

海洋平台水动力系数识别及精度分析*

李少华^{1,2**} 时忠民³ 龙述尧¹ 丁桦⁴

(¹湖南大学机械与运载工程学院, 长沙, 410082) (²西安科技大学力学系, 西安, 710054)

(³中海石油研究中心, 北京, 100027) (⁴中国科学院力学研究所, 北京, 100190)

摘要 论文利用新动态模型减缩方法对海洋平台结构进行自由度减缩, 利用简化后的模型对水动力系数进行反演, 改善了反演模型中解的不确定性, 并对载荷反演中的病态问题进行了探讨, 同时给出了反演结果的评估方法, 为反演中测量数据的获取提供了依据, 提高了反演结果的可靠性。

关键词 水动力系数反演, 病态, 动态模型减缩, 自由度减缩

0 引言

海洋工程和海岸工程中小尺度构件应用十分普遍, 它的载荷分析迄今始终采用莫里森方程, 该方程中水动力系数 C_D 和 C_M 的确定对波浪力的计算至关重要。目前工程应用及规范^[1]中仍把这两个系数当常数来处理, 然而不同的海况条件下对 C_D 、 C_M 的选取存在着影响, 规范或经验中给出的常数值并不一定适合所有的工况, 因此准确识别出当前海况下的水动力系数具有重要的实际意义。

载荷识别是结构动力学的反问题, 主要有频域法和时域法两种^[2,3]。对于海洋平台这种大型复杂的有限元结构, 由于结构系统的数学模型的自由度过大, 传统的载荷识别方法往往会造成频域里频响函数矩阵过大, 加剧了反问题的不适定性^[4], 再加上问题的非线性, 导致计算量过大的困扰。本文针对这一问题, 利用模型简化思想, 应用简化后模型通过测得结构响应对水动力系数进行反演识别, 大大减少了结构的自由度个数, 减小了问题的不适定性, 节约了计算时间, 同时从波面高度出发, 求出波中各要素, 直接代入莫里森方程求波浪力, 避免了拖曳力线性化^[5-7]的麻烦和由于线性化带来的误差^[8], 并通过误差分析, 给出了解的性态判别, 保证了识别结果的可靠性, 为取得满意精度反演结果的节点响应测量的选取提供了依据。

1 模型简化

任何形式的模型简化方法必然要忽略结构的某些次要因素, 只保留其重要特征来达到简化模型的目的, 如 Guyan 法^[9]就是忽略了副自由度上的质量

的影响, 本文简化方法也不例外。像海洋平台这类大型复杂结构, 进行模态分析时会发现结构的某些区域的位移特征呈现同步性, 所谓运动同步性, 就是在一定的位移模式下, 结构整体运动可以用统一模式进行描述。同步性有多种形式, 具体到位移模式, 可以认为结构自由度之间的相对位移特征对结构的整体运动贡献很小, 基于此, 刚体运动可以看作是位移同步性假设的极值条件。

本文简化方法就是根据位移同步性假设将有限元模型结构划分为若干个同步性区域, 用准刚体模态去等效每个区域的位移模式, 于是, 每个区域上任一点的运动可以用 6 个基本的准刚体模态进行叠加表示为:

$$u_i = R_i q \quad (1)$$

其展开形式为:

$$\begin{Bmatrix} u_{ix} \\ u_{iy} \\ u_{iz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & z_i & -y_i \\ 0 & 1 & 0 & -z_i & 0 & x_i \\ 0 & 0 & 1 & y_i & -x_i & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \\ q_{\theta x} \\ q_{\theta y} \\ q_{\theta z} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

式中 u_i 表示子区域中第 i 点的位移向量, q 表示刚体位移向量, R_i 表示 6 个刚体模态的变换矩阵, x_i , y_i , z_i 表示区域中任一点 i 到区域质心的坐标差值。

用准刚体模态来近似等效结构位移, 不可避免

* 2010-03-05 收到第 1 稿, 2010-05-21 收到修改稿。

** 通讯作者, Tel: 010-82544187, E-mail: lsh_8033@163.com

的使简化模型对原模型存在一定的误差. 根据变分原理, 应用总体应变能最小的方法对简化模型进行修正, 得到更为精确的模型简化转换阵 T .

总体误差应变能:

$$U(\delta\varepsilon) = \int_{\Omega} \frac{1}{2} (\delta\varepsilon)^T D (\delta\varepsilon) dV = \frac{1}{2} (\delta u)^T \int_{\Omega} B^T DB dV (\delta u) = \frac{1}{2} (u - Rq)^T K (u - Rq) \quad (3)$$

式中 B 为应变矩阵, D 为弹性矩阵, u 为位移真值, q 为整体准刚体模态, R 为局部刚体化简化模型总的转换矩阵, K 为总刚度矩阵. 要使总误差应变能最小, 需使:

$$\frac{\partial U}{\partial q} = -R^T K (u - Rq) = R^T KRq - R^T Ku = 0 \quad (4)$$

于是:

$$u = K^{-1} (R^T)^+ R^T KRq = Tq \quad (5)$$

其中 $(R^T)^+$ 为矩阵 R^T 的广义逆矩阵, $T = K^{-1} \cdot (R^T)^+ R^T KR$ 即为修正后的变换矩阵.

结构的动力学运动方程为:

$$M\dot{u}(t) + C u(t) + K u(t) = F(t) \quad (6)$$

式中 M 、 C 和 K 分别为质量矩阵、阻尼矩阵和刚度矩阵. 将模型简化变换矩阵 T 和转换关系式(5)代入式(6)得简化后的运动方程:

$$M\dot{q}(t) + C q(t) + K q(t) = T^T F(t) \quad (7)$$

其中 $M_r = T^T M T$, $C_r = T^T C T$, $K_r = T^T K T$. 简化后的模型具有较高的计算精度(见本文计算算例), 动态计算效率高, 与原模型之间始终保持着一种简单直接的联系, 能很好的应用到动力学反问题分析中.

2 水动力系数识别方法

水动力系数识别从波面高度出发, 得出各组成波的各要素, 选取相应的波浪理论, 计算出莫里森方程中的速度和加速度项, 进而求得波浪力. 然后通过测得的结构响应, 反算时应用简化后的模型, 在频域里建立方程组求解得出水动力系数. 使用简化模型参数少, 减小了误差带来的不确定性.

对于圆柱体, 一般形式下的莫里森方程为:

$$f = \frac{1}{2} C_D \rho D U_n |U_n| + \frac{1}{4} C_M \rho \pi D^2 \dot{U}_n \quad (8)$$

式中的 f 为作用于圆柱体任意高度处单位柱长上的波浪力矢量, C_D 、 C_M 分别是拖曳力系数、惯性力系数, D 是圆柱体直径, ρ 为水密度, U_n 和 \dot{U}_n 分别是与柱轴正交的水质点的速度和加速度矢量, $|U_n|$

为速度矢量 U_n 的模.

对于随机波浪, 其波面高度可表示为:

$$\eta(t) = \sum_{i=1}^n a_i \cos(k_i x + \omega t + \varphi_i)$$

式中 n 为波的个数. 如果给定某一位置处的波面高度时程数据和水深, 通过傅里叶变换可求出所有 ω , 进而利用色散关系求得相应的 k , 应用傅里叶级数^[10]可求得所有相应的 a 、 φ 值, 选取适当的波浪理论^[11], 则可确定出相应的 U_n 和 \dot{U}_n , 进而求得 f .

将式(7)傅里叶变换得:

$$(-\omega^2 M_r + i\omega C_r + K_r) q(\omega) = T^T F(C_D, C_M, \omega) \quad (9)$$

式中 $F(C_D, C_M, \omega)$ 是 f 等效节点载荷的傅里叶变换. 则:

$$q(\omega) = H T^T F(C_D, C_M, \omega) \quad (10)$$

其中 $H = (-\omega^2 M_r + i\omega C_r + K_r)^{-1}$. 将式(10)代入式(5)得:

$$u(\omega) = T q(\omega) = T H T^T F(C_D, C_M, \omega) \quad (11)$$

由以上推导过程可知, 如果已知某一位置处波面高度的时程数据和水深, 则可求得相应的 U_n 和 \dot{U}_n , 要反演出 C_D 、 C_M , 只需要测出与波面高度数据在同一时间周期内合适的两个方向的位移响应(假定为 $u_1(t)$ 和 $u_2(t)$), 即可求得. 把 C_D 、 C_M 当成未知数, 将 U_n 和 \dot{U}_n 代入式(8), 按有限元方法等效成节点载荷 $F(C_D, C_M, t)$, 把它们进行离散傅里叶变换, 代入式(11)中, 建立方程组:

$$\begin{cases} u_1(\omega) \bar{u}_1(\omega) = a_1(\omega) C_D^2 + b_1(\omega) C_D C_M + c_1(\omega) C_M^2 \\ u_2(\omega) \bar{u}_2(\omega) = a_2(\omega) C_D^2 + b_2(\omega) C_D C_M + c_2(\omega) C_M^2 \end{cases} \quad (12)$$

求解可得 C_D 、 C_M , 式(12)右边项是式(11)右边项乘以自身的共轭展开所得的结果, $\bar{u}_1(\omega)$ 是 $u_1(\omega)$ 的共轭. 由于在采样频率的一半区间内采用不同频点的 ω 来建立方程组求解, 可得到有不同误差的 C_D 、 C_M 结果, 甚至在有的频点求得结果就是错误的, 为避免这种情况的发生, 利用采样频率的一半区间内对频率 ω 取矩的方法来进行识别反演, 为此构造出两种方程组来求解计算:

(1) 把式(12)两边对频率 ω 取矩得:

$$\begin{cases} \int_0^{\omega_c} [a_1(\omega) C_D^2 + b_1(\omega) C_D C_M + c_1(\omega) C_M^2 - u_1(\omega) \bar{u}_1(\omega)] d\omega = 0 \\ \int_0^{\omega_c} [a_2(\omega) C_D^2 + b_2(\omega) C_D C_M + c_2(\omega) C_M^2 - u_2(\omega) \bar{u}_2(\omega)] d\omega = 0 \end{cases} \quad (13)$$

式中 ω' 为采样频率的一半;

(2) 将式(12)进一步处理可得:

$$\begin{cases} \int_0^{\omega'} [a_1(\omega) C_D^2 + b_1(\omega) C_D C_M + c_1(\omega) C_M^2 - u_1(\omega) \bar{u}_1(\omega)]^2 V_1(\omega) d\omega = 0 \\ \int_0^{\omega'} [a_2(\omega) C_D^2 + b_2(\omega) C_D C_M + c_2(\omega) C_M^2 - u_2(\omega) \bar{u}_2(\omega)]^2 V_2(\omega) d\omega = 0 \end{cases} \quad (14)$$

其中 $V_1(\omega)$ 、 $V_2(\omega)$ 为 $u_1(\omega)$ 、 $u_2(\omega)$ 的绝对值。

3 解的性态判别

由于测量、计算等误差的存在, 求解方程组时, 在选取的测点响应计算所得的方程组呈病态(如响应选取不当可导致两方程近似成比例)时使得反算结果的误差较大, 甚至错误的解, 为此根据牛顿迭代法求解方程组的原理给出了测点响应的选取依据:

把式(13)、(14)用统一的格式表示为:

$$\begin{cases} F_1(C_D, C_M, a_1, b_1, c_1, z_1) = 0 \\ F_2(C_D, C_M, a_2, b_2, c_2, z_2) = 0 \end{cases} \quad (15)$$

式中 z_1 、 z_2 分别是含有 $u_1(\omega) \bar{u}_1(\omega)$ 、 $u_2(\omega) \bar{u}_2(\omega)$ 项对应积分后的项, 统一用 z 来表示, a_1 、 b_1 、 c_1 、 a_2 、 b_2 、 c_2 分别是含有 $a_1(\omega)$ 、 $b_1(\omega)$ 、 $c_1(\omega)$ 、 $a_2(\omega)$ 、 $b_2(\omega)$ 、 $c_2(\omega)$ 项对应积分后的项, 统一用 α 来表示, C_D 、 C_M 统一用 C 来表示, 则(15)式可表示成:

$$F(C, \alpha, z) = 0 \quad (16)$$

由式(16)可知 α 、 z 的误差会导致 C 的误差, 设 $C = C_0 + \Delta C$, $\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha$, $z = z_0 + \Delta z$, C_0 是 $F(C, \alpha, z_0) = 0$ 的解, 则有:

$$\frac{\partial F}{\partial C} \Delta C + \frac{\partial F}{\partial \alpha} \Delta \alpha + \frac{\partial F}{\partial z} \Delta z \approx 0 \quad (17)$$

可得:

$$\Delta C = - \left[\frac{\partial F}{\partial C} \right]^{-1} \left[\frac{\partial F}{\partial \alpha} \Delta \alpha + \frac{\partial F}{\partial z} \Delta z \right] \quad (18)$$

因此当 F 光滑可微时, 求解 C 的精度取决于 $[\partial F / \partial C]^{-1}$ 的性态, 通过对 $\Delta\alpha$ 、 Δz 的估计, 可以求出 ΔC 的估计:

$$\| \Delta C \| \leq \left\| \left[\frac{\partial F}{\partial C} \right]^{-1} \right\| \left(\left\| \frac{\partial F}{\partial \alpha} \Delta \alpha \right\| + \left\| \frac{\partial F}{\partial z} \Delta z \right\| \right) \quad (19)$$

式中 $\partial F / \partial C$ 为其线性化一次项系数矩阵:

$$B_0 = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial C_D} & \frac{\partial F_1}{\partial C_M} \\ \frac{\partial F_2}{\partial C_D} & \frac{\partial F_2}{\partial C_M} \end{pmatrix} \quad (20)$$

$1_{C_D} = c_{D0}, C_M = c_{M0}$

式中 C_{D0} 、 C_{M0} 为牛顿迭代法求解方程组时所给 C_D 、 C_M 的初始值. 将矩阵 B_0 归一化(即 B_0 的每个元素除以该元素所在行向量的模)得矩阵 B , 将 B 的行

列式的绝对值作判断依据, 当选取的测点响应满足 $| \text{Det}(B) |$ 大于某一数值(由计算时给出)时, 能够求得比较满意的识别结果. 选取时尽量选择在水深方向上距离较远的两个测点的响应, 这样选取的两个响应运动同步性不十分明显, 容易满足行列式值在想要的取值范围内.

4 计算算例

以导管架式海洋平台结构为例来验证本文提出方法. 建立有限元模型如图 1 所示, 总共有 764 个节点, 4584 个自由度. 在 ANSYS 里对原有限元结构施加 20 个线性波叠加的载荷, C_D 、 C_M 值分别取 0.8 和 1.2 进行动态响应计算.

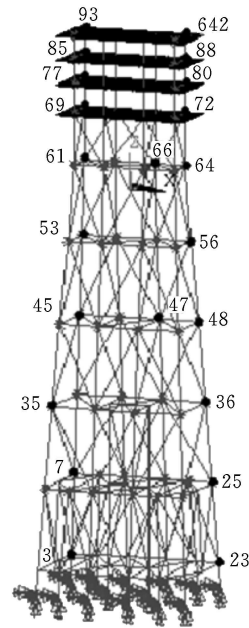


图 1 海洋平台有限元模型

Fig. 1 The finite element model of an offshore jacket platform

根据结构特点, 按层状结构将其分成 10 个区域, 原结构每一层划为一个区域, 简化模型每个区域有 6 个自由度, 这样原结构简化为总共 60 个自由度. 简化模型示意图如图 2 所示.

根据有限元模型利用公式(2)、(5)得到变换矩阵 T , 进而求得简化结构的固有频率. 简化后结构固有频率与原有限元模型的固有频率对比见表 1 所示, 实际的海洋平台动力分析中, 一般只需要得到结构的前几阶动力特性就可以满足工程计算需要了, 表 1 数据表明简化模型能够满足工程精度要求.

表 1 原有限元模型与简化模型结构频率对比

Table 1 Natural frequency results of the finite element model and the reduced model

| 阶次 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 原模型(Hz) | 1.587 | 1.878 | 3.283 | 6.642 | 7.261 | 8.882 | 11.522 | 11.602 | 13.094 | 14.446 |
| 简化后(Hz) | 1.587 | 1.878 | 3.283 | 6.645 | 7.267 | 8.890 | 11.565 | 11.663 | 13.151 | 14.515 |
| 误差(%) | 0.002 | 0.0004 | 0.002 | 0.039 | 0.086 | 0.080 | 0.371 | 0.523 | 0.439 | 0.478 |



图 2 简化模型示意图

Fig. 2 The schematic figure of the reduced model

选取 ANSYS 动态响应计算结果中适当的两个方向的位移作为反算时的测量响应 $u_1(t)$ 和 $u_2(t)$, 利用本文方法 Fortran 编程反算出水动力系数 C_D 、 C_M 的值, 由于不同软件精度保留不同造成响应存在一定的误差, 需对反算结果进行精度分析。

在平台模型上取 22 个节点 44 个方向(每个节点的 x 、 y 方向, 见图 1)的位移作为测点响应, 两两组求解方程组, C_D 、 C_M 的迭代初值分别取 0.8、1.2, 则两组方程组所得的矩阵 B 的行列式随 C_D 、 C_M 的反算结果的误差相对值的变化见图 3、4(第一个方程组(13)式所求结果)和图 5、6(第二个方程组(14)式所求结果)所示。从图 3、4 中可以看出当 $|\text{Det}(B)| > 0.25$ 时反算出的 C_D 误差在 18.5% 以内, C_M 误差在 10% 以内。因此, 当测点响应选取满足条件 $|\text{Det}(B)| > 0.25$ 时, 第一组方程组反演出的水动力系数有比较满意的识别结果。从图 5、6 中可以看出当 $|\text{Det}(B)| > 0.15$ 时反算出的 C_D 误差在 18.5% 以内, C_M 误差在 10% 以内。因此, 当测点响

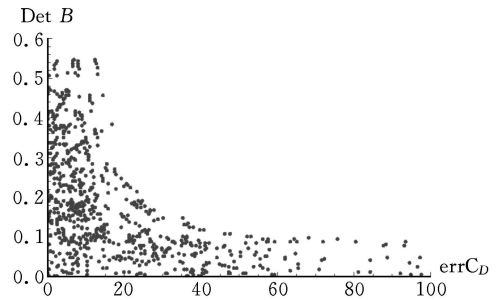


图 3 $|\text{Det}(B)|$ 随 C_D 误差相对值的变化图

Fig. 3 The results of $|\text{Det}(B)|$ with the variation of the relative error of C_D

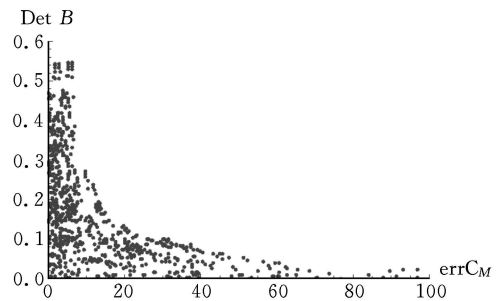


图 4 $|\text{Det}(B)|$ 随 C_M 误差相对值的变化图

Fig. 4 The results of $|\text{Det}(B)|$ with the variation of the relative error of C_M

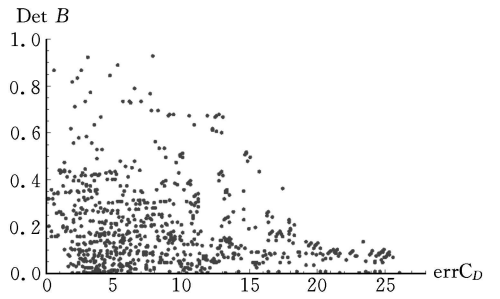


图 5 $|\text{Det}(B)|$ 随 C_D 误差相对值的变化图

Fig. 5 The results of $|\text{Det}(B)|$ with the variation of the relative error of C_D

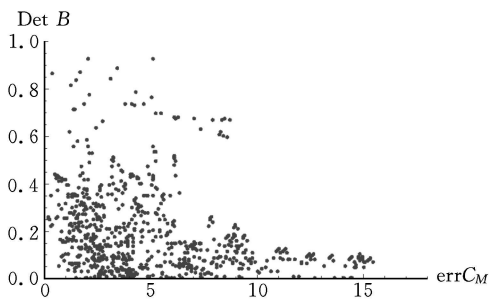


图 6 $|Det(B)|$ 随 C_M 误差相对值的变化图

Fig. 6 The results of $|Det(B)|$ with the variation of the relative error of C_M

应选取满足条件 $|Det(B)| > 0.15$ 时, 第二组方程组反演出的水动力系数有比较满意的识别结果. 总体来

看, 用第二组方程组求解的最大误差不超过 26%, 而第一组方程组如果测点响应选取不当求得的结果很可能就是错误的; 从测点选取条件来看, 第二种求解方法选取范围更大, 满足精度的方程组个数更多, 这就意味着第一种求解方法测点选取条件要比第二种方法更苛刻、选取范围更小. 因此, 用第二组方程组来反算系数更合适. 表 2 给出了几组测点在满足条件下两种求解方程组方法的识别结果, 从表中可以看出有较好的识别精度. 从计算数据结果来看在选取测点响应时, 尽量选取沿水深方向距离较远(对第二组方程组求解可适当放宽)的两点, 这样的两点响应没有明显的运动同步性, 更易满足选取条件, 准确反演出水动力系数.

表 2 满足选取条件的几组识别结果

Table 2 Several identification results under the condition of selection criteria

| 节点号 | 25 | 72 | 36 | 642 | 25 | 88 | 23 | 48 | 45 | 23 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 位移方向 | x | y | x | y | y | y | y | x | x | y |
| 解方程组 | 第 1 组 | 第 2 组 | 第 1 组 | 第 2 组 | 第 1 组 | 第 2 组 | 第 1 组 | 第 2 组 | 第 1 组 | 第 2 组 |
| C_D | 0.788 | 0.795 | 0.740 | 0.765 | 0.787 | 0.783 | 0.753 | 0.761 | 0.763 | 0.765 |
| C_M | 1.218 | 1.205 | 1.288 | 1.230 | 1.216 | 1.214 | 1.260 | 1.247 | 1.257 | 1.252 |
| C_D 误差(%) | 1.53 | 0.63 | 7.47 | 4.34 | 1.65 | 2.13 | 5.86 | 4.41 | 4.59 | 4.36 |
| C_M 误差(%) | 1.47 | 0.41 | 5.67 | 2.54 | 1.35 | 1.14 | 5.02 | 3.89 | 4.77 | 4.31 |
| $ Det(B) $ | 0.327 | 0.835 | 0.257 | 0.279 | 0.287 | 0.326 | 0.423 | 0.353 | 0.420 | 0.351 |

5 结论

本文将模型简化的方法应用到结构动力学的反问题计算中, 对于大型的复杂有限元结构, 克服了传统识别方法由于自由度过大而出现的计算困难问题, 大大节约了计算时间, 并得到了满足精度的计算结果.

本文采用的识别方法, 避免了拖曳力线性化的麻烦以及拖曳力线性化所带来的误差. 同时解的性态判别可以指导反演计算时所需实测响应的选取, 并提供了对解的可靠性的评价. 通过本文算例的分析, 证明本文提出的方法可以很好地应用到工程计算中.

参考文献

[1] SY/T 10030-2002, 海上固定平台规划、设计和建造推荐作法 工作应力设计法(增补 1)[S]. 北京: 石油工业出版社, 2002. (SY/T 10030-2002, Supplement 1 to Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform Working Stress Design[S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002. (in Chinese))

[2] 张韶光, 范勇等. 海洋平台振动载荷识别研究进展[J]. 济南大学学报, 2004(b), 18(4): 332-336. (Zhang S G, Fan Y, et al. Progress of vibration loading recognition of offshore platforms[J]. Journal of Jinan University, 2004(b), 18(4): 332-336. (in Chinese))

[3] 许锋, 陈怀海. 机械振动载荷识别研究的现状与未来[J]. 中国机械工程, 2002, 13(6): 526-531. (Xu F, Chen H H. Force identification for mechanical vibration: state of art and prospect[J]. China Mechanical Engineering, 2002, 13(6): 526-531. (in Chinese))

[4] 王登刚, 刘迎曦, 李守巨. 弹性力学非线性反演方法概述[J]. 力学进展, 2003, 33(2): 166-174. (Wang D G, Liu Y X, Li S J. Survey on nonlinear inversion

- methods in elastomechanics[J]. *Advances in Mechanics*, 2003, 33(2): 166-174. (in Chinese)
- [5] 滕斌, 李玉成. 倾斜杆件上的波流力谱-理论分析[J]. *大连理工大学学报*, 1992, 32(5): 578-583. (Teng B, Li Y C. Theoretical analysis of wave current force spectrum on inclined cylinder[J]. *Journal of Dalian University of Technology*, 1992, 32(5): 578-583. (in Chinese))
- [6] Langley R S. The linearisation of three dimensional drag force in random seas with current[J]. *Applied Ocean Research*, 1984, 6(3): 126-131.
- [7] Julian Wolfram. On alternative approaches to linearization and Morison's equation for wave forces[J]. *Royal Society of London Proceedings Series A*, 1999, 455(1988): 2957-2974.
- [8] Teng B, Li Y C. The linearization of drag force and the error estimation of linear force spectrum[J]. *Coastal Engineering*, 1990, 14(2): 173-183.
- [9] Guyan R J. Reduction of stiffness and mass matrices[J]. *AIAA Journal*, 1965, 3(2): 380.
- [10] 李德葆, 陆秋海. 实验模态分析及其应用[M]. 科学出版社, 2001. (Li D B, Lu Q H. *Experimental Modal Analysis and its Application* [M]. Science Press, 2001. (in Chinese))
- [11] 竺艳蓉. 海洋工程波浪力学[M]. 天津: 天津大学出版社, 1991. (Zhu Y R. *Ocean Engineering Wave Mechanics* [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1991. (in Chinese))

IDENTIFICATION OF HYDRODYNAMIC COEFFICIENTS ON OFFSHORE PLATFORM AND PRECISION ANALYSIS OF ITS RESULTS

Shaohua Li^{1,2} Zhongmin Shi³ Shuyao Long¹ Hua Ding⁴

(¹College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha, 410082)

(²Department of Mechanics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, 710054)

(³Research Center, Ocean Oil Co., Beijing, 100027) (⁴Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100190)

Abstract The degrees of freedom of the offshore platform structure are reduced by applying a new dynamic model reduction in this paper. Based on the simplified model, the hydrodynamic coefficients are identified. And the uncertainty of the solution in inverse problem is improved. The ill-conditioned problem in identification of force is subsequently discussed and the assessment method of the identification result is also presented, which provides a basis for acquiring the measurement data for identification and contributes to the improvement of reliability of the identification result.

Key words identification of hydrodynamic coefficients, ill-conditioned, dynamic model reduction, reduction of the degrees of freedom