



大连港某公共航道平面布置

周俊青, 王政川, 孙志国

(大连中交理工交通技术研究院有限公司, 辽宁 大连 116023)

摘要: 航道平面布置受地形、地质、潮流以及周边环境条件等因素影响较大。以某公共航道工程为实例, 采用潮流泥沙数学模型试验和船舶操纵试验等方法, 从工程区域自然条件、工程与环境保护区的关系以及港口中远期发展规划等方面对航道平面布置进行分析论证, 确定最优轴线方案。并论述航道尺度确定时的设计创新内容, 为综合制约因素较多的类似长里程航道项目平面布置提供技术参考。

关键词: 航道轴线; 平面布置; 公共航道

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)11-0093-05

Plan layout of a public waterway of Dalian Port

ZHOU Jun-qing, WANG Zheng-chuan, SUN Zhi-guo

(Dalian CCCC & DUT Institute of Communications Technology Co., Ltd., Dalian 116023, China)

Abstract: The channel layout is greatly affected by topographic and geologic conditions, tidal current, and surrounding environment. Taking a public waterway project as an example and adopting tidal current and sediment mathematical model tests and ships maneuvering tests, we demonstrate on the plan layout of a channel from aspects including the natural conditions of the project area, the relationship between the project and the environmental protection zone, and the mid-long-term development planning of the port, and determine the optimal axis plan. We also discuss the design innovations when determining the channel dimensions to provide technical reference for the layout of similar long-distance channel projects with many comprehensive constraints.

Keywords: channel axis; plan layout; public waterway

根据交通运输部与辽宁省人民政府 2019 年 6 月联合批复的《大连港普湾港区总体规划》^[1], 普湾港区包括松木岛作业区和三十里堡作业区, 主要服务于后方临港工业区的原材料和产成品运输。目前, 园区内已有多家企业入驻, 并建设了与产业相配套的码头(2 个 3 000 吨级通用泊位和 5 个 5 000 吨级液体化学品泊位), 但港区现有航道通航条件较差, 仅能满足 3 000 吨级船舶乘潮进出港, 限制了港区码头通过能力的发挥, 迫切需要建设与码头规模相匹配的航道, 以发挥港口对临港产业的支撑作用。

1 自然条件

1.1 风和雾

该地区常风向为 NNE 向, 出现频率为 18.25%; 次常风向为 WSW 向, 出现频率为 13.68%; 强风向为 N 向, 实测最大风速 40 m/s; 次强风向为 NNE 向, 实测最大风速 34 m/s。

工程海域每年能见度小于 1 km 的雾日数平均为 18.3 d。

1.2 潮汐

工程海域潮汐形态系数为 0.70, 属于不规则半日潮, 且日潮不等现象明显。

平均高潮位 1.87 m, 平均低潮位 0.33 m, 平均潮位 1.12 m, 平均潮差 1.52 m(高程基准采用松木岛理论最低潮面)。

设计高水位 3.06 m, 设计低水位 0.15 m, 极端高水位 4.16 m, 极端低水位 -1.35 m。

1.3 波浪

工程所处的普兰店湾深入内陆, 呈喇叭状, 除西南朝向渤海较开敞外, 其余三面环山, 海湾纵轴呈西南—东北向, 因此 SW—NW 向外海来浪影响较大。湾内水域较狭窄, 波浪以小风区风浪为主, 波高普遍较小, 一般在 0.5 m 左右, 大于 1 m 的波高较少见, 掩护条件较好。

1.4 潮流

普兰店湾潮流介于正规与非正规半日潮流之间, 不规则半日潮流占主导地位。根据实测结果, 除湾口个别测站为逆时针方向的旋转流外, 其余各站均为往复流, 潮流走向大致与等深线或岸线的走向一致。

实测夏季大潮最大流速为 1.48 m/s, 小潮最大流速 0.68 m/s。湾内水流受岸线归束, 流速较大; 湾口流速最小, 蚂蚁岛以西区域流速逐渐增大。

1.5 海冰

工程海域初冰日一般为 12 月下旬, 终冰日为 3 月上旬, 平均冰期 75 d, 盛冰期港口作业受海冰影响时间一般在 15 d 左右。湾内航道北侧冰情较南侧偏轻, 在常冰年情况下, 内航道北侧近岸海湾内有少量固定冰, 固定冰维持时间短, 单层冰厚 10~15 cm, 最大冰厚 20 cm; 内航道南侧近岸海湾内布满固定冰, 单层冰厚 10~15 cm, 最大冰厚 30 cm。

1.6 地质

工程区域自上而下分别为淤泥、淤泥质粉质

黏土、粉质黏土、中砂和中风化石灰岩。

2 建设规模及通航标准

工程建设规模为 3 000 吨级船舶全潮单向通航、5 000 吨级船舶乘潮单向通航。航道乘潮水位取 1.08 m, 乘潮历时 4 h, 冬季保证率 90%^[2]。设计代表船型参数见表 1。

通航标准为: 波高 $H_{4\%} \leq 2.0$ m, 风 ≤ 7 级, 能见度 ≥ 1.0 km, 海冰密度 ≤ 8 级。

表 1 设计代表船型参数

船型	总长/m	型宽/m	型深/m	满载吃水/m
3 000 DWT 杂货船	108	16.0	7.8	5.9
3 000 DWT 散货船	96	16.6	7.8	5.8
3 000 DWT 油船	97	15.2	7.2	5.9
3 000 DWT 化学品船	99	14.6	7.6	6.0
5 000 DWT 杂货船	124	18.4	10.3	7.4
5 000 DWT 散货船	115	18.8	9.0	7.0
5 000 DWT 油船	125	17.5	8.6	7.0
5 000 DWT 化学品船	114	17.6	8.8	7.0

3 航道轴线布置

3.1 主要考虑的因素

- 1) 外航道考虑与外海习惯航路就近相接, 以缩短航道长度, 并避免穿越长洲浅滩;
- 2) 湾口有大连斑海豹国家级保护区, 外航道应避免进入保护区;
- 3) 内航道宜沿天然潮沟深槽布置, 减小与水流夹角, 并减少疏浚量和回淤量;
- 4) 航道轴线宜顺直, 减少转向次数;
- 5) 按照分期建设的思路, 满足近期运输需求, 并为扩建预留空间。

3.2 轴线方案

结合航道现状及存在的问题, 提出 2 个航道轴线方案, 见图 1。

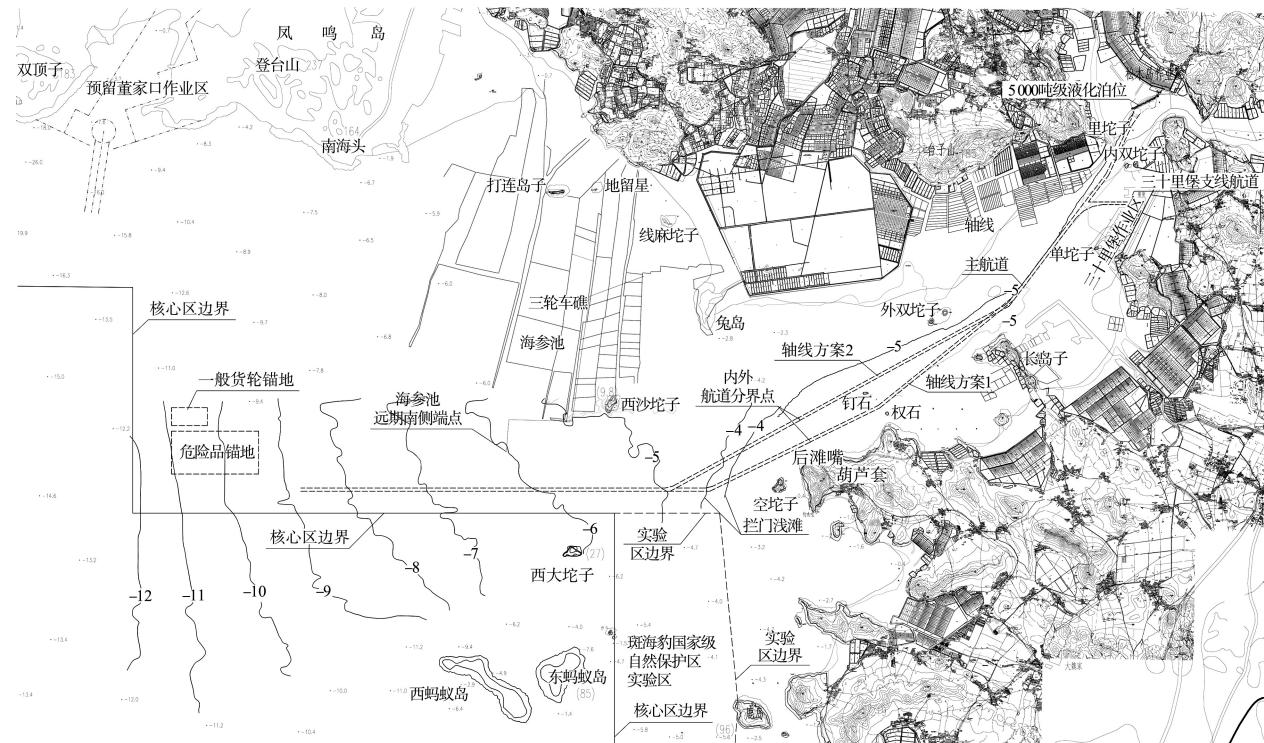


图 1 航道轴线方案

3.2.1 方案 1

现有航道建设于 20 世纪 70 年代末, 经历长时间的运营, 航道稳定性和通航条件得到一定的验证, 并且目前仍有 4 组导标在继续使用, 具备在此基础上进行扩建的可能, 方案 1 利用现有航道轴线。

本方案航道总长 35.33 km, 共分为 5 段, 其中第 1、2、3 段和第 4 段内侧部分为内航道, 第 4 段外侧部分及第 5 段为外航道, 内、外航道总长分别为 16.76、18.57 km。

航道第 1 段长 2.30 km, 轴线方向为 $25^{\circ}5'43'' \sim 205^{\circ}5'43''$; 航道向西偏转 12° 进入第 2 段, 第 2 段长 5.58 km, 轴线方向为 $37^{\circ}14'26'' \sim 217^{\circ}14'26''$; 航道向西偏转 14° 进入第 3 段, 第 3 段长 6.13 km, 轴线方向为 $51^{\circ}10'16'' \sim 231^{\circ}10'16''$; 航道向西偏转 13° 进入第 4 段, 第 4 段长 6.74 km, 轴线方向为 $63^{\circ}56'36'' \sim 243^{\circ}56'36''$; 受斑海豹保护区边界影响, 航道第 5 段轴线与规划相同, 平行于保护区边界, 方向为 $90^{\circ}0'0'' \sim 270^{\circ}0'0''$, 与第 4 段轴线转向角为 26° , 该段航道长 14.59 km。

3.2.2 方案 2

方案 1 航道转弯次数较多, 方案 2 考虑将现

有航道第 3、4 段截弯取直。本方案航道总长 35.08 km, 共分为 4 段, 其中第 1、2 段和第 3 段内侧部分为内航道, 第 3 段外侧部分及第 4 段为外航道; 内、外航道总长分别为 16.65、18.43 km。

主航道第 1 段长 2.30 km, 轴线方向为 $25^{\circ}5'43'' \sim 205^{\circ}5'43''$; 航道向西偏转 12° 进入第 2 段, 第 2 段长 5.85 km, 轴线方向为 $37^{\circ}14'26'' \sim 217^{\circ}14'26''$; 航道向西偏转 24° 进入第 3 段, 第 3 段长 13.76 km, 轴线方向为 $61^{\circ}24'9'' \sim 241^{\circ}24'9''$; 航道向西偏转 29° 进入第 4 段, 第 4 段长 13.17 km, 轴线方向为 $90^{\circ}0'0'' \sim 270^{\circ}0'0''$ 。

3.2.3 方案比选

3.2.3.1 通航条件

方案 2 将航道由 5 段缩减为 4 段, 减少了航道转向的次数, 有利于船舶操纵; 方案 2 避开了冬季冰情较严重的南岸, 受固定冰影响较小, 有利于通航安全; 方案 1 从钉石和权石之间穿过, 水域狭窄, 同时航道在钉石附近转向, 船舶操作时存在一定安全风险。

3.2.3.2 与潮流的适应性

根据《普湾港区公共航道项目波浪数学模型研究报告》^[3], 航道建设完成后, 航道轴线上的平均

流速有增有减, 大部分水域流速呈减弱趋势, 仅航道未开挖区域流速略有增加, 但变幅有限; 流向在水流归槽作用下向航道方向偏转, 但流向的变化量也有限。

方案 1、2 的内航道垂线平均最大横流分别为 0.21、0.23 m/s, 外航道垂线平均最大横流均为 0.58 m/s 左右, 主要位于航道西侧末端。横流超

过 0.50 m/s 的历时为 5 h, 持续时间为 3 h。2 个方案垂线平均最大横流基本一致。沿航道轴线最大横流流速见图 2。

若航道两侧人工圈围进一步扩大, 将导致内、外航道流速增加, 尤其是外航道横流增加不利于船舶通航安全, 应密切关注人工养殖圈范围变化及对航道的影响。

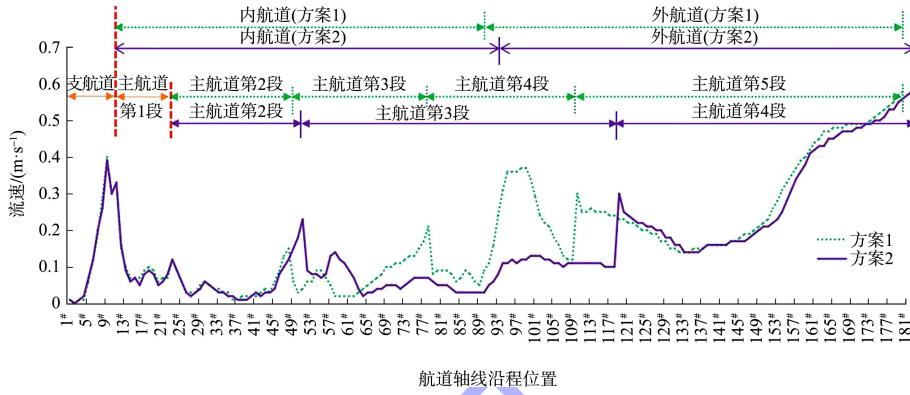


图 2 沿航道轴线最大横流流速

3.2.3.3 泥沙运动及回淤

根据《普湾港区公共航道项目潮流泥沙数学模型试验研究报告》^[4], 航道建成 1 年后, 淤积主要发生在拦门沙以外的浅滩和长岛上、下游附近的浅滩。

内航道水流主流向与航道轴线夹角较小, 且水深条件较好, 在航道原有深槽处无淤积。方案 1 淤

强介于 0.04~0.39 m/a, 淤积量为 27.5 万 m³/a; 方案 2 淤强介于 0.06~0.35 m/a, 淤积量为 27.5 万 m³/a。外航道淤积强度最大位于湾口拦门浅滩处。方案 1 淤强介于 0.00~0.48 m/a, 淤积量为 38.2 万 m³/a; 方案 2 淤强介于 0.00~0.44 m/a, 淤积量为 39.8 万 m³/a。2 个方案淤强和年回淤量基本一致。航道内年淤积厚度分布见图 3。

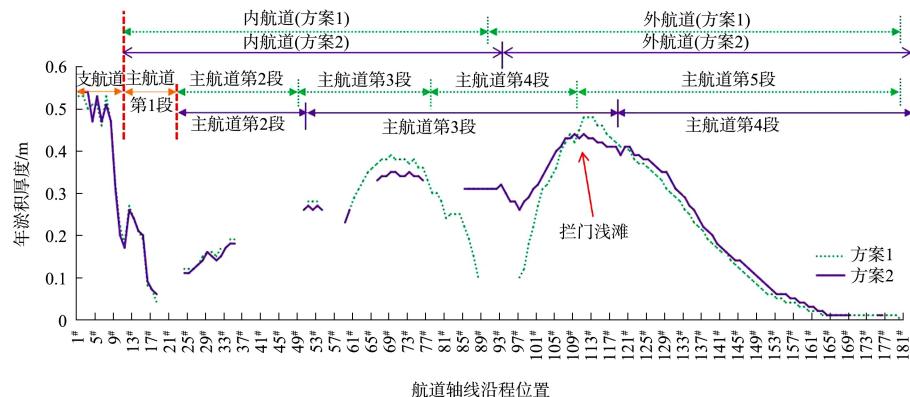


图 3 航道内年淤积厚度分布

根据大风天淤积模拟分析结果, 工程实施后, 50 a 一遇 WSW 向大浪作用 1 d+风后条件下, 工程海域淤积强度在 0~0.20 m。最大淤强基本在湾口

拦门浅滩至长岛西侧航段内。

建议加强极端天气条件下航道内泥沙回淤监测, 并定期对航道进行水深扫测, 便于及时进行

维护性疏浚。

3.2.3.4 工程量及投资概算

各方案主要指标见表 2。方案 1 工程量大于方案 2。经计算, 方案 2 投资略省。

表 2 各轴线方案主要指标及工程量

方案	航道长度/km	疏浚方量/万 m ³	年回淤量/万 m ³	浮标数量/座	导标数量/组
1	35.33	1 512.95	65.7	75	4
2	35.08	1 448.22	67.3	74	3

注: 不含支线航道。

3.2.3.5 未来扩建的适应性

方案 1 航道轴线从钉石和权石之间穿过, 钉石、权石之间基岩埋深较浅, 未来航道扩建需要炸礁; 而方案 2 航道轴线土质可挖性较好, 因此方案 2 后期扩建成本较低。

3.2.4 航道轴线推荐方案

各方案比较见表 3。从表 3 可知, 方案 2 通航安全性高, 受固定冰影响相对较小, 投资较省, 且未来扩建成本相对较低, 因此推荐轴线方案 2。

表 3 各轴线方案优缺点

方案	优点	缺点
1	1. 航道转弯角度小; 2. 利用现有导标位置, 征地范围小	1. 航道从钉石和权石之间穿过, 水域狭窄, 同时航道在钉石附近转向, 船舶操作时存在一定安全风险; 2. 未来扩建成本相对较高
2	1. 航道转向次数少, 船舶操纵安全性高; 2. 受固定冰影响相对较小; 3. 工程投资较省; 4. 底质可挖性好, 未来扩建成本相对较低	航道转弯角度相对较大

4 航道设计

4.1 设计底高程

受地形影响, 波高沿航道轴线由外向内逐渐减小, 当外航道 $H_{4\%}$ 为 2.0 m 时, 内航道 $H_{4\%}$ 为 1.50~0.58 m。由于内航道长度较大, 从节省工程投资角度出发, 航道底高程计算时考虑波浪由湾口向湾底沿航道轴线衰减因素, 内航道 $H_{4\%}$ 取 1.5 m 和 1.0 m。

工程海域冬季流冰会影响船舶通航速度, 若将内航道通航标准提升为全潮, 可缩短航道乘潮距离, 进一步保证通航安全。因为内航道主要利用潮沟深槽, 自然水深较大, 且本项目航道较长, 因此在工程量增加不明显的前提下, 按内航道 5 000 吨级船舶全潮通航、外航道 5 000 吨级船舶乘潮通航设计, 乘潮水位为 1.08 m。航道设计航速按 10 kn 考虑, 根据我国现行规范^[5]计算, 内航道底高程为 -9.2 和 -9.0 m, 外航道底高程为 -8.7 m。

4.2 通航宽度

根据本项目潮流泥沙数模报告, 内航道横流最大流速为 0.23 m/s, 外航道横流最大流速为

0.58 m/s。内航道潮流与航道轴向基本一致, 流冰对通航影响较小; 外航道横流略大, 流冰将对通航产生一定影响, 但横向流速大于 0.5 m/s 的区域集中在外航道末端 2 km, 考虑流冰对船舶压偏角的影响以及工程经济性, 外航道通航宽度整体按照 0.58 m/s 设计, 但应密切关注航道内及周边海域流冰情况。根据我国现行规范计算, 内航道通航宽度为 103 m, 外航道通航宽度为 115 m。

冰期时, 由于灯浮标更换为冰标将导致助航效能减弱, 本项目在第 2~4 段设置导标可增强助航效能。另外, 进出港船舶应安装和使用电子海图核实船位, 以保障通航安全^[6]。

5 锚地

本项目为航道里程较长的单向航道, 且外航道需乘潮通航, 因此在航道端点附近设置待泊锚地, 供 5 000 吨级船舶候潮使用。共设置 8 个危险品锚位和 2 个一般货轮锚位, 锚地面积分别为 475.83 万 m² 和 81.92 万 m², 与港区总体规划基本一致。