



长三角内河集装箱运输通道布局研究

徐杏¹, 徐静怡², 方森松¹, 孙平¹, 穆长泽³

(1. 交通运输部规划研究院, 北京 100028; 2. 新驰管理咨询(上海)有限公司, 上海 200035;
3. 武汉理工大学, 武汉 430070)

摘要: 长三角内河集装箱运输不仅是建设长三角世界级港口群、助力长三角综合立体交通及经济一体化发展的重要组成部分,也是运输结构调整、节能减排降碳的重要方向,符合国家战略导向。通过分析长三角内河集装箱运输发展特点,结合内河集装箱运输通道布局的影响因素,通过定性定量相结合的三阶段分析方法,确定长三角内河集装箱主要运输通道的布局层次,在此基础上提出编制长三角内河集装箱运输通道布局规划、高标准贯通主要通道建设、完善优化物流组织体系以及建立区域集装箱一体化发展机制等建议。

关键词: 内河集装箱运输; 通道布局; 河海联运

中图分类号: TK448.21; U651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)09-0034-07

Layout of inland river container transportation corridors in Yangtze River Delta

XU Xing¹, XU Jingyi², FANG Sensong¹, SUN Ping¹, MU Changze³

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

2. Think-engine (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200035, China; 3. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Inland river container transportation is not only an important part of building a world-class port cluster in the Yangtze River Delta, boosting the comprehensive multi-dimensional transportation and economic integration development in the Yangtze River Delta, but also an important direction for transportation structure adjustment, energy saving, emission reduction and carbon reduction, which is in line with the national strategic direction. This article analyzes the development characteristics of river container transport in the Yangtze River Delta, combined with the influencing factors of the layout of inland river container transportation corridors. Through a three-phase analysis method combining qualitative and quantitative analysis, the layout levels of the main inland river container transportation corridors in the Yangtze River Delta region are determined. On this basis, this paper puts forward suggestions such as making a planning of inland river container transportation corridors, accelerating the construction of the main corridors at a high level, optimizing the logistics organization system, and establishing the mechanism of regional integrated development, etc.

Keywords: inland river container transportation; layout of transportation corridors; river-sea combined transport

发展内河水运是加快运输结构调整、促进节能减排降碳、降低物流成本的内在要求,也是补齐综合运输体系短板、助推交通强国建设的重要抓手^[1]。长三角(不含安徽,仅指江浙沪两省市)内河集装箱运输作为沿海沿江港口^[2]的集疏运方式之一,也是推动区域运输结构调整的重要手段。

相比较而言,长三角内河集装箱运输起步较晚,2015年前后开始,2022年完成265万TEU,与长三角拥有全球第一和第三大集装箱干线港的地位明显不符,成为区域集装箱物流体系的短板。另外,长三角地区依托高等级航道网的加快建设,航道条件不断改善,加之地方政府日渐重视内河

收稿日期: 2023-11-24

作者简介: 徐杏(1977—),女,博士,高级工程师,从事水运规划、战略、政策等研究。

集装箱运输发展,通过规划建设内河集装箱运输通道以及相应的政策扶持,有效推动了内河集装箱运输的快速发展。但基于长三角沿海港口集装箱运输系统的布局特点、内河集装箱运输组织的规律特征以及各省市高等级航道网的规划建设等情况,现有内河集装箱运输通道仍存在区域缺乏统筹、布局有待优化等问题。因此,明确长三角内河集装箱运输通道的布局及发展,有利于促进江海联运体系的完善,补足内河水运短板。

1 长三角内河集装箱运输通道综合评价

1.1 通道格局初步形成,运输规模快速增长

2022年,江浙两省共有11个内河港口开展集装箱业务,完成集装箱吞吐量263万TEU,2015年以来年均增长25.5%,远高于同期沿海集装箱5.3%的增速。其中,浙江143万TEU,年均增长21.4%,内支线和内贸线共同发展(图1),主要集中在浙江杭州、嘉兴和湖州3个港口,约占全省内河港口集装箱的93.4%。江苏120万TEU,年均增长32.3%,内贸线占绝对主导,内支线占少量(图2),主要集中在苏北淮安、徐州和宿迁3个港口,约占全省的71%。

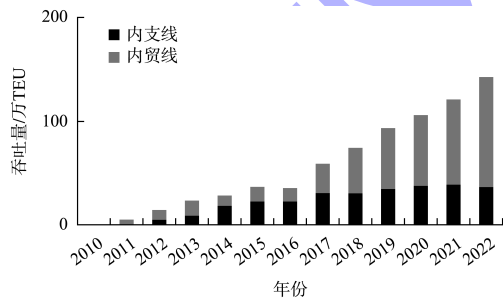


图1 浙江省内河集装箱港口吞吐量构成

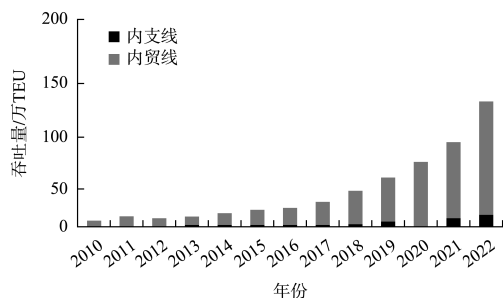


图2 江苏省内河集装箱港口吞吐量构成

目前,长三角地区基本形成了浙北、苏南内河港口—上海港通道为主,浙北内河港口—嘉兴海港以及苏北、苏南内河港口—太仓港等通道为辅的河海联运格局。一是以上海港为干线港,以区域内河港口为喂给港的河海联运通道,运量从2017年的40万TEU提高至2022年的90万TEU,年均增长17.6%;二是以浙北港口为喂给港,以嘉兴海港为中转枢纽的河海联运通道,运量从2017年的7.4万TEU增长至2022年的77.6万TEU,年均增长60.1%;三是以苏北、苏南等内河港口为喂给港,以苏州港太仓港区为中转枢纽的河海联运通道,运量从2017年的不足2万TEU增长至2022年的50万TEU。此外,淮北、苏北内河—连云港、南京、扬州等港口的河海联运通道也有少量规模。

1.2 通道设施加快建设,服务能力有效提升

江苏省基本建成京杭运河苏北段、连申线苏北段,加快申张线青阳港段、长湖申线省界—京杭运河段、苏申内港线、苏申外港线、连申线灌河—黄响河段整治,着力打造苏北—连云港港、苏北—太仓港、苏南—太仓港三大内河集装箱运输通道建设。目前,3条通道已基本打通,到太仓港通道可直达沿江码头,而到连云港港通道只能通达中云台作业区,仍需公路短驳至连云港港。目前,江苏省已有11个内河港口、25个作业区开展内河集装箱运输业务,码头通过能力合计125万TEU。

浙江省在建成京杭运河“四改三”、长湖申线西延、杭平申线等航道工程外,加快乍嘉苏线航道整治,畅通湖嘉申线航道和浙北高等级航道网集装箱运输通道,推动内河3层集装箱船海河联运发展。未来将重点打造形成杭嘉湖地区—浙北航道网—嘉兴港、钱塘江中上游地区—浙北航道网—嘉兴港、钱塘江中上游地区—杭甬运河—宁波舟山港等海河联运通道,推动浙江省适水货物弃陆走水。目前,杭州、嘉兴和湖州三大港口建成一批专业化集装箱泊位,通过能力约200万TEU。

上海市已建成大芦线一/二期、赵家沟、苏申外港线、长湖申线、杭申线、平申线等重大项目,除在建苏申内港线外,其余4条连接长三角(江浙)的内河高等级航道已达标贯通。此外,大芦线东延伸、油墩港、罗蕴河等工程在建,未来将启动苏申内港线中段等前期工作,加快开工建设。

1.3 通道物流加快构建,组织效率逐步优化

集装箱船舶大型化趋势明显。苏北、苏南平均运力从2020年的80.0、35.0 TEU提高至2022年的96.7和55.5 TEU,苏州高新园区码头到上海洋山港区120.0 TEU的河海直达示范船型运行良好;苏北地区投入200.0 TEU液化天然气(LNG)动力船和120.0 TEU电动船开展运营。目前,浙北大部分航道可通行64.0 TEU集装箱船舶,钱塘江上游受船闸尺度限制,仅可通行36.0 TEU船舶。

内河集装箱航线网络不断拓展,区域物流体系加快构建。宁波舟山、上海等沿海港口集团通过投资布局内河码头、开辟喂给支线、延伸口岸服务、设立空箱还箱点等方式,实现本地提空、就地报关、当地查验等功能,逐步构建相对系统的河海联动体系,运输组织效率稳步提升。杭嘉湖港口除开通通江达海航线外,航线网络已辐射至浙中西、苏南、皖中等内河港口。江苏省内河港口开通了93条航线,可连通沿江沿海港口、辐射河南、安徽等内河港口。

1.4 通道规模仍较小,区域一体化布局有待优化

相比珠三角而言,长三角内河集装箱运输起步较晚,受制于航道条件和建设进度,整体规模仍较小,成为区域集装箱物流体系的短板。此外,江浙两省围绕各自的沿海、沿江港口发展以及高等级航道网建设,分别规划提出各自的内河集装箱运输通道。虽然具有超前性,但现有的通道布局缺乏层次性、功能分工以及长三角区域层面的统筹,省际之间通道衔接不畅,仍有待进一步完善。

2 长三角内河集装箱运输通道布局方法

2.1 影响通道布局的主要因素

长三角区域内河集装箱运输通道布局既与所在区域的集装箱生成量分布、区域集装箱运输系统布局以及各通道的航道条件、运输组织模式和地方政府的政策扶持密切相关。主要因素及指标如下:

1) 各通道现状运输规模代表各通道运行的成熟度以及规模经济性,往往是通道条件良好的表现。

2) 各通道条件包括航道规划等级、桥梁净高标准以及是否可直达沿海沿江港口等。不同航道等级及桥梁限高可对应不同的集装箱船型,从而影响运输经济性。根据可否直达沿海、沿江港口,分为江海直达和江海转运两种运输方式,成为衡量物流成本及效率的重要指标。

3) 内河港口所在区位以及该区域的经济总量。其中区位通过水水中转吞吐量占比指标来衡量,反映该港口集散沿线区域箱源的枢纽作用;经济总量分别通过外贸进出口额和工业增加值2个指标反映。

4) 通道所连接沿海港口的地位作用及与内河港口的关系。1个内河港口对应多个沿海港口可形成多条河海联运通道,其发展潜力与所对应沿海港口的航线密度及干线港地位高度相关,显著提升中转效率。此外,是否属于沿海港口投资码头可直接影响航线密度和物流效率,进而影响通道的功能层次。

5) 与河海转运的运输组织模式相比,河海直达的环节少、时间短、运输成本约节约20%~30%,尤其是缺少内河港池的港口还需公路短驳,物流成本显著增加。因此,河海直达运输通道将比河海转运通道更具优势和发展前景。

2.2 三阶段分析法

2.2.1 通过网络配流模型确定主要集装箱出海港口布局(第1阶段)

基于沿海港口集装箱规模、航线网络以及功能布局在集装箱河海联运通道中的重要作用,通

过构建网络配流模型^[3], 合理预测长三角各沿海沿江港口的集装箱运输量, 明确各集装箱出海港口的不同层次布局。传统的负指数网络配流模型为:

$$r_j = \left[A \cdot \exp\left(\frac{-B \cdot (d_j - d^*)}{d^*}\right) \right] \quad (1)$$

其中 A 为归一化系数:

$$A = \frac{1}{\sum_{j=1}^k \exp[-B \cdot (d_j - d^*)/d^*]} \quad (2)$$

式中: r_j 为第 j 条路径的流量分配系数; d_j 为第 j 条路径的费用; d^* 为起点到终点所有路径费用中的最少费用; B 为分配不均匀系数。

内贸集装箱运输对成本十分敏感, 适合传统最小费用的负指数网络配流模型; 而外贸集装箱运输受航线、口岸环境等因素十分敏感, 因此在传统配流模型中引入运输成本、航线数量、口岸效率、配套服务等多种因素综合测算的不均匀系数, 以优化网络配流结果, 见图 3。

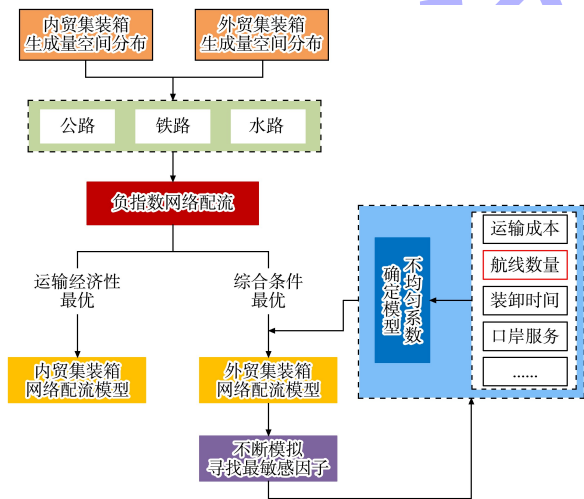


图 3 基于内、外贸集装箱网络配流优化模型

2.2.2 通过层次分析法确定主要内河集装箱码头选址布局(第 2 阶段)

针对长三角水网各内河集装箱港口的区位条件、通道条件及腹地运输需求等影响因素, 通过层次分析法, 建立一个基于多准则多层次的结构模型, 科学确定长三角内河集装箱码头的合理布局。评价指标见表 1。

表 1 评价指标

准则层指标	子准则层指标
港口条件	距离水运主通道距离/km
	水水中转比例/%
	沿海港口参与投资
	规划航道等级
运输需求	桥梁净高/m
	现状运输规模/万 TEU
	地区生产总值/亿元
地方政策扶持	外贸进出口额/亿美元
	工业增加值/亿元
	水运投资规模/亿元
	奖补政策/亿元

2.2.3 通过专家打分法确定主要集装箱江海联运通道路径(第 3 阶段)

基于长三角高等级航道网规划及各地规划的内河集装箱运输通道, 考虑沿海港口集装箱港区位置、航道等级、运距、船型和运输组织等因素, 通过专家打分法综合确定沿海与内河港口间的最优或次优运输路径。

2.3 研究结果

2.3.1 网络配流结果

针对长江三角洲两省一市共 25 个地市 2022 年的内/外贸集装箱生成量流量、流向情况, 通过不同的网络配流模拟, 确定 2035 年各沿海、沿江港口承担的内、外贸集装箱比重, 见表 2、3。总体与长三角集装箱运输系统布局吻合, 即外贸高度集中在上海、宁波舟山和苏州三大集装箱干线港, 内贸则分散布局至上海、宁波舟山、连云港、苏州、嘉兴、南京和南通等港口^[4]。

表 2 内贸集装箱网络配流结果

港口	内贸集装箱运输量占比/%	
	2022 年	2035 年
上海港	21.5	18.4
宁波舟山港	18.6	17.5
连云港	12.3	12.3
苏州港	11.5	12.0
嘉兴港	8.2	9.5
南京港	7.4	8.1
南通港	7.1	7.8
温州港	3.5	4.0
其他港口	9.9	10.4
合计	100.0	100.0

表3 外贸集装箱网络配流结果

港口	外贸集装箱生成量占比/%	
	2022年	2035年
区外通道分流	7.8	6.9
上海港	48.9	42.4
浙江沿海港口	36.8	40.6
江苏沿海沿江港口	6.5	10.1
合计	100.0	100.0

注：宁波舟山港 2022、2035 年的外贸集装箱生成量在浙江沿海港口占比分别为 98.9%、96.5%，苏州港在江苏沿海沿江港口占比分别为 39.0%、45.7%，连云港港在江苏沿海沿江港口占比分别为 58.0%、46.5%。

2.3.2 主要内河集装箱码头布局

选择江浙规划建设具有集装箱功能的 18 个内河港口，通过层次分析法计算各港口得分，见表 4。其中，排名前 10 的主要内河集装箱港口分别为：湖州、嘉兴内河、淮安、徐州、苏州内河、杭州、宿迁、无锡、绍兴、常州内河。

表4 港口评价指标得分

排名	港口	得分	排名	港口	得分
1	湖州	0.468 5	10	常州	0.227 3
2	嘉兴	0.457 6	11	扬州	0.201 2
3	淮安	0.456 5	12	镇江	0.184 8
4	徐州	0.382 3	13	连云港	0.171 2
5	苏州	0.364 1	14	盐城	0.163 1
6	杭州	0.354 2	15	南通	0.138 2
7	宿迁	0.310 4	16	泰州	0.132 7
8	无锡	0.276 5	17	南京	0.087 6
9	绍兴	0.249 1	18	金华	0.035 3

2.3.3 主要集装箱运输通道合理路径

根据长三角高等级航道网规划，主要内河港口至沿海港口三级及以上的集装箱河海联运通道包括：

1) 至连云港/盐城的主要出海通道：徐州、宿迁港—京杭运河—宿连航道—连云港；徐州、宿迁、淮安港—京杭运河—盐河—连云港；宿迁港—京杭运河—淮河出海航道—连云港；宿迁、淮安港—京杭运河—淮安出海航道—连申线—盐城港。

2) 至南通港的主要出海通道：苏北港口—京杭运河/连申线—长江—南通港；苏北港口—京杭运河/连申线—长江—通州湾港区疏港航道—南通港。

3) 至沿江港口(以太仓港为主)的主要通道：苏北—京杭运河/连申线—长江—太仓港；苏北、苏州内河港—京杭运河—望虞河—太仓港；无锡、常州内河港—锡溧漕河—京杭运河—苏申内港线—杨林塘—太仓港；苏州内河港—京杭运河—苏申内港线—杨林塘—太仓港。

4) 至上海港的主要通道：苏北—京杭运河/连申线—长江—上海港；苏北、苏南—京杭运河—苏申外港线/苏申内港线—黄浦江—长江/大芦线—上海港；湖州港—长湖申线/湖嘉申线—京杭运河—黄浦江—长江/大芦线—上海港；绍兴、杭州港—京杭运河—湖嘉申线/杭平申线—黄浦江—长江/大芦线—上海港；嘉兴内河港—杭平申线/杭申线—黄浦江—长江/大芦线—上海港。

5) 至嘉兴港、宁波舟山港的主要通道：湖州港—长湖申线/湖嘉申线—乍嘉苏线—嘉兴港(宁波舟山港)；湖州港—湖嘉申线—杭平申线—嘉兴港(宁波舟山港)；杭州港—京杭运河—杭平申线—嘉兴港(宁波舟山港)；绍兴港—杭甬运河—京杭运河—杭平申线—嘉兴港(宁波舟山港)；嘉兴内河港—杭平申线/杭申线/乍嘉苏线—嘉兴港(宁波舟山港)；杭州港—钱塘江/京杭运河—杭甬运河—宁波舟山港。

对上述通道进行专家打分计算，综合分析，形成主要或次要的河海联运集装箱运输通道。

到连云港的通道以宿连和盐河 2 条航道为主。基于连云港疏港航道尚未直接连通内河，目前仍需在中云台作业区换装，增加了物流成本。由于盐城港集装箱规模较小，因此暂不考虑淮海出海航道—盐城港通道。

到南通港的通道以京杭运河到通海港区为主，以通州湾港区疏港航道为辅。其中，疏港航道建设投资大，建设难度高，加之港区集装箱规模较小，短期内较难推进。

到沿江港口的通道以苏北—京杭运河—长江通道、苏南—京杭运河及各支线—长江通道为主，以连申线—长江通道为辅。其中，服务太仓港的通道以京杭运河—长江通道及京杭运河—望虞河

通道为主,京杭运河—苏申外/内港线—杨林塘为辅。

到上海港的通道以京杭运河苏南段/杭州段—联络线—黄浦江—长江通道直达上海港为主,京杭运河苏北段—长江通道为辅。未来,随着大治河出海口的打通,相较于黄浦江转长江,去洋山港区的外贸集装箱运输将缩短运距 80 km,河海直达优势凸显,成为主要通道。

浙北地区到嘉兴港/宁波舟山港的通道以杭平申线为主,苏南、苏北地区则以京杭运河—乍嘉苏线为主。未来随着杭甬运河宁波段的开通,将形成宁波舟山港的河海直达通道,相应的,浙北地区将形成经嘉兴港中转以及经宁波舟山港直达两大通道。

2.3.4 主要集装箱运输通道的功能层次

综合上述定性定量分析结论,未来长三角地区形成的内河集装箱运输通道包括:外贸集装箱以苏北、苏南—太仓港—上海港、浙北—上海港以及浙北—嘉兴港—宁波舟山港 2 条河海联运通道为主,其余少量至连云港、南京、江阴、温州等港口的联运通道为辅。其中,主通道在具备条件下逐步向河海直达运输转变。内贸集装箱通道相对分散,以长三角内河港口直接到上海、太仓和嘉兴、宁波舟山、南通、连云港等港口的通道为主,经其他港口的通道为辅。其中,苏北、苏南以到上海、太仓通道为主,浙北以到嘉兴、宁波舟山通道为主^[5]。

如果宁波舟山港、连云港和南通港通海港区未能直接打通港口后方的内河集疏运通道,则上述 3 港在河海联运通道,尤其是内贸集装箱转运通道中的地位将明显下降。

3 长三角内河集装箱运输通道布局建议

3.1 完善内河集装箱运输通道布局

建议在相关规划中明确构建以长三角—上海港、浙北—宁波舟山港通道为核心,以浙北—嘉兴港、苏北苏南—太仓港、苏北—连云港等通道为支撑的河海联运通道布局。重点打造以上海港、

宁波舟山港等干线港为龙头,辐射长三角及以远地区的河海直达通道,降低转运成本。完善以嘉兴港、太仓港为中转枢纽的河海联运通道布局,逐步实现服务干线港转运航线与服务本港直达航线的统筹发展。有条件布局建设以连云港、南通、温州等港口为龙头的河海联运通道,发挥自身腹地优势,开展部分内贸和近洋航线运输。

针对水网发达地区内河集装箱码头具有贴近货源市场布局、布局和规模相对分散的固有属性,建议遵循市场经济规律,合理规划不同层次的内河集装箱码头布局,重点规划发展河海联运等枢纽性作业区,适度发展规模化作业区,形成分工合作、有序竞争的格局。

3.2 高标准贯通主要集装箱运输通道

一是加快打通集装箱河海直达通道“最后一公里”。重点推进大芦线东延伸航道整治工程,打通大治河出海口,缩短上海洋山港区的河海直达运输距离。借鉴嘉兴港经验,稳步推进杭甬运河三期工程宁波市段和连云港、南通港等疏港航道建设,实现河海直达运输。二是加强省际之间规划、建设进度和标准的对接,统筹推进主要内河集装箱运输通道三级航道全线达标。加快杭甬运河、钱塘江、苏申外港线、长湖申线、湖嘉申线、杭申线、东宗线、杭平申线以及望虞河、宿连等航道建设,重点加快碍航桥梁、闸坝的扩能改造。有条件地区可根据实际情况将部分航道等级提升至二级,更好地适应 3 层集装箱船舶运输。

3.3 优化内河集装箱物流服务体系

积极推广河海直达运输方式,将苏州—洋山的海河直达模式进一步拓展至浙北、苏南乃至苏北等内河水网;研究明确主要集装箱运输通道适合的标准化河海直达船型,推进 3 层集装箱运输发展。鼓励河海港航企业通过市场化手段,发挥沿海港口企业的航线资源优势,联手构建河海联运航线网络,推广班轮化运营。发挥沿海港口作为全程物流链服务主体的龙头作用,完善一体化全程物流链体系,优化空箱组织调运和口岸通关环境;推进海河联运物流信息化建设,提升海河

联运集装箱物流的服务水平和效益。

3.4 建立区域集装箱一体化发展机制

建议以长三角内河集装箱运输为试点，加快建立区域一体化发展机制和统一开放竞争有序的大市场，开展常态化沟通协调和运行跟踪分析。统一制定区域集装箱“陆改水”、“散改集”政策以及不同运输方式的差异化扶持政策，避免不同运输方式之间的竞争，引导内河水运长远发展。

4 结语

1) 伴随主要集装箱运输通道、专业化码头泊位建设以及各项政策扶持，长三角内河集装箱运输呈现快速发展，基本形成浙北苏南—上海港为主、浙北—嘉兴海港、苏北/苏南—太仓港为辅的河海联运格局，以及一体化河海联运服务体系，运输组织效率和地位稳步提升。

2) 影响内河集装箱通道布局和发展的关键因素主要包括通道现状运输规模及未来规划等级、内河港口区位及腹地经济总量规模、所连接沿海港口在集装箱运输系统中的地位以及不同通道的运输组织方式。

3) 采用三阶段方法，通过分别构建内外贸集装箱网络配流模型确定主要集装箱出海港口的层次布局，采用层次分析法确定主要内河集装箱港

口的层次布局，通过专家打分法确定主要内河港口至沿海港口之间最优或次优的集装箱运输路径，实证结论符合发展实际。

4) 为推进长三角内河集装箱运输发展，提出完善集装箱运输通道和码头布局、加快推进主要集装箱通道建设、优化河海直达和联运共同发展的内河集装箱物流服务体系、建立区域集装箱一体化发展机制等建议。

参考文献:

[1] 中共中央国务院. 国家综合立体交通网规划纲要 [R/OL]. (2021-02-24) [2022-04-28]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-02/24/content_5588654.htm.

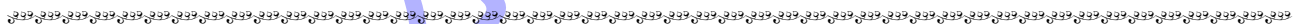
[2] 中华人民共和国交通运输部. 全国沿海港口布局规划 [R/OL]. (2020-06-30) [2023-10-25]. https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/zhghs/202006/t20200630_3320031.html.

[3] 李川. 江苏港口集装箱多式联运路径优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2019.

[4] 交通运输部规划研究院. 上海港总体规划修订[R]. 北京: 交通运输部规划研究院, 2021.

[5] 交通运输部规划研究院. 长江三角洲地区港口与航道布局规划方案[R]. 北京: 交通运输部规划研究院, 2022.

(本文编辑 赵娟)



(上接第 33 页)

[3] 高抒. 长江三角洲对流域输沙变化的响应: 进展与问题[J]. 地球科学进展, 2010, 25(3): 233-241.

[4] YANG S L, ZHAO Q Y, BELKIN I M. Temporal variation in the sediment load of the Yangtze river and the influences of human activities [J]. Journal of hydrology, 2002, 263(1/4): 56-71.

[5] GAO S, WANG Y P. Changes in material fluxes from the Changjiang River and their implications on the adjoining continental shelf ecosystem [J]. Continental shelf research, 2008, 28(12): 1490-1500.

[6] 曹杰, 王钟寅, 纪为刚, 等. 长江口南槽入口河段近岸水域水文泥沙特征现场观测分析[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(2): 186-188.

[7] 王飞, 王珊珊, 王新, 等. 杭州湾悬浮泥沙遥感反演与变化动力分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2014, 48(1): 112-116, 135.

[8] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 2023年洋山深水港区周边水域水深测量及水文测验分析研究[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2022.

[9] 张伯虎, 潘存鸿, 潘冬子, 等. 基于遥感信息的杭州湾表层悬沙浓度变化趋势研究[J]. 泥沙研究, 2022, 47(3): 52-59.

[10] 徐啸, 余小建, 崔峥, 等. 杭州湾及洋山深水港动力和泥沙条件分析[J]. 水道港口, 2019, 40(5): 504-510, 517.

[11] 张志林, 邓乾焕, 朱巧云, 等. 洋山港悬沙输移对冲淤环境的影响分析[J]. 水运工程, 2011(4): 67-76.

(本文编辑 王璁)