



# 宁波舟山港中部海域船舶通过能力 适应性分析

李勤荣, 董敏, 华昕培, 查雅平

(交通运输部规划研究院, 交通安全应急技术实验室, 北京 100028)

**摘要:** 宁波舟山港中部海域四面岛屿环抱, 船舶只能通过几处航门进出。东侧的灌门和龟山航门船舶通航潮流条件、南侧的金塘大桥和西堠门大桥最大通航船型限定均较严格。通过对灌门和龟山航门水域的潮流观测, 设定船舶依次排队通过工况对2处航门的航道通过能力进行分析, 并对金塘和西堠门大桥的通航尺度和现行规范进行适应性分析, 研究净空尺度起算面、船舶水线以上高度、桥梁坡度和挠度、桥梁净高和过路船舶水线以上最大高度实时测量系统。结果表明, 灌门和龟山航门的通过能力与中部海域港口规划发展相适应。宜建立大型船舶过桥动态审批制度, 从而起到释放水域岸线发展潜力的效果。

**关键词:** 宁波舟山港中部海域; 灌门航道; 龟山航门航道; 金塘大桥; 西堠门大桥; 船舶通过能力

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)12-0111-04

## Adaptability of ship passing capacity in central sea area of Ningbo-Zhoushan Port

LI Qinrong, DONG Min, HUA Xinpei, ZHA Yaping

(Laboratory of Transport Safety and Emergency Technology, Transport Planning and Research Institute,  
Ministry of Transport, Beijing 100028, China)

**Abstract:** The central sea area of Ningbo-Zhoushan Port is surrounded by islands on all sides, and ships can only enter and exit through a few navigation gates. The current conditions for navigation of ships at Guanmen and Guishan Navigation Gate on the east side, as well as the maximum navigation ship types for Jintang Bridge and Xihoumen Bridge on the south side are relatively strict. By observing the tidal currents in the waters of Guanmen and Guishan Navigation Gate, we set up the working conditions for ships to queue up in sequence, and analyze the passage capacity of the two navigation gates. Then we carry out the adaptability analysis of the navigation scale and current codes of Jintang Bridge and Xihoumen Bridge, and study the starting surface of clearance scale, the height above the waterline of ships, the slope and deflection of bridges, the net height of bridges, and the real-time measurement system of the maximum height above the waterline of passing ships. The results show that the passage capacity of Guanmen and Guishan Navigation Gate is suitable for the development of port planning in the central sea area. It is suggested to build a dynamic approval system for large ships crossing bridges, in order to unleash the potential for the development of water shorelines.

**Keywords:** central sea area of Ningbo-Zhoushan Port; Guanmen channel; Guishan Navigation Gate channel; Jintang Bridge; Xihoumen Bridge; ship passing capacity

宁波舟山港中部海域呈现四面被岛屿包围的特征, 北侧是岱山岛和鱼山岛, 南侧为舟山本岛, 东

侧为秀山岛, 西侧为七姊八妹列岛, 见图1。中部海域分布有岱山港区、白泉港区、马岙港区和杭州

收稿日期: 2024-03-04

作者简介: 李勤荣 (1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事安全和应急系统规划, 以及桥梁、码头等涉水工程通航安全研究。

湾新港区四大港区,舟山绿色石化基地4 000万 t/a炼化一体化工程、宁波舟山港修造船产业规模化集聚区、舟山绿色石化基地拓展区等一大批关键项目在此落户,海上交通运输十分繁忙。但受地形影响,中部海域的船舶只能通过几处航门进出,东侧主要依托龟山航门和灌门,南侧主要依托金塘大桥通航孔和西堍门大桥通航孔,北侧通过鱼腥脑岛西侧水域集中进出。龟山航门、灌门、金塘大桥通航孔和西堍门大桥通航孔在相关通航管理规定的限制下,通航等级和通航能力均受到较为严格的限制。研究在现有航行规则下,宁波舟山港中部海域的船舶通过能力和通航等级对相关港区的规划和发展尤为重要,须重点研究以下问题:1) 在现行的潮流条件限定下,龟山航门和灌门是否满足中部海域船舶的通过能力;2) 金塘大桥、

西堍门大桥限定的通航船型是否与中部海域港区发展相适应。

针对类似问题,徐红娟<sup>[1]</sup>从最大单船通航能力、交通容量方面构建航道通航能力综合评估模型;张玮等<sup>[2]</sup>运用船舶交通流和船舶领域理论分析长江深水航道通过能力;王亥索等<sup>[3]</sup>搜集国内外计算航道通过能力的经验公式,分析讨论各公式的特点及适用性条件;彭厚德<sup>[4]</sup>分析湘江下游对航道等级提升影响的桥梁情况,运用水文资料统计分析桥梁对2 000吨级船舶航行的影响时间;魏庆等<sup>[5]</sup>以丽水莲都碧湖大桥改扩建工程为例,对跨越山区航道大桥改扩建工程中桥梁通航净空尺度进行分析;李文艳等<sup>[6]</sup>结合广东省北江、东江的船型发展,通过研究提出北江、东江千吨级航道建设中,不同尺度桥梁分步改建的标准。

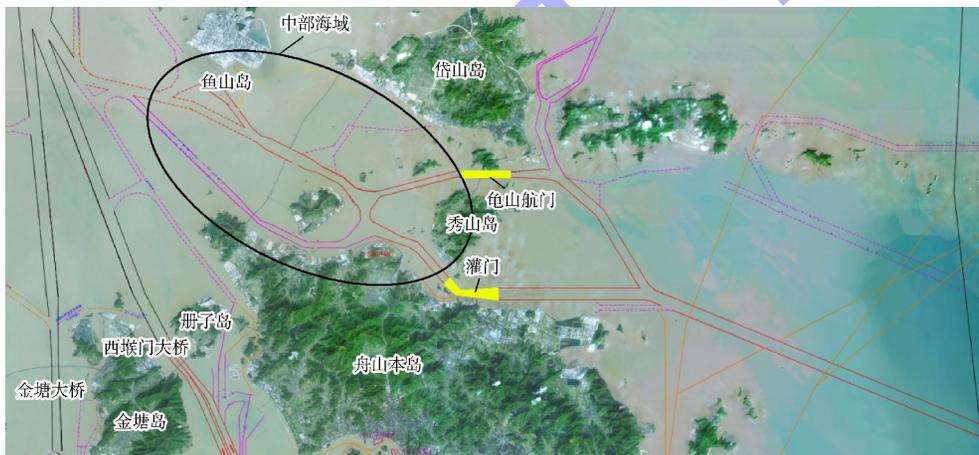


图1 宁波舟山港中部海域

## 1 龟山航门和灌门航道通过能力分析

灌门和龟山航门均位于岛屿狭口,潮流条件较差,最大流速超过4.11 m/s(8 kn),灌门还位于航道转弯处,为此,浙江海事局针对该水域专门制定了航行规则。根据《舟山灌门航道、龟山航门航道通航安全管理规定》<sup>[7]</sup>,大吨位船舶(1万 DWT以上载有货物的船舶和3万 DWT以上空载船舶)通过灌门或龟山航门时应选择流速小于0.77 m/s(1.5 kn)的缓流时段,并备车、备锚。灌门航道、龟山航门航道缓流时段的通过能力成为制约宁波舟山港中部海域港口建设发展的关键节点。

### 1.1 通过能力的试验分析

本文选择2022-11-24—2022-12-08(农历十一月初一至十五)一个完整的潮流周期进行分析。过狭口段最佳航速不宜超过8 kn,船舶在过狭口段航道大角度转向时,最佳航速不宜低于6 kn;平均航速按7 kn估算;在航门水域船舶航行时,间距按1 n mile控制;两船间隔时间约为8.6 min,按9 min估算。《舟山灌门航道、龟山航门航道通航安全管理规定》要求:在灌门航道禁止追越,禁止大吨位船舶、大型拖带船组交会及夜间航行。考虑大型船舶夜间禁航,每天仅考虑了2个时间

窗口。灌门航道每天可双向航行通过的船舶数量在 10~18 艘次, 大潮期间可通航船舶较少, 小潮期间可通航船舶较多, 见表 1。龟山航门的潮汐

窗口与灌门类似, 但龟山航门的峡口段距离较长, 每天可双向航行通过的船舶数量远少于灌门, 在 5~12 艘次。

表 1 灌门一个潮流周期内的缓流窗口可通航船舶数量分析

潮汐	农历	潮时	潮位/ cm	起始 时间	起始流向/ (°)	转流 时间	终止 时间	终止流向/ (°)	每个窗口 时间/min	每个窗口可 通过船舶/艘次	每天可 通过船舶/艘次
大潮	初一	03:57:00	32	05:18:00	131	05:46:00	06:10:00	284	52	0	11
		09:57:00	401	11:29:00	285	12:00:00	12:31:00	116	62	5	
		16:40:00	87	18:01:00	115	18:27:00	18:52:00	303	51	6	
		21:37:00	343	23:19:00	282	23:56:00	次日 00:32:00	111	73	0	
中潮	初四	05:56:00	34	00:54:00	282	01:34:00	02:11:00	113	77	0	12
		12:14:00	393	07:39:00	122	08:06:00	08:29:00	298	50	5	
		19:02:00	117	13:55:00	281	14:27:00	14:57:00	126	72	7	
		23:48:00	300	20:31:00	99	20:54:00	21:18:00	317	47	0	
小潮	初八	3:24:00	259	04:50:00	291	5:40:00	06:27:00	112	97	10	18
		9:44:00	130	11:16:00	123	11:52:00	12:25:00	282	69	8	
		16:35:00	331	17:31:00	287	18:13:00	18:55:00	115	82	0	
		23:19:00	139	00:12:00	118	00:46:00	次日 01:20:00	280	68	0	

## 1.2 通过能力需求和适应性分析

根据《宁波舟山港总体规划(2020年修订版)》<sup>[8]</sup>关于各港区吞吐量和船舶流量的预测情况, 岱山港区每天进出港的 1 万~3 万吨级船舶约 11.5 艘次(其中约一半空载, 不受缓流条件约束), 3 万(不含)~5 万吨级船舶约 2.6 艘次, 5 万吨级以上船舶约 0.8 艘次; 马岙港区每天进出港的 1 万~3 万吨级船舶每天约 7.2 艘次(其中约一半空载, 不受缓流条件约束), 3 万(不含)~5 万吨级船舶每天约 3 艘次, 5 万吨级以上船舶每天进出港 1 艘次, 见表 2。表中预测年份为 2050 年, 即 2 个港区生产岸线全部开发的状态; 岱山港区的进出港靠泊船舶数量去掉了鱼山作业区北侧码头的进出港船舶数量, 鱼山作业区南侧码头 5 万吨级及以下的码头考虑了进或者出(算 1 次); 1 万~3 万吨级的船舶考虑可选择舟岱大桥主通航孔对应航道, 相应船舶考虑了进或者出(算 1 次)。

表 2 岱山港区和马岙港区大型船舶进出港数量预测

港区	艘次/d		
	1 万~3 万吨级	3 万(不含)~5 万吨级	5 万吨级以上
岱山港区	11.5	2.6	0.8
马岙港区	7.2	3.0	1.0

综上, 每天须使用灌门或龟山航门缓流时段进出港的 1 万~3 万吨级船舶约 9.3 艘次, 3 万(不含)~5 万吨级船舶约 5.6 艘次, 5 万吨级以上船舶约 1.8 艘次, 合计 16.7 艘次。灌门和龟山航门每天可双向航行通过的船舶数量在 15~30 艘次(白昼长时每天可通航船舶数量会更多)。考虑船舶进出港的不均衡系数, 总体认为, 灌门航道和龟山航门航道的大船通过能力较为充裕。

## 2 金塘大桥、西堠门大桥限定通航船型适应性分析

按照《金塘大桥、西堠门大桥通航安全管理规定》<sup>[9]</sup>, 金塘大桥主通航孔允许 5 万 DWT 及以下船舶双向通航, 西堠门大桥及其对应的桥区航道允许 3 万 DWT 及以下船舶双向通航。该规定对于宁波舟山港中部海域的船舶通航安全发挥了积极作用, 随着港口建设和船舶技术的发展, 其局限性也越来越明显。

### 2.1 具体通航尺度

#### 2.1.1 金塘大桥

金塘大桥通航净空高度 51 m, 桥梁通航净空宽度 544 m。按照原交通部文件《关于舟山大陆连岛工程金塘大桥通航净空尺度和技术要求的批复》

(交水发[2003]585号)<sup>[10]</sup>, 金塘大桥按照5万吨级船型确定通航尺度。根据现行的JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》<sup>[11]</sup>, 5万吨级散货船对应的通航净空高度要求为不小于水线以上最大高度与安全富余之和(51.8 m), 桥梁通航净空宽度为不小于扩大系数与航迹带宽度之积(455 m)。即根据现行有关规定, 金塘大桥净空宽度满足5万吨级散货船舶双向通航要求, 净空高度略有差距。

### 2.1.2 西堠门大桥

西堠门大桥通航净空高度49.5 m, 通航净空宽度630 m, 且西堠门大桥为一跨过通航水域, 桥墩均在两侧岛礁上。按照原交通部文件《关于舟山大陆连岛工程西堠门大桥通航净空尺度和技术要求的批复》(交水发[2003]584号)<sup>[12]</sup>, 西堠门大桥选用3万吨级海轮标准确定通航尺度。3万吨级杂货船水线以上高度46.9 m, 3.5万吨级散货船水线以上最大高度47.3 m。根据JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》, 3万吨级杂货船和3.5万吨级散货船需要的通航净空高度分别为50.9和51.3 m, 通航净空宽度要求分别为362和408 m。即根据现行有关规定, 西堠门大桥净空宽度满足3万吨级杂货船和3.5万吨级散货船双向通航要求, 但净空高度不足。

## 2.2 完善通航规则的建议

### 2.2.1 影响净空高度的因素

1) 在舟山大陆连岛工程(含金塘大桥、西堠门大桥)建设过程中, 通航净宽尺度范围内的桥梁高程起算面为当地历史最高潮位4.87 m(1997-08-18, 理论最低潮面), 近年观测数据显示: 镇海站的最高潮位、平均高潮位和平均低潮位分别为4.21、3.43和0.35 m, 较工程高程起算面分别低0.66、1.44和4.52 m。

2) JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》给出的船舶水线以上高度, 统计分析采用的是保证率为95%的数值。大部分船舶在航经桥区时, 水线以上高度在该标准选取的高度以下。

3) 桥梁坡度和挠度也增加了桥下净高的实际值。根据JTG D60—2015《公路桥涵设计通用规范》<sup>[13]</sup>,

位于城镇混合交通繁忙处的桥梁, 桥上纵坡及桥头引道纵坡均不得大于3%。除此之外, 为应对车辆和人群荷载对桥梁的耦合作用, 在桥面设计时还会考虑挠度, 进一步增加了桥梁净高实际值。

4) 随着科学技术的发展, 桥下净空尺度实时测量和预报系统越来越完善, 基于5G网络、激光对射、声光报警等技术研发的桥梁净高实时监测和过路船舶水线以上最大高度实时测量系统在国内使用较为普遍。舟山海事局成立了大桥防撞工作专班, 依托舟岱大桥为试点, 全力推进跨海桥梁主动防护预警系统的建设, 完善了桥梁水域净高和过往船舶水线以上最大高度的测量技术。

### 2.2.2 建议

建立大桥水域的动态限制船型通航规则, 综合潮汐情况和过桥船舶水线以上实际高度, 在保证大桥梁底和航经船舶最高点间安全间距4 m的前提下, 针对大型船舶过桥需求施行动态审批制度, 以提升宁波舟山港中部海域的船舶通过能力, 保障金塘北作业区、鱼山作业区等相关产业的发展。

## 3 结论

1) 通过对各潮汐时段过往船舶时间窗口的分析, 总体认为龟山航门和灌门的航道通过能力与宁波舟山港中部海域港口的规划发展相适应。龟山航门较灌门更为顺直, 潮流方向也较平顺, 目前对该航门的潮流条件要求与灌门相同, 均小于0.77 m/s, 随着中部海域码头的建设发展, 建议适当放松对龟山航门的潮流限制, 以进一步释放航道通过能力, 提升港口、航道的服务水平。

2) 金塘大桥、西堠门大桥的限定通航船型对宁波舟山港中部海域的港口发展制约越来越明显, 根据现行有关规定, 提升限定船型主要受通航净高的限制。通过加强桥梁净高和过往船舶水线以上最大高度实时监测系统的建设, 针对大型船舶过桥实施动态审批制度, 是当前解决既有桥梁制约港口发展问题的有效途径之一。

(下转第143页)