



上海海事大学  
中国（上海）自贸区供应链研究院



ENERGY FOUNDATION  
能源基金会

# 长三角电动船充换电基础设施发展 关键问题研究

上海海事大学中国（上海）自贸区供应链研究院

2024.1.5

## 致谢

本研究由上海海事大学中国（上海）自贸区供应链研究院统筹撰写，由能源基金会提供资金支持。在本项目研究过程中，研究团队得到了上海组合港管委会办公室等部门的大力支持，在此向他们表示诚挚感谢。

## 免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。
- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

## Disclaimer

- Unless otherwise specified, the views expressed in this report are those of the authors and do not necessarily represent the views of Energy Foundation China. Energy Foundation China does not guarantee the accuracy of the information and data included in this report and will not be responsible for any liabilities resulting from or related to using this report by any third party.
- The mention of specific companies, products and services does not imply that they are endorsed or recommended by Energy Foundation China in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

# 目 录

第一章 项目背景与意义.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究意义.....	5
1.3 研究范围界定.....	6
第二章 内河电动船舶经济效益分析.....	8
2.1 电动客船经济效益分析.....	8
2.2 电动集装箱船经济效益分析——以“港航船途 01”为例.....	11
2.3 电动公务船船经济效益分析.....	12
2.4 分析结论.....	13
第三章 长三角内河船舶电动化前景与成本投入分析.....	15
3.1 分析思路和依据.....	15
3.2 长三角内河船舶电动化发展前景预测——基于不同政策环境.....	30
3.3 分析结论.....	48
第四章 长三角内河电动船舶与充换电基础设施现状梳理.....	50
4.1 长三角内河电动船统计情况.....	50
4.2 长三角内河电动船舶充换电技术情况.....	53
4.3 长三角内河电动船舶充换电设施统计.....	59
4.4 分析结论.....	61
第五章 长三角内河电动船舶充电、换电设施需求分析.....	63
5.1 整体思路.....	63

5.2 不同船型对充换电设施的需求特征 .....	63
5.3 电动客船充电设施需求测算 .....	64
5.4 电动公务船充电设施需求测算 .....	70
5.5 电动集装箱船换电设施测算 .....	74
5.6 分析结论 .....	81
<b>第六章 长三角内河充换电配套基础设施发展关键问题分析.....</b>	<b>82</b>
6.1 标准规范方面 .....	82
6.2 运营管理方面 .....	88
6.3 支持政策方面 .....	91
6.4 资源保障方面 .....	95
6.5 关键问题推进解决主体 .....	98
<b>第七章 电动汽车配套基础设施发展过程的经验借鉴 .....</b>	<b>101</b>
7.1 电动汽车充换电配套基础设施发展现状 .....	101
7.2 电动车配套基础设施发展的经验借鉴 .....	104
<b>第八章 发展目标与思路 .....</b>	<b>109</b>
8.1 发展目标 .....	109
8.2 基本思路 .....	110
<b>第九章 对策建议 .....</b>	<b>112</b>
9.1 建立并完善内河电动船舶充电、换电标准规范 .....	112
9.2 强化充电、换电设施建设运营激励手段应用 .....	116
9.3 优化我国内河电动船发展政策环境 .....	120

附表：长三角三省一市内河电动船及配套设施数量（2025~2035） .....125

# 第一章 项目背景与意义

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 契合我国“双碳”战略要求

由温室气体排放引起的气候变化问题已成为全球共同面对的重大挑战之一。世界经济论坛( World Economic Forum )报告提出,从长期风险角度来看,未来十年的全球五大风险全部与环境相关,其中“气候变化缓和与调整措施失败”位列首位<sup>1</sup>。凝聚全球力量,共同应对气候变化带来的长期影响已刻不容缓。

联合国报告显示,化石燃料是迄今为止造成全球气候变化的最主要原因,占全球温室气体排放的 75%以上,占有所有二氧化碳排放的近 90%。减少化石燃料使用,增加可再生能源的利用,降低碳排放,是全球各国应对气候变化的共识之一。我国已将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局,以降碳为重点战略方向,推动减污降碳协同增效。

世界银行数据显示,交通运输业产生的二氧化碳约占全球燃料燃烧所排放二氧化碳的 23%。我国交通运输领域石油消耗量达 2.56 亿吨,约占一次能源消费总量的 57%,增幅和增速远超其他行业。交通运输业已成为三大碳排放来源之一,占比 11%,是温室气体和大气污染物排放的重点领域<sup>2</sup>。与公路、铁路和航空相比,水路运输温室气体排放强度最低(船舶 2g CO<sub>2</sub>/t·km、航空 1700 g CO<sub>2</sub>/t·km、道路运输 20-300g CO<sub>2</sub>/t·km)<sup>3</sup>,但增长快,同时承担了“公转水”运输量,排放量较为可观。据 2019 年数据,我国水运碳排放量占交通领域碳排放的 6.47%<sup>4</sup>。此外,内河航运中小型船舶占比高,航运企业多且规模小,减碳减排难度大。

---

<sup>1</sup> The Global Risks Report 2020, World Economic Forum, 2020

<sup>2</sup> 宇恒可持续交通研究中心,能源基金会,城市交通大气污染物与温室气体协同控制技术指南 2.0 版报告, 2021

<sup>3</sup> 刘功臣,赵芳敏,《低碳交通》,中国环境出版社, 2015

<sup>4</sup> 李晓易,谭晓雨等,交通运输领域碳达峰、碳中和路径研究.中国工程科学,2021,23(6):15-21.

据交通运输部《内河航运发展纲要》，我国 2035 年和 2050 年现代化内河千吨级航道将达  $2.5 \times 10^4$  km，内河货物周转量占全社会比重达 9%。可以预期，我国内河航运将会稳步发展，内河船舶电动化对我国交通运输行业减排降碳具有积极的促进作用。

### 1.1.2 内河航运本身高质量发展的要求

近年来，我国密集出台政策，支持内河航运发展。2021 年 11 月，国务院印发《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》提出要加快大宗货物和中长途货物运输“公转铁”、“公转水”，大力发展公铁、铁水多式联运。同年 12 月，国务院印发了《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》。交通运输部《绿色交通“十四五”发展规划》和《水运“十四五”发展规划》明确“十四五”时期新增及改善内河航道里程 5000km，内河高等级航道里程到 2025 年将达到  $1.85 \times 10^4$ km，即到 2025 年将新增国家高等级航道 2500km，营运船舶单位运输周转量 CO<sub>2</sub> 排放较 2020 年下降 3.5% 等。此外，上海、江苏、浙江、安徽等地也不断加大内河航道建设力度，拓展内河航道通航里程，加大航道网密度。

伴随着我国内河航道条件的不断改善，我国内河船舶在大型化、标准化发展方面成效显著，但在绿色化、智能化等方面与绿色低碳发展要求仍有差距。纯电动船舶可实现使用过程零排放，同时兼具推进结构简单、推进效率高、使用成本低、易于实现智能化控制等优势，是内河船舶智能化、绿色化发展的必然产物。

受到良好的市场前景吸引，我国电动船舶发展迅速，产业创新要素集聚。中央和地方政府分别出台举措，支持电动船舶发展。从国家层面来看，交通运输部联合多部委印发《关于推进长江航运高质量发展的意见》，提出长江航运发展应坚持生态优先、绿色发展，走低碳、循环、可持续发展之路，到 2025 年，基本建立发展绿色化、设施网络化、船舶标准化、服务品质化、治理现代化的长江航运高质量发展体系，到 2035 年，建成长江航运高质量发展体系。2022 年



9月，工业和信息化部等五部委《关于加快内河船舶绿色智能发展的实施意见》提出，加快发展电池动力船舶，重点推动纯电池动力技术在中短途内河货船、滨江游船及库湖区船舶等应用。意见提出以货船为试点，开展标准化箱式电源换电技术研究与应用。2022年11月10日，生态环境部等15部门联合印发《深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战行动方案》，包括《重污染天气消除攻坚行动方案》《臭氧污染防治攻坚行动方案》《柴油货车污染治理攻坚行动方案》3个行动方案，其中，《柴油货车污染治理攻坚行动方案》“非道路移动源综合治理行动”提出，提高轮渡船、短途旅游船、港作船等使用新能源和清洁能源比例，研究推动长江干线船舶电动化示范。2023年4月7日，交通运输部长江航务管理局针对《合力推进“电化长江”总体工作方案》征求意见，提出以公务船艇、中短途客船及货运船舶等为重点，在充分试点示范的基础上逐步推广锂电池、燃料电池、甲醇等新能源技术的应用，积极支持配套基础设施建设、新技术应用和产业布局调整。

从地方层面来看，2023年，江苏出台《江苏省新能源船舶产业高质量发展三年行动方案（2023-2025年）》，支持电动集装箱等船型发展。江苏省无锡市提出“电化运河”倡议，推进大运河绿色智能航运产业发展。浙江省从2019年开始，开展包括船舶电池动力系统在内的节能环保产业等重点领域提升发展工作，对入围的市县给予500—2000万元的财政专项激励，并将船用高荷电蓄电池组纳入《浙江省高端装备制造业发展重点领域》目录，对企业符合条件的船舶电池动力系统关键核心技术攻关项目，经竞争性立项，通过省科技重大专项给予支持。2022年4月，福建省工业和信息化厅和福建省财政厅印发实施《2022年福建省电动船舶产业发展试点示范实施方案》，其中明确推进内湖、江河、沿海船舶电动化，对福建省电动船舶制造企业，在电动船舶交付且运行一定里程后，按交付船舶（含新建和改造）电池动力推进系统价格的40%给予补助，其中省级首批次示范项目按60%给予补助，单船补助不超过1500万元。2022年7月，上海印发了《上海市交通节能减排专项扶持资金管理办法》，其

中明确对于电动船舶项目，按照船舶动力系统成本（包括电池及电力推进系统）的 30% 予以补贴，其中营运客船给予 40% 的补贴，单船最高补贴额度不超过 500 万元。2023 年，《上海市 2023 年碳达峰碳中和及节能减排重点工作安排》中提到，新增和更新的苏州河游船、黄浦江游览船、轮渡客轮、公务用船全部采用纯电动船舶。2023 年，湖北省印发《湖北省支持绿色智能船舶产业发展试点示范若干措施》，落实湖北省推动绿色智能船舶产业发展试点示范有关方案，支持液化天然气（LNG）、电池、甲醇、氢燃料、混合动力等绿色动力船舶和智能船舶的研发、设计、制造、应用及配套，加快湖北省内江、河、湖、库绿色智能船舶试点示范项目建设，支持充（换）电配套基础设施、绿色航运综合服务区等配套基础设施建设或升级改造。

实践表明，电动船舶符合我国内河船舶装备绿色化、智能化发展方向，是实现我国内河航运和船舶智能装备产业链高质量发展的有效路径。

### 1.1.3 电动船舶适合内河航运场景

我国内河船舶数量多，船型和船队规模多样。近年来，学术界与产业界围绕液化天然气(LNG)、甲醇、氢、锂电池等清洁能源开展了系列内河航运的应用研究和工程实践。比较来看，从 LNG 作为内河船用燃料角度而言，根据 LNG 气体燃料发动机类型的不同，温室气体减排潜力仅为 10%-23%，而其主要构成甲烷本身也是温室气体，且其温室效应是二氧化碳的 28 倍<sup>5</sup>，使用过程中出现的甲烷逃逸将进一步降低 LNG 的减碳效果，无法实现零碳排放。甲醇燃料可实现温室气体减排约 6%-10%，然而，受甲醇价格、燃料舱舱容、加注基础设施等因素的影响，船用甲醇燃料供应系统、船用甲醇发动机目前海船应用较多，少见内河船舶应用。氢的生产成本主要取决于制取方法，根据美国能源信息署（EIA）2019 年统计数据，中国电网电解水制氢成本最高约 5.5 美元/公斤，煤制氢成本最低约 1 美元/公斤。未来要实现全生命周期的零排放，制氢途径要从

---

<sup>5</sup> 数据来源：北京绿色金融与可持续发展研究院。

化石能源转向可再生能源。此外，与液氢相比，液氨体积能量密度具有明显优势，且储存及供应相对容易，是较为理想的能量载体，适用于续航里程较长的船舶。

相比而言，基于锂电池的船舶动力方案，经过近十年的发展，在内河航运领域展现出一定的技术优势、环境优势与成本可行性，并初步具备了产业化的条件。受益于我国电动汽车产业的发展，近几年我国船用动力锂电池技术发展迅速，锂电池的成本价格在过去十年中降幅达 80%以上，动力电池的经济性不断提高。同时，由于内河生态系统较为复杂，污染负荷较低，而内河电动船舶对环境污染极低，对保护内河水资源与生态资源具有积极意义。此外，电动船舶结构简单、传动部件少、工作可靠，运营成本相对较低，更适于内河航运。

## 1.2 研究意义

作为世界航运大国，我国内河船舶数量 10.9 万艘<sup>6</sup>，在船舶减排治理中发挥重要作用。长三角三省一市共拥有内河货运船舶 6.0 万艘，长三角水路货运量、货物周转量分别约占全国的 53.2%和 47.1%<sup>7</sup>，长三角内河船舶电动化将对我国内河航运减排起到关键示范作用。近年来，电动船舶技术环境趋于成熟，船用电池技术、电力推进技术、船舶能源管理和控制、电动船舶产业链等日趋完善，内河船舶电动化对技术条件已初步具备。

纯电动船舶产业的蓬勃发展源于国家对于“双碳”战略的重大需求，具有鲜明的需求导向和目标导向，其社会意义和经济意义巨大。近年来，产业界、学术界相关人员围绕电动船的推广与应用开展了大量工作，取得了积极进展。数据显示，长三角内河电动船舶发展较快，各类内河电动船舶设计、建造及下水投运的热度逐年提升。然而，现阶段电动船的全面推广仍然存在一定的困难与瓶颈，我国内河船舶新能源普及率严重不足，内河船舶动力来源绝大多数为传统化石能源。

---

<sup>6</sup> 2022 年数据。

<sup>7</sup> 数据来源：《长三角内河水运报告 2022》。

我国内河电动船舶在应用推广上主要面临着初期投入大、充换电配套设施缺乏、法规标准缺失等亟待解决的问题，成为阻碍电动船舶发展的主要约束力。其中，在电动船舶的初期投入经济性方面，集装箱船、散货船、客船、公务船等不同船型有所不同，但总体来看，电动船舶初期成本投入较大，主要由于磷酸铁锂电池价格相对较高，就目前市场行情来看，单位千瓦时的价格在2000元左右，以一艘搭载1500kWh动力电池的集装箱船为例，动力电池成本达300万。在充换电配套设施建设方面，在电动船舶推广未形成规模效应之前，充换电站投资建设项目的经济性较差。在充换电运营管理和充换电配套服务方面，我国内河港口充电、换电配套设施建设及充电、换电操作缺少统一标准规范，缺乏关于船用动力电池充电、换电配套设施的选址及建设要求，对于船舶充换电过程中存在的风险及如何规范操作缺少系统的研究，对集装箱式移动电源（下文简称箱式电源）的存储及运输存在一定的限制。上述因素相互制约、相互关联，阻碍了内河船舶电动化的可持续推进。

在这一背景下，以长三角地区作为代表性示范区域，开展长三角内河电动船舶充换电配套设施与运营管理研究，梳理电动船舶在充换电运营与设施配套服务等方面存在的政策障碍和制度瓶颈，并构建适用于电动船舶充换电运营的政策体系，提出相应的对策建议，对我国内河电动船舶全面应用和推广具有较强的实践意义。

### 1.3 研究范围界定

在前期电动船舶成本投入与减碳效益等研究基础上，本课题聚焦长三角内河电动船舶充电、换电配套设施，分析判断长三角内河电动船舶发展前景，预测长三角内河电动船舶及其对充电、换电设施的需求，梳理长三角现有电动船舶和充电、换电设施的数量、特征和分布情况等现状，调研分析当前充电、换电设施发展过程中面临的关键问题，得出长三角内河电动船舶充电、换电需求与当前供给之间的差距，以此为据，在借鉴电动汽车充电、换电设施发展的

基础上，提出长三角内河电动船舶充电、换电配套基础设施发展的目标、思路与对策，为电动船舶领域各类企业主体、政策制定者等提供决策依据。

## 第二章 内河电动船舶经济效益分析

本研究分别以客船、集装箱船和公务船为对象，构建了船舶成本测算模型，选取了具有代表性的选取实船案例，对比研究了电动船与传统柴油船舶的成本投入。

内河船舶的成本主要包括建造成本、营运成本和航次成本等。其中，建造成本包括船舶造价或租金、船舶折旧等费用；营运成本即船公司为保证船舶正常的航行服务，从而产生的经常性维持费用，包括船员工资、船上必备的物料、保险、船舶维修保养费用、润料费，以及相关的管理费用等；航次成本即船舶在航行任务中产生的一系列费用成本，主要要素为电费、港口费用、运河及各种佣金。由于充换电设施的商业模式仍在探索中，因此案例中暂不考虑充换电设施的投资成本。如果考虑充换电设施建设成本，可将该成本体现在充电价格中。

### 2.1 电动客船经济效益分析

本研究选取一艘上海轮渡电动船和一艘黄浦江电动游览船进行测算。

#### (1) 电动轮渡船经济效益分析——以“上海轮渡 11”为例

该轮渡船往返于黄浦江两岸，其运行基本信息如下表所示。数据显示该船百公里电耗较高，达到 11333kwh。其主要原因是轮渡船单次航行距离较短，频繁启停和加减速。

表 2-1：典型内河轮渡船动态数据信息

名称	参数
次均航行距离 (km)	0.6
每天班次数	37
百公里电耗 (kwh/百公里)	11333
次均耗电量 (kwh)	68
电池容量 (kwh)	3132

该船年耗电量约 91.83 万 kwh。同等吨位、同等载客量的柴油船舶年柴油消耗量约 270.9 吨，年岸电使用量约 2150kwh。调研数据显示，该船充电价格为 1 元/kwh，柴油价格按 8000 元/吨计。

基于以上数据，计算结果显示，在运营成本方面，该电动轮渡船年用电成本约 91.83 万元；柴油船年柴油成本约 189.64 万元，年岸电使用成本约 0.22 万元；年维护成本约 20 万元，比柴油船舶约少 10 万元。在建造成本方面，电动船舶的建造成本约 1250 万元，比传统柴油船舶约多 600 万元；两种船舶其他成本假设相同。电动船与柴油船成本对比如表 2-2 所示。

**表 2-2：内河轮渡柴油船与电动船成本对比**

类别	柴油船	电动船
建造成本（万元）	650	1250
年维护成本（万元）	20	10
年柴油成本（万元）	189.64	0
年用电成本（万元）	0.22	91.83

结果表明：电动船相比于柴油船增加的投资成本约 600 万元，年节省运维成本约 135 万元。

进一步分析显示，按照现行充电价格（1 元/kwh），在电池生命周期内（以 10 年计）电动船无需增加额外投入（与柴油船相比）。所选取的电动轮渡船运行约 5 年可收回成本。

在零补贴情况下，充电电价平衡点为 1.81 元/kwh。即在电价为 1.81 元/kwh 时，电动船在 10 年内总成本与柴油船总成本相同。此外，由于运营里程也会影响年运营成本，进一步计算可得在电价为 1 元/kwh 时，运营里程的平衡点约为 3244 公里。即在电价为 1 元/kwh 下，电动船年航行距离约为 3244 公里时其 10 年内总成本与柴油船总成本相同。电动船分析结果如下表所示。

**表 2-3：电动轮渡船成本分析数据**

名称	参数
电价 1 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）电动船需增加投入（万元）	-
电动船回本期（年）	5
电池寿命周期内（10 年）电价平衡点（元/kwh）	1.81
电价 1 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）里程平衡点（万公里）	3244

## **（2）电动游览船经济效益分析——以“上海久事号”为例**

本研究选取一艘上海久事黄浦江电动游览船，该船总长 41.51 米、型宽 10.9 米、载客 150 人，2023 年 9 月试运营，航线为世博航线十六铺—卢浦大桥—十六铺，其运行基本信息如下表所示。

**表 2-4：内河电动游览船信息**

名称	参数
次均航行距离 (km)	59.3
年航次	365
百公里电耗 (kwh/百公里)	2300
次均耗电量 (kwh)	1363
电池容量 (kwh)	2500

该船年耗电量约 49.75 万 kwh。同等吨位、同等载客量的柴油船舶年柴油消耗量约 64.89 吨。调研数据显示，该电动游览船平均充电价格为 2.1 元/kwh（含充电服务费 1 元/kwh），柴油价格按 8000 元/吨计。

基于以上数据，计算结果显示，在运营成本方面，该电动游览船年用电成本约 104.48 万元；柴油船年柴油成本约 51.92 万元；年维护成本约 40 万元，比柴油船舶约少 20 万元。在建造成本方面，电动船舶的建造成本约 4400 万元，比传统柴油船舶约多 900 万元；两种船舶其他成本假设相同。电动船与柴油船成本对比如表 2-5 所示。

**表 2-5：内河游览柴油船与电动船成本对比**

类别	柴油船	电动船
建造成本 (万元)	3500	4400
年维护成本 (万元)	60	40
年柴油成本 (万元)	51.92	0
年用电成本 (万元)	0	104.48

结果表明：电动船相比于柴油船增加的投资成本约 900 万元，年增加运维成本约 33 万元。

进一步分析显示，按照现行充电价格（2.1 元/kwh），电动船在投资成本和运维成本上都高于柴油船，不具有成本优势，在该电价下船舶生命周期内无法收回成本。在零补贴情况下，充电电价平衡点为负，因此不存在电价平衡点。在此高电价下，因电动船运维成本高于柴油船，因此里程越长亏损越大，不存在里程平衡点。电动船分析结果如下表所示。

**表 2-6：电动游览船成本分析数据**



名称	参数
电价 2.1 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）电动船需增加投入（万元）	1226
电动船回本期（年）	-
电池寿命周期内（10 年）电价平衡点（元/kwh）	-
电价 2.1 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）里程平衡点（万公里）	-

## 2.2 电动集装箱船经济效益分析——以“港航船途 01”为例

本研究以电动集装箱船“港航船途 01 轮”进行测算。该船为 73 米 3000 吨级内河集装箱船，长 73 米，宽 13.8 米，设计吃水 3.8 米，载货总吨 2624 吨，110 个箱量。该船航线起止港口为芜湖港和合肥港，其运行基本信息如下表所示。

表 2-7：典型内河集装箱船舶动态数据信息

名称	参数
次均航行距离（km）	145
年航次	185
百公里电耗（kwh/百公里）	897
次均耗电量（kwh）	1300
电池容量（kwh）	1540

该船年耗电量约 24.05 万 kwh。同等吨位、同等箱量的柴油船舶年柴油消耗量约 62 吨，年岸电使用量约 3000kwh。调研数据显示，该船充电价格为 1.2 元/kwh，柴油价格按 8000 元/吨计。

基于以上数据，计算结果显示，在运营成本方面，该电动船年用电成本约 28.86 万元，柴油船年柴油成本约 49.33 万元，年岸电使用成本约 0.36 万元；年维护成本约 60 万元，比柴油船舶约少 20 万元。在建造成本方面，该电动船舶的建造成本约 900 万元，比传统柴油船舶约多 100 万元（不包含电池价格）。电池价格约 308 万元，电池寿命按 10 年计。两种船舶其他成本如港口使用费、保险费用等假设相同。电动船与柴油船成本对比如表 2-8 所示。

表 2-8：内河集装箱柴油船与电动船成本对比

类别	柴油船	电动船
建造成本（万元）	800	900
集装箱电池成本（万元）	0	308
年维护成本（万元）	80	60
年柴油成本（万元）	49.33	0
年用电成本（万元）	0.36	28.86

结果表明：电动船相比于柴油船增加的投资成本约 408 万元，年节省运维成本约 40.83 万元。

进一步分析显示，按照现行充电价格（1.2 元/kwh），在电池生命周期内（10 年）电动船相比于柴油船无需增加投入。电动船运行 10 年可收回成本。

在零补贴情况下，充电电价平衡点为 1.2 元/kwh。即在电价为 1.2 元/kwh 时，电动船在 10 年内总成本与柴油船总成本相同。由于运营里程也会影响年运营成本，进一步计算可得在电价为 1.2 元/kwh 时，运营里程的平衡点约为 2.68 万公里（目前实船运营里程约 2.7 万公里/年）。即在电价为 1.2 元/kwh 下，电动船年航行距离约为 2.68 万公里时其 10 年内总成本与柴油船总成本相同。

在换电模式下，若电池成本不计入总成本，测算结果显示，电动船每年节省的柴油成本和维护成本在 3 年左右将覆盖电动船舶增加的建造成本。因此，在换电模式不考虑电池成本的情况下，电动船舶在成本和排放上都具有优势。电动船成本分析结果如下表所示。

**表 2-9：电动集装箱船成本分析数据**

名称	参数	
	充电	换电
电价 1.2 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）电动船需增加投入（万元）	-	-
电动船回本期（年）	10	3
电池寿命周期内（10 年）电价平衡点（元/kwh）	1.2	-
电价 1.2 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）里程平衡点（万公里）	2.7	-

## 2.3 电动公务船船经济效益分析

本研究选取一艘总吨为 230 的公务船进行测算，其运行基本信息如下表所示。

**表 2-10：典型内河公务船动态数据信息**

名称	参数
次均航行距离（km）	120
年航次	92
百公里电耗（kwh/百公里）	1500
次均耗电量（kwh）	1800
电池容量（kwh）	3000

该船年耗电量约 16.56 万 kwh。同等吨位的柴油船舶年柴油消耗量约 55.2 吨。充电价格按 1 元/kwh 计，柴油价格按 8000 元/吨计。

基于以上数据，计算结果显示，在运营成本方面，电动船年用电成本约

16.56 万元，柴油船年柴油成本约 44.16 万元；年维护成本约 40 万元，比柴油船舶约少 18 万元。在建造成本方面，电动船舶的建造成本约 1400 万元，比传统柴油船舶约多 600 万元，两种船舶其他成本假设相同。电动船与柴油船成本对比如表 2-11 所示。

**表 2-11：内河公务柴油船与电动船成本对比**

类别	柴油船	电动船
建造成本（万元）	800	1400
年维护成本（万元）	58	40
年柴油成本（万元）	44.16	0
年用电成本（万元）	0	16.56

结果表明：电动船相比于柴油船增加的投资成本约 600 万元，年节省运维成本约 45.6 万元。

进一步分析显示，按照现行充电价格（1 元/kwh），在电池生命周期内（10 年）电动船比柴油船需增加投入 144 万元。电动船在其生命周期内（以 12 年计）无法收回成本。

在零补贴情况下，充电电价平衡点为 0.13 元/kwh。即在电价为 0.13 元/kwh 时，电动船在 10 年内总成本与柴油船总成本相同。进一步计算可得在电价为 1 元/kwh 时，运营里程的平衡点约为 1.68 万公里。即在电价为 1 元/kwh 下，电动船年航行距离约为 1.68 万公里时其 10 年内总成本与柴油船总成本相同。成本分析数据如下表所示。

**表 2-12：电动公务船成本分析数据**

名称	参数
电价 1.2 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）电动船需增加投入（万元）	144
电动船回本期（年）	-
电池寿命周期内（10 年）电价平衡点（元/kwh）	0.13
电价 1.2 元/kwh 下电池生命周期内（10 年）里程平衡点（万公里）	1.68

## 2.4 分析结论

本研究通过实船案例研究，对不同类型电动船的经济效益进行了分析，结

果表明：

(1) 电动轮渡船由于航次密集、建造成本相对较低，能够在较短时间内实现收益。以本研究选取的电动轮渡船为例，在现行电价下，约 5 年即可回收成本。与之相比，电动游览船由于航次较少、建造成本相对较高，若不进行补贴，在整个生命周期内均无法回收成本。电动集装箱船由于单位公里电耗相对较低，能够实现较低成本运营，即便不进行补贴，若能将电价控制在 1.2 元/kWh，10 年内总投入成本与柴油船相当。

(2) 充电电价对电动船运营经济性起到了决定性作用。由于电动船造价相比柴油船高，充电电价的高低直接决定了航运公司能否实现电动船的正常运营。例如，本研究所选取的内河游览船，若按照现行充电价格（2.1 元/kWh），运营成本比柴油船高出一倍左右。电动集装箱船充电电价也在 1.2 元/kWh 以上，有些甚至在 2 元/kWh 以上（如“江远百合”号），难以实现市场化运营。

## 第三章 长三角内河船舶电动化前景与成本投入分析

### 3.1 分析思路和依据

#### 3.1.1 分析思路

从世界范围来看，全球航运监管政策和各国政府的航运监管政策显著影响新能源船舶的发展。具体到我国，在当前技术发展水平下，内河电动船舶发展主要受政策环境、技术环境、内河航运环境（如内河客货运水平）、产业转型升级等因素影响。

根据长三角三省一市交通运输发展规划、水运发展规划、内河船舶相关统计资料、内河航道货运量统计与规划资料等，本研究采用调查分析方法，对长三角新增各类内河船舶的增长情况进行了预测；同时，结合长三角存量内河船舶数据，考虑三种不同政策约束下存量和新增内河船舶的电动化转换率，对2025至2035年长三角内河电动船舶的比例进行了预测。

#### 3.1.2 分析依据

##### （1）内河电动船舶政策环境

近年来，中共中央国务院、交通运输部、工信部、生态环境部等分别出台政策，支持内河电动船舶发展，国家层面的支持政策不断丰富。湖北、福建、广东、长三角三省一市也陆续推出发展绿色船舶的优惠与补贴政策，能够带动电动船舶数量的有效提升。

表 3-1 长三角内河船舶电动化测算依据

序号	政策	印发部门	年份
1	关于推进长江航运高质量发展的意见	交通运输部	2019
2	关于加快内河船舶绿色智能发展的实施意见	工信部等	2022
3	柴油货车污染治理攻坚行动方案	生态环境部等	2022
4	“电化长江”倡议	交通运输部	2023
5	2022 年福建省电动船舶产业发展试点示范实施方案	福建	2022
6	上海市交通节能减排专项扶持资金管理办法	上海	2022
7	湖北省支持绿色智能船舶产业发展试点示范若干措施	湖北	2023
8	上海市内河港区规划（修编）	上海	2021
9	江苏省“十四五”水运发展规划	江苏	2021
10	《江苏省新能源船舶产业高质量发展三年行动方案（2023-2025 年）》	江苏	2023
11	现代化内河航运体系示范省实施方案（征求意见稿）	浙江	2022
12	浙江水运十四五规划	浙江	2021
13	浙江省建设现代化内河航运体系示范省实施方案	浙江	2023
14	安徽《内河航运发展纲要》实施意见	安徽	2021
15	安徽水运十四五发展规划	安徽	2021

## （2）内河电动船舶技术与市场环境

随着船用电池系统、船舶推进系统、大容量动力电池管理技术、船舶纯电池组网与控制技术、高效充电技术、电动船舶系统监控与运维技术的不断发展与成熟，电动船舶相关技术的可用性和经济性正在不断改善，通过规模化推广应用降低成本的可行性正在逐步提升。

此外，由于电动船舶在降低运营成本、提升驾乘体验、推动船舶智能化等

方面所具备的独特优势，市场较为看好，尤其是在航程短、航次密集、排放要求高、政策性强的场景下获得了普遍认可，船型不断丰富，市场普遍认为内河场景的船舶电动化已在快速增长前夕。

### **(3) 长三角内河货物吞吐量情况**

#### **1) 上海**

2022年，上海内河码头吞吐总量约0.59亿吨，内河码头装卸货种以矿建材料为主，约占内河吞吐总量的60%~80%。随着上海市产业结构的调整及燃煤电厂的逐步关停，上海内河码头煤炭吞吐量大幅下降，钢铁吞吐量小幅上涨，其他货种主要为粮食、化工产品、建筑垃圾、生活垃圾等，近年来吞吐量大幅增加。上海内河水运到达量主要来自江苏、浙江、安徽、江西和湖北等地，并以江苏、浙江为主，2020年江苏、浙江运抵上海内河码头的运量占到达总量的78%，到达货种以矿建材料、钢铁为主，占比90%以上。内河水运发送量主要发往江苏、浙江、安徽和江西等地，同样以江苏、浙江为主，2020年从上海内河码头发送至两省的货物占发送总量的79%，发送货种以矿建材料、钢铁、粮食为主，占比50%左右。

据《上海市内河港区规划》（修编），预测2025年、2035年上海市内河吞吐总量分别为1.55亿吨、1.62亿吨；2025年、2035年外贸集装箱内河吞吐量将分别达到50万TEU、100万TEU。

#### **2) 浙江**

2022年，浙江内河港口货物吞吐量3.79亿吨，内河港口集装箱吞吐量143.3万TEU。据《现代化内河航运体系示范省实施方案》、《浙江省建设现代化内河航运体系示范省实施方案》等规划，到2027年，浙江内河港口货物吞吐量达4.7亿吨，集装箱吞吐量260万标箱。内河船舶平均吨位超650吨，内河水路货运量3亿吨，水路客运量超过1500万人次。同时，内河千吨级航道翻一番，达

到 1000 公里，千吨级航道“市市通”。新建 500 吨级及以上内河码头泊位 40 个。

### 3) 江苏

2022 年，江苏内河货运量 9.99 亿吨，其中煤炭、粮食、危险品等货物运输量下降，矿建货运量有所上升，从占比来看，矿建和煤炭合计货运量共 6.26 亿吨，占全省内河货运量的 62.7%。集装箱货运量 83.3 万标箱，较 2021 年增长 11.3%。内河客运量 1582 万人次，较 2021 年下降 26.1%。江苏水路运输以内河运输为主，据《江苏省“十四五”水运发展规划》，预测到 2025 年，内河港口货物吞吐量 5.7 亿吨；内河集装箱吞吐量 120 万标箱，年均增长率 15%，综合通过能力达到 8.6 亿吨。

### 4) 安徽

2022 年，安徽水路运输量超过 14 亿吨，居全国首位，货物周转量达到 6736 亿吨公里。2022 年，安徽内河港口集装箱吞吐量 214 万标箱，同比增长 4.9%，吞吐量达到 6.08 亿吨，同比增长 4.2%，主要货种为煤炭及制品、金属矿石、钢铁、矿建材料、水泥等大宗货物。其中长江水系港口吞吐量贡献突出，亿吨级大港数量由 2015 年的 1 个增加至 2020 年的 3 个。集装箱吞吐量增长较快，达到 194.4 万 TEU，年均增速 15.3%，主要分布在芜湖、马鞍山、安庆、池州、铜陵、合肥、蚌埠等港口。内河客运量 87 万人次，同比下降较为明显（主要受疫情影响）。

据安徽《内河航运发展纲要》实施意见和《安徽水运十四五发展规划》，预测到 2025 年，水路运输量、港口吞吐量分别为 13.5 亿吨和 6 亿吨，年均增长率分别为 1.3%和 2.1%。其中，矿建材料、水泥和煤炭及制品占总量比重下降约 5 个百分点，集装箱吞吐量达到 260 万标箱，年均增长率为 6%。到 2035 年，建成高等级航道里程超过 3200 公里，港口设计年通过能力达到 9 亿吨，内河千吨级航道达到 2000 公里；内河货物周转量占全社会比重进一步提升。



表 3-2 长三角三省一市内河货运情况

省/市		货物吞吐量 (亿吨)	水路运输量 (亿吨)	集装箱吞吐量 (万 TEU)
上海	2022	0.59	0.468	-
	2025 (规划)	1.55	-	50
	2035 (规划)	1.62	-	100
江苏	2022	-	9.99	83.3
	2025 (规划)	5.7	-	120
	2035 (规划)	-	-	-
浙江	2020	3.79	2.31	143
	2025 (规划)	4.5	-	200
	2027 (规划)	4.7	3	260
安徽	2022	5.4	14	194.4
	2025 (规划)	6	13.5	260
	2035 (规划)	-	-	-

#### (4) 长三角内河船舶保有情况

##### 1) 保有量情况

截至 2020 年，在长三角地区海事管理机构在册登记的正常运营状态的船舶达 7.5 万余艘，其中，客船 2121 艘，公务船/港作船 1576 艘，集装箱船 677 艘。

其中，上海共有内河船舶 1567 艘，散货船占 677 艘（占比 43.2%），公务/港作船的数量 157 艘，客船 131 艘，集装箱船共 44 艘。2020 年，上海内河运输量 4680 万吨，内河货物周转量 256.44 亿吨公里。

表 3-3 长三角地区内河船舶信息（单位：艘）

省/市	船舶总量	客船	公务船/港作船	集装箱船	散货船	其他
上海	1567	131	157	44	677	558
江苏	36371	383	499	138	33242	2109
浙江	13479	1277	484	158	9287	2273
安徽	24539	330	336	337	23459	77
总计	75956	2121	1476	677	66665	5017

表 3-4 上海地区内河船舶类型分布

类型	集装箱船	客船	散货船	公务/港作船	其他船舶
数量	44 艘	131 艘	677 艘	157 艘	558 艘
平均大小	86TEU	321 客位	596 吨	/	/

江苏共有船舶 39320 艘，其中内河船舶 36371 艘（占比 92%）。散货船数量超过 3.3 万艘（远超长三角地区其他省市），公务船、港作船的数量近 500 艘，集装箱和客船共计超过 500 艘。

表 3-5 江苏地区内河船舶类型分布

类型	集装箱船	客船	散货船	公务/港作船	其他船舶
数量	138 艘	383 艘	33242 艘	499 艘	2109 艘
平均大小	138TEU	107 客位	840 吨	/	/

浙江省内河船舶 13479 艘，散货船数量 9287 艘，客船数量 1277 艘（占长三角地区的 60%），集装箱船和公务船、港作船分别为 158 艘（运力为 7018TEU）和 184 艘，其他船舶 2573 艘。

表 3-6 浙江地区内河船舶类型分布

类型	集装箱船	客船	散货船	公务/港作船	其他船舶
数量	158 艘	1277 艘	9287 艘	484 艘	2273 艘
平均大小	44TEU	42 客位	558 吨	/	/

安徽省共有内河船舶 24539 艘，合计约 5058 万净载重吨。其中，散货船数量 23459 艘，集装箱船 337 艘（为长三角地区最多），客船和公务船、港作船的数量都达到 330 以上，其他船舶 77 艘。安徽集装箱运力快速增长，集装箱箱位由 2015 年的 3.7 万 TEU 增长到 2020 年的 13.7 万 TEU，年均增速 29%。船舶大型化趋势明显，平均吨位首次突破 2000 吨，预测 2025 年，船舶平均吨位达到 2200 吨，标准化率达到 70%。

表 3-7 安徽地区内河船舶类型分布

类型	集装箱船	客船	散货船	公务/港作船	其他船舶
数量	337 艘	330 艘	23459 艘	336 艘	77 艘
平均大小	208TEU	42 客位	2012 吨	/	/

## 2) 船舶吨位情况

长三角区域 60%以上船舶总吨在 300 总吨以下，总吨在 500 以下的船舶超过 80%，500-600 之间的船舶比例较少（仅 8%左右），1200 总吨以上的船舶占比略高于 5%，1600 总吨以上的船舶占比不到 2%。

其中，所有集装箱船总吨都超过 200，但是 40%的集装箱船都在 600 总吨以内，且总吨超过 1600 的占比不超过 1%。对于客船，小于等于 100 总吨的船舶占比近 75%，且 300 总吨客船占比近 90%。对于散货船，近 80%的货船吨位都超过了 200 总吨，但是 600 总吨以下的占比超过 95%，同集装箱船一样，只有不到 1%的货船总吨超过 1600 总吨。超过 85%的公务船/港作船总吨不超过 50，近 98%公务船/港作船总吨不超过 200。

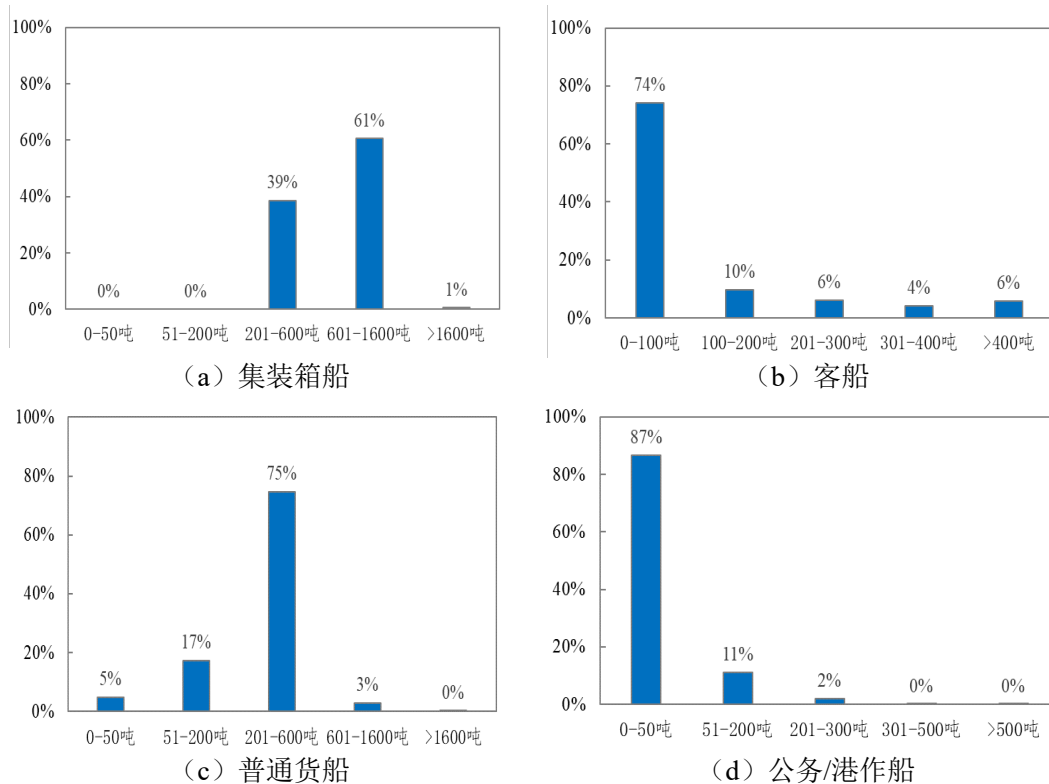


图 3-1 长三角地区分船型船舶总吨结构分布

### 3) 船龄情况

长三角内河集装箱船舶船龄相对较小，近 3 年长三角地区新增集装箱船舶数量占比超过 45%，超过 90%的集装箱船舶船龄在 11 年以内，超过 15 年的集装箱船舶占比仅 2%。对于客船，船龄在 3 年内的占比约 15%，3-11 年之间的船舶占比约 35%，11 年-15 年之间的船舶数量占比近 20%，超过 15 年船龄的船舶占比也接近 25%。对于散货船，船龄结构老化现象更加明显，3 年内新增船舶占比仅为 7%，超过 60%的船龄在 11 年以上，且 15 年以上的船舶占比也超过 30%。对于公务船、港作船，其船舶船龄结构分布同客船类似，15 年以上船龄的船舶也超过 20%。

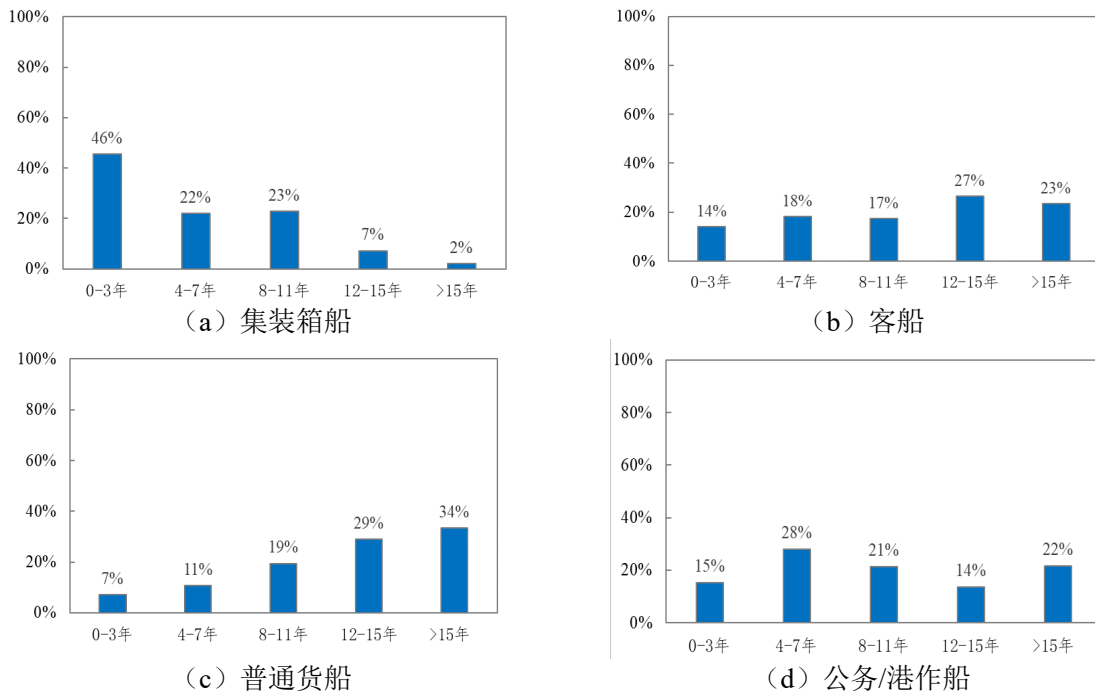


图 3-2 长三角地区分船型船龄结构分布

### 4) 船舶更新情况

对不同时期内不同类型船舶到达报废年限的船舶进行计算，相关数据见下表 8。内河公务船根据船体的材质不同（玻璃钢或者铝/钢材），其报废时间为 5 年或者 12 年不等，其报废的数量将会远超现有的数量（因使用年限较短，为满足需求报废后需新增）。

表 3-8 强制报废状态下不同时间到达报废年限的船舶数量

船型	2025 年	2030 年	2035 年
集装箱船	2	8	20
客船	158	352	532
散货船	5586	15397	20799

同时，对于长江流域老旧船舶的淘汰，一般船龄超过 15 年（即为超龄船舶）时，部分船舶会进行报废拆解。因此，基于此计算出不同时间段船舶报废的船舶数量如下表所示。

表 3-9 鼓励拆解状态下不同时间到达报废年限的船舶数量

船型	2025 年	2030 年	2035 年
集装箱船	156	413	548
客船	2121	1429	1060
散货船	66665	54665	41732

### （5）长三角新增内河船舶发展趋势

从全国来看，我国内河船舶数量稳步减少，船舶净载重吨稳步提升，内河船舶大型化、规模化、集约化发展趋势明显。截至 2020 年底，全国拥有内河运输船舶 11.5 万艘，约占总运输船舶的 90.69%，同比下降 3.77%，相比 2010 年船舶数量下降了 29%。十三五期间，我国内河企业数量减少 8.8%<sup>8</sup>。

2021 年，我国内河船舶数量进一步下降，同比降 1.2%。2021 年内河船舶净载重吨为 14676.92，同比增长 7.3%，是 2010 年的 1.5 倍多。2011 年至 2021 年，我国内河船舶平均吨位由 500 多载重吨提高到近 1300 载重吨，增加了 144%。2021 年，内河船舶单位载重吨完成货运量较 2011 年提高 19%，货物周转量提高 60%。同时，内河船舶客位呈现下降趋势。2020 年内河载客量 60.07 万客位，较 2019 年减少 2.65 万客位（部分受疫情影响），同比下降 4.23%，相比 2010 年载客量下降了 27%。此外，内河集装箱箱位稳步增长。2020 年，内河集装箱箱位

<sup>8</sup> 数据来源：交通运输部水科院《中国内河航运中长期低碳发展路径研究》，2022

51.31 万 TEU，同比增长 30.99%，相比 2010 年集装箱箱位增加了 301%。

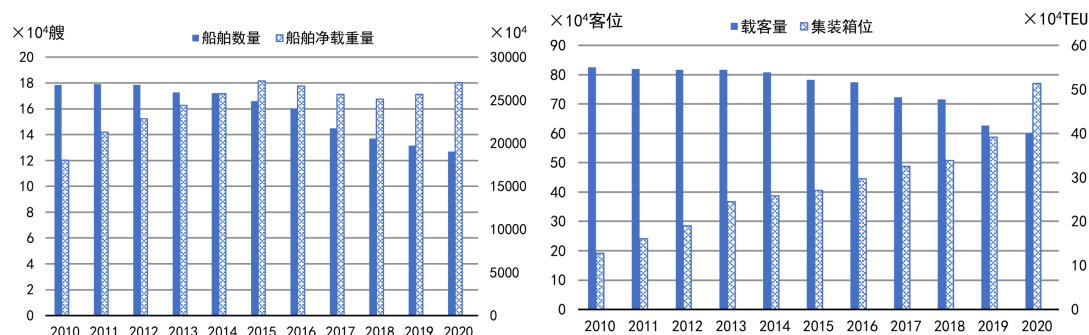


图 3-3 我国内河船舶数量、船舶净载重量、载客量及集装箱位 (2010-2020)<sup>9</sup>

就长三角内河船舶而言，发展趋势与全国相近，数量总体呈下降趋势。例如，2022 年，长三角区域共有内河货运船舶约 6.2 万艘，比 2020 年下降约 17%，比 2016 年下降约 22.5%。船舶净载重量和集装箱箱位数量逐步上升。例如，2022 年，内河货运船舶平均净载重量 2517 吨/艘，相比 2016 年增加约 1.4 倍，船舶大型化趋势明显。2022 年，长三角三省一市共拥有内河客运船舶共 1919 艘，相比 2021 年下降 5.5%。

根据内河船舶数量发展趋势，公务船数量维持稳定，集装箱船数量呈缓慢上升趋势，客船数量稳中有降。长三角三省一市集装箱船和客船的保有量预测数据如下表所示。

表 3-10 三省一市集装箱船保有量预测数据

三省一市	集装箱船保有量		
	2025	2030	2035
上海	56	72	91
江苏	176	225	287
浙江	202	257	328
安徽	430	549	701
总量	864	1103	1407

<sup>9</sup> 数据来源：交通运输部水科院《中国内河航运中长期低碳发展路径研究》，2022

表 3-11 三省一市客船保有量预测数据

三省一市	客船保有量		
	2025	2030	2035
上海	112	97	83
江苏	329	282	243
浙江	1097	942	809
安徽	283	243	209
总量	1821	1564	1343

### (6) 长三角内河船舶航次数量变化趋势

长三角内河船舶 2019 至 2021 年总航次数据如下表所示。

表 3-12 三省一市 2019-2021 年内河航次数据

船舶	航次		
	2019 年	2020 年	2021 年
集装箱船	79788	82022	84975
客船	3299452	3216966	3194447
散货船	6930107	6826155	6778372
其他船舶	1418532	1412575	1410032

数据显示集装箱船航次数量年增长约 3.2%，客船航次数量年下降约 1.6%，散货船航次数量年下降约 1.1%，其他船舶航次数量年下降约 0.3%。以 2021 年各港口航次数量（见表 3-12）为基准，各港口 2025、2030 和 2035 年的预测航次数据如表 3-13 至表 3-15 所示。数据显示，由于集装箱船数量呈现上升趋势，因此航次数量也总体呈现上升趋势，但受到船舶大型化的影响，其增长率小于船舶数量的增长率。客船和货运船舶航次数呈现下降趋势，主要是由于客船和货运船舶数量逐步减少。其他船舶（包括公务船、港作船等）航次数也呈现下降趋势，主要由于此类船舶总量呈现下降趋势。

## (7) 小结

结合内河电动船舶发展的政策环境、技术环境、三省一市内河货运现状与未来发展规划、内河船舶保有情况和发展趋势，可以得出如下结论：

1) 电动船舶政策环境不断改善，内河电动船舶发展路径更加清晰。内河船舶电动化与电动汽车类似，发展初期阶段受政策环境影响很大。近年来，从中央到地方，支持内河电动船舶发展的共识正在达成，支持电动船舶发展的政策频繁出台。在各部委和地方政府的支持政策中，内河电动船舶发展路径更加清晰，内河电动船舶即将迎来较快发展。

2) 电动船舶技术基本成熟，内河船舶电动化应用前景广泛。与氢能、甲醇燃料、氨燃料相比，电动船舶技术更加成熟；与 LNG 动力船舶相比，电动船舶减排效果更好。综合来看，内河船舶的新能源转型将是多种技术路线并存的局面，其中，电动船舶技术与内河航运特征匹配度较好，是内河船舶新能源转型的主要选择。

3) 长三角内河航道等级持续提高，内河货运量稳步提升。从三省一市发展现状与未来规划来看，长三角内河集装箱吞吐量保持快速增长趋势，干散货比重稳步下降，更多货物采用集装箱运输，支持内河集装箱运输进一步发展。

4) 内河船舶数量总体呈下降趋势，船舶净载重量和集装箱箱位数量逐步上升，船舶大型化趋势明显。

表 3-13 2021 年长三角港口不同类型船舶航次数据

港口	2021 年航次数量			
	集装箱船	客船	散货船	其他船舶
上海港	50946	1208639	1189098	205518
宁波舟山港	0	85681	51835	28542
嘉兴港	3607	598	634933	53379
台州港	0	17330	140	524
温州港	0	175792	13402	807
湖州港	3180	644	744640	61126
杭州港	619	268972	542256	102804



绍兴港	163	6209	86737	5692
连云港港	54	0	38291	1396
南通港	4440	104675	465072	178521
张家港港	2130	74075	188816	150451
常熟港	626	26446	150968	39282
太仓港	6811	15515	114539	98375
泰州港	853	77701	442031	59583
江阴港	1391	51488	359953	75490
常州港	1121	34019	292706	72240
镇江港	1407	457781	277661	61284
扬州港	1602	352596	120532	29616
南京港	3076	59943	193810	87396
盐城港	0	0	181379	6221
徐州港	92	0	45778	10299
宿迁港	153	0	27083	5016
淮安港	345	2645	88162	9768
马鞍山港	316	28705	67386	14511
芜湖港	978	78864	154465	19227
铜陵港	116	421	78879	7810
合肥港	610	0	55104	4111
池州港	40	13476	26013	6148
安庆港	268	52232	101152	11014
滁州港	4	0	25718	1200
蚌埠港	27	0	19833	2681

表 3-14 2025 年长三角港口不同类型船舶航次预测数据

港口	2025 年航次数量			
	集装箱船	客船	散货船	其他船舶
上海港	57787	1133123	1137635	203063
宁波舟山港	0	80328	49592	28201
嘉兴港	4091	561	607454	52741
台州港	0	16247	134	518
温州港	0	164808	12822	797
湖州港	3607	604	712412	60396
杭州港	702	252167	518788	101576

绍兴港	185	5821	82983	5624
连云港港	61	0	36634	1379
南通港	5036	98135	444944	176388
张家港港	2416	69447	180644	148654
常熟港	710	24794	144434	38813
太仓港	7726	14546	109582	97200
泰州港	968	72846	422900	58871
江阴港	1578	48271	344374	74588
常州港	1272	31893	280038	71377
镇江港	1596	429179	265644	60552
扬州港	1817	330566	115315	29262
南京港	3489	56198	185422	86352
盐城港	0	0	173529	6147
徐州港	104	0	43797	10176
宿迁港	174	0	25911	4956
淮安港	391	2480	84346	9651
马鞍山港	358	26912	64470	14338
芜湖港	1109	73937	147780	18997
铜陵港	132	395	75465	7717
合肥港	692	0	52719	4062
池州港	45	12634	24887	6075
安庆港	304	48969	96774	10882
滁州港	5	0	24605	1186
蚌埠港	31	0	18975	2649

表 3-15 2030 年长三角港口不同类型船舶航次预测数据

港口	2030 年			
	集装箱船	客船	散货船	其他船舶
上海港	67644	1045328	1076426	200035
宁波舟山港	0	74104	46923	27781
嘉兴港	4789	517	574771	51955
台州港	0	14988	127	510
温州港	0	152039	12132	785
湖州港	4222	557	674082	59495
杭州港	822	232629	490875	100061

绍兴港	216	5370	78518	5540
连云港港	72	0	34663	1359
南通港	5895	90531	421005	173758
张家港港	2828	64066	170925	146437
常熟港	831	22873	136663	38234
太仓港	9043	13419	103686	95751
泰州港	1133	67202	400147	57993
江阴港	1847	44531	325846	73476
常州港	1488	29422	264971	70313
镇江港	1868	395926	251352	59649
扬州港	2127	304953	109111	28826
南京港	4084	51844	175446	85064
盐城港	0	0	164193	6055
徐州港	122	0	41440	10024
宿迁港	203	0	24517	4882
淮安港	458	2288	79808	9507
马鞍山港	420	24826	61001	14124
芜湖港	1299	68208	139829	18714
铜陵港	154	364	71405	7602
合肥港	810	0	49883	4001
池州港	53	11655	23548	5984
安庆港	356	45174	91567	10720
滁州港	5	0	23281	1168
蚌埠港	36	0	17954	2609

表 3-16 2035 年长三角港口不同类型船舶航次预测数据

港口	2035 年			
	集装箱船	客船	散货船	其他船舶
上海港	79182	964335	1018511	197053
宁波舟山港	0	68362	44399	27366
嘉兴港	5606	477	543846	51180
台州港	0	13827	120	502
温州港	0	140259	11479	774
湖州港	4942	514	637815	58608
杭州港	962	214604	464464	98569

绍兴港	253	4954	74294	5458
连云港港	84	0	32798	1338
南通港	6901	83517	398353	171168
张家港港	3311	59102	161729	144254
常熟港	973	21100	129310	37664
太仓港	10586	12379	98107	94323
泰州港	1326	61995	378618	57129
江阴港	2162	41081	308314	72381
常州港	1742	27143	250715	69264
镇江港	2187	365249	237828	58760
扬州港	2490	281325	103241	28396
南京港	4781	47827	166006	83796
盐城港	0	0	155359	5965
徐州港	143	0	39211	9875
宿迁港	238	0	23198	4809
淮安港	536	2110	75514	9366
马鞍山港	491	22903	57719	13913
芜湖港	1520	62923	132306	18435
铜陵港	180	336	67563	7488
合肥港	948	0	47199	3942
池州港	62	10752	22281	5895
安庆港	417	41674	86641	10560
滁州港	6	0	22029	1151
蚌埠港	42	0	16988	2571

### 3.2 长三角内河船舶电动化发展前景预测——基于不同政策环境

本研究考虑三种不同政策环境下公务船、客船（包括客滚船、客渡船）和集装箱船三种类型船舶的电动化发展前景。其中，三种不同政策环境下三类船舶的电动化率主要基于长三角三省一市现有电动船发展情况调研及交通运输部水运科学研究院船舶中心对不同吨位船舶电动化的研究，水科院的研究结论主要基于全球不同温升导向下（如 2 度、1.5 度）我国内河航运的温室气体排放量的预测值。

此外，本研究设定的三种政策环境包括：

(1) 维持现有政策。即延续当前船舶电动化的趋势和政策环境，不出台促进电动船发展的相关政策措施，不干预电动船发展，依赖市场对内河船舶动力来源形式进行选择。

(2) 温和的政策环境。即遵循技术中性原则，出台支持政策，支持不同新能源船舶稳步发展，适时调整政策走向。鼓励存量老旧船舶淘汰，鼓励新建船舶采用新能源形式，同时依靠政府和市场的力量，提高新造船舶电动化比例。

(3) 积极的政策环境。即基于内河船舶电动化的技术优势，出台鼓励政策，加强补贴力度，全面支持内河船舶采用锂离子电池作为动力，加速存量老旧船舶淘汰，支持新造船舶全面采用纯电动技术，全力推进内河船舶电动化。

### 3.2.1 公务船

#### (1) 发展预测

船舶发展趋势显示公务船总体数量比较平稳。这里假设公务船总量维持不变，因此不考虑新增公务船的电动化情况，只考虑老旧船舶淘汰更新的电动化情况。老旧船舶更新数量可根据船龄分布情况获得。内河公务船根据船体的材质不同，其报废年限差异较大，从 5 年到 15 年不等。考虑三种政策环境，这里分别假设维持现有政策下，船舶报废年限为 15 年；温和政策环境下，船舶报废年限为 10 年，积极政策环境下，船舶报废年限为 5 年。由此，可获得现有公务船在不同政策环境下的更新数量。

公务船吨位分布显示 100%的船舶吨位小于 500 总吨。根据交通运输部水运科学研究院（以下简称水科院）船舶中心对不同吨位船舶电动化比例预测数据，更新的公务船在维持现有政策、温和政策和积极政策三种政策环境下 2025 年、2030 年和 2035 年预计电动化比率如下表所示。

表 3-17 基于水科院数据在不同政策环境下测得的电动化率

政策环境	电动化率		
	2025	2030	2035
维持现状	5.0%	20.0%	48.0%
温和政策	8.0%	29.0%	56.0%
积极政策	14.0%	40.0%	64.0%

根据在建以及规划建造的电动公务船数量，预计公务船电动化率 2025 年、2030 年和 2035 年分别为 1.3%、5.2%和 10.7%。计算中，维持现状政策下的电动化率我们采用实际预测电动化率。针对温和政策和积极政策，我们结合水科院预计比率和实际预计电动化比率。根据专家意见，基于水科院数据预测的电动化比率在 2025 年、2030 年和 2035 年的平均权重分别为 0.4、0.8 和 1，由此可得公务船在不同政策环境下的电动化比率。不同政策环境下的船舶电动化率和船龄假设如下表所示。由以上数据，可获得公务船至 2035 年的电动船数量。

表 3-18 不同政策环境下公务船报废年限与预计电动化率

政策环境	报废年限（年）	预计电动化率		
		2025	2030	2035
维持现状	15	1.3%	5.2%	10.7%
温和政策	10	3.6%	24.4%	56.0%
积极政策	5	6.2%	33.0%	64.0%

结果显示，公务船的电动化率增长较快。因公务船总量假设维持不变，电动公务船总量主要包括老旧船舶更新的电动船舶，而没有因总量增加而新增的电动船舶。在现有政策环境下，公务船电动化率从 2025 年的 1.3%增加到 2035 年 10.7%。在温和的政策环境下，老旧船舶淘汰数量更大且更新船舶电动化比率也更高，因此公务船总电动化率进一步增大，预计从 2025 年的 3.6%增长到 2035 年的 56%。在积极的政策环境下，公务船老旧船舶淘汰的数量将大幅增加，同时更新船舶的电动化比率更加高，由此总电动化率也大幅提升，预计 2025 年公务船电动化比率将达到 6.2%，到 2035 年可达到 64%。

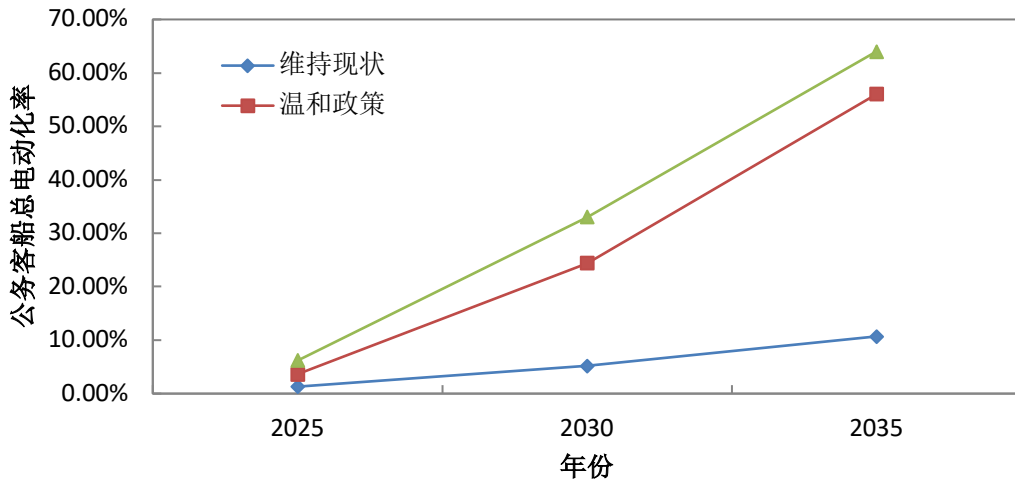


图 3-4 公务船在不同政策环境下总电动化率

根据船舶的电动化率，以 2020 年长三角三省一市内河公务船保有数量为基础，可获得到 2035 年不同政策环境下电动公务船数量，如图 3-5 至 3-7 所示。具体电动船舶数量如表 3-18 至 3-20 所示。

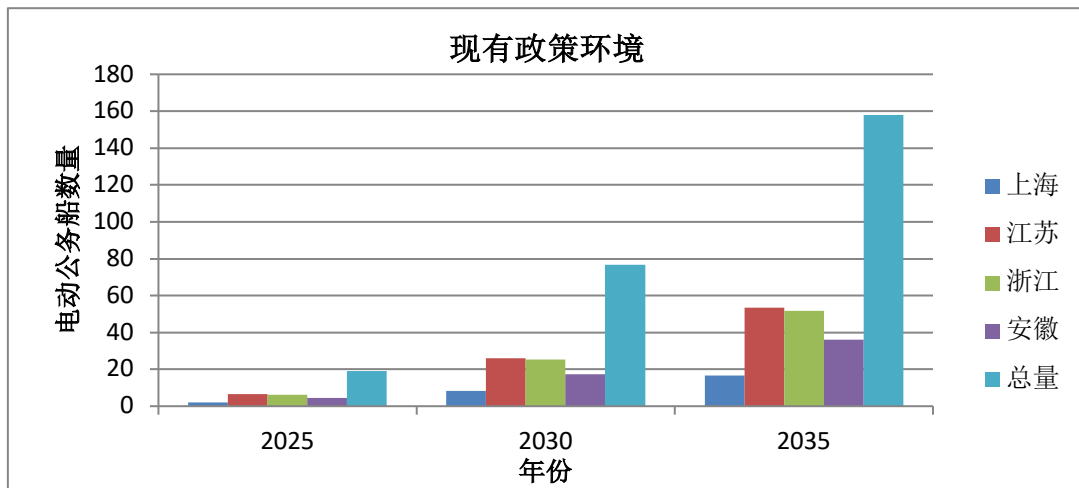


图 3-5 现有政策环境下 2025-2035 年电动公务船数量

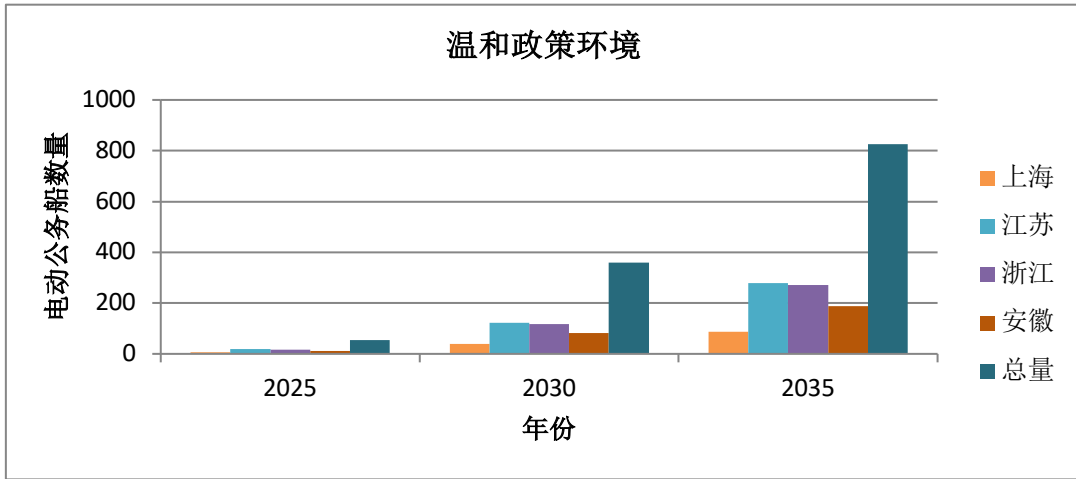


图 3-6 温和政策环境下 2025-2035 年电动公务船数量

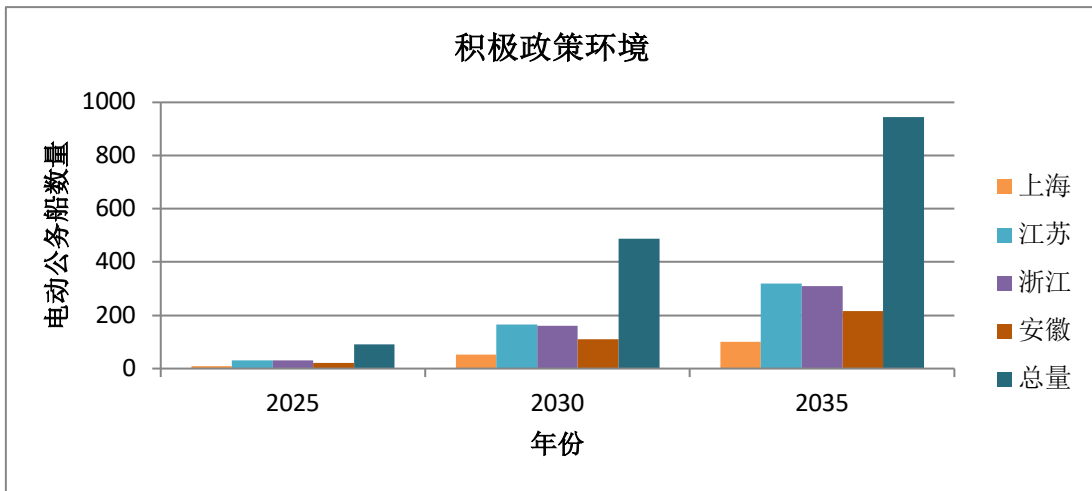


图 3-7 积极政策环境下 2025-2035 年电动公务船数量

表 3-19 现有政策环境下三省一市电动公务船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	2	8	17
江苏	6	26	53
浙江	6	25	52
安徽	4	17	36
总量	19	77	158



**表 3-20 温和政策环境下三省一市电动公务船数量预测**

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	6	38	88
江苏	18	122	279
浙江	18	118	271
安徽	12	82	188
总量	54	360	827

**表 3-21 积极政策环境下三省一市电动公务船数量预测**

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	10	52	100
江苏	31	165	319
浙江	30	160	310
安徽	21	111	215
总量	91	488	945

结果显示，由于电动化率不同，不同政策环境下电动公务船数量也随之变化。在现有政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动公务船数量，上海分别为 2、8 和 17 艘；江苏分别为 6、26 和 53 艘；浙江分别为 6、25 和 52 艘；安徽分别为 4、17 和 36 艘；三省一市总量分别为 19、77 和 158 艘。在温和政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动公务船数量，上海分别为 6、38 和 88 艘；江苏分别为 18、122 和 279 艘；浙江分别为 18、118 和 271 艘；安徽分别为 12、82 和 188 艘；三省一市总量分别为 54、360 和 827 艘。在积极政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动公务船数量，上海分别为 10、52 和 100 艘；江苏分别为 31、165 和 319 艘；浙江分别为 30、160 和 310 艘；安徽分别为 21、111 和 215 艘；三省一市总量分别为 91、488 和 945 艘。

## (2) 成本投入

课题组前期研究结果显示，在现有电价（1元/kwh）下，公务船电动化需增加投入平均约 150 万元每艘。结合电动船数量发展趋势，可得三省一市需要增加的总投入。以温和政策为例，三省一市需增加总投入如下所示。在温和政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动公务船增加投入，上海分别为 856、5745 和 13188 万元；江苏分别为 2722、18259 和 41916 万元；浙江分别为 2640、17710 和 40656 万元；安徽分别为 1833、12294 和 28224 万元；三省一市总量分别为 8051、54007 和 123984 万元。

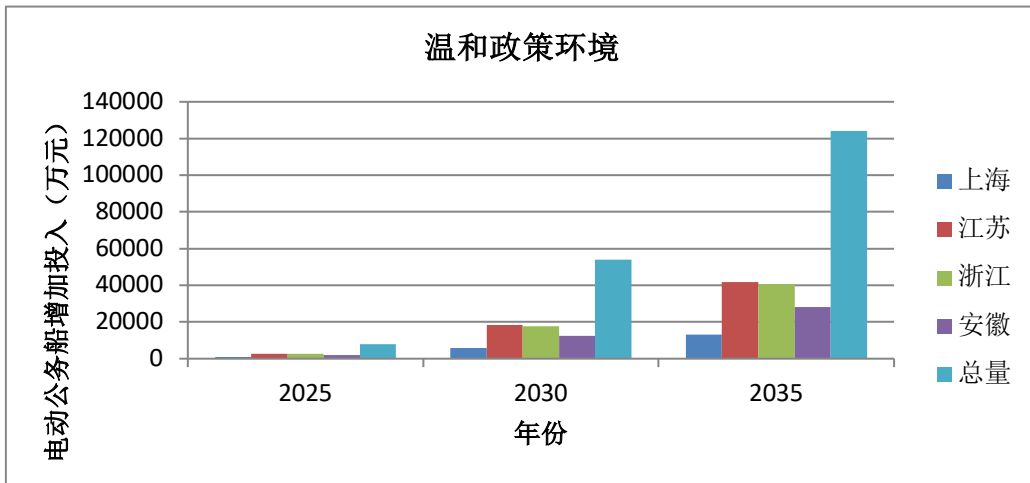


图 3-8 温和政策环境下 2025-2035 年三省一市电动公务船增加投入

表 3-22 温和政策环境下三省一市电动公务船增加投入

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	856	5745	13188
江苏	2722	18259	41916
浙江	2640	17710	40656
安徽	1833	12294	28224
总量	8051	54007	123984

### 3.2.2 客船

#### (1) 发展预测

船舶发展趋势显示客运量和客船数量整体呈下降趋势。2017-2021 年长三角

内河客船数量显示，客船年平均增长率为-3%，呈下降趋势，因此这里不考虑新增客船的电动化情况，只考虑老旧船舶淘汰更新的电动化情况。老旧船舶更新数量可根据船龄分布情况获得。其中在三种政策环境下，分别假设维持现有政策下，船舶报废年限为 30 年；温和政策环境下，船舶报废年限为 20 年，积极政策环境下，船舶报废年限为 10 年。由此，可获得现有客船在不同政策环境下的更新数量。新增船舶数量根据历史数据拟合获得。

客船吨位分布显示 94%的船舶吨位小于 400 吨。根据水科院船舶中心对不同吨位船舶电动化比例预测数据，客船在维持现有政策、温和政策和积极政策三种政策环境下 2025 年、2030 年和 2035 年预计电动化比率如下表所示。

**表 3-23 基于水科院数据在不同政策环境下测得的电动化率**

政策环境	电动化率		
	2025	2030	2035
维持现状	14.3%	23.7%	45.0%
温和政策	20.7%	34.9%	54.8%
积极政策	39.2%	55.8%	72.0%

根据现有、在建以及规划电动客船数量，预计客船电动化率 2025 年、2030 年和 2035 年分别为 9.6%、17.4%和 25.6%。计算中，维持现状政策下的电动化率我们采用实际预测电动化率。针对温和政策和积极政策，我们结合水科院预计比率和实际预计电动化比率。根据专家意见，基于水科院数据预测的电动化比率在 2025 年、2030 年和 2035 年的平均权重分别为 0.6、0.8 和 1，由此可得客船在不同政策环境下的电动化比率。不同政策环境下的船舶电动化率和船龄假设如下表所示。由以上数据，可获得客船至 2035 年的电动船数量。

**表 3-24 不同政策环境下客船报废年限与电动化率**

政策环境	报废年限（年）	电动化率		
		2025	2030	2035
维持现状	30	9.6%	17.4%	25.6%
温和政策	20	16.3%	31.4%	54.8%
积极政策	10	27.3%	48.1%	72.0%

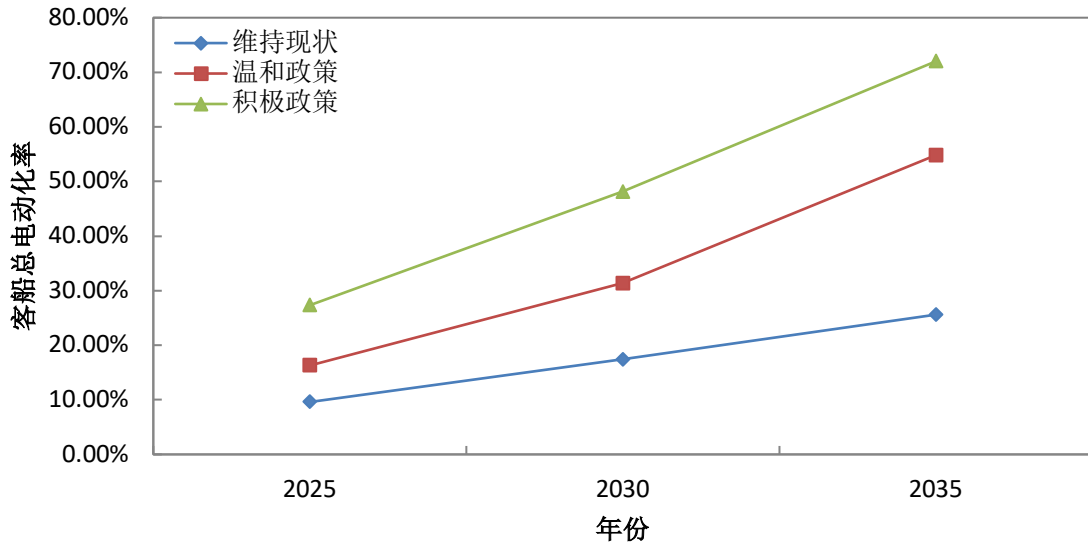


图 3-9 客船在不同政策环境下总电动化率

因客船总量呈下降趋势，电动客船总量主要包括老旧船舶更新的电动船舶，而没有因总量增加而新增的电动船舶。结果显示，在维持现有政策环境下，由于鼓励老旧船舶更新，客船总电动化率较高，且增长也较快，从 2025 年的 9.6% 增加到 2035 年 25.6% 左右。在温和的政策环境下，老旧船舶淘汰数量有所增加且更新船舶电动化比率也有所提高，因此客船总电动化率进一步提升，预计从 2025 年的 16% 增长到 2035 年的 55%。船龄分布显示较大船龄的客船占比较高，因此在积极的政策环境下，客船老旧船舶淘汰的数量将大幅增加，同时更新船舶的电动化比率也较高，由此总电动化率也大幅提升，预计 2025 年客船总电动化比率就将达到 27%，到 2035 年将增加到 72%。

根据船舶的电动化率，以 2020 年长三角三省一市内河客船保有数量为基础，可获得不同政策环境下客船至 2035 年的电动船舶数量，如图 3-10 至 3-12 所示。具体电动船舶数量如表 3-23 至 3-25 所示。

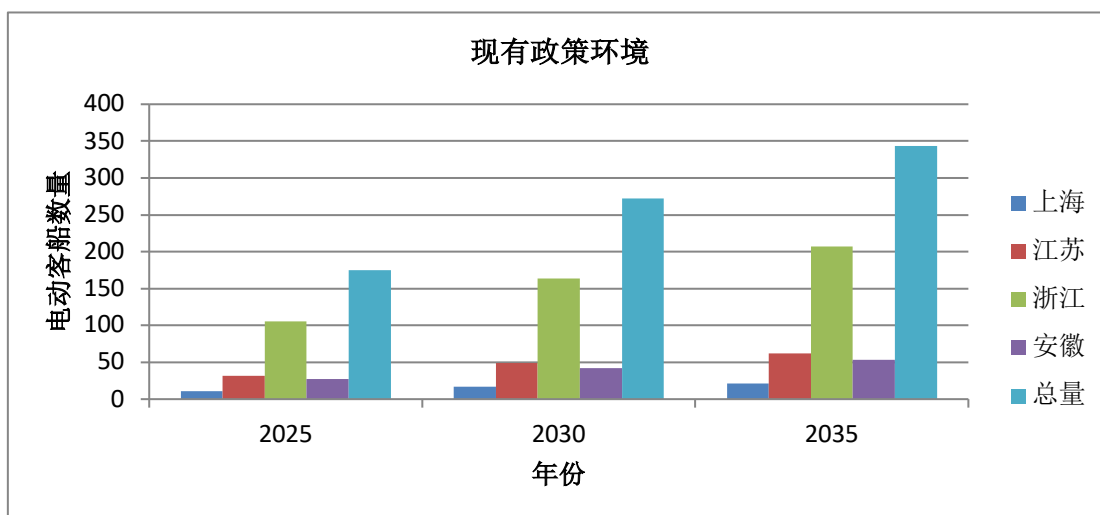


图 3-10 现有政策环境下 2025-2035 年电动客船数量

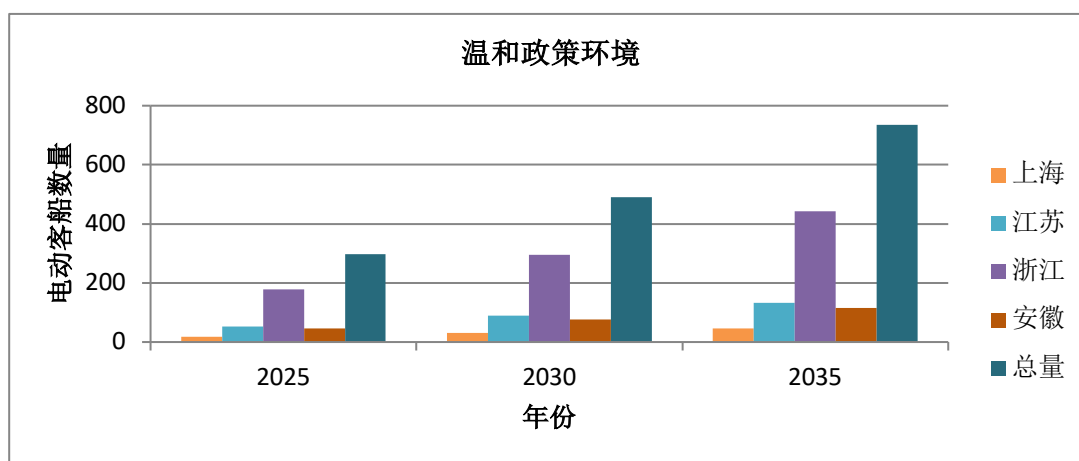


图 3-11 温和政策环境下 2025-2035 年电动客船数量

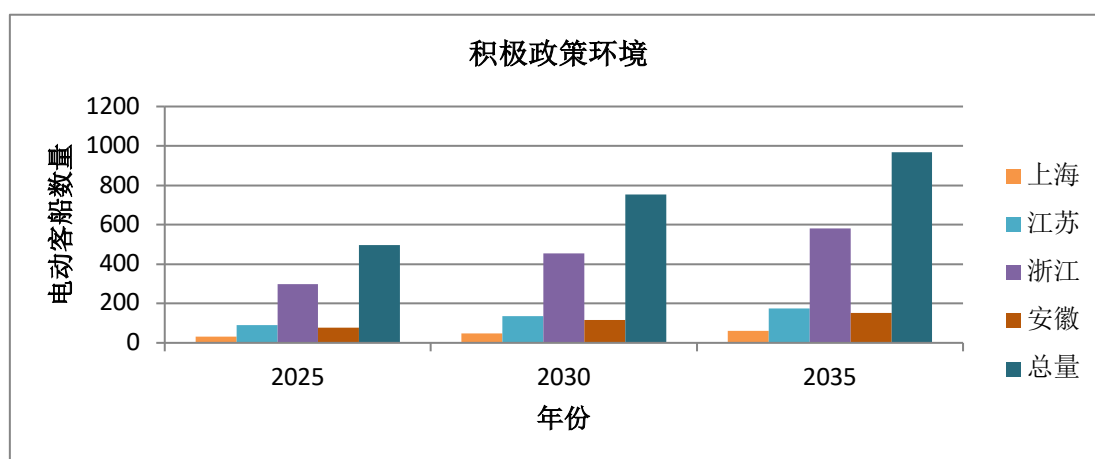


图 3-12 积极政策环境下 2025-2035 年电动客船数量

表 3-25 现有政策环境下三省一市电动客船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	11	17	21
江苏	32	49	62
浙江	105	164	207
安徽	27	42	53
总量	175	272	344

表 3-26 温和政策环境下三省一市电动客船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	18	30	45
江苏	54	89	133
浙江	179	296	443
安徽	46	76	115
总量	297	491	736

表 3-27 积极政策环境下三省一市电动客船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	31	46	60
江苏	90	136	175
浙江	300	453	582
安徽	77	117	150
总量	498	753	967

结果显示，由于船舶总量和电动化率不同，不同政策环境下电动客船数量也随之变化。在现有政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动客船数量，上海分别为 11、17 和 21 艘；江苏分别为 32、49 和 62 艘；浙江分别为 105、164 和 207 艘；安徽分别为 27、42 和 53 艘；三省一市总量分别为 175、272 和 344 艘。在温和政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动客船数量，上海分别

为 18、30 和 45 艘；江苏分别为 54、89 和 133 艘；浙江分别为 179、296 和 443 艘；安徽分别为 46、76 和 115 艘；三省一市总量分别为 297、491 和 736 艘。在积极政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动客船数量，上海分别为 31、46 和 60 艘；江苏分别为 90、136 和 175 艘；浙江分别为 300、453 和 582 艘；安徽分别为 77、117 和 150 艘；三省一市总量分别为 498、753 和 967 艘。

## (2) 成本投入

课题组前期研究结果显示，在现有电价（1元/kwh）下，客船电动化需增加投入平均约 5 万元每艘。主要是大部分电动客船在生命周期内能收回成本，需增加的投入为零，因此平均增加投入较低。结合电动船数量发展趋势，可算得三省一市需要增加的总投入。以温和政策为例，三省一市需增加总投入如下所示。在温和政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动客船增加投入，上海分别为 92、152 和 227 万元；江苏分别为 268、443 和 665 万元；浙江分别为 893、1478 和 2216 万元；安徽分别为 231、382 和 573 万元；三省一市总量分别为 1483、2454 和 3681 万元。

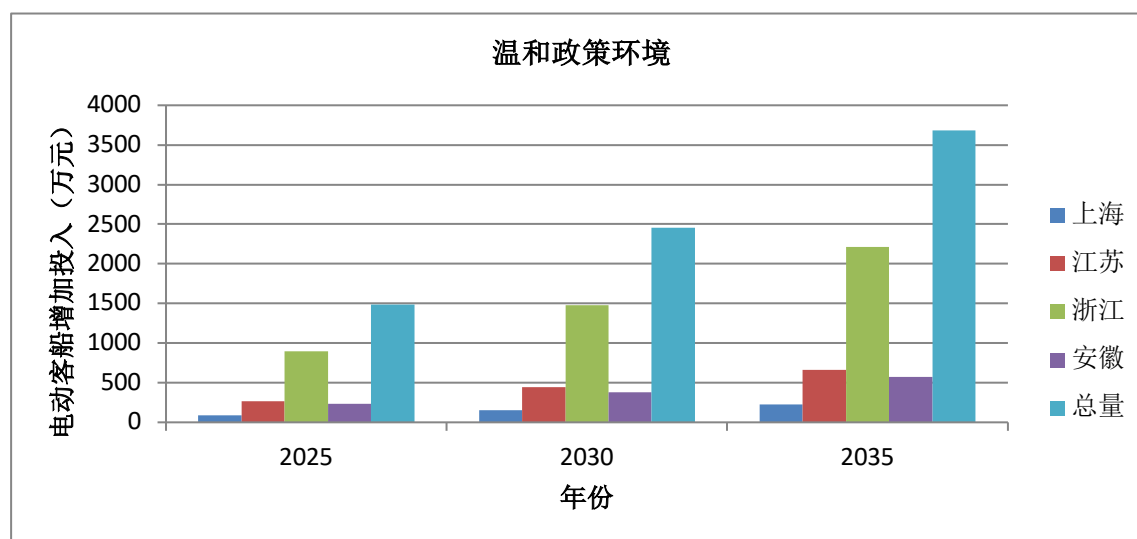


图 3-13 温和政策环境下 2025-2035 年三省一市电动客船增加投入

表 3-28 温和政策环境下三省一市电动客船增加投入

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	92	152	227
江苏	268	443	665
浙江	893	1478	2216
安徽	231	382	573
总量	1483	2454	3681

### 3.2.3 集装箱船

#### (1) 发展预测

集装箱船电动化包括老旧船舶（存量）更新电动化和因船舶总量增加而新增船舶（增量）的电动化。老旧船舶更新数量可根据船龄分布情况获得。其中在三种政策环境下，分别假设维持现有政策下，船舶报废年限为 30 年；温和政策环境下，船舶报废年限为 20 年，积极政策环境下，船舶报废年限为 10 年。由此，可获得现有集装箱船舶在不同政策环境下的更新数量。新增船舶数量根据历史数据拟合获得。船舶发展趋势显示集装箱吞吐量和集装箱船舶总体呈上升趋势。2017-2021 年长三角内河集装箱船舶数量显示，虽然每年船舶数量有所波动，但总体呈上升趋势，年平均增长率为 3.5%，由此可获得新增船舶数量。以 2020 年为基准点，在三种政策环境下长三角三省一市内河集装箱船累计淘汰更新和新增船舶数量如下表所示。

表 3-29 长三角三省一市内河集装箱船累计淘汰更新和新增船舶数量

三省一市	累计淘汰更新船舶数量									累计新增船舶数量		
	维持现状			温和政策			积极政策					
	2025	2030	2035	2025	2030	2035	2025	2030	2035	2025	2030	2035
上海	0	0	1	1	10	19	19	44	52	8	18	30
江苏	0	2	4	4	30	59	59	138	164	26	57	93
浙江	1	2	5	5	35	68	68	158	188	30	65	107
安徽	1	4	10	10	74	145	145	337	400	63	138	227
总量	2	8	20	20	149	291	291	677	804	127	278	457

集装箱船舶吨位分布显示 61%的船舶吨位在 601-1600 吨之间，且船舶大型



化趋势明显。根据水科院船舶中心对不同吨位船舶电动化比例预测数据，集装箱船在维持现有政策、温和政策和积极政策三种政策环境下 2025 年、2030 年和 2035 年预计电动化比率如下表所示。

**表 3-30 基于水科院数据在不同政策环境下测得的电动化率**

政策环境	电动化率		
	2025	2030	2035
维持现状	3.8%	8.7%	16.3%
温和政策	5.1%	13.8%	21.4%
积极政策	23.1%	46.8%	53.9%

根据现有、在建以及规划电动集装箱船数量，预计集装箱船电动化率 2025 年、2030 年和 2035 年分别为 2.1%、4.9%和 10.2%。计算中，维持现状政策下的电动化率我们采用实际预测电动化率。针对温和政策和积极政策，我们结合水科院预计比率和实际预计电动化比率。根据专家意见，基于水科院数据预测的电动化比率在 2025 年、2030 年和 2035 年的平均权重分别为 0.8、0.9 和 1，由此可得集装箱船在不同政策环境下的电动化比率。不同政策环境下的船舶电动化率和船龄假设如下表所示。由以上数据，可获得集装箱船舶至 2035 年的电动船数量。

**表 3-31 不同政策环境下集装箱船报废年限与电动化率**

政策环境	报废年限（年）	电动化率		
		2025	2030	2035
维持现状	30	2.1%	4.9%	10.2%
温和政策	20	4.5%	12.9%	21.4%
积极政策	10	18.9%	42.6%	53.9%

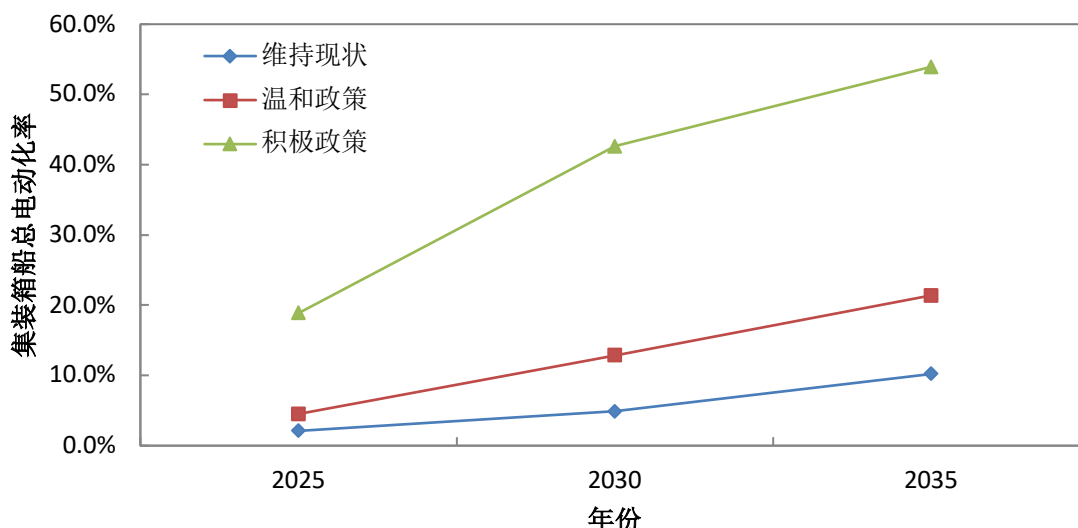


图 3-14 集装箱船舶在不同政策环境下总电动化率

结果显示，在维持现有政策环境下，一方面由于老旧船舶淘汰数量较少，另一方面由于新增或更新船舶电动化比率较低，集装箱船舶总电动化率较低，且增长缓慢，到 2035 年总电动化率仅为 10.2%左右。因集装箱船呈增长趋势，电动集装箱船总量既包括老旧船舶更新的电动船舶，也包括因总量增加而新增的电动船舶。在温和的政策环境下，一方面老旧船舶淘汰数量有所增加，且新增或更新船舶电动化比率也有所提高，因此集装箱船舶总电动化率有所提升，预计从 2025 年的 4.5%增长到 2035 年的 21%。在积极的政策环境下，由于老旧船舶淘汰数量和新增或更新船舶电动化比率的大幅提升，集装箱船舶总电动化率也大幅提升，预计从 2025 年的 19%提升到 2035 年的 54%。

根据船舶的电动化率，以 2020 年长三角三省一市内河集装箱船保有数量为基础，可获得不同政策环境下集装箱船至 2035 年的电动船舶数量，如图 3-15 至 3-17 所示。具体电动船舶数量如表 3-29 至 3-31 所示。

结果显示，由于船舶总量和电动化率不同，不同政策环境下电动集装箱船数量也随之变化。在现有政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动集装箱船数量，上海分别为 2、4 和 10 艘；江苏分别为 4、12 和 30 艘；浙江分别为 5、13 和 34 艘；安徽分别为 10、27 和 72 艘；三省一市总量分别为 21、56 和 146 艘。在温和政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动集装箱船数量，上海

分别为 3、10 和 20 艘；江苏分别为 8、29 和 62 艘；浙江分别为 10、34 和 71 艘；安徽分别为 20、71 和 150 艘；三省一市总量分别为 41、144 和 303 艘。在积极政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动集装箱船数量，上海分别为 11、31 和 50 艘；江苏分别为 34、96 和 155 艘；浙江分别为 39、110 和 178 艘；安徽分别为 82、234 和 378 艘；三省一市总量分别为 166、471 和 761 艘。

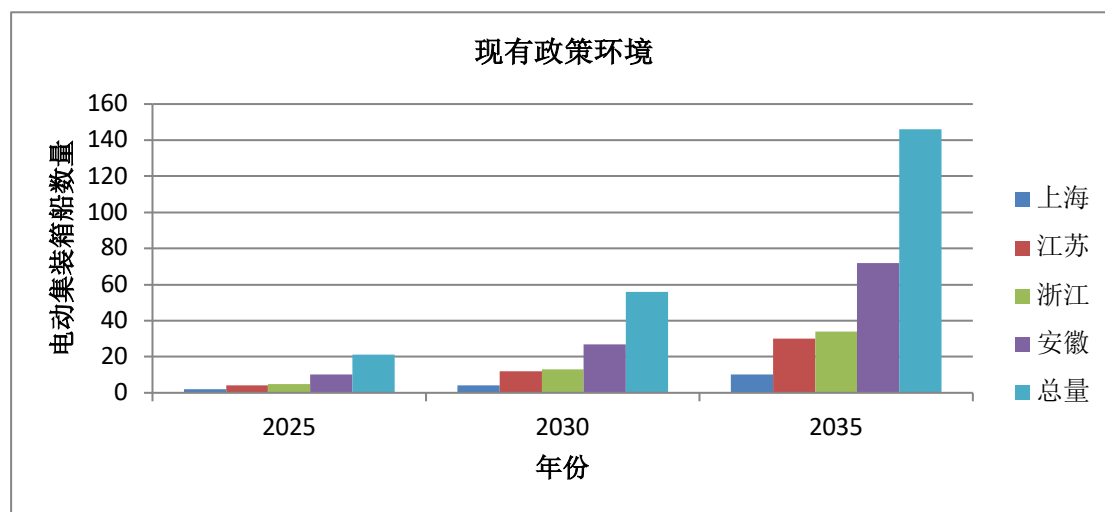


图 3-15 现有政策环境下 2025-2035 年电动集装箱船数量

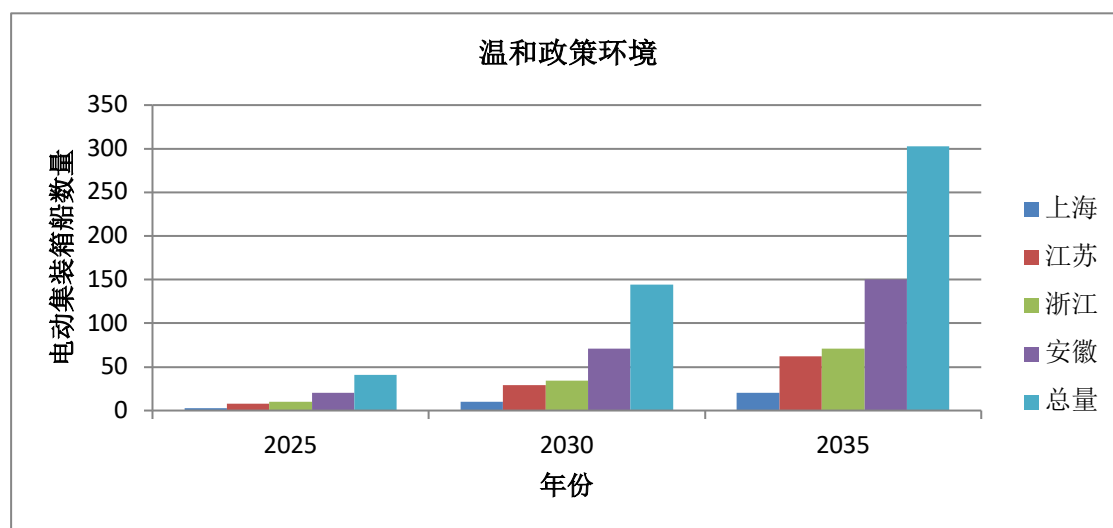


图 3-16 温和政策环境下 2025-2035 年电动集装箱船数量

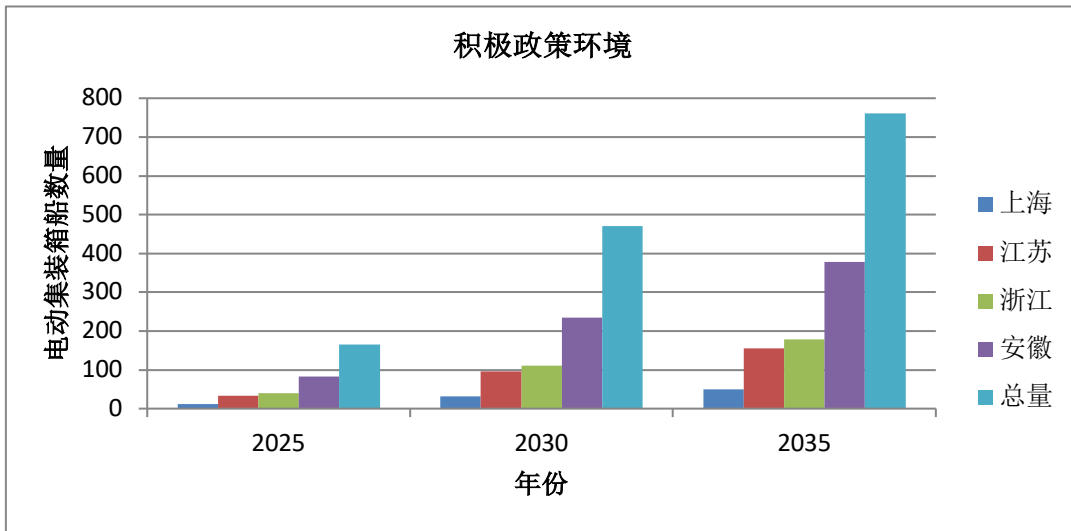


图 3-17 积极政策环境下 2025-2035 年电动集装箱船数量

表 3-32 现有政策环境下三省一市集装箱电动船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	2	4	10
江苏	4	12	30
浙江	5	13	34
安徽	10	27	72
总量	21	56	146

表 3-33 温和政策环境下三省一市集装箱电动船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	3	10	20
江苏	8	29	62
浙江	10	34	71
安徽	20	71	150
总量	41	144	303

表 3-34 积极政策环境下三省一市集装箱电动船数量预测

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	11	31	50
江苏	34	96	155
浙江	39	110	178
安徽	82	234	378
总量	166	471	761

## (2) 成本投入

课题组前期研究结果显示，在现有电价（1.2 元/kwh）下，集装箱船电动化需增加投入约平均 450 万元每艘。因部分集装箱船需装载多个电池组（如“江远百合”号需 3 个电池组，汉唐需 4 个电池组），因此平均需增加投入成本较高。结合电动船数量发展趋势，可算得三省一市需要增加的总投入。以温和政策为例，三省一市需增加总投入如下所示。在温和政策环境下，针对 2025、2030 和 2035 年电动集装箱船增加投入，上海分别为 1350、4500 和 9000 万元；江苏分别为 3600、13050 和 27900 万元；浙江分别为 4500、15300 和 31950 万元；安徽分别为 9000、31950 和 67500 万元；三省一市总量分别为 18450、64800 和 136350 万元。

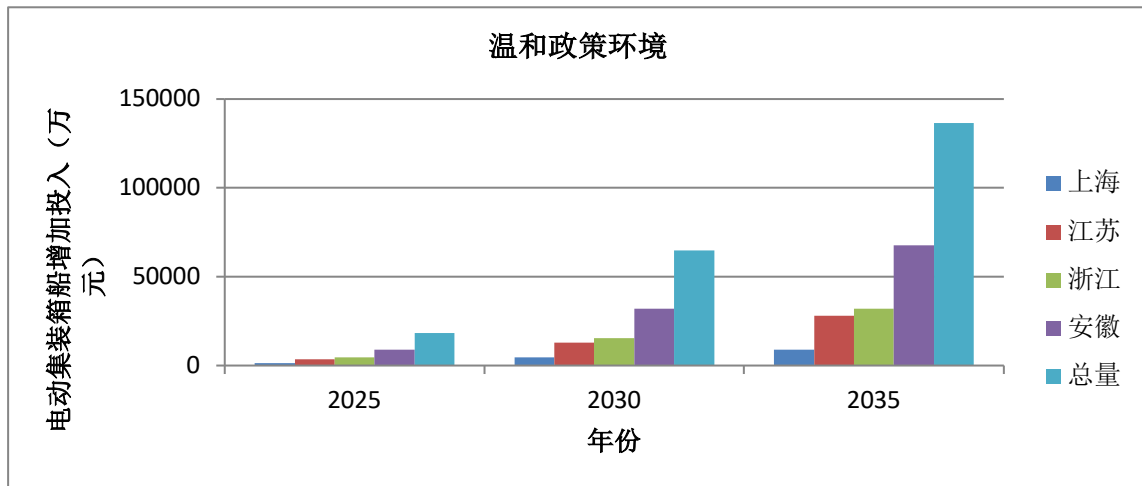


图 3-18 温和政策环境下 2025-2035 年三省一市电动集装箱船增加投入

表 3-35 温和政策环境下三省一市电动集装箱船增加投入

三省一市	电动船数量		
	2025	2030	2035
上海	1350	4500	9000
江苏	3600	13050	27900
浙江	4500	15300	31950
安徽	9000	31950	67500
总量	18450	64800	136350

### 3.2.4 蓄电池平均容量

由于现有电动船舶数量较少，基于长三角三省一市现有电动船舶的容量数据，截至 2023 年 5 月，集装箱船电池容量约 4000-7000kwh，公务船约 1500-4000kwh，客船约 500-2000kwh。平均电池容量取现有船舶的平均值，并结合船舶吨位分布情况，同时考虑船舶大型化的影响，预计集装箱船年平均容量约增加 4%左右，客船年平均容量约增加 2%左右，公务船平均容量保持稳定，由此可得长三角内河集装箱船、公务船和客船平均容量估计值，如下表所示。

分析结果表明，2025 年集装箱船平均容量约为 6000kwh，2030 年和 2035 年平均容量增长约 20%，到 2035 年集装箱船平均容量约 8600kwh。2025 年客船平均容量约为 1500kwh，2030 年和 2035 年平均容量增长约 10%，到 2035 年公务船平均容量约 1815kwh。客船平均容量保持不变，约 3000kwh。

表 3-36 港口不同类型船舶平均容量预测数据

船型	平均容量 (kwh)		
	2025	2030	2035
集装箱船	6000	7200	8600
公务船	3000	3000	3000
客船	1500	1650	1815

### 3.3 分析结论

根据长三角内河公务船、客船和集装箱船在不同政策环境下的电动化率以及电动船舶数量发展预测，可以得出如下结论：

(1) 根据不同政策下电动船舶数量预测结果，结合当前长三角、长江干线及全国内河电动船舶发展现状，综合考虑政策可执行性、船舶电动化总成本以及船东可接受程度等，建议长三角采用温和的政策环境，积极、稳妥推进内河船舶电动化。在温和政策环境的良好指引下，长三角三省一市的电动船舶数量预测详见表 3-37。

表 3-37 温和政策环境下长三角三省一市电动船数量预测（2025-2035）

船型/地区	上海			江苏			浙江			安徽		
	2025	2030	2035	2025	2030	2035	2025	2030	2035	2025	2030	2035
公务船	6	38	88	18	122	279	18	118	271	12	82	188
客船	18	30	45	54	89	133	179	296	443	46	76	115
集装箱船	3	10	20	8	29	62	10	34	71	20	71	150
总量	27	78	153	80	240	474	207	448	785	78	229	453

（2）基于不同类型船舶电动化率及电动船舶数量的预测，公务船、客船和集装箱船三种类型船舶的电动化率和电动船数量均呈上升趋势。因此，未来对电动船舶充换电的需求将逐步增加。在温和政策环境下，公务船因其电动化率增长较快，因此在 2030 和 2035 年对充电的需求预计将大幅增加。在温和政策环境下，由于鼓励加快老旧客船淘汰，且客船基数相对较大，因此客船的充电需求也会有快速的增长，尤其是浙江，其客船数量较大，电动客船的数量和充电需求也较大。集装箱船虽然现阶段总体电动化船舶数量较少，但是在温和政策环境下将稳步增长。因集装箱船以换电技术为主，因此对换电的需求也将持续增长。

## 第四章 长三角内河电动船舶与充换电基础设施现状梳理

### 4.1 长三角内河电动船统计情况

目前，长三角地区电动船舶总量相对较小，但整体呈快速发展趋势，详细情况如下。

#### (1) 上海

截至 2023 年 10 月，上海市内河共有各类新能源船舶（包括 LNG 船、超级电容船、电动船等）120 余条，经营航线覆盖长江中下游干线及支流、黄浦江、苏州河等区域。其中，电动船舶约 18 艘（含 4 艘在建），大部分为客船，电动集装箱船 2 艘，无电动散货船（详细数据见表 4-1）。

表 4-1 上海市内河电动船舶信息统计表

序号	船名	船舶类型	船舶总吨	主机功率或电池容量
1	新生态	车客渡船	1584	625kwh
2	上海久事	游览船	780	2500kwh
3	上海轮渡 11* <sup>10</sup>	客渡船	373	200kW×2
4	上海轮渡 12*	客渡船	373	200kW×2
5	中远海运绿水 01	集装箱船	8335	57600kwh
6	中远海运绿水 02	集装箱船	8335	57600kwh
7	梦清号	普通客船	23	25kW×2
8	百禧号	普通客船	23	25kW×2
9	广肇号	普通客船	23	25kW×2
10	松陵号	普通客船	23	25kW×2
11	沙渡号	普通客船	23	25kW×2
12	久事旅游号	普通客船	23	25kW×2

<sup>10</sup> \*代表船舶“在建或试航”之中。



13	元利号	普通客船	12	6kW×2
14	志丹号	普通客船	12	6kW×2
15	永豫号	普通客船	12	6kW×2
16	苏畔号	普通客船	12	6kW×2
17	今潮号	普通客船	12	6kW×2
18	赛艇号	普通客船	12	6kW×2

## (2) 浙江

截至 2022 年底，浙江省内河共有 26 艘电动船舶投入营运，其中纯电动游览船 25 艘，1 艘纯电池动力集散两用货船（详细数据见表 4-2）。电动客船总吨和锂电池容量不大，多数在景区河湖运营。2023 年，预计有 27 艘纯电动客船投入营运（大多为客船）。

表 4-2 浙江省内河电动船舶信息统计表

序号	船名	船舶类型	船舶总吨	主机功率或电池容量
1	秦河号	普通客船	73	37kW
2	石桥号	普通客船	73	37kW
3	灯塔号	普通客船	73	37kW
4	半山号	普通客船	73	37kW
5	善贤号	普通客船	71	37kW
6	皋亭号	普通客船	71	37kW
7	衢州有礼	普通客船	154	55kW×2
8	有礼 2 号	普通客船	140	55kW×2
9	有礼 3 号	普通客船	295	90kW×2
10	名城 6 号	普通客船	68	92.58kW
11	名城 5 号	普通客船	68	92.58kW
12	名城 2 号	旅游客船	48	103.86kW

13	名城 3 号	旅游客船	48	103.86kW
14	拱瑞号	普通客船	31	100.8kW
15	永瑞号	普通客船	32	100.8kW
16	浙文渡电 01	客渡船	13	48.4kW
17	名城 19 号	普通客船	12	10.08kW
18	名城 18 号	普通客船	12	49.5kW
19	名城 17 号	普通客船	12	49.5kW
20	名城 16 号	普通客船	12	49.5kW
21	名城 15 号	普通客船	12	49.5kW
22	九里汇号	普通客船	22	80.4kW
23	白岩桥号	普通客船	22	80.4kW
24	玉海楼号	普通客船	21	80.4kW
25	拱瑞山号	普通客船	21	80.4kW
26	东兴 100	多用途船	996	150kW×2

### (3) 江苏

截止至 2023 年 10 月，江苏内河从事水路运输的各类新能源船舶共有 99 艘。其中，电动船舶 2 艘（“江远百合”纯电动内河集装箱船舶、“中天电运 001”，详细数据见表 4-3），LNG 动力船舶 98 艘。另外，江苏计划 2025 年投入超过 17 艘纯电动内河集装箱船。

表 4-3 江苏省内河电动船舶信息统计表

序号	船名	船舶类型	总吨或载重吨	主机功率或电池容量
1	江远百合	集装箱船	1469 总吨	3×1540kwh
2	中天电运 001	散货船	1000 载重吨	1458 kWh

#### (4) 安徽

截止至 2023 年 10 月，安徽省内河共有纯电动船舶 4 艘，详细数据见表 4-4 所示。其中，纯电动货船 1 艘（“港航船途 01”轮电动集装箱船），客船 3 艘（均为渡轮）。

表 4-4 安徽省内河电动船舶信息统计表

序号	船名	船舶类型	船舶总吨	主机功率或电池容量
1	港航船途 01	集装箱船	1578	2×1540kwh
2	新滨	客渡船	/	80.6kwh
3	新太白渡	客渡船	/	/
4	新姚五渡	客渡船	/	/

表 4-5 长三角地区电动船舶统计统计表

地区	船舶数量	船舶类型
上海	18 艘（含 4 艘在建）	16 艘客船，2 艘集装箱船
浙江	26 艘（含油改电 1 艘）	25 艘客船，1 艘集散两用货船
江苏	1 艘	1 艘集装箱船
安徽	4 艘	3 艘客船，1 艘集装箱船
合计	49 艘	44 艘客船，5 艘货船

## 4.2 长三角内河电动船舶充换电技术情况

### 4.2.1 电动船充换电技术方式选择

当前，各类电动船舶主要通过充电或换电两种方式进行补能，采用换电方式的电动船也可采用充电补能。

#### (1) 采用充电方式

大功率动力锂电池的充电技术较为成熟。结合应用实践，电动船舶的充电设备主要包括岸基的岸电充电桩和船基的充电接驳箱、充电控制系统、电池管

理系统等。船舶靠岸时，由岸电动力电池充电桩（人工或自动）对接船上充电接驳箱，并通过充电控制系统对动力电池进行充电与管理，充满电后岸电断开，同时允许动力电池与直流母排合闸。

根据岸电动力电池充电桩的技术路线不同，可以分为交流充电桩和直流充电桩（详见 4.2.2 节）。交、直流充电桩通过岸电电源提供电源供给，港口作业码头或水上服务区需配套有一定容量的交流高压电，具备建设岸电充电桩能力，同时可采取增设变压器的方式进行扩容。充电桩固定到岸边，需要具备一定的户外使用防护等级，并具备一定的智能管理和远程通信等功能。

结合当前电动船运营特征和标准规范，渡船、游览船、观光船等电动客船和电动公务船适宜采用换电方式，目前投入运营的电动客船和电动公务船基本采用充电方式进行补能。

## （2）采用换电方式

由于传统靠岸充电运营模式在一定程度上影响了船舶运营效率，也制约了电动船舶的推广应用。一方面，船舶能耗需求大，航行环境复杂，里程焦虑问题比电动汽车更突出。另一方面，船舶搭载的动力电池容量大，充电时间长，长时间等待充电影响船舶运营，也占用宝贵的岸线资源，制约了电动船舶未来发展。

在这一背景下，市场发展出了船电分离的换电技术路线。近年来，采用换电技术的电动船舶不断涌现。在这一技术方案中，船舶不配备固定电池动力组，将电池动力组做成可移动的集装箱式或其他模块化形式，采用换装方式为船舶提供电池动力。

其中，集装箱式动力电池因具有国际标准化尺寸和接口，能够适应各种运输工具和装卸设备，且具有容量大，安全可靠的特点，在船用动力电池领域得到了普遍认可。集装箱式动力电池是指以磷酸铁锂电池（未来可能有其他形式的锂电池加入）为能源载体，采用 20 英尺标准集装箱为成组单元的高度集成、大容量、可移动的通用模块化电源系统。集装箱式动力电池包括电池管理系统、空调系统、消防系统、配电系统等，可实现模块与电网间便捷、安全地快速接通与脱离，从而实现船舶能量快速补充。例如，中远海运“绿水 01”和“绿水

02”电动集装箱船采用换电方式，装载 36 个箱式电源，总容量超过 5 万 kWh，单箱换电作业时间约 10 分钟。

根据换电站选址不同，换电模式可细分为岸边换电和陆上集中换电等两种方式。岸边换电是指换电站建设在港口码头或附近岸边或水上服务区，充电在换电站内或附近完成，通过正面吊或者叉车完成亏电和满电电池箱运输作业。例如，“港航船途 01 轮”即采用该方式进行作业。陆上集中换电指建设在毗邻港口的内陆地区，将多个岸边换电站的电池集中起来，完成充电后统一配送。例如，“江远百合号”电动集装箱船即采用该方式进行作业。

换电模式发展前期，电动船数量较少，采用陆上集中换电方式时，动力电池调运时间长，调运成本高，可优先采用岸边换电的方式。随着电动船舶的推广普及，可考虑陆上集中换电方式，形成规模效益。

可以说，换电模式在保证电池正常周转的前提下，可结合分时电价表，合理规划充电时间，一方面节约充电成本，另一方面能够对能源网进行削峰填谷。这一技术路线结合灵活的商业运营模式，能够有效解决电动船初始投资成本高的难题，且具有方便快捷，节约充电等待时间的优势，对于电动船舶未来发展具有很好的适用性。

结合当前电动船运营特征和标准规范，电动集装箱船适宜采用换电方式，减少集装箱船靠港等待时间，同时可保留充电接口，在停靠时补能。电动客船、电动公务船由于船舶结构、标准规范等方面的约束，目前尚未见采用换电方式的运营船舶。

#### **4.2.2 电动船充换电技术**

在换电技术方面，随着标准箱式电源的推广应用，电动船换电技术方案较为单一，没有出现电动汽车领域中的不同厂商采用不同换电技术的情况，本节重点讨论电动船充电技术。

在充电技术方面，鉴于内河电动船充电领域尚未出台统一标准规范，当前实际应用的船舶充电方案较多参考当前较为成熟的电动汽车领域充电技术。同时，结合内河船舶应用场景做出一定的改进。

由于电网为交流供电，而船用动力电池为直流电，从电网传输电能至动力电池需要将交流电转换为直流电，同时需要有充电控制系统，比如恒电流或恒功率充电，均需根据电池电压动态调整充电电压。结合目前汽车工程领域广泛应用的锂电池充电系统的充电方法，船用锂电池充电方法主要有交流充电、直流充电等两种方式。

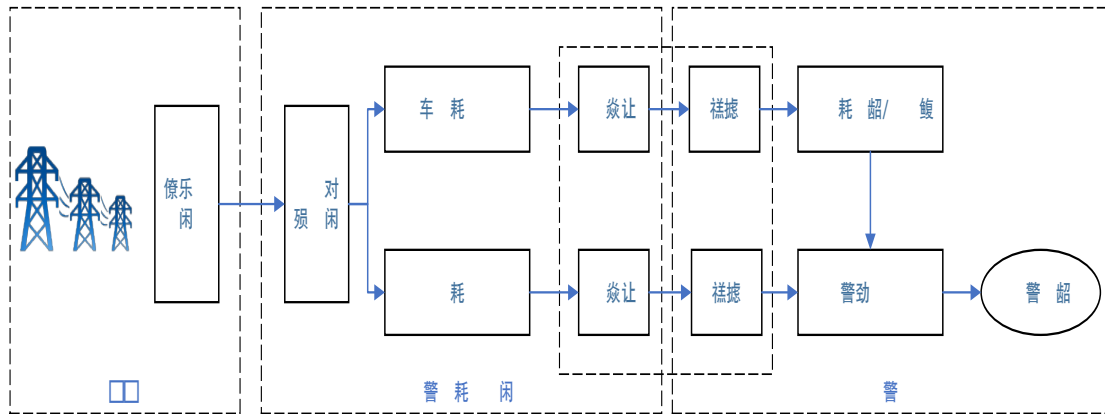


图 4-1 电动船充电方案示意

### (1) 交流充电

由电网提供交流电源，经过船载充电装置的滤波、整流和保护等功能，实现对锂电池的充电过程。参照我国《GB/T 20234.2-2015 电动汽车传导充电用连接装置—第2部分：交流充电接口 Connection set for conductive charging of electric vehicles—Part 2: AC charging coupler》，规定了交流充电接口的额定值，其中，单相为 250V 10A/16A/32A，三相为 440V 16A/32A/63A，最大额定功率约为 28kW。常用的交流充电桩规格有 7.4kW(230V/32A,单相)、11kW(400V/16A,三相)和 22kW(400V/32A,三相)等。

交流充电的设施主要包括交流充电桩和交流充电机。一般来讲，交流充电桩只提供交流电输出，对电池充电需要通过船载充电机(船舶配电板上的 AC/DC 模块)将交流电转成直流电，并提供充电控制。船载充电机主要包括前端 AC-DC 和后端 DC-DC，前端 AC-DC 变换器主要实现将外部交流电整流为直流电，输出稳定的直流电等功能，后端 DC-DC 变换器主要对直流电压、电流进行相关的

变换，输出能够用于给动力电池直接进行充电的直流电。受船上空间限制，船载充电机体积不能过大，因此，船载充电机功率处理能力有限，充电时间一般较长，适合在船舶停航时进行长时间充电（例如在客船夜间停航时进行）。

## （2）直流充电

由地面提供直流电源，直接为船用锂电池充电，省去了船载充电装置，有利于船体自重的减轻。地面充电机一般功率较大，参照我国《GB/T 20234.3 电动汽车传导充电用连接装置—第 3 部分：直流充电接口 Connection set for conductive charging of electric vehicles—Part 3: DC charging coupler》，规定了直流充电接口的额定值，其中，额定电压为 750/1000V，额定电流为 80A/125A/200A/250A。由于从交流电到直流电的转换是在充电桩/站完成的，能够为船舶提供比交流充电更高的功率（50 kW 至 350 kW，甚至更高）。常用的直流充电桩规格有 22kW/30kW/40kW/60 kW/80kW 等。

直流充电的充电设施主要为直流充电桩。直流充电桩具有充电控制功能，不需要经过船载充电机即可直接给动力电池充电。直流充电功率一般较大，能够快速对动力电池进行电能补充，节约充电时间。直流充电桩通常采用模块化的设计，可以减少维护成本，还能够通过功率控制策略提高其充电效率。然而，由于大功率、大电流充电需要线径更大的电缆，此外，直流充电过程中会产生大量的热，需要进行快速冷却。因此，直流充电参数的限制条件一是电池快速充电的安全性（主要由锂电池结构和特性决定），二是受充电电缆等电气配件的强度（例如电缆直径过大，是否便于插接、弯折）和散热等的限制。同时，直流充电桩的功率较大，对电网会进行一定冲击，建设需要考虑对电网的保护措施。

### 4.2.3 岸电技术

岸电是指在船舶正常营运靠港期间港口向船舶供电的技术，包括船载装置和岸基装置。以电压 1kV 为分界线，岸电系统分为高压岸电系统和低压岸电系

统。根据《码头船舶岸电设施工程技术标准》，供电容量小于 630KVA 时，可采用低压供电方式；供电容量为 630KVA~1600KVA 时，宜采用高压供电方式；当供电容量大于 1600KVA 时，应采用高压供电方式。

业界低压岸电主要采用的电压等级为 380V/50Hz 或 440V/60Hz，高压岸电采用的电压等级为 6KV/50Hz 或 6.6KV/60Hz 或 11KV/60Hz。岸电系统工作原理相对简单，是将岸上供电系统(即岸基装置)通过船岸交互部分将电力送至船舶受电系统(即船载装置)。

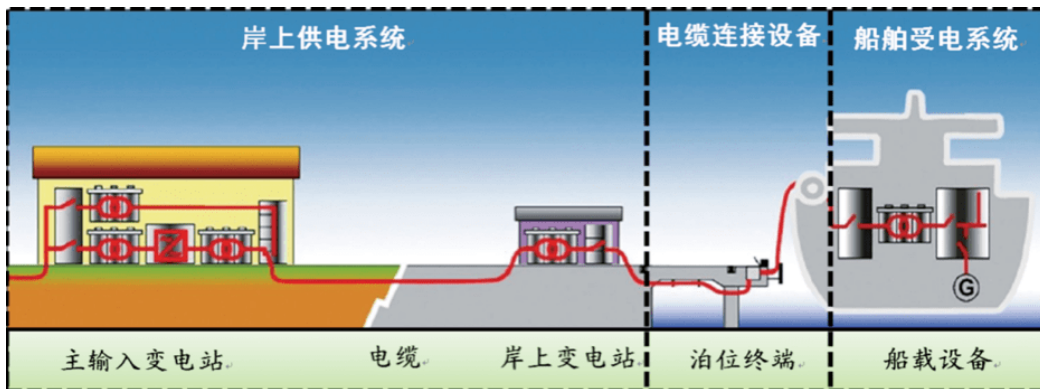


图 4-2 岸电系统示意

根据交通运输部《内河码头船舶岸电设施建设技术指南》的规定，岸电设施容量应根据泊位允许靠泊船舶中单台最大发电机组额定容量、船舶用电需求和泊位利用情况综合考虑，并留有余量。根据内河主要船型发电机组功率实际情况（表 4-6 所示为集装箱船发电机组功率），内河船舶主要采用低压岸电系统，部分大型船舶采用高压供电。结合内河岸电使用需求，大部分船舶的电力需求为普通生活用电，以无锡市新安水上服务区为例，采用低压一体化岸电充电桩，每个岸电桩具备 220V 和 380V 接口，其中，220V 接口的输出功率为 8kW，380V 接口的输出功率为 20kW。可见，与电动船充电所需功率相比，内河码头的岸电桩功率难以满足大容量动力电池的要求。



表 4-6 集装箱船发电机组功率与电压

序号	船舶吨级 DWT(t)	载箱量 (TEU)	功率 (kW)	电压 (V)
1	500 (500~1000)	≤150	70×3	400
2	1000 (1001~2500)	≤200	90×3	400
3	3000 (2501~4500)	201~350	120×3	400
4	5000 (4501~7500)	351~700	320×3	450
5	10000 (7501~12500)	701~1050	430×3	450

#### 4.2.4 小结

综上所述，受功率约束，现有岸电桩较难满足大容量动力电池的充电需求。具体到电动船充电技术，相比而言，交流充电与直流充电技术均有相应的适用场景。采用交流充电技术方案的优点包括充电桩建设投入成本和使用成本较低，充电电流较小，对动力电池使用寿命的不良影响较小；缺点主要为充电功率较小，充电时间长，需要配合交流充电机使用，增加了电动船建造成本，适用于动力电池容量较小、有较长停泊时间的小型电动船舶，如小型电动散货船、电动公务船等。

采用直流充电技术方案的优点包括无需增加电动船的建造成本，输出电压和电流调整范围大，充电功率大，充电速度快，能够实现快速充电；缺点主要包括直流充电桩造价昂贵，对电池质量要求较高，电池短时间内温升显著，长期大电流充电对电池寿命有一定影响等。直流充电技术方案适用于对充电速度要求高、停泊时间较短、快速补电、电池舱较为紧凑电动船舶，如各类电动游览船、电动轮渡船等。

### 4.3 长三角内河电动船舶充换电设施统计

#### 4.3.1 上海

截至 2023 年 10 月，上海市内河共有电动船舶充电设施 8 处，包括长兴客运站、四行仓库码头、中山公园码头、长风公园码头、西康路码头、丹巴路码头、梦清园码头等地，由上海市客运轮船有限公司、浦东供电公司、黄浦江码头岸线建设管理有限公司、国网上海综合能源服务有限公司、上海久事苏州河旅游发展有限公司等公司投资建设或运营使用（部分信息见 4-7）。目前，上海市内暂无电动船换电站。

表 4-7 上海充电设施统计

编号	主体	数量及功率	备注
1	上海轮渡	400 kW×4	远期规划电动船充电桩 10 处
2	浦东供电公司，黄浦江码头岸线建设管理有限公司等	640 kW×1	1.7-2.6 元/kWh（含充电服务费 1 元/kWh）

### 4.3.2 浙江

截至 2023 年 10 月，浙江省在杭州、温州、嘉兴、湖州等地有已建内河电动船充电设施共 6 处。其中，杭州 1 处，位于西湖景区，额定容量为 120kW×3 和 60kW×1；温州 3 处，位于鹿城区白鹿洲公园北门游船码头、瑞安市东门渡口、文成县大垟口，额定容量分别为 360kW、50kW×5、6.6kW；嘉兴 1 处，位于南湖景区，额定容量为 12.88kW×2；湖州 1 处，位于长兴电厂码头，额定容量为 150kW×3（具体信息见 4-8）。目前，浙江省暂无电动船换电站。

表 4-8 浙江充电设施统计

编号	主体	数量及功率	备注
1	西湖景区	120 kW×3+60 kW×1	
2	北门游船码头	360 kW×3	
3	瑞安市东门渡口	50 kW×5	
4	文成县大垟口	6.6 kW×1	
5	南湖景区	12.88kW×2	

6	长兴电厂码头	150kW×3	为换电集装箱电池充电
---	--------	---------	------------

### 4.3.3 江苏

目前，由于江苏省有一艘电动集装箱船，有一处换电站。“江远百合”号共配有 3 个箱式电源，1 个随船使用，1 个在苏州港太仓港区浮桥作业区正和兴港码头备用，1 个在距离码头约 10 公里的陆上（协鑫电厂）。船舶换电作业采用集装箱岸吊装卸集装箱式移动电源，换下的集装箱式移动电源通过集卡运输至协鑫电厂，连接专用充电桩充电（未来，江苏省计划配套建设 10 座充电设施）。

表 4-9 江苏充换电设施统计

编号	主体	类型	数量
1	江苏远洋运输有限公司	换电站	1

### 4.3.4 安徽

目前，安徽省为满足轮渡船舶需求，在芜湖市无为市的太白渡口、五洲渡口以及合肥市庐江县同大镇新河渡口设有专用的充电桩。有一处运营的换电站，其主要服务于“港航船途 01”轮电动集装箱船舶。

表 4-10 安徽充换电设施统计

编号	主体	类型	数量及功率
1	芜湖太白渡口	充电站	1
2	芜湖五洲渡口	充电站	1
3	合肥新河渡口	充电站	1
4	芜湖港	换电站	1

## 4.4 分析结论

长三角地区现有电动船数量不多。现有电动船大多为客船，电动集装箱船仅两艘，但计划建造的船舶数量呈现较快增长。长三角地区现有电动船充换电

设施较少。从投资运营主体上来看，主要有两类，第一类为航运公司（船东）自建，为自有电动船服务。例如，“江远百合”号集装箱船所使用的换电设施，即采用自建自营模式；又如浙江部分景区游览船所使用的充电设施，也采用自建自营模式，为自有船舶提供充换电服务。第二类由码头公司投资建设，为电动船舶运营方提供服务。例如，上海久事苏州河旅游发展有限公司目前处于试运营状态的电动游览船“上海久事”号，使用的充电设施由码头公司建设运营，上海久事苏州河旅游发展有限公司通过与码头合作的形式，获取充电服务，向码头公司支付充电和充电服务费，码头公司向国网支付电费。

## 第五章 长三角内河电动船舶充电、换电设施需求分析

### 5.1 整体思路

从船舶的类型来看，具有充电需求的电动船舶主要来自于电动客船（如观光船、游览船、轮渡等）、公务船等。这一类型的船舶由于其使用的时间相对固定，单次使用的时间不会过长。因此，适用于充电模式（即白天使用，晚上停靠充电），比较典型的是客轮渡船。而具有换电需求的电动船舶主要来自于电动货船，如集装箱船等。这一类型的船舶由于其在港口停靠进行货物装载的时间相对较短，依靠充电（即使是快充）无法满足其运行的需求，且集装箱船舶航行一般是定点定线，其装卸作业的港口码头相对固定。因此，一般采用换电模式，在港口装卸作业时或在换电站更换箱式电池。

从船舶的所有（经营）主体来看，大多充电和换电需求的船舶均来自于政府或有政府背景（国央企）的企业、或者大型民营企业运营的船舶，主要有电动客船、公务船、集装箱船等。以私人小企业主为主体的小型散货船数量总多，但是由于其电动化可行性等问题暂未作为本课题重点研究对象。

### 5.2 不同船型对充换电设施的需求特征

不同船型在不同时期对充换电设施的需求表现出不同的特征。对于公务船，其所使用的主体主要是海事等监管部门。且由于公务船执行任务的特殊性和重要性，监管部门往往选择自建充电设施（建设充电设施的所需的场地和资金也相对充足）。电动客船发展初期，绝大部分客船运营主体（如轮渡公司）选择自建自营自用或与电网公司、码头公司合作投资建设运营的方式。电动客船规模化发展之后，由于码头岸线资源有限，势必要发展公共充电站。电动集装箱船换电设施的发展面临同样的阶段，在发展初期，由于船舶数量少，公共换电模式难以实现盈利，航运公司为了保障船舶运营，只能选择自建或与电网公司、码头公司合作投资建设换电设施。未来电动集装箱船规模化发展之后，同样对

公共换电设施有进一步需求。

## 5.3 电动客船充电设施需求测算

### 5.3.1 需求测算模型构建

#### (1) 影响因素

**船舶可用充电时长：**对于充电船舶而言，其可用充电的时间对于充电设施配置的数量及功率有着决定性的作用。同样船舶电池容量配置下，船舶的可用充电时间越长，其充电桩数量和功率配置需求就越低。某些情况下，如果船舶的可用充电时间相对船舶运营时间过短，则其本身就不适用于充电模式（此时换电模式较为适宜）。以客船中的车轮渡船为例，各个渡口其船舶的运营主要集中在早上6点至晚上10点（或者早上七点至晚上11点），其他时间即可用来充电补能，且船舶一般在渡口进行充电。因此，此种情况下船舶的可用充电时长平均为8小时左右。

**船舶充电靠泊位置（模式）：**在船舶数量较小的情况下，一般船舶充电都是在船舶的主要经营场所附近配置充电系统，节省船舶的转场时间。当需充电船舶数量较大时，在某些合适的位置选点左右集中充电场所也是一种模式。此种模式下，可以发挥充电站的规模效应，降低充电站的建造、运营和维护成本。但是，也会在一定程度上增加船舶从使用地到充电场所的时间。目前，对于上海轮渡等，其主要的模式还是采用前面一种。当未来公共船舶充电需求增加到一定程度时，公共性质的充电场所则可能主要以第二种模式为主。

**充电桩功率配置：**充电桩功率对于船舶充电时间有着重要影响，同样船舶电池容量下，充电桩功率越高，充电时间越短（或者需要在充电时间固定的情况下，需要的充电桩数量越小）。为此，根据不同的船舶电池容量、实际使用情况进行充电桩的个性化配制以避免资源的浪费。另一方面，使用高功率充电桩给低容量电池充电，也容易导致电池充放电不均衡存在过充过放风险，缩短电池寿命。为此，可以针对不同容量和使用需求的船舶，配置适合的充电桩。

## (2) 关键假设

- 1) 船舶的电池电量在工作时间段内基本耗尽，即船舶配置的电池容量不会太小，使得船舶需要在工作时间不会需要频繁充电。同时，因为电池价格考虑，电池容量也不会太大（一般足够船舶白天使用即可）。
- 2) 对于不同时期、不同船型的船舶数量和平均容量已通过前面章节（第二章）的预测获取；
- 3) 测算各区域内的为船舶配置的充电桩，可以供不同的运营主体的船舶共享使用。

## (3) 主要参数

- 1)  $w_v$ ： $v$ 类船（集合 $V$ ，主要包含公务船、客船）的平均电池容量；
- 2)  $n_v$ ： $v$ 类船的数量；
- 3)  $P_i$ ： $i$ 类充电桩（集合 $I$ ，包含普充、快充和超充三种）的典型功率，此模型中取值分别为 150kW、400kW 和 720kW；
- 4)  $N_i$ ： $i$ 类充电桩的最小需求数量；
- 5)  $T$ ：船舶的平均可用充电时长，此模型测算中取值 8 小时。

## (4) 测算模型

采用充电模式的船舶在其设计之初会综合考虑到电池容量及使用需求，电池容量足够白天工作使用，在晚上充电。为此，构建的最小充电需求测算模型如下：

$$\sum_{v \in V} w_v \times n_v \leq \sum_{i \in I} P_i \times N_i \times T \quad (1)$$

模型测算的主要思路是实现船舶工作时间段内所耗费的总能量与充电时间段内的充电能力实现平衡。为此，公式（1）中公式左侧为该区域内所有类型船舶的电池总容量（即船舶工作时间段内所耗费的总能量），右侧为充电桩的数量、平均功率以及充电时间的乘积（即充电时间段内的充电能力）。

### 5.3.2 需求测算示例

以上海轮渡为例，目前在建 2 艘电动渡船（如当前所有全部更换成电动船则共需要 34 艘），每艘船长 27 米，客位 250 人，动力电池容量 3132kwh。轮渡在黄浦江两岸往返运行，单天工作时间约 16 小时，晚上可用充电时间约 8 小时。目前，其当前配置的充电桩功率为 400kW。

按上文构建的模型进行测算（式（1）），当两艘电动船投入运营后，需最少配置的充电桩数量：

$$N_i = (2 \times 3132) / (400 \times 8) = 1.95 \approx 2 \text{套。}$$

即按照当前配置的充电桩功率而言，上海轮渡需要至少 2 套 400kW 的充电桩，才能满足电动船舶的运营充电需求。

当全部的船舶都替换成相同船型电动船时，上海轮渡需最少配置的 400kW 充电桩的数量为：

$$N_i = (34 \times 3132) / (400 \times 8) = 33.2 \approx 34 \text{套。}$$

### 5.3.3 区域充电需求测算

通过整理，可得长三角地区各省市不同时期电动客船数量、平均容量数据如表 5-1 所示。

表 5-1 不同时期不同地区电动客船的数量和平均容量

船舶类型	地区	船舶数量（艘）			平均容量（kwh）		
		2025 年	2030 年	2035 年	2025 年	2030 年	2035 年
客船	上海	18	30	45	1500	1650	1815
	江苏	54	89	133	1500	1650	1815
	浙江	179	296	443	1500	1650	1815
	安徽	46	76	115	1500	1650	1815

由表 5-1 数据可得到各地区船舶在不同时期所有电动客船的电池总容量数据（即公式（1）中左侧部分），见表 5-2。

表 5-2 不同时期不同地区电动客船电池总容量



地区	总电池容量 (kwh)		
	2025 年	2030 年	2035 年
上海	10500	42900	74415
江苏	30000	125400	215985
浙江	99000	417450	722370
安徽	25500	107250	186945

将表 5-2 中数据代入公式 1 中，可以得到长三角地区不同时期电动客船对充电需求的测算结果如表 5-3 所示。

表 5-3 长三角地区在不同时期电动客船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量 (套)		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	138	578	1000
全快充	52	217	375
全超充	29	120	208
均衡配置 <sup>11</sup>	49	205	354

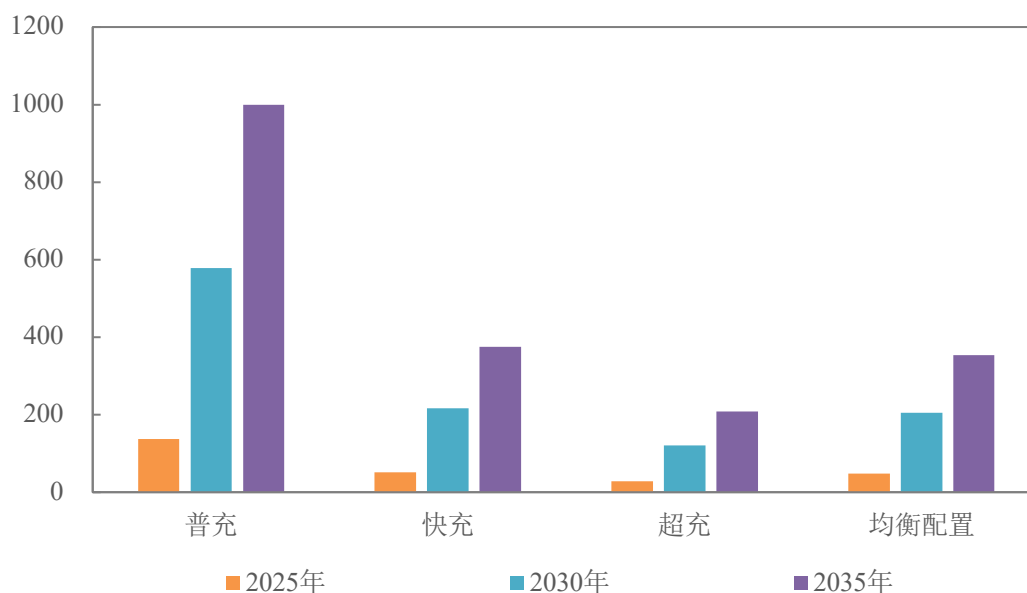


图 5-1 长三角地区在不同时期电动客船充电桩配置需求测算结果图

<sup>11</sup> 均衡配置即为普充、快充和超充配置的比例为 1:1:1。

### (1) 上海

由表 5-4 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，上海在 2025 年、2030 年和 2035 年的充电桩数量配置分别为 2 套、13 套和 22 套；如采用现有上海轮渡规划建设使用的 400kW 的快充配置，上海在 2025 年、2030 年和 2035 年的充电桩数量配置分别为 3 套、13 套和 23 套；如采用 150kW 的普充配置，上海在 2025 年、2030 年和 2035 年的充电桩数量配置分别为 9 套、36 套和 62 套；如采用均衡配置，则浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的充电桩总数分别为 3 套、15 套和 24 套。

表 5-4 上海在不同时期电动客船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	9	36	62
全快充	3	13	23
全超充	2	7	13
均衡配置	3	15	24

### (2) 江苏

由表 5-5 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 5 套、22 套和 37 套；如采用 400kW 的快充配置，江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 9 套、39 套和 67 套；如采用 150kW 的普充配置，江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 25 套、105 套和 180 套；如采用均衡配置，则江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动客船充电桩总数量分别为 9 套、39 套和 66 套。

表 5-5 江苏在不同时期电动客船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	25	105	180
全快充	9	39	67
全超充	5	22	37
均衡配置	9	39	66

### （3）浙江

由表 5-6 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 17 套、72 套和 125 套；如采用 400kW 的快充配置，浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 31 套、130 套和 226 套；如采用 150kW 的普充配置，浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 83 套、348 套和 602 套；如采用均衡配置，则浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动客船充电桩总数量分别为 30 套、123 套和 213 套。

表 5-6 浙江在不同时期电动客船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	83	348	602
全快充	31	130	226
全超充	17	72	125
均衡配置	30	123	213

### （4）安徽

由表 5-7 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 4 套、19 套和 32 套；如采用 400kW 的快充配置，安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分

别为 8 套、34 套和 58 套；如采用 150kW 的普充配置，安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动客船充电桩数量配置分别为 21 套、89 套和 156 套；如采用均衡配置，则安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动客船充电桩总数量分别为 8 套、32 套和 55 套。

表 5-7 安徽在不同时期电动客船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	21	89	156
全快充	8	34	58
全超充	4	19	32
均衡配置	8	32	55

#### 5.4 电动公务船充电设施需求测算

上文提及，公务船对于充电的需求与客船类似。为此，其充电需求设施测算模型可以用 5.3 节中的构建的模型。通过整理，可得长三角地区各省市不同时期电动公务船的数量、平均容量等数据，如表 5-8 所示。

表 5-8 不同时期不同地区电动公务船数量和平均容量

船舶类型	地区	船舶数量（艘）			平均容量（kwh）		
		2025 年	2030 年	2035 年	2025 年	2030 年	2035 年
公务船	上海	6	38	88	3000	3000	3000
	江苏	18	122	279	3000	3000	3000
	浙江	18	118	271	3000	3000	3000
	安徽	12	82	188	3000	3000	3000

由表 5-8 数据可得到各地区船舶在不同时期所有电动公务船的电池总容量数据（即公式（1）中左侧部分），见表 5-9。

表 5-9 不同时期不同地区电动公务船电池总容量

地区	总电池容量 (kwh)		
	2025 年	2030 年	2035 年
上海	18000	114000	264000
江苏	54000	366000	837000
浙江	54000	354000	813000
安徽	36000	246000	564000

将表 5-9 中数据代入公式 1 中，可以得到长三角地区不同时期电动公务船对充电需求的测算结果如表 5-10 所示。

表 5-10 长三角地区在不同时期电动公务船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量 (套)		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	135	900	2065
全快充	51	338	774
全超充	28	188	430
均衡配置	48	319	732

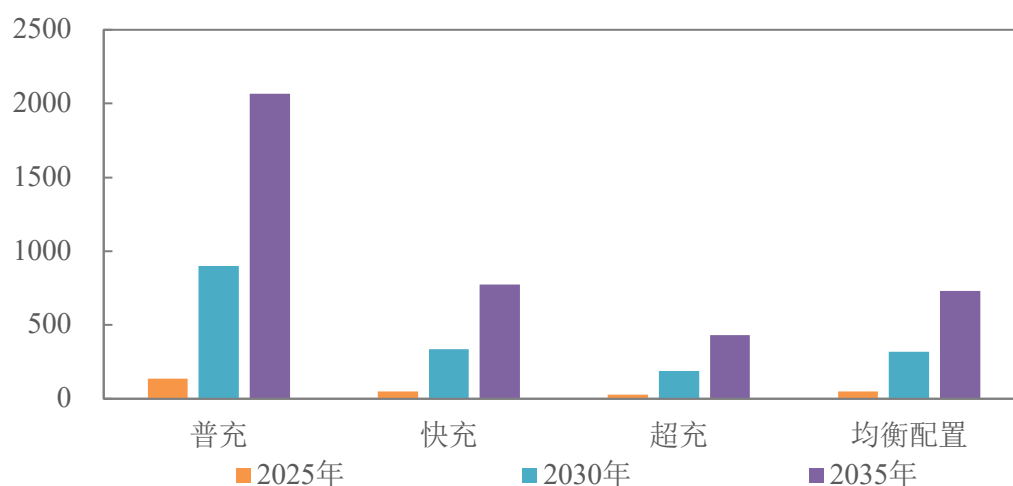


图 5-2 长三角地区在不同时期电动公务船充电桩配置需求测算结果图

### (1) 上海

由表 5-11 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，上海在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 3 套、20 套和 46 套；如采用 400kW 的快充配置，上海在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 6 套、36 套和 83 套；如采用 150kW 的普充配置，上海在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 15 套、95 套和 220 套；如采用均衡配置，则浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动公务船充电桩总数分别为 5 套、34 套和 78 套。

表 5-11 上海在不同时期电动公务船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	15	95	220
全快充	6	36	83
全超充	3	20	46
均衡配置	5	34	78

### (2) 江苏

由表 5-12 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 9 套、64 套和 145 套；如采用 400kW 的快充配置，江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 17 套、114 套和 262 套；如采用 150kW 的普充配置，江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 45 套、305 套和 698 套；如采用均衡配置，则江苏在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动公务船充电桩总数量分别为 16 套、108 套和 247 套。

表 5-12 江苏在不同时期充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	45	305	698
全快充	17	114	262
全超充	9	64	145
均衡配置	16	108	247

### （3）浙江

由表 5-13 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 9 套、61 套和 141 套；如采用 400kW 的快充配置，浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 17 套、111 套和 254 套；如采用 150kW 的普充配置，浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 45 套、295 套和 678 套；如采用均衡配置，则浙江在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动公务船充电桩总数量分别为 16 套、105 套和 240 套。

表 5-13 浙江在不同时期电动公务船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	45	295	678
全快充	17	111	254
全超充	9	61	141
均衡配置	16	105	240

### （4）安徽

由表 5-14 可以看出，如采用 720kW 的超充配置，安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 6 套、43 套和 98 套；如采用 400kW 的快充配置，安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数

量配置分别为 11 套、77 套和 176 套；如采用 150kW 的普充配置，安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年的电动公务船充电桩数量配置分别为 30 套、205 套和 470 套；如采用均衡配置，则安徽在 2025 年、2030 年和 2035 年需要配置的电动公务船充电桩总数量分别为 11 套、73 套和 167 套。

表 5-14 安徽在不同时期电动公务船充电桩配置需求测算表

类型	充电桩配置数量（套）		
	2025 年	2030 年	2035 年
全普充	30	205	470
全快充	11	77	176
全超充	6	43	98
均衡配置	11	73	167

## 5.5 电动集装箱船换电设施测算

### 5.5.1 需求测算模型构建

#### (1) 影响因素

船舶到站（充电站）时间分布：船舶到站（充电站）时间分布直观表现为船舶到达充电站的集中程度，其对于换电站在电池组配置的电池组数量有着重要影响。如果船舶到站时间分布相对均匀（服从平均分布或者泊松分布），则在一定时间内为充电站预留为换下的电池组（空电状态）的时间相对均匀，有利于降低电池组配置的数量。如果船舶到站时间分布过于集中，某些时段内船舶换下的电池组充电时间缩短，可能导致暂时不能满足船舶的换电需求。

箱式电池充电时间：箱式电池充电时间即当船舶换下的箱式电源，在换电站（或者送回周边充电站充电）将电池组充满电所需的时间。如果充电时间越长，同样船舶换电需求下所需电池组的数量增加；反之，则所需电池组的数量减少。箱式电池充电时间实际又与电池本身的容量以及充电桩的功率相关。

#### (2) 模型假设



- 1) 不同区域、不同船型在不同时期的到港的船舶航次和平均容量已通过预测获取;
- 2) 对于港口而言, 其所需服务的船舶, 其到达港口的时间呈平均分布, 暂不考虑短时间船舶集中到达的情况;
- 3) 单个箱式电源 (被船舶更换留置后) 在换电站进行充电的所需的平均时间已知;

### (3) 主要参数

- 1)  $w_v$ :  $v$ 类船 (集合  $V$ , 主要为集装箱船) 的平均电池容量;
- 2)  $M_v$ :  $v$ 类船的在港平均航次数量 ( $M_v \geq 1$ , 如小于 1 则按 1 计算);
- 3)  $C_t$ : 在  $t$ 时期单个箱式电源的平均容量 (此测算模型中, 按照集装箱船舶电池总容量的变化形势, 2025、2030 和 2035 年的取值分别为 1500kwh、1800kwh 和 2150kwh);
- 4)  $N$ : 港口中需要配置的箱式电源的数量 ( $N \geq \delta$ , 且为  $\delta$  的倍数, 其中  $\delta$  为该港口中停靠所有停靠船舶中配置箱式电源的最大个数, 此模型中取值为 4);
- 5)  $\alpha$ : 单个箱式电源一般情况下单天可循环使用的次数;
- 6)  $T$ : 单个箱式电源充满电所需的平均充电时间 (此测算模型中取值为 8 小时)。

### (4) 测算模型

采用换电模式的船舶适用于定点定航线的内河集装箱船舶, 其在起始港和目的港 (一般很少在中间港口进行挂靠) 更换箱式电源后在两点之间往返。为此, 构建的换电需求如下测算模型。

$$\sum_{v \in V} w_v \times M_v = C_t \times N \times \alpha \quad (2)$$

$$\alpha = 24 / T \quad (3)$$

模型测算的主要思路是港口船舶到达后所需更换箱式电源的总能量需求与所配备的箱式电源数量实现平衡。为此, 公式 (2) 中左侧为港口内所有类型船

船舶到达更换的电池总容量，右侧为最少配置箱式电源的数量、平均单个箱式电源的容量以及单个箱式电源一般情况下单天可循环使用的次数的乘积。公式（3）则用来计算单个箱式电源一般情况下单天可循环使用的次数。

### 5.5.2 需求测算示例

以上海汉唐航运投建的两艘内河集装箱船舶为例，该船舶主要投入苏州—洋山航线（船舶在洋山港和苏州港装卸作业时换电），装载量 120TEU（4 个箱式电源，单个电池组总容量 1500kwh）。船舶年循环航行次数为 90 次（约 4 天每个循环），即该船平均每天在洋山港和苏州港各需停靠约 0.25 次。为此，为满足该船舶换电需求，洋山港和苏州港为该艘船舶需配置的箱式电池的最小数量理论为：

$$N = 1 \times 6000 / (1500 \times 3) = 1.333 \text{ 组。}$$

但是，由于每次船舶停靠的时间明显短于箱式电源的充电时间，为此苏州港和洋山港区实际配置的箱式电源的数量为 4 组。类似，当港口每天有 4 航次的该类型船舶到港，理论需配置的箱式电池的数量为：

$$N = 4 \times 6000 / (1500 \times 3) = 5.333 \text{ 组}$$

然而，配置 6 组不能满足船舶到港后整体箱式电源全部更换的需求（因为多数船舶需要一次性更换 4 个箱式电源，配置 6 个后剩余的 2 个不能满足船舶的需求），实际应配置 8 组。

### 5.5.3 区域换电需求测算

通过整理，可得长三角地区各省市不同时期集装箱的船舶数量、平均容量数据如表 5-15 所示。

表 5-15 不同时期不同地区电动集装箱船数量和平均容量

船舶类型	地区	电动船舶数量（艘）			平均容量（kwh）		
		2025 年	2030 年	2035 年	2025 年	2030 年	2035 年
集装箱船	上海	4	11	20	6000	7200	8600
	江苏	12	33	61	6000	7200	8600
	浙江	14	38	70	6000	7200	8600
	安徽	30	81	149	6000	7200	8600

按不同时期的集装箱船舶总数（见表 3-37）与总航次（2025、2030 与 2035 年的航次数分别见表 3-14、3-15、3-16）的比值，等比计算得到电动船集装箱船总航次，并按各港口所占总航次比例，得到不同时期各港口每天电动船集装箱船航次数量如表 5-16 所示。

表 5-16 不同时期各港口集装箱船的航次数量

地区	港口	电动船舶航次（次/天）		
		2025 年	2030 年	2035 年
上海	上海港	8	24	47
浙江	宁波舟山港	0	0	0
	嘉兴港	1	2	4
	台州港	0	0	0
	温州港	0	0	0
	湖州港	1	2	3
	杭州港	1	1	1
	绍兴港	1	1	1
江苏	连云港港	1	1	1
	南通港	1	3	5
	张家港港	1	1	2
	常熟港	1	1	1
	太仓港	1	4	7
	泰州港	1	1	1
	江阴港	1	1	2

	常州港	1	1	2
	镇江港	1	1	2
	扬州港	1	1	2
	南京港	1	2	3
	盐城港	0	0	0
	徐州港	1	1	1
	宿迁港	1	1	1
	淮安港	1	1	1
安徽	马鞍山港	1	1	1
	芜湖港	1	1	1
	铜陵港	1	1	1
	合肥港	1	1	1
	池州港	1	1	1
	安庆港	1	1	1
	滁州港	1	1	1
	蚌埠港	1	1	1
<b>总航次量</b>		<b>38</b>	<b>34</b>	<b>58</b>

代入上一章节对于相关电动船集装箱船数量、平均电池容量及航次在不同时期的预测数据，可以得到长三角地区电动船集装箱船对换电需求的预测如表 5-17 所示。

表 5-17 不同时期不同港口需配置的箱式电源需求测算表

配置组数和容量	时期		
	2025 年	2030 年	2035 年
换电站配置总组数（组）	120	144	188
换电站配置总容量（kwh）	180000	259200	404200
市场配置总组数 <sup>12</sup> （组）	396	856	1580
市场配置总容量（kwh）	594000	1540800	3397000

<sup>12</sup> 市场配置总数=船舶自身电池数量+港口换电站配置电池数量。

### (1) 上海

由表 5-18 可以看出，到 2025 年、2030 年和 2035 年，上海配置的箱式电源数量分别为 12 组、32 组和 64 组，换电站容量分别需要为 18000kwh、57600kwh 和 137600kwh。

表 5-18 上海不同时期需配置的箱式电源需求测算表

配置组数和容量	时期		
	2025 年	2030 年	2035 年
换电站配置总组数	12 组	32 组	64 组
换电站配置总容量	18000 kwh	57600 kwh	137600 kwh

### (2) 浙江

由表 5-19 可以看出，到 2025 年、2030 年和 2035 年，浙江配置的箱式电源数量分别为 16 组、16 组和 20 组，但是其换电站容量分别需要为 24000kwh、28800kwh 和 43000kwh。

表 5-19 浙江不同时期不同港口需配置的箱式电源需求测算表

港口	时期		
	2025 年	2030 年	2035 年
嘉兴港	4/6000	4/7200	8/17200
湖州港	4/6000	4/7200	4/8600
杭州港	4/6000	4/7200	4/8600
绍兴港	4/6000	4/7200	4/8600
配置组数和容量 (组/kwh)	16/24000	16/28800	20/43000

### (3) 江苏

由表 5-20 可以看出，到 2025 年、2030 年和 2035 年，浙江配置的箱式电源数量均 60 组、64 组和 72 组，其换电站容量分别需要为 90000kwh、115200kwh 和 154800kwh。

表 5-20 江苏不同时期不同港口需配置的箱式电源需求测算表

港口	时期		
	2025 年	2030 年	2035 年
连云港港	4/6000	4/7200	4/8600
南通港	4/6000	4/7200	8/17200
张家港港	4/6000	4/7200	4/8600
常熟港	4/6000	4/7200	4/8600
太仓港	4/6000	8/14400	12/25800
泰州港	4/6000	4/7200	4/8600
江阴港	4/6000	4/7200	4/8600
常州港	4/6000	4/7200	4/8600
镇江港	4/6000	4/7200	4/8600
扬州港	4/6000	4/7200	4/8600
南京港	4/6000	4/7200	4/8600
徐州港	4/6000	4/7200	4/8600
宿迁港	4/6000	4/7200	4/8600
淮安港	4/6000	4/7200	4/8600
配置组数和容量（组/kwh）	60/90000	64/115200	72/154800

#### （4）安徽

由表 5-21 可以看出，到 2025 年、2030 年和 2035 年，浙江配置的箱式电源数量分别均为 32 组，其换电站容量分别需要为 48000kwh、57600kwh 和 68800kwh。

表 5-21 安徽不同时期不同港口需配置的箱式电源需求测算表

港口	时期		
	2025 年	2030 年	2035 年
马鞍山港	4/6000	4/7200	4/8600
芜湖港	4/6000	4/7200	4/8600
铜陵港	4/6000	4/7200	4/8600

合肥港	4/6000	4/7200	4/8600
池州港	4/6000	4/7200	4/8600
安庆港	4/6000	4/7200	4/8600
滁州港	4/6000	4/7200	4/8600
蚌埠港	4/6000	4/7200	4/8600
配置组数和容量（组/kwh）	32/48000	32/57600	32/68800

## 5.6 分析结论

通过长三角内河电动船舶充电换电设施的需求测算及当前的供给分析可以得出以下结论：

（1）从发展趋势而言，未来长三角地区内的电动船舶充换电需求将呈现持续快速增长趋势。其中，充电需求主要对象主要为客船和公务船，换电需求主要为电动船集装箱船。具体而言，充电需求在均衡配置情况下，长三角地区所需配置的充电桩数量从 2025 年的 98 套增加到 2035 年的 1086 套。同时，考虑到充电桩配套基础设施对于场地的需求和充电需求的集散程度（过于分散则不适用于使用集中超充，而采用普充和满足增加覆盖面），对配置充电桩的功率进行综合考量。

（2）从数量分布而言，长三角地区对于充电的需求分别是江苏、安徽和浙江，而换电需求主要集中在上海（在不同的时期，上海占长三角地区的换电需求均超过 50%。到 2035 年，上海需配置的箱式电源数量达到 64 组，换电站容量分别需要达到 137600kwh），其次分别是江苏（72 组）、安徽（32 组）和浙江（20 组）。

（3）从主体结构而言，不论是充电设施或是换电设施，长三角地区相应的公共化、规模化的配套基础设施相对短缺。目前，大多数的充换电基础设施都是由单一的主体（主要是船东）投资建设，其服务的对象也相对单一（一般都是自建自用）。

## 第六章 长三角内河充换电配套基础设施发展关键问题分析

### 6.1 标准规范方面

#### 6.1.1 充换电基础设施标准有待完善

##### (1) 接口规范不完善

电动船舶规模化推广的先决条件之一是动力电池接口的标准化。目前我国内河船舶尚未形成动力电池充电接口标准与箱式电源的接口标准。

对集装箱船换电而言，船舶电池标准与电池舱接口缺乏统一标准，导致换电模式难以网络化布局。CCS《船舶应用电池动力规范 2023》对换电式电动船的箱式电源做出了规范，但由于考虑实际应用情况，未规范箱式电源的接口要求。目前市场上不同厂商研发的箱式电源的电池容量、充换电指标、通信协议、能量、电压、材料、尺寸、安装位置、接口规格样式不尽相同，存在兼容性问题。针对集装箱船换电需求，当前还没有建设成熟的换电站，运营的电动集装箱船均采用定制化方式进行箱式电源的补能。例如：船途 01 在芜湖港进行换电，江远百合在太仓正和兴码头换电，由于缺乏统一的箱电接口规范，二者的箱式电源并不通用，各换电站也无法为对方船舶进行换电或充电。随着电动集装箱船的推广，亟需公共换电设施为内河航线上的电动集装箱船进行换电，统一接口规范十分必要。对比而言，我国电动车动力电池安全、尺寸、回收以及电动汽车换电领域的相关标准发展相对规范，先发行的已有《电动汽车用动力蓄电池产品规格尺寸》、《电动汽车电池箱更换设备通用技术要求》、《电动汽车用动力蓄电池安全要求》等。

对于客船、公务船充电而言，船舶充电系统与接口的全国通用标准及规范也处于缺失状态。目前所见相关标准仅有江苏省市场监督管理局 2023 年 10 月颁布，11 月正式实施的《内河港口船舶充电站通用技术要求 DB32/T 4567-2023》。随着充电功率的增加，针对充电相关的高压接口、交直流接口、线路



散热以及电池耐受，都亟需国家或区域的统一标准。同时，船舶充电设施与电池管理系统间的通信协议、各设备衔接的一致性测试、传导充电互操作性测试等保证充电作业安全的相关规范都亟待完善。当前客船及公务船充电主要通过自建的充电设施来进行充能，不同公司运营的充电桩标准也不尽相同。例如：上海市客运轮船有限公司、上海久事苏州河旅游发展有限公司等公司都分别建设运营自有充电设施，目前仅服务自有船舶（例：浦东供电公司黄浦江游览游艇电动船电能替代典型示范项目，可为纯电动游船“上海久事”号供电）。而参考发展较为成熟的电动车充电设施，其在充电桩接口相关标准发展较为完善。目前国际上主要有五个充电桩标准，分别是：中国国标 GB/T、CCS1 美标（combo/Type1）、CCS2 欧标（combo/Type 2）、日本标准 CHAdeMO，同时特斯拉拥有自己独立的一套充电接口标准。全球范围内，CCS 和 CHAdeMo 两种标准的使用较为广泛，支持车型较多，而中国以国标 GB/T 20234 标准为主。充电接口标准的统一，成为了推进电动车快速推广的重要因素。

## **（2）配套基础设施建设标准需完善**

电动船大规模推广应用需要在现有规范标准基础上，完善充电、换电配套基础设施建设标准。但是目前国内电动船舶的充电、换电基础设施的建设与运营的技术要求及规范匹配程度低，目前所见相关标准仅有 2023 年 11 月实施的江苏省《内河港口船舶充电站通用技术要求 DB32/T 4567-2023》。不管是以换电模式为主的集装箱船配套换电站，还是以充电模式为主的客船与公务船充电站，相关设施的建设从规划到验收的全过程中没有形成统一的技术标准和施工规范。

**在充电设施方面**，受充电电压电流、电网容量等限制，现有的沿海、沿江、沿河岸电设施基本不能直接对纯电动船舶充电，电动船舶充电设施需要新建或者改建。但是对于充电设施的总体布置、供电系统、配电方式、供电方式（超充、普充、慢充）、充电系统设计、监控系统等一系列工程要求都还未有统一

标准。同时，不同类型的充电式电动船配置的充电设施各不相同，电动船舶充电设施建设也缺乏与电网间的通信协议标准，以保证电网供电的安全性与可靠性。相较而言，目前对于电动车充电基础设施建设的相关标准规范比较明确，例如《电动汽车充电基础设施技术规范》中规定了电动汽车充电桩的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、说明书等内容。

**在换电设施方面**，国内的换电式电动船正处于起步阶段，在换电设施建设中，换电设施的规划、选址、设计、建设和行业管理过程规范缺失；在供电配套基础设施配置上，缺乏对于换电站的关键核心部件、技术要求和通用流程进行详细规范，对快换装置、通信协议、锁止机构、数据管理、试验规则和安全防护等进行分类、规范和要求。从换电设施选址布局到供电配套基础设施配置的建设以及验收都缺乏统一参考，因此也尚未建成标准型船用换电站。目前在运营的换电站均为船公司与码头合作建设，未形成成熟可推广的经验或标准。

### **6.1.2 充换电作业管理规范有待完善**

#### **(1) 充换电作业标准规范不完善**

电动船舶的充电、换电系统缺乏统一标准，导致系统与设备存在不匹配的问题。而电动船舶进出港口、在港停泊、作业以及充、换电作业的技术标准也需进一步完善。具体而言：

**在充电作业方面**，目前充电桩维护、充电作业、应急保障等方面的作业规范尚未细化与明确。而码头和电网企业还需要更具体的充电规则，需结合电动船舶实际充电要求（如大水位落差补偿/潮汐补偿），来解决包括高压充电、低压充电、散热等问题。为了保障充电作业的实施，船企只能通过第三方机构获取相应作业规范。例如：上海轮渡正与充电桩提供方特来电新能源股份有限公司沟通，要求对方提供充电桩维护、充电作业、应急保障等方面的作业规范。同时，向船舶设计方 712 所提出制定电动船在驾驶、航行等运营方面的操作手册与应急处理规范的要求。此外，当前尚未根据集装箱船、客船和公务船等不

同类型船舶的实际充电需求，来制定相应的充电作业规则。例如：对于集装箱等时间敏感的船型而言，船舶靠港充电要考虑快充需求和充电安全问题，而当前缺少更具体的快充规则与标准。但对于客运或公务船而言，可利用夜间空闲进行充电，并不需要快充。

**在换电作业方面**，对于箱式电源换电作业的规范也亟需完善。一方面，箱式电源是否要按照危化品来管理，是否需要相应的安全资质，没有相关部门做出统一界定，因此相应的箱式电源换电作业规范也亟需完善。另一方面，考虑箱式电源的作业安全问题，需要制定具体的作业标准或规范，如港口内堆放的安全距离、操作标准等。同时，箱式电源在使用、拆装、临时堆放、充电、运输等过程中是否按照危化品管理，亟需行业主管部门研究界定。例如，在目前的港口作业规范中，锂电池在港口被划分为 9 类危险品，但是对于电动船的箱式电源尚未做出针对性界定，若是参照当前标准，就需港口有危险品装运装卸作业安全资质，但资质审批十分困难。此外，对于应用箱式电源电动船舶的换电操作试验也尚未细化；对于箱式电源的振动与冲击试验、关键部件的机械与电气寿命、船上使用、岸基吊装更换、陆上转运、换电场站充电、存放等作业内容没有统一规范。

## **（2）电动船员管理规范需完善**

考虑到电动船舶充换电作业和管理的实际需求，现有船舶安全配员规则无法直接在电动船舶上实施。电动船舶需要船员拥有管理电动船舶、充换电作业等相关基础知识，船员需掌握船舶动力电池、电机和电控等相关技术知识。

**电动船配员方面**，相关标准与技术要求缺失，目前尚未出台综合考虑动力电池容量、船舶总吨、船长、推进电机功率、航行时间等因素的电动船舶最低安全配员的标准，这也导致了实际运营中的一些问题产生。例如，现有最低安全配员规则依据船舶总吨或主机功率确定配员，而电动船舶电机推进功率与传统柴油机主机功率无法等效对照，造成配员计算缺乏标准。电动船舶对于人员

的要求与传统船舶不同，例如，相比柴油船舶，电动船的充换电作业需要船员具备相应的管理技能，若按照《内河船舶最低安全配员标准》进行配员，会出现配员与船舶安全航行不适的情况。同时，电动船舶无柴油机主机和复杂机械装置，原有轮机员操作技术规范已不适用，而对熟悉电机等电气设备等电机员有更迫切需求。

**船员培训方面**，尽管在培训政策上交通运输部海事局已经于 2023 年 9 月发布了《交通运输部海事局关于加强电池动力船舶船员培训管理有关事项的通知》，明确了现阶段电动船舶船员培训的相关要求，但各航运公司还需尽快建立完善相应的培训制度及培训要求。例如：上海轮渡正制定培训计划，对电动船舶驾驶、充电作业等操作人员进行培训。此外，内河船员考试中的轮机专业考试科目仍以传统船舶动力装置、轮机管理、轮机基础和实际操作为主，较少涉及船舶电气、电机控制、动力电池管理等相关科目，在电动船舶航行过程中遇到实际问题，较难发挥专业技能。例如，未受专业培训的船员在航行过程中可能会出现不熟悉电动船舶的操作和控制；无法在电力系统出现故障时进行故障排除；遇到火灾、短路、电击等紧急情况无法进行妥善的应急处理；无法根据航程、充电站的位置等方面的限制，制定合理的航行计划等一系列问题。

### **6.1.3 电动船舶建造与检验规范有待完善**

#### **(1) 电动船舶细分检验规范需完善**

船检规范是关系到船舶航行权与运营的关键。现有电动船舶检验指南有待进一步细化，目前难以全面覆盖目前市场已有的电动船舶各种类型，尤其是对小型内河船舶，尚未形成能够大范围内统一推广的检验标准。例如：上海内河约有 1000 多艘垃圾清扫船，均属于船长 20m 以下的小船。在此类船长 20m 以下的内河船舶电动化过程中，按照 CCS 规范，电池及电池仓配套设施（如通风、消防等装置）占据较大空间，难以在 20m 以下的内河小船上安装。因此，当前此类小型电动公务船的大规模推广亟需细化规范。同时，在电动船舶的设计和

建造、船上设备的检验、各类电动船舶系统的维护等方面，当前的各项规范无法提供全面的指导。

另一方面，对于当前电动船设计建造和运营检验而言，目前主要通过设备厂家提交的说明、自行试验验证以及现场验船师见证的形式进行检验，尚未形成统一标准。例如：高压箱（柜）系统、高压箱（柜）布置、锂电池系统、操作手册等相关图纸资料的送审和检验等技术要求尚未得到细化；直流配电板、电动机等设备的持证要求还需进一步明确；蓄电池容量系数的取值和电池系统放电倍率设定尚未做到统一规范；电池管理系统（BMS）供电电源的低压报警等要求也需进一步明确；直流配电系统的控制、监测、保护（短路和过载保护）措施及指示灯等重要配置要求也需进一步细化。

## **（2）水上运输监管制度亟需完善**

目前海事部门对电动船舶在水上运输、通过船闸等方面没有特殊的监管要求，相关部门对于电动船舶推广过程中的监管对象、监管内容、监管方式、监管措施、监管程序、违规处理等方面都缺乏具体细化的制度引导。电动船舶与传统船舶不同，对于不同航道上的通行监管标准还需进一步评估论证，当前缺乏对于电动船舶水上运输的实际论证评估。而长三角区域也缺少统一的内河电动船舶水上安全运输安全监管制度，相关部门尚未对不同类型电动船舶进出港口和在港停泊、作业时应当采取的安全保障措施做规定。对比而言，交通运输部海事局印发的《水上交通管制管理办法》中对于传统船舶水上运输的管理主体、管制事由、管制时间和水域范围、管制对象、管制要求等都有明确的规定。

## 6.2 运营管理方面

### 6.2.1 配套基础设施项目回收期长

#### (1) 充、换电站初期投资大

对于充电设施，主要包含变电和配电系统、充电系统、充电站监控系统及基建系统等四个部分，其中外电接入扩容的费用占重要部分。例如，上海轮渡计划建设的董家渡 1600kW 充电站，包含 4 个 400kW 充电桩，总投资约 850 万，其中外电接入扩容费用占一半以上。

对于换电设施，除了需要满足充电配套基础设施成本投入以外，还需配备一定规模的箱式电源。如采用换电服务模式，单船至少需要配备多个备用电池才能确保航次的衔接，因此要求换电设施要备足服务船舶所需的备用电池。在此基础上，换电站一方面要考虑电源存储的场地投资，另一方面增容投资将随着备用电源充电需求的增加进一步扩大。同时，电池具有一定的衰减率，电池生命周期一般为 8 至 10 年，而作为循环使用的换电电池来说，生命周期更短。因此换电站建设项目总投资成本中，充电配套基础设施以及备用电池投资为主要部分，导致换电设施建设成本比充电设施成本更高。

#### (2) 充、换电站收益困难

另外值得注意的是，充、换电站的收益随着电力增容应逐渐增大，但由于各地的电价、地价等都不尽相同，增加了充、换电站实现盈利的难度。换电运营商在电池梯级利用方面的探索目前尚未形成规模化，也就无法有效增加收益。此外，针对充、换电站投资项目，目前没有完善的产业链支持和产业的整体推动，因此相关投资收益较低。对比电动车充电桩的盈利模式也存在同样问题，目前充电桩运营商的盈利主要来源于服务费、电力差价和增值服务，其中收取充电电费和服务费是多数运营商的最基本盈利方式，但由于充电桩前期投入成本高、投资回收期长、充电桩使用效率低，所以市面上的充电桩运营企业大部

分处于亏损状态。增值服务包括利用广告等方式开展充电桩保险服务，提供交通工具租赁、维修等服务，但盈利程度一般。

### 6.2.2 充换电商业模式尚未成熟

充电、换电新能源船舶产业链尚不完善。对于客船和公务船而言，目前在运营的充换电站主要为运营企业自建，服务于自有船舶的充换电需求，规模有限。对于集装箱船而言，主要通过航线主要码头合作设立充换电站，满足固定航线充换电需求，且并没有成熟模式。从产业链角度来看，虽然长三角目前拥有部分新型动力装备企业，但总体规模较小，电力推进系统等部分关键环节仍然存在短板，尚未形成规模化产业集群以及充、换、储一体化的商业模式。具体而言：

**在充电方面**，成熟的电动船舶充电站建设包括充电设备生产与电能供给，及服务层的充电站点服务运营。然而现有的电动船舶充电多是船舶运营商自建模式，尚未形成成熟的电动船舶充电运营主体与供能补给网络。对于客船和公务船而言，充电运营服务多是以保证自给自足为目的的非盈利模式，尚未形成商业化运营管理。且这种自建充电模式多依托已有码头而建，充电作业将影响码头的整体服务能力，导致码头积极性不高。即便依托自有码头建成了充电站，服务能力也将受限，难以为社会船舶提供公共充电服务。例如：上海轮渡有较为清晰的充电桩建设计划，采用“集中+分散”模式开展充电桩建设。其中，计划在董家渡渡口建设集中充电枢纽，服务东金线等上海轮渡南片区航线的电动渡船充电。除董家渡集中式充电站外，其他充电桩按照电动船应用计划，根据运营航线分散布置在主要码头，满足自有电动船充电需求。但由于码头空间资源限制，后续如果继续建立自有充电桩，也难以在空余时间为社会船舶提供充电服务。同时，目前此类码头电费收取也较高（目前在部分码头充电费用达1.7-2.6元/kWh，含充电服务费1元/kWh），影响了电动船的推广与应用。

**在换电方面**，从电动船舶补能效率上来讲，换电模式要比充电模式在内河

领域更具推广优势，也更适合于电动集装箱船的推广。将现有码头改造成充换电码头，成本相对较小，能够为部分电动船提供充换电服务，但码头是货物装卸场所，未来电动船数量提升，单纯靠码头充换电较难满足需求。同时，随着电动集装箱船的推广，自营换电方式也很难满足航运需求。因此备用箱式电源的循环运营在未来将会成为保障电动船舶网络化运营的关键环节。当前，受电动船舶数量以及电池标准的限制，换电运营与当前的充电模式一样，也尚未形成完善的商业化运营管理模式。当前市场电动船舶换电设施的投建主体多为电动船舶运营商，换电模式运营缺乏电池循环管理运营主体，主要依靠船舶运营商自己协调。例如；太仓协鑫电厂采用车辆运输进行箱式电源短驳，将满电状态的电池作为危险品进行运输，到达码头后，再在码头划定区域堆放。此种方式一方面占用码头堆场空间资源，另一方面运作成本较高。

相比而言，电动汽车目前充电、换电基础设施领域的市场化程度较高，商业模式发展成熟。资本市场关注度从起初的能源公司、电力公司等到金融、互联网、投资等行业，初步形成“互联网+充电”产业生态，充电桩的应用场景丰富，充电和出行服务联系紧密。随着充换电基础设施市场良性运作和逐步成熟，充换电基础设施建设运营主体由以运营商为主导逐渐转变为运营商主导、多主体参与、多方合作的产业推进模式。由原来笼统的公共和专用领域逐渐细分为以车型结构为服务对象的多领域市场结构，同时部分区域根据当地政策扶持重点以及车辆运行模式又进一步细分市场结构，如出租网约的换电领域、充电领域等。由原来单一充电服务费模式逐渐向设备运维服务模式、代运营分成模式、大数据价值挖掘模式、站点增值服务拓展模式等演变。



## 6.3 支持政策方面

### 6.3.1 基础设施建设补贴力度需增强

#### (1) 电动船舶补贴政策需进一步细化

电动船舶改造、建造及营运的补贴政策需进一步细化与完善。国家层面对于电动船舶扶持力度有限，能查到的扶持政策仅一条。即 2021 年正式实施的《长江保护法》第七十三条明文规定，国务院和长江流域县级以上地方人民政府对长江流域港口、航道和船舶升级改造，液化天然气动力船舶等清洁能源或者新能源动力船舶建造，港口绿色设计等按照规定给予资金支持或者政策扶持。但这些政策还未得到地方层面的落实。现行的能够落实的新能源船舶补贴政策依然停留在对 LNG 动力系统的改造上，而涉及电力推进系统的船舶改造与新建政策尚未提及。由于新建或改造电动船舶的先期投入比较多，在当前的经济形势和航运市场环境下，如果没有政府财政资金补贴的杠杆政策来加以引导和扶持，电动船舶推广应用十分困难。

在新建和改造清洁船舶补贴方面，2015、2016 年财政部先后出台的对新建和改造 LNG 动力船舶由中央财政资金给予补贴的政策，但还未涉及新建和改造电动船舶的补贴政策。在船舶用电补贴方面，电费在每度 1 元左右，目前没有争取到和岸电一样的补贴政策（目前岸电补贴金额在 0.4-0.7 元/千瓦时不等）。在旧船提前拆解方面，浙江省财政厅、浙江省交通运输厅已联合印发《浙江省交通碳达峰省级补助资金管理办法》对在 2023 年-2025 年期间对船龄 15 年以上、30 年（含）以下的内河货船提前拆解的予以补贴。但是实施效果一般，同时长三角区域内也缺少相关细化补贴。

相较而言，我国电动车的补贴政策发展已较为完备。在购置补贴方面，2023 年以前购车补贴金额根据不同汽车类型、车辆续航里程有所区别，补贴金额在 5-6 万元不等。随着电动汽车普遍推广，在 2023 年以后对于购买电动车不再给予补贴，但是仍然减免车辆购置税，减免金额在 1.5-3 万元左右。在用电补

贴方面，对于专用、公用充电设施给予年度运营电量补贴，按照 0.1 元/千瓦时的补贴标准，单个充电站点内平均每桩补贴上限小时数为每年不超过 2000 小时，单个换电站点内平均每换电工位补贴上限小时数为每年不超过 3000 小时。另外。对于巡游出租车、中重型卡车等重点应用领域试点应用项目给予一次性 200-400 万元奖励。对比而言，电动船舶的补贴政策在购置补贴、税收减免、用电补贴和重点项目补贴方面都有待加强。

## **(2) 充电、换电配套基础设施建设补贴需进一步完善**

电动船舶充电、换电配套基础设施的初期投资大，但是目前尚未出台国家级、省级、市级财政关于充、换电设施建设补贴的相关政策。而目前电动汽车充、换电配套基础设施建设通常会获得不同程度的建设补贴与运营补贴，鼓励政策较为全面。政策上包含《关于加快单位内部电动汽车充电基础设施建设的通知》、《关于统筹加快推进停车场与充电基础设施一体化建设的通知》、《关于印发<提升新能源汽车充电保障能力行动计划>的通知》等。其建设补贴主要包含两种方式，一种是按照主要充换电设备投资总额的百分比进行补贴，通常在投资总额的 10%-30%；另一种是按照充换电设备的种类和功率进行补贴，交流充电桩补贴在 60-400 元/千瓦，直流充电桩补贴在 300-600 元/千瓦，单个充电站或充电桩群的补贴总额最高不超过 75 万元。同时，运营补贴是政府根据设备售电量给予的运营度电补贴，专用充电设施补贴 0.1-0.15 元/千瓦时，公用充电设施 0.2-0.25 元/千瓦时。单个企业补贴在 1000 万元以内，单个集卡换电站补贴达 80-100 万。相较而言，电动船舶充、换电设施无论是在建设阶段还是运营阶段的补贴都处于空白状态。

### **6.3.2 规划发展顶层设计需完善**

电动船舶的推广与运营，以及充、换电配套基础设施建设与运营，既需要鼓励配套基础设施运营企业与船舶运营企业充分发挥作为供需方的主体作用，又需要统筹规划，统一布局。从长三角区域来看，缺乏有关电动船舶应用发展

的行动指南。亟需就电动船舶及其相关配套基础设施的建设规划形成具体的行动与推进方案，尤其是充、换电配套基础设施在三省一市内河航道的规划与建设布局方案。

同时，长三角区域亟需从战略层面上整合充、换电配套基础设施产业链资源。相较而言，电动车充电桩的产业链发展已相对成熟，上游企业为低毛利率充电元器件提供商，中游为充电桩整合制造商、充电桩运营商，下游为电动车车企，整个产业链协同共进，实现了产业链、创新链、资金链高效互动。而电动船舶方面，亟需实现产业链上下游深层次的协同，构建电动船舶用能供给的产业链协同发展框架。

### **6.3.3 优惠扶持政策亟需完善**

#### **(1) 亟需完善金融扶持政策**

电动船舶配套基础设施建设缺乏完善的金融扶持政策。国家在《关于加快内河船舶绿色智能发展的实施意见》中提到有关绿色船舶的金融政策，但是尚未落实到内河充、换电配套基础设施建设领域。现有充、换电配套基础设施建设与电动船舶的推广缺乏完善的融资保障体系以及保险补偿政策。各大金融机构的金融政策也相对缺乏。国家开发银行、中小商业银行、政策性融资担保机构、保险公司和行业组织等都还没有提供对电动船舶充电、换电设施建设的融资服务。银行、其他保险机构也尚未出台针对电动船舶充电、换电配套基础设施建设投资方便快捷优惠的信贷支持和保险服务。

对比而言，目前我国电动汽车产业的金融扶持政策相对完善，涵盖汽车运维与充电设施建设方法。在汽车运维上，融资模式、保险服务模式与贷款服务模式发展已经相对成熟。融资上主要有预付款即保兑仓融资模式、应收账款融资模式以及私募股权、产业基金和融资租赁等其他方式。在保险服务方面，2021年年底，中国保险行业协会发布了“中国保险行业协会新能源汽车商业保险专属条款的通知”，并且上线了新能源专属保险产品，纯电、混动、燃料电

池车的新保及续保。在贷款方面，电动车贷款方式多样，有银行贷款、厂家贷款、第三方贷款，并且还有相关免息政策。在电动车基础设施建设方面，2022年国务院常务会议提出“大力推进新能源汽车充电桩建设，纳入政策性开发性金融工具支持范围”。中国建设银行花都分行针对新能源汽车充电站的实际融资困境，专门设计了“电桩融”专属贷款产品，给予充电站场一定额度的信用贷款，并以后续场站运营的收费权作为补充质押。而电动船舶配套基础设施建设缺乏完善的金融扶持体系与政府金融扶持政策。

## **（2）碳交易政策有待进一步完善**

电动船舶航行属于零碳无污染的特点在环境保护方面优势明显。国内电动船舶在船舶类型、电池容量上跻身世界前列。受电池容量的限制，电动船舶当前主要应用于客船、公务船的运用以及中短途、中小量的集装箱运输。因此，内河船舶电动化是实现“双碳”目标的重要途径。但是当前落实的内河绿色航运政策里，缺乏针对电动船舶的碳扶持政策。虽然长三角各省市的碳普惠体系已经初步建立，但是仍不够完善，没有明确的顶层设计、技术规范、操作规则、业务流程、平台对接等。同时，各参与主体的权利义务也没有得到明确规范，减排评估机制和低碳认证体系也有待建立。并且仍缺少针对电动船舶的碳减排政策，尚未将电动船舶充电、换电建设运营产生的碳减排量纳入温室气体自愿减排交易机制和碳普惠体系。此外，长三角各省市的碳普惠体系没有形成互联互通，因此不能做到优势互补、资源共享，也无法实现规则共建与信息共享。

相较而言，电动车的碳减排政策相对完善，电动汽车碳减排试点项目广泛推行。2022年北京成功落地了我国首个氢能碳减排项目，该项目通过“碳普惠”的方式完成碳核算和碳交易。2023年7月12日，中海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心共同发布“建碳惠行”的试点项目。在基础设施方面，上海率先开发出电动汽车充电桩碳普惠项目。充电桩企业碳排放配额是指政府根据国家或地区的减排目标，企业可通过申请碳排放配额，获得一定数量的碳排放

权利。企业可以用这些权利来弥补其自身的碳排放量，从而达到减排的目的。而电动船舶及其充电、换电设施在节能减排方面具有明显优势，却并无相关的碳减排政策出台，而各地政府也未将电动船舶及充电、换电设施纳入碳普惠体系。

## 6.4 资源保障方面

### 6.4.1 亟需完善电力供应与保障

目前，区域内电力供应能力以及配套服务能力需要进一步完善。区域内的供电能力、用电需求以及未来用电需求未知，因此无法确定未来电动船舶推广后，区域电力服务水平是否可以满足电动船舶充能需求。同时，区域内缺乏电能储电与充电的能源供应服务机制与保障体系，难以保障充换电站电能稳定、持续、安全供应。此外，存在电网的储电效率低，电池配送、存储、运输限制及物流配套基础设施布局问题，以及尚未结合未来电动船舶的推广需求，对各区域换电模式下的综合服务能力进行研判的问题。

该问题在电动车推广过程中已经比较明显，某城市的电动汽车保有量超过百万辆后，按每辆车充电功率约 3~4kW 计，日最大充电负荷可达到 300 万~400 万 kW，相当于特大型城市夏季日最大负荷的 1/4 左右。结合我国城市配电网普遍负载率高、设备冗余不足的现状，必须通过配电网大规模改扩建才可满足电动汽车规模化发展的需要。因此，电动船规模化推广后，低压配电设施将面临极大的压力，保障电网可靠运行将面临较大挑战。同时，电动船的配电网需要大规模改扩建才可满足电动船规模化发展的需要。电网的建设往往投入巨大，且需要占用大量土地、通道资源，考虑到目前发达地区电力通道资源已极其紧张，作为一类全新用电负荷，未来电动船规模化发展带来的配电网扩容改造问题不容小视。此外，电动船未实现电池的集中充电、统一配送，因此也就难以实现电池的科学储存、合理充电、安全配送，从而不能对电池的安全与质量问题有效的管控，有效提升电池的循环使用寿命，也不利于电池的梯次利用和回

收。

#### 6.4.2 配套用地保障亟需完善

当前缺少面向公共服务的充、换电基础设施规划与布局。目前，公共服务充电站、换电站的可行选址地点一是有意愿推广电动船的大型企业的下属码头，二是有场地改扩建专用充（换）电泊位的水上服务区。对于码头而言，目前充电站建设主要为企业自主行为，缺乏主管机构的统一规划建设。

由于码头空间资源限制，堆场、岸线资源相对紧缺，本身存在协调困难问题，缺乏有关充电、换电设施的用地规划。以上海浦江游览公司运营的电动船充电桩为例，建设过程由于设备、管线需要占用绿地、道路等资源，具体建设推进与协调较为困难，亟需针对充电桩建设的规划并对接各地的控制性详细规划，以此保障充电换电设施的顺利建设。此外，大部分的码头即便建立充电桩，规模也十分有限，难以支撑增长的电动船舶充电服务。此外，在船舶换电方面，尚未专门规划充、储电池存放场地。由于港口用地资源紧张以及缺乏危险品运营资质，在目前的多数码头的前期规划中，缺乏对电池存储用地的预留，也无法堆存充足的备用箱式电源。另一方面，水上服务区用地也难以满足充电、换电需求。根据前期规划，尚不具备布设充电站、换电站的空间和陆域条件。

相较而言，电动车基础用地规划已经逐渐落地。上海市人民政府办公厅印发《关于本市进一步推动充换电基础设施建设的实施意见》，其中提到要加强设施布局统筹协调，一是推动全市充换电设施发展规划制定。结合上海新能源汽车产业发展规划、停车场站布局和智慧交通数字化转型，聚焦城市公共领域、住宅小区、公共服务机构、专用车辆换电等重点领域实际需求，运用大数据分析，提高布局合理性，制定全市充换电设施发展专项规划，全面推动城市、汽车、充换电设施协同发展。制定五大新城充换电设施专项规划，强化重点区域充换电基础设施更高标准建设布局。二是加快公共充换电网络布局。按照“先桩后车、适度超前，公用设施快充为主、慢充为辅，专用设施快慢并重”的原则，

完善公共充换电设施布局，适应全市新能源汽车快速发展需求，分区明确设施规模和场站布局，超前布局、重点保障，优先满足新能源出租车等公共服务需求，有效保障本单位电动汽车充电需求，更好服务市民个性化应急补电需求。因此对于依赖于稀缺岸线资源的电动船舶充换电设施而言，电动船充换电的基础设施布局依赖于顶层设计的统一规划与合理布局。

### 6.4.3 运营应急保障亟待完善

#### (1) 亟待完善电动船舶运营过程中的应急保障措施

目前，针对电动船运营过程中缺乏应急保障措施有待完善。对于电动船舶而言，由于其航行环境的多变和客货载量的增加，其安全性要求更高，应急保障要求也应更高。其中，电动船锂电池缺乏细化完善的火灾处置方法。锂电池因热失控起火后的应急抢险措施与传统火灾不同，当温度继续升高到一定值时，反应便不可逆转，并发生更多的链式反应，气体和热逐渐累积，一旦内部压力超过电池的设计压力，电池会发生爆炸，破裂的碎片和泄漏的电解液遭遇着火源极易燃烧或爆炸。同时，电动船在设计时缺乏针对各种可能发生故障设计针对性的应急方案。作为全船唯一的动力源，在船舶航行和作业时，电池动力系统不仅要提供船舶航程所需的电力，还需要对保障船舶正常航行、船舶安全及冷藏货物所必需的设备供电。此外，电池动力船舶的设计尚未考虑船舶失电风险，忽视了电池信息获取，电池状态估计，在线故障诊断，电池组安全控制及预警，充电控制，电池舱热检测及管理等多个环节，缺少对于 BMS 的管控水平的优化，容易产生安全问题。

相较而言，电动车的应急保障措施已经逐渐完善。例如工信部发布了《2022 年汽车标准化工作要点》，提到启动纯电动汽车动力电池安全相关标准修订工作，国内纯电动汽车或将全面普及动力电池热失控监测及灭火装置。此外应急保障技术发展也相对成熟。例如电动汽车极氪的技术团队根据自身业务属性使用了多种监控系统，例如阿里云应用监控 ARMS、阿里云日志服务 SLS、

Zabbix、Prometheus、Grafana 和自定义告警集成等，形成了统一告警信息格式、告警等级定义和告警事件的统一管理。为应急事件提供了快速反映的措施保证。

## **(2) 充电、换电的安全应急保障亟待完善**

电动船在充换电过程中均缺乏完善的应急保障。对于充电而言，由于动力电池容量大，在现有充电倍率下，充电时间较长。即便现在业界一些项目采用了高压充电、低压补电方式，对于大容量锂电池的电量补充（例如大部分集装箱船的电池），也需要较长的充电时间。在此基础上，受电芯一致性影响，如果充放电倍率（充放电电流除以电池容量）过大，将加速电池衰减并影响到电池的使用寿命，进而导致充电安全问题。此外，由于船舶充电时，岸上的充电桩需通过移动电缆与船上的充电接驳箱进行接插连接，虽然有充电枪及底座自带的通信协议（通常对充电电压、温度和电流等进行控制），但船舶的移动不能被明确禁止。由于箱式电源能量密度较高，作业过程中的振动及碰撞都有可能引发火灾。

对于换电而言，码头备用电源的需求尚未分析确定，因此难以得到备用电源的存储管理方法，也就导致不能科学的选择备用电池的堆放及充电场地。面对这些问题，当前亟需针对性的应急预案。相较而言，电动汽车行业在充电、换电安全保障上，一方面通过设计 BMS 来实时监控电池健康和充电状态；另一方面是通过对故障案例的前沿模拟和分析，建立有效的诊断方案和预警模型。

## **6.5 关键问题推进解决主体**

结合上述关键问题分析，本节将各主要问题总结如表 4-1。通过表格的梳理，可以清晰看到在破解电动船推广难题，推进电动船快速发展的过程中，需要企业与政府的共同努力。一方面而言，围绕标准规范、运营管理、支持政策和资源保障方面，政府均亟需完善相关标准规范，并积极出台区域性可落地的发展指南。同时，积极完善区域电能供给的相关评估，并完善船舶充换电过程的应



急保障，为电动船的大规模推广奠定基础。另一方面，企业也应积极顺应市场的发展趋势，探索充换电基础设施运营的商业模式及盈利方式，共同推进电动船的快速发展。

表 6-1 关键问题推进表

	存在的问题	对推广的重要性	解决难易程度	推进主体
标准规范	接口规范需完善	很重要	困难	中国船级社、海事局
	配套基础设施建设标准需完善	很重要	简单	中国船级社、海事局
	充换电作业标准规范需完善	很重要	简单	中国船级社、海事局
	电动船员管理规范需完善	很重要	简单	海事局、交通运输部
	电动船舶细分检验规范需完善	很重要	困难	中国船级社、海事局
	水上运输监管制度亟需完善	很重要	简单	海事局、交通运输部
运营管理	配套基础设施项目回收期长	重要	困难	财政部、国网、第三方运营商、船公司
	亟需探索完善充换电商业模式	重要	困难	交通运输部、财政部、国网、第三方运营商、船公司
支持政策	电动船舶补贴政策需进一步细化	重要	困难	发改、财政部、工信部、能源局、地方政府
	充电、换电设施建设补贴需进一步完善	重要	简单	发改、财政部、工信部、能源局、地方政府
	亟需全国性或区域性发展指南	很重要	困难	发改、海事局、交通运输部
	亟需完善金融扶持政策	重要	困难	银行、保险、融资机构、工信部、财政部
	碳交易政策有待进一步完善	重要	简单	发改、能源局、生态环境部、地方政府
资源保障	电网供电服务能力需详细评估	很重要	困难	发改委、工信部、国家电网
	配套服务能力有待进一步加强	一般	简单	发改、财政部、工信部、能源局、地方政府
	亟需充电、换电配套基础设施空间布局	很重要	困难	国家电网、工信部、发改委、海事局
	电动船舶运营过程中的应急保障措施	很重要	困难	发改、海事、船公司、电池制造商、交通运输部、船级社
	充电、换电的安全应急保障亟待完善	很重要	简单	发改、海事、船公司、电池制造商、交通运输部、船级社

## 第七章 电动汽车配套基础设施发展过程的经验借鉴

### 7.1 电动汽车充换电配套基础设施发展现状

国内电动汽车市场从 2010 年起步，期间经历了 2010-2014 年示范区引起的快速起步期、2015-2016 年补贴政策及加速推广的爆发期、2017-2020 年补贴逐渐退坡、行业出清期。从 2021 年开始，国内电动汽车步入成长期的拐点，政府逐步减少对电动汽车的补贴，产业进入市场驱动阶段。未来随着智能化、电池技术的进一步升级、电动车产品价格的下探，消费者开始享受好产品带来的技术红利，产业将进入稳定成长阶段。

在这一发展过程中，充电、换电等配套基础设施的建设对保障电动汽车的推广应用起到了关键作用，值得内河电动船舶参考借鉴。

#### 7.1.1 电动汽车充电、换电配套基础设施发展历程

我国换电站的发展历程可以分为萌芽期、整合期以及爆发期三个阶段，目前正处于爆发增长阶段。

2006 年至 2011 年为萌芽阶段，该阶段产业特征为“换电为主、充电为辅”。由于换电模式效率高，有利于提高消费者对新能源汽车的接受度，尤其是“十城千辆节能与新能源汽车示范推广应用工程”阶段，行业内更关注补能效率，换电模式成为主要补能模式。该阶段国家电网牵头，积极组织电动汽车充换电设施研发及实践工作，确定了“换电为主、插电为辅、集中充电、统一配送”的运营模式，并在浙江等地建立充换电站示范工程，在乘用车和公交车换电等领域形成了完整的换电技术体系，并进行市场验证。

2012 年至 2018 年为整合阶段，该阶段产业特征为“充电为主、换电为辅”。由于换电模式投入成本高、当前换电车辆少，并且兼容车型少等缺点，加上标准不完善、企业积极性低等因素，充电模式成为主要补能模式。政策方面，2012 年国务院印发《节能与新能源汽车产业发展规划(2012-2020 年)》确立充电

为主的电动汽车发展方向。此后，示范城市充电设施建设的财政奖励等政策也相继发布。市场方面实现充电桩建设和运营规模化发展。2015 年国务院明确 2020 年 480 万台充电桩的建设目标，民间资本开始大量涌入该行业，紧接着 2016 年充电桩新国标实施，行业进入爆发式增长，2018 年充电桩建设达到历年最高增速。但部分“换电模式”支持者仍然不断探索，换电模式缓慢发展。

2019 年至今为爆发阶段，该阶段产业特征为“充换电结合”。由于新能源汽车补贴逐步退坡，市场亟需降低整车成本，换电模式所支持的车电分离模式下，消费者购买裸车并租赁电池的商业模式重新成为市场关注热点。2019 年发改委等三部门发布《推动重点消费品更新升级畅通资源循环利用实施方案(2019-2020 年)》鼓励企业研制充换电结合的新能源汽车产品。2020 年充电桩被纳入新基建，迎来新的发展机遇，受到“充电桩下乡”等多项政策的支持，同时随着新能源汽车行业的发展充电桩已成社会刚需，因而保有量稳步增长。2021 年，工信部印发《关于启动新能源汽车换电模式应用试点工作的通知》纳入 13 个换电模式试点城市。换电运营商提高换电站换电效率及车型兼容性，使得换电模式在对补能效率敏感的商用车中快速发展。

### 7.1.2 电动汽车充电配套基础设施发展现状

截至 2022 年底，我国纯电动汽车保有量 724.5 万辆，占新能源汽车总量的 81.27%，呈高速增长态势。全国充电配套基础设施规模达到 520 万台，其中公共充电配套基础设施增长约 65 万台，累计数量达到 180 万台；私人充电配套基础设施增长约 194 万台，累计数量超过 340 万台<sup>13</sup>。超过 40% 的公共充电装置是快速充电器（额定功率 > 22kW），新能源汽车保有量与公共充电桩的车桩比约为 5:1。2023 年 1-5 月，充电配套基础设施增量为 114.7 万台，新能源汽车销量 294.0 万辆，充电配套基础设施与新能源汽车继续快速增长。车桩增量比为 2.6:1，充电配套基础设施建设能够基本满足新能源汽车的快速发展。

---

<sup>13</sup> 数据来源：国家能源局。

根据国家能源局规划，2025 年充电配套基础设施将满足超过 2000 万辆电动汽车的充电需求。2022 年，国家发展改革委等部门发布了《关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见》，要求到 2025 年，充电配套基础设施满足超过 2000 万辆电动汽车和 60-80% 的高速公路服务提供快速充电站的需求。

近年来，电动汽车充电市场呈现需求增强、电气化程度提高、制造成本下降及多元化发展态势。电动车充电设备（Electric Vehicle Supply Equipment, EVSE）的大规模推出速度和规模使 2016 年至 2019 年间快速充电站充电器模块的制造成本降低了 67%。目前各类充电桩运营企业 3000 余家。电动汽车充电量持续增长，2022 年全年充电量超过 400 亿千瓦时，同比增长 85% 以上。

在技术层面，小功率交流充电桩是当前公共充电桩运营商布局的重点。由于小功率直流快充有利于车企降本以及整车轻量化，目前已有部分车企和桩企推出小功率直流快充解决方案。超快充能够有效解决提升充电效率，缩短补能时间，成为车企发力布局的重点领域。对外放电功能适用诸多应用场景，已逐渐成为新能源汽车的标配功能。

### 7.1.3 电动汽车换电配套基础设施发展现状

我国换电站的发展历程可分为萌芽期、整合期以及爆发期三个阶段。近年来，我国电动汽车换电站规模快速扩大，截至 2022 年底，全国共有 1973 座换电站（不含重卡换电站），业内预测 2021-2025 年新增换电站数量复合增速有望达 97%。绿电企业、石油企业、换电站运营服务商、整车企业、动力电池企业等在政策利好背景下加快换电站建设布局，国家电投、协鑫能科、中石化以及蔚来分别计划到 2025 年建设 4000、5000、5000、4000 座换电站。各 OEM（原始设备制造商）陆续开发换电车型并推进换电站建设。

作为电动汽车重能量补充模式，电动汽车换电站建设也面临一系列问题：

（1）电池投资高，换电模式一般采用电池租赁模式，给能源供给企业带

来较大经济负担。

(2) 换电模式标准体系建设，不同厂商生产的电池和电动汽车等标准不一，对换电网络换电装置、充电装置提出更高的兼容性要求。

(3) 换电网络建设投资要求较高，其中集中型充电站用电量较大，电池配送站需要密集布置以提高换电的便捷性，电池物流系统的建设和运行带来额外的成本。

(4) 在换电网络运营过程中，涉及到电池充电、电池调配、物流配送等诸多环节，而且各环节密切相关、相互牵制，涉及变量众多，其优化运行极为复杂。此外，由于电动汽车电能补充的随机性、无序性，直接影响换电网络中电池配送站的配置和运行，并导致电池物流系统的配置规模和调度计划的复杂程度骤增，进而增加了集中型充电站的配置和运行计划的制定难度，可能给多能源系统带来供能可靠性和供能质量的恶化、增加多能源系统运行优化控制难度等多方面的负面影响。

## 7.2 电动车配套基础设施发展的经验借鉴

### 7.2.1 良好的顶层设计

国家政策引导优化，更加注重精细化管理、倾向性奖补和安全监管，加快提升服务保障能力。2015 年以来，国家出台多项新能源汽车充电桩相关政策，覆盖范围包括补贴、配套基础设施、宏观统筹、技术研发等多个方面，形成较完整的政策框架体系，表 5-1 为部分相关政策措施。2020 年 5 月国务院发布《2020 年政府工作报告》，将充电配套基础设施正式被纳入七大“新基建”产业之一，在稳增长主线下，加速其建设节奏。

2022 年 1 月，国家发展改革委、国家能源局等联合印发《国家发展改革委等部门关于进一步提升电动汽车充电配套基础设施服务保障能力的实施意见》，提出鼓励推广智能有序充电，加快车网互动技术创新、实验测试与标准化体系建设，鼓励新技术新模式发展，明确要求形成适度超前、布局均衡、智能高效

的充电配套基础设施体系。2023年6月,《关于进一步构建高质量充电基础设施体系的指导意见》提出,到2030年,基本建成覆盖广泛、规模适度、结构合理、功能完善的高质量充电配套基础设施体系,有力支撑新能源汽车产业发展,有效满足人民群众出行充电需求。

表 5-1 电动汽车充换电配套基础设施政策(选摘)

出台年份	政策名称	印发部门
2016	《电动汽车充电基础设施发展指南》	国家发改委、国家能源局等
2016	《关于“十三五”新能源汽车充电设施奖励政策及加强新能源汽车推广应用的通知》	财政部等
2016	《电动汽车充电基础设施接口新国标实施方案》	国家发改委、国家能源局等
2016	《关于统筹加快推进停车场与充电基础设施一体化建设的通知》	国家发改委等
2018	《关于引发<新能源汽车充电保障能力行动计划>的通知》	国家发改委、国家能源局等
2022	《关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见》	国家发改委、国家能源局等
2023	《关于进一步构建高质量充电基础设施体系的指导意见》	国务院办公厅

### 7.2.2 强有力的政府推动

在良好的顶层设计下,电动汽车充电、换电配套基础设施行业的技术与标准更加先进,市场趋向良性运营,通过更多创新驱动高质量发展。初期由于新能源汽车发展路线尚不明确,充电配套基础设施建设方面各利益主体存在博弈,

充电与换电模式为争议焦点。在此期间充电站建设工作主要由国家电网承担，未允许社会资本准入。该阶段由于新能源汽车刚普及，充电配套基础设施保有量较低。2014 年国家电网宣布全面放开分布式电源并网工程与电动汽车充换电设施市场，民间资本介入，充电桩保有量大量增加。2020 年国家层面出台政策，将充电设施纳入新基建，在设施规模、充换电技术、标准体系、产业生态等方面取得显著成效。

### 7.2.3 不断演进的商业模式

电动汽车充电、换电基础设施领域的市场关注度较高，商业模式多样，盈利方式丰富。随着各项政策出台，国家重视程度加大，资本市场关注度从起初的能源公司、电力公司等到金融、互联网、投资等行业，初步形成“互联网+充电”产业生态，充电桩的应用场景丰富，充电和出行服务联系紧密。我国电动汽车充换电基础设施建设呈现参与主体多样化，市场领域更加细分,和收入来源多渠道化等趋势。目前主流商业模式为运营商主导、车企主导、第三方充电服务平台主导。运营商主导模式为现阶段市场主要运营模式，收入来源较单一，当前由少量头部运营商主导这一模式下的充电桩市场。车企主导模式主要适用于较为成熟的电动汽车企业当中，用于给车主提供更优质的充电体验，对资金和用户数量有较高要求，主要有车企自建桩与合作建桩两种建设方案。在第三方充电服务平台主导模式下，充电平台一般不直接参与充电桩的投资建设，通过自身资源整合能力将各大运营商的充电桩接入自家 SaaS 平台，以智能管理为依托提供商业价值，多为轻资产运营。随着充换电基础设施市场良性运作和逐步成熟，充换电基础设施建设运营主体由以运营商为主导逐渐转变为运营商主导、多主体参与、多方合作的产业推进模式。由原来笼统的公共和专用领域逐渐细分为以车型结构为服务对象的多领域市场结构，同时部分区域根据当地政策扶持重点以及车辆运行模式又进一步细分市场结构，如出租网约的换电领域、充电领域等。由原来单一充电服务费模式逐渐向设备运维服务模式、代运营分成



模式、大数据价值挖掘模式、站点增值服务拓展模式等演变。

#### **7.2.4 不断完善的标准规范体系**

经过多年发展，电动汽车充电设施标准体系初步建成，并正在指标细化、新型技术、消防安全、运营管理、碳足迹等方面完善标准规范。目前我国有关充换电配套基础设施的国家标准、行业标准、地方标准以及企业标准主要涵盖了充换电设备技术条件、充电接口及通信协议、充电计量装置、充换电站布局建设等各个方面，明确了充电设施安全的基本要求，为设施安全奠定了基础。目前新能源汽车配套基础设施行业已有硬件的国标和协议性的国标，在北京、上海、山东、贵州、天津、吉林等地推出地方标准，对电动汽车充电配套基础设施的规划设计、通用技术、施工验收、运营管理、消防安全、应急防雷等做出规范。

同时，根据行业发展与市场需求，国家及地方正积极推进充电接口互操作性检测、充电服务平台间数据交换等标准的制修订工作，实现充电标准统一。开展充电设施设置场所消防等安全技术措施研究，及时制修订相关标准。完善充电配套基础设施计量、计费、结算等运营服务管理规范。制修订充电设施关键设备及关键元器件标准，增加设备智能化、放电功能、能效指标等要求；制定充电设备全生命周期碳足迹计算标准；完善材料的回收制度和标准；制定充电服务身份认证标准、互动电量认证标准；完善车网互动系列标准，制定充电服务与电网通信协议标准；制定国家充换电项目建设规范，强化安全约束。

#### **7.2.5 不断完善的应急保障体系**

电动汽车的车用电池运输的应用场景一般为换电站，通过建设换电安防系统、消防系统、紧急预案、消防预案、防汛预案等，全方位布设电动汽车充换电站应急保障体系。构建广域面向企业、配电网实时测控的行业运中心，实现大规模用户充换电站接入，实施高可靠性的远程实施集中监控与运行管理，实

现企业精细化站端安全系统管理，实现充换电站安全防护、预设告警、一线采集与一线快速响应的成熟系统。设立安防系统下的安全责任管理制度，保障充换电站内人员、车辆、电站及电池设备的安全。通过系统动态数据联动，对接站内消防设施实施精准确认问题。分场景制定不同现场应急处置预案，针对人身伤亡事故、火灾爆炸事故、触电事故、突发恶劣天气及相应注意事项制定具体规则和标准流程。

通过在电池储运各环节通过在运输过程设置轨迹监控、烟雾报警、温度预警等，做好过程风险预测。通过提高高抗震电池性能、动态视觉识别、大功率浮动连接等换电功能。配备数字化智能化服务，提供电动车辆、电池银行、充换电站三位一体的云监控调度平台服务，支持移动端电价预览、路径导航、扫码换电、在线结算等功能。

## 第八章 发展目标与思路

### 8.1 发展目标

推动形成内河电动船舶发展顶层设计方案，争取突破制约电动船舶发展的政策与制度瓶颈，完善电动船舶相关标准和法规体系，形成布局合理、功能健全的内河电动船舶配套基础设施，打造一批长三角电动船舶示范航线和示范基地，催生一批电动船舶突破性关键技术，带动电动船舶相关产业高质量发展。具体发展目标如下。

#### 8.1.1 近期目标

到 2025 年，推动出台长三角内河电动船舶发展支持政策，构建电动船舶发展协调工作机制，形成良性的电动船舶及配套基础设施建设与运营激励机制，突破当前制约电动船舶发展的若干制度性障碍。完善《船舶应用电池动力规范》，形成船、岸协调统一的技术标准与法规体系。打造若干条电动船试点示范航线，配套建设充电桩约 100 套，其中，上海新建充电桩 8 套，江苏新建充电桩 25 套，浙江新建充电桩 46 套，安徽新建充电桩 19 套；换电站配套箱式电源约 120 组左右，其中，上海配套箱式电源 12 组，江苏配套箱式电源 60 组，浙江配套箱式电源 16 组，安徽配套箱式电源 32 组。

#### 8.1.2 中期目标

到 2030 年，长三角新建客船、公务船、集装箱船等船型电动化试点稳步推进，制定并完善电动船舶监管与应急保障制度，电动船舶充电、换电及相关技术标准持续完善，制定箱式电源运输、堆放、装卸、检查等操作标准与规范。完成长三角内河电动船舶充电、换电配套基础设施布局研究，推动三省一市出台政策，支持开展电动船舶充电、换电配套基础设施建设，配套建设充电桩约 500 套，其中，上海新建充电桩 49 套，江苏新建充电桩 147 套，浙江新建充电

桩 228 套，安徽新建充电桩 105 套；换电站配套箱式电源约 150 组，其中，上海配套箱式电源 32 组，江苏配套箱式电源 64 组，浙江配套箱式电源 16 组，安徽配套箱式电源 32 组。

### 8.1.3 远期目标

到 2035 年，长三角内河船舶电动化取得显著成效，老旧船舶更新速度加快，新建公务船、客船、集装箱船电动化比例显著提高，电动船舶产业稳步发展，产业规模效应初步显现，电动船舶建造与使用成本稳步下降，电动船舶优势得到充分发挥。电动船舶及其充电、换电设施的相关标准、法规体系进一步完善。配套建设充电桩约 1000 套，其中，上海新建充电桩 102 套，江苏新建充电桩 313 套，浙江新建充电桩 453 套，安徽新建充电桩 242 套；换电站配套箱式电源约 200 组，其中，上海配套箱式电源 64 组，江苏配套箱式电源 72 组，浙江配套箱式电源 20 组，安徽配套箱式电源 32 组。长三角内河沿线充电、换电等相关配套体系基本形成，电动船舶安全监管与应急保障水平进一步提升，电动船舶充电、换电作业安全、便捷、高效。

## 8.2 基本思路

**充电设施建设发展方面。**三省一市根据各地电动客船、电动公务船等电动船运营主体的充电设施建设需求，提供多方位支持。在用地方面，加快用地审批和工程建设审批效率，支持电动船运营主体在自有码头新建、改建充电设施。在电力保障方面，积极响应电动船运营主体面临的用电需求和面临问题，协调能源、电力、交通等部门或单位予以妥善解决。在财政支持方面，依据充电设施的充电功率、充电桩套数等指标，给予一定比例的资金补贴。在公共充电设施建设方面，结合各地水上服务区、公共码头空间资源情况，推进公共充电设施建设。积极推动电动船充电技术规范和设施工程技术标准制定，推动电动船充电操作、应急保障规范制定。

**换电设施建设发展方面。**配合电动集装箱船发展需求，基于电动集装箱航线特征和运营特点，建立三省一市换电设施规划建设协调机制，开展三省一市公共换电站科学布局规划。在用地方面，摸清长三角内河水服务区、公共码头和岸线其他空间资源，论证新建、改造公共换电设施的可行性，支持港口企业利用自有码头建设换电站或与电动集装箱船运营企业、电力企业等合作建设换电站，提高用地审批和工程建设审批效率。在电力保障方面，协调能源、电力、交通等部门，满足换电站大功率电力需求。在财政支持方面，针对换电站投资成本高等特点，根据换电站规模给予一定比例的资金补贴。推动换电技术规范 and 换电站设施工程技术标准制定，推动换电操作、应急保障规范制定。

## 第九章 对策建议

### 9.1 建立并完善内河电动船舶充电、换电标准规范

完善的充电、换电设施是电动船有效开展运营的基础，充电站、换电站造价昂贵，建设投入大，一旦建成，后期改建或技术调整难度大、成本高。我国内河电动船规模化发展初期，建立完善的充电、换电标准体系，能够起到良好的规范作用，防止出现诸如由于充电、换电技术不统一带来的设备不通用、重复投资及资源浪费等问题。建议内河航运主管部门尽快组织协调相关部门研究出台电动船充电、换电标准，支持内河电动船健康发展。

#### 9.1.1 建立充电、换电标准规范体系

##### (1) 建立内河电动船舶充电、换电技术规范

建议由交通运输部牵头，组织长三角内河航运主管部门、能源管理部门、电网公司、船级社、船舶设计院、电池生产商等部门和企业，参考电动汽车充电、换电技术标准发展经验，借鉴电动汽车充电系统相关标准，如《电动汽车传导充电系统》（GB/T 18487.1-2015）、《电动汽车传导充电用连接装置》（GB/T 20234.1-2015）、《电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议》（GB/T 27930-2015）、《电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议一致性测试》（GBT 34658-2017）等，结合电动客船、电动公务船充电要求，如大水位落差补偿/潮汐补偿、电缆管理等，编制电动船舶充电系统、充电电力、充电接口标准，解决电动船舶充电系统与设备缺乏统一标准等问题。

在换电方面，电动船舶换电行业发展的内在驱动力在于箱式电源的标准化，只有在标准化的前提下才能带来更多的换电需求，支撑换电站规模化发展。在CCS《船舶应用电池动力规范》第7章“船舶应用箱式电源的补充规定”的基础上，借鉴《电动汽车换电安全要求》（GB/T 40032-2021），制定电动集装箱船换电

系统标准，细化应用箱式电源电动船舶的换电操作试验，细化箱式电源的振动与冲击试验、接口形式、关键部件的机械与电气寿命、船上使用、岸基吊装更换、陆上转运、换电场站充电、存放等内容，解决不同生产商生产的箱式电源在兼容性与安全性等方面的主要问题。

## **(2) 建立充电、换电设施工程技术标准**

内河电动船舶充电系统的陆域部分主要包括进线电源电缆、变配电、出线电缆、岸基船舶充电接电箱等部分，借鉴《码头船舶岸电设施工程技术标准》（GB/T 51305-2018）、《电动汽车充电站设计规范》（GB 50966-2014）建立充电设施工程技术标准，对充电设施的总体布置、供电系统、配电方式、供电方式（普充、快充和超充）、充电系统设计、监控系统等进行规范，解决新建、改建和扩建的电动船舶充电设施面临的标准缺失等问题。

建议由交通运输部牵头，组织长三角内河航运主管部门、能源管理部门、电网公司、船级社、船舶设计院、电池生产商等部门和企业，形成长三角一体化的换电场站与设施工程技术标准，借鉴《电动汽车充换电设施工程施工和竣工验收规范标准（暂行）》（NB/T 33004-2020），对换电设施选址、总体布置、功能布局、吊装设施等内容进行规范，对换电站新建、扩建和改建中的供电系统、充电系统、电池更换系统、监控系统、土建及其他配套基础设施的工程施工和竣工验收进行规范，明确换电站竣工验收的申请资料和技术文件，细化换电站的技术要求、通用流程、快换装置、通信协议、锁止机构、数据管理、试验规则和安全防护等内容，解决电动船舶换电设施技术标准和施工标准缺乏等问题。

### **9.1.2 细化内河电动船舶设计、建造与检验规范**

#### **(1) 完善设计、建造与检验的技术细则**

交通运输部海事局发布的《电池动力船舶检查指南》对《国内航行海船法

定检验技术规则（2022 年修改通报）》中“船舶使用锂离子动力电池的附加要求”、《内河船舶法定检验技术规则 2019》中“应用磷酸铁锂电池船舶的特殊要求”，以及《沿海小型船舶检验技术规则（2016）》、《内河小型船舶检验技术规则（2016）》、《公务船技术规则（2020）》等技术法规中涉及电池动力的部分内容进行了梳理，融入了电动船原理研究和检查实践经验，对电动船检查和安全监督提供了有效指导。CCS 通过对《纯电池动力船舶检验指南》（2019）使用反馈情况和行业新技术及实船应用案例分析结合，出台了《船舶应用电池动力规范》，有效指导了我国内河电动船设计、建造与检验。由于电动船行业正处于快速发展阶段，新技术、新场景、新模式不断涌现，对相关标准规范的更新换代提出了更高要求。

建议交通运输部海事局、CCS 等相关部门在《钢质内河船建造规范》、《内河小型船舶检验技术规则》、《电池动力船舶检查指南》、《船舶应用电池动力规范》等标准、规范的基础上，细化高压箱（柜）系统、高压箱（柜）布置、锂电池系统、操作手册等相关图纸资料的送审和检验技术要求，细化直流配电板、电动机等设备的持证要求，细化蓄电池容量系数的取值和电池系统放电倍率设定的要求，明确电池管理系统（BMS）供电电源的低压报警等要求，细化直流配电系统的控制、监测、保护（短路和过载保护）措施及指示灯等重要配置要求，对内河电动船舶的设计、建造和检验提供更加全面的指导。

## **（2）针对船长小于 20m 的船舶电动化需求，出台有针对性的设计、建造与检验规范**

船长小于 20m 的内河船舶船型多样、数量可观，由于船长较短，对动力电池容量需求较小，电动化成本较低，电动化需求较大。例如，上海黄浦江、苏州河等内河保洁船，目前均采用柴油机作为动力，噪声、污染较为严重，船舶运营方有较强的电动化意愿。然而，对于船长小于 20 米的内河小型纯电池动力船舶，因其船舶尺度较小、布置空间受限，《内河小型船舶检验技术规则》在



纯电池动力船舶方面技术要求较为粗线条，在设计、建造与检验时存在诸多不明确处；而 CCS《船舶应用电池动力规范》在对动力电池和电池舱的空间布置方面较少考虑小船的实际情况，导致船长小于 20m 的电动船舶难以满足 CCS 规范要求。

建议借鉴浙江成功探索，在浙江省船舶检验中心 2023 出台的《内河纯电动船舶检验指南（ZJ）》的地方性检验指南的基础上，进一步完善船长小于 20m 的电动船舶检验规范，并将其推广至长三角乃至全国，指导船长小于 20m 的内河电动船舶检验。

### 9.1.3 完善内河电动船舶最低安全配员标准

#### （1）调整内河电动船舶最低安全配员一般标准

我国《内河船舶最低安全配员标准》按照主机总功率或船舶总吨对轮机部进行配员，例如，对主机总功率在 500 千瓦及以上的内河一般船舶（指除客船类、液货船类之外的船舶），规定轮机长 1 人、大管轮或二管轮或三管轮 1 人；对客船类船舶，主机总功率在 500 千瓦及以上需配轮机长 1 人、大管轮或二管轮或三管轮 1 人、普通船员 1 人。部分省级地方海事局、直属海事局辖区也有相应的最低安全标准，例如，上海地区有未满总吨位 600 内河公务船最低安全配员标准，浙江省有内河小型船舶最低安全配员标准，但均以主机功率或船舶总吨对轮机部进行配员。纯电动船舶无柴油机主机，用于推进的电动机功率与《内河船舶最低安全配员标准》中的柴油机主机功率不能等效对照，若按照《内河船舶最低安全配员标准》进行配员，会出现配员与船舶安全航行不适情况。

对纯电动船舶，建议综合考虑动力电池容量、船舶总吨、船长、推进电机功率、航行时间等因素，制定科学合理的最低安全标准。例如，对内河一般电动船舶，可出台以动力电池容量为主要标准、以总吨为辅助参考的最低安全配员标准；对内河电动客船，可出台以动力电池容量为主要标准、以载客量或船

长为辅助参考的最低安全配员标准。

## **(2) 调整内河电动船舶轮机部配员**

传统柴油机动力内河船舶的轮机员虽然掌握诸如船电管理操作基础知识、船用马达基础知识、电路识图和船电自动化等部分电气知识，但与管理电动船舶动力电池、电机和电控所要求具备的知识技能相比仍有明显不足。内河船员考试中的轮机专业考试科目仍以传统船舶动力装置、轮机管理、轮机基础和实际操作为主，较少涉及船舶电气、电机控制、动力电池管理等相关科目，在电动船舶航行过程中遇到实际问题，较难发挥专业技能。

电动船舶无柴油机主机和复杂机械装置，轮机部可调整为电机部，调整对轮机长、大管轮、二管轮、三管轮和轮机员的任职要求，调整内河船员轮机专业考试科目和培训体系，或将轮机员调整为电子电气员，调整电子电气员适任考试要求和培训体系，增加对电动船充换电作业、电池安全管理等方面的技能培训考核，解决当前内河电动船舶轮机部配员与实际需求不匹配现象。

## **9.2 强化充电、换电设施建设运营激励手段应用**

电动船充电、换电设施处于建设起步阶段，投资模式较为单一，盈利方式不够丰富，目前投入使用的充电设施大多数为企业自建自用，未形成成熟的成本回收模式，尚未产生类似电动汽车领域充换电设施的规模效应。电动船充电、换电设施建设初期投资成本高，外电接入扩容、电力设备设施、换电站的备用箱式电源、场地改造等投入较高，因此，电动船充电、换电设施建设需要政府、社会等多方面资源倾斜。

### **9.2.1 加强充电、换电设施建设与运营财政支持与用地保障**

#### **(1) 强化财政支持**

在充电设施建设方面，由于采用充电方式的船舶较多在本地运营，建议长

三角三省一市结合各地电动船舶结构特点，将电动客船、电动公务船等船舶的充电设施建设纳入节能减排专项资金或其他财政支持，按照充电设施的功率大小，对设备购置、设施建设提供一定比例补贴，解决当前充电设施建设成本高企、运营主体建设积极性不高等问题。

在换电设施建设方面，由于采用换电方式的船舶多在长三角区域内跨地市运营，建议三省一市在上海组合港等部门协调，联合交通运输部门、自然资源部门、水利部门、海事部门等相关单位，出台长三角内河电动船舶换电站建设实施方案，积极争取国家财政资金支持电动船舶换电站建设，三省一市针对管辖区域内的换电设施，基于建设规模给予配套财政资金支持。

强化电动船舶充电和箱式电源用电补贴措施。电动船用电价格直接影响使用经济性，电价高低直接关系到航运公司能否维持正常运营。现行充电价格过高，1元/kWh已经是较低的电价，部分电动船用电价格甚至超过了2元/kWh，直接拉升了运营成本，导致电动船运营成本甚至高于柴油船。建议电动船充电电价参照岸电用电价格，在现有岸电用电财政补贴基础上，进一步完善电动船舶用电补贴政策，出台电动船舶用电补贴标准，鼓励运营主体使用电动船舶，发挥电动船舶运营成本优势和减排降碳优势。

## **(2) 完善电力与用地保障**

电动船充电功率需求大，充电、换电设施建设不可避免面临电力扩容问题，发展改革、能源部门应支持电网企业提升电动船充电设施建设过程中的“获得电力”服务水平，加强配套电网建设，做好电网规划与电动船舶充电、换电设施规划的衔接，预留高压、大功率充电、换电保障能力，为电动船舶充电、换电运营企业提供契约式服务，解决充电、换电需求与电力供应的匹配问题。推动电力供应商推广应用新型输电网络和技术，推动电力供应商高效落实电动船舶换电设施的电力扩容，解决电动船舶发展带来的用电需求不断增加问题。

此外，针对长三角内河航道岸线资源紧张、码头作业能力饱和等问题，建

议内河航运主管部门、自然资源部门组织电力等部门，开展充电、换电设施选址可行性研究，加强对充电、换电设施配套建设用地、廊道空间等资源的保障力度，支持有条件的内河港口码头、水上服务区提供充电、换电站场地资源，鼓励港口、航运企业或其他相关主体在港口、码头建设换电站，加大工程建设协调推进力度，提高充电、换电站在用地审批、施工建设审批等审批环节的效率。

强化电动船舶充电、换电技术创新，推进无线充电、自动无人充电等新技术研发，支持发展水上换电站和专用换电船，探索构建水上专业换电船运输系统，构建由水上专业换电船、换电站共同组成的长三角内河换电系统。

## **9.2.2 强化金融工具支持**

### **(1) 构建市场化多元融资体系**

在长三角三省一市绿色金融政策基础上，进一步拓展对电动船舶的金融支持。引导国家开发银行、中小商业银行、政策性融资担保机构、保险公司和行业组织等增加对电动船舶充电、换电设施建设的融资服务支持，为电动船舶充电、换电设施建设提供金融服务，构建市场化多元融资体系。加大绿色信贷和保险资金支持力度，鼓励银行、保险机构对接电动船舶充电、换电建设投资方，提供便捷优惠的信贷支持和保险服务。支持地方法人金融机构发行绿色金融债券，募集资金专项用于发放电动船舶充电、换电设施建设项目贷款。争取碳减排专项货币政策工具落地并在电动船舶领域展开应用，将金融机构的碳足迹与再贷款再贴现等政策工具的使用挂钩，鼓励金融机构将更多金融资源投向电动船舶相关应用等低碳、减碳领域。

### **(2) 纳入碳减排普惠项目**

借鉴中国核证自愿减排量（CCER）机制和《上海市碳普惠机制建设工作方案》的碳普惠体系设计，考虑将电动船舶充电、换电建设运营产生的碳减排

量纳入温室气体自愿减排交易机制和上海碳普惠体系，促进完善碳普惠制度和平台，适时向长三角及长三角以外地区拓展，以电动船舶充电、换电设施建设运营项目带动长三角碳普惠政策体系互联互通。

### **9.2.3 支持商业模式创新**

#### **(1) 支持充电设施运营方向社会开放服务**

长三角已有充电设施基本建设在电动船舶运营方的自有码头，为自有电动船舶提供充电服务，限于充电设施的服务能力，极少面向社会开放。随着电动船舶数量的增长，充电设施运营企业可以充分利用码头的充电设施资源，为社会提供电动船舶充电服务，通过收取充电服务费获取收益，此外，可提供以大数据挖掘为基础的增值服务，提高单桩利用率，不断完善运营模式。同时，整合水上服务区、公共港口码头等公共资源，通过政府与社会资本合作等方式培育市场主体，引入社会资本建设运营充电配套基础设施和智能服务平台，利用融资租赁、特许经营权质押等融资模式，借鉴合同能源管理等业务模式，推进商业模式创新。

#### **(2) 探索充电、换电设施盈利模式**

无论是充电站或者换电站，其投资新建的成本都非常高，靠企业自身对于部分企业资金压力过大。例如，对于新建充电站而言，其成本除了充电设备以外，还包括了场地、电网扩容等。投资建设 4 个 400kW 的充电桩，总容量 1600kW 的充电站成本在 860 万以上（上海轮渡提供数据），单位 kW 的成本在 5000 元左右（超充电站的成本则更高）。而换电站的成本相对则更高，其成本除了上述的成本外，配置的箱式电源的固定成本很高（往往一个 1500kwh 箱式电池的成本投入就达到 300 万以上）。为此，为满足电动船舶的高效运营，需设计多种不同的商业模式：

船电一体化商业模式：船电一体化指船舶本身与电池组为一体，在实际运

营过程中不进行更换（除维修维护以外）。船电一体化商业模式适用于运营主体规模较大的、运行范围相对固定、且充电时间相对充裕的客船，如轮渡船、公务船等。然而，其船舶制造过程中所需的成本相对较高，且往往投资自建充电桩，对企业资金投入要求较高。电动船运营企业可通过提高运输价格等方式覆盖船舶投资和充电桩投资产生的额外成本。例如，电动观光船、游览船、轮渡船等客船可适当提高票价，游客通常也愿意为电动船带来的静谧、舒适体验买单。

**船电分离商业模式：**船电分离是指船舶和电池在制造或运营过程中不是一一对应的，船舶可以匹配电池银行中的适配电池组。在此模式下，船东在船舶制造阶段即可不配置电池组，大大降低了电动船的制造成本。港口、地方政府、电厂、或者其他企业可以单独或者联合组建电池银行，并提供换电服务（船东自身也可以参与），收益共享、风险共担，非常适合在船舶电动化的推广和发展初期进行应用。当前，如何进行更深入的协同机制和利益共享机制也是该模式下需要考虑的一个重要方面。

### **（3）支持第三方专业换电服务发展**

换电模式成本高，投资大，企业要面对较高的财务压力，目前换电行业运营商倾向于通过自研，采用规模化的运营场景，实现换电设备降本，然而由于其重资产的特性，在电池和土地等方面，换电站所需的最低初始投资额依旧庞大。借鉴电动汽车领域的发展经验，支持“船电分离”、电池租赁模式发展，鼓励港口、电力供应部门、航运企业、船舶建造商、电池制造商、电动船舶服务商及其他专业服务商成立动力电池第三方运营平台公司，鼓励第三方投资主体参与换电站建设，支持专业第三方动力电池换电服务商开展船舶动力电池租赁，探索动力电池的运维、管理、服务模式，探索动力电池共享模式，培育动力电池租赁市场。

## **9.3 优化我国内河电动船发展政策环境**

我内河电动船行业呈现出“自下而上”的发展模式，电动船运营成本低等优势得到了市场的认可，电动船的发展也由市场艰难推动，政策层面对电动船的发展路径不清晰，仍持观望或被动适应态度，政策环境不够明朗，间接制约了电动船行业发展速度。尽管交通运输部航局和部分地方政府开展了长江干线航道和其他内河航道的船舶电动化推广应用政策研究，但距离政策落地还有很长一段路要走，政策覆盖面也较为有限。建议长三角加强电动船政策研究和政策出台力度，尽快出台区域内电动船发展规划和实施细则，推动电动船及充电、换电配套设施在区域内快速发展。

### **9.3.1 加强电动船及其充电、换电配套基础设施发展顶层政策设计**

#### **(1) 研究出台电动船舶充电、换电配套基础设施发展指南**

可参考借鉴电动汽车发展经验，争取由长三角一体化发展领导小组组织牵头，将电动船充电、换电配套设施建设纳入长三角能源规划或生态环境保护规划，出台电动船舶及配套基础设施发展方案和年度工作任务清单，明确发展思路与发展路径，提出因地制宜的分阶段建设目标、布局方案、重点任务和政策举措，确定示范推广区域，划分内河航运“绿色走廊”，明确充电、换电设施配建要求，将电动船舶充电、换电设施纳入港口码头规划，明确充电、换电设施建设目标和重点建设区域，明确港口、码头预留充电、换电设施建设条件的要求和比例，完成顶层设计。

#### **(2) 研究出台长三角电动船舶充电、换电配套基础设施布局规划**

客观评价长三角电动船舶充电、换电配套基础设施现状资源，摸清长三角内河航道现有各类水上服务区、公共码头等公共资源，评估新建充电、换电配套基础设施的空间资源，深入调研长三角内河电动船相关的部门、企业、科研机构及试点项目，从政策、技术、市场、管理、保障等层面，摸清电动船舶和电动船舶配套基础设施在建设、运营、监管、应急保障等方面的现状与问题，

提出规划选址方案，明确重点实施航段。结合国家相关政策与地方发展实际，在长三角范围内进行充电、换电配套基础设施体系布局，提出发展目标，明确发展思路，以客船、公务船等公共服务领域的充电配套基础设施建设以及集装箱船换电配套基础设施建设为突破点，带动长三角内河充电、换电网络建设。构建充电、换电配套基础设施信息服务平台，统一信息交换协议，整合长三角不同企业、不同城市的充电、换电服务平台信息资源，为制定实施财政、监管等政策提供支撑。

### **9.3.2 构建区域性电动船及充电、换电设施建设推进工作机制**

#### **(1) 构建长三角协调推进机制**

长三角内河与长江干线所属主管部门不同，三省一市的长江干线由长航局管辖，内河则分别由三省一市港航管理部门管辖。总体来看，三省一市缺乏统一的内河航运管理机构。建议结合长三角内河船舶跨区运营特点，发挥上海组合港管委会协调、研究、落实的职能，统筹协调三省一市内河交通管理部门、船级社、航运企业、内河港口等与电动船舶相关的职能部门与企事业单位，构建充电、换电配套基础设施建设推进工作机制，为凝聚三省一市各相关单位的共识和横向整合电动船舶发展资源提供组织平台和制度保障，在充电、换电设施布局、电价优惠、示范航线等方面形成政策协同，为内河电动船舶政策实施赋权增能。在政策制定层面，可加强内河电动船舶配套基础设施专题研究，推动出台建设规划，协调制定具体配套实施意见。在统筹实施方面，采用协商联动机制，以召开会议的形式，协商达成工作目标和实施举措共识，推动出台统一的电动船舶充电、换电设施标准与规范，推动相关工作项目落实。

#### **(2) 增强地方政府推动电动船充电、换电基础设施布局建设的积极性**

当前，电动船舶发展缺乏顶层设计，各地地方政府瞄准电动船舶在内河航运领域的优势特征，积极开展了内河船舶电动化的探索与应用。在缺乏全国性和区域性电动船舶发展方案的情况下，三省一市地方政府可先行开展布局，承



担起统筹推进充电、换电配套基础设施发展的主体责任，将充电、换电配套基础设施建设管理作为政府专项管理内容，建立由港航、发展改革、能源部门牵头，其他部门紧密配合的协同推进机制，明确职责分工，完善配套政策，研究出台各地电动船舶充电、换电配套基础设施专项规划，制定出台充电、换电配套基础设施建设运营管理辦法，做好组织实施。

### 9.3.3 建立与电动船发展相适应的监管政策

#### (1) 突破箱式电源监管限制

在箱式电源运输监管方面，根据现行规定，交付船舶载运的大宗包装的锂电池、电池组以及设备中的电池和电池组应当为未经使用的新电池，按《国际海运危险货物规则》中的九类危险货物对待，交付运输时其荷电状态不得超过30%，箱式电源的存储、装卸、运输等作业受到一定的限制，需要特定的经营资质，满足《港口经营管理规定》规定的经营许可及其他附带条件。上述监管规定直接阻碍了采用换电模式电动船舶的发展，目前产业界有提出采用换电式运输船水上换电作业等解决方案，都不能从根本上解决箱式电源运输监管的核心问题。

建议加快开展箱式电源充电、运输、堆放、装卸等使用全过程的安全风险评估，在建立相关标准规范的基础上，完善箱式电源充电、运输、堆放、装卸等过程的消防、救援等应急保障体系，明确箱式电源作业监管要求与措施，建立不同风险状态下的应急预案。在此基础上，推动交通运输部修改完善包括《关于做好船舶载运内贸大宗包装的锂电池产品安全工作的通知》等在内的政策对箱式电源危险品性质的认定，将经 CCS 认定的箱式电源作为电动船舶动力装置的一部分，而非作为九类危险货物对待；或针对箱式电源出台豁免条款，对于满足特定技术细节的箱式电源（例如通过 CCS 认证），颁发危险品运输豁免证明，准予其在普通港口码头开展充电、运输、堆放、装卸作业。

## **(2) 完善电动船舶水上运输监管**

建议长三角内河港航部门在梳理现有海事法规的基础上，结合电动船舶发展特征，研究出台长三角内河电动船舶水上运输安全监管制度，明确电动船舶航行、停泊、作业等监管要求与措施，优化船员配备、船员值班制度、现代船员培训制度，加强应急培训和演练，提升对电动船舶的应急救助能力。建立充电配套基础设施安全管理体系，加大对违规用电、建设施工不规范等行为的查处力度。对充电、换电配套基础设施设置场所实施消防设计审核、消防验收以及备案抽查，并加强消防监督检查。行业主管部门应明确充电、换电配套基础设施运营使用单位的主体责任，加强对充电、换电配套基础设施及其设置场所的日常消防安全检查及管理，及时消除安全隐患。

附表：长三角三省一市内河电动船及配套设施数量（2025~2035）

	2025												2030												2035												
	上海			江苏			浙江			安徽			上海			江苏			浙江			安徽			上海			江苏			浙江			安徽			
	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	现状	温和	积极	
船	电动客船	11	18	31	32	54	90	105	179	300	27	46	77	17	30	46	49	89	136	164	296	453	42	76	117	21	45	60	62	133	175	207	443	582	53	115	150
	电动公务船	2	6	10	6	18	31	6	18	30	4	12	21	8	38	52	26	122	165	25	118	160	17	82	111	17	88	100	53	279	319	52	271	310	36	188	215
	电动集装箱船	2	3	11	4	8	34	5	10	39	10	20	82	4	10	31	12	29	96	13	34	110	27	71	234	10	20	50	30	62	155	34	71	178	72	150	378
配套设施	充电设施	8			25			46			19			49			147			228			105			102			313			453			242		
	换电设施	12			60			16			32			32			64			16			32			64			72			20			32		