

· “十四五” 水运发展规划与政策 (2) ·

“十四五” 我国港口货物吞吐量结构化预测\*



刘长俭<sup>1,2</sup>, 高天航<sup>1,2</sup>, 陈正勇<sup>1,2</sup>, 吴宏宇<sup>1,2</sup>, 王蕊<sup>1,2</sup>,  
李宜军<sup>1,2</sup>, 徐杏<sup>1,2</sup>, 魏雪莲<sup>1,2</sup>

(1. 交通运输部规划研究院, 北京 100028; 2. 综合交通规划数字化实验室, 北京 100028)

**摘要:** 为更好分析港口运输需求发展趋势, 将港口吞吐量影响因素进行结构拆解, 建立吞吐量与国内生产总值、工业增加值、一二三产业增加值、投资、消费、外贸额的关系方程。同时, 将吞吐量拆分为主要货类, 建立煤炭吞吐量与火电发电量、原油吞吐量与原油加工量、铁矿石吞吐量与生铁产量、集装箱吞吐量与第二产业增加值等关系方程。组合应用回归分析、弹性系数等预测模型, 预测 2025 年我国港口货物吞吐量、煤炭、原油、铁矿石和集装箱吞吐量分别为 172 亿、29 亿、8.3 亿、22 亿 t 和 3.2 亿 TEU。预测结论为全国水运“十四五”发展规划等提供参考。

**关键词:** 港口; 吞吐量; 预测; 结构化; 分货类

中图分类号: U 651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)12-0001-06

Structural forecast of cargo throughput in China's ports during 14th Five-Year Plan period

LIU Chang-jian<sup>1,2</sup>, GAO Tian-hang<sup>1,2</sup>, CHEN Zheng-yong<sup>1,2</sup>, WU Hong-yu<sup>1,2</sup>, WANG Rui<sup>1,2</sup>, LI Yi-jun<sup>1,2</sup>, XU Xing<sup>1,2</sup>, WEI Xue-lian<sup>1,2</sup>

(1. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China;

2. Laboratory for Traffic & Transport Planning Digitalization, Beijing 100028, China)

**Abstract:** To better analyze the development trend of port transportation demand, this paper structurally decomposes the influencing factors of port throughput and establishes the relationship equations between throughput and gross domestic product (GDP), industrial added value, added value of primary, secondary, and tertiary industries, investment, consumption, and foreign trade volume. Meanwhile, the throughput is subdivided into main cargo categories, and the relationship equations between coal throughput and thermal power generation, crude oil throughput and processing amount of crude oil, iron ore throughput and pig iron output, container throughput and added value of the secondary industry are established. With the combination of prediction models such as regression analysis and elasticity coefficients, this paper predicts that the cargo throughput, as well as coal, crude oil, iron ore, and container throughput of China's ports will be 17.2 billion tons, 2.9 billion tons, 0.83 billion tons, 2.2 billion tons, and 0.32 billion TEU, respectively, in 2025. The prediction result provides a reference for the development plan of national waterway transport during the 14th Five-Year Plan period.

**Keywords:** port; throughput; forecast; structural; classification of goods

港口吞吐量预测是制定港口发展规划的重要基础依据。目前很多文献对港口吞吐量和分主要货类吞吐量开展预测模型构建, 并开展相应预测。

彭玉生等<sup>[1]</sup>在预测吞吐量发展规模基础上, 提出了“十三五”期沿海港口发展的思路; 张萍等<sup>[2]</sup>采用主成分分析法, 分析吞吐量的影响因素, 构

收稿日期: 2022-03-16

\*基金项目: 国家社会科学基金重大项目(21ZDA029)

作者简介: 刘长俭(1981—), 男, 高级工程师, 从事运输经济和水运规划、战略、政策等研究。

通讯作者: 陈正勇(1974—), 男, 正高级工程师, 从事港口航道和水运规划、战略、政策等研究。E-mail: chenzy@tpri.org.cn

建了吞吐量预测模型；谢新连等<sup>[3]</sup>基于随机森林算法，对港口集装箱吞吐量进行预测；王新杰等<sup>[4]</sup>基于遗传算法优化的 BP 神经网络模型，同时考虑经济指标影响，对港口货物吞吐量进行预测；董丽萍<sup>[5]</sup>利用回归模型和敏感性分析方法，组合预测港口煤炭吞吐量；邹适存<sup>[6]</sup>采用灰色预测方法，开展港口腹地原油需求量的预测；陈岗等<sup>[7]</sup>利用三次指数平滑法，对我国港口铁矿石吞吐量进行预测；孙晓聪等<sup>[8]</sup>采用随机森林与双向长短期记忆网络结合的方法，开展集装箱吞吐量预测。本文针对港口吞吐量预测问题，采用分主要货类、分主要影响因素结构化拆解的方法，有针对性地采用回归分析、弹性分析、趋势分析、组合预测等模型，对我国 2025 年的港口吞吐量、外贸吞吐量和煤炭、原油、铁矿石、集装箱吞吐量进行分析预测。

## 1 我国港口吞吐量发展回顾

### 1.1 总量变化

我国港口货物吞吐量总体仍保持较快增长，2021 年全国港口货物吞吐量完成 155.5 亿 t，“十五”“十一五”“十二五”“十三五”年均增速分别为 18.3%、15.5%、7.2%和 4.9%，增速总体不断放缓，但仍保持稳步增长态势。特别是十八大以来，在经济增速有所放缓、产业结构调整步伐加快的背景下，我国港口吞吐量依然保持稳步增长趋势，与 2012 年相比，年均增速为 5.3%。近两年，受疫情影响，宏观经济下行压力加大，港口吞吐量受到短期的影响较大，长期发展趋势并没有明显改变；2020、2021 年同比增速分别为 4.3%和 6.8%，2015—2021 年期间年均增速为 5.2%。

### 1.2 主要货类变化

煤炭、原油、铁矿石和集装箱是港口吞吐量的重要组成货类。其中，2021 年煤炭吞吐量完成 28.3 亿 t，“十五”“十一五”“十二五”“十三五”年均增速分别为 14.8%、15.5%、4.7%和 4.3%，增速总体不断放缓。十八大以来，特别是近年来，在能源消费结构不断调整的大背景下，

我国煤炭作为能源消费的主体作用依然没有变化，煤炭消费量和煤炭吞吐量均保持稳步增长势头；与 2012 年相比，我国港口煤炭吞吐量年均增速为 4.0%。近两年，受疫情影响，宏观经济下行压力加大，煤炭吞吐量一度出现下降；2020、2021 年同比增速分别为-2.7%和 10.8%。

2021 年原油吞吐量完成 6.8 亿 t，“十五”“十一五”“十二五”“十三五”年均增速分别为 7.8%、8.2%、4.1%和 7.9%，总体保持较高增速；其中，“十二五”期，受运输格局调整影响，增速有所放缓。近年来，在石油消费需求不断增长、国内原油产量增长空间不大的情况下，外贸进口量保持较快增长，带动了原油吞吐量的增长。与 2012 年相比，我国原油吞吐量年均增速为 6.3%。近两年，受疫情、市场价格等影响，原油吞吐量增速波动加大；2020、2021 年同比增速分别为 6.5%和-1.5%。

2021 年铁矿石吞吐量完成 20.7 亿 t，“十五”“十一五”“十二五”“十三五”年均增速分别为 29.4%、17.3%、7.4%和 4.4%，增速总体呈现明显放缓走势。近年来，在去产能等政策背景下，受国内消费需求持续增长的带动，钢铁产量依然保持较快增长，与 2012 年相比，铁矿石吞吐量年均增速为 5.0%。近两年，虽然受经济增速放缓、需求低迷等影响，铁矿石吞吐量依然保持增长，2020、2021 年同比增速分别为 7.9%和 1.4%。

2021 年集装箱吞吐量完成 2.83 亿 TEU，“十五”“十一五”“十二五”“十三五”年均增速分别为 26.9%、14.4%、7.6%和 4.7%，增速逐步放缓，但仍保持在较高水平。十八大以来，我国港口集装箱吞吐量继续保持了较快增长；与 2012 年相比，吞吐量年均增速为 5.3%。近两年，受 2020 年疫情、2021 年外贸市场超预期增长等影响，集装箱吞吐量增速波动加大；2020、2021 年同比增速分别为 1.2%和 7.0%。

### 1.3 主要货类吞吐量占比变化

煤炭、原油、铁矿石和集装箱吞吐量在港口吞吐量中占比较高，2021 年上述四大货类占比为

57.2%，这一比例多年来总体保持稳定。不同货类占比出现不同程度的变化趋势，其中，煤炭吞吐量占比总体呈现下降态势，由 2000 年的 23.9%，下降到 2010 年的 20.3%，2021 年下降为 18.2%；原油吞吐量受运输格局、运输方式调整等影响，总体也呈现下降态势，但近年来，总体呈现上升态势；铁矿石吞吐量占比呈现由上升再到下降的特点，2000 年以来不断上升，到 2009 年开始，总体呈现下降，2021 年为 13.3%；集装箱吞吐量占比总体不断提升，2000 年为 12.0%，不断上升到 2021 年的 21.3%。

2 港口吞吐量增长的动力解析

2.1 经济增长和工业化推进

经济增长是港口吞吐量增长的重要因素。从沿海重点区域港口吞吐量与腹地经济规模的关系分析中发现，经济规模大的区域总体上吞吐量规模也较大。历年区域国内生产总值与港口吞吐量的变化关系也显示港口吞吐量与经济增长高度相关，见图 1。2012—2019 年港口吞吐量与 GDP 的相关性为 0.99。

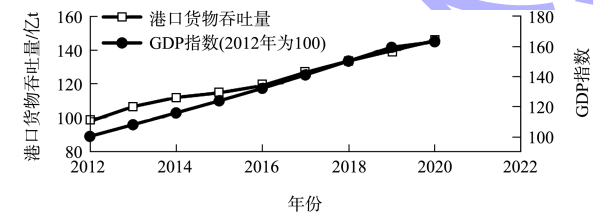


图 1 我国港口吞吐量与 GDP 相关关系

国内生产总值由第一、二、三产业构成，港口发展很大一部分是工业原材料、产成品的运输。从产业对港口吞吐量的影响机理看，由于港口运输的货类很大一部分与第二产业发展需要的原材料、半成品、产品等相关，第二产业与港口货物吞吐量变化高度一致，见图 2。工业化快速推进期，港口吞吐量也快速增长；工业化完成后，港口吞吐量在继续维持一段时期增长后，会逐步进入平台波动期；在后工业化阶段，参考国外典型发达国家经验，港口吞吐量增速明显放缓，甚至为零。

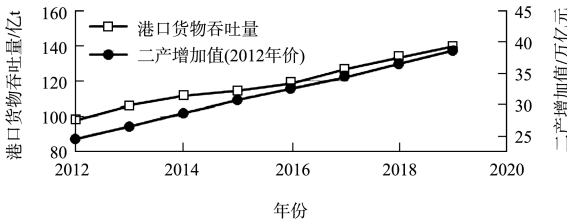


图 2 我国港口吞吐量与第二产业增加值的相关关系

2.2 投资、消费和外贸增长

固定资产投资，特别是基础设施建设投资，对水泥、建材等大宗原材料物资产生运输需求，也是港口相应货类吞吐量增长的重要原因，见图 3。这背后的原因是城镇化的推进带来相关投资的增长。同时，投资、消费需求的增长，也影响港口集装箱吞吐量，第二产业增加值增长直接影响我国港口集装箱吞吐量增长变化。从相关关系看，我国第二产业增加值与集装箱吞吐量保持高度相关，见图 4，相关系数达 0.99，远高于外贸进出口额与集装箱吞吐量的相关系数。大宗能源原材料物资的进口，直接带动了相关货类港口外贸货物吞吐量的增长；除大宗能源原材料物资之外的绝大多数外贸货物的增长，直接推动了我国外贸集装箱吞吐量的增长。

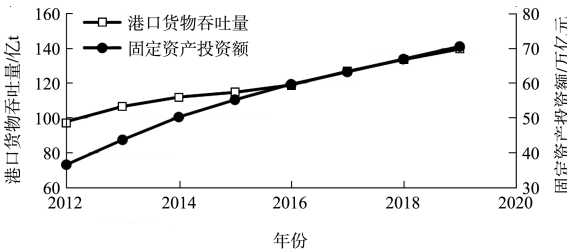


图 3 我国港口吞吐量与固定资产额的相关关系

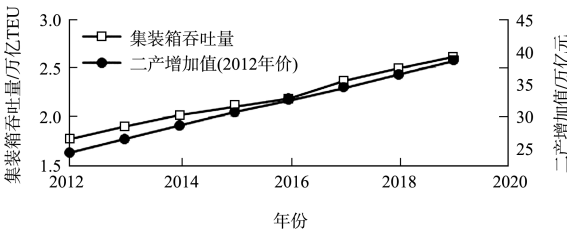


图 4 我国港口集装箱吞吐量与二产增加值的相关关系

2.3 重点产业发展

2.3.1 电力产业

煤炭吞吐量的形成，主要是煤炭消费需求增

长的拉动。一方面，我国电力需求的持续增长，特别是火电发电量的持续增长带动了煤炭消耗的增加，推动了北方港口煤炭下水量和外贸煤炭进口量的增长。火电发电量在发电量中的占比总体呈现下降趋势，但火电发电量与总发电量总体保持一致变化关系，煤炭吞吐量与火电发电量及总的发电量也保持较高相关关系，见图 5。另一方面，煤炭消费需求增长，与钢铁、石化、建材等产业发展密切相关。因为上述产业的发展也将带动煤炭消费量增长，虽然这几年这部分消费量的占比有所下降，但仍占有一定规模。

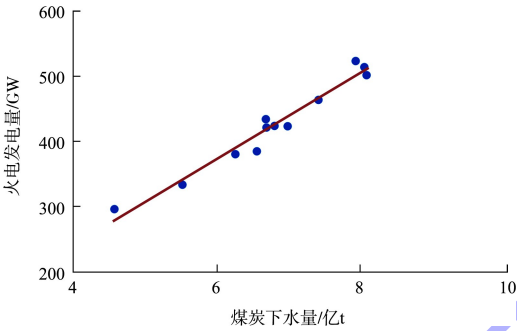


图 5 我国港口煤炭下水量与火电发电量的相关关系

2.3.2 石化产业

石油消费需求主要是两大方面：一是原油加工成成品油，主要用于交通物流行业，作为燃料；二是原油加工，形成石脑油、乙烯等下游系列产品，作为化工原材料。从近几年发展变化看，第一部分的原油消费需求占比有所下降；第二部分的原油消费需求呈现较快增长势头。成品油主要包括汽油、柴油、煤油等，汽油主要是私家车的消费，随着电动车比例增加，这部分增长空间受限；柴油主要用于道路运输、工程机械等行业，近年来也受节能减排等影响，增速明显下滑，甚至负增长；煤油主要是航空煤油，从长远看，有较大增长潜力，但近两年受疫情影响，出现明显下滑。近年来受相关下游产业消费需求增长拉动，石脑油、液化石油气、乙烯、石油沥青等产品产量快速增长，带动了原油加工量的增长。在国内原油产量、陆上来油等变化不大情况下，原油加工量的增长推动了港口原油吞吐量的增长，见图 6。

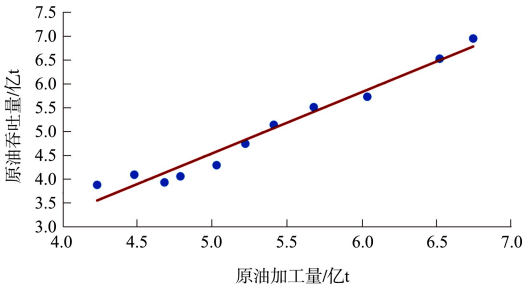


图 6 我国原油加工量与港口原油吞吐量的相关关系

2.3.3 冶金产业

随着我国工业化、城镇化进程的持续推进，基础设施建设、制造业和房地产建设投资的持续增长，对钢材需求依然保持旺盛。近年来，我国钢材消费需求量高位运行，生铁产量规模持续位居高位，加之我国电炉钢占比相对不高、国产矿增产有限，对铁矿石外贸进口需求规模持续维持高位，港口铁矿石外贸进口量规模高位运行。从近年来的变化情况看，铁矿石吞吐量、外贸进口量与生铁产量高度相关，见图 7；生铁产量与钢材需求量又紧密关联；钢材需求增长的背后，又是基础设施建设、装备制造业、房地产业发展等因素的拉动。

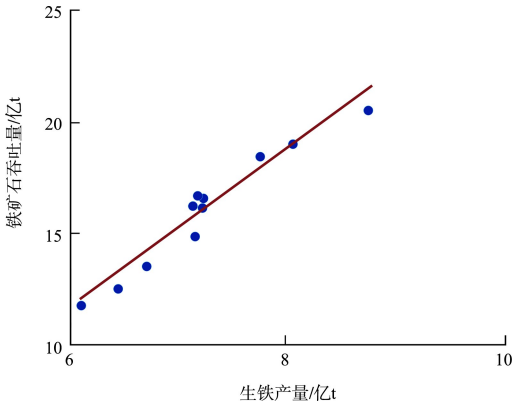


图 7 我国生铁产量与港口铁矿石吞吐量的相关关系

3 预测模型构建思路及方法

采用两个技术路线并行。1)第一条技术路线：一是总吞吐量的预测，利用吞吐量与 GDP 回归、吞吐量与第二产业增加值的弹性系数、第二产业增加值与吞吐量回归预测；二是利用吞吐量与第一、二、三产业增加值进行多元回归；三是港口吞吐量与投资、消费、外贸额建立回归模型进行预测。最后综合汇总，基于加权平均的组合预测模型，进行总量的第一次预测。2)第二条技术路



线：基于主要货类的预测，即先预测相关主要货类吞吐量，根据主要货类吞吐量占比变化规律及趋势，反推未来港口吞吐量总量值，这是总吞吐量的第二次预测。基于这两次的预测结果，综合推荐预测值。

具体货类的预测可进一步结构化细分。1) 煤炭。主要建立煤炭吞吐量与火力发电量的关系模型，同时建立煤炭吞吐量与电力、石化、冶金、建材行业关键指标的关系模型，关键指标分别是：石化行业为乙烯产量、冶金行业为生铁产量、建材行业为水泥和平板玻璃产量。2) 原油。原油吞吐量与原油加工量紧密相关，建立原油吞吐量与原油加工量的关系模型，原油加工量与成品油、非成品油与主要下游产品产量关系方程。3) 铁矿石。建立铁矿石吞吐量与生铁产量的相关方程，建立生铁产量与基础设施建设投资、制造业投资和房地产业投资的多元回归方程。4) 集装箱。集装箱与第二产业增加值密切相关，可以直接建立关系模型，同时，分别建立内外贸集装箱吞吐量与固定资产投资额、内外贸集装箱吞吐量与全社会消费品零售额的回归方程，综合分析预测最终的集装箱吞吐量。

4 吞吐量预测

4.1 主要影响因素的情景设定

港口吞吐量受多方面因素的影响，首先对相关指标“十四五”期间的年均增速作情景假设：假设国内生产总值为 5%，工业增加值为 4.5%，第二产业增加值为 4.5%，固定资产投资为 5%，全社会消费品零售额为 7%，外贸进出口额为 5%，火电发电量为 2%，生铁产量为 0%，乙烯产量为 4.5%，水泥产量为 2%，平板玻璃产量为 2%，成品油产量增速 0.5%，石脑油、液化石油气、乙烯、石油沥青等产品产量为 6%。上述指标的假设，主要参考相关机构的研究结论进行综合分析确定。

4.2 港口吞吐总量结构化预测

建立吞吐量与 GDP 回归模型，预测 2025 年港

口吞吐量为 174.4 亿 t；利用吞吐量与第二产业增加值的弹性系数方法，预测 2025 年港口吞吐量为 174.3 亿 t，其中弹性系数根据历年变化规律，采用对数曲线拟合方法对系数进行了趋势外推预测；利用港口吞吐量与第二产业增加值建立回归模型，预测 2025 年港口吞吐量为 165.5 亿 t；利用第一、二、三产业增加值与吞吐量的多元回归分析，预测 2025 年港口吞吐量为 176.5 亿 t；利用港口吞吐量与投资、消费、外贸额进行多元回归分析，预测 2025 年我国港口货物吞吐量为 173.2 亿 t。综上，利用加权平均，预测 2025 年我国港口货物吞吐量为 172.8 亿 t。

4.3 基于主要货类吞吐量的结构化预测

1) 煤炭。建立煤炭下水量与火电发电量之间的关系方程，预测 2025 年我国北方港口煤炭下水量为 9.1 亿 t；根据港口煤炭下水量与煤炭吞吐量之间的关系分析，预测 2025 年我国港口煤炭吞吐量为 30 亿 t。根据煤炭下水量与发电量、生铁产量、石脑油产量、乙烯产量、水泥产量、平板玻璃产量的回归分析，预测 2025 年煤炭下水量为 8.1 亿 t；据此，预测 2025 年我国港口煤炭吞吐量为 27 亿 t。综合预计 2025 年我国港口煤炭吞吐量为 29 亿 t 左右。

2) 原油。根据原油加工量与原油吞吐量之间的高度线性相关性，建立回归方程，预测 2025 年我国港口原油吞吐量为 8.4 亿 t。根据原油加工量与成品油产量以及石脑油、液化石油气、乙烯、石油沥青等产品产量的关系，建立多元回归模型，预测 2025 年我国港口原油吞吐量为 8.2 亿 t。综上，预测 2025 年，我国港口原油吞吐量为 8.3 亿 t 左右。基于原油产量、陆上来油增长空间有限的情景，考虑港口原油进口量占原油吞吐量的比例变化趋势总体稳定，预测 2025 年我国港口原油进口量为 6 亿 t 左右。

3) 铁矿石。根据我国港口铁矿石吞吐量与生铁产量的紧密相关性，建立回归模型，预测 2025 年我国港口铁矿石吞吐量为 21 亿 t。利用基础设施投资、制造业投资和房地产投资相关关系，建立

多元回归模型, 预测 2025 年我国生铁的需求量为 9.3 亿 t; 根据生铁产量与铁矿石吞吐量的关系, 预测 2025 年我国港口铁矿石吞吐量为 23 亿 t。综合预计, 2025 年我国港口铁矿石吞吐量为 22 亿 t 左右。

考虑国内生铁产量总体稳定, 电炉钢占比稳步提升等因素, 生铁产量、港口铁矿石吞吐量和进口量具有较为一致的变化趋势, 据此预测 2025 年我国港口铁矿石外贸进口量为 12.5 亿 t 左右。需要说明的是, 我国每年有一定规模的钢材出口, 如果出口变化, 将对生铁产量带来很大影响, 进而影响港口铁矿石吞吐量, 所以铁矿石吞吐量和外贸进口量的预测存在相对较大的不确定性。

4) 集装箱。根据集装箱吞吐量与第二产业增加值的相关关系建立一元回归模型, 预测 2025 年我国港口集装箱吞吐量为 3.3 亿 TEU。同时, 我国港口内外贸集装箱吞吐量与固定资产投资额、全社会消费品零售额保持高度的线性相关。根据吞吐量与固定资产投资额的回归方程, 预测 2025 年内、外贸集装箱吞吐量分别为 1.32 亿和 1.77 亿 TEU, 合计集装箱吞吐量为 3.09 亿 TEU; 根据吞吐量与消费品零售额的回归方程, 预测 2025 年内、外贸集装箱吞吐量分别为 1.34 亿和 1.79 亿 TEU, 合计集装箱吞吐量为 3.13 亿 TEU。综合分析, 预计 2025 年我国港口集装箱吞吐量为 3.2 亿 TEU 左右。

#### 4.4 综合预测

综合主要货类预测结论, 预测上述四大货类吞吐量到 2025 年为 96.4 亿 t, 占总吞吐量的比重由 2021 年的 57.2% 调整为 2025 年的 56.5% 左右。据此推算, 2025 年我国港口货物吞吐量为 171 亿 t。基于总量结构化预测结论, 预测我国港口吞吐量为 172.8 亿 t。基于算术平均的加权组合预测, 到 2025 年我国港口吞吐量将达到 172 亿 t, 2020—2025 年年均增速为 3.4%。

根据外贸货物吞吐量占货物吞吐量比重的变化规律, 同时考虑未来我国外贸货物吞吐量中的铁矿石增长空间不大、外贸进口煤炭维持在 2.5 亿 t

左右规模、外贸原油和外贸集装箱将保持持续增长等因素, 预计外贸货物吞吐量将略慢于内贸货物吞吐量的增长, 2025 年港口外贸货物吞吐量将达到 51.6 亿 t, 2020—2025 年年均增速为 2.8% 左右。

#### 5 结语

1) 我国港口货物吞吐量增长受多重因素影响, 主要增长动力来源于经济持续增长和重点相关产业增长带来的上下游物资运输需求的增加。

2) 预测“十四五”期我国港口货物吞吐量与主要货类吞吐量仍将保持增长, 特别是港口吞吐量和外贸吞吐量能够保持 3% 左右的年均增速, 仍将对港口基础设施能力供给提出持续增长的需求。

3) 港口吞吐量预测采用了分主要影响因素和分主要货类结构化拆解的方法, 预测过程中需要考虑众多影响因素。随着各影响因素实际增长变化, 港口吞吐量增长会相应发生变化和调整, 因此预测结果存在一定的不确定性。

#### 参考文献:

[1] 彭玉生, 丁敏, 张志霞, 等. “十三五”期全国沿海港口发展思路[J]. 水运工程, 2016(10): 13-17.

[2] 张萍, 张守国. 江苏沿海港口吞吐量影响因素及预测分析[J]. 水运工程, 2011(10): 63-65.

[3] 谢新连, 王余宽, 许小卫, 等. 基于随机森林算法的港口集装箱吞吐量预测方法[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2022, 41(2): 15-20.

[4] 王新杰, 陈淮莉. 结合经济指标修正的 GA-BP 模型港口货物吞吐量预测[J]. 水运管理, 2022, 44(1): 17-20, 24.

[5] 董丽萍. 曹妃甸港区煤炭吞吐量预测研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2020.

[6] 邹适存. TJ 港原油吞吐量预测分析与企业发展规划设计研究[D]. 天津: 天津大学, 2018.

[7] 陈岗, 雷磊, 邹华. 基于三次指数平滑法的中国港口铁矿石吞吐量预测[J]. 经济研究导刊, 2012(4): 191-192, 229.

[8] 孙晓聪, 付玉慧. 基于 RF-双向 LSTM 的集装箱吞吐量预测[J]. 上海海事大学学报, 2022, 43(1): 60-65.