

文章编号: 1001- 4500(2004)02- 0042- 04

# 南海 2 号半潜式平台深水改造方案 完整稳性研究

贾慧荣, 何炎平, 谭家华

(上海交通大学, 上海, 200030)

**摘 要:** 对南海 2 号半潜式平台的深水改造方案的完整稳性进行了计算分析, 研究了不同风向下的平台的完整稳性, 讨论了平台在由拖航状态到正常作业状态的过渡过程中的初稳性以及平台初始纵倾对稳性的影响。

**关键词:** 半潜式平台; 完整稳性; 改造方案

**中图分类号:** U 674

**文献标识码:** A

## 1 概述

随着对能源需求的日益增加, 油田开发正向深海发展, 为此需开发深海平台。由于建造新平台造价昂贵、周期比较长等原因, 采用对现有平台进行深水升级改造的方法, 在深海平台开发中比较普遍。

南海 2 号是 A KER H3 型半潜式平台, 于 1974 年在挪威建成, 在北海作业几年后, 被中国海洋石油总公司于 1978 年购入, 之后一直在中国的南海作业。

“南海 2 号”的主要要素如下:

总长 108.20 m, 总宽(不包括锚架)67.36 m, 主甲板高度 36.58 m, 立柱顶部高度 39.65 m, 正常作业吃水 21.34 m, 迁航工况吃水 6.10 m, 风暴自存吃水 18.29 m, 大立柱直径 7.92 m, 小立柱直径 5.79 m, 立柱数量 8 个, 下浮体高度 6.71 m, 下浮体宽度 10.98 m, 工作水深 40~308.8 m, 钻井深度 7620 m。

1985 年改造时在平台尾部左右各增加了一个小立柱, 并将生活楼增加了一层。

由于深海油田开发的需要, 海洋石油总公司决定对南海 2 号半潜式平台进行深水升级改造, 改造后的平台工作水深为 1370m。

本文给出了南海 2 号半潜式平台的改造方案, 并对改造后的平台在不同风向下的完整稳性、过渡过程中的初稳性以及初始纵倾对平台稳性的影响进行了分析(全部考虑了进水角的影响)。分析过程中所采用的衡准是气象衡准, 按照此衡准, 对于柱稳式平台(是指平台主体与沉箱是由立柱连接的平台), 计算到进水角(或稳性曲线与风倾力矩曲线的第二交点, 取小者)为止的静稳性曲线所围面积应大于或等于风倾力矩曲线所围面积的 1.3 倍<sup>[1]</sup>。

## 2 改造方案

南海 2 号半潜式平台的下浮体与立柱的深水升级改造方案如下。

(1) 平台下浮体的深水升级改造。在平台原下浮体之间的首尾端增加两个横向的下浮体, 增加的下浮体长 13.71m, 宽 4.54m, 高 6.71m (和原下浮体等高), 见图 1。

(2) 平台大立柱的深水升级改造。在平台原四个大立柱的外围增加四个附体, 附体宽 7.92m, 高为下浮体顶部与上甲板之间距离 32.92m, 附体边距立柱中心线 9.14m, 见图 2。

## 3 不同风向下的半潜式平台完整稳性

收稿日期: 2003-06-17

作者简介: 贾慧荣(1979-), 女, 硕士生。

半潜式平台的完整稳性包括平台在拖航状态、正常作业状态、风暴自存状态以及过渡状态的稳性。由平台的长宽比接近1,所以对平台稳性的计算就不能像船舶那样只计算横稳性和纵稳性,而要计算各个方向的稳性。经过计算,选取典型的倾斜轴,对不同风向下的稳性衡准数作出曲线图,见图3。图中倾斜轴角度的规定是平台的x轴正方向(即首部方向)为 $0^\circ$ ;且逆时针旋转为正;风向的角度定义与倾斜轴一致。

从图3中可以看出,对于 $0^\circ$ 倾斜轴,风向在 $-60^\circ$ 和 $-120^\circ$ 附近平台稳性最差,其次为 $-90^\circ$ 风向,但两者相差不多, $0^\circ$ 和 $-180^\circ$ 风向稳性最好;对于 $90^\circ$ 倾斜轴,在风向 $-30^\circ$ 和 $30^\circ$ 附近稳性最差, $-90^\circ$ 和 $90^\circ$ 风向稳性最好;对于 $45^\circ$ 和 $135^\circ$ 倾斜轴,分别是与倾斜轴垂直的风向稳性最差,与倾斜轴平行的风向稳性最好。

对于一固定的倾斜轴而言,无论风向如何变化,平台在横倾过程中,平台的回复力臂都是不变的,所以,稳性衡准数与风倾力臂曲线下的面积成反比。即曲线上最小稳性衡准数所对应的风向恰是使风倾力臂曲线下的面积最大的风向。由此可以推出,并不是在所有的情况下都是与倾斜轴垂直的风向使得风倾力臂曲线下的面积最大,但也是有规律可循的:对于与平台x轴平行或垂直的

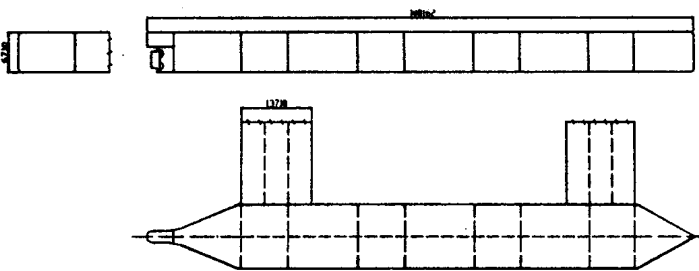


图1 下浮体的升级改造

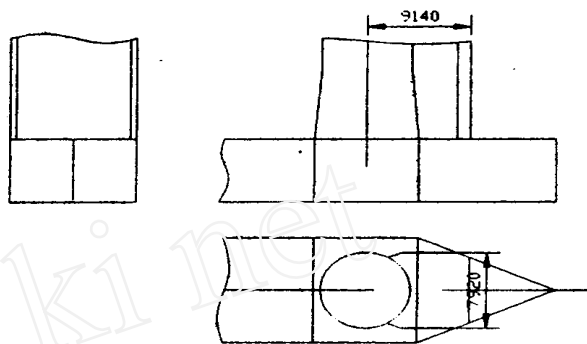


图2 立柱的升级改造

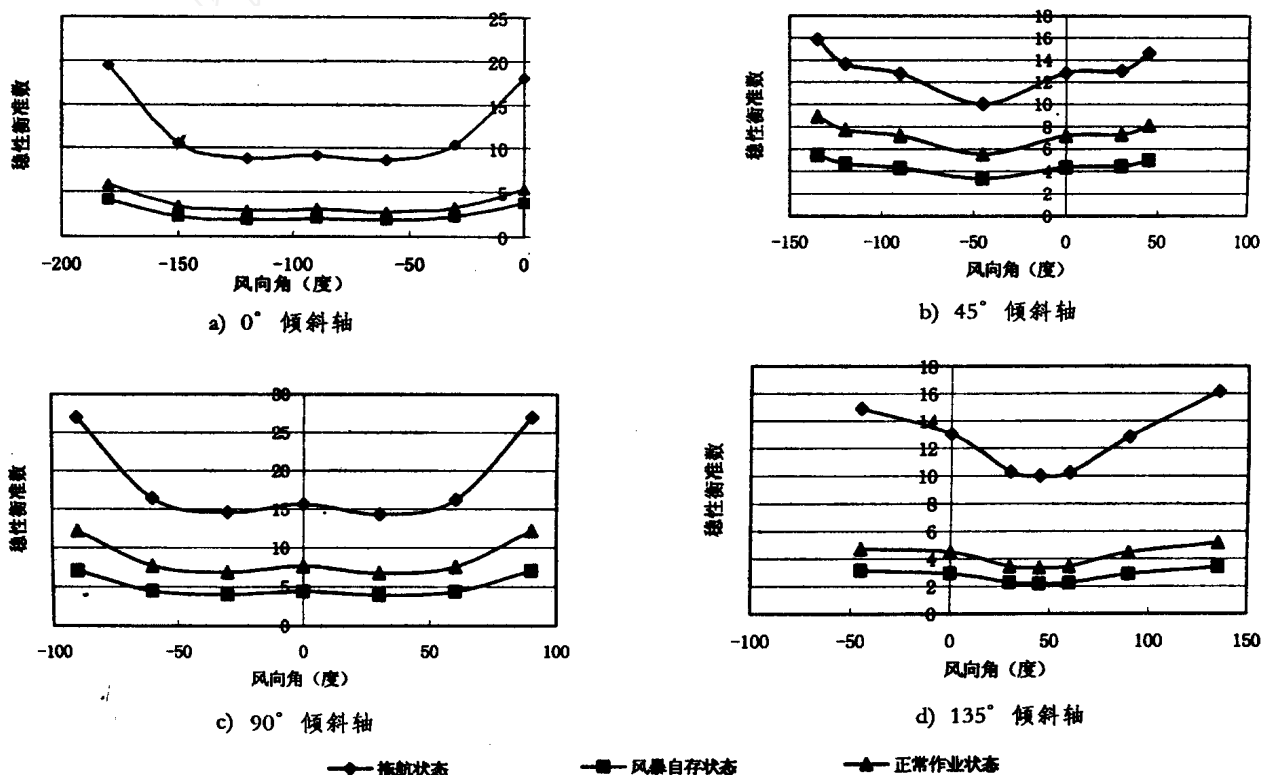


图3 平台在各态不同风向下的稳性衡准数

倾斜轴,使风倾力臂曲线下面积最大的风向不是发生在与倾斜轴垂直的风向上,而是发生在此风向附近<sup>[2]</sup>;对于与平台  $x$  轴不垂直也不平行的倾斜轴,使风倾力臂曲线下面积最大的风向恰发生在与倾斜轴垂直的风向上。

另外,对于与倾斜轴垂直的风向,不同风向下的稳性衡准数曲线关于过此风向角的纵轴近似对称,这说明对于与倾斜轴垂直的风向,关于此风向对称的风向将产生大小相差不大的风倾力臂。由于对于同一倾斜轴,平台在拖航状态、正常作业状态和风暴自存状态下,相对于不同风向的稳性衡准数曲线具有相似性,所以对于同一倾斜轴,半潜式平台在三种状态下,基本上都是在同一风向上产生的风倾力臂曲线下的面积最大。

#### 4 半潜式平台在过渡过程中的初稳性

半潜式平台在拖航过程中,下浮体浮在水面,当要进入作业状态时,一般通过向下浮体加压载水,使平台下沉,立柱将甲板主体支撑在水面以上要求高度,进行作业。半潜式平台从拖航状态向作业状态转化的过程称为过渡过程。处于过渡状态的平台仍然需要有足够的初稳性。图 4 给出了“南海 2 号”半潜式平台从拖航状态向正常作业状态过渡过程中,假设平台一直处于正浮状态,平台稳心垂向高度随吃水的变化情况。

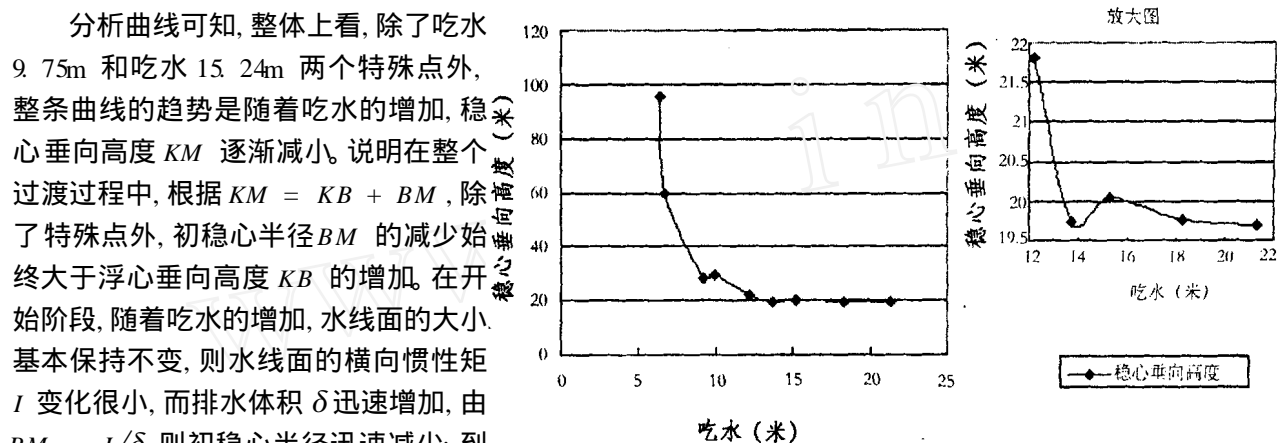


图 4 平台在过渡过程中稳性垂向高度随吃水变化曲线

由于平台的下沉是由加压载水实现的,所以平台在由拖航状态到正常作业状态的过渡过程中,重心高度随着吃水的增加而减小,在不考虑自由液面修正的前提下,初稳性高  $GM = KM - KG$ ,图 5 给出了过渡过程中,平台的初稳性高  $GM$  随吃水的变化而变化的曲线,从图中可以看到,吃水小于 13.72m 的初稳性高  $GM$  曲线与稳心垂向高度  $KM$  曲线有相同的变化趋势,但当吃水不小于 13.72m,即当水线面由立柱提供时,虽然随着吃水的增加稳心垂向高度  $KM$  有少量的减少,但初稳性高  $GM$  随着吃水的增加而增加,这是因为此时随着吃水的增加重心高度  $KG$  的降低要比稳心垂向高度  $KM$  的降低趋势更加迅速。所以即使平台在正常作业状态下的初稳性高满足要求,仍不能保证平台在整个过渡过程中的初稳性高都满足要求。整条曲线的最低点在吃水为 13.72m,即水线开始达到立柱处,所以只要这一点的初稳性高满足要求,则能保证整个过渡过程中的初稳性高满足要求。

#### 5 平台初始纵倾对完整稳性的影响

对于船舶而言,一般只考虑横稳性,因此不考虑船舶初始纵倾对稳性的影响,但对于平台来讲,因为不确

定哪一个方向是最危险的倾覆方向, 所以既要考虑横稳性与纵稳性, 也要考虑斜稳性<sup>[3]</sup>。相对于某一非0的倾斜轴而言, 平台的初始纵倾也将对平台稳性产生一定的影响。图6给出了对于-45°和-90°倾斜轴, 平台在三种状态下初始纵倾对稳性产生的影响。

从图中可以看出, 平台处于正常工作状态和风暴自存状态下, 平台的初始纵倾使平台稳性稍有减小, 但变化不是很大。平台处于拖航状态时, 当平台的初始纵倾角度由0到4°; 稳性衡准数下降很多, 但稳性仍然满足要求。所以, 在拖航时, 可以适当的使平台纵倾, 来减小平台的稳性衡准数, 从而减小平台的横摇频率。

## 6 结语

本文对半潜式平台的完整稳性进行了初步分析, 得出了以下几个结论:

(1) 对于与平台x轴平行或垂直的倾斜轴, 使风倾力臂曲线下面积最大的风向不是与倾斜轴垂直的风向, 而是接近此风向的附近; 但对于其他的倾斜轴, 恰是与倾斜轴垂直的风向;

(2) 对于同一倾斜轴, 平台在拖航状态、正常作业状态和风暴自存状态下不同风向的稳性衡准数曲线具有相似性, 即对于同一倾斜轴, 平台在三态时是在同一风向上风倾力臂曲线下的面积最大;

(3) 平台在过渡过程中, 如果忽略自由液面的影响, 当吃水由下浮体达到立柱附近时, 初稳性最差;

(4) 当平台处于拖航状态时, 虽然平台的初始纵倾对0°倾斜轴的稳性没有多大影响, 但对于斜向倾斜轴, 可使稳性衡准数有所减小, 所以在满足稳性的前提下, 可使平台稍有初始纵倾, 来减小平台的横摇频率。

对于半潜式平台的完整稳性, 特别是在加压载水下潜的过渡过程中稳性的变化还需要做进一步的研究。

## 参考文献

- [1] DET NORSKE VERITAS DNV Offshore Standard[S]. 2001.
- [2] 马志良, 杨宗英, 潘斌. 沉垫支承自升式钻井平台在漂浮状态下的稳性[J]. 海洋工程, 1983, (1): 56~63.
- [3] 潘斌, 刘震, 卢德明. 自升式平台拖航稳性研究[J]. 海洋工程, 1996, 14(3): 15~20.
- [4] 海上移动式钻井平台构造和设备规则. 中华人民共和国船舶检验局, 1989.
- [5] 李蔚, 谭家华, 潘斌. 桶型基础平台拖航稳性研究[J]. 海洋工程, 1999, 17(3): 11~16.
- [6] 潘斌, 沐建飞, 胡铁牛. 坐底式平台沉浮稳性研究与计算[J]. 海洋工程, 1999, 17(1): 106~109.
- [7] 卢德明, 潘斌, 叶平. 移动式平台稳性计算方法[J]. 海洋工程, 1993, 11(4): 7~12.

## Intact Stability Analysis for Upgrade of Naihai-Ⅱ Semisubmersible

JIA Huirong, HE Yanping, TAN Jiahua

(Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200030)

**Abstract:** The paper calculates and analyses the intact stability for the upgrade of Naihai-Ⅱ semisubmersible drilling unit, studies the intact stability of the unit responding to different wind directions, discusses the initial stability in the course of the temporary condition from transit condition to operating condition and the effect of the initial trim to the stability.

**Key words:** semisubmersible, intact stability, deepwater upgrading

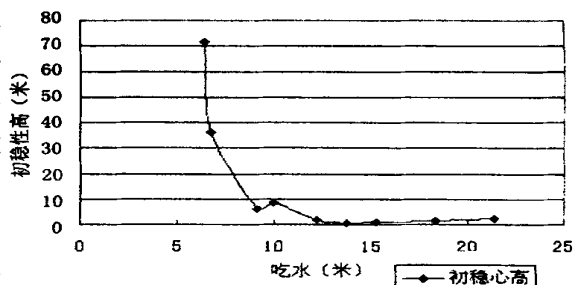


图5 平台在过渡过程中初稳性高随吃水变化曲线

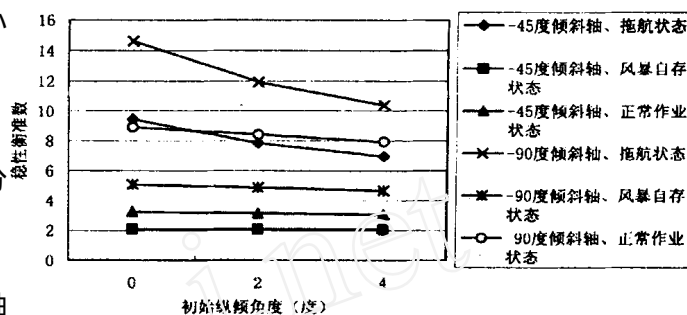


图6 -45°和-90°倾斜轴, 平台在三种状态下初始纵倾对稳性的影响曲线