



基于海南自贸港建设背景下的 琼州海峡南岸滚装港口水域布局研究

李冰绯, 杨斌, 唐颖

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 作为海南省自贸港建设重要保障的琼州海峡客货滚装运输, 承担着海南省 90%以上的生产生活物资和 30%的乘客进出岛重任, 是海南省与内陆地区联系的民生大通道。随着海口港秀英港区功能调整以及湛海高铁工程即将提上建设议程, 海口港新海港区将作为海南省陆岛滚装的核心港区, 承担全岛客货滚装、铁路轮渡等相关功能。结合新海港区水域现存的问题, 基于未来港区发展需求进行港区水域布置, 借助仿真手段对港区水域布置及海峡通航影响进行模拟。模拟结果验证了提出的水域布局的合理性, 保障琼州海峡通航安全。

关键词: 海南自贸港; 琼州海峡; 铁路轮渡; 客货滚装; 港口布局

中图分类号: U 651⁺.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)S1-0058-05

Study on water area layout of Ro-Ro terminal in south coast of Qiongzhou Strait based on construction of Hainan Free Trade Port

LI Bingfei, YANG Bin, TANG Ying

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: As an important guarantee for the construction of Hainan Free Trade Port, the roll-on/roll-off (Ro-Ro) transport of passenger and freight in Qiongzhou Strait bears more than 90% of materials for production and life and over 30% of the passengers entering and leaving Hainan Island, which is a major channel for people's livelihood linking Hainan Province and inland areas. With the function adjustment of Xiuying Port of Haikou Port and the upcoming construction agenda of the Zhanjiang-Haikou high-speed railway project, the Xinhai Port of Haikou Port will be the core Ro-Ro port area on Hainan Island for Ro-Ro transport of passenger and freight and railway ferry on the whole island. Considering the existing problems in the Xinhai Port water area, we carry out the water area layout according to future development needs and simulate the water layout and the impact of channel navigation. The simulation results verify the rationality of the proposed water layout, which can ensure the navigation safety of Qiongzhou Strait.

Keywords: Hainan Free Trade Port; Qiongzhou Strait; railway ferry; Ro-Ro transport of passenger and freight; terminal layout

建设海南自由贸易港是习近平总书记亲自谋划、亲自部署、亲自推动的改革开放重大举措, 是党中央着眼于国内国际两个大局、为推动中国特色社会主义创新发展做出的一个重大战略决策。海南省是四面环海的岛屿省份, 地处中国最南端。海峡滚装运输是海南省与大陆交流和联系的重要

咽喉。作为海南省自贸港建设重要保障的琼州海峡客货滚装运输, 承担着海南省 90%以上的生产生活物资和 30%的乘客进出岛重任, 是海南省与内陆地区联系的民生大通道^[1]。目前琼州海峡南岸滚装运输基本集中在海口港新海港区和秀英港区。随着海南自贸港建设的推进, 海南省政府提

出将秀英港区滚装功能向新海港区进行承接转移。此外, 随着湛海高铁工程建设提上议程, 新海港区需要为高铁轮渡过海做好提前谋划。未来, 海口港新海港区将作为海南省陆岛滚装的核心港区, 承担全岛客货滚装、铁路轮渡等相关功能^[2]。

海峡陆岛滚装功能向新海港区的集聚, 对琼州海峡通航和港区水域布置提出更高的要求, 为保障海峡通航安全、提升服务水平和通航效率, 开展新海港区水域布置优化的研究十分必要。同时本文创新性地采用模拟仿真技术得出定量的分析结论, 为后续的运营管理船舶通航管控提供技术支撑。

1 现状新海港区水域布置问题梳理

1.1 港池水域不能适应未来船舶大型化

目前新海港区北侧的普通客货滚装码头作业区进港船舶制动距离不足, 口门至进港前进方向500 m 即为回旋水域, 船舶进港与船舶回旋离港存在极大通航安全隐患, 如图 1 所示。此外根据当前营运情况显示, 目前港池水域尺度仅能满足当前1万吨级滚装船舶营运, 对未来船舶大型化适应性较差。

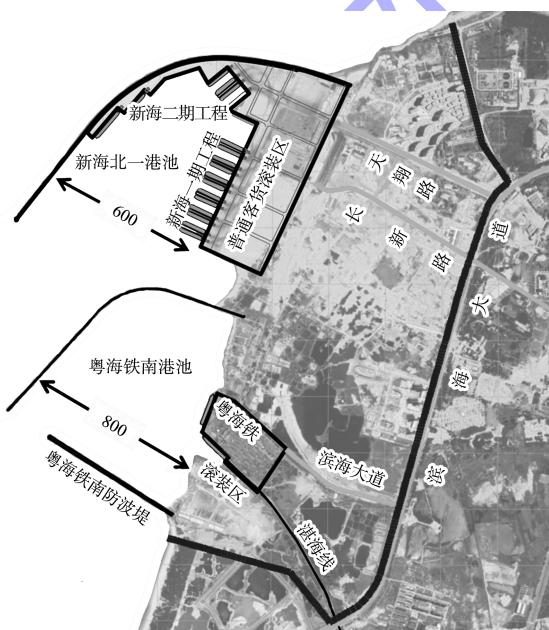


图 1 新海港区现状 (单位: m)

1.2 口门未能实现双向通航

目前新海港区北侧的普通客货滚装船舶需要从

南北向大角度转向至西南向进港, 在涨急落急流态下, 口门外流速1.0~1.5 m/s的横流^[3]导致船舶需要加速进港, 同时大角度进港又需要船舶减速, 避免撞上中防波堤。叠加港池制动水域的不足, 目前新海港区北侧的航道至今无法实现双向通航。

1.3 南北向天然航道资源配置及船舶港外漂航问题

当前, 琼州海峡南北向天然航道宽1.5 km。东侧500 m宽水域为普通客货滚装船舶航行空间, 中间为200 m分隔带, 西侧800 m宽水域为铁路轮渡船舶航行空间。

因新海港区缺乏待泊锚地, 琼州海峡南下滚装船舶在高峰运营时段由于无法进港, 在港外约1.6 km处漂航, 船速由3.6~5.1 m/s降至1.0~1.5 m/s。受新海港区外海流态影响, 漂航船舶因海流影响穿越中间200 m安全分隔带漂至铁路轮渡航道区, 如图 2 所示。由于铁路轮渡为班轮化营运, 极易造成海上通航风险事故发生。

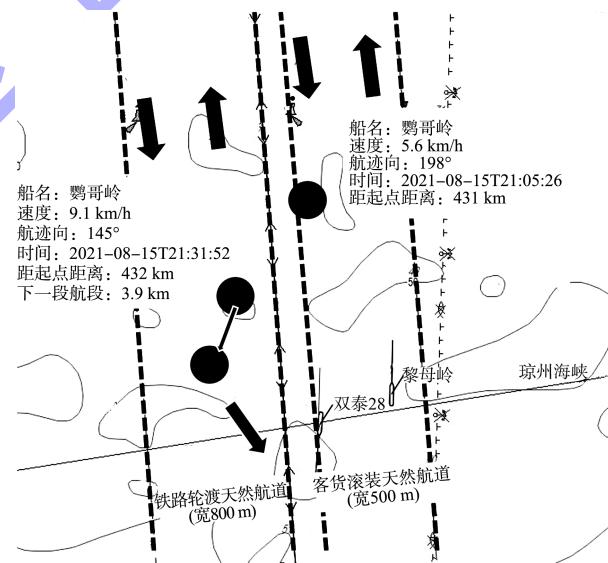


图 2 新海港区船舶漂航

1.4 南北向天然航道与海峡定线制衔接问题

当前琼州海峡南北向天然航道与海峡定线制中3#警戒区衔接相对不畅, 尤其是与3#警戒区中的环形道衔接方面, 有待优化。

2 新海港区水域布置方案

2.1 港池贯通、双口门布置及分航道进出港

为满足未来船舶大型化所需港池水域空间,

同时改善船舶进港制动与船舶在港池回旋的相互干扰,本文提出拆除现中、南防波堤,建设新南防波堤和岛堤,延长北防波堤,拓宽水域空间,实现港池水域共享。

根据《琼州海峡与新海港片区综合交通枢纽规划》^[4]2035 年高峰日铁路轮渡(高铁和普铁)的发班密度和普通汽车滚装发班密度,测算铁路轮渡发班间隔约 17 min/班、普通汽车滚装约 15 min/班。若采用单口门和一个双向航道布局,由于船舶进出港及制动都会占用口门及连接水域(约 10 min),按上述发班间隔会造成铁路轮渡和普通汽车滚装严重争夺发班时段,引发港内进出港班次混乱。如果采用

单口门布置,铁路轮渡船必须和普通汽车滚装船分航道独立运营,也就形成单口门+复式航道。

根据目前已有数值模拟及实测流态资料,单口门堤头处横流流速为 1.0~1.5 m/s。新海港区普通滚装作业区现状 1.5 m/s 左右横流情况下口门双向通航论证一直未能通过,在单口门堤头类似流态下,实现复式通航的可行性较低。此外,在单口门复式航道情况下,口门宽度近 600 m,港内客滚船高标准泊稳条件难以保证。

为保障未来新海港区的通行效率,本文提出采用双口门的布局形式,即铁路轮渡船和普通汽车滚装船分航道分别进出港,如图 3 所示。

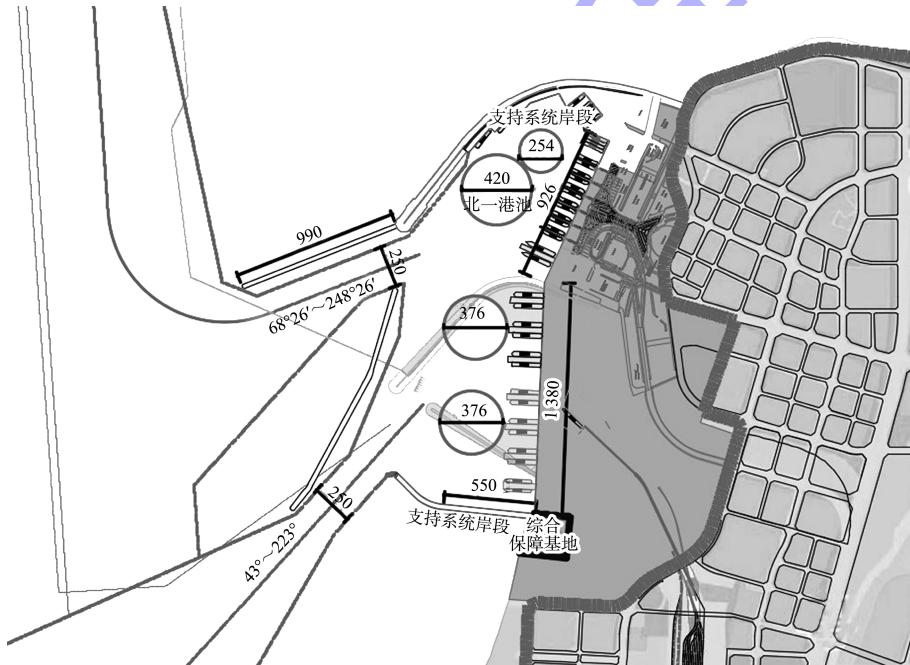


图 3 新海港区双口门布置 (单位: m)

2.2 锚泊水域布置

为解决现状船舶漂航问题,在铁路轮渡船和普通汽车滚装船分航道进出港的格局基础上,利用两航道在天然水域间隔约 2 km 的空间,分别在两进港航道的西侧布置普通汽车滚装船舶待泊水域和铁路轮渡船舶待泊水域,面积分别为 2.85 和 2.99 km²,如图 4 所示。

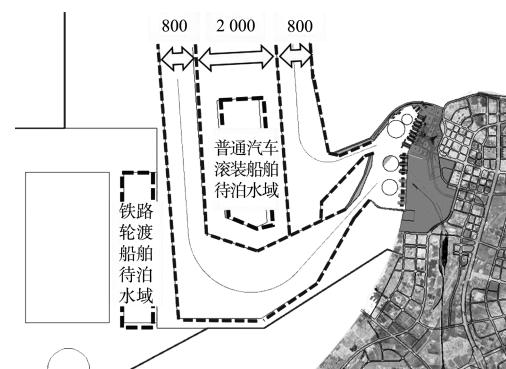


图 4 新海港区锚泊水域布置 (单位: m)

2.3 协同琼州海峡定线制水域布置

将新海港区南北向天然航道末端与琼州海峡定线制的3#警戒区^[5]充分衔接并预留6 km缓冲距离。东向与秀英港区进行水道连通, 避免新海港区与秀英港区内部联动船舶频繁穿越定线制水域,

同时解决未来南海明珠人工岛邮轮船舶进出港的水域问题。西向与现状马村港区主航道空间布置进行对接, 为未来马村港区主航道优化调整提供支撑, 如图5所示。

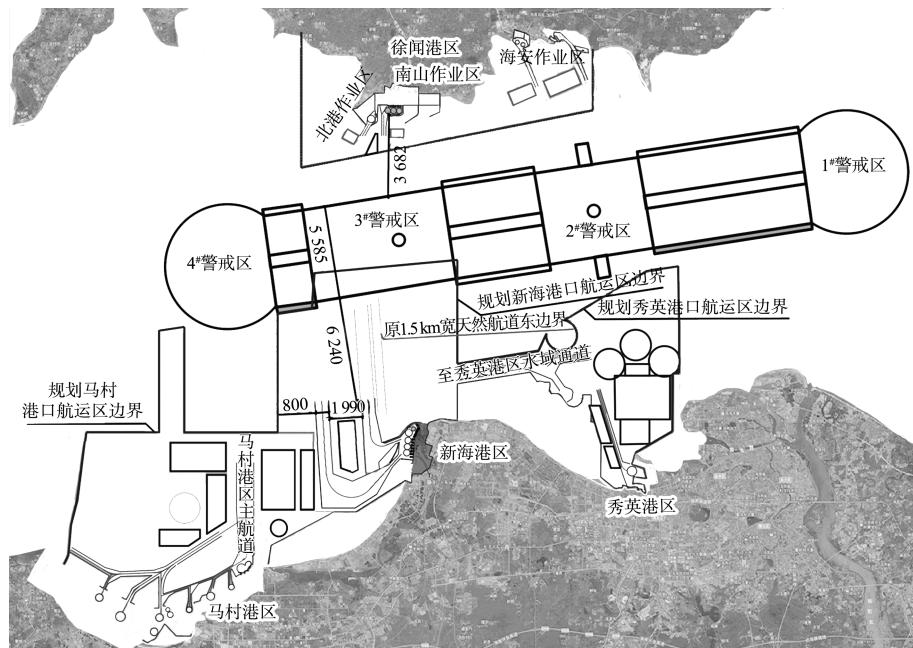


图 5 协同琼州海峡定线制水域布置 (单位: m)

3 水域通航仿真验证

3.1 港池通航能力分析

本文采用离散事件仿真方法, 针对海口新海港区高铁轮渡、普铁轮渡、滚装运输作业特点及南北与东西航向船舶交叉会遇, 以船舶交通为核心研究对象, 建立系统仿真模型, 重点模拟南北航向船舶在新海港区的生产作业过程, 基于日通航船舶数量、日通过车辆和旅客数量、等待船舶

数量、受延误船舶数量和延误时间等评价指标, 定量分析港池通航能力、锚泊水域需求和南北向客滚船通航对东西向货船航行的影响。

根据《琼州海峡与新海港片区综合交通枢纽规划》, 目前新海港区的码头功能区布置及泊位数量已基本稳定。通过对港池水域贯通融合的船舶作业过程进行模拟, 仿真试验得到新海港区码头通过能力见表1。

表 1 港池融合布置方案下的码头通过能力

| 类型 | 泊位数量/个 | 最大日通航船舶/艘次 | 最大日通过车辆/万辆次 | 最大日疏运车辆数/万辆次 | 最大日通过旅客/万人次 | 最大日疏运旅客数/万人次 |
|---------|--------------|------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 普通客货滚装 | 18 | 198 | 1.86 | 1.04 | 6.36 | 3.65 |
| 高铁和普铁轮渡 | 12(高铁)+1(普铁) | 232 | 4.64 | 2.32 | 46.77 | 23.39 |

由表1可看出, 最大通航船舶数量可以满足2035年的规划期普通客货滚装99对/d、普铁+高铁86对/d的发班频次要求, 水域布置方案是合理的。

3.2 锚泊水域需求分析

按维持现状海峡49条客货滚装船舶的规模进行普通客货滚装运输待泊需求研究。考虑到规划的普通客货滚装泊位只有18个, 高峰营运期时,

到达新海港区的普通客货滚装船舶不能进港靠泊时,须在锚泊水域等待。船舶等待数量除与码头作业效率有关外,还与通航密度相关,仿真试验统计了不同通航班次下等待船舶数量和等待时间,以及等待船舶数的概率分布。

试验结果见表 2、图 6。本文布置的普通客货滚装锚位数达 18 个,可以满足按照 90% 保证率考

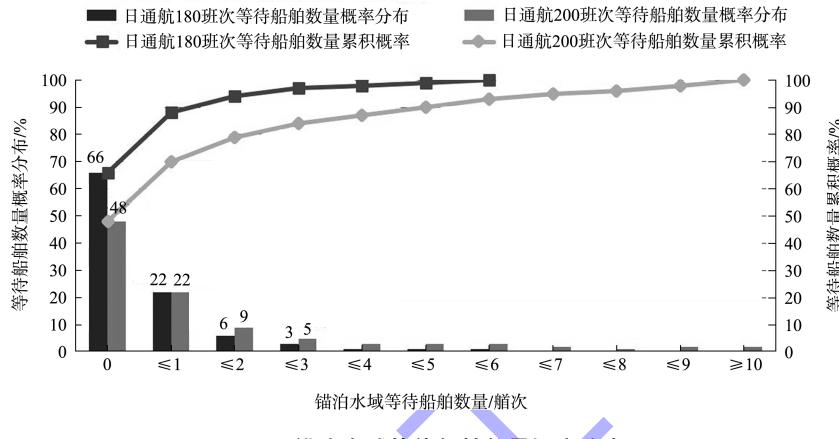


图 6 锚泊水域等待船舶数量概率分布

3.3 琼州海峡南北向船舶通航对东西向货船航行的影响分析

按照普通客货滚装 99 对/d、普铁 26 对/d、高铁按远景 90 对/d 作为琼州海峡南北向船舶发班频次控制条件(430 艘次/d),仿真研究其对琼州海峡东西向交通流影响。

通过仿真试验,在南北航向 430 艘次/d 的最大交通密度下,东西航向通过量及因避让南北向客滚船造成的延误见表 3。

表 3 南北航向达到最大通过能力时东西向通过能力仿真结果

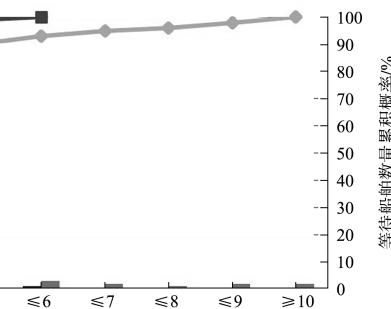
| 东西向年通过量/(万艘次·a ⁻¹) | 东西向日通过船舶数/(艘次·d ⁻¹) | 受到延误的船舶/(艘次·d ⁻¹) | 船舶的平均延误时间/h | 延误艘次占东西向总交通过量比例/% |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------|
| 10 | 286 | 224 | 0.24 | 78 |
| 12 | 341 | 273 | 0.28 | 80 |
| 14 | 400 | 326 | 0.37 | 81 |
| 16 | 458 | 381 | 0.52 | 83 |
| 18 | 518 | 436 | 0.64 | 84 |
| 20 | 569 | 489 | 0.93 | 86 |
| 22 | 632 | 564 | 1.82 | 89 |
| 24 | 683 | 622 | 5.29 | 91 |

虑情况下普通客货滚装在发班频次达 99 对/d 的待泊需求。

表 2 锚泊水域等待船舶数量和等待时间

| 日通航发班密度/(艘次·d ⁻¹) | 平均等待船舶/艘次 | 最大等待船舶/艘次 | 船舶平均等待时间/h | 船舶最大等待时间/h |
|-------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 180 | 0.59 | 8.50 | 0.16 | 1.83 |
| 200 | 1.64 | 15.75 | 0.39 | 3.28 |

■ 日通航 180 班次等待船舶数量概率分布
■ 日通航 180 班次等待船舶数量累积概率



可以看出,当南北向交通量最大为 430 艘次/d 时,船舶的平均延误时间在 20 min 以内作为可接受条件,东西向年通过量在 14 万艘次。目前东西向船舶通航艘次规模约 5 万艘次/a,东西向船舶通航能力仍有较大的富余空间。

4 结语

1) 本文梳理了新海港区水域存在的不适应船舶大型化、不能双向通航、港外漂航和与定线制衔接等问题;基于现状问题和未来发展要求,对新海港区水域提出新的港池贯通、双口门和分航道的水域布置方案。

2) 借助仿真手段对港区水域布置及海峡通航影响进行模拟,验证新布置方案的合理性和对琼州海峡通航的影响。

3) 水域布置方案可为后续港区修订及湛海高铁项目建设提供参考和支撑;模拟仿真技术得出定量的分析结论,可为后续的运营管理船舶通航管控提供技术支持。

(下转第 74 页)