



人工措施改善大连港鲇鱼湾港区 建港水文条件研究

蔡翠苏, 梅 蕾, 吴 澎

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 大连港鲇鱼湾港区沙坨子导流堤工程建设前, 22[#]原油泊位北端横流较大; 17[#]~21[#]泊位泊稳条件较差。为了改善鲇鱼湾港区建港水文条件, 采用潮流数学模型试验、物理模型试验的手段对改善流场的方案进行系统研究, 同时结合波浪整体物理模型试验对改善泊稳条件也进行了分析, 综合比较潮流和波浪两个因素, 对沙坨子导流堤工程的平面布置、水工方案进行全面总结, 分析探讨人工措施改善建港水文条件的整体思路、研究方法和手段, 为其他类似工程提供参考。

关键词: 沙坨子导流堤; 水文条件; 数学模型; 物理模型

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)09-0071-07

On artificial measures to improve hydrologic condition for port construction of Nianyuwan harbor area in Dalian port

CAI Cui-su, MEI Lei, WU Peng

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

Abstract: Before the construction of Shatuozi diversion dike in Nianyuwan harbor area of Dalian port, the cross-flow of No. 22 berth is larger and mooring condition of berths No. 17 ~ No. 21 is so poor. In order to improve the hydrological condition, tidal flow mathematical model and physical model is set up to study flow field as while as wave physical model is set up to study waves. On the base of comprehensive comparison flow and waves factors. this paper analyzes the layout and hydraulic structures of Shatuozi diversion dike project, and explores the whole thought and research method of artificial measures to improve the hydrologic condition of port construction, which may serve as reference for other similar projects.

Keywords: Shatuozi diversion dike; hydrologic condition; mathematical model; physical model

大连港鲇鱼湾港区位于大孤山半岛东部, 地理位置优越, 港区海域天然水深较大, 依托条件良好, 且无泥沙淤积之虞。目前鲇鱼湾港区 17[#]~22[#]泊位和沙坨子导流堤工程均已建成(图1), 各工程均在发挥良好的经济效益和社会效益。

根据鲇鱼湾港区各工程开发建设顺序, 利

用潮流数学模型^[1]、潮流整体物理模型^[2]、波浪整体物理模型^[3]的研究成果, 总结分析沙坨子导流堤工程对工程海域流场改善和泊稳条件的改善情况, 探索采用人工措施改善建港水文条件整体思路、研究方法和手段, 为类似工程提供参考。

收稿日期: 2014-02-12

作者简介: 蔡翠苏(1982—), 男, 硕士, 工程师, 从事水运工程设计咨询工作。

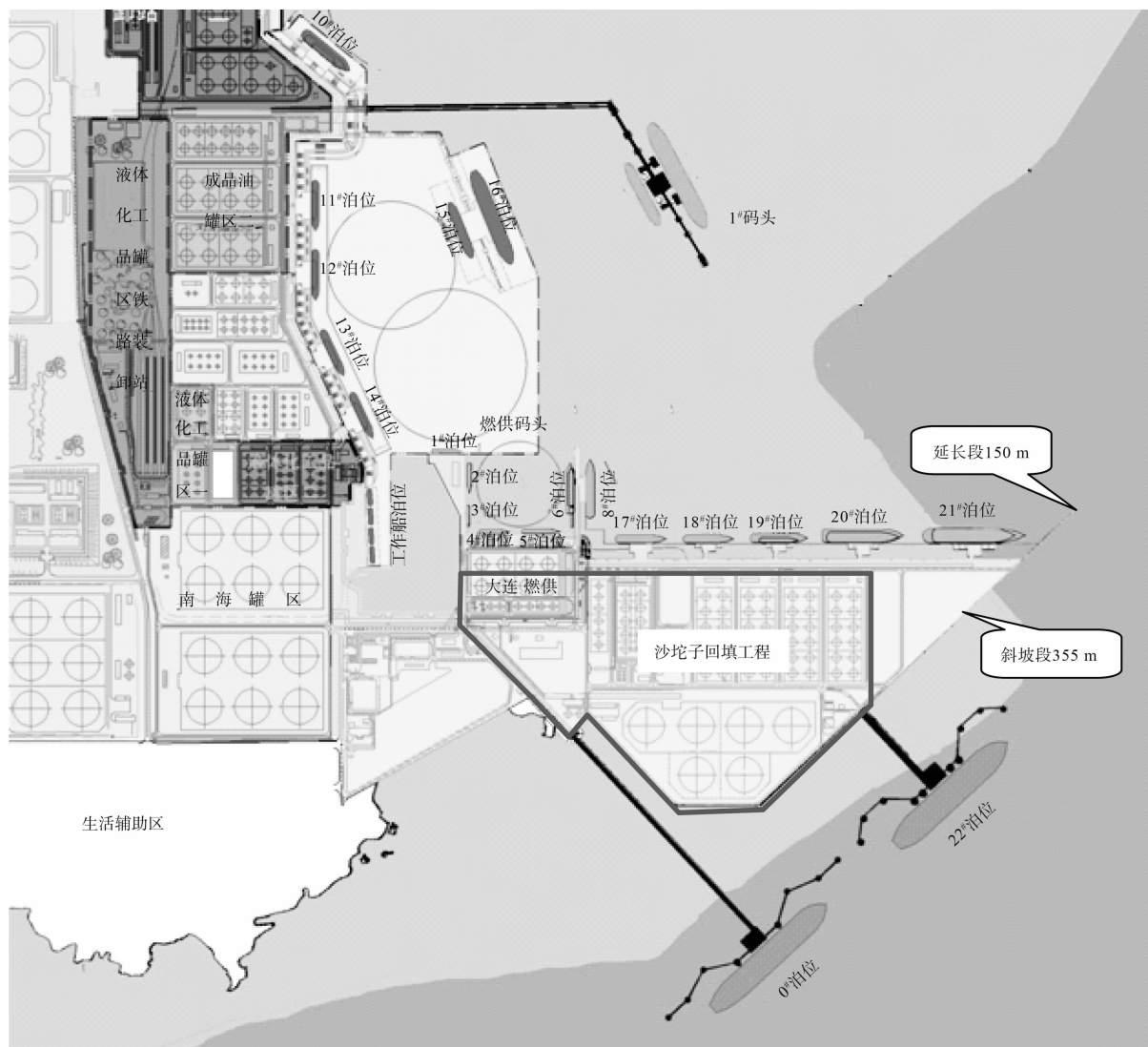


图1 大连港鲇鱼湾港区布置(沙坨子导流堤建设后)

1 工程概况

1.1 项目背景

2005年6月,大连港鲇鱼湾港区0#泊位(老30万吨级原油码头)建成投产,码头运营安全、平稳,工程区域流场条件较好。涨、落潮时,受沙坨子浅滩影响,外海主流与近岸水流产生分离,码头前沿后方沙坨子浅滩内、外两股潮流同向流动,0#泊位码头前沿横流较小。0#泊位处海域涨、落潮流向见图2。

2005年底,根据鲇鱼湾港区后方库区开山建设需求,拟将弃土区设置在沙坨子浅滩附近,因此决策利用沙坨子浅滩建设沙坨子回填工程

(图1)。沙坨子回填工程为鲇鱼湾港区的开发提供了土地和岸线资源,然而沙坨子回填改变鲇鱼湾港区流场,增大了0#泊位横流和船舶系靠泊作业难度。

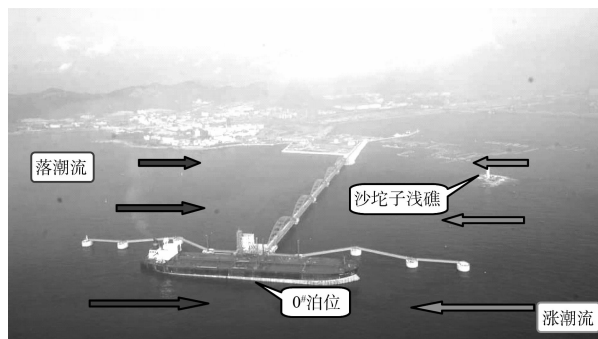
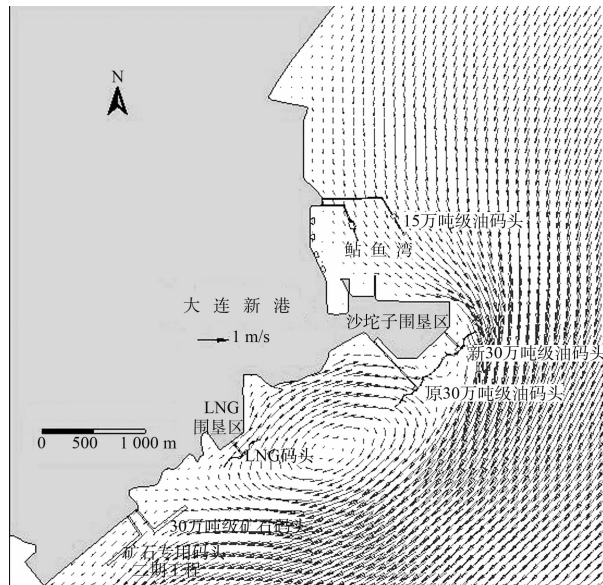


图2 大连港鲇鱼湾港区0#泊位建成后涨、落潮流示意图

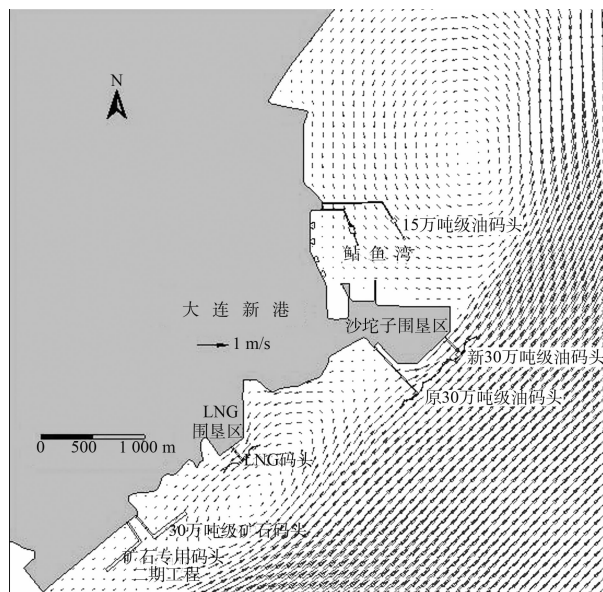
1.2 存在的主要问题和解决问题的思路

1) 存在的主要问题。

沙坨子回填工程完成后,陆续建设了工作船码头、燃供码头和10[#]~17[#]泊位(图1,未包括18[#]~21[#]泊位工程、22[#]泊位工程和导流堤工程)。随着大连港鲑鱼湾港区成品油和原油吞吐量的不断增长,18[#]~22[#]泊位的建设需求日益迫切。然而规划22[#]原油泊位(新30万吨级原油码头)北端处涨潮流与码头夹角较大,试验研究成果表明,泊位北端横流达到0.78 m/s(图3)。



a) 涨急



b) 落急

图3 沙坨子导流堤建设前大连港鲑鱼湾港区涨、落急流场

工程海域强浪向为E~SE向,18[#]~21[#]泊位处于开敞水域,18[#]~21[#]泊位的设计波要素较大,21[#]泊位设计高水位重现期50 a的设计波要素 $H_{1\%} = 5.81$ m,波浪影响的作业天数为6.6 d。

2) 解决问题的思路。

为改善鲑鱼湾港区流场条件并掩护17[#]~21[#]泊位,拟在沙坨子东北侧建设导流堤工程。导流堤需要解决的关键技术问题包括堤身轴向方向、堤身长度和结构形式,为此开展了潮流数值模拟、潮流物理模型试验、波浪整体和波浪结构断面物理模型试验研究,为科学决策建设方案提供了重要理论支持。

2 导流堤轴线方向研究

针对导流堤轴线方向的选择,利用潮流数值模拟计算速度快、方案可多变的特点,开展了4个方案的研究(图4)。

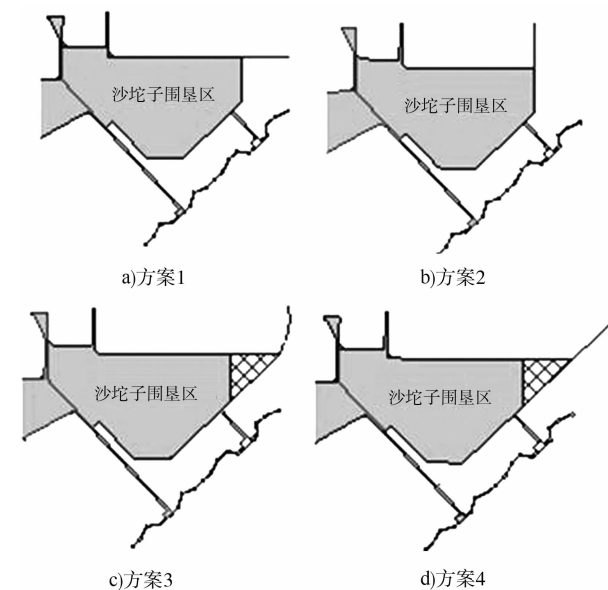


图4 防波堤轴线潮流数学模型方案

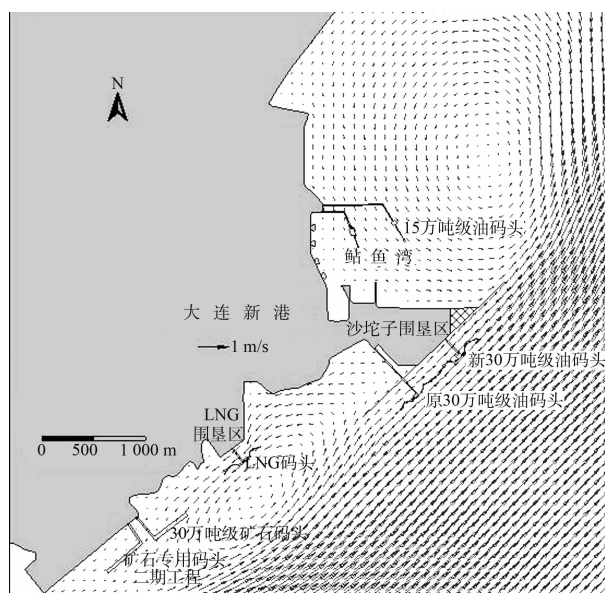
方案1: 导流堤轴线沿着沙坨子现状北侧围堰,向东延伸方案,该方案实施后22[#]泊位处出现较大的回流区。

方案2: 导流堤轴线沿着沙坨子现状东侧围堰,向北延伸方案,该方案实施后涨潮过程中,流向与22[#]泊位码头轴向夹角较大,横流较大。

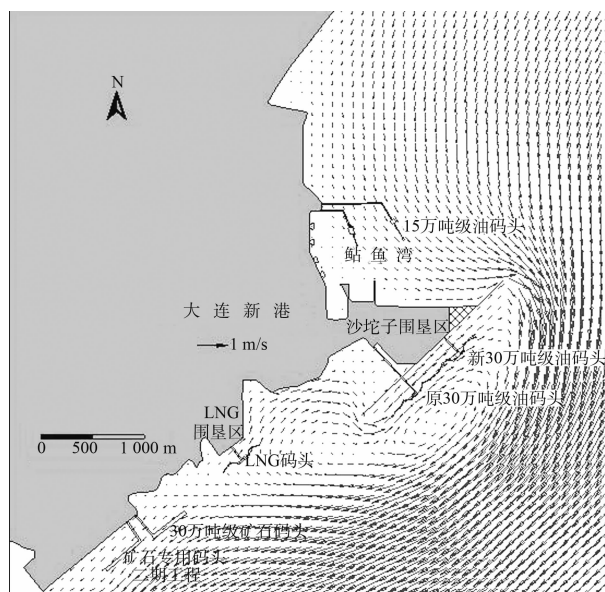
方案3: 导流堤轴线沿着沙坨子现状东南侧围

堰,向东北延伸至21[#]泊位后方护岸,呈圆弧状向北延伸,并且将防波堤与沙坨子东侧围堰之间的三角地进行回填,该方案实施后沙坨子北侧水域的回流范围较大。

方案4:导流堤轴线沿着沙坨子现状东南侧围堰,向东北侧延伸至21[#]泊位后方护岸后,接着向东北侧延伸至与燃供8[#]码头北段齐平,该方案实施后很大程度上降低了22[#]泊位处的横流,但沙坨子北侧水域的回流范围较大(图5)。



a) 涨急



b) 落急

图5 方案4涨、落急时流场潮流数模图

由上述各方案对比分析可以看出,导流堤轴线沿着沙坨子现状东南侧围堰,向东北方向延伸,可在较大程度上改善22[#]泊位处的流场条件;由此,确定导流堤轴线方向。

3 导流堤长度研究

3.1 潮流整体物理模型试验研究成果

为更加准确地对比不同堤身长度改善22[#]泊位处流场条件的量化指标,开展了导流堤工程潮流整体物理模型试验,导流堤长度分为4个方案,试验结果见表1。

表1 不同导流堤长度22[#]泊位处横流比较 m/s

点位	导流堤建设前	方案1	方案2	方案3	方案4
22 [#] 泊位南端	0.22	0.17	0.10	0.06	0.16
22 [#] 泊位中间	0.13	0.14	0.11	0.04	0.03
22 [#] 泊位北端	0.78	0.12	0.11	0.08	0.07

方案1:导流堤长度为505 m,即导流堤建设至21[#]泊位后方护岸后继续向东北方向延伸150 m,该150 m采用透水结构形式(上部挡浪、下部透流的结构,下同)。

方案2:导流堤长度为505 m,即导流堤建设至21[#]泊位后方护岸后继续向东北方向延伸150 m,该150 m采用不透水实体结构形式。

方案3:导流堤长度为710 m,即导流堤建设至21[#]泊位后方护岸后继续向东北方向延伸355 m,该355 m采用透水结构形式。

方案4:导流堤长度为710 m,即导流堤建设至21[#]泊位后方护岸后继续向东北方向延伸355 m,该355 m采用不透水的实体结构。

试验结果表明,导流堤建设后,22[#]泊位处流场条件得到极大的改善。特别是22[#]泊位北端,横流由导流堤建设前的0.78 m/s降低为0.07~0.12 m/s。采用实体导流堤较采用透空式导流堤改善22[#]泊位北端的横流效果略好。当延伸段导流堤355 m采用实体不透水结构,落潮时1[#]码头附近水域存在较大范围逆时针回流(图6)。

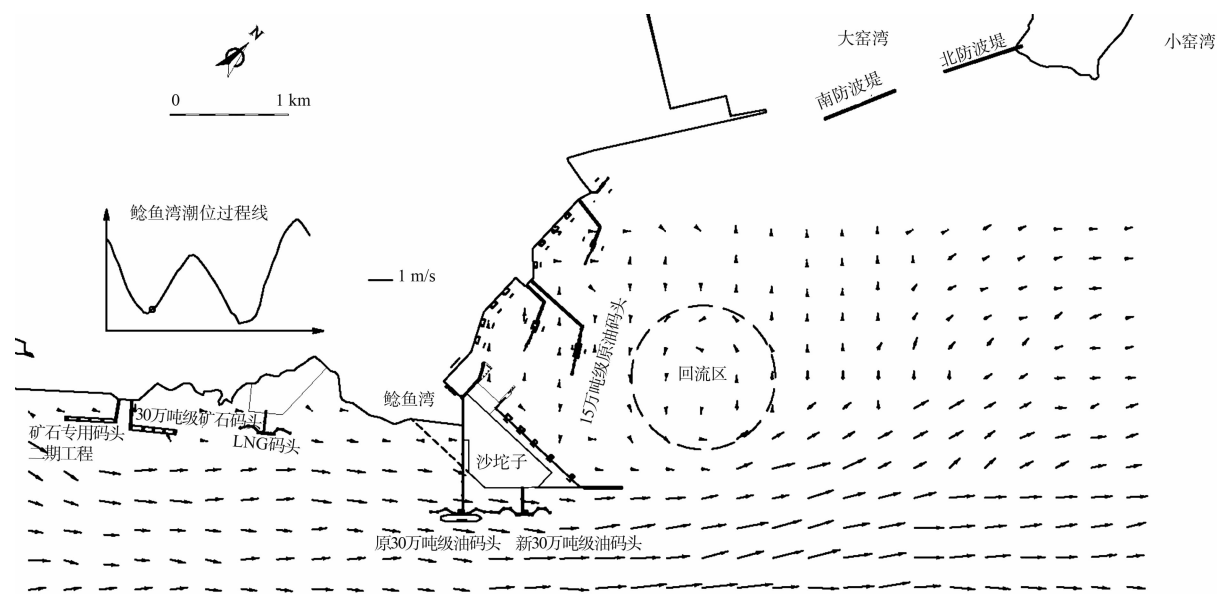


图6 方案4落急时流场潮流物模图

试验结果表明,导流堤建设至21#泊位后方护岸处,已经大大改善了22#泊位的流场条件;导流堤继续向东北延伸会引起1#码头回流增加。

3.2 波浪整体物理模型试验研究成果

为了分析研究导流堤不同方案对于降低18#~21#泊位和燃供码头的设计波要素、改善其泊稳条件的效果,开展了多向不规则波浪整体物理模型试验。导流堤长度分为3个方案:

方案1:导流堤总长度为355 m,即导流堤建设至21#泊位后方护岸后。

方案2:导流堤总长度为455 m,即导流堤建

设至21#泊位后方护岸后继续向东北方向延伸100 m,延伸段采用实体式直立沉箱结构形式。

方案3:导流堤总长度为505 m,即导流堤建设至21#泊位后方护岸后继续向东北方向延伸150 m,延伸段采用实体式直立沉箱结构形式。

1) E、ESE、SE向波浪作用。

对于E向、ESE向、SE向外海波浪,导流堤长度越长,掩护效果越明显,导流堤3个方案实施后17#~21#泊位处设计高水位情况下、重现期50 a的设计波高见表2。

表2 17#~21#泊位处设计波高 $H_{1\%}$ m

波向	E向			ESE向			SE向		
	方案1	方案2	方案3	方案1	方案2	方案3	方案1	方案2	方案3
17#泊位	5.02	4.66	4.55	4.79	3.59	3.40	4.07	3.30	2.72
18#泊位	4.46	3.87	3.65	3.91	2.85	2.72	4.01	2.80	2.73
19#泊位	4.53	3.93	3.60	4.04	3.48	3.04	4.09	3.24	2.73
20#泊位	4.97	3.64	3.24	4.53	3.20	2.87	4.28	3.41	2.97
21#泊位	5.79	4.12	3.66	5.93	3.66	3.41	5.81	4.60	3.73

结果表明,在E、ESE、SE向波浪作用下,导流堤总长度为505 m,较长度为355 m时,17#~21#泊位设计波高减少约30%。

2) N向波浪作用。

对于N向外海波浪,导流堤长度越长,导流堤内侧引起的波浪反射越大,对17#~21#泊位的

波浪条件越不利。导流堤3个方案实施后17#~21#泊位处设计高水位情况下、重现期50 a的设计波高见表3。

结果表明,在N向作用下,导流堤总长度为505 m,较长度为355 m时,17#~21#泊位设计波高增加约10%。

表 3 17[#]~21[#]泊位处设计波高 $H_{1\%}$ m

波向 方案	N 向		
	方案 1	方案 2	方案 3
17 [#] 泊位	3.84	4.03	4.36
18 [#] 泊位	3.81	4.01	4.33
19 [#] 泊位	3.93	4.12	4.45
20 [#] 泊位	4.29	4.51	4.88
21 [#] 泊位	4.42	4.64	5.02

3) 波浪对作业天数的影响。

根据不同导流堤长度方案,分别统计 E、ESE、SE、N 向波浪对 18[#]~21[#]泊位损失的作业天数进行统计分析,结果见表 4。

表 4 18[#]~21[#]泊位年波浪影响作业天数

方案	泊位	波浪影响的作业天数/d					合计
		E	ESE	SE	N	小计	
方案 1	18 [#] 泊位	1.2	0.1	1.3	2.42	5.02	19.73
	19 [#] 泊位	1.2	0.2	1.0	1.67	4.07	
	20 [#] 泊位	1.1	0.1	0.5	2.31	4.01	
	21 [#] 泊位	1.6	0.3	2.5	2.23	6.63	
方案 2	18 [#] 泊位	1.1	0.0	0.6	2.53	4.23	13.63
	19 [#] 泊位	0.9	0.0	0.6	1.79	3.29	
	20 [#] 泊位	0.3	0.0	0.3	2.27	2.87	
	21 [#] 泊位	0.3	0.1	0.5	2.34	3.24	
方案 3	18 [#] 泊位	0.9	0.0	0.5	2.64	4.04	13.34
	19 [#] 泊位	0.7	0.0	0.5	1.92	3.12	
	20 [#] 泊位	0.2	0.0	0.3	2.23	2.73	
	21 [#] 泊位	0.3	0.0	0.7	2.45	3.45	

结果表明,导流堤建设 505 m,较长度为 355 m 时,波浪影响 18[#]~21[#]泊位的作业天数最小。

3.3 导流堤长度确定

根据潮流物理模型试验研究成果,为改善 22[#]泊位流场条件,导流堤沿着沙坨子现状东南侧围堰,向东北方向至少延伸至 21[#]泊位后方护岸处;若导流堤采用实体不透水结构方案继续延长 355 m,落潮时 1[#]码头处将产生回流,并且延伸太长会干扰沙坨子北侧航道。根据波浪整体物理模型试验研究成果,为了改善 17[#]~18[#]泊位波浪条件,掩护 E、ESE、SE 向外海波浪,则导流堤越长越好;但对于 N 向来说,导流堤越长导流堤内

侧引起的 N 向波浪反射越大,反而使得 17[#]~21[#]泊位的波浪条件不利。

综合考虑潮流、波浪研究成果,鉴于 22[#]泊位(30 万吨级原油泊位)对流场要求更加严格,导流堤总长度为 505 m,即延长段为 150 m 的方案较为合适,既可以有效改善 22[#]泊位流场条件,又可以有效掩护 17[#]~21[#]泊位,且对沙坨子北侧流场不利影响较小。另外,为降低 N 向波浪反射,延长段 150 m 可采用内侧开孔沉箱结构形式,在一定程度上可减少波浪反射对 17[#]~21[#]泊位的影响。

4 导流堤结构形式研究

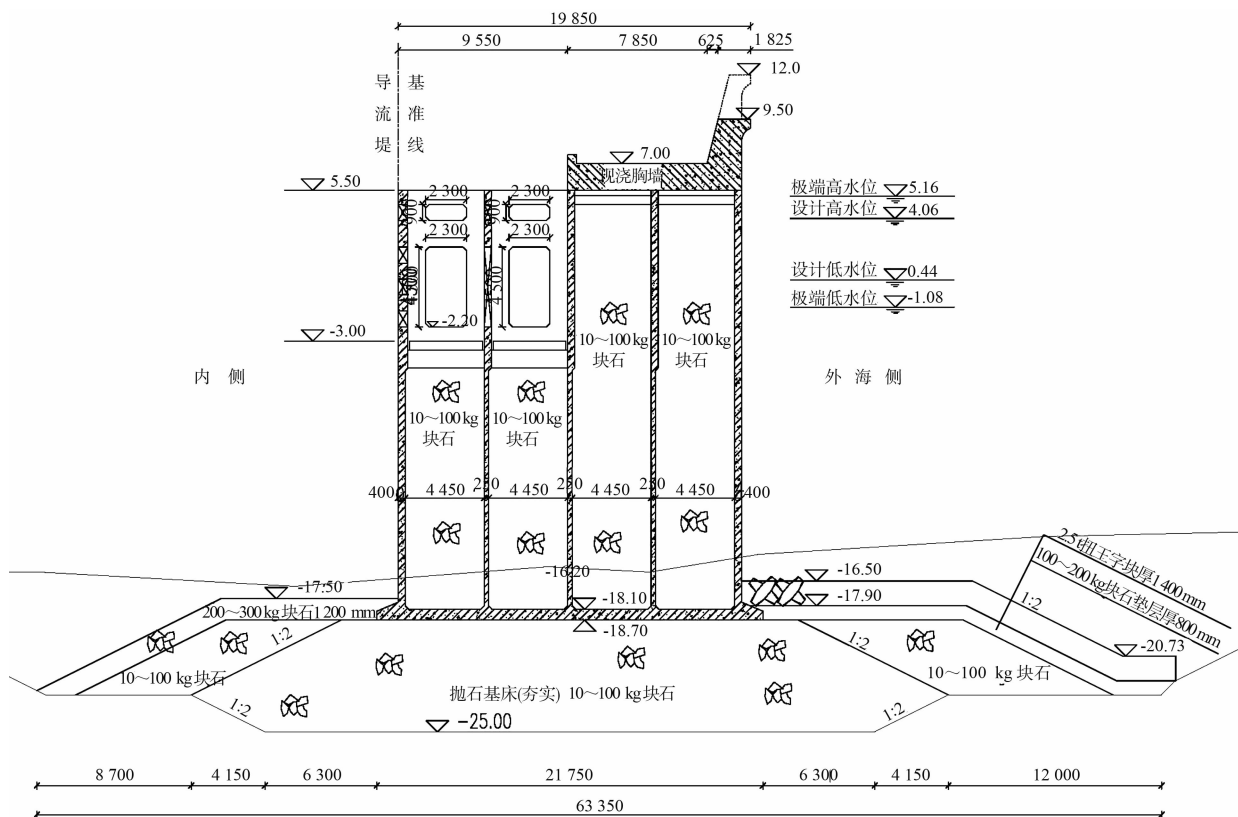
针对于导流堤深水延长段 150 m 结构形式,结合潮流物理模型研究和波浪整体物理模型试验成果,又开展了波浪断面物理模型试验,主要是从透空和实体结构型式进行比较分析。

根据潮流物理模型研究成果,从改善 22[#]泊位流场角度分析,导流堤延长段 150 m 采用实体结构比采用透空结构略好,横流由 0.12~0.17 m/s 降低到 0.10~0.11 m/s。波浪物理模型研究成果表明,导流堤延长段 150 m 采用实体结构比采用透空结构略好;当 E、ESE 和 SE 向波浪作用时,导流堤延长段 150 m 采用透空结构与采用实体结构比较,17[#]~20[#]泊位波高增大约 5%,21[#]泊位波高增大约 10% (表 5)。

表 5 17[#]~21[#]泊位处设计波高 $H_{1\%}$ m

波向 导流堤方案	E 向		ESE 向		SE 向	
	实体	透空	实体	透空	实体	透空
17 [#] 泊位	4.55	4.71	3.40	3.53	2.72	2.72
18 [#] 泊位	3.65	3.92	2.72	2.85	2.73	2.80
19 [#] 泊位	3.60	3.88	3.04	3.23	2.73	2.80
20 [#] 泊位	3.24	3.47	2.87	3.00	2.97	3.05
21 [#] 泊位	3.66	4.06	3.41	3.73	3.73	4.02

因此,综合上述各因素,导流堤延长段 150 m 采用实体结构。导流堤延长段 150 m 内侧为 21[#]泊位停泊水域,为减少导流堤结构对于水域的影响,结合水深地质资料,采用内侧开孔沉箱结构,在一定程度上可减少 N 向波浪反射,降低对 17[#]~21[#]泊位波浪条件的影响(图 7)。



5 结语

1) 沙坨子导流堤工程, 有效地改善了大连港鲇鱼湾港区流场条件: 导流堤工程建设前, 22[#]泊位北端横流最大为 0.78 m/s; 导流堤工程建成后, 22[#]泊位的最大横流为 0.10~0.11 m/s。

2) 沙坨子导流堤工程,有效降低了 $17^{\#} \sim 21^{\#}$ 泊位的设计波要素: $21^{\#}$ 泊位设计高水位重现期50 a 的设计波要素由 $H_{1\%} = 5.81$ m 降低到 $H_{1\%} = 4.02$ m;同时改善了泊稳条件,波浪影响的作业天数由6.6 d 降低至3.45 d。

3) 沙坨子导流堤工程, 采用内侧开孔沉箱结构, 在一定程度上可减少 N 向波浪反射, 降低对 17# ~ 21# 泊位波浪条件的影响。

4) 总结人工措施改善建港水文条件, 可分

别采用潮流、波浪的数学模型、物理模型的研究手段,从流场和波浪两个方面综合分析方案的合理性,尽量降低流场和波浪对建港条件的影响。

参考文献:

- [1] 南京水利科学研究院. 大连港鲇鱼湾港区潮流数学模型研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2008.
- [2] 南京水利科学研究院. 大连港鲇鱼湾港区潮流数学物理研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2008.
- [3] 交通部天津水运工程科学研究所. 大连港沙坨子导流堤工程多向不规则波整体物理模型试验研究报告[R]. 天津: 交通部天津水运工程科学研究所, 2009.

(本文编辑 郭雪珍)