

2023年浙江省航海学会学术交流会



论文集



2023年浙江省航海学会学术交流会

论文集

2023年10月

2023年10月 杭州

目 录

关于京杭运河二通道通航与安全管理研究	1
基于虚拟仿真试验的椒（灵）江锚地调整方案及对策研究	5
复杂水域下大型桥墩钻孔平台水上拖航安全保障研究	10
综合性院校航海技术专业发展困境及对策	17
基于雷达船舶海上模拟避碰系统的研究	22
关于提升温州航运企业安全管理能力的探讨	28
基于港口发展需求的重点配套锚地建设对策研究	31
“情景模拟”培训模式在公司新证二副上岗前培训的应用与总结	37
浅析杭州航区船舶水污染防治的监督管理	42
新时代内河航运高质量发展的若干思考与建议	46
浅水域 KCS 集装箱船下沉量数值研究	48
达运 838” 船与“桂桂平货 8963” 船碰撞事故案例分析	57
船用 C 型 LNG 储罐横倾状态下结构强度分析与评估	62
基于重叠网格的船舶航向稳定性数值研究	71
浅谈 LNG 动力拖轮 LNG 燃料系统惰化	77
关于对救助艇和救生艇的辨识及兼做救助艇常见缺陷分析	82
7s 管理在船舶安全管理中的应用	88
浅析宁波舟山港核心港区危化品船的安全管控	94
关于宁波三星重工码头功能调整的通航安全研究及建议	101
沿海航运建筑渣土风险性分析及控制措施	109
台州沿海 VHF 使用现状、问题及对策研究	115
台州市渡口安全管理现状问题及对策	118
台州渣土海上运输现状及监管建议	123
台州海域海上风电场选址探讨	126
华能玉环电厂卸煤码头半潮靠泊	135
杭州港船舶尾气污染排放现状及措施建议	141
浅析船舶冒黑烟成因及管理方法	143
内河水交通事故证据的分析	145
《航海气象》课程教学中的有效方法	148

我国航海本科专业师资现状及发展对策研究	155
我国航海高等教育现状、弊端与改革	160
基于虚拟仿真平台的航海技术专业 GMDSS 课程群场景教学改革	167
从大连“SAE BYOL”轮触礁事故看如何防触礁	171
基于冷应力的 LNG 冷箱管路管夹约束优化	176
四瓦可倾瓦轴承-转子系统临界转速研究	183
基于 GA-PID 的无刷直流电机调速系统仿真研究	189
基于过程管理的船舶燃油质量事故防范及应急处置研究	195
船舶柴油机及其系统安全检查 (PSC/FSC) —— 消防方面的关注点	201
西门子 S7-200PLC 控制系统探索	207
北仑港区新航路航法中重载大型矿船初落靠泊一期大码头的备选航线分析	213
基于 AIS 数据的船舶航行轨迹预测	218
CAPE 型散货船靠泊中宅码头前航经切变流水域的安全分析	226
船舶急流时段过螺头角水域航行风险分析及对策	234
双碳目标下建设绿色宁波引航的一些思考	239
引航登离轮安全现状分析与风险应对	244
浅谈水运企业安全生产标准化建设	249
多桥联动的桥梁防船撞主动预警系统在内河流域的应用	252
玉环西沙门跨海大桥通航风险与对策研究	263
关于滩涂光伏类项目安全管理的主要做法和建议	270
地方船舶建造质量监管的问题与建议	272
浅谈半潜式动力定位钻井平台两点式自抛锚	277
某填海区深厚抛石层钻孔灌注桩成孔工艺比选	282
码头煤堆场防风抑尘网经济效益分析	287
新《海安法》下船舶超等级靠泊码头情形的海事监管及相关建议	292

关于京杭运河二通道通航与安全管理研究

金虹、马轩、施大龙

杭州市交通运输行政执法队

摘要：今年是京杭运河二通道的建成之年，“新运河”呼唤“新监管”，作为行业监管部门，要把风险想在前、准备做在前、工作干在前，提前做好通航前各项准备工作，切实拿出一套社会各界满意的二通道通航与安全管理方案。

关键词：京杭运河二通道；通航；安全管理

引言

京杭运河二通道的建成通航，将打通浙江省内河千吨级航道网的关键堵点，补齐全国水运版图“一纵”（“三横一纵两网十八线”高等级航道规划中唯一纵向高等级航道）最后一块拼图，对于国家推进交通强国、长三角一体化等重大发展战略，浙江建设世界一流强港和高水平交通强省和杭州城市经济发展、打造国际性综合交通枢纽城市都具有十分重要的意义。为保证二通道有序运行，对影响通航条件的各因素进行分析，并进行通航与安全管理研究，有助于提高安全运行效果，提升通航秩序。

1 通航及安全影响因素分析

1.1 航道技术标准

京杭运河二通道航道部分起点位于博陆，与杭申线相接，终点接八堡船闸上游（运河侧）引航道，全长 23.4 公里，为内河限制性Ⅲ级双线航道。航道底宽 45m，面宽 70m，设计水深 3.2m（硬质河床适当加深），最小弯曲半径 480m。桥梁通航净空尺度按照 60 m（宽）×7 m（高）控制，原则上一跨过河。

航道设计最高通航水位 2.4m（85 高程），设计最低通航水位 0.6m。

设计航道断面通过能力为 11000 万吨（双向）。

1.2 码头平面布置

航道内规划有明智、天万、丁塘和下沙作业区，其中下沙作业区采取顺岸式布置，其余作业区均采用了挖入式港池布置。

1.3 锚地容量

航道内设计有待闸锚地，从北到南，依次是东洋埭服务区、南庄应急锚地、前进服务区和德胜远程待泊区，均采用两档停靠。4 个锚地合计只有 28 个锚泊位，仅有东洋埭服务区考虑了海事艇的停靠功能，其余为纯粹的锚地，其中南庄应急锚地无陆域设施，尺度也偏小。

1.4 桥梁通航净空

航道共有跨航道桥 28 座，除沪杭高铁桥立柱进入航道面宽范围内外，其余桥梁均一跨过河。为对既有桥梁桥墩进行保护，对杭浦高速公路主线及匝道桥、德胜快速路大桥、九沙路大桥和沪杭高铁桥进行设计了防护工程。防护工程实施后，杭浦高速公路主线及匝道桥、九沙路大桥、沪杭高铁桥桥区范围内航道底宽不变，面宽有所收窄，分别收窄到 60m、66m、65m 和 60m。保证了全航道桥下 60m（宽）×7m（宽）的净空尺度。

1.5 船闸技术标准

八堡船闸位于京杭运河的最南端，沟通钱塘江和新开挖航道，船闸为Ⅲ级双线单级船闸，闸室有效尺度为 300m×23m×4.2m（有效长度×有效宽度×门槛水深），设计年单向过闸货运量通过能力（双线）为 4200 万吨。

设计一次过闸平均吨位为 7500 吨，日平均工作小时为 20 小时，年通航天数为 310 天。

1.6 八堡船闸通航保证率

八堡船闸多年平均通航保证率 79.1%，以钱塘江正常的连续枯水年最高，可达到 85.7%；丰水年与多年平均数值、设计通航天数接近，保证率 78%。平水年介于两者之间，通航保证率 81.7%。

丰转枯年，连续丰水年中的孤立枯水年以及连续枯水年中的特枯年后第二年，通航保证率仅为 71.6%。

钱塘江在年内同样有洪季和枯季，一般每年 3 到 6 月或 4 到 7 月为洪季，每年 8 月至次年 2 月为枯季，呈现洪冲枯淤的特点，洪水过后，容易出现边滩局部淤积，深槽移位。

2 主要通航及安全存在问题

2.1 锚地资源不足

二通道仅有 4 个锚地 28 个泊位，全程均为标准双线断面，参考鸦雀漾锚地的容量和日均 300 艘船舶的待泊量，一旦八堡船闸出现待闸时间较长或航道内出现事故，航道内的锚地远远不够，极易堵航，加上航道内缺少较宽航段作为缓冲，疏通困难。

2.2 潮汐影响较大

三堡至八堡航段是此次二通航开通后新增的钱塘江侧航段受潮汐影响大，特别是八堡船闸中门及外引航道，涌潮影响天数占全年的 37.4%，通航率受到很大影响，同时呈现洪冲枯淤的特点，每年 8 月至次年 2 月枯季后容易出现边滩局部淤积、深槽移位等。

2.3 管辖存在争议

二通道横跨杭州、嘉兴两地市五个区（县），航道中心线与行政区域界线交织穿插，部分航道位于两地交界处，容易造成管辖争议或多头管理情况。

2.4 执法应急较慢

现有距离八堡船闸最近的港航执法点是海月桥所，约 16 公里，管辖距离较远；现有最近的拖船停靠在富阳老渔山码头，约 40 公里；现有救援船艇不能在 45 分钟到达八堡水域，达不到应急救援要求。

2.5 老运河定位问题

对京杭运河市区段及三堡船闸的定位是辅助通道，在通过能力范围内继续保留货运功能并作为“二通道”的疏通通道，但还没有配套建立主通道和辅助通道的运行规则和管理机制。

3 解题对策研究

为解决上述各项问题，通过制度建设，机制构建以及加大执法保障、应急力量等，推动京杭运河二通道通航与安全管理提质增效。制定《杭州航区干线航道锚地联动保畅方案》、《关于京杭运河二通道试通航期间实施交通管制的通告》、《八堡三堡船闸联动通航方案》、《杭州市交通运输行政执法队水上“三防”应急预案》、《京杭运河二通道水上交通安全监管机制建设专题会议纪要》综合规范通航与安全管理，不断提升执法效能，保障通航安全。

3.1 针对锚地资源不足的问题

3.1.1 健全锚地联动机制。根据二通道船舶流量和密度，制定三级联动保畅措施，同时利用远端管控合理分流，防止船舶密度过大。

一是调整辖区锚地容量，特别是重新调整京杭运河杭州段、二通道、杭申线上锚地船舶容量，合理平衡过闸船舶和辖区装卸船舶停泊问题，最大程度发挥水上锚泊区作用。二是响应分级更加精细化，不同辖区不同时段不同水位的响应分级均有不同，以鸦雀漾锚地、二通道、富阳锚地、杭甬运河、浦阳江船舶流量为主要指标参考点，采用三级响应的方式，逐级

联动。三是合理平衡三堡、八堡船闸流量，日常情况过闸船在进入杭州前可以自行选择三堡或八堡船闸（各船闸禁止通行船舶除外），各锚地达到相应预警时通过两闸间合理分流，达到锚地容量平衡，避免单边拥堵。四是响应范围扩大化，二级预警启动时就要通报临近地市，特别是二通道启动二级响应时过八堡船闸船舶需在湖州、嘉兴就近水域锚泊等待调度指令，一级预警时将采取跨市联动机制，禁止临近地市船舶进入杭州航区。

3.1.2 制定通航规则，明确船舶航行、停泊、避让规则和上行、下行方向，通过 AIS、港易通 APP 等信息化平台向广大船员发布通航规则提醒。一是明确分流措施，由于京杭运河杭州段北星桥至三堡船闸段为五级航道，贯穿主城区，桥多且限制性桥梁多，规则以船舶尺度为主要分流依据，50 米以上船舶（包括集装箱船）过闸的均走京杭运河二通道。二是明确航行秩序，以京杭运河二通道和京杭运河杭州段的通航条件和实际船速和尾浪的情况，明确了各航段的航速要求，以及船舶在航行中掉头、追越等行为的秩序。三是明确锚地功能，为最大限度发挥八堡船闸的通航功能，解决八堡船闸待闸锚地容量小的问题，明确京杭运河二通道沿线锚地、服务区均为待闸船舶专用。四是明确避让行动，以实际水流现状及船舶操纵性能，规定京杭运河二通道接近八堡船闸为上行、远离八堡船闸为下行，进一步细化武林头、新市、博陆岔口的避让行为，明确交汇船舶哪条线来的要让哪条线，将避碰规则转化成实际易操作易理解的模式。

3.1.3 开展通航条件及安全评估。编制交通组织方案、风险评估、改善措施及预案，为通航安全提供技术支撑。

3.1.4 杭申线沿线增设临时应急锚地。缓冲分流二通道流量，避免二通道内流量过大造成堵航。

3.1.5 建立剩余泊位提醒告知系统。参考陆上车位余量告知系统，建立各锚地剩余泊位提醒告知系统。主要思路是通过在各锚地设置高杆摄像机，通过图像识别系统自动判断剩余泊位数量并实时传输至设置在二通道喇叭口东西两侧合理位置的大型显示屏，提醒来往船舶选择锚地进行待闸。也可将剩余泊位告知系统集成到过闸船舶调度系统，船户在手机 APP 里就能时刻关注锚地泊位动向。

3.2 针对潮汐影响较大的问题

3.2.1 联合杭州市公路与港航中心、交投船闸公司制定八堡三堡两闸联动方案，将超尺度船、空载船先行分流至京杭运河杭州段二通道。

3.2.2 要求交投建管公司建立八堡口门维护性疏浚机制。提早加大疏浚预算，做好潮汐预测、航道断面扫测及应急疏浚。

3.3 针对管辖存在争议的问题

以杭州、嘉兴市交通局备忘录为基础，主动与嘉兴交通主管部门商定二通道通航水域“一水一监、高效协同”的原则，由杭州市实施统一管理，具体负责水上交通执法、接处警、事故处理、通航管理、应急处置、锚地联动等。

3.4 针对执法应急较慢的问题

3.4.1 人员装备到位。在八堡船闸、东洋埭服务区各设 1 个执法中队，配备工作人员 28 人，执法艇 2 艘，疏港艇 1 艘，快艇 1 艘，负责相应水域的水上交通监管职责；在二通道前进服务区设置执法驿站，作为日常执法、应急处置临时办公点，应急物资存放点或便民服务点。

3.4.2 应急力量到位。在六堡码头配备 1 艘大马力应急救助船，以应对广大船员对新航线不熟悉，可能发生的搁浅、触碰等事故，第一时间现场处置。此外，要求船闸公司配备一

艘拖轮和一艘吊机船。

3.5 针对老运河功定位问题

在充分研究论证基础上，在二通道足够分担的前提下，老运河除保留必要的“漕运”功能外，可通过三堡船闸限时分流降低高频率通航，为今后实行游船、游艇和货运船舶错时航行创造条件。

4 下一步工作思路

4.1 切实关注八堡口门的应急疏浚，促成形成常态化的高效机制。

4.2 健全完善八堡船闸至三堡船闸这段新航道的监管机制，开展安全课题研究，提供安全理论支撑。

4.3 稳步推进二通道常态化监管，加强安全巡查、隐患排查力度。

4.4 扎实推进交通组织方案，开展方案实施后评估，加强风险评估，开展应急演练或桌面推演，不断完善相应预案。

4.5 加强信息化应用，大力推进非现场检查 and 执法。

4.6 逐步降低老运河货运功能，助力推动发展水上客运、旅游及游艇等新业态经济。

5 结束语

作为杭州交通执法部门应勇挑重任，当好“开路先锋”，尽早适应二通道对杭州港水运带来的重大影响，通过谋划管理方式、主动创新服务内容，扛起建设交通强国的使命担当，为建设人民满意交通提交优质答卷。

参考文献

- [1] 京杭运河二通道通航条件及安全评估[R]. 杭州市综合交通运输研究中心，2022：14.
- [2] 杭州航区干线航道锚地联动保畅预案[Z]. 杭州市交通运输行政执法队，2023：1.
- [3] 关于京杭运河二通道试通航期间实施交通管制的通告[Z]. 杭州市交通运输行政执法队，2023：1.

作者简介：

金虹（女），大学本科，高级经济师，电话 13857110022，电子邮箱 984134504@qq.com，（杭州市交通运输行政执法队，浙江省杭州市拱墅区朝晖路 122 号 310005）
研究方向为船舶通航与安全管理、船舶防污染管理等海事管理

马轩（男），大学本科，工程师，马轩，电话 15968114911，电子邮箱 471167391@qq.com，杭州市交通运输行政执法队地方海事大队，研究方向为船舶通航与安全管理、船舶防污染管理

施大龙（男），大学本科，经济师，电话 18868711946，电子邮箱 279136280@qq.com，杭州市交通运输行政执法队运河港航大队，研究方向为船舶通航与安全管理、船舶防污染管理

基于虚拟仿真试验的椒（灵）江锚地调整方案及对策研究

柳良伟¹，朱忻兰²

（1 浙江交通职业技术学院；2 浙江海港内河港口发展有限公司）

摘 要：基于台州椒（灵）江锚地调整方案，在研读国内相关文献基础上，研究锚地调整方案可行性，针对不同工况（风、流）下，不同船型和不同尺度的船舶在锚地附近水域的锚泊工况问题，构建船舶运动仿真数学模型，采取对典型船舶模拟数据的统计分析的方法，提出各种天气水流工况下调整锚地的对策以及最佳锚地的建议，可为相关责任单位在跨海大桥施工期及营运期对桥区水域实施相关保障通航的管理提供依据。

关键词：虚拟仿真实验；锚地调整；对策研究

0 引言

台州市濒临东海，地处台风多发地区，各港区进港航道水深条件不佳，随着台州港的不断发展，大量海轮需要在外海锚地候潮、避风及检疫，对锚地的需求在不断增加，尤其是在太汛期间大量的船只需要在椒（灵）江内的锚地抛锚避风，锚地资源十分紧张。台州市灵江大闸蟹枢纽工程的建设会对闸下椒（灵）江水域的水深条件和公共锚地面积及其使用造成一定影响，需要对工程建成后锚地锚泊能力进行科学的分析和评估，保障椒（灵）江公共锚地和船舶的通航安全。

在海港工程项目论证研究中，通过计算机开发虚拟仿真试验环境，并开展相应的虚拟仿真试验，针对海港工程的科学性和合理性进行论证和评估，可以为项目决策提供参考依据。在船舶操纵仿真试验研究领域，国内外学者都做了研究和应用。代鑫等^[1]对锚泊作业过程及泊妥后的待闸状态所存在的安全风险进行深入分析，较为全面地对船舶待闸风险因素进行了整理总结。李瑞等^[2]，针对目前国内各项计算仿真拉锚试验都在未考虑“风、浪、流、系泊绳及护舷等因素作用下的船舶运动”的问题，应用 AQWA 计算系泊状态下船舶的运动情况，将此作为输入条件在 SolidWorks 中进行船舶拉锚作业仿真。李兴盛等^[3]，通过在无环境干扰和存在环境干扰下模拟仿真，证明智能靠泊系统数据传输正常、稳定性良好，具有实用价值。从上述内容可知当前涉及船舶虚拟仿真的研究一般针对船舶操纵为主，采用船舶操纵仿真试验来论证锚地调整方面参考文献相对较少。因此，基于船舶虚拟仿真试验的椒（灵）江锚地调整方案及对策研究具有一定参考价值。

1 锚地调整工程概况

台州市椒（灵）江锚地调整方案主要针对灵江大闸蟹枢纽工程闸下椒（灵）江现状 10 块锚地，各锚地特征见下表 1-1、具体布置见图 1-1。

表 1-1 椒（灵）江锚地列表

锚地名称	现状锚地特征			用途	允许锚泊船舶		备注
	面积	底高程	底质		等级	艘数	
	(km ²)	m			t	艘	
灵江水云塘水域临时锚地	0.03	-2.2~-4.5	沙泥	船厂 新建 船舶 舳装 避风			闸上 灵江段
灵江汛桥水域临时锚地（二）	0.16	-4.0~-4.9					
灵江汛桥水域临时锚地（一）	0.13	-1.6~-9.4					
灵江石村水域临时锚地	0.11	-3~-7.1					闸下 灵江段
灵江涌泉段临时锚地（二）	0.12	-5.0~-7.1					
灵江涌泉段临时锚地（一）	0.38	-4.0~-6.0					
三山芦村作业区临时锚地	1.06	-4.0~-5.4					椒江段
台州海门港区机动船锚地	0.43	-7.1~-11.0	泥沙	待泊	5000		

注：海门港港内锚地（一）、（二）、台州海门港区机动船锚地特征值摘自 2015 年 3 月《台州港规划航道资料汇编》（内部资料），其余锚地特征值摘自 2012 年 10 月《椒灵江水域通航安全管理规定》



图 1-1 锚地位置示意图

2 虚拟仿真试验方案

本次船舶虚拟仿真试验需要建立模拟区域的平面数字地图、虚拟视景、六自由度船舶数学模型、确定模拟方案、船舶操纵试验和结果数据分析应用^[4-7]。

2.1 数字海图和虚拟视景的构建

根据实地调研获取试验水域现有锚地、航道等通航要素技术资料和设计单位关于拟建工程设计相关资料，分别将其数字化后，对不同投影方式生成的数字化海图数据进行整理、变换，形成符合本模拟试验要求的数字化平面图^[8]。通过实地调研和采集现有特征（标志性）建筑高分辨率视景影像材料为建模做准备，对实地拍摄视景数据进行预处理，获取真实材质和模型，并用 3D Max 或 AutoCAD 等主流建模工具进行三维模型建立及优化，然后将纹理材质图片进行渲染，生成真实感很强的三维模型^{[9][10]}。

2.2 船舶运动仿真数学模型

根据工程水域水文、气象、航道尺度、船舶特征等环境参数，利用全任务大型船舶操纵模拟器对通航环境进行建模，建立符合实际环境的三维视景系统、建立 ECDIS 海图及具有六自由度（前后、侧移、船首向变化、纵摇、横摇、垂荡）的特征船舶数学模型。模型真实地

模拟本船在开阔水域及限制水域的水动力学特征，真实地模拟本船在锚、车、舵、缆、拖轮作用下的多工况响应。

根据椒（灵）江航道现状主要通航船舶交通流量和尺度信息，本次船舶操纵虚拟仿真试验船型 500 吨级、1000 吨级、3000 吨级典型船型作为试验主要船型。



图 1-2 典型船舶模型图

2.3 虚拟仿真试验方案

结合调研锚地所在水域的实际情况，可以确定：强风向基本也为西北—北—东北。因此可以确定试验风向为：NE、NNE 两种状态。风速按照常用试验风速分类：3 级、6 级、9 级或台风（11 级）。

根据闸下灵江段的灵江石村水域临时锚地、灵江涌泉段临时锚地（二）、灵江涌泉段临时锚地（一）、三山芦村作业区临时锚地四处锚地的实际水文条件：流向基本为顺河道或者逆河道方向（包含潮流），即四个待论证锚地所在水域沿着河道主流方向，测试流速为 1.5 节，3 节，水深条件以电子海图为准。

根据工程代表船型选定与模型建立章节内容可知：500 总吨船舶、1000 总吨船舶、3000 总吨船舶三种船型及尺寸。根据椒（灵）江船舶通航的实际情况，对几种船型的载态可以分为：满载、空载、压载三种。根据闸下灵江段的灵江石村水域临时锚地、灵江涌泉段临时锚地（二）、灵江涌泉段临时锚地（一）、三山芦村作业区临时锚地四处锚地水域的地质情况，基本可以确定锚地地质为泥沙底质。同时，考虑到建闸后会对闸下水域产生一定的冲淤，等深线位置会发生变化，总体趋势是水深条件变成。为了有针对性的掌握建闸前后水深条件对锚泊实验成功的影响，因此在以冲淤后仿真实验为主，适当增加建闸前（现状）的模拟试验。

3 仿真试验分析

（1）建闸前后锚泊条件变化及锚地容量分析结论

根据电子河图开发与仿真试验结果分析，结合河床演变及冲淤情况，针对三山芦村作业区临时锚地、灵江涌泉段临时锚地（一）、灵江涌泉段临时锚地（二）、灵江石村水域临时锚地，在测算锚地面积的基础上，分别从建闸前、建闸后的海图水深大于 2.1m（以-5m 高程线为标准，乘潮最小 2.6m 潮高）锚地水域占锚地水域比重变化、水流条件变化、理想状态下 1000 吨级代表船舶船型的锚地容量、实际限制条件下 1000 吨级代表船舶的锚地容量等结论如表 3-1 所示。

表 3-1 建闸前后锚泊条件变化及锚地容量分析结论表

锚地名称		三山芦村作业区临时锚地	灵江涌泉段临时锚地（一）	灵江涌泉段临时锚地（二）	灵江石村水域临时锚地
锚地		约1050000m ²	约397600m ²	约108500m ²	约122750m ²
建闸前	海图水深大于2.1m锚地水域占锚地比重	约28%	约61%	约74%	约23%
	水流条件变化	平均潮流 0.51-1.7m/s	平均潮流 0.78-2.1m/s	平均潮流 0.79-2.2m/s	平均潮流 1.15-2.3m/s
	理想状态下锚地容量（1000吨）	约8-10艘（风≤3级，流≤1.5节）	约4-5艘（风≤3级，流≤1.5节）	约1-2艘（风≤3级，流≤1.5节）	约2-3艘（风≤3级，流≤1.5节）
	实际限制条件下锚地容量（1000吨）	约6-7艘（风≤6级，流≤3节）	约2-3艘（风≤6级，流≤3节）	约1艘（风≤6级，流≤3节）	约1-2艘（风≤6级，流≤3节）
建闸后	海图水深大于2.1m锚地水域占锚地比重	约19%	约11%	约52%	约21%
	水流条件变化	平均潮流 0.51-1.7m/s	平均潮流 0.68-1.9m/s	平均潮流 0.54-1.9m/s	平均潮流 0.1-0.3m/s
	理想状态下锚地容量（1000吨）	约6-8艘（风≤3级，流≤1.5节）	约4艘（风≤3级，流≤1.5节）	约1-2艘（风≤3级，流≤1.5节）	约2艘（风≤3级，流≤1.5节）
	实际限制条件下锚地容量（1000吨）	约3-4艘（风≤6级，流≤3节）	约2-3艘（风≤6级，流≤3节）	勉强1艘（风≤6级，流≤3节）	约1艘（风≤6级，流≤3节）

（2）建闸后本项目四个锚地适泊性仿真分析结论

根据仿真试验分析，对于满载吃水 4.3m 的 1000 吨级代表船型，建闸后椒（灵）江锚地调整方案中的四块锚地适泊性优劣排序情况为：三山芦村作业区临时锚地>灵江涌泉段临时锚地（一）>灵江石村水域临时锚地>灵江涌泉段临时锚地（二），针对上述四块锚地，均无法实现全天锚泊，根据 2.5 节、3.6 节与 3.8 节分析，以典型潮汐为分析对象，可知四块锚地半日潮（乘潮时间分成两个时间段）总结可乘潮 2.6m 锚泊时间分别为：三山芦村作业区临时锚地约 12 小时，灵江涌泉段临时锚地（一）约 12 小时，灵江石村水域临时锚地约 10 小时，灵江涌泉段临时锚地（二）约 14.5 小时，上述锚地过程中均受到风、流、船舶锚泊操纵等条件的限制，限制条件下的锚泊仿真试验情况如下表：

表 3-2 限制条件下的锚泊仿真试验表

锚地名称	仿真试验条件总结	限制条件下锚泊仿真试验结果总结
三山芦村作业区临时锚地	共计设置 72 场试验，其中成功试验 48 场，失败试验 24 场	1) 通过仿真试验可知，风>6 级且流>3 节情况下，锚泊仿真试验失败率高达 81.25%，不宜锚泊； 2) 风速 6 级情况下（包括流速 1.5 节和 3 节），锚泊仿真试验成功率 71.3%，仿真试验基本问题体现为：船舶蹲底触底、存在一定走锚风险。 3) 在压载和 6 级风以上情况下，船舶受风影响较大，容易出现船舶偏荡造成走锚。 4) 风速 9 级或台风情况下，仿真试验基本问题体现为：锚地锚泊搁浅、锚泊位置偏离锚地、船舶蹲底触底、走锚风险增高、甚至船舶倾覆。

灵江涌泉段临时锚地（一）	共计设置 64 场试验，其中成功试验 33 场，失败试验 31 场	1) 通过仿真试验可知，风>6 级且流>3 节情况下，锚泊仿真试验失败率高达 86.7%，不宜锚泊； 2) 风速 6 级情况下（包括流速 1.5 节和 3 节），锚泊仿真试验成功率为 44.4%，仿真试验基本问题体现为：锚泊位置偏离锚地、船舶蹲底触底、存在走锚风险。 3) 风速 9 级或台风情况下，仿真试验基本问题体现为：锚地锚泊搁浅、锚泊位置偏离锚地、船舶蹲底触底、走锚风险增高、甚至船舶倾覆； 4) 在压载和 6 级风以上情况下，船舶受风影响较大，容易出现船舶偏荡造成走锚。 5) 建闸后该锚地淤积严重，海图水深小于 2.1m 占锚地总面积约 89%，潮汐 2.6m 时，可用锚地水域仅占 11%。
灵江涌泉段临时锚地（二）	共计设置 62 场试验，其中成功试验 18 场，失败试验 44 场	1) 通过仿真试验可知，风>6 级且流>3 节情况下，锚泊仿真试验失败率高达 94.5%，不宜锚泊； 2) 风速 6 级情况下（包括流速 1.5 节和 3 节），锚泊仿真试验失败率也高达 75%，仿真试验基本问题体现为：锚泊位置偏离锚地、船舶蹲底触底、走锚风险增高、甚至船舶倾覆。 4) 在压载和 6 级风以上情况下，船舶受风影响较大，容易出现船舶偏荡造成走锚。 5) 风速 3 级情况下（包括流速 1.5 节和 3 节），锚泊仿真试验失败率也高达 50%，主要体现为锚泊位置偏离。
灵江石村水域临时锚地	共计设置 52 场试验，其中成功试验 48 场，失败试验 24 场	1) 通过仿真试验可知，风>6 级且流>3 节情况下，锚泊仿真试验失败率高达 92.9%，不宜锚泊； 2) 风速 6 级情况下（包括流速 1.5 节和 3 节），锚泊仿真试验失败率为 44.4%； 3) 风速 3 级情况下（包括流速 1.5 节和 3 节），锚泊仿真试验成功率相对较高达 85%，出现问题主要体现为锚泊位置偏离； 4) 在压载和 6 级风以上情况下，船舶受风影响较大，容易出现船舶偏荡造成走锚。 5) 风速 9 级或台风情况下，仿真试验基本问题体现为：锚地锚泊搁浅、锚泊位置偏离锚地、船舶蹲底触底、走锚风险增高、甚至船舶倾覆。

4 对策与建议

1) 从锚地水域面积角度分析，三山卢村临时锚地水域面积最大，水深条件在 2m 左右，且该锚地所处河段江门最宽，锚地容量大，可作为第一选择；从锚地适泊性角度分析，根据表 4-2 总结可知，三山卢村临时锚地相比其他三块锚地而言，适泊性具有一定优势，但在该锚地待闸，将受到风、流、船长操纵能力等条件的限制，在风>6 级且流>1.5m/s 限制情况下，建议原则上禁止锚地锚泊；从锚地锚泊容量角度分析，建闸后，三山卢村临时锚地可以在风速≤3 级、流速≤0.5m/s 情况下，锚泊 6-8 艘船 1000 吨级代表船型船舶，在实际限制条件下（风速≤6 级、流速≤1.5m/s 情况下），锚泊 3-4 艘船 1000 吨级代表船型船舶。

2) 渔船避台的锚泊成功率提高有所提高，但仍然较低，建议如果能进闸往闸上游锚泊则尽量过闸驶向上游锚地避台，建议可以在水深条件较好的航道水域锚泊予以替代，不建议渔船在本项目涉及的四个锚地锚泊避台。

3) 在实际工作中务必依据潮汐表准确推算潮汐信息，确保水深条件能满足船舶安全锚泊，船舶锚泊过程中采用良好船艺进行操纵。

4) 船舶一旦发生搁浅，对人员、船舶和货物将造成极大的威胁，应极力避免。

参考文献

- [1] 代鑫等,浅析三峡坝上锚地船舶待闸风险及监管建议[J]. 珠江水运, 2023(06):42-44
- [2] 李瑞等,基于 SolidWorks 二次开发的船舶拉锚作业仿真研究[J]. 船舶工业, 2016 年 MIS/S&A 学术交流会议论文集 2016: 37-43
- [3] 李兴盛等,船舶智能横向平移靠泊模拟仿真[J]. 价值工程, 2020 (05): 275-278
- [4] 刘志强等,深海工程船锚泊仿真系统[J]. 船舶工程, 2022 (02):115-120
- [5] 曾芬芳等,基于水动力模型的船舶航态的模拟仿真系统仿真学报[J]. 2001 (03):112-116
- [6] 李晓飏等,山区河流码头船舶靠离泊模拟仿真技术研究与应用水运工程[J]. 2017 (06): 171-176+182
- [7] 宋成果,基于虚拟现实的内河航道航标布设的仿真研究[J]. 中国优秀硕士学位论文全文数据库, 2012. 05: 1-81
- [8] 陈晓军等,基于水动力模型的舰船航态的模拟仿真[J]. 中国图象图形学会第十届全国图像图形学术会议(CIG' 2001)和第一届全国虚拟现实技术研讨会(CVR' 2001)论文集, 2001: 609
- [9] Pušić, D.; Lušić, Z. Multi-Criteria Decision Analysis for Nautical Anchorage Selection. J. Mar. Sci. Eng. 2023, 11, 728. <https://doi.org/10.3390/jmse11040728>
- [10] Xuejiao Yang;Bang Wang, Local matrix approximation via automatic anchor selection and asymmetric neighbor inclusion based on feature divergence measure, 10.1016/j.neucom. 2019. 12. 025

第一作者简介: 柳良伟, 浙江交通职业技术学院, 浙江省莫干山路 1515 号, 13806510165, 15618925@qq.com。

复杂水域下大型桥墩钻孔平台水上拖航安全保障研究

李子强¹ 汪益兵¹ 谢广伟²

(1. 浙江国际海运职业技术学院; 2. 舟山引航站)

摘要: 随着我国“海洋强国”战略的深入实施,有大量海工装备不断建造,其移动主要采用水上拖航的方式进行。文章以有别于传统海工装备的大型桥墩钻孔平台为例,针对拖航所经复杂水域的实际情况,结合有关规范、标准和规定,从拖力配备分析、拖缆长度计算、拖航编队设计和航线规划等方面进行拖航安全分析,并针对性提出拖航安全保障建议。

关键词: 复杂水域; 钻孔平台; 水上拖航; 安全保障; 桥墩

随着国家“海洋强国”战略的深入实施,涉海制造业快速发展,大量的海工装备在我国建造,为海洋经济的发展注入了新动力。这些海工装备如石油钻井平台、FPSO、浮船坞、海上施工平台等,自身大多无车无舵无自主航行能力,主要采用水上拖航方式进行移动。海工

装备由于自身尺寸大、惯性大、操纵受限等特点，加之港口水域不仅水深、宽度等受限，还存在流速快、碍航物多、通航密度大、交通管制要求高、环境复杂等因素，使得拖航过程面临诸多危险，一旦操作不当极易引发安全事故，危及自身和周边船舶及航道通航安全，甚至对水域造成污染。目前，国内外学者对大型海工装备水上拖航方案和拖航安全已有不少研究，如李伟^[1]等对大型钻井平台“勘探六号”进江拖航方案进行论证分析，系统分析“勘探六号”进江拖航的主要通航安全风险并提出相关的建议；李伟峰等^[2]针对钻井平台进行拖航阻力计算分析；王桐^[3]等对大型半潜驳进狭窄港池拖带作业进行分析，针对操作难点提出对策建议；陶杰锋^[4]针对拖带大型无动力船舶所需航道宽度及可利用航道宽度进行研究等。当前学者主要集中在对拖航阻力进行计算分析，以及特定水域环境下对特定物体（FPSO、石油钻井平台、遇险船舶等）的拖航风险、影响因素等研究，但针对大型桥梁桥墩施工平台在复杂水域的拖航安全保障研究较少。本文以甬舟铁路西堠门公铁两用跨海大桥桥墩钻孔平台为例，就其在复杂水域下的水上拖航安全保障技术进行研究，以确保其拖航作业安全，保障航道通航畅通。

1 钻孔平台拖航概况

甬舟铁路西堠门公铁两用跨海大桥位于舟山市西堠门水道上，既有 G9211 甬舟高速公路西堠门大桥以北 2.8km 处。由主桥和两侧引桥组成，全桥总长 3105.584m，其中主桥（公铁合建段）长 2664m，采用主跨 1488m 斜拉悬索协作体系桥，建成后将成为世界上跨度最大的公铁合建桥梁。大桥梁宽达 68 米，也是世界同类型中最宽的桥梁。据设计方案，大桥册子岛侧 5#主塔采用直径 6.3 米的钻孔灌注桩基础，是国内直径最大的桥梁钻孔桩基础，基础总体施工方案采取先平台后围堰，钻孔平台桁架在生产船厂加工好后，整体浮运至施工现场。

1.1 钻孔平台概况

钻孔平台桁架横桥向长 98.4m，纵桥向宽 77.2m，桁高 10.9m，在桁架底部设置 24 组独立隔舱体，可提供 9900t 浮力（浮箱高 4.3m），平台浮运结构总重约 7570t，浮箱吃水 3.22m 左右^[5]。平台布置图和实景如图 1~3 所示。

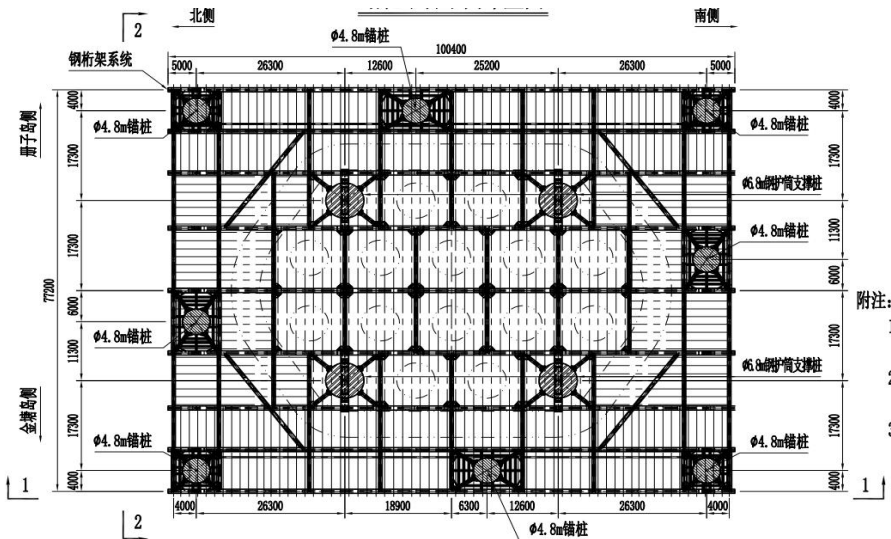


图 1 钻孔平台平面布置图



图 2 钻孔平台侧视图



图 3 钻孔平台俯视图

1.2 拖航环境条件

宁波舟山港中部港区航道航路交织，交通流密集、通航环境复杂，航道水深大、宽度窄、潮流急，流向复杂多变；其灌门航道、龟山航道不仅狭窄弯曲，而且上有桥梁或架空电缆，下有海底光缆或管道；大量渔船在近岸捕捞作业，碰撞事故高发，因此这片水域是最具有代表性的复杂水域。此次拖航从金海重工船厂到施工水域现场，主要经过中部港区的龟山航道、舟山中部西航道南段、西航路、到达西堠门北口。

1.2.1 航道条件

龟山航道按 5 万吨级船舶乘潮双向通航设计，设计通航水深 14.5m。龟山航门峡口以外航道宽 800m、峡口内段宽 500m。瓦窑门山与小黄沙山咀之间跨海电缆垂悬线最低点高程 48.4m(黄海高程)。舟山中部港域西航道最浅水深 10.2m，航道设计通航水深 12.2m，航道控制宽度为 500~1000m。进五虎礁公共航道段宽度按 500m 控制，通航水深近期为 15.5m。规划西堠门大桥支线航道宽度 800m，通航水深 12.5m。

1.2.2 跨海桥梁

拖航沿线途径秀山大桥、舟岱大桥两座跨海桥梁。秀山大桥主桥设计通航净空高度为 54.5 米，通航宽度 778 米；舟岱大桥主通航孔单孔通航宽度 475 米，能满足 10 万吨级油船全潮水双孔单向通航要求，

1.2.3 水文气象条件

舟山海域属于非正规半日潮流海区，每日二次涨、落潮流过程的周期有所差异，潮流强度亦不相同。龟山航门内涨潮为西流，落潮为东流，流速 5~6 节，航门内有急流，流急时不宜航行。本海区属亚热带季风气候区，冬季多偏北风，夏季多偏南风，春秋两季为两种季风过渡期。

2 拖力配备计算分析

2.1 钻孔平台拖航阻力计算

根据《海上拖航指南》(2011) 给出的海上拖航阻力估算方法进行钻孔平台阻力计算：

$$R_T = 1.15[R_f + R_B + (R_{ft} + R_{Bt})] \quad (1)$$

式中：

R_f 指被拖物的摩擦阻力 (KN)；

R_B 指被拖物的剩余阻力 (KN)；

R_{ft} 指拖船的摩擦阻力 (KN)；

R_{Bt} 指拖船的剩余阻力 (KN)。

$$R_f = 1.67A_1V^{1.83} \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$R_B = 0.147 \delta A_2V^{1.74+0.15V} \quad (3)$$

式中：

A_1 指钻孔平台的水下湿表面积 (m^2)，根据平台形状计算 $A_1 = L(B + 2d) = 98.4 \times (77.2 + 2 \times 3.22) = 8230m^2$ ；

V 指拖航速度，根据拖航水域潮流情况，按顶流 3 节、航速 5 节考虑；

δ 指方形系数，平台形状不规则，缺乏线性变化，取最大值 1.0；

A_2 指浸水部分中横剖面积 (m^2)。

根据式 (2) (3) 分别计算平台的摩擦阻力和剩余阻力如下：

$$R_f = 1.67A_1V^{1.83} \times 10^{-3} = 1.67 \times 8230 \times 4.116^{1.83} \times 10^{-3} = 183kN;$$

$$R_B = 0.147\delta A_2V^{1.74+0.15V} \times 10^{-3} = 0.147 \times 1.0 \times 77.2 \times 3.22 \times 2 \times 4.116^{1.74+0.15 \times 4.116} \times 10^{-3} = 2039kN。$$

最后根据式 (1) 可得到钻孔平台的总阻力为 253.8 吨。

另根据《海上平台拖航技术要求》(JT/T1364-2020) 拖船总拖力应足以补偿风、浪、流等作用在海上平台上的总外力，并有足够富余，通常为总拖力的 20%~25%。

因此钻孔平台所需总拖力为

$$253.8 \times (1+20\%) = 304.6 \text{ 吨。}$$

2.2 拖轮拖力配备分析

根据钻孔平台所需总拖力，经与承拖公司商讨研究，拟选用 12000 马力的“浩盈运 7”轮担任主拖；另两艘 4000 马力的拖轮和两艘 6800 马力拖轮担任辅拖，共同完成拖航任务，拖轮资料见表 1。

表 1 拖轮资料信息 (m)

船名	型长	型宽	型深	吃水	马力	备注
浩盈运 7	60	16.4	7.2	5.2	12000 匹	主拖
和达拖 7	31.65	9.8	4.4	3.41	4000 匹	辅拖 1-2
和谐拖 16	31	10.18	4.5	3.05	4000 匹	
舟港拖 31	34.77	11.5	5.3	3.82	6800 匹	辅拖 3-4
舟港拖 32	34.67	11.5	5.3	3.73	6800 匹	

主拖船阻力 R_{FT} 和 R_{BT} ，也按式 (2) (3) 近似计算：

$$R_{FT} = 1.67A_1V^{1.83} \times 10^{-3} = 1.67 \times 1317.6 \times 4.116^{1.83} \times 10^{-3} = 29.302kN;$$

$$R_{BT} = 0.147\delta A_2V^{1.74+0.15V} \times 10^{-3} = 0.147 \times 0.8 \times 85.28 \times 4.116^{1.74+0.15 \times 4.116} \times 10^{-3} = 281.622kN。$$

最后根据式 (1) 可得到主拖轮的阻力为 36.45 吨。同理可得四条辅拖阻力为 36.63 吨。所有拖轮并按照 20%预留，共消耗拖力 87.7 吨。

平台+拖轮总阻力为 304.6+87.7=392.3 吨。

目前所配备5艘拖轮按证书标注其系船柱拖力合计为426吨，大于平台和拖轮组成拖航船队的总阻力392.3吨，因此配备拖航船队拖力能够满足要求。

3 拖缆长度计算

根据《海上平台拖航技术要求》(JT/T1364-2-20)，拖缆和海底间的静态间隙不少于 10% 水深，在开阔水域最小值为 5m，在遮蔽水域或静水中最小值为 2m。拖航过程中拖缆下垂量可按下式计算。

$$H = \frac{\frac{W}{8} \times L^2}{9800F} \quad (4)$$

式中：

H 为拖缆下垂量 (m)；

W 为每米拖缆在水中的重量 (kg/m)；

L 为主拖缆没入水中部分的长度 (m)；

F 为拖船拖力 (KN)。

本次拖航作业，规划航路最浅水深 7.6 米，根据式 (4) 可计算出拖缆长度 L。拖航航路沿线需经过舟山跨海大桥和秀山跨海大桥，根据《舟岱跨海大桥暂行管理办法》规定，拖航总长度超过 300 米的拖航船队，不得进入桥梁航道。综合考虑港内拖航沿线关键点（秀山大桥、舟岱大桥）要求和有关规范计算，主拖缆出缆长度应不超过 100m。

4 拖航编队方案设计

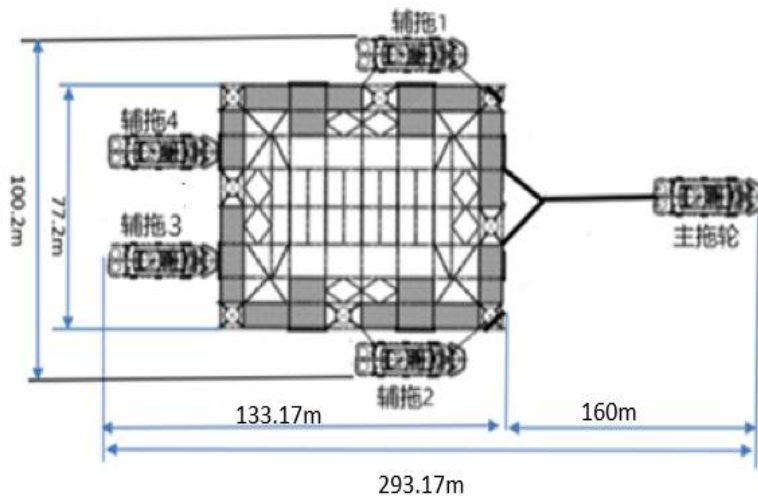


图4 钻孔平台拖航船队示意图

拖带无动力平台时，需同时解决推进、制动、保向和变向等问题。采用吊拖加傍拖的方式，不仅可以很好地控制平台的方向，又可以提供较大的拖力，还能有很好的制动能力。因此本次拖航编队采用 12000 马力主拖轮在前部吊拖，能够提供最大的拖力和较好的操纵性，两艘 4000 马力辅拖在平台两侧傍拖、两艘 6800 马力辅拖在平台后方顶推，不仅能够很好的提供动力，还能协助平台进行转向、控制方向及时调整，防止转向不足造成危险。编队方案如图 4 所示，拖航船队总长度 293.17 米，总宽度 100.2 米。

5 拖航航线规划

钻孔平台在金海重工船坞加工好后，整体浮运至施工现场西堠门北口、册子岛侧。综合平台吃水、对港区交通组织的影响等情况，依据中国人民解放军海军海道测量局出版的现行版海图，并参照浙江海事局发布的浙江沿海公共航路规划设计拖航航线，如图 5 所示。

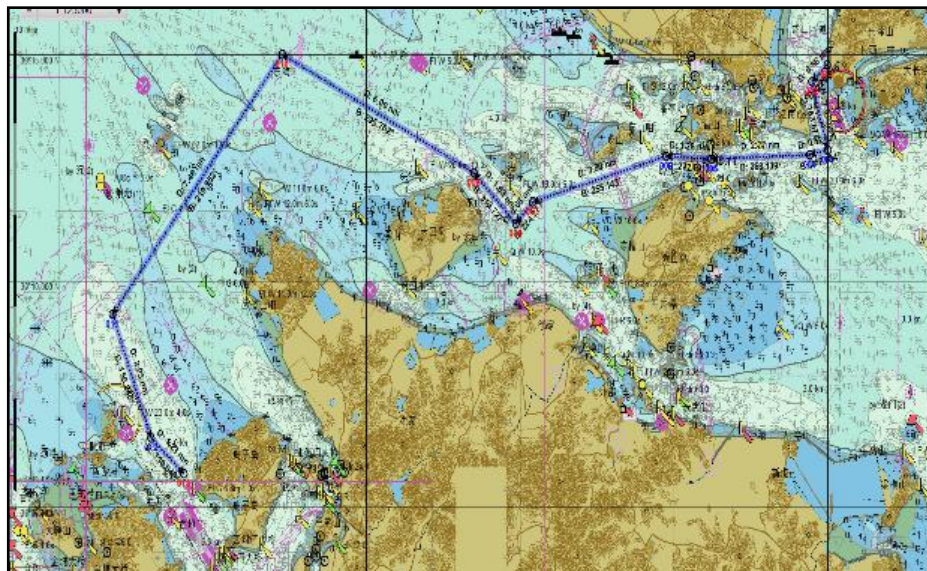


图5 钻孔平台水上拖航航线规划设计

规划航线自金海重工船厂-岱山水道-龟山航道-舟山中部西航道南段-西航路-西堠门北口，共 13 个转向点，航程约 30.6n mile，拖航速度按 4.5kn 考虑，航行时间约 7 小时。

6 拖航作业难点

拖航规划航线离碍航物较近的位置位于岱山水道、龟山航门、舟岱大桥和西堠门北口等；其中在岱山水道与龟山航门连接处、峙中山南侧、大五峙和瓜连山之间等有多个大角度转向点；再者舟山中部港域水上交通流量大，潮流急，拖航沿线小型船舶数量较多，船舶会遇态势复杂，拖航作业风险较大，拖航作业期间应精细化评估风险，运用良好船艺操控拖航船队，并制定应急安全保障措施，以策安全。

7 拖航应急安全保障建议

由于被拖钻孔平台尺度较大（长 98.4m，宽 77.2m），占用航道尺度大，会妨碍在航道内的船舶正常航行，对航道内交通流产生影响；再者拖航所经水域航道航路交织，船舶密度大、通航环境复杂，船舶之间存在一定的碰撞风险，因此，拖航期间应全程申请临时交通管制，并提出如下应急安全保障建议：

1. 明确拖航作业限制条件，考虑到拖航环境复杂、平台设备结构特殊等，应选择在白天实施拖带，严格控制拖带气象条件：公共预报北向风力小于7级，其他风向小于8级；能见度大于2000米；风浪不大于3级。

2. 拖航期间，申请一艘海巡艇在拖航船队前方提前进行扫航，清航；另安排两艘警戒拖船全程护航警戒，一艘警戒船在平台附近进行伴航（必要时作为备用拖轮使用）；一艘警戒船在平台后方应急警戒。

3. 岱山水道狭窄，小型船舶众多，平台出坞及拖航期间禁止南、北方向船舶进入该水道。

4. 从岱山水道大角度右转进入龟山航门时，主拖宜采用多次、小角度逐渐转入龟山航门，两侧辅拖协助平台转向；注意避免涨潮流将拖航船队压向江南山侧的风险。

5. 拖航船队航经秀山大桥桥区水域，禁止任何船舶与拖航船队交汇。

6. 拖航船队航经峙中山南侧水域，转向幅度较大，应充分利用辅拖协助平台转向。

7. 拖航船队航经舟岱大桥桥区水域，注意保持船位在主通航孔中线附近。

8. 西堠门航段，交通流密度大，两艘警戒船应提前布局警戒水域，拖航船队与交管中心保持密切联系；禁止其它船舶在此追越拖航船队。

8 结束语

大型桥墩钻孔平台不仅体量大，而且形状不规则、流线型差，其水上拖航作业无法事先模拟演练，是一项较为复杂且风险较高的工作。此次拖航的成功实施为大型海工装备水上拖航提供了实践经验：首先，相关单位高度重视，拖航前针对拖航所经水域做好从潮汐、潮流、航线关键点及天气情况的评估和拖航阻力、拖带长度等理论计算分析；拖航前，制定详细、缜密的作业方案，并对拖带作业关键性的作业方案、安全技术保障和应急预案等充分论证、严格把关；拖航中，充分借助现有的海事监管资源，向海事部门申请海巡艇护航警戒、必要时受限航段实施清航或限航、VTS 全程跟踪和维护，为拖带作业保驾护航。

参考文献：

- [1]李伟，薛仕中等. “勘探六号”进江拖航的通航安全风险分析[J]. 船海工程. 2016 年第 3 期，163-166
- [2]李伟峰，史国友. 钻井平台拖航阻力计算[J]. 船海工程. 2017 年第 2 期，121-123
- [3]王桐，李军等. 大型半潜驳进狭窄港池拖带作业难点及对策[J]. 航海技术. 2021 年第 11

期, 23-26

[4]陶杰锋. 拖带大型无动力船舶所需航道宽度及可利用航道宽度探讨[J]. 航海技术. 2022 年第 2 期, 14-17

[5]中铁大桥局集团有限公司施工设计事业部. 西堠门公铁两用大桥工程 5#墩基础钻孔平台设计图[R]. 2022

作者简介:

李子强, 浙江国际海运职业技术学院, 副教授, 主要从事交通信息工程、水上交通环境与安全保障研究; 通信地址: 浙江省舟山市临城海天大道 268 号, 李子强 (电话: 18969257066), 邮箱: 408187256@qq.com

汪益兵, 浙江国际海运职业技术学院, 教授, 主要从事交通运输工程、航海技术等方面研究;

谢广伟, 舟山引航站, 高级引航员, 主要从事船舶驾引技术、引航安全保障研究。

综合性院校航海技术专业发展困境及对策 ——以浙江海洋大学为例

艾万政 张洪刚 涂学甄
(浙江海洋大学, 浙江舟山, 316000)

摘要: 在综合性院校, 航海专业发展并不理想, 因此有必要探索航海专业发展困境, 研究对策。本文以浙江海洋大学为例, 研究了综合性院校航海专业发展的瓶颈问题。研究表明, 综合性院校航海专业发展不好的原因主要是因为领导层面重视程度也不够, 没有按照航海专业的特性去发展航海专业。航海专业的发展应采取“因专业施教”、“分类评价”、“人尽其才”、“多渠道招生”等等政策。

关键词: 航海; 人才培养; 师资; 困境; 对策

1 引言

目前, 我国办有航海技术本科专业的综合性院校有十余所, 如大连海洋大学、渤海大学、烟台大学、山东交通学院、浙江海洋大学、宁波大学、广东海洋大学、泉州师范学院、北部湾大学、重庆交通大学等。相对于传统的以航海为主打专业的大连海事大学和上海海事大学, 这些综合性院校的航海技术专业发展困难且进步缓慢。但是, 这些综合性院校航海专业为我国输送了大量的有用航海人才, 且航海专业就业形势很好, 基本都处于供不应求的状况。因此, 有必要研究综合性院校航海专业发展现状, 并提出切实可行的改进措施。

2 航海技术专业特点

想要办好航海专业, 就必须了解航海技术是一个什么样的专业。航海专业的学生将来主要是在茫茫大海上从事船舶驾驶工作。因此, 航海职业具有岗位针对性、国际通用性和国防军事性^[1-3]。职业特点决定了航海技术专业要求学生掌握各方面较丰富的应用型技能。从行业角度出发, 航海技术专业通俗地被认为是“拿来主义”的应用型专业。何为“拿来主义”? 航海技术专业有 7 门主要专业课程^[4-6], 这 7 门课程大致都属于不同的学科门类。例如, 航海学课程属于天文地理学范畴, 船舶操纵课程属于船舶与海洋工程学科范畴, 船舶避碰课程属于海商法学科范畴, 航海仪器课程及 GMDSS 课程属于电子学范畴等等。航海技术专业就是

把这些相关学科的相关课程拿来、重在应用的一个应用型专业。因此航海技术专业对理论要求相对不高，但对实践能力的培养特别突出^[5-7]。航海技术专业的属性，对高校兴办航海技术专业提出了两点要求：其一，在软件方面，教师最好是双师型教师，也就是说航海技术专业的教师不但学历高，具备一定的理论知识，同时还应具备丰富的海上阅历；其二，在硬件方面，航海技术专业需要购置大量的实践设备，如船舶操纵模拟器、电子海图模拟器、雷达模拟器、各种航海仪器等等，办学成本相对较高。

3 困境与原因

航海专业的特点决定了航海技术专业办学必须按其特性行事，否则就会带来一定的困境。事实上，国内很多综合性院校由于专业较多，航海专业也不是学校的主流专业，导致综合性院校航海专业办得不够理想而出现很多困境。

3.1 招生困境及原因

随着独生子女的增加和高校扩招，航海技术专业学生招生人数越来越少，很多综合性院校根本学生人数招不满。以浙江海洋大学为例，2007 年开始，浙江海洋大学开始招收航海技术专业本科学生，学校每年计划招收航海技术专业学生两个班，大约 80 人左右。从招生情况来看，2007 年到 2010 年期间，每个班学生人数均可达到 35 人左右，但自 2016 年开始，学校航海技术专业每个班才招收 20 几个学生。另外，浙江近几年还有个政策，学生在大学二年级阶段还可以转专业，航海专业很多学生觉得航海艰苦，因此转专业的学生也较多。到毕业的时候，航海技术专业平均每个班才十几个学生毕业，教育资源浪费很大。这一现象在很多综合性院校都特别突出，如广东海洋大学、宁波大学等。宁波大学原来航海技术专业招收两个班的学生，现在只招收一个班学生。

综合性院校航海技术专业招生普遍存在以上现象，究其原因，主要包括以下几点：其一，社会偏见使然。中国社会早就形成了一种观念，即认为“航海、打铁、磨豆腐”是最艰苦的行业，航海专业缺乏吸引力。其二，招生模式过于单一。很多院校只是通过高考招生，生源有限，且受到学校办学定位的约束。如浙江海洋大学规定，所有学生的录取分数不能低于本科线。虽然航海专业在招生的时候每年降线 20 到 30 分左右，但还是缺乏吸引力。宁波大学在一本线基础上适当降线录取，招生更加困难。其三，招生身体条件要求过于严格。早几年，全国很多航海专业招生，对视力要求过高，在体检的时候，就将很多学生拒之门外。事实上，航海专业的学生除了毕业后从事船舶驾驶工作以外，有很多学生选择读研、考公务员、进企业工作，本科院校航海专业毕业生选择这些方式就业尤为突出。日本航海专业毕业生很少上船工作，因此他们对视力的要求也没中国那么高。

3.2 人才培养困境及原因

综合性院校专业很多，如浙江海洋大学有 48 个本科专业。学校出台的很多政策，主要是针对大类专业，并没有考虑航海专业的特色，也脱离了航海行业要求，这严格限制了航海专业人才培养质量。如浙江海洋大学为了改革人才培养方案，教务处出台了指导性文件，建议各专业学分不超过 170 学分，且规定必须增加劳动教育课程和创新创业类课程，同时还规定，每学分理论课是 16 学时，而实践课是 15 学时，按照此依据计算任课教师的工作量。表 1 列举了浙江海洋大学部分航海技术专业理论课时。由表 1 可知，学校规定的理论课时减少很多。按照此规定，不但理论课如此，就连很多实践类课程的课时也大大缩水。由此可见，很多综合性院校航海专业教育达不到行业人才培养的标准。

表 1 浙江海洋大学部分理论课程课时

课程名称	学校学时	海事局要求学时	符合性情况对比
船舶结构与设备	40	27	比规定多了 13 学时
航海学	104	96	比规定多了 8 学时
航海仪器	48	83	比规定少了 35 学时

船舶操纵	32	66	比规定少了 34 学时
船舶货运	56	74	比规定少了 18 学时
船舶值班与避碰	40	56	比规定少了 16 学时
航海雷达与 ARPA	32	45	比规定少了 13 学时
航海气象学与海洋学	48	56	比规定少了 8 学时
船舶安全管理	48	52	比规定少了 4 学时
航海英语	72	74	比规定少了 2 学时

又如，在实习实训要求方面，很多综合性院校对航海专业采取的方式与其他专业一样，并没有考虑航海专业的特殊性。在浙江海洋大学，航海专业学生的每一样实训，必须写实训报告，流于形式，这导致很多学生照着别人或说明书抄袭一番，并没有切实提高学生的动手能力。浙江海洋大学学校文件规定，所有专业必须写毕业论文，且论文字数必须达到 15000 字。事实上，世界上很多航海专业并没有强制学生写毕业论文，而是强化学生实习，以实习报告代替本科毕业论文，以强化学生实践能力的培养。如国内航海办学做得比较好的大连海事大学就是如此，台湾高雄海洋科技大学航海专业也是以实习报告代替本科毕业论文。

以上事实告诉我们，国内综合性院校航海技术专业人才培养产生困境的根本原因，主要就是学校管理过于宏观和死板，没有根据专业特性采取“一专业一方案”，导致基层教学组织系缺乏自主性。

3.3 师资困境及原因

航海技术专业应用型专业特性，决定了航海专业的师资最好是双师型教师。但是，在综合性院校想要引进好的双师型教师确实困难。从所周知，全国真正既做过船长，又读过博士的人员很少，况且很多院校没有特殊的政策，且投入不大，真正能引进到这样的双师型高端人才几乎不可能。在很多综合性院校，为了提高学校师资水平，提高学校知名度或达到更名大学、申报博士点的要求，学校大力引进具有博士学位人员充实教师队伍，并没有考虑该引进人员的出身和阅历。很多学校航海专业只重视博士学位，而不考虑引进人员本科阶段是否是读过航海专业，更不考虑其是否在船上干过船舶驾驶工作。如浙江海洋大学航海技术专业引进了几位博士，但大多数本科并非学航海专业，他们多数毕业于电子通信专业、地理专业、计算机专业等，对航海专业的专业课程几乎是一片空白，更不用说航海阅历了。但是对于那些有丰富实践经验的本科船长或硕士船长，学校没有引进政策，也没有引进指标。这样的模式势必导致航海专业的师资越来越弱。

另外，在师资发展方面，航海专业教师也较困难。综合性院校为了提高学校排名和知名度，评职称条件和考核拔得很高，并不考虑教师的阅历。如浙江海洋大学全校一个职称评聘文件，要求航海专业教师评教授跟其他专业一样，必须要有国家基金项目和高质量的 SCI 论文若干篇。航海专业教师职称评聘还必须放在大工科学科组与其他专业的教师一起竞争。众所周知，航海专业是一个应用型专业，试验条件较少，论文难写，项目难做，在各种竞争中均处于劣势地位。这样一来，导致航海专业教师职称难上，十几年来很少有人能评上教授和副教授，教师的积极性非常受打击。很多教师向学校提建议，但学校人事处的回答是，学校规模太小，专业太多，不可能分类评价做得太细。

因此综合性院校航海专业基本都处于一个小专业地位，无论在人才引进还是教师培养方面，航海专业的教师发展均处于不利地位。造成这一现象的根本原因主要是学校不太重视航海技术专业，没有根据专业特点把分类评价和分类考核落到实处。

3.4 资源困境及原因

实践训练是航海专业的重要环节，航海专业实训课程较多（浙江海洋大学航海专业实践类课程见图 1），因此航海技术专业学生培养需要建设较多的实验室，办学成本较高。航

海专业实验室通常包括：跳水平台、救生艇与救助艇、划艇水池、急救实验室、高级消防实验室、船舶操纵模拟器实验室、电子海图实验室、GMDSS 模拟器实验室、航海仪器实验室、雷达实验室、操舵实验室、水手训练实验室、海图作业实验室甚至实习船等等。以上实验室的设备或资料还要不断保持更新。实验室建设不但耗资巨大，而且还需要场地。如，一个船舶操纵模拟器，耗资就要两三百万。但是近几年，综合性院校对航海专业的投资较少，所给场地也受限，这极大地局限了航海技术专业的发展。例如，浙江海洋大学水手撇缆场地，学院几次与学校协调，也没找到合适场地，最终学校同意在足球场划定一块地方用于学生撇缆，但一年以后又被体育部用于沙滩足球。又如，早在七年前，航海专业申请到一个央财项目，资金 270 多万，用于建设学生跳水训练跳台，但学校却没有场地，导致资金又被央财收回。另外，很多学校在申请设备更新或维修时，学校经过层层审批和招投标，手续繁琐，导致实验室设备得不到及时更新。

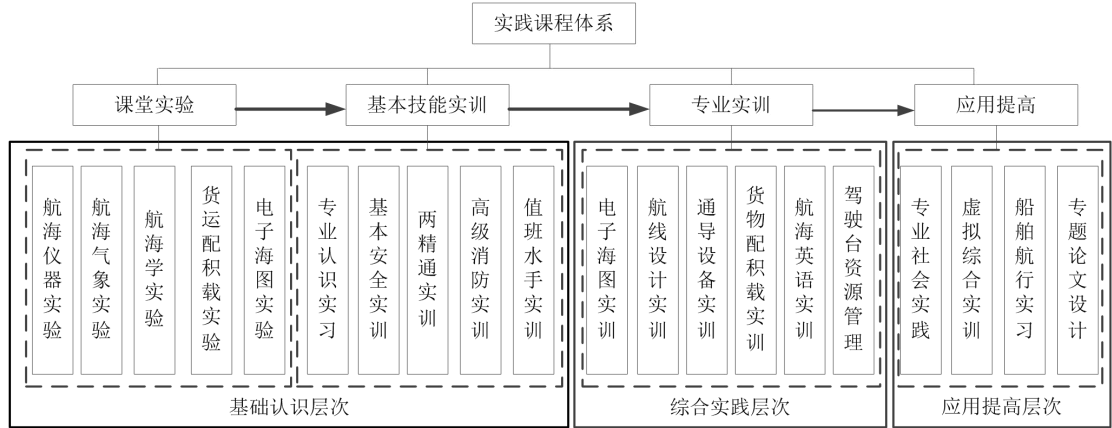


图 1 浙江海洋大学航海专业实践课程体系

航海技术专业办学资源得不到及时保障，根本原因是在综合性院校，航海专业不是学校的主打专业，并不像上海海事大学、广州航海学院、大连海事大学这些以航海为骨干专业的院校那样重视航海专业的发展。因此，在一些综合性院校，航海专业发展不是很理想，这是最主要的根本原因之一。

3.5 社会服务困境及原因

航海专业有很多社会服务项目。社会服务除了能改善学校办学条件以外，还可以有效服务地方经济、提高学校知名度。然而，在综合性院校，社会服务工作遇到很多瓶颈问题，导致社会服务工作较难开展。如浙江海洋大学地处东部沿海的舟山市，船员资源特别丰富，不但有很多商船船员，还有很多渔船船员。据相关资料统计，舟山船员数量大约占到全国的十分之一。每年到浙江海洋大学参加船员培训的人员络绎不绝，甚至很多船员报名培训都需要托关系或排队。但是遗憾的是，浙江海洋大学很多船员培训项目均不开办。究其原因，一方面是在船员培训多时，师资忙不过来；更重要的一点是，教师对船员培训毫无兴趣。因为在浙江海洋大学，船员培训课时很低，学校把教师平时发的课时费纳入年终绩效，而年终绩效总量是受控制的，这就意味着平时培训规模越大，教师的培训课时费发得越多，占用的绩效也越多，年终绩效奖金发得就越少。这就导致一个怪现象，那就是培训（社会服务）越多，导致教师的收入越少。产生以上怪现象的原因是学校不重视社会服务，在政策上没有理顺责-权-利之间的关系。

4 对策

航海专业有其专业的特殊性，但在一些综合性院校，航海专业发展并不理想，甚至遇到种种困境。为了办好航海专业，学校应采取强有力措施，有的放矢，提高航海专业办学质量。

4.1 在生源方面，大力拓展生源渠道

航海专业生源主要依靠高考招生，这一渠道过于单一，且要求较高，因此有必要改变这一现状。关键是做好以下几个方面：其一，除了高考招生外，多尝试从中职学校招生，专升本招生。这一点浙江海洋大学做得比较好。近几年浙江海洋大学为了改变航海专业招生单一的现状，采取了“3+4”人才培养模式，也就是在中职院校-舟山航海学校招生，学生初中毕业后，在舟山航海学校学习3年，然后通过适当选拔进入浙江海洋大学读4年本科。这一政策大大拓展了航海专业的生源。同样，高职院校是航海专业人才培养的重要基地，综合本科院校也可考虑“2+2”模式，从高职院校招收航海技术专业本科生。其二，在招生的时候，对部分考生可适当降低视力要求。因为航海专业很大一部分学生并没有到船上就业，而是去了企事业单位或考研，这一点在本科院校很突出。针对这一部分学生，学校招生的时候应适当降低视力要求，让学生签订承诺书，承诺不能上船从事船舶驾驶工作。其三，学校可出台政策，适当限制航海专业的学生转专业。因为航海专业的学生在招生时是提前批招生，且高考分数比有些专业要求低，适当限制他们转专业也是合理的。

4.2 在人才培养方面，做到“因材施教”

“因材施教”是我们大力提倡的育人方法，同样，对于各专业，因各专业有其特殊性，更应该“因材施教”。学校应改变管理模式，不能过于死板，不能太集中统一。航海专业人才培养应该尊重航海行业特性，尊重基层组织的意见、海事意见及航运企业的意见。在人才培养方案中，可根据我国航海人才薄弱的环节设置相关课程。如，我国远洋船员普遍英语应用能力较差，可以考虑在人才培养方案中增加国外人文或航海文化方面的英语类课程，也可增加中国航海史类课程，以激发学生探索航洋的兴趣。

4.3 在师资发展方面，做到“分类评价”

在教师考核和评职方面，国家大力提倡破“五唯”。破“五唯”的根本目的就是要破除人才的单一评价体系，让行业需要的有用人才脱颖而出。综合性院校可针对航海专业的特点，制定接地气的人才评价模式。如，可将教师的海上资历证书作为评价的一部分，也可将航海培训创收作为考核依据之一。教师在职称评定的时候，可认定行业杂志取代SCI杂志。这一点，武汉理工大学做得很好。武汉理工大学采取分类评价，对一两个有相似性的专业采取一个评判标准。航海专业的教师在评职称时，行业内的《中国航海》杂志，被学校认定为A类期刊，等同于其他专业的SCI期刊。同样，像大连海事大学、上海海事大学、武汉理工大学等老牌航海院校，他们在职称评聘中，对航海阅历丰富的教师采取单独的评聘标准，这一点也值得推荐学习。国外有些航海专业规模比较小的院校，他们教师在职称评定时采用第三方行业评价，也值得借鉴。

4.4 在资源和社会服务方面，做到领导重视，责权利统一

在很多综合性院校，很多领导并不是航海专业出身，他们也不太了解航海专业。因此，学院及航海专业教师应做好宣传工作，让领导能够理解并重视航海专业。因为航海专业比较小，很多综合性院校并没有成立海运学院或海事学院，航海专业往往是和其他专业拼凑成一个学院，学院领导一般也不是航海专业出生，这对航海专业的发展也不利。因此建议在有条件的情况下，还是将相近专业成立一个学院，以便能合理利用并争取到相应资源。因为有学院在，集体发声，无论在职称评定、考核、实验室建设等方面，可以将资源利用到极致。学校层面也因充分放权给二级学院，积极推进二级管理，充分发挥并调动二级学院的自主能动性。

在社会服务方面，学校应将培训课时费与年终绩效脱离，尝试企业模式运作，鼓励教师参与社会服务，按照“按劳取酬、多劳多得”的模式进行分配。善于科研的鼓励科研，喜欢教学的鼓励教学，参与社会服务的鼓励创收，做到人尽其才。同时学校社会服务的创收，可以改善航海专业的设施设备，也可用于人才引进，实现良性发展。

5 结论

航海专业是一个实践性很强的专业,在我国综合性院校,航海专业得不到较好发展,主要原因是没有根据航海专业的特点来发展航海专业,学校也没有充分重视。因此,在综合性院校,航海专业要发展,必须采取相应措施,做到“因专业施教”、“分类评价”、人尽其才、多渠道招生等等。

参考文献

- [1] 王宏明. 高职航海院校师资队伍建设的思考[J]. 航海教育研究, 2007(4):20-21.
- [2] 叶明君. 航海职业教育师资队伍建设所面临的问题分析与对策[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2006(2):47-50.
- [3] 王正荣. 建议探索职业教育本科、硕士、博士培养模式[EB\OL]. (2004-02-26). <http://www.newssc.org>.
- [4] 王红伟. 我国高等院校国际航运人才培养模式研究[D]. 上海: 上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院, 2011.
- [5] 王丽铮, 袁萍, 刘祖源. 船舶与海洋工程本科专业人才培养模式探讨[J]. 船海工程, 2008, 37(4), 148~155.
- [6] 王静波, 王川. 亚洲几国航海教育现状及启示[J]. 航海教育研究, 2009, 3, 28~33.
- [7] 赵健, 张吉平, 何庆华. 新加坡航海教育及船员培训体系考察与借鉴[J]. 航海教育研究, 2009, 2, 41~45.

第一作者简介: 艾万政(1971-)男, 博士, 教授, 甲类大副, GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任。研究方向: 航海技术

基于雷达船舶海上模拟避碰系统的研究

徐天奇, 安天圣, 毛旭东

(宁波海运股份有限公司)

摘要: 为了能更方便和有效地训练船舶驾驶员的避让操纵水平, 使用 Python 语言开发了一套基于 FURUNO FR-28x7 系列雷达界面^[1]的船舶海上模拟避碰系统。通过设置船舶避让场景, 建立船舶操控和运动模型, 利用局域网远程控制目标船运动参数, 可完成特定避碰局面的设置。设计了一种船舶避让水平的评估模式, 经过初步推广, 取得了良好的训练和评估效果。

关键词: 雷达模拟器 避碰 Python

0 引言

雷达是最重要的海上助航仪器之一, 在船舶航行避让、陆标定位中起到关键作用, 尤其是能见度不良条件下航行时, 是驾驶员最主要的瞭望手段。国际国内法规针对雷达模拟器和船舶驾驶模拟器的培训均有明确的要求^[2], 但限于硬件设备经费和场地的原因, 只有少数航海院校有比较完善的模拟驾驶舱, 且模拟器型号比较少, 更新速度慢, 和船上实际在用的设备型号不匹配, 很难取得理想的培训效果。海上交通环境日趋复杂, 对驾驶员避碰和操纵水平提出了更高的要求。因此, 有针对性地为船东和船舶管理公司开发一套多功能的雷达模拟避碰系统既可以节约成本又有助于提升公司安全管理水平和船员素质^{[3]-[5]}。

1 系统构架设计

1.1 功能模块的划分

海船船员培训模拟器技术要求中对雷达模拟器的要求是能够模拟真实雷达功能、性能和

操作，实现雷达观测、定位、导航和避碰仿真。我们针对该技术要求，将系统分为五个功能模块：雷达界面仿真、船舶运动参数的设置与计算、本船操纵模式及物标显示、目标船远程控制、操纵记录的保存与回放，如图 1 所示。

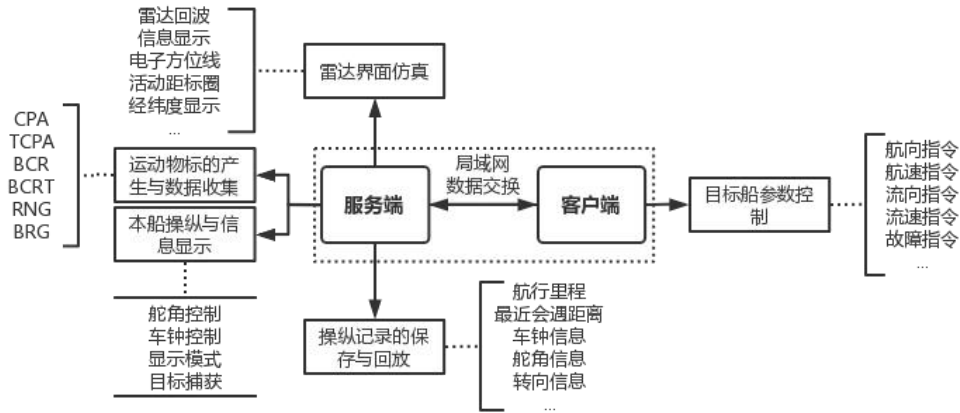


图 1 雷达模拟避碰系统构架设计图

1.2 编程语言的选择

Python 是一种开源的解释型脚本编程语言，具有简单易用、免费开源、速度较快、丰富的标准库、可移植性等特点，因此选择 Python 语言进行雷达模拟器的源代码编写。

1.3 系统框架搭建

设置和调试系统参数使之能够在本机电脑命令行窗口响应 Python 交互式的命令，然后安装 Pycharm、Jupyter Notebook 等第三方编译工具进行代码编写和调试。

Pygame 在 SDL (Simple DirectMedia Layer, 使用 C 语言编写的多媒体开发) 的基础上开发而成，它提供了诸多操作模块，比如图像模块、声音模块、输入/输出（鼠标、键盘、显示屏）模块等，非常契合我们对雷达模拟器的开发要求，因此本程序大部分功能均基于 Pygame 库开发而实现。

2 船舶运动参数的设置与计算

2.1 避碰局面的设置

海上船舶操纵避让局面复杂且存在诸多不确定性，如采用固定避碰局面，虽然能有针对性地提高操作人员对避碰规则的熟悉程度，但会造成避碰局面单一，缺乏灵活性等缺点，无法模拟真实海上通航环境。如完全采用随机避碰局面，则有可能不能全面覆盖几种典型的避碰局面。所以本程序采用的是固定+随机目标的方案，任何一次避碰局面的模拟都能覆盖超越、交叉、对遇等典型的避碰局面^[6]，然后在此基础上，随机生成一些目标船舶，增加避碰局面的不确定性。

2.2 船舶运动参数的设置

根据海上实际情况，设置了五种类型船舶及运动特点，如表 1 所示。

表 1 目标船舶运动参数设置

船舶类型	速度（节）	运动特点	可否协调避让
渔船	2-10	可能随机改变航向和航速，模拟海上渔船护网、转向等常规动作	否
货船	10-16	原则上保速保向	可以
高速船	20-26	速度和航向可能会随机小幅变动	可以
失控船	0	对水速度为 0，随流漂航	否
锚泊船	0	对地速度为 0，不随流漂航	否

2.3 船舶运动数据的计算和显示

设本船航速为 V_0 ，航向为 C_0 ，横向移动速度为 $V_{0x}=V_0*\sin C_0$ ，纵向移动速度为 $V_{0y}=V_0*\cos C_0$ ，目标船真航速为 V_1 ，航向为 C_1 ，横向移动速度为 $V_{1x}=V_1*\sin C_1$ ，纵向移动速度为 $V_{1y}=V_1*\cos C_1$ ，由于雷达本船位置相对固定，则目标回波总是相对本船运动，目标视运动航速为 V_2 ，横向移动速度为 $V_{2x}=V_{1x}-V_{0x}$ ，纵向移动速度为 $V_{2y}=V_{1y}-V_{0y}$ 。将运动矢量转化为程序可识别的坐标值，即可在对应位置显示新的目标船回波。

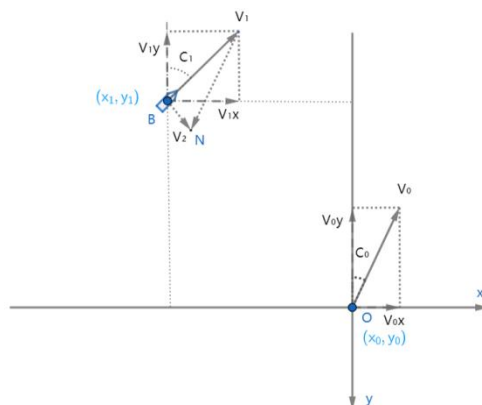


图2 目标船相对运动速度矢量合成图

3 本船操纵模式及信息显示

3.1 本船操纵模式

默认本船初始舵角为正舵，使用键盘左右方向键控制本船舵角，长按方向键，舵角会持续变化，根据舵角的大小设定相应的旋回速率，以此来控制本船转向。

默认本船初始车钟为停车，使用键盘上下方向键控制本船车钟，点按一次加或减一车，根据设定的车钟以及当前航速逐步加或减速到对应的航速，以此来控制本船航速。

其他诸如改变显示量程、查看目标船信息及与本船会遇参数、调节 EBL（电子方位线）和 VRM（活动距标圈）、切换真运动和相对运动显示模式、切换艏向上和北向上显示模式、改变真运动矢量线长度等功能均可通过鼠标和键盘进行操控。

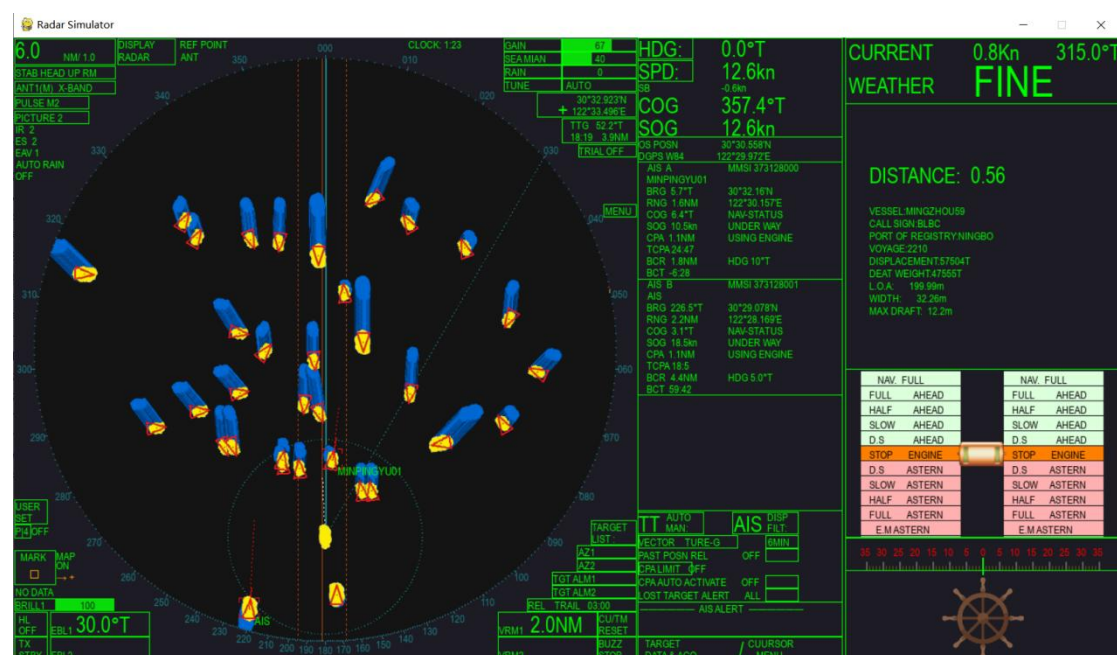


图3 基于雷达船舶海上模拟避碰系统操作界面

3.2 本船操纵后目标船的运动参数修正^[7]

本船操纵后，目标船在雷达显示面板上的运动参数也将发生改变。本船加减车，则仅需要根据本船改变后的瞬时横向和纵向速度分量对目标船的移动速度进行修正。而如果是本船转向，则又主要分成两种情况：北向上和艏向上显示模式。

北向上显示模式下，雷达面板上的方位圈始终保持 000° 在正上方显示，本船转向时，船首线始终跟踪实际航向而随之转动，其他目标船则仍按照自己的航向航速运动，所有目标回波的真方位保持不变。本船转向后的新航向为 C_0' ，则北向上显示模式下本船的横向移动速度 $V_{0x}' = V_0 \sin C_0'$ ，纵向移动速度 $V_{0y}' = V_0 \cos C_0'$ ，目标回波的视运动根据本船新的纵/横移动速度进行矢量合成即可得到新的目标回波坐标值。

艏向上显示模式下，雷达面板上的方位圈始终保持本船艏向在正上方显示，本船转向时，所有目标回波均需要以与本船距离为半径，同步反向做圆弧运动，并且视运动参数要根据本船的转向角度进行同步修正，方位线和航线等信息标记亦需要以本船为圆心进行同步反向转动。这里需要用到极坐标系的直角坐标系的相互转换，如图 4 所示，本船船位 (x_0, y_0) ，原航向 C_0 ，目标船船位 (x_1, y_1) ，目标回波运动方向 C_1 ，目标船至本船的距离 $\gamma = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}$ ，根据三角几何关系作图，得到 $\angle \alpha = \arctan((x_0 - x_1)/(y_0 - y_1))$ ，本船转向后的新航向为 C_0' ，航向改变量为 $\Delta C_0 = C_0' - C_0$ ，目标船回波以本船为圆心、距离 γ 为半径同步反向移动，则 $\angle \beta = \angle \alpha + \Delta C_0$ ，目标船新的回波坐标 $x_1' = x_0 - \gamma \sin \angle \beta$ ， $y_1' = y_0 - \gamma \cos \angle \beta$ ，目标船回波的新运动方向 $C_1' = C_1 - \Delta C_0$ 。在目标船因为本船转向而进行位置修正后，再根据目标船移动速度和新运动方向计算纵横移动速度并进行矢量合成即可得到回波新的回波坐标值。这里还需要特别注意两个问题，一个是目标回波跨象限运动时三角函数值的正负转换问题，第二个是当 $y_0 = y_1$ 时 $\angle \alpha$ 值计算逻辑错误的问题。

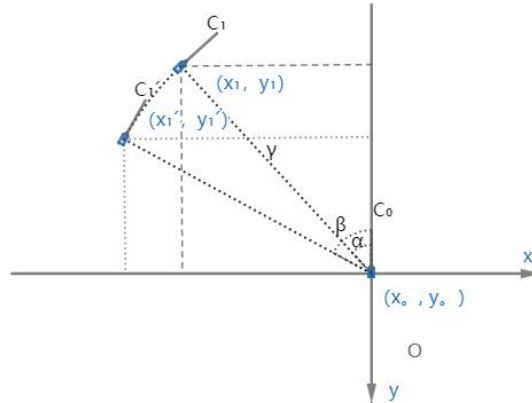


图 4 本船转向后目标回波位置修正图解

在有风流的海况下，目标回波的移动速度还需要进行风流压差修正，由于船舶水上部分各方向受风面形状复杂，很难精确计算受风面积大小，且风相对于海流对船舶运动影响较小，为简化运动模型，本程序只考虑海流对船舶运动的影响。

3.3 目标船回波及尾迹显示

航海雷达上的目标船尾迹是由于雷达天线有规律地扫描目标船而产生的回波阴影残留，所以本程序采取同样的设计逻辑，将程序开始运行后每一个历史时间节点的目标船回波坐标 (x_1, y_1) 作为一个元组，按照时间顺序储存在固定长度的数据列表中。在所有列表中的坐标处显示蓝色，作为目标船的历史回波阴影，即目标船回波尾迹。通过控制列表的数据长度来设定目标船回波尾迹的显示时间。

3.4 其他运动参数的计算

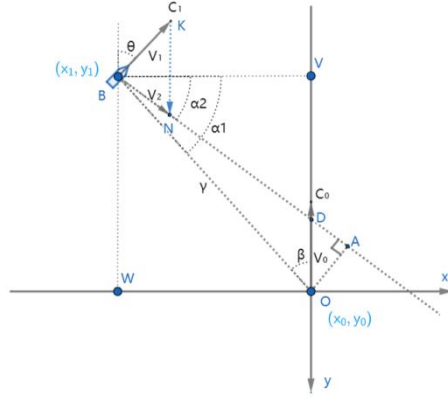


图 5 目标船运动参数计算图解

3.4.1 最近会遇距离 CPA，最近会遇时间 TCPA

如图 5 所示，本船船位位于 O 点 (x_0, y_0) ，航速 V_0 ，航向 C_0 ，目标船船位位于 B 点 (x_1, y_1) ，目标船航速 V_1 ，航向 C_1 ，目标船至本船的距离 $\gamma = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}$ 。船舶相对运动态势不受海流因素和雷达显示模式的影响，所以假定在艏向上显示模式下，目标船的视运动方向 $\angle \theta = C_1 - C_0$ 。在目标船速度矢量顶点 K 处添加与本船速度大小相等、方向相反的向量 $\overrightarrow{KN}$ ，对目标船与本船单位移动速度进行矢量合成，得单位相对移动速度

$V_2 = \sqrt{(V_1 \cdot \cos \theta - V_0)^2 + (V_1 \cdot \sin \theta)^2}$ 。作 BN 线段的延长线，过原点 O 作该延长线的垂线，得到线段 OA 即为目标船相对本船的最近会遇距离 CPA。则根据三角函数关系，可以得到 $\angle \alpha 1 = \arctan((y_0 - y_1)/(x_0 - x_1))$ ， $\angle \alpha 2 = \arctan((V_1 \cdot \cos \theta - V_0)/(V_1 \cdot \sin \theta))$ ，最后得到 $CPA = \gamma \cdot \sin(\alpha 1 - \alpha 2)$ 。

目标船从 B 点运动到 A 点的时间即为最近会遇时间 TCPA， $TCPA = \gamma \cdot \cos(\alpha 1 - \alpha 2) / V_2$ ，如果 A 点在目标船相对运动方向的前方，则 TCPA 为正，否则 TCPA 为负，表示目标船已驶过最近会遇距离点。

3.4.2 过船头距离 BCR、过船头时间 BCRT

如图 5 所示，BA 线段在经过 y 坐标轴时，交于 D 点，线段 OD 即为目标船过船头距离 BCR， $BCR = (y_0 - y_1) - (x_0 - x_1) \cdot \tan \alpha 2$ ，同理根据三角函数也可方便的计算出 BD 距离和过船头时间 BCRT。

3.4.3 目标船距离 RNG、目标船方位 BRG

如图 5 所示，目标船距离 RNG 即 $\gamma = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}$ ， $\angle \beta = \arctan((x_0 - x_1)/(y_0 - y_1))$ ，则目标船方位 $BRG = 360^\circ - \angle \beta$ ，这里要注意目标船在不同的象限内时可能需要进行圆周方位修正。

4 基于局域网的目标船运动参数控制

4.1 模块设计的意义

虽然本程序在目标回波生成和运动参数控制方面采取了固定+随机的设定方案，增加了避碰局面的复杂程度，基本上覆盖了典型的避碰局面，但也因为避碰局面的过于复杂和不确定性，不能完全按照培训教员或考核人员的意图进行特定局面设定或考核。所以本程序设置了通过局域网客户端来控制其他目标船舶，以便于针对被培训或考核的人员制定更个性化培训或考核方案。

4.2 模块功能的实现

Socket 称为套接字，是基于协议的通信套件，Python 可以通过 Socket 快速实现网络不同主机间通信。采用 C/S 模式网络架构^[8]，将雷达模拟器所在的电脑设置为服务端持续监听

并响应来自客户端的指令，在局域网内另一台电脑上安装客户端，利用 IP 地址绑定雷达模拟器服务端，按照需求发送特定指令至服务端。客户端可以发送的指令包括目标船运动参数的修正、流速流向修正等，甚至还可以发送主机故障、舵机失灵、能见度不良等指令模拟船舶应急操纵场景。

5 模拟器操纵记录保存与回放

为了便于考核操作者的船舶避碰能力，本程序记录了与周围船的会遇距离和目标航行距离作为客观评判依据^[9]，如瞭望、车舵使用、局面判断、船位船速控制、避让行动的合理性和有效性等偏主观评价内容则通过评估表的形式，由教练员或评估员现场进行评判。为了保证评估结果的准确和公正，以及便于作为案例用于教学等，本程序将全部操作过程采用视频形式予以保存备查。

6 结论

通过系统构架设计、避碰场景的模拟、船舶运动数学模型的建立，基于 Python 编程语言实现了对 FURUNO FR-28x7 系列雷达的界面和功能模拟，又通过局域网实现了对目标船运动参数的实时控制，能够较为真实的模拟不同复杂场景的船舶避碰局面，最后针对本程序提出了合理的船舶操纵避让水平的评估方法。在公司的某次技能比赛中，就采用了本程序作为船舶应急避碰项目的比赛用模拟器，经过验证，对参赛人员的考核评估相对公正和客观。本程序为船舶管理公司选拔和培养航运人才提供了新的方式，有一定的推广意义。

参考文献：

- [1] PENGJIE WANG, HONGXIANG REN, YE ZHANG, et al. Development of Android-based FURUNO radar simulation training system[C]. //International Symposium on Computer Applications and Information Systems (ISCAIS 2022): Shenzhen, China. 25-27 February 2022. :Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1:1225009-1-1225009-8.
- [2] 周世波,熊振南. “航海雷达模拟器”实操教学改革探讨[J]. 集美大学学报(教育科学版), 2010, 11(4):95-97. DOI:10.3969/j.issn.1671-6493.2010.04.024.
- [3] 邱志雄,卓永强. 在 PC 单机上模拟训练雷达海上船舶避碰[J]. 航海技术, 2001(4):31-32. DOI:10.3969/j.issn.1006-1738.2001.04.021.
- [4] 李业,任鸿翔,尹金岗. 一种新型雷达模拟器的设计与实现[J]. 舰船科学技术, 2017, 39(1):122-126136
- [5] 李小涛,代广树,任鸿翔,等. 基于 Android 系统的船用雷达仿真系统研究[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2018, 30(5):718-723. DOI:10.3979/j.issn.1673-825X.2018.05.020.
- [6] ZHANG, MINGYANG, MONTEWKA, JAKUB, MANDERBACKA, TEEMU, et al. A Big Data Analytics Method for the Evaluation of Ship - Ship Collision Risk reflecting Hydrometeorological Conditions[J]. 2021, 213(Sep.):107674.1-107674.21. DOI:10.1016/j.ress.2021.107674.
- [7] 林莉. 雷达模拟器的目标处理技术[J]. 系统仿真学报, 2000, 12(3):266-269. DOI:10.3969/j.issn.1004-731X.2000.03.026.
- [8] 韩晓光,吴晞,郑环宇. 基于局域网的避碰模拟训练系统开发[J]. 中国航海, 2011, 34(4):81-84. DOI:10.3969/j.issn.1000-4653.2011.04.018.
- [9] 王德龙,任鸿翔,肖方兵. 船舶操纵模拟器单船避碰自动评估系统[J]. 中国航海, 2015, 38(1):44-48. DOI:10.3969/j.issn.1000-4653.2015.01.010.
- [10] Jedrzej D. The Open-Source Framework for 3D Synthetic Aperture Radar Simulation[J]. IEEE ACCESS, 2021, 9.

作者简介:

徐天奇(1988—)男,山东德州人,本科,大副,研究方向为船舶安全保障等。

E-mail: xutq@nbmc.com.cn

安天圣(1995—)男,辽宁朝阳人,硕士,研究方向为船舶安全保障等。

Email: ants@nbmc.com.cn

毛旭东(1981—)男,浙江宁波人,硕士,远洋船长,高级工程师,注册安全工程师,研究方向为船舶安全管理、航海技术、船员心理学等。

Email: MaoXD@nbmc.com.cn

关于提升温州航运企业安全管理能力的探讨

陈定进¹ 黄友标²

(1 温州进兴船务有限公司, 2 龙港市经济发展局)

摘要: 本文针对温州部分企业安全管理人员能力不足、履职不充分的问题,提出了增强管理人员管理能力的措施。

关键字: 提升 航运 管理 探讨

近年来,随着《安全生产法》修改实施及主管机关大力督促消除安全风险隐患,降低安全生产风险,压实企业主体责任等工作的开展,温州航运安全生产事故出现了显著的下降趋势。但个别企业安全生产的一般事故仍然时有发生。排除个别原因外,航运企业管理人员的管理能力不足是重要原因。影响企业安全生产的原因是多种的,其中人作为安全生产工作的执行者、实施的主体,是起到至关重要的因素。在人的所有生产工作中,管理人员又是这个主体中起到了核心作用。强化对企业管理人员能力的提升,对航运企业做好安全管理工作有着至关重要的作用。

一、温州地区航运企业管理水平现状及需要解决的问题

1、现状研究

(1) 个别温州航运企业的法人对安全生产管理不重视,企业安全管理人员为非专业的安全管理人员或是一些年龄较大,业务能力不强的人员。一方面专业不对口,对航运企业安全生产过程中的风险不了解,对隐患理解不到位,不能有针对性采取有效安全管理措施。另一方面年龄较大,体力不足,无法保质保量的完成现场检查、监督管理,保持持续关注,存在安全隐患。

(2) 个别温州航运企业的安全管理人员专业技术素质不高,对船舶安全航行的基本规律、基本理念和常识不清,对安全管理管什么、怎么管、管多深认识不到位。安全管理工作很多时候停留在表面,比如做培训只搞通识教育,不针对具体岗位特点,缺乏足够的针对性;查违章只看几项表面项,不从深层分析各类隐患与违章的根本原因等情况普遍存在。

(3) 部分温州航运企业的安全管理人员没有明确的成长路径,重视企业安全管理工作的企业,安全管理人员往往会选拔一些资深海机务人员,往往出现自身技术过硬,但是管理公司船舶缺乏有效手段。我见过一些企业管理人员常靠“喊”来让基层工作人员来盲从。只注重本专业的技能而忽视管理沟通等方式必然产生一系列风险。随着现在船员就业供不应求,这种风险日益显现。

(4) 由于历史原因,一些温州航运企业安全文化建设还处在较低层面上,普遍只是完

成简单的文化上墙,在精神文化、行为文化、物质文化等层面上比较空缺。国际航运公会(ICS)强调有效的安全文化就是始终把安全和防止污染工作放在最优先考虑的位置。航运公司和船舶人员工作的随意性、不安全性都是对这种有效安全文化的违背。

(5) 安全管理人员通常不被理解。企业想要提高管理实效,必须配合强有力的考核手段,这会让想安于现状的员工有意见。最近五年,年轻化、高学历能力强的管理人员快速成长,为了更好的改变管理现状,提升管理实效,年轻人往往会推出一些新方案。一些航运公司有资历的管理人员不能及时跟进、对新方法新方案比较排斥。

(6) 最近几年以来,国家对安全生产领域发生的事故加大了违法处罚力度,对事故企业安全管理人员处罚力度的加强,但是一些省份仍然存在一些低散漫的、收费低、管理做表面甚至闭门造台账等的航运企业,在很大程度上产生了劣币驱逐良币效应。

2、需要解决的问题

(1) 航运企业非专业管理人员和安全管理人员老龄化的问题。

(2) 安全管理人员的技术素质问题,提升安全管理能力。

(3) 新老安全管理人员有序交替的问题。

(4) 航运安全管理劣币驱逐良币问题。

(5) 全员安全管理意识不强,一些航运企业把安全管理责任压到海务、机务部门,而忽视整个公司力量通力协作,公司内部各部门力量整合不够,不能形成“1+1>2”机制。

(6) 安全管理经验总结不够,分析、研判、部署总结方面不够,安全管理是不断总结提高的过程,经验教训是宝贵的,主要是体规现在不断总结和经验教训吸取上,不断提高总结上,要形成文字和影像资料,形成自我提高进步,并得到社会(行业)认可。

(7) 同政府、行业主管部门联系汇报工作不够,沟通交流不够,新的安全法律法规规章宣贯不够,不能形成同步,从而得到政府、行业主管部门支持力度不够。

(8) 完善航运企业安全文化建设,解决历史遗留包袱。

二、针对存在问题如何解决方案的探讨

1、企业用人是内部管理问题,正常情况下,海机务岗位满足相关法律法规的要求,政府主管部门是无法直接进行干预的,但实际情况是非专业人员从事船舶安全管理工作;这一情况,政府主管部门对企业主要负责人和安全管理人员的安全管理资格进行了明确的规定,并采取了备案管理。但不可否认,在非专业管理人员和人员老龄化,主管部门还是没有有效的手段进行应对。是否可以由主管部门出台相关的法规,结合行业协会力量,明确企业的安全管理人员必须具备相应船舶行业安全管理经历和管理人员年龄上限。

2、企业须参照《交通运输企业安全生产标准化评价实施细则》实施标准化管理,公司按照科学严谨、精准精细、便于操作的格式制定安全生产规章制度和操作规程,并全员学习弄懂弄透内涵和要求,并按照制度严格实施,有目标有方向推动企业安全生产工作逐步规范化,显著提升航运安全管理水平,达到精细化、清单化航运安全管理格局,适应安全便捷、畅通高效、绿色智能的现代综合交通运输体系。

3、通过提升安全管理人员的待遇,促进优秀管理人才向安全管理岗位转移。让有能力、肯干事、会干事的人才到安全管理岗位上去,从而达到从根本上引优入行来提升安全管理能力。比如行业主管部门是否可以组织行业,对聘用任命安全管理人员的待遇等方面提出具体要求,在年度审核时,对企业进行量化考核。在制度上对行业人才技术素质提升进行落实。

4、在评选评优上提供顶层设计,近些年来,一些先进的管理措施在企业内部得到有益的落实,有效的改变了之前的低散乱的企业面貌。温州市对人才评定的配套制度对人才起到了很好的引导作用。作为航运企业的主管单位,可以跟进做好航运人才的顶层设计,鼓励航运安全管理人员积极提升能力,从而通过社会层面的制度来达到强化激励的效果。

5、建立航运企业安全管理人员成长制度,企业在选拔安全管理人员时,要求必须有安

全管理的经历，一可以让优秀的管理人员在成长过程中，主动参与了解航运安全管理的规律和知识，提升安全管理能力；二可以对今后从事航运安全管理提供帮助；三可以有序进行安全管理人员的新老交替。

6、积极向政府和行业主管部门汇报工作，对安全管理存在问题，争取政府和部门帮助解决；积极同市航海学会等社会团体沟通交流，由第三方咨询服务帮助出面解决一些实际问题或共同探讨解决；共同研究航运发展中出现的新情况、面临的新问题，积极讨论如何提高安全管理水平。

7、抓好安全责任落实，提升贯彻《安全生产法》等法律法规措施手段，增强“主角意识”，把安全责任落实到每艘船、每个人（船员），坚持安全至上、生命至上发展理念，一定有主动精神，主人翁态度，有开拓创新安全管理新模式的勇气与水平。

8、实施和贯彻航运企业安全文化是一项长期持续任务，涉及到公司和船舶的方方面面，工作繁重，需要大量的人力、精力和物力投入。公司主要领导必须高度重视并亲手抓，将公司领导层坚定不移的决心传导到各层级工作人员，保有忧患意识，通过积极开展各项工作，从而树立企业安全文化的信心。让我们航运企业实现在没有人监督情况下，工作人员也能在关于安全和防污染方面有积极作为。航运企业采取同业座谈等方式积极交流，后进企业要向优秀先进企业学习，多进行横向交流，不断提高管理水平。

9、解决温州航运企业的后顾之忧，扎好篱笆，强化本地管理。温州航运企业的船舶大多是以温州为中心开展航运业务的，外地企业很多企业存在收费不作为的现象，对本地企业产生了巨大的冲击。低于成本价的管理必然采用偷工减料式管理，给安全生产埋下了巨大隐患。建议温州航运主管部门，可以参考省内（其他）航运发达城市，制定本船籍港船舶须由本地航运公司管理的规定。通过多措并举的方法，为温州航运企业管理提升增质做有益尝试。

总之，航运安全管理人员是温州航运企业安全管理的实际执行人，这批人的履职能力关乎温州航运业的安全发展，坚持政府行业引导、企业实施、科学规划，尊重人才，优化制度，新老有序更新，不断增强安全管理水平，方能取得良好成绩。为温州航运经济、港口经济发展作贡献。

参考文献：

- [1]叶跃前；郭素芬. 航运更加安全需要安全文化[J]. 航海教育研究，2003（2）：32-34
- [2]尤庆华. 加强航运安全文化建设塑造航运大国形象[C]. 2003 海上航行安全论文集
- [3]曾学武. 完善我国政府船舶管理对策研究[D]. 大连海事大学，2013
- [4]肖根连. 中小型航运企业安全管理体系有效性评价工作中存在的问题及建议[J]. 水运管理，2018, 40（07）：17-20
- [5]周宁；郑士君；陈正杰；王伟彬. 航运企业安全文化建设[A]. 中国航海，2005

作者简介：

陈定进：温州进兴船务有限公司总经理，从事航运船舶管理多年，有丰富的航运管理经验，现公司在龙港市华百广场梅园阁5楼505室，13566139197. 邮箱：128167@163.com

黄友标：龙港市经济发展局，从事港航方面工作四十年，有港口、运管、航道、港航监督、船舶检验等方面一线工作经历，原苍南、永嘉港航管理局局长，龙港市成立后，组织落实到龙港市经济发展局。13906778348.，邮箱：13906778348@126.com

基于港口发展需求的重点配套锚地建设对策研究

方念坚¹，杨春平²，轩少永³

(1. 台州港引航站，浙江台州 318000；2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司，上海 200032；3. 上海海事大学，上海 201306)

党的二十大报告强调要加快建设交通强国、海洋强国，提升产业链供应链韧性和安全水平，积极推进港口高质量发展，有利于港口发展的国家政策将不断出台，资源保障要素的相关锚地的规划和设计迎来解题时机。随着我国沿海港口不断发展，码头泊位数量不断增长，港口配套设施的锚地资源日益紧缺，港口正常营运和恶劣天气影响期间对候潮、待泊和避风等锚地的需求剧增，统筹考虑并科学合理规划布置也迎来政策利好。下面基于台州港头门港区雀儿岙作业区港口开发需求的重点配套锚地建设进行研究，提出相应方案和对策。

1 港口开发规划情况

台州港头门港区雀儿岙作业区近期将规划建设 13 个泊位，其中 1 个 15 万总吨液化石油气泊位、1 个 10 万总吨液化石油气泊位、1 个 10 万吨级油品泊位、2 个 5 万吨级散货泊位（煤炭）、2 个 1 万吨级化学品泊位和 6 个 5000 吨级化学品泊位。

1.1 货物吞吐量预测

台州港头门港区雀儿岙作业区将引进千万吨级高端新材料（台州）项目，该建设投资约 1200 亿元，其中一期工程投资 750 亿元。一期工程用地约 11000 亩，二期工程用地约 10000 亩。项目规划建设 9 个主导产业链，80 余套生产装置。项目液体原料及产成品全部按海运考虑，预计每年通过雀儿岙作业区的货物吞吐量为 2190 万吨，其中液化烃为 890 万吨，均为进口；液体化工品为 1300 万吨（进口 600 万吨，出口 700 万吨）。

1.2 年到港船型及艘次预测

通过假定泊位利用率的方式，估算到港船舶数量的概率分布特征及所需的锚位数量。参照《海港锚地设计规范》(JTS/T 177-2021)（以下简称《规范》）及《海港工程设计手册》(2001)，待泊锚地锚位数可根据船舶到港的规律的排队论模型的方法进行推算，按台州港头门港区雀儿岙作业区货物吞吐量预测和近期共有 13 个泊位规划情况，预计不同泊位年到港船型及艘次做如下推算，具体见表 1-1。

公式计算： $M_{\omega_2} = \omega_2 - n$

$$Q_{\omega_2} = \sum_{i=0}^{\omega_2} P_i$$

$$P_i = \frac{\alpha^i}{i!} P_0 \quad (1 \leq i < n)$$

$$P_i = \frac{\alpha^i}{n! n^{i-n}} P_0 \quad (i \geq n)$$

$$P_0 = \left[\sum_{j=0}^{n-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(1-\alpha/n)} \right]^{-1}$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$$

式中： M_{ω_2} ——待泊锚地锚位数；
 ω_2 ——保证率为 90%~99%时对应在港船舶数量；
 n ——泊位数；
 Q_{ω_2} ——在港有 ω_2 艘船的保证率，即港内少于和等于 ω_2 艘船的概率之和，可取 90%~99%；
 P_i ——在港有 i 艘船的状态概率；
 P_0 ——无船在港的概率；
 a ——平均每天被利用的泊位数；
 λ ——平均每天到港的船舶艘数，按年运量、船舶的实际载货量、泊位年可营运天数等因素综合考虑；
 μ ——每个泊位平均每天服务船舶艘数，按泊位年可营运天数、船时效率等因素综合考虑。

此外，泊位的利用率 $\rho = \lambda / n \mu = a / n$ 。

表 1-1 不同泊位年到港船型及艘次预测

序号	泊位	到港船型	到港艘次
1	1 个 15 万 GT LPG 船泊位	5~15 万 GT LPG 船	69
2	1 个 10 万 GT LPG 船泊位	5~10 万 GT LPG 船	69
3	1 个 10 万吨级油船泊位	5~10 万级油船	59
4	2 个 1 万吨级化学品船泊位	1 万级油船	171
5	6 个 5000 吨级化学品船泊位	5000 吨级化学品船	1977
6	2 个 5 万吨级散货船泊位	5 万吨级散货船	243
合计	13 个	至少 9 种	2588

从表中不难看出，5000 吨级化学品船到港艘次最多，预计年到港 1977 艘次，平均每天约 5 至 6 艘次；其次为 5 万吨级散货船、1 万吨级化学品船，年到港分别为 243 艘次、171 艘次；大型危险品船单个泊位较少，合起来则不少，3 个泊位共有 197 艘次。

2 配套锚地需求分析

锚地建设规模、锚地数量等，一般根据港口到港船型及密度、港口生产组织效率和水域自然条件等综合确定。规划锚地的数量与规模，必须适应一定时期内航道、港区发展建设的规模；锚地布置应尽量利用已建、原规划锚地，并应方便船舶的候潮、待泊与进出港。

2.1 锚地需求分析

港口工程设计中，不同货类的泊位利用率一般取 0.5~0.75 左右，当港口装卸效率较高或同类泊位数较多时，泊位利用率取较高值。结合台州港区和作业区规模，考虑到非危险品泊位量相对较多，泊位利用率按 0.7 取值，危险品泊位利用率按 0.65 取值。考虑到港 5 千吨级（GT）及以下小型危险品船舶数量较多，保证率取 99%，大型危险品船到港艘次较少，保证率取 90%。本次规划所需锚位数计算结果如下：

表 2-1 各等级泊位数及相应所需锚位数

泊位类型	船舶吨级	泊位数	所需锚位数	规划锚位数
危险品	5000 吨级（GT）	6 个	7 个	8 个
	1~10 万吨级（GT）	4 个	3 个	4 个
	15 万吨级（GT）	1 个	1 个	
非危险品	5~7 万吨级	7 个	3 个	3 个（利用现有）

表中非危险品锚地 3 个为利用现有头门东待泊锚地，头门东待泊锚地东边还可以设置至

少 4 个大型危险品锚地，作为近期规划（2025 水平年），见下图 2-1。剩下就是 5 千吨级（小型）危险品锚地需要重点研究考虑。

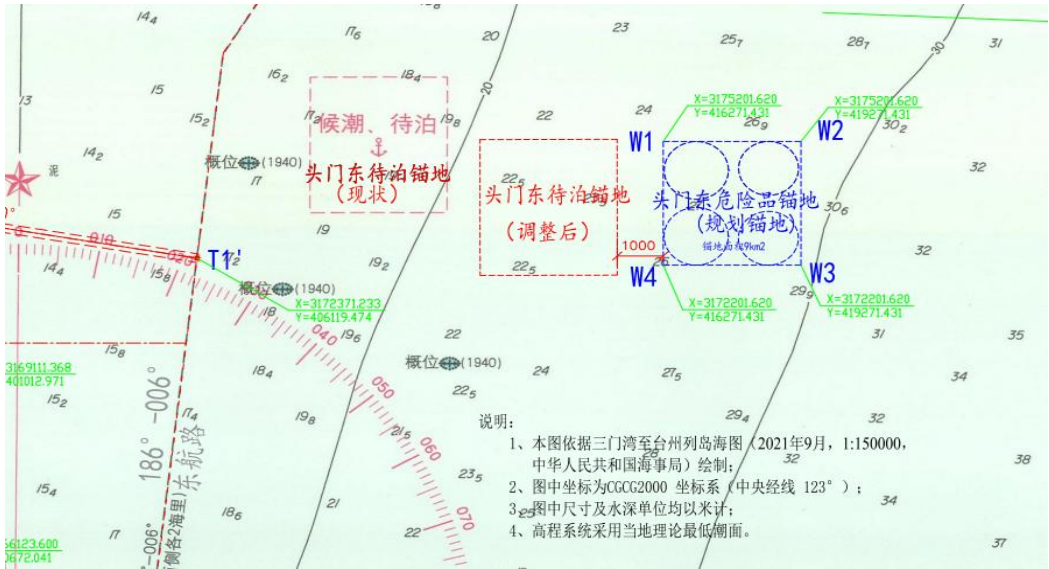


图 2-1 头门东待泊锚地和危险品锚地

2.2 小型危险品船锚地需求分析

根据上述预测和分析，将小型危险品船舶（主力船型为 5 千吨级左右）锚地作为雀儿岙作业区的**重点配套锚地**，从锚地的选址、锚位、水深、底质和规模等加以重点分析研究。

3 重点配套锚地建设存在的问题和对策

3.1 存在问题

锚地应尽量布置在避风条件好、水深适宜、海底平坦、锚抓力好、周围水域安全，避免在礁石、急流区设置锚地，以确保安全。此外规范要求锚地边线至海上油气平台、风电设施、航道边线、除油气平台和风电设施以外的其他水上、水下设施和障碍物均有保留安全净距的硬性要求。

台州港头门港区已规划有头门东危险品锚地，位于现有东航路东侧、头门东待泊锚地东侧，锚地规划面积为 10.7km²，水深 25m 左右，可锚泊 5 万吨级危险品船舶 10 艘左右。对主要自北方进入本港区的小型危险品船舶而言，若利用原规划危险品锚地锚泊，则需穿越大型公共航路东航路、西航路进港，沿程通航环境复杂，且需与大型危险品船舶共用锚地，而且锚位需求较大，头门东危险品锚地对于小型危险品船舶来说风浪影响较大，不利于小型危险品船舶的进出港及锚泊安全。因此，需对小型危险品船舶的配套锚地的选址进行重点研究。

目前台州港头门港区公共航路、习惯性航路较多，且雀儿岙岛北侧已建有浙能台州 1 号海上风电场、规划象山 1#风电场二期，均占用了一定范围的海域。因此，可供雀儿作业区小型危险品船锚泊的水域有限。

3.2 方案比选

上述分析得出小型危险品船舶锚地需求特出，结合港口泊位利用率等综合因素考虑，所需小型危险品船规划锚位数为 8 个，所需锚地水深为 10m 左右。结合雀儿岙作业区港口发展需求、头门港区水域现有航道航路分布和海图水深现状等情况，并核算与相邻水上水下设施和障碍物的安全净距后，现优选两个较合理的布置方案进行比选，见图 3-1。具体比选如下：

方案一：在规划雀儿岙作业区进港航道南侧布置小型危险品锚地，锚地面积约为 3.7km²，锚地现状自然水深为 12.0 至 12.8m，底质为粉砂，可同时锚泊 5 千吨级船舶 8 艘。

方案二：在规划雀儿岙作业区进港航道北侧布置小型危险品锚地，锚地面积约为 6.3km²，现状锚地自然水深约 10m，底质为粉砂，可同时锚泊 5 千吨级船舶 6 艘。

3.3 推荐方案

从以下几个方面进行比选出推进方案：

从风、浪、流条件看，小型危险品锚地布置方案一、方案二风、浪、流条件相当。

①从船舶靠离航程看，5000 吨级及以下吨级小型危险品船舶一般自北片海域进入雀儿岙岛码头水域，利用方案一锚泊时所需航程相对较方案二略长。

②从锚泊环境角度来说，方案二所在水域受台州湾进港北航路、进健跳港港区南线进港航道、台州沿海小型船舶习惯航路及规划雀儿岙作业区进港航道四面环绕，周边通航环境复杂。方案一位于规划雀儿岙作业区进港航道南侧，锚地南侧为东矾岛，该水域船舶流量相对较小，锚泊环境相对较好。

③从与规划衔接角度看，目前进健跳港区南线进港航道受规划象山 1#风电场二期的影响，且正在规划调整中，若其向西调整，则方案二将受其影响无法实施，而方案一所在水域不受其影响。

经从船舶靠离航程、锚泊环境、与规划衔接角度等因素综合考虑，基于雀儿岙作业区港口开发需求，配套锚地推荐方案一。

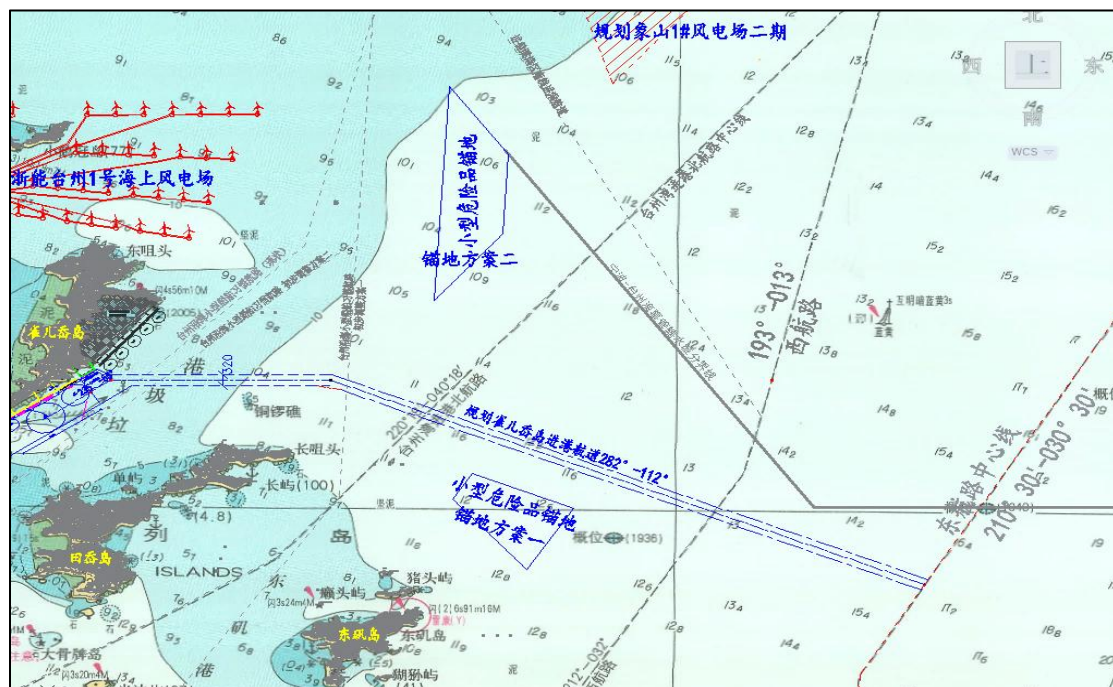


图 3-1 方案一和方案二位置示意

3.4 推荐方案的符合性分析

根据《规范》锚地选址原则和要求，从底质、交通流、风浪流影响、水深和掩护条件等方面进行分析。见图 3-1。

3.4.1 锚地底质

锚地底质应优先选择在沙泥质、泥沙质或泥质，避免在多礁石及抛石地区设置锚地。根据交通运输部规划研究院的《雀儿岙作业区规划方案通航安全影响研究报告》，推荐方案所在水域附近的底质：大部分为粘土质粉砂，小部分为粉砂，适合锚地的建设。

3.4.2 交通流

据附近水域 2022 年 1 月的船舶自动识别系统（AIS 系统）原始数据，对两岛附近各典型航路的船舶交通量、船舶长度分布情况进行分析。

该月通过 1 号截面的船舶交通总量为 303 艘次，平均每日通过该断面的船舶约 10.1 艘，平均每日通过该断面的危险品船舶约 0.47 艘。该月通过 2 号截面的船舶交通总量为 810 艘

次，平均每日约 27 艘，其中危险品船舶每日 3.3 艘。该月通过 3 号截面的船舶交通总量为 455 艘次，平均每日 15.17 艘，其中危险品船舶每日 2.43 艘。该月通过 4 号截面的船舶交通总量为 1416 艘次，平均每日 47.2 艘，其中危险品船舶每日 11.27 艘。该月通过 5 号截面的船舶交通总量为 3303 艘次，平均每日 110.1 艘，其中危险品船舶每日 14.73 艘。

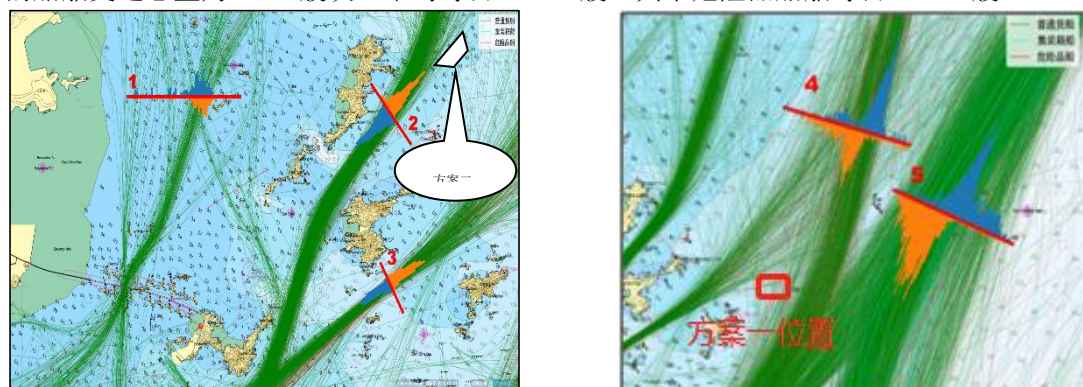


图 3-2 不同类型船舶轨迹分布图

3.4.3 风浪流

据头门岛实测风资料统计，本区常风向为 NNE 向，次常风向为 S、NE 向，出现频率分别为 22.6%、17.0%、12.0%，风向主要集中于 NNE~ENE 和 SE~SSW，以 NNW、NNE 和 NE 向为最大，分别为 7.5m/s、6.9m/s 和 6.8m/s。全年间各月平均风速为 5.2m/s~6.7m/s。

本区潮流以往复流为主，方向近乎 SE~NW 向，河口区往复流特性更强，开阔海域渐有旋转特性。涨潮时，外海涨潮水流从东偏南向西北向运动，受东矾列岛影响，外海涨潮流一部分沿东矾列岛北侧猫头洋海域进入三门湾水域，一部分通过一江山岛~黄琅和一江山岛~头门岛由东略偏南转向西略偏北进入头门岛西南浅滩和河口水域，另一部分涨潮水体经东矾列岛岛间间隙流向坡坝港和北洋海涂东侧边滩水域。据 2009 年 4 月实测全潮水文测验资料分析，从全潮平均流速来看，河口及邻近河口区流速 0.5~0.9m/s，外海区域流速一般在 0.5m/s。

本海域多为涌浪以及涌浪和风浪兼有的混合浪，根据大陈岛波况资料统计分析：常浪向为 ENE 向、频率 28.1%，次常浪向 E 向、出现频率 15.41%；强浪向 E 向， $H_{1/10}$ 波高主要在 1.1m~3.0m 之间，其频率占 58.8%； $H_{1/10}$ 波高 ≥ 3.1 m 的出现频率为 5.21%。全年常浪向主要分布在 ENE~SE 向，其频率占 76.63%。该海域波浪在年内分布上具有明显的季节性变化，其中 10 月~翌年 3 月以 ENE~E 向为主，4~9 月以 ENE~SE 为主。

3.4.3 水深

本次小型危险品锚地推荐方案所在区域位于东矾岛北侧，海图水深约 12m。从 2013 年~2022 年本海域等深线上看出，等深线形态总体保持相对稳定，等深线位移距离不大；海域域有冲有淤，大部分区域冲淤幅度在 -1m~+1m 之间，年冲淤幅度在 0.12m/a 左右。本次小型危险品锚地推荐方案所在区域位于东矾岛北侧，岛屿的迎浪侧及岛屿矾头附近多为冲刷状态，有利于锚地水深的维护。

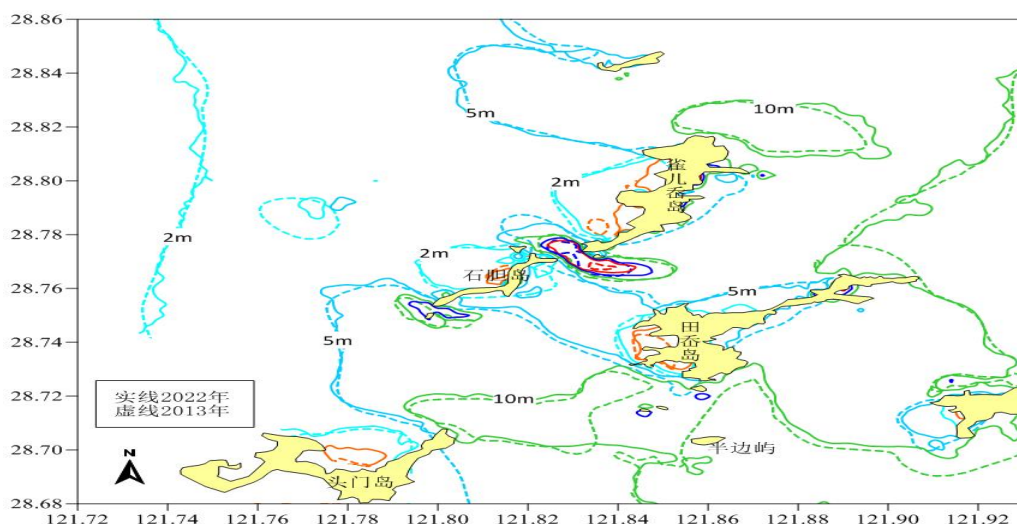


图 3-3 附近海域等深线变化（2013~2022 年）

3.4.5 掩护条件

台州港 2~5 级风出现频率占 83.9%，6 级风及其以上的大风占 9.2%。据统计，该海域波浪在年内分布上具有明显的季节性变化，其中 10 月~翌年 3 月以 ENE~E 向为主，4~9 月以 ENE~SE 为主；全年强波向 7~9 月以 E、ENE 向主，最大波浪均出现在台风期。

推荐小型危险品锚地水深和底质合适，附近船舶流量影响安全可控，受西侧雀儿岙岛、南侧东矾列岛等众多岛屿掩护，西向至南向的风浪掩护条件较好，东南至西北向海域宽敞，台风期受风浪影响较大，推荐方案更适合进出雀儿岙作业区的小型危险品船舶待泊。

3.5 对策

3.5.1 加快政策调整处理

建议在对《浙江省海洋功能区划（2011-2020）》进行修编时，将雀儿岙作业区的码头、引桥、航道、小型危险品船舶锚地及港内水域用海范围功能区由“农渔业区”调整为“港口航运区”。头门港区雀儿岙作业区规划修订获批后小型危险品船舶锚地就可以落地建设。

3.5.2 加强锚地使用管理

结合本海域交通流、风浪流、水深、掩护条件等综合因素分析，本次小型危险品锚地按非避风锚地设计，锚地设计按风速 7 级、有效波高 2.0m、流速 1.0m/s 考虑。锚地使用时，应密切关注水文气象条件变化，合理安排待泊船舶的数量。在锚地营运过程中，应结合本地实际情况针对泄漏、火灾、碰撞、搁浅、台风等情况编制事故应急预案，报海事主管机关备案，以确保小型危险品船舶的锚泊安全。

3.5.3 加强安全保障措施和航标设置

锚地水域发生的风险事故具有突发性、不确定性、多变性和不易控制性等特点。一方面锚地附近养殖业发达，渔船较多，航行、作业较为灵活，相关管理部门应联合执法对渔船和渔栅等有碍锚泊安全的不利因素进行有效治理，保障附近海上航道畅通和锚泊船安全。另一方面加强监管设施建设，包括 CCTV 监控、雷达及电子海图等综合监控系统。确保 VTS 中心监管系统对该水域全覆盖。必要时增设专用航标。

4 结语

通过上述研究分析，雀儿岙作业区其他锚地的规划都有合适选址，可供小型危险品船舶锚地的选址非常有限，经多次更改才最后选定，而且还存在一些政策和安全问题，因此本次将小型危险品船舶锚地作为雀儿岙作业区重点配套锚地研究对象是合适的，也符合需求的。小型危险品船舶锚地推荐方案选址是合理的，但还需相应的政策调整处理和规划修订来支撑。建成后强化安全保障举措和锚地使用管理，小型危险品船舶锚泊安全是有保障的。

参考文献

- [1]交通运输部.海港锚地设计规范[S]. JTS/T 177-2021. 北京:人民交通出版社, 2021.
- [2]交通运输部.海港工程设计手册[S]. 上、中、下册. 北京:人民交通出版社, 2001.
- [3]刘敬贤,李昌伟,刘文等.基于排队论的锚地规模论证分析[J].航海工程,2009,38(4):158-161
- [4]谷文强,覃杰,连石水,等.海港锚地最小设计水深计算方法的数学模型[J].水运工程,2020,577(12):57-62,75.
- [5]王才星.锚地及锚泊船安全管理对策初探[J].交通科技,2010,241(4):108-110.
- [6]谷文强,马志强.锚地选址时的底质影响因素分析[J].水运工程,2021,585(8):42-46,66.

作者简介:

- 1.方念坚¹,台州港引航站,通信地址:浙江省台州市椒江区江滨路46号,13566887397, 693514161@qq.com, 邮编:318000.
- 2.杨春平²中交第三航务工程勘察设计院有限公司,高级工程师,17821770058, yangchunping@ccccltd.com, 邮编:200032;
- 3.轩少永³上海海事大学,博士研究生,397225598@qq.com, 邮编:201306,)

“情景模拟”培训模式在公司新证二副上岗前培训的应用与总结

方为明 许光锋 卢奇辉
(浙江协海集团;台州航海学会)

摘要:情景模拟培训模式运用专业的知识、方法和技巧,通过专业的工作程序,帮助受训人员发掘和运用自身及周围的资源,改善其与工作环境之间适应状况的专业服务活动。公司在情景模拟培训模式开展中,集中了一些资源,仔细地进行策划,认真地开展了活动,提高了待聘船员的素质,激发了待聘船员工作热情,促进了其长久为服务公司的信心。

关键词:情景模拟培训模式 教育支持小组 角色扮演 信任和尊重

1 理论依据

情景模拟培训模式是根据工作内容和培训目标,通过创设特定的场景、人物、事件,再现事件或事物发生发展的真实场景,并由教育支持小组成员引导学员转变身份,扮演相关角色并亲身体验、实践、感悟,结束后指导者进行分析点评,最终让学员在高度仿真的情景中素质和能力得到全面提升的一种实践性培训方式。Marry Richmond 在《社会诊断》中提出“在情景中理解行为”,强调利用环境资源以促进案主的改变和提升。这一点奠定了员工培训工作从环境角度理解和干预个人及个人行为的框架,检视人与环境之间的互动,提升个人适应环境的能力成为培训的主要目标和手段。情景模拟培训模式有利于培养学员观察、分析和综合思维能力,提高学员的语言表达能力、在一定环境下的组织能力、操作能力、团队合作能力及应变能力。其理论依据有:

1.1 实用主义认识论

实用主义认识论十分强调“经验”的价值和作用,认为“科学探究—试验—质疑—再试验”才是认识世界和获取知识的最有效途径,而最适宜的培训方法是采用团队工作和项目安排等需要

共同交往和集体参与的方法，强调“从做中学”以及合作学习。而情景模拟培训法的特点之一，就是共同参与和合作学习，员工集体在完成设定工作任务的过程中，通过亲身实践进行学习。

1.2 人本主义心理学

人本主义心理学认为，在一个自由、安全和富有人情味的心理环境中，人类固有的优异潜能会自动显现出来。因此，在小组活动中教育支持者的主要作用，是创造一种能促进员工学习的心理氛围，提供必要的学习资源，让员工进行自主学习。情景模拟培训法所强调的，正是要“以员工为本”，尊重员工在活动中的自主地位。在情景模拟中，员工是活动的主体，而教育支持者则是指导者、监督者，处于“辅助”的地位。

1.3 “三元交互”心理理论

美国著名心理学家班杜拉在其“三元交互决定论”中，认为人的认知过程是其行为、思维和环境三者交互作用的心理活动过程，主张行为和认知的结合。情景模拟培训模式正是通过对真实环境的模拟和在培训过程中对员工行为的引导，把环境、行为和认知结合起来，通过三者的交互作用来实现培训的目标。

情景模拟培训模式运用专业的知识、方法和技巧，通过专业的工作程序，帮助受训人员发掘和运用自身及周围的资源，改善其与工作环境之间适应状况的专业服务活动。运用情景模拟模式来帮助受训人员练习工作技能技巧，帮助他们在现实工作中获得满意的工作效率和成就感。通过情景模拟活动提升受训人员的能力，往往是单独一对一辅导方法达不到的效果。

2 案例呈现

2.1 受训人员任职前状况

公司某轮新证二副 Y，1978 年生人；航海院校函授毕业，之前从事乡村厨师行业；俗称“半路出家”，2009 年取得服务簿，从事船员职业，水手资历共 9 年，2020 年 12 月开始，实习三副。2021 年 11 月底顶岗任职三副。2023 年 1 月初取得二副证书。上船任职之前海务部对其进行了任职能力考核；公司设定的及格成绩为 70 分，结果该船员的考核成绩为 64 分，海务部将该船员的考核情况反馈给人事部门，建议不能聘任该船员上船任职。由于船期紧，船上现任二副情况特殊等因素，鉴于该船员原在公司任职三副期间的安全生产记录和工作表现情况及船上船长的意见等情况。建议海务部对该船员进行培训或令其开展自学之后再次进行考核，毕竟离及格只有 6 分之差。（常规做法是海务部先对任职考核的考卷进行批改，然后意见反馈给人事部门，人事部确定船员有高度的合作意向之后，海务部再与其将答卷上的错误内容部分进行归类、分析，提出注意事项和学习建议）相信经过短期的自学及培训，应该能够得到迅速的提高，能够通过考核。毕竟该考核也只是一个参考依据，旨在了解船员当前掌握的理论知识状况和对其知识进行适当提高和巩固的一种普通做法。况且考核试卷的信度和效度也值得探讨。但是安全问题从来没有及格分，安全问题永远只有一百分。

2.2 岗位的现实情况与的特殊性

二副的岗位在船舶的航行值班中由于其时间段等情况，显得相当特殊，按规定为午夜 0 点至凌晨 4 点。据某主管机关对 2008 年-2020 年间的商渔船碰撞事故进行统计，在晚上 23 点至凌晨 4 点之间是事故最易发时段，被称为“黑色 5 小时”。

船员的岸基培训工作基于条件因素，无法提供船舶环境和相关设施满足船员熟悉的及时要求。因此，一般都通过岸基+船舶的培训熟悉方式地开展。通过《开航前指令》和《新聘/

转岗职责熟悉记录》将公司的培训要求和任务传递到船舶，由船舶进行开展补充项目的培训以达到其适任的要求。实际该情况的操作存在相当大的弊端。公司一旦考核通过，与船员签订劳动合同之后，实际上该船员已经是公司的员工了。当其上船之后，就进入到船员交接阶段。原职务船员解聘离职。一旦该船员在此后的后续培训中出现不合格状况，将出现无人可换的情况，于是只有“霸王硬上弓”，不上也得，给船舶的航行和生产带来极大的安全隐患。企业一直坚持预防在先，教育在先，警示在先原则，组织人员运用专业的知识，方法和技巧，通过专业的工作程序，尽可能将一些隐患和缺陷尽早进行发现，积极分析原因，帮助有困难的员工发掘和运用自身及周围的资源，制定有针对性的纠正措施，并发掘和运用自身及周围的资源，贯彻落实开展整改活动。

3 情景模拟之活动策划

公司体系办组织了海务、人事及机务等部门进行了商议策划，抽调人员组成临时教育支持小组，以“情景模拟”为主题对其开展针对性的培训活动。即是在航海及管理的知识的掌握上存在较大欠缺或者对知识运用不系统的船员，需要对其进行知识补差及系统化的培训。情景是模拟船舶在生产经营中的情景，设置一个以船员持公司调配令到船报到直至船舶到达目的为止的过程，其所要进行并完成的业务。如果该船员能够很好地完成该模拟航次的工作，那么此后的履职工作基本上都是一遍又一遍的重复。所以，将船员放在这样的模拟氛围下进行培训是一个系统而完整的职责熟悉和岗位培训。根据岗位的职责和安全生产工作的要求结合其本人的情况，拟出以下四个方面的内容贯穿起整个活动。1、人员交接与职责熟悉；2、设备操作管理和船舶环境熟悉；3、航次计划制定与图书资料管理；4、航行值班与关键性操作。在上述的每个部分内都嵌入设置的一些问题，假设在现场处理中遇到的不同情况。所有设置的问题的完成情况都可测量、可评估。

4 情景模拟之活动实施

培训计划制定妥后，临时教育支持小组将计划传递给该船员约定培训开展的时间，并准备妥相关资料。在该船员到公司后，小组成员分成角色扮演者，现场指导者及评估观测者，让该船员“本色出演”模拟开展二副的工作。

(1) 模拟到船之后和船上现任二副的交接中，明确交接的范围、内容和要求。要求其根据本岗位的职责主动索取各项清单、目录及体系活动记录；并说明对应清单、目录的建立目的和作用。在交接的过程中再次验证了船员对职责的熟悉程度。

(2) 模拟船员到船之后，对驾驶台通信、导航、信号、警报等设备的使用和检测（结合单船设备操作规程、产品使用说明书等使用提问的方式）以及提供船舶图纸对船舶环境、结构、布置等进行熟悉并进行关于船舶检验规则和入级规范的相关内容提问以促使其提高使用和发现缺陷的能力。

(3) 模拟船舶接到某一个航次任务，船长在组织航前会议后，二副根据船长的对本航次的工作安排进行航线设计。航线设计在高校课程中和船员的考证中都有评估的课程，小组便侧重其根据《航海通告》及相关无线电临时警报对航海图书资料的修改，图书资料的抽取与获得，航海图书目录的使用、复杂航线的航程以及对航线附近的危险物的避险手段；港口航道通航管理规定的遵守执行情况。

(4)模拟船舶开航后,船员进行航行值班状态下,对于航海学知识和海上避碰规则的熟悉和理解情况进行测评。教育支持小组按照设定的问题假设在一些特殊的场景下,要求船员对船舶进行定位、物标的辨识、正确使用号灯号型、大风浪航行、雾中航行、受限水域操作、商渔船防碰撞等进行答辩。

以上的每一项活动结束后,小组立即进行评估与交流,指出其错、漏、缺的地方帮助其系统地、深入地理解这些行为的目的和意义。

5 情景模拟之目标评估

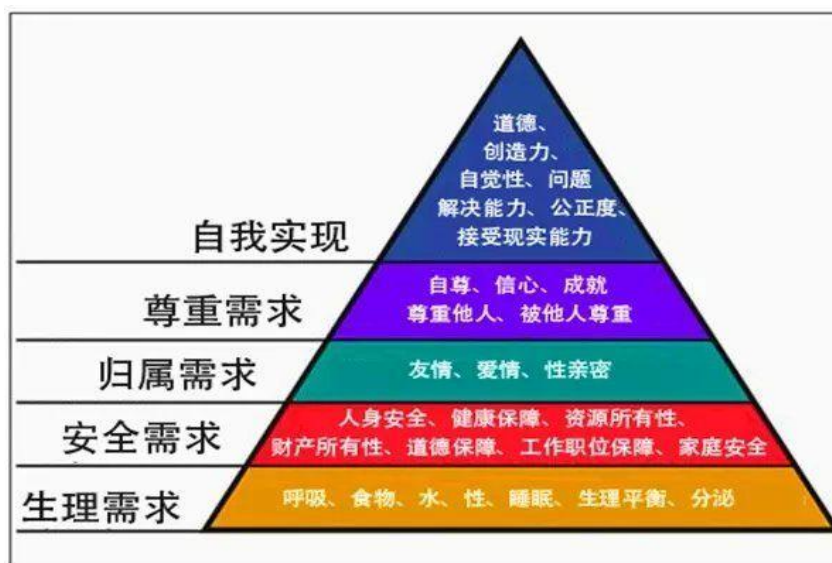
通过将近5个小时的情景模拟培训活动中,教育培训小组和该船员一起,经过对培训目标实现的回顾、船员自我剖析和考核结果进行对比后,一致认为该船员在思想、认识、态度和技能上都得到极大地提高和巩固,本次培训的目标得到了实现,培训工作的方向和预期都符合理想。在该船员到船上岗任职后,公司人事部联系船长及询问其部门长和其他船员对其任职表现进行后续跟进了解,反馈良好,说有种脱胎换骨的变化。

6 情景模拟之现实意义

从该船员的实际情况中,也折射出当前一些我国船员队伍的情况:1、当前市场下职务船员的供应并不充足。于是学院派的船员一般情况下职务晋升很快,但在经验的积累上往往不足;江湖派的船员通过航海专业的函授等方式获得文凭后然后再参加适任考试,往往知识掌握得不牢固,欠缺系统,呈现碎片化。2、当前航海院校所培养出来的学生从事船员工作的比例并不高,并且此类的学院派船员大部分被国企招聘。该部分的船员对非国企的企业认可度低,他们对私企从制度执行和职业保障上都表现出了担忧和怀疑。导致在私企服务的船员流动性大,质量不高。

航运私企在这种不利的环境和条件下,要获得进步和发展必须要建立一支高素质的船员队伍,对企业的管理有高度的认同感。而企业也应让船员产生一种被关怀着的归属感。公司在本次的情景模拟培训模式开展中,集中了一些资源,仔细地进行策划,认真地开展了活动,提高了待聘船员的素质,激发了待聘船员工作热情,促进了其长久为服务公司的信心。

马斯洛需求层次理论认为,人只有在满足低一级的需求之后,才会产生高一级的需求。从马斯洛需求层次理论中可以发现,工作职位保障是安全需求之一,事实表明大多数船员还陷入在这一个低层次中焦虑和迷茫,没有动力往更高层次去追寻。公司利用情景模拟模式,营造了一种平等、宽松的开放式培训环境,在形式上完成了一次招聘的考评工作,但在行动上表达了他对个体的关心和重视,使其感觉到在这个企业中被信任和尊重。而作为船员也更加愿意通过其在工作中的表现(自我实现)为企业带来效益。



(马斯洛需求层次理论)

7 情景模拟之对象的扩大

情景模拟培训模式在个案的培训活动中取得了良好成果之后,并由临时教育支持小组整理材料撰写总结报告。公司高层肯定了该培训方式的应用价值,并邀请在家休息的同等级船员组成小组(每组 5-8 人)以小组形式按照该培训模式开展培训活动。在实际的培训过程利用组员间的互动,组员与指导者的互动,每个参加小组的组员都可以成为被培训者、评估者。大家共同发现问题,讨论问题、解决问题,在严肃而热烈的气氛中航海的相关理论和知识得到了提高和巩固。

8 结束语

工作是每一个人社会参与的最重要的方式,能够充分展现“自我生命意义”和奉献社会的功能。每一个人都有自身社会期望角色,因此在就职履职的过程中,需要有一些高价值展现,也只有通过不断努力,珍惜学习机会,积极获取知识、形成信念才能产生正向行为。

祝福每个为生活努力奔波的劳动者都能得偿所愿!

参考文献:

- [1] 玛丽埃伦·里士满. 社会诊断[M]. 华东理工大学出版社, 2019
- [2] 亚伯拉罕·哈罗德·马斯洛. 动机与人格[M]. 江苏人民出版社, 2021
- [3] 威廉·詹姆斯. 实用主义: 一些旧思想方法的新名称[M]. 中国青年出版社出版, 2013
- [4] 班杜拉. 自我效能: 控制的实施[M]. 华东师范大学出版社, 2003
- [5] 翁雨波. 船用替代燃料应用前景[J]. 中国船检, 2019, No. 231(08): 46-49

作者简介:

方为明: 企业培训师, 社会工作师, 船长, 现为浙江协海集团海务部主管。联系电话: 13396937808。

许光锋: 曾多次获得交通部“安全诚信船长”、浙江交通投资集团“169 拔尖人才培养人选”及“百名优秀员工”等荣誉, 现为浙江协海集团海务部经理。联系电话: 15356057691。

卢奇辉:船长、磁罗经校正员、浙江海事局船员适任评估员,中国航海学会和浙江航海学会“先进个人”、浙江交通投资集团“169 拔尖人才培养人选”等荣誉,现为浙江协海集团海务部主管,浙江航海学会理事、台州航海学会副理事长。联系电话:13968690952。

浅析杭州航区船舶水污染防治的监督管理

金 虹

(杭州市交通运输行政执法队, 310005)

摘要: 本文根据工作实际,梳理杭州航区船舶水污染防治工作的现状,以问题为导向,开展分析研究,提出针对性建议,以推动船舶水污染防治的监督管理工作再上新台阶。

关键词: 杭州航区; 船舶水污染防治; 监督管理;

引言

为深入贯彻习近平生态文明思想,践行绿水青山就是金山银山的“两山”理论,认真落实党中央国务院决策部署,自 2016 年起,中央国家层面对全国各地开展了多轮生态环境保护督查行动,其中水上的船舶污染防治是重要内容之一。2021 年 3 月,交通运输部、国家发改委、生态环境部、住房城乡建设部等四部委联合发布《关于建立健全长江经济带船舶和港口污染防治长效机制的意见》(交水发〔2021〕27 号),巩固长江经济带船舶和港口污染突出问题的整治工作提出了多方面意见和工作要求^[1]。杭州航区作为长江经济带的重要组成部分,交通运输部门对船舶水污染防治实施监督管理,推动船舶污染物“船上存储、交岸接收处置”的治理模式普及落地,是落实国家重大决策部署的体现。

1 杭州航区船舶水污染物种类及排放要求

1.1 船舶水污染物种类

杭州航区船舶水污染物主要为:船舶生活污水、船舶垃圾和含油污水,其中,含油污水主要是船舶机舱里机器运行过程中产生的含油污水。

1.2 船舶水污染物排放要求

1.2.1 船舶生活污水。根据《400 总吨以下内河船舶水污染防治管理办法》(交海规〔2020〕10 号)第五条第二款“禁止船舶在饮用水源保护区、京杭运河、漓江及其它要求禁止生活污水排放的水域排放生活污水”。当前,杭州航区所有通航水域内实施船舶生活污水零排放的监督管理措施。

1.2.2 船舶垃圾。根据《中华人民共和国水污染防治法》第五十九条第三款“禁止向水体倾倒船舶垃圾”和《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》(交通部令 2022 年第 26 号)第十六条“禁止向内河水域排放船舶垃圾”的规定。当前,杭州航区在所有通航水域内禁止船舶排放生活垃圾。

1.2.3 含油污水。根据《400 总吨以下内河船舶水污染防治管理办法》(交海规〔2020〕10 号)第十八条“产生机器处所油污水的船舶应当设置防止机器处所油污水污染水域的处理装置或者储存舱(柜)或者容器”的规定。当前,杭州航区所有通航水域实施禁止船舶排放含油污水的监督管理措施。

2 杭州航区船舶水污染防治现状

2.1 船舶水污染物接收设施配置举措

截止 2022 年底，杭州航区现有船舶含油污水岸上公共接收设施 18 套、流动接收船 7 艘，转运车 2 辆及处置设施 2 套。现有船舶生活污水接收设施 104 套，其中岸上公共接收设施 10 套、趸船 4 艘，码头企业接收设施 90 套，另有流动接收船 6 艘（兼顾转运）。现有船舶垃圾接收设施 1115 个，其中公共接收设施 158 个，码头企业接收设施 957 个，如下表所示。

杭州航区船舶水污染物接收转运及处置设施汇总表

接 收 点 质 量	含油污水						生活污水				船舶垃圾	
	接收设施数量（套/艘）	接收设施总容量（吨）	转运设施数量（辆）	转运设施总容量（吨）	处置设施数量（套）	处置设施设计处理量（吨/天）	接收设施数量（套/艘）	接收设施总容量（吨）	转运设施数量（艘）	转运设施总容量（吨）	接收设施数量（个）	接收设施总容量（吨）
公共	18	83.4	2	10	2	96	10	-	6	637	158	18.96
	7	106					4	1165				
码头企业	-	-	-	-	-	-	90	644	-	-	957	50.82

2.2 船舶水污染物接收转运处置举措

当前，杭州航区已实现船舶水污染物“应收尽收”的工作目标，对船舶水污染采取“船舶储存、交岸接收处置”的监管模式。根据实际情况采取两种接收处置方式，第一种是以政府购买服务的方式，通过公开招投标委托第三方公司提供公共服务，对到达杭州航区的船舶水污染物（船舶垃圾、船舶生活污水、含油污水）进行接收转运处置。第二种是由码头企业负责免费接收处置船舶水污染物（船舶垃圾、船舶生活污水），现杭州航区所有码头均按要求配备船舶水污染物的接收设施，实行船舶到港“先交付，后作业”措施。近三年，杭州航区船舶水污染物接收量如下表所示。

近三年船舶水污染物接收量统计表

年份	船舶生活垃圾（吨）	船舶生活污水（万吨）	含油污水（吨）	合 计（万吨）	备注
2020	517	3.97	1959	4.21	
2021	477	2.80	1933	3.04	
2022	337	2.26	2419	2.53	

2.3 船舶水污染防治应急管理举措

一是制定船舶水污染防治应急预案，并将其与水上事故应急预案相结合、相融合，定期

组织开展船舶防污染应急演练,不断强化和提升船舶水污染事件的应急反应速度和处置能力,2022 年杭州航区共组织开展船舶水污染防治应急演练 6 次。二是做好船舶防污染应急物资储备,杭州航区常年保持了一定数量的防污染应急物资,合理分布并存放在各应急物资储备仓库,可第一时间运至发生船舶水污染事件的水域,满足相应的应急处置需求。当前,各类污染防治应急物资配备,如下表所示。

船舶水污染防治应急物资配备表

品 名	用 途	单 位	数 量
(溢油) 分散剂	污染清理	桶	32
围油栏	污染清理	米	544
吸油式围油栏	污染清理	包	113
吸油毡	污染清理	包	1110
防护服	防护用品	件	33
吸油毯	污染清理	箱	40
新络吸油棉	污染清理	箱	2
吸油垫	污染清理	只	435
处理液	污染清理	桶	16

2.4 船舶水污染防治监管举措

2.4.1 依法开展船舶水污染防治执法检查。每年结合长江经济带生态问题举一反三、百日攻坚、船舶危防等工作,一方面持之以恒做好船舶防污染的法律法规及政策宣传,另一方面常态化开展船舶水污染物的监督检查,不断加大执法力度,提升船员防污染意识,促使其自觉做好船舶防污染工作。经统计,2020 年至 2022 年,查获涉及船舶水污染的行政违法案件分别为 144 件、192 件、194 件。

杭州航区对船舶水污染防治的执法检查重点内容为:1. 船舶是否正常使用生活污水柜,如船舶厕所所有直排管路,三通直排管路是否未铅封或者铅封失效;2. 船舶进行涉及污染物排放的作业,是否遵守操作规程或者是否在相应的记录簿上如实记载;3. 船舶生活垃圾是否正常收集并交岸处置;4. 码头接收船舶污染物的设施是否正常使用;5. 码头是否建立船舶污染物接收制度,接收台账是否记录清晰;是否签订转运处置协议等。

2.4.2 强化船舶水污染防治源头管理,落实船舶水污染设施改造。十三五期间,杭州港籍 1191 艘 100-400 总吨内河营运货船全面完成生活污水防污染改造,完成率 100%。同时,推动 100 总吨以下产生生活污水的船舶设施改造工作,截止 2022 年底,完成 9 艘杭州港籍船舶的生活污水防污染改造。

2.4.3 完成公共接收设施智能化改造,完善船舶水污染物接收统计。当前,根据交通运输部统一部署和工作要求,杭州航区已全面落实船“E”行系统应用,航区所有船舶水污染接收数据实现电子化记录。为减少数据录入人为因素干扰影响,确保录入船“E”行系统的数据准确性,2022 年,我队投入近 100 万元资金,对船舶水污染物公共接收点的相关设施设备进行智能化改造,新增 19 个生活污水(含油污水)智能扫码接收计量装置,16 个船舶垃圾智能称重装置,2 套船舶污染物智能接收装置,船舶污染物接收数据通过扫码直连船“E”行系统,在提高数据准确性的同时,实现了“数字化、信息化、智能化”监管。

3 当前船舶水污染防治监管存在的问题

3.1 船舶水污染物去向调查难

当前,杭州航区对船舶水污染物送交上岸频次要求是:含油污水 90 天送交一次,生活污水 14 天送交一次,生活垃圾 3 天或单航次送交一次(以上仅为内部文件指导性意见,并不是法律规定)。如在上述期限内,船舶无相应的送交记录证明的,则开展水污染物去向调查;然而在调查中,执法人员往往会遇到没有船舶违法排放污染物的证据,船舶也拒不承认违法排放污染物的情况,陷入查而无果,查而不能处的尴尬境地。

3.2 船舶水污染物违法排放取证难

船舶直排生活污水、倾倒生活垃圾等违法行为持续时间短，且排放隐蔽的特点，执法人员在开展执法检查时，很难抓到“违法进行时”（或称“人赃俱获”），存在取证难的问题。

3.3 船舶三通排放管路屡禁不止

部分船员防污染意识不强，为图自身方便或者经济原因，未对船舶生活污水柜的三通直排管路进行铅封或者盲断，有的甚至未将厕所、厨房等场所产生的污水接入船舶生活污水柜，而是通过管路直接向水体排放。仅 2022 年，杭州航区就查处了 55 起类似上述的违法行为。

3.4 船舶水污染物接收设施保养不够

杭州航区政府投资建设的船舶水污染公共接收设施，因设备折旧、资金保障受限等原因，存在第三方运营单位落实维护保养滞后，甚至降低维护质量的情况。另外，码头企业配备的船舶水污染物接收设施，存在少数码头企业疏于设施的维护保养情况，致使船舶需要送交水污染物时，码头不能及时提供接收服务。

4 提升船舶水污染防治监管的对策

4.1 推动船舶污染防治的地方性立法工作。可以借鉴参照江苏、上海的船舶污染防治条例，推动杭州市船舶污染防治条例的出台，明确规定船舶水污染物送交上岸接收的频次，一方面能解决执法工作中遇到的取证难、调查难的问题，还能规范执法行为，另一个方面也能促使船舶主动按期将污染物送交上岸，减少乱排放几率。

4.2 推动船舶检验机构的源头管理联动。一方面是对设有直通舷外的生活污水排放管路的本港籍船舶，船舶检验机构应结合最近一次营运检验，对船舶实施铅封或盲断整改，从源头上杜绝偷排硬件条件。另一方面对非杭州籍船舶生活污水柜三通管路未铅封或盲断情况，及时通报至船籍港船舶检验机构，促使其加大对船舶防污染设施的检验把关力度，推动形成跨区域船舶检验源头管理联动。

4.3 落实多维度、全链条执法监督管理。一是要利用航道、码头视频监控优势，增强非现场执法检查力度，加大对船舶航行过程中的防污染违法行为执法监管；二是要加强对港口码头的防污染执法检查，督促企业依法履行企业防污染主体责任，落实接收设施的日常维护，做好船舶水污染物接收；三是加强与城管、环保等部门的联动执法，确保船舶水污染物交岸接收后，能纳管处置或者有效转运处置；四是积极利用水上服务区、锚地、船闸、码头等场所，向船员、水上从业人员大力宣贯船舶水污染防治的政策及工作的要求，提升其污染防治意识。

4.4 提升船舶防污染应急能力。一是定期开展船舶防污染应急演练，督促第三方公共接收服务公司、码头企业定期开展应急演练，提升从业人员的应急反应速度和处置能力；二是及时更新船舶防污染应急物资储备，确保紧急状况下，应急物资能及时充足供应到位；三是做好公共接收设施的日常养护，确保能满足到港船舶的水污染物交送需求，避免船舶直接向水域排放污染物状况的发生。

参考文献

[1]交通运输部，国家发展改革委，生态环境部，住房城乡建设部. 关于建立健全长江经济带船舶和港口污染防治长效机制的意见[J]. 中国水运，2021(06):23-25.

作者简介

金虹（女），大学本科，高级经济师，电话 13857110022，电子邮箱 984134504@qq.com，
（杭州市交通运输行政执法队，浙江省杭州市拱墅区朝晖路 122 号 310005）
研究方向为船舶通航与安全管理、船舶防污染管理等海事管理

新时代内河航运高质量发展的若干思考与建议

王佳成

杭州市交通运输行政执法队

摘要：我国内河航运发展源远流长，为促进经济发展、增进文化交流和推动社会进步等发挥了十分重要的作用。在综合交通运输体系当中，水运具有运量大、成本低、绿色低碳的显著优势。下文就简要分析了新时代内河航运高质量发展的相关问题。

关键词：内河航运；发展现状；建议

1 新时代内河航运的重要性

内河航运是综合运输体系和水资源综合利用的重要组成部分，加快内河航运高质量发展，有助于在促进流域经济发展、优化产业布局、服务对外开放等方面发挥重要作用。内河船舶是航行于我国内河水域以及河海交界区的船舶，主要包括客船、货船、工程船等，相较于公路、铁路的集装箱运输方式，内河航运不仅能耗更低，内河水网河流水域分布也更为广阔。内河航运作为水路运输的重要组成部分，与其他运输方式相比，绿色化、低耗能是其显著特点。内河航运具有运能大、占地少、能耗低、污染小的优势。发展内河航运，优化交通货运格局，将推进交通运输行业的绿色发展。我国内河水运资源丰富，近年来，内河船舶大型化、标准化、专业化发展趋势明显，内河高等级航道建设取得显著成效，形成了“两横一纵两网十八线”航运网络，但仍存在运输装备发展质量不高、基础设施有效供给不充分、运输组织和服务效率效益低、市场集约化水平不足、航运安全体系不完善、科技创新投入不足等问题，与建成“人民满意、保障有力、世界前列”的交通强国以及构建“安全、便捷、高效、绿色、经济”的现代化综合交通体系目标要求相比，内河航运的比较优势和在综合交通运输体系中的作用尚未充分发挥，离经济社会发展要求还存在一定差距，成为现代综合运输体系的“短板”。

2 当前我国内河航运建设现状

我国内河航运经过多年的发展，取得了一定的成绩，具体体现在如下几个方面：一是高等级航道网初具规模，骨干通道作用突出，已成为流域经济社会发展的重要纽带和沿江（河）产业布局的重要依托。二是内河港口发展规模扩大，结构不断优化，服务功能不断拓展。三是内河航运引导沿江（河）产业布局优化的能力持续提升，对深入推进“一带一路”倡议、长江经济带、长三角一体化、粤港澳大湾区建设等国家战略发挥了重要支撑作用。四是内河航运数字航道建设与信息化、绿色发展取得初步成效。五是近年来内河旅游客运得到快速发展，成为新的经济增长点。

尽管成绩显著，但立足新发展阶段，与交通强国建设目标和支撑保障新发展格局的要求相比，内河航运还存在许多不足。一是内河航道布局不够完善，航运发展不平衡问题较为突出。长江上游、西江上游等航运发展较为迟缓和落后，贵州、云南、广西等中西部、西南及东北地区的内河航道网尚未有效建立，出海、出境通道欠缺。二是高等级航道占比偏低，内河航运发展不够充分。三是内河水系间沟通不足、联通性较差，航道网络化程度不高，且航运枢纽瓶颈制约矛盾突出。四是内河航运基础设施的建设与维护资金短缺、融资难等问题较为普遍。五是新基建、新技术、新能源与内河航运融合发展不够，智能化和绿色化水平有待提高。六是内河水上游配套基础设施建设滞后，综合开发力度不够。

3 新时代内河航运高质量发展的要求

3.1 更高质量的发展，是不断提升内河水运基础设施、设备、运输装备等要素供给质量，建设世界一流的港航基础设施、航运技术装备；不断提高内河水运服务质量，提供高品质的航运服务。

3.2 更有效率的发展,是不断提高岸线、土地、水域等要素资源利用效率,提高内河水运及相关环节运输服务效率和水平,进一步提高内河运输的经济性,发展经济便捷、集约高效、现代智能的内河水运。

3.3 更加公平的发展,是充分发挥内河水运在综合交通体系中的比较优势,完善配套支撑,为水则水创造更好的条件,为适合发展内河水运的地区提供保障。

3.4 更可持续的发展,是不断提高内河水运绿色低碳循环发展水平,提升内河水运与沿线经济社会互动发展的能力,完善适应我国内河水运行业特点的现代化治理体系,提高治理能力。

3.5 更为安全的发展,是不断夯实内河水运行业安全本底,提高内河水运安全发展的能力和水平。

4. 新时代内河航运高质量发展的建议

以发展新能源和清洁能源动力船舶为重点,加快先进适用安全环保智能技术应用,推动新一代智能航行船舶技术研发应用,加强产业链协同,选取典型水域场景因地制宜开展示范应用,推动市场化运作、产业化集成、规模化应用,实现可持续发展,加快内河船舶绿色智能转型和高质量发展。

4.1 要加强新型数字化智能船用设备研发

开展基于 5G 网络的“岸基驾控、船端值守”船舶航行新模式研究,重点突破岸岸协同下的远程驾驶技术和避碰技术,提升岸基通信能力和安全水平。当前,数字化智能船用设备的研发也是造船行业重点发力的方向。目前,内河航运可以应用很多岸基的导航设备、岸基的控制设备,岸基可以实时掌握船舶动态、船舶轨迹、定位信息等,让岸基对船舶发生的一切了如指掌。数字化智能船用设备应用在内河航运,既能确保船舶航行更安全,又能保证智能技术的落地实施。目前,船舶管理智能化和岸基一体化管理已成为新的发展趋势。随着船舶信息化及大数据的应用与推广,造船企业的信息化和航运企业的信息化无缝对接和数据共享,可将船舶基本信息数据和船舶动态数据有机结合,如将船舶航行数据和机舱运行动态数据的共享交换,实现岸基一体化,提高航行安全性和船舶营运效率,降低运营成本。

4.2 优先发展绿色动力技术

从国内国际来看,绿色、低碳、智能是目前航运业发展的新趋势,因此要优先发展内河船舶绿色动力技术。绿色动力技术不仅包含 LNG(液化天然气)动力,还包括电池动力和甲醇、氢等动力技术应用等。为实现绿色化运输,目前已发现具备可替代性的能源方式。数据显示,主要以 LNG 作为燃料的船舶,比使用常规燃油作为燃料的船舶碳排放可以减少 20%~25%,氮氧化物减少到 80%~85%,硫的排放减少 99%以上。目前,使用 LNG 的动力装置和加注技术已经十分成熟,供给体系及基础设施正在全面布局中,LNG 可以作为替代能源推广使用。LNG 仍有相当量的碳排放,从温室气体减排来看,LNG 不尽理想。为此,以插电式、换电式电池作为动力源的电动船舶也是内河航运发展的趋势所在。目前,在部分确定航线的终端上可配置充电、换电等基础设施,基础条件是比较成熟的。但内河航线由于船舶密集度较大,在航行过程中对机动性、节能等也提出了更高的要求。节能是重要的竞争力因素。LNG 应用作为燃料,技术已相对成熟,相比之下,氢、氨等零碳燃料虽然可以做到近似零排放,但发动机技术的成熟度仍要进一步改进提高。

4.3 建立健全绿色智能船舶产业生态

绿色航运走廊是指在一些枢纽港之间建立零排放航线,带动加速整个航运业的脱碳进程。如何推动内河和沿海绿色航运走廊建设?首先要加强沿海和内河航线“绿色走廊”的顶层设计,建立相关的政策支持和法规监管体系。

其次,要以铁矿石和集装箱支线接驳运输为“绿色走廊”的主要依托航线,建立沿海和内河“绿色走廊”示范航线。提供相应的政策和金融支持,构建完整的供应链、产业链。还要从

国家层面设立零碳发动机技术、零碳燃料围护系统、大功率电力推进技术、碳捕捉技术等建立‘绿色走廊’迫切需要的重大技术专项，增强我国绿色零碳船舶及配套技术的自主创新能力。最后，从国家部委层面牵头组织我国大型航运企业、支线运输联合体、造船企业和相关科研院所、中国船级社以及能源企业、金融机构等成立相关的零排放联盟和燃料碳当量的测算标准。加强与世界上其他主要航运国家和大型航运企业探讨航运零排放路径，选择确定最有利于我国发展的航运零排放发展路径，积极主导或参与相关国际规则标准的制订和修订。要总结经典经验做法，打造一批满足不同场景需求的标准化船型形成示范作用，有力推动内河船舶绿色化、智能化、标准化发展，从而让内河航运高质量发展一步步成为现实。

5 结束语

我国内陆内河流域辽阔，内河航运作为水路运输的重要组成部分，是建设交通强国的重要一环。内河不同于海洋运输，其船航运船类型多、航行水域复杂，因而标准化是内河船舶绿色化、智能化发展的前提和保障。因此加快推动内河航运高质量发展，推动内河船舶绿色化、智能化、标准化发展是必由之路。

参考文献

- [1] 李珂. 山东激发内河航运潜力搭建通江达海航运网络体系[J]. 珠江水运, 2022(16): 139-141.
- [2] 吴灿, 杜鹏程. 交通强国背景下浙江打造现代化内河航运体系[J]. 中国港口, 2022(27): 377-379.
- [3] 杨明松, 李乐新. 德国内河航运绿色发展对我国航运发展的启示[J]. 水运工程, 2021(13): 205-206.
- [4] 何维因. 我国内河航运在区域经济发展中的作用[J]. 现代企业, 2021(09)
- [5] 孙健. 提升内河航运能力延伸通江达海水运通道[J]. 企业观察家, 2019(29): 410-411.

作者简介

姓名: 王佳成

工作单位: 杭州市交通运输行政执法队

通信地址: 浙江省杭州市拱墅区朝晖路 122 号

电话: 18305817748

电子邮箱: 851815538@qq.com

浅水域 KCS 集装箱船下沉量数值研究

艾万政 张洪刚 淦学甄

(浙江海洋大学, 浙江舟山, 316000)

摘要: 船舶进入受限浅水区域, 船的龙骨与海床之间的距离会随着速度的增加而缩小, 船舶下沉量进一步增加, 纵倾运动更加明显, 船舶自身操纵受限, 给船体带来极大的安全性问题。选取平静水域作为实验背景, 建立矩形运河模型模拟实际受限航道, 采用标准集装箱船体模型(KCS), 通过商用软件 STAR-CCM+和计算流体力学(CFD)方法对船舶航行下沉量进行数值模拟分析, 结果表明, 模拟结果与物理实验值吻合良好, 随着船速和吃水的增加, 下沉量逐步增大; 受到纵倾运动的影响, 船首的下沉量始终大于船尾下沉量。

关键词: 受限浅水域; KCS; 下沉量; 数值模拟

中图分类号: U676.1

0 引言

现如今航运业的快速发展不断推动船舶的大型化趋势,随着船舶吃水的增大、船舶尺度的增加,受限水域的范围不断扩大。不同于宽阔深水域,受限浅水域内,由于航道富余水深的限制,船舶周围流场速度加快和船体周围压力差更大的特点使得下沉量和纵倾运动幅度更加明显,极大增加船舶搁浅触底的可能性。然而,目前航道拓宽条件远远跟不上船舶尺度的发展速度,大型集装箱船舶在受限水域行进中调整不当而搁浅的案例不断增加。目前针对浅水域内船舶下沉量有一定的研究:Gourlay^[1]利用一般的傅里叶变换方法计算了处于亚临界速度范围的集装箱船舶在不受限制的浅水、运河、阶梯通道和任意横截面的航道中的下沉量的计算方法。由于研究基于细长体理论,对于较高船速下运动的船舶误差较大。同年,Gourlay^[2]补充了对细长体理论的修改,计算了快速移动的双体船的下沉和纵倾,所得结果对所有的速度范围都是有效的;结果还表明下沉量受双体船船体间距变化的影响。蒋耀军^[3]等人以方形系数为60 ($C_b=60$)船模为研究对象,使用 RANS 方程和 RNG k- ϵ 二方程湍流模型模拟了浅水区域内的船舶下沉量和纵倾值,所得模拟计算数值结果与实验值存在高度一致性。周明贵^[4]探究了受限水域内的 KCS 集装箱船舶下沉量。Elsherbiny^{[5][6]}等人提出了一系列模型测试,测量了在 1:75 尺度下的 KCS 集装箱船舶不同纵倾角随速度、水深和装载条件的下沉量变化,得到的模拟预测值与物理实验数值匹配度很高。Tezdogan^[7]利用 STAR-CCM+模拟软件对船舶下沉量进行计算研究,得出下沉量与船速和船舶吃水的影响变化趋势。马小飞^[8]等采用 NURBS 技术对 KCS 船体表面进行曲面重构,得出船舶下沉量的计算方法,与船模实验值相对误差较小,证明了该算法研究下沉量具有可行性。Delefortrie^[9]等通过水池模型试验得出浅水中的泥泞航道区域对减小船舶下沉量有一定优势,并对纵倾也有影响,同时基于细长体理论给出针对泥泞区船舶下沉量的计算模型,由于细长体理论不适用于较高速度下的船舶状态,该计算模型的精确度有待提高;基于以上研究,针对受限水域内结合计算流体力学方法 (CFD)对船舶下沉量进行数值模拟,探究航行过程中的船速、吃水比和纵倾运动对下沉量的影响作用。

1 数值模拟理论基础

1.1 控制方程

雷诺平均 Navier-Stokes (RANS)方程无疑是船舶流体力学计算模拟中发展最快的领域。RANS 方法可以更好的解决复杂流动现象,国内外很多研究学者多应用此方法进行船舶阻力数值求解,其控制方程如下所示:

质量守恒方程:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

式中 u_i 为速度矢量的平均笛卡尔分量 $u_1=u$, $u_2=v$, $u_3=w$, 1、2、3 分别代表 x、y、z 方向上的速度分量。

动量守恒方程:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \bar{u}_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j + \rho \overline{u_i u_j}) = \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j} + \rho F_i \quad (2)$$

$$\bar{\tau}_{ij} = \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

式中, $\overline{\tau_{ij}}$ 为平均粘性应力张量分量, ρ 为密度, Fi 为体积力, $\overline{u_i}$ 表示速度矢量的平均笛卡尔分量, $\overline{\rho u_i u_j}$ 为雷诺项, p 为平均压力值, μ 为动力粘性系数。

1.2 VOF 模型

采用流体体积(VOF)方法将计算域内流体建模为气-液混合性质的一个连续体。这种 VOF 方法确定了每个单元中存在的每种流体的比例, 从而跟踪自由表面的高度。选择 $\Delta t=0.0025 \sim 0.005L/U$ 的范围进行数值计算。得到了体积分数的方程式:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \nabla(\alpha U) = 0 \quad (4)$$

式中 U 为速度场, α 为试验水池内水的体积分, 设置气-液混合两相流, 分别从 0 到 1, 不断填充直至充满计算域。

1.3 湍流模型

选择具有壁面函数的 SST $k-\omega$ (Shear Stress Transport) 湍流模型封闭方程, 该基于标准湍流模型对比耗散率 ω 输运方程中优化了湍流粘度表达式, 该模式适用于在船体近壁表面和船体中心线向外的远距离水域范围的流场变化。其封闭方程为:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k - Y_k \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega \quad (6)$$

式中, Γ_k 、 Γ_ω 定义为扩散系数, μ_t 为湍流粘度, G_k 、 G_ω 定义为湍流产生项, Y_k 、 Y_ω 定义为湍流耗散项, D_ω 为源项。

采用 SIMPLE 方法进行速度-压力耦合, 动量项和体积分项均采用 2 阶迎风差分格式, 扩散项的离散采用中心差分格式。

2 计算方法

2.1 船舶模型

研究对象选取由 ITTC^[10](国际拖曳水池会议)认证的标准集装箱船舶模型(KCS)的裸船体。采用船舶缩尺比为 $\lambda=1:31.6$, 该图 1 所示为 KCS 模型的几何形状, 表 1 给出了 KCS 集装箱船实船与船模的主要参数。

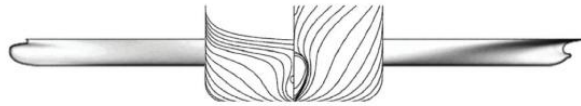


图 1 KCS 模型的几何形状

表 1 KCS 船舶主要参数

主要参数	实船	船模
缩尺比 λ	1	31.6
两柱间长 L_{pp} (m)	230.0	7.2786

型宽 B (m)	32.2	1.0190
型深 D (m)	19.0	0.6013
吃水 T (m)	10.8	0.3418
湿面积 S (m ²)	9530	9.4379
方形系数 C_B (m)	0.6505	0.6505
排水量 V (m ³)	52030	1.6490
K_{yy} (%)	$0.25 L_{pp}$	$0.25 L_{pp}$

2.2 计算工况

为了提升数值模拟对船舶受限水域内航行的实际性和实用性,选取苏伊士运河这一受限水域实际航道尺度,结合船舶缩尺比例,设计航道尺度航道水深 0.76m,航道宽度为 11m。图 2 为模拟的矩形航道。

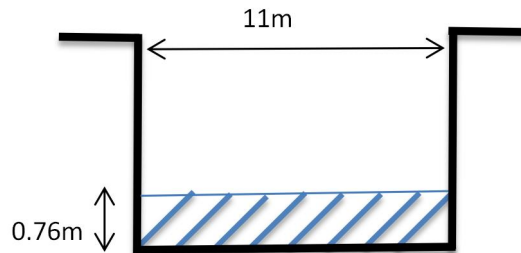


图 2 矩形航道示意图

2.3 坐标系

Kim^[11]等人在 STAR-CCM+中实现了一个用于船舶流体动力学应用的 6 自由度运动模块。采用 STAR-CCM+提供的动态流体相互作用(DFBI)技术计算船体运动。用两个坐标系来求解 6 个自由度方程。一个坐标系是惯性坐标系(地球坐标),另一个是非惯性坐标系(船舶坐标),如图 3 所示。惯性坐标可以固定在地球上,或者可以相对于地球以恒定的速度移动。非惯性坐标固定在船舶上,并根据船舶的运动进行平移和旋转。6 自由度模块的详细信息可以在 Carrica^[12]等人的介绍中找到。计算开始时的两个坐标系是对齐的, X 轴从船尾到船首方向为正, Y 在左舷为正, Z 向上为正。地球坐标在整个计算过程中都是固定的,而船舶坐标则遵循船舶的运动。在计算的开始地球坐标系的起源位于水线的交集和船的支柱,而船舶坐标总是固定在船的旋转中心,位于一个自由运动的船的重心。

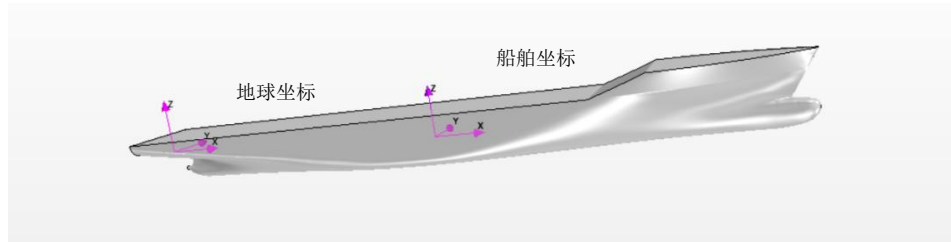


图 3 船体坐标系

2.4 计算域和边界条件

Star-CCM+是一种基于有限体积的求解器,使用控制方程的积分形式,并将计算域划分为有限数量的相邻单元网格。采用了最小偏斜度的六面体网格单元。与四面体网格单元相比,六面体网格可以提供更好、更精确的预测。图 4 为数值模拟计算的计算域设置。计算域按照 ITTC^[13]的指导建议进行设置, KCS 船体为对称结构,为节省计算成本,选取半个船体进行计算。计算域以一个船长(L_{pp})为单位,计算域入口边界距船首 $1.5L$,出口边界距船尾 $2.5L$,侧边界距船中纵剖面 $1.25L$,顶边界距自由液面 $1.5L$,底部边界距自由液面 $2L$ 。网格为非结构网格,在船体周围和自由液面都进行了网格细化加密处理,船体表面采用棱柱层网格, y^+

值为 60。

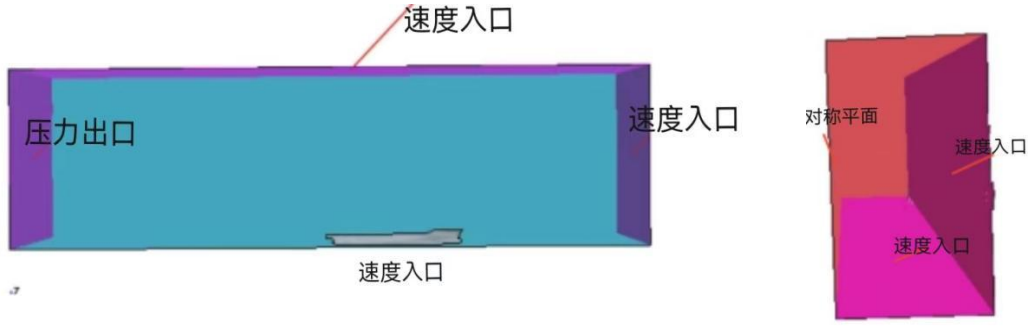


图 4 计算域边界条件设置

计算域进水入口、域顶部和域底部的边界被选择作为速度入口。速度设置为模拟所设三个速度变量。选择计算域出水口边界作为压力出口，并设置为保持静水压力。选择船体表面作为无滑移壁面边界条件。选择半个船体侧边边界作为对称平面。在入口边界、出口边界和侧边界设置了波浪阻尼，抑制回波对计算的影响。

3 数值结果及分析

3.1 下沉量计算方法

根据船体所受压力在 Z 轴分量与船体纵倾角度可求出船舶的平均下沉量和纵倾变化。首先，根据船体的受力计算建立船舶下沉过程的下沉作用力和纵倾力矩如下式：

$$F = \frac{1}{2} P V^2 \left(\frac{L}{2} \right)^2 C_p \quad (7)$$

$$M = \frac{1}{2} P V^2 \left(\frac{1}{2} \right)^3 C_q \quad (8)$$

式中， $C_q = -\iint_S C_p d_0$ ； P 为压力； V 为航行速度， d_0 为重心到船首的距离。

另外，KCS 船体相对于重心对称，得到船舶下沉量模型^[14]为：

$$S_\theta = \frac{L}{2} [\sin(\theta_0 + \Delta\theta) - \sin(\theta_0)] \quad (9)$$

式中， S_θ 为船首与船尾的下沉量， θ_x 为船舶纵倾角度，初始角度为 $x=0$ ， $\Delta\theta = \theta_x - \theta_0$ 。

3.2 下沉量数值验证

在吃水比为 $h/d=2.2$ 下，在弗汝德数 Fn 从 0.2 到 0.55 范围内，对在静水中前进时 KCS 船模的下沉量和纵倾进行估算预测。决定数值模拟结果精度的关键问题之一是网格和时间步长的选择。为了保证计算网格的划分合理，采用了网格收敛指数(GCI)方法进行不确定性分析。STAR-CCM+求解器中的网格是根据网格基底大小构建的。通过细化比 $r_G=1.41$ ，创建了粗、中和细三个网格。基于网格的不确定性分析如下所示：

$$p = \frac{1}{\ln(r_{21})} \left| \ln \left| \varepsilon_{32} / \varepsilon_{21} \right| + q(p) \right| \quad (10)$$

$$q(p) = \ln \left(\frac{r_{21}^p - s}{r_{32}^p - s} \right) \quad (11)$$

$$s = 1 \cdot \text{sgn}(\varepsilon_{32} / \varepsilon_{21}) \quad (12)$$

式中 $\varepsilon_{32} = \phi_3 - \phi_2$ 、 $\varepsilon_{21} = \phi_2 - \phi_1$ ； ϕ_k 表示第 k 个网格上的解， r_G 为常数当 $q(p)=0$ 时。

外推值的计算方法如下所示：

$$\phi_{ext}^{21} = (r_{21}^p \phi_1 - \phi_2) / (r_{21}^p - 1) \quad (13)$$

此外，近似相对误差和外推的相对误差分别由以下方程得到：

$$e_a^{21} = \left| \frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1} \right| \quad (14)$$

$$e_{est}^{21} = \left| \frac{\phi_{ext}^{21} - \phi_1}{\phi_{ext}^{21}} \right| \quad (15)$$

最后，网格收敛指数计算如下：

$$\text{GCI}_{\text{fine}}^{21} = \frac{1.25 e_a^{21}}{r_{21}^p - 1} \quad (16)$$

其余参数如表 2 所示

表 2° 静水阻力模拟中 KCS 模型的不确定度分析

	下沉量(m)	纵倾(°)
Fn	0.469	0.469
ϕ_1	-0.0133	0.035
ϕ_2	-0.0128	0.033
ϕ_3	-0.0124	0.03
r_{21}	1.41	1.41
r_{32}	1.41	1.41
R	1.25	0.6667
p	0.6494	10.9264
ϕ_{ext}^{21}	-0.0153	0.0350
ϕ_{ext}^{32}	-0.0144	0.0331
e_a^{21}	0.0376	0.0571
e_a^{32}	0.0313	0.0909
e_{est}^{21}	0.1634	0.0584
e_{est}^{32}	0.1389	0.0929
$\text{GCI}_{\text{fine}}^{21}$	0.1880	0.0017
$\text{GCI}_{\text{fine}}^{32}$	0.1563	0.0027

GCI 方法的网格收敛性研究表明，模拟的收敛率在 0-1 之内，数值模拟结果均收敛，数

值不确定性很低，符合 ITTC(国际拖拽水池会议)建议的网格设置。网格分辨结果可靠性足以支撑此次研究。

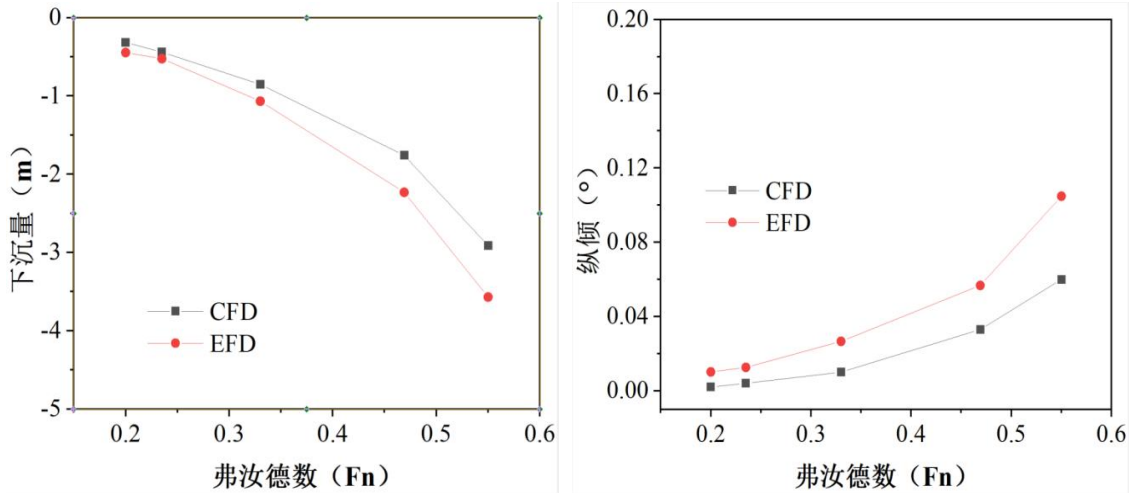


图 5 下沉量、纵倾值验证

表 3° 总阻力系数、下沉量、纵倾值验证

Fn	下沉量(m)			纵倾(°)		
	CFD	EFD	D(%)	CFD	EFD	D(%)
0.2	-0.316	-0.4462	29.2	0.002	0.0101	80.3
0.235	-0.4396	-0.5237	16.1	0.004	0.0126	68.1
0.33	-0.8518	-1.0669	20.2	0.01	0.0266	62.4
0.469	-1.7586	-2.2308	21.2	0.033	0.0567	41.8
0.55	-2.9126	-3.5693	18.4	0.06	0.1048	42.7

为了数值结果的准确性，将所得数据与物理水池实验数据比较，图 5 为吃水比 2.2 条件下，通过 CFD 模拟数据和船模实验结果 EFD (Experimental Fluid Dynamic)比较，共同给出了船舶的下沉量和纵倾值。表 3 为 CFD 和 EFD 工况下的下沉量和纵倾的误差比较。其中

$D\%$ 为相对误差，定义为 $D\% = \frac{CFE - EFD}{EFD} \times 100\%$ ，由图中可以得出，下沉和纵倾的数值结

果与实验值趋势基本吻合，在弗汝德数超过 0.33 时，CFD 数值结果显示有点低估了下沉量和纵倾值。这一现象预测是因为 RANS 解包含许多误差来源，来自边界条件、入口湍流水平、迭代和离散误差、对流方案等多种来源。在可能的情况下，分离这些要素中的每一个并评估对数值解的不同方面的影响是目前正在进行的研究领域。表中数据得出纵倾值预测误差较大，结合实际纵倾值误差为 0.02°，对最终结果的影响可忽略。经过网格的收敛性及数值验证结果可得 CFD 模拟的可靠性足以支撑本次研究。

3.3 下沉量数值分析

下沉在受限水域具有和纵倾同样重要的实际意义，较小的运河航道下的浅水效应会导致更大的船舶下沉，并且纵倾运动幅度更大，运动更明显。纵倾变化不仅会导致阻力的变化，也会影响船舶下沉量的改变。图 6 分别为吃水比 2 和 1.5 时，计算得出的不同船速和纵倾角度下的船舶平均下沉量。可以看出，吃水比进一步加大即水深进一步变浅时，船舶下沉量也随之增大。下沉量为负值，是因为与 Z 轴向上为正方向相反。船首纵倾下沉量始终大于船尾纵倾下沉量。并且吃水比增大，下沉量的变化趋势更加平缓。在吃水比为 2 时，船舶的下

沉量上下浮动振荡下降,下沉量的上下浮动导致船舶吃水的变化使得受限航道内承压水流速度变化,水流速度变化又会反作用于下沉量,这种相互作用加大了船舶下沉量。考虑到受限水域吃水较小情况下,船体下沉量和纵倾的变化空间较大,船体湿变面积较深吃水状态下小很多,船体周围波浪水线和流体流速变化使船舶重心位置发生浮动振荡,下沉量也随之浮动。

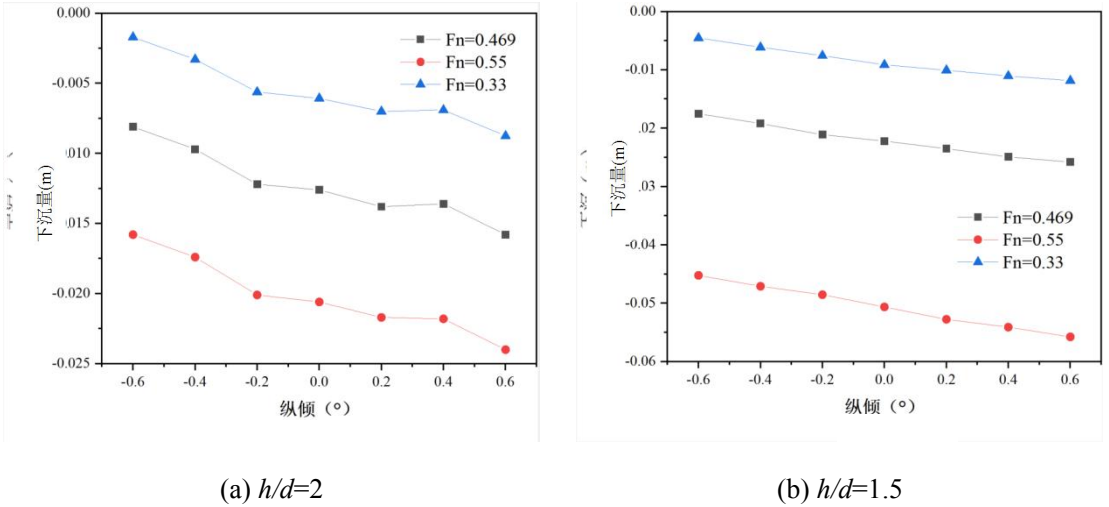


图 6 不同速度和纵倾角度下的下沉量

纵倾运动导致的下沉量主要是船首和船尾下沉量。下图 7 为船舶尾倾-0.6°、船舶首倾 0.6°及船舶平吃水(0°纵倾)工况下的船舶平均下沉量变化趋势。由图中变化可以看出,船首下沉量始终大于船尾下沉量,这种趋势适用于所有模拟船速条件。随着船速的提高,船尾纵倾处的下沉量增加幅度较船首部分增加得快,船尾与船首的下沉量差距逐渐减小。船速为 $Fn=0.33$, 船首纵倾和船尾纵倾间的差距最大,相差 0.0074m; 船速为 $Fn=0.469$, 船首纵倾和船尾纵倾间的差距相差 0.0091m; 船速为 $Fn=0.55$, 船首纵倾和船尾纵倾间的差距相差 0.0105m; 随着水深吃水比的增加,船首和船尾的下沉量都相应的增大。观察到在水深吃水比为 1.5, 船速由 0.469 增大到 0.55 时,下沉量的增长幅度显著提高,增长幅度达到 158.5%。

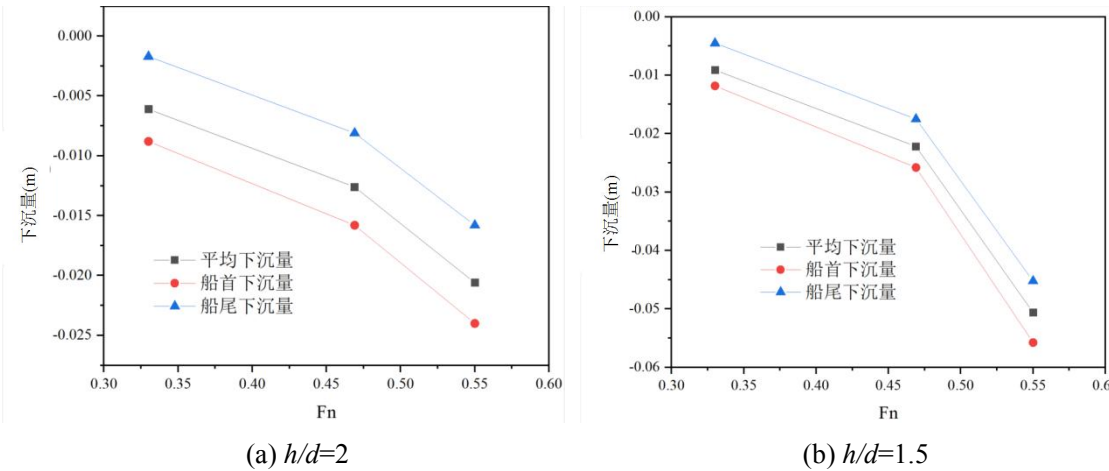


图 7 下沉量变化比较

表 4° $h/d=2$ 时船舶下沉量变化

Fn	平均下沉量(m)	船首下沉量(m)	船尾下沉量(m)	增幅%
0.33	-0.0061	-0.0088	-0.0017	417.65%

0.469	-0.0126	-0.0158	-0.0081	95.06%
0.55	-0.0206	-0.024	-0.0158	51.90%

表 5° $h/d=1.5$ 时船舶下沉量变化

Fn	平均下沉量(m)	船首下沉量(m)	船尾下沉量(m)	增幅(%)
0.33	-0.0091	-0.0118	-0.0045	161.97%
0.469	-0.0222	-0.0258	-0.0175	47.43%
0.55	-0.0506	-0.0558	-0.0452	23.30%

表 4 与表 5 中的数据分别为吃水比 2 和 1.5 时, 船首船尾下沉量的增幅差距。随着弗汝德数的增大, 船首和船尾的下沉量差距在逐步缩小。在弗汝德数为 $Fn=0.469$ 时, 船尾纵倾的下沉量增长幅度最大, 船首与船尾的差距减小幅度最大, 分别减小 322.59%、114.54%。因此, 船尾比船首更有优势在减小船舶下沉量的角度。同时在弗汝德数为 $Fn=0.55$ 时, 随着吃水比增加, 船舶下沉量增长幅度为 0.6%, 增长明显。因此, 在深吃水比下, 高速行驶船舶要特别注意下沉量的变化, 防止船舶搁浅。

4 结论

较小的运河航道水域下的浅水效应会导致更大的船舶下沉, 极大船舶搁浅触底风险。船舶航行下沉量是航道应对大型船舶通航设计的必须考虑的因素, 精确计算受限水域航道船舶航行的下沉量, 掌握下沉量变化规律对航道改造、通航效率、保障船舶航行安全都有重要意义。本文针对 KCS 集装箱船舶在受限水域航行船舶下沉量进行数值模拟, 模拟结果表明, 随着船速增加, 船舶下沉量进一步增大, 这种增大趋势对吃水尤为敏感, 吃水比增大, 下沉量也随之增大。受到纵倾的影响, 船首下沉量始终大于船尾下沉量。并且船尾处的下沉量较船首处对于船速的变化更加敏感, 随船速变化的增长幅度增大。因此, 在受限水域内要尽可能的保证航道内有足够的富余水深, 减小因吃水过多导致下沉量的增大; 另外在深吃水情况下, 避免高速行驶导致船舶搁浅。

参考文献

- [1]. Gourlay T. Slender-body methods for predicting ship squat[J]. Ocean Engineering, 2008, 35(2):191-200.
- [2]. Gourlay T. Sinkage and Trim of a Fast Displacement Catamaran in Shallow Water[J]. Journal of Ship Research, 2008, 52(52):175-183.
- [3]. 蒋耀军, 顾民, 吴乘胜等. 浅水航道中门桥水动力特性数值计算[J]. 船舶力学, 2005(04):31-36.
- [4]. 周明贵, 邹早建, 姚建喜. 限制水域船体下蹲预报(英文)[J]. 船舶力学, 2013, 17(06):625-634.
- [5]. Elsherbiny K, Tezdogan T, Kotb M, et al. An Experimental Investigation of the Trim Effect on the Behaviour of a Containership in Shallow Water[C]// ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. 2019.
- [6]. Khaled, Elsherbiny, Tahsin, et al. Experimental analysis of the squat of ships advancing through the New Suez Canal - ScienceDirect[J]. Ocean Engineering, 178:331-344.
- [7]. Tezdogan T, Incecik A, Turan O, et al. A numerical investigation of the squat and resistance of ships advancing through a canal using CFD[J]. Journal of Marine Science and Technology, 2016, 21(1):86-101.
- [8]. 马小飞, 于洋, 房希旺. 船舶浅水航行下沉量数值计算[J]. 大连海事大学学报, 2021, 47(02):20-25.
- [9]. Delefortrie G, Vantorre M, Eloot K, et al. Squat prediction in muddy navigation areas[J].

Ocean Engineering, 2010,37(16):1464-1476.

- [10]. ITTC. ITTC – recommended procedures and guidelines - practical guidelines for ship CFD applications. 7.5-03-02-03 (Revision 01). ITTC – Recomm. Proced. Guidel. 19., 2014.
- [11]. Kim Y.C, Van, S.H. and Jang, Y.H. Calculation of added resistance in waves for KVLCC2 and its modified hull form using RANS-based method. In: Proceedings of the 25th International Offshore and Polar Engineering Conference. Int. Soc. Offshore Polar Eng. Hawaii, USA, pp. 2015.924–930.
- [12]. Carrica P.M, Mofidi A, Elout K. et al. Direct simulation and experimental study of zigzag maneuver of KCS in shallow water. Ocean. Eng., 2016 112, 117–133.
- [13]. ITTC. Quality system manual recommended procedures and guidelines procedure uncertainty analysis in CFD verification and validation., 2017.
- [14]. 谢保峰, 张树奎, 胡甚平. 浅水区域船舶航行下沉量的数值计算[J]. 舰船科学技术, 2022,44(20):42-45.

第一作者简介: 艾万政(1971-)男, 博士, 教授, 甲类大副, GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任。研究方向: 航海技术

达运 838” 船与 “桂桂平货 8963” 船碰撞事故案例分析

宋宇秋¹ 艾万政^{1*}

(1. 浙江海洋大学, 船舶与海运学院)

(2.

摘 要: 海上运输是国际贸易中最主要的运输方式。随着经济全球化的加深, 海运业得以快速发展, 但同时也使得全球范围内的船舶碰撞、搁浅、火灾、爆炸、污染等事故屡屡发生, 并造成了严重后果。本文选取了近年来的一起船舶碰撞的海事事故案例, 分析其发生原因, 并从避碰角度提出了安全航行的建议。

关键词: 海运业; 船舶碰撞; 事故案例; 避碰

得益于经济全球化的快速发展, 世界各国之间的经济联系更加密切, 而海上运输是国际贸易中最主要的运输方式。在这种大环境下, 海运业蓬勃发展, 但是发展的同时也使得海上交通负荷增加, 船舶事故频繁发生。船舶航行的安全问题^[1]一直是航运界非常关注的, 世界各国也为此做了大量的工作来保障船舶的安全通航。据统计, 每年因为船舶碰撞而导致的海事事故是最多的, 学习海上避碰规则并遵守, 能够有效降低碰撞事故发生的概率。本文分析了“达运 838”船与“桂桂平货 8963”船的碰撞案例^[2], 并从避碰角度提出了安全航行的建议。

1 事故介绍与分析

1.1 事故船舶基本情况

1.1.1 “达运 838”船概况

总吨 2991, 船长 87.7m, 型宽 18.38m, 型深 5.1m, 空载吃水 1.165m, 为自卸砂船, 建造年月 2021 年 4 月 12 日。图 1 是“达运 838”船的外形图。

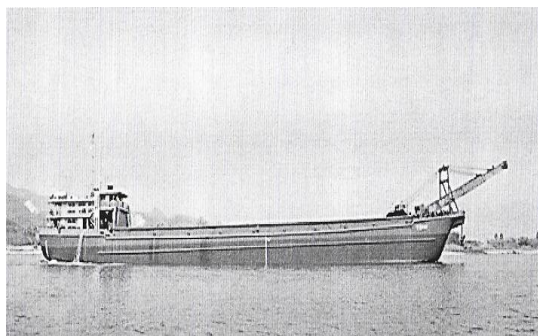


图 1 “达运 838”船

1.1.2“桂桂平货 8963”船概况

总吨 591，船长 48.2m，型宽 10.5m，型深 3.6m，空载吃水 0.496m，为一般干货船，建造年月 2012 年 12 月 30 日。图 2 是“桂桂平货 8963”船的外形图。

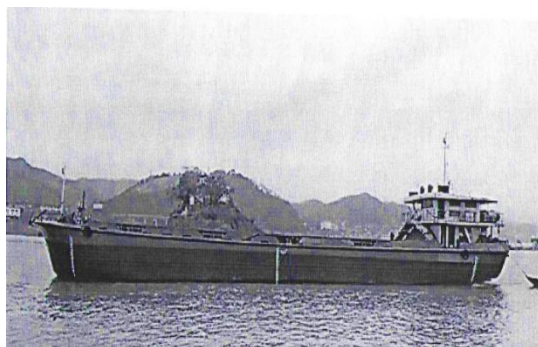


图 2 “桂桂平货 8963”船

1.2 事故水域通航情况

事发水域位于西江干流小湘沙水上加油站对开水域，属于非潮流河段，航道距右岸约 350 米，河面宽度约 700 米。三榕峡至小湘水域上行船舶习惯航法为：航至钓鱼台底角，向左转向，沿右岸三、七航行，航至田螺村时逐渐向左转向，至小湘水口 53 号过河标时，对大湘沿左岸四、六航行。三榕峡至小湘水域下行船舶习惯航法为：沿右岸四、六航至小湘水口 53 号过河标时，逐渐向右转向，将田螺村下鬼仔角沿岸标置于左前方，随湾分中偏右航行。事发时，上行船“达运 838”船前方有多艘同向上行船，下行船“桂桂平货 8963”船前后均无船同向下行。事故水域通航情况见图 3。

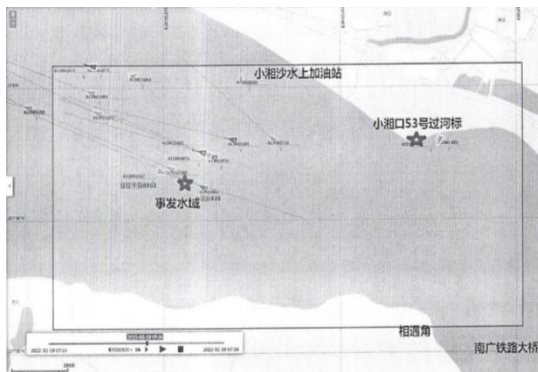


图 3 事故水域通航情况

1.3 事故水域天气和水文情况

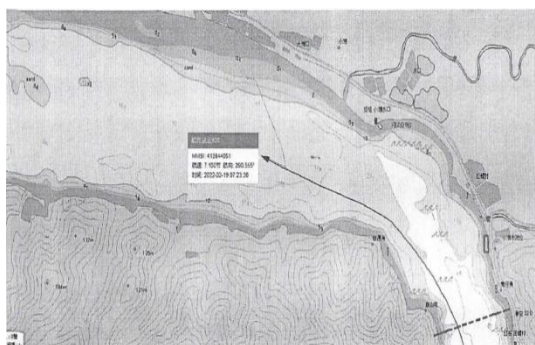
1.3.1 天气情况

2022 年 2 月 19 日 0730 时事发水域雨量 0.2 毫米、时极大风向 287°、时极大风速 5.2 米每秒、气温 9 摄氏度。事发时事故水域能见度良好。

2022年2月19日7时事发水域水位1.47米、流量6470立方米每秒、平均流速0.53米每秒，2022年2月19日8时水位1.36米、流量7380立方米每秒、平均流速0.61米每秒。事发时事故水域水流平缓。

1.4 事故经过

2022年2月18日2341时“达运838”船空载从佛山市三水区开出。2月19日约0610时,“达运838”船上行至肇庆西江大桥附近水域,驾驶员换班休息,换班后驾驶室只有驾驶员一人值班。2月19日0714时,航速5.6节,航向344°,“达运838”船沿右岸上行,到达南广铁路大桥下游约300水域。2月19日0717时,航速6.1节,航向328°,“达运838”船沿右岸上行,经过崩山咀对开水域。2月19日0719时,航速6.1节,航向290°,“达运838”船沿右岸上行,到达相遇角对开水域。2月19日0720时,航速6.1节,航向292°,“达运838”船沿右岸约100米上行经过相遇角水域,此时驾驶员初次看见下航的“桂桂平货8963”船,顺流下行,此时两船相距约1100米。2月19日0721时,航速6.1节,航向290°,“达运838”船没有按照左岸53号岸标指引航行,驶过相遇角弯位后沿航道中间上行,驾驶员判断可以在“桂桂平货8963”船船头安全驶过,未与“桂桂平货8963”船进行VHF沟通避让意图,未采取避让行动。2月19日0722时,航速7.0节,航向290°,两船相距约100米时感觉可能发生碰撞,“达运838”船随即小角度转右舵避让,未减速。2月19日0723时,航速7.1节,航向290°,“达运838”船沿主流上行至小湘沙水上加油站对开水域,距右岸约350米水域时船首右侧与“桂桂平货8963”船船首发生碰撞,船首压在“桂桂平货8963”船船首,碰撞后“达运838”船全速倒车。图4是“达运838”船碰撞前的航行轨迹。



1.4.2 “桂桂平货 8963”船

59

沉没。图 5 是“桂桂平货 8963” 船事发前的航行轨迹。



图 5 “桂桂平货 8963” 船事发前航行轨迹

2 事故原因分析

2.1 “达运 838”船

2.1.1 违反航行规则

“达运 838”船在事故水域航行时，没有按照 53 号过河标的指引行船，不遵守航行规则，占用了下行船的航路，导致和对向的“桂桂平货 8963”船形成了对驶相遇状态，增大了船舶会遇的危险性，违反了《中华人民共和国内河避碰规则》第八条第一款的规定。

2.1.2 没有保持正规了望

事发水域能见度良好，该船驾驶员未用 AIS、VHF、雷达等一切有效手段进行正规了望，未能听到“桂桂平货 8963”船的 VHF 呼叫，没有随时注意周围环境和来船动态，对局面和碰撞危险估计不足，始终认为可以在“桂桂平货 8963”船船头驶过，直至形成紧迫局面，该行为违反了《中华人民共和国内河避碰规则》第六条和《中华人民共和国内河船舶船员值班规则》第十九条第一款的规定。

2.1.3 未使用安全航速

“安全航速”是指能采取适当而有效的避碰行动，并能在适合当时环境和情况的距离以内把船停住的速度。本次事故中，“达运 838”船驾驶员在两船相距约 1100 米时，才首次观察到“桂桂平货 8963”船，此时两船距离不远，必须保证以安全航速航行并且留有安全距离，来降低相遇状态的风险性，但该船驾驶员不仅不减速，反而加速行船，未谨慎驾驶。该行为违反了《中华人民共和国内河避碰规则》第七条第一款和第二款的规定。

2.1.4 未有效避让下行船

事故发生前两船是对驶相遇局面，“达运 838”船作为上行船，应当主动避让下行的“桂桂平货 8963”船。但其并没有遵守让路规则，没有及早采取避让行动，未进行转向、减速、停车、倒车等避免碰撞的行为，缺乏避让的主动性，导致了事故的发生，违反了《中华人民共和国内河避碰规则》第九条第一款、第二款和第十条第（一）项的规定。

2.2 “桂桂平货 8963”船

2.2.1 未有效协助避让

作为下行船，“桂桂平货 8963”船拥有优先过路的权利，但也应当履行协助避让的义务。“桂桂平货 8963”船在碰撞发生前，察觉到来船无让路意图时，没有及时和对方取得联系，在呼叫对方船无回应时，没有立即采取减速、停车、倒车等行为，也没有根据当时情况采取提前转向协助避让措施。该行为违反了《中华人民共和国内河避碰规则》第九条第一款、第四款和第十条第（一）项的规定。

3 安全航行建议

“达运 838”船与“桂桂平货 8963”船碰撞事故之所以发生，其主要原因就是由于不遵守规则而导致的。通过查阅大量船舶事故案例，也可以发现，大部分的船舶碰撞事故原因都是相似的，比如未进行正规了望、未使用安全航速、不遵守避碰规则等。基于以上案例的分析，本文从避碰角度提出了几个利于船舶安全航行的建议。

3.1 提高安全意识

许多事故的发生，往往是因为船员的安全意识淡薄，比如在恶劣天气下行船时，未保持正规了望、鸣笛示警等利于安全驾驶的措施，在陌生海域没有保持小心谨慎，对可能存在的潜在危险没有做出一个充分的判断等。当两船面临碰撞的危险时，没有正确意识到危险，甚至会存在侥幸心理，认为对方船只只会主动避让。本次事故中，“桂桂平货 8963”船虽说是下行船，能够优先通行，但太过依赖对方的主动让路，缺少警惕心和对危险局面的正确判断能力，假使其当时在察觉到对向船无让路意图时，能主动作出应对措施，或许就能避免此次碰撞。因此，加强船员的安全意识可以有效降低船舶碰撞概率，也能大大降低海事事故发生的概率。

3.2 遵守避碰规则

国际海上避碰规则和内河避碰规则是前人根据多年来发生的事故以及研究总结出来的，是科学的，有效的。船舶驾驶员和船长等必须认真学习避碰规则并将其应用到船舶航行中去，当船舶面临避碰局面时，大局上需遵守避碰规则，但也需要临时应变，做出适合当前局面的避碰行为。“达运 838”船与“桂桂平货 8963”船事故中，“达运 838”船就是因为没有遵守避碰规则，给下行船让路，导致航行在同一条线路中，这才发生了碰撞。

3.3 保持安全航速

船舶在海上航行时，应始终保持安全航速，以留有充足的时间来应对突发状况和对所处的局面做出正确的判断，尤其是在狭水道、进出港和近岸通航密集区航行。船速过大或过小都是不可取的，都不利于进行最有效的避碰行为，安全航速应以当时所处的环境和情况而定^[3]，灵活变通。以安全航速行驶时，哪怕发生事故，也能将损失降到最低，因为此时船舶的动量会相对减少，碰撞产生的激烈后果也会较轻。此次事故中，“达运 838”船就是因为没有保持安全航速，发生碰撞后产生较大动量，撞裂了“桂桂平货 8963”船的船体，使得其船体在较短时间内进水沉没。

3.4 正确使用助航工具

大部分的船舶上都会配备雷达、AIS、无线电通信、电子海图等助航工具，航行时正确使用它们，能够提前察觉到危险，并避开危险，还能及时和相遇船舶取得联系，降低风险。海域上的灯塔、浮标等助航物，对于船舶避碰和导航具有关键作用，能为船舶提供气象信息服务和远程通讯保障，遇到时应注意其表达的信号，小心驶过此区域。“达运 838”船在事故水域时，可能因为疏忽没有注意到 53 号过河标，也可能压根就对过河标的指示不以为意，随意占用他船航道，这也是事故发生的一个重要原因。

3.5 提高专业技能

平时船舶驾驶员、船长要加强自身的业务学习和操船技能的提高，船舶操纵性^[4]因船型船龄等不尽相同，涉及船舶旋回性能、保向性能、变速性能、减速性能、停船性能和启制动性能等，操纵性能的差异对会遇避让时机调整、确定船舶会遇安全距离、减速时机和余速控制等产生决定性影响，熟练掌握好船舶操纵性能，可以作出最有利于船舶安全的操纵行为。

4 结束语

每年因为船舶碰撞而导致的事故占海事事故的大部分，随着海运业的快速发展，船舶数量急剧增多，这也就导致了船舶会遇^[5]的频繁性，尤其是在近海、港口等区域，这些区域是碰撞事故的高发区域。“达运 838”船与“桂桂平货 8963”船碰撞事故是比较典型的内河碰撞案

例, 事故原因也具有普遍性, 值得我们分析学习, 以避免类似事故的再次发生。

参考文献

- [1]. 吴海华. 影响船舶航行安全因素分析[J]. 中国水运, 2006(05):14-15.
- [2]. 中华人民共和国海事局. 肇庆“2·19”“达运 838”船与“桂桂平货 8963”船碰撞事故调查报告[R].
<https://www.msa.gov.cn/public/documents/document/mdi0/mta3/~edisp/20220624024107005.pdf>.
- [3]. 李新育, 刘正江. 一起商船同渔船碰撞事故的分析[J]. 世界海运, 1997(04):19-21.
- [4]. 李成龙, 贾荣, 童辉等. 船舶避碰事故影响因素及对策分析[J]. 船舶物资与市场, 2020, No. 168(02):53-55. DOI:10.19727/j.cnki.cbwzysc.2020.02.024.
- [5]. 汪翔. 浅谈船舶碰撞事故的有关问题[J]. 安全生产与监督, 2005(05):54-55.

第一作者简介: 宋宇秋(1996-), 男, 硕士研究生, 交通运输专业, 研究方向: 海上安全技术。(E-mail) 908393837@qq.com

通讯作者: 艾万政(1971-)男, 博士, 教授, 甲类大副, GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任。研究方向: 航海技术

船用 C 型 LNG 储罐横倾状态下结构强度分析与评估

温小飞, 王虎强

浙江海洋大学 船舶与海运学院, 浙江 舟山 316022

摘 要: 针对船用 C 型 LNG 储罐在横倾工况下的各部件结构强度评估问题。本文以 18m³ 船用 C 型 LNG 储罐为例, 应用 SolidWorks 建模, Ansys 仿真软件建立了有限元分析模型, 并参照 CCS 规范, 设定了横倾工况相应的载荷边界条件并进行仿真计算, 具体分析了罐体应力集中区域, 并评估了横倾工况不同度数下储罐各部件的应力强度。结果表明: 罐体应力强度最大值出现在内罐体封头处, 并且各个部件的应力强度均在许用值内, 为相关船舶 LNG 燃料储罐结构设计提供参考。

关键词: C 型 LNG 储罐; 有限元方法; 强度分析

0 引言

为实现碳达峰、碳中和目标, 随着国家对节能减排的大力推广, 船舶动力来源逐渐升级, 传统石油燃料动力逐渐被新型能源取代。液化天然气(Liquefied Natural Gas, LNG)作为一种具有存量小、污染小等优点的新能源, 近几年发展迅猛。随着 LNG 动力技术船舶逐渐成熟, 各类型 LNG 液货舱也发展迅速, 相较于其他类型的液货舱, C 型独立液货舱凭借其装载灵活、结构简单和安全性高等优点被广泛应用于中小型各类船舶^[1]。

装备 LNG 储罐的船舶在加注或航行过程中, 罐体要经受极大温差变化影响, 同时受船舶航行时速度变化和波浪产生的惯性载荷等因素。以上因素对储罐使用寿命和安全性有重要影响, 因此, 对船用 LNG 储罐进行应力计算分析十分重要。王艳宜、Kimberly J、刘晓媛、郑文青等^[2-5]应用有限元仿真软件对储罐及部件进行了强度分析, 对相关高应力结构进行了优化。李闯^[6]等探讨了 C 型 LNG 燃料舱部件的安装位置对罐体及附近船体结构强度的影响。

陈潜、Yue-Min Yu、刘文夫等^[7-9]对 LNG 船的液舱晃荡强度进行了评估，为液舱结构强度优化提供了有效依据。阎晓艳、何晓聪等^[10-11]对 LNG 储罐的疲劳强度进行仿真计算与校核，并根据数据结果提出了一些指导性意见。

本文以 18m³ C 型 LNG 储罐为例进行分析，储罐坐落于主船体甲板上，沿船长方向布置，由固定鞍座和滑动鞍座来支撑。考虑到结构的特殊性，本文将研究的重点放在 C 型 LNG 燃料储罐在船舶不同横倾角度时各结构部件的强度，对其进行强度分析，最后参照船级社相关指南标准，结合计算结果对其进行安全评估与强度校核。

1 基础理论与方法

1.1 基本原理

本文主要应用有限元分析软件 ANSYS，对 C 型 LNG 储罐结构进行力学仿真分析，分析的理论基础包括弹性力学基本方程、几何方程和物理方程等，如下：

1) 弹性力学方程

假设弹性体的表面力为 $[P]=(p_x, p_y, p_z)$ 和 $[Q]=(q_x, q_y, q_z)$ ，弹性体产生的位移为

$[f]=(u, v, w)$ ，弹性体的正应力为 $(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$ ，剪切应力为 (τ_x, τ_y, τ_z) ，弹性体内的正应变

为 $(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$ ，剪切应变为 (k_x, k_y, k_z) ，则弹性体的平衡方程如下式：

$$\frac{\delta \sigma_x}{\delta_x} + \frac{\delta \tau_x}{\delta_y} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta_z} + q_x = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta \tau_x}{\delta_x} + \frac{\delta \sigma_y}{\delta_y} + \frac{\delta \tau_y}{\delta_z} + q_y = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\delta \tau_x}{\delta_x} + \frac{\delta \tau_y}{\delta_y} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta_z} + q_z = 0 \quad (3)$$

2) 几何方程

几何方程表示弹性体在一定作用力下产生的形变，分别如下式：

弹性体形变：

$$\varepsilon_x = \frac{\delta u}{\delta_x}, \quad \varepsilon_y = \frac{\delta v}{\delta_y}, \quad \varepsilon_z = \frac{\delta w}{\delta_z} \quad (4)$$

弹性体位移：

$$k_x = \frac{\delta u}{\delta_x} + \frac{\delta v}{\delta_y}, \quad k_y = \frac{\delta w}{\delta_x} + \frac{\delta v}{\delta_y}, \quad k_z = \frac{\delta u}{\delta_y} + \frac{\delta v}{\delta_z} \quad (5)$$

3) 物理方程

通常，弹性体具有各向同性，物理方程矩阵表示为：

$$[\sigma] = [D][\varepsilon] \quad (6)$$

式中：[D]为弹性矩阵。

2 结构特点

本文研究的是船用 C 型 LNG 双层罐，如图 1 所示。储罐由左右放置的两个鞍座结构来支撑，采用“圆柱+椭圆形封头”的形式，内罐直径为 2250mm，外罐直径为 2414mm，总容积为 18m³，内罐体设计压力为 1.1MPa，内罐与外罐之间为真空，由 8 个支撑件连接。罐体整体安装在甲板上，采用纵向布置。

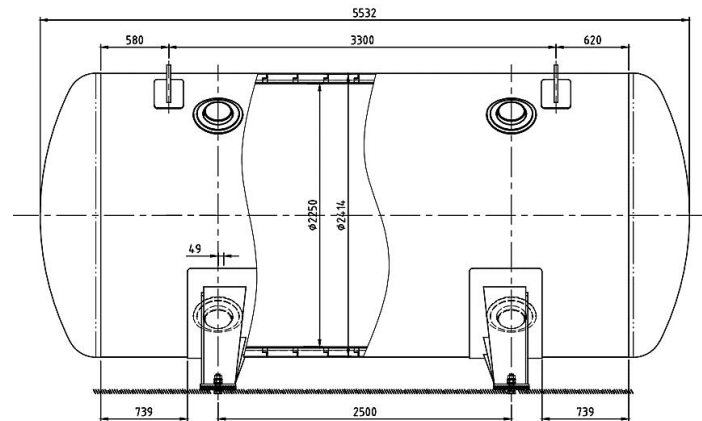


图 1 LNG 储罐模型示意图

Fig. 1 Schematic diagram of LNG liquid tank model

储罐用于装载 LNG，内外罐体、加强圈及鞍座材料选用不锈钢 S30408，材料密度为 7930kg/m³，弹性模量为 1.93×10^5 MPa，屈服强度为 220 MPa，抗拉强度为 520 MPa，根据中国船级社 CCS《船舶应用天然气燃料规范》2021 中 4.2.15.3 规定，计算出 S30408 材料的许用应力 $f = 147$ MPa。

罐体连接件的支撑结构选用玻璃钢，弹性模量为 3.51×10^4 MPa (EY)。

3 有限元仿真

3.1 计算模型与约束

参照 CCS（中国船级社）《船舶应用天然气燃料规范》2021，结合该 LNG 储罐的结构特点，使用 ANSYS 大型仿真软件中的 workbench 静力学分析模块对该储罐进行整体的有限元仿真分析。

在不影响结果精度的前提下，为缩短计算时间，划分网格时将储罐的内外罐、鞍座及加强圈作为壳体结构进行抽取中面处理，网格单元为 4 节点 6 自由度的 SHELL181 单元。支撑件为实体结构，网格单元为 8 节点 3 自由度的 SOLID186 和 10 节点的 SOLID187 单元，整体采用六面体网格划分。同时根据其结构特点，对内外罐与连接件接触处进行网格精细化处理，并利用映射网格建立有限元模型，以获得更精确的求解结果。C 型 LNG 储罐有限元网格模型如图 2 所示。

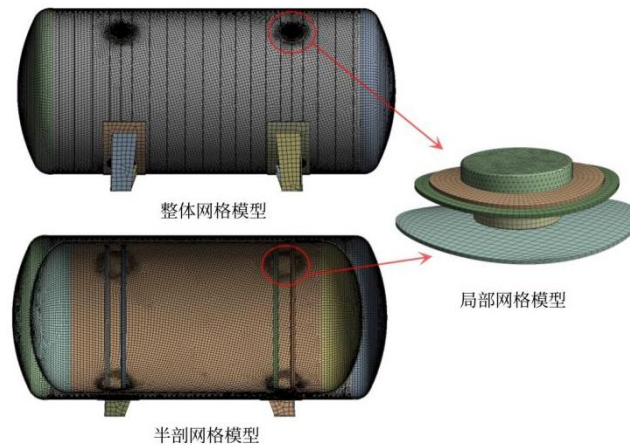


图 2 LNG 储罐有限元网格模型

Fig. 2 Finite element mesh model of LNG liquid tank

该 C 型 LNG 储罐安装在船体甲板上，鞍座底部的固定形式分为 F 型和 S 型两种，F 端为固定鞍座，底板为圆形螺栓孔，与主船体之间保持相对固定，因此表面内节点约束所有平动和转动自由度边界，施加全约束；S 端为滑动鞍座，底板为长圆形螺栓孔，允许液与主船体之间发生轴向相对滑移，底板下表面约束所有转动自由度和 U_y 、 U_z 方向自由度。鞍座底部的边界条件约束方式如图 3 所示。

3.2 载荷与计算工况

根据 CCS《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范》（2017）及《船舶应用天然气燃料规范》2021，考虑大气压力、罐体内部压力、罐体自重载荷的作用。其中大气压 0.1MPa，载荷通过 pressure 加载在外罐的罐体外部表面。罐体内部压力包含液体静压力和罐体蒸汽压力，设定蒸汽压力为 1.1MPa，载荷均通过 pressure 加载在内罐的罐体内部表面。液体静压力通过以下公式计算：

$$P = 0.95 \rho g V / A \quad (7)$$

式中： ρ 为充装物密度 470kg/m³； g 重力加速度为 9.81m/s²； V 为罐体容积取 18m³； A 为计算投影面积 3.97m²。

计算得出液体静压力为 0.0095MPa，载荷均通过 pressure 加载在内罐的罐体内部表面。所有载荷的施加方式如图 3 所示。

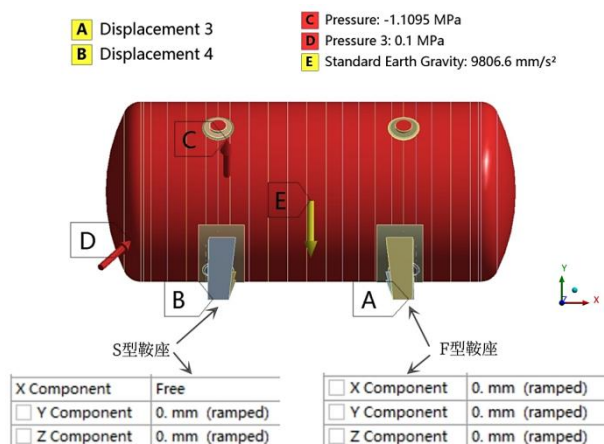


图 3 LNG 储罐载荷施加及边界条件示意图

Fig. 3 Schematic diagram of LNG tank load application and boundary conditions

本文研究的 C 型 LNG 储罐安装在内河船舶上，根据 CCS《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范》(2017)，计算工况分为航行工况和非航行工况，航行工况为横摇工况，非航行工况包括横倾工况及碰撞工况。本文仅研究在横倾工况下该储罐的受力及强度情况，因此仿真计算工况参照 CCS 标准中横倾 0° 、 10° 和 20° 三种横倾工况。

3.3 校核标准

依据 CCS《船舶应用天然气燃料规范》2021，对于 C 型独立燃料舱，其许用应力应不超过：

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1.5f$$

$$\sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0f$$

$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0f$$

式中： σ_m 为等效总体主膜应力； σ_L 为等效局部主膜应力； σ_b 为等效主弯曲应力； σ_g 为等效二阶应力； f 为材料的许用应力，根据屈服强度和抗拉强度计算所得。对于横倾工况，内外罐体、鞍座、加强圈和冷箱的等效总体主膜应力应小于 f ，等效应力应小于 $1.5f$ 。其中 f 为 $R_e/1.5$ 与 $R_m/3$ 中的小值； R_e 和 R_m 分别为材料的屈服强度和抗拉强度。

本文研究的 C 型 LNG 储罐的罐体和鞍座均为 S30408 材料，其许用应力最后计算得 $f=136.7\text{MPa}$ 。

4 结果分析

4.1 罐体强度分析

在横倾 0° 工况下，C 型储罐的整体等效应力云图如图 4 所示。从图 4 中可以看出：在结构受到液货重力及内压联合作用下，结构鞍座的受力较小，应力大小均集中在受内压的内罐上，在内罐与封头连接处是应力集中区域，最大等效应力为 168.57MPa 。

如图 5 所示为横倾 0° 下内外罐等效总体主膜应力云图，从图中分析：内罐大部分区域在内压的影响下，受力较为均匀，但是在封头与罐体连接处及附近局部应力较大，最大等效总体主膜应力为 126.18MPa 。外罐体由于内表面为真空，外表面受到 0.1MPa 的大气压，受力整体较小，同时与内罐相似，外罐在封头与罐体连接处附近等效总体主膜应力最大，为 46.675MPa 。

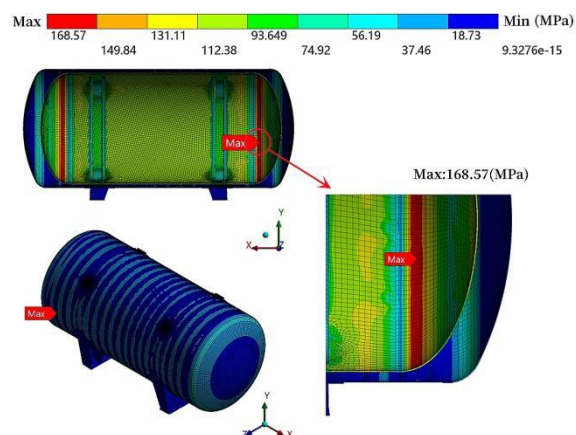
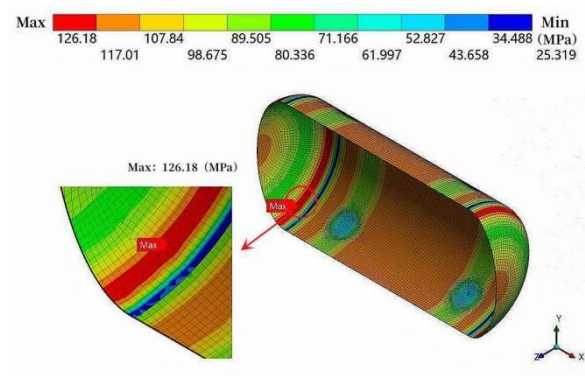
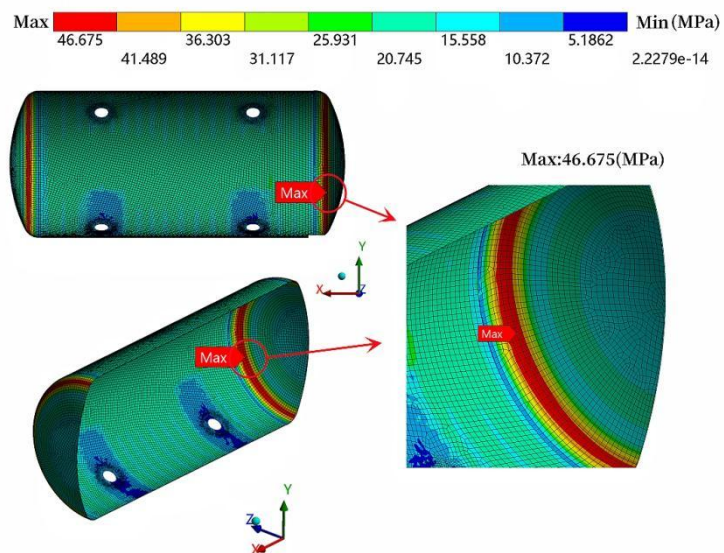


图 4 横倾 0° 储罐整体等效应力云图

Fig. 4 Equivalent stress cloud map of the overall tank with a horizontal inclination of 0°



(a) 内罐



(b) 外罐

图 5 横倾 0° 内外罐等效总体主膜应力云图

Fig. 5 Equivalent overall main membrane stress cloud map of inner and outer tanks with a horizontal inclination of 0°

随着横倾角度的变大，在横倾 20° 工况下，罐内液体货物重量同罐体重量的重心发生偏移，但是惯性力引起的应力扰动并没有影响到压力载荷带来的整体应力分布趋势，内罐前后封头

处的应力极限水平仍然由内压主导。图 6 为横倾 20° 工况下 C 型储罐的整体应力强度云图。

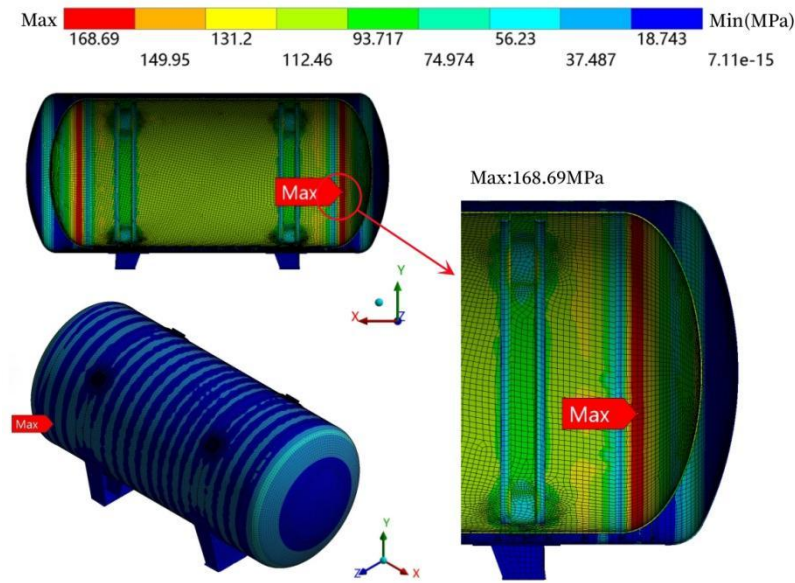


图 6 横倾 20° 储罐整体等效应力云图

Fig. 6 Equivalent stress cloud map of the overall tank with a horizontal inclination of 20°

4.2 高应力区结果分析

根据以上 4.1 分析可知，储罐整体的高应力主要集中在内罐部分区域，因此为了更加直观的分析内罐体的强度变化，在内罐体上建立了一条经过支撑件的路径，如图 7 所示：

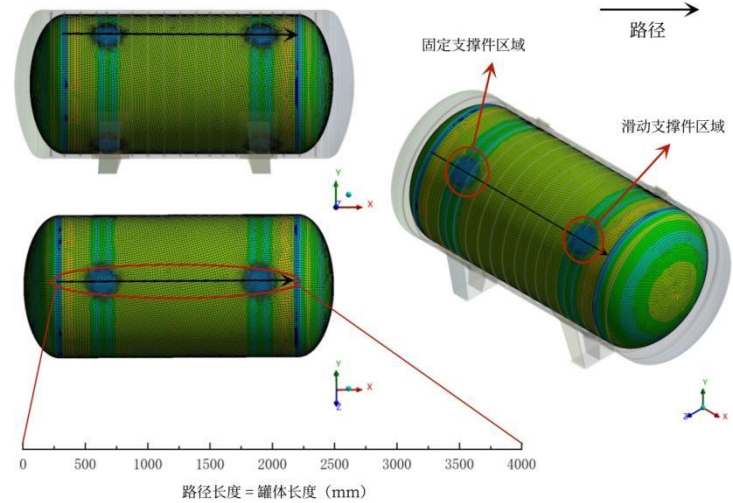


图 7 LNG 内罐体分析路径示意图

Fig. 7 Schematic diagram of LNG inner tank analysis path

提取内罐体该路径上不同位置距离的等效总体主膜应力数值，绘制出如图 8 所示三种横倾工况下该路径不同位置的等效总体主膜应力数据图。

从图 8 中可以看出，内罐支撑件区域应力分布是不均匀的，原因是罐体两端的鞍座底部固定方式以及支撑件与内罐接触的垫板的固定方式是不同的。应力较低的一端为滑动端支撑件，滑动端支撑件与罐体接触的垫板允许相对滑动。同时滑动端鞍座底部横向方向自由度为 Free，没有施加约束，所以罐体滑动端支撑件区域通过滑动支撑件的摩擦运动和滑动端鞍座的横向运动从而降低部分应力，使得罐体与滑动端支撑件接触的区域应力最低。相反，罐体固定端

支撑件区域的应力较高，原因在于固定端支撑件与罐体接触的垫板是与罐体焊接在一起，故不会产生任何方向上的运动，同时固定端鞍座底部也为全局约束，所有方向上的自由度为 0，所以在固定端支撑件与内罐连接的区域应力较大。

三种横倾工况下整体来看，内罐不同工况下的受力大小差别不大，应力的变化趋势类似。

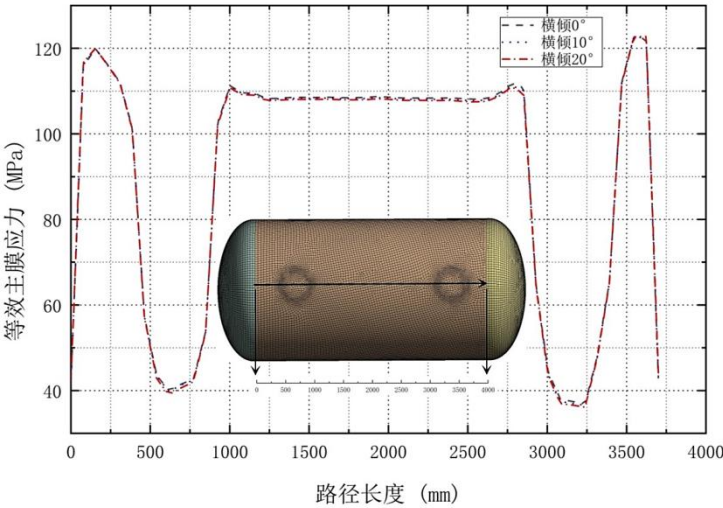


图 8 三种横倾工况下内罐不同位置的主膜应力图

Fig. 8 Stress diagram of the main membrane at different positions of the inner tank under three lateral tilt conditions

4.3 各部件强度校核

根据 CCS《船舶应用天然气燃料规范 2021》中 4.2.15.3 规定，对该 C 型储罐在横倾 0°、10°、20° 三种横倾工况下进行强度校核。如图 9 所示，内外罐体、鞍座、加强圈的等效总体主膜均小于许用值 147MPa，校核合格。图 10 所示的各部件的等效应力均小于许用值 220.5MPa，校核均合格。

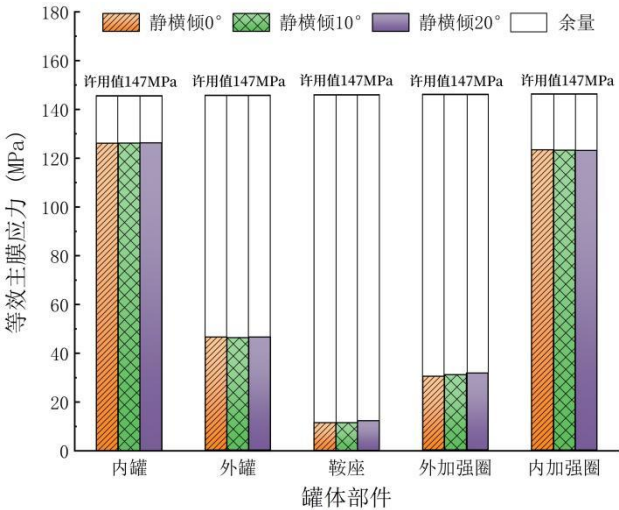


图 9 罐体各部件等效主膜应力与许用值对比数据图

Fig.9 Comparison Data Chart of Equivalent Main Membrane Stress and Allowable Values for Each Component of the Tank Body

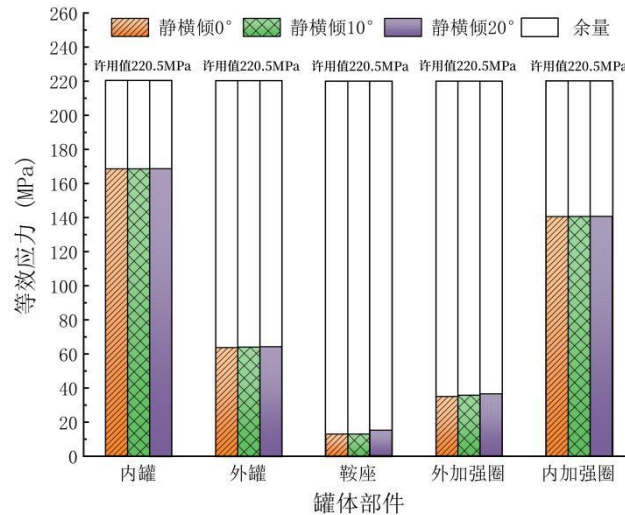


图 10 罐体各部件等效应力与许用值对比数据图

Fig.10 Comparison Data of Equivalent Stress and Allowable Value of Various Components of the Tank Body

5 小结

本文针对船用 LNG 储罐设计的强度计算问题,以某 18m³ 船用 C 型 LNG 罐为例,研究了船用 LNG 储罐在横倾 0°、10°、20° 三种横倾工况下的有限元结构强度,应力分析结果表明该船用储罐各构件应力均小于规范中的许用值,强度满足要求,符合行业规范。然而,在局部结构不连续处容易出现应力集中现象,尤其是在储罐封头和罐体焊接附件,最大应力危险点都集中在这些位置。原因在于罐内液体货物重量同罐体重量的重心发生偏移,同时受到的内压作用区域不同,导致各个部件应力出现相应变化。因此,在设计应力集中区域的部件时,应考虑增加厚度或者改变结构外形从而降低受力。

参考文献

- [1] 翁雨波. 船用替代燃料应用前景[J]. 中国船检, 2019, No. 231(08): 46-49.
- [2] 王艳宜. 薄膜式 LNG 船舶货舱结构强度分析[J]. 舰船科学技术, 2019, 41(24): 4-6.
- [3] Kimberly J, Min S, Cheng L. Integrated analysis of LNG tank superstructure and foundation under lateral loading[J]. Engineering Structures, 2022, 253.
- [4] 刘晓媛, 郑文青, 张玉奎等. 超大型集装箱船的 B 型 LNG 燃料舱结构强度分析[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(09): 81-84.
- [5] 郑文青, 曾佳, 张帆等. C 型独立双体罐中纵舱壁的强度研究[J]. 船舶工程, 2019, 41(12): 46-51+70.
- [6] 李闯, 顾俊, 郑文青等. 双燃料散货船 C 型 LNG 燃料舱强度分析[J]. 船海工程, 2022, 51(03): 15-19.
- [7] 陈潜, 刘俊, 唐文勇. 独立 B 型 LNG 船液舱结构晃动强度研究[J]. 舰船科学技术, 2015, 37(09): 12-15.
- [8] Yue-Min Yu, Ning Ma, She-Ming Fan, Xie-Chong Gu. Experimental and numerical studies on sloshing in a membrane-type LNG tank with two floating plates[J]. Ocean Engineering, 2017, 129(129).
- [9] 刘文夫, 薛鸿祥, 唐文勇等. 独立 B 型 LNG 棱形液舱晃动载荷数值分析[J]. 船舶工程, 2015, 37(07): 22-25+72.
- [10] 何晓聪, 杨建国, 周瑞平. 船用 LNG 储罐的疲劳强度分析研究[J]. 船舶工

程, 2015, 37(05):19-23.

[11] 阎晓艳, 林莉, 王刚等. LNG 船的疲劳强度计算与分析[J]. 船舶, 2003(06):19-23.

基金项目: 浙江省科技计划项目省级重点研发项目(2021C03184)

作者简介: 温小飞(1977-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为船舶清洁能源技术与装备。

王虎强(1998-), 男, 硕士研究生, 研究方向为承压类容器强度疲劳分析。

工作单位: 浙江海洋大学船舶与海运学院

通信地址: 浙江省舟山市定海区临城街道海大南路 1 号

电话: 13735018281; E-mail: wenxiaofei@zjou.edu.cn

基于重叠网格的船舶航向稳定性数值研究

贾爱鹏 彭晓星 戚建祥 吴晓红

浙江国际海运职业技术学院 航海工程学院

摘要: 本研究基于重叠网格技术, 采用 URANS 粘性数值模拟方法, 对标准船模 KVLCC2 裸船体的航向稳定性进行了数值预报。本研究中计算基于 STAR-CCM+ 平台, 采用重叠网格技术和切割体网格, 根据 SIMMAN2014 提供的标准算例, 对 KVLCC2 进行了斜航运动和纯艏摇运动的数值模拟, 得到了横向力和转首力矩的历时曲线, 并根据操纵性数学模型推导出水动力导数, 并计算稳定性衡准数, 所有计算结果同模型试验数据吻合较好, 验证了采用当前处理方法预报航向稳定性的可靠性。

关键词: 重叠网格; 斜航运动; 纯艏摇运动; 航向稳定性

1 序言

船舶的航向稳定性是船舶操纵性的重要内容之一, 船舶的航向稳定直接影响船舶的保向性, 对船舶的安全性、可靠性和效率至关重要。船舶设计和船舶操纵人员需要对航向稳定性进行充分的研究和评估, 以确保船舶在各种情况下都能保持良好的航向稳定性, 从而确保航行的安全性和效率。因此, 一个准确的评估船舶航向稳定性能的研究方法具有重要的现实意义。

对于船舶航向稳定的预报, 研究人员一直在不断进行持续的研究, 可分为直接操纵试验、数学模型和经验公式等方法。直接操纵试验通过海上试验或模型水池等设施进行, 如转向试验、曲线试验和螺旋试验, 这些试验提供了在真实海洋环境下评估船舶运行的物理实验手段, 模型船在预定推进负荷和舵操作下进行自由操纵运动, 通过轨迹指标直接观察船舶的转向和操纵行为。与直接操纵试验相比, 船舶数学运动模型提供了一种估计船舶操纵能力的替代方法。这种数学模型可以提供详细的操纵水动力导数, 帮助研究人员理解船舶运动变量与外部载荷之间的流体力学关系。为了获得这些操纵水动力导数, 通常采用经验公式、基于算法的

预测或约束船模试验（如平面机械机构（PMM）试验或圆周运动试验（CMT））。在当前的研究阶段，约束船模试验提供了更为可靠的导数。

随着计算流体力学的飞速发展，可以使用 CFD 数值模拟方法对约束船模试验数值模拟进行数值模拟。国际拖曳水池会议（ITTC）的操纵性技术委员会，分别在 2008 年和 2014 年两次召开会议，会议期间将两种模型：基于船模试验的约束模型试验计算结果和基于 CFD 数值模拟的结果进行了对比分析，最终确定 CFD 数值模拟模型更吻合的计算出水动力导数^[1-2]。Kim 等^[3]采用求解 RANS 方程，对 KCS 船型进行了 PMM 试验数值仿真，其斜航试验和纯横荡试验模拟结论与船模试验结果对应较为吻合。Sakamoto 等^[4]使用 CFD 方法对 DTMB 5415 船模的静态和动态的 PMM 数值建模，计算得到了对应的水动力导数，比较分析了实验结果。李冬荔^[5]使用 Fluent 动网格模拟纯横荡、纯艏摇趋势，对相应的流体动力导数进行了数值模拟。田喜民^[6]通过分析流体动力学和作用于船体的粘性流场，模拟了 KVLCC2 在深水和浅水中的斜航运动。宋深科^[7]等采用 CFD 方法计及船体下沉和纵倾影响，分析了大型油轮 KVLCC2 船模船体纵倾对其航向稳定性的影响，对预报船体下蹲并分析其对船舶操纵性的影响具有一定的参考意义。张晨亮等^[8]基于 CFD 方法对某喷水推进船舶在设计航速和巡航航速下的航向稳定性进行了评估研究，证明了基于 CFD 方法评估航向稳定性的可行性。

本研究以 KVLCC2 船型为研究对象，应用 CFD 技术，基于 STAR-CCM+平台，结合重叠网格技术，对该船型船舶航向稳定性进行数值研究。对目标船型进行 PMM 试验数值模拟，包括斜航运动和纯艏摇运动，由船体运动过程中受到的水动力分析得到船舶水动力导数和稳定性衡准数，通过与国际会议 SIMMAN 20014 提供的意大利罗马水池(INSEAN)的仿真结果进行对比，验证数值模拟方法在预测船舶航向稳定性方面的可靠性。

2 数学模型及数值方法

2.1 研究对象

本研究的研究对象为 KVLCC2 标准船模，此船模是韩国 KRISO(Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering) 设计的超大型油轮船型，被 ITTC 操纵性委员会推荐为船舶操纵性水动力试验和 CFD 计算的作为标准模型之一。试验模型缩尺比为 1:45.714，试验船模外形见图 1，实船和模型的主尺度见表 1。



图 1 KVLCC2 船体模型

表 1 KVLCC2 实船及船模主尺度参数

主要参数	符号	实船	船模
缩尺比	λ	1	45.714
两柱间长	L_{pp} (m)	20.0	7.0000

型宽	B (m)	58.0	1.2688
型深	D (m)	30.0	0.6563
吃水	T (m)	20.8	0.4550
排水量	V (m ³)	312622	3.2724

2.2 船舶操纵运动数学模型

本研究基于在小幅度操纵运动假设下的 Abkwowitz 整体型模型，其线性化后的船舶操纵运动方程如下：

$$m(\dot{v} + Ur + x_G \dot{r}) = Y_v v + Y_r r + Y_{\dot{v}} \dot{v} + Y_{\dot{r}} \dot{r} + Y_{\delta} \delta \quad (1)$$

$$I_z \dot{r} + m x_G (\dot{v} + Ur) = N_v v + N_r r + N_{\dot{v}} \dot{v} + N_{\dot{r}} \dot{r} + N_{\delta} \delta \quad (2)$$

式中， u 为船舶横向速度， r 为回转角速度， U 为船舶直航初速度， δ 为舵角， m 为船舶质量， I_z 为船舶绕 z 轴惯性矩， x_G 为船舶重心纵坐标， Y 为船舶横向外力， N 为船舶转首力矩，下标表示为相应的水动力导数。

船舶做斜航运动时，船舶纵中剖面与水池中心线成漂角 β ，拖车以航速 U 作等速斜航运动，斜航运动方程为：

$$Y = Y_0 + Y_v v + Y_{vv} v^3 \quad (3)$$

$$N = N_0 + N_v v + N_{vv} v^3 \quad (4)$$

$$v = -U \sin \beta \approx -U \beta \quad (5)$$

力和力矩以及横向速度按如下方法做无因次化处理，以便得到无因次化位置导数：

$$F' = \frac{Y}{1/2 \rho U^2 L^2} \quad (6)$$

$$N' = \frac{N}{1/2 \rho U^2 L^3} \quad (7)$$

$$v' = \frac{v}{U} \quad (8)$$

船舶模型只进行艏摇时，横向低频振荡会伴随纵向匀速运动，期间，船首向角呈余弦变化，船舶模型位移轨迹与其纵轴处相切，其运动方程为：

$$\begin{cases} \psi_{\max} = \frac{a\omega}{U} \\ \psi = -\psi_{\max} \cos \omega t \\ r = r_{\max} \sin \omega t \\ \dot{r} = \dot{r}_{\max} \cos \omega t \end{cases} \quad (9)$$

式中， ψ 为艏向角； a 为横向简谐振荡运动振幅值； ω 为简谐运动频率， $\omega = 2\pi f$ ，其中 f 为运动频率， t 为时间； $\psi_{\max}$ ， $r_{\max}$ ， $\dot{r}_{\max}$ 分别为船首向角、转首角速度和转首角加速度幅值。

纯艏摇运动在线性化假设下，其横向力 Y 和转首力矩 N 近似满足：

$$\begin{cases} Y = Y_r r + Y_{\dot{r}} \dot{r} \\ N = N_r r + N_{\dot{r}} \dot{r} \end{cases} \quad (10)$$

2.3 数值方法

本研究基于有限体积法的商用 CFD 程序 STAR-CCM+ 对模型进行数值模拟。在笛卡尔

坐标中，用张量模式列出了在无外力的不可压缩流的平均连续性和动量方程，如下所示：

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j + \overline{\rho u_i' u_j'}) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j} \quad (12)$$

其中 $\bar{\tau}_{ij}$ 为平均粘性应力张量分量。

$$\bar{\tau}_{ij} = \mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad (13)$$

式中 ρ 为密度， $\bar{u}_i$ 表示速度矢量的平均笛卡尔分量， $\overline{\rho u_i' u_j'}$ 为雷诺应力， p 为平均压力， μ 为动态粘度。

3 数值计算及结果

3.1 计算域设置及边界条件

本研究主要模拟 KVLCC2 船体在深水中小振幅运动，计算中船舶航速较低，傅汝德数小于 0.1，兴波影响忽略不计，为提高计算效率，采用叠模方法进行计算。计算域设置如图 2 所示，入口界限距船首部 2 倍船长，出口界限距船尾部 2.5 倍船长，侧面边界距离船体中纵剖面 2 倍船长，上边界为水线面，下边界距离水线面 1 倍船长，因采用重叠网格技术，在船体周围设置为网格重叠区域，各边界的边界条件设置如下表所示。

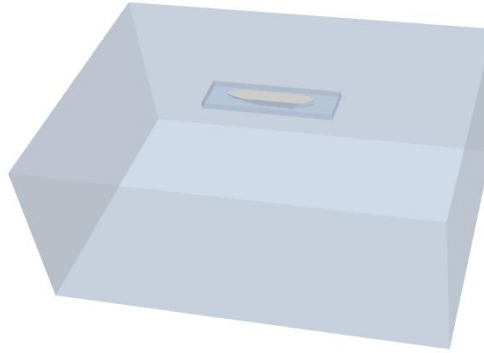


图 2 计算域示意图

表 2 边界条件

边界	深水边界条件
入口	速度入口
出口	压力出口
侧边界	壁面（移动壁面）
上边界	对称边界
下边界	壁面（移动壁面）
船体	壁面（无滑移）
重叠边界	重叠网格

3.2 网格划分

KVLCC2 船体几何外形复杂, 本研究采用切割体网格对计算域进行划分, 可以在保证计算精度的前提下, 减小网格量, 缩短计算时间。计算通过求解非定常 RANS 方程, 采用 Realizable $k-\varepsilon$ 湍流模型封闭方程, 网格细化应用于船舶的船头、船尾和周围区域, 同时, 船体表面设置棱柱层网格, 共设置 6 层, y^+ 值为 30~60 之间, 对距离船体较远的控制域, 采用较为稀疏的网格, 船体表面网格划分及计算域体网格划分如图所示。

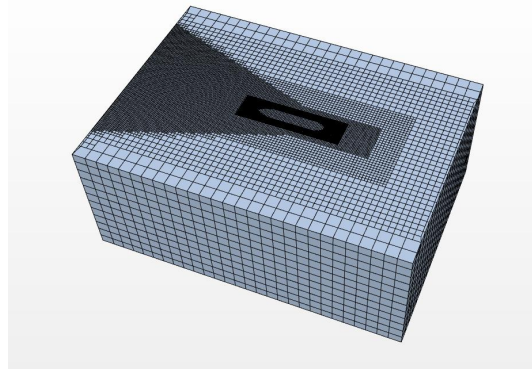


图 3 网格示意图

3.3 数值计算工况

本研究分别模拟船模的斜航运动和纯艏摇运动, 计算船舶水动力, 为便于与 INSEAN 提供的船模仿真数据进行对比, 数值模拟约束船模试验的工况设定与 INSEAN 进行的实验保持一致, 流速设定为 0.533 m/s, 方向与本船航向相反。其中, 斜航试验为静态平面运动机构试验, 在惯常使用的长方形实验池中进行, 主要用来得到流体动力的位置导数及其高阶导数, 船舶模型漂角分别为 0° 、 2° 、 4° 和 6° , 通过测得船模所受横向力 Y 、转首力矩 N , 进而确定位置导数; 纯艏摇运动为动态平面运动机构试验, 除匀速纵向运动, 还叠加一个横荡运动和一个艏摇运动, 纯艏摇运动相关参数如表 3 所示。

表 3 纯艏摇数值计算工况

U (m/s)	Fr	f (Hz)	r'	a (m)
0.533	0.064	0.060	0.4	0.116

4 计算结果及稳定性衡准数计算

将斜航运动、纯艏摇运动中的模型所受的横向力和转首力矩的数值计算结果 (CFD) 与模型试验结果 (EFD) 进行比较, 分别如图 4 和图 5 所示, 通过对照, 两者一致性较好, 利用 CFD 方法可以精确确定约束船模试验的水动力和水动力矩。基于最小二乘法对计算结果对应整合, 其展开式对应的导数一致, 便可求出式 (10) 中的相应的水动力导数。

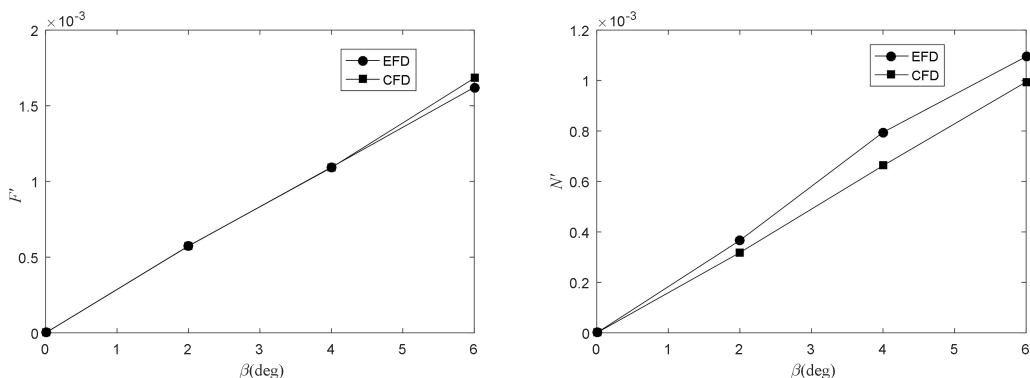


表 4 斜航运动横向力和转首力矩

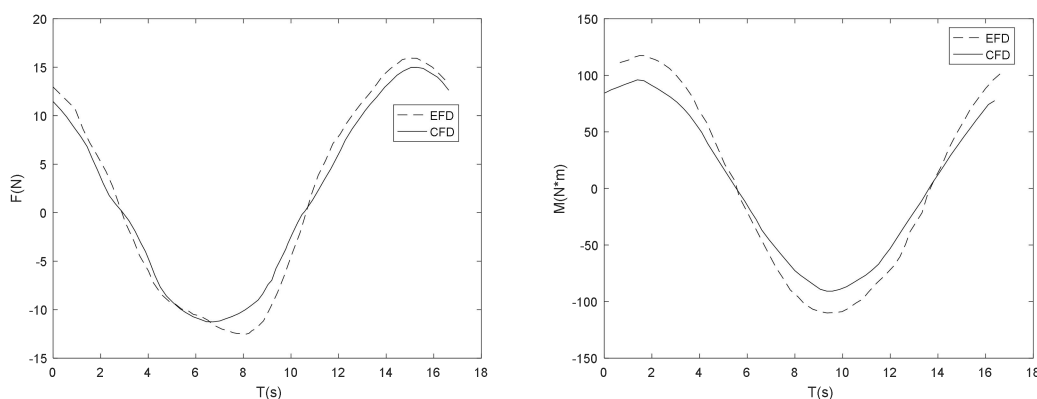


表 5 纯艏摇运动横向力和转首力矩

航向稳定性是指船舶在正常航行时保持航向稳定的能力,航向稳定性取决于固有稳定性二者呈现正相关。固有稳定性由稳定性衡准数 C 反映,稳定性衡准数 C 大于 0 时,固有稳定性存在,固有稳定性就越好 C 值越大。无因次化的稳定性衡准数 C' 的表达式如下:

$$C' = -Y'_v(m'x'_G - N'_r) + N'_v(m' - Y'_r) \quad (14)$$

通过对斜航运动、纯艏摇运动运算结果进行拟合分析,并计算稳定性衡准数,无因次化结果见表 4,由表可见,通过数值计算方法得到的稳定性衡准数与船模试验结果接近,误差仅为 8.55%。

表 4 稳定性衡准数计算结果

稳定性衡准数	EFD	CFD	D%
C'	5.010×10^{-5}	4.582×10^{-5}	8.55

5 结论

本研究利用重叠网格方法基于 CFD 技术模拟了 KVLCC2 船模的斜航试验和纯艏摇试验,处理计算结果得到了相应条件下的水动力导数并计算了稳定性衡准数对相应条件下的船舶航向稳定性进行了预计,数值分析并进行模拟的结论与意大利罗马水池(INSEAN)测得结果相比较,误差为 8.55%。本文研究计算所得结果展示了基于重叠网格方法可以较好地进行船舶航向稳定性预计,通过与试验结论的对比论证,说明此方法可成为船舶操纵性预报提供一种

行之有效的方法。

参考文献:

- [1] STERN F, AGDRUP K, KIM S Y, et al. Experience from SIMMAN 2008—The first workshop on verification and validation of ship maneuvering simulation methods [J]. Journal of Ship Research, 2011, 55(2): 135–147.
- [2] TURNOCK S R, PHILLIPS A B, FURLONG M. Urans simulations of static drift and dynamic manoeuvres of the KVLCC2 tanker [C] // SIMMAN 2008: Workshop on Verification and Validation of Ship Manoeuvring Simulation Methods. 2008.
- [3] Kim, H., Akimoto, H., Islam, H., 2015. Estimation of the hydrodynamic derivatives by RANS simulation of planar motion mechanism test. Ocean. Eng, 108, 129–139.
- [4] SAKAMOTO N, CARRICA P M, STERN F. URANS simulations of static and dynamic maneuvering for sur- face combatant: Part 2. Analysis and validation for local flow characteristics[J]. Journal of Marine Science and Technology, 2012, 17(4): 446–468.
- [5] 李冬荔. 黏性流场中船舶操纵水动力导数计算 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2010(4): 421–427.
- [6] 田喜民. 船舶操纵运动黏性水动力数值与试验研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [7] 宋深科, 邹早建, 邹璐. 基于 CFD 的船体纵倾对航向稳定性的影响研究[C]//第三十一届全国水动力学研讨会论文集(下册). 第三十一届全国水动力学研讨会论文集(下册), 2020:1041–1046. DOI:10.26914/c.cnkihy.2020.037063.
- [8] 张晨亮, 刘小健, 王金宝等. 基于 CFD 方法的某喷水推进船舶航向稳定性研究[C]//第三十一届全国水动力学研讨会论文集(下册). 第三十一届全国水动力学研讨会论文集(下册), 2020:554–560. DOI:10.26914/c.cnkihy.2020.037006.

作者简介:

贾爱鹏, 男, 讲师, 主要从事航海技术研究。工作单位: 浙江国际海运职业技术学院航海工程学院, 浙江省舟山市临城新区海天大道 268 号, 电话 18969255383, 邮箱: 396827018@qq.com
彭晓星, 男, 教授, 主要从事船舶通信导航研究。工作单位: 浙江国际海运职业技术学院航海工程学院, 浙江省舟山市临城新区海天大道 268 号, 电话 18969255986, 邮箱: 657949799@qq.com

浅谈 LNG 动力拖轮 LNG 燃料系统惰化

张晓亮

宁波油港轮驳有限公司

摘要: 为了落实 LNG 动力拖轮厂修期间防火防爆安全管理工作, LNG 拖轮在进厂前需对整个 LNG 燃料系统进行彻底惰化处理。本文将围绕 LNG 动力拖轮燃料供应系统惰化进行专题介绍, 同时, 结合甬港消拖 60 号 LNG 双燃料动力拖轮 2022 年厂修 LNG 燃料系统惰化所取得的有关经验与大家进行交流探讨。

关键词: LNG 动力 燃料系统 惰化

0 引言

LNG 动力拖轮同常规柴油机动力拖轮一样，为了保持船舶的适航性和相应船级，也应按照中间检验或换证检验有关规定定期进厂对船体、机电设备进行检查和修理。为了落实厂修期间的防火防爆安全管理工作，确保厂修期间的安全，LNG 拖轮需在进厂前对整个 LNG 燃料供应系统，包含 LNG 储存罐舱、连接处所（TCS）内所有含有 LNG 成分的设备容器及管路、主机燃气供气阀单元（GVU）及管路、其他透气管路进行彻底惰化处理。

1 惰化前准备

燃料供应系统惰化前准备工作主要是对储存罐舱内的 LNG 清除处理。目前国内没有 LNG 回收相关业务，从 LNG 主要成分甲烷温室效应对环境影响、能源有效利用和操作安全性三个方面综合考虑，清除储存罐舱内 LNG 最佳方案莫过于采用 LNG 动力装置燃烧方法。

根据 LNG 的物理特性可知，受热膨胀系数很大，液态 LNG 体积约为同量气态天然气体积的 1 / 625。^[1]为了尽可能地减少储存罐舱残余 LNG 数量，在 LNG 清除处理过程中，应尽可能地避免储存罐舱内留存有液态的 LNG。在清除 LNG 处理时，我们需注意做到以下三点：

（1）储存罐舱液货较少时，可以通过调整船舶吃水状态使得储存罐舱的出液口处于最低位置；

（2）建议采用手动供气模式，适度调高并保持储罐舱压力预先让储罐内存储更多数量的气体 LNG 为后期除液阶段做准备；

（3）利用被压缩的 LNG 气体将储存罐舱最后极少量残余液体 LNG 以气液混合物状态从底部出液口输送到汽化器内加热气化，以达到储存罐舱内不留存液态 LNG，仅剩气态 LNG 目的。

为了进一步减少对环境的污染影响，我们可以利用 LNG 动力装置的低压模式或加注模式，对于未设有上述模式的船舶，可以根据 LNG 动力最低负荷时燃气进机最低压力需求，采用低负荷燃烧尽量将 LNG 储存罐舱压力降到最低。一般 LNG 动力装置能够通过自身燃烧实现将 LNG 储存罐舱压力降到接近 0.1MPa（微正压）。

2 惰化气源选择及温度控制

惰化气体选用纯度高于 99.9% 的干燥洁净氮气，考虑惰化使用的氮气量较大，选用带自增压液氮槽车。然而，正常情况下运输液氮槽车来货温度在 -172℃ 左右，比 LNG 温度要低许多。为了防止惰化过程中将储存罐舱内饱和气态 LNG 再液化而留存在储存罐舱底部影响惰化效果，我们对惰化气源温度要加以控制，要严格控制进入的惰化气体温度要略高于当前储存罐舱内天然气的温度，但也不要过分高于储罐内温度，防止储罐因温差过大产生过大应力而损坏。

3 惰化流程

典型 LNG 动力拖轮燃料系统组成，如下图 1 所示。LNG 存储罐内的液态 LNG 在连接处所（TCS）内通过加热、气化、加压后存储在缓冲罐内，再供给主机燃气供气阀控单元（GVU），供主机燃烧使用。

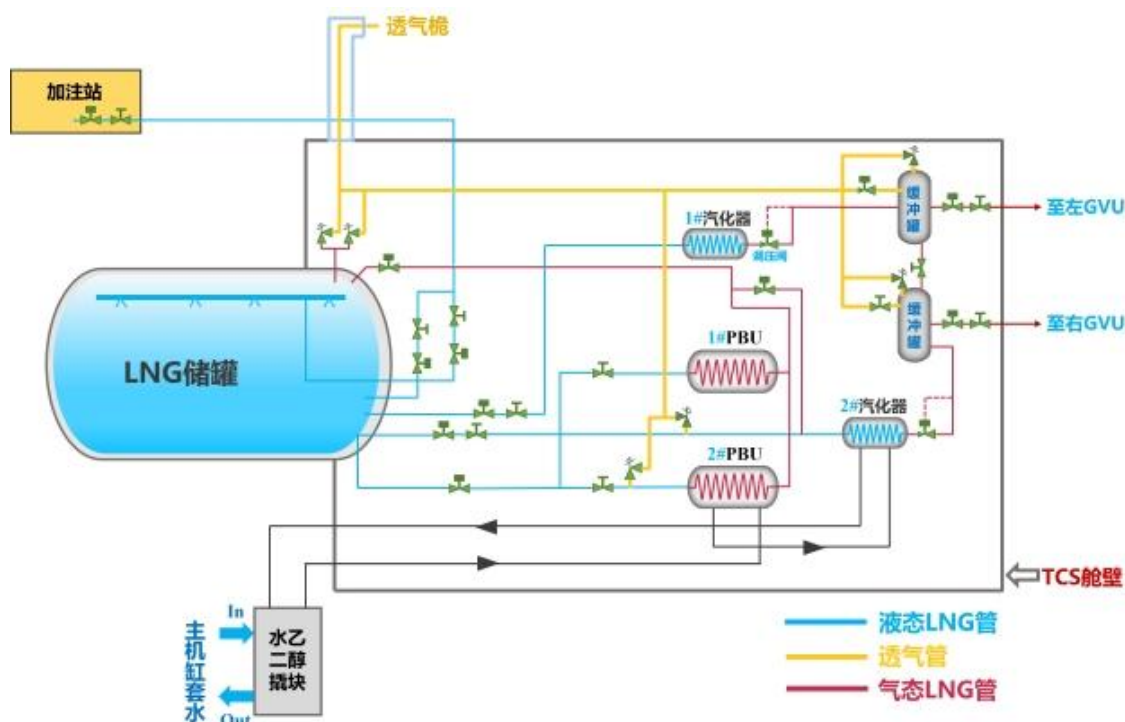


图1 LNG动力拖轮燃料系统图

惰化处理流程采用先源头后末梢的思路。先对LNG储存罐舱进行惰化处理，直至符合惰化合格判断标准，再向储罐舱内充注一定压力的氮气，利用储存罐舱内的氮气对连接处所（TCS）内所有含有LNG成分的设备容器及管路、主机燃气供气阀单元（GVU）及管路进行惰化处理，同样直至符合惰化合格判断标准。

4 惰化合格判断标准

为进一步强化对特殊作业过程安全风险的管控力度，要贯彻落实应急管理部组织修订的国家标准《危险化学品企业特殊作业安全规范》（GB 30871-2022）之5.3.2动火分析合格判定指标a)当被测气体或蒸汽的爆炸下限大于或等于4%时，其被测浓度应不大于0.5%（体积分数）^[2]规定。根据甲烷与空气混合后遇火能引起爆炸的浓度范围，一般用作甲烷在混合气中的体积分数表示，甲烷的爆炸上限为14.75%，爆炸下限为4.95%。^[3]根据上述作为依据制定本次惰化合格判断标准。

便携式天然气检测仪单位常用LEL表示。LEL是指可燃气体在空气中遇明火种爆炸的最低浓度，称为爆炸下限。^[4]当空气中可燃气体浓度达到其爆炸下限值时，发生爆炸危险程度为百分之百，用100%LEL表示。

惰化合格判断标准：至少用两只便携式天然气检测仪分别检测取样口可燃气体浓度，连续三次测量且每次测量间隔5-10分钟，测量的可燃气体浓度结果均低于10%LEL或0.5%（体积分数），则惰化合格。

5 惰化方法或工艺

根据国家标准（GB/T 37241-2018）《惰化防爆指南》可知，惰化方法或工艺有：加压惰化、吹扫/通流惰化。加压惰化运用混合和稀释的原理，向系统内充入惰化气体至设定的最大压力，再通过放空阀放空系统内气体至常压，通过不断重复以上操作，降低系统内可燃气体浓度含量，达到合格标准值。吹扫/通流惰化是通过向有放散口的系统连续通入惰性气体，以降低系统内^[5]可燃气体浓度含量达到合格标准值。

5.1 加压惰化工艺影响因素

假设加压惰化是等温过程，加压惰化前系统内的可燃气体浓度初始值为 C_0 ，n次

加压惰化后系统内的可燃气体浓度值为 C_n ，加压惰化前系统内的初始压力为 P_0 ，加压惰化后的系统压力为 P_2 ，惰化气源中可燃气体浓度为 C_i ，根据《惰化防爆指南》（GB/T 37241-2018）附录 C 中 C.1 加压惰化换气次数计算公式：

$$C_n = C_i + (C_0 + C_i) (P_0 / P_2)^n \dots\dots\dots \text{（公式一）}$$

为了便于观察影响加压惰化工艺的因素，我们假设加压惰化前系统内的可燃气体浓度初始值 $C_0=100\%$ ，即为 1，又可知惰化气源中可燃气体浓度 $C_i=0$ ，则公式一简化为：

$$C_n = (P_0 / P_2)^n \dots\dots\dots \text{（公式二）}$$

一般为了加快惰化速度，惰化前系统内的初始压力排至接近大气压，则 P_0 为常数（ $1.013 \times 10^5 \text{ pa}$ ），影响加压惰化工艺的因素主要是加压惰化后的系统压力 P_2 和惰化次数 n 。当惰化预期 C_n 数值一定后，加压惰化后的系统压力 P_2 越高，则惰化次数 n 越少，相反加压惰化后的系统压力 P_2 越低，则惰化次数 n 越多。

假如我们加压惰化后系统充入氮气压力为 0.2 mpa （表压， $2 \times 10^5 \text{ pa}$ ），则 $P_2 = P_0 + 2 \times 10^5 \text{ pa} = 3 \times 10^5 \text{ pa}$ 。要 C_n 达到惰化合格标准即 $10\% \text{ LEL}$ ，通过计算，理论上则需通过 5 次加压惰化。由于储存罐舱内不可能达到 100% 混合，加上每次放空不可能真正做到 P_0 为大气压力，一般要略高一些就停止放空，实际加压惰化次数要略高于理论计算值。

5.2 吹扫/通流惰化工艺影响因素

假设被惰化的系统内可燃气和惰化气体完全混合均匀，则吹扫/通流时间 t 可采用《惰化防爆指南》（GB/T 37241-2018）附录 C 中 C.3 公式进行计算：

$$t = \frac{FV}{Q} \ln \left(\frac{C_i - C_0}{C_i - C_f} \right) \dots\dots\dots \text{（公式三）}$$

C_0 —惰化前系统内的可燃气体浓度初始值，

C_f —惰化后系统内的可燃气体浓度值，

C_i —惰化气源中可燃气体浓度值，

Q —惰化气体流量，

V —被惰化系统体积

F —安全系数，常数（一般取值为 2-3）

同样为了便于观察影响惰化工艺的因素，我们也假设加压惰化前系统内的可燃气体浓度初始值 $C_0=100\%$ ，即为 1，又可知惰化气源中可燃气体浓度 $C_i=0$ ， F 取值为 2，则公式三简

化为：

$$t = \frac{2V}{Q} \ln\left(\frac{1}{C_f}\right) \dots\dots\dots \text{(公式四)}$$

由于 V 是被惰化系统体积为定值，则吹扫/通流时间 t 只与惰化气体流量大小和惰化后的预期浓度值有关。当惰化后的预期浓度值一定时，惰化气体流量越大，惰化时间则越短。

假如此次甬港消拖 60 号 55m³ LNG 储存罐舱采用吹扫/通流惰化，并达到惰化合格标准 10%LEL，在确定惰化气体流量大小时还应考虑到管线流速不超过 7m/s 的要求，按照加注管线 DN50 的截面积，计算出最大吹扫流量应不超过 49.48m³/h。即使按照 49.48m³/h 惰化气体流量，理论上惰化时间最少需 11.8h。

6 惰化实际情况介绍

甬港消拖 60 号 2022 年准备厂修前，LNG 储存罐舱惰化前一般都处于使用状态，罐舱处于深冷状态，温度较低。当储存罐舱内的 LNG 清除结束后，储罐的顶部和底部温度分别为 -111.8℃ 和 -126.3℃。而液氮槽车的自带汽化器气化的氮气温度在 -45~-60℃ 范围，如果完全选用槽车顶部气相氮气作为惰化气源，加上中间连接的加注软管热量带入，进入到加注站口的氮气温度在 -43℃ 左右，与储罐的温差极大。为了避免温差过大，加注管线内需进入少量液氮，以控制加注管线温度在 -110℃ 左右（具体数据根据燃料罐舱状态参数而定）。实际惰化操作时还应注意，在加注管线温度未达到 -110℃ 前，惰化氮气先不要进入储罐，而是通过透气桅排至大气。

惰化方法或工艺应用，由于加注管线上没有流量测量仪表，采用吹扫/通流惰化工艺对吹扫流量指标无法监管，而 LNG 储存罐上都安装有压力测量仪表，采用加压惰化工艺，更便于掌控。因此，甬港消拖 60 号 2022 年厂修燃料系统储存罐舱惰化选用加压惰化工艺。加压

惰化后的系统压力 P_2 定为 0.2mpa，为了让储存罐舱内气体充分均匀混合，充压静置 10-15 分钟后再将罐舱内气体放空至常压，放空的过程中从取样口测量放空气体中可燃气体浓度。

甬港消拖 60 号 55m³ LNG 储存罐舱实际经 6 次加压惰化后，惰化结果经两只可燃气浓度测量仪表测定符合惰化合格判断标准，与理论测算数据基本一致。具体数据如下表：

加压惰化 次数	测量时间	P_2 值 Mpa	取样口测量浓度（%LEL）	
			测量仪表 1	测量仪表 2
1	10:26-10:35	0.15	100	100
2	11:13-11:20	0.2	100	100
3	11:35-11:41	0.25	100	100
4	12:05-12:18	0.2	71	51
5	12:52-13:10	0.18	27	20
6	13:55-14:05	0.19	7	10

甬港消拖 60 号 55m³ LNG 储存罐舱加压惰化记录数据表

LNG 储存罐舱惰化合格后，按照原制定的惰化流程，向储罐舱内冲注 3bar 压力的氮气，再利用储存罐舱的氮气对连接处所（TCS）内所有含有 LNG 成分的设备容器及管路、主机燃气供气阀单元（GVU）及管路进行惰化处理。

甬港消拖 60 号本次 LNG 燃料系统惰化共历时约 4 小时，消耗液氮 4.5 吨左右，惰化结果达到预期目标，惰化工作圆满完成。

7 结语

LNG 动力拖轮 LNG 燃料系统惰化工作作为厂修前安全管理工作中重要一环,燃料系统惰化工作方案应严格遵守国家标准和指南科学制定,规范组织实施,才能保障惰化工作安全有序开展,最终圆满完成工作任务。

参考文献

- [1] 王遇冬.天然气处理原理与工艺[M]. 北京:中国石化出版社,2007:24。
- [2] 国家标准化管理委员会.危险化学品企业特殊作业安全规范:GB30871-2022[s]. 北京:中国标准出版社,2023。
- [3] 罗振敏. C₂H₆/C₃H₈ 影响 CH₄ 爆炸极限参数及动力学特性研究[J]. 化工学报,2019(9):3607。
- [4] 杜海,可燃气体报警器使用曼检定过程中常见问题及解析[J]. 中国科技纵横,2012(9):1。
- [5] 国家标准化管理委员会.惰化防爆指南:GB/T37241-2018[s]. 北京:中国标准出版社,2019。

作者简介:

张晓亮,单位名称:宁波油港轮驳有限公司 通讯地址:宁波市镇海区沿江东路 173 号宁波油港轮驳有限公司船管中心 电话:13454769699 邮箱:173525290@qq.com

关于对救助艇和救生艇的辨识及兼做救助艇常见缺陷分析

戴荣

宁波远洋运输股份有限公司

摘要:船舶在航行过程中,发现航行附近海域有落水人员,然后船舶及时开赴人员落水点,但当时海域天气情况不好,风浪较大,船长认为放救生艇太危险,然后通过中高频向岸台报告人员落水位置和情况,然后救捞局派出救捞船赴出事点,对落水人员进行了救助,事后了解发现落水人员船的船长和主管船员对救生艇兼做救助艇的使用和功能均不熟悉,虽然人员得以救助,但浪费了救助的宝贵时间,增加了人员的生存风险。

关键词:救助艇 救生艇 救助

1. SOLAS 公约及船舶与海上设施法定检验规则关于救助艇的相关规定

根据 SOLAS CIII/R3 中对救生艇和救助艇进行了解释,救助艇是指为救助遇险人员及集结救生艇筏而设计的艇,救生艇是指弃船时起,能维持遇险人员生命的艇,所有需满足 SOLAS 公约要求的货船,均应配备一艘救助艇,如果救生艇及其降落和回收装置符合对救助艇的要求,则此救生艇可以作为救助艇使用。目前救生艇可分为重力式救生艇和尾抛式救生艇,作为尾抛式救生艇,救助艇是单独配备的,是专用的,船员对救生艇和救助艇能有效的区分,但在重力式救生艇的船上,一般会配备 2 个救生艇,其中一个救生艇满足要求下可兼做救助艇,由于两个救生艇形状一样,很多船员对区分救助艇和救生艇上存在认知上的误区,主要误区有不知道船上有救助艇,或者不知道哪个艇是兼做救助艇,由于认知上的误区,导致了对兼做救助艇的救生艇的操作、检查和保养要求不能有效执行。(见图 1、图 2 和图 3)



图 1（重力式救生艇兼做救助艇） 图 2（尾抛式救生艇） 图 3（专用救助艇）

根据 2020 国内航行海船法定检验技术规则第四篇船舶安全篇第 3 章 3.2.1.1（2）如救生艇及其降落和回收设备也符合对救助艇的要求，则可以接受此救生艇作为救助艇而不必另外配备救助艇，该救生艇的额定乘员人数也可以计入本节要求的救生艇容量之中；3.2.1.3 关于货船的救生设备规定要求，所有油船、化学品液货船、气体运输船和船长 $L \geq 85M$ 的其他货船，应至少配备 1 艘救助艇；3.3.2.8 款规定如救助艇兼做救生艇时，其登乘和降落装置应符合救生艇筏相关要求外，还应满足救助艇的登乘和回收装置应允许安全而有效的搬运担架病人，如果重型动索滑车构成危险，应设有供恶劣天气下使用的回收环索；3.3.2.9 款规定救助艇在载足全部乘员及属具时，回收时间应不超过 5min，如果救助艇兼做救生艇，则应能在不超过 5min 内回收载有救生艇属具及认可的、额定乘员至少为 6 人的救助艇。

2. 识别救助艇的方法

只有在清楚的识别救生艇和救助艇情况下，才能在紧急情况下正确操作救生艇和救助艇，也才能在不同情况下该去操作哪个艇，同时也能正确操作回收索和悬挂索，避免出现因为救助缓慢，导致人员的伤亡，下面几种方法可以较容易的区分救助艇和救生艇。

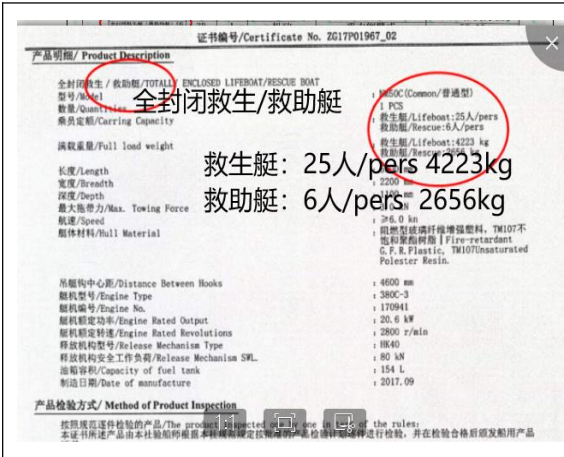
2.1 在船检证书里进行识别；
一般在船检证书第六救生设备中救生艇配备栏中有标识，其中一个救生艇有备注救助艇（一般定右舷救生艇为救助艇），如下图 4

报警器	安装位置	机舱 梯道 驾驶室 起居处所	驾驶室	厨房 洗衣间 盥洗间 储藏室 机舱 梯道 驾驶室 起居处所	机舱 梯道 驾驶室	集控室 消防控制站
	数量	49	1	9	66	2
防火控制示意图展示位置						
上甲板Fr. 41、驾驶室Fr. 38						
灭 火 器	灭火器种类	135L舟车泡沫灭火器1	45L舟车泡沫灭火器2	5Kg手提式CO2灭火器	6Kg干粉灭火器	9L手提式泡沫灭火器
	数量	1	2	3	31	17
安放位置		艏楼甲板	机舱、二甲板	舵楼甲板、驾驶室甲板	二甲板、上甲板、艏楼甲板、A、B、C、D甲板、驾驶室甲板	机舱、二甲板、舵楼甲板、驾驶室甲板
手提式泡沫枪		2	套	消防员装备	2	套
太平桶		0	只	太平斧	2	把
				紧急逃生呼吸装置	9	具
				黄沙箱	0	个
六、救生设备						
本船救生设备仅供总人数 25 人用						
救生衣 33 件 儿童救生衣 1 件 婴儿救生衣 1 件 救生服 33 件						
救生艇	名称	定员	数量	机动/非机动	艇降落装置的类型	额定工作负荷(kN)
	全封闭救生艇（兼救助艇）（右舷）	25	1	机动	重力倒臂式	55.00
	左舷全封闭救生艇	25	1	机动	重力倒臂式	55.00

图 4（船检证书）

2.2 在救生艇产品证书或绞艇车产品证书里进行识别；
救生艇产品证书里在救生艇产品明细中有对救助艇数据进行了标识（如下图 5），在绞

艇车产品证书中的产品明细中也对绞车数据进行了标识（如下图 6），救助艇的提升速度比救生艇的大。

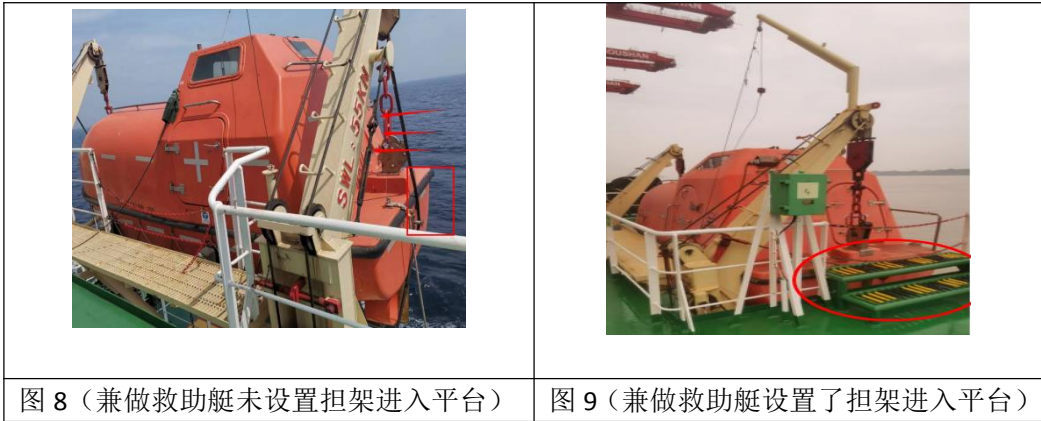
	
图 5（救生艇产品证书）	图 6（绞艇车产品证书）

2.3 在绞艇机马达上的铭牌进行识别；
绞艇机马达上的铭牌一般会标识出电动救生艇绞车和电动救助艇绞车，同时在铭牌里的提升速度和重量栏中也会标识出，提升速度大则就可以认定为救助艇，如下图 7

	
图 7（救生艇和救助艇绞艇车电动机铭牌）	

3. 兼做救助艇的救生艇存在缺陷分析

3.1 建造缺陷
缺陷是建造未设置有效的担架病人运输通道，只能从侧边的门进入，由于担架长度在 2 米多，进入救助艇时，不能顺利转弯和进入，如图 8（兼做救助艇未设置担架进入的平台），2020 海船法定技术检验规则第四篇船舶安全篇第 3 章 3.3.2.8 款规定如救助艇兼做救生艇时，其登乘和降落装置应符合救生艇筏相关要求外，还应满足救助艇的登乘和回收装置应允许安全而有效的搬运担架病人，主要原因是船舶建造时未在艇尾急救门设置有效的平台通道，缺少考虑到担架病人的进入，影响了对病人的救助。设置正确的通道，如图 9（兼做救助艇设置担架进入平台）



3.2 配置缺陷

兼做救助艇的救生艇和常规救生艇的属具配置有着不同的区别，2020 海船法定技术检验规则第四篇船舶安全篇第 3 章 3.3.2.8 款规定如救助艇兼做救生艇时，其登乘和降落装置应符合救生艇筏相关要求外，如果重型动索滑车构成危险，应设有供恶劣天气下使用的回收环索，同时还需配备悬挂索，如图 10（回收索和悬挂索），但船上主管人员并未对该索进行有效的放置保存、保养和检查，甚至对回收索和悬挂索的功能和作用不熟悉，导致索具被挪作它用，时间久了就找不到或丢失。在海事和公司检查时经常也会发现三副不熟悉救助艇回收索和悬挂索等索具的使用，也无法找到回收索和悬挂索索具的存放位置，更不熟悉在恶劣天气下对救助艇的使用和缺乏对落水船员的救助知识。



3.3 弃船及人员落水救助演习缺陷

3.3.1 根据 2020 国内航行海船法定检验技术规则第四篇船舶安全篇第 3 章 3.4.4.2 弃船演习应包括除兼做救生艇的救助艇外，其他救助艇应至少每 3 个月乘载指定的船员降落下水并在水上进行操纵，但船员在进行弃船演习时，很少对救助艇（除兼做救助艇的救生艇外）进行每 3 个月释放一次的动作和记录，原因是不熟悉弃船演习的具体要求，只认为在弃船演习中只要释放救生艇就可以满足要求。

3.3.2 根据 2020 国内航行海船法定检验技术规则第四篇船舶安全篇第 3 章第 3 节救生设备的存放、登乘、降落与回收 3.3.29 规定救助艇在载足全部乘员及属具时，回收时间应不超过 5 分钟，如果救助艇兼做救生艇，则救生艇应能在不超过 5 分钟内回收载有救生艇属具及认可的、额定乘员至少为 6 人的救助艇，但船上再进行人员落水救助演习时，在救生艇回收时所用的时间并没有在规定时间内进行回收，主要原因船长和责任船员对兼做救助艇的救生艇在执行救助时对时间的要求不熟悉。

3.4 应变部署表缺陷

2009 年 9 月 1 日以后建造的船舶所配备的救生艇是需配备半或全封闭救生艇，由于开敞式救生艇的操作方式和全封闭的救生艇是不一样的，开敞式救生艇需要有操作艇机的人员和操纵救生艇的人员，但全封闭的救生艇是不需要操作艇机的人员，所以在应变部署表安排人员的时候不需要有操作艇机的人员，可以将操作艇机改成操作救生艇，以便符合救生艇实际操作要求，同时救生艇中有一艘是兼做救助艇，但应变部署表中并没有标明哪艘是救助艇，可能在突发事件处理问题时，会出现该上哪个艇，该放哪个艇，该由谁来操作艇等事情上会出现较多的问题。

3.4 检查保养缺陷

1) 对兼做救助艇的救生艇相关属具（回收索和悬挂索）检查和保养不足，未放置在固定的位置或者丢失；

2) 缺少保养索，主管船员对保养索的作用不熟悉，导致对吊艇索和救生艇释放机构无法正常的检查和保养；如图 11（保养索）2011 国内航行船舶法定检验技术规则第四篇第 3 章 2.4.3 救生艇应配备放开救生艇的装置，以便释放机构在不受载的情况下进行维护保养，且船上配备的释放机构应为同一型号；



3) 绞艇车的检查和保养，一般水手长在不知情的情况下会把绞车的电动机铭牌涂上油漆，无法正常区别铭牌上的相关数据，导致无法识别救助艇和救生艇；

4) 部分船舶船检证书上中救生设备救生艇栏目中缺少对兼做救助艇的救生艇进行标注“兼救助艇”，虽然在救生艇产品证书上有标注。

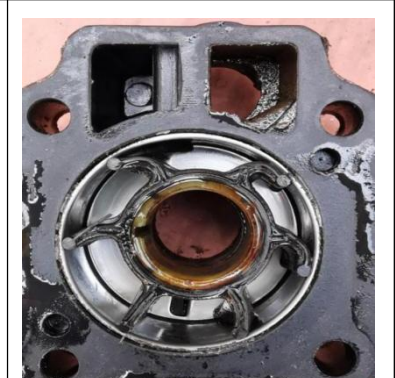
5) 救助艇艇机的保养检查缺陷和问题

5.1) 因为救助艇艇机每周都要进行测试，很多船员都把艇机泡在水桶里，方便艇机的测试，但对救助艇的紧急释放存在隐患，同时也对艇机叶轮和保护罩有氧化腐蚀危害，如图 12（艇机一直泡在水桶里），图 13、14（叶轮和保护罩锌块已经被腐蚀）；



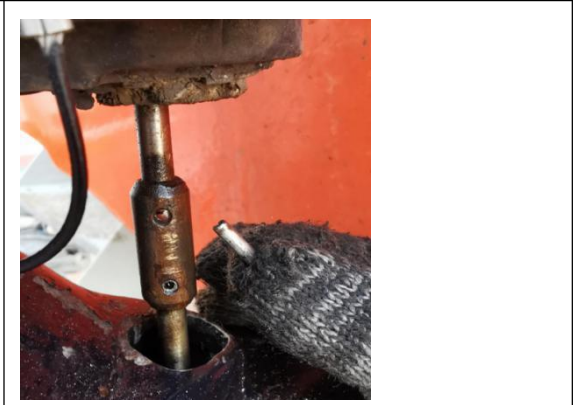
图 12（艇机一直泡在水桶里）	图 13（艇机叶轮防护罩锌块腐蚀）	图 14（艇机叶轮防护罩锌块腐蚀）
-----------------	-------------------	-------------------

5.2）艇机启动后冷却水出水观察口无出水情况，表明艇机的冷却水泵、水泵叶轮失效或者冷却水吸入口脏堵，如果长时间运行会导致发动机过热而咬缸，这个问题也是船员在检查和维护时存在的盲区。如图 15（艇机启动后无冷却水观察口出水情况）图 16（冷却水吸入口脏堵）、图 17（叶轮变形失效）；

		
图 15（艇机启动后无冷却水观察口出水情况）	图 16（冷却水吸入口脏堵）	图 17（叶轮变形失效）

5.3）艇机腔体长期未拆解检查，腔体内脏污，有较多的杂物，导致腔体污垢严重。如图 18（清理后的腔体内情况）；

5.4）离合器拉杆的连接销脱开或松脱，无法对艇机进行控制。如图 19（离合器插销）；

	
图 18（清理后的腔体内情况）	图 19（离合器插销）；

4. 建议

- 4.1 船长要对船员进行培训，通过识别证书、铭牌等方法来区分救生艇和救助艇；
- 4.2 三副自身要熟悉使用救助艇的回收索和悬挂索，特别是在恶劣海况下正确有效使用救助艇；
- 4.3 船长应加强对船员的演习和训练培训，在弃船演习时，要按照规定要求释放专用救助艇，对于兼做救助艇的救生艇在人员落水救助演习时，要正确使用回收索和悬挂索，并模拟恶劣天气情况下的人员救助动作，同时要在规定的时间内回收救助艇。
- 4.4 修改应变部署表，正确标识出全封闭救生艇的艇机操作和艇操作的区别，明确救生艇和救助艇的分工，并合理安排人员进行操纵艇和其他工作；

4.5 三副要对救生艇和救助艇所配备的属具要清楚,并做好登记,明确回收索和悬挂索的放置位置,同时也要保存好保养索,并在船员交接班的时候告知接班船员,并定期进行检查和保养,确保在紧急情况下的正常使用。

4.6 对于救助艇艇机的检查和保养

4.6.1 发动机冷却水观察口如无出水,应立即关闭发动机,查找原因。可能的原因有:杂物堵住进水孔或冷却水道,水泵损坏,发动机浸入水中的深度不够。

4.6.2 禁止发动机在无水情况下运行,避免水泵叶轮干磨损坏。

4.6.3 发动机禁止长期浸泡在水桶中,避免发动机机体加速氧化,冷却水道积垢。

4.6.4 定期拆检或更换恒温阀、水泵叶轮,清洗冷却水道。

4.6.5 每次使用后,应用清水清洗冷却水道,保持畅通。

参考文献

1. 《国际海上人命安全公约》(SOLAS 公约)
2. 《船舶与海上设施法定检验规则》
3. 《国内航行海船安全检查指导书》
4. 《国内航行海船缺陷处理操作指南》

作者简介:

姓名:戴荣,出生年月:1974年11月1日,籍贯:浙江奉化。工作单位:宁波远洋运输股份有限公司,职务职称:工程师,专业领域:船舶安全管理。通信地址:宁波宁东路269号38楼(315000),电话:15824227955,电子邮箱:dair@nbosco.com

7s 管理在船舶安全管理中的应用

彭健、黄勇波、毛旭东
(宁波海运股份有限公司)

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^[1],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好的工作环境，并促成好习惯的形成，这将会在无形之中使船员们养成一种习惯。[2]

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。[3]

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。[4]

“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。^[5]

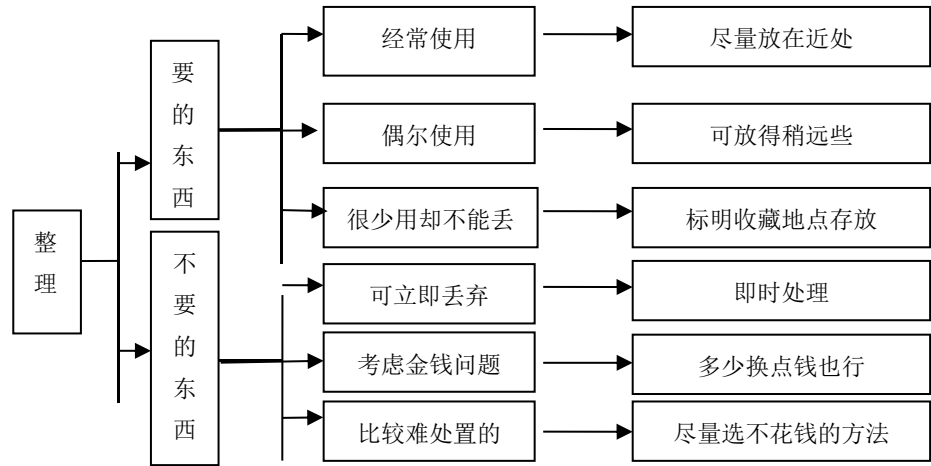


图 1 整理方法图

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。

物 料 登 记 册

registration handbook for shipboard stores									
序号	物料名称	1		2		3		4	
1.	手提干粉灭火器	a		a		a		a	
		b		b		b		b	
		c	22	c	22	c	22	c	22
2.	手提泡沫灭火器	a		a		a		a	

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

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。

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。调动船船员作的积极性，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 提升船舶设备设施运行稳定性

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，各种设备设施、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.

作者简介:

彭健:二副, 15555931914, 浙江省宁波市江北区北岸财富中心 1 幢, 779368646@qq.com。

黄勇波:大副, 15258891267

毛旭东:船长, 18958331128

浅析宁波舟山港核心港区危化品船的安全管控

郑浩亮¹ 黄焜² 谢哲学¹

(¹ 宁波大港引航有限公司 ² 宁波海事局)

摘要: 本文就宁波舟山港核心港区内危化品码头及船舶的有关情况进行介绍, 对危化品船引发的事故进行案例分析, 提出相应的建议和对策, 为消除港区内危化品船的安全隐患, 更有效地降低事故概率, 保障港口设施及船舶的安全, 保护环境提供借鉴。

关键词: 港口信息 危化品船 安全管控

0 序言

宁波舟山港拥有优越的自然条件和便利的港口交通环境, 是我国华东地区重要的石油储备和石化基地。核心港区内有 LNG 接收站、原油储备基地、中石化、中海油、台塑化工以及烟台万华等大型化工厂及配套危化品码头。每年都有大量的大型危化品船, 包括 LNG 船、超级油轮及各类化工品船进出核心港区和靠离辖区内的码头。2021 年, 光是宁波港域, 危化品吞吐量就有 1.56 亿吨, 各类大小船舶约 4 万余艘次。2022 年度, 宁波舟山港核心港区 VLCC 引航 797 艘次, LNG 引航 153 艘次。宁波舟山港区复杂的水文气象条件, 密集的交通流环境, 以及危化品船自身的高风险特性和操纵难度特性, 以上多重因素的叠加效应, 极易导致在核心港区内发生险情或事故, 将会对港口交通安全, 自然环境保护造成极其重大甚至是灾难性的影响。

1 港区概况及危化品码头现状

1.1 港口地域概况

宁波舟山港核心港区地处钱塘江口南侧，所处海域均为非正规半日浅海潮，往复流，处于舟山群岛水域，岛屿和航门众多，多回流、多强流水道，最大流速可达 6 节多。气象条件多变，冬季受寒潮影响，多西北大风，夏季多偏南风，每年 7-9 月易受热带风暴影响。每年 4-6 月盛行平流雾。港区内航线汇集多，船舶密度大，通航环境复杂。

1.2 港内航道、锚地介绍（图一）



图一

1.2.1 航道

宁波舟山港核心港区，从虾峙锚地到镇海港区，全程距离有 55 海里，自 2010 年 8 月 1 日开始实施船舶定线制。设置有金塘北航道、虾峙门、条帚门三个主要港区进出口，即经金塘大桥的北航道（8 米以下吃水，2 万载重吨以下的小型船舶）和经虾峙门、条帚门的南航道。过路海轮主要经过西堠门、双屿门和青龙门航道。

虾峙门航道可全天候通航 30 万吨级船舶，条帚门航道可满足 15 万吨级满载乘潮散货船双向通航及 30 万吨空载船舶单向通航。虾峙门口外深水航道是国内首条人工疏浚形成的 30 万吨级深水航道，为宁波舟山港 30 万吨级超大船舶进出港的重要通道。作为国内外少有的船舶高密度区，虾峙门航道是超大型油轮进出宁波舟山港核心港区唯一通道，核心港区每年有 1 万余艘次 5 万吨吨以上船舶、约 80% 货物吞吐量需经过虾峙门航道进出港。狭窄航道通行的潜在风险极高，如 2021 年 3 月苏伊士运河发生大型集装箱船舶“长赐”轮搁浅事故，造成全球经济连锁反应。一旦宁波舟山港主航道内发生船舶碰撞、沉没、搁浅等事故也将会直接导致封港，其灾难性影响将不仅波及宁波市及长三角，甚至会影响全国及国际间物流与贸易。

1.2.2 锚地

（1）虾峙门外虾峙门南、北锚地、口外锚地：位于虾峙门口外，为 VLCC 待泊锚地，底

质为泥底，水深 28~30m，潮流呈回转流，最大流速约 2 kn，东南风时风浪较大。

(2) 马峙锚地、白鸭山锚地：为核心港区待泊、联检、避风锚地。

(3) 北仑临时锚泊点：有 9 个锚泊点，为待泊锚地，其中 6、7、8 号锚位为 10 万吨化工品船锚位，9#锚位还可兼抛 45 万吨级油轮。

(4) 金塘化工品船锚地：位于金塘岛西面，为引航、待泊、避风锚地，其中 3#、4#、5#为危险品船锚位。底质为泥底，水深 15~23m，流速 4~6kn，冬季涌浪较大。

1.3 危化品码头介绍

港区	码头名称	船舶类型	泊位数	吨级	码头特性
镇海港区	镇司化工	化工品船	9	2 千~5 万	甬江内泊位掉头水域狭窄，甬江口外码头冬季北风天码头边风浪较大
	青峙化工	化工品船	2	5 万	冬季北风天，码头边风浪较大
	戚家山化工	化工品船	2	2 万~5 万	冬季北风天，码头边风浪较大
北仑港区	杨公山石化	化工船	1	5 万	避免急涨水离泊
	算山原油化工	油轮 化工品船	6	1 万~30 万	避免急涨水离泊
	台塑化工	化工品船	4	3 万~5 万	允许镇海低潮至镇海高潮时段靠、离泊
大榭岛港区	烟台万华化工	化工品船	3	2 万~5 万	靠泊时以靠落流为主
	大榭中油	油轮	2	5 万~30 万	带缆要求：20-30 万吨级：5-2-2
	百地年码头	LPG	2	5 千~5 万	涨水时泊位东侧有明显推开流，船首尾均带缆 2+4+2
	关外码头	化工船	1	5 万	与主航道夹角大
	中海油大榭石化	化工船	6	3 千~5 万	码头边有回流
	大榭实华原油码头	油轮	4	2 万~45 万	压拢流明显
穿山港区	浙江 LNG 码头	LNG	1	15 万	靠初落时要穿越切变流
	港鑫东方码头	化工船	1	5 万	码头边流速急，稳泊有难度，要酌情进车顶流和增加缆绳。
舟山港区	岙山码头	油轮	4	1 万~30 万	大潮汛转流较早最大流速 2—3 节
	册子油库码头	油轮	1	30 万	最大流速 3—4 节

2 核心港区内危化品船风险隐患分析

2.1 危化品船特性

(1) 危化品船相对于集装箱船，有相对吨位主机马力小，满载吃水大，惯性大，减速慢，操纵困难的特性。

(2) 所载运货品的各不相同，种类繁多，进出宁波舟山港核心港区的就有 LNG 船、LPG 船、VLCC 及其他种类石油化工品船。

(3) 所载运货物的危险性极大，一旦操作不当，就容易引发泄露，中毒，燃烧，爆炸等事故。

(4) 因为对安全的专业等级高，所以要求驾引人员有很强的安全意识和高超的船舶操

纵技能。

(5) 应急处置难，化工品类繁多、特异性差异大，如部分有毒有害的化学品、LNG 泄露等应急处置均为世界性难题。

2.2 港内通航环境风险分析

2.2.1 航道狭窄：深水航槽宽度只有 440 米；虾峙门航道最窄处下栏山附近只有 700 米，条帚门航道最窄处黄礁头附近只有 540 米。

2.2.2 通航障碍物多：

(1) 穿鼻山北 0.3n mile 有-18.8m 的暗礁，对靠离大榭实华 1#和 3#泊位的 VLCC 形成潜在风险；北仑三期集装箱码头 4#泊位和金塘山之间有一浅点，深度基准面下-17.6m，对靠离算山码头的 VLCC 形成潜在风险。

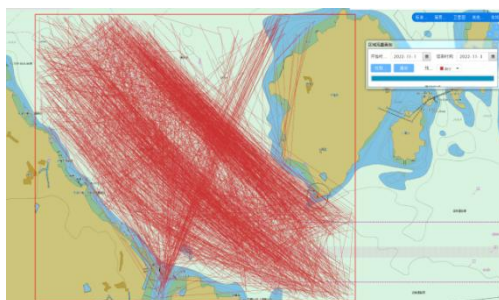
(2) 核心港区内的航道上空有通航净空高度 51 米的金塘大桥，通航净空高度 32 米的招宝山大桥，通航净空高度 70.5 米的螺头角架空电缆，净空高度 72.5 米的马足山和凉潭岛之间的架空电缆。

(3) 海底管线

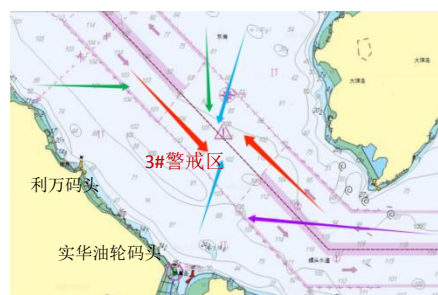
海底电缆：虾峙门 4 条，条帚门 3 条，佛渡水道 2 条，金塘水道 5 条。船舶在遇到紧急状况需紧急抛锚时，须选择避开，防止次生事故的发生。

2.2.3 水文气象条件复杂多变，春秋季节多有雾，极易导致能见度港区能见度不良；夏季有台风影响；冬季有强冷空气影响。

2.2.4 港内航道上交通流船舶流量大，各股交通流交汇密集。图二和图三所示的是 3#警戒区周边水域的交通流雷达轨迹和态势分析图。乘潮进出口的海轮数量繁多，导致该区域的交通流接近饱和状态。

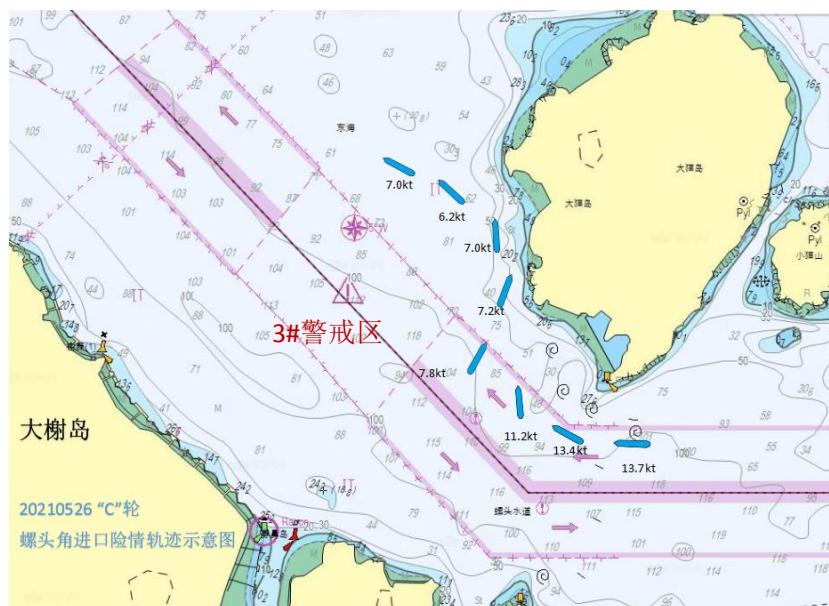


图二



图三

2.2.5 航道内水流湍急，转向岬角众多，急流、乱流、回流和切变流的综合影响导致船舶转向失控的险情频发。图四所示的是在 2021 年 5 月 26 日，“C”轮在经过螺头角顺水转向进口时发生险情的轨迹图。



图四

2.2.6 驾引人员对当地水域的地理环境，潮流潮汐，气象等条件不熟悉，对于本船所受到急流影响而导致操纵困难的风险缺乏应有的戒备和预判，以及所采取的紧急应对措施不够及时有效，极易导致险情乃至事故的发生。

2.3. 危化品船港内操纵风险案例分析

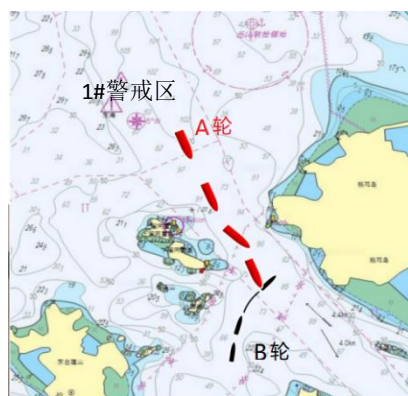
2.3.1 航行风险：

案例一：

如图五、图六所示：2010年8月31日，在大榭实华码头离泊出口的 VLCC(空载)A 轮在航经虾峙门航道上篮山附近水域时与千吨自航甲板驳 B 轮发生碰撞，B 轮侧翻倾覆，导致 7 人落水，1 人获救，6 人下落不明的重大事故。

事故原因分析：

不规范航行的 B 轮违规穿越定线制航道，因为岬角效应，A 轮驾引人员视线被遮挡，再加上速度过快，紧急避让措施不到位，两船避让动作不协调导致碰撞事故。



图五



图六

2.3.2 靠离泊风险

案例二：

2019年4月12日，塞浦路斯籍满载 10 万吨的油轮 D 轮在靠泊宁波实华码头 3#泊位时，触碰泊位的鼓型橡胶护舷，造成码头 3 个靠垫不同程度损坏。

事故原因分析：

码头边水流复杂，多回流，此时有较强压拢流。油轮 D 轮由于自身惯性大，驾引人员对于该型船舶的靠泊方式不够熟练，所采取的应急措施也不够及时到位，导致船舶在靠泊过程中未能有效地减速，在贴拢码头时速度过快，最终造成码头靠垫损坏。

2.3.3 锚泊风险

案例三：

2009 年 9 月 18 日，利比里亚籍接近满载的超大型油轮 X 轮在从宁波北仑 7#锚位开航驶往虾峙门南锚地抛锚过程中，与在虾峙门南锚地的中国籍油船 Y 轮发生碰撞并最终搁浅，造成两船船体不同程度受损，构成重大水上交通事故。

事故原因分析：

虾峙门锚地水流湍急，流向复杂多变，并且交通流密集，来往船舶众多。再加上外籍油轮船长对当时当地的水文状况不熟悉，在操纵大型油轮转向抛锚时对受流压的影响估计不足，导致本船而与其他锚泊船发生碰撞。

2.3.4 稳泊风险

案例四：

2020 年 5 月 4 日，港鑫东方码头在泊外轮 Z 轮发生断缆并脱离码头。

险情原因分析：

由于码头先期设计建造的内在缺陷，码头前沿水流湍急，最大流速有高达 6-7 节。船舶稳泊困难，极易导致缆绳因受力过大而发生断缆并致使船舶漂航。

2.3.5 总结

由于危化品船自身的条件限制和核心港区内复杂的潮流和通航环境，导致潜在的风险隐患密集。其中最为关键的因素还是人的因素：船舶驾引人员和海事管理人员的理念、素质和水平，对于风险隐患的预判和管控的业务能力。

3 宁波舟山港危化品船舶在港安全应对措施

3.1 加强和完善港区内危化品船的安全管控措施：

3.1.1 加强核心港区交通流组织，规范和整顿定线制的通航秩序，如宁波海事局就调整了 1#和 4#警戒区的避让原则和 3#警戒区螺头角周边水域禁止追越等措施。

3.1.2 制定重点危化品船舶，重点区域，通航密集时段的航行和靠离泊组织规则。

(1) 制定重点危化品船舶（如 LNG 船和 VLCC 等）进出港计划，确定护航力量并组织实施，VTS 加强动态监控，尤其在通过警戒区的重点区域时，加强周边船舶的协调避让。

(2) 制定复杂区域危化品码头如镇海港区化工码头、台塑港池、港鑫东方的靠离泊作业及稳泊规范细则。

(3) 制定切实有效的航行计划，做好船舶通航及靠离泊密集时段，如高平潮前后、管制解除后的交通流疏导。

3.1.3 健全和完善恶劣气象海况条件下的港内航行，靠离泊作业，锚泊和稳泊安全规则，加强措施的落实。

(1) 海事部门做好恶劣气象海况信息的收集、预警信息的发布和预控措施的落实，做好靠离泊管制发布和解除时危化品船交通流的组织和协调。

(2) 港口码头相关单位制定并落实好恶劣气象海况时期的安全作业标准，及时根据海事部门发布的管控信息作出相应的应对措施。

3.1.4 加强港区内危化品船舶和码头防污染设施的检查。

海事港口执法部门加强检查在港危化品船的适航状况，特别是船舶的航行设备、动力及操纵系统，船岸消防设备状况，及时排查、发现安全隐患。

3.2 加强危化品船舶管理和相关操作人员的队伍建设

3.2.1 进一步充分发挥海事指挥中心、VTS 安全监管功能，提升对港内危化品船舶的监管能力。

3.2.2 加强对危化品船舶驾引人员操作能力的培训和技术提升。建议成立重点船舶，如 LNG 船，VLCC，大型化工船引航专职团队，提高危化品船在进行港内操纵作业时的安全保障力度。

3.2.3 加强危化品船应急处理专业人员的组织与技能培训。

在浙江省防治船舶及其有关作业活动污染海洋环境应急能力建设规划中就提出建立健全从事船舶污染应急工作相关人员的培训制度，对各类人员进行培训，提高其船舶污染应急专业知识和技能水平。

3.3 制定应对港内危化品船舶突发状况的应急措施，完善应急力量。

3.3.1 根据《新海安法》和相关安全生产法律文件，推进制定应对港内危化品船舶突发状况应急措施的法规和政策建设，构建和完善港内危化品船舶安全营运和防污染管理文件体系，编制水上交通事故、危险品泄漏事故的应急预案以及船舶溢油应急计划。

3.3.2 加大防污染应急处置设施和装备的投入

在整合现有各类船舶污染应急力量的同时，各相关部门加大资金的投入，更新和改善专业应急设备，提高应急处置的硬件条件。

3.3.3 依托国家政府力量（国家溢油应急设备库）、企业力量（宁波舟山港域联防体）、专业应急力量（专业清污单位），成立由海事、交通、引航、港口、码头、专业清污单位等多单位组成的海上联合应急指挥中心，建立联合联络机制和船舶污染应急演练制度，定期开展溢油、危化品泄漏等事故的应急处置和救援演练，不断增强应对突发船舶污染事故的应急处置能力。

在本文的案例四中的 VLCC 在碰撞和搁浅事故发生之后，在省、市海上搜救中心的协调指挥下，海事、东海救、宁波港集团、引航、拖轮、清污力量、航运公司等单位协同作战，制定了船位控制、水下作业、污染控制、脱离浅滩和过驳作业等应急处置方案，经过持续的奋战，最终成功脱浅，化解了油轮溢油污染风险。

4 总结

危化品船舶运输对安全要求高，事故涉及面广，危害严重，对社会公共安全会造成极大的影响。笔者只是针对宁波舟山港核心港区的危化品船舶的安全管控提出了一些看法和建议，呼吁更多的相关管理单位和从业人员对此类课题特别是对如何加强对危化品船舶在港内的安全管控能力，预防险情与事故的发生，以及在事故发生后尽可能采取及时有效的措施等方面开展更广泛和深入的讨论和研究。以便减少事故的发生，减少对环境的破坏，从而提高危化品船的运输安全，保护港口的海洋环境。

参考文献

- [1] 潘国华, 陈意洁, 赵方斌. 虾峙门水道船舶险情、事故多发原因及对策 [J] 航海技术, 2016 (6): 7-10.
- [2] 鲍冯军, 潘国华, 胡甚平. 宁波港域船舶引航技术 [M]. 上海浦江教育出版社, 2023:33-40.

作者简介:

郑浩亮, 宁波大港引航有限公司, 浙江省宁波市鄞州区沧海路 588 号绿城绿园大厦 25 楼, 13780081816 电子邮箱: 7046365@qq.com

黄焜, 宁波海事局, 宁波市鄞州区东泰街 31 号, 15888576758, nbmsahk@163.com

谢哲学, 宁波大港引航有限公司, 浙江省宁波市鄞州区沧海路 588 号绿城绿园大厦 25 楼, 13780083053

关于宁波三星重工码头功能调整的通航安全研究及建议

杨东晓

(宁波大港引航有限公司 浙江宁波 315040)

摘 要: 宁波三星重工码头正规划功能调整,新增船舶流量将对通航密度本就很大的甬江口水域通航安全产生影响及风险,本文依据分析船舶交通流现状和通航环境,研究甬江航道拓宽带来的影响以及与相邻码头交通组织的相互影响等,指出可能潜在的风险并提出相应的安全建议。

关键词: 功能调整; 船舶交通流; 通航安全; 风险; 甬江航道拓宽; 安全建议

0 引言

三星重工业(宁波)有限公司于2021年底由政府回购收储,其码头岸线位于宁波舟山港核心港区内,邻接甬江口水域,目前拟将码头功能进行调整,近期主要考虑改造为2个1万吨级液体化工泊位,远期考虑在东侧与冠保码头之间新建1座4万吨级通用码头。

调整后新增船舶流量将对通航密度本就很大的甬江口水域通航安全产生影响及风险。一是年靠离泊数量增加,对通航环境影响增加;二是由于船舶靠离泊操纵与甬江口水域其他通航船舶存在交叉会遇,如改建成危险品码头,会增加潜在风险。另外招宝山大桥至甬江口航道计划南侧拓宽,拓宽后小船出港航路与码头距离减小,相互影响增加。

为最大限度减少船舶航行、靠离泊操纵的风险,维护通航秩序,保障通航安全,本文依据分析甬江口附近水域船舶交通流现状和通航环境状况,研究甬江航道拓宽对码头水域带来的影响以及与相邻码头交通组织的相互影响等,指出可能潜在的风险并提出相应的安全建议。

1 原三星重工码头

1.1 码头概况

码头如图1所示,一期5000吨级,总长105m;二期为两个5000吨级泊位,兼靠1万吨级,总长370m;三期5000吨级,兼靠10000吨级,总长276.3m。



图1 三星重工码头现状布置图

1.2 靠离泊组织及对水域通航环境的影响

2020年第三季度三星码头共靠泊31艘次,离泊31艘次。利用高潮至高潮后1小时时段靠泊的船舶占67.7%,利用高潮至高潮前1小时时段离泊的船舶占67.7%。船舶靠离泊对水域通航环境影响分析如下:

1) 靠离泊频次较低,平均3天到港1艘次,影响较小。

2) 靠泊均在高潮至高潮后1-2小时,初落左舷靠泊,船舶驶过“鹅礁”后向左转向进入泊位前沿,与进入甬江的船舶相互影响较小。靠泊轨迹如图2。

3) 离泊均在高潮至高潮前1-2小时,掉头作业在泊位前沿水域进行,该时段为甬江内大船离泊出口,航行船舶之间相互影响较大。

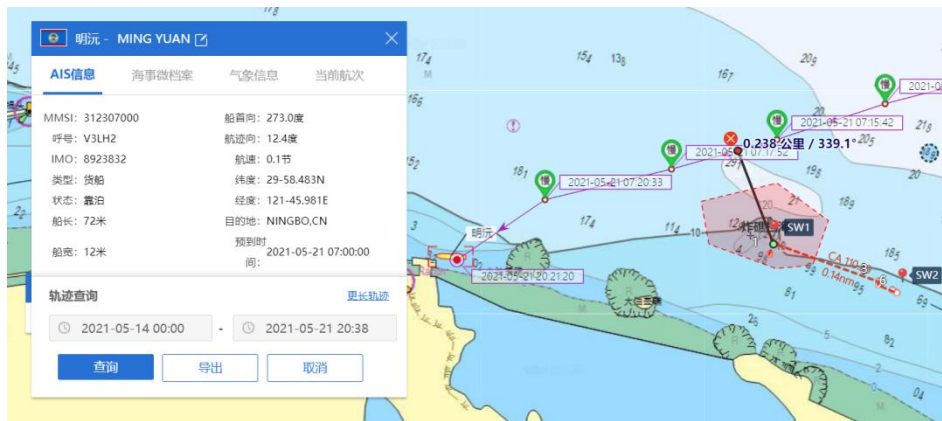


图 2 三星泊位船舶靠泊轨迹

2 甬江口东侧泊位靠离泊交通组织

2.1 东侧泊位现状

甬江口东侧水域除三星码头外还有冠保、青峙化工、科元及青峙石场码头，码头性质及设计等级如表 1 所示。

表 1 甬江口东侧其它码头一览表

码头名称	码头性质	设计等级（吨级）
冠保	散货	50000
青峙一期	液体化工	40000
青峙二期	液体化工	50000（改造后为 100000）
戚家山	液体化工	50000
科元塑胶	液体化工	5000
青峙石场	散杂货	5000

2.2 甬江口东侧码头日平均流量与靠泊时机

2.2.1 日平均流量

根据 2020 年 7-9 月份统计数据，码头平均每天靠泊艘次青峙（含戚家山）3.7，科元 1.4。靠离泊作业均在白天进行，按可作业天数为日历天数的 0.82 倍计算，则每日白天靠离泊艘次约为 13 艘次。

冠保码头平均每天靠离泊 1.3 艘次，青峙石场码头约 1 艘次，按可作业天数为日历天数的 0.82 倍计算，则每日靠离泊艘次约为 2.8 艘次，均利用白天时段。

综上，东侧泊位群基本全部利用白天进行靠离泊作业，在不考虑三星情况下，冠保、青峙（含戚家山）、科元及青峙石场码头，每天靠离泊约为 16 个艘次。

2.2.2 靠泊时机

经统计分析，东侧泊位群船舶靠泊时机基本都集中在高、低潮前后各 2 小时时段，并且落末时段一般不进行靠泊作业。各泊位靠泊最佳时机均为高潮后 0-2 小时时段（潮流初落），以及低潮后 0-2 小时时段（潮流初涨）。

现状条件下每天约有 8 个艘次靠泊，该区域为非正规半日潮，白天一般高、低潮各 1 次，安全靠泊作业时长约为 6 小时，最佳靠泊时长约为 4 小时。

相邻泊位不能同时靠离泊，各泊位靠离泊时机需相互协调。

3 甬江口水域及中门柱岛水道航行船舶流量

3.1 甬江口水域

3.1.1 船舶流量统计

2022 年 5 月 12-31 日，分阶段在图 3 门线位置根据船讯网数据提取船舶流量。

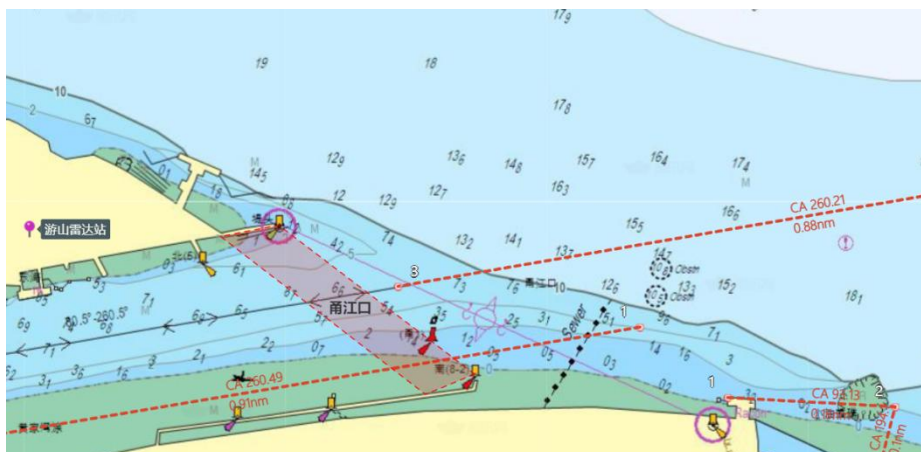


图3 甬江口水域船舶流量统计区域

12-16 日统计，共 2235 艘次，平均每天 447 艘次，平均每小时 19 艘次。

25-31 日统计，共 2729 艘次，平均每天 425 艘次，平均每小时 17.7 艘次。

3.1.2 船舶通过时机

经进一步分析，镇海高低潮附近每小时平均流量（艘次）如表 2，数据表明，高低潮前后时段通航流量基本为平均值的 2 倍。

表 2 统计日集中时段船舶流量情况表

日期	高潮前后各 2 小时	低潮前后各 2 小时
5 月 12 日	26	19
5 月 16 日	35	15
5 月 31 日	33	13.5

3.2 中门柱岛水道

3.2.1 船舶流量与类型统计

2022 年 5 月 11-31 日，分阶段在图 4 门线位置根据船讯网数据提取船舶流量。



图4 中门柱岛水道流量统计位置

中门柱岛水道通航船舶均为东行。

11 日 2200 至 15 日 2000，共有 578 艘次，平均每天 144 艘次，平均每小时 6.2 艘次。其中货运船舶为 514 艘次，船长 50m-65m 之间的为 442 艘次，占总量的 76%。

26 日 0903 至 31 日 2306，共有 763 艘次，平均每天 135.6 艘次，平均每小时 5.7 艘次。

3.2.2 船舶通过时机

统计表明每天通过数量存在差别，12 日 154 艘次，14 日 132 艘次，27 日 138 艘次；不

同时段数量也不相同，白天明显高于夜间，如 12 日 0600-1800 时段 100 艘次，其他时段 54 艘次。

低潮前后各 1 小时 12 日 23 艘次，27 日 20 艘次，高峰时段流量约为平均值的 2 倍。

4 甬江航道拓宽对三星重工码头水域的影响

4.1 甬江航道拓宽规划

根据甬江航道拓宽计划，按照可满足镇海港区 2 万吨级掉头+3000 吨级乘潮单向通航考虑；同时满足 2 万吨级乘潮单向+ 3000 吨级乘潮双向通航。总水域宽度约为 260m（含停泊水域 50 米）。

4.2 拓宽航道与三星重工码头位置关系

航道拓宽计划未正式实施，现阶段甬江口拓宽方案如图 5 所示。



图 5 甬江口水域拓宽方案

航道拓宽边界线与虎蹲导标线平行，甬江口航道拓宽后与三星现状码头的位置关系如图 6 所示。拓宽后航道南边界线与北（5）丁坝灯桩垂直距离约为 275m。

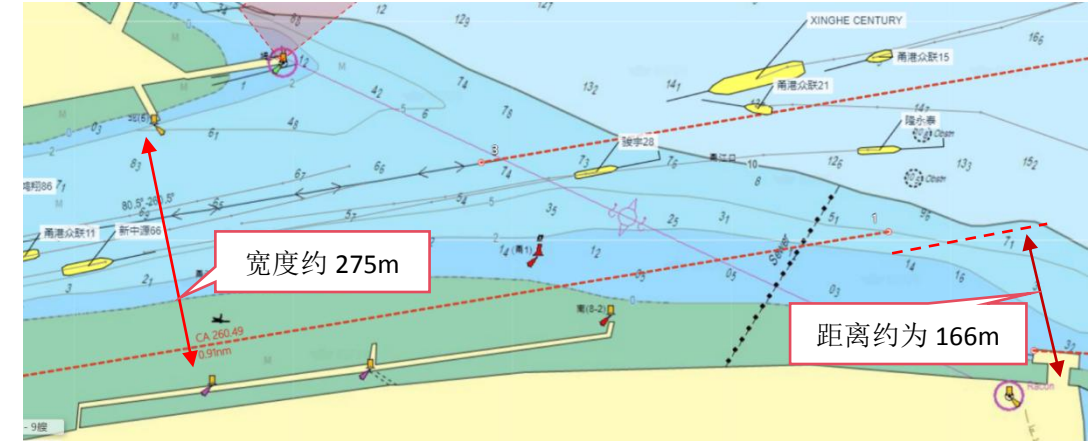


图 6 拓宽航道边线与三星重工码头位置关系

由于航道设计水深 5.0m~7.0m，南侧边界应延申至甬江口外 5m 等深线位置。现有三星码头西侧系缆墩与航道边界的距离约为 166m。

4.3 航道拓宽后出港小船对三星重工码头的影

根据现有方案，拓宽后航道边界位于现有“甬 1”灯浮南侧约为 40m，出港小船航行位置会南移至现有灯浮位置，出港东行小船航行规划与码头及西侧系缆墩的距离将进一步减小，如图 7 所示。

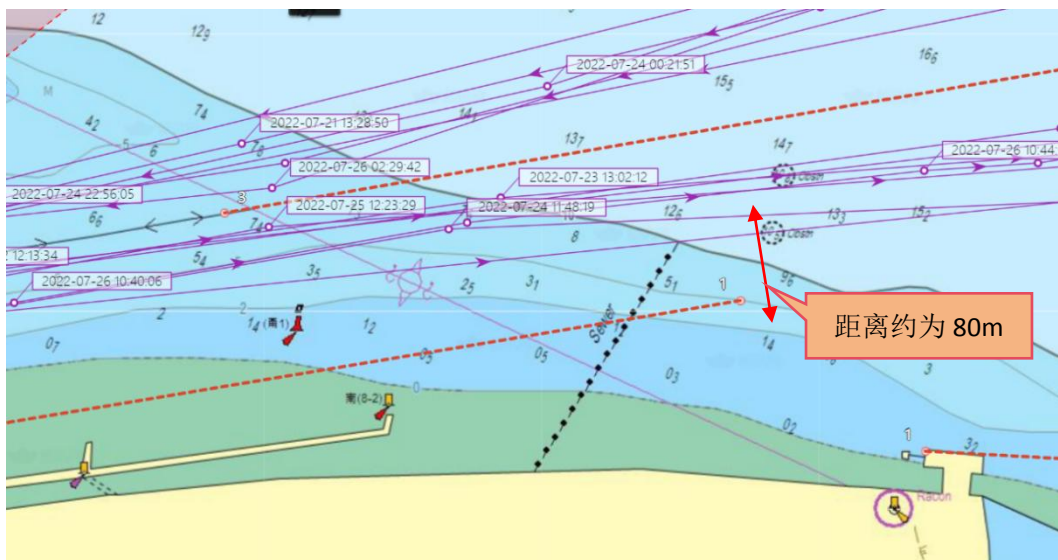


图 7 出港小船轨迹与三星重工码头位置关系

由于出港小船密度大，码头改造后靠离泊船舶与出港小船的相互影响增加，并且船舶会遇位置基本位于泊位前沿水域。

5 船舶靠离泊组织与甬江口交通流的相互影响

5.1 与进江大船的相互影响

5.1.1 大船航行方法

大黄蟒岛灯桩方位 178°、距离 1.2n mile 处，转航向 240°，航行 2n mile 至长跳嘴灯桩方位 240°、距离 0.6n mile 处，转航向 260°，船首对虎蹲导标叠标线进入甬江。推荐航线如图 8 所示。



图 8 进甬江推荐航线

5.1.2 进港船舶航迹与三星重工码头距离

大船进港时充分利用虎蹲导标，导标线与现有码头距离约为 330m，船舶进港轨迹表明，一般满载进港船舶航行轨迹偏南，如图 9 所示。

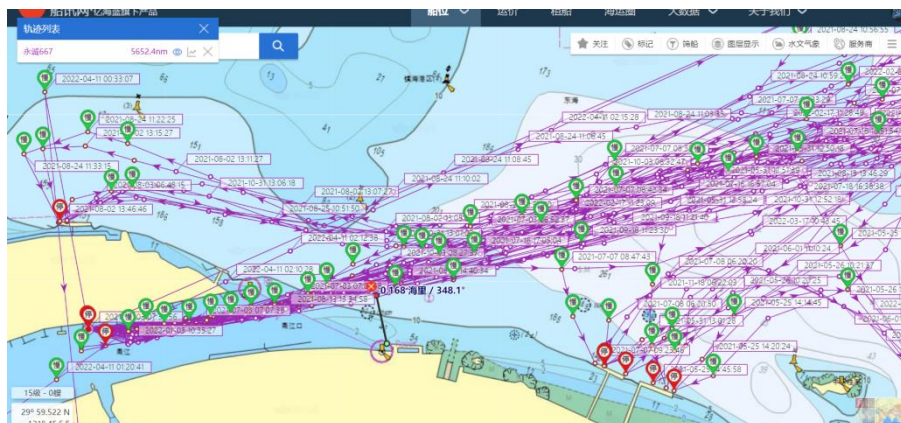


图9 船舶航迹与码头距离

由于导标线与码头垂直距离仅为 330m 左右，进出甬江船舶的航行水域与功能调整后码头的靠离泊操纵水域部分重合。根据现有操纵习惯，船舶基本不在设计旋回水域内进行掉头作业，一般采用大旋回方式，占用水域范围较大。

甬江内 1#-16#泊位大船进港均在高潮后 2 小时时段，出港均在高潮前 2 小时时段，而高潮前后时段亦为三星码头靠泊最佳时段，航行船舶与三星靠泊船舶之间相互影响大。

5.2 与东行小船的相互影响

甬江口出口东行小船一般位于导标线南侧，为尽量减小与进港大船的影响，航行轨迹与三星码头距离较近，如图 10、图 11 所示。



图 10 出口东行小船与码头距离

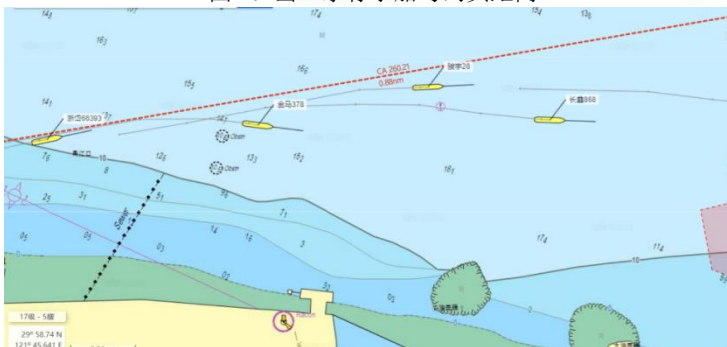


图 11 小船顺序出港实况

码头靠离泊最佳时机为高低潮前后时段，恰为小船通航密度最大时段，并且小船航行与码头距离约为 200m，调整后顺岸泊位为 1 万吨级危险品，旋回水域直径按 2 倍船长考虑为 254m，小船习惯航路位于旋回水域之内，相互影响大。

当甬江航道拓宽后，东行小型船舶航行过程中与三星重工码头的距离将更近。

5.3 与甬江进出港船舶的相互影响

根据近几年的统计，平均每日进出甬江的船舶约为 450 艘次，平均每小时进出港约为 18-20 艘次，高潮前后 2 小时时段流量明显集中，约为平均值的 1.7 倍。大量船舶同一时间集中在同一水域航行或者掉头操纵，相互之间存在碰撞风险，轨迹见图 12。



图 12 甬江口进出港船舶轨迹

6 功能调整与相邻泊位交通组织的相互影响

6.1 甬江口东侧泊位日靠离泊数量及时机

在不考虑三星码头的情况下，冠保、青峙（含戚家山）、科元及青峙石场码头，每天靠离泊约为 16 个艘次。

码头功能调整后船舶靠离泊时机与甬江口东侧其他泊位相同，相邻泊位不能同时靠离泊，靠泊窗口存在冲突，并且现阶段规划为危险品泊位，靠离泊窗口均为白天，由于甬江口东侧危险品码头数量多，白天靠泊窗口更为紧张。

6.2 与冠保码头的相互影响

功能调整后其东侧泊位与冠保邻接，两个泊位船舶靠离泊不能同时进行。根据现有通航组织原则，青峙 1#泊位具有优先权。

对于同一个靠泊时间窗口，当青峙、冠保靠泊完成后，三星可能错过最佳靠泊时机；相反如果优先考虑危险品船舶靠泊，则冠保可能错过该潮位最佳靠泊时机；如果三星靠离泊频繁，则与冠保的靠离泊协调难度就更大。

6.3 甬江口东侧各泊位船舶靠离泊相互影响

甬江口东侧泊位共用船舶进出港及靠离泊操纵水域，泊位前沿有小型船舶东行航路，各泊位无论是左舷还是右舷靠泊，相互之间均存在一定影响，相邻泊位之间影响更大。各码头船舶靠离泊轨迹见图 13~图 15。整个甬江口东侧船舶靠离泊作业需进行统一调度。

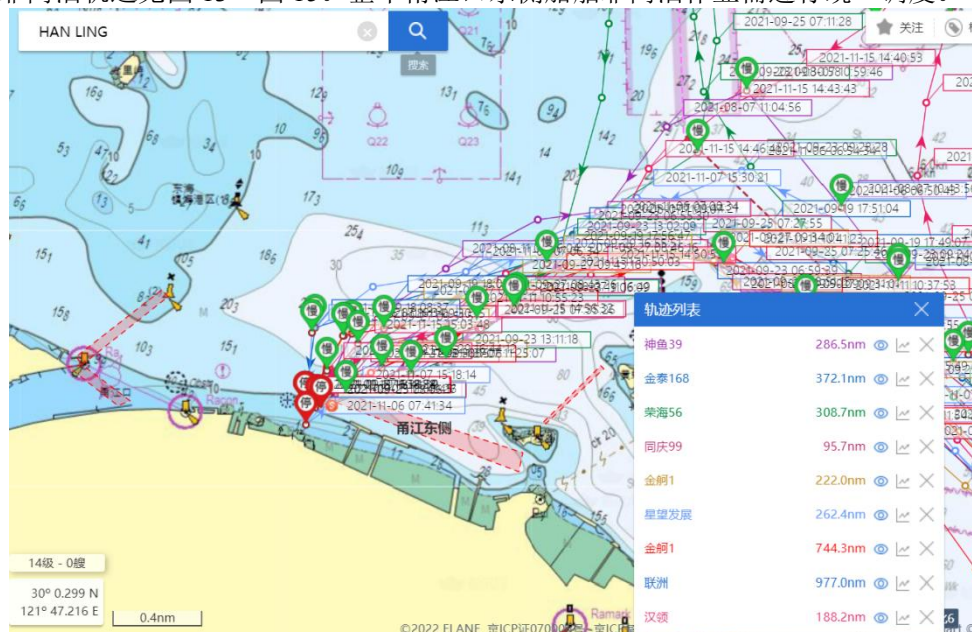


图 13 冠保码头靠离泊轨迹

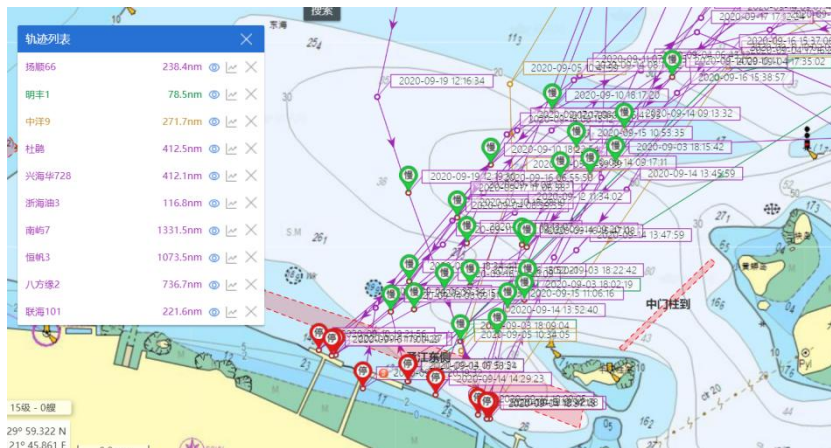


图 14 青峙（戚家山）码头靠离泊轨迹

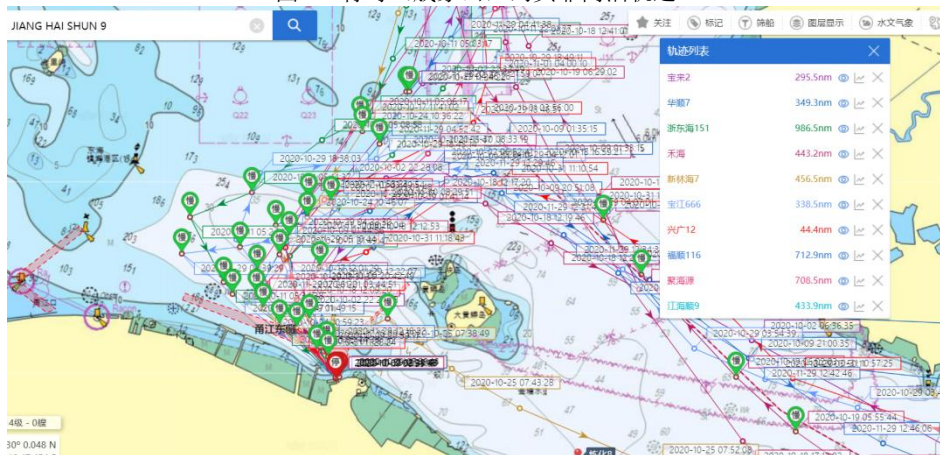


图 15 青峙石场码头靠离泊轨迹

当码头功能调整后，其船舶靠离泊操纵方式与现有泊位基本相同，由于离甬江口更近，掉头靠泊的船舶会更大范围的占用甬江口水域。

7 三星重工码头功能调整的建议

鉴于码头所处位置、甬江口水域通航环境的复杂性以及甬江口东侧泊位靠离泊组织难度，建议码头功能调整应考虑如下因素。

- 1) 调整后的功能以靠泊非危险品船舶为宜，尤其是最靠近甬江口的泊位不宜布置危险品泊位。
- 2) 功能调整后应控制到港船舶频次，降低与其他泊位、水域通航船舶的相互影响。
- 3) 码头建设规模及数量应进行合理控制，进甬江导标线与东行小船习惯航路均临近泊位，降低靠离泊船舶对习惯航路的影响。
- 4) 对临近甬江口的泊位，尽量采用左舷靠泊方式，同时靠离泊时机应进行控制。
- 5) 甬江航道拓宽后导致小船航路与码头的距离进一步减小，航行船舶与靠离泊船舶影响增加，“甬 1”灯浮建议适当往东调整，利用灯浮分割减少相互之间的影响，必要时应进行浮标布设专题研究。
- 6) 功能调整后到港船舶的数量会在一定程度上增加，为减少靠离泊与通航之间的相互影响，靠离泊时机应精确把握，整个港区助操拖轮的配备应增加，避免出现集中靠离泊时段拖轮数量不足的现象。

参 考 文 献

- [1] 《海港总体设计规范》(JTS156—2013)，中华人民共和国行业标准，中华人民共和国交通运输部发布。
- [2] 《航道工程设计规范》(JTS181—2016)，中华人民共和国行业标准，中华人民共和国交通运输部发布。
- [3] 《宁波舟山港核心港区船舶交通组织实施办法》，浙江海事局，2022 年 2 月。

- [4] 《宁波舟山港核心港区船舶交通管理系统安全监督管理规则》，浙江海事局，2016年8月。
[5] 刘正江，船舶安全管理，大连海事大学，2017。
[6] 李建民，海上危化品运输系统安全研究，大连海事大学，2017。

作者简介：

杨东晓，高级引航员，(E-mail) 17514790@qq.com

沿海船运建筑渣土风险性分析及控制措施

吴邦湖

温州市航海学会

摘要：沿海城市化进程快速推进，建筑渣土的产量与日俱增。随着渣土处置的法规日益完善，本地消纳场可消纳容量趋于饱和，导致建筑渣土即将面临无处消纳的困境。因此，为探索建筑渣土消纳处置模式，持续给温州市提供充足、多元化的渣土消纳途径已是未雨绸缪、势在必行之举。本文将从沿海船运渣土的自然环境风险、航行途中风险、安全保障等方面进行综合分析，评估渣土运输船舶的通航安全风险并提出降低通航安全风险的安全保障措施。

关键词：船舶、稳性、风险、安全

引言：近年来随着渣土处置的法律法规日益完善，且符合要求的市内消纳场可消纳容量趋于饱和，导致建筑渣土即将面临无处消纳的困境，不但严重制约着温州城市的发展，还逐渐呈现出个别企业随处偷倒渣土的违法趋势。据了解其他沿海省市因港口建设、矿山复绿等工程需大量渣土，本着“减量化、资源化、无害化”原则，现设想通过散货船舶对渣土进行外运合理处理，避免环境污染。本文以温州龙湾码头至江苏连云港灌河燕尾作业区为例。

1 船运渣土的主要风险

1.1 自然环境风险性分析

1.1.1 台风对船舶航行的影响

东海海区的台风一般是由菲律宾以东洋面生成，而后西行、偏北行，或经菲律宾进入中国南海；又或西行后北上，抵达中国大陆沿海，其登陆后或呈抛物线型转向东北。温台沿海台风一般从6月份到10月，以7、8、9月份最为集中。

(1) 海浪对船舶航行的影响，主要是船舶在海浪作用下的摇摆，在船舶摇摆会产生一系列有害影响，如船体和装备损坏，部分仪器无法正常使用。砰击、冲击和飞溅现象，损坏船体和舱面设备。还可能出现打空车、失速等现象，船舶稳性、操纵性受到影响。

(2) 在台风浪区域航行也是如此。相比一般海浪，台风浪区域范围要大很多，且浪高势急，冲击力极强，不仅航行十分困难，还很容易引发事故如人员伤亡、船舶倾覆等。

(3) 由于台风浪能量巨大，往往能传播很远，从而影响到港口或近海锚地。受近海水深、海底坡度和地形等因素的影响，其波长将会变短，波高变大。台风浪在近岸的增强不仅对航行船舶产生影响，就连靠泊在码头、浮筒或在近海锚泊的船舶也深受其害，发生走错、碰撞等现象，重者蹬底、搁浅、触礁、断裂、沉没，浪损事故反而大于远海。

1.1.2 雾对船舶航行的影响

中国沿海是西北太平洋的多雾区之一。中国沿海的雾分为平流雾、锋面雾及辐射雾等，其中以平流雾为主。年平均雾日为 18.4 天，最多为 44 天, 最少为 2 天。雾会导致能见度不良，驾驶人员视线受阻，因而定位、导航、避让等比较困难。并且对电波有衰减作用，会造成雷达的回波不清，影响观测人员对目标的观测和判断。

1.2 交通对船舶航行风险性分析

1.2.1 运输航线与进出大小门岛港区航线关系示意图

船舶航经温州核心港区转向点 Z0 浮附近时，该水域多条进出各大港区航线交叉，交会船舶众多，其中有大小门岛港区进出港航线、瓯江港区进出港航线、状元岙港区进出港航线及进出青菱屿锚地和圆屿锚地航线在此交会，另外还有小型船舶不按规则穿插航道，船舶航经此处特别小心，保持正规瞭望，谨慎驾驶。

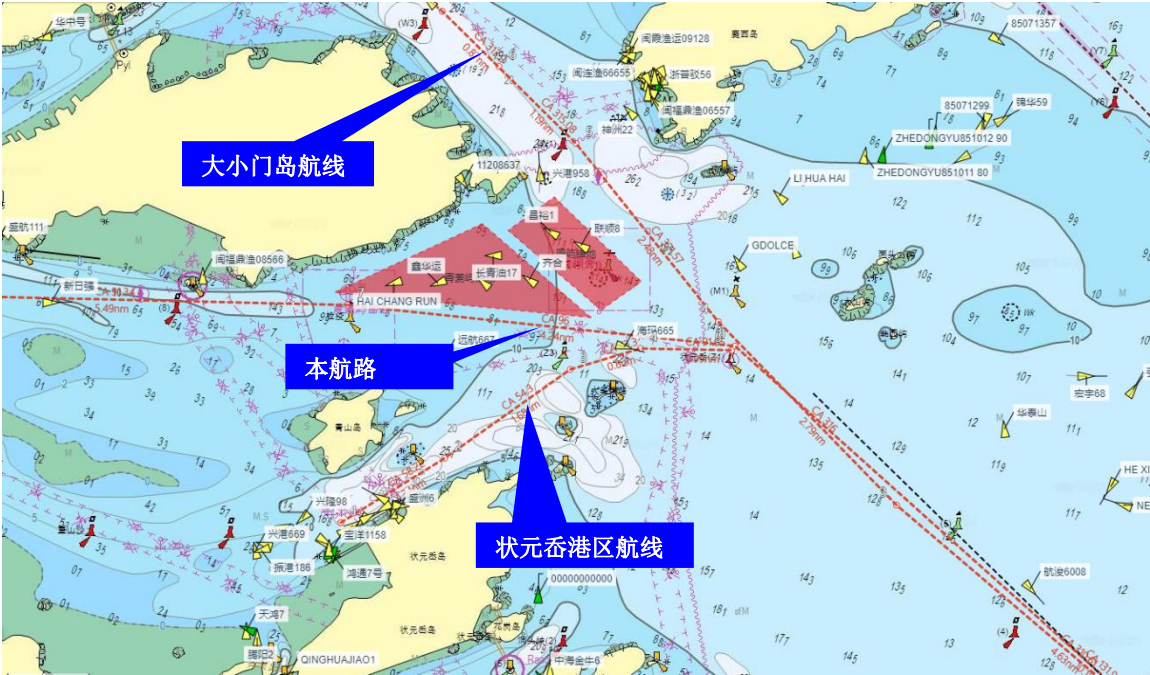


图 2 运输航线与进出大小门岛港区航线关系示意图

1.2.2 运输航线与进出马迹山、小洋山港区航线关系示意图

船舶过小板门水道后，北上衢山岛至大黄龙岛之间水域时，该水域船舶交通流密集，来往、作业渔船较多，航区复杂。该航线与进出舟山马迹山港区的进出港船舶及上海港进出小洋山港区的船舶航线交叉，形成交叉相遇局面，该水域附近有众多进出舟山马迹山港区的大型矿石船、上海洋山港区的大型集装箱船舶和 LNG 船舶进出，船舶航经此处应特别小心，穿越马迹山和洋山港港外航道时，注意航道船舶动态，严格遵守国际海上避碰规则，保持正规瞭望，及早建立联系，协调避让行动，以策安全。

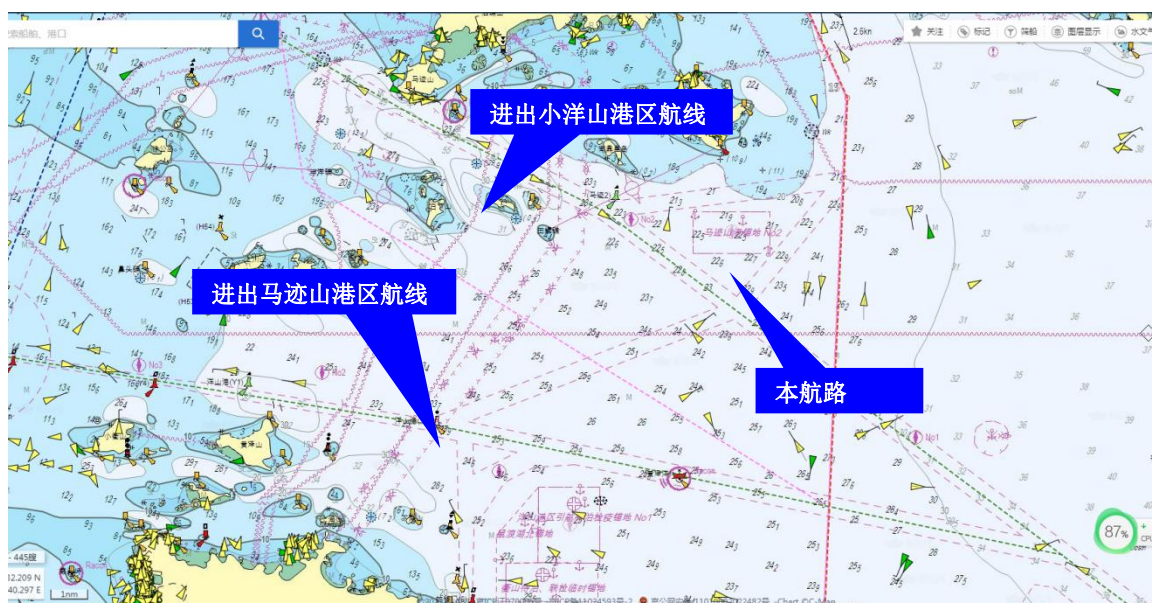


图3 运输航线与进出马迹山、小洋山港区航线关系示意图

1.2.3 运输航线与进出长江口航路关系示意图。

船舶过绿华山水道后，根据《上海海事局关于进一步加强长江口及其附近水域船舶交通管理的通告》要求，船舶可选用津广外航路（ $123^{\circ}00'E$ 经线的南北习惯航路）或者分流水域（ $122^{\circ}45'E$ 经线至 $122^{\circ}50'E$ 经线之间水域）航行。建议船舶优先选用分流水域（ $122^{\circ}45'E$ 经线至 $122^{\circ}50'E$ 经线之间水域）航行。

船舶航经长江口外水域时，长江口水域进出上海港和长江诸港口的船舶交通流密集，该南北航线与进出南槽、北槽航线的船舶航线交叉，形成交叉相遇局面，长江口锚地还有大量的锚泊船，常伴有大量的渔船，形成密集的船舶交通流，且各船舶航行态势复杂；加上长江口水域潮流为旋转流，大潮汛时流速大，航行风险较高。船舶航经此处应特别小心，严格遵守国际海上避碰规则，保持正规瞭望，谨慎驾驶，勤测船位，建议使用距离和方位避险线导航。

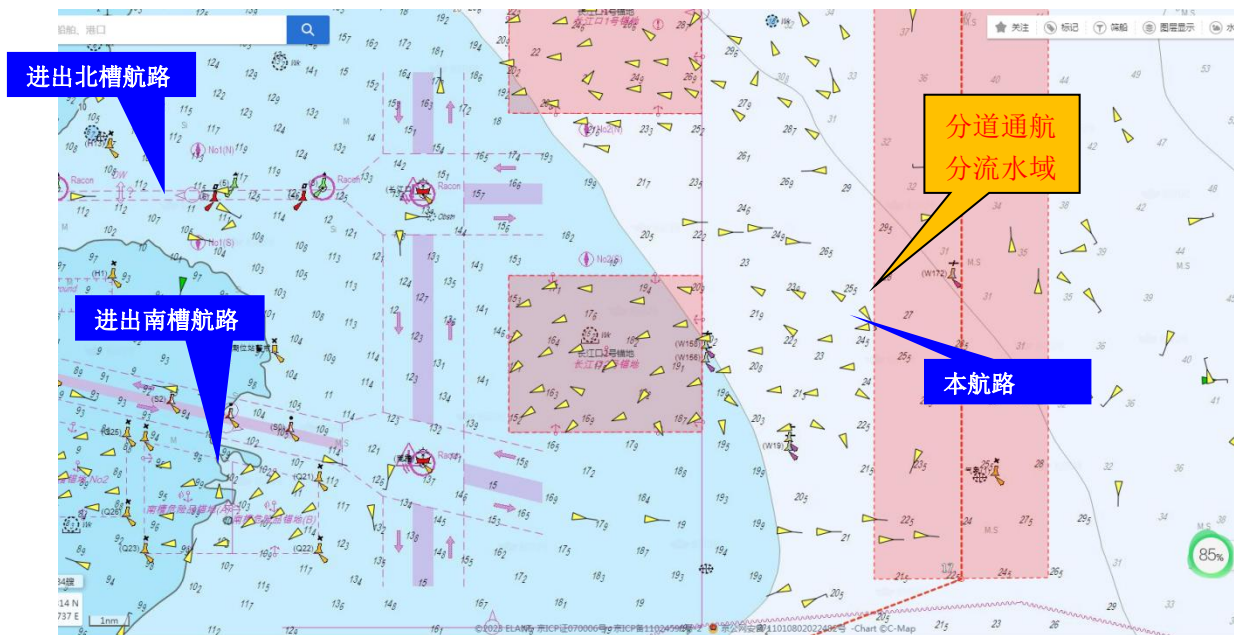


图 4 运输航线与进出长江口航路关系示意图

1.3 港口设施风险性分析

1.3.1 与桥梁的相互影响

船舶瓯江进出港应注意与航经大桥的风险。从码头前沿到瓯江口锚地需经过瓯江北口大桥。进出港船舶认真落实《浙江海事局桥区水域通航安全管理规定》，禁止船舶在桥区水域追越及交汇；船舶要加强设备的管理，确保主机、辅机、锚机等设备正常，配备 2 台 VHF，1 台为 16 专用频道，1 台为 14 专用频道，指派专人守听，24 小时开启 AIS，随时掌握附近船舶动态；船舶应选择缓流时段通过；当实际风力大于 7 级，或能见度小于 1000m 时，禁止船舶通过桥区水域。

1.3.2 与码头的相互影响

本航线应注意与沿线码头靠离泊船舶的风险。从码头前沿到瓯江口锚地需经过七里港区、灵昆港区附近水域。进出港船舶应注意控制船舶位置，保持安全距离，并持续守听 VHF，听从交管中心指挥，避免因与靠离泊船太近发生紧迫局面。

1.4 船运渣土的主要危险

船舶航行可能引起的货物移动足以使船舶倾覆。货物移动可以分为两种类型，即滑动危险或流态影响。渣土由于含水率较高，容易在表面形成泥浆，产生流动，对航行产生风险。

1.4.1 湿底引起的渣土滑动风险

需要注意的是，即使货物的平均含水率低于适运水分极限，也并不意味着货物一定不会对船舶稳性造成影响，货物表面可能呈现干燥状，但导致货物移动的不被察觉的流态化可能出现，即水分渗移后形成危险的湿底，货物在船舱内会出现滑动现象，尤其是高含水率的货物很浅，且遇到较大横倾角时。船舶在平舱后，具有湿底、高含水率、货物很浅的特征，因此具有较高的渣土底部滑动风险。

1.4.2 渣土含水率的控制问题

1.4.2.1 渣土含水率

- (1) 根据相关资料本项目将渣土适运水分极限 TML 控制在 22.08% 以下适装。
- (2) 装船时渣土应呈现块状，任何装船渣土不能有明显的泥浆状态。

(3) 如果在运输过程中, 船舱渣土由于货物含水率过高产生了局部甚至大面积的可流动的泥浆, 船长应组织船员及时进行采样(采样可取泥浆下的一定深度的具有代表性的样本), 干燥去除水分后, 由重量变化, 得出渣土含水率。

2 船舶航行安全控制措施

2.1 台风期间安全保障措施

台风季节, 船长应落实“以防为主, 防抗结合, 适时早避, 留有余地”的防抗台方针, 采取以下措施:

(1) 台风来临前保持船舶设备处在良好的技术状态, 并提前做好防台专项检查。

(2) 船长应及时获取台风的生成、发展、移动的气象预报资料, 标绘在专用海图; 判断航行计划与台风的预报路径的关系, 根据台风未来预报路径和本船航次计划, 如有影响, 则调整航次计划, 及时实施规避措施。

(3) 台风是灾害性天气, 一定要以防为主。适时早避主要考虑到台风有许多不确定的因素影响, 船舶吨位的大小, 技术状况的差异, 台风预报的准确度等, 因此实施避台的措施要适当的提早, 要留有余地。

(4) 船舶在码头抗台不可取, 尤其当台风预报直接接近本港时, 一定要及时驶出港区, 船长尽可能就近选择航线附近的乐清湾避台锚地、绿华山南避台锚地、灌河河道内抛锚避台。

2.2 雾航安全保障措施

(1) 每一船舶在任何时候都应使用视觉、听觉以及适合当时环境和情况的一切有效手段保持正规瞭望, 以便对局面和碰撞危险作出充分的估计。

(2) 正确处理运输生产任务、船期、节能与特殊气候条件下保证船舶正常航行之间的关系。严格按照《国际海上避碰规则》的要求“以安全航速行驶, 以便能采取适当而有效的避碰行动, 并能在适合当时环境和情况的距离以内把船停住”。

(3) 雾航避让时使用车让比舵让更好, 以便留出足够的时间对碰撞危险进行判断。雾中航行采用安全航速时, 慎用大舵角, 因车速慢, 一旦产生舵效后, 稳定航向比较困难, 尤其在狭水道或船舶密集区航行。若偏离了航道或冲出分隔带, 易造成他船对本船动态的错误判断, 造成次生事故。

(4) 每一船舶应不间断的通过 VHF 发布船舶动态及充分利用雷达、AIS\电子海图及岸基 VTS 系统等设备, 尽早获知附近船舶的信息, 提早协调避让, 保证船舶安全。

(5) 在船舶密集区域, 遇到能见度不良时, 船长视情况选择锚地抛锚等候。

2.3 交通安全保障措施

本航线沿浙江沿海东航路航行, 岛礁区、渔网渔船较多, 与多个港区进出港大型船舶形成交叉会遇局面, 山体遮蔽会降低船舶的会遇判断, 增加船舶在附近区域避碰和转向的风险, 易发生商渔船碰撞事故/险情。船舶经过附近锚地, 部分航段可航水域宽度太窄会使船舶容易进入附近的锚地或不可航水域, 与进出锚地锚泊船存在碰撞风险。燕尾作业区防波堤外航道流压差较大, 容易形成横风横浪, 船舶容易偏航, 产生搁浅/坐底风险。

(1) 近年来, 浙江、上海、江苏沿海港口发展迅速, 大型矿石船、集装箱船、LPG、LNG、油轮等进出港作业频繁, 与本项目船舶成交叉会遇局面, 船长应加强瞭望, 谨慎驾驶, 严格遵守《国际海上避碰规则》, 早让宽让, 以策安全。

(2) 船舶驶入通航密集区, 须加强戒备, 备车、换手操舵, 必要时船长上驾驶台亲自指挥。

(3) 航线经过多个中国沿海大型渔场, 渔汛季节沿海渔网及渔船较多, 应加强瞭望, 谨慎驾驶, 注意避让。

2.4 保证船舶稳性安全措施

(1) 装渣土的船舶, 开航后 24 小时内应对货舱进行连续的跟踪观测。接下来每天都要观测 4-5 次以上, 船员要下货舱观察货物表面是否有液化现象。如果货物产生流态化并使船舶产生小横倾, 应适当调整航向, 并减速航行, 这样可以减轻船舶摇摆和震动, 减缓货舱内货物进一步流态化。与此同时采取减少油舱、淡水舱自由液面的操作, 将存在自由液面的油舱进行转驳到小油舱中, 对淡水舱可以进行转驳操作或者排空未满舱淡水, 减少燃油和淡水产生的自由液面对船舶稳性的不利影响。

(2) 如船舶有足够的储备浮力, 可以选择一个压载水舱进行灌注压舱水, 当接近灌满时, 应减少水泵压力, 压到甲板空气管流出压舱水为止; 灌入压舱水要逐个压载舱进行, 不可以同时进行, 避免各压载水舱同时产生自由液面, 以确保船舶具有适度的稳性。

(3) 装船时渣土均应呈现块状, 含水率需小于 22.08%, 船长应把控好装船渣土的含水率, 杜绝流态渣土装船。

(4) 船舶需制定船舶倾覆、进水、货物移动应急预案, 加强应急演练。

(5) 货物装妥后, 严格按《温州市建筑渣土水路运输船/岸安全检查表》执行检查, 船岸双方签字确认, 并保存记录备查。

2.5 航行期间安全保障措施

(1) 运输船舶应适航、船员适任、证书齐全。

(2) 船长应把控好装船渣土的含水率, 杜绝流态渣土装船。并且及时收听中国沿海海洋天气预报, 落实船舶适航的气象条件, 凡未来 2 天浙江、江苏沿海有 7 级及以上大风的情况时, 能见度低于 1000m 时, 应禁止出港或选择锚地锚泊。

(3) 船长应掌握航线附近锚地和泊位的分布情况。船舶航行期间必须加强值班, 按规定显示号灯、号型, 协调避让措施。

(4) 在船舶密集区域, 遇到能见度不良时, 船长视情况选择锚地抛锚等候。

(5) 瓯江口风、流情况较为复杂, 营运单位应关注本区域风浪情况, 并及时将情况告知船长。

(6) 与温州、连云港等港口服务公司建立联系沟通机制, 遇有恶劣天气, 船舶发生险情等应急事故时能及时提供拖轮协助服务。

(7) 每一船舶在任何时候都应使用视觉、听觉以及适合当时环境和情况的一切有效手段保持正规瞭望, 以便对局面和碰撞危险作出充分的估计。

(8) 航线经过多个中国沿海大型渔场, 渔汛季节沿海渔网及渔船较多, 应加强瞭望, 谨慎驾驶, 注意避让。沿岸海域多养殖场、渔网区, 范围随季节变化, 尤其在大风过后航行, 需多加注意。

(9) 航线与小型货船航线交叉较多, 船舶通航密度大, 航行态势复杂, 船长应谨慎驾驶, 及早联系过往船只, 注意避让。

(10) 在航经瞭望受限水域前, 提早使用雷达、AIS、VHF 等助航仪器设备判断周围船舶动态, 及时与会遇船舶联系和协调避让, 使用安全航速, 切记不要盲目航行。

(11) 船舶进出燕尾港作业区航行期间,受横风影响较大,船长应谨慎驾驶,确保安全。

(12) 船舶应重视灾害性天气对船舶的影响,并保持必要的戒备,制定有针对性的船舶倾覆、进水、货物移动预案,并加强应急演练。

(13) 船舶受台风影响,船长尽可能就近选择航线附近的乐清湾避台锚地、绿华山南避台锚地、灌河河道内抛锚避台。

3 结语

根据建筑渣土的性质,在综合分析自然环境、交通流及航路等多方面风险,营运单位严格落实船舶适航、船员适任及本文的相关安全建议后,沿海船运建筑渣土是安全可行的。

参考文献:

[1]温州市港航管理局、中交上海航道勘察设计研究院有限公司,《温州港航道与锚地专项规划》,2021年8月。

[2]《1972年国际海上避碰规则公约》及其修正案,2016年01月01日。

[3]中华人民共和国交通运输部,《水路运输易流态化固体散装货物安全管理规定》,2011年11月9日。

[4]交通运输部海事局,《中国沿海航行船舶防范商渔船碰撞安全指引》,海安全(2021)93号,2021年4月。

[5]温州市政府,《关于印发温州市优化市区建筑渣土运输管理实施方案的通知》,温政办[2016]93号。

[6]温州海事局,《温州能见度不良时船舶航行、停泊和作业管理规定》,2012年12月26日。

[7]上海海事局,《上海海事局关于进一步加强长江口及其附近水域船舶交通管理的通告》,2023年2月1日实施。

[8]连云港海事局,《盐城船舶交通管理系统安全监督管理实施细则》,2022年11月1日。

作者简介: 吴邦湖,1994年9月11日,浙江温州平阳,浙江海洋大学,助理工程师,温州市鹿城区诚远大厦1207室,17858801168,963781099@qq.com

台州沿海 VHF 使用现状、问题及对策研究

沈亚明

台州海事局指挥中心

摘要: 移动通信、卫星通信迅速发展的今天,VHF 通信仍是船舶导航、避让、海事救助以及安全信息发布的重要手段。本文就如何解决台州沿海 VHF 使用中暴露出来的问题保障航行安全进行对策研究,助力台州海洋经济安全、高质量发展。

1 台州沿海 VHF 使用现状

1.1 海事部门 VHF 使用情况

1.1.1 船舶交通管理中心。台州海事局船舶交通管理中心一是主要承担海门管理服务区和大麦屿管理服务区水上交通动态监管管理，其主要工作方式是依托雷达进行海上物标识别、VHF（甚高频设备功率 50W，通信距离 25 海里）进行船舶通信提醒保障航行安全，其中海门管理服务区工作频道为 VHF10 专用频道，大麦屿管理服务区工作频道为 VHF73 专用频道，专用频道年 VHF 呼叫量约为 26.8 万次；二是自浙江海上智控平台上线运行以来，船舶交通管理中心联动各基层海事处值班室按照水上“大交管”运转模式积极依托 VHF16 公共频道加大台州沿海“四纵”航路引导，日均点验量为非禁渔期 1500 艘次、禁渔期 1100 艘次；三是服务军事单位年度军事训练、演习，地方重大水上工程保障，恶劣气象以及台风影响情况下船舶管控等需求，在 VHF16 公共频道，VHF10、VHF73 专用频道同步开启自动广播，年均播发量为 2000 余次。

1.1.2 基层海事处值班室（椒江、温岭“严管区”）。2019 年，借力 VTS 国产化改造契机该局为各海事处值班室各布设 1 套 VTS 系统操作终端（部分单位含 VHF 终端，部分为船用 VHF），用于海事处值班室对辖区现场动态信息收集及辅助现场执法。2020 年起，相继推动温岭、椒江海上交通安全“严管区”建设并投入运行，各基层海事处值班室、“严管区”工作频道均为 VHF16 公共频道，其中温岭和椒江“严管区”年 VHF 呼叫量累计约为 16 万次。

1.2 港渔部门 VHF 使用情况

1.2.1 引航部门。台州港引航站承担进出台州港港口区域和台州市辖区的船舶引航业务，其工作频道为 VHF68 专用频道。受限于港口能级、洋垃圾运输禁止等造成外轮减少影响，目前年通信频次仅为 2950 艘次。

1.2.2 渔业部门智能防碰撞语音提醒。台州沿海渔船配备了商渔船避碰预警系统，当监测 DCPA/TCPA 有碰撞风险的时候，自动通过 VHF16 公共频道播发“MMSI xxxxxxxxxx，在你船方位 XXX，距离 XXX，有渔船靠近，请注意行驶。”的智能防碰撞语音提醒，提醒特定商船避让渔船。因台州籍渔船数量达到 4000 余艘次，在非禁渔期间海上智能防碰撞语音播发数量非常巨大。

1.3 风电业主 VHF 使用情况

1.3.1 电子围栏触发式 VHF 安全提醒。以浙能台州 1 号海上风电场为例，划定距离风电场外围风机 500m 范围作为风电场安全水域，设置电子围栏，除风电场维护工作船、公务船和小型渔船外，其他船舶禁止进入风电场安全区。按照 1300 米、850 米以及 500 米为界限设置三个不同级别的警戒区域，当船舶穿过二级预警线时，按照一定的规则预计进入一级警戒区的船舶，VHF 甚高频电台发出“某某船舶即将闯入风电场水域”的语音播报信息，提醒船舶尽快驶离。

1.3.2 风电监控中心。截至目前，台州沿海已建成有浙能台州 1 号海上风电、华电玉环 1 号海上风电，风电业主单位配建有风电监控中心，配备专职安全管理人员利用 VHF16 公共频道在船舶行驶穿过一级预警线时人工干预未听劝阻船舶，确保闯入船舶远离风电场水域。

1.4 航行船舶 VHF 使用情况

1.4.1 商船，除过境内河船、涉嫌走私船等船舶外，台州沿海航行船舶绝大多数均能正常守听 VHF16 公共频道，在台州交管服务区锚泊或进入报告线时均能主动在 VHF10、VHF73 专用频道同台州交管中心取得联系，获得准许。

1.4.2 渔船，从台州沿海公共航路日常点验情况和日常商渔船交汇防碰撞提醒情况来看，目前台州沿海渔船 VHF16 公共频道值守率低于 5%，海事部门商渔船防碰撞提醒仅能通过提醒商船采取主动避让措施达到一定程度的避让效果。

2 VHF 使用过程中存在的突出问题

2.1 海事部门存在呼叫主体认知、频道干扰问题

实施水上“大交管”后，台州海事局船舶交通管理中心、基层海事处值班室以及椒江、温岭“严管区”均使用 VHF 对外开展工作，对外呼叫主体有“台州交管”“椒江海事”“温岭海事”“玉环海事”等，同时海事处值班室和“严管区”均采用 VHF16 公共频道开展工作，船方容易出现呼叫主体认知错误的情况。

2.2 港渔部门存在智能语音占用干扰公共频道问题

据台州沿海航行船舶反馈，在非禁渔期间，受渔船智能防碰撞语音提醒密集发送影响，台州沿海 VHF16 公共频道通讯受到极大干扰，绝大多数时间段内航行船舶交汇协调避让需要采取变通措施约定其他频道开展正常通信，确保协调避让一致、航行安全。同时，受渔船 VHF16 公共频道值守意愿低和渔船抢大船船头习俗等叠加影响，商渔船交汇期间，商船难以通过 VHF 建立有效沟通采取一致性避让措施，绝大多数时间处于被动应对状态。

2.3 航行船舶存在占用频道开展非安全通信问题

目前，存在部分台州沿海航行船舶占用 VHF 信道长时间聊天情况，主要表现为一是在公共航路航行的过路船舶在 VHF16 公共频道谈论工资、补贴等；二是在台州港内航行的台州籍 500 总吨及以下船舶在 VHF10、VHF73 专用频道使用方言交流航行趣事等情况。

2.4 台州沿海 VHF 频道存在受不同信号源干扰问题

台州沿海信号干扰主要存在两类情况：一是明确信号源干扰，主要表现在天气晴朗早晨收到来自江苏泰州、张家港交管，福建泉州、厦门交管以及夜间时段收到来自宁波交管、梅山码头等地的海事部门、码头方的 VHF 信号；二是未知信号源干扰，在过去三年期间，台州海事局船舶交通管理中心曾受到一不明信号源干扰数天，干扰期间正常通信受到不小的制约。

3 对策研究

针对台州沿海 VHF 使用中暴露出来的问题，各单位要发挥履职监管的主观能动性，按照公共频道和专用频道两个类别采取针对性举措，确保海上通信安全、高效。

3.1 公共频道

3.1.1 海事部门一是明晰主体，规范开展海上安全通信。强化全要素水上“大交管”监管主体作用发挥，规范各单位、部门呼叫主体使用，全面强化呼叫人员履职培训，重点做好航路船舶点验、商渔船防碰撞提醒、不明 AIS 船舶查证以及重点时段交通管控等。二是强化监督，指导业主实施精准通信。强化海上风电等业主单位的 VHF 通信监管，指导业主单位严格在海上风电及其他海上设施施工、作业水域开展电子围栏管理，全面联动海事、海警、渔业等部门开展相关水域船舶日常管理。三是超前谋划，积极开展航路频道研究。针对前期各单位统一使用 VHF16 公共频道呼叫产生的弊端，积极开展公共航路、“严管区”等水域使用专用频道通信研究，谋划台州沿海不同水域专用频道通信，从源头上降低使用公共频道相互干扰频率。

3.1.2 渔业部门一是优化算法，降低公共频道通信干扰。积极联合厂商开展商渔船防碰撞智能语音研究，在商渔船避碰算法，智能语音播报精准性、播报时长等领域进行全面优化。同时，积极引进新型防碰撞智能化设备做好替代，大幅度降低非禁渔期防碰撞智能语音播报对 VHF16 公共频道干扰。二是加强教育，引导渔业船舶规范守听。会同海事部门抢抓休渔期等关键时间节点，积极组织开展渔船船东船长安全警示教育培训，重点宣贯 VHF16 公共频道值守的重要性和操作原则，全面提升渔民水上交通安全意识，维护海上通航秩序持续平稳有序。

3.2 专用频道

3.2.1 海事部门一是用心服务，确保值班员通信指令准确高效。严格落实台州海事局关于规范执法大整顿行动要求，全面提升值班员履职能力和服务能力，确保专用频道通信指令

准确、答复高效，语言富有温度。二是做好引导，实现小型船舶工作生活两不误。尊重辖区500总吨及以下船舶进港后的日常生活通信需求，在正常值守台州交管VHF10/VHF73专用频道的同时引导其使用专用频道以外的其他频道进行生活交流沟通，保障船员生活权益，全面提升船员的幸福感、获得感。

3.2.2 无线电管委会一是全面排摸，加大非法无线电打击力度。借力杭州亚运会契机积极联动海事、渔业、港口等部门做好水上无线电信号干扰排查，防止非船用大功率无线电设备对台州辖区海上无线电通信造成干扰。二是响应及时，快速排除不明信号源干扰。快速响应解决海事、海警、渔业等涉海部门重点时段无线电干扰突发问题，保障重点时段海上无线电通信安全。

作者简介：沈亚明，台州海事局指挥中心，联系电话：18768010244，邮箱：rrwsym@126.com。
通讯地址：台州市白云山西路26号。

台州市渡口安全管理现状问题及对策

赵新宇

台州市港航事业发展中心

摘要：文章调查了台州渡口基础设施、渡船、渡工、管理模式等基本情况，分析了渡口渡运管理中存在的各地重视程度不一、渡工年龄高收入低学历低、安全管理综合性不够等问题，探讨了安全管理提升5年行动方案，和塑造渡口新高地、创建渡口最美活动、打造渡口平安县、树立渡口品牌新形象的实施路径，提出了建立协同推进机制、加大政策扶持力度、发挥地方积极作用等保障措施，供政府决策部门探讨。

关键词：台州市；渡口渡运；安全管理；对策措施

0 引言

为全面贯彻交通强国、交通强省建设决策部署，台州港航牢固树立安全发展理念，坚持底线思维，自我加压、主动作为，通过“建桥撤渡”等途径，合理布局台州渡口。近年黄岩、路桥、仙居3地完成了撤渡工作，逐步实现渡口渡运高质量发展，全力提升渡口渡运服务水平，但存在的问题还是不少。

1 台州渡口基本情况

1.1 渡口渡埠基础设施情况

台州市共有渡口19个，分别为：椒江1个、临海4个、温岭3个、玉环9个、天台1个、三门1个。目前，所有渡口监控设施全部接入，但是基础配套设施仍然相对薄弱（表1）。

表1 全市渡口配套设施建设情况

县（市、区）	渡口数量 （个）	管理用房		侯船室		公交接驳 渡口数	监控点位 （个）
		个	面积（m ² ）	个	面积（m ² ）		
椒江	1	1	800	1	500	1	1
临海	4	-	-	4	122	4	8
温岭	3	3	99	3	72	3	40
玉环	9	7	710	7	1085	3	10
天台	1	1	60	1	120	1	9
三门	1	-	-	-	-	-	1
小计	19	12	1669	16	4650	12	69

1.2 渡船情况

全市渡口共有渡船 27 艘，平均船龄 10 年，老旧渡船 18 艘占 59.3%，其中船龄 15 年以上船舶 3 艘，占 11.1%（表 2）。

	客渡船舶总艘数	老旧客渡船艘数	平均船龄 (年)	15 年以上老旧客渡船艘 数
椒江	2	2	12	—
临海	7	7	15.1	2
温岭	6	2	5.3	—
玉环	10	4	9.2	1
天台	1	—	1	—
三门	1	1	13	—
小计	27	16	10	3

表 2 全市老旧渡运船舶区域分布情况表

1.3 渡工组成结构情况

全市共有渡管员 28 人、平均年龄 52.04 岁，渡工 69 人，平均年龄 52.12 岁，一线从业人员老龄化趋势明显，文化程度总体偏低（表 3、表 4），大专以上文化水平仅占 19.6%，沿海渡口渡工人均年收入为约 8.9 万元，内河渡口渡工人均年收入约为 4 万元，处于相对较低水平。

表 3 全市渡口一线从业人员年龄及文化程度结构

	年龄分布			学历分布情况					
	最大年 龄	最小年 龄	平均年 龄	总人数	小学	初中	高中	大专	本科
渡管员	73	30	52.04	28	6	6	3	3	10
渡工	65	33	52.12	69	8	44	11	6	—

表 4 全市渡口渡管员渡工区域分布情况表

	椒江	临海	温岭	玉环	天台	三门	小计
渡口数量	1	4	3	9	1	1	19
渡管员	—	3	2	17	1	1	24
平均年龄	—	41.67	42.5	55.71	35	39	52
渡工人数	8	9	15	34	2	1	69
平均年龄	53.75	55.22	48.4	51.79	59.5	63	52.12

1.4 渡口经营管理模式

台州各地渡口经营管理模式多样（表 5），主要体现在管理机构名称多样、主管部门不统一，导致了渡运公交化工作推进缓慢。内河渡口椒江完成了渡运公交化改革，但目前处于改制过程中，一直处于停渡状态，临海市 3 个渡口今年刚完成渡运公交化改革，处于起步阶段。台州渡口均等化服务水平在全省处于中下游，急需加大改革力度，扭转不利局面。

表 5 各县（市、区）渡口经营管理模式

县（市、区）	主管部门	渡口管理机构	经营模式
椒江	椒江区交通运输局	椒江区港航发展中心	海门轮渡由浙江海门轮渡公司运营，隶属于椒江区交通运输局

临海	临海市港航口岸和渔业管理局	临海市渡口办	牛头山水库 1 艘渡船由水库管理中心运营、3 艘由私人运营，戎旗、西岑、沙渚 3 个渡口由临海台运渡运有限公司运营
温岭	温岭市交通运输局	温岭市渡口站	龙门、隔海、三蒜 3 个渡口分别完成渡运公交化运营
玉环	玉环市港航事业发展中心	玉环市渡口安全服务中心	全市 9 个渡口由玉环市海上公交公司统一运营，隶属于玉环市交投集团
天台	天台县交通运输局	天台县渡口事务中心	小溪坑渡口由街头镇人民政府负责运营
三门	三门县交通运输局	三门县渡口事务指导中心	下悬山渡口由私人运营

2 存在主要问题

2.1 各地政府重视程度不一、认识上存在偏差

渡口渡运工作对于国民经济贡献推动相对较小，各级政府对此项工作的重视力度相对不足。但渡口渡运对于偏远、及海岛地区居民日常生活影响较大，对于如何实现共同富裕，进一步做好惠民生、保平安有重要的现实意义。因此，需要各级政府各部门进一步统一思想^[1]、提高站位，齐抓共管促进当前形势下台州市渡口渡运工作的高质量发展。

2.2 渡口渡埠渡船更新改造资金投入少

台州在渡口渡埠渡船更新改造方面资金投入相比其他地市投入较少，自省交通运输厅“十四五”采取以奖代补方式后，我市获得省级补助份额也明显降低，进而导致渡运方面的投资总额减少，渡口渡埠渡船更新改造缓慢，难以形成滚动发展，彻底拉开了和省内其他地市渡口基础设施投资上的差距，形成了恶性循环。

2.3 渡工“两低一高”特征明显

台州渡口渡工明显呈现出文化程度低、收入水平低、年龄高的特征，出现了“青黄不接”现象。亟需优化渡工组成结构比例，培养梯队力量，提升从业人员能力和水平。

2.4 渡运公交化推进有差距

台州市内河渡运公交化推进缓慢，公交化运营程度低于全省平均水平，与“十四五”规划目标有一定差距。今年新完成临海 3 个内河渡口渡运公交化改革，但需提升改善的内容还有很多。

2.5 渡口安全系统性综合治理不够

渡口安全管理工作系统性治理、综合性思考不充分，存在明显地区差异，渡口发展不均衡明显，呈现出南强北弱现象。因此，需结合台州当前渡口渡运工作实际，及时开展行动，切实提高渡口安全管理水平，保障人民群众的出行需求和生命、财产安全。

3 渡口管理提升方案

3.1 指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大精神，坚持以人民为中心的发展思想，遵循“大岛建、小岛迁”及“能撤则撤、宜渡则渡”总原则，计划通过 5 年时间，全面提升海岛、库区群众的出行条件，最大程度地消除渡口安全隐患，切实维护社会和谐稳定。

3.2 主要目标

3.2.1 以高效便民原则优化渡口布局

(1) 科学优化调整渡口布局。根据道路交通建设发展、气象水文变化、群众出行需求等情况，开展中长期需求预测，对渡口发展进行科学规划，适时增减渡口设置，优化渡口布置。

(2) 加强渡口与公交站点的建设衔接。统筹考虑群众公共出行的便捷性要求，有效衔

渡口与公交站点，减少换乘路程，合理安排渡运班次，科学缩短换乘时间。

（3）加强渡口集散设施建设。根据项目前期推进、用海用地等要素保障和投资落实情况，对建设项目动态更新。优化渡口周边场站建设，如停车场、连接公交候车亭道路等基础设施，减少聚集现象发生，提升畅通水平。

（4）提高渡运联动性优化组织方式。鼓励渡口渡运、城乡公交、海岛文旅游等深度融合，推进“渡口渡运+城乡公交+海岛文旅”联合发展格局，提升一站式服务体验。推进“半小时内”无缝畅通运输，渡口渡运与城乡公交享受同等换乘票价优惠政策，提高联通水平。

3.3 主要任务

到2027年，新建渡船1艘，更新渡船10艘，完成全市14个渡口提升改造，计划总投资约5489万元（表1），计划撤销渡口3个，进一步优化台州渡口分布。力争到2027年，基本建成普惠均等、便捷舒适、安全可靠、集约高效的渡口渡运体系，实现渡口渡运高质量发展。通过渡口基础设施的提升，显著改善农村交通出行条件，持续提升农村地区基本出行服务保障能力，明显提高渡口渡运公共服务均等化水平，基本建立健全渡口渡运可持续发展机制。

表6 全市渡埠渡船更新改造5年计划

县（市、区）	渡口投资（万元）		年度投资（万元）				
	渡埠改造	渡船更新	2023	2024	2025	2026	2027
临海	180	300	-	480	-	-	-
温岭	1075	300	235	230	200	350	360
玉环	1525	2036	931	580	1050	50	950
天台	73	-	6	62	5	-	-
小计	2853	2636	1172	1352	1255	400	1310

4 渡口安全深化治理实施路径

通过推行塑造渡口新高地、创建渡口最美活动、打造渡口平安县、树立渡口品牌新形象四大举措，深化渡口治理内涵。

4.1 塑造渡口新高地

4.1.1 掀起建桥撤渡新高潮，打造无渡口县

在黄岩、路桥、仙居完成撤渡工作的背景下，继续通过撤渡建桥、畅通陆路运输等方式开展撤渡工作，努力打造无渡口县。每撤销一个渡口、完成创建无渡口县的给予一定奖励，用于渡船处置、渡工安置等政策处理。

4.1.2 深入谋划民生实事项目，打造惠民渡口

以惠民生、谋实事为引领，加大渡运普惠力度，在渡口针对当地群众免费或优惠票价的基础上，打造一批“惠民”渡口，塑造普惠型渡口。

4.2 创建渡口最美活动

4.2.2 创建最美渡口

深化对渡口场站管理。建立统一标识，树立起良好的对外形象，有效提升服务水平，形成高效的管理机制。结合渡口区域特点和当地特色元素，在渡口设施、窗口形象、安全治理上下功夫，相关县（市、区）创建1到2个最美渡口示范点，充分挖掘渡口历史传承等元素，逐步在全市范围内带动推广。

4.2.3 创建最靓渡船

加快渡船更新改造^[2]。在做好船舱日常保洁的基础上，结合周边文旅元素，对船体进行美化，形成流动的风景线，提升乘客的体验感和舒适度。可考虑对渡船更新改造和舒适度提升上投入大的渡口进行专项奖励补助。

4.3 打造渡口平安县

4.3.1 推行渡口综合治理

将渡运的安全管理纳入到属地综合应急管理体系中，切实提高渡运安全系统性治理。探索5G、北斗导航、大数据、区块链、人工智能、物联网等在台州渡口渡运深度应用，充分运用数字化手段，探索推进跨区域、跨行业信息协同共享^{[3][4]}。推动海事、气象、铁路、公交、文旅等信息发布互通，探索实时获取渡运班次、公交、铁路到发时刻、民宿酒店接待能力、景点服务等信息，提升联运协同服务整体效能，满足大众出行和小众文旅的差异化需求。

4.3.2 落实最严把关人

在全市乡镇渡管员、渡工中评选最严把关人，并给予一定的精神物质奖励。推行每日开航前进行自检，杜绝渡船带病运行和超员超载运营情况发生，增强一线操作管理人员的责任心和归属感，鼓励其提升技能并发挥出主观能动性，及时发现隐患并整改闭环，防范事故发生。

4.3.3 推荐最强责任人

加强全市交通、港航、海事、乡镇街道等渡口管理部门人员履职能力的考核评比工作，对有效制定落实管理措施、创特色亮点等工作中表现突出的相关人员进行表彰奖励，激发其工作热情。

4.4 树立渡口品牌形象

4.4.1 建立淘汰退出机制

针对船况不良、船容船貌差的老旧渡船、冒险航行的渡工、不能很好承担安全渡运工作渡管员建立起淘汰退出机制，提升台州渡口渡运本质安全水平。

4.4.2 培育渡口渡运特色亮点

鼓励各地推介特色文旅项目，渡口渡运文化与交通文旅特色亮点结合，形成发展合力，挖掘古渡文化，逐步创立台州渡口渡运特色品牌。每个县（市、区）可根据各自特色开展创建工作。

4.4.3 挖掘潜力形成多式联运

挖掘渡运潜力，综合道路客运、铁路客运、乡村海岛旅游文化资源及酒店民宿接待能力，形成多式联运精品线路，服务群众对美好生活日益增长的多样化需求。推动联运“一票制”。推进联运售票电子化和线上业务。依托网上预约等方式，研究完善“一票制”“实名制”信息采集、共享等功能，实现动态监管、高峰期预警等功能^[5]。便于群众合理安排出行时间，提升渡运环境体验。

5 保障措施

5.1 建立协同推进机制

交通、港航、海事、文旅等部门联合成立协同推进工作小组，开展定期会商，制定实施年度工作要点。积极推进多式联运、物联网、实名制等试点，尽快形成示范带动效应。各地相应成立协同推进发展工作机制，及时协同解决相关问题^[6]，结合各自特点创新管理机制和模式，营造良好发展环境，提升渡口安全管理本质水平，缓解渡口渡运发展不均衡不充分和人民日益增长的美好生活需求之间矛盾。

5.2 加大政策扶持力度

科学编制发展规划，为渡口提升做好空间预留，协调发展时序^[7]。各乡镇（街道）要积极谋划，采取多种渠道和方式筹措资金，县级财政积极出台扶持政策，加大对辖区内渡口渡埠渡船更新改造资金上的投入和保障力度，确保改变渡口设施设备相对落后面貌。

5.3 发挥地方积极作用

各地渡口主管部门可积极争取属地政府对渡口渡运发展的重视和政策支持力度，积极申请预算内资金、专项资金等，将渡口渡埠渡船更新改造项目等列入年度工作，促进渡口渡运

发展。各地要做好工作谋划、专项研究和统筹安排，加大资金投入和项目前期工作力度，全力推动项目落地，制定项目建设计划，倒排工期，按期完成工作任务。

6 结语

渡口渡运是一项民生工程，如何让农村、海岛居民享受高效、便捷的出行条件，提升交旅融合程度，让广大群众感受更强幸福感、获得感，是实现“共富”的一个重要子课题。渡运工作在主管部门引导的基础上，更需要政府和社会各方力量的支持与配合。在各方重视形成合力的基础上，渡口的安全管理水平的提升才能得到有效保障。

参考文献

- [1] 陈奕充. 丽水市农村渡运公交化管理研究[D]. 江西财经大学, 2019.
- [2] 刘春启, 张娇凤. 江苏长江客汽渡安全管理现状及发展建议[J]. 水运管理, 2017, 39(10): 18-20+26
- [3] 郑哲峰. 长江江苏段渡口渡船安全管理研究[D]. 大连海事大学, 2019.
- [4] 赵新宇. 台州港航“十三五”攻坚五大重点[J]. 中国港口, 2015(12): 30-32.
- [5] 陈梓松, 苏安, 李仙伟等. 基于移动互联网的渡口渡船管理服务探讨[J]. 中国水运, 2018(06): 18-20.
- [6] 周建业, 赵新宇. 发展台州游艇产业面临的行业监管问题及对策[J]. 中国海事, 2016(06): 48-51.
- [7] 赵新宇. 基于 SWOT 分析的台州海上丝路港城建设发展建议[J]. 水运管理, 2016, 38(02): 24-27.

作者简介：赵新宇（1978.05-），浙江温岭人，硕士，正高级工程师，副处长，台州市港航事业发展中心，zxy_tzgh@126.com，13566871666

台州渣土海上运输现状及监管建议

黄嘎 周磊 苗玉明
台州椒江海事处

摘要：随着沿海城市房地产开发及地方政府各项重点工程的建设推进，建筑渣土日益增多，因环保原因以及陆上渣土运输消纳能力有限，大部分渣土通过海上运输异地消纳。海上渣土运输是破解“渣土围城”的重要途径之一。近年来，渣土运输船舶数量大幅增加，渣土运输船舶安全问题日益凸显，但目前顶层设计不够、部门协作不畅、政策法规不健全，亟待实现渣土运输处置的标准化、规范化和有序化。本文在全面研究渣土海上运输存在问题的基础上，提出相关监管建议。

关键词：建筑渣土 海上运输 台州 海事监管

1 台州渣土运输总体情况（以台州城区为例）

目前，台州椒江、黄岩由属地政府以会议纪要明确可用于建筑渣土出运码头有 3 座，靠泊等级分别是 500 吨级、1000 吨级和 3000 吨级，均持有港口经营许可证；渣土海上运输公司 5 家，2023 年 1-6 月，参与渣土运输的船舶共 19 艘，其中普通干货船 13 艘，甲板货船 6 艘，其中 2022 年渣土通过海运出运量约 156 万方。海上运输航线主要有椒江-舟山、黄岩-

三门 2 条航线。

2 渣土海上运输现状及问题

2.1 缺乏渣土运输监管相关依据和标准

一是渣土码头设置准入及后续管理缺乏法律、法规依据。二是渣土运输船舶准入条件低,全部采用备案制。由于渣土运输利润较高,再加上目前水路运输市场低迷,要求备案成渣土运输船的经营者较多,难以管控。三是渣土运输利润较高,基层管理部门在执法过程中受外界人为因素干扰较多,甚至有执法人员遭受威胁的情况发生,查处违章行为的压力较大^[1]。目前只能按照市、区政府协调会纪要的要求对渣土运输船舶及公司进行监管,其他为提高渣土运输安全的监管举措缺乏相应的依据和标准,极易造成相对人误解,产生矛盾。

2.2 船舶技术状况差,船员老龄素质低

一是渣土运输船舶“低、小、散”问题突出。渣土运输船舶基本上均是 3000 总吨以下的甲板货船和干货船,甚至存在不少 500 总吨以下的船舶。二是该类船舶营运区域性以沿海为主。航线对船舶状况和船员素质的要求略低,船舶技术状况普遍落后,船龄老化趋势较明显,装备设施落后,船舶维修保养的需求大而投入较少,部分船舶存在私自改装的情况,日常监管压力大。三是船员普遍年龄偏大,文化程度较低,通常只是凭借经验开船,船员不遵守船舶航行规定,避让协调和应变能力差,对设备的使用及维护保养工作基本不熟悉,对当前的法律法规要求不清楚,不理解,不执行,导致违规案件频发。

2.3 渣土含水率难以控制,海上运输风险较大

目前,易流态货物种类中未包括建筑渣土,渣土运输缺乏适运行业标准和技术规范。但在实践过程中,未经晾晒的新鲜渣土普遍含水率较高,在风浪作用下极易发生货物移位。目前从事渣土运输船舶主要为甲板货船和一般干货船,一般吨位不大,以几百吨到几千吨为主。甲板货船因其结构特性,具有重心高,稳性差的结构特性,在运输过程遇大风浪天气或暴雨天气,甲板货物易发生移位导致船舶倾斜,货舱底部容易积水,出水口易被渣土淤堵而出水困难;一般干货船虽然加盖舱盖,但排水不畅,再加上渣土本身含水率较高,如果连续不断的大雨,恶劣海况等条件下,在外力矩作用下,容易产生自由液面或者货物移动,造成船舶稳性失效,极易造成船舶航行过程中发生倾覆。近年来,宁波、温州、台州相继都有渣土运输船舶倾覆险情、事故发生,渣土运输已成为影响海上交通安全的新风险点。

2.4 渣土企业管理薄弱,安全责任缺位

一是渣土公司、码头未压实安全生产主体责任,安全管理制度不健全,存在把控不严、管控不到位等现象。二是渣土运输船舶绝大多数都是“挂靠”船舶,船东“重利益、轻安全”,海事部门对外省籍航运公司的安全管理情况无法全面和有效掌控,常常出现各种违规违章行为,存在较大安全隐患。

2.5 渣土运输涉及部门广,监管合力未形成

2019 年起,由于重点民生工程以及市场自身发展的需要,通过码头利用海路资源进行中转的模式开始形成,并逐渐成为台州市渣土运输的主要力量。截至 2023 年,台州主城区海门港共有渣土出运码头 3 个,全年渣土海运量约为 200 万方。渣土清运主要有陆运、中转、海运、回填、消纳等环节,涉及住建、行政执法、港航、海洋、海事、公安等多个监管部门,渣土海运的操作标准仍然是部门的内部规定,缺乏法律约束力,部门间联合检查、问题反馈、信息共享机制不成熟,职责未得到有效的界定,各个环节未形成有效衔接。

3 渣土运输监管建议

3.1 建议地方政府或上级部门建立渣土运输船准入和清退机制

目前,各分支海事局为了加强渣土运输船管理,出台了一些管理方案,但因分支海事管理机构无制定出台规范性文件的权限。因此,建议省、市地方政府牵头,制定出台规范性文件,明确渣土运输船的准入和清退条件,提高渣土运输船准入门槛,杜绝渣土清运公司为了

降低营运成本,招揽低标准船和老旧船从事渣土运输,从源头降低安全风险。同时,规范性文件要明确渣土运输船限航风力等级、气象条件以及雨天严禁渣土装船出运等,界定渣土货物属性,使得控制开航条件有据可依。建立诚信管理机制,对渣土运输船实施诚信记分管理,达到限定分值,符合清退条件的直接予以清退。

3.2 建议将船舶纵隔作为甲板货船适运渣土的必要条件

从各地渣土运输情况来看,目前发侧倾事故险情的均是甲板货船,从事长航线渣土运输的也全是甲板货船,甲板货船一般不分舱,自由液面惯性矩较大,且容易因滑底产生货移导致船舶侧倾险情。因此,台州海事局先行先试,提出了甲板货船运输渣土,必须经过船舶纵隔并经船检检验或者第三方机构安全评估通过的安全生产要求。从实践情况来看,效果较好,确实有效降低了渣土移位导致甲板货船侧倾险情事故的概率。

3.3 建议有效控制渣土含水率

渣土含水率过高,是导致运输过程中货物移位、船舶侧倾险情发生的主要原因。因此,渣土清运公司、码头、船舶及海事管理机构均应将海运渣土的含水率控制在适运海分极限以下,降低运输过程中的货物移位风险。

3.4 建议统一渣土运输监管标准,解决各地监管标准不统一的问题

从货物本身的特性来讲,对于海运渣土,目前有的地方是按照固体废弃物,即普通货物进行管理;有的地方参照散固进行监管,有的地方建议进行货物分组定性,参按照易流态货物进行监管。但是,目前还没有对渣土进行准确的货物定性。如果将海运渣土按照普通货物监管,无法有效解决和控制货物运输风险。如果提高监管标准,又容易引发相对人的不满,导致信访和投诉。各地关于适运海分极限、装货量、停航条件等各方面的监管标准存在不统一,相对人无所适从,存在异议。因此,建议出台相关渣土海运船舶标准、渣土货物分类标准、渣土码头设置标准等,将相关管理要求和操作标准纳入日常监管,提高海路渣土运输的安全性、规范性和可操作性。

3.5 建议明确航线评估要求

建议明确对渣土运输航线和新开航线开展评估的要求,明确不同航线对运输气象海况和船舶种类的要求,尤其是跨地区的长航线。渣土长航线运输受运输时间、风浪、货舱开敞等因素影响,特别是突发暴雨情况,船舶容易进海,渣土含水率提高,存在安全隐患。

3.6 建议探索以智促治,强化监管力度

一是落实船舶、公司和码头的主体责任,建立“码头+船舶+安全检查”三合一模式开展船岸联合安全检查,要求码头和船舶装卸作业时对渣土含水率、渣土移位应急演练、码头装货作业、码头设施设备功能、应急防污措施等常用检查项目的要求,落实各项安全举措,压实船岸双方安全管理主体责任。二是督促各渣土运输企业严格履行对渣土运输船的岸基监控检查与资源支持责任,确保安全生产主体责任有效落实。三是海事管理机构要深化智控平台应用,有效利用智控平台、CCTV等信息化手段,强化渣土运输现场执法全流程管控,确保海事履职监管到位。依托海上“严管区”场景建设,探索拓展渣土水运数字化监管功能,用好实时智能预警,强化精准查违、定向执法,提升渣土运输船舶监管覆盖度和精准度。

3.7 建议部门联动,促进长效管理

建议地方政府牵头统一协同管理,明确各方监管责任,行政执法、住建、公安、港航、海事等相关管理部门联合进行执法巡查,建立联席会议制度,定期召开联席会议,通报情况,交流经验,协调工作,逐步形成监管合力,推动渣土运输管理系统化、制度化、规范化。

参考文献:

[1] 叶瑞克,李亦唯,高壮飞.城市建筑渣土海陆联运管理模式研究——以杭州为例.杭州学刊,2017

作者简介:

黄嘎:台州椒江海事处,台州市椒江区工人西路 1501-20 号,15657672883,tzmsahg@163.com;

周磊:台州椒江海事处,台州市椒江区工人西路 1501-20 号,18267616006,

1572209002@qq.com;

苗玉明:台州椒江海事处,台州市椒江区工人西路 1501-20 号,18257601597,

759974576@qq.com。

台州海域海上风电场选址探讨

石传波

台州海事局

摘要: 本文通过对台州沿海海上资源现状、台州海域通航环境现状、海上风电发展趋势三方面分析,探讨研究海上风电选择的建议。其中,重点分析了台州海域通航环境现状,通过实际情况分析了海上通航环境的复杂,随着海上经济快速发展,台州沿海交通流将日趋复杂,为充分保证台州海域内海上风电建设期和营运期的安全,同时保障海上通航环境的安全,给出推荐在外航路以东的范围建设远海大型风电场的建议。

关键词: 海上资源;通航环境;海上风电

台州沿海区域风能资源丰富,海域面积广阔,为早日实现碳达峰、碳中和的“双碳”目标,促进浙江省能源结构转型,加快台州经济发展,台州海域规划建设一大批海上风电,为充分保障台州海域内海上风电建设期和营运期的安全,同时保障海上通航环境的安全,在规划海上风电场址时,有必要探讨其与周边资源环境的适应性。

1 台州海域海上资源现状

1.1 台州港基本情况

台州市地处我国沿海南北航路中段,长江三角洲地区南部,拥有丰富的港口、渔业、海岛、海洋能等资源,组合优势十分明显,海洋经济发展潜力巨大。台州港是浙江省沿海地区性重要港口,港区建设发展速度快,港口航运业、养殖捕捞业十分发达,岛际间客渡运航线密集,是典型的商船、渔船、客船共用海区,商船与渔船交叉相遇频繁,各类险情事故常发。台州港自北向南由健跳、头门、海门、黄岩、温岭、大麦屿等 6 个港区组成的组合式港口群,基本形成“一港六区十港口”的港口规模。是长三角港口群中距台湾最近的港口,每周有台州大麦屿港至台湾基隆的台台客货直航航线,具备发展对台航运的区位优势。2022 年台州港实际吞吐总量为 6240.8 万吨,集装箱吞吐量 57.36 万 TEU,较过去两年分别增长 5.1%,4.2%和 22.6%,14.0%,集装箱吞吐量则实现稳步增长。

1.2 台州港渔业状况

2022 年,台州市机动渔船近 4894 艘,海洋捕捞渔船 3564 艘、62.66 万吨、85.63 万千瓦,海洋捕捞产能巨大,渔船数量总量居全省乃至全国高位。近年来,加快推进渔港和渔港经济区建设,同时响应国家海洋牧场建设要求,在各县市区水域建设 6 个海洋牧场。台州渔

船体量大，作业水域广的特点，成为影响台州沿海船舶通航安全的极其重要的不安全因素。

1.3 台州沿海航路、航道概况

浙江沿海公共航路公告实施后，台州沿海航路分别由沿岸小型船舶习惯航路、西航路、东航路、外航路南北方向四条纵向航路及台州湾进港航路、乐清湾进港航路组成。

表 1-1 台州沿海“四纵”、“二横”航路一览

航路名称	水域范围	宽度	通航船舶类型
沿岸小型船舶习惯航路	贴近陆岸穿行于沿海岛屿间	中心线两侧各 0.5 海里	千吨级及以下小型船舶
西航路	贴近沿海和岛屿	中心线两侧各 1 海里	5 千吨级及以下中小型船舶
东航路	位于外航路和西航路之间	中心线两侧各 2 海里	万吨级左右南北航线船舶
外航路	位于“四纵”中最东侧	中心线两侧各 3 海里	大型船舶
台州湾进港航路	由南向航路和北向航路两条组成	中心线两侧各 0.5 海里	5 千吨级及以下中小型船舶
乐清湾进港航路	由乐清湾进港北航路和乐清湾进港南航路组成	中心线两侧各 0.5 海里	大型船舶

随着台州港港口功能的不断完善，货物吞吐量增势明显。为满足各港区的发展要求和口岸开放需求，近期建设了头门港区一期进港航道、健跳港区、龙门港区口岸开放进出港航道等航道项目。

表 1-2 台州沿海主要进港航道现状一览表

航道名称	水域范围	航道规模	长度 (km)	宽度 (km)
头门港区一期进港航道	头门岛东南水域	5 万吨级兼顾 7 万吨级	24.1	170
海门港进港航道	椒江口及椒江水域	5 千吨级兼顾浅吃水万吨级	30.2	250
健跳港区进港航道	三门健跳水域	3.5 万吨级兼顾 5 万吨级	51.2	400
健跳港区口岸开放进出港航道	三门健跳水域	5 万吨级空载	63.6	140
龙门港区口岸开放进出口航道	台州大陈岛西南侧水域	5 千吨级	45.6	100

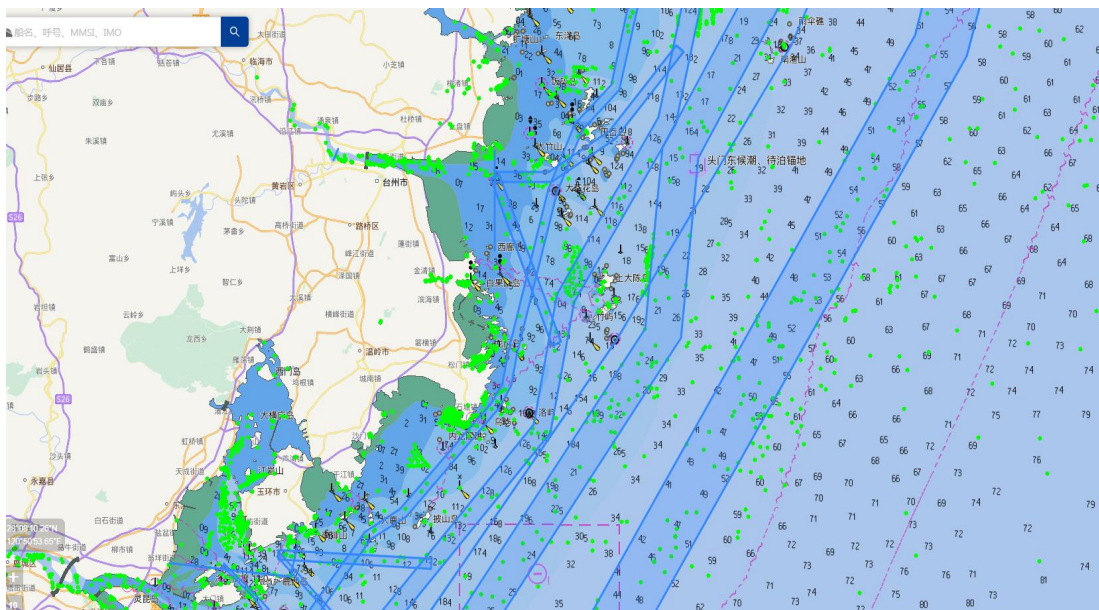


图 1-1 台州沿海航路示意图

1.4 台州沿海锚地概况

台州港目前共有锚地 34 块，其中健跳港区 4 块，头门港区 3 块，海门港区 7 块，大陈水域 5 块，灵江水域 6 块，温岭沿海 5 块，大麦屿港区 4 块。

表 1-3 台州港锚地情况一览表

区域	锚地名称	面积 (km ²)
健跳港区	大中型船舶 1 号锚地	1.27
	大中型船舶 2 号锚地	4.38
	大甲山待泊锚地	6.2
	三门湾引航检疫锚地	4.13
头门港区	头门东待泊锚地	3.0
	头门山以北驳载锚地	2.7
	头门东危险品锚地	4.52
海门港区	点灯候潮锚地	4.5
	台州第一引航检疫锚地	10.7
	危险品锚地	9.2
	海门港区大型机动船锚地	0.2
	海门港区机动船锚地	0.28
	海门港区小型机动船锚地	0.6
	三山、芦村作业区临时锚地	1.04
大陈水域	大陈 1 号锚地	0.55
	大陈 3 号锚地	0.12
	大陈 4 号锚地	1.4
	大陈 5 号锚地	0.8
	台州第二引航检疫锚地	1.0
	温岭粗砂头港鲜活海产品发运锚地	0.24

温岭沿海	温岭礁山引航检疫锚地	0.24
	石塘危险品临时候潮锚地	1.1
	礁山港外临时锚地	1.56
	牛山引航检疫锚地	1.98
大麦屿港区	大麦屿 3 号锚地	1.85
	大麦屿 4 号锚地	16.15
	大麦屿 5 号锚地	6.59
	大麦屿引航检疫锚地	2.6
灵江水域	灵江涌泉临时锚地（一）	0.27
	灵江涌泉临时锚地（二）	0.15
	灵江石村临时锚地	0.13
	灵江汛桥临时锚地（一）	0.12
	灵江汛桥临时锚地（二）	0.18
	灵江水云塘临时锚地	0.05

1.5 台州沿海海洋功能区现状

《台州市海洋功能区划》将台州市沿海海域划分为港口航运区、渔业资源利用和养护区、旅游区、海水资源利用区、海洋能利用区、工程用海区、海洋保护区、特殊利用区、保留区等 9 个一级类，并进一步细分为 27 个二级类，并划出 109 个具体功能区。

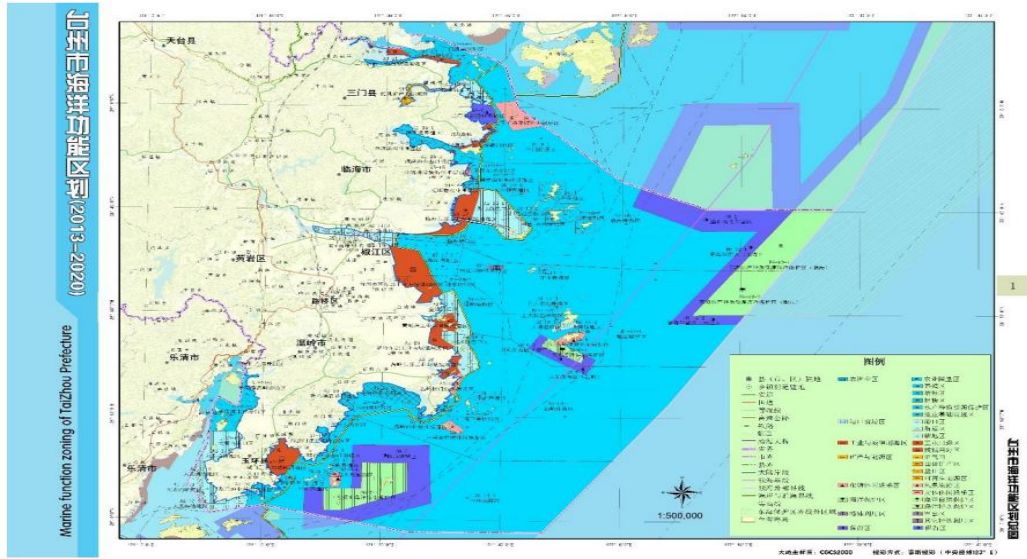


图 1-2 台州市海洋功能区划总图

由此可见，台州沿海海上资源环境已经大部分被相关功能区占用，留给海上风电建设的空间已经十分有限。

2. 台州海域通航环境现状

台州沿海船舶交通流总体呈现“四纵六横”船舶通航基本格局。

2.1 南北方向航迹线

主要有 4 条纵向航迹（以下数据为 2023 年 4 月）。

外航路（台州段）：是中国沿海南北大通道的主航路，主要服务南北向航行的大型船舶。该航路月均船舶交通流量 3814 艘次。

东航路（台州段）：位于外航路和西航路之间，贯穿台州沿海南北，主要服务万吨级左

右南北航线船舶。该航路月均船舶交通流量 2776 艘次。

西航路（台州段）：位于“三纵”中最内侧，贴近沿海和岛屿，主要服务 5000 吨级及以下中小型船舶。该航路月均船舶交通流量 2815 艘次。

沿海小型船舶习惯航路：位于“三纵”公共航路外的最内侧，贴近陆岸穿行于沿海岛屿间，主要服务 1000 吨级及以下小型船舶，该航路月均船舶交通流量 4247 艘次。

2.2 东西方向航迹线

主要有 6 条纵向航迹：

健跳港进出港船舶航迹线，与沿海小型船舶习惯航路、西航路、东航路均有交汇。该航路月均船舶交通流量月均 844 艘次。

海门港进出港船舶航迹线，与进出大竹山跨海大桥的小型船舶航迹线呈十字交叉交汇。该航路月均船舶交通流量月均 2863 艘次。

金清港进出港船舶航迹线，与沿海小型船舶习惯航路、西航路均有交汇。该航段为渔船集中进出段，月均船舶交通流量月均 1280 艘次。

龙门港进出港船舶航迹线，与沿海小型船舶习惯航路、西航路均有交汇。该航路月均船舶交通流量月均 455 艘次。

温岭石塘进出港船舶航迹线，与沿海小型船舶习惯航路、西航路、东航路均交汇密集。该航路为渔船集中进出区域，商渔船碰撞风险高，月均船舶交通流量月均 2866 艘次，其中渔船 2165 艘次。

大麦屿港进出港船舶航迹线，与沿海小型船舶习惯航路及温州状元岙进出港船舶航迹线交汇。该航路商船交通流量月均 1651 艘次。

综上，台州沿海四纵航路月均船舶流量 13652 艘次。六横航路月均船舶流 10418 艘次。经统计 2022 年台州沿海全年船舶流量约为 28.8 万艘次，船舶流量巨大。

2.3 航路总体流量分析

台州沿海船舶航路纵横交错，在纵向格局中，东航路的商船通航密度最大，西航路次之，外航路总通航密度最多。东航路和外航路航行商船数量较 2018 年分别增加了 12%、15%，航路使用从西航路逐渐向东航路、外航路转移，可见近 5 年船舶数量逐渐增加且趋向与大型化。

总体来看，台州是我国沿海南北海上运输通道的中部要冲，是南北航线必经通道，沿海小型船舶习惯航路、西航路、东航路、外航路纵贯辖区，随着公共航路公告宣贯以及海事部门航路秩序专项治理工作开展，商船航路使用率呈现逐年升高趋势。台州海域是东海传统渔场，也是海洋与渔业生产大市，渔业捕捞和张网渔业活动频繁，渔船作业区域和习惯航路与沿海南北商船航路交叉重叠，商渔船混杂，涉渔碰撞事故多发。随着海上经济快速发展，台州沿海交通流日趋复杂。

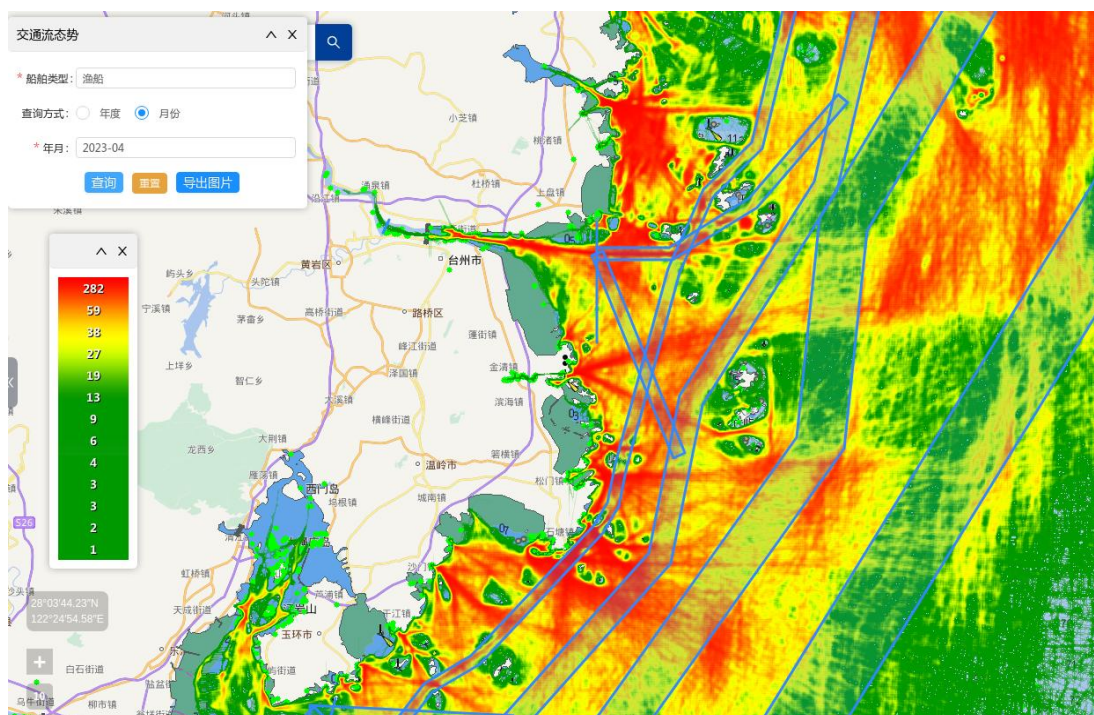


图 2-1 2023 年 4 月台州沿海渔船航迹线

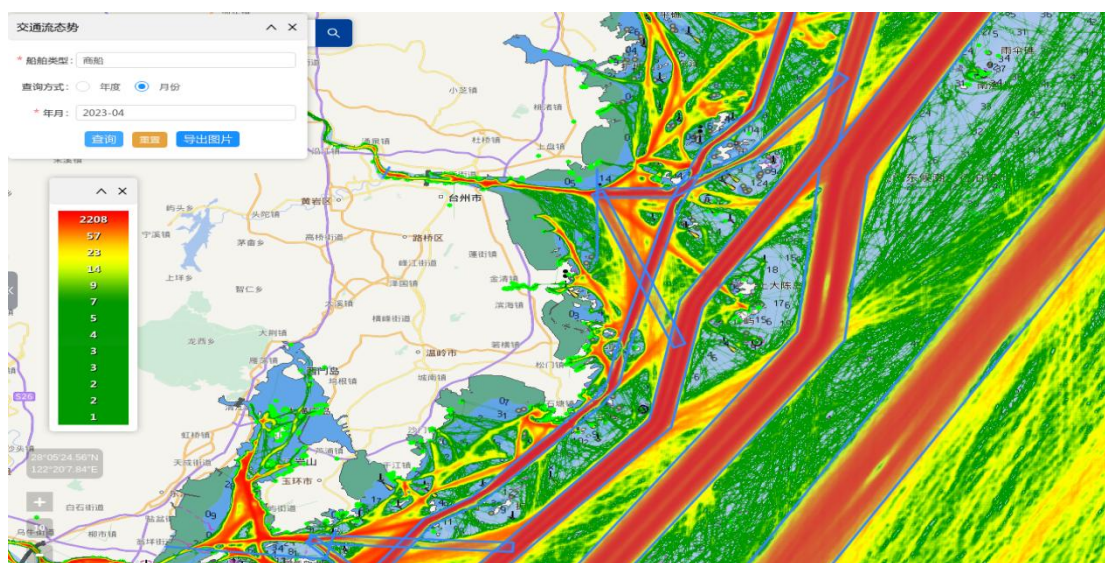


图 2-2 台州沿海商船航迹线

3. 海上风电发展趋势

3.1 国外海上风电场发展现状

近年来，全球海上风电产业不断升级，技术成本不断优化，发展速度明显加快。根据世界海上风电论坛组织（WFO, World Forum Offshore Wind）发布的《2020 年上半年全球海上风电报告》，截止 2020 年 6 月底，全球累计有近 30GW 规模、共计 157 座海上风电场已并网投运，其中英国、德国、中国三国分别以 10.4GW、7.7GW、6.4GW 分列世界各国海上风电累计投产容量的前三名。英国海上风电事业高速发展，海上风电装机容量已达全球第一。英国的海上风电遵循了近海到远海、浅水到深水、小规模示范到大规模集中开发的发展思路。英国的风电发展呈现远海化、深水化、规模化的特点。

在深远海域，风能资源更丰富，风湍流强度与海面粗糙度较近海更小，因此深远海域海上风电技术的研究和开发成为了当今海上风电发展的新趋势。英国、丹麦、德国等海上风电技术领先国家已纷纷将海上风电的研究方向投向深远海领域。2017 年，全球首座商业化运行的苏格兰 Hywind 浮式海上风电场正式投用，装机 30 兆瓦，英国计划到 2030 年安装 40GW 海上风电，大力发展浮式海上风电，2020 年英国在建水深最深的风场正是浮式项目，水深达 6 米，全球海上风电逐步向深海、远海进发。

3.2 国内海上风电场发展现状

国内海上风电资源开发速度提高及产业链国产化进程提速，海上风电产业逐渐向风机大型化方向挺进。中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩此前表示，风机大型化是未来海上风电发展的重要趋势。

2022 年 11 月，我国自主研制的 16 兆瓦海上风电机组在福建三峡海上风电国际产业园下线。该机组叶轮直径 252 米，叶轮扫风面积约 5 万平方米，约相当于 7 个标准足球场大；轮毂高度达 146 米，约相当于一座 50 层大楼的高度。在额定工况下，单台机组每转动一圈可发电 34.2 千瓦时。顺应发展，广东省规划了深水区海上风电场址 8 个，装机容量 5700 万千瓦，作为广东省海上风电远期开发建设储备场址。

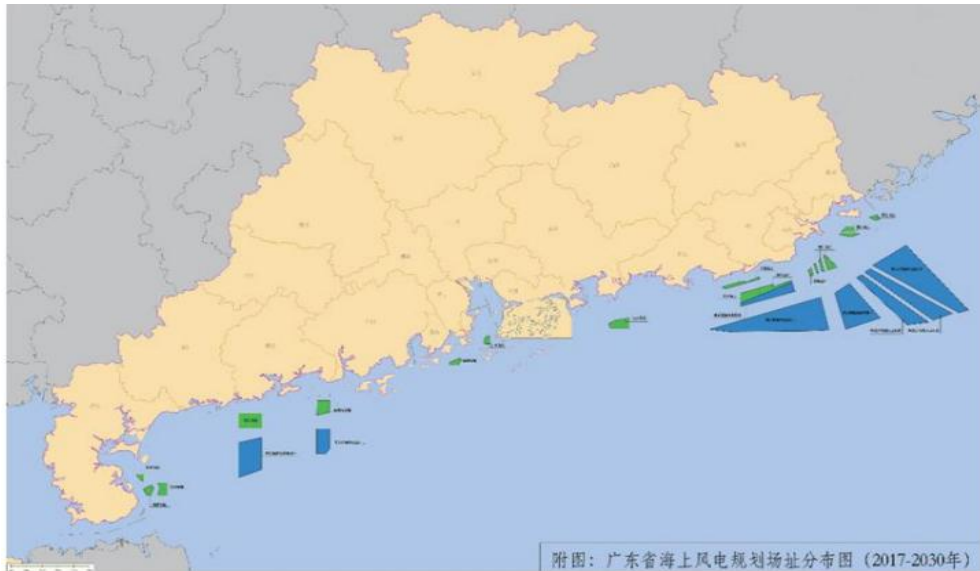


图 3-1 广东省海上风电规划场址分布图

4. 台州海域海上风电选址建议

4.1 海上风电与航路安全距离

沿海风电场的场址选址因尽量保证不影响现有船舶交通的通航环境。

台州沿海船舶交通流主要集中于公共航路，但是对于东航路以西的近岸地区，存在许多小型的习惯航路，交错纵横，交通态势复杂。东航路以东的沿海地区，船舶轨迹相对集中且规律易于探寻。风电场建设以后对于航路的交通流密度也存在不同程度的影响。

根据《海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）》要求，海上风电场位于任何航路的右舷： $C=0.3 \text{ 海里}+(5-6) \text{ 倍船长}+500 \text{ 米}$ 。即考虑避让初期偏离的 0.3 海里，加上旋回直径的 5-6 倍船长和 500 米安全地带宽度（见图 4-1）。当海上风电场位于任何航路的左舷： $C=(5-6) \text{ 倍船长}+500 \text{ 米}$ 。即当向左旋回时，考虑旋回直径 5-6 倍船长和 500 米安全地带（图 4-2）。

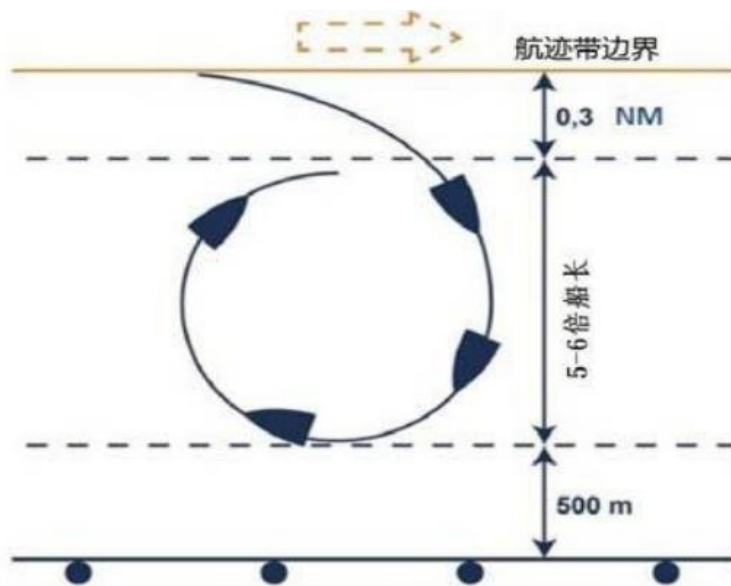


图 4-1 海上航路和右侧海上风电场所需空间

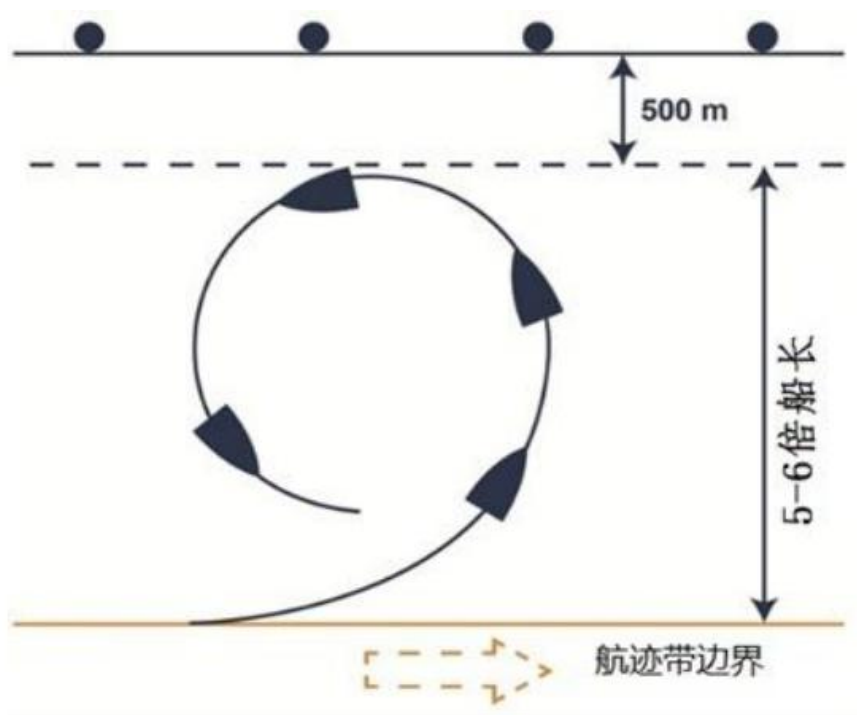


图 4-2 海上航路和左侧海上风电场所需空间

根据台州实际情况，航路可以分为东北西南向双向航路和西北东南向双向航路。船舶在航行过程中，各自靠右航行，对于上、下行船舶而言风电场均位于 路右舷，需要增加 0.3 海里的安全距离。不同航路的代表船型及安全距离如表 4-1 所示。

表 4-1 东北西南向航路与风电场的安全距离

航路名称	代表船长 (m)	右边安全距离 (m/nm)	左边安全距离 (m/nm)
小型习惯航路	81	1461/0.79	1542/0.83
西航路	165	1881/1.02	2046/1.11

东航路	272	2416/1.31	2688/1.46
外航路	353	2821/1.53	3174/1.72
台州湾进港航路	81	1461/0.79	1542/0.83

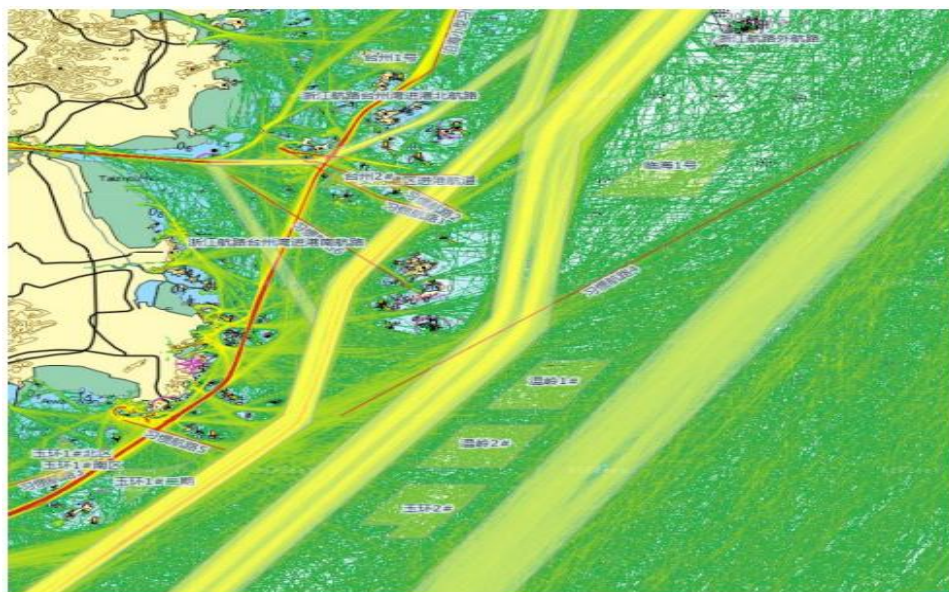


图 4-3 台州船舶交通流量和风电场位置对比

4.2 海上风电与锚地安全距离

为充分保障台州海域内海上风电建设期和营运期的安全，在规划海上风电场址时，应当考虑风电场址周围锚地内锚泊船的走锚风险，为走锚船舶留有足够的安全应急距离；并以此作为风电场距锚地的最小安全距离。日本船东保赔协会研究表明，在蒲氏风级 9 级，单锚泊状态下船舶走锚，速度可达到 3~4kn。结合国内海港锚地船舶走锚案例和锚泊经验，最终将 3kn 作为船舶在走锚情况下的稳定的速度，并用之求取安全距离。

在时间上，船舶从开始走锚达到稳定走锚状态的初始走锚阶段较为漫长，根据现有资料分析，该阶段持续约 20 分钟，考虑各种不利因素影响，从备车开始到使船舶处于可控状态约需 30 分钟。

但是，根据《海港锚地设计规范》6.4.2.3 节相关要求，锚地边线至海上油气平台、风电设施的净距不宜小于 2 nmile，故在规划台州海域内海上风电场址时以 2 海里来作为海上锚地与风电场安全距离。

4.3 海上风电发展趋势符合性分析

远海深海资源极其丰富，与近海风电相比，深海、远海风速更大，风力更加稳定。根据 Principle Power 统计，全球超过 80% 的海上风能资源潜力都蕴藏在水深超过 40m 的海域。并且深远海域风电场的建设和运行对于海洋、渔业、军事、海事通航以及城市居民等利益相关方的不利影响相对更小。目前，各省市也积极出台远海风电建设相关规划，如国务院支持山东打造千万千瓦级深远海海上风电基地，江苏省盐城市规划已规划十四五期间 2400 万千瓦深远海风电容量，同时推进千万千瓦级远海海上风电基地建设等。

台州沿海近岸海域（西航路以西部分），渔船分布密集，习惯航路交错纵横，交通态势复杂。习惯航路之间、习惯航路和公共航路之间的距离较小，可供风电场建设的空间不充裕。

而台州沿海深远海海域（外航路以东部分），交通态势相对简单，交通流方向统一，交错交通流较少。因此，台州海域海上风力发电从潮间带和近海走向深海远岸将是必然趋势。

5. 结束语

结合航路、海洋工程、锚地分析、海洋功能保护区、台州沿海水域船舶交通通航实际情况，开展台州水域海上风电场选址优化研究，主要结论和建议如下：

台州沿海航路以东航路为分界线，在东航路以西的近岸水域，船舶交通密集、交通形势复杂、各种习惯航路交错。在此范围内进行风电场的选址将给船舶通航、水上交通安全管理带来严峻的挑战。

在东航路以东的沿海水域，船舶交通流主要集中在东航路和外航路上，且船型多为 200m 以上的大型船舶，船舶的航行路线更加清晰、集中。在满足风电和航路安全距离的条件下，风电选址建设对周围交通流影响相对较小。此处适合风电建设的范围为东航路和外航路之间的符合风电与航路安全距离的区域，以及外航路以东的区域。

对于风电场的选址，建议现阶段将风电场规划在东航路和外航路之间的符合安全范围的区域。随着海洋工程与海上风电技术的发展，当我国具备建设深远海风电场能力时，推荐在外航路以东的范围建设远海大型风电场。

参考文献：

[1]. 英国海上风电 40GW 怎么实现. [J]. 电力设备管理, 2021.
[2]. 参考消息网. 2023.
[3]浙江海事局关于调整浙江沿海主要公共航路的公告. 浙江海事局, 2021.
[4]海上风电场选址通航安全分析技术指南（试行）. 2021.
[5]海港锚地设计规范. 2021.

作者简介

姓名：石传波 工作单位：台州海事局 专业领域：本科：航海技术；研究生：公共管理
通讯地址：浙江省台州市椒江区白云山西路 26 号
邮编：318000，座机电话和手机号：0576-88311695, 18357669676
传真：0576-88311696，E-mail：1522070020@qq.com。

华能玉环电厂卸煤码头半潮靠泊

狄敏志
台州港引航站

摘要：为保障能源安全，缓解华能玉环电厂用煤紧张问题，半潮靠泊华能玉环电厂卸煤码头已列入相关部门议程。本文通过分析船舶靠泊华能玉环电厂卸煤码头过程中所受到的风流影响，探讨半潮靠泊华能玉环电厂卸煤码头的可行性和注意事情，供驾引人员参考。

关键词：半潮靠泊，拖轮配备，船舶受力计算，

半潮是指在任一指定的涨潮或落潮过程中，海面到达低潮至高潮或高潮至低潮的居中潮位时的潮汐状态。半潮前后是当日潮流最急的时间段，船舶所受到的流压大，拖轮往往因

为急流中保持船位以及排出流受急流影响不能发挥最大拉力和推力,此时进行船舶靠泊作业,是一项有难度的技术作业,需要驾引人员有娴熟的船舶操控手段和丰富的操纵经验。

浙江省乐清湾内台州港华能玉环电厂卸煤码头一般采取在高潮前后靠泊的方法,偶有采取低潮靠泊,这两种靠泊方法稳妥、安全性高。随着经济发展,社会生产对电力需求越来越愈大,电厂煤炭消耗也越来越大,加上雾、台风等天气条件影响船舶进出港、靠离泊,华能玉环电厂经常出现煤炭存量紧张情况。高潮靠泊,一天只有两个靠泊时间窗口,时间间隔12小时,低潮靠泊常因待泊锚地没有锚位不能实施,而且乐清湾夜间航行条件并不完善,如果船舶因各种原因错过一个高潮靠泊时间窗口,往往需要等到次日才能靠泊。实践工作中,经常出现靠泊船在码头附近航道等待离泊船离泊,造成航道拥挤,存在安全隐患;为了让靠泊船赶上靠泊时间窗口,离泊船经常带着几千吨的余货匆匆离泊出港,给后续清仓工作带来极大麻烦。在华能玉环电厂卸煤码头实施半潮靠泊,拓宽船舶靠泊时间窗口,将大大提高该码头的使用率,有助于缓解电厂煤炭紧张情况,减少船舶留港时间,进一步理顺码头作业程序,有较大的经济价值和社会价值。

1 华能玉环电厂卸煤码头概况

华能玉环电厂位于浙江省乐清湾内台州港大麦屿港区,是国家“863”计划中引进的重点工程。其配套的卸煤码头位于乐清湾水域内(28° 07′ 03″ N 121° 07′ 16″ E),目前为2个5万吨级泊位(兼靠10万吨级),泊位总长度为564m,其中码头平台长度为534m,平台南端30m处设系缆墩一座,码头宽度为28米。卸煤码头前沿线置于-17.0米等深线附近,码头前沿线方向角为170°~350°,回旋水域设于码头前沿水域,回旋水域直径为580米,卸煤码头前沿停泊水域宽度为65米。

2 乐清湾自然条件

2.1 风

乐清湾属亚热带季风气候,风向主要表现为季风特征,冬季盛行偏北风,夏季盛行西南风,常风向为N,强风向为NNE和E。其中,各向平均风速、频率、最大风速见表1。

表1 各向平均风速、频率、最大风速

风向 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
平均风 速 (m/s)	5.9	5.5	6.3	6.9	5.1	3.9	3.6	3.4	3.7	4.1	4.2	4.3	3.0	3.1	3.7	5.8	
频率(%)	16. 2	10. 3	12. 5	10. 0	3.8	2.3	2.6	2.7	4.0	4.8	7.3	4.4	1.5	1.1	1.7	8.8	6.0
最大风 速 (m/s)	20. 0	36. 0	30. 0	35. 0	36. 0	24. 0	34. 0	34. 0	28. 0	23. 0	18. 0	34. 0	22. 0	24. 0	19. 0	24. 0	

注:资料年限:1957~1990年,其中1978~1990年为自记风速资料。

2.2 潮流

乐清湾的潮流性质为非正规半日浅海潮流,浅水效应较为显著,具体表现为涨落潮流速的不对称性及涨、落历时不等。乐清湾内潮流运动形式具往复流的性质。自湾口往湾顶,实测最大潮流方向在湾口呈西北—东南向,湾中部为西南—东北向,湾顶接近南—北向,其与岸线走向或水道方向的夹角(锐角)沿途递减,近湾顶甚至趋于平行。乐清湾大潮涨潮和落潮的平均流速分别为0.17~0.73m/s和0.40~0.84m/s,表层涨潮和落潮的最大流速分别为1.52m/s和1.67m/s,底层涨潮、落潮的最大流速分别为1.09m/s和1.14m/s,落潮流速大于涨潮流速。半日潮周期内,大潮流速明显大于小潮,大潮平均流速和最大流速分别为小潮的3倍多和2~3倍。华能玉环电厂卸煤码头前沿落潮流明显大于涨潮流,潮流分布为:

平均涨潮流速为 1.04m/s，流向为 346°；平均落潮流速为 1.22m/s，流向 166°。

3 风流对船舶操纵的影响

3.1 风的影响

船体水上部分受风时，风对船舶操纵的影响表现在：船速增加或减少；船舶向下风漂移；船首向下风或者上风偏转。

风动压力的大小与风速 V_a 、风舷角 θ 、受风面积大小和形状有关。根据传统的船舶操纵教材，风动压力值可用 Hughes 公式估算：

$$F_a = C_a \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_a^2 \cdot (A_a \cos^2 \theta + B_a \sin^2 \theta) \quad (1)$$

式中： C_a ——风动压力系数；

ρ ——空气密度 (1.226kg/m³)；

V_a ——相对风速 (m/s)；

A_a ——水线以上船体正面投影面积 (m²)；

B_a ——水线以上船体侧面投影面积 (m²)；

F_a ——水线以上船体所受的风动压力 (N)。

风动压力 F_a 的作用方向较之相对风向更偏向于垂直首尾线方向，风动压力角 α 随风舷角 θ 增大而增大，当风舷角 θ 处于 40°到 140°之间时，风动压力角 α 在 80°到 100°范围。风动压力作用中心位置 A 点至船首的距离 a ，受风舷角 θ 、船舶上层建筑形状以及面积分布情况所影响， a 的值可用下式估算：

$$a/L_{bp} = 0.291 + 0.0023\theta \quad (2)$$

船舶在靠拢过程中主要考虑风对船舶的横向作用，本文仅根据《港口工程荷载规范》计算风压对船舶的横向分力，计算公式如下：

$$F_{xw} = 73.6 \times 10^{-5} A_{xw} V_x^2 \xi_1 \xi_2 \quad (3)$$

式中： F_{xw} ——作用在船舶上的风压力的横向分力 (kN)；

A_{xw} ——船体水面以上横向受风面积 (m²)；

V_x ——风速的横向分量 (m/s)；

ξ_1 ——风压不均匀折减系数；

ξ_2 ——风压高度变化修正系数。

其中，风压不均匀折减系数 ξ_1 随船舶水面以上最大轮廓尺寸的变化而变化的数值如表格 2 所示，风压高度变化修正系数 ξ_2 随船舶水面以上高度的变化而变化的数值如表格 3 所示。

表2 风压不均匀折减系数 ξ_1

船舶水面以上最大轮廓尺寸 (m)	≤50	100	200	≥250
风压不均匀折减系数 ξ_1	1.00	0.90	0.70	0.60

表3 风压高度变化修正系数 ξ_2

船舶水面以上高度 (m)	≤5	10	15	20	30
风压高度变化修正系数 ξ_2	1.00	1.18	1.30	1.39	1.54

3.2 水流对船舶操纵影响

水流对船舶操纵的影响通常比风大得多，尤其是重载船舶。水动力的大小方向作用中心，均与水和船相对运动方向即漂角（或流向角）有关。

因为水流对水线下船体作用力在正横方向分力大，且对操船影响明显，而在首尾方向

分力较小，通常只研究流压力横向分力，本文根据《港口工程荷载规范》计算水流力对船舶的横向分力。

1、对于开敞式海港透空式系船、靠船结构，当流向角小于 15° 或者大于 165° 时，水流对船舶的船首横向分力和船尾横向分力可按下列公式计算：

$$F_{xsc} = C_{xsc} \frac{\rho}{2} V^2 B' \quad (4)$$

$$F_{xmc} = C_{xmc} \frac{\rho}{2} V^2 B' \quad (5)$$

式中： F_{xsc} 、 F_{xmc} ——分别为水流对船首横向分力和船尾横向分力（kN）；
 C_{xsc} 、 C_{xmc} ——分别为水流力船首横向分力系数和船尾横向分力系数；
 ρ ——水的密度，海水取 1.025 （t/m³）；
 V ——水流速度（m/s）；
 B' ——船舶吃水线以下的横向投影面积（m²）；

散货船吃水线以下的横向投影面积 B' 按下式计算：

$$\log B' = 0.484 + 0.612 \log DW \quad (6)$$

式中： B' ——船舶吃水线以下的横向投影面积（m²）；
 DW ——船舶载重吨（t）。

表 4 开敞式海港透空式系船、靠船结构水流力船首横向分力系数 C_{xsc} 和船尾横向分力系数

相对水深 d/D	C_{xmc}			
	$\theta = 0^\circ \sim 15^\circ$		$\theta = 165^\circ \sim 180^\circ$	
	C_{xsc}	C_{xmc}	C_{xsc}	C_{xmc}
1.1	0.14	0.08	0.08	0.11
1.3	0.10	0.05	0.07	0.08
1.5	0.09	0.04	0.06	0.06

注：d 为水深，D 为船舶吃水， θ 为水流与船舶纵轴夹角

2、对于开敞式海港透空式系船、靠船结构，当流向角为 $15^\circ \sim 165^\circ$ 时，水流对船舶产生的横向分力按下列公式计算：

$$F_{xc} = C_{xc} \frac{\rho}{2} V^2 A_{yc} \quad (7)$$

式中： F_{xc} ——水流对船舶作用产生的水流力的横向力（kN）；
 C_{xc} ——水流力横向分力系数；
 ρ ——水的密度，海水取 1.025 （t/m³）；
 V ——相对水流速度（m/s）；
 A_{yc} ——相应装载情况下的船舶水下部分平行于水流方向的投影面积（m²）。

水流力横向分力系数 C_{xc} 可按下列公式计算：

$$C_{xc} = a_1 \frac{\pi \theta}{180} + b_1 \quad (8)$$

式中： C_{xc} 为水流力横向分力系数； a_1 、 b_1 为系数，按表 5 选用； θ 为流向角（°），当 $\theta > 90^\circ$ 时，按其补角算。

表 5 不同相对水深下的系数 a_1 、 b_1 值

相对水深 d/D	a_1	b_1
1.1	1.70	0.31
1.5	1.15	0.05

船舶水下部分平行于水流方向的投影面积 A_{yc} 可按下列公式计算：

$$A_{yc} = B' \cos \theta \quad (9)$$

式中： B' ——船舶吃水线以下的横向投影面积（ m^2 ）；

θ ——流向角，即水流与船舶纵轴的夹角（ $^\circ$ ）。

4 拖轮配备标准

大型船舶靠泊码头时应配备拖船，按照《海港总平面设计规范》，港作拖船所需的总功率应为：

$$BHP = kQ \quad (10)$$

BHP——所需拖船总功率（kW）；

k ——系数，5万吨级以上散货船，取 0.05；

Q ——船舶载重吨（t）。

5 实例计算

以靠泊华能玉环电厂卸煤码头吨位最大的船舶，某 10 万吨级散货船为例，该船舶总长 255m，吃水 13.4m，DW 为 100000t。靠泊条件：西南风 4 级（风速 7.9m/s），大潮汛急落水靠泊，水深吃水比 d/D 为 1.2。流向取华能玉环电厂卸煤码头前沿水域平均落潮流向，流向为 166° 。乐清湾表层最大落潮流速 1.67m/s，底层最大落潮流速 1.14m/s，流速取二者平均值 1.41m/s。

根据《海港总平面设计规范》，港作拖船所需的总功率应为 5000kW 即 6803 马力，实际配备拖轮 4800 马力两艘 4000 马力一艘，总马力 12800 马力。按照 100 马力提供 1 吨推力，拉力为推力的 90%，保留 20%作为储备拉力，拖轮能提供的总拉力为 92.2t。

查表得，该轮水线以上横向受风面积 $A_{xw}=2700m^2$ ，风压不均匀折减系数 $\xi_1=0.60$ ，风压高度变化修正系数 $\xi_2=1.54$ ，水流力船首横向分力系数 $C_{xsc}=0.12$ ，船尾横向分力系数 $C_{xmc}=0.065$ ，水流力横向分力系数 C_{xc} 系数 $a_1=1.56$ 、 $b_1=0.25$ 。

按前文公式计算可得：

船舶吃水线以下的横向投影面积 $B' = 3499m^2$ 。

风压力横向分力 $F_{xw} = 114.6kN = 11.7t$

1、靠泊中，靠拢角度取 10° ，船舶航向 000° ，漂角 14° ，船舶受到的水流力按前文公式计算可得：

水流对船首横向分力 $F_{xsc} = 427.8kN = 43.7t$

水流对船尾横向分力 $F_{xmc} = 231.7kN = 23.6t$

风流横向合力为 $11.7+43.7+23.6=79.0t$ ，小于拖轮能提供的总拉力为 92.2t，可以安全靠泊。如果将风力提高到 7 级以下（风速 13.8m/s），风压力横向分力将达到 35.7t，风流横向合力为 103.0t，风流横向合力大于拖轮能提供的总拉力，不能安全靠泊。

2、靠泊中，靠拢角度取 15° ，船舶航向 005° ，漂角 19° ，船舶受到的水流力按前文公式计算可得：

水流力横向分力系数 $C_{xc} = 0.77$

船舶水下部分平行于水流方向的投影面积 $A_{yc} = 3308m^2$

水流对船舶产生的横向分力 $F_{xc} = 2595.3kN = 264.8t$

风流横向合力为 $11.7+264.8=276.5t$ 。可以看出，当流向角超过 15° 时，船舶所受到的水流力横向分力急剧增加，风流横向合力远远大于拖轮能提供的总拉力为 92.2t，不可以安全靠泊。此时若将流速降低为 0.77m/s，水流对船舶产生的横向分力 $F_{xc} = 774.0kN=79.0t$ ，风流横向合力为 $11.7+79.0=90.7t$ ，略小于拖轮能提供的总拉力为 92.2t，可以安全靠泊。根据前文所述，乐清湾大潮最大流速为小潮最大流速的 2~3 倍，流速 0.77m/s 为乐清湾小潮汛半潮流速范围。

6 总结及建议

分析实例计算,可以得出结论:正常天气条件下(风力4级及以下),流向角控制在 15° 以内,玉环华能电厂卸煤码头可以安全进行半潮靠泊作业;正常天气条件下(风力4级及以下),小潮汛半潮靠泊或其他时间段流速较缓时(流速 0.77m/s 以下),靠泊过程中流向角可以超过 15° 。

半潮靠泊对驾引人员操船技术要求高,相关部门推进此工作应循序渐进。

半潮靠泊操作,最重要的是控制船舶姿态,要保持船首向的稳定性,避免出现较大的偏转角速度。驾引人员在操纵船舶半潮靠泊玉环华能电厂卸煤码头时还应注意:

(1) 靠泊前,应掌握码头前沿水域准确的风流数据,注意强风暴引起的明显增、减水变化可能导致潮流预报不准确。

(2) 靠泊船车舵锚等航行设备应处于良好可用状态。

(3) 拖轮应处于良好可用状态,尤其是车缆状况。拖轮系带位置应尽量靠前或靠后,第三艘拖轮应带于船中尽量靠前位置。

(4) 余速控制比静水时小。船首抵达泊位后端时余速控制在1.5节以下,这样可以少用倒车,避免因长时间倒车或者急倒车导致船首向较大偏转,同时可以多用进车以保持船舶姿态。船位平泊位,船舶纵向速度应接近于零,以利于进一步降低相对流速,减少流压。

(5) 横距控制比静水时大,避免急流将船舶快速压向码头。

(6) 靠拢角度要小,一般应控制在 10° 以内(流向角控制在 15° 以内),根据横向靠拢速度的快慢及时调整流向角,必要时内舷受流以减缓靠拢速度。

参考文献

- [1]洪碧光.船舶操纵[M].大连:大连海事大学出版社,2008.
- [2]JTS165-2013海港总体设计规范[S].
- [3]JTS144-1-2010港口工程荷载规范[S].
- [4]浙江省交通规划设计研究院.乐清湾进港航道一期工程航标配布方案设计[R].杭州:浙江省交通规划设计研究院,2013.
- [5]张瑾,田林.华能玉环电厂码头10万t级进港航线方案研究[J].天津:港工技术,2018(04):5-7.
- [6]宗婧慧,韩健扬.中英规范中船舶水流力计算的对比研究[J].武汉:中国水运,2018(12):8-10.
- [7]陈志乐,杨静思.船舶所受风荷载国内外规范对比分析[J].北京:水运工程,2022(09):70-74.

作者简介:狄敏志,现为台州港引航站高级引航员。他积极工作,业务精湛,从业二十余年共安全完成引领各类船舶6000多艘次,多次在引航工作中排除险情,避免船舶和港口发生重大安全事故,多次在单位年度考核中评为优秀。通信地址:浙江省台州市椒江区江滨路46号,联系电话:13566463433,电子邮箱:153776948@qq.com

杭州港船舶尾气污染排放现状及措施建议

翟绍兵¹, 郑美扬²

(1. 杭州市交通运输行政执法队, 杭州 310005; 2. 浙江交科环境科技有限公司, 杭州 311305)

摘要: 本文通过对杭州港船舶尾气污染排放现状进行分析, 深入剖析船舶“冒黑烟”的原因, 指出杭州港船舶污染排放存在的问题与监管方面的困难, 提出相对应的措施建议, 为减少船舶尾气污染排放, 促进绿色航运发展和船舶节能减排提供可参考的借鉴思路。

关键词: 杭州; 船舶; 尾气排放; 现状; 建议

中图法分类号: X736 文献标识码: A

0 引言

船舶尾气污染物指船机排气管排出的一氧化碳(carbon monoxide, CO)、碳氢化合物(hydrocarbon, HC)和氮氧化物(oxides of nitrogen, NOx)等气态污染物和颗粒物(particulate matter, PM)^[1]。船舶尾气排放污染物是大气污染源之一, 会形成酸雨、加重雾霾, 还会引发人体呼吸系统疾病。研究杭州港船舶尾气排放现状, 对杭州港控制大气污染、建设绿色港口具有重要意义。

1 杭州港船舶尾气排放现状

2019年至今, 杭州本港籍货运船舶数量逐渐增长, 货运运力逐步提升, 船舶结构不断优化, 逐步朝大型化方向发展。截止2021年底, 杭州市内河在册运营的机动运输船舶共2460艘, 其中货船1625艘, 客船835艘。2021年内河货船净载重吨975 084 t, 平均净载重吨600 t, 是2019年的1.1倍, 运力结构逐步优化。2019—2021年期间, 航区客运运力由32 075客位增至33 799客位, 年平均增长率为2.7%, 客运运力平稳增长(详见表1)。

表1 2019—2021年杭州市运输船舶统计表

年份	客船情况		货船(内河)情况		
	艘数/艘	载客量/位	艘数/艘	净载重/t	平均净载重吨/t
2019	810	32 075	1 569	856 818	546
2020	825	33 184	1 580	904 062	572
2021	835	33 799	1 625	975 084	600

据调查, 杭州港大部分运营船舶使用的是符合国VI标准的柴油, 船上发动机等机械运行状况良好, 但仍有小部分船舶存在“冒黑烟”、使用低端柴油机和劣质油品等问题, 船用燃油硫含量达不到国VI标准, “冒黑烟”船舶硫含量有的高达几百毫克每千克, 甚至上千毫克每千克, 低的为几十毫克每千克, 远超标准限值10 mg/kg。杭州港船舶排放的硫化物(主要为二氧化硫)和氮氧化物(主要为二氧化氮)约占杭州市大气污染物排放总量的10%, 大气污染贡献度占比较高。

2 船舶“冒黑烟”的原因分析

船舶“冒黑烟”是指船舶柴油发动机在一定的条件变化下引起燃料燃烧不充分, 并排放出夹杂大量黑色碳微粒的黑色尾气的现象, 主要集中于船舶急加速下冒黑烟、冷车启动冒黑烟这两个情况。

“冒黑烟”是船用柴油机较为常见的故障之一, 故障的原因有很多, 供油系统、燃烧系

统、进排气系统等故障都会导致柴油机冒黑烟。常见故障主要包括供油提前角不正确（过大/过小）、油泵柱塞或出油阀严重磨损、喷油器（嘴）问题（喷油压力不正确）、喷油泵调速器有问题和喷油泵供油量太大等供油系统问题，气缸压缩压力不足、活塞顶间隙太大、气阀密封不严、气阀座圈凹入太深、气阀间隙不正确和气缸内压缩不良等燃烧系统问题，空气滤清器问题、进气管问题和排气系统问题等进气系统、排气系统及其他方面问题以及燃油质量问题、环境因素问题和设备匹配问题等其他方面问题。

3 存在的问题与困难

3.1 船舶尾气监管仍较为传统，且监管手段单一、效果有限

传统的船舶大气排放监测需要登船抽油样和目测尾气色度，船舶又存在大小规格不一、登船难度大、监测效率低、抽检比例低等问题，且目前主要是通过控制船舶燃油硫含量来减少大气污染物的排放，依靠执法人员现场随机抽查登轮对船舶燃油进行抽检来判定燃油是否达标，检查手段相对单一。

3.2 在航船舶监管困难，且针对性较差

根据现有监管方法和监管流程，必须在嫌疑船舶停靠码头后才能登船采样；对于在航船舶而言，现有法规对登船检查有严格规定，没有充分违法违规证据，执法人员贸然登船采样会造成航行计划紊乱，打乱航道正常通航秩序；另外，执法人员登船需多方协调，船员配合度差，故一般不轻易登陆在航船舶查处超标排放情况，其船主易产生侥幸心理。由于尾气超标船舶在航行船舶中所占比例不大，浪费了执法资源。

3.3 在航船的维护频次低，船主采用规避手段逃过监管

内河船舶的维护频次：新船十年维护一次、旧船五年维护一次，维护频次过低，船员对船舶排放意识淡薄，针对监管部门对黑烟有要求，会采用一些稀释的手段，如排气管拧松、排气管通过大口径油桶或轮胎后排出。

3.4 内河船舶监管规范缺失，对船舶大气污染物和黑烟监测没有可执行标准

虽然在 GB 15097—2016《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一、二阶段）》和交通运输部发布《交通运输部关于印发船舶大气污染物排放控制区实施方案的通知》都对颗粒物、氮氧化物、碳氢化合物和一氧化碳的排放限值做了规定，但对执法工作者而言，标准的执行性不强，导致内河船舶监管规范缺失^[2]。

4 防治建议

（1）建议加大环保宣传力度，在全航区营造防治船舶大气污染的氛围，加强普法宣传教育，不断提升从业人员环保意识。

（2）建议协调船检部门加强源头管理，规范船舶检验，解决船舶尾气排放检测场地、设备、人员问题，推动船舶尾气检验工作的开展。

（3）建议在全航区常态化、多点位持续开展船舶油品检测^[3]。发现油品不合格的情况，严格处罚，同时移交市场监管部门进行溯源管理，促进闭环监督和油品质量的提升。

（4）建议对冒黑烟船舶实施现场监督检查，要求在规定期限内对船舶进行维修保养并提供相关凭证，促进船舶机械性能状态稳定良好。

5 结语

针对杭州港船舶存在的“冒黑烟”、不合格油品使用等现象，建议从加大环保宣传、规范船舶尾气检验、强化燃油质量抽测以及督促船舶机械维护保养等方面采取可行的措施，切实降低杭州港船舶尾气排放总量，促进航运业高质量发展，为保卫“西湖蓝”做出积极的贡

献。

参考文献

- [1] 傅夏明, 孙永明. 上海港船舶防治大气污染现状及建议[J]. 黑龙江科技信息, 2016(28):155.
- [2] 沈建康, 俞言霞. 我国船舶排气污染现状及建议[J]. 科技资讯, 2012(31):130.
- [3] 卢志刚, 洪文俊, 郑静珍. 我国船舶尾气污染物排放现状与对策[J]. 绿色科技, 2018(2):53-54, 58.

第一作者简介: 翟绍兵, 男, 本科, 高级工程师, 从事水上交通安全与环保的研究工作。

浅析船舶冒黑烟成因及管理方法

陈兴华

钱江港航执法大队三中队

摘要: 船舶产生黑烟是污染大气环境的一个重要因素, 船舶排放的大气污染物能造成空气质量量的下降。船舶其排放物成分复杂, 以气态和颗粒态存在, 包含氮氧化物、硫氧化物等, 这些污染物严重威胁人类健康, 并造成环境质量下降。本文介绍了船舶冒黑烟的主要原因、国内法规标准和现状, 现阶段执法部门执法现状、存在困难及综合治理建议。

为深入贯彻落实习近平总书记生态文明思想, 切实加大环境保护工作力度, 及时有效落实防止废气污染大气环境, 减少船舶尾气排放污染, 扎实推进杭州航区船舶冒黑烟突出问题整治, 结合杭州航区实际情况, 现将杭州航区船舶冒黑烟情况分析如下:

1. 船舶冒黑烟主要原因

船舶高排放冒黑烟的原因主要有: 违规加注劣质高硫燃油; 船用柴油机故障; 船舶老旧和发动机排放控制技术落后。

船舶柴油机冒黑烟是柴油机较为常见的故障之一, 故障的原因有很多, 供油系统、燃烧系统、进排气系统等故障都会导致柴油机冒黑烟。具体主要原因为: 供油提前角不正确、喷油泵柱塞或出油阀严重磨损、喷油器(嘴)问题、喷油泵调速器问题、喷油泵供油量太大、气缸压缩压力不足、气阀间隙不正确、气缸内压缩不良、空气滤清器问题、气缸内压缩不良、进气管问题及燃油质量问题。

使用劣质高硫燃料也是船舶冒黑烟的主要原因之一, 随着硫含量、多环芳烃的降低, 燃料的清洁程度越高, 对降低颗粒物排放越有效果。使用劣质、高硫含量燃料是船舶冒黑烟的重要原因。通过杭州航区统计 2022 年杭州航区共计对 1728 艘次船舶进行船用燃油检测, 共计发现 11 艘次船舶使用含硫量超标燃油, 占比 0.64%。

综上所述: 船舶冒黑烟主要原因为柴油机机器问题及燃油质量问题, 而杭州航区对船舶进行燃油质量检测结果来看, 绝大部分船舶所使用的燃油均符合相关标准。所以船舶柴油机维护保养不到位或者故障是船舶冒黑烟的主要原因。

2. 国内法规标准和现状

目前涉及船舶排气国标, 如 GB 15097-2016《船舶发动机排气污染物排放限值及测量方法(中国第一、二阶段)》、GB 20891-2014《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国三、四阶段)》, 将颗粒物作为排放标的物给出排放标准。《内河船舶法定

检验技术规则》明确规定实施船舶的建造检验、初次检验及换证检验中防止空气污染检查应包括：一是核查控制柴油机有害气体排放的相关产品证书、试验报告等，二是确认对设备、系统、装置、装置布置和材料完全符合本法规有关规定，符合相关规定后方可签发《内河船舶防止空气污染证书》。

2.1. 根据《珠三角、长三角、环渤海（京津冀）水域船舶排放控制区实施方案》：

2.1.1. 自 2016 年 1 月 1 日起，船舶应严格执行现行国际公约和国内法律法规关于硫氧化物、颗粒物和氮氧化物的排放控制要求，排放控制区内有条件的港口可以实施船舶靠岸停泊期间使用硫含量 $\leq 0.5\%$ 的燃油等高于现行排放控制要求的措施。

2.1.2. 自 2017 年 1 月 1 日起，船舶在排放控制区内的核心港口区域靠岸停泊期间（靠港后的一小时和离港前的一小时除外，下同）应使用硫含量 $\leq 0.5\%$ 的燃油。

2.1.3. 自 2018 年 1 月 1 日起，船舶在排放控制区内所有港口靠岸停泊期间应使用硫含量 $\leq 0.5\%$ 的燃油。

2.1.4. 自 2019 年 1 月 1 日起，船舶进入排放控制区应使用硫含量 $\leq 0.5\%$ 的燃油。

2.1.5. 2019 年 12 月 31 日前，评估前述控制措施实施效果，确定是否采取以下行动：1. 船舶进入排放控制区使用硫含量 $\leq 0.1\%$ 的燃油；2. 扩大排放控制区地理范围；3. 其他进一步举措。

2.1.6. 船舶可采取连接岸电、使用清洁能源、尾气后处理等与上述排放控制要求等效的替代措施。

2.2. 2018 年底，交通部又发布了《船舶排放控制区调整方案（征求意见稿）》和《交通运输部海事局关于规范实施船舶大气污染物排放控制区监督管理工作的通知》。

2.2.1. 2019 年 1 月 1 日起，海船进入排放控制区，应使用硫含量不大于 0.5% 的船用燃油，大型内河船和江海直达船舶应使用符合新修订的船用燃料油国家标准要求的燃油；其他内河船应使用符合国家标准的柴油。2020 年 1 月 1 日起，海船进入内河控制区，应使用硫含量不大于 0.1% 的船用燃油。

2.2.2. 2020 年 3 月 1 日起，未使用硫氧化物和颗粒物污染控制装置等替代措施的船舶进入排放控制区只能装载和使用按照本方案规定应当使用的船用燃油。

2.2.3. 2022 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区海南水域，应使用硫含量不大于 0.1% 的船用燃油。

2.2.4. 适时评估船舶使用硫含量不大于 0.1% 的船用燃油的可行性，确定是否要求自 2025 年 1 月 1 日起，海船进入沿海控制区使用硫含量不大于 0.1% 的船用燃油。

烟度测试的方法：可采用林格曼烟气浓度图、测烟望远镜、光电测烟仪等方法。但我国目前还缺失船舶排气烟度的国家和地方标准。

3. 船舶冒黑烟执法依据和现状。

杭州：《杭州市大气污染防治规定》第十九条：在本市行驶或者使用的机动车、船舶和非道路移动机械不得排放明显可见的黑烟。

第三十五条第二款：在本市行驶的船舶排放明显可见黑烟的，由交通运输、海事、渔业等主管部门责令维修，经维修仍不符合规定排放标准的，不得运营。

上海：《上海市大气污染防治条例》第三十九条第五款：在本市行驶的机动车船不得排放明显可见的黑烟。

第八十六条第二款：违反本条例第三十九条第一款、第五款规定，在本市行驶的机动船向大气排放污染物超过规定的排放标准或者排放明显可见黑烟的，由海事部门责令改正，可以处一千元以上一万元以下罚款；情节严重的，处一万元以上五万元以下罚款。

杭州的法规对明显可见黑烟的界定没有明确的表述，可执行的排气烟度标准缺失，加上船舶检验对船舶尾气排放没有实际检测到位，对于交通部门的执法造成了一定的困难。

目前部直属上海海事局做了探索和应用,采用了相对易行、成本低、快捷的林格曼烟气浓度测量法,制定烟度违法标准,委托部天津水运工程科学研究所开发了“上海海事船舶黑烟检测-手机 APP”,开展了执法工作。“明显可见黑烟”违章查处现场取证最主要的两个证据是“至少持续 30 秒”以上持续冒黑烟,二是测量黑烟的林格曼黑度达到 2 级(共 5 级)以上,两者缺一不可,方可认定为违章。如因船舶靠离码头、转弯加速、紧急避让、顶潮避潮、搁浅脱险等特殊情况下船舶暂短冒黑烟,不作处理。

4. 综合治理建议

- 4.1. 加大环保宣传力度,营造防范大气污染氛围,开展普法的同时提升从业人员环保意识。
- 4.2. 常态化、多点位持续开展船舶油品检测(针对冒黑烟船舶的检测和对船舶油品的随机抽测)。如果发现油品不合格的情况,除了对船舶进行严格处罚外,同时将该船的加油凭证和相关证据交属地市场监管部门对加油点油品质量问题开展调查执法,促进联合闭环监督和油品质量的提升。
- 4.3. 开展有关杭州市在用柴油内河船舶尾气烟度排放限值及测量方法的研究,同时进一步修订完善执法依据、标准;配备和开发相应的执法设备、执法软件。
- 4.4. 加强源头管理,规范船舶检验,解决船舶尾气排放检测场地、设备、人员问题,推动船舶尾气检验工作的开展。
- 4.5. 推动船舶控制尾气排放加装设备的研制和应用。推动清洁能源船舶的使用(LNG、生物柴油、电力等),推动现有老龄船舶的更新。

参考文献:

- [1] 郝勇. 海事管理学
- [2] 船舶柴油机维修. 人民交通出版社
- [3] 固定污染源废气、烟气黑度的测定 林格曼望远镜法(HJ1287-2023)

作者简介: 陈兴华,男,出生 1977 年 4 月,吉林省磐石市人,毕业于大连海事大学航海学院水上交通工程专业,硕士研究生,现任杭州市交通运输行政执法队钱江港航执法大队三中队中队长,长期从事船舶水上交通安全监管,水上交通事故处理,船舶防污染等现场工作

内河水交通事故证据的分析

方志卿 郁海琦
海宁市交通运输行政执法队

【摘要】 本文根据内河水交通事故特性,分析内河水交通事故证据在事故处理中的作用,证据的类型和特点,询问笔录的内容,证据的审查判断,对证据链的分析,指出当前内河水交通事故调查中存在的困难,提出解决的建议

【关键词】 海事管理 内河水交通事故 证据分析

内河水交通事故,是指船舶、浮动设施在内河通航水域发生的碰撞、触碰、触礁、浪损、搁浅、火灾、爆炸、沉没等引起人身伤亡和财产损失的事件。水上交通事故的发生,既影响水上交通秩序,又造成人身伤亡、财产损失,根据《中华人民共和国内河交通安全管理条例》、《中华人民共和国内河交通事故调查处理规则》、《浙江省水上交通事故处理办法》的有关规定,海事管理机构是内河水交通事故的主管机关,调查处理内河水交通事故是海事管理机构的法定职责,准确、及时地处理内河水交通事故,有利于保障水上交通秩序、

保护国家利益和维护当事人的正当权益，促进水运事业的发展。

海事管理机构依法对内河水交通事故调查处理的主要任务是分析事故原因，判明当事各方的责任，提出加强安全管理和事故预防的建议。对内河水交通事故而言，调查取证是事故调处的基础，事故原因分析是事故调处的关键，实现对今后事故的预防是调处的目的。由于内河水交通事故的重要特征是不可能完整地保持事故现场，加之受交通工具的限制，往往不能及时赶到现场；而被调查对象又受到各自所处的立场、观察能力、对事故的陈述能力及事故各方面的利益冲突等客观原因影响，使水上交通事故的调查工作复杂、取证难度大。

1. 证据在水上交通事故调查中的作用

水上交通事故调查就是要查明事故事实，也就是查明原因、判明责任，而查明事故事实只能以客观事实即证据为依据，运用证据查明事故事实是水上交通事故调查的中心问题，调查活动应始终围绕着证据进行，查明的事实必须有充分的证据，没有证据，就不能证明事故发生的原因、过程和结果。因此，调查过程也就是收集证据、查明事故事实的过程。

证据是指依法收集能够证明事故发生的原因和过程，由此判断事故当事人应负法律责任的一切客观事实，及其对正确处理事故具有作用的事实材料。证据对水上交通事故的处理具有极其重要的作用：一是主管机关正确认定事故事实的根据，事故事实必须以证据来证明；二是保护当事人合法权益的合法工具；三是对主管机关事故调处工作进行监督和检验的基础。

2. 内河水交通事故证据的类型和特点

水上交通事故证据具有所有证据的三个基本特征，即客观性、关联性和合法性。客观性是指证据是客观存在的事实，不论调查者是否发现，它们都是客观存在，凡是主观臆想猜测、歪曲事实、伪造证据等一概不能作为证据。关联性是指证据与事故事实有一定内在的、客观的必然联系，能够证明事故事实的全部或部分。合法性是指证据程序的合法性，即证据必须具备法律规定的形式，必须按照法定程序调查收集和审查。

水上交通事故调处中的证据包括书证、物证、视听材料、电子数据、证人证言、当事人陈述、鉴定意见、勘察笔录和现场笔录。

2.1 书证

书证是指用文字记载的思想或行为以及符号、图表，表达人的思想，其内容对事故事实具有证明作用的物品。在内河水交通事故中，《船舶国籍证书》、《船舶所有权证书》、《船舶检验证书》、《船舶最低安全配员证书》、《船员适任证书》、《船员服务簿》、《航行日志》、《轮机日志》等均属主要收集的书证；此外，航行设备、仪器的性能、技术参数的原始文书资料、装货作业记录、天气预报或水上交通事故发生区域当时的气象记录等证据的收集也有助于部分事故的认定。它们具有较强的客观性和真实性，但应当注意所记载的内容是原始的、没有改变的，如有变更，要注意审查其真实性。

2.2 物证

物证是指外部特征、物质属性、所处位置以及状态等与事故事实具有证明关系的各种客观存在的物品、物质或痕迹。如碰撞事故中，在船体上发现对方船体的凹陷、油漆、木屑等。物证具有较强的客观性和不可替代性，必须及时、客观、全面、细致地收集与事故有关的物品、痕迹等一切物证，以利事故的调查。

2.3 视听材料

视听资料以录音、录像、电子计算机或其他高科技设备所存储的信息，是以模拟信号的方式在介质上进行存储的数据，能证明案件事实情况的资料，如录有声音或图象的录音带、录像带等，能够直观地、动态地、全方位地再现案件或与案件相关的事实，具有其他证据不可替代的优点。

2.4 电子数据

电子数据是以数字信号的方式在介质上进行存储的数据，电子数据则更强调数据的记录方式，是指以电子方式记录的数据。如船舶的 AIS 轨迹、GPS 轨迹、RFID 数据等，都可以作为当前内河水交通事故调查中收集的重要证据。

2.5 证人证言及当事人陈述

证人是指了解事故事实的自然人，证人以所了解的事故事实向调查机关所作的陈述，称为证人证言。内河水交通事故涉及到的证人主要有船舶所有人、旅客、托运人、周围他船船员及岸上人员等。但是了解事故情况的人不一定都能作证人，那些生理上精神上有缺陷或年幼而不能正确表达自己意志的人不能作证人。在内河水交通事故的调查中，证人证言是

相当重要的证据。

当事人是指事故发生时负责船舶航行、停泊或作业的人员,主要包括船长、值班驾驶员、轮机长、值班轮机员及舵工、了望水手和机舱人员等。当事人陈述主要指内河交通事故当事人及因该事故而受到侵害的受害人就有关事实所作的陈述,包括当事人就有关事实的说明和对事实的承认两种。由于当事人对事故整个过程有亲身的经历和感受,最清楚事实,他们的陈述有利于查明违法事实。但由于当事人与事故的处理结果有直接利害关系,其陈述又可能有虚假的一面,只有把它与事故的其他证据加以综合分析印证,查证属实后才能作为定案的依据。

由于水上交通事故的特殊性,证人证言及当事人陈述是重要的证据,其形式一般是询问笔录,也可以是证人或当事人书面表述。询问中应当包括但不限于以下内容:①被询问人的基本情况;②船舶情况;③影响航行的自然情况;④船员配备情况;⑤事故发生的时间、地点;⑥事故发生前后的驾驶操作过程;⑦船舶损坏的部位、范围、程度、人员伤亡、财产损失情况;⑧如是装载危险品的船舶应调查危险品的名称、种类、数量;⑨其它根据事故情况需要进行调查的情况。

2.6 鉴定意见

是指有关专门机构或专家运用专业知识对事故中的某些专门性问题进行鉴定判别后所作出的书面性结论。如受损船舶检验报告、所载商品检验报告及其它书面鉴定,鉴定结论必须同其他证据结合起来进行审查、互相印证、才能作为定案的依据。

2.7 勘验笔录、现场笔录

勘验笔录、现场笔录是调查人员通过开展痕迹取样、绘图、测量等现场勘查工作并进行现场拍照、摄影核实船舶、设施及其货物的损害情况、人员伤亡情况,以及船舶的适航状态、设施的技术状态和寻找在事故发生过程中可能留下的痕迹等后,将查验的情况与结果制成的笔录。它的显著特征是具有较强的客观性和准确性,因而也就有较强的证明力。

3 证据的审查判断

海事管理机构要查明事故事实,经过深入现场,遵循“公正、客观、全面”的原则,广泛收集能够反映事故事实的证据,并对其进行科学分析和综合研究,才能对事故事实作出符合客观实际的结论。内河水交通事故分析是对经调查所获取的各种证据材料的审查研究、相互印证、推理判断的一个综合过程。通过对事故的分析可以指导进一步调查方向,达到了解事故过程、查明事故原因的、判明事故当事方的行政责任、总结经验教训和提出监督建议的目的。

调查取证和事故分析是事故调查的两个方面,它们是相辅相成的,不能截然分开。在事故调处时应边调查取证,边进行事故分析,调查取证可以开阔思路,促进事故分析;反过来,事故分析可以指导调查取证,从而取得对事故分析具有价值的证据。

海事管理对证据的审查判断,就是认定证据的真实性和证明力。只有正确地审查和判断证据,才能确保证据的真实性和可靠性,才能作出正确的结论。审查判断证据是海事管理对证据的客观性、关联性和合法性进行审查,对证据的证明力作出判断的活动。审查判断证据必须采用科学的方法进行:

3.1 排除证据的疑问和矛盾

在收集到的各种证据中,某些证据及证据本身不可避免地出现这样或那样的矛盾,审查时,必须注意发现这些矛盾,分析产生的原因,并进一步收集证据解决这些矛盾。对证据应从以下几个方面分析:一是某一证据本身有无矛盾,证据内容前后是否一致;二是 2. 证据与证据之间有无矛盾;三是证据与事故事实之间有无矛盾。

3.2 对各个证据具体分析

客观存在的证据都是在一定条件下形成的,为了确定证据的真实性和准确性,必须联系具体情节,采用不同的分析方法,才能对证据作出正确判断。

3.3 对全部证据进行综合分析

把证据之间的内在联系和证据与某些事实的联系有机地结合起来,建立一条有不同内容、不同形式、不同角度的证据链,才能揭示事故的真面目,认定事故事实。

4 对证据链的分析

通过一条有不同内容、不同形式、不同角度的证据链,实现由感性认识即我们的现场勘测、调查取证上升到理性认识即了解事故发生的真实情况的过程,是调查人员发挥主观能动

性，付出大量的、艰苦的、细致的、耐心的工作，不断创造条件去认识事物本质的过程。

因此，在事故分析时要不断地学习、掌握、充分运用辩证唯物主义的观点去观察、分析、解决问题，要善于透过现象认识事物的本质，实现由感性认识到理性认识的飞跃，从错综复杂的头绪中得出正确的结论。所以必须把所有收集到的证据材料加以去粗存精、去伪存真、由此及彼、由表及里地审查研究，从中找出内河水交通事故发生的真实情况，从而得出正确的结论。

要透过现象认识事物本质即事故事实，实现由感性认识到理性认识的飞跃必须具备两个条件：一是要有大量可靠的证据材料，所以必须收集大量可靠的证据材料，它是实现由感性认识上升到理性认识、揭示事故真实情况的前提；二是对感性材料即调查人员收集的证据材料进行加工制作，即进行“去粗存精、去伪存真、由此及彼、由表及里”的过程。经过分析和鉴别，把零碎的、彼此分离的证据综合起来进行思考，发现它们的内在联系，发现隐藏在其中的必然联系，由此可以从反映事故的各个侧面了解到事故的真实情况。

5 结论

内河水交通事故的调查应当坚持，“以事实为依据，以法律为准绳”的原则，始终围绕“以证据查明事故事实”这个中心，通过证据的收集，对经调查获取的各种证据材料进行具体研究和综合分析，采用不同的方法，联系具体情节，排除证据的疑问和矛盾，确定证据的真实性和准确性，把证据之间的内在联系和证据与某些事实的联系有机地结合起来，通过一条有不同内容、不同形式、不同角度的证据链，查明事故原因，揭示事故的真面目，判明事故当事方的责任。

参考资料：

- [1] 生产安全事故报告和调查处理条例
- [2] 中华人民共和国内河交通安全管理条例
- [3] 中华人民共和国内河交通事故调查处理规定
- [4] 浙江省水上交通事故处理办法
- [5] 水上交通事故调查处理简易程序规定
- [6] 水上交通事故统计办法

作者简介：

通讯地址：海宁市文苑南路 136 号 海宁市交通运输行政执法队

联系电话：18357246233（方志卿）、18324361889（郁海琦）

邮政编码：314400

《航海气象》课程教学中的有效方法

艾万政 张洪刚 涂学甄

（浙江海洋大学，浙江舟山，316000）

摘要：《航海气象》这门课程对确保海上船舶安全很重要，因此教师应挖掘有效的教学方法，以便让学生扎实地掌握这门课程。本文运用实例验证的研究方法，提出了针对这门课程的案例教学法、类比教学法、总结教学法、图形教学法等，研究结果表明，科学运用这些教学方法，可以大大提高教学效果。

关键词：航海气象；教学；方法；类比法；图形法

1 引言

《航海气象》课程是航海类专业一门重要的考证课程之一^[1]。在原来三副《航海学》考试中，占比达到 30%以上，而在原来大副、船长《航海学》考试中，占比达到 50%以上，甚至高达 70%^[2-4]。该课程学习的好坏，直接涉及到海上安全^[5-8]。例如，在海上看不懂气象图，

不知道台风动态,船舶有可能遭遇台风袭击而造成悲剧。我国地处西北太平洋,是季风、台风、大雾等恶劣天气常发地区,因此,作为一名航海类专业的学生,应掌握航海气象相关知识,这对于确保海上安全是必不可少的。航海类专业学生,对于气象知识的铺垫较少,因此他们对于《航海气象》课程学习的体会是:较难吸收且映像不深刻、气象图分析不准确。目前关于《航海气象》的教学,普遍采用的模式还是照本相苛,学生接纳吸收效果较差^[9-12]。因此,有必要研究探索《航海气象》课程教学的有效方法。

2 课程教学难点分析

《航海气象》课程中,较难理解且容易忘记的知识点主要包括以下三个方面:

(1) 高压和低压。

对高压和低压的认识,始终贯穿《航海气象》教学的整个过程。高压也叫反气旋,低压也叫气旋。从压力角度讲是高压和低压,从流场角度讲是反气旋和气旋。两者只是称呼不一样,但从本质来讲,两者均是同一样东西。与高压相关的课程内容包括:冷高压、副热带高压等;与低压相关的课程内容包括:锋面气旋、热带气旋等。冷高压、副热带高压、锋面气旋和热带气旋均是课程教学的重点。锋面气旋还涉及到气团和锋等方面的预备知识。

(2) 风压定律

风和气压之间是存在关系的。在不考虑摩擦时,风压定律的描述如下:背风而立,北半球高压在右,低压在左,南半球相反。而在考虑摩擦时,风压定律表述为:背风而立,北半球高压在右后,低压在左前;南半球高压在左后,低压在右前。在热带气旋这一章节中,也讲到了风压定律在判断热带气旋方位方面的运用,即教材中所讲:背风而立,北半球热带气旋在左前 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 方位。南半球热带气旋在右前 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 方位;当风力6级在 45° 左右,8级风时热带气旋在 67.5° 左右,十级风以上热带气旋在 90° 左右。在船员考试中,有很多题目是关于风压定律运用的。例如,有一道题目如下:在北太平洋中,某东行船处在前后低后高的气压场中,将观测到什么风向;又如,在渤海,某东行船观测到强劲的NNW风,请判断高压在船的哪一侧(是高纬一侧还是低纬一侧?是船前海是船后?);再如,在南海,某东行船观测到6级东北风,请判断台风的具体方位(180° 度还是 45° 度?)。很多学生或学员遇到这类题目感觉到困难且无从下手,造成这一局面的真正原因是没有好好理解风压定律,也不会运用风压定律来解决问题。

(3) 天气与下垫面的关系

很多学生存在着一种误解,即太阳出来把空气弄热,空气再把气温弄热。甚至很多老师也有这种误解。其实,天气与下垫面密切相关,太阳出来,通过辐射等方式先把下垫面弄热,下垫面再通过热辐射等方式才把空气弄热,此时气温才升高。因此下垫面才是决定天气的关键性因素。与下垫面相关的知识点还有:冷气团、暖气团、季风等。

3 课程教学方法设计

3.1 案例教学法

课程教学最好贴近生活、贴近实际。通过生活案例,可以将知识点讲授得通俗易懂。例如,在讲授“下垫面是决定天气的关键因素”这一内容时,可以联系到“火炉旁边吃西瓜”的实际案例。地处我国西北地区的沙漠地区,尽管纬度高,但它的下垫面是沙漠,白天太阳一出来,沙子受热很快,气温上升很快,可以高达 40° 以上的高温。晚上太阳下山了,沙子很快冷却,气温马上可以下降到零下十几度,需要烤火。在西北地区生长的西瓜,光合作用好,西瓜甜,所以会出现“火炉旁边吃西瓜”的现象。通过这样的例子,可以让学生很好理解“下垫面是决定天气的关键因素”这一问题。围绕这一问题,还可以进行生活类比,如大家均深有感受,那就是为什么井水冬天温暖、夏天凉爽,这主要是因为,井水的下垫面是水,水具有较好的比热容(吸热能力),且水具有流动性,水的温度比陆地均匀且不会温度忽冷忽热。再如,为什么湖北黄石和舟山比较,虽然它们二者均处在长江沿线,且纬度都差

不多，按理讲，它们二者的气温均应差不多，但在冬天，黄石的气温要比舟山低 1 到 2 度，而夏天黄石的气温比舟山高 1 到 2 度，这主要是因为，舟山的气温受到海洋的调节，而黄石的气温却不能受到海洋调节。通过以上的类比，学生很容易理解下垫面对天气的影响。

3.2 类比教学法

类比教学法形象生动，往往可以达到意想不到的效果。例如在讲授逆温天气现象时，可以进行如下类比：逆温像罩子（罩住大地），罩住大地的结果是阻挡了上下层气流的交换，阻挡气流交换会导致稳定性天气，稳定性天气的典型特征是雾、层云、毛毛雨。通过把逆温类比成罩子，学生很快就会记住逆温的天气现象（大气层结稳定、出现雾、层云、毛毛雨天气）。再如，在讲授气温高时天气不稳定，而气温低时天气相对稳定，此时可以类比成食物，在夏天气温高时，食物很容易变坏，而气温低时，食物不容易变坏。通过这样一类比，学生很容易将气层稳定与气温相关的结论记住。这也很好解释了为什么夏天容易出现剧烈型天气，而冬天却相对较少出现剧烈型天气的原因。

3.3 总结教学法

通过总结得出结论，学生印象深刻。如，教材中关于气温的年较差和日较差讲了很多，按照教材的方法去学习，学生学完以后效果较差。但教师可总结一句“一般较冷的地方、较冷的季节气温的年较差大，一般较热的地方、较热的季节，气温的日较差大”。为了说明这一问题，教师还可以举例。就拿北京和广州比较，北京最热的时候不比广州气温低，而在冬天，北京最低气温可以达到零下十几度，而广州最冷的时候也有零上十几度。通过这一例证，学生会很快记住这句话的结论，而且也会做一些题目。诸如“渤海、黄海、南海哪里气温年较差大”、“春夏秋冬哪个季节气温年较差大”这类题目，学生均可以自己判断。

又如，在讲到船舶通过锋面气旋天气时，教师可以总结一句话“无论南北半球，只要观测到风顺时针转，表明船舶通过锋面气旋的底部”，而教材中讲的是“只要观测到风顺时针转，在北半球船通过锋面气旋低纬一侧，南半球通过锋面气旋高纬一侧”。显然，教材中的总结不便于记忆。为了让学生理解，可以用图 1 进行说明。同样，用图解法说明，也可以针对热带气旋得出结论：无论南北半球，只要观测到风顺时针转，表明船舶处在热带气旋的右半圆。而教材中并没有这样总结。

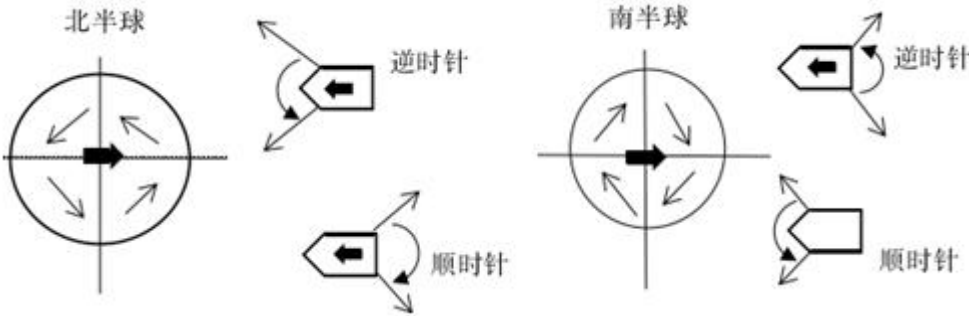


图 1 船舶通过锋面气旋天气

3.4 演绎教学法

演绎出的结论，学生既好理解，也便于记忆。演绎教学往往可以达到意想不到的效果。例如，在讲授冷暖气团特性时，可以按照以下步骤一步步推导，并不是要求学生死记。就拿①来说，由于冷气团下垫面相对温暖（上文讲过，下垫面是决定天气的关键性因子），所以变性快（暖的环境下容易变性），变性快的结果是气层不稳，气层不稳的结果会导致阵性大风和降雨，由于下垫面温暖，所以气温日较差大（上文讲过，在热的环境下，气温日较差大）。同理②也可以这样说明，学生映像非常深刻。

①冷气团→下垫面暖→变性快→气层不稳定→伴积状云→多阵性大风、阵性降水→气温日变化（日较差）大。

②暖气团→下垫面冷→变性慢→气层稳定→伴层状云 St→多雾、毛毛雨→气温日较差小。

又如，教材中在讲授锋面雾时提到“锋面附近的暖气团的水滴落入冷气团通过蒸发而形成的雾”，但是很多学生会困惑，为什么暖气团的水滴不在暖气团蒸发而要落入冷气团蒸发？（很多学生认为暖气团的温度高更好蒸发），但教师如果稍微推理一下，那就是：所谓的冷暖气团是相对于下垫面来讲的，冷气团的下垫面相对温暖，更容易蒸发水滴。这样一解释，学生会恍然大悟。

再如，在讲授海陆风和山谷风时，可以进行如下推理：白天，当太阳出来，由于海洋的下垫面是海水，海洋受热慢，大陆受热快，大陆空气热膨胀快，因此高压在海而低压在陆，一般风是从高压吹响低压，因此白天是风从大海吹向陆地，称之为海风。同样陆风、山风、谷风也可以这样解释（如图 2 所示）。

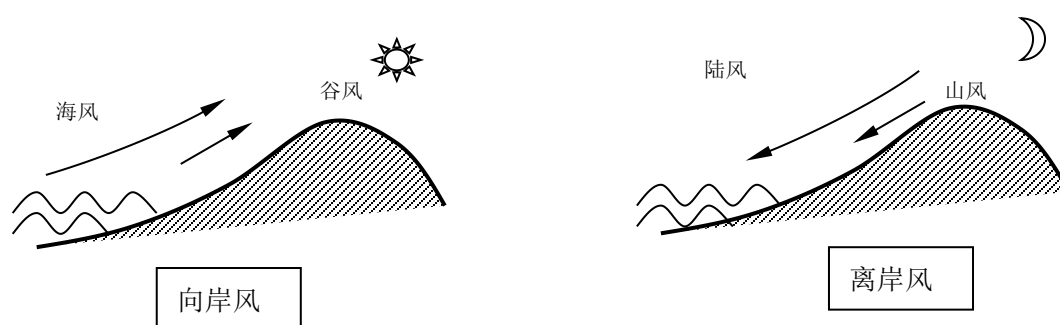


图 2 山谷风和海陆风

还有一个知识点，那就是：对于高压和低压，最里面的那条闭合等压线的压力是多少。对于这个问题，很多学生都是迷迷糊糊，甚至有的学员快做到船长还没有掌握。其实对于这个问题，经过简单的数学推理便会明白。解决这一问题的关键是“找余数”。众所周知，国外气象图上，等压线的间隔是 4 百帕，而国内气象图上是 2.5 百帕。只要将中心气压除以 4 或 2.5，找出余数，通过加减即可得出最里面一条闭合等压线的压力。如在国外天气图上，如果高压中心的压力是 1025 百帕，则 $1025/4$ 的余数是 1，则最里面一条闭合等压线的压力是 $1025-1=1024$ （若是低压，则加上余数可以得到最里面闭合等压线的压力。因为高压越到外边压力越小，低压越到外边压力越大）。

3.5 图形教学法

（1）推论式图形

推论式图形比较适合于理解风压定律。风压定律讲到，在考虑摩擦时，背风而立，北半球高压在右后，低压在左前，南半球相反，但很多人不会运用此风压定律。例如，有一道例题“在北太平洋上，某东行船在前低后高的水平气压场中，将观测到风向为？”，对于此题，实际上是运用风压定律结题。若用以下推论性图形则很快就会理解。①第一步：画出压力线（由高压指向低压，如图 3 中的图 A，由 W 指向 E）；②第二步：压力线顺时针旋转 67.5° 得风线（如图 3 中的 B 图）。因此本题答案是 NNW 风。又如例题“在北太平洋上，某东行船看到强劲의 NNW 风，根据风压关系，判断高压在何处”？推论性图解法如下：①第一步：画风线（如图 4 中的 A 图）；②第二步：将风线逆转 67.5° 得压力线（由高压指向低压，如图 4 中的 B 图），因此本题答案：高压在船尾。通过以上两道例题，可以将风压定律解题方法总结为：北半球，通过压力求解风，在考虑摩擦时，将压力线顺转 67.5° 得风线（在不考虑摩擦时，如地转风，则转 90° ）；通过风求解压力，在考虑摩擦时，将风线逆转 67.5° 得压力线（由高压指向低压）（在不考虑摩擦时，如地转风，则转 90° ）。南半球相反。

”

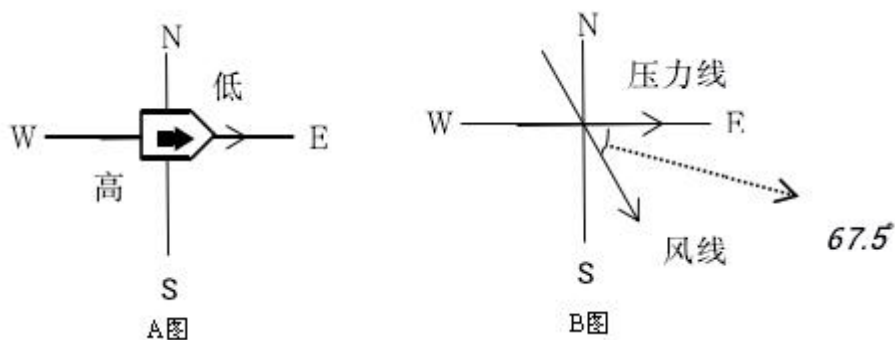


图3 风压定律图解（根据压力判断风）

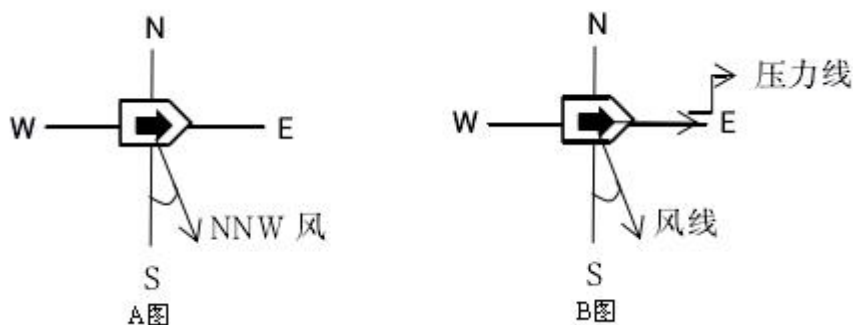


图4 风压定律图解（根据风判断压力）

这一重要结论有很重要的应用。例如应用一，教材中讲“背风而立，北半球热带气旋在左前 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 方位。南半球热带气旋在右前 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 方位；当风力6级在 45° 左右，8级风时热带气旋在 67.5° 左右，十级风以上热带气旋在 90° 左右”，对于理解这一问题，完全可以根据上面讲的根据“风判断压力的方法”去确定热带气旋的方位，只不过当风力6级时旋转角度是 45° ，8级风时旋转角度是 67.5° ，十级风以上旋转角度是 90° 。应用二，如果在北半球观察日本的地面分析图，若要判断某地方的风向，则可以采取类似的方法，即：先画出压力线（垂直于等压线，由高压指向低压），然后将压力线顺转 67.5 度，得出该地的风向。

（2）总结式图形

总结式图形，有助于学生对知识点的记忆。如图5是典型的北半球冷暖锋附近的风向示意图。针对此图，本人曾发表过一篇教改论文，也曾提出过判断锋面附近风向的八字方针，即“锋后垂直（锋后的风向垂直于锋面），锋前远离（平行于锋面并远离赤道）”。利用这一结论，可以解决很多问题。例如例题“在渤海某轮船自东向西穿越暖锋，通常风向为？（A. S~SW 转 N~NW、B. S~SW 转 E~SE、C. E~SE 转 S~SW、D. N~NW 转 E~SE）”通过图5可以看出，船舶在暖锋前是 SE 风，暖锋后是 SW 风，因此本题答案应选 C。

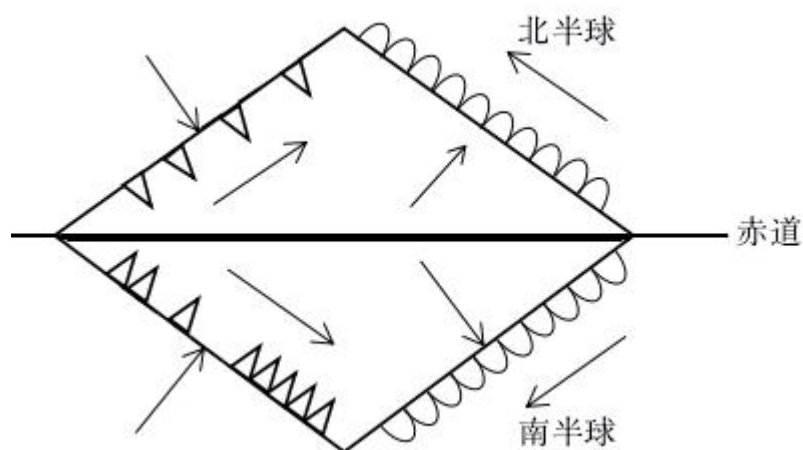


图 5 锋面附近的风

又如，在总结锋面气旋天气时，可以通过图 6 提出“三防”，即“暖锋前防雨及锋面雾、暖区防平流雾、冷锋后防风”。有助于学生记忆锋面气旋天气特征。

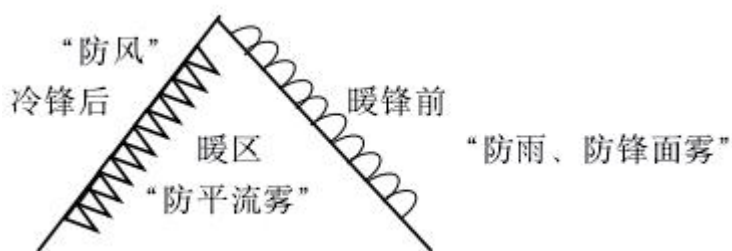


图 6 锋面气旋天气

再如图 7，可以对北半球反气旋（高压）天气做一个总结。一般反气旋越到外面风越大，而气旋则相反。反气旋的中心多半是稳定型天气，往往是晴朗微风有雾。结合图 7，可以给学生讲解冷高压和副高在北半球的天气特性（南半球气流运动方向相反，中间天气类似）。只不过冷高压中心干冷，而副高中心闷热。



图 7 北半球反气旋天气

(4) 理解式图形

理解式图形，可以很好帮助学生理解课程内容，且会加深映像。例如在讲授避台时，教材中讲到“北半球，船舶在危险半圆（右半圆），右首顶风驶离，在可航半圆

（左半圆），右尾受风驶离”，如何理解这句话，可以通过图 8 来加强理解。在海上一般最危险的态势是船舶与台风相向而行。为了考虑安全，就应该考虑这种最坏的态势。如图 8 所示，若船在左半圆，最佳的逃跑路线是沿着 A 逃跑， β 风对船舶的影响是右尾受风（多考虑后半象限风的影响）；如果船舶在右半圆，最佳的逃跑路线是 B，风 α 对船舶的影响是右首顶风（多考虑后半象限风的影响）。用同样的方法，也可向学生讲授南半球船舶避台方法。

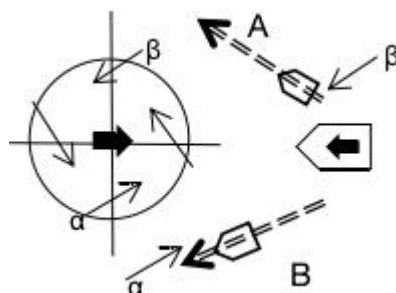


图 8 北半球船舶避台示意图

4 结语

《航海气象》课程内容丰富，对确保航海安全很重要。因此有必要教授好《航海气象》这门课程。通过研究发现，不断钻研课程，针对不同知识点，巧妙运用各种教学方法，如案例教学法、类比教学法、总结教学法、图形教学法等，可以大大提高教学效果。

参考文献

- [1] 王艳玲. 航海气象新大纲试题分析与教学要点[J], 航海教育研究, 2008(2):46-47.
- [2] 杨亚新, 朱谦阳. 航海气象与海洋学多媒体教学课件的设计和开发[J], 航海教育研究, 2001(2):41-43.
- [3] 张霞. 高职航海气象课程的说课探讨[J], 天津航海, 2014(1):58-60.
- [4] 王艳玲. 高职院校航海气象实验与实践教学改革研究[J], 考试周刊, 2011(1):18-19.
- [5] 胡德生. 提高航海气象教学效果的思考[J], 武汉航海, 2012(6):1-4.
- [6] 孙林波, 陈强. 高职航海气象与海洋学教学中学生应用能力的培养[J], 航海教育研究, 2013(1):58-60.
- [7] 杨亚新. 航海气象课程体系改革与立体化教材建设[J], 职业技术教育, 2009(26):17-20.
- [8] 王军, 李邵喜. 航海气象信息图形可视化研究[J], 黑龙江交通科技, 2012(2):105-106.
- [9] 杨亚新. 融英语于航海气象教学的尝试[J], 航海教育研究, 2001(3):41-42.
- [10] 王艳玲. 谈航海气象兴趣教学与适任考试结合[J], 天津航海, 2008(2):75-77.
- [11] 杨亚新, 朱谦阳. 航海气象与海洋学多媒体教学课件的设计和开发[J], 航海教育研究, 2001(2):86-89.
- [12] 赵健, 赵璐, 王新建. 中外航海教育模式对比分析与借鉴[J], 航海教育研究, 2017(1):41-45.

作者简介：艾万政（1971-），博士，教授，研究生导师，甲类大副，GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任

张洪刚（1984-），硕士，讲师，浙江海洋大学航海技术专业教师。研究方向：航海技术

淦学甄（1979-），男，硕士，讲师，甲类大副浙江海洋大学航海技术系教师。研究方向：航海技术

我国航海本科专业师资现状及发展对策研究

淦学甄 艾万政 朱鹏飞
(浙江海洋大学, 浙江舟山, 316022)

摘要: 目前我国航海专业师资培养存在较大不足, 这不利于我国航海事业的发展, 因此有必要探讨提升我国航海专业师资的途径。本文通过调查我国航海院校航海专业师资现状及不足之处, 提出改善我国航海专业师资现状的措施。研究表明, 要提高航海专业师资素质, 不但国家层面要加强统一协调, 同时各航海院校在航海专业师资培养、人才引进及考核晋升方面应采取大幅度的政策倾斜。

关键词: 航海; 专业; 师资; 现状; 对策

1 我国航海本科专业现状

没有国际贸易, 世界上大部分人会挨饿, 这是前国际海事组织总干事的呼声。目前我国拥有 160 多万海员, 是他们承担了我国 90% 的国际贸易任务。海员长期背井离乡地生活在甲板上。他们不但生活艰苦, 同时还必须具有一定的专业知识和安全意识。因此航海专业是一个艰苦的高危专业^[1-2]。航海专业的艰苦性决定了海员流失很大。相关资料表明, 未来 3 到 5 年, 我国海员劳务市场将出现实习生和持证三副、三管严重短缺, 几乎每年都存在 0.5 万人左右的缺口^[3-4]。我国目前大约有 13 所航海本科院校, 培养的本科毕业生每年大约维持在 6000 人左右 (每年本科毕业人数见图 1)。本科航海毕业生是补充高级船员的重要力量, 目前几乎处于供不应求的状态, 因此, 航海本科教育在我国有着较好的发展前景^[4-5]。



图 1 每年航海专业本科学生人数

2 航海专业对师资的要求

说得通俗一点, 航海专业培养的人才就是船舶驾驶员。一个高素质的船舶驾驶员必须具备的知识结构包括: 船舶航行知识、船舶货运知识、船舶管理知识、船舶通信知识等^[6-8]。为了达成以上知识结构, 目前本科院校航海专业开设的一些基本理论课程和实训课程分别见图 2 和图 3。

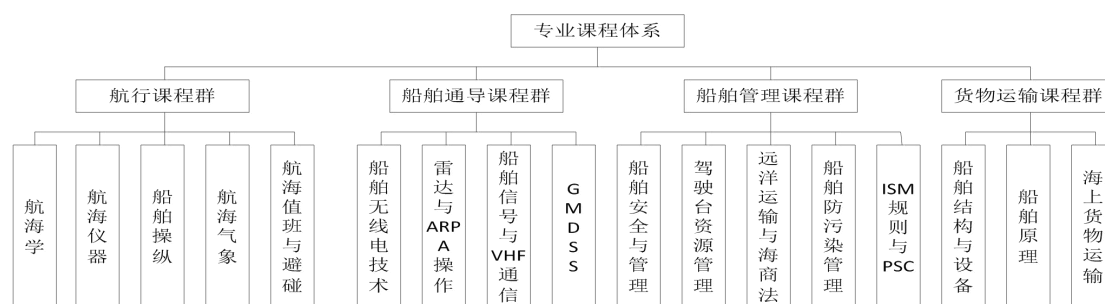


图 2 航海专业理论课程体系

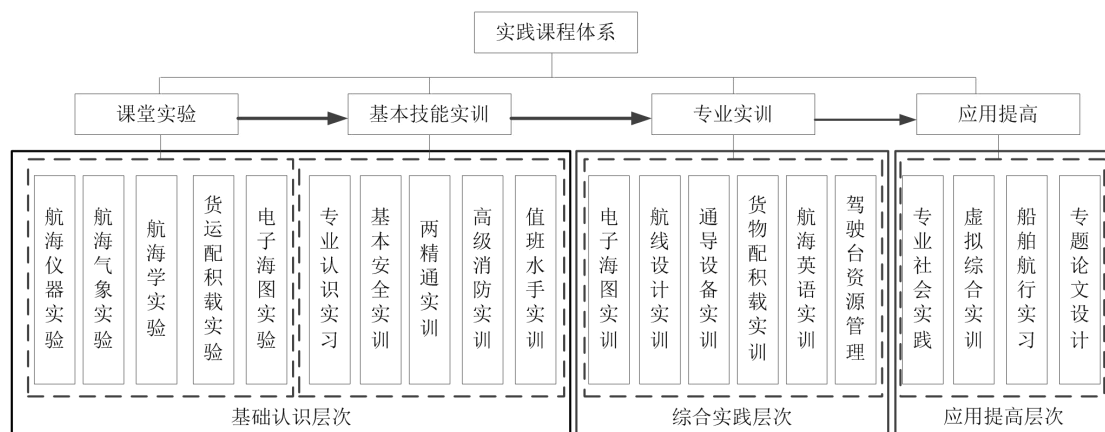


图3 航海专业实训课程体系

从图2和图3可以看出，航海专业是一个典型的“拿来主义”的应用型专业。所谓“拿来主义”，即是航海专业的几门专业理论课程分属于不同的学科门类，如“船舶管理”课程及“避碰规则”课程属于海商法学科；“航海仪器”课程和“GMDSS”课程属于电子学科；“船舶操纵”课程及“船舶原理”课程属于船舶与海洋工程学科；“航海学”课程及“海运地理”课程属于地理学科。所谓应用型专业，指的是航海专业培养的人才最终要能够驾驶船舶。航海专业的“拿来主义”特性和应用型特性决定了航海专业师资既具有较强的理论知识，又必须有一定的航海阅历。因此航海专业需要的师资是严格的双师型教师。

3 航海本科专业师资现状

我国13所航海本科院校航海专业师资结构大致相当。这与我国目前的教育体制和人才结构密不可分。下面以浙江海洋大学为例来分析我国普通航海院校航海专业师资构成。浙江海洋大学自2007年开始航海本科招生专业，每次招收两个自然班，每班学生30人左右。截止到目前为止，学校已经招收13届学生并培养了航海本科学生近八百人。近几年浙江海洋大学航海专业师资发展情况见表1。浙江海洋大学航海专业师资发展情况具有一定的代表性。经过调查发现，我国其他航海院校，如重庆交通大学、广东海洋大学、北部湾大学、大连海洋大学、渤海大学、泉州师范大学等，在航海师资发展方面也有类似的现象。

表1 浙江海洋大学航海专业师资发展现状

年份	师资总数	专科船长	博士学历	硕士学历	高级职称	高学历双师型占比
2015年	11	3	1	7	4	18.0%
2016年	12	4	1	7	4	16.6%
2017年	15	4	1	10	4	20.0%
2018年	15	4	1	10	4	20.0%
2019年	19	4	5	10	4	21.0%

由表1可知，我国航海院校航海专业师资现状具有以下几个特点。（1）高学历双师型教师比例严重不足。浙江海洋大学经过5年的发展，高学历双师型队伍占比进步不大，始终维持在20%左右。（2）教师发展受限。5年来，浙江海洋大学高级职称人数始终维持在4人，没有一人晋升高级职称。（3）高学历师资进步较快。表1显示，浙江海洋大学在2015年到2018年期间，航海专业博士教师人数才1人，到2019年，博士教师人数增加到5人。这一现象的改变与国内博士培养规模和学校人才引起力度密切相关。（4）高端双师型教师缺乏。对于航海技术专业而言，所谓高端双师型教师指的是既持有船长职业证书，同时又具有博士学位和教授职称的航海教师。相关统计资料表明，这样的高端型师资，全国还是个位数。到目前为止，浙江海洋大学这样的师资一个也没有。

4 师资对专业发展的影响

教师的天职是“求道、授业、解惑”。但由于教师的思想修养、职业修养和知识结构各不相同,对学生产生的影响也大不相同,所谓名师出高徒讲的就是这个道理。航海专业师资对人才培养的影响主要包括以下几点。

(1) 影响教学效果。对于从来没上过船的教师而言,他们缺乏航海阅历,讲授的课程不能理论联系实际,让学生难以理解。如有老师上《船舶结构与设备》这门课,他居然连船都没见到过,对船舶没有一点整体映像,完全纸上谈兵,这样是不可能把船舶结构与设备讲清楚。同样,如果一个老师航海阅历丰富,但学历较低,他们的理论沉淀较浅,讲出来的东西缺乏理论性和连贯性,也不太适合本科生教学。浙江海洋大学曾有专科学历的船长给学生上课,本来一节课的内容,他却十分钟就讲完了。原因是他在讲授某一个问题时,只直接拿出结论,其中过程怎么来的,他都讲不出来。由此可见,对于航海专业而言,给学生上课的教师最好是双师型教师,这样才能很好满足理论联系实际的教学要求,也符合航海专业是应用型专业的特点。

(2) 影响教学资源配置。航海技术本科办学既要符合教育部对人才培养的要求,同时,在学生考取船舶驾驶证书时,又要受到国家海事局文件的约束。教育部和国家海事局在航海专业师资安排上有时候存在矛盾。国家教育部规定,专科学历的教师即便是有船长证书是不能跟本科生授课的;而国家海事局对上课教师的资质限制是较少要求学历而很重视船上资历。如对航海专业 GMDSS 类课程教学师资的要求是, GMDSS 教员须满足下列条件之一:

1) 通信、电子类相关专业本科及以上学历,具有不少于 6 个月的全球海上遇险和安全系统知识与操作教学经历或不少于 3 个月的海上通信实习经历,并持有全球海上遇险和安全系统通用操作员有效证书;

2) 航海专业本科及以上学历,具有甲类海上大副及以上的任资资格,具有不少于 6 个月的全球海上遇险和安全系统知识与操作教学实习经历,并持有全球海上遇险和安全系统通用操作员有效证书;

3) 持有一等、二等船舶电子员证书,具有不少于 6 个月的全球海上遇险和安全系统知识与操作教学经历。

以上三个条件均强调了海上资历,要求较高。很多高校为了满足以上 GMDSS 师资条件,把一些本来不是教授 GMDSS 课程的教师,或者是对 GMDSS 不感兴趣的教师,只要他满足上述条件,也强行把他调整到 GMDSS 任课教师,严重影响到教师队伍的优化配置。浙江海洋大学为了满足上面的条件,不得已把一些本来可以给船长授课的教师调节到 GMDSS 授课教师中来。

(3) 影响团队建设。由于海事对于各门课程任课教师的海上资历有严格的限制,很多学校在开班航海专业向海事报备的时候,是按照海事的要求把有海上资历的教师放到合适的科目中去。但实际上,由于学校在给教师排课的时候,既要考虑课程限制(每个教师一年不能超过几门课)和整体安排,也要兼顾教师专长,导致报备的和实际上课的教师不统一。这种现象在很多航海类院校普遍存在。近几年,海事局要求相关授课教师除了要有一定的海上资历以外,还必须通过海事局举行的师资考试,才能取得授课资质。例如,某老师虽然有 GMDSS 课程的授课海上资历,但他必须参加海事局举行的 GMDSS 上机考试,考试成绩达到 85 分以上才具有教授 GMDSS 课程资质。问题是,某老师本来的专长是教授航海学,也属于航海学团队教师,但学校向海事报备时他属于 GMDSS 课程教师,因此他必须参加海事举行的 GMDSS 课程考试,且必须达到 85 分。这样造成的后果是,很多教师不能通过海事举行的考试,理由是平时教授的航海学不让他参加考试,反而要他去考 GMDSS,多年荒废,对 GMDSS 不熟悉,考试也不可能通过。从浙江海洋大学来看,近几年教师参加海事师资考试的通过率不足 50%,也严重影响了教师教学团队建设。

5 加强师资建设对策

航海专业“拿来主义”应用型专业的特性决定了航海专业师资建设的总体目标是朝着双师型方向发展。但是由于存在种种现实困难,航海专业双师型教师引进并不容易。主要原因是:其一,高学历和高阅历的培养周期较长,且不能同时并进。其二,目前国内培养航海专业博士研究生的单位也仅仅限于武汉理工大学、大连海事大学、上海海事大学等几家单位,且每年各家单位培养的博士生人数均是个位数。本来毕业人数不多的这些博士生,毕业以后由于高校吸引不大,也不一定到高校任教。因此为了强化航海专业师资建设,应在以下几个方面进一步加强。

5.1 在政策层面,国家应统一协调

在国家政策层面,应扩大相关院校航海专业博士生的招生规模。另外,国家教育部和国家海事局应加强协调,统一指挥棒,在航海专业师资要求方面制定统一的标准政策,避免出现两部门政策不协调的打架局面。

5.2 学校应加大人才引进力度

很多航海类院校在人才引进的时候,在引进年龄、引进待遇等方面制定统一的标准,且活动的余地较小。主要原因是制定引进政策的决策者并不了解航海专业的特殊性,采取了一刀切的政策,这极不利于人才引进。浙江海洋大学从2010年到2018年这八年期间,航海专业没引进到一位博士研究生当老师,主要就是因为以上原因造成的。一个从航海专业本科毕业的学生,他做到船长,至少要花费十几年时间。同时他再去完成硕士研究生和博士研究生阶段的学业,至少也要花费6年的时间。因此一个本科航海毕业生,要想把自己塑造成船长和博士,年纪也差不多到40岁了。而且要想把自己塑造成船长和博士,必须要很顺利,且要求他具有很强的毅力。因为很多人做了船员以后,在航海艰苦环境下,很少有人再愿意去学习完成博士学位。因此学校在引才的时候,必须要因专业、因人而异,不能一刀切。很多高校在博士生引进的时候,年龄都限定在35周岁甚至是30周岁,以这样的方式引进航海双师型高端教师几乎是无法完成。同时在引进的时候,眼光不能仅仅局限于国内,应大力拓展海外引才,在年龄、待遇等方面采取区别对待,甚至可以实行一人一策。而且在人才引进方面,在专业方面也应放开限制。航海专业本身是一个大杂烩式的“拿来主义”专业,在人才引进方面可以考虑只要本科是航海专业,硕士和博士专业不限。因为只要本科阶段学习过航海专业就可以满足教学要求,硕士和博士专业可以不限,这样更能让引进人才进行学科交叉而出科研成果。

5.3 学校应改革激励措施

目前很多航海类院校不分专业采取统一标准职称晋升和考核,这对航海专业也很不利。如浙江海洋大学,在教授职称评聘中,统一要求具有SCI论文,且5篇论文的总影响因子要达到4以上,在课题上还要求要国家级课题,全校统一标准竞争。可学校就忽视了航海应用型专业的特性,世界上专门针对航海的SCI杂志也没几本。况且学科有差别,海洋生物、化学、环境、材料等学科论文好发且影响因子很高,而航海应用方向,能发一篇核心论文就算不易。这也是浙江海洋大学近十年来航海专业没有教师晋升正教授的原因。相反,在一些主要搞航海的院校,如大连海事大学,他们对航海双师型老师,在职称晋升方面都有结合专业特点单独晋升标准,如持有船长证书的教师,在评聘教授时,相应的标准降低。以上也是全国综合性院校航海专业发展较差的原因,因为在综合性院校,全校专业较多,学校不会考虑弱势的航海专业发展。相对而言,那些主搞航海专业的专门院校航海专业发展较好。通过长时间的摸索,很多综合性高校也意识到专业的特殊性,逐渐也改变了对航海专业的职称晋升条件,如广东海洋大学、泉州师范学院等,这是一种好的转变。另外,在年度考核和三年考核方面,很多学校也是拿论文和项目说话,这也制约了航海专业教师的发展。就全国而言,很多航海院校开展了社会船员培训,航海专业教师为培训付出了大量的心血,也为学校带来了巨大的受益,可学校在年度考核或三年考核中并没有考虑航海专业教师在这方面的贡献,

还是与其他专业教师一样,以同样的标准考核,实属不公平。如浙江海洋大学,航海轮机两个涉海类专业,2019 年培训创收收入就高达一千多万,很多教师课时量很大,为学校做出了贡献,但考核不一定能过。因此,为了激励航海专业教师发展,相关院校应该采取分类评价和分类考核,切忌一刀切。

5.4 学校应建立航海教师培养机制

由于高端双师型人才引进难度较大,在很大程度上,航海专业师资主要靠学校培养。对于那些没有海上资历而有学历的教师,学校可以和航运企业合作,采取实习或顶岗的办法取得海上资历,同时鼓励这部分教师参加海事局证书考试取得驾驶执照。对于那些有海上资历而学历较低的教师,如那些只有本科或专科学历的船长,学校可鼓励他们去攻读博士或硕士学位,以提高他们的理论水平。遗憾的是,国内很多航海类院校还没有这样的机制,甚至有教师上船顶岗实习,学校还扣发他们的工资。如果有教师去攻读硕士或博士学位,学校也不报销相关费用或减免工作量。海事局有规定,船舶驾驶证书一般 5 年到期,5 年内必须要持有海上资历一年,同时还要参加海事主持的知识更新培训和考试,才能换出新证书。很多教师没有这个资历,原本存在的证书也就作废了。且有的院校在教师换证过程中产生的培训、考试、换证费用也不支持,但等到海事局资质核查时,学校又要求相关教师提供海上驾驶证书。这实在是一种霸王条款。因此,相关航海院校在发展航海专业时,应实实在在落地教师培养的长效机制,且提供必要的支持。

6 结语

航海专业是特殊的应用型专业,目前我国航海专业师资力量薄弱且急需提高。航海专业师资培养是一个长期的系统工程。为了促进我国航海事业的发展,提升航海专业师资素质,在国家层面应统一协调并出台合理的师资标准,同时,各航海类院校应加大人才引进和人才培养力度,在考核和职称晋升方面实行分类评价,以利于提高我国航海人才培养质量。

参考文献

- [1] 上海海事局,上海海事大学.《海船船员适任培训软件标准研究》研究报告[R].上海,2012(11).
- [2] 王宏明.高职航海院校师资队伍建设的思考[J].航海教育研究,2007(4):20-21.
- [3] 叶明君.航海职业教育师资队伍建设所面临的问题分析与对策[J].浙江交通职业技术学院学报,2006(2):47-50.
- [4] 王正荣.建议探索职业教育本科、硕士、博士培养模式[EB\OL].(2004-02-26).<http://www.newssc.org>.
- [5] 王红伟.我国高等院校国际航运人才培养模式研究[D].上海:上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院,2011.
- [6] 王丽铮,袁萍,刘祖源.船舶与海洋工程本科专业人才培养模式探讨[J].船海工程,2008,37(4),148~155.
- [7] 王静波,王川.亚洲几国航海教育现状及启示[J].航海教育研究,2009,3,28~33.
- [8] 赵健,张吉平,何庆华.新加坡航海教育及船员培训体系考察与借鉴[J].航海教育研究,2009,2,41~45.

作者简介: 淦学甄(1979-),男,硕士,讲师,甲类大副,浙江海洋大学航海技术系教师。研究方向:航海技术

朱鹏飞(1991-)男,硕士(博士在读),讲师,浙江海洋大学航海技术专业教师。研究方向:航海技术

通讯作者艾万政(1971-)男,博士,教授,甲类大副,GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任。研究方向:航海技术

我国航海高等教育现状、弊端与改革

涂学甄 艾万政 朱鹏飞

(浙江海洋大学, 中国舟山, 316022)

摘要:我国高等航海教育在招生、就业、培养模式等方面存在不足之处,这不利于我国航海事业的发展。本文通过分析我国航海高等教育现状及弊端,在借鉴国外航海教育发达国家经验基础上,提出了我国高等航海教育改革具体措施。研究表明,为了提高我国高等航海教育水平,应加强校企合作,采取订单式人才培养模式,强化学生动手能力、航海精神和英语应用能力的培养。

关键词:航海;教育;素质;能力;改革

0 前言

海运对我国国民经济的发展起着有力的支撑作用,我国 90%以上的对外贸易和 50%以上的对内贸易是靠海运来完成的。当前,我国已是世界第一贸易大国,海运船舶规模居世界第三,是名副其实的海员大国,但还不是海员强国^[1-3],其主要原因是,我国的海员劳务输出在世界上排名靠后,还不如菲律宾等落后国家。近几年,我国海运船舶继续朝大型化、专业化方向发展,运力结构得到了进一步的改善。海运业的持续发展离不开高素质的海员队伍。航海高等教育承担着培养高级海员的重要使命,具有岗位针对性、国际通用性、法律规定性和国防军事性等特点^[4-6]。我国航海高等教育有高职和本科两个层次,目前的现状是,国内劳务市场开始出现三副、三管严重短缺。相关资料统计,每年至少需要补充 1.2 万毕业生进入海员队伍方可保持三副、三管队伍动态平衡^[7-9]。因此有必要借鉴航海发达国家的做法,找出我国航海高等教育的不足之处,改革教育模式,大力培养高素质的高级海员,以适应我国外贸事业的发展。

1 我国高等航海教育现状及弊端

目前我国开展航海高等教育的院校有近 60 所,其中开展本科航海教育的有大连海事大学、上海海事大学、广州航海学院、武汉理工大学、集美大学、宁波大学、浙江海洋大学等 14 所。开展航海本科教育的院校既有专门的院校(如大连海事大学、上海海事大学等),也有综合性院校(如宁波大学、武汉理工大学等)。

1.1 招生与生源

航海专业在招生的时候均是提前批招生。为了保证生源数量,在招生分数上基本与本校其他专业分数线降低 20 分左右录取。图 1 是 2012 年到 2018 年全国航海本科招生规模示意图。由该图可以看出,全国航海专业本科招生规模曲线平滑,基本上是维持在每年 5000-6000 人之间。全国高职航海教育招生规模见图 2。图 2 的数据表明,从 2012 到 2018 这 7 年间,全国高职航海专业招生人数稳中有降,招生量最大的 2012 年有 10947 人,而招生量最小的 2018 年只有 9045 人。从 2012 年到 2018 年这 7 年间,高职院校航海专业招生规模基本上维持在 1 万人左右。以上统计数据反映到浙江海洋大学航海专业招生上,也是比较吻合。浙江海洋大学从 2007 年开始兴办航海专业,每年招收两个自然班,招生规模在 80 人之内。生源最好的是 2007 年到 2013 年,这几年每年招生均可达到 70 人左右,而 2014 年以后,航海专业招生规模萎缩,每年两个班招生人数均在 40 人上下。浙江海洋大学航海专业招生近几年录取分数跟三本不分上下,且生源大多数来源与中西部欠发达省份。由此可见,我国航海高等教育生源不足且有下滑趋势。



图 1 2012 年-2018 年我国航海专业本科招生



图 1 2012 年-2018 年我国航海专业高职招生

1.2 日常管理

对于航海专业的学生，国内航海院校在学生日常生活上，多采取半军事化管理的模式。以浙江海洋大学为例，国内航海专业半军事化管理内涵主要体现在以下几个方面：其一，大一和大二学生早上由教官带领跑操，大三和大四有所放松，基本没有早上跑操规定；其二，大一和大二学生对寝室卫生要求稍微严格一些，要求被子、书本、衣物摆放整齐，大三和大四也有所放松；其三，在重要活动（如校运动会）时刻统一着装；其四，海事局定期（通常每两年一次）对半军事化管理体系文件检查一次并根据学校实际变化对体系文件进行修改，航海类学生和教师在填写相关表格的时候均用体系文件中的表格。浙江海洋大学航海专业日常管理模式可以说是全国航海专业日常管理的缩影，全国各航海院校采取的半军事化管理模式基本与浙江海洋大学相当，这是因为，浙江海洋大学这种半军事化管理模式也是参照全国其他高校的做法而采取的。我国航海类高校这种半军事化管理的缺陷主要体现在两点：流于形式和本末倒置。所谓流于形式主要体现在半军事化管理没有什么实质性内容，对学生吃苦耐劳精神培养及组织纪律观念培养作用不大。所谓本末倒置，主要体现在，在学生评奖学金的时候，内务卫生做得好而成绩差的学生可以拿到奖学金，而成绩好而卫生做得稍微不太好的学生不一定拿到奖学金。主要原因是内务卫生在评价学生是否优秀时所占比重大。

在专业管理上，国内较多高校领导不太了解航海专业，没有体现航海专业“岗位针对性、国际通用性、法律规定性”管理特点。比如，现在很多高校为了充分尊重学生意愿，到大二的时候，根据学校的管理规定，容许学生调专业，结果导致很多航海专业的学生调剂到别的专业就读，航海专业学生流失严重且班级不稳。在这一点上很多学校并没有考虑到航海专业是艰苦专业和招生降线录取的事实。这样一来，很多学生就钻政策空子，在高考填志愿的时候，就是为了调剂专业而报考航海专业作为跳板。又如，为什么在我国专门的航海院校，如大连海事大学、上海海事大学、广州航海学院等，航海专业发展得较好，而在综合性院校航海专业发展得较差，主要原因就是因为，在专门的航海院校，各级领导大部分是航海专业出

身，他们了解航海专业，在职称晋升、人才引进等方面均能采取有航海特色的特殊政策，因此发展在这些院校航海专业发展较好。而在综合性院校，很多领导不是航海出身，他们针对航海专业往往都是采取一刀切的政策，航海专业发展几乎停滞不前。如在浙江海洋大学，学校有 48 个本科专业，学校重点发展的是海洋科学专业，领导也是此专业出身。而航海专业只是这 48 个专业中的小小分子，海运学院也不能成立。学校将航海技术、轮机管理、交通管理、土木工程、港口航道和建筑环境等 7 个差别很大的专业组建成港航学院，学院领导均是土木出身。在学院领导的管理体制中，他们认为航海技术专业 and 轮机管理专业都是水上专业，可以实现资源共享，他们很主观地将航海技术和轮机管理专业合并成一个海运工程系，他们并没有考虑航海技术专业属于交通运输工程，而轮机管理属于船舶与海洋工程，两个专业差别性很大。其结果是，在搞教研活动时，轮机管理专业的教师听不懂航海技术专业教师在说什么，两个专业教师没有专业定位，常常扯皮，航海专业近几年发展毫无起色。

1.3 教学模式

目前我国几乎所有专业的高等教育均是采取“一贯式”教学模式。航海专业也不例外。所谓“一贯式”教学模式，就是学生连续在校学习三到四年，完成学校规定的所有课程，达到学校人才培养目标，然后取得毕业证书走向工作岗位。浙江海洋大学借鉴全国各航海类院校的做法，制定了航海技术专业的人才培养方案。表 1 显示了浙江海洋大学各类课程设置情况。其中国际 STCW 公约要求学习的航海技术专业 7 门理论考证课程，有 5 门放在必修课程中的专业核心课之中，有 2 门放在选修课之中。从表 1 可以看出，航海专业技术专业在总学分（浙江海洋大学以 16 学时为 1 学分）、英语学习、实践学时安排上与其他专业没有太大的差异。航海技术专业课程安排的主要缺陷是：其一，没有凸显航海技术应用型专业特性，动手能力培养不明显；其二，作为一个涉外专业，英语能力的培养不突出。

表 1 浙江海洋大学航海技术专业学分安排

课程 分类	必修课					选修课				合计	
	通识 教育	学科 基础	专业 核心	实践 环节	小 计	通识 教育	开放拓展课				小 计
							选修	跨学科	拓展课		
学分数	64.5	12.5	20.5	43	137	12	21			33	170
占比（%）	37.9	7.4	10.0	25.3	80.6	7.0	12.4			19.4	100

1.4 师资培养

航海技术专业培养的人是未来的船舶驾驶员，动手能力的培养是重要的环节。国内外对航海专业双师型教师培养的呼声不断，但很少落地。为此交通部海事局对航海专业教学师资有严格的要求，即任课教师必须具备较丰富的航海阅历。而很多高校在发展的过程中，为了提升高校影响力和排名，多采取了重科研轻教学的政策，在教师进修、职称评定等方面均没有特殊政策，导致航海专业双师型教师严重缺失。近几年，浙江海洋大学为了申报博士点，满足国家对申博院校博士学位教师人数要求，拼命引进博士生入校充当教师，而很少考虑专业特点。人事处每年将各学院引进博士生的数量作为考核指标，这导致了学院不管红猫黑猫，只要是博士便可进入相关专业当老师。浙江海洋大学航海技术专业近 3 年引进了 5 位博士，其中只有 2 位本科阶段是学习航海的，而其他 3 位本科阶段分别学的是计算机专业、地理专业和数学专业，他们对航海课程很不熟悉，有的甚至连船是什么样也没有太多认识，在航海专业教学存在很多现实困难。浙江海洋大学航海技术专业师资的这种现状在我国普遍

存在，这很不利于我国航海高等教育的发展。

1.5 考证与就业

国家开办航海专业的目的就是要培养高级船舶驾驶人才。可近几年，航海专业毕业生从事航海职业的意愿大大降低，这一现象在航海本科教育中更为突出，航海本科毕业生从事航海职业的平均起来还达不到 20%。毕业生去向有一部分考研，一部分考公务员，还有一部分选择自主择业。有的学生宁愿选择送快递也不愿意上船工作，这极大地浪费了国家教育资源。更为要命的是，很多航海专业的学生进入航海专业学习纯粹是为了拿个文凭，并不是为了从事船舶驾驶而读书，这导致他们在专业学习过程中缺乏动力，完全是在混学分，教学质量难以提高。造成以上现象的原因是多方面的，主要概括起来包括以下几个方面：其一，航海专业艰苦，且航海待遇与陆上工资待遇差别不大。其二，航海考证难度较大。表 2 统计了航海技术专业学生考证项目。由表 2 可知，航海技术专业学生想要成为一个合格的驾驶员，经历的考试很多，既要取得 5 个小证，同时还要取得三副大证适任证书。在所有证书的理论考试中均采用百分制，其中大证理论考试船舶操纵与避碰科目要 80 分及格，其他大证理论考试科目要 70 分才及格。近几年，国家海事局不断加大题库量，单单一个四小证，理论题库题目高达五千多道题目，大证理论题库每门课都达到 4 千多道题库。航海技术专业学生考证难度不亚于研究生入学考试。国家海事局每年对全国航海院校大证理论考试学生一次性通过率进行排名。很多航海类院校近几年为提高考证通过率，增加学校的名誉度，限制学生考证，这与航海教育办学初衷完全违背。浙江海洋大学为提高学生考证通过率，最近几年采取了两项措施，一项措施是对考证学生进行筛选，成绩不好的学生不让参加考证；第二项措施是对考证一次性通过的学生实施奖励，每位学生奖励 6000 元。可惜的是这两项措施的收效甚微。2019 年浙江海洋大学航海技术专业选派 10 位学生参加大证考试，仅有一位学生一次性通过。

表 2 航海技术专业考证项目

小证项目（理论与评估）	大证理论考试科目	大证评估项目
精通艇筏与精通急救两小证（既有理论也有评估）	航海学（包括航海业务、航海气象、航海仪器等科目）	电子海图、航海仪器（包括雷达、GPS、测深仪、计程仪等设备）、航线设计、海图作业
四小证：防火、灭火、求生、社会责任（既有理论也有评估）	船舶结构与货运（包括船舶货运、船舶结构与设备等课程	货物配积载
保安证书（理论考试）	船舶管理	
G 证（综合业务、通信英语、英语听力与会话三门理论考试；打字、十几种设备实操评估）	船舶操纵与避碰（包括船舶操纵、船舶信号、避碰规则等课程）	船舶操纵模拟器训练
水手证（综合业务理论考试和英语理论考试；登高、打绳节、撇缆、操舵、信号、插钢丝等科目评估考试）	航海英语	航海英语听说

2 国外航海教育启示

2.1 国外航海教育现状

世界上航海教育采取的模式大致有三种：一贯式培养模式、分段式培养模式和驾机合一培养模式^[10]。一贯式培养就是连续在校学习一定时间，参加相应考试，既可取得学位证书也可取得职业证书。即可以将学历教育与职业教育完美结合。这是一种传统的航海教育模式，

世界上大多数国家的航海教育均是采取这种模式。如中国、美国、日本、俄罗斯等国均是采取这种模式。这种模式的缺点是学生缺乏企业锻炼,实践能力培养不够突出。分段式培养模式实际采取的就是“三明治”式教育,即采取理论学习-船上实习-考证毕业模式。采取这种模式的国家有英国、澳大利亚、挪威、新加坡等国家。分段式培养模式的优点是重视了船上实践环节,有利于学生动手能力的培养。驾机合一模式目前采用的国家较少,主要有法国、荷兰、丹麦等少数国家。这种模式要求学生学习船舶驾驶知识,也要学习轮机管理知识,学生学习任务重且学习周期长,但培养的学生知识面宽广。但无论哪种培养模式,都把学生动手能力的培养放在了重中之重的位置上。

(1) 日本航海教育

日本的航海教育有高职教育和本科教育^[10]。高职航海学生主要是从初中招生,学制五年半。而航海本科教育的学生主要从高中招生,学制四年半。日本无论是高职航海教育还是本科航海教育均比我国学制要长半年。航海类开设的课程也是根据国际 STCW 公约设置,但实操类课时比中国要多。日本航海类毕业生在校完成相关课程只能取得学历文凭,但还不能取得船舶驾驶职务证书,要想取得船上职务证书,还得参加运输省航海教育训练机构 12 个月的强制训练,以进一步拓展动手能力和素质,然后参加海事机构举行的考试合格后,才能取得船上适任证书。由此可见,日本航海教育比中国更加重视能力和素质的培养。

(2) 新加坡航海教育

新加坡地处马六甲海峡,其航海教育发达。新加坡的航海教育主要以高职教育为主。其学生入学是以委托培养的方式进行^[10]。即学生先与轮船公司签约,签约以后由公司送到相关高职院校进行培训学习。与国内的航海教育相比,新加坡有效避免了教育资源的浪费。新加坡航海教育主要分以下三个阶段:第一阶段,基础专业知识学习;第二阶段,为期一年的船上实习,由签约的轮船公司安排;第三阶段,专业课集中学习,担任授课的教师基本上都是资深船长,在此阶段要重点突出对实践能力的培养。经过三个阶段的学习以后参加文凭考试和船舶适任证书的考试,考试合格者才能获得文凭和相应的船舶适任证书。由此可见,新加坡航海教育比较严苛。

(3) 挪威航海教育

挪威是航海发达国家。其高等航海教育分成两种类型。一种是 10 年基础教育后进入航海高等职业学校学习 3 年,高等职业技术学院毕业后可通过专升本进入航海学院进行为期 3 年的本科学习,最后到船上完成规定的实践内容即可取得本科文凭和相应的船舶适任证书^[10]。另一种是 10 年基础教育后进入中等职业学校学习 4 年,然后进入高等职业技术学院学习 2 年,到船上完成规定的实践内容即可获得专科文凭和相应的船舶适任证书。挪威的基础教育比我国短,但航海职业教育的时间较长,且实践环节也比较重视。

(4) 澳大利亚航海教育

澳大利亚的航海课程也是按照 STCW 公约的要求而设置。航海教育包括两个阶段。第一阶段主要是岗前培训,主要学习精通艇筏、四小证等课程,一些岗前小证书主要是在这一阶段完成,第一阶段学习结束还要在船上实习 12 个月。第二阶段是专业理论知识学习,学习时间不少于 33 周^[10]。经历两个阶段的学习以后,通过考试合格才能获得相应的船舶适任证书。澳大利亚航海教育充分体现了理论与实际的结合。

2.2 国外航海教育启示

国外航海教育,无论是采取哪种形式,均有以上共同特点:其一,在招生和就业上,针对性较强。在招生上主要通过委托培养或订单式培养方式进行,学生毕业考取证书后直接到相应的轮船公司船上工作。其二,非常重视动手能力的培养。国外除了要求学生在虚拟模拟器上完成相关实操训练项目以外,还要求学生在船上实习一段时间才能完成学业。如日本要求学生完成理论课程外,还要求学生参加运输省航海教育训练机构 12 个月强制训练;新

加坡则要求学生在中间阶段到船上去实习一年。其三,学生航海精神的培养完全融入到实际船上工作中。国外航海教育将至少一年的船上实习作为取得学历或证书的必要条件。船上实习,不仅仅是培养动手能力,在实习过程中,也能让学生适应船上生活,及早培养那种爱岗敬业、吃苦耐劳的精神。其四,注重在实践中提高外语沟通能力。航海是一个涉外职业,海上沟通能力对航海安全极为重要。并且很多国家,其官方语言是英语,或其母语与英语是同一语系,外国船员的英语能力本来就比中国有先天优势。外国学生及早上船实习,英语口语沟通能力的实际锻炼比中国学生好。其五,相对职业学习年限比中国长。如日本航海教育年限比我国长半年;挪威基础教育比我国短,但航海职业教育时间比我国长。

3 我国航海高等教育改革

我国虽然是航海教育大国,但还不是教育强国。我国航海高等教育在招生、培养模式、日常管理及考证就业方面与国外航海发达国家存在较大的差距。因此我国航海高等教育应该吸纳国外先进的人才培养模式,进行航海高等教育改革,以促进我国海运事业的发展,具体来讲应做好以下几方面的工作。

(1) 改变招生和就业模式, 采取订单式人才培养

随着社会的发展,愿意从事海员职业的人数越来越少,这是社会发展和转型的必然结果。曾经的航海大国日本、韩国均是如此。我国目前航海高等教育在招生和就业方面的发展趋势,只是日韩等国家曾经出现的历史重演。我国航海高等教育招生主要从高中生中录取,少量的航海高职院校也从初中生中招生。有些学生航海意愿差,来校的目的只想拿文凭而不好好学习专业,浪费大量的教学资源。因此我国航海高等教育应从政策层面进行改变,航海专业的学生应采取订单式培养。在招生方面,扩大航运企业的委托培养权限。高中毕业生或初中毕业生想读航海专业,必须与企业签订委托培养协议后,才能进入高等学校学习航海专业,同时必须通过相关的考试才能取得相应的文凭和证书。近几年,浙江海洋大学航海教育本科专业在教育厅政策的扶持下,与舟山航海学校签订了“3+4”人才培养模式,即在舟山航海学校完成三年中专学习以后,通过适当专业技能的考核可进入浙江海洋大学继续学习4年,完成航海专业本科教育。但在招生过程中有一个前提条件,那就是学生毕业后必须考取证书并上船工作。这是在尝试订单式培养征途上的一个小小改革,值得借鉴并推广。订单式人才培养模式除了能有效避免教育资源浪费以外,还可解决学生实习问题,学生完全可进入委托培养单位实习,获得优质的实习资源,同时还可避免学生考证动力差、航运企业来校招不到人的局面。订单式培养的另外一个好处是,企业可以出资扶持、资助那些家庭困难学生,只要学生航海意识强,愿意现身于我国航海事业的困难学生,学习期间的一切费用可以由企业承担。目前调研发现,很多航运企业,只要能培养到好的航海人才,他们是很愿意在这发面进行投资,可惜目前政策还行不通。

(2) 改变人才培养模式, 加强实船实践

我国航海高等教育的学生,在取得证书之前,几乎所有的实践项目,均是在虚拟的实验室中进行的,这与国外航海发达国家的做法差距较大。主要原因是因为实践条件不够。国内目前实习条件较好的航海院校是大连海事大学和上海海事大学,此两校均有自己的实习船舶。很多其他综合性院校,由于没有自己的实习船舶,实习只是到一些小船或轮渡船上去走一趟,多流于形式。鉴于目前的现状,有必要采取两种措施:其一,强化校企合作,充分利用企业实习资源;其二,强化校校合作,实行实习资源共享。航海类院校可以通过协议的形式,落实实习条件,让其他院校也可享用大连海事大学等院校的实习船舶进行实习。这样做既可以避免条件较好的院校实习船舶闲置,也可以让实习条件较差的院校提高人才培养质量。同时在实习条件方面,我国也可以借鉴国外,成立航海教育学会,由企业、高校、政府共同出资打造实习船舶,实习船舶由学会负责管理,以满足各高校航海专业学生实习要求。在不实习期间,学会可以对船舶进行商业营运,取得的受益可进一步资助学生学习。加强学生实

船实践,不但可以培养学生的动手能力,还可以培养学生的航海精神。

(3) 切实加强校企合作,强化企业参与人才培养管理

航海专业毕业生最终的就业方向是到航运企业船上工作。企业满意才是人才培养的落脚点。目前我国航海专业人才培养方案基本都是学校制定,企业很少参与。往往学校培养的学生不一定能满足企业和行业的要求,这是我国航海教育的一种失败。企业参与人才培养的好处,可以让企业提出课程设置要求、学制要求、教学要求,让企业提供就业渠道和实习条件,促进学生动手能力和航海精神的培养。同时,企业可以把一些较好的企业精神带到高校管理,让航海院校的半军事化管理切切实实落到实处。另外,企业还可以为院校师资上船实践提供方便,以提高我国双师型教师教学水平。校企合作以后,航海院校还可以向企业融资,以资助贫困学生。上海华洋公司于2019年向浙江海洋大学融资60万元,直接用于资助那些考取船舶证书,同时愿意到华洋公司上班的学生。这样增加了学生考证的积极性,也为家庭困难学生完成学业起到保驾护航的作用。

(4) 改变英语教学模式,强化学生英语应用能力

船员职业具有涉外性和国际通用性。船上避让、日常生活都离不开英语交流。船舶在避让过程中由于沟通不畅而导致交通事故的案例比比皆是。因此,英语的学习,尤其是口头表达能力的提高对于航海专业的学生尤为重要。我国国情特殊,没有国外船员那种先天的英语优势,英语是我国船员的短板。因此为了扩大我国船员国际劳务市场,有必要加强我国航海专业学生英语应用能力的培养。我国航海专业的学生开设的英语课程主要有大学英语(跟其他专业一样)、航海专业英语、航海英语听力与会话等。目前我国航海专业英语教学的弊端主要有两点:其一,开设的英语课程较少;其二,英语教材陈旧,内容较少涉及到航海文化。切实可行的方法是,应在大学英语教学完毕课程之后,再加开海洋文化类英语课程,以很好实现大学英语向航海专业英语的过渡。大连海事大学已经编写了海洋文化方面的教材,遗憾的是很少有航海高校开始了海洋文化方面的教学。

4 结语

我国是航海教育大国,但不是航海教育强国。我国航海高等教育在招生、就业、人才培养过程中与航海发达国家有较大差距,这不利于我国航海事业的发展,有必要对我国航海教育进行改革。通过比较研究发现,要大力发展我国航海高等教育事业,有必要加强校企合作,采取订单式人才培养,突出学生动手能力、航海精神和英语应用能力的培养。

参考文献

- [1] 潘家财.英国船员适任考试制度考察及启示[J].航海教育研究,2019,4(36):34-39.
- [2] 唐兆民.基于应用型大学航海技术专业人才培养路径探索[J].教育现代化,2019(18):1-5.
- [3] 何宏康.我国航海教育与培训存在的问题及发展建议[J].航海教育研究,2018,4(35):31-37.
- [4] 王宏明.高职航海院校师资队伍建设的思考[J].航海教育研究,2007(4):20-21.
- [5] 叶明君.航海职业教育师资队伍建设所面临的问题分析与对策[J].浙江交通职业技术学院学报,2006(2):47-50.
- [6] 王红伟.我国高等院校国际航运人才培养模式研究[D].上海:上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院,2011.
- [7] 王丽铮,袁萍,刘祖源.船舶与海洋工程本科专业人才培养模式探讨[J].船海工程,2008,37(4),148-155.
- [8] 王静波,王川.亚洲几国航海教育现状及启示[J].航海教育研究,2009,3,28-33.
- [9] 赵健,张吉平,何庆华.新加坡航海教育及船员培训体系考察与借鉴[J].航海教育研究,2009,2,41-45.
- [10] 赵健.中外航海教育模式对比分析与借鉴[J].航海教育研究,2017(1):40-45.

作者简介：淦学甄（1979-），男，硕士，讲师，甲类大副，浙江海洋大学航海技术系教师。研究方向：航海技术

朱鹏飞（1991-）男，硕士（博士在读），讲师，浙江海洋大学航海技术专业教师。研究方向：航海技术

通讯作者艾万政（1971-）男，博士，教授，甲类大副，GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任。研究方向：航海技术

基于虚拟仿真平台的航海技术专业 GMDSS 课程群场景教学改革

张洪刚 艾万政
(浙江海洋大学, 浙江舟山, 316022)

摘要：对于航海专业学生而言，GMDSS 类课程具有抽象难理解的特点。目前我国 GMDSS 课程教学存在条块分割、教学模式陈旧等缺陷。因此有必要改革 GMDSS 类课程教学模式。本文针对 GMDSS 课程教学存在的不足，提出了基于虚拟仿真平台的 GMDSS 课程群场景教学改革方法。研究表明，GMDSS 课程改革应重视学生工作适应能力的培养，改革可从课程资源、模块式场景教学、考核方法等方面入手。

关键词：GMDSS；仿真平台；场景；能力；培养

1 课程特点分析

GMDSS 课程是航海技术专业学生的必修课程，通过此类课程的学习，航海技术专业学生可取得海上船舶无线电通信证书（G 证）并从事船舶无线电通信工作。目前我国 GMDSS 人才综合素质较差。具体表现在，虽然很多人通过了海事局 G 证考试并取得了 G 证，但上船之后对设备操作无从下手，导致船舶无线电设备误报警事故增多，国外 PSC 检查中因操作缺陷导致船舶滞留率偏高^[1-2]。这种现象，在舟山地区船员队伍中表现得最为突出。本人在舟山从事船员 G 证培训与考证工作十多年，形成的最大印象是，舟山籍较多船员虽然持有 G 证，但很多人上船之后不会进行 GMDSS 设备操作。

GMDSS 类课程包括《GMDSS 通信设备与业务》、《通信英语》、《GMDSS 通信英语听力与会话》及《设备实操训练》等四门课程。GMDSS 类课程是航海技术专业的重要的核心课程^[3-4]。GMDSS 类课程的基本要求是，通过学习，应能了解船舶无线电通信基本原理，掌握船舶无线电通信的日常业务和通信设备实际操作。GMDSS 类课程，存在着以下特点：

（1）涉及到大量电子学知识

该类课程主要内容包括地面通信系统、卫星通信系统、应急业务等。地面通信系统包含的设备有窄带印字电报（NBDP）、数字选择性呼叫（DSC）、航行电传（NAVTEX）等；卫星通信系统包含的设备有卫星 C 站、卫星 B 站、卫星 F 站以及应急示位标（EPIRB）等；应急业务包括遇险、紧急和安全通信等。以上内容均涉及到大量的电子学知识。严格来讲这类课程是属于电子专业范畴^[5-6]。

（2）知识点杂乱

地面系统和卫星系统均包含若干小设备，每个设备的工作原理、日常维护和使用方法均不相同，涉及的知识点多且各有特点；知识点连贯性差。每个设备几乎都独立于其他设备。因此与它们有关的知识点也相对独立，相互之间缺少一定的关联度；记忆性东西多。有关设备的维护保养方法、操作步骤，主要靠记忆。

(3) 英语应用要求高

通过对该类课程的学习, 最终目的是将来能适应船舶上的通信工作。而要开展 GMDSS 业务, 则离不开英语。如, 对外交流需要用英语口语完成, 报文编辑也是用英语完成, 设备说明书也全是英文版等等。更为困难的是, GMDSS 英语很多涉及到电子专业英语。

(4) 实操应用能力要求高

学习完这些课程, 学生必须能熟练操作各种设备, 以适应船上工作的需要。近几年, 交通部海事局根据航海应用型专业的特点, 弱化了 GMDSS 课程中的复杂理论要求, 要求学生在了解通信设备基本原理的基础上, 重点掌握设备操作和维护方面的知识。

GMDSS 知识对于海上专业的学生而言很重要, 直接涉及到海上安全。GMDSS 类课程的总体特点是知识点多、应用性强、与电子专业结合紧密。GMDSS 类课程的以上特点反应到教学层面上, 主要体现在讲授难、学生吸收困难^[7-8]。GMDSS 类课程严格来说是电子学专业范畴, 而对于航海技术专业来说, 电子类课程不是专业应掌握的重点。多数航海院校仅开设了一门无线电技术基础课程作为 GMDSS 类课程的铺垫, 而对于课程安排较紧张的专科院校或中专学校, 甚至连无线电技术基础这门课也没开而直接开设 GMDSS 类课程^[9-10]。因此航海专业的学生学习 GMDSS 类课程会存在一定的困难。而在交通部海事局重实操、轻理论的指挥棒的指挥下, 想要跳过较难的理论教学而提高学生实践能力, 对于授课教师而言, 也存在较大的挑战。就目前状况来看, 全国航海类院校 GMDSS 类课程的教学跟其他课程的教学无任何差异, 这导致学生掌握知识不全面、全国 GMDSS 教育水平相对低下。因此, 有必要开展 GMDSS 类课程教学改革方面的研究, 探索行之有效的教学模式和教学方法。

2 教学现状分析

GMDSS 类课程的设置, 国内航海类院校普遍采用的还是独立设立《GMDSS 通信设备与业务》、《GMDSS 通信英语》、《GMDSS 通信英语听力与会话》及《设备实操训练》等四门课程。基本上这四门课程分属不同的学期去上。这样造成的弊端是: 条块分割、连贯性差、重复教学。实际上, 这四门课程讲述的内容均是 GMDSS 业务知识, 只不过侧重点有所不同^[11-12]。这种教学格局的后果是, 学生学习后面的东西却忘记了前面的知识, 不能前后贯通和举一反三, 学习效果不理想。浙江海洋大学目前采用的就是这种模式。本人在浙江海洋大学多年从事 GMDSS 教学的体会是, 学生对知识点的印象不深, 在设备实操时, 不能所学的理论知识和英语知识很好地运用进去。具体表现在海事局的 G 证考试中单科挂科率高, 考证通过率不足 50%。

在 GMDSS 教学模式上, 目前航海类院校还没有针对 GMDSS 课程特点的教学方法, 多半还是采取“灌输式”教学。这种模式导致的最大缺陷是学生被动学习, 听课似懂非懂, 课堂气氛不活跃。而在国外, 很多航运发达国家本身自己的母语就是英语, 在语言学习上比中国学生就有优势, 且他们的教学往往是将课堂搬到船上, 学生带着兴趣和任务去学习^[12-13], 这样吸纳效果好。由于上船教学成本较高, 我国一直都没有采取这种教学模式。因此国外 GMDSS 教学模式比国内先进, 有必要去借鉴。

通过以上分析可以看出, GMDSS 类课程的特点是理论性强、应用性突出、动手能力要求高。而目前国内 GMDSS 教学存在条块分割、能力培养不能凸显、被动学习问题突出等缺陷。因此有必要开展 GMDSS 类课程的教学改革, 以促进教学质量的提高。

3 改革目标及改革内容

3.1 改革目标

针对 GMDSS 类课程特点及目前教学中存在的缺陷, 有必要借助各校虚拟仿真教学平台, 整合资源并改革教学大纲, 实现以任务驱动的模式式场景教学; 改革教学方法和教学模式, 激发学生的学习兴趣。促进学生 GMDSS 综合应用能力的提高, 提高我国航海类学生 G 证考证通过率和航海人员整体素质。

3.2 改革内容

GMDSS 类课程的特点决定了 GMDSS 教学应采取不同与其他课程的教学模式；GMDSS 课程的教学弊端呼唤着 GMDSS 类课程的教学改革。针对目前 GMDSS 类课程特点及教学中存在的不足，应开展以下方面的改革。

(1) 以知识融合贯通为目标，整合 GMDSS 类课程为一门 GMDSS 综合性模块群课程，改革模块群课程教学大纲。

在全国各大航海类院校，GMDSS 类课程主要包含《GMDSS 通信设备与业务》、《GMDSS 通信英语》、《GMDSS 通信英语听力与会话》及《设备实操训练》四门课程。四门课程分属不同的学期教学，而且通信英语、听力会话、设备实操中均涉及到通信设备与业务，这样就造成了条块分割、内容重叠、连贯性差的弊端。为此，有必要整合 GMDSS 四门课程为一门 GMDSS 综合性模块群课程，将 GMDSS 四门课程整合为地面通信系统、卫星通信系统、搜救系统、海上安全信息播发系统、电台管理五大知识模块，融合贯通知识点，改革 GMDSS 综合性模块群课程教学大纲。

(2) 以能力培养为导向，依托虚拟仿真教学平台，设计模块任务场景，改革传统的教学模式，探索沉浸式的全外语模块教学。

目前，全国 G 证考试反映出的主要问题是通信英语的应用能力和设备实操能力欠佳。为改变这一状态，有必要借助虚拟仿真教学平台，全面推广全英语教学，设置各种模块式英语通信场景，要求学生完成各场景模块的通信任务，激发学生的学习情趣，使其能全身心投入到场景通信的角色中去。

(3) 以教学效果为评价指标，分析各模块知识的特性，改革传统的教学方法，实施因点施教。

GMDSS 类课程比较难懂，为了让学生的吸纳效果更好，可改变传统的灌输式教学方法，采用因点施教。具体做法是：归纳各模块知识点特性，按照其特性分门别类地采用不同的教学法。如类比教学法（与日常生活中的事物进行类比）、比喻教学法（打比方）、图形教学法（以实图说明）、案例教学法（从案例中吸取知识）等等。

(4) 以虚拟仿真平台上的通信应用能力为考核指标，改革传统的考核方式，实施由单一的试卷考核向题卡评估考核的转变。

传统的试卷考试不利于学生动手能力的培养。有必要引进国外航运大国的做法，考核方式以完成通信任务的题卡形式进行，实施评估员（评估员可邀请外校老师担任，实现评估公平）评估判定成绩。具体做法是：借助虚拟仿真教学平台，设置若干题卡，学生随机抽取题卡，要求其在指定的时间内在虚拟仿真平台上完成一定的场景通信任务，然后评估员进行评估打分。题卡中既有评估员提问题目（以考查其理论知识掌握程度），也有实操题目和应变题目。

4 实施方案

改革要取得成效，必须要做好实施方案。实施方案的好坏直接影响到人才培养质量。在方案实施之前，应做好以下相关工作。(1) 调研工作。调研相关航运企业，了解行业需要什么样的 GMDSS 人才。走访海事机构及国内相关航海院校，寻找 GMDSS 人才培养突破口。(2) 借鉴工作。应查阅相关文献，掌握国外 GMDSS 人才培养动态，吸纳先进的人才培养理念。(3) 结合实际。结合各校现有的设施设备现状，优化提炼出各校 GMDSS 课程群综合教学改革方案。总体改革方案可参考图 1 进行。

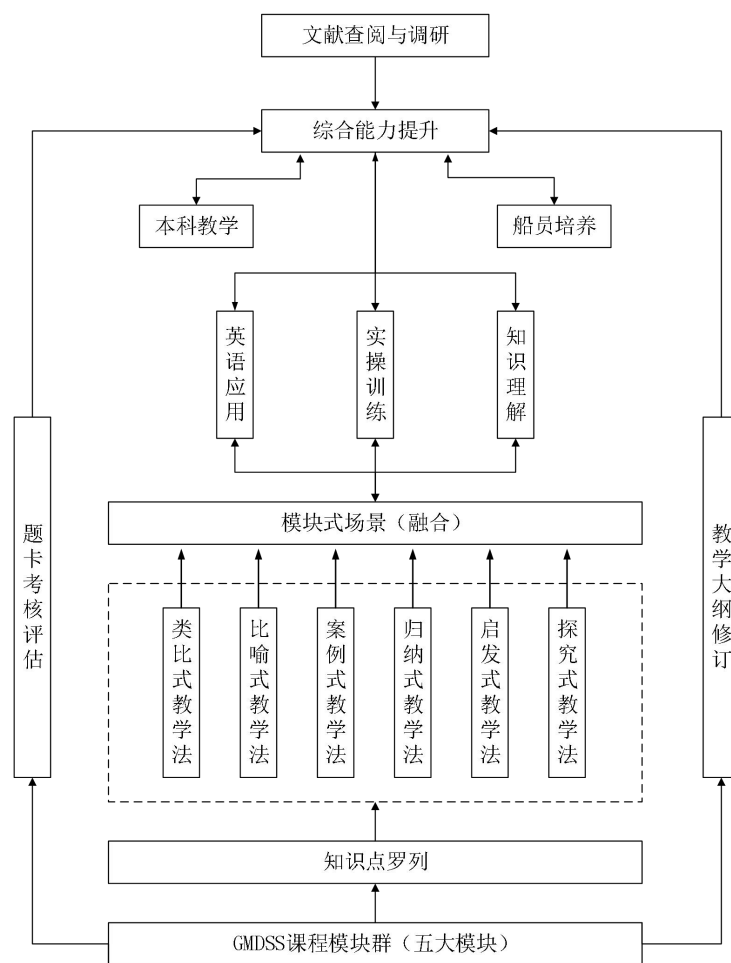


图1 实施方案

5 成果检验及改进

为了检验改革方案的可行性及成效，可先在船员 GMDSS 培训中首先进行试点。目前全国各大航海院校几乎均开设了社会船员 GMDSS 培训。用船员 GMDSS 培训来检验教学改革效果有几个方面的优势。其一，船员 GMDSS 培训是集中培训，一般均在 30 天左右，可以在较短时间内检验教学改革的成效。其二，船员培训课堂教学灵活，可以不受本科教学条条框框约束，方便于教学试点。其三，船员具有一定的航海阅历，他们更有经验评价教学效果的好坏。在社会船员 GMDSS 培训中，检验改革方案成效，找出 GMDSS 教学改革的不足之处，不断改进教学方案，使其日趋完善。本人 2019 年在浙江海洋大学的两期船员 GMDSS 培训中，应用了基于虚拟仿真平台的 GMDSS 课程群场景教学改革方法，船员参加浙江海事局 G 证考试，通过率由 40% 提高到 75%，效果非常明显，同时社会船员也对教学改革提出了很多良好的建议。实践证明，基于虚拟仿真平台的 GMDSS 课程群场景教学改革具有一定的可行性。

6 结论

GMDSS 课程具有重实操、轻理论、难理解等特点。目前全国航海类院校 GMDSS 类课程教学存在条块分割、能力培养不突出的缺陷。因此有必要改革 GMDSS 类课程教学模式。为改变现有 GMDSS 类课程教学弊端，提出了整合 GMDSS 课程资源，实行基于仿真通信平台的模块式场景教学模式，并就实施路径提出了相关有益建议。

参考文献

[1] 彭晓星. GMDSS 培训存在的问题及应对措施初探[J], 浙江海洋学院学报(自然科学版),

2003, 22(4):371-376.

[2] 赵文栋. GMDSS 卫星通信系统对航海安全的作用及发展前景[J], 科技创新与应用, 2014(10):39-42.

[3] 彭晓星. GMDSS 系统存在问题及应对措施[J], 上海海事大学学报, 2008, 29(1):37-41.

[4] 汤旭红. 提高 GMDSS 培训质量的对策探讨[J], 中国航海, 2003(1):33-35.

[5] 李先强. 中国船员素质现状与船员考试体制改革方向[J], 航海教育研究, 2007(3):25-30.

[6] 张金磊, 王颖, 张宝辉. 翻转课堂教学模式研究[J], 远程教育杂志, 2012(4):46-51.

[7] 文元全. 印度航海教育与培训发展现状及主要特征[J], 航海教育研究, 2014, 31(2):9-15.

[8] 冯爱国. GMDSS 港口国检查中培训机构风险规避之我见[J], 南通航运职业技术学院学报, 2002, 1(1):34-38.

[9] 王化民. GMDSS 精品课程建设的思考与实践[J], 青岛远洋船员学院学报, 2002, 29(1):18-25.

[10] 符强. GMDSS 设备实操初探[J], 集美航海学院学报, 1997(2):77-83.

[11] 谷溪, 李军. GMDSS 通信业务课程建设的实践与思考[J], 南通航运职业技术学院学报, 2007, 6(4):97-104.

[12] 上海海事局, 上海海事大学. 《海船船员适任培训软件标准研究》研究报告[R]. 上海, 2012(11).

[13] 王宏明. 高职航海院校师资队伍建设的思考[J]. 航海教育研究, 2007(4):20-21.

作者简介:

张洪刚(1984-), 硕士, 讲师, 浙江海洋大学航海技术专业教师。研究方向: 航海技术

艾万政(1971-)男, 博士, 教授, 甲类大副, GMDSS 二级电子员。浙江海洋大学航海系主任。研究方向: 航海技术

从大连“SAE BYOL”轮触礁事故看如何防触礁

张洪刚 李金源 艾万政

(1. 浙江海洋大学, 船舶与海运学院)

摘要: 为确保船舶航行过程中的安全, 避免触礁带来的危险。运用安全分析方法, 分析大连“SAE BYOL”轮触礁事故的示例, 结合海上船舶通航规则, 分析船舶航行过程违反海上通航的具体规则。针对航行中存在的一些问题, 从船舶的安全意识、驾驶员培训及驾驶台值班制度等方面提出预防船舶触礁的对策及建议, 所提对策旨在引导船员提高通航安全意识, 减少通航过程中出现触礁等事故。

关键词: 大连“SAE BYOL”; 触礁; 安全通航; 驾驶台值班;

随着船舶行业不断壮大和发展, 海上事故频繁发生, 海上航行避碰规则也不断完善。但目前航行过程中由于自然因素和人为因素的影响, 船舶碰撞事故和触礁搁浅事故为船舶海上事故发生的主要类型。碰撞和触礁皆会造成船舶损坏, 甚至可能造成人员伤亡和海洋污染。由于海上丝绸之路推广, 中国与全球各地海上往来越来越频繁, 导致在船舶船长不熟悉某通

航路线周围环境时，容易产生触礁的危险。因此，船舶在不熟悉通航路线周围环境中航行时，应高度重视周边海域情况，如遇到突发风险应采用合理正确的紧急措施，尽量降低人员伤亡和财产损失。因此，本文针对船舶在未知通航路线周边环境，结合船舶航行触礁事故的具体示例，对触礁的事故原因进行分析与阐述，同时提出安全通航的对策，以为后续船舶航行提供一定的参考价值。

1 事故发生的基本信息

1.1 事故船舶信息

表 1 船舶主要技术信息

船舶参数	数值/名称
中文船名	光明
英文船名	SAE BYOL
船舶国籍	柬埔寨
总长	90.43 米
型宽	13.40 米
型深	7.30 米
总吨	2762
净吨	1546
型吃水	5.7 米
主机种类	内燃机
总功率	735 千瓦
建成日期	1988 年
造船地点及造船厂	JAPAN / NAGASHIMA SHIP BUILDING
船舶所有人	大连锦洋航运有限公司
船舶管理人	华威船务有限公司

1.2 事故发生地

事发水域位于旅顺海猫岛以西约 0.7 海里处。根据中版旅顺新港及附近大比例尺海图（图号 10112, 比例尺 1:30000）标识，该位置有一座干出礁，礁顶干出高度为 2.4 米。中版黄海北部及渤海小比例尺海图上（图号 10011, 比例尺 1:1000000），没有对该干出礁进行标识。

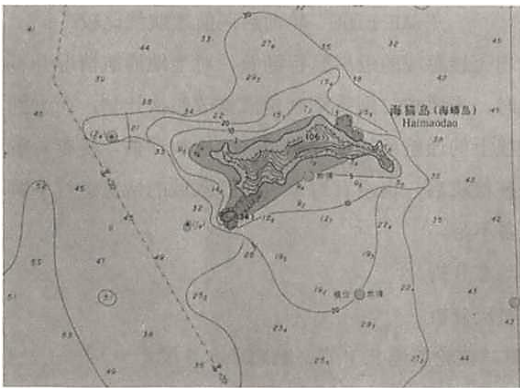


图 1 旅顺新港及附近海图（比例尺 1:30000）

1.3 事故发生的过程

2013 年 12 月 28 日 1200 时，“SAE BYOL”轮空载驶离中国营口盘锦港，目的港 朝鲜南浦港。因为盘锦港港区内有浮冰，该轮在离港后进行了压载，压载后船舶首吃水约 1 米，尾

吃水约 4 米。开航时，海面天气海况良好。2100 时，海面西南风转偏西风，风力逐渐增强。至午夜，西北风进一步增强到 8 级，浪高 3 至 4 米。29 日约 0100 时，二副在驾驶台值班时，接到船长指令，如风浪太大可改向旅顺方向近岸航行。船长未提出要求，二副也未主动对原计划航线进行修改。二副值班期间，该轮仍按计划航线行驶。0300 时，大副接班。船舶航行正常。0650 时 H 为了减小风浪对船舶的影响，大副决定改变原计划航线，调整航向至 150 度，近岸航行。0700 时，船长到驾驶台接班，由电报员负责手操舵。船舶航速 9 节、航向 150 度。0800 时，船长通过 ECS 进行船舶定位。船长注意到本船前方的海猫岛，但未发现该岛西侧的干出礁；船长判断本船会自海猫岛西侧驶过，但未核查驶过时的最小横距。0828 时，该轮航速 9.1 节，航向 145 度。约 0832 时，伴随着巨响，该轮直接接触并搁浅在海猫岛西侧的干出礁上。触礁后，该轮机舱迅速大量进水。船长采用右满舵和左满舵试图脱浅，但无明显效果，随后主机停车。经检查发现，船体在船员生活区位置坐礁，船员生活区前方约 10 米处的船体已出现隆起、折断迹象，船尾已浸没在海水里。

2 事故发生的原因及航迹分析

2.1 事故发生的原因分析

“SAE BYOL”轮在因大风浪影响而改变计划航线前未重新计划新航线；值班驾驶员，特别是船长，未核查新航线的安全性，盲目依赖 ECS 定位、导航和航行，瞭望疏忽，未及时发现航线上的碍航物（海猫岛西侧的干出礁）并采取措施，是导致本次触礁事故的直接原因^[1]。

1) 该轮船长同意值班驾驶员视情改变计划航线，近岸航行以降低大风浪影响，却没有提醒或要求驾驶员修改航次计划。考虑到船舶改向后将在以往不熟悉的海域近岸航行，且缺少相应的大比例尺海图，船长的行为缺少应有的谨慎，对近岸航行风险戒备不足。图 2 为“SAE BYOL”轮最近两次由营口到朝鲜的 AIS 航迹线比较。可以看出，事发前船舶航迹线更靠近旅顺沿岸，几乎正对着海猫岛。

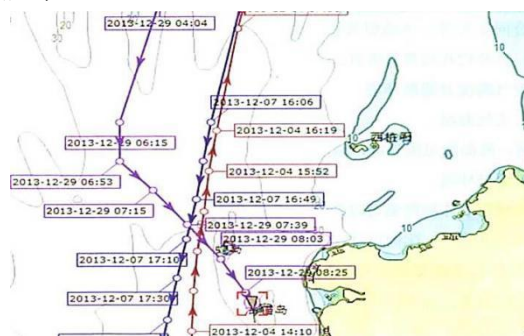


图 2 “SAE BYOL”轮前后两航次航线比较

2) 大副在改变计划航线前，没有核查并确认新航线的安全性，也没有将计划航线、航线附近的碍航物标绘在纸质海图上；在将航线调整为 150 度后，既没有设定下一转向点，也没有对新航线十分接近，甚至是正对着海猫岛引起警觉。

3) 船长在接班时获知大副已改变了计划航线，但既没有检查新航线的安全性，也没有对他本人值班期间所航经水域的情况进行核查；08:00 时，船长通过 ECS 定位发现了航线附近的海猫岛，但没有计算本船经过海猫岛时的最小横距是否足够安全，也没有发现海猫岛西侧的干出礁。

4) 船长在航行值班时，主要依靠 ECS 进行船舶导航和定位。但是，该 ECS 并不等同于船旗国政府认可的 ECDIS，不能完全实现航线设计和航线监控功能；而且，该 ECS 自 2011 年以来，未进行过 ENC 改正和升级；事发时船长在使用 ECS 导航时，没有在 ENC 上设置计划航线和转向点，也没有设置偏航报警和碍航物距离报警；而船长没有及早发现干出礁的一个可能原因是没有适当变换、调整和使用大比例尺的 ENC。正是由于船长对 ECS 的过分依赖和不正确的使用，没有发现船舶逼近危险，直接导致了船舶触礁事故。

2.2 事故发生时 AIS 航迹分析

1). 0812 时, 该轮航速 9.1 节、航向 148.5 度。



图 3 船舶触礁前航迹图

2). 0832 时, 该轮航向 150 度, 航速显示为 6.3 节, 随后显示为 0 节, 表明船舶此时已坐礁。



图 4 触礁时船舶航迹图

3. 事故的违规行为及过失

1). “SAE BYOL” 轮部分船员未持有船旗国主管机关的签注证明, 船员持证情况不符合 STCW 公约^[2]马尼拉修正案第 VIII 章第 A-VIII/2 节第 1、第 2 条的规定, 同时违反了 SOLAS 公约第 V 章第 14 条的规定。

2). “SAE BYOL” 轮船长同意值班驾驶员视情改变计划航线以降低大风浪影响, 却没有提醒或要求驾驶员在船舶大幅度偏离原计划航线前计划出经修改的航线, 违反了 STCW 公约马尼拉修正案第 VIII 章第 A-VIII/2 节第 7 条的规定。

3). “SAE BYOL” 轮船长在 0700 时接班, 已知船舶大幅度改变了计划航线, 但直至 1 个半小时后船舶触礁, 始终未对新航向的安全性进行核查, 违反了 STCW 公约马尼拉修正案第 VIII 章第 A-VIII/2 节第 6 条的规定。

4). “SAE BYOL” 轮船长在近岸航行时, 未按海员通常做法对可能存在的碍航物 保持应有的谨慎和戒备, 瞭望疏忽, 未能及时发现航线上的干出礁并采取避让措施, 违反了《1972 年国际海上避碰规则》第 2 条和第 5 条, 以及 STCW 公约马尼拉修正案第 VIII 章第 A-VIII/2 节第 14 条的规定。

5). “SAE BYOL” 轮船长不完全熟悉该轮所配置的 ECS 的性能和局限性, 盲目依赖 ECS 进行船舶定位、导航和航行, 违反了 STCW 公约马尼拉修正案第 VIII 章第 A-VIII/2 节第 36 条和 47 条的规定。

4 安全通航的建议及对策

1) 建议“SAE BYOL” 轮船所有人和管理人, 在 SMS 文件中增加有关使用 ECDTS 和 ECS 等电子助航设备的程序文件, 并向所属船舶驾驶员提供相应培训^[3]。

2) 鉴于“SAE BYOL” 轮管理人华威船务有限公司在本次事故中暴露出多项安全管理问题, 建议船旗国主管机构对该公司的安全管理体系进行附加审核。

3) 建议船旗国和沿岸国主管当局通过 PSC 检查、船舶和船公司安全管理体系审核等形

式,采取有效措施,加强对船舶配备、使用 ECDIS 和 ECS 等电子助航设备以及开展相应培训的行为进行监督检查。

4) 加强驾驶台值班。符合国际船舶驾驶台值班规则是航行正常通行的重要保障。驾驶台值班人员一方面需要掌舵控制船舶航行的方向,另一方面,在驾驶台可以瞭望船舶航行前方的周边环境,可以提前预知前方潜在的风险。从大连触礁事故可发现,在事故发生时,只有船长和一名未持有值班水手证的电报员负责掌舵,未考虑值班人员的资格,是导致船舶无法安全航行的重要原因。因此,加强驾驶台值班对船舶安全航行具有重要意义。加强驾驶台值班主要从以下几个方面进行:

① 严格中国最新海船船员值班规则^[4]相关规定,严禁未持有值班证书人员进行值班,船长及大副负责相互监督及检查。

② 驾驶台值班人员在交接班时,接班人员需要保持清醒和高度警惕,熟悉当前船舶的各种状态信息以及船舶航行的危险及潜伏问题,交班人员需告知接班人员目前船舶航行是否存在某些问题,等接班人员熟悉后,交班人员才可离开驾驶室。

③ 值班人员需要按照船长指定的航向及航速航行,但当驾驶员遇到突发事件,船长未能及时指示,为避免事故可采取有效的紧急措施,使得船舶避险后告知船长采取刚才行动的目的。

④ 驾驶员值班时,要常采用探测仪核对船底下保持的水深,避免因水深不足导致船舶搁浅或触礁等危险。

5. 结束语

“SAE BYOL”轮触礁事故是船舶航行过程中具有典型意义的事故,涉及的事故原因较多,通过分析事故的原因,挖掘事故中常见的问题。事故发生主要原因包括驾驶台值班人员未获值班资格、船舶安全监管不足、未按照规定航线行驶等。为降低船舶航行过程中触礁的风险,要做到加强船员考证上岗制度、严格遵守 STCW 公约和提高船员处理紧急事件的处理能力。

参考文献:

- [1] 大连“12·29”“SAE BYOL”轮触礁事故安全调查[J]. 中国海事, 2015(06):33-34.
- [2] 张铎.《1972 年国际海上避碰规则公约》通过五十年回顾与展望[J]. 世界海运, 2022, 45(10):1-5.
- [3] 王德全. 船舶搁浅、触礁的原因分析及预防措施[J]. 珠江水运, 2020(07):74-75.
- [4] 张晓. 我国新的《海船船员值班规则》的修订内容解读[J]. 航海技术, 2013(02):67-69.

作者简介:

张洪刚(1984-), 硕士, 讲师, 浙江海洋大学航海技术专业教师。研究方向: 航海技术

李金源, 男, 浙江海洋大学在读硕士研究生。研究方向: 通航安全保障

通讯作者: 艾万政(1971-), 男, 博士研究生, 教授, 甲类大副, GMDSS 二级电子员。研究方向: 航海技术, (E-mail) aiwanzheng@126.com

基于冷应力的 LNG 冷箱管路管夹约束优化

温小飞, 童林海

浙江海洋大学 船舶与海运学院, 浙江 舟山 316022

摘 要: 针对 LNG 动力船舶 FGSS 冷箱的管路冷应力优化的不确定性问题, 本文有针对性的提出两个极端管夹约束条件的概念, 并用于确定超低温管路的变形、应力两个参数极限值, 构建明确的限值范围。同时, 应用 SolidWorks、ANSYS 分别对 FGSS 冷箱管路进行了三维建模和有限元计算, 考虑了管路和液体重力、温度载荷、压力载荷和不同的管夹约束等边界条件, 进行了冷箱管路整体变形和应力分析。仿真结果表明: 全部滑动管夹约束会导致部分冷箱管路形变过大, 而全部固定管夹约束会导致部分冷箱管路冷应力过大。

关键词: LNG 动力船舶; 管道应力; 有限元分析; 管夹

0 引言

近年来, 解决船舶污染问题已成为国内外社会的共识。2021 年 6 月国际海事组织(IMO)通过了《国际防止船舶造成污染公约》的修正案, 并提出: 到 2023 年国际航运的碳强度将比 2008 年降低 40%。LNG 动力船舶低温管路不像石油、化工等行业的陆地管路具有管路设计建造与应力分析规范^[1], 船舶狭窄的空间既需要保证生产的经济利益, 更要保证管路的安全与稳定^[2]。低温管路一旦产生应力破坏将会导致低温 LNG 泄漏, 如果与操作人员皮肤接触, 会造成皮肤的低温冻伤; LNG 的低温危险性还可能造成部分设备或船体结构遇冷收缩和脆性断裂, 从而造成不可逆转的低温损坏; 因此, 提高管路系统安全, 优化管路布置, 保证以 LNG 为燃料动力船舶的安全运营是非常有必要的。

任帅^[3]等人通过 ANSYS 软件对某隧道输气管道进行了应力分析, 探索了管道最大应力与半径以及弯管形状的关系。李家栋^[4,5]在管道应力计算时对应力类型和一次应力余量处理进行了详细介绍, 并对管路系统进行了优化。Ashrafizadeh^[6]对某发电厂高压管道开展应力和模态分析, 结果表明管道存在疲劳断裂的趋势, 一阶振型、位移和应力最大值的位置是一样的。Stevenson^[7]基于有限元分析方法, 以某制冷系统铝制管道为研究对象进行管道应力分析, 所得结果为管路爆炸原因分析提供了指导。廖建明^[8]等人基于 ANSYS 软件对某船用 LNG 储罐低温管路进行了建模仿真分析, 并根据不同工况对管路的一次、二次应力进行校核, 为其管路设计提供了可靠的理论依据。丁昌^[9]等人对某低温管道进行了应力仿真分析, 提出在管道某直管段增加两个 π 型弯头, 增加了管道的柔性, 降低了管路应力。王长振^[10]等人通过 CAESAR II 软件对某 LNG 船液货管道进行了应力仿真分析, 得出应力最大点所在位置通常出现在管路三通、弯头以及固支处, 并且对于复杂的二次应力过大问题, 提出了设置 π 型弯进行改善的措施。Perumal Pillai R^[11]等人, 通过对低温管道进行了热结构分析, 描述了低温环境对流体管道动态行为的影响。席蓉^[12]等人, 通过分析进液、贮液及排液三种工况下液相管路的应力与变形, 提出在管路中增加膨胀节, 以补偿管路变形, 降低了局部区域热应力。

综上所述, 国内外学者在管道应力分析方面都取得了一定的成果, 尤其在石油、化工领域, 但是其管路基本上都是在陆地上, 也就是说没有运动引起的惯性载荷作用, 也很少有附加位移载荷。LNG 动力船低温管路则需要考虑由低温引起的巨大温差。此外, LNG 低温管路的研究并没有像船舶其他普通管路那样成熟, 对此类低温管路研究较少。加之在环保的要求下, LNG 动力船的需求将会越来越多, LNG 低温管路的应力分析也将获得更多的关注, LNG 低温管路的变形及应力集中问题需要做更深入研究。本文将某 LNG 船 FGSS 冷箱管路为研究对象, 基于 ANSYS 有限元分析软件, 对冷箱管路系统施加两种不同的极端管夹约束, 其余边界条件相同, 对管路进行形变和冷应力分析, 探索极端管夹约束对 LNG 船 FGSS 冷箱管路冷应力的影响。

1 基础理论

管路的基本应力类型包括轴向应力、周向应力、径向应力和剪应力^[13]四种。

- (1) 轴向应力。轴向应力是在温度和压力膨胀共同作用下平行于管道轴线方向的正应力，是轴力内压和弯曲等多重作用下的集中体现。

$$S_L = F_{AX} / A_m + PD_i^2 / (D_o^2 - D_i^2) + M_b / Z \quad (1)$$

式中： S_L —管路轴向正应力（MPa）； F_{AX} —管截面上的轴向力（N）； M_b —作用在管道截面上的弯矩（N·mm）； Z —管路的抗弯截面系数（mm³）； D_o —管路外径（mm）； D_i —管路内径（mm）； A_m —管截面的横截面积（mm²）

$$A_m = \pi (D_o^2 - D_i^2) / 4 \quad (2)$$

由材料力学薄壁理论可知，薄壁管道轴向正应力近似值为：

$$\sigma_L = PD / 4S_o \quad (3)$$

$$D = (D_o + D_i) / 2 \quad (4)$$

式中： P —管道内部压力（MPa）； S_o —管道横截面积（mm²）； D —管道直径的平均值（mm）

- (2) 周向应力。应力为垂直于管道轴向的正应力，管道内压产生该种应力，其方向平行于管壁圆周的切线。

- (3) 径向应力。力为作用在管道壁上的正应力，管道内压产生此种应力，它的方向平行于管道半径方向。其范围为管道内压与管外大气压之间。

如果不考虑外压，计算公式为：

$$S_r = P (R_i^2 - R_o^2 R_o^2 / R^2) / (R_o^2 - R_i^2) \quad (5)$$

式中： S_r —压力引起的径向应力（MPa）。

如果不考虑管道的外压，径向应力是零，弯曲产生的结构应力最大。

- (4) 剪切应力。剪应力的方向平行于材料晶体结构平面，主要由剪力和扭转的作用形成。截面剪切力产生的剪应力：

$$\pi_{\max} = VQ / A_m \quad (6)$$

式中： $\pi_{\max}$ —管路最大剪应力（MPa）； V —作用在管路上的剪切力（N）； Q —无量纲剪切系数，固体圆截面取 1.333。

管道中性轴处的剪切应力最大，由于管道剪切应力很小常被忽略不计。

扭转作用产生的剪切应力为：

$$\pi_{\max} = M_T C / R \quad (7)$$

式中： M_T —管截面上的扭矩（N·mm）； C —管截面上分析点到扭转中心的距离（mm）； R —抗弯截面系数（mm）。

$$R = \pi (D_o^4 - D_i^4) / 32 \quad (8)$$

在外管壁上的计算点， C 的数值与扭转应力最大，剪切应力为

$$\pi_{\max} = M_T C / R = M_T / 2Z \quad (9)$$

2 应力校核标准

2.1 一次应力

一次应力是由重力、压力和其他外力产生的应力。其主要作用是为了平衡外力载荷产生的应力。一次应力的特征是无自限性，当管道内塑性区域表现为极限状态时，无论外力载荷是否增加，管路都将发生不可逆转的塑性流动直至破坏^[14]。

一次应力校核准则为：由持续载荷导致产生的应力之和不能超过材料在设计温度下的许用应力。一次应力校核公式^[15]为：

$$\sigma_1 = \sqrt{(|s_a| + s_b)^2 + (2s_t)^2} \leq \sigma_h \quad (10)$$

$$s_a = I_a F_a / A_p \quad (11)$$

$$s_b = \sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_0 M_0)^2} / w \quad (12)$$

$$s_t = I_t M_t / 2w \quad (13)$$

式中： σ_1 是重力等持久载荷产生的应力，N/mm²； σ_h 是所用材料在设计温度下的许用应力，N/mm²； s_a 是由持久纵向力产生的应力，N/mm²； s_b 是由持久弯矩合成的应力，N/mm²； s_t 是持久扭矩产生的应力，N/mm²； A_p 是管路管壁横截面积，mm²； F_a 是重力等持久载荷产生的纵向力，N； I_a 是持久纵向力指数，一般情况下取 1.0； i_i 是平面内应力增强系数； i_0 是平面外应力增强系数； M_i 是压力等持久载荷产生的平面内弯矩，N/mm； M_0 是由压力等持久载荷产生的平面外弯矩，N/mm； w 是抗弯截面模量，mm³； I_t 是持久扭矩指数，一般情况下取 1.0； M_t 是重力等持久载荷引起的扭矩，N/mm。

2.2 二次应力

二次应力是由热胀、冷缩、端点附加位移等位移荷载所产生的应力。管道在位移荷载的作用下会产生附加位移，在约束作用下从而产生应力。具有自限性是二次应力的显著特征，当位移约束或自身连续变形得到满足的局部屈服或小量变形出现时，变形和应力不再增加。但是反复变形产生的二次应力会造成疲劳破坏。如果位移荷载极大，管道的疲劳破坏有发生在一次加载的过程中的可能性^[16]。

二次应力校核的准则为：由位移和温度引起的位移应力之和不能超过材料在设计温度下的许用应力。二次应力校核公式^[15]为：

$$\sigma_2 \leq \begin{cases} f(1.25\sigma_c + 0.25\sigma_h)\sigma_h \leq \sigma_1 \\ f(1.25\sigma_c + 1.25\sigma_h - \sigma_1)\sigma_h > \sigma_1 \end{cases} \quad (14)$$

式中： σ_2 是温度和位移引起的位移应力，N/mm²； f 是应力减小系数，一般取 1。

3 管路建模

3.1 几何模型

本文以某 LNG 船 FGSS 冷箱管路为研究对象，此管路系统由直管道及各类附件如弯头和三通等组成，设计压力为 1.1MPa，设计温度范围为-196℃~+50℃，环境温度为 20℃，工作温度为-163℃，基本参数如表 1 所示，数据来源于某项目设计手册。

表 1 冷箱管路参数

载荷类别	载荷值
工作温度 T1	-163℃
管道材料	S30408
管路设计压力 P1	1.1MPa

强度试验压力 P2	1.65MPa
弹性模量 E(MPa)	1.93×10^{-5}
泊松比 μ	0.3
热量膨胀系数 α (mm/mm.°C)	1.72×10^{-5}
一次许用应力 $[\sigma]$ MPa	138
二次许用应力 $[\sigma]$ MPa	345

根据该型船设计图纸，建立管路在总体直角坐标系下的几何模型，使用 SolidWorks 进行建模，再通过 ANSYS 前处理工具 Design Modeler 中进行几何处理，并把实体模型转换为壳模型。该型 LNG 船用储罐的有限元计算几何模型如图 3.1 所示。

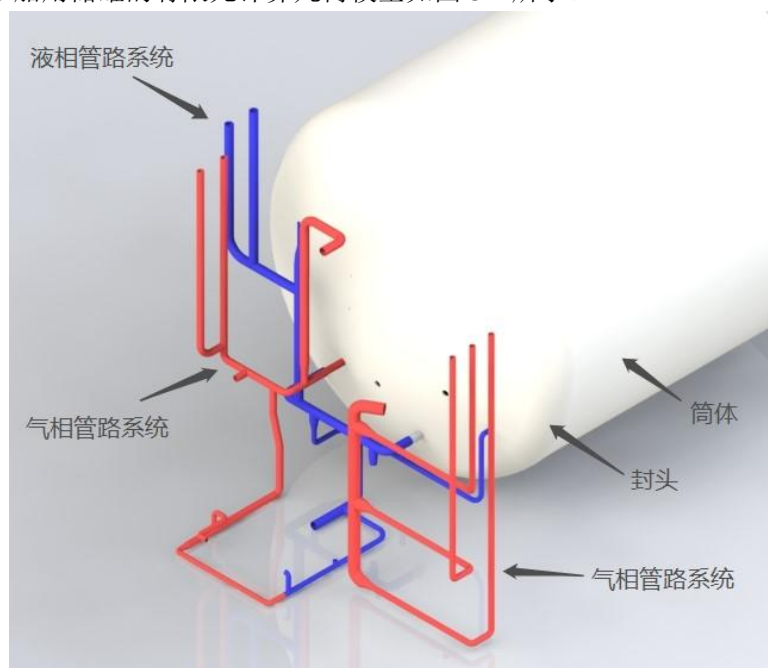


图 1 冷箱管路几何模型

3.2 极端管夹约束

由于管道在化工、建筑、船舶等各个领域中的广泛应用，与之配套的支架种类繁多，标准不一。在各种资料中根据不同的角度，管架的分类形式也是多种多样。按用途分类管路管夹分为固定支架和活动支架。本文极端管夹分两种设置。根据设计图纸，一种在冷箱管路中所有管夹布置位置使用固定支架即采取全约束设置，管路系统中 n 个管夹所在位置的自由度为 0。另一种在冷箱管路中所有管夹布置位置使用导向支架即导向性约束，管路系统中 n 个管夹所在位置的自由度为 1，允许管路沿轴向自由移动。

3.3 载荷

计算载荷的施加将考虑重力、温度、压力载荷的影响。

(1) 重力载荷。重力载荷是指管道以及介质等所有自重产生的荷载，主要产生弯曲应力或轴向应力，能够产生类似于梁的变形和失稳破坏。施加全局重力加速度。管路中忽略的阀门和法兰用点质量来考虑其重力的作用。

(2) 温度载荷。管道在温度变化时发生热胀冷缩，由于约束作用管道不能够自由变形，从而产生热应力，管路全局设定为恒温，其最低工作温度为 -163°C 。在 ANSYS Mechanical 中采用全局温度载荷施加在所有的节点上。

(3) 压力载荷。管道压力载荷是由管内工作压力产生的。是产生径向应力和环向应力的主要因素，可产生使管径增大或缩小的环向变形。还能对弯头造成弯曲应力。管路设计压力 P_1 为 1.1MPa，强度试验压力为 P_2 为 1.65MPa，ANSYS Mechanical 中采用均布压力载荷施加在管的内壁面上。

4 计算结果与分析

4.1 整体变形

如图 2 (a) 所示为全部固定管夹的位移变形分布图，最大变形处在液相管和罐体外封头接触位置，最大变形位移约为 1.1mm。如图 2 (b) 所示为全部滑动管夹的位移变形分布图，气相管路系统普遍变形较大，其弯头处变形位移最大，并分别标注了 A、B、C、D 四处，并按比例 1: 10 放大。

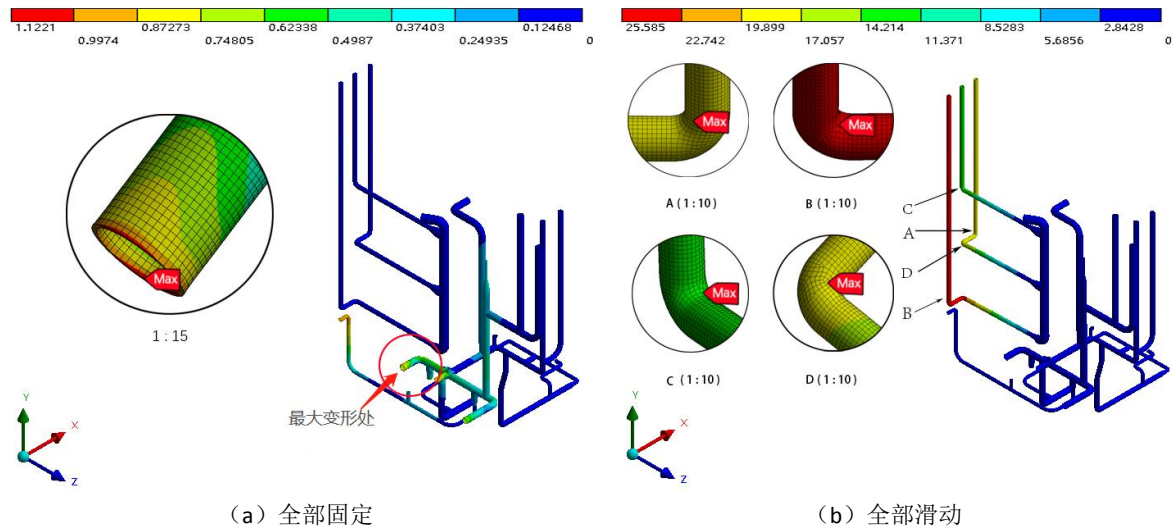


图 2 冷箱管路位移变形分布图

为了更加直观的分析两种极端约束冷箱管路的变形，提取出两种管路分析中节点对应的位移值，并绘制了节点与变形量关系的曲线图，如图 3 所示。

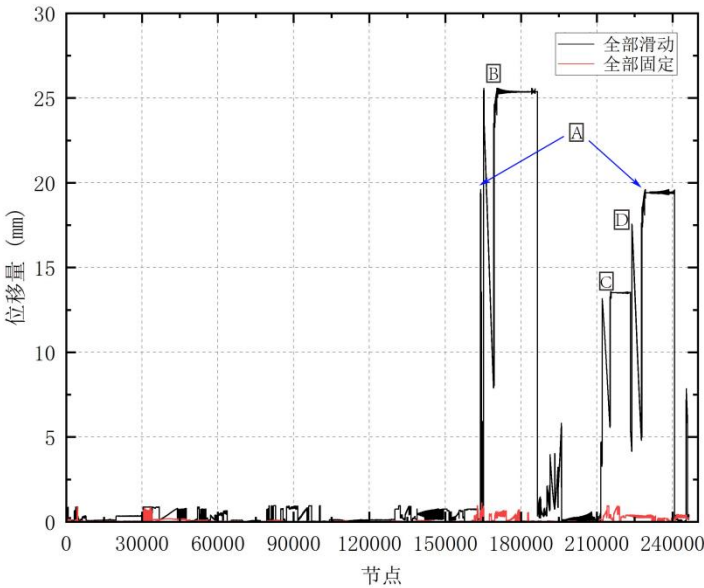


图 3 冷箱管路极端管夹约束变形数据对比图

从图 3 中可知，当冷箱内管路管夹全部固定时，整体冷箱管路位移量偏小。而当冷箱内管路管夹全部滑动时，部分节点即所标 A、B、C、D 的位移量会变得很大，变形分布图的对

应位置如图 2 (b) 所示。由图可知, A、B、C、D 皆在气相管路弯头处, B 处为最大变形所在位置, 位移量达到了 25mm 以上。

4.2 应力与强度

如图 4 (a) 所示为全部固定管夹的等效应力分布图, 液相管与封头交接处应力普遍较大, 选择其中较大点分别标注 A、B、C、D、E 并按比例 1: 10 放大, B 为最大应变所在位置, 应力值为 6162.7MPa。如图 4 (b) 所示为全部滑动管夹的等效应力分布图, 最大应变处位于气相管路一弯头处, 最大应力值约为 475.7MPa。

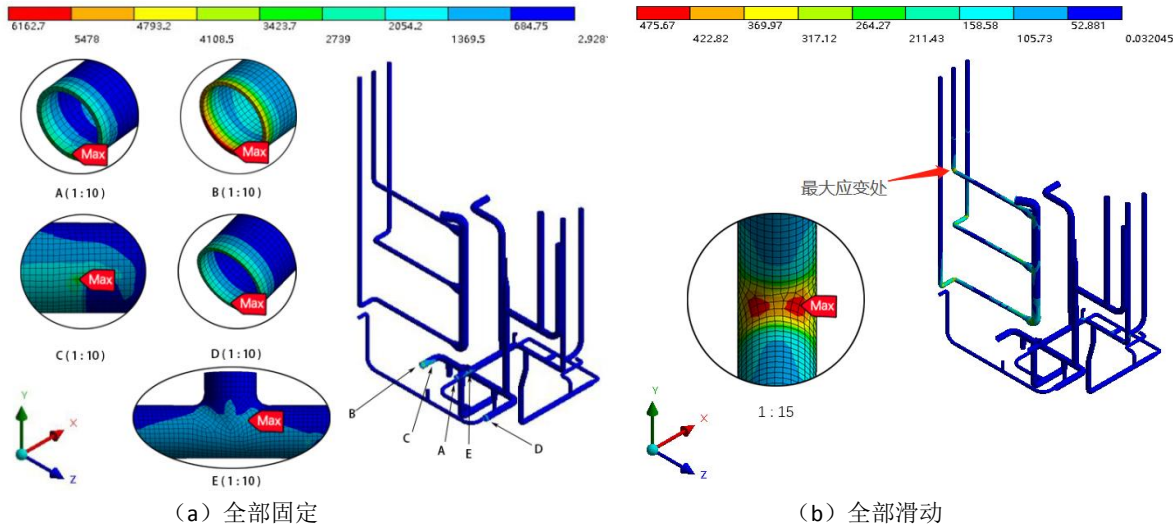


图 4 冷箱管路等效应力分布图

为了更加直观的分析两种极端约束冷箱管路的整体应力, 提取出两种管路分析中节点对应的等效应力值, 并绘制了节点与应力关系的曲线图, 如图 5 所示。

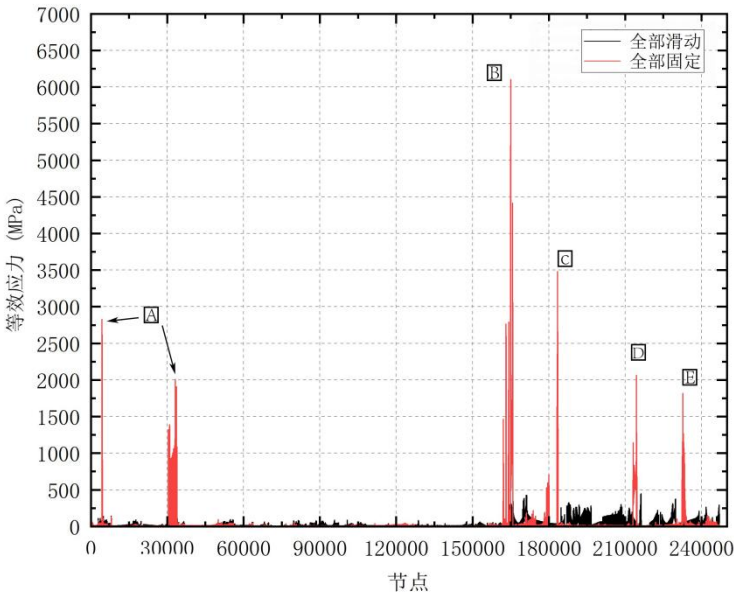


图 5 冷箱管路极端管夹约束等效应力数据对比图

从图中可知, 当冷箱内管路管夹全部滑动时, 整体冷箱管路等效应力偏小, 其中最大应变处位于气相管路中一弯头处, 如图 4 (b) 所示。而当冷箱内管路管夹全部固定时, 部分节点即所标 A、B、C、D、E 的冷应力会变得异常的大, 最大应力达到了 6162.7MPa, 其在全部固定等效应力分布图的对应位置如图 4 (a) 所示。其中 B 处为最大应力所在位置, 是液相管和罐体外封头连接位置, 应力值为 6162.7MPa, 经过细化网格后发现, B 处的应力值

越来越大,并逐渐趋于无穷,所以 B 处不是应力集中导致应力过大,而是应力奇异点,此点可直接忽略。C、E 两处为管路约束所在位置,应力值分别为 3479.6Mpa 和 1819.2Mpa,分别达到了衡准值的 1009%和 527%。A 点的两个峰值都在管路三通位置,应力值分别为 2814.1Mpa 和 2008.4Mpa,分别达到了衡准值的 816%和 582%。D 点在如图管路弯头位置,应力值为 2059.7Mpa,达到了衡准值的 597%。严重超出许用应力范畴。

5 结论

对于冷箱管路系统,全部滑动管夹会使得管路冷应力值相对较小,但会导致位移形变量过大。全部固定管夹会使管路位移形变量较小,但会导致管路冷应力集中。由此可见,在进行冷箱管路应力分析时单一的采用全部固定或全部滑动约束条件是不适合的,搭配合适的管夹约束条件才有可能使得冷箱管路系统应力最小,为 LNG 动力船 FGSS 冷箱管路应力计算及管道优化设计提供参考。

参考文献:

- [1] 纪志远,李蕾.FPSO 上部模块管道应力分析工况研究[J]. 辽宁化工, 2021,50(02):238-240.
- [2] Coulon A, Salanon R, Ancian L. Innovative numerical fatigue methodology for piping systems: qualifying Acoustic Induced Vibration in the Oil&Gas industry[J]. Procedia Engineering, 2018,213:762-775.
- [3] 任帅,马贵阳,王海燕. 基于 ANSYS 的隧道内输气管道应力分析[J]. 当代化工, 2015,44(11):2652-2654.
- [4] 李家栋. 关于一次应力的余量加到二次应力计算中的讨论[J]. 化工设备与管道, 2017,54(02):83-86.
- [5] 李家栋,徐锦煌. 应力分析在管道设计过程中的优化及指导[J]. 天然气化工(C1 化学与化工), 2019,44(06):112-118.
- [6] Ashrafizadeh H, Karimi M, Ashrafizadeh F. Failure analysis of a high pressure natural gas pipe under split tee by computer simulations and metallurgical assessment[J]. Engineering Failure Analysis, 2013,32(32):188-201.
- [7] Stevenson, M., Iwand, et al. Failure Analysis of an Aluminum Chiller Pipe by Experimental Simulation and Stress Analysis.[J]. Journal of Failure Analysis & Prevention, 2017.
- [8] 廖建明,杨先鲁.船用 LNG 储罐夹层低温管路的应力分析[J]. 辽宁化工, 2016,45(05):573-577.
- [9] 丁昌,付延唐,赵之贞,司金中,吴学红.低温储罐夹层管路的应力分析与优化设计[J]. 低温与超导, 2016,44(08):27-32.
- [10] 王长振,徐岸南,王德禹. π 形弯补偿器在 LNG 船低温管路中的应用分析[J]. 船舶工程, 2011,33(04):40-43.
- [11] Perumal Pillai R, Murugha Dhas K. Influence of low temperature and flow properties in dynamic behaviour of cryogenic pipelines[J]. Indian Journal of Cryogenics Volume 46, Issue 1. 2021. PP 1-6.
- [12] 席蓉,陈叔平,余铁浩,张喜宝,金树峰,王鑫,吴宗礼,刘亚楠.大型低温球罐夹层液相管路柔性优化分析[J]. 低温与超导, 2022,50(10):70-75.
- [13] The American Society of Mechanical Engineers[J]. World Pumps, 2001.
- [14] Standards B. Metallic Industrial Piping - Part 3: Design And Calculation[J].
- [15] 中国船级社.低温管路应力分析指南[S]. 2017.
- [16] Gorzelanczyk T, Hola J. Stress failure of cement concretes under compression - synthesis of knowledge, conclusions[J]. Journal of civil engineering and management, 2015,21(1):1-10.

基金项目：浙江省科技计划项目省级重点研发项目(2021C03184)

作者简介：温小飞（1977-），男，博士，副教授，研究方向为船舶清洁能源技术与装备。

童林海（1999-），男，硕士研究生，研究方向为低温管路系统冷应力分析。

通讯地址：浙江省舟山市定海区海大南路1号。

联系方式：13735018281；E-mail: wenxiaofei@zjou.edu.cn

四瓦可倾瓦轴承-转子系统临界转速研究

朱发新¹，王帅帅^{1*}，张敏²

（1 浙江海洋大学 船舶与海运学院；2 浙江自贸区敏瑞企业管理有限公司）

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^[1]。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^[2]。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 θ 来确定，定义以重力载荷反方向为基准，瓦块圆周角度为 φ ，支点角度位置为 β ，瓦块支点为 Z ，构成的支点圆半径为 R_z ， ω 是轴径角速度^[3]。

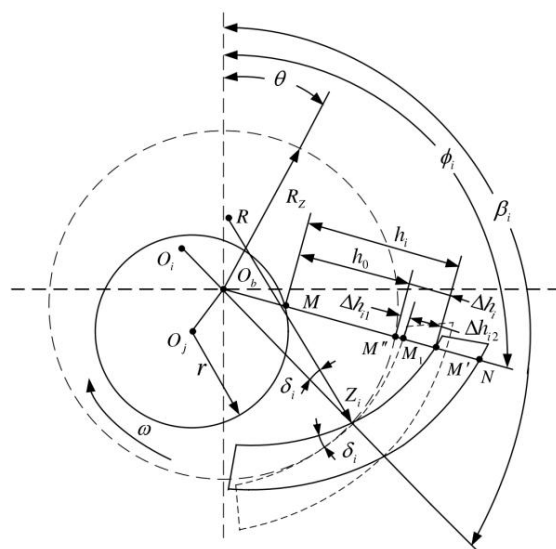


图 1 单瓦块模型动力学特性分析图

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^[4]。

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^[5]。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和方位角，进而表现出不同的油膜特性^[6]。以国内某 300MW 发电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^[7]。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^[8]。

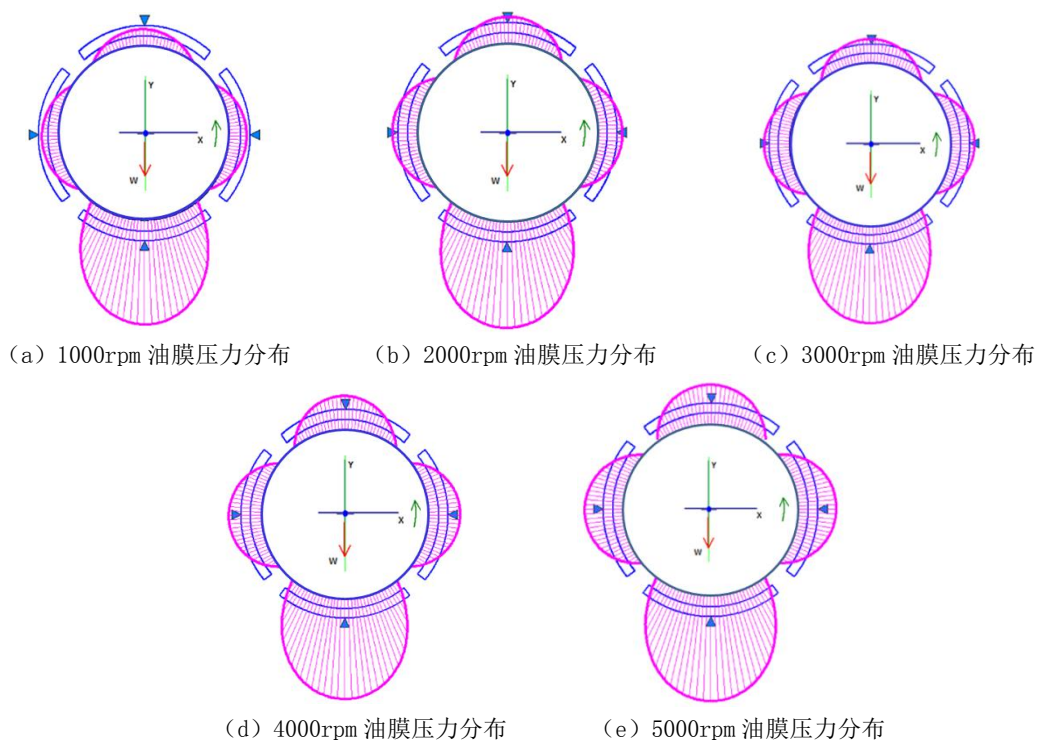


图2 不同转速下的油膜压力分布

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。

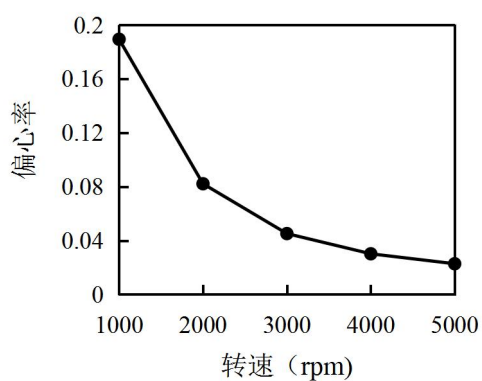


图3 偏心率和转速的关系

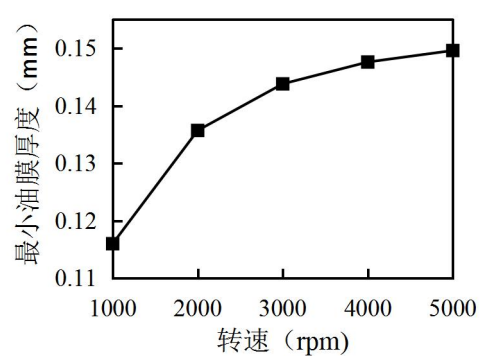


图4 最小油膜厚度和转速的关系

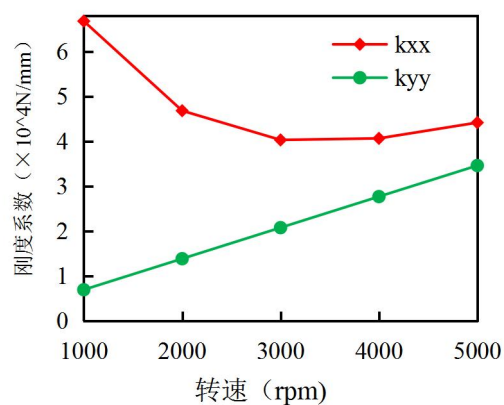


图5 刚度系数和转速的关系

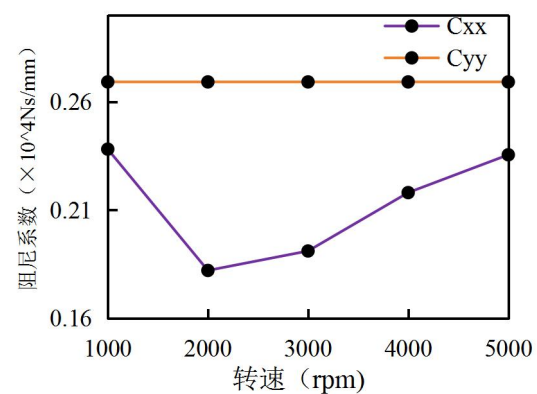


图6 阻尼系数和转速的关系

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^[9]。在所研究的转速范围内, 轴承水平方向上的刚度系数 K_{xx} 先减小后增大, 垂直方向上的刚度系数 K_{yy} 随转速增加, 阻尼系数 C_{xx} 和 C_{yy} 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^[10]。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 $0.0045\text{kg} \cdot \text{m}^2$, 推力盘质量为 12.85kg, 转动惯量为 $0.12\text{kg} \cdot \text{m}^2$, 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。

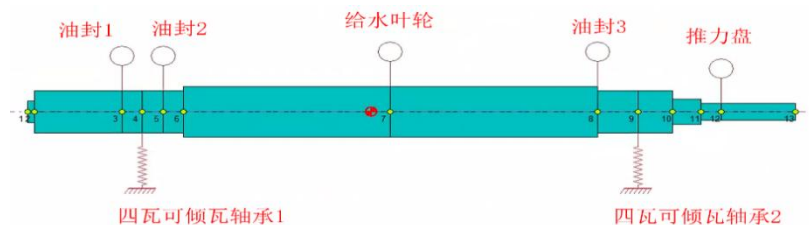


图 7 可倾瓦轴承-转子数学模型

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^[11]。

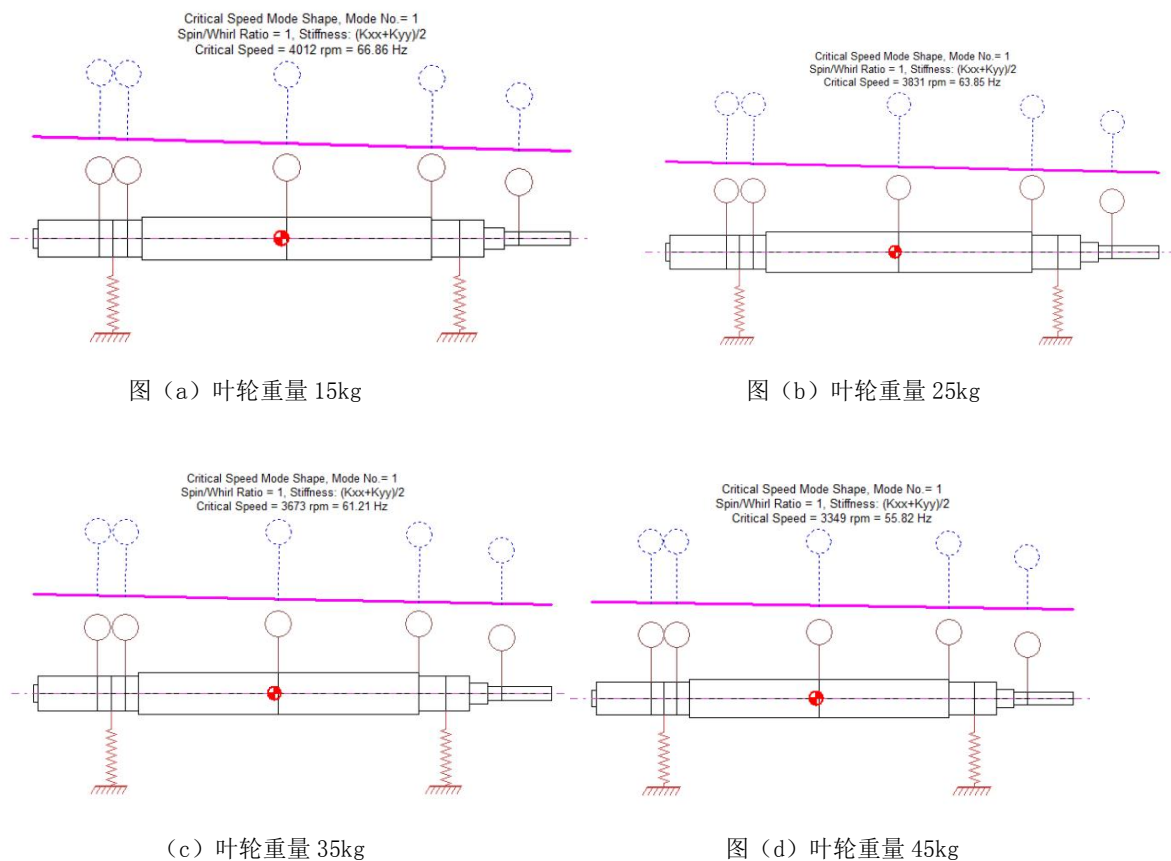


图 8 不同叶轮质量下临界转速图

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。

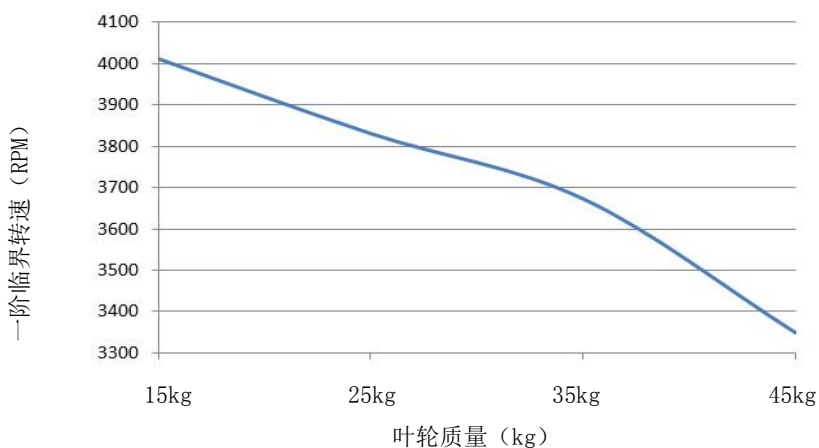


图 9 转子一阶临界转速随叶轮质量变化趋势图

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

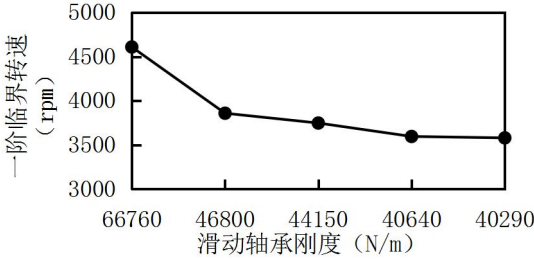


图 10 一阶临界转速随轴承刚度变化趋势图

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.

作者简介:

朱发新(1982-),男,浙江海洋大学,副教授,硕导,硕士学位,轮机工程专业,船舶安全与污染控制研究方向。

王帅帅(1997-),男,通讯作者,浙江海洋大学,硕士研究生,交通运输专业,海上安全技术研究方向。

基金项目:

- 1) 2022 年浙江省优秀研究生课程《现代轮机工程导论》;
- 2) 2022 年浙江省研究生教育学会科研项目《交通运输硕士专业学位研究生实践能力培养研究》。

联系方式:

地址:浙江省舟山市定海区临城街道长峙岛海大南路 1 号(浙江海洋大学 船运学院),邮编:316022。

联系人:朱发新,电话:15858050245; E-mail: zhufax7758@163.com。

基于 GA-PID 的无刷直流电机调速系统仿真研究

唐阳¹, 朱发新^{1*}, 陈昊¹, 滕宪斌², 董良雄²

(1. 浙江海洋大学 316022 2. 广州航海学院 510725)

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^[1]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^[2]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^[3]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

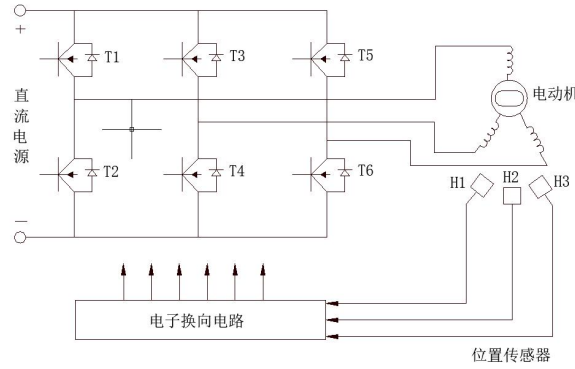


图1 无刷直流电机原理图

无刷直流电机原理图如图1所示，为了建立起数学模型^[4-6]，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， A ； 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， Ω 。

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^[7-10]。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：

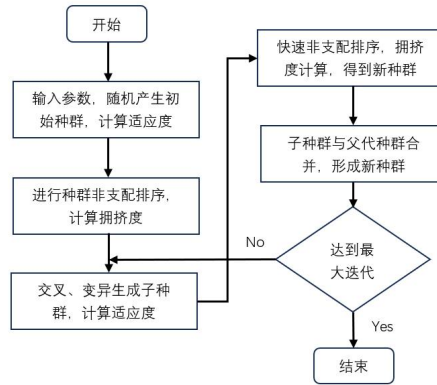


图 2 遗传算法流程图

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 1×3 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 5 s、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 ITAEmin,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 1.17 S 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 1.17 S~5 S 电机平稳运行过程中转速波动率低于 0.5%。

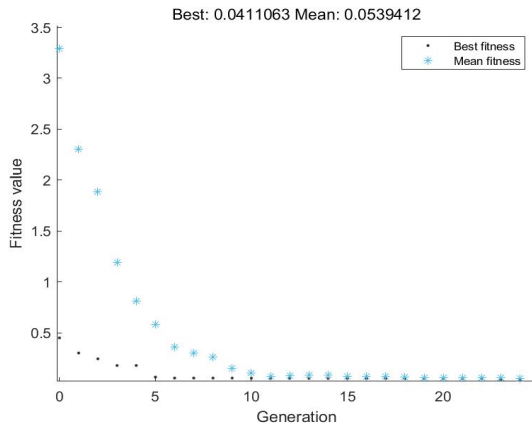


图 3 阶跃响应适应度

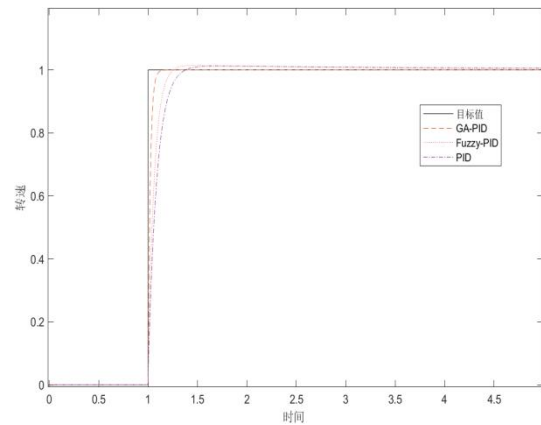


图 4 转速仿真对比图

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 ITAEmin,此时 $K_p=9.998$, $K_i=3.867$, $K_d=0.022$, $ITAE_{min}=0.022$ 。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。

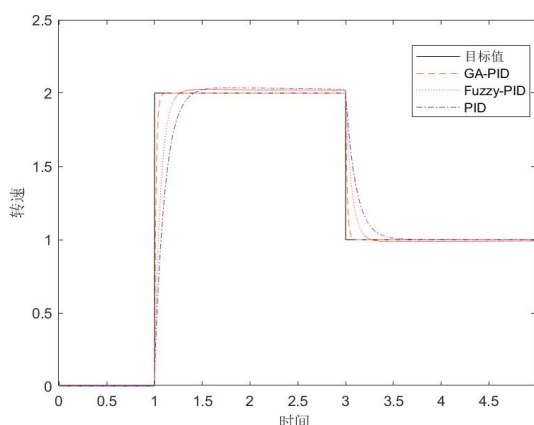


图5 运行中给定突变的阶跃响应适应度

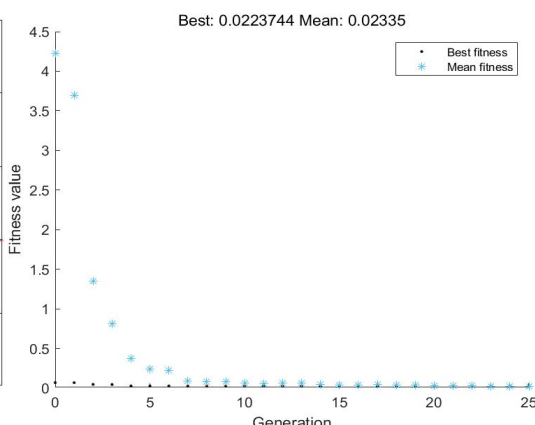


图6 运行中给定突变的转速仿真对比图

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研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研究[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.

作者简介:

唐阳, 男, 浙江海洋大学, 交通运输专业, 硕士研究生, 研究方向为海上安全技术。

朱发新, 男, 通讯作者, 浙江海洋大学, 副教授, 硕士学位, 硕士生导师, 轮机工程专业, 船舶安全与污染控制研究方向。

联系方式:

地址: 浙江省舟山市定海区临城街道长峙岛海大南路 1 号(浙江海洋大学 船运学院), 邮编: 316022。

联系人: 朱发新, 电话: 15858050245 E-mail: zhufax7758@163.com

基于过程管理的船舶燃油质量事故防范及应急处置研究

王雪峰¹, 董浩²

(1 浙江国际海运职业技术学院; 2 舟山杉舸船舶管理有限公司)

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, 就出现燃油驳运泵滤器压差变大, 油泵驳运困难情况, 二管轮清洗滤器后, 继续驳油至沉淀柜。但是不久后油泵又出现滤器堵塞情况, 该轮燃油驳运泵是自动驳油, 滤器频繁堵塞情况非常罕见, 二管轮再次清洗驳运泵滤器, 但是依然没有解决问题, 滤器堵塞反而越加频繁, 在当天晚上, 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态，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态。



图 1 燃油驳运泵滤器状况



图 3 燃油分油机输送泵滤器状况



图 3 分油机运行 10 分钟后分离筒状况



图 2 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	Continues drip	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)	SERVICE TK
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。



图 5 清出的固体杂质



图 6 不合格燃油输送到岸

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，及时向供油商及化验公司核实，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，邀请船舶专家及供油商参加调查，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^3 ，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^[1]。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^[2]，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^[3]。

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礎上。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^[4]，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^[5]，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^[6]，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^[7]，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^[8]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和经验，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, Xiaohe 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.

作者简介：

王雪峰（1976.07-）男，浙江国际海运职业技术学院副教授。

通信地址：浙江省舟山市临城新区海天大道 268 号；

电话：18969255779

电子邮箱：645178999@qq.com

船舶柴油机及其系统安全检查（PSC/FSC）—— 消防方面的关注点

傅毅能

宁波海事局

摘要：文章从国际公约、国内规则对船舶柴油机及其系统消防安全相关要求出发，在船舶柴油机及其系统安全检查（PSC/FSC）中，结合消防方面的具体关注点进行分析探讨，提出个人的看法与见解。

关键词：船舶柴油机 安全检查（PSC/FSC） 消防 关注点

1 前言：伴随着船舶运输事业的兴起与发展，各类海损事故时有发生。其中，船舶柴油机及其系统火灾尤为引人关注，其发生比例之高一直位于前列，具有扑救困难，损失重大，危害剧烈等显著特点。世界各国实施船舶安全检查（PSC/FSC）中，无疑需要我们船舶安检人员与船舶管理者对船舶消防安全方面的知识、标准、要求、缺陷隐患等有比较全面、系统的了解与掌握。

2 船舶关键性设备及其系统安全检查的总则与一般原则

2.1 船舶关键性设备及其系统安全检查的总则

“配有一好用一会用”对于船舶安全检查来说，掌握对设备与系统的公约、规则要求是十分必要的，也是我们实施安全检查的依据与基础。船舶关键性设备及其系统的检查主要是依据相关公约、规则的要求来对具体设备及其系统的配备、性能等进行检查。简单的说就是公约、规则要求的设备及其系统要有，有的设备及其系统要好用，好用的设备及其系统要会用这样一个原则。依据这个原则，在我们了解了船舶关键性设备及其系统的一般工作原理、特点以及相关公约与规则要求的基础上，就可以对船舶关键性设备及其系统进行安全检查了。

2.1.1 配有一相关公约、规则的要求：根据船舶安放龙骨时间/相应建造年月、船种以及航行区域，相关公约、规则对船舶关键性设备及其系统的配备要求；

2.1.2 好用—良好即刻可用状态：根据船舶关键性设备及其系统的产品/厂家说明书，通过船舶日常维护保养、修理管理等，使之处于良好即刻可用状态；

2.1.3 会用—相关人员的操作技能：公司岸基管理人员、主管/责任船员了解、熟悉船舶关键性设备及其系统，并能够正确熟练操作之；

2.2. 船舶关键性设备及其系统安全检查的一般原则：

首先，检查人员应对该船是否持有有效的船舶设备的相关文件与证书，船舶是否配有最低安全配员证书所要求的人员，对船舶设备及其系统的状态进行评估，以确认其能够确保船舶和人命财产安全，防止海洋污染。

在检查船舶设备及其系统时，应形成对其维护保养状态的总体印象，相关设备处于良好、随时可用状态。大量临时性修理的存在，如管路卡箍或水泥堵漏箱等，都说明船舶不愿对其进行永久性修理。临时性修理在船舶安全检查中是不被认可的，其仅仅是在船舶紧急情况下进行的一种暂时性的处理。

可通过操作性检查来判断与评估船上责任人员是否熟悉涉及其操作关键性设备及其系统的职责与能力。具体体现在以下几方面：

2.2.1. 设备证书以及铭牌的检查；

2.2.2. 设备及其系统保持良好状态，外观整洁、附件齐全完好；

2.2.3. 设备及其系统是否存在油、水、汽等滴漏跑冒现象；

2.2.4. 设备及其系统的控制设备处于良好状态；

2.2.5. 设备及其系统的显示设备处于良好状态；

2.2.6. 设备及其系统的声光报警系统处于良好状态；

- 2.2.7. 设备及其系统的周围环境处于良好状态（照明、通风、卫生等）；
- 2.2.8. 设备及其系统的相关操作说明与注意事项完好无损并正确张贴；
- 2.2.9. 设备及其系统的各种标识清晰正确；
- 2.2.10. 应急设备及其系统处于良好、随时可用状态；
- 2.2.11. 陪同安全检查的主管/责任船员能够正确熟练操作之。

3 船舶柴油机及其系统消防方面安全检查关注点

为了防止船舶可燃材料或易燃液体被引燃。相关设备及其系统应满足：1/应采取控制易燃液体渗漏的措施；2/应采取限制易燃蒸汽聚集的措施；3/应限制可燃物质的引燃；4/应限制着火源；5/应将着火源与可燃物质和易燃液体隔离开。

3.1 柴油机高压油管泄漏报警装置

柴油机高压油管保护与泄漏报警装置：高压燃油泵与燃油喷油器之间的外部高压燃油输送管道应使用能容纳高压管道的故障漏出燃油的套管加以保护。这种套管包括内装高压燃油管的外管，为永久性装置。套管系统应包括收集漏油的装置以及在燃油管泄漏故障时发出警报的装置。

柴油机高压油管泄漏报警装置的种类及原理：有压力式、液位式（浮子式、电极式、电容式、红外线感光式、超声波式）、感应式等；将泄漏报警探测器中的泄漏信号转化为电信号输送到集中声光报警显示器上，发出燃油泄漏声光报警。

3.2. 高压油管保护与泄漏报警装置及其系统的检查关注点

3.2.1 高压油管保护与泄漏报警装置配备

3.2.1.1 高压油管保护与泄漏报警装置是否按公约、规则相关要求配备；

3.2.1.2 高压油管保护与泄漏报警装置安装是否符合公约、规则要求；

3.2.1.2.1 高压油管是非双套管型；

3.2.1.2.2 各个缸高压油管泄漏后不能正常导入泄漏报警探测器（导管未安装、脱落、断裂等）；

3.2.1.2.3 泄漏报警探测器无法正常工作：

①其进出管未安装、安装不正确、脱落等；

②其内部浮球卡死、脱落等；

③其测试功能不正常；

④其声光报警不正常（蜂鸣器、指示器等故障）；

⑤其自带测试器不能正常工作；

3.2.2 陪同安全检查的主管/责任船员是否熟悉设备及其系统，并能够正确熟练操作之（如：对不同漏油报警装置的报警测试的操作，看其是否熟悉、正确操作之）。

3.3 船舶柴油机曲柄箱油雾浓度监视与报警装置

曲柄箱油雾浓度监视与报警装置是保证船舶柴油机安全运行的重要装置之一。船舶柴油机在运行时，正常情况下，曲柄箱内持有一定的油雾浓度，但在柴油机出现不正常的轴承磨损、过热、燃油漏入或填料泄漏等异常情况时，当油雾浓度超过正常标准时，可能会引起曲柄箱爆炸事故。为此一般船舶主、副机都装有曲柄箱油雾浓度监视与报警装置，以便在曲柄箱油雾浓度达到警戒值时发出报警，同时控制主机自动减速或停车，以确保主机运行安全。此外，还可以为轮机员提供反映主机工况的故障信息。

3.3.1. 船舶柴油机曲柄箱油雾浓度监视器与报警装置的种类及原理

3.3.1.1 基本原理：目前船上所用的曲柄箱油雾浓度监视器与报警装置种类较多，但其基本原理相近，都是以光电转换的原理进行设计的。油雾浓度检测大多采用光电原理，常采用光电池来检测。

3.3.1.2 曲柄箱油雾浓度监视器与报警装置的类型：安装在机旁（整个装置均安装在机旁）、集中控制室（整个装置仅有探头及输送电缆安装在机旁）的类型；

3.3.1.3 下图 1-2 设备（MD-9M OIL MIST DETECTOR）的测试检查：

①打开左图盖板见右图部分，按黄色框内的操作说明步骤进行报警功能测试；

②正确操作检测的结果是左图面板上的所有指示灯都亮，发出高浓度声光报警；若操作不正确，则仅有黄色故障指示灯亮。

在实船对该种设备进行检查时，很多主管船员不能正确熟练操作之。

图 1

图 2



3.4. 船舶柴油机曲柄箱油雾浓度监视器与报警装置检查关注点：

3.4.1 曲柄箱油雾浓度监视与报警装置配备

3.4.2 柴油机是否按公约、规则相关要求安装曲柄箱油雾浓度监视与报警装置；

3.4.3 柴油机曲柄箱油雾浓度监视与报警装置安装不符合公约、规则要求

3.4.4 油雾浓度监视器脏污；

3.4.5 油雾浓度监视器相关管线漏泄、脱落等；

3.4.6 油雾浓度监视器部分探头故障；

3.4.7 油雾浓度监视器与报警装置无法正常自检；

3.4.8 油雾浓度监视器与报警装置的声光报警故障；

3.4.9 陪同安全检查的主管/责任船员是否熟悉设备及其系统，并能够正确熟练操作之。

3.5 船舶柴油机高温表面隔热装置以及灭火系统

柴油机不同种类的高温表面隔热装置：柴油机的排气管、燃油管、蒸汽管等温度较高的管系等。

柴油机高温表面隔热装置以及灭火系统检查关注点

3.5.1 柴油机高温表面隔热装置

3.5.1.1 柴油机各个高温表面是否按要求进行了隔热包扎；

3.5.1.2 各个隔热包扎材料是否符合要求；

3.5.1.3 各个隔热包扎材料是否完好；

3.5.2 柴油机高温表面灭火系统

3.5.2.1 水灭火系统是否能够覆盖相关高温表面（消防泵、消防栓、皮龙、水枪）；

3.5.2.2 固定二氧化碳（CO₂）灭火系统的喷头是否能够覆盖相关高温表面（系统正常、喷头完好）；

3.5.2.3 机舱局部水基喷淋系统的喷头是否能够覆盖相关高温表面（系统正常、喷头完好）；

- 3.5.2.4 陪同安全检查的主管/责任船员是否熟悉设备及其系统，并能够正确熟练操作之。
- 3.5.2.5 主管/责任船员是否能够正确熟练操作水灭火系统（如：何时使用应急消防泵、消防隔离阀的开/关等）；
- 3.5.2.6 主管/责任船员是否能够正确熟练操作固定二氧化碳（CO₂）灭火系统（如释放控制步骤以及报警的测试、CO₂钢瓶的瓶头阀上三根管子的连接与走向、备件情况等）；
- 3.5.2.7 主管/责任船员是否能够正确熟练操作机舱局部水基喷淋系统（如：系统保护的处所、系统进口阀的开/关、机旁手动操作等）；
- 3.6 油舱（柜）速闭装置
- 3.6.1 油舱（柜）速闭装置的种类：有拉索型、气控型、液控型等；
- 3.6.2 油舱（柜）速闭装置检查关注点
- 3.6.2.1 油柜速闭装置配备
- 3.6.2.1.1 燃油柜是否按公约、规则相关要求安装速闭装置；
- 3.6.2.1.2 速闭装置安装不符合公约、规则要求
- 3.6.2.1.2.1 速闭阀没有直接或连接管长度超过规定要求安装在油柜上；
- 3.6.2.1.2.2 速闭阀不能在油柜处所外部操作；
- 3.6.2.1.2.3 速闭阀拉索、气控管、液压管非防火型；
- 3.6.2.1.2.4 速闭阀及其附件是否完好可用：
- ①速闭阀不能正常关闭；
- ②速闭阀弹簧断裂、失效等；
- ③速闭阀阀体损坏、卡死等；
- ④速闭阀拉索卡死、断裂等；
- ⑤速闭阀气控管、液压管断裂、严重漏泄、松脱、压力不足等；
- 3.7 柴油机燃油隔离装置
- 3.7.1 燃油隔离装置的种类：拉索型、气控型、液控型等；
- 3.7.2 燃油隔离装置检查关注点
- 3.7.2.1 燃油隔离装置配备
- 3.7.2.1.1 柴油机是否按公约、规则相关要求安装隔离装置；
- 3.7.2.1.2 隔离装置安装不符合公约、规则要求：
- 3.7.2.1.2.1 隔离装置距柴油机的位置小于5米处；
- 3.7.2.1.2.2 操作隔离装置的位置没有遮挡保护；
- 3.7.2.1.2.3 隔离装置拉索、气控管、液压管非防火型；
- 3.7.2.1.2.4 隔离装置及其附件是否完好可用：
- ①隔离装置不能正常关闭；
- ②隔离装置弹簧断裂、失效等；
- ③隔离装置阀体损坏、卡死等；
- ④隔离装置拉索卡死、断裂等；
- ⑤隔离装置气控管、液压管断裂、严重漏泄、松脱、压力不足等；
- 3.8 燃油舱（柜）液位计与测量管——应配备安全有效的装置，以确定任何燃油舱（柜）内的存油量：
- 3.8.1 燃油舱（柜）液位计与测量管的种类
- 3.8.1.1 燃油舱（柜）液位计的种类：平板玻璃（图-3 带自闭式控制旋塞）、磁浮式液位计（图-4）；

图-3 平板玻璃型



图-4 磁浮式型

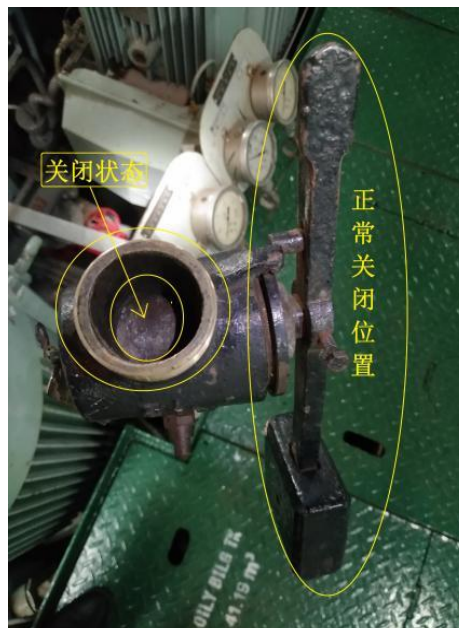


1.2 燃油舱(柜)测量管

图-5 燃油舱(柜)测量管端部装置



图-6 燃油舱(柜)测量正常关闭位置



3.8.2. 燃油舱(柜)液位计与测量管检查关注点

3.8.2.1 燃油舱(柜)液位计与测量管配备

3.8.2.1.1 燃油舱(柜)是否按公约、规则相关要求安装液位计与测量管；

3.8.2.1.2 液位计与测量管不符合公约、规则要求：

3.8.2.1.2.1 液位计与燃油舱(柜)上下连通管上安装非自闭型阀；；

3.8.2.1.2.2 测量管终端未安装有自闭式关闭装置；

3.8.2.1.2.3 在测量管终端的自闭式关闭装置的下方未设置一个小直径的自闭式控制旋塞；

3.8.2.1.3 燃油舱(柜)液位计与测量管及其附件是否完好可用:

3.8.2.1.3.1 燃油舱(柜)液位计及其附件是否完好可用

① 自闭型阀未处于自闭状态(人为捆绑等);

② 自闭型阀损坏、卡死、拉索断裂等;

③ 自闭型阀连接处渗漏等;

④ 液位计指示刻度不清晰等;

⑤ 液位计指示面板破裂、脏污等;

3.8.2.1.3.2 燃油舱(柜)测量管及其附件是否完好可用:

① 测量管终端的自闭式关闭装置未处于自闭状态;

② 测量管终端的自闭式关闭装置自闭重锤丢失、损坏、卡死、位置不对等;

③ 测量管终端的自闭式关闭装置下方小控制旋塞丢失、损坏、卡死、气孔堵塞等;

3.9 船舶柴油机及其系统消防方面的安全检查(PSC/FSC)的缺陷处理

在上述各项关注点检查中发现或存在的问题与不足,都能作为船舶安全检查(FSC/PSC)的缺陷处理,在船旗国/港口国(FSC/PSC)检查报告中均可开具缺陷,具体相关缺陷就不一一举例叙述,主要可概括为以下三方面:

3.9.1 “配有方面”发现或存在的问题与不足——不满足相关公约、规则的要求;

3.9.2 “好用方面”发现或存在的问题与不足——未处于良好即刻可用状态;

3.9.3 “会用方面”发现或存在的问题与不足——责任人员不能正确熟练操作之;

参考文献:

[1] 国际海事组织. 国际海上人命安全公约(2004 综合文本). 北京:人民交通出版社, 2005:173-175.

[2] 中华人民共和国海事局. 船舶与海上设施法定检验规则(国内航行法定船舶检验技术规则-2020) [M]:北京: 人民交通出版社, 2020:4-21—4-75.

作者简介与详细联系方式:

作者: 傅毅能 高级工程师 A 类船舶检查官 甲类轮机长

工作单位: 中华人民共和国宁波海事局

通讯地址: 宁波市北仑大榭开发区南渡畅园大榭海事处

办公电话: 0574-86762393 手机: 13505881185

电子邮箱: fuyineng@126.com 邮编 315812

西门子 S7-200PLC 控制系统探索

耿纪永

宁波油港轮驳有限公司

摘要: 宁波港甬港消拖 60 号作为全国首艘 LNG 双燃料拖轮, 设备众多且控制系统复杂, 传统的数字电路或继电器控制电路已经无法满足本船自动化的需求, 而充分使用 PLC 则能实现对各设备的精准可靠控制, 该船各设备基本上采用了 PLC 控制系统, 尤其较多的使用了西门子 S7-200PLC 系统, 这就对船舶轮机管理人员提出了更高的要求。本文通过对西门子 S7-200PLC 常识的简要讲解, 期望能给轮机管理人员提供一些帮助。

关键词: PLC; 控制; 输入; 输出; 轮机管理; 故障

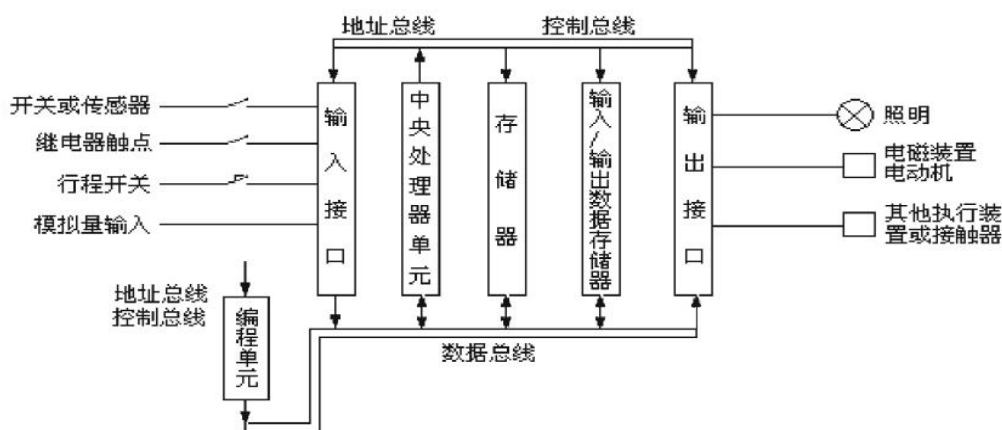
1. PLC 概述

PLC (Programmable Logic Controller) 是可编程序逻辑控制器的缩写, 产生于 1969 年。最初只具备逻辑控制、定时、计数等功能, 主要是用来取代继电器接触器控制。国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 的定义是: PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械动作过程。

现在 PLC 已成为工业控制领域中最常见、最重要的控制装置, 它代表着一个国家的工业水平。世界上生产 PLC 的厂家非常多, 如欧洲的 SIMENS (西门子)、ABB、Schneider (施耐德), 美国的 ROCKWELL (AB)、GE-Fanuc, 日本的 MITSUBISHI (三菱)、OMRON (欧姆龙), 中国的台达、信捷、嘉华等。

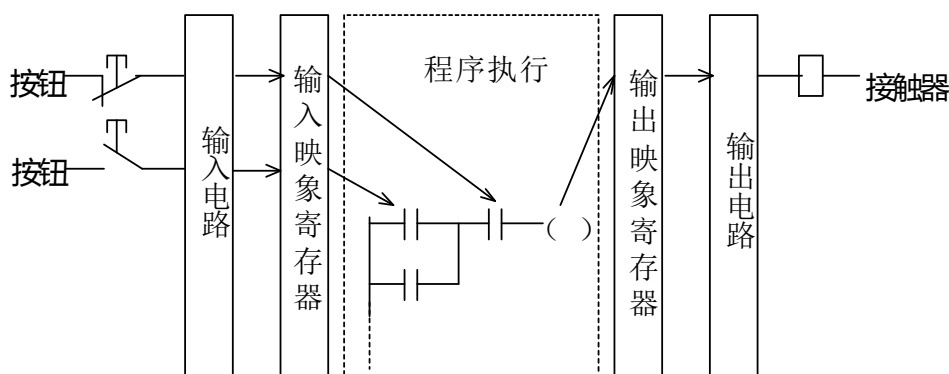
2. PLC 的基本结构

用 PLC 实施控制, 其实质是按一定算法进行输入输出变换, 并将这个变换予以物理实现。输入输出变换、物理实现是 PLC 实施控制的两个基本点。而输入输出变换实际上是信息处理, 信息处理通常采用计算机技术。物理实现要求 PLC 输入输出能满足工业控制要求。因此 PLC 是微型计算机技术与机电控制技术相结合的产物。它采用典型的计算机结构, 主要由中央处理器、存储器、输入输出接口、电源单元、通信接口、I/O 扩展接口等单元部件组成, 这些单元部件都是通过内部总线进行连接, 如图:

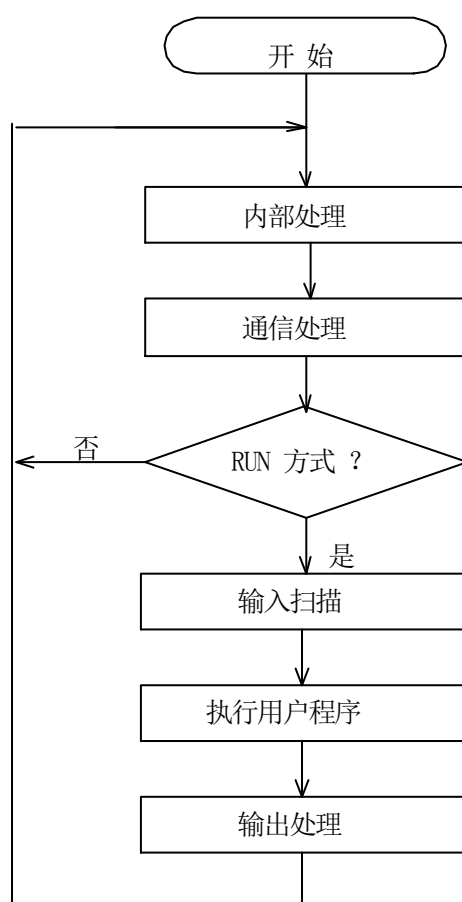


3. PLC 工作原理

PLC 的工作原理如下图所示:



PLC 采用循环扫描工作方式，这个工作过程一般包括五个阶段：内部处理、与编程器等的通信处理、输入扫描、用户程序执行、输出处理，其工作过程如图：

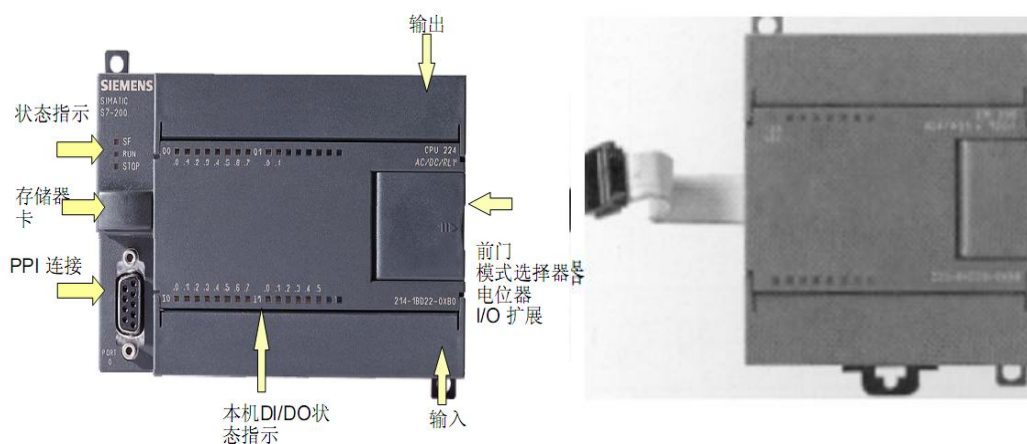


PLC 执行的五个阶段，称为一个扫描周期，PLC 完成一个周期后，又重新执行上述过程，扫描周而复始地进行。

4. 西门子 S7-200PLC 简介

虽然 PLC 的型号品种繁多，但实质上都是一种工业控制计算机，对于轮机管理人员来说，没必要深入细致了解其内部机构，只需了解其组成和基本工作原理及故障排查就足够了。下面我们以西 门子 S7-200PLC 为例，浅述其系统功能。

西门子 S7-200 是紧凑型 PLC，对高性能要求的小控制系统尤为适用，在甬港消拖 60 号船上得到了广泛应用。系统的硬件构架由 CPU 模块和丰富的扩展模块组成。其外形图如下所示：



S7-200 系列主机外形图及扩展模块

4.1 中央处理单元（CPU）

S7-200CPU 将一个微处理器、一个集成的电源和若干数字量 I/O 点集成在一个紧凑的封装中，组成一个功能强大的 PLC。西门子提供多种类型的 CPU 以适应各种应用要求。不同类型的 CPU 具有不同的数字量 I/O 点数、内存容量等规格参数。目前提供的 S7-200CPU 有：CPU221，CPU222，CPU224，CPU226 和 CPU226XM。

4.2 电源

每个型号的 CPU 电源可以是 DC24V 的，或者是 AC（120~220V）的，可以在 CPU 的标识中分辨，如 CPU224DC/DC/DC 和 CPU224AC/DC/Relay 分别代表 CPU 是直流供电，直流数字量输入，晶体管直流数字量输出和交流供电，直流数字量输入，继电器输出类型。西门子 S7-200CPU 中内置超级电容，在短期断电时为数据保持和实时时钟提供电源。CPU224 和 CPU226 可保持数据约 190h，另外还可在可选卡插槽中插入电池卡提供后备电源，断电后可保持数据约 200 天。

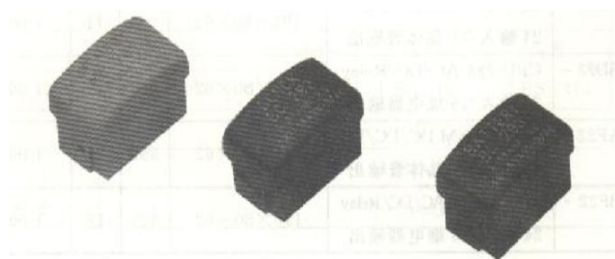
4.3 可选卡插槽

S7-200CPU 提供了一个可选卡插槽，可根据需要插入三种卡中的一种，它们分别是：

MC291：存储器卡。插入后，可使用编程软件将 CPU 中的存储内容复制到卡中，再插入其他 CPU 上，加电后会自动复制，用于传递程序。

CC292：日期/时钟电池卡。用于 CPU221 和 CPU222 两种不具备内部时钟的 CPU，同时提供内存后备电池。

BC293：电池卡。为所有类型 CPU 提供数据保持的后备电池。



外插卡

4.4 输入输出 I/O 单元

输入输出单元是 PLC 与外围设备的连接接口，现场的各种开关量或模拟量都要通过输入模块送到 PLC 中，再转换成 CPU 能够处理的数字信号，输出模块再把 CPU 输出的数字信号转换成现场的执行信号，以驱动负载。通常 PLC 的输入类型可以是直流、交流和交直流。输入电路的电源可由外部供给，有的也可由 PLC 内部提供。CPU224 基本单元提供了 14 个输入点（I0.0~I0.7 和 I1.0~I1.5）和 10 个输出点（Q0.0~Q0.7 和 Q1.0~Q1.1）。当系统需扩展时，最多能扩展 7 个功能模块。

4.5 扩展模块

S7-200CPU 为了扩展 I/O 点和执行特殊功能，可以连接扩展模块（CPU221 除外）。扩展模块包括：

数字量扩展模块：EM221/EM222/EM223

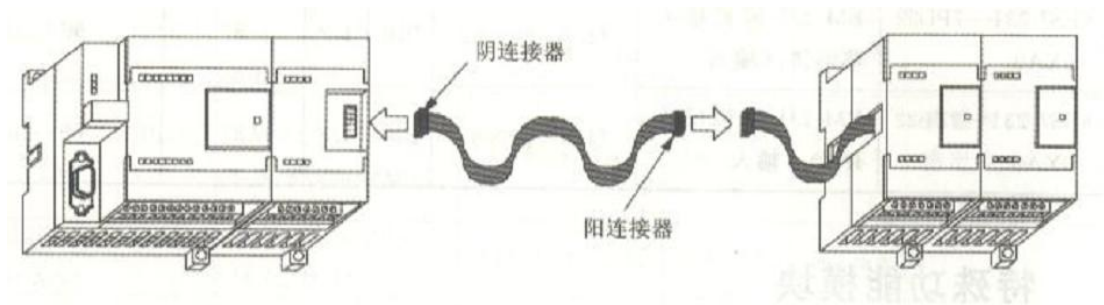
模拟量扩展模块：EM231/EM232/EM235

温度测量扩展模块：EM231TC/EM231RTD

特殊功能模块（定位控制模块）：EM253

通讯模块：EM277/EM241/CP243-1/CP243-1IT/CP243-2

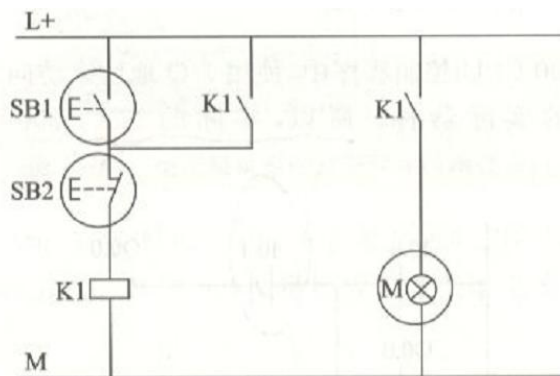
如果 CPU 和扩展模块不能安装在一条导轨上，可以使用总线延长电缆，如图：



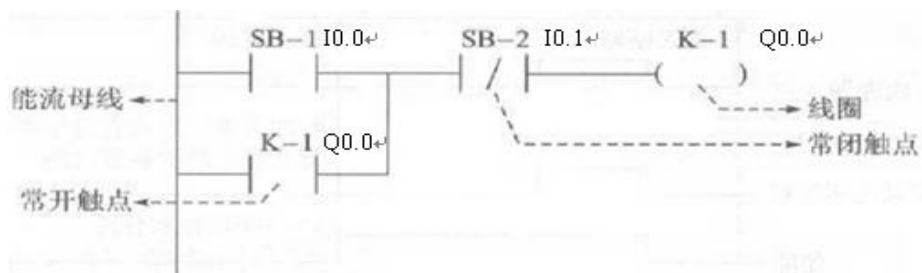
5. 西门子 S7-200 编程软件

要进行 S7-200 系统开发，需要一定的软硬件条件。S7-200 的编程软件是 Step7-Micro/WIN32。对于我们轮机管理人员来说，没有条件也没有权利更改厂家设定好的程序，所以在这里我们只是做简单的了解。

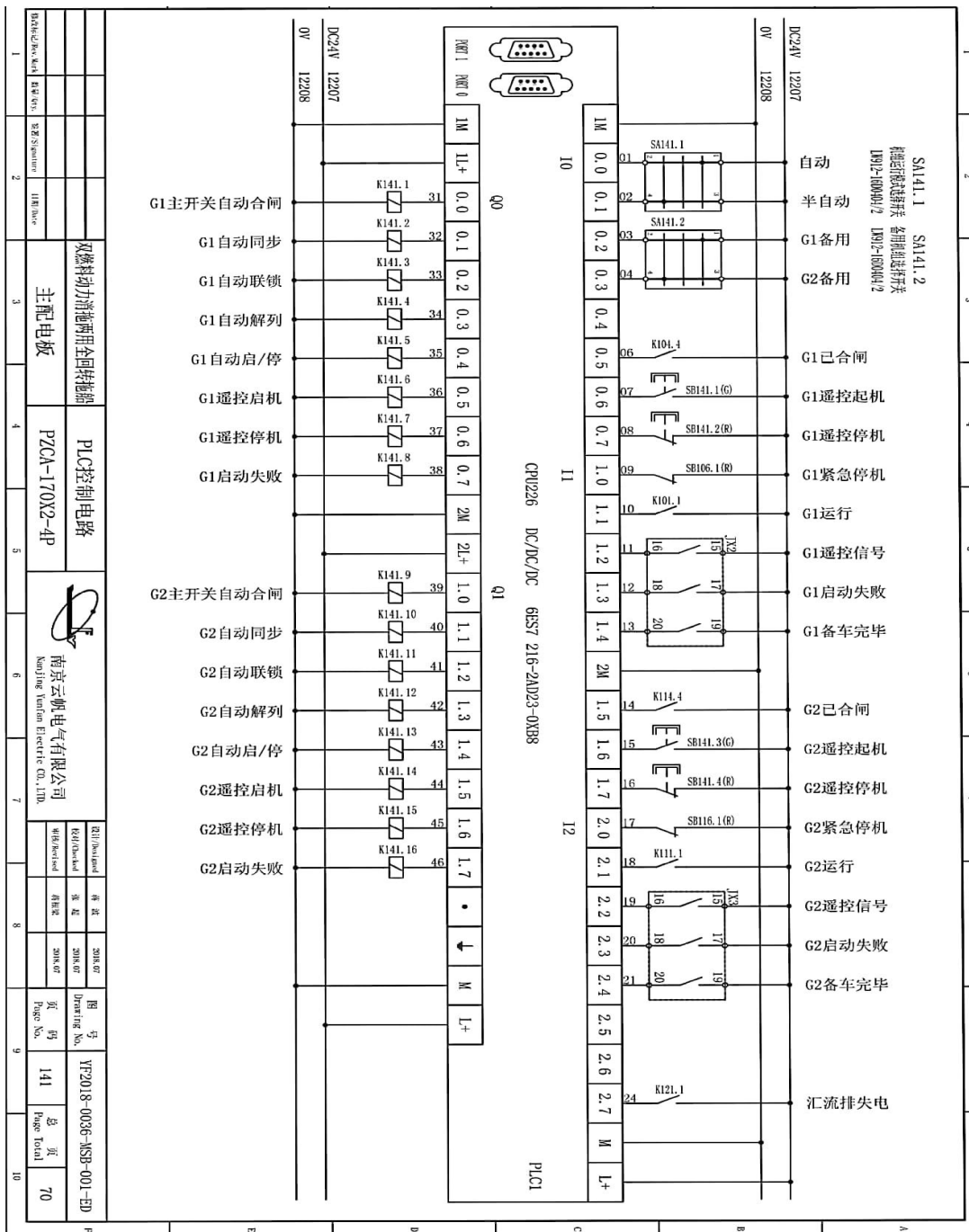
例如要用 S7-200 实现如下所示电气回路功能：



打开编程软件，把电路图转换成软件中约定的符号表示，即梯形图，经过编程，然后按照图纸连接圆圈中的外围器件，即可实现其功能。



下图是消拖 60 号主配电板 PLC 的部分接线图，采用的是 CPU226DC/DC/DC，24V 直流供电，直流输入输出。1M、2M 为输入公共点，1L、2L 为输出公共点。



消拖 60 号主配电板 PLC 接线图（部分）

以上我们可以看出 PLC 的优势，即只需连接好输入输出外围部件，要想实现各种功能只需对输入输出点进行编程，同时也很容易改变或增加系统功能。相比传统的继电器控制系统，有连线少，体积小，功耗小，处理速度快等特点。

6. PLC 故障排查

根据专业机构统计，80%以上的 PLC 故障出现在外围接口电路上，所以作为我们轮机管理人员在排查 PLC 故障时，应重点放在 PLC 的外围电气元件上。外围线路由现场输入（如按钮开关、选择开关、接近开关及一些传感器输出的开关量、继电器输出触点或模数转换器转换的模拟量等）和现场输出信号（电磁阀、继电器、接触器、电机等），以及导线和接线端子。接线松动、元器件损坏、机械故障、干扰等均可引起外围电路故障，排查时要仔细，替换的元器件要选用性能可靠安全系数高的优质器件。

PLC 内部硬件故障常见的有电源板故障、I/O 板故障、CPU 板故障等。通常上电后如果指示灯不亮基本可以判断是电源模块故障，此时我们可以对其拆检单独维修电源板即可。PLC 的输入输出信号都要通过 I/O 通道，有些故障会在 I/O 接口通道上反映出来，有时通过观察 I/O 接口状态，就可以找出 I/O 板故障点，常见的就是输入输出晶体管击穿或继电器触点粘连。检查时，只要 PLC 有部分控制的动作正常，就不用怀疑 PLC 的 CPU 问题。PLC 具有自诊断功能，检查故障时可根据报警信息，查明原因并确定故障部位，也是检查和排除 PLC 故障的基本手段和方法。

下图是西门子 S7-200 PLC 拆机图，从图中我们可以看出，三块电路板通过插针的方式叠放在一起，显的即紧凑又美观，而且为电路板实现芯片级维修提供了很大的便利。



西门子 PLC S7-200 电路板图

7. 结束语

由于 PLC 技术较为复杂，作为轮机管理人员接触较少，要想系统掌握也不是一朝一夕之事，有些方面可能讲解的不够准确，在这里只作为抛砖引玉，希望能够对各位同仁有所帮助，如有理解偏

颇之处还请指正，以利共同提高。

参考文献：

- [1] 李世臣 韩学胜 曾鸿. 船舶电气与自动化（船舶自动化）[M]. 大连海事大学出版社. 2013
- [2] 何献忠 电气控制与PLC应用技术(西门子S7-200系列)[M]. 化学工业出版社; 第二版. 2018.
- [3] 周志敏 纪爱华. PLC 变频器故障诊断与维修[M]. 化学工业出版社. 2013

作者简介：耿纪永，男，2007年毕业于宁波大学海运学院，大学本科，宁波油港轮驳有限公司职工，现任甬港消拖60号轮机长。通讯地址：浙江省宁波市镇海区沿江东路173号，电话：18057436956，邮箱：354543900@qq.com

北仑港区新航路航法中重载大型矿船初落靠泊一期大码头的备选航线分析

张波，杨东晓，陶雪兵，司庆忠
宁波大港引航有限公司

重载大型矿船初落靠泊北仑一期大码头一直是宁波舟山港的引航难点之一，这些年来发生过很多紧迫局面，面临的主要困难有重载矿船惯性大、靠泊前顺流减速难、4#警戒区交通态势复杂和习惯航路驶过涂泥嘴切变线常遇短时间失控现象等。2022年10月宁波海事公布了北仑港区新航路航法，一定程度上规范了交通流和减少了部分船舶的会遇局面，但增加了大型船舶靠泊北仑山以东码头的难度，其中对重载大型矿船进港靠泊北仑一期大码头的影响尤为严重。

1 北仑港区潮汐及气象水文条件

北仑港区是天然深水良港，位于金塘水道的南岸，整体属于强潮流地段，潮流为非正规半日浅海往复流，流态总体沿等深线方向运动，落流时间长于涨流时间。夏季多为东南风，且时常受台风侵扰；冬季多为西北风，冷空气频繁。

在群岛的岛架和海底地形影响下，宁波舟山港的涨落潮流运动比较复杂。外海区的涨潮流沿螺头水道，呈西北向伸展，在金塘岛的东南角分为两支，一支进入册子水道，另一支入金塘水道，流向偏于西南并继续向西挺进杭州湾。由螺头水道进入的涨潮流在途经大榭岛北端时，由于受海岬地形的影响，在大榭岛西侧海域出现了逆时针的潮流涡旋。穿山水道西口的涨潮流大部分进入金塘水道，另一部分进入了大榭岛西侧海域，并与自东向西的涨潮流产生切变，加强了大榭岛西侧涡旋的势力；落潮时，由杭州湾退出经金塘水道的落潮流势力较强，率先影响大榭岛西侧海域，此后与册子水道自西北向东南而下的落潮流一并汇入螺头水道。

1.1 北仑锚地潮流

北仑锚地镇海高潮时初落，镇海低潮后2.5到3个小时初涨。历史最高潮位3.82m，最大潮差3.35m（吴淞基准面）。落流流向114°左右，涨流流向294°左右，锚地东部水域潮流有差别，涨落潮流向大约为242°~062°。最大涨流流速3.5节，最大落流流速可达4.5节。

1.2 北仑码头水域潮流

北仑山以东码头镇海高潮时初落，镇海低潮后2小时初涨，距离码头半海里外转流时间大约晚半个小时，大潮汛再早半个小时左右，小潮汛晚半个小时。风对潮水的影响很大，尤其小潮汛。北仑山以西码头镇海高潮后0.5~1小时初落，镇海低潮后1.5小时左右初涨。该区域西部多岛屿，海

底地貌变化大，流态相对较乱，存在回流，转流时间有差异。

2 重载大型矿船的操纵特性

- (1) 质量大、惯性大，排水量巨大，每单位排水量分配的主机功率较小，故操纵性能笨重，停船性能差，停车冲程大。
- (2) 船舶长宽比 (L/B) 较小，旋回性能较好，旋回速降较大；航向稳定性差、应舵性差。
- (3) 船舶尺度大、吃水大，浅水、岸壁效应显著，淌航中丧失舵效较早，需时不时动车增加舵效。
- (4) 因重载吃水较大，受流影响大，尤其在急流、不均匀流场情况下。

3 北仑港区新航路航法给大型矿船靠泊带来的不确定因素

北仑港区新航路航法按照船舶的目的地和航行方向进行了航路划分，对于过路船舶规定，西行船舶走黄牛礁北侧，东行船舶走黄牛礁南侧。对于入泊船舶规定，入泊北仑山以西码头船舶原则上走黄牛礁北侧通航，特殊船舶需走黄牛礁南侧水域应提前报告；入泊北仑山以东码头船舶走黄牛礁南侧通航。



图 1 北仑港区船舶航路航法示意

3.1 客观不确定因素

- (1) 大黄蟮岛北和中柱门出口的两股交通流在三期码头附近汇聚，北仑港区的离泊船也大部分都是东行出口，导致下面由西向东箭头（见图 1）指引的出口船舶交通密度变大，船舶交通流宽度增加。
- (2) 重载大型矿船进涂泥嘴操纵受限，但需要引起注意的是在《宁波舟山港核心港区深水航路船舶定线制》和最新版的《宁波舟山港核心港区 4#警戒区交通流组织优化研究》中都仅是建议协调避让，避让过程中没有任何优先权，实际操作过程中常常处于劣势。

3.2 主观不确定因素

- (1) 新航路航法实施后，出口船舶按 VTS 指令沿南岸航行，换位思考，从出口船舶操纵者的角度上分析，拒绝与进口船舶会绿灯是最佳选择。
- (2) 重载矿船进北仑港区走习惯航路与当前海事推荐新航法的交通流向相反，目前需要向 VTS 提前申请，如遇出口交通密度大时，VTS 可能会拒绝或者延缓批准。

4 北仑港区重载大型矿船初落靠泊一期大码头的三条航线简介

重载大型矿船初落靠泊一期大码头计划基本在高潮时，高潮前 1 小时抵达涂泥嘴，一般有三条

航线（见图 2）可供船舶操纵者选择。

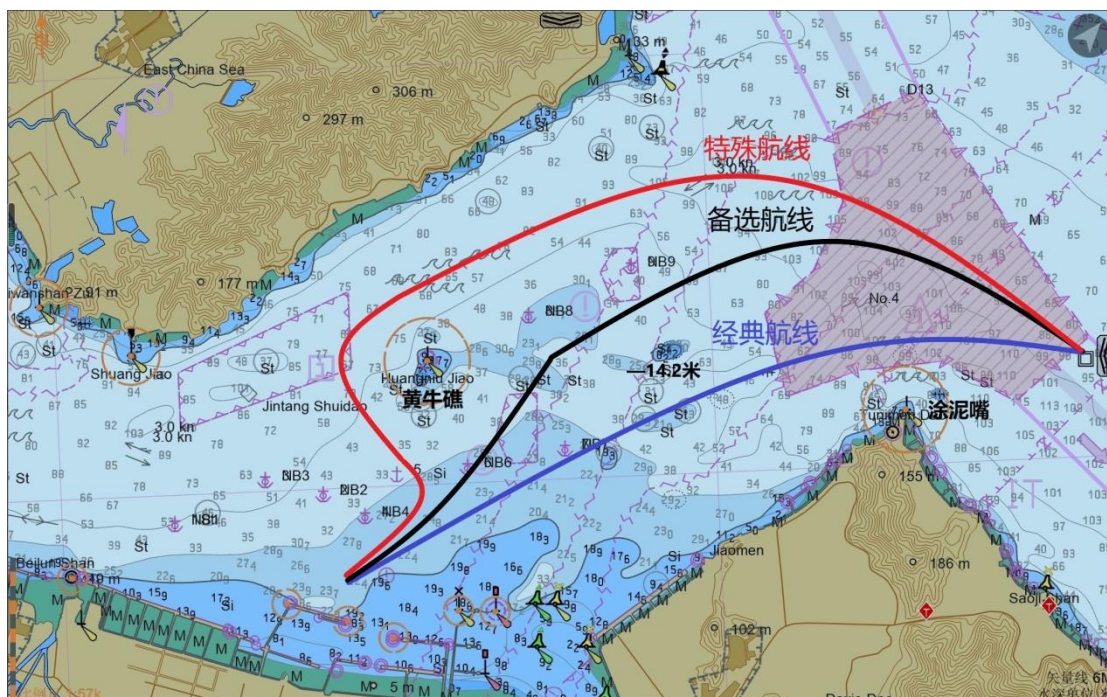


图 2 重载大型矿船初落靠泊一期大码头的三条航线示意

4.1 经典航线

由涂泥嘴和-14.2 米的浅点之间驶入北仑港区，在出口交通流日益增大的今日，绝大多数船舶操纵者仍然会选择这条航线。经典航线的优点是该航线积累的经验丰富，船尾一旦驶过涂泥嘴后没有大的转向，计划航线上潮流基本和航向平行。局限性是大潮汛高潮前 1 小时过涂泥嘴切变线船首左偏效应有时用右满舵难以克服；随着新规定的实施，与出口船舶协调避让难度增大，与 VTS 协调的左转穿越 4#警戒区的时机未必是本船的最佳穿越时机。

4.2 备选航线

由-14.2 米浅点和黄牛礁之间水域驶向一期大码头，少数船舶操纵者偶尔会根据需要选择这条航线。备选航线的优点是在 4#警戒区转向进口时几乎不受切变线影响，北仑港区新航路航法实施后，与北仑港区的出口船会遇局面简单，有充分的余地与西垵门南下船协调避让，需要 VTS 协调的情况比较少。局限性是该航线积累的经验相对少，大潮汛当船位驶过-14.2 米浅点和黄牛礁连线附近水域时，受回流影响船首仍然会有难以克服的左偏现象；北仑 8#锚位有抛锚船或者黄牛礁以东有抛锚军舰时将可能无法使用该航线，且该航线较经典航线航程略有增加。

4.3 特殊航线

黄牛礁北侧进口，逆时针绕黄牛礁行驶至一期大码头对开，自力或者在拖轮协助下向右掉头，几乎极少有船舶操纵者会选这条航线，一般临时计划改变或迫不得已才会选择该航线。特殊航线的优点全程不受切变线影响，进口会遇局面相对简单。局限性是几乎没有任何经验积累，航程、航时增加较多，从而导致航行途中风险增大；由于受主航道上顺流、主航道出口交通流和 20 米等深线的多重影响在泊位对开向右掉头时风险很大，3#锚位、4#锚位有抛锚船时掉头空间受限，除非特殊情况，通常不建议选择该航线。

5 备选航线的风险排查

针对目前船舶操纵者疑问较多的-14.2 米浅点和黄牛礁之间水域，使用 ETA 分析法（见图 3）预测事故和不安因素。

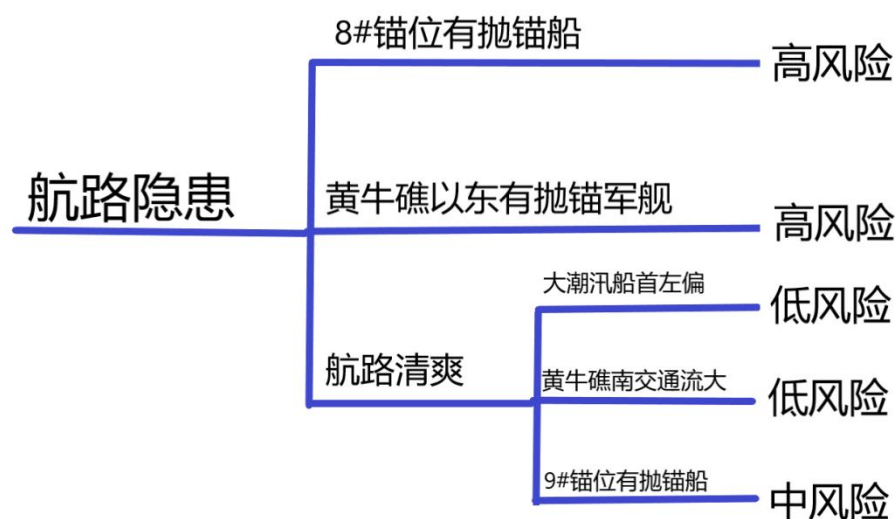


图3 -14.2 米浅点和黄牛礁之间水域隐患排查示意

6 操纵实例

6.1 引航详情

引航计划：山东鼎盛 0845 虾峙靠泊一期 2（Tug×3）

船舶资料：

船名：山东鼎盛（SHANDONG DING SHNEG）

船长：295 米 船宽：46 米 最大吃水：18.09 米

排水量：206042 吨主机马力：17153 千瓦

水文气象：

潮汐：镇海 低潮潮时 0230 低潮潮高 110 厘米

高潮潮时 0845 高潮潮高 289 厘米

风况：东南风 4 级

6.2 实操过程

0725 本船位于 3#警戒区端部附近，航速 12.0 节，航向 318°，航迹向 322°，减车至前进二，通过导航系统观测北仑港区和涂泥嘴附近水域交通流情况，向 VTS 申请在 4#警戒区提前转向，由涂泥嘴和-14.2 米的浅点之间驶入北仑港区，VTS 建议待出口交通流全部驶清后再转向进口。

0733 本船准备驶入 4#警戒区，航速 10.3 节，航向 315°，航迹向 319°。尝试与出口船联系准备会绿灯，向 VTS 申请选择合适时机大幅度左转进口均未成功。由于西堍门南下交通流影响，当时的态势发展到如果等到所有船舶驶过让清，本船已经位于涂泥嘴北边 1 海里，大幅度左转走经典航线已经不是当时的最佳选择。考虑到 8#锚位没有抛锚船，同时黄牛礁东边没有抛锚军舰，果断与船长沟通决定采用备选航线（见图 4），加车至前进三。

0741 本船位于涂泥嘴正北 1.2 海里，航速 10.1 节，航向 270°，航迹向 280°。由于转向过程中阻力的作用此时航速不升反降，潮流来自本船左后方，舵工操右舵小舵角可以稳定航向。

0745 本船刚好驶出 4#警戒区，航速 9.6 节，航向 265°，航迹向 265°，开始进入回流区，船首右前方向受流，减车至前进二。

0751 船首平-14.2 米浅点，航速 8.5 节，航向 265°，航迹向 262°，开始大幅度左转，逐级减车至微速进。

0801 本船通过黄牛礁和-14.2 米浅点连线，距离泊位 2.3 海里，驶入涨流区，船舶处于横流状

态，航速 7 节，航向 200° ，航迹向 208° ，船尾正中带拖轮众 17 吊尾，右船首第一个位置开始带拖轮众 23，右船尾最后一个位置带拖轮众 19，停车淌航。

0815 本船位于协和码头西端对开，距离泊位 1 海里，航向 240° ，航迹向 241° ，航速 4.8 节，主航道上微顺流。

0829 本船位于泊位对开 0.15 海里，速度 1.7 节，航向 268° ，航迹向 265° ，倒车停船，令吊尾拖轮众 17 解缆到船首第二个位置顶推。

0855 重载矿船“山东鼎盛”轮安全靠妥北仑一期大码头 2 号泊位。

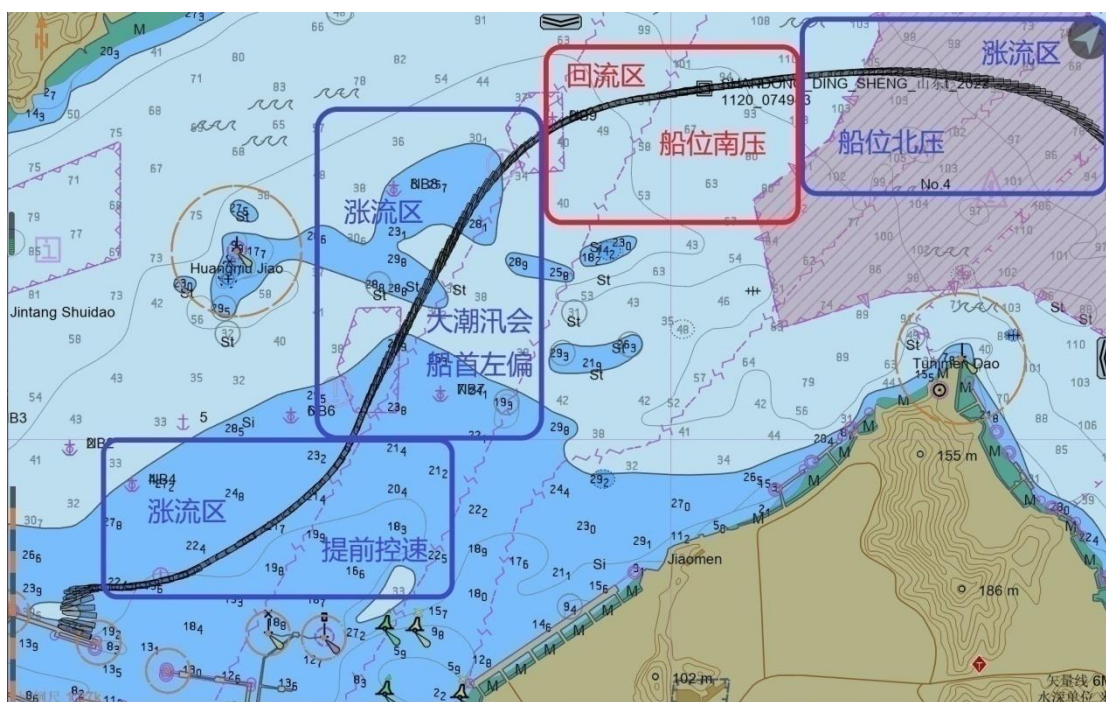


图 4 “山东鼎盛”轮靠泊轨迹

7 总结

(1) 重载大型矿船初落靠泊北仑一期大码头使用备选航线，当本船驶出 4#警戒区时一般开始减速，随即船舶由涨流区驶入回流区，极易给船舶操纵者造成本船减速性能好的错觉，如不清楚原因，选择加车，一旦船舶进入涨流区将陷入航速过快的危险局面。

(2) 在靠初落这个时间节点上，9 号锚位的抛锚船船头通常对着金塘岛，航经此区域时流压会由向北逐渐转为向南，应时刻警惕并让清抛锚船和锚链。

(3) 大潮汛过 -14.2 米浅点和黄牛礁连线附近水域时，会因受到回流而出现船首突然左偏的现象，此时距离码头 2 海里左右，可令拖轮及早到位，航速控制在 6 节以下，这种现象远远弱于涂泥嘴水域过切变线时发生的偏转现象，右满舵短时间进车或者拖轮协助就可克服。

(4) 船舶操纵者使用的靠泊方法不同，节点速度差异应引起重视，如单靠淌航减速，不使用拖轮吊尾，“山东鼎盛”轮的靠泊过程中的各节点速度应适当放慢。特别是船位在协和码头对开时，矿船由横流转为顺流，航速往往不降反增，此时距离泊位 1 海里应控制在 4 节以下。

8 结束语

随着北仑港区船舶密度的增大和海事各项新规的实施，船舶操纵者应从风险控制的角度出发，在本文分析的三条航线中客观的选出最适合当时航行环境的航线，尽可能降低操纵重载大型矿船初落靠泊一期大码头的风险。

作者简介：宁波大港引航有限公司，引航四科，张波，高级引航员 13516746674 (E-mail)

460607241@qq.com; 杨东晓; 高级引航员, 13805895844 (E-mail) yangdx@nbport.com.cn; 陶雪兵, 高级引航员, 13780081987 (E-mail) 446999599@qq.com; 司庆忠, 高级引航员, 18757403295 (E-mail) qzhongsi@163.com

基于 AIS 数据的船舶航行轨迹预测

程帅

(宁波大港引航有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 船舶实时跟踪是海事安全策略的重要组成部分, 船舶轨迹预测对于保证海上交通安全越发展具有重要作用。本文提出了一种基于 AIS 数据的神经网络模型, 该模型采用双向 LSTM 和注意机制融合的方法来预测船舶轨迹、航速和航向, 并采用平均欧氏距离 (AED) 和弗朗明歇距离 (FD) 来验证预测性能。研究表明, 相较于传统方法该融合模型不仅能准确地预测船舶轨迹, 而且还预测船舶的速度和方向, 提供船舶碰撞的预警信息, 从而确保船舶航行安全。

关键词: 轨迹预测; AIS; 长短期记忆网络; 海事安全

0 引言

随着国际贸易的迅速发展, 海上运输得以快速发展, 目前海上运输已经占据了国际贸易运输的 90%^[1]。然而, 近年来频繁发生的海难事故已经导致了重大人员伤亡和经济损失, 因此海事安全逐渐引起了人们的关注。为了避免潜在的海事事故以及保证船舶航行的安全, 各种海上数据已被采集并用于分析船舶的航行动态及环境, 以便为海上交通参与者提供预警信息^[2]。随着装载船舶自动识别系统 (AIS) 的船舶数量的增加, 利用 AIS 数据进行海上交通研究已成为研究热点。特别是利用 AIS 数据进行船舶避碰分析^[3]、船舶异常行为检测^[4]、船舶轨迹预测^[5]等方面的研究, 旨在加强船舶的航行安全。

船舶的实时跟踪和航行轨迹预测是海事安全策略的重要组成部分^[6]。在海上交通研究、智能船舶避碰和海事交通事故预警方面, 这两项技术具有不可或缺的作用。准确的船舶航行轨迹预测能够获取未来船舶位置的动态信息, 进而评估船舶碰撞的危险程度, 为船舶碰撞提供预警信息。因此, 准确的船舶航行轨迹预测对于跟踪发现船舶航行时的异常安全隐患具有重要意义, 以便交通参与者能够及时排查隐患, 确保船舶航行安全。

船舶轨迹预测是通过建立模型来获取船舶的运动特性, 进而估计其未来的位置和轨迹。大体上, 船舶轨迹预测的方法可分为物理模型和学习模型。物理模型^[7-8]详细的考虑了船舶惯性、船重等因素, 结合运动学原理等构造数学模型刻画船舶的运动特性, 进而准确的估计船舶航行轨迹, 比如曲线模型、横向模型、船模型等。但是由于船舶航行环境的复杂性, 风、浪、流等的影响, 导致了船舶运动的复杂性, 传统的物理模型难以精准刻画船舶的运动特性, 从而影响了船舶航行轨迹预测的精度。基于学习模型的船舶轨迹预测模型通过对船舶历史运动的轨迹数据进行训练, 进而学习得到一个模型用以预测船舶未来的航行轨迹。AIS 数据隐含的整合了所有可能影响船舶运动的因素, 并以数据形式描述船舶的航行动态。借助 AIS 历史数据挖掘船舶航行规律, 能够有效的克服物理模型存在的缺点, 获得较高的船舶轨迹预测精度。如贝叶斯模型^[9]、高斯过程模型^[10]、神经网络^[11-13]等已广泛应用于船舶航行轨迹预测上。

为此,为充分挖掘 AIS 数据的时间序列特征,提出采用长短时记忆网络(Long Short-Term Memory, LSTM)^[14]学习时序特征和注意力机制层^[15]对每个时间步赋予不同的权重,最后经过全连接层输出对船舶航行轨迹进行预测,以准确地获取船舶航行动态。首先,根据实船“新明州 78 轮”所采集的数据集进行数据预处理,而后根据数据进行训练并进行船舶轨迹预测,最后采用平均欧氏距离(Average Euclidean Distance, AED)和弗朗明歇距离(Frechet Distance, FD)来评价模型的预测性能。

1 模型

本文建模采用的数据包含经度、纬度、时间、航速和对地航向 5 个维度特征,假设船舶航行轨迹在 t 时刻的状态为 S_t , 如式子 1 所示。

$$S_t = (x_1, x_2, x_3, x_4) \tag{1}$$

在式 (1) 中, x_1 表示经度, x_2 表示纬度, x_3 表示航速, x_4 表示航向。

为实现模型在时间序列预测,首先将原始数据构建为监督学习数据集,再将转换后连续 n 个时刻的航迹数据 $\{S_{t+1}, S_{t+2}, \dots, S_{t+n}\}$ 作为训练样本数据, S_{t+n+1} 为预测值。整个模型的架构图,如图 1 所示。模型架构由 4 部分组成: (1) 将 t 时刻 $\{S_{t+1}, S_{t+2}, \dots, S_{t+n}\}$ 作为的模型输入。(2) BiLSTM 层对输入信息编码,前向 LSTM 提取未来特征,后向 LSTM 网络学习历史信息。(3) 使用注意力机制层挖局时序序列的局部特征,使模型对每个时间步的关注程度不同。(4) 全连接层输出预测位置。

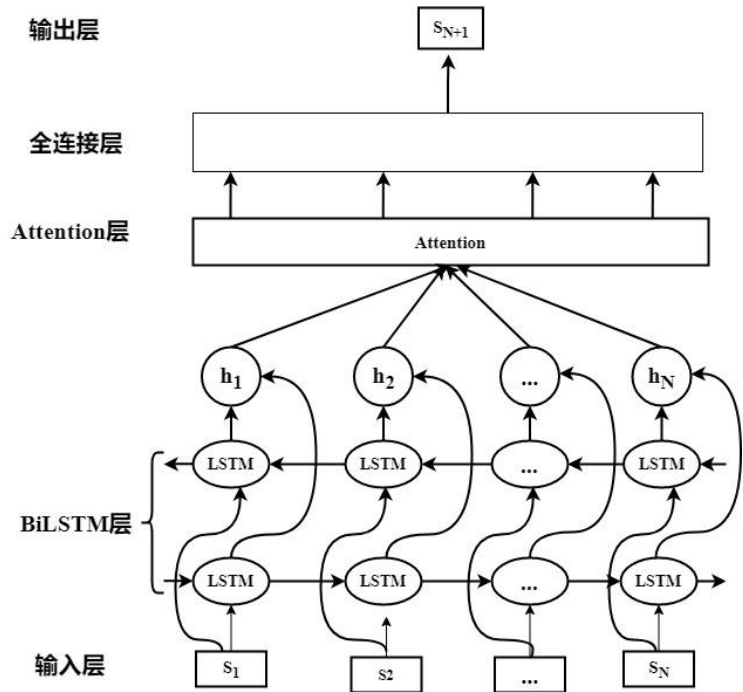


Fig. 1 BiLSTM+Attention+Model
图 1 BiLSTM+Attention 模型

1.1 LSTM

本文研究船舶海上航行轨迹的预测问题，将其视为时间序列预测任务。时间序列数据是一种经常出现在自然语言处理和时间序列预测等领域中的数据类型。LSTM 是一种带有记忆功能的神经网络，已广泛应用于时间序列预测，并且能够有效地解决循环神经网络(Recurrent Neural Networks, RNN)^[16]在训练过程中存在的梯度消失和梯度爆炸问题，在处理时间依赖的问题上凸显优势。LSTM 网络中引入了三个门函数：即输入门、遗忘门和输出门，来控制输入值、记忆值和输出值。具体而言，输入门可以控制网络接受输入的程度，遗忘门可以控制网络遗忘过去的信息，输出门可以控制网络输出信息的程度。这些门函数的引入使得 LSTM 网络能够在处理时间序列数据时更加准确地进行建模，从而实现对船舶航行轨迹的预测。具体结构如下图 2 所示：

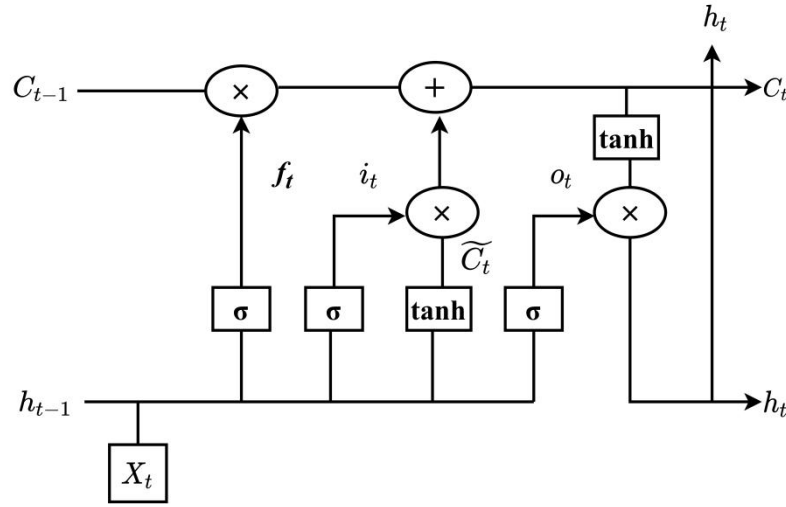


Fig.2 LSTM Encoding Unit
图 2 LSTM 编码单元

LSTM 每一时刻 t 的状态更新计算过程如下所示。

$$f_t = \text{sigmoid}(W_f \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_f) \quad (5)$$

$$i_t = \text{sigmoid}(W_i \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_i) \quad (6)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_c) \quad (7)$$

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \tilde{C}_t \quad (8)$$

$$o_t = \text{sigmoid}(W_o \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_o) \quad (9)$$

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t) \quad (10)$$

其中 sigmoid , $\tanh$ 为激励函数； i , f , o 分别表示输入门、遗忘门和输出门； b_f , b_i , b_c , b_o 为偏置系数； W_f , W_i , W_c , W_o 为参数矩阵； $[h_{t-1}, X_t]$ 表示两个向量的连接；为了获得文学文本双向语义信息，本文采用了双向的 LSTM 进行特征提取，这样能够提供给下一层网络输入序列中每一个元素的完整上下文信息。

1.2 Attention

在序列学习任务中，注意力机制是一种能够显著提升模型性能的技术，它可以将序列中的每个元素进行加权处理。具体而言，注意力模型可以视为一个注意力分布，通过计算每个输入元素与查

询的匹配程度，并将得分输入到 softmax 函数中，生成一个注意力分布。最后，对输入信息进行加权求和，以获取对查询最相关的信息。

由于 BiLSTM 网络在获取序列信息时存在局部特征不足的问题，因此引入注意力机制来学习序列内部结构信息，使模型生成的向量集中在序列的关键部分。注意力机制关注目标序列的所有位置，并且对每个位置的关注程度不同。注意力机制层对 BiLSTM 层输出的特征向量进行重要性评估，并计算每个时间步的输出向量。注意力机制层对 BiLSTM 层输出的特征向量 h_t 进行重要性评判，注意力机制层的 t 时刻输出向量 $\bar{h}_t$ 。具体而言，注意力机制层计算公式如下所示

$$e_u = h_t W_a \bar{h}_{t-1} \quad (11)$$

$$a_{ti} = \frac{\exp(e_{ti})}{\sum_{j=1}^T \exp(e_{tj})} \quad (12)$$

$$\bar{h}_t = \sum_{k=1}^T a_{tk} h_k \quad (12)$$

其中 h_t 为 BiLSTM 层的输出； W_a 为权重参数。

2 实验结果与分析

2.1 数据源

本文所用的实验数据来自于选取了一艘货船新明州 78 自 2023 年 3 月 1 日至 2023 年 4 月 9 日的 AIS 数据航行轨迹，共计 2000 条数据进行分析。该数据包含了船舶的海上移动业务识别码 (Maritime Mobile Service Identify, MMSI)、经纬度、时间、速度、船首向、对地航向和航行状态信息。然而，本文只考虑时间、经纬度、船首向和对地航向信息进行船舶轨迹预测。为验证本文所提出的模型的轨迹预测效果，本文按照时间的顺序，选取前 1900 条数据样本作为训练集，剩余的 100 条作为测试集。

2.2 评价指标

为评价模型在船舶轨迹预测上的效果，本文采用平均欧氏距离 (Average Euclidean Distance, AED) 和弗朗明歇距离 (Frechet Distance, FD) 作为评价指标，计算公式如式 (13) 和式 (14) 所示。

$$AED = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{1i} - \hat{x}_{1i})^2 + (x_{2i} - \hat{x}_{2i})^2} \quad (13)$$

$$FD = \max_{i \in [1, n]} \sqrt{(x_{1i} - \hat{x}_{1i})^2 + (x_{2i} - \hat{x}_{2i})^2} \quad (14)$$

其中， x_{1i} 和 x_{2i} 代表真实值， $\hat{x}_{1i}$ 和 $\hat{x}_{2i}$ 为预测值。

2.3 环境和参数

硬件环境：Intel(R) Core(TM) i7-10870H CPU @ 2.20GHz 的处理器，NVIDIA GeForce 3070 显卡，32G 内存。本次实验，在 Python3.6 和 Tensorflow1.14.0 框架下进行的。BiLSTM 隐藏层神经元个数为 128；全连接层神经元 64；n 设置为 10；

本文在进行船舶轨迹预测时，分别对船舶的经度，纬度，航速，航向进行预测，从而完成对船舶轨迹的预测。模型的参数严重影响着模型的预测精度。在多层实验的调参下，确定超参如表 1 所示。

表 1 超参数取值

参数名	取值
学习率	0.001
序列长度	10
批次大小	4
训练轮数	300
Dropout	0.3
LSTM 隐含层维度	128
优化器	Adam

2.4 轨迹预测结果分析

为了验证本文所提出的模型的有效性,本文采用了 LSTM、BiLSTM 和 BiLSTM+Attention 三个模型进行实验,并在训练集上进行模型训练。将训练集按照 7:3 的比例进行划分为训练集和验证集,为了保证模型效果的可比性,超参数都设置为相同数值。其中,将 batch_size 设置为 4,训练轮数设置为 300 次,损失函数采用均方误差(Mean Square Error, Quadratic Loss, L2 Loss),优化器采用 Adam。图 3 展示了本文采用的 BiLSTM+Attention 网络在训练集中的损失曲线。从图中可以直观地观察到神经网络在开始训练时, Loss 快速降低,在训练 200 次时趋于收敛,之后随着训练次数的增加, Loss 处于稳定状态,并且准确率也逐渐收敛。在验证集中, Loss 呈现平缓增加的趋势,但是准确率波动幅度较小,因此在第 300 轮时,停止训练,得到模型的最佳训练效果。

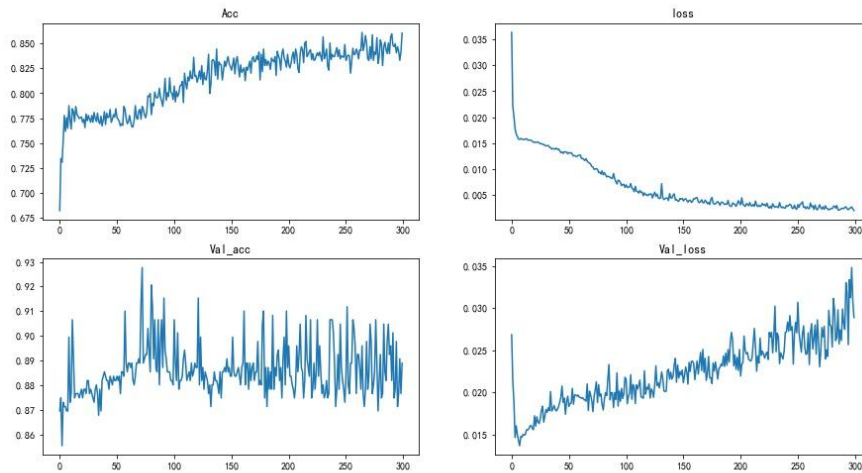


Fig.3 Loss curves of training

图 3 训练损失曲线

模型训练完成后,将其用于测试集上进行预测,并计算预测结果与实际结果之间的误差。为了验证 BiLSTM+Attention 网络的泛化能力,在测试集上表现效果如图 4 所示,图中直观的显示了船舶轨迹预测、航速和航向效果。从图 4 可知,预测的船舶轨迹与真实的船舶轨迹基本契合,说明本文

使用的模型架构对于船舶的轨迹预测具有较好的适用性，能够取得较好的船舶轨迹预测效果。再者，船舶轨迹预测值和真实值得平均误差在 1.646KM 之内，进一步说明了对船舶轨迹具有良好的预测性能。从图中发现在船舶行驶在拐弯处，预测值与真实值有差距，表明后续建模需要更多的特征。航速和航向预测值与真实值波动较大，也符合现实规律，船舶在行驶过程中航向和速度会随着当时的自然条件而有所变化，而这些特征是在训练数据中缺失的。后续改进方向，适当收集船舶经过的气候特征数据，为模型预测提供支撑。

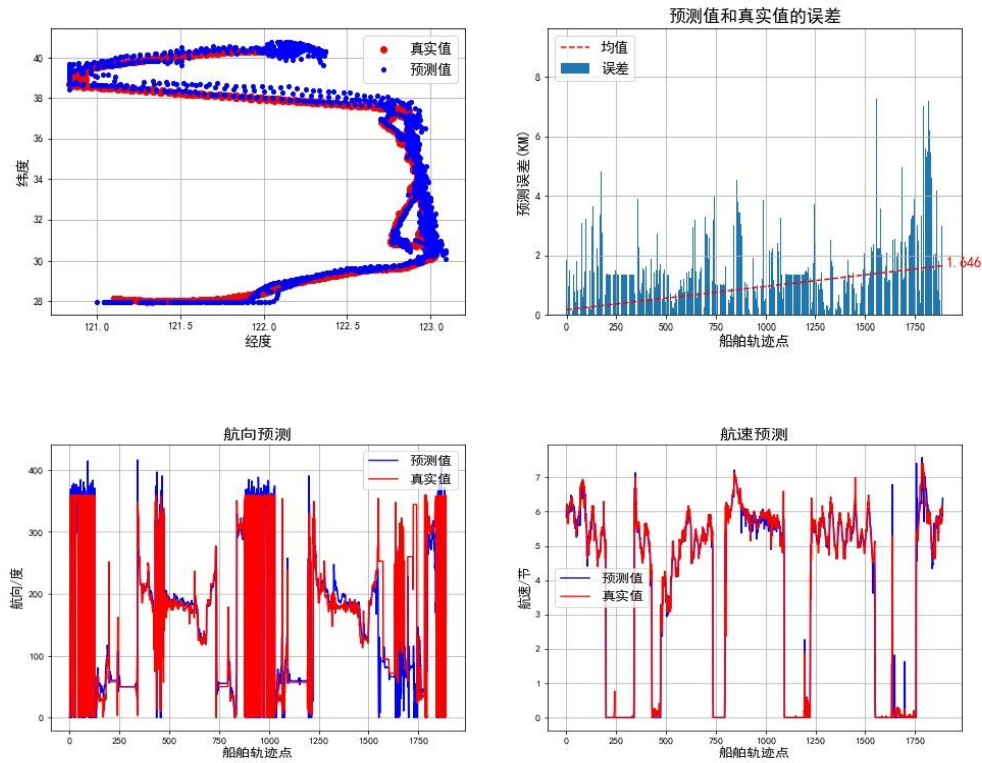


Fig.4 prediction results

图 4 预测结果

本文采用了 LSTM、BiLSTM 和 BiLSTM+Attention 三个模型进行实验，如图 5 所示，与 LSTM 和 BiLSTM 相比，BiLSTM+Attention 模型在预测轨迹的精度和稳定性上均有显著提升。特别是在预测复杂轨迹段时，BiLSTM+Attention 模型能够更加准确地预测船舶的航向和位置。总的来说，本文提出的 BiLSTM+Attention 模型在船舶轨迹预测任务中表现最好，其能够有效地挖掘序列数据中的关键信息，并对轨迹进行准确预测。同时，本文所选用的数据集也具有一定的代表性和实用性，能够为实际船舶航行轨迹的预测与规划提供一定的参考和借鉴。

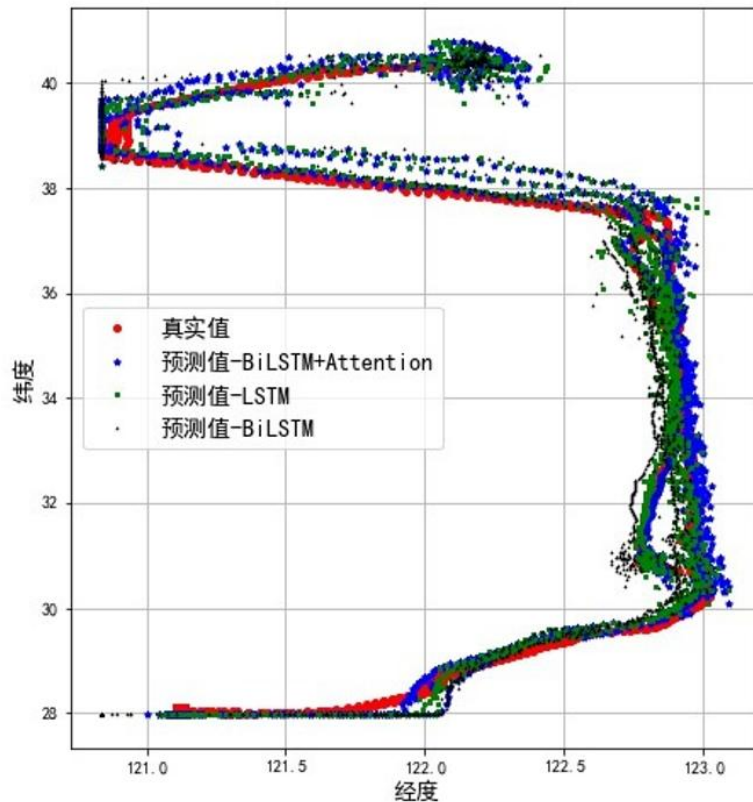


Fig.5 Forecast distribution map

图 5 预测分布图

综上所述，本文针对船舶轨迹预测问题，提出了一种基于 BiLSTM 和 Attention 机制的时间序列预测模型。通过实验验证，本文提出的模型相比于 LSTM 和 BiLSTM，在船舶轨迹预测准确率上有明显提升，证明了 Attention 机制对于提高模型预测能力的重要性。

3 结 论

在本文的实验中，我们使用了来自中国港口的真实船舶轨迹数据，通过对数据的处理，选取了时间、经纬度、船首向和对地航向信息，构建了时间序列数据，并将其用于模型的训练和测试。结果表明，BiLSTM+Attention 模型在船舶轨迹预测任务上具有较高的准确率和稳定性，表明本文提出的模型具有良好的实用性和推广价值。本相对于传统的船舶轨迹物理预测模型，该融合模型不用考虑航行环境（即风、浪、涌等）的影响，亦能得到准确的船舶轨迹预测结果。

4 未来工作

在未来的工作中，可以进一步研究并改进本文提出的模型，例如引入更多的特征信息和考虑更多的关联性，以提高预测准确率和泛化性能。同时，还可以考虑将本文提出的模型应用于其他领域的时间序列预测问题，并与其他预测模型进行比较，以进一步验证其优越性和实用性。

5 参考文献

- [1] KALUZA P, KÖLZSCH A, GASTNER M T, et al. The complex network of global cargo ship movements [J]. Journal of the Royal Society Interface, 2010, 7(48): 1093-103.

- [2] NAUS K. Drafting Route Plan Templates for Ships on the Basis of AIS Historical Data [J]. The Journal of Navigation, 2020, 73(3): 726-45.
- [3] 欧阳知雨, 张安民, 张永兵. 基于 AIS 的船舶会遇局面紧迫度量化分析 [J]. 海洋通报, 2019, 38(02): 225-32.
- [4] 刘亚帅, 曹伟, 管志强. 基于网格化的船舶航迹异常检测算法 [J]. 雷达与对抗, 2019, 39(01): 19-23.
- [5] ZHANG L, MENG Q, XIAO Z, et al. A novel ship trajectory reconstruction approach using AIS data [J]. Ocean Engineering, 2018, 159: 165-74.
- [6] QI L, ZHENG Z. Trajectory prediction of vessels based on data mining and machine learning [J]. J Digit Inf Manage, 2016, 14(1): 33-40.
- [7] 姜佰辰, 关键, 周伟, 等. 基于多项式卡尔曼滤波的船舶轨迹预测算法 [J]. 信号处理, 2019, 35(05): 741-6.
- [8] XIAOPENG T, XU C, LINGZHI S, et al. Vessel trajectory prediction in curving channel of inland river; proceedings of the 2015 International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS), F, 2015 [C]. IEEE.
- [9] MURRAY B, PERERA L P. A Data-Driven Approach to Vessel Trajectory Prediction for Safe Autonomous Ship Operations; proceedings of the 2018 Thirteenth International Conference on Digital Information Management (ICDIM), F, 2018 [C]. IEEE.
- [10] 茅晨昊, 潘晨, 尹波, 等. 基于高斯过程回归的船舶航行轨迹预测 [J]. 科技创新与应用, 2017, (31): 28-9+31.
- [11] YONGFENG S, WENKE C, CHRISTOPHE C, et al. A Ship Trajectory Prediction Framework Based on a Recurrent Neural Network [J]. Sensors, 2020, 20(18): 5133.
- [12] HAIZHOU, YAOJIECHEN, et al. Ship Trajectory Prediction Based on BP Neural Network [J]. Journal on Artificial Intelligence, 2019, 1(1): 29.
- [13] 张晓宁. 基于 LSTM 网络的车辆轨迹预测研究 [J]. 汽车实用技术, 2020, 45(22): 32-3+9.
- [14] Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory[J]. Neural computation, 1997, 9(8): 1735-1780.
- [15] Bahdanau D, Cho K, Bengio Y. Neural machine translation by jointly learning to align and translate[J]. arXiv preprint arXiv:1409.0473, 2014.
- [16] Elman J L. Finding structure in time[J]. Cognitive science, 1990, 14(2): 179-211.

6 作者简介

程帅 宁波大港引航有限公司引航员 硕士研究生 研究方向 海上交通信息控制 100949459@qq.com

CAPE 型散货船靠泊中宅码头前航经切变流水域的安全分析

赵方斌

宁波大港引航有限公司

摘要：宁波舟山港中宅码头一期靠泊窗口为镇海高潮前 1 小时，二期靠泊窗口为镇海高潮前 0.5 小时至镇海高潮时段，基于当前靠泊窗口，靠泊船从长柄嘴进入泊位水域时均需经过潮流切变线，由于重载散货船水下面积大，当船首、船尾受接近相反的潮流影响时会产生很大的瞬时转船力矩，导致船首短时间内有很大的向左转头速率，同时由于船舶在长柄嘴顺流转向，进入切变区域前需不断的使用左舵调整船舶位置，综合影响导致船首在短时间内快速向左偏转，增加船舶入泊保向的难度。如果车舵配合无法控制船舶偏转，由于潮流切变区域与岸边距离较近，存在船舶冲向码头发生碰撞的巨大风险。本文以 CAPE 型船为例，通过船舶航经切变流水域力学分析，试图找出应对切变流影响理论依据，供船舶驾引人员参考借鉴。

关键词：切变流；流向角；转船力矩

1 影响船舶入泊安全主要因素

重载散货船在 2#警戒区水域转向进入穿山港区时，与沿通航分道出港的船舶存在相互影响，与使用沿岸通航带出港的小船存在影响，与在 2#警戒区内穿越进港的部分小船存在影响。尤其是长柄嘴灯桩附近水域，由于沿岸通航带在该水域的通航宽度较小，通航船舶相对集中，对重载船舶转向操纵影响较大。

影响重载船入泊安全的主要因素有如下几个方面：

- (1) 船舶转向进入穿山港区时，主航道仍然有涨流，船舶偏顺流航行，减速难度大，同时为控制船位船舶需不断的用左舵调整航向。
- (2) 入泊船舶必须经过潮流切变水域，船舶首尾受潮流影响方向不一致，船舶向左转头明显，短时间右满舵进车难以抑制，全速进车又导致航速增加，船舶减速将更加困难。
- (3) 可航水域范围有限，但船舶通航密度大，交会船舶多，为避让船舶需临时加车缩短会遇时间，但可供操纵的空间余地变小，航速控制难度增加。
- (4) 船舶吃水大、惯性大，拖轮助操效果差，船舶入泊过程中完全依靠拖轮调整方向的困难很大，从最佳位置入泊是保障重载船舶操纵安全的关键。

综上，如果重载船舶受到其他船舶干扰，不能按预想最佳路径进入穿山港区，则船舶入泊角度将增加，通过切变流水域的难度随之增大。

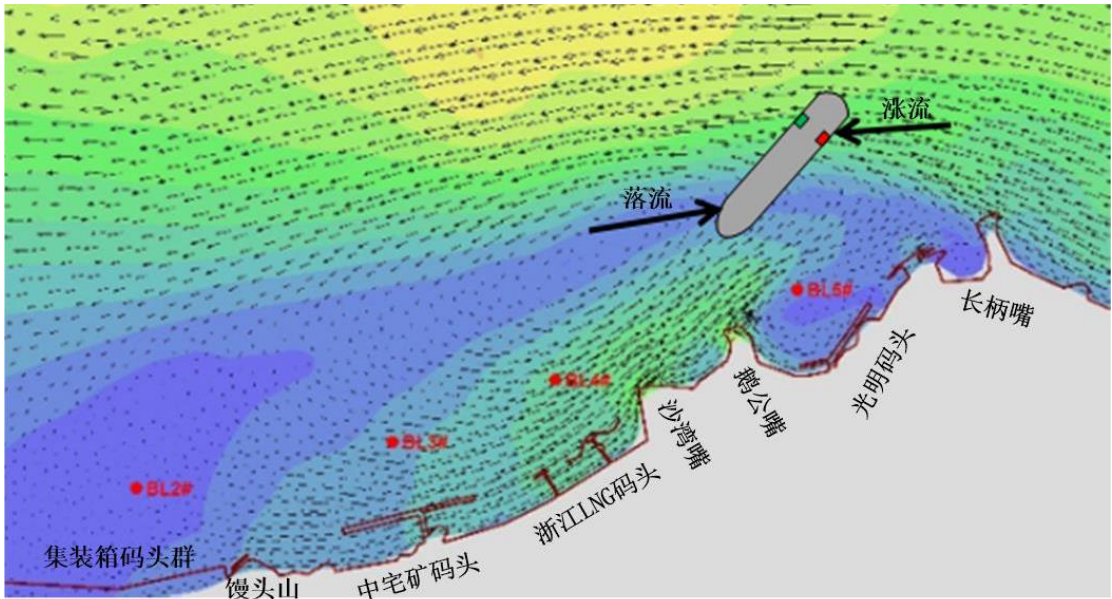


图 1 切变流对船舶航行的影响示意图

2 基于不同靠泊窗口的切变流水域对比

2.1 镇海高潮前 1 小时靠泊切变流水域特点

该靠泊窗口为进靠中宅一期，过切变线的时间基本为镇海高潮前 2 小时附近，该时段切变潮流的强度较高，同时切变线的位置与码头的距离较近，码头前沿落流区较小，船舶驶过切变线后可供船舶操纵的水域范围较小，过切变线难度偏大，一旦突遇主机加车不及时等异常情况，很难短时间摆脱加速向岛礁方向偏转的紧张局面，会面临船舶短时失控乃至调头、紧急抛锚等险情的发生。

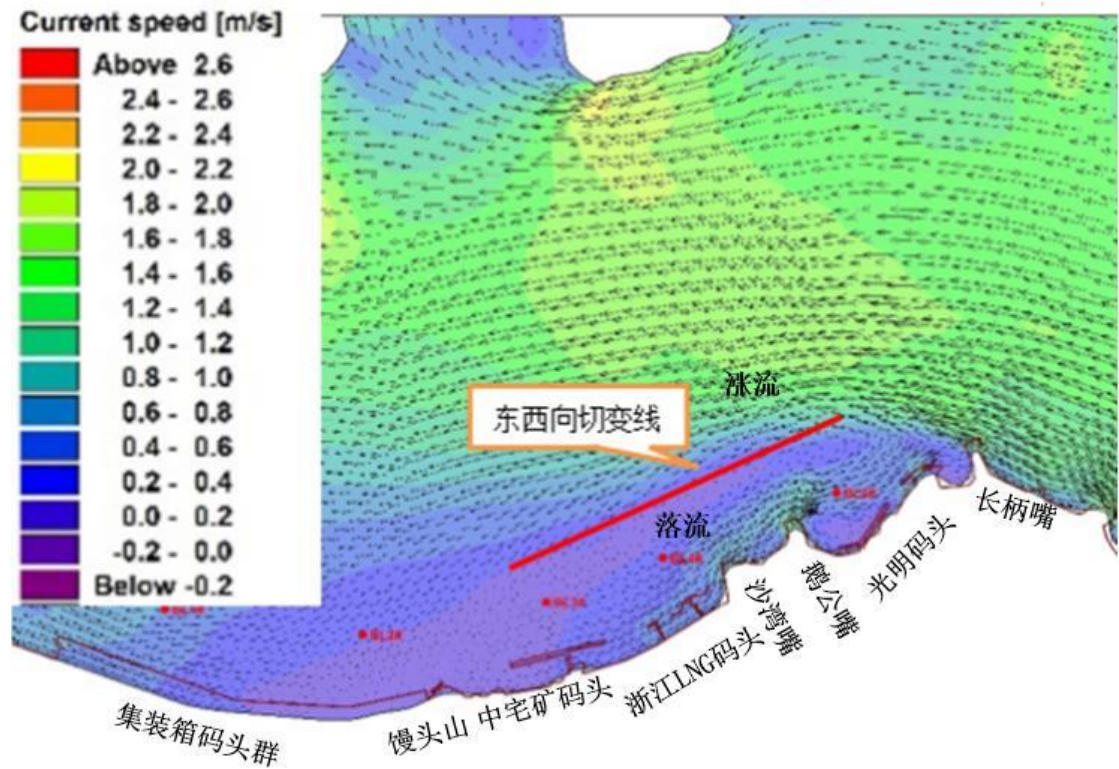


图 2 镇海高潮前 2 小时切变流区域

2.2 镇海高潮前 0.5 小时至镇海高潮时靠泊切变流水域特点

该靠泊窗口为进靠中宅二期，过切变流的时间基本为镇海高潮前 1 小时附近，该时段切变潮流的强度相对减弱，同时切变线的位置与码头的距离增加，码头前沿落流区扩大，船舶驶过潮流切变线后可供船舶操纵的水域范围相对较大，给船位及航向的调整留有了一定余地，船舶一旦进入该区域，操纵变得相对简单。

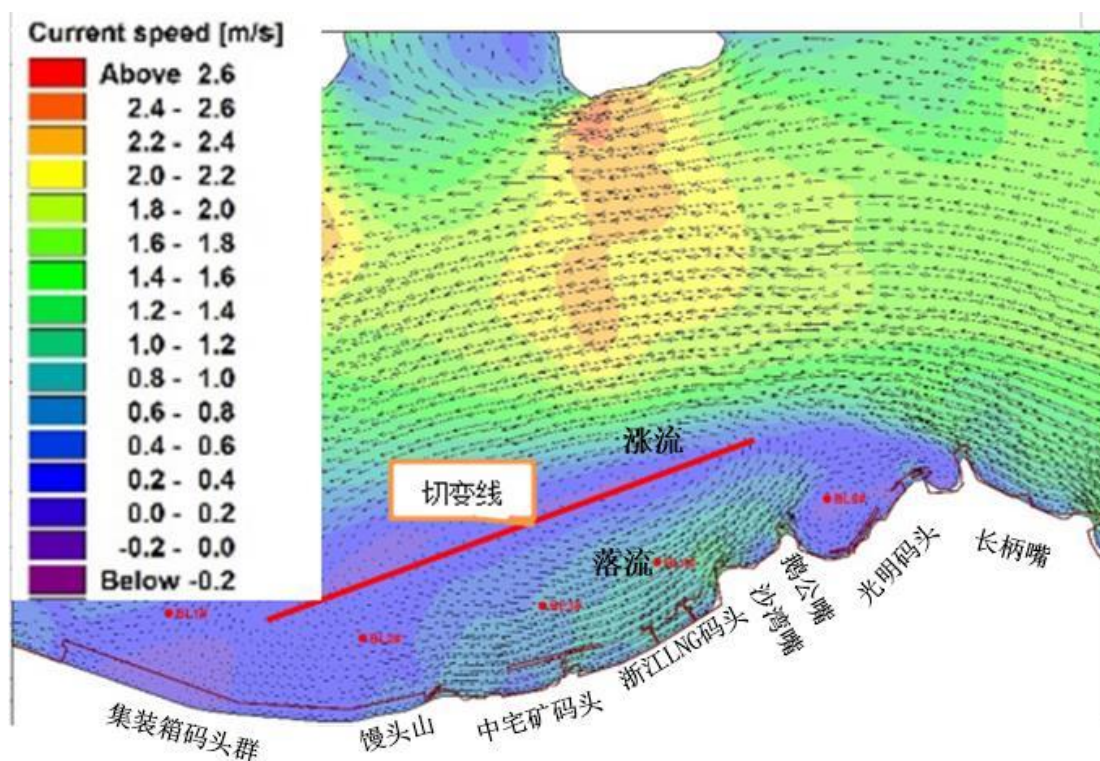


图 3 镇海高潮前 1 小时切变流区域

2.3 镇海高潮前 2 小时至 1 小时时段切变流区域对比

相对于镇海高潮前 2 小时，高潮前 1 小时东西向潮流切变线的位置向西、向北移动。该移动导致切变线与码头距离增加，中宅码头前沿落流区域范围增加，可供船舶操纵的安全水域范围增加，相对增大了船舶过潮流切变线时的安全性。

大、中及小潮汛均有潮流切变现象，潮流切变区域的位置基本相同，由于小潮汛潮流流速较小，切变区域的潮流相对较弱。小潮汛期间潮流相对较小，切变线比较容易控制，大潮汛期间应特别注意切变流产生的转船力矩。两个时段靠泊的风险点不同，镇海高潮前 1 小时靠泊码头边操纵难度偏小但过切变流水域风险较大；镇海高潮前 0.5 小时至镇海高潮时靠泊过切变线难度减小（相对于高潮前 2 小时过切变线），但码头边流速增大导致靠泊操纵难度相应增加。

3 转船力矩理论估算

3.1 切变流水域船舶受力分析

作用于船舶的水流力可分解为垂直于船舶纵轴横向分力 F_{xc} 和垂直轴上的偏转力矩 M_c ，采用的坐标系和符号定义如下图所示。

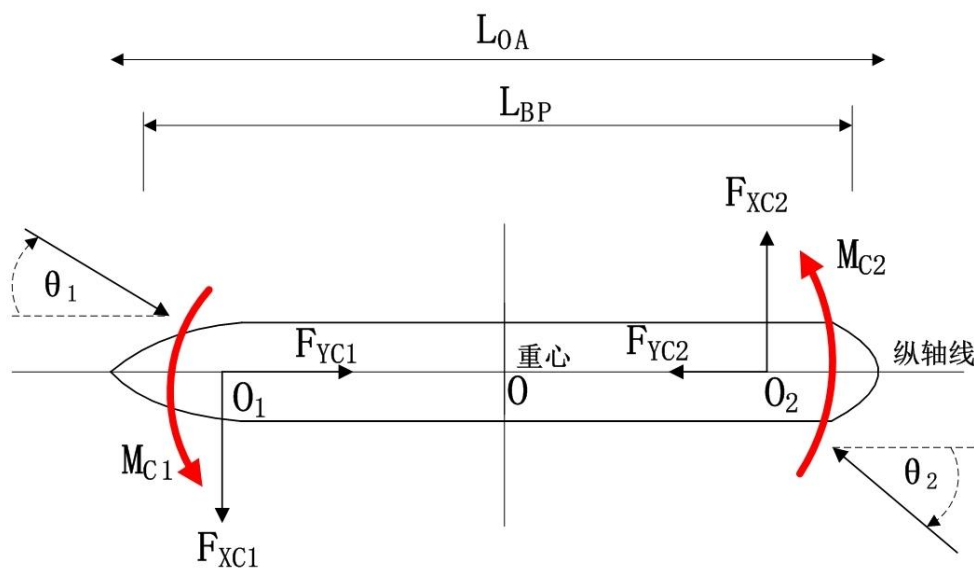


图 4 船舶受力分析

上图所示，当船首右舷受力，作用点 O_1 ，横向分力 F_{XC1} ，纵向分力 F_{YC1} ，偏转力矩 M_{C1} 。当船尾左舷受力，作用点 O_2 ，横向分力 F_{XC2} ，纵向分力 F_{YC2} ，偏转力矩 M_{C2} 。

3.2 水流力估算

根据《海港工程荷载规范》(JTS144-1-2010) 附录 F，对于开敞式海港透空式系船，当水流与船舶纵向斜交，即夹角为 $15^\circ \sim 165^\circ$ 时，水流对船舶作用产生的横向分力与纵向分力可按下列公式计算

$$F_{xc} = C_{xc} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot A_{yc}$$

式中：

F_{xc} ——水流力横向分力 (KN)

C_{xc} ——水流力横向分力系数

ρ ——海水密度取 1.018 kg/m^3

V ——流速 (m/s)

A_{yc} ——相应装载情况下船舶水下部分垂直水流方向的投影面积 (m^2)

$A_{yc} = L_{BP} \cdot D \cdot \sin \theta$ 其中： D ：船舶平均吃水 (m)； θ ：流向角 ($^\circ$)

C_{xc} 水流力横向力系数取值

$$C_{xc} = \beta_1 \cdot e^{2.05(D/d)} + \beta_2$$

式中：

C_{xc} ——水流力横向力系数

β_1 ——系数 海船取 0.43，内河货船取 0.38，驳船取 0.46；

β_2 ——系数 取 0.12；

D ——船舶平均吃水 (m)；大型矿船取 18m；

d ——当地水深 (m)；取 100m；

CAPE 型散货船： $C_{xc} = 0.43 \times 1.45 + 0.12 = 0.74$

偏转力矩 M_{C1} 、 M_{C2} 的计算方法 $M_c = K_{MC} \times F_{xc} \times L_{BP}$

式中：

M_c ——偏转力矩 (KN·m)

K_{MC} ——偏心力系数—— O_1 、 O_2 位置的确定
 F_{XC} ——水流力横向分力 (KN)
 L_{BP} ——船舶型长 (m)

表 1：各种流向角与偏心力系数

流向角 (θ°)	0	10	15	30	45	60	90	120	150	170	180
K_{MC}	0	0.18 0	0.18 2	0.17 7	0.14 8	0.10 2	0	-0.10 4	-0.16 1	-0.16 3	0

3.3 水流力估算条文解释

(1) 计算方法主要依据交通运输天津水运工程科学研究所为本局部修订所开展的“作用于船舶上的水流力计算方法”专题研究成果。

(2) 影响水流对船舶作用力的因素包括：流速和流向、船舶尺度、船体形状、船舶装载度、船舶纵倾度和相对水深等，其中，流速和流向、船舶尺度和相对水深是主要因素。计算公式也是在试验的基础上，简化了不同种类船型而提出的，以供在缺乏船舶和试验资料时估算使用。

(3) 作用于船舶上的水流力有两种分解方法：一是分解为作用在船舶中心横向分力、纵向分力和垂直轴上的偏转力矩；二是分解为作用于船舶两端垂线处艏横力、艉横力和纵向力，如英国标准 (British Standard BS 6349-1)。本文采用前者的分解方法。

(4) 对于水流力横向分力，其由粘压阻力产生的横向力远大于由摩擦阻力产生的横向力，在各国的规范中，除西班牙规范 (ROM 3. 1-99) 外，对横向分力的计算通常不分别进行粘压阻力和摩擦阻力的计算。

3.4 舵力转船力矩估算

船舶舵力转船力矩经验公式如下：

$$N_R = 0.5 \times \rho \times A_R \times x_R \times V_R^2 \times C_N \cos \delta$$

式中：

N_R ——舵力转船力矩

ρ ——海水密度，取 1.018 kg/m³。

A_R ——舵面积 (m²)，CAPE SIZE 散货船取 74m²。

x_R ——舵力中心距船中的距离（基本与重心重合），取 141m。

δ ——舵角，取 35°。

V_R ——舵速，计算方法非常复杂，约为船速的 1.10 倍 (m/s)。

备注：船体伴流和螺旋桨排出流对舵力的影响相反。伴流和螺旋桨排出流对舵力的综合效应与船舶运动状态、舵角、舵的几何形状、螺旋桨特性等诸多因素有关。理论计算这些影响较为复杂，就平均流速而言，单桨单舵船，流经舵叶的流速约为船速的 1.05~1.10 倍。

C_N ——舵力系数，约为 1.6。

备注：一般情况下冲角小于舵角，部分经验公式也用舵角代替冲角，冲角与舵角的关系如下图所示。CAPE 型船舶过切变线按冲角等于舵角（35°）进行估算，舵力系数约为 1.6。

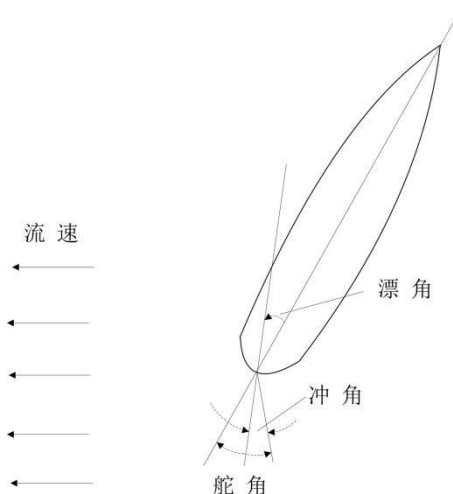


图 5 冲角与舵角关系

分别按 5kn-9kn 航速计算舵力转船力矩，按舵速为船速的 1.10 倍计算，过切变线时舵角按 35° 计算，则不同航速情况下的舵力转船力矩估算如下表所示。

表 2 不同航速条件下舵力转船力矩估算

航速	舵速	舵力转船力矩
5kn	5.5kn (2.8m/s)	55737KN.m
6kn	6.6kn (3.4m/s)	80446KN.m
7kn	7.7kn (4m/s)	109680KN.m
8kn	8.8kn (4.5m/s)	142804KN.m
9kn	9.9kn (5.1 m/s)	181003 KN.m

3.5 船舶前后横向力及其转船力矩的估算

设某散货船长 292m，型长 282m，吃水 18m，设涨潮流 $V_2=2.5\text{kn}$ ，流向角 $\theta_2=30^\circ$ ；落潮回流的流速 $V_1=1.0\text{kn}$ ，流向角 $\theta_1=15^\circ$ 。

$$\begin{aligned} \text{则： } F_{XC1} &= 0.5 \cdot \rho \cdot C_{XC} \cdot V_1^2 \cdot L_{BP} \cdot D \cdot \sin \theta_1 \\ &= 0.5 \times 1.018 \times 0.74 \times 0.5152 \times 282 \times 18 \times 0.25 \end{aligned}$$

$$F_{XC1} = 127 \text{ KN}; \quad \text{同理：}$$

$$F_{XC2} = 0.5 \times 1.018 \times 0.74 \times 1.292 \times 282 \times 18 \times 0.5 = 1590 \text{ KN};$$

$$O_1 \text{ 距船首距离: } 0.177 \times 282 \approx 50\text{m}, \quad M_{C1} = 127 \times (141 - 50) = 11557 \text{ KN} \cdot \text{M}$$

$$O_2 \text{ 距船尾距离: } 0.162 \times 282 \approx 46\text{m}, \quad M_{C2} = 1590 \times (141 - 46) = 151050 \text{ KN} \cdot \text{M}$$

$$\text{设船舶围绕重心旋转, 两者合力矩: } M_{C1} + M_{C2} = 162607 \text{ KN} \cdot \text{M}$$

同理可得涨潮流 $V_2=2.0\text{kn}/1.5\text{kn}$ ，落潮回流的流速 $V_1=0.8\text{kn}/0.5\text{kn}$ ，流向角 θ_1 、 θ_2 不变情况下的流的转船力矩分别为：

$$0.5 \times 1.018 \times 0.74 \times 0.4122 \times 282 \times 18 \times 0.25 = 81 \text{ KN}; \quad 81 \times 91 = 7371 \text{ KN} \cdot \text{M};$$

$$0.5 \times 1.018 \times 0.74 \times 1.032 \times 282 \times 18 \times 0.5 = 1014 \text{ KN}; \quad 1014 \times 95 = 96330 \text{ KN} \cdot \text{M};$$

$$96330 + 7371 = 103701 \text{ KN} \cdot \text{M};$$

$$0.5 \times 1.018 \times 0.74 \times 0.25752 \times 282 \times 18 \times 0.25 = 31 \text{ KN}; \quad 31 \times 91 = 2821 \text{ KN} \cdot \text{M};$$

$$0.5 \times 1.018 \times 0.74 \times 0.77252 \times 282 \times 18 \times 0.5 = 570 \text{ KN}; \quad 570 \times 95 = 54150 \text{ KN} \cdot \text{M};$$

$$54150 + 2821 = 56971 \text{ KN} \cdot \text{M}。$$

表 3 CAPE 型散货船过切变流舵力转船力矩与流压力横向力矩比较

航速 (m/s)	舵速 (m/s)	舵的转 船力矩 (KN·M)	船首尾不同流向流速下的转船力矩 (KN·M)		
			首尾流速、 流向 1.0kn/2.5kn、 15° /30°	首尾流速、 流向 0.8kn/2.0kn、 15° /30°	首尾流速、 流向 0.5kn/1.5kn、 15° /30°
5kn=2.58	2.83	55737	162607	103701	56971
6kn=3.09	3.40	80446	162607	103701	56971
7kn=3.61	3.97	109680	162607	103701	56971
8kn=4.12	4.53	142804	162607	103701	56971
9kn=4.64	5.10	181003	162607	103701	56971
10kn=5.15	5.67	223724	162607	103701	56971

分析上表数据可知，CAPE 型散货船船尾受流 1.5kn 时，6kn 航速可以抑制潮流横向力转船力矩，船尾受流 2kn 时，7kn 航速基本可以抑制潮流横向力转船力矩，船尾受流 2.5kn 时，8kn 航速仍不能抑制潮流横向力转船力矩。

3.6 关于舵力转船力矩与切变流转船力矩估算的缺陷说明

由于水流力估算公式仅针对系泊船舶，船舶没有航速同时也没有考虑兴波阻力；船舶在穿越切变区域不同位置时所受潮流的影响也不同，估算参数取值存在一定误差；船舶舵力系数随着船舶转动而变化，因此，切变潮流及舵力转船力矩的估算存在一定的缺陷。

4 CAPE 型散货船过潮流切变水域安全措施

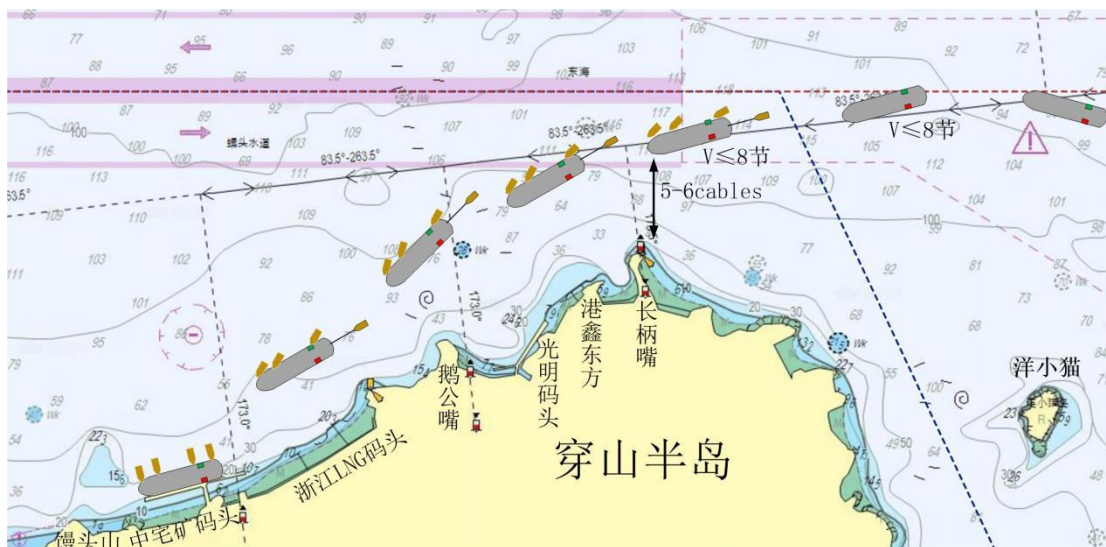


图 6 CAPE 型散货船靠泊中宅码头航法示意图

(1) 船舶在靠泊前 45 分钟位于长柄子头以北水域，航速控制 $\leq 8\text{kt}$ ，船舶过长柄嘴之后拖轮全部到位带妥。

(2) 过长柄嘴时保持横距约为 5~6 链，船位尽可能保持在出口航道中心线附近，航速 7~8kn，航向 $250^\circ \sim 260^\circ$ ，沿着 2 条 100m 等深线中间航行。

(3) 根据引航经验对于吃水 18m 左右矿石船舶，过长柄子头时流压角会达到 $20^\circ \sim 30^\circ$ ，应注意与其他船保持安全会遇距离。

(4) 船舶驶过长柄嘴灯桩之后在维持舵效的情况下，宜控制主机使用但不能停车，船尾拖轮倒拖减速，以增加舵效。

(5) 尽量控制船舶在 LNG 码头东北侧水域 100m 等深线“凹槽”附近水域穿越潮流切变区域。

(6) 在穿越切变线前要提前分布转向，尽可能避免在穿越切变线时实施较大的转向，转头速率控制小于 5，如果发现左转速度加速，应及时果断加车右舵甚至右满舵抑制。

(7) 当车舵不能抑制船舶向左转头时，应及时使用右舷臀部拖轮顶推(左舷首部拖轮效果相同)，有效控制船头偏转。

(8) 当船舶完全进入 100m 等深线以南水域时，基本完全进入落流区域，航速会出现较明显的下降，航向容易把定。

5 结语

本文重点分析了宁波舟山港中宅码头两个靠泊窗口对应的切变流水域对于 CAPE 型散货船的安全影响，通过受力分析计算出不同航速、首尾受流不一致情况下的流致转船力矩和舵力转船力矩并加以比较，以此提出相应的应对措施，希望为驾引人员提高船舶安全保障能力提供技术帮助，为海事、港口等主管机关提供决策依据。

参考文献:

- [1]交通运输部《海港总体设计规范》(JTS156—2013)，北京：人民交通出版社，2013。
- [2]交通运输部.《港口工程荷载规范》(JTS144-1-2010)，北京：人民交通出版社，2010。
- [3]洪碧光.船舶操纵[M].大连：大连海事大学出版社，2008。
- [4]《宁波舟山港核心港区深水航路船舶定线制管理规定》，浙江海事局，2016 年 8 月。
- [5]《LNG 码头潮流观测及预报技术报告》，宁波海洋环境监测中心站，2014 年 5 月。

作者简介: 赵方斌, 宁波大港引航有限公司高级引航员, 联系电话 13780082136

邮箱 zhaofb198412@163.com

船舶急流时段过螺头角水域航行风险分析及对策

孙鹏程

宁波大港引航有限公司

摘要：文章通过对螺头角水域急落流和急涨流的进出口四种情况分别对船舶航经此地的航行风险进行分析，并结合航经螺头角水域的不同船舶的航行特点，总结不同情况下因流态不同而导致的不同风险点，并对不同的风险提出相应的对应措施。

关键词：螺头角水域 急流 航行 风险

0 引言

宁波舟山港域岛礁众多，潮流情况复杂，尤其在螺头角水域，可航宽度相对狭窄，流态在短距离内变化不一。随着宁波舟山港的飞速发展，宁波舟山港水域的船舶密度不断增加，造成螺头角水域的航行风险俱增。笔者在宁波舟山港从事引航工作十余年，对相应航道、潮流及船舶操纵有较深刻的认识，现就船舶急流时段通过螺头角水域存在的航行风险进行分析并提出对应措施，以期引起广大驾引人员的重视并提升安全通过该水域的能力。

1 螺头角水域介绍

螺头角水域位于宁波舟山港螺头水道最窄的折角处，西北接宁波舟山港定线制 3 号警戒区，东南方向是宁波舟山港穿山港区水域。该水域北侧为大猫岛、小猫山，南侧为穿鼻岛、凉帽山和白鸭山，是宁波舟山港核心港区重要航道转向点。图 1 是螺头角水域示意图。该水域最窄处位于螺头水道大跨越架空电缆正下方，宽度为 1.2 海里，螺头角水域两侧宽度则在 2.5 海里以上。如图 1 蓝色阴影部分所示，该水域整体呈一个中间扭折的空竹造型，因此处水道收窄明显并且弯折，受狭管效应以及海岛岸线对水流的阻碍和拦截，往往使得流速加大（最大流速可达 6 节），以及出现大面积的流态不一、乱流甚至回流现象。宁波舟山港为不正规半日潮港，螺头角水域初涨始于镇海低潮后 1.5—2 小时，初落始于镇海高潮后约 1 小时，最大涨、落流速出现时间均在中潮位时附近。



图 1 螺头角水域示意图

该水域的风速和风向主要随季节变化，夏季多偏南风且风力较小，冬季多偏北风且风力较大，春秋为两种季风过渡期。台风及寒潮过境时，涌浪也相对较小。由于该水域处于大榭岛、穿山半岛和舟山列岛之间，风力受到岛屿天然屏障的减弱，大部分时间对安全航行影响不大。

宁波舟山港连续十三年货物量吞吐量全球第一，螺头角水域位处核心港区咽喉要道，自然通航密度极高，船舶种类众多且尺度大小不一，有靠泊算山、大榭实华、大榭中油、册子、外钓油等原

油泊位的超大型油船，靠泊北仑一期、老唐山矿砂码头的大型矿砂船，靠泊核心港区的集装箱船和化工船，众多驶往甬江内或借道西侯门大桥北上的以运砂船为主的中小型船舶，白鸭线客渡轮，渔船以及各类军事舰艇等。

2 船舶急流时段过螺头角水域航行风险

近几年海事管理部门在分道通航制的基础上，对小型船舶抄近路、随意穿越通航分道的习惯航法进行了有效管控，但仍有部分运砂船、渔船长时间占据分道通航航道航行，给进出口船舶的正常航行带来安全隐患；客渡船、开靠大树岛的小型化工船、军舰等频繁穿越 3 号警戒区；螺头角南侧时有从穿山集装箱码头北上穿越航道的小型集装箱船；螺头角大跨越架空电缆的雷达回波会误认为一条无法避免碰撞的穿越小船；各种船型的不同特性叠加复杂潮流的不利影响，让船舶在转向通过该水域时易发生走入反向航道、走出航道、一定时间无法把定船首向等情况。可见该水域不仅仅会遇局面复杂，复杂潮流也容易引起影响安全的航行局面，值得引起驾引人员的特别关注。下文就四种情况分别进行分析。

2.1 急涨流时段

2.1.1 急涨流进口

由图 1 中可见，向南突出的螺头角类似一个小型峡角，海水自东向西顺航道流入时，受到大猫岛东侧岸壁的阻扰，海水在水域变窄处汇聚，流速迅速增加，动能变大。螺头角西侧水域 100 米等深线两侧水深呈极速变化状态，在突兀的地形变化下，易在此处形成泡漩乱流，白天可以清晰观察到此处潮流切变线的存在。在航行中的表现为深吃水船舶航经此处时船首向易向右偏转，并且使用左满舵也无法抑制，呈现一段时间的失控状态。此区域交通流量常年较大，因部分大型船舶及深吃水化工船在该处偏转冲向大猫岛西岸而去，与附近船舶发生紧迫局面，给不少驾引人员带来很大的心理压力。

2021 年 5 月，某满载好望角型矿砂船 C 轮在螺头角顺流进口过 100 米等深线附近水域时，遇到向右不能把定船首向的情况，船径直向大猫岛东侧驶去而无能为力，最终在持续左满舵并增加螺旋桨转速的操作下，近距离驶过大猫岛岸线，并与航道北侧多艘船舶发生了较为极限的碰撞危险。图 2 是 C 轮航行轨迹示意图。



图 2 C 轮航行轨迹示意图

2021 年 3 月，某满载小型化工船 S 轮最慢车速水流通过螺头角水域，转向后向右不能把定船首向，垂直驶向大猫岛，最终船长选择全速倒车，在船首离大猫岛岸线不足 30 米时将船倒停并倒出危险区。图 3 是 S 轮航行轨迹示意图。



图 3 S 轮航行轨迹示意图

2022 年 4 月，某半载灵便型散货船 H 轮，顺流通过螺头角时向右不能把定船首向，船长选择顺势右满舵掉头，最终近距离通过大猫岛东侧岸线后与多艘进口船舶发生碰撞危险。图 4 是 H 轮航行轨迹示意图。



图 4 H 轮航行轨迹示意图

可见，如何避免船舶在螺头角转向后向右不能把定船首向的状态，是驾引人员顺流通过螺头角需要最为关注的。重载大型船舶进口时在螺头角以东水域应尽量避免最慢车航行，并提前将船位调整至进口航道中心线位置附近，距螺头角 0.5 海里处开始施右舵，并适时回舵，控制船位离螺头角位置在 0.4 至 0.5 海里之间。随着转向角度的增加，船舶右舷受涨流影响逐渐明显，航向会与船首向呈较大交角，在通过螺头角之后，船舶矢量线方向仍然会指向出口航道。此时切记不可随意增加舵角，仍要保持船首向右 10 度左右的转首速率，如转向速率增大明显，需要及时回舵、压舵。需要注意的是，在船位到达 100 米等深线之前 0.1 海里左右，右转趋势会明显减小，此时切记不得随意增加右舵舵角。继续航行通过 100 米等深线时，右转趋势会因水流切变线的影响迅速增加。此时需果断施左舵以及加车，尽可能克服过切边线带来的不利影响。驾引人员要熟知该处的潮流特点，一般随着船舶驶过切边流区域后，随着首尾流态的逐渐一致，船首会慢慢趋于稳定。在可预见会经历明显右转且可能无法控制的前提下，驾引人员一定要及早与周围船舶取得有效联系，争取她船的避让配合。

2.1.2 急涨流出口

急涨水出口过螺头角相对风险不大，需要驾引人员注意的是船舶在螺头角转向东行时，航道南侧较为宽阔的穿山港区水域中的流会向西北方向汇聚到狭窄的螺头角水域，船舶受到右舷来流的影响，船位易向左压。为了保持船位在出口航道，涨水出口时应略晚施舵，且注意转向后把定船首向在 $095^{\circ}\sim 100^{\circ}$ ，避免船位被压至分隔带内。

2.2 急落流时段

2.2.1 急落流进口

螺头角水域在急落流时段，同样由于地形的影响，螺头角东侧的进口航道内为缓流或平流，顶流进口船舶在摘若山以南水域会出现航速增加的现象。而航行到螺头角转向点附近转向前，船舶会受到右前方来流的影响，出现航向大幅度偏左以及航速下降的情况。在实际航行中需要驾引人员注意的现象有：一是船舶到转向点却很难向右转向，并且船位会压向出口航道。曾有船在此处遇到转向困难的情况，只能顺势冒险向左掉头。二是船舶航速下降明显，往往在短时间内会有 5-6 节的降速幅度，特别要警惕小型船舶往往在转向之后速度会变得较低，大潮汛时甚至会有船舶在该地在原地停滞不前。三是如距前船的跟随距离小于 1 海里，由于前船航速的减小而缩小与前船的间距，容易造成紧张局面。

为避免因急落流带来的各种不利情况产生，进口船舶驾引人员在操船时应注意：一是过转向点前初始船位摆在航道中心线略微偏南位置，在转向点之前提前调整船首向到 290° 左右，减小船身的迎流夹角，减小急落流产生的转船力矩。二是切记不能在急落流时段在螺头角水域附近追越前船，如在螺头角转向前不能完成追越，应果断控速并将与前船的间隔距离提升至 1 海里以上，或提前将航速控制到小于前船航速，提防前船受落水流压而产生的转向困难以及航速下降导致的船舶间距的被动局面。三是驾引人员在转向时尽量不要下船首向令，而应下达舵令，并且在转向前持续关注压舵的角度和舵角的实际位置。四是如果由于避让他船等原因确实转向偏晚时，一定注意谨慎操纵，预防有可能发生的不能向右转向的危险。

2.2.2 急落流出口

船舶在落流时段出口螺头角相对风险不大。需要注意的是，由于受到狭口收窄的影响，船舶到达转向点之前航速会明显增加，驾引人员应当注意提前减速，以免航速超出海事部门顺流 16 节以内的限速规定。在落流时段出口转向后受左舷来流的影响，在螺头角至摘若山以南航段船舶往往会被右压出定线制航道。驾引人员在实际操作中，应在 3 号警戒区控制船位在航道中心线偏右一些的位置，并在转向点之前 0.6 海里左右处开始施小舵角缓慢左转，确保船舶通过螺头角转向点时处于靠近中央分隔带的位置，转向后船首向把定至 085° 左右，确保船舶仍有向右压的余地而不致于驶出定线制航道，也能确保与进口船在视觉上不会有交汇上的疑虑。

3 船舶过螺头角水域的其他注意事项

在螺头角水域航行的船舶除了需注意上诉风险外，还需注意以下几点：一是船舶出口过螺头角时，会在雷达上观察到一个从螺头角到凉帽山的回波，并且无论做何避让动作，该回波与本船的 CPA 始终为 0。实则该回波为螺头角大跨越电缆的回波，由于电缆平直光滑的特性，导致只有与雷达波束辐射方向垂直点附近的较小一段电缆，才能将雷达发射微波反射回雷达，而其余部分电缆，由于未和雷达波束成 90°交角，绝大部分的雷达波束会被反射到雷达天线以外的位置而不能被雷达接收。所以大跨越架空电缆在雷达屏幕上呈现的回波是极为特殊的，它不能完整显示整条架空电缆，而只是一个点，并且该点始终处于由本船雷达天线向电缆所作的垂足处。笔者在工作中观察到，由于不少驾引人员不了解该回波特性，易将该回波误认成一条穿越的小船，继而在螺头角水域慌乱转向避让，反而与周围航经船舶发生复杂碰撞危险局面。如 2022 年 3 月份，某集装箱船 X 轮在螺头角出口前，误认电缆回波为穿越小船，在高频中多次呼叫穿越船未果后，X 轮采取大幅度左转措施，避让电缆回波后受到涨流的左压影响，在进口航道中逆向行驶并与多艘进口船舶发生碰撞危险。二是航经该水域的船舶种类较多，如集装箱船、油轮、化学品船、散杂货船、渡轮、黄沙船、渔船、军舰等等，且船舶尺寸大小不一，上到三十万吨的 VLCC，下到几十吨几百吨的小船。船舶的种类繁多及和尺寸不一使得该水域通航密度较高，通常会遇局面复杂。在沿岸通航带航行的小型船舶通常在螺头角水域会因水域可航宽度的减小及流态的变化而侵占通航分道；靠离穿山港区的小型内贸集装箱船通常会在螺头角水域进出航道；靠离大榭岛东侧泊位的船舶、返于白峰至鸭蛋山的渡轮及高速航行的海军舰艇通常在 3 号警戒区穿越及进出航道。在通航分道内航行的大型船舶要充分认识到螺头角水域的以上特点，务必小心谨慎航行，尤其对穿越分道通航及 3 号警戒区的船舶形成的交叉相遇局面要保存高度的警惕。

4 结束语

螺头角水域是宁波舟山港交通要道，驾引人员需了解该航段不同潮流的特点，并掌握在不同潮流下有可能对安全航行不利的威胁点，结合航行在该水域不同船舶的航行特点，做到思想上重视，行动上预控。并且在平时的航行中多观察、多总结、多思考，这样才能更好的保障船舶的航行安全。以上是笔者在平时引航实践中一些不成熟的经验体会，希望能提供些许借鉴，不当之处请斧正。

参考文献

- [1] 胡中敬.“流场”的“切变线”概念[J].航海技术.2003 年 06 期
- [2] 柴利军.大型矿船进靠宁波北仑矿石码头探讨[J].中国水运.2014 年 10 期

作者简介：

姓名：孙鹏程

工作单位：宁波大港引航有限公司

通信地址：浙江省宁波市鄞州区沧海路 560 弄绿城绿园大厦 25 楼

电话：15888104230

电子邮箱：wandersp@163.com

双碳目标下建设绿色宁波引航的一些思考

段晓军

宁波大港引航有限公司

【摘要】：随着中国政府关于二氧化碳排放“力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”承诺越来越近，作为交通中转重要部门的港口也面临越来越大的压力。宁波舟山港作为连续 14 年吞吐量世界第一的大港，减少港口生产运营产生的碳排放，建设绿色低碳港口是现代绿色港口发展的目标之一。宁波舟山港集团是能量高度密集，碳排放比较严重的大型企业。引航部门作为港口集团的第三产业、核心部门，是重要的服务机构，其产生的碳排放也有不可忽视的影响。本文试着将引航生产中产生的碳排放的具体情况单独从生产中剥离出来，加以分析并提出改进方法，为迎接双碳目标达标提供参考，并提出绿色引航未来发展的一些建议，为绿色港口建设贡献力量。

【关键词】：碳达峰碳中和；节能减排；绿色引航

1.1 双碳目标的背景

2020 年 9 月 22 日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上向世界宣布了中国的新达峰目标与碳中和愿景。

“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。”

“各国要树立创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，抓住新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇，推动疫情后世界经济“绿色复苏”， 汇聚起可持续发展的强大合力。”

随后国务院发布《新时代的中国能源发展》白皮书，白皮书指出全面推进能源消费方式变革，构建多元清洁的能源供应体系，将从六个层面（大力调整能源结构、加快推动产业结构转型、着力提升能源利用效率、加速低碳技术研发推广、健全低碳发展体制机制、努力增加生态碳汇）推动实现碳达峰、碳中和。

1.2 双碳目标下的绿色港口建设建设。

交通运输部水运科学研究院发表的一篇文章中写道，作为全球供应链的转运节点， 港口温室气体排放量约占全球温室气体排放量的 3%。港口进行作业的能耗主要来自电和油，岸桥、场桥、散货用的门机等港口装卸设备耗电量都较大；往来运送货物的水平运输车辆等也是耗油大户。而大量使用燃油，则造成了空气污染和碳排放。随着我国港口产业掀起绿色智慧化转型的浪潮，积极打造绿色生态港口，加强港口领域污染防治与节能减排已经成为业内的共识。

1.3 双碳目标下的绿色引航建设的必要性

引航作为港口生产保障部门，虽然规模不大，但是参与耗能不小。以宁波引航站为例，共有接送引航用燃油车 49 辆，引航用艇 16 艘（一艘在建），2022 年全年引航艘次达到 30869 艘次，平均每日达到 84 艘次。由上数据可知在接送引航员和引航员引航过程中将产生许多化石燃料的消耗（如表一表三），对港口环境的碳排放影响巨大。在建设绿色的大潮中，建设绿色引航也是极其紧迫和必要的。

2. 现阶段引航生产碳排放点。

2.1 引航用车量大，宁波引航共有 49 辆引航用车 24 小时不间断使用。2021 年和 2022 年总公里数统计如下。按照百公里 9 升油估算，可估算出总耗油量，由此可见燃油车耗能巨大。（如表一）

年份	总公里数（km）	总耗油数（升）
2021	2508476	225762
2022	2717967	244617

宁波引航站引航用车全年耗油量（表一）

2.2 引航用艇耗油惊人。

现阶段引航业务繁忙，2022 年日艘次达到了 84 艘次，引航艇需要 24 小时不间断工作接送引航员。据统计，宁波引航站共有引航艇 16 艘，其中构成及耗油标准如表二。

类型	16 长快艇	33 米长快艇	40 米长大艇
数量（艘）	7	3	6
耗油量（KG/H）	52	126	80

宁波引航站引航艇一览表（表二）

2021 年和 2022 年总油耗统计如下表三。根据统计可看出引航用艇是宁波引航在港口碳排放中影响极其重要的一环。。

时间（年份）	2021	2022
耗油量（KG）	2440147	2395310

宁波引航站引航艇全年耗油量（表三）

2.3 引航操纵过程中拖轮使用的油耗。

现阶段，许多引航员对拖轮的使用操纵是粗放型的。只要安全，其他方面如节能减排都是很少考虑的。现阶段宁波舟山港的拖轮主力是 4800 匹马力，还有部分是 6000 匹和 4000 匹。拖轮的油耗和转速的三次方成正比，表四是宁波舟山港部分拖轮一定转速下油耗的经验估值，由拖轮当班轮机长统计得出。从此表数据可以看出，拖轮在转速提高后，拖轮的耗油量急剧增加。如 4800 马力的众联 3 号，当拖轮快车顶推一个小时的耗油量几乎达到微速顶推的 4 倍，是慢车顶的 2 倍。而我们引航员靠离泊操纵的一般的做法是船舶靠泊贴拢后，拖轮一直被要求处在快车顶的状态直至缆绳全部带好才减速解拖；开船过程中也是一直保持快车顶，直到缆绳全部解掉，这无形中会增加许多油耗。

种类 \ 转速 油耗（kg/h）	25%（微速）	50%（慢车）	75%（中速）	100%（快车）
4000 马力（众联 12）	49	95	155	220
4800 马力（众联 3 号）	62	112	170	235
6060 马力（众联 23）	74	136	192	298

三种不同马力拖轮在不同转速下的油耗估值（表四）

而在操纵一条超大型船舶靠离泊的过程中，由于靠离泊时间较长，靠泊所需拖轮更多，通常需要 4 条到 5 条 Z 型拖轮协助，这些耗油数据将会被不断放大。“根据极端测算，完成一次超大型船舶靠离泊作业，如果一直要求所有拖轮快车顶的粗放型操纵将带来 8 吨的油耗，而灵活使用快车顶，中速顶和慢车顶的精细化操纵可以将油耗降至 2 吨左右”（数据引用来自于谢广伟《引航与节能环保》）。宁波舟山港作为干线枢纽港，超大型船舶是主流。据统计 2022 年宁波舟山港共开靠 250 米以上的超大型矿油船 2136 艘次（协助拖轮 4 到 5 艘），350 米以上的集装箱船（协助拖轮 3 到 4 艘）达到 2999 艘次。以一个矿油船开靠节油 6 吨，一个超大型集装箱船（作业时间较矿油船短一倍）开靠节油 3 吨计算，2022 年全年一共可以节油 10907 吨。实在是一个惊人的数字。这还仅仅是基于超大型船舶进行的估算。

2.4 引航操纵过程中对大船的操纵由于技术等原因引起的碳排放的超标。

根据学者研究发现，沿海港口船舶不同航行工况下的污染物总量排放顺序为：巡航>低速巡航>停泊>锚泊。

部分引航员操纵过程离泊后喜欢加快车，快速将速度提到最高限速，而靠泊时却很晚减速，码头对开时开大倒车将船倒停。而这种操纵方式，我们称之为“冒黑烟”。因为大船在急加速和急减速

时，主机都是大负荷运转，大量喷油，燃烧不充分，烟囱里会有大量不充分燃烧的黑烟尘冒出，远远地就可以看见。这无疑增加了许多港口污染和碳排放。由于大船主机马力巨大，产生的排放也是巨大的。加上每天宁波舟山港有 80 条左右的外轮进出，由此产生的额外碳排放也是惊人的。

3 引航生产过程中碳产生排放的优化路径。

上述这些在引航生产中产生的碳排放确实存在，而且也是引航员习以为常不太关注的。但是要建设绿色港口，绿色引航，我们必须重视这里不利因素，将之改变。

3.1 引航用车更行换代，采用电动车。

宁波引航站拥有绿城、镇海、大树、梅山、桃花、象山等引航基地和 150 个引航用车车位，这就为建设电动车充电桩带来便利。通过将燃油车依次用电动车替代，带来的碳排放控制也是可观的。而且就眼前来说，这个做法是可行性很高的。

3.2 引航用艇排班更合理。

引航用艇如何避免重复浪费，则是用艇减排的重点关注。现阶段的排艇主要是提前一天值班员进行调度，由于计划多变，内港区偶尔会出现同路的两位引航员用两艘不同的艇的情况，这些都是可以优化的地方。另外桃花基地距离虾峙门引航登船点有 6 海里，距离笏帚门引航登船点有 10 海里。如图一。引航艇前往虾峙登船点接送一次引航员单程需要 1 个小时以上。笏帚门则更长，需要两个小时以上。这些都导致了巨大的油料消耗，从而引起大量碳排放。改变现有接送模式是引航用艇节能减排最理想的方式。如何改变，将在 5.1 章节设想和建议中提出。



图一

3.3 拖轮操纵技术提升优化。

引航员使用拖轮粗放型主要是因为环保意识不够，也有一些是技术经验不足。通过课题研究，技术提升，多开展技术交流，技术比武，多总结节能经验并推广，进行双碳目标知识普及，引导广大引航员精细化拖轮使用动作，向着既安全又节能减排方面靠拢。

3.4 大船操纵技术提升优化，避免增加碳排放的动作。

对引航员进行安全教育培训，培养他们主人心态。港口是我们赖以生存的家园，保护好港口环境就是呵护好我们的生活。保持良好心态，操纵船舶以稳为主，杜绝“冒黑烟”。加大技术培训，让引航员操纵船舶时，心态不骄不躁，非紧急情况避免采取激烈的动作。缓加车，早减车，靠泊时充分利用停车淌航的技术动作，既节能又安全。

4.0 控制碳排放与建设绿色引航的逻辑关系

4.1 控制碳排放与引航生产效益上不冲突，节能是降本增效。

引航生产产生效益，车艇的燃料消耗是引航站支出的重要部分。所以控制燃料消耗，控制碳排放，就是产生效益的理想方式。通过节能减排来降本，既让企业减轻了负担，又为绿色港口发展增添了力量，又为实现碳中和打下了基础，更是保护了我们的生存家园环境，实在是好处多多。

4.2 控制碳排放与引航安全不冲突，节能的过程也是能量控制的过程，是安全把握的关键。

节能的过程看似有些痛苦，想开快车时不能快，想慢下来又不能一次性到位。但是快往往是事故链的前端。有多起海事事故是由于过快速度造成的。如韩国釜山“米兰桥撞击码头”重大事故就是停车淌航时机过晚导致余速太大造成。而“长赐轮搁浅苏伊士运河”也有一部分原因是速度过快造成。现在船舶越来越大，其惯性也越来越大，更早一点控速是把握安全的重要方式，而这与减排又不谋而合。

5.0 建设绿色低碳港口是世界强港主流动作，宁波舟山港连续吞吐量蝉联世界第一，但是在建设绿色港口的路上还有许多硬核力量要加强。

近年来，我国高度重视绿色低碳港口建设。积极推动绿色港口建设，是我国未来港口业发展的必然趋势。建设绿色引航是建设绿色港口的重要组成部分，势在必行。在此提出一点建设绿色引航的设想和建议。

5.1 节能减排为绿色引航发展提供强有力的四肢。

现阶段的引航基地远离引航员登船点产生了大量的燃油消耗，下一步宁波引航站的未来发展计划是否可以改建基地到虾峙门口附近，如图2所示。引航艇接送引航员的路径将大为减少，接送虾峙门引航登船点将减少航行10海里（一个往返），接送箬帚门引航接送点将减少航程16海里。以2022年为例，宁波引航全年虾峙门引航总艘次19530艘次，箬帚门总艘次2889艘次。以三个艘次出艇一次接送估算，一共可以减少航行80508海里。以40米的大艇（宁波引航主力引航艇）来估算，平均每小时耗油80kg，取平均速度每小时航行12海里，最后计算得出可节省燃油536720kg。节省量是2022年总耗油量239530kg的22.4%。那将为节能减排做了巨大贡献。另外引航艇艇员换班也建议采用更节能的方式。让更耗油的大艇主要从事引航接送，让轻便节油的小艇进行换班船员的接送。或者让更先进的大数据计算机排班系统介入人工排班，让用艇用车排班更科学。节能减排将会让引航单位的收入支出财报更加健康，为引航事业的发展提供更有力的四肢。



图 2

5.2 能源替代为绿色引航发展提供新鲜血液。

通过建设充电桩，可更换式充电站让电动车逐步替代传统的燃油车来接送引航员。将引航基地顶面装设太阳能发电板和风力发电装置，为基地提供绿色清洁能源。为碳中和打下基础。对以后换代新造的大型引航艇采用 LNG 燃料的加注方式都是能源替代的途径之一。

5.3 技术提升为绿色引航发展提供大脑。

让引航员在安全操纵的前提下，不断提高精细化操纵技术水平，同时建立操纵安全和节能减排两条路并排走的思维。多组织引航员开展绿色引航相关课题研究，形成控碳减排节油技术经验，以小册子、工作手册和技术论文的形式加强宣传。对取得成功经验的个人给予奖励，鼓励职工绿色环保意识。

结语：中国“3060 的双碳目标”显示了中国的大国担当，绿色港口的发展应该得到全社会的支持，我们身为港口人、引航人，更要将绿色港口发展的种子深植心底，积极响应。通过对绿色引航业务的积极拓展，深入挖掘，大胆实践，为绿色港口发展添砖添瓦，为“3060 的双碳目标”贡献力量。

参考文献

- [1] 谢广伟 引航与节能环保 中国水运 2014 年 06 期
- [2] 贺林林等 绿色港口建设中港区大气污染物排放研究综述 重庆交通大学 2021 年 08 期
- [3] 徐璐明等 “智慧绿色港口”建设存在的现状问题 and 对策分析 运输经理世界 2021 年 30 期

作者：段晓军 13780083073 宁波大港引航有限公司高级引航员，邮箱 nbpilot073@aliyun.com.cn

引航登离轮安全现状分析与风险应对

李飞镐

宁波大港引航有限公司

摘要：针对国内外引航员登离轮坠海情况频发的状况，通过对内贸船登离轮装置进行调查，发现了其中存在的设备不合格、放置不规范、人员认知不到位等问题。通过问题的分析，总结出在引航员坠海、引航艇与被引船碰撞、被引船做下风产生危险局面等风险，从加强检查、引航梯强制报废机制、船公司加强管理、法律保障等方面提出了应对措施。针对做下风离轮所需水域做了计算，提出在科技手段加持的情况下临时优化登离轮点设置规避风险的举措。

关键词：登离轮安全，风险分析，引航装置检查，蛇航运动，登离轮点优化

0. 引言

新《海上交通安全法》（以下简称新《海交法》）实施以后，中国籍船舶引航艘次激增。由于很多中国籍船舶之前都较少或未曾由引航员登轮进行操作，这导致他们对登离轮装置了解较少，一些船员（包括船长）、经营人包括船公司对此也不是很重视，操作不规范，设备不完善。新《海交法》实施一年多来，此类船舶引航员登离轮风险明显增加。2022 年 12 月，某船夜间镇海启航，引航员在金塘北离轮时由于引航梯放置不规范导致引航员落水，虽经极力抢救救回，但这无疑给我们引航员登离轮的风险管控敲了一次警钟。

1. 新《海交安法》实施对引航的影响

新《海交法》实施的同时，交通运输部对 2001 年 11 月 30 日发布的《船舶引航管理规定》同步进行了修正，新《海交法》里面关于引航的主要思路都体现在新修订的引航管理规定中。需要引领的内贸船艘次明显增加。在新规定中，引航员登离轮安全有更详细的指导意见，新增加“不能在规定的登离水域登离船舶时”船方的操作指导，对船方在引航员登离轮、操纵期间船方的作用要求有所明确。

具体到引航机构和引航员来说主要体现在两方面：一是中国籍船舶引航艘次增幅明显，宁波引航站 2022 年中国籍船舶的引领增幅超过 17%，短期内引航工作量明显增加；二是部分中国籍船舶尚未完全理解新《海交法》和修订后的《船舶引航管理规定》的精神，对引航登离轮装置有关要求不了解，引航登离轮装置放置不规范，导致引航员登离轮风险在不断增加，见图 1。

从违法违规的角度出发，目前的新《海交法》和修订后的《船舶引航管理规定》均没有对引航登离轮设置的违规违章行为有明确的处罚条款，也就是说违章的成本太低。

2. 中国籍船舶引航登离轮装置放置现状

一直以来，中国籍船舶引航员登离轮装置存在较大的差异。国有体制下的或者大型船管体制下的船舶，对相关装置、安放及引航员登离轮监督等相对重视，而私营业主或小型船公司在这一块相对薄弱。航行在外贸航线的船舶通常情况下会更注意登离轮装置的正确性，而航行在国内的船舶在这一块存在明显的短板。在上述引航员因梯子断裂落水前后，笔者对进出宁波舟山港的 100 艘中国籍船舶进行了一项肉眼观察统计（如表 1 所示），对引航登离轮装置的放置现状有了基本判断。

在统计中，有 30%的船舶引航软梯不符合规范要求，包括踏板间距、水平度、横档正确性、橡胶踏板等，36.5%的中国籍船舶梯口接送引航员的人员没有携带 VHF 甚高频，有 22%的船舶引航登离轮处缺少照明，有 45%的船舶引航梯放置不规范，有 21%的船舶引航梯旁边没有救生圈。其他像舷墙开口不规范、回收索的方向、扶手绳及舷梯设置不规范等问题也较为突出，见图 2。

在交流中，大部分内贸船的船员对登离轮装置的具体要求不了解，部分船舶没有收到公司对此事的最新管理要求，有的即便收到了代理或者公司发过来的相应通告或信息，但由于跟航行、载货

和其他体系文件等相关的内容太多，加之没有明确的罚则或检查要求，他们对登离轮装置的内容也敷衍了之。事实上，很多的管理公司、船舶所有人、运营人等对新《海交法》等法律规范没有读懂吃透也是阻碍整个状况难以有所好转的原因之一。

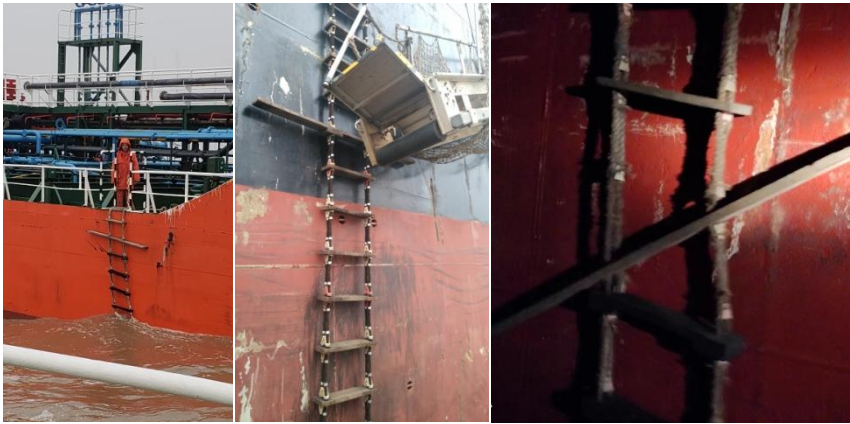


图 1 几种典型的登离轮装置不合规情况

序号	船名	未准备梯缆	引水梯与船壳未固定	硬梯与船壳未固定	梯口人员未携带高频	未设置靠船体	缺少登离照明	未依据引航员要求安装回收索	长板弯曲变形	引水梯边索无回收差	引水梯上回收索的位置不对	无舷墙开口近无救生圈	登离装置附近无救生圈	舷墙梯缺失	引航梯老旧	引水梯甲板固定方式不对	踏板回收不均	引水梯离水面高度未按要求	硬梯平台未放平	引水梯回收索未向前牵引	橡胶踏板状况差	踏板不平
1	庆海渔30	✓			✓				✓	✓			✓		✓		✓					✓
2	盛和21	✓			✓					✓					✓							
3	康和日盛	✓			✓		✓			✓				✓		✓				✓		
4	南隆16	✓			✓				✓						✓					✓		
5	大甲6号	✓								✓					✓			✓				
6	神华323	✓	✓	✓		✓				✓					✓					✓		
7	昌达6	✓			✓					✓					✓					✓		
8	达德	✓			✓		✓	✓		✓			✓		✓			✓		✓		
9	金和13	✓			✓					✓					✓					✓		
10	三盛合	✓			✓					✓					✓					✓		
11	连安湖	✓								✓						✓				✓		
92	通达化18	✓								✓						✓					✓	
93	信海88	✓	✓	✓						✓						✓					✓	
94	达德	✓						✓							✓							
95	建和37	✓								✓					✓					✓		
96	勤丰209	✓			✓					✓			✓		✓					✓	✓	
97	彩虹22	✓			✓					✓					✓					✓		
98	海隆19	✓			✓		✓	✓		✓			✓		✓					✓	✓	
99	远翔66	✓			✓	✓		✓		✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓
100	达德				✓	✓		✓								✓						

表 1 中国

籍船舶登离轮装置调查统计表



图 2 各类登离轮装置不合格统计

3. 引航登离轮风险分析

一般情况下，引航登离轮环节都是风险较高的环节。若是在风浪较大、海况较差的时候则风险更大，最近几年来，全球已经连续多年都有引航员在登离轮时坠海身亡，有业界专家称之为“浪尖上的舞者”。

3.1 引航员坠海的风险。登离轮期间坠海是引航员工作重大风险环节之一。若引航梯质量有问题（断裂、横档倾斜、绳索腐朽等）、引航梯放置不合规（无规范要求的人员和其他辅助设施配置）或者在

恶劣海况下引航艇接送时都有可能发生引航员坠海事故。

3.2 引航梯断裂的风险。引航梯断裂主要原因有两点，一是引航梯本身的绳索受损、变形、腐烂导致引航梯稍微受力便发生绳梯断裂；二是引航艇在接近引航梯的过程中由于风浪的颠簸起伏导致引航艇与大船或引航梯发生接触，进而产生拽拉或者挤压导致引航梯断裂。

3.3 引航艇与大船碰撞的风险。一是引航艇与大船在接近的过程中由于风浪较大可能导致纵横摇倾幅太大或上下起伏幅度太大而发生交通艇与大船相撞。二是引航梯放置的位置不当导致引航梯难以靠近引航员登离轮处或在靠近之后由于大船的伴流作用导致引航艇难以操作而与大船发生碰撞。三是引航艇驾驶员技术存在缺陷而导致在并靠的过程中角度、速度控制不力而与大船发生碰撞。

3.4 大船在做下风时产生危险局面的风险。风浪较大时，引航员都会与被引船船长商议在引航员离轮时做下风以便引航艇并靠接送。在做下风时，通常会出现以下几种风险：大船与他船在会遇局面上的误判；大船在大幅做下风时向航道两侧驶近导致有搁浅的风险；由于可航水域受限导致船舶在做下风的过程中与锚泊船、灯浮等碰撞的风险等。

3.5 没有规定的登离轮点登离轮被处罚的风险。引航管理规定指出，引航员应在规定的水域登离被引船，主管机关在现场管理中通常也是这样来检查和监督。通常情况下，引航员没有规定的登离轮点登离轮，驾引双方都可能被调查处罚。

4. 新《海交法》实施后引航登离轮风险防控建议

根据目前国内船舶引航登离轮装置的现状和存在的风险点，结合引航实际情况，可以在管理、监督、培训、制度升级等方面进行加强，以便控制中国籍船舶引航员登离轮风险。

4.1 主管机关要有针对性的加强检查。要建立起船检和PSC检查双重检查机制。检查的内容一是对登离轮装置进行全方位检查，包括对引航梯的检查，对带自亮灯浮的救生圈、扶手绳、登轮点位置舷墙开口及扶手、引航硬梯、引航梯固定的地令等进行全面检查。二是要对船长和船员进行登离轮装置放置的实操和理论进行检查。对于情况严重、行为恶劣的船舶和船公司，可以建立进港“黑名单”，直至整改达标完成。

4.2 要建立引航梯定期强制报废制度。制造引航梯的橡胶、木材和绳索均有使用年限的底线，三者组合在一起构造的引航梯理应有强制报废期限，不管是否曾经使用。事实上，部分船舶购置的引航梯贮存时间过长且未使用，其安全载荷能力随着时间的推移慢慢变差。通常，不管引航梯是否使用过，仅仅通过目视检查，一般情况下很难判断其是否可以继续使用。因此应该对引航梯购买、维保至报废作出原始记录，建立引航梯定期报废制度。

4.3 船公司应重视登离轮装置的规范管理。除了及时为船上购买符合规范的引航梯之外，还应配齐相应的附属设备。对于重要的设施设备比如引航梯固定在甲板的地令、扶手底座、舷墙上开孔等，要第一时间按照规范进行装设，或者第一时间在船舶进坞时进行有效修理。同时，在管理上要加强船员的教育，对因船舶引航登离轮装置不合规而导致的船舶滞留、进出港计划取消等结果，要体现出与过失对等的处罚，以便能有效警示船员加强这方面的学习和实践。

4.4 明确违规处罚标准。从法律层面来说，新《海交法》和修订后的《船舶引航管理条例》应考虑以司法解释、补充条款、海事典型（处罚）判例等方式对不合规的登离轮设施明确处罚条款和处罚标准。只有明确的处罚条款在或有判例的存在，引航登离轮装置才会引起船方和港方的重视。

5. Z形试验的蛇航运动在离轮中的参考应用

5.1 Z形试验的蛇航运动借鉴使用的意义简介

登离轮处的风浪状况是一项影响登离轮安全的重要因素。前言所述引航员引领内贸船出口时，由于当地水域受限，无法大幅度做下风也是其离轮时坠海的重要因素之一。多年以来的实践经验证明，与Z形试验的蛇航运动相类似的做下风操纵是大风浪中协助引航员安全登离轮的有效方法。在登离轮实践中，可以借鉴上述蛇航运动为引航艇和引航员提供风浪的遮蔽空间。离轮时，当引航员到达梯口时，引航艇贴近大船引航梯，随时准备贴靠大船。此时，梯口向驾驶台传达做下风建议，

船长采取短时间内大角度转向做下风，压浪挡风，在转向一侧提供较好的海况，从而能为引航艇提供较好的并靠条件，此时，引航员可以相对安全的离轮。在离轮后，一般情况下应立即采取回转措施，操纵船舶回到原航线附近，整个操纵的过程十分接近于 Z 形试验的蛇航运动。

5.2 登离轮时蛇航中进距和横距的计算

在实际操纵中，大船做下风转过的角度一般在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 左右即可。整个过程为：一舷施舵 20° 至船舶改向 15° ，立即回舵，待航向改变到 30° 时操另一舷满舵，直至船舶回到原航线。不同类型船舶旋回时，受风、流、浪、航速、吃水、操舵水平以及船舶本身的固有操纵性等因素影响，旋回要素相差很大，为了确保在引航员登离轮做下风时船舶本身的安全，下面选取两种不同的于船舶急落流时段，在虾峙门航道和大黄蟒岛北面计算安全旋回的进距和横距，确定引航员做下风离轮的最晚位置。参考蛇航运动进距和横距的大小（模拟器操纵），结合风流因素和实际经验，可以粗略测算出某船在“施舵—转向 30° —回到原航线”时蛇航所需水域的大小：船舶的总进距 A_d 估算为 $8 \sim 10L$ （ L 为船长，下同），总横距 Tr 估算为 $2\sim 3L$ 。

表 2 两种典型船舶在宁波港做下风时相关概算数据

船型	L (m)	d_a (m)	风力	A_d (nm)	Tr (nm)	T (min)	V (kn)
集装箱船	400	15	10m/s SE	1.95	0.53	5	6
散杂货船	160	5	10m/s NW	0.86	0.22	5	6

上表中 d_a 为吃水， T 为从开始施舵到回到原航线的时， V 为开始施舵时的船速。按照上述结果，目前宁波舟山港金塘锚地登离轮点和虾峙门离轮点水域均与做下风操纵所需水域要求尚有一定距离。在实践中，在虾峙门水域也发生了离轮做下风时超大型船舶十分危险的局面，上述计算有力证明了该危险局面产生的必然性。

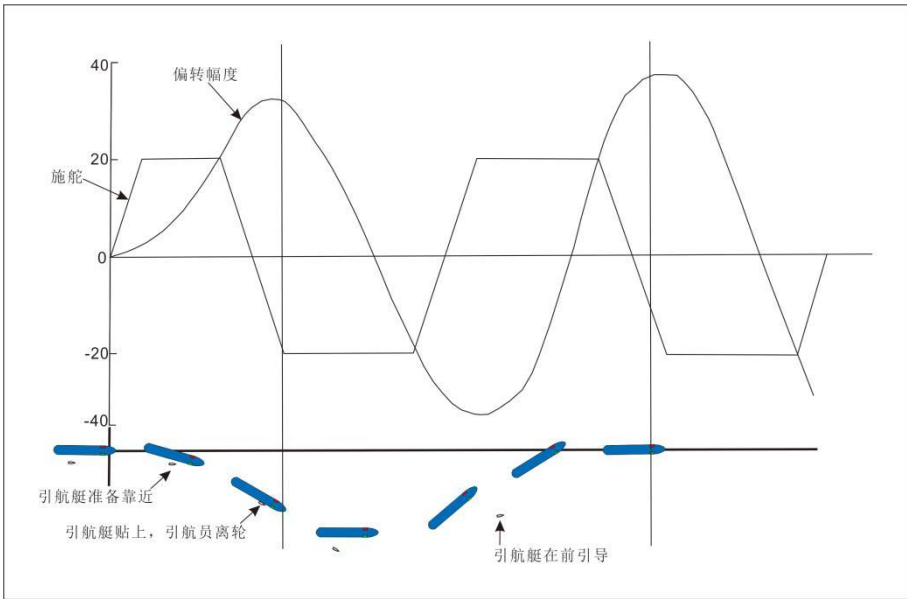


图 3 做下风时蛇航运动示意图

5.3 对引航登离轮点设置优化的建议

从操纵技术上来说，是不是可以在登离轮点的设置上更加标准化、等级化。设置登离轮点时，应综合考虑船舶进出港安全的控制、在该登离轮点登离的最大等级船舶做下风所需水域的大小、风浪大小（比如，浪高、风向历年统计数据）、登离轮引航艇等情况，以便引航员安全登离轮。最大等级船舶做下风所需水域的大小，可参考其 Z 形试验蛇航运动对水域的要求（如 5.2 所述）。若为安全需要，某个登离轮点只能满足安全登轮，而不满足离轮，是否可以根据最新规定，在该登离轮点前

后合适的位置设置可供船长操纵船舶做下风旋回供引航员离轮的水域。根据新修订的《船舶引航管理规定》，引航员离开大船后应在引航艇上通过电子海图手机端的“虚拟登轮”等方式继续密切关注大船的动向，引航艇伴随在大船旁边，必要时在大轮前面引导至规定的离轮点。在 CCTV、AIS 等视频和电子海图监控手段越来越先进的时代，可以用先进科技的指导尽可能的避免危险局面的产生。这样在有限水域、有限时段、有限船舶下，可以兼顾安全登离轮和被引船的安全。

5.4 宁波舟山港临时登离轮点建议

目前，宁波舟山港核心港区引航员登离轮点宁波港域主要在虾峙门航道、笄帚门航道、大黄蟒岛北、金塘大桥北、北仑锚地、象山港区以及虾峙门口外深水航槽。这里主要介绍虾峙门航道以及大黄蟒岛北这三个离轮点。

虾峙门航道在夏季东南风、台风前后、急落流时出口时风浪很大，给引航员离轮带来的巨大的困难和风险，通常在规定的引航员离轮点，向右转向做下风的极限航向在 150° 左右，特别是大型矿油船和超大型集装箱船，受限影响更大，这与出口航向大约只有 20° 左右的下风，风浪大时这个角度是远远不够的。在大风浪时，是否可以将引航员临时离轮区域设置在小双山红浮和老虎咀红浮之间的一块围合区域，将原来的离轮区域前置 1.5n mile，面积、长宽仍然为相等的长方形围合区域。

大黄蟒岛北边航道是船舶密集交汇处，尤以内贸船居多，航道窄，潮流急，冬季西北风落流时段风浪很大。目前离轮点距离浮筒航道距离仅约 0.85n mile，左右分别是七里锚地和金塘锚地边界，出口北上引航员离轮时，如果右转做右舷下风，根据蛇航运动估算横距和纵距，船舶会进入金塘锚地内而无法回到正常出口航道。鉴于此，在大风浪时，镇海港区出口北上的船，临时离轮点设置在鹅礁西北方向，即鹅礁方位 135° 、距离 0.3-0.5cables。

镇海港区出口北上转向前，联系好相关的进出口船舶，结合风流浪等因素影响，和船长充分交流和沟通后，向右做下风离轮，这既有助于做大角度下风提供引航员离轮需要的协助，也有利于引航员离轮后，大船有充分的时间和调整空间继续转向出口航道北上。

6. 结束语

引航员登离轮风险近年来呈日益严峻的态势。而由于内贸船舶和船员在登离轮装置和认知方面的较大差距，导致国内引航员登离轮风险明显增加。通过对内贸船登离轮装置的现状调查，分析了登离轮各环节存在的风险，提出了降低风险的若干措施。由此延伸出参考 Z 形试验蛇航运动，在实践中做大风浪离轮时船舶所需操纵水域的计算。在大风浪等特殊条件下，在主管机关、船方、引航艇等协助配合、密切沟通前提下，通过对大风浪引航登离轮点进行临时性的调整和优化，也可为引航员安全登离轮多一层保障，为被引船安全和交通流的组织创造有利条件，共同构建海上交通安全共同体。

[参考文献]

- [1] 陈信华，李道科. 福州港引航员登离轮水域使用评析[J]. 世界海运，2013，36(11):5.
 - [2] 董进. 引航员登离轮点的选择[J]. 港口经济，2015(10):2.
 - [3] 周丽丽，胡甚平. 船舶引航风险成因灰色综合评价模型[J]. 上海海事大学学报，2008，29(2):5.
- 杨昆瓚，江福才，刘通. 引航员登离船水域选址模型及算法[J]. 上海海事大学

作者介绍：李飞镒，男，湖南隆回人，硕士，宁波引航站高级引航员，研究方向为引航风险控制与船舶交通，电话 13780081891，email 为 10382745@qq.com。

浅谈水运企业安全生产标准化建设

陈志峰

温州市航海学会

摘要：安全发展是企业生产经营永恒的话题，是企业生产经营的基础，安全生产标准化建设目的和作用是解决安全管理问题、提升整体管理水平。企业从运行职业健康安全管理体系，到安全生产标准化的引入，无外乎都是为企业发展提供安全管理解决方案。通过引入先进的管理理念，全面系统的转化构建适用本企业安全生产标准化管理体系，并细化分解到企业各部门、各岗位执行，进一步落实安全生产责任制，推动企业建立安全生产长效机制，为实现安全生产目标提供有效保障。2021年9月1日修改实施的《安全生产法》第21条中明确规定，企业主要负责人必须加强安全生产标准化建设，从法律层面做了要求。

关键词：安全 生产 标准化

一、安全生产标准化建设前后阶段的事故状况及存在的问题

年份	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
事故次数	10	7	4.5	3	7	6	8	6	5.5	4.5	2	1	1	0	1	0
死亡人数	5	6	3	9	7	5	7	4	7	6	2	0	2	0	0	0
沉船数	9	4	3	3	6	5	6	5	4	4	2	1	1	0	0	0
企业达标数	0	0	0	0	0	0	0	0	26	56	58	9	9	16	19	25

上表的统计数据表明，我市从2015年全面开展水运企业安全生产标准化建设，8年来（2015年—2022年），共发生事故15起、死亡（失踪）17人、沉船数12艘，三项指标分别比前8年（2007年—2014年事故次数51.5起、死亡（失踪）46人、沉船数41艘，分别下降70.9%、下降63%、下降63%；特别是近三年出现了“0”死亡、“0”沉船的良好形势，这与全面推进水运企业安全生产标准化建设是分不开的。但是在推进水运企业安全生产标准化达标中仍存在如下问题：

（一）各县（市区）发展不平衡。大部分企业工作进展顺利，各项基础管理资料归档及时，现场安全措施得力；少数企业主体责任落实不到位，安全管理人员积极性不够，业务素养很难适应新型安全管理的需要，尤其是面对安全生产标准化建设条款多、专业性强的工作压力，标准化体系难以得到较好落实运行。

（二）企业的负责人思想认识不到位。多数企业的负责人对安全生产标准化建设工作认识不到位，没有认识到安全生产标准化建设对实现企业本质安全、构建安全生产长效机制的重要意义。受传统安全管理观念的影响，对安全生产标准化规范体系认识不深，不能掌握规范要求，工作处于被动应付状态，没有认真、深入、扎实的开展工作，安全生产标准化规范体系未有效运行。

（三）运行效果不明显。《交通运输企业安全生产标准化建设基本规范》要求严、标准高、管理细、专业强，特别是现场安全技术，少数企业没有采取相应的安全生产措施，如机舱重点防火部位不能存放任何杂物及易燃品，隐患整改过程要视频监控等，均因为现有条件受限制，不能达到要求。

二、深入推进水运企业安全生产标准化建设工作举措

安全生产标准化建设是一项全面性、技术性、兼容性、系统性的工程，包括编制规章制度和操作规程、资料整理归档汇编、人员培训、现场规范整治、设备管理、制度运行等环节。如何发挥安全生产标准化的安全管理效益，使企业安全生产各环节处于安全状态下运行，提高安全生产标准化建设水平。

（一）紧扣“一个持续”

安全生产标准化是一套体系文件，也是一连串的具体的可操作、可测量要素发挥本质效用合力，从而实现岗位达标、专业达标到企业达标。随着体系框架的进步、安全技术的革新、安全操作规程及制度的更新等等变化因素，企业面临着体系有效运行、安全目标是否落实可测量、是否适应安全发展需要等因素，因此决定了安全生产标准化建设也是一个持续改进的过程。首先，体系必须有效、适宜、可行。要结合工作实际，包括体系表单，确保其充分性、适宜性、有效性。其次，“八个为零”

安全目标有效落实。如重大火灾、触电事故为零，可以细化为“防火检查消防演练、安全大检查、安全自查、危险源辨识，风险控制、制定管理方案、消防器材登记和检查”，并提供痕迹化支撑性材料。安全目标也要层层分解，落实到部门、岗位和具体人员，真正做到“一岗双责”。第三，对标树标。安全生产标准化要素多，标准细，必须逐要素逐条款对照，查找与标准的差距，进一步采取提升措施确保具体工作符合标准要求；安全生产标准化也需要树立标杆，通过交流经验学习，榜样示范，学有目标，赶有方向，促进共同提升，实现从“要我建设”到“我要建设”的根本性转变。

（二）立足“两个到位”

一是宣传教育到位。就是树立“安全生产、培训教育先行”的理念。温州港航管理部门举办了 16 期安全生产知识和标准化建设培训班。一是分类培训。制定年度培训计划，针对不同岗位人员开展培训，对新员工进行安全三级教育培训，对重点岗位人员、特种作业人员每月组织进行专业技术技能培训，对安全生产管理人员定期进行安全生产法律、法规，安全技术及应急救援方面等的培训。二是提炼宣传手册。安全生产标准化建设做的好坏，宣传起着关键作用。通过提炼安全文化手册、安全教育培训手册和安全生产标准化手册，多形式、多渠道组织员工学习，树立正确安全行为意识。三是营造全员参与安全。通过知识竞赛、讲座、网络答题等方式，引导全员参与安全生产工作，从思想上撬动员工提升安全意识。

二是企业的自我监督检查到位是落实安全生产主体责任、监管责任的具体实现。一是明确检查内容。安全生产标准化涉及 16 个基础管理要素，在制定检查表时，必须明确检查的要素和子要素，并注意是否适用。二是细化考核指标。安全生产标准化具有技术性和全面性的特点，企业应对照《交通运输企业安全生产标准化评价实施细则》，细化企业内部对部门和人员的考核指标。三是完善考核机制。进一步完善企业内部的安全考核办法、考核周期和考核扣分情况，使企业员工考核工作有据可依，有规可循。

（三）强化“三个及时”

安全生产标准化建设的最终目的是解决安全管理问题，决定了安全管理必须及时，来不得半点马虎。安全基础资料是安全工作的标准和证明材料，要及时将安全管理的各种制度、记录、台帐等资料存档，如安全管理人员资质证书、培训记录、检测报告、劳动保护用品发放资料、应急演练活动资料、检查记录等，注重实行规范化、正规化管理。安全隐患要及时排查治理。被检查出或自查出的安全隐患，要及时登记建档，明确责任人和整改时限，并采取整改预防措施，相关部门对整改情况再进行跟踪验证，确保隐患治理闭环管理。设备器材要及时检修。特种设备、配电房、发电机、消防系统需要定期维护保养，做到定期保养、发现问题及时解决，尤其是机舱等消防重点部位，要注重加强检查力度，确保安全稳定运行。

（四）增强“四个提升”

深入推进安全生产标准化建设，必须确保软件和硬件共同提升，人员安全意识高低、现场安全氛围浓郁与否、信息化程度均是衡量安全生产标准化推进效果好坏的指标。提升现场安全警示氛围。良好的工作环境和氛围会带动并时刻提醒员工要保持安全意识。建立安全标识设置导则，统一安全标识设置类型和规格尺寸，在风险危害重点部位等设置禁止标识、提示标识、指令标识和警告标识，并及时修整或更换有破损、变形、褪色的标识。提升员工安全行为意识。安全生产涉及到每个环节、每个岗位，从岗位操作规程入手，提炼编制岗位安全行为规范和操作规程，引导员工执行安全操作技术，从意识上筑牢安全防线。提升安全信息化支撑水平。安全生产标准化建设的最大作用是整体提升管理水平，涵盖了企业安全生产管理的各个方面，通过全面系统的转化构建适用本企业安全标准化管理信息化系统，将安全管理信息化和可视化，达到为安全管理决策提供依据。提升岗位人员素养。调动岗位人员工作积极性，健全考评机制和工作职责。组织岗位人员参加理论技能培训和交流活动，不断提升自身业务水平。实行规范化、标准化管理，使规章制度融入到实际安全工作中，达到标准化管理效果。

（五）着眼“三个狠抓”

深入推进安全生产标准化出发点和落脚点就是要狠抓三个方面的安全工作，按照标准化、体系化运行，达到整体提升安全管理水平的目标。

1、狠抓职业健康安全。危险源管理是安全管理工作的核心，危险源标识、风险评价做到全覆盖，注重及时更新汇总清单和危险源控制措施的告知工作，危险源要重点监控纳入安全检查重点。风险和重大安全目标要纳入《职业健康安全管理目标与方案》，实行统一管理，明确责任人员，采取控

制措施。与相关方签订安全协议，明确双方指责、双方义务，重视相关方安全教育、绩效考核和安全生产工作。建立劳动防护用品发放和验收机制，严把采购关，确保痕迹化发放流程。每月定期召开职业健康安全会议与每月安全工作会议相结合，做好工作总结和工作部署安排。

2、狠抓运营安全。运营安全是重中之重，要切实加强船员、安全管理员培训教育管理。船员必须持证上岗，每月参加（或视频）安全教育培训或视频，每季度（或视频）参加安全分析会；海务部门对船员违章、违规、事故进行分析通报；机务部门要加强对船舶的性能检查，重点检查应急设施、设备等情况。要建立健全船员、船舶档案，做到“一人一档”，“一船一档”，制定船舶维修保养计划，将船舶维修保养记录纳入档案管理；签订个人安全生产责任书和安全承诺书。

3、狠抓应急安全。建立健全应急指挥部和志愿队，按年度计划开展应急预案演习，提升应急处置能力。严格消防安全重点部位管理，规范消防安全标识设置，对应急设施设备进行登记，并及时测试、维修、保养等。开展安全生产隐患排查治理，建立隐患排查登记制度，实行闭环管理。

三、进一步推进安全生产标准化建设的建议

《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》指出：“深化安全生产管理体制，建立队伍排查治理体系和安全预防控制体系，遏制重特大安全事故”，提出了建立安全预防控制体系的工作要求。当前在全面推行企业安全生产标准化建设是建立安全预防控制体系的具体抓手，是安全生产一项基础性、长期性、根本性的工作，是提高企业安全素质的一项系统工程。推进企业安全生产标准化建设，形成企业安全生产自我完善、持续改进的运行机制，是安全生产工作的重中之重。

（一）更加注重责任落实，强化工作保障。一是要落实政府部门的监管责任。各级各部门必须把安全生产标准化建设作为安全生产工作的重中之重，坚持克服“安全标准化要求太高、当前企业实施无基础”的模糊认识，采取更加有效的工作举措，在人员、经费、政策、激励机制等方面做好文章；要切实理顺部门之间的工作职责和关系，充分调动专业监管、行业管理和其他相关部门的积极性，形成“各司其职，各尽其能，齐抓共管”的工作局面。二是要落实企业的主体责任。企业是安全生产标准化建设的责任主体，要督促引导企业严格落实安全生产主体责任，坚持高标准、严要求，进一步加大安全投入，不断整改各类事故隐患，通过创建活动提升安全生产水平。三是要强化公众的社会责任。运用各种形式和各种媒体，广泛宣传有关标准化建设的法规标准、制度规范和政策，大力宣传开展安全生产标准化工作的重大意义，营造有利的氛围。

（二）更加注重方式方法，确保有序推进。一是要开展调研，摸清底数。《安全生产法》规定企业必须加强安全生产标准化建设，需建立企业基础信息数据库，按行业、规模和性质进行分类，为工作思路、工作目标、主要途径和保障措施提供科学决策依据。二是制订方案，明确责任。结合本地本行业实际，制订具体实施方案，提出阶段性的工作目标，明确工作方式步骤和工作要求；按照“谁主管、谁负责”“谁审批、谁负责”及属地管理原则，落实责任。三是分类指导，有的放矢。要根据企业安全生产状况和规模，分类、分层次推动安全生产标准化工作。四是树立典型，以点带面。要以创建安全生产标准化示范县市为契机，学习其他地区的先进做法，培育本地工作典型，通过示范引路，带动全市安全生产标准化建设工作的整体推进。

（三）更加注重机制创新，强化工作举措。一是将企业安全生产标准化建设与隐患排查治理、执法检查相结合，各职能部门要大力配合，对安全生产标准化建设工作不力且隐患大量存在的，该处罚的处罚，该停产的停产；对发生事故的，一律从重从严处理。二是要重点加强与诚信机制建设的结合，对未进行安全生产标准化建设、不具备安全生产基本条件的失信企业，列入黑名单，在评优评先、政府扶持政策、工伤保险费率和银行贷款方面给予制约。三是要加强与企业服务相结合，通过深入企业现场指导，及时研究解决安全生产标准化建设工作中的问题，为企业提供有效的指导服务。四是与深化全员安全培训工程相结合，全面加强从业人员培训，提升隐患排查治理、安全规范化管理的能力。

（四）更加注重督促考核，狠抓工作落实。一是发挥考核导向作用，继续将安全生产标准化建设工作列入安全生产责任制考核内容。二是完善报告通报制度，继续实施全市安全生产标准化建设情况每月上报、通报制度，对工作不落实、进展缓慢的单位予以通报批评。三是强化日常督促检查，把安全生产标准化建设落实情况作为各类安全大检查、执法检查的主要内容之一。

（五）更加注重质量统一，探索长效管理。一是强基础，企业要切实加强日常管理，主管部门应加强监督指导。二是抓巩固，要建立绩效评估制度，对企业是否达到安全生产标准化建设预期效果，是否适应新情况等，要通过开展绩效评估工作确认；要更加注重安全生产标准化建设后的管理，

切实加强检查指导，督促企业按照标准化模式运行，不断健全企业安全生产管理体系和责任体系，建立自我完善、持续改进长效工作机制，确保安全生产水平不滑坡。

参考文献：

- [1] 安全生产标准化评价实施细则 交通运输部安全委员会办公室. 人民交通出版社，2018.
- [2] 交通运输企业安全生产标准化建设基本规范 JT1180.1，2018.
- [3] 中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定，2013年11月12日.

作者：陈志峰，温州市航海学会，高级工程师，13968812317

多桥联动的桥梁防船撞主动预警系统在内河流域的应用

潘嘉诚¹ 王海巍² 李灏明³ 黄友标⁴

(1 上海坤匙科技集团有限公司, 2 温州龙港市经济发展局州)

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的《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：



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

1.3 主要功能

(1) 船舶危险行为监测预警

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。

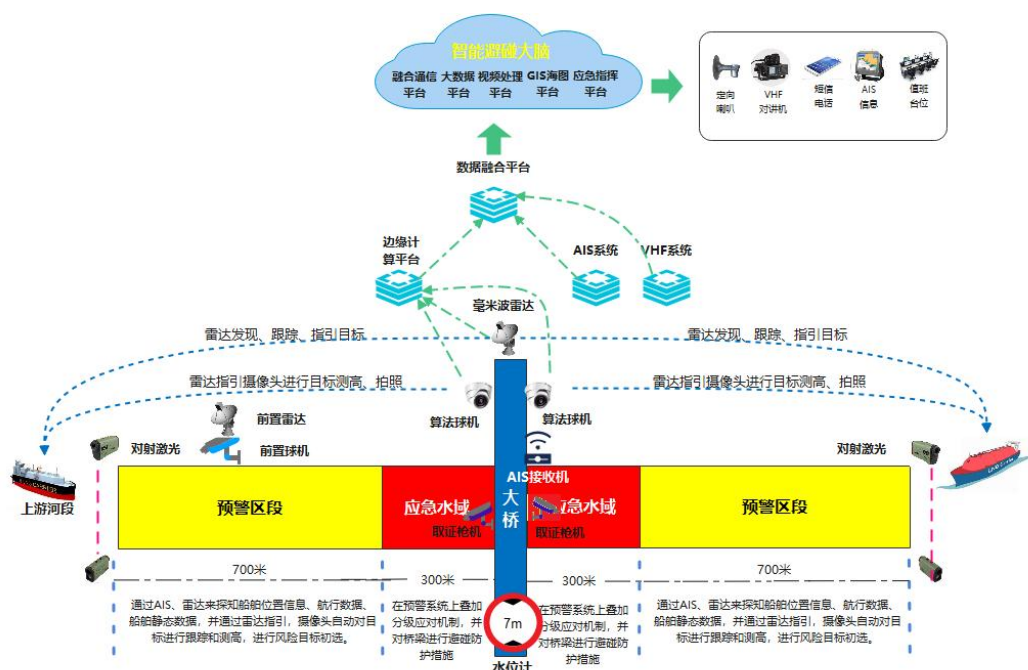


图 2-1 诸暨单桥防船撞主动预警系统工作原理图

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：

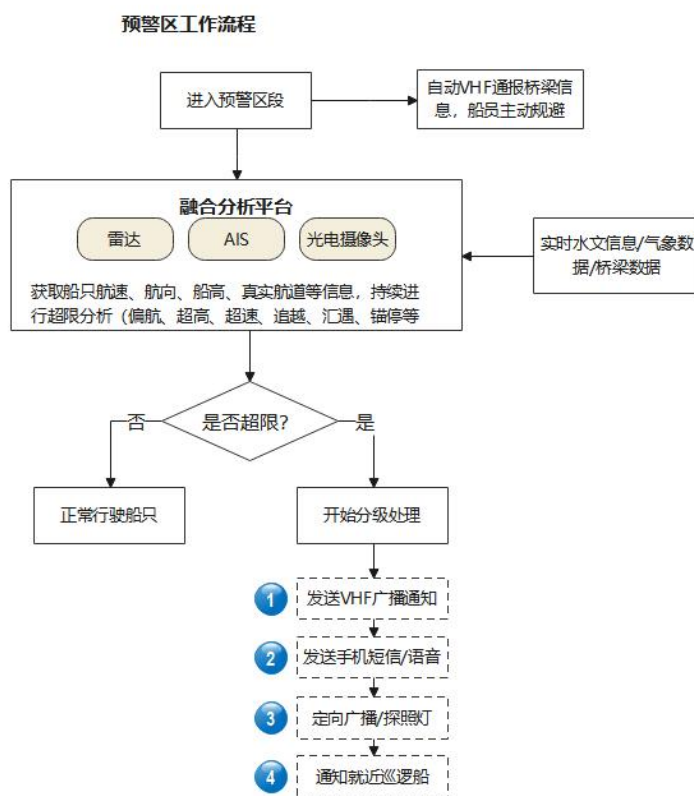


图 2-2 预警区工作流程

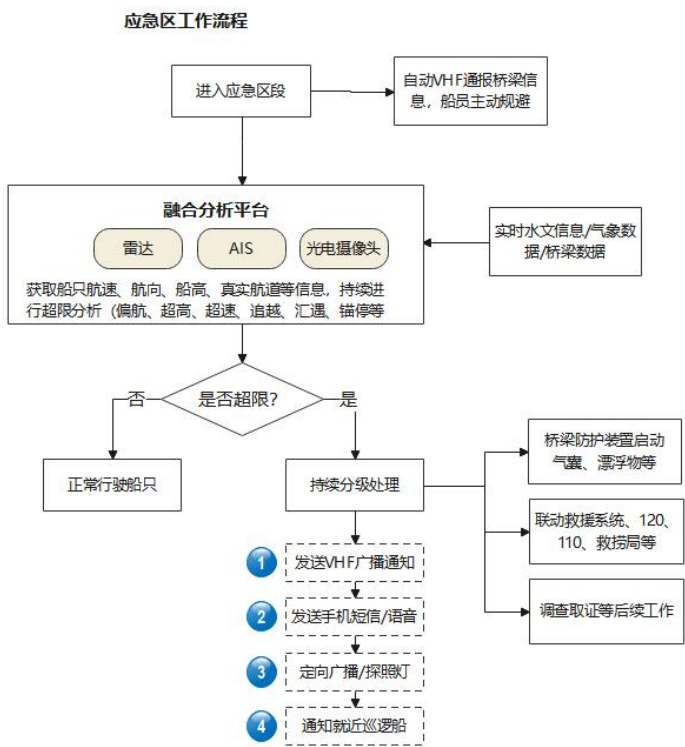


图 2-3 应急区工作流程

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：

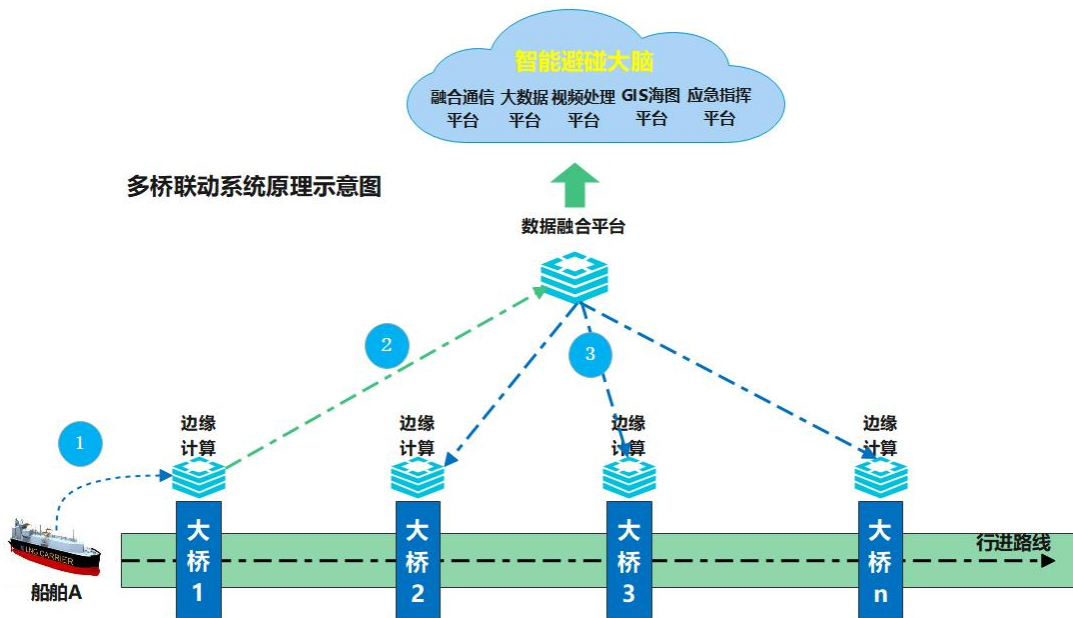


图 2-4 多桥联动防船撞主动预警系统工作原理图

- 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：

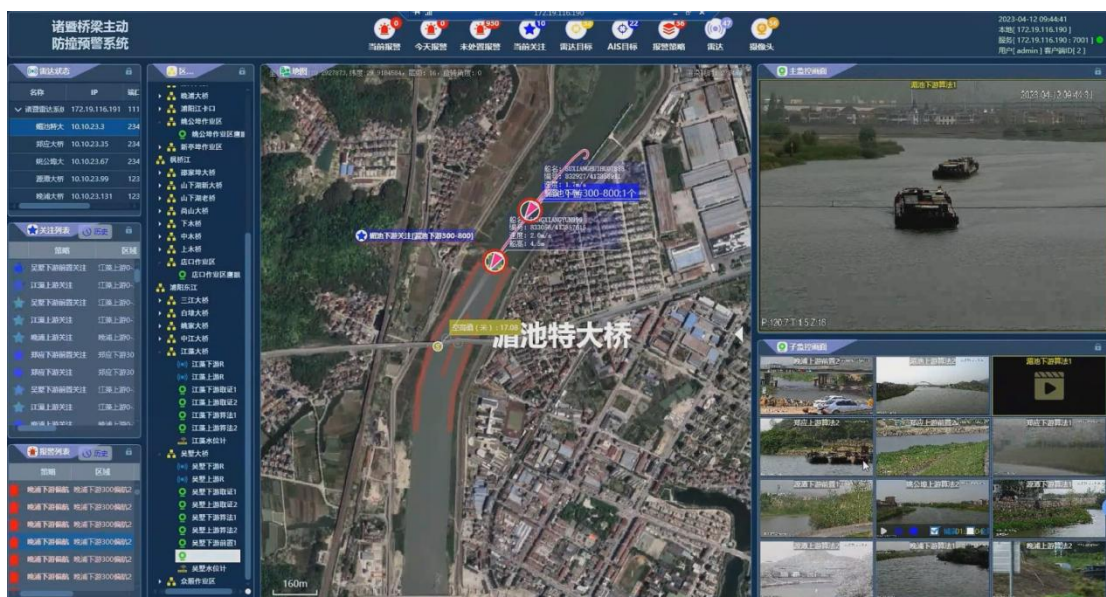


图 3-2 系统平台界面

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。

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.

作者简介:

1、潘嘉诚,上海坤匙科技集团有限公司总裁/CEO,多年从事智能信息化工作,丰富的项目管理经验。手机 13587801888

2、王海巍,上海坤匙科技集团有限公司 副总经理,长期从事感知物联网和智慧信息化工作,丰富的系统集成经验。手机:13801732344。

3、李灏明,上海坤匙科技集团有限公司 项目经理,20 多年软件系统开发和项目实施和管理经验。地址:上海市浦东新区长清北路 53 号中铝大厦南楼 9 楼,手机:18017738911,邮箱:Victor_lee2000@163.com。

4、黄友标,龙港市经济发展局,从事港航方面工作四十年,有港口、运管、航道、港航监督、船舶检验等方面一线工作经历,原苍南、永嘉港航管理局局长,龙港市成立后,组织落实到龙港市经济发展局。地址:龙港市行政副中心,龙港市世纪大道 4518 号,13906778348,邮箱:13906778348@126.com。

玉环西沙门跨海大桥通航风险与对策研究

周丽丽¹ 方兴龙² 梁海港¹ 徐兴威¹

(1.台州港湾工程咨询有限公司; 2.浙江海港内河港口发展有限公司)

摘要:根据玉环西沙门跨海大桥桥跨布置、结构方案及施工工艺,在研读国内相关文献基础上,研究跨海大桥通航风险;针对玉环西沙门跨海大桥施工期及营运期通航风险问题,采取风险评价方法,构建风险矩阵,挖掘对工程影响较为关键的风险因素,并提出保障玉环西沙门跨海大桥施工期及营运期通航安全的对策与建议,为相关责任单位在跨海大桥施工期及营运期对桥区水域实施相关保障通航的管理提供依据,也为改善大桥通航环境、合理实施该水域水上交通管控提供参考。

关键词:跨海大桥;通航风险;对策研究

0 引言

针对跨海大桥通航风险分析,国内学者都做了一些研究。刘胜利等^[1]用 IWRAP 模型对桥梁水域通航风险进行量化,构建风险分析模型,计算桥梁水域通航风险水平。王宗开等^[2]借鉴工程学中的综合安全评价体系方法,从“人机环境”系统方法论出发,采用头脑风暴法,通过专家访谈、问卷调查等方式,确立船舶过桥的互相独立的危险指标,综合权重系数后得出跨海大桥的主要风险因素。苗慧峰^[3]以舟山跨海大桥桥区水域通航安全为研究对象,系统分析了影响桥区通航安全的风险因素,对桥区水域通航安全风险进行风险评价,并提出相应的安全防控建议。郝浩等人^[4]运用 AHP 的相关理论与方法研究桥梁风险评价指标体系。孔宪卫等人^[5]针对桥区水域通航风险问题,建立了船舶操纵数学模型,并利用模糊数学理论,建立了包括人为因素影响在内的 2 层次桥区水域通航风险评价模型。本文采用风险矩阵评价的方式,以玉环西沙门跨海大桥为对象,研究跨海大桥的通航风险,并提出管理对策建议。

1 工程概况

玉环西沙门跨海大桥是 S203 省道（鄞州至玉环公路）玉环西沙门大桥及接线工程的重要组成部分，跨越西沙门海域，将北面的西沙山与南侧的断岙山连通。桥梁全长 1.7km，包含通航孔桥一座，采用三跨连续梁拱组合体系结构，跨径布置为 100m+150m+100m=350m，满足 500 吨级货船的通航尺度要求；非通航孔桥采用 50m 跨径的简支变连续预应力混凝土工字梁，北侧非通航孔桥跨布置为 11×50m=550m，南侧非通航孔桥跨布置为 16×50m=800m。

2 玉环西沙门跨海大桥结构方案

2.1 通航孔桥孔及配跨结构设计

结构形式：三跨连续梁拱组合体系结构。跨径布置：100+150+100m=350m，通航孔跨径 150m；主拱高度：中拱桥面以上 47.520m，边拱桥面以上 28.927m；吊索布置：单索面，扭绞式网状交叉布置，梁上间距：4.2m，拱上间距 4.8m；主梁：等截面钢混组合梁，标准断面采用单箱三室断面，支点附近采用单箱五室断面；拱肋：单肋拱，变截面钢箱拱；吊索：吊索采用热挤聚乙烯铝合镀层钢丝拉索，挤压冷铸锚具，HDPE 防护；下部结构：花瓶形空心墩；基础：钻孔灌注桩基础，桩径 2.2m。

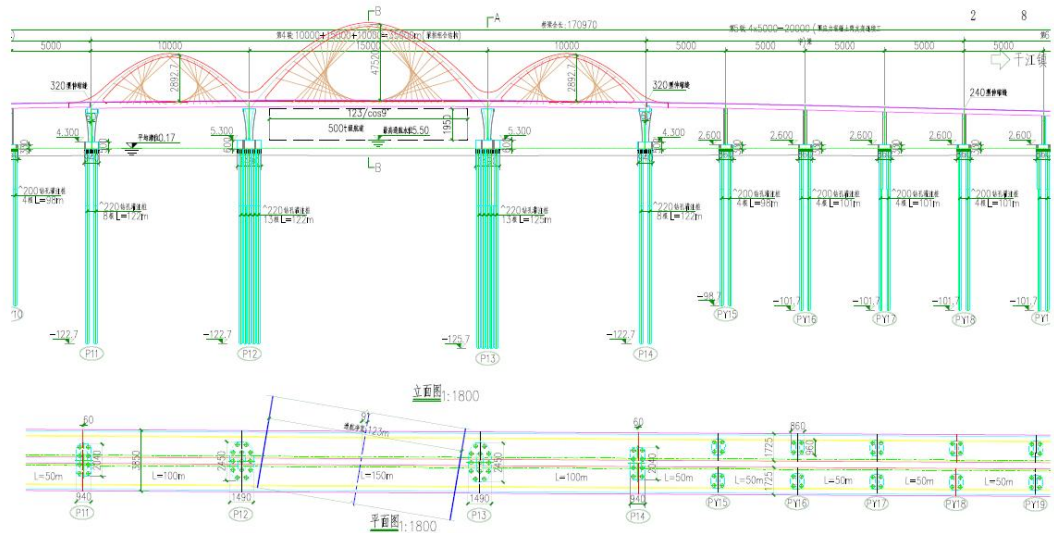


图 2-1 通航孔桥型图

2.2 边跨结构设计

结构形式：50m 跨简支变连续预应力混凝土工字梁；跨径布置：北侧非通航孔桥：3×50+2×(4×50)=550m；南侧非通航孔桥：4×(4×50)=800m；主梁：预应力混凝土工字梁，梁高 2.8m，梁宽 1.7m；桥墩：分幅式预应力盖梁片式墩；桥台：重力式 U 型桥台；基础：钻孔灌注桩，桩径 2.0m。

3 通航风险分析

3.1 风险识别

3.1.1 施工期风险识别

总体施工流程：施工准备→栈桥、平台搭设→桩基施工→承台施工→墩身施工→箱梁（工字梁）施工。

本工程采用搭设栈桥方式进行水上施工，桩基、承台、墩身、箱梁等施工均在平台范围内作业，材料、设备转运也都通过栈桥完成，因水域宽阔，桥梁建设后，可航水域由 1.4km 缩至通航孔 123m

范围内。

施工期间，受限于通航孔（150m 跨径）及配跨（100m 跨径）结构，需搭设临时支墩，通航孔跨无法通航，故通过边跨位置作为施工期间通航通道。根据施工整体进展，采用分阶段通航方式，第一阶段：留出两个边跨（50m 跨径）位置作为通航通道，两跨中间的墩柱及箱梁均留待后期施工，先施工其它桩基及墩柱，必须施工该处时，通航通道转移至通航孔附近的边跨（50m 跨径），进入第二阶段通航：利用上部结构已经完成的两个边跨作为双孔单向通航通道。

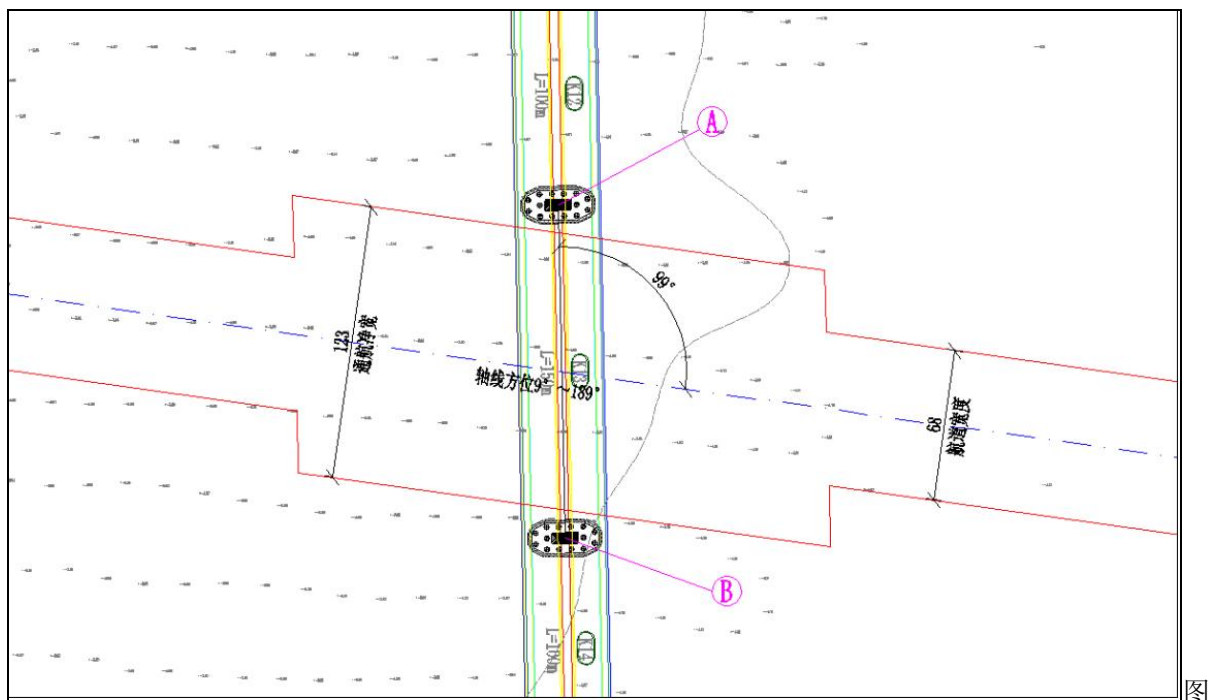
梁施工：通航孔跨及配跨采用箱梁，及桥梁拱圈，均利用驳船运输及浮吊吊装；边跨工字梁现场预制，通过车辆运至提梁站处，提升至桥面后，通过架桥机安装。

表 3-1 施工期主要通航风险

施工工序	通航风险
钢栈桥及平台搭设	R1 搭设初期，进出桥区船舶不知晓施工情况误入安全作业区擦碰管桩
	R2 通航通道布置不合理，造成安全隐患
	R3 通航尺度不足，造成船舶过往受限而产生的水上风险
	R4 警戒标志不到位，船舶不知晓施工期通航通道情况，进入非通航水域发生擦碰栈桥及平台事故
	R5 现场警戒或引导不到位，未及时正确引导过往船舶而引发水上事故
	R6 通航通道发生变化后，宣传及引导措施不足导致的仍按原通道航行而引发擦碰施工构筑物风险
	R7 渔汛期或寒潮大风、台风等特殊时期，渔船集中进出，交通疏导不力造成堵航风险
	R8 拆除时不彻底，遗留有碍航行的残桩等障碍物
箱梁吊装	R9 吊装工艺不当造成的水上风险
	R10 运输船航行风险
	R11 运输船及浮吊船配合不当造成的水上风险
	R12 吊装不按规程操作导致箱梁倾覆掉落风险

3.1.2 营运期风险识别

桥梁建成后，过往船舶通过通航孔进出，采用单孔双向通航方式，通航孔跨径 150m，设计通航能力为 500 吨级海轮，设计通航净宽 123m，设计通航净高 19.5m，设计最高通航水位为 5.5m（85 国家高程）。



3-1 通航孔平面布置图

表 3-2 营运期主要通航风险

序号	通航风险
R13	通航孔未及时清障遗留有碍航行的施工遗留物
R14	通航要素未及时对外公告，不熟悉该水域船舶不知道通航孔位置而可能穿越非通航孔风险
R15	警示标志未同步设立，通航水域与非通航水域界限不明，小型渔船随意乱穿桥孔过桥，可能会擦碰桥墩等建筑物
R16	能见度不良、气象海况不佳等恶劣条件时，冒然过桥引发的水上事故
R17	通航孔交汇时，未按航行规则航行而引发的水上事故
R18	桥涵标等助航设施维护不到位，造成失灵或失去功效
R19	管理规定及预案等不完善，对于桥区险情或事故未能及时处置而成的碍航风险

3.2 风险评价

3.2.1 评价方法

风险矩阵分析法，是一种通过定性和定量结合综合分析风险影响和风险概率两因素，研究风险因素对工程影响的一种评价方法。

$$\text{风险 } R = C \times P$$

其中，C-风险的影响程度；

P-风险发生概率。

1) 风险等级标准

依据风险发生的概率（频率）大小的定性描述，风险的发生概率分为五级，并按概率大小赋予概率 P 值。

表 3-3 风险发生概率等级标准表

概率描述	极少发生	偶尔发生	可能发生	频繁发生
概率分值 P	1	2	3	4

2) 风险事故影响程度标准

桥梁的建设，不管施工期还是营运期，一旦发生风险就会对船舶、人员及周边环境等造成影响，考虑不同影响程度，结合《水上交通事故统计办法》，建立风险影响的等级标准，并按影响程度大小赋予 C 值，具体不同风险对象的风险影响等级标准见下表。

表 3-4 风险事故影响程度标准表

影响程度描述	一般	较大	重大	特别重大
情况描述	造成 1 人以上 3 人以下死亡（含失踪）的，或者 1 人以上 10 人以下重伤的，或者 1000 万元以下直接经济损失的	造成 3 人以上 10 人以下死亡（含失踪）的，或者 10 人以上 50 人以下重伤的，或者 1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失的	造成 10 人以上 30 人以下死亡（含失踪）的，或者 50 人以上 100 人以下重伤的，或者 5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失的	造成 30 人以上死亡（含失踪）的，或者 100 人以上重伤的，或者 1 亿元以上直接经济损失的
影响程度分值 C	1	2	3	4

备注：“以上”包括本数，“以下”不含本数。

3) 风险矩阵

根据不同的风险发生概率和影响程度，建立风险评估矩阵，确定风险等级。根据风险评估 R 数值大小，将风险等级分为三级：

$R < 4$ 定义为一級，影响较低；

$4 \leq R \leq 8$ 定义为二級，有一定影响；

$R > 8$ 定义为三級，影响较高。

表 3-5 风险评估矩阵表

风险等级 R			影响程度 C			
			较低	一般	较高	严重
			1	2	3	4
发生概率 P	极少发生	1	1	2	3	4
	偶尔发生	2	2	4	6	8
	可能发生	3	3	6	9	12
	频繁发生	4	4	8	12	16

4) 风险接受准则

不同的等级风险需采取不同的风险管理和控制措施，结合风险评估矩阵，建立不同等级风险的接受准则和相应的控制对策。

等级 R	接受准则	控制对策
一级，影响较低	可容许	需注意，加强日常管理和审视
二级，有一定影响	可接受	需引起重视，指定防范监控措施
三级，影响较高	不可接受	需决策，指定控制、整改措施

3.2.2 风险评价

利用风险评价法对本工程主要存在的 19 个通航风险进行评价，其中，一级“可容许”风险 17 个，二级“可接受”风险 2 个，无三级“不可接受”风险。风险分析结论汇总如下表。

表 3-6 风险分析结论汇总表

风险因素	发生概率 P	影响程度 C	风险等级 R=P×C	可接受程度
R1	3	1	3	一级
R2	3	1	3	一级
R3	1	1	1	一级
R4	3	1	3	一级
R5	3	1	3	一级
R6	1	1	1	一级
R7	2	1	2	一级
R8	1	1	1	一级
R9	2	1	2	一级
R10	2	2	4	二级
R11	2	2	4	二级
R12	1	1	1	一级
R13	2	1	2	一级
R14	3	1	3	一级
R15	3	1	3	一级
R16	3	1	3	一级
R17	3	1	3	一级
R18	2	1	2	一级
R19	3	1	3	一级

表 3-7 风险矩阵表

风险等级 R			影响程度 C			
			较低	一般	较高	严重
			1	2	3	4
发生概率 P	极少发生	1	R3/R6/R8/R12			
	偶尔发生	2	R7/R9/R13/R18	R10/R11		
	可能发生	3	R1/R2/R4/R5/R14/			

			R15/R16/R17/R19			
	频繁发生	4				

3.3 决策与建议

根据上述风险综合分析，针对玉环西沙门跨海大桥项目实际情况，提出以下建议：

- 1) 合理划定安全作业区，取得水上水下活动许可后，方可开工作业。
- 2) 完善施工期及运营期助航标志配布，有效引导船舶通过桥区水域，与工程同步设计、施工及运营。
- 3) 结合实船轨迹，优化施工期间通航通道设置，并落实现场警戒，辅助指引船舶从正确通道过往，转换通航通道时，加强警戒措施，及时调整助航标志配布，顺利完成桥区航路转移。
- 4) 渔汛、台风、大风等渔船集中进出时段，短时流量较大，做好现场交通疏导。
- 5) 浮吊、运输船等参与施工作业的船舶，应符合桥梁所在较开敞海区作业条件，船员适任、船舶适航。
- 6) 通航桥孔临时支墩拆除至泥面下，防止冲刷后裸露碍航。
- 7) 根据施工水域实际情况，结合海上桥梁施工特点，制定人员落水、受伤应急预案、物体打击应急预案、三防（防汛、防潮、防台）应急预案、船撞平台、桥墩应急预案、过往船舶失控应急预案等相关应急预案，做好施工水域预警预防及紧急事态应急响应。
- 8) 船舶有序通过桥区水域，单向通航时，不与他船在单向桥孔内交汇，按避碰规则让行；双向通航时，加强瞭望，谨慎过桥。能见度不良、风浪过大、台汛影响等气象海况恶劣时，严禁冒险过桥。
- 9) 桥梁完工后，扫测清障，确保通航水域无遗留碍航物，并及时对外公告桥梁通航要素。

4 结束语

跨海大桥通航风险分析是跨海桥梁施工与营运过程中重要环节，根据玉环西沙门跨海大桥桥跨布置、结构方案及施工工艺，针对跨海大桥施工期及营运期通航风险问题，通过对玉环西沙门跨海大桥的风险源识别、风险矩阵评判等措施进行通航风险分析，并针对性提出保障玉环西沙门跨海大桥通航安全的对策建议，为跨海大桥及桥区水域的通航管理提供依据和建议，可供其他同类跨海大桥的通航风险分析提供参考。

参考文献

- [9] 刘胜利等.基于 IWRAP 模型的跨海大桥建设通航风险研究[J].中国安全生产科学技术, 2022, 18(05):47-53.
- [10] 王宗开等.适航货船通航泉州湾跨海大桥水域风险评价[J].泉州师范学院学报, 2019, 37(02):52-57.
- [11] 苗慧峰.舟山跨海大桥桥区水域通航安全风险及防控建议[J].中国水运, 2017, 17(05):32-34.
- [12] 郝浩, 李夫仲.基于 AHP 法的桥区水域通航环境风险评价[J].价值工程, 2022, 41(22):94-96.
- [13] 孔宪卫等.基于船舶操纵模拟的桥区水域通航风险评价研究[J].哈尔滨工程大学学报, 2022, 43(05):667-672.

第一作者简介：周丽丽，台州港湾工程咨询有限公司，浙江省台州市椒江区江滨路 687 号，13732353219，123836011@qq.com。

第二作者简介：方兴龙，浙江海港内河港口发展有限公司，浙江省杭州市西湖区曙光路 85-1 号 145 室，15857056888。

关于滩涂光伏类项目安全管理的主要做法和建议

庄林锋
台州海事局指挥中心

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施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

作者简介：庄林锋，台州海事局指挥中心，从事通航管理及水上水下活动和作业审批许可 2 年，基层海事处水工现场监管 5 年。手机号码：13736670572，邮箱 642827198@qq.com。

地方船舶建造质量监管的问题与建议

陶泓宇，徐强，罗琳丽

（台州市港航事业发展中心，浙江，台州，318000）

摘要：为寻求突破地方船舶建造质量监管瓶颈，文章以浙江省台州市地方船舶建造的质量监管现状为例，分析地方船舶建造行业在质量监管角度存在监管法律缺位、主管部门身份错位、地方船检机构管理越位等问题，并提出了加强法律体系建设、进一步明确质监主管部门、厘清船检机构权责的

建议，以期提高地方船舶建造质量。

关键词：船舶建造；质量监管；行政管理；地方船检

0 引言

1998 年，中国船舶检验局与中国船级社实行局社、政事分开，组建交通部海事局，地方船检机构根据各省市需要保留，承担地方法定检验职责。2008 年，机构改革后，船舶行业的管理职能从国防科工部门划转到了工信部门。多年来，地方船舶建造行业管理形成了由地方经信部门主管、国家海事部门介入、船检机构检验的基本格局。地方船舶建造规模不可小觑，以浙江省台州市为例，仅 2021 年该地市由地方船检机构负责检验的新建船舶就高达 159 艘，其中 3000 总吨以上海船就有 85 艘。船舶质量安全直接关系到海上交通安全和海洋环境保护，这对于如何提高地方船舶建造质量显得尤为必要。然而，在上述的管理格局下，质量监管存在的问题对于船舶建造质量的影响日益突出，对于如何从质量监管角度提升船舶建造质量则迫在眉睫。

1 地方船舶建造的质量监管问题

1.1 质量监管相关法律法规缺位

国内船舶业一直存在着行业管理立法缺失的问题。早在 2010 年，就有行业专家呼吁尽早出台船舶建造质量监管相关管理条例。然而时隔 13 年，船舶行业依旧没有出台参建主体市场准入的法律法规，对参建主体也没有形成全国统一的法律框架和管理体系。目前虽然有《船舶生产企业生产条件基本要求及评价方法》（CB/T3000-2019）等行业标准，但这类推荐性标准不具备法律效力，行业主管部门在实际执行过程中难以有效落实。这就造成了地方船舶生产企业生产设备、工艺等方面的参差不齐。例如，有些船厂有喷砂、涂装车间，而有些船厂只能在船台上露天喷砂、涂装，其结果就是船舶涂装质量的差距。

巧合的是，2019 年评价方法更新不久后，同年因长江经济带生态环境整治，浙江省温岭市以场所、生产、环保、安全四个标准，陆续淘汰了当地 22 家船舶修造企业，其中生产标准的依据就是该评价方法。该市余下 17 家船厂则从 2020 年至 2022 年开展了为其 3 年的专项提升行动，一些船厂还为此升级了除锈设备和抛丸喷砂工艺，船舶涂装质量因此得到了明显提升。然而这种整治行动具有“运动式”、“阶段性”的特点，很难对地方船舶建造产生持续、全面的积极影响。其实早在 2005 年-2006 年，原国防科工委就联合多部门开展过低质量船舶专项整治行动，各地共关、停、并、转造船厂（点）457 家（其中台州关停 10 家），但随后低质量船舶又在不少地区有所抬头。^[1]由于相关法律法规的缺位，2019 年行业主管部门对于地方船舶建造质量的管理仍不免落于运动式整治的窠臼。

1.2 主管部门质量监管身份错位

在地方船舶建造行业中，经信部门是明确的行业管理部门，其主要职责是组织拟订并实施相关规划、政策、技术规范和标准，组织实施行业规范（准入）。实际上，由于船舶具有在岸上建造、水上营运的特点，所以国家海事部门对船舶建造质量监管有较深的介入。

一方面，国家海事部门对部分船舶建造参与主体实施了质量监管。目前主要有以下三个特点：

（1）质量监管的覆盖范围相对较广。通过表 1 对比可知，尽管经信部门是地方船舶行业的主管部门，但由于法律法规缺位等原因，其在地方船舶建造参与主体的监管覆盖范围上，不如国家海事部门。当然，在船舶建造阶段，国家海事部门对船舶所有人的管理目前是出于船舶所有权登记等事项，并非直接的质量监管。

表 1 国家海事部门与地方经信部门对船舶建造参与主体监管覆盖范围简要对比

船舶建造参与主体	国家海事部门有无监管	地方经信部门有无监管
船检机构	有	无
船舶所有人	有	无
船舶设计企业	无	无
船舶生产企业	无	有
船用产品生产企业	规定船检机构实施认可 ^[2]	无
船舶辅助性检验机构	有	无

(2) 国家海事部门对船检机构、船用产品生产企业和船舶辅助性检验机构的认可管理，也是具有行业准入性质的。其监管甚至具体到了执业个体，如船检机构的检验人员需要考取注册验船师执业资格证书才可以从事检验工作。^[3]

(3) 国家海事部门对这些参与主体的管理是常态化的。例如，船舶辅助性检验机构每年都需要接受核查，以确认其场地、人员、设备等是否符合相关要求。^[4]

另一方面，国家海事部门在船舶建造阶段的介入频率较高，如船舶建造重要日期确认（安放龙骨日期、建造完工日期）、船舶吨位丈量、船舶识别号核准、船名核准等都是在建造阶段实施的。且吨位丈量的具体内容是对船舶主尺度、载重线、上层建筑尺寸等船舶主要技术参数的图纸一致性核查，这是非常明确的质量监管行为。

综上所述，从地方船舶建造质量监管的角度来看，国家海事部门监管的覆盖范围更大、监管的频率也更高、监管的专业度也更深。在行业发展规模更大、更成熟的建筑行业，对于建造过程中的建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、工程监理单位等各方主体，建设部门都是非常明确的主管部门。两相比较，目前对于地方船舶建造的管理，则存在着国家海事与地方经信两个部门监管错位的现象。

1.3 地方船检机构质量监管越位

不难发现，尽管经信部门与国家海事部门都对地方船舶建造进行了不同范围、不同程度的质量监管，但覆盖范围不全面、介入程序不完善。而承接行政部门质量监管空白的，实际上往往是地方船检机构。这主要体现在以下两个方面：

(1) 承接对行业各参与主体监管的空白。比如在浙江省地方船舶行业，设计单位的资质认可，是由浙江省船舶检验中心根据自身制定的《船舶设计单位设计能力确认办法》实施准入管理。又比如在 2023 年 6 月以前，对船舶辅助性检验机构的行业准入管理，也是由国家海事部门委托船检机构实施的。这其实是另一种方式的行政许可，应当由行政主管部门来实施，因此在 2023 年 6 月以后，国家海事部门开始收回这一管理权限。

(2) 承接对建造过程监管的空白。在地方船舶建造阶段，其图纸审查、开工前备案检查、施工时的检验和完工前的各项船舶试验等项目均是由地方船检机构负责实施。同是交通系统内的水运工程领域，其建造过程中的质量监管分工与船舶建造领域有着明显区别。

表 2 浙江省水运工程建造与船舶建造质量监管分工简要对比

建造阶段	水运工程 监管内容	责任主体	船舶建造 监管内容	责任主体
设计	图纸审查	图纸审查机构或 设计单位（同等资质）或 专家组（3000 万元以下工程）	图纸审查	地方船检机构
准备	施工许可 质监手续	行政主管部门 质监站	开工前备案、 开工前检查	地方船检机构
施工	质量监督 检测	质监站 第三方检测公司	法定检验 检测	地方船检机构 船舶辅助性检验机构
竣工	验收	行政主管部门、 竣工验收组（业主组织）	吨位丈量 船舶试验	国家海事部门 地方船检机构

通过表 2 对比可以得出，地方船检机构在船舶建造过程中，至少同时“扮演”了主管部门、质监单位、图纸审查单位等多重角色。且不说地方船检机构的技术力量、人员配置是否能够以较好的检验、管理水平完成这些工作。单从分工而言，这几乎是将“法定检验”与“质量监管”画了等号。然而，地方船检机构根本没有法律依据和行政权力去强有力的实施质量监管。例如，当一条新建船舶未完成图纸审查、开工会议便擅自开工后，船检机构只能暂时叫停其相关生产活动，并对船舶生产企业进行不痛不痒的警告，而无权实施行政处罚。船舶所有人、船舶生产企业没有付出实质性的违规成本。这种“越位”监管始终无法强有力地推动地方船舶建造质量的提升。

2 对地方船舶建造质量监管的建议

2.1 加强船舶建造质量监管的法律建设

国内船舶行业管理法律框架的不完善、不统一，行业准入制度和管理体系的不健全，是行业各级主管部门始终难以实施持续、有效质量监管的首要原因。这客观上也造成了落后、低质造船产能在地方的长期存在。加上航运市场景气度存在周期性等特点，地方船舶建造的低门槛就极易促成落后、低质产能的无序扩张和低质量船舶持续涌入航运市场，威胁水上交通安全和生态环境安全。

因此，在由造船大国迈向造船强国的宏大背景下，完善地方造船行业管理，优化地方造船产能，提升地方造船水平也不应被忽视。第二次世界大战以后，日本制定造船业的法律达 30 多项，逐步形成并完善了造船业发展的法律体系，加强国家对造船业的宏观调控，避免造船产能的无序扩张，规范相关企业的发展，使之成为了世界造船大国和强国。^[1]有鉴于此，强化中央政府立法，完善法律制度，使行业各方面都有法可依，是地方船舶建造行业健康发展重中之重。

2.2 明确船舶建造质量监管的主管部门

仅就地方船舶建造的质量监管层面，建议明确国家海事部门作为主管部门。原因如下：

（1）国家海事部门已经是船舶技术法规的立项部门。

（2）国家海事部门已经是船检机构、船舶辅助性检验机构等建造参与主体的主管部门。且对这些参与主体的管理业已形成了成熟的管理模式。建议国家海事部门在有法可依的前提下，从质量监管角度，将成熟的管理模式覆盖船舶设计企业、生产企业等建造参与主体。

（3）国家海事部门在地方船舶建造过程中已经是唯一全程介入的行政部门。一艘新建船舶从安放龙骨、吨位丈量、完工确认，国家海事部门均有介入，且吨位丈量是实质性的质量监管行为。

(4) 国家海事部门具备从事船舶建造质量监管的管理队伍。地方经信部门所管理的行业范围非常广,包括但不限于汽车、船舶、医药、建材、电子信息产业等等,其侧重的是产业发展规划等宏观管理。船舶建造质量监管对管理队伍的专业深度有一定的要求,而国家海事部门出于对船舶水上营运监管的需要,其人员队伍的专业性对于船舶建造质量监管而言是十分匹配的。

(5) 国家海事部门是低质量船舶的打击部门。国家海事部门的主要职责之一是维护水上交通安全,低质量船舶涌入航运市场无疑加大了其监管压力。为了加强对船舶的管理,国家海事部门已经建立了全国统一的“海事协同管理平台”,具备了对船舶实施从“建造-营运-报废”全生命周期管理的信息化条件。如果能明确其行业质量监管的主管职责,进一步完善对船舶的全生命周期管理,则水上的监管压力也会相应减轻。

2.3 厘清地方船舶检验机构的权责边界

目前,地方船检机构承担的是船舶法定检验,主要包括船舶图纸审查、建造检验、营运检验和船用产品检验等技术性工作。但由于行业法律法规不完善等原因,行政主管部门的部分权责下移到了地方船检机构,造成了监管的“越位”。厘清地方船检机构权责边界对切实提高质量监管效能有着重要意义,建议从以下两个层面实施:

(1) 厘清地方船检机构对船舶建造参与主体监管的权责边界。例如,对于设计企业、船舶生产企业的行业准入,地方船检机构不应当单独直接核定,而应当在主管部门的领导下,配合主管部门做好核定的辅助工作和日常辅助监督工作。

(2) 厘清地方船检机构在船舶建造过程中的权责边界。例如,船舶建造开工前的备案与检查,目前是由地方船检机构单独完成。参考质量监管发展相对成熟的建筑工程领域,类似的环节则由行业主管部门和其质监机构共同负责实施。

3 结语

质量是一个行业的命脉,强化质量监管对于地方船舶建造业的有序、健康发展有着重要意义。如果相关法律和管理体系得到确立,质量监管的主管部门进一步明确,上下线的权责分工进一步厘清,则地方船舶建造质量监管工作的开创性推进以及行业的高质量发展值得期待。

参考文献:

- [1] 王学军. 加快船舶行业管理立法刻不容缓[N]. 中国船舶报, 2010-2-26 (001).
- [2] 船用产品检验规则[S]. 中华人民共和国海事局, 2018.
- [3] 船舶检验管理规定[S]. 中华人民共和国交通运输部, 2016.
- [4] 船舶检修检测服务管理办法[S]. 中华人民共和国海事局, 2019.

作者简介:

陶泓宇(1990.10-),男,浙江台州,本科,台州市港航事业发展中心,船舶检验处,助理工程师,主要从事船体专业的检验。18705766710, 344031390@qq.com

徐强(1982.02-),男,浙江台州,硕士,台州市港航事业发展中心,船舶检验处,副处长,高级工程师,主要从事船舶法定建造检验管理和船体专业检验。13989626803

罗琳丽(1975.7-),女,浙江台州,大学,台州市港航事业发展中心,人事处处长,机关党委副书记,高级政工师,经济师, 0576-88859006

浅谈半潜式动力定位钻井平台两点式自抛锚

徐旭

台州市港航事业发展中心

摘要：本文通过多方举证，大胆尝试猜想，提高了钻井平台热停待命期间应对台风来袭的机动性，摆脱了对三用工作船的依赖，把避台主动权牢牢掌握在手里。不仅缩短了起锚避台的时间，同时也为公司实现了降本增效。该项目的成功试验，为同类型的半潜式钻井平台提供了可以参照的范本，具有较好的推广意义。

关键词：半潜式动力定位钻井平台；避台；自起自抛锚

0 引言

随着我国工业化进程的日益加快，社会各领域对能源资源的利用越来越多。为了缓解我国能源资源利用紧张的局面，国家加快了对海底油气资源的开发^[1]。在海上进行油气钻井施工时，几百吨重的钻机要有足够的支撑和放置的空间，同时还要有钻井人员生活居住的地方，海上石油钻井平台就担负起了这一重任。为了更好地适应深水环境，半潜式钻井平台应运而生，它不仅拥有巨大的锚链还在平台下部加装了可以 360° 旋转的大马力推进器再辅以卫星定位、气象监测等即使没有锚链依然可以在惊涛骇浪中稳如泰山。但若是与货船相比即便安装了大马力推进器的半潜式钻井平台航行速度依然非常缓慢，同时考虑到平台的吃水和净空高度等问题，半潜式钻井平台待命休整期间通常会选择在锚地抛锚。采用常规四点式抛锚方案，需要拖轮配合，遇台风季时需要频繁的起锚避台，这不仅会大大增加企业成本（拖轮费用），还会因为起锚耽误平台避台时机从而带来潜在的风险。如何在确保平台安全的前提下，尽可能的优化抛锚方案是我们一直在探索的课题。

1 平台参数介绍

海洋石油 981 平台为上海外高桥造船厂 2011 年建造完毕，2012 年初投入使用的第六代半潜式动力定位平台，作业水深 3050 米，配备 KONGSBERG DP3 动力定位系统，8 台输出功率为 5760KW 瓦锡兰主机，8 台瓦锡兰全回转功率为 4600KW 的推进器。

平台配备 12 条锚链，4 条为主锚链，8 条为辅锚链，主锚的锚链长度为 1750 米，辅锚链长度为 650 米，锚链级别为 84mmR5 亚星锚链，最小破断负荷为 8418KN，锚链重量为 0.155 吨/米。

系泊部件	数量		长度	空气中重量	水中重量	最小破断拉力	轴向刚度
锚链等级	主链	4	1750	0.155T/m	0.134T/m	8418KN	712656KN
	辅助链	8	650				

图 3 锚链参数

锚类型	自重	极限承载力				
		无角度	5°隆起	10°隆起	15°隆起	20°隆起
STEVPRIS MK6	15T	480	470	456	427	389

图 4 锚参数

2 海洋石油 981 钻井平台抛锚历史回顾

2017 年 9 月 11 日台风“杜苏芮”生成，此台风强度增长快、移动速度快、路径变化快。风力在短短的三天就达到了 12 级台风级别，路径方向变化了 90 度。平均移动速度 25 公里/小时。此次台风强度大，来势凶猛，公司调用 2 条拖轮同时协助平台起锚，不仅费用极其昂贵，而且台风来临，两艘三用工作拖轮也将自己置身于危险之中。

在一艘三用工作船的协助下，如果一切顺利，起一个锚的时间约为 3 个小时，如果过程中出现锚的翻转，上架难，锚机故障等状况，则需要 4-6 个小时，甚至更长的时间；单单一一条工作船捞起八个锚，按照最快速度，也至少需要 24 个小时的时间，在台风强度大，移动速度快的状况下，潜在的安全隐患非常大。

平台在总结经验并商讨后决定抛四个主锚，这样的话，虽然还是需要三用工作船的协助，但是极大的缩短了起抛锚的时间，同时只需要一艘三用工作拖轮就能完成起锚作业，缩短了台风来临前的反应时间，也节省了费用，然而平台仍然不掌握主动权，没能从根本上解决问题。

3 操作设想

结合远洋航行货船在锚地抛锚时常采用单点式抛锚方式，船体最终服从风流作用在一定范围之内围绕锚位点旋转。就理论而言，每个角均具备一台锚机的海洋石油 981 平台同样能实现类似锚泊定位，但考虑到在一定范围内旋转的平台浮箱存在与锚链摩擦的风险，故此种单点式抛锚方法不适用。

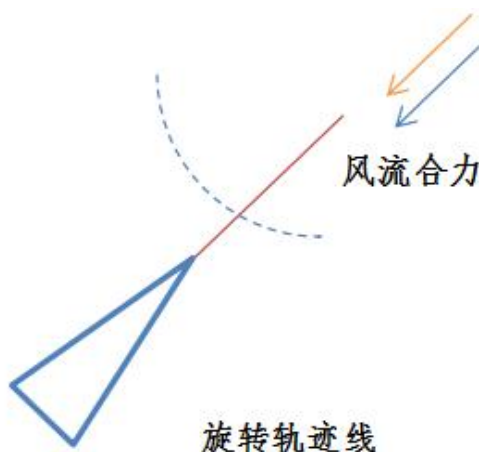


图 1 单锚泊示意图

基于实现自抛自起的原则考虑，大胆猜想，既然在一点式不适用的情形下，两点式自抛锚可否实现位置稳定并避免锚链摩擦浮箱，在借用 DP 动力定位模式下，平台可完全实现自抛对角锚的两点式锚泊定位。

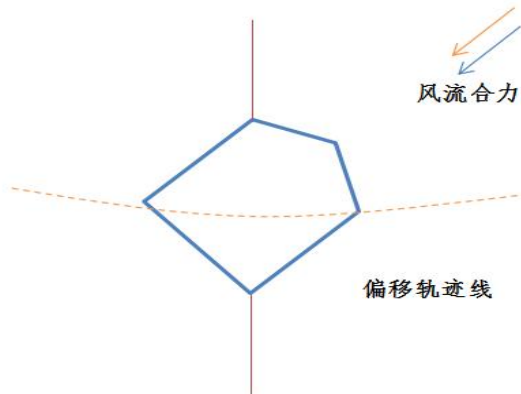


图 2 对角锚泊示意图

2019 年 12 月 31 日平台到达三亚鹿回头锚地进行水检作业，在三用工作船来临之前，平台决定自抛对角锚，出链长度 650 米，锚链和平台首尾连线保持 45° 夹角，保持锚链张力 70 吨左右，位置稳定以后，停掉所有的推进器，平台的位置以及艏向保持稳定。对比历史起抛锚效率，两点式自抛锚提升一倍工作效率。因为考虑到水检的特殊性，平台后续还是在三用工作船的协助抛了四个锚，但是之前的设想在这次实践中得到了充分的认证。

4 实施阶段

4.1 抛锚前准备

海况勘查：平台选择白天入场，查询三亚待命锚地当季盛行季风，查阅三亚港水文潮汐信息，提前接收三天的气象预报。作业开展前须向海事机构申请发布航行警告并取得三亚锚地使用许可。检查锚机、提锚短索等工作状态，对锚机进行空转测试，发现问题及时解决。中控人员调整平台吃水至 11.5 米、测试 DP 设备运转正常、在海图上标注好锚位点。进入锚地后，中控人员控制平台速度，转入 DP Auto position 定位模式。

天气描述：
锚地后期受冷空气出海回流影响，风力加大到 5-6 级。

要素预报：

预报时间 时间：月-日-时	风向	风速 (米/秒)	阵风	有义波高 (米)	极大波高 (米)	方向	周期 (秒)	天气现象	能见度 (公里)
10-01-08	东东北	6	9	0.4	0.7	南东南	5	多云	12
10-01-14	东东南	7	10	0.4	0.7	南东南	5	阵雨	15
10-01-20	东东北	7	10	0.4	0.7	南东南	5	阵雨	12
10-02-02	东东北	6	9	0.4	0.7	东南	4	阵雨	12
10-02-08	东东北	5	8	0.4	0.7	东南	5	阵雨	10
10-02-14	东南	6	9	0.4	0.7	东东北	6	阵雨	15
10-02-20	东东北	6	9	0.4	0.7	偏东	5	阵雨	12
10-03-02	东东北	6	9	0.5	0.9	偏东	6	阵雨	10
10-03-08	东北	5	8	0.4	0.7	东东南	5	阵雨	12
10-03-14	东南	5	8	0.5	0.9	偏东	5	雷阵雨	15
10-03-20	东东北	7	10	0.5	0.9	偏东	6	阵雨	12
10-04-02	东东北	7	10	0.6	1.1	偏东	6	阵雨	10
10-04-08	东北	6	9	0.6	1.1	偏东	6	阵雨	12
10-04-14	偏东	7	10	0.5	0.9	偏东	6	多云	18
10-04-20	东东北	8	11	0.6	1.1	东南	5	多云	15
10-05-02	东东北	9	12	0.7	1.3	南东南	5	多云	12
10-05-08	东北	8	11	0.5	0.9	偏东	7	多云	15
10-05-14	东东北	10	13	0.6	1.1	南东南	7	多云	18
10-05-20	东东北	11	14	0.9	1.6	南东南	6	多云	15
10-06-02	东东北	9	12	0.7	1.3	东南	5	多云	12
10-06-08	东北	10	13	0.7	1.3	东南	5	多云	15

注：风力达到七级以上标为红色；周期单位：秒。

图 5 未来三天天气预报

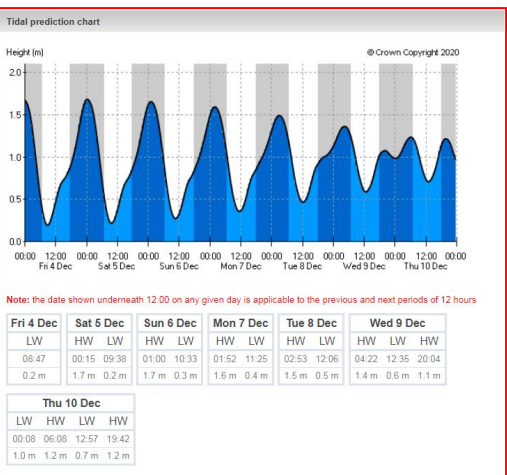


图 6 潮汐预报图

4.2 操作难点分析

作业的最大的挑战是锚头下到海底时，如何保证锚头在倒下来的过程中不翻身，经研究讨论，集体认为解决的方法是在下锚头至海底时，平台具备一定的反向移动速度从而使锚头顺势躺下。

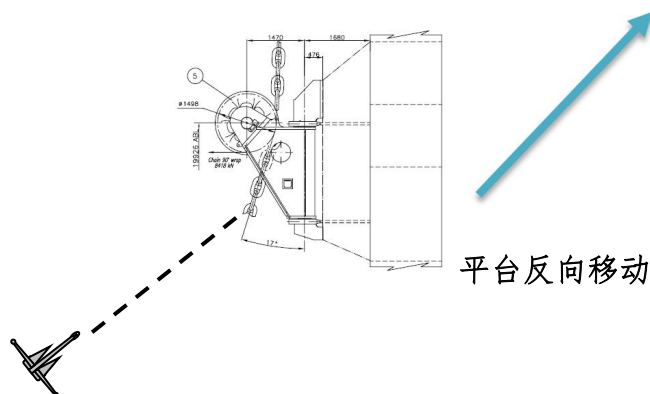


图 7 抛锚后平台移动示意图

4.3 抛锚过程

调整艏向至 110° ，移位至下流方向 6#锚位点；缓慢释放锚链，出链 30 米左右时，通知 DP0 移船，移动速度 0.2 节，移动方位 070° ，船舶向 110° ；锚机操作人员保持与平台移速同步放出锚链，以确保锚头抓底；6#锚出链长度达 200 米时，DP0 稳定船位，锚机操作人员收紧锚链张力至 70T，从而确认 6#锚已抓底；再次同步移动平台和放出锚链，移动方位 070° ，速度提升至 1 节；6#锚出链长度达 600 米时，再次收紧锚链张力至 70T，确认锚头抓底；继续移动平台，移动方位 070° ，距离 600 米。移船至 12#锚位点，DP0 稳定船位，拉预张力至 120 吨；抛下 12#锚，平台移动方位 250° ；同时对角 6#锚回收锚链，平台移动、6#锚、12#锚保持同步速度 1 节；平台移动至 6#锚和 12#锚中间位置，出链长度均为 600 米，对角拉预张力至 120T 后释放至工作张力 80T；DP 系统退出推进器并观察平台位置变化。

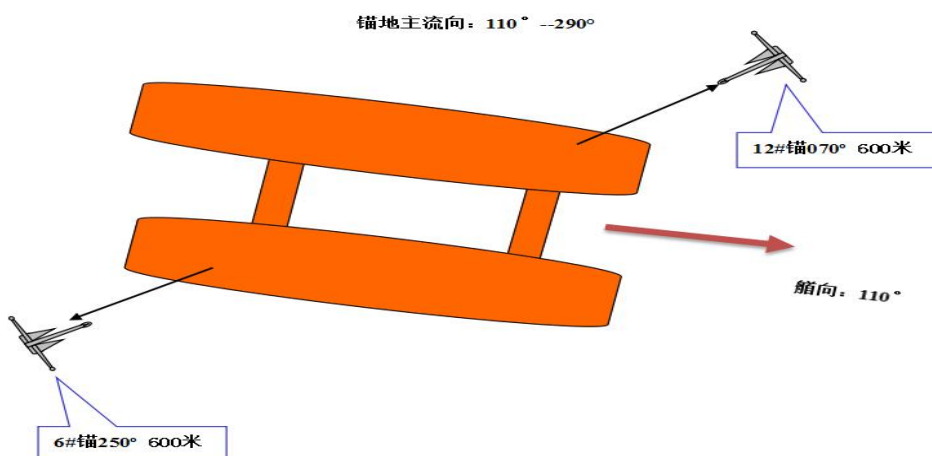


图 8 平台对角抛锚示意图

4.4 监控船位

两点式锚泊定位期间，平台既保留 DP 模式监控船位，又使用传统锚泊系统监控出链长度和张力并设定相应报警值，从而实现船位全方位实时监控和历史偏移状态可查询双重保障，并且在遇到恶劣天气等特殊情况下，可迅速恢复动力定位辅助稳定船位，从而避免锚链张力过大拉翻锚头和损坏锚泊设备。

6 号锚和 12 号锚的张力均应保持在 100 吨以内，如果两锚的张力超过 100 吨，通知轮机师启动第二台主机，并启动 4 号推进器，旋转推进器方位对准 6 号锚，并缓慢加速，使 6 号锚链张力降到 100 吨以下。或启动 8 号推进器，旋转推进器方位对准 12 号锚，并缓慢加速，使 12 号锚链张力降到 100 吨以下。

密切关注土台风天气，如预报风速超过 40 节，浪高 4 米以上，流速超过 3 节，平台应该提前及时自起锚，航行到距离陆地 30 海里以上的公海躲避恶劣天气，并将平台吃水调整到生存吃水 16 米以减少恶劣天气对横撑的冲击并提高平台的稳性。

锚泊值班记录															
setpoint :															
日期	时间	船向	锚链夹角		锚链张力		出链长度		漂移距离	漂移方位	流向	流速	风向	风速	备注
			6#	12#	6#	12#	6#	12#							
2020 10.3	0100														
	0200														
	0300														
	0400														
	0500														
	0600	118.7			55	54	653	652	6.8	335	261	0.43	055	10	
08.25	0700														
	0800	120.2			89	132	653	652	59	340	293	0.7	117	26	
	0900														
	1000														
	1100														
	1200				62	61									
	1300														
	1400														
	1500														
	1600														
	1700														
	1800	119.3			62	61	653	652	34	335	291	0.6	087	8	
1900															
2000															
2100															
2200															
2300															
2400	119.5				62	62	653	652	32.6	335	292	0.60	087	10	

图 9 锚泊值班记录表

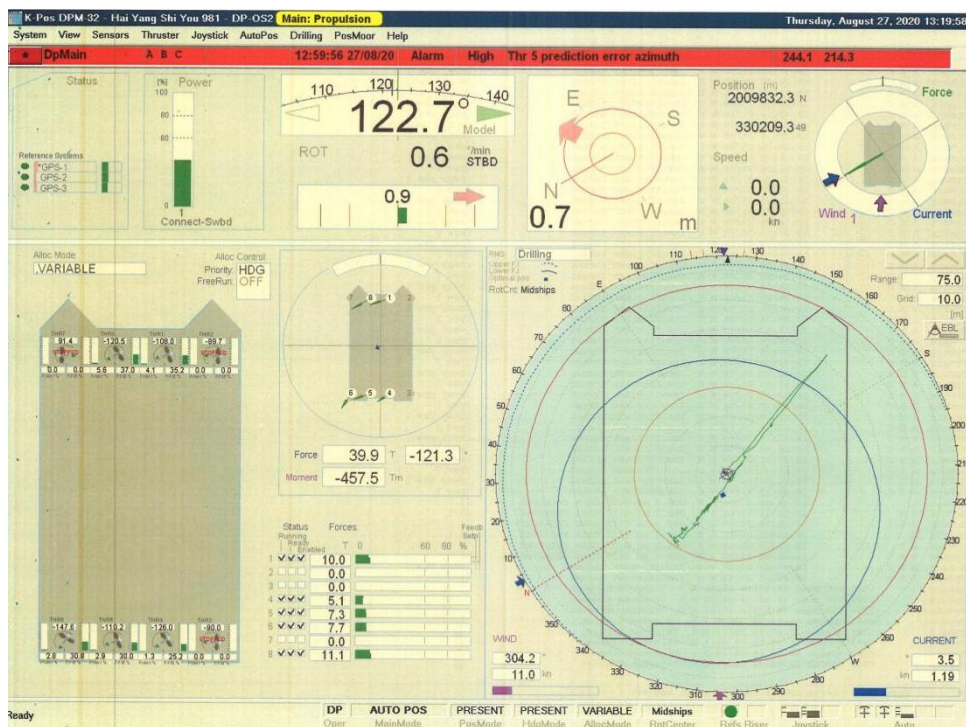


图 10 动力定位操作界面

5 结束语

2020 年八月份平台在三亚锚地热停, 在没有任何三用工作船协助的状况下, 平台自抛两个锚, 效果良好, 九月, 十月, 以及十一月初, 台风频繁来袭, 平台牢牢把握主动权, 彻底摆脱了三用工作船的协助, 自起和自抛锚, 完美的避过了一次又一次的台风袭击。通过本次创新两点式自抛锚课题的研究, 提高了平台热停待命应对台风来袭的机动性, 同时也为企业节省了巨额费用。

参考文献:

[1]张志德. 半潜式钻井平台发展及应用现状[J]. 中国船检, 2023(05):66-72.

作者简介: 徐旭, (1988.01-), 浙江台州, 本科, 男, 3000 总吨及以上无限航区船长, 高级动力定位师。台州市港航事业发展中心, 通讯地址: 浙江省台州市椒江区滨江路 46 号, 联系电话: 18858601913。

某填海区深厚抛石层钻孔灌注桩成孔工艺比选

杨俊 1 赵新宇 2

(浙江头门港投资开发有限公司, 台州市港航事业发展中心)

[摘要:]文章介绍了旋挖钻套筒跟进法、冲击钻+回转钻组合法、冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟

进法三种灌注桩成孔工艺流程，比较其在成孔效率、施工难度、施工质量上的差别。依托浙江省台州某港区填海陆域中抛石层厚度在 10~46m 的情况下，结合项目所在区域地质条件采用不同钻孔灌注桩成孔工艺的具体实践，从成孔效率、成桩质量和经济效益等角度进行比较分析。结果表明：冲击钻+回转钻组合法作业功效相对较低，但性价比较高；旋挖钻套筒跟进法功效最高，成本投入相对较高；冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟进法成孔周期极长，投入高，但这确是该工况下成桩质量最优的方案。

[关键词:] 钻孔灌注桩；施工工艺；抛石层；成孔效率；经济分析；

0 引言

钻孔灌注桩在港口水工建设中被广泛应用，随着建设案例的丰富应用和设备能力提升，港口工程中钻孔灌注的成孔工艺的可选择性也越来越突出。本文以浙江省台州港某港区填海陆域钻孔灌注桩成孔工艺实践为例，分别从成孔效率、成桩质量和经济成本等方面进行探讨，面对抛石陆域和爆破挤淤围堤的深厚抛石层，建设者们还需结合工程进度要求和投资计划等因素进行成孔工艺比选。

1 项目概况

该项目陆域面积约 38ha。陆域堆场区域为真空预压处理后采用 15m 排水板+堆载预压，工后抛石层厚度约 10m；南侧围堤采用爆破挤淤工艺，抛石层设计厚度 27~46m，工后普遍大于 50m。

陆域堆场区桩基为桩长 55m（直径 0.8m）和桩长 80m（直径 1.0m）两种桩型，分别采用了冲击钻+回转钻组合法、旋挖钻套筒跟进法两种成孔技术。

南侧围堤区桩基为桩长 68m（直径 1.5m），采用冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟进法成孔技术。

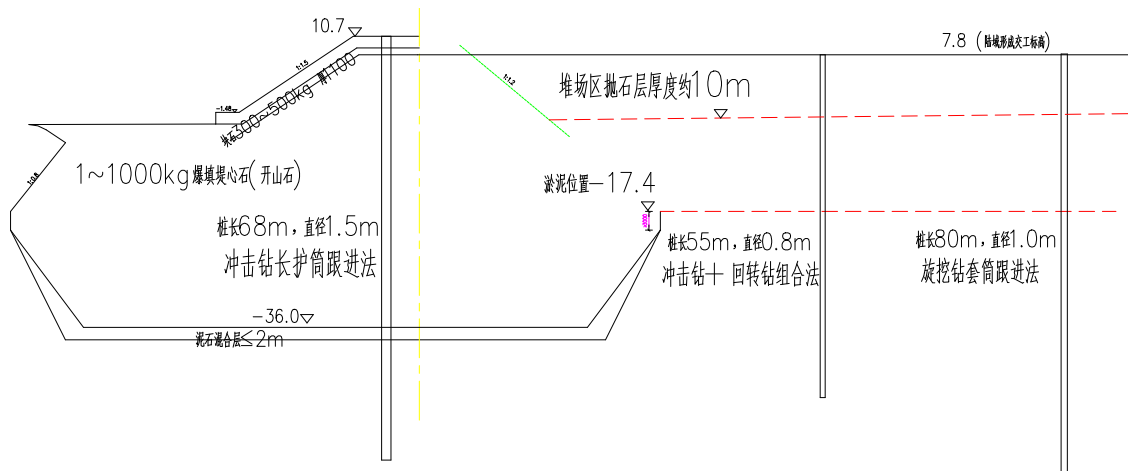


图 1 陆域桩基分布及地质示意图

2 钻孔灌注桩三种成孔工艺

2.1 冲击钻+回转钻组合法

冲击钻+回转钻组合法，即在施工中采用冲击钻和回转钻两种设备组合成孔的施工技术。本项技术被用于陆域区桩长 55m（直径 0.8m）的桩基，该区域工期要求相对较宽松，施工中主要考虑成孔的成本因素，因此采用本施工技术。

施工过程中，为顺利穿透抛石区，采用了护筒跟进法，护筒壁厚 8mm、直径 0.82m，随冲击钻的作业每钻进 50cm，振动下沉一次，往复作业，过程中要及时补充黏土，确保泥浆稳定，直至穿透抛石区（穿透泥石分界面时要小冲程作业）以下至少 2m，以观察冲程情况和翻浆渣样作为判断依据。当泥浆中以粉砂为主，钻进过程中无需补充黏土，孔中水位情况稳定时停止内护筒跟进，更换回转钻机进行作业，控制好泥浆比重直至成孔。

冲击钻+回转钻组合法成孔工艺流程如下：

冲击钻就位→外护筒定位→掺入黏土造浆护壁→下放内护筒→钻进及内护筒跟进→穿透泥石混合区→停止护筒跟进→更换回转钻→成孔→省略成桩工艺

整个作业过程中，钢护筒跟进长度基本在 15m 左右，跟进的钢护筒无法拆除，超过理论宕渣层厚度 5m，主要为冲击过程中的宕渣下沉量。成孔时间基本在 2-5 天以上，成孔过程中容易造成塌孔和卡钻现象，底部泥浆比重相对较高，清孔耗时长，成桩周期基本为 3-6 天，桩头含泥量高，有一定比例的二类桩存在，不良情况主要发生在泥石过渡区域。

2.2 旋挖钻套筒跟进法

旋挖钻套筒跟进法，即采用大型旋挖钻机带护筒钻进成孔，穿过宕渣层后，采用泥浆护壁钻进成孔。本项技术被用于陆域区域桩长 80m（直径 1.0m）的桩基，该区域工期紧张，施工中主要考虑快速成孔。

大型旋挖钻机钻进过程中，采用可重复利用的定制双壁护筒（直径 1.02m）随钻孔跟进^[1]，每钻进 50-100cm 后，双壁护筒由旋挖钻机驱动下沉，往复作业，过程中不需要造浆（干钻），穿过抛石层（泥石分界面区间要减缓钻进速度）以下至少 2m 后，护筒跟进到位，开始孔内造浆，观察孔内泥浆水位变化并小幅钻进，确定泥浆水位稳定后，停止护筒跟进，采用旋挖钻继续钻进作业，直至成孔。

旋挖钻套筒跟进法成孔工艺流程如下：

旋挖钻就位→埋设外护筒→钻进→跟换钻头压入双壁护筒→重复旋挖钻机带护筒跟管钻进作业→穿透宕渣层以下 2m→造浆→停止护筒跟进→泥浆护壁成孔→省略成桩工艺→浇筑砼过程中缓慢拔出双壁护筒

整个作业过程中，钢护筒跟进长度基本在 20m，主要是旋挖桩泥浆比重低，双壁护筒尽量多地进入淤泥层可减少塌孔和缩径的风险，跟进的双壁护筒可以重复使用。成孔时间基本可保障在 48 小时内，成孔过程中有塌孔和卡钻的风险，砼损失系数大，桩体质量相对较好。



图 2 双壁护筒标准节及护筒与钻机连接示意图

2.3 冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟进法

冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟进法，即采用冲击钻钻进，全护筒跟进至桩底标高，根据抛石层情况必要时增加二级护筒或多级护筒作业^[1]。本项技术被用于南侧围堤区桩长 68m（直径 1.5m）

的桩基，该区域工期充裕，施工中主要考虑如何顺利成孔。

冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟进法施工过程中，考虑到抛石厚度较大且抛石粒径分层布置，采用三级护筒方案，护筒由外到内，按序编为1级（外护筒）、2级（中间护筒）和3级（内侧的全护筒）。1级护筒直径2m，壁厚16mm，长度不少于4m，埋设深度须穿透顶部的300-500kg的块石，加入黏土制备泥浆护壁（后续钻进需持续本项工作），随着泥浆护壁成功，埋设2级护筒（区间为1-1000kg块石），1级护筒在成桩后可拆除。2级护筒直径1.8m，壁厚16mm，2级护筒应穿过泥石结合面，施工完毕后2级护筒保留在原位不拆除，表面涂刷防锈漆二度。3级护筒直径1.52m，底部壁厚10mm（与2级护筒重叠区壁厚采用8mm），3级护筒在2级护筒埋设完毕后进行埋设，埋设至桩底，灌注桩施工完毕后，3级护筒保留在原位不拆除，亦永久埋在堤身内，3级护筒外露部分同样做防锈处理。2级护筒埋设完毕后及时修复海堤面层结构，2级和3级护筒间的空隙底部用土工布填塞，上铺300mm厚瓜子片，护筒间隙浇灌沥青砂，并对2级护筒周边0.5m范围进行灌浆处理。

冲击钻全护筒（外侧多级护筒）成孔工艺流程如下：

冲击钻机就位→埋设1级护筒→掺入黏土用大锤头造浆护壁（持续造浆）→1级护筒到指导深度→下放2级护筒→换上 $\phi 1.75\text{m}$ 锤头钻进及2级护筒跟进→穿透泥石混合区→下放3级护筒→换上 $\phi 1.45\text{m}$ 锤头钻进及3级护筒跟进（2级护筒停止跟进）→成孔→省略成桩工艺

整个作业过程中，1级钢护筒长4m，2级钢护筒长基本在50m左右，3级钢护筒同桩长，2级和3级钢护筒永久埋在堤身内。因抛石层较厚，且多为大块石，因此成孔时间较长（基本在30-40天），成孔过程中易漏水漏浆、孔位易偏斜、放护筒工作量大^[2]，但全护筒可以有效避免塌孔、扩孔、缩孔、夹泥（沙）和桩底沉渣厚等情况^[3]，桩体质量好。

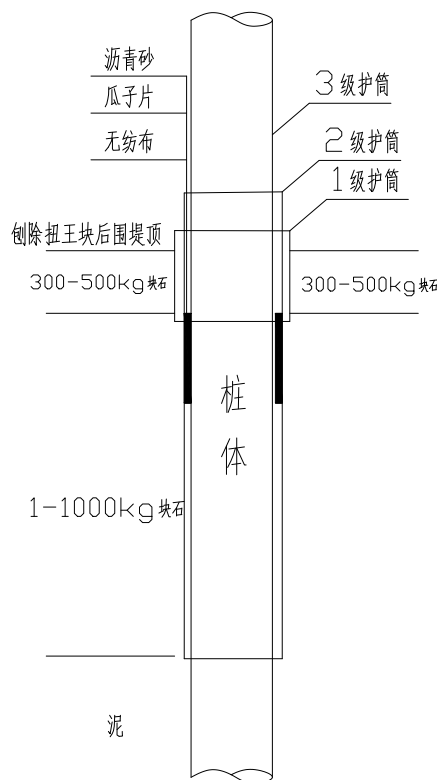


图3 全护筒（外侧多级护筒）示意

3 钻孔灌注桩三种成孔方式经济技术指标对比分析

通过浙江省台州港某港区填海陆域三种钻孔灌注的实践，可以发现“冲击钻+回转钻组合法”作业功效相对较低，但性价比较高；“旋挖钻套筒跟进法”功效最高，成本投入相对较高；“冲击钻

全护筒（外侧多级护筒）跟进法”成孔周期极长，投入高，但这确是该工况下成桩质量最优的方案。各项指标情况详见表 1：

表 1 三种成孔技术指标对比

	冲击钻+回转钻组合法 (桩长 55m，桩径 0.8m)	旋挖钻套筒跟进法 (桩长 80m，桩径 1.0m)	冲击钻全护筒（外侧多级护筒） 跟进法 (桩长 68m，桩径 1.5m)
现场情况	单机设备投入多，用电负荷很高，单机设备投入少，用电负荷低或泥浆量很大，环境保护投入和管基本无要求，泥浆用量小，可合理压力大，现场施工形象不佳，效确保文明施工，减少对海洋环境不利于文明施工管理。	该情况的特殊性，一般会考虑单机设备逐桩配置，用电负荷较高，泥浆量大，环境保护投入和管理压力较大，现场施工形象不佳，不利于文明施工。	该情况的特殊性，一般会考虑单机设备逐桩配置，用电负荷较高，泥浆量大，环境保护投入和管理压力较大，现场施工形象不佳，不利于文明施工。
经济分析	15m 护筒成本 11000 元； 砼损耗率为 3.3%（超灌 1m）， 砼损耗费 410 元。	30m 护筒投入 15 万元，50 根桩摊销约 3000 元/根； 砼损耗率超 40%（超灌 0.5m）， 砼损耗费 11304 元。	护筒费合计 207900 元， 1 级护筒反复用不计费用， 2 级护筒成本 159400 元， 3 级护筒 48500 元； 砼损耗率 4.2%（超灌 0.5m）， 砼损耗费 2267 元。
成孔时间	成孔时间较慢，2-5 天	快，48 小时内可成桩	极慢，30-40 天成孔
桩基质量	桩检合格，II 类桩 10.4%；桩头易夹泥，泥石过渡区桩体砼易夹泥（砂），孔底沉渣厚易造成承载力下降。	桩检合格，II 类桩 1%	全部 I 类桩
施工困难	放护筒工作量一般，漏水漏浆、孔位易偏斜、塌孔、卡钻和桩底沉渣厚等情况	放护筒快，拔双壁护筒的过程中易漏水漏浆、孔位易偏斜、放护筒易对桩体造成损伤。	筒工作量

注：基于文中三种桩基的参数进行测算，不考虑设备费用和人工，仅计算材料费用。钢板按 4450 元/吨计算，砼按 450 元/m³ 计算。

4 结语

- 通过建设实践，对填海区深厚抛石层钻孔灌注桩成孔技术有如下体会：
- （1）在项目建设管理中要根据目标需求，来选择合适的成孔技术。
 - （2）冲击钻+回转钻组合法，最常见的成桩设备，技术简单，对作业人员的操作技能要求不高，建设成本低，但泥浆污染大，钻进施工突发情况多，对管理人员的管理水平和处置能力提出了较高的要求，桩体质量一般，对工程创优不利。
 - （3）旋挖钻套筒跟进法，旋挖钻动力头能给钻头施加更大的给进压力，钻进能力强，加快了成孔速度，虽然护筒重复利用降低了成本，但因干钻过程中抛石段间隙无法消除，导致灌注砼拔护筒的过程中砼填充间隙消耗量大，增加了总体成本，桩体质量较好，泥浆少对海水的污染减少，在工期紧张的项目上可优先采用。
 - （4）冲击钻全护筒（外侧多级护筒）跟进法，因其采用多级护筒一次性投入，造成桩基的成本大幅度增加，但是多级护筒可以有效消除围堤抛石对桩本体的挤压^[2]，是对围堤区桩基质量保护的一种长效措施，同时多级护筒为成孔提供了过程保障，全护筒又保障了成桩质量，该技术是围堤区钻孔灌注桩成孔施工的较好选择。
 - （5）填海区深厚抛石层钻孔灌注桩成孔过程中，能否处理好泥石过渡段施工是成孔的关键。

以上任一单项工艺都已很成熟,但不同的工艺技术组合,是提高项目管理效能的关键,本文结合地质条件通过成孔效率、成桩质量和经济成本进行分析,为类似工程提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 姜晓平,陈明锐. 厚层近海回填抛石填土层钻孔灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(2):83-87. DOI:10.12143/j.tkgc.2020.02.014.
- [2] 戴紫阳,钟凯. 爆破挤淤防波堤堤身钻孔桩施工技术探讨[J]. 2022(21).
- [3] 王兆召. 抛石区灌注桩施工技术探讨[J]. 智能建筑与工程机械, 2022(003):004.

作者简介:

杨俊:男,1985年10月,浙江临海,浙江头门港投资开发有限公司,工程技术部副主任,港口航道,浙江省临海市头门港经济开发区北洋九路66号,317015,0576-85171066(固话),18257661088(手机),105791088@qq.com
赵新宇:男,1978年5月,浙江温岭,台州市港航事业发展中心,安全处副处长,港口航道与海岸工程,正高级工程师,浙江省台州市椒江区江滨路46号,318000,联系电话:13566871666, E-mail:zxy_tzgh@126

码头煤堆场防风抑尘网经济效益分析

杨俊¹ 赵新宇²

(浙江头门港投资开发有限公司,台州市港航事业发展中心)

摘要:文章简要介绍了防风抑尘网的工作原理,依托浙江省台州某港区煤堆场建设和投产运行的情况,对煤堆场采用防风抑尘网后的实际抑尘效果进行了分析,通过计算、数据监测和经济分析,论证了防风抑尘网在实际应用中的效益。结果显示,采用防风抑尘网在有效满足生产需要和环境保护要求的同时,可通过抑尘减少的煤量损失,降低运营成本。并比对了不同含水率下的抑尘经济效益,可为相关单位生产运行管理中提供参考和借鉴。

[关键词:]煤炭堆场;防风抑尘网;抑尘率;环境影响;经济效益;

0 引言

近年来,国家加大了粉尘污染的治理力度,环保要求标准不断提升,粉尘更是散货码头环境影响评价中的重要污染物,而随着我国经济的飞速发展,对煤炭的需求也在日益增加,因此粉尘污染成了亟待解决的问题。而防风抑尘网的出现,很好地解决了粉尘飞扬的问题,相较于全封闭的抑尘措施,防风抑尘网不仅耗资比较低,而且不受顶棚跨度影响,为斗轮机作业释放了空间,再加上透风、隔热、防尘、采光以及车辆出入的便利性,在港口项目环保设施建设中越来越受到企业的欢迎。实施防风抑尘网后的煤场每年还节省可观的煤数量,在取得良好社会效益的同时又获得了最大的经济效益,美观整齐的挡风抑尘墙也将改善景观条件^[1]。

1 项目概况

本文围绕描述的项目为浙江省台州某港区煤炭堆场,堆场面积约101500m²,防风抑尘网总长约1262m,总高15m,基础墙高以上部分网高14m(如图1),理论堆煤荷载12吨,抑尘率为80%以上。年吞吐量400万吨以上,本文按250万吨作为计算基数。

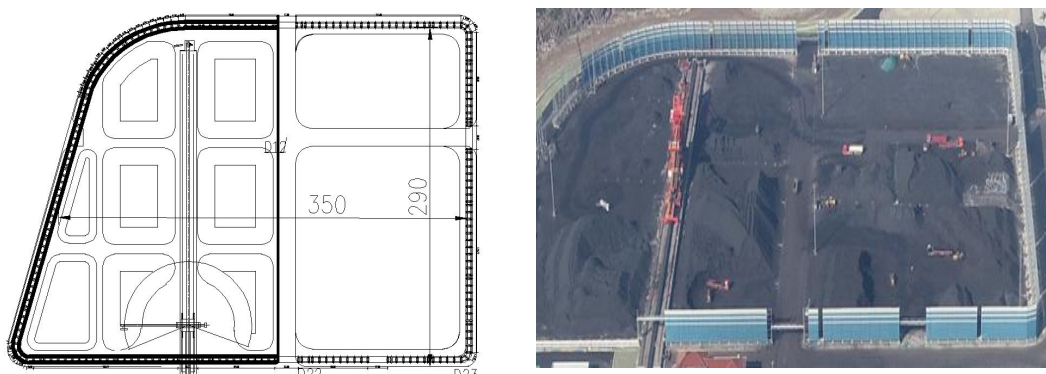


图1 围网布置示意和俯瞰图

2 防风抑尘网原理

防风抑尘网抑尘机理与散货（煤炭）堆场起尘、粉尘漂移、扩散、沉降机理本质上有直接关系，其主要机理是能控制改善散货堆场区的风流场，减小堆场区的风速、风流场的紊流度。强风经过防风网后，部分风量透过防风网，其机械能衰减并变为低速风流，与此同时，这部分风量在网前的大尺度、高强度旋涡被衰减，梳理成小尺度、低风速旋度，强涡量和弱紊流度的堆场区部分流场，使堆场低处起尘量大幅度减少（如图2气流通过防风板示意图）。

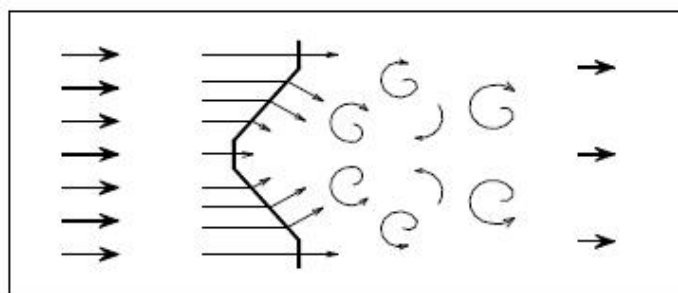


图2 气流通过防风板示意图

考虑到堆场控制起尘量的最小风速，强风只能部分透过防风网，而大部分风量被向上排开，并与主风流在风网顶部汇集成更高速风流，这部分高速风流与紧邻下方网后的低速风流速度差很大，沿下游形成风速梯度很大，旋涡强度很高，向低处发展的较长的条带区。在此条带区内高速风流和低速风流间产生强烈的动量交换和能量交换，使下部风流风速提高，很快恢复到来流风速，此即风流再附。若风网高度不足，再附距离短，则堆场很多料堆顶部可能落入风速梯度很大，旋涡强度很高的条带区。由于料堆顶部散货的压实程度很低，所以此种情况堆料顶部的起尘量反而增大，因此防风网应高出堆料顶部2-3m为宜。

防风网在散货堆场防尘机理分为防风和捕捉粉尘两种功能，图3为防风网的防风样例，图4为防风网捕捉粉尘样例。

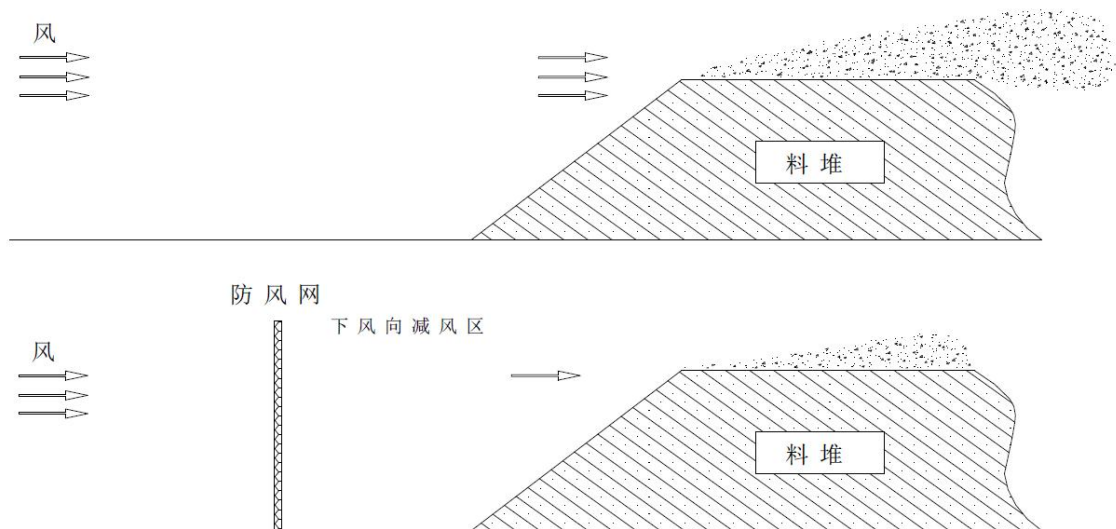


图3 防风网防风样例

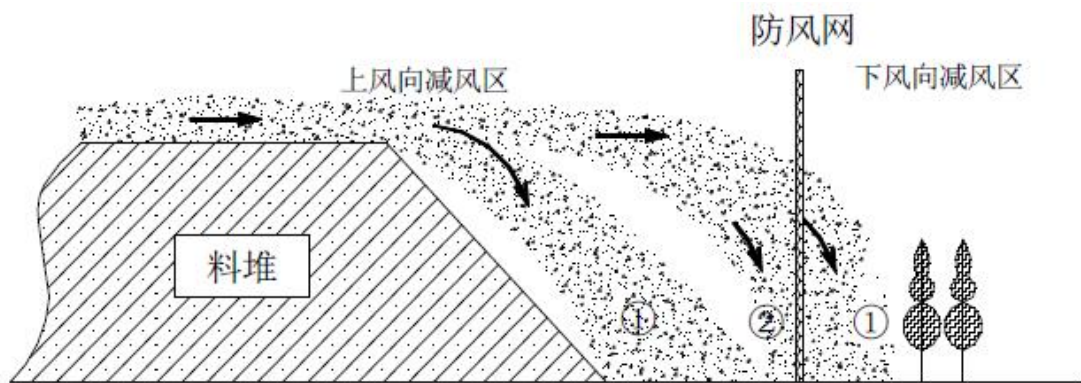


图4 防风网捕捉粉尘样例

2 煤粉尘起尘量计算

料堆起尘分为两大类：一类是料堆场表面的风蚀起尘量（或叫静态起尘）；另一类是在堆取料过程中的动态起尘。前者主要与物料表面含水率、环境风速等关系密切，后者主要与作业落差，装卸强度等相关联。

目前《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南（试行）》和《水运工程建设项目环境影响评价指南》等都给出了起尘量的计算公式^[2]，事前对公式进行过比对计算，与下文的计算值相差不大，考虑到公式的部分取值的适用性，这里引用王宝章等人的研究公式对装卸起尘量进行计算，煤堆场风力起尘量采用修正后的《秦皇岛煤炭装卸、堆放起尘及扩散规律的研究》所推荐的起尘公式计算。

2.1 煤炭装卸、堆放起尘计算公式

煤炭起尘量可由王宝章等人在煤炭装卸、堆放起尘规律及煤尘扩散规律研究中提出的经验公式^[3]进行计算：

$$Q_{ij} = 0.03V_j^{1.6} H_i^{1.23} e^{-0.28w} G_i f_j$$

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}$$

式中： Q_{ij} ——不同装卸设备，不同风速等级条件下的起尘量，t/a；

H_i ——不同装卸设备的装卸落差，m；本工程卸船取 2m、装船、装车取 0.5m、堆料取 1m；

V_j ——不同风速等级 50m 高度处的平均风速，m/s；
 f_j ——不同风速等级的出现频率，%；
 G_i ——煤炭装卸量，t/a；按卸船 250 万吨/年，装船 100 万吨/年，装车 150 万吨/年计；
 w ——煤炭的含水率，%；
 m ——风速等级数；
 n ——装卸设备数。

2.2 风蚀起尘量计算公式

煤堆场风力起尘量采用修正后的《秦皇岛煤炭装卸、堆放起尘及扩散规律的研究》所推荐的起尘公式^[3]计算：

$$Q_j=2.1G(V_j-V_0)^3\cdot e^{-1.023w}\cdot f_j\cdot a$$

$$V_0=0.56d^{1.25}e^{0.5w}+3.1$$

$$Q=\sum_{j=1}^m Q_j$$

式中： Q_j ——不同风速等级下的起尘量，kg/a；
 V_0 ——50m 高度处煤尘的起动风速，m/s；本工程按 3.3m/s 计；
 G ——堆场贮存量，t；本工程按 15.8 万吨计；
 V_j ——不同风速等级下 50 米高处的风速，m/s；
 a ——修正系数；根据煤炭含水率 α 为 0.965；
 d ——煤尘的粒径，mm。

2.3 起尘量计算

根据有关资料调查，露天储煤场表层煤炭的含水率在 3.2%~8%左右，在正常情况下，为了达到抑止煤堆扬尘，煤堆的表面含水率保持在 8%左右。但考虑到各种可能性和极端不利条件，并参照其他煤码头环评的含水率设置情况，本次计算将煤堆的表层含水率设置为 3.2%、6%和 8%，其中 8%为正常生产情况下的表层煤炭含水率；6%为抑尘措施没有完全到位（喷淋次数或水量不够等）情况下的煤堆表层含水率；3.2%为未采取任何抑尘措施的极端情况下的含水率。经计算可得，煤粉尘的产生量见表 1。由此可见，当煤炭表层含水率为 8%的正常作业情况时，煤粉尘量为 239t/a；在煤炭表层含水率为 6%的喷淋抑尘措施不到位情况下，煤粉尘量为 423t/a；当煤炭表层含水率为 3.2%时，煤粉尘量为 1029t/a。

表 1 装卸、堆存煤粉尘的产生量 （单位：t/a）

煤炭含水率（%）	卸船	装船	装车	堆料作业	堆场风力起尘	合计
3.2	495	84	125	208	117	1029
6	226	39	57	95	6.7	423
8	129	22	33	54	0.9	239

在采取相关抑尘措施后，可使煤尘的排放量减少 60%~90%，按 80%计，营运期正常情况下的煤尘排放量见表 2。

表 2 装卸、堆存煤粉尘的排放量 （单位：t/a）

煤炭含水率（%）	卸船	装船	装车	堆料作业	堆场风力起尘	合计
3.2	99	17	25	42	23.4	206
6	45	8	11.5	19	1.34	85
8	26	4.4	6.6	11	0.18	48

3 经济效益计算

3.1 防风抑尘网建设成本

防风抑尘网的成本由基础、钢构支架、网片等三大项组成，主体结构设计使用年限 50 年，高分子复合材料网片使用年限 15 年，在全周期使用内，网片的按 3 次投入考虑。

表 3 防风抑尘网成本 （单位：万元）

基础与钢构支架	第 1 年网片	第 16 年网片	第 31 年网片	至结束	首年合计	最终合计	考虑系数总计
1380	120	120	120	-	1500	1740	1800

3.2 煤粉尘节约成本

根据 2023 年 8 月煤炭价格按 700 元/t 计算，数据采集表 1 和表 2 测算，如表 4：

表 4 采取抑尘措施后煤粉尘节约成本 （单位：万元）

煤炭含水率 (%)	粉尘产生量 (t/a)	抑尘数量 (t/a)	单年抑尘节约额	50 年抑尘节约额
3.2	1029	823	57.61	2880.5
6	423	338	23.66	1183
8	239	191	13.37	668.5

3.3 提升含水率的支持成本

不考虑的喷淋等设备的建设成本，仅考虑当地的工业用水水费（4 元/t），含水率暂不考虑喷淋过程中的损耗和蒸发，按照 250 万吨（按吞/吐单次考虑）煤总体含水率计算，假设含水率 3.2%时不消耗自来水，如表 5：

表 5 提升含水率支出成本 （单位：万元）

煤炭含水率 (%)	消耗自来水 (t)	单年自来水费	50 年自来水费	备注
3.2	0	0	0	
6	70000	28	1400	6%-3.2%计算
8	120000	48	2400	8%-3.2%计算

4 效益分析

综合表 3、表 4、表 5 的数据可知，随着煤炭含水率的提升，煤粉尘排放量减少，而水费的开支增长明显，防风抑尘网在煤炭自然含水率情况下节约成本最为明显。

在煤炭自然含水率情况下，防风抑尘网发挥了最大的经济效益，单年煤粉尘节约成本 57.61 万元，约 30 年即可收回建设成本，如果再考虑台州地区大风扬尘的煤粉损耗，抑尘数量将会成倍增加，节约成本也将成倍增长。

随着含水率的增加，煤炭抑尘效果明显，但是喷淋消耗的自来水费用较大^[4]，当含水率在 8%的时候，单年水费开支将增加 48 万元，因此在生产过程中，应该结合防风抑尘网的作用，合理投入喷淋设施并控制合适的含水率，可以使成本最优。

5 结语

以上计算是基于日常 6 级风以下的天气进行的分析，所有数据比较保守，因此含水率和防风抑尘网的成本平衡点就有待商榷。但是，如果采用《部分行业污染物排放量核定技术导则》，露天储煤粉尘在装卸过程中的产污系数为 3.53-6.41Kg/t 煤/年（取最小值），以原煤 250 万吨计，使用防风抑尘网后，按 80%减尘率计算，每年可节约煤 7000 吨左右，这个成本节约将是一个惊人是数字。

本次效益分析主要是从经济角度展开，未对减少周边粉尘污染等环境影响的效益进行测算，随着国家节能环保法律法规的进一步严格，煤场的扬尘污染及能源消耗题目已经成为各地政府管理的

重点,而实施防风抑尘网后的煤场可使粉尘污染大大降低,达到环保部门的要求的同时^[5],每年还减少可观的煤损失量,在取得较大的经济效益的同时,将获得更大的社会综合效益,美观整齐的挡风抑尘墙也可成为一道怡人的风景线。

参考文献:

- [1] 范军领,王伟文,张攀等.防风抑尘网:CN200820232839.8[P][2023-08-09].
- [2] 季雪元.干散货码头堆场静态起尘量计算方法[J].水运工程,2017(3):71-75.
- [3] 王宝章,齐鸣,徐铀等.煤炭装卸堆放起尘规律及煤尘扩散规律的研究[J].武汉水运工程学院学报,1985(04):41-50.
- [4] 张晓强.浅析防风抑尘网在露天储煤场的应用[J].建筑工程技术与设计,2015,000(022):2011-2011.
- [5] 王志斌,何迅,邢军朝,等.防风抑尘网抑尘效果研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(11):8.

作者简介:

杨俊:男,1985年10月,浙江临海,浙江头门港投资开发有限公司,工程技术部副主任,港口航道,浙江省临海市头门港经济开发区北洋九路66号,317015,0576-85171066(固话),18257661088(手机),105791088@qq.com

赵新宇:男,1978年5月,浙江温岭,台州市港航事业发展中心,安全处副处长,港口航道与海岸工程,正高级工程师,浙江省台州市椒江区江滨路46号,318000,联系电话:13566871666, E-mail:zxy_tzgh@126.com

新《海安法》下船舶超等级靠泊码头情形的海事监管及相关建议

方堃 徐群

台州海事局 浙江省台州市 318000

摘要:当前我国部分码头泊位由于建设规划时间早,营运周期长,而船舶逐渐向着大型化发展,因此码头已经无法满足船舶安全靠泊的需要。新《海上交通.5安全法》实施后,从法律层面上为海事对船舶超等级靠泊码头提供了依据,从保障港口水上安全和推动地方港口经济良性发展的角度,海事应当依法加强对船舶超等级靠泊码头行为的监管。

关键词:海上交通安全法;码头;靠泊等级;海事监管

1 前言

党的十八大以来,我国经济的高速发展,总体规模跃居世界前列,水路货运总量也不断增长。据统计,2022年我国港口完成货物吞吐量156.85亿吨,其中沿海吞吐量占64.59%约101.31亿吨,但是沿海港口生产用码头泊位仅有5441个,占全国总数的25.52%,万吨级以上的泊位更是仅有2300个。相对于沿海港口日益增长的吞吐量,码头吞吐能力存在缺口。部分港口为了弥补缺口,采取“大船靠小码头”的生产方式,即超码头等级靠泊。2021年以前,海事日常监管中面对此种情形,无执法依据,无法采取有效的监管措施。新修订的《海上交通安全法》(以下简称新《海安法》)于2021年9月1日生效实施,从法律层面明确了船舶应当在符合安全条件的码头停泊,明确了海事履职的依据和责任。本文通过总结超等级靠泊管理历史沿革,分析依据新《海安法》对超等级靠泊行为的行政处罚案例,针对性的提出规范船舶靠泊码头的建议。

2 船舶超等级靠泊管理的历史沿革

2.1 2006年交通运输部开展港口码头靠泊能力核查管理工作

2006 年，为加强对沿海港口码头靠泊能力核查工作的管理，交通运输部先后印发了《关于加强港口码头靠泊能力核查管理工作的通知》（交水发〔2006〕81 号）和《关于码头靠泊能力核查管理工作的通告》（交通部 2006 年第 5 号），并在后续工作中进一步明确了在确保码头结构和船舶航行安全的前提下，采取“一船一议”的方式进行分析论证，对符合条件的港口码头泊位，允许靠泊超过设计船型船舶。

2.2 出台《沿海码头靠泊能力管理规定》

2014 年，为化解超等级靠泊带来的安全生产隐患，减轻企业经济负担，交通运输部出台了《沿海码头靠泊能力管理规定》，取消了“一船一议”。明确了沿海 25 万吨级及以下的非散装液货码头，在满足一定限定条件下，允许最大载重量超过码头靠泊等级的船舶减载靠泊。港口行政管理部门和海事管理机构按照各自职责履行现场监管。

2.3 《港口经营管理规定》和《中华人民共和国海上交通安全法》修订实施

2021 年 2 月 1 日，第四次修正的《港口经营管理规定》正式实施，此次修正中增加了第二十二條：港口经营人应当按照码头竣工验收确定的泊位性质和功能接靠船舶，不得超过码头靠泊等级接靠船舶，但按照交通运输部的规定接靠满足相关条件的减载船舶除外。同年 9 月 1 日，新《海安法》正式实施，此次修订中新增加了第四十七条：船舶应当在符合安全条件的码头、泊位、装卸站、锚地、安全作业区停泊。船舶停泊不得危及其他船舶、海上设施的安全。船舶进出港口、港外装卸站，应当符合靠泊条件和关于潮汐、气象、海况等航行条件的要求。超长、超高、超宽的船舶或者操纵能力受到限制的船舶进出港口、港外装卸站可能影响海上交通安全的，海事管理机构应当对船舶进出港安全条件进行核查，并可以要求船舶采取加配拖轮、乘潮进港等相应的安全措施。此两项规定为港口行政管理部门和海事管理机构对船舶超等级靠泊进行事中、事后监管提供了法律依据。

2.4 五部门部署推进港口码头改扩建

2023 年 3 月，为更充分发挥已有资源潜力，实现码头靠泊等级、作业效率和安全环保水平的有效提升，交通运输部、国家发展改革委、自然资源部、生态环境部、水利部五部门联合印发《关于加快沿海和内河港口码头改建扩建工作的通知》，明确了重点推进码头等级提升等 4 类项目，并在政策支持、要素保障和码头改扩建程序优化上明确具体保障措施。

纵观交通运输部自 2006 年启动的码头靠泊能力核查工作到 2014 年出台《沿海码头靠泊能力管理规定》，2021 年同年实施新修订的《港口经营管理规定》《海上交通安全法》，再到 2023 年推动五部门出台《等级》，既反映了当前我国港口发展中对码头靠泊能力需求的迫切性，也体现了长期以来交通运输部对码头靠泊能力管理的重视度，更在法律政策层面反映了交通运输部门监管与服务并重的工作理念。

而当前存在的“大船”靠泊“小码头”的情形，在新《海安法》修订实施以前，在法律层面，并未赋予海事部门对该违法行为进行处罚的权力，因此海事监管力度有限。此类情形一方面会损害码头结构缩短码头使用年限，威胁船舶靠泊安全；另一方面不利于鼓励港口企业对改扩建提升码头等级的投入，难以提高我国港口整体竞争力。因此，海事部门依法对船舶超等级靠泊情形监管十分必要。

3 船舶在不符合安全条件的码头停泊行政处罚案件分析

新《海安法》于 2021 年 9 月 1 日生效实施后，全国针对“船舶在不符合安全条件的码头、泊位、装卸站、锚地、安全作业区停泊”的违法行为，共处罚 530 起。以下选取浙江海事局辖区的一起“昌裕 8”轮在不符合安全条件的码头停泊案进行分析：

3.1 基本案情

2022 年 6 月 5 日，某局交管中心值班人员通过监控系统发现“昌*8”轮（1998GT，704KW）于 2022 年 06 月 05 日 0022 时靠泊台州**码头装货。通过比对该码头基础数据和“昌*8”轮基础数据发现：码头靠泊等级为 500 吨级，但该轮载重吨为 2800 吨，该船涉嫌“大船靠小码头”。交管中心值班人员立即将有关情况通报基层执法人员，基层执法人员对“昌*8”轮展开进一步检查，调查取证后发现该轮在不符合安全条件的码头停泊，并将相关相关情况通报当地港航部门。2023 年 6 月 21 日该局以船舶在不符合安全条件的码头、泊位、装卸站、锚地、安全作业区停泊为案由对“昌*8”轮行政处罚完毕。

3.2 案件分析

（1）违法依据：

《中华人民共和国海上交通安全法》第四十七条第一款 船舶应当在符合安全条件的码头、泊位、装卸站、锚地、安全作业区停泊。船舶停泊不得危及其他船舶、海上设施的安全。《港口经营管理规定》第二十二条港口经营人应当按照码头竣工验收确定的泊位性质和功能接靠船舶，不得超过码头靠泊等级接靠船舶，但按照交通运输部的规定接靠满足相关条件的减载船舶除外。《海港总体设计规范 JTS165-2013》：船舶超过码头、泊位或者装卸站靠泊等级停泊是指船舶总吨或载重吨超过码头、泊位或者装卸站靠泊等级最大船型尺度的情形。

(2) 处罚依据：

《中华人民共和国海上交通安全法》第一百零三条第（九）项：船舶在不符合安全条件的码头、泊位、装卸站、锚地、安全作业区停泊，或者停泊危及其他船舶、海上设施的安全，由海事管理机构责令改正，对违法船舶的所有人、经营人或者管理人处二万元以上二十万元以下的罚款，对船长、责任船员处二千元以上二万元以下的罚款，暂扣船员适任证书三个月至十二个月；情节严重的，吊销船长、责任船员的船员适任证书。《港口经营管理规定》第四十二条第三款第（二）项港口经营人未按照码头泊位性质和功能接靠船舶或者超过码头靠泊等级接靠船舶的，但接靠满足相关条件的减载船舶除外，由港口行政管理部门责令改正，并处1万元以上3万元以下罚款。《中华人民共和国海上海事行政处罚规定》第十八条第（九）项：船舶在不符合安全条件的码头、泊位、装卸站、锚地、安全作业区停泊，或者停泊危及其他船舶、海上设施的安全；，由海事管理机构责令改正，对违法船舶的所有人、经营人或者管理人处2万元以上20万元以下的罚款，对船长、责任船员处2000元以上2万元以下的罚款，暂扣船员适任证书3个月至12个月；情节严重的，对违法船舶的所有人、经营人或者管理人处2万元以上20万元以下的罚款，吊销船长、责任船员的船员适任证书；

(3) 证据采集要点

该类案件证据采集的聚焦点在于船舶停靠不符合安全条件的码头、泊位、装卸站的认定，不符合安全条件主要有三种情况：

一是码头、泊位、装卸站未取得港口经营许可证。例如，船舶停泊于还未验收并投入使用的码头、泊位或者装卸站。

二是码头、泊位、装卸站允许装卸的货物与靠泊船舶载运货物不适配。例如，危险品船舶未按规定停泊于非危险品专用码头泊位或者锚地。

三是码头、泊位、装卸站等级低于靠泊船舶等级且无证据表明可减载靠泊。码头靠泊等级是指码头允许接靠满载船舶的吨级。例如，港口经营许可证附页“主要港口设施、设备情况表”中记载码头核定靠泊等级为50000，参照《海港总体设计规范》中设计船型“船舶吨级（DWT）”一栏，可确定码头允许接靠船舶最大载重吨65000吨。同时，船舶检验证书“船舶主要项目”页中“满载排水量”减去“空载排水量”计算值，或入级船舶规范表中“夏季满载载重量”栏记载的数据，即为该船舶满载载重量。

前两项证据采集相对简单，主要是通过查看码头、泊位、装卸站是否取得港口经营许可证、主要用途以及装卸货物种类来认定。

中华人民共和国港口经营许可证

(副本)

证书编号: (浙台)港经证(0183)号

公司名称: 台州市顺港物流有限公司

法定代表人: 王大生

办公地址: 浙江省台州市椒江区彩虹路(椒江区党校门口西侧)

经营地域: 台州港海门港区顺港物流码头1号泊位、2号泊位(调试运行)

有效期至: 2022年9月7日

根据《中华人民共和国港口法》和交通运输部《港口经营管理规定》,经审核,准予从事下列业务:

1. 为船舶提供码头设施
2. 在港区内提供货物装卸服务

发证机关: 台州市港航口岸和渔业管理局

发证日期: 2022年5月25日



中华人民共和国交通运输部 监制

主要设施设备

设施设备名称	能力	数量	变更记录
顺港物流码头1号泊位	3000吨级	1	

监督检查记录

检查时间	检查意见	检查单位	检查人姓名/执法证编号

图1 港口经营许可证中的码头靠泊等级

第三项则需要具体查看港口经营许可证记载的码头核定靠泊等级。同时参考港口行政管理部门等有关部门关于码头靠泊能力的批文,包括港口行政管理部门关于减载靠泊能力的批文。需要注意的是,《沿海码头靠泊能力管理规定》第四条“沿海码头应当按照确定的靠泊等级接靠货运船舶。但符合本规定要求的,可以减载靠泊或清舱移泊。”第十七条第(二)项“减载靠泊,是指依据本规定最大载重量超过码头靠泊等级的船舶在未满载(包括集装箱船未满载箱位)情况下靠泊码头的活动。”该规定允许码头可以通过减载的方式靠泊超过码头靠泊等级的大型船舶。这也就要求海事监管过程中,不能单纯只看一艘船舶的吨级来判断其是否可以靠泊某一码头,还应该同时考虑其实际的载货情况。同时,《沿海码头靠泊能力管理规定》第三条第二款“省级港口行政管理部门负责辖区沿海港口码头靠泊能力核定和监管工作。”第八条“所在地省级港口行政管理部门应组织港口所在地港政、海事、工程设计、引航等单位 and 专家根据以下要求对港口经营人提交的材料进行复核……通过复核的,可允许接靠上浮1个靠泊等级的减载船舶。”第九条“对因港口生产有特殊需要……经复核,可允许接靠上浮2个靠泊等级的减载船舶,并从严控制。”省级港口行政管理部门会统一组织审核码头的减载靠泊材料,对符合条件的会发文认可码头减载靠泊的能力。因此,海事部门可以依据相应的批文,在满足限制条件的情况下,允许超过该码头等级的船舶进行靠泊。在这种情况下,船舶的载重吨会超过码头设计船型对应的吨级,但其实际载重吨一般不超过码头设计等级。

实践中,浙江海事局已在自建海上智控平台系统中录入码头泊位等级数据,通过嵌入算法,智能提示船舶超吨位靠泊告警。

台州严管区	
对象名: 浙 12	MMSI: 4 20
报警时间: 2023-07-03 23:00:00	所属区域: 椒江
超吨位靠泊	船舶载重吨: 5005
	靠泊码头: 台州港海门港区外沙粮食码头
	靠泊泊位: 台州港海门港区外沙粮食码头
	核定靠泊能力: 3000.0
	该船在2023-07-03 22:37时超等级靠泊(码头)

图 2 浙江海事局海上智控平台超吨位靠泊告警

4 相关建议

一是推动港口行政管理部门定期及时公布码头靠泊等级上限值，便于船舶靠泊码头核查。当前各地港口行政管理部门公布码头的经营许可信息周期不一致，时间上存在滞后。且公布的码头为**吨级或**吨级兼靠**吨级，需要进一步查阅《海港总体设计规范 JTS165-2013》才能判断码头可靠泊的最大载重吨。这两方面都给现场监管和船舶自查都带来不便。

二是推动码头主体责任落实。对多数船方来说，核查码头的靠泊等级存在一定困难，无法判断码头泊位能否满足靠泊条件。且《港口经营管理规定》明确港口经营人应当按照港口行政管理部门许可的经营范围从事港口经营活动，应当按照码头竣工验收确定的泊位性质和功能接靠船舶，不得超过码头靠泊等级接靠船舶，但按照交通运输部的规定接靠满足相关条件的减载船舶除外。因此，需要海事部门与港口行政管理部门合力推动码头主动落实主体责任。

三是强化数字化监管。获取港口行政管理部门的码头靠泊等级数据，嵌入国内航行进出港报告系统，在船舶提交报告时，自动校验核准的码头靠泊等级和船舶载重数据，对涉嫌超等级靠泊的进行告警提示，需进一步核查的由码头所在地海事管理机构核查。

5 结束语

法律的生命力在于实施，法律的权威也在于实施。新《海安法》赋予海事新的监管职责，做好码头靠泊能力管理是立足新发展阶段，贯彻新发展理念，服务构建新发展格局，建设交通强国，实现港口高质量发展的必然要求。海事部门应当坚决依法压实监管责任，强化对船舶超等级靠泊码头的检查力度，运用数字化手段强化智能监管，联合港口行政管理部门督促港口经营人落实主体责任，有效遏制相关事故发生，促进港口经济良性竞争，实现港口发展整体高质量提升。

参考文献

- [1]交通运输部综合规划司. 2022 年交通运输行业统计公报. 000019713004/2023-00049.
- [2]交通运输部. 沿海码头靠泊能力管理规定解读. 2014.
- [3]交通运输部水运局. 关于加快沿海和内河港口码头改建扩建工作的通知解读. 2023.
- [4]黄薇, 黄祎, 李国平, 等. 《中华人民共和国海上交通安全法》释义[M]. 中国民主法制出版社, 2022:192.
- [5]张志明, 王海霞, 张保华. 码头靠泊船舶控制参数与确定方法探讨, 水运工程 2011 年 3 月第 3 期.

作者简介

方堃, 工作于台州椒江海事处, 主要从事现场综合执法、值班室管理等工作, 电话 13858601091, 邮箱 591420228@qq.com, 通讯地址: 浙江省台州市椒江区工人西路 1501-20 号。

徐群, 工作于台州椒江海事处, 主要从事海事法制管理工作, 电话 18257642547, 邮箱 994752804@qq.com, 通讯地址: 浙江省台州市椒江区工人西路 1501-20 号。