

# 港口碳排放现状及减碳措施分析

邓红梅

(交通运输部水运科学研究院, 北京 100088)

**摘要:** 港口温室气体排放加剧了全球气候变化, 气候变化导致的全球海平面上升也对港口的可持续发展构成了巨大的威胁。本研究首先介绍了港口碳减排的背景及意义, 其次核算分析了 2011 至 2019 年间我国港口碳排放的现状, 最后梳理了港口碳减排的具体措施, 提出了港口脱碳的努力方向。

**关键词:** 港口; 碳排放; 现状; 减排措施

**中图分类号:** X322

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2021) 12—0098—03

## 1 港口碳减排背景

政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第五次评估报告指出, 1901—2010 年期间全球海平面上升的速度对人类的生活环境带来了巨大的威胁, 如果温升幅度大于 2℃, 将会在全球造成不可挽回的灾难性环境后果<sup>[1]</sup>。IPCC 于 2018 年 10 月发布的《全球 1.5℃ 温升特别报告》进一步指出, 只有在本世纪中叶实现全球范围内的温室气体净零排放——碳中和目标, 才有可能将全球变暖幅度控制在 1.5℃ 以内, 从而减缓及避免气候变化带来的极端危害。国际社会于 2015 年达成了《巴黎协定》, 各国做出了自主减排承诺, 并确定了在本世纪末将全球温升幅度控制在 2℃, 并争取将其控制在 1.5℃ 的温升水平的目标<sup>[2]</sup>。作为全球供应链中的转运节点, 港口产业约占全球温室气体排放总量的 3%<sup>[3]</sup>, 由其产生的碳排放加剧了全球气候变化, 气候变化导致的全球海平面上升也对港口的可持续发展构成了巨大的威胁。中国作为世界上最大的发展中国家, 化石能源仍然是主要的能源消耗来源, 所产生的碳排放也位列世界之最。中国政府于 2020 年向国际社会做出承诺, 力争在 2030 年前实现碳达峰, 2060 年前实现碳中和。我国的水运“十三五”发展规划也明确规定了港口的节能减排政策目标, 规划指出, 2020 年港口生产单位吞吐量综合能耗及二氧化碳排放均需比 2015 年下降 2%。随着应对气候变化政策的日益加强, 有必要进一步核算我国港口的碳排放现状, 并对港口的降碳措施进行分析, 以便促进低碳港口的建设及港口的高质量发展。

## 2 我国港口碳排放现状

本节从港口碳排放的来源、港口碳排放核算方法、

港口碳排放现状三个方面对我国港口碳排放进行了分析。

### 2.1 港口碳排放的来源

港口的温室气体排放来源可分为三类。第一类是港口活动产生的直接碳排放, 包括港作车辆、拖轮等通过燃油消耗产生的排放; 第二类是港口经营用电所产生的间接碳排放; 第三类是与港口业务承租人相关的其他间接来源, 包括租用船舶、卡车、货物装卸设备和铁路机车等产生的间接排放。对于拥有大量外包业务的港口而言, 第三类排放源可能是温室气体排放的最大来源。

### 2.2 港口碳排放核算方法

针对某个具体的港口企业而言, 通过统计不同能源品种的能耗情况, 再用相应能源的消耗量乘以对应的碳排放因子即可计算得到该港口不同能耗的碳排放量。对于我国港口整体碳排放的核算, 由于针对所有港口的详尽数据难以获得, 通常使用我国港口的吞吐量、港口企业每万吨单耗 (吨标准煤) 和吨标煤的碳排放系数相乘得到, 其计算公式如式 (1) 所示。

$$Q = X \times Y \times Z \quad (1)$$

Q 为港口碳排放量, X 为港口吞吐量, Y 为港口企业每万吨单耗, Z 为吨标煤的碳排放系数。港口的吞吐量取自《中国港口年鉴》, 港口企业的每万吨单耗参考《交通运输行业发展统计公报》中所公布的值, 由于交通运输部 2011 年才开始对港口能源消耗进行监测, 所以研究年份从 2011 年开始, 吨标煤的碳排放系数参照我国发改委所使用的推荐值, 即 2.4567t-CO<sub>2</sub>/tce。

### 2.3 港口碳排放现状分析

根据测算, 2011 年港口的碳排放为 779.50 万吨, 之后缓慢上升, 2013 年港口的碳排放达到 838.33 万吨,

2013年之后港口的碳排放趋势稳重有降,2018年的碳排放为810.89万吨。由于2019年港口的统计范围进行了调整,2019年的全国货物吞吐量和碳排放量相比于2018年呈下降趋势。2011年至2019年全国港口的货物吞吐量及CO<sub>2</sub>排放量的历史趋势如图1所示。综合来看,过去十年间,我国港口的碳排放量大约在800万吨左右。

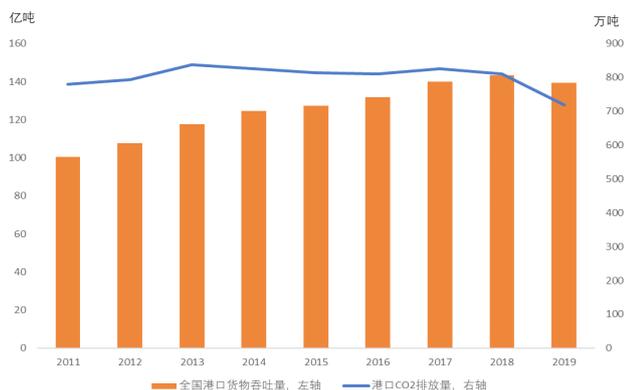


图1 港口吞吐量及CO<sub>2</sub>排放量

### 3 港口降碳措施

为了实现我国的双碳目标,港口在节能降碳方面仍需要采取更有力的措施。具体来看,港口的减碳措施可以从技术、管理、节能几方面展开。

#### 3.1 设备措施

设备措施是指对相关排放设备进行物理上的改变或用更清洁和更新的节能技术替换旧的设备,港口主要的排放设备包括拖轮、货物装卸设备、建筑照明和空调等。设备措施可以通过不同的方式实现,一是购买新的设备,二是用更清洁和更高效的设备替换旧的设备,三是更换新的引擎,四是对排放控制技术进行改造。

全球各地的港口实践表明,柴油动力终端设备的更换可将能源消耗和二氧化碳排放降至最低。西班牙巴伦西亚港通过对轮胎式龙门吊的引擎设备进行发电机组改造,可将港口CO<sub>2</sub>的排放量减少43%<sup>[4]</sup>。美国的圣佩德罗湾港口的清洁空气行动计划也要求港口在指定时期内用新的清洁发动机对货物装卸设备的旧发动机进行更换。美国纽约和新泽西集装箱码头也将在五至十年的使用周期内对堆场牵引车的设备进行更新。对老式柴油龙门起重机等设备进行投资改造的节能减排效果明显,然而,对货物装卸设备进行更新和替换的成本高昂,因此,大规模的设备更新和替换所需时间较长。

#### 3.2 能源措施

能源措施包括通过使用更清洁的燃料、可替代能源系统或利用可再生能源,向港口作业方提供更清洁的能源。

更清洁的燃料包括液化天然气LNG、甲醇、氢能、氨能和生物质能等。液化天然气每公里的能源效率比传统燃料高10%左右,产生的二氧化碳也大约低25%<sup>[5]</sup>,但是液化天然气在使用中可能会存在甲烷泄漏的问题,而甲烷带来的全球变暖潜力是二氧化碳的25倍,因而,液化天然气的大规模使用仍然存在着争议。对于甲醇而言,它可以产生更少的二氧化碳排放,且在低负荷下,不存在甲烷泄漏的问题,是一种较为可行的替代燃料。氢能和氨能也都是具有较大发展前景的可替代燃料,氢能可用于燃料电池装置,氨能可用于船舶或车辆发电的燃料。生物质发电也可以减少温室气体排放,来自港口或船舶的生物质可转化为沼气或生物燃料,通过燃烧可以产生热力和电力。然而,可替代燃料的高成本低回报特性限制了它们在港口的使用规模,而且,许多港口的设施和市场发展还不成熟。

可替代能源系统指发动机等使用化石燃料以外的能源,包括电气化和使用混合动力等。全电气化在起重机等货物装卸设备中使用广泛,此外,货物装卸设备中还常采用可充电电池系统。例如,在美国圣佩德罗湾港口和台湾高雄集装箱码头等多个港口,电池电动导向车辆、叉车、轨道搬运车、堆垛起重机等都得到了广泛的应用。总的来说,起重机电气化大约可节省总耗能量的30%,对减少温室气体排放发挥着重要的作用。另外,混合动力是指港口设备使用化石燃料和电力混合发电,包括插电式混合动力和液压混合动力等。

港口可利用的可再生能源包括太阳能、风能、海洋能和地热能等。太阳能电池板可建在港口的空置地面,也可建在码头相关建筑及仓库的屋顶上。风能在沿海区域的资源非常丰富,在港口建设风电设施有着天然的地理优势,很多港口都安装了陆上和海上风力发电机,但风力发电也会受到空间可用性的限制。海洋能包括潮汐能等,主要是利用海峡、岛屿和通道近岸的潮汐产生的动能。地热能利用的是地球地层中储存的能量。

#### 3.3 操作措施

操作措施主要是为了提高整个港口的运营效率,包括采用数字化技术和集装箱码头自动化操作技术等。数字化技术可以帮助识别、监控和汇总支持运营效率所

需的数据,遥感、大数据分析等职能物流的发展降低了燃料消耗并减少了碳排放。数字化技术在多个港口得到广泛应用,例如,上海港采用了监控物流和燃料消耗的智能物联网技术、电子数据交换技术等,方便了码头和航运公司之间的通讯;国外的数字化技术案例包括汉堡港的3D打印技术、鹿特丹港的物联网传感器技术和新加坡港的大数据和云计算技术等。集装箱码头自动化操作系统不仅提高了码头效率,而且降低了运营成本和碳排放。全球约有1%的码头是全自动的,约有2%的码头是半自动的,如鹿特丹港、纽约港、墨尔本港、波尔不港和青岛港等<sup>[6]</sup>。鉴于自动化码头在减少能源消耗和二氧化碳排放等方面的优势,传统港口有望在未来逐步向自动化码头转型。此外,港口还可以通过不同的绿色政策和项目来减少碳排放。例如,港口可以实施绿色采购政策,采购绿色环保的产品或服务;港口还可以购买使用可再生能源生产的绿色电力;港口种植树木不但可以改善景观,还可以最大限度地通过林业碳汇达到固碳的目的。

### 3.4 信息化措施

信息措施包括温室气体排放的核算、监测和报告,是减少港口碳排放的重要措施之一。在建立排放核算清单之后,可以确定港口的排放基准线,而且能观察港口排放随时间的变化趋势。建立温室气体排放清单是港口碳减排行动的重要步骤,通过碳排放清单可以有效识别港口温室气体减排的关键措施。碳排放监测也是非常重要的减排措施,通过监测碳排放可以有效解释港口排放的负外部性,并使港口活动排放的负外部性内部化。碳报告制度在欧盟的很多港口都很普遍,碳排放的可监测、可报告、可核查体系是碳交易机制建设运营的基本要素<sup>[7]</sup>,也是港口低碳转型的重要依据。我国港口的低碳转型应借鉴欧盟的经验,率先建立碳排放核算、监测及报告相关的信息化机制。

## 4 结语

港口是国家经济的重要战略节点,港口的经营活动会产生大量的碳排放并加剧气候变化。港口的碳排放主要归因于其移动源和固定源的排放,包括拖轮、叉车、货物装卸设备等产生的排放。鉴于应对气候变化的紧迫性,本研究分析了我国港口二氧化碳排放现状以及减碳的具体措施,采取有效的减排措施可以实现港口的可持

续发展。由于每个港口的特点不同,减排潜力和成本也存在差异,各个港口所采取的减排措施也不尽相同。港口在制定温室气体减排战略时,应因地制宜,采取最具成本有效性的措施达到港口脱碳的目标。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2014: mitigation of climate change[M], UK: Cambridge University Press, 2015.
- [2] IPCC. Special report on global warming of 1.5 °C [M]. UK: Cambridge University Press, 2018.
- [3] Misra A, Panchabikesan K, Gowrishankar S K, et al. GHG emission accounting and mitigation strategies to reduce the carbon footprint in conventional port activities – A case of the Port of Chennai[J]. Carbon Management, 2016, 8(1):45–56.
- [4] Martinez-Moya J, Vazquez-Paja B, Maldonado J G. Energy efficiency and CO2 emissions of port container terminal equipment: Evidence from the Port of Valencia[J]. Energy Policy, 2019, 131:312–319.
- [5] Yun PENG, Xiangda LI, Wenyuan WANG, et al. A simulation-based research on carbon emission mitigation strategies for green container terminals[J]. Ocean Engineering, 2018, 163:288–298.
- [6] Schröder-Hinrichs J U, Song D W, Fonseca T, et al. Transport 2040: Automation, technology, employment—The future of work[R]. World Maritime University, 2019.
- [7] 李雯,王妮妮. 浅析水路运输行业开展温室气体排放清单编制及碳排放交易的行业基础及面临的问题[J]. 中国水运(下半月), 2015, 15(008):58–61.

基金项目:交通运输部水运科学研究院青年科技创新项目(0100062113)。