

浅述浮船坞的锚泊计算

胡灵斌

摘要 本文结合实例介绍了采用计算机应用程序求解锚链泊碇的浮船坞链索力的计算方法。

关键词 悬链线 方程

An Elementary Introduction to the Calculation of Anchor Mooring for the Dock

Hu Lingbin

Abstract: Combining with the example, the paper presents a calculation means using application use in that the force of suspension chain of mooring floating dock is evaluated.

Keywords: suspension chain line equation

1 前言

众所周知,浮船坞有二种泊碇方式。一种是抱桩式泊碇,浮船坞外坞墙设置二立柱,立柱被套在码头上的专用卡环内,浮坞随潮水上下运动;另一种方式为:在宽广的海域,浮船坞通过多根链索锚泊定位,当潮位高时,链索收紧;当潮位低时,链索松弛。当然,浮坞还承受风、浪、流外力的作用,见图1。本文对后一种泊碇方式作些探讨。

2 浮船坞锚泊计算时常见的几个问题

(1)对多根锚链泊碇的浮船坞其水平外

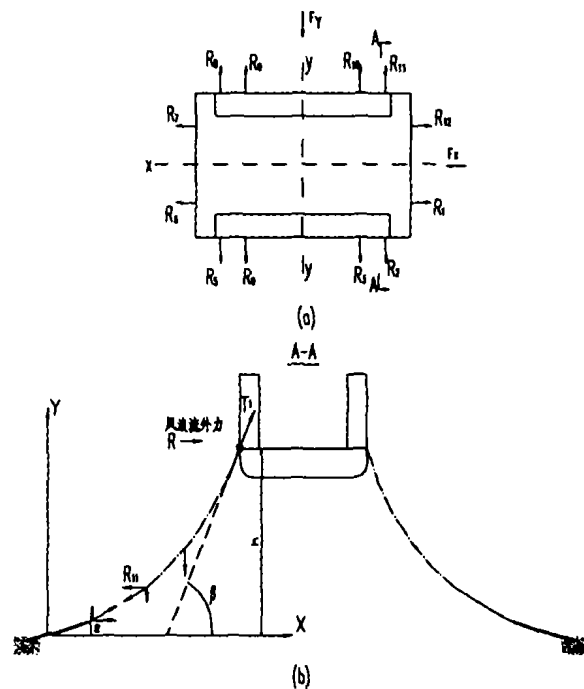


图1 浮船坞的受力图

力通过专用程序计算得到后, 确定其链力要用到悬链线方程, $y = \frac{R}{w} \left[\operatorname{sech} \left(ch \frac{x \cdot w}{R} - 1 \right) + \operatorname{tga} \cdot \operatorname{sh} \frac{x \cdot w}{R} \right]$, 式中: y , 水深; R , 作用在船上的外力; x , 锚泊点至挂链点的水平距离; α , 起锚角; w , 每米链重。

从以上公式中可以看出 y 是 R, x, α, w 的函数, 已知 R, x, α, w 就可以求得水深 y 。而实际上船舶抛锚时, 则水深 y 倒反而是已知的, 往往要求 x 。显然, 只能用不同的 x 值代入悬链线公式去凑 y , 当计算得到的 y 恰好等于水深 h 时, x 就是我们要求的值。我们可以编制一个小程序, 让计算机来完成。

(2) 对于用链索泊碇的浮船坞, 由于受水域限制, 锚不能抛得很远, 而采用沉石, 这就允许有适量的上拔力, 但不能太大, 要求出该上拔力的大小, 这也可以编制一个小程序求解得到。

(3) 在浮船坞的链索泊碇中, 已知水深 y , 有时要求出在测定的挂链力 T 下, 想要求出使锚不产生上拔力, 锚至少应该抛多远 ($x=?$), 而 R 又是 T_1 的水平分力。我们也可以编制小程序来求解。

3 浮船坞锚泊计算实例

以某链索泊碇的浮船坞为例: 坞长 246.4 米, 坞宽 51 米, 坞深 18.45 米, 采用 12 根 U3- Φ 81 mm 锚链, 海底桩锚为沉石, 每米链重 $w=0.13$ 吨, 水深 $h=20.85$ m。

(1) 已知该浮船坞在某潮位时进行链索预紧, 分配到每根链索的水平力为 $R=372$ kN, 预紧后要求对沉石不产生上拔力。校核悬链张力 (即预紧力 T_1) 及校核抛锚距离 120 m 是否足够。

解: 设定 $\alpha=0$; 通过程序 L0R 进行计算, 并将计算过程汇总于表 1

表 1

序号	抛锚距离 x (m)	按悬链线方程计算得到水深 y (m)	按计算得到挂链点拉力 T_1 (kN)	悬链长 L (m)	悬链重 G (t)	β 角 (deg)	是否满足 $y=h$
1-1	1 000	4 430	6 130	4 708	612	86.52	不满足
1-2	990	4 269	5 920	4 546	591	86.39	不满足
1-3	980	4 113	5 710	4 389	570	86.27	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4-7	108.5849	20.85040	399.1055	111.2096	14.45725	21.23793	不满足
5-1	108.5839#	20.85000	399.1048#	111.2086	14.45711	21.23776	满足要求

注: a) 抛锚距离 x 为计算值, 初值 1000 系人为确定, 其它由程序搜索赋值。

b) 表中最后一行为计算结果, 悬链张力 $T_1=399.1$ kN; $X=108.5839$ m

(2) 已知该浮船坞在高潮位台风工况下第 11 根锚泊链分配到的水平阻力 $R=1584.6$ kN, 抛锚距离 $x=121.06$ m, 允许沉石产生少量上拔力。求: α 角、核算上拔力 F

及校核挂链力 T 。

解: 通过程序 L1R 进行计算, 并将计算过程汇总于表 2



表 2

序号	α 角 (deg)	按悬链线方程计算得到水深 y (m)	按计算得到挂链点拉力 T_1 (kN)	悬链长 L (m)	悬链重 G (t)	β 角 (deg)	上拔力 F_1 (kN)	是否满足 $y=h$
1	44	125	2 360	174	22.9	47.9	1 530	不满足
2	43	121	2 320	171	22.2	47	1 470	不满足
3	42	117	2 280	168	21.9	46	1 420	不满足
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	6.9540	20.851	1623.450	122.8916	15.9759	12.5597	193.273	不满足
	6.9539	20.8508	1 623.449	122.8915	15.9759	15.5596	193.270	不满足
	6.9538	20.8506	1 623.448	122.8915	15.9759	15.5595	193.267	不满足
	6.9537#	20.8500	1623.448#	122.8915	15.9759	15.5595	193.264#	满足要求

注:a) α 为计算值,初值44系人为确定,其它由程序搜索赋值。

b)表中最后一行为计算结果。上拔力 $F=193.26$ kN;挂链力 $T=1 623.448$ kN。

(3)已知该浮船坞某锚链的挂链力 $T=1 623.5$ kN,若要求沉石不产生上拔力。求该链抛锚距离 x 的最小值及挂链力 T 的水平分力 R 。
 解:设定 $\alpha=0$;通过程序 L0 进行计算,并将计算过程汇总于表 3

表 3

序号	水平分力 P (kN)	抛锚距离 x (m)	按悬链线方程计算得到水深 y (m)	按计算得到挂链点拉力 T_1 (kN)	悬链长 L (m)	悬链重 G (t)	β 角 (deg)	是否满足 $y=h$ 且 $T_1=T$
1	1 621.5	1 000	422	2 170	1 110	144	41.6	不满足
2	1 621.5	990	413	2 150	1 097	142	41.3	不满足
3	1 621.5	980	405	2 140	1 083	140	40.9	不满足
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	1 596.4	255.9721	20.85003	1 623.504	227.2496	29.54245	10.48437	不满足
	1 596.4	255.9720	20.85003	1 623.502	227.2495	29.54243	10.48439	不满足
	1 596.4#	255.9719#	20.85000	1 623.500	227.2494	29.54242	10.48439	满足要求

注:a) R 初值取 $(T-2.0)$, x 初值取 1 000,系人为确定,以后由程序搜索赋值。

b)表中最后一行为计算结果。



... 该浮船坞某锚泊链分配到的水平力阻 $R=1\ 584.6\ \text{kN}$ 。令: 其挂链力 T 不超过 $1\ 623.5\ \text{kN}$, 允许沉石产生少量上拔力。

求 α 角及该链抛锚距离 x 。

解: 通过程序 L1 进行计算, 并将计算过程汇总于表 4

表 4

序号	α 角 (deg)	抛锚距离 x (m)	按悬链线方程计算得到水深 y (m)	按计算得到挂链点拉力 T_1 (kN)	悬链长 L (m)	悬链重 G (t)	β 角 (deg)	是否满足 $y=h$ 且 $T_1=T$
1	45	6	6.02	2 240	8.5	1.1	45.1	不满足
2	45	7	7.02	2 250	9.9	1.2	45.2	不满足
3	45	8	8.03	2 251	11.3	1.4	45.26	不满足
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	6.967414	120.9473	20.854	1 623.5	122.7811	15.96154	12.5678	不满足
	6.967414	120.9474	20.852	1 623.5	122.7812	15.96155	12.5678	不满足
	6.967314#	120.9475#	20.850	1 623.5	122.7813	15.96156	12.5677	满足要求

注: a) α, x 为计算值, 初值 45 及 6 系人为确定, 其它由程序搜索赋值。

b) 表中最后一行为计算结果。

4 结束语

目前, 风、水流对于船体的阻力计算公式各学派基本大同小异, 而波浪冲击力和摇摆惯性力迄今尚难以精确计算, 仅“大力号”波浪飘流阻力采用以下公式计算: $R_x = \frac{3}{4} k\rho g B (\frac{1}{4} H_{1/3})^2 \cos(\alpha_x)$ 。另一个困扰我们的

问题是: 对于多根链索泊碇的浮船坞, 各链索的水平力分配较为复杂。因为船体在受到风、流、波以及惯性力作用以后, 由于系泊链索是一种柔性连接, 故必定使船体发生位移, 从而又改变了与位移量有关的各链索上张力的大小, 这就无法从“外力与系泊力平衡”方程中一次求解, 而要通过逐次迭代的过程来求解, 用手算显然很困难。笔者囿于所见, 尚未见到简捷的解决办法。