



# 某趸船码头系缆力影响因素研究\*

何旭<sup>1,2</sup>, 傅华<sup>1</sup>, 刘明维<sup>1</sup>, 翁珍燕<sup>1</sup>, 潘奇<sup>1</sup>

(1. 重庆交通大学国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074;

2. 重庆交通大学水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074)

**摘要:** 趸船码头系缆力的确定, 对趸船码头的稳定和安全起着直接的决定作用。而影响趸船码头系缆力的因素很多, 结合某趸船码头实例, 应用有限元分析软件MIDAS对趸船码头系缆力的主要影响因素进行分析计算, 得到了影响趸船码头的影响因素主要包括有水位、水流、风荷载以及船舶因素等, 总结了影响趸船码头系缆力因素的规律。通过对趸船码头系缆力影响因素的研究, 为趸船码头的设计与应用提供了依据, 对趸船码头工程设计的稳定和安全具有一定的指导意义。

**关键词:** 趸船码头; 系缆力; 影响因素

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)03-0117-04

## Influential factor of pontoon-wharf's mooring force

HE Xu<sup>1,2</sup>, FU Hua<sup>1</sup>, LIU Ming-wei<sup>1</sup>, WENG Zhen-yan<sup>1</sup>, PAN Qi<sup>1</sup>

(1. National Inland Waterway Regulation Engineering Research Center, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. Key Laboratory of Hydraulic & Waterway Engineering of the Ministry of Education, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** The determine of the pontoon-wharf's mooring force, which has a direct decisive effect to pontoon-wharf's stability and safety. And there are many influence factors on the pontoon-wharf's, so, combine with a pontoon-wharf example, apply MIDAS finite element analysis software to analyze and calculate the main influence factors of the pontoon-wharf's mooring force, and get the main influence factors that affects pontoon-wharf's mooring force including water level, current, wind load, ship factors and so on. Lastly, sum up the regulations of affecting pontoon-wharf's mooring force. Through the study on pontoon-wharf's mooring force influence factors, provide the basis for the design and application, which has certain guiding significance to stability and security of engineering design.

**Key words:** pontoon-wharf; mooring force; influential factor

趸船一般为平底匣形的非自航船, 是供船舶停靠、上下旅客、装卸货物用的系泊于岸边的“浮码头”<sup>[1]</sup>。而船舶荷载是作用于趸船码头各种荷载中最主要的一种, 船舶荷载主要包括系缆力、挤靠力和撞击力。而系缆力的确定对于船舶的安全稳定起着关键作用。目前, 关于趸船码头系缆力的研究较少。本文在分析影响趸船码头系缆力各种因素的基础上, 采用有限元分析的手

段, 总结了内河某趸船码头系缆力的影响要素及作用规律。

### 1 影响系缆力的主要因素

对于内河趸船码头来说, 影响系缆力的因素主要包括: 水位、水流、风荷载以及靠泊趸船码头的船舶等<sup>[2]</sup>。

1) 水位: 主要指趸船码头的设计水位的影

收稿日期: 2012-07-31

\*基金项目: 重庆市科技攻关计划项目 (cstc2011ggA30002)

作者简介: 何旭 (1986—), 女, 硕士研究生, 主要从事港口码头水工建筑物的研究。

响。在不同的设计水位时，趸船要上下浮动，因此，缆绳受力也因设计水位的变化而不同。

2) 水流：主要取决于水流的方向，趸船会受到水流的影响而发生一定的位移，因此，缆绳会因为趸船的偏移大小而承受不同的系缆力。

3) 风荷载：主要指风向，不同方向的风，对趸船产生的荷载会不同，缆绳承受的系缆力也会变化。

4) 船舶：对于趸船来说，影响系缆力的船舶因素主要是指靠泊趸船的船舶，包括所靠泊的船舶吨级和船舶载重等。

## 2 有限元模型分析计算

### 2.1 某趸船码头实例

为研究趸船码头系缆力受各因素影响的变化和规律，采用有限元模拟的方法对趸船进行系缆力的分析和计算。以某内河趸船码头为例，其所采用的趸船尺寸为60 m×10 m×2 m（图1），拟分别考虑靠泊的船舶吨级有1 000 t，2 000 t，3 000 t，趸船码头的设计高水位为173.9 m（黄海），设计中水位为157.8 m（黄海），设计低水位为145.6 m（黄海），码头高程为179.50 m，港池底高程为133.95 m，最大风速为22 m/s，水流流速为2.5 m/s。

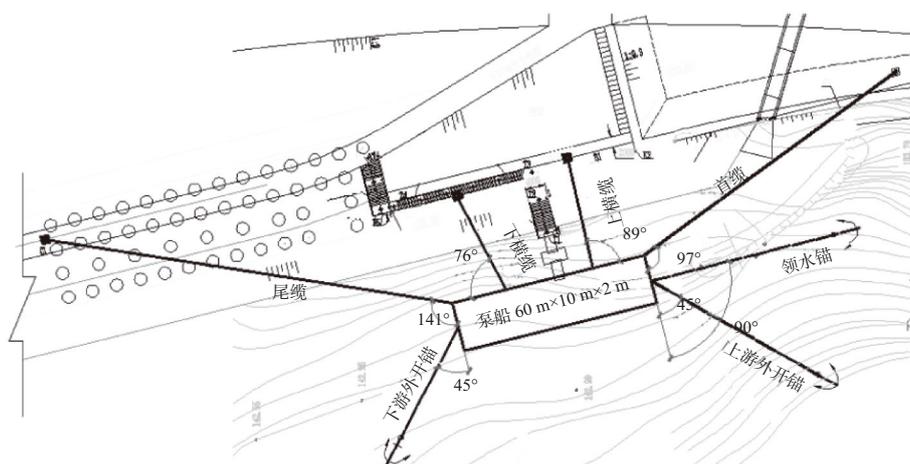


图1 某趸船码头平面布置

### 2.2 有限元建模

建模主要是通过建立趸船码头的船体本身、钢缆绳以及钢锚链的1:1有限元模型<sup>[3]</sup>来实现的。采用的软件是MIDAS，其中采用实体单元来模型趸船，用只受拉桁架单元中的索单元来模拟弹性的钢缆绳和钢锚链。对于钢缆绳和锚墩之间的连接采用MIDAS中一般支撑中的固定约束来模型，在实际工程中，锚墩和钢缆绳之间是相互摩擦的，但是在有限元模拟中，一般视它们之间的摩擦是不存在的，故采用固定约束来模拟；而钢缆绳、钢锚链和出缆口之间采用刚性连接，在船舶中钢缆绳、钢锚链是为了固定船舶而设定的，钢缆绳和钢锚链是以某一固定点（出缆口）为支撑向其他方向转动，而软件中刚性连接就满足此要求。

外荷载只考虑最普遍的荷载情况：即风和水流。风和水流以静力形式作用在趸船上。风和水

流荷载按照《港口工程荷载规范》方法计算。

通过有限元方法建立的某趸船码头系缆力的有限元基本模型见图2。

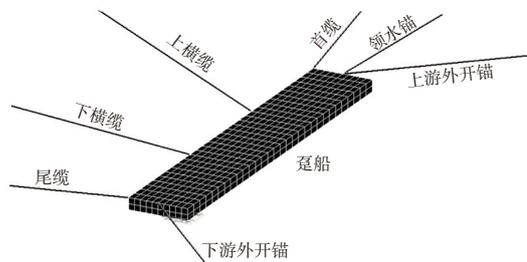


图2 趸船码头系缆力有限元基本模型

## 3 系缆力主要影响因素变化规律

### 3.1 水位因素

设计水位主要考虑设计低水位、设计中水位和设计高水位。在水流荷载和风荷载相同的条件下，在拟靠泊的船舶为3 000 t时，分别对趸船码头

在设计低水位、设计中水位和设计高水位下的各个系缆力进行有限元分析,其有限元计算结果见表1。

表1 不同设计水位下的系缆力结果 kN

水位	首缆	上横缆	下横缆	尾缆	领水锚
低水	47.3	157.7	108.8	22.8	31.2
中水	46.2	151.4	107.9	22.7	30.3
高水	64.7	131.0	96.6	41.7	38.5

从表1的结果可以看出,在相同的水流荷载、风荷载和船舶荷载条件下,随着设计水位的变化,各个位置的系缆力也会随之变化。根据计算结果,总结水位因素对系缆力的影响规律为:

1) 设计水位不同,但上横缆一直承受最大的系缆

力,其数值随着设计水位的升高而呈逐渐减小的趋势;2) 随着设计水位的升高,首缆、尾缆和领水锚的系缆力数值大致呈增大的趋势;上横缆和下横缆的系缆力数值大致呈逐渐减小的趋势。

### 3.2 水流因素

影响系缆力的水流因素主要取决于水流的方向,一般包括2种情况:一种是水流流向与船舶纵轴完全平行;另一种是水流流向与船舶纵轴成 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 夹角。

在船舶荷载和风荷载相同的条件下,对在不同设计水位和水流方向下的趸船码头系缆力进行有限元分析,其有限元计算结果见表2。

表2 不同水位及水流流向下各系缆力值

水位	水流方向	首缆	上横缆	下横缆	尾缆	领水锚
低水	与船纵向夹角为 $1^{\circ}\sim 15^{\circ}$	47.3	157.7	108.8	22.8	31.2
中水		46.2	151.4	107.9	22.7	30.3
高水		64.7	131.0	96.6	41.7	38.5
低水	与船纵轴平行	49.1	157.2	108.4	22.0	32.8
中水		48.2	150.4	107.4	21.9	32.0
高水		67.0	130.2	96.1	41.0	40.7

从表2的结果可以看出,不同水流流向和不同设计水位情况下,根据计算结果,总结水流流向对系缆力的影响规律为:1) 不论在哪种工况下,最大系缆力都出现在上横缆,随着设计水位的增大而呈逐渐减小的趋势;2) 在相同的设计水位,不同的水流方向下,这两种情况下的计算结果相比,首缆、领水锚、上横缆、下横缆、尾缆的系缆力的数值都呈现出线性的变化关系,首缆、领水锚的系缆力表现为增大的趋势,而上横缆、下横缆、尾缆的系缆力呈现减小的趋势。因

此,这就要求,在实际系泊中,要特别注意在高水位情况下的系缆力数值,保证缆绳有足够的系缆力可以系缆船舶,避免由于缆绳拉力不足而导致事故。

### 3.3 风荷载因素

对趸船码头的系缆力来说,主要考虑的风向为吹开风和吹拢风两类。

在船舶荷载和水流荷载相同的条件下,只针对在设计低水位下的不同风吹向的各种情况进行了有限元分析,其有限元计算结果见表3。

表3 不同风向工况情况下各系缆力成果

工况	风向	首缆	上横缆	下横缆	尾缆	上游外开锚	下游外开锚	领水锚
平行于首缆	吹开风	67.1	75.6	55.6	0	0	0	49.9
	吹拢风	0	0	0	62.5	58.0	117.2	0
平行于上横缆	吹开风	38.7	216.1	151.9	42.4	0	0	20.8
	吹拢风	0	0	0	0	125.1	243.0	0
平行于下横缆	吹开风	0	238.0	170.0	70.0	0	0	0
	吹拢风	26.2	0	0	0	128.9	138.7	49.5
平行于尾缆	吹开风	0	177.9	136.8	71.1	0	0	0
	吹拢风	0	0	0	0	126.6	143.0	101.0

从表3可以得出: 1) 在相同的设计水位下, 在吹开风的工况下, 最大系缆力数值的位置都出现在上横缆位置上, 而在吹拢风的工况下, 最大系缆力数值的位置出现在下游外开锚; 2) 与吹拢风工况相比较, 在吹开风的工况下的数值, 上游横缆、下游横缆、尾缆的数值均较大, 而上游外开锚、下游外开锚、领水锚的系缆力均很小; 3) 首缆的受力状况, 从吹开风到吹拢风的条件下, 数值有减小的趋势; 上游横缆和下游横缆和

尾缆均出现减小的趋势; 而上游外开锚、下游外开锚和领水锚都出现了增大的趋势。

### 3.4 船舶因素

对于趸船来说, 影响系缆力的船舶因素主要指的是所靠泊的船舶吨级和船舶载重两个方面。

分别对3种不同设计水位条件下的3种不同船舶荷载情况下的趸船系缆力进行了有限元分析, 其系缆力的计算结果见表4。

表4 各水位时靠泊船舶荷载系缆力数值比较

船舶吨级/t	水位	系缆力/kN				
		首缆	上横缆	下横缆	尾缆	领水锚
1 000	低水	44.4	120.9	79.8	11.8	30.2
	中水	46.4	107.8	79.1	11.5	31.8
	高水	60.5	95.1	69.4	26.1	39.8
2 000	低水	45.4	144.3	98.4	19.2	30.1
	中水	45.4	135.8	97.3	19.1	30.1
	高水	62.2	118.2	86.8	36.3	38.0
3 000	低水	47.3	157.7	108.8	22.8	31.2
	中水	46.2	151.4	107.9	22.7	31.3
	高水	64.7	131.0	96.6	41.7	38.5

从表4结果可以得出: 1) 在不同的船舶吨级和不同的设计水位下, 最大系缆力位置都出现在上横缆, 但是在相同的船舶吨级下, 上横缆系缆力随着设计水位的升高而呈逐渐较小的趋势, 而在相同的设计水位下, 其系缆力数值则随着船舶吨级的增大而增大; 2) 在相同的设计水位条件下, 随着靠泊船舶吨级的增加, 上游横缆、下游横缆、尾缆的系缆力的数值均随着船舶吨级的增大而出现增大的趋势; 3) 在相同的船舶吨级下, 首缆、尾缆、领水锚的系缆力随着设计低水位到设计高水位的变化而呈现逐渐增大的趋势; 上游横缆绳、下游外开锚的系缆力的数值则随着设计水位的增大而减小。

## 4 结论

1) 在其他条件相同的情况下, 随着设计水位的升高上横缆和下横缆的系缆力受力值呈线性减小, 首缆、尾缆和领水锚的受力值大体上呈上升趋势。

2) 在其他条件相同的情况下, 当水流与趸

船纵轴向夹角为 $1^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 时, 上横缆、下横缆和尾缆的受力值要比在水流与趸船纵轴向平行时的数值偏大, 而首缆和领水锚的系缆力数值则相对偏小。

3) 在其他条件相同的情况下, 在吹开风的情况下, 趸船的上横缆和下横缆的系缆力数值较大, 而在吹拢风的情况下, 上游外开锚和下游外开锚的数值比较大。

4) 在其他条件相同的情况下, 随着靠泊趸船码头船舶吨级的增大, 趸船码头的各个位置的系缆力数值也随着增大。

### 参考文献:

- [1] 周世良, 陈晓攀, 古西召, 等. 三峡库区斜坡式码头靠泊能力评估方法研究[J]. 水运工程, 2010(5): 103-107.
- [2] 张日向, 刘忠波, 张宁川. 系泊船在风浪流作用下系缆力和撞击力的试验研究[J]. 中国海洋平台, 2003(1): 28-32.
- [3] 邱驹. 港口水工建筑物[M]. 天津: 天津大学出版社, 2002.

(本文编辑 郭雪珍)