

中国水路运输碳排放驱动因素分析

吴慧玲¹, 陈亚杰², 葛世伦¹

(1. 江苏科技大学经济管理学院, 江苏 镇江 212100; 2. 上海船舶设备研究所, 江苏 镇江 212003)

摘要: 为探讨中国水路运输碳排放的驱动因素, 本文采用 LMDI 分解法对碳排放变化进行多驱动因素分解。从碳排放强度效应、规模效应、经济效应和人口效应分析对中国水路运输碳排放的影响。研究表明: 经济效应是水路运输碳排放增长的主要驱动因素; 规模效应对水路运输碳减排的贡献最为突出; 人口效应对水路运输碳排放的抑制效应近五年效果居首; 碳排放强度效应是稳定的碳排放抑制因素, 但抑制效果不佳。最后提出了减排的具体措施和努力方向。

关键词: 中国水路运输; 碳排放; LMDI 分解法; 运输周转量

中图分类号: F206 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2023) 03—0056—03

根据国际海事组织 (International Maritime Organization, IMO) 预测, 若所有船只继续使用传统化石燃料, 到 20 世纪中期, 航运的温室气体排放将会继续增长 50%~250%, 甚至占到世界温室气体总排放量的 17%^[1]。作为航运大国, 中国 90% 以上的外贸货运量通过海运完成^[2], 52% 以上的货物运输周转量通过水路运输完成。中国水路运输产生的温室气体主要有 CO₂、NO_x、CO、NMVOC、SO₂ 和 PM。其中, CO₂ 排放占比居于首位, 占比约 95%。因此, 本文的碳排放仅涵盖温室气体中的 CO₂。

LMDI 分解法^[3] 在交通运输业碳排放驱动因素分析中得到了广泛应用。目前关于水路货运碳排放驱动因素分析主要集中于中国国际海洋运输, 缺乏对我国内河及沿海水路运输碳排放驱动因素的分析, 缺少对各水路运输方式碳排放驱动因素的对比分析。

本文采用 LMDI 分解法将碳排放变化分解为碳排放强度效应、规模效应、经济效应及人口效应四个驱动因素, 分别探讨四种驱动因素对于中国水路运输及内河、沿海、远洋三种运输方式碳排放的影响, 探讨驱动因素贡献度的变化及其变化的原因。本文有助于揭示碳排放变动的因素, 进而了解如何控制中国水路运输的碳排放, 为水路运输的碳减排提供借鉴思路。依据研究结果提出的建议有助于中国水路运输节能减排。

1 研究设计

1.1 水路运输碳排放分解模型

本文涉及的能源仅船用重燃油 (HFO) 和船用轻柴油 (MGO), 故在 KAYA 模型基础上, 采用 LMDI 分解法将水路运输碳排放的驱动因素扩展为:

$$E_k = \frac{E_k}{Z_k} \cdot \frac{Z_k}{G_k} \cdot \frac{G_k}{P_k} \cdot P_k \quad (1)$$

$$E_k = EZ_k \cdot ZG_k \cdot GP_k \cdot P_k \quad (2)$$

其中: E_k 、 G_k 和 P_k 分别表示第 k 种水运输方式的碳排放量 (万吨)、产业增加值 (亿元) 和从业人数 (人)。 EZ_k 为碳排放强度效应, 表示第 k 种水路运输方式下单位货物周转量的碳排放强度; ZG_k 为规模效应, 表示第 k 种水路运输方式下单位交通运输业产业增加值的货物周转量; GP_k 为经济效应, 表示第 k 种水路运输方式下单位交通运输从业者的交通运输业增加值; P_k 为人口效应, 表示第 k 种水路运输方式下交通运输从业者。

依据 Ang 等^[4] 提出的 LMDI 分解法对公式进行无残差分解, 从基期到 t 期水路运输碳排放差值称为总效应 ΔE^t 。

$$\Delta E^t = \Delta EZ^t + \Delta ZG^t + \Delta GP^t + \Delta P^t \quad (3)$$

$$\Delta EZ^t = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \cdot \ln \left(\frac{EZ^t}{EZ^0} \right)$$

$$\Delta ZG^t = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \cdot \ln \left(\frac{ZG^t}{ZG^0} \right)$$

$$\Delta GP^t = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \cdot \ln \left(\frac{GP^t}{GP^0} \right)$$

$$\Delta P^t = \frac{E^t - E^0}{\ln E^t - \ln E^0} \cdot \ln \left(\frac{P^t}{P^0} \right)$$

碳排放变化值 ΔE 由 4 个部分组成: 碳排放强度效应值 ΔEZ 、规模效应值 ΔZG 、经济效应值 ΔGP 及人口效应值 ΔP , 分别表示各因素对于水路运输碳排放变化的贡献值。

1.2 数据来源

本文中 2005—2020 年中国水路运输三种运输方式的运输周转量取自历年《公路水路交通运输行业发展统计公报》, 缺失的 2020 年沿海和远洋水路运输周转量的数据, 依据货物周转量与经济发展程度关联紧密进行

预测；单位运输周转量能耗来自历年的《交通运输业发展统计公报》，缺失的部分依据文献和我国“十三五规划”和“十四五规划”，以及交通运输部发布的《公路水路交通节能中长期规划纲要》所明确的目标进行补充；碳排放因子来自 IMO 发布的三次温室气体研究报告；水路运输的产业增加值和从业人口数据来自历年的《中国统计年鉴》。

2 结果与讨论

2.1 中国水路运输碳排放量

水路运输碳排放量的变化趋势与其运输周转量的变化趋势基本保持一致。如图 1 所示，三种运输方式中仅内河水路运输的碳排放总量在持续增长，并于 2015 年跃居三种运输方式的碳排放首位，但内河水路运输周转量一直低于沿海和远洋水路运输周转量，表明目前内河水路运输的单位运输周转量的碳排放量高于沿海和远洋水路运输。

由此可见，中国水运中内河水路运输的碳排放还未得到有效控制。在实现我国水路运输业碳减排的过程中，应当着重关注内河水路运输的碳减排措施的推进。

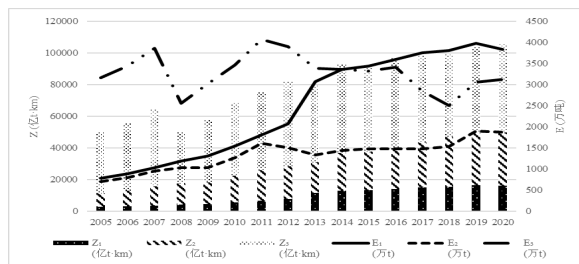


图 1 水路运输周转量和碳排放量

2.2 碳排放驱动因素分析

依据 (1)–(3) 式对水路运输的碳排放总量驱动因素进行分析，结果如图 2 所示。经济效应和规模效应是促进中国水路运输碳排放总量增长的主要驱动因素，碳排放强度效应和人口效应对中国水路运输碳排放总量有负向影响，近年来人口效应的减排效果较好。

按照 (2) 式分别对三种运输方式的碳排放驱动因素进行分解，结果如图 3 所示。碳排放强度效应和规模效应对三种运输方式均有减排贡献，规模效应的减排贡献更好。经济效应是碳排放增长最主要的驱动因素，由于人均交通运输产业增加值的提高导致航运业的碳排放累计增长值分别为：内河 5072.0 万吨、沿海 2513.2 万吨及远洋 5831.6 万吨。三种运输方式的人口效应数值表明，当从业人数下降的时候，人口效应对碳排放有抑制作用，

反之亦然。人口效应对内河和沿海水路运输累计碳排放影响较小，但对远洋水路运输的影响较大，累计降低 2779.1 万吨碳排放量。从每五年的总效应角度来看，除了远洋船舶的碳排放有一定的控制外，内河和沿海的碳排放一致都保持增长的状态。

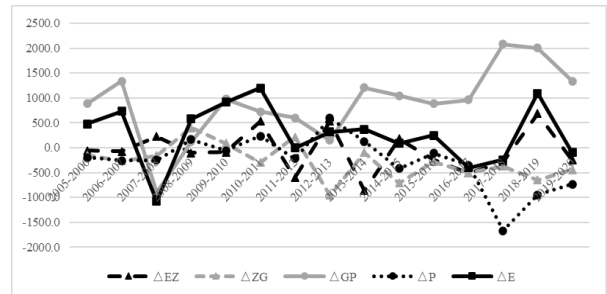


图 2 中国水路运输碳排放因素分解

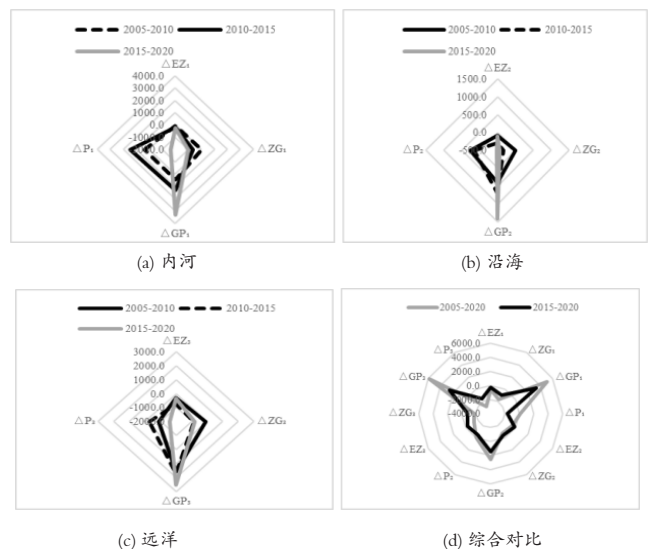


图 3 三种运输方式的 LMDI 分解

3 结论与建议

经济效应是水路运输碳排放增长的主要驱动因素；规模效应和人口效应的减排贡献较为突出；碳排放强度效应一直抑制碳排放增长，但效果欠佳。因此，优化碳排放强度效应和经济效应是降低中国水路运输碳排放水平的主要方法。

促进碳排放强度效应的碳减排贡献主要依靠调整船舶用能结构。考虑到能源密度问题，建议内河船舶使用 LNG、电能、氢能和甲醇为替代燃料，近海和远洋船舶的船用替代燃料为 LNG、甲醇、氢能和氢能。同时，加强清洁能源加注设施的建设 and 应用清洁能源的相关法律法规的出台，以便于实现大规模的调整船舶用能结构，减少水路运输的碳排放量。

承压富水隧道施工对水环境的影响及对策

——以中条山隧道施工为例

任伟杰

(中铁隧道局集团有限公司, 广东 广州 511400)

摘要: 隧道施工由于工程结构影响引起通道变化, 造成地下水大量流失。同时施工过程中大量废水进入地表水体, 对水环境造成影响^[1]。本文以蒙华铁路中条山隧道为例, 针对承压富水地层隧道施工不能完全注浆堵水时, 采取洞外设污水处理站、洞内清污分别抽排、隧底体外排水等措施, 隧道完工后利用结构渗漏水对水库回补措施, 减少隧道工程对水库和地下水的影响。通过动态设计和施工改进, 有效减少中条山隧道造成的地下水流失和地表水污染, 为类似工程提供借鉴, 达到保护生态环境和水质安全的目的。

关键词: 承压; 富水; 水环境; 影响; 对策

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0058—03

随着我国交通基础设施的迅猛发展, 出于线路取直和坡度控制的需要, 隧道工程修建越来越多, 因此伴生的水环境保护问题日趋严重。大部分隧道工程因承受水压过大无法完全注浆堵水, 地下水大量排放不仅在施工期间影响施工进度和工程质量, 还广泛影响紧密相关的生态环境, 包括水环境、土壤环境、生物栖息环境等。基础设施建设与生态环境保护似乎是永远不可调和的矛盾, 随着可持续发展观念日渐深入人心, 便捷交通的人文交流需求与保护生态的生活品质追求并重, 逐渐成为建设项目中最重要的理念^[2]。

目前隧道施工对围岩裂隙水处理主要方式为注浆堵水加固后开挖通过。但对承压富水地层而言, 由于高压在堵水后易出现对二次衬砌造成破坏, 而因为水的

连通性不能无限度提高全隧抗水压设计, 施工期为防范突涌水事故还需要排放泄压, 这此因素造成承压富水地层段往往会形成地下水大量排放, 对生态环境影响较大。如何做到降低施工难度和保护周边环境两者兼顾, 已成为隧道承压富水施工亟待解决的重要技术难题^[3]。

本文通过分析隧道工程地质特点和涌水情况, 实现了隧道带水作业通过, 通过多种措施结合, 减少了水环境的破坏, 做到了施工安全节约环保, 为以后类似工程的处治提供了借鉴。

1 工程概况及地质概况

中条山隧道设计为双洞单线隧道, 穿越中条山

通过提高水路运输的管理水平、员工工作效率和采用智能技术, 促进我国船舶智能化发展, 实现航速优化、航线优化和智能航行, 在取得航次优化的同时, 改善船舶调度问题, 可降低经济效应对于水路运输碳排放的促进作用。

提高水路运输管理水平, 加大节能装备和信息技术研发, 推动智能船舶化发展, 增大清洁船用能源占比, 调整船舶用能结构为中国水路运输碳减排的主要方法。

参考文献:

[1]International Maritime Organization (IMO). Third IMO Greenhouse Gas Study 2014 [R]. London: International Maritime

Organization, 2014.

[2]董岗, 管敏. “双碳”目标下我国船舶减排技术创新知识图谱分析 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(04): 43 - 52.

[3]Ang B W. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide [J]. Energy Policy, 2005, 33(7): 867 - 871.

[4]Ang B W, Xu X Y, Su B. Multi-country comparisons of energy performance: The index decomposition analysis approach [J]. Energy Economics, 2015, 47: 68 - 76.

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“基于制造企业信息系统使用多源数据的全景式决策价值发现方法研究”(71972090)