

航运碳中和：碳中和政策对航运市场影响（一）

投资咨询业务资格：
证监许可【2012】669号

报告要点

本系列专题主要探讨碳中和政策对航运业的影响，分为碳中和政策介绍、航运业碳排放趋势、航运业降碳路径、航运业降碳影响四个方面。

摘要：

碳中和政策大势所趋，航运业碳减排刻不容缓：国际海事组织（IMO）于 2018 年 4 月通过了航运业温室气体减排初步战略，以 2008 年碳排放为基准，提出到 2030 年将航运业碳排放强度降低 40%，2050 年碳排放强度降低 70%（碳排放总量降低 50%）的明确目标。船舶能效设计指数（EEXI）将于 2023 年 1 月 1 日正式实施，航运业的二氧化碳排放量将每年下降 6%，航运业碳减排刻不容缓。

全球海运运力变动受政策影响不确定性增大：经济增长驱动海运需求提升，海运需求提升带动运力增长，分船型来看未来运力增长仍集中在集装箱、干散货和油轮主力船型。分燃料类型看，运力的增长不仅要考虑到经营效益，也须考虑航运碳减排政策要求，船东要在当前不确定的环境下决定扩张、更新何种类型的船只，要适应脱碳、零排放环境法规的变化，航运业需要更先进的技术或替代燃料来提高船舶能效，技术、可选燃料不确定性较大，未来运力的变动不确定性较大。

航运减碳影响深远：二氧化碳排放受船型、速度、大小、船体设计、压舱物、技术以及使用的燃料类型等因素影响。船东将在现有技术条件下根据难易程度选择适合自己的减碳方式，比如短期选择降速手段（只有约 15% 的船舶满足新规要求，85% 的集装箱船需降低航速以满足 EEXI 要求，有效运力将减少 6% 到 10%），中期 LNG 船舶、甲醇燃料应用增多、船舶大型化成为趋势，长期随着技术的发展航运减碳将向替换燃料倾斜，例如氢气、氨气燃料船舶。航速下降导致市场有效运力下降，船舶航行时间延长导致海运总成本提升，运力增加、替代燃料船舶需要资本支出提升来实现，运力不足导致经济增速回落、运费上涨概率提升，降速导致单船油耗下降，尽管运力提升，燃料油需求增速或较前期下调。

化工研究团队

研究员：
胡佳鹏（甲醇、尿素）
021-80401741
hujiapeng@citicsf.com
从业资格号：F3039655
投资咨询号：Z0013196

黄谦（PTA、乙二醇）

021-80401738
huangqian@citicsf.com
从业资格号：F3063512
投资咨询号：Z0014611

杨家明（燃料油、沥青）

021-80401704
yangjiaming@citicsf.com
从业资格号：F3046931
投资咨询号：Z0015448

目 录

摘要： 1

一、 能源转型遭遇挫折，碳中和仍是大势所趋..... 3

免责声明 19

图目录

图 1： 全球净二氧化碳当量排放路径 单位：亿吨/年..... 3

图 2： 主要经济体碳达峰、碳中和时间 单位：亿吨/年..... 4

图 3： 净零路上的关键里程碑..... 7

图 4： 国家层面净零排放承诺的数目以及在全球二氧化碳排放量中占比..... 8

图 5： 集装箱和冷藏箱的附加费 单位：欧元/标箱..... 9

图 6： 欧盟和国际海事组织数据收集差异..... 12

图 7： 净零排放情景下，全球不同交通运输燃料和方式终端消费 单位：艾焦..... 13

图 8： 全球交通运输部门转型的关键里程碑..... 13

图 9： 全球与航运二氧化碳排放 单位：百万吨..... 15

一、能源转型遭遇挫折，碳中和仍是大势所趋

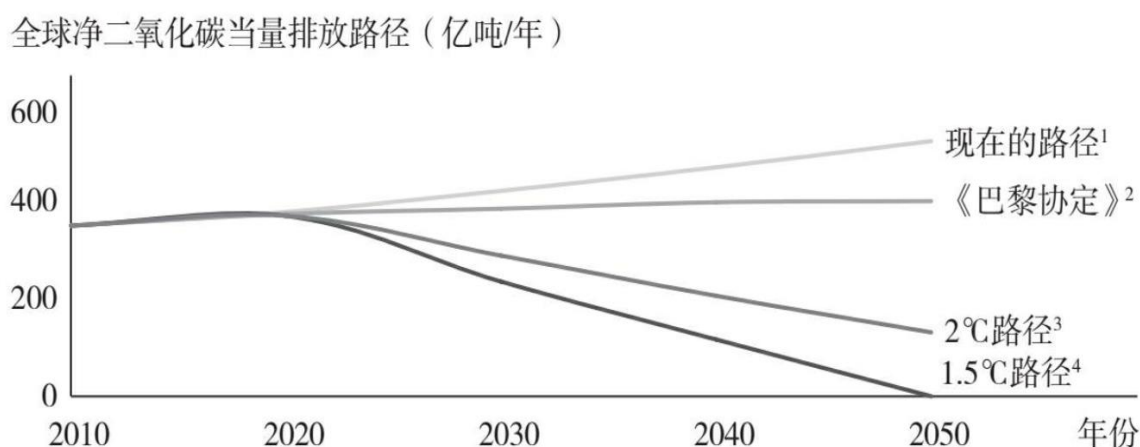
全球变暖是人类的行为造成地球气候变化的后果。“碳”就是石油、煤炭、木材等由碳元素构成的自然资源。“碳”耗用得多了，导致地球暖化的元凶“二氧化碳”也制造得多。随着人类的活动，全球变暖也在改变（影响）着人们的生活方式，带来越来越多的问题。

“碳”即二氧化碳，“中和”即正负相抵。排出的二氧化碳或温室气体被植树造林、节能减排等形式抵消，这就是所谓的“碳中和”。减少二氧化碳排放量的手段，一是碳封存，主要由土壤、森林和海洋等天然碳汇吸收储存空气中的二氧化碳，人类所能做的是植树造林；二是碳抵消，通过投资开发可再生能源和低碳清洁技术，减少一个行业的二氧化碳排放量来抵消另一个行业的排放量，抵消量的计算单位是二氧化碳当量吨数。一旦彻底消除二氧化碳排放，我们就能进入净零碳社会。

2007年1月29日，联合国政府间气候变化问题研究小组（IPCP）在巴黎举行会议，历时五天的会议计划在2月2号结束后发表一份评估全球气候变化的报告。报告的初期版本预测，到2100年，全球气温将升高2到4.5摄氏度，全球海平面将比现在上升0.13到0.58米。报告的初期版本中还提到，过去50年来的气候变化现象，有90%的可能是由人类活动导致的。

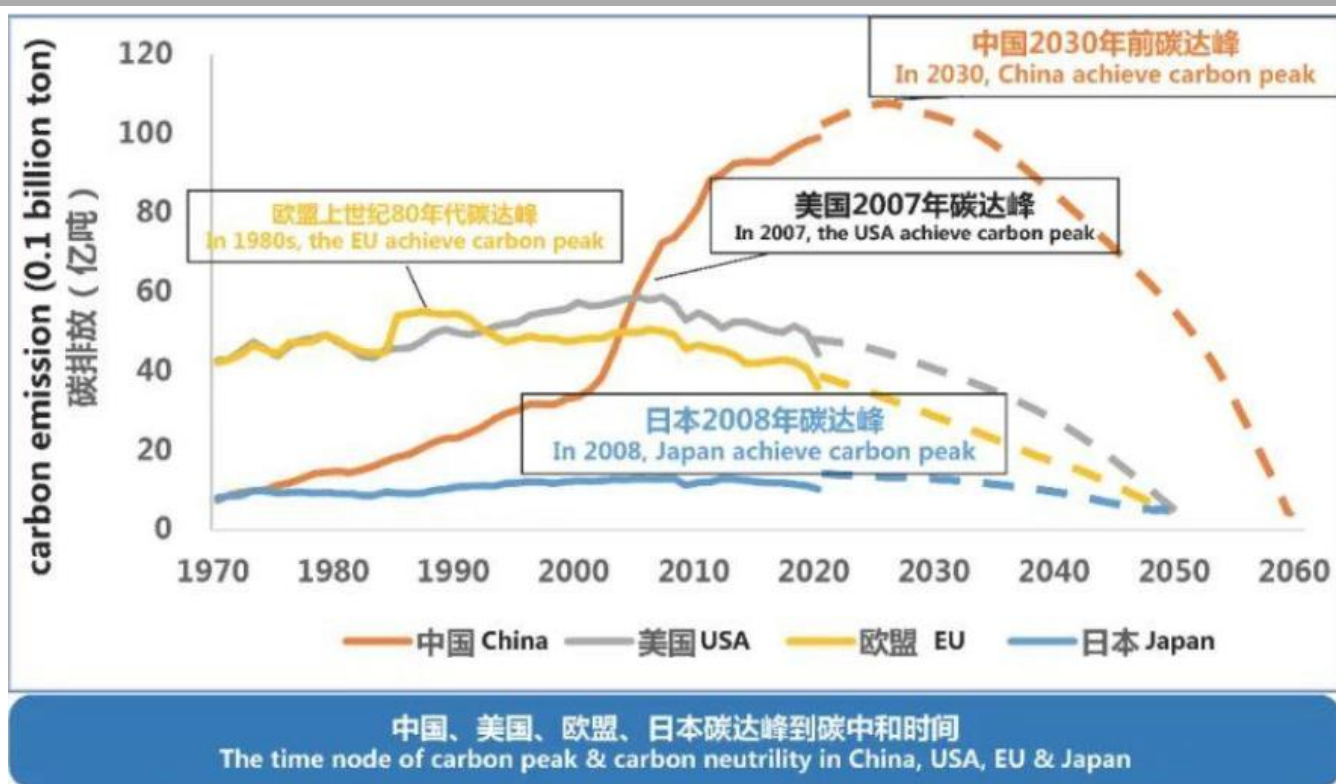
《巴黎协定》中1.5℃的温控目标需要全世界在30年左右的时间，将温室气体排放量从现在约400亿吨净二氧化碳当量于2050年左右缩减到零排放。也就是说，届时全世界大多数国家都要实现零排放，也就是碳中和。《巴黎协定》中的自主减排承诺只能减缓全球温室气体排放的上升速度，到2050年与碳中和的目标相差甚远。这就要求缔约方在原定基础上制订更大力度的温室气体减排计划，世界各国在气候治理这一议题上还有很长的路要走。

图 1：全球净二氧化碳当量排放路径 单位：亿吨/年



资料来源：公开资料 中信期货研究所

图 2：主要经济体碳达峰、碳中和时间 单位：亿吨/年



资料来源：公开资料 中信期货研究所

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会上提出：中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。在2020年，中国占据了全世界约25%的二氧化碳排放，同时占据了约20%的人口和18%的GDP。中国这一明确的信号无疑是全球应对气候变化的一剂强心针。

欧洲作为全球走向碳中和的先锋，在政策制定以及减排措施都相对积极，但俄乌冲突引发的能源危机短期内打乱了欧洲的碳中和规划，也让欧盟为自己过度依赖进口天然气付出代价。在调整期后，欧盟会迅速拥抱新能源。

希腊energy press网站5月19日报道，欧盟委员会公布了REPowerEU计划的细节，该计划旨在消除欧洲对俄罗斯的能源依赖。根据布鲁塞尔的路线图，2027年前欧盟将摆脱对俄罗斯的天然气、石油和煤炭进口。可再生能源在这一进程中发挥关键作用，欧委会已将2030年可再生能源在能源结构中的占比目标从40%提高到45%，并将加速推进可再生能源投资。太阳能利用将成为该战略的关键因素，将通过REPowerEU计划中的“欧洲太阳能屋顶倡议”加以推广。

欧盟提出的“RePowerEU”能源计划，其目的是“快速减少对俄罗斯化石燃料依赖，并快速切换到绿色能源。”到2027年，欧盟将投资2100亿欧元在这一目标

上，到 2030 年，欧盟要将可再生能源占比从 40%提升至 45%。以风能为例，荷兰、丹麦、德国和比利时四国参与的海上风电计划，要在 2050 年前建成 1.5 亿千瓦的海上风电，比现在装机量翻十多倍。消除对俄罗斯化石燃料的依赖需要在 2030 年之前完成，该计划基于两大方案，以提高欧盟范围内能源系统的弹性：一是加大对俄罗斯之外供应商的液化天然气（LNG）和通过管道天然气的进口，同时加大生物甲烷和可再生氢的生产和进口量；二是通过提高能源效率、增加可再生能源、提升电气化水平以及解决基础设施瓶颈，更快地减少欧盟家庭、建筑物、工业和电力系统中化石燃料的使用。欧盟提出的“fit for 55”建议（2030 年将温室气体排放量比 1990 年减少 55%）的全面实施，到 2030 年欧盟年度天然气消耗量减少 30%，相当于 1000 亿方，通过 REPowerEU 计划中的措施，欧盟可以逐步减少至少 1550 亿方天然气的使用量，相当于 2021 年从俄罗斯进口的总量。其中近三分之二的减少可以在 2022 年 1 年内实现，从而结束欧盟对俄罗斯这一单一供应商的过度依赖。新的地缘政治和能源市场现实要求欧盟大力加速清洁能源转型，并提高欧洲的能源独立性，使其免受不可靠的供应商和不稳定的化石燃料的影响。

2022 年 8 月 22 日，哥本哈根市场索菲·安诺生表示，因为环保企业阿迈厄岛资源中心不符合碳捕捉方面的资助标准，哥本哈根要暂时放弃 2025 年实现碳中和的目标。在丹麦广播公司的对谈中，安诺生有些沮丧。“到 2025 年我们还做不到（实现碳中和），这令人非常恼火。我是在难过”他表示。哥本哈根原本希望成为全球第一个达到碳中和的首都城市。经过十多年的努力，哥本哈根的二氧化碳排放量已经比 2009 年减少了 80%。但现在 2025 年就要碳中和的计划不得不搁置一段时间。而丹麦也并非唯一有变数的欧盟国家。德国此前计划 2030 年可再生能源发电占比 80%，2035 年实现发电领域“接近温室气体中和”，2045 年实现温室气体中和（greenhouse gas neutral）。所谓温室气体中和，覆盖面不止二氧化碳，还有甲烷等，比实现碳中和难度更高。但在最近提交联邦议院表决草案中，他们只保留 2030 规划，删掉 2035 年的目标，当然，德国并没有“放弃碳中和目标”。目前德国气候中和时间线未变，只是针对电力行业的减排目标有了变化。各国并没有放慢自己碳中和进程，能源危机会让欧盟感到挫败，但他也是催化剂，倒逼欧盟大力投资可再生能源。从这个角度看，如果新能源替代顺利，欧盟将不会失约自己的碳中和目标。

哥本哈根之所以推迟目标，主要是一家重点企业减排计划不顺。阿迈厄岛资源中心是当地一座大型垃圾处理企业，打算在 2025 年建座示范工厂，在焚化炉的烟囱上安装碳捕捉网，最终过滤企业排放的所有二氧化碳。如果工厂完工，正好哥本哈根就能完成碳中和计划。示范工厂花费巨大的投资，金额高达 80 亿丹麦克朗（约合人民币 74 亿元）。但焚化炉项目因为股权资本问题，不符合丹麦“碳捕捉及碳储存基金”补助标准，最终公司放弃申请资金，自然示范工厂的计划也搁浅，这直接影响了哥本哈根完成碳中和。安诺生说，即使哥本哈根没办法在 2025 年达成目标，并不意味着在 2026-2028 也无法达成，鉴于哥本哈根已经达成的目

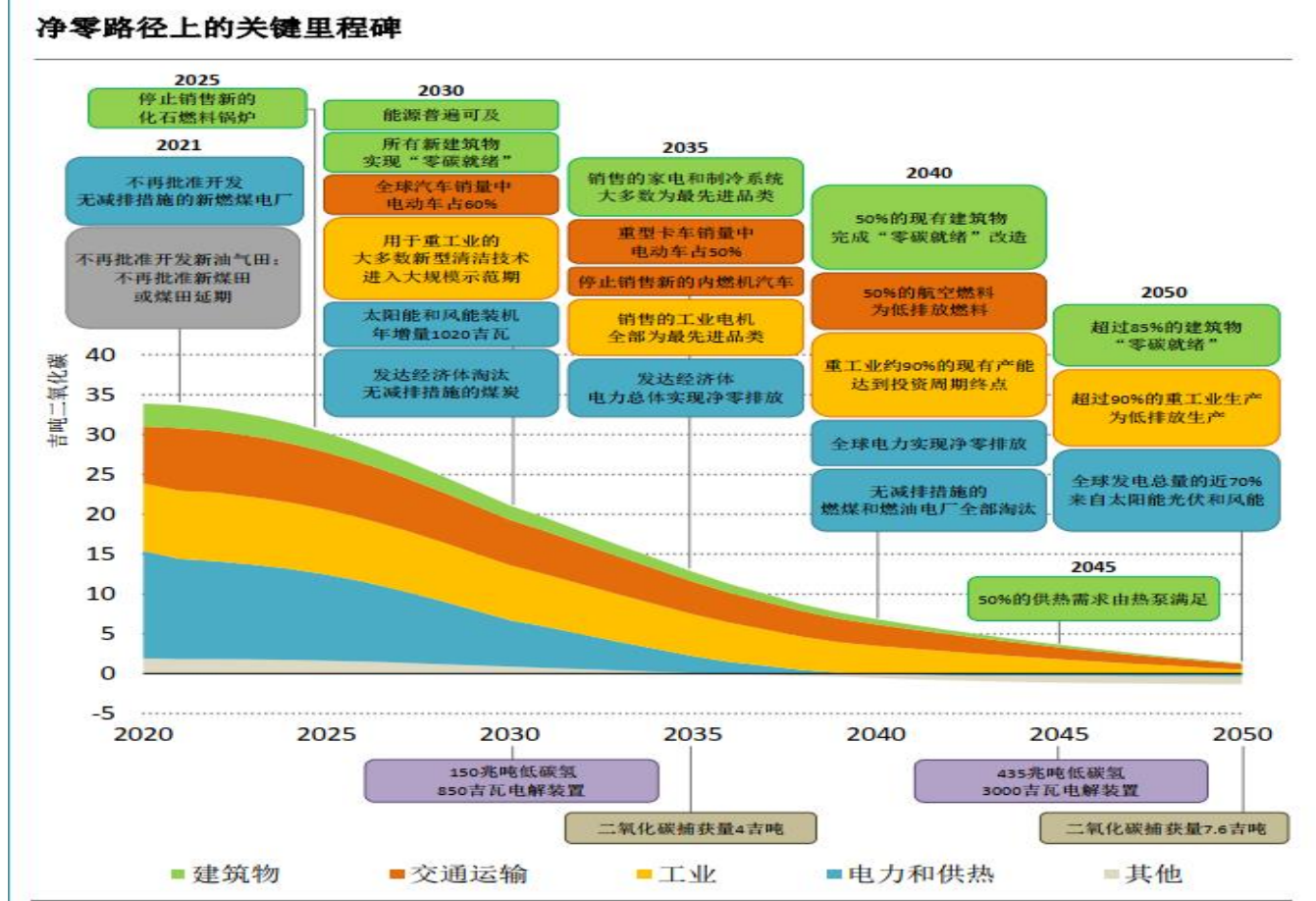
标，到碳中和只差临门一脚。如果将范围扩大到丹麦整个国家，其实丹麦碳中和的步伐没有太多变化。后者仍然决定要在 2030 年减少 70% 的碳排放，并在 2050 年达成碳中和计划。

至于德国，他们面临的更多的是政治考虑，在表决草案中，之所以 2035 能源行业减排的目标删去，是执政党之一自民党要求后，己方作出的妥协。自民党在德国属于偏右的重商党派，主张经济自由主义，极其反感国家干预产业。能源危机的确让自民党对此前的激进变道产生怀疑。自民党的担忧更多聚焦于眼瞎德国如何供能。如果坚持摒弃火电，一意孤行地推行发电行业气候中和，德国必然得在地缘政治上做妥协。显然，不到难以为继之时，德国不打算这样选择。如果看草案其他部分，会发现在更长时间维度，这仍然是一个极其重视碳中和的草案。2030 年可再生能源占比 80% 规划未变，而且写明了政府将在未来给新能源补贴，并逐渐关闭煤电站。最终，德国 2030 年陆上风能容量要翻倍，太阳能发电要翻两倍。而欧洲其他关键国家的碳中和计划并没有什么变化。英国、法国紧跟欧盟 2050 年碳中和目标。即便脱欧，英国仍然通过一项极其有雄心的法律：相比 1990 年，要在 2035 年将碳排放降低 78%。

东欧冲突前，德国打算在 2030 年就逐步淘汰化石燃料，但当俄罗斯天然气供应减少后，他们不得不重启打算扔下的煤电厂，这一重启导致的国无法保证在 2035 年完成电力行业的温室气体中和。能源短缺的确可能拖慢各国的碳中和进度。这也是也让欧洲看到能源替代的急迫，也因为天然气供应短缺，各国开始更激进地考虑直接从煤炭、石油切换到绿色能源。此前天然气还作为一种危害稍小的化石能源，被看成能源更替的过渡方案。痛苦的能源危机促使欧盟切换新能源的步伐明显变快，

无论如何，欧盟仍然是全球走向碳中和的先锋。能源危机会短期内打乱规划，也让欧盟为自己过度依赖进口天然气付出代价。在阵痛期后，欧盟会迅速地拥抱新能源，能源转型遭遇挫折，碳中和仍是大势所趋。

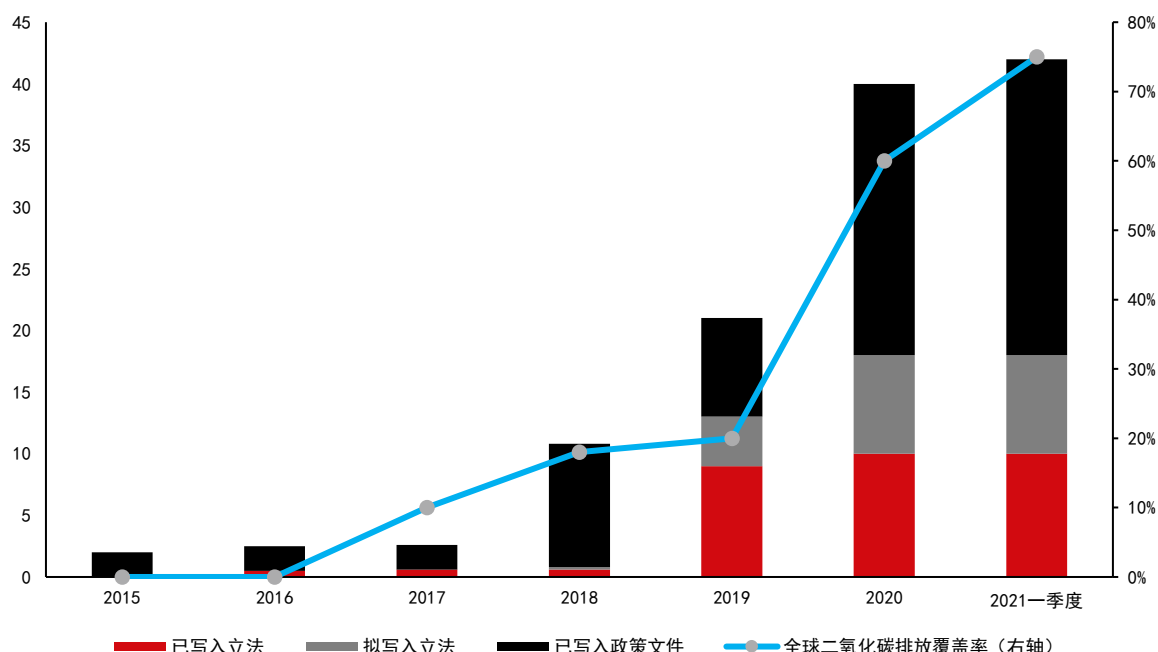
图 3：净零路上的关键里程碑



资料来源：IEA 中信期货研究所

电力和供热、工业、交通运输和建筑是主要碳中和方向，我们已经处在碳中和路径之中，各个领域将发生深刻变化。尽管遭遇挫折，但欧洲仍然是全球碳中和的风向标，随着越来越多的国家净零排放承诺写入立法，碳中和进程有望加速。

图 4：国家层面净零排放承诺的数目以及在全球二氧化碳排放量中占比



资料来源：IEA 中信期货研究所

2022 年 6 月 22 日，欧洲议会全体大会投票通过了针对欧盟委员会于 2021 年 7 月 14 日提出的气候立法草案 (Fit for 55) 中的三项关键性草案的立场，分别为：欧盟排放交易体系 (EU ETS) 修订、关于建立碳边境调节机制 (CBAM) 的条例和关于建立社会气候基金的条例。

对海运业而言，主要修订如下：2024 年 1 月 1 日起将海运业纳入 EU ETS，无过渡期；2026 年底前适用于 5000GT 及以上船舶，2027 年 1 月 1 日起纳入 400GT 及以上船舶；2024 年 12 月 31 日前，欧盟委员会应评估出入欧盟成员国港口船舶排放的除 CO₂、甲烷和一氧化二氮外的温室气体以及颗粒物对全球气候的影响，并视情况提出立法建议加以解决；2026 年 12 月 31 日前，EU ETS 仅覆盖欧盟境外航段的 50% 排放。2027 年 1 月 1 日起，欧盟境内和境外所有航段的排放 100% 纳入。只有特定条件下非欧盟国家可减少至 50%，如已实施和 EU ETS 相当的碳定价机制、部分最不发达国家或小岛屿国家；完全适用于船舶在欧盟港口与非欧盟港口之间距离小于 300 海里区域的排放，即该部分航段排放需 100% 清缴配额；2029 年 12 月 31 日前，对于冰级船舶或在冰况下航行的船舶或两种情况兼有的船舶，航运公司可减少清缴配额数量。2030 年起，按排放量的 100% 清缴配额；设立“海洋基金”，海运业配额拍卖收入的 75% 转入海洋基金，专门用于海运业能源转型；如果由航运公司以外的实体根据合同安排最终负责购买燃料或船舶营运，则该实体应根据合同安排负责支付因履行本指令义务的成本；如 IMO 通过全球市场措施，欧盟委员会考虑与其协调的可能性；修订 MRV 条例，覆盖 CO₂、甲烷和一氧化二氮排放。

马士基预计欧盟碳税（EUA）的价格约为 90 欧元。考虑到欧洲议会的 EU ETS 提案版本取消了分阶段使用期，需按经验证排放量的 100%清缴配额，并覆盖 CO₂、甲烷和一氧化二氮排放，班轮公司将购买配额的义务视为百分之百的承诺。马士基表示，这对其客户意味着，遵守 EU ETS 的成本可能会很大，因此不可避免地会影响运输成本。随着修订后的立法生效，预计在 EU ETS 中交易的欧盟 EUA 的波动性可能会增加。为了确保所需的透明度，马士基计划自 2023 年第 1 季度起将这些费用作为独立专项附加费。根据马士基的计算，预计将从北欧到美国航线的每个集装箱应增加 184 欧元的专项附加费，以及同一航线上的每个冷藏集装箱应增加 276 欧元的附加费。附加费最高的航线则是从南美西岸到欧洲航线，预计每个集装箱和冷藏箱的附加费预计分别为 213 欧元和 319 欧元。从远东到欧洲航线，每个集装箱和冷藏箱的附加费预计分别为 170 欧元和 255 欧元。从北欧到远东航线，每个集装箱箱和冷藏箱的附加费预计分别为 99 欧元和 149 欧元。从中东到北欧航线，每个集装箱和冷藏箱的附加费预计分别为 106 欧元和 159 欧元。以 24000TEU 集装箱为例，不采取措施降碳则碳税成本增加 408 万欧。

图 5：集装箱和冷藏箱的附加费 单位：欧元/标箱

Trade	Dry (in EUR)	Reefer (in EUR)
WCSA to Europe	215	319
North Europe to Far East	99	149
Far East to North Europe	170	255
Middle East to North Europe	106	159
North Europe to US	184	276

资料来源：航运界 中信期货研究所

欧盟是较早监控碳排放的地区，欧盟和欧洲经济区（ECA）要求自 2018 年 1 月 1 日起，5000 吨以上满载或空载船只都需要监控报告相关的 CO₂排放，因此 2019 年起，港口船舶停靠在 ECA 地区必须按照法规和 IMO 收集系统上报。每年欧洲委员会出版相关报告监控 CO₂排放和船队的能效信息。

根据 2018 年 3 月生效的 IMO 燃油消耗数据强制性收集报告要求，自 2019 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日，5000 总吨及以上的船舶需要每个月提交燃油消耗的数据报告。目前这一规定已经实施，第一个燃油数据强制性收集报告期已经开始。根据 MARPOL 附则 VI 关于收集和报告船舶燃油消耗数据的规定，5000 总吨及以上的船舶需收集其使用的每种燃油的消耗数据及其他额外的指定数据，将数据汇总后，每个日历年向船旗国报告。船旗国根据数据向船舶发出合规声明，并将这些数据发送到 IMO 船舶燃油消耗数据库。IMO 向 MEPC 提交年度报告，总结收集的数据。

早在 2016 年 10 月，MEPC 就对船舶采用强制性 MARPOL 附则 VI 要求，要求船

船舶记录和报告其燃油消耗量。而自 2019 年 1 月 1 日起，这一要求更加严格。在每个日历年结束之后，不迟于下一年的 3 月 31 日，船舶必须向船旗国或 RO 报告上一日历年的燃油消耗量数据。也就是说，从 2019 年 1 月 1 日开始的第一个报告期的报告，应在 2020 年 3 月 31 日之前提交。提交的数据经过核实后，船级社将于 2020 年 5 月 31 日前向船舶发出燃油消耗合规的声明，这一合规声明在其签发的日历年和下一个日历年的前 5 个月内有效。

MARPOL 附则 VI 第 22.2 条规定：

在 2018 年 12 月 31 日或之前，对于总吨位为 5000 总吨及以上的船舶，SEEMP 应包括用于收集本附则第 22A.1 条所要求的数据方法说明以及将用于向船舶管理部门报告数据。SEEMP 的第二部分。燃油消耗应包括所有燃油的消耗，收集燃油年消耗量数据的方法有以下三种：

燃油舱交货单（BDN）：此方法用于确定基于 BDN 的燃油使用年度总量。燃油交付后，BDN 必须保留三年，数据收集计划应描述船舶如何操作 BDN 信息的总和并执行油罐读数。

流量计：该方法通过使用流量计测量船上的燃油流量，并用以确定燃油消耗总量。如果流量计发生故障，则必须执行手动油箱读数或通过其他方法解决。数据收集计划应包含有关船舶 流量计的信息、如何收集和汇总数据等，以及如何如何进行油罐读数。

船上燃油舱监控：通过油箱读数进行燃油舱监控，如自动系统、探测和浸渍带，当船舶在海上航行时，应当每天记录油箱的读数，每次加油时也应当对油箱进行读数。此外，船上还应当提供监测数据的摘要以及测量的燃油消耗量记录，包括校正记录，如密度、温度等。

提交给 IMO 船舶燃油消耗的数据信息，应包括以下方面：

IMO 编号；

涵盖日历年期间；

船舶技术特性（船型、总吨位、净吨位、载重吨位、主发动机和辅助发动机的功率输出）；

EEDI（如适用）；

冰级；

按燃油类型计算的燃油消耗量（公吨）和用于收集燃油消耗数据的方法；

为了让船东和航运企业更好地了解他们必须做什么、什么时候该做什么，有关机构创建了“船舶能效管理计划（SEEMP）”信息图，该信息图分为两部分：第一部分提供了监测船舶和船队效率性能的方法，以及提高船舶性能的方案；第二

部分提供了 5000 总吨及以上的船舶用于收集所需数据的方法，以及船舶向船舶管理局或其正式授权的任何组织报告数据的过程。

根据 2016 年船舶能效管理计划制定指南附录 2 中的船舶燃油消耗数据收集计划的样本形式，还必须在其 SEEMP 中包括第二部分，即数据收集计划应提交船级社批准。SEEMP 的第一部分非常重要，它决定了船舶能源使用的当前状态和船舶能效的预期改进。因此，运营商应该投入足够的时间进行规划，以便制定最合适的计划。

针对特定船舶：有多种方式可以提高船舶效率，例如优化速度、调整路线和船体维护。然而，根据船舶的类型、所载货物、航行路线和其他因素的不同，每艘船舶提高效率的最佳措施也不同。

针对公司：船舶运营能效的提升与多方有关，如船舶修理厂、船东、运营商、租船人或货主，IMO 建议公司制定能源管理计划，用以有效管理船队。

针对人力资源：提高相关人员的认识也非常关键，应该进行有效培训，将人力资源开发视为规划的重要组成部分。

虽然欧盟和国际海事组织两个体系都致力于减少船舶温室气体排放，各自也有实现其目标的方案措施，但两者之间的规定和做法有相似之处，也有不同之处，比如 IMO 监测、报告和验证碳排放（CO₂）的方法就与欧盟 MRV 的规定存在一些显著差异，具体表现在：

①欧盟 MRV 要求报告船上携带的实际货物，以及燃料消耗和二氧化碳排放量，而国际海事组织仅要求报告所消耗的燃料；

②对于 EU MRV，由航运公司进行计算并由认可的验证者进行验证，而对于国际海事组织，则要由主管部门核实计算结果；

③欧盟计划向公众开放这些信息，而国际海事组织的这些原始数据仅供内部和船旗国使用。

下表是两个体系有关规定的差异对比：

图 6：欧盟和国际海事组织数据收集差异

	EU MRV	IMO System
监控	5000GT或以上	5000GT或以上
	欧盟驶入或驶出船只	所有航线
	欧盟监控计划	更新的船舶能效管理计划
	2018年1月1日起	2019年1月1日起
首次监控时间	2018	2019
豁免情形	军舰、海军辅助舰、捕鱼/加工船、非动力船只、政府非商用船只	待定
参数	燃油消耗	燃油消耗
	运送量	距离
	距离	时间
	时间	
核查	独立认证核查	船旗/公认国际组织
报告至	欧洲委员会	船旗国
证书	符合文件	符合声明
出版	特有的出版数据库	匿名的公开数据

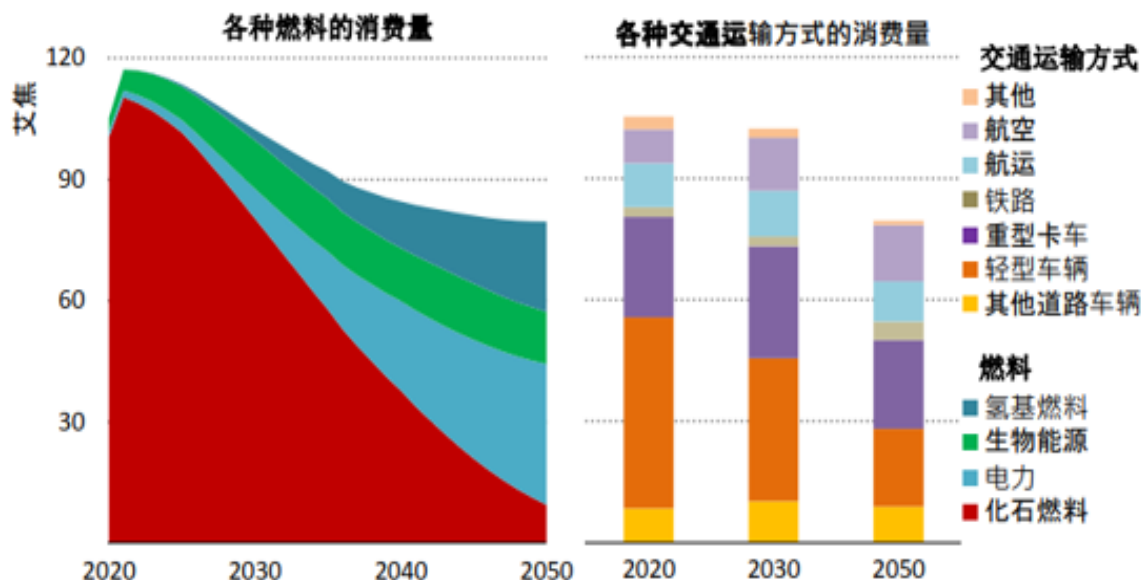
资料来源：海事服务网 中信期货研究所

交通运输历来严重依赖石油产品；尽管生物燃料和电力用于该部门已取得进展，但在 2020 年，石油产品仍占交通运输部门能源需求的 90%以上。在净零排放情景中，石油的份额将在 2030 年下降到 75%以下，2050 年下降到 10%出头。净零排放情景下，到 2040 年代初，全球交通运输部门的主导燃料将是电力：2050 年将占终端消费总量的近 45%；其次是氢基燃料（28%）和生物能源（16%）。到 2030 年，生物燃料在公路交通运输用石油产品中的混合比例将达到近 15%，这将使石油需求减少约 450 万桶油当量/天。

影响 CO₂排放量的因素很多：船型、速度、大小、船体设计、压舱物、技术以及使用的燃料类型等。大型船只每公里碳排放更多，但考虑上规模效应后吨公里排放较少，最小的集装箱船 999TEUs 每标箱的碳排放水平是最大集装箱船的两倍。集装箱船航速比干散货船更快，因此其排放水平比后者更高。过去十年大型油轮、干散货船、集装箱船通过效率提升和旧船淘汰，CO₂排放增速落后于载重吨的增速，集装箱船方面该特点尤为显著，速度下降大幅削减了燃油消耗和 CO₂排放。2011-2019 年集装箱船队产能增长 45%，CO₂排放增长 2%，同期油轮和干散货的 CO₂排放增长 19%和 17%，而他们的运力增长 38%和 51%。过去十年船只载重吨提升，单船 CO₂排放小幅下降，未来十年 CO₂排放可能随着环保设计替代等措施而进一步下降，但距离实现 IMO2050 碳减排目标相距甚远，实现该目标需要引擎和燃油技术更大的变革。根据壳牌 2020 年预测，超过 90%的受访者对航运碳减排是主要方向认同，新冠疫情是加速脱碳进程的机会，80%的受访者认为缺乏技术配套（可替换燃料）是脱碳进程的主要障碍，氢气和氨气被认为是最有潜力的替代燃料，但鉴于其低

能量密度、储备能力不足、电池燃料技术不成熟等两种燃料当前并不具备竞争力。一些船东将 LNG 作为 2030 年 IMO 目标的替代燃料，LNG 比高硫燃油的碳强度低 20%-25%，然而其他受访者并不认同 LNG 的前景，他们认为甲烷泄露和压缩运输的挑战，LNG 并不是生命周期零碳排放品种。

图 7：净零排放情景下，全球不同交通运输燃料和方式终端消费 单位：艾焦



资料来源：IEA 中信期货研究所

图 8：全球交通运输部门转型的关键里程碑

全球交通运输部门转型的关键里程碑				
公路交通运输	2035年，全球停止销售新的内燃机乘用车			
航空和航运	尽快实施严格的降低碳排放强度的目标			
类别		2020	2030	2050
公路交通运输				
PHEV、BEV和FCEV销量占比：	轿车	5%	64%	100%
	两轮/三轮车辆	40%	85%	100%
	巴士	3%	60%	100%
	面包车	0%	72%	100%
	重型卡车	0%	30%	99%
石油产品中掺入生物燃料		5%	13%	41%
铁路				
电力和氢能在能耗总量中的占比		43%	65%	96%
由交通运输方式转变导致的活动增加（指数2020年=100）		100%	100%	130%
航空				
合成氢基燃料在航空能耗总量中的占比		0%	22%	33%
生物燃料在航空能耗总量中的占比		0%	16%	45%
通过行为改变措施而避免的需求（指数2020年=100）		0%	20%	38%
航运				
在航运能耗总量中的占比	氢	0%	8%	46%
	氢	0%	2%	17%
	生物能源	0%	7%	21%
基础设施				
电动车公用充电桩（百万台）		1.3	40	200
氢加注单元		540	18000	90000
电气化铁路路线占比		34%	47%	65%

资料来源：IEA 中信期货研究所

2030 年以后氨、氢和生物能源在航运业占比提升，在电力和氢能应用范围有限的航空和航运领域，生物燃料的使用将会增加。储氢载体（如氨）和低排放合成燃料也将为这两种交通运输方式的能源需求提供更高比例的能源。2050 年，电力和氢基燃料将满足交通运输能源需求的 70%以上。

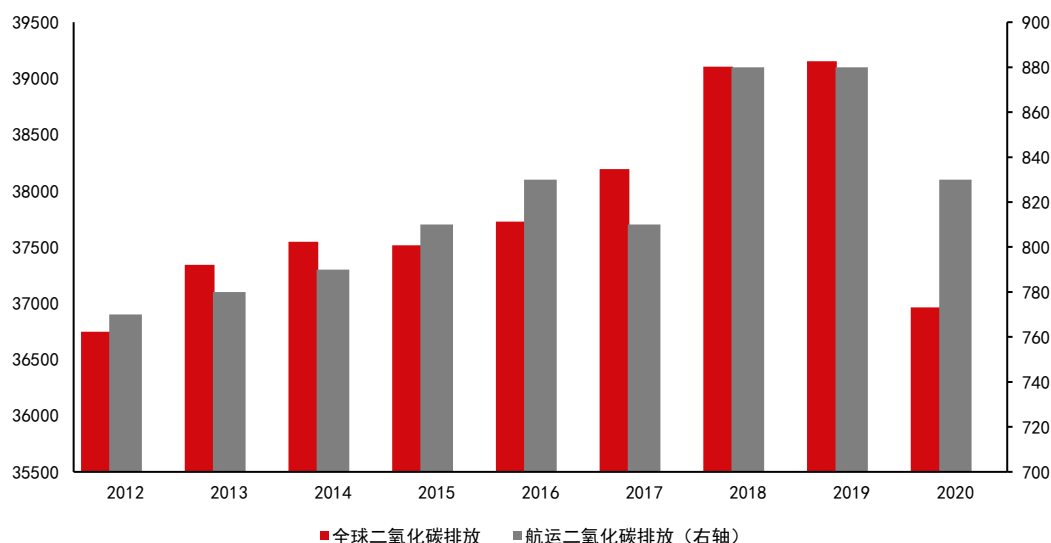
2020 年，海运在全球范围内的二氧化碳排放量约为 8.3 亿吨（2019 年为 8.8 亿吨），约占能源部门排放总量的 2.5%。由于市场上缺乏可用的低碳方案，以及船舶的使用寿命较长（通常为 25-35 年），航运是净零排放情景下少数无法在 2050 年前实现零排放的交通运输方式之一。不过，航运业的二氧化碳排放量将每年下降 6%，到 2050 年降至 1.2 亿吨。

短期内，采取措施优化作业效率、提高能效，将有相当大的潜力可以减少航运业的燃料消费。这些措施包括减速航行、使用风力辅助技术等。中长期来看，在净零排放情景中通过改用生物燃料、氢和氨等低碳燃料，将会实现大幅减排。有证据表明，氨很可能是一种尤其适合扩大规模的候选燃料，并且是需要高能量密度燃料的长途跨洋航行的关键燃料。净零排放情景下，氨和氢是未来 30 年内将采用的主要低碳航运燃料，它们在航运能耗总量中的合计份额将在 2050 年达到约 60%。世界上最大的 20 个港口处理的货物量占全球的一半以上（UNCTAD, 2018）；这些港口可以成为制氢和制氨工业枢纽，服务于化工和精炼行业，并为船舶加注燃料。目前，最大的船用发动机制造商中，有两家正在开发以氨为燃料的船舶内燃机，这些新型内燃机预计将于 2024 年进入市场。可持续生物燃料在 2050 年将满足近 20%的航运能源总需求。电力发挥的作用将会非常小，因为电池与液体燃料相比能量密度较低，只适合于 200 公里以内的航线。净零排放情景中，即使电池能量密度随着固态电池走向市场而提高 85%，也只有短途航运路线可以实现电气化。

为满足全球贸易增长扩增船队规模，接下来 30 年需要投资 2000 亿美元，而改装和替代现有船队还需要 30 年，将花费 2.19 万亿美元，因此 2050 年前替代所有船舶是不可能的，现有船只应用创新技术是必须的。现阶段政策不确定性较大，但 IMO 政策有概率追随欧盟，2021 年 7 月 14 日，欧盟宣布几个措施：排放交易系统全部覆盖欧盟内部航行的 5000 吨以上船只，50%覆盖起点或终点在欧盟区域船只；为船舶建立温室气体排放强度标准；对欧盟区燃料油销售征税。

最简单经济的减少碳排放的方法是降速，源于非全速航行可减少燃油消耗。但是运输同样的货物降低航速就需要更多的运力，该种 IMO 短期措施需要运力增加 13%以及资本支出。德鲁里预计船舶建造的产能约为全球船队的 7%，考虑上现有的船舶新订单和替代，完成 13%的船舶运力增长需要五年时间。UNCTAD 研究显示为实现 2030 年目标需要船速下降 2.8%，平均航运成本提升 1.5%。

图 9：全球与航运二氧化碳排放 单位：百万吨



资料来源：IEA 中信期货研究所

1997 年，《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 下的《京都议定书》第 2.2 条授权国际海事组织 (International Maritime Organization, IMO) 负责国际航运温室气体 (Greenhouse Gas, GHG) 减排工作。在《京都议定书》获得通过的两个多月前召开的《防止船舶造成污染国际公约》(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 公约) 缔约国大会和海上环境保护委员会 (Marine Environment Protection Committee, MEPC) 第 40 届会议上, IMO 正式开启关于国际航运 GHG 的讨论。2015 年《巴黎协定》的条款或实施该协定的决定 (包括 2020 年之前的目标) 均未提及 IMO。《巴黎协定》虽然没有体现国际航运 GHG 减排, 但是 MEPC 69 (2016 年 4 月) 对《巴黎协定》表示欢迎, 并承认国际社会在缔结该协定方面取得的重大成就。IMO 的后续行动遵循着《巴黎协定》的总体目标和基本原则。

国际海事组织 (IMO) 在海洋环境保护委员会 (MEPC) 解决船舶温室气体排放的历史追溯到 1997 年。重要的里程碑事件是 2011 年新造船能效设计指数 (Energy Efficiency Design Index) 和船舶能效管理计划 (Ship Energy Efficiency Management Plan), 2018 年 IMO 温室气体减排战略 (Initial IMO Strategy on Reduction of GHG emissions from ships) 采用。减排战略是船舶碳减排路线的里程碑 (MEPC 70/18/Add. 1), 74 届 MEPC 上的路线图与第四版温室气体研究 (The Fourth IMO GHG study) 一起公布。早期 IMO GHG 研究分别是 2000、2009 和 2014 年, 第四版给出了 2012-2018 年船舶 GHG 排放数量, 展示了全球船舶碳强度的分析方法, 并预测了 2018-2050 年碳排放。

IMO 秘书处与 UNFCCC 秘书处积极开展合作。国际航运 GHG 相关事宜由 IMO 的

附属机构 MEPC 负责审议。目前 IMO 主要通过技术和营运措施来推进 GHG 减排，市场机制措施由搁置状态进入加速讨论阶段。IMO 第四次 GHG 研究表明，单位船舶作业活动的 CO₂排放量明显降低，但国际航运 CO₂排放总量占全球排放总量的比例从 2012 年的 2.76% 上升至 2018 年的 2.89%。相较于公路和航空运输，虽然航运的能效水平是最高的，但随着航运需求的逐年增加，航运业 CO₂排放总量在不断增长。因此，IMO 必将采取进一步加强措施来实现 GHG 减排目标。事实上，航运业 2020 年后的 GHG 减排进程不断在加速。国际航运 GHG 减排进程大致经历了酝酿启动期（1997—2008 年）、技术措施审议制定期（2008—2015 年）、营运措施审议制定期（2015—2021 年），其中，2012—2013 年市场措施审议期间没有作出任何决议，市场措施处于暂时搁置状态。在国际航运 GHG 减排进程中，碳强度指标的计算是核心问题，需要结合国际海事组织最新的减排规则，阐述船舶 CO₂排放量和运输工作量的各种计算方法，重点探讨不同碳强度指标的计算问题以及各种指标的应用场景和利弊。

为减少航运业温室气体排放，国际海事组织（IMO）于 2018 年 4 月通过了航运业温室气体减排初步战略。以 2008 年碳排放为基准，提出到 2030 年将航运业碳排放强度降低 40%，2050 年碳排放强度降低 70%（碳排放总量降低 50%）的明确目标。世界各国政府相继出台了区域性政策措施，旨在控制和减少船舶造成的温室气体排放。2021 年 10 月，在“第二届联合国全球可持续交通大会”上，联合国秘书长古特雷斯特别呼吁让零排放船舶成为默认的选择，并在 2030 年前投入市场，到 2050 年前实现航运零排放。美国、英国、挪威、哥斯达黎加、欧盟 27 个成员国、基里巴斯、马绍尔群岛和所罗门群岛等主管当局则向 IMO 提出了 2050 年国际航运业实现温室气体零排放的目标。根据克拉克森的数据，2020 年全球航运业排放二氧化碳（CO₂）约 8.1 亿吨，船队排放量较 2008 年下降约 21%。这将是航运业通过引入现代型环保船舶、降低船舶航速等技术以及能效和运营能效措施的目标。国际航运 CO₂排放总量可以通过自上而下的燃料法或自下而上的动力法来确定；而对于国际航运碳强度（carbon intensity），由于采用不同的运输工作量计算方法和数据收集机制的限制，以及适用对象（新船和现有船）的不同，碳强度有多种表现形式，即碳强度有多种指标。针对从事运输作业的所有船舶，建立通用的、公认的、透明的、自愿或强制使用的船舶碳强度指标，有助于船东、船舶经营者和相关方评估其船队在 CO₂排放性能（能效性能）方面的表现，有助于使用者建立机制以实现限制或减少营运船舶 GHG 排放，促进实现低碳甚至零碳排放，限制航运业对全球气候变化的影响。

概念解释：

Shipping is an international industry, and international environmental and safety standards for shipping are developed by the International Maritime Organization (IMO), a United Nations specialized agency. The International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-Flashpoint Fuels (IGF Code) is the mandatory IMO instrument

that applies to all gaseous and other low-flashpoint fuels in shipping, and to all gas-powered ships other than gas carriers. The use of low-flashpoint fuels in gas carriers is covered by the International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IMO IGC Code). The IGF Code was adopted by the IMO in June 2015 (MSC.391[95]) and came into force on 1 January 2017. It is compulsory for all gaseous and other low-flashpoint-fuel ships and currently has detailed provisions for natural gas in liquid or compressed form (LNG, CNG). The IMO Marine Environment Protection Committee (MEPC) limited the sulphur content of ship fuel to 0.5 per cent from 2020 onward. This regulation applies worldwide. Emission control areas (ECAs) for SOX were introduced along the North American coasts as well as in the North Sea and Baltic Sea in 2015. In these areas, the sulphur content of fuel is limited to 0.1 per cent. It is allowed to continue burning HFO and use scrubbers to clean the exhaust gas to achieve an equivalent level of sulphur emissions.

参考文献：

- [1]舒印彪. 碳达峰碳中和技术路径及实践探讨[EB/OL]，2021-08-14
- [2]马骏，彭建国等. 中国碳中和通用指引[M]. 中信出版社，2021
- [3]国际能源署. 全球能源部门 2050 净零排放路线图[EB/OL]，2021-09
- [4]欧盟发布能源独立计划 REPowerEU, 2030 年摆脱对俄天然气依赖[EB/OL]. 风能专委会 CWEA，2022-03
- [5]袁斯来，苏建勋. 欧洲集体放弃碳中和？这是 2022 夏天最大的谎言[EB/OL]. 碳中和专委会，2022-09-03
- [6]薛树业. 国际航运碳强度指标综述[EB/OL]. 世界海运，2022-03-17
- [7]李蓉茜. 降碳，航运已看到能源组合积极[EB/OL]. I 路导咨询，2022-02-20
- [8]<https://baike.sogou.com/v387155.htm?fromTitle=%E7%A2%B3%E4%B8%AD%E5%92%8C&ch=frombaikevr>
- [9]航运界. 马士基解读欧盟排放交易体系最新进展[EB/OL]，2022-07-19
- [10]海事服务网 CNSS. 2019 年，IMO 燃油消耗数据强制性收集开始啦, 你有什么好方法吗？[EB/OL]，2019-01-28

免责声明

除非另有说明，中信期货有限公司拥有本报告的版权和/或其他相关知识产权。未经中信期货有限公司事先书面许可，任何单位或个人不得以任何方式复制、转载、引用、刊登、发表、发行、修改、翻译此报告的全部或部分材料、内容。除非另有说明，本报告中使用的所有商标、服务标记及标记均为中信期货有限公司所有或经合法授权被许可使用的商标、服务标记及标记。未经中信期货有限公司或商标所有权人的书面许可，任何单位或个人不得使用该商标、服务标记及标记。

如果在任何国家或地区管辖范围内，本报告内容或其适用与任何政府机构、监管机构、自律组织或者清算机构的法律、规则或规定内容相抵触，或者中信期货有限公司未被授权在当地提供这种信息或服务，那么本报告的内容并不意图提供给这些地区的个人或组织，任何个人或组织也不得在当地查看或使用本报告。本报告所载的内容并非适用于所有国家或地区或者适用于所有人。

此报告所载的全部内容仅作参考之用。此报告的内容不构成对任何人的投资建议，且中信期货有限公司不会因接收人收到此报告而视其为客户。

尽管本报告中所包含的信息是我们于发布之时从我们认为可靠的渠道获得，但中信期货有限公司对于本报告所载的信息、观点以及数据的准确性、可靠性、时效性以及完整性不作任何明确或隐含的保证。因此任何人不得对本报告所载的信息、观点以及数据的准确性、可靠性、时效性及完整性产生任何依赖，且中信期货有限公司不对因使用此报告及所载材料而造成的损失承担任何责任。本报告不应取代个人的独立判断。本报告仅反映编写人的不同设想、见解及分析方法。本报告所载的观点并不代表中信期货有限公司或任何其附属或联营公司的立场。

此报告中所指的投资及服务可能不适合阁下。我们建议阁下如有任何疑问应咨询独立投资顾问。此报告不构成任何投资、法律、会计或税务建议，且不担保任何投资及策略适合阁下。此报告并不构成中信期货有限公司给予阁下的任何私人咨询建议。

中信期货有限公司

深圳总部 地址：深圳市福田区中心三路 8 号卓越时代广场（二期）北座 13 层 1301-1305、14 层

邮编：518048

电话：400-990-8826