



阳江闸坡世界级渔港水域布置设计要点

连石水, 王志斌, 王 更, 王崇贤

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 渔港作为发展海洋经济的重要基础设施, 其建设缺少完善的标准文件, 同时渔港锚泊水域及码头作业条件相较于一般港口工程更为严格, 因此渔港水域布置方案对后期的顺畅运营具有重大影响。结合实际工程案例、规范、地方规划及标准总结渔港防波堤、码头及锚泊水域建设标准, 并以阳江闸坡世界级渔港为例归纳渔港建设设计思路; 依据当地波浪观测资料分析渔港作业特点, 在总体规划方案的基础上提出近期忽略掩护频率较低的偏北向浪的实施方案, 以节省工程投资, 并结合波浪数学模型和整体物理模型等试验对水域布置进行验证和优化。

关键词: 渔港; 建设标准; 建设规模; 水域布置; 防波堤

中图分类号: U658.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)05-0067-08

Design key points of water area layout for world-class fishing port of Yangjiang Zhapo

LIAN Shishui, WANG Zhibin, WANG Geng, WANG Chongxian

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: As an important infrastructure for the development of marine economy, the construction of fishing port lacks comprehensive standard documents. At the same time, the operating conditions of the anchoring water area and fishing wharf are more stringent than those of general port projects. So the water area layout of fishing port has a significant impact on the smooth operation in the later stage. Based on actual engineering cases, norms, local planning and standards, we summarize the construction standards of fishing port breakwaters, wharves and anchorage waters, and summarize the design ideas of fishing port construction by taking the world-class fishing port of Yangjiang Zhapo as an example. According to the local wave observation data, we analyze the characteristics of fishing port operations. On the basis of the overall planning scheme, we propose an implementation plan for ignoring northbound waves with lower shielding frequency in the near future to save engineering investment, and verify and optimize the water area layout combining with wave numerical model and overall physical model tests.

Keywords: fishing port; construction standard; construction scale; water area layout; breakwater

渔港是渔业生产重要的基础设施, 也是开发海洋资源的重要基地, 是众多沿海城市经济的重要依托。近年来, 各级政府加大支持力度, 出台相关政策, 提供建设资金, 渔港基础设施得到重要改善, 综合服务能力也有所提升。但目前针对渔港水域布置的研究及经验总结相对较少, 且主要是集中于防波堤平面布置形式的研究, 陈衍顺^[1]提出复杂地形下建议结合波浪整体物理模型

试验论证优化渔港防波堤设计方案; 邵燕华等^[2]结合波浪整体物理模型试验, 从波浪和经济 2 个因素对渔港防波堤平面布置方案进行比选优化研究; 符家英等^[3]特别关注渔港防波堤口门泥沙淤积、横流对渔船航行及港内泊稳的影响, 结合波浪数学模型试验和潮流泥沙及岸滩演变数学模型试验进行多方案研究, 提出沙质海岸渔港防波堤及口门布置优化思路; 鲁友鹏等^[4]以宁德某渔港

收稿日期: 2023-09-08

作者简介: 连石水 (1981—), 男, 硕士, 正高级工程师, 从事港口及航道工程咨询、设计、研究与项目管理。

为例,分析研究水域平面布置与数学模型结果的规律,经多方案比选确定了渔港最优水域布置方式;王裕盛等^[5]从波浪角度对渔港防波堤平面布置进行研究,采用波浪数学模型,分析防波堤不同布置形式对防浪掩护效果的影响,以期比选出本渔港防波堤最优的平面布置方案。

本文主要考虑到渔港基础设施缺少完善的建设标准文件,尤其在防波堤、码头、锚泊水域建设规模及标准和水域平面布置等方面,故本文以阳江闸坡世界级渔港为例,针对渔港建设要求进

行总结,理顺渔港建设设计思路,并根据渔港偏北向浪频率较低的特点,结合数学模型、物理模型等试验对渔港水域平面布置设计优化进行要点总结,为渔港设计提供借鉴和参考。

1 渔港建设标准及建设规模

1.1 防波堤及码头建设标准

1.1.1 已建渔港工程建设标准案例

本文收集和整理华南地区部分渔港防波堤及码头建设标准,见表1。

表1 华南部分渔港防波堤和码头建设标准

工程名称	渔港等级	防波堤		码头	
		结构安全等级	波浪重现期/a	结构安全等级	波浪重现期/a
广东省闸坡现代渔港	国家级中心渔港	Ⅱ	100	Ⅱ	—
东方市八所中心渔港	国家级中心渔港	Ⅱ	100	Ⅱ	—
三亚市崖州中心渔港	省级中心渔港	Ⅱ	50	Ⅱ	50
文昌铺前中心渔港	国家级中心渔港	Ⅱ	100	Ⅱ	50
三亚市港门中心渔港	国家一级	Ⅱ	50	Ⅱ	50

1.1.2 防波堤建设标准

按《广东省现代渔港建设规划(2016—2025年)》^[6],防波堤建设标准为设计波浪、潮位采用100 a重现期。按JTS 154—2018《防波堤与护岸设计规范》^[7],斜坡式或直立式防波堤的设计波浪重现期应采用50 a,特殊情况或大水深、重要建筑物设计波浪重现期可采用100 a或以上。按DB35/T 964—2009《渔港建设标准》^[8],中心渔港和一级渔港的防波堤宜采用重现期为100 a的年极值高水位和重现期为100 a的设计波浪复核;必要时采用设计风速为41.4 m/s(13级台风)时生成的波浪复核;渔港防波堤的安全等级不应低于Ⅱ级。

综合考虑已建渔港防波堤建设情况,渔港防波堤结构设计标准可按设计波浪、潮位采用100 a重现期,安全等级为Ⅱ级。

1.1.3 码头建设标准

按JTS 167—2018《码头结构设计规范》^[9],永久性码头结构的设计使用年限应采用50 a;码头结构设计时,应根据结构失效可能产生的危及人生命安全、造成经济损失及影响社会和环境等后果的严重程度采用不同的安全等级。根据DB35/T 964—

2009《渔港建设标准》,渔港水工建筑物安全等级应符合GB 50518的规定。

综合考虑已建渔港防波堤建设情况,渔港码头结构设计标准可按设计波浪、潮位采用50 a重现期,安全等级为Ⅱ级。

1.2 锚泊水域建设标准

根据《广东省现代渔港建设规划(2016—2025年)》,锚泊水域建设标准见表2。

表2 锚泊水域建设标准

渔港等级	建设标准
广东省示范性渔港(一级渔港)	满足400艘100 hp(1 hp=746 W)及以上功率渔船和600艘100 hp以下功率渔船在港区安全避风要求,综合避风能力达到12级台风,有效掩护水域面积不小于60万m ² 。对不能完全满足以上避风条件的渔港应配套建设避风塘(有效掩护水域面积:采用50 a重现期标准,设计高水位时,在各向波浪作用下,H _{1%} 波高在1 m以内的水域面积)
广东省二级渔港	满足500艘渔船在港区安全避风要求,综合避风能力达到12级台风,有效掩护水域面积少于30万m ²
广东省三级渔港	满足300艘渔船在港区安全避风要求,综合避风能力达到12级台风,有效掩护水域面积少于10万m ²

根据 DB35/T964—2009《渔港建设标准》, 渔船能安全锚泊的港内水域在设计高水位时、各个方向 50 a 一遇的 $H_{13\%}$ 应小于 0.5 m。中心渔港及一级渔港尚应满足 13 级台风作用下, 港内避风水域内的 $H_{13\%}$ 小于 0.5 m。渔港港内避风水域面积应按表 3 确定。

表 3 渔港内避风水域面积		
渔港等级	渔港类型	设计高水位时港内最小避风水域面积/万 m ²
中心	避风型	40
	综合型	30
	生产型	20
一级	避风型	30
	综合型	20
	生产型	10
二级	避风型	0.8
	生产型	无要求
三级	避风型	0.4
	生产型	无要求

综上, 锚泊水域建设标准根据渔港所在地的地方标准和渔港等级综合确定。

2 锚泊水域面积需求分析

2.1 广东省及粤西渔船锚泊水域面积需求

根据《广东省现代渔港建设规划(2016—2025 年)》, 按照到 2025 年满足所有海洋机动渔船(约 5 万艘)进港避风、平均每艘渔船需要 600 m² 有效掩护水域面积测算, 全省至少需要有效掩护水域面积 3 000 万 m²。因此, 到 2025 年全省有效掩护水域面积须增加 2 400 万 m², 其中粤东区域须增加 500 万 m²、珠三角区域须增加 600 万 m²、粤西区域须增加 1 300 万 m²。

2.2 阳江锚泊水域面积需求

2020 年阳江市拥有海洋捕捞渔船 4 269 艘, 其中 600 hp 以上的渔船共 67 艘。参考《2016 中国渔业统计年鉴》^[10], 渔船安全避风容量需求等于渔船数的 1.2 倍, 因此安全避风容量需求为 5 123 艘。阳江市现有 8 座渔港、1 个避风锚地, 阳江市现状渔港和锚地的锚泊水域面积、锚泊船舶数量和避风能力见表 4。

表 4 阳江市渔港(锚地)现状相关数据			
渔港(锚地)名称	水域面积/万 m ²	避风能力/级	现状可容纳避风渔船数量/艘
闸坡中心渔港	140	12	800
东平中心渔港	180	10	1 000
对岸渔港	8	12	300
江城渔业港区	13	12	500
沙扒渔港	108	11	600(60 hp 以下渔船 200)
溪头渔港	60	11	700
河北渔港	110	11	350(60 hp 以下)
马村渔港	6.2	11	300(60 hp 以下)
青草渡避风锚地	200	12	1 000

注: 闸坡渔港现状防波堤口门附近水域掩护情况不满足要求, 经重新复核港内水域满足 800 艘渔船锚泊; 原三丫围避风锚地不在统计范围。

由表 4 可知, 阳江现有渔港和避风锚地可锚泊船舶数量共 5 850 艘。根据《广东省现代渔港建设规划(2016—2025 年)》, 渔港需满足综合避风能力达到 12 级, 现状满足 12 级避风能力的只有闸坡中心渔港、对岸渔港、江城渔业港区、青草渡避风锚地, 其中江城渔业港区的渔港功能规划要集中到对岸渔港, 因此现状安全避风容量为 2 100 艘。故阳江市还需要建设 3 023 艘渔船的安全避风锚地, 需要有效掩护水域面积约为 180 万 m²。

3 水域平面布置

3.1 渔港现状有效掩护水域面积验证

闸坡渔港现有南、北 2 条防波堤, 总长度约 690 m, 口门有效宽度约 140 m。对现状防波堤内港池(即内港池)水域和防波堤外水域(外港池)的掩护效果采用波浪整体数学模型试验进行验证。

根据试验结果, 内港池掩护效果较差, 有效掩护水域(设计高水位 50 a 一遇 $H_{1\%} < 1$ m 的水域)总面积为 54.1 万 m², 主要在港池南侧(图 1), 可满足约 900 艘船舶安全避风, 小于《广东省现代渔港建设规划(2016—2025 年)》规定的有效掩护水域 60 万 m² 的要求, 需要新增有效掩护水域。

因此, 为增加内港池有效掩护水域面积, 提出在现状防波堤西侧新建防波堤, 并建设外港池的方案。

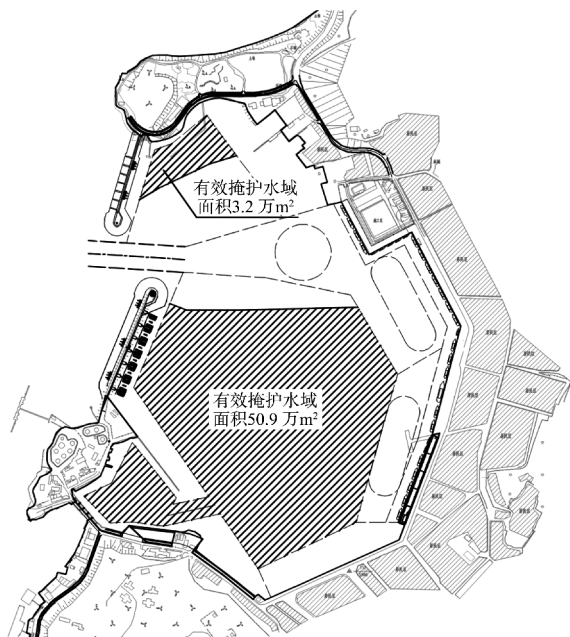


图1 内港池原有效掩护水域

3.2 水域平面布置方案设计及掩护效果分析

3.2.1 总体规划方案和掩护效果分析

采用“一次规划、分期实施”原则进行总体规划方案设计。通过对现状水域有效掩护面积分析得到,现状渔港有效掩护水域面积不能满足广东省示范性(一级)渔港的要求,结合当水域、周边设施等情况提出在现状防波堤西侧建设防波堤,防波堤采用岛式布置方案,符合岸线保有要求,大部分位于-6 m处,总共分为3段,并考虑渔港建设需求,共设置2处口门,南侧为休闲渔船或游艇使用,北侧为渔船进出港使用,总体规划见图2。

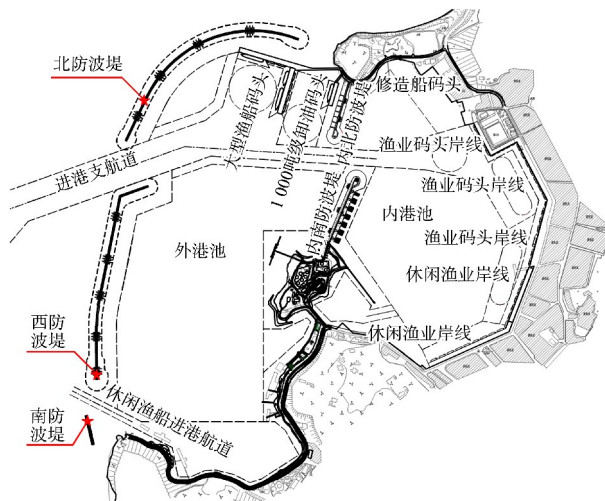
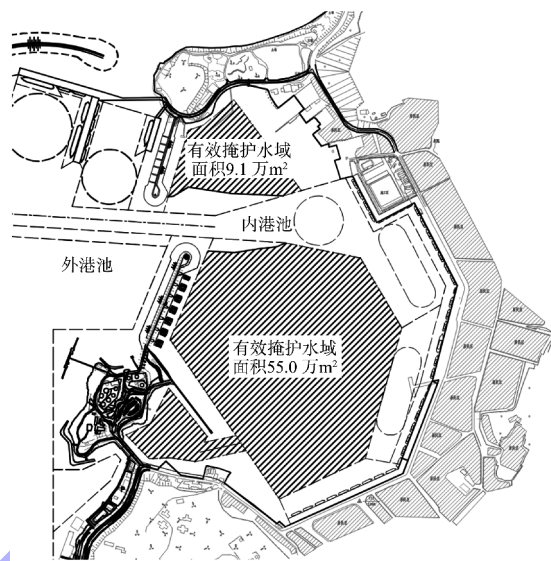
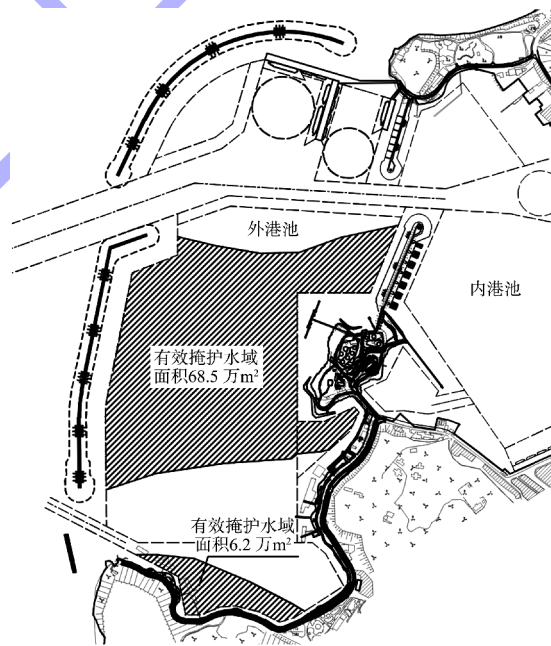


图2 渔港总体规划

通过建设外防波堤后,结合波浪整体数学模型分析,内、外港池有效掩护水域面积分别为64.1万、74.7万 m^2 ,见图3。



a) 内港池



b) 外港池

图3 建设外防波堤后内、外港池有效掩护水域

3.2.2 近期实施方案和掩护效果分析

1) 近期实施方案。参考工程附近波浪观测资料,波高 $H>1\text{ m}$ 季节分布及频率见表5。

偏南向(W—S—E向) $H>1\text{ m}$ 全年占10.6%(约39 d);偏北向(WNW—N—ENE向) $H>1\text{ m}$ 全年占7.1%(约26 d),且有91.6%集中在春、秋

和冬季, 分别占 11.8%、32.8% 和 47%。渔港休渔期是每年 5 月上旬—8 月中旬, 主要在夏季, 因此为节省工程投资, 防波堤考虑分期实施方案, 先期建设南防波堤 150 m、西防波堤 940 m 和北侧防波堤 240 m, 见图 4。

表 5 波高 $H>1$ m 季节分布及频率

季节	频率/%	其中北向所占频率/%
春节	9.8	3.4
夏季	32.2	2.4
秋季	14.3	9.4
冬季	14.7	13.5
平均	17.8	7.2

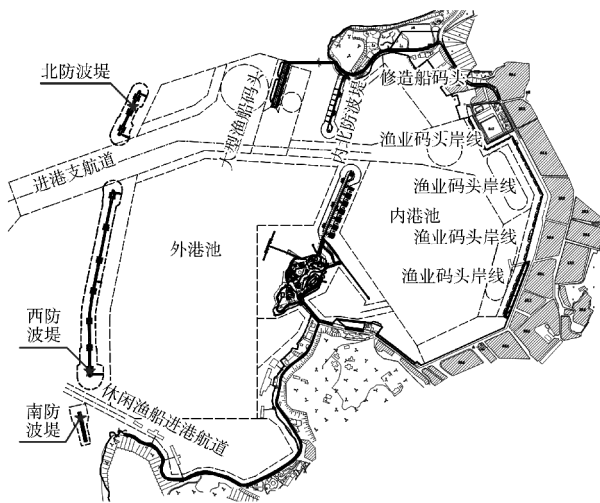
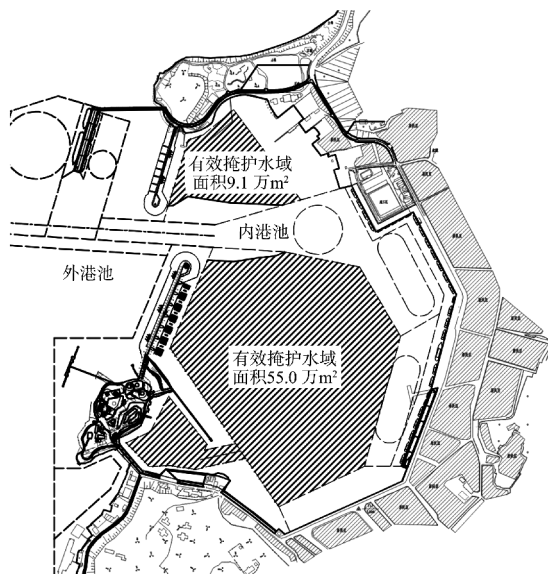


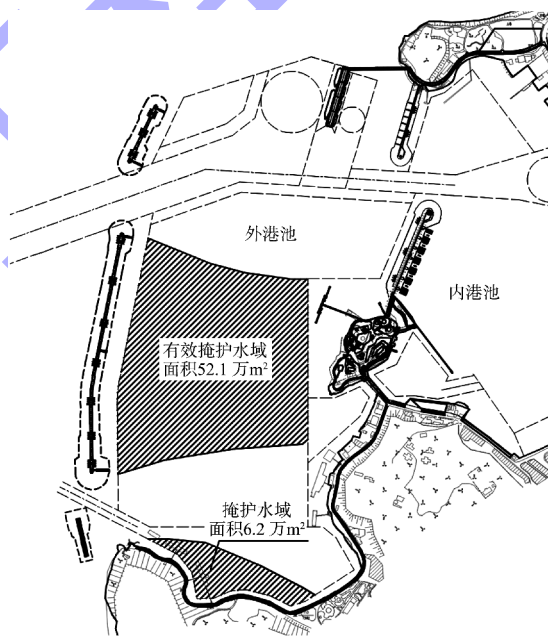
图 4 近期总平面布置

2) 掩护效果分析。近期外防波堤建成部分段后, 内港池有效掩护水域面积为 64.1 万 m^2 ; 外港池在不考虑偏北向 (偏北向为 WNW—ENE 向) 浪作用下, 设计高水位 50 a 一遇 $H_{1\%}<1$ m 的水域面积为 58.3 万 m^2 , 见图 5。

但考虑到台风过境后期和寒潮天情况下, 存在较大的北向浪, 外港池锚泊存在较大风险, 故该情况下外港池不锚泊渔船。外港池主要功能是满足平常天气下锚泊要求, 虽然 2 a 一遇波浪统计也包括台风期间发生的浪, 但为简化计算, 采用 2 a 一遇



a) 内航道



b) 外港池

图 5 近期外防波堤建成部分段后、外港池有效掩护水域

波浪代替平常天气下最大波高平均值, 因此对外港池设计高水位、2 a 一遇 $H_{1\%}\leq 1$ m 范围进行研究, 面积为 114.5 万 m^2 , 极大增加了锚泊水域面积, 见图 6。

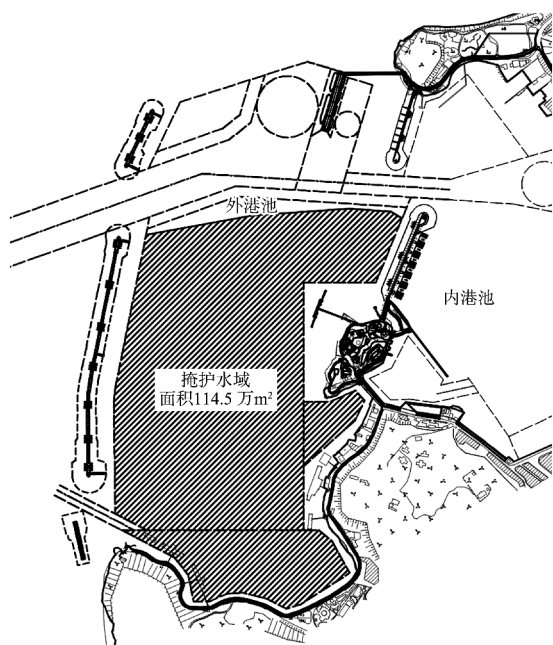


图6 外港池不考虑偏北向浪作用下2 a一遇
 $H_{1\%} \leq 1$ m的水域范围

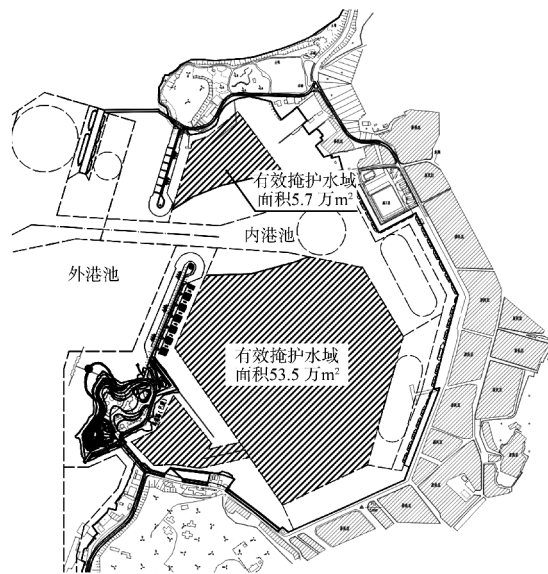


图8 波浪整体数学模型试验分析的
内港池有效掩护水域

3.3 防波堤布置目标

1) 为内港池提供更好的掩护,满足广东省示范性(一级)渔港对有效掩护水域面积的需求。通过分析海区波况,为满足有效掩护水域面积大于60万 m^2 要求,原先考虑将内港池和外港池口门错开布置,避免外海偏南向波浪传播到内港池,外防波堤分3段布置,其中南防波堤150 m、西防波堤690 m和北侧防波堤490 m,见图7。通过波浪整体数学模型试验分析,内港池有效掩护水域面积59.2万 m^2 ,不满足《广东省现代渔港建设规划(2016—2025年)》规定的有效掩护水域60万 m^2 的要求,见图8。

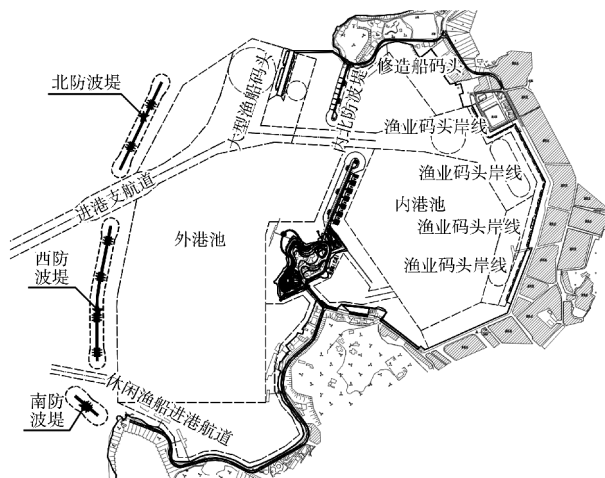


图7 近期优化前的总平面布置

为此,对防波堤布置进一步优化,优化渔船进出口门布置,将其北移,西防波堤延长至940 m,北防波堤缩短至240 m,优化方案同3.2.2节近期实施方案(图4)。通过波浪整体数学模型试验分析,内港池有效掩护水域面积64.1万 m^2 ,满足《广东省现代渔港建设规划(2016—2025年)》规定的有效掩护水域60万 m^2 的要求,见图5a)。

2) 为大型渔船码头提供良好的掩护。根据SC/T 9010—2000《渔港总体设计规范》^[11]和JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[12],不同船舶泊位作业标准见表6。通过波浪整体数学模型试验分析,防波堤、码头及水域建成后,大型渔船码头前沿2 a一遇 $H_{4\%}$ 波高见表7。

码头前沿方位角为 $16^\circ 26' 12'' \sim 196^\circ 26' 12''$,外海偏南向(W—S—E向)波浪传播到码头前沿 $H_{4\%}$ 为0.31~0.79 m,由渔港进出口门进入港内;外海偏北向(W—N—ENE向)波浪传播到码头前沿 $H_{4\%}$ 为0.64~1.02 m,由北侧进入港内。因此,在北防波堤只建设部分段情况下,仅考虑偏南向波浪影响时,码头前沿 $H_{4\%} < 0.8$ m,防波堤及其口门布置合理。

表 6 泊位作业条件标准

船舶类型及等级	风力/级	雨量/(mm·d ⁻¹)	雾天能见度/km	H _{4%} /m	雷暴
200~<400 hp 渔船	≤6	≤50	≤1	≤0.35	没有
400~600 hp 渔船	≤6	≤50	≤1	≤0.40	没有
>600 hp 渔船	≤6	≤50	≤1	≤0.50	没有
4 900 hp 远洋渔船(3 000 GT)	≤6	≤50	≤1	≤0.80	没有
4 400 hp(3 000 DWT)、4 900 hp(6 000 GT)冷藏船	≤6	≤50	≤1	≤0.80	没有

表 7 大型渔船码头前沿 2 a 一遇 H_{4%}

外海波向	码头前沿 2 a 一遇 H _{4%} /m	码头前波向/(°)
W	0.81~0.90(0.86)	265~270
WNW	0.80~0.86(0.83)	280~286
NW	0.73~0.77(0.75)	299~307
NNW	0.75~0.78(0.77)	325~330
N	1.00~1.03(1.02)	355
NNE	0.82~0.87(0.85)	21
NE	0.72~0.78(0.75)	9~13
ENE	0.59~0.68(0.64)	18~22
E	0.39~0.49(0.44)	26~32
ESE	0.27~0.35(0.31)	339
SE	0.36~0.40(0.38)	234~241
SSE	0.52~0.59(0.56)	234~241
S	0.57~0.66(0.62)	237~242
SSW	0.59~0.68(0.64)	240~244
SW	0.70~0.80(0.75)	247~250
WSW	0.74~0.84(0.79)	255~258

注: 括号内为平均值。

3.4 防波堤设计思路

3.4.1 防波堤堤顶高程根据规范计算取值

1) 斜坡堤堤顶高程。按 JTS 154—2018《防波堤与护岸设计规范》第 4.2.2 条文解释“根据相关试验资料,当堤顶在设计高水位以上(0.6~0.7)H 时,恶劣工况下堤顶将有成层水体越浪;堤身透浪和越浪以后堤背后约 1 倍波长处的波高约为 0.2H”,根据波浪整体数学模型试验研究结果,堤前波浪设计高水位 50 a 一遇 H_{1%} 最大值为 5.3 m,若堤顶在设计高水位以上 6.57~7.10 m 时,堤身透浪和越浪以后堤背后约 1 倍波长处的波高为 1.06 m,满足一级渔港掩护要求,因此,堤斜坡式防波堤堤顶高程可采用设计高水位以上(0.6~0.7)H_{1%} 进行确定。综上,南堤顶高程为 5.68~6.01 m,西堤、北堤顶高程为 6.57~7.10 m。

同时,根据 JTS 154—2018《防波堤与护岸设计规范》第 4.2.2.2 条“对于基本不越浪的斜坡堤

和宽肩台抛石斜坡堤,堤顶高程宜定在设计高水位以上不小于 1.0 倍设计波高值处”,结合锚泊水域掩护要求和 JTS 154—2018《防波堤与护岸设计规范》第 4.1.2 条有关规定,设计波高取设计高水位 50 a 一遇 H_{13%},据此,南堤顶高程为 6.03 m,西堤、北堤顶高程为 7.43 m。

结合上述两种要求,并考虑施工要求,斜坡式防波堤方案中南堤顶高程取 6.6 m,西堤、北堤顶高程为 8.0 m。

2) 直立堤堤顶高程。根据 JTS 154—2018《防波堤与护岸设计规范》第 5.2.2.2 条“对于基本不越浪的直立堤,宜定在设计高水位以上不小于 1.0 倍设计波高值处”,结合锚泊水域掩护要求和 JTS 154—2018《防波堤与护岸设计规范》第 5.1.4 条有关规定,设计波高取设计高水位 50 a 一遇 H_{1%}。据此,直立式防波堤方案中南堤顶高程为 7.2 m,西堤、北堤顶高程为 8.69 m。

综上,结合防波堤造价、使用功能要求,南堤推荐采用重力式方案,堤顶高程为 7.8 m,西堤和北堤采用斜坡式方案,堤顶高程为 8.0 m。

3.4.2 波浪整体物理模型试验确定堤顶高程

根据数学模型提供的波浪要素,结合设计方案(南堤采用重力式方案,堤顶高程 7.8 m;西堤和北堤采用斜坡式方案,堤顶高程 8.0 m)建立波浪整理物理模型,开展设计波浪要素和港内波高的模型试验。依据试验结果,对于设计高水位 50 a 一遇波浪作用的情况,S、SW 向浪作用时,南堤有少量越浪发生,西堤、北堤基本无越浪;W 向浪作用时,南堤发生少量越浪,西堤、北堤基本无越浪。因此,西堤和北堤的堤顶高程达到设计要求,南堤宜适当增加堤顶高程。结合物模试验测定南堤堤前设计高水位 50 a 一遇 H_{1%},依据 JTS 154—2018

《防波堤与护岸设计规范》第 5.1.4 条和第 5.2.2.2 条,南堤堤顶高程由 7.8 m 提高至 8.1 m。

综上,南堤采用重力式方案,堤顶高程取 8.1 m,西堤和北堤采用斜坡式方案,堤顶高程为 8.0 m。

4 结论

1) 渔港作为发展海洋经济的重要基础设施,其建设缺少完善的标准文件,渔港码头、防波堤及锚泊水域建设标准需根据渔港行业标准、所在地的地方标准和规划渔港等级综合确定。

2) 通过对渔港工程附近波浪观测资料的进一步分析,提出不考虑发生频率较低的偏北向浪的作用,在总体规划方案的基础上提出近期不考虑掩护偏北向浪的实施方案,以节省工程投资,结合数学模型和物理模型的研究成果,近期实施方案可达到相应的建设要求。

3) 渔港防波堤建设主要是增加掩护水域面积、改善码头作业条件,考虑到渔港锚泊水域及码头作业条件相较于一般港口工程更为严格,防波堤平面布置及堤顶高程的确定宜在规范计算取值的基础上,进一步通过波浪数学模型和整体物理模型等试验进行验证和优化。

4) 渔港水域布置方案对后期的顺畅运营具有重大影响,结合渔港规划定位,渔港建设应按照“确定渔港建设标准→分析现状问题→明确渔港建设规模→提出总体规划方案→解析分步骤建设方案→结合数学模型、物理模型试验进行方案优化→确定最终建设方案”的思路进行整体设计。

参考文献:

- [1] 陈衍顺. 福建某渔港防波堤优化设计[J]. 港工技术, 2018, 55(3): 5-8.
- [2] 邵燕华, 赵勇. 坎门渔港避风锚地防波堤平面布置研究[J]. 浙江水利科技, 2019, 47(5): 50-53, 59.
- [3] 符家英, 叶跃飞, 曾滢. 某一级渔港防波堤及口门布置方案[J]. 水运工程, 2021(10): 125-130.
- [4] 鲁友鹏, 杨继超. 宁德某一级渔港水域布置[J]. 水运工程, 2018(1): 83-87.
- [5] 王裕盛, 王劫曼, 亢扬, 等. 小郭巨渔港工程防波堤平面布置方案[J]. 水运工程, 2018(3): 86-92.
- [6] 广东省海洋与渔业厅, 中国水产科学研究院渔业工程研究所. 广东省现代渔港建设规划(2016—2025 年)[A]. 广州: 广东省海洋与渔业厅, 2017.
- [7] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 防波堤与护岸设计规范: JTS 154—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- [8] 福建省水产设计院. 渔港建设标准: DB35/T 964—2009[S]. 福州: [出版者不详], 2009.
- [9] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 中交第四航务工程局有限公司. 码头结构设计规范: JTS 167—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- [10] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [11] 大连水产学院. 渔港总体设计规范: SC/T 9010—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [12] 中交水运规划设计院有限公司, 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.

(本文编辑 王璁)

(上接第 54 页)

- [12] VAN DER MEER J W. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures: an overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application[S]. 2nd ed. Delft: EurOtop, 2018.
- [13] Port of San Diego. Port of San Diego and EConcrete begin pilot project to boost coastal infrastructure and ecosystems on Harbor Island[R]. California: Port of San Diego, 2021.
- [14] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 防波堤与护岸设计规范: JTS 154—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

- [15] 中交第一航务工程局有限公司, 天津港航工程有限公司. 防波堤与护岸施工规范: JTS 208—2020[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2020.
- [16] 薛瑞龙, 王福强, 王玉平. 海外常用护面块体选型及设计[J]. 中国港湾建设, 2014(12): 42-46.
- [17] 陶然, 史春岩, 黄睿奕, 等. 强浪条件下的深水防波堤施工技术[J]. 水运工程, 2019(2): 191-195.
- [18] 孔改红, 李元音. 我国防波堤领域专利技术现状及其发展趋势[J]. 港工技术, 2018, 55(S1): 108-112.

(本文编辑 王璁)