

文章编号:1001-4500(2001)01-0021-05

# 移动平台拖航作业准备及检验

韩志强

(中国船级社天津分社,天津 300070)

**摘 要:**根据各种规定及实际工作经验,对移动平台迁航作业中的拖航稳性分析、气象条件的合理选择、拖带力的估算、拖曳设备配备及检验等问题进行了总结和探讨,并提出了相关建议,可作为实际工作的参考。

**关键词:**移动平台;迁航作业;检验

**中图分类号:**P75

**文献标识码:**A

移动式平台海上迁航作业分为一般迁航和远洋拖航。所谓一般迁航系指油田移位,为拖航时间不超过 12 小时,迁移距离小于 50n mile 的拖航作业,除此以外的拖航作业即为远洋拖航,亦称为风暴拖航。随着海洋石油工业的繁荣,移动平台的拖航作业日趋频繁,并且平台的跨海区作业日益增多,迁航作业作为一种风险性较高的作业工况日益受到业主、拖运公司、保险商及船级社等各方的高度重视。对拖航前检验,各国主管机关都有相应的规定,各主要船级社亦制定了较为详细的检验要求。本文根据各种规定及实际工作经验,总结了在拖航准备及检验工作中需要注意的问题,并针对实际工作中存在的不足提出了一些建议。

## 1 拖航稳性问题

移动平台拖航稳性一直是各方密切关注的问题,IMO 及各船级社对此均有明确的衡准要求。对稳性的计算及衡准,在许多文献资料中均有过详细介绍。以下仅就配载及稳性计算中尚应考虑的一些因素予以叙述。

### 1.1 风载荷的确定

规范和 IMO 目前的稳性衡准是气象衡准,即外载荷对稳性的影响只考虑风载荷,波浪、流的影响计入稳性衡准数中。

对风速的取值,各国规范不尽相同,CCS 规范规定,对一般迁航风速取为 36m/s,对于风暴拖航风速取为 51.5m/s;对限于遮蔽水域(仅指湖泊、海湾、沼泽、河流等)内作业,则常规作业情况下风速可考虑减小至不小于 25.8m/s。

IMO. A749(18)决议中指出“对由于横倾或纵倾而产生的受风面积应以适当的形状因子计入”,由于平台结构的特殊性,如自升式平台的直升飞机甲板、柱稳式平台的上部甲板底部,尤其是在大倾角时,其所受风载荷的升力作用明显,其方向和作用点对平台稳性是很重要的。目前,CCS 规范对此没有规定,而 DNV 则给出了明确的计算公式和不同形状结构的升力系数,如:

$$F_C = \left( \frac{\gamma}{2g} \right) \cdot C_L \cdot A \cdot V^2$$

收稿日期:2000-07-14

作者简介:韩志强(1970—),男,工程师。

其中:  $F_c$  — 风的升力, N;

$\gamma$  — 空气密度,  $\text{N}/\text{m}^3$

$g$  — 重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;

$C_L$  — 构件升力系数;

$A$  — 受风构件正投影面积,  $\text{m}^2$ ;

$V$  — 设计风速,  $\text{m}/\text{s}$

## 1.2 平台可变载荷及重量重心的计算

重量重心的确定是一项细致但较繁杂的基础工作, 主要问题在于可变载荷(包括液体、固体可变载荷)的确认上, 尤其对于小排水量平台, 对结果影响很大。可变载荷的计算应遵循“实际、适用、合理、全面”的原则, 考虑各项可变载荷。

(1) 油、水是所占比例较大的液体可变载荷, 一般决定其配载结果。在配载时液体舱柜尽可能装满或完全排空, 以避免自由液面的产生; 同时应考虑作业期间足够的消耗。如某平台拖航配载计算指明: “淡水取为 10t, 位于左一淡水舱”, 查其舱容表, 液面高度为 200mm, 若考虑一定的舱底吸口高度, 将造成作业中无淡水可用, 此种配载显然不合理。

注意到对排空的液体舱柜, 在实际作业中完全排空是不可能的, 应根据舱底吸口高度、泵的排效及船体的合理倾斜等对液面的影响综合考虑合理的残余液量, 但在确定自由液面的影响时, 不计入残液。

对采油平台, 一般由作业工况转为迁航工况时应按生产流程进行扫线作业, 以清除流程设备中的液体, 但在计算中尚应考虑合理的管线残余液以及各个处理设备底部吹扫不到的残液。

(2) 对于钻井平台因作业需要, 迁航作业中可能携带一定数量的钻杆、钻铤、套管等物料。对此类可变载荷的重量及安放位置应予精确计算, 同时注意管子堆场应能畅通排泻, 将甲板积水的可能性降至最低。

(3) 应注意作业海区海生物的滋生情况, 尤其是桩腿、桩靴、沉垫等部位。如海生物严重, 首先考虑采取妥善方法清除, 如不能清除, 应将其重量计入可变载荷, 同时在计算拖航阻力时考虑其影响。如在我国南海某些海区, 海生物滋长速度很快, 可达 5cm/年。以“渤海 6 号”平台在南海作业期间为例, 因作业周期较长, 沉垫海生物堆积达 0.5m 厚, 桩腿外部海生物附着达 10cm, 内部亦有较厚堆积层, 此时必须彻底清理。

(4) 对于带有桩靴、沉垫的移动平台, 在拔桩作业完成至漂浮状态, 应注意检查桩靴、沉垫带泥情况。如渤海湾地区海底一般为淤泥质粘土, 比重、粘度非常大, 容重一般为  $17.5 \sim 19.5 \text{ kN}/\text{m}^3$ , 平台带泥情况严重。以“渤海 10 号”平台为例, 其桩靴为倒锥体(直径 12.19m, 高度 6.515m), 某次降船后发现桩靴带泥严重, 每只桩靴可达 100 余吨, 平台超吃水严重, 此时必须采取有效措施清除。

(5) 对桩腿为圆柱形水密结构的平台, 有时会因结构锈蚀导致桩腿进水, 造成平台配载不均, 出现过横倾/纵倾现象。如“渤海 7 号”平台某次在漂浮状态检查吃水时, 发现首倾 20cm, 横倾 25cm, 与配载计算差别较大, 后经检查 2 号桩腿销孔处锈蚀洞穿进水。

综上所述, 在迁航作业中, 可变载荷的控制是一项非常重要的工作, 在日常改造、修理工程中, 有关人员应注意核查各项载荷的变化情况并予以专门记录。尤其对于一些允许可变载荷变化量不是很大的平台而言, 如果出现类似的问题仍按常规进行配载, 很容易出现超吃水现象。在平台漂浮状态, 应注意检查吃水情况, 并与计算进行分析、比较, 如出现不符, 应及时分析原因并予以排查, 确保满足拖航稳性的各方面要求。

## 1.3 结冰的影响

对冬季于北方地区进行迁航作业的平台应考虑平台结冰的可能性, 冰的重量被视为超载重量, 将对稳性产生不利影响。

冰的形成与环境温度、风力有直接的关系, 一般在环境温度为  $-4 \sim -8^\circ\text{C}$ , 风力在  $10 \sim 15 \text{ m}/\text{s}$  时出

现冰的迅速积累;当温度在 $-4^{\circ}\text{C}$ 及以下,风力在 $16\text{m/s}$ 时或温度在 $-9^{\circ}\text{C}$ 及以下,风力在 $10\sim 15\text{m/s}$ 时,出现冰的最快积累。冰将产生以下不利影响:

- (1) 增重,使浮力和干舷减小;
- (2) 冰在结构上的累积使重心升高,造成稳性力臂的减小;
- (3) 上部结冰使受风面积增加,增大了风力作用下的横倾力矩;
- (4) 冰沿船长的不均匀分布产生纵倾变化;
- (5) 冰沿船宽的不均匀分布产生恒定的横倾。

此外,对移动式钻井平台可能通过调整井架的位置来调整平台浮态,一般平台操作手册中均根据不同的拖航工况对井架的具体位置作出了严格的限定。如“渤海自立号”平台漂浮状态,井架上下底座应位于井口中心距平台艏的距离为 $92\sim 102\text{ft}$ 间。此时应注意检查井架的实际安放位置及有效固定是否符合要求。

## 2 迁航作业中气象条件的选择

平台迁航作业中,确定拖航所需拖轮,首先应明确作业气象条件的选择,这是保证拖航安全的首要因素。如拖轮选择不当就会出现拖不动甚至倒拖的现象。

《海船拖航法定检验技术规则》中指出“拖轮所需拖带力以拟定航线为依据,在风速等于 $20\text{m/s}$ ,船首水流速度为 $0.5\text{m/s}$ ,有效波高( $h_{1/3}$ )为 $5\text{m}$ 的条件下,拖带力至少应能保证被拖物不倒退”,IMO亦有相同规定。在引用该条款时应注意:

- (1) 该气象条件大致相当于 8 级大风天气,波浪相当于 6 级浪即巨浪。

- (2) 法规同时指出“对自升式平台在静水中的拖航速度应不小于 $4\text{kn}$ ”,按此拖速计算,大致相当于抵抗 6~7 级风。

- (3) 此种选择是基于:

- ① 良好的气象—航线条件和可靠的气象预报周期(一般指 48 小时良好预报),整个拖航作业应在良好的天气和海况趋势下进行;

- ② 拖航作业选择了恰当的避风港/方案,在超出限定条件时,平台可及时转移进入安全水域。

其它机构如 DNV 提出了相同的拖带力估算依据,但同时指出“对拟定拖航的航线,季节性海况和气象情况应予分析;对气象预报期外的拖航作业,须充分考虑到合理的延误和返航的时间,其返航周期应选择最不利的环境衡准”;BV 指出“拖航中各种力的估算应依据拟定的航线、拖航的持续时间和季节予以考虑”;NOBLE DENDON 公司在确定系柱拖力时,同时“按该拖航区域 10 年中遇到的环境条件来计算,考虑 10 年最大波高和 10 年的季节性流速”和“ $40\text{kn}$  风速, $5\text{m}$  波高, $1\text{kn}$  流速”综合考虑。

考虑到海洋气象的突发性和预报的局限性,尤其是平台跨海区作业时,如仅按法规规定的气象条件选择拖轮,则不甚合理。应参照 DNV 等其它一些规定,对拟定航线的气象、拖航持续时间和季节进行综合研究,根据航线上经常发生的风、浪、流等的统计资料,考虑可能遇到的恶劣天气,选择最不利的环境衡准,以合理选择拖轮,确保平台所需拖带力。

## 3 拖航阻力的计算

平台拖航阻力由平台浮体阻力、拖缆水阻力、拖轮自身阻力等组成。平台浮体阻力可由拖航阻力曲线,根据所选定的恰当气象衡准条件查算。但应注意一般平台阻力曲线所给出的仅是平台本身的风阻力及静水阻力,而不包括拖缆阻力、拖轮自身的阻力,应保证拖轮的净拖力大于浮体阻力及拖缆阻力之和。对没有提供阻力曲线的平台,可据经验公式进行估算,CCS 及 BV 等给出了相应的推荐公式可供参考。

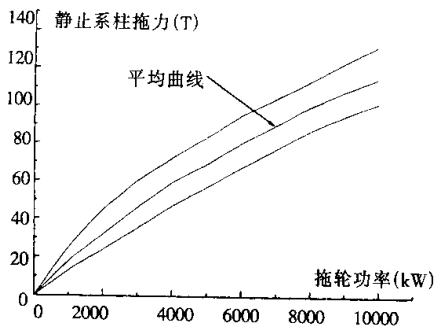


图1 系柱拖力估算曲线

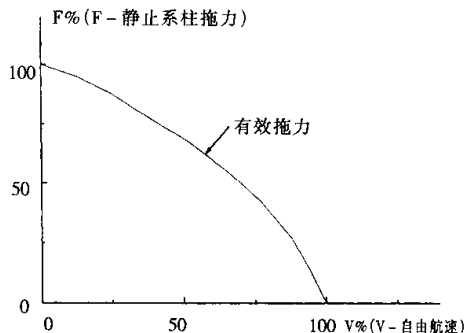


图2 有效拖力与航速关系曲线

拖轮应提供有效的连续系柱拖力证明。如无相关证明/拖力曲线资料,可按如下曲线估算系柱拖力,见图1,同时在估算拖轮有效拖力时应考虑有效拖力与航速存在如图2所示的函数关系。

#### 4 拖曳设备的配备及检验

拖曳设备的布置方式一般为拖力眼板-龙须缆/链-三角板-过桥缆-主拖缆-拖缆机,由上述合理的气象衡准计算出拖航阻力,从而确定所需最小拖轮系柱拖力  $F_t$ ,核定主拖缆最小破断负荷,进而根据法规的具体要求选定其它拖曳设备。

在迁航前,必须对各拖曳设备进行全面检查,尤其是各连接部件的技术状况。

(1) 主拖缆不允许存在如下缺陷:

- ① 断丝:在拖缆40倍直径范围内因磨损、腐蚀、断丝横断面减少10%;
- ② 变形:由于钢丝纠结、压坏或其他变形造成拖缆结构变形;
- ③ 由于磨损、腐蚀、断丝、绞结等造成结构严重扭曲。

(2) 对主拖缆、过桥缆及龙须缆等的琵琶头,各国规范中均强调不准采用人工插接方式连接,应采用包锌固定或其他机械接合形式,琵琶头处应有硬压锻制材料的缆端嵌环或其他有效措施。

目前拖缆索节广泛采用灌锌浇铸、包锌压制形式,其优点是制造、使用方便,抗拉强度大。缺点是耐腐蚀性能差,浇铸、压制过程对钢缆和索节结合部位机械损伤大,经过一段时间和次数的使用后,其抗拉强度和可靠性有不同程度的下降。

实践证明主拖缆破坏大部分发生在拖缆前端20m以前的部位,经分析其原因为:

- ① 作业完成后主拖缆前端不可能收进拖缆机滚筒内,长时间暴露于海风中或接触海水,缺乏良好保养,锈蚀程度严重;
- ② 海上施工作业的复杂性,经常会受到多种不同角度的外力,风浪作用下外载荷的突加突卸对索节及附近部位拖缆破坏较大。
- ③ 浇铸、压结材料的老化,使索节部位强度和钢缆表面附着力下降。

拖缆索节是拖带设备中最薄弱的环节,在制造检验中应对其浇铸、压制工艺进行特别的认可,拖航前检验应对索节予以特别的注意。但目前规范对索节的可靠性尚无明确的检验/评估标准以合理界定其失效的临界点。DNV曾提出“应根据拖索自然耗蚀程度,末端眼环或其他末端接头的使用寿命通常不得超过两年”,但该规定过于笼统,其技术状况、使用寿命与制造工艺、作业海况、拖带频率、作业载荷及保养情况等密切相关,目前尚须对其失效性标准做进一步的探讨。

根据多年拖带经验,中海石油北方船舶公司在拖带作业中一般掌握拖带次数不超过20次,或使用寿命2年,以小者为准。

(3) 备用拖带设备配备:

备用拖带设备应是主拖带设备等强度的过桥缆、龙须链分支,考虑到拖航作业的高度风险性,常

出现意想不到的突发事故,在拖带作业中均要求将全套备用拖带设备连接到备用拖点上;远洋拖航作业中还应连接一根足够强度的钢缆或尼龙缆沿船舷拉到船艏,避开所有障碍物并用轻绳绑扎或用向外开口的夹扣固定于甲板边缘,并用一根浮绳一端连接尼龙绳,另端连接浮标,以在紧急情况下便于拉出,有利于海上应急接拖。

## 5 结论

对移动式平台而言,海上拖航作业是一种风险性较高的作业工况,切实按照各种规定做好拖航前准备工作十分必要,有效规避风险,其中应特别注意:

(1) 准确、全面地考虑平台的实际配载情况,同时考虑可能出现的海生物滋生、桩靴带泥、桩腿进水、结冰及舱面积水等情况对稳性的影响;

(2) 对具有较大上甲板面积的平台,如带有直升机甲板的自升式平台,在外载荷计算中应充分考虑风的升力作用及影响;

(3) 根据作业期间可能的最不利的环境衡准合理计算拖航阻力,确定作业所需最小拖带力,进而确定拖轮及相关拖曳设备的配备;

(4) 拖航前应对拖曳设备进行全面、细致的检查,尤其是主拖缆、过桥缆、龙须缆的索节及附近部位,目前尚须对索节的失效性标准做进一步的探讨。建议专业拖带公司/平台应建立拖航日志,由拖航负责人/船长负责记录并核查,详细记录每次拖航作业的相关内容,如起始日期、作业时间、作业实际负荷、环境条件(包括风、浪、流)参数、设备检查及维修情况等,对主要拖带设备的配备、更新、保养及使用等情况进行跟踪。

## 参考文献

- [1] 海上拖航法定检验技术规则[M]. 人民交通出版社,1999.
- [2] 苑金民,潘斌. 作用在海洋移动式平台上的风倾载荷[J]. 海洋工程,1997,15(2).
- [3] 签发海上拖航声明注意事项[R]. DNV,1982
- [4] Guidelines for Safe Ocean Towing. [R]. MSC/Circ. 884,IMO,1998
- [5] Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. [R]. A749(18),IMO,1993.

# The Preparation and Survey of Towing Operation for Offshore Mobile Platform HAN Zhi-qiang

(Tainjin Office of China Classification Society,Tainjin 300070)

**Abstract:** According to the rules requirement and practical experience,the preparation and survey of towing operation for offshore mobile platform are summarized and discussed. These items include the analysis of towing stability,the selection of weather condition,the estimation of towing force and the equipping of towing facilities. Some relevant proposals are put forward in this paper as well.

**Key words:** mobile offshore platform;towing operation;survey