

# 集装箱定制航线新能源电动船舶的研发

董帮友<sup>1</sup>, 韦燕青<sup>2</sup>, 王其端<sup>3</sup>, 张文付<sup>4</sup>, 许强<sup>5</sup>

- 安徽省交通运输综合执法监督局, 水路执法处, 安徽合肥 230002
- 安徽船途数字科技有限公司, 安徽芜湖 241006
- 安徽省皖江船舶检验局, 安徽芜湖 241000
- 安徽港航物流有限公司, 安徽合肥 230000
- 安徽港航物流有限公司, 安徽合肥 230000

**摘要 :** 本文概述了集装箱定制航线新能源电动船舶研究项目的工程项目情况、项目意义、项目实施情况、经济与社会效益。项目旨在响应国家关于“碳达峰、碳中和”的政策, 推进清洁能源应用, 促进内河航运绿色低碳可持续发展, 探索合肥-芜湖航线新能源电动船舶在集装箱定制航线的应用, 优化航线布局。研究和开发高效、环保的电动船舶技术, 报告分析了“港航船途01轮”设计、建造、运营情况, 说明了“港航船途01轮”船体结构和机舱布置优化等方面的研究创新和船体的系统组成。并就电动船舶与同等规格传统燃油集装箱运输船舶做出对比, 进行经济效益和社会效益综合评价。计划探索零碳示范航线的应用, 以降低船舶运输对环境的影响。未来, 团队将加大对电动船舶技术的探索和研究, 加强相关科研投入, 力争获得一批科研成果, 为船舶运输行业的绿色发展做出贡献。

**关键词 :** 电动船舶; 可持续发展; 示范航线; 船舶运输

## Research and Development of New Energy Electric Ships for Customized Container Routes

Dong Bangyou<sup>1</sup>, Wei Yanqing<sup>2</sup>, Wang Qiduan<sup>3</sup>, Zhang Wenfu<sup>4</sup>, Xu Qiang<sup>5</sup>

- Anhui Provincial Transportation Comprehensive Law Enforcement Supervision Bureau, Waterway Law Enforcement Department, Hefei, Anhui 230002
- Anhui Chuantu Digital Technology Co., Ltd., Wuhu, Anhui 241006
- Anhui Province Wanjiang Ship Inspection Bureau, Wuhu, Anhui 241000
- Anhui Port and Shipping Logistics Co., Ltd., Hefei, Anhui 230000
- Anhui Port and Shipping Logistics Co., Ltd., Hefei, Anhui 230000

**Abstract :** This article provides an overview of the engineering project, significance, implementation status, economic and social benefits of the research project on new energy electric ships for customized container shipping routes. The project aims to respond to the national policy of "carbon peak and carbon neutrality", promote the application of clean energy, promote the green and sustainable development of inland waterway shipping, explore the application of new energy electric ships on the Hefei Wuhu route in container customization routes, and optimize the route layout. Research and development of efficient and environmentally friendly electric ship technology, the report analyzes the design, construction, and operation of "Port and Shipping Ship Route 01", and explains the research innovation and system composition of the ship's hull structure and engine room layout optimization. And make a comparison between electric ships and traditional fuel container transport ships of the same specifications, and conduct a comprehensive evaluation of economic and social benefits. We plan to explore the application of zero carbon demonstration routes to reduce the environmental impact of ship transportation. In the future, the team will increase exploration and research and development of electric ship technology, strengthen relevant scientific research investment, and strive to obtain a batch of scientific research results, making contributions to the green development of the shipping industry.

**Key words :** electric ships; sustainable development; demonstration route; ship transportation

## 引言

随着全球化贸易的不断扩展和环境保护意识的提升, 航运业面临着前所未有的挑战与机遇。传统的以燃油为动力的船舶运输对环境造成了严重的污染。因此, 开发新型的环保、高效的船舶运输方式已成为航运业的重要研究方向。新能源电动船舶作为替代传统燃油船舶的一种可行方案, 因其零排放、低噪音和高效率的特点, 越来越受到全球航运业的关注。

中国作为一个拥有众多内陆河流和湖泊的国家, 内河航运在国民经济中占有重要地位。合肥-芜湖航线作为长江流域重要的内河集装箱运输线路, 然而, 目前该航线上的船舶多为传统燃油动力, 存在能耗高、污染重等问题, 亟需通过技术创新来提升航运的绿色化水平。

## 一、工程项目情况

### （一）项目背景

本项目为安徽省港航集团有限公司所属企业安徽港航物流有限公司（以下简称“港航物流公司”）联合安徽船途数字科技有限公司及上海交通大学、武汉理工大学等科研院所，开展研发攻关；项目在船体结构和机舱布置优化等方面研究创新，进一步减轻船体总重，提升能效，增加船舶运载量，控制污染物排放。项目计划完成纯电集装箱船舶“港航船途01轮”建造运营，于2022年1月份开工建造；船舶电力推进系统以及箱式移动电源采用无锡赛思亿电气科技有限公司和宁德时代新能源科技股份有限公司联合提供的技术方案，为保证船舶安全性，箱式移动电源和核心电控设备通过 CCS 船检取证，船舶主体于2022年7月份建造完成，8月份进入主要设备整体调试，9月19日取得船舶试航证书，并一次性试航成功，10月份顺利交付。并在港航物流公司开通的“港航巴士”航线投入运营。（“港航巴士”水上航运业务板块，在全省运营集装箱运输航线，按照定港口、定航线、定班期、定运时、定船舶的五定班轮模式运营）

自2022年11月“港航船途01轮”开展测试，2023年2月正式投入运营，截止到2023年12月底，共运营138个单边航次，船舶航行公里数共计为20010公里，累计装载箱量12795标箱，共计耗电量为21.38万kW·h，类比同等装载能力船舶，二氧化碳排放量减少约246.7吨，有效解决传统内河货运船舶运输过程中化石燃料消耗和碳排放的问题，助力打造高品质“零碳示范航线”。

### （二）项目意义

为贯彻落实党的二十大《交通强国建设纲要》、国务院印发《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》及《国家综合立体交通网规划纲要》和交通运输部印发《内河航运发展纲要》，合肥芜湖新能源电力集装箱船舶运输的可行性研究，有利于推动电力船舶投入营运，有利于促进航运业走绿色化、智能化发展道路，有利于服务构建新发展格局、优化港口功能布局，还有利于打造芜湖枢纽港、建设合肥江淮航运中心。

合肥芜湖新能源集装箱船示范航线的开辟，有利于芜湖港和合肥港的发展，符合芜湖港和合肥港的发展规划要求，同时对安徽省物流服务水平、经济和社会发展、绿色可持续发展具有重要意义。

## 二、工程项目实施情况

### （一）总体概述

本项目为一艘纯电动集装箱船舶，针对电动船舶特点，采取以下优化设计：内河大开口敞口集装箱船结构设计；机舱结构布置优化设计（根据电动船的特点而特别设计）；船用压载 PE 管运用（轻量化船体重量）；尾部线型和尾轴管综合设计（提高船舶推进效率）。船体采用圆艏，垂直艉、外旋双尾鳍、宽扁肥大型线型，进一步简化船舱结构，对船体进行针对性优化设计，船体总重由430t减少至385t，较常规船型提升5%能效，增加10%的运载量。首部设有升高甲板，并设有驾驶室及居住舱室，主船体和

甲板室采用钢质全焊接结构，货舱采取双底、双舷结构；双轴、双桨、双舵，同时首桅杆为可倒桅杆，尾桅杆为可拆卸桅杆，压载水线以上的净空高低于7米。

### （二）船体建造情况

本项目采用分段建造方式，货舱区域分段：采用以双层底、边舱为单元分别建造；建造方法为先将纵桁及肋板等构件进行预制，同时分别以内底板、舷侧外板、甲板板为基面（反造）上胎架，然后将成型构件按照分段安装工艺要求分别安装到上胎板基面上；待双层底分段外板片吊装，再将双层底翻身与边舱进行中组，形成环型分段；货舱区域分段在安装横舱壁分段时，采用精度造船工艺，控制船舶半宽尺度。机舱、艏、上层建筑分段：以甲板或平台为底反造；主机机座和机舱分段是连体结构，分段建造时要严格控制该分段的主要尺度，以保证分段定位合拢时轴线的精度要求。

船体分段的建造必须强化以“中间产品为导向”的模式，以船体分段为基础，尽可能地把相关的舾装件和管系，诸如人孔盖、放水塞、直梯、舱界标志、深舱标志、肋位标志、管子附件，各类吊梁、电缆托架等等在分段中装焊并完成涂装工作。分段建造时，要严格按照工艺上规定和要求划出诸项安装和定位对合线、基准线，检验线并用洋冲敲上明显的印痕。分段的合拢口处需设置必要临时加强（除有强构件的地方外）。施工难点：首部舷侧分段下口线型变化大，与内底合拢时难度大。为了便于分段大合拢，分段在建造时，必需做好横向临时加强，并在外板上焊好假平台板和支撑圆管以用于分段合拢时支撑。

### （三）船体系统组成及性能

本船配置2套箱式电源作为全船的供电电源，箱式电源各配置1540kW·h的储能电池，通过DCDC变换器连接到直流电网，向全船供电。直流电网上配置2台推进逆变器驱动120kW主推进电机，并配置2台逆变电源通过输出隔离变压器和交流配电板，为船舶交流日用负荷提供高品质的AC400V交流电。船舶在靠泊码头的情况下，可以通过岸电开关，通过两台逆变电源反向整流，为箱式电源进行临时充电。本船电力推进系统由箱式电源系统、直流配电板、推进电机、变压器、自动化系统等几部分组成。其中，电池系统为箱式电源型式，提供本船推进和日用供电，配电完成全船的供配电，推进系统直接负责本船的动力。本系统左右舷两条推进支路完全独立，推进电机由推进逆变器驱动，当一套推进支路发生故障时，余下一套推进支路仍以正常运行。箱式电源通过直流配电板向全船供电，母线电压DC750V。全船日用负荷由电源逆变器提供交流电，交流配电采用分区供电的方式。

## 三、研发成果指标情况

### （一）航速指标

设计指标：本船在3.4m设计吃水时，推进电机功率（2×100kW）下，光洁船身，蒲氏风不大于3级，浪高不大于2级，深静水试航速度约12.0 km/h。

实际指标：本船在3.4m设计吃水时，推进电机功率（ $2 \times 100\text{kW}$ ）下，光洁船身，蒲氏风不大于3级，浪高不大于2级，深静水试航速度约13.2 km/h。结论：满足设计指标。

### （二）续航力指标

设计指标：本船续航力140公里（巡航速度12.0 km/h时），满载装载淡水~6.5吨。

实际指标：本船续航力155公里（巡航速度12.0 km/h时），满载装载淡水~6.5吨。

结论：满足设计指标。

## 四、项目综合评价

### （一）经济效益分析

安徽省具有通江达海的区位优势，合肥至芜湖集装箱航线的开辟，能够进一步推动集装箱运输一体化，构建集装箱快速转运通道，同时加速将芜湖打造成长江下游集装箱转运中心，助力芜湖提升城市能级、闯出港通天下的开放发展新路。

集装箱水路运输同铁路运输和公路运输相比，具有明显的成本优势，三者单位运价比大约为1:2:6，合肥至芜湖水路距离145km，铁路距离180km，公路距离140km，假设发车地到装船港口（火车站）的公路短驳距离和卸船港口（火车站）到中转库或经销商处的公路短驳距离均10km，综上，合肥至芜湖水路、铁路和公路运输价格之比约为1:2:4，水路运输具有明显优势。同时，使用新能源集装箱船舶，将大大降低运输燃油成本。

### （二）社会效益分析

2023年根据合肥-芜湖航线“港航船途01轮”实际运营情况，安徽港航物流公司联系中国船级质量认证有限公司安徽分公司对“港航船途01轮”进行节能降碳评估。单船的年节能量为71.309tce/a，年二氧化碳减排量为107.943tCO<sub>2</sub>/a。

根据合肥-芜湖传统燃油船舶在运输过程中不可避免的产生污染物的排放，经计算，每消耗1m<sup>3</sup>的柴油排放的主要大气污染物总量：氮氧化物（以NO<sub>2</sub>计）8.57kg、二氧化硫10.0kg、烟尘1.80kg。采用新能源电动船舶，可有效减少污染物排放量。根据“合肥-芜湖”航线运营情况测算，每艘电动船舶的应用，全年可以有效减少氮氧化物（以NO<sub>2</sub>计）排放1122.78t，有效减少二氧化硫排放1310.13t，有效减少烟尘排放235.82t，在减少碳排

放的同时，项目对于安徽省推进绿色航运发展、探索实现碳达峰碳中和具有重要战略意义。（测算方法：合肥-芜湖航线单边航程为145公里，按照同类型船舶油耗4吨/千公里计算，“港航船途01轮”按平均每月16个单边航次计算）出于环境保护等原因，船舶新能源化势在必行，新能源集装箱航线的开辟十分必要。合肥芜湖新能源集装箱船示范航线的开辟，对于安徽省推进绿色航运发展和船舶节能减排、减少船舶大气污染物排放以及环境保护具有重要意义。

### （三）获得的知识产权情况

本项目组团队在项目实施过程中，积极挖掘，深入思考，申报的知识产权已有14项，具体见下表：

“港航船途01”轮获得的知识产权情况

序号	申请类型	发明创造名称	申请号
1	发明	一种船舶集装箱移动电源轻量化支撑结构	202310231597X
2	发明	一种高强度轻量化船舶货舱结构	202310231646X
3	发明	一种用于新能源船舶的智能型全船监控系统	2023102316351
4	发明	一种船载交互终端及交互方法	2021105892096
5	发明	一种船舶用岸电充电桩	2021105892166
6	实用新型	船用布风器	2022234841185
7	实用新型	一种具有减震功能的船用窗体结构	2022234841838
8	实用新型	船舶用防火门结构	2013200545192
9	实用新型	具有避震防撞结构的可调节集装箱	2023201010772
10	实用新型	防撞击缓冲护舷结构	2023201010556
11	实用新型	同轴多旋体导向护舷	2023201010537
12	实用新型	一种低阻船体专用的集装箱式电源	2023202769183
13	实用新型	一种纯电动船舶船载式充电装置	2023202769291
14	实用新型	一种结构轻量化设计的低阻船体	2023202769408

## 五、结束语

本文详细介绍了新能源电动船舶“港航船途01轮”的项目背景、项目意义、相关技术参数、预期性能以及对环境影响的评估。期望能够为内河航运提供一种可行的绿色解决方案，并为我国新能源电动船舶的发展贡献理论和实践基础。