



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103295078 A

(43) 申请公布日 2013.09.11

(21) 申请号 201310188897.0

(22) 申请日 2013.05.21

(71) 申请人 中国海洋石油总公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街
25号

申请人 中海油研究总院

(72) 发明人 赵晶瑞 谢彬 王俊荣 喻西崇

冯玮 王世圣

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

代理人 徐宁 关畅

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04 (2012.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法

(57) 摘要

本发明涉及一种深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,该方法针对“锚链-钢缆-锚链”三段组合式深水悬链线系泊缆,在给定缆绳规格、作业水深和浮体容许出现的极限水平偏移量条件下,兼顾设计规范对于系统各项指标的具体要求,通过迭代计算,确定出缆绳各分段长度、顶部预张力、系泊水平辐射距离等结构参数,从而在尽量控制总体用钢量与系泊荷载条件下,使缆绳的水平回复特性达到最优,之后将计算得出缆绳不同状态时的构型与受力情况,为系泊设备选型提供便利。本发明与现有的系泊分析软件 MOSES, SESAM 等商业软件相比,具有面向设计、实用性强、收敛速度快等优势,且实现了各类设计参数的优化选取,可用于深水浮式平台悬链线系泊系统的前期方案设计与性能评估。

1. 一种深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,其包括以下步骤:

1) 单根系泊缆结构设计参数的确定:

步骤 11, 根据作业水深、现有缆绳规格以及海底锚链的最小悬空段长度 l_{\min} 与最小卧底段长度 $l_{0\min}$, 首先固定船体锚链长度 l_3 并给予中部钢缆一个初始长度 l_2 , 然后根据多段悬链线方程求出近端系泊缆悬空段的水平跨距 H' ;

步骤 12, 保持作业水深、现有缆绳规格与中部钢缆长度 l_2 不变, 使得系泊缆顶部张力为 50% 的锚链破断拉力, 然后根据多段悬链线方程求出远端系泊缆悬空段的水平跨距 H'' 与海底锚链的最大悬空段长度 l_{\max} ;

步骤 13, 逐渐增加中部钢缆长度 l_2 并重复上述步骤 11 和步骤 12, 当 $H'' - H' + l_{\min} - l_{\max}$ 接近 $2d$ 时终止迭代, 此时的 l_2 即为中部钢缆的最佳长度, $l_{\max} + l_{0\min}$ 即为卧底段和悬空段海底锚链的最佳长度, 静态系泊水平辐射距离为 $H = H'' + l_{0\min} - d$, 其中 d 为上部浮体所容许出现的最大水平偏移量;

2) 单根系泊缆顶部预张力的求解: 将系泊缆各分段长度、作业水深与静态系泊水平辐射距离作为输入条件, 根据多段悬链线方程迭代计算求出系泊缆顶部预张力大小;

3) 锚固基础的选型: 根据锚固点处的最大水平拉力, 设计得出锚固基础的类型与规格;

4) 系泊系统整体回复刚度的计算: 在给定每根系泊缆绳布置角度的前提下, 逐步增加静态系泊水平辐射距离, 根据多段悬链线方程迭代计算求出每根系泊缆顶部张力, 形成系泊系统整体的水平恢复刚度曲线, 从而确定系泊缆的总体布置根数与布置方向。

2. 如权利要求 1 所述的深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法, 其特征在于: 多段悬链线方程的表达式如下:

$$F_{X(i)} = F_{X(i-1)}$$

$$F_{Z(i)} = F_{Z(i-1)} + q_{(i)} \cdot l_{(i)}$$

$$H_{(i)} = F_{X(i)} \cdot \left[\frac{l_{(i)}}{E_{(i)} A_{(i)}} + \frac{1}{q_{(i)}} \ln \left(\frac{F_{X(i)} + T_{(i)}}{F_{X(i-1)} + T_{(i-1)}} \right) \right] \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

$$V_{(i)} = \frac{1}{2E_{(i)} A_{(i)} q_{(i)}} [T_{(i)}^2 - T_{(i-1)}^2] + \frac{1}{q_{(i)}} [T_{(i)} - T_{(i-1)}]$$

$$l_{d(i)} = l_{(i)} + \frac{1}{2E_{(i)} A_{(i)} q_{(i)}} \left[F_{Z(i)} T_{(i)} - F_{Z(i-1)} T_{(i-1)} + F_{X(i)}^2 \ln \left(\frac{F_{Z(i)} + T_{(i)}}{F_{Z(i-1)} + T_{(i-1)}} \right) \right]$$

同时满足如下的边界条件:

$$F_{Z0} = 0 \quad (2)$$

$$H = l_0 + \sum H_{(i)} \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

$$V = \sum V_{(i)}$$

其中, $T_{(i)} = F_{X(i)}^2 + F_{Z(i)}^2$; $F_{X(i)}$ 为系泊缆分段 i 的缆绳上端点处的水平向拉力; $F_{Z(i)}$ 为系泊缆分段 i 的缆绳上端点处的垂向拉力; $q_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的单位长度缆绳所受的垂向均布力; $l_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的长度; $H_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的水平跨距; $E_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的弹性模量; $A_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的截面积; $V_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的垂向高度; $l_{d(i)}$ 表示拉伸后

的系泊缆分段 i 长度 ; H 为深水悬链线系泊缆的静态系泊水平辐射距离 ; V 为作业水深 ; F_{z_0} 为海底锚链卧底段的着地点处的垂向拉力 ; l_0 为海底锚链的卧底段长度。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,其特征在于:海底锚链的最小卧底长度 l_{0min} 大于 100m。

4. 如权利要求 1 到 3 任一项所述的深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,其特征在于:海底锚链的最小悬空长度 l_{1min} 大于 100 米

5. 如权利要求 1 到 4 任一项所述的深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,其特征在于:系泊缆的中部钢缆部分不能接触海底。

深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种系泊缆的结构设计方法,具体涉及一种针对“锚链-钢缆-锚链”三段组合式深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,属于深水海洋工程领域。

背景技术

[0002] 深水浮式平台长期定位于海上,其能否实现成功定位与安全生产,关键在于其系泊系统,取决于系泊设计水平。目前多数深水浮式平台仍采用钢制悬链线系泊系统,而这其中又以“锚链-钢缆-锚链”三段组合式系泊缆的应用最为广泛。组合式系泊缆的应用优化了系泊系统的定位性能,降低了整体的系泊荷载与材料用量。但又引入了新的问题,具体为:深水系泊的设计前提条件多,所需获得的设计参数也多,而规范对于系泊系统各项指标的要求又较为严格,导致当进入深水后,各设计参数间相互制约关系复杂,为设计工作带来很大困扰。因此,如何在给定设计基础(如缆绳规格、作业水深、浮体容许出现的极限水平偏移量)条件下,确定出缆绳各分段长度、顶部预张力、系泊水平辐射距离等结构参数,使系泊系统的各项指标满足规范要求,在提高缆绳水平回复特性的同时尽量控制总体用钢量与系泊荷载,是设计者需要着力解决的关键技术。

[0003] 目前各类成熟的商业软件(如 MOSES、SESAM 等)虽然可以准确计算出系泊缆的构型与受力,但仅能对于已有系泊方案进行计算校核,并不能自行得出各类参数的合理取值。其他诸如 DMOOR 等系泊设计软件虽然能够在一定程度上对系泊缆进行优化,但并不能很好地涵盖设计规范的各项指标以及具体的设计要求,不利于工程的直接应用。而传统的浅水系泊设计经验又无法直接应用于深水。为此业界需要一套实用性强、收敛性好的深水系泊缆结构设计优化方法。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,该方法在给定系泊设计基础条件下,兼顾设计规范的具体要求,通过多层循环迭代,得出系泊缆各项设计参数的合理选取值。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法,其包括以下步骤:

[0006] 1) 单根系泊缆结构设计参数的确定:

[0007] 步骤 11,根据作业水深、现有缆绳规格以及海底锚链的最小悬空段长度 l_{1min} 与最小卧底段长度 l_{0min} ,首先固定船体锚链长度 l_3 并给予中部钢缆一个初始长度 l_2 ,然后根据多段悬链线方程求出近端系泊缆悬空段的水平跨距 H' ;

[0008] 步骤 12,保持作业水深、现有缆绳规格与中部钢缆长度 l_2 不变,使得系泊缆顶部张力为 50% 的锚链破断拉力,然后根据多段悬链线方程求出远端系泊缆悬空段的水平跨距 H'' 与海底锚链的最大悬空段长度 l_{1max} ;

[0009] 步骤 13,逐渐增加中部钢缆长度 l_2 并重复上述步骤 11 和步骤 12,当

$H' - H' + l_{1\min} - l_{1\max}$ 接近 $2d$ 时终止迭代, 此时的 l_2 即为中部钢缆的最佳长度, $l_{1\max} + l_{0\min}$ 即为卧底段和悬空段海底锚链的最佳长度, 静态系泊水平辐射距离为 $H = H' - H' + l_{0\min} - d$, 其中 d 为上部浮体所容许出现的最大水平偏移量;

[0010] 2) 单根系泊缆顶部预张力的求解: 将系泊缆各分段长度、作业水深与静态系泊水平辐射距离作为输入条件, 根据多段悬链线方程迭代计算求出系泊缆顶部预张力大小;

[0011] 3) 锚固基础的选型: 根据锚固点处的最大水平拉力, 设计得出锚固基础的类型与规格;

[0012] 4) 系泊系统整体回复刚度的计算: 在给定每根系泊缆绳布置角度的前提下, 逐步增加静态系泊水平辐射距离, 根据多段悬链线方程迭代计算求出每根系泊缆顶部张力, 形成系泊系统整体的水平恢复刚度曲线, 从而确定系泊缆的总体布置根数与布置方向。

[0013] 多段悬链线方程的表达式如下:

$$[0014] \quad F_{x(i)} = F_{x(i-1)}$$

$$[0015] \quad F_{z(i)} = F_{z(i-1)} + q_{(i)} \cdot l_{(i)}$$

$$[0016] \quad H_{(i)} = F_{x(i)} \cdot \left[\frac{l_{(i)}}{E_{(i)} A_{(i)}} + \frac{1}{q_{(i)}} \ln \left(\frac{F_{x(i)} + T_{(i)}}{F_{x(i-1)} + T_{(i-1)}} \right) \right] \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

$$[0017] \quad V_{(i)} = \frac{1}{2E_{(i)} A_{(i)} q_{(i)}} [T_{(i)}^2 - T_{(i-1)}^2] + \frac{1}{q_{(i)}} [T_{(i)} - T_{(i-1)}]$$

$$[0018] \quad l_{d(i)} = l_{(i)} + \frac{1}{2E_{(i)} A_{(i)} q_{(i)}} \left[F_{z(i)} T_{(i)} - F_{z(i-1)} T_{(i-1)} + F_{x(i)}^2 \ln \left(\frac{F_{z(i)} + T_{(i)}}{F_{z(i-1)} + T_{(i-1)}} \right) \right]$$

[0019] 同时满足如下的边界条件:

$$[0020] \quad F_{z0} = 0 \quad (2)$$

$$[0021] \quad H = l_0 + \sum H_{(i)} \quad i=1, 2, 3 \quad (3)$$

$$[0022] \quad V = \sum V_{(i)}$$

[0023] 其中, $T_{(i)} = F_{x(i)}^2 + F_{z(i)}^2$; $F_{x(i)}$ 为系泊缆分段 i 的缆绳上端点处的水平向拉力; $F_{z(i)}$ 为系泊缆分段 i 的缆绳上端点处的垂向拉力; $q_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的单位长度缆绳所受的垂向均布力; $l_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的长度; $H_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的水平跨距; $E_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的弹性模量; $A_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的截面积; $V_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的垂向高度; $l_{d(i)}$ 表示拉伸后的系泊缆分段 i 长度; H 为深水悬链线系泊缆的静态系泊水平辐射距离; V 为作业水深; F_{z0} 为海底锚链卧底段的着地点处的垂向拉力; l_0 为海底锚链的卧底段长度。

[0024] 海底锚链的最小卧底长度 $l_{0\min}$ 大于 100m。

[0025] 海底锚链的最小悬空长度 $l_{1\min}$ 大于 100 米

[0026] 系泊缆的中部钢缆部分不能接触海底。

[0027] 本发明由于采取以上技术方案, 其具有以下优点: 1、本发明针对“锚链-钢缆-锚链”三段组合式深水悬链线系泊缆, 在给定设计基础(缆绳规格、作业水深以及浮体容许出现的极限水平偏移量)条件下, 兼顾设计规范对于系统各项指标的具体要求, 通过迭代计算, 确定出系泊缆各分段长度、顶部预张力、系泊水平辐射距离等结构参数, 从而在尽量控制总体用钢量与系泊荷载条件下, 使系泊缆的水平回复特性达到最优, 之后将计算得出缆

绳不同状态时的构型与受力情况,为系泊设备选型提供便利。2、本发明与现有的系泊分析软件 MOSES、SESAM 等商业软件相比,具有面向设计、实用性强、收敛速度快等优势,且实现了各类设计参数的优化选取,可用于深水浮式平台悬链线系泊系统的前期方案设计与整体性能评估。

附图说明

- [0028] 图 1 为本发明深水悬链线系泊缆的结构分段示意图；
 [0029] 图 2 为本发明某系泊缆绳静态构型图；
 [0030] 图 3 为本发明某系泊缆绳近端构型图；
 [0031] 图 4 为本发明某系泊缆绳远端构型图；
 [0032] 图 5 为本发明单根系泊缆张力随上端浮体水平偏移量的变化曲线与 MOSES 软件的对比图；
 [0033] 图 6 为本发明某系泊系统总体布置图；
 [0034] 图 7 为本发明某系泊系统整体水平回复刚度曲线与 MOSES 软件的对比图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0036] 图 1 显示了深水悬链线系泊缆结构分段示意图,首先参考图 1 定义参数如下：

[0037] l_0 为海底锚链的卧底段长度, l_1 为海底锚链的悬空段长度, l_2 为中部钢缆长度, l_3 为船体锚链长度；

[0038] H_i 、 V_i 分别为三段悬空部分缆绳(即海底锚链的悬空段、中部钢缆和船体锚链)的水平跨距与垂向高度, $i=1, 2, 3$ ；

[0039] F_{xi} 、 F_{zi} 分别为三段悬空部分缆绳上端点处的水平向拉力与垂向拉力, $i=1, 2, 3$ ；

[0040] F_{x0} 、 F_{z0} 分别为海底锚链卧底段的着地点处的水平向拉力与垂向拉力。

[0041] 根据多段悬链线方程,上述参数应符合以下关系：

$$[0042] \quad F_{x(i)} = F_{x(i-1)}$$

$$[0043] \quad F_{z(i)} = F_{z(i-1)} + q_{(i)} \cdot l_{(i)}$$

$$[0044] \quad H_{(i)} = F_{x(i)} \cdot \left[\frac{l_{(i)}}{E_{(i)} A_{(i)}} + \frac{1}{q_{(i)}} \ln \left(\frac{F_{x(i)} + T_{(i)}}{F_{x(i-1)} + T_{(i-1)}} \right) \right] \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

$$[0045] \quad V_{(i)} = \frac{1}{2E_{(i)} A_{(i)} q_{(i)}} [T_{(i)}^2 - T_{(i-1)}^2] + \frac{1}{q_{(i)}} [T_{(i)} - T_{(i-1)}]$$

$$[0046] \quad l_{d(i)} = l_{(i)} + \frac{1}{2E_{(i)} A_{(i)} q_{(i)}} \left[F_{z(i)} T_{(i)} - F_{z(i-1)} T_{(i-1)} + F_{x(i)}^2 \ln \left(\frac{F_{z(i)} + T_{(i)}}{F_{z(i-1)} + T_{(i-1)}} \right) \right]$$

[0047] 同时满足如下的边界条件：

$$[0048] \quad F_{z0} = 0 \quad (2)$$

$$[0049] \quad H = l_0 + \sum H_{(i)} \quad i=1, 2, 3 \quad (3)$$

$$[0050] \quad V = \sum V_{(i)}$$

[0051] 其中, $T_{(i)} = F_{x(i)}^2 + F_{z(i)}^2$; $F_{x(i)}$ 为系泊缆分段 i 的缆绳上端点处的水平向拉力; $F_{z(i)}$ 为系泊缆分段 i 的缆绳上端点处的垂向拉力; $q(i)$ 为系泊缆分段 i 的单位长度缆绳所受的垂向均布力; $l_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的长度; $H_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的水平跨距; $E_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的弹性模量; $A_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的截面积; $V_{(i)}$ 为系泊缆分段 i 的垂向高度; $l_{d(i)}$ 表示拉伸后的系泊缆分段 i 长度; H 为深水悬链线系泊缆的静态系泊水平辐射距离; V 为作业水深。

[0052] 同时, 该深水悬链线系泊缆应满足以下要求:

[0053] 1) 系泊缆的锚固点处不承受上拔力, 因此在任何情况下, 海底锚链的最小卧底长度 l_{0min} 大于 100m;

[0054] 2) 海底锚链的最小悬空长度 l_{1min} 大于 100 米;

[0055] 3) 系泊缆为永久性系泊, 因此在任何情况下, 系泊缆的中部钢缆部分不能接触海底;

[0056] 4) 中部钢缆的最大破断比小于 0.5;

[0057] 5) 系泊缆整体的水平恢复刚度不小于 10t/m。

[0058] 本发明的深水悬链线系泊缆的结构设计优化方法, 其包括以下步骤:

[0059] 1) 单根系泊缆结构设计参数的确定:

[0060] 步骤 11, 根据作业水深、现有缆绳规格以及海底锚链的最小悬空段长度 l_{1min} 与最小卧底段长度 l_{0min} , 首先固定船体锚链长度 l_3 (通常在 100 米左右) 并给予中部钢缆一个初始长度 l_2 , 然后根据公式 (1) 至 (3) 即可求出近端系泊缆悬空段的水平跨距 H' , 并绘制单根系泊缆近端时的水中构型图 (如图 3 所示)。通过该系泊缆近端构型图可以更直观地反映上端浮体出现极限水平偏移时, 水中系泊缆的各项性能参数与相对位置, 如海底锚链的最大卧底长度, 若海底锚链的最大卧底长度大于海底锚链的设置长度, 则表明中部钢缆已接触海底, 与设计规范相悖。其中近端系泊缆悬空段是指缆绳顶部由初始位置向靠近锚点的方向出现最大水平偏移时水中缆绳的悬空段。

[0061] 步骤 12, 保持作业水深、现有缆绳规格与中部钢缆长度 l_2 不变, 使得系泊缆顶部张力为 50% 的锚链破断拉力, 然后根据公式 (1) 至 (3) 即可求出远端系泊缆悬空段的水平跨距 H'' 与海底锚链的最大悬空段长度 l_{1max} , 并绘制单根系泊缆远端时的水中构型图 (如图 4 所示)。通过该系泊缆远端构型图金额以校核海底锚链的最小卧底长度是否大于 100 米, 系泊缆顶部的最大张力是否小于锚链破断拉力的 50%。其中远端系泊缆悬空段是指缆绳顶部由初始位置向背离锚点的方向出现最大水平偏移时水中缆绳的悬空段。

[0062] 步骤 13, 逐渐增加中部钢缆长度 l_2 并重复上述步骤 11 和步骤 12, 当 $H'' - H' + l_{1min} - l_{1max}$ 接近 $2d$ 时终止迭代, 此时的 l_2 即为中部钢缆的最佳长度, $l_{1max} + l_{0min}$ 即为卧底段和悬空段海底锚链的最佳长度, 静态系泊水平辐射距离为 $H = H'' + l_{0min} - d$, 并绘制单根系泊缆静态时的水中构型图 (如图 2 所示)。通过该系泊缆静态构型图可以更直观地反映上端浮体静止状态下水中系泊缆的各项性能参数。

[0063] 其中 d 为上端浮体所容许出现的最大水平偏移量, 通常与作业水深 V 呈一定比例关系, 且与上端浮体类型相关。如钻井平台所容许出现的最大水平偏移量小于 5% 的作业水深。而对于浮式生产平台而言, 其生存工况下所容许出现的最大偏移量可放宽至 10% 的作

业水深。

[0064] 2) 单根系泊缆顶部预张力的求解:此时单根系泊缆各分段长度已全部确定,将系泊缆各分段长度、作业水深与静态系泊水平辐射距离作为输入条件,根据公式(1)至(3)采用迭代计算即可求出系泊缆顶部预张力大小,之后绘制单根系泊缆张力随上端浮体水平偏移量的变化曲线(如图5所示)。图5中实线和虚线分别表示通过本发明方法和MOSES软件得到的单根系泊缆张力随上端浮体水平偏移量的变化曲线,通过对比两曲线可知,本发明方法与MOSES软件在计算结果上的误差较小,表明本发明方法的计算精度与目前商业软件的计算进度接近,可用于具体的系泊设计。

[0065] 3) 锚固基础的选型:根据锚固点处的最大水平拉力,设计得出锚固基础的类型与规格。

[0066] 4) 系泊系统整体回复刚度的计算:在给定每根系泊缆绳布置角度的前提下(如图6所示),逐步增加静态系泊水平辐射距离H,根据公式(1)至(3)求出每根系泊缆顶部张力,形成系泊系统整体的水平恢复刚度曲线(如图7所示),从而确定系泊缆的总体布置根数与布置方向。图7中实线和虚线分别表示通过本发明方法和MOSES软件得到的某系泊系统整体水平回复刚度曲线,通过对比两曲线可知,本发明方法与MOSES软件在计算结果上的误差较小,表明该本发明方法的计算精度与目前商业软件的计算进度接近,可用于具体的系泊设计。

[0067] 下面结合某一具体算例来进一步说明本发明的优化方法。

[0068] 设计条件:某深水浮式平台作业水深为1500m,其中导缆孔设置在水面以下16m处,该平台所允许出现的最大水平偏移量为150m,现拟采用“锚链-钢缆-锚链”三段组合式系泊缆,缆绳的材料参数如下表所示:

[0069] 表1 系泊缆材料参数表

[0070]

	船体锚链	中部钢缆	海底锚链
空气中单位重量(kg/m)	315.36	91.90	315.36
水中单位重量(kg/m)	274.36	79.95	274.36
破断拉力(kN)	13573	13700	13573
EA值(N)	1.15e9	0.89e9	1.15e9

[0071] 采用本发明设计得到的单根系泊缆结构参数为:船体锚链长度100m,中部钢缆长度1849m,海底锚链长度1223m,系泊水平辐射距离2586m,顶部预张力355吨。浮体不同水平偏移量时系泊缆参数如表2所示:

[0072] 表2 系泊缆性能参数表

[0073]

水平偏移量(m)	-150	150
导缆孔处系泊张力(t)	208	692

[0074]

锚固点处水平拉力(t)	83	502
破断比	0.1502	0.4996
卧底长度(m)	1105	124

[0075] 根据锚固点处可能产生的最大水平拉力,选取抓重比为 1:20 的 Stevfix 锚,则最小锚重应大于 25 吨。

[0076] 系泊缆的总体布置参数如下所示:

[0077] 表 3 系泊缆的总体布置参数

[0078]

缆绳布置方式	4×4
每组缆绳中心线与 X 轴的夹角(deg)	49
同组缆绳间的夹角(deg)	4

[0079] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

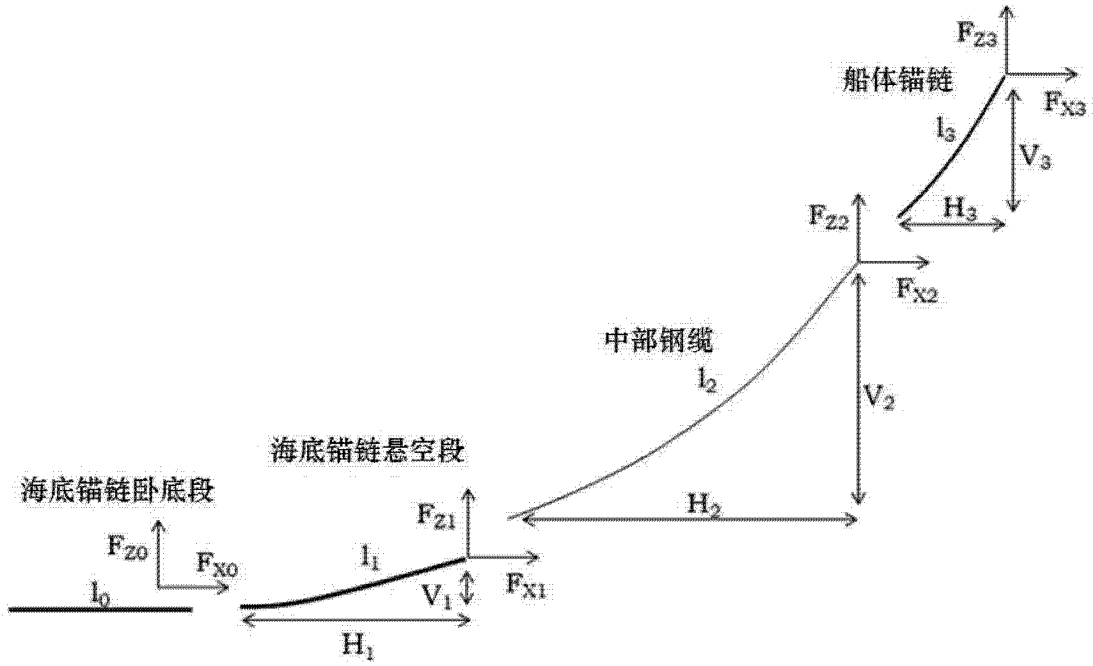


图 1

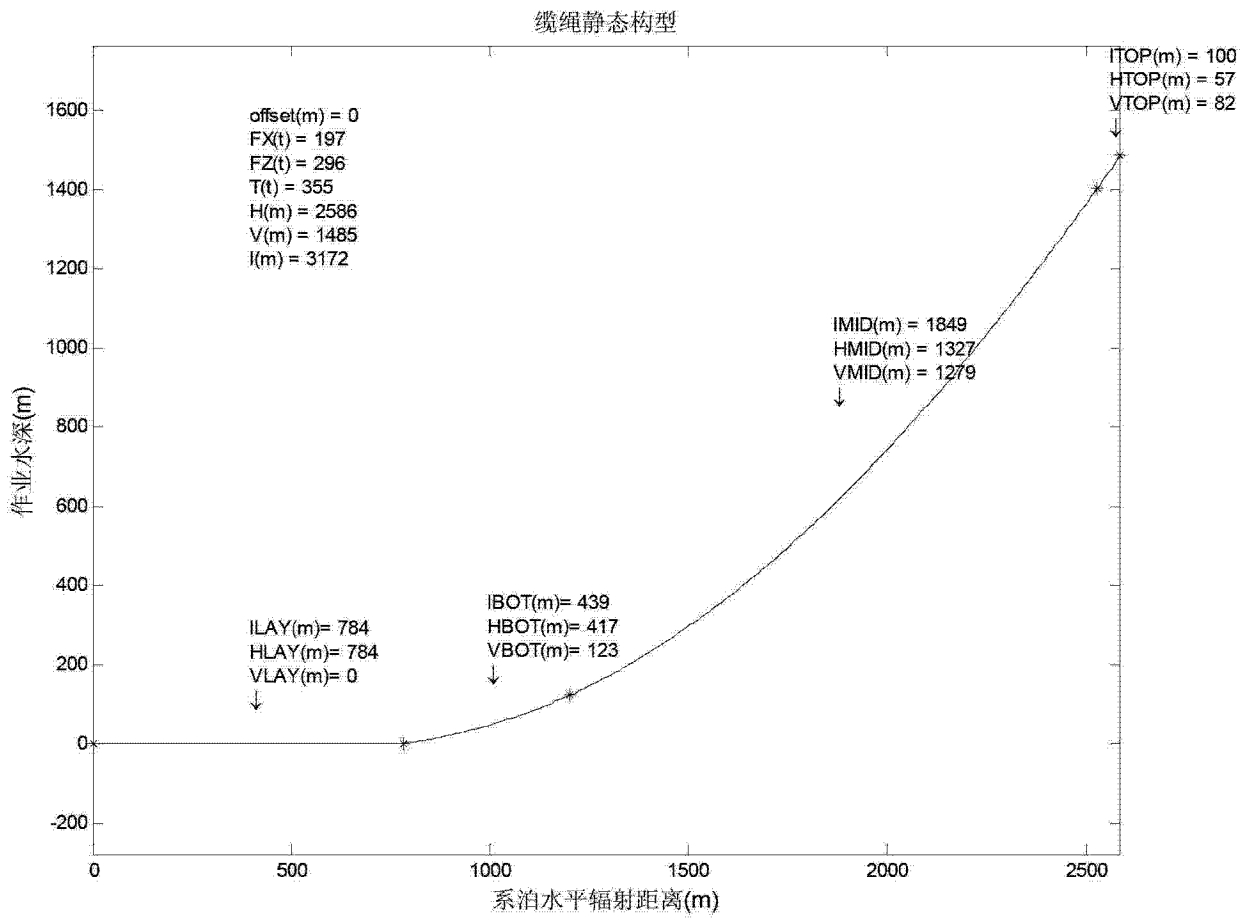


图 2

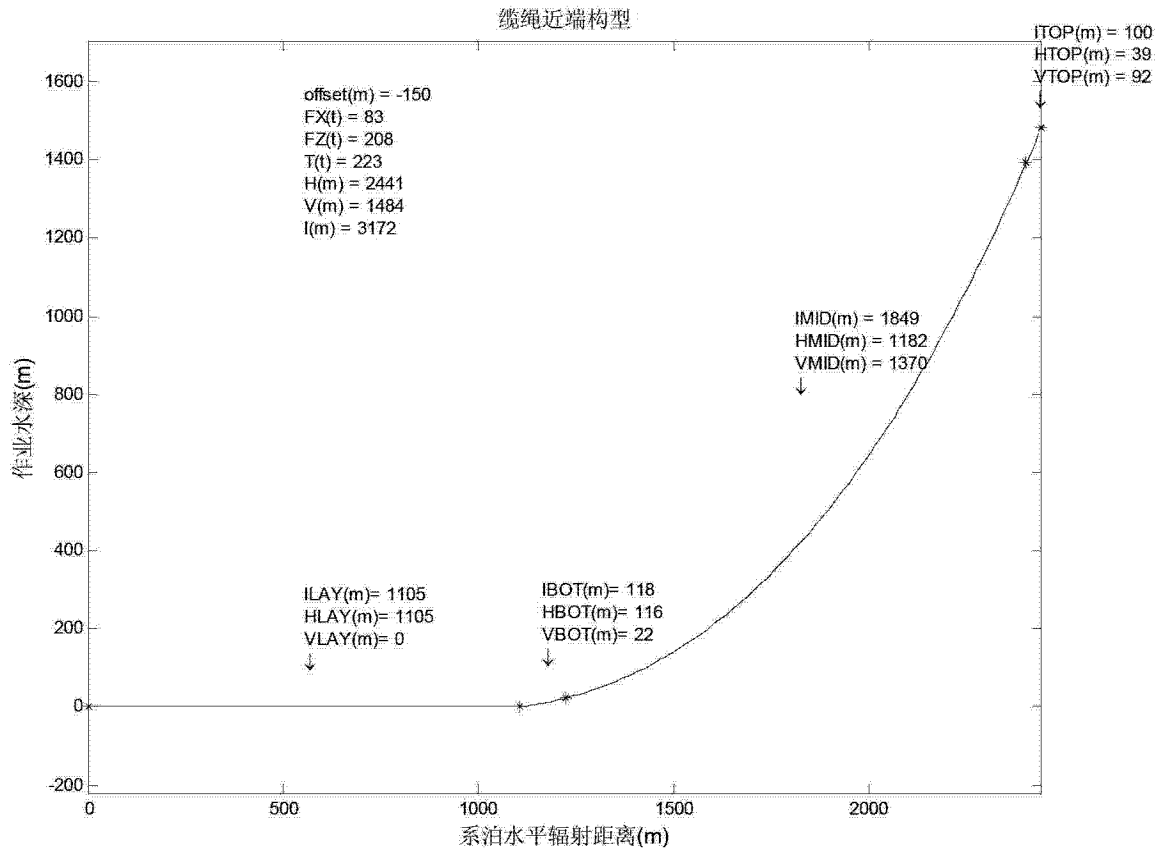


图 3

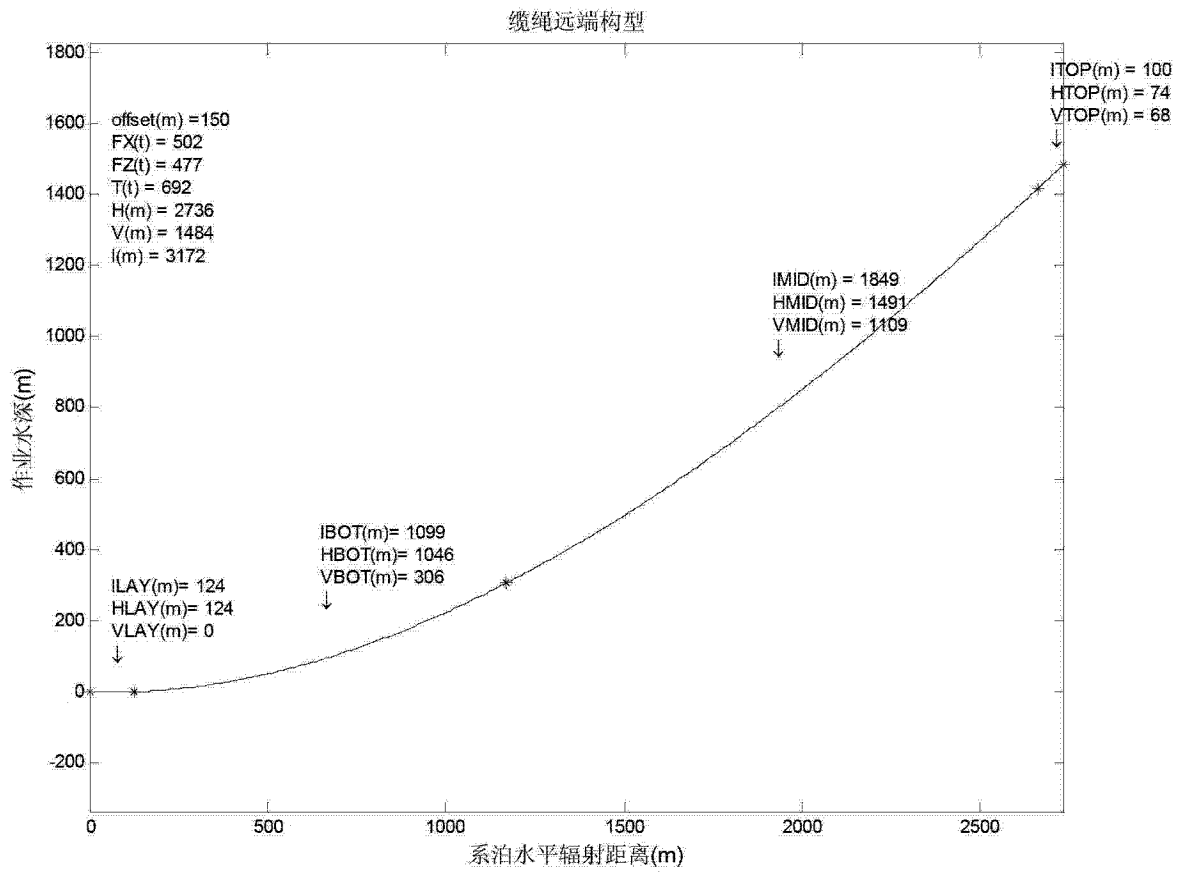


图 4

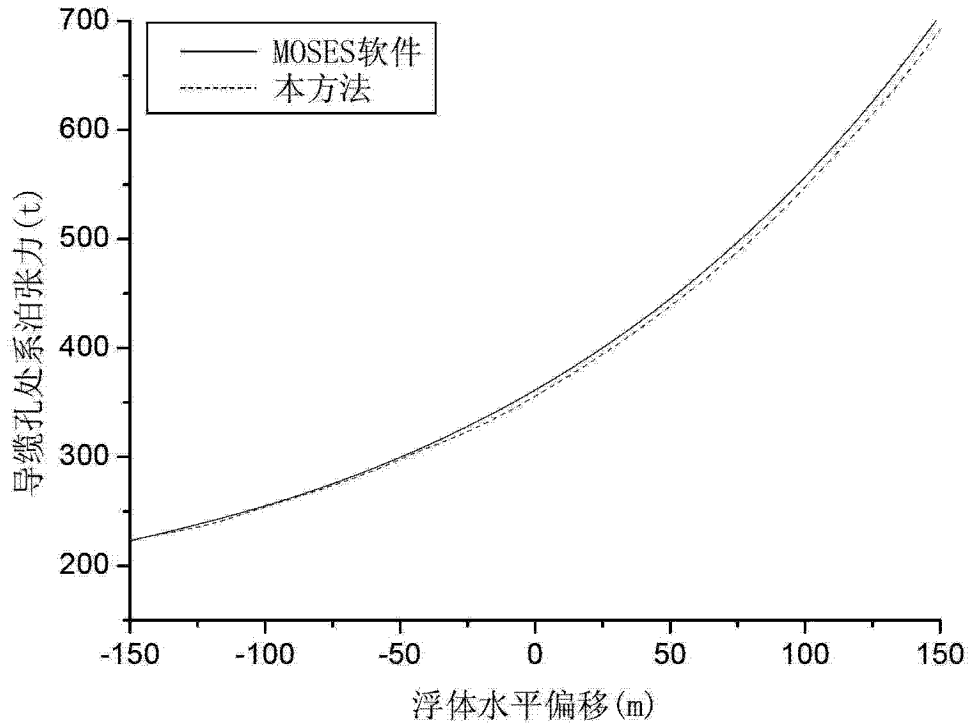


图 5

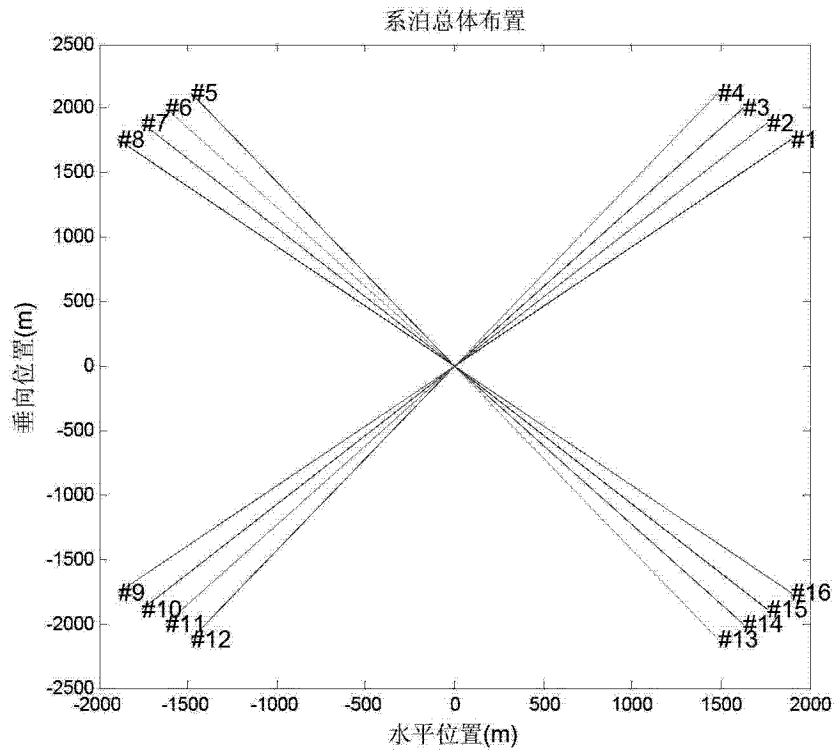


图 6

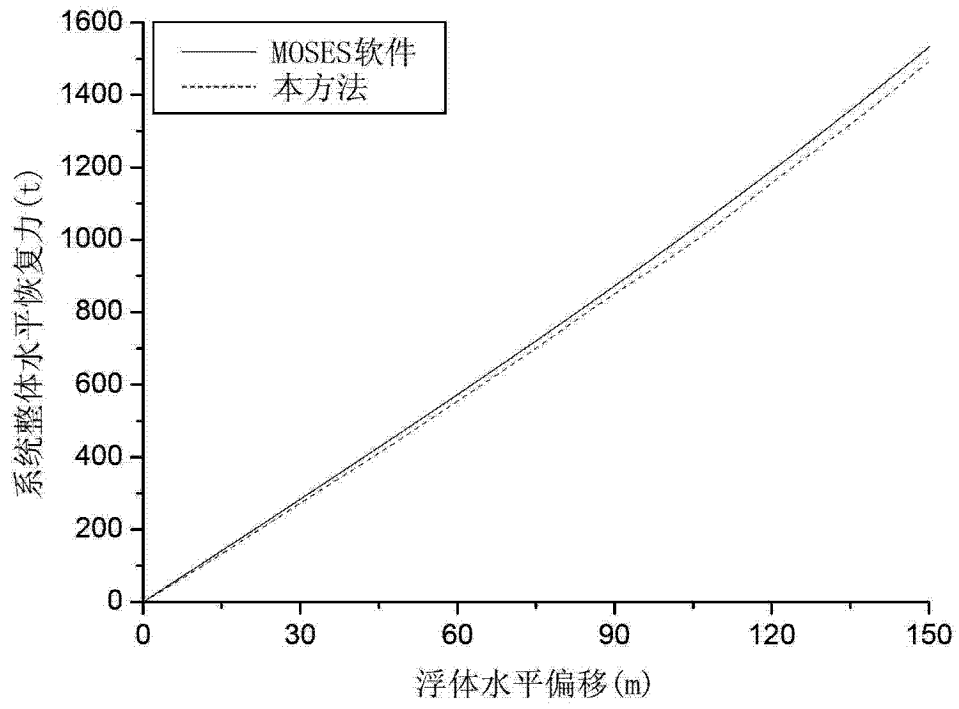


图 7