PACIFIC ENVIRONMENT

挪威船舶电动化成功经验的启示

零碳航运系列研究报告



太平洋环境
2024 年 8 月

PACIFIC ENVIRONMENT

作　　者：张健 tzhang@pacificenvironment.org
其他作者：邓萍，周敏

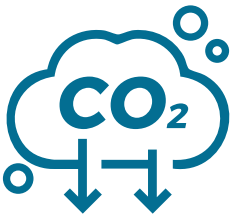
致　　谢：衷心感谢成慧慧，冯淑慧，孟志航等（以上中文姓名按拼音首字母顺序排列）在报告的审阅和定稿过程中给予的支持与意见
排版设计：DancyLauDesign

免责声明

- 本研究报告由太平洋环境资源中心（美国）驻重庆代表处编写，我们在报告中所使用的数据均根据公开可获得的数据，我们尽量使用所能获得的最可靠的数据，但我们不对原数据的真实准确负责，报告中所提供的信息仅供参考。
- 对于本报告的内容以及使用报告可取得的结果，太平洋环境资源中心（美国）驻重庆代表处不做任何明示的、默示的或法定的保证。由报告内容导致的任何直接或间接的后果，太平洋环境资源中心（美国）驻重庆代表处不承担法律责任。
- 本报告最终解释权归太平洋环境资源中心（美国）驻重庆代表处所有。

执行摘要

挪威用了不到 10 年的时间将其电动船规模发展成了全球数量第一。电动船在挪威的大规模部署不仅帮助其航运业降低了碳排放，减少了污染物排放，还促进了挪威经济的发展。



降碳

近三分之一的渡轮实现电动化。在 2022 年，其全年用电量就高达到约 166 GWh，占挪威国内航运能源使用总量的 1.4%。根据挪威官方估计，在 2015 年到 2020 年之间，渡轮的碳排放量减少了约 10 万吨。



减污

挪威空气污染物 NOx 主要来自燃烧船用燃油的排放。挪威航运业通过实施一系列措施，包括大规模应用电动船，在 2020 年减少了 NOx 排放约 1.5 万吨，成功助力挪威政府兑现全国 NOx 排放量比 2005 年减少 23% 的国际承诺。



增长

2014 年国际石油价格几乎腰斩 ，造成挪威造船厂新船订单断崖式下跌，盈利水平也急剧降低。电动船的及时发展很好的弥补了挪威造船厂的新船订单缺失。到 2022 年，挪威造船厂的盈利能力已接近 2014 年水平 。此外，借着全球航运业绿色转型的东风，挪威国家出口委员会提出了将海运业（造船厂、船舶设备和服务提供商）的出口额从 2021 年的 850 亿挪威克朗增加到 2030 年的 1,280 亿挪威克朗的目标。

挪威电动船在气候、环境和经济领域取得的成功，为电动船如何助力中国航运业在今后的碳排放双控、空气质量持续改善以及行业高质量发展上提供了借鉴。

根据挪威船舶电动化的发展经验，有以下亮点和经验做法，值得中国船舶电动化参考，从而加速电动船在中国的研发、试点、示范和应用。通过促进电动船的发展来加速实现中国航运脱碳，环境的持续改善以及行业的高端化、智能化、绿色化。

i. 出台顶层设计，指导船舶电动化工作，助力航运碳达峰碳中和

当下中国尚未出台航运碳达峰时间点以及船舶电动化率等约束性指标，也未发布航运碳达峰碳中和路线图和行动方案等降碳工作指导性文件。出台行业相关约束性指标和指导性文件，将有助于明确船舶电动化路径，形成行业共识，加速电动船的研发、示范、推广和应用，从而加快零碳航运的实现。

ii. 加大电动船绿色采购力度，促进绿色低碳交通运输体系建设

政府采购作为政府的治理工具，具有帮助实现国家社会与经济政策目标的功能。它不仅能够促进产业结构的调整、支持市场主体创新，还能引导社会绿色发展。中国交通运输部、国家发展改革委在 2024 年 8 月初印发的《交通运输老旧营运船舶报废更新补贴实施细则》为各级政府机关、国有企事业单位通过绿色采购电动船来推动新一轮交通运输设备更新换代提供了契机。

iii. 坚持“污染者付费”原则，倒逼航运电动化转型，提升航运绿色底色

在挪威，“污染者付费原则”是挪威气候变化政策的基石，它主要通过碳市场和碳税来实现。而在中国，航运尚未被纳入全国碳市场，也未被征收碳税。尽快出台航运碳定价相关措施，通过征收费用来反哺电动船技术的发展和应用，将有助于加快中国航运业绿色低碳转型。

iv. 打造以造船厂为中心的集群式发展，提高电动船技术竞争力

造船厂集群是挪威航运业创新和长期竞争力最重要的源泉。一方面是因为新技术、新产品和新的解决方案都将在造船厂进行全面的测试和试验。另一方面，集群式的发展会给同类型的企业带来了竞争压力，激发了其创新的内在动力。同时，它还有利于形成规模效应，有助于吸引资金和人才。中国造船重点省份之一的安徽省已明确了“构建内河绿色智能船舶与特色海洋工程装备‘345+N’产业发展格局，建设特色产业集群”。

v. 大力发展港口清洁电力，完全释放电动船零排放潜力

港口零碳电力为电动船助力挪威减污降碳取得好成绩功不可没。因此，中国要想完全发挥电动船的零排放优势，需要提高港口电力的清洁程度。中国的天津港、潍坊港在零碳码头、零碳港口建设方面起到了很好的带头、示范作用。

CONTENT

目　录

执行摘要 I

01 背景 01

1.1 气候效益 01

1.2 环境效益 03

1.3 经济效益 03

02 长江流域航运现状 05

2.1 公共采购 06

2.1.1 中央政府采购 06

2.1.2 地方政府采购 07

2.2 资金支持 07

2.2.1 专项资金 07

2.2.2 Enova 08

2.2.3 Klimasats 计划 08

2.2.4 NOx 基金 09

2.3 税收 09

2.3.1 碳税 09

2.3.2 NOx 税 10

2.3.3 电力税 10

2.4 港口费 11
2.5 零排放区 11
2.6 绿色金融 12
2.7 鼓励创新 13
2.7.1 挪威创新署 13
2.7.2 挪威研究委员会 14
2.7.3 挪威创新集群 14
2.7.4 国家测试中心 15
2.8 合作共赢 15
2.8.1 海事电池论坛 15
2.8.2 挪威近海运输推广中心 16
2.8.3 绿色航运计划 16

03 挪威经验的启示 17

3.1 出台顶层设计，指导船舶电动化工作，助力航运碳达峰碳中和 17
3.2 加大电动船绿色采购力度，促进绿色低碳交通运输体系建设 19
3.3 坚持“污染者付费”原则，倒逼航运电动化转型，提升航运绿色底色 20
3.4 打造以造船厂为中心的集群式发展，提高电动船技术竞争力 20
3.5 大力发展港口清洁电力，完全释放电动船零排放潜力 21

04 结论 22

背　景

2015 年，世界上第一艘电动渡轮在挪威诞生，从此拉开了其航运业电动化转型的序幕。截至 2024 年 7 月，挪威电动船（包含纯电动、混动和插混）数量排名世界第一，占全球总数的 33%[1]。

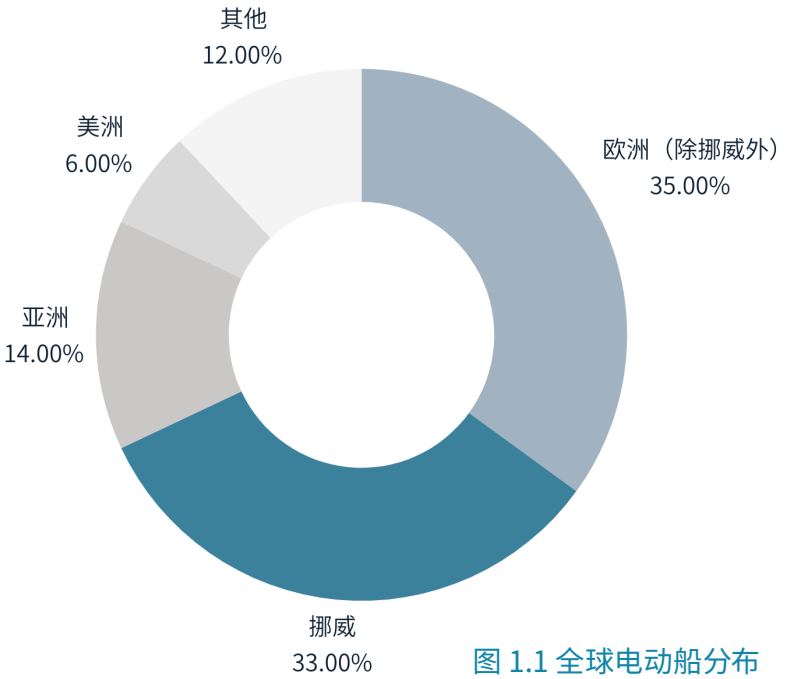


图 1.1 全球电动船分布

挪威大力发展电动船不仅仅是为了能够履行其国际气候承诺和实现其交通部门减排目标，为全球气候和环境做出重要贡献，还为了将电动船打造成挪威的优势产业，在国内外市场获得巨大的经济增长潜力。

挪威电动船经过近 10 年的发展，帮助航运业降低了碳排放和减少了污染物排放；同时，它还创造了新的经济增长点和提高了就业机会，取得了斐然的成绩。

1.1 气候效益[2]

挪威国土面积近 32.4 万平方公里，形状狭长，南北跨度 1,752 公里，大陆海岸线长约 2,500 公里（不包括峡湾和海湾）。由于挪威人居住分散，出行严重依赖于交通工具，比如渡轮；再加上挪威经济偏出口（出口约占 GDP 46%），主要以原材料和大宗商品出口为主，导致货物运输量很大。在 2020 年，挪威温室气体总排放量约为 4,930 万吨，其中约三分之一来自交通运输业。

[1] Alternative Fuels Insight, DNV, 截至 2024 年 7 月
[2] Norway’s Eighth National Communication, Norwegian Ministry of Climate and Environment, 2023 年 3 月

就挪威温室气体总排放量而言，自 2015 年以来它是有所下降，主要是因为交通运输业和石化行业的排放量减少，而电动化是交通运输业降碳的主要抓手。以挪威航运业为例，其电动船在 2015 年仅有 15 艘，但在 2023 年，其已迅猛发展到 332 艘（如图 1.2 所示）。

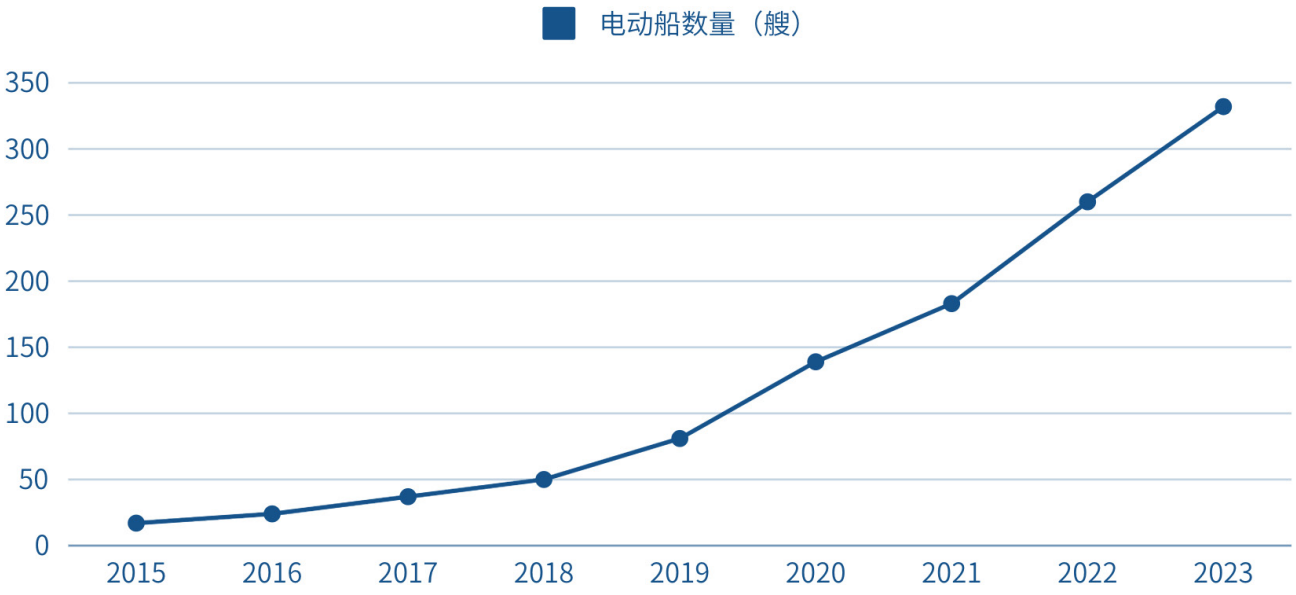


图 1.2 挪威电动船数量 [3]

挪威船舶电动化的结果大幅度提高了电能在挪威航运能源的使用量。根据挪威统计局 2022 年数据，仅渡轮的全年用电量就高达到约 166 GWh，占挪威国内航运能源使用总量的 1.4%。由于挪威电力以可再生能源发电为主，98% 的发电量均来自它们（水电占 89%，风电占 9%），因此，船舶电动化的降碳效果显著（包括但不限于）：

- 公共采购使得近三分之一的渡轮安装上了电池，预计在 2015 年到 2020 年之间，它们的排放量减少了约 10 万吨 CO_2。

CO_2 减少 10 万吨

- 绿色航运计划以验证新型绿色技术为主，虽然没有带来立竿见影的效果，但若大规模使用，预计其碳减排潜力约为每年 26 万吨 CO_2。

CO_2 减少 26 万吨

[3] Clarkson 数据库，截至到 2023 年底

1.2 环境效益 [4]

挪威使用的燃料相对清洁（低硫燃料），因此污染物排放的总量并不高。2020 年，挪威全国共排放了约 1.56 万吨的 SO2，15 万吨的 NOx，以及 7 万吨的颗粒物。其中，挪威国内航运排放的 SO2，NOx，以及颗粒物总量分别约为 0.1 万吨，2.7 万吨和 0.13 万吨，分别占全挪威总排放量的约 6.4%，18% 和 1.9%。

无论是从 NOx 排放总量，还是从全国占比上讲，挪威国内航运是污染物 NOx 的主要来源之一，因此它一直是该行业的重点减污对象。挪威航运业通过实施一系列措施，包括大规模应用电动船，在 2020 年减少了 NOx 排放约 1.5 万吨（2005 年为基准年），成功助力挪威政府实现 2020 年全国 NOx 排放量比 2005 年减少 29%，比向国际社会承诺的 23% 高出 6 个百分点。

NOx 的减少不仅改善了空气质量，阻止了酸雨的形成，同时还降低了它对人体健康的负面影响。根据研究，NOx 能造成肾脏损伤，增加免疫性疾病和癌症的风险增加。每公斤 NOx 会造成 23~409 挪威克朗的健康损失 [5]。挪威航运业在 2005 -2020 年采取的减污措施，有效地降低了约 35~610 万挪威克朗的健康损失。

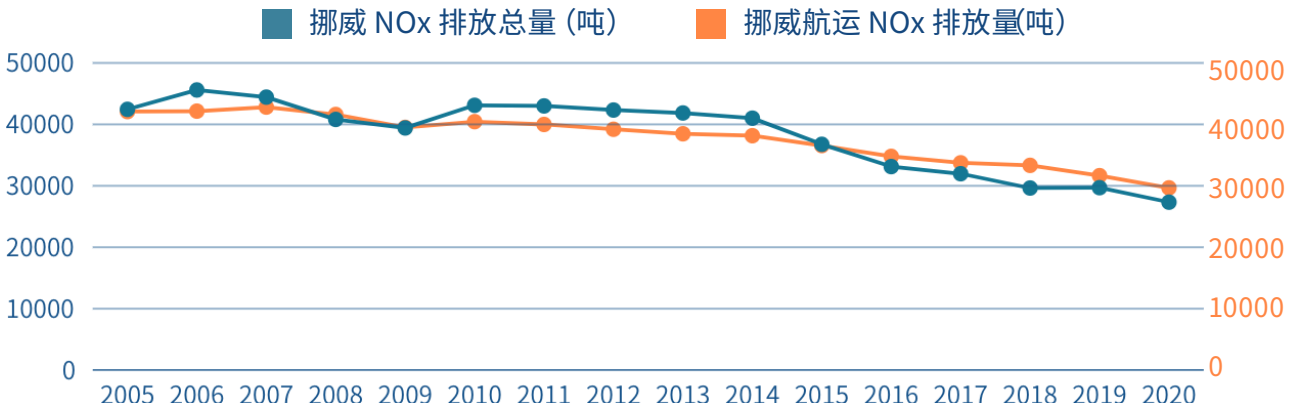


图 1.3 挪威 NOx 排放总量和挪威航运 NOx 排放量

1.3 经济效益

2014 年之前，挪威造船厂的经营活动主要以海洋工程船（主要包括围绕海上油气开发，海上风电项目而建造的船舶）为主。由于 2014 年国际油价几乎腰斩 [6]，导致挪威造船厂新船订单断崖式下跌。若不是电动船订单持续增多，挪威造船业可能会经历毁灭性打击 [7]。

[4] 挪威统计局
[5] Eksterne kostnader ved transport i Norge, Rødseth, et al., 2019
[6] 国际油价 2014 年下跌近 50%, 新华网 , 2015 年 1 月 1 日
[7] EKSPORTMELDINGEN 2024, MENON ECONOMICS, 2024

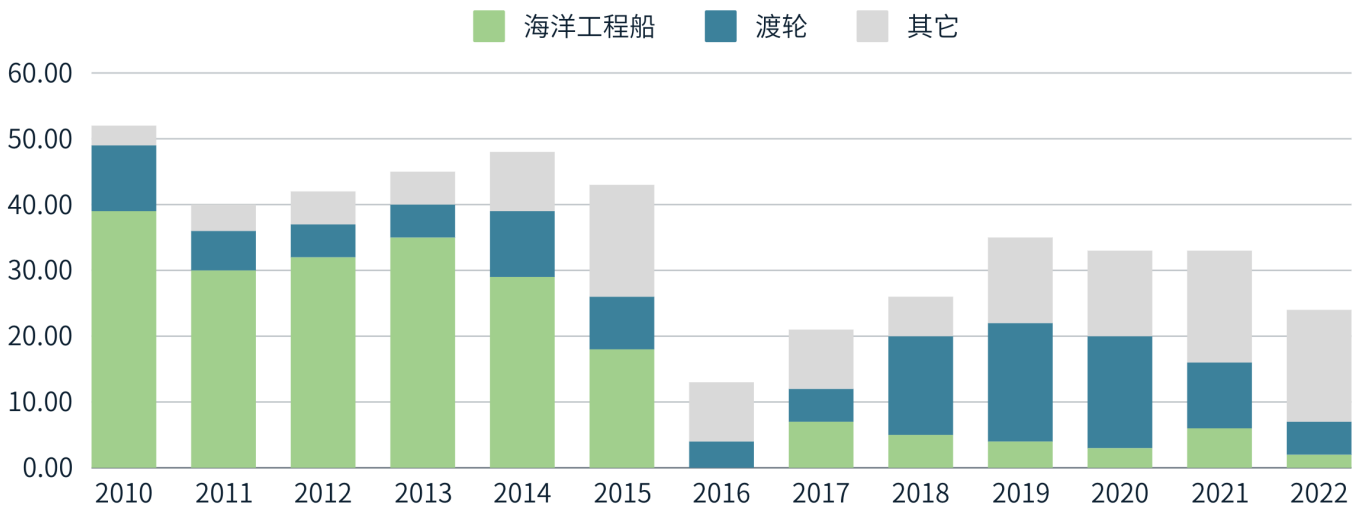


图 1.4 挪威造船厂新签船舶订单

经过短暂的转型剧痛，挪威造船厂的盈利能力逐步回升。到 2022 年，其盈利能力已接近 2014 年水平[8]。

随着全球航运绿色转型的加速，在未来几十年，世界上大部分船舶将被新改建成低零碳船舶，这不仅为挪威造船厂提供了发展契机，还给挪威船舶设备制造商、船舶设计和服务等行业带来了增长机会。因此，挪威国家出口委员会提出了将海运业（造船厂、船舶设备和服务提供商）的出口额从 2021 年的 850 亿挪威克朗增加到 2030 年的 1,280 亿挪威克朗的目标[9]。

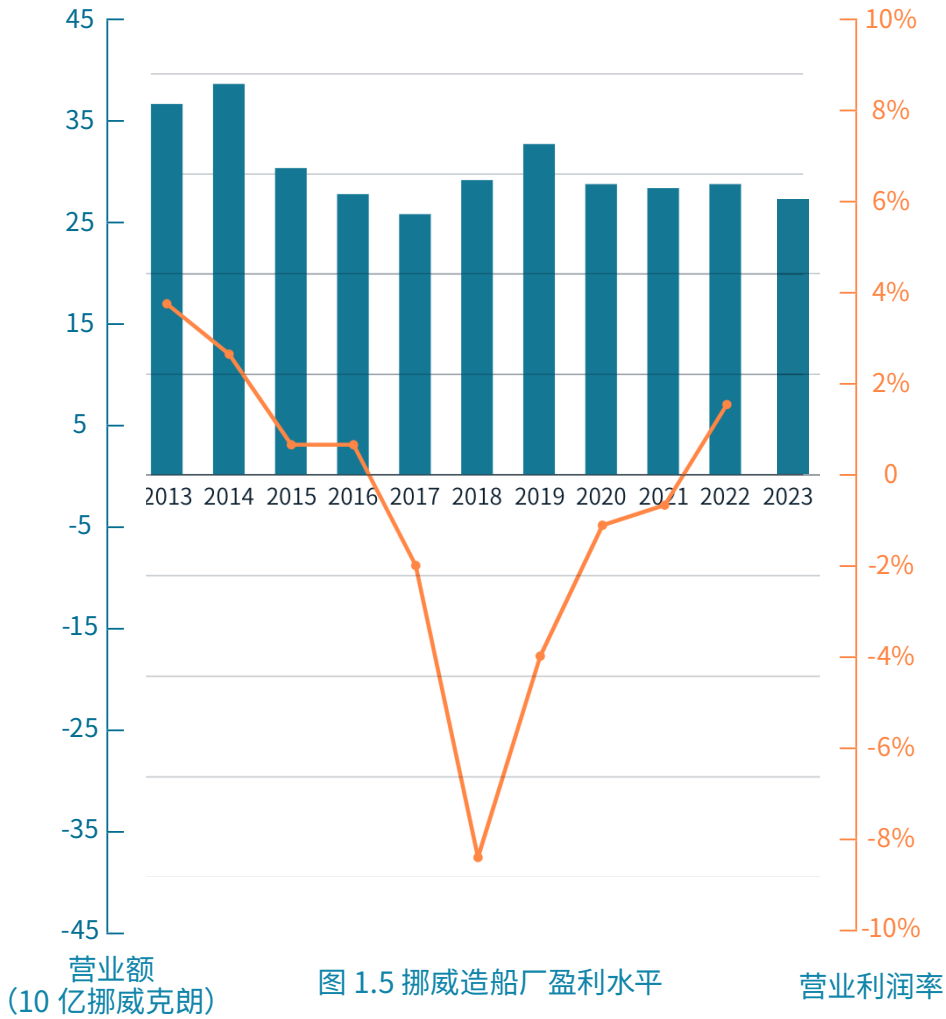


图 1.5 挪威造船厂盈利水平

[8] MARITIM VERDISKAPINGSRAPPORT 2024, MENON ECONOMICS, 2024
[9] EKSPORTMELDINGEN 2024, MENON ECONOMICS, 2024

02

挪威船舶电动化举措

挪威电动船的迅猛发展不仅成功地化解了挪威造船业因为石油价格下跌造成的新船订单萎缩的危机，还帮助挪威在全球航运绿色转型中确立了领先地位。同时，电动船的零排放特性有效地降低了污染物排放和温室气体排放，为挪威的环境和气候做出了相应的贡献。

然而电动船在气候、环境、经济领域取得的成绩并不是一蹴而就，而是政府主导，行业积极响应，经过近十年的共同努力而取得的。

表 2.1 挪威采取的电动化举措

序号	名称	类别
1	中央政府采购	财政
2	地方政府采购	财政
3	专项资金	财政
4	Enova	经济
5	Klimasats 计划	经济
6	NOx 基金	经济
7	碳税	财政
8	NOx 税	财政
9	电力税	财政
10	港口费	经济
11	零排放区	监管
12	绿色金融	经济
13	挪威创新署	技术
14	挪威研究委员会	技术
15	挪威创新集群	技术
16	国家测试中心	技术
17	海事电池论坛	知识
18	挪威近海运输推广中心	知识、经济
19	绿色航运计划	知识、技术、经济

2.1 公共采购

因为挪威的地形地貌以及人口居住分散，海上客运服务一直是挪威交通系统的重要组成部分。其中包括提供渡轮和高速船舶，以及卑尔根 - 希尔科内斯沿海航线。目前挪威约有 140 条渡轮服务，共计 203 艘客运和汽车渡轮在运营。其中，17 条由中央政府通过挪威公共道路管理局采购这些服务，其余的由县当局负责采购。

根据《挪威绿色航运行动计划》[10]，它要求将低零碳排放方案纳入到渡轮和高速船舶的采购流程中，来促进低零碳渡轮的发展。此外，在修订后的《公共采购条例》规定，招标人应以至少百分之三十的权重来考虑气候和环境因素 [11]。

2.1.1 中央政府采购 [12]

在 2000 年代的服务招标中，航运公司为了降低风险，通常在满足挪威公共道路管理局要求的最低质量要求下，采取价格竞争的策略。挪威公共道路管理局自身也意识到，仅靠价格比拼，是不能实现新兴绿色技术在行业中的推广和应用。因此，从 2009 年起，挪威公共道路管理局开始探索通过修改招标文件要求来促进渡轮向环境友好型船舶转型。

2011 年挪威公共道路管理局对拉维克 - 奥佩达尔渡轮航线招标。与以往不同的是，这次招标采取综合评分法模式，其中能源效率和环境友好的加权比重为 40%，价格的加权比重为 60%。Fjord1, Torghatten, Norled 和 Boreal 等企业参与了招投标，在这个过程中，凡是没能满足 15-20% 能源和环境改善要求的技术方案都被拒绝。最终，Norled 在招标中获胜。

[10] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月
[11] Forskrift om offentlige anskaffelser (anskaffelsesforskriften), Nærings- og fiskeridepartementet
[12] Implementing zero emission vessels in ferry operations in Norway, Stephen Kwasi Nkesah, Trafikdage på Aalborg Universitet 2022 ISSN 1603-9696

拉维克 - 奥佩达尔渡轮航线招标的成功，为后来的海上客运服务采购树立榜样。Hjelmeland-Nesvik 航线的招标也采用类似的形式，其中环境占权重 30%，价格权重为 70%。

2.1.2 地方政府采购

县级政府根据自身情况，制定其所辖渡轮航线招投标文件。以 Vestland 县为例[13]，新船合同的设计必须以 Vestland 规划为指导方针，满足《Vestland 2020-2024 年发展规划》、《2022-2033 年区域交通规划》以及《Vestland 2022-2033 年可持续交通战略》相关要求，在为居民提供可持续的、良好的交通服务的同时，实现气候和环境友好的出行以及社会可持续发展的目标。

为了实现公共交通碳减排的目标，Vestland 要求使用最新的可用技术，并且该技术能够在合同中被定价。由于在当时，只有电池技术满足相关要求，而绿氢、绿氨以及绿色甲醇等零碳排放技术尚不可用或不可能确认价格，所以它们被暂时排除在外。

2.2 资金支持

2.2.1 专项资金

挪威电动船的高速发展，离不开挪威政府对它提供的长期性资金支持。在 2019 年修订后的挪威国家预算中，就有 2,500 万挪威克朗是被用来支持低零碳高速客船解决方案，为那些有意愿购买环境友好船舶的县提供资金支持[14]。

为了削减挪威碳排放，挪威政府还发起了近海货运绿色船队更新倡议，包括淘汰老旧船舶，以及近海航运和渔船贷款计划来推动绿色船舶替代。为此，挪威政府在 2020 年将用于绿色船队更新的预算拨款增加了 4.2 亿挪威克朗[15]。

[13] Båtanbod Hordaland 2026-2028 - Strategiske føringar og rammer for vidare utgreiing til dei nye kontraktane, Vestland fylkeskommune, 2024 年
[14] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年
[15] Norway’s Climate Action Plan for 2021–2030, Norwegian Ministry of Climate and Environment, 2021 年 1 月

2.2.2 Enova[16]

Enova 是挪威气候环境部下属的国有企业，成立于 2001 年。它的主要任务是促进能源消费和生产向更加环保方式转变以及推动能源和气候技术的发展。Enova 的工作开展既需要加强能源供应安全又要减少温室气体排放。

在 2015 年，交通运输领域被纳入到了 Enova 的工作范围。从那时起，Enova 已为航运业提供了超过 70 亿克朗的资金。在 2023 年，Enova 共支持 136 个航运项目，提供资金高达 13.8 亿挪威克朗。其中包括 113 艘电动船获得 8.275 亿挪威克朗的补贴，六座发电厂获得了 6,370 万挪威克朗资金用于建设充电设施和促进岸电发展。

2.2.3 Klimasats 计划 [17]

2016 年，挪威政府出台了 Klimasat 计划，旨在通过向地方政府提供补贴的方式，减少温室气体排放，向低碳社会转型。在 2016 年至 2022 年期间，它总共支持了 1,850 多个项目。其中 692 个项目获得了 7.907 亿挪威克朗，并计算了它们的碳减排量。预计到 2030 年，这些项目总共可减少不低于 62.7 万吨二氧化碳当量的温室气体排放。

Klimasat 计划从 2017 年开始支持航运中的快艇和渡轮。截至 2023 年，共有 35 个项目获得总计约 3.7 亿挪威克朗的补贴，项目类型包括交通规划、电动船等。

在 2024 年，Klimasat 计划预留了 2.2 亿挪威克朗来支持地方政府的降碳项目。

[16] 通过 Enova 官网和其 2023 年年报整理而得
[17] 通过 Klimasat 官网和其 2016-2022 年评估报告整理而得

2.2.4 NOx 基金 [18]

NOx 基金成立于 2008 年，它是依据 15 个商业组织与挪威政府签订的氮氧化物协议而设立。参与企业通过缴纳一定数额的协议金并按规定不超过氮氧化物排放量上限来换取免收氮氧化物税的权益。截至 2023 年年底，共有 942 家企业参与到其中。

在 2018 年 - 2023 年协议期间，NOx 基金总共提供了 41 亿挪威克朗资金来支持 404 项减排措施。其中，航运业获得的支持措施最多，共计 234 个。它包括了电动船、岸电和电动船充电设施等项目。例如，Fjord1 公司的 5 艘纯电动渡轮都得到了 NOx 基金的支持。

虽然 NOx 基金的重点在氮氧化物减排上，但它的降碳协同效益同样不可忽视，在整个协议期间，预计总共减少了 336,751 吨二氧化碳排放。

2.3 税收

2.3.1 碳税

早在 1991 年，挪威就开始通过征收碳税的方式来减少矿物产品的使用和燃烧。在加入欧盟碳交易系统之前，航运会被征收标准碳税率。以 2019 年为例，矿物油的税率为每升 1.35 挪威克朗，相当于每吨二氧化碳当量 508 挪威克朗；液化天然气每立方米 1.02 挪威克朗，相当于每吨二氧化碳当量 508 挪威克朗；液化石油气每立方米 1.52 挪威克朗，相当于每吨二氧化碳当量 507 挪威克朗。挪威政府计划从 2020 年到 2025 年期间，每年提高碳税率 5%[19]。

如果挪威政府在 2021-2030 年期间稳步提高碳税，并在 2030 年将其提高至每吨二氧化碳当量 2,000 挪威克朗，预计可减少交通运输部门约 350 万吨二氧化碳当量的排放，可降低航运和渔业约 63 万吨二氧化碳当量的排放 [20]。

[18] 通过 NOx 基金官网和其 2023 年年报整理而得
[19] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月
[20] 挪威 2021-2030 年气候行动计划，挪威气候与环境部，2021 年 1 月

虽然挪威不属于欧盟，但它于 2008 年正式加入欧盟碳排放交易体系。因为欧盟于 2024 年 1 月将航运纳入其碳排放交易体系，故挪威航运不再征收二氧化碳碳税，以避免双重收费 [21]。

2.3.2 NOx 税

为了满足《哥德堡议定书》规定的 2010 年国家氮氧化物排放上限，挪威政府于 2007 年 1 月引入了 NOx 税，每排放 1 千克 NOx 征收 15 挪威克朗。在开征时，NOx 税覆盖了挪威 NOx 总排放量的约 55%，其中就包括船用发动机功率超过 750 千瓦的船舶 [22]。在 2024 年，NOx 税已提高至 25 挪威克朗 / 千克氮氧化物 [23]。

值得注意的是，正是由于 NOx 税的存在，才促使了企业与挪威政府签订的氮氧化物协议，促成了 NOx 基金的设立。凡是已签署《2018-2025 年氮氧化物协议》的企业，在协议生效期间，自签署日起免征 NOx 税 [24]。

2.3.3 电力税

从 2017 年 1 月 1 日起，挪威政府开始对商业船舶征收电力税。为了促进船舶电动化和岸电使用等，挪威对满足条件的船舶实施电力税减免，引入了用于商业运输的电力税率 [25]。以 2024 年为例，标准电力税在 1-3 月和 4-12 月的税率分别为 0.0951 挪威克朗 / 度电和 0.1644 挪威克朗 / 度电；而减免的全年电力税为 0.0058 挪威克朗 / 度电 [26]。

[21] Notification - CO2 tax - exemption for undertakings covered by the ETS, Royal Ministry of Finance, 2024 年 5 月 3 日
[22] Cutting NOx emissions - the Norwegian way, AirClim, 2010 年 3 月
[23] NOx tax, The Norwegian Tax Administration
[24] NOx tax, The Norwegian Tax Administration
[25] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月
[26] Electrical power tax, The Norwegian Tax Administration

2.4 港口费

在挪威，港口对其提供的服务拥有定价权。许多挪威的港口推出了绿色船舶折扣。以奥斯陆港口为例，在 2024 年，凡是环境船舶指数 ESI（Environmental Ship Index）中注册总分超过 40 分的船舶可享受 40% 的码头费折扣；注册总分超过 30 分的船舶可享受 10% 的码头费折扣[27]。

表 2.2 奥斯陆基于环境港口指数的码头费调整表 (2024 年)[29]

序号	EPI 分数	调整比例
1	0-9	+100%
2	10-29	+50%
3	30-39	+30%
4	40-59	-15%
5	60-79	-25%
6	80-100	-30%

此外，从 2019 年起，一些港口还计划引入基于环境港口指数 EPI（Environmental Port Index）[28]，旨在支持可持续性的环保游轮运营，增加污染游轮的停靠成本。码头费随 EPI 分数变化而不同。奥斯陆港口 2024 年价格表如下。EPI 分数越高，码头费折扣越多；EPI 分数越低，码头费上调比例也高，其增加比例可高达 100%。

2.5 零排放区

2005 年，挪威的盖朗厄尔峡湾和纳柔依峡湾 (Geirangerfjord and Nærøyfjord) 被列入联合国教科文组织世界遗产名录。其大部分区域被归为世界自然保护联盟 IUCN 第 V 类“受保护景观”，有几处小区域则被划为第 I 类“严格自然保护区”[30]。

2018 年，挪威议会通过了一项零排放决议，它要求在 2026 年之前，终止峡湾世界遗产地的游轮和渡轮排放[31]。决议的通过将对峡湾的交通、旅游、气候、环境以及航运产生积极地影响。

[27] Prices, commercial terms & conditions 2024, Port of Oslo
[28] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月
[29] Prices and commercial terms - cruise and yachts 2024, Port of Oslo
[30] West Norwegian Fjords – Geirangerfjord and Nærøyfjord, UNESCO
[31] Norwegian parliament adopts zero-emission regulations in World Heritage fjords, UNESCO, 2018 年 5 月 17 日

2022 年，挪威气候与环境部正式要求挪威海洋管理局对如何在 2026 年前满足和实施世界遗产峡湾游轮、旅游船和渡轮零排放要求做出评估并提出建议[32]。

根据 2024 年 8 月 24 日挪威政府的新闻稿[33]，零排放要求将从 2026 年 1 月 1 日起实施，实施对象是 10,000 总吨以下的旅游船和渡轮。而对于大型船舶，该要求将从 2032 年 1 月 1 日起适用。因为大型船舶尚不存在零排放技术，因此有必要逐步实施该要求。

2.6 绿色金融

改装现有船舶或购置新船是航运公司降低碳排放量的手段之一。但短途航运公司利润薄，财务状况不稳健，很难积累足够的资金来进行改造或更换船舶。此外，其信誉度也很难获得商业融资[34]。

挪威出口金融公司 Eksfin，作为一家贸易和渔业部下属的国企，承担起了向航运公司提供绿色金融服务的工作。在其 2022-2025 年的战略计划中，将绿色航运列为其战略任务之一，旨在促进绿色转型。其提供的金融工具包括但不限于[35]：

- 购买船舶贷款。
- 造船贷款担保。在 2023 年承诺额度为 27 亿挪威克朗。
- 临时船舶融资方案。它是向挪威船东提供贷款和贷款担保，用于从挪威造船厂购买船舶。

[32] Assignment on implementation of zero emissions requirement for cruise ships, tourist boats and ferries in the World Heritage fjords by 2026, Ministry of Climate and Environment, 2022 年 3 月
[33] Innfører krav om nullutslipp i verdensarvfjordene, Norwegian Government, 2024 年 8 月
[34] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月
[35] Arsrapport 2023, Eksfin, 2024 年 5 月

2.7 鼓励创新

2.7.1 挪威创新署

挪威创新署成立于 2004 年，由挪威工业和地区发展基金、挪威贸易理事会、挪威旅游局和挪威国家发明家咨询办公室合并而成。它是挪威工商界提供企业业务发展、结构调整、绿色增长和开发出口机会的最重要工具。据统计，挪威创新署能用 1 挪威克朗撬动了将近 2 挪威克朗自筹资金或其他来源资金，用于发展项目和投资。

2022 年，挪威创新署向企业提供了 242 亿挪威克朗的资金，其 68% 的财政资源用于可能对环境产生积极影响的项目，比 2021 年增加了 7 个百分点 [36]。与航运相关的项目包括 [37]：

- 环境技术计划。它是为新环境技术的开发、试点和示范提供资助，包括零排放航运解决方案。在 2017 年，航运是第二大资金获得者，预计获得 7,300 万挪威克朗。
- 创新合同。它向开展创新项目的公司提供资助。预计航运每年能收到 2,500 万挪威克朗的资金支持。
- 智能交通解决方案补贴（Pilot-T）。它面向那些开发和测试更高效、更环保、更安全的交通系统解决方案的公司。新技术、新服务和新商业模式都符合要求。

[36] aarsrapport 2022, Innovation Norway
[37] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月

2.7.2 挪威研究委员会 [38]

挪威研究委员会成立于 1993 年，隶属于挪威政府，负责资助研究型和创新型项目。在 2022 年，挪威研究委员会资助了 114 亿挪威克朗。航运的研究和创新主要针对绿色航运和智能船舶，包括电池技术、氢、氨、生物燃料和核能等。

在 2018 年至 2022 年期间资助的绿色航运项目，取得了不错的成绩：

- 79% 的项目已经减少或预计减少碳排放
- 47% 的项目成果已被其他公司使用
- 60% 的项目已实现或预期增加出口

2.7.3 挪威创新集群 [39]

挪威创新集群由挪威创新署、挪威工业发展公司（SIVA）和研究委员会共同拥有，并代表贸易、工业和渔业部以及地方政府和区域发展部对其进行管理。它旨在通过扩大企业、研究院所和公共发展机构之间的合作，从而加强创新和合作。

目前，挪威创新集群以达 34 个，涵盖能源、医疗、金融等领域。其中与航运密切相关的是海事清洁技术集群（Maritime CleanTech），它覆盖了海事整个产业链上的将近 150 家企业，包括船级社、能源、设计、研发、装备、金融和法律等公司，其目标是打造具有全球商业潜力的绿色突破性项目。

[38] 根据其官网和 2023 年年报整理而得
[39] 根据其官网整理而得

2.7.4 国家测试中心 [40]

国家测试中心起源于挪威 2017 年的弹射器计划，该计划旨在通过建立国家测试中心，为中小企业提供新技术、新解决方案的测试、模拟以及提供专业设备和知识，帮助企业加速产品从概念到投放市场的进程。

在 2018 年成立的三个新测试中心，全部服务于海洋产业。它们分别是：

- 海洋创新测试中心。它位于卑尔根，专注于开发促进海洋产业增长和绿色重组的新解决方案。
- 可持续能源测试中心。它位于斯托德，聚焦在海洋工业和相关行业的海上和分布式能源系统（电池、燃料电池等）。
- 数字测试中心。它位于奥勒松，专攻仿真、数字孪生和虚拟原型设计。

2.8 合作共赢

2.8.1 海事电池论坛

海事电池论坛（Maritime Battery Forum）成立于 2014 年 4 月，旨在通过推广海事电池解决方案，为行业提供支持，来加速航运减排。成立之初，它仅有 15 家挪威公司和机构，到了 2023 年，其成员已增加到 70 多个，遍布欧洲、美洲和亚洲 [41]。

海事电池论坛搭建了一个分享知识、最佳实践和经验的全球性平台，通过各种研讨会、会议、课程等来为海事电池行业发声和加强合作。其成员共同开展了多个合作项目，包括电池安全、集装箱式电池标准化以及岸电等 [42]。

[40] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019 年 6 月
[41] 通过其官网整理而得
[42] Maritime Battery Forum: Maritime batteries are a mature technology to reduce emissions, SAFETY4SEA, 2023 年 2 月

2.8.2 挪威近海运输推广中心 [43]

挪威近海运输推广中心（Shortsea Promotion Centre Norway）成立于 2003 年，旨在促进海运部门的利益相关方之间的交流和合作，加强短途海运。

挪威近海运输推广中心一方面通过推广 Schedules 平台，帮助货主更便捷地找到近海运输替代方案，推动从公路运输转向更低碳的海路运输。另一方面，中心还通过举办会议、论坛、研讨会等方式推广可持续性的海运解决方案。

2.8.3 绿色航运计划 [44]

绿色航运计划（The Green Shipping Programme, GSP）是在挪威船级社（DNV）倡议下，于 2015 年成立的一个公私合作伙伴关系，旨在推进挪威政府的航运战略和计划，将挪威航运打造成世界上效率最高，环境最友好的航运。

绿色航运计划主要通过研究、示范项目和推广来促进绿色航运技术的发展和应用。截至到 2022 年春季，该计划已启动了 45 个绿色航运试点项目。同时，在每个阶段，绿色航运计划的侧重点是不同的。比如在第一阶段（2015-2016 年），电动船的潜力是其关注的重点。现在，绿色航运计划正处于第五阶段和第六阶段：

- 第五阶段（2021-2022 年），在挪威和国际上开发和推广绿色解决方案。
- 第六阶段（2023-2024 年），尝试扩大规模和绿色增长。

[43] 通过其官网和 LinkedIn 整理而得
[44] 通过其官网整理而得

03

挪威经验的启示

在国际上，国际海事组织（International Maritime Organization，IMO）在2023 年重新修订了船舶温室气体减排战略，同年，欧盟正式宣布将航运业纳入欧盟碳排放交易体系。它们都预示着全球绿色航运转型正在提速。

在中国，工业和信息化部等在 2023 年 12 月发布《船舶制造业绿色发展行动纲要（2024-2030 年）》提出“积极稳妥推动具备条件的客船、货船、工程船、渔船等电池动力船型研发和示范应用”[45]；国家发展改革委和财政部在 2024 年 7 月印发《关于加大力度支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施》明确“支持内河客船 10 年以上，货船 15 年以上以及沿海客船 15 年以上、货船 20 年以上船龄的老旧船舶报废更新。新建新能源清洁能源船舶，根据不同船舶类型按1000—2200 元 / 总吨予以补贴”[46]。这些都表明中国航运业积极深入贯彻党中央和国务院关于碳达峰、碳中和的重大战略部署，朝着打造现代船舶产业体系，实现航运业高质量发展的目标前进。

然而，随着“公转水”和“铁水联运”的持续推进，中国水运业将承接更多的陆路货运量。比如中国国务院在 2024 年 5 月出台的《2024—2025 年节能降碳行动方案》就提出了“水路货运量较 2020 年增长 12%”的目标[47]。那么中国航运业如何在协助道路交通领域减少碳排放的同时，降低自身的碳排放总量将是一个巨大的挑战。挪威船舶电动化案例无疑给中国航运碳达峰碳中和提供了宝贵的经验。

3.1 出台顶层设计，指导船舶电动化工作，助力航运碳达峰碳中和

虽然挪威电动船总数在当下世界第一，但在其出台顶层设计之前，它的电动船数量在很长时间里也没有超过 10 艘[48]。以 2011-2012 年间出台的《挪威交通

[45] 船舶制造业绿色发展行动纲要（2024-2030 年），中国工业和信息化部等，2023 年 12 月
[46] 关于加大力度支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施，中国国家发展改革委和财政部，2024 年 7 月
[47] 2024—2025 年节能降碳行动方案，中国国务院，2024 年 5 月
[48] Clarkson 数据库

规划 2014-2030》为例[49]，它的主要目标还停留在打造一个“更便捷、更快速、更安全的交通系统”，绿色尚未成为其交通规划主题。

但从 2016-2017 间的《挪威交通规划 2018-2019》开始，绿色俨然被放到了重要地位，它提出了“建设更好、更绿的挪威”口号[50]。到了 2019 年，《挪威绿色航运行动计划》计划不仅提出了“2030 年航运碳排放总量较 2005 年减半的总体目标”，还明确了每类船舶（包括渡轮、邮轮、货船等）可能的降碳措施和政策工具，用于指导整个航运降碳工作[51]。从此，挪威船舶电动化进程提速，到 2023 年，挪威拥有电动船数量 332 艘，而在 2019 年，该数量仅为 81 艘[52]。

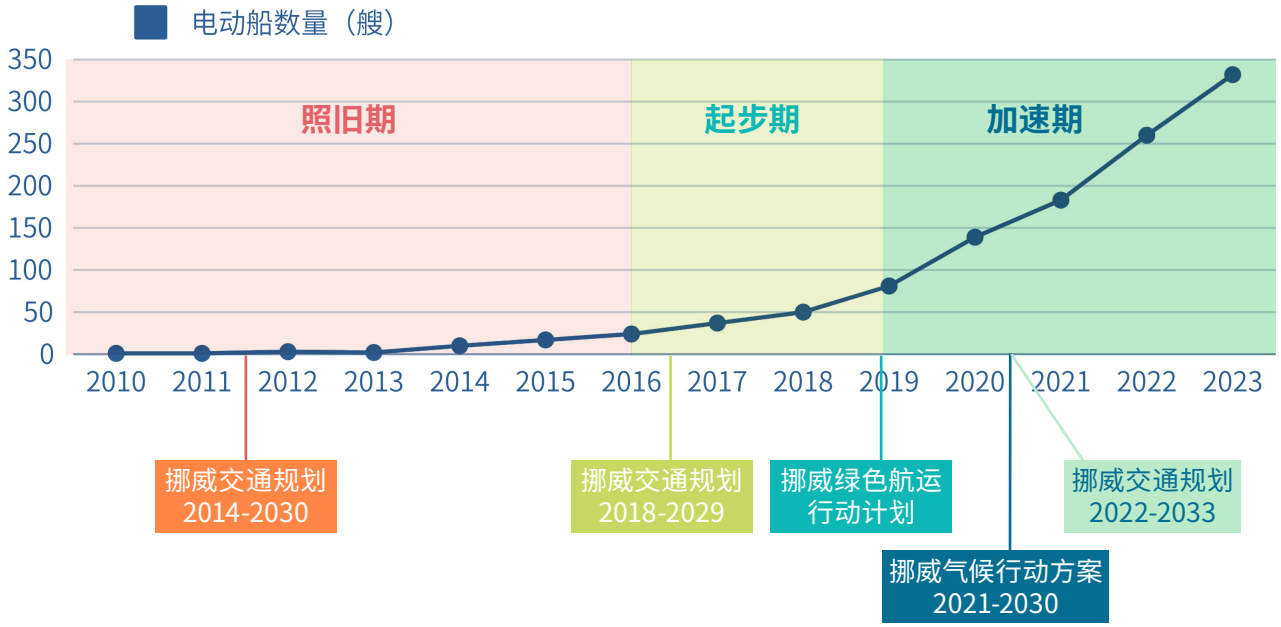


图 3.1 挪威电动船发展和挪威航运相关政策[53]

然而，在当下中国尚未出台航运碳达峰时间点以及船舶电动化率等约束性指标，也未发布航运碳达峰碳中和路线图和行动方案等行业降碳工作指导性文件。出台相关约束性指标和指导性文件，将有助于电动船的研发、示范、推广和应用，从而加速中国航运碳达峰碳中和的达成。

[49] National Transport Plan 2014–2023, Norwegian Ministry of Transport and Communications, 2012-2013
[50] National Transport Plan 2018–2029, Norwegian Ministry of Transport and Communications, 2016-2017
[51] The Government’s action plan for green shipping, Norwegian Government, 2019
[52] Clarkson 数据库
[53] Clarkson 数据库和挪威政府官网

3.2 加大电动船绿色采购力度，促进绿色低碳交通运输体系建设

政府采购作为政府的治理工具，具有助力实现国家社会与经济政策目标的功能。它不仅能够促进产业结构的调整、支持市场主体创新，还能引导社会绿色发展。

挪威政府的绿色采购无疑为电动船试点、示范和应用注入了一针强心剂，它不仅创造了市场对电动船的需求，还推动了电动船解决方案的发展。因为公共采购的支持，挪威在 2021 年就有约 70 艘电动船投入到日常运营中[54]。

中国对于政府绿色采购并不陌生，早在 2003 年实施的《中华人民共和国政府采购法》中就明确提出“政府采购应当有助于实现国家的经济和社会发展政策目标，包括保护环境”[55]。在 2022 年发布的《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》还有意将“绿色采购制度扩展至国有企业”[56]。在 2024 年 7 月出台的《政府采购领域“整顿市场秩序、建设法规体系、促进产业发展”三年行动方案（2024—2026 年）》更明确表示“对获得绿色产品认证或符合政府绿色采购需求标准的产品实施优先采购或者强制采购，促进绿色低碳发展。”[57] 根据中国财政部发布的 2022 年全国政府采购简要情况数据，节能节水产品和环保产品采购总金额已达全年采购规模的 3.9%[58]。

2024 年 7 月，国家发展改革委和财政部印发了《关于加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施》的通知，“统筹安排 3,000 亿元左右超长期特别国债资金，加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新。”[59]2024 年 8 月，中国交通运输部和国家发展改革委发布了《交通运输老旧营运船舶报废更新补贴实施细则》，明确了电动船属于新建船舶补贴支持范围[60]。电动船作为当下技术条件下成熟度最高的低零碳船舶之一，应当得到政府、国有企事业单位绿色采购的大力支持。

[54]National Transport Plan 2022–2033, Norwegian Ministry of Transport and Communications, 2020-2021

[55] 中华人民共和国政府采购法，中国国务院，2003 年

[56] 关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见，中国国务院，2021 年 2 月

[57] 政府采购领域“整顿市场秩序、建设法规体系、促进产业发展”三年行动方案（2024—2026 年），中国国务院，2024 年 7 月

[58] 2022 年全国政府采购简要情况，中华人民共和国财政部，2023 年 12 月 25 日

[59] 关于加力支持大规模设备更新和消费品以旧换新的若干措施，中国国家发展改革委和财政部，2024 年 7 月

[60] 交通运输老旧营运船舶报废更新补贴实施细则，中国交通运输部和国家发展改革委，2024 年 8 月

3.3 坚持“污染者付费“原则，倒逼航运电动化转型，提升航运绿色底色

“污染者付费原则”是挪威气候变化政策的基石，它主要通过碳市场和碳税来实现。挪威早在 1991 年就开始征收碳税，而挪威国家碳市场则在 2005 年建立，但从 2008 年起，挪威加入欧盟碳市场。在 2022 年，碳市场和碳税总共覆盖了挪威近 85% 的温室气体排放[61]。

在 2024 年挪威国家预算中，国家气候政策收入为 307 亿挪威克朗，占国家总预算的 1.6%，主要来自碳税和碳市场。气候措施支出为 161 亿挪威克朗，占国家总预算的 0.9%，其最大的支出项目是 Enova 和 Langskip 碳捕集和碳封存。挪威通过采用积极的气候政策，使得挪威气候收入大于气候支出，从而让其气候政策更为持续。

在中国，航运尚未被纳入全国碳市场，也未被征收碳税。中国应尽快出台航运碳定价相关措施，在倒逼行业绿色转型的同时，用收取的费用反哺航运电动船技术，加快航运碳达峰碳中和进程。

3.4 打造以造船厂为中心的集群式发展，提高电动船技术竞争力

集群是挪威航运业创新和长期竞争力最重要的源泉。因为造船厂常常是创新枢纽，新技术、新产品和新的解决方案都将在造船厂进行全面的测试和试验。而集群式的发展一方面给同类型的企业带来了竞争压力，激发了其创新的内生动力；另一方面有利于形成规模效应，有助于吸引资金，人才。此外，产业链上企业间人才的流动和知识交流，又促进创新的进一步发展[62]。位于莫勒的 GCE Blue Maritime 和位于卑尔根 / 桑霍德兰 的 NCE Maritime Cleantech 是两个与造船厂最相关的集群。

[61] Norway’s Eighth National Communication, Norwegian Ministry of Climate and Environment, 2023 年 3 月

[62] SLUTTEVALUERING AV OCEAN AUTONOMY CLUSTER, Menon Economics, 2023

2024 年 6 月，中国造船重点省份之一的安徽省发布了《安徽省加快内河绿色智能船舶与特色海洋工程装备高质量发展实施方案（2024-2027 年）》，提出了“构建内河绿色智能船舶与特色海洋工程装备“345+N”产业发展格局，建设特色产业集群”；同时，还明确了“到 2027 年，船舶工业产值突破 500 亿元，新建及改造内河绿色智能船舶总量达到 500 艘”的目标[63]。

3.5 大力发展港口清洁电力，完全释放电动船零排放潜力

电动船之所以能够帮助挪威在温室气体和空气污染物减排中取得巨大成功，一部分得归因于其使用的清洁电力。挪威 98% 的电力来自零碳电力，其中水电占 89%，风电占 9%[64]。因此，中国要想完全发挥电动船的零排放优势，需要提高港口电力的清洁程度。中国的天津港、潍坊港在零碳码头、零碳港口的建设上起到了很好的带头、示范作用。

根据相关报道，天津港风电和光伏的装机容量已达 2.8 万千瓦，年发绿电约 6,000 万千瓦时，其北疆港区 C 段智能化集装箱码头已 100% 使用自产的绿电[65]。潍坊港正通过打造多能互补，建设零碳港口。仅潍坊港区安装的年发电量 7,000 万千瓦时的 4 台风机就能完全满足潍坊港区的用电量[66]。

[63] 安徽省加快内河绿色智能船舶与特色海洋工程装备高质量发展实施方案（2024-2027 年），安徽省工业和信息化厅，2024 年 6 月

[64] Norway’s Eighth National Communication, Norwegian Ministry of Climate and Environment, 2023 年 3 月

[65] 绿色转型 港口更低碳，中国发展和改革委员会网站，2023 年 2 月 6 日

[66] 山东：国内首个“零碳港口”启航，中国科技网，2024 年 8 月 5 日

04

结论

随着中国碳达峰前最后一个五年期的到来，以及中国从能耗双控向碳排放双控的转变，中国航运业将在碳排放总量控制上面临巨大压力，特别是由社会经济发展，全国统一大市场进一步加深以及“公转水”，“铁水联运”等运力结构调整所带来的水运货运量增长而引起的碳排放总量增加。

电动船给挪威航运业带来的气候、环境以及经济效益不仅为中国航运业绿色发展提供了借鉴，还为中国航运业减污降碳提供了新的解决思路。中国航运业可在汲取挪威电动船成功发展经验的基础上，走出一条具有中国特色的航运电动化之路。在促进电动船健康发展的同时，培育新质生产力，加速中国航运业绿色低碳转型，为制造强国、交通强国、海洋强国打下坚实基础。

PACIFIC ENVIRONMENT