



基于 Optimoor 的 30 万吨级油码头 泊稳系缆力计算

汤建宏, 韩巍巍

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 首次将实船观测的系缆力数据与数模软件结果相比较, 结果表明数模软件 Optimoor 能较好地模拟船只在系泊过程中各缆绳的受力情况。采用该软件计算码头在不利的风浪流条件下船舶各条缆力的分布情况, 并得出“该码头具备安全泊稳条件”的结论。

关键词: 泊稳条件; 油码头; 实船观测; Optimoor

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)06-0042-04

Mooring force calculation of 300 000 t oil wharf based on Optimoor

TANG Jian-hong, HAN Wei-wei

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

Abstract: The comparison between the cable force of prototype observation and numerical simulation is conducted for the first time. The result shows that the stress situation of each cable can be well simulated by software Optimoor in the process of mooring. Using the software to calculate the force distribution of each cable under the condition of adverse wind, wave and current, we draw a conclusion that the wharf is in the safe and stable condition for mooring.

Keywords: mooring condition; oil wharf; prototype observation; software Optimoor

随着国民经济的飞速发展, 中国对原油的需求量也大幅增长, 从而导致大型油码头的陆续建成, 随之而来的泊稳条件与系缆安全的判别问题日益突出。

陈中一等^[1]对 25 万吨级油码头的系缆力进行研究, 指出流速是对系缆力影响最大的因素; 张日向等^[2]研究了风浪流共同作用下的船舶系缆问题, 并对不同波浪入射角的工况进行比对, 提出允许系泊的条件; 刘必劲等^[3]重点研究了波浪对系缆力的影响, 给出系缆力的经验公式。以上研究工作的局限性在于基础数据均取自物理模型试验, 要获得新的一组工况系缆数据需要重新进行一系列的试验。

周丰等^[4]开发了软件 Qmoor, 用以计算风、流

对船舶的影响, 其结果与物模试验数据吻合较好; 王翔等^[5]基于 Ariane 软件对风浪流共同作用下的开敞式码头系泊系统进行模拟, 其结果也和试验数据有较好的一致性。以上研究工作引入了数模软件, 对各组不同工况的计算可以直接通过数值模拟来实现, 但对软件的验证同样局限于物模试验的数据, 和实船系泊的情况仍会存在一定的差距。

笔者首次开展了对大型油码头实船系泊的全程观测, 在船舶系缆、靠泊、卸油、离港的全过程中, 对每一根缆绳张力都进行实时监测, 获取了大量的原始数据, 并以此数据为基础, 对数模软件 Optimoor 的可靠性进行验证。在确认其良好的符合性后, 用它模拟极端环境条件下船舶的系缆状况, 从而对该码头的泊稳条件给出判断。

收稿日期: 2014-10-14

作者简介: 汤建宏 (1978—), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为港口与航道工程。

1 工程概况及观测仪器

该30万吨级油码头采用蝶型布置, 设有1个工作平台、4个靠船墩、6个系缆墩, 泊位长490 m, 码头轴线方向175°~355°。码头平面布置及回旋水域如图1所示。

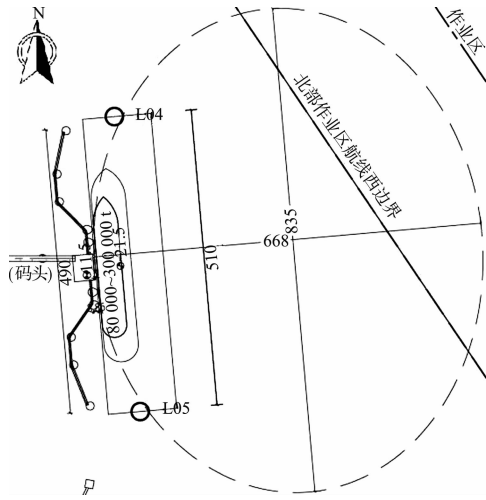


图1 码头平面布置及回旋水域 (单位: m)

观测采用的仪器包括声学多普勒海流剖面仪 (布置于图1中L04、L05的位置)、缆力测量传感器、潮位仪、风速风向仪等。

2 靠泊时现场观测数据

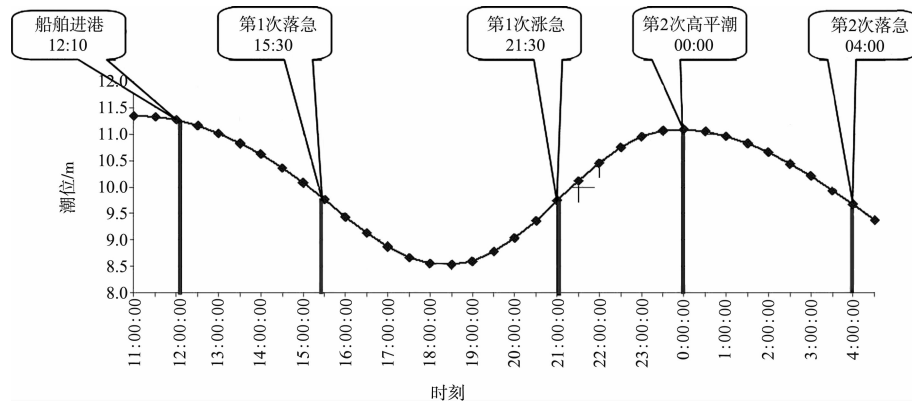
靠泊船型为30万吨级油轮, 长333 m、宽60 m、进港时吃水深度20.6 m, 共系20根缆。选取4个典型时段进行观测, 即第1次落急、涨急, 第2次高平潮、落急 (图2)。

该船靠泊期间各观测时段内的环境变量见表1。

表1 油轮靠泊期间环境变量

时刻	风(最大值)		流(垂线平均值)		潮位/m	吃水/m
	风速/ (m·s ⁻¹)	风向/ (°)	流速/ (m·s ⁻¹)	流向/ (°)		
15:30	4.4	130	0.61	124	0.0	20.6
21:30	4.2	119	0.77	352	0.0	18.9
00:00	2.9	124	0.37	001	1.3	17.6
04:00	1.4	331	0.65	137	-0.1	15.7

注: 浪高0.6 m, 方向正北角-45°, 周期7 s。



注: 纵坐标为85黄海高程系。

图2 潮位变化

由于船舶有1根艉缆系在系船柱上而不在快速脱缆钩上, 因此只有19根缆绳有缆力读数。从观测数据看, 最大缆绳张力为469 kN; 每根缆绳张力变化的幅度, 最大为341 kN、最小为36 kN; 各缆绳在不同时段内的读数见表2~5。

表2 第1次落急时段 (15:30) 缆力分布

缆绳位置	实测值/kN	计算值/kN	计算值/实测值/%
艉缆1(L)	320	388	121
艉缆2(L)	178	320	180
艉缆3(L)	146	180	123
艉横缆1(K)	100	196	196
艉横缆2(K)	124	158	128

续表

艉横缆3(K)	306	291	95
艉横缆4(J)	204	349	171
艉横缆5(J)	272	347	128
艉倒缆1(I)	291	287	99
艉倒缆2(I)	155	132	85
艉倒缆1(E)	115	188	164
艉倒缆2(E)	133	189	142
艉横缆1(C)	158	163	103
艉横缆2(C)	101	162	160
艉横缆3(B)	69	149	215
艉横缆4(B)	172	152	88
艉缆1(A)	97	182	187
艉缆2(A)	208	189	91
艉缆3(A)	219	209	95

表3 第1次涨急时段(21:30)缆力分布

缆绳位置	实测值/kN	计算值/kN	计算值/实测值/%
艏缆1(L)	336	363	108
艏缆2(L)	175	164	94
艏缆3(L)	167	140	84
艏横缆1(K)	132	177	134
艏横缆2(K)	173	182	105
艏横缆3(K)	317	323	102
艏横缆4(J)	314	303	97
艏横缆5(J)	329	307	93
艏倒缆1(I)	378	319	84
艏倒缆2(I)	281	234	83
艏倒缆1(E)	203	203	100
艏倒缆2(E)	262	274	104
艏横缆1(C)	210	243	116
艏横缆2(C)	141	178	126
艏横缆3(B)	92	167	181
艏横缆4(B)	260	228	88
艏缆1(A)	125	123	99
艏缆2(A)	243	220	90
艏缆3(A)	266	230	86

表4 第2次高平潮时段(00:00)缆力分布

缆绳位置	实测值/kN	计算值/kN	计算值/实测值/%
艏缆1(L)	179	154	86
艏缆2(L)	182	156	86
艏缆3(L)	190	142	75
艏横缆1(K)	171	180	105
艏横缆2(K)	215	242	113
艏横缆3(K)	266	303	114
艏横缆4(J)	266	308	116
艏横缆5(J)	225	247	110
艏倒缆1(I)	371	344	93
艏倒缆2(I)	304	296	98
艏倒缆1(E)	319	342	107
艏倒缆2(E)	469	450	96
艏横缆1(C)	234	246	105
艏横缆2(C)	169	181	107
艏横缆3(B)	94	175	186
艏横缆4(B)	181	176	97
艏缆1(A)	104	144	139
艏缆2(A)	213	200	94
艏缆3(A)	234	260	111

表5 第2次落急时段(04:00)缆力分布

缆绳位置	实测值/kN	计算值/kN	计算值/实测值/%
艏缆1(L)	145	258	178
艏缆2(L)	166	266	161
艏缆3(L)	122	186	153
艏横缆1(K)	68	145	214
艏横缆2(K)	69	98	143
艏横缆3(K)	117	92	78
艏横缆4(J)	48	120	253
艏横缆5(J)	48	116	243
艏倒缆1(I)	278	308	111
艏倒缆2(I)	109	181	167
艏倒缆1(E)	205	151	74
艏倒缆2(E)	289	240	83
艏横缆1(C)	200	156	78
艏横缆2(C)	93	91	98
艏横缆3(B)	83	78	94
艏横缆4(B)	94	75	80
艏缆1(A)	95	68	72
艏缆2(A)	187	188	100
艏缆3(A)	208	181	87

3 数值模拟结果与实测值的比对

采用 Optimoor 软件对实船观测数据进行数值模拟。Optimoor 是由美国 TTI 公司开发的船舶系泊分析软件。该软件可以计算船舶在风浪流作用下的缆绳内力、防护舷受到的挤靠力和码头上的系船柱受到的力等,并可以给出每根缆绳在最不利风向时的内力。业内人士应用 Optimoor 进行了大量的分析计算,对不同属性、质量的缆绳以及不同的带缆布置情况分别进行了计算分析,得到了满意的结果。图3为 Optimoor 软件建模。

从表2~5典型时段内各缆绳计算值与实测值比对可知:数模计算结果与实测缆力大致吻合,其中倒缆、艏横缆、艏缆均吻合得较好,艏缆、艏横缆在落急时计算值为实测值的1.2~2.5倍(涨急和平潮时差别较小)。表明数模软件 Optimoor 能较好地模拟船舶在系泊过程中各缆绳的受力情况,而且通常情况下数模计算值还会略大于实测值,总体而言偏于保守,因此可采用此软件来模拟、推演在不利条件下船舶的泊稳条件。

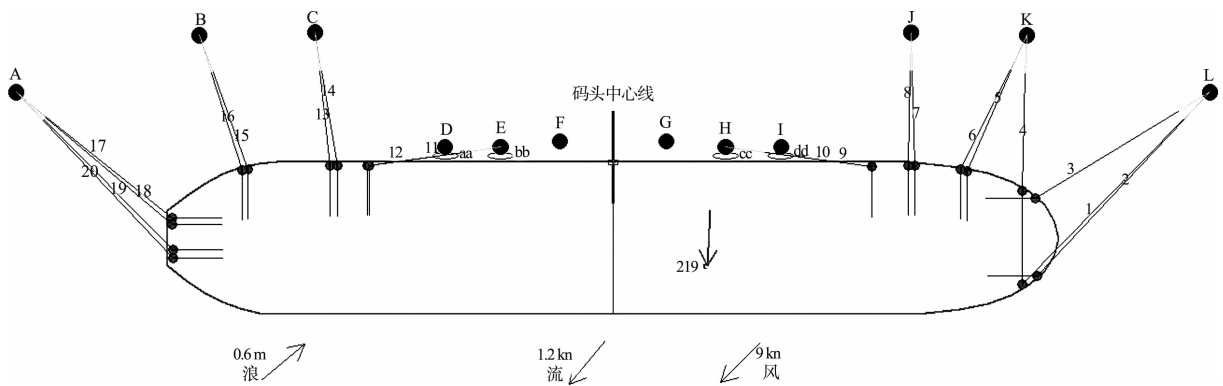


图3 Optimoor 建模

4 码头泊稳条件预测

依据该码头工程可行性研究报告,本工程处实测最不利的流场分布为 0.78 m/s (148°); 风速取 6 级风 13.9 m/s (135° , 频率 0.09%); 波浪高度取 1.2 m (22.5° , 频率 0.38%), 周期 7 s ; 在设计高水位、低水位条件下, 20 根缆绳张力计算结果的分布情况如图 4 所示, 其中设计高水位最大缆力为 509 kN 、设计低水位最大缆力为 456 kN 。

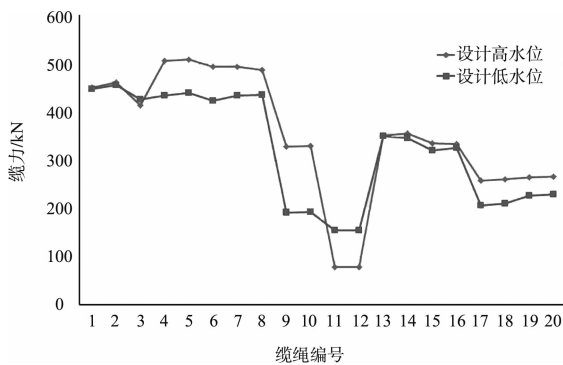


图4 预测风浪流均不利条件下的缆力分布

通过此工况计算可得出结论: 大潮期间, 在风浪流均不利的条件下, 30 万 t 油轮系泊时最大缆力为 509 kN , 占缆绳破断力 $1\,150 \text{ kN}$ 的 44.3% , 小于缆绳报警张力 630 kN 。因此可据此判断, 该码头在风速小于 13.9 m/s 、浪高小于 1.2 m 、流速小于 0.78 m/s 的条件下完全能够达到安全稳泊条件。

5 结论

1) 首次采用实船观测的缆力数据与数模软件

相印证, 结果表明数模软件 Optimoor 能较好地模拟船只在系泊过程中各缆绳的受力情况, 而且通常情况下数模计算的值还会略大于实测值, 总体而言偏于保守, 因此可以采用此软件来模拟、推演在不利条件下船舶的泊稳条件。

2) 对于本工程的码头, 在大潮期间、风浪流均不利的条件下, 30 万 t 油轮系泊时最大缆力为 509 kN , 占缆绳破断力 $1\,150 \text{ kN}$ 的 44.3% , 小于缆绳报警张力 630 kN 。据此判断, 该码头在风速小于 13.9 m/s 、浪高小于 1.2 m 、流速小于 0.78 m/s 的条件下完全能够达到安全稳泊条件。类似规模的大型油码头, 其泊稳条件亦可参考本文的方法进行判别。

参考文献:

- [1] 陈中一, 陈基成, 赵颖, 等. 在潮汐流作用下 25 万吨级油轮系缆力的模型试验研究[J]. 海洋工程, 1998(3): 45-53.
- [2] 张日向, 刘忠波, 张宁川, 等. 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(2): 28-32.
- [3] 刘必劲, 张亦飞, 徐伟, 等. 波浪作用下大型开敞式码头系泊船舶系缆力研究[J]. 中国水运, 2010(11): 5-7.
- [4] 周丰, 张志明, 杨国平, 等. 码头系泊船舶系缆力及运动量数值模拟[J]. 中国港湾建设, 2010(10): 60-63.
- [5] 王翔, 孙克俐, 王东凯, 等. 开敞式码头船舶系缆力数值分析[J]. 港工技术, 2012(8): 25-27.

(本文编辑 郭雪珍)