

中美两国应
加快实现航运业零排放



中美两国应加快实现航运业零排放

冒晓立，国际清洁交通委员会*

Bryan Comer (布莱恩·科默)，国际清洁交通委员会*

Elise Georgeff (伊莉丝·乔治夫)，国际清洁交通委员会*

* 机构名称仅用于注明作者所在单位。本文仅代表作者个人观点，并不代表其所在机构观点。

背景与挑战

国际海事组织（IMO）第四次温室气体研究显示，2018年，航运业约占全球人类活动造成的二氧化碳排放量的2.89%。在合理的长期经济和能源情境下，预计到2050年，航运业的排放量将比2018年增加高达50%（Faber等，2020）。联合国的可持续发展目标13（SDG 13）呼吁采取紧急措施应对气候变化及其影响。为了支持该目标，国际海事组织发布了强制性措施，要求国际航运业根据国际海事组织《国际防止船舶造成污染公约》（MARPOL）的规定减少温室气体排放。2018年，国际海事组织制定了温室气体减排初始战略，旨在到2050年将船舶产生的年度温室气体总排放量较2008年的水平减少至少50%，到2030年，船舶的碳强度至少降低40%（Rutherford & Comer，2018）。国际海事组织将在2023年修改初始战略，可能主要强化两个方面：不晚于2050年实现零排放，以及制定2030年和2040年的中期减排目标¹。

中国和美国都属于过去数十年来10个在提供国际航运服务方面具有最大利害关系国家²，两国的双边贸易占全球航运二氧化碳排放量的2.5%，占全球船舶排放的空气污染导致的过早死亡人数的4.8%（Liu等，2019）。在两国国家排放清单中，船舶产生的温室气体排放也日益引发担忧。国际清洁交通委员会估计，离岸12海里航行的船舶产生的二氧化碳排放，约占中国全国二氧化碳排放清单的1%³。如果在其他行业开始脱碳的过程中，对船舶排放不加以控制，这个比例还会继续增长（Mao&Meng，2022年；Mao&Rutherford，2018）。对于美国，国际清洁交通委员会估计在美国专属经济海域航行的船舶产生的二氧化碳排放，约占美国2020年排放清单中的0.6%（美国环境保护局，2022）。

¹ <https://theicct.org/zero-emission-shipping-and-the-paris-agreement-why-the-imo-needs-to-pick-a-zero-date-and-set-interim-targets-in-its-revised-ghg-strategy/>

² 国际海事组织的成员分三类：A类理事国是10个在提供国际航运服务方面具有最大利害关系的国家，分别是：中国、希腊、意大利、日本、挪威、巴拿马、韩国、俄罗斯、英国、美国。B类理事国是10个在国际海上贸易方面具有最大利害关系的国家，C类理事国是未被选进上述A类和B类理事国的20个国家。资料来源：<https://www.imo.org/en/OurWork/ERO/Pages/Council+Members.aspx>。

³ 2019年，中国总排放量为107亿吨二氧化碳。该数据来自世界银行，网址：<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?locations=CN>。

中美两国都是国际海事组织的重要理事国。两国均为国际海事组织的《国际防止船舶造成污染公约》附则六的缔约国，该附则旨在减少国际航运业的空气污染排放。根据该附则，美国申请并设立了国际排放控制区（ECA）。排放控制区的范围延长到距离海岸线约200海里，在排放控制区内，所有船舶必须遵守比其他地区更严格的硫氧化物排放标准，并且在2016年及以后建造的船舶需要遵守更严格的氮氧化物排放标准。中国设立了国内版本的排放控制区，范围划定为距离海岸线12海里以内。在国际海事组织制定初始温室气体排放战略期间，中国率先提出了国家行动计划（NAP）的提案，鼓励各成员国自愿分享在海事脱碳方面的经验，为国际海事组织温室气体排放战略修订案提供参考，该提案之后被正式采纳。美国后来在国际海事组织海上环境保护委员会第77届会议（MEPC77）上提出了一份同哥斯达黎加、挪威和英国联合发起的提案，主张到2050年国际航运业实现零排放，并制定2030年和2040年的碳强度与绝对排放量中期目标（MEPC 77/7/15）。

两国在国内都采取了监管措施，以控制航运业产生的常规空气污染物和温室气体排放。美国环保署在1999年颁布了《船舶发动机排放标准》，在该规则中规定了适用于不同类型船舶柴油发动机的排放标准。2008年，美国更新了小型船舶发动机⁴标准，制定了3级和4级排放标准，并设定了硫排放上限，以支持使用催化后处理方法控制排放⁵。除了联邦法规以外，美国最大港口所在地加州颁布了《商用港作船舶排放标准》，加州空气资源委员会（CARB）最近更新了该规则，要求所有其他商用港作船舶在可行的情况，采用零排放和更清洁的3级与4级内燃机发动机⁶。加州空气资源委员会还出台了针对远洋船舶的燃油规定。该规定比排放控制区更严格，要求船舶使用含硫量不超过0.1%的轻质燃料油，并且禁止使用脱硫塔这种替代产品。关于在港或“在泊”排放，加州从2014年开始要求远洋船舶在停泊时使用岸基供电，到2023年将把该规定的适用范围扩大到更多船舶类型，要求停靠加州港口的所有集装箱船必须符合100%在泊零排放的规定。2015年，中国发布国内首个船舶发动机排放标准，与美国的《船舶发动机排放标准》（除4级排放标准）相当。2015年至2016年，中国划定并升级了国内排放控制区（DECA）。然而，在2020年之后，DECA范围内更加严格的硫氧化物排放标准已成为祖父条款，中国政府可能在2025年对其进行进一步强化。国内排放控制区系统规定某些船舶在国内排放控制区范围内的港口停泊时，需要使用岸电。

最近，两国均提高了全经济范围温室气体减排的力度。在2020年9月召开的第75届联合国大会上，中国国家主席习近平宣布，中国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和（Mao & Meng, 2022）。美国在第26届联合国气候变化大会上更新了国家自主贡献目标，计划到2030年将国内排放较2005年减少50%至52%，到2050年实现净零排放⁷。美国与欧盟还在此次大会上联合发起了《全球甲烷承诺》，计划到2030年将全经济范围甲烷排放较2020年减少30%。历史上，两国在合作减少航运业排放方面已经有成功经验。2008年至2021年期间，美国国务院与中国国家发展和改革委员会执行“中美绿色合作伙伴”计划，在该计划的框架下共诞生了45个地区级合作伙伴，致力于实现清洁空气、清洁用水和减少废弃物的共同目标（Szum, 2021）。其中一个合作项目是，洛杉矶港和上海市交通委员会合作部署岸基电力取代船舶在港期间的传统燃料使用。2016年，两国举行第八轮中美战略与经济对话（S&ED），并发布了绿色港口和船舶倡议

⁴ 船舶发动机的型号可以分为三类，其中1类和2类发动机的排水量较小，在国内船队中最为常用。3类发动机主要用于国际船队。

⁵ <https://dieselnet.com/standards/us/marine.php>

⁶ <https://ww2.arb.ca.gov/news/carb-passes-amendments-commercial-harbor-craft-regulation>

⁷ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/13/fact-sheet-renewed-u-s-leadership-in-glasgow-raises-ambition-to-tackle-climate-crisis/>

(GPVI)，专注于创建港口和船舶的空气污染物与黑碳排放清单的能力建设活动⁸。最近发布的《中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》是双边合作的延续，并提出了更多切实可行的措施⁹。今年（2022）早些时候，上海港和洛杉矶港以及C40城市承诺创建全球第一条跨太平洋绿色航运走廊¹⁰。

温室气体减排潜力

现有技术可能具有不同的温室气体减排潜力和技术成熟度，这些技术将有助于国际航运业脱碳。国际海事组织第四次温室气体研究确定了44种温室气体减排技术，可分为四类，分别是节能技术、可再生能源应用技术、替代燃料应用技术和减速航行（Faber等，2020）。由于该研究并不包括电池电动技术，本报告将在“替代燃料”类技术章节中讨论该技术。

节能技术

国际清洁交通委员会曾估算过国际航运业先进技术的二氧化碳减排潜力。为了减少能耗和排放，船舶可以使用的两种主要技术分别是空气润滑（可减排5%至15%）和风力辅助推进（可减排2%至15%）（Comer，2019；Comer等，2022；Wang&Lutsey，2013）。然而很少有船东会自愿采用这些技术，因为现有能效政策的要求很低，他们不必进行相关投资也能达标。然而，如果政策收紧，船东更有可能投资这些技术以及其他节能技术。类似的可以强化的政策包括国际海事组织的船舶能效设计指数（EEDI），它要求2013年及以后建造的船舶逐步实现更优的能效表现。另外一项政策是现有船舶能效设计指数（EEXI），它要求从2023年起所有现有船舶需要达到更优的能效表现。研究表明，即使不执行其他政策，通过加快收紧船舶能效指数政策也可以减少国际航运业的绝对排放量，并将实现国际海事组织到2050年排放减少一半的概率将提升17%至44%（Comer等，2018）。将船舶能效设计指数带来的能效提升与其他措施（如减速航行和使用低寿命周期排放或零寿命周期排放燃料）相结合，有助于实现整个行业完全脱碳。另外，对于中国国内船队来说，其排放量与国际船队的排放量相当，却并不受国际海事组织船舶能效设计指数或现有船舶能效设计指数标准管辖，因此中国需要颁布类似政策，以推动船舶节能技术在国内市场的应用。国际清洁交通委员会估计，如果中国在2025年实行针对国内船舶的船舶能效标准，到2030年近海航运的二氧化碳排放较2019年可减少5%（Mao & Meng，2022）。

减速航行

船舶航速与燃料消耗之间近似呈立方关系。船舶在加速时需要消耗更多燃料，而船舶减速能够大幅减少燃料消耗，并附带减少空气污染物和温室气体排放（加州空气资源委员会，2018）。降低航速不可避免地会增加相同距离的航行时间，而且在某种程度上，可能需要运营更多以维持运输供给。但有研究显示，即使将这些因素考虑在内，减速10%可减少航程排放约19%。进一步减速甚至能够实现更大幅度减排（Faber等，2013）。

许多美国港口支持在其管辖区内划定船舶减速（VSR）区。洛杉矶港在2001年启动了自愿

⁸ <https://america.cgtn.com/2016/06/07/full-text-2016-china-u-s-strategic-and-economic-dialogue-strategic-fact-sheet>

⁹ <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>

¹⁰ <https://www.c40.org/news/la-shanghai-green-shipping-corridor/>

船舶减速计划，鼓励远洋船舶将巡航速度降到12节以下¹¹。2019年，洛杉矶港自愿船舶减速计划20海里以内的参与率为91%，40海里以内的参与率为87%¹²。长滩港、纽约和新泽西港以及圣地亚哥港也推出了类似计划，并通过年度排放清单跟踪这些计划的减排效果。2016年，圣地亚哥港通过船舶减速计划实现减排2670吨二氧化碳当量；2017年，长滩港通过船舶减速计划实现减排58,964吨二氧化碳当量；2018年，纽约和新泽西港船舶减速计划实现减排15,626吨二氧化碳当量。加州空气资源委员会估计，如果所有船舶在港口40海里以内维持12节以下航速，边界内的温室气体排放量可以减少29%（国际运输论坛，2018）。但中国尚未推出这类自愿减速计划，而且国际海事组织也没有计划制定任何强制性的船舶限速规定。

低碳和零碳燃料

海洋航运业的替代燃料对于国际航运业脱碳具有极大潜力，但对于如何评估它们的温室气体减排潜力依旧存在问题。国际清洁交通委员会建议使用三个标准来确定一种新燃料是否是“可持续的”：

- 低二氧化碳当量排放，而不只是低二氧化碳排放量：该标准可保证将温室气体考虑在内，尤其是甲烷、一氧化二氮和黑碳等具有高全球变暖潜势（GWP）的温室气体，以确保充分体现替代燃料的可持续性。
- 低20年全球变暖潜势，而不只是低100年全球变暖潜势：该标准可鼓励采取措施，减少对近期变暖贡献率最大的污染物，这对于避免超过《巴黎协定》的温度目标至关重要。
- 低生命周期排放，而不只是低直接（排放）：该标准可保证采用的替代燃料，不会转移排放，而是能实现全经济范围真正减排。

下列燃料和能源的生命周期排放水平较低，并且高度符合上述三个原则：

● 可再生电力

到目前为止，客轮的电气化取得了最大进展，有多艘纯电动客轮已经投入使用，其中大多数在欧洲。丹麦的电动客轮“艾伦号”2019年开始服役，配备到目前为止全球最大的电池系统，容量4.3兆瓦时（MWh），单程续航为22海里（Mao等，2021）。中国也在不断壮大服役的电池驱动客轮和货轮船队，包括全球最大的电池驱动游轮“长江三峡1号”。“长江三峡1号”游轮船身长100米，配备7,500千瓦时（kWh）动力电池¹³。除此之外，2021年，中国首艘电池驱动拖船在连云港投入使用，船身长35.5米，电池总容量约为5,000千瓦时¹⁴。受到续航里程和充电速度约束，电池可能最适合小型船舶，用于短途航线或频率较低的长途航线。电池电动船舶的最终温室气体减排潜力，完全取决于电力的温室气体强度。如果电动船舶使用可再生电力，并提高容量，就可以实现生命周期近零排放。岸电技术已经非常成熟，几乎适用于所有现有船舶，如果岸电使用额外为其生产的可再生电力，可以将船舶停泊时的全生命周期温室气体排放减少到零（东部研究集团&能源和环境研究协会，2017）。

● 绿氢及其衍生品

¹¹ <https://kentico.portoflosangeles.org/getmedia/0e57c1fd-0997-424a-92f3-547f31713b11/VSRI-Instruction-Guidelines-2020>

¹² <https://nepis.epa.gov/Exec/QueryPDF.cgi?Dockkey=P10119QQ.pdf>

¹³ <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1729169782936067197&wfr=spider&for=pc>

¹⁴ https://www.sohu.com/a/486516973_155167

用100%可再生电力电解水制氢可实现近零温室气体排放。氢气通过管道、卡车或船舶以低温液态或压缩气态运输，可泵送到安装燃料电池组的船舶并转换成电力，整个过程的副产品只有水。国际清洁交通委员会分析了以液态氢燃料电池驱动中美零排放航运走廊的技术可行性，认为只要中途额外设立一个燃料补给站，就可以实现99%的现有交通流量（Mao等，2020）。额外燃料补给站如果位于美国阿留申群岛，可帮助实现25%原本无法实现的交通流量，这为利用本地可再生能源生产和销售绿氢以满足额外需求创造了巨大机会（Georgeff等，2020，2022）。使用可再生能源制得的绿氢，可用于生产一系列可达到近零排放或净零排放的液态燃料。例如，氢气和氮气或氨合电子合成的氨，可以在具备后处理功能的内燃机中燃烧，或者注入车载燃料电池；甲醇等碳基燃料可用氢气与生物源二氧化碳或直接捕集二氧化碳合成，这类燃料可以在内燃机中燃烧。该技术可能更适用于特定的航运市场，这取决于燃料的能源强度。直接使用氢气是最直接的方法，但由于长途远洋航行燃料补给不便，因此这类船舶可能会首选氢衍生物。

● 先进生物燃料

相比转换技术而言，生物燃料的可持续性更依赖原材料，而且与上文所述的燃料不同，生物燃料的可持续性应该包括间接土地使用变化排放（Zhou等，2020）。国际清洁交通委员会发现，使用农林废弃物制成的第二代生物燃料，与现有船舶燃料相比可以减少70%至100%的全生命周期温室气体排放（同上）。

不同类型替代燃料的市场前景不同。为了实现欧盟到2050年的气候中和目标，以及到2030年温室气体排放量较1990年净减少至少55%的中期目标（减碳55），欧盟提出根据其FuelEU海事倡议，从2025年起对在欧盟港口停靠的船舶，设定能源生命周期温室气体含量上限（欧盟委员会，2021；交通与环境，2021）。现行的生命周期温室气体强度规定包括到2030年，温室气体强度较2020年降低13%，到2050年降低75%；然而，该项规定仍在商议过程中，并且这些目标可能会进一步提高，包括到2050年将温室气体强度降低100%¹⁵。中美两国尚未制定类似的政策。但美国在一份愿景文件中承诺到2050年实现净零排放，文件中确认“零碳氢”和“可持续生物燃料”有助于航运业实现脱碳¹⁶。中国开发了一艘试验性的小型氢燃料电池驱动客轮，船身长13.9米，由70千瓦燃料电池和86千瓦锂电池混合驱动。这艘客轮的设计时速为18公里/小时，续航里程为180公里，定员10人¹⁷。此外，中国政府发布的2021年至2035年氢能产业发展规划已经决定开展氢动力船舶试点¹⁸。中国将通过公布行业目标（“N+1”框架）履行碳中和承诺，并有可能为航运业单独制定目标。国际清洁交通委员会估计，随着中国逐步出台与欧盟提案类似的低碳燃料规则，中国的近海航运业预计到2060年可实现深度减排（50%至87%）（Mao & Meng，2022）。

● 港口基础设施和岸电供应

船舶要想逐步摆脱化石燃料，世界各地的港口和主要贸易走廊沿线的基础设施和能源必须同步转型。中国拥有许多全球大型港口，其中上海港是全球最大的港口。美国拥有西半球最大的海港综合体圣佩德罗湾港区，覆盖了洛杉矶港和长滩港。因此，中美两国有独特的优良条件，根据全球航运业的1.5摄氏度脱碳路径，应率先加快港口和陆上基础设施转型。

¹⁵ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TRAN-AM-731663_EN.pdf

¹⁶ <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf>

¹⁷ https://www.xianjichina.com/special/detail_469619.html

¹⁸ https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/t20220323_1320038.html?code=&state=123

给美国的建议

重点针对《清洁空气法案》未达标地区，到2030年所有主要贸易港口实现港口内零排放。

美国应从2024年开始，要求在美国港口停靠的船舶，向公共数据库报告其燃料消耗和排放量情况。

在2024年至2032年期间，对《琼斯法案》船队进行改造，或将其更换为零排放船舶。

到2024年在美国水域禁用脱硫塔。

对于美国，我们建议通过以下措施实现航运业脱碳：

- **重点针对《清洁空气法案》未达标地区，到2030年所有主要贸易港口实现港口内零排放。**

加州最近更新了在泊排放规定，根据船舶类型，要求2023年至2027年期间在港口停泊作业的船舶实现零排放¹⁹。此外，加州空气资源委员会最近批准更新《商用港作船排放标准》，将要求短途渡轮（单次航程<3英里）到2025年实现零排放，并计划不晚于2035年，在泊作业船舶实现零排放（Barry、Rose与Hubbell，2021）。美国应该制定并执行全国计划，要求不晚于2030年，在美国主要港口和位于“未达标”地区（即不符合美国全国空气质量标准）的港口停泊的远洋船舶、大湖船舶和港作船舶消除在港排放。美国所有港口应该在不晚于2035年实现零排放。

- **美国应从2024年开始，要求在美国港口停靠的船舶，向公共数据库报告其燃料消耗和排放量情况。**

自2019年起，国际海事组织要求大多数船舶每年向其数据收集系统报告燃料消耗和排放量，但该数据库并非公开数据库。自2018年以来，欧盟要求大多数船舶向其监测、报告和核查（MRV）系统报告往返欧盟港口的燃料消耗和排放量情况。这是一个公共数据库，对每一艘船舶进行标识。美国应该对在美国港口停靠的所有船舶建立自己的监测、报告和核查系统，包括国际和国内航行船舶。美国通过该系统可以更准确地量化航运排放，并制定减少船舶排放的策略。

- **在2024年至2032年期间，对《琼斯法案》船队进行改造，或将其更换为零排放船舶。**

美国《琼斯法案》船队被用于国内运输。目前约有130艘船舶，包括远洋船和大湖船。许多船舶的服役时间已经超过了40年，服役时间最长的《琼斯法案》远洋船舶于1963年建造完成²⁰，目前仍在服役，服役时间最长的《琼斯法案》大湖船于1942年建造完成²¹。这些船舶在美国建造，归美国人所有，并且船员全部为美国人，因此，为这些船舶的更新改造进行的任何投资，都将令美国人直接受益。此外，由于这些船舶参与国内运输，随着时间推移，美国人还能获得减少空气污染的好处以及相关健康效益。ABB表示《琼斯法案》船队是电气化的重要候选对象²²。

¹⁹ <https://ww2.arb.ca.gov/news/california-approves-updated-berth-regulation-expanding-efforts-cut-pollution-ships-california>

²⁰ <https://www.cato.org/blog/old-ships-still-abundant-jones-act-fleet>

²¹ https://www.mlive.com/news/2018/07/2_oldest_freighters_on_great_l.html

²² <https://new.abb.com/news/detail/67966/the-path-to-a-carbon-free-maritime-industry-investments-and-innovation>

- **2024年在美国水域禁用脱硫塔。**

脱硫塔通过对尾气喷洒海水减少硫排放（Osipova等，2021）。但合成洗涤水为酸性，含有多环芳烃、重金属和其他污染物。洗涤水直接向船外排放，会导致水质恶化（Comer等，2020）。加州已经要求船舶在加州水域使用含硫量低于0.1%的燃料，不得使用脱硫塔。在美国其他地区，每年约有1.5亿吨脱硫塔洗涤水被排放到美国领海，超过其他任何国家（Osipova等，2021）。美国全部水域，包括港口在内，都应该禁止通过使用脱硫塔系统来合规清洁燃料标准。包括中国在内，已经有三十个国家禁止在本国水域使用脱硫塔系统。在全国禁用脱硫塔，有助于改善水质和空气质量，因为与安装脱硫塔和燃烧高硫重燃料油的船舶相比，使用更清洁燃料的船舶所产生的空气污染物排放更低（Comer等，2020）。为了合规，船舶只需要改为使用低硫燃料。船舶本身通常已经随船携带了低硫燃料，并且可以直接在现有发动机中使用。事实上，未安装脱硫塔的船舶，通常会在进入排放控制区时，在高硫燃料和低硫燃料之间转换。因此，没有必要推迟执行该禁令。

给中国的建议

公布中国航运业到2025年实现排放达峰的工作计划。

在十五五规划（2026）之前，公布中国内河船舶的脱碳时间表，并在十六五规划（2031）之前公布中国海洋船舶的脱碳时间表。

消除国内排放控制区内的在港排放，主要沿海港口从2030年开始，到2050年实现零排放。

尽早将航运业纳入全国碳排放权交易体系。

对于中国，我们建议通过以下措施实现航运业脱碳：

- **公布中国航运业到2025年实现排放达峰的工作计划。**

作为全球最大的造船国，中国可以在全球减少船舶排放方面发挥领导作用。在实现2060年碳中和目标的“N+1”政策框架下，中国可以要求航运业在2025年排放达峰。中国已经对钢材行业制定了2025年排放达峰目标。作为全球最大的造船国，中国生产绿钢的雄心，可以吸引更多全生命周期零排放船舶的采购订单。中国可以利用在汽车电气化领域的领导力，发展电池驱动船舶，并借助钢材行业脱碳转型的契机，利用对绿氢的巨大需求支持部署氢燃料电池驱动船舶。

- **在十五五规划（2026）之前，公布中国内河船舶的脱碳时间表，并在十六五规划（2031）之前公布中国海洋船舶的脱碳时间表。**

中国在执行可行政策时，通常会每五年制定一次可量化目标。对于国内航运业，应该提前研究和公布2060年脱碳路径，以指导航运业顺利转型。内河船队和近海船队应该区别对待，因为这两类船舶在技术和经营改革方面会带来不同挑战。建议中国在制定航运业脱碳路径时，将能效标准与低碳燃料规定相结合，以实现短期效果，并为长期结果的实现铺平道路。

- **消除国内排放控制区内的在港排放，主要沿海港口从2030年开始，到2050年实现零排放。**

港口是国际商品流通链的排放热点，集中了船舶和卡车交通，而且通常会造成拥堵。港口的所有移动和固定设备几乎都可以使用现有技术实现电气化，包括在船舶停泊时使用岸电满足船舶电力需求。虽然生命周期温室气体减排量取决于电网的碳强度，但港口所在辖区的直接减排，能够为本地社区带来直接环境和公共健康效益，同时减轻气候影响。国内排放控制区内的主要海港应该在2030年前开始向零排放转型，并力争在2050年前实现净零排放。

- **尽早将航运业纳入全国碳排放权交易体系。**

中国的现行全国碳排放权交易体系并未覆盖航运业。但航运业已被纳入上海等区域碳排放权交易市场。碳排放权交易体系覆盖航运业有助于鼓励采用零排放燃料和推进技术以及相关基础设施，从而帮助航运业向脱碳未来转型。

合作机会

由于中美两国航运业脱碳面临共同的挑战和机会，因此我们首先为两国推荐一个未来合作的平台，即绿色航运走廊。航运走廊是中美两国现有的贸易航路，在这条航路上有频繁的商品流通。航运走廊的利益相关者包括货主、航运/物流公司、港口和燃料供应商。在航运走廊沿线可以保证供需，以便于协调低排放/零排放技术的部署工作。两国公私领域已经开展合作，因此制定加强可持续性协作的倡议不会面临太大困难。目前中美两国在上海港和洛杉矶港之间已经建立了一条航运走廊，在近100个全球领先城市组成的致力于联合应对气候危机的C40网络下，该航运走廊公布了到2030年推出零排放燃料船舶的宏大计划。

中美两国可以在其他现有航线开展这类合作，制定统一的政策框架，并由两国政府提供财务支持。由于港口同时处理国际贸易和国内贸易，因此这类国际合作还能使国内航运业受益。**中美绿色航运走廊**的最终目标应该是尽快为中美双边贸易脱碳探索一条可行的途径在2050年之前实现净零排放，为国际海事组织在2023年加强温室气体策略做出贡献。两国应该制定2025年和2030年的总体二氧化碳当量中期减排目标和建设脱碳航运走廊的数量目标，以确保按计划实现最终目标。为了支持这些目标，我们提出了在**中美绿色航运走廊**下可以开展协作的领域：

- **建造和部署零排放船舶**

两国船级社可以合作制定认证和标识合格零排放船舶的统一规范，由政府提供财政激励政策以鼓励零排放船舶在两国进行船籍登记，或者为本国建造零排放船舶提供补贴。中美两国首先可以将国内船队作为升级目标，包括拖船、领航船、渡轮和区域货轮等，后期可将范围扩大到长途航行的大型船舶，包括沿绿色航运走廊航行的远洋船舶。

- **部署零生命周期排放船舶燃料**

两国可以联合制定统一规范，用于认证可持续船舶燃料，并提供财政激励，针对服务绿色航运走廊的船舶，提供可持续燃料生产、分配和销售服务。可持续燃料应该产生零生命周期温室气体排放或近零排放，并且不会加剧全球森林砍伐。

- **零排放港口**

两国可以启动零排放港口配对项目，以合作消除在港排放，参与项目的两个港口应该在绿色

航运走廊的两端。两国可以分别决定各自的技术路径。但两国应该保证所有港口可提供岸电供应，并且应该使用相同的电频率，使具备岸电接入条件的船舶在中美两国提供岸电的所有港口，可以直接连接岸电电源。

- **创建零排放海运走廊**

中国上海港和洛杉矶港与长滩港已经宣布在港口之间使用零排放船舶的合作倡议。未来中美两国可以开展其他港口合作项目，阐明零排放船舶开始在这些航线航行的年份，并制定海运走廊沿线零排放船舶的贸易额占比目标。

致谢

作者非常感谢以下人员对本报告提供的综合评审和宝贵意见：Daniel Hubbell（海洋保护协会航运排放运动经理）、Madeline Rose（太平洋环境组织气候运动主管倡议主任）以及彭传圣（交通部水运科学研究院首席技术官）。

参考文献

1. Barry, J., Rose, M., and Hubbell, D. (2021). 《拜登-哈里斯政府如何帮助船舶停止使用化石燃料》. 太平洋环境与海洋保护, 华盛顿特区, 2021年.
2. 加州空气资源委员会. (2018). 《技术评估: 远洋船舶》. 147.
3. Comer, B. (2019). 《转子与泡沫: 对减少船舶燃料消耗和排放量的创新技术基于航线的评估》. 19.
4. Comer, B., Chen, C., & Rutherford, D. (2018). 《实现国际海事组织2050年最低减排目标的相关短期措施》. 国际清洁交通委员会. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/relating-short-term-measures-to-imos-minimum-2050-emissions-reduction-target/>
5. Comer, B., Douglas, S., & Elise, G. (2022). 《散货船利用氢燃料电池和风力辅助推进实现脱碳: 模拟案例研究分析》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/hydrogen-and-propulsion-ships-jan22/>
6. Comer, B., Georgeff, E., & Osipova, L. (2020). 《安装脱硫塔的船舶产生的空气排放和水污染排放》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/air-emissions-and-water-pollution-discharges-from-ships-with-scrubbers/>
7. 东部研究集团与能源和环境研究协会. (2017). 《美国港口岸电技术评估》.
8. 欧盟委员会. (2021). 《欧洲议会与欧洲理事会修订根据欧盟更高的气候愿景加强新乘用车和新轻型商务车二氧化碳排放性能标准的第(EU) 2019/631号条例的条例提案》. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/amendment-regulation-co2-emission-standards-cars-vans-with-annexes_en.pdf
9. Faber, J., Hanayama, S., Zhang, S., Pereda, P., Comer, B., Hauerhof, E., Schim van der Loeff, W., Smith, T., Zhang, Y., Kosaka, H., Adachi, M., Bonello, J.-M., Galbraith, C., Gong, Z., Hirata, K., Hummels, D., Kleijn, A., Lee, D., Liu, Y., ... Yuan, H. (2020). 国际海事组织第四次温室气体研究. 国际海事组织. <https://docs.imo.org/>
10. Faber, J., Nelissen, D., Hon, G., Wang, H., & Tsimplis, M. (2013). 《海洋运输中受管制的减速航行》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/regulated-slow-steaming-in-maritime-transport/>

11. Georgeff, E., Mao, X., & Rutherford, D. (2022). 《美国扩大零排放航运的规模：阿留申群岛港口的潜在氢需求》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/marine-us-aleutians-hydrogen-jun22/>
12. Georgeff, E., Mao, X., Rutherford, D., & Osipova, L. (2020). 《液态氢加氢基础设施支持中美零排放集装箱航运走廊》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/liquid-hydrogen-refueling-infrastructure-to-support-a-zero-emission-u-s-china-container-shipping-corridor/>
13. 国际交通论坛. (2018). 《减少航运温室气体排放：基于港口的激励措施带来的启示》. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/reducing-shipping-greenhouse-gas-emissions.pdf>
14. Liu, H., Meng, Z.-H., Lv, Z.-F., Wang, X.-T., Deng, F.-Y., Liu, Y., Zhang, Y.-N., Shi, M.-S., Zhang, Q., & He, K.-B. (2019). 《中美双边贸易中隐含的全球航运排放与健康影响》. 《自然可持续性》, 2(11), 1027–1033. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0414-z>
15. Mao, X., Georgeff, E., Rutherford, D., & Osipova, L. (2021). 《使用电池电动技术为中国近海渡轮续航》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/repowering-chinese-coastal-ferries-with-battery-electric-technology/>
16. Mao, X., & Meng, Z. (2022). 《中国近海航运脱碳：燃料效率和低碳燃料的作用》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/china-marine-decarbonizing-chinas-coastal-shipping-role-of-fuel-efficiency-and-low-carbon-fuels-factsheet-en-jun22/>
17. Mao, X., & Rutherford, D. (2018). 《中国近海商用船舶的氮氧化物排放：2015年和2030年》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/nox-emissions-from-merchant-vessels-in-coastal-china-2015-and-2030/>
18. Mao, X., Rutherford, D., Osipova, L., & Comer, B. (2020). 《中美零排放集装箱航运走廊燃料补给评估：氢气能否取代化石燃料？》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/refueling-assessment-of-a-zero-emission-container-corridor-between-china-and-the-united-states-could-hydrogen-replace-fossil-fuels/>
19. Osipova, L., Georgeff, E., & Comer, B. (2021). 《国际海事组织2020年燃料含硫量限制下的全球脱硫塔洗涤水排放》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/global-scrubber-washwater-discharges-under-imos-2020-fuel-sulfur-limit/>
20. Rutherford, D., & Comer, B. (2018). 《国际海事组织的初始温室气体战略》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/the-international-maritime-organizations-initial-greenhouse-gas-strategy/>
21. Szum, C. (2021). Capturing the legacy of the U.S.-China EcoPartnerships program. 《充分利用中美绿色合作伙伴项目的影响》. 《环境进展与可持续能源》, 40(5), e13640. <https://doi.org/10.1002/ep.13640>
22. 《交通与环境》(2021). 《FuelEU海事倡议草案：量化船舶制造的气候和环境灾难》. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2021_06_TE_analysis_Draft_FuelEU_Maritime_proposal.pdf
23. 美国环境保护局. (2021). 《美国温室气体排放与碳汇清单：1990年至2020年》(EPA 430-R-22-003). <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2020>
24. Wang, H., & Lutsey, N. (2013). 《提高船舶效率的长期潜力》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/long-term-potential-for-increased-shipping-efficiency/>
25. Zhou, Y., Pavlenko, N., Rutherford, D., Osipova, L., & Comer, B. (2020). 《液态生物燃料减少船舶排放的潜力》. 国际清洁交通委员会. <https://theicct.org/publication/the-potential-of-liquid-biofuels-in-reducing-ship-emissions/>

