航运先锋2022

航运减污降碳进展研究

CLEAN AIR ASIA
亚洲清洁空气中心

关于亚洲清洁空气中心

亚洲清洁空气中心 (Clean Air Asia，简称 CAA) 是一家国际非营利性环保公益组织，致力于改善亚洲区域空气质量，打造健康宜居的城市。

CAA 成立于 2001 年，总部位于菲律宾马尼拉，在中国北京和印度德里设有办公室。CAA 还在亚洲六个国家建立了合作网络，包括印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、越南、尼泊尔和斯里兰卡。

CAA 自 2002 年起在中国开展工作，专注于空气质量管理、绿色交通和能源转型。2018 年 3 月 12 日，CAA 获得北京市公安局颁发的《境外非政府组织代表机构登记证书》，在北京设立亚洲清洁空气中心（菲律宾）北京代表处，在公安部及业务主管单位生态环境部的指导下开展工作。

愿景

改善亚洲空气质量，减缓气候变化，打造健康宜居的亚洲城市。

使命

把知识转化为政策和行动，减少空气污染物和温室气体排放，助力亚洲区域实现更可持续、公平和健康的发展。我们为不同利益相关方赋能，加强区域间的交流与合作，促成多行业行动与跨部门协作，推动有效的政策措施和解决方案的制定和实施。

地址： 北京市朝阳区秀水街 1 号建国门外外交公寓 3-41，100600
电话 / 传真： +86 10 8532 6172
邮箱： china@cleanairasia.org
网站： www.cleanairasia.cn
微博： @ 亚洲清洁空气中心
微信： cleanairasia

航运先锋 2022

报告作者

成慧慧　交通项目主任

夏冬飞　交通项目主管

王　悦　高级交通研究员

王秋怡　分析师

衷　楠　高级环境研究员

冉　铮　交通研究员

报告顾问（按姓氏拼音排序）

冯淑慧　气候工作基金会 顾问

彭传圣　交通运输部水运科学研究院 首席研究员

王人洁　交通运输部规划研究院环境资源所 主任工程师

谢　燮　交通运输部水运科学研究院 首席研究员

辛　焰　能源基金会 高级项目主管

传播支持

刘明明　传播项目主任

李宏超　传播官员

报告术语

AIS	船舶自动识别系统
CCS	中国船级社
CII	年度营运碳强度指标
CO_2	二氧化碳
CSI	清洁航运指数
DWT	载重吨
EEDI	船舶能效设计指数
EEXI	现有船舶能效指数
EGR	废气再循环
ESI	环境船舶指数
IAPH	国际港口协会
IMO	国际海事组织
IPCC	联合国政府间气候变化专门委员会
LNG	液化天然气
LPG	液化石油气
MEPC	海洋环境保护委员会
N_2O	一氧化二氮
NECA	氮氧化物排放控制区
NOx	氮氧化物
SCR	选择性催化还原
SEEMP	船舶能效管理计划
SOx	硫氧化物
TEU	国际标准箱单位
WPSP	世界港口可持续项目

目 录

执行摘要 01

第一章 背景和目标 06

第二章 研究方法 09

2.1 研究范围 10

2.1.1 船型范围 11

2.1.2 航运公司范围 13

2.1.3 海运航线范围 16

2.2 措施范围 17

2.3 数据来源 18

第三章 技术减排进展分析 19

3.1 替代能源 20

3.1.1 低碳和零碳替代燃料 21

3.1.2 电动船舶 36

3.2 发动机氮氧化物排放控制 39

3.2.1 三大船型氮氧化物排放控制进程 40

3.2.2 进出中国沿海港口的船舶氮氧化物控制进程 43

3.2.3 小结 46

CONTENTS

3.3 节能技术 47

3.3.1 三大船型节能技术应用情况 48

3.3.2 进出中国沿海港口的船舶节能技术应用进展 57

3.3.3 小结 61

3.4 岸电设施 62

3.4.1 全球海运集装箱船和散货船的岸电受电设施配备进程 63

3.4.2 进出中国沿海港口船舶的岸电受电设施配备 64

3.4.3 小结 69

第四章 管理减排进展分析 **70**

4.1 航运公司脱碳战略 71

4.2 国际绿色船舶项目参与度 73

4.3 船队更新 75

第五章 发现与建议 **79**

5.1 发现 80

5.2 建议 82

图表目录

图 1	三大船型进出中国沿海港口的船舶艘数和运力在全球海运船舶中的占比	11
图 2	三大船型进出中国沿海港口船舶按运力水平分组的船龄分布	12
图 3	中国与部分国家国际海运贸易的航次分布	16
图 4	《航运先锋 2022》关注的减污降碳措施范围	17
图 5	不同船型在役船舶全球船队中替代燃料船舶占比	21
图 6	不同船型在役船舶的替代燃料构成	23
图 7	不同船型新船订单的替代燃料构成	23
图 8	不同订单年份和建造年份的替代燃料船舶艘数及占比	24
图 9	不同规模航运公司的替代燃料船舶运力占比分布	26
图 10	进出中国沿海港口的国际航行船队中替代燃料船舶的运力占比及其在全球替代燃料船舶运力中的占比	31
图 11	进出中国沿海港口的国际航行船队中不同替代燃料船舶的占比	31
图 12	不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶艘数及替代燃料船舶运力占比	32
图 13	不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶中不同替代燃料的运力分布	32
图 14	不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶的艘数及 LNG 预留船舶运力占比	33
图 15	中国国际海运贸易中替代燃料油轮的主要航线及航次	34
图 16	中国国际海运贸易中替代燃料集装箱船的主要航线及航次	34
图 17	不同年份建造的电动船舶艘数	37
图 18	三大船型在役船舶和新船订单中的电动船舶艘数	37
图 19	不同船型在役船舶和新船订单中满足 Tier III标准的船舶艘数占比	40
图 20	安装 SCR 系统的船舶建造年份分布	41
图 21	不同规模航运公司在役船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数和运力占比	42
图 22	不同船型进出中国沿海港口的沿海航行船舶和国际航行船舶满足 Tier III 标准的船舶艘数占比	43
图 23	中国国际海运贸易中三大船型满足 Tier III 标准的船舶主要航线及航次	46
图 24	不同船型应用节能技术的船舶艘数和运力占比	48
图 25	不同船型五类节能技术的应用数量	49
图 26	三大船型在役船舶节能技术的应用数量占比	50
图 27	不同船型在役船舶各项节能技术的应用情况	51
图 28	集装箱船各项节能技术的应用数量及占比	52
图 29	散货船各项节能技术的应用数量及占比	53
图 30	油轮各项节能技术的应用数量及占比	54
图 31	单船节能技术应用数量	55
图 32	不同运力区间应用节能技术的船舶艘数及占比	56
图 33	三大船型进出中国沿海港口的国际航行船舶节能技术应用数量占全球船舶的比例	57
图 34	不同航运公司进出中国沿海港口船舶节能技术应用情况	58
图 35	不同船型全球船队中具备岸电受电设施的船舶艘数及运力比例	63
图 36	不同年份具备岸电受电设施的船舶累计艘数	64
图 37	不同船型进出中国沿海港口船舶中具备船舶岸电受电设施的船舶艘数和运力占比	65
图 38	进出中国沿海港口的沿海航行和国际航行船舶中具备岸电受电设施的船舶艘数及运力占比	65
图 39	中国主要沿海港口靠港集装箱船中具有岸电受电设施的船舶靠港艘次及占比	66
图 40	中国主要沿海港口靠港散货船中具有岸电受电设施的船舶靠港艘次及占比	67
图 41	全球船队和进出中国沿海港口的国际航行船队船龄分布和平均船龄	75
图 42	进出中国沿海港口不同规模航运公司国际航行船队的平均船龄	76

表 1	运力前二十五散货航运公司进出中国沿海港口的船舶艘数和船舶总运力排名	13
表 2	运力前二十五集装箱航运公司进出中国沿海港口的船舶艘数和船舶总运力排名	14
表 3	运力前二十五油轮航运公司进出中国沿海港口的船舶艘数和船舶总运力排名	15
表 4	不同替代燃料路径的航运公司数量	25
表 5	集装箱航运公司替代燃料路径选择	27
表 6	散货航运公司替代燃料路径选择	28
表 7	油轮航运公司替代燃料路径选择	29
表 8	不同航运公司进出中国沿海港口船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比	44
表 9	不同航运公司进出中国沿海港口的船舶岸电受电设施配备比例	68
表 10	设定净零排放或碳中和目标的部分航运公司及其 2021 年进出中国沿海港口的运力排名	71
表 11	2021 年船队进出中国沿海港口的国际航运公司在绿色船舶项目中的参与情况	74
表 12	集装箱航运公司进出中国沿海港口国际航行船队的平均船龄	76
表 13	散货航运公司进出中国沿海港口国际航行船队的平均船龄	77
表 14	油轮航运公司进出中国沿海港口国际航行船队的平均船龄	78

报告涉及部分主要航运公司中英文名称对照

英文名称	中文名称
A.P. Moller	A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)
Antong Holdings	安通控股股份有限公司 (安通控股)
Asyad Shipping	阿曼航运公司 (阿曼航运)
Bahri	沙特阿拉伯国家航运公司
BP	BP 航运集团
BW Group	BW 集团
Cardiff Marine	卡迪夫航运
China COSCO Shipping	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)
China Merchants	招商局集团有限公司 (招商局)
CMA CGM	法国达飞海运集团 (达飞轮船)
CMB	比利时海事集团
CULines	中国联合航运公司 (中联航运)
Dynacom	达能孔公司
Eastern Pacific Shpg	新加坡东太平洋航运公司 (东太平洋航运)
Evergreen Marine	长荣海运股份有限公司 (长荣海运)
Fredriksen Group	弗雷德里克森集团
Hapag-Lloyd	赫伯罗特公司 (赫伯罗特)
HMM	韩新海运有限公司 (韩新海运)
IRISL	伊朗伊斯兰共和国航运公司 (伊朗国航)
K-Line	日本川崎汽船株式会社 (川崎汽船)
KMTC	高丽海运株式会社 (高丽海运)
Kuwait Petroleum	科威特国家石油公司
Matson Inc	美森轮船有限公司 (美森)
Mitsui OSK Lines	日本株式会社商船三井 (商船三井)
MSC	地中海航运公司 (地中海航运)
Navios Holdings	Navios 海事控股
Nippon Yusen Kaisha	日本邮船株式会社 (日本邮船)
Nissen Kaiun	日鲜海运
Oldendorff Carriers	德国奥登道夫公司 (奥登道夫)
ONE	海洋网联船务有限公司 (海洋网联)
Pan Ocean	韩国世腾泛洋船务船公司
Petronas	马来西亚国家石油公司 (马石油)
PIL	太平船务有限公司 (太平船务)
RCL	泰国宏海箱运有限公司 (宏海箱运)
Scorpio Group	天蝎座公司
Sea Lead Shipping	新加坡海领船务
Shandong Marine	山东海洋集团有限公司
Sinokor Merchant	长锦商船株式会社 (长锦商船)
SITC	海丰国际控股有限公司 (海丰航运)
SK Shipping	SK 航运
Star Bulk Carriers	星散海运
TORM A/S	托姆航运公司
TS Lines	德翔海运公司 (德翔海运)
Vale	巴西淡水河谷公司 (淡水河谷)
Wan Hai Lines	万海航运股份有限公司 (万海航运)
Winning Intl	韦立国际集团 (韦立国际)
Wisdom Marine Group	慧洋海运集团
Yang Ming Marine	阳明海运股份有限公司 (阳明海运)
Zhonggu Shipping Grp	中谷海运集团有限公司 (中谷海运)
ZIM Integrated Shpg	以星综合航运有限公司 (以星航运)
Zodiac Maritime	佐迪艾克海运公司

执行摘要

国际海运是国际物流中最主要的运输方式。海运承担了 80% 以上的全球贸易货物量的运输[1]，我国 95% 以上的外贸货物运输量由海运完成[2]。在承载和推动全球经济贸易发展的同时，海运也排放了大量大气污染物和温室气体。国际海事组织（IMO）第四次温室气体研究报告显示，尽管航运业在努力提高船舶能效，但航运业二氧化碳排放量仍在上升，从 2012 年的 9.62 亿吨增长到 2018 年的 10.6 亿吨，增长了 9.8%。而若不采取新的减排措施，预计 2050 年排放总量较 2008 年将增长 90%-130%[3]，这与 IMO 设定的航运业温室气体减排既定目标不符。大量研究表明，航运业已成为影响港口城市空气质量的重要排放来源，尤其是繁忙的港口和航道附近。

以往航运业被一些机构认为是碳排放增长快速、且没有受到有效管制的排放源之一，这种情况正在转变。2018 年，IMO 通过了航运业温室气体减排初步战略（简称“IMO 初步战略”），提出到 2030 年全球海运碳排放强度与 2008 年相比至少需降低 40%，并努力争取到 2050 年降低 70%，年度温室气体排放总量到 2050 年降低至少 50%。为实现目标，IMO 持续推动短期、中期和长期减排措施方案。短期措施的重点在于促进船舶能源利用效率的提高，包括进一步加强既有的船舶能效管理计划（SEEMP）和面向新造船的船舶能效设计指数 (EEDI) 要求，并新增现有船舶能效指数 (EEXI) 和年度营运碳强度指标 (CII) 等强制性要求，其中 EEXI 和 CII 要求于 2023 年 1 月 1 日全面实施，部分船舶将面临履约考验。中长期的重点措施主要为采用低碳和零碳替代燃料和创新型减排机制的普遍应用，具体方案仍在审议中。与此同时，IMO 初步战略也在讨论修订中，减排目标及措施有望进一步趋严。

随着近年来中国“双碳”目标及其相关政策规划的提出，海运也成为中国“减污降碳”的重要领域和攻坚战场，这既意味着新挑战，同时也带来新的绿色发展机遇。中国在国际海运中扮演着越来越重要的角色，是世界港口大国，在海运贸易量、造船量等方面也名列前茅。推动国际海运的绿色低碳转型，不仅有助于实现中国“双碳”目标和减缓全球气候变化，也将协同减少空气污染物的排放，帮助改善城市空气质量并保护公众健康。在这一过程中，中国港口和航运业全球竞争力和影响力也会得到进一步提升。

为进一步推动减少国际航行船舶排放及其对中国沿海城市的环境空气、气候变化和公众健康影响，亚洲清洁空气中心团队推出了《航运先锋 2022》报告，从技术手段和管理手段两方面系统梳理全球海运船舶减污降碳进展，并聚焦进出中国沿海港口的国际航行船舶，分析国际海运减污降碳进展与挑战，以期为进出中国港口海运航线的船舶及航运公司提供行业对标标杆，形成绿色发展的压力和动力，同时为决策者、行业人士、货主等行业相关方提供参考，助力航运业及其上下游实现低碳、绿色发展。

《航运先锋 2022》报告重点关注在役船舶和新船订单中集装箱船、散货船和油轮三种船型（以下简称“三大船型”）的减污降碳进展，纳入分析的数据截止日期为 2022 年 11 月底。根据 IMO 第四次温室气体研究报告，这三大船型 2018 年排放的二氧化碳占全球航运排放总量的 65%[3]。在此基础上，报告进一步根据船舶自动识别系统数据，选取 2021 年在中国沿海港口和国际港口间航行的船舶，作为参与中国国际海运的船舶样本。在措施范围上，《航运先锋 2022》关注航运公司的技术减排和管理减排，其中技术减排具体包括替代能源、发动机氮氧化物排放控制、节能技术和船舶岸电受电设施四大项，管理减排包括零碳战略发布、对国际绿色航运项目的参与度、航运公司船队更新。

[1] United Nations Conference on Trade and Development, Review of Maritime Transport 2022 (2022-11-29)，https://unctad.org/webflyer/review-maritime-transport-2022.

[2] 人民网，我国港口规模居世界首位，国际海运保障有力 (2021-6-24)，http://ent.people.com.cn/n1/2021/0624/c1012-32139536.html.

[3] International Maritime Organization, Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020, https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx.

发现

基于对全球海运船舶、进出中国沿海港口的国际航行船舶、航运公司的减污降碳进展分析，报告有以下发现：

01/ 较高比例的“清洁化”[4] 的全球海运船舶参与了中国国际海运贸易活动

2021 年全球集装箱船、散货船和油轮中分别有 76.2%、72.7% 和 46.5% 的运力（以载重吨计，下同）参与了中国国际海运贸易活动。随着全球海运船舶使用替代能源、提升发动机排放标准、应用节能技术以及在船上安装岸电受电设施等“清洁化”的技术手段不断取得进展，进出中国沿海港口的国际航行船舶“清洁化”水平也随之提升。

报告分析发现，全球“清洁化”的在役船舶中，较高比例的船舶在 2021 年开展过进出中国沿海港口的海运活动。例如，全球应用节能技术的集装箱船、散货船、油轮中分别有 82%、79% 和 50% 的运力参与中国国际海运贸易；全球具备岸电受电设施的集装箱船和散货船中分别有 58% 和 74% 的运力参与中国国际海运贸易；全球替代燃料[5] 集装箱船中有 63% 的运力参与中国国际海运贸易。此外，尽管中国海域不是 IMO 船舶氮氧化物排放控制区，国际航行船舶没有满足 Tier III 标准的强制要求，但全球达到 Tier III 标准的集装箱船、散货船和油轮中分别有 59.3%、51.8% 和 39.3% 的运力参与中国国际海运贸易，具备在中国海域保持较低 NOx 排放水平的能力。因此，如何鼓励更多“清洁化”的船舶参与中国国际海运贸易，并积极使用“清洁化”技术装置是关键。

02/ 全球海运船舶减碳措施应用方兴未艾，不同航运公司进展存在较大差异

海运船舶的多数减碳技术仍处于应用起步阶段，在役船舶中的应用比例仍然较低，但新船订单中的应用比例明显提升，发展潜力巨大。以集装箱船、散货船和油轮三大船型为例，截止到 2022 年 11 月底，在役不同类型船舶中应用替代燃料、节能技术的船舶运力占比范围分别为 0.3-2.4% 和 24%-32.8%，新船订单中应用替代燃料、节能技术的船舶运力占比范围分别达到了 14%-37% 和 22.3%-40.6%。

航运公司应用减碳技术的进程存在较大差异。在燃料替代技术应用方面，以全球油轮船队为例，在拥有 20 艘左右船舶的 3 家油轮航运公司中，进程较快的公司替代燃料船舶运力比例达到了 77%，而进程较慢的公司替代燃料船舶运力比例仅为 10% 左右。在节能技术应用方面，进出中国沿海港口散货船运力排名第一[6] 的淡水河谷公司，其应用节能技术的船舶艘数和运力的占比均在八成以上，远高于运力排名前十的其他航运公司。在船舶岸电受电设施建设方面，进出中国沿海港口的船舶运力前二十五的航运公司中，具备岸电受电设施的船舶数量比例在 0%-60% 的范围之间，各航运公司之间的差异较大。这一情况表明，已有航运先锋重视绿色竞争力的提升，但在缺少更多激励政策的情况下，部分航运公司绿色转型的动力与压力不足。

03/ 国际航行船舶岸电受电设施配备率较低，成为制约挂靠中国沿海港口船舶使用岸电的重要因素

近年来，中国沿海港口的岸电供电设施进一步完备，集装箱和散货等专业化泊位的岸电覆盖率大幅提升，但挂靠中国沿海港口船舶使用岸电情况却不容乐观，制约因素之一是国际航行船舶中具备岸电受电设施的船舶比例（以下简称“岸电受电设施配备率”）较低，可使用岸电的船舶数量有限。

---

[4] 应用替代能源、提升发动机排放标准、应用节能技术以及在船上安装岸电受电设施等减排手段。

[5] 包括 LNG、甲醇、氨和氢等替代燃料。

[6] 报告根据航运公司 2021 年进出中国沿海港口的船舶运力（以载重吨计）进行排名。

报告分析发现，国际航行船舶岸电受电设施配备率整体偏低。在全球具备岸电受电设施的海运船舶中，六成左右的船舶在 2021 年进出过中国沿海港口。在进出中国沿海港口的国际航行船舶中，集装箱船的岸电受电设施配备率为 7.9%，散货船仅有 1.8%。相比国际航行船舶，国内沿海航行集装箱船和散货船的岸电受电设施配备率较好，报告获取到数据的国内沿海航行船舶 [7] 的岸电受电设施配备率达到了 20% 以上。

在货物吞吐量前二十的中国沿海港口中，不同港口 2021 年挂靠的船舶岸电受电设施配备率相差较大。例如，散货船停靠艘次前 10 大的港口中，具备岸电受电设施的散货船停靠艘次比例在 3.8%-40.2% 之间。其中黄骅港比例最高，达到 40%，唐山港、秦皇岛港的比例大约在 20% 左右，但日照港的比例低于 5%，船舶岸电受电设施配备率低是导致挂靠这些港口的船舶岸电使用率偏低的因素之一。

对于不具备岸电受电设施的国际航行船舶，中国目前仍缺少有力的约束机制和激励政策，难以有效提升挂靠中国沿海港口船舶的岸电使用率。

04/ 航运先锋公司承诺净零排放，积极引领航运业脱碳进程

为落实《巴黎协定》的温控目标，航运业已经开始采取行动，一些领先的航运公司相继做出气候承诺，积极采取措施推动航运脱碳，为其他航运公司做出了表率。

在 2021 年进出中国沿海港口的三大船型运力分别处于前十位置的 26 家航运公司中，已有 12 家航运公司设定了明确的净零排放或碳中和目标，另有 7 家公司设定的脱碳目标与 IMO 初步战略相当或略严。在设定净零排放目标的航运公司中，马士基、赫伯罗特、海洋网联、日本邮船等航运公司的目标包括了二氧化碳及甲烷、一氧化二氮等温室气体的零排放。

为实现净零排放目标，航运公司积极推进前沿技术的研发和应用。最主要的技术路径是替代能源技术，例如马士基领先推动绿色甲醇燃料、日本邮船公司推进氨和氨能源供应链、达飞轮船推进燃料电池技术研发等。除了通过替代能源从源头减少船舶碳排放外，一些航运企业在脱碳战略中也积极推进碳捕集技术的应用，例如新加坡散货航运公司 Berge Bulk 和日本邮船公司。

随着领先航运公司相继采取积极的脱碳行动，且越来越多的货主对生态环保运输提出需求，尚未采取行动的航运公司将落后于同行，缺失绿色竞争力。

05/ 亟待更多技术突破助推航运脱碳进程，行业多方聚力发挥关键作用

替代能源的技术突破是航运业实现脱碳的加速器。例如，氨燃料是航运业备受青睐的零碳燃料，截止 2022 年 11 月底的手持订单中，集装箱船、散货船和油轮三大船型中具备氨燃料预留的新船运力占比均在 8% 以上，但这些预留船舶真正应用氨燃料的时间，取决于氨燃料发动机技术和氨燃料处理、供应系统技术的完善与成熟度，以解决氨燃料的毒性、腐蚀性、纯氨不易燃烧及用于内燃机燃烧产生的氮氧化物、一氧化二氮和未燃烧的氨处理等问题。液化天然气（以下简称“LNG”）作为当前领跑的替代能源，在生产、存储、运输和使用过程中存在甲烷逃逸，需要生物 LNG、合成 LNG 或甲烷防逃逸技术的进一步发展，方能提升其作为航运业脱碳燃料的优势。

行业各相关方的合作和参与可以加速技术的研发与应用进程，其中航运公司紧密连接着货主、港口、能源技术供应商等相关方，发挥着重要的聚力“纽带”作用。例如，达飞轮船与壳牌、Engie 两家能源公司合作，推进 LNG 和氢燃料混合、甲烷防逃逸技术、燃料电池技术等研发、合成甲烷和生物 LNG 的生产和供应；马士基与 7 家技术和能源公司建立伙伴关系，推进生物甲醇和电制甲醇燃料的商业化应用；中远海运旗下公司中远海运重工与多家公司联合研发氨燃料动力的超大型油轮。

[7] 本报告所指国内沿海航行船舶为具有 IMO 识别码但是 2021 年只在中国沿海各港口间航行的船舶，仅仅是国内沿海航行船舶的一部分。

建议

为了减少国际航行船舶的排放及其环境影响，提升中国在绿色航运业的参与度与竞争力，报告提出以下建议：

01/ 政府部门加强绿色航运产业引导和支持，推动中国成为全球绿色航运领跑者

在我国“双碳”目标和 IMO 初步战略驱动下，航运业迎来了绿色低碳转型的关键时机。建议交通运输部、生态环境部、国家能源局、工业与信息化部、国家发展和改革委员会等多部门共同开展绿色航运产业中长期发展规划的编制，助力中国航运强国的建设，发挥中国在全球航运脱碳转型的重要作用。在发展规划中，结合中国能源产业特点、各行业能源转型需求等情况，统筹规划船用低碳和零碳燃料生产、储运、供给等环节的布局和建设；健全法规体系和财税支持等保障措施，加强对船舶低碳和零碳排放技术的创新及研发支持，引导相关产业主体加大绿色航运技术的研发和投入。

目前，欧盟、英国、美国、新加坡等国家和组织通过发布航运战略或设立支持基金，支持本国或本区域绿色航运相关的研究和创新。中国加强绿色航运产业规划和引导，对于提升中国在全球航运业的竞争力和影响力至关重要。

02/ 中国港口可积极行动，为航运减污降碳提供助力

港口是重要的交通综合枢纽，与航运、临港产业以及贸易活动紧密相关，能够积极协同和引领相关行业实现能源转型。一方面，港口可以发挥其在低碳、零碳能源运输和供应环节的枢纽作用，例如，比利时安特卫普港和荷兰鹿特丹港等港口将“成为绿色能源中心”作为自身定位之一，支持区域及全球的低碳、零碳转型。中国港口如能及时关注替代燃料相关监管要求和技术标准的变化，结合自身资源条件推动绿色能源供应，将进一步提升中国港口在国际上的竞争力。另一方面，港口也可以通过差异化环保政策，向替代燃料船舶、达到 IMO 更高减排要求的船舶、可使用岸电船舶提供优先靠泊、停泊费减免等优惠政策，为更清洁的船舶提供激励和动力，这也有助于吸引航运公司将更清洁的船舶投入到中国相关的贸易航线中。

03/ 深度推进多方合作，探索建立绿色航运走廊

低排放、零排放船舶的规模化应用并非一蹴而就，需要循序渐进，其中建立绿色航运走廊是可行有效的助推方式之一。近年来，越来越多的国家及地区加入到绿色航运走廊的合作或计划中，包括上海港和洛杉矶港口、新加坡港和鹿特丹港、北海和波罗的海地区内部以及澳大利亚到东亚的铁矿石航线等区域间的绿色航运走廊，这些将为其他国家及地区间的绿色航运走廊的建设以及低碳、零碳航运的发展提供借鉴。

建议地方管理部门或相关行业主体选取航次频繁的固定航线，推进航线上的主要港口、航运公司和货主共同参与建设绿色航运走廊项目，探讨航线实现零排放的方法，并设立阶段性推进目标。在绿色航运走廊项目下，参与方可以共同推动替代燃料的供应和加注基础设施建设、试点应用低排放和零排放船舶、提高岸电使用率、应用能效提升的营运措施等，发挥示范推广效应。

04/ 适时加严国内排放控制区要求，强化岸电使用监管与合作推广

中短期内船用燃油仍将是航运业的主要燃料。作为国际海事组织成员国和《国际防止船舶造成污染公约》的缔约国，中国在积极落实国际公约的各项规定的基础上，可以在以下两方面持续推动减少国际航行船舶进入中国领海航行及靠港期间的排放。

一是尽早开展评估和研究加严国内沿海排放控制区对船舶燃油的硫含量要求。随着 2020 年国际海事组织将全球船用燃油硫含量最高限值从 3.5%m/m 加严到 0.5%m/m，中国沿海排放控制区对船舶硫含量 0.5%m/m 的限值要求也已成为全球普遍的标准水平。而全球现有的四个 IMO 批准的船舶排放控制区，均要求船舶燃油硫含量限值不超过 0.1%m/m，且中国的海南沿海排放控制区、韩国国内设置的排放控制区目前也已经要求船舶燃油硫含量不超过 0.1%m/m。中国可以尽早启动在其他沿海排放控制区实施 0.1%m/m 燃油硫含量的可行性评估，以便为进一步控制船舶氮氧化物排放创造条件。

二是强化岸电使用监管，减少船舶靠港排放。虽然国际航行船舶中具备岸电受电设施的船舶比例仍然较低，但应尽快推动已具备岸电受电设施的船舶靠港时尽量使用岸电。建议管理部门及时完善相关法规，明确靠港船舶使用岸电在港口方和船舶方的责任和罚则，为岸电使用的监管执法提供明确且有效力的法律依据。与此同时，港口方可以与航运公司合作，共同推进靠港船舶使用岸电，发挥表率和示范作用。例如，2022 年 12 月上港集团与航运公司达飞轮船签署战略合作协议，共同推进岸电技术的大规模使用，可为其他港口和航运公司提供有益借鉴。

01 背景和目标

Background and Objective

国际海运是国际物流中最主要的运输方式。海运承担了 80% 以上的全球贸易货物量的运输 [1]，在我国 95% 以上的外贸货物运输量由海运完成 [2]。随着国际贸易愈发繁荣，全球化进程进一步加快，海上运输的规模不断扩大，2015-2019 年，全球海运规模年均复合增长率为 3.2%[8]。受新冠疫情影响，国际海运贸易量在 2020 年下降了 3.8%，2021 年反弹，同比增长约 3.2%，总运量达到 110 亿吨 [1]。可以说，国际海运是服务全球贸易发展的基础力量，是世界经济的“晴雨表”。

作为主要的国际货运方式，国际海运带来的温室气体排放不可忽视。根据国际海事组织（IMO）第四次温室气体研究报告，航运带来的温室气体排放在全球人为排放中的份额已从 2012 年的 2.76% 上升至 2018 年的 2.89%，其中国际航运的二氧化碳排放量从 2012 年的 7.01 亿吨增加到 2018 年的 7.4 亿吨，增长 5.6%。如果把航运业比作一个国家的话，那么其将会是世界第六大温室气体排放国 [9]。国际航运也排放了一部分大气污染物。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次报告中指出，国际航运对全球年均人为来源的氮氧化物和硫氧化物排放分别贡献了约 13% 和 12%。在中国，2021 年内河、沿海和毗连区（领海基线外 24 海里）内的国际航行船舶所排放的 NOx 在非道路移动源中占 30.9%[10]，在移动源中占 14.0%[11]。已公开的港口城市大气污染物排放清单结果显示，广州、深圳、上海、香港等港口城市船舶所排放的废气占城市大气污染物排放量的 20%~40%[12]。

航运造成的空气污染会威胁公众健康，在某些情况下会增加心脏病、呼吸系统疾病和过早死亡。研究显示，东亚地区海运带来的空气污染每年造成大约 14500 至 37500 例过早死亡 [13]。海岸线附近的健康危害尤为明显，欧洲环境署的数据显示，全球约 70% 的船舶排放在海岸线 400 公里以内 [14]，而一些来自船舶的污染物可以在大气中传播数百公里，因此相当大的内陆区域也可能受到影响。

为更好地应对气候变化，IMO 于 2018 年 4 月通过了全球首个航运业温室气体减排的初步战略（以下简称“IMO 初步战略”），提出到 2030 年全球海运碳排放强度 [15] 与 2008 年相比至少需降低 40%，并努力争取到 2050 年降低 70%，年度温室气体排放总量到 2050 年比 2008 年降低至少 50%。为实现目标，IMO 制定了一系列短期、中期和长期措施，其中，短期措施的重点在于促进船舶能源效率的提高，包括船舶能效管理计划（SEEMP）和面向新造船的船舶能效设计指数（EEDI）；2021 年，IMO 通过了另外两项短期措施，即现有船舶能效指数（EEXI）和年度营运碳强度指标（CII），从技术和营运两个方面考虑并行施策，并于 2023 年 1 月 1 日全面实施。中长期的重点措施主要为采用低碳和零碳燃料替代和创新型减排机制的普遍应用，具体方案仍在审议中。

在国内，随着“双碳”目标的提出，减污降碳协同增效已经成为“十四五”期间生态文明建设的重点任务。为推动我国航运业的绿色发展，助力交通运输业实现“双碳”目标，交通运输部《绿色交通“十四五”发展规划》从减污降碳、用能结构和运输结构三方面对营运船舶减排、港口岸电使用和铁水联运设定目标；《海事系统“十四五”发展规划》确定了营运船舶氮氧化物、硫氧化物排放下降目标；《船舶能耗数据和碳强度管理办法》系统全面地规定了船舶能耗数据和碳强度管理的要求，一系列政策为“十四五”期间我国航运绿色低碳发展提供制度性保障。在 IMO 减排目标与“双碳”目标的背景下，中国不仅需要加严对国内航行船舶的排放管控，也需推动减少国际航行船舶在中国沿海排放带来的环境空气、气候变化和公众健康影响。

[8] United Nations Conference on Trade and Development, Handbook of Statistics 2022, https://hbs.unctad.org/world-seaborne-trade.

[9] World Economic Forum, If shipping were a country, it would be the world’s sixth-biggest greenhouse gas emitter (2018-04-18), https://www.weforum.org/agenda/2018/04/if-shipping-were-a-country-it-would-be-the-world-s-sixth-biggest-greenhouse-gas-emitter.

[10] 中华人民共和国生态环境部，《中国移动源环境管理年报（2022 年）》(2022-12-07)，https://www.mee.gov.cn/ywdt/xwfb/202212/t20221207_1007157.shtml.

[11] 根据《中国移动源环境管理年报（2022 年）》计算。

[12] 船舶三种主要污染物（SO2，NOx，PM10）的排放量占排放总量的比例。

[13] Liu, H., Fu, M., Jin, X. et al. Health and climate impacts of ocean-going vessels in East Asia. Nature Clim Change 6, 1037–1041 (2016). https://doi.org/10.1038/nclimate3083.

[14] European Environment Agency, International shipping should cut air pollutants and greenhouse gases together (2016-06-21), https://www.eea.europa.eu/highlights/international-shipping-should-cut-air.

[15] 指每单位运输活动的平均二氧化碳排放量。

中国在国际海运中扮演着重要角色，海运贸易量、港口吞吐量、造船量等方面均名列前茅。截至 2020 年底，我国国际贸易海运量已占全球海运量的 1/3，海运船队运力规模达到 3.14 亿载重吨，位居世界第二位 [16]。在全球港口货物吞吐量、集装箱吞吐量前 10 名的港口中分别占据 8 席和 7 席。2021 年，我国在造船完工量、新接订单量和新船订单量三大造船指标上继续保持世界第一。中国推进航运业的减排，不仅有助于中国“双碳”目标的达成，而且有利于提升中国航运业的全球竞争力和影响力。

亚洲清洁空气中心聚焦 2021 年进出中国沿海港口的集装箱船、散货船和油轮所属航运公司，从航运市场、航运减排措施、不同船队表现和航线表现等多个维度，对航运公司在技术减排、管理减排方面的表现进行分析，形成《航运先锋 2022》报告，旨在推动更多航运公司采取领先的减污降碳举措，鼓励港口对“更清洁”的船舶实施激励，同时为决策者、行业人士、货主等行业相关方提供参考，助力航运业上下游实现低碳、绿色发展。

[16] 人民日报 , 我国港口货物吞吐量稳居世界第一 (2021-10-04), http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/04/content_5640899.htm

02 / 研究方法

Research Approach

2.1 研究范围

- 船型范围
- 航运公司范围
- 海运航线范围

2.1.1 船型范围

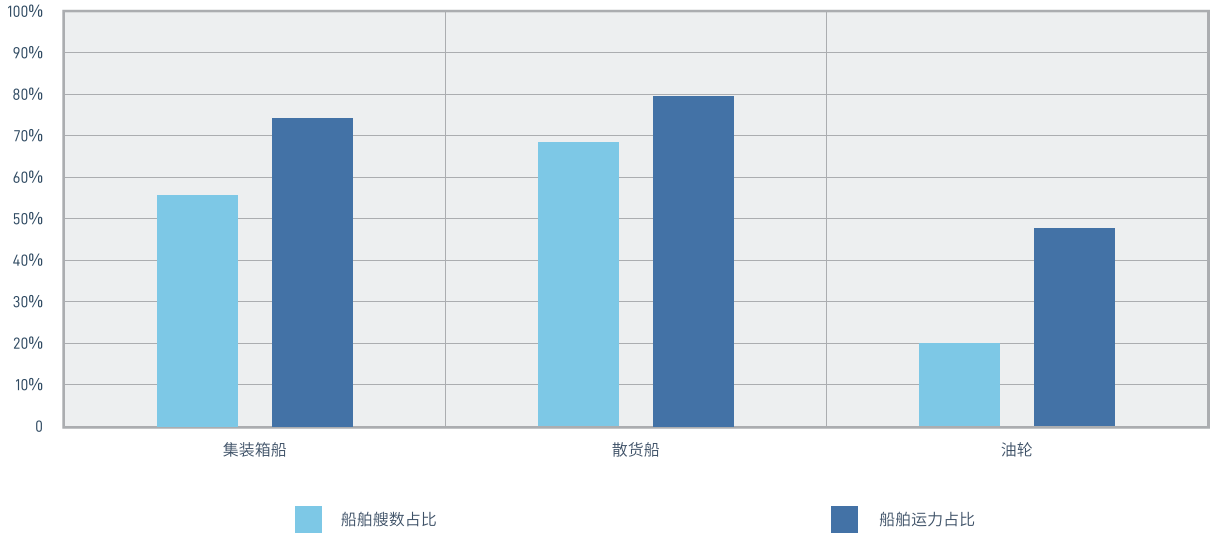
在种类多样的船舶中，《航运先锋》报告重点关注集装箱船、散货船和油轮三大船型（下称“三大船型”）。根据国际海事组织第四次温室气体研究报告，三大船型在 2018 年排放的二氧化碳占全球航运排放总量的 65%[3]。

报告在行业分析上，从在役船舶和新船订单两个方面分析三大船型的行业减污降碳进展。其中，在役船舶为截至 2022 年 11 月底仍处于营运状态的船舶，不包括已废弃、已闲置、正维修等状态的船舶；新船订单为截至 2022 年 11 月底尚未交付的船舶订单，这些船舶计划于 2022 年 12 月 -2026 年 1 月之间陆续完成建造。上述范围中，报告获取到数据的在役船舶共 28526 艘，包括 5387 艘集装箱船、12034 艘散货船、11105 艘油轮。新船订单共 2080 艘，包括 932 艘集装箱船、858 艘散货船、290 艘油轮。

全球海运船舶包括国际航行船舶、沿海航行船舶和少数江海直达船舶，这需要根据船舶航行活动进一步区分船舶的航行范围，在全球海运船舶分析中，报告对此不做进一步划分。在全球海运减污降碳进展分析的基础上，报告进一步根据船舶自动识别系统（AIS）数据，选取三大船型 2021 年进出中国沿海港口的船舶，分析进出中国港口的海运贸易船队的减污降碳进展。根据船舶 2021 年 AIS 数据，共 13456 艘具有 IMO 识别码 [17] 的船舶曾进出中国沿海港口，包括 3003 艘集装箱船、8234 艘散货船和 2219 艘油轮，在进出中国沿海港口船舶中的占比分别为 22.3%、61.2% 和 16.5%。

三大船型进出中国沿海港口的船舶艘数及运力（以载重吨计，下同）在全球海运船舶中占比具体见图 1。

图 1 三大船型进出中国沿海港口的船舶艘数和运力在全球海运船舶中的占比

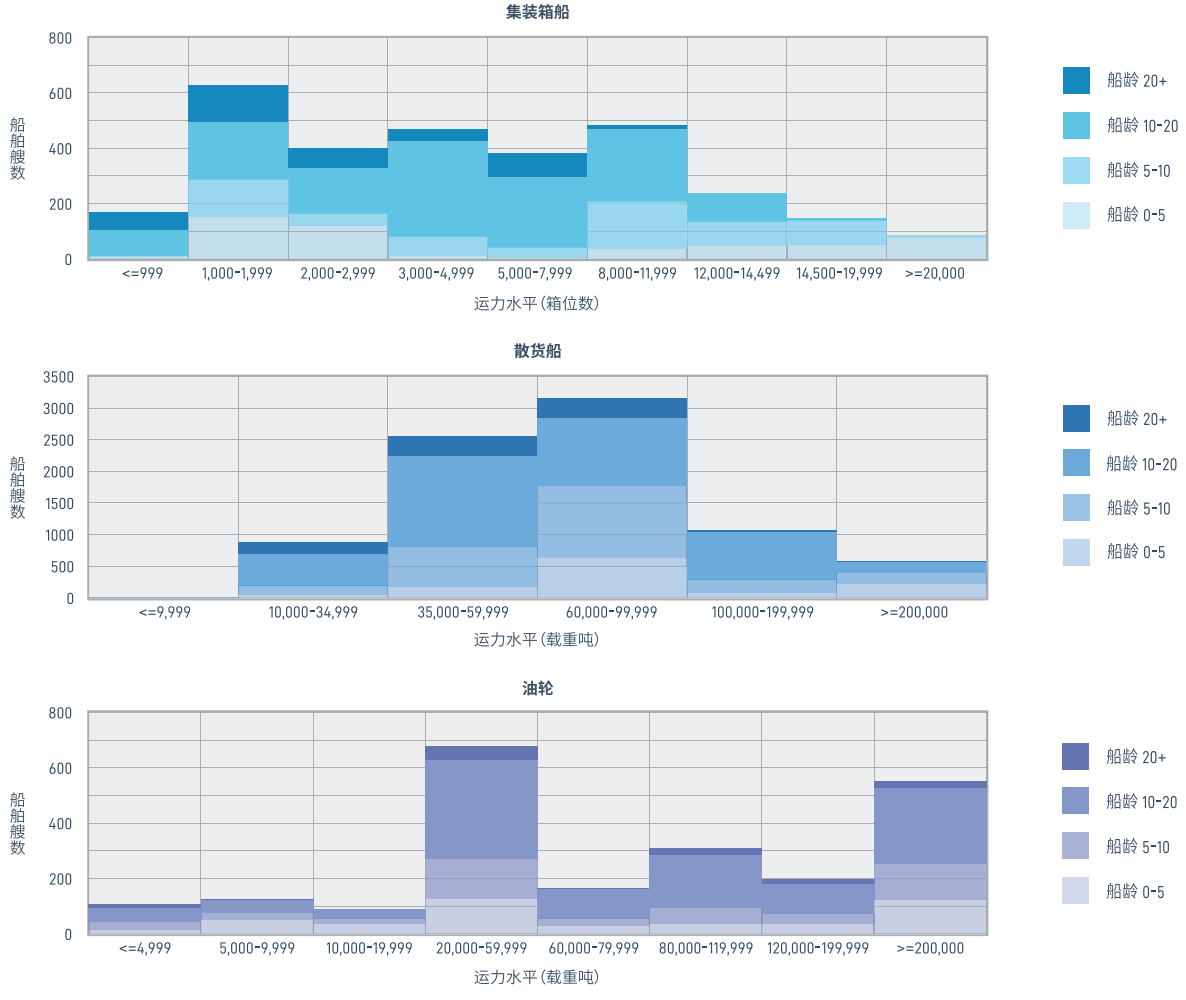


[17] 《SOLAS 公约》（《国际海上人命安全公约》）第 XI-1 章第 3 条规定，国际航行船舶中 100 总吨及以上的所有客船和 300 总吨及以上的所有货船应具备 IMO 识别码。

在上述具有 IMO 识别码的 13456 艘船舶中，报告以船舶 2021 年是否挂靠外国港口为依据，将船舶分为国际航行船舶和国内沿海航行船舶，其中国际航行船舶共 12411 艘，占比 92%，沿海航行船舶共 1045 艘。本报告所指国际航行船舶为 2021 年在中国沿海港口和国际港口间航行的船舶，沿海航行船舶为具有 IMO 识别码且 2021 年只在中国各沿海港口之间航行的船舶，国际航行船舶和沿海航行船舶均只包含集装箱船、散货船和油轮三大船型。需要说明的是，沿海航行船舶没有与国际港口沟通的需求，因此没有被强制要求具备 IMO 识别码。交通运输部发布的《2021 年沿海省际货运船舶运力分析报告》显示：截至 2021 年 12 月 31 日，沿海省际运输集装箱船、散货船和油轮共计 3781 艘[18]。因此，报告进行分析的 1045 艘沿海航行船舶，是指在中国各沿海港口之间航行且具有 IMO 识别码的船舶，因此仅是沿海航行船舶的一部分。

此外，一些减污降碳举措在不同船型和运力水平船舶上的实施进展存在差异。因此，在部分减污降碳指标分析上，报告参考 IMO《第四次温室气体研究报告》[3] 中对不同船型的运力划分方式，将集装箱（按标准箱计，单位是 TEU）、散货船（按载重吨计，单位是 DWT）、油轮（按载重吨计，单位是 DWT）的运力水平进行分组。图 2 展示了上述三大船型进出中国沿海港口船舶分运力水平的船龄分布。

图 2 三大船型进出中国沿海港口船舶按运力水平分组的船龄分布



[18] 交通运输部，《2021 年沿海省际货运船舶运力分析报告》(2022-03-02), https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/syj/202203/t20220302_3643952.html。

2.1.2 航运公司范围

2021 年，共有 2100 家航运公司全球海运船队中有部分船舶进出中国沿海港口。其中，进出中国沿海港口船队规模在 100 艘以上的航运公司仅 11 家，船队规模在 11-100 艘的航运公司数量为 217 家，近 90% 的航运公司的船队规模在 1-10 艘之间。

在具体分析上，报告重点关注三大船型 2021 年进出中国沿海港口船队运力前二十五的航运公司。其中，集装箱航运市场集中度最高，集装箱船队前二十五航运公司的船舶艘数和运力占比为 88% 和 96%，运力前五航运公司基本覆盖了五成以上的船舶艘数及运力；散货船和油轮航运市场集中度则相对较低，散货船队运力前二十五航运公司的船舶艘数和运力占比为 22% 和 33%，油轮前二十五的航运公司的船舶艘数和运力占比为 37% 和 51%。

表 1 运力前二十五集装箱航运公司进出中国沿海港口的船舶艘数和船舶总运力排名

集装箱航运公司	进出中国沿海港口的集装箱船舶艘数	进出中国沿海港口的集装箱船舶总运力排名
地中海航运公司 (地中海航运)	310	1
A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)	386	2
中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	362	3
法国达飞海运集团 (达飞轮船)	303	4
长荣海运股份有限公司 (长荣海运)	169	5
海洋网联船务有限公司 (海洋网联)	140	6
赫伯罗特公司 (赫伯罗特)	121	7
韩新海运有限公司 (韩新海运)	73	8
阳明海运股份有限公司 (阳明海运)	80	9
万海航运股份有限公司 (万海航运)	149	10
以星综合航运有限公司 (以星航运)	87	11
太平船务有限公司 (太平船务)	64	12
高丽海运株式会社 (高丽海运)	65	13
海丰国际控股有限公司 (海丰航运)	83	14
德翔海运公司 (德翔海运)	41	15
中国联合航运公司 (中联航运)	26	16
SM Group	15	17
泰国宏海箱运有限公司 (宏海箱运)	30	18
Sea Consortium	27	19
Sea Lead Shipping	15	20
美森轮船有限公司 (美森)	17	21
长锦商船株式会社 (长锦商船)	33	22

中谷海运集团有限公司（中谷海运）	18	23
IRISL	9	24
安通控股股份有限公司（安通控股）	15	25

表 2 运力前二十五散货航运公司进出中国沿海港口的船舶艘数和船舶总运力排名

散货航运公司	进出中国沿海港口的散货船舶艘数	进出中国沿海港口的散货船舶总运力排名
巴西淡水河谷公司（淡水河谷）	98	1
中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	279	2
德国奥登道夫公司（奥登道夫）	204	3
日本邮船株式会社（日本邮船）	130	4
Berge Bulk	73	5
弗雷德里克森集团	85	6
星散海运	106	7
日本川崎汽船株式会社（川崎汽船）	70	8
招商局集团有限公司（招商局）	81	9
韦立国际集团（韦立国际）	37	10
Angelicoussis Group	38	11
Navios 海事控股	61	12
Pan Ocean	59	13
日本株式会社商船三井（商船三井）	50	14
Cardiff Marine	36	15
Singapore Marine	38	16
Zodiac Maritime	37	17
CMB	37	18
Wisdom Marine Group	91	19
Shandong Marine	30	20
Nissen Kaiun	45	21
Golden Union	32	22
新加坡东太平洋航运公司（东太平洋航运）	22	23
Marmaras Navigation	29	24
Alpha Tankers	27	25

注：Alpha Tankers 公司的散货船由所属 Alpha Bulkers 公司运营

表 3 运力前二十五油轮航运公司进出中国沿海港口的船舶艘数和船舶总运力排名

油轮航运公司	进出中国沿海港口的油轮艘数	进出中国沿海港口的油轮总运力排名
中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	146	1
招商局集团有限公司（招商局）	92	2
Tankers Intl	48	3
Angelicoussis Group	37	4
弗雷德里克森集团	40	5
沙特阿拉伯国家航运公司	24	6
Navig8 Group	46	7
DHT Holdings	18	8
阿曼航运公司（阿曼航运）	17	9
长锦商船株式会社（长锦商船）	23	10
BW 集团	67	11
Dynacom	23	12
Olympic Shpg & Mgmt	15	13
科威特国家石油公司	13	14
Alpha Tankers	15	15
SK 航运	12	16
Scorpio Group	40	17
Chevron	29	18
马来西亚的国家石油公司（马石油）	9	19
Marmaras Navigation	15	20
SCF Group	15	21
Capital Maritime	27	22
Kyklades Maritime	11	23
BP 航运集团	10	24
TORM A/S	15	25

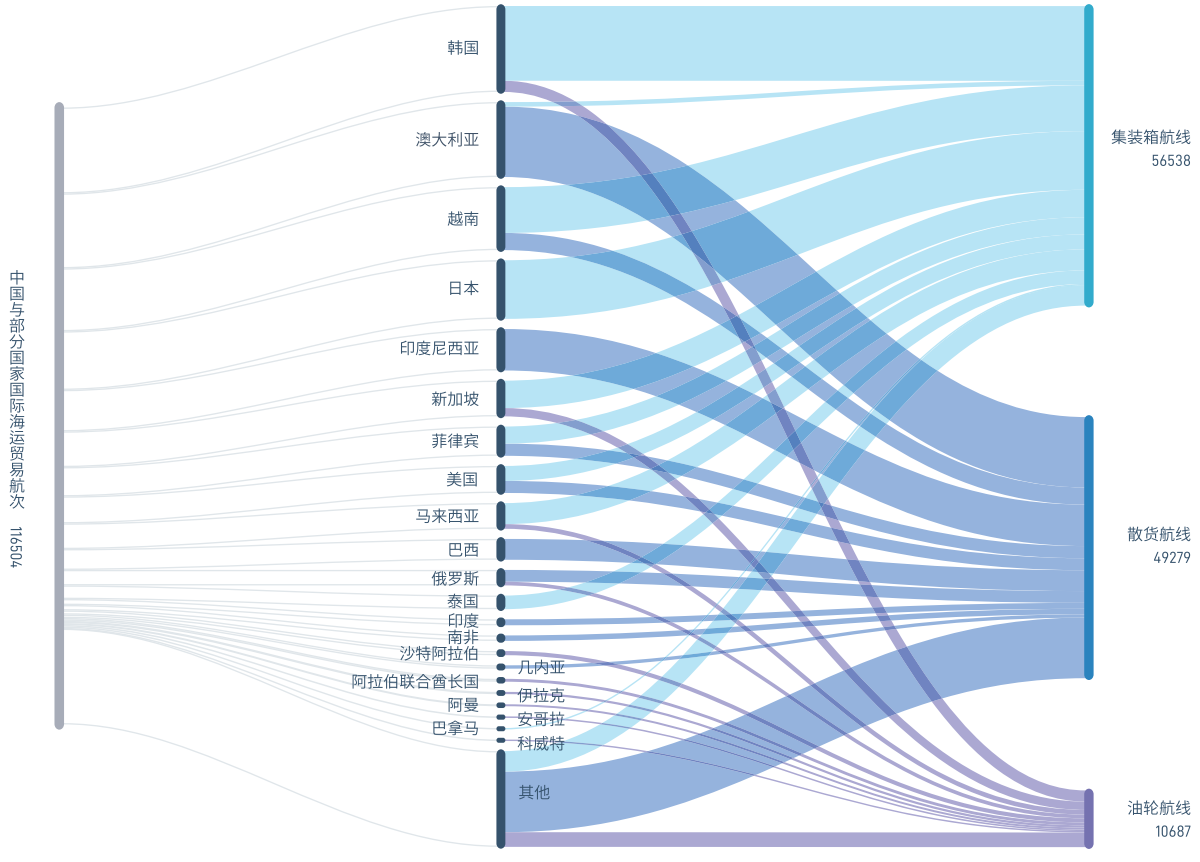
注：Alpha Tankers 公司的油轮由所属 Pantheon Tankers 公司运营

2.1.3 海运航线范围

报告根据船舶 2021 年的航行活动，对进出中国沿海港口船舶的海运航线进行梳理，分析部分减污降碳举措在一些海运航线上的进展情况。

在航线分析上，报告统计了船舶在挂靠中国沿海港口前到达的上一个国家和在离开中国沿海港口后到达的下一个国家，并将这段航行视为一段航线。由于散货和油品海运贸易多为长途运输，因此该航线划分方式能较好反映货物的贸易国；但对于集装箱船而言，船舶在往返过程中可能挂靠多个不同的港口，因此集装箱航线的分析，不能代表集装箱运输的主要终点贸易国。图 3 展示了中国与部分国家的贸易线航次分布。

图 3 中国与部分国家国际海运贸易的航次分布



2.2 措施范围

《航运先锋》系列报告关注的指标包括减排基础指标和减排效果指标，《航运先锋 2022》将聚焦在减排基础指标的进展分析上，对于船舶的减排效果，我们将在下一份报告中进行深入的分析和探讨。

《航运先锋 2022》所关注的减排基础指标，包括技术减排和管理减排两大类别。技术减排，顾名思义是指通过新技术的应用，实现节能减排的效果，具体包括替代能源、发动机氮氧化物排放控制、节能技术、船舶岸电受电设施四大项。管理减排，则关注航运公司采取的精细管理手段和企业社会责任的承担，这包括了航运公司在船舶运营中为提高能效采取的非技术措施，管理减排具体包括脱碳战略的发布、对国际绿色船舶项目的参与度、航运公司船队更新等措施。

图 4 《航运先锋 2022》关注的减污降碳措施范围

01 - 技术减排

替代能源
在役船舶替代能源和新船订单替代能源的应用

发动机氮氧化物排放控制
IMO氮氧化物排放控制阶段

节能技术
螺旋桨类、船体类、废热回收类、风力助推类、太阳能类五大类节能技术

岸电设施
船舶岸电受电设施的配备情况

02 - 管理减排

脱碳战略
航运公司是否发布脱碳战略

国际绿色船舶项目参与度
是否参与环境船舶指数(ESI)、清洁航运指数(CSI)、绿色奖励项目(Green Award)

船队更新
在役船舶的平均船龄

2.3 数据来源

《航运先锋 2022》的船舶特征数据主要来自克拉克森数据库，船舶航行数据主要来自 VesselsValue。

03 Analysis of Technical Measures

技术减排进展分析

本章将逐项介绍船舶各项技术减排措施的应用进展。在分析上，各小节从集装箱船、散货船、油轮三大船型的全球海运船队的减排措施实施进展切入，并在行业分析的基础上，进一步关注进出中国沿海港口船队的实施进展，并分析领先航运公司的积极实践。

3.1 替代能源

大规模应用替代燃料是航运脱碳转型的关键路径。船用可替代燃料有较多种类，包括液化天然气（LNG）、液化石油气（LPG）、生物燃料、甲醇、氢、氨等。相比传统燃油，这些替代燃料在减少温室气体排放方面具有一定优势，但个别替代燃料在当前阶段仍存在非二氧化碳温室气体的逃逸或排放、全生命周期碳排放等问题，并且替代燃料在技术可行性、燃料可得性、安全性、经济性等方面尚存挑战。从长期来看，在政策、技术、市场推动下，替代燃料具有推动航运业实现真正意义零碳排放的潜力。

面临脱碳目标的紧迫性，航运业已经开始采取行动，加快推进替代燃料进程。目前，在役船舶中已经具备一定比例的替代燃料船舶。与此同时，面对替代燃料长期发展前景的不确定性，船东或航运公司选择“替代燃料预留”[19]船舶的方式，在船舶设计阶段为将来改造为某类替代燃料船舶预留了空间，从而为未来应对脱碳目标保留了选择的空间。尽管替代燃料预留船舶并不意味着船舶必然会使用替代燃料，但这一指标在一定程度上释放了船东或航运公司对未来脱碳的意愿，同时也反映了航运业对某类替代燃料的倾向。

因此，本小节将在集装箱船、散货船、油轮三大船型替代燃料现状（即替代燃料船舶或替代燃料预留船舶）、替代燃料路径选择等方面进行分析的基础上，分析不同航运公司的替代燃料进展。

[19] 替代燃料预留船舶：主要指船舶在设计或改造时预留了未来向替代燃料转变的可能性，为此船主和造船厂需要决定应在船舶中包含哪些特征，以便利未来的改造。American Bureau of Shipping, Gas and Other Low-Flashpoint Fuel Ready Vessels, https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2020/09/ABS-gas-and-other-low-flashpoint-fuel-ready-vessels-2020_09.pdf.

3.1.1 低碳和零碳替代燃料

3.1.1.1 三大船型替代燃料进程

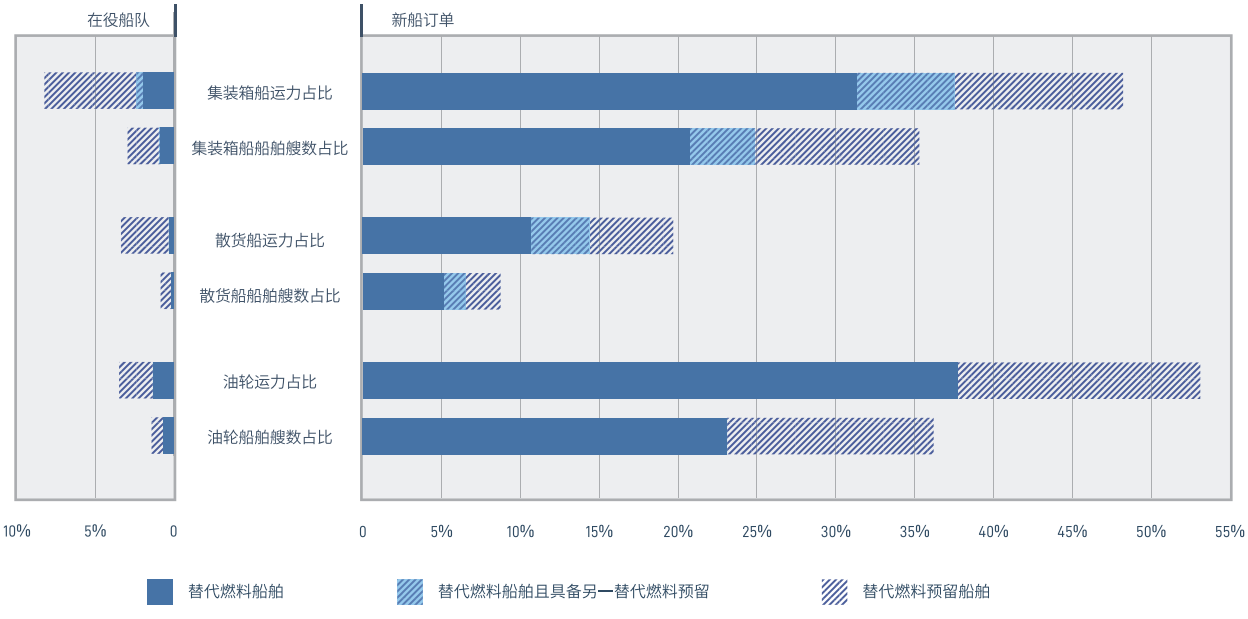
01/ 替代燃料现状

从替代燃料现状来看，截至 2022 年 11 月底，集装箱船、散货船、油轮的在役船队中虽已有一定比例的替代燃料船舶，但占整体船队运力（以载重吨计，下同）的比例仍较低，范围在 0.3%-2.4%。替代燃料预留船舶具有相对较高的运力占比，范围在 2.2%-6.3%。整体来看，集装箱船在役船队中可使用替代燃料（含预留）的船舶运力占比达到 8.2%，油轮和散货船为 3.5% 左右。

替代燃料船舶在新船订单中的比例已经大幅增加。目前集装箱船和油轮新船订单中替代燃料船舶运力占比达到了 37%，但替代燃料散货船运力占比为 14% 左右。如果考虑替代燃料预留船舶的比例，则新船订单中集装箱船可使用替代燃料的运力占比已经达到 48.2%，油轮达到 53.1%，而散货船进展相对缓慢，占比为 19.7%。

替代燃料船舶大多配置了双燃料发动机，在役船舶中 82% 的集装箱船、71% 的散货船和 90% 的油轮替代燃料船舶装载了双燃料发动机。

图 5 不同船型在役船舶全球船队中替代燃料船舶占比



02/ 替代燃料路径

在替代燃料的路径选择上，集装箱船、散货船和油轮的路径选择开始清晰。LNG 正在成为领跑的替代燃料，生物燃料、甲醇和氨燃料船舶的应用处于起步阶段，其他的替代燃料选项尚未在这三种船型中应用。

短期内 LNG 在航运替代燃料上具有较大商业化优势。相比其他替代燃料，LNG 能量密度高，运输加注便利，成为航运业备受青睐的能源之一。截至 2022 年 11 月底，可使用 LNG 燃料的在役船舶运力占比在 3%-8%，新船订单中的运力占比达到了 15%-53%。但是，LNG 作为替代燃料也存在挑战，化石 LNG 在生产、存储、运输和使用过程中存在甲烷逃逸，而甲烷是仅次于 CO_2 的全球第二大温室气体。根据 IPCC 评估报告，甲烷 20 年时间水平的全球增温潜势是 CO_2 的 82.5 倍，如果将温度升高限制在 1.5°C以内，到 2030 年需要将甲烷排放减少约三分之一。目前，行业已经在讨论生物 LNG、合成 LNG 或优化发动机技术等方式减少甲烷逃逸问题，LNG 是否能成为航运业长期脱碳的途径仍有待技术推动。

生物燃料作为一种即用型燃料 [20]，在航运业已有应用，但比例较低，在役船舶中使用生物燃料的船舶运力占比为 0.1%-0.4%。生物燃料能否实现零碳排放主要取决于生物燃料的原料来源及原料种植过程中的排放 [21]。由于生物燃料的原料来源有限，航运业使用生物燃料将面临来自诸如航空之类更加难以脱碳行业的竞争，一定程度上限制了其在航运脱碳上的发展应用。此外，生物燃料是即用型燃料，只能反映船舶某次航行进行了试用，无法代表船舶在每次航行中均使用生物燃料，因此，本报告在后续分析中，不再对生物燃料进行单独分析。

甲醇燃料还未广泛用于船舶，但受到了航运业较高的关注。甲醇燃料在供应基础设施完备性、储存和运输便利性、制取来源丰富性上具有优势。目前油轮在役船舶中已有 0.2% 的运力使用甲醇燃料；这些船舶均为甲醇运输船，由此可见，便利的加注条件对于促进替代燃料的应用十分关键。从新船订单来看，甲醇燃料的船舶比例大幅增加，集装箱船可使用甲醇燃料的船舶运力占比在 11.8%，油轮为 1.4%，而散货船的新船订单中暂没有甲醇燃料船舶。甲醇燃料作为脱碳路径的挑战在于全生命周期碳排放，当前形成商业化规模的甲醇主要由煤炭和天然气生产，需要同步推进可再生能源制取甲醇的规模化应用。

氨燃料船舶虽然尚未投入应用，但已成为三种船型备受青睐的替代燃料。氨燃料尚未投入应用的主要挑战在于其毒性、腐蚀性、纯氨不易燃烧及燃烧过程产生的氮氧化物排放、一氧化二氮和未燃烧的氨 [22]，需要技术推动解决。因此，船舶仍处于氨燃料预留阶段，尚未有应用氨燃料的船舶。目前，在役船舶中仅油轮有 0.6% 的运力具备氨燃料预留，但从新船订单来看，三种船型具备氨燃料预留的新船运力占比均在 8% 以上。氨燃料的应用同样需要推进全生命周期碳排放的降低。

目前，三种船型的在役船舶和新船订单中没有氢燃料船舶。氢燃料由于对船舶存储空间要求高、资本和运营成本较高、易燃等原因，可能降低了氢燃料相比其他替代燃料的竞争力。但氢和氨作为燃料电池的解决方案，仍有进一步发展的潜力。燃料电池在船舶上的应用尚处于探索阶段，已有的探索方向包括将燃料电池动力与电池储能系统组成混合动力船舶、作为部分试验性航段的动力来源、用于船上生活电力供应等。

[20] 即用型燃料：某些燃料在能量密度、燃烧特性等方面与化石燃料相似，无需对发动机或设备进行技术改造，和传统燃油混合可在现有船用设备和燃料加注基础设施中使用，因此称为即用型燃料。本报告中所指生物燃料船舶，指该船舶已经使用生物燃料或进行生物燃料船舶试航，船舶仍存在切换回传统燃油的可能性。

[21] U.S. Energy Information Administration, Biofuels and the environment (2022-04-13), https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/biofuels-and-the-environment.php.

[22] Ammonia Energy Association, Exhaust Gas Treatment Catalysts for Ammonia-Fueled Engines (2022-12-16), https://www.ammoniaenergy.org/wp-content/uploads/2022/10/NU_Presentation-Tsuji-for-AEC-2022.pdf.

图 6 不同船型在役船舶的替代燃料构成

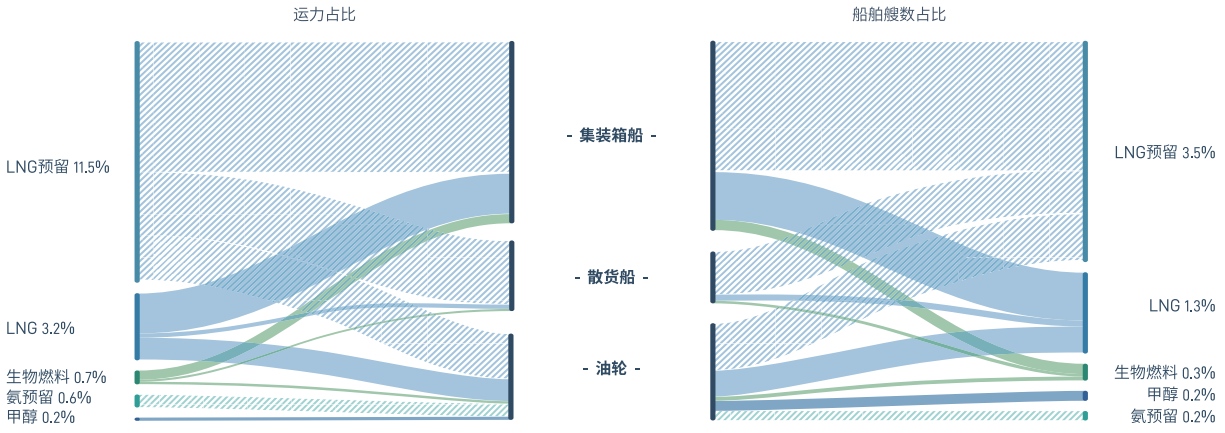
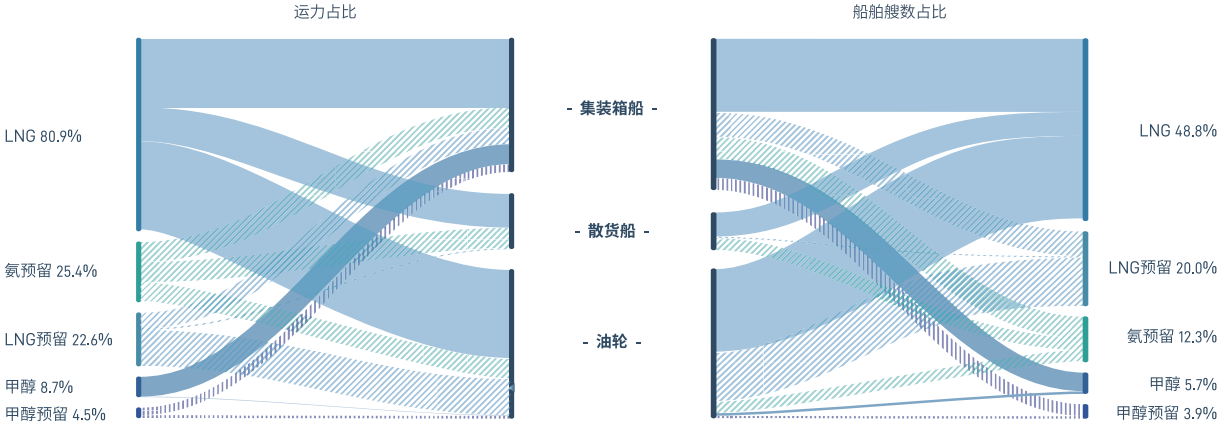


图 7 不同船型新船订单的替代燃料构成

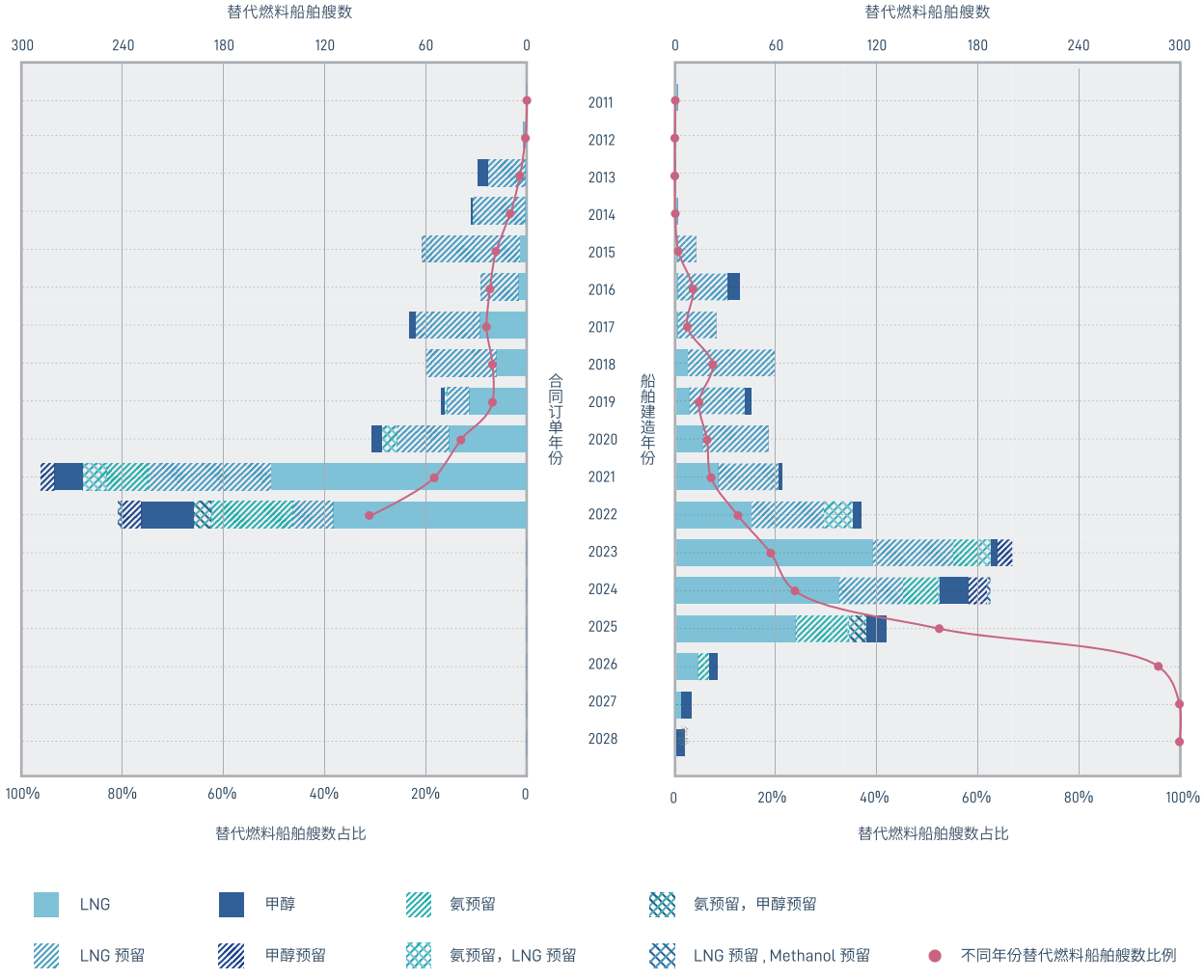


03/ 替代燃料船舶应用时间

从船舶订单年份来看，随着 2018 年 IMO 初步战略的通过和 2020 年“全球船用燃油限硫令”的实施，替代燃料船舶的订单数量明显增多，在当年新船订单总数中的占比自 2019 年起连续上升，在 2022 年 11 月底达到了 22.4% 左右，此外，替代燃料预留船舶的订单数量占比达到了 9.6%。

从船舶建造年份来看，近两年的新船订单多数将在 2023 年至 2025 年完成建造并投入使用，其中包括了一定数量的甲醇燃料船舶，中短期内替代燃料在役船舶的艘数及运力将进一步提升。

图 8 不同订单年份和建造年份的替代燃料船舶艘数及占比



04/ 全球航运公司的替代燃料选择

在分析集装箱船、散货船、油轮行业整体的替代燃料进展基础上，报告将聚焦在航运公司的替代燃料进程。在数量众多的航运公司中，已经有一批率先探索并积极推进替代燃料船舶的先锋企业。由于部分船舶缺少航运公司的信息，因此本部分的分析只包括航运公司信息明确的船舶。

分析发现，在全球航运公司中已有 15 家集装箱航运公司、7 家散货航运公司、39 家油轮航运公司的在役船舶中拥有替代燃料船舶，其中一半以上的航运公司在 2021 年均涉及与中国沿海港口的海运贸易。

航运公司在替代燃料的路径选择上表现得较为单一，主要为三种战略方向。一是多数航运公司投资 LNG 燃料作为船队的替代燃料，在其他替代燃料上尚未明确表态；二是少数航运公司将 LNG 燃料定位为过渡解决方案，在投资 LNG 船队的同时，也订购了氨预留或甲醇预留的船舶，为未来改造转换为低碳、零碳排放船舶进行准备；三是部分航运公司放弃了 LNG 燃料船舶，选择长期更具潜力的低碳、零碳排放燃料船舶，订购甲醇（或甲醇预留）、氨预留船舶。

表 4 不同替代燃料路径的航运公司数量

在役船队不同替代燃料路径的航运公司数量

细分市场	甲醇	LNG	LNG 预留	氨预留 , LNG 预留
集装箱船		7	10	
散货船		5	2	
油轮	1	12	21	9

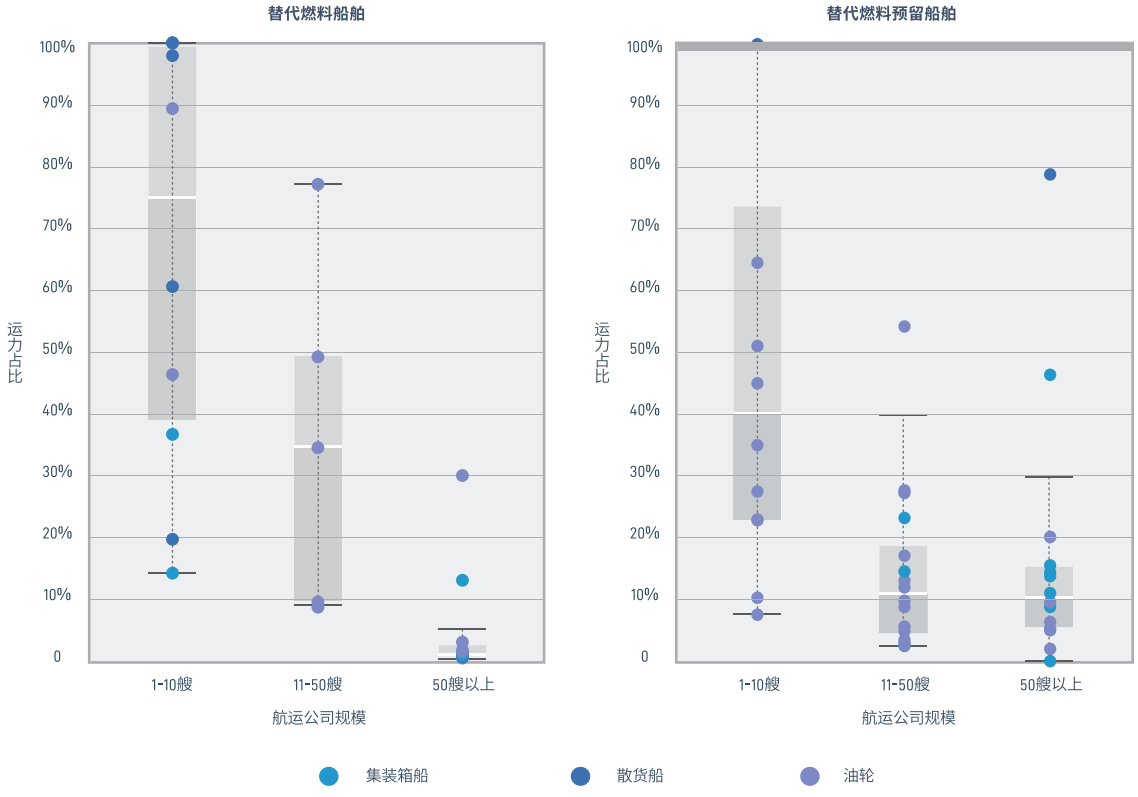
新船订单不同替代燃料路径的航运公司数量

细分市场	甲醇	LNG	LNG 预留	LNG 预留 , 甲醇预留	氨预留	氨预留 , LNG 预留	氨预留 , 甲醇预留	甲醇预留
集装箱船	5	10	9		4		1	2
散货船		5	1		1			
油轮	2	5	1	1		1		

不同航运公司在替代燃料船舶的推进进展上也存在差异，航运公司在役船舶中的替代燃料船舶的运力占比差异较大。例如，在船舶艘数同在 20 艘左右的 3 家油轮航运公司中，进程较快的公司替代燃料船舶运力比例达到了 77%，而进程较慢的公司替代燃料船舶运力比例为 10% 左右。对于规模较大的航运公司，需要在新船订单中尽量提高替代燃料船舶占比，同步探索在役船队替代燃料改造的技术方案，加速船队向替代燃料转型的步伐。图 9 展示了不同规模的航运公司 [23] 中，替代燃料船舶运力占整体船队运力的比例。

[23] 航运公司规模依据其全球船队的船舶艘数进行划分

图 9 不同规模航运公司的替代燃料船舶运力占比分布



在接下来的表 5- 表 7，报告呈现了集装箱、散货、油轮航运公司在役船舶和新船订单中的替代燃料选择路径。

集装箱航运公司在役船舶的替代燃料选择主要为 LNG。虽然较高比例的航运公司在新船订单中仍选择 LNG 作为未来的替代燃料，但已有中远海运、马士基集团、达飞轮船、North Sea Cont. Line 和 Sea Consortium 5 家航运公司预定了甲醇燃料的船舶；已有地中海航运、海洋网联、太平船务和以星航运 4 家航运公司预定了氨预留或甲醇预留船舶。

在集装箱航运公司中，马士基领先推动甲醇燃料的应用。截至 2022 年底，马士基已经订购了 19 艘绿色甲醇燃料船舶，计划在 2023 年 -2025 年投入应用，这批船舶预计每年需要约 75 万吨的绿色甲醇。为了确保绿色甲醇燃料的供应，马士基与七家公司建立战略合作伙伴关系 [24]，其中包括了三家中国公司。此外，马士基和西班牙政府签署了合作议定书，探索在西班牙大规模生产绿色燃料的机会，该项目完全实施后，每年绿色燃料的产能可达到 200 万吨 [25]。

[24] MAERSK, A.P. Moller - Maersk engages in green bio-methanol partnership with Debo (2022-08-19), https://www.maersk.com.cn/news/articles/2022/08/19/maersk-engages-in-green-bio-methanol-partnership-with-debo.

[25] MAERSK, Maersk and the Spanish Government to explore large-scale green fuels production (2022-09-03), https://www.maersk.com.cn/news/articles/2022/11/03/maersk-and-the-spanish-government-to-explore-large-scale-green-fuels-production.

表 5 集装箱航运公司替代燃料路径选择

集装箱航运公司在役船舶替代燃料构成

序号	航运公司	2021 年是否参与中国海运贸易	LNG	LNG 预留
1	Saltchuk Resources		■	
2	湖南远洋集装箱运输有限公司		■	
3	迪拜环球港务集团	✓	■	
4	地中海航运公司 (地中海航运)	✓	■	▨
5	法国达飞海运集团 (达飞轮船)	✓	■	
6	赫伯罗特公司 (赫伯罗特)	✓	■	▨
7	帕夏航运集团 (帕夏航运)	✓	■	
8	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	✓		▨
9	A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)	✓		▨
10	长锦商船株式会社 (长锦商船)	✓		▨
11	海洋网联船务有限公司 (海洋网联)	✓		▨
12	韩新海运有限公司 (韩新海运)	✓		▨
13	美森轮船有限公司 (美森)	✓		▨
14	浙江省海港投资运营集团有限公司 (浙江海港)	✓		▨
15	中国联合航运公司 (中联航运)	✓		▨

集装箱航运公司新船订单替代燃料构成

序号	航运公司	2021 年是否参与中国海运贸易	甲醇	LNG	LNG 预留	氨预留	氨预留 , 甲醇预留	甲醇预留
1	North Sea Cont. Line		■					
2	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	✓	■					
3	A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)	✓	■					
4	Sea Consortium	✓	■					
5	法国达飞海运集团 (达飞轮船)	✓	■	■	▨			
6	Crowley Maritime			■				
7	地中海航运公司 (地中海航运)	✓		■	▨	▨		
8	韩新海运有限公司 (韩新海运)	✓		■	▨			
9	赫伯罗特公司 (赫伯罗特)	✓		■	▨			
10	美森轮船有限公司 (美森)	✓		■				
11	帕夏航运集团 (帕夏航运)	✓		■				
12	太平船务有限公司 (太平船务)	✓		■		▨		
13	以星综合航运有限公司 (以星航运)	✓		■		▨		▨
14	BG Freight Lines				▨			

15	Ellerman Lines	✓		▨			
16	Tailwind Shpg Lines	✓		▨			
17	长锦商船株式会社（长锦商船）	✓		▨			
18	海洋网联船务有限公司（海洋网联）	✓				⊠	
19	航运公司信息不明确	✓	■	▨	▨		▨

散货航运公司的替代燃料选择较为单一。在役船队中航运公司的替代燃料选择主要为 LNG。新船订单中，航运公司信息明确的 4 家公司均预定 LNG 船舶；一些航运公司信息不明确的散货新船订单中也包括了氨预留和 LNG 预留船舶。

在散货航运公司中，力拓集团在航运低碳减排的行动较为积极。力拓集团是全球主要的矿业公司，同时也是大型的散货航运公司，其船队包含了 230 艘租赁船和 17 艘自有船，承担了澳大利亚西海岸港口和亚洲港口之间 3 亿吨以上的铁矿运输 [26]。除了租赁、订购 LNG 动力船舶，2022 年，力拓与多家公司合作，开始研发双燃料、氨燃料动力的大型散货船 [27]。此外，包括力拓集团在内的由澳大利亚矿业公司和航运公司组成的全球海事论坛（Global Maritime Forum），已经开始评估澳大利亚和东亚之间建立铁矿绿色航运廊道的可行性，并共同评估绿氨的供应、加注和保障机制 [28]。

表 6 散货航运公司替代燃料路径选择

散货航运公司在役船舶替代燃料构成

序号	航运公司	2021 年是否参与中国海运贸易	LNG	LNG 预留
1	BHP Group Ltd		■	
2	IIShin Marine Trans		■	
3	POSCO		■	
4	ASPO PLC	✓	■	
5	Wuhan Chuangxin			▨
6	巴西淡水河谷公司（淡水河谷）	✓		▨
7	航运公司信息不明确		■	

散货航运公司新船订单替代燃料构成

序号	航运公司	2021 年是否参与中国海运贸易	LNG	LNG 预留	氨预留
1	Anglo American		■		
2	JFE Holdings		■		
3	Kyushu Electric		■		
4	力拓集团（力拓）	✓	■		
5	航运公司信息不明确		■	▨	▨

[26] RioTinto, Marine & Logistics, https://www.riotinto.com/operations/marine.

[27] Ammonia Energy Association, New ammonia-powered vessels: Newcastlemax & Panamax class (2022-01-23), https://www.ammoniaenergy.org/articles/new-ammonia-powered-vessels-newcastlemax-panamax-class/.

[28] Argus. Miners eye Australia-east Asia green shipping corridor (2022-04-06), https://www.argusmedia.com/en/news/2319204-miners-eye-australiaeast-asia-green-shipping-corridor.

油轮航运公司在役船舶的替代燃料路径较为多样，已有 9 家航运公司的替代燃料选择了氨预留和 LNG 预留船舶，1 家航运公司拥有甲醇燃料船舶。

新船订单中，4 家航运公司订购了 LNG 船舶，1 家航运公司订购了甲醇燃料船舶，一些航运公司信息不明确的油轮新船订单中也包括了氨预留和甲醇预留船舶。

在油轮航运公司中，中远海运作为全球规模第一的油轮船队，在大型油轮替代燃料方面开展了积极探索。2021 年，中远海运旗下公司中远海运重工与多家公司联合研发氨燃料动力的超大型油轮，获得了中国船级社、美国船级社颁发的原则认可证书 [29]。2022 年，中远海运成功推进 LNG 作为主燃料在超大型原油轮的首次应用 [30]。

表 7 油轮航运公司替代燃料路径选择

油轮航运公司在役船舶替代燃料构成

序号	航运公司	2021 年是否参与中国海运贸易	甲醇	LNG	LNG 预留	氨预留 , LNG 预留
1	梅赛尼斯公司 (梅赛尼斯)	✓	■			
2	Altera			■		
3	Eni			■		
4	Groupe Desgagnes			■		
5	Rosneft			■		
6	Capital Maritime	✓		■		▨
7	Equinor	✓		■		
8	SCF Group	✓		■		
9	Shell	✓		■		
10	TotalEnergies	✓		■		
11	Vitol Group	✓		■	▨	
12	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	✓		■	▨	
13	Crowley Maritime				▨	
14	GS Energy				▨	
15	Jo Shipping				▨	
16	Kinder Morgan				▨	
17	Lundqvist Rederierna				▨	
18	Moundreas, N.G.				▨	
19	Seacor Holdings				▨	
20	Alpha Tankers	✓			▨	
21	Angelicoussis Group	✓			▨	
22	Dynacom	✓			▨	
23	ExxonMobil	✓			▨	

[29] 中国远洋海运集团有限公司 , 中远海运重工参与联合研发的氨燃料动力 VLCC 船型方案同时获中国船级社、美国船级社 AIP 认证 (2021-11-05), https://www.coscoshipping.com/art/2021/11/5/art_6864_212754.html.

[30] 中国远洋海运集团有限公司 , 全球首艘 LNG 双燃料超大型原油船远瑞洋轮成功首航 (2022-05-19), https://www.coscoshipping.com/art/2022/5/19/art_6864_269855.html.

24	GNMTC	✓				▨	
25	Island Navigation	✓				▨	
26	Top Ships	✓				▨	
27	TORM A/S	✓				▨	
28	Tsakos Group	✓				▨	
29	沙特阿拉伯国家航运公司	✓				▨	
30	上海北海船务股份有限公司（北海船务）	✓				▨	
31	Ancora Investment						⊠
32	Yasa Shipping						⊠
33	Cardiff Marine	✓					⊠
34	Euronav NV	✓					⊠
35	Neda Maritime Agency	✓					⊠
36	Seaworld Mgmt & Trdg	✓					⊠
37	Vardinoyannis Group	✓					⊠
38	弗雷德里克森集团	✓					⊠
39	航运公司信息不明确				■	▨	

油轮航运公司新船订单替代燃料构成

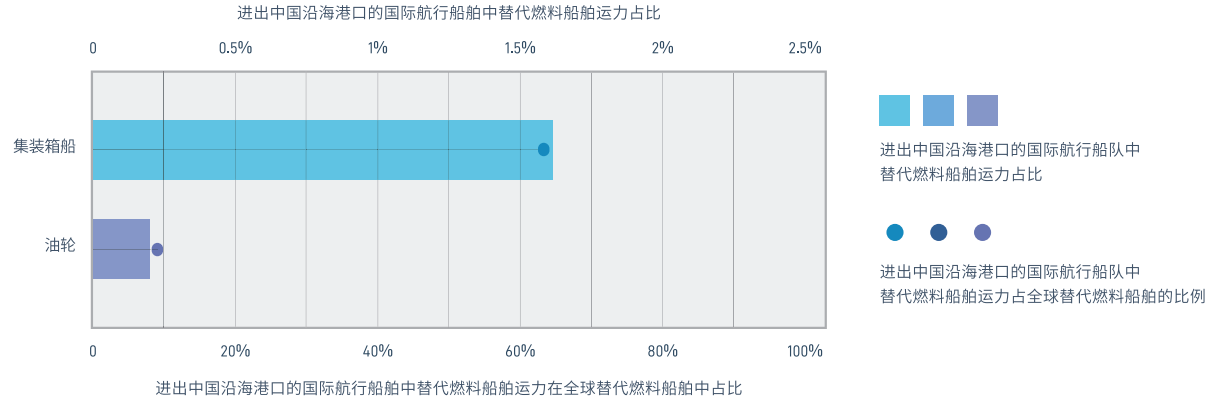
序号	航运公司	2021 年是否参与中国海运贸易	甲醇	LNG	LNG 预留	氨预留 ,LNG 预留	LNG 预留 , 甲醇预留
1	梅赛尼斯公司（梅赛尼斯）	✓	■				
2	Rosneft			■			
3	Novatek			■			
4	Shell	✓		■			
5	TotalEnergies	✓		■			
6	航运公司信息不明确		■	■	▨	⊠	⊠

3.1.1.2 进出中国沿海港口的船舶替代燃料进程

01/ 进出中国沿海港口的国际航行船舶替代燃料进程

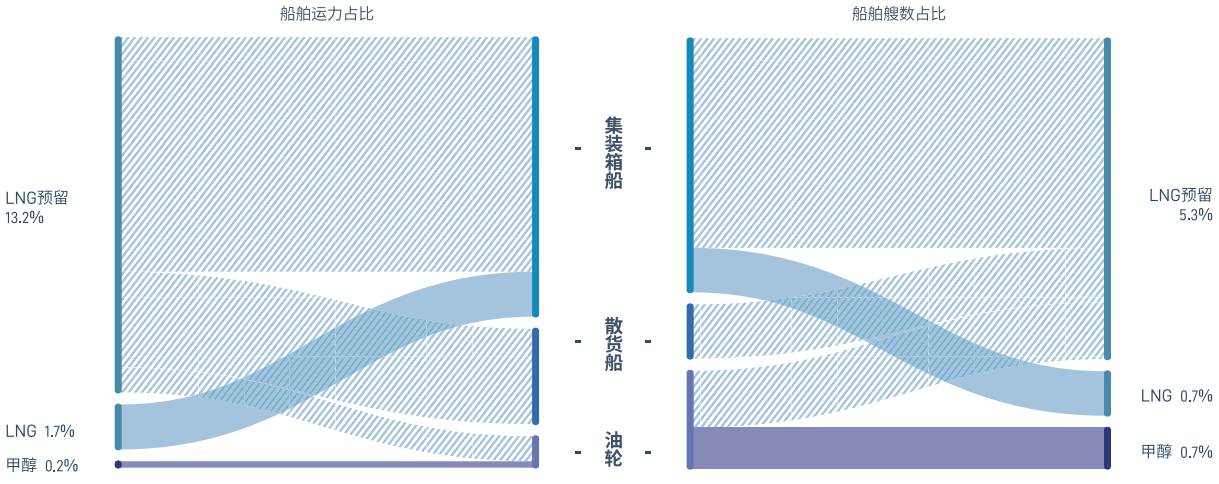
在进出中国沿海港口的国际航行船舶中，使用的替代燃料主要为 LNG 和甲醇，且替代燃料船舶的运力（不含预留，下文同）占整体船队的比例仍然较低。其中，替代燃料集装箱船舶主要为 LNG 船舶，运力占比为 1.7%，占全球替代燃料集装箱船舶运力的比例约 63%；替代燃料油轮船舶主要为甲醇船舶，运力占比为 0.2%，占全球替代燃料油轮运力的比例约 9.2%。替代燃料散货船舶尚未参与进出中国沿海港口的国际航行贸易。此外，进出中国沿海港口的国际航行船队中也有一定比例的船舶具备 LNG 预留。

图 10 进出中国沿海港口的国际航行船队中替代燃料船舶的运力占比及其在全球替代燃料船舶运力中的占比



注：图中数据不包含生物燃料。

图 11 进出中国沿海港口的国际航行船队中不同替代燃料船舶的占比



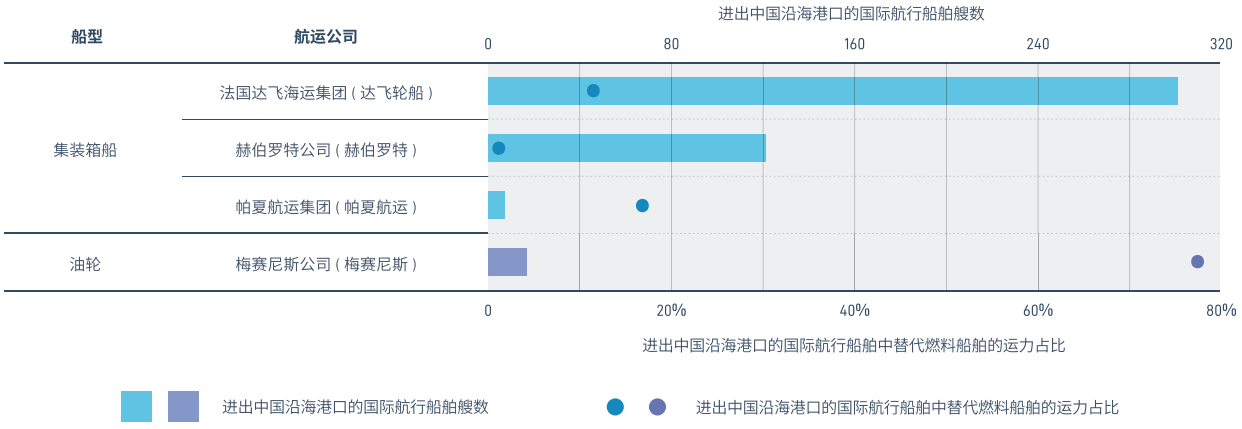
注：图中数据不包含生物燃料。

02/ 不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶替代燃料进展

10 家航运公司在进出中国沿海港口的国际航行船舶中投入了一定比例的替代燃料船舶。集装箱运输中的 3 家航运公司均投入了 LNG 船舶，油轮航运公司中 1 家航运公司投入了甲醇燃料船舶。

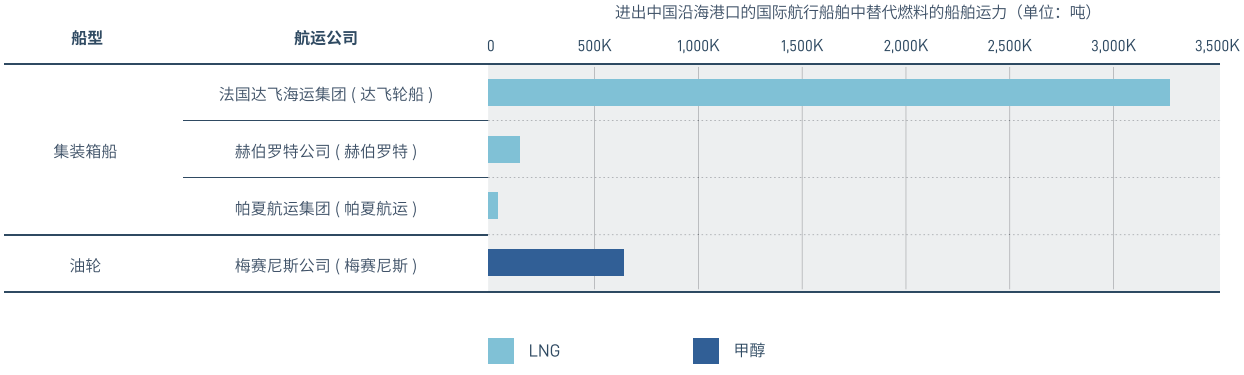
图 12- 图 13 展示了不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶艘数、替代燃料路径以及不同替代燃料船舶的运力和占比。

图 12 不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶艘数及替代燃料船舶运力占比



注：图中数据不包含生物燃料。

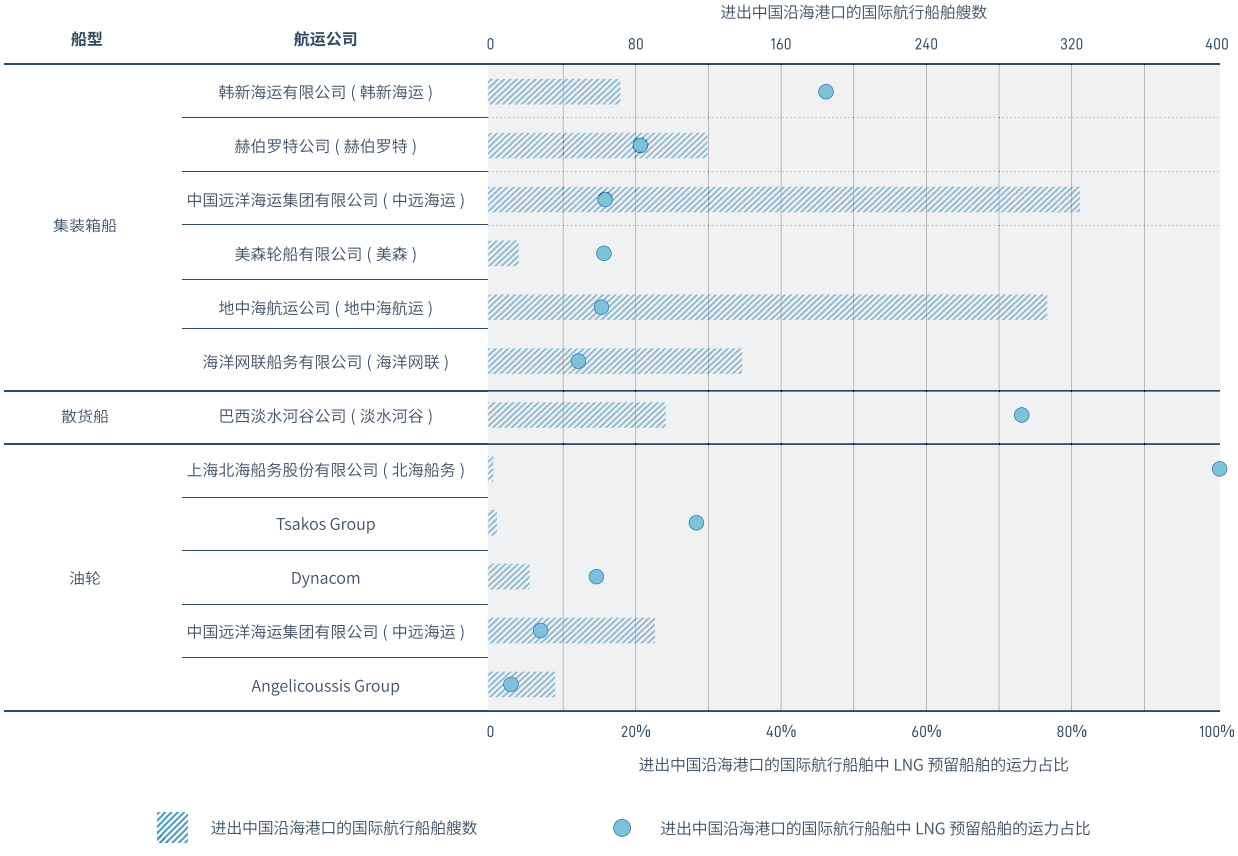
图 13 不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶中不同替代燃料的运力分布



注：图中数据不包含生物燃料。

11 家航运公司进出中国沿海港口的国际航行船队中具备 LNG 预留船舶。图 14 展示了不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船队船舶艘数、LNG 预留船舶的运力占比。

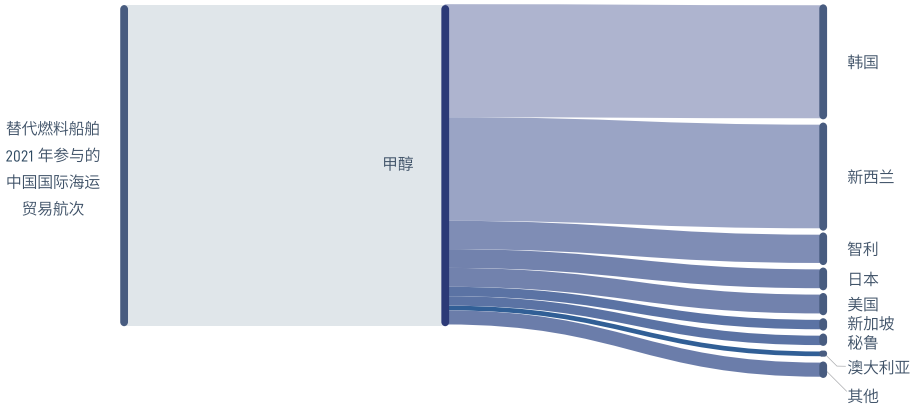
图 14 不同航运公司进出中国沿海港口的国际航行船舶的艘数及 LNG 预留船舶运力占比



03/ 中国沿海港口国际海运贸易航线的替代燃料进展

从具体航线来看，油轮运输中替代燃料船舶在 2021 年的航行主要集中在中国 - 韩国的贸易航线上。2021 年，中国 - 韩国贸易航线共有 2000 多航次，其中承担 1% 航次的船舶使用甲醇替代燃料，在中国的停靠港口主要为长三角港口。

图 15 中国国际海运贸易中替代燃料油轮的主要航线及航次

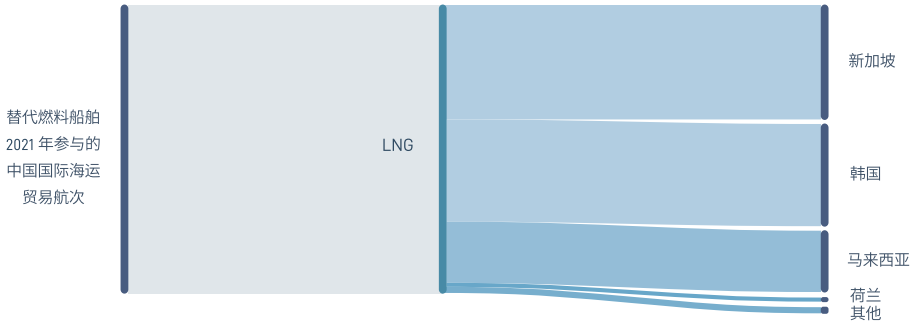


注：图中数据不包含生物燃料。

集装箱运输航线中，船舶在往返程可能挂靠多个不同的港口，因此集装箱贸易线航次的分析，仅代表船舶挂靠中国沿海港口前的上一个外国港口或在离开中国沿海港口后到达的下一个外国港口，而不能代表集装箱运输的主要终点贸易国。

集装箱运输中替代燃料船舶主要集中在中国 - 新加坡、中国 - 韩国的贸易航线上，这些船舶主要在东亚 - 地中海 - 西欧航线运营。2021 年，中国 - 新加坡贸易航线共有 5000 多航次，其中承担 1.1% 航次的船舶使用 LNG 动力；中国 - 韩国贸易航线共有 1 万多航次，其中承担 0.4% 航次的船舶使用 LNG 动力。这些替代燃料船舶在中国的停靠港口分散在环渤海、长三角和珠三角的主要港口。

图 16 中国国际海运贸易中替代燃料集装箱船的主要航线及航次



注：图中数据不包含生物燃料。

3.1.1.3 小结

在全球能源转型背景和 IMO 初步战略下，航运业向替代燃料转型既是艰难挑战，也是发展机遇。

现阶段，航运业替代燃料发展已初露端倪。集装箱船、散货船和油轮的在役船队中替代燃料船舶的运力占比虽然较低，但新船订单中替代燃料船舶的比例大幅增加。在替代燃料的选择上，LNG 正在成为领跑的替代燃料，生物燃料、甲醇和氨燃料船舶的应用处于起步阶段。尽管这些替代燃料在短期内仍存在全生命周期碳排放等“绿色短板”和技术、安全等挑战，但随着政策、技术和市场的推动，替代燃料是推动航运业零碳排放的长期方案。

进一步推进航运替代燃料发展，需要产业链上下游协同聚力，包括航运公司、造船企业、发动机企业、燃料生产商、燃料供应商等企业，加快船舶替代燃料应用技术的研究和探索，推进替代燃料船舶的顺利应用。

目前，已经有一批率先探索并积极推进替代燃料船舶的航运先锋企业。在全球远洋航运公司中已有 15 家集装箱航运公司、7 家散货航运公司、39 家油轮航运公司的在役船队中拥有替代燃料船舶，其中一半以上的航运公司在 2021 年均涉及与中国沿海港口的贸易货物运输。例如，马士基积极推动甲醇燃料的供应和船舶应用、力拓集团推动氨燃料动力大型散货船的研发、中远海运推进 LNG 作为主燃料在超大型原油轮的应用等。

全球航运业向替代燃料转型，也有助于推动进出中国沿海港口国际航行船舶的清洁化。分析发现，全球替代燃料集装箱船舶中约 63% 的船舶运力涉及中国国际海运贸易。进出中国沿海港口的替代燃料船舶贸易航线主要集中在中国 - 澳大利亚的散货运输、中国 - 韩国的油轮运输、中国 - 新加坡和中国 - 韩国（主要为东亚 - 地中海 - 西欧航线的部分航段）的集装箱运输航线上。在此背景下，中国政府、港口企业、货主和船用燃料开发、生产和供应商等各方采取行动，积极支持航运业替代燃料转型，有助于进一步推动中国海运贸易的清洁化。

港口是重要的交通综合枢纽，与集疏运系统、临港产业以及贸易活动紧密相关，协同和引领相关行业实现能源转型，是港口综合竞争力的体现。一方面，可以发挥港口在低碳、零碳能源运输中的枢纽作用，关注并推动低碳和零碳能源的运输、存储和加注的标准研究和应用，例如，比利时安特卫普港和荷兰鹿特丹港等港口已经将港口与低碳能源产业的融合定为其发展战略的重要内容之一，支持区域及全球的低碳、零碳转型。另一方面，港口也可以通过差异化政策，向替代燃料船舶提供优先靠泊、停泊费减免等措施，为航运公司使用替代燃料船舶提供激励和动力。

货主对货物运输碳足迹的关注和绿色低碳运输的需求，也可以为航运公司的绿色低碳转型提供推动力。2020 年以来，多家货主公司和马士基签订合作协议，降低海运碳足迹，例如联想集团在 2022 年与马士基达成协议，由马士基为其在亚太、欧洲航线上提供生态环保运输解决方案 [31]。

此外，随着更多的替代燃料船舶投入运营，替代燃料运输、存储和加注等领域的规划、审批和监管也需适时跟进，行业主管部门和地方政府可发挥重要作用。例如，交通行业主管部门等政府部门和船级社等技术机构应继续完善监管要求和技术标准指引，为替代燃料运输、存储和加注的安全实施提供指引；行业主管部门和地方政府也可以出台配套的基础设施发展规划和激励政策，结合地方的资源禀赋和航线贸易特点，推动港口低碳、零碳燃料的供应和加注设施建设。2022 年上海市交通委员会和洛杉矶港务局共同牵头，发起上海港 - 洛杉矶港的绿色航运走廊倡议，推动低碳、零碳排放船舶的使用，也为国内其他港口城市提供了有益的借鉴。

[31] 中华人民共和国国家邮政局 , 马士基为联想集团提供生态环保运输方案 (2022-07-19), https://www.spb.gov.cn/gjyzj/c200007/202207/4a624bbdf743473881de75940cc4a627.shtml.

3.1.2 电动船舶

在上节所述 LNG、氨、甲醇和氢等具有低碳、零碳潜力的替代燃料（包含氨、氢用于燃料电池）之外，纯电动船舶因其零尾气排放、低噪音、布置空间灵活以及低维护成本也受到航运业的关注。当前，纯电动船舶的应用仍需在两方面持续优化。一是纯电动船舶在国际海运中的应用仍受技术限制，续航里程难以满足长途重载的货物运输需求。研究发现，尽管锂电池组的体积能量密度[32]从 2008 年到 2020 年间增长 8 倍，达到 450Wh/L[33]，但仍然远低于传统燃料和替代燃料，目前只适用于城市游船、渡轮等短距离和低负载应用。二是纯电动船舶全生命周期温室气体排放取决于电力生产环节的温室气体排放水平，因此需要同步推进电力系统的脱碳，使纯电动船舶实现全生命周期零排放。

此外，混合动力船舶在电动船舶中比例较高，是更为普遍的应用形式。本小节混合动力指由船舶主机与储能电池组成船舶的混合动力系统，在保障续航的基础上，能够使得船舶主机效率维持在较高水平，提升节能减排效果。

因此，本小节将分析全球电动船舶和三大船型（集装箱船、散货船、油轮）电动船舶的应用情况，并简述中国纯电动船舶的发展。

3.1.2.1 三大船型全球船队中电动船舶应用进展

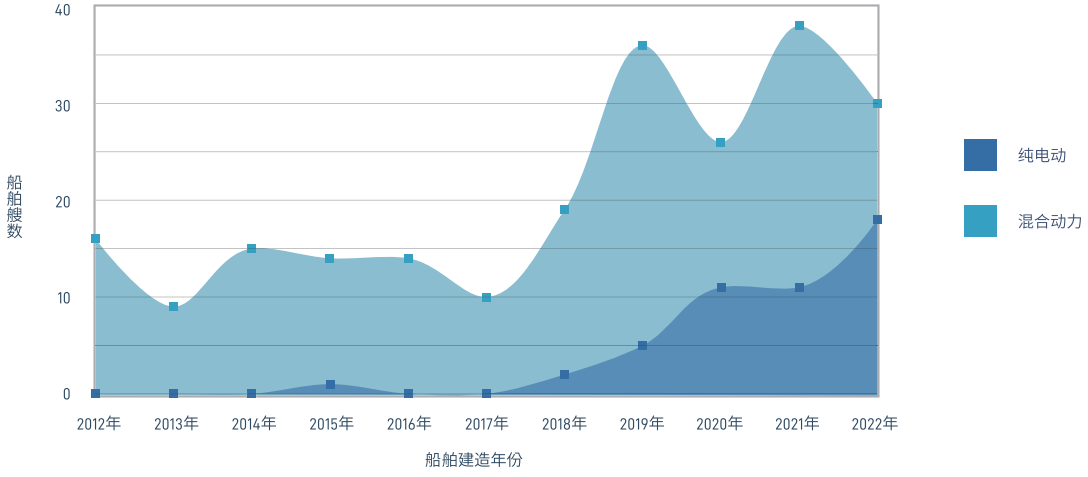
目前，全球电动船舶仍处于发展起步阶段，但近些年发展迅速。截至 2022 年 11 月底，全球在役船舶中混合动力[34]和纯电动船舶（以下合称“电动船舶”）共计 325 艘，其中纯电动船舶占比 15%。过去几年，在航运减排需求和电动技术进步驱动下，电动船舶的份额在持续提升，仅 2022 年 1-11 月期间新造的电动船舶艘数达到 48 艘，较 2012 年增长近 2 倍。从截至 2022 年 11 月底的新船订单来看，有 216 艘电动船舶将在未来几年投入应用，其中纯电动船舶占比 21%。从应用船型来看，电动船舶主要集中在渡轮和近海补给船等短途航线船舶。

[32] 纯电动运输工具的单次最大行驶里程受电池能量密度影响。

[33] Muralidharan N, Self E C, Dixit M, et al. Next‐Generation Cobalt‐Free Cathodes – A Prospective Solution to the Battery Industry's Cobalt Problem. Advanced Energy Materials, 2022, 12(9).

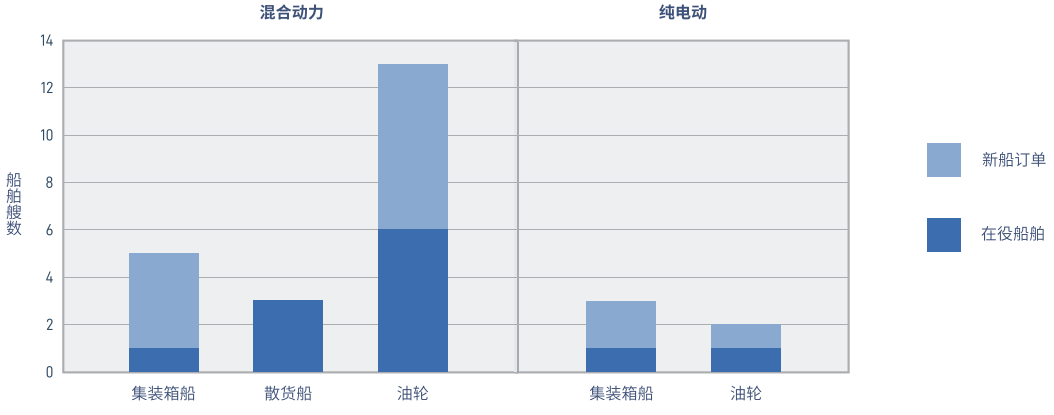
[34] 包括柴油发动机、燃料电池等动力形式与储能电池等组合的混合动力系统。

图 17 不同年份建造的电动船舶艘数



报告关注的三大船型中，电动船舶应用较少，在役混合动力船舶共计 12 艘，多为中小型船舶；纯电动船舶也仅为 2 艘，主要在短途航线中探索应用。在役纯电动船舶，包括雅苒国际集团（Yara International）120 TEU 的集装箱船“雅苒比尔克兰”号（Yara Birkeland），以及朝日油轮公司（Asahi Tanker）1500 载重吨的油轮“朝日”号（Asahi）。新船订单方面，共有混合动力船舶订单 11 艘，纯电动船舶 3 艘。纯电动船舶新船订单，包括了 2 艘中远海运集团订造的 700TEU 长江干线纯电动集装箱船，以及朝日油轮公司同“朝日”号一起订造的 1 艘同系列油轮。

图 18 三大船型在役船舶和新船订单中的电动船舶艘数



由于目前电动船舶仅用于短途航线船舶，2021 年进出中国港口的国际航行船舶中尚没有电动船舶的应用。2021 年在中国 - 墨西哥、智利、秘鲁航线航行的 6 万载重吨散货船“Paolo Topic”号于 2021 年底完成了混合动力系统以及太阳能板的改造，该船未来是否会投入中国的国际海运航线仍需持续关注。

3.1.2.2 中国纯电动船舶发展

尽管中国的国际海运尚未有电动船舶的应用，中国的内河航运电动化开始加速，得到了政府的政策支持。2022 年中国发布了《关于加快内河船舶绿色智能发展的实施意见》，明确提出“重点推动纯电技术在中短途内河货运船舶、滨江游船及库湖区船舶等应用，开展标准化箱式电源换电技术研究与应用”。

目前，纯电动船舶在内河客运船舶和货运船舶均有应用。内河游轮方面，目前世界动力电池容量最大的内河纯电动游轮——“长江三峡 1 号”已在中国投入运营，该船舶采用了 7.5WM 容量的电池系统，载客量 1300 人。内河货运船舶方面，换电技术得到了青睐。江苏预计 2025 年投入超过 17 艘纯电动内河集装箱船，形成 6 条零碳集装箱航线 [35]，其中全国首艘 120TEU 纯电动内河集装箱换电船——“江远百合”已经投入使用；中远海运集团投资建造的 2 艘 700TEU 级长江干线纯电动集装箱船（包含在本节全球电动船舶数据中），续航里程 380 公里，同样也采取换电方式 [36]。

3.1.2.3 小结

目前全球三大船型中电动船舶较少，2021 年尚无电动船舶参与中国国际海运贸易活动。受续航里程的影响，纯电动船舶更适合在内河航运和近海短途航行船舶应用；储能电池在混合动力系统应用更多是通过提升主机效率来实现船舶航行的节能减排。随着政策的支持以及电动技术的进步，作为具有零碳排放潜力的动力形式，纯电动船舶有望与其他低碳替代燃料成为短途航运的最佳选择之一。在资金和规划方面加以引导，对于进一步推进纯电动船舶的开发与应用尤为必要，可以在主要的内河航线和沿海支线试点绿色航运走廊建设，推动纯电动船舶应用逐渐成熟。

[35] 中国新闻网 , 全国首艘 120 标箱纯电动内河集装箱船在江苏太仓首航 (2022-10-10), https://www.chinanews.com.cn/cj/2022/10-10/9870166.shtml.

[36] 国际船舶网 , 中远海运集团投资建造 2 艘 700TEU 级长江干线电动集装箱船 (2022-03-18), http://www.eworldship.com/html/2022/NewOrder_0318/180432.html.

3.2 发动机氮氧化物排放控制

海运船舶氮氧化物（NOx）减排对于空气质量改善具有重要意义。海运船舶是 NOx 的重要排放源，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次报告中指出，航运对全球每年人为来源的氮氧化物排放贡献了约 15%，其中国际航运贡献了约 13%[37]。因此，有必要持续优化船舶发动机燃烧技术和排放控制技术，加严排放限值标准，减少船舶 NOx 排放影响。

国际航行船舶的 NOx 排放控制遵循《国际防止船舶造成污染公约》（MARPOL）附则 VI 要求，即通过制定新造船舶的柴油机排放限值标准实现排放控制。现阶段，新造船舶需符合 NOx Tier II 或 Tier III 标准：2010 年 1 月 1 日或以后新造船舶的柴油发动机应遵守 Tier II 标准；Tier III 标准限值大幅收紧，相对 Tier II 标准限值降低了 74-76%，但仅适用于氮氧化物排放控制区（以下简称“NECA”）内航行且在该 NECA 生效后建造的船舶，现有 NECA 包括 2016 年 1 月 1 日生效的北美排放控制区和加勒比海排放控制区，以及 2021 年 1 月 1 日生效北海排放控制区和波罗的海排放控制区。

因此，本小节将对集装箱船、散货船、油轮三大船型的 NOx 排放标准和控制技术，航运公司以及主要贸易航线的 NOx 排放控制现状等方面进行分析，重点关注 Tier III 标准的实施进展。

[37] International Maritime Organization, Third IMO GHG Study 2014, https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Greenhouse-Gas-Studies-2014.aspx

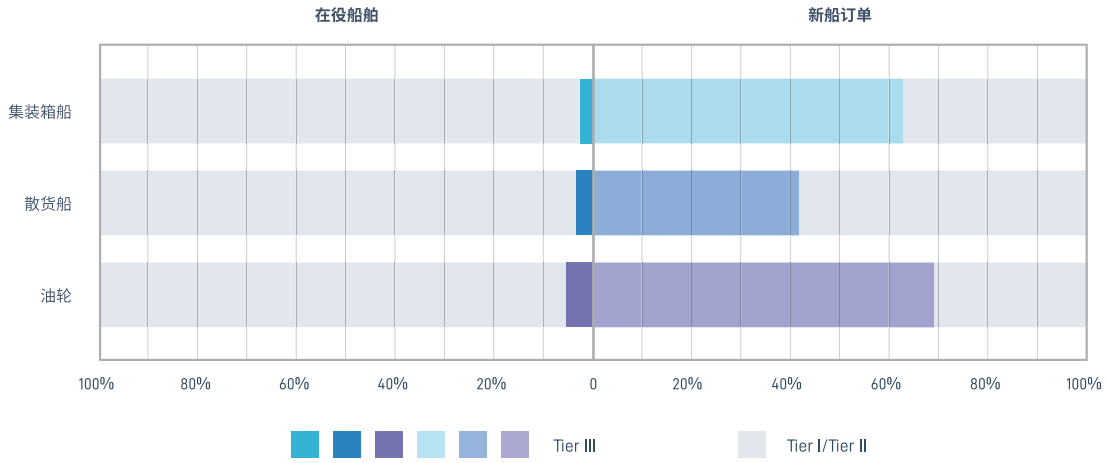
3.2.1 三大船型氮氧化物排放控制进程

3.2.1.1 氮氧化物排放控制阶段

由于 Tier III标准的实施范围有限，全球三大船型在役船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比总体不高。从三大船型在役船舶的 NOx 排放标准来看，大部分船舶的 NOx 排放阶段仍处于 Tier I 或 Tier II 标准，满足 Tier III 标准的船舶占比仅为 2.8%-5.5%。目前全球仅有四个 NECA，分别在 2016 年和 2021 年生效，并且在役船舶基数较大、更新换代周期较长，NECA 生效前建造的船舶仍可在 NECA 开展相关运输活动，新造船 NOx 排放标准升级在短期内的影响较小。

近年来，受 NECA 实施要求的影响，每年交付的船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比持续提升。2018 年交付的三大船型新造船舶中，满足 Tier III 标准的船舶艘数占比仅 6.8%，但 2022 年 [38] 交付的新造船舶中该比例已经达到 42.3%。此外，截至 2022 年 11 月底，尚未交付的新船订单中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比已经达到 54.6%，2025 年以后需要交付的订单中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比甚至高达 85% 以上。三大船型的新船订单中，油轮满足 Tier III 标准的船舶占比最高，达到 69.0%；集装箱船次之，达到 62.8%；而散货船最低，仅为 41.6%。

图 19 不同船型在役船舶和新船订单中满足 Tier III标准的船舶艘数占比



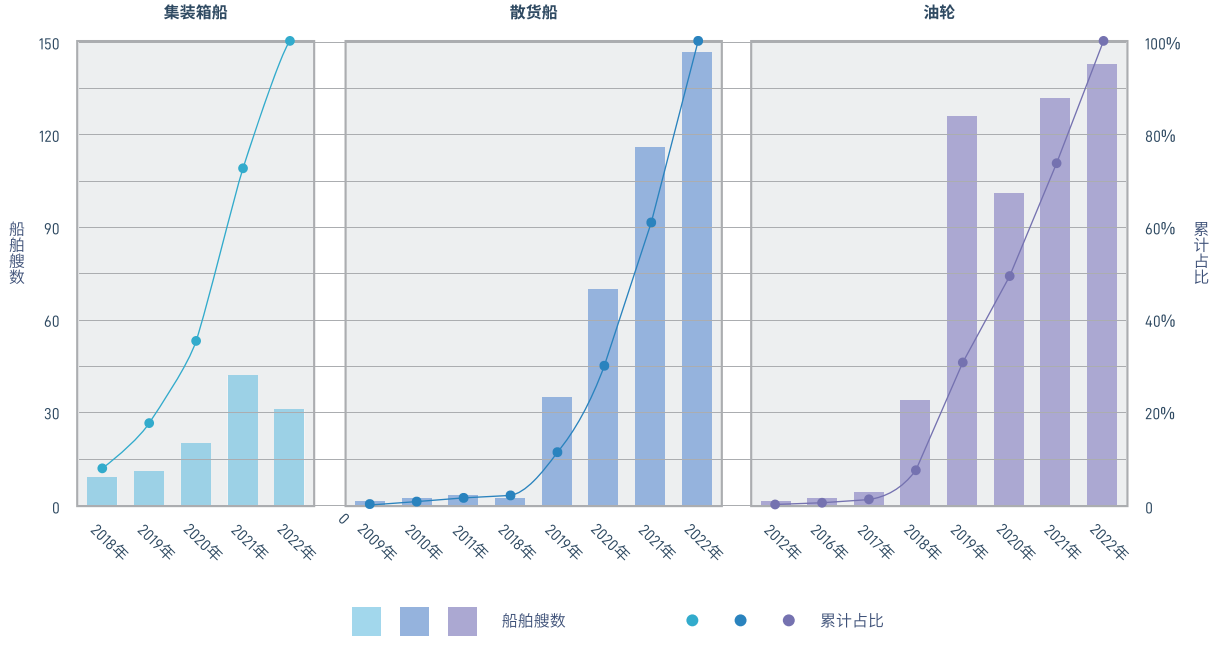
[38] 在役船舶交付订单数据截至 2022 年 11 月，下同；因此此处指 2022 年 1 月 -11 月交付的订单。

3.2.1.2 氮氧化物排放控制技术及应用时间

目前海运船舶主要通过后处理技术来满足 Tier III 标准，这类技术主要包括选择性催化还原（SCR）和废气再循环（EGR）两种脱硝装置。其中，主流的脱硝路径为 NOx 去除比例超过 80%[39] 的 SCR 系统，在安装脱硝装置的海运船舶中，采用 SCR 系统的船舶艘数占比高达 95% 以上。

目前安装了 SCR 系统的船舶中，99% 以上的船舶都是在新船建造阶段就已安装。从这些船舶的建造年份分布来看，2016 年北美和加勒比海排放控制区生效后，安装 SCR 系统的船舶艘数大幅上升。

图 20 安装 SCR 系统的船舶建造年份分布

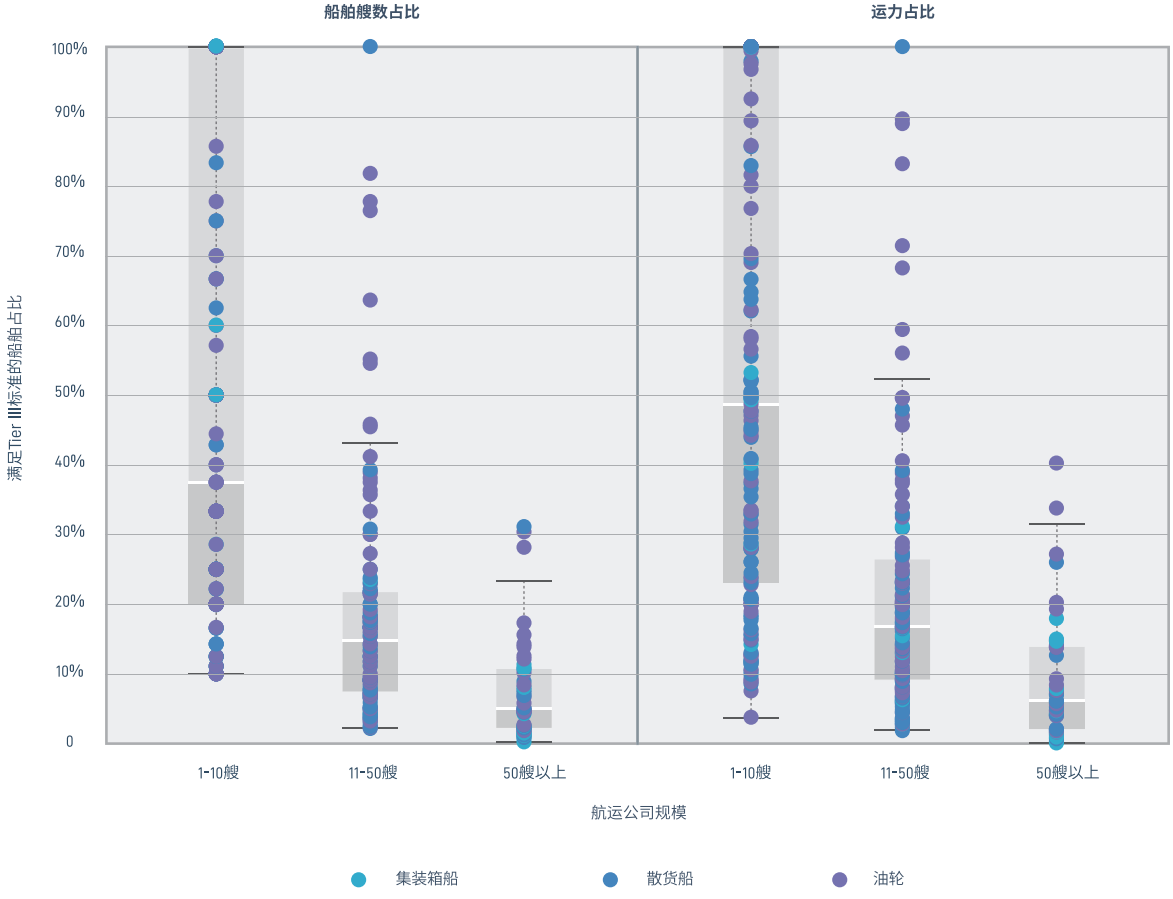


[39] DNV GL, NOx Tier III Update-Choices and challenges for on-time compliance, https://www.dnv.com/maritime/publications/NOx-TIER-3-Update-download.html

3.2.1.3 全球航运公司的氮氧化物排放控制进程

相似规模的航运公司在役船舶 NOx 排放控制进程也存在明显差异。例如，船队规模同在 11-50 艘之间的航运公司中，RWE、N.S.Lemos 等公司在役船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比已经高达 80% 以上，但很多航运公司在役船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比仍不足 10%；规模较大的航运公司中，在役船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比超过 30% 的只有两家：散货航运公司—淡水河谷（Vale）和油轮航运公司——弗雷德里克森集团（Fredriksen Group）。

图 21 不同规模航运公司在役船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数和运力占比



注：图中只考虑在役船队中有满足 Tier III 标准船舶的航运公司

3.2.2 进出中国沿海港口的船舶氮氧化物控制进程

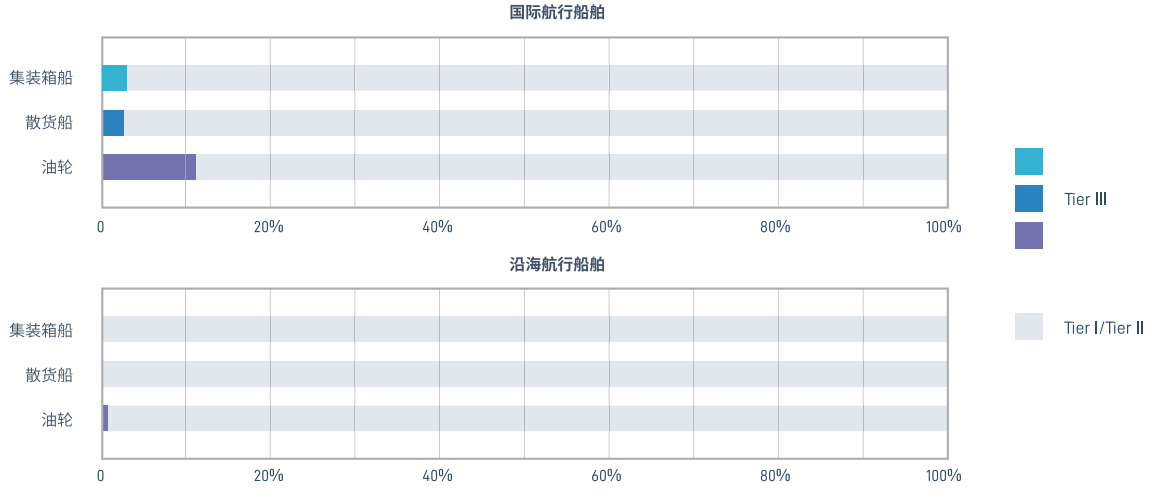
3.2.2.1 氮氧化物排放控制阶段

目前，中国尚未向 IMO 申请国际 NECA 的划定，因此国际航行船舶进入中国海域无需满足 Tier III 标准；中国国内船舶大气污染物排放控制区提出，2022 年 1 月 1 日后建造的进入沿海控制区海南水域和内河控制区的中国籍国内航行船舶，其船用柴油机（单缸排量大于 30 升）应满足 Tier III 标准。进入中国海域的满足 Tier III 标准的船舶，由于没有 Tier III 排放控制标准的强制要求，有可能不启动脱硝装置，以降低运行能耗与成本。除了申请成为国际 NECA 以及加强国内排放控制区对中国籍船舶的 NOx 控制要求外，对于进入中国海域并已满足 Tier III 标准的海运船舶，中国可以通过激励政策，促使其启动后处理系统，以进一步降低海运船舶对沿海城市空气质量的影响。

目前进出中国沿海港口的海运船舶中，满足 Tier III 标准的船舶艘数比例为 3.7%，其中国际航行船舶比例高于国内沿海航行船舶。以油轮为例，国际航行船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比达到 11.1%，但国内沿海航行船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比还不足 1%。

虽然国际航行船舶进入中国海域无需满足 Tier III 标准，但目前较高比例的满足 Tier III 标准的船舶参与中国的国际海运贸易。全球满足 Tier III 标准的船舶中，进出中国沿海港口的海运船舶艘数占比为 39.1%，其中集装箱船占比为 51.7%，散货船占比 43.7%，油轮占比 32.9%。进出中国沿海港口的海运船舶运力占比为 45.5%，其中集装箱船占比为 59.3%，散货船占比 51.8%，油轮占比 39.3%。

图 22 不同船型进出中国沿海港口的沿海航行船舶和国际航行船舶满足 Tier III 标准的船舶艘数占比

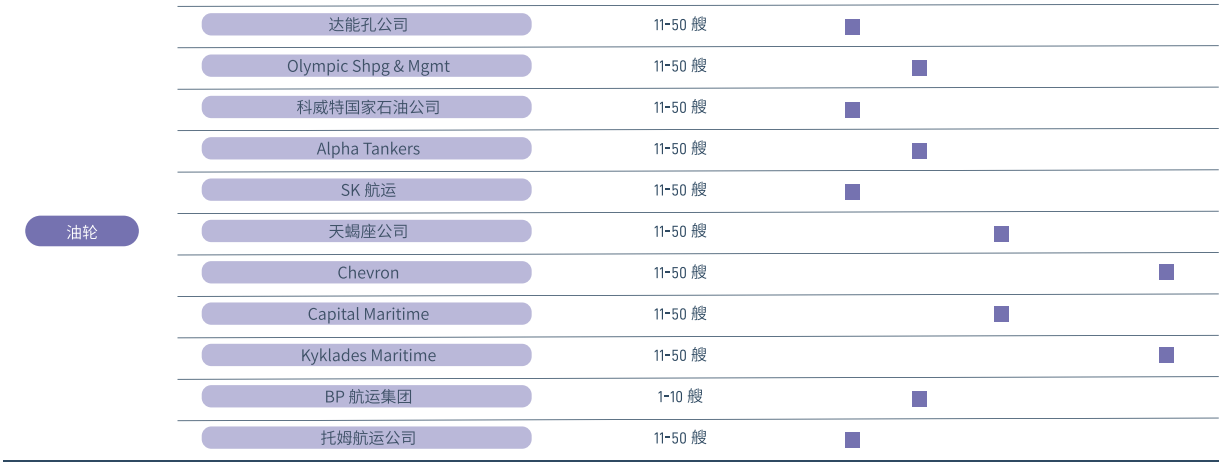


3.2.2.2 不同航运公司进出中国沿海港口的船队氮氧化物排放控制进程

进出中国沿海港口的船队运力排名前 25 的航运公司中，大部分航运公司满足 Tier III 标准的船舶艘数占比不超过 10%；1 家散货航运公司、3 家集装箱航运公司和 12 家油轮航运公司满足 Tier III 标准的船舶艘数占比在 10%-40% 之间。

表 8 不同航运公司进出中国沿海港口船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比

船型	航运公司	进出中国港口的船队规模	进出中国沿海港口满足 Tier III 标准的船舶艘数占比				
			0~10%	10%~20%	20%~30%	30%~40%	80%~90%
集装箱船	地中海航运公司（地中海航运）	50 艘以上	■				
	A.P. 穆勒 - 马士基集团（马士基）	50 艘以上	■				
	法国达飞海运集团（达飞轮船）	50 艘以上	■				
	长荣海运股份有限公司（长荣海运）	50 艘以上		■			
	海洋网联船务有限公司（海洋网联）	50 艘以上	■				
	韩新海运有限公司（韩新海运）	50 艘以上		■			
	美森轮船有限公司（美森）	11-50 艘		■			
散货船	巴西淡水河谷公司（淡水河谷）	50 艘以上				■	
	中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	50 艘以上	■				
	德国奥登道夫公司（奥登道夫）	50 艘以上	■				
	日本邮船株式会社（日本邮船）	50 艘以上	■				
	Angelicoussis Group	11-50 艘	■				
	韩国世腾泛洋船务船公司	50 艘以上	■				
	日本株式会社商船三井（商船三井）	50 艘以上	■				
	比利时海事集团	11-50 艘	■				
	慧洋海运集团	50 艘以上	■				
	山东海洋集团有限公司	11-50 艘	■				
	日鲜海运	11-50 艘	■				
油轮	中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	50 艘以上		■			
	招商局集团有限公司（招商局）	50 艘以上	■				
	Tankers Intl	11-50 艘		■			
	Angelicoussis Group	11-50 艘		■			
	弗雷德里克森集团	11-50 艘			■		
	Navig8 Group	11-50 艘		■			
	DHT Holdings	11-50 艘		■			
	阿曼航运公司（阿曼航运）	11-50 艘		■			
	长锦商船株式会社（长锦商船）	11-50 艘	■				



注：本图只展示不同船型进出中国沿海港口船队运力前二十五且船队中有 Tier III 标准船舶的航运公司，并按进出中国沿海港口各船型船队总运力由大到小排序。

3.2.2.3 中国国际海运贸易航线的氮氧化物控制进程

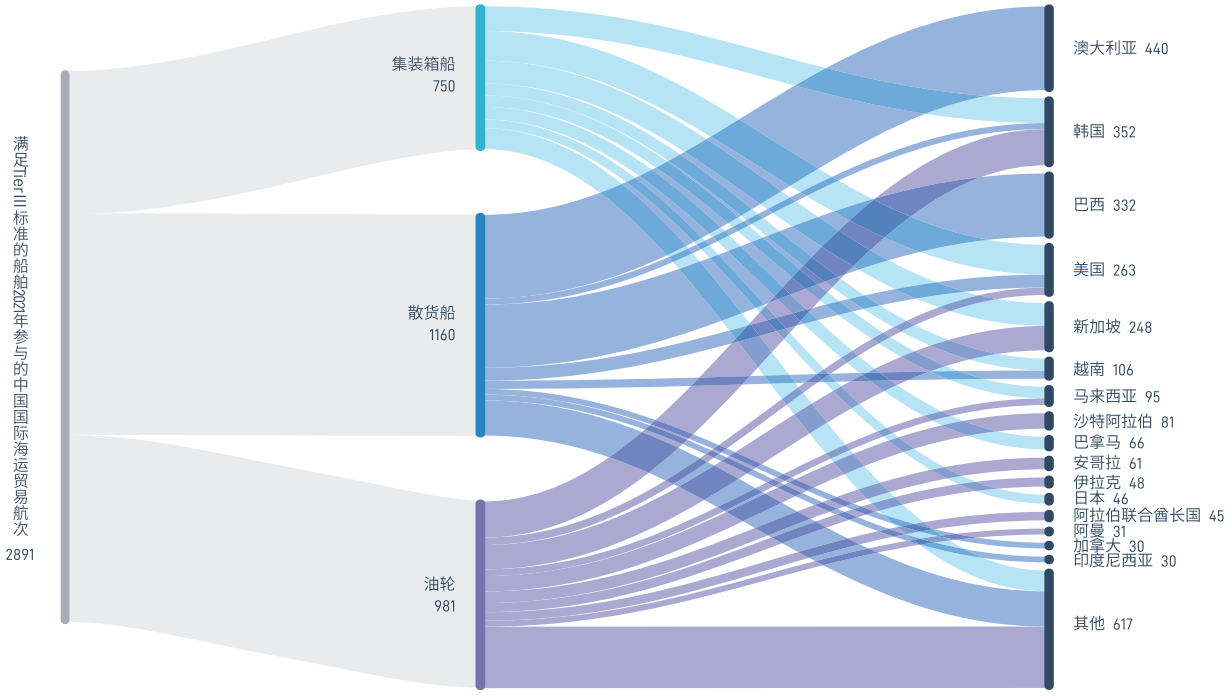
从具体航线来看，满足 Tier III 标准的散货船航线主要集中在中国 - 澳大利亚、中国 - 巴西两条航线上。2021 年 Tier III 标准散货船的总航次在 1100-1200 之间，60% 以上的航次在中国 - 澳大利亚、中国 - 巴西两条航线。澳大利亚和巴西是中国铁矿石的主要进口来源国，2021 年中国 - 澳大利亚、中国 - 巴西两条航线的散货船总航次达到 1.7 万以上，其中 4.5% 的航次由满足 Tier III 标准的船舶承担，这些船舶在中国主要停靠在环渤海和长三角两地的港口，如日照港、天津港、唐山港、连云港港、江阴港等。

满足 Tier III 标准的集装箱船的航线集中度相对于散货船较低，主要集中在与美国、韩国、新加坡 3 个国家的航线上[40]。2021 年满足 Tier III 标准的集装箱船总航次在 700-800 之间，在这 3 条航线上的航次占比达到 54.1%。2021 年这 3 条航线上的集装箱船总航次在 2 万以上，其中 1.8% 的航次由满足 Tier III 标准的船舶承担，这些船舶在中国主要停靠在珠三角和长三角两地的港口，如香港港、宁波舟山港、上海港、深圳港等。

满足 Tier III 标准的油轮航线的集中度在三大船型中最低，目前主要集中在与韩国、新加坡、沙特阿拉伯、安哥拉、伊拉克、阿拉伯联合酋长国等多个国家的原油成品油贸易线上。2021 年满足 Tier III 标准的油轮总航次在 900-1000 之间，在与韩国、新加坡、沙特阿拉伯、安哥拉、伊拉克、阿拉伯联合酋长国的 6 条贸易线上的航次占比达到 56.4%。2021 年该 6 条贸易线的油轮总航次在 5000 以上，其中近 10% 的航次由满足 Tier III 标准的船舶承担，这些船舶在中国主要停靠在环渤海和长三角两地的港口，如青岛港、天津港、宁波舟山港、大连港等。

[40] 集装箱运输航线中，船舶在往返程可能挂靠多个不同的港口，因此集装箱贸易线航次的分析仅代表船舶在到达中国沿海港前的上一个外国港口或在离开中国沿海港后的下一个外国港口，而不能代表集装箱运输的主要终点贸易国。下同。

图 23 中国国际海运贸易中三大船型满足 Tier III 标准的船舶主要航线及航次



3.2.3 小结

全球三大船型在役船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比总体不高，近五年交付的船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数占比持续提升。从在役船舶的 NOx 排放阶段来看，满足 Tier III 标准的船舶仅占比 2.8%-5.5%。近五年交付的船舶中满足 Tier III 标准的船舶艘数比例持续提升，2022 年 1-11 月新造船中 Tier III 标准的比例已经达到 42.3%。新船订单中，油轮满足 Tier III 标准的船舶占比最高，达到 69.0%；集装箱船次之，达到 62.8%；而散货船最低，仅为 41.6%。

不同航运公司采用NOx排放控制技术的进程存在明显差异。其中，全球船队规模较大的航运公司在役船队中满足 Tier III 标准的船舶艘数和运力占比相对较小，分别仅达到 3.8%-10.3%、6.1%-13.1%，显著低于船队规模在 50 艘及以下的航运公司。

目前进出中国沿海港口海运船舶中，满足 Tier III 标准的船舶艘数比例为 3.7%，占全球满足 Tier III 标准船舶运力近一半左右。由于中国相关海域未划入国际 NECA，进入中国海域满足 Tier III 排放控制水平的国际航行船舶，没有 Tier III 标准的强制要求，有可能不启动脱硝装置，以降低运行能耗与成本。对于进入中国海域并满足 Tier III 标准的海运船舶，中国可以通过激励政策，促使其启动后处理系统，以进一步降低海运船舶对沿海城市空气质量的影响。

3.3 节能技术

应用节能技术可以提升船舶的能效水平，从而降低船舶的整体能源消耗，这不仅有利于船舶的运营成本控制，同时也有助于船舶的大气污染物和温室气体的减排。对于航运公司而言，投资应用合适的节能技术，能获得成本和环境的双重效益。

2021 年 6 月，IMO 海洋环境保护委员会第 76 届会议（MEPC 76）通过短期措施的 MARPOL 公约修正案，提出对现有的船舶能效指数（EEXI）、船舶运营碳强度（CII）的相关强制性要求，并在船舶能效管理计划（SEEMP）中新增船舶营运碳强度计划验证要求，这些政策于 2023 年 1 月 1 日全面实施。

EEXI 的测算显示，当前三大船型的 EEXI 合规[41]比例较低。VesselsValue 数据显示，2021 年挂靠中国港口的集装箱船、散货船及油轮（三大船型）中，EEXI 合规比例分别为 11%、35% 和 36%。根据中国船级社（CCS）的相关研究，其评估验证中的船舶中，集装箱船、散货船和油轮的 EEXI 合规比例分别为 23.1%、34.7% 和 30.0%[42]。因此，相当一部分船舶需采取相应措施以应对即将实施的 EEXI 履约要求。

面对 IMO 的技术和营运一揽子措施，船舶可采取的应对措施包括限制主机功率（针对 EEXI 合规）、使用替代燃料、优化航速等营运效率、优化船舶操作以及采用节能技术等。本节主要关注三大船型（集装箱船、散货船和油轮）在全球范围以及 2021 年进出中国沿海港口的船舶节能技术应用情况。

[41] EEXI 合规是指船舶实际达到的 EEXI（attained EEXI）值小于等于按船型吨位分类要求的 EEXI（required EEXI）值。

[42] 《国际航运碳强度规则（EEXI\CII）履约实践》，信德海事绿色航运论坛，中国船级社科创试验中心，2022.6.16.

3.3.1 三大船型节能技术应用情况

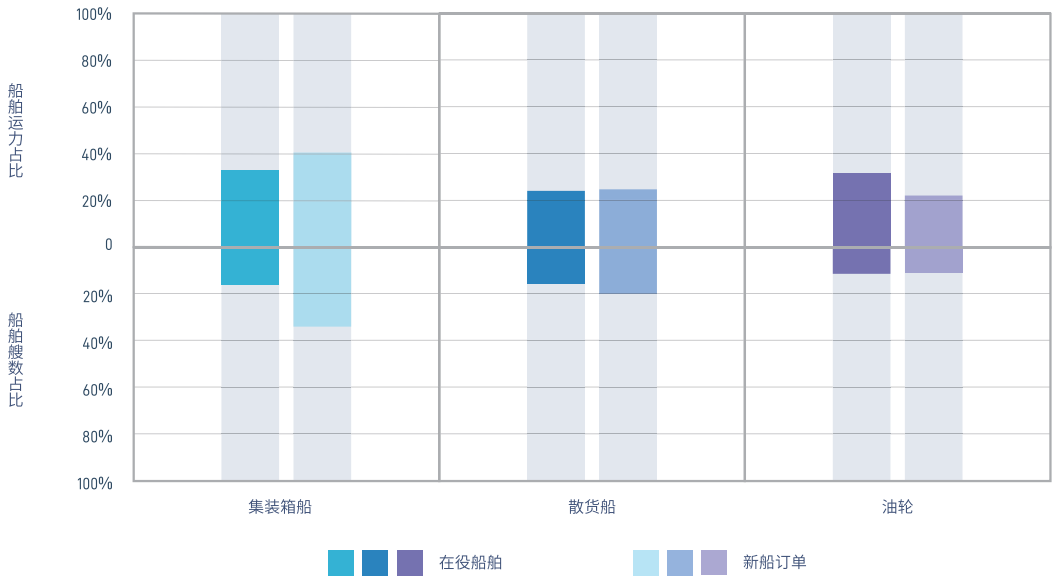
3.3.1.1 节能技术应用总体情况

从应用节能技术的船舶占比来看，无论在役船舶还是新船订单中节能技术的应用比例均不高。三大船型应用节能技术的船舶艘数和运力占比分别为 14.8% 和 28.2%，作为提升技术与营运能效的关键方法之一，节能技术的应用仍有较大的潜力空间。

从不同船型来看，应用节能技术的集装箱船艘数占比最高，散货船和油轮次之。与在役船舶相比，集装箱新船订单中应用节能技术的比例更高。

在役船舶中，应用节能技术的集装箱船艘数占比为 16.1%，运力占比为 32.8%；应用节能技术的散货船艘数占比 15.5%，运力占比为 24%；应用节能技术的油轮艘数占比为 11.4%，运力占比为 31.4%。新船订单中，应用节能技术的集装箱船艘数和运力占比分别为 33.9% 和 40.6%，散货船艘数和运力占比分别为 19.9% 和 24.9%；油轮船舶艘数和运力占比分别为 12.0% 和 22.3%。

图 24 不同船型应用节能技术的船舶艘数和运力占比



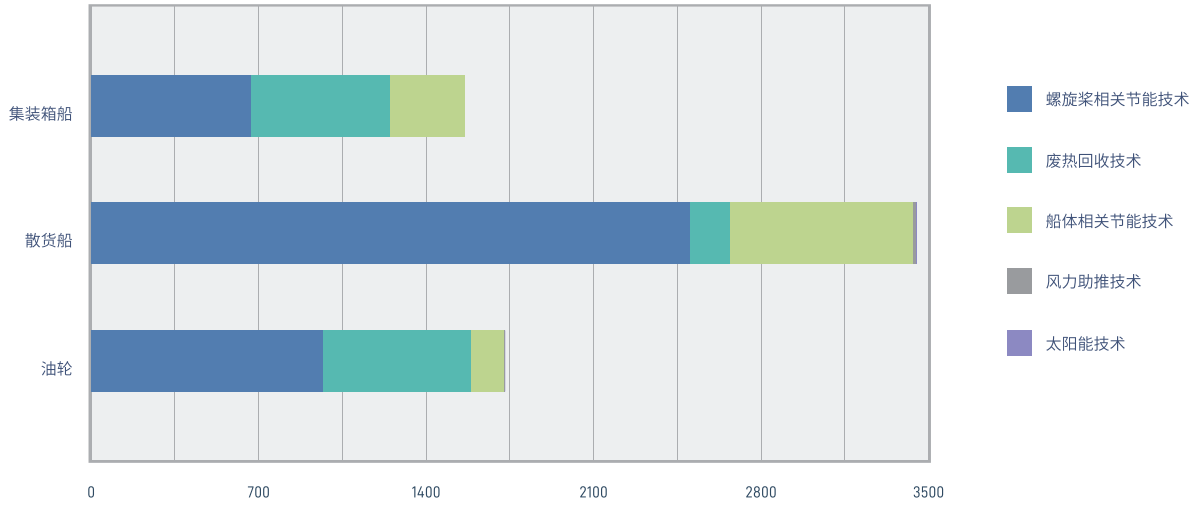
3.3.1.2 节能技术应用类型

从船舶节能技术应用情况来看，船舶节能技术分为螺旋桨相关节能技术、船体相关节能技术、废热回收技术、风力助推技术和太阳能技术五类。

其中螺旋桨相关节能技术、废热回收技术、船体相关节能技术在三大船型中应用相对成熟，占节能技术应用总数的 99% 以上。其中大部分节能技术应用范围较广，根据船舶特点应用能产生较好的节能效益。如螺旋桨节能导轮技术适用于肥大型的低速船舶，如散货船、油轮和多用途船，能够节约 3~6% 左右的燃料消耗 [43]；桨毂消涡鳍技术适用于定距螺旋桨推进的船舶，能够节约 2%-5% 的燃料消耗 [44]，对于高负荷的集装箱船、滚装船等节能效果更优。

风力助推技术和太阳能板技术对船舶航行区域的环境、船舶甲板空间或货物装卸条件有一定要求，应用仍在起步阶段。比如，刚性帆技术对于船舶甲板空间的要求较高，其节能效果也根据航线风力条件和船舶大小等因素影响，预计能节约 1%-10% 的主机燃料消耗 [45]。

图 25 不同船型五类节能技术的应用数量



[43] Becker Mewis Duct – simply saving power，http://mewisduct.com/03_products/products_mewis.html.

[44] 中船重工（上海）节能技术发展有限公司，http://www.cmes-tech.com/Product/4802512750.html.

[45] GreenVoyage2050, Fixed sails or wings, https://greenvoyage2050.imo.org/technology/fixed-sails-or-wings/.

01/ 在役船舶节能技术应用情况

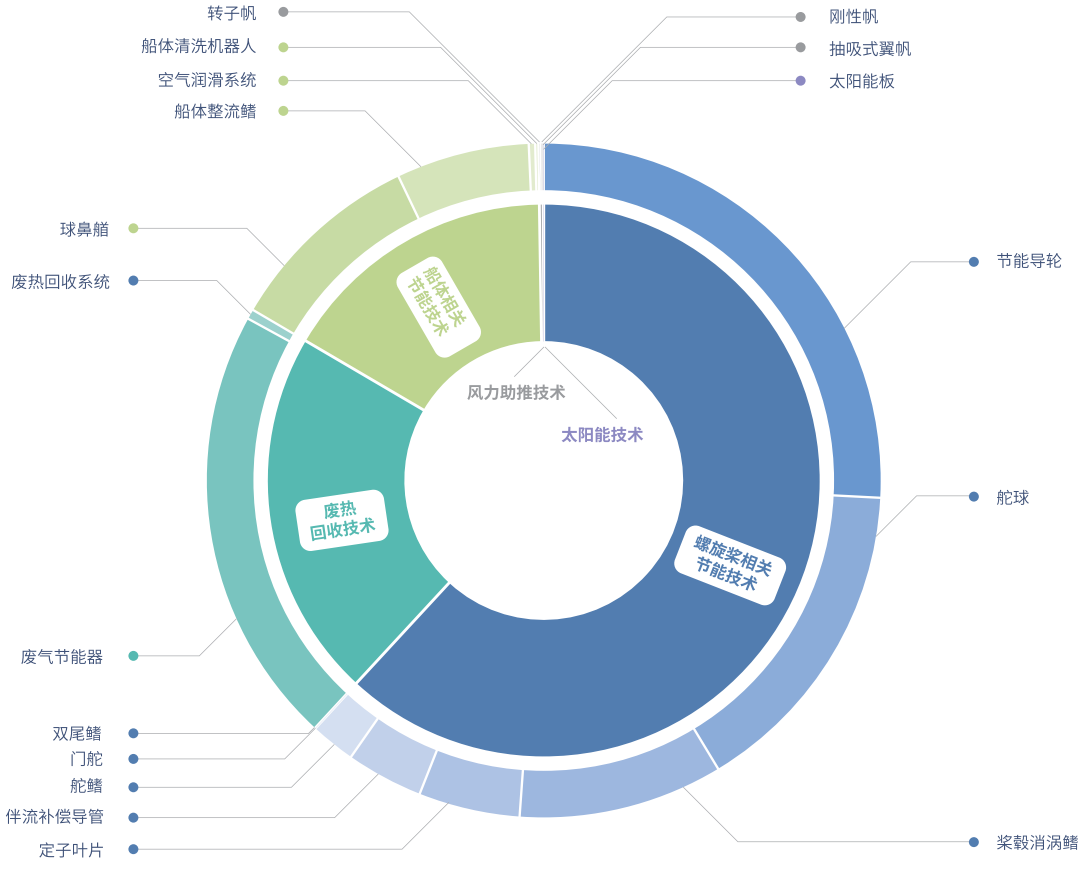
螺旋桨类节能技术应用数量占比为 61.9%，其中螺旋桨节能导轮、舵球分别占节能技术总应用数量的 25.8% 和 15.5%，舵鳍、伴流补偿导管、定子叶片和桨毂消涡鳍应用数量占比在 2.1-9.8% 之间；门舵技术仅在 1 艘集装箱船上有应用，双尾鳍技术仅在 1 艘散货船上有应用。

废热回收装置应用数量占比为 21.6%，其中废气节能器应用数量占比 21.1%，废热回收系统应用数量占比为 0.5%。

船体优化类节能技术应用数量占比为 16.3%，其中球鼻艏及船体整流鳍应用数量占比分别为 9.5% 和 6.4%，空气润滑系统应用占比为 0.3%，船体清洗机器人约占 0.2%。

风力助推和太阳能板应用尚不成熟。其中风力助推占节能技术总应用数量的 0.2%，共计有 13 艘船舶应用，转子帆和刚性帆分别占该类节能技术应用数量的九成以上，抽吸式翼帆在 1 艘散货船中应用。太阳能板在两艘船舶中应用，占比为 0.03%。

图 26 三大船型在役船舶节能技术的应用数量占比



从船型来看，集装箱船主要应用废气节能器、桨毂消涡鳍和舵球技术，合计占该船型总应用数量的 73%；散货船应用螺旋桨节能导轮、球鼻艏和舵球较多，占该船型总应用数量的 65%；油轮中节能技术集中在螺旋桨节能导轮、废气节能器和舵球的应用上，占该船型总应用数量的 62%。

图 27 不同船型在役船舶各项节能技术的应用情况

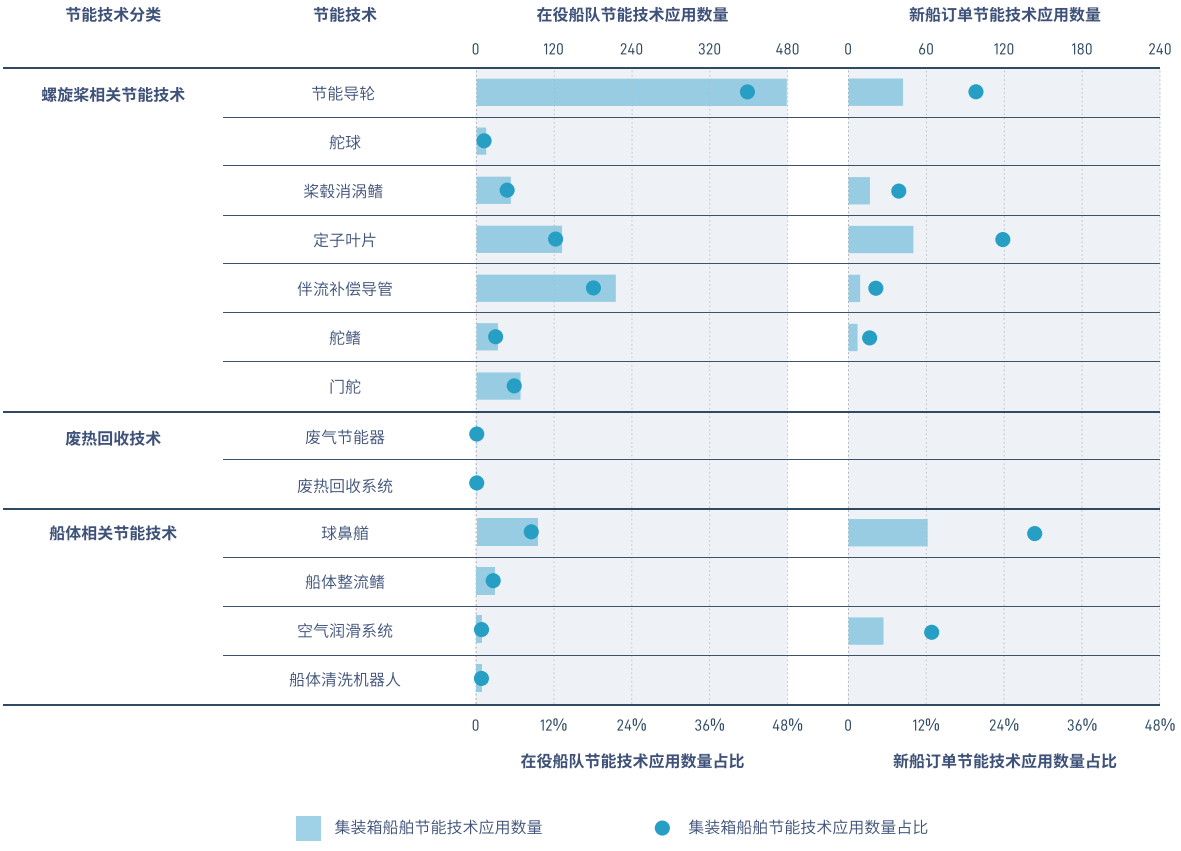
节能技术分类	节能技术	船型		
		集装箱船	散货船	油轮
螺旋桨相关节能技术	节能导轮			
	舵球			
	桨毂消涡鳍			
	定子叶片			
	伴流补偿导管			
	舵鳍			
	门舵			
	双尾鳍			
废热回收技术	废气节能器			
	废热回收系统			
船体相关节能技术	球鼻艏			
	船体整流鳍			
	空气润滑系统			
	船体清洗机器人			
风力助推技术	转子帆			
	刚性帆			
	风筝帆			
	抽吸式翼帆			
太阳能技术	太阳能板			

02/ 新船订单节能技术应用情况

新船订单中，应用节能技术的船舶艘数和运力占比分别24.8%和31.7%，比在役船队分别高出10.7个百分点和3.8个百分点。

集装箱船新船订单中，螺旋桨节能导轮、舵球、球鼻艏和空气润滑系统的应用比例明显增加。其中新船订单中应用球鼻艏122项，占集装箱船新船订单应用节能技术总数的28.7%，占比有明显提升。空气润滑系统在现役船舶和新船订单的应用总数中，八成以上来自新船订单，该技术在集装箱船的应用得到了更多的关注。

图28 集装箱船各项节能技术的应用数量及占比

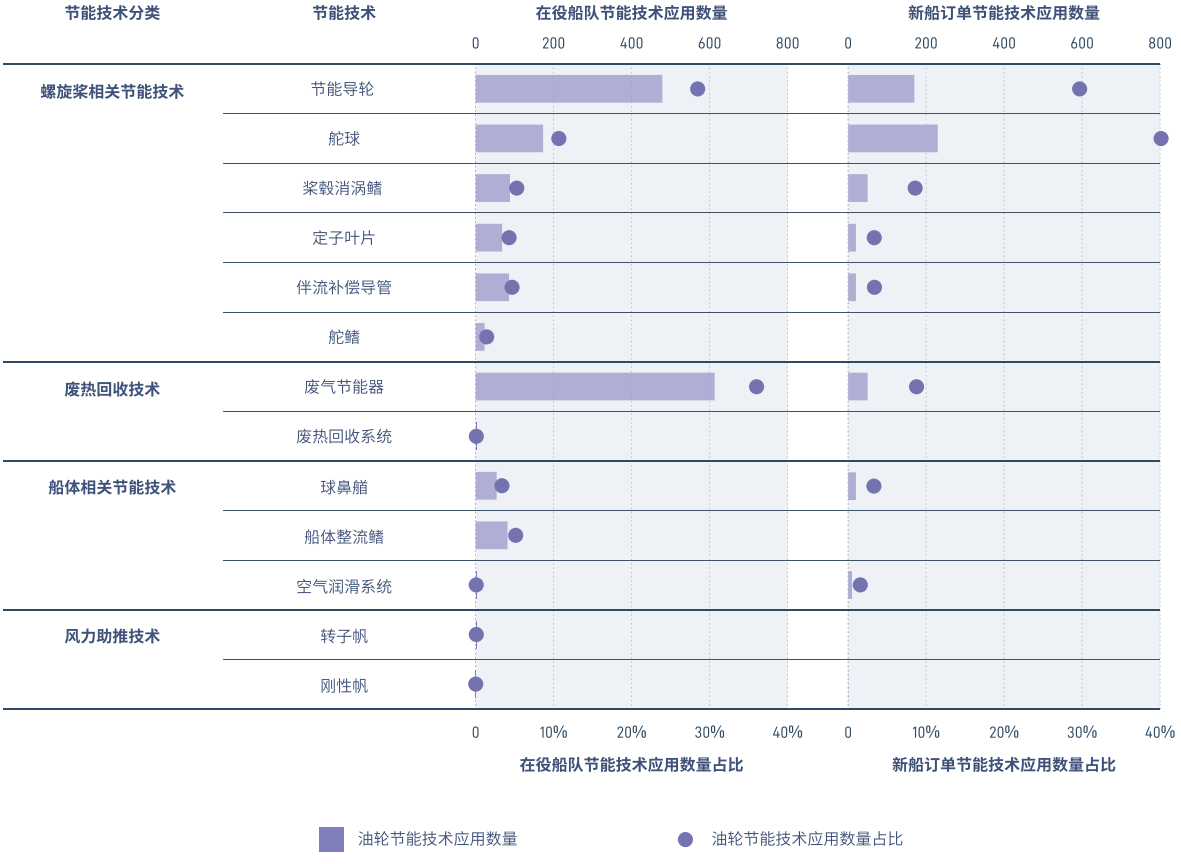


散货船新船订单中定子叶片的应用明显增加，共应用定子叶片 86 项，占散货船新船订单应用节能技术总数的 24.4%。此外散货船新船订单中首次出现风筝帆的应用，川崎汽船（k-line) 的一艘 21 万载重吨的 LNG 双燃料散货船上将应用该项技术。

图 29 散货船各项节能技术的应用数量及占比

油轮订单中舵球的应用明显增加，共应用舵球 23 项，在油轮新船订单应用节能技术总数的 40.4%。

图 30 油轮各项节能技术的应用数量及占比



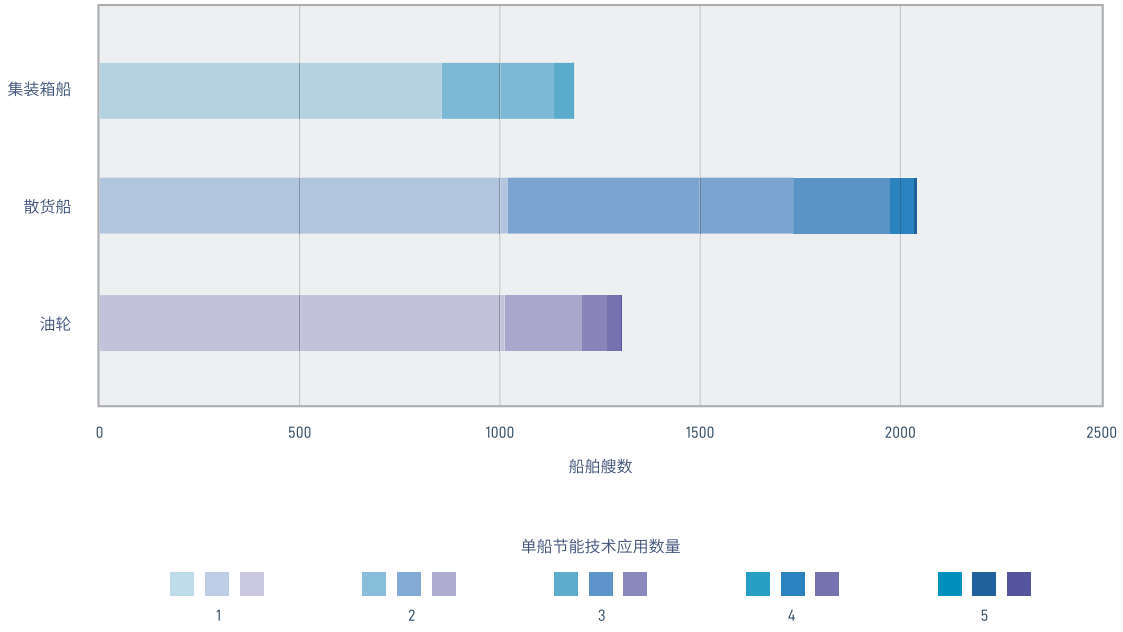
3.3.1.3 节能技术应用数量

从节能技术的应用数量看，散货船应用的节能技术数量最多，占到三种船型节能技术应用总数的一半以上，其次为油轮和集装箱船。从节能技术应用类别看，散货船节能技术应用类别最丰富，五类节能技术均有应用，且应用风力助推技术和太阳能板在三类船型中最多；其次为油轮，风力助推技术也有一定的应用；最后为集装箱船，受风力助推类和太阳能板适用条件限制，集中在螺旋桨类、船体优化类和废热回收类的应用。

在应用节能技术的船舶（含新船订单）中，每艘船节能技术应用数量范围为 1-5 项，平均值为 1.4 项。其中散货船平均每艘船应用的节能技术数量最高，为 1.7 项；集装箱船和油轮接近，每艘船节能技术的应用数量平均为 1.3 项。

在应用节能技术的船舶中，集装箱船、散货船和油轮分别有 4.1%、15.1% 和 7.6% 的船舶采用了 3 项及以上的节能技术，主要在螺旋桨类（球鼻艏）和船体优化类（螺旋桨节能导轮、舵球、桨毂消涡鳍）的应用装置较多，部分船舶在船体整流鳍、废气节能器、定子叶片和舵鳍装置也有一定的应用。

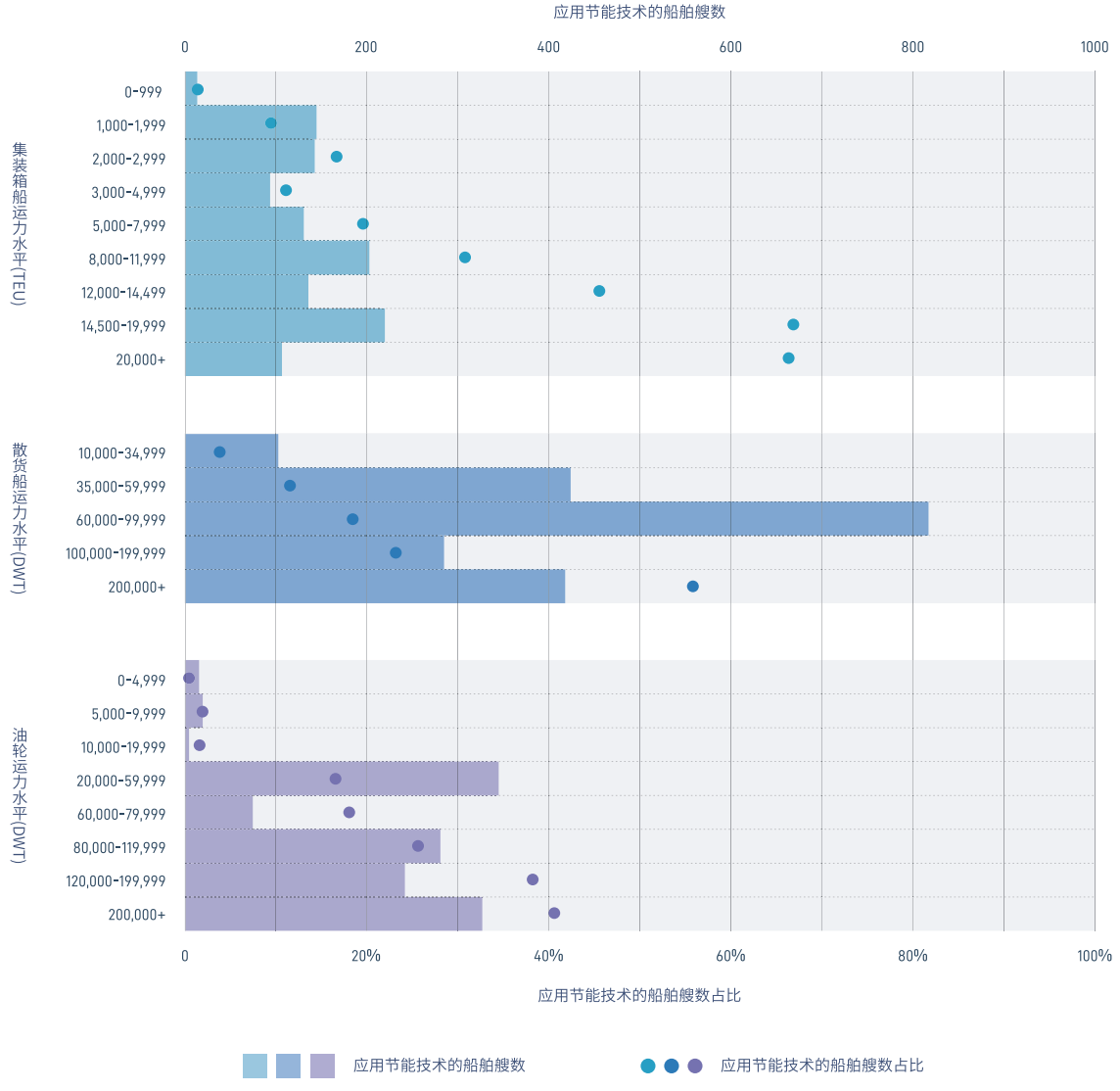
图 31 单船节能技术应用数量



3.3.1.4 节能技术在不同运力水平船舶上的应用情况

节能技术更集中在大型船舶应用。报告分析发现，不同船舶运力区间中，大型船舶应用节能技术的船舶比例更高。由于大型船舶运营线路长、能源消耗大，节能带来的经济和环境效益更为显著，船东会更优先在大型船舶应用节能技术。由于船舶向大型化的发展，一般大型船舶的船龄相对较短，船舶设计优化更好，对节能技术适配性以及节能效果的提升有一定影响。

图 32 不同运力区间应用节能技术的船舶艘数及占比



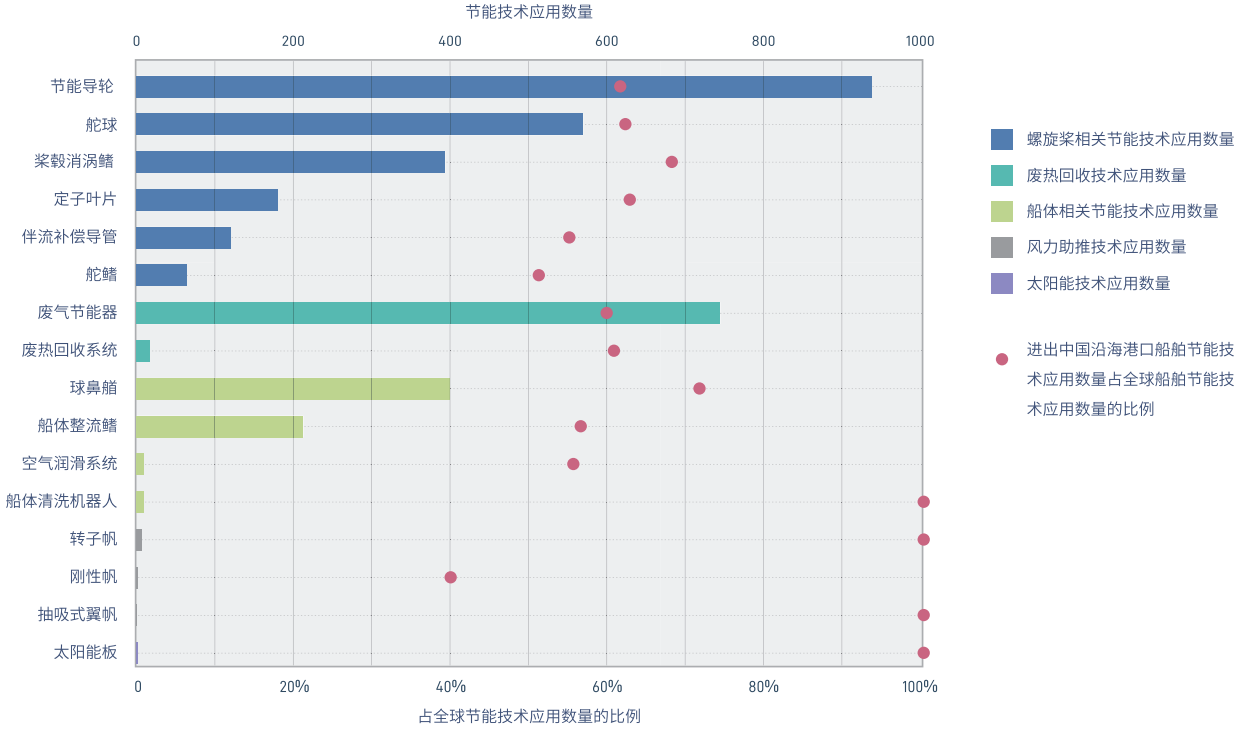
3.3.2 进出中国沿海港口的船舶节能技术应用进展

3.3.2.1 节能技术应用情况

中国作为海运贸易大国，2021 年进出中国沿海港口的国际航行船队中，应用节能技术的比例、类型等分布特征与全球在役船队趋势基本一致，同时也代表了大部分新型节能技术的应用趋势。进出中国沿海港口的国际航行船舶中，应用节能技术的船舶占全球应用节能技术的船舶 69% 的运力，其中集装箱船、散货船和油轮的运力占比分别为 82%、79% 和 50%。全球应用不同节能技术的在役三大船型船队中，有 40%-100% 的比例在 2021 年进出过中国沿海港口；部分应用新型节能技术的船舶，如船体清洗机器人、转子帆、刚性帆和太阳能板，这一比例达到 100%。

关注范围的沿海航行船舶中，应用节能技术的船舶艘数占比为 1.3%，运力占比为 1.7%，应用节能技术船舶的比例偏低。沿海航行集装箱船、散货船和油轮的平均载重吨分别在 3 万吨、5 万吨和 4 万吨左右，与国际航行船舶相比船舶尺寸偏小、单次航线较短，存在技术应用受限以及节能效益不高的情况，可能是影响沿海航行船舶应用节能技术的主要阻碍。关注范围的沿海航行船舶总数和应用节能技术的比例较小，后文将以国际航行船舶节能技术分析为主，不再单独分析沿海航行船舶的节能技术应用。

图 33 三大船型进出中国沿海港口的国际航行船舶节能技术应用数量占全球船舶的比例



3.3.2.2 不同航运公司进出中国沿海港口船队节能技术应用情况

集装箱航运公司中，地中海航运、海洋网联和阳明海运应用节能技术的船舶运力占比相对较高，达到了 50% 以上。进出中国沿海港口运力排名前 10 的集装箱航运公司，在承担近 9 成中国国际集装箱海运运力的同时，应用节能技术的船舶运力的平均占比也高于排名 16-25 位的公司。

散货航运公司中，淡水河谷运营的散货船应用节能技术的船舶艘数和运力的占比均在 8 成以上，单船节能技术的平均应用数量也高于进出中国沿海港口船队运力前 25 的散货船航运公司的平均水平；其运营的散货船平均运力大、船龄小，平均载重吨超过 30 万吨、平均船龄在 4 年左右，远高于平均水平。

油轮航运公司中，Angelicoussis Group、弗雷德里克森集团和马石油平均单船应用的节能技术数量靠前，Kuwait Petroleum 应用节能技术的船舶艘数和运力占比相对较高。船队规模较大的油轮航运公司在应用节能技术的船舶总艘数和运力上保持领先，但从节能技术应用运力占比来看，运力排名前 10 的公司低于排名 16-25 公司的平均水平，整体推进节能技术的应用需要更多的努力。

图 34 不同航运公司进出中国沿海港口船舶节能技术应用情况

序号	集装箱航运公司	单船平均应用的节能技术数量	应用节能技术的船舶艘数占比	应用节能技术的船舶运力占比
1	地中海航运公司 (地中海航运)	1.24	39.03%	53.38%
2	A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)	1.30	28.76%	46.28%
3	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	1.24	15.19%	26.70%
4	法国达飞海运集团 (达飞轮船)	1.37	26.73%	40.71%
5	长荣海运股份有限公司 (长荣海运)	1.35	27.22%	27.44%
6	海洋网联船务有限公司 (海洋网联)	1.86	40.00%	52.06%
7	赫伯罗特公司 (赫伯罗特)	1.17	24.79%	32.77%
8	韩新海运有限公司 (韩新海运)	1.73	30.14%	47.72%
9	阳明海运股份有限公司 (阳明海运)	1.74	47.50%	54.12%
10	万海航运股份有限公司 (万海航运)	1.00	12.75%	13.03%
11	以星综合航运有限公司 (以星航运)	1.00	5.75%	7.50%
12	太平船务有限公司 (太平船务)	1.00	4.69%	11.37%
13	高丽海运株式会社 (高丽海运)	2.00	1.54%	1.30%
14	海丰国际控股有限公司 (海丰航运)	1.00	22.89%	34.54%
15	德翔海运公司 (德翔海运)	1.00	2.44%	3.28%
16	中国联合航运公司 (中联航运)	0.00	0.00%	0.00%
17	SM Group	1.00	6.67%	4.52%
18	泰国宏海箱运有限公司 (宏海箱运)	0.00	0.00%	0.00%

19	Sea Consortium	1.00	14.81%	18.78%
20	新加坡海领船务	0.00	0.00%	0.00%
21	美森轮船有限公司 (美森)	1.33	17.65%	21.35%
22	长锦商船株式会社 (长锦商船)	0.00	0.00%	0.00%
23	中谷海运集团有限公司 (中谷海运)	2.00	27.78%	19.36%
24	伊朗伊斯兰共和国航运公司 (伊朗国航)	0.00	0.00%	0.00%
25	安通控股股份有限公司 (安通控股)	0.00	0.00%	0.00%

注 : 航运公司按照进出中国沿海港口集装箱船队总运力从高到低排列

序号	散货航运公司	单船平均应用的节能技术数量	应用节能技术的船舶艘数占比	应用节能技术的船舶运力占比
1	巴西淡水河谷公司 (淡水河谷)	1.82	86.73%	86.26%
2	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	2.27	13.26%	26.01%
3	德国奥登道夫公司 (奥登道夫)	1.49	29.90%	35.19%
4	日本邮船株式会社 (日本邮船)	2.15	20.00%	33.07%
5	Berge Bulk	2.10	13.70%	22.68%
6	弗雷德里克森集团	1.25	51.76%	61.01%
7	星散海运	1.60	28.30%	25.50%
8	日本川崎汽船株式会社 (川崎汽船)	2.15	28.57%	31.26%
9	招商局集团有限公司 (招商局)	1.80	12.35%	8.70%
10	韦立国际集团 (韦立国际)	1.90	27.03%	28.96%
11	Angelicoussis Group	1.17	78.95%	78.33%
12	Navios 海事控股	1.60	8.20%	6.08%
13	Pan Ocean	1.00	8.47%	4.44%
14	日本株式会社商船三井 (商船三井)	1.30	20.00%	19.74%
15	Cardiff Marine	1.11	25.00%	28.77%
16	Singapore Marine	1.67	7.89%	6.07%
17	Zodiac Maritime	1.22	24.32%	29.78%
18	CMB	1.00	8.11%	9.42%
19	Wisdom Marine Group	2.29	26.37%	31.53%
20	Shandong Marine	1.00	13.33%	33.95%
21	Nissen Kaiun	2.27	33.33%	44.36%
22	Golden Union	1.00	18.75%	11.78%

23	新加坡东太平洋航运公司（东太平洋航运）	1.63	36.36%	36.31%
24	Marmaras Navigation	1.22	62.07%	58.00%
25	Alpha Tankers	1.00	14.81%	18.21%

注：航运公司按照进出中国沿海港口散货船队总运力从高到低排列

序号	油轮航运公司	单船平均应用的节能技术数量	应用节能技术的船舶艘数占比	应用节能技术的船舶运力占比
1	中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	1.33	12.33%	18.69%
2	招商局集团有限公司（招商局）	1.13	17.39%	30.86%
3	Tankers Intl	1.10	41.67%	41.78%
4	Angelicoussis Group	1.83	32.43%	31.90%
5	弗雷德里克森集团	1.93	37.50%	35.57%
6	沙特阿拉伯国家航运公司	1.86	29.17%	30.86%
7	Navig8 Group	1.29	45.65%	46.16%
8	DHT Holdings	1.67	33.33%	33.98%
9	阿曼航运公司（阿曼航运）	1.00	17.65%	17.80%
10	长锦商船株式会社（长锦商船）	1.00	8.70%	12.78%
11	BW 集团	1.00	26.87%	24.46%
12	达能孔公司	1.00	30.43%	29.84%
13	Olympic Shpg & Mgmt	1.13	53.33%	51.31%
14	科威特国家石油公司	1.00	69.23%	71.27%
15	Alpha Tankers	1.13	53.33%	54.04%
16	SK 航运	0.00	0.00%	0.00%
17	天蝎座公司	1.00	25.00%	26.27%
18	Chevron	1.00	44.44%	44.40%
19	马来西亚国家石油公司（马石油）	2.00	40.00%	53.28%
20	Marmaras Navigation	1.00	46.67%	47.13%
21	SCF Group	1.00	25.93%	27.45%
22	Capital Maritime	0.00	0.00%	0.00%
23	Kyklades Maritime	1.00	10.00%	6.62%
24	BP 航运集团	1.30	66.67%	50.95%
25	托姆航运公司	1.00	5.00%	5.11%

注：航运公司按照进出中国沿海港口油轮船队总运力从高到低排列

3.3.3 小结

全球在役集装箱船、散货船和油轮中，应用节能技术的船舶运力占比不到三成。2021 年进出中国沿海港口的三大船型的 EEXI 合规比例仅两成左右，作为提升技术与营运能效的关键方法之一，节能技术的应用仍有较大的潜力空间。

值得肯定的是，新船订单中节能技术应用比例上升，新型节能技术的应用也在逐步推进。新船订单中，各船型应用节能技术的运力占比在 22.3%-40.6% 之间，高于在役船队水平。新型节能技术应用方面，空气润滑系统在集装箱船应用中大幅增加，风筝帆和船体清洗机器人技术也首次在散货船中出现。

中国作为海运贸易大国，2021 年进出中国沿海港口的国际航行船舶应用节能技术比例、类型等分布特征与全球在役船队一致，同时也代表了大部分新型节能技术的应用趋势。三大船型应用不同节能技术的全球在役船队中，有 40%-100% 的比例在 2021 年进出过中国沿海港口；部分应用新型节能技术的船舶，如船体清洗机器人、转子帆、刚性帆和太阳能板，该比例达到 100%。

从应用节能技术的船舶艘数和运力上看，船队规模靠前的航运公司保持领先。与运力排名靠后的公司相比，运力排名靠前的集装箱和散货航运公司应用节能技术的船舶平均占比更高，排名靠前的油轮航运公司则表现略差。对于规模较大的航运公司而言，推进船队节能技术的应用和改造需要更多投入和努力。

节能技术在航运业脱碳的不同阶段均能够发挥重要的作用。当前，通过应用节能技术提升船舶能效水平是实现短期减排的有效手段。中长期来看，低碳和零碳燃料的成本无疑要高于传统燃料，通过提升能效水平降低燃料总费用，能够帮助航运公司更快向低碳和零碳燃料过渡。

3.4 岸电设施

靠港船舶使用岸电是减少船舶靠港期间的大气污染物和温室气体排放的重要举措。促进靠港船舶使用岸电已是行业共识，这不仅需要港口积极建设岸电供电设施，也需要靠港船舶配备对应的岸电受电设施。中国、欧盟和美国加州等国家及地区均通过颁布相关法规及激励措施，促进岸电的使用，以降低船舶靠港期间的排放。

中国港口岸电设施建设方面成果显著，截至 2021 年中国主要港口 5 类重点专业化泊位 [46] 岸电设施覆盖率达到 75%[47]，为推进靠港船舶使用岸电打造了良好基础。目前中国沿海港口岸电的平均使用率不高，靠港船舶岸电受电设施配备率（指船舶中具备岸电受电设施的船舶比例，下同）较低是主要原因之一，因此船舶岸电受电设施的安装进展值得关注。

本小节将从全球海运船舶和进出中国沿海港口的船舶两个角度，对集装箱船和散货船高压岸电受电设施安装进展进行分析。岸电技术应用于油轮仍存在安全风险，且相应的行业规范仍缺失，因此本小节暂不对油轮岸电受电设施进行分析。

[46] 主要包括集装箱、客滚、邮轮、3 千吨级以上客运和 5 万吨级以上散货专业化泊位。

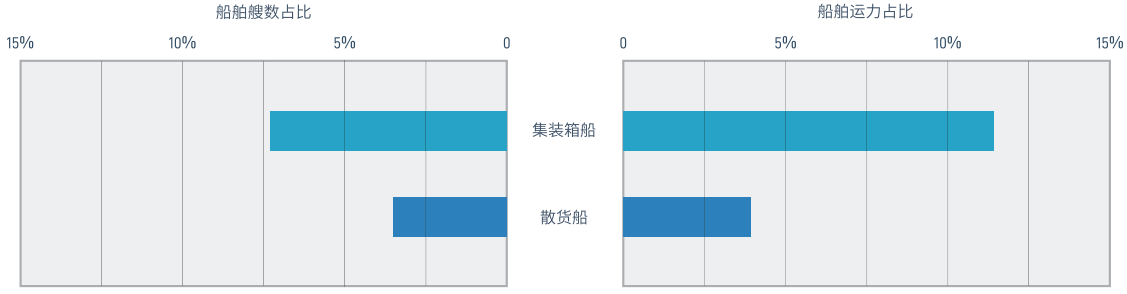
[47] 人民日报 , 交通大国阔步迈向交通强国 (2022-05-02), https://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/202205/t20220502_3653880.html.

3.4.1 全球海运集装箱船和散货船的岸电受电设施配备进程

3.4.1.1 船舶岸电受电设施配备进程

全球海运船舶（含在役船队和新船订单）中，集装箱船和散货船具备岸电受电设施的船舶比例整体偏低，船舶艘数及运力比例为 5.0% 和 6.4%。其中，集装箱船中具备岸电受电设施的船舶比例较高，船舶艘数比例约为 7.3%，运力比例约 11.4%；散货船中具备岸电受电设施的船舶比例略低，艘数比例约为 3.5%，运力比例为 3.9%。

图 35 不同船型全球船队中具备岸电受电设施的船舶艘数及运力比例

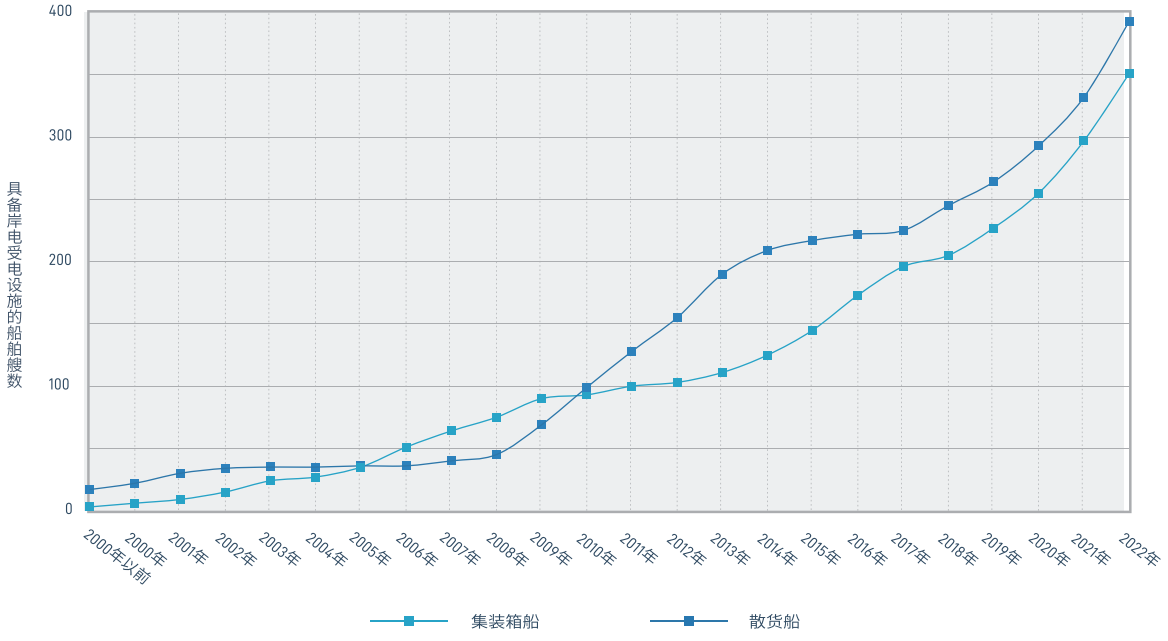


3.4.1.2 船舶岸电受电设施安装/ 改造年份

海运船舶的岸电受电设施发展起步于 1980 年代，在 2000 年后进入快速发展时期。截至 2022 年 11 月，所有具备岸电受电设施的船舶中，近 80% 的岸电设施新建或改造于 2010 年后，这与欧美出台的岸电使用政策相关。

船舶岸电受电设施的配备在近几年发展尤为快速。所有具备岸电受电设施的集装箱船和散货船中，34% 的岸电设施在 2020-2022 年期间新建或改造。

图 36 不同年份具备岸电受电设施的船舶累计艘数



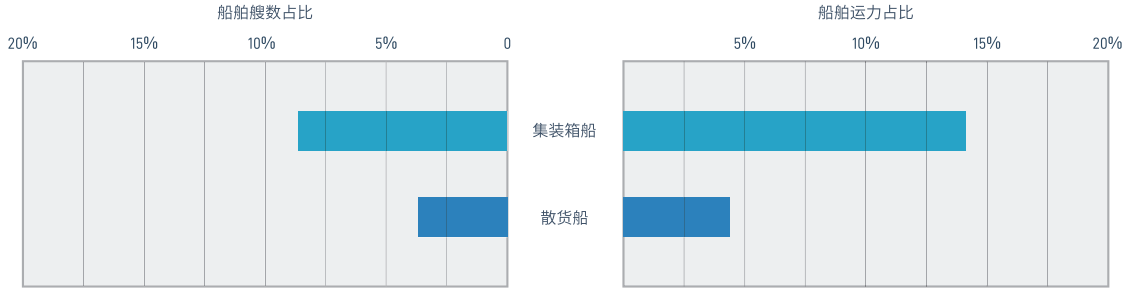
注：受数据统计时间限制，2022 年 12 月份的部分统计为预定的改造时间。

3.4.2 进出中国沿海港口船舶的岸电受电设施配备

进出中国沿海港口的散货船和集装箱船中，具备岸电受电设施的船舶艘数和运力占比分别为 5.0% 和 6.6%，仍处于较低的水平。其中集装箱船中具备岸电受电设施的船舶比例相对较高，其艘数占比约为 8.6%，运力占比约 14.2%。散货船中具备岸电受电设施的船舶比例较低，其艘数占比约为 3.7%，运力占比 4.4%。全球具备岸电受电设施的集装箱船和散货船中分别有 58% 和 74% 的运力参与中国国际海运贸易。

近年来中国相继出台了多项法规、规划和政策，推进港口岸电设施建设，促进靠港船舶使用岸电，取得了一定的成效。《港口和船舶岸电管理办法》规定，具备受电设施的船舶（液货船除外），在沿海港口具备岸电供应能力的泊位靠泊超过 3 小时，且未使用有效替代措施的，应当使用岸电。但是本报告数据显示，具备岸电受电设施的船舶比例不高，特别是国际航行船舶岸电受电设施比例偏低，可能是导致中国沿海港口岸电使用率偏低的因素之一。

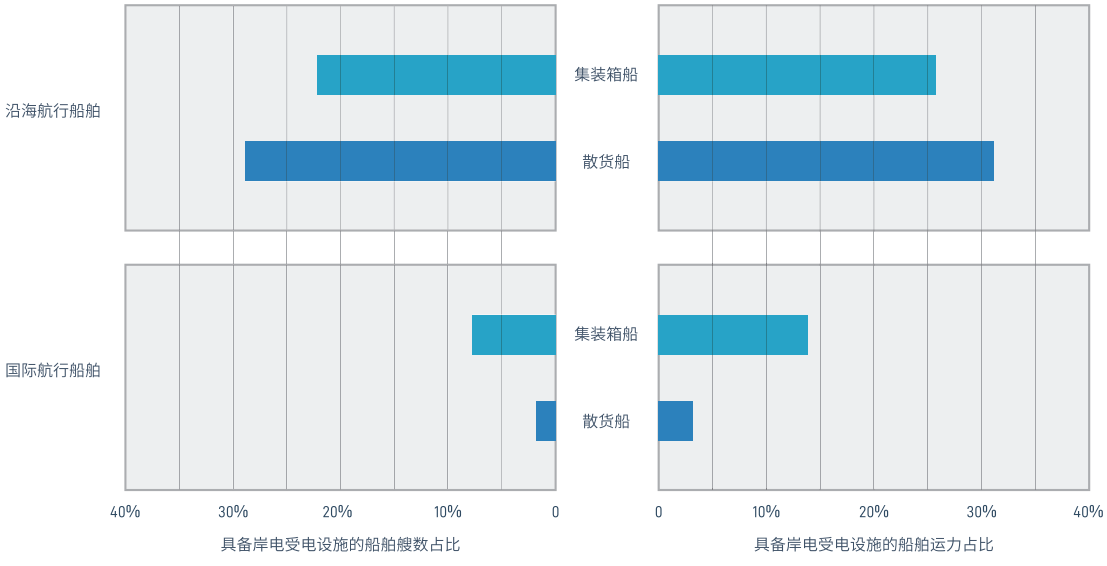
图 37 不同船型进出中国沿海港口船舶中具备船舶岸电受电设施的船舶艘数和运力占比



3.4.2.1 国内沿海航行船舶和国际航行船舶岸电受电设施安装进展

进出中国沿海港口的船舶中，国内沿海航行船舶[48]的岸电受电设施配备率明显高于国际航行船舶。沿海航行集装箱船中具备岸电受电设施的船舶艘数和运力占比均在 20% 以上，而该比例在国际航行集装箱船中仅在 10% 左右。沿海航行散货船中具备岸电受电设施的船舶艘数和运力占比在 30% 左右，而该比例在国际航行散货船中低于 5%。

图 38 进出中国沿海港口的沿海航行和国际航行船舶中具备岸电受电设施的船舶艘数及运力占比



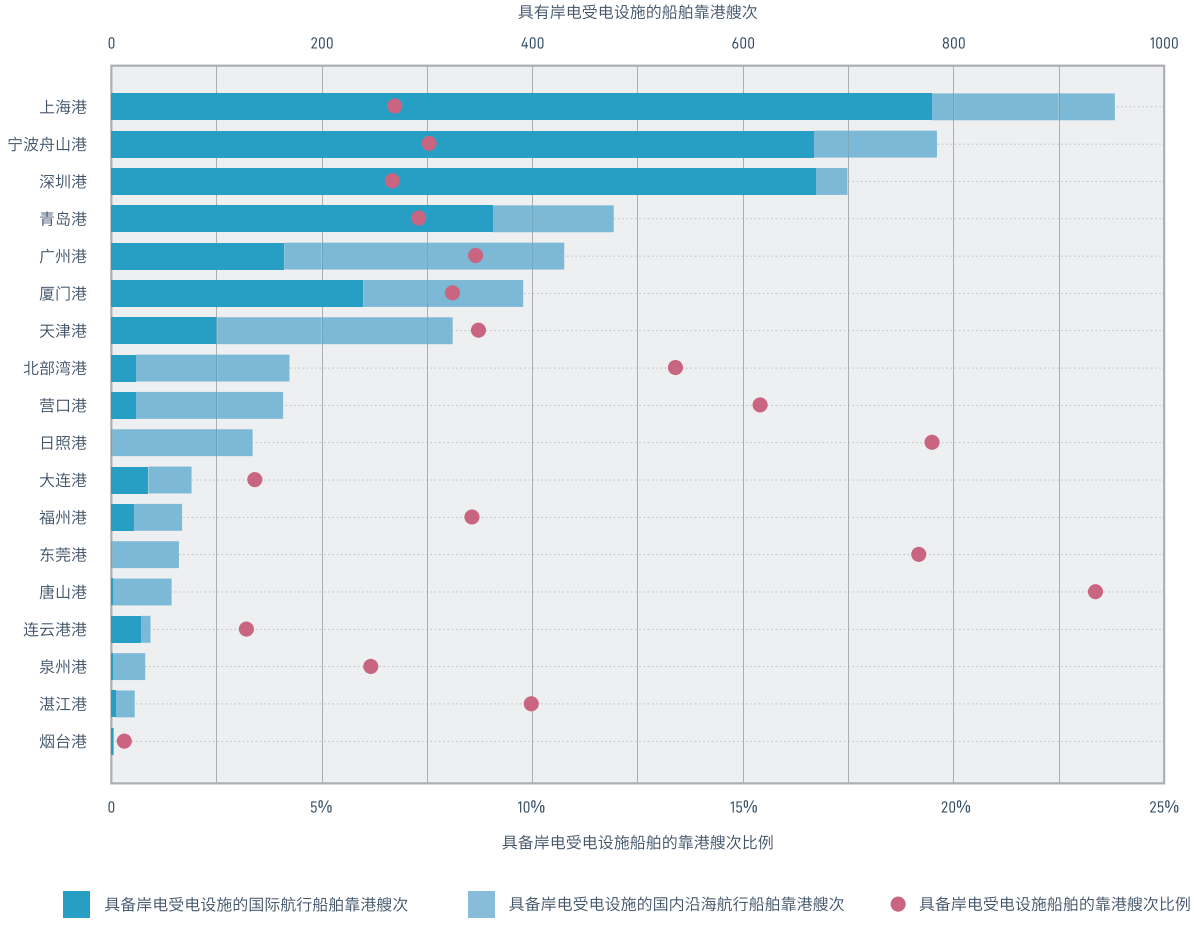
[48] 报告在国内沿海航行船舶的分析上，选取了具有 IMO 识别码但是 2021 年只在中国沿海各港口间航行的集装箱船、散货船和油轮，共有 1045 艘。具体方法详见“2.1.1 船型范围”。

3.4.2.2 中国主要沿海港口的靠港船舶岸电受电设施配备情况

不同沿海港口的船舶靠港总艘次中，具备岸电受电设施的船舶靠港艘次比例有一定差异。图 39 和图 40 显示了中国主要沿海港口（指 2021 年货物吞吐量前二十的港口，下同）集装箱船和散货船靠港总艘次中，具备岸电受电设施船舶的靠港艘次比例。

停靠主要沿海港口的集装箱船中，具备岸电受电设施的船舶靠港艘次总体比例为 7.6%。上海港、深圳港、宁波舟山港、青岛港和广州港等集装箱船停靠总艘次前十港口中，该比例在 6%-13.4% 之间。其中停靠北部湾港的集装箱船中具备岸电受电设施艘次比例最高，为 13.4%。

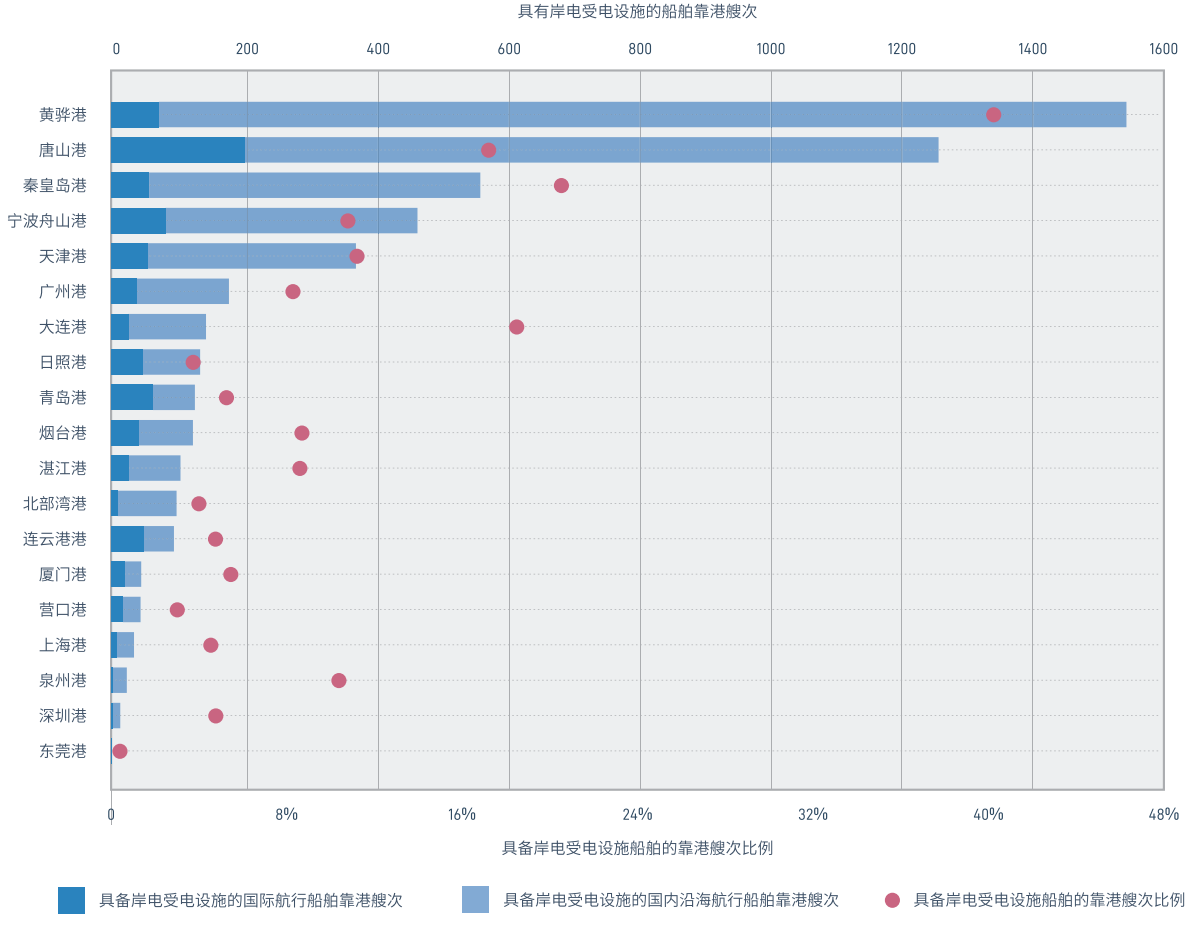
图 39 中国主要沿海港口靠港集装箱船中具有岸电受电设施的船舶靠港艘次及占比



注：图中仅呈现集装箱船靠港艘次达到 100 艘次以上的港口数据，数据空缺港口不代表该港口没有集装箱船挂靠。

停靠中国前二十沿海港口的散货船中，具备岸电受电设施的艘次比例为 13.0%。唐山港、黄骅港、宁波舟山港、日照港和天津港等散货船停靠艘次前十的港口中，具备岸电受电设施的散货船停靠艘次比例在 3.8%-40.2% 之间。其中黄骅港比例最高，达到 40%，唐山港、秦皇岛港的比例在 20% 左右。

图 40 中国主要沿海港口靠港散货船中具有岸电受电设施的船舶靠港艘次及占比



注：图中仅呈现散货船靠港艘次达到 100 艘次以上的港口数据，数据空缺港口不代表该港口没有散货船挂靠。

值得注意的是，部分港口靠港船舶中具备岸电受电设施的船舶停靠艘次比例较高，如北部湾港停靠的集装箱船，黄骅港、唐山港和秦皇岛港停靠的散货船，主要原因是这些港口沿海航行船舶具备岸电受电设施的比例较高且进港比较频繁。

3.4.2.3 不同航运公司进出中国沿海港口船队岸电受电设施配备情况

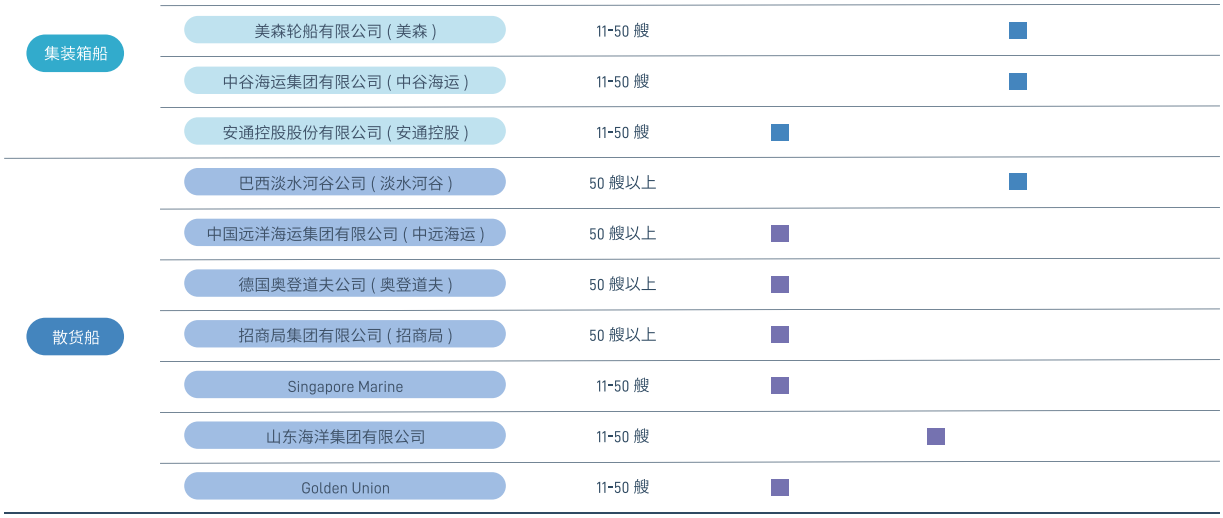
对于进出中国沿海港口的船队运力前二十五的航运公司，具备岸电受电设施的船舶艘数比例范围在 0-60%，运力比例范围在 0%-73%，各航运公司之间的差异较大。表 9 展示了各航运公司进出中国沿海港口的船队中，具备岸电受电设施的船舶运力及占比。

对于船队规模大的航运公司而言，尽管提升岸电受电设施配备率需要更多投入，这些公司在绿色转型方面往往会采取更为积极的措施。比如散货航运公司淡水河谷（Vale）在进出中国沿海港口的散货航运公司中运力排名第一，具备岸电受电设施的船舶运力占比为 42.0%，在岸电配备率整体偏低的散货航运公司中遥遥领先；集装箱航运公司赫伯罗特（Hapag-Lloyd）和韩新海运（HMM）在进出中国沿海港口的航运公司运力排名中分别排第七、第八名，具备岸电受电装置的运力占比分别为 45.8% 和 66.6%，在集装箱航运公司位于前列。

从船舶运营特点来看，集装箱船航线大部分都以班轮形式经营，船舶往往固定往返于中国港口和其他国家港口之间。并且，集装箱航运公司市场集中度更高。从这个角度而言，集装箱航运公司可以成为政策引导推动的优先选项，港口相关管理方可以通过签署绿色港口公约、加强岸电使用费用的补贴和提供港口费用减免等政策，提升航运公司岸电受电设施改造意愿，进而提升岸电使用率。

表 9 不同航运公司进出中国沿海港口的船舶岸电受电设施配备比例

船型	航运公司	进出中国沿海港口的船队规模	具备岸电受电设施的船舶运力比例					
			0~10%	10%~20%	20%~30%	40%~50%	60%~70%	70%~80%
集装箱船	地中海航运公司（地中海航运）	50 艘以上		■				
	A.P. 穆勒 - 马士基集团（马士基）	50 艘以上	■					
	中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	50 艘以上		■				
	法国达飞海运集团（达飞轮船）	50 艘以上		■				
	长荣海运股份有限公司（长荣海运）	50 艘以上	■					
	海洋网联船务有限公司（海洋网联）	50 艘以上	■					
	赫伯罗特公司（赫伯罗特）	50 艘以上				■		
	韩新海运有限公司（韩新海运）	50 艘以上					■	
	阳明海运股份有限公司（阳明海运）	50 艘以上		■				
	万海航运股份有限公司（万海航运）	50 艘以上	■					
	以星综合航运有限公司（以星航运）	50 艘以上	■					
	太平船务有限公司（太平船务）	50 艘以上	■					
	SM Group	11-50 艘						■
	Sea Consortium	11-50 艘		■				



注：图中航运公司按照其进出中国沿海港口的总运力从大到小进行排序

3.4.3 小结

停靠中国沿海港口的散货船和集装箱船中，具备岸电受电设施的船舶艘数和运力占比分别为 5.0% 和 6.6%，仍处于较低的水平。其中具备岸电受电设施的国内沿海航行集装箱船的艘数和运力占比均在 20% 以上，而国际航行集装箱船比例仅在 10% 左右。具备岸电受电设施的沿海航行散货船的艘数和运力占比在 30% 左右，国际航行散货船低于 5%。

不同沿海港口靠港船舶中具备岸电受电设施的船舶靠港艘次比例有一定差异。上海港、深圳港、宁波舟山港、青岛港和广州港等集装箱船停靠艘次前十港口中，该比例在 6%-13.4% 之间。其中停靠北部湾港的集装箱船中具备岸电受电设施艘次比例最高，为 13.4%。唐山港、黄骅港、宁波舟山港、日照港和天津港等散货船停靠艘次前 10 的港口中，具备有岸电受电设施的散货船艘次比例在 3.8%-40.2% 之间。岸电受电设施靠港船舶艘次比例较高港口，数据主要由具备岸电受电设施的沿海航行船舶贡献。

航运公司船队具备岸电受电设施的比例差异较大。进出中国沿海港口船队运力前二十五的航运公司的船队中，具备岸电受电设施的船舶艘数比例在 0-60% 的范围之间。散货航运公司淡水河谷（Vale）在进出中国沿海港口的散货航运公司中运力排名第一，具备岸电受电装置的运力占比为 42.0%，在岸电配备整体偏低的散货航运公司中遥遥领先；集装箱航运公司赫伯罗特（Hapag-Lloyd）和韩新海运（HMM），两家公司在航运公司运力排名分别排第七、第八名，具备岸电受电装置的运力占比为 45.8% 和 66.6%，在集装箱航运公司位于前列。

推进中国港口岸电使用率的提升，需要政府政策的引导。建议管理部门及时完善相关法规，明确岸电使用在港口方和船舶方的责任和罚则。与此同时，港口方可以与航运公司共同合作，推进港船岸电标准的统一和港船岸电设施的改造。此外，可优先以集装箱航运公司船队为对象，加强相应的政策引导以及激励措施，再逐步拓展到其他船型的航运公司。

04/ Analysis of Management Measures

管理减排进展分析

本章将逐项介绍航运公司采取的管理手段。在分析上，各小节将聚焦在船舶进出中国沿海港口的国际航运公司在管理手段上的进展与努力。

4.1 航运公司脱碳战略

为落实《巴黎协定》提出的“到本世纪末将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在 2°C以内，并努力将温度上升幅度限制在 1.5°C以内”的目标，航运业已经开始采取行动。随着 IMO 在 2018 年通过航运业温室气体减排的初步战略，一些领先的航运公司相继做出气候承诺，积极采取措施推动航运脱碳。

本报告以 2021 年进出中国沿海港口的集装箱船、散货船和油轮运力前十的航运公司为对象，共计 26 家航运公司，梳理这些航运公司是否已经公开发布脱碳目标。调研发现，在这 26 家航运公司中，有 12 家设定了明确的净零排放或碳中和目标，7 家设定了与 IMO 初步战略相当或略严的目标作为公司脱碳战略。在明确的目标推动下，多数公司设定了阶段性的推进目标和推进路径。

不同航运公司的净零排放目标也有所差异，主要表现在两大方面。一是净零排放所涵盖的温室气体种类，少数航运公司的目标为二氧化碳零排放，较多航运公司的目标为温室气体净零排放，这其中包括了二氧化碳及甲烷、N_2O 等温室气体的零排放；二是在排放范围上，多数航运公司的净零排放为范围一或范围一及范围二的零排放，即实现船队的零排放和购买能源的零排放，少数航运公司明确提出范围一、范围二和范围三的零排放，其中范围三包括公司上下游价值链的排放。例如，马士基集团明确提出 2040 年实现整个业务和所有范围的净零排放，海洋网联船务有限公司提出 2050 年实现所有范围的净零排放，淡水河谷提出 2035 年将范围三的净排放量减少 15%。表 10 展示了 2021 年进出中国沿海港口的集装箱船、散货船和油轮运力前十的航运公司中，已经发布净零排放或碳中和目标的航运公司及其 2021 年进出中国沿海港口的运力排名。

表 10 设定净零排放或碳中和目标的部分航运公司及其 2021 年进出中国沿海港口的运力排名

航运公司	是否发布脱碳战略	目标时间	脱碳内容	集装箱运力排名	散货运力排名	油轮运力排名
A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)	是	2040	温室气体净零排放	2		
赫伯罗特公司 (赫伯罗特)	是	2045	温室气体净零排放	7		
法国达飞海运集团 (达飞轮船)	是	2050	净零排放	4		
地中海航运公司 (地中海航运)	是	2050	净零排放	1		
长荣海运股份有限公司 (长荣海运)	是	2050	碳中和	5		
海洋网联船务有限公司 (海洋网联)	是	2050	温室气体净零排放	6		
韩新海运有限公司 (韩新海运)	是	2050	二氧化碳净零排放	8		
巴西淡水河谷公司 (淡水河谷)	是	2050	净零排放		1	
Berge Bulk	是	2050	全船队零排放		5	
日本邮船株式会社 (日本邮船)	是	2050	温室气体净零排放		4	
中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	是	2060	碳中和	3	2	1
招商局集团有限公司 (招商局)	是	2060	碳中和		9	2

为实现净零排放目标，多数航运公司在脱碳战略中投资和推进替代燃料。除了本报告在替代燃料章节介绍的马士基、力拓、中远海运三家航运公司采取的替代燃料推进行动外，达飞轮船为支持公司 2050 年净零排放的目标，创建了“能源特别基金”，在五年时间内提供 150 亿美元预算用于低排放燃料的工业化生产和前沿技术的创新等 [49]。此外，达飞轮船与多家能源公司合作，推进低碳燃料的生产供应。例如，达飞轮船与壳牌公司签订脱碳备忘录，推进低碳航运燃料和创新的技术解决方案，包括 LNG 和氢燃料混合、甲烷逃逸减排技术、燃料电池技术的研发，探索碳积分的自愿和强制交易机制、推动净零排放政策 [50]。达飞轮船也与 Engie 能源公司建立长期战略和工业合作关系，推进合成甲烷和生物 LNG 的工业化生产和供应 [51]。另一个推动替代燃料发展的案例是日本邮船株式会社（以下简称“日本邮船”），在 2050 年实现温室气体净零排放目标的驱动下，日本邮船将 LNG 燃料作为当前船队的主要燃料，同时向氨、氢等零排放燃料转型，计划在 2028 年左右将氨燃料动力船舶商业化，在此目标下，日本邮船与多个商业合作伙伴共同推进氨和氢能源的供应链建设，并获得日本经济贸易工业部发起的绿色创新基金项目的资金支持 [52]。

除了通过替代能源从源头减少航运碳排放外，一些航运企业在脱碳战略中也积极推进碳捕集技术的应用。例如，新加坡散货航运公司 Berge Bulk 为实现船队零排放，积极投资早期的碳捕集与储存技术；日本邮船公司也在推进 CO_2 的循环使用和储存技术，探索使用大型船舶运输 CO_2。

航运公司设定零排放目标与战略，对推进航运业乃至能源等其他行业的绿色转型意义重大。一方面，全球海运船队由数千个航运公司运营，这些航运公司的性质和类型多样，其中不仅包括专业化海运公司和综合运输与物流公司的船队，也包括矿业、能源、港口等行业公司运营的船队。这些航运公司的资源和优势存在差异，在航运业脱碳路径上进行早期差异化的探索也有助于技术的多样性发展。另一方面，航运公司紧密连接着货主、港口、能源等相关方，在联合各方、共同聚力推进行业上下游脱碳方面具备优势，例如，航运公司与能源公司共同推进零排放燃料，有助于能源行业绿色转型; 航运公司与货主公司签订生态航运协议，有助于推动货主供应链脱碳。

[49] CMA CGM, Fund for Energies, https://cmacgm-group.com/en/test-fund-for-energies.

[50] MFAME, Decarbonization Agreement between Shell and CMA CGM (2022-06-29), https://mfame.guru/decarbonization-agreement-between-shell-and-cma-cgm/.

[51] Shipping and Freight Resource, CMA CGM and ENGIE strike a strategic and industrial partnership for decarbonization (2021-09-09), https://www.shippingandfreightresource.com/cma-cgm-and-engie-strike-a-strategic-and-industrial-partnership-for-decarbonization/.

[52] NYK Group, Real Leadership Real Progress, https://www.nyk.com/english/esg/nyk/__icsFiles/afieldfile/2022/10/21/2022_nykreport_all_print_7.pdf.

4.2 国际绿色船舶项目参与度

不同航运公司在减污降碳措施上的进展存在差异，如能通过一套客观公正的评价体系，识别环保表现更好的领先船舶和航运公司，一方面可以为航运减污降碳提供行业对标标准，肯定领先航运公司的努力和实践，激励落后航运公司承担社会责任；另一方面也可为港口制定差异化的环保政策提供支撑信息，港口对领先船舶给予激励措施，有助于吸引更清洁的船舶到港，在减少船舶对港口排放影响的同时，也为航运公司加强绿色技术投资提供了动力。

目前，全球已有多个由不同机构发起的绿色船舶项目，这些项目在对船舶评估的内容各有侧重，方法也不尽相同，但都有助于推动航运公司投资绿色船舶，并且为航运上下游各方提供了绿色决策的参考信息。本报告将简要介绍其中三个主要的绿色船舶项目，分别为环境船舶指数（Environmental Ship Index，以下简称“ESI”）、绿色奖励项目（Green Award）和清洁航运指数（Clean Shipping Index，以下简称“CSI”）。

环境船舶指数（ESI）是国际港口协会（IAPH）2011 年发起的世界港口可持续项目（WPSP）的子项目之一。ESI 评估船舶的 NOx 和 SOx 排放量，并包括了船舶温室气体的汇报机制，从而识别比 IMO 现行排放标准表现更好的海运船舶。该项目由船舶方和港口方自愿参加，截至 2022 年 10 月，已经有 6896 艘船舶获得有效的 ESI 分数，共计 58 个激励提供方（主要为港口）参与该项目。

参与 ESI 项目的港口可以自行决定对达到特定 ESI 分数的船舶提供的优惠措施及力度。根据 ESI 网站公开的信息，共有来自 20 个国家的不同港口参与 ESI 项目，给予 ESI 得分较好船舶的激励包括经济激励和非经济激励两种。经济激励主要体现在直接提供奖励金、给予港口费折扣或海运关税税率折扣等。例如，洛杉矶港对 ESI 得分在 40-49 分的船舶，每次挂靠奖励 750 美元奖励金，得分超过 50 分及以上的船舶，每次挂靠奖励 2500 美元奖励金[53]。非经济激励主要体现在给予荣誉认可或与成为其他绿色船舶项目的加分项。例如，巴拿马运河管理局对 ESI 得分 35 分及以上的船舶给予绿色连接奖[54]，绿色奖励基金会对参与 ESI 项目的船舶提供 10 分加分项，且 ESI 得分越高，在绿色奖励项目中可额外得到最高 30 分的加分[55]。

绿色奖励项目（Green Award）[56] 也是一个自愿性的评估认证机制，对船舶在安全、质量、环保表现方面超出行业标准的船舶给予认证。该项目在 1994 年建立，已经有 1000 艘内河和海运船舶参与认证，包括港口和海事服务供应商在内的 145 个激励提供方参与该项目。激励提供方提供的激励包括港口费折扣、服务折扣、产品折扣、推广等方面。

清洁航运指数（Clean Shipping Index, 以下简称“CSI”），是一个独立和综合的评级系统，对环保表现超出监管合规要求的船舶进行排名，评分要素包括了颗粒物、SOx、NOx、CO_2、化学物质、水和废弃物。船舶最终的得分分为 5 个评级，其中最高评级的分数范围为 125 分 -150 分。CSI 项目的参与者包括了货主、海事管理部门、航运公司、港口、清洁技术供应商、银行金融机构等航运业相关方，为参与者提供绿色决策的参考依据。

本报告梳理了 2021 年船队进出中国沿海港口的航运公司在上述三个绿色船舶项目中的参与情况。表 11 展示了在 ESI 项目得分前 100[57]、CSI 项目得到最高评级第 5 级别或者得到绿色奖励（以下简称“上榜”）的进出中国沿海港口的航运公司。报告分析发现，共有 32 家进出中国沿海港口的航运公司有船舶在上述三个项目中上榜，其中 Equinor 企业在三个项目中均上榜，并且该企业旗下船舶上榜数量最多，ExxonMobil 和 Shell 两家企业在 ESI 和 GreenAward 两个项目中均有出色表现，其余企业仅在单类绿色航运项目上榜。

[53] The Port of Los Angeles, ENVIRONMENTAL SHIP INDEX PROGRAM, https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/environmental-ship-index.

[54] Green Connection Environmental Recognition Program, Green Connection Award, http://greenroute.micanaldepanama.com/index.php/green-connection-award/.

[55] Green Award, Collaboration with ESI, https://www.greenaward.org/sea-shipping/collaboration/.

[56] Green Award, https://www.greenaward.org/sea-shipping/.

[57] 本报告统计的 ESI 项目得分的有效期为 2022 年 7 月 1 日 -2023 年 3 月 31 日或 2022 年 10 月 1 日 -2023 年 12 月 31 日。

在上述航运公司上榜的船舶中，在 ESI 项目中得分前 100 和在 CSI 项目中得到最高评级第 5 级别的船舶均没有参与进出中国沿海港口的海运航行。获得绿色奖励的船舶中，有 23 艘船舶在 2021 年进出中国沿海港口，共属于 12 家航运公司。

表 11 2021 年船队进出中国沿海港口的国际航运公司在绿色船舶项目中的参与情况

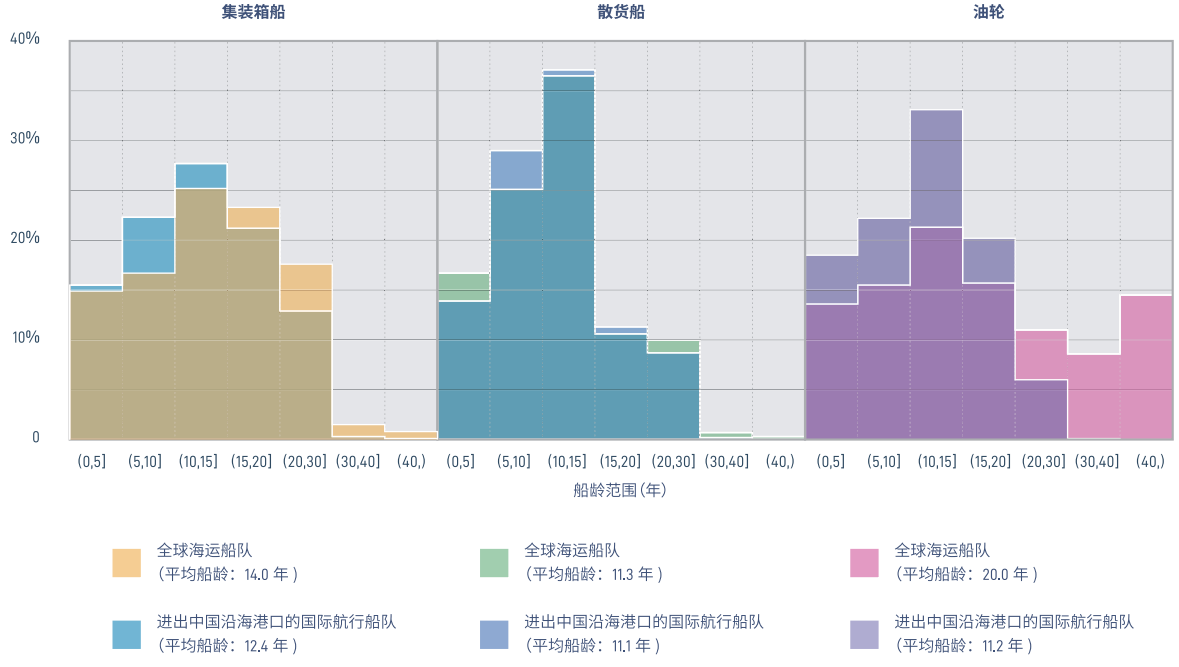
航运公司	ESI 前 100	CSI 评级 -5	绿色奖励项目	船队是否在 2021 年进出中国沿海港口	2021 年进出中国沿海港口的船队运力排名
Equinor	✓	✓	✓		
ExxonMobil	✓		✓		
Shell	✓		✓		
BP 航运集团	✓			是	油轮运力 24
Cardiff Marine	✓			是	散货运力 15
法国达飞海运集团 (达飞轮船)	✓			是	集装箱运力 4
CNOOC	✓				
Enterprises Shipping	✓				
日本川崎汽船株式会社 (川崎汽船)	✓			是	散货运力 8
日本邮船株式会社 (日本邮船)	✓			是	散货运力 4
ASPO PLC		✓			
Stena AB		✓			
A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)			✓	是	集装箱运力 2
A.P. 穆勒控股公司			✓		
Alma Maritime			✓		
Angelicoussis Group			✓	是	散货运力 11
Arab Maritime Petro			✓		
Arcadia Shipmgmt			✓		
BW 集团			✓	是	油轮运力 11
Chandris Group			✓		
Chevron			✓	是	油轮运力 18
Explorer Asia			✓		
Koban Shipping			✓		
Kumiai Senpaku			✓		
Latsco Shipping			✓		
Marmaras Navigation			✓	是	散货运力 24
Minerva Marine			✓		
Nat Iranian Tanker			✓		
SCF Group			✓	是	油轮运力 21
Stena Sonangol			✓		
Thenamaris			✓		
TotalEnergies			✓		
Tsakos Group			✓		

4.3 船队更新

当前全球航运业正处于重要的绿色转型期，加速船队更新是大势所趋。一方面，在 IMO 和部分国家及地区对航运减排的监管与引导下，不符合监管要求的老旧船舶将逐步面临更新淘汰；另一方面，替代能源、能效提升以及智能化方面的船舶技术正在快速变革，新造船舶在排放、能效和智能化水平以及对新技术适配性方面具有优势，领先的航运公司将加快船队更新进度，提升长期绿色竞争力。例如，采用替代燃料的三大船型在役船队中，近 8 成船舶船龄在 5 年以内；替代燃料在新船订单中的应用也在加速，三大船型采用替代燃料和替代燃料预留船舶的运力占比达 20%-53%。新造船舶绿色技术路径的选择，将一定程度上锁定航运业至 2050 年的长期减排空间，这也需要航运公司制定科学的船队更新规划。

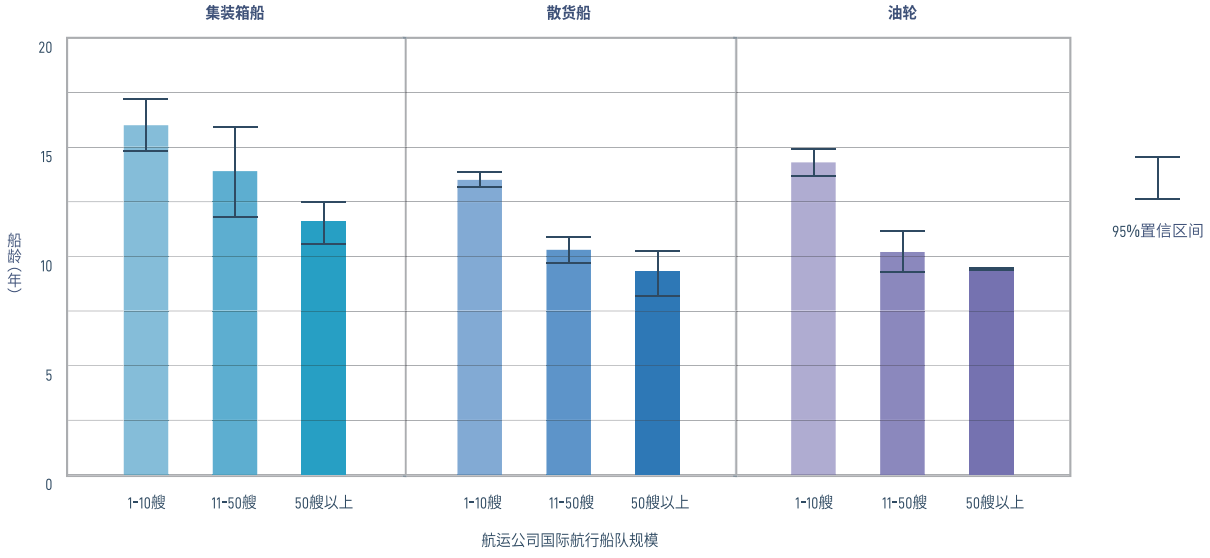
进出中国沿海港口的三大船型的国际航行船队平均船龄小于全球水平。从三大船型全球船队的船龄分布和平均船龄来看，集装箱船和散货船的平均船龄分别为 11.3 年和 14 年，油轮的平均船龄高达 20 年，其全球船队中船龄在 20 年以上的船舶占比高达 34%。与全球船队相比，进出中国沿海港口的国际航行船队整体较“新”，平均船龄相对全球船队更小，尤其油轮的平均船龄仅 11.2 年，比全球船队低 44%。

图 41 全球船队和进出中国沿海港口的国际航行船队船龄分布和平均船龄



进出中国沿海港口的国际航运公司中，国际航运船队规模较大的航运公司更新进展更快。以集装箱航运公司为例，进出中国沿海港口国际航行船队中，规模在 10 艘及以下的航运公司的船队平均船龄为 16 年，规模在 50 艘以上的航运公司的船队平均船龄仅 11.6 年；22 家集装箱航运公司、213 家散货航运公司、72 家油轮航运公司的船队中船龄大于 20 年的船舶占比超过 50%，这些航运公司进出中国港口的国际航行船队规模大多在 10 艘及以下。

图 42 进出中国沿海港口不同规模航运公司国际航行船队的平均船龄



进出中国沿海港口各船型运力前 25 的航运公司，其国际航行船队的平均船龄相对行业均值[58]更低，其中油轮和散货航运公司的平均船龄相对较小。聚焦于进出中国沿海港口各船型运力前 25 航运公司的国际航行船队平均船龄，整体相对行业均值低 2.3%-16.1%；其中，散货船和油轮航运公司的船队平均船龄较低，44% 的散货航运公司和 68% 的油轮航运公司的船队平均船龄均不超过 10 年；相对而言，集装箱航运公司的船队平均船龄较高，76% 的集装箱航运公司的船队平均船龄在 10 年以上，部分航运公司的船队平均船龄甚至达到 20 年左右。

表 12 集装箱航运公司进出中国沿海港口国际航行船队的平均船龄

序号	集装箱航运公司	国际航行船队规模	平均船龄（年）
1	地中海航运公司 (地中海航运)	50 艘以上	13.9
2	A.P. 穆勒 - 马士基集团 (马士基)	50 艘以上	12.5
3	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	50 艘以上	13.0
4	法国达飞海运集团 (达飞轮船)	50 艘以上	10.9
5	长荣海运股份有限公司 (长荣海运)	50 艘以上	9.2
6	海洋网联船务有限公司 (海洋网联)	50 艘以上	10.5
7	赫伯罗特公司 (赫伯罗特)	50 艘以上	10.9
8	韩新海运有限公司 (韩新海运)	50 艘以上	8.5
9	阳明海运股份有限公司 (阳明海运)	50 艘以上	9.6
10	万海航运股份有限公司 (万海航运)	50 艘以上	14.3
11	以星综合航运有限公司 (以星航运)	50 艘以上	13.9
12	太平船务有限公司 (太平船务)	50 艘以上	12.1
13	高丽海运株式会社 (高丽海运)	50 艘以上	10.8

[58] 此处各船型行业均值，指各船型进出中国沿海港口所有国际航行船舶的平均船龄。

14	海丰国际控股有限公司 (海丰航运)	50 艘以上	12.0
15	德翔海运公司 (德翔海运)	11-50 艘	9.8
16	中国联合航运公司 (中联航运)	11-50 艘	15.7
17	SM Group	11-50 艘	14.9
18	泰国宏海箱运有限公司 (宏海箱运)	11-50 艘	19.1
19	Sea Consortium	11-50 艘	12.1
20	新加坡海领船务	11-50 艘	16.0
21	美森轮船有限公司 (美森)	11-50 艘	20.2
22	长锦商船株式会社 (长锦商船)	11-50 艘	14.9
23	中谷海运集团有限公司 (中谷海运)	1-10 艘	2.9
24	伊朗伊斯兰共和国航运公司 (伊朗国航)	1-10 艘	13.9
25	安通控股股份有限公司 (安通控股)	1-10 艘	2.3

注：航运公司按照进出中国沿海港口集装箱船队运力从高到低排列。

表 13 散货航运公司进出中国沿海港口国际航行船队的平均船龄

序号	散货航运公司	国际航行船队规模	平均船龄（年）
1	巴西淡水河谷公司 (淡水河谷)	50 艘以上	4.2
2	中国远洋海运集团有限公司 (中远海运)	50 艘以上	9.6
3	德国奥登道夫公司 (奥登道夫)	50 艘以上	10.0
4	日本邮船株式会社 (日本邮船)	50 艘以上	10.9
5	Berge Bulk	50 艘以上	9.2
6	弗雷德里克森集团	11-50 艘	7.6
7	星散海运	50 艘以上	10.8
8	日本川崎汽船株式会社 (川崎汽船)	50 艘以上	11.3
9	招商局集团有限公司 (招商局)	50 艘以上	9.0
10	韦立国际集团 (韦立国际)	11-50 艘	15.2
11	Angelicoussis Group	11-50 艘	10.8
12	Navios 海事控股	50 艘以上	11.1
13	韩国世腾泛洋船务船公司	50 艘以上	9.4
14	日本株式会社商船三井 (商船三井)	11-50 艘	10.9
15	卡迪夫航运	11-50 艘	14.0
16	Singapore Marine	11-50 艘	11.4
17	佐迪艾克海运公司	11-50 艘	10.4
18	比利时海事集团	11-50 艘	8.9
19	慧洋海运集团	50 艘以上	7.6

20	山东海洋集团有限公司	11-50 艘	6.3
21	日鲜海运	11-50 艘	5.8
22	Golden Union	11-50 艘	10.4
23	新加坡东太平洋航运公司（东太平洋航运）	11-50 艘	9.7
24	Marmaras Navigation	11-50 艘	12.2
25	Alpha Tankers	11-50 艘	10.6

注：航运公司按照进出中国沿海港口散货船队总运力从高到低排列。

表 14 油轮航运公司进出中国沿海港口国际航行船队的平均船龄

序号	油轮航运公司	国际航行船队规模	平均船龄（年）
1	中国远洋海运集团有限公司（中远海运）	50 艘以上	9.6
2	招商局集团有限公司（招商局）	50 艘以上	9.5
3	Tankers Intl	11-50 艘	8.4
4	Angelicoussis Group	11-50 艘	8.1
5	弗雷德里克森集团	11-50 艘	7.2
6	沙特阿拉伯国家航运公司	11-50 艘	9.8
7	Navig8 Group	11-50 艘	9.9
8	DHT Holdings	11-50 艘	8.8
9	阿曼航运公司（阿曼航运）	11-50 艘	10.8
10	长锦商船株式会社（长锦商船）	11-50 艘	9.6
11	BW 集团	50 艘以上	9.5
12	达能孔公司	11-50 艘	11.2
13	Olympic Shpg & Mgmt	11-50 艘	9.9
14	科威特国家石油公司	11-50 艘	10.1
15	Alpha Tankers	11-50 艘	8.7
16	SK 航运	11-50 艘	11.8
17	天蝎座公司	11-50 艘	6.5
18	Chevron	11-50 艘	4.4
19	马来西亚的国家石油公司（马石油）	1-10 艘	10.7
20	Marmaras Navigation	11-50 艘	12.3
21	SCF Group	11-50 艘	15.2
22	Capital Maritime	11-50 艘	9.0
23	Kyklades Maritime	11-50 艘	2.9
24	BP 航运集团	1-10 艘	6.7
25	托姆航运公司	11-50 艘	11.5

注：航运公司按照进出中国沿海港口油轮船队运力从高到低排列。

05 / 发现与建议

Findings and Suggestions

5.1 发现

基于对全球海运船舶、进出中国沿海港口的国际航行船舶、航运公司的减污降碳进展分析，报告有以下发现：

01/ 较高比例的“清洁化”[4]的全球海运船舶参与了中国国际海运贸易活动

2021 年全球集装箱船、散货船和油轮中分别有 76.2%、72.7% 和 46.5% 的运力（以载重吨计，下同）参与了中国国际海运贸易活动。随着全球海运船舶使用替代能源、提升发动机排放标准、应用节能技术以及在船上安装岸电受电设施等“清洁化”的技术手段不断取得进展，进出中国沿海港口的国际航行船舶“清洁化”水平也随之提升。

报告分析发现，全球“清洁化”的在役船舶中，较高比例的船舶在 2021 年开展过进出中国沿海港口的海运活动。例如，全球应用节能技术的集装箱船、散货船、油轮中分别有 82%、79% 和 50% 的运力参与中国国际海运贸易；全球具备岸电受电设施的集装箱船和散货船中分别有 58% 和 74% 的运力参与中国国际海运贸易；全球替代燃料[5]集装箱船中有 63% 的运力参与中国国际海运贸易。此外，尽管中国海域不是 IMO 船舶氮氧化物排放控制区，国际航行船舶没有满足 Tier III 标准的强制要求，但全球达到 Tier III 标准的集装箱船、散货船和油轮中分别有 59.3%、51.8% 和 39.3% 的运力参与中国国际海运贸易，具备在中国海域保持较低 NOx 排放水平的能力。因此，如何鼓励更多“清洁化”的船舶参与中国国际海运贸易，并积极使用“清洁化”技术装置是关键。

02/ 全球海运船舶减碳措施应用方兴未艾，不同航运公司进展存在较大差异

海运船舶的多数减碳技术仍处于应用起步阶段，在役船舶中的应用比例仍然较低，但新船订单中的应用比例明显提升，发展潜力巨大。以集装箱船、散货船和油轮三大船型为例，截止到 2022 年 11 月底，在役不同类型船舶中应用替代燃料、节能技术的船舶运力占比范围分别为 0.3-2.4% 和 24%-32.8%，新船订单中应用替代燃料、节能技术的船舶运力占比范围分别达到了 14%-37% 和 22.3%-40.6%。

航运公司应用减碳技术的进程存在较大差异。在燃料替代技术应用方面，以全球油轮船队为例，在拥有 20 艘左右船舶的 3 家油轮航运公司中，进程较快的公司替代燃料船舶运力比例达到了 77%，而进程较慢的公司替代燃料船舶运力比例仅为 10% 左右。在节能技术应用方面，进出中国沿海港口散货船运力排名第一[6]的淡水河谷公司，其应用节能技术的船舶艘数和运力的占比均在八成以上，远高于运力排名前十的其他航运公司。在船舶岸电受电设施建设方面，进出中国沿海港口的船舶运力前二十五的航运公司中，具备岸电受电设施的船舶数量比例在 0%-60% 的范围之间，各航运公司之间的差异较大。这一情况表明，已有航运先锋重视绿色竞争力的提升，但在缺少更多激励政策的情况下，部分航运公司绿色转型的动力与压力不足。

03/ 国际航行船舶岸电受电设施配备率较低，成为制约挂靠中国沿海港口船舶使用岸电的重要因素

近年来，中国沿海港口的岸电供电设施进一步完备，集装箱和散货等专业化泊位的岸电覆盖率大幅提升，但挂靠中国沿海港口船舶使用岸电情况却不容乐观，制约因素之一是国际航行船舶的岸电受电设施配备率较低，可使用岸电的船舶数量有限。

报告分析发现，国际航行船舶岸电受电设施配备率整体偏低。在全球具备岸电受电设施的海运船舶中，六成左右的船舶在2021 年进出过中国沿海港口。在进出中国沿海港口的国际航行船舶中，集装箱船的岸电受电设施配备率为 7.9%，散货船仅有1.8%。相比国际航行船舶，国内沿海航行集装箱船和散货船的岸电受电设施配备率较好，报告获取到数据的国内沿海航行船舶[7] 的岸电受电设施配备率达到了 20% 以上。

在货物吞吐量前二十的中国沿海港口中，不同港口 2021 年挂靠的船舶岸电受电设施配备率相差较大。例如，散货船停靠艘次前 10 大的港口中，具备岸电受电设施的散货船停靠艘次比例在 3.8%-40.2% 之间。其中黄骅港比例最高，达到 40%，唐山港、秦皇岛港的比例大约在 20% 左右，但日照港的比例低于 5%，船舶岸电受电设施配备率低是导致挂靠这些港口的船舶岸电使用率偏低的因素之一。

对于不具备岸电受电设施的国际航行船舶，中国目前仍缺少有力的约束机制和激励政策，难以有效提升挂靠中国沿海港口船舶的岸电使用率。

04/ 航运先锋公司承诺净零排放，积极引领航运业脱碳进程

为落实《巴黎协定》的温控目标，航运业已经开始采取行动，一些领先的航运公司相继做出气候承诺，积极采取措施推动航运脱碳，为其他航运公司做出了表率。

在 2021 年进出中国沿海港口的三大船型运力分别处于前十位置的 26 家航运公司中，已有 12 家航运公司设定了明确的净零排放或碳中和目标，另有 7 家公司设定的脱碳目标与 IMO 初步战略相当或略严。在设定净零排放目标的航运公司中，马士基、赫伯罗特、海洋网联、日本邮船等航运公司的目标包括了二氧化碳及甲烷、一氧化二氮等温室气体的零排放。

为实现净零排放目标，航运公司积极推进前沿技术的研发和应用。最主要的技术路径是替代能源技术，例如马士基领先推动绿色甲醇燃料、日本邮船公司推进氨和氨能源供应链、达飞轮船推进燃料电池技术研发等。除了通过替代能源从源头减少船舶碳排放外，一些航运企业在脱碳战略中也积极推进碳捕集技术的应用，例如新加坡散货航运公司 Berge Bulk 和日本邮船公司。

随着领先航运公司相继采取积极的脱碳行动，且越来越多的货主对生态环保运输提出需求，尚未采取行动的航运公司将落后于同行，缺失绿色竞争力。

05/ 亟待更多技术突破助推航运脱碳进程，行业多方聚力发挥关键作用

替代能源的技术突破是航运业实现脱碳的加速器。例如，氨燃料是航运业备受青睐的零碳燃料，截止 2022 年 11 月底的手持订单中，集装箱船、散货船和油轮三大船型中具备氨燃料预留的新船运力占比均在 8% 以上，但这些预留船舶真正应用氨燃料的时间，取决于氨燃料发动机技术和氨燃料处理、供应系统技术的完善与成熟度，以解决氨燃料的毒性、腐蚀性、纯氨不易燃烧及用于内燃机燃烧产生的氮氧化物、一氧化二氮和未燃烧的氨处理等问题。液化天然气（以下简称“LNG”）作为当前领跑的替代能源，在生产、存储、运输和使用过程中存在甲烷逃逸，需要生物 LNG、合成 LNG 或甲烷防逃逸技术的进一步发展，方能提升其作为航运业脱碳燃料的优势。

行业各相关方的合作和参与可以加速技术的研发与应用进程，其中航运公司紧密连接着货主、港口、能源技术供应商等相关方，发挥着重要的聚力“纽带”作用。例如，达飞轮船与壳牌、Engie 两家能源公司合作，推进 LNG 和氢燃料混合、甲烷防逃逸技术、燃料电池技术等研发、合成甲烷和生物 LNG 的生产和供应；马士基与 7 家技术和能源公司建立伙伴关系，推进生物甲醇和电制甲醇燃料的商业化应用；中远海运旗下公司中远海运重工与多家公司联合研发氨燃料动力的超大型油轮。

5.2 建议

为了减少国际航行船舶的排放及其环境影响，提升中国在绿色航运业的参与度与竞争力，报告提出以下建议：

01/ 政府部门加强绿色航运产业引导和支持，推动中国成为全球绿色航运领跑者

在我国“双碳”目标和 IMO 初步战略驱动下，航运业迎来了绿色低碳转型的关键时机。建议交通运输部、生态环境部、国家能源局、工业与信息化部、国家发展和改革委员会等多部门共同开展绿色航运产业中长期发展规划的编制，助力中国航运强国的建设，发挥中国在全球航运脱碳转型的重要作用。在发展规划中，结合中国能源产业特点、各行业能源转型需求等情况，统筹规划船用低碳和零碳燃料生产、储运、供给等环节的布局和建设；健全法规体系和财税支持等保障措施，加强对船舶低碳和零碳排放技术的创新及研发支持，引导相关产业主体加大绿色航运技术的研发和投入。

目前，欧盟、英国、美国、新加坡等国家和组织通过发布航运战略或设立支持基金，支持本国或本区域绿色航运相关的研究和创新。中国加强绿色航运产业规划和引导，对于提升中国在全球航运业的竞争力和影响力至关重要。

02/ 中国港口可积极行动，为航运减污降碳提供助力

港口是重要的交通综合枢纽，与航运、临港产业以及贸易活动紧密相关，能够积极协同和引领相关行业实现能源转型。一方面，港口可以发挥其在低碳、零碳能源运输和供应环节的枢纽作用，例如，比利时安特卫普港和荷兰鹿特丹港等港口将“成为绿色能源中心”作为自身定位之一，支持区域及全球的低碳、零碳转型。中国港口如能及时关注替代燃料相关监管要求和技术标准的变化，结合自身资源条件推动绿色能源供应，将进一步提升中国港口在国际上的竞争力。另一方面，港口也可以通过差异化环保政策，向替代燃料船舶、达到 IMO 更高减排要求的船舶、可使用岸电船舶提供优先靠泊、停泊费减免等优惠政策，为更清洁的船舶提供激励和动力，这也有助于吸引航运公司将更清洁的船舶投入到中国相关的贸易航线中。

03/ 深度推进多方合作，探索建立绿色航运走廊

低排放、零排放船舶的规模化应用并非一蹴而就，需要循序渐进，其中建立绿色航运走廊是可行有效的助推方式之一。近年来，越来越多的国家及地区加入到绿色航运走廊的合作或计划中，包括上海港和洛杉矶港口、新加坡港和鹿特丹港、北海和波罗的海地区内部以及澳大利亚到东亚的铁矿石航线等区域间的绿色航运走廊，这些将为其他国家及地区间的绿色航运走廊的建设以及低碳、零碳航运的发展提供借鉴。

建议地方管理部门或相关行业主体选取航次频繁的固定航线，推进航线上的主要港口、航运公司和货主共同参与建设绿色航运走廊项目，探讨航线实现零排放的方法，并设立阶段性推进目标。在绿色航运走廊项目下，参与方可以共同推动替代燃料的供应和加注基础设施建设、试点应用低排放和零排放船舶、提高岸电使用率、应用能效提升的营运措施等，发挥示范推广效应。

04/ 适时加严国内排放控制区要求，强化岸电使用监管与合作推广

中短期内船用燃油仍将是航运业的主要燃料。作为国际海事组织成员国和《国际防止船舶造成污染公约》的缔约国，中国在积极落实国际公约的各项规定的基础上，可以在以下两方面持续推动减少国际航行船舶进入中国领海航行及靠港期间的排放。

一是尽早开展评估和研究加严国内沿海排放控制区对船舶燃油的硫含量要求。随着 2020 年国际海事组织将全球船用燃油硫含量最高限值从 3.5%m/m 加严到 0.5%m/m，中国沿海排放控制区对船舶硫含量 0.5%m/m 的限值要求也已成为全球普遍的标准水平。而全球现有的四个 IMO 批准的船舶排放控制区，均要求船舶燃油硫含量限值不超过 0.1%m/m，且中国的海南沿海排放控制区、韩国国内设置的排放控制区目前也已经要求船舶燃油硫含量不超过 0.1%m/m。中国可以尽早启动在其他沿海排放控制区实施 0.1%m/m 燃油硫含量的可行性评估，以便为进一步控制船舶氮氧化物排放创造条件。

二是强化岸电使用监管，减少船舶靠港排放。虽然国际航行船舶中具备岸电受电设施的船舶比例仍然较低，但应尽快推动已具备岸电受电设施的船舶靠港时尽量使用岸电。建议管理部门及时完善相关法规，明确靠港船舶使用岸电在港口方和船舶方的责任和罚则，为岸电使用的监管执法提供明确且有效力的法律依据。与此同时，港口方可以与航运公司合作，共同推进靠港船舶使用岸电，发挥表率和示范作用。例如，2022 年 12 月上港集团与航运公司达飞轮船签署战略合作协议，共同推进岸电技术的大规模使用，可为其他港口和航运公司提供有益借鉴。

CLEAN AIR
ASIA
亚洲清洁空气中心