



# 增水明显的码头面高程计算方法

李冰绯, 邵铁政

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 码头面高程的确定, 既要避免码头面上水以保障结构受力安全和码头作业的便捷, 又要节省工程投资。对于风暴潮增水明显的码头面高程的确定, 在规范中规定的计算方法比较模糊, 依托具体项目结合国内外规范和模型试验, 提出一个明确的计算方法。该方法综合分析了规范中码头前沿顶高程计算的原理及各项参数的确定和取值, 为合理确定码头面的高程提出了针对增水较明显的情况下合理可行的计算方式。

**关键词:** 风暴潮; 增水; 码头面高程

中图分类号: U 651<sup>+</sup>.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0110-04

## Determination methods of the elevation of obvious water setup wharf

LI Bing-fei, SHAO Tie-zheng

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

**Abstract:** The elevation of wharf surface must be determined as to avoid water runoff, to ensure the safety of structure and convenience of terminal operation, as well as to save the project investment. Regarding the vagueness of calculation method, specified in the code, which determines the elevation of wharf surface with remarkable water runoff caused by storm surge, a specific calculation method is proposed, based on a concrete projects with domestic and foreign codes and model tests. This method comprehensively analyzes the principle of the calculation of wharf elevation and the determination and evaluation of various parameters. It comes up with a feasible calculation method in the case of obvious water setup, in order to determine the elevation of wharf appropriately.

**Keywords:** storm surge; setup; elevation of wharf

风暴潮增水是一种由热带气旋(例如台风、飓风等)、温带气旋或冷锋强烈天气系统的强风作用和气压骤变所引起的海面异常上升现象。大风期间, 由于风暴潮与天文潮潮位叠加使得水位产生明显增涨, 水位增高、风暴潮潮流流速增大且流向稳定, 使得波浪破碎带移向浅水区, 导致浅水区波高增加, 引起耕地淹没、海岸侵蚀、盐田和养殖池冲垮、码头和堤坝等海岸工程毁坏, 造成巨大经济损失。中国沿海实测最大增水值分布统计见表 1<sup>[1]</sup>。

表 1 中国沿海最大增水值分布统计

站名	最大增水值/m	站名	最大增水值/m	站名	最大增水值/m
大连	1.33	龙口	1.54	乍浦	4.34
营口	1.77	烟台	1.20	澉浦	5.02
葫芦岛	2.05	青岛	1.47	宁波	2.51
秦皇岛	1.83	日照	2.15	温州	3.88
塘沽	2.27	吕泗	2.50	沙埕	2.11
羊角沟	3.55	吴淞	3.53	马尾	2.76
平潭	2.47	赤湾	1.96	港北	1.67
厦门	1.79	黄埔	2.52	三亚	0.84
东山	1.52	北津港	2.55	八所	1.15
马屿	3.14	湛江	4.56	石头埠	2.33
汕头	3.02	南渡	5.94	北海	1.61
汕尾	1.55	海口	2.49	白龙尾	1.86

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 李冰绯 (1977—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事港口、航道规划设计工作。

由于风暴潮增水引起的水位暴涨导致码头上水甚至结构受力变化, 需要引起足够重视。对于风暴潮增水明显的码头, 目前规范中仅给出应在设计高水位基础上考虑增水影响<sup>[2]</sup>, 具体如何考虑, 没有具体说明。本文结合工程项目, 就风暴潮增水明显的码头面高程的确定提出一种计算方法。

## 1 工程背景

工程位于潍坊港, 潍坊港地处渤海莱州湾南岸(图 1)。工程建设规模为: 2 个 3 万吨级油品及液体化工品泊位, 水工结构预留 5 万吨级, 设计货物吞吐量为 280 万 t/a。码头工作平台采用高桩梁板结构。

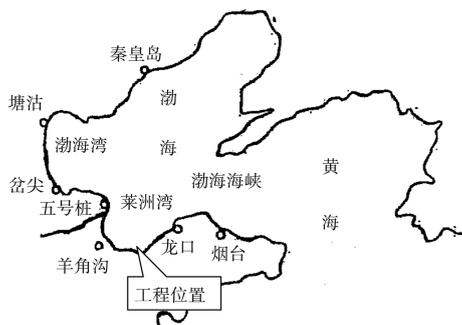


图 1 工程地理位置

在渤海海域, 风暴潮是自然灾害之一, 尤其是莱州湾海域。据有关史料记载, 莱州湾仅清代 268 年间就发生风暴潮 45 次, 较大的 10 次(羊角沟潮位青岛基面 6 m 以上), 特大的 3 次(羊角沟潮位青岛基面 7 m 以上)。解放后, 较大的风暴潮就有 3 次, 其中最大一次, 羊角沟潮位青岛基面 6.64 m, 最大增水为 3.55 m, 超过警戒水位 1.74 m, 3 m 以上的增水达 8 h。海上入侵陆地 40 km, 其破坏力是很大的<sup>[3]</sup>。

## 2 海区增水

为准确了解海区增水情况, 开展了本工程的风暴潮数学模型试验。为了考虑黄海的气旋和其

他大气过程对莱州湾风暴增水的作用, 模型的计算区域不仅包括了整个渤海, 还包括了黄海以及东海的一部分。

模型针对 1994—2013 年所有的风暴过程进行模拟分析, 计算出每个风暴过程潍坊港最大总水位以及最大风暴增水水位, 然后利用 GUMBEL 方法估计不同重现期总水位和最大风暴增水, 具体结果见表 2。

表 2 重现期增水

重现期/a	增水/m
100	3.01
50	2.69
20	2.25
15	2.12
10	1.97
5	1.57
2	1.04

## 3 海区波浪

为准确了解海区波浪情况, 开展了本工程波浪数学模型试验。计算水域水深取自海图和实测水深, 计算网格采用三角网格, 在工程区进行了局部加密。

港口两侧有沙堤环抱, 在极端高水位和设计高水位情况下, 沙堤被淹没, 而在设计低水位下, 沙堤露出水面。选取工程区码头前沿进行重现期波要素的推算及统计。参考点位置见图 2, 码头前沿各重现期设计波要素见表 3。

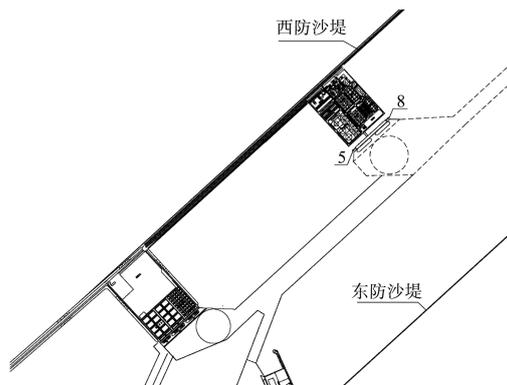


图 2 设计波要素计算点

表3 码头前沿位置设计波要素

位置	重现期/a	波向	水位	$H_{1\%}/m$	$H_{4\%}/m$	$H_{13\%}/m$	$\bar{T}/s$
8号	50	NE	极端高水位	4.16	3.56	2.85	8.44
			设计高水位	3.36	2.85	2.32	
			设计低水位	1.34	1.05	0.88	
8号	50	ENE	极端高水位	2.82	2.38	1.92	6.20
			设计高水位	2.16	1.82	1.47	
			设计低水位	0.93	0.64	0.47	
5号	50	NE	极端高水位	3.3	2.80	2.25	8.44
			设计高水位	2.66	2.25	1.80	
			设计低水位	1.25	0.96	0.77	
5号	50	ENE	极端高水位	2.31	1.94	1.56	6.20
			设计高水位	1.69	1.42	1.14	
			设计低水位	0.89	0.60	0.40	
8号码头前沿	10		极端高水位	3.94	3.37	2.72	8.02
			设计高水位	3.13	2.66	2.15	
			设计低水位	0.89	0.72	0.60	
8号码头前沿	2		极端高水位	3.01	2.58	2.09	6.91
			设计高水位	2.31	1.96	1.58	
			设计低水位	0.51	0.44	0.35	

## 4 码头面高程的确定

### 4.1 国外规范

根据相关资料显示,国外码头高程的确定是在工作水位的基础上考虑风暴潮增水、波峰面高度、海平面上升和季节性波动等因素。工作水位包括最高天文潮、最低天文潮、大潮平均高潮、大潮平均低潮等。其中,大潮平均高(低)潮没有考虑风暴潮影响,在码头高程计算中风暴潮的影响是在风暴潮增水这一项中考虑的。这样各种影响清晰明了互不交叠。表4为某国外工程码头面高程计算。

表4 国外某工程码头面高程

重现期/ a	大潮平均 高潮/m	风暴潮 增水/m	波浪 富裕/m	海平面 上升/m	季节性 变化/m	合计/ m
10	3.70	0.66	0.28	0.50	0.15	5.29
100	3.70	1.00	0.30	0.50	0.15	5.65

### 4.2 国内规范

国内规范计算码头面高程是在设计水位的基础上考虑富裕高度和波峰面高度。工作水位包括极端高水位、极端低水位、设计高水位和设计低水位等。其中极端高水位为重现期为50a年极值高水位,在推算极端高水位过程中包含了增水作

用的影响。设计高水位为采用高潮累计频率10%的潮位或历时累计频率1%的潮位<sup>[4]</sup>,该值为观测数据的统计结果,观测数据中潮汐和风暴潮影响混淆在一起。规范中还特别强调了对于增水明显的码头,应在设计高水位的基础上考虑增水影响。但由于设计高水位已包含气象潮的增水因素,这个增水影响如何考虑没有具体的说明。

### 4.3 提出新的高程计算方法

在经过对国内外规范的分析,对于增水明显的码头,码头面高程确定时有必要考虑一定的增水影响,如何考虑就是一个需要亟待解决的问题。通过上述对水位的分析,并结合《海港总体设计规范》中关于上水标准确定码头面高程的计算公式,提出以下解决方法:

对于按照上水标准控制的码头面高程,由于极端高水位考虑了风暴潮增水,建议码头面高程按照校核标准确定。

对于按照受力标准控制的码头面高程,建议按照规范的受力标准再单独增加增水项。增水项由上水控制标准中的校核标准减去基本标准确定。

结合工程码头结构形式是高桩结构,需按照受力标准控制码头高程。由于工程区域增水明显,

因此码头面高程 = 受力标准 + 增水项。其中增水项 = 校核标准 - 基本标准。

### 1) 增水项。

按上水标准对码头前沿顶高程进行计算:

$$\text{基本标准: } E = \text{设计高水位} + \Delta w \quad (1)$$

式中:  $E$  为码头面高程;  $\Delta w$  一般可取 10~15 a 重现期波浪的波峰面高度, 并不小于 1.0 m, 掩护良好的码头可取 1.0~2.0 m。计算得  $E = 4.05$  m。

$$\text{复核标准: } E = \text{极端高水位} + \Delta w \quad (2)$$

式中:  $\Delta w$  一般可取 2~5 a 重现期波浪的波峰面高度, 掩护良好的码头可取 0~0.5 m。计算得  $E = 6.19$  m。

$$\text{增水项} = \text{复核标准} - \text{基本标准} \quad (3)$$

计算得增水项 = 2.14 m, 基本相当于重现期 15 a 一遇的增水值。

### 2) 码头前沿顶高程。

$$E = E_0 + h \quad (4)$$

$$E_0 = \text{设计高水位} + \eta - h_0 + \Delta_F \quad (5)$$

式中:  $E$  为码头前沿顶高程(m);  $E_0$  为上部结构受力计算的下缘高程(m);  $h$  为码头上部结构高度(m);  $\eta$  为水面以上波峰面高度(m);  $h_0$  为水面以上波峰面高出上部结构底面的高度(m), 8 号点取为 0.9 m, 考虑承受部分波浪力; 5 号点取为 0, 不考虑承受波浪力;  $\Delta_F$  为受力标准的富裕高度(m), 按 0~1 取值。

考虑工程位置增水明显, 在计算过程中增加 15 a 一遇增水 2.12 m。

$$E_0 = \text{设计高水位} + \eta - h_0 + \Delta_F + \text{增水}(15 \text{ a 一遇}) \quad (6)$$

对 8 号点 NE 方向、ENE 方向, 5 号点 ENE 方向进行计算。8 号点 NE 方向波浪作用( $H_{1\%}$  取 3.36 m),  $E = 6.36$  m; ENE 方向波浪作用( $H_{1\%}$  取 2.16 m),  $E = 5.71$  m。5 号点 ENE 向波浪作用( $H_{1\%}$  取 1.69 m),  $E = 6.35$  m。

根据以上计算, 建议码头面高程取为 6.4 m。

## 5 结语

1) 国外水位系统天文潮和风暴潮影响清晰明了, 而我国水位系统的设计高(低)水位, 是基于将天文潮和风暴潮等多要素合成的一系列实测水位值的数理统计值。

2) 结合工程项目对风暴潮增水明显码头的高程的确定提出一种新的方法, 以能结合实际确定码头面高程, 从而减少因增水带来的经济损失。

3) 本计算方法可为其它类似存在增水问题的项目提供一定的参考, 并为《海港总体设计规范》中关于风暴潮增水明显的码头面高程的确定提供一个工程实例, 为后续完善规范提供基础数据。

## 参考文献:

- [1] 交通部第一航务工程勘察设计院. 海港工程设计手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].
- [3] 山东海洋学院风暴潮研究小组, 国家海洋局海况组. 羊角沟风增水过程初步预报研究[R]. 青岛: 山东海洋学院, 1978.
- [4] JTS 145—2015 港口与航道水文规范[S].

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 109 页)

## 参考文献:

- [1] JTS 145—2015 港口与航道水文规范[S].
- [2] 方国洪, 郑文振, 陈宗镛, 等. 潮汐和潮流的分析和预报[M]. 北京: 海洋出版社, 1986.
- [3] U S Army Corps of Engineers Coastal Engineering Manual[S].
- [4] NOAA. Special Publication NOS CO-OPS2 Computational Techniques for Tidal Datums Handbook[S].
- [5] 王兴铸, 李坤平, 余宙文. 龙口港内港湾振动的概要特征[J]. 海洋湖沼通报, 1986 (2): 1-5.
- [6] Climate Change 2013: The Physical Science Basis, IPCC Fifth Assessment Report (AR5)[R].

(本文编辑 郭雪珍)