

链环浮力及型号对锚链形状的影响

The Influence of Link Buoyancy and Type on the Cable Shape

张兴国 ZHANG Xing-guo; 张馨匀 ZHANG Xin-yun;

邓姝颖 DENG Shu-ying; 伍校军 WU Xiao-jun

(武汉设计工程学院食品与生物科技学院, 武汉 430205)

(School of Food and Biological Technology, Wuhan Institute of Design and Sciences, Wuhan 430205, China)

摘要: 针对利用线性模型忽略浮力解决系泊系统中锚链形状参数时所造成误差大的问题, 提出考虑浮力的迭代模型。利用该模型, 首先计算得到的锚链形状, 其与真实情况相比所得结果基本相同。然后研究改变锚链链环型号对锚链形状的影响。最后, 在以往的线性模型的基础上做出改进, 得到锚链模型。通过对几个模型的比较可以发现, 迭代模型和改进后锚链模型均与真实锚链形状相符, 没有改进的模型与其有较大的差异。

Abstract: For the large errors caused by the problems of the cable shape parameters of the mooring system solved by the linear model, the buoyancy iteration model is put forward. By using the model, the cable shape is firstly calculated. Its results are basically same with the real situation. Then the effect of the changes of chain link type on the cable shape is studied. Finally, based on the previous linear model, the anchor chain model is obtained. By comparing with several models, it can be found that the iterative model and the modified anchor chain model are consistent with the real chain shape, and there is no significant difference between the improved one and the improved one.

关键词: 迭代模型 锚链形状 锚链浮力

Key words: iterative model; cable shape; cable buoyancy

中图分类号: O59

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2017)02-0143-04

DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2017.02.052

0 引言

随着海上资源开发的增加, 系泊系统的运用也越来越广^[1]。在系泊系统的设计中即需要考虑水的深度、密度和流速, 也要考虑风速、周围环境及障碍物等的影响^[2]。目前针对相关研究的文献有很多, 但其中大部分文献没有考虑到锚链受到的浮力, 且将锚链简化为一根曲线进行计算^[3-7], 忽略了链环自身不可弯曲的特点^[8-10]。这样虽然给计算和建模带来了很大方便, 但误差也相对较大。相关研究主要采用的方法有微元法^[2], 微分方程法, 回归法^[3]和多项式法^[4]等, 但涉及迭代算法的较少。

本文以系泊系统的锚链为研究对象, 建立迭代模型, 对考虑锚链受到重力和浮力以及只受到重力时锚链的形状的进行比较。以及其他条件不变的情况下采用不同型号的链环, 对锚链的形状变化进行比较。

1 模型的建立

1.1 迭代模型的建立

系泊系统主要组成部分为: 浮标、钢管、钢桶、重物球、锚链、锚, 见图 1。图 1 中 S 表示锚链在水平方向上的投影长度, H 表示锚链在 Y 轴方向上投影的高度, β 为锚链上端与钢桶连接处的切线与 X 轴的夹角。大部分有关系泊系统的研究中均考虑了浮标、钢管、钢桶和重物球受到的重力和浮力, 但没有考虑锚链的浮力。另外, 在大部分文献中, 锚链几乎都被简化为一条曲线进行计算, 忽略了链环自身不可弯曲的特点。故我们针对上述缺点, 对锚链进行研究。

锚链是由一节一节的链环组成, 链环在水中的受力图见图 2。由可以看出, 第 i 节链环在水中受到自身的重力

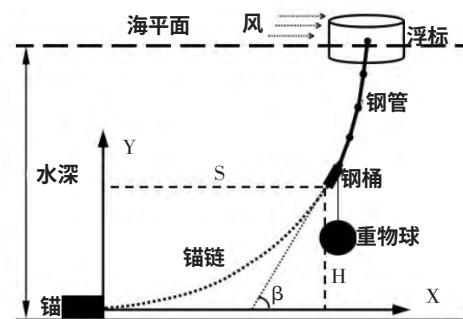


图 1 系泊系统

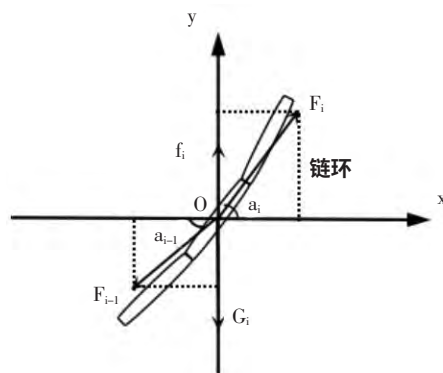


图 2 锚链环的受力分析

G_i , 受到水对它的浮力 f_i , 受到前面一节链环的拉力 F_{i-1} 和受到后面一节链环的拉力 F_i 。对链环建立受力平衡方程得:

$$\begin{cases} f_i \cos \alpha_i = F_{i-1} \cos \alpha_{i-1} \\ f_i \sin \alpha_i + F_i = F_{i-1} \sin \alpha_{i-1} + G_i \end{cases} \quad (1)$$

其中, α_i 表示第 i 个链环受到后一个链环的拉力与 x 轴的夹角; α_{i-1} 表示第 i 个链环受到前一个链环的拉力与 x 轴的夹角, α_i 等于锚链与锚相连的链环与水平方向的夹

作者简介: 张兴国 (1993-), 男, 四川自贡人, 学士, 研究方向为应用数学与力学。

角。通过上述受力方程我们可以得到锚链的迭代模型：

$$\begin{cases} H = \sum_{i=1}^n l_i \sin \alpha_i \\ S = \sum_{i=1}^n l_i \cos \alpha_i \\ F_i \cos \alpha_i = F_{i-1} \cos \alpha_{i-1} \\ F_i \sin \alpha_i + f_i = F_{i-1} \sin \alpha_{i-1} + G_i \end{cases} \quad (2)$$

其中, H 表示锚链在竖直方向上投影的高度, S 表示锚链在水平方向上投影的长度, l_i 表示第 i 节链环的长度。

1.2 锚链模型

悬链线方程^[5]是将锚链视为可以自由弯曲活动的线, 并且忽略了锚链的浮力建立的线性模型。我们在该模型的基础上引入了浮力, 得到了改进之后的锚链模型 (3)。

$$\begin{cases} a = \frac{F_{\text{平}}}{q-w} \\ H = a \cdot \text{ch} \left[\frac{S}{a} + \ln (\tan \alpha + \sec \alpha) \right] - a \cdot \sec \alpha \\ L = a \cdot \text{sh} \left[\frac{S}{a} + \ln (\tan \alpha + \sec \alpha) \right] - a \cdot \tan \alpha \\ F = F_{\text{平}} \cdot \text{ch} \left[\frac{S}{a} + \ln (\tan \alpha + \sec \alpha) \right] \end{cases} \quad (3)$$

其中, $F_{\text{平}}$ 为锚链在水平方向上的分力, q 为单位锚链的重量, w 为单位锚链的受到海水的浮力, a 为对应的参数, H 表示锚链在竖直方向上投影的高度, S 表示锚链在水平方向上投影的长度, α 为锚链与锚链接处的切线与海平面的夹角。sh 为双曲正弦函数, $\text{sh}(x) = (\exp(x) - \exp(-x)) / 2$; ch 为双曲余弦函数, $\text{ch}(x) = (\exp(x) + \exp(-x)) / 2$ 。

2 模型的求解

2.1 相关参数的设定

以系泊系统在海上为例, 假设浮标在水平方向受到风的推动力为 898.63N, 锚链的总长为 22.05m, 海水的密度为 $1.025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 链环的密度为 $7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 重力加速度为 9.8 m/s^2 , 链环的相关参数及计算获得的参数见表 1。

表 1 链环的型号和参数表

Type	Length/mm	Mass per unit length/kg/m	Per unit length by gravity/N/m	Per unit length by the buoyancy of the water/N/m
I	78.00	3.20	31.360	4.095
II	105.00	7.00	68.600	8.957
III	120.00	12.50	122.500	15.995
IV	150.00	19.50	191.100	24.953
V	180.00	28.12	275.576	35.983

2.2 迭代模型的求解

2.2.1 浮力对锚链形状的影响

表 2 在计算浮力和忽略浮力下锚链的形状参数

Cable shape parameter	The length of the cable on the horizontal direction projection/m	The height of the cable on the vertical direction projection/m	Chain top by pulling force/N	Included angle β /degree
The calculation of buoyancy	15.7399	14.6659	1806.0	60.1598
Ignore the buoyancy	15.0544	15.2808	1978.9	62.9927
Parameter Differences	0.6855	-0.6149	-172.9	-2.8329

一般锚链常用的链环是 II 型。在该处我们也以 II 型链环为研究对象, 利用上述参数, 根据迭代模型, 取锚链末端与 X 轴的夹角 α_1 等于 16 度, 利用 MATLAB 编程得到表 2 和图 3。

由表 2 我们可以看出, 当计算锚链浮力时, 锚链在水平方向上投影的长度为 15.7399m, 锚链在竖直方向上投影的高度 14.6659m, 锚链上端受到的拉力为 1806.0N, 夹角 β 等于 60.1598 度; 当忽略锚链浮力时, 链在水平方向上投影的长度为 15.0544m, 锚链在竖直方向上投影的高度 15.2808m, 锚链上端受到的拉力为 1978.9N, 夹角 β 等于 62.9927 度。在计算锚链浮力和忽略锚链浮力的比较时, 前者在水平方向上投影的长度要比后者长 0.6855m, 前者在竖直方向上投影的高度比后者要矮 0.6149m。这样的差距会随着水深或者锚链长度的增加而增大。

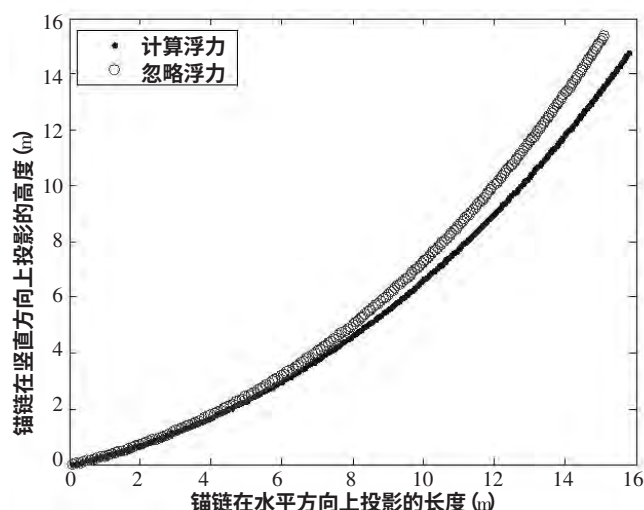


图 3 在计算浮力和忽略浮力下锚链的形状

由图 3 我们可以看出, 计算锚链的浮力与忽略锚链浮力得到锚链的形状有明显的差异。因此, 在设计系泊系统时也需要考虑锚链所受到的浮力。

2.2.2 链环的型号对锚链形状的影响

根据上面结果, 我们在考虑锚链受到浮力的情况下, 分别研究改变链环长度和半径对锚链形状的影响。由于锚链的半径的平方与锚链单位重力和单位浮力成正比, 故锚链所受到的单位重力和单位浮力成正比, 锚链的半径用锚链受到的单位重力表示。

① 链环长度对锚链形状的影响。

将链环的长度分别设为 50mm、78mm、105mm、120mm、150mm、180mm, 链环单位长度受到的重力为 68.600N/m, 链环单位长度受到海水的浮力为 8.957N/m, 其余参数不变的情况下, 利用迭代模型得到的结果见表 3 和图 4。

由表 3 我们可以看出, 锚链在水平方向上投影的长度

表3 不同链环长度对锚链形状的影响

Cable length/mm	The length of the cable on the horizontal direction projection/m	The height of the cable on the vertical direction projection/m	Chain top by pulling force/N	included angle β /degree
50	15.7272	14.6823	1808.8	60.2115
78	15.7337	14.6740	1808.6	60.2077
105	15.7399	14.6659	1806.0	60.1598
120	15.7434	14.6615	1806.8	60.1739
150	15.7504	14.6526	1803.7	60.1173
180	15.7573	14.6437	1806.8	60.1739

表4 锚链形状参数随链环单位长度的变化

Link mass per unit length/kg/m	The length of the cable on the horizontal direction projection/m	The height of the cable on the vertical direction projection/m	Chain top by pulling force/N	Included angle β /degree
3.20	18.6933	11.2826	1241.1	43.6085
7.00	15.7399	14.6659	1806	60.1598
12.50	12.7184	17.0705	2746.1	70.8989
19.50	10.2955	18.5493	4005.9	77.0366
28.12	8.4275	19.4883	5588.3	80.7463

随链环长度的增加而增加,锚链在竖直方向上投影的高度随链环长度的增加而变矮,但变化趋势不明显。锚链上端受到的拉力和夹角 β 随链环长度的增加而有一定的波动,但波动不明显。

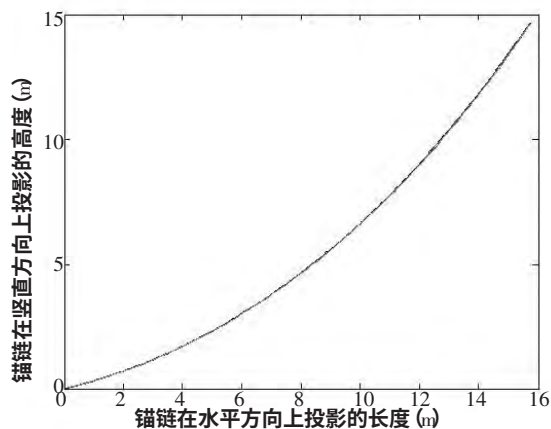


图4 不同链环长度对锚链形状的影响

由图4可以看出,在链环长度不断变化时,锚链的形状基本没有变化。因此,锚链链环长度对锚链的形状影响较小。

②链环单位长度的质量对锚链形状的影响。

将链环单位长度的质量分别设为 3.20kg/m、7.00kg/m、12.50kg/m、19.50kg/m、28.12kg/m,链环长度为,其余参数不变的情况下 105mm,利用迭代模型得到的结果见表4和图5。

由表4我们可以看出,随着链环单位质量的增加,锚链在水平方向上投影的长度随着变短,锚链在竖直方向上投影的高度随着增加,锚链上端受到的拉力随着增加,夹角 β 也随着增加,且增加均较为明显。

由图5可以看出,随着链环单位质量的提高,锚链的倾斜角度变化得越快,锚链在水平方向上投影的长度越来越短,链在竖直方向上投影的高度越来越高。链环的单位质量对锚链的形状影响较大,故链环半径对锚链的形状影响较大。

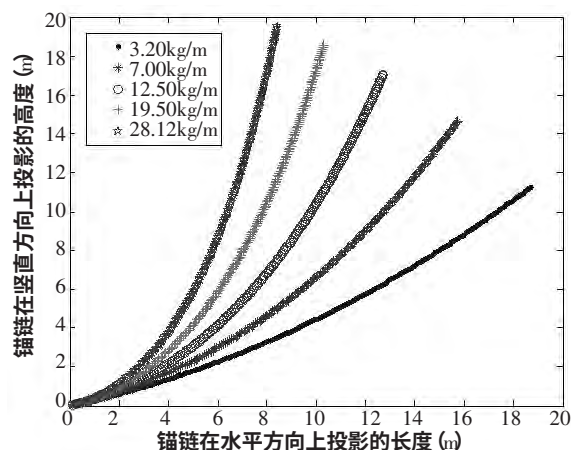


图5 不同单位长度质量下锚链的形状

2.3 锚链模型的求解与比较

当 $F_{\text{平}}$ 为锚链在水平方向上的分力为 898.6133N,锚链单位长度受到的重力为 68.6N/m,单位长度受到的浮力为 8.957N/m。利用 MATLAB 编程分别绘制出我们建立的迭代模型求解得到的锚链形状图,真实的锚链形状图,改进后的线性模型求解得到的锚链形状图和未改进的线性模型求解得到的锚链形状图,具体见图6。

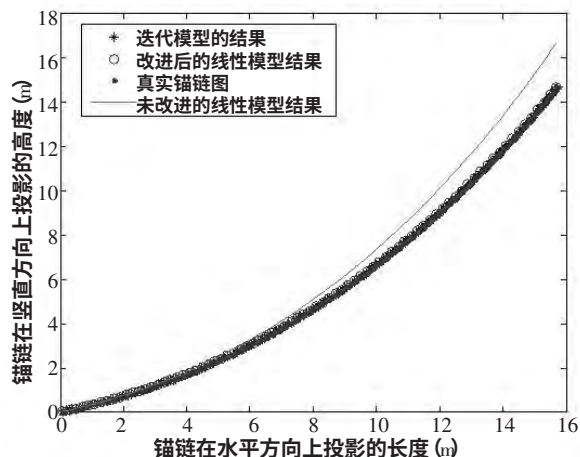


图6 各模型求解得到的锚链图

大功率激电中间梯度装置在铅锌矿勘查中的应用

Application of Large Power Induced Polarization Intermediate Gradient Device in the Exploration of Lead Zinc Ore

陈国军 CHEN Guo-jun; 徐咪 XU Mi; 陈登亮 CHEN Deng-liang; 陈旭乐 CHEN Xu-le

(成都理工大学, 成都 610059)

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

摘要: 激发极化法是寻找矿产资源有效的一种地球物理勘探方法。目前,它广泛地应用于金属矿和水文地质勘察中,并在这些领域中取得了良好的地质效果。大功率激电梯度扫描就是其中一种方法,它可以快速地发现并圈定激电异常。本文通过在某地区铅锌矿勘查中的应用实例,再次说明大功率激电梯度扫描的良好效果。

Abstract: The induced polarization method is a kind of geophysical exploration method to find the effective mineral resources. At present, it is widely used in the metal ore and the hydrogeological investigation, and has obtained the good geological effect in these areas. Large power induced polarization gradient scanning is one of these methods, it can quickly find and delineate large power induced polarization anomaly. In this paper, a case of the application of lead zinc ore exploration in a certain area is illustrated.

关键词: 激发极化法 大功率激电 中间梯度装置

Key words: induced polarization method large power induced polarization intermediate gradient device

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2017) 02-0146-02

DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2017.02.053

0 引言

铅锌矿在电气工业、机械工业、军事工业、冶金工业、化学工业、轻工业和医药业等领域都有广泛的应用,有着极大的开采价值。由于其低阻高极化的物性,激发极化法不失为一种有效的勘探方法。而中间梯度装置的一个主要优点是敷设一次供电导线和供电电极 A、B,便能在相当大的面积上测量,特别是还能用几台接收机同时在该面积上测量,因而具有较高的生产效率。此外,它在 A、B 间的中间地段测量,接近水平均匀极化条件,故对各种形状、产状

的极化体均可得到相当大的异常,且异常形态简单,易于解释。四川省地质局 106 队、207 队、物探队、成都地质学院等单位先后对工区开展过物化探、铅锌矿、锰矿、菱铁矿、磷矿的普查工作。由于工区内植被十分发育,多为茂密细竹建筑林,笔者在此基础上选择大功率激电中间梯度装置开展野外工作,其成果再次说明大功率激电中间梯度装置在铅锌矿勘查上的良好效果。

1 地质特征

矿区出露地层主要有震旦系下统苏雄组上段(Zas³)、震旦系上统观音岩组(Zbg)、震旦系上统灯影组(Zbd)和寒武系下统麦地坪组和筇竹寺组(ε_{1m+q})等。矿区构造位于

作者简介: 陈国军(1992-),男,四川射洪人,研究方向为勘探地球物理。

由图 6 可以看出,我们建立的迭代模型和改进线性模型求解得到的锚链形状与真实的锚链形状基本相似。没有改进的模型与真实的锚链形状相差很远。

3 总结

通过上述的结果比较,我们可以得到在系泊系统的设计和制作过程中,锚链所受到的浮力是不可以忽略的,忽略之后对结果的影响特别大。链环长度的改变对锚链形状几乎没有影响,可能是由于链环的长度与锚链的长度相比实在不值一提。锚链的单位长度对锚链的形状有较大的影响。我们建立的迭代模型与改进后的线性模型得到的锚链形状均与真实的锚链形状相似,然而没有改进后的线性模型得到的锚链形状与真实的锚链形状有较大的差距。

通过比较分析我们可确定我们建立的迭代模型的优点为:考虑浮力建立的迭代模型具有较高准确性,与真实情况更加相符。另外,迭代模型可以解决锚链末端拖地的情况,线性模型却做不到。

参考文献:

[1] 郝春玲,滕斌. 不均匀可拉伸单锚链系统的静力分析[J]. 中国海洋平台, 2003 (04): 19-22, 34.

[2] 王丹,刘家新. 一般状态下悬链线方程的应用[J]. 船海工程,

2007 (03): 26-28.

[3] 侯建军,东昉,石爱国,尹建川. 锚泊状态下锚链作用力的计算方法[J]. 大连海事大学学报, 2005 (04): 12-16.

[4] 滕斌,郝春玲,韩凌. Chebyshev 多项式在锚链分析中的应用[J]. 中国工程科学, 2005 (01): 21-26.

[5] 胡晓芳,丁德勇. 锚链直径对船舶锚泊能力的影响[J]. 中国舰船研究, 2014 (04): 109-112, 119.

[6] 胡灵斌,唐军. 悬链线方程的求解及其在应用[J]. 船舶, 2004 (01): 17-20.

[7] 张光发,纪卓尚,李铁骊,林焰. 导管架下水系统驳船锚链力的动态计算[J]. 中国造船, 2008 (03): 13-19.

[8] 肖越,王言英. 浮体锚泊系统计算分析[J]. 大连理工大学学报, 2005 (05): 682-686.

[9] 郑瑞杰,刘庆茶. 附加悬块锚链结构的受力分析[J]. 水运工程, 2005 (11): 20-22.

[10] 钟于祥. 锚泊船舶出链长度及张力估算[J]. 淮阴工学院学报, 2004 (03): 3-5.

[11] 中国船级社. 海洋工程锚链规范[M]. 北京: 人民交通出版社, 1995.

[12] 郝春玲,张亦飞,滕斌,徐伟,赵海涛. 流速分布及锚链自身刚度对弹性单锚链系统变形和受力的影响[J]. 海洋学研究, 2006 (03): 90-95.