

基于电池的电动集装箱船在内河应用中的分析

何金宝¹, 李雯²

(1. 江西省港口集团有限公司, 江西南昌 330100; 2. 江西省港航运输有限公司, 江西南昌 330100)

摘要: 电气化船舶对减少污染物排放具有重要意义, 本文分析了随着电池技术领域快速发展及电池成本较低, 对内河船舶领域发展的影响; 探讨了实现集装箱船舶电气化的途径, 为在航运领域实现碳中和构想提供了一些思路; 同时介绍了一型应用于内河的 2000 吨级纯电池电力推进集装箱船的总体设计, 包括该船型的主尺度、总布置、总体性能等, 并对电池电动集装箱船的电池储能系统、智能能效系统进行了分析。

关键词: 集装箱船; 电池技术; 电气化; 总体设计

中图分类号: U674.131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0075—03

据预测, 到 2050 年, 航运排放量将占全球二氧化碳排放量的 17%, 对人类生存环境和身体健康构成重大威胁。面对日益严格的监管环境, 航运业正在竞相寻找可商业部署的低品质燃油零排放替代品。我国内河通航里程 12.7 万公里, 居世界第一, 内河运输船舶 11.95 万艘。研究表明, 相对于低品质燃油, 电化学燃料将使货船的总成本增加 200—600%, 因此降低电池成本是电池电动船的推广应用的关键^[1,2]。

马士基已经在东亚和西非之间运营的集装箱船上开展混合动力电池试验, 一艘全电动集装箱船预计将于 20 年代初在挪威开始自主运营, 同时日本、瑞典和丹麦等也正在开展电动船项目的研发。国内 64TEU 内河绿色智能集装箱船“国创号”2021 年下水, 成为首艘模块化电池动力组, 采用换电模式运营的内河船舶, 是第一艘满足绿色船舶三级认证标准的内河船舶。

然而, 目前对电动集装箱船的系统分析, 除了这些初步试点项目外, 基于电池的电力储能系统推进^[5]作为潜在的低排放替代方案有待进一步充分研究^[3-4]。因此, 本文聚焦于最低电池成本, 分析电池—电动集装箱船的发展, 并以某应用于内河的 2000 吨级纯电池电力推进集装箱船为实例, 给出其总体设计, 以及对电池储能系统、智能能效系统的分析。

1 船用集装箱式电池储能系统分析

电池—电动集装箱运输的关键技术限制是电池系统和电动机的体积相对于船舶现有发动机、燃料储存和机械空间所占据的体积。同时, 在确定船舶电力需求方面, 电池储能系统 BES 自身重量也必须考虑在内。理论上, 可以通过增加吃水来增加其承载能力, 但更高的

吃水会增加船体阻力, 据估算, 5GWh 的磷酸铁锂电池重 20000 吨且会增加 1 米吃水深度, 因此需要更多动力来达到相同航速。船上 BES 系统的体积取决于船舶的功率要求、巡航速度、航程长度、电力效率和电池能量密度。鉴于在电池成本进一步降低之前, 电气化可能仅限于具有更短、更频繁航行、更低功率要求和充电时间限制的小型短程船舶。

2 智能能效系统分析

智能能效管理系统通过在机舱、船体上布置传感器, 采集通航环境监测参数以及主要耗能设备(柴油机、气体机)能源消耗参数等, 结合动力形式、运行工况特点以及运营航段情况等, 通过对船航行状态、耗能状况的在线监测与数据的自动采集, 实现航行状态自动判断、能耗及能量分布分析、能效分析及评估等, 为船舶管理者提供综合评估结果以及辅助决策建议。同时结合货运航线、各航段水文条件、动力系统运行模式以及燃料消耗装置特性等, 实现基于航次计划及经济效益下的航速优化。

(1) 能效在线监控功能: ①主要耗能设备的功率、压力、温度等参数; ②通过流量计电能表等监测主要耗能设备燃料和电能消耗参数; ③监测推进功率参数; ④ GPS 及计程仪监测船速、对水速度以及航向等; ⑤测深仪监测水深; ⑥液位计监测船舶吃水。

(2) 能效能耗计算及评估: ①船舶能效营运指数 (EEOI); ②单位距离燃料消耗; ③单位运输功燃料消耗; ④单位距离 CO₂ 排放; ⑤单位运输量 CO₂ 排放; ⑥燃料小时消耗量; ⑦燃料日消耗量; ⑧燃料航次(航段)消耗量等。

(3) 从推进系统、电力系统等方面对整船的能量消耗分布和能量利用率进行计算, 包括: ①初级能源消耗分布; ②能量损失分布; ③能量利用率。

(4) 航速优化功能主要包括: ①计算已航行距离、已航行时间, 预报剩余航程、预计到港时间; ②计算当前航速下燃油消耗率、剩余航程所需燃料量等; ③评估航速影响因素及其相关关系; ④提供船舶营运费用核算功能; ⑤基于经济效益、航次计划和燃油消耗, 提供航速优化建议和方案。

3 电动船舶成本分析

通过计算每公里航程长度的行驶总成本 (TCP) 来测试电池电动集装箱船的经济可行性。研究表明, 对于航程小于 1000 公里 8000 标准箱的船级, 电池电动船的 TCP 低于现有 ICE 船, 在更长航程中, 电池系统的额外成本、增加的电力需求和充电基础设施超过了燃料转换所节省的成本和直接电气化的效率提升。但是, 如果考虑到环境成本, 电池驱动船的成本在 5000 公里航程均处于优势。然而, 尽管这些大航程更具有成本效益, 但电池重量会使船舶吃水超出安全运行参数, 因此在船舶设计没有实质性改变的情况下, 大航程船舶不太可能成为完全电气化的最合适选择, 而运行在内河航线的中小型船舶更具优势。

4 一型电动船的总体设计案例分析

本节以航行于内河 B 级航区的某纯电池电力推进集装箱船为例, 给出已应用的纯电池电动船的总体设计方案。该船为了响应国家节能减排及碳中和的号召, 设计了 4 个集装箱式电池作为推进动力及全船电源。考虑了内河支线航道航速很低, 主机的负荷率极低, 为了解决主机在低负荷下的耗能高的问题, 设置变频电力推进, 在船舶航行于限制航道的时候使用。

4.1 主要尺度

表 1 船舶主要技术参数

名称	参数	名称	参数	名称	参数
最大船长 LE	72 m	吃水 d	3.20 m	满载排水量 Δ	~2620t
总长 Loa	71.68 m	水线长 Lwl	71.06 m	集装箱数	实箱 96 只
型宽 B	13.5 m	梁拱 f	0.15m	连续航行时间	8h
型深 D	4.2 m	肋距 s	0.5m	磷酸铁锂电池额定容量	1600KWh
垂线间长 Lpp	69.55 m	梁拱 f	0.15m	推进电机	330kW×2 台
最大船宽 Bmax	13.8m	定员	5 人	设计航速 V	~14km/h

表 1 为该船的主要技术参数。该船为 2000 吨级纯电池电力推进集装箱船, 其推进及电源系统采用 2 台 330kW 的电力直驱全回转对转舵桨, 额定转速为

1500r/min。采用 4 个集装箱磷酸铁锂电池, 额定容量 1680KWh。其航速和续航力在吃水 3.2m 状态下, 在两台对转舵桨各获得 350 kW 功率下, 设计航速 ~14km/h, 满载排水量 2620 吨。在不更换箱式电池的情况下, 连续续航时间 8 小时。载重量上, 该船用于装载 20 英尺的标准集装箱, 设计最大箱数为 96 标准箱 +4 电池标准箱。

4.2 总体布置

该船为集装箱电池驱动对转舵桨推进、钢质全焊接、单甲板、尾机型、首甲板室, 采用二台 CRP350 对转舵桨为主动力的集装箱。该船货舱区为纵骨架式、双底双舷侧、长大舱口结构, 设置有抗扭箱。首/尾部及机舱区为横骨架式、单底、单舷侧结构。总体布置示意图如图 1 所示。

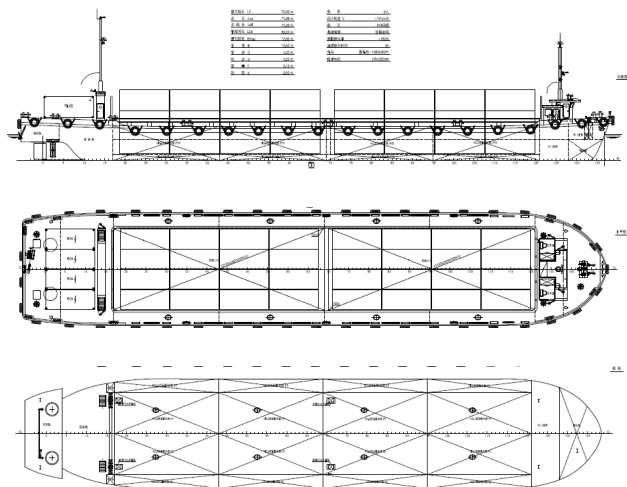


图 1 2000 吨级纯电池电力推进集装箱船总布置示意图

5 结论

本文分析了船用集装箱式电池储能系统、智能能效系统、船舶成本分析等, 并通过某纯电集装箱船案例分析, 确定了由可再生电力驱动的电驱动船舶为减少内河航线的航运排放提供的应用可行性。同时, 快速改进电池技术可能使直接电气化在航运业脱碳方面发挥关键作用, 尽管直接电气化已成为零排放航运技术上可行且具有成本效益的途径, 但成熟的应用和推广仍需解决若干挑战。

参考文献:

[1] 吕明杰, 岂兴明, 尹航, 江楠, 金英爱. 浅析内河纯电动船舶发展现状 [J], 船电技术. 2022,42(01): 28-31.

太湖主要入湖河道船舶水污染影响及防治对策

王霞^{1,2}, 曹亚丽^{1,2}, 侯克锁², 黎鹏¹

(1. 华设计集团环境科技有限公司, 江苏南京 210014; 2. 江苏省交通运输环境保护工程技术中心, 江苏南京 210014)

摘要: 文章以江苏省太湖主要通航入湖河道为研究对象, 基于江苏省水上交通安全监测预警(VITS)系统和船舶名录分析河道航运现状, 计算船舶水污染负荷及对河道污染的影响贡献, 在此基础上提出太湖主要入湖河流船舶水污染管控策略。

关键词: 太湖流域; 入湖河道; 船舶; 水污染

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0077—03

太湖流域是长江中下游 7 个湖泊集中区之一, 流域出入湖河道共计 215 条, 其中江苏省内主要入湖河流共计 15 条。研究表明, 河道污染物输入是太湖主要的外源污染^[1], 而主要入湖河流高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷等污染物入湖总量均占河流入湖总量的 90% 以上^[2]。另一方面, 内河水运历来是太湖流域的重要运输方式, 在促进区域经济发展的同时, 也带来了水环境污染问题。然而当前针对太湖主要入湖河道污染物的研究主要集中在河道历年水质变化趋势^[3]、入湖污染物通量^[2,4]、入湖污染物输移速率^[5]、河流沉积物影响^[6]、外源污染负荷^[7]等方面, 未见针对船舶航运对太湖主要入湖河道污染影响的相关研究。

基于上述, 本文以江苏省太湖主要通航入湖河道为研究对象, 计算船舶主要水污染负荷及对影响贡献, 在此基础上提出太湖主要入湖河道船舶水污染管控策略, 为太湖入湖河流船舶污染控制提供技术支撑。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究范围

江苏省内太湖主要入湖河道共计 15 条, 本文以通航等级航道为研究范围(图 1), 以进入河道航行的船舶为研究对象。

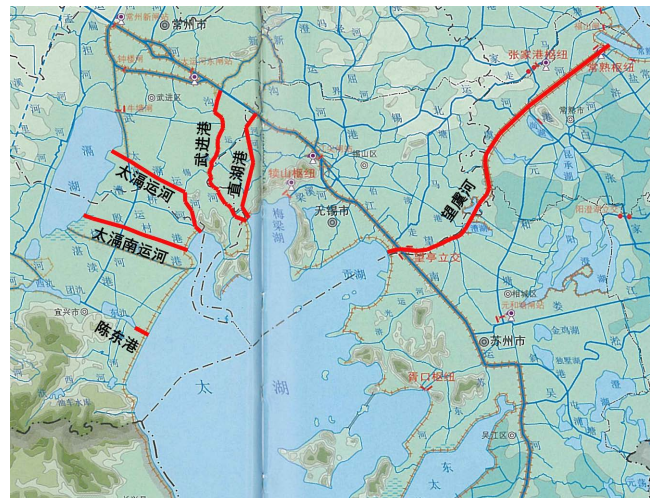


图 1 研究范围示意图

1.2 船舶主要水污染负荷计算方法

当前, 江苏省内河船舶基本做到不向内河水域排放船舶固体垃圾, 本文仅针对船舶产生的油污水和生活污水进行船舶污染负荷计算。

1.2.1 生活污水、油污水产生量

船舶生活污水与油污水产生量依照《港口和船舶污染物接收转运及处置设施建设方案编制指南》计算, 具体计算见公式(1):

$$W_i = \sum t \times q_i \times (GT, r) \quad (1)$$

[2] 杨侃. 苏北运河推广应用电动船的基础条件和实现路径[J], 世界海运. 2022,45(05), 6-11.

[3] 张文芬, 汤旭晶, 严新平, 史旭初. 船用模块化集装箱式动力电池的运营模式设计[J], 中国水运. 2021,(10): 6-9.

[4] 朱维平. 内河 500 吨位新能源纯电动船舶经济效益评

价[J], 交通企业管理, 2018, 33(03): 72-74.

[5] 张泽辉, 高海波, 陈辉, 林治国, 宫文峰. 基于复合电源的电动船能量管理策略[J], 中国航海. 2018,41(03): 16-20.