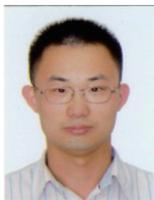


· 航 标 ·



连云港港30万吨级航道工程导标设计

朱 飞, 丁鸿林

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

摘要: 连云港港30万吨级航道工程导标的设计, 需要统筹兼顾现阶段和远期航道建设规模条件下船舶通航需要。外航道外段长41.5 km, 轴线延长线方向为旗台山, 后方地势较高, 受地形因素限制, 前后导标间距不宜过大, 仅能满足重点航段船舶导航需要, 为解决近端盲区的问题, 设置第3座导标; 徐圩航道长20.1 km, 轴线延长线方向地势平坦, 建设条件较好, 基本可满足全航段导航的需要, 但导标塔身高度较高。

关键词: 连云港港30万吨级航道; 导标; 外航道; 徐圩航道

中图分类号: U 644.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)12-0078-05

Design of leading mark for 300 000 DWT approach channel of Lianyungang port

ZHU Fei, DING Hong-lin

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: The design of leading marks for the 300 000 DWT approach channel of Lianyungang port needs to give an overall consideration to the navigation needs of vessels under the conditions of current and long-term channel development. The outer channel is 35.6 km long and extends its axis to the direction of Qitai mountain, where the terrain is higher and thus leading marks should not be arranged far apart due to topographic restrictions, they can only meet the navigation need at key sections; Xuwei channel is 20.1 km long and the terrain along its axial extension direction is flat with better construction conditions, while the beacon tower is high.

Key words: Lianyungang port; 300 000 DWT channel; leading dike; outer channel; Xuwei channel

连云港港30万吨级一期航道呈“人”字形布置, 由连云港区航道、徐圩港区航道和推荐航线组成, 其中连云港区航道连接连云港区, 包括外航道内段和外航道外段; 徐圩港区航道连接徐圩港区, 包括徐圩航道和徐圩港内航道, 外航道外段及推荐航线为两港区共用航道(图1)。连云港区航道、徐圩港区航道均为人工疏浚航道, 本阶段建设规模按照连云港区航道25万吨级、徐圩港区航道10万吨级的标准建设, 远期建设目标均为30万吨级规模^[1]。

导标作为引导船舶进出港、通过狭窄航道的重要视觉航标, 在无线电导航技术日益发展的今

天依然发挥着重要的作用。目前, 连云港区航道的外航道已设有5组导标, 分别为外航道中线导标、外航道左侧标(交汇用标)、外航道右侧标(交汇用标)、外航道左边标(挖泥边标)、外航道右边标(挖泥边标)各1组, 按照5万吨级航道通航规模建设。随着航道通航等级的提升, 并考虑到现有导标附近建筑物的遮挡等因素, 现有导标已不能满足船舶通航需要, 需拆除重建。

1 导标设计条件

目前, 连云港30万吨级航道一期工程外航道设计为25万吨级单向航道, 航道设计底宽270 m,

收稿日期: 2012-10-10

作者简介: 朱飞(1982—)男, 工程师, 从事导、助航工程设计工作。



图1 连云港港30万吨级航道一期工程平面布置

口内段适当加宽至290 m, 计算时按航道最窄段为270 m取值; 徐圩航道设计为10万吨级单向航道, 航道设计底宽210 m, 口内段适当加宽至240 m, 计算时按航道最窄段为210 m取值; 考虑到下一阶段航道都将建成为30万吨级航道规模, 航道设计宽度也将提高到350 m左右, 在导标设计时, 将按照航道的最终规模考虑, 即30万吨级船舶和相应航道宽度350 m, 同时考虑本阶段25万吨级船舶(外航道)、10万吨级船舶(徐圩航道)及相应航道宽度270 m(外航道)和210 m(徐圩航道)。

考虑到外航道、徐圩航道建设规模最终为30万吨级航道, 目前为过渡阶段, 航道宽度将发生变化, 因此, 本阶段只考虑外航道中线导标的改造, 及徐圩航道中线导标的建设。确定导标设计条件如下:

外航道: 设计长度41.5 km, 宽度270/290 m(一期工程25万吨级规模), 最终建设宽度约为

350 m(30万吨级规模)。

徐圩航道: 设计长度20.1 km, 宽度210/240 m(一期工程10万吨级规模), 最终建设宽度约为350 m(30万吨级规模)。

设计船型船宽(30万t)58 m, 兼顾船型船宽(25万t)55 m, 兼顾船型船宽(10万t)55 m, 设计船型眼高(30万t)28 m^[2], 兼顾船型眼高(25万t)25 m, 兼顾船型眼高(10万t)15 m。

2 外航道导标建设方案

根据规划资料及旗台附近地形资料, 距外航道W点(转弯点)沿外航道轴线延长线方向约1 000 m为规划油码头, 地表高程约4.1 m(国家85高程, 下同), 距W点约2 800 m为旗台山脚下, 地势开始升高, 再往后方870 m处, 地表高程升高至90 m, 地势太高, 已不适合建设导标, 因此, 外航道中线导标选址范围在沿外航道轴线距W点1 000~3 500 m范围内。

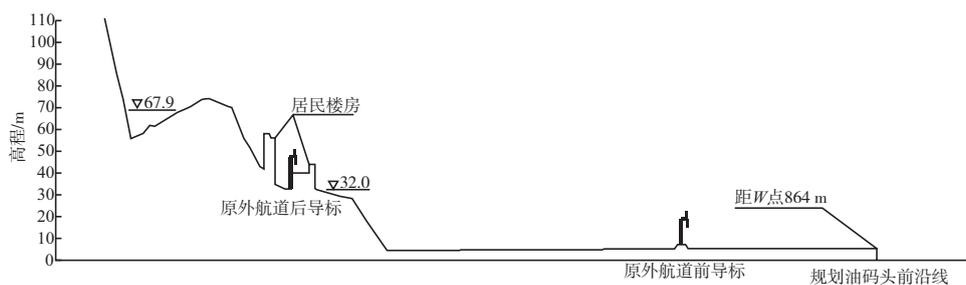


图2 外航道轴线延长线地形纵断面

考虑到外航道长度为41.5 km, 导标有效作用距离要尽可能大, 在后方地形限制情况下, 前导标尽可能靠近W点, 初步选址在规划油码头前沿线后方约200 m处; 考虑到前标设标点地势低, 后导标建设点高程不宜太高, 否则造成建设成本过高。根据地形图, 结合现场踏勘情况, 后导标选择在原外航道后导标附近, 地表高程32 m, 导标间距2 019 m, 比较合适。

根据JTJ 237—1994《水运工程导标设计规范》^[3], 计算船舶在航道内各点对应视觉偏离量 P_ρ , 导标灵敏度 K , 前后标标顶垂直张角 α 。

1) 视觉偏离量。

$$P_\rho = \frac{D^2 + Dd}{3\ 438d} \quad (1)$$

式中: P_ρ 为视觉偏离量(m); D 为观察距离(m), 自前标至使用段某观察点的距离(m); d 为导标前后标间距离(m)。在使用段任何部位处, 视觉偏离量应不大于设计偏离量。

2) 导标灵敏度参数。

$$K = \frac{Wd}{D(H-h)} \quad (2)$$

式中: K 为导标灵敏度系数; W 为航道宽度(m); d 为导标前后标间距离(m); D 为观察距离(m), 自前标至使用段某观察点的距离(m); H 为后标标顶高程(m); h 为前标标顶高程(m)。

根据JTJ 237—1994《水运工程导标设计规范》^[3], 导标灵敏度参数 K 取值见表1。

表1 导标灵敏度评估

| 系数 K | 灵敏度 |
|---------|------------|
| <1 | 不可用 |
| 1~1.5 | 尚可用 |
| 1.5~2.5 | 良好 |
| 2.5~3.5 | 很好 |
| 3.5~4.5 | 过于灵敏, 操船困难 |

《海港工程设计手册》^[3]中美国奎因推荐的公式, 导标灵敏度参数 K 取值范围见表2。综合考虑, 推荐 K 值范围为1~4.5, 可以满足船舶使用需要。

3) 前后标标顶垂直张角公式。

$$\alpha = 3\ 438 \times \left(\frac{H-e}{D+d} - \frac{h-e}{D} \right) \quad (3)$$

表2 导标侧面灵敏度评估

| K | 灵敏度 |
|---------|-----|
| <0.6 | 不可用 |
| 0.6~1.0 | 很差 |
| 1.0~1.5 | 尚好 |
| 1.5~2.5 | 较好 |
| 2.5~3.5 | 很好 |
| 3.5~4.5 | 最好 |

式中: α 为前后标标顶垂直张角('); H 为后标标顶高程(m); h 为前标标顶高程(m); D 为观察距离(m), 即自前标至使用段某观察点的距离; d 为导标间距(m); e 为观察者眼高(m)。

应保证在使用段内任何一点处在平均大潮高潮和平均大潮低潮潮位时的标顶垂直张角不小于2', 且不大于14'。

导标高度取值应保证在使用段内任何一点的视觉偏离量、导标灵敏度参数 K 及前后标标顶垂直张角 α 满足取值范围。经反复计算比较, 前、后导标目标牌中心高程取值分别为36.4 m和64.4 m时效果较好, 取特征点验算结果见表3, 桩身高度分别约为39.8 m和47.4 m。

根据表3中数据, 对30万吨级航道来说, 船舶在距W点约5 km的航段范围内无法使用导标, 而根据航道设计资料, 该范围内由于航道深槽内外高差大、横流大, 船舶驾引人员非常需要借助导标来操船, 因此, 需对导标方案进行优化, 以满足船舶在靠近W点的一段航道内能够使用导标。考虑到原后导标后方地势较高, 后导标后移方案基本不可行, 考虑在后导标后方再增加导标1座, 即3座导标方案来解决航道近段的盲区。根据地形资料及当地规划资料, 新增后导标选址在原后导标后方389 m处, 位于树林中, 地表高程67.7 m。该点前方(往航道方向)地表高程最高处约74 m, 为了避开该处及周围树木的遮挡, 目标牌下沿高程不应小于80 m。为解决W点近段航道盲区, 中、后导标对标使用(3座导标重新命名依次为前导标、中导标、后导标), 经反复计算, 后导标目标中心高程取88 m, 桩身高度约25 m, 中导标目标牌中心高度至少为75.4 m方能完全弥补W点近段盲区, 验算结果见表4, 即中导标需设置两块目标牌分别与前导标与后导标成对使用。

表3 前、后导标对标使用验算结果

| 航道桩号 (<i>W</i> 点为0, 往口门方向) | 观察距离 m | 30万吨级航道 (设计偏离量78 m) | | | | 25万吨级航道 (设计偏离量53.3 m) | | | |
|-----------------------------|-----------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | 导标灵敏度 参数 <i>K</i> | α (平均大潮高潮位)/(') | α (平均大潮低潮位)/(') | 视觉偏离 量 <i>a</i> (') | 导标灵敏度参 数 <i>K</i> | α (平均大潮高潮位)/(') | α (平均大潮低潮位)/(') | 视觉偏离 量 <i>a</i> (') |
| 0 | 1 016 | 24.84 | 17.75 | 7.69 | 0.4 | 19.16 | 11.00 | 0.94 | 0.4 |
| 1 484 | 2 500 | 10.10 | 17.16 | 14.41 | 1.6 | 7.79 | 15.31 | 12.57 | 1.6 |
| 3 684 | 4 700 | 5.37 | 12.55 | 11.57 | 4.5 | 4.14 | 11.89 | 10.91 | 4.5 |
| 4 364 | 5 380 | 4.69 | 11.51 | 10.73 | 5.7 | 3.62 | 10.98 | 10.20 | 5.7 |
| 5 064 | 6 080 | 4.15 | 10.58 | 9.95 | 7.1 | 3.20 | 10.16 | 9.53 | 7.1 |
| 5 984 | 7 000 | 3.61 | 9.56 | 9.06 | 9.1 | 2.78 | 9.23 | 8.74 | 9.1 |
| 9 984 | 11 000 | 2.29 | 6.65 | 6.43 | 20.6 | 1.77 | 6.50 | 6.28 | 20.6 |
| 11 984 | 13 000 | 1.94 | 5.74 | 5.58 | 28.1 | 1.50 | 5.63 | 5.47 | 28.1 |
| 14 584 | 15 600 | 1.62 | 4.85 | 4.74 | 39.6 | 1.25 | 4.78 | 4.67 | 39.6 |
| 17 234 | 18 250 | 1.38 | 4.18 | 4.10 | 53.3 | 1.07 | 4.12 | 4.04 | 53.3 |
| 20 014 | 21 030 | 1.20 | 3.63 | 3.57 | 69.8 | 0.93 | 3.59 | 3.53 | 69.8 |
| 21 264 | 22 280 | 1.13 | 3.43 | 3.37 | 78.0 | 0.87 | 3.39 | 3.33 | 78.0 |

注: 前标目标中心高程取大潮高潮位以上34 m, 后标取大潮高潮位以上62 m。

表4 中、后导标对标使用验算结果

| 航道桩号 (<i>W</i> 点为0, 往口门方向) | 观察距离 m | 30万吨级航道 (设计偏离量78 m) | | | | 25万吨级航道 (设计偏离量53.3 m) | | | |
|-----------------------------|-----------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | 导标灵敏度 参数 <i>K</i> | α (平均大潮高潮位)/(') | α (平均大潮低潮位)/(') | 视觉偏离 量 <i>a</i> (') | 导标灵敏度参 数 <i>K</i> | α (平均大潮高潮位)/(') | α (平均大潮低潮位)/(') | 视觉偏离 量 <i>a</i> (') |
| 0 | 3 035 | 3.56 | 6.77 | 6.20 | 7.8 | 2.75 | 6.39 | 5.81 | 7.8 |
| 965 | 4 000 | 2.70 | 6.35 | 6.01 | 13.1 | 2.08 | 6.13 | 5.78 | 13.1 |
| 1 965 | 5 000 | 2.16 | 5.72 | 5.49 | 20.1 | 1.67 | 5.57 | 5.35 | 20.1 |
| 2 765 | 5 800 | 1.86 | 5.23 | 5.07 | 26.8 | 1.44 | 5.12 | 4.96 | 26.8 |
| 3 965 | 7 000 | 1.54 | 4.61 | 4.50 | 38.7 | 1.19 | 4.53 | 4.42 | 38.7 |
| 5 215 | 8 250 | 1.31 | 4.08 | 4.00 | 53.3 | 1.01 | 4.03 | 3.94 | 53.3 |
| 5 655 | 8 690 | 1.24 | 3.92 | 3.84 | 59.0 | 0.96 | 3.87 | 3.79 | 59.0 |
| 6 965 | 10 000 | 1.08 | 3.50 | 3.44 | 77.7 | 0.83 | 3.46 | 3.41 | 77.7 |
| 12 565 | 15 600 | 0.69 | 2.38 | 2.36 | 186.5 | 0.53 | 2.36 | 2.34 | 186.5 |

注: 中标目标中心高程取大潮高潮位以上73 m, 后标取大潮高潮位以上85.6 m。

由表3和4可见, 分别由前标与中标、中标与后标成对使用, 本方案对30万吨级航道和25万吨级航道, 船舶在航道上的有效引导范围分别为0+000~21+500和0+000~17+500(外航道桩号, *W*点为0+000, 向口门方向桩号增加)。

3 徐圩航道导标建设方案

徐圩航道轴线延长线方向附近目前基本上为渔塘, 地势较低, 地表高程约4.1 m, 无较高地势可利用, 从经济角度考虑, 不宜设置太高。根据徐圩新区规划资料, 徐圩航道中轴线延长线与陆域线交汇处为预留集装箱码头, 为不影响码头建设, 前导标位置暂定于后方200 m处, 距徐圩航道与徐圩内航道交界处*M*点约1300 m。经计算, 前后标间距约1 900 m左右效果较好, 结合当地规划资料, 经海图作业, 后导标选定在前导标后方

1 900 m处。

经反复计算, 前标标顶高29.1 m, 后标顶高50.1 m, 前后导标桩身高度分别为32.5 m和53.5 m左右。本方案对30万吨级航道和10万吨级航道, 船舶在航道上的有效引导范围分别为5+680~20+320和2+880~14+180(徐圩航道桩号, *M*点为0+000, 向外航道方向桩号增加)。验算结果见表5。

4 结语

导标设计受地形因素影响较大, 既要考虑满足船舶导航服务的需求, 又要考虑建设经济性的要求, 两者往往会是一对矛盾的存在, 需要找一平衡点, 兼顾二者需求。

由于受旗台山附近地形因素限制, 外航道导标的设计为了能够完整覆盖航道近端, 中线导标采用了3座导标成一直线的建设方案, 在国内沿海

表5 徐圩航道导标验算结果

| 航道桩号 (M点为0, 往 口门方向) | 观察距离 (距中标) m | 30万吨级航道 (设计偏离量78 m) | | | | 10万吨级航道 (设计偏离量41.3 m) | | | |
|---------------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|
| | | 导标灵敏度 参数K | α (平均大潮 高潮位) / (°) | α (平均大潮低 潮位) / (°) | 视觉偏离 量 / (°) | 导标灵敏度 参数K | α (平均大潮高 潮位) / (°) | α (平均大潮低 潮位) / (°) | 视觉偏离 量 / (°) |
| 0 | 1 320 | 24.0 | 24.0 | 17.1 | 0.7 | 14.4 | 4.0 | -2.9 | 0.7 |
| 1 180 | 2 500 | 12.7 | 16.8 | 14.1 | 1.7 | 7.6 | 9.0 | 6.4 | 1.7 |
| 2 880 | 4 200 | 7.5 | 11.7 | 10.6 | 3.9 | 4.5 | 8.4 | 7.3 | 3.9 |
| 5 680 | 7 000 | 4.5 | 7.8 | 7.3 | 9.5 | 2.7 | 6.5 | 6.0 | 9.5 |
| 6 680 | 8 000 | 4.0 | 7.0 | 6.6 | 12.1 | 2.4 | 5.9 | 5.5 | 12.1 |
| 8 680 | 10 000 | 3.2 | 5.7 | 5.5 | 18.2 | 1.9 | 5.0 | 4.7 | 18.2 |
| 10 680 | 12 000 | 2.6 | 4.8 | 4.6 | 25.5 | 1.6 | 4.3 | 4.1 | 25.5 |
| 14 180 | 15 500 | 2.04 | 3.75 | 3.64 | 41.3 | 1.2 | 3.4 | 3.3 | 41.3 |
| 16 680 | 18 000 | 1.8 | 3.2 | 3.1 | 54.8 | 1.1 | 3.0 | 2.9 | 54.8 |
| 18 680 | 20 000 | 1.6 | 2.9 | 2.8 | 67.1 | 1.0 | 2.7 | 2.6 | 67.1 |
| 20 320 | 21 640 | 1.5 | 2.7 | 2.6 | 78.0 | 0.9 | 2.5 | 2.4 | 78.0 |

注: 前标目标中心高程取大潮高潮位以上26.7 m, 后标取大潮高潮位以上47.7 m。

航道中尚属首次, 因此, 建议在导标应用一定时间后进行后评价。

参考文献:

[1] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 连云港港30万吨级航道一期工程初步设计[R]. 上海: 中交上海航道勘

察设计研究院有限公司, 2010.

[2] 顾民权. 海港工程设计手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.

[3] JT J237—1994 水运工程导标设计规范[S].

(本文编辑 武亚庆)

(上接第77页)

桩端负弯矩与桩身正弯矩绝对值接近, 充分发挥桩基的抗弯能力。

5) 在挡土墙结构设计时, 需要结合设计要求和模型简图进行试算, 直至满足要求。根据前文算例, 如按照复合桩基挡土墙计算, 盲目加大桩入土深度或增加少量桩数反而对结构不利 (如桩数增加到一定数量还是有利的), 主要原因就是上述措施导致地基土承受上部竖向作用力减小, 地基土承担的水平摩阻力减小, 桩基承担的水平作用力加大, 从而导致桩基水平承载力不能满足要求。

6) 由于钢筋混凝土桩的水平承载力远小于其竖向承载力, 而挡土墙所承受的水平作用又较大, 因此在常规桩基挡土墙设计中, 要满足结构的稳定 (尤其是结构的抗滑稳定) 要求, 所需设置的桩基数量较多, 按承台底面以上全部荷载由桩承担的原则进行挡土墙设计是偏于安全的。基于经济性考虑, 在有可靠分析依据及类似工程经

验时, 常规桩基挡土墙结构也可考虑地基土与桩基共同承担竖向及水平作用^[5]。可以按地基土和桩基变形协调概念来考虑竖向和水平荷载作用的分配, 但该模型的建立相当复杂, 有待进一步研究。

7) 本文复合桩基挡土墙计算模型是参考上海市DGJ 08-11-2010《地基基础设计规范》^[5]第7章沉降控制复合桩基设计计算方法建立的, 尚未取得实践验证数据, 实际受力状态是否与本文计算模型一致还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 李继明, 胡琦, 叶彬, 等. 管桩基础的重力式码头挡墙抗滑移计算方法[J]. 江南大学学报: 自然科学版, 2009, 8(4): 445-448.

[2] SL 379—2007 水工挡土墙设计规范[S].

[3] JTS 167-3—2009 板桩码头设计与施工规范[S].

[4] DGJ 08-11—2010 地基基础设计规范[S].

[5] JGJ 94—2008 建筑桩基技术规范[S].

(本文编辑 武亚庆)