

# 南海文昌油田群工程营运期间通航安全保障措施研究

李 平

(南通航运职业技术学院 航海系, 江苏 南通 226010)

**摘 要:**为保障采气平台投产营运期间航运畅通,保障附近来往船舶航行安全和工程自身的安全,文章通过构建船舶失控漂移计算模型,分析得出南海文昌油田平台附近水域危险失控区域范围,并提出工程营运期间通航安全保障措施。

**关键词:**油田群;平台;通航安全;保障措施

**中图分类号:**U676.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9891(2016)03-0030-05

## 0 引言

南海是世界四大海洋油气区之一,是我国油气资源开发的重要地区。南海油气资源的开发利用不仅为海南省发展新型工业提供了原料保障,而且为海南省开辟了新的经济增长点。在此背景下,中海石油(中国)有限公司开发建设文昌油田群工程。文昌油田位于中国南海北部海域的珠江口含油盆地,包括文昌油田群和文昌 13-1/2 油田(已建)。该油田是中国海洋石油南海西部地区第一个以中方作为作业者的合作油田,合作伙伴为加拿大哈斯基石油中国有限公司,油田于 2002 年投产。

海上通航环境是国家水上交通的宝贵资源。海上采气平台的建设将会给工程所在水域的通航环境和通航安全带来影响。为保障采气平台投产营运期间航运畅通,防止工程对附近海域通航环境带来不利影响,保障附近来往船舶航行安全和工程自身的安全,防止海域环境污染,根据我国《水上水下施工作业通航安全管理规定》等相关法规的要求,需要对该工程附近水域的通航环境、工程设计相关参数、投产营运后对过往船舶通航安全的影响应进行分析。<sup>[1]</sup>本文构建了船舶失控漂移碰撞模型,就南海油田群附近水域船舶一旦发生失控对油田群造成的危险性进行风险分析,得出南海油田群附近水域危险失控区域范围,以期为南海油田群附近水域中的失控船舶是否采取抛锚制动等措施提供科学依据和参考,以免对油田群造成影响。

## 1 文昌油田群工程的布置情况

文昌 13-1 油田位于文昌 13-2 油田以东偏北约 7 km;文昌 19-1 油田位于文昌 13-1/2 油田以南约 20 km;文昌 15-1 油田位于文昌 19-1 油田以东偏北约 38 km;文昌 14-3 油田位于文昌 13-1/2 油田以东约 25 km,西南距文昌 19-1 油田约 29 km,东南距文昌 15-1 油田约 20 km;文昌 8-3 油田位于文昌 13-1 油田以东偏北约 19 km,文昌 14-3 油田以西偏北约 18 km。

## 2 平台防撞设施配备论证

### 2.1 撞击力计算及靠泊速度验算

依据《港口工程荷载规范》,船舶碰撞平台产生的动能  $E$  计算如式(1):

$$E_0 = \frac{1}{2} \rho M V_n^2 \quad (1)$$

式中  $E_0$ —船舶碰撞码头产生的有效撞击能量(kJ)  $\rho$ —有效动能系数,可采用 0.7~0.8  $M$ —船舶质量(单位 t)  $V_n$ —船舶碰撞平台的法向速度(m/s)。

收稿日期:2016-04-18

作者简介:李平(1968—),男,湖北公安人,南通航运职业技术学院航海系助教。

工程营运后靠泊的最大船型即为补给船,排水量为 3 190t,泊位的有效撞击能量为 319kJ。当船舶以不同的速度靠泊时产生的有效撞击能量如表 1 所示。

表 1 补给船靠泊时对靠船碰垫的有效撞击能量

航速(m/s)	撞击能量(kJ)
0.2	51.04
0.3	114.84
0.5	319
0.7	625.24
1.0	1 276

上述计算结果显示,靠泊法向速度的大小直接影响到船舶对平台所产生的撞击能量大小。根据泊位碰垫的设计强度,船舶的靠泊法向速度应小于 0.5m/s。因此,船舶的法向靠泊速度应控制在 0.5m/s 左右,小角度驶靠,使撞击能量小于 319kJ,以保证靠泊设施的安全。为了避免船舶碰撞平台造成损伤,驾引人员应准确、及时地控制好船舶法向靠泊速度。

## 2.2 防撞设施安全性论证

船舶靠泊时的撞击作用,将产生结构弹性变形,由消能设施吸收能量以及定位墩的结构单性变型吸收能量。消能设施和定位墩结构所能吸收的能量承之和应大于等于船舶碰撞平台时的有效撞击能量,这样才能确保平台安全。即:

$$E_0 \leq E_s + E_e \quad (2)$$

式中  $E_e$ —消能设施吸收的能量; $E_s$ —定位墩结构由于船舶撞击作用产生结构弹性变形所吸收的能量。

根据平台定位墩的结构设计和橡胶护舷的设置设计,在船舶靠泊速度小于 0.5m/s 时具有足够的强度、弹性和耐磨性,且有一定的耐久性,能有效地吸收并能承受船舶碰撞平台时产生的巨大撞击能量,以防止平台撞击变形和磨损。油田平台工程的防撞设施符合安全要求,但船舶的靠泊速度应控制在 0.5m/s 以内。

## 3 船舶失控漂移计算模型

经过工程海域附近的船舶,由于种种原因产生车、舵突然失灵,以至船舶失控,且又没有采取或不能采取抛锚措施的情况下,船舶有可能发生失控漂移,与平台发生碰撞。<sup>[2]</sup>船舶失控漂移的运动过程可分为两个阶段:一是惯性减速阶段,可用停车冲程理论分析船舶运动过程,计算有关数据;二是随流淌航阶段,可根据设定的水流情况进行分析计算,如图 1 所示。

由于该海域风流多变,随流淌航阶段无法用精确的定量方法确定,且惯性减速阶段是船舶撞击能量最大的阶段。<sup>[3]</sup>本文主要考虑惯性减速阶段的船舶漂移量。

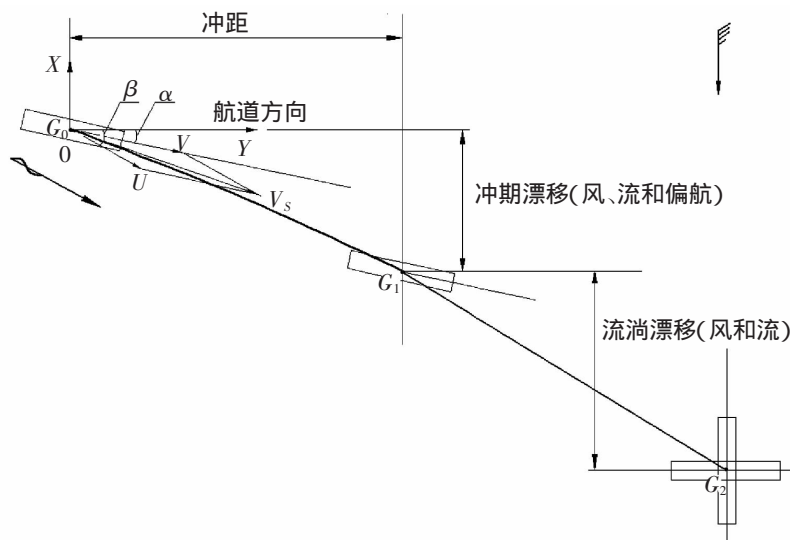


图 1 船舶失控漂移模型示意图

### 3.1 冲程、冲时计算

(1)冲时。冲时( $T$ )是指从失控点开始至惯性消失所需的时间,其大小可按式(3)求取:

$$v = v_0 \cdot e^{-t/T_{st}} \quad (3)$$

其中  $v$ —船舶在冲程时间内,任意时刻的船速(m/s)  $v_0$ —船舶初始时的船速(m/s)  $T_{st}$ —船舶减速时间常数  $T_{st} = c / \ln 2$   $c$  可根据排水量查表取得,如表 2 所示。

表 2 船速减半时间常数  $c$

排水量(万吨)	$c(\text{min})$	排水量(万吨)	$c(\text{min})$	排水量(万吨)	$c(\text{min})$
0.1	1	2.8~3.6	8	10.5~12.0	15
0.1~0.3	2	3.6~4.5	9	12.0~13.6	16
0.3~0.6	3	4.5~5.5	10	13.6~15.2	17
0.6~1.0	4	5.5~6.6	11	15.2~17.1	18
1.0~1.5	5	6.6~7.8	12	17.1~19.0	19
1.5~2.1	6	7.8~9.1	13	19.0~21.0	20
2.1~2.8	7	9.1~10.5	14		

(2)静水冲程。静水冲程( $S'$ )是指在冲时  $T$  时间内,船舶沿船速方向移动的距离,可用式(4)估算:

$$S' = \int_0^T v_0 \cdot e^{-t/T_{st}} dt = v_0 T_{st} (1 - e^{-T/T_{st}}) \quad (4)$$

### 3.2 计算船型的确定及计算结果

(1)代表船型的确定。随着沿岸各主要港口的发展,船舶流量将日益增大,船舶在设计航线时经过平台工程的机率也将越来越大。为了充分考虑平台工程的安全,结合附近各主要港口的泊位情况,选取目前各港口中主要船型作为本报告计算代表船型。船舶冲程、冲时计算方程进行惯性减速阶段冲时、冲程计算结果如表 3 所示。

表 3 代表船型惯性减速阶段冲时、冲程计算表

船型(DWT)	冲时		冲程	
	s	min	m	n mile
30 000	1 009.2	16.82	2 581.0	1.39
50 000	1 322.4	22.04	3 382.2	1.83
100 000	1 893.0	31.55	4 841.8	2.61

(2)计算结果及分析。从表 3 的计算结果可知,不同船型航经油田工程海域的惯性减速阶段历时不同,冲程也不同。对于 5 万吨级及以下的船舶,其冲程小于 2n mile。通常情况下,航线设计的习惯做法是航线与海上建筑物、障碍物至少保持横距 2n mile。按此通常做法,5 万吨级及以下的船舶在失控后经惯性漂移,当船舶漂移至平台附近水域时,其惯性已消失或基本消失,对平台不构成威胁或不致严重威胁。对于 10 万吨级及以上船舶其冲程超过 2n mile,若以航线设计的通常做法(横距 2n mile)推算,船舶失控经惯性漂移后将达到平台所在区域,对平台及船舶本身均构成危险。

## 4 营运期通航安全保障措施

### 4.1 油田工程作业区的确定及船舶航路建议

油田工程作业区范围的划定尚未有一个统一的标准。作业区水域范围的大小与工程所在海域的通航密度和通航船舶的吨位有密切的关系。从船舶通航安全的角度出发,作业区范围的大小的量化依据可以以船舶失控时的冲程作为量化标准,从而确定作业区域的大小。<sup>[4]</sup>

根据上述关于失控漂移碰撞计算与分析结果,为保证油田平台的安全,以 10 万吨级船舶作为计算对象,同时考虑 3 万吨级、5 万吨级船舶,则以平台设施边缘起算,以 3 万吨级、5 万吨级船舶失控惯性漂移距离(以 2.0n mile 计)向外延伸,所构成的水域范围作为通航控制区,以 10 万吨级船舶的惯性漂移距离(2.6n mile)超过 2n mile 的部分即 0.6n mile 向外延伸所构成的水域范围作为油田安全作业区,或以平台为

中心,半径 2n mile 为通航控制区,向外再延伸 0.6n mile 的范围为安全作业区。以 10 万吨级船舶为计算船型的通航控制区和安全作业区如图 2 所示。

船舶应禁止在油田作业区水域航行。工程水域的水深达 112.2–153.1 m 不等,海底管道和电缆埋深 1.5 m,不影响船舶的正常航行,但船舶仍应尽量避免在平台之间穿行。油田群水域平台较为密集,船舶在航线设计时若要避开所有平台则可能需要绕行较大的距离。因此,完全避开油田群航行不太切合实际,船舶在穿行油田平台群航行时需特别谨慎。

正常情况下,船舶不会在平台附近水域锚泊,但当大型船舶在附近水域失控时,有可能采取抛深水锚的方法控制船舶,以防止船舶碰撞油田平台。但锚泊对海底管线、水下生产系统构成威胁。因此,船舶应避免在油田平台附近水域锚泊,10 万吨级的船舶在平台、海底管线、水下生产系统周围 2n mile 水域范围内避免锚泊,如图 3 所示。

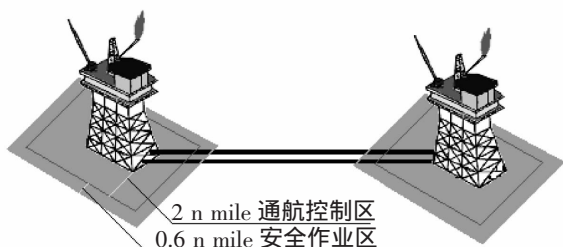


图 2 通航控制区及安全作业区水域范围图

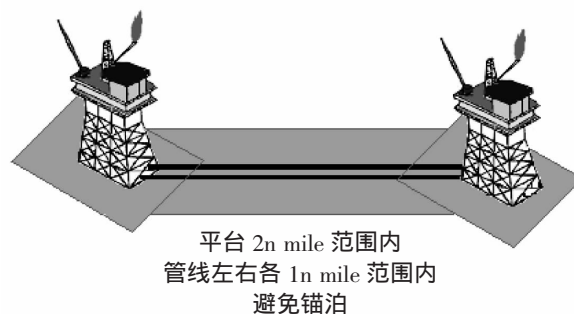


图 3 避免锚泊水域示意图

#### 4.2 船舶安全靠离操纵方法

(1)FPSO 的靠离泊操纵。①旁靠:LPG 穿梭船通常采用旁靠。在旁靠时,应根据船舶的吨位及惯性大小及早调整船速,通常法线驶靠速度应控制在 0.5 m/s 之内,防止船舶产生过大的撞击能量,保障双方的安全。如若没有拖轮协助靠离,应注意驶靠的角度,尽量选用小角度驶靠,同时,双方船员应密切配合,及时带上首倒缆。②串靠:原油穿梭船串靠时,应根据船舶的吨位及惯性大小及早调整船速,防止碰撞 FPSO 的船尾;正确使用串靠设备,确保串靠系泊设备正常工作,加强驾驶台及甲板值班,确保船位不致影响正常输油作业,同时需要做好安全应急尤其是大风浪时的安全应急。

(2)补给船靠离泊操纵。工程投产营运后需靠离平台的主要船舶为补给船,同时也包含一些较小的船舶。①补给船船长为 70 m,船舶靠离泊时需利用两个靠船碰垫。因此,在靠离泊时,驾驶人员应掌握本船的船舶特性,包括:操纵性能、载重吃水、各种操纵及系泊设备的有效性和可靠程度;掌握外界的客观条件,包括水深、流向和流速、潮高和潮时、风力大小和风向,做好靠泊部署,合理配备人员,做到人员和设备到位,并且有效地控制好靠泊速度。②由于工程水域远离陆地,风浪相对较大,工程水域冬季(11–3 月)盛行 NE 风,夏季(5–9 月)盛行南偏西风。冬季以 NE 向波浪为最多,夏季以 SSW 向为最多,平均波高约在 2.0–2.5 m,与风的特征一致。根据风浪的实际情况,应注意风、浪对船舶靠离的影响。③一般情况下船舶宜小角度靠离平台,平台上工作人员密切配合带缆,同时根据涨落潮的潮位及时调整缆绳长度。最后需要注意救生设备的准备,预防人员落水。

(3)应急情况下靠离泊。当船舶遇到台风、码头或船舶发生火灾、船舶发生泄漏事故等紧急情况,船舶应启动紧急离泊方案,以确保平台、船舶及周围水域的安全。

#### 4.3 油田平台及过往船舶的安全保障措施

船舶驾驶员在制定计划航线时已将航线远离气田平台等孤立危险物,但由于风浪、海流及定位误差等主客观因素的影响,船舶在驶经工程附近海域时仍有可能出现偏离计划航线、船舶过分接近气田工程平台、危及平台安全作业的情况。因此,应采取有效措施以保证气田平台和过往船舶的安全。<sup>[5]</sup>

#### 4.4 航海通告的发布

业主应向海事主管机关申请以航行通告的形式公布油田位置、基本布局、气田安全作业区的具体范围等要素。以 10 万吨级船舶计算,则以油田平台最外端设施的外边线向外扩展 2n mile 的区域为通航控制区,



以通航控制区最外设施的外边线向外扩展 0.6n mile 的区域为安全作业区,海底管线左右各 1n mile 范围水域为避免锚泊区;以 3 万吨级船舶计算,则油田作业水域范围可定为以平台为中心,半径 1n mile 的水域,以海底管线左右各 0.5n mile 范围水域为避免锚泊区。业主单位应在安全作业区边界坐标处设置必要的警戒标志,将包括边界坐标、标志坐标等报海事主管机关,并申请发布航海通告。<sup>[6]</sup>

#### 4.5 船舶应急救助

平台补给船舶及过往船舶的应急救助包括船舶自救与外援救助。当补给船在平台附近发生碰撞、火灾、翻沉等应急事件后,船舶首先应自救,同时加强与平台的联系,利用平台救助设施、人员及时救助。当补给船在航行途中、尚未达到平台时发生紧急情况需要救助时,应按航行船舶的救助程序进行遇险呼叫,发出遇险信号,以得到附近船舶和岸上救助;驶经平台水域的船舶发生紧急情况时,应积极自救。当需要外部救助时,应按救助程序进行遇险呼叫,发出遇险信号,以得到附近船舶和岸上救助。同时,遇险呼叫时应着重联系就近的港口,如海口、清澜港,以得到搜救中心的及时救助。

#### 5 结束语

本文以南海文昌油田群工程为例对海上油田平台进行通航影响分析,分析平台和船舶之间的相互影响,确保满足相关规范的要求,最后对油田平台营运期间的平台及船舶的靠离泊作业方面提出了相应的安全保障措施,从而确保南海油田群平台水域及其附近水域的通航安全。

#### 参考文献:

- [1]陈智辉,熊振南.海上石油开采平台对通航安全影响的综合评判[J].中国航海,2013(4):104-108.
- [2]母德伟,刘明俊.船舶失控漂移模型在重庆白居寺长江大桥通航安全影响论证中的应用研究[J].水运管理,2014(5):155-158.
- [3]丁天明,艾万政.渔船在流场中失控漂移预报模型[J].水运管理,2011(10):14-16.
- [4]黄秋盈.南海海域 FPSO 环境影响研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.
- [5]孙海涛,李昌伟.海上平台对通航安全的影响及应对措施[J].中国水运,2009(9):30-31.
- [6]赵仓龙.新建锚地水域通航环境风险评价方法研究[J].南通航运职业技术学院学报,2014(2):26-30.

## Study on Navigation Safety Measures during the Operation of Wenchang Oilfield Group Project in the South China Sea

LI Ping

(Dept. of Navigation, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

**Abstract:** In order to ensure the smooth flow of shipping, ship navigation safety and project safety during the operation of the oilfield platform, this article constructs the out-of-control drift calculation model, analyzes the coverage of the out-of-control area adjacent to Wenchang Oilfield Platform in the South China Sea as well as puts forward the corresponding navigation safety measures.

**Key words:** Oilfield group; Platform; Navigation safety; Safeguard measure