

半潜式海洋平台动力定位控制系统研究现状与进展

徐荣华¹ 王钦若¹ 宋亚男¹

摘要

在分析与总结相关文献的基础上,介绍了动力定位系统的优缺点;介绍了半潜式石油平台动力定位控制系统的原理、组成、结构以及一般定位精度要求和常见位置参考方式;着重对比分析了动力定位系统建模以及半潜式海洋平台动力定位控制方法,并针对目前研究现状及热点问题提出了研究展望。

关键词

海洋平台;动力定位系统;控制

中图分类号 TP273

文献标志码 A

0 引言

Introduction

深水半潜式平台具有抗风浪能力强、甲板面积和可变载荷大、适应水深范围广、钻机能力强等优点,在海洋工程中它不仅可用于钻井、生产平台、铺管船、供应船和海上起重船等,还能应用于多井口海底井和较大范围内卫星井的采油。另外,半潜式平台作为生产平台使用时,可使开发者于钻探出石油之后迅速转入采油,特别适用于深水下储量较小的石油储层。随着海洋开发逐渐由浅水向深水发展,它的应用将会日渐增多,诸如建立离岸较远的海上工厂、海上电站等,这对防止内陆和沿海的环境污染有很大的好处^[1-2]。

钻井平台经常需要将其定位于海上某一点,同时防止颠覆,以进行钻井作业。常见定位方式有锚泊定位、动力定位、锚泊定位+动力定位。一般水深情况下,浮式生产系统的系泊主要采用锚泊系统,但随着水深的增加,锚泊系统的抓底力减小,抛锚的困难程度增加,同时锚泊系统的锚链长度和强度都要增加,进而重量剧增,海上布链作业也变得复杂,系泊锚链的造价和安装费用猛增,其定位功能也受到很大的限制^[3]。随着船舶工业与海洋工程的迅猛发展,传统的定位系统已经不能满足深海地域定位作业的要求,动力定位系统能够很好地解决这一问题。它的优点是定位成本不会随着水深增加而增加,并且操作也比较方便,因此动力定位系统的研究越来越具有现实意义^[4]。

海洋结构物由于其自身的速度、质量、惯性矩、中心坐标等动态性能发生变化,往往引起流体动力导数发生相应的改变,导致其运动数学模型的参数甚至结构产生摄动,即不确定性的存在。此外,风、浪、流的存在也会造成附加的干扰动力,并最终转换为结构物模型的参数以及结构的摄动。因此,如何寻找高效实用的控制策略,以保证在海洋结构物本身存在动态性能改变和外界环境干扰的条件下仍能满足船舶与海洋工程领域中不断提高的性能指标要求,成为动力定位控制中的最关键问题^[4]。

1 动力定位系统研究现状

Status quo of dynamic positioning system

下面针对动力定位系统的特点分别介绍。

收稿日期 2009-08-28

资助项目 广东省自然科学基金(06300261);
广东工业大学青年基金(052031)

作者简介

徐荣华,男,博士生,讲师,主要研究自动化装备与集成. xurh@gdut.edu.cn

宋亚男(通信作者),女,博士,副教授,主要研究方向为复杂大系统的优化与控制. syn01@126.com

¹ 广东工业大学 自动化学院,广州,510006

1) 动力定位系统(Dynamic Positioning System, DPS)是一种闭环的控制系统,其功能是不借助锚泊系统的作用,而能不断检测出船舶的实际位置与目标位置的偏差,再根据风、浪、流等外界扰动力的影响计算出使船舶恢复到目标位置所需推力的大小,并对船舶上各推力器进行推力分配,使各推力器产生相应的推力,从而使船尽可能地保持在海平面上要求的位置. 它包括定点控制(推进器采用低进速)和航行控制,其优点是定位成本不会随着水深增加而增加,并且操作也比较方便;缺点是增加能耗,同时设备一旦失控将产生严重后果^[4].

2) 现有的动力定位系统一般由 3 部分组成:位置及艏向测量系统;控制系统;推力系统. 其中控制系统是动力定位系统的核心部分^[3]. DPS 示例见图 1,控制系统原理见图 2。

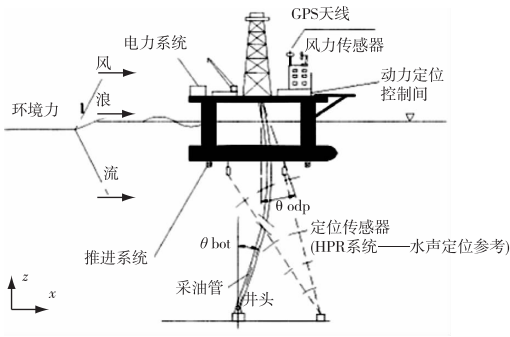


图 3 动力定位精度要求^[7]

Fig.3 Example of demands for dynamic positioning precision

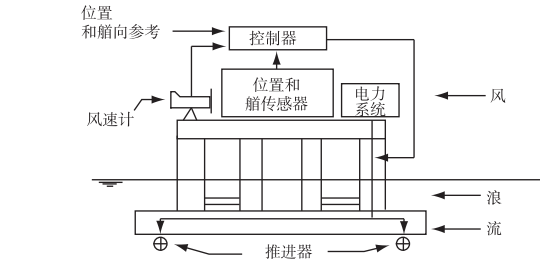


图 1 DP 控制系统示例^[5]

Fig.1 Example of DP control system

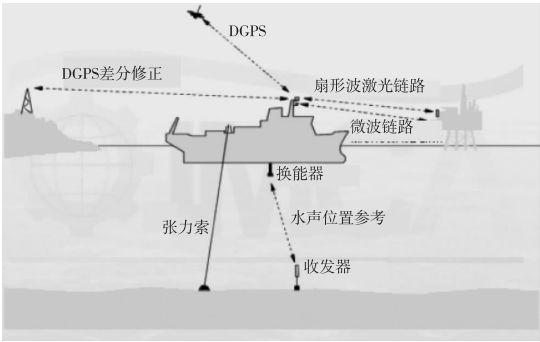


图 4 常见动力定位位置参考方式^[8]

Fig.4 Usual position reference mode of DP

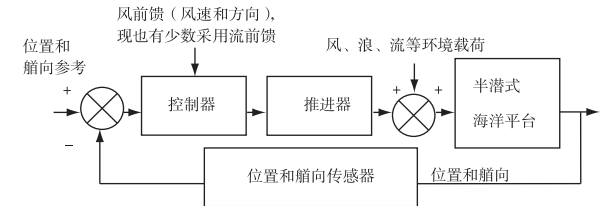


图 2 一般 DP 控制系统原理^[5]

Fig.2 Principle diagram of DP control system

3) 动力定位系统位置信号获取. 定位精度要求由平台作业任务决定. 对于钻探平台, 钻井立管相对井口或其顶端连接处的允许偏离弯曲角度决定平台可偏移位置的大小(图 3). 一般来说, 该角度保持在 2°范围内是趋于安全的^[6]. 目前的一些动力定位系统, 要求位置参考低于 3 m 的相对精度, 为了获得高精度, DP 控制系统要求采样周期为 1 s. 常见动力定位位置参考方式见图 4.

4) 动力定位系统建模及控制系统分析与设计. 下面介绍 2 种典型模型.

① 模型 1^[1,9-10]

a. 半潜式平台在外力作用下的低频运动方程为

$$\begin{cases} m(\ddot{u} + q\dot{w} - r\dot{v}) = X, \\ m(\ddot{v} + r\dot{u} - p\dot{w}) = Y, \\ m(\ddot{w} + p\dot{v} - q\dot{u}) = Z, \\ I_{xx}\ddot{p} + qr(I_{zz} - I_{yy}) - rI_{zx} = K, \\ I_{yy}\ddot{q} + rp(I_{zz} - I_{xx}) = M, \\ I_{xx}\ddot{r} + pq(I_{zz} - I_{yy}) - pI_{zx} = N. \end{cases} \quad (1)$$

其中: u, v, w 为线位移速度; $\dot{u}, \dot{v}, \dot{w}$ 为线位移加速度; p, q, r 为角位移速度; $\dot{p}, \dot{q}, \dot{r}$ 为角位移加速度; m 为平台质量, 包含流体附加质量; $I_{xx}, I_{yy}, I_{zz}, I_{zx}$ 为质量惯性矩, 也包括附加质量部分; X, Y, Z 分别为 x, y, z 方向上的外力; K, M, N 分别为 x, y, z 方向上的外力矩. 这里的附加质量为低频运动下的附加质量, 与运动的频率无关, 由水下的几何形状决定.

b. 运动方程在平台固定坐标系 XYZ 上求解. 在参考坐标系 $X_0Y_0Z_0$ 上的运动可通过下式进行坐标转换

$$\begin{cases} \dot{x}_0 = u \cos \psi - v \sin \psi, \\ \dot{y}_0 = u \sin \psi + v \cos \psi, \\ \dot{z}_0 = w. \end{cases} \quad (2)$$

外力矢量 $\underline{X}(X, Y, Z, K, M, N)$ 为

$$\underline{X} = \underline{X}_c + \underline{X}_w + \underline{X}_{wv} + \underline{X}_T + \underline{X}_H. \quad (3)$$

其中: $\underline{X}_c$ 为流载荷; $\underline{X}_w$ 为风载荷; $\underline{X}_{wv}$ 为波浪载荷; $\underline{X}_T$ 为推力; $\underline{X}_H$ 为流体静恢复力^[1].

c. 作用在浮体上的风力和风力矩为

$$\begin{cases} F_w = \frac{1}{2} C_{dw} \rho_a A_w U^2, \\ M_w = \frac{1}{2} C_{dw} \rho_a A_w U^2 L_w. \end{cases} \quad (4)$$

其中: U 为风相对于浮体运动的相对风速; ρ_a 为空气密度; A_w 为浮体在风速方向上的投影面积; C_{dw} 为风阻力系数,可以根据规范取定,更精确的办法是通过风洞试验确定; L_w 为力作用点到浮体重心的距离.

d. 作用在浮体上的流力和流力矩为

$$\begin{cases} F_c = \frac{1}{2} C_{dc} \rho_w A_c V^2, \\ M_c = \frac{1}{2} C_{dc} \rho_w A_c V^2 L_c. \end{cases} \quad (5)$$

其中: V 为风相对于浮体运动的相对风速; ρ_w 为空气密度; A_c 为浮体在风速方向上的投影面积; C_{dc} 为风阻力系数,可以根据规范取定,更精确的办法是通过风洞试验确定; L_c 为力作用点到浮体重心的距离.

e. 根据 Pinkster 的进场理论计算长峰波上的二阶波浪力,先利用三维源汇法基于物面的压力和力矩积分,在频域中计算出任一给定波浪遭遇角的二阶传递函数 $P(w_1, w_2)$ 、 $Q(w_1, w_2)$,再应用 Fourier 变换把二阶传递函数转化为二次脉冲响应函数

$$g_i(\tau_1, \tau_2) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G_i^2(w_1, w_2) e^{(i w_1 \tau_1 - i w_1 \tau_2)} dw_1 dw_2. \quad (6)$$

其中,

$$G_i^2(w_1, w_2) = P(w_1, w_2) + iQ(w_1, w_2).$$

结合给定波浪时历 $\zeta(t)$,则二阶波浪力的时历可以由下式计算得到:

$$F_i^{\text{wave}(2)}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g_i(w_1, w_2) \zeta(t - \tau_1) \zeta(t - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2. \quad (7)$$

在模拟中,随机波浪时历 $\zeta(t)$ 是由浮体作业海域确定的海浪谱 $S(w)$ 生成的长峰波,

$$\zeta(t) = \sum_{j=1}^N \zeta_j(w_j) \cos(w_j t + \varepsilon_j). \quad (8)$$

其中: $\zeta_j(w_j) = \sqrt{2S(w_j) \Delta w_j}$; ε_j 为在 $(0, 2\pi)$ 上均匀分布的随机初始相位.

f. 流体静恢复力,一般采用水池实验获得.

g. 现有的控制器主要为风前馈+已知外力前馈+PID,如:

$$\begin{cases} X_{\text{treq}} = -\bar{X}_e + c_{tx} \Delta x + b_{tx} \Delta \dot{x} + \frac{i_{tx}}{T_{\text{int}}} \int_{T_{\text{int}}} \Delta x dt + X_{\text{wff}}, \\ Y_{\text{treq}} = -\bar{Y}_e + c_{ty} \Delta y + b_{ty} \Delta \dot{y} + \frac{i_{ty}}{T_{\text{int}}} \int_{T_{\text{int}}} \Delta y dt + Y_{\text{wff}}, \\ N_{\text{treq}} = -\bar{N}_e + c_{\psi} \Delta \psi + b_{\psi} \Delta \dot{\psi} + \frac{i_{\psi}}{T_{\text{int}}} \int_{T_{\text{int}}} \Delta \psi dt + Y_{\text{wff}}. \end{cases} \quad (9)$$

式中: $\bar{X}_e, \bar{Y}_e, \bar{N}_e$ 为平均环境力(矩),为已知外力,如作业引起的力; T_{int} 为积分时间; c_i, b_i, i_i 分别为比例增益、微分增益和积分增益,由被控平台和控制系统决定; $\Delta x, \Delta y, \Delta \psi$ 为平台当前位置与定位要求位置的位置偏差; $X_{\text{wff}}, Y_{\text{wff}}, \psi_{\text{wff}}$ 为风前馈力(矩).

h. 控制器计算出的定位所需的推力需由不同的推力执行机构配合完成,这就要求控制系统还要有另外一个功能:分配推力给各个推力器,由专门的推力分配逻辑来执行. 求解推力分配问题是个非线性最优化问题. 下面建立问题的目标函数和约束条件.

考虑到半潜式平台一般使用的都是全方位推力器,在任何方向上 α_i 都能产生推力 T_i ,可以把推力分解为 x 轴和 y 轴2个方向的力 T_{xi} 和 T_{yi} ,这样就同时表达了推力器的大小和方向,设立变量

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_{2N}], \quad (10)$$

其中: $x_{2i-1} = T_{xi}$ 为全方位推进器的纵向力; $x_{2i} = T_{yi}$ 为全方位推进器的横向力; N 为全方位推进器的数目. 推进器工作时产生的推力方向可表示为

$$\alpha_i = \arctan\left(\frac{x_{2i}}{x_{2i-1}}\right). \quad (11)$$

为满足动力系统燃油消耗的最优化,推力分配上须以最小的功率消耗为目标,从而最小化的目标函数可写成

$$f(x) = \sum_{i=1}^N (x_{2i}^2 + x_{2i-1}^2). \quad (12)$$

约束条件可以分为等式约束和不等式约束. 等式约束包括3个方向(纵向、横向和艏摇力矩方向)上的推力等式,即推力(矩)要与控制器计算得到要求推理矩相等.

$$\begin{cases} g_1(x) = X_{\text{treq}} - \sum_{i=1}^N x_{2i-1} = 0, \\ g_2(x) = Y_{\text{treq}} - \sum_{i=1}^N x_{2i} = 0, \\ g_3(x) = N_{\text{treq}} - \sum_{i=1}^N x_{2i} I_{y,i} + \sum_{i=1}^N x_{2i-1} I_{x,i} = 0. \end{cases} \quad (13)$$

其中: $l_{y,i}$ 和 $l_{x,i}$ 分别为推力器到平台旋转中心(一般取坐标原点)的纵向和横向距离。

第 1 组不等式约束为每个推力器的最大推力限制。

$$\begin{cases} g_4(x) = T_{\max,1} - \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \geq 0, \\ \vdots \\ g_{3+N}(x) = T_{\max,N} - \sqrt{x_{2i-1}^2 + x_{2N}^2} \geq 0. \end{cases} \quad (14)$$

第 2 组不等式约束来自禁止角的约束。所谓禁止角就是对全方位推力器设置部分禁止工作角度区域以避免严重干扰。禁止角在设置时要求指定角度区域的下限($\alpha_{l,i}$)和上限($\alpha_{H,i}$),从而不等式约束可写成

$$g(\alpha) = \left(\alpha - \frac{\alpha_l + \alpha_H}{2} \right)^2 - \left(\frac{\alpha_l - \alpha_H}{2} \right)^2 \geq 0, \quad (15)$$

该非线性最优化问题可通过罚函数法进行求解。

② 模型 2^[7,11-13]

半潜式石油平台 3 自由(艏摇,横荡,纵荡)度非线性低频耦合方程为

$$\mathbf{M}\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}_{\text{RB}}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{C}_A(\mathbf{v}_r)\mathbf{v}_r + \mathbf{D}_{\text{NL}}(\mathbf{v}_r, \gamma_r)\mathbf{v}_r + \mathbf{D}_L\mathbf{v}_r = \boldsymbol{\tau}_{\text{wind}} + \boldsymbol{\tau}_{\text{wave2}} + \boldsymbol{\tau}_{\text{thr}}. \quad (16)$$

其中: $\mathbf{v}$ 是速度向量,即 $\mathbf{v} = [u, v, r]^T$; $\mathbf{v}_r$ 是考虑流后的相对向量; $\boldsymbol{\tau}_{\text{thr}}$ 为推进力; γ_r 为平台速度和流速之间的夹角; $\boldsymbol{\tau}_{\text{wind}}$ 为风力(矩); $\boldsymbol{\tau}_{\text{wave2}}$ 为二阶波浪力矩;斜对称 Coriolis 和 Centripetal 矩阵

$$\mathbf{C}_{\text{RB}}(\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -mv \\ 0 & 0 & mu \\ mv & -mu & 0 \end{bmatrix};$$

考虑流的斜对称 Coriolis 矩阵(写成斜对称的 Coriolis 的形式是为了获得简洁的标记,以便在特殊应用下证明稳定性^[9]线性阻尼矩阵由线性波浪力阻尼和层流表面摩擦力构成)

$$\mathbf{C}_A(\mathbf{v}_r) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & Y_v v_r + Y_r r \\ 0 & 0 & -X_u u_r \\ -Y_v v_r - Y_r r & -X_u u_r & 0 \end{bmatrix};$$

层流表面摩擦力是只在小速度下存在,当速度增长,

水流变混乱,阻尼成了非线性,

$$\mathbf{D}_L = \begin{bmatrix} X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v & -Y_r \\ 0 & -N_v & -N_r \end{bmatrix};$$

非线性阻尼向量

$$\mathbf{D}_{\text{NL}}(\mathbf{v}_r, \gamma_r) = \begin{bmatrix} X_u |u| (\gamma_r) \cdot |u_{ur}| \cdot u_{ur} \\ Y_u |u| (\gamma_r) \cdot |u_{ur}| \cdot u_{ur} \\ N_u |u| (\gamma_r) \cdot |u_{ur}| \cdot u_{ur} \end{bmatrix},$$

这里 $u_{ur} = \sqrt{u_r^2 + v_r^2}$, 而 $X_u |u| (\gamma_r)$, $Y_u |u| (\gamma_r)$, $N_u |u| (\gamma_r)$ 分别为纵荡,横荡和艏摇的拖力系数,可以通过模型实验和专业辨识软件计算获得,注意到当旋转速度 r 很小的时候,该公式是有效的,但是当 r 增长时,就要利用交叉流计算模型了^[11]。

2 半潜式海洋平台动力定位控制方法

Control methods for dynamic positioning of semi-submersible offshore platform

海洋结构物在海上的运动是由风、水流、波浪、推力器等共同产生的。前者引起的慢漂运动使其缓慢地漂离原来的位置,必须加以控制;后者引起高频往复运动。动力定位系统很难并且也没有必要对高频位移进行控制,因为这会大大加速推力器系统的磨损和能量的消耗。早期的动力定位系统采用 PID + 低通滤波器,引入了相位滞后。为解决相位滞后, Kalman 滤波被利用。为解决模型不确定性和外部扰动问题, H_∞ 鲁棒控制和模糊控制被引入提高动力定位控制的鲁棒性。针对动力定位系统具有高维、非线性、强干扰、难建模、时滞等特点,神经网络控制被引入辅助控制^[4,14]。

目前的研究工作在进一步深化和细化,如何建立更精确的模型,对外力进行有效的预测,是取得更好控制效果的重要途径,于是,研究者近年展开了如下问题的研究。

1) 特殊海况下的动力定位问题。文献[15]研究了强风中普通商船动力定位的研究,采取艏找风控制,然后使船舶保持顶风静止;采用基于闭环增益成形算法和精确反馈线性化算法的航向保持非线性鲁棒控制器与速度鲁棒控制器;建立了船舶顶风状态的非线性数学模型,为反映船舶在顶风静止状态的舵效,提出了等效船速的概念并推导出其计算公式;对处在强风(8 级以上)、浪等扰动中的非线性船舶运动数学模型进行仿真,仿真曲线表明通过对船舶

运动进行非线性鲁棒控制,实现了强风中普通商船的动力定位.文献[16]研究了从平静海况到极限海况下的动力定位混杂控制,设置天气窗口,考虑苛刻天气情况下的动力定位系统控制;采用多输出PID和带有位置和加速度测量装置的加速度反馈控制器实现不同海况下的控制;并且给出了从平静海面到极限海况下,基于混杂控制器的动力定位系统的稳定性.文献[17]研究了模型预测控制在船舶动力定位系统约束控制中的应用,提出了船舶动力定位系统设计中应考虑的各种约束;针对某供应船,根据模型预测控制理论进行了带约束的动力定位控制器设计.

2) 主要外力预报.文献[18]进行了动力定位船舶二阶低频慢漂力模型的试验研究,将试验得到的纵向慢漂力谱、横向慢漂力谱与势流理论方法得到的理论值进行比较,结果表明该模型试验方法与理论计算较为吻合,可为动力定位系统的设计和应用提供参考.文献[19]考虑具有修正PM波谱的长峰不规则浪,基于海浪幅值响应算子(RAO)研究了船舶在浪中的6自由度运动预报模型,以辅助动力定位设计.还有其他研究者考虑推进器失效情况下,进行了实时推进功率分析等方面的研究.

值得指出的是,因为深海半潜式海洋平台动力定位研究是近年开展的,直接针对深海半潜式海洋平台动力定位的结果不多.由于深海半潜式海洋平台和船舶同为海上大型浮式结构物,其动力定位控制虽细节上有不同,但具有很大类同性,所以,本文列举的研究成果部分来自船舶动力定位系统研究.

3 展望

Prospect

总结文献,展望该项研究的重点将集中在以下几个方面.

1) 深海半潜式平台动力定位控制是一个非线性问题,其非线性包括非线性恢复力、非线性阻尼力、多自由度运动的非线性耦合和严酷风浪条件的非线性扰动等;其次,风浪中平台的动力定位问题还因为风浪的随机特征而属随机过程^[20].半潜式海洋平台动力定位分析与控制问题实际就是一个随机强非线性问题,所以,可以基于随机非线性理论来研究该问题.目前随机非线性理论的发展出现了很多有益的结果.

2) 如何节省推进器能量是目前动力系统的研

究的一个重点.

3) 可以考虑系统的时滞特性、量化问题、混杂特性来完善控制器设计.例如:现在控制器的设计和推力分配优化是分开考虑求解,而实际系统实现的时候,每采样一次就根据控制器给出一个推力需求,做一次推力分配,所以联合建模就是一个混杂系统,必须利用混杂系统理论来实现控制器的设计和优化.

4) 若要提高控制性能指标,前馈是重要途径,目前主要采用风前馈和流前馈,浪前馈因为建模复杂,结果比较少.考虑不同海况及平台形式下,浪作用力建模既是海洋结果物运动响应分析的重点,也是提高定位系统精度的基础,其中一阶漂移力研究比较深入,二阶漂移力研究是目前的重点.

5) 动力定位目前主要考虑横荡、纵荡和艏摇,实际上浮式结构物的运动是包括横荡、纵荡、艏摇、横摇、纵摇和升沉的六维耦合运动,如何处理好其他维运动对动力定位性能指标的影响,也是该项研究的重要方面.

参考文献

References

- [1] 陈恒.深海半潜式平台动力定位推力系统设计研究[D].上海交通大学,2008:3,62
CHEN Heng. Research on design of DP thruster system of deepwater semi-submersible platform[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Master Dissertation, 2008: 3, 62
- [2] 栾苏,韩成才,王维旭,等.半潜式海洋钻井平台的发展[J].石油矿场机械,2008,37(11):90-93
LUAN Su, HAN Chengcai, WANG Weixu, et al. Development of semi-submersible rig[J]. Oil Field Equipment, 2008, 37(11): 90-93
- [3] 赵志高,杨建民,王磊,等.动力定位系统发展状况及研究方法[J].海洋工程,2002,20(1):91-97
ZHAO Zhigao, YANG Jianmin, WANG Lei, et al. The development and research method of dynamic positioning system[J]. The Ocean Engineering, 2002, 20(1): 91-97
- [4] 周利,王磊,陈恒.动力定位控制系统研究[J].船海工程,2008,37(2):86-91
ZHOU Li, WANG Lei, CHEN Heng. Review on the study of dynamic positioning control system for vessels[J]. Ship & Ocean Engineering, 2008, 37(2): 86-91
- [5] Yamamoto M, Morooka C K. Dynamic positioning system of semi-submersible platform using fuzzy control[J]. J of the Braz Soc of Mech Sci & Eng 2005, 17(4): 449-455
- [6] Asgeir J S, Bernt L, Jann P S, et al. Optimal set point chasing in dynamic positioning of deep-water drilling and intervention vessels[J]. Int J Robust Nonlinear Control, 2001(11): 1187-1205
- [7] Bernt J L, Asgeir J S, Carl M L. A reliability-based control algorithm for dynamic positioning of floating vessels[J]. Structural Safety, 2004, 26(1): 1-28
- [8] Introduction to dynamic positioning. The international marine contractors association[EB/OL]. [2009-08-28] <http://www.imca->

- int.com/divisions/marine/profile/dp/
- [9] 陈恒,王磊,周利. 考虑艏向变化的动力定位浮体运动时域模拟[C]//第二届全国水动力学研讨会文集. 2007:650-658
CHEN Heng, WANG Lei, ZHOU Li. Time domain simulation of motion for DP floating structure under the influence of heading change[C]//The 20th Proceeding of the Conference of Global Chinese Scholars on Hydrodynamics, 2006:650-658
- [10] Hooft J P. Hydrodynamic aspects of semi-submersibles[D]. Ph D thesis, Delft University of Technology, 1972
- [11] Fossen T I. Marine control systems. Guidance, navigation and control of ships, rigs and underwater vehicles[M]. Trondheim, Norway: Marine Cybernetics AS, 2000
- [12] Faltinsen O M. Sealoads on ships and offshore structure[M]. UK: Cambridge University Press, 1990
- [13] Bernt J L, Asgeir J S, Carl M L. A reliability-based control algorithm for dynamic positioning of floating vessels[J]. Structural Safety, 2004(26):1-28
- [14] 邓志良,谷丽丽,胡寿松,等. 基于模糊神经网络的动力定位系统[J]. 中国造船, 2008, 49(1):35-39
DENG Zhiliang, GU Lili, HU Shousong, et al. Ship dynamic positioning system based on fuzzy neural network[J]. Ship Building of China, 2008, 49(1):35-39
- [15] 张杨,张显库,王新屏,等. 强风中普通商船动力定位的研究[J]. 船舶工程, 2008, 30(2):58-62
ZHANG Yang, ZHANG Xianku, WANG Xinping, et al. Study on the dynamic orientation of common commercial vessels in the strong wind[J]. Ship Engineering, 2008, 30(2):58-62
- [16] Trong D N, Asgeir J S, Ser T Q. Design of hybrid controller for dynamic positioning from calm to extreme sea conditions[J]. Automatica, 2007, 43:768-785
- [17] 王元慧,施小成,边信黔. 基于模型预测控制的船舶动力定位约束控制[J]. 船舶工程, 2007, 29(3):22-25
WANG Yuanhui, SHI Xiaocheng, BIAN Xinqian. Restriction control of marine dynamic positioning system based on model predictive control[J]. Ship Engineering, 2007, 29(3):22-25
- [18] 王磊,王先福,杨建民. 动力定位船舶二阶低频慢漂力模型试验研究[J]. 海洋工程, 2006, 26(4):1-5
WANG Lei, WANG Xianfu, YANG Jianmin. Experimental research on second-order wave drift forces on a dynamically positioned ship[J]. The Ocean Engineering, 2006, 26(4):1-5
- [19] 李文魁,张博,田蔚风,等. 一种波浪中的船舶动力定位运动建模方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(6):1051-1054
LI Wenkui, ZHANG Bo, TIAN Weifeng, et al. Method of ship motion modeling with dynamic positioning in waves[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2007, 28(6):1051-1054
- [20] 李远林. 船舶非线性大幅横摇导致倾覆的研究[J]. 华南理工大学学报:自然科学版, 2001, 29(6):91-96
LI Yuanlin. Research in nonlinear large-amplitude roll leading to capsize in wind-waves[J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition, 2001, 29(6):91-96

Status quo and prospect on dynamic positioning control system of semi-submersible offshore platform

XU Ronghua¹ WANG Qinruo¹ SONG Yanan¹

¹ College of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006

Abstract In this paper, advantages and disadvantages are discussed based on analysis of the existing references. The principle, constitution, structure, demands for positioning precision, common position reference modes, modeling on dynamic positioning, common model examples and the contrastive analysis of dynamic positioning are also given. Then analysis and comparison are made of control methods for dynamic positioning of semi-submersible offshore platform. Finally the prospect is discussed based on status quo of research on dynamic positioning.

Key words offshore platform; dynamic positioning system; control