

文章编号: 1674—8247(2024)01—0053—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2024.01.010

双碳经济下上海市海铁联运发展的环保效益分析

徐佳毅

(中铁上海设计院集团有限公司, 上海 200040)

摘要:本文对现状上海市海铁联运发展情况进行阐述,从运输结构、铁路货运和城市道路等多个角度,定性分析了海铁联运对双碳经济下交通运输业的影响,从碳排放、有害气体排放和颗粒物排放等方面,定量测算了上海市海铁联运环保效益,并对上海市“十四五”末的海铁联运环保效益进行预估。在此基础上,为上海市后续推动海铁联运发展,增进减碳环保效益提出发展建议。

关键词:双碳经济;绿色铁路;海铁联运;减碳环保效益;排放量

中图分类号: U297 **文献标志码:** A

Analysis on Environmental Benefits of Developing Sea-rail Intermodal Transport in Shanghai within the Context of “Dual Carbon” Economy

XU Jiayi

(China Railway Shanghai Design Institute Group Co., Ltd., Shanghai 200040, China)

Abstract: This paper presented the current status of sea-rail intermodal transport in Shanghai, qualitatively analyzed its impact on the transportation industry within the context of “dual carbon” economy from perspectives such as transportation structure, railway freight, and urban roads, quantitatively calculated the environmental benefits it brought to Shanghai from the aspects of carbon emissions, harmful gas emissions, and particulate emissions, and forecast its future environmental benefits in Shanghai by the end of the “14th Five-Year Plan” period. On this basis, the paper proposed recommendations for Shanghai to continue promoting the development of sea-rail intermodal transport, thereby amplifying its carbon reduction and environmental benefits.

Key words: dual carbon economy; green railway; sea-rail intermodal transport; carbon reduction and environmental benefits; emissions

党的十九大明确提出“打赢蓝天保卫战”的重大决策部署,要求“持续开展大气污染防治行动,大力调整优化运输结构”。上海市层面积极响应国家层面的有关要求,2018年发布的《上海市清洁空气行动计划(2018—2022年)》中明确提出“以产业和交通领域为重点,全面深化大气污染防治工作”的行动目标。2019年出台的《上海市推进运输结构调整实施方案

(2018—2020年)》则提出要“着力加快运输结构调整,打造生态友好、清洁低碳、集约高效的绿色交通运输体系”,在海铁联运发展方面,提出了“与2017年相比,2020年集装箱铁水联运量年均增长20%以上”的要求。

综合来看,交通运输作为碳排放和污染排放的重要来源之一,促进运输结构绿色发展成为未来城市交

收稿日期:2023-12-01

作者简介:徐佳毅(1993-),男,工程师。

引文格式:徐佳毅. 双碳经济下上海市海铁联运发展的环保效益分析[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(1):53-57.

XU Jiayi. Analysis on Environmental Benefits of Developing Sea-rail Intermodal Transport in Shanghai within the Context of “Dual Carbon” Economy [J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(1):53-57.

通发展的重要方向之一,以铁路、水路为代表的绿色运输方式将在对外运输结构中进一步发挥作用。

1 近年来上海市海铁联运发展情况

为贯彻落实国家“蓝天保卫战”和“运输结构调整”相关工作要求,上海市政府于2019年出台《上海市推进多式联运发展优化调整运输结构实施方案(2018—2020年)》和《上海市推进海铁联运发展工作方案》,组建上海港海铁联运有限公司平台,多措并举推动上海市海铁联运发展。至今成效显著,业务发展也为落实绿色发展理念,实现“双碳”目标要求做出了积极贡献,主要体现在以下几个方面:

一是箱量实现大幅增长,上海市海铁联运箱量从2018年(政策出台前)的7.52万TEU,增长至2021年的41.7万TEU,年均增长率达78%。二是港口集疏运结构优化,海铁联运箱量占上海港集装箱吞吐量比例,由2018年的0.18%上升至2021年的0.89%。三是芦潮港站业务主体地位更加凸显,从2018年的2.81万TEU上升至2021年的36.9万TEU,年均增长率达147%,业务量在全市总量中约占90%。四是开行班列覆盖面进一步延伸。截至2021年底,开行班列线路已覆盖至9省(直辖市)、28市,已形成6条固定车底循环天天班列,6条班列的箱量占总量近90%。

2 海铁联运对双碳经济下交通运输行业支撑的定性分析

上海市原有对外运输呈现以水路、公路为主导的总体结构,较高的公路货运占比会带来大量的污染气体排放,人、地资源的紧缺也在一定程度上加剧了城市交通拥堵,对城市可持续发展产生了负面影响。铁路作为一种集约式运输方式,能够有效减少污染。近些年欧美铁路集装箱海铁联运比例普遍在20%~30%,甚至更高。我国海港常年位居全球海港吞吐量前10的有8个,但海铁联运比例不足5%^[1-2]。因此,发展海铁联运是优化调整运输结构,推动铁路货运发展,促进城市可持续发展的有效举措,更是对双碳经济、绿色交通的有力支撑。

2.1 优化调整运输结构

在各方推动下,上海市海铁联运业务有序发展,城市对外运输结构得以优化,公路运量下降明显,运输结构实现了进一步优化。2021年公、铁、水、空货物运输量分别为52899万t、496万t、101380万t和437万t,占全市货物运输量的比例分别为34%、

0.32%、65%和0.28%。从近五年发展态势上看,铁路货运量绝对值稳中有升(472万t/年增长至496万t/年),公路运输在集疏运体系中占比持续下降(41%下降至34%)。港口集疏运结构方面,2021年本市海铁联运箱量占上海港集装箱吞吐量的比例达到0.9%,较2017年实现了高倍数增长。

2.2 推动铁路货运发展

上海市通过海铁联运发展的带动,有力促进了铁路集装箱运量提高,推动上海铁路运输产品结构由“黑货”向“白货”的不断优化。2017—2021年铁路集装箱运量快速增长,2021年铁路集装箱运量达到了681万t,比2017年提高了119%;从集装箱发送量占铁路货运发送量比看,2021年达到43.7%,比2017年提高了31.7%。通过集装箱运量的增长,在产业结构调整、大宗物资运输需求下降的背景下有力带动了铁路货运量发展。自2018年起,上海市铁路货运量止跌回升,2021年发到合计达1335万t。

2.3 缓解城市道路拥堵

2021年上海港公路集疏运量已超2300万TEU,在集疏运体系中占比超70%。过高的公路集疏运占比已为城市环境和道路,尤其是洋山港区主要对外通道S20线和S2线的运行管理带来过重的负担,且受制于国土空间、资源禀赋、路网容量所限,多条道路能力已逼近上限。发展海铁联运可有效减少城市集卡车流量,缓解道路拥堵。按每辆集卡运输两个标箱来测算,2021年通过海铁联运量共减少对外进出20.9万辆集卡交通量,改善了城市道路拥堵状况,缓解了因集卡运输造成的公路养护问题。

3 海铁联运产生减碳环保效益的定量分析

3.1 排放组成

根据联合国国际能源署统计,汽车行驶过程中排放的CO₂约占全球CO₂排放量的20%,是碳排放重要来源之一。后文将以CO₂当量(CO_{2e})代表交通领域碳排放水平进行测算。SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃、CO₆项大气常规污染物纳入空气质量指数(AQI)计算的主要污染物。海铁联运业务发展可推动货物实现公转铁运输,对减少传统燃料货运车辆的污染排放量效果显著。现状上海市集装箱公路运输车辆大多为柴油车,因此,本文将参照《国家第三阶段机动车污染物》(以下简称“国Ⅲ排放标准”)的柴油车辆排放参数,分析典型(主要)海铁联运线路在减排方面的

效益。柴油车辆主要排放物主要包括有害气体(CO, NO_x, HC)和颗粒物(PM_{2.5}, PM₁₀)。

根据国家相关标准,确定柴油集装箱(大型)货车主要排放污染物参数,并参考国内相关研究成果确定碳排放因子取值,如表 1 所示^[3-4]。

表 1 主要污染物和碳排放因子表

排放物	CO	HC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO _{2e}
排放因子/(g/km)	2. 790	0. 255	7. 934	0. 243	0. 270	598

3.2 运输线路概况

截至 2021 年底,上海市海铁联运市场已扩展到 9 省(直辖市)、28 城市。从各线路业务量情况看,近 90% 的海铁联运箱量集中在苏州、无锡、常州、湖州、长兴、海安 6 地的固定车底循环班列中。为便于分析,选取上述 6 条典型线路分析海铁联运的节能减碳环保效益,线路基本情况如表 2 所示。

表 2 上海市海铁联运主要线路基本情况表

序号	线路	洋山港— 目的地公路 运输里程 /km	芦潮港站— 洋山港 短驳里程 /km	目的地市 内平均 短驳里程 /km	小计 /km	2021 年 箱量 /万 TEU
1	苏州—上海	200	42	15	57	5. 80
2	无锡—上海	250		15	57	4. 90
3	常州—上海	285		15	57	6. 59
4	湖州—上海	245		12	54	6. 90
5	长兴—上海	265		10	52	3. 70
6	海安—上海	320		10	52	4. 38

3.3 排放量建模计算

上海市海铁联运的铁路运输机车基本为电力机车,能源来自于电网供电。从能耗和排放量对比看,我国铁路货运总耗、单耗和总排放、单位排放均远低于公路货运:铁路单耗仅为公路货运单耗的 20% ~ 25%,总耗仅为公路的 13% ~ 18%;铁路的碳氢化合物、氮氧化合物和颗粒物总排放量,仅为公路的 0. 8%、4. 7% 和 1. 6%,对应单位排放量仅为公路的 4. 6%、28. 8% 和 10. 5%。综合来看,铁路运输能效较高且污染扩散范围较小,远小于公路运输产生的排放。因此,在本次公转铁情况下的污染排放及碳排放中,考虑上海市海铁联运整体基数不大,货运体系和港口集疏运体系占比较小,即认为铁路联运产生的排放主要来自于两端公路短驳,铁路运输及作业过程中的排放忽略不计。由此,海铁联运污染物和碳排放减少量即为公路门到门运输所产生的排放量与铁路联运所产生的排放量的差额。

3.3.1 海铁联运污染物和碳排放减少量计算步骤

本文涉及的货车排放主要污染物为氮氧化物 NO_x、一氧化碳 CO、碳氢化合物 HC 和微粒物 PM_{2.5}、PM₁₀,碳排放量即为二氧化碳当量 CO_{2e}。货车排放计算过程如下:

(1) 换算本市海铁联运货车保有量

上海港集装箱运输基本均采用集卡运输,因此车型确定为集卡(均以柴油车计)。根据年度海铁联运箱量,假设一辆集卡每次运输 2 个标箱,换算集卡年运输量:

$$P = T/2 \tag{1}$$

式中: P ——车辆数(辆);

T ——当年度海铁联运箱量(TEU)。

(2) 计算海铁联运污染物排放减少量

减少的污染物和碳排放量主要为不同运输链下公路运输产生的排放差值,其中,

公路运输链条:洋山港→(公路,运输里程 a)→目的地。

海铁联运运输链:洋山港→(公路,短驳里程 b ,固定为 42 km)→芦潮港中心站→(铁路)→装卸货车站→(公路,短驳里程 c)→目的地。

具体计算公式为:

$$E_{n,w} = E_{a,w} - (E_{b,w} + E_{c,w}) \tag{2}$$

式中: E_n ——铁路联运排放减少量(t);

E_a ——公路门到门运输产生的排放量(t);

E_b 、 E_c ——海铁联运两端公路短驳产生的排放量(t);

w ——污染物或碳排放类型(CO、HC、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀、CO_{2e})。

3.3.2 排放量计算方法

根据 HJ/T 180 - 2005《城市机动车排放空气污染测算方法》中关于机动车某种污染物年排放量计算公式确定本次模型^[5]。国Ⅲ排放标准、柴油集装箱(大型)货车车型的具体公式为:

$$E_w = 10^{-6} \times P \times Ef \times L \tag{3}$$

式中: E_w —— w 种污染物或碳排放量(t);

P ——车辆数(辆);

Ef ——排放因子(g/km);

L ——运输距离(km)。

3.3.3 排放量计算结果

根据模型计算结果,2021 年度上海市海铁联运 6 条主要线路实现对 CO、HC、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀ 污染物减少的排放量共计 376. 7 t,对应上述污染物分别为: 91. 5 t、8. 4 t、260. 1 t、8. 0 t 和 8. 9 t。实现减少碳排放量 1. 9 万 t,按照现阶段国内碳市场交易均价约 60 元/t

计,折合人民币约 118 万元。上海市海铁联运促进公转铁运输,产生的减碳环保效益明显。现状 2021 年上海市海铁联运主要线路污染物排放减少量计算结果如表 3 所示。

表 3 2021 年上海市海铁联运主要线路污染物排放减少量表(t)

线路	CO	HC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO _{2e}
苏州—上海	11.6	1.1	32.9	1.0	1.1	2 481.1
无锡—上海	13.2	1.2	37.6	1.2	1.3	2 830.4
常州—上海	21.0	1.9	59.6	1.8	2.0	4 490.6
湖州—上海	18.4	1.7	52.3	1.6	1.8	3 941.4
长兴—上海	11.0	1.0	31.2	1.0	1.1	2 354.3
海安—上海	16.4	1.5	46.5	1.4	1.6	3 506.4
合计	91.5	8.4	260.1	8.0	8.9	19 604.2

3.4 减排环保效益预估

多式联运是未来运输发展的重要方向,作为多式联运的标准货物,集装箱运输将成为未来数年的铁路货运量增长点^[6]。上海市规划至“十四五”末,上海港集装箱年吞吐量达到 4 700 万 TEU 以上。预计至 2025 年海铁联运在集疏运体系中占比在此基础上可实现翻番。截至 2025 年,上海枢纽暂无新建货线,路网构成维持现状。考虑枢纽点线能力,结合港口集疏运体系占比综合分析,预测 2025 年上海市海铁联运可达 90 万 TEU。

从流向上看,现状海铁联运班列主要集中在近程区域,长三角区域外占比不足 5%。随着市场开拓和培育,铁路运输在长大运距上的优势将逐步体现,中远程内陆腹地的海铁联运市场将逐步激活,预测 2025 年,长三角区域之外海铁联运箱量占比将提高至 10%,货流结构进一步完善。“十四五”末上海市海铁联运箱量及流向预测如表 4 所示。

表 4 “十四五”末上海市海铁联运箱量及流向预测表

范围	线路	公路运输平均里程/km	2025 年预测箱量/万 TEU
长三角内部	短程:苏州、无锡、常州、湖州、海安等	250	40.0
	近程:金华、南京、合肥等	450	41.0
长三角外部	中程:郑州等	1 050	5.2
	远程:重庆、西安等	1 800	3.8
合计			90

在此基础上,对 2025 年海铁联运减少公路运输的排放量进行估算,可实现对 CO、HC、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀ 污染物减少的排放量共计约 2 000 t,减少碳排放量约 10 万 t,按照现阶段国内碳市场交易均价约 60 元/t 计,折合人民币约 600 万元/年,节能减排效益显著。

4 双碳经济下上海市海铁联运发展建议

根据上文测算,截至 2025 年,减碳环保效益的量化值相较于现状 2021 年实现了倍数级的大幅提升,但依然存在一些问题有待解决,减排环保效益有待进一步挖掘,如:海铁联运在港口集疏运体系中占比仍较小,业务量横向对比国内几大港口仍有待提升;对内陆地区的业务覆盖面不够广,铁路在综合交通运输体系中地位有待进一步加强;铁路运输在长距离、大运距下优势尚未完全发挥;换装、短驳的环节有待进一步优化等。结合上海市发展实际,针对上述存在的问题,提出以下建议对策。

4.1 优化货源整合:强化固定车底循环,推动“重去重回”对流

保障基础箱源稳定发展,推进并扩大铁路运输的规模效益,持续推动海铁联运降本增效。在现状 6 条固定车底循环班列的基础上,继续拓展现有其他班列向固定车底循环班列转变。通过扩大的规模效益,可促进运输组织进一步优化,持续压缩车辆解体、编组、集结、取送时效,提升铁路货运服务质量,进而增强海铁联运在对应线路下的市场竞争力,持续推动“公转铁”。车流组织优化是运输组织流程优化的关键环节,而运输组织流程优化是实现更高效率运输的重要手段^[7]。同时,积极争取进口货源,推动形成海铁联运双向对流,实现“重去重回”目标,优化周转利用,减少班列回空。优化货源组织,提高运营效率,强化减碳环保效益。

4.2 升级运输格局:扩大中长距离市场,探索双层集装箱班列

现状上海市海铁联运班列运输以长三角近程为主。在此基础上,建议拓展长三角区域外市场,如长江中上游货源集聚地区的重庆、武汉等地,中西北部传统货源地区西安、成都、郑州等地,引导合适货源通过海铁联运方式对接上海港,形成东向入海通道,扩大铁路货运里程,提升铁路运距在东西向货物运输链中占比。加速港内货物由沿海地区向内陆流通,扩大对腹地的辐射范围,加强与沿线海关特殊监管区的合作,构建陆桥运输网络,提供一站式陆桥运输服务^[8]。此外,应推动运输规则和新型运输方式的升级,如双层集装箱运输可实现较为广泛应用,在开行同样对数的情况下,输送能力预计能够提高 40%,借此将打开运输格局的新局面。运输格局的升级,可实现铁路运

量、运距的跨越式提升,进而提升铁路运输在综合交通体系中、海铁联运在港口集疏运体系中的占比,实现铁路清洁能源的强化运用。

4.3 疏解端头梗阻:加快进港铁路建设,优化公路短驳方式

上海市现有海铁联运场站设施分离,造成“最后一公里”运输短板,通过社会集卡进行短驳运输,增加了海铁联运运输环节,导致作业效率下降。因此,建议加快进港铁路建设,完善集疏运体系,提高周转效率,加大铁路设施设备的配置力度^[9],具体为:推动沪通铁路外高桥港区装卸线工程建设,以实现外高桥场站设施建成后同步投运,对罗泾、南港等地铁路专用线规划布局,实现多地多点铁水衔接进港,降低短驳成本。同时,在暂无铁路延伸进港的地区,对公路短驳方式进行优化,加快推进交通工具向电气化、低碳化、智能化转型升级,积极扩大电力、天然气、先进生物液体燃料、氢能等清洁能源在交通领域的应用,推动液化天然气、生物质燃料、氢燃料重型货运车辆的投用,降低海铁联运因公路短驳造成的污染及碳排放。

5 结束语

发展海铁联运、推动“公转铁”是双碳经济下交通运输行业发展的的大势所在。上海市发展海铁联运,对运输结构调整、实现城市绿色低碳发展意义重大。

本文建立的排放量计算模型尚存优化空间,如:现状碳交易价格无法真实反应减碳带来的经济价值、客观上仍存在大量的社会效益难以量化评估等。此外,影响海铁联运发展的因素较多,在对未来产生效益预测时难免会有误差。未来需对海铁联运发展情况持续跟进,进一步优化相关参数取值和计算模型。

参考文献:

- [1] 傅赟,尹璐,梁继满. 关于我国铁路内陆港发展策略的思考[J]. 铁道货运, 2022, 40(12): 77-81, 90.
FU Yun, YIN Lu, LIANG Jiman. Thoughts on Development Strategies of Inland Ports for Railways in China [J]. Railway Freight Transport, 2022, 40(12): 77-81, 90.
- [2] 王勇,李红昌,郭雪萌,等. 我国铁路运营二氧化碳排放影响因素研究[J]. 铁道学报, 2021, 43(6): 189-195.
WANG Yong, LI Hongchang, GUO Xuemeng, et al. Study on Influencing Factors of Carbon Dioxide Emissions from Railway Operations in China [J]. Journal of the China Railway Society, 2021, 43(6): 189-195.
- [3] 彭美春,李嘉如,胡红斐. 营运货车道路运行油耗及碳排放因子研究[J]. 汽车技术, 2015(4): 37-40.
PENG Meichun, LI Jiaru, HU Hongfei. Research on Fuel Consumption & Carbon Emission Factor of Road Freight Trucks [J]. Automobile Technology, 2015(4): 37-40.
- [4] 蔡皓,谢绍东. 中国不同排放标准机动车排放因子的确定[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010, 46(3): 319-326.
CAI Hao, XIE Shaocong. Determination of Emission Factors from Motor Vehicles under Different Emission Standards in China [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2010, 46(3): 319-326.
- [5] HJ/T 180-2005 城市机动车排放空气污染测算方法[S].
HJ/T 180-2005 Method for Estimation of Air Pollution from Vehicular Emission in Urban Area[S].
- [6] 温贤雨. 自动化集装箱码头在铁路集装箱货场的应用探讨[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(5): 69-72, 85.
WEN Xianyu. On the Application of Automated Container Terminal in the Railway Container Yard [J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(5): 69-72, 85.
- [7] 汪彬,黄勇. 铁路战略装车点建设与铁路货运集中化发展[J]. 高速铁路技术, 2012, 3(6): 1-4.
WANG Bin, HUANG Yong. Construction of Railway Strategic Loading Point and Centralized Development of Railway Freight Transport [J]. High Speed Railway Technology, 2012, 3(6): 1-4.
- [8] 王伟,刘秀娟,王丹竹,等. 青岛港集装箱海铁联运发展战略研究[J]. 铁道运输与经济, 2019, 41(5): 63-68.
WANG Wei, LIU Xiujuan, WANG Danzhu, et al. A Study on the Development Strategy of Sea-railway Intermodal Transportation in Qingdao Port [J]. Railway Transport and Economy, 2019, 41(5): 63-68.
- [9] 张晓宇. 亚吉铁路海铁联运发展策略研究[J]. 铁道建筑技术, 2022(5): 99-103.
ZHANG Xiaoyu. A Study on Developing Strategies of Sea-Rail Intermodal Transport of Ethiopia-Djibouti Railway [J]. Railway Construction Technology, 2022(5): 99-103.