

## · 港口工程 ·



# 鱼山码头结构设计条件及 重点问题分析

冯 浩，张 蕊，赵 敏

(中交第三航务工程勘测设计院有限公司，上海 200032)

**摘要：**鱼山绿色石化基地通过大范围围填海形成陆域，相比于原有的天然岛礁地形，围填后港区波浪、潮流、水下地形等边界条件都发生了变化。为合理进行码头结构设计，满足码头建成后正常使用，重点分析船型、货种、使用荷载、波浪、潮流、海床冲淤、建港现状、海洋环境腐蚀性等设计条件，据此合理解决鱼山一期各码头前沿线位置和方位角的选取、水工结构的选型、结构耐久性的保证等重点问题。结果表明，设计的码头结构自2019年全面建成投产以来，结构安全可靠，使用情况良好，各项结构设计参数得到很好的验证，发挥了巨大的经济效益和社会效益。

**关键词：**码头结构；设计条件；波浪；潮流；地质；耐久性

中图分类号：U 656.1

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2021)05-0108-08

## Analysis of structural design conditions and key problem of Yushan wharf

FENG Hao, ZHANG Rui, ZHAO Min

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

**Abstract:** The Yushan Green Petrochemical Base has formed the land area through the large-scale reclamation. Compared with the original natural reef terrain, the boundary conditions such as wave, tidal current, and bottom topography in the harbor area have changed after reclamation. To reasonably design the wharf structure and meet the normal use after completion, we analyze the design conditions including ship type, cargo type, use load, wave, tidal current, seabed scouring and silting, port construction status, and marine environment corrosion, and solve the key problems including the selection of position and azimuth of wharf apron, selection of hydraulic structure and assurance measures of structural durability in Yushan Phase I project. The results show that the wharf structure is safe and reliable and in good use since it is fully completed and put into operation in 2019. Various structural design parameters have been well verified. The construction of Yushan Phase I project plays a huge economic benefit and social benefit.

**Keywords:** structure of wharf; design condition; wave; tide current; geology; durability

鱼山作业区作为一个依托天然岛礁进行围填海形成的全新港区，无码头建设先例。依据炼化一体化项目总体布置和货运量需求，分别选址于围填陆域的南部和北部建设深水泊位，以满足原料、产成品、大型设备、建设期建材等的装卸作业。

我国沿海地区有众多码头工程通过外海岛礁围填海形成港区陆域和码头岸线，鱼山码头工程在水工结构设计中，与这些工程有一定的共性，也有自身的特性。水工结构作为码头设计中的重中之重，设计方案是否合理将直接影响结构的安全性、可靠性、耐久性、经济性和使用性。为此，

鱼山码头水工结构设计方案确定前, 对船型、货种、使用荷载、波浪、潮流、海床冲淤、建港现状、海洋环境腐蚀性等设计条件进行全面认真的研究和分析<sup>[1]</sup>, 力求掌握离岸码头设计和建设的重点问题和关键技术<sup>[2]</sup>, 在此基础上, 合理确定码头尺度和平面布置<sup>[3]</sup>, 选定既适用于外海开放式岛礁地形、又适合鱼山港区自身特点的水工结构方案<sup>[4]</sup>。

## 1 港区规划与泊位分布

宁波-舟山港岱山港区鱼山作业区依托天然岛屿进行围填海形成陆域, 天然岛屿包括大鱼山、小鱼山、旗岗山、横梁山、大陈山、小陈山等主要岛屿及其他几个小岛。陆域形成考虑分期建设, 近、中期利用大鱼山、小鱼山、旗岗山等岛屿围填形成陆域, 远期在近、中期基础上向西北方向围填延伸, 直至大陈山和小陈山岛。鱼山作业区天然岛屿分布见图 1。

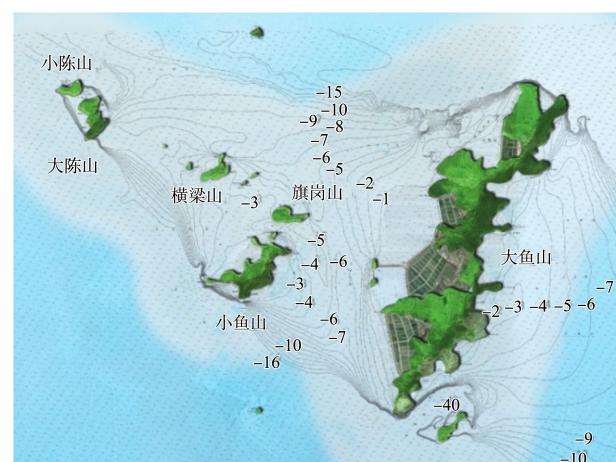


图 1 鱼山作业区天然岛屿分布 (单位: m)

近、中期陆域形成后, 在规划的鱼山作业区的南部和北部分别布置码头设施。南部港区布置油品化工品泊位、散杂及多用途泊位、滚装船泊位、港口支持系统泊位等, 北部港区布置干散货泊位, 陆域形成及泊位分布见图 2。中交第三航务工程勘察勘察设计院有限公司作为主要设计单位, 完成了码头一期工程共 17 个泊位的设计任务, 见表 1。

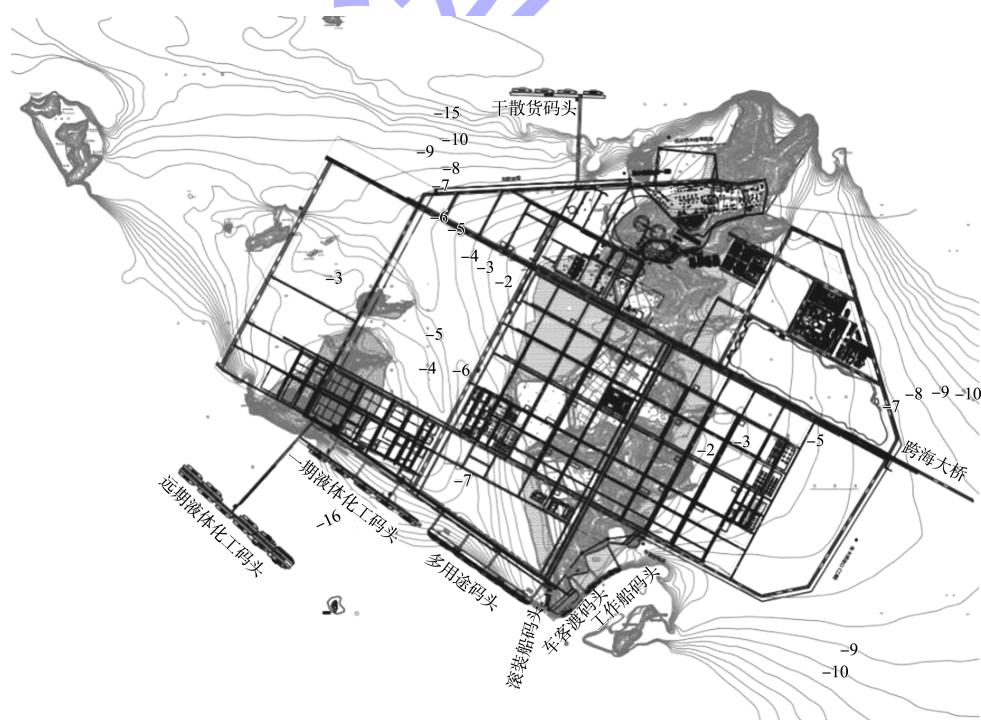


图 2 鱼山作业区总体规划 (单位: m)

表 1 鱼山码头一期工程实施情况

港区	泊位性质	泊位等级	泊位数量/个	泊位总长/m
南部港区	油品化工品码头	10 万吨级	1	325
		5 万吨级	6	1 850
	多用途码头	5 万吨级	2	810
		2 000 吨级	1	150
北部港区	干散货码头	5 万吨级卸船码头	3	820
		5 000 吨级装船码头	2	395
		2 000 吨级出灰码头	2	255
	合计		17	4 605

注：5 万吨级多用途码头参数包含 210 m 材料码头；2 000 吨级滚装码头结构按 5 000 吨级进行设计。

## 2 设计条件分析

### 2.1 船型品种多、尺度变化大

根据舟山绿色石化基地炼化一体化的需求，

鱼山码头一期工程南部港区布置油品及液体化工品泊位、散杂及多用途泊位、滚装船泊位，北部港区布置干散货泊位。各泊位设计船型见表 2。

表 2 码头设计船型

码头种类	泊位	船型	船舶吨级	设计船型尺度/m			
				总长 L	型宽 B	型深 H	满载吃水 T
油品化工码头	1#、3#、4#	化学品船	1 000~5 万 DWT	86~183	11.3~32.2	5.3~19.1	4.3~12.9
	2#	液化石油气(LPG)船	1 000~5 万 DWT	74~230	12.6~36.7	5.6~22.8	4.5~13.6
	5#、6#	油船	1 000~5 万 DWT	70~229	13.0~32.2	5.2~19.1	4.3~12.8
	7#	油船	5 000~10 万 DWT	125~246	17.5~43.0	8.6~21.4	7.0~14.8
多用途码头	-	杂货船	1 000~4 万 DWT	85~200	12.3~32.2	7.0~19.0	4.3~12.3
	-	集装箱船	3 000~5 万 DWT	106~293	17.6~32.3	8.7~21.8	5.8~13.0
	-	散货船	5 万 DWT	223	32.2	17.9	12.8
滚装码头	-	滚装船	2 000~5 000 GT	96~136	20.0~26.0	9.5~12.0	4.4~5.7
	-	滚装船	3 000~7 000 DWT	79~130	16.8~23.0	4.6~6.8	艏 2.71~5.51 艉 3.19~4.04
干散货码头	卸船码头	散货船	10 000~5 万 DWT	135~223	20.5~32.3	11.4~17.9	8.5~12.8
	装船码头	散货船	2 000~1 万 DWT	78~135	14.3~20.5	6.2~11.4	5.0~8.5
	出灰码头	散货船	2 000~3 000 DWT	78~96	14.3~16.6	6.2~7.8	5.0~5.8

从设计船型分析，油品化工码头、多用途码头、干散货卸船码头泊位等级为 5 万~10 万吨级，但靠泊船型向下须兼顾小船型，尤其是油品化工码头、多用途码头最小靠泊船型为《海港总体设计规范》<sup>[5]</sup>中的最小船型。干散货装船码头和出灰码头设计船型变化区间较小。滚装码头主要装卸厂区大件设备，虽然设计船型变化区间较小，但型深和满载吃水变化大，船舶的干舷高度变化大，而滚装码头采用船舶顶靠加斜坡道运输大件的方式，装卸时船舶应根据潮位变化情况调节压舱水和船舶吃水。

### 2.2 装卸设备和设计荷载不同

油品化工码头物料装卸船采用装卸臂和管道输送，装卸区相对固定，正常使用过程中，码头

上基本无水平流动车辆，码头和引桥均载较小，按 10 kPa 设计，主要荷载为管架柱脚荷载，集中力为 1 000 kN 左右。

多用途码头采用吊重规格较大的多用途门机装卸船，配合平板车、集装箱拖挂车水平运输，流动荷载交通流量大，码头应考虑临时堆载，均载较大，按 30 kPa 设计，引桥仅起车辆通行作用，均载较小，按 10 kPa 设计。码头全长范围配置多用途门机钢轨，轨距 12 m，轮压大，每个支腿 8 个轮，最大单轮轮压 500 kN。多用途码头中的 210 m 先期作为材料码头使用，装卸大件和材料，水平运输还须考虑组合式大件平板车，均载也远大于其他码头，前平台均载按 40 kPa 设计，后平

台均载按 50 kPa 设计, 码头上另布设一台桅杆吊。

干散货卸船码头采用抓斗卸船机配合带式输送机的卸船工艺, 另考虑平板车、汽车水平运输车辆, 流动荷载交通流量小, 码头均载按 20 kPa 设计, 引桥上布设带式输送机和行车道, 均载较小, 按 10 kPa 设计。码头全长范围配置卸船机钢轨, 轨距 24 m, 轮压大, 每个支腿 10 个轮, 最大单轮轮压 620 kN。干散货装船码头采用装船机配合带式输送机的装船工艺, 另考虑平板车、汽车水平运输车辆, 流动荷载交通流量小, 码头均载按 20 kPa 设计, 引桥上布设带式输送机和行车道, 均载较小, 按 10 kPa 设计。码头全长范围配置装船机钢轨, 轨距 10.5 m, 轮压荷载适中, 每个支

腿 6 个轮, 最大单轮轮压 400 kN。干散货出灰码头采用码头上布设筒仓加气力输送管道的出运方式, 另考虑平板车、汽车水平运输车辆, 流动荷载交通流量小, 码头均载按 20 kPa 设计, 码头主要集中荷载为筒仓立柱荷载, 最大柱压 2 200 kN。

### 2.3 波浪差别大

鱼山近、中期围填后, 与原天然岛礁相比, 鱼山作业区波浪变化大。南部港区受大小鱼山岛、长白山、舟山本岛、金塘岛等众岛屿掩护, 削弱了外海大浪对工程区的直接影响, 主要受 SW~W 向浪影响, 波浪条件相对较好。北部港区基本无岛屿掩护, 风区长度较大, 秋冬季受季风和寒潮影响, NE~ESE 向浪影响较为显著。各码头控制波要素见表 3。

表 3 鱼山码头前沿 50 a 一遇控制波要素

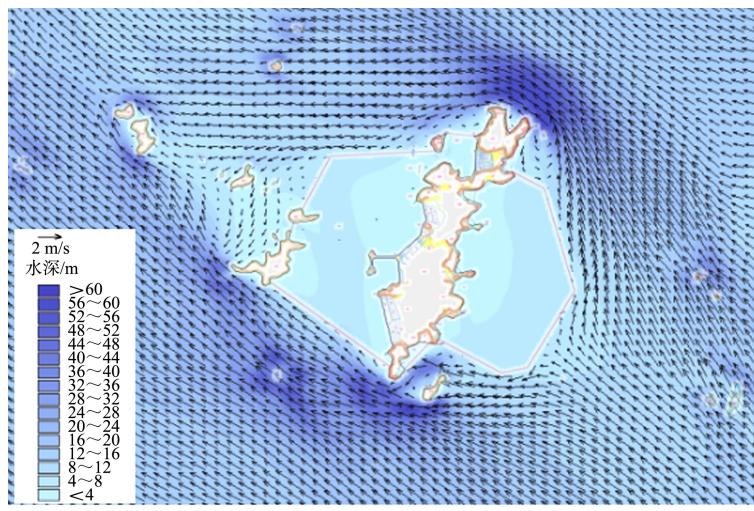
泊位	波向	水位	$H_{1\%}/m$	$H_{4\%}/m$	$H_{5\%}/m$	$H_{13\%}/m$	周期 $T/s$	波长 $L/m$	波速 $v/(m \cdot s^{-1})$
油品化工码头	W	极端高水位	3.73	3.17	3.07	2.58	6.2	57.5	9.3
多用途码头	W	极端高水位	3.81	3.23	3.12	2.61	6.3	61.0	9.7
滚装码头	W	极端高水位	3.72	3.18	3.08	2.61	6.3	55.4	8.8
干散货卸船码头	N~NE	极端高水位	6.89	5.92	5.75	4.89	8.1	90.5	11.2
干散货装船码头	N~NE	极端高水位	6.78	5.83	5.66	4.81	8.1	90.5	11.2
干散货出灰码头	N~NE	极端高水位	6.39	5.57	5.41	4.67	8.1	80.4	9.9

由表 3 可看出, 鱼山围填后, 南部港区的油品化工码头、多用途码头、滚装码头的设计波高、波周期、波长均远小于北部港区的干散货码头。波要素的不同将直接影响船舶的年作业时间和泊稳条件。

### 2.4 围垦后潮流变化及冲淤变化

鱼山围填后, 潮流流向、流速发生了变化, 近岸海域地形也会发生冲淤变化。而潮流流向和海床冲淤的变化与码头前沿线的布置、水工结构

的设计至关重要。通常情况下, 码头前沿线应选取在冲淤基本平衡或淤积量小的位置, 并做到码头前沿线方位角与潮流主流向基本一致, 避免码头方位角与潮流主流向交角大于 15° 而产生较大的横流, 给船舶系泊安全带来不利影响。根据《浙江石油化工有限公司炼化一体化项目潮流泥沙数学模型研究报告》<sup>[6]</sup>, 围垦后潮流变化见图 3, 海床冲淤变化趋势见图 4。



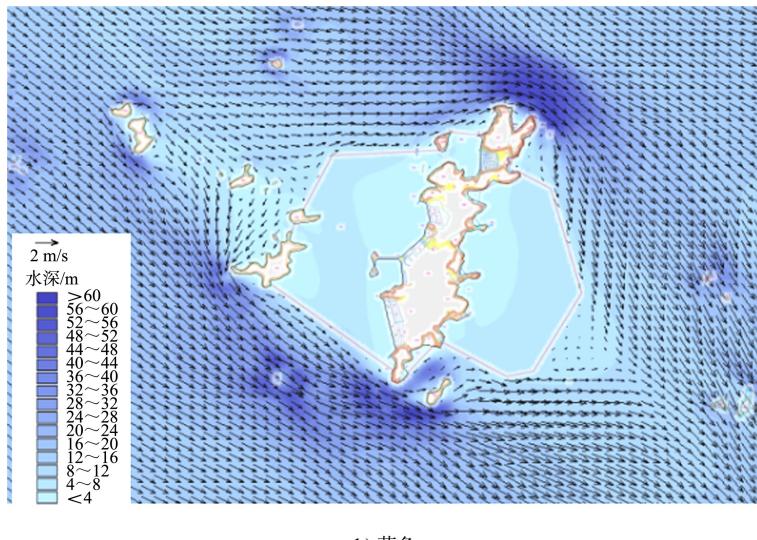


图 3 围填后潮流流场

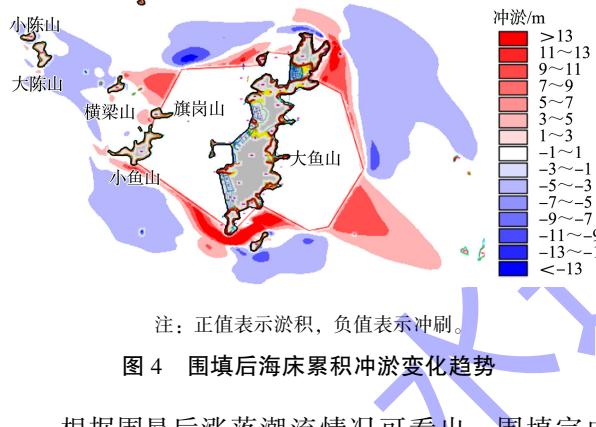


图 4 围填后海床累积冲淤变化趋势

根据围垦后涨落潮流情况可看出，围填完成后，南部港区流向较为平顺，基本平行于岸线，北部港区由于大鱼山岛北端伸出围填边界较多，形成挑流矶头，导致潮流在矶头位置发生绕流，潮流经过矶头后，在围填区发生流向偏转，并逐

渐趋于海堤轴线方向。

根据冲淤情况可看出，淤积的范围也主要集中在受到建筑物的涨落潮流的流影区内，流速减小趋势越大、且水深越深的水域淤积越严重。围堤的外沿，尤其是在围堤拐角形成的挑流水域则表现出不同程度的冲刷。

## 2.5 地质条件

地质条件是水工结构设计的最关键因素，将决定水工结构的总体选型和基础形式。

根据地质勘查报告，鱼山码头一期工程南部港区软土覆盖层呈现中部深厚、两侧埋藏浅的趋势，在滚装码头区域软土层薄甚至局部基本裸岩；北部港区基本均为较为深厚的软土覆盖层，且土层以砂土为主，土体性能总体好于南部港区，见表 4。

表 4 鱼山码头地质情况

泊位	地质情况	软土层总埋深情况
油品化工码头	表层以淤泥质粉质黏土为主，其下主要为粉质黏土，局部夹有黏土。1#~5#泊位基本未见岩基，6#、7#泊位有岩基且软土层埋深一般。7#泊位水深大	1#~5#泊位埋深 65 m 以上，未见岩基。6#、7#泊位埋深 16~40 m，其下为凝灰岩
多用途码头	表层以淤泥质粉质黏土为主，其下主要为粉质黏土，局部夹有黏土。除 210 m 材料码头段外，其他范围基本未见岩基	普遍埋深 70 m 以上，大部分未见岩基。材料码头及引桥埋深 33~61 m，其下为凝灰岩
滚装码头	表层以素填土、淤泥质粉质黏土为主，其下为凝灰岩	埋深 0~10 m，其下为凝灰岩
干散货码头	表层以淤泥质粉质黏土为主，其下主要为粉砂、粉质黏土和黏质粉土，未见岩基，除表层外，其他土层较密实到密实	埋深 65 m 以上，未见岩基

## 2.6 其他建设条件

1) 鱼山码头一期工程建设周期基本与石化基地建设同步，码头建设时，后方海堤、陆域形成

和地基处理也在同步施工中，且每座码头给定的建设期都非常紧张，因此码头水工建筑物应充分考虑建设周期和后方海堤、陆域同步施工的不利

影响,比如海堤的表层位移、深层位移和沉降。

2)鱼山码头一期工程为外海孤岛施工,建设期鱼山大桥也未建成通车,岛上基本无依托条件,无构件预制能力,码头建设需要调遣大量的水上船机设备,预制构件一般在舟山和宁波预制后通过驳船运至现场吊放和安装。

### 3 结构设计重点问题分析

#### 3.1 码头前沿线的合理选择

码头前沿线的选取应考虑潮流流向、设计水深、天然水深、海床冲淤趋势等因素,并应服从主导影响因素。潮流流向将直接影响船舶的系泊安全,当码头前沿线与潮流流向夹角 $\geq 15^\circ$ 时,系

缆力将大幅增加,根据规范<sup>[7]</sup>计算,当夹角由 $5^\circ$ 分别变为 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$ 时,系缆力将分别是 $5^\circ$ 夹角时的约1.4、1.7和2.4倍,因此对于我国强潮海域,确定码头方位角时一般优先考虑潮流流向。为了减少建设期挖泥和使用过程中的维护性挖泥,降低维护费用,码头前沿线应尽量选择自然水深基本满足设计水深的位置,并尽可能选择在海床冲淤平衡或轻微淤积的位置。鱼山码头一期工程依据潮流泥沙数学模型研究报告及实测潮流,结合近中期及远期围填和天然水深,确定鱼山码头一期工程各泊位码头前沿线总体上布置于与设计水深相适应的等深线处,并与潮流主流向基本一致<sup>[8]</sup>。鱼山各码头方位角取值见表5。

表5 鱼山码头前沿线方位角取值

泊位	潮流方向/(°)	实际方位角取值/(°)
油品化工码头	1#~4#泊位 落潮流 126~132, 涨潮流 303~315	N125~N305
	5#~7#泊位 落潮流 126~132, 涨潮流 303~315	N122~N302
多用途码头	落潮流 105~115, 涨潮流 310~315	N125~N305
滚装码头	落潮流 150~165, 涨潮流 320~340	N12.4~N192.4
干散货码头	卸船码头 落潮流 78~96, 涨潮流 259~273	N88~N268
	装船及出灰码头 落潮流 81~105, 涨潮流 240~267	N82~N262

滚装码头采用船头顶靠装卸作业,船侧面设置系靠船墩,码头布置在大鱼山岛南端有掩护的凹角处,靠泊作业时受横流影响较小,满足船舶的系泊安全和装卸作业要求。

#### 3.2 码头结构形式和桩基的合理选型

根据总平面布置方案,油品化工码头1#~6#泊

位采用连片式布置、7#泊位采用墩式布置,多用途码头采用连片式布置,滚装码头采用墩式布置,干散货码头采用连片式布置。各码头又根据泊位性质、装卸货种、装卸工艺和使用功能的不同采用不同的码头宽度,见表6。

表6 鱼山码头尺度

泊位	码头总长/m	码头宽度/m
油品化工码头	1#~4#泊位 1210	24.0
	5#~6#泊位 640	29.0
	7#泊位 325(其中靠泊作业平台 110)	29(含靠泊作业平台)
多用途码头	多用途码头段 600	32.0
	材料码头段 210	60.0
滚装码头	150	8.6
干散货码头	卸船码头 820	30.0
	装船码头 395	20.0
	出灰码头 255	20.0

工程地质条件一般是码头结构选型的首要因素,另外还应考虑码头类型、装卸工艺、水深情

况、波浪要素、施工条件等因素。鱼山码头一期工程除滚装码头岩基埋深较浅外,其他码头总体

上均有较为深厚软土层，满足弹性长桩入土深度要求，因此油品化工码头、多用途码头、干散货码头选用高桩梁板结构形式，对于墩式布置的单体选用高桩墩台结构形式。滚装码头靠近山体，

岩基埋深浅，选用沉箱重力式结构形式，见表 7。另外，为适应油品化工码头、多用途码头船型变化区间大的使用要求，码头前沿设置了上、下两层系缆平台。

表 7 鱼山码头结构形式

	泊位	总体结构形式	上部结构
油品化工码头	1#~6#泊位	高桩梁板	码头：现浇横梁、预制纵梁、叠合面板 引桥：现浇横梁、预应力空心板
	7#泊位	高桩梁板、高桩墩台	工作平台：现浇横梁、预制纵梁、叠合面板 系缆墩：现浇墩台
多用途码头	多用途码头段	高桩梁板	码头：桩帽节点、预制横梁、预制纵梁、叠合面板 引桥：现浇横梁、预应力空心板
	材料码头段	高桩梁板、高桩墩台	码头、引桥：现浇横梁、预制纵梁、叠合面板 桅杆吊平台：现浇墩台
滚装码头		沉箱重力式	预制沉箱、现浇胸墙
干散货码头		高桩梁板	码头：现浇横梁、预制纵梁、叠合面板 引桥：现浇横梁、预应力空心板

而桩型、桩径的选取与泊位等级、水深、波高、水流速度、海床冲淤趋势、现场施工情况、建设周期等因素有关。鱼山码头布置在海堤近岸处，须在海堤还未沉降、位移稳定的情况下建设码头，工程区域总体上为淤积趋势，海堤的不均匀沉降和海床淤积会对桩基产生负摩擦，影响桩基和上部结构安全。鱼山码头总体上泊位吨级大、设计水深大，北部港区码头最大设计波高为 6.3~6.9 m，国内众多码头设计经验表明，当波高大于 5 m 时，波浪往往是水工结构设计的控制荷载，一般的混凝土管桩无法满足结构的受力要求。且鱼山码头建设期间，国内钢材市场价格总体偏低。鉴于上述多种因素，鱼山一期码头桩基均考虑采用钢管桩，桩径根据泊位等级、水深条件、波高等条件选用为 1.0~1.4 m。

### 3.3 结构耐久性设计

鱼山码头地处外海腐蚀性海域环境，海洋环境对钢结构和混凝土会产生腐蚀影响。为确保码头设计使用年限和结构耐久性要求<sup>[9]</sup>，结构设计须充分考虑耐久性要求，对于钢结构和混凝土结构分布采用合理的耐久性和防腐蚀措施。在调研了国内众多码头防腐蚀方案，并遵照规范要求，鱼山码头采用了以下的耐久性和防腐蚀方案：

1) 钢管桩按水上区和水下区进行防腐<sup>[10]</sup>，防腐设计年限 20 a。钢管桩壁厚预留 2 mm 腐蚀余量；水上区采用海工高耐磨环氧重防腐蚀涂层，干膜厚度 1 500 μm；水下区采用海工高耐磨环氧重防腐蚀涂层+牺牲阳极阴极保护，涂层干膜厚度 1 000 μm。防腐年限到后，水上区涂层应进行补涂，水下区阳极块应进行更换。

2) 混凝土采用高性能混凝土或高耐久性海工混凝土，严格控制混凝土保护层厚度、混凝土胶凝材料用量、混凝土水灰比、粗集料和细集料粒径，并要求严格控制混凝土抗氯离子渗透量≤1 000 C。在此基础上，对混凝土外表面辅以涂刷湿固化涂料以减少氯离子的渗透量，涂层由湿固化环氧树脂封闭漆、湿固化环氧树脂中间漆、湿固化聚氨酯面漆组成，总干膜厚度不少于 310 μm。

3) 对空心板、轨道梁等重要构件采用预应力结构，严格控制混凝土构件的抗裂限值，提高构件的抗裂性能。

### 4 结语

1) 水工结构设计是码头设计中的重中之重，结构的总体选型和桩基的选取直接影响码头的结构安全性和经济适用性。本文结合鱼山外海岛礁

填海成陆的建港特点,重点分析了船型、货种、使用荷载、波浪、潮流、海床冲淤、建港现状、海洋环境腐蚀性等与结构设计息息相关的工程建设条件,为水工结构及桩基的选型提供基础支撑。

2)码头前沿线总体上做到与潮流流向、水深条件、海床冲淤趋势等因素相适应,尤其与主导因素潮流相一致,适应舟山港水域潮差大、流速大的特点,解决船舶系泊安全问题。工程自2019年全面建成投产以来未发生一起断缆和船舶走锚事故。

3)油品化工品泊位、散杂泊位、多用途泊位软土层覆盖较深或深厚,均采用高桩梁板结构,桩基均采用钢管桩,桩径根据泊位等级、水深条件、波高大小等条件分别选用不同直径。码头上部结构依据使用功能、码头宽度、单体尺度、施工条件等因素选用了现浇横梁、现浇桩帽、现浇墩台等不同结构形式。滚装码头布置在山体附近,岩基埋藏浅或局部出露,采用沉箱重力式码头结构。

4)钢管桩、混凝土、结构抗裂等严格遵循耐久性设计要求,结合鱼山海域海水和大气环境条件,进行针对性的防腐和耐久设计,确保码头结构满足设计使用年限。

## 参考文献:

- [1] 沈迪州.高桩码头设计与施工中若干问题的探讨[D].南

京:河海大学,2007.

- [2] 孙子宇,谢世楞,田俊峰,等.离岸深水港建设关键技术[J].中国港湾建设,2010(S1):1-11.
- [3] 穆毅斌,孟祥宇.深水开敞海域掩护式大型码头平面设计[J].工程建设与设计,2020(13):89-91.
- [4] 郭瑾,刘燕才,成晔.波浪力对开敞式高桩码头结构的研究分析[J].中国水运(下半月),2017,17(3):183-186.
- [5] 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.
- [6] 国家海洋局第二海洋研究所,杭州国海海洋工程勘测设计研究院.浙江石油化工有限公司炼化一体化项目潮流泥沙数学模型研究报告[R].杭州:国家海洋局第二海洋研究所,2016.
- [7] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司,中交第二航务工程勘察设计院有限公司.港口工程荷载规范:JTS 144-1—2010[S].北京:人民交通出版社,2010.
- [8] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.浙江石油化工有限公司4000万吨/年炼化一体化项目配套码头工程(一期)施工图[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2018.
- [9] 中交四航工程研究院有限公司,中交水运规划设计院有限公司.水运工程结构耐久性设计标准:JTS 153—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [10] 胡长军.高桩码头钢管桩防腐设计及施工关键技术研究[J],中国水运(下半月),2019,19(9):153-154.

(本文编辑 王璁)

## 著作权授权声明

本刊已许可《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、北京万方数据股份有限公司、重庆维普资讯有限公司、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含上述公司著作权使用费,所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

《水运工程》编辑部