



西南交通大学
Southwest Jiaotong University



基于大数据的中国航运市场调查与 研究报告

Market Investigation and Research on China's Shipping Industry Based on Big Data

西南交通大学交通运输与物流学院

综合交通大数据应用技术国家工程实验室-智慧物流大数据应用技术实验室

2023 年 9 月

School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University

National Engineering Laboratory of Integrated Transportation Big Data

Application Technology

September 9, 2023

报告作者

甘蜜、刘晓波、姚竹、张璐、安媚童、郑倩、王晨宇、王彬旭、何昱欣、冯云霞、钱秋君、张琦东 西南交通大学

董阳 亿海蓝(北京)数据技术股份公司

报告顾问

彭传圣 交通运输部水运科学研究院 首席研究员

陈实 中国船级社副总工程师、中国船级社上海规范研究所所长

纪永波 交通运输部水运科学研究院 船舶运输技术研究中心主任

刘长俭 交通运输部规划研究院水运所 室主任、高级工程师

甘少炜 中国船级社科技和信息处 副处长、正高级工程师

宋国华 北京交通大学环境学院 书记、教授、博导

谢驰 同济大学交运学院 教授、博导

刘欢 清华大学环境学院 教授、博导

韩科 西南交通大学交通运输与物流学院 副院长、教授、博导

寇莹 上海交通大学安泰经管学院 副研究员、博导

刘昌富 厦门乐域网络科技有限公司 首席架构师

龚慧明 能源基金会 交通项目主任

辛焰 能源基金会 交通项目高级项目主管

卓玥雯 能源基金会 交通项目项目经理

致谢

本研究由【西南交通大学交通运输与物流学院】统筹撰写，由能源基金会提供资金支持。

在本项目研究过程中，研究团队得到了【亿海蓝(北京)数据技术股份公司】的大力支持，在此向他们表示诚挚感谢。

研究团队同时感谢所有顾问专家在项目研究过程中做出的贡献。

免责声明

若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。

凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

目录

1. 项目背景和研究对象.....	7
1.1 研究背景及意义.....	7
1.2 研究地理范围.....	8
1.2.1 沿海港口.....	8
1.2.2 内河港口.....	12
1.3 研究对象确立.....	15
1.3.1 重点货类.....	15
1.3.2 重点港口.....	16
1.3.3 重要航线.....	25
2. 干散货船船舶特征分析.....	31
2.1 数据处理.....	31
2.2 干散货船整体情况分析.....	32
2.2.1 干散货船吨级划分.....	32
2.2.2 干散货船船龄分布.....	33
2.2.3 干散货船运距分布.....	38
2.2.4 干散货船运行时长分布.....	42
2.2.5 各干散货船型货运量占比分析.....	46
2.3 本章小结.....	48
3. 集装箱船特征分析.....	50
3.1 集装箱港口综合市场竞争力评估.....	50
3.2 集装箱船整体情况分析.....	55
3.2.1 集装箱船等级划分.....	55
3.2.2 集装箱船运行时长分布.....	56
3.2.3 集装箱船船龄分布.....	58
3.2.4 集装箱船运距分布.....	60
3.3 本章小结.....	62

4. 船舶航线特征	64
4.1 数据处理	64
4.2 干散货船货运往来情况分析	64
4.2.1 港口间货运往来分析	64
4.2.2 货物产业分布	67
4.2.3 主要港口群货物流向分布	70
4.2.4 主要港口群热门航线船舶分析	75
4.3 干散货船航线特征	79
4.3.1 重要航线上分货类的船舶船型分布	79
4.3.2 重要航线上分货类的船舶船龄分布	84
4.3.3 典型航线航程分布	87
4.4 集装箱船航线特征	91
4.4.1 集装箱运输主要 OD 对	91
4.4.2 不同航线上的船龄分布	92
4.4.3 不同发出区域航线上的 TEU 等级分布	93
4.5 本章小结	96
4.5.1 干散货船航线特征分析	96
4.5.2 集装箱船航线特征分析	97
5. 港口货运特征分析	99
5.1 数据处理	99
5.2 干散货研究港口货物构成分析	99
5.2.1 发出港口	99
5.2.2 到达港口	100
5.3 沿海区域典型干散货研究港口特征分析	101
5.3.1 港口货运量季度性波动分析	102
5.3.2 港口主要停靠船舶类型分布	106
5.4 内河区域典型干散货研究港口特征分析	109
5.4.1 港口货运量季度性波动分析	110

5.4.2 港口主要停靠船舶类型分布.....	112
5.5 本章小结.....	114
6. 港口运作特征分析.....	116
6.1 数据处理.....	116
6.2 干散货研究港口运作特征分析.....	116
6.2.1 到达港平均停泊时间分布.....	116
6.2.2 到达港靠锚靠泊时间分布.....	120
6.2.3 典型港口船舶进出港数量 24 小时分布.....	123
6.3 集装箱研究港口特征分析.....	127
6.3.1 到达港停泊时间分布.....	127
6.3.2 到达港靠锚靠泊时间分布.....	130
6.3.3 典型港口船舶进出港数量 24 小时分布.....	132
6.4 本章小结.....	134
6.4.1 干散货研究港口运作特征分析.....	134
6.4.2 集装箱研究港口运作特征分析.....	135
7.绿色船域潜力分析.....	136
7.1 港口推广岸电情况分析.....	136
7.2 电动船舶推行市场潜力分析.....	141
7.2.1 选取航线的依据和目的.....	141
7.2.2 潜力航线特征分析.....	142
7.2.3 电动船舶潜力航线船舶运能分布情况.....	145
7.3 潜力航线上电动船舶具体替代方案分析.....	148
7.4 本章小结.....	151
8.总结及政策措施建议.....	152
8.1 航运货物运输的可持续发展：减排与效率优化.....	152
8.2 合理调度港口基础设施资源：均衡季度货物运力资源.....	153
1. 掌握货物季节波动性特征，合理安排运力.....	154
2. 合理调控航运资源，提高供应链的可靠性.....	154

8.3 解析船舶到港时间规律，提升资源利用效率.....	154
1.灵活调度港口资源，提高货物运输效率。.....	155
2.加强港口设施升级与合作，整合港口资源。.....	156
8.4 优化港口运营，提高船舶停泊效率.....	156
1.优化港口停泊时间，促进绿色航运低碳发展.....	156
2.合理安排船舶到港时间，减少船舶等待时间.....	156
8.5 优化船舶组成结构，推进老旧船更新.....	157
1.有序淘汰煤炭老旧船舶，加强报废计划监管.....	157
2.预研钢材运输船舶替代可能，维持船龄结构健康发展.....	157
3.因地制宜，统筹兼顾报废与替换铁矿石运输船舶.....	158
8.6 推动绿色航运发展，促进低排放航行.....	158
1.优化航运岸电接驳：提升效率与便捷性.....	158
2.发展船舶绿色动力技术，推动电动船舶在潜力航线行驶.....	159
8.7 规范行业标准，提高组织效率.....	159
驱动航运数字化转型.....	159

1. 项目背景和研究对象

1.1 研究背景及意义

近年来，随着国民经济和海内外贸易的快速发展，货运需求日益增长，我国货运结构也在不断调整。国务院办公厅于 2018 年 10 月 9 日印发了《关于推进运输结构调整三年行动计划（2018—2020 年）的通知》。《通知》指出，要以京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等区域为主战场，以推进大宗货物运输“公转铁、公转水”为主攻方向，不断完善综合运输网络，切实提高运输组织水平，加快建设现代综合交通运输体系。于是到 2021 年，全国货物运输结构明显优化，铁路、水路承担的大宗货物运输量显著提高。与 2017 年相比，全国铁路货运量增加 10.9 亿吨、增长 29.4%；全国水路货运量增加 15.6 亿吨、增长 23.4%。在近五年内的货运市场中，公路货运量占比由原来的 78.1% 下降到 73.8%；铁路货运量占比由原来的 7.8% 增长到 9.8%；水运货运量占比也由 14.1% 增加到 16.4%。但随着航运规模增长的同时，航运市场存在的一些不合理现象也逐渐凸显，如：政策不完善、流程不正规、设备较落后等，也随之产生了大量碳排放等环境问题。货物运输是支撑社会与经济发展的基础，也是交通运输系统碳排放的重要组成部分。并且，国务院印发了《2030 年前碳达峰行动方案》，指出要发展智能交通，构建绿色高效交通运输体系，因地制宜开展沿海、内河绿色智能船舶应用示范，旨在优化船舶运输航线，提高运输效率。

然而目前航运市场缺乏对全国各航道上货物、运输船舶时空分布情况的直观了解，传统的研究通常聚焦于较小区域，无法对整个航运市场有较为清晰的了解，而大数据技术的应用能更准确高效地分析航运市场，建立起对沿海与内河航运市场的量化认知。对航运大数据中货运数据与船舶数据的准确把握可以对船型与货类匹配研究提供指导性作用，有利于优化船货匹配、改进船舶结构设计、型线优化，推进老旧船舶更新改造、推动船舶能源低碳转型。针对重点航运枢纽的港口画像进行全面刻画，对营造安全、有序、畅通的沿海通航环境有重要作用，同时对推广船舶靠岸电使用、保障低碳转型平稳过渡具有重要意义。利用大数据对货物、船舶、港口这一系统的整体研究，更有助于优化航线经营、完善管理模式，为提高船舶营运能效、减少排放提出政策建议，为以

低碳排放为导向的货运结构调整提供了改进方向。

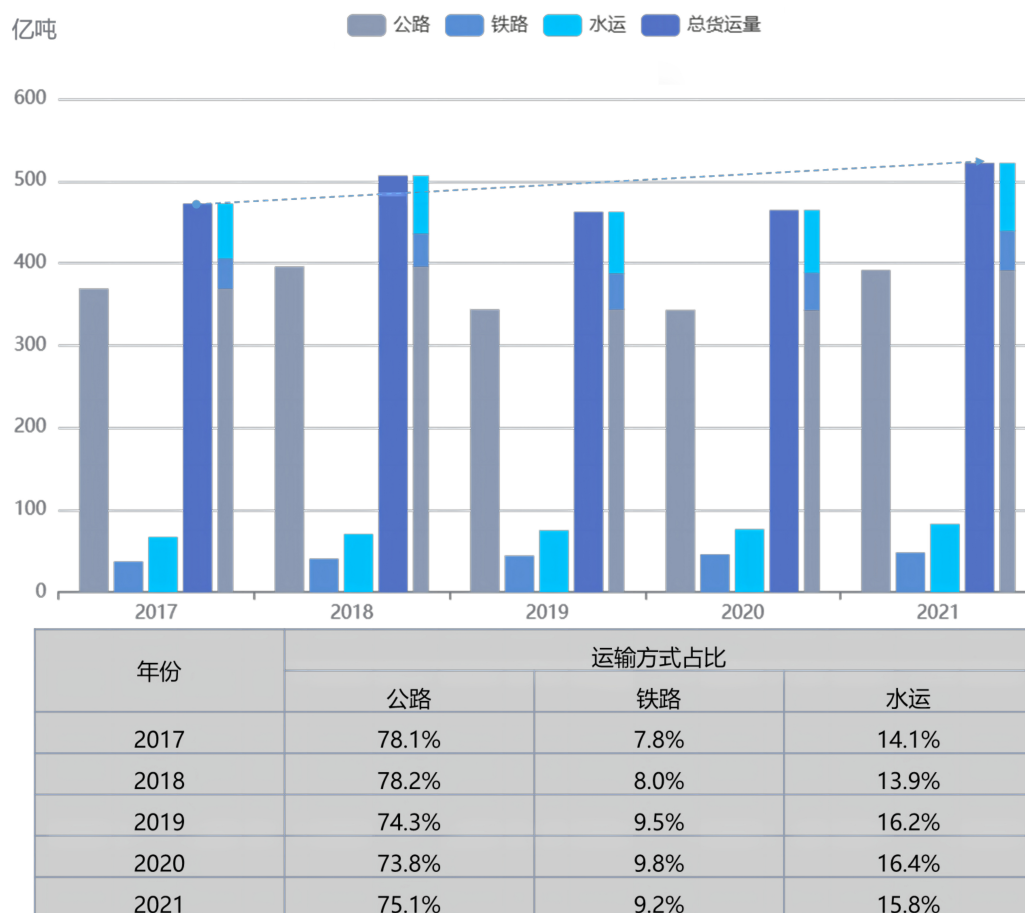


图 1-1 2017-2021 年中国货运结构变化情况

(资料来源: 2017-2021 年交通运输行业发展统计公报)

1.2 研究地理范围

1.2.1 沿海港口

沿海港口作为国民经济和社会发展的基础设施, 有力地支撑了经济、社会和贸易发展以及人民生活水平的提高, 对于国家综合实力的提升、综合运输网的完善等具有十分重要的作用。根据 2006 年交通部公布的《全国沿海港口布局规划》, 我国主要的沿海港口群分布如图 1-2 所示。各港口群主要的港口组成如图 1-3 所示。按照其沿海地理分布, 从北到南依次为: 环渤海港口群、长江三角洲港口群、东南沿海港口群、珠江三角洲港口群、西南沿海港口群; 其主要港口包括: 大连港、营口港、秦皇岛港、天津港、烟台港、青岛港、日照港、连云港港、南京港、南通港、镇江港、苏州港、上海港、宁波舟山港、温州港、福州港、厦门港、汕头港、深圳港、广州港、珠海港、湛江港、防城港、

海口港。由于南京、南通、镇江、苏州港的在交通运输部的统计口径是作为内河港口统计。于是在我们后续的分析中，将这四个港口划分到内河港进行研究。



图 1-2 全国沿海港口布局规划

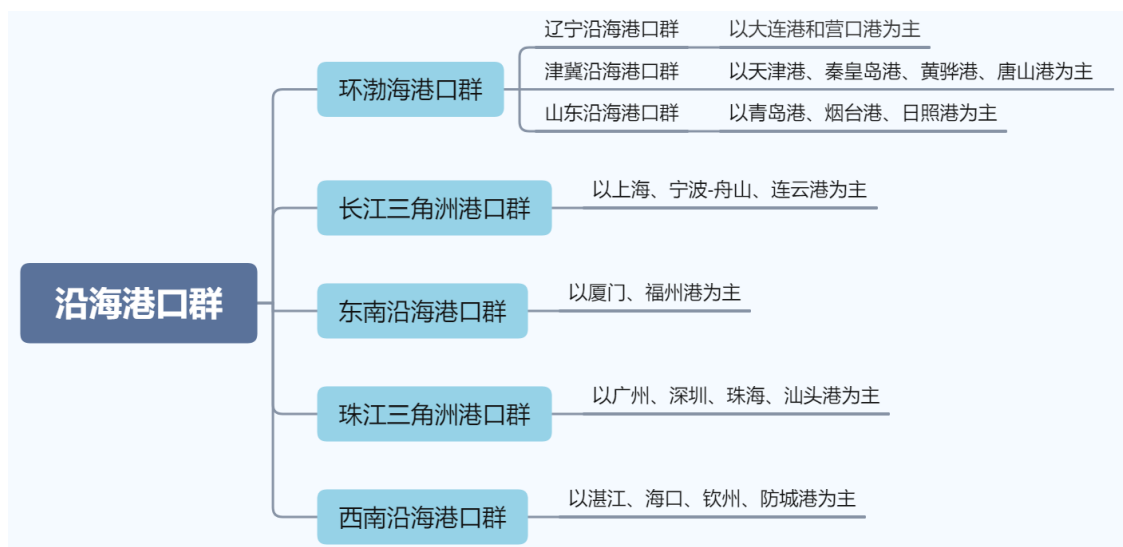


图 1-3 规划布局沿海各港口群港口组成

表 1-1 2021 年全年沿海港口货物吞吐量 TOP20 榜

7576焚贵碎	矫词	7576焚矫词每荆存淬撵Z苞 [	7576焚烂落每荆存淬撵脆嘉真纳	7575焚烂落每荆存淬撵脆嘉真纳	个樊俊兵
1	渡俭磷矾	.....67795:	↑ 93*	↑ 93*	□□
2	郸矾	.....<7795	↑ 73*	↑ <35*	奸丑
3	包浆	.....; >=7<	↑ <38*	↓ 263*	包浆
9	礞繁	.....; 857>	↑ 93*	↑ 63*	矾报
:	份饭	.....; 78; <	↑ 63*	↑ 93*	份报
;	衡金	.....: 966<	↑ >35*	↑ =39*	矾报
<	谍件	.....: 7>: 9	↑ : 38*	↑ 53*	谍件
=	借从	.....9788<	↑ ; 35*	↑ 839*	矾报
>	份抡丑倪狡矫	.....8: =77	↑ 763*	↑ 853*	份抡
65	迭牟	.....86: : 8	↓ 2 3 *	↓ 26<3*	渡
66	蒲	.....86689	↑ 838*	↑ 73*	奸丑
67	胶	.....7<=8=	↑ : 35*	↑ 73*	份报
68	克饭	.....7<8: 7	↑ >3*	↑ 6<36*	克夫
69	牟瑟矫	.....7; >6=	↑ 6638*	↑ 836*	灵
6:	□□	.....7: : : :	↑ >38*	↑ 6539*	份报
6;	隆词	.....77>><	↓ 283 *	↓ 263*	渡
6<	鸥	.....77<: ;	↑ >3*	↓ 273*	克夫
6=	眷繁	.....755: 8	↓ 535*	↓ 2=38*	奸丑
6>	报	.....6=78:	↓ 2939*	↑ 53*	份报
75	碱饭	.....695<5	↑ 6>37*	↑ : 35*	克夫

对交通运输部印发的《全国沿海港口布局规划》进行梳理,结合中国港口公布的统计数据,表 1-1 展示了 2021 年我国货物吞吐量排名前 20 的港口,可以分析得知沿海五大港口群作为我国海内外贸易的主力军,发挥着举足轻重的作用,同时大多数港口的货物吞吐量同比增速都保持着正增长。其中宁波-舟山港、唐山港以及上海港表现尤为突出,其货物吞吐量基本占了整个 2021 年所有沿海港口完成货物吞吐量的 26.5%。

环渤海港口群作为毗邻日本、韩国等发达国家的区域,由辽宁、津冀和山东等沿海港口群组成,货物吞吐量占据了航运市场的巨大部分,是我国石油(特别是原油及其储备)、天然气、铁矿石和粮食等大宗散货的重要中转储运港口。辽宁沿海港口群包括大连港、营口港、丹东港等,是我国主要的石油天然气、铁矿石、粮食的主要产销地和中转场,津冀沿海港口群由唐山、秦皇岛、黄骅、天津等港口组成,其主要布局为我国的专业化煤炭装船港;山东沿海港口群以青岛、日照、烟台等港口为主,负责粮食等大宗商品的运输和集装箱的转运。

长三角港口群依托于上海这个国际航运中心,以宁波-舟山、连云港、温江、嘉兴港口为主要港口,其中宁波-舟山港口作为沿海港口中货物吞吐量最大的港口,负责进口铁矿石,并依此布局陆岛滚装运输系统,上海港、宁波-舟山港和

苏州港作为主要干线港，进口石油天然气，中转粮食，并布局商品汽车运输系统。长三角港口群主要港口的研究对我国江浙沪一带经济发展有着良好的引导作用，更加多元化地发展航运市场。

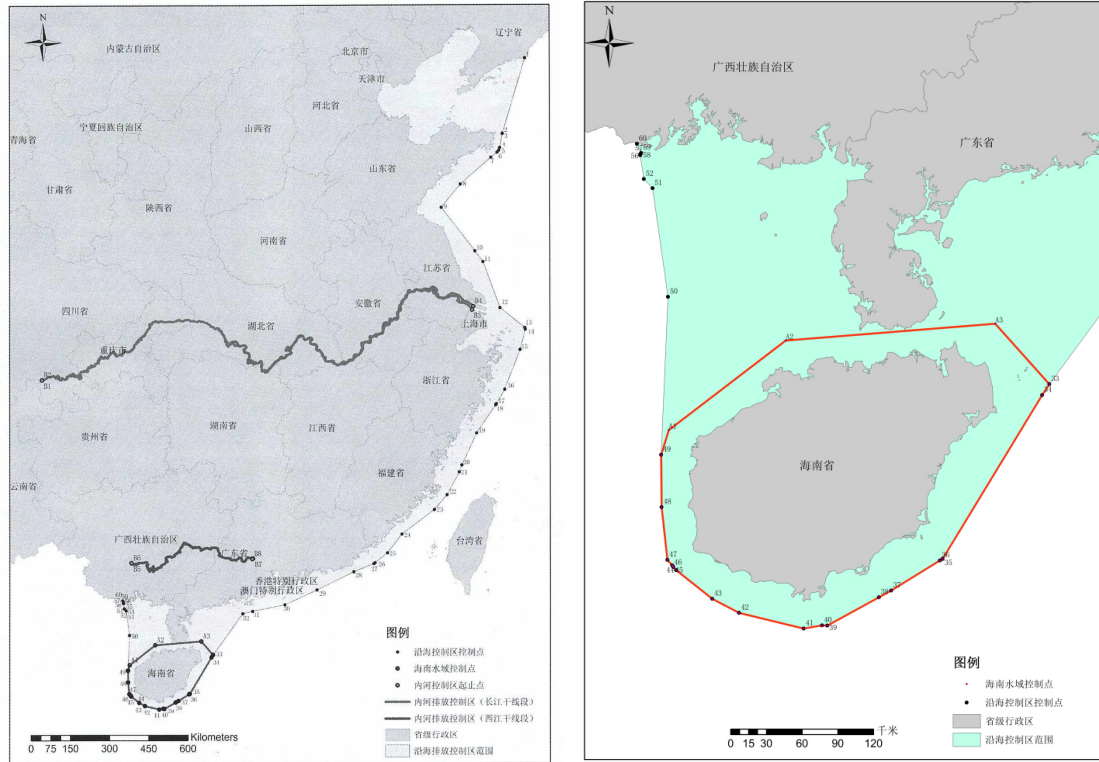
东南沿海港口群作为福建和江西等内陆省份的连接区域，并满足于对台“三通”需要。港口群以厦门、福州港为主，同时也包含了泉州、莆田、漳州等多个港口，航运运输密集，负责进出口和中转石油天然气、粮食、集装箱等货物。

珠三角港口群是我国南部经济最发达的港口群，依托于香港的经济、金融和国际航运中心的地位，以广州、深圳、珠海等发达城市为主，包括汕尾、惠州、茂名等区域，服务于华南、西南等区域，是我国内陆省份加强与港澳之间合作的重要桥梁。同样，该港口区域以广州为干线，进口石油天然气，布局粮食系统和商品汽车运输系统，也拥有众多海内外旅客、货物（邮轮）运输设施，是我国沿海航运中不可或缺的部分。

西南沿海港口群由广西沿海港口和海南省港口组成，以湛江、防城、海口港为主，并包括三亚、钦州、北海等港口，是我国与海南省联系最紧密的区域，拥有丰富的生态资源，航运市场中，海南特产、重要的粮食、石油天然气、铁矿钢材等进出口也极为频繁，是加强我国内陆与周边岛屿联系的重要地区。

沿海五大港口群，无论从政治地位、经济地位还是社会发展角度来看，都有着对促进国家航运市场发展举足轻重的影响，对沿海五大港口区域的研究可以清晰地了解沿海货物市场的结构、我国沿海航运业的发展等等，也为当地产业布局、升级和地区间货物交流提供宏观建议。同时，沿海五大港口群的研究也可以根据收集到的宏观基础数据进行微观调整，以保证从面到点地分析，又可以从点到面地整体把握。

另一方面，为了大力推进绿色航运发展和船舶节能减排，本报告根据交通运输部 2018 年印发的《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，进一步对我国主要排放控制区进行了梳理，该方案所指排放控制区包括沿海控制区和内河控制区，如图 1-4(a)所示，沿海控制区范围涵盖了环渤海水域、长三角水域、珠三角水域等核心排放控制区，其中海南水域范围如图 1-4(b)所示；内河控制区范围为长江干线（云南水富至江苏浏河口）、西江干线（广西南宁至广东肇庆段）的通航水域。该方案适用于在排放控制区内航行、停泊、作业的船舶。



(a)沿海、内河控制区

(b)海南控制区

图 1-4 我国主要排放控制区分布

1.2.2 内河港口

内河水运促进了沿江（河）产业发展和生产力布局。内河水运为沿江（河）产业发展提供了便利的运输条件，保障了原材料和产成品运输，促进了沿江（河）产业带的形成，沿江（河）经济和内河水运互为依存、相互促进。结合我国水资源分布情况，图 1-5 是我国内河港口布局方案，具体为：在水资源较为丰富的长江水系、珠江水系、京杭运河与淮河水系、黑龙江和松辽水系及其他水系，形成长江干线、西江航运干线、京杭运河、长江三角洲高等级航道网、珠江三角洲高等级航道网、18 条主要干支流高等级航道和 28 个主要港口布局。规划布局的各港口群主要的港口组成如图 1-6 所示。可以看到大多数重要港口主要集中在长江流域的安徽省和京杭大运河航道上的江苏省。

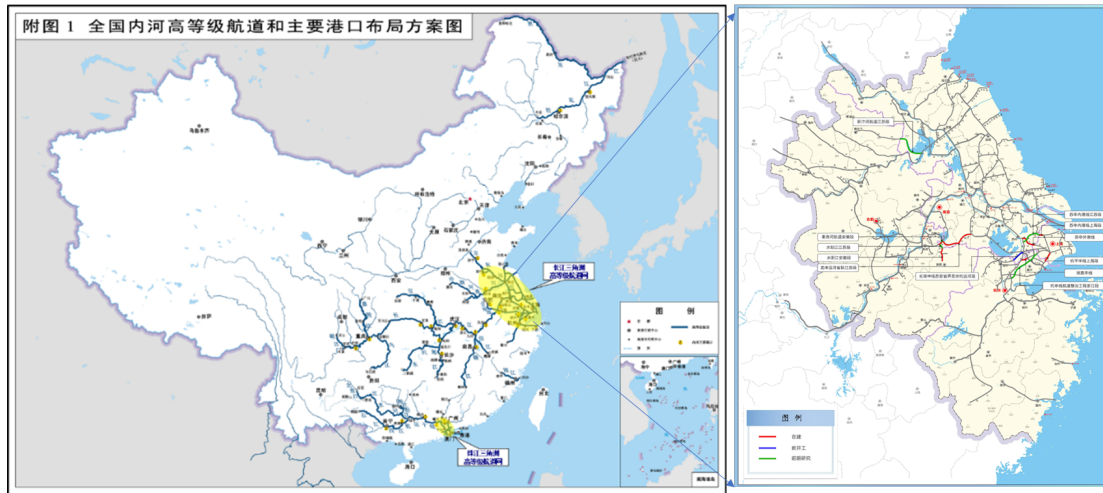


图 1-5 全国内河高等级航道和主要港口布局

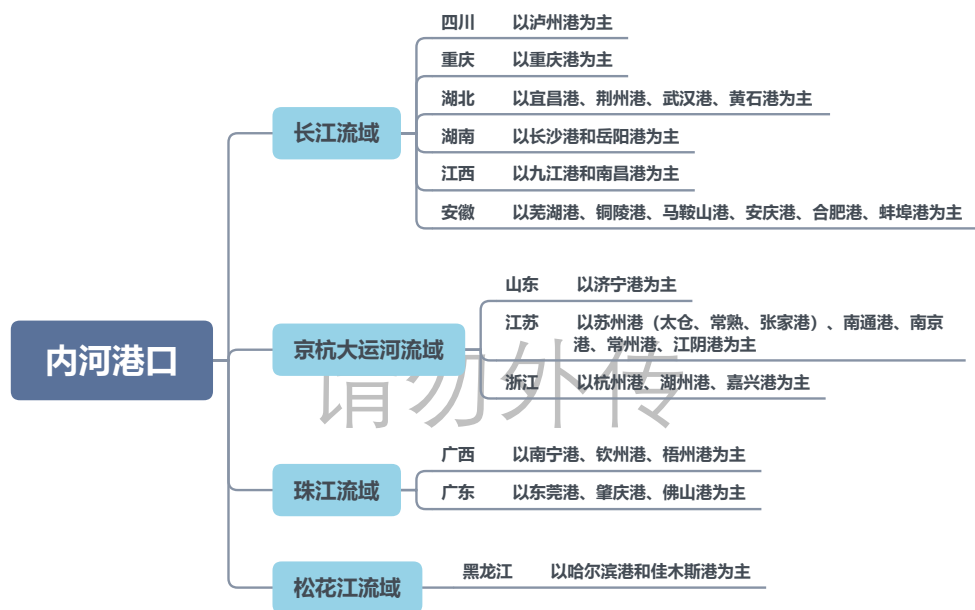


图 1-6 规划布局内河流域各港口组成

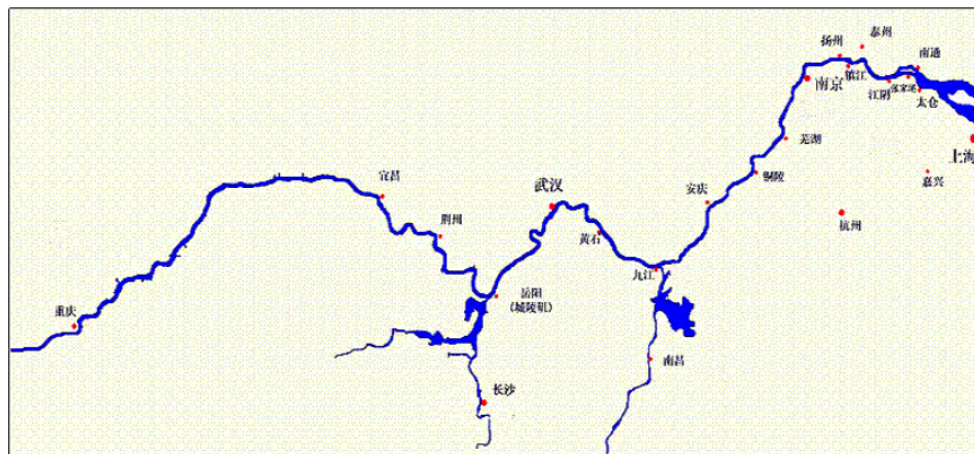


图 1-7 长江航道示意图

长江是中国“黄金水道”，其货运量为全球内河第一名，干支流通航里程达 7 万公里。如图 1-7 所示，长江航线干流自四川宜宾至长江入海口，全长 2800

余公里，可全年通航，是中国全年昼夜通航最长的深水干线内河航道；其中长江口至武汉航道可通 5000 吨级的船舶；汉口至重庆间航道可通 3000 吨江轮，在枯水期千吨轮船亦可上溯到重庆；宜宾至重庆间航道可通航千吨以下轮船。干流、支流、湖泊与人工运河相互贯通联结，组成了中国最大的水运网。航线主要内河港口有重庆、宜昌、武汉、黄石、九江、安庆、芜湖、马鞍山、江阴、镇江、张家港、南通港等。

表 1-2 2021 年全年内河港口货物吞吐量 TOP20 榜

7576焚贵率	矫词		7576焚矫词每荆存淬撵Z苞 [	7576焚烂落每荆存淬撵脆嘉真纳	7575焚烂落每荆存淬撵脆嘉真纳	个樊俊兵
1	灵"饭	78.7; 2	.....; : >5	↑ 73*	↑ ; 5*	灵
2	槛"饭	57.4; 3	.....8: 7>6	↑ 6<3*	↑ ; 3*	灵
3	"牌	55.979	.....88<: <	↑ 8; 3*	↑ 653*	灵
9	搐"那	52.: 73	.....85=: 6	↓ 253*	↓ 2<3*	灵
:	搐"鞭	48.: 77	.....7; =: :	↑ ; 3*	↓ 273*	灵
;	挪"	45.928	.....78<5;	↓ 2873*	↑ ; 3*	灵
<	年"愤	3.: 26	.....6>=59	↑ 753*	↑ 8; 5*	年愤
=	灵饭昌奸	39.88:	.....6<; ; =	↑ : 83*	↑ 6<3*	灵
>	泵"	37.397	.....6: 6<:	↑ 7; 3*	↑ ; 3*	抡
65	蝗"饭	36.877	.....69; : :	↓ 293*	↑ 663*	□□
66	"脚	35.697	.....689<:	↓ 253*	↑ : 3*	段负
67	脚"饭	35.32:	.....6865=	↑ <3*	↑ : 3*	□□
68	饽昌奸	34.859	.....67; 8<	↓ 283*	↑ 693*	□□
69	驾"饭	34.824	.....67; 57	↑ 793*	↑ 93*	段负
6:	济"价	33.89;	.....66; <	↑ 653*	↑ 6: 5*	脚丑
6;	蹲"	33.692	.....669<5	↑ 963*	↑ 63*	脚丑
6<	萍 矾	33.268	.....6659;	↑ =3*	↑ 63*	段负
6=	门"矫	32.449	.....6577<	↓ 283*	↑ 853*	份抡
6>	功"饭	32.366	.....65699	↑ 83*	↑ 83*	灵
75	补"矾	: .563	.....>896	↑ 53*	↓ 283*	份报

另一方面，对各内河港口的货运规模进行分析，表 1-2 是 2021 年全年中国内河港口货物吞吐量前 20 的排行榜。从表中可以看到，货物吞吐量排名前三的港口都位于江苏省，江苏港口全年累计货物吞吐量排名第一，远超于其他省份。苏州、泰州以及江阴港的累计货物吞吐量占了整个 2021 年所有内河港口完成货物吞吐量的三成。其中，苏州港作为内河第一大港口遥遥领先，作为长江中下游和西部大开发的重要平台，是江河海联运，内外贸货物运输、装卸与仓储、多功能综合性港口，对江浙沪航运市场的发展起着重要作用，排名 2-10 名的依次为泰州、江阴、南通、南京、镇江、重庆、苏州内河、九江、杭州，其基本为长三角内河港口区域。其中，重庆港作为川渝经济带重要支柱对整个西部的影响也尤为突出。

通过政策分析并结合港口的货物吞吐量，我们发现长江、珠江水系作为承

接内陆中西部地区和沿海城市的重要纽带，不仅是承载我国内河运输的关键航道，也是我国江海联运中转体系的重点。尤其是长江流域，交通运输部多项港口建设方案都提出要增强长江干线航运能力。如《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》中明确指出要推进长江干线宜宾至重庆段、宜昌至武汉段航道整治，《水运“十四五”发展规划》中提到要持续强化长江黄金水道在畅通国内国际双循环中的支撑作用。因此本研究将长江流域的港口作为主要研究对象，辅之以珠江水系来分析内河航运货物流通情况。同时考虑到港口货运规模，位于京杭大运河航道上的港口货运量占比具有举足轻重的地位，本报告也将其纳入研究范围。

1.3 研究对象确立

利用大数据手段对航运市场进行全面、多维度地分析，并根据交通运输部、船级社、船讯网等宏观数据信息和政府政策法规了解我国航运市场发展现状，刻画港口画像、船舶画像、航线画像。依据港口货运量、各货类供给及需求分布情况、排放控制区域、主要货运贸易港口以及重要经济区确定所研究的港口群区域和具体港口名称，为港口之间的流向、流量、运作效率等选择可行研究对象；通过船舶相关网站公布的船舶类型信息，结合港口间主要运输的大宗货物确定适合研究的船类型，以便更好地刻画船舶静态信息、区分新老船只，从而加强航运市场监督力度，促进航运市场和周边产业快速升级；统计主要港口和港口群货运量占比较大的货物信息，结合未来国家发展战略，考虑地区间资源不平衡等问题，选取有研究价值的货物作为航运市场货运主体，从而对各港口和港口群间的货物交流有一定地初步认识，进而做出更深的规划。

1.3.1 重点货类

首先，根据中国港口年鉴数据，分析港口各货物类型吞吐量的整体变化趋势。2014-2021 年全国主要港口货物吞吐量如图 1-8 所示。一方面，整体来看，在中国航运市场上，干散货年吞吐量逐年增长，其中，煤炭、钢铁、金属矿石在我国主要港口干散货货运吞吐量中的占比达到 70%以上，预计未来仍然维持在高位水平附近。另一方面，在全球国际干散货航运市场场中，运输主要是以钢材、铁矿石、煤炭等大宗干散货为主，其中，铁矿石海运量占国际干散货航运市场的 30%左右，是海运贸易量最大的干散货。因此我们以煤炭、钢材、铁

矿石作为干散货的重点货物类型开展分析。

另一方面，集装箱吞吐量也在逐年稳步增长。集装箱化一直是全球化中最具活力的有形组成部分，与传统件杂货散运方式相比，具有运输效率高、经济效益好、服务质量优的特点，因此本文对 2014-2021 年我国集装箱吞吐量变化趋势进行分析。2014-2021 年集装箱吞吐量如图 1-8 所示。整体来看，2014-2021 年全国集装箱吞吐量基本维持增长趋势，在 2021 年达到峰值。2018 年，受中国经济下行和中美贸易摩擦两大因素的影响，全球贸易形势不稳定、国内需求增长动力不足，集装箱吞吐量有所减少。但 2019 年集装箱吞吐量有所回升，虽持续受中美贸易战的影响，但国内经济的发展形势尚好，国内需求不断增长，集装箱吞吐量逐渐增大。因而，本报告以干散货和集装箱作为航运市场代表进行分析。

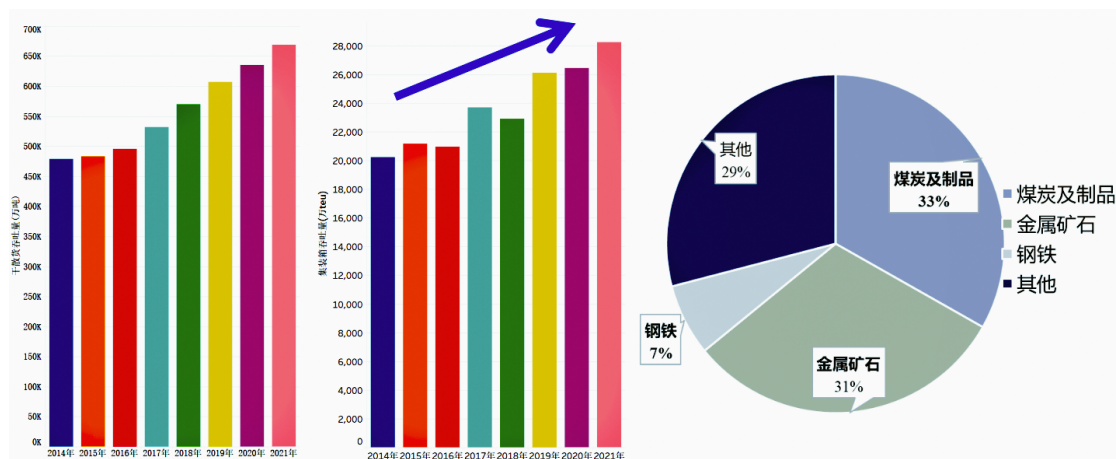


图 1-8 2014-2021 年我国干散货和集装箱吞吐量变化情况

1.3.2 重点港口

通过对我国沿海、内河主要港口群和港口的梳理，明确了我国港口总体地理分布、重点港口的货物吞吐量情况及国家战略规划发展港口，本报告主要根据港口的货物吞吐量及地理位置选取具有代表性的港口作为研究港口。由前文，确定了主要研究的货物类型包括煤炭、钢材、铁矿石三类大宗商品及集装箱，因此，本节对运输这些货物类型的主要港口进行梳理。

(1) 干散货的主要发出港口

根据已有数据分析，煤炭、钢材、铁矿石三类大宗商品在国内的发出港口均为沿海港口，水深条件好、载运量大。本报告选取的发出港口出港量在全国总出港量中占比情况如图 1-9 所示，数据显示选取的三类大宗商品的发出港口

出港量占比均超过港口总出港量的 60%，具有较好的代表性。

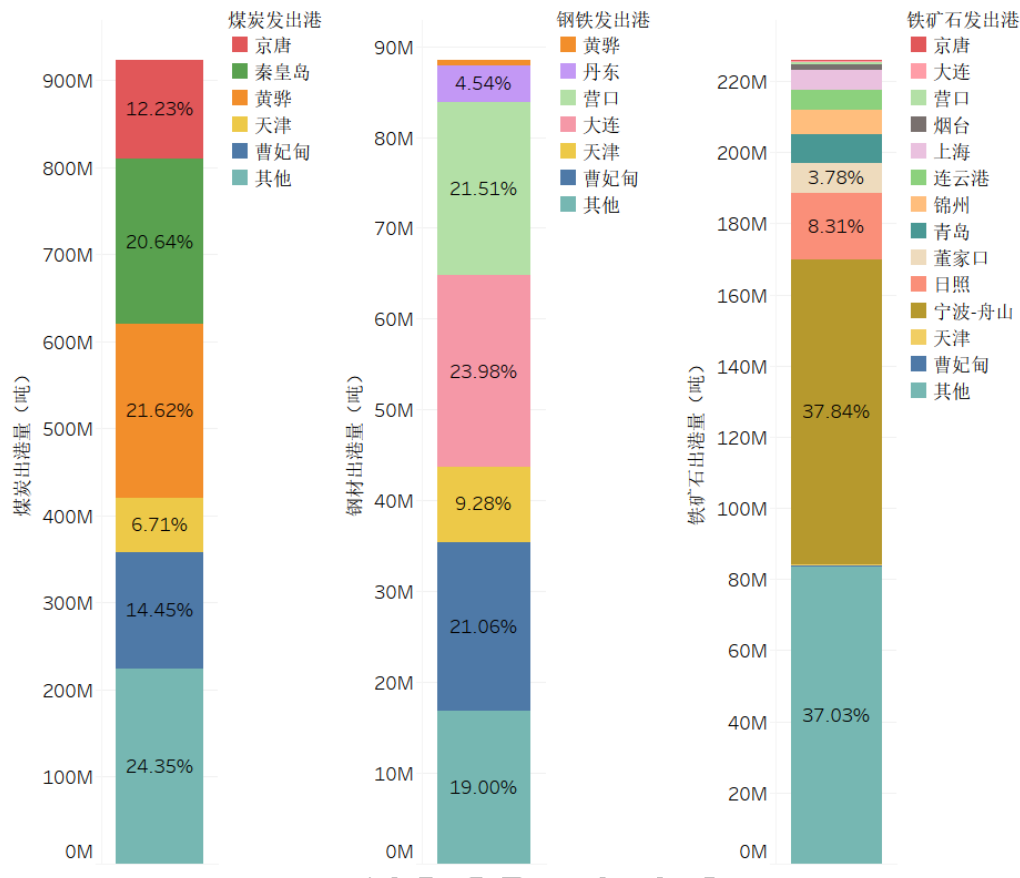


图 1-9 2019 年研究的发出港口出港量在全国总出港量中占比情况

煤炭发出港主要分布在环渤海港口群，具体集中在京津唐地区。据国家统计局年度数据，2019 年我国主要港口煤炭及制品出港量为 92282 万吨，据计算，2019 年曹妃甸、黄骅、京唐、秦皇岛、天津港煤炭总出港量为 69812 万吨，占全国主要港口煤炭出港量 75.65%，是煤炭主要的发出港。

钢材发出港主要分布在环渤海港口群，辐射范围涵盖京津唐钢铁基地、鞍山钢铁基地等钢材产业基地。据国家统计局年度数据，2019 年我国主要港口钢铁出港量为 21062 万吨。据国家发改委发布的《钢材行业 2019 年运行》报告，2019 年我国钢材产量占钢铁总产量的比值约为 42%，据此推算，2019 年我国主要港口钢材出港量约为 8846 万吨。曹妃甸、大连、丹东、黄骅、天津、营口港钢材总出港量为 7165 万吨，占全国主要港口钢材出港量 81.02%，是钢材主要的发出港。

铁矿石发出港主要分布在环渤海港口群，靠近辽宁、山西、内蒙古等原矿产量大省。据国家统计局年度数据，2019 年我国主要港口金属矿石出港量为

26573 万吨。物流报发布的《2019 年上半年中国港口生产形势分析》报告指出，2019 年上半年全国港口完成铁矿石吞吐量 9.12 亿吨，约占金属矿石总吞吐量的 85%，据此推算，2019 年我国主要港口铁矿石出港量约为 22587 万吨。曹妃甸、大连、董家口、锦州、京唐、宁波-舟山、青岛、日照、上海、天津、烟台、营口、连云港等 13 个港口的铁矿石总出港量达 14222 万吨，占全国主要港口铁矿石出港量 62.97%。值得注意的是：铁矿石作为生产钢铁的重要原材料，依靠大量进口。我国铁矿石的主要进口国和地区为南美洲和澳大利亚，主要依靠长三角沿海港口转运，而其中宁波-舟山港是国内最大的铁矿石中转基地。由于报告中只针对我国范围内的航线进行研究，不考虑从国外进口的货运量，因此在本报告中将宁波-舟山港定义为发出港，而不是进口港。

综上，针对发出港口，根据各货类货运量占比，本报告确定的干散货研究港口为：

煤炭发出港：曹妃甸、黄骅、京唐、秦皇岛、天津港；

钢材发出港：曹妃甸、大连、丹东、黄骅、天津、营口港；

铁矿石发出港：曹妃甸、大连、董家口、锦州、京唐、宁波舟山、青岛、日照、上海、天津、烟台、营口、连云港。

各发出港口布局情况如下图所示：

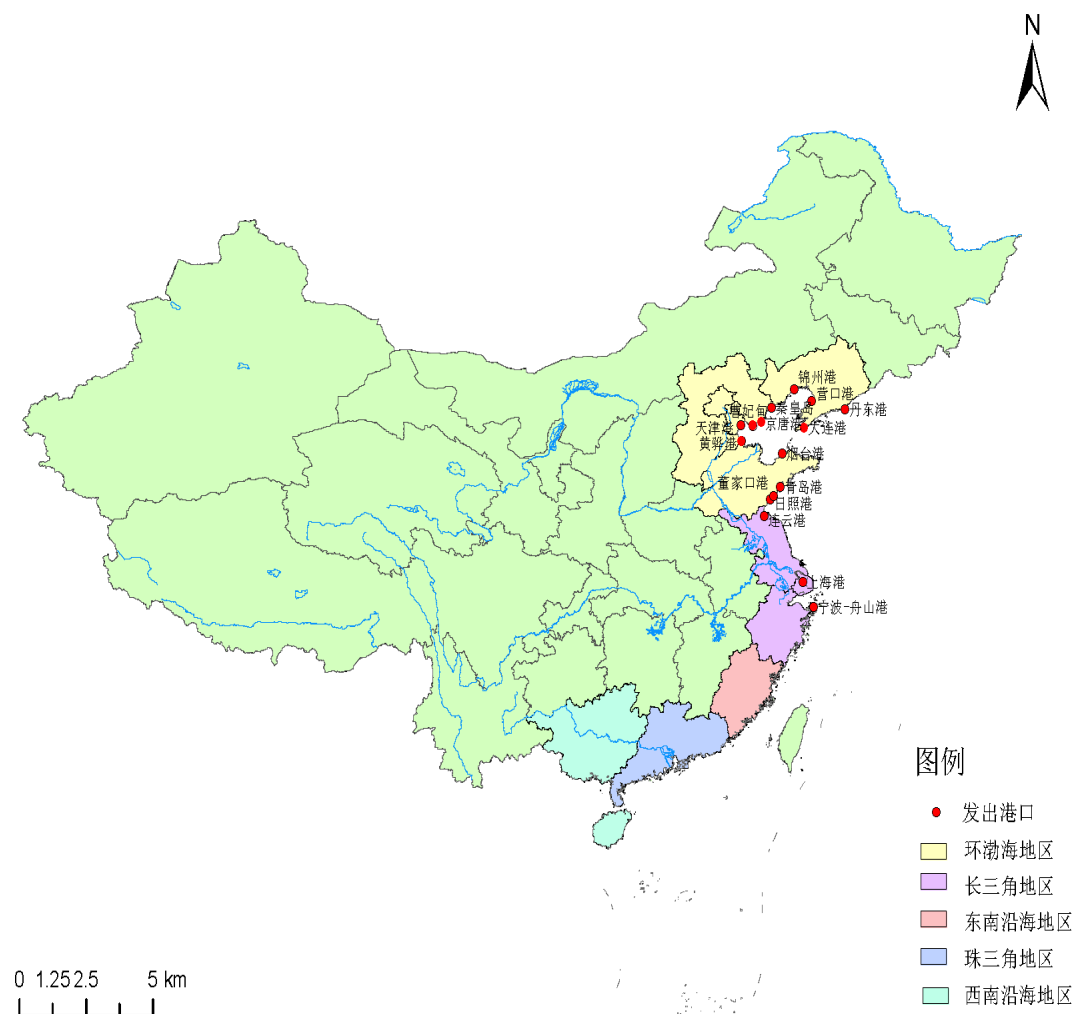


图 1-10 研究货类主要发出港

➤ 干散货的主要到达港口

由于已有数据中港口划分存在交叉，有部分港口与其港区数据相互独立，本报告首先根据各港口最新港区划分，将港口数据与其港区数据进行合并，再按各到达港各货类的进港量梳理研究港口。例如：靖江港和泰兴港都是泰州港的一个港区，因此我们将分析数据中的这两个港口都统一为泰州港。

由于煤炭、钢材、铁矿石三类大宗商品的需求分布较广，在国内的到达港涉及沿海港口和内河港口。各货类在全国的需求分布情况有所差异，因此针对不同货类，综合考虑进港量与需求分布情况，对主要研究的到达港进行梳理。

煤炭是与民生息息相关的能源，可用于工业发电和民用供暖。我国的煤炭资源种类和储量都较为丰富，但在地理分布上却不均匀，主要集中在西北部地区，包括山西、内蒙古、陕西及新疆等地。煤炭需求用户则主要分布在华东、华南等经济发展迅速的地区，聚集了大量的火力发电厂和炼钢厂，中南、西南

地区的部分城市也是煤炭输入地，这些地区中的大部分是由于自身煤炭资源储量短缺，如江苏、广东、浙江、湖北、上海、福建和江西等；小部分是由于自身产量难以满足消费需求，如河北、辽宁、山东和安徽等。因此煤炭的到达港分布较广，主要集中在三个地区：环渤海经济圈、长三角经济圈、江浙地区与珠三角经济圈。我国煤炭水路运输格局主要通过沿海和长江两大通道。沿海煤炭运输主要是从“三西”地区（山西、陕西北部、内蒙西部）和山东地区通过铁路或公路集结到北方沿海中转港口，转海运运向环渤海湾、华东和中南及福建等缺煤地区；内河煤炭运输主要是从北方经铁路南下至长江沿线港口，转用轮驳船运到南京、常熟、江阴、南通、张家港等长江内河港。利用国内 2019 年干散货船轨迹数据，分沿海和内河对各到达港煤炭进港量数据进行分析，选取货运量大的港口作为主要研究港口。因此，综合上述条件，选取研究的煤炭到达港为 19 个沿海港和 8 个内河港，涵盖沿海主要经济圈港口及江苏省的主要内陆港口，如图 1-11 所示。

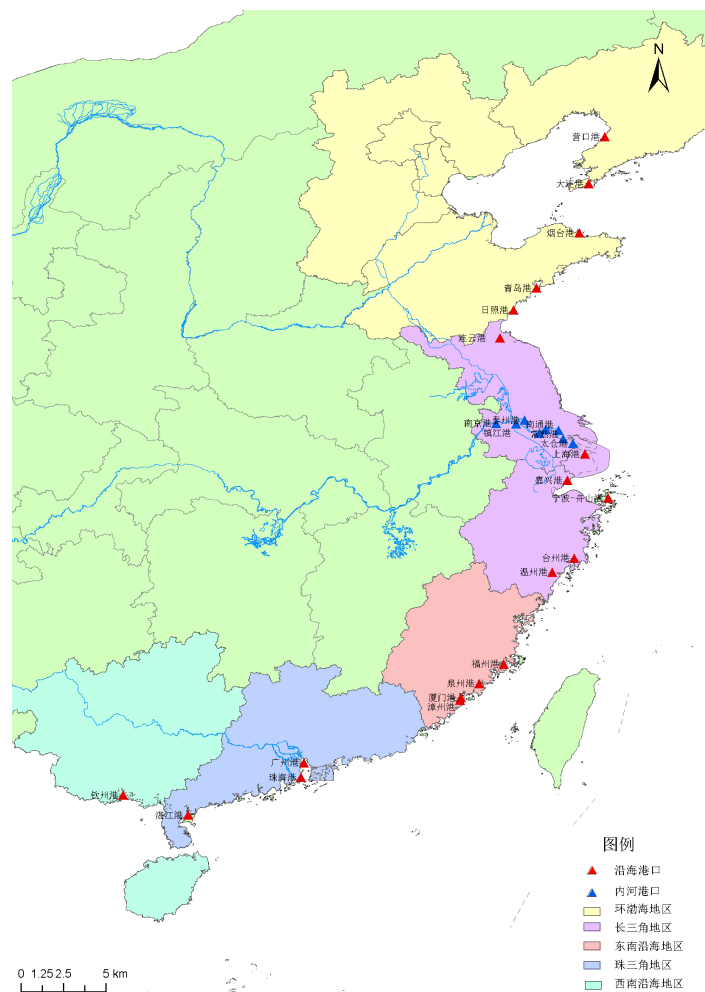


图 1-11 煤炭到达港

钢材的需求主要受房地产、基建、汽车等产业的分布和发展的影响，大、中、小城市产业结构差异较大。广州、上海等城市房地产和桥梁、道路等基础设施建设较活跃，钢材需求量大。钢材到达港主要分布在长江三角洲、珠江三角洲等地区，包括广州、福州、宁波-舟山、上海、江阴、佛山、张家港等。另外，为提高运输效率和运输规模，华北地区港口间存在内部转运。因此，综合上述条件，选取研究的钢材到达港为 13 个沿海港和 6 个内河港，主要包括上海、广州等沿海港口及江苏省的主要内陆港，如图 1-12 所示。

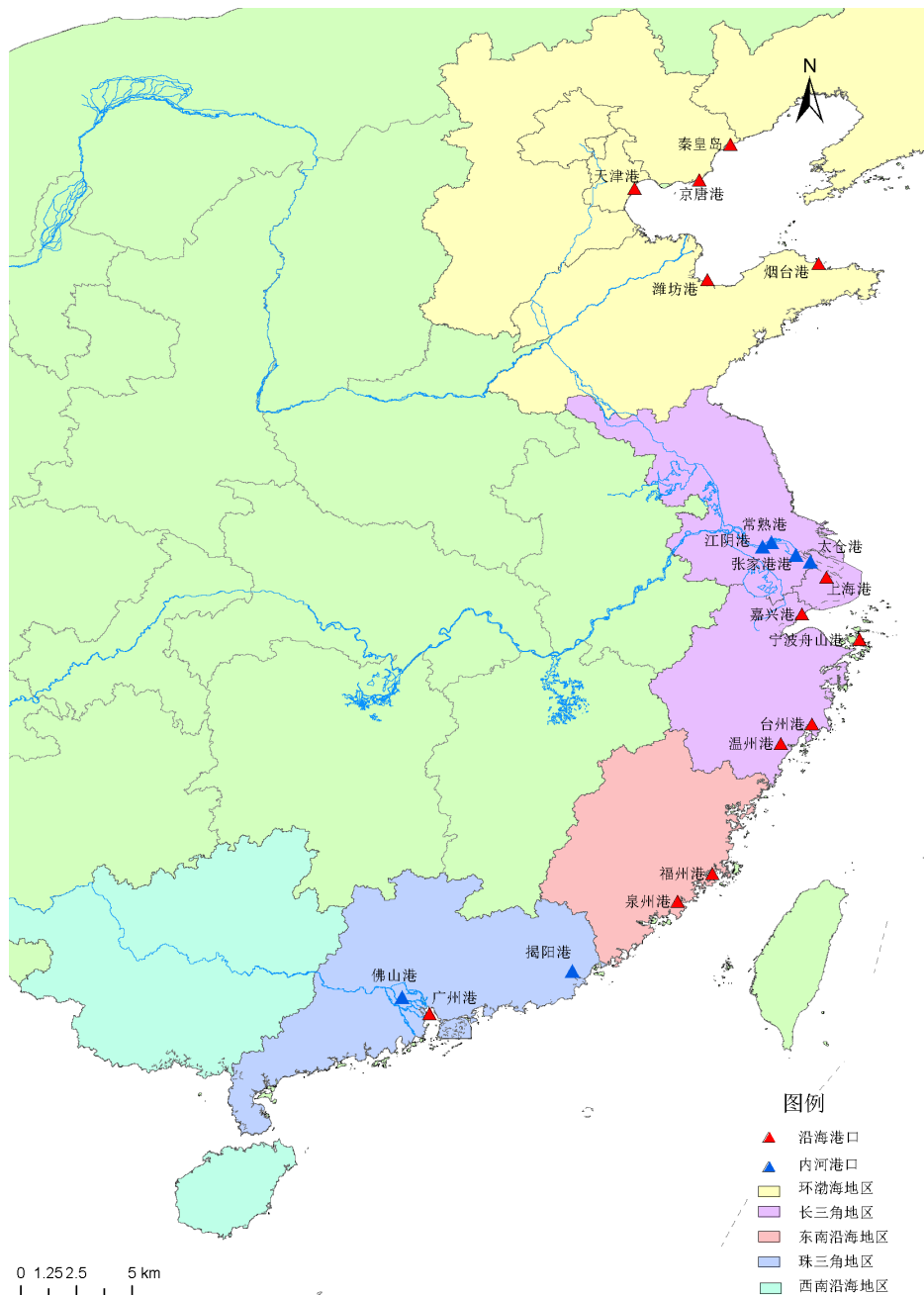


图 1-12 钢材到达港

铁矿石是钢铁生产企业的重要原材料，钢铁生产企业是铁矿石最终消费者，我国绝大部分省份都有各自的钢铁产业，因此铁矿石需求分布较广。国家统计局数据显示，从省份来看，河北、江苏两省的钢铁产能多年位列全国前二，另外，2019 年湖北、四川、湖南等内陆省份的钢铁产能也在 2000 万吨以上。因此本报告将选取范围扩至长江中上游港口，如武汉、重庆等，最终确定的铁矿石研究到达港涉及长江上、中、下游的内河港口，包括常熟、常州、城陵矶、江阴、荆州、马鞍山、南京、南通、太仓、泰州、铜陵、芜湖、武汉、镇江、重庆、张家港。选取铁矿石到达港为 1 个沿海港和 16 个内河港，如图 1-13 所示。

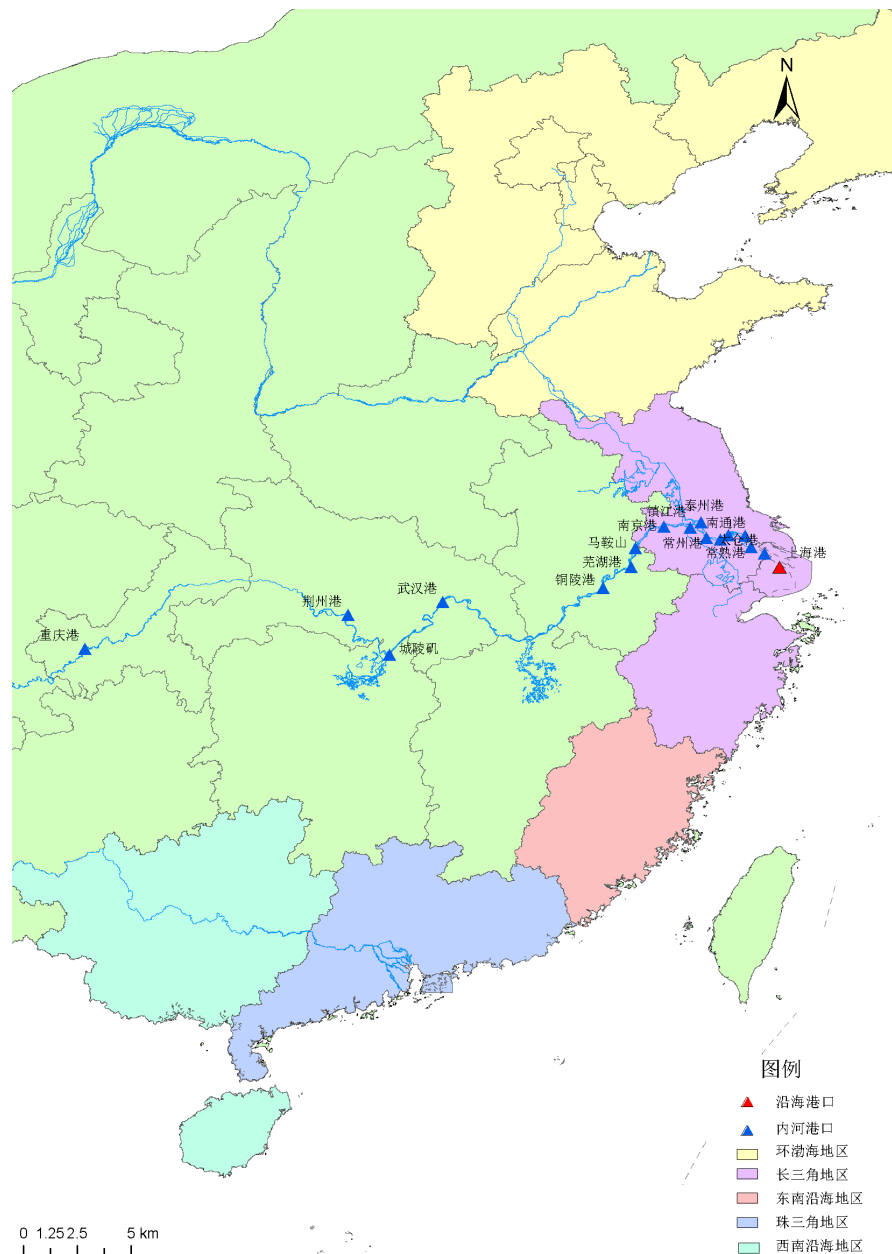


图 1-13 铁矿石到达港

综上，针对到达港口，综合各货类需求分布情况及进港量占比情况，本报告确定的研究港口为：

煤炭到达港：**沿海港**：大连、福州、厦门、广州、嘉兴、宁波舟山、钦州、泉州、上海、台州、温州、烟台、湛江、营口、漳州、珠海、日照、连云港、青岛；**内河港**：常熟、江阴、南京、南通、太仓、泰州、张家港、镇江；

钢材到达港：**沿海港**：福州、广州、嘉兴、京唐、宁波-舟山、秦皇岛、泉州、上海、台州、天津、潍坊、温州、烟台港；**内河港**：常熟、佛山、江阴、揭阳、太仓、张家港；

铁矿石到达港：**沿海港**：上海港；**内河港**：常熟、常州、城陵矶、江阴、荆州、马鞍山、南京、南通、太仓、泰州、铜陵、芜湖、武汉、镇江、重庆、张家港。

各货类研究港口进港量在全国总进港量中的占比情况如

图 1-14 所示，可以看到我们研究的到达港口的进港量在全国总进港量的占比也都超过了 70%。

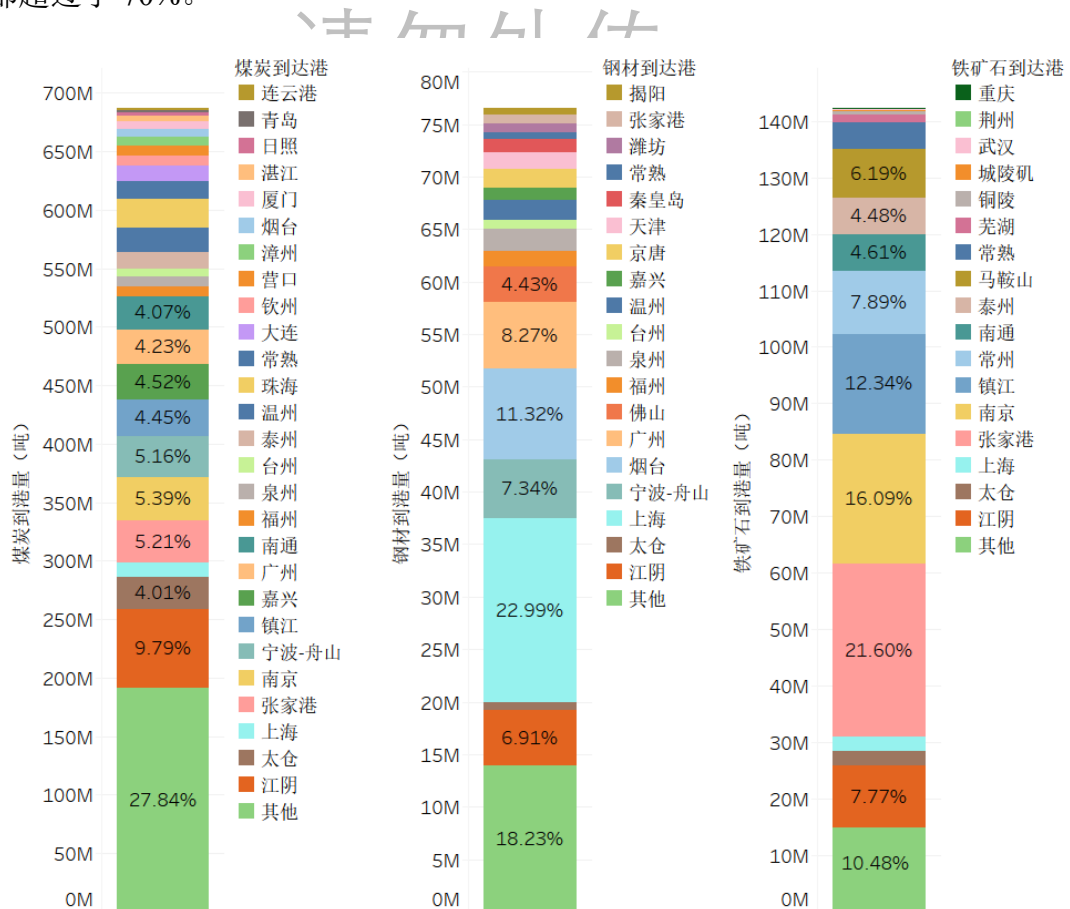


图 1-14 2019 年研究的到达港口进港量在全国总进港量中占比情况

（2）集装箱主要研究港口

集装箱运输作为航运的重要组织模式，具有投资少、运费低、运载量大等优点。当前全世界已有上百个国家和地区加入集装箱航运网络，而我国集装箱港口在全世界集装箱网络中占据着重要的地位，根据劳氏日报（Lloyd's List）公布的 2021 年集装箱港口排名，我国 28 个港口进入全球 100 大集装箱港口行列，其中上海港、宁波舟山港、深圳港分别排名全球第一位、第三位、第四位。

基于我国在世界集装箱航运市场的重要地位，筛选出我国集装箱航运网络中的代表性港口，精准刻画我国沿海与内河集装箱航运市场现状便尤为重要，为挑选出典型港口作为研究对象，本报告依托 2019-2020 年我国国内港口集装箱吞吐量进行排序，在此基础之上立足于国内 2019-2020 年集装箱船轨迹数据与运单数据，对数据条目较少的港口进行初步剔除，同时结合马士基船期表数据，参考亚洲航线港口网络层级与标准普尔（Standard & Poor's）发布的集装箱港口绩效指数（Container Port Performance Index , CPPI），与筛选后列表内的集装箱港口进行对应筛选与剔除，最终选取我国内河与沿海地区集装箱航运市场的关键节点港口 13 个，分别为：上海、宁波舟山、青岛、广州、天津、深圳、大连、厦门、日照、连云港、秦皇岛、珠海、烟台。进一步，根据研究港口列表确定研究数据，确保所有集装箱船航次的始发港口和终到港口均为我国关键节点港口，是参与我国港口间贸易往来的特定船舶。

根据交通运输部公布的年度全国港口集装箱统计数据，2019 年我国港口集装箱吞吐量总计 26107 万 TEU，其中报告研究港口完成量占 74.00%；2020 年我国港口集装箱吞吐量总计 26430 万 TEU，其中报告研究港口完成量占 73.49%，因此报告选取的港口在对研究数据进行深入挖掘的同时，针对全国的集装箱港口运作情况也具有较好的代表性，因此报告将对这些关键集装箱港口间的货运往来进行分析研究。



图 1-15 集装箱研究港口吞吐量占比

1.3.3 重要航线

(1) 干散货主要研究航线

根据筛选出的各货类主要发出港和到达港，结合 OD 对之间的货运量情况，本节对各货类的主要研究航线进行梳理。

利用国内 2019 年干散货船轨迹数据，首先同样地对港口名称进行统一，以各港口最新港区介绍为准，将附属港区的货运量合并进主港口，由于部分 OD 对之间的存在某些月份的货运量数据缺失的情况，因此报告中利用该 OD 对已有货运量数据的均值来填充缺失值，再按照不同货类，对各 OD 对的货运量进行排序。

接着，按照不同货类、不同发出港，筛选出进港量较大的到达港，剔除掉进港量少、占比小的到达港，总体把握研究航线的代表性。

进一步，根据各货物类型在全国的需求分布，在各货类主要需求地区选取至少一条代表航线，以分析各货类运输分布的综合情况。

最后，综合各到达港进港货运量情况与各货类主要需求地分布，梳理出主要 OD 对，并结合上海航运交易所航运指数中公布的航线作为各货类研究航线。

综上，针对各货类运输航线，本报告确定的研究航线如下所示。

► 煤炭主要研究航线

《煤炭工业发展“十三五”规划》中指出，发展煤炭现代物流要建设大型煤炭物流园区，并列出了具体名单：锦州、秦皇岛、京唐港、曹妃甸、天津、黄骅、青岛、日照、龙口、宁波-舟山、镇江、靖江、芜湖、罗源湾、莆田、广州、珠海、防城港、北海、南阳、荆州、岳阳、九江、万州。本报告选取的煤炭研究航线的到发港参考了《煤炭工业发展“十三五”规划》中列出的名单。

另外，本报告中煤炭主要研究航线基本包含上海航交所公布的煤炭样本航线。上海航交所确定中国沿海煤炭运价指数（CBCFI）的样本航线和船型如下：秦皇岛-广州（6-7 万 DWT）、秦皇岛-广州（5-6 万 DWT）、秦皇岛-厦门（5-6 万 DWT）、秦皇岛-福州（3-4 万 DWT）、秦皇岛-上海（4-5 万 DWT）、黄骅-上海（3-4 万 DWT）、天津-上海（2-3 万 DWT）、京唐/曹妃甸-宁波（4-5 万 DWT）、秦皇岛-宁波（1.5-2 万 DWT）、秦皇岛-张家港（4-5 万 DWT）、秦皇岛-张家港（2-3 万 DWT）、天津-镇江（2-3 万 DWT）、天津-镇江（1-1.5 万 DWT）、秦皇岛-南京（3-4 万 DWT）。

因此结合宏观报告和各航线货运量数据，本报告确定的煤炭主要研究航线如下：

表 1-3 煤炭主要研究航线

沿海-沿海航线 (18 条)	2019 年货运量 (万吨)	沿海-内河航线 (14 条)	2019 年货运量 (万吨)
黄骅-宁波舟山	1254.84	秦皇岛-江阴	2272.70
黄骅-珠海	1247.72	黄骅-南京	1601.87
秦皇岛-宁波舟山	999.76	曹妃甸-江阴	1483.63
曹妃甸-嘉兴	900.09	黄骅-江阴	1311.36
秦皇岛-广州	867.56	京唐-江阴	1201.95
京唐-广州	754.15	秦皇岛-镇江	919.65
曹妃甸-温州	711.57	秦皇岛-南京	900.44
秦皇岛-嘉兴	639.76	秦皇岛-张家港	855.19
京唐-宁波舟山	494.00	曹妃甸-张家港	772.10
天津-宁波舟山	444.62	京唐-镇江	486.31
黄骅-上海	402.98	天津-江阴	474.09
天津-珠海	396.16	秦皇岛-泰州	419.12
京唐-温州	370.11	天津-南京	408.76
曹妃甸-广州	258.03	天津-镇江	237.63
秦皇岛-上海	211.35		
秦皇岛-厦门	149.88		
秦皇岛-福州	118.78		
天津-上海	103.34		

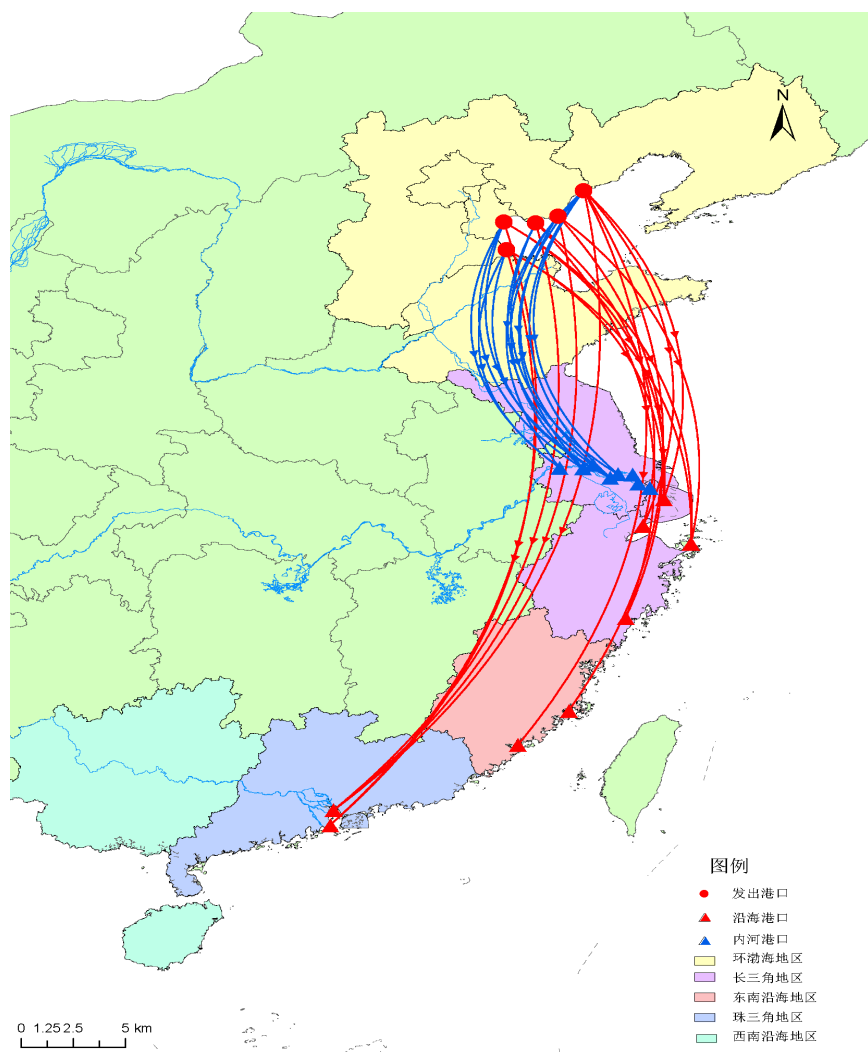


图 1-16 煤炭主要研究航线

► 钢材主要研究航线

《2019 年中国钢铁行业经济运行报告》中指出，2019 年全国粗钢产量排名前五的省份是河北、江苏、辽宁、山东、山西。结合宏观报告和各航线货运量数据，本报告确定的钢材主要研究航线如下：

表 1-4 钢材主要研究航线

沿海-沿海航线 (13 条)	2019 年货运量 (万吨)	沿海-内河航线 (13 条)	2019 年货运量 (万吨)
大连-烟台	810.26	营口-江阴	263.01
营口-上海	698.26	曹妃甸-江阴	248.88
曹妃甸-上海	346.42	营口-常熟	52.02
营口-宁波舟山	309.38	营口-南通	41.21
天津-上海	284.13	曹妃甸-张家港	41.06
营口-广州	278.66	丹东-镇江	40.45
曹妃甸-广州	275.87	大连-太仓	40.26
大连-上海	264.22	大连-张家港	37.26
丹东-上海	172.05	丹东-南京	32.57

天津-宁波舟山	138.18	天津-太仓	32.27
丹东-温州	52.24	天津-张家港	31.34
黄骅-广州	47.40	黄骅-张家港	23.68
黄骅-温州	33.72	黄骅-泰州	21.64

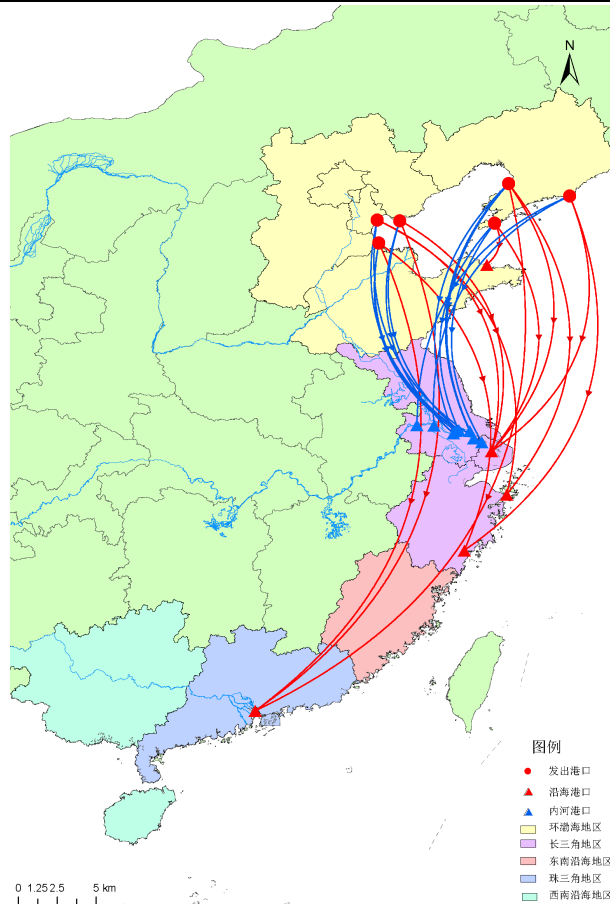


图 1-17 钢材主要研究航线

➤ 铁矿石主要研究航线

海关总署公布数据显示，2019 年中国进口铁矿石数量自 4 月起连续七个月递增，可见国内铁矿石产量已不能满足需求，需依靠进口，铁矿石进口港主要包含：曹妃甸、京唐、宁波舟山、黄骅、天津、青岛、日照、连云港，这些港口 2019 年全年铁矿石进口总量达 5.7 亿吨，占全国铁矿石进口量的 53.31%。据智研咨询发布的《中国铁矿石行业市场研究报告》，国内铁矿采选行业主要企业主要集中在山东、辽宁等。综上，国内铁矿石的生产地主要为山东、辽宁等地。

另外，本报告中铁矿石主要研究航线基本包含上海航交所公布的金属矿石样本航线。上海航交所确定中国沿海金属矿石运价指数（CBOFI）的样本航线和船型如下：青岛/日照-张家港（2-3 万 DWT）、北仑/舟山-镇江（3-4 万 DWT）、北仑/舟山-张家港（0.5-1 万 DWT）、北仑/舟山-张家港（4-5 万 DWT）、北仑/舟山-南京（1-1.5 万 DWT）（试运行）。

因此结合宏观报告和各航线货运量数据, 本报告确定的铁矿石主要研究航线如下:

表 1-5 铁矿石主要研究航线

沿海-沿海航线(8条)	2019 年货运量(万吨)	沿海-内河航线(27条)	2019 年货运量(万吨)	沿海-内河航线(27条)	2019 年货运量(万吨)
日照-上海	61.75	宁波舟山-张家港	2024.82	连云港-张家港	149.40
宁波舟山-上海	58.59	宁波舟山-南京	1810.59	连云港-江阴	147.12
青岛-上海	51.68	宁波舟山-镇江	1121.97	锦州-泰州	139.65
锦州-上海	41.25	宁波舟山-常州	809.82	上海-城陵矶	131.71
连云港-上海	39.26	宁波舟山-马鞍山	648.24	烟台-镇江	79.72
董家口-上海	35.78	日照-张家港	268.78	京唐-南通	77.68
营口-上海	33.20	董家口-张家港	250.20	烟台-太仓	69.84
烟台-上海	14.88	上海-马鞍山	218.37	天津-镇江	68.36
		青岛-常熟	209.78	曹妃甸-张家港	54.00
		锦州-江阴	188.66	营口-南通	53.04
		日照-镇江	181.73	大连-镇江	51.48
		董家口-江阴	158.61	大连-江阴	41.04
		青岛-镇江	156.58	上海-重庆	7.92
		董家口-常州	151.34		

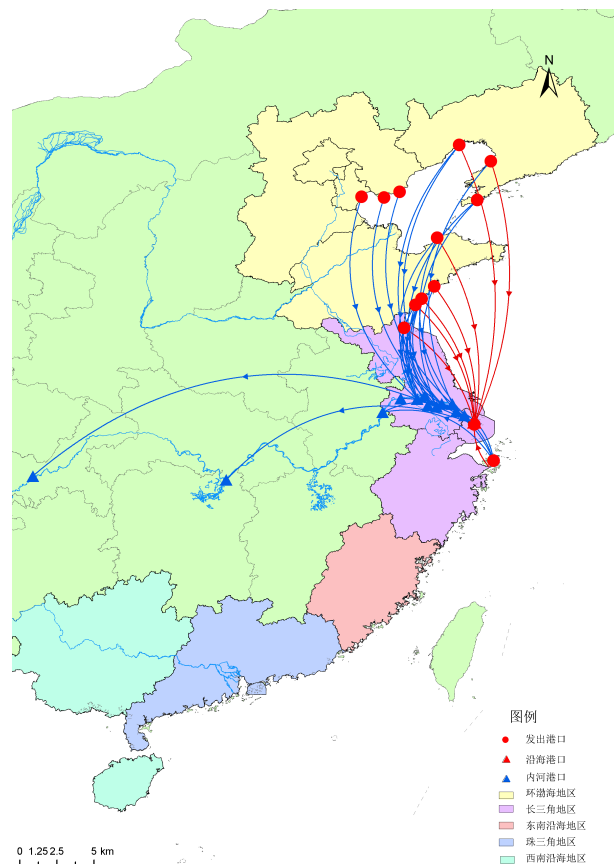


图 1-18 铁矿石主要研究航线

(2) 集装箱研究主要航线

本报告选取的集装箱研究航线由 13 个关键集装箱港口间的往来航线组成。

13 个集装箱港口分别为：上海、宁波舟山、青岛、广州、天津、深圳、大连、厦门、日照、连云港、秦皇岛、珠海、烟台。表 1-6 中展示了航次大于 20 的集装箱典型航线，图 1-19 展示了本报告选取的所有集装箱航线。

表 1-6 集装箱主要研究航线

航次大于 20 典型航线(22 条)					
航线	航次	航线	航次	航线	航次
上海-宁波舟山	327	宁波舟山-深圳	64	厦门-深圳	38
宁波舟山-上海	264	大连-青岛	60	厦门-上海	34
青岛-上海	250	大连-天津	55	连云港-青岛	32
天津-青岛	177	宁波舟山-广州	52	广州-深圳	29
青岛-宁波舟山	167	宁波舟山-厦门	51	深圳-宁波舟山	27
上海-青岛	96	上海-深圳	45	深圳-青岛	25
天津-大连	73	深圳-上海	44		
上海-天津	72	上海-厦门	40		

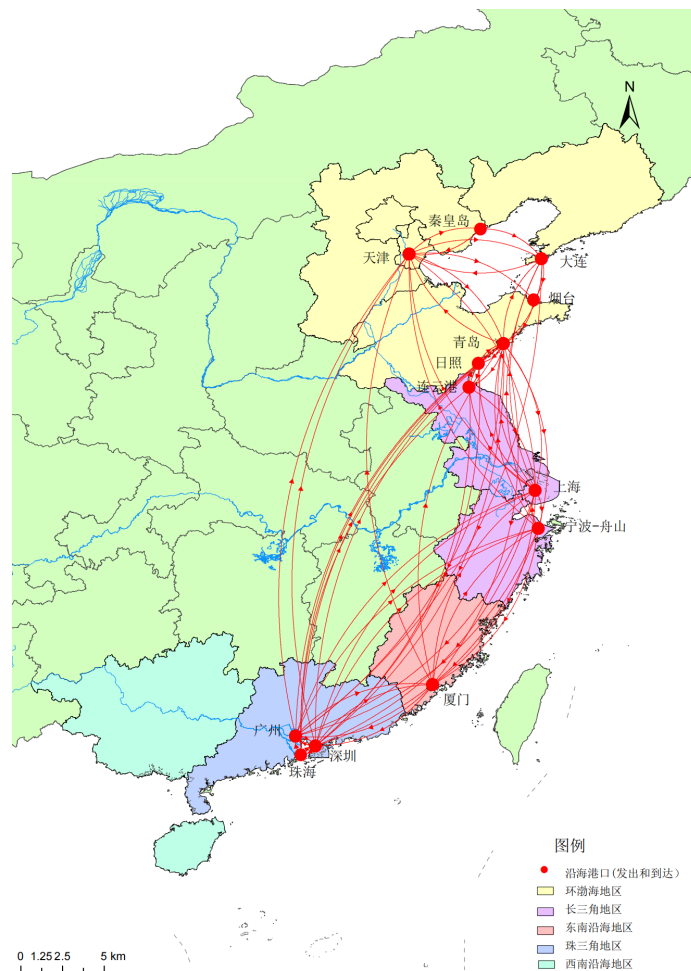


图 1-19 集装箱主要研究航线

2. 干散货船舶特征分析

本章主要对干散货船特征进行分析。针对干散货船首先分析了干散货船的整体情况，主要包括船舶吨级划分及各吨级船舶数量和航次分布以掌握我国航运市场主要承担运输的船舶类型，进而对船舶的运距和运行时长进行了分析，从而了解船舶运输各种货物类型主要集中的运距范围，并掌握船舶在各行驶阶段的耗时情况，船龄分布及各船型船舶货运量占比。为了厘清沿海和内河行驶区域船舶类型的差异，分析了干散货船运输不同货物类型的主要船舶类型。进一步刻画了干散货船不同吨级船舶和运输不同货物类型船舶的船龄分布规律，为推进老旧船舶更新改造和推行电动化船舶提供研究基础。

2.1 数据处理

(1) 异常数据清洗

船舶静态数据表包括船舶的“ID、name、MMSI、船龄、DWT、SHIPTYPE”等关键字段，对每一条船舶的这些关键字段检查是否存在 null 值与是否存在重复数据，发现只有极少部分数据存在 null 值与重复，对数据整体影响不大，因此直接进行删除。

货流数据表包括“MMSI、发出港名称、发出港 ID、发出港到港时间、发出港离港时间、到达港名称、到达港 ID、到达港到港时间、到达港离港时间、运输货类”等关键字段，对每一条 OD 货类信息的这些字段同样进行 null 值检查与重复数据检查，予以去重与直接删除。

(2) 静态数据与货流数据匹配

通过静态数据表与 OD 货类数据表的 MMSI 字段匹配得到货流数据中每一条船舶其对应的船龄、DWT、SHIPTYPE，然后从货流数据表中筛选得到 SHIPTYPE 为干散货，运输货类为钢材、煤炭、铁矿石的货流数据用于分析。

(3) 干散货船类型划分

本章将港口划分为沿海港口与内河港口两类。沿海港口干散货船的发出港口均为沿海港口，但到达港口有沿海港口与内河港口。因此将干散货船划分为到达内河港的“沿海-内河”航线船舶与到达沿海港口的“沿海-沿海”航线船舶。在货流数据表新增“航线”字段，按发出港口与到达港口进行匹配，组成港口 OD 对，并根据 OD 港口的类型新增“航线类型”字段，将货流数据中的船舶航线按

“沿海-内河”与“沿海-沿海”进行分类。

(4) 港口 OD 运距计算

将货流数据表中每一条数据的港口 OD 对与港口 ID 对运距数据表进行匹配，以此得到货流数据表中每一条数据的 OD 对间运距。

2.2 干散货船整体情况分析

根据数据，研究统计的船舶出发港口均位于沿海区域，而到达港口在沿海和内河区域均有分布。为了分析船舶行驶在不同区域上的运输特征差异，进一步研究了沿海-沿海区域和沿海-内河区域船舶的行驶特征。本报告定义出发港口和到达港口均在沿海区域的船舶为沿海船，定义到达港口在内河区域的船舶为内河船，不考虑同时在沿海区域和内河区域行驶的摇摆船。共统计船舶数量 9318，其中沿海-内河区域行驶船舶数量为 5392，沿海船数量为 3926；共统计 2014 年至 2020 年间船舶航次 170349，内河船共行驶 91774 航次，沿海船共行驶 78575 航次。

2.2.1 干散货船吨级划分

首先，参考《海船各类型吨位与尺度对比表》，我们将数据源中的干散货船划分为 1 千吨级至 10 万吨级的船舶，共 11 个等级，各等级船舶及其载重吨范围如表 3-1 所示。根据我们的数据源，研究船舶均为运输干散货的海船。首先按照船舶吨级对干散货船进行划分，千吨级船舶载重吨较小、划分较细，万吨级船舶载重吨大、划分范围更广。

表 2-1 干散货船吨级划分

吨位	吨位名	下限	上限
1000	1 千吨级	1000	1500
2000	2 千吨级	1501	2500
3000	3 千吨级	2501	4500
5000	5 千吨级	4501	7500
10000	1 万吨级	7501	12500
15000	1.5 万吨级	12501	17500
20000	2 万吨级	17501	22500
35000	3.5 万吨级	22501	45000
50000	5 万吨级	45001	65000
70000	7 万吨级	65001	85000
100000	10 万吨级	85001	105000

图 3-1 展示了数据源中不同吨级的干散货船的数量和航次分布，涵盖了 1

千吨级至 10 万吨级的船舶，整体上 5 千吨至 1 万吨级的船舶、3.5 万吨至 5 万吨级的船舶数量和航次分布都较大，都超过了 1000 艘。总体上数据覆盖了各吨级的大、中、小型船舶，且与实际运营相符，较小吨级及超大吨级以上船舶数量较少。掌握数据中不同吨级的船舶数量分布为进一步研究船舶特征提供了参考。

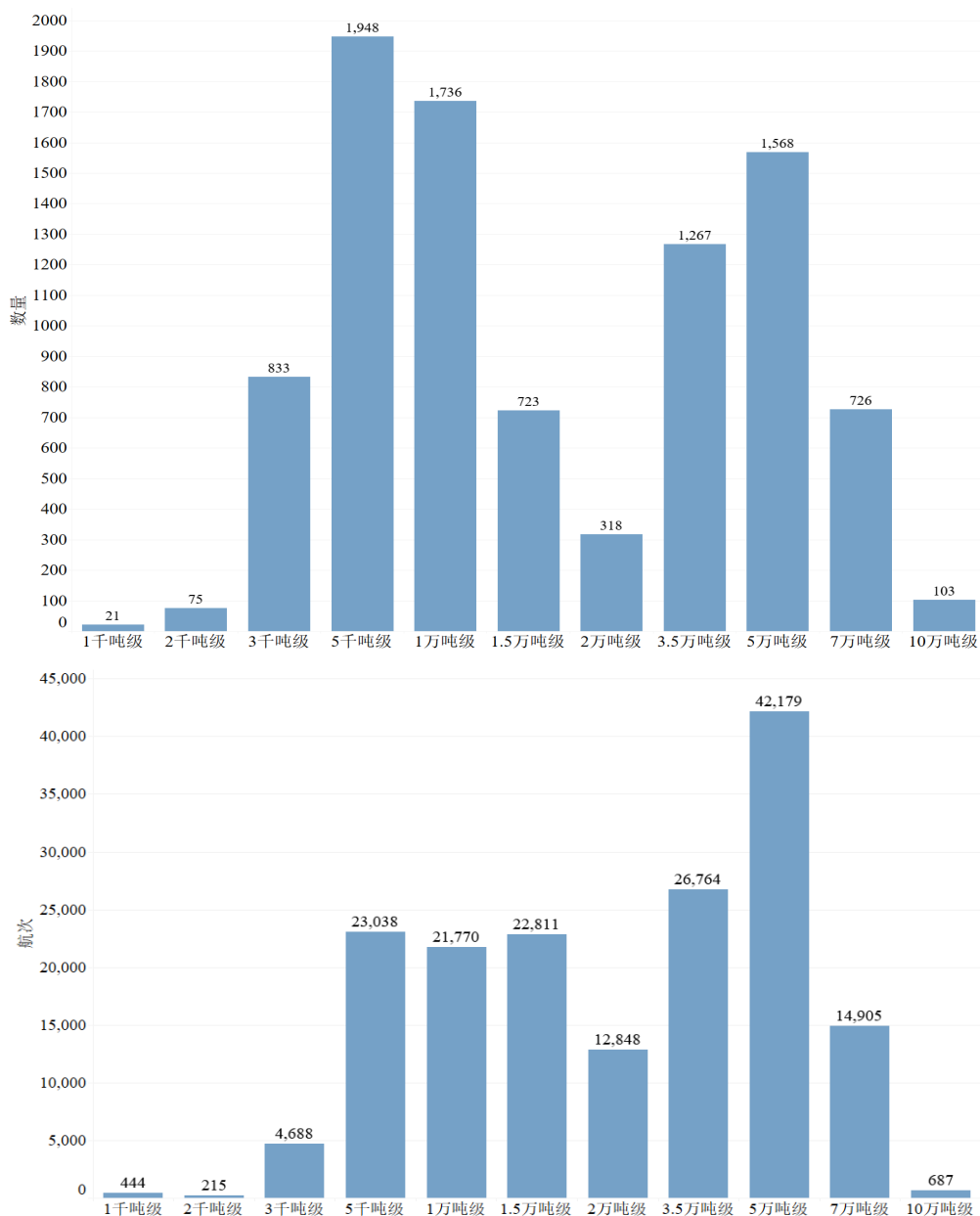


图 2-1 不同吨级的船舶数量和航次分布

2.2.2 干散货船船龄分布

(1) 不同吨级船舶船龄分布

整体来看，沿海-内河和沿海-沿海各吨级船舶船龄的平均值保持在 10 年左右，不存在明显差别；具体来看，可以发现不同吨级船舶的船龄分布还是存在

明显的差异，但船龄和吨级之间并不存在明显的相关性，作为运输主力的 1.5 万、2 万和 5 万吨级的船舶平均船龄集中在 5-10 年左右，相较之下，另一运输主力 5 千吨级船舶的船龄明显略高一些。纵向对比船舶行驶区域的差异发现，2 千和 3.5 万吨级的船舶在不同行驶区域船龄存在差异性：沿海-内河行驶区域的 2 千吨级的船舶船龄明显低于沿海-沿海区域；而沿海-沿海行驶区域的 3.5 万吨级的船舶船龄又明显高于沿海-内河区域。

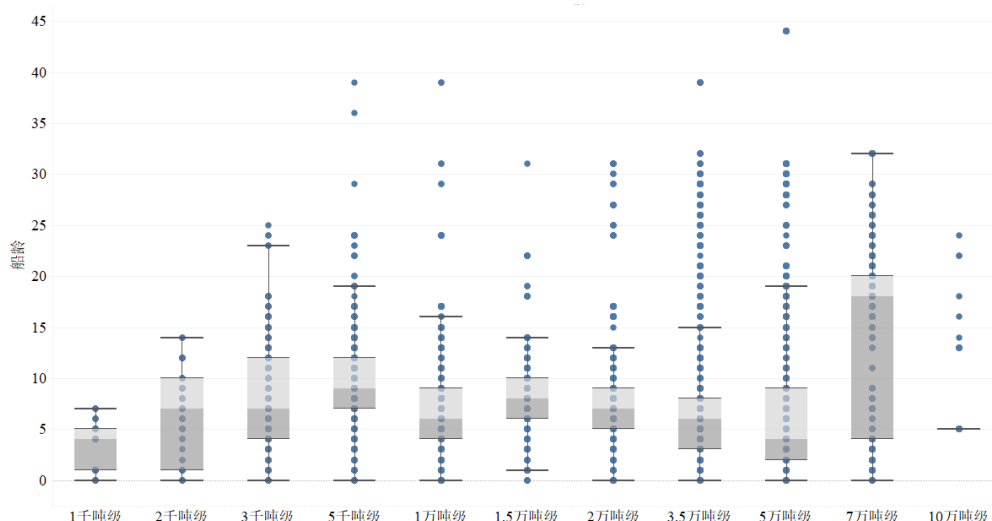


图 2-2 “沿海-内河”不同吨级船龄分布

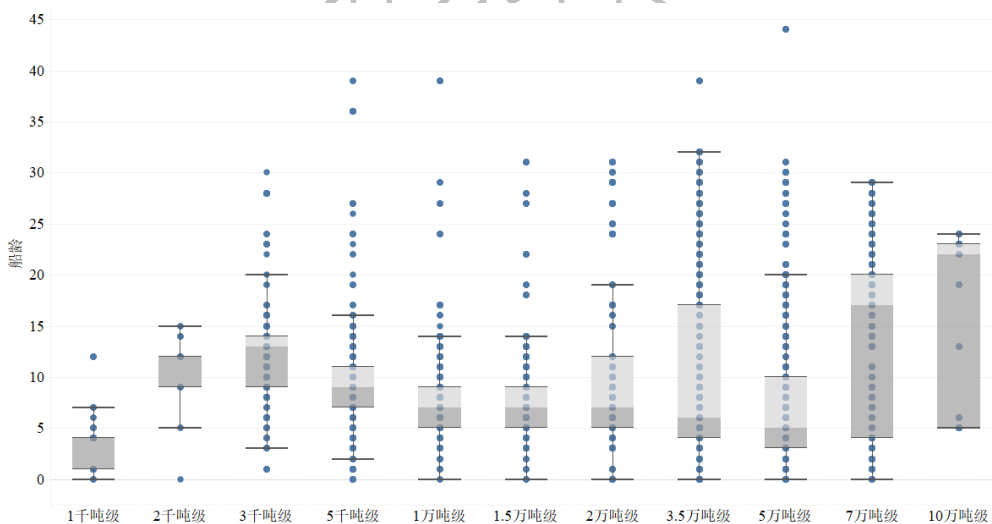


图 2-3 “沿海-沿海”不同吨级船龄分布

(2) 分货类的船舶船龄分布

为筛选老旧船舶以判定不同类型、航线、等级船舶的超龄超期运营情况，为后续船舶更新改造提供坚实支撑，需要选取恰当指标以判定船舶是否属于老旧船舶。选取指标从两方面角度出发：一方面为经济效益角度，即认为船舶最低运营年限应在其成本回收期之外；另一方面为环境效益角度，即认为应依据

统一年限规定船舶是否属于老旧船只。

从经济效益即成本回收周期视角看，干散货船的成本回收周期一般为 10-15 年左右，但在实际运营过程中，成本回收周期长短会受到较多因素干扰与影响。

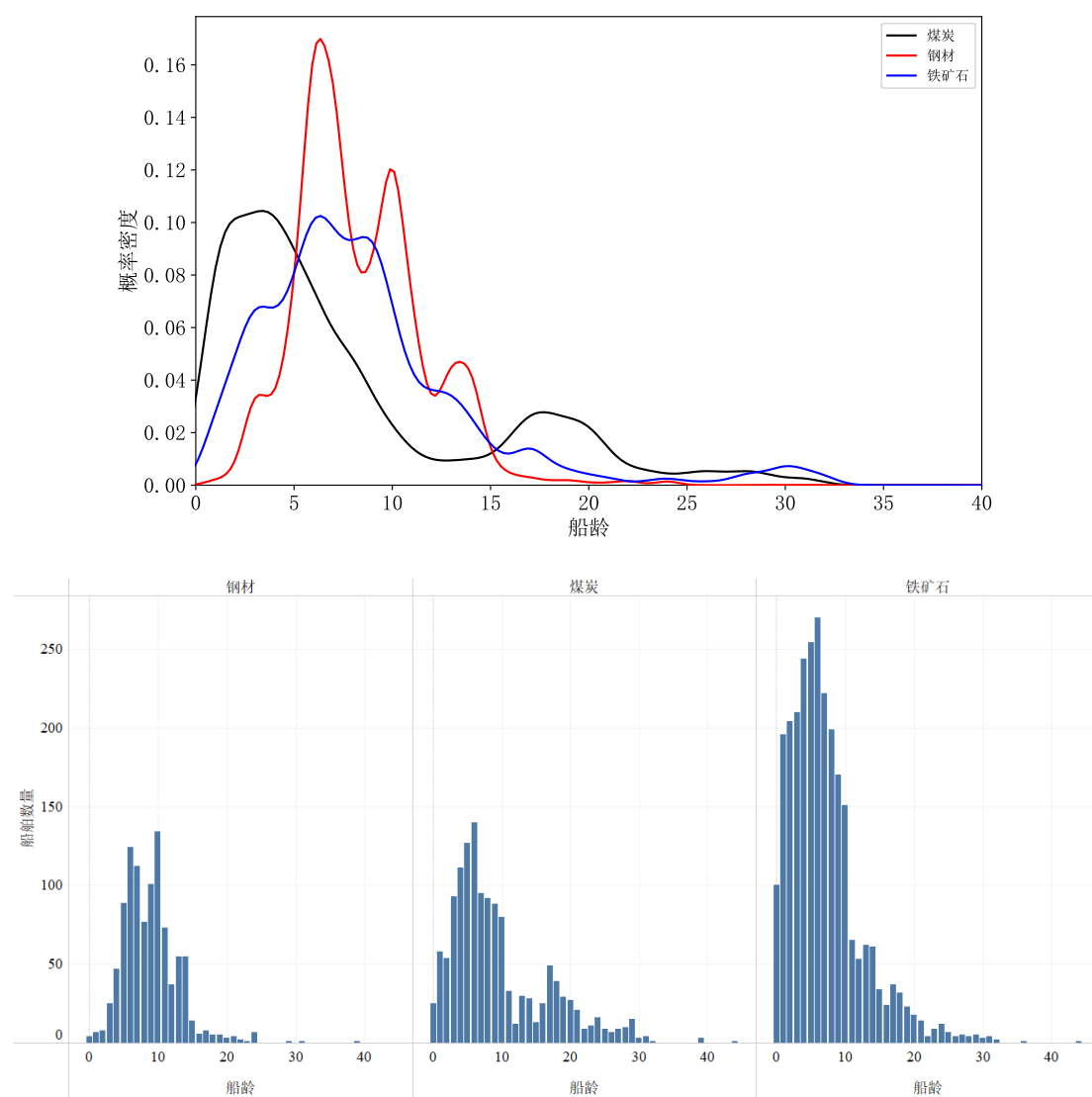
通常来讲，商用货船船只成本回收周期会受到多种因素影响，包括船舶的种类、尺寸、年龄、技术状况、市场需求以及全球航运行业的整体情况等。其成本回收周期可以认为是购买成本与运营成本之总和除以年度净利润。其中购买价格是指购买干散货船只的总成本，包括船体价格、设备费用等；运营成本是指在运营过程中产生的各项费用，如燃料费、维修费、人工费等；年度净利润是指每年从船只运营所获得的净收入，减去所有费用后的剩余金额。但由于不同时期全球航运市场波动导致的人员成本、燃料成本等运营成本和运价指数变化导致的船只盈利能力变化以及产业变更导致不同航线盈利能力的差别导致了船舶成本回收期根据每条船舶的实际运营情况存在较大的差异，需要根据具体船舶情况进行分析。

从环境效益视角看，老旧船舶的环境污染主要体现在大气、水、声音和废弃物处理四个环节，其中需要被重点关注的是因为其较早的设计建造年代所决定的老旧的燃油和排放控制技术，伴随着长时间使用造成的设备老化，通常会导致废气排放中的二氧化硫和氮氧化物等有害物质超标，对大气环境造成严重污染。为了解决老旧船舶环境污染问题，国际海事组织（IMO）制定了相关的环保准则和规范，推动船舶行业进行绿色和可持续发展。同时，各国政府也制定了相应的法律法规，对老旧船舶的处理和环境保护进行监管。

为设定统一标准筛选超龄超期船只，更好的刻画超龄超期船舶分布情况，本报告依据交通运输部修改发布的《老旧运输船舶管理规定》和交通运输部、国家发展改革委、财政部修订发布的《关于实施运输船舶强制报废制度的意见》中所规定的老旧运输船舶标准和报废船舶标准对不同类型、不同航线、不同等级的船舶进行船龄分布情况分析，刻画不同类型、航线和等级中的船舶超期情况。

在《老旧运输船舶管理规定》中，规定干散货船船龄在 18 年以上为老旧船舶；在《关于实施运输船舶强制报废制度的意见》中规定沿海航线干散货船报废船龄为 33 年（含）以上、内河航线干散货船报废船龄为 33 年（含）以上。

分货类的“沿海-内河”船舶船龄分布如图 2-4 所示，从图中可以看出，运输三种货类的船舶船龄分布差异较大。运输煤炭的内河船船龄集中在 0-5 年之间，整体船龄偏低，但在 15-20 年的船龄区间也有一个小高峰，属于上一代煤炭运输船。运输钢材的内河船船龄集中在 5-10 年，技术较落后，船龄较高，是造成污染的主要来源之一。运输铁矿石的内河船船龄分布更均匀，主要在 0-12 年之间。依据上述标准，数据源中“沿海-内河”航行区域内煤炭船舶老旧船舶有 215 艘，超期应报废船舶 2 艘；钢材船舶老旧船舶 40 艘，超期应报废船舶 3 艘；铁矿石船舶老旧船舶 17 艘，超期应报废船舶 2 艘。整体来看，“沿海-内河”航线超期未报废船只相对数量较少，但煤炭运输船舶与铁矿石运输船舶存在较多的老旧船舶。这可能是由于其运输历史较长、航线相对较短，对于船舶性能要求相对较低，因此在考虑船舶更新换代时应优先考虑煤炭运输船舶的迭代。



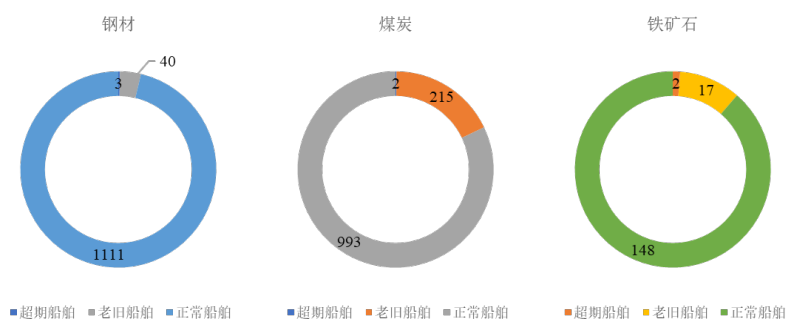
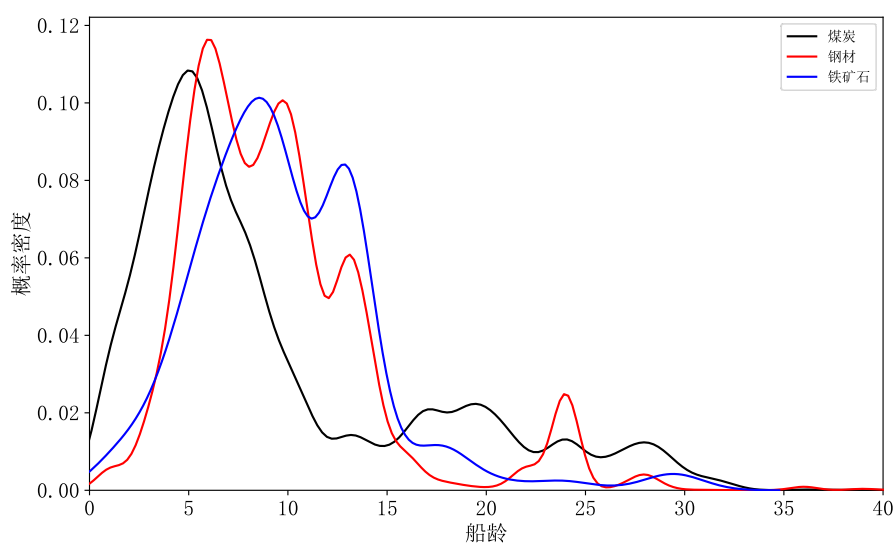


图 2-4 分货类的“沿海-内河”船舶船龄分布

分货类的“沿海-沿海”船舶船龄分布如图 2-5 所示，从图中可以看出，运输三种货类的沿海船舶船龄分布具有一定的趋同性。运输三种货类的船舶都集中分布在 15 年以内，船龄在 20 年以上的老旧船分布很少。运输煤炭的船舶船龄相对更小，集中在 5 年左右。运输钢材和铁矿石的船舶船龄分布具有趋同性，集中在 5-15 年，船龄较大。依据老旧船舶分类与报废标准，“沿海-沿海”航线中煤炭船舶老旧船只有 103 艘，超期应报废船只 3 艘；钢材船舶老旧船只 14 艘，超期应报废船只 0 艘；铁矿石船舶老旧船只 129 艘，超期应报废船只 1 艘。整体来看，“沿海-沿海”航线超期未报废船只数量较少，但煤炭运输船舶与铁矿石运输船舶存在较多的老旧船舶。考虑到铁矿石运输船舶数量较大，因此，相较之下，煤炭运输船舶老旧船舶占比更大。不过，进一步看，“沿海-沿海”航线的船龄分布在老旧船舶年限前有一次断崖式下降，证明目前我国“沿海-沿海”航线干散货船迭代与改造报废工作处于较为健康的循环当中，通过政策手段正在有效控制老旧船舶数量，以减少其对环境的影响。



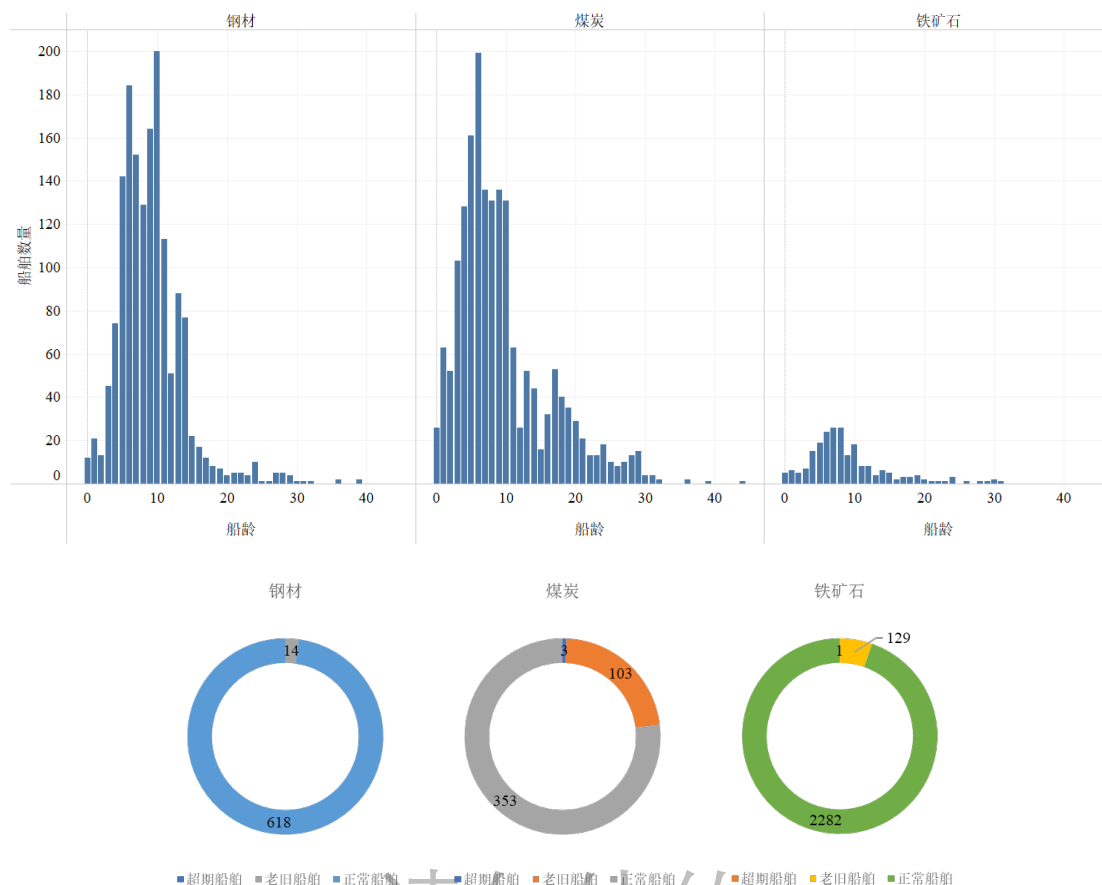


图 2-5 分货类的“沿海-沿海”船舶船龄分布

2.2.3 干散货船运距分布

(1) 船舶总体运距分布

本报告主要研究国内港口间往来运输，因此船舶总体运距集中在 2000 海里以内。

整体上，船舶总体运距分布呈现出中、短运距分布较大，较长运距分布较小的现象。运距集中在 700-900 海里之间的船舶数量最多，运距在 1500 海里以上的船舶数量较少。由于我们研究的煤炭、钢材、铁矿石等大宗商品在我国范围内的运输集中在由环渤海区域发出运至长三角区域和珠三角区域的航线上，整体运距较短，部分较长运距的航线是从环渤海区域港口发出从海运转江运到达长江中上游沿岸的港口。

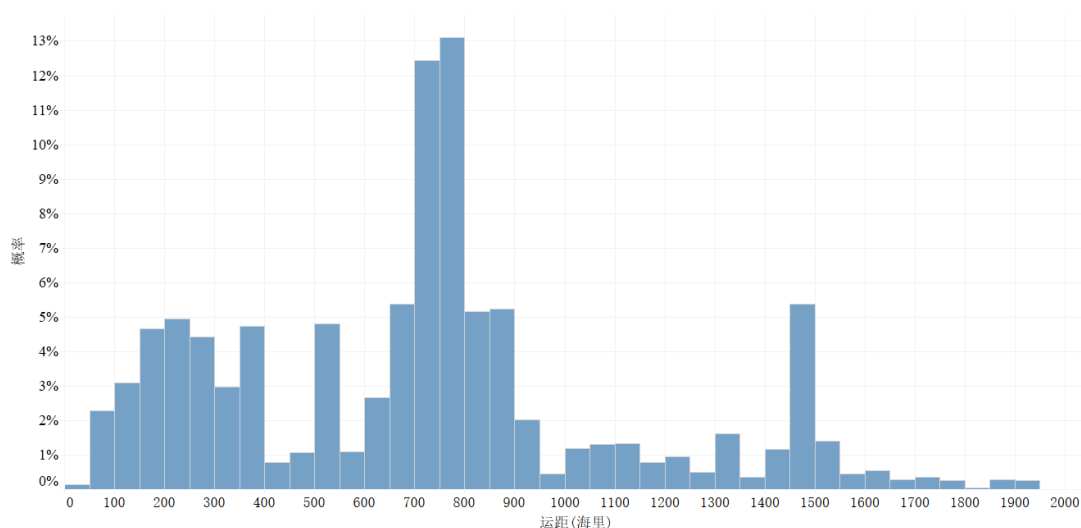


图 2-6 船舶运距分布

(2) 分航运的船舶运距分布

“沿海-内河”船舶不同吨级的运距分布如图 2-7 所示，整体来看，“沿海-内河”船舶的运距较小，大多数船型的运距主要分布在 1000 海里以内。5 千至 1 万吨级的船舶承担的运距范围相对更广，在 1000 至 1500 海里也有分布。从以下热力图中可以看出，在一定程度上，船舶吨级与其运距呈正相关，1 千至 3 千吨级的小吨级船舶的运距相对更小，而 3.5 万吨级以上的船舶运距更大。内河运输与沿海运输不同，受天气影响相对较小，安全性更高，只要水深条件满足，较大型船舶可以在满足货运量需求的同时降低运输成本，因此在“沿海-内河”航线上，较大型船舶能沿长江、珠江等深入内陆地区，运距相对更长。而对于水深条件较差且货运量需求较少的长江中上游港口，通常用中、小吨级船舶灵活性更强，因此 5 千吨的船舶运距也较长。

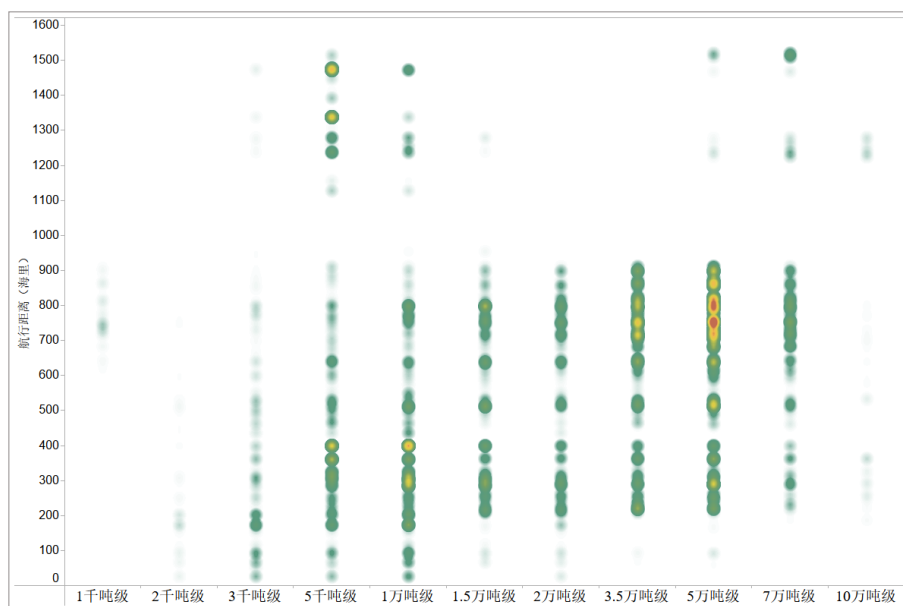


图 2-7“沿海-内河”船舶不同吨级的运距分布

“沿海-沿海”船舶不同吨级的运距分布如图 2-8 所示，整体来看，相较于“沿海-内河”船舶，“沿海-沿海”船舶的运距更大，主要分布在 2000 海里以内。千吨级小型船舶、超过 12 万吨级的大型船舶的运距主要分布在 1000 海里以内，承担中短距离运输，而 5 千至 7 万吨级的船舶运距分布较广，在 2000 海里以内均有分布，且主要呈现出中长运距分布较多的现象。较大吨级船舶在沿海运输上有优势，对海上特殊天气适应性较强，适合用于较远的沿海运输；中型船舶运输成本较低、运输灵活性较强，因此在短距离和长距离运输中都有较大分布；而千吨级船舶在沿海运输中表现较差，很容易受特殊天气的影响，因此为了提高航行安全性，通常用较小吨级船舶来满足较短距离的运输需求。

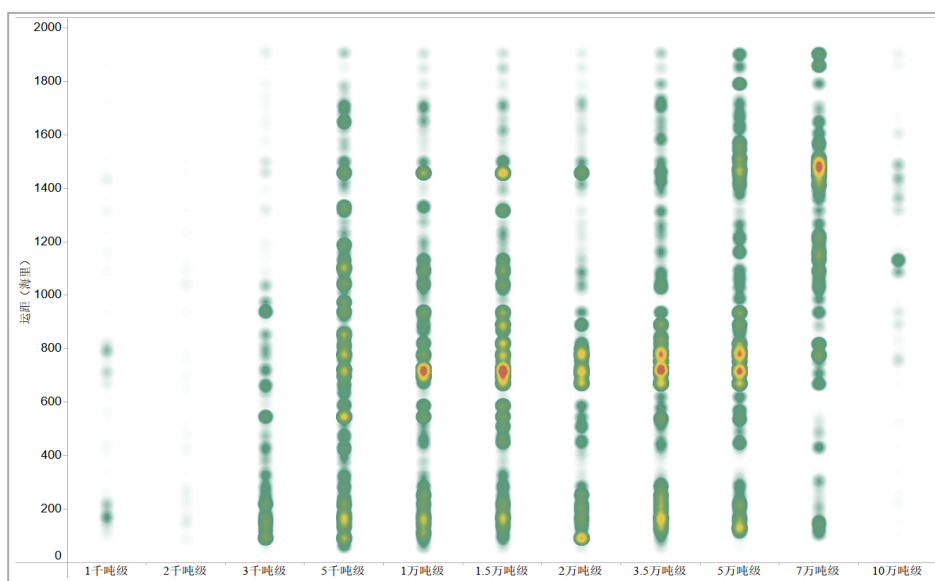


图 2-8 “沿海-沿海”船舶不同吨级的运距分布

（3）分货类的运距分布

为了得到不同货物类型之间的运距分布差异，首先对运输不同货类的“沿海-内河”船舶与船舶运距进行耦合分析，结果如图 2-9 所示。整体来看，“沿海-内河”船舶的运距分布集中在 1500 海里以内，且运输不同货类的船舶运距分布有一定差异。

铁矿石和煤炭运距分布较为集中，其中铁矿石运距集中分布在 0-500 海里，煤炭运距集中分布在 500-1000 海里之间；钢材运距分布较分散，在 400-1700 海里之间均有分布，但主要集中在 800 海里和 1500 海里左右。因此对比来看，铁矿石运距最短，钢材运距最长。由于铁矿石主要由青岛、董家口、日照等山东半岛南翼的港口发往南通等长江下游港口，因此运距较短；而钢材生产集中在辽宁、山西、内蒙古等铁矿石资源丰富的省份，因此发出港主要集中在环渤海港口群，而建筑、房地产等对钢材需求较大的产业更集中地分布在东部和东南部沿海城市，长江流域也有较多分布，因此钢材的运距呈现出整体分布较分散，中长距离运输分布较大的现象。

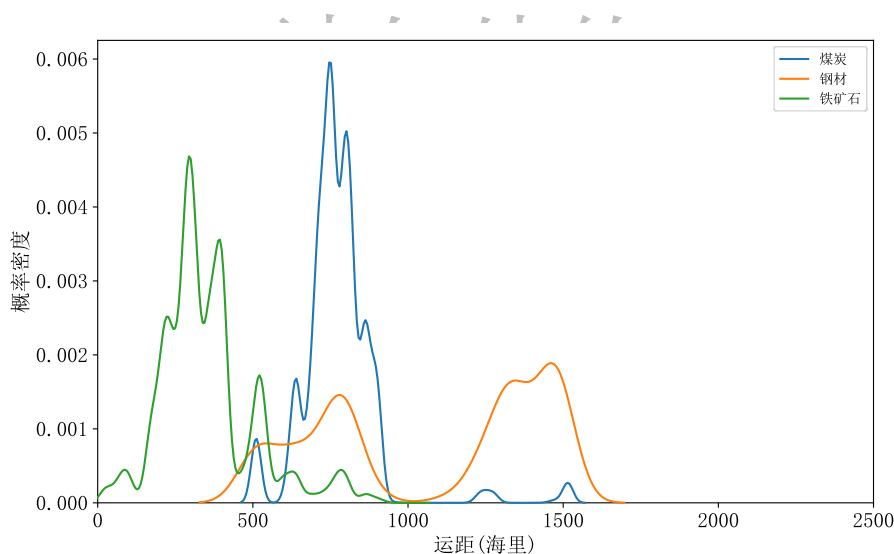


图 2-9 “沿海-内河”船舶不同货类的运距分布

接着对运输不同货类的“沿海-沿海”船舶与船舶运距进行耦合分析，结果如图 2-10 所示。整体来看，钢材和煤炭的运距分布较为相似，运输三种货类的船舶运距分布存在一定差异。钢材和煤炭的船舶运距在 750 海里左右有较为集中的分布，同时在 250 海里、1500 海里左右也有较小分布，整体分布比较分散；而铁矿石的运距分布则更集中，在 250 海里和 500 海里左右出现了两次峰值。

我国各地区煤炭资源分布不均衡，总体呈现“西多东少、北多南少”的特征。同时，我国是煤炭消费大国，生产和消费区域都高度集中且存在差异，因此形成了“西煤东运、北煤南运”的运输格局，而海运是煤炭的主要运输方式之一，因此煤炭的运距分布呈现出 750 海里左右较为集中、少量分布在 250 海里以及 1500 海里左右。相较于煤炭和钢材，铁矿石作为生产钢铁的重要原材料，依靠大量进口，主要由于我国铁矿石产量不能满足大量的用钢需求且品质较差，而高铁等高精尖产业对于钢材品质要求较高。我国铁矿石的主要进口国和地区为南美洲和澳大利亚，主要依靠长三角沿海港口转运，且目的港分布较为集中，因此运距多集中在 250 海里和 500 海里左右。

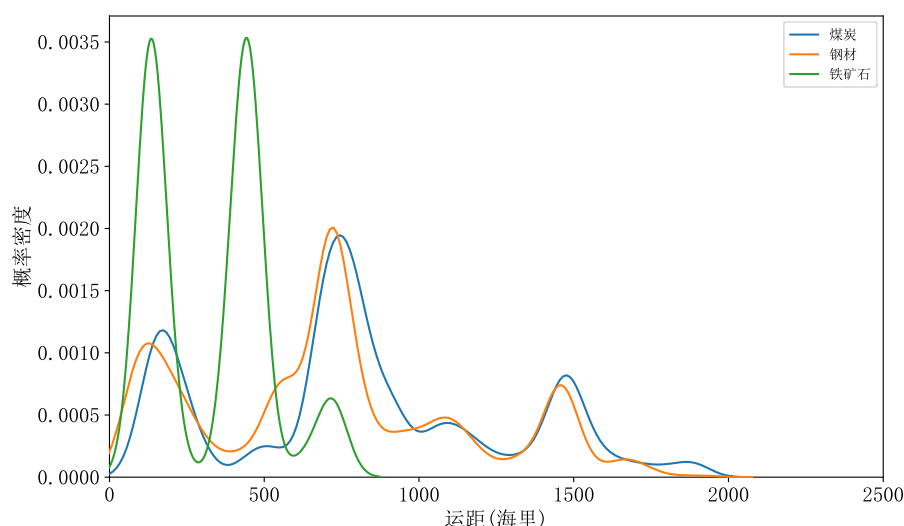


图 2-10 “沿海-沿海”船舶不同货类的运距分布

通过分析“沿海-内河”和“沿海-沿海”运输不同货类船舶的运距，发现三个货类在 100 多海里处都有第一个峰。据相关研究统计表明，目前已投入运营的电动船舶，续航能力基本都在 100 海里左右，因此为推行电动船舶提供试点航线，本报告进一步详细探究了这些区域内集中的航线。该区间内主要的航线包括：铁矿石：宁波舟山-上海（134）；煤炭：京唐-烟台（143.7）、京唐-营口（171.1）、京唐-大连（166）、秦皇岛-营口（163.6）、秦皇岛-大连（167.8）；钢材：大连-烟台（94.7）、曹妃甸-烟台（141.4）、曹妃甸-秦皇岛（91.7）、大连-秦皇岛（167.8）、天津-京唐（83.7）。

2.2.4 干散货船运行时长分布

一般情况下，船舶到达目的港口后，在进入泊位前，需在水上抛锚等待，以便安全停泊、装卸货物、避风防台等，因此报告将到达港口至锚定时间定义

为靠锚时间，锚定时间到离港时间为靠泊时间，指船舶抵靠泊位进行装卸作业到完成作业离开泊位的总时长。其中，船舶到港时间与离港时间的差值为港口停泊时间，指船舶抵达港口到靠泊完成装卸作业离开泊位之间的总时长，包括船舶靠锚时间和船舶靠泊时间。因此整个航次的时间构成可以分为以下过程：



图 2-11 单一航次时间分解

原始数据中在港时刻信息包含发出港/到达港的到港时间、锚定时间、离港时间，可以通过以上字段计算得到船舶的航行时间以及船舶在发出港/到达港的靠锚时间、靠泊时间。

（1）船舶运行时长分布

船舶的运行时长分为发出港靠锚时间、发出港靠泊时间、航行时间、到达港靠锚时间、到达港靠泊时间这五种状态，对于散货船的运行时长进行分析，如图 2-12 所示。

可以看出行驶在“沿海-内河”与“沿海-沿海”两种类型的船舶在各个状态的时长分布上并没有太明显的差异，两类船舶的均有超过 30%的时间用于航行；航行区域是“沿海-内河”的船舶在发出港的靠锚时间略低于靠泊时间，航行区域是“沿海-沿海”的船舶在发出港的靠锚时间高于靠泊时间。原因可能是码头装卸能力不匹配，其装卸货物能力估算存在问题。两类船舶在到达港锚地的停留时间普遍高于在泊位的停留时间，说明部分到达港口存在泊位资源不足的现象，导致船舶在到达港的停留时间较长，运输效率降低。

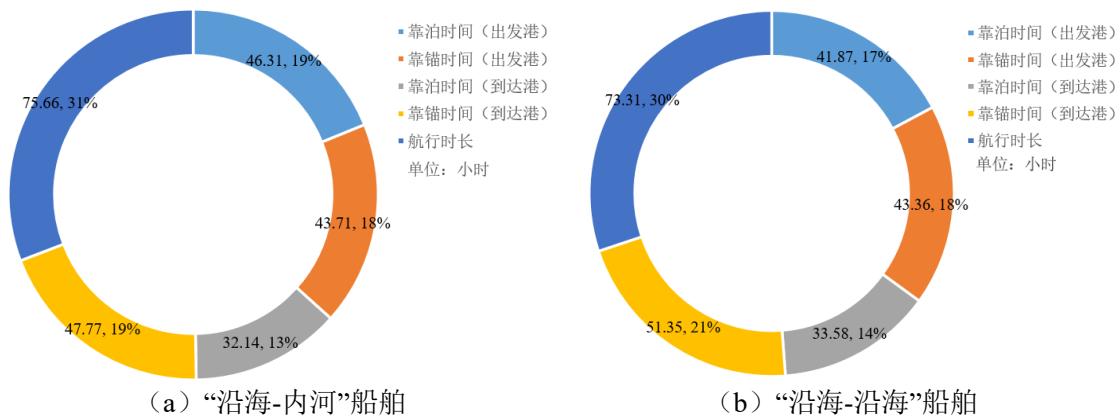


图 2-12 船舶总体运行时长占比

（2）分船型的船舶运行时长

“沿海-内河”船舶不同吨级的平均运行时长分布如图 2-13 所示，整体来看，大部分吨级的船舶航行时长都在 50-90 小时之间，在万吨级范围内，随着船舶运能的增加，航行时长呈现出一定增长的态势。但是，值得注意的是，2 千吨级的船舶平均航行时间高达 125 小时。原因可能在于 2 千吨级的船舶主要运输钢材和铁矿石，发出港分布在环渤海流域，到达港多在长江内河流域和京杭大运河流域，航运路线深入腹地，水域条件较差，因此航行时间较长。纵向对比各环节占总运行时长的对比，除航行时间外，尽管随着船舶运能的增加，整体运行时长呈现增长的趋势，但各环节比例仍然相对固定，在港口作业时间中（除航行时间外的船舶运行时间），发出港的港口作业时间略高于到达港的港口作业时间，5 千吨级和 10 万吨级的船舶在发出港作业时间较长，这可能是由于所需集货时间较长；2 千吨级船舶在到达港作业时间较长，约 100 小时左右，可能是由于长江内河部分港口泊位资源不足，靠泊时间较长，导致作业效率低。

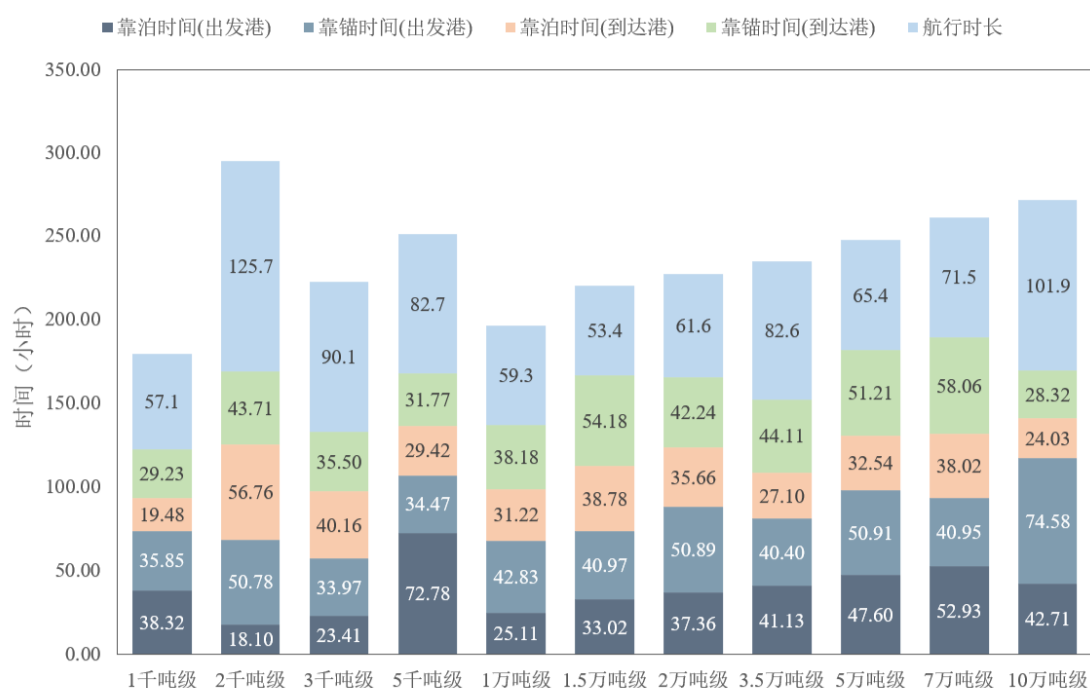


图 2-13 “沿海-内河”船舶不同吨级运行时长分布

“沿海-沿海”船舶不同吨级的平均运行时长分布如图 2-14 所示，整体来看，分吨级船舶的平均航行时长的趋势与“沿海-内河”船舶基本一致，但其大部分船舶的平均航行时间略低于“沿海-内河”船舶，大致分布在 40-80 小时之间，造成这种情况的原因可能是因为海运的航行速度要优于内河运输时的航行速度，从

而缩短了航行时长。纵向对比各环节占运行时长的占比，除航行时间外，尽管随着船舶运能的增加，整体运行时长呈现增长的趋势，但各环节比例仍然相对固定，发出港和到达港的在港时间均约占 20~30%，其中 1 千吨级船舶在发出港的作业时间占比最高，约占 35%。

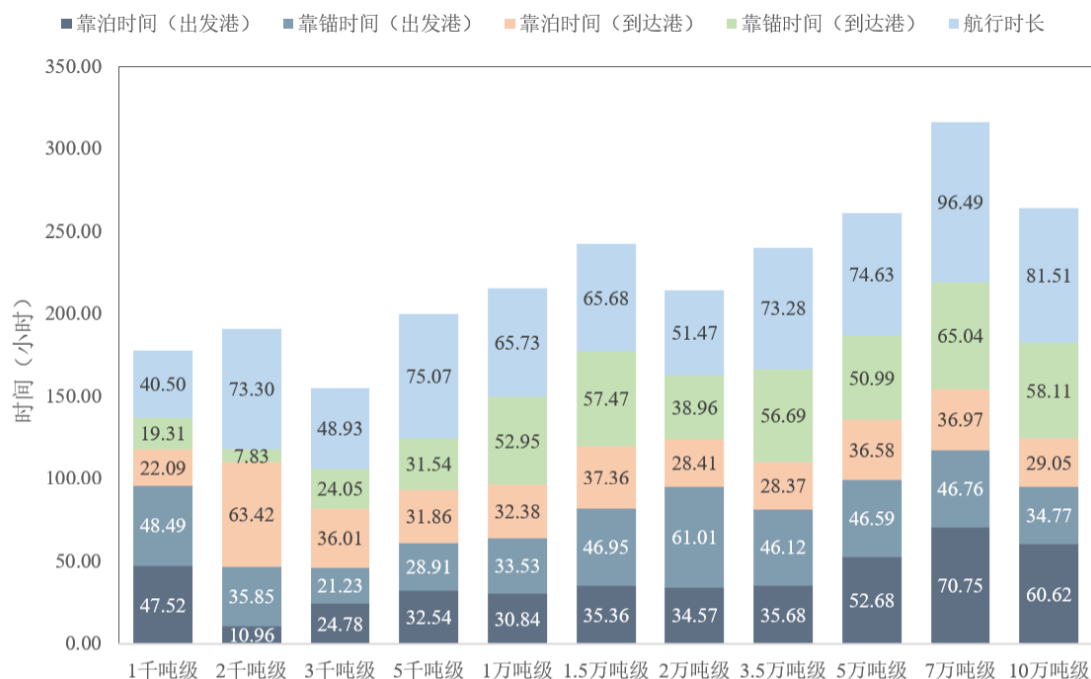


图 2-14 “沿海-沿海”船舶不同吨级运行时长分布

（3）船舶航行时长

将船舶在水上航行的时间计作船舶的航行时长，计算方法为抵达目的港的时间减去驶离发出港的时间。首先对于散货船的整体航行时长进行分析，如图 2-15 船舶的运行时长有两个高峰，集中在 10-20 小时，以及 60-70 小时，只有极少数的船舶的航行时长会超过 200 小时。

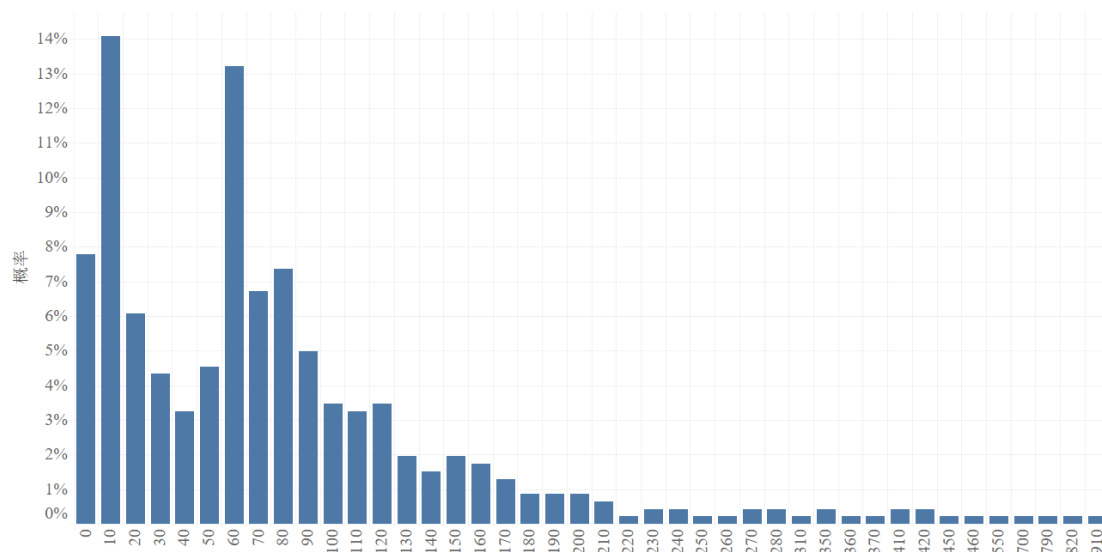


图 2-15 船舶航行时长分布（小时）

2.2.5 各干散货船型货运量占比分析

(1) “沿海-内河”船舶的货运量分布

2019 年分货类的“沿海-内河”各吨级船舶货运量分布如图 2-16 所示，可以看出，煤炭是沿海-内河运输的主要货物类型，其次是铁矿石。煤炭的货运量占“沿海-内河”船舶的 66.5%，铁矿石和钢材的货运量分别为 30.53% 和 2.97%。钢材的主要运输船舶是 1.5 万吨级和 5 千吨级船舶，钢材是海运的大宗货物，这些吨位相对较小的船舶具有较强的对航道、运河及港口的适应性，载重吨量适中，对于水深条件相对较好的内河港有一定的适应能力，而钢材需求较大的地区集中在长江三角洲、珠江三角洲等具有较开放水域的地区，因此钢材绝大部分货运量由 5 千吨级和 1.5 万吨级标准船承担。煤炭的货运量主要由 5 万吨级和 7 万吨级的船舶承担，承担了煤炭货运量的 70%，由于煤炭是民生相关的重要资源，需求量较大，由于规模经济效应，船舶大型化能够减少单位货物的运输成本。但因受到内河航道通航条件的限制，超大型船舶货运量占比仍较少，因此 5 万吨级的船舶主要承担煤炭内河运输的货运量。铁矿石的货运量主要由 5 万吨级的船舶承担，5 万吨级船舶承担了铁矿石货运量的 50%，铁矿石主要需求地位于距入海口较近的内河港周围产业区，因此载重吨较大的内河标准船能更好地满足较大的需求。

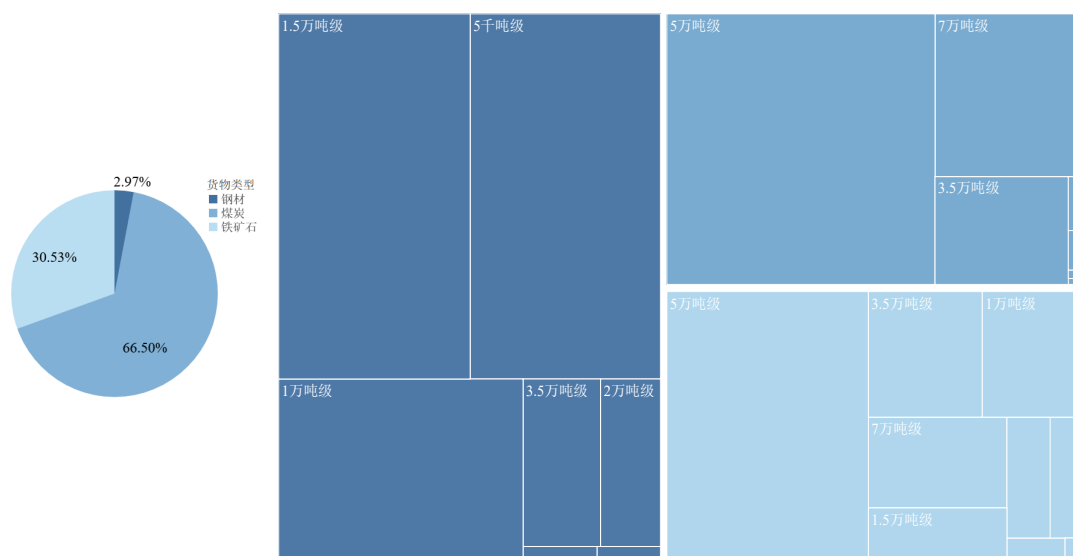


图 2-16 2019 年分货类的“沿海-内河”各吨级船舶货运量分布

(2) “沿海-沿海”船舶的货运量分布

2019 年分货类的“沿海-沿海”各吨级船舶货运量分布如图 2-17 所示，可以看出，相较于沿海-内河行驶区域，沿海-沿海区域主要的运输货物类型煤炭占据了完全主导的地位，其次是钢材。煤炭的货运量占 85%左右，钢材的货运量占 15%左右。钢材的主要运输船舶是 2 万吨级以下的船舶，钢材是海运的大宗货物，这些吨位相对较小的船舶具有较强的对航道、运河及港口的适应性，载重吨量适中，营运方便灵活，因为钢材需求较大的地区集中在长江三角洲、珠江三角洲等具有较开放水域的地区，因此钢材绝大部分货运量由 5 千吨级和 1.5 万吨级标准船承担。煤炭的货运量主要由 5 万吨级和 7 万吨级的船舶承担，承担了煤炭货运量的 75%左右。由于煤炭是民生相关的重要资源，需求量较大，由于规模经济效应，船舶大型化能够减少单位货物的运输成本。铁矿石的货运量主要由 3.5 万吨级以下的船舶承担，占比达 80%左右。因为其主要往来港口集中于山东沿海港口群和长江流域。

图 2-17 2019 年分货类的“沿海-沿海”各吨级船舶货运量分布

在对干散货船的船舶特征分析方面，选取了煤炭、钢材与铁矿石这三类占据航运市场大部分运量的散货作为研究对象。基于不同船舶吨位横切分级和货类竖切分类，对船舶运距分布、运行时长分布、货运量分布、船龄分布等船舶特征进行分析。

钢材运输船运距集中在 800 海里与 1500 海里左右，吨位较小，在 5 千吨级-2 万吨级之间，该吨位船舶对水域条件要求相对不高的同时具备有一定的载重能力；运距在中远距离都有明显集中，其运行时长指标处于 5 天左右，同样保持在沿海运输正常范围内；船龄分布存在较大差异，船龄平均值为 10 年左右，小部分为 15 年左右，有部分船龄较大，可以认为是潜在迭代目标。

铁矿石运输船运行时长指标整体较煤炭和钢材略长，其原因在于内河运行条件相对复杂，作业时间偏长，其船龄整体分布较为分散，大多数船舶船龄平均值为 5-10 年区间，但也有小部分位于 13 年左右与近 5 年内，特别值得注意的是张家港和镇江航线的部分运行船只船龄较高，有部分 30-35 年船龄的超期船只，需要重点关注。

请勿外传

3. 集装箱船特征分析

本章主要对集装箱船特征进行分析。首先对集装箱港口综合市场竞争力进行了评估,得到了研究港口的综合排名,为后续选取典型集装箱港口分析奠定基础。随后,针对集装箱船首先分析了集装箱船的整体情况,主要包括船舶吨级划分及各吨级船舶数量分布、港口间运输往来情况、船舶运距分布、运行时长、船龄分布及各船型船舶货运量占比。进一步地,为了解集装箱船的航线特征,具体分析了集装箱港口地主要往来 OD 对、主要航线上运输船舶的船龄分布以及主要的运输船舶分布情况。

3.1 集装箱港口综合市场竞争力评估

集装箱运输作为航运的重要组织模式,具有投资少、运费低、运载量大等优点,因此集装箱运输对肩负着国内国际贸易往来的重任。目前,全球共有集装箱 400 余个,泊位 1 万多个,已有上百个国家和地区加入集装箱运输网络。我国集装箱港口在世界集装箱港口中占据主要地位,根据劳氏日报 (Lloyd's List) 公布的 2021 年集装箱港口排名,我国 28 个港口进入全球 100 大集装箱港口行列,其中上海港、宁波舟山港、深圳港分别排名全球第一位、第三位、第四位。

集装箱航运的发展受到区域经济、制度环境和生产方式等各方面的影响,港口之间的联系越来越建立在“流”连接、节点和网络的基础之上,由此可知集装箱航运网络具有复杂网络的特征,因此许多学者运用复杂网络理论来研究集装箱航运网络。Cheung 等 (2020) 证实了航行频率加权的邻接矩阵的特征值和特征向量可以作为航运网络连通性的有效识别指标,并将其应用到改善链路的连通性分析^[1]。吴迪等 (2022) 将港口对之间的运力上限作为港口之间边权重,构建了集装箱海运有向加权网络,进而提出了集装箱海运网络崩溃临界点的识别方法^[3]。除运力外,还可以通过港口间直达航线数^[4],航线联系频次^[5]对集装箱海运网络中的边权重进行标定。此外,还可以对网络结构进行简化以研究网络抗毁性,如张欣等 (2022) 基于班轮公司公布的航线信息,构建了有向无权的全球集装箱海运网络,用于研究随机故障和蓄意攻击下单个港口失效所造成的连锁反应^[6]。

对于集装箱航运网络结构,除一般性的重要度评价指标,如度数中心度、

特征向量中心度、接近中心度、中介中心度和流介中心度外^{[6] [7]}，学界还提出一些新的网络评价指标，如 Bartholdi 等（2016）基于经济学和复杂网络理论，提出了一种考虑近邻港口及其下游扩散港口的重要度的集装箱港口连通性指数（CPIC），以衡量集装箱航运网络中港口的贸易连通性^[8]。Muhuri 等（2016）考虑了网络中每个节点的边缘贡献因子，并整合局部聚类系数提出了一种节点重要度评价方法，用以从大规模网络中选取有重要影响的节点^[9]。Wang 等（2017）提出了一种新的效率中心性指标来对整个网络中的节点传播重要度进行排序，该方法通过移除每个节点来识别有影响的节点，将重新移除后整个网络效率的变化程度作为指标的计算依据^[10]。重力中心性是最近提出的一种中心性指标，但节点度是重力中心性中的局部信息度量，它忽略了相邻节点的连接情况，因此 Zhang 等（2022）引入拉普拉斯中心性来优化初始重力中心性，并提出拉普拉斯重力中心性以克服重力中心性的节点度参数的缺点^[11]。

综合既有研究内容，如果将参与集装箱运输的港口视为节点，将港口之间的直接航线视为连接边缘，则有可能将集装箱班轮运输系统抽象为一个复杂的网络以便于识别网络中的重要港口。与其他航运或运输网络建设类似，集装箱航运网络建设主要有两种方式，包括 L 空间结构和 P 空间结构^[12]。

对于 P 空间方法，更注重港口之间的连通性，更适合研究集装箱航线的设计和调整。L 空间更侧重于考虑端口之间的距离和地理空间的约束，从而更适合于研究网络的拓扑特征。由于大多数工作主要研究集装箱班轮网络的拓扑特征，因此大多数研究使用 L 空间方法。以航运数据为研究样本，可以将数据转换为矩阵形式，从而构建集装箱航运网络。因此报告以集装箱港口为节点，将连接港口节点对的集装箱船直接航线视为连接侧，从而构建有向加权集装箱航运网络，权重由港口 i 和 j 之间的航次确定，所构建集装箱航运网络拓扑结构如图 3-1 所示。

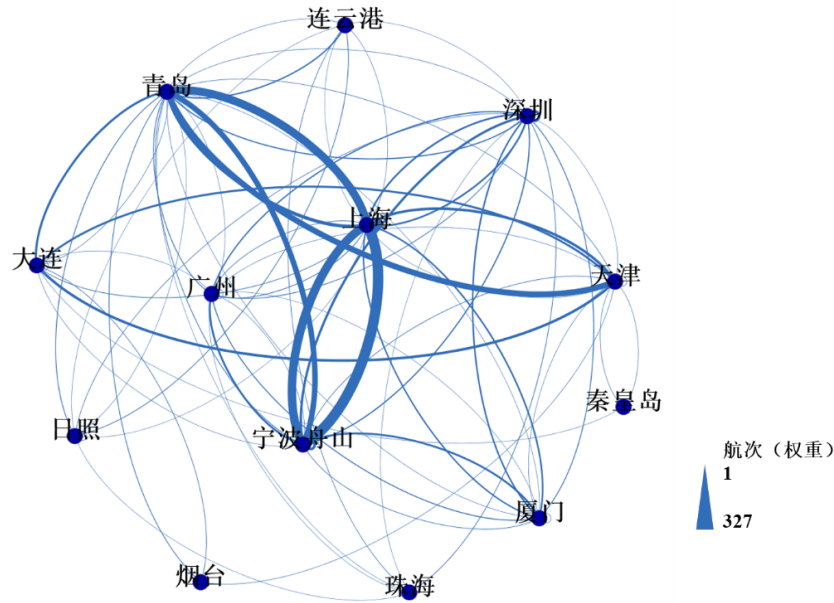


图 3-1 集装箱航运网络拓扑图

报告进一步计算集装箱航运网络中 4 类中心性指标作为港口网络重要性的评价依据，包括：入度中心性、出度中心性、中介中心性、接近中心性，其中：

(1) 度中心性

度是刻画单个节点属性的最简单而又最重要的概念之一。节点 i 为网络中任意一点，该节点的度 k_i 定义为与该节点直接相连的节点数目，在集装箱航运网络中，度表示着一个港口与其他港口直接相连的数量，可以判断出港口在网络中的地位。港口的度越大，代表着与它直接相连的港口数量越多，在网络中的地位也越重要。在本文构建的有向加权网络中，度中心性计算为：

$$k_i^{in} = \sum_{j=1}^N a_{ji} / (K - 1) \quad (3-1)$$

$$k_i^{out} = \sum_{j=1}^N a_{ij} / (K - 1) \quad (3-2)$$

式中，邻接矩阵中的元素 a_{ij} 表示港口 i 和 j 之间的航次， N 为港口总个数， K 为航次总和。

(2) 接近中心性

接近中心性更多考虑的是节点间产生联系的可能性，代表着节点通过网络到另一节点的难易程度，反映出了节点的通达性，接近中心性评价了港口在整个集装箱航运网络中是否占有优势，体现出一个港口与其他港口建立连接的可

能性，因此，忽略权值只考虑节点间的连接关系。接近中心性的计算公式具体如下所示：

$$CC_i = \frac{N}{\sum_{j=1}^N d_{ij}} \quad (3-3)$$

d_{ij} 为节点 i 和 j 之间的距离。

(3) 中介中心性

中介中心性为通过 i 的最短路径数与网络中最短路径总数之比。在航运网络中，中介中心性的值越大，最短路通过该站点的频率越高，可用于刻画节点 i 对于网络中节点对之间沿着最短路径传输信息的控制能力，反应了港口的中转性，计算公式如下：

$$BC_i = \frac{2}{(N-1)(N-2)} \times \sum_{s \neq i \neq t} \frac{n_{st}^i}{g_{st}} \quad (3-4)$$

式中， n_{st}^i 为从 s 点到 t 点经过节点 i 的所有最短路径的个数， g_{st} 表示从 s 点到 t 点所有最短路径的个数。

网络中心性指标被视为网络关键节点的识别标准，主要从拓扑结构反映港口在航运网络中的重要性，要进一步评价港口综合市场竞争力，还需要结合港口的运营状况。因此，报告进一步考虑了两个经济指标：港口吞吐量和港口腹地城市群的 GDP，如日照港直接腹地为鲁南地区。吞吐量是一个港口每年处理的货物总量，反映了港口的规模和发展，而 GDP 是港口直接辐射区域综合经济能力的体现。

由于港口筛选后集装箱部分数据包含 2019,2020 年的航次信息，其中 2019 年数据 1638 条，2020 年数据 1004 条，因此在确定港口综合吞吐量时，需按照数据量占比进行加权：

$$T_i = T_i^{2019} \times w_{2019} + T_i^{2020} \times w_{2020} \quad (3-5)$$

$$GDP_i = GDP_i^{2019} \times w_{2019} + GDP_i^{2020} \times w_{2020} \quad (3-6)$$

其中， w_{2019} 为 2019 数据所占总数据的相对比例。

在确定以上五个航运市场评价指标后，构建决策矩阵 D 通过熵权法计算指标对应的权重，进一步通过优劣解距离法（TOPSIS）确定港口与理想化目标的

接近程度以此对港口的综合市场竞争力进行排序，流程图如图 3-2 所示。

$$D = \begin{bmatrix} k_1^{in} & k_1^{out} & CC_1 & BC_1 & T_1 & GDP_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_i^{in} & k_i^{out} & CC_i & BC_i & T_i & GDP_i \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_n^{in} & k_n^{out} & CC_n & BC_n & T_n & GDP_n \end{bmatrix} \quad (3-7)$$

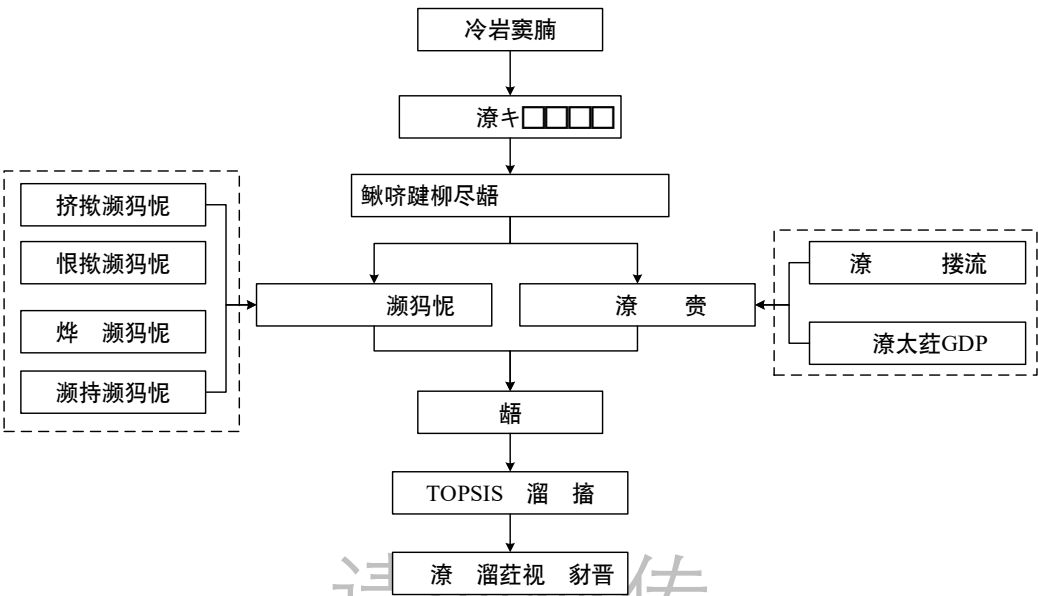


图 3-2 港口综合市场竞争力评价方法

根据研究数据得到港口中心性指标（出度中心性、入度中心性、接近中心性、中介中心性）和港口经济指标如表 3-1 所示：

表 3-1 港口市场竞争力评价数据

节点名称	入度中心性	出度中心性	中介中心性	紧密中心性	总吞吐量（万 TEU）	总 GDP（亿）
大连	0.5000	0.4167	0.2652	0.1739	737.29	50420.75
广州	0.6667	0.5833	0.3317	0.1935	2295.92	40520.55
青岛	1.0000	0.8333	0.1098	0.1304	2139.00	71398.46
天津	0.7500	0.5000	0.5525	0.2264	1769.90	49671.87
烟台	0.1667	0.0833	0.0000	0.1429	317.60	47598.97
宁波舟山	0.5000	0.6667	0.0076	0.1263	2798.22	63308.33
厦门	0.5000	0.5833	0.0779	0.1791	1123.02	42813.78
上海	0.6667	0.8333	0.2008	0.1935	4337.6	138592.59
深圳	0.7500	0.6667	0.3360	0.1875	2606.64	40520.55
连云港	0.3333	0.3333	0.2940	0.2105	478.76	33411.40
日照	0.4167	0.3333	0.0372	0.2105	463.68	23799.49
秦皇岛	0.0833	0.1667	0.1932	0.1412	62.00	35371.99
珠海	0.0833	0.4167	0.0000	0.0656	228.63	40520.55

对数据进行标准处理后，根据熵权法确定每个指标权重，结果如表 3-1 所示。中介中心性指标权重约为 26.67%，与港口经济效益指标权重近似，其中，

港口集装箱吞吐量接近中介中心性指标权重，达到 26.41%，其次为港口腹地城市群地区生产总值。

表 3-2 各指标权重

节点名称	入度中心性	出度中心性	中介中心性	紧密中心性	吞吐量	总 GDP
信息熵值	0.9347	0.9549	0.8551	0.9858	0.8565	0.8697
信息效用值	0.0653	0.0451	0.1449	0.0142	0.1435	0.1303
权重系数	12.02%	8.31%	26.67%	2.61%	26.41%	23.98%

进一步由 TOPSIS 确定港口市场竞争力排序，其中相对接近度为评价对象与最优方案的接近程度，由评价对象分别与正负理想解的距离值 D^+ 和 D^- 计算得到，排序结果根据相对接近度得到：

表 3-3 TOPSIS 评价结果

港口	正理想解距离 D^+	负理想解距离 D^-	相对接近度 C	排序结果
上海	0.102	0.373	0.785	1
宁波-舟山	0.228	0.208	0.477	2
深圳	0.24	0.207	0.462	3
天津	0.248	0.208	0.457	4
青岛	0.242	0.201	0.453	5
广州	0.252	0.186	0.425	6
厦门	0.307	0.115	0.272	7
连云港	0.315	0.103	0.246	8
日照	0.344	0.093	0.212	9
大连	0.375	0.057	0.133	10
烟台	0.365	0.053	0.127	11
珠海	0.375	0.053	0.123	12
秦皇岛	0.376	0.046	0.108	13

根据港口评价结果，港口综合市场竞争力由强到弱依次为：上海港、宁波-舟山港、深圳港、天津港、青岛港、广州港、厦门港、连云港港、日照港、大连港、烟台港、珠海港、秦皇岛。其中，上海港、宁波-舟山港、深圳港得益于优越的网络中心性和强大的腹地城市经济实力占据我国集装箱港口综合市场竞争力前三位。

3.2 集装箱船整体情况分析

3.2.1 集装箱船等级划分

依据国际海事组织（IMO）第四次温室气体研究报告中关于集装箱船的分类标准，将集装箱货船依据不同装载量（TEU）分为 9 级，其中六级船通常属于始建于 1996 年的第六代集装箱货船，也是我国目前沿海内河航线所主要使用的集装箱货船。如图 3-3 所示，国内港口始发和到达的集装箱船主要集中在六

级船，即装载量在 8000-12000TEU 的船舶，同时保有少量的五、七、八、九级船。

表 3-4 集装箱船等级划分

单位	等级	区间下限（包含）	区间上限（不包含）
TEU	1	0.00	1000.00
TEU	2	1000.00	2000.00
TEU	3	2000.00	3000.00
TEU	4	3000.00	5000.00
TEU	5	5000.00	8000.00
TEU	6	8000.00	12000.00
TEU	7	12000.00	14500.00
TEU	8	14500.00	20000.00
TEU	9	20000.00	25000.00

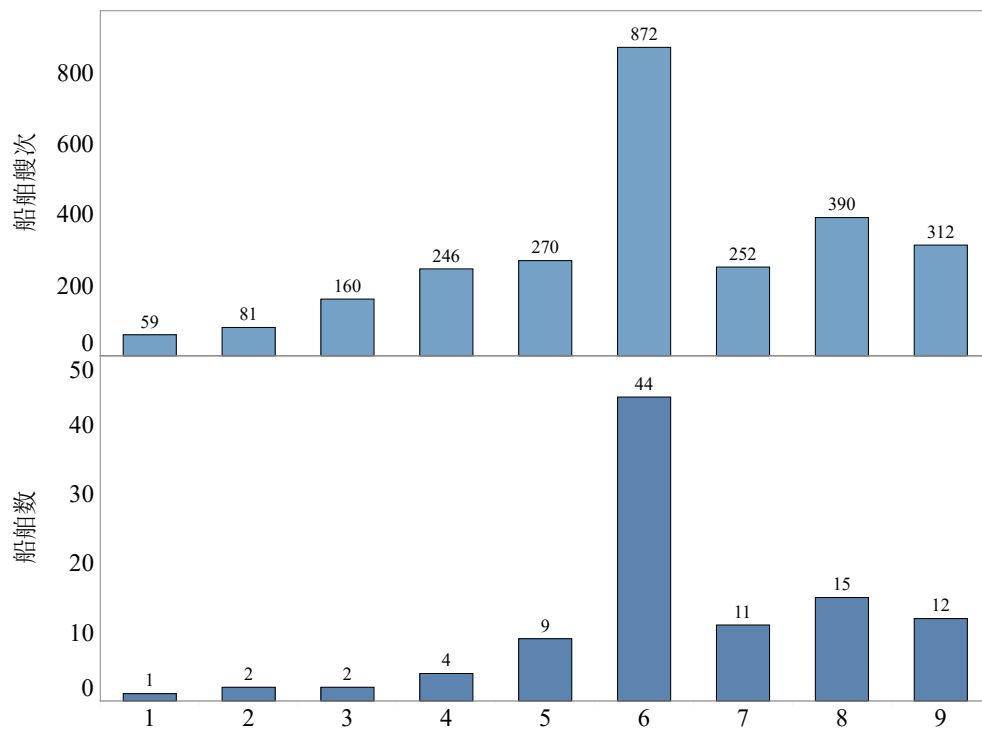


图 3-3 集装箱船分级别船舶艘次和数量分布

3.2.2 集装箱船运行时长分布

（1）船舶总体运行时长

根据本报告提出的计算方法，统计船舶总体运行时长。样本数据中，船舶平均完成一趟航次时间（到达发出港-离开到达港）时间约 117.62 小时，其中船舶海上航行时间占据 31.60%，港口停泊时间约 68.39%，由于港口作业涉及装卸、泊位、等待集货等环节，因此港口作业及等待时间远远超过海上航行时间。

另外，船舶总体平均发出港停泊时间约 40.80 小时，平均到达港停泊时间

约 39.66 小时，整体上发出港停泊时间要略高于到达港停泊时间，在停泊时间和到锚时间上表现出同样的规律，因此可以推测发出港由于集疏运、安检调度、拥堵情况等原因整体上耗费时间略微高于到达港。总体上发出港与到达港各项时间指标近似，船舶平均靠锚时间约 10 小时，占据港口停泊时间 25%，船舶靠泊时间约 30 小时，占据在港时间 75%，靠锚时间和靠泊时间约 1:3。

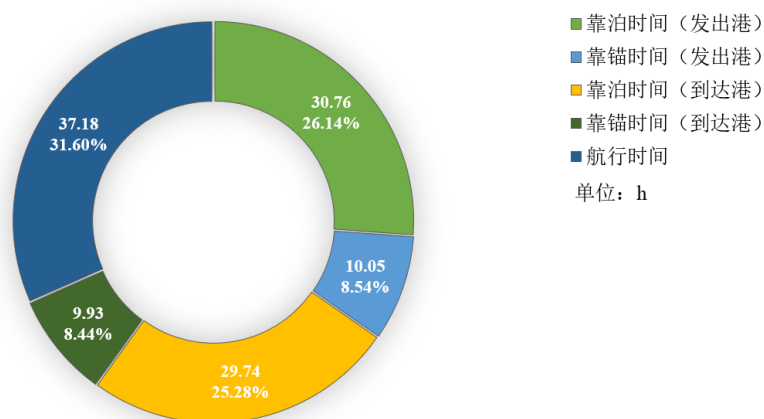


图 3-4 船舶总体运行时长

(2) 分船级的船舶运行时长

进一步分析不同 TEU 级别的船舶运行时长，随着 TEU 增加，船舶整体运行时长呈现出明显增长的趋势，但航行时间没有明显的变化趋势，主要集中在 30~40 小时之间，停泊时间上升较为明显，可以解释为 TEU 的增加意味着货物运量的增加，因此集货时间、卸货时间相比于小型集装箱船更长，直接导致了船舶完成一次航运过程耗费的时间增加。

纵向对比各环节占运行时长的对比，除航行时间外，尽管随着船舶运能的增加，整体运行时长呈现增长的趋势，但各环节耗时比例仍然相对固定，在港口作业时间中（除航行时间外的船舶运行时间），发出港港口停泊时间约占 30~35%，其中靠锚时间约占 10%，靠泊时间约 25%；到达港港口停泊时间约占 30%，其中靠锚时间约占 8%，靠泊时间约 22%。

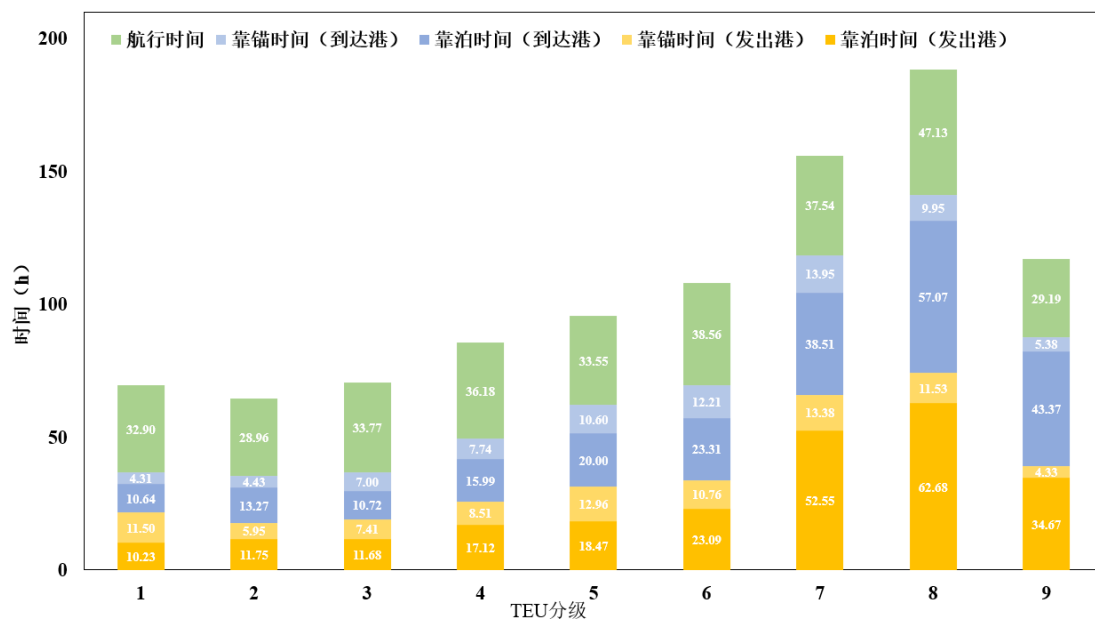


图 3-5 分船型的船舶运行时长

3.2.3 集装箱船船龄分布

(1) 总体船龄分布

我国始发和终到的集装箱船依据船龄分布大体具备由如下特征：15 年以上船龄船舶相对较少，15 年左右船龄船舶数量存在一次高峰，且近年船舶数量增速维持高位。值得一提的是，2008 年国际金融危机爆发，船舶工业发展面临的内外部环境发生重大变化，全球经济发展缓慢、航运供求关系未见好转、造船产能过剩问题突出、造船成本控制压力加大等各种挑战出现，也直接导致了 10 年船龄与 15 年船龄中的保有量低谷出现。

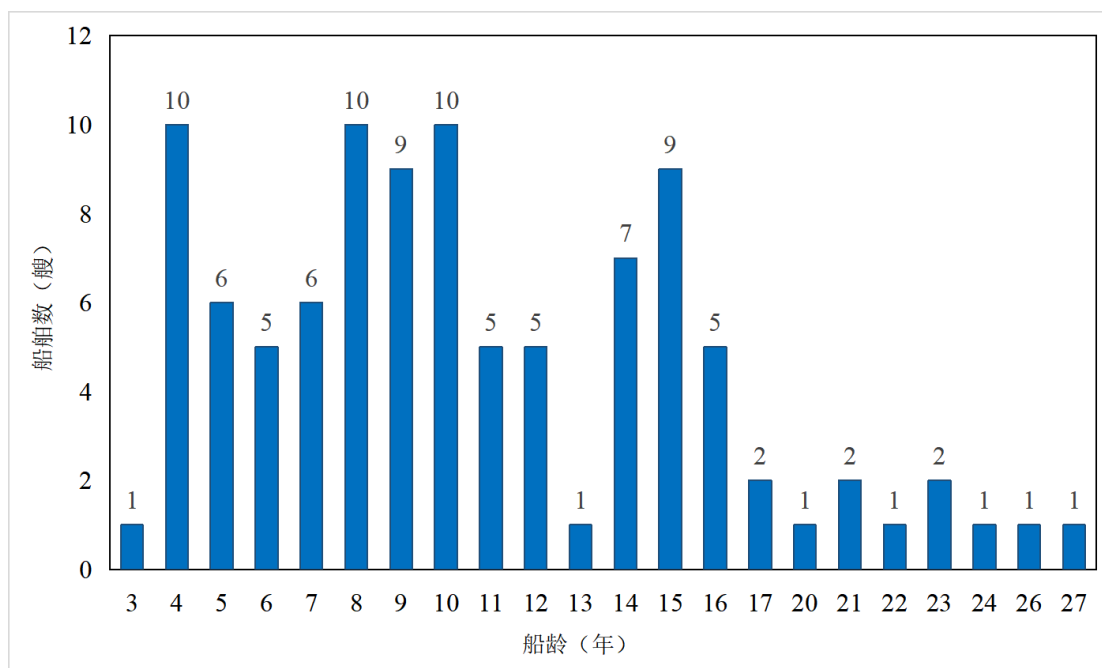


图 3-6 集装箱船船龄分布

(2) 分船级的船龄分布

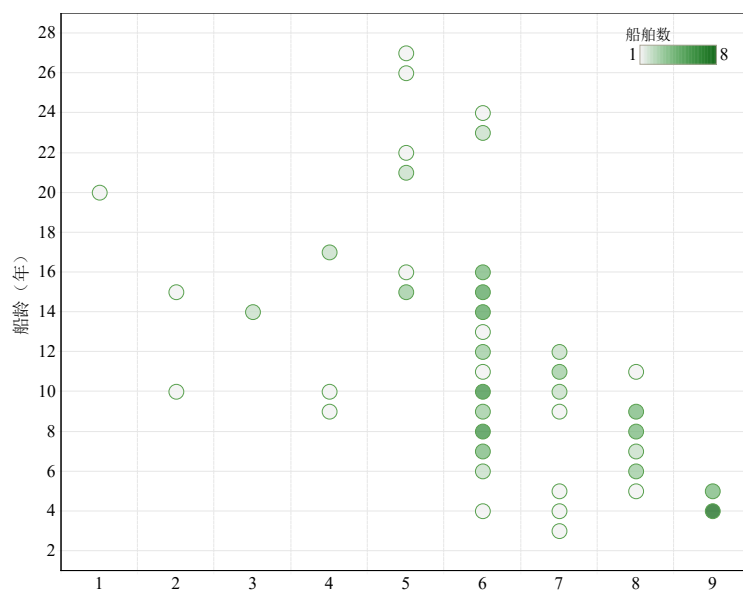
具体到不同船级的船龄分布，纵向来看，由于前几级船级数量较少，离散较大，无法判断其内部分布意义，但截至五级船，整体船龄均在 8 年以上，从六级船开始出现近年新建船只，且分布密度随船龄减小而增大；横向来看，排除掉前四级数值较少的船级，从第五级船舶开始，船龄分布服从船级越大，船龄上限越小的趋势；综上所述，整体上分船级的船龄分布在剔除离散值后，有如下特征：近年不再保有新的六级以下集装箱船；自六级船开始，船龄越小，该船级船只保有量越大；自五级船开始，船级越大，船龄上限越低。

为筛选集装箱超龄超期船只，与干散货船只相同，依据《老旧运输船舶管理规定》和《关于实施运输船舶强制报废制度的意见》中的标准对集装箱船只船龄进行分级。

在《老旧运输船舶管理规定》中，规定集装箱船船龄在 20 年以上为老旧船舶；在《关于实施运输船舶强制报废制度的意见》中规定沿海航线集装箱船报废船龄为 34 年（含）以上、内河航线集装箱船报废船龄为 35 年（含）以上。

对集装箱不同级别船舶船龄进行进一步筛选，在集装箱船中仅有五级集装箱船与六级集装箱船中有保留有老旧船舶，该现象原因可能是由于建设年代较早，五级与六级集装箱船为当时所使用的最大船只，而时至今日仍为主流装载

量船舶，因此存在部分老旧船舶未被淘汰。



集装箱船老旧船舶分布情况

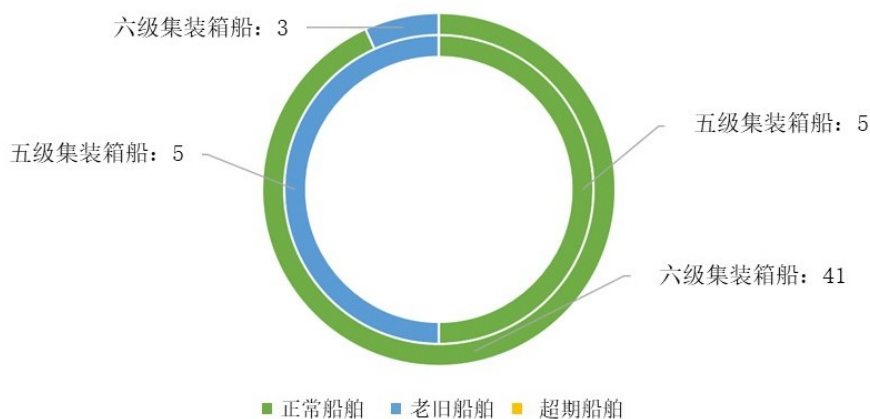


图 3-7 区分 TEU 级别下集装箱船船龄分布

3.2.4 集装箱船运距分布

从分布来看，各等级船舶在不同运距分布较为均匀，仅有少数离散值；整体来看，货船航行距离与船舶分级大体上呈现出分级越高、航行距离上限越高的趋势，这一趋势在六级集装箱货船开始趋于稳定，在 1000 海里左右；影响集装箱货船航行距离的因素主要有两方面：经济性与港口停泊条件，由于前期筛选出的港口均为自然条件较好、港口设备设施成熟的良港，故影响给集装箱货船航行距离的主要因素即为经济性，使用大型集装箱在燃料与人工费用方面可以有效降低运输成本，与两艘 4000TEU 船相比，单艘 8000TEU 船可使运输成本降低 10%-15%，过往使用小型集装箱货船的主要受限于船体强度与发动机技

术，当越来越多的大型集装箱货船投入使用后，考虑到经济效益，小型集装箱货船将不再担任长距离运输业务，转而凭借其便捷灵活特点从事短途运输；从六级船开始在 1000 海里左右达到整体运距上限的主要原因在于从珠三角地区代表港口深圳到环渤海门户港口青岛的航线距离大约为 1000 海里，对于沿海内河的集装箱运输而言已达到上限，故从六级船开始整体航行距离趋于稳定。

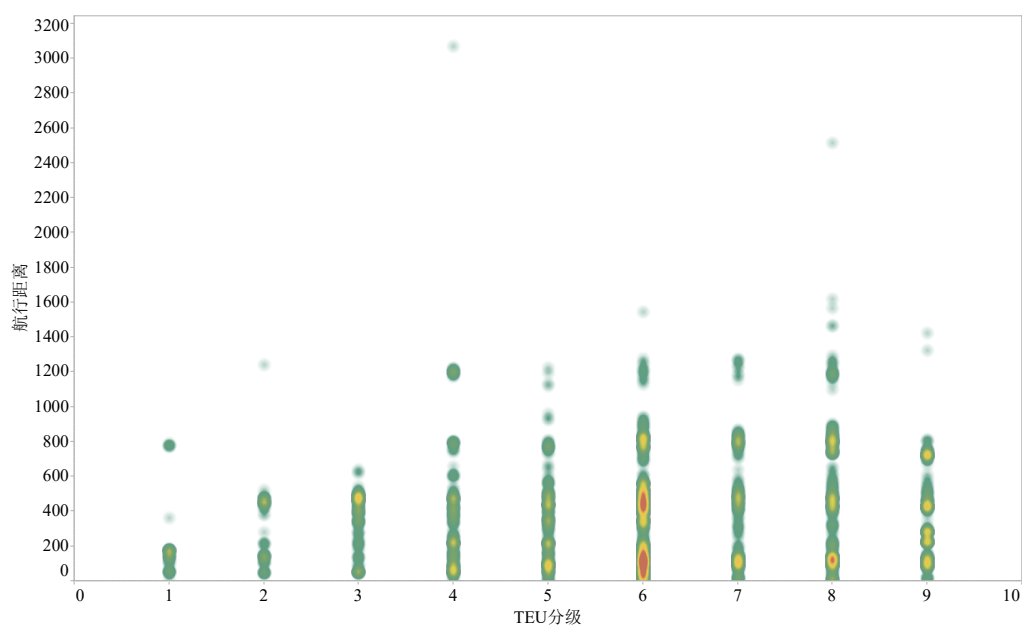


图 3-8 不同级别集装箱船航行距离分布

进一步，对集装箱不同船舶和航次上的航行距离进行分析，图 3-9 给出了不同船舶和航次的航行距离分布，由于同一船舶对应了多个航次，同时也对应了多个航行距离，因此图中各航行距离上船舶数之和与研究数据中船舶数不等。图中，船舶和航次的航行距离分布基本一致，主要航行距离分布在 $[0,1600]$ 海里的区间内，并呈现 4 个船舶和航次同步的波峰。最大的波峰出现在 $[0,200]$ 海里区间内，该区间内主要的航线包括：上海-宁波舟山、宁波舟山-上海，以及上海港、深圳港、宁波港与舟山港港区内部的活动，而宁波舟山是 2020 最繁忙的港口之一。第二个波峰出现在 $[350,450]$ 海里区间内，主要为长江三角洲区域与环渤海港口群之间的往来，包括上海-青岛、青岛-上海、青岛-宁波舟山，以及珠江三角洲区域与东南沿海区域之间的往来，包括厦门-广州、厦门-深圳等航线。第三个波峰出现在 $[700,900]$ 海里区间内，主要为长江三角洲区域与环渤海港口群之间的往来，以及珠江三角洲区域与长江三角洲港口群之间的往来，包括宁波舟山-广州、上海-深圳、宁波舟山-深圳、深圳-上海等航线。第四个波峰

涉及的航线主要为南、北港口之间的活动，包括深圳-青岛、广州-青岛、珠海-连云港、日照-深圳。整体上看，船舶的实际航行距离与发出港和到达港的地理位置密切相关，船舶航行距离的增加，伴随着船舶航行跨越的港口群越多。

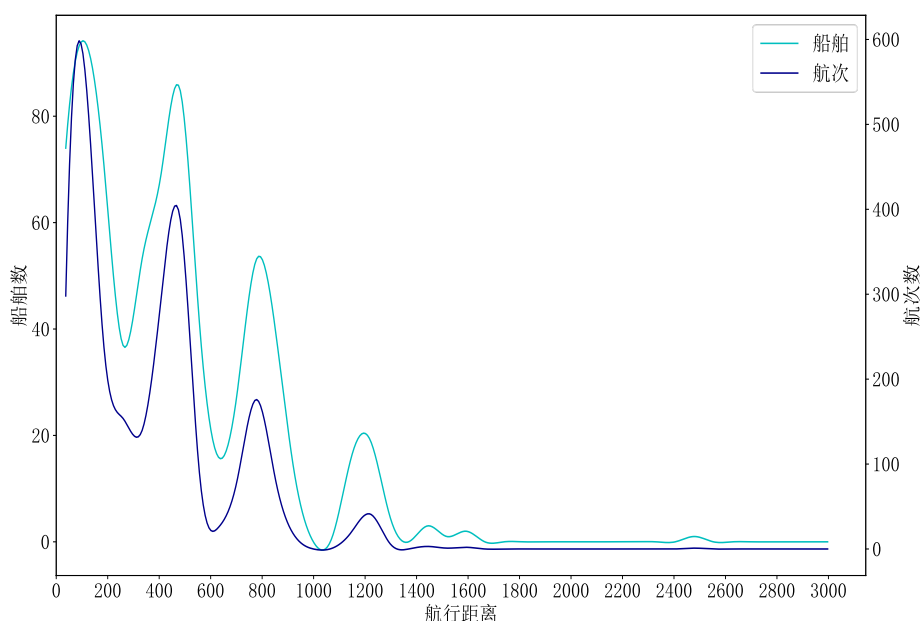


图 3-9 集装箱船整体航行距离分布

3.3 本章小结

在集装箱船特征方面，由于其货物来源与类型较为复杂，因此仅按照装载量（TEU）进行横切层级划分，并进行特征分析；通过初步筛选划分港口与航线，构建有向加权集装箱航运网络，选取指标并进行综合评价，排序出港口综合时长竞争力，以此为基础选取研究对象港口并分析在对象港口运行船舶的特征；在船舶层级划分方面，本报告以国际海事组织（IMO）第四次温室气体研究报告中关于集装箱船的分类标准进行分级，在特征分析方面，与干散货船类似，具体针对运行时长、船龄、运距等船舶特征进行分析；整体来看，集装箱船单次航行的运行时长中，各环节占比相对较为固定，整体时长则呈现出随装载量增大而增长的趋势，该趋势主要来自于停泊时间的贡献，可认为是货运量的增加导致了集货时间、卸货时间的增长；与干散货船有较大差异，集装箱船龄分布存在三次显著高峰，分别为 15 年左右、10 年左右和近 5 年内。从横切分级来看船龄分布，自六级船开始，船龄越小，该船级船只保有量越大，自五级船开始，船级越大，船龄上限越低，且近年来不再保有新建低级别船只，该现

象与造船技术与经济性两方面因素有关，船舶产量与技术提升导致近年来保有建造大量更高等级船级集装箱船，低级别船建造经济性与必要性都有所降低；集装箱船运距分布趋势明显，呈现出了船级越大，运距上限越高的特点，但在六级船开始，运距上限稳定在 1000 海里左右，这是由于随着大型集装箱船投入使用以来，小型船在经济性上缺乏竞争力，故而利用其灵活性优势从事短途航运，等待服役寿命到期报废，与此同时，我国深圳-青岛航线航行距离为 1000 海里，已达到沿海航程上限，因此从高级别船运距分布上限维持在 1000 海里左右。

请勿外传

4. 船舶航线特征

本章主要对船舶航线特征进行分析。针对干散货船首先分析了干散货船货运往来情况，分析获取煤炭、钢材、铁矿石在港口间的热门航线。为了进一步分析货物流向情况和航线分布规律，对主要货物在全国的产业分布情况作了简单概括，针对沿海区域和内河区域对主要港口群的货物流向分布进行分析，得到不同港口群范围内的货物流向，包括出发港口、到达港口分布情况，还进一步分析了港口群内航次数量前十及以内的航线上的船舶船型分布情况。为刻画选取的重要航线上的船舶运行特征，统计了研究范围内沿海和内河航行区域内不同货类航线上的船型分布，并分析了不同航线上的船龄分布规律。针对集装箱船首先分析了集装箱运输的主要 OD 对情况，接着统计了不同航线上的船龄分布，最后对不同发出区域航线上的吨级分布规律进行总结。

4.1 数据处理

在进行船舶航线特征和港口特征分析时区分沿海和内河港口，以不同港口群为研究对象分析不同区域的港口特征。故在数据表中新增“港口类型”字段以区分沿海港口和内河港口，根据港口所在海域，将沿海港口聚类为环渤海港口群、长江三角洲港口群、东南沿海港口群、珠江三角洲港口群、西南沿海港口群，将内河港口聚类为长江流域港口群、京杭大运河流域港口群、珠江流域港口群，并在数据表中新增“港口群”字段作为区分。

4.2 干散货船货运往来情况分析

4.2.1 港口间货运往来分析

（1）港口间煤炭往来情况

为分析港口间货运往来的整体情况，由于单年的数据可能受到该年度偶然性因素的影响，导致数据波动，合计多年的数据可以减弱这种波动，故分析 2014 至 2020 年的货运数据，得出更稳定的结论。对港口 OD 对间各货类的货物流量进行分析，如图 4-1 所示为各港口间煤炭货运量分析，图中圆圈大小、箭头方向、箭头粗细分别代表港口货运量、货物流向、货物流量。可以看出煤炭的主要发出港集中在我国北方地区，分布在河北省和天津市，主要从北部沿海港口发往长江流域以及东南部沿海港口，运距集中在 510-809 海里。秦皇岛港

和黄骅港的煤炭发出量最大，秦皇岛港主要发往宁波舟山港，江阴港、广州港和泰州港；黄骅港煤炭主要发往宁波舟山港，江阴港和珠海港；京唐港和曹妃甸发出的煤炭中，运往江阴港的煤炭量较大，天津港向各港口的煤炭发出量较为平均。其中秦皇岛-宁波舟山、秦皇岛-江阴、黄骅-宁波舟山、秦皇岛-广州这 4 条线路的煤炭运量最大，高达 9 千万吨以上。结合右图煤炭消费端产业分布密度进行分析，图中颜色越红代表相关产业密度越大，主要集中在三类地区：靠近煤矿资源地区的“坑口电站”，如图中安徽、山东、山西等；第二类靠近用电负荷中心，主要分布在煤炭运输方便的沿海发达地区，例如京津唐地区；同时在工业用热需求较大的地区，产业密度也较大，例如江浙、广州等东部南部地区产业发达，水电等资源跟不上，需要煤炭资源进行能源供应。产业分布状况与港口运输往来情况符合，煤矿资源由西部经环渤海港口运往东部地区。

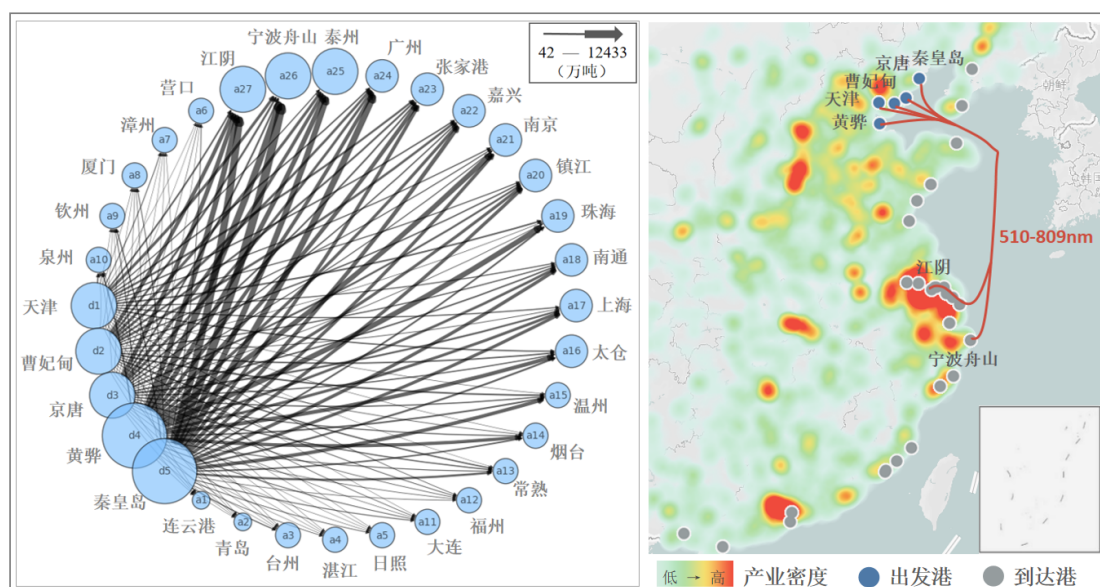


图 4-1 港口间煤炭往来情况

(2) 港口间钢材往来情况

图 4-2 所示为各港口间钢材货运量分析，可以明显看出，钢材热门航线为：营口-上海、大连-烟台、曹妃甸-广州、天津-上海、曹妃甸-上海，这 5 条线路的钢材运量大于 2 千万吨，运送趟次也最多，运距集中在 588-725 海里。此外，曹妃甸港和大连港发往广州、佛山的趟次也较多，运距在 1400 海里左右。大连港的运距相对分散，其中大连-烟台运距最短，为 95 海里左右，但此线路趟次高达 2200 次以上。与煤炭相比，钢材货运量更小，除大连-烟台，钢材主要从北部港口集中运到东部沿海港，其中上海港的到达量最大。可以看到钢材发出

港主要集中在环渤海沿海港口群，到达港进港量最大的是上海港，其次是广州、烟台港宁波-舟山和江阴港。由于我国是主要的钢铁生产国，同时也是钢铁使用大国。钢材生产集中在辽宁、山西、内蒙古等铁矿石资源丰富的省份，因此发出港主要集中在环渤海港口群，而建筑、房地产等对钢材需求较大的产业更集中地分布在东部和东南部沿海城市，长江流域也有较多分布，因此钢材的运距呈现出整体分布较分散，中长距离运输分布较大的现象。

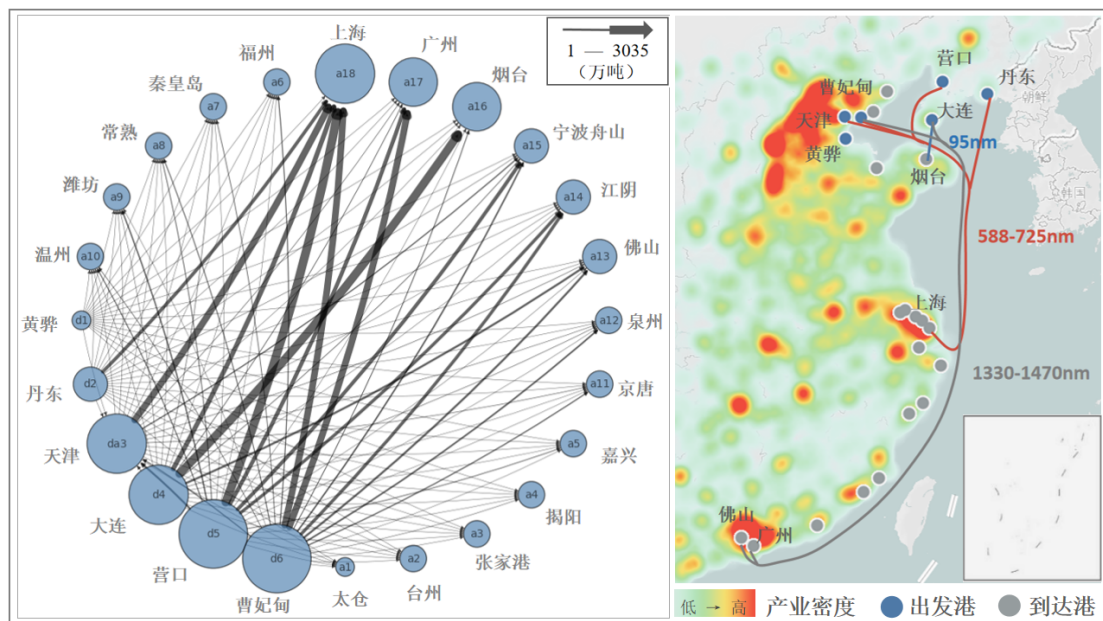


图 4-2 港口间钢材往来情况

(3) 港口间铁矿石往来情况

各港口间铁矿石货运量如图 4-3 所示，可以看到宁波舟山港发出铁矿石远大于其他港口，主要发往张家港、南京、镇江和常州港。因此热门航线主要为：宁波舟山-张家港、宁波舟山-南京、宁波舟山-镇江等，这三条线路的货运量高于 7 千万吨，其运输距离主要分布 175-400 以及 310-526 海里。另一方面，位于北方的港口：锦州、营口、大连发出的货物主要去往江阴港，运距主要集中在 638-800 海里，但趟次相对较少，主要 OD 对为锦州-江阴；董家口、连云港、日照港的铁矿石主要发往张家港，运距在 400-526 之间。此外宁波舟山港至马鞍山港的趟次也较多，但运距较短，为 175 海里。相较于煤炭和钢材，铁矿石作为生产钢铁的重要原材料，环渤海港口中各发出港周边有大量钢厂，需求较大，难以支援南部地区，因此需要依靠大量进口。而我国铁矿石的主要进口国和地区为南美洲和澳大利亚，主要依靠长三角沿海港口转运，且目的港分布地理位置较为集中，因此运距多集中在 500 海里左右。

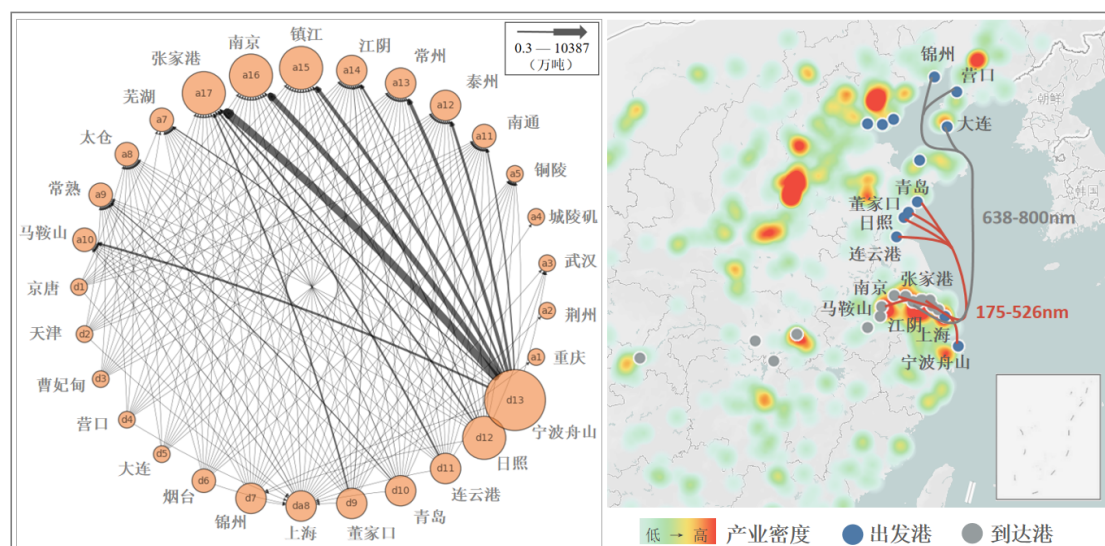


图 4-3 港口间铁矿石往来情况

总体来说，运输三种货物趟次最多的 OD 对与货流最大的 OD 对基本匹配。全国各地对煤炭的需求量大，煤炭在港口间的运量较钢材和铁矿石更为平均，主要从北部运往南部。钢材主要从辽宁、河北省等北部沿海港口运往中部长江三角洲港口群，尤其是上海港，大量钢材经上海港出口。铁矿石的运量最为集中，宁波舟山港是中国最大的铁矿石中转基地，铁矿石产业链是宁波舟山港的重点产业方向之一，宁波舟山港承担了大部分的铁矿石转运量，通过宁波舟山港从沿海运往内陆地区。

4.2.2 货物产业分布

2019 年钢材产量与产业分布如图 4-4 所示，从中可以看出，我国钢铁行业产业链相关企业在河北、北京、辽宁、山东、江苏、四川等地发展迅速，主要呈现出东部地区较多，西部地区较少的特征。总的来看，钢材产业主要分布在环渤海港口群所在省份，因为在环渤海经济圈中坐落着我国九大钢铁生产企业中的京津唐钢铁基地、鞍山钢铁基地等，钢铁产业发展历史悠久，产业积淀较为丰厚。长江三角洲地区、珠江三角洲地区家居、建筑建材产业需求较大，因此钢铁产量与产业分布也相对较多。

我国钢材区域消费情况有以下特点：一是，华北、华东、中南、西南地区 50%以上的钢材属于本地生产销售，东北地区钢材本地销售的比例也较高，这是因为在振兴东北老工业基地的引领下，东北市场需求量增长较大。二是，从区域市场来看，华东地区仍然是我国最大的钢材消费市场，约占全国总消费量

的 39.46%，其次是华北、中南地区，约占 35.44%。这是因为到 2022 年华东地区建筑房屋施工面积占全国的比重达到了 49%，华东地区消费了大量建设用钢材。

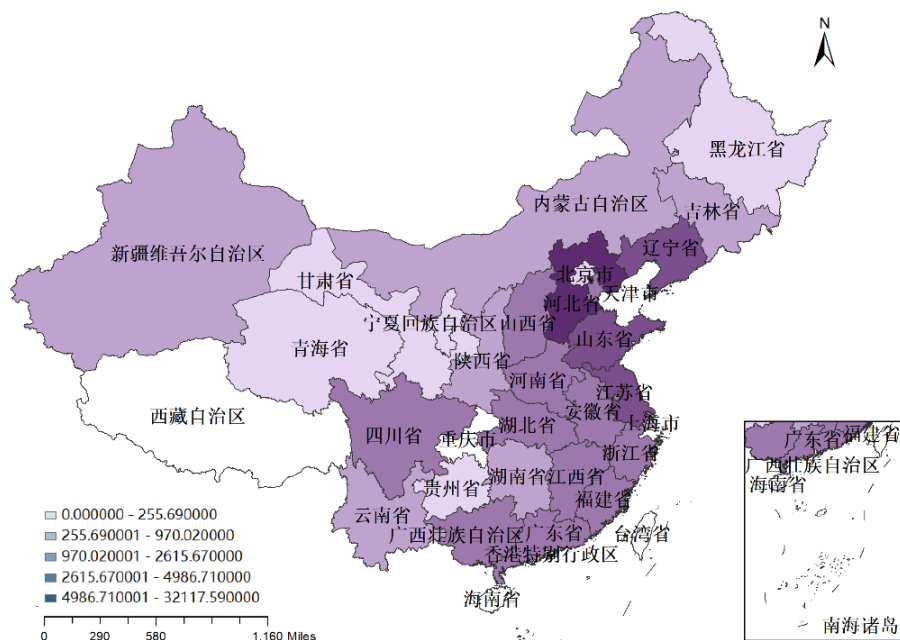


图 4-4 2019 年钢材产量与产业分布

2019 年煤炭产量与产业分布图如图 4-5 所示，可以看出，我国煤炭资源储量丰富、分布面积广，但仍存在“北富南贫，西多东少”等资源分布不均匀的情况。北方煤炭资源主要集中在山西、内蒙古、陕西、甘肃、河南等省份，上述省份基础储量占全国基础储量的 68% 左右。其中山西、陕西、内蒙古煤炭资源最为丰富。南方煤炭资源主要集中于贵州、云南和四川三省，合计占全国基础储量的 7.96%。新疆是中国煤炭远景储量最丰富的地区，目前勘探程度较低，其基础储量占全国的 6.63%。煤炭相关产业分布也与资源分布情况相匹配，如煤炭一直以来都是山西省的支柱性产业。

我国动力煤下游需求主要包括电力、冶金、化工、建材、供热等领域，2018 年我国共消耗煤炭 37.77 亿吨，其中电力行业用煤量 19.71 亿吨，占比 52.2%，是我国煤炭最主要的消费领域，冶金、化工、建材的煤炭消费量则分别为 6.65 亿吨、2.24 亿吨、2.83 亿吨，占比分别达到 17.6%、5.9%、7.5%、7.0%、9.8%，可以看出，煤炭消费量一半以上都集中电力行业，因此某一地区火电发电量的多少基本上决定了当地用煤需求的量。我国煤炭产业链中游生产企业也主要分布在山西、内蒙古和陕西等地区，相关企业的分布与煤炭资源分布情况

一致，这是因为我国北部是煤炭主产区，当地煤炭向当地运输可以有效支撑当地钢铁产业发展。但下游消费区域主要分布在华东和华南等地，煤炭供需之间存在错配，由此形成了“北煤南运”“西煤东调”的格局。从煤炭市场的格局来看，2016 年实行供给侧改革以来，我国煤炭产量持续向山西、陕西、内蒙古等优势资源地区和头部煤炭企业集中，随着运输条件改善以及坑口电厂建设，晋陕蒙地区在煤炭产销方面的核心地位得到持续强化。

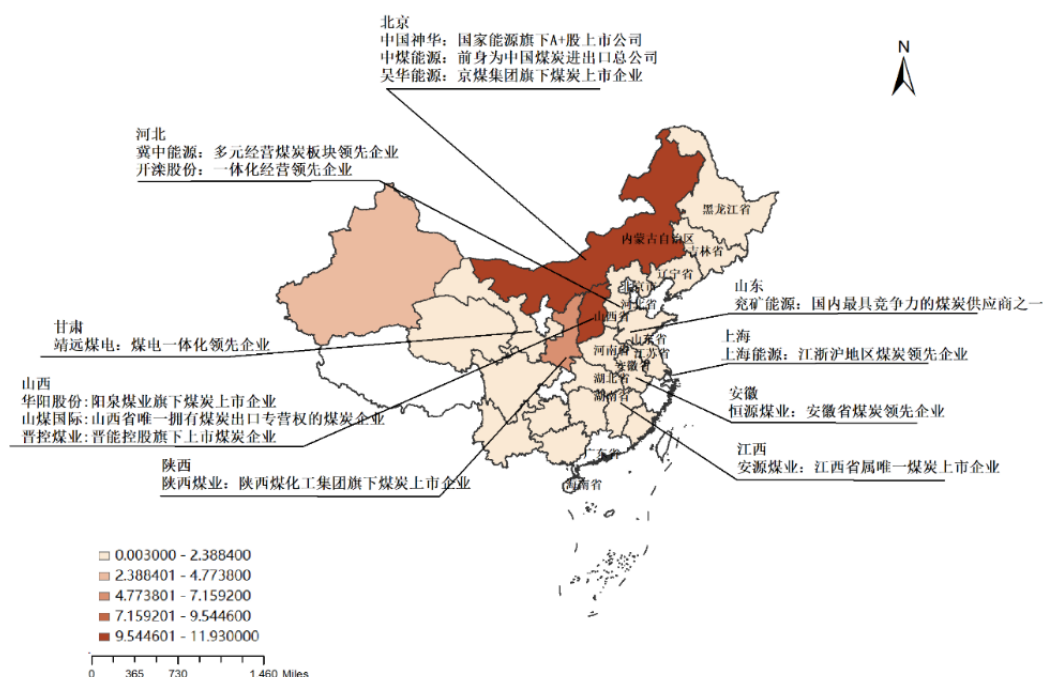


图 4-5 2019 年煤炭产量与产业分布

2019 年铁矿石产量与产业分布图如图 4-6 所示，可以看出，我国铁矿石资源分布不均匀，具有整体分散和局部集中的特点。从地域上来看，我国铁矿石原矿的主要生产地区集中在北方各省，尤其以环渤海地区和山西、内蒙古等省份最为集中，占到全国原矿总产量的 60%以上，西南地区和华北其他地区产量比重也较高，均超过 10%，而长三角地区和华南沿海地区产量较低，在全国的总产量中比重较低。分省份来看，目前河北、辽宁、四川、内蒙、山西五个地区的铁矿石产量占我国总产量的 77%左右。河北省产量比重最大，达到 40%，其次是四川、辽宁、山西、内蒙。

国内目前铁矿石的终端消费来自钢铁生产企业，钢铁的产能分布也决定了铁矿石的消费格局。环渤海地区生铁产量占全国产量的接近一半，从需求地区看，环渤海地区的铁矿石需求是最为集中的，其余如长三角和华中地区等虽然

比较集中，但需求量相对较小，其他地区更为分散。目前，国内铁矿石主要流出地区为河北、山东、上海、内蒙等，主要流入地区为山西、河南、湖北、江苏、湖南、云南等地区。其中，北方地区的需求主要由环渤海地区接卸进口铁矿石，然后经过铁路运输至钢铁企业；华东、长三角地区，主要是利用长江附近码头接卸进口铁矿石，然后利用长江航道将铁矿石水运至沿线各港口；华南地区主要利用华南沿海各港口接卸进口铁矿石后，运输至钢铁企业。

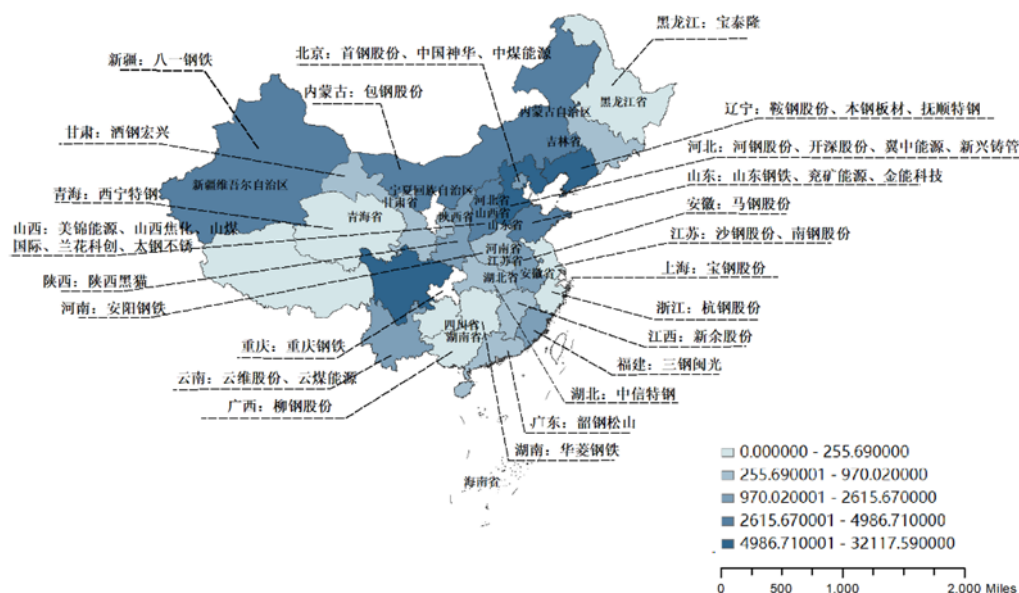


图 4-6 2019 年铁矿石产量与产业分布

4.3 主要港口群货物流向分布

基于 2019 年我国航运市场运输货类及趟次数据，针对不同类型主要货物沿海区域到达港口、内河区域到达港口的货物流向分布进行分析。

总的来看，煤炭运输的发出港口分布较为稳定，主要分布在环渤海港口群，具体集中在京津唐地区，一方面这里距离我国北部煤炭主产区较近，另一方面当地煤炭向当地运输可以有效支撑当地钢铁产业。煤炭到达港口较为分散，主要为三个地区：长三角经济圈、浙江东部沿海与珠三角经济圈，但多数集中在长江流域。

钢材的运输起讫点主要集中在沿海港口，其中发出港口分布较为稳定，钢材产业主要分布在环渤海港口群所在省份，在环渤海经济圈中坐落着我国九大钢铁生产企业中的京津唐钢铁基地、鞍山钢铁基地等，钢铁产业发展历史悠久，产业积淀较为丰厚。主要到达港口可分为三个地区：以烟台港为代表的华北地

区；以上海、宁波港为代表的长江三角洲地区；以广州、佛山港为代表的珠江三角洲地区。

铁矿石的起讫点时空分布相对较为稳定，发出港主要集中在环渤海区域、山东沿海港口群及宁波-舟山港，到达港则主要集中在长江流域，发往内河港口。由于我国是工业大国，大量依赖海外铁矿石进口，在长江中下游分布有宝武钢铁生产基地，因此整体分布呈现出由宁波舟山港进口铁矿石，沿长江中下游运输的分布特征。具体来看途径的主要港口有常州港、镇江港、南京港、南通港，集中在钢铁生产与生产制造业重镇。

(1) 沿海区域货物流向分布

环渤海区域的货物流向如图 4-7 所示，可以看出，环渤海区域钢材和煤炭的货物流向都较分散，主要在环渤海区域内各港口间往来。钢材的发出港口有丹东、大连、营口、曹妃甸、天津和黄骅，到达港口主要有烟台、日照、青岛等。而营口、天津、黄骅、大连则同时作为发出港和到达港，发出港和到达港之间的货物流动集中在环渤海区域。煤炭的发出港口则少于钢材，具体有秦皇岛、京唐、曹妃甸、天津和黄骅港，主要集中在津冀沿海港口群，到达港口则基本和钢材相一致。不过相比较而言，钢材的运输航线比煤炭多了位于辽宁沿海港口群的以丹东和大连为辐射港的航线。并且大连既是钢材的主要发出港也是到达港，它在货物流向中充当着中转点的角色，将部分发出港的货物集中起来统一运去其他港口。

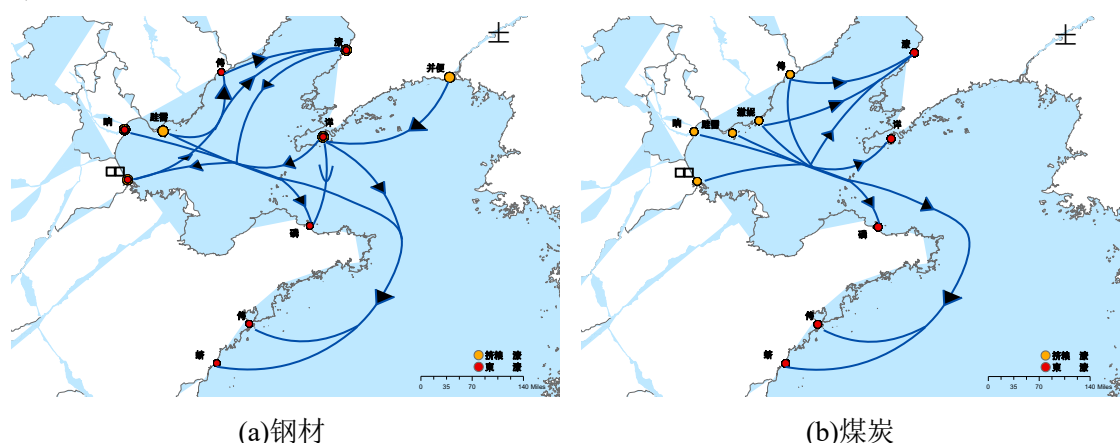


图 4-7 货物流向图（环渤海区域）

长江三角洲区域的货物流向如图 4-8 所示，可以看出，钢材和煤炭的货物流向主要从环渤海区域至长江三角洲区域，发出港口均位于环渤海区域。稍微存在一些差异的是，钢材发出港相比煤炭发出港，还有位于辽宁沿海的港口群：

丹东、营口和大连港，而煤炭发出港则均位于津冀沿海港口群，主要港口有秦皇岛、京唐、天津、曹妃甸和黄骅港。而对于钢材和煤炭的到达港则是一致的，主要到达港口均为长江三角洲沿海区域的上海、宁波舟山、连云港。这些港口作为重要的沿海港口，连接了长江经济带和周边地区，成为钢材和煤炭进入内陆区域的主要通道。

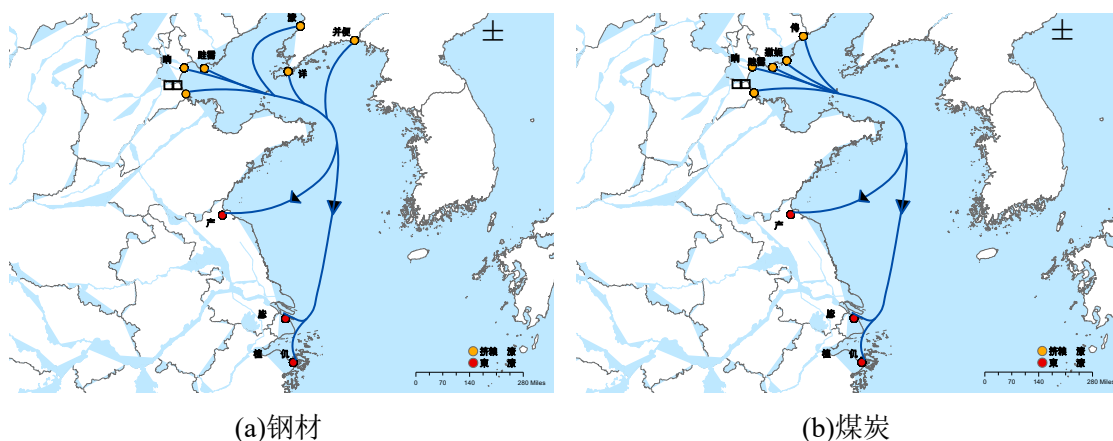


图 4-8 货物流向图（长江三角洲区域）

东南沿海区域的货物流向如图 4-9 所示，可以看出，东南沿海区域钢材和煤炭的发出港主要来自环渤海区域，而到达港口集中在东南沿海区域的福州港。对于钢材来说，主要发出港口为天津、营口、曹妃甸、黄骅、大连港；相比较之下，煤炭发出港到更为集中，均位于津冀沿海港口群。

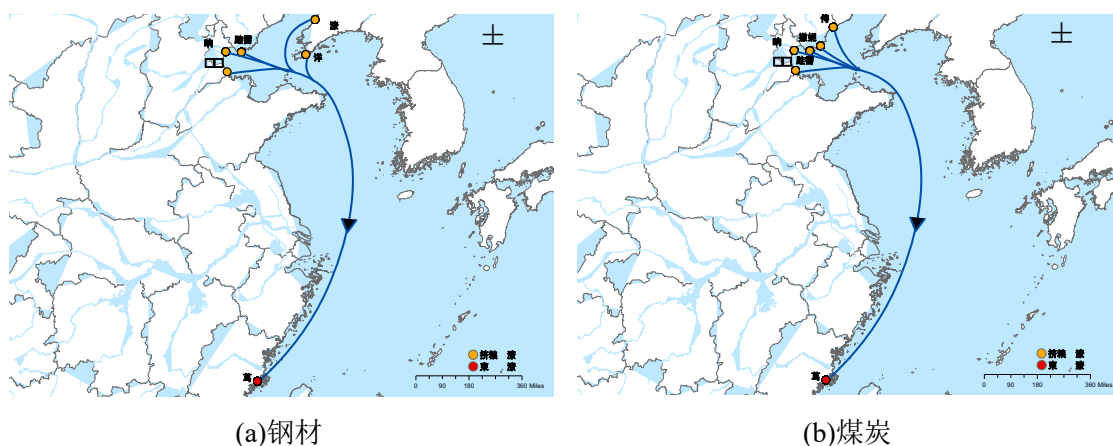


图 4-9 货物流向图（东南沿海区域）

珠江三角洲区域的货物流向如图 4-10 所示，可以看出，珠江三角洲区域钢材和煤炭的发出港主要来自环渤海区域。主要港口有天津、营口、曹妃甸、黄骅、大连港等，到达港口集中在珠江三角洲区域的珠海港、广州港。总体来说，钢材和煤炭的货物流向与东南沿海区域一致，只有到达港口存在差异。

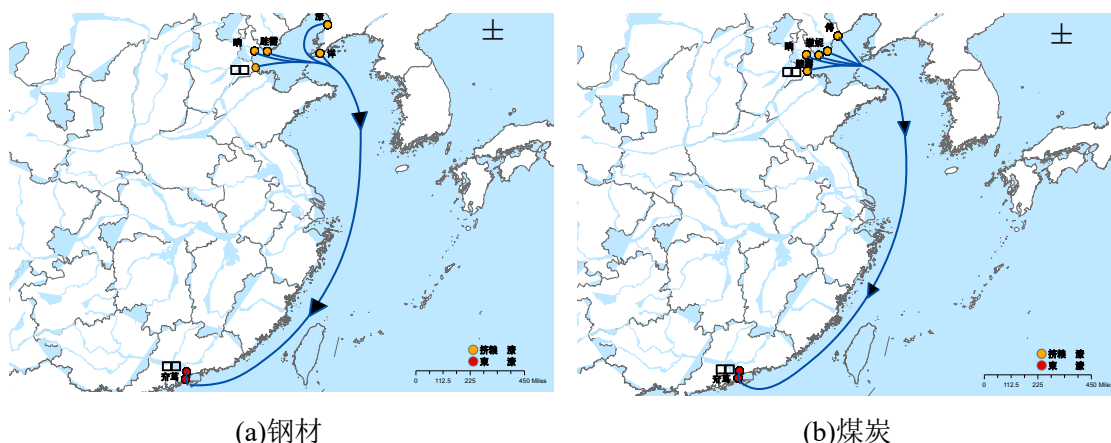


图 4-10 货物流向图（珠江三角洲区域）

西南沿海区域的货物流向如图 4-11 所示，可以看出，西南沿海区域钢材和煤炭的发出港口均位于环渤海区域，主要港口有天津、营口、曹妃甸、黄骅、秦皇岛、大连港等，到达港口均为西南沿海区域的钦州港。总体来说，钢材和煤炭的货物流向与珠江三角洲一致，只有到达港口存在差异。

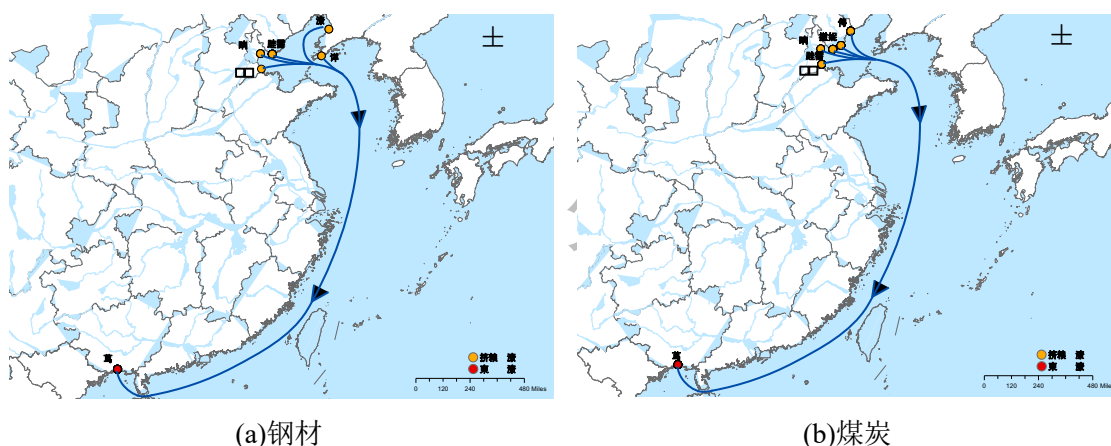
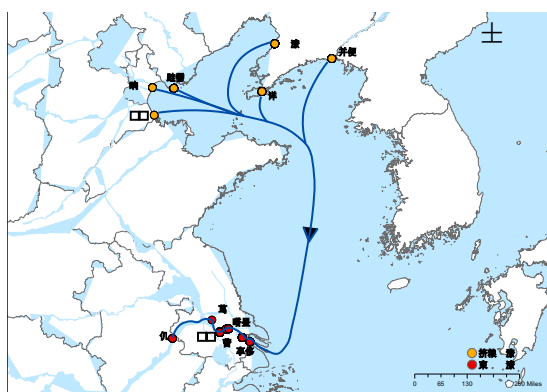


图 4-11 货物流向图（西南沿海区域）

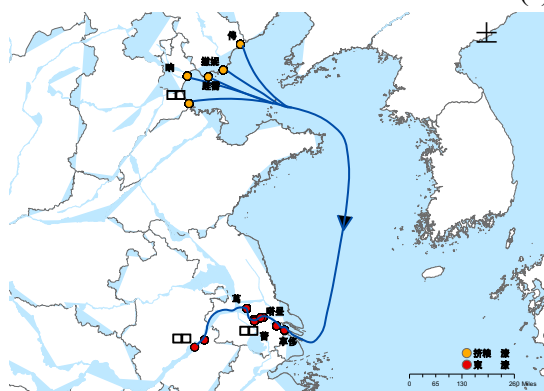
(2) 内河区域货物流向分布

长江流域货物流向如图 4-12 所示，可以看出，长江流域钢材和煤炭的货物发出港均处于环渤海区域。钢材的发出港口较煤炭更为分散，范围覆盖整个环渤海区域，主要港口有天津、营口、曹妃甸、黄骅、丹东、大连港等；而煤炭的发出港口主要集中在京津唐地区，主要港口有天津、曹妃甸、黄骅、京唐、秦皇岛，一方面原因是这里距离我国北部煤炭主产区较近，更核心的原因在于大秦铁路与淮池铁路连通了陕西、山西与内蒙古等我国煤炭主要产区与沿海发出港口，通过铁海联运有效的节省运输成本与污染排放，其中大秦铁路主要连通秦皇岛港、京唐港与曹妃甸港，淮池铁路主要连通黄骅港，主要目的港集中在长江中下游港口。煤炭和钢材的到达港口均为长江流域，主要港口相对一致，

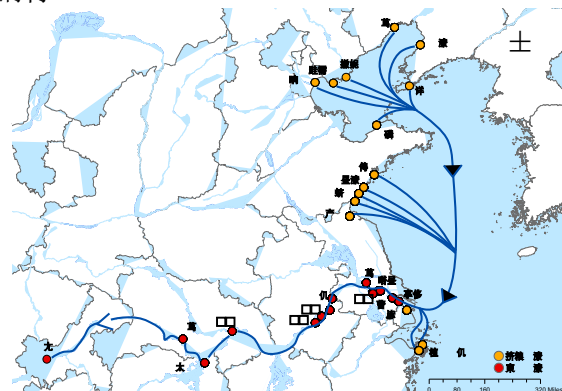
主要有泰州港、江阴港、张家港、常熟港、太仓港。铁矿石的起讫点时空分布相对较为稳定，发出港口数量众多且分布广泛，有环渤海区域、山东沿海港口群、长江三角洲区域，到达港口主要位于长江流域的南京港、镇江港、常州港、南通港，集中在钢铁生产与生产制造业重镇。由于我国是工业大国，大量依赖海外铁矿石进口，在长江中下游分布有宝武钢铁生产基地，因此整体分布呈现出由宁波-舟山港进口铁矿石，沿长江中下游运输的分布特征。



(a) 钢材



(b) 煤炭



(c) 铁矿石

图 4-12 货物流向图（长江流域）

京杭大运河流域货物流向如图 4-13 所示，可以看出，该流域钢材和煤炭的发出港口均是位于环渤海区域，发出港口与长江流域发出港口一致。煤炭和钢材的到达港口均为京杭大运河流域的南京港、镇江港、常州港、南通港等。

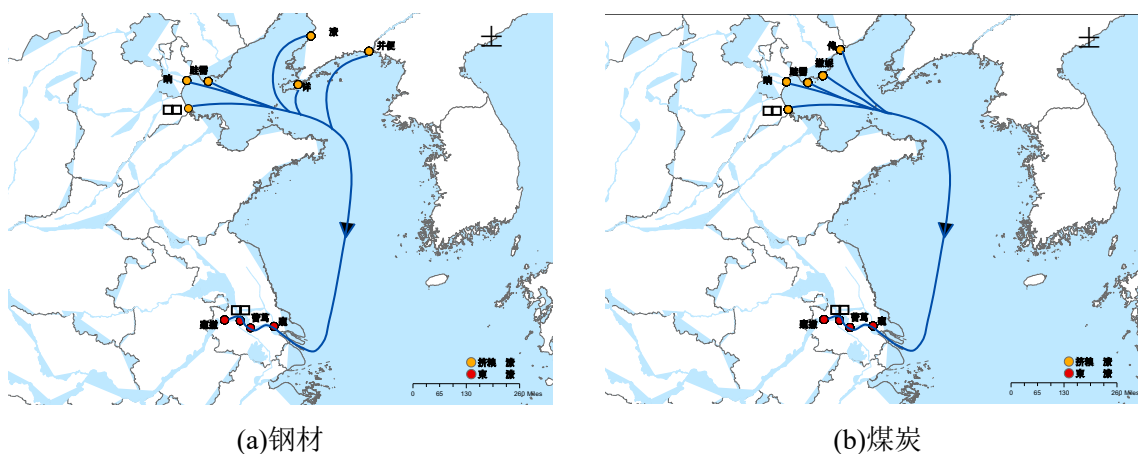


图 4-13 货物流向图（京杭大运河流域）

煤炭珠江流域货物流向如图 4-14 所示，可以看出，到达珠江流域的煤炭发出区域为环渤海区域，发出港口相较于到达其他流域的港口分布范围更加广泛，主要港口有黄骅港、天津港、曹妃甸港、营口港、大连港、丹东港，到达港口主要为佛山港。

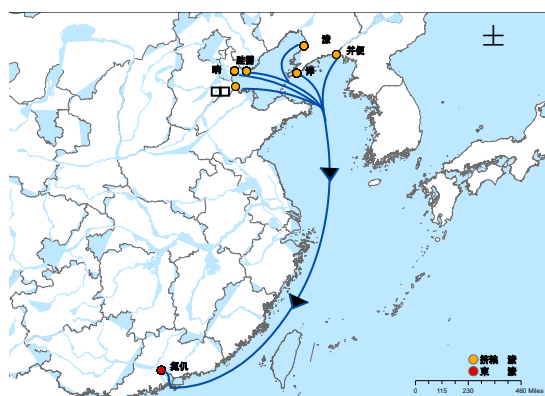


图 4-14 货物流向图（煤炭珠江流域）

4.4 主要港口群热门航线船舶分析

为了了解不同港口群热门航线上的船舶类型分布情况，我们根据航线终点所在港口群划分航线归属，统计了 2019 年不同港口群航次前十及前十以内的航线，并对这些热门航线上的船舶类型分布做了分析。

（1）沿海港口群热门航线船舶分析

2019 年长江三角洲流域航线船型分布如图 4-15 所示，整体来看，长江三角洲流域热门航线上船舶类型主要为 1 万吨级和 1.5 万吨级船舶。其中，曹妃甸-宁波舟山、营口-宁波舟山、大连-上海航线上有 34%~40%左右的船舶 5 千吨级船舶；航程终点在宁波舟山港的几条航线上约 30-40%的船舶为 5 万吨级，比如黄骅-宁波舟山、秦皇岛-宁波舟山、京唐-宁波舟山。

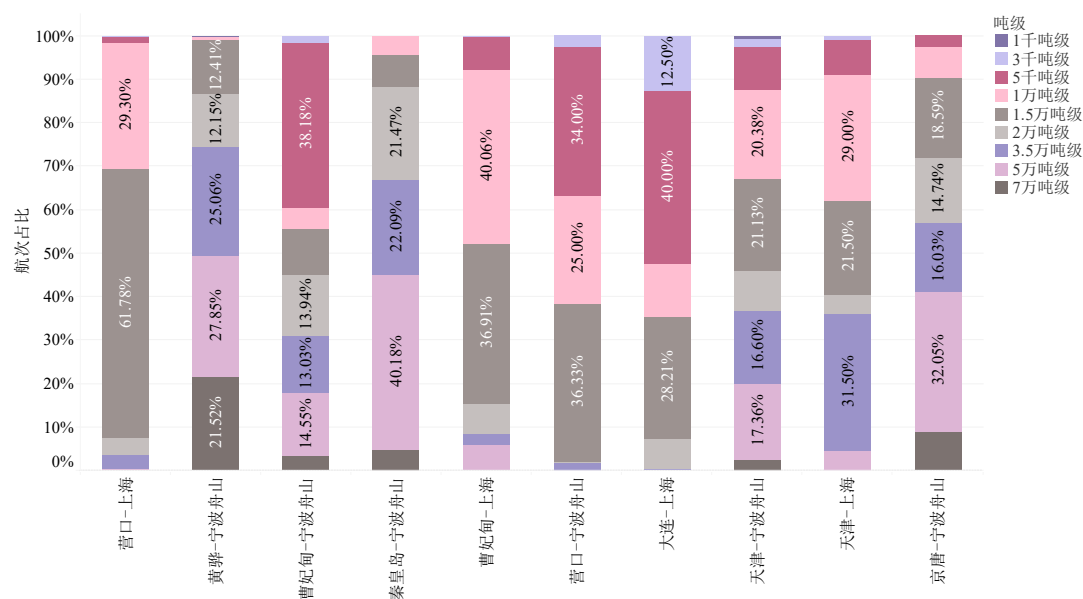


图 4-15 长江三角洲港口群热门航线船舶类型分布

2019 年环渤海港口群热门航线船型分布情况见图 4-16，整体来看，环渤海港口群热门航线中，3.5 万吨级以上的船舶往来较多。其中，大连-烟台是运钢材的重要航线，因此该线上近 80%的船舶为 2 万吨级，黄骅-烟台、黄骅-大连超过 50%的船舶吨级为 5 万吨级及以上。也有部分航线上航行船舶吨级较小，比如京唐-烟台、天津-烟台超过 50%的船舶在 5 千吨级及以下。

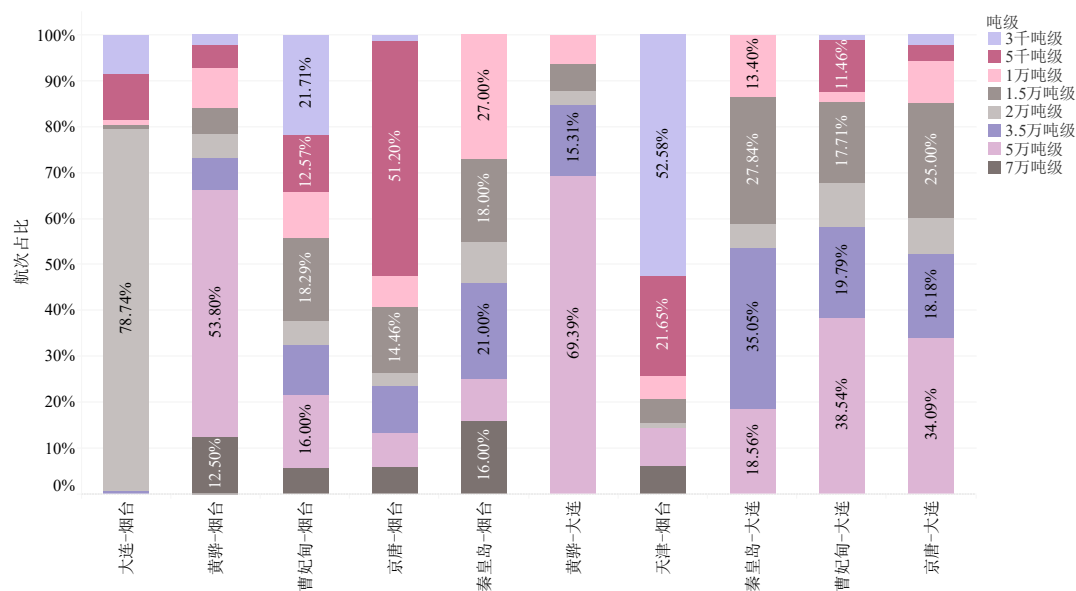


图 4-16 环渤海港口群热门航线船舶类型分布

东南沿海港口群的热门航线中，船舶吨级分布呈两极化，如图 4-17，在东南沿海港口群的热门航线中，一半的航线上航行船舶吨级偏小，50%以上的船舶在 1 万吨级以下，比如曹妃甸-福州、天津-福州、营口-福州、大连-福州，其

中营口福州航线上有近 70%的船舶为 5 千吨级船舶，大连-福州航线上有近 90%的船舶为 5 千吨级船舶；一半的航线上航行船舶偏大，70%以上的船舶在 3.5 万吨级以上，比如黄骅-福州航线上近 50%的船舶为 7 万吨级以上，秦皇岛-福州 51%的船舶为 3.5 万吨级。

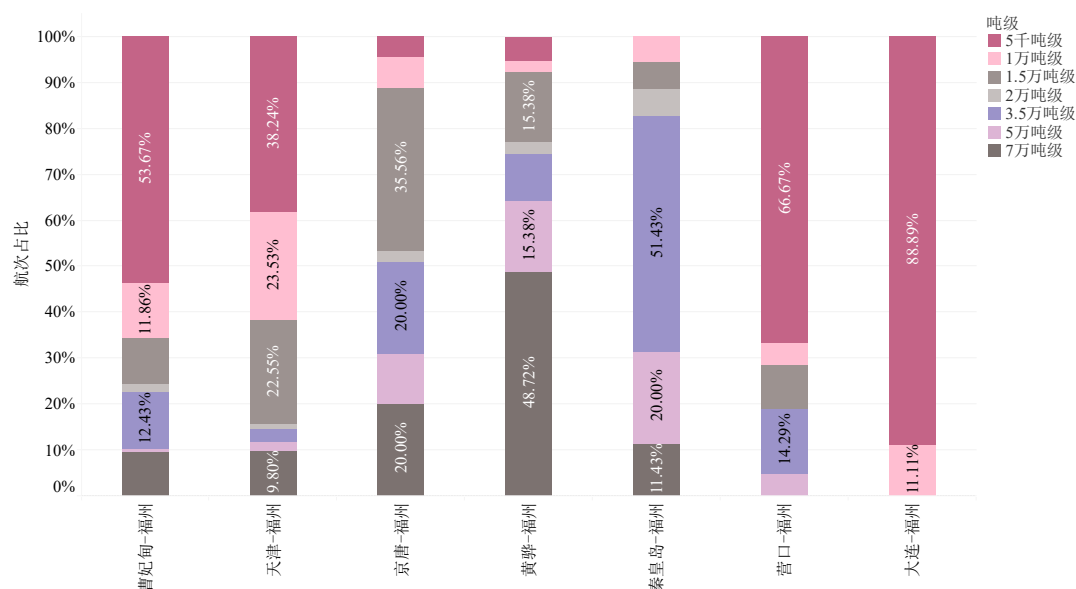


图 4-17 东南沿海港口群热门航线船舶类型分布

西南沿海港口群热门航线的船型分布如图 4-18，黄骅-钦州、秦皇岛-钦州、京唐-钦州航线上航行的主要为 7 万吨级船舶，曹妃甸-钦州、天津-钦州、大连-钦州航线上航行的主要为 5 千吨级船舶，营口-钦州航线上均为 3.5 万吨级船舶。

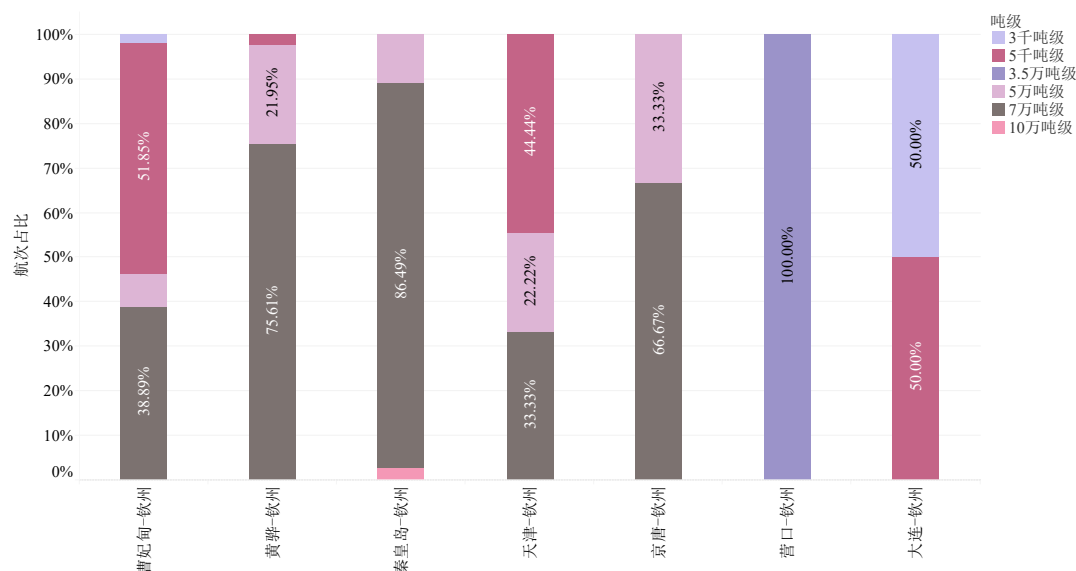


图 4-18 西南沿海港口群热门航线船舶类型分布

珠江三角洲港口群热门航线船舶类型分布见图 4-19，大部分航线上的航行船舶为 7 万吨级船舶，比如黄骅-珠海航线上 95%的船舶为 7 万吨级船舶，除此

之外，黄骅-广州航线有近 50%的船舶 5 万吨级，相对来说，大连-广州航线上航行船舶吨级较小，50%左右的船舶为 5 千吨级，30%左右的船舶为 1 万吨级。

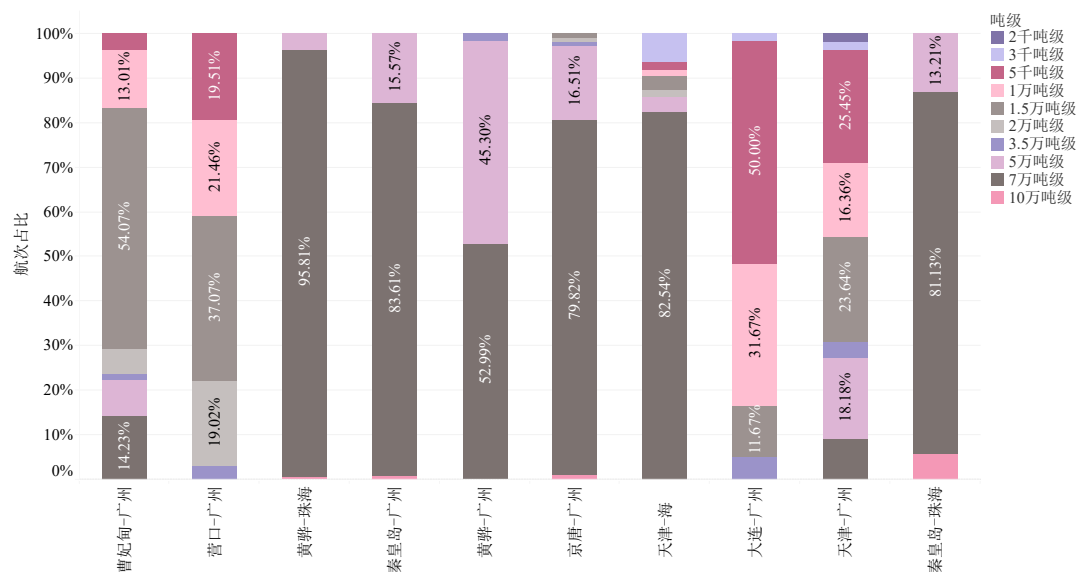


图 4-19 珠江三角洲港口群热门航线船舶类型分布

（2）内河港口群热门航线船舶分析

长江内河流域港口群热门航线船舶类型分布情况见图 4-20，整体来看，该流域热门航线上航行船舶主要为 5 万吨级。宁波舟山-马鞍山、宁波舟山-芜湖航线均有 50%的船舶为 1 万吨级，宁波舟山-芜湖航线存在部分船舶为 5 千吨级。

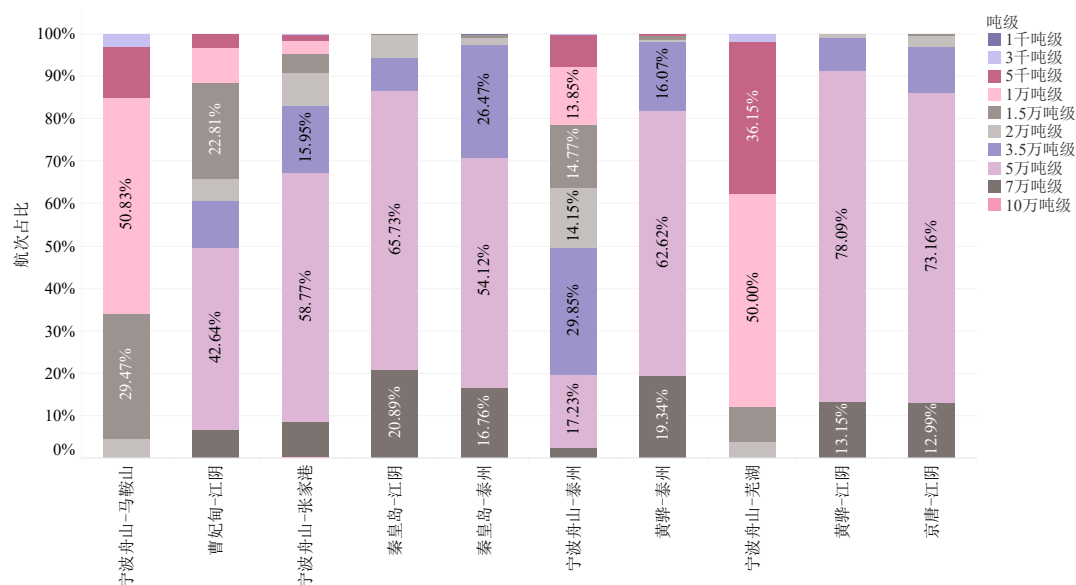


图 4-20 长江内河流域热门航线船舶类型分布

京杭大运河流域港口群热门航线船型分布如图 4-21，整体来看该区域主要航行船舶为 5 万吨级船舶。特别是，宁波舟山-南京、上海-南京航线上有 40%左右的船舶为 1 万吨级船舶，上海-南京航线上有 98%的船在 1 万吨级以下。

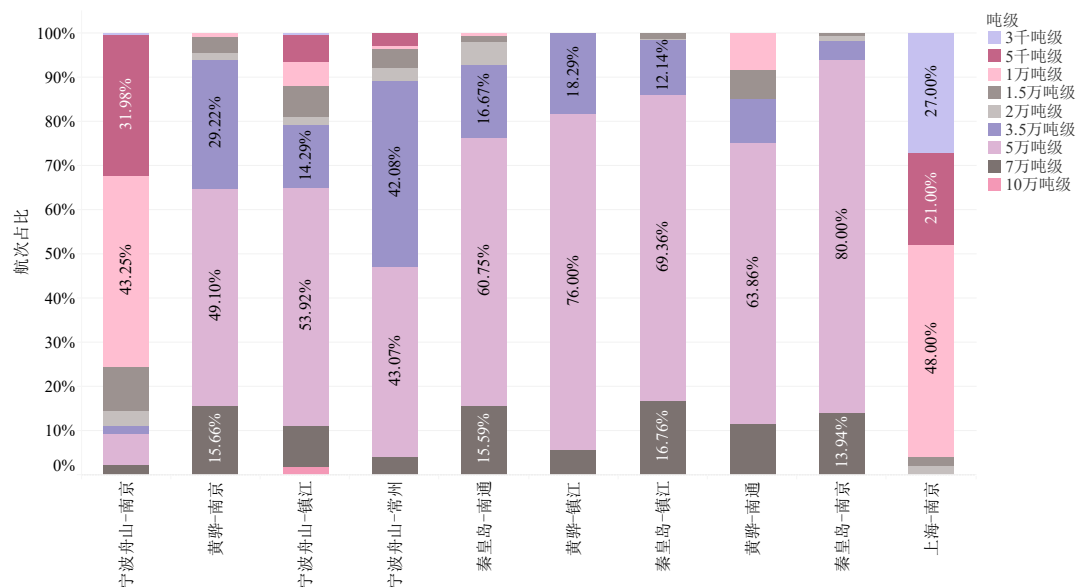


图 4-21 京杭大运河流域港口群热门航线船舶类型分布

珠江流域港口群热门航线的船舶类型分布如图 4-22，整体来看该区域主要航行船舶为 5 千吨级，曹妃甸-佛山有 10%左右的船舶为 1 万吨级。

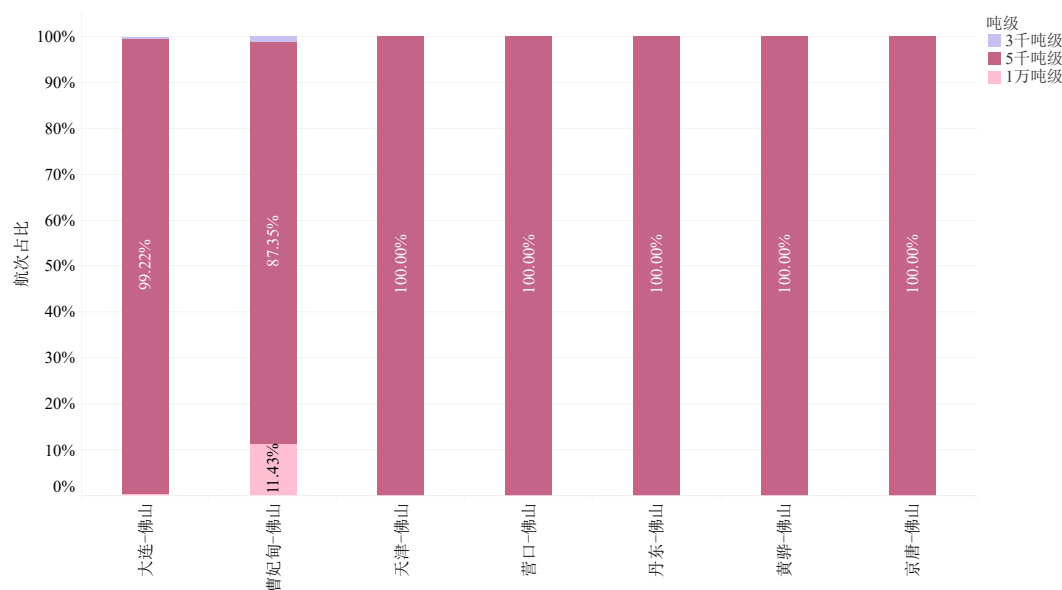


图 4-22 珠江流域港口群热门航线船舶类型分布

4.5 干散货船航线特征

4.5.1 重要航线上分货类的船舶船型分布

为更精确的刻画航线频次与市场供需、产业结构间的关系，针对航线上的船舶特征进行整理分析，同前文中所述，本阶段船舶特征分析仍依据“沿海-内河”航线与“沿海-沿海”航线对船舶进行初步划分，并在此基础之上按照吨级对船舶再次分类，以分析重点研究航线上各吨级船舶的航次占比分布。以下柱状

图中的航线均是按照货运量大小从左至右排序的，因此对于最右端少数船型航次占比极端的情况可视为其货运量较少导致的。整体来看，对于同一区域研究航线上的不同货类来说，各吨级船舶航次占比具有一定趋同性，同时也存在同一区域研究航线上各吨级船舶航次占比间差异较大的情况，这主要与起讫点、供需、航线条件等条件有关。

（1）分货类的“沿海-内河”研究航线船型分布

首先对“沿海-内河”航线上的各吨级船舶的航次占比进行分货类描绘。整体来看，在重点“沿海-内河”研究航线中，运输各货类的船舶吨级普遍较小，呈现出小吨级船舶航次占比较多、大吨级船舶航次占比较少的情况。经分析原因可归纳如下：

I. 航线资源受限导致小吨位船舶优势凸显。相较于沿海水域，内河水域条件较差，部分港口难以承接大型船舶，受水域、航道条件等限制，大吨级船舶在内河航道适应性较弱；

II. 同时由于内河高等级航道建设加快，近入海口的内河航道水深条件较好，也存在较大吨级船舶在内河航线上航行，又随着水路运输经济性优势突出，大宗商品可通过内河向内陆地区运输，使得内河航线上有较大型船舶分布；

III. 同一区域研究航线上货物类型相对集中且分布区域固定，使得运输需求主要集中在少数起讫点上，从而出现大吨位船舶在少数港口占比较高的情况。

2019 年钢材“沿海-内河”研究航线船型分布如图 4-23 所示，对于“沿海-内河”钢材重点航线上的船舶，不同航线上船舶航次占比特征有一定差异，主要为 1 万吨级和 1.5 万吨级船舶。据统计，大多数“沿海-内河”航线上的 1.5 万吨级船舶占比不少于 50%，是运输钢材的主要船舶吨级；在少部分航线如大连-张家港、黄骅-泰州的航次统计中，5 千吨级船舶占比较大；在曹妃甸-张家港、丹东-镇江、天津-太仓、黄骅-张家港的航次统计中，2 吨级至 3.5 吨级的较大吨级船舶占比较大。各航线上不同吨级航次占比差异主要与钢材需求分布有关，张家港的钢材需求量较大、水深条件较好，因此 3.5 吨级的较大吨级船舶能满足载运量需求，同时港口的水深条件也允许较大吨级船舶停泊靠泊。另一方面，这部分较大吨级船舶也可能是刚投入使用的新造船，内河航道建设速度加快使得越来越多吨级较大的新造船投入到内河航道的运营中。

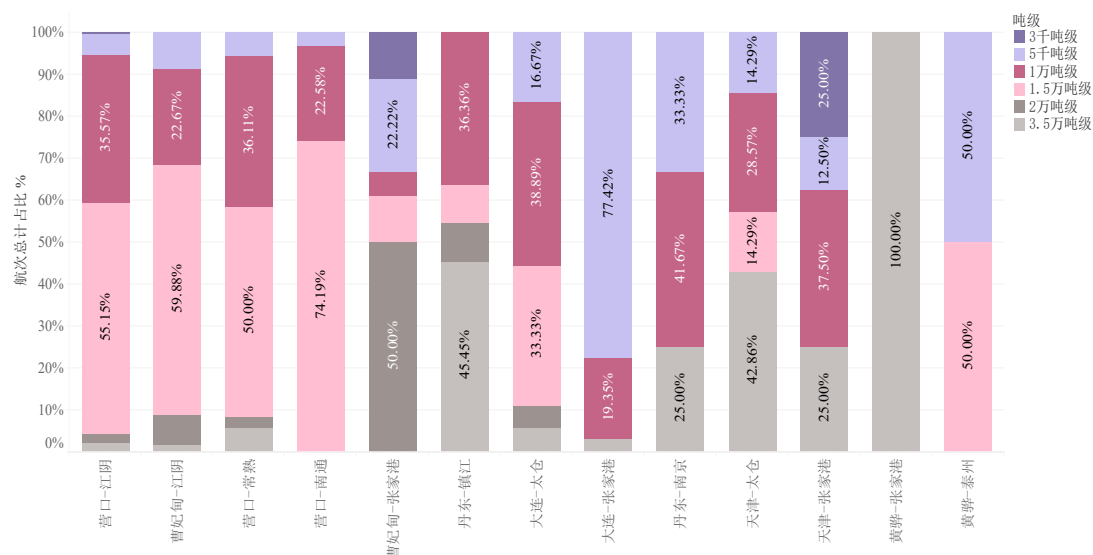


图 4-23 2019 年钢材“沿海-内河”研究航线船型分布

2019 年煤炭“沿海-内河”研究航线船型分布如图 4-24 所示，在“沿海-内河”煤炭重点航线上，3.5 万吨级~7 万吨级的船舶航次总占比基本超过 90%，普遍大于运输钢材的船舶吨级，其中 5 万吨级船舶航次占比最大，分布在 45%~80% 之间。煤炭需求主要分布在经济发达的长三角与珠三角地区，经济发展较快、能源需求量大，因此需要更大吨级的船舶才能更好地适应较大的煤炭的需求。另外，从港口条件来看，长三角和珠三角内河水系距入海口较近、水深条件更好，允许较大吨级船舶的通航条件。

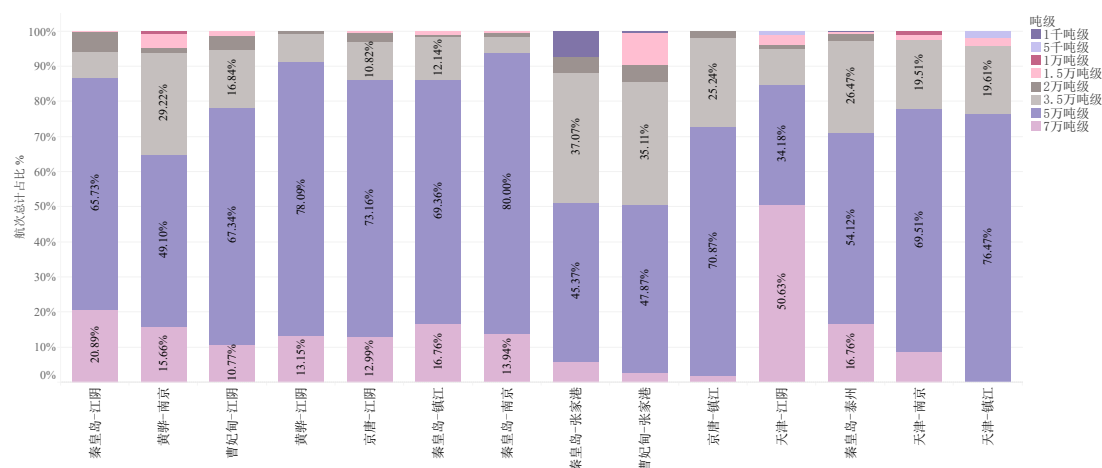


图 4-24 2019 年煤炭“沿海-内河”研究航线船型分布

2019 年铁矿石“沿海-内河”研究航线船型分布如图 4-25 所示，对于“沿海-内河”铁矿石重点航线，航次占比较大的运输船舶为 5 万吨级船舶，占比范围在 30%~100%，且大多数航线上 5 万吨级船舶航次占比超过 50%，是运输铁矿石的主要船舶吨级。以张家港港、江阴港、太仓港、镇江港等为代表的到达港口，

吨级较大的船舶航次占比更多，其原因主要是由于大型冶钢企业对铁矿石需求量较大，且大型船舶可以较为方便的从上海等港口出发沿内河发送至内陆地区。同时由于目前国内铁矿石生产规模小、供给能力不足，船舶大型化有利于降低铁矿石运输成本、提高矿石运输效率。

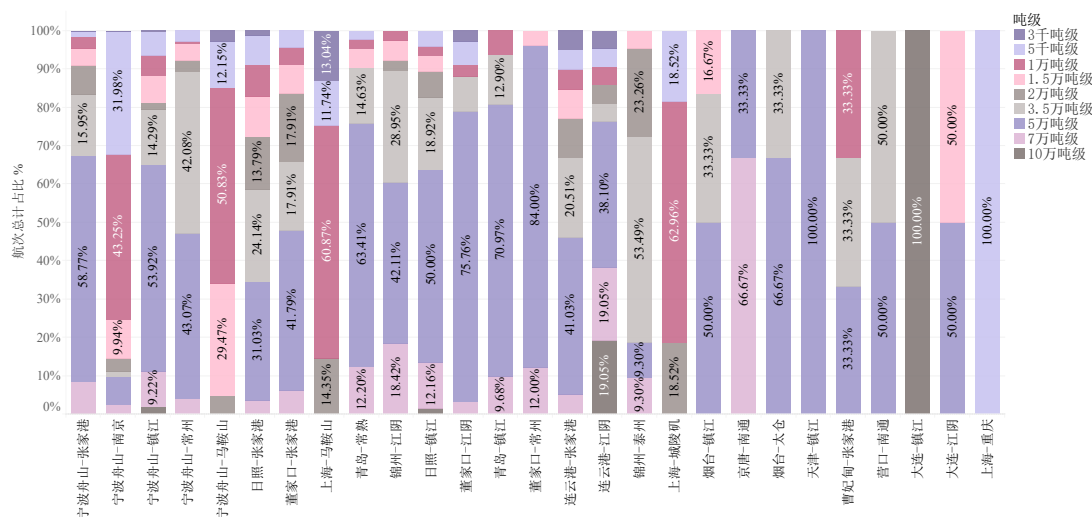


图 4-25 2019 年铁矿石“沿海-内河”研究航线船型分布

(2) 分货类的“沿海-沿海”研究航线船型分布

接着对“沿海-沿海”航线上的各吨级船舶的航次占比进行分货类描绘。整体来看，在重点“沿海-沿海”研究航线中，运输各货类的船舶吨级相较于“沿海-内河”航线更大，由于所研究的航线是我国范围内的沿海运输，因此超大型船舶数量偏少，受数据量的限制，超大吨级船舶航次占比普遍较低。

2019 年钢材“沿海-沿海”研究航线船型分布如图 4-26 所示，在“沿海-沿海”钢材重点航线上，总体来看大多数航线上航次占比较大的船舶仍然以 1.5 万吨级为主，另外 2 万和 3.5 万吨级的船舶在少数几条航线上航次占比尤为突出，其中大连-烟台航线中，2 万吨级船舶航次占比接近 80%，在黄骅-温州、黄骅-广州航线中，3.5 万吨级的船舶航次占比达到 100%。主要由于钢材是建筑、交通等重要行业的主要原材料，受行业形势、国家政策、产量等影响，其运价较为敏感，规模效应更明显，因此可能出现在少部分航线上较大吨级船舶航次占比极端的情况。

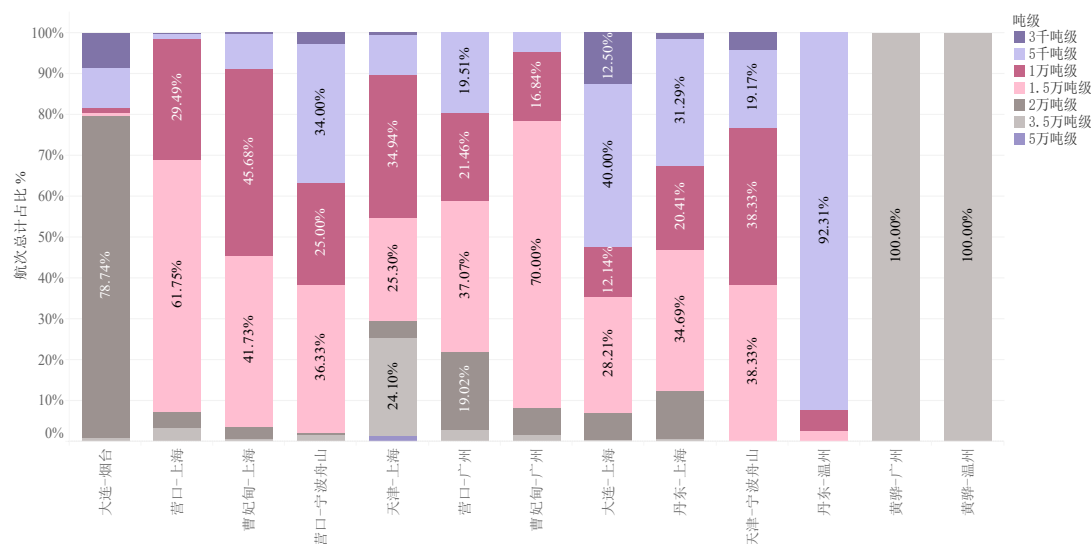


图 4-26 2019 年钢材“沿海-沿海”研究航线船型分布

2019 年煤炭“沿海-沿海”研究航线船型分布如图 4-27 所示，针对“沿海-沿海”煤炭重点航线的船舶航次占比特征进行分析，整体来看，所有研究航线上，低于 1 万吨级的小型船舶航次占比极少；在大多数航线上，5 万吨级和 7 万吨级船舶的航次占比较大，其中以珠海港和广州港为代表的到达港口，7 万吨级船舶航次占比都超过了 60%。运至珠江三角洲地区的煤炭要绕行南海，为满足供应量，节约成本，在运距较长的情况下使用较高比例的大吨级船舶保障货运量，而珠三角沿海港口较好的水深条件也能满足大型船舶的航线需求。

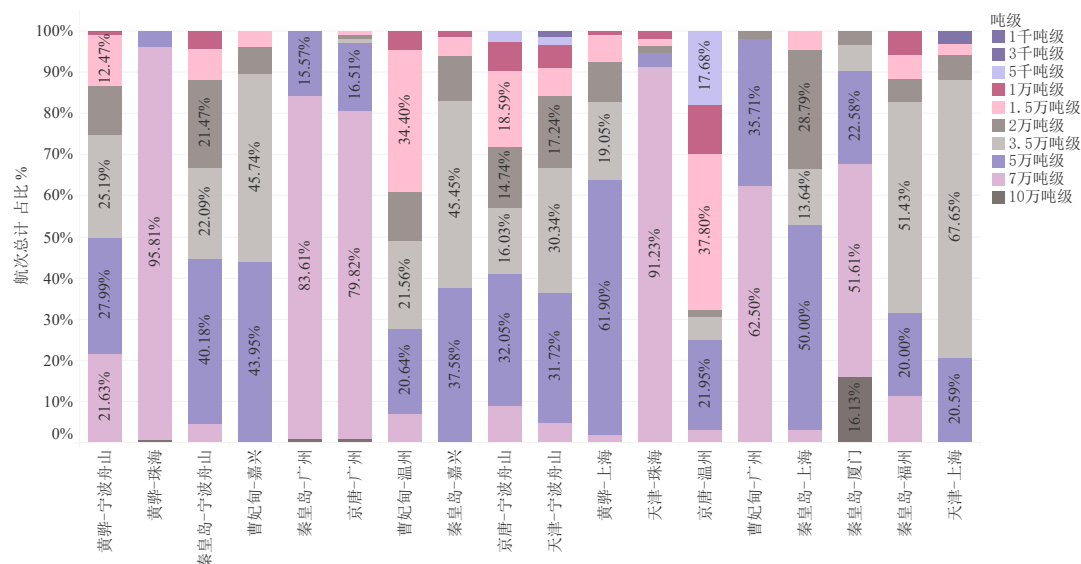


图 4-27 2019 年煤炭“沿海-沿海”研究航线船型分布

2019 年铁矿石“沿海-沿海”研究航线船型分布如图 4-28 所示，在“沿海-沿海”铁矿石重点航线中，小吨级船舶航次占主要地位，以 3 千~2 万吨级船舶为主。

经分析,铁矿石沿海到达港以上海港为主,发出港主要是位于环渤海地区和江浙一带的大港,船舶的总体航行距离较短,为节省集货时间,可用小吨级船舶多航次运输来满足即时需求。

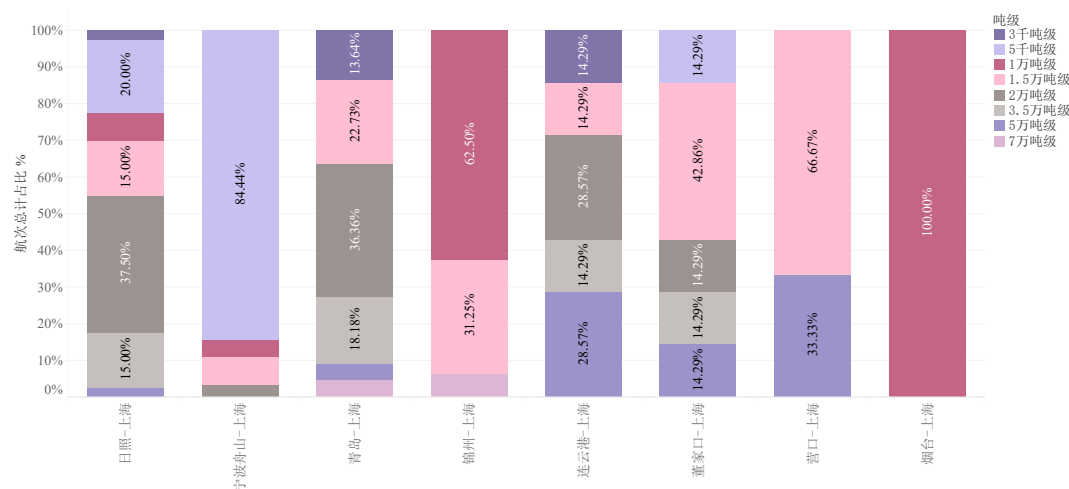


图 4-28 2019 年铁矿石“沿海-沿海”研究航线船型分布

4.5.2 重要航线上分货类的船舶船龄分布

为更加精准的描绘我国主要货物类型重要航线上的运输船只状态,首先分别筛选钢材、煤炭、铁矿石三种货物类型,其次依据“沿海-沿海”与“沿海-内河”对航线进行初步划分,进一步选取该货类重要航线作为研究航线,对其进行了船龄分布统计,发现在一定程度上钢材、煤炭、铁矿石三种货类重要航线船龄分布具有一定的趋同性。

(1) 钢材航线

2019 年钢材重要航线船舶船龄分布如图 4-29 所示,针对钢材“沿海-沿海”“沿海-内河”不同航线观察其具体船龄分布情况,可以发现不同到发港口航线间船龄分布存在较大差异性。整体来看,所研究的航线大多数船舶船龄平均值为 10 年左右,小部分为 15 年左右与近 5 年内。并且通过观察箱线图可以看出整体上钢材重要航线的船龄分布波动程度相对较小,只有大连-烟台、曹妃甸-上海航线中位数偏离上四分位数和下四分位数的中心位置明显,船舶船龄分布偏态性相对较强,波动程度较大。在大连-烟台航线上船舶船龄在 10-13 年区间分布较集中,在 13-25 年区间分布较为分散,且该航线最大值和最小值之间的极值差异最大,有部分船只集中在 25 年船龄区间,存在较多的老旧船舶,一方面由于大连到烟台间的跨渤海湾运输通道发展较早;另一方面,由于大连到烟台间的运输通道属于高频、小载重量运输,整体船舶载重偏小,相比于长距离

运输船舶更新迭代的倾向较不明显，所以会导致此类现象。而这一批高龄船只由于技术较为落后，且船龄较高，也是造成污染的主要来源之一。此外，在黄骅-广州港航线中船龄极值差异也较大，但考虑到该航线上船舶数量相对不多，反映现象可能不具备普遍性。在沿海-内河航线中，营口面向江苏港口的相关航线出现老旧船舶较多，可能与营口港较为悠久的发展历史有关，在后续的研究中应对该港口船舶运行情况进行重点关注。整体来看，“沿海-沿海”航线中老旧船舶相对较多，平均船龄也相对较长，该现象的出现包括两方面原因：一是在我国运输历史发展早期，内河航道条件较差，内陆运输主要依靠公铁进行，沿海航运历史相对发展较早；二是得益于近年来我国的航道污染排放控制政策，对于内河航道排放控制区要求较为严格，因此老旧船舶数量相对较少。

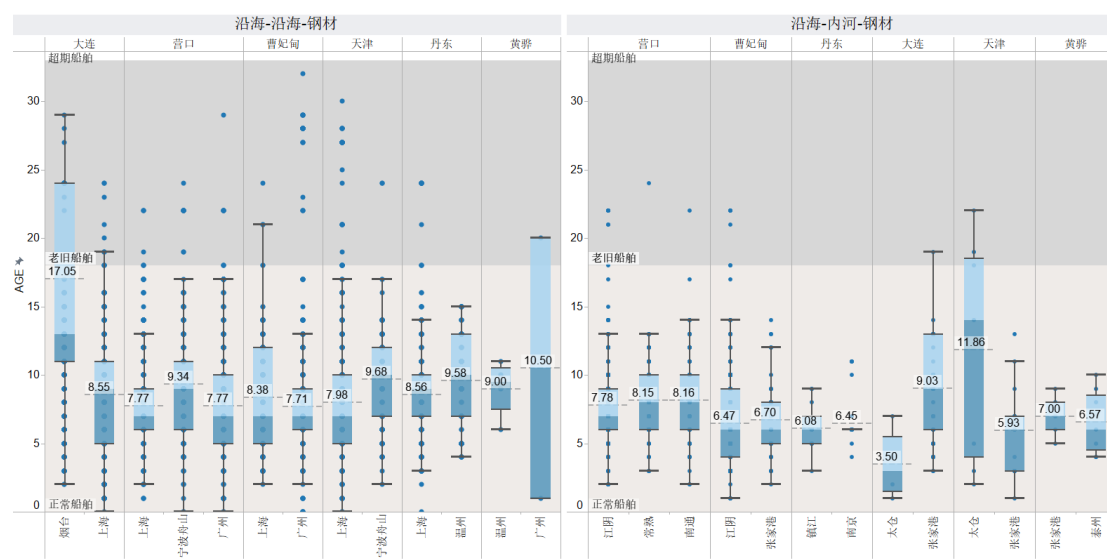


图 4-29 2019 年钢材重要航线船舶船龄分布

(2) 煤炭航线

2019 年煤炭重要航线船舶船龄分布如图 4-30 所示，针对煤炭“沿海-沿海”“沿海-内河”不同航线观察其具体船龄分布情况，可以发现相比于钢材运输航线，煤炭运输航线的船龄分布趋同性更为显著。从“沿海-沿海”航线来看，船舶平均船龄分布参差不齐，在 8-13 年区间浮动，其中广州与京津唐地区港口沟通船只的船龄极值差距较大，平均船龄较高；整体上，“沿海-沿海”航线存在较多的老旧船只，但船舶船龄却集中在较低水平，这一现象是由于我国煤炭运输量较大，历史较长，存在大量的老旧船只，但整体看，我国煤炭“沿海-沿海”航线船龄组成仍较为科学合理，仅有广州港与京津唐地区沟通的航线需要

关注老旧船舶占比；另一方面，由于“沿海-沿海”航线煤炭运输船舶整体上临近超期船龄船只较多，在后续几年中应尽快做好有序大规模船舶报废与回收利用的准备。从“沿海-内河”航线来看，船舶平均船龄分布相对一致，在7年左右，与“沿海-沿海”航线类似，存在较多的老旧船舶，但分布集中在正常船舶，后续建议同样为做好船舶报废计划准备即可。整体来看，煤炭重要航线的船龄分布波动程度相对较大，中位数偏离上四分位数和下四分位数的中心位置明显，船龄分布偏态性相对较强，波动程度大，如在黄骅-珠海航线上船舶船龄在0-5年区间分布较集中，在5-18年区间分布较为分散。此外，京唐-广州航线有部分船只在15-20年的船龄区间有一定分布，秦皇岛-广州航线有部分船只在15-25年的船龄区间有一定分布，均属于上一代煤炭运输船。并且通过观察箱线图可以看出整体上煤炭重要航线的船舶船龄分布波动程度较大，也体现出了近年来我国煤炭运输船舶的更新、迭代与发展。

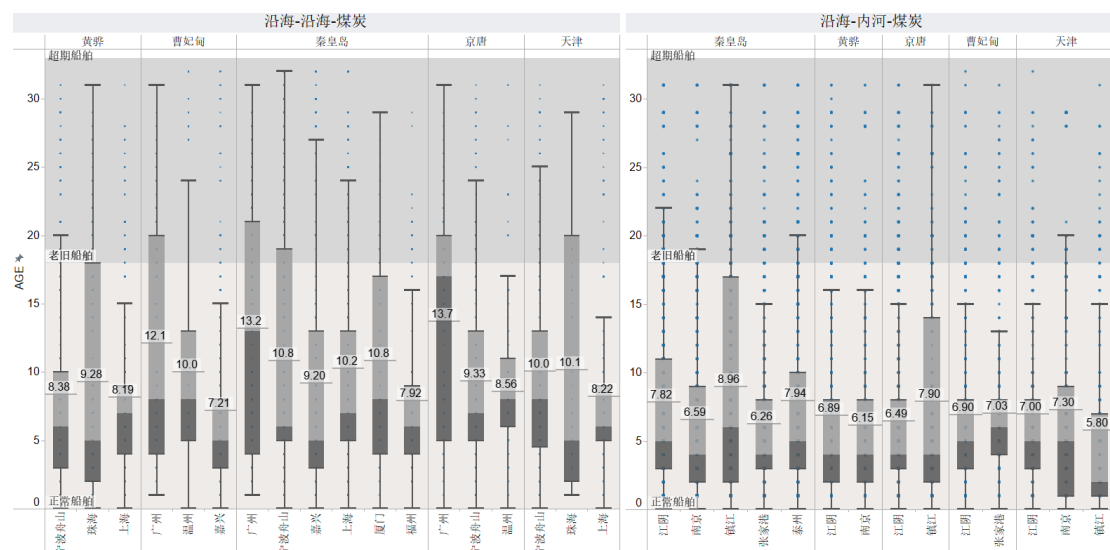


图 4-30 2019 年煤炭重要航线船舶船龄分布

(3) 铁矿石航线

2019 年铁矿石重要航线船舶船龄分布如图 4-31 所示，针对铁矿石“沿海-沿海”“沿海-内河”不同航线观察其具体船龄分布情况，可以发现不同于钢材和煤炭，铁矿石的重要航线船舶船龄分布相对更为分散，大多数船舶船龄平均值为 5-10 年区间，但也有小部分位于 13 年左右与近 5 年内。连云港-张家港、青岛-镇江航线的船舶船龄均值为 11 年左右，整体偏高。整体上，“沿海-内河”航线老旧船只分布较多，连云港、董家口、京唐港发出航线船只情况需要特别

注意。此外，通过观察箱线图可以看出除营口-上海、京唐-南通、青岛-镇江航线船舶船龄波动程度较大外，整体上钢材重要航线的船龄分布波动程度相对较小，中位数与上下四分位数的中心位置偏离较小，且船龄偏低。

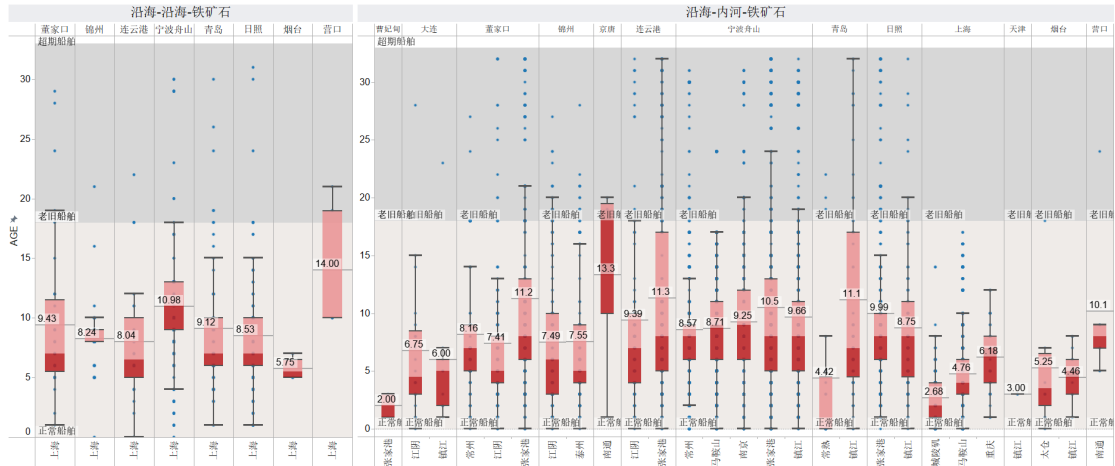


图 4-31 2019 年铁矿石重要航线船舶船龄分布

4.5.3 典型航线航程分布

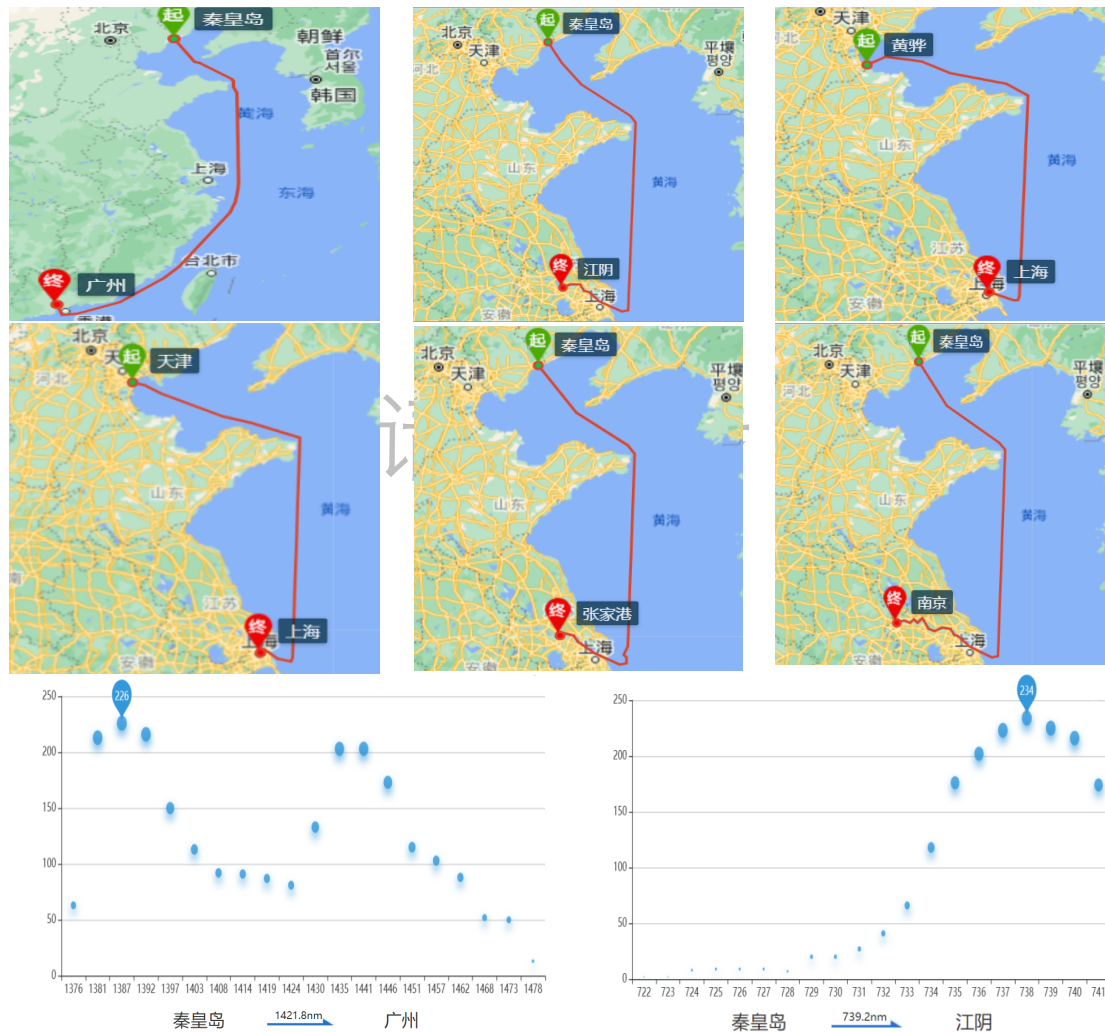
根据筛选出的各货类主要发出港和到达港，结合上海航运交易所展现的航线、OD 对之间的货运量情况以及所覆盖的经济圈，分别选取了煤炭、钢材、铁矿石三种货类典型航线，本节对三种货类的典型航线进行梳理。

煤炭典型航线图及航程分布如 **Error! Reference source not found.**所示，首先，从方向上来看，航线起点均位于环渤海区域，航线终点主要位于长江三角洲区域、珠江三角洲区域以及长江流域。其次，从航程分布上来看，除了秦皇岛-广州航线船舶行驶距离集中于 1300-1400 海里外，煤炭典型航线的航程峰值主要集中于 600-800 海里，如天津-上海航程峰值为 695 海里有 1152 航次，秦皇岛-张家港航程峰值为 725 海里有 625 航次。典型航线的平均运距集中于 700-800 海里之间，如秦皇岛-江阴平均运距为 739.2 海里，黄骅-上海平均运距为 692.6 海里，秦皇岛-南京平均运距为 827.5 海里。

钢材典型航线图及航程分布如 **Error! Reference source not found.**所示，首先，从方向上来看，航线起点均位于环渤海区域，航线终点主要位于长江三角洲区域、珠江三角洲区域以及山东半岛。其次，从航程分布上来看，除了营口-广州航线船舶行驶距离集中于 1400-1500 海里，大连-烟台航程峰值为 90 海里外，钢材典型航线的航程峰值主要集中于 600-700 海里，如营口-上海航程峰值为 680 海里有 801 航次。典型航线的平均运距主要集中于 600-700 海里、1400-

1500 海里之间，如曹妃甸-上海平均运距为 671.5 海里，营口-广州平均运距为 1459.6 海里，但大连-烟台平均运距仅为 90.2 海里。

铁矿石典型航线图及航程分布如 **Error! Reference source not found.**所示，首先，从方向上来看，航线起点主要位于长江三角洲区域及山东半岛，航线终点主要位于长江流域以及长江三角洲区域。其次，从航程分布上来看，铁矿石典型航线的航程峰值主要集中于 200-400 海里，如宁波-南京航程峰值为 316 海里有 866 航次。典型航线的平均运距主要集中于 200-300 海里，如上海-马鞍山平均运距为 209.8 海里，宁波-镇江平均运距为 308.5 海里。



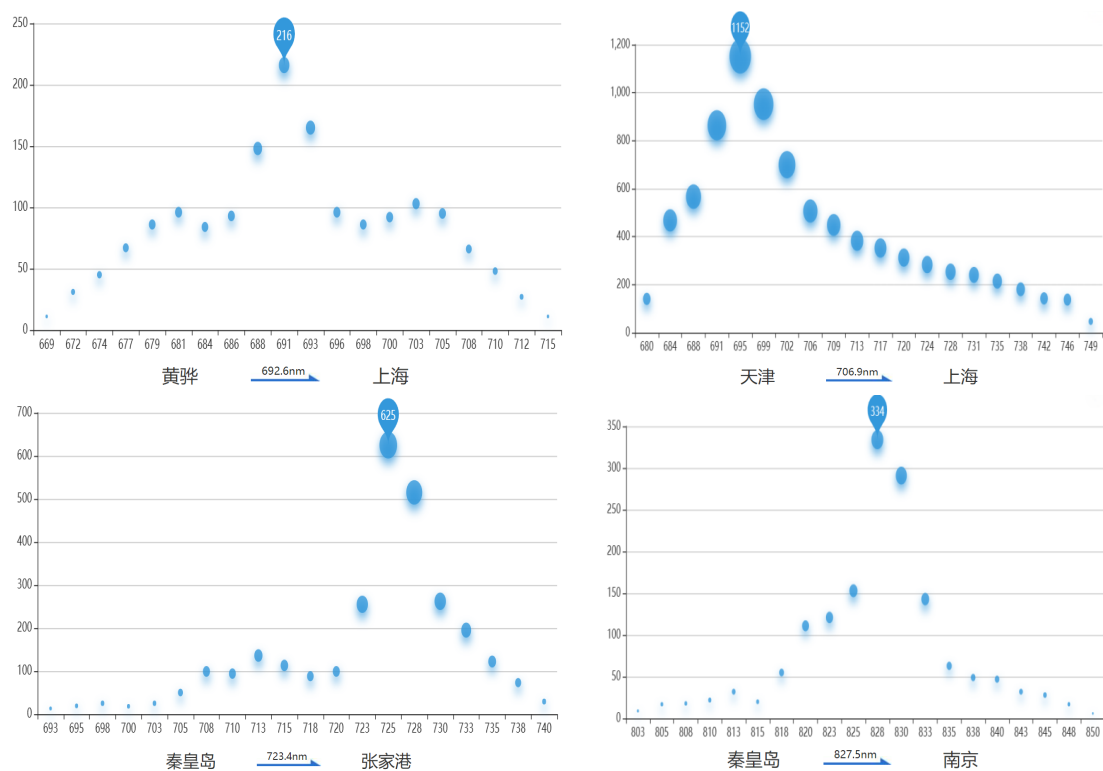
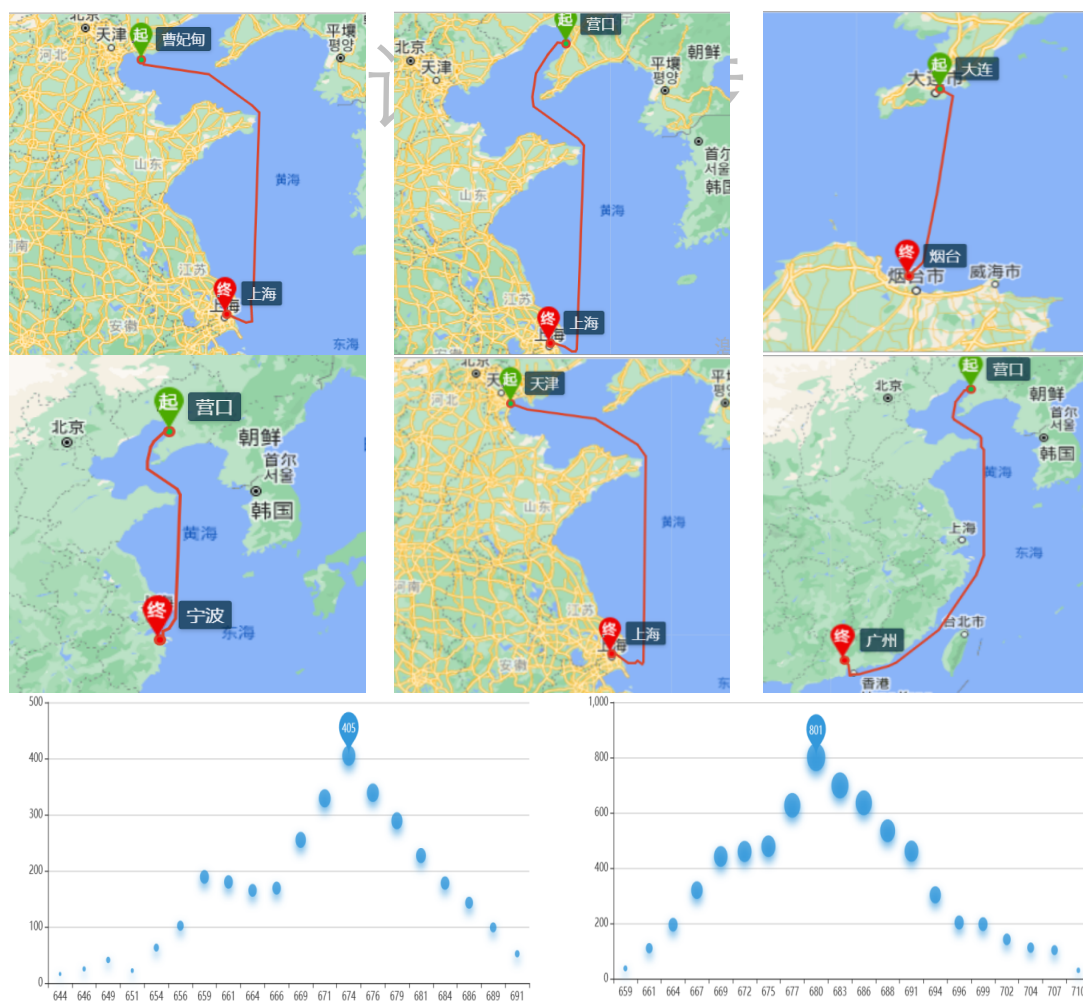


图 4-32 煤炭典型航线航程分布



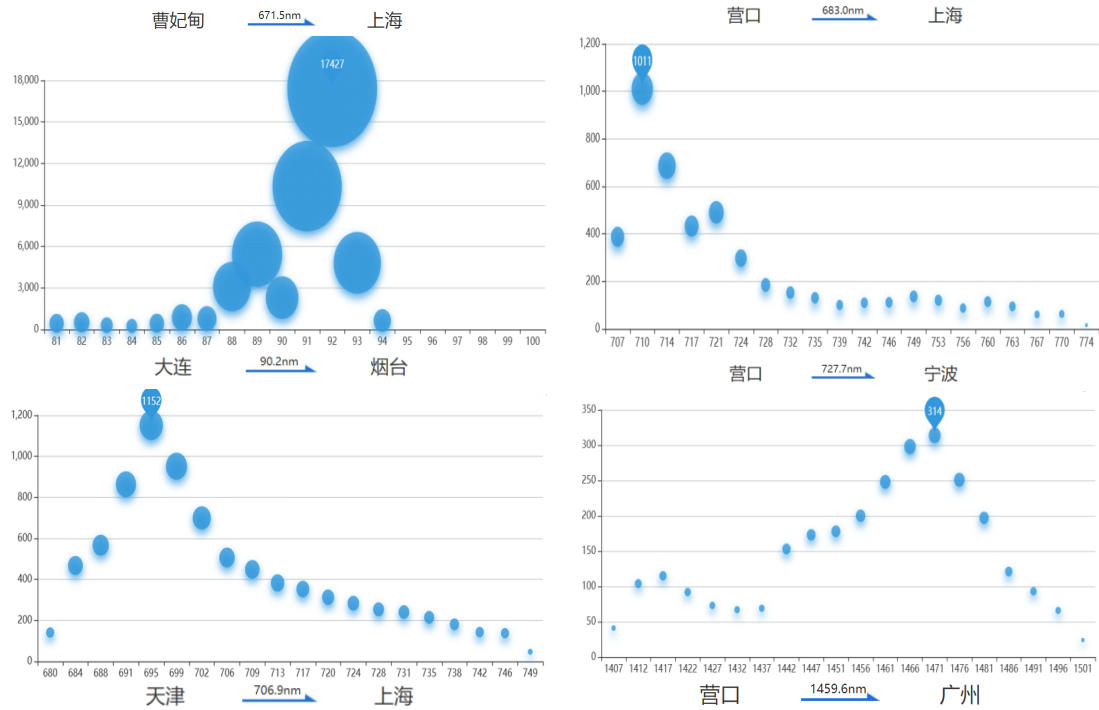
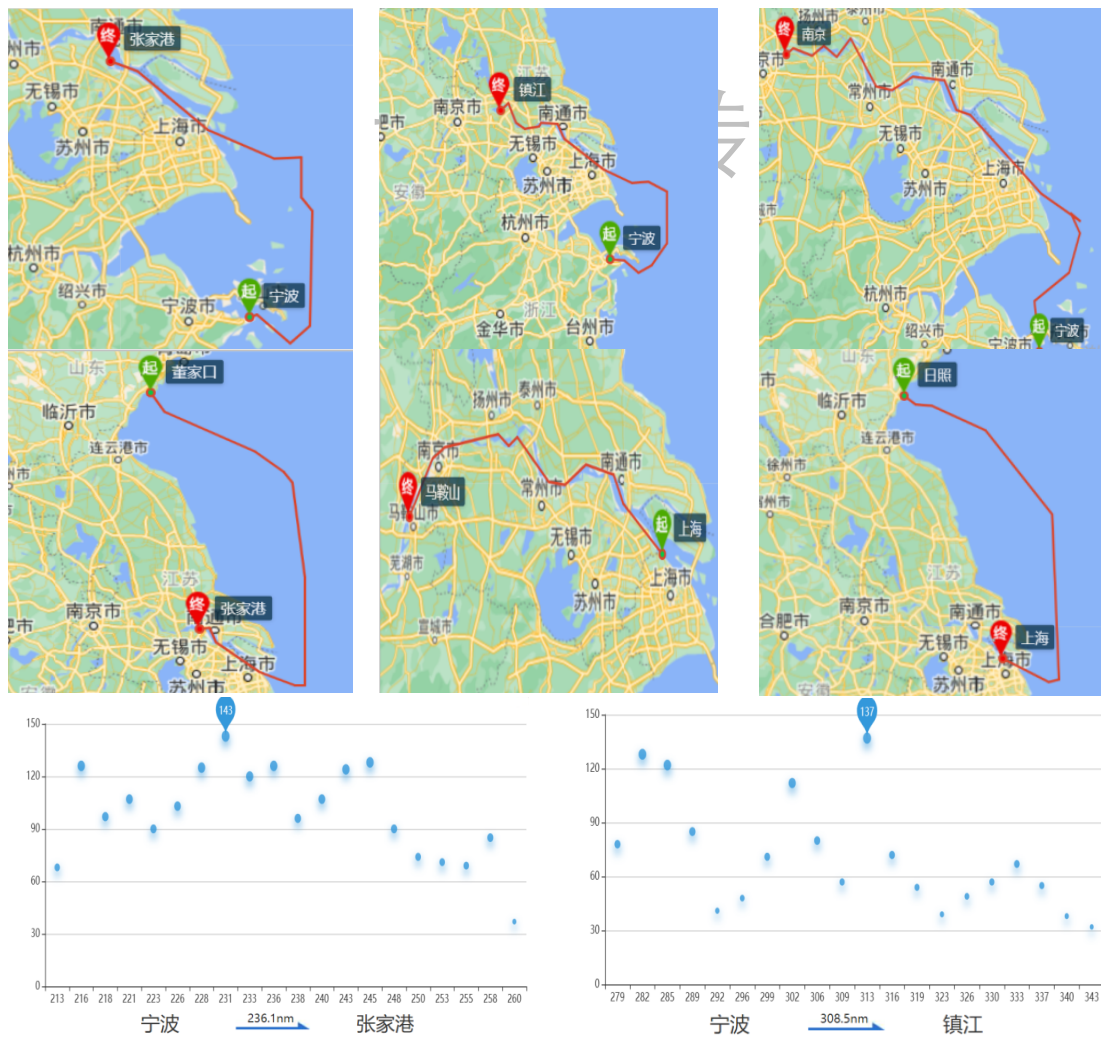


图 4-33 钢材典型航线航程分布



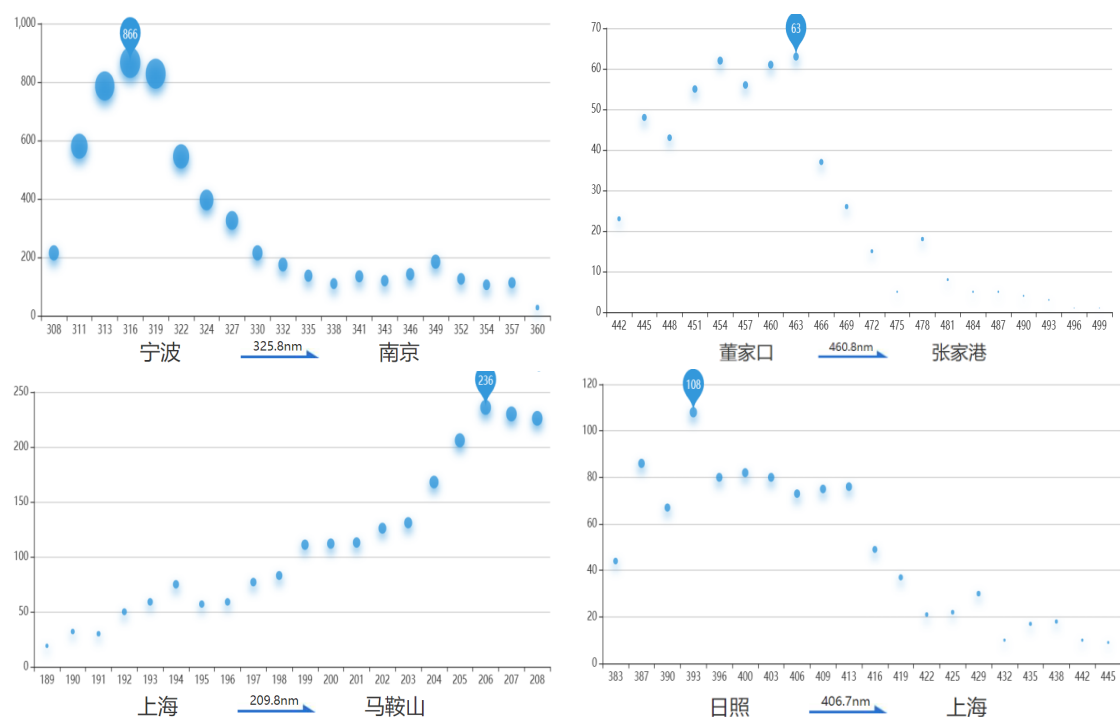


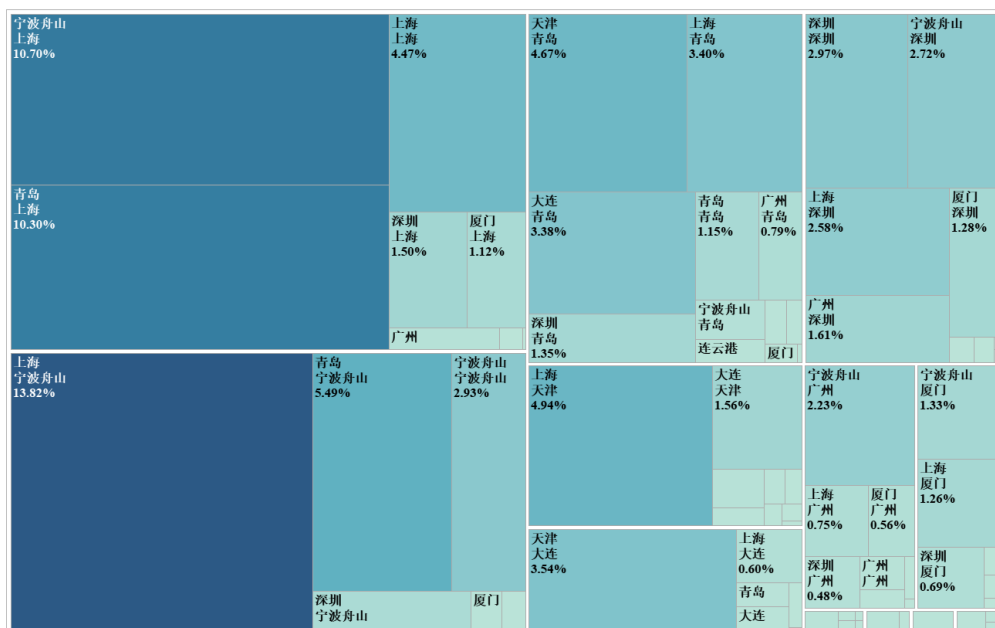
图 4-34 铁矿石典型航线航程分布

4.6 集装箱船航线特征

4.6.1 集装箱运输主要 OD 对

根据数据进行梳理，运量大于 4% 的 OD 对主要包括宁波舟山-上海港的往返、青岛-上海、青岛-宁波舟山、天津-青岛、上海-天津等，其中上海与宁波舟山为我国规模最大的两个集装箱港口，同时也是长三角经济带最为重要的生产制造基地与海运出口口岸，两港口间货运流向约占整体集装箱货运量的四分之一，有效沟通了浙江生产制造业基地与上海进出口口岸的供需关系；青岛港与天津港作为我国北方地区最大的集装箱港口，其与上海、宁波舟山等港口的联系主要起到了沟通我国长三角经济区与环渤海经济区产能需求的作用，具体来讲，青岛承接了沿黄河流域和环太平洋西岸的产业集群，并作为贸易中转枢纽面向东北亚地区市场；天津港作为京津冀区域海上门户，凭借自身位处京哈铁路、京沪铁路、京津城际铁路干线交汇的地理区位和自身优秀的铁海联运作业能力，在诸多航线作业效率位于全球首位，成为海上丝绸之路的重要节点，是衔接环渤海经济区与南方长三角、珠三角地区的重要节点，因其地理区位并不属于环渤海经济区核心，也承担了与青岛港间的转运作用，因此其与青岛、上海间的联系均较为紧密。

除几对货运量较大的货运 OD 对外，以广州、深圳为代表的珠三角地区港



4.6.2 不同航线上的船龄分布

从出发港口视角观察其整体船龄结构，青岛港、厦门港发出船舶船龄要略高于其他港口，广州港发出船舶船龄整体较低；从发出船舶船龄结构稳定性来看，宁波-舟山港发出的各条航线整体船龄结构较为一致，其他出发港口船龄结构根据航线变化存在较大波动；在老旧船舶保有量方面，上海、宁波-舟山、深圳、青岛保有一定数量的老旧船舶，需作为重点港口，针对其存在老旧船舶的航线进一步分析，初步原因在于上述港口为我国早期开埠港口，集装箱货运产业发展较早，因此保有一定量的老旧船舶；

的船舶装载量较低，更倾向于短途运输的结论，另一方面在于上文港口分析中刻画的港口特征，到发港集装箱业务发展较早，存在高船龄固定航线；从经济性角度分析，在较短的航线中，老旧船舶替代需求较不旺盛，且高船龄货船对于港口泊位条件要求较低，具有一定的灵活性与便捷性以平衡部分经济损失。

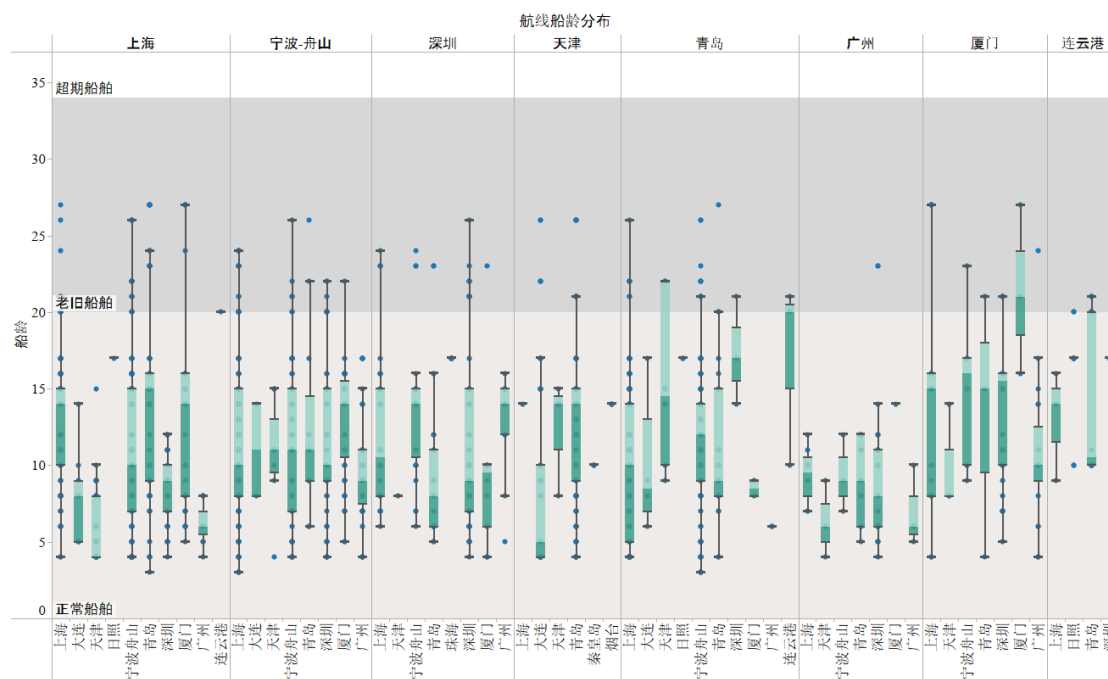


图 4-36 集装箱航线船龄分布情况

4.6.3 不同发出区域航线上的 TEU 等级分布

环渤海地区港口发送船舶集中在几条热点航线上，即青岛-上海、青岛-宁波舟山、天津-青岛和大连-青岛；其中青岛作为渤海湾门户港口，发向上海与宁波舟山的船舶航次远大于其他航线，具体到吨位分布上，由于青岛港同属第一批发展的集装箱港口，除了主要的六级船舶外，还存在有大量低等级船舶航次，而由于其优越的港口条件和承担的面向东北亚的航线辐射作用，亦有大量的高等级集装箱船发送；除上述两条航线外，环渤海地区其余发送的热点航线均属于环渤海区域内部航线，整体呈现特征为航线距离较短，结合前文分析结果，发送有大量的低等级集装箱船航次，以充分发挥其灵活性特点，同时避免占用大型泊位，以提供给国际航线的货物装运。

在长三角地区典型航线船舶吨位分布中，上海-宁波舟山航线航次数倍于其他港口，整体来看，长三角地区航线往来整体倾向于使用六级与更高级别的集装箱货船，与对整体船舶分布的分析相互印证，值得关注的是，上海与宁波舟

山发往厦门的船舶都有部分低等级船舶，是由于厦门港是改革开放之初第一批开行集装箱货运的码头，且其更多承担沿海转运工作，因此可发送部分小装载量集装箱货船。

整体来看，珠三角地区航次分布较为集中，主要集中于深圳与以青岛为代表的环渤海地区、以宁波舟山和上海为代表的长三角地区、以厦门为代表的东南沿海地区和广深之间的珠三角内部通航，整体航次以六级船为主进行运输。

东南沿海港口以厦门为代表，主要连通上海与珠三角地区，由于距离与地方产业集群因素，仅有少量航次发往环渤海地区，整体发送吨位同样以六级船为主，在发往广州的货物有少部分低等级船舶。

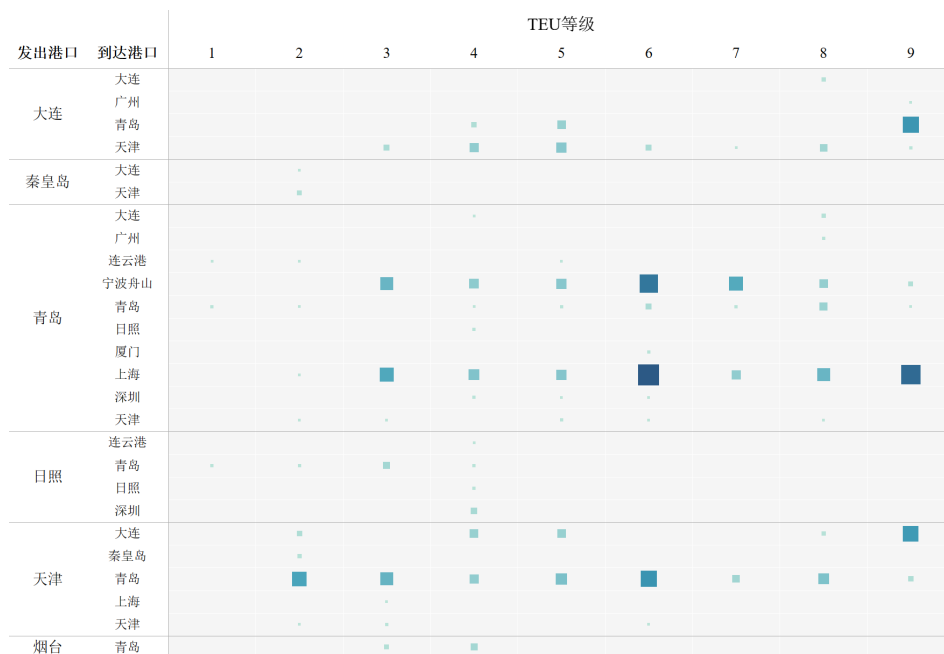


图 4-37 船舶 TEU 等级分布（环渤海区域发出）

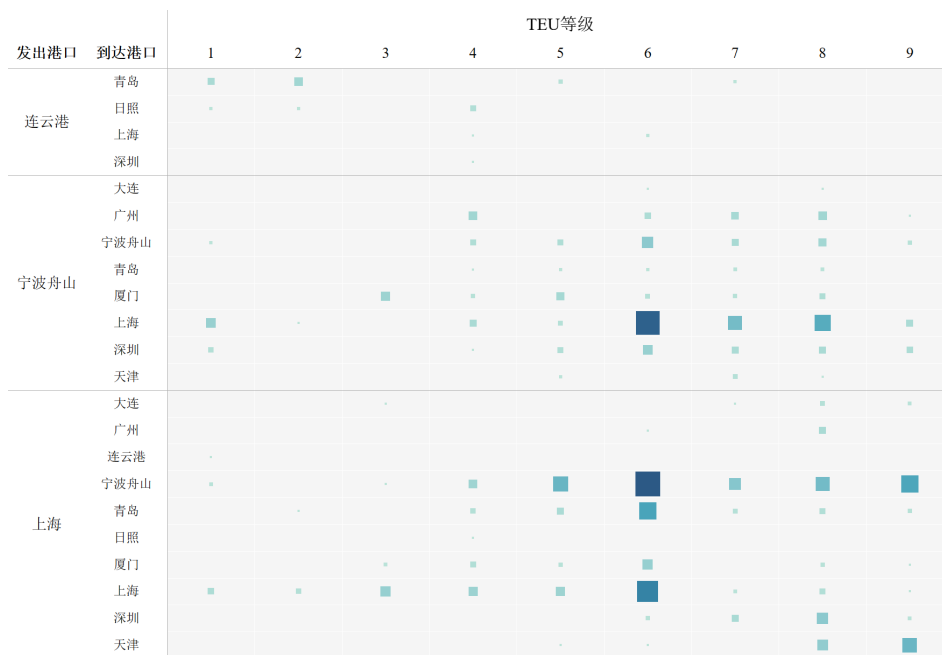


图 4-38 船舶 TEU 等级分布（长江三角洲区域发出）

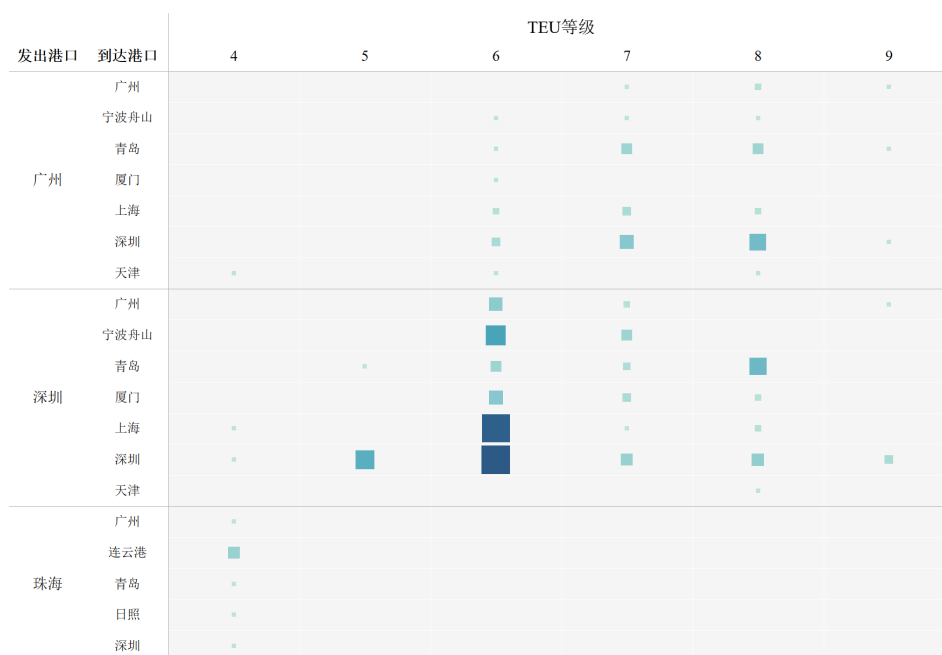


图 4-39 船舶 TEU 等级分布（珠江三角洲区域发出）

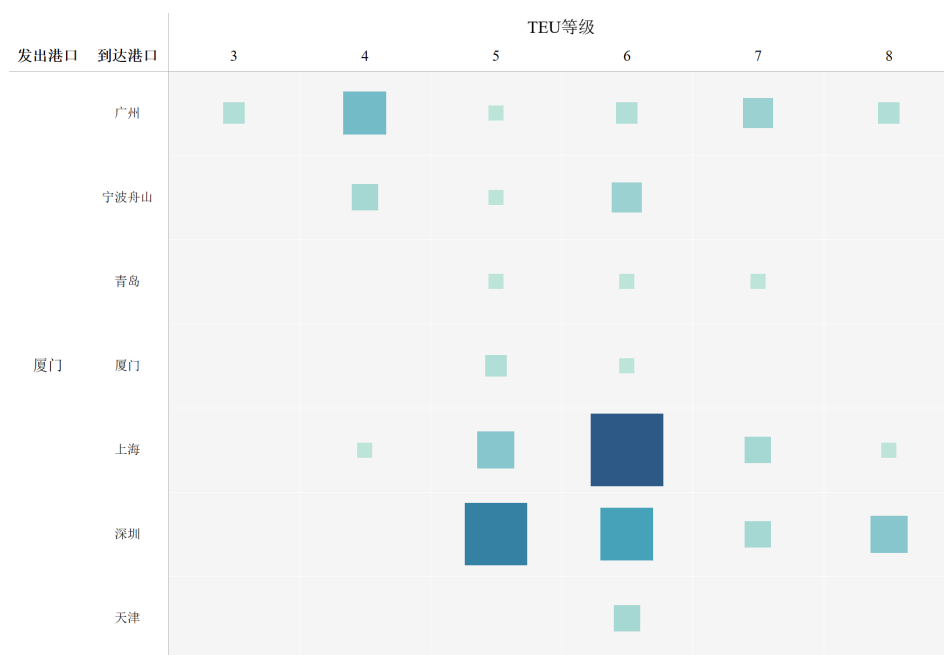


图 4-40 船舶 TEU 等级分布（东南沿海区域发出）

4.7 本章小结

4.7.1 干散货船航线特征分析

在针对干散货船航线进行特征分析与提取时，在基于实际数据进行分析的同时主要考虑结合我国产业资源禀赋，剖析其内在机理，并深入其波动变化，探究背后原因。

基于数据底层，梳理出分货类干散货船热点航线，可以得到我国沿海水运的主要货物通道：煤炭主要航线为由秦皇岛、黄骅等京津冀环渤海地区港口发向长江下游和沿海等长三角地区的由北向南资源通道；钢材则主要是由京津唐钢铁基地与鞍山钢铁基地的门户港口发往长三角、珠三角地区；铁矿石由宁波-舟山港为南向起点辐射全国，集中运量体现在长江入海口向上游的溯游航线。

结合我国资源分布与产业结构进一步分析，在煤炭方面，我国资源禀赋为北多南少，环渤海地区港口临近北方煤炭主产区，从此地出发可以最大程度增大水路运距以体现海运的经济优势；在钢材方面，我国最大的两个钢铁生产基地分别是京津唐生产基地与鞍山钢铁生产基地，其门户港口分别为天津、曹妃甸与大连、营口，以门户港口为起点，辐射指向珠三角的建材、家居产业基地和长三角的制造业基地，值得注意的是，上海作为我国最大的进出口口岸之一，承担了钢材出口功能，除作为满足本地需求的接收港外，同样作为国内与国际航线的中转节点出现；在铁矿石方面，由于我国自身铁矿石资源禀赋一般需要

大量进口，作为进口口岸的宁波-舟山港因此成为了国内航线的中转节点出发，指向国内存在旺盛需求的长江中下游地区与钢铁生产基地。

结合港口群货物流向剖析其内在机理，我国沿海内河散货航线的本质逻辑在于制造业出口导向与资源进口导向，即以制造业为核心的产业链中资源向上富集，具体表现为北方的资源与初级重工业制品供给南方制造业基地和出口口岸，进口资源供给长江中下游制造业基地与北方初级重工业基地。在不同航线上，分货类的运行船舶特征通常表现为：水深条件好、运距长、需求量相对大的情况会倾向于使用吨位更大的货船以充分发挥其规模经济效应，反之则倾向于使用小吨位货船以发挥其部署便捷的特点。

4.7.2 集装箱船航线特征分析

在分析集装箱航线特征时，从主要 OD 对出发筛选出主要航线流行，进一步地，对航线运行的船舶特征进行分析，结合港口建设情况与我国集装箱航运事业发展历程解释其原因。通过对货运量的分析，筛选出包括青岛、上海、宁波-舟山等港口在内的热门集装箱航运网络，该网络中的节点共性为在能够有效的辐射国内交通、经济、产业的同时，还是禀赋良好的对外贸易口岸，面向不同方向衔接我国与世界贸易链条。

具体到航线上的船龄分布，通过划分出发港口所处地区对船龄分布情况进行刻画，由于船龄与船舶吨位之间通常存在船龄越大，船舶吨位越小的关系，因此在短距离航线，特别是渤海湾内部短距离航线中存在部分高龄船舶，利用其对港口泊位要求低，具备一定灵活性的优势补足在经济性方面的损失，如大连-烟台、大连-天津等航线。

将发出区域进行划分，对以环渤海、长三角、珠三角、东南沿海四大沿海港口群为出发港口的航线上的船舶吨级分布进行梳理，其吨位分布特征主要由航线长度与港口建设情况两方面决定；航线长度方面与船龄分布类似，通常呈现出航线长度越长，越倾向于使用大载重量集装箱货船以实现规模经济效应，如环渤海区域发出的青岛-上海航线等，尚未到报废年限且经济效益处于可接受范围内的小型集装箱货船（五级及以下）通常被用以进行较短航线的运输，如东南沿海区域发出的大连-青岛航线等；港口建设情况方面与港口的硬件基础设施、水文情况、建设历史沿革等因素互相关联，具体而言，基础设施情况较差

的港口、水文情况较复杂的港口、建设历史较早的港口倾向于使用载重量较小的集装箱货船，如环渤海区域的青岛港发出航线、东南沿海区域的厦门港发出航线等。

请勿外传

5. 港口货运特征分析

本章针对研究港口的货运特征进行分析。首先，介绍了数据处理情况，明确了港口类型、港口群划分以及港口的选取。接着，针对干散货港口从整体上分析了发出港口和到达港口的货运量特征。最后，根据到港货运量和港口所在区域选择典型港口，对沿海区域和内河区域不同港口群典型干散货港口的特征进行分析，主要包括：典型港口各货类货运量季度性波动、停靠船舶类型分布。

5.1 数据处理

从货流数据表提取包含各港口群典型港口的数据，了解不同港口群中到港吞吐量最大的港口的运作特征。区分内河区域到达港口和沿海区域到达港口，根据到港货运量，在不同港口群中分别研究煤炭、钢材、铁矿石三种货类的典型到达港口。将“出发港口”和“到达港口”这两个字段连接，组合成“港口对”字段，并将此新字段插入数据表中。

5.2 干散货研究港口货物构成分析

为了研究干散货港口特征，针对煤炭、钢材、铁矿石（后续报告内容中将简称这三种货类为重要干散货），以下是对分货类的重要干散货发出港口、到达港口的货运量分布分析。

5.2.1 发出港口

就重要干散货而言，由于各货类产地集中且在地域上有一定差异，因此各货类的发出港口也相对集中，主要都在环渤海港口群，且不同港口发出货类的占比结构不同，部分港口的发出货类比较单一，主要跟当地产业结构有关。

2019 年重要干散货发出港口货运量分布如图 5-1 所示，可以看出，黄骅、秦皇岛、京唐港的货物发出的重要干散货几乎全部以煤炭为主，其中，黄骅港煤炭出港量最多，达 19953 万吨。2019 年曹妃甸、黄骅、京唐、秦皇岛、天津港煤炭总出港量约为 66500 万吨，占全国主要港口煤炭出港量的 75%左右，其主要原因是这里距离我国北部煤炭主产区较近，核心原因在于大秦铁路与淮池铁路连通了陕西、山西与内蒙古等我国煤炭主要产区与沿海出发港口，通过铁海联运有效的节省运输成本与污染排放，其中大秦铁路主要连通秦皇岛港、京唐港与曹妃甸港，淮池铁路主要连通黄骅港。

营口、大连、丹东港发出的重要干散货中，货物类型几乎只有钢材，其中营口港钢材出港量最多，达 2732 万吨。其中曹妃甸、大连、丹东、黄骅、天津、营口港钢材总出港量为 7165 万吨，以上港口占全国主要港口钢材出港量的 81.02%。

宁波舟山、日照、董家口、青岛、锦州、连云港、上海、烟台港发出的重要干散货中，货物类型几乎只有铁矿石，其中宁波舟山港铁矿石出港量最多，达 8547 万吨。董家口、锦州、宁波-舟山、青岛、日照、上海、连云港等港口的铁矿石总出港量达 14222 万吨，占全国主要港口铁矿石出港量的 62.97%。

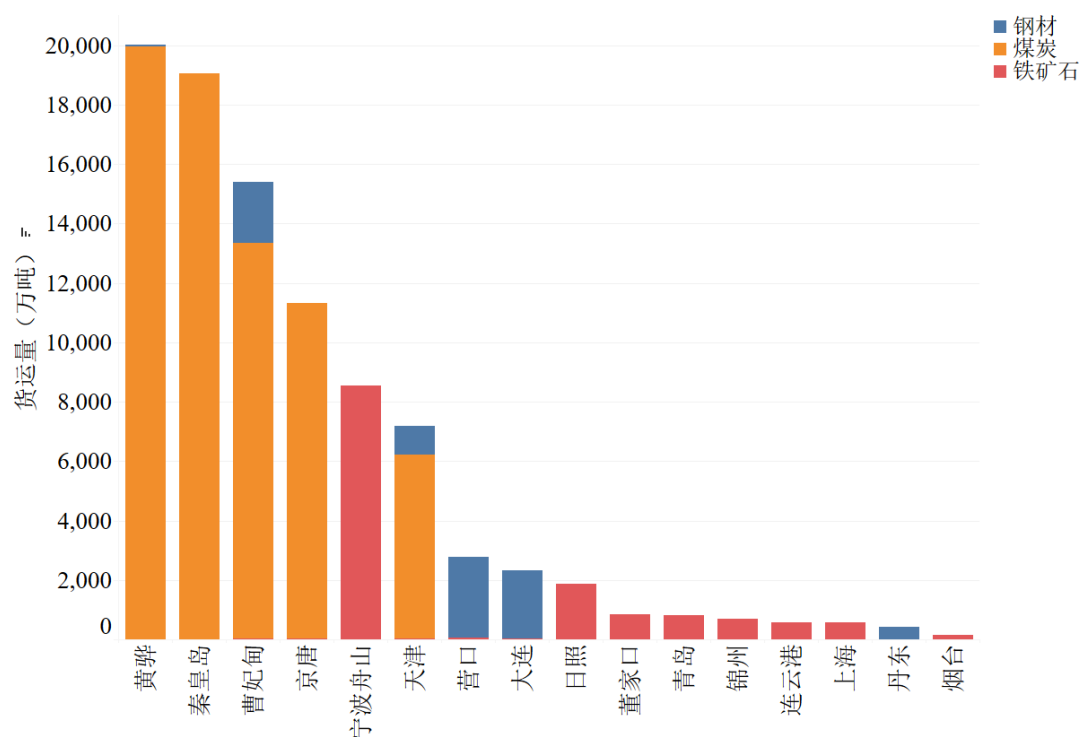


图 5-1 发出港口货运量分布

5.2.2 到达港口

重要干散货到达港口货运量分布（沿海）如图 5-2 所示，可以看出，就煤炭、铁矿石、钢材三种货类而言，到达港口货运量分布参差不齐，沿海区域到港货运量主要分布在环渤海、长江三角洲及珠江三角洲区域，其中上海港重要干散货到达货运量位居沿海第一，其货运量超过 9500 万吨；宁波舟山港重要干散货到达货运量位居第二，超过 8000 万吨；广州港重要干散货到达货运量位居第三，接近 7000 万吨。沿海区域港口到达重要干散货类型以煤炭、钢材为主，其中煤炭到达货运量占据三种货类总到港量的 80%左右，而铁矿石到达货运量最少。

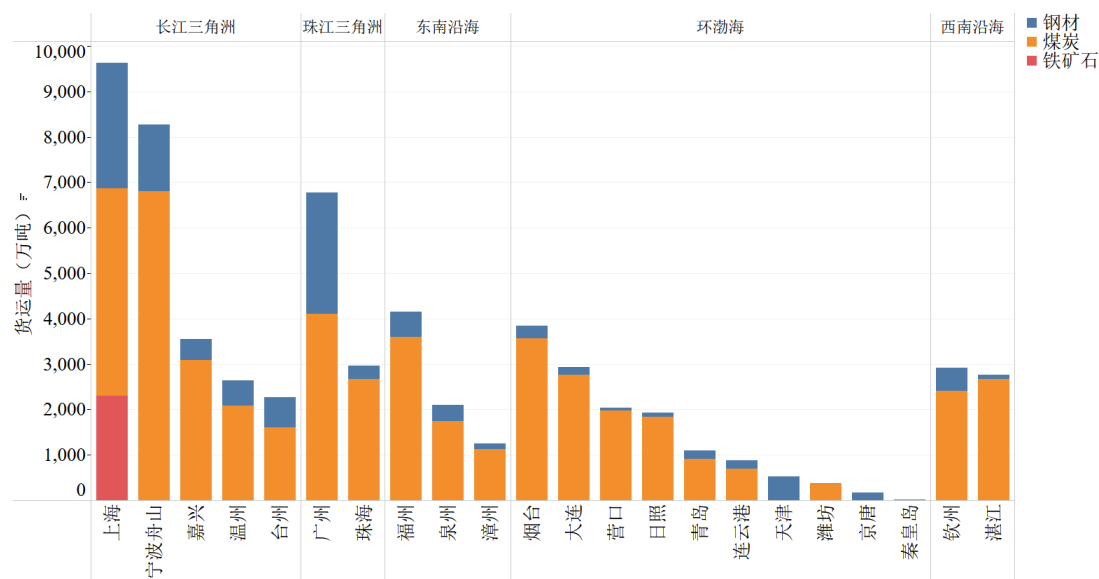


图 5-2 到达港货运量分布（沿海）

重要干散货到达港口货运量分布（内河）如图 5-3 所示，可以看出，内河区域到达港口货运量主要分布在长江流域、京杭大运河流域，货运量排行榜前两名分布在长江流域，其中张家港到达货运量位居内河第一，其重要干散货到达量在 11500 万吨左右；江阴港到达货运量位居第二，其重要干散货到达量在 11000 万吨左右；南京到达货运量位居第三，重要干散货达到 9000 万吨左右。内河区域港口到达重要干散货类型主要以煤炭、铁矿石为主，其中煤炭到达货运量占据 63%左右，铁矿石到达货运量占据 35%左右，煤炭主要用于支撑轻工业生产的工业用电需求及民用电需求，铁矿石主要集中于钢铁生产与生产制造业重镇。

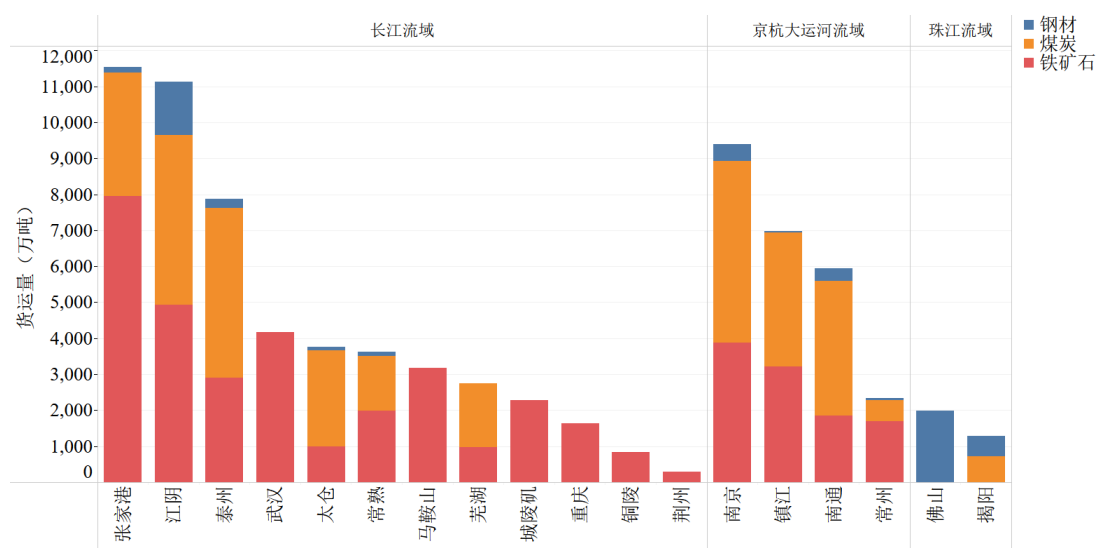


图 5-3 到达港货运量分布（内河）

5.3 沿海区域典型干散货研究港口特征分析

为了研究内河区域典型港口特征，根据到港货运量排名以及港口所在地理区域选择典型港口分析。针对煤炭、钢材和铁矿石这三种货类，在环渤海港口群、长江三角洲港口群、东南沿海港口群、西南沿海港口群、珠江三角洲港口群各选取一个代表性港口作为研究对象，见表 5-1。以下是对于沿海区域典型港口季度性波动及主要靠泊船型分析。

表 5-1 沿海区域典型港口

货类 港口群	煤炭	钢材	铁矿石
环渤海港口群	烟台港	烟台港	/
长江三角洲港口群	宁波舟山港	上海港	上海港
东南沿海港口群	泉州港	福州港	/
西南沿海港口群	钦州港	湛江港	/
珠江三角洲港口群	广州港	广州港	/

5.3.1 港口货运量季度性波动分析

为了评估沿海区域典型港口不同货类到港货运量季度变化，选取 2018 年和 2019 年 4 个季度的到港货运量作为分析依据，刻画 2019 年的季度变化以及各季度同比增长。

在环渤海港口群中，根据到港货运量排名选择烟台港作为煤炭和钢材的典型港口，得到煤炭和钢材的典型到达港口货运量季度波动，见图 5-4 环渤海港口群典型港口到港货运量季度变化。由图可知，在 2019 年 4 个季度中，烟台港煤炭、钢材到港货运量较为稳定，第 2 季度钢材到港货运量最多，第 3 季度煤炭到港货运量最多，在第 4 季度两种货物的到港货运量均有所下降。与上年相比，2019 年第 1 季度和第 2 季度烟台港的煤炭和钢材到港货运量略有增加，且增速上升，但到了第 3 季度到港货运量增速有所下降，到第 4 季度两种货物的到港货运量大幅降低。

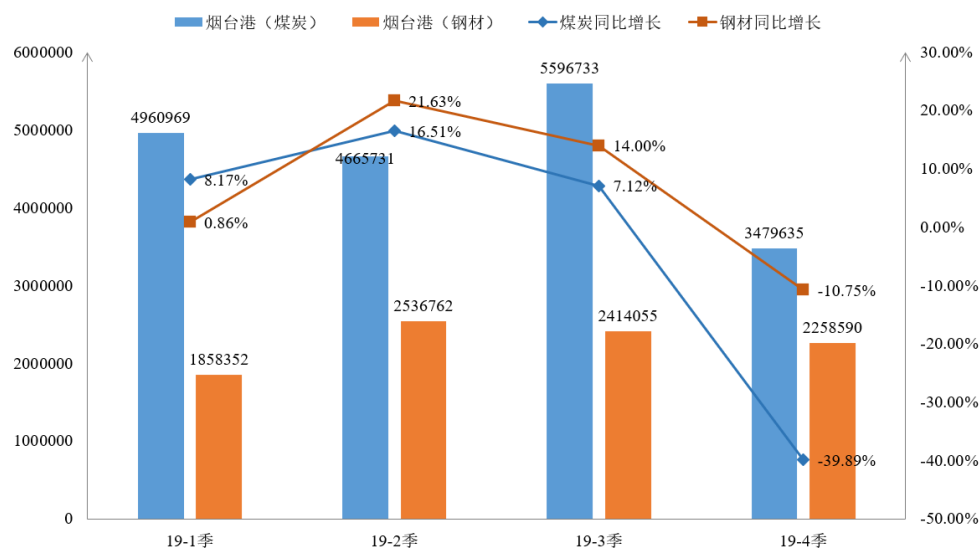


图 5-4 环渤海港口群典型港口到港货运量季度变化

在长江三角洲港口群中，根据到港货运量排名选择宁波舟山港作为煤炭的典型到达港口，选择上海港作为钢材的典型到达港口，选择上海港作为铁矿石的典型到达港口，得到煤炭、钢材、铁矿石的典型到达港口货运量在 2019 年 4 个季度的波动情况，见图 5-5 长江三角洲港口群典型港口到港货运量季度变化。由图可知，2019 年 4 个季度中，宁波舟山港、上海港三种货类的到港货运量波动幅度均较小。与上年相比，宁波舟山港的煤炭到港货运量在 2019 年前三季度均比上年略低，直到第 4 季度形势回暖，同比增加了 26.7%，与上个季度相比也增加了 117 万吨左右。上海港的铁矿石到港货运量只在 2019 年第 2 季度比上年多，在第 1 季度、第 3 季度和第 4 季度比上年均有不同程度的下降。上海港钢材的到港货运量与上年相比变化较为稳定。

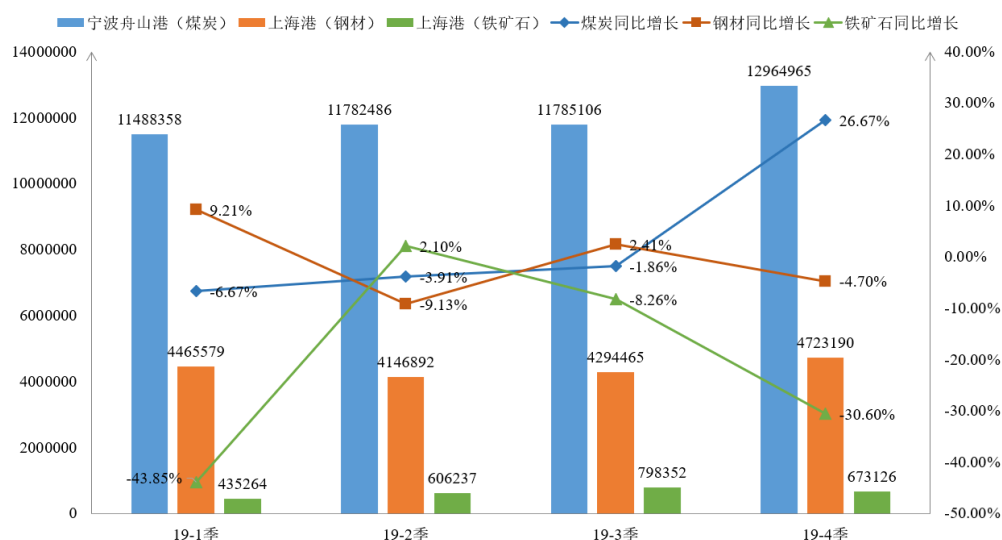


图 5-5 长江三角洲港口群典型港口到港货运量季度变化

在东南沿海港口群中，根据到港货运量排名选择泉州港作为煤炭的典型到达港口，选择福州港作为钢材的典型到达港口，得到煤炭、钢材典型到达港口的到港货运量在 2019 年 4 个季度的波动情况。根据图 5-6，泉州港的煤炭到港货运量在第 1 季度最少，第 2 季度和第 4 季度较多，约为 234 万吨左右，整体来看四个季度的到港货运量变化较小。福州港钢材的到港货运量波动情况与泉州港刚好相反，在第 2 季度和第 4 季度到港货运量较少，在第 3 季度达到最多。与上年相比，泉州港各季度比上年的波动幅度不大，在第 3 季度比上年下降最多。福州港各季度比上年有较大变化，第 1 季度增幅最大，钢材到港货运量同比增长 66.88%，第 2 季度到港货运量减少最大，钢材到港货运量同比下降 29.10%。

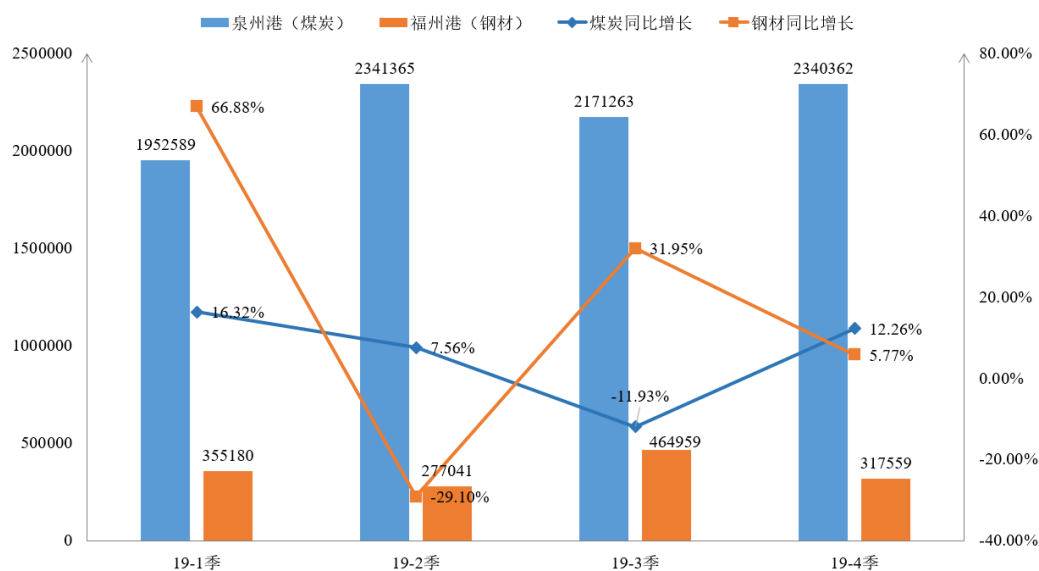


图 5-6 东南沿海港口群典型港口到港货运量季度变化

在西南沿海港口群中，根据到港货运量排名选择钦州港作为煤炭的典型到达港口，选择湛江港作为钢材的典型到达港口，得到煤炭、钢材典型到达港口的到港货运量在 2019 年 4 个季度的波动情况。根据图 5-7，钦州港的煤炭到港货运量在第 1 季度、第 2 季度、第 4 季度较为稳定，均约 230 万吨左右，但是在第 3 季度下降较多，比上个季度下降约 105 万吨。湛江港第 3 季度的钢材到港货运量最多，第 1 季度其次，第 2 和第 4 季度到港货运量较少。与上年相比，钦州港第 1 季度和第 2 季度的煤炭到港货运量均有所增加，但第 3 季度和第 4 季度到港货运量下降幅度较大，同比下降约 47% 左右。湛江港各季度到港货运量比上年变化波动较大，第 1 季度和第 3 季度比上年增加了近 1.5 倍，但是第 2

季度比上年有所下降，同比下降 65.57%。

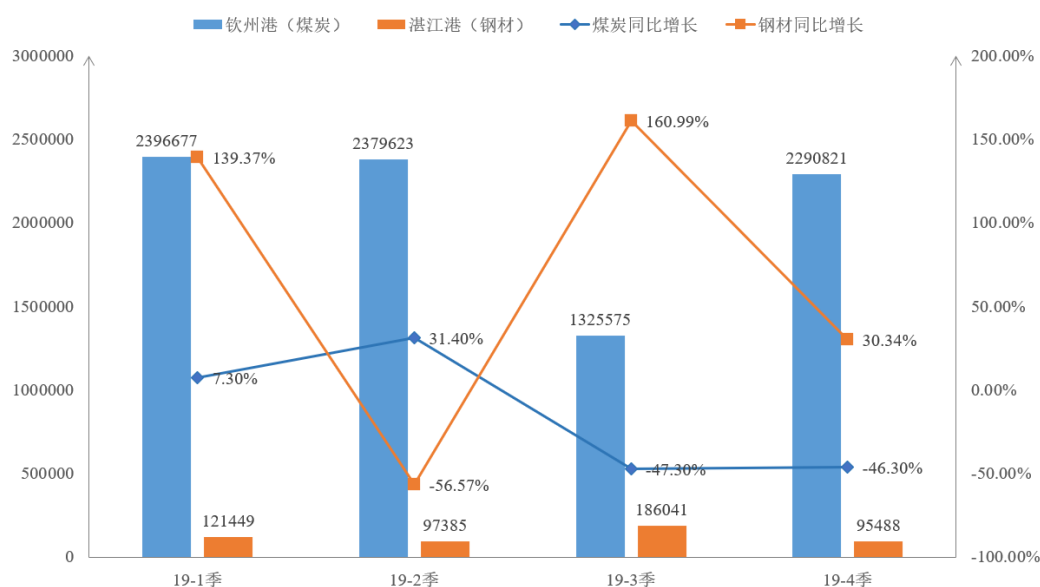


图 5-7 西南沿海港口群典型港口到港货运量季度变化

在珠江三角洲港口群中，根据到港货运量排名选择广州港作为煤炭和钢材的典型到达港口，得到煤炭、钢材典型到达港口的到港货运量在 2019 年 4 个季度的波动情况，如图 5-8。由图可知，广州港的煤炭和钢材到港货运量季度变化均较小，维持在一个稳定水平。与上年相比，广州港的煤炭到港货运量和钢材到港货运量均有不同程度的下降，均在第 3 季度下降最多。

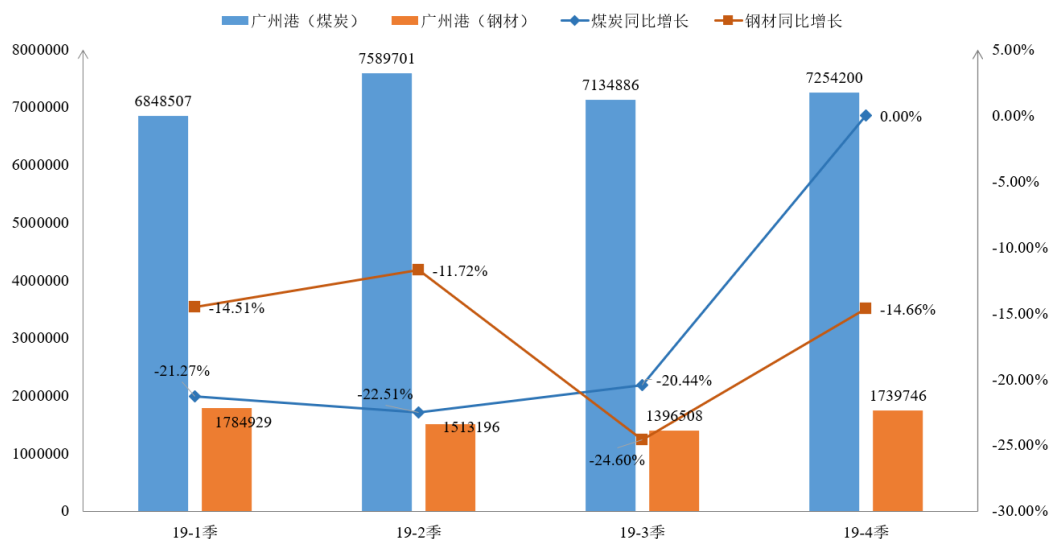


图 5-8 珠江三角洲港口群典型港口到港货运量季度变化

总体而言，沿海区域典型港口不同货类到港货运量随季节变化特征有所差异。沿海区域典型港口各季度的钢材货运量波动不大，而煤炭货运量波动较大，各港口货运量变化趋势也不同。煤炭货运量变化以钦州港最为突出，全年货运

量呈“V”型走势，煤炭到港货运量在第3季度有大幅下降。主要由于煤炭的季节性特征更明显，煤炭需求在冬季达到高峰，而钦州港所在地广西一带通常以煤炭作为主要能源，因此受影响较大；同时受《2019年煤炭中长期合同签订履行有关工作的通知》的影响，2019年下半年煤炭市场行情不佳。而钢材的季节性特征相对较弱，因此波动较小。

5.3.2 港口主要停靠船舶类型分布

在沿海区域中，统计不同港口群的煤炭、钢材、铁矿石三种货类典型港口停靠船舶吨级数量分布。

在环渤海港口群中，不同货类典型港口停靠船舶类型数量分布如图5-9所示。烟台港停靠钢材船舶多为5千吨级，其次是3千吨级，与其他典型港口相比，烟台港停靠的万吨以上钢材船舶占比较小。烟台港位于山东半岛东部，周边地区的钢铁产量和需求相对较低。虽然山东省是中国重要的钢铁生产地之一，但大部分钢材产量主要集中在山东省的中西部地区，而烟台位于山东省的东部沿海地区，因此烟台港停靠钢材船舶较小。烟台港停靠煤炭船舶则更大，以5万吨级为主，其次是5千吨级和3.5万吨级。

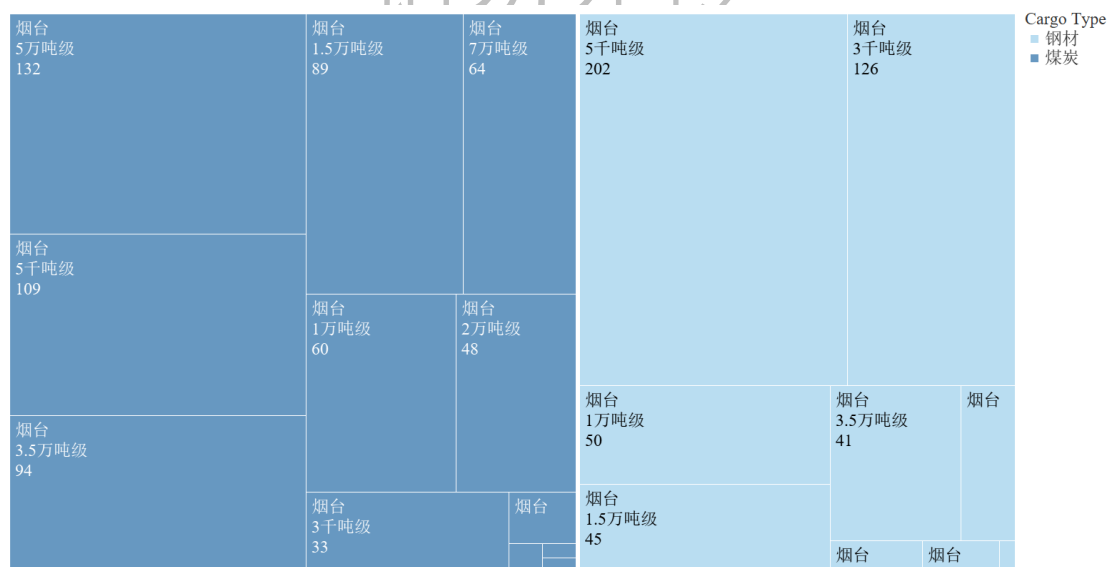


图 5-9 环渤海港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

在长江三角洲港口群中，上海港停靠钢材船舶吨级以1万吨级和1.5万吨级为主，停靠铁矿石船舶以5万吨级为主。上海港是中国重要的钢材进出口港口之一，钢材相对其他散货来说体积较小、重量较轻，使用1万吨级的船舶能够满足钢材运输需求，且适应上海港水位和航道条件，因此在保证利益最大化

情况下，上海港停靠钢材船舶吨级以 1 万吨级和 1.5 万吨级为主。而铁矿石是大宗货物，单位运输成本相对较少，因此在上海港等大型港口，铁矿石船舶的吨级往往要大于运输钢材的船舶。宁波舟山港的货物吞吐量和水深条件都位于世界前列，统计数据显示宁波舟山港的装卸作业效率也位居世界前列，能满足大型船舶通航和作业需求，因而宁波舟山港停靠煤炭船舶更大，多为 5 万吨级和 3.5 万吨级。

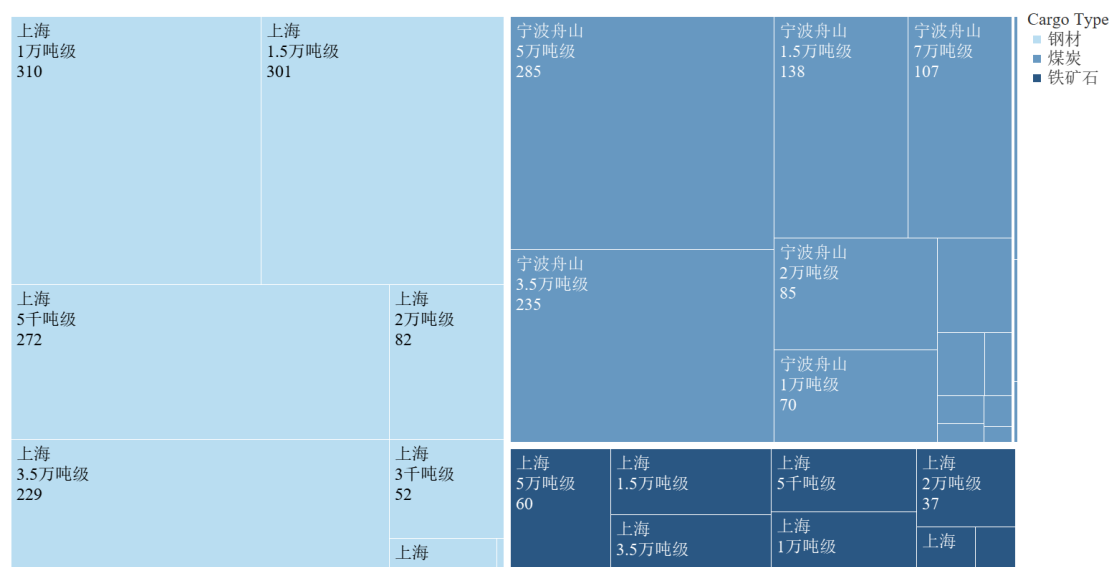


图 5-10 长江三角洲港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

在东南沿海港口群中，福州港停靠钢材船舶以 5 千吨级为主，泉州港停靠煤炭船舶主要为 1.5 万吨级和 7 万吨级。福州港因地处河口，水深较浅，泊位小且载重能力相对较低，多停靠小型船舶，无法承载大型干散货船。而泉州港则拥有更深的海域和先进的码头设施，可以停靠大型船舶。钢材是相对较轻的散货品种，所以一般停靠在载重较小的福州港；而煤炭则是重量大、体积大、价值相对较低，为了减少运输成本需要采用较大的船舶进行集装运输，需要像泉州港这样拥有大型引航船和足够深水岸线的港口来满足需要。

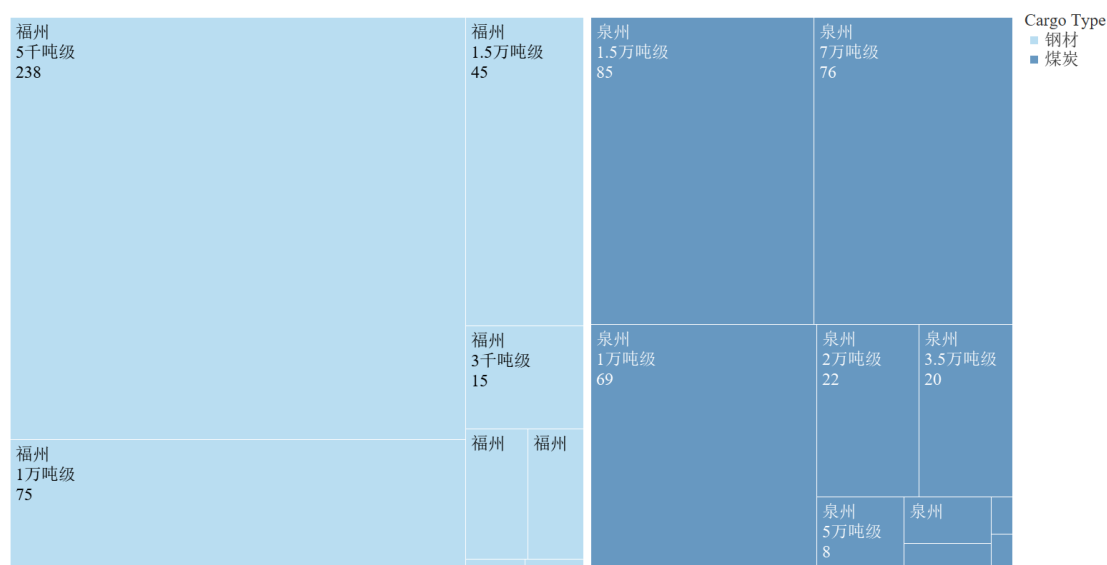


图 5-11 东南沿海港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

根据图 5-12，在西南沿海港口群中，钦州港停靠煤炭船舶较大，主要为 7 万吨级，其次是 5 万吨级，湛江港停靠钢材船舶大多为 5 千吨级。钦州港码头泊位及基础配套设施建设较好，近年来货运量增速位居全国前列，是中国南方重要的煤炭进口港之一，煤炭需求量大，因此相较于其他港口，停靠煤炭船舶的吨级较大。

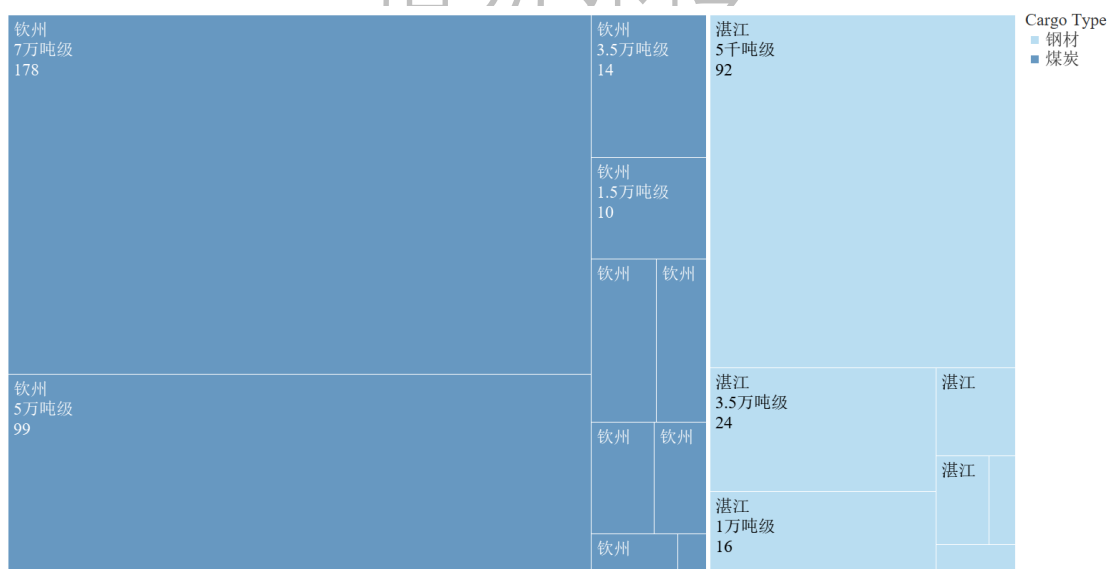


图 5-12 西南沿海港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

在珠江三角洲港口群中，广州港停靠钢材船舶以 5 千吨级为主，其次是 1.5 万吨级，而停靠煤炭船舶主要为 7 万吨级和 5 万吨级。中国南方地区煤炭资源贫乏，而广东地区作为我国工业强省，对煤炭的需求旺盛，是华南地区最重要的煤炭进口港之一。观其地理位置，东侧临近珠江口海域，有较高的水深和较

大的港口岸线长度，适合大型煤炭船舶的靠港作业，而西侧与内河连接，船舶的吨级、长度、宽度等参数都受到了很大的限制，不太适合大型钢材船舶的进出港操作。综上，相较于钢材，广州港停靠煤炭船舶吨级更大，大型船舶停靠数量也更多。

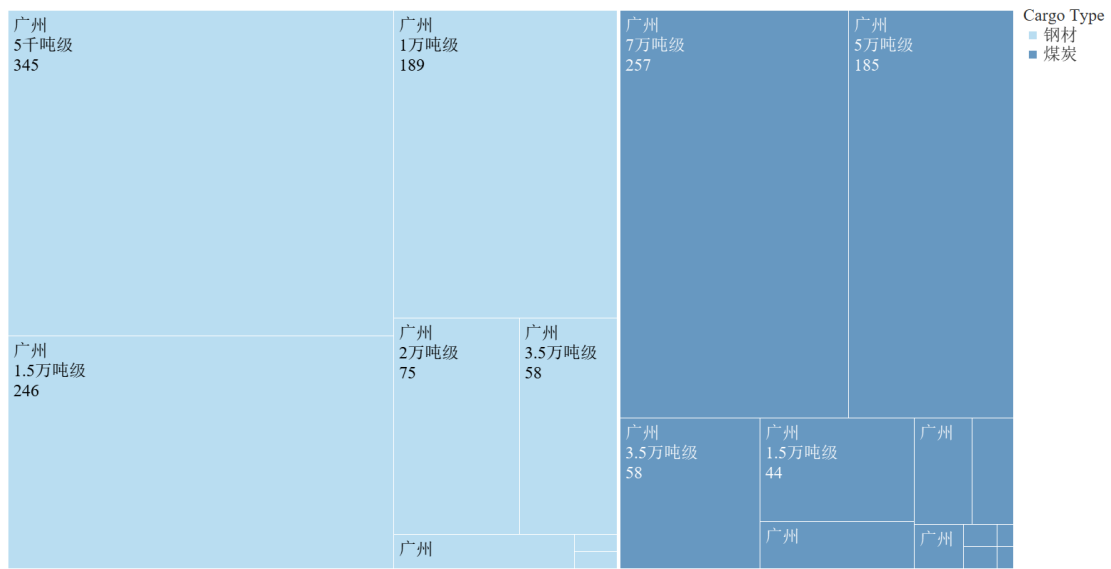


图 5-13 珠江三角洲港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

整体来看，停靠船舶吨级与港口吞吐量和港口水深条件都有一定关系，船舶大型化能够带来规模经济效应，但同时也可能由于货运量较少使运输成本升高，而且废气和噪音也会对环境造成污染。因此在港口水深条件能够满足船舶通航条件的基础上，港口货运量也要足够大，大型船舶才具有很好的通航机会。

5.4 内河区域典型干散货研究港口特征分析

为了研究内河区域典型港口特征，根据到港货运量排名以及港口所在地理区域选择典型港口分析。针对煤炭、钢材和铁矿石这三种货类，在长江流域、京杭大运河流域以及珠江流域地区各选取一个代表性港口作为研究对象，见表 5-2，以下是对于内河区域典型港口季度性波动及主要靠泊船型分析。

表 5-2 内河区域典型港口

港口群 \ 货类			
	煤炭	钢材	铁矿石
长江流域港口群	江阴港	江阴港	张家港
京杭大运河流域港口群	南京港	南通港	南京港
珠江流域港口群	揭阳港	佛山港	/

5.4.1 港口货运量季度性波动分析

在长江流域港口群中，根据到港货运量排名选择江阴港作为煤炭和钢材的典型港口，选择张家港作为铁矿石典型到达港口，得到三种货类典型到达港口货运量季度波动，见图 5-14。由图可知，在 2019 年 4 个季度中，江阴港煤炭到港货运量的波动幅度较大，2019 年第 2 季度煤炭到港货运量最大，第 3 季度有较大幅度的下降；而钢材的到港货运量较为稳定，但在第 2 季度后呈现逐渐下降的趋势。张家港的铁矿石四个季度的到港货运量变化较小，基本维持在一个稳定水平。与上年相比，江阴港煤炭和钢材的第一和第二季度到港货运量均比上年同季度略有上升，尤其钢材到港货运量，第 1 季度和第 2 季度同比增长 50% 以上。张家港铁矿石的到港货运量第 3 季度比上年增幅最大，同比增长 19% 左右。

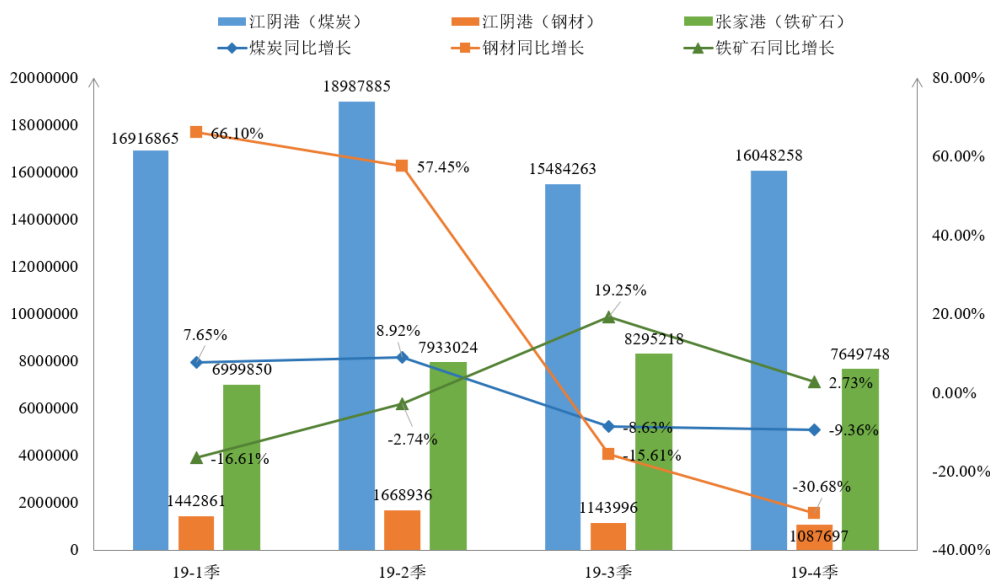


图 5-14 长江流域港口群典型港口到港货运量季度变化

在京杭大运河流域港口群中，根据到港货运量排名选择南京港作为煤炭和铁矿石的典型到达港口，选择南通港作为钢材的典型到达港口，得到三种货类典型到达港口货运量季度波动。根据图 5-15，南京港煤炭到港货运量 2019 年四个季度变化较小，但呈现逐渐下降的趋势，而铁矿石到港货运量有较大变化，在第 1 季度和第 3 季度较多，第 2 季度和第 4 季度较少。与上年相比，南京港第 3 季度煤炭和铁矿石到港货运量均有不同程度的增幅；南通港钢材到港量第 3 季度与上年相比有较大降幅，同比下降约 20%。

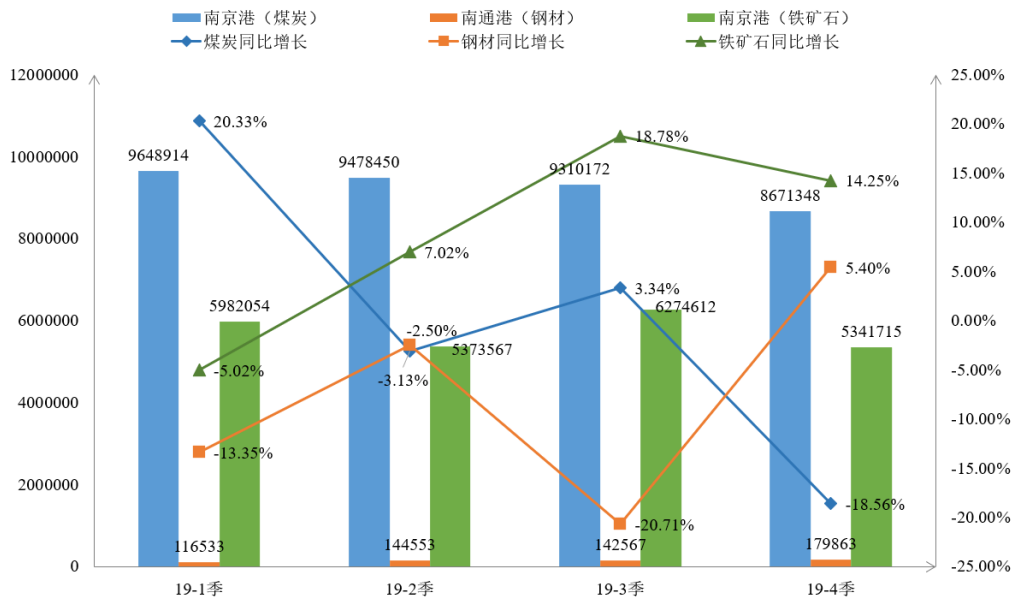


图 5-15 京杭大运河流域港口群典型港口到港货运量季度变化

在珠江流域港口群中，根据到港货运量排名选择揭阳港作为煤炭的典型到达港口，选择佛山港作为钢材的典型到达港口，得到煤炭、钢材两种货类典型到达港口货运量季度波动。根据图 5-16，揭阳港煤炭的到港货运量季度变化较为显著，到港货运量在第 1 季度到第 2 季度、第 3 季度到第 4 季度均呈现下降趋势，在第 3 季度达到峰值。佛山港的钢材到港量整体呈现下降趋势，但降幅较小。与上年相比，揭阳港煤炭到港货运量第 2 季度和第 3 季度均有所下降，第 4 季度形势回暖，同比增长约 26%。佛山港前三个季度与上年同期相差不大，在第 4 季度下降最多，同比下降约 24%。

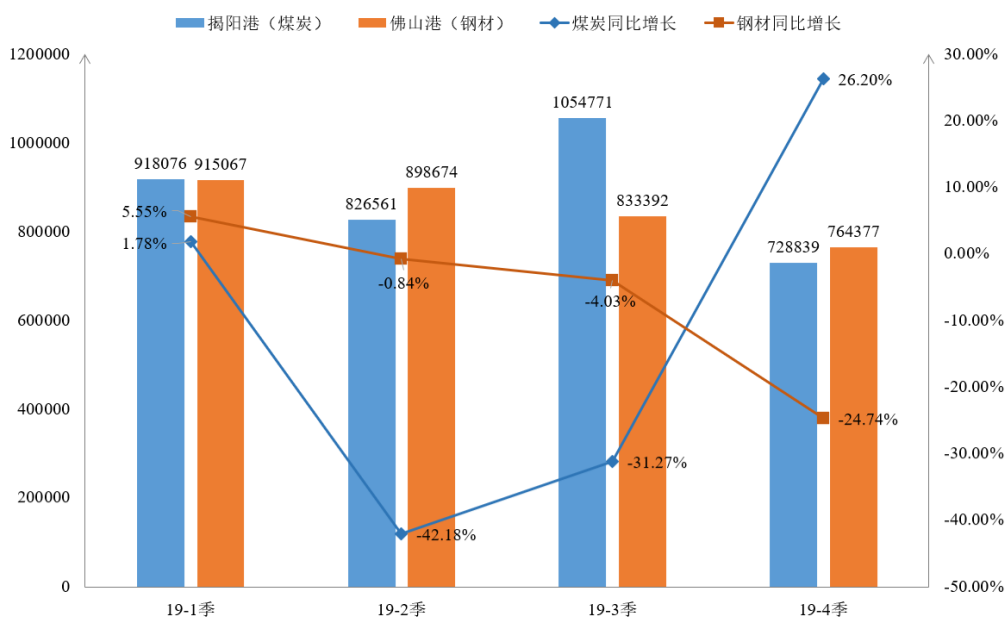


图 5-16 珠江流域港口群典型港口到港货运量季度变化

5.4.2 港口主要停靠船舶类型分布

在长江流域港口群中，不同货类典型港口停靠船舶类型数量分布如图 5-17 所示。张家港停靠铁矿石船舶以 5 万吨级为主，江阴港停靠煤炭船舶大多为 5 万吨级，其次为 3.5 万吨级，江阴港铁矿石停靠船舶相对于其他铁矿石到达港口而言更大，多为 1.5 万吨级，这得益于江阴港优越的港口水深和航道条件，由此也看出江阴港的钢材需求量较大，装卸效率也较高。

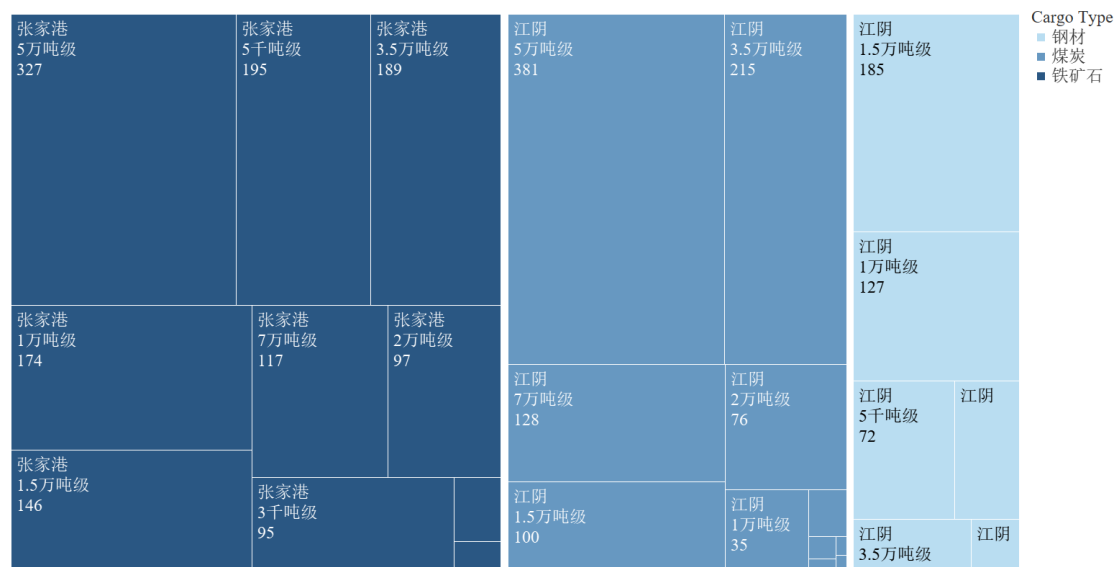


图 5-17 长江流域港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

在京杭大运河流域港口群中，不同货类典型港口停靠船舶类型数量分布如图 5-18 所示。南通港停靠钢材船舶主要为 1.5 万吨级和 1 万吨级。南京港停靠铁矿石船舶相对其他港口而言较小，多为 1 万吨级和 5 万吨级，其次是 5 千吨级，而停靠煤炭船舶较大，多为 5 万吨级和 3.5 万吨级。南京港是长江流域的重要枢纽港，也是江苏省主要的煤炭港口，且两港都距入海口距离短，有优良的港口水深条件，因此适宜 5 万吨级的大吨级运煤船舶停泊。

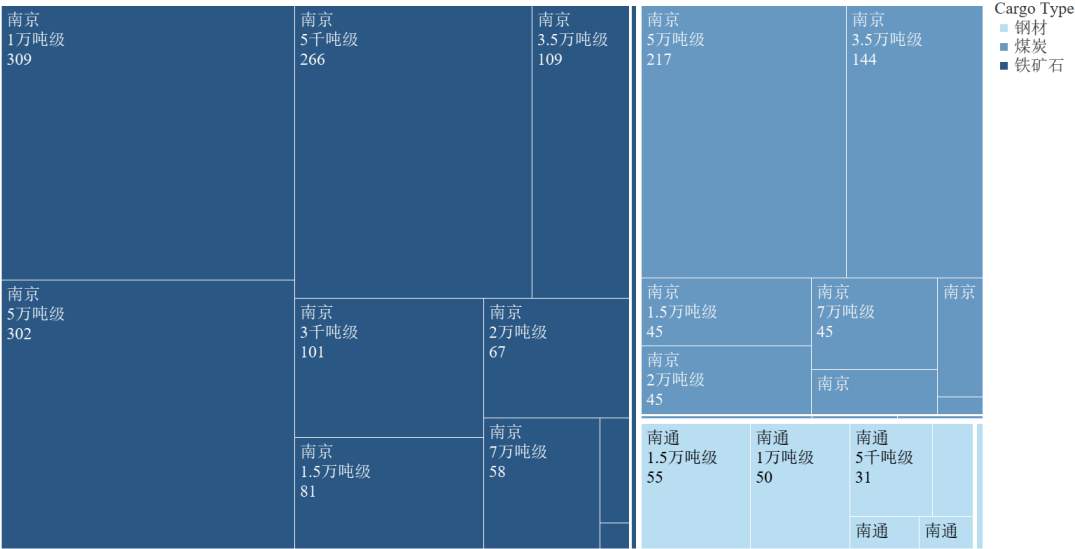


图 5-18 京杭大运河流域港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

在珠江流域港口群中，不同货类典型港口停靠船舶类型数量分布如图 5-19 所示。揭阳港停靠煤炭船舶较大，以 7 万吨为主，其次是 1 万吨级和 5 千吨级船舶。佛山港停靠钢材船舶主要为 5 千吨级，佛山港周边地区有许多钢铁制造企业和钢材加工厂，这些厂家通常会选择就近配送的方式，使用较小的船舶进行短途运输。佛山港周边地区有许多钢铁制造企业和钢材加工厂，这些厂家通常会选择就近配送的方式，使用较小的船舶进行短途运输。由于佛山港的地理位置优势，较小的船舶可以更灵活地进入港口，方便与周边厂家的货物交流，因此佛山港有大量 5 千吨级钢材船舶停靠。

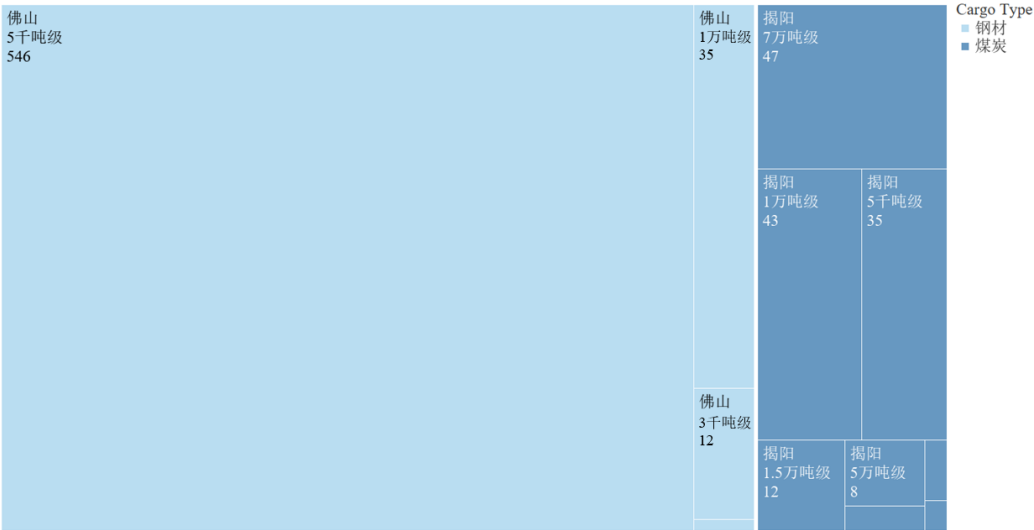


图 5-19 珠江流域港口群典型港口停靠船舶类型数量分布

5.5 本章小结

由于集装箱货运的整体运量波动仅与贸易量这一宏观指标有关，与产业结构之间关联特征并不明显，因此在港口货运特征分析方面仅以干散货船停泊港口为研究目标，结合宏观产业结构分析干散货船停泊港口的货运特征。

将沿海港口聚类为环渤海、长三角、东南沿海、珠三角四大港口群，将内河港口聚类为长江流域、京杭大运河、珠江流域三大港口群，并依据干散货三大货类的货运量在上述七港口群中选取代表性港口进行分析。

对港口发出和到达的干散货货物构成进行画像，港口发出与到达的干散货货物类型与地区产业支撑存在明显联系，且发出同类型货物港口在地理区位、产业链位置上存在较大的趋同性，发出货物占比较为极端，几个主要港口便可覆盖某类货物大部分吞吐量；如环渤海区域中连通华北地区的港口发出货物几乎全部为煤炭，其原因在于环渤海地区为煤炭铁海联运中转节点，承接大秦铁路、淮池铁路的路上煤炭通道；环渤海区域连通东北地区的港口发出货物以钢材为主，原因在于东北鞍钢基地是我国最主要的钢铁产区之一；宁波舟山、上海等港口发出货物主要为铁矿石，其原因在于上述港口为我国铁矿石进口的主要中转节点，该部分分析结果与前文干散货航线特征相互印证，证明分析结果符合现实情况。

针对沿海与内河流域典型港口分不同货类分析其货流的季度性波动特征，对于所有港口而言，钢材运量波动均较为平稳，这是由于钢材需求通常与地区第二产业发达情况有关，整体供需关系较为稳定，出现季度性大幅度波动可能性较小；煤炭的季度性波动则较钢材明显，在沿海的钦州、福州港，内河流域的江阴港都在一年内呈现明显运量变化，整体突出冬季运量较大，夏季运量明显下降的特点，其原因其一在于煤炭作为我国主要能源品类之一，冬季用电、取暖等需求的增加导致其显著的季度性波动，其二是因为冬季处于枯水季节，因此发电则大部分由火力代替了水力发电，这也一定程度上带动了煤炭的运输需求。

进一步的，对上述分析中所选中的典型港口停靠船舶类型分布情况进行分析，港口层面，影响不同等级干散货船停靠的主要因素有两部分，其一为地区对于某类货物的需求量，具体到本报告研究对象货物，即与地方第二产业发展

水平息息相关；其二为港口建设情况与港口水深条件；当两方面条件都较为充分时，停靠船舶会倾向于较大的吨级，如沿海的宁波舟山港、广州港，内河流域的江阴港、南京港，上述港口依托于本地支柱工业，且具备良好的港口设施建设水平与水深条件，交通区位优势与产业优势相辅相成，停靠船舶都为 5 万吨级以上的大型干散货船，反之如佛山港、烟台港、福州港等港口由于不同原因，停靠船舶吨级相对较小，主要集中在 5 千吨级的船舶。

请勿外传

6. 港口运作特征分析

本章主要对港口运作特征进行分析，旨在刻画不同船舶类型在不同港口停泊时间的差异。首先将研究区域分为内河港口和沿海港口通过对比分析，了解不同区域港口的运作效率，并进一步探究部分船舶在港口停泊时间较长的原因，分析其瓶颈环节所在，并在此基础上进一步分析了各港口群内船舶进出典型港口的时间分布规律。最后基于各船舶在不同港口的停泊时间分布，分析了港口推广岸电的潜力，为后续评估岸电使用潜力提供研究基础。

6.1 数据处理

（1）进出港时段计算

提取货流数据表中每条数据的出发港/到达港的进港/离港时间的小时数，以此统计船舶进出港数量 24 小时分布。

（2）港口停泊时间计算

港口停泊时间是指由于各种原因在港的全部停泊时间。因此将货流数据表中每一条数据的港口的到港时间与港口的离港时间之间的差值作为船舶在港口的停泊时间；同时港口停泊时间也等于靠锚时间与靠泊时间之和。

6.2 干散货研究港口运作特征分析

6.2.1 到达港平均停泊时间分布

为了研究港口运作特征，以下是对沿海区域到达港平均停泊时间分布和内河区域到达港平均停泊时间分布所做的分析。纵向来看，沿海区域停泊船舶虽整体吨位较大，但由于专业设备等因素反而停泊时间更短。横向来看，通过观察沿海和内河区域港口与停泊时间的关系可以看出，港口自身条件是船舶在港停泊时间的重要影响因素。

（1）沿海区域到达港平均停泊时间分布

沿海区域各港口船舶平均停泊时间分布如图 6-1 所示，整体来看，沿海区域到达港船舶在港平均停泊时间在 2 天左右上下浮动。珠三角、西南和东南沿海港口群的港口船舶到港停泊时间相对较长，其中最为突出的是漳州、湛江港和广州港。漳州港是中国全国十大木材进口港口、粮食中转港和内贸集装箱发展最具潜力的码头，来往船只众多，货物吞吐量大，泊位繁忙；加之漳州港位

于东南沿海区域，常风向为东风和东北风，最大风速 40 米/秒，受天气条件等因素影响，停泊时间较长。而湛江港位于西南沿海区域，2019 年《粤港澳大湾区发展规划纲要》的正式出台，使得粤港澳地区经济交流活动频繁，位于湛江市的湛江港，是中国西南、华南地区水路运输的主要通道，是粤西和北部湾地区最大的天然深水良港，其港口贸易活动日益频繁，货物吞吐量屡创新高，船舶停泊时间较长。

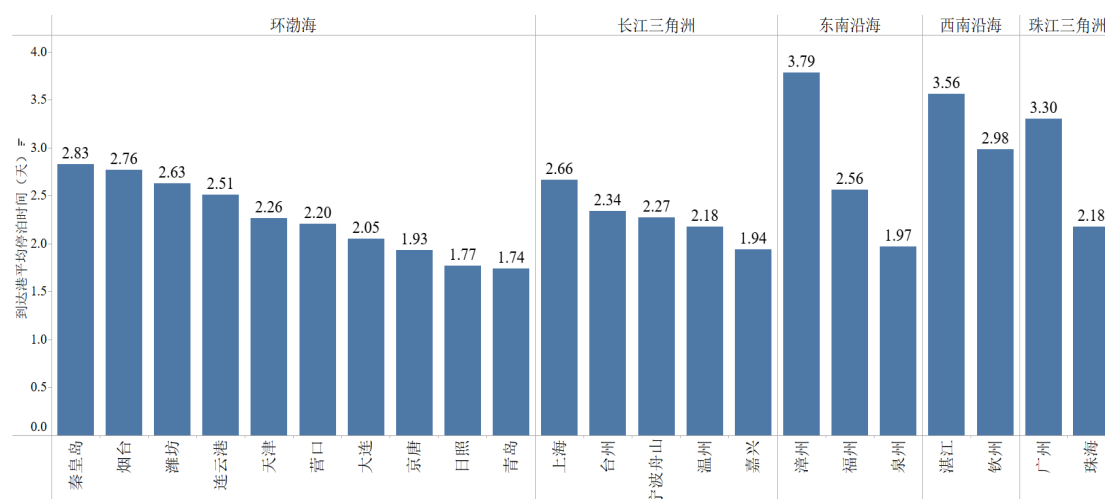


图 6-1 沿海区域各港口船舶平均停泊时间分布（天）

沿海区域港口各船型平均停泊时间分布如图 6-2 所示，其分布与图 6-1 船舶在港口的平均停泊时间相吻合，东南沿海的漳州港，西南沿海的钦州和湛江港以及珠江三角洲的广州和珠海港的部分船型在港平均停泊时间均超过 5 天。值得注意的是，烟台港 2 千吨级船舶在港平均停泊时间达到 7.21 天，原因可能是多方面的，一方面，烟台港货物吞吐量较大，2019 年港口吞吐量排名全国第九，大型船舶装卸活动通常有更高的优先级，吨级较小的船舶在泊或在锚等待时间较长；另一方面，除生产性停泊时间和非生产性停泊时间外，自然因素如大雾、台风天气等也会增加船舶停泊时间。据前面分析烟台港主要停靠船舶类型为 1.5 万吨和 2 万吨级船舶，而这两种船舶的停泊时间则维持在较低的水平，深入剖析其原因，可能针对频繁停靠的船舶类型有较为专业的设备。结合前面港口主要停靠船舶类型进行交叉分析可以发现，各港口主要停靠的船舶类型在港口的停泊时间都维持在相对较低水平，基本在两天左右。

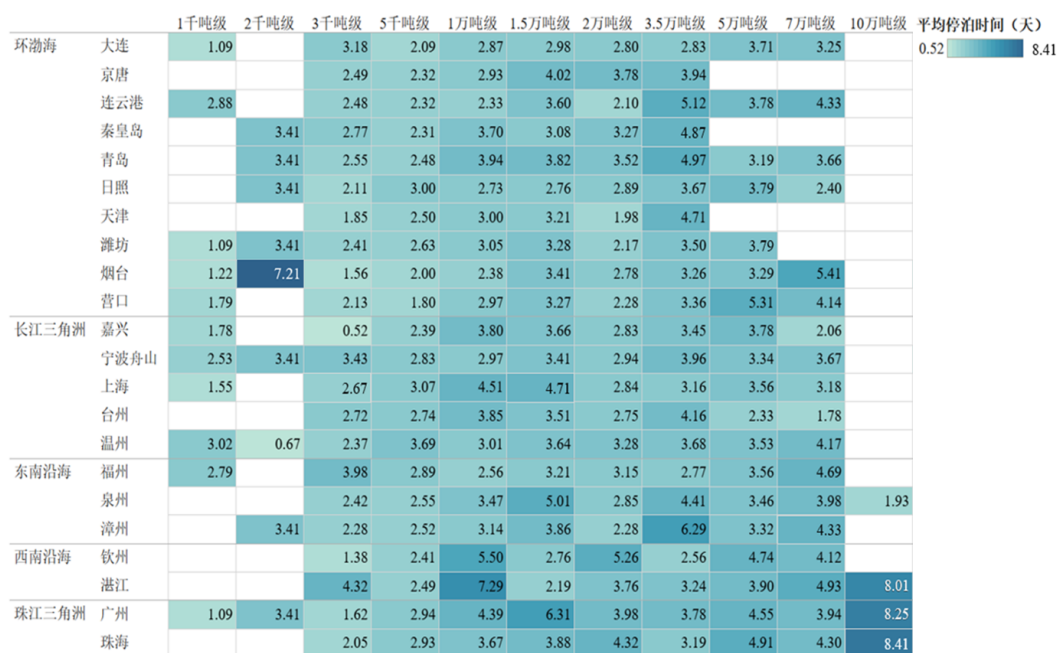


图 6-2 沿海区域港口各船型平均停泊时间分布(天)

(2) 内河区域到达港平均停泊时间分布

内河区域各港口船舶平均停泊时间分布如图 6-3 所示, 整体来看, 大部分船舶在港平均停泊时间在 2 天左右浮动, 但极值差异较大, 平均停泊时间最长为揭阳港, 可达 3.79 天, 平均停泊时间最短为重庆港, 仅为 0.91 天。这可能是因为与珠三角地区的大型港口相比, 揭阳港作为一个相对较小的港口, 货运吞吐量相对较低, 并且揭阳港周边地区的经济发展相对较慢, 货物需求相对较低, 因此, 在揭阳港接驳的货物量可能较少, 导致船舶停靠时间较长。重庆港位于长江中游也是长江航运经济带的区域中心, 具有丰富的内陆水运资源和便利的交通网络, 可以与沿江各城市相互连接, 这为其物流运输提供了极大便利。另一方面, 在重庆港附近存在一些险滩和急流, 为了提高航道的安全性, 船舶通常需要在特定时段进行导航以适应潮汐和洪水条件, 因此这可能使得船舶平均停泊时间较短。

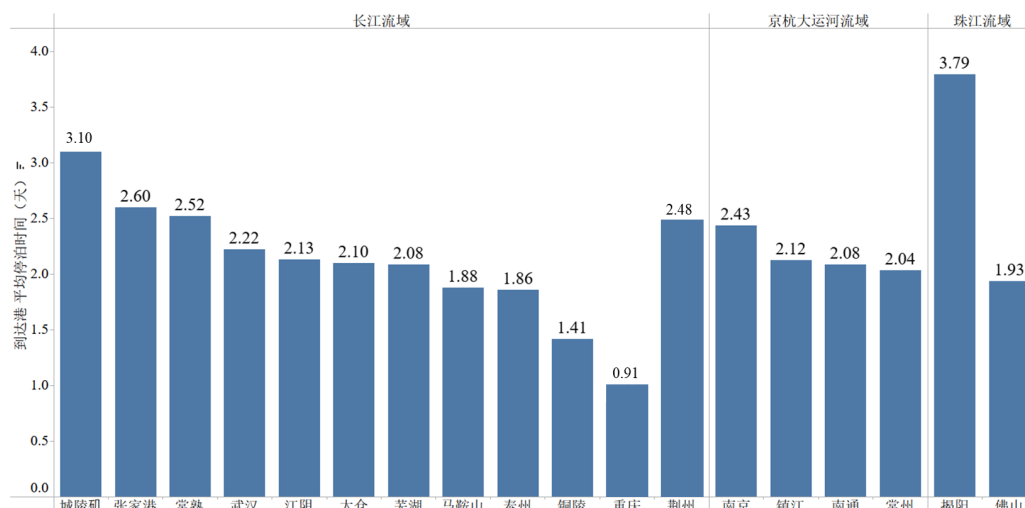


图 6-3 内河区域各港口船舶平均停泊时间分布

内河区域港口各船型平均停泊时间分布如图 6-4 所示，武汉、芜湖、南京、揭阳等港口的部分船型平均停泊时间超过 5 天。内河船的平均停泊时间相比沿海船更短，且在各到达港的平均停泊时间差异明显。此外，大部分港口小吨级的船舶平均停泊时间比大吨级船舶时间要长，这可能是由于大吨级船舶优先级更高，小吨级船舶需要等待较长时间，或者由于加油、增添补给等其他作业占用了时间。而佛山是广东省内河港，年吞吐量较少，由于航道限制，仅小型船舶可到港装卸，单次装卸量较少，因此在泊时间较短。结合前面港口主要停靠船舶类型进行交叉分析可以发现，各港口主要停靠的船舶类型在港口的停泊时间都维持在相对较低水平，与沿海港口情况类似，也维持在 2 天左右。

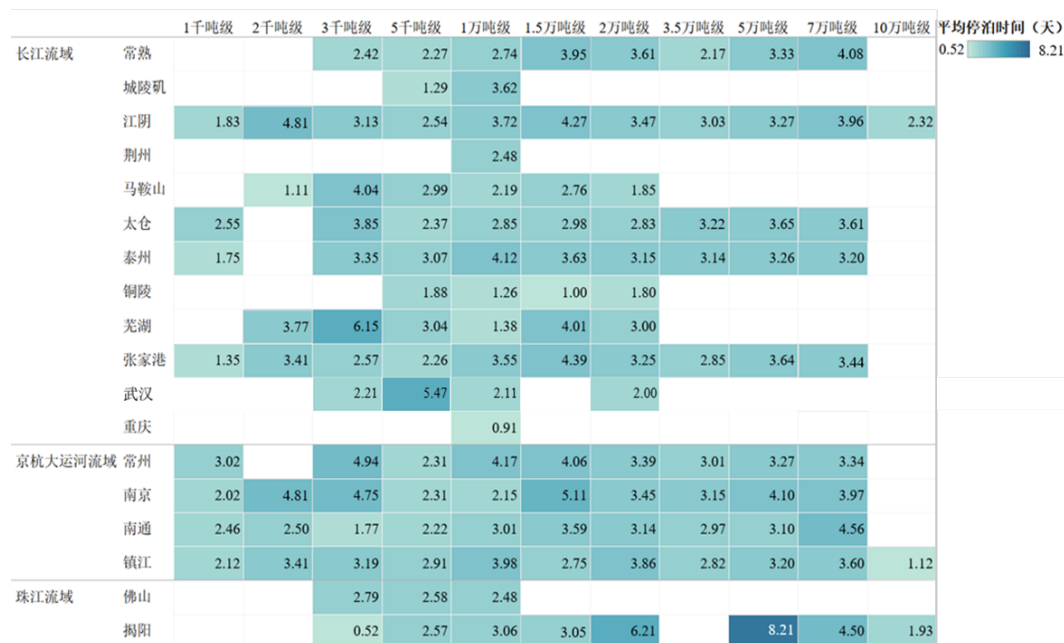


图 6-4 内河区域港口各船型平均停泊时间分布 (天)

6.2.2 到达港靠锚靠泊时间分布

(1) 沿海区域到达港船舶在港时间分布

为了深入理解造成船舶在港口停泊时间较长的原因，我们进行了进一步的分析，将停泊时间进行了分解，得到船舶在港口的靠泊时间和靠锚时间的分布。结果发现，尽管某些港口的停泊时间较长，但主要瓶颈问题实际上出现在某一环节，例如烟台港，其 2 千吨级的船舶在港口平均停泊时间为 7.21 天，但其靠锚时间却占了其停泊时间的 70% 左右，由此可见影响该类船舶停泊时间较长的瓶颈环节在于锚地等待。同样地，漳州、湛江、广州和珠海港也存在类似的情况。而相反，青岛和日照港 2 千吨级的船舶在港口停泊时间较长的瓶颈环节却在靠泊环节。

船舶在沿海港口的平均靠锚时间反映了港口运营效率和物流管理的水平，与到达港口有密切关系。大部分船舶在沿海港口的平均靠锚时间在 3 天以内，少部分较大吨级船舶在港口的靠锚时间超过 4 天，比如 1.5 万吨级船舶在广州港的平均靠锚时间为 4.06 天，3.5 万吨级船舶在漳州港的平均靠锚时间达 5.38 天，7 万吨级船舶在烟台港的靠锚时间为 4.42 天，10 万吨级船舶主要到达港分布在珠江三角洲区域，比如广州港和珠海港，平均靠锚时间最长，约 6.5 天。广州港和珠海港是珠江三角洲地区最大的港口之一，根据海关总署，2021 年广州港货物吞吐量达到 6.67 亿吨，珠海港货物吞吐量达到 2.31 亿吨。据港口集团官网公布的数据，截至 2021 年底，广州港共有 195 个泊位，其中 55 个为 10 万吨级以上深水泊位，珠海港拥有 57 个泊位，其中 6 个为 10 万吨级以上深水泊位。由此看来，需要提高广州港和珠海港大型船舶的装卸效率并优化作业流程和泊位资源分配。整体来看，广州港、上海港、珠海港、钦州港、漳州港由于港口业务往来频繁，泊位平均靠锚时间较长，约为 2.5 天左右，烟台港和天津港通常作为航运的中转港，平均靠锚时间较短，约为 1.6 天左右。对于同一个到达港口，平均靠锚时间有随着船舶吨级增大而增大的趋势。

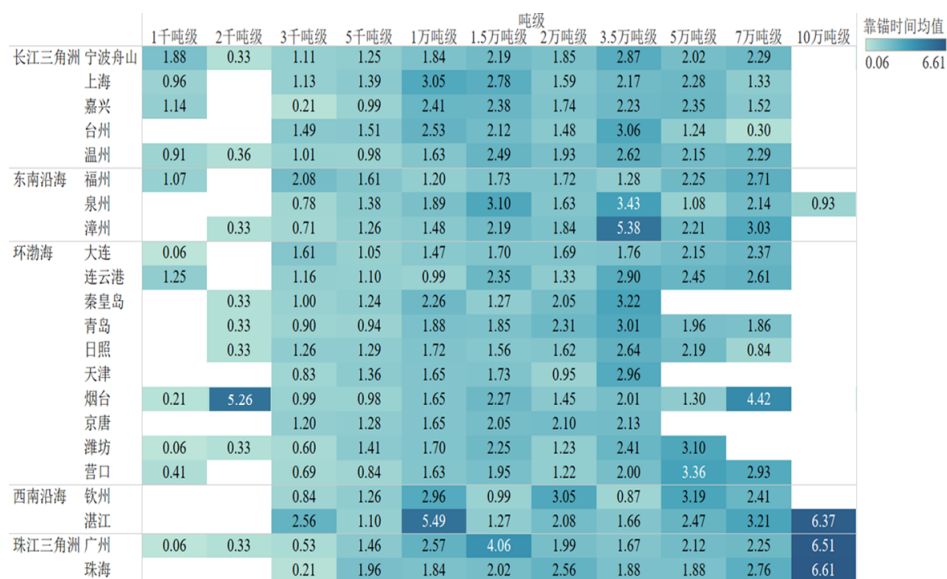


图 6-5 沿海港口船舶吨级平均靠锚时间（天）

船舶在沿海港口的平均靠泊时间反映船舶在港口泊位装卸作业的效率，根据图 6-6，基本上所有船舶在沿海港口的平均靠泊时间均在 3 天以内。分船舶吨级来看，不同吨级船舶在同一港口的平均靠泊时间分布较分散，总体上有随着船舶吨级增大而增大的趋势，但不明显。分港口来看，船舶在广州港、钦州港、珠海港的平均靠泊时间较长，约 1.6 天左右，值得注意的是宁波舟山作为我国业务最繁忙的沿海港口之一，船舶靠泊时间却较低，约为 1.18 天，原因有二，一是宁波舟山港位于中国东海沿岸，是连接长江三角洲和杭州湾地区的重要港口，地理位置优越，便于货物的进出口；二是宁波舟山港采用全流程信息化管理，作业效率高，其管理理念和作业流程优化可以作为其他港口的参考依据。

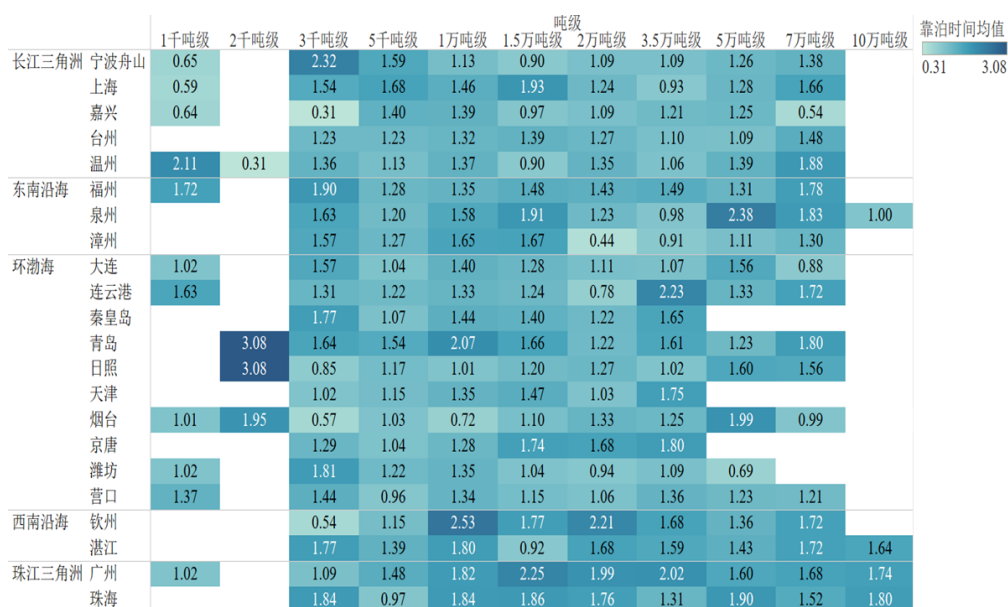


图 6-6 沿海港口船舶平均靠泊时间（天）

（2）内河区域到达港船舶在港时间分布

船舶在内河港口的停泊时间较长的原因的分解情况与沿海港口有所不同，通过进一步将停泊时间分解为靠泊时间和靠锚时间，结果发现，船舶在内河港口停泊时间较长的瓶颈环节大部分存在于靠泊环节。例如揭阳港，其 5 万吨级的船舶在港停泊时间为 8.21 天，但其靠泊时间却占了其停泊时间的 80% 左右，由此可见影响该类船舶停泊时间较长的瓶颈环节在于泊位等待。同样地，2 千吨级的船舶在江阴、南京、芜湖和张家港也存在类似的情况。而相反，太仓和马鞍山港 3 千吨级的船舶在港口停泊时间较长的瓶颈环节却在靠锚地环节。

根据图 6-7，大部分内河区域到达港口的船舶平均靠锚时间在 3 天以内，少数船舶的平均靠锚时间超过 3 天，比如 2 万吨级船舶在揭阳港的平均靠锚时间为 3.5 天，3 千吨级船舶在芜湖港的平均靠锚时间约为 3.3 天。整体看来，相较于沿海区域，船舶的平均靠锚时间分布与吨级的关系较不明显。分港口来看，船舶在张家港、太仓港、南京港的平均靠锚时间较长，约为 2 天左右，这些港口是长江中下游的几个重要港口，航线较为拥挤，港口泊位较繁忙，因此平均靠锚时间较长。船舶在重庆港的平均靠锚时间较短，为 0.5 天左右，重庆港是长江上游最大的港口之一，也是西南地区最大的内河港口，港口设施和运营管理水平较好，因此平均靠锚时间较短。

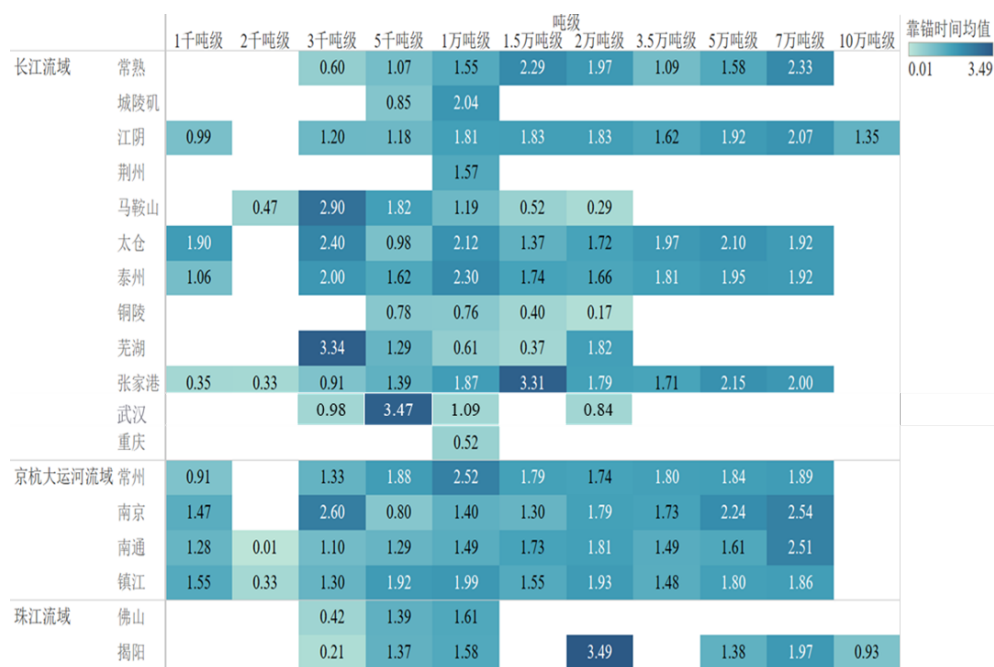


图 6-7 内河港口船舶平均靠锚时间（天）

整体来看，2 千吨级和 3 千吨级船舶的平均靠泊时间最长，其次是 1.5 万吨

级和 2 万吨级船舶，为了提高港口装卸效率，可以通过改善船舶的装卸设备和作业流程来提高以上吨级的单船作业效率。值得注意的是，5 万吨级船舶在揭阳港的平均靠泊时间较长，高达 6.83 天，揭阳港是南海航线的重要港口之一，但规模较小，根据港口官方数据，截至 2021 年底，揭阳港共拥有 15 个泊位，其中 5 个泊位为 10 万吨级深水泊位，近年来随着航运需求的增加，可能存在港口装卸设施和泊位资源不足的现象，导致作业效率不高，大型船舶平均靠泊时间较长。分港口来看，船舶在常州港、江阴港、揭阳港、南通港的平均靠泊时间较长，约 1.4 天左右，船舶在重庆港的平均靠泊时间较短，约 0.4 天，重庆港是长江上游地区最大的内河港口，拥有岸线长 50 余公里的深水岸线资源，泊位设施齐全，装卸效率高，因此船舶靠泊时间较短。

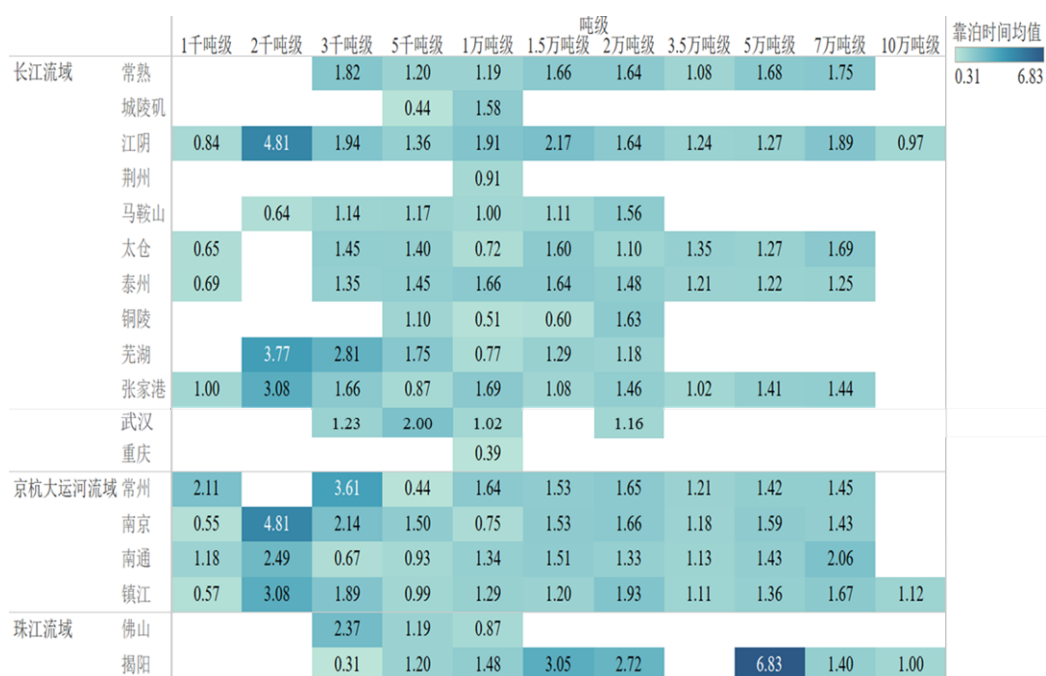


图 6-8 内河港口船舶平均靠泊时间（天）

6.2.3 典型港口船舶进出港数量 24 小时分布

接下来对于典型港口的 24 小时进出船舶数量进行分析，影响船舶到港和离港时间的因素有很多，包括气候因素、潮汐、港口装卸效率等等，很大程度上受到诸多不确定因素的影响。但总体上我国沿海和内河区域典型港口的到港和离港时间分布较为均匀，仅有极少数港口可能因特殊原因导致到港和离港时间在各时间点上的分布存在差异。

(1) 沿海区域船舶进出港 24 小时分布

整体上, 大部分沿海区域典型到达港口的到港时间分布比较均匀, 少数港口如湛江港的到港时间存在某时间段分布集中的情况, 湛江港作业时间相对集中, 泊位资源管理水平和港口作业效率有待提高。另外, 所研究港口基本是 24 小时运营的, 但整体上 8 时之后的时间段相对于 0 时至 8 时的港口更加活跃, 由于深夜港口作业效率和作业安全性都会受到一定影响, 因此在深夜到达船舶数量较少。

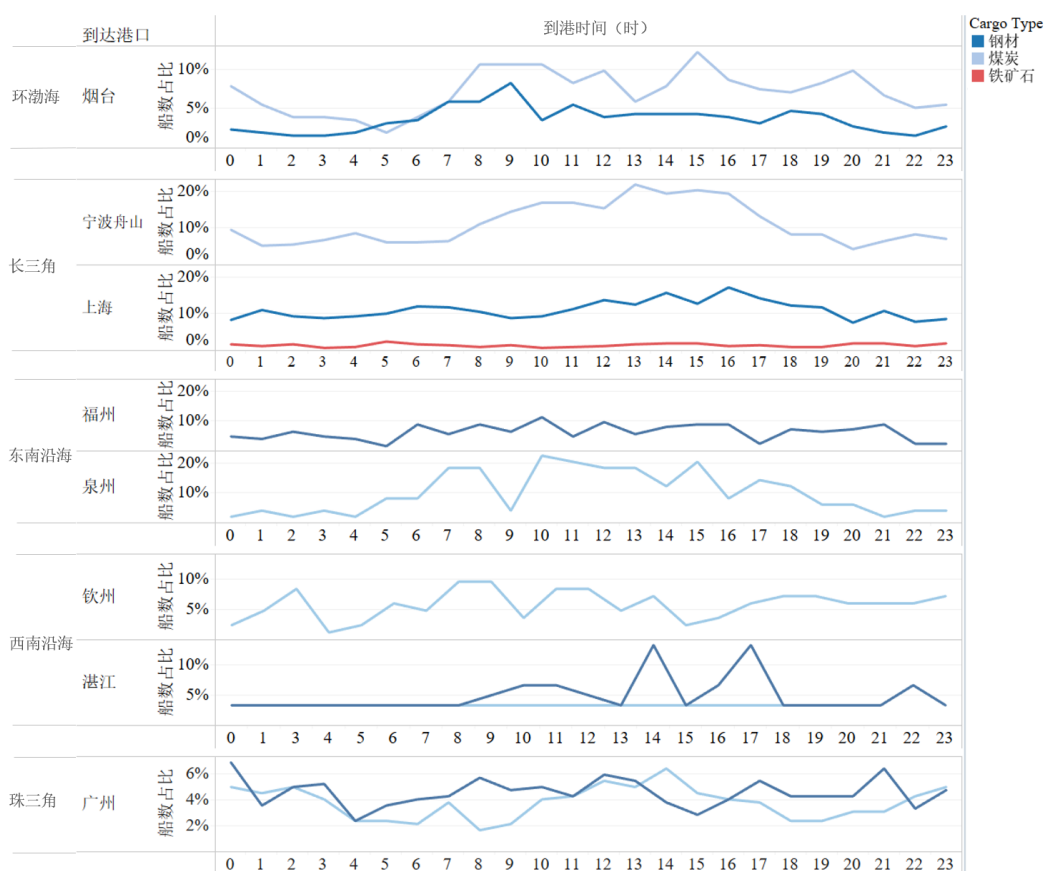


图 6-9 沿海区域典型港口的船舶到港小时分布

沿海区域典型港口的船舶离港小时分布如图 6-10 所示。整体上, 大部分沿海区域典型发出港口的离港时间分布比较均匀, 少数港口如湛江港的离港时间存在某时间段分布集中的情况, 从 16 时进入离港高峰, 从 18 时开始逐渐回落, 0 时至 6 时相对离港量较小。离港时间相对到港时间集中区间在一定程度上往后推移。

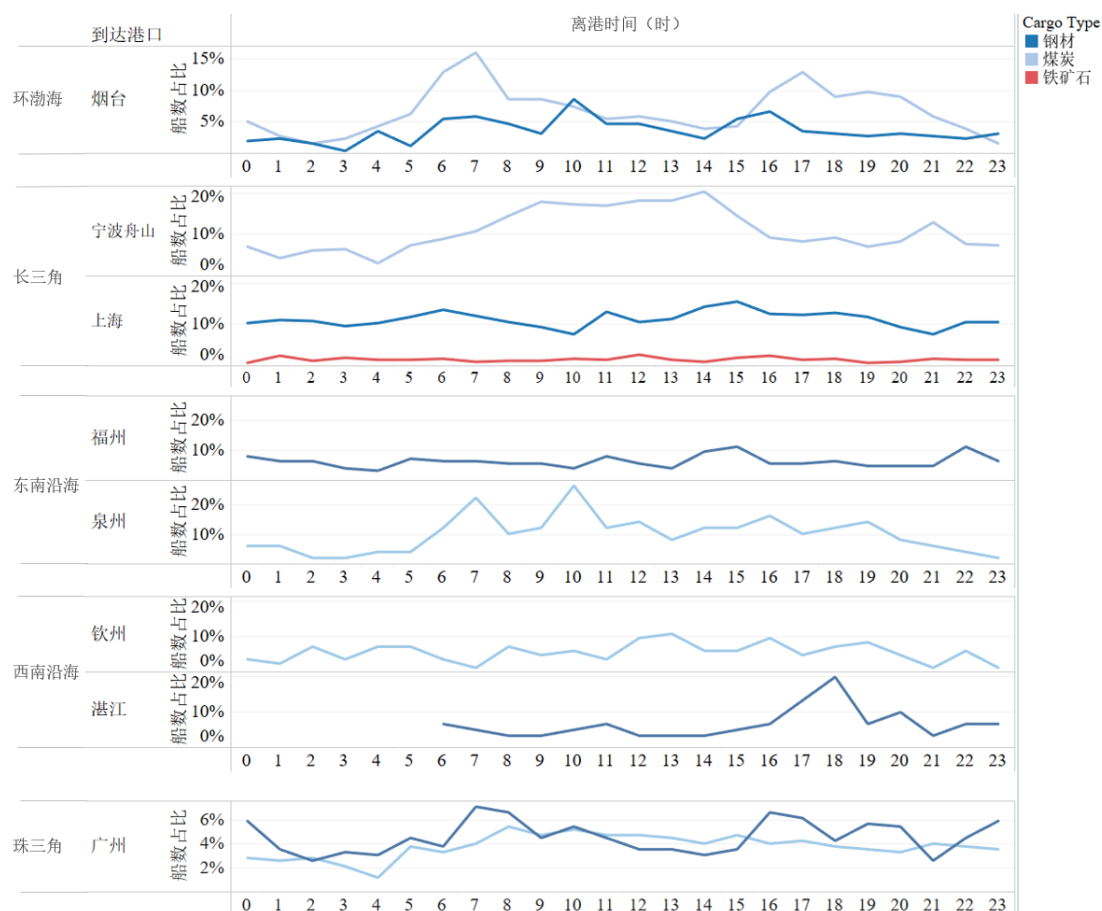


图 6-10 沿海区域典型港口的船舶离港小时分布

(2) 内河区域船舶进出港 24 小时分布

内河区域典型港口的船舶到港小时分布如图 6-11 所示, 整体来看, 到达佛山港和江阴港的船舶的时间分布较为均匀, 而到达南通港的船舶各时间段分布差异较大, 在 10 时、16 时、20 时达到高峰, 船舶数量最多。张家港、南京港、揭阳港受昼夜影响较大, 夜间船舶到港量较少, 其中揭阳港在 8 时到港船舶数量最大, 13 时也存在小高峰。

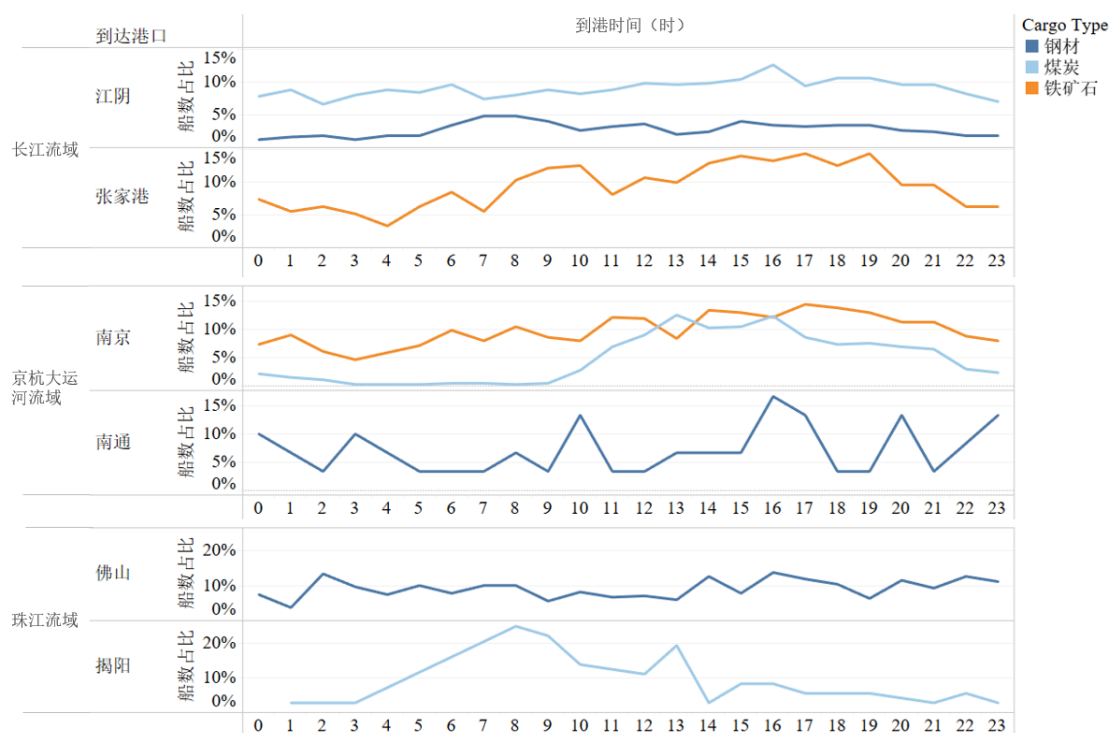


图 6-11 内河区域典型港口的船舶到港小时分布

内河区域典型港口的船舶离港小时分布如图 6-12 所示。整体来看，与到达时间分布类似，离开佛山港和江阴港的船舶的时间分布较为均匀，而离开南京港的船舶各时间段分布差异较大，说明南京港作业时间较集中，在 6 时至 14 时离开的船舶数量最多。可以看出港口 24 小时连续作业能够很大程度上减小港口作业压力，避免高峰期港口拥堵。

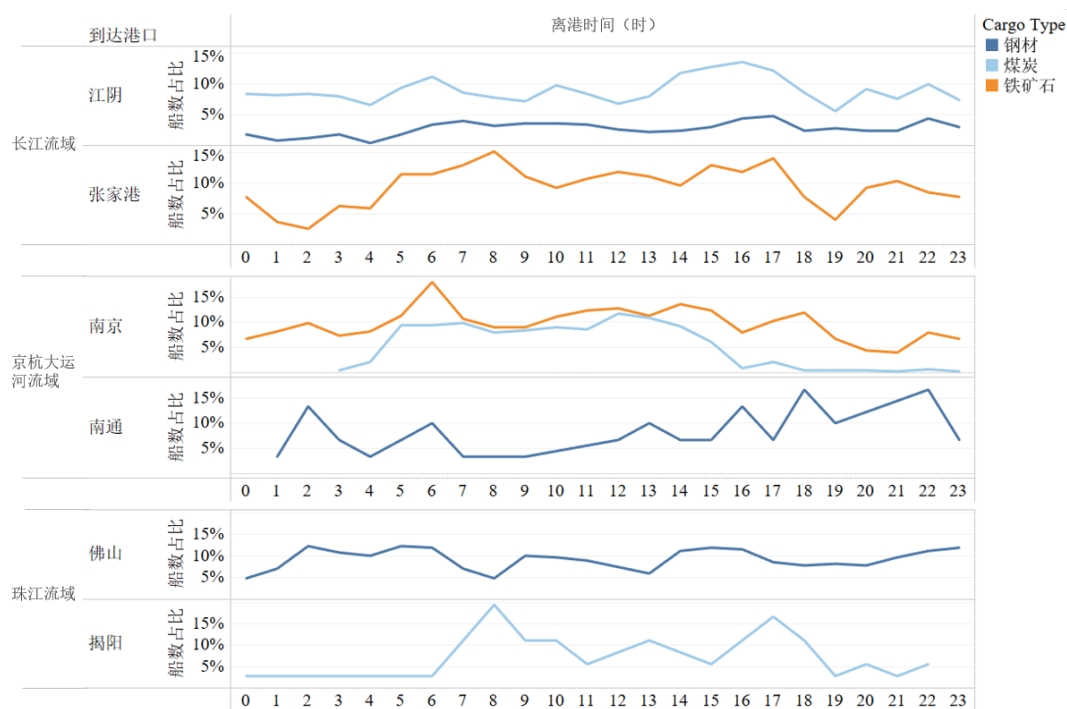


图 6-12 内河区域典型港口的船舶离港小时分布

6.3 集装箱研究港口特征分析

6.3.1 到达港停泊时间分布

(1) 船舶平均在港停泊时间总体分布

到达港平均在港停泊时间是港口拥堵情况、港口作业水平等因素的综合反映。已知集装箱船在港时间由生产性停泊时间、非生产性停泊时间以及由自然因素引起的停泊时间组成，与停泊船舶吨位、装卸货物吨位、装卸效率、疫情、天气条件等因素相关。通常在港停泊时间较短的情况出现包括下述两方面原因：一种是由于集装箱年吞吐量较小导致在港停泊时间短，如日照港、烟台港，这些港口处理货物量较少，无需在港等待泊位进行作业，且通常在此类港口装卸货物量较少，因此整体在港停泊时间较短；另一种是码头装卸效率越高，港口智慧化程度较高，到港停泊时间短，如上海港、青岛港。以上海港为例，其四期自动化集装箱码头在 2017 年投运，是目前全球单体规模最大、智能化程度最高的集装箱码头，2019 年上海港集装箱吞吐量达 4330.3 万 TEU，位列全球第一，到港集装箱船都高效有序地进行装卸，极大地缩短了船舶在港停泊时间，因此其平均停泊时间较短为 1.41 天，主要得益于自动化码头的装卸效率。

以此为基础观察所选取港口的平均在港停泊时间，大致可分为 1.5 天以上的大连港、宁波舟山港、广州港与日照港，1-1.5 天的青岛、天津、上海、深圳、珠海和连云港；1 天以下的厦门、秦皇岛、烟台港；不同分组也反映了不同类型港口的停泊时间因素，如 1 天以下的港口大多是繁忙程度较低、作业量较少导致的整体停泊时间较短；1-1.3 天的港口则是我国重点建设港口，在作业量大的同时拥有高水平的港口作业效率与资源管理水平，以达到尽可能减少港口拥堵的情况；而在港停泊时间长的港口中，广州港与大连港整体运量较大，但港口作业时间较长导致了平均在港停泊时间较长，宁波舟山港虽然拥有较高水平的港口建设水平，但由于其为全世界最大的集装箱港口，拥堵情况仍然较为严重，因此导致了整体等待时间较长。

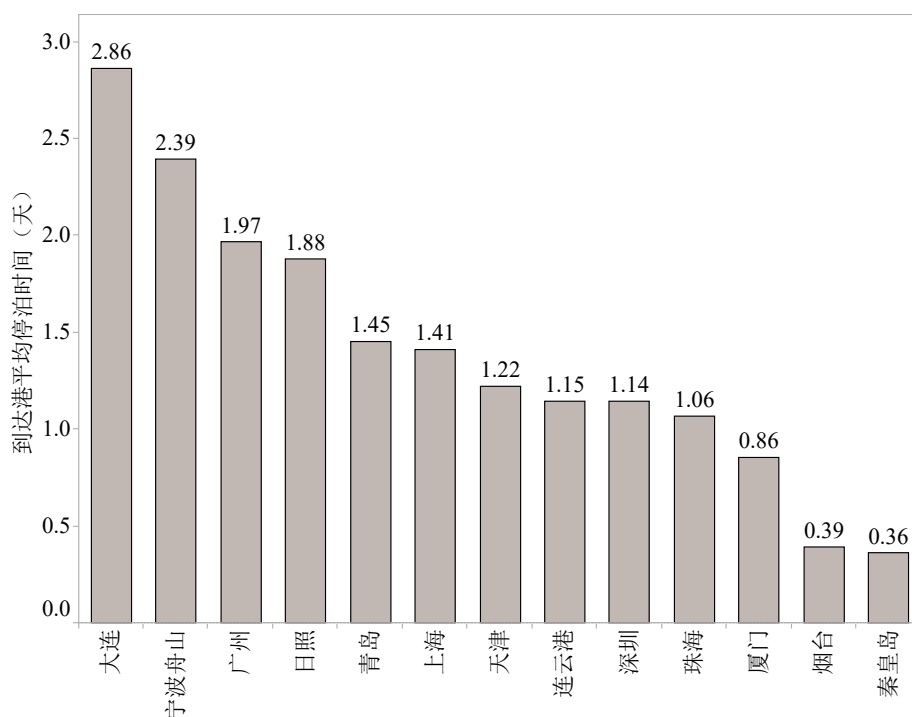


图 6-13 各港口船舶平均停泊时间

(2) 不同 TEU 集装箱船停泊时间总体分布

分析不同船级下，集装箱船的停泊时间，该指标对于同一船舶来讲，通常情况下与其自身装载量呈正相关；整体观察各船级平均在港停泊时间，从一级集装箱船到八级集装箱船，随着船级增加，船舶平均在港停泊时间也在增加，其原因在于船舶装载量增大，其所需要的货物装卸时间会相对增大，并且受限于部分港口作业水平，船舶等级增加导致的在港停泊时间增加的效应会不断放大，八级船平均在港停泊时间达到了 2.79 天，是七级船的 1.28 倍，而二级船平均在港 0.74 天仅是一级船的 1.19 倍；值得注意的是，九级船平均在港停泊时间指标出现异常，低于七级船平均在港停泊时间，其原因可能在于适应九级船停泊的港口较少，在有优异港口条件的港口整体作业水平较高，处理货物能力较强，导致了九级船平均在港停泊时间出现的异常现象。

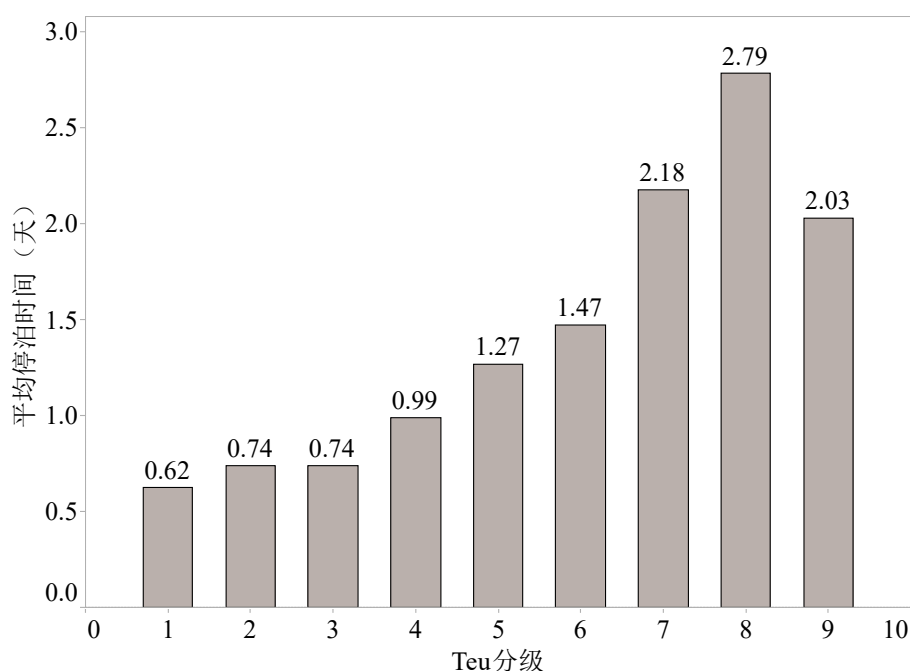


图 6-14 各船级平均在港停泊时间

(3) 不同港口各 TEU 级别集装箱船在港停泊时间分布

通过将港口和集装箱船的装载量进行联合分析发现，不同港口不同 TEU 级别的船在港同停泊时间还是存在较大差异的。根据图 6-15 可以识别出不同港口停泊时间较长的船型，从图中发现大连港口停泊时间较长的船舶集中在三级、七级和八级船舶；广州、宁波舟山和青岛港则主要是八级船舶；深圳港则主要集中在七级和九级船舶。通过上述分析则可以有效识别出港口停泊时间较长的船舶从而对这些船舶采取有效的针对性措施，提高港口运作效率。



图 6-15 集装箱港口各船级平均停泊时间分布

6.3.2 到达港靠锚靠泊时间分布

为深入探究不同港口船舶停泊时间的堵点所在，本报告进一步将港口停泊时间分解为靠锚时间和靠泊时间。同前文分析一致，港口停泊时间与港口作业量、港口智慧化程度密切相关，主要表现为船舶靠锚时间和靠泊时间的差异。上海港、深圳港、青岛港作为大型繁忙集装箱港口，作业效率较高，整体靠锚时间和靠泊时间较短。而环渤海港口群（烟台、日照、秦皇岛）、东南沿海港口群（厦门）、珠江三角洲港口群（珠江）由于集装箱年吞吐量较小，港口作业量较少，因此港口到锚时间、靠泊时间均较短。从同一港口群视角看，港口群内由于各港口作业水平、港口作业量的差异较大，导致港口平均停泊时间较为分散，如环渤海港口群，青岛、天津港 2020 年港口吞吐量分别为 2201, 1835 万 TEU，靠锚、靠泊时长仍维持在较低的水平，除大连港外，其余港口由于作业量较少，船舶停泊时间较短。

值得一提的是宁波舟山港和大连港。根据国家统计局发布信息，宁波舟山港 2020 年集装箱吞吐量 2872 万 TEU，生产用泊位数 608 个，仅次于上海港，宁波舟山港靠锚时间较为平稳，主要集中在 10~20 小时内，而靠泊时间整体上随着船级的增加而递增，八级集装箱船靠泊时间达到了 103.59 小时，远远超过上海港八级集装箱船的靠泊时间，因此推测宁波舟山港港口作业量与港口建设水平可能存在轻微失衡的问题，未来可进一步提升大型集装箱船作业能力，提高港口数字化水平以压缩整体通关时间、船舶非作业时间。

大连港作为平均停泊时间最长的研究港口，七、八级 TEU 船舶的靠泊平均时长超过 100 小时，三级、七级集装箱船靠锚较长，七级、八级集装箱船靠泊时间较长。大连港 2020 年泊位数 256，其中生产用泊位数 231 个，仅次于上海港、宁波舟山港、广州港，2020 年大连港集装箱吞吐量 511 万 TEU，位列研究港口第 8 名，因此大连港港口作业水平存在较大的提升空间，可针对三级、七级、八级集装箱船泊位作业板块制定智慧化解决方案，针对性地提高港口运作效率。

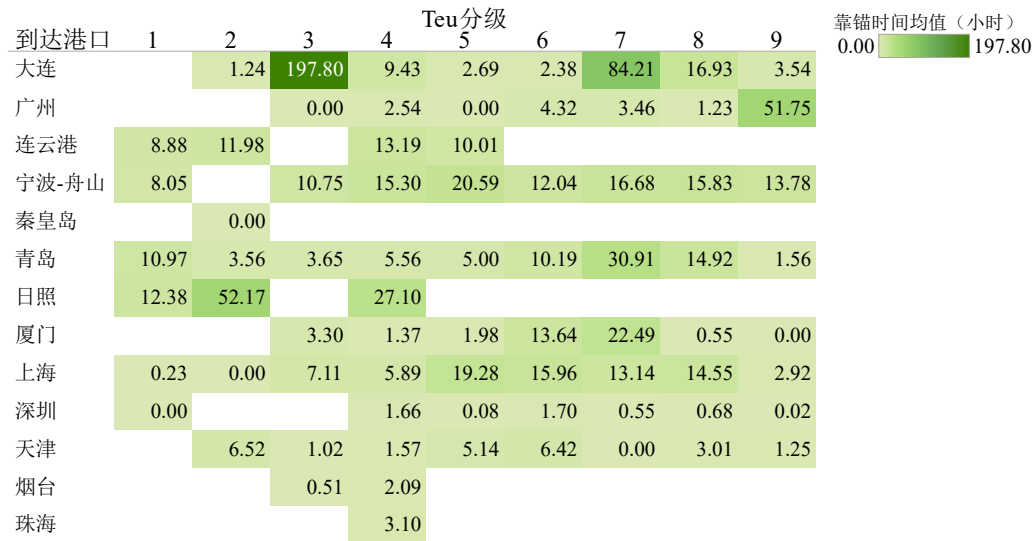


图 6-16 集装箱港口各船级平均靠锚时间分布

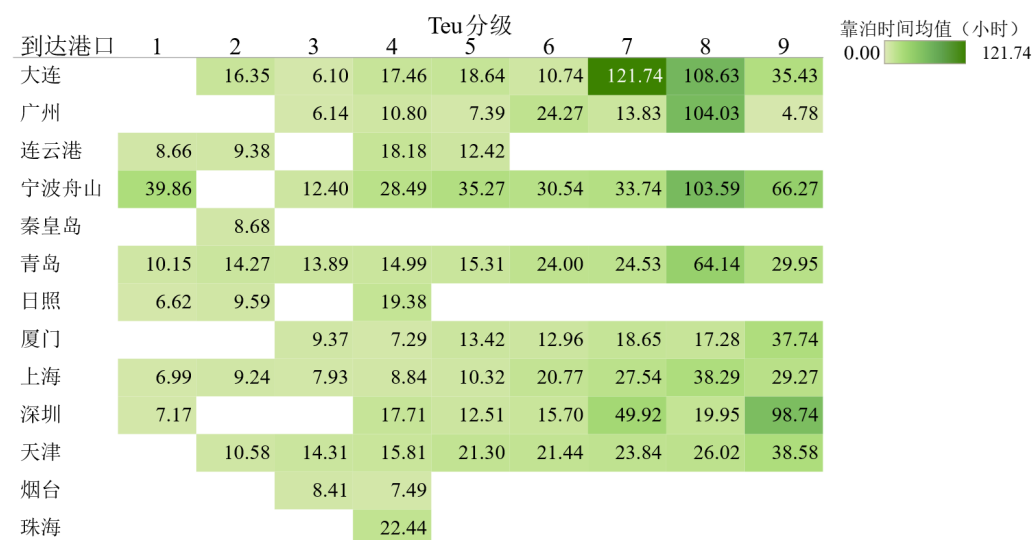


图 6-17 集装箱港口各船级平均靠泊时间分布

进一步对集装箱和干散货船在各大港口的靠锚、靠泊时间进行横向对比。整体上，不同港口间干散货船的靠泊时间相比于集装箱船变化更加平稳。干散货船的靠锚略高于靠泊时间，而集装箱船的港口停泊时间则主要由靠泊时间决定。除大连港和宁波舟山港集装箱船靠泊时长大于干散货船靠泊时长外，所有干散货船靠锚、靠泊时长均大于集装箱船。

在不同港口的停泊时间也表现出较大的差异，对于干散货船，停泊时间较久的港口主要是广州港、上海港、珠海港、厦门港，主要由较长的靠锚时间（靠锚时长均超过 50 小时）导致，可以将背后原因归结到港口群职责的不同，环渤海港口群作为干散货吞吐量最大的港口群，干散货船靠锚、靠泊作业体系

较为成熟，故而停泊时间整体较短，而珠三角、东南沿海港口群干散货吞吐量较少，主要侧重集装箱板块，因此广州港、珠海港、厦门港的干散货停泊时间较长；而对于集装箱船，停泊时间较久的港口主要是大连港、宁波舟山港、广州港，主要由较长的靠泊时间（靠泊时长均超过 40 小时）导致，主要受港口智慧化水平和港口作业量影响。

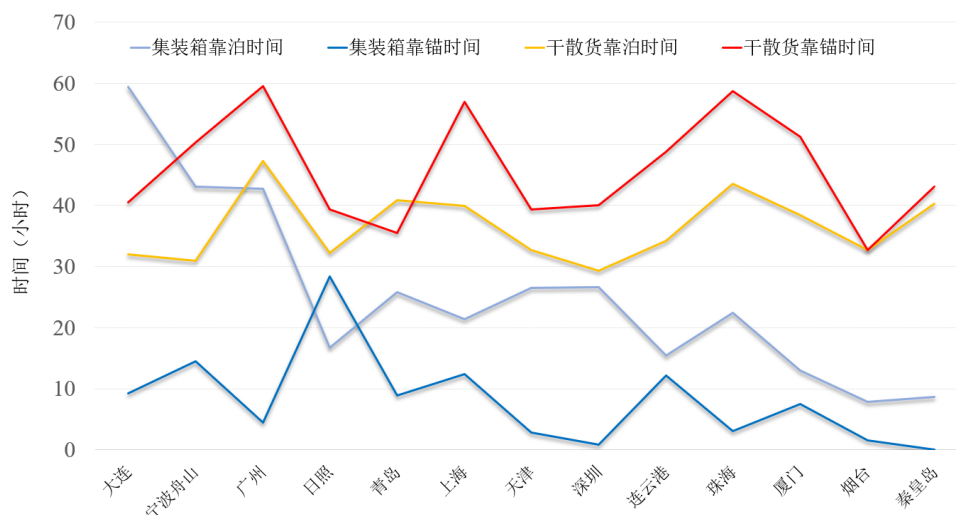


图 6-18 沿海港集装箱船与干散货船平均停泊时间分布

6.3.3 典型港口船舶进出港数量 24 小时分布

选取三个典型发出港口进行离港时刻统计，包括上海港、深圳港、广州港。具体来看三港口离港时刻分布，上海港呈现全天离港较为平均的态势，深圳港从 3 时进入离港高峰，从 15 时开始逐渐回落，23 时至次日 3 时相对离港量较小。广州港则存在非常明显的昼夜差异，9 时至 15 时为第一次离港高峰，19 时至 22 时为第二次离港高峰，晚间离港量则有明显回落。

将繁忙时段长度与发出 TEU 量进行结合，可以认为货运量越大的港口，其作业连续性越高，即港口泊位利用率较高，货运量相对较小的港口则存在作业时段的明显空缺，进一步结合广州港的长平均停泊时间，反映出其泊位资源管理和港口作业水平所存在的进步空间，而如上海所呈现出的全天、连续作业则极大的提升了港口单日作业效率，同时进一步反映出港口的繁忙程度。

同样以这三个典型港口为例进行到港时刻统计，三港口到达 TEU 量与发出次序相同；整体上，到达港到达时刻峰值与发出时刻峰值相比，整体时间波动性更强，夜间（23 时-次日 6 时）作业量较发送货物相比有显著增加，但同时一天内存在作业高峰与空闲期，其中三港口在 3 时-6 时均为业务量较小时段；

具体观察三港口到港时刻分布，和离港时刻相同，上海港在全天都呈现出较为平均的到港作业量，通过其泊位调度与资源管理保证货物接收的有序进行；与上海港类似，深圳港在接收到达船舶方面全日态势较为平均，但整体仍存在较为明显的高峰与低谷，峰值集中出现在 7 时-15 时；广州港则在全天时间到达船舶作业量差异较大，六次峰值集中处理全天绝大部分的到达船舶，但空闲时段仍相对较长。

整体分析到达港口，由于船舶航行时间的不确定性，在一天内船舶到达时刻相较发出时刻分布范围增大，但同时发出时刻分析时得出的业务量较高的港口整体分布更为连续均匀的结论在此处仍然适用，在业务量较大的情况下，一天内到发港时刻波动越小的港口，可以认为其港口作业水平较高。

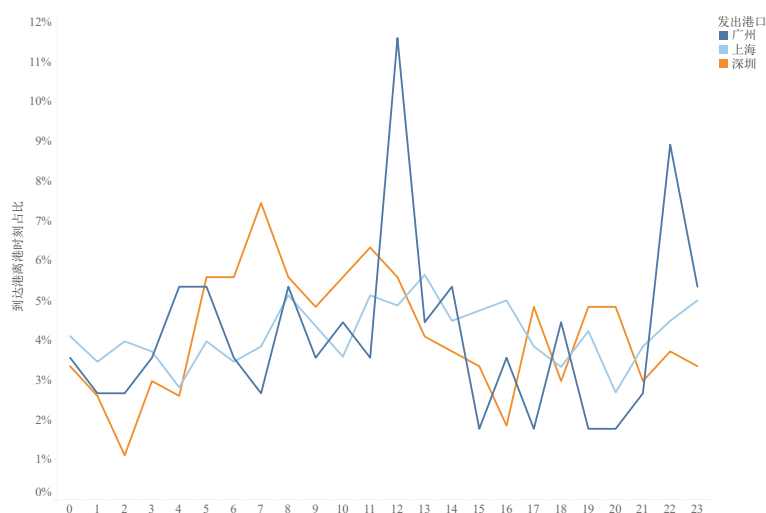


图 6-19 典型港口一天内离港时刻分布

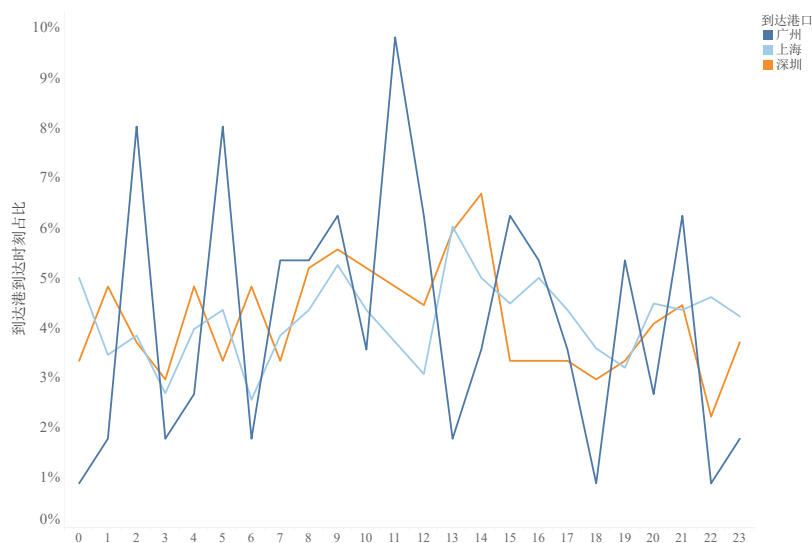


图 6-20 典型港口一天内到港时刻分布

6.4 本章小结

在获得干散货航运中港口的货运特征后，对港口的运作特征进行分析，针对港口停泊时间特征对不同港口针对不同货物时的作业效率及其可能的影响因素进行画像梳理。对于干散货研究港口与集装箱研究港口，均分沿海与内河港口对其运作时间指标进行分析，整体上来看，港口运作时间指标与港口自身条件——包括港口作业量、港口基础设施建设、港口资源管理能力、港口码头水位条件等因素息息相关。

6.4.1 干散货研究港口运作特征分析

将干散货研究的目标港口依照沿海与内河进行分类研究，分析其不同区域的停泊时长特征；整体看，船舶停泊时间受港口繁忙程度、港口水文气象条件、港口基础设施建设与资源管理水平三方面因素影响；具体来看，沿海港口中的湛江港、钦州港、烟台港、广州港与漳州港等港口受货运量影响较为明显，其中漳州港在受货运量影响的同时作业效率也较为明显的受限于当地自然气象条件影响。分船型分析船舶停泊时间，在沿海与内河的大部分港口中，各港口主要停靠的船舶类型在港口的停泊时间都维持在相对较低水平，基本在两天左右；而相较而言，小吨位船舶的停泊时间通常较大吨位船舶长，其原因可能在于港口资源管理通常倾向于大吨位船舶，因此小吨位船舶通常有较长的等待时间，特例为佛山港，作为广东内河港，佛山港年吞吐量较小，同时由于航道限制，仅有小型船舶可到港装卸，因此其港口内部小型船舶的在泊时间较短。

选取典型干散货港口的 24 小时进出港船舶数量进行分析，对港口以小时为时间粒度的作业特征进行刻画。总体上讲，我国大部分沿海区域典型到达港口的到港时间分布比较均匀，仅少部分港口一天内业务量存在明显峰值；就沿海港口而言，整体到港呈现出白天作业量较晚上稍增的趋势，离港通常在 6 时进入高峰，从 8 时开始回落，21 时-次日 5 时的晚间到港数量较少，可以认为离港时间相对到港时间峰值存在一定程度的后移。内河港口中佛山和江阴港整体趋势较为一致，而南京港发出与到达时刻都存在明显峰值。考虑到港口在午后时间出现的大量业务量，可以看出晚间作业对于缓解港口一天内的作业压力、提高作业效率的重要意义。

6.4.2 集装箱研究港口运作特征分析

区别于干散货，对集装箱船进行停泊时长特征分析，通常能从事集装箱装卸作业的港口都具有较好的水文气象条件基础，因此其作业时长影响因素考虑货运量和港口基础设施与资源管理两方面。如秦皇岛港、烟台港相对处理货物量较小，而上海港、青岛港则是由于其智慧化、信息化建设水平较高，上述港口由于两方面原因实现了船舶短在泊时间，提升了整体港口作业效率；反之广州港、大连港与宁波舟山港，虽然具有较高的信息化建设水平，但由于作业量较大导致整体等待时间仍然偏长。

分船级进一步研究不同 TEU 集装箱船的在港时间分布，整体趋势服从船级越大导致船舶装载量增加，进而导致停泊时间较长的直观认识，特例出现在最大的九级集装箱船，考虑到九级集装箱船适应港口较少，通常为建设规模最大的少数港口，因而可认为严苛的港口要求带来了优异的港口条件，出现了“大船短时”的现象。进一步的，报告中对不同港口分船级的集装箱船在泊时间特征进行刻画，以便针对性的采取泊位管理措施，提高港口运作效率。

针对集装箱港口的研究，与干散货港口的研究相似，我们选择了典型港口进行分析，以研究 24 小时内到港和离港船舶数量，离港方面与干散货船的特征相同。而不同港口在到港方面则呈现出较为明显的离散现象，原因在于，集装箱船是班轮挂靠，因此它的到港时间是离散的。在集装箱港口时刻分析中，各个港口出现了较为显著的差别，如上海港一天内几乎没有明显的离港量波动，深圳港次之，广州港则存在明显的作业高峰。主要原因可能在于上海港基本上是满负荷的运行的，因此导致在泊位和码头处理窗口时间内，其位置上等待作业的船舶数量维持在一个稳定的水平。到达量呈现相同的现象。

7.绿色船域潜力分析

7.1 港口推广岸电情况分析

船舶靠港使用岸电，是减少船舶污染物排放的有效手段。我国自 2010 年首次采用高压岸电系统开始，靠港船舶使用岸电技术逐步在全国推开。2017 年，交通运输部印发了《港口岸电布局方案》（以下简称《方案》），这是我国首次通过顶层设计推动我国港口岸电设施有序建设、引导船舶靠港使用岸电的尝试。

依据《方案》设计，截至 2020 年底前应实现全国主要港口和船舶排放控制区内港口 50%以上已建的集装箱、客滚、邮轮、3 千吨级以上客运和 5 万吨级以上干散货专业化泊位具备向船舶供应岸电的能力。第一批建设拟在沿海和内河主要港口中的大连、营口、秦皇岛、天津、烟台、青岛、日照、连云港、南京、镇江、南通、苏州、上海、宁波舟山、温州、福州、厦门、汕头、深圳、广州、珠海、湛江等 39 个港口布局 434 个具备高压岸电供应能力的专业化泊位。

事实上，截至 2019 年底，《方案》内五类泊位的岸电设施覆盖泊位共 787 个（其中沿海港口泊位 525 个），数量上为最低建设目标的 160%，与 2018 年底相比（616 个）增加 171 个，其中沿海泊位增加 124 个，内河泊位增加 47 个。尚有 94 个泊位未完成改造任务，其中沿海 87 个、内河 7 个。由此计算在 2019 年底，《方案》总体完成率为 81%。

分港口类型来看，内河港口除重庆港外均已完成《方案》既定建设目标，沿海港口则与既定时序建设目标存在一定差异，具体而言，各沿海目标建设港口具体建设进度如图 0-1 所示。

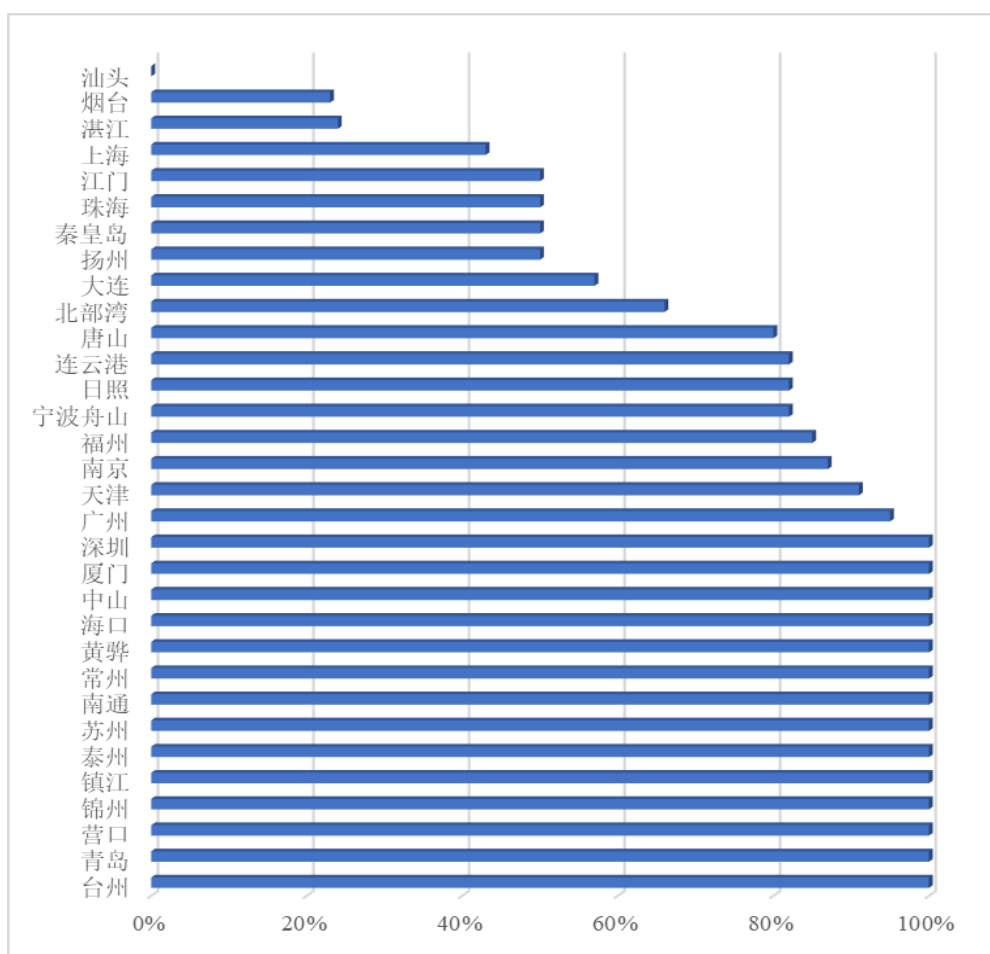


图 0-1 沿海港口《方案》任务完成率

整体来看，包括几乎所有内河港口在内，相当一部分港口已依照《方案》布局要求完成了建设目标，仅有少数港口建设完成率在 80% 以下，其中货运量较大的港口有大连港、珠海港、秦皇岛港、上海港、湛江港与烟台港，结合《方案》所规定的泊位建设目标与港口自身情况，根据截至统计时间时各个沿海港口待完成改造建设的泊位数（如图 0-2 所示），港口岸电推进比例较低存在两种情况：其一是由于港口规模较为庞大，待建设泊位数量较多，建设周期较长，上文所提到的货运量较大的港口该现象较为明显，如大连、宁波舟山、上海、烟台；其二是由于港口建设规模较小，少数港口未完成建设对方案布局建设比例存在较大影响，如扬州港等港口。

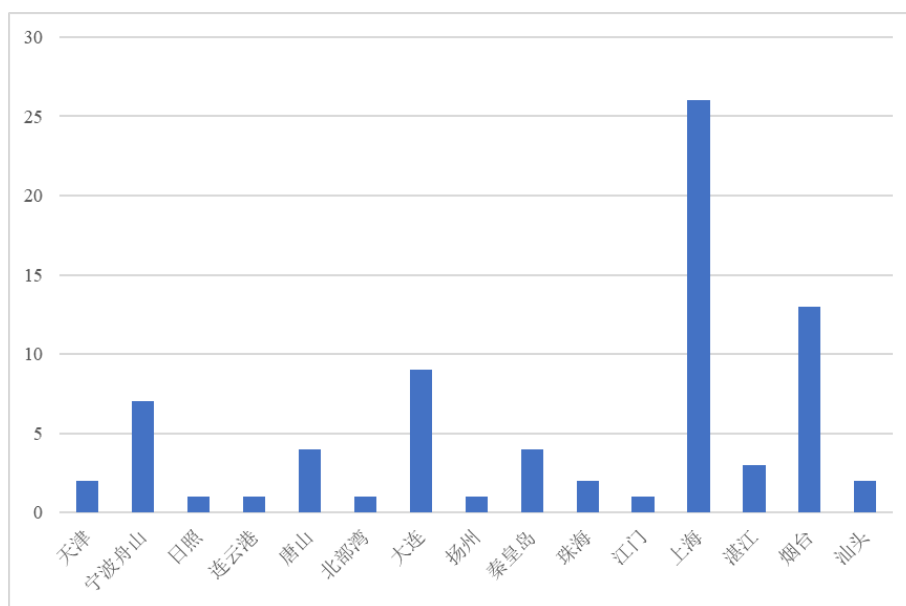


图 0-2 沿海港口《方案》待完成泊位数

根据 2019 年报送的 386 个沿海港口的岸电使用数据，2019 年共计使用岸电 2.8 万次，接点时间约 31 万小时，总用电量约 3300 万度。岸电使用的主要港口如图 0-3 所示，其中深圳港用电量较其他港口有明显差异，年用电量超 1800 万度，约占沿海港口的 55%，在内河港口中，重庆港使用岸电较多，约为 500 万度。

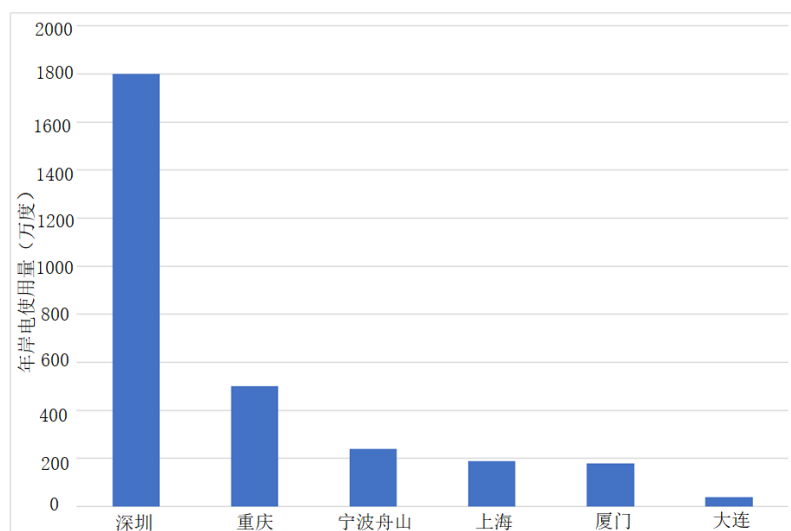


图 0-3 主要使用岸电港口岸电使用量

对主要使用岸电的重点港口岸电改造泊位数进行分析如图 0-4 所示，整体上呈现出改造泊位越多，岸电使用量越大的趋势，但该趋势在宁波舟山出现异常波动。

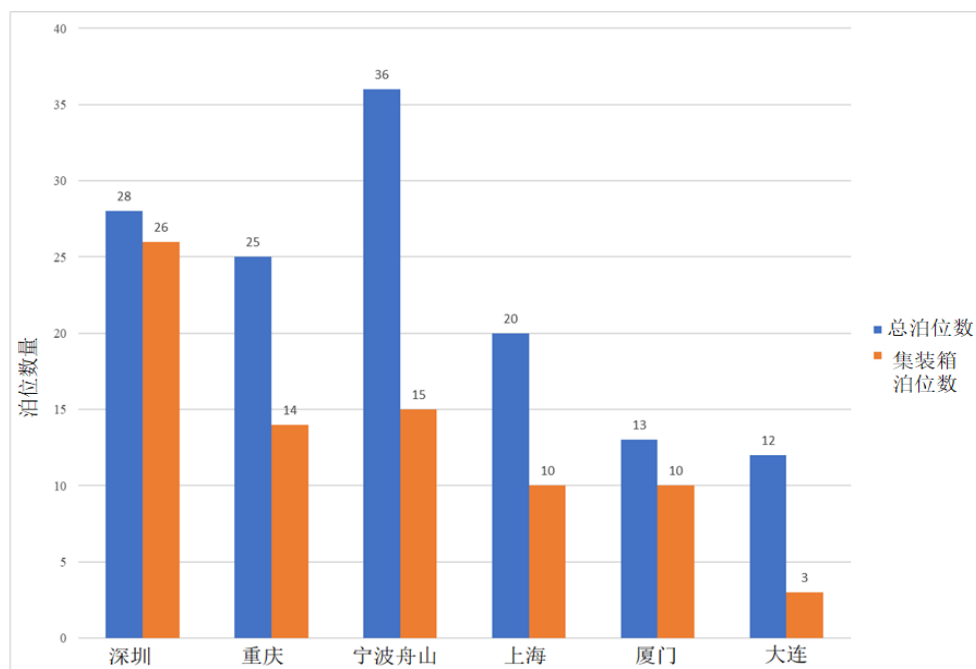
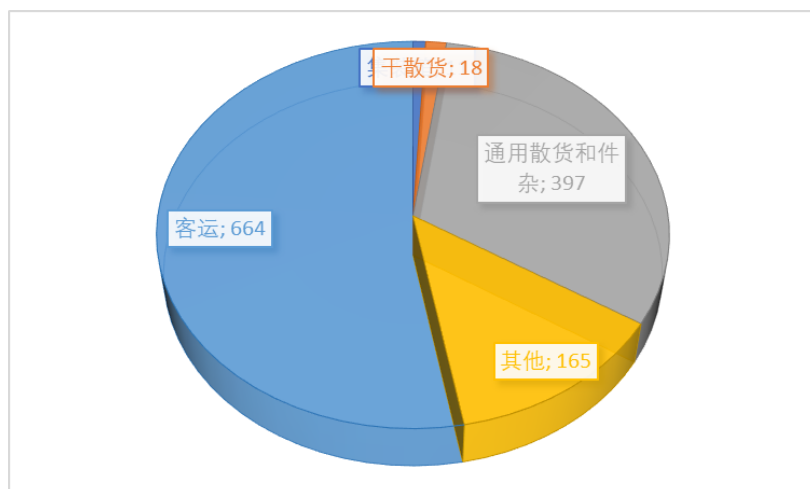


图 0-4 主要使用岸电港口岸电泊位改造数

进一步的，对沿海与内河港口用电船舶类型分布进行分析，沿海方面，从不同泊位类型使用岸电量看，集装箱泊位用电量最多，约 1700 万度，约占总使用量的 52%，其次为干散货和客滚泊位；从使用时间看，客滚泊位使用岸电接电时间最长，共 16 万小时，约占总时长的 52%，通用散货和件杂货泊位约占 13%，干散货泊位约占 10%。内河方面，客运泊位用电量最多，约 644 万度，约占内河岸电用电量的 52%，其次为通用散货和件杂货泊位，约占 32%；从不同泊位类型使用时间看，通用散货和件杂货泊位使用岸电接电时间最长，约 19 万小时，约占内河港口统计岸电使用总时长的 44%，干散货泊位约占 17%。



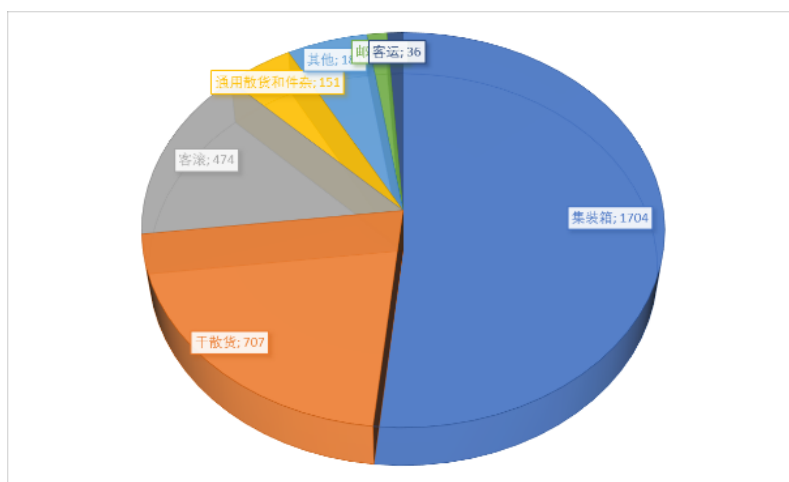


图 0-5 内河（上）与沿海（下）港口分泊位岸电使用比例（单位：万度）

结合内河与沿海地区岸电使用情况的差异，可以进一步对上述港口的岸电使用情况进行解释。即虽然宁波舟山港整体改造泊位较深圳港等港口多，但其改造泊位中集装箱泊位数量相对其他港口较少，结合沿海地区港口集装箱泊位为主要岸电使用泊位的现状，因此其岸电使用量相对深圳港较少。

宁波舟山港的高建设水平与相对不够理想的岸电使用情况揭示了当前我国岸电建设水平与管理运营水平不匹配的现状，即对于重点港口，以《方案》为中心开展了一系列较高水平的岸电设备建设，但在实际使用过程中面临着不同港口的船舶停靠情况不同、船舶端岸电设备安装率不高、港口端与船舶端岸电使用意愿不高等情况。

仅就建设端而言，当前我国岸电建设存在重心偏移的情况，即一方面大型港口岸电设备远远超过目前存在的岸电需求，另一方面小型港口岸电建设又相对落后。在下一步岸电建设中，应由高速建设转向高质量建设，即针对港口的区位属性、停泊船舶属性进行分类，具体情况具体分析，有的放矢开展岸电设施建设。如针对上海港的后续岸电设备建设，应优先考虑集装箱泊位与干散货泊位的建设，针对其他类型船舶，厘清其岸电使用较少是由于管理原因所致还是市场原因所致，更进一步讨论分析。针对重庆等内河港口，在货运量较少的情况下，满足大量的客运船舶岸电需求后，应着手带动下游较小港口的岸电设备建设，实现排放控制区与水系的岸电全覆盖，才能有效的实现广域减排效果。

通过调研和查阅资料，当前影响岸电使用推广情况不佳的另一大因素是船端的操作习惯所致，船主的使用习惯和态度对于船舶使用岸电的决策有重要影响。在一些情况下，船主可能认为岸电接驳时间较长，流程繁琐，导致其使用

岸电意愿不佳，而继续使用船舶内部的发电机。通常来讲，船主首要考虑的因素为时间成本，岸电接驳相比于船内发电机需要额外的时间，包括与港口管理方协调、连接电缆、验证和切换电源等过程。而出于对时间成本的考虑，船端人员不愿意为此付出学习成本，进而导致岸电接驳时间成为影响岸电使用的所谓卡口性问题。

岸电接驳的时间可以因港口设施、船舶类型和岸电系统的不同而有所变化。通常来讲，岸电接驳的时间通常在几十分钟到数小时之间。但根据报告所做分析，大部分船舶的船舶停靠时间远大于该时长，故而该问题关键为培养船端操作人员使用习惯，借助高效的接驳流程和经验丰富的操作人员缩短岸电接驳的时间，进一步降低时间问题影响。

为解决该问题，港口管理方与政府可通过提供培训支持、简化接驳流程手续、提出岸电激励措施、完善设施服务等方面手段增加船端人员对岸电的接受程度，必要时可根据岸电泊位剩余情况，根据船舶停靠时间进行强制性岸电接驳，以避免出现船舶在港口停泊数天，但仍在有空余岸电泊位的情况下使用船舶发电机的情况发生，从而减少船舶排放，实现更环保的航运。

7.2 电动船舶推行市场潜力分析

7.2.1 选取航线的依据和目的

船舶靠港使用岸电，是减少船舶污染物排放的有效手段。我国自 2010 年首次采用高压岸电系统开始，靠港船舶使用岸电技术逐步在全国推开。本章首先从港口岸电用电量排名前列的港口中选择了宁波舟山港、上海港、威海港、镇江港、大连港，再结合港口岸电系统建设情况、航线距离及到达港口地理位置等综合因素考虑，从煤炭货类中选取了京唐-营口、京唐-大连、秦皇岛-大连、黄骅-威海 4 条航线，从钢材货类中选取了大连-烟台、大连-威海、大连-青岛、大连-黄骅 4 条航线，从铁矿石货类中选取了宁波舟山-张家港、宁波舟山-上海、上海-南京、上海-镇江 4 条航线。据调查，已投入运营的电动船舶的续航里程在 60-200 海里范围左右^{[13][14][15]}，考虑到未来技术的进步，因此我们综合考虑多方面的因素，选取了上述这些航线作为代表航线，在作为分析电动船舶推广可行性潜力评估的参考。

7.2.2 潜力航线特征分析

(1) 航线距离分布

分货类航线距离分布如图 0-6 所示,从图中可以看出,三种货类航线距离均位于 100-200 海里左右。除大连-青岛、黄骅-威海、宁波舟山-张家港航线距离大于 200 海里以外,其余航线距离均位于 200 海里以内,其中大连-烟台、大连-威海航线距离位于 100 海里以内。

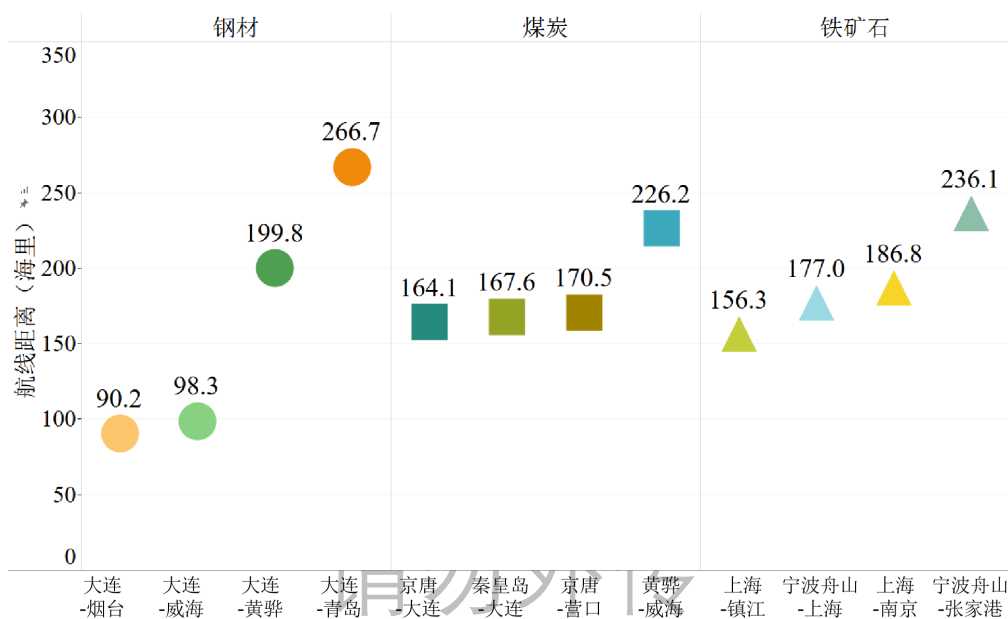


图 0-6 分货类航线距离分布

(2) 船舶数量、船舶航次分布

分货类航线船舶数量、船舶航次分布如图 0-7 所示,船舶数量方面,总体而言,铁矿石和煤炭货类船舶数量众多,分别占据第一和第二,各自达到了近 200 艘船;而钢材货类船舶数量较少,仅为前者的 50%。从航线来看,每条航线上船舶数量平均值为 40 艘左右,但航线之间船舶数量极值差异较大,如宁波舟山-张家港航线船舶数量有 128 艘,几乎占到铁矿石航线船舶数量的 65%;而黄骅-威海、宁波舟山-上海航线船舶数量稀少,只有零星几艘。

船舶航次方面,从图中可以看出,三种货类航线船舶航次增长趋势均与船舶数量相互对应,其中铁矿石和钢材货类上航线总体船舶航次均众多,多达 600 航次;但煤炭货类上航线总体船舶航次比铁矿石航线航次少了一半,仅为 280 航次。从航线来看,宁波舟山-张家港、大连-烟台航线航次众多,分别多达 439、508 艘次。并且大连-烟台航线船舶使用效率较高,船只频繁往返于到发港口之间。

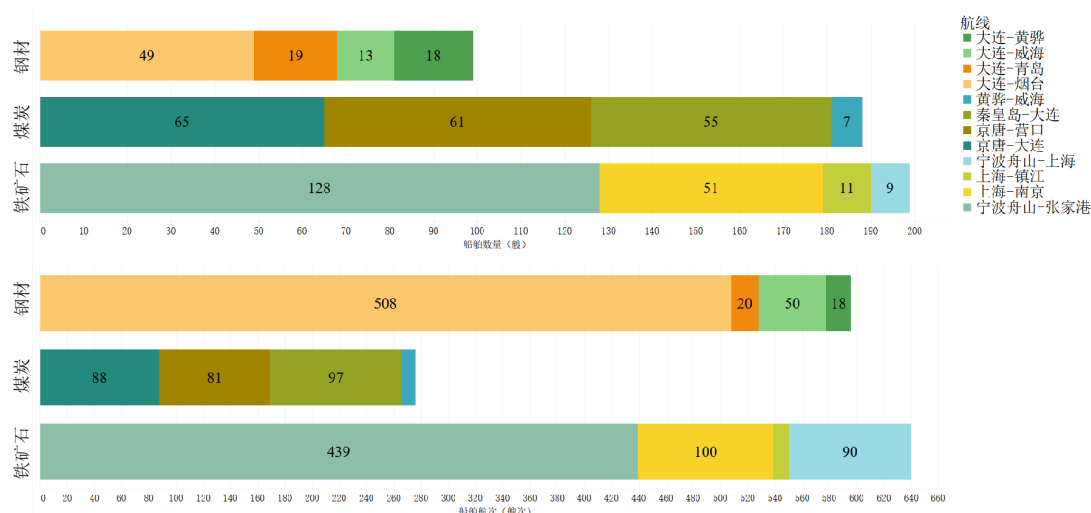


图 0-7 分货类航线船舶数量、船舶航次分布

(3) 货运量分布

分货类航线总货运量分布如图 0-8 所示，整体而言，煤炭和钢材货类航线上总货运量分布相对一致，而铁矿石货类航线总货运量是钢材和煤炭货类的 2~3 倍。各货类航线内部极大值与极小值差异巨大，极大值为宁波舟山-张家港航线 2024.82 万吨，极小值为大连-黄骅航线 4.82 万吨。从单条航线上来看，货运量位于前四的分别是，宁波舟山-张家港航线货运量 2024.82 万吨、大连-烟台航线货运量 810.26 万吨，秦皇岛-大连航线货运量 287.09 万吨，京唐-大连航线货运量 285.41 万吨。这是因为这几条航线船舶数量、船舶艘次众多，因此总货运量大。

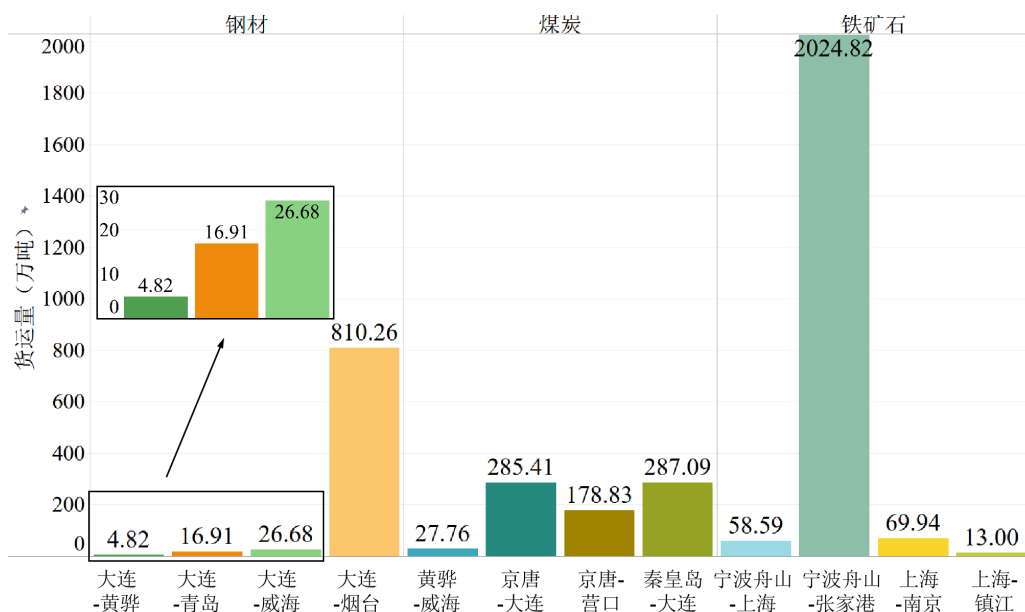


图 0-8 分货类航线总货运量分布

(4) 运行时长分布

分货类航线上船舶航行时长、在港时长分布如图 0-9 所示，从图中可以看出，铁矿石航线航行时长大于在港时长，煤炭、钢材货类航线在港时长大于航行时长，但总体航行时长和在港时长均在 2 天左右。从单条航线上来看，宁波舟山-上海、秦皇岛-大连、大连-烟台航线航行时长和在港时长最短，航行时长主要与航线距离有关，航线距离短则航行时长较短；而在港时长主要是与港口船舶数量、港口拥挤程度及智能化程度有关。

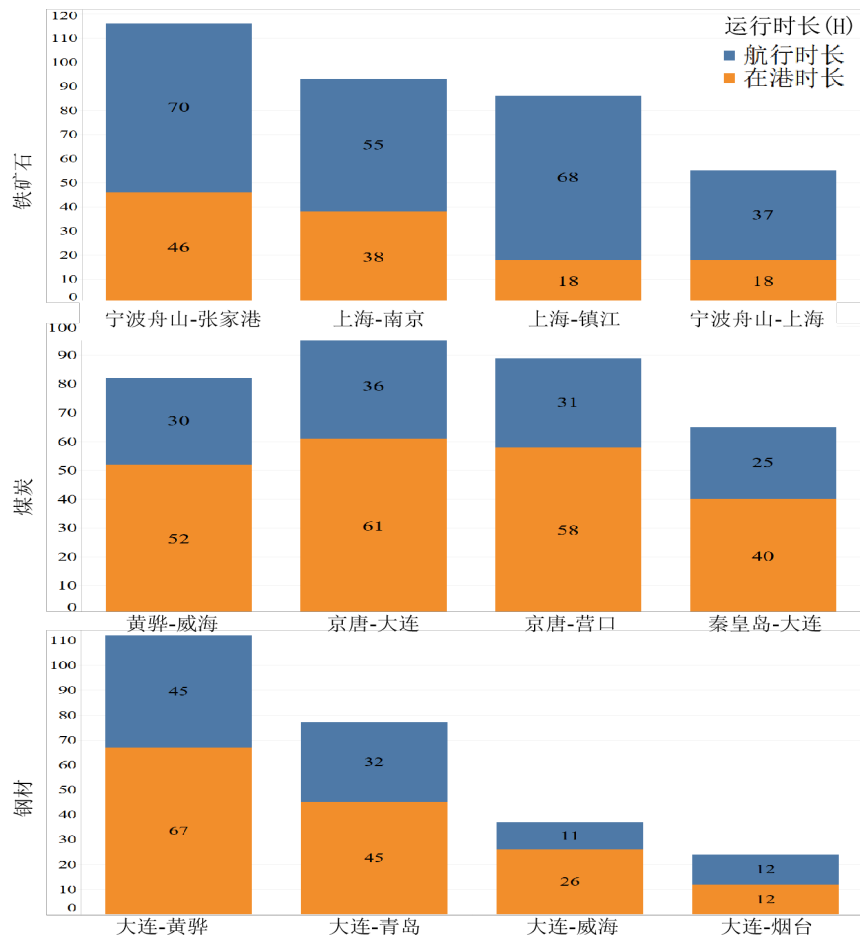


图 0-9 分货类航线上船舶航行时长、在港时长分布

(5) 船龄分布

分货类航线上船舶船龄分布如图 0-10 所示，从图中可以看出，整体来看，三种货类大部分航线在各个船龄的分布都较为均匀且分散。其中，钢材航线船龄分布较为集中，主要位于 3-10 年船龄区间，整体船龄较小，但大连-烟台航线有总计 26%左右的船舶分布在 13-14 年船龄区间，这是因为大连-烟台航线为钢材货运往来的热门航线，货运量巨大且运输趟次多，对船舶的需求量大，部

分船舶超期服役, 所以存在船龄较大的情况。与钢材航线不同, 煤炭和铁矿石航线的船龄分布具有一定趋同性, 主要集中于 0-15 年船龄区间, 但也有部分船舶分布在 16-36 年船龄区间, 它们属于上一代煤炭和铁矿石运输船, 可能是由于其运输历史较长、航线相对较短, 对于船舶性能要求相对较低, 因此在考虑船舶更新换代时应优先考虑这类船舶。

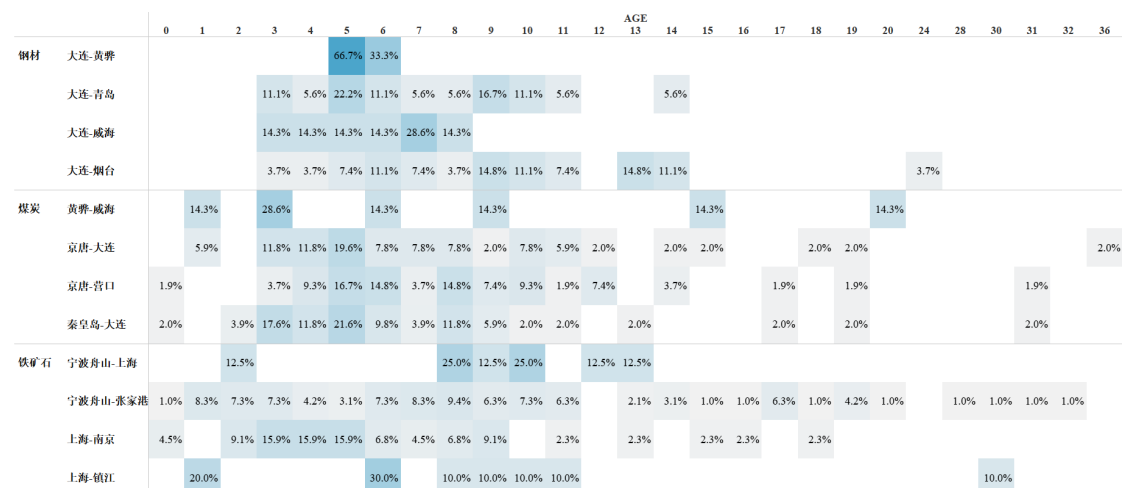


图 0-10 分货类航线上船舶船龄分布

7.2.3 电动船舶潜力航线船舶运能分布情况

就船舶运能分布情况而言, 整体来看, 三种货类的船舶运能分布在有一定趋同性的基础上存在部分差异。煤炭航线主要船舶吨级集中于 1.5 万吨级-5 万吨级区间, 航线内中大型船舶数量较多, 各航线之间吨级占比有细微差异。相较于煤炭航线, 钢材航线船舶吨级相对更小运能更低, 主要集中于 1 千吨级-1 万吨级区间。而铁矿石航线船舶运能分布、船舶吨级存在较大差异, 如宁波舟山-张家港航线, 船舶吨级极大值高达 7 万吨级, 极小值仅为 5 千吨级, 其中 5 万吨级的船舶占比高达 44.8%; 而上海-镇江航线 3 千吨级的船舶数量最多, 占比为 50%。

(6) 煤炭

煤炭电动船舶潜力航线船舶运能分布如图 0-11 所示, 从图中可以看出, 煤炭航线主要船舶吨级集中于 1.5 万吨级-5 万吨级区间, 各航线之间吨级占比有细微差异, 如黄骅-威海航线 3.5 万吨级和 5 万吨级的船舶数量最多, 占比均为 28.6%; 秦皇岛-大连航线 3.5 万吨级的船舶数量最多, 占比为 33.3%; 京唐-大连航线 5 万吨级的船舶数量最多, 1.5 万吨级的船舶次之, 占比分别为 31.4%和 23.5%, 可见该航线大型船舶较多; 京唐-营口航线 3.5 万吨级的船舶数量最多,

1.5 万吨级的船舶次之，占比分别为 29.6%和 24.1%。

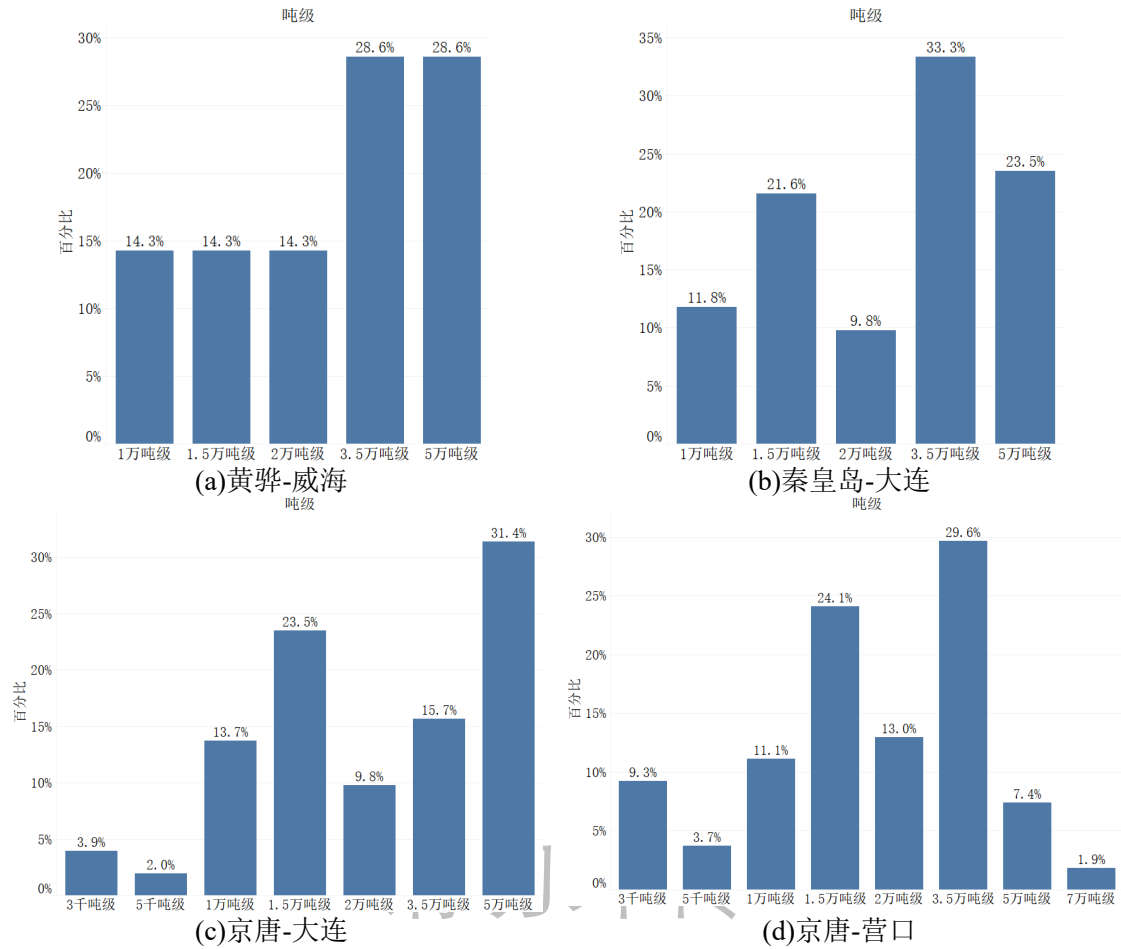


图 0-11 煤炭电动船舶潜力航线上船舶运能分布

(7) 钢材

钢材电动船舶潜力航线上船舶运能分布如图 0-12 所示，整体而言，相较于煤炭航线，钢材航线船舶吨级更小运能更低，主要集中于 1 千吨级-1 万吨级区间。其中，大连-黄骅航线主要为 1 千吨级的船舶数量最多，占比为 38.9%；5 千吨级的船舶次之，占比均为 33.3%；大连-青岛航线 5 千吨级的船舶数量最多，1 万吨级的船舶次之，占比分别为 38.9%和 27.8%；大连-威海航线 5 千吨级的船舶数量最多，占比高达 57.1%；大连-烟台航线 5 千吨级的船舶数量最多，3 千吨级的船舶次之，占比分别为 37.0%和 29.6%。

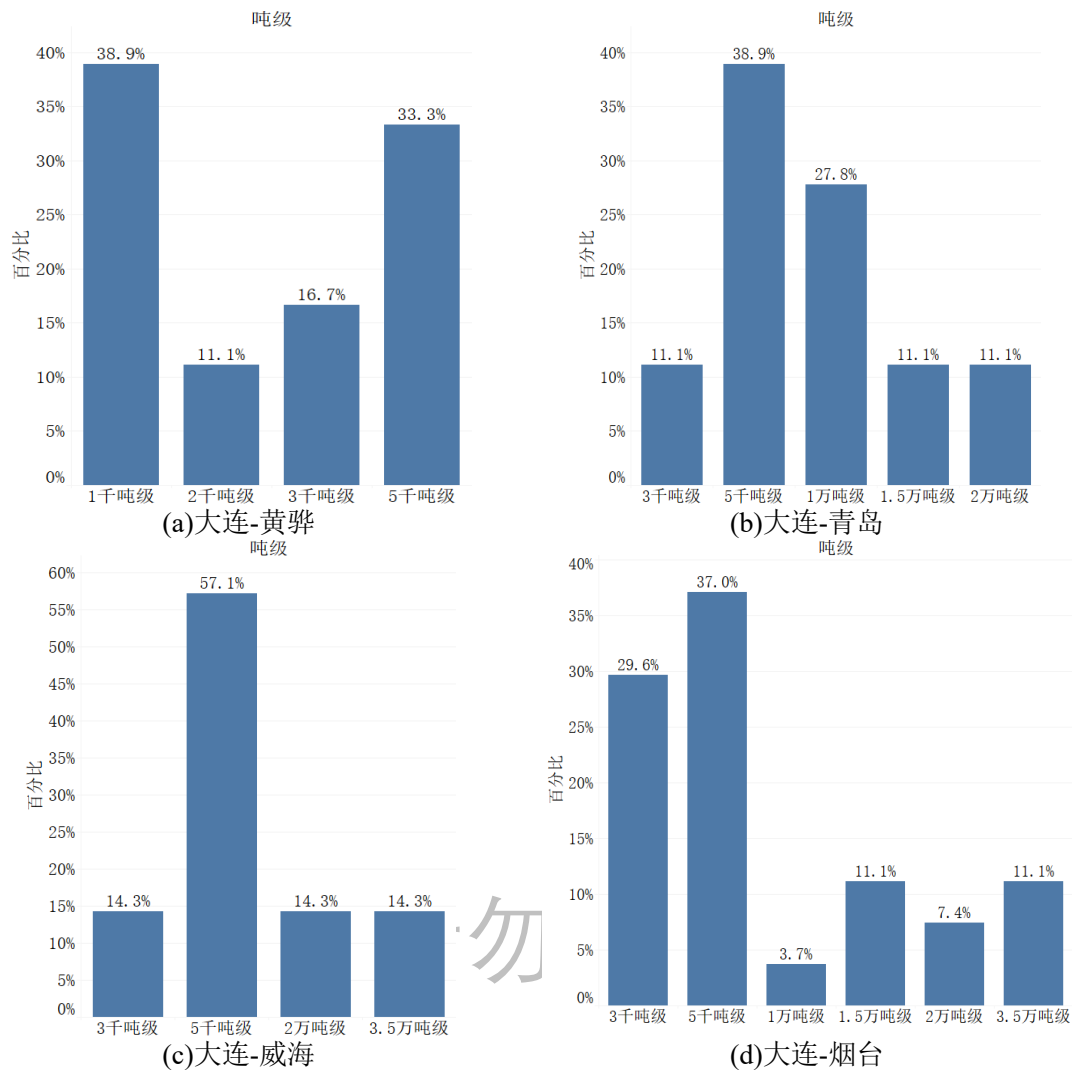


图 0-12 钢材电动船舶潜力航线上船舶运能分布

(8) 铁矿石

铁矿石电动船舶潜力航线上船舶运能分布如图 0-13 所示, 整体而言, 铁矿石航线船舶运能分布、船舶吨级存在较大差异。首先是宁波舟山-张家港航线, 船舶吨级差异大, 极大值高达 7 万吨级, 极小值仅为 5 千吨级, 其中 5 万吨级的船舶数量最多, 占比高达 44.8%, 3.5 万吨级的次之, 占比为 26%, 由此可见该航线大型船舶数量较多, 船舶运能高。接着是上海-南京航线, 1 万吨级的船舶占比 43.2%, 3 千吨级的船舶占比 34.1%, 可见小型船舶数量较多。其次是宁波舟山-上海航线, 该航线主要为 5 千吨级、1 万吨级、2 万吨级的船舶, 其中 2 万吨级的船舶数量最多, 占比 37.5%。最后是上海-镇江航线, 该航线 3 千吨级的船舶数量最多, 占比为 50%, 其次为 5 千吨级的船舶占比 20%, 可见该航线小型船舶数量较多。

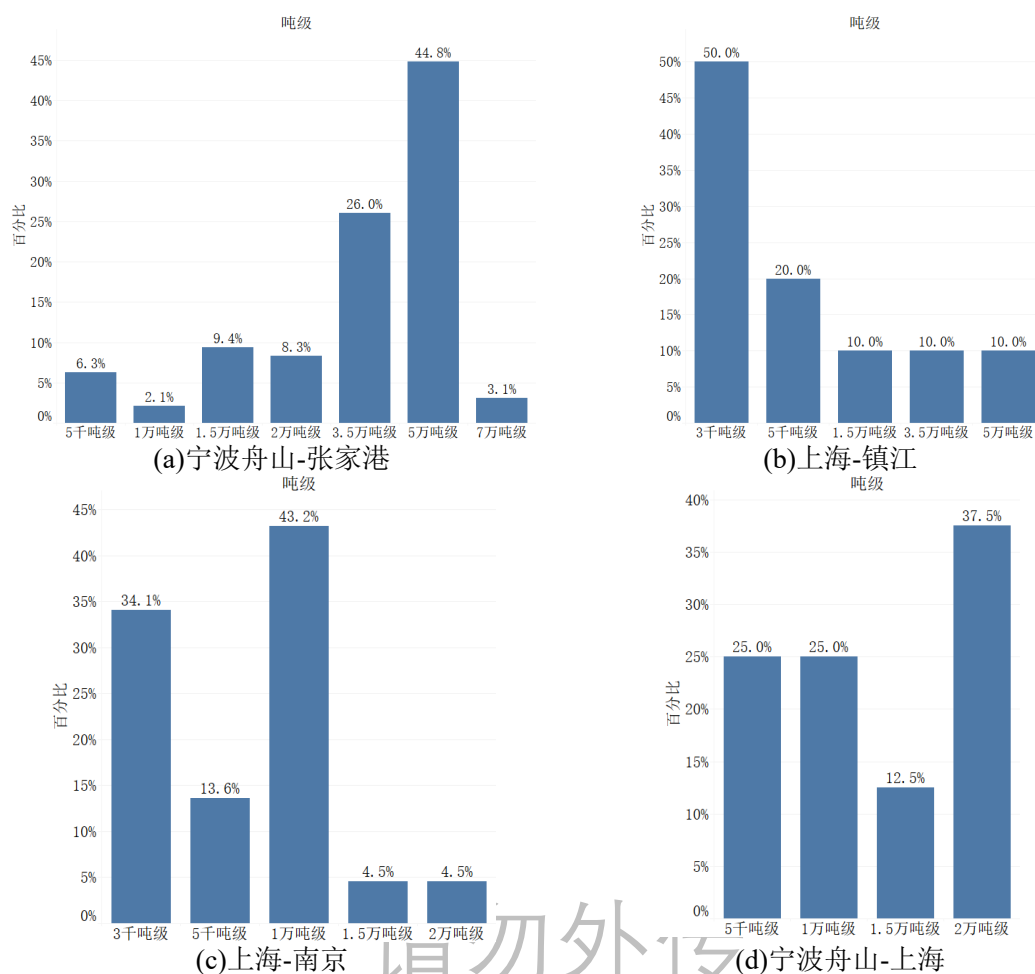


图 0-13 铁矿石电动船舶潜力航线上船舶运能分布

7.3 潜力航线上电动船舶具体替代方案分析

本章立足于船舶技术快速更新迭代与能源转型、新能源崛起的时代背景，瞄准基于能源转型背景的航运业节能减排的两大关键问题：岸电推广与电动船舶推广，进行相关分析，旨在厘清两方面转型的发展现状、存在问题、及未来发展空间，对绿色船域潜力进行合理、细致地评估分析。

首先，通过将 12 条潜力航线上行驶的船舶特征进行对比分析，如表 7-1 所示。

表 7-1 潜力航线特征对比表

航线	距离 (海里)	货运量 (万吨)	航行时长 (小时)	船龄 (年)	运能分布
京唐-营口	170.5	178.83	31	7	以 1.5 万和 3.5 万吨级为主
京唐-大连	164.1	285.41	36	7	以 1.5 万吨和 5 万吨级为主
秦皇岛-大连	167.6	287.09	25	8	以 1.5、3.5 和 5 万吨级为主
黄骅-威海	226.2	27.76	30	8	以 3.5 万吨和 5 万吨级为主
大连-烟台	90.2	810.26	12	18	以 3 千和 5 千吨级为主
大连-威海	98.3	26.68	11	4	以 5 千吨级为主
大连-青岛	266.7	16.91	32	6	以 5 千和 1 万吨级为主

大连-黄骅	199.8	4.82	45	5	运能分布较为均等，以 1 千和 5 千吨级为主
宁波舟山-张家港	177.0	58.59	37	12	以 3.5 万吨和 5 万吨级为主
宁波舟山-上海	236.1	2024.82	70	9	以 5 千吨级、1 万和 2 万吨级为主
上海-南京	186.8	69.94	55	6	以 3 千和 1 万吨级为主
上海-镇江	156.3	13.00	68	8	以 3 千和 5 千吨级为主

通过查阅相关资料，各地政府已积极出台了相关政策推动电动船舶和相关配套设施的发展，并给予了很大程度的补贴。截止目前，已投入运行的电动船舶续航里程、载货量及充电时间特征对比情况如表 7-2 所示。

表 7-2 已投入运行的电动船舶特征对比表^{[16][17]}

船舶名称	续航里程	载货量	充电时间
河豚号	约 43 海里	2000 吨	2.5h
船联 1 号	约 65 海里	3000 吨	3h
江远百合	约 118 海里	120TEU	采用换电模式，充电仅需 20 分钟
东兴 100	满载约 162 海里	1800 吨	一次充电只需要 4~5h
中远海运	约 205 海里	700TEU	换电作业时长仅 20~30 分钟

通过对比现阶段潜力航线特征及已投入运行的电动船舶特征发现，航线距离方面，潜力航线的船舶航行距离均集中在 90~200 海里左右，而目前已投入运营的电动货船及电动集装箱船舶的续航里程在 60~200 海里左右，所选航线具有很高的推行可行性。运行时长方面，潜力航线上船舶的航行时长集中在 48h 以内，航行时间较短，目前电池动力续航水平基本能有效支持。而停泊时间远大于充、换电时间。货运量方面，部分港口之间货运往来频繁，船舶航次极多，总货运量较大，但部分重点航线上往来船型均集中在 5000 吨级以下。

因此，基于对潜在航线的特征提取，以当前投入运营的电动船舶续航里程为范本，并适当考虑未来充、换电技术进步趋势及港口岸电发展趋势。根据目前各航线上船舶数量及航次分布，给出了现阶段及未来 20 年内各阶段的电动船舶替换方案，并从电池、效率、货运量等方面论证了其市场推行潜力。具体转化方案如下：

①现阶段建议替换船舶数量(航次数量)= 该航线上船舶总数(航次总数)×现阶段匹配的船型占比×相应替换比例

②未来 1~5 年建议替换船舶数量(航次数量)= 现阶段建议替换数量+该航线上船舶总数(航次总数)×未来 1~5 年匹配的船型占比×相应替换比例

③未来 5 ~10 年建议替换船舶数量(航次数量)=1~ 5 年建议替换数量+该航

线上船舶总数(航次总数)×未来 5~10 年匹配的船型占比×相应替换比例

④未来 10~20 年建议替换船舶数量航次数量=5~10 年建议替换数量+该航线上船舶总数(航次总数)×未来 10~20 年匹配的船型占比×相应替换比例

详细计算结果如表 7-3 所示。

表 7-3 现阶段及未来各阶段具体的电动化船舶替换建议方案

航线	现阶段（替换万吨级以下）		未来 1~5 年（替换 1~1.5 万吨级）		未来 5~10 年（替换 1.5~3 万吨级）		未来 10~20 年（替换 3~5 万吨级）	
	船舶数量	航次数量	船舶数量	航次数量	船舶数量	航次数量	船舶数量	航次数量
京唐-营口			25	33	30	40	39	52
京唐-大连			23	31	33	45	41	56
秦皇岛-大连			15	26	29	51	34	60
黄骅-威海							4	6
大连-烟台	33	339	38	399	44	455	44	455
大连-威海	9	36	9	36	12	44	12	44
大连-黄骅			18	18	18	18	18	18
宁波舟山-张家港							7	70
宁波舟山-上海	8	27	20	68	46	158	69	237
上海-南京	24	48	44	86	45	89	45	89
上海-镇江	8	8	9	9	9	9	10	10
总计	82	458	201	706	266	909	323	1097

现阶段超过 5000 吨级的中大型船舶完全锂电化替代难度较大，主要以混合动力型为主。因此结合目前各港口岸电建设情况及船舶动力电池技术限制，将极具潜力航线上的 5000 吨级以下的船舶替换成电动船舶，表 7-3 中给出了具体的替换船舶数量及相应的航次数量方案。大连-烟台、宁波舟山-上海、上海-南京，这三条航线上货运量较大，航次数量极多；大连-威海和上海-镇江，这两条航线上船舶及航次数量分布较少，但运输距离在 90~150 海里左右。以上五条航线具有的共同特征是承担主要运输任务的船舶运能是 3 千和 5 千吨级，与现在投入试运营的船舶运能较为适应。多方面综合分析，以上五条航线不论从运能适应性还是船舶续航里程来考虑，推行电动船舶都是极具潜力的。综上，现阶段可在这五条航线上替换电动船舶数量 82 艘，航次数量 458 次。

考虑到未来动力电池续航里程增加，港口岸电设施覆盖泊位增加及换电技术的发展，同时港口间贸易往来频繁度增加，在未来 5 年内将 80% 的 1 到 1.5 万吨级船舶替换成电动船舶，在未来 5~10 年将 60% 的 1.5 到 3 万吨级船舶替换成电动船舶。京唐-营口、京唐-大连、秦皇岛-大连、大连-黄骅，这四条航线

虽然目前航次数量较少，但这些航线上货运量较大，且各港口间产业关联紧密，未来航次数量会进一步增加。另外，这些航线上运营船舶以 1.5 至 3 万吨级为主，在未来 10 年内有较大潜力推广电动船舶。但考虑到技术应用相对技术发展有一定的滞后性，因此，在这些航线上考虑分阶段替换方案，在未来 1~5 年替换电动船舶 201 艘，航次数量 706 次。未来 5~10 年内可替换成电动船舶数量 266 艘，航次数量 909 次。

进一步，在未来 10 至 20 年将 40% 的 3 到 5 万吨级船舶替换成电动船舶。**黄骅-威海、宁波舟山-张家港**，这三条航线上运营船舶以 3.5 万吨和 5 万吨级为主，可能在未来 10~20 年内适合推广。综上，未来 10~20 年内可替换成电动船舶数量 323 艘，航次数量 1097 次。

在备选的十二条潜力航线中，本报告认为**大连-青岛**推广电动船舶在短期内的市场潜力可能不大，一方面由于航行距离较长、达 266.7 海里，且该航线上航次少、货运量小，可能会造成船舶运力浪费，部分大宗散货可通过海运先从大连运至烟台，接着转铁路运输至青岛。

7.4 本章小结

本章对港口岸电建设及用电量情况进行分析，从航线距离、运能、货运量、运行时长以及船龄等多个维度对选取的潜力航线进行细致刻画，并以当前投入运营的电动船舶续航里程为参考，分析其推行电动船舶的市场潜力。

分析结果显示：

(1) 大连-烟台、宁波舟山-上海、上海-南京、大连-威海和上海-镇江是极具潜力的船舶电动化航线，现阶段可在这五条航线上替换电动船舶数量 82 艘，航次数量 458 次。

(2) 京唐-营口、京唐-大连、秦皇岛-大连、大连-黄骅是在未来 10 年内有较大潜力推广电动船舶的航线，总计可替换成电动船舶数量 266 艘，航次数量 909 次。

(3) 黄骅-威海和宁波舟山-张家港是有潜力在未来 10~20 年内推广电动船舶的航线，可替换电动船舶数量 323 艘，航次数量 1097 次。

8. 总结及政策措施建议

为了改善我国航运市场“供需失衡、港口拥堵与效率低下、船队结构老化”等结构性突出问题，实现全国航运货物运输行业降本增效，构建绿色环保集约的航运市场环境。基于本报告的关键结论，本节从“提升货物运输效率、合理调配资源、提升资源利用率、优化港口运营、促进航运绿色转型、规范行业标准”等方面入手，结合国家中长期减碳减排战略规划，提出促进我国航运高效、协调、绿色、和谐发展的政策建议。

8.1 航运货物运输的可持续发展：减排与效率优化

根据 2019 年航线航次排名，煤炭运输往来最密集的 top5 航线分别是秦皇岛-江阴、黄骅-宁波舟山、秦皇岛-泰州、秦皇岛-宁波舟山、曹妃甸-江阴航线。从货运量来看，这些航线 2019 年货运量在 419 万吨~2272 万吨之间。其中，**秦皇岛-江阴航线运输货运量最多，约 2272 万吨**，秦皇岛-泰州航线虽然航次频繁，但是运输货运量相对较少，约 419 万吨，其余往来频繁航线的货运量在 1200 万吨左右。从航线船舶类型分布来看，**运输煤炭的船舶主要为 5 万吨级和 3.5 万吨级和 7 万吨级，5 万吨级船舶数量最多，在各航线上占比主要在 40%~70% 之间**，其次是 3.5 万吨级船舶，在各航线上占比主要在 16%~26% 之间，其中秦皇岛-江阴和曹妃甸-江阴航线上 5 万吨级的船舶较多，约占 65% 左右。

钢材运输往来最密集的 top5 航线为大连-烟台、营口-上海、大连-上海、曹妃甸-上海、曹妃甸-广州航线。从货运量来看，这些航线 2019 年货运量在 260~810 万吨不等，其中大连-烟台航线往来最频繁，运输货运量也最多，**约 810 万吨**，大连-上海航线往来较为频繁但运输货运量相对较少，约 264 万吨。从航线船舶类型分布来看，**运输钢材的船舶多为 1.5 万吨级和 1 万吨级和 5 千吨级，1.5 万吨级船舶数量最多，在各航线上占比主要在 28%~70% 之间**，而 1 万吨级船舶占比主要在 12%~45% 之间。值得注意的是，大连-烟台航线往来船舶偏小，航线上有 10% 的 5 千吨级船舶和 8% 左右的 3 千吨级船舶。

铁矿石运输往来最密集的 top5 航线为宁波舟山-南京、宁波舟山-马鞍山、宁波舟山-张家港、上海-马鞍山、宁波舟山-镇江航线。从货运量来看，这些航线 2019 年货运量在 218 万吨~2025 万吨之间，其中**宁波舟山-张家港航线运输货运量最多，约 2025 万吨**，其次是宁波舟山-镇江航线，货运量约 1122 万吨，

上海-马鞍山航线运输货运量最少，约 218 万吨。从航线船型分布来看，**运输铁矿石的船舶多为 5 万吨级**，在各航线上占比主要在 **30%~58%之间**，其次是 1 万吨级船舶，在部分航线上有分布，占比在 30%~50%之间，比如宁波舟山-马鞍山航线月 50%为 1 万吨级船舶、上海-马鞍山航线上 42%的船舶为 1 万吨级。针对以上结论，有如下建议：

(1) 支持大型船舶的引进和升级：针对煤炭运输，可以鼓励引进更大吨位的船舶，以提高运力和降低运输成本。对船舶吨级较大的航线，如秦皇岛-江阴航线，可以提供经济奖励措施，促进船舶升级和投资。此外，也应推动钢材和铁矿石运输中大型船舶的应用，以提高运输效率。

(2) 优化钢材运输航线布局：根据数据，大连-烟台航线往来最频繁且货运量最大。政府可以进一步加强该航线的建设和优化，提供更好的港口设施和服务，以应对不断增长的钢材运输需求。同时，还可以考虑推动营口-上海和曹妃甸-上海航线的货运量增长，通过优化航线布局，提高钢材运输的效率和安全性。

(3) 加强铁矿石运输沿江航线的发展：数据显示，宁波舟山-张家港航线运输的铁矿石货运量最大。政府可以进一步加强沿江航线的整体规划和建设，提供更好的航道维护和港口设施，以满足铁矿石运输的需求。同时，可以加强与相关地区的合作，促进沿江航线物流的互联互通，提高运输效率和降低物流成本。

(4) 推动船舶绿色转型：鉴于煤炭、钢材和铁矿石等货物的特点，政府可以制定相应的环保政策，鼓励船舶采用更环保的燃料和技术，减少航行过程中的碳排放和污染物排放。通过提供税收优惠、补贴和技术支持，推动船舶绿色转型，实现可持续的货物运输。

8.2 合理调度港口基础设施资源：均衡季度货物运力资源

随季度变化，不同货类到港货运量也有所差异。研究报告指出，**与钢材和铁矿石相比，煤炭航运的季节性特征更明显**，货运量在第四季度显著增加，这是由于冬季是供暖需求高峰期，需要更多的煤炭来满足能源需求。而钢材受工业生产计划的影响更大，下半年通常是建筑和制造业的旺季，这些行业对钢材的需求量会增加。报告研究结果发现，**钢材航运货运量呈现逐季度增加的趋**

势，通常在第三季度或第四季度达到高峰；铁矿石航运通常在第一季度和第四季度最为活跃。由于铁矿石是钢铁生产的主要原料之一，钢铁企业通常会在第一季度安排较多生产计划，在第四季度准备较多库存，因此铁矿石航运货运量在第一季度和第四季度较高。针对以上结论，有如下建议：

1. 掌握货物季节波动性特征，合理安排运力

一般来说，货物运输量与相关产业需求息息相关，因此其整体的波动情况通常都呈现出一定的规律，通过研究货物的季节波动特征，可以合理调度港口基础设施资源。一方面，通过数据分析和预测算法，提前预测季节性货物需求的波动趋势，并制定相应的港口资源规划方案；另一方面，可以建设具备一定弹性的港口基础设施资源。通过灵活的布局设计和设备配置，使港口能够根据货物需求的季节变化，快速调整作业流程和资源分配，提高运输效率。

2. 合理调控航运资源，提高供应链的可靠性

(1) 季度煤炭供应保障：针对冬季第四季度的供暖需求高峰期，建议制定煤炭供应保障政策，鼓励企业增加运力，以确保煤炭运输的稳定供应和价格合理性。政府可以提供相关补贴或奖励，以激励企业增加运力和灵活调配资源，满足市场需求。

(2) 钢材生产调控：加强对钢材生产计划的管理和监管，特别是在下半年建筑和制造业旺季。港口可以与相关企业合作，共同制定合理的生产计划和配额，以减少季度性波动和库存积压。通过精细调控和市场预测，确保钢材的供需平衡和市场稳定。

(3) 铁矿石供应保障计划：针对第一季度和第四季度的铁矿石需求高峰期，建议港口与钢铁企业合作制定铁矿石供应保障计划，以确保原材料供应的稳定性。政府可以提供相关支持措施，如减免税费、贷款支持等，帮助企业在需求高峰期提前储备足够的铁矿石。同时，通过合理调配运输资源和优化供应链管理，确保铁矿石的及时供应和成本合理性。

8.3 解析船舶到港时间规律，提升资源利用效率

分时段统计各类货物到港船舶数量，整体来看，煤炭的到港船舶数量在一天 24 小时中波动较大，而钢材和铁矿石的波动相对较小。运输三种货物类型的船舶均在 8~17 时到港数量较多，各货类船舶到港数量均在 17 时开始下降，说

明大多数船舶在白天到港，只有少部分船舶在夜间到港运作。

数据显示，煤炭船舶的到港时间受昼夜影响较大，各时段到港船舶数量波动较大。运输煤炭的船舶到港低谷时段在 2~5 时之间，5 时之后，煤炭船舶到港数量逐渐增多，但在 10 时有所下降，12 时开始回升，煤炭船舶到港高峰时段集中在 12~13 时和 16~17 时，在 17 时之后，到港船舶数量大幅度下降并一直下降。

钢材船舶的到港时间分布均匀，各时段到港数量在白天和夜间存在一定差距，但均保持平缓波动。运输钢材的到港船舶数量在 4~5 时达到最少，8~17 时是钢材船舶的主要到港时段，这段时间的到港船舶数量分布均匀，但下午时段到港船舶数量略多于上午时段，整体在 16~17 时达到高峰，在 17 时之后下降，20 时有小幅度回升并保持平稳。

铁矿石船舶的到港时间分布则更为分散，各时段船舶到港数量波动较明显，但整体昼夜差距较小。运输铁矿石的船舶在 2~3 时到港数量最少，在整个白天时段，铁矿石到港船舶数量在 11 时有明显下降，14 时开始回升，在 17~18 时达到高峰。

针对以上内容，有如下建议：

1. 灵活调度港口资源，提高货物运输效率。

(1) 煤炭船舶运输优化：考虑到煤炭船舶到港时间受昼夜影响较大，可以在夜间加强港口的照明设施和安全措施，以提高夜间运输效率和安全性。此外，可以在煤炭船舶到港低谷时段进行设备维护和运输准备工作，以便在船舶到港高峰时段充分利用港口能力，提高运作效率。

(2) 钢材运输资源调整：考虑到钢材船舶的到港时间分布均匀，可以在钢材船舶到港高峰时段增加港口的装卸设备和人力资源，以提高货物的处理速度和效率。此外，可以在下午时段适度增加港口的运输能力，以满足下午时段到港船舶数量略多的情况。

(3) 铁矿石船舶运输调控：考虑到铁矿石船舶的到港时间分布较为分散，可以根据不同时段的运输需求，灵活安排港口设备和人力资源。例如，在铁矿石到港高峰时段增加装卸设备和人力资源，以提高运输效率。另外，可以在 11 时的明显下降时段进行设备维护和调整，以减少资源浪费。

2.加强港口设施升级与合作，整合港口资源。

(1) 港口设施和设备升级：根据不同货物类型船舶到港的时间分布，港口可以制定相应的作业排班计划，优化港口设施 and 设备的布局。例如，在煤炭、钢材和铁矿石到港高峰时段增加装卸设备和仓储空间，提高港口的处理能力和效率，以满足日益增长的货物运输需求。

(2) 联合周边港口合作：考虑到煤炭、钢材和铁矿石船舶到港数量的波动情况，当地港口可以与周边港口以及相关方合作，建立信息共享机制和联合运输计划。通过合作和协调，实现港口间的资源共享和互补，提高整体运输效率和经济效益。

8.4 优化港口运营，提高船舶停泊效率

1.优化港口停泊时间，促进绿色航运低碳发展

(1) 港口作为航运货物流通的关键节点，船舶在港口停泊时间的管理对于港口运营、国际贸易、供应链效率和环境可持续性都至关重要。报告发现，干散货到达港船舶在港平均停泊时间在 2 天左右上下浮动，对于干散货船的单一航次，船舶航行时间约占 30%，到达港锚地的停留时间普遍高于在泊位的停留时间，深入剖析发现，大部分船舶在港口停泊时间较长，其主要瓶颈在于靠锚环节，因此，这些港口可以进一步以优化港口的设施、水域交通规划和操作流程为重点，以提高港口的效率和吞吐能力。而对于瓶颈出现在靠泊环节的港口，可以将其工作重点放在运输管理、码头资源利用率优化以及提高装卸设备作业效率上。

(2) 对于集装箱船，船舶平均靠锚时间约 10 小时，占据港口停泊时间 25%，船舶靠泊时间约 30 小时，占据在港时间 75%，靠锚时间和靠泊时间约 1:3，因此较长的靠泊时间是导致船舶长期在港时间的关键，对于集装箱船停泊时间较长的港口，如大连港、宁波舟山港、广州港等作业繁忙的大型港口，船舶在港除了进行装卸作业外，也可以进行船舶维护保养、清洗和修理等工作，以确保船舶的安全和性能。对于长期在港停泊的船舶（如大连港三级、七级船），可针对泊位作业板块制定智慧化解决方案，针对性地提高港口运作效率。

2.合理安排船舶到港时间，减少船舶等待时间

(1) 长期的港口停泊时间可以归结于港口作业量大和设施管理水平不匹

配两大类主要原因。报告进一步分析了船舶到港离港时间分布情况，对于存在较长停泊时间的港口，可交叉分析到港离港峰值时刻，对峰值时刻的离港到港船舶进行合理的船舶流量分配以减少拥堵以及长期停泊。以平均停泊时间为 3.56 天的湛江港为例，该港口的到港和离港高峰均出现在 17:00-19:00，可通过运营管控的手段将峰值时刻的流量向其他时刻疏散，达到减少不必要的等待时间的目的。

(2) 长期的港口停泊时间同样将导致较高的空气污染物和温室气体浓度，对于停泊时间较长的沿海港口，如大连港、宁波舟山港、漳州港、湛江港、广州港等，可以利用港口岸电设施为船舶提供电力、给排水以及空调等服务，避免了船舶在港使用燃油发电，减少船舶在港的碳排放，提高港口和航运行业的能源效率。港口停泊时间和岸电政策的协同作用可以实现更可持续、更高效的港口运营和往来贸易。

8.5 优化船舶组成结构，推进老旧船更新

1. 有序淘汰煤炭老旧船舶，加强报废计划监管

煤炭运输船舶船龄主要集中在 0-5 年间，其次集中在 15-20 年间，老旧船舶数量 318 艘，超期船舶数量 5 艘，占该种航线货类整体船舶比例达到 24.0%，其船舶结构中老旧与超期船舶的占比要远高于运输其他两种货物的船舶；老旧超期船舶建设年代较早，排放控制技术相对落后，岸电设备配备率不高；结合其运距分布情况，煤炭运输船舶通常为短距离航线分布在 500-1000 海里范围内，煤炭运输船整体吨位集中在 5 万吨左右，保有一定量的小吨位船舶；聚焦老旧超期船舶，这种高船龄、小载重的船舶运行时长较短，航线主要集中渤海湾的短距高频航线中，建议在满足运力需求前提下，制定煤炭运输船舶报废计划，按计划在未来五年内逐步淘汰掉全部产能落后的船舶。

2. 预研钢材运输船舶替代可能，维持船龄结构健康发展

钢材运输船舶船龄在 0-15 年间存在逐渐下降的高峰，整体船龄分布较为健康，其中老旧船舶数量 54 艘，超期船舶数量 3 艘，占该种航线货类整体船舶比例仅为 3.3%，但整体来看，钢材运输船舶数量在近年来持续增长且规模较为庞大；鉴于钢材运输船舶当前较为健康的船龄结构，钢材运输船舶报废退役需求紧迫性较低；但考虑到目前船舶的巨大存量中包含大量的 1.5 万吨级以下的小吨

位、甚至是千吨级船舶，结合电动船舶技术不断发展的历史进程，进而结合报告中如大连-烟台等长度为 100 海里左右的钢材运输短距典型航线，可以考虑逐步进行电动船舶替代试验，在未来当现有存量船舶进入报废周期时，电动船舶是否可补充船舶运力，优化船舶组成结构，促进航运健康绿色发展。

3.因地制宜，统筹兼顾报废与替换铁矿石运输船舶

在铁矿石运输船舶中，老旧船舶数量为 146 艘，超期船舶数量为 3 艘，占该种航线货类整体船舶比例的 6.1%；铁矿石运输船舶在“沿海-沿海”航线和“沿海-内河”航线中数量差异较为明显，在数量上，“沿海-沿海”航线船舶数量远多于“沿海-内河”航线，是其数量的 14.44 倍；虽然铁矿石运输船舶整体船龄结构相对健康，但考虑到其庞大的整体保有量，超期与老旧船只造成的排放仍十分可观，同时在未来十年内将有大量铁矿石运输船进入报废周期；基于目前现状，应在制定铁矿石运输船舶有序报废计划的同时，利用“沿海-内河”航线船舶数量较少、航距较短的现状优势，首先利用内河航线船舶开展替换研究与验证，提前建立面向未来的健康低排放船龄结构。

8.6 推动绿色航运发展，促进低排放航行

以积极响应“双碳”政策为目标，以我国航运市场整体图景为抓手，报告聚焦重点问题与重点区域，对航运环节的节能减排潜力进行有效评估，完善的岸电基础设施建设是推广电动船舶在潜力航线上行驶的关键。因此，建议从岸电建设和电动船舶推广两方面入手，进而促进航运的高效率、低排放航行。

1.优化航运岸电接驳：提升效率与便捷性

(1) 通常来讲，岸电接驳的时间通常在几十分钟到数小时之间。但据船舶靠泊时间特征显示，基本上所有船舶在沿海港口的平均靠泊时间均集中在 1~2 天，其中在广州港、钦州港、珠海港的平均靠泊时间较长，约 1.6 天左右，由此可以看出大部分船舶的在泊停靠时间远大于岸电接驳时长。因此，建议港口管理方与政府加强岸电接驳培训、简化接驳流程手续、提出岸电激励措施、完善设施服务，增加船端人员对岸电的接受和熟悉程度。同时，目前已投入运营的电动船舶充电时间在最长为 4~5 小时，因此港口方应在船舶靠泊充电时合理安排装卸设备，充电和装卸结束后尽快驶离岸电泊位，以避免未充电船舶对岸电泊位的占用。

(2) 根据主要港口岸电使用量情况显示, 仅深圳港年用电量较多, 约占沿海港口的 55%, 而其他港口岸电建设目标完成情况良好, 但岸电使用量较少, 因此可灵活结合各港口岸电泊位剩余情况, 根据船舶停靠时间进行强制性岸电接驳, 以避免出现船舶在港口停泊数天, 但仍在有空余岸电泊位的情况下使用船舶发电机的情况发生, 从而减少船舶排放, 促进航运的低排放航行。

2. 发展船舶绿色动力技术, 推动电动船舶在潜力航线行驶

(1) 对于大连-烟台、宁波舟山-上海、上海-南京、大连-威海和上海-镇江, 建议现阶段在以上五条极具潜力的航线上优先大力推广电动船舶, 总共可将 82 艘万吨级以下船舶替换成电动船舶, 航次共计 458 次。全年累计可减少大约二氧化碳排放 41000 吨和有害气体排放 124640 吨。

(2) 对于京唐-营口、京唐-大连、秦皇岛-大连等大连-黄骅四条航线, 在未来 10 年内有潜力推广电动船舶。建议在未来 1~5 年总共可将 201 艘船舶替换成电动船舶, 航次共计 706 次; 在未来 5~10 年内总共可将 266 艘船舶替换成电动船舶, 航次共计 909 次。因此, 建议在以上四条航线上, 结合未来电动船舶的技术发展及趋势进行适当推广。

(3) 对于黄骅-威海和宁波舟山-张家港, 建议在未来 10~20 年内总共将 323 艘船舶替换成电动船舶, 航次共计 1097 次。因此, 这些航线建议在未来 10~20 年内根据技术发展情况及市场需求进行推广。

8.7 规范行业标准, 提高组织效率

驱动航运数字化转型

本报告中在对于船舶数据进行清洗时存在一定困难, 特别是对于信息化程度较低的港口, 存在数据量较少、数据不够全面、统计口径有差异等问题。建议各港口可以利用先进技术加强船舶及货物信息的同步和核对, 推动航运数字化转型, 实现航运业务的数字化、智能化, 从而提升统计效率和准确性, 进一步减少成本、提高服务质量。为了实现这一目标, 港口可以采取以下措施:

(1) 引入先进技术: 应该积极引入先进的信息技术和数据管理系统, 例如物联网、大数据分析和人工智能等。这些技术可以帮助港口实现实时数据的采集、存储和分析, 从而更好地管理船舶和货物信息。

(2) 标准化统计口径: 港口之间应当共同制定统一的统计口径和数据标

准，以确保数据的一致性和可比性。这将有助于解决不同港口之间数据差异的问题，提高数据管理的效率和质量。

（3）培训与意识提升：港口管理机构应该加强对工作人员的培训，提高他们在数据管理方面的专业能力。同时，还应该提高港口整体的数字化意识，鼓励员工积极参与数字化转型并充分利用相关工具和技术。

请勿外传

参考文献

- [1] Cheung K F, Bell M G H, Pan J J, et al. An eigenvector centrality analysis of world container shipping network connectivity[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2020, 140: 101991.
- [2] 刘婵娟, 胡志华, 杨正璇. 基于社会网络的全球集装箱海运网络层次体系与派系划分. *世界地理研究*, 2019, 28 (6): 68-76 LIU C, HU Z, YANG Z. Hierarchical structures and cliques of the global container shipping network based on social network analysis. *World Regional Studies*, 2019, 28(6): 68-76
- [3] 吴迪, 王宇鹏, 盛世杰, 王诺. “21 世纪海上丝绸之路”集装箱海运网络的脆弱性变化[J]. *地理学报*, 2022, 77(08): 2067-2082.
- [4] 何瑶, 杨永春, 郭建科. 中断模拟下的中国沿海集装箱港口航运网络脆弱性[J]. *资源科学*, 2022, 44(2): 414-424. He Y, Yang Y C, Guo J K. Vulnerability of the shipping network of China's coastal container ports under disruption simulation[J]. *Resources Science*, 2022, 44(2): 414-424. DOI: 10.18402/resci.2022.02.16
- [5] 王令仪. 世界集装箱海运网络结构特征与抗毁性研究 [D]. 福州大学, 2020. DOI: 10.27022/d.cnki.gfzhu.2020.000392.
- [6] 张欣, 孙代源. 基于复杂网络的全球集装箱海运网络脆弱性分析[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2022, 41(02): 1-7.
- [7] 李振福, 李婉莹, 徐梦俏. 新海上丝绸之路集装箱海运网络中心性[J]. *中国航海*, 2018, 41(03): 123-128+134.
- [8] Bartholdi J J, Jarumaneeroj P, Ramudhin A. A new connectivity index for container ports[J]. *Maritime Economics & Logistics*, 2016, 18(3): 231-249.
- [9] Muhuri S, Chakraborty S, Setua S K. An edge contribution-based approach to identify influential nodes from online social networks[C]//2016 IEEE International Symposium on Nanoelectronic and Information Systems (iNIS). IEEE, 2016: 155-160.
- [10] Wang S, Du Y, Deng Y. A new measure of identifying influential nodes: Efficiency centrality[J]. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2017, 47: 151-163.
- [11] Zhang Q, Shuai B, Lü M. A novel method to identify influential nodes in complex networks based on gravity centrality[J]. *Information Sciences*, 2022, 618: 98-117.
- [12] Jiang L, Chen L, Wang W, et al. Advanced network representation learning for container shipping network analysis[J]. *IEEE Network*, 2020, 35(2): 182-187.
- [13] 唐柳, 盛进路. 基于 SWOT 分析的我国内河纯电动船舶发展策略[J]. *船电技术*, 2021, 41(06): 15-18. DOI: 10.13632/j.meee.2021.06.006.
- [14] 司志强, 冷单. 我国电动船舶发展瓶颈及破解之道[J]. *中国船检*, 2023(06): 21-23.
- [15] 余天亮, 潘登, 余诗语. 中国电动新能源船舶相关政策研究[J]. *中国船检*, 2023(06): 11-20.

- [16] 刘大壮,高宇.基于 SWOT 分析的电动船舶换电新业态发展策略研究[J/OL].交通节能与环保:1-5[2023-08-02].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1261.U.20230721.1340.002.html>
- [17] 黄光斌,欧珊珊,王金友等.闽江电动货船经济效益和减碳效益分析[J].能源与环境,2023(02):74-76+84

請勿外傳