

文章编号:1000-4653(2025)01-0001-08

世界一流港口综合评价指标体系与方法

朱吉双, 李清, 林晶晶, 宁涛

(交通运输部水运科学研究院, 北京 100088)

摘要:为完善港口综合评价体系,突破“唯吞吐量论”单一评价模式,对世界一流港口综合评价指标体系展开研究。首先,本研究采用“主题-目标-路径-服务”分析框架对世界一流港口内涵特征进行剖析,提出以加权吞吐量、船舶服务效率、连通度、经济贡献、绿色安全水平等为核心的综合评价指标体系。然后,采用层次分析法确定各项指标权重,构建世界一流港口的模糊综合评价模型,并从全球选取34个样本港口进行综合评价,结果显示:新加坡港、上海港综合得分排名前两位,处于世界领先方阵;鹿特丹港、宁波舟山港、釜山港、青岛港等九个港口综合得分都超过80分,位居世界前列方阵。最后,从建立评价标准、加强船舶自动识别系统(AIS)应用等方面提出开展世界一流港口综合评价工作的建议。

关键词:世界一流港口;评价指标;模糊综合评价

中图分类号:U65;F550

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.1000-4653.2025.01.001

Comprehensive evaluation index system and method for world-class ports

ZHU Jishuang, LI Qing, LIN Jingjing, NING Tao

(China Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China)

Abstract: To improve the comprehensive evaluation system of ports and move beyond the single evaluation mode of "throughput only," this study investigates a comprehensive evaluation index system for world-class ports. Firstly, the concept and connotation of world-class ports are interpreted using the "Theme-Objective-Path-Service" analysis framework. A comprehensive evaluation index system for world-class ports is proposed, centered around weighted throughput, ship service efficiency, connectivity, economic contribution, and green and security levels. The index weights are determined using the Analytic Hierarchy Process, and a fuzzy comprehensive evaluation model for world-class ports is established. Based on this model, 34 global sample ports are selected for comprehensive evaluation. The evaluation results show that the ports of Singapore and Shanghai rank among the top two in terms of comprehensive scores, placing them in the world's leading lineup. Nine other ports, including Rotterdam, Ningbo-Zhoushan, Busan, and Qingdao, rank among the top ports globally with scores above 80. Finally, suggestions for conducting comprehensive evaluations of world-class ports are proposed, focusing on establishing world-class port evaluation standards and strengthening the application of big data from the Automatic Identification System (AIS).

Key words: world-class port; comprehensive evaluation index system; Fuzzy comprehensive evaluation

港口是全球贸易和物流供应链的重要枢纽,也是沿海国家对外开放的重要门户。世界银行首席运输经济学家马丁·汉弗莱斯(Martin Humphreys)指

出:“发展高质量、高效率的集装箱港口基础设施是发展中国家和发达国家成功实施出口导向型增长战略的关键因素。”党和国家高度重视港口发展问题,

收稿日期:2024-07-05

基金项目:国家社科基金研究专项研究成果(24VHQ001)

作者简介:朱吉双(1976—),男,博士,副研究员,研究方向为水运经济与发展战略、交通可靠性等。E-mail: zjs@wti.ac.cn

通信作者:林晶晶(1986—),女,工程师,研究方向为水运物流、航海保障。E-mail: lj@wti.ac.cn

引用格式:朱吉双,李清,林晶晶,等.世界一流港口综合评价指标体系与方法[J].中国航海,2025,48(1):1-8.

ZHU J S, LI Q, LIN J J, et al. Comprehensive evaluation index system and method for world-class ports[J]. Navigation of China, 2025, 48 (1): 1-8. (in Chinese)

特别是自党的十八大以来,习近平总书记先后赴重庆、广西、天津、浙江、海南、山东等地的港口调研,作出打造“一流的设施、一流的技术、一流的管理、一流的服务”“世界一流的智慧港口、绿色港口”等重要指示,为新时代港口高质量发展提供了根本指导。

为推进交通强国建设,《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》提出加快完善交通强国评价指标体系。2019年交通运输部、国家发展改革委、财政部等九部门联合印发《关于建设世界一流港口的指导意见》^[1],明确提出以高质量发展为导向,建立实施港口发展指标体系,以安全、绿色、智慧为重点,完善港口标准。当前,我国港口正处于从“世界大港”阶段向“一流强港”阶段跨越的关键期。2023年,在货物、集装箱吞吐量排名前10的全球港口中,我国港口分别占8席和7席。在建港技术、港口规模、作业效率、自动化等方面,我国港口更是领跑全球。近年来,绿色智慧枢纽港口建设和港产城融合发展已成为全球港口发展的普遍共识,但迄今为止国内外尚未提出相应的引领性评价指标。

从国内外研究与实践来看,现有港口评价研究成果主要集中于单项指标,如码头装卸效率^[2]、港口连通性^[3]、船舶靠泊服务效率^[4-5]、绿色发展水平^[6]、智慧港口^[7]、港口拥堵指数^[8-9]等,但是对港口的综合评价仍处于探索阶段。虽然一些国际机构正在尝试建立港口综合评价体系^[10-12],但由于全球港口数据获取困难、指标难以进行横向比较等原因,尚不能够真正开展全球港口综合评价工作。例如,欧洲海港组织(European Sea Ports Organization, ESPO)将港口绩效评价分解为市场趋势与结构、社会经济影响、环境绩效、供应链管理和运营表现及治理五大模块,提出货(客)吞吐量、航线通性、碳排放水平、直接就业等14个评价指标。但是,该指标体系并未考虑港口智能化、智慧化水平,以及新技术应用等科技发展趋势,也未能采集全球港口数据进行实证研究。世界银行和标普全球市场财智^[10]联合编制的全球集装箱港口绩效指数将船舶在港的闲置时间作为指数编制的评价指标,但是只考虑了时间因素,本质上仍是单一维度的港口评价。韩国海洋水产开发院提出港口服务质量指数,从时效性、通关、环境可持续性、社会可持续性、数字化五个维度提出19项评价指标,同时给出各项指标的测算方法,但由于获取港口数据困难,并未对全球港口进行实际评价。

打造安全、便捷、高效、绿色、经济、包容、韧性的

世界一流港口已成为新时代港口发展的核心追求^[13-14],但是现有评价体系难以对港口发展质量、效益、效率做出全面指引和评价,港口综合评价问题引起国内外专家学者高度关注。因此,构建以高质量发展为导向的综合评价体系,充分发挥“指标引领、标杆示范”作用,助推世界一流港口建设,已经成为我国水运行业亟待解决的重要问题之一。

为突破“唯吞吐量论”的单一评价模式,创新港口综合评价方法,本文在分析世界一流港口内涵特征的基础上,从安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、国际先进五个维度研究提出综合评价指标体系,重点突出绿色、智慧、平安、港产城融合等港口发展新趋势。同时,采用模糊综合评价法对全球主要港口发展水平进行定量化综合评价。

1 世界一流港口综合评价体系

1.1 世界一流港口内涵特征

世界一流港口不是各国普遍使用的称谓,而是一个港口为区域经贸、港航发展做出贡献和产生影响力后,获得世界广泛认可^[14]。从国内外研究文献来看,尚未对世界一流港口概念进行深入阐述^[15]。为此,本文首先构建世界一流港口的“主题-目标-路径-服务(TOPS)”概念分析框架,见图1。世界一流港口建设的主题(Theme)是推动港口高质量发展,战略目标(Objective)是打造海洋强国、交通强国、航运强国,服务对象(Service)涵盖所在城市、区域和国家三个层面,发展路径(Path)是通过“一流设施、一流技术、一流管理”的内在支撑,达到“一流服务”的外在效果。

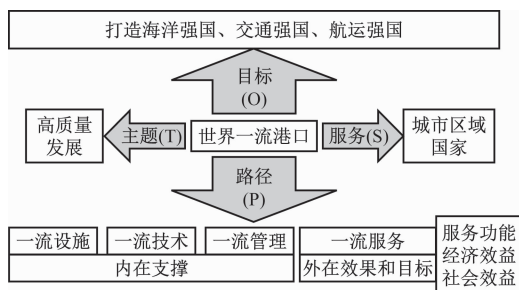


图1 世界一流港口概念分析框架

Fig. 1 Conceptual analysis framework for world-class ports

基于上述分析,世界一流港口定义为:拥有一流的设施、技术和管理水平,能够为客户提供一流服务,强力支撑区域经济社会发展和国家战略实施,在安全、便捷、高效、绿色、经济、包容、韧性等方面保持行业领先水平,并具有重要国际影响力的港口。在全球供应链格局调整、气候变化、新能源和技术革命背景下,对港口发展提出安全便捷、智慧绿色、经济

高效、保障有力、世界先进等更高要求。因此,世界一流港口应具备规模性、服务性、效率性、引领性、绿色安全性5大基本特征。

1) 规模性:世界一流港口应首先具备足够大的体量规模,以彰显世界影响力。例如,上海、新加坡、宁波舟山、深圳四大港口每年的集装箱吞吐量规模都超过3 000万TEU,是名副其实的世界级大港,为创建世界一流港口提供了重要支撑,见图2。反之,目前伦敦港每年的集装箱吞吐量仅为200万TEU左右,仅从规模上就很难称之为世界一流港口。

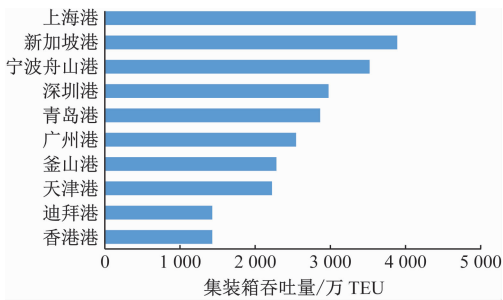


图2 2023年世界集装箱吞吐量排名前10港口

Fig. 2 Top 10 Ports by Container Throughput Worldwide in 2023

2) 服务性:世界一流港口应具有行业领先的港口服务效率,通过设施、技术、管理水平的不断提升,为客户提供一流服务。依托港口发展,带动临港产业、上下游相关产业向港口城市聚集,对所在城市经济发展具有强大带动作用。依托高效便捷的集疏运系统,将港口功能延伸至更广阔腹地,服务区域经济发展。

3) 效率性:世界一流港口应具有行业领先的服务水平和效率,如青岛港、深圳港集装箱码头装卸作业效率常年保持世界领先。同时,也需要所在城市具有良好营商环境,在跨境贸易便利化、口岸服务、通关效率等方面处于领先水平。

4) 引领性:世界一流港口应具有较强创新发展潜力,能够通过大数据、物联网、人工智能、区块链等新技术研发与应用,积极参与行业技术标准规范制定,提升国际影响力。

5) 绿色安全性:世界一流港口应是绿色港口、平安港口,在节能减排、安全生产方面起到良好的标杆示范作用。

1.2 综合评价指标体系

基于对世界一流港口概念内涵的理解,按照目标导向、代表性、数据可得、国际可比的基本原则,选取加权吞吐量、连通度、经济贡献、岸线利用效率、客户服务效率、跨境贸易成本、绿色安全水平、科技引

领能力、港口美誉度九项指标,见表1。

表1 世界一流港口综合评价指标体系
Tab. 1 Comprehensive evaluation index system for world-class ports

序号	评价指标	测算指标	选取依据
1	港口加权吞吐量	集装箱、干散货、液体散货、滚装货物、件杂货等吞吐量	规模型
2	港口连通度	班轮航线密度、港口通达性	服务性 (对客户)
3	港口经济贡献	港口装卸物流、航运服务、临港产业规模	服务性 (对城市)
4	港口岸线利用效率	集装箱码头单位岸线完成吞吐量	效率性
5	客户服务效率	船舶直靠率 船舶在港平均停时	效率性 效率性
6	跨境贸易成本	合规时间 合规成本	服务性 (对客户) 服务性 (对客户)
7	绿色安全水平	排放控制区标准、绿色港口评价认证、绿色集疏运比重 港口安全生产事故死亡人数	绿色安全性 绿色安全性
8	科技引领能力	自动化码头建设情况 新技术应用情况 自主可控操作系统	引领性 引领性 引领性
9	港口美誉度	依据港口舆情大数据,根据正负面新闻报道次数综合评判	服务性

表1中的世界一流港口综合评价指标体系以高质量发展为导向,重点突出安全便捷、智慧绿色、经济高效、支撑有力、世界先进五大特征,系统反映绿色、智慧、平安、港产城融合等港口发展新趋势,突破了“唯吞吐量论”的单一评价模式,通过指标引领、标杆示范,为全球港口发展提供新的评价视角和参照系。

1.3 港口数据来源

在世界一流港口综合评价过程中,港口数据获取至关重要。表1中提出9项评价指标均为量化

指标,且横向可比。这9项指标的数据主要来源于国际权威机构、各港务局官网,也有部分指标数据需要通过大数据建模分析获取。

1.3.1 国内外权威机构发布数据

此类数据具有权威性、公正性、可比性等特点。比如,港口连通度数据来源于联合国贸易和发展会议公布的全球港口班轮连通性指数;跨境贸易成本中的合规时间、合规成本数据来源于世界银行每年发布的《营商环境报告》;港口美誉度数据来源于中国经济信息社的港口舆情监测数据;绿色安全水平中的绿色港口认证数据来源于中国港口协会每年公布绿色港口等级评价结果,以及亚太港口服务网络、欧洲海港组织的绿色港口评价等。

1.3.2 港口管理部门统计数据

世界各国的港口管理部门公布的数据也是重要的评价数据来源。例如,我国交通运输部每年公布港口吞吐量数据,新加坡海事与港口管理局(MPA)、鹿特丹港务局、洛杉矶港务局每年公布港口的生产经营数据,如分货类吞吐量、港口增加值、就业情况、自动化码头建设和新技术应用情况等,这些都是世界一流港口评价指标的重要数据来源。

1.3.3 建模分析数据

对于港口客户服务效率中的船舶直靠率和在港平均停时,虽然一些港口也公布此类数据,但由于统计口径、计算方法各异,数据不具可比性。例如,洛杉矶港务局每周公布的船舶在港停时,天津港每月公布的集装箱船直靠率。为获得更为真实、横向可比的数据,可以通过船舶自动识别系统(Automatic Identification System, AIS)数据建模分析^[5],获取船舶直靠率、在港停时等数据。

1.4 评价方法

模糊综合评价法(Fuzzy Comprehensive Evaluation, FCE)是在模糊环境下,考虑多重因素影响后,为了特定目的对某一事物做出综合决策的方法。该方法具有结果清晰且系统性强的特点,能较好地解决模糊且难以量化的指标综合评价问题。全球港口既有共性特征,也有难以被其他港口模仿和复制的个性特征,导致存在一些难以完全量化的指标,如绿色安全水平、科技引领能力等。因此,本文对世界一流港口评价时采用模糊综合评价方法。首先计算单项指标得分,再根据各指标权重构建模糊评价矩阵,计算综合得分,见图3。

构建模糊综合评价矩阵方法如下:

1) 确定世界一流港口评价对象因素集 $U = \{u_i | i = 1, 2, 3, \dots, 9\}$, 其中 u_i 代表各项评价指标。

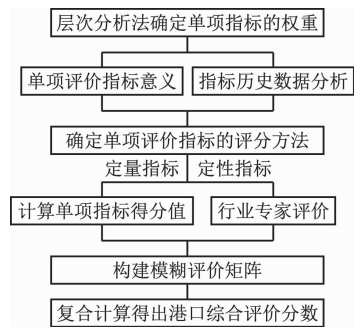


图3 世界一流港口综合评价方法

Fig. 3 Comprehensive evaluation method for world-class ports

2) 构建隶属度矩阵 R , 对世界一流港口的每个指标逐个进行量化, 根据每个准则层和方案层指标, 确定被评价港口对等级模糊子集的隶属度 $R | u_i$, 从而得到模糊关系矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} R | u_1 \\ R | u_2 \\ \vdots \\ R | u_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1m} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2m} \\ \vdots \\ r_{91}, r_{92}, \dots, r_{9m} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3) 采用层次分析法^[16] (Analytic Hierarchy Process, AHP) 确定评价指标的权向量 W 。首先由行业专家对表1中的9项指标进行两两对比打分, 根据专家打分数据构造判断矩阵, 然后计算判断矩阵的特征值和特征向量, 得到各评价指标的权重值。若判断矩阵满足一致性检验, 则可以确定每一个指标初始权向量 $\bar{W} = (\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_9)$, 再进行归一化处理, 得到权向量 W :

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_9 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sum_{i=1}^9 \bar{w}_i} \begin{bmatrix} \bar{w}_1 \\ \bar{w}_2 \\ \vdots \\ \bar{w}_9 \end{bmatrix} \quad (2)$$

4) 计算模糊综合评价结果。将指标权向量 W 和隶属度矩阵 R 做矩阵相乘, 得到各个港口的模糊综合评价结果向量 S :

$$S = W^T \times R = [w_1, w_2, \dots, w_9] \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1m} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2m} \\ \vdots \\ r_{91}, r_{92}, \dots, r_{9m} \end{bmatrix} = [s_1, s_1, \dots, s_m] \quad (3)$$

该方法具有简单、直观、操作方便等优点, 为世界一流港口评价提供了更为合理的量化分析工具。同时, 全面采集新加坡港、上海港、鹿特丹港、釜山港、洛杉矶港等国内外港口的历史统计数据 and 案例, 建立全球港口数据库和案例库, 作为世界一流港口综合评价的重要数据支撑和依据。

为解决全球港口数据获取难题,充分利用行业大数据手段构建标准统一、横向可比的评价模型。例如,采用 AIS 数据资源,构建港口连通度^[3]、集装箱船舶直靠率^[5]的评价模型;利用国内外权威媒体的舆情大数据资源构建港口美誉度评价模型等。

2 综合评价结果分析

2.1 全球港口样本选取

从港口类型、地域空间和服务功能三个维度选取全球港口评价样本。

1) 港口类型

按照装卸货物类型可划分成以集装箱、干散货、液体散货、滚装货物等为主的专业化港口,以及同时从事多种货物装卸作业的综合性港口。散货港口发展水平主要受资源能源地理分布、钢铁石化产业布局、物流通道布局等因素影响。例如,我国秦皇岛港和黄骅港是典型的煤炭装船港,澳大利亚的黑德兰港(Hedland)是铁矿石装船港,沙特的拉斯坦努拉港(Ras Tanula)是原油装船港。这些港口都具有独特性,也很难进行横向比较。集装箱港口则不同,无论是在体量规模、港口作业服务标准、腹地辐射能力、及绿色智慧等方面,都是横向可比的。因此,本文选取的样本港口都是以集装箱运输为主的国际枢纽港或大型综合性港口。

2) 地域空间

选取港口吞吐量排名世界前 50 名的港口作为样本池,再按照所在地域空间,划分为太平洋西岸、太平洋东岸、大西洋西岸、大西洋东岸、印度洋北岸、地中海东岸、地中海西岸七大区域,对样本港口做进一步筛选。

3) 服务功能

为进一步体现港口对城市、区域的服务功能及辐射带动作用,将吞吐量排名未进入世界前 50 名,但在区域内有重要影响、且在本区域排名前 3 名的港口,也纳入到评价样本中。同时,对于印度的蒙德拉港、越南的海防港等吞吐量规模快速增长、发展潜力大、区域重要性提升的港口,也纳入评价样本中。

最终,选取国内外港口样本 34 个,见表 2。

2.2 全球港口综合评价结果分析

按照图 1 和表 1 构建的评价指标和方法,以 2023 年港口数据为测算依据,对上述 34 个样本港口进行综合评价,评分结果见图 4。2023 年度全部样本港口的综合评价平均得分为 66.3 分,同比上升了 1.5%。从单项指标的评分结果来看,样本港口的客户服务效率、港口加权吞吐量、跨境贸易成本三

表 2 综合评价全球样本港口

Tab.2 Global sample ports for comprehensive evaluation

区域	国家	样本港口
太平洋西岸	中国	上海港
	中国	宁波舟山港
	新加坡	新加坡港
	中国	广州港
	中国	青岛港
	韩国	釜山港
	中国	天津港
	中国	大连港
	中国	香港港
	中国	厦门港
	中国	深圳港
	中国	北部湾港
	越南	胡志明港
	越南	海防港
太平洋东岸	马来西亚	巴生港
	马来西亚	丹戎帕拉帕斯港
	中国台湾	高雄港
	日本	东京港
大西洋西岸	美国	洛杉矶港
	美国	长滩港
	加拿大	温哥华港
大西洋东岸	美国	休斯顿港
	美国	纽约-新泽西港
印度洋北岸	荷兰	鹿特丹港
	比利时	安特卫普-布鲁日港
	德国	汉堡港
	英国	费利克斯托港
地中海东岸	阿联酋	迪拜港
	斯里兰卡	科伦坡港
	印度	尼赫鲁港
	印度	蒙德拉港
地中海西岸	希腊	比雷埃夫斯港
	西班牙	瓦伦西亚港
	摩洛哥	丹吉尔地中海港

项指标的评分都较大幅度增加,增幅均超过 2%;港口岸线利用效率、绿色安全水平和科技引领能力三

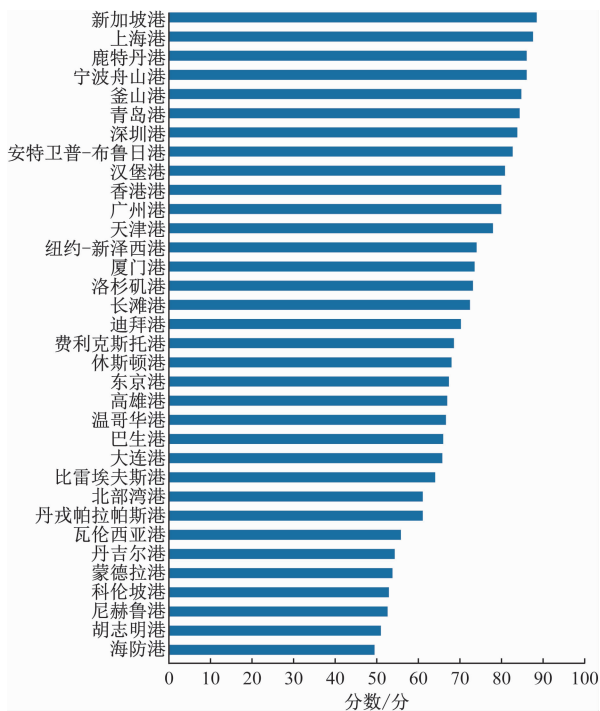


图4 世界一流港口综合评价结果

Fig. 4 Comprehensive evaluation results of world-class ports

项指标也都在稳步提升;港口经济贡献和港口连通度两项指标基本与上年持平。

对34个样本港口的综合得分、各单项指标得分情况进行聚类分析,形成世界一流港口的两个层级,见图5。

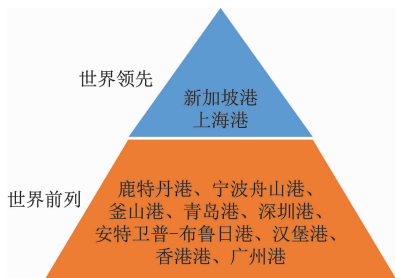


图5 世界一流港口综合评价金字塔图

Fig. 5 Pyramid Chart of comprehensive evaluation of world-class ports

1) 第一梯队(世界领先):代表了世界港口的领先水平,包括新加坡港、上海港。

2) 第二梯队(世界前列):处于世界港口发展的前列,包括鹿特丹港、宁波舟山港、釜山港、青岛港、深圳港、安特卫普-布鲁日港、汉堡港、香港港、广州港,共9个港口。

从评价结果来看,世界一流港口主要集中在东亚、东南亚和西北欧地区。新加坡港和上海港得分最高,代表了当今全球港口的领先水平,成为世界一流港口的标杆。鹿特丹港、宁波舟山港、釜山港、青岛港、深圳港、安特卫普-布鲁日港、汉堡港、香港

港、广州港9个港口成功跻身世界前列,其中釜山港凭借强大的集装箱中转能力、领先的船舶服务效率闻名于行业,而鹿特丹港、安特卫普-布鲁日港和汉堡港都拥有发达的临港产业、领先全球的绿色发展水平、较低的跨境贸易成本,也是全球港口发展的楷模。

2.3 港口典型案例比较分析

新加坡港地处马六甲海峡的东南侧,地理位置得天独厚,成为连接太平洋与印度洋之间的国际航运枢纽,也是全球最为繁忙的集装箱中转港。2023年新加坡港的货物和集装箱吞吐量分别达到5.92亿吨和3901万TEU,排名全球港口第7位和第2位。

从世界一流港口综合评价结果(图4和图5)来看,新加坡港综合得分高达87.5分,雄踞世界第1,处于领先方阵。从单项指标来看,凭借一流的港口设施和在中转能力、遍布全球的集装箱航线网络、高度发达的临港产业、行业领先的技术水平、业界公认的港口声誉,新加坡港在加权吞吐量、港口连通度、港口经济贡献、科技引领能力和港口美誉度5个单项指标上表现都十分优异,得分均超过90分,达到行业领先水平,见图6。

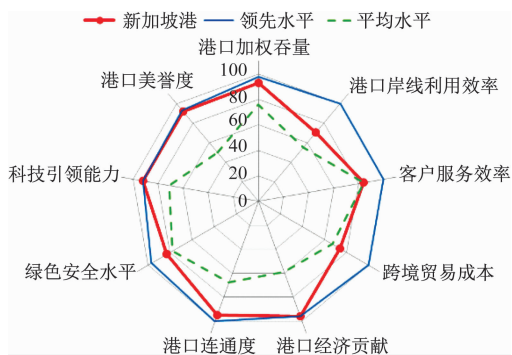


图6 新加坡港综合评价雷达图

Fig. 6 Radar chart of Comprehensive evaluation of Singapore port

汉堡港位于德国北部易北河下游右岸,濒临黑尔戈兰湾,依托运河、铁路、高速公路直通欧洲各地。汉堡港是德国最大的海港,是全世界纸张吞吐量最大的港口,也是茶叶、咖啡和香料吞吐量最大港口之一。2023年,汉堡港集装箱吞吐量833万TEU,排名全球港口第25位。

从世界一流港口综合评价结果(图4和图5)来看,汉堡港的综合得分为80.7分,处于世界前列方阵。从单项指标来看,汉堡港的客户服务效率、绿色安全水平、科技引领能力都处于行业领先水平,但是在加权吞吐量、港口岸线利用效率方面表现一般,见图7。

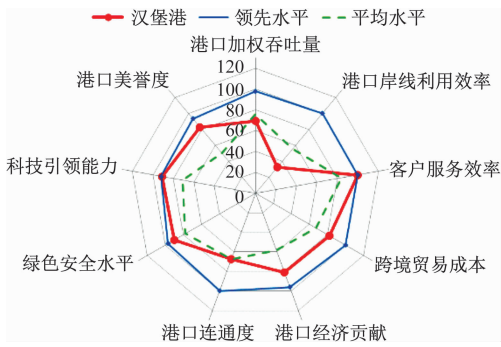


图7 汉堡港综合评价雷达图

Fig.7 Radar chart of Comprehensive evaluation of Hamburg port

综上分析,处于世界领先方阵的港口各项指标得分都非常均衡,绝大部分指标都保持行业领先水平。相比之下,处于世界前列方阵的港口,大部分指标得分也都处于行业平均之上或领先水平,但也会在个别指标上表现一般,甚至会低于行业平均水平。究其原因,港口综合实力取决于港口区位、自然禀赋、腹地经济、集疏运条件、环保要求、营商环境等诸多因素,处于领先方阵的港口在这些方面都具有明显优势,而其他港口则会存在一些弱项和短板。

2.4 我国港口综合评价结果分析

凭借领先的吞吐量规模、集约高效的岸线利用水平、辐射全球的航线网络、成效显著的智慧港口建设等优势,我国港口占据世界一流港口前10位中的5席(图4)。上海港更是凭借辐射全球的集装箱班轮航线网络、雄踞世界首位的集装箱吞吐量规模、全球领先的岸线资源利用效率、规模巨大的集装箱自动化码头,位居全球港口的领先水平。宁波舟山港、深圳港、青岛港、香港港、广州港依托强大的集装箱吞吐量规模、高效的港口作业服务、领先的技术创新应用,位居世界港口前列。近年来,我国港口积极推广新技术应用,不断提升港口无人化、智能化水平。截至2023年底,已经建成18座自动化码头,如青岛港前湾集装箱码头、上海港洋山四期自动化码头、天津港北疆港区C段智能化集装箱码头等,自动化码头数量和作业效率都稳居世界前列。同时,我国还完全掌握自动化集装箱码头的设计建造、装备制造、系统集成和运营管理等关键技术。

综合来看,我国港口在设施能力方面的评分总体较高;服务效率方面的评分稳步提升;绿色智慧评分都在显著提升。以青岛港为例,为加快推进世界一流港口建设,提升绿色智慧发展水平,相继实施前湾自动化码头、智能空中轨道集疏运系统、矿石码头的全流程自动化作业、氢能源港口综合应用、“油电

混合”智能拖轮等重大建设项目。2023年青岛港自动化码头获评五星级“智慧港口”和“绿色港口”。在近几年的世界一流港口综合评价中,青岛港的“绿色安全水平”、“科技引领能力”评分大幅提升,进步非常明显。

3 结论

该研究建立了一套更为全面的港口评价体系,可以非常直观地量化比较和评估世界各国港口发展水平,为全球港口提供了更加科学合理的评价体系,增强了我国对全球港口发展评价的话语权和影响力。通过开展世界一流港口评价工作,有助于全社会更加全面、客观地认识国内外港口发展水平,积极推动我国世界一流港口建设,对港口转型升级和高质量发展具有指标引领和标杆示范作用。

下一步研究中,研究者可以结合全球港口发展的新形势、新趋势和新特征,重点关注港口韧性、全程物流、港产城融合等新要求,不断迭代完善评价指标,确保该综合评价体系的前瞻性和科学性。随着大数据、云计算、物联网等新技术的广泛应用,还可以借助AIS、码头作业实时监控系統、集疏运卡车轨迹监测系統等大数据手段,获取更为高频、客观的港口运行数据,进一步优化评价指标计算方法。从行业应用角度,各地港口可以结合自身实际,积极开展世界一流港口综合评价与国际对标工作,通过补短板、强弱项,提高港口内在品质和服务质量,将自身先进经验和技术在行业内推广应用。

参 考 文 献

- [1] 交通运输部,国家发展改革委,自然资源部,等.关于建设世界一流港口的指导意见[R/OL].(2019-11-13)[2024-12-15].https://www.gov.cn/xinwen/2019-11/13/content_5451577.htm.
Ministry of Transport, National Development and Reform Commission, Ministry of Natural Resources, et al. Guiding opinions on building world-class ports[R/OL].(2019-11-13)[2024-12-15].https://www.gov.cn/xinwen/2019-11/13/content_5451577.htm
- [2] 廖诗管,杨冬,白茜文,等.基于船舶大数据的港口装卸效率值计算方法[J].交通运输系统工程与信息,2021,21(2):217-223.
LIAO S G, YANG D, BAI X W, et al. Estimation method of port handling efficiency value based on ship big data[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2021, 21(2): 217-223. (in Chinese)

- [3] 邱伟维,朱吉双,马昊,等. 基于 AIS 数据的港口连通度测算方法研究[J]. 综合运输, 2022, 44(10): 116-119.
 QIU W W, ZHU J S, MA H, et al. Research on global port connectivity evaluation model and method based on AIS data [J]. China Transportation Review, 2022, 44(10):116-119. (in Chinese)
- [4] 徐明强. 基于 AIS 数据的港口船舶营运效率评估系统[J]. 中国航海, 2018, 41(3): 119-122.
 XU M Q. Evaluation system of operation efficiency of ships in port based on AIS data [J]. Navigation of China, 2018, 41(3): 119-122 (in Chinese)
- [5] 马昊,贾大山,朱吉双. 基于 AIS 数据的港口船舶服务效率智能测算方法[J]. 中国航海, 2023, 46(2): 99-105.
 MA H, JIA D S, ZHU J S. Intelligent measurement of efficiency of port services for ships using AIS data[J]. Navigation of China, 2023, 46(2): 99-105. (in Chinese)
- [6] Wang L, Zhou Z X, Yang Y, et al. Green efficiency evaluation and improvement of Chinese ports: a cross-efficiency model[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2020, 88: 102590.
- [7] Molari A, LIM J. G, RACE B. A framework for building a smart port and smart port index [J]. International Journal of Sustainable Transportation, 2020, 14(9): 686-700.
- [8] MA H, ZHU J S. Port congestion evaluation model based on ship Automatic Identification System [C]. Xishuangbanna, China: 2021-6th International Conference on Information Science, Computer Technology and Transportation, 2021:410-413.
- [9] 郭小飞,朱吉双,邱伟维. 基于 AIS 数据的港口拥堵指数模型及算法[J]. 中国航海, 2023, 46(4): 154-162.
 GUO X F, ZHU J S, QIU W W. Modeling and calculation of AIS-based port congestion index [J]. Navigation of China, 2023, 46(4): 154-162. (in Chinese)
- [10] World Bank Group, IHS Markit. The Container Port Performance Index 2020[R/OL]. (2021-05-17) [2024-12-16]. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099645006082227512/pdf/P1758330e0760804c082810d112b2854b09.pdf>
- [11] KIM A R. A study on competitiveness analysis of ports in Korea and China by entropy weight TOPSIS[J]. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 2016, 32(4): 187-194.
- [12] CHEN L B, ZHANG D Q, MA X J, et al. Container port performance measurement and comparison leveraging ship GPS traces and maritime open data[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2016, 17(5): 1227-1242.
- [13] 朱吉双,宁涛. 强化指标引领推动我国港口高质量发展[J]. 综合交通, 2020, 42(2): 7-10.
 ZHU J S, NING T. Promoting high-quality development of China's ports by strengthening indicator leading[J]. China Transportation Review, 2020, 42(2): 7-10. (in Chinese)
- [14] 贾大山. 世界一流港口发展认识[J]. 中国港口. 2019(11):11-13.
 JIA D S. World-class port development awareness[J]. China Ports, 2019(11):11-13. (in Chinese)
- [15] ANDI H, MARIMIN, ADRIANTO L, et. al. The trend of parameters for evaluating port performance: a systematic literature review[J]. International Journal on Transport Development and Integration, 2023, 7(3): 257-266.
- [16] HO William, XIN M. The state-of-the-art integrations and applications of analytic hierarchy process [J]. European Journal of Operational Research, 2018, 267: 399-414.