通过接收 AIS 信号，可以获得目标船的动静态信息。但是 AIS 发送频率低，而且如果船舶未开启 AIS 则无法识别船舶目标。将获取到的雷达和 AIS 设备数据，通过距离 - 速度航迹关联算法、最近邻航迹关联算法、修正的近邻域算法、神经网络算法、卡尔曼滤波法、加权平均融合等融合算法最终确定船舶的精确定位以及获取船舶动静态信息。

#### 3.4.3 船舶视频图像测高算法

根据相机投影原理，使用轻量级卷积神经网络对图像进行特征提取并卷积得到检测框，并计算图像中船舶目标的像素高度，结合物体的实际距离（雷达和 AIS 融合定位）和相机焦距即可计算出船舶目标的实际高度。

#### 3.4.5 船舶偏航检测算法

基于视频目标检测与定位技术，计算出视频中船舶边界的经纬度坐标，将船舶边界坐标与已知航道线控制点的经纬度坐标进行融合分析，识别出船舶从不同方向上的越界行为。

## 4 结束语

本文主要进行了桥梁防船撞主动预警系统的设计及相应的关键技术研究。分析了现有的桥梁防船撞系统的不足，针对它们的缺陷进行相应的桥梁防船撞主动预警系统设计。分析了系统的功能要求和性能指标，并进行了方案设计。完成了硬件系统的设计，分析了硬件元器件的功能和性能指标要求从而进行选型实现，设计的硬件系统能够满足系统的应用需求。

(下转 16 页)

# 7s 管理在船舶安全管理中的应用

◎ 宁波海运股份有限公司 / 彭 健 黄勇波 毛旭东

**摘要:** 7S 管理起源于日本, 是指在现场管理中对生产要素进行有效管理, 并最终提升员工素养和公司综合管理水平。为了更好的推动经济高质量发展, 提升我国航运企业竞争力, 本文以某航运公司的特定船舶为研究对象, 对 7S 管理的基本理论进行了归纳和总结, 分析 7S 与船舶安全管理的关系, 在此基础上, 创新性的将 7S 现场管理模型融入到船舶安全管理中进行实践, 提升了船员素养和企业综合管理水平, 为航运企业实施 7S 管理提供了有价值的参考。

**关键词:** 7s 管理; 船舶; 安全管理

## 1 背景

### 1.1 7s 管理的起源与发展

7s 管理源于日本企业的 5s 管理<sup>[1]</sup>, 由 5 个日文注音的第一个字母, seiri (整理)、seiton (整顿)、seiso (清扫)、seiketsu (清洁)、shitsuke (素养) 和两个英文的 safety (安全)、save (节约) 的第一个字母构成, 是高效化、标准化、精细化、科学化的现场管理理念和方法。

## 2 船舶 7s 管理的要素

### 2.1 7s 的构成

#### 2.1.1 整理

在船舶日常工作中, 使用的物品按照其使用频率来进行放置, 把常用的物品放在触手可及的地方, 把

经常使用和不经常使用的分开, 增大空间利用率, 防止工作材料误使用, 减少工作失误。

#### 2.1.2 整顿

对经常使用的物品进行整理归纳, 合理的放置位置, 建立标识, 船舶工作人员在工作过程中能够第一时间找到所需物品。

#### 2.1.3 清扫

船舶生活区、甲板、机舱等处所都打扫干净, 做到无油、无水、无尘、无杂物等, 防止这些污染物影响工作环境。

#### 2.1.4 清洁

清洁是将整理、整顿、清扫这三项工作的成果进行标准化以及制度化, 在日常工作中将其变成一项标准, 并且周而复始的遵循此标准, 每天都使工作现场整洁, 创造一种整洁明朗的工作环境, 使工作人员在日常的工作中有的工作环境, 并促成好习惯的形

(上接 15 页)

## 参考文献

- [1] 姜金辉, 金允龙, 潘溜溜, 等. 桥梁防撞研究技术与方法 [J]. 交通部上海船舶运输科学研究所学报, 2008, 31(1): 23-28.
- [2] 刘鼎铭. AIS 在桥梁防撞中的应用研究 [C]. 中国航海学会海洋船舶驾驶专业委员会. 船舶航泊实践研究论文集, 2010: 168-170.
- [3] 万卫兵, 霍宏, 赵宇明. 智能视频监控中目标检测与识别 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2010.
- [4] 张麟瑞, 贾玉林, 程科. 简单图像闭合外边缘轮廓提取 [J]. 红

外与激光工程, 2006, 35(3): 367-370.

- [5] 李柯, 黄席樾, 刘俊, 等. 桥梁防撞系统中的红外船舶目标检测算法 [J]. 红外技术, 2008, 30(6): 344-315.
- [6] 杨俊红, 张强, 周兵. 视频序列中的运动目标检测 [J]. 微计算机信息, 2007, 23(19): 226-227, 243.
- [7] 刘松涛, 周晓东, 王成刚. 复杂海空背景下鲁棒的海天线检测算法研究 [J]. 光电工程, 2006, 33(8): 5-10.
- [8] 徐海祥, 吴卫国, 余晋刚, 等. 船-桥避碰监测预警系统研究 [J]. 中国安全科学学报, 2011(7): 151-156.

成,这将会在无形之中使船员们养成一种习惯。<sup>[2]</sup>

### 2.1.5 素养

建立规章制度,进行宣传教育和培训,船员们养成认真严谨负责的工作态度,养成良好的工作习惯,避免事故发生。在素养的建立过程中,船长、部门长以身作则,对身边的船员起到示范作用,培养船员在有监督和无监督情况下保持工作态度一致。

### 2.1.6 安全

把安全放在船舶首要位置。对于日常生活中的任何一项工作而言,安全处于核心的位置,都是围绕着安全为中心,进行其它工作的开展,所以在船舶管理中,通过制度和措施提高安全,强化船员们的安全意识,加强在工作现场的安全教导,示范安全操作规程,加强实际操作的培训,避免因不熟悉操作而导致事故的发生,降低对人以及安全生产方面带来的损失。<sup>[3]</sup>

### 2.1.7 节约

降低船舶运营的成本,提高生产效益。船舶作为一个运输工具,日常的保养以及船员生活都存在物资消耗,积少成多,小的浪费不加以重视,会累计成大的消耗,对船舶进行节约管理不能忽视。

## 2.2 7s 和船舶安全管理的关系

7s 管理可以应用于船舶的各个方面,每个要素之间都是相互关联的。“整理”是改变船舶作业现场的源头,对经常使用的和不经常使用的物品进行整理,增大工作的空间,减少材料的误使用,提高工作效率。消除因为管理不当而导致的错误发生,对船舶的安全管理起到规范的作用;“整顿”是在“整理”的基础上,进一步对经常使用的物品进行整理归纳,将其放置在合理的位置上,对物品建立标识,节约因为翻找物品而浪费时间,创造一个整齐舒适的工作环境;“清扫”就是将工作的场所进行无死角清洁,使船员们在工作时有一个干净整洁的环境,在这种环境下工作,会使得工作人员不自觉的遵守规章制度,潜意识里面遵守工作要求。“整理、整顿、清扫”这三个要素,对船舶的管理起着决定性作用,是基础也是核心,这三要素落实之后,才能将剩下的要素落实在船舶的安全管理中。

培养严谨细致、认真负责、勤劳务实的工作习惯,培养诚实守信、文明礼貌、团结协作的处事习惯,这

些好习惯的形成,促成员工整体素养的提高,有利于航运公司对船舶的管理以及船舶的安全运营。<sup>[4]</sup>

“安全”和“节约”是随着 5s 管理的在各个领域中逐渐得到应用和发展而延伸出来的,是贯穿于整个“7s”管理的体系里面,并不断的与前面的“5s”相融合,是船员的思想理念的管理,让船员能够从潜意识中将整个 7s 管理融入到自己的工作生活中去。

## 3 7s 管理在船舶的实施

### 3.1 整理的实施

明确作业现场需要什么、不需要什么。对于多余的材料、产生的垃圾、多余的工具、报废的设备、工人生活用品等现场用不到的物品要立即将其从生产现场清理出去。整理工作的主要目的是为了清理掉现场用不到的物品,要对船舶设备的四周、船舶的各个工位、工具箱的内部和外部、船舶的上部和下部、船舶的各个死角等进行认真地清理和寻找,保证作业现场没有用不到的东西。对作业现场进行整理主要有以下几个方面的目的:①使作业现场的作业空间得到增大;②使作业现场没有杂物,保持通道畅通,提升工作效率以及安全性;③降低磕碰的概率,确保作业的安全;④彻底将管理过程中因材料设备摆放不规范而引发的事故消除;⑤可以更好地节省资金,降低库存量;⑥可以使船员的工作作风得以改善,并提高船员的工作积极性。<sup>[5]</sup>

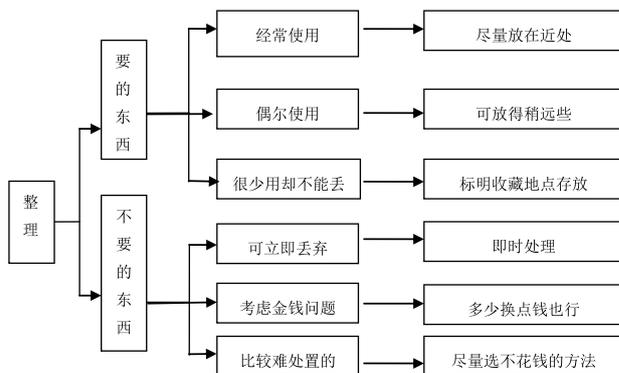


图 1 整理方法图

整理前,船舶物料存放没有统一标准和要求,存放混乱,摆放随意。大风浪摇摆后更是难以整理清点

物料。

整理后,主管人员应按物料分类整齐地存放在固定位置,定期对所主管物料进行清点,了解物料种类、数量、存放位置,方便取用。

### 3.2 整顿的实施

对于物料的整理,物料出、入库情况由设备主管人员负责在“物料出入库登记本”进行登记记录。轮机长/大副应每半年组织各主管人员进行核查统计,汇总完成“物料清册”,一式两份,一份存船由轮机长/大副保管,一份报公司技保部。

储物柜应存放同一类物品,如果超过一类物品,应做好明显区分,方便存取任一类物品;应在柜门上标识柜内存放的物品种类。柜内物品摆放应整齐,且可经受船舶正常摇摆而不至损坏。书柜书架摆放图书应按照分类、大小排序,较薄图书应集中存放。

物料登记册

registration handbook for shipboard stores

序号	物料名称	1		2		3		4	
		a		a		a		a	
1.	手提干粉灭火器	b		b		b		b	
		c	22	c	22	c	22	c	22
		a		a		a		a	
2.	手提泡沫灭火器	b		b		b		b	
		c	19	c	19	c	19	c	19
		a		a		a		a	
3.	手提 CO2 灭火器	b		b		b		b	
		c	11	c	11	c	11	c	11
		a		a		a		a	
4.	手提式泡沫喷枪背桶	b		b		b		b	
		c	3	c	3	c	3	c	3
		a		a		a	4/8.7	a	
5.	手提式泡沫喷枪药剂	b		b		b	6/8.7	b	
		c	2	c	2	c	0	c	0
		a		a		a		a	
6.	应急逃生呼吸装置	b		b		b		b	
		c	1	c	1	c	1	c	1
		a		a		a		a	
7.	消防水带 50*20/25M	b		b	1/5.10	b		b	7/11.15
		c	12	c	11	c	11	c	4
		a		a		a		a	
8.	消防水带 65*20M	b		b	2/4.25	b	1/8.7	b	5/11.15
		c	8	c	6	c	6	c	0
		a		a		a		a	
9.	消防水带 65*15M	b		b		b	1/8.7	b	2/11.15
		c	3	c	3	c	3	c	0
		a		a		a		a	
10.	两用枪头 50mm	b		b		b		b	
		c	14	c	14	c	14	c	14

注: 1、a、b、c 分别代表接收量及日期、消耗量及日期和结存量。2、本登记册保存期限 5 年。

图 2 整顿船舶物料清册表

X X 海 运		xx 轮
负责人: 船长		
第一层	班组台账	
第二层	体系台账	
第三层	劳工及综合台账	

图 3 文件柜卡片

工作间/机修间应保持地面清洁,台面整洁,各类工器具摆放整齐。工作间/机修间摆放的工器具及专用工具,应具体表明规格或服务的设备。主管轮机员要保障所管设备专用工具齐全,状况良好。主机大型专用工具应就近存放,方便取用,其他专用工具尽量保持在原工具架上,并设置影子标识,方便用完归位。专用工具使用后须进行清洁保存,防止其生锈腐蚀损坏。

各设备专用工具分别由设备主管轮机员负责管理,电气部分的专用工具由电子电气员(电工)负责管理,除此以外的工具由机工长/水手长(木匠)负责管理。

整顿前,物料登记不明确,建档较乱,文件未归纳整理,在日常的工作中极大的增加工作量,工作效率低下,整顿后,物料备件文件等归类建档,并整齐标示,规范化管理。船舶的物料种类繁多,各种海事文件书籍,以及公司下发的文件等,进行精确分类,使其查阅方

便, 高效快捷。

### 3.3 清扫的实施

通过卫生责任区的划分, 分为公共区、个人区、工作区、专管区, 每个区域的卫生都有专人负责, 制定卫生责任标准。

娱乐室以及餐厅, 墙壁张贴悬挂物美观整齐, 过时的及时清除, 破损的要及时更新。会议室、餐厅桌椅摆放整齐, 餐桌上禁止摆放除烟缸及清洁毛巾以外其他任何物品, 餐厅内禁止摆放酒瓶、杂物等。

所有电器设施使用完毕及时关闭电源, 棋牌等娱乐物品用完收纳入柜, 运动器材、健身器材摆放有序。清洁毛巾叠放整齐; 应使用注有水的金属烟灰缸, 不得随意用其他物品替代, 并随时清洁。

个人房间内及房间门不得乱贴乱画, 门板、舷窗、墙壁、灯罩、布风器、衣柜等没有污渍、灰尘; 浴帘、窗帘、沙发罩等保持清洁。脸盆、水桶、洗漱用品、毛巾等物品摆放整齐, 防滑垫无污渍。被褥按照统一标准叠放整齐; 被子的叠法: 叠成四方形, 放置床头; 床单的铺法: 床单四边应压入床垫四边下, 保持铺面平整; 床单、被罩等保持清洁。办公用品、文件、个人物品(衣服、鞋等)要摆放整齐, 做到整洁有序。地面保持干净, 无工具、纸屑、果壳等杂物, 每天清扫、拖洗。

医务室门板、舷窗、墙壁、灯罩、布风器等不能留有污渍。常用药品、急救药箱等医疗用品应收纳入柜, 做好标识。药品清单详细, 大副做好药品使用的登记工作。每月检查药品质量, 严禁使用过期失效、变质的药品。医务室内床铺保持整洁、干净, 床铺上严禁摆放无关物品。担架、气瓶等医疗器械应摆放整齐并加以固定。医务室内的医疗设施操作规程, 医疗通告或警示的张贴应整齐美观。

清扫前, 船舶因工作性质原因, 整体卫生比较一般, 区域不明确, 作业现场欠整洁。

清扫实施后, 船舶的卫生分区责任到人, 卫生到位, 设备保养干净整洁。

### 3.4 清洁的实施

做好整理、整顿和清扫工作以后, 要注意做好后期的维护工作, 将甲板和机舱工作现场保持在一个良好的状态下。保持机舱清洁的环境更加重要, 机舱里

面的船舶设备繁杂, 各个管路通往的设备都是不一样的, 需要保证管路上的标志清晰, 管路接口干净, 仪器仪表台及设备表面整洁, 消除“跑冒滴漏”现象。一旦发现设备存在问题, 可以迅速追根溯源, 找出问题的所在。

清洁实施前, 工作不够细致, 完工后未做到料尽场清, 显得场面混乱。

清洁实施后, 使工作现场的整洁, 作业完成后清洁之后再离开, 创造一种整洁明朗的工作环境。

### 3.5 素养的实施

7s 管理在船舶实行要全面提升船员的素养, 要加强船员素养的培训力度, 让船员养成遵循规章制度做事的习惯, 提升船员的整体素养。通过荣誉墙提升了船员荣誉感, 通过文化墙提升了船员的归属感和自信心。当身处于良好的工作环境中, 使得船舶航运公司人文关怀形象深入人心, 会极大激励着船员在船时的工作态度。调动船舶员作的积极性, 提升在船期间各个人员的凝聚力, 向着一个方向努力, 只有船员的整体素质提升了, 才可以保证各项工作的顺利开展大家共同维护安全且稳定的工作环境。因此, 船舶要始终将培养高素质人才作一项重要工作, 使船员养成遵守规章纪律的好习惯。

### 3.6 安全的实施

船舶为了提高船员的安全意识, 在工作场所和作业区域以及生活区处所张贴关于安全生产的宣传画, 安全生产标语, 安全生产口号, 消防安全标语等。向船员展示正确的示范, 在正确的操作下进行作业。在开始作业前进行工前会的培训, 讲解作业须知, 加强船员在作业时的安全意识, 降低危险事件发生的概率。进入危险场所一定要提前报备, 不单独进行作业, 有负责人员一起陪同监管作业。

安全实施前, 安全虽一直在强调, 但是流于形式, 注重喊口号。

安全实施后, 重视全员安全教育, 保持安全第一理念, 防范于未然。

### 3.7 节约的实施

在管理的过程中要坚持以下三个原则: ①要以主人公的心态看待船舶的资源, 能用的东西尽可能利用; ②所有能够使用的东西都不要浪费; ③不允许

随意丢弃物品,做到物尽其用。[6]日常的船舶保养中,提升船船员艺,规范船舶作业施工,减少返工而造成的时间和物料的浪费。为了提高施工效率,要对能源、空间和时间进行合理使用,营造一个物尽其用的施工环境。

节约实施前,船员对合理利用资源缺少规范化管理,使船上的物料,淡水,油漆消耗较大。没有规范管理而造成资源的浪费,是不符合节约管理要求的。

节约实施后,节省、俭约,合理利用资源,使资源利用率达到最大化。合理使用船舶的物料,能做二次利用的,就不要产生没必要的损耗。

## 4 船舶实施 7s 管理的实效

### 4.1 提高船员工作效率

7s 管理的实施,规范了船员的行为,节约了人员在工作前期准备和工作过程中寻找工具的时间,在工具旁边张贴操作规程,减少了工具操作错误,损坏工具的现象大幅减少,提升了船员工作积极性,提高了工作效率。

### 4.2 提升船舶设施设备运行稳定性

7s 管理的实施,主管船员对备件名称、备件编号、物资编码、备件状况、主管人员、上次养护人、上次养护日期、下次养护日期、备注等信息能随时掌握,可以及时通过信息去申领和更换,避免了隐患和事故发生,提高船舶设备的安全稳定性。

### 4.3 改善船舶工作环境

7s 管理的实施,各种设施设备、物资、工器具摆放整齐,查找方便。船风船貌焕然一新,达到甲板美化、机舱亮化、房间宾馆化、库房超市化的标准。船员们这样的环境中工作生活心情放松,海事局、港航等主管机关检查人员和公司检查人员上船后会留下良好的第一印象,从而对于船舶后续的安全管理工作做出良好的评价。

### 4.4 提高船舶安全管理水平

7s 管理融入到船舶安全管理中,各项工作规范化,船员们自觉主动遵守工作标准,将 7s 管理融入到船舶日常中,潜移默化的影响船员们的行为,增加了制度执行的刚性,日常安全工作开展中,通过航次风

险评估,及时发现问题,做好风险防范措施,通过定期船舶自查和公司监督检查,做到隐患和问题全过程闭环管理,降低了船舶事故发生的概率,为船舶安全运营创造了良好的环境。

## 5 结语

在某航运公司某轮上实行 7s 管理成效明显,这种管理方法在改善工作环境,改善员工行为习惯,提高职业素养,提升工作效率,确保船舶安全运营,制约浪费,降低成本等方面效果显著,为航运公司和船舶安全运营,提升业界口碑提升市场竞争力有着非常实际的意义。

在 7s 管理实施过程中也存在一些难点和问题,船舶个体存在差异,船员流动性频繁,缺少完整的对标学习体系等,这些问题在以后的应用中作进一步探索。

## 参考文献

- [1] 张沛东. 5s 管理理念在高校动物生理学实验室中的运用[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(4): 249-251.
- [2] 王国红, 宗斌. 6s 管理在实验室日常管理中的应用[J]. 实验科学与技术, 2007, 5(2): 137-139.
- [3] 刘建萍. 问题与对策: 高校物理实验室的建设与管理[J]. 牡丹江师范学院学报: 自然科学版, 2010(4): 75-77.
- [4] 刘艳华, 张敬. 浅谈如何提高全员 HSE 安全意识[J]. 中国化工贸易, 2011(9): 73-74.
- [5] 董慧民. 浅谈 HSE 在石化实验室的实施[J]. 石油化工安全技术, 2002, 18(3): 4-5.
- [6] 廖庆敏. 高校实验室安全管理之思考[J]. 实验室研究与探索, 2012, 29(1): 168-170.

# 四瓦可倾瓦轴承 - 转子系统临界转速研究

◎ 浙江海洋大学 船舶与海运学院 / 朱发新 王帅帅   ◎ 浙江自贸区敏瑞企业管理有限公司 / 张 敏

**摘要:** 针对船用涡轮机轴承 - 转子系统, 设计四瓦可倾瓦滑动轴承, 通过 Dyrobes 软件对轴承性能和转子振动固有特性进行计算, 得到了轴系运行转速对轴承偏心率、油膜厚度压力分布等特性的影响, 并且获取了影响转子稳定运行的轴承刚度、阻尼参数变化规律。通过对四瓦可倾瓦径向滑动轴承 - 转子的临界转速的计算, 发现叶轮质量和支撑刚度对轴系临界转速会产生一定的影响。

**关键词:** Dyrobes; 四瓦可倾瓦轴承 - 转子系统; 临界转速

## 0 引言

轴承 - 转子支撑的旋转机械系统运行中振动的产生受多种因素的影响, 而旋转机械临界转速是影响其稳定性和产生振动的重要因素。旋转机械高速重载的工作环境经常会使得转子系统产生振动, 而剧烈的振动必须加以控制, 否则将会使得机械零部件受损引发机器故障, 甚至造成严重的安全事故<sup>[1]</sup>。根据相关规定, 要求运行转速与临界转速有一定的避开率, 临界转速的计算成为旋转机械设计的关键问题。目前计算临界转速通常采用的方法有, 结构修正法、传递矩阵法、有限差分法和有限单元法等。但是影响临界转速的因素有很多, 例如, 转子的几何形状、尺寸、材料、支承情况和工作环境等。计算值往往不够精确, 因此如何使临界转速的计算值更接近实际值是现阶段研究的重点之一<sup>[2]</sup>。本文采用 Dyrobes 动力学分析软件进行计算, 其计算精度较高, 适用于复杂转子系统动力学特性计算。

## 1 四瓦可倾瓦滑动轴承动力学特性

本文以四瓦可倾瓦滑动轴承为研究对象, 该轴承瓦块参数均相同, 为简化模型, 选择任意一瓦块作为研究对象, 瓦块的支点位于圆弧中心处, 所建立的动力学特性分析模型如图 1 所示 (图中各参数下标  $i$  表示第  $i$  个瓦块)。四瓦块内侧构成的轴承内径半径为  $R$ ,  $O_b$  是轴承内径中心,  $O_i$  和  $O_i'$  分别是瓦块在初始状态下和发生摆动后的位置,  $r$  是轴径半径,  $O_j$  是任

意状态下轴径中心位置,  $O_j$  通过偏心距  $e$  和偏位角  $\theta$  来确定, 定义以重力载荷反方向为基准, 瓦块圆周角度为  $\phi$ , 支点角度位置为  $\beta$ , 瓦块支点为  $Z$ , 构成的支点圆半径为  $R_z$ ,  $\omega$  是轴径角速度<sup>[3]</sup>。

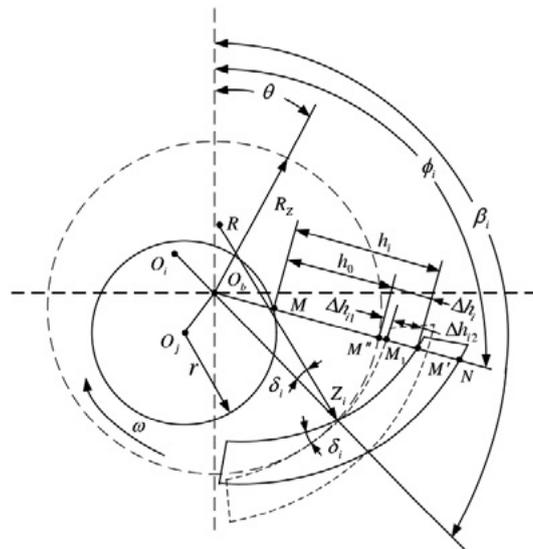


图 1 单瓦块模型动力学特性分析图

对于四瓦块可倾瓦滑动轴承 Reynolds 方程的求解一般采用有限差分法对其求解域进行离散, 将四瓦块延圆周方向展开, 展开后矩形区域的横轴为径向坐标, 纵轴为轴向坐标, 各坐标位置也称为节点, 所计算出的油膜厚度和油膜压力以二维节点为自变量的函数。获得离散后的油膜压力控制方程, 以 SOR 法迭代计算压力, 直至连续两次计算所得到的压力分布满足给定的收敛条件, 认为计算获得近似稳定解, 此时可以获取轴承内压力分布<sup>[4]</sup>。

## 2. 不同转速对四瓦可倾瓦滑动轴承特性的影响

可倾瓦轴承是在动压轴承的基础上改进设计，四瓦可倾瓦轴承的每个瓦块和轴径之间都存在油楔，均满足 Reynolds 润滑方程<sup>[5]</sup>。单个瓦块的惯性较小，瓦块支点的摩擦阻力可忽略不计，当轴承稳定运行时，油膜力的大小和外载荷近似相等。因此，除了每个瓦块的支撑位置以及摆动参数等，轴径转速和外载荷的大小决定着轴承稳定运行时的偏心率 and 方位角，进而表现出不同的油膜特性<sup>[6]</sup>。以国内某 300MW 涡轮机组所使用的四瓦可倾瓦径向轴承为例，研究其动力学特性，轴承参数如表 1 所示。

表 1 某 300MW 汽轮发电机组轴承参数

轴瓦数量	4
轴承宽度 (mm)	106.96
轴径直径 (mm)	152.15
径向间隙 (mm)	0.16
单轴瓦瓦块包角 (°)	78

通过 Dyrobes 软件的轴承分析模块 BePerf 模块进行分析，选用 X-Y 坐标系建立轴承模型<sup>[7]</sup>。分别计算轴径转速为 1000、2000、3000、4000、5000rpm 的轴承油膜压力分布情况，如图 2 所示。从图中可以看出，由于仅考虑垂直向下的静载荷，四号瓦块承载大部分载荷，单个瓦块的油膜分布近似于抛物面，在每个瓦块上油膜压力从瓦块一侧边缘开始增大达到峰值后逐渐下降到另一侧边缘，在整个瓦块中油膜压力始终大于环境压力。随着转速的增加，油膜压力峰值对应的周向角度产生一定变化，但基本都位于瓦块中点附近<sup>[8]</sup>。

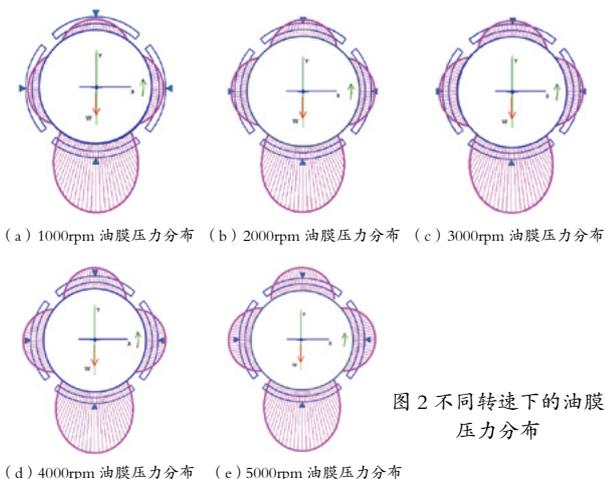


图 2 不同转速下的油膜压力分布

不同转速下四瓦可倾瓦滑动轴承的偏心率、最小油膜厚度、刚度系数、阻尼系数，如图 3、图 4、图 5、图 6 所示。

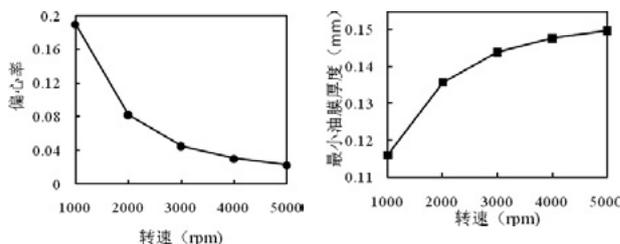


图 3 偏心率和转速的关系

图 4 最小油膜厚度和转速的关系

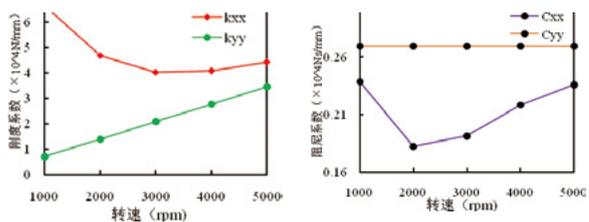


图 5 刚度系数和转速的关系

图 6 阻尼系数和转速的关系

由计算结果分析得到，偏心率随着转速的增加而减小，当转速为 1000rpm 时，偏心率为 0.1895，转速增加至 3000rpm 时偏心率减小为 0.0452，并且转速继续增加偏心率几乎不变，说明此时轴径中心和轴承中心几乎重合，各瓦块受力均匀。在低转速状态下，外载荷几乎全部由底部瓦块承载，此时轴径接近轴承底部，最小油膜厚度当转速上升至 3000rpm 时，最小油膜厚度由 0.116mm 增大至 0.1438mm，此时油膜分布更加均匀，轴承运行更加平稳<sup>[9]</sup>。在所研究的转速范围内，轴承水平方向上的刚度系数 Kxx 先减小后增大，垂直方向上的刚度系数 Kyy 随转速增加，阻尼系数 Cxx 和 Cyy 相对于刚度系数小一个数量级，总体呈随转速增加而减小的趋势。上述研究表明，随着转速的增大，轴承运行稳定性增加。

## 3 可倾瓦轴承 - 转子临界转速分析

研究该转子在四瓦可倾瓦轴承支撑下的动力学特性，该轴系为阶梯轴，转轴中心处装配有叶轮，右侧为用于抵消叶轮轴向力的推力盘，在轴承两端分别装有液体密封原件，防止轴承润滑油混入其中<sup>[10]</sup>。轴承跨距 1464.5mm，由于转轴上的轮盘原件形状参数不

规则，难以获取转动惯量，因此分别建立油封、推力盘、叶轮的三维模型，在SolidWorks软件中计算转动惯量，油封件的质量为1.53kg，转动惯量为0.0045kgm<sup>2</sup>，推力盘质量为12.85kg，转动惯量为0.12kg·m<sup>2</sup>，叶轮的参数为研究对象，在后续计算中作为变量给出。由于轴系结构十分复杂，在满足准确性的前提下根据特定的研究需求对轴系进行合理的简化，对于该轴系来说，主要部件包括叶轮、液体密封组件、推力盘以及转轴，同时也要充分考虑各部分之间的装配关系。叶轮、油封组件内孔略小于转轴直径，两者之间为过盈配合，因此可以将叶轮和转轴作为一体考虑，叶轮三维结构复杂，一般将其等效为均质圆盘，以圆盘质心作为安装位置；转轴上的各种螺母、挡圈等部件与转轴材料相同，并且都是紧配合，与转轴一体建模；为方便装配，转轴设计有倒角等微小结构，建模时可以忽略不计。基于以上原则，建立轴系三维模型如图7所示。在该模型中，轴系沿轴向划分为13个节点，其中节点4为前轴承支撑位置，在前轴承两端节点3和节点5是安装液体轴封动密封位置，类似的，节点9为后轴承支撑位置。

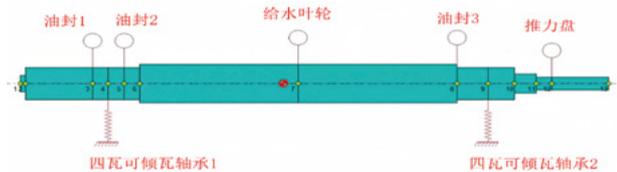
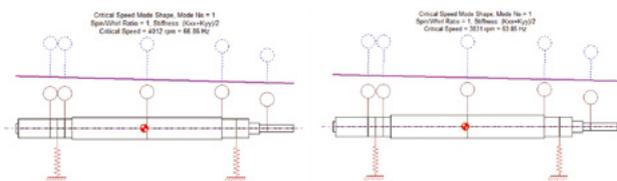


图7 可倾瓦轴承-转子数学模型

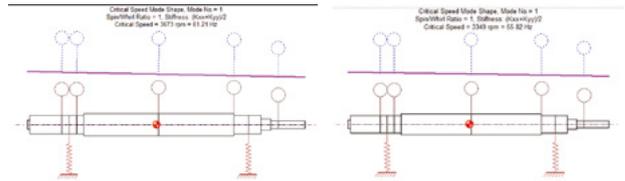
### 3.1 叶轮重量对转子系统临界转速的影响

先对叶轮进行CFD模拟分析，获取叶轮直径和叶形参数，对于该双跨中低速长轴系，叶轮质量直接影响整个轴系的振动特性，需要了解不同叶轮参数对临界转速分布的影响，在尽可能的情况下将其设计为刚性转子，运行状态下尽量避开临界转速，因此分别计算叶轮重量为15kg、25kg、35kg、45kg时的临界转速<sup>[11]</sup>。



图(a) 叶轮重量15kg图

图(b) 叶轮重量25kg图



图(c) 叶轮重量35kg

图(d) 叶轮重量45kg

图8 不同叶轮质量下临界转速图

根据图中不同叶轮质量下的临界转速数据作图如图9所示，可以发现随叶轮质量的变大，其他情况不变的情况下，一阶临界转速逐渐变小。

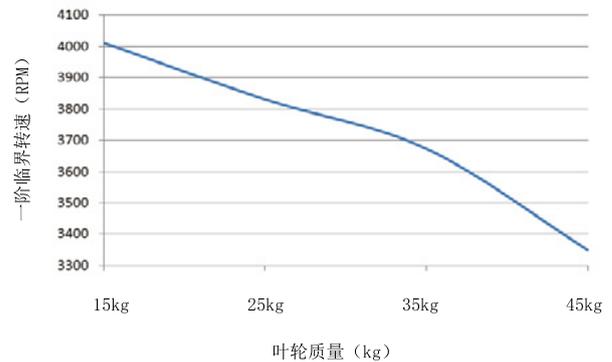


图9 转子一阶临界转速随叶轮质量变化趋势图

通过以上计算得到不同的叶轮质量对应的轴系一阶临界转速分别为4012rpm、3831rpm、3673rpm、3349rpm，随着叶轮质量的增加一阶临界转速逐渐降低，轴系设计转速为4000rpm，当叶轮质量大于15kg时，轴系运行需要越过一阶临界转速。因此，在叶轮设计过程中建议尽量采用轻质材料，或者缩短轴承跨距，提高一阶临界转速；如果结构参数难以修改，在启动和停机过程中快速通过一阶临界转速，避免轴系振动超过安全阈值。

### 3.2 轴承刚度对转子系统临界转速的影响

可倾瓦滑动轴承支撑刚度受转速、载荷等外界影响较大，出于机组安全考虑，需要获取支撑刚度在一定范围内变化时对应的一阶临界转速，设计机组安全转速范围，运行转速范围内的轴承刚度取值如表2所示，各支撑刚度对应的一阶临界转速如图10所示。

表2 不同支撑刚度下一阶临界转速

轴承刚度 (N/m)	66760	46800	44150	40640	40290
一阶临界转速 (rpm)	4609	3859	3748	3596	3580

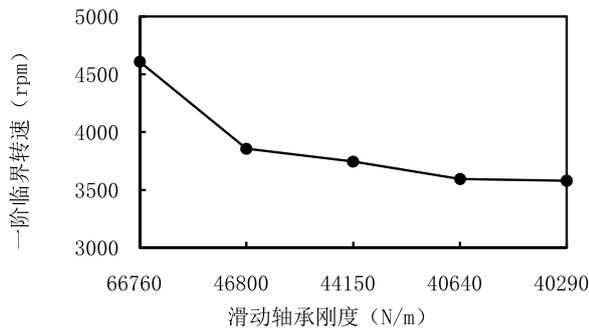


图 10 一阶临界转速随轴承刚度变化趋势图

#### 4. 结论

(1) 以某涡轮机组轴承为例, 计算了四瓦可倾瓦轴承特性随转速的变化规律, 得到了适于该轴承稳定运行的转速大小范围。

(2) 通过计算不同叶轮质量下的临界转速, 发现随着叶轮质量的增大, 一阶临界转速在不断下降, 但下降速率逐渐变缓, 并给出了轴系稳定运行的建议。

(3) 根据临界转速和滑动轴承刚度的关系, 发现在一定转速范围内随着滑动轴承刚度的减小, 转子临界转速在下降。

#### 参考文献

- [1] 朱煜, 熊小虎. 基于振动分析的船舶旋转机械故障诊断研究[J]. 江苏船舶, 2016, 33(05): 11-14.
- [2] 陈仲章, 陈学标, 林真, 等. 轴流式机组轴系临界转速分析及优化[J]. 机械, 2023, 50(05): 35-3.
- [3] 党超. 可倾瓦径向滑动轴承流体润滑性能分析[J]. 内燃机与配件, 2018, (21): 41-45.
- [4] 孙云昊, 金健, 吴兵, 等. 可倾瓦径向滑动轴承油膜动特性实验测试[J]. 润滑与密封, 2014, 39(04): 98-100+104.
- [5] M.L. F. O., W. G. R., F. I. S., et\_al. A coupled model for the multi-body dynamics and lubricated joints of internal combustion engines[J]. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2023, 45(5).
- [6] 王本宏, 王福军, 王超越. 大型水泵滑动轴承油膜刚度对转子动力特性影响[J]. 水电与抽水蓄能, 2021, 7(02): 20-25.
- [7] Becze S., Vuscan I. G.. Comparison study regarding bearing performance on three types of air bearings using Dyrobes software[J]. MATEC Web of Conferences, 2019, 299-299.
- [8] 王连生. 滑动轴承的压力分布与功耗数值计算[J]. 液压气动与密封, 2023, 43(02): 16-20+26.
- [9] 张成, 雷军, 符博峰等. 基于 CFD 的船用柴油机滑动轴承油膜稳定性研究[J]. 舰船科学技术, 2022, 44(16): 94-96.
- [10] 金楠. 可倾瓦式径向轴承对转子动力学影响分析[J]. 设备管理与维修, 2022, (08): 35-36.
- [11] Yihua W., Lin A., Kai F., et\_al. Experimental and theoretical investigation on rotor dynamic characterization of hybrid porous tilting pad bearings[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2022, 164-166.



# 基于 GA-PID 的无刷直流电机调速系统仿真研究

◎ 浙江海洋大学 / 唐 阳 朱发新 陈 昊 ◎ 广州航海学院 / 滕宪斌 董良雄

**摘要:** 本文基于无刷直流电机的原理搭建其数学模型, 将遗传算法与传统 PID 控制相结合, 通过遗传算法进行参数寻优以获得 PID 控制的最优解、更高的控制精度和稳态性。通过 Simulink 建立电机和控制系统的仿真模型, 并模拟了电机正常启动以及运行过程中转速突变的工作状况, 结果表明电机的响应速度和控制精度都得到很大提升, 在启动阶段可以做到无超调, 在恒速运行阶段误差低于 0.5%。

**关键词:** 无刷直流电机; 遗传算法; PID; 控制优化

## 1 引言

近年来, 随着全球对环境可持续发展的日益关注, 各国纷纷加大力度减少碳排放, 推动清洁能源技术的发展。在此背景下, 电力驱动船作为一种低碳、高效的交通方式逐渐受到国际社会的重视。与传统燃油动力船相比, 电力驱动船在降低碳排放、减少噪音和提高能源利用效率等方面具有显著优势。无刷直流电机 (BLDC 电机) 作为高效、可靠的电动机驱动技术, 正迅速崭露头角并广泛应用于电力驱动船舶领域。相较于传统的有刷直流电机其工作原理相似, 但在结构和控制上有所不同, 无刷直流电机摆脱了机械刷子的使用, 采用电子控制器实现转子线圈的换向, 从而极大地提升了电机的性能和可靠性。在电力驱动船舶领域, 无刷直流电机不仅能够为船只提供高效的推进力, 还能够通过精确的控制策略实现船舶的稳定运行和灵活操控, 为航行安全和能源利用效率的提升带来了革命性的变革。因此对于无刷直流电机的控制也是近年来众多学者研究的重点, 在控制过程中速度性、稳定性和鲁棒性是衡量控制策略的重要因素。国海<sup>[1]</sup>等针对低速大扭矩无刷直流电机, 通过建立电机模型, 在转速、电流闭环的基础上, 采用矢量控制的策略, 并于传统扭矩控制策略相对比, 证明矢量控制能够减弱电机三相电流波形脉动, 以及更小的震荡; 江苏科技大学王红林<sup>[2]</sup>针对船舶推进系统的无刷直流电机采取模糊控制算法与传统 PID 相结合, 设计了电机控制装置, 通过实验验证该装置能够实现更高的转速和较低的转矩脉动; 安徽工程大学时培成、陈晨<sup>[3]</sup>等提出一

种改进天牛须算法, 在 Simulink 中搭建 BLDCM 控制仿真模型, 模拟空载、转速阶跃响应和突加负载三种工况, 实验结果表面该算法具有良好的动态响应和响应速度。

本文在前人对于无刷直流电机的控制策略的基础上进行了新的探索, 采取基因遗传算法与 PID 控制相结合, 将遗传算法快速收敛的特点和 PID 的稳定控制相结合, 通过遗传算法快速迭代计算出 PID 控制参数的最优解已达到更好的控制效果。同时该算法可以根据负载和环境变化调整参数, 增加控制系统的适用性和精确性, 以提高系统的动态性能。本文利用 MATLAB/Simulink 软件搭建电机以及控制系统的仿真模型, 进行转速阶跃响应和突加负载仿真实验, 验证了基于 GA-PID 的控制算法具有较好的快速性和稳定性, 进一步证实了其在电力驱动船舶领域的潜在应用价值。

## 2 无刷直流电机数学模型

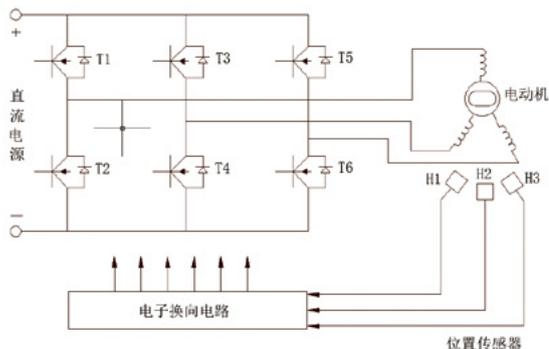


图 1 无刷直流电机原理图

无刷直流电机原理图如图 1 所示, 为了建立起数学模型<sup>[4-6]</sup>, 需要做出一定的假设前提:

- 1) 电机内部三项绕组呈连续、均匀分布;
- 2) 不计磁路饱和、涡流等因素的影响和铁芯的齿槽效应;
- 3) 电机的各参数不会随着工作状态的变化而变化;

在上述假设条件下, 用理想电路来代替电机电路进行建模, 电压方程如式 (1) 所示:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中,  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  为三相相电压,  $V$ ;  $i_a$ 、 $i_b$ 、 $i_c$  为三相相电流, ;  $e_a$ 、 $e_b$ 、 $e_c$  为三相反电动势,  $V$ ;  $L$ 、 $M$  为三相定子电感和绕组互感,  $H$ ;  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$  为三相定子绕组的相电阻,  $\Omega$ 。

根据三相电流的对称性可知:

$$L_a = L_b = L_c = L$$

$$R_a = R_b = R_c = R$$

$$L_{AB} = L_{AC} = L_{BA} = L_{BC} = L_{CA} = L_{CB} = M$$

将上述条件带入式 (1) 得到式 (2):

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L-M & M & M \\ M & L-M & M \\ M & M & L-M \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

电机电磁转矩如式 (3) 所示:

$$T_e = (e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c) / \omega \quad (3)$$

式中:  $T_e$  为电机电磁转矩,  $Nm$ ;  $\omega$  为电机转动时的机械角速度,  $rad/s$ 。

根据上述电压方程和转矩方程可以得到电机运动方程为:

$$T_e - T_L - B_\omega = J \frac{d\omega}{dt} \quad (4)$$

根据两相导通之间的线电压可知,  $e_a$  和  $e_b$  之间大小相等, 但方向相反, 得出:

$$U_{AB} = 2R_i + 2(L-M) \frac{di}{dt} + 2e_a \quad (5)$$

将电流用角速度表示:

$$i = \frac{J}{K_t} \frac{d\Omega}{dt} + \frac{b}{K_t} \Omega \quad (6)$$

其中  $K_t$  为电机转矩系数,  $J$  为转子转动惯量,  $b$  为黏滞摩擦系数,  $\Omega$  为角速度。

将式 (6) 带入式 (5), 可得线电压方程为:

$$U_{AB} = \frac{LJ}{K_t} \frac{d^2\Omega}{dt^2} + \frac{RJ + Lb}{K_t} \frac{d\Omega}{dt} + \frac{Rb + K_e K_t}{K_t} \Omega \quad (7)$$

其中  $K_e$  为反电动势系数。最终可得传递函数如下:

$$G(s) = \frac{K_t}{LJs^2 + (RJ + bL)s + (Rb + K_e K_t)} \quad (8)$$

选取的直流无刷电机型号为 DMKE-57, 具体参数如表 1 所示:

参数	数值	参数	数值
额定功率 /W	2200	电枢电阻 /H	1.19
额定电压 /V	160	电枢电感 / $\Omega$	0.0112
额定转速 / (r/min)	1490	转动惯量 / ( $kgm^2$ )	0.044
转矩系数 / ( $Nm/A$ )	0.04	电势系数 / ( $Vm/r$ )	0.089

表 1 电机参数

将上述参数带入式 (8) 中求出电机传递函数为:

$$G(s) = \frac{4}{1.12s^2 + 5.23s + 0.02} \quad (9)$$

### 3 基于 GA-PID 调速控制系统优化设计

#### 3.1 PID 控制原理

PID 控制方法凭借其较高的适用性和可靠性, 在工业控制中广泛使用<sup>[7-10]</sup>。其控制原理是通过调节三个参数  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  实现对输入值  $y^*(t)$  和实际反馈值  $y(t)$  两者偏差  $e(t)$  的线性控制, 数学表达式为:

$$e(t) = y^*(t) - y(t) \quad (10)$$

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (11)$$

式中,  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  分别是比例、积分、微分系数;  $u(t)$  为控制器的输出值。

### 3.2 基因遗传算法优化 PID 控制器参数

遗传算法 (Genetic Algorithms, GA) 是一种借鉴自然生物种群进化过程的全局搜索优化方法, 融合了生物进化中的“适者生存”规则、染色体的随机信息交换机制和染色体变异机制。该算法模拟了生物种群在环境中适应与进化的过程, 通过不断迭代进化, 从初始种群中筛选出适应度较高的个体, 并通过基因的交叉与变异操作, 逐步产生更优解, 以逼近甚至达到优化目标。遗传算法的优势在于能够处理复杂的多变量非线性优化问题, 具有全局搜索能力和对多解的搜索能力。它模拟了生物进化的机制, 通过迭代演化不断优化解的质量, 使其具备在复杂问题中找到接近最优解的能力。通过合理设计适应度函数、交叉和变异操作, 遗传算法能够在解空间中搜索并找到各类问题的近似最优解。算法运行流程图如图 2 所示:

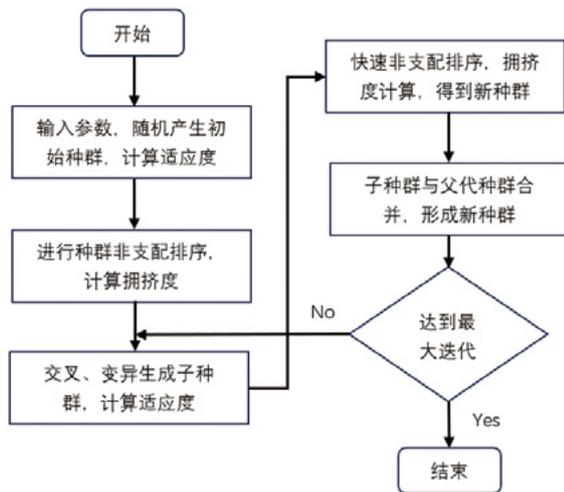


图 2 遗传算法流程图

#### 3.2.1 优化目标

在控制系统设计过程中, 需要挑选合适的性能指标来实现系统的参数整定。时间乘绝对误差积分 (简称 ITAE) 是 PID 控制参数优化过程中常用的目标函数, 其特性在于不仅具有较小的动态响应超调量和较短的调节时间, 同时对控制参数有着优越的抉择性。在控制策略的优化中, ITAE 的运用不仅仅是一种计算手段, 更是对系统性能的有效评估。其综合性能指标使得控制系统的设计更富有针对性, 更能够满足特定应用的要求。这种基于 ITAE 的目标函数选择, 不仅

有助于提高系统的稳定性和动态响应, 还有助于在满足性能需求的同时降低能耗, 进一步推动了控制技术的可持续发展。

此外, ITAE 的应用还能够在实际工程中为控制系统的优化提供更丰富的信息。通过分析 ITAE 的数值结果, 可以更深入地了解不同控制策略的长处与不足, 为决策提供更多可靠的依据。ITAE 的性能指标能够反映控制系统的稳定性、快速性和准确性, 因此合理地将其作为控制系统的目标函数。数学表达式如下:

$$J_{ITAE} = \int_0^t |e(t)| dt \quad (12)$$

#### 3.2.2 参数设置

遗传算法采用二进制编码方式产生随机初始种群, 初始种群的大小设置为 50, 在 Matlab 中利用随机函数生成 50 个  $1 \times 3$  的矩阵; 迭代次数的选择要确保能够得到最优解, 但太多则会浪费计算资源, 根据多次计算和经验选取 25; 染色体交叉概率 0.8; 变异概率 0.01。优化参数为比例、积分、微分三个参数, 对 3 个变量范围进行约束:

$$0.1 \leq K_p \leq 10,$$

$$0.1 \leq K_i \leq 10,$$

$$0.1 \leq K_d \leq 10.$$

## 4 结果分析

为了验证控制系统的正确性和准确性, 在 Matlab/Simulink 中搭建电机控制仿真模型, 仿真时长 5s、采样时间为  $10^{-3}$ s, 分别模拟电机正常启动, 然后保持转速平稳运行的过程和运行中给定突变的过程。

工况一: 给定单位阶跃响应: 0 ~ 1 秒时转速为 0, 1 秒时上升到 1, 然后 1 ~ 5 秒内保持转速不变。图 3 为仿真过程中适应度变化, 由图可知遗传算法在 15 ~ 16 代时取得  $ITAE_{min}$ , 此时  $K_p=9.952$ ,  $K_i=4.679$ ,  $K_d=0.122$ ,  $ITAE_{min}=0.041$ 。图 4 为仿真过程中转速变化对比, 可以看出基于 GA-PID 的控制策略在 1.17S 时电机转速达到目标值, 控制的准确性高于其他的 PID 控制策略, 同时超调量较小, 在 1.17S ~ 5S 电机平稳运行过程中转速波动率低于 0.5%。

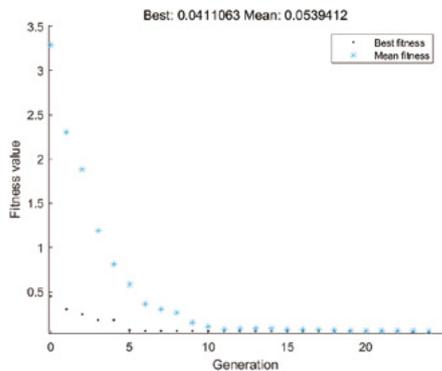


图3 阶跃响应适应度

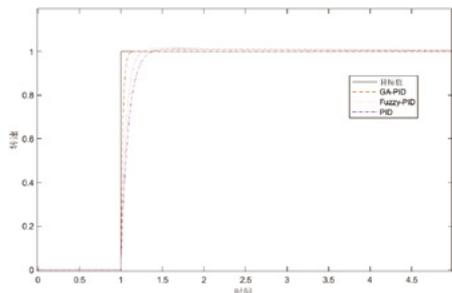


图4 转速仿真对比图

工况二：为了模仿电机在运行过程中给定突变时转速的变化情况，给定单位阶跃响应：0 ~ 1 秒时转速为 0，1 秒时上升到 2，1 ~ 3 秒内保持转速不变，在第 3 秒转速变为 1，最后在 3 ~ 5 秒内转速保持不变。图 5 为仿真过程中适应度变化，可以看出遗传算法在 14 ~ 15 代时取得 ITAE<sub>min</sub>，此时  $K_p=9.998$ ， $K_i=3.867$ ， $K_f=0.022$ ， $ITAE_{min}=0.022$ 。图 4 为仿真过程中转速变化对比，可以看出基于 GA-PID 的控制策略在 1.12 S 时电机转速达到目标值，在面对转速突变的情况下，于 3.09 S 时达到转速目标值，在整个运行过程中转速超调量低于 0.5%。说明该控制策略具有较好的鲁棒性和准确性。

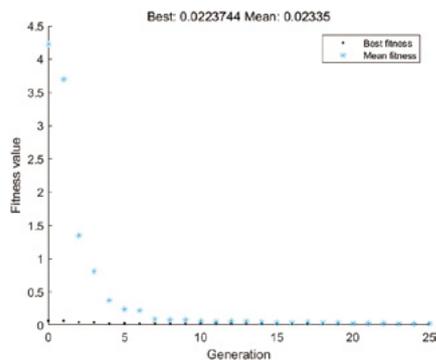


图5 运行中给定突变的阶跃响应适应度

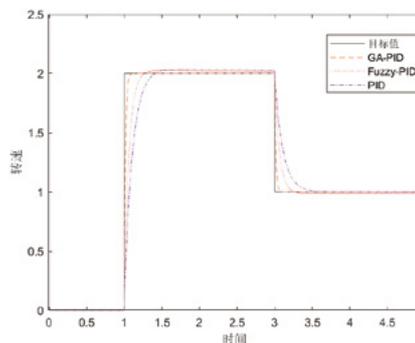


图6 运行中给定突变的转速仿真对比图

### 5 总结

当传统的 PID 控制无法满足无刷直流电机控制精度的需求时，本文提出了一种创新的控制策略，将遗传算法与 PID 控制相结合，利用遗传算法对 PID 进行参数寻优，并在 Simulink 中搭建电机和控制系统的仿真模型。仿真数据表明，在该调速系统下转速响应迅速，转速误差较小，能够满足调速系统的优化要求。同时为无刷直流电机控制系统的设计和提供一定的理论参考。

### 参考文献

- [1] 国海, 陈展. 低速大扭矩永磁无刷直流电机矢量控制技术[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2023, 41(01): 51-4.
- [2] 王红林. 船舶电力推进系统无刷直流电机控制技术[J]. 舰船科学技术, 2023, 45(12): 89-92.
- [3] 时培成, 陈晨, 夏仙阳. 改进天牛须算法的无刷直流电机控制研究[J]. 机械科学与技术, 2022, 41(06): 898-904.
- [4] 姜畅畅, 贾洪平, 贺鑫洪. 改进的 PSO 优化无刷直流电机模糊控制系统研究[J]. 电子设计工程, 2023, 31(10): 152-155.
- [5] MA Y, GU G, YIN B, et al. Support vector machines for the identification of real-time driving distraction using in-vehicle information systems[J]. Journal of Transportation Safety & Security, 2020, (5): 1-24.
- [6] 孙虎, 梁伟, 赵麒. 基于 STM32 的有感直流无刷电机控制器设计[J]. 微处理机, 2020, 41(06): 44-7.
- [7] 陈敏, 王金, 梁晨. 基于 ISSA-Fuzzy-PID 算法的无刷直流电机调速控制系统[J]. 计算技术与自动化, 2023, 42(01): 15-21.
- [8] 齐柳. 基于 ITAE 指标等概率分布的 PID 参数整定[D]; 南昌航空大学, 2015.
- [9] LI Z, BAO S, KOLMANOVSKY I V, et al. Visual-Manual Distraction Detection Using Driving Performance Indicators With Naturalistic Driving Data[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2017: 1-8.
- [10] 谭紫曦, 丁立波, 周聪聪. 基于 Matlab/Simulink 无刷直流电机矢量控制的建模与仿真[J]. 科技与创新, 2023, (08): 1-4.

# 关于滩涂光伏类项目安全管理的主要做法和建议

◎ 台州海事局指挥中心 / 庄林锋

**摘要:**《浙江省可再生能源发展十四五规划》提出到“十四五”末,浙江省力争光伏装机达到2750万千瓦以上,特别鼓励在宁波、台州和温州等沿海地区,利用滩涂和养殖鱼塘等建设渔光互补光伏电站。滩涂光伏项目建设给台州辖区水上交通安全形势带来了更多元的新变化,也对水上交通安全监管提出了新要求和新挑战。本文从海事监管角度出发,分享安全监管的主要做法和发现的问题,提出推动滩涂光伏产业安全、高效发展的举措。

## 1 研究背景

《浙江省可再生能源发展十四五规划》提出到“十四五”末,浙江省力争光伏装机达到2750万千瓦以上,新增装机在1200万千瓦以上,其中分布式光伏新增装机超过500万千瓦,集中式光伏新增装机超过700万千瓦,特别鼓励在宁波、台州和温州等沿海地区,利用滩涂和养殖鱼塘等建设渔光互补光伏电站。滩涂光伏项目和海上风电一样,是响应全省可再生能源发展号召,对于区域能源结构调整,建设光伏一体化的清洁能源示范基地,科学、高效、生态利用滩涂资源发展清洁能源产业,具有较高的应用价值和较强的示范意义,是实现“碳达峰”、“碳中和”目标贡献力量的重要举措。总体来看,十四五期间,浙江省光伏电站建设意义重大、目标明确、任务艰巨。

## 2 台州水域滩涂光伏项目概况

目前台州辖区在建2个滩涂光伏项目,分别为中核三门200MW滩涂光伏项目和温岭市东部松门渔光互补光伏电站项目。

1) 中核三门200MW滩涂光伏项目位于台州市三门县健跳镇,139公顷滩涂海域布置37个光伏阵列,平均每年可为电网平均提供2.2亿kWh。2022年11月获得许可开始施工,已完成20个矩阵建设。

2) 温岭市东部松门渔光互补光伏电站项目在温岭市南隘顽湾滩涂,装机容量约为230MWp,占地约2900亩,共57个光伏矩阵,平均每年可为电网平均

提供2.6亿kWh。2023年3月获得许可开始施工,目前在打桩阶段。

## 3 滩涂光伏项目建设对海事部门安全监管的影响

### 3.1 审批许可依据

滩涂光伏项目是一个集光伏场区(含阵列、箱逆变、集电电缆、检修通道、防浪墙等)、升压站、电力传输系统和陆上终端为一体的系统工程。从其本质属性分析,滩涂光伏项目建设的整个过程,应被视为会影响通航安全的水上水下作业;而建成之后,光伏发电单元和升压站则应被视为海上固定设施;光伏使用寿命一般在30年,同时由于桩基部分与渔业资源形成互补,使用寿命到期后也并不一定会拆除,会对小型船舶造成一定碍航隐患。按照《水上水下作业和活动通航安全管理规定》的相关要求,滩涂光伏建设前应向海事部门申请办理水上水下作业许可。

### 3.2 海事部门在滩涂光伏项目管理中的职能定位

从经济发展、能源转型的要求角度,海事部门必须认识到我国当前推动海上新能源项目开发的必要性和紧迫性,积极配合沿海地方政府落实可再生能源规划,支持滩涂光伏项目建设。但与此同时,作为肩负水上交通安全监督管理、管理通航环境和通航秩序的行政执法部门,海事部门更应该充分了解因滩涂光伏项目建设特性可能对海上通航环境造成的影响,及早且全面地发掘滩涂光伏项目建设存在的安全隐患,并设法将其可能对通航水域安全影响降到最低。

在规划选址阶段,海事部门需充分评估滩涂光伏

项目选址对船舶习惯航路特别是小型船舶（包括渔船、养殖船）的影响，提前考虑光伏板反射产生的光污染对过往船舶航行的影响，做好通航安全影响预判，必要时建议业主单位做好通航安全专题研究。

在项目施工建设前，海事部门需要求建设单位或施工单位根据作业范围、气象、海况和通航环境等因素，充分分析交通安全等风险，科学合理编组作业方案、保障措施和应急预案，按照“三同时”要求，做好警示标志和施工警戒措施，同步做好周边传统渔业养殖的宣传，防止渔民进入施工水域引发安全事故。特别是要对项目施工工艺进行严格把关。

在项目施工阶段，按照《水上水下作业和活动通航安全管理规定》的相关要求，做好水上水下活动许可证的核发、安全作业区的核准以及施工作业水域现场的安全监管等通航安全监督管理工作。特别是要及时关注施工工艺前后是否发生较大变化。如有较大变化时，需要求施工单位重新编制施工期间各项通航安全保障措施。例如：在中核三门200MW滩涂光伏项目施工监管过程中发现该施工水域部分滩涂外侧由于海水深度变化幅度呈斜坡状态且受暗流及外海风浪影响大，平板浮箱式打桩机不能满足外围施工需求，外侧施工仍需要使用小型打桩船舶，这与前期拟定的施工方案有较大出入。台州海事部门及时要求施工单位重新评估新增船舶施工风险，并对拟参与施工船舶安全状况进行评估，确保项目中后期施工安全。

在投产营运阶段，目前两个项目均未投入运营，完工后海事部门需督促业主单位及时备案，发布通告上海图，同时做好光伏滩涂附近水域现场通航秩序监管和警戒标志维护等日常工作；规范运维船舶和船上人员安全适航适任要求，督促营运单位落实安全主体责任；并考虑光渔互补的特殊需求，明确营运期相关要求和做好相应的应急救援预案。

### 3.3 滩涂光伏项目引发的海事监管问题

国内滩涂光伏是近些年的新兴事物，从两个滩涂光伏项目现场监管发现，存在一些监管的难点。

#### 3.3.1 行业和监管标准尚未统一

光伏场与航道的安全距离、防撞要求、航标和警示性标识的设置标准、光伏板反射角度产生的光污染对船舶的影响等尚未形成强制性技术标准。同时各海

事管理部门针对光伏场开发建设几个重要环节，要求尚未统一，由此导致了各设计单位、业主等需求和理解不同，易造成在安全监管盲点和风险。

#### 3.3.2 施工设施缺乏相应检验

由于滩涂光伏项目施工水域水深普遍较小，靠近岸侧高潮时段水深一般在2米以下。受施工环境和成本等影响，大型施工船无法参与，目前，滩涂光伏施工基本以10-20m左右的两栖挖机、打桩机，平板浮箱式打桩机为主。正常情况下，单个滩涂光伏施工水域约有10-25台上述设备同时作业，运输管桩基本以机动或非机动驳子为主。此类施工器械严格意义上并不能定义为船舶，但亦属于水上设施，海事部门应当对于此类设施的安全性进行把关，但由于没有相关规范和依据，此类设施参与施工存在一定监管盲区。

#### 3.3.3 施工现场人员不确定性高

在打桩阶段现场有约10-25台浮箱式打桩机作业，水上施工人员约20-40人；但连接钢栈桥和安装光伏矩阵阶段，水上最多时人员超过200人，且多数为技术工人，未经过专门的水上安全培训。虽然实际施工水域水深较浅，滩涂光伏项目施工期间没有发生险情，但人员落水风险依然不可忽视。同时，由于部门当地渔民偷偷进入施工水域赶小海，施工单位在加强现场警戒的同时，需进一步加强对周边渔民的宣贯。

#### 3.3.4 防抗台风能力尚未可知

在施工期间，受到台风或寒潮大风影响，浮箱式驳子仅靠缆绳绑扎光伏管桩易发生断缆漂移，若漂移至航路等周边水域存在严重碍航风险。由于目前台州水域滩涂光伏项目尚未建成投入使用，据了解此类光伏抗风等级为14级，台州处于常年受台风正面袭击，且出现过16级超强台风正面登录的先例，此类滩涂光伏项目是否能够经得起台风正面登陆的考验及产生影响尚未可知。

## 4 主要建议

### 4.1 监管和行业标准需统一

建议应加强协调，统一指导，尽早介入，海事内部协调方面，出台明确的指导意见，统一管理要求；在海事与项目方、部门间协调方面，海事部门尽早介

# 基于过程管理的船舶燃油质量事故防范及应急处置研究

◎ 浙江国际海运职业技术学院 / 王雪峰 ◎ 舟山杉舸船舶管理有限公司 / 董浩

**摘要:** 针对一起特别重大的船舶燃油质量事故,从燃油采购、加装、使用、应急管理及事故后处理等进行分析,提出基于全过程管理的船舶燃油质量控制方法,以减少乃至避免船舶燃油质量事故的发生,以及提高燃油质量事故发生时的应急处置能力。

## 0 前言

OB 轮于 2021 年 12 月 20 日在马来西亚巴生港(Klang)加装极低硫燃料油(VLSFO-0.5%)1198.5 吨,该批燃油于 2022 年 1 月 11 日开始使用,随即出现驳运泵滤器堵塞、分油机工作异常、主机工作状况恶化等情况,确认是燃油质量问题。事故导致船舶机械受

损、船期延误以及相应的巨大经济损失,并且对于船员和船舶安全带来一定影响。

## 1 案例分析

### 1.1 燃油加装

OB 轮是一艘航行于中国及东南亚地区的集装箱

入项目规划,加强沟通协调,并探索新的管理抓手。同时建立统一的海事管理技术标准和技术规范,明确滩涂设计建造阶段、建设施工阶段、建成运营的具体要求,明确航道标准、防撞要求、航标及警戒设置要求等。

### 4.2 施工设施需专业检验

平板浮箱式打桩机和两栖挖机作为滩涂光伏施工作业必须的施工设施,其作用目前暂无有效的替代设备,易造成在安全监管盲区。建议船检、海事、安监、质量监督等相关部门联合制定此类专用大型机械设施安全标准,出具相应检测报告和证书,保障检验效果,确保此类设施得到有效监管。

### 4.3 施工工艺要求需因地制宜

不同滩涂光伏项目要求的施工工艺要求不一致,在项目施工前,建议海事部门督促施工单位充分考虑滩涂外侧海水深度及暗流、风浪对施工工艺的影响,平板浮箱式打桩机和两栖挖机是否能够满足全作业区施工需求,是否需要使用小型打桩船舶和管桩运输船舶,如需要船舶施工,需要提前对施工期间存在的

安全风险进行充分分析,完善施工安全保障措施和应急预案。

### 4.4 施工人数需严格控制

在连接钢栈桥和安装光伏矩阵阶段,水上施工人数较大,存在落水风险。建议施工单位需严把施工作业人员监管关,确保所有海上施工人员均持有海上设工作人员海上交通安全技能培训合格证明。建立每日出海人员信息报备、登记、点验清单,明确出海人员数量、姓名、出海时间、返回时间、作业内容等,不断压实施工单位主体责任,确保“登船一人、登记一人”,进一步细化出海人员海上过程监管颗粒度。

### 4.5 特殊时段需重点管控

台风或寒潮大风期间,浮箱式驳子易断缆漂移,存在碍航风险。建议海事部门加强预警预控,严格督促施工单位完善并落实应急预案,大风影响期间将浮箱式打桩机和驳子全部调离水面。

## 参考文献

[1] 浙江省可再生能源发展十四五规划.浙江省发改委、能源局.2021

班轮，航期非常紧，因而预装一定数量燃油是该轮常规操作，通常该轮保持 2000 吨左右的燃油存量。在 2021 年 11 月中旬，该轮燃油存量为 800 吨，因而轮机长提出燃油加装申请，公司考量船期及方便港口等因素同意在马来西亚巴生港加装燃油，并于 2021 年 11 月 20 日在巴生港加装 1200 吨 180cst 极低硫燃料油（VLSFO-0.5%），实际加油 1198.5 吨。加油过程中，轮机长核验加油数量与品质符合要求，加油后，三瓶油样现场铅封，一份加油船带走，一份送化验公司，一份留船，但是，该三瓶油样是加油工从加油船带来的，没有按照船舶加油操作规定实现船员与加油工一起进行全过程滴漏取样。

### 1.2 燃油使用及问题出现

由于船舶原有燃油较多，加装燃油后，轮机长命令二管轮继续使用旧油，直到 2022 年 1 月 11 日上午才开始使用后加的燃油。使用后不久，就出现燃油驳运泵过滤器压差变大，油泵驳运困难情况，二管轮清洗过滤器后，继续驳油至沉淀柜。但是不久后油泵又出现过滤器堵塞情况，该轮燃油驳运泵是自动驳油，过滤器频繁堵塞情况非常罕见，二管轮再次清洗驳运泵过滤器，但是依然没有解决问题，过滤器堵塞反而越加频繁，在当天晚上，过滤器 2-3 小时就会出现堵塞情况。

同时，在 11 日晚上 2000 左右，分油机出现了排渣故障报警，而该轮分油机是连续工作，即将沉淀柜燃油连续分离至日用柜，日用柜满后溢出至沉淀柜，保持循环净化，平时该分油机一般不需要人为干预，这引起了二管轮警惕。在拆开分油机清洗时，发现分离桶内固体杂质异常多，分离盘间几乎全部堵死，他在清洗完成，恢复分油机工作后立即向轮机长汇报该情况。

轮机长要求二管轮密切注意驳运泵机分油机工作状况，并要求适当提高燃油储存柜加热温度以提高油泵驳运效果，提高沉淀柜加热温度、放残次数，减少分油机进油量等来提高分离效果。

1 月 12 日上午，燃油系统状况进一步恶化，分油机分离半小时左右即发出报警。轮机长反复检查确认是该批燃油质量有问题，随即向公司汇报。公司与供油商进行联系，供油商回复该批燃油不存在问题，公司致电船舶要求密切注意燃油系统及主机工作状况。

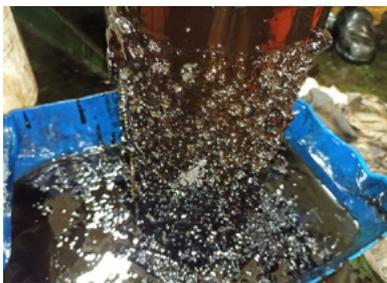


图 1 燃油驳运泵过滤器状况



图 2 燃油分油机输送泵过滤器状况



图 3 分油机运行 10 分钟后分离筒状况



图 4 分油机分离盘状况

1 月 13 日，船舶燃油驳运及净化系统状况持续恶化，同时主机出现燃烧质量恶化，功率下降等情况，轮机长命令换用旧油，并向公司再次汇报并提出燃油质量化验申请，公司同意并要求多点采样，与加油时留船油样一起送验。

### 1.3 燃油质量调查

该船在 2021 年 12 月 20 日在巴生港加油后，加油油样随即送化验公司化验，并于 2022 年 1 月 12 日获得化验结果，所有指标均在规范范围之内，说明该油样符合要求。

表 1 加油油样化验结果（部分）

TEST ITEM	METHOD	UNIT	LIMIT	RESULT
Water by Distillation	ISO 3733	wt%	Max 0.50	0.30
Sulphur	ISO 8754	wt%	Max 0.50	0.40
Micro Carbon Residue	ISO 10370	wt%	Max 18	4.45
Total Sediment Potential	ISO 10307	wt%	Max 0.10	0.02
Ash	ISO 6245	wt%	Max 0.10	0.011
Vanadium	IP 501	mg/kg	Max 350	6
Aluminium + Silicon	IP 501	mg/kg	Max 60	7+<10= <15(14)
Zinc	IP 501	mg/kg	Max 15	1
Phosphorus	IP 501	mg/kg	Max 15	1
Calcium	IP 501	mg/kg	Max 30	21
Sodium	IP 501	mg/kg	Max 100	13

其中，铝和硅的含量分别是 7mg/kg 和少于 10mg/kg，总量只有 14mg/kg 多，不到 15mg/kg，远远小于小于 60mg/kg 的要求。因此，在船舶刚出事时，轮机

长向公司机务汇报后,公司机务随即再次与化验公司确认油样化验结果,并通报船舶。但是,因为该油样不是在加油过程中船员参与获得的,因而并不能证明该油样于所加燃油是同一批燃油,同时该检验结果也无法验证船舶所加该批次燃油的质量。

2022年1月15日船舶到达新加坡,公司委派公证验船师到船舶进行调查并进行燃油采样,验船师采集的所有样品都现场签名和铅封,所有油样也是三份,验船师带走两份,船舶也保留一份以备将来使用。采样来源及数量如表2:

表2 船舶油样采样

Quantity (L)	Sample Type	Sampling Location	Tank	Product
0.75	Top	Tank Manhole	6 PORT	LSFO
0.75	Middle	Tank Manhole	6 PORT	LSFO
0.75	Top	Tank Manhole	6 STBD	LSFO
0.75	Middle	Tank Manhole	6 STBD	LSFO
0.75	Continuesdrip	Drain Valve	SERVICE	LSFO
0.75	Bottom	Tank Manhole	SETTLING	LSFO

同时,轮机长还特意采集了2个来自分油机进出口的样本和2个燃油驳运泵处的样本,当然,轮机长也意识到采取油舱底部样品并进行测试对于评估这种燃油质量不合格情况的情况非常重要的,但实际操作中无法采到油舱底部样品。

这些油样于采样当日送至化验公司进行化验,并于1月17日取得化验结果(表3)。

表3 船舶油舱采样化验结果(部分)

TEST ITEM	6PORT (Middle)	6STBD (Middle)	SERVICETK
Water (%V/V)	4.2	6.2	3.0
Micro Carbon Residue (%m/m)	5.68	6.04	5.11
Sulfur (%m/m)	0.46	0.46	0.44
Total Sediment Potential (%m/m)	0.16	0.20	0.22
Ash (%m/m)	0.448	0.538	0.145
Vanadium (mg/kg)	15	15	4
Sodium (mg/kg)	486	755	173
Aluminium (mg/kg)	190	263	37
Silicon (mg/kg)	275	306	48
Iron (mg/kg)	226	208	40
Nickel (mg/kg)	16	28	15
Calcium (mg/kg)	242	252	97
Magnesium (mg/kg)	56	64	22
Zinc (mg/kg)	44	42	10
Aluminium + Silicon (mg/kg)	465	569	85

油舱取样化验结果表明,样品存在高浓度钠和镁表明含有大量海水,有非常高含量的铝、硅、铁等磨料元素,而高含量的钙和锌则表明可能掺杂了一定数量用过的润滑油。船上燃油处理技术无法处理这批燃油,如果使用则肯定会导致柴油机缸套、活塞环、喷油器和燃油泵的磨损。

#### 1.4 船岸应急操作

##### 1) 船舶采取的措施

在船舶使用该批次不合格燃油后,二管轮发现燃油驳运泵及分油机工作异常时,及时清洗滤器、分油机等,并向轮机长汇报,轮机长采取提高油舱温度、减少分油机进油量、强化观察等措施,及时确认异常情况是由于燃油质量导致,立即汇报公司,将主机转速从正常航行85转降低至75转,减少主机伤害,命令机舱从无人机舱改为有人值班,要求值班轮机员等密切注意主机及燃油系统工作状态,确保船舶安全。同时要求二管轮及时清洗燃油驳运泵滤器、分油机等,注意保存相关证据,如清洁过程拍照,清理出的杂质留样(图5)等。

在确定该批次燃油质量有问题,不能继续使用后,轮机长立即改为使用旧油,并申请在新加坡加油。但是由于船期紧,无法及时处理不合格燃油,而该批次燃油占用的船舶油舱数量较多,即使是半舱也无法加装新油,船舶剩余油舱容量只能添加600吨燃油,船舶在继续航行后,考虑抵达港的路程等因素,轮机长及时与船长商量,进一步降低主机转速到50转,后来又降低至35转,终于顺利抵达青岛港。

船舶在青岛港将不合格燃油输送送岸处理(图6),清洁油舱,加装燃油,检查燃油驳运、净化系统



图5 清出的固体杂质



图6 不合格燃油输送到岸

等,主机吊缸检查,发现缸套已有轻微拉痕,尚不影响使用,船舶恢复正常状态。

在整个事故发生及处理过程中,船舶轮机长及轮机员的反应是及时、正确的。但是,加装本批次燃油时没有按照要求进行采样,这是非常严重的错误;燃油到船后,很长时间才使用,这导致发现问题时间滞后,给后续处理带来一定麻烦。

## 2) 公司对情况的分析及采取的措施

公司得到船舶燃油异常信息后,及时向供应商及化验公司核实,但是,在得到供应商和化验公司证明该批次燃油没有质量问题后,机务按照常规思路,认为是船舶操作不当所致,如分油机的大量油渣是船舶新旧燃油掺混导致大量沥青质分散的结果,与轮机长反应的燃油可能含有高含量灰分、杂质无关;对于船舶两台分油机并联运行,开始只有2号分油机情况比较严重时,机务认为可能是船舶开始使用燃油,储存舱底部混合物进入系统所致,经过一段时间运行,情况可能就会改变;特别是轮机长报告中提及“在这批燃油使用之前,沉淀柜液位保持在25 M3左右。”这导致机务认为肯定是沉淀柜中新旧油掺混导致沥青质沉淀,随着新油继续驳入沉淀柜,沉淀柜中掺混情况会逐渐弱化,直至全部变成新油,问题随之会得到解决。

很显然,开始阶段,机务没有充分分析船舶报告,没有意识到问题严重性,甚至还依据自己的分析,提出购买燃油添加剂以改善燃烧,并且在随后购买了一定数量的燃油添加剂。

但是,过于强调机务的误判显然是非建设性的。机务只能从船舶邮件、有限的照片以及轮机长电话汇报中对船舶状况进行分析,而且从本次事故初始阶段来看,机务的分析符合常规思路,也是远洋船舶常见的燃油事故原因。

后续处理工作反应出机务具有非常强的专业能力。在船舶继续反应该问题无法解决后,机务指示船舶立即停止使用该批燃料,安排公证验船师到船采样及开展调查工作,邀请船舶专家及供应商参加调查,要求轮机长全程参与取样工作,并尽量收集相关证据,如:加油前的本船及加油船量油情况、加油过程中油舱转换程序、收集这批油中发现的颗

粒、熔渣和杂质以及提供问题油的各种图片等。

为了确保船舶安全营运,公司及时安排在新加坡补装燃油,以及在后来燃油不足的情况下,同意进一步降低主机转速,以及指示辅机、锅炉等使用柴油,主机使用VLSFO以减少船舶航期延迟。

航行中,机务要求轮机长及时汇报船舶燃油系统状况、油料消耗情况及存量,提醒轮机长每天提高发动机转速以进行涡轮增压器吹灰,值班轮机员密切监测柴油机工作状态变化情况。

由于该船驳油泵输送能力只有40m<sup>3</sup>,机务及时安排代理购买大排量油泵,并在船舶到港时立即送船,保证了燃油输岸工作及时进行,在加装新燃油之前安排船厂工人进行油箱清洁。同时,公司收集相关证据后,向供应商提出索赔。

## 2 对策研究

船舶燃油质量事故是船舶营运过程中常见的且影响特别大的主要事故之一,船岸必须通力协作,采取全过程燃油管理,才能确保船舶燃油安全。

### 2.1 规范燃油采购、加装操作

加油费用是船舶总运营成本的重要组成部分,船用燃油是世界贸易重要产品之一。目前,全球船用燃料市场大约以4.4%的年增长率增长,到2026年底,估计贸易额将达到60亿美元<sup>[1]</sup>。船用燃油供应商非常多,公司可以按照公司对合作过的供应商的评价,以及借助行业内相关信息进行供应商分级或者建立黑白名单,选择信誉好的公司进行采购。公司应采用信息化、数字化手段科学合理的为船舶制定加油计划<sup>[2]</sup>,提高船舶燃油监控及成本控制能力,包括消耗优化、合同和港口选择等,保障采购油质燃油同时减少公司财务风险<sup>[3]</sup>。

船舶加装燃油前,应按照操作要求进行并舱,减少新旧油掺混;加油时应认真核对油种、数量及油的品质,指定轮机人员与加油工共同全程滴漏取样,现场铅封签字,油样应及时送检,并妥善保存留船油样、油样化验报告等。

### 2.2 采用燃油试用方法防范燃油事故

一般而言,船舶加油后都是先旧油,然后再使

用新油。可是,为了尽快在使用中确认本批次燃油质量,应在合适时机对新加燃油进行试用,方法为开航后使用新油,待沉淀柜、日用柜全部是新油后,再使用一段时间,然后再换回旧油。

燃油试用可以及早确认新加油品质,对于可能的质量问题,也可以有助于公司与供油商交涉,更重要的是,如果新加燃油质量有问题,旧油有一定存量,可以为船舶航行及安全提供一定的缓冲时间。

当然,试用必须建立在新加燃油数量较大、能够使用很长时间的基础上。在试用过程中要尽量减少不同燃料之间的切换、持续监测新油净化情况以及柴油机工作状况等。一旦供油系统如供油单元压力出现异常等<sup>[4]</sup>,应首先考虑新加油可能存在问题。

### 2.3 提高燃油事故应急管理能力

不管是新加油的质量问题、还是使用中燃油出现问题如大量进入海水等,都必须及时正确地采取应对措施,减少损失,防范恶性事故发生。

首先,公司应该及时掌握船舶实际存油情况,不仅是船舶报告数据,还可以通过计算核实相关数据<sup>[5]</sup>,计算还必须考虑船舶航行所经过的天气和海况等诸多因素<sup>[6]</sup>,避免船舶油量不足导致船舶航行受限,一旦发生油量不足,应立即建议船舶采取减速、油品使用方案优化等措施。

其次,如果怀疑油质有问题,轮机长应第一时间汇报公司,采取油舱调拨以实现粗过滤、增加燃油沉淀柜、日用柜放残次数、分油机采取尽可能小的进油速率、定期检查UP、增加增压器冲洗次数和锅炉排气侧检查次数。一旦确定油质有问题,应立即换油,同时采取主机减速、持续观察燃油系统及主机工作状况等,如果主机停车应检查其缸内污染物<sup>[7]</sup>,以避免异常磨损或拉缸事故。在可能的情况下,船舶应采用快速检测<sup>[8]</sup>方法对燃油进行简单化验。

最后,岸基支持对于船舶燃油事故应急是非常必要的。机务人员应及时关注、安排油样检测,并给于正确指导等,必要时寻求供油商技术人员、验船师及机器厂家的支持,一旦核实油质不符合要求则安排移除,尽管相关工作将花费巨大的时间和成本。

## 3 结语

船舶燃油品质直接影响船舶设备工作,影响船舶安全营运,必须从船舶采购、加装、使用等全过程进行控制,才能够确保船舶使用合格的燃油。同时,船舶工作人员及船公司必须具备一定的应急管理能力,才能够应对燃油质量事故。

### 参考文献

- [1] Anonymous. Growing Market for Marine Fuel Management[J]. Sea Technology,2019,60(12).
- [2] 董亚男. 船舶燃油监控及辅助分析研究[J]. 中国水运, 2023(05):66-68.
- [3] A. K C,N. I T,N. I L. Managing fuel price variability for ship operations through contracts using fuzzy TOPSIS[J]. Research in Transportation Business & Management,2022,43.
- [4] 张立法. 船舶燃油系统故障案例分析及管理[J]. 中国水运(下半月), 2019,19(08): 107-108.
- [5] GB/T 7187.1-2021, 运输船舶燃油消耗量 第1部分: 海洋船舶计算方法[S].
- [6] Yuquan D,Yanyu C,Xiaohu L, et al. Data fusion and machine learning for ship fuel efficiency modeling: Part II - Voyage report data, AIS data and meteorological data[J]. Communications in Transportation Research,2022,2.
- [7] 石新发,贺石中,谢小鹏等. 基于核主成分的船舶柴油机磨损信息特征提取方法研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2022,46(06):1039-1043.
- [8] 杨源远,高泽宇,姜兴家等. 多因素影响下的船舶燃油含硫量移动检测技术[J]. 船舶工程,2022,44(10):80-85.

# 浙江海事局组织开展 2024年防台桌面推演暨防台工作部署会

## 会议关注

为切实做好2024年海上船舶防台工作，提升防台应急响应、指挥协调和应急处置能力，6月4日下午，浙江海事局组织召开2024年防台桌面推演暨防台工作部署会。浙江局防台领导小组和各分支局防台领导小组参加会议。

防台桌面推演以超强台风正面袭击浙江为场景，检验各级海事机构从启动IV级至I级防台响应到结束防台响应的全流程各环节工作，对预警预控、信息传递、动态管控、指挥协调等主要工作程序的规范性和科学性进行了验证，从演练过程来看，各单位均能按照预案要求开展各项防台工作，达到预期效果。防台工作部署会上，各分支局对前期防台工作开展情况和重点难点问题等进行了汇报。

会议传达了近期交通运输部，省委省政府等关于防台工作的精神，还强调了2024年防台工作即将进入实战阶段，全局上下：

一要提高政治站位。准确把握上级对今年防汛防台工作的部署要求，坚持“两个至上”，按照“四个无论”“五个不能”的工作方法，从严从细抓好各项任务落实；

二要压实防台主体责任。持续开展防台风险隐患的排查治理，压紧压实航运企业、施工单位、扣押单位的主体责任，突出预警预控工作，全面落实各项防台措施；



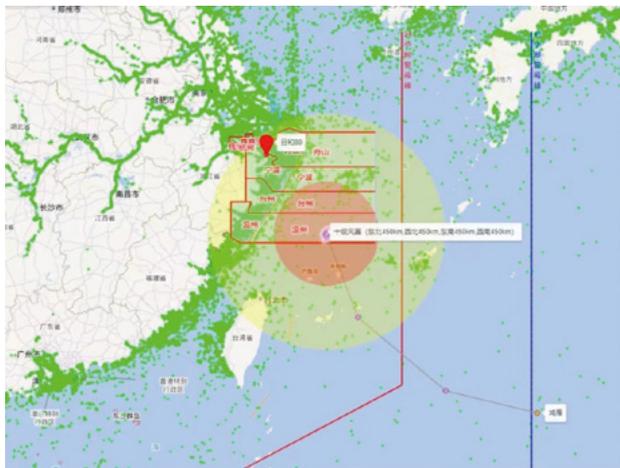
三要加强重点领域防范。细化施工船、载运卷钢、易流态化货物、试航船、修造船等重点船舶管控措施，严密防范台风期间海钓船，交通艇等冒险开航，跟踪掌握载运大件船舶动态，联动强化特殊国籍船舶管控，密切关注内河上游泄

洪、水位上涨情况，统筹做好跨辖区避台的大型无动力船舶沟通协调工作；

四要加强内外协调联动。对内，要及时组织开展针对性防台演练，加强典型事故案例的宣贯，做好内部安全检查和防台物资储备。对外，抓住防台宣传黄金期，做好海事部门防台工作的展示宣传。

下一步，浙江海事局将全力以赴、严阵以待，落实各项防台监管措施，全力做好今年海上船舶防台工作。

来源：宁波海事 浙江海事



## 浙江海事局与浙江省海港集团 开展加快推进世界一流强港建设合作交流



为更好推动交通强国、长三角一体化等国家重大战略实施，加快推进浙江省世界一流强港建设，5月30日，浙江海事局和浙江省海港集团开展加快推进世界一流强港建设合作交流。

双方从加快建设重点项目、升级扩建航道锚地、稳步提升感知能力、持续扩大港口开放、全面推行“空港式”交通管理、有力助推港口绿色发展、持续增强海上应急处置能力、不断优化航运营商环境等方面，全面回顾了近年来双方加快推进世界一流强港建设取得的主要成效。围绕干线集装箱船舶交通组织一体化、港口重点基础设施建设、构建畅通高效安全规范通航格局、扩大口岸开放、新能源加注产业发展、义乌“无水港”建设、全港型引航员培养等内容开展了深入交流。



浙江省海港集团陶成波董事长对浙江海事局长期以来的关心支持表示感谢。他表示，近年来，浙江海事局不断创新监管方式方法，在助力外贸运输高效畅通、保障港口生产安全运营等方面出实招、下实功、创实绩，为浙江港口服务能级提升做出了巨大贡献。希望双方以本次合作交流为契机，统筹推进强港建设任务，持续挖潜口岸综合能力，有效提升本质安全水平，加快推进世界一流强港建设，为谱写中国式现代化浙江新篇章贡献“硬核”力量。

浙江海事局邱铭局长指出，海事海港同根同源、同心同向，双方携手发展、共同进步，持续放大“海”的优势，拓展“港”的功能，共同保障浙江辖区水上交通安全、促进浙江航运和港口经济发展。双方要结合当前面临的形势和任务，进一步深化海事海港战略协作。

一是进一步牢记国之大者，自觉把各项工作放到服务国家战略和经济社会发展中谋划思考、推动落实；

二是进一步统筹高质量发展和高水平安全，发挥海事专业优势，既要当好“安全专家”，又要当好“服务顾问”，既要做好技术判断，又要做好价值判断；

三是进一步加快港口重点设施建设，加强港口感知能力和应急能力建设，打造一流的港口设施、水域环境和通航秩序；

四是进一步提升港口运行管理效能，开展干线集装箱船舶交通组织一体化，逐步建立以宁波舟山港为样本的集装箱班轮交通组织一体化新模式；

五是进一步强化数智技术应用，充分发挥双方在数字化改革中积累的经验和优势，推动资源、技术与数据共享，共同赋能浙江港口高质量发展和浙江海上交通安全形势持续向好；

六是进一步拓宽合作交流范围，共同打造平安港区、平安海区，服务好国际国内双循环相互促进的新发展格局和水上交通物流提质降本增效。

合作交流会由浙江省海港集团总经理朱苗主持。浙江海事局王晓敏副局长、施滨峰副局长，各分支局、机关相关处室主要负责人，省海港集团江涛、倪彦博等集团领导和相关部门、地市港口集团主要负责人参加交流。

下一步，浙江海事局将以本次合作交流为新的起点，铸牢“主角意识”，统筹把握发展和安全，优服务、强合作、重实效，不断深化政企合作，持续提升服务经济社会发展贡献度，踔厉在服务国家战略和港航经济上取得新突破。

来源：浙江海事



## 宁波舟山港一体化取得新突破 宁波舟山港引航站挂牌成立



5月24日下午，宁波舟山港引航站授牌活动在杭州举行。副省长柯吉欣参加活动。省交通运输厅党组书记、厅长蔡洪，宁波市副市长金珊珊，舟山市副市长方铁道，浙江海事局党组成员、纪检组组长王路分别致辞。省交通运输厅党组成员、副厅长、一级巡视员胡旭铭主持仪式。

柯吉欣为宁波舟山港引航站授牌。厅党组成员，省港航管理中心党委书记、主任叶红作为代表受牌。宁波舟山港引航站将充分发挥省级引航机构统筹作用，有效破解“一港两引”等问题，进一步提升引航设



施、加快装备升级、加强人才培养、优化流程机制、提升综合效率，实现宁波舟山港引航品牌、调度平台、引航资源、引航管理和集装箱船引航“五统一”，打造具有国际竞争力的引航服务品牌。

省交通运输厅表示，成立宁波舟山港引航站是深入贯彻习近平总书记重要指示精神、加快建设世界一流强港的重要举措，是认真落实省委三个“一号工程”、进一步优化港口营商环境的有力行动，对深化宁波舟山港一体化发展具有重大意义。要站在新起点，按照省委省政府部署要求，坚持高标准推进，全

面配强力量，加快实现高效运转，强化统筹、扩面提质、深化改革，全力塑造“一流品牌”、创出“浙江经验”、拓展“硬核成果”，更好地服务世界一流强港建设。

宁波市政府表示，宁波是浙江建设世界一流强港的主阵地之一，也是强港改革的重要参与者。引航一体化改革是宁波舟山港又一重大改革举措，对外实现宁波舟山港“一港一引”的改革目标，对内实现港口引航资源的进一步整合，促进全港生产效率提升。将锚定“2027年基本建成世界一流强港”目标，坚持高站位、全面落实改革重点任务，突出高效率、力强化改革协同联动，聚焦高质量、全速打造改革创新成果，以更强的决心、更大的勇气、更实的举措，奋力加快世界一流强港建设。

舟山市政府表示，将以宁波舟山港引航站成立为契机，有力有序推进宁波舟山港引航一体化改革。坚决抓好改革工作落实，立足舟山特色，全力推进强港改革各项工作落地实施。坚定推进改革协同联动，坚持全省“一盘棋”，协同打造港口口岸综合服务平台，

共同推进港口监管一体协同、港航“一站式”服务和航运服务业高质量发展等重点改革。全力优化引航服务水平，加快全港型引航员培养、引航资源一体共享等工作，推进“阳光引航”品牌建设，建设优秀引航队伍。

浙江海事局表示，近年来，浙江海事局一直致力推进宁波舟山港一体化发展，积极保障宁波舟山港引航深度融合和作业安全。接下来，将一如既往地服务保障宁波舟山引航作业安全，继续加大全港型引航员培养力度、持续强化引航安全监督管理、深挖船舶交通组织效能，积极助力宁波舟山港世界一流强港建设。

活动后，柯吉欣调研浙江港航党建文化阵地，现场了解浙江港航“一路先行 强港先锋”系列党建品牌创建成果。

省委改革办、省委编办负责人，省交通运输厅、省海洋经济发展厅相关处室负责人，省海港集团主要负责人，省港航管理中心班子成员及相关处室负责人，宁波、舟山交通港航管理部门负责人、两地引航分支机构负责人参加授牌活动。来源：浙江港航微信公众号

## 国内首艘自主研发的新建甲醇燃料加注船 将“落户”台州临海

近日，浙江协海集团有限公司（简称“协海集团”）8000DWT系列新造甲醇加注船舶图纸设计已全面完工，即将进入建造阶段。建成后，该船将成为国内首艘自主研发的新建甲醇燃料加注船。同时为台州港头门港区推进绿色低碳发展，建设成为浙中南地区船舶清洁燃料加注中心，树立海洋经济高质量发展新坐标提供有力保障。

头门港区是台州港的核心港区，对台州外向型经济发展的带动作用明显。在浙江全力推进一流强港建设的背景下，该港区正迎来能级提升的关键期。不难看出，瞄准“国内首艘”这一方向的背后，是临海市

在船舶设计和建造领域为实现减排低碳可持续发展迈出的关键一步，也是对未来发展大势的判断。

“航运业运能大、能耗低，在实现‘双碳’目标方面肩负重任。”临海市港航事业发展中心主任介绍，目前全球范围内的甲醇燃料船舶订单已超过200艘，随着甲醇燃料新造船舶陆续投入运营，绿色甲醇供应和加注基础设施建设刻不容缓。

去年以来，临海市港航部门抢抓台州港口岸扩大开放带来的新机遇，积极对接协海集团，加快发展绿色船舶运输领域的新质生产力转化，并成立专门的服务工作专班，专人对接，跟踪助推船舶的设计、市场

可行性分析、企业筹建等环节，以便捷高效的政务服务效率，赋能航运业可替代燃料的应用，加快传统航运业向绿色航运迭代升级。

此次成功研发的 8000DWT 甲醇加注船采用瑞典 MannTek 公司生产的带有气动紧急释放接头 (PERC) 甲醇加注系统，液货舱特涂采用美国 MarineLINE784 特殊涂层，能效满足国际 EEDI 第三阶段和国内 EEDI 最新法规的要求。“该船将主要用于向甲醇燃料船舶加注绿色甲醇，同时兼顾国际绿色甲醇等化学 / 油品的运输功能，船型设计完全满足船东和市场主流甲醇动力船舶的加注需求。”协海集团总经理说。

近年来，临海市在航运业领域实招频出，此前推出的《临海市人民政府关于支持航运业高质量发展的若干意见》，成为台州市目前力度最大、涉及项目最多的航运业扶持政策。

接下来，临海市港航部门将以新建甲醇燃料加注船为契机，着力扩大港口新能源应用，完善低碳设施布局，加速头门港区绿色港口建设。同时主动融入共建“一带一路”、陆海新通道运输体系，推进多式联运，提升大宗货物清洁化运输水平，助力物流业降本增效，积极打造绿色高效的现代物流格局，为台州经济高质量发展提供新动能。

## 中国航海学会成功举办 2024 年航海科技创新与成果评价培训班

为培养一流航海科技人才和创新团队，促进航海科技创新自立自强，推动航海事业高质量发展，中国航海学会于 3 月 29-30 日在大连海事大学举办了 2024 年航海科技创新与成果评价培训班。来自航运领域主要企事业单位、科研院所、高等院校的 52 家单位 130 名学员以及大连海事大学的部分教师参加学习。中国航海学会常务副理事长张宝晨、大连海事大学校长单红军、副校长赵友涛出席了开班仪式，培训由中国航海学会副秘书长刘顺主持。



开班仪式上，中国航海学会常务副理事长张宝晨向学员们剖析了航海科技自立自强的深刻内涵，阐述了 2024 年科技奖励和成果评价的总体要求与工作思路。他指出，科技工作者应该紧密围绕航海科技“绿色、智能、韧性”的前沿方向，站在深刻理解绿色低碳、智能航行与韧性安全对于航运颠覆性影响的高度，找准航海科技创新使命担当的着力点，切实推动航运强国建设。成果评价应重视科研产出与实践的结合程度，重点考察研究成果在解决行业痛点难点堵点

时的作用与价值。坚持通过科技奖励引导行业发展，逐渐形成在科技奖励中选拔优秀科研人才。大连海事大学校长单红军在致辞中向学员表示诚挚欢迎，向中国航海学会一直以来给与学校的关心和支持表示感谢。他表示，发挥好科技成果评价的作用，能够有效促进高质量科技成果的产出与应用，提升科技创新水平和效率，希望此次培训，能够让各位学员进一步掌握航海科技成果评价要点，提升自身科研水平，促进航海科技创新自立自强。同时也真诚期待大连海事大学与各位学员以及所在单位开展深入务实合作，共同为建设交通强国做出贡献。

培训邀请了中国工程院院士胡亚安、国务院参事贺德方、国家卓越工程师 / 中交天津航道局有限公司首席顾问顾明、大连海事大学教授彭周华等专家，培训包括科技评价改革与政策实践、自主创新铸就国之重器、科技奖励申报的认识与思考、多无人船集群控制研究进展及基金申请交流、新修订的航海科技奖励解读等内容，集中培训后，全体学员按照科技管理、科



技评价与青年托举分为三组，分组进行了交流研讨。

本次培训班以行业前沿的视角为各单位明确了航海领域科技创新的主战场，树立了以解决实际问题为宗旨的科技创新新风向，深刻激发了青年科技人员勇于创新的内驱动力。此外，各单位对航海学会科技奖励办法与成果评价实施办法的理解得到强化，航海科技奖励申报与成果评价高质量开展具备了坚实基础。

## 中国航海学会举办 2024 年标准化委员会第一次工作会议

为加强航海领域团体标准管理工作，适应航海领域团体标准化工作新要求，推进航海学会团体标准高质量发展，中国航海学会于 4 月 28 日在北京召开了 2024 年中国航海学会标准化委员会第一次工作会议。会议采取线下与线上相结合的形式，共有 33 位委员参加，其中 12 名委员现场出席，中国航海学会标准化委员会副主任刘顺主持了会议。

交通运输部科技司标准化管理处代表王伟对《交通运输标准化 2024 年工作要点》进行了解读，对其中提及到的五个方面、十八个重点任务进行了介绍。中国航海学会常务副理事长、中国航海学会标准化委员会主任张宝晨对团体标准化工作进行了总结，并对

2024 年的团标工作提出了要求。他强调团体标准要聚焦航海领域热点和难点，重点关注航海领域新技术，充分发挥团体标准“快、准、平”的特点，服务科技创新，服务市场需求。

交通运输部科学研究院标准与计量研究中心总工程师汪炜汇报了 2024 年第一批中国航海学会团体标准立项初审情况。12 位委员代表对 54 项团标立项初审情况进行了复审，全体委员审议了团标立项的初审和复审结果，部分专家并对近期学会团体标准化工作提出了建设性的意见和建议。

中国航海学会标准化委员会常务副主任史世武就团体标准当前存在的问题和下一步工作思路向各

位委员进行了介绍，并对此次会议进行了总结。他提出团体标准正在进行提高标准质量的新尝试，号召各位委员积极参与到标准制修订工作中，共同推动航海领域标准化工作的高水平发展。

本次工作会议内容安排收到了委员们的广泛好评。今后，学会团标委员会将继续秉持科学、公正、公开的原则，紧紧围绕应用和产业发展两个方面，切实做好标准的前瞻性研究，不断提升标准化工作能力和水平，为构建安全、便捷、高效、绿色、经济、包容、韧性的可持续交通体系提供强有力的标准支撑，为海洋强国、交通强国建设作出新的更大的贡献。



## 浙江全面开启长三角船检通检互认试点

5月16日，在宁波梅山国际集装箱码头，宁波市港航管理中心验船师登上了安徽蚌埠籍的敞口集装箱船“远翔66”轮，对该轮完成了年度检验，使其成为长三角通检互认全面启动以来，首艘在浙江享受该便利举措的外省籍船舶，同时也标志着浙江正式开启长三角区域船舶检验通检互认试点工作。



长期以来，大多数国内航行船舶在营运期间需每年在特定时期返回船籍港接受船舶检验，或由船籍港船舶检验机构指派验船师远赴其船舶营运地进行检验。对船舶而言，检验流程周期长、成本高；对检验

资源有限的地方船检机构，在检验的质量和效率上面临极大的挑战。为贯彻长三角区域一体化发展国家战略，助力航运企业降本提质增效，根据交通运输部海事局统一部署，自今年5月1日至10月31日，长三角三省一市船舶在营运期间可就近选择区域内地方船检机构进行检验，检验结果在长三角区域船检机构间互认，和小汽车异地检验类似，打破了船舶检验的地域限制，实现长三角区域内船舶检验“就近申请、就近检验、就近发证”。

试点全面推行期间，船东可向长三角区域所有船舶检验机构及其分支机构申请通检互认，主要受理的船舶为船龄10年以内的海船（船舶类型为散货船、集装箱船、杂货船、多用途船、甲板货船等运输船舶）和船龄12年以内的内河船（船舶类型为一般干货船、散货船、多用途船、集装箱船等运输船舶），受理的检验种类为年度检验和临时检验。组织开展船舶检验通检互认可以优化船舶检验流程、缩短检验周期、降低船舶的运营成本。据船东王年生介绍，“远翔66”轮长期在宁波舟山港梅山港区至嘉兴乍浦港间从事集装箱班轮业务。以往营运检验均由安徽省蚌埠淮河船检局的验船



师乘坐高铁或长途汽车前往宁波开展船舶检验工作,往返至少需要2天时间,如遇到船期临时变化,可能需要耗费更多的时间,给船东、船检带来诸多不便。全面实施通检互认试点后,船东可根据船舶靠泊地点,随时向当地船检部门申请检验,整个检验过程只需要半天即可完成,相较于以往的检验模式,节省了75%以上的时间和上千元的交通及食宿费用,大大提高了船舶检验的便利性。同时,此次蚌埠籍船舶在宁波受检也是具体落实两城结对共建的生动体现。

实现船舶检验在全国范围内“通检互认”是交通运输部2024年民生实事项目。自通检互认试点在长三角区域推行以来,宁波港航船检部门积极响应,第一

时间向辖区内航运企业宣贯通检互认试点的实施方案细则,主动排摸长期在外地运营的宁波籍船舶和长期在宁波运营的外地籍船舶,有针对性地指导通检互认工作,为全国范围内的船舶检验“通检互认”工作提供有益的探索和经验。业内专家表示,通检互认政策的实施有助于优化长三角区域的营商环境,船舶可以在更广阔的区域内自由航行和运营,这将吸引更多的航运企业和船舶前来长三角区域发展,推动区域经济的繁荣。

据了解,长三角区域内超1.4万艘船舶将享受到该高效便利的服务。



## 至少7人受伤！日本百年船厂发生严重事故



6月6日,日本新来岛佐野安造船(新来岛 Sanoyas 造船)大阪制造所发生严重爆炸事故,至少7人受伤。

据日媒报道,这起事故发生在当地时间下午2点40分左右,当地消防部门接获通报称,船厂正在维修的一艘船突然爆炸并开始燃烧。为此,消防队派出了31辆消防车到场救援,大火在约2小时15分后被扑灭。

警方表示,在爆炸发生时,有6名工人在船内进行修理作业,因此遭到爆炸火势吞没。另外还有1人也

同样被波及,具体情况还在调查中。这7名伤员年龄在十几岁到三十几岁,均已被送往医院抢救,目前伤势轻微。

据了解,事故船舶是负责牵引大型船舶和其他船舶的拖船“第5天翔丸”号,火灾导致部分船体内部和发动机受损。



“第5天翔丸”号

目前大阪府警方与消防单位正在调查事故详情,初步研判是在焊接作业途中火花引燃发生火灾。当时,5名工人正在船上进行焊接和清洁工作,还有两名受伤人员是在听到爆炸声后赶往现场的工人。

事故现场位于大阪地铁北加贺屋站北侧约800米处,该区域沿岸工厂林立,为工业集中地带。由于爆炸现场位于工业区,附近并没有住宅区,事故并未对周围居民造成直接威胁。

据了解,新来岛佐野安造船(原佐野安造船)成立于1911年,是一间历史悠久的造船厂,主要从事船舶修理和制造。1924年,佐野安造船收购了千本松船渠公司,即此次发生事故的大阪制造所现址。

大阪制造所是新来岛佐野安造船旗下一家修船厂,该厂设立了专门的高速发动机维修车间,对高速船的船体和发动机进行维护和修理,以适应时代的要求。同时,大阪制造所还承接各种工作船、渡轮和海上结构物的建造业务。

来源:国际船舶网

## 54 艘：2 艘！中国船企“完爆”韩国持续领跑



韩国的市场占有率也均为 38%，位居第二。而在 2023 年，中国的接单量已占据全球市场的 58.9%，韩国的市场占有率剧降至 24.1%。

进入 2024 年以来，中韩两国在全球造船市场上再次展开了激烈交锋。中国在 1 月、3 月和 4 月的接单战中都取得了领先，仅在今年 2

月受春季放假因素影响而一度落后。特别是在 4 月，中国船企接单量达 91 艘 358 万 CGT，市占率 76%；

韩国仅 13 艘 67 万 CGT，只有中国的五分之一。截至今年 5 月底，全球手持新船订单量为 1.3312 亿 CGT，环比增加 225 万 CGT。其中，中国手持新船订单量达到 6784 万 CGT，环比增长 231 万 CGT，同比增加 1011 万 CGT，以 51% 的市场占有率继续稳居第一；韩国手持新船订单量为 3907 万 CGT，环比减少 2 万 CGT，同比增加 14 万 CGT，市场占有率为 29%，位居第二。

值得一提的是，今年 5 月份的新船价格仍保持持续上升趋势。今年 5 月底，克拉克森新造船价格指数 (Newbuilding Price Index) 为 186.42 点，同比去年 5 月底的 170.1 上升了 10%，与 2020 年 5 月的 127.32 相比则大涨了 46%。

按船型来看，17.4 万立方米以上 LNG 运输船为 2.64 亿美元，超大型原油运输船 (VLCC) 为 1.3 亿美元，超大型集装箱船为 2.675 亿美元。

来源：国际船舶网

## 217 艘 2100 亿元! 中国船企“垄断”绿色船舶市场



继年初拿下全球首份氨燃料集装箱船订单之后，中国船企再次拔下头筹，又将建造全球首款氨燃料油船。今年以来全球绿色船舶订单突破 2000 亿元，而中国船企一家独大接获了超过 80% 的订单。随着航运业进入绿色时代，中国船企已经一马当先，加速领航。

根据克拉克森的最新统计数据，今年 1-4 月全球总计 540 艘 2850 总吨的新船订单中，多达 217 艘 1370 万总吨为替代燃料船舶，占比达到了 47.9%，超过去年全年的 40.9%，但低于 2022 年全年创历史纪录的 54.3%。以订单价值来计算，1-4 月全球新造船投资总计 508 亿美元，替代燃料船舶订单价值 290 亿美元（约合人民币 2100.47 亿元），同比上涨 37%，所占比例达到了 57.1%。

今年的替代燃料船舶订单包括 LNG 动力船 85 艘 950 万总吨，甲醇动力船 29 艘 200 万总吨，LPG 动力船 34 艘 140 万总吨，以及电池 / 混合动力推进船舶 68 艘 60 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%，仅在去年略有下滑。

据统计，在 2023 年全年总计 2033 艘 8520 万总吨新船订单中，有 565 艘 3490 万总吨为替代燃料船舶。这之中包括 219 艘 1920 万总吨 LNG 动力船，约占总订单量的 23%；135 艘 1070 万总吨甲醇动力船，约占总订单量的 13%；48 艘 LPG 动力船，以及 137 艘电

池 / 混合动力推进船舶。

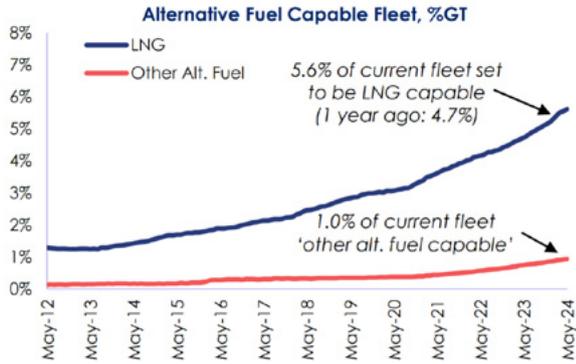
以船厂国而言，克拉克森的数据显示，2024 年 4 月的替代燃料新船订单绝大多数由中国船厂承接，总计高达 34 艘 248 万 CGT，按 CGT 计算占 2024 年 4 月替代燃料新船订单的 83%，遥遥领先其他竞争对手。相比之下，韩国船厂 4 月份承接了 9 艘 46 万 CGT 替代燃料新船订单，市占率 15%。

2024 年 4 月中国船厂承接的 34 艘 248 万 CGT 替代燃料新船订单中，LNG 双燃料船 24 艘 233.5 万 CGT，甲醇双燃料船 2 艘 1.7 万 CGT，氨双燃料船 2 艘 5.2 万 CGT，电池混合动力推进船舶 6 艘 7.5 万 CGT。韩国船厂承接的 9 艘 46 万 CGT 替代燃料新船订单中，LNG 双燃料船 4 艘 34.3 万 CGT，LPG 双燃料船 1 艘 2.9 万 CGT，氨双燃料船 4 艘 8.4 万 CGT。

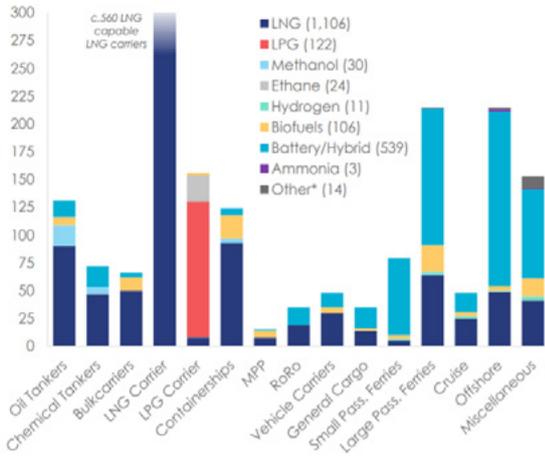


值得一提的是，今年 4 月大连造船与马来西亚国家航运公司 (MISC) 油船子公司 AET 签订了两艘全球首制氨双燃料阿芙拉型油船建造合同，新船将在 2027 年下半年交付运营。这也是全球首份液氨燃料动力油船订单。

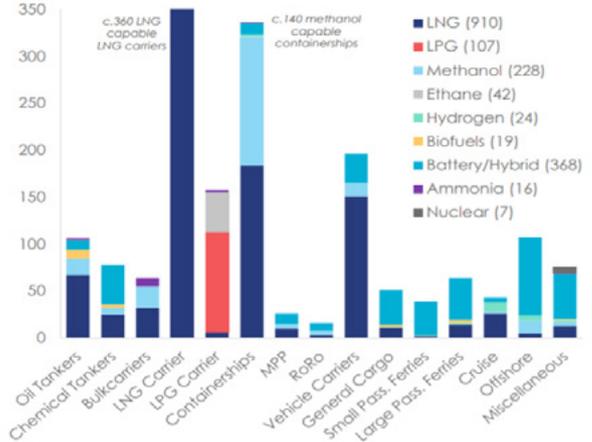
根据克拉克森的数据，整体而言按吨位计算，截至目前在运营船队中能够使用替代燃料或推进装置船舶的比例已经提高到了 6.6%，高于 2017 年的 2.4% 和 2022 年年初的 4.5%。在现有总计 1835 艘替代燃料船舶中，包括 1106 艘 LNG 动力船、30 艘甲醇动力船、122 艘 LPG 动力船、538 艘电池 / 混合动力推进船，此外还有 154 艘采用其他燃料。



Fleet (100+ GT) Using Alt. Fuels (~7% Of Fleet GT)



Orderbook (100+ GT) Set To Use Alt. Fuels (~50% Of GT)



而在手持订单中，替代燃料船舶占比更是达到了49.7%，高于2017年的10.8%和2022年初的33.9%。按吨位计算，手持订单中36.2%为LNG动力船（910艘），8.9%为甲醇动力船（228艘），2.0%为LPG动力船（107艘）；此外还有约2.7%（约376艘）使用其他替代燃料，其中包括24艘氢燃料、42艘乙烷燃料、16艘氨燃料、19艘生物燃料和368艘电池/混合动力推进船舶，替代燃料船舶手持订单总计1621艘。

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480艘船为LNG-ready船，手持订单还有140艘；同时，手持订单中有259艘氨燃料预留（ammonia-ready）船，316艘甲醇燃料预留（methanol-ready）船和13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月份共有23艘替代燃料船舶订单，其中包括12艘甲醇燃料船、4艘氨燃料船和7

艘LNG动力船。所有的甲醇燃料船订单都来自油船领域，而之前替代燃料在油船领域的应用一直很低。

DNV表示，在经历了平静的3月份之后，4月份的强劲增长证实了替代燃料新船订单稳步增长的总体趋势。2024年1-4月，替代燃料船舶新船订单为93艘，而2023年前4个月仅为44艘，同比增长48%。

DNV全球去碳化总监 Jason Stefanatos 表示：“随着3月份的缓慢活动已经过去，4月份的这些数据证实，新船订单市场越来越多地转向替代燃料船舶，油船领域的新订单显著增加。到目前为止，甲醇燃料船的订单数量仍然最多，新船订单总数达到47艘，与2023年同期相比增长了42%。另外值得注意的是，氨燃料船舶除了2024年第一季度的5艘新订单外，4月又新增了额外4艘订单。尽管离建成一个海事氨燃料生态系统还有很长的路要走，但这提供了更多的证据，表明对这些船舶的投资正在增加。”

来源：国际船舶网

# 重磅！ 今明两年我国邮轮旅游市场将全面恢复

5月22日，在国务院政策例行吹风会上，国家发展改革委产业发展司负责人霍福鹏介绍，在各方面共同努力下，我国邮轮产业逐步恢复、持续向



好。设计建造方面，国产首艘大型邮轮“爱达·魔都号”已成功运营30多个航次，第二艘大型邮轮4月进入了下坞总装阶段，标志着我国形成了大型邮轮自主建造能力。运营服务方面，华夏国际邮轮公司成立并落户上海，有关企业强强联合，共同打造专业化、市场化、国际化运营服务团队。基础设施建设方面，邮轮港口布局逐步完善，由北向南、从大连到三亚规划建设了13个邮轮始发港，接待国内外邮轮能力不断增强。消费市场方面，邮轮旅游迅速恢复，在内河、沿海、日韩等传统航线基础上，开发了东南亚等新航线。入境邮轮航线加快恢复，今年以来已有21艘国际邮轮在我国境内港口开展运营。

“当前邮轮旅游市场正继续逐步回升。去年9月国际邮轮复航后、全年中外旅客运输量达10.7万余人次；今年仅一季度就已超19万人次，呈现快速恢复和增长态势。值得一提的是，3月上海吴淞口国际邮轮港高峰时出现中外邮轮“四船同靠”的景象。据邮轮游艇行业协会预测，今明两年我国邮轮旅游市场将全面恢复，进入产业发展新阶段。”霍福鹏说。

下一步，国家发展改革委将会同有关部门在邮轮运营管理、装备制造、配套建设、旅游消费等方面形成工作合力。从邮轮旅游市场供给和需求两端协同发力，完善政策体系、优化制度环境，全产业链系统推进邮轮产业高质量发展。

在运营管理方面，打造一流服务体系。对标国际一流邮轮运营公司，大力培育具有市场竞争力的邮轮运营企业。加强航线规划、船舶管理、品牌建

设、风险防控等专业运营能力建设。加快邮轮运营人才培养，不断完善服务保障体系，有序推进国际运营合作。

在装备制造方面，加强技术研发创新。通过国产大型邮轮、极地小型邮轮等实船建造验证，带动邮轮总体设计、总装建造等系统突破，提升邮轮安全质量和绿色化智能化水平。打造符合国际规则的配套产品检测认证等技术服务体系，完善标准体系，推动邮轮配套产业链供应链发展。

在配套建设方面，完善港口布局建设。落实《全国港口与航道布局规划》，优化邮轮港口布局，健全邮轮配套服务功能，完善港区及周边交通基础设施，推动沿海邮轮港口特色发展。提升邮轮物资采购信息化智能化水平，健全完善与国际配送业务相适应的查验监管制度。

在旅游消费方面，不断激发市场潜能。鼓励企业创新和丰富邮轮旅游产品，将中国传统文化元素融入航线开发、旅游服务中，增强对全球旅客吸引力。围绕银发经济等特色消费市场，为老年人等特定人群提供更精准更便利的旅游服务，提升邮轮服务水平，进一步扩大旅游市场。

“随着制度的进一步完善，我国的邮轮旅游市场和邮轮经济会取得更快发展。”霍福鹏表示。

来源：中国水运报



