



大型蝶形布置油码头靠船墩间距分析

李江文, 何 翔, 李永烨

(中交水运规划设计院深圳有限公司, 广东 深圳 518054)

摘要: 目前规范给出的靠船墩间距取值建议相对简单, 当靠泊船型跨度较大时, 容易出现下限船型靠泊困难甚至不能靠泊的情况。针对大型蝶形布置油码头靠船墩间距取值问题, 通过中外相关规范、指南的对比及与靠泊相关的实船数据统计, 结合具体工程对靠船墩间距的影响因素及靠船墩间距上限值进行分析。结果表明, 靠船墩布置时应考虑油船压载时的船舶平行体长度、集管中心偏心导致的艏艉平行体长度差等, 并将其作为靠船墩间距上限值计算的控制因子。

关键词: 靠船墩间距; 船舶平行体长度; 油船; 偏心靠泊

中图分类号: U 656. 1+32

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)12-0072-05

Breasting dolphin spacing of large oil wharves with butterfly layout

LI Jiang-wen, HE Xiang, LI Yong-ye

(CCCC Water Transportation Consultants (Shenzhen) Co., Ltd., Shenzhen 518054, China)

Abstract: Breasting dolphin spacing recommended by current codes is relatively simple. When berthing ships have a large range, ships meeting the lower limit may find it difficult or even impossible to berth. To determine the breasting dolphin spacing of large oil wharves with a butterfly layout, this paper compares relevant codes and guidelines in China and other countries, collects data from real ships related to berthing, and analyzes the influencing factors and upper limit of breasting dolphin spacing according to specific projects. The results show that it is necessary to consider the length of ship parallel bodies and the length difference between ship bow and stern parallel bodies caused by the off-center of the manifold center when oil tankers are ballasted in the layout of breasting dolphin and take these indicators as control factors to calculate the upper limit of breasting dolphin spacing.

Keywords: breasting dolphin spacing; length of ship parallel body; oil tanker; off-center berthing

随着经济和社会的发展, 国内大型油码头陆续建设、运营。油码头一般采用蝶形布置, 靠船墩间距直接影响船舶靠离泊和作业安全, 是码头布置须重点考虑的问题。关于蝶形布置泊位的靠船墩中心间距, 目前 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[1]仅给出基于设计船长的经验公式, 对于靠船墩间距的具体取值及其应考虑的因素, 并未给出相关建议和要求, 导致在实际工程中往往需要设计人员根据经验进行确定, 造成靠船墩间距取值差异较大, 甚至可能出现靠船墩间距取值不合理的情况。

关于蝶形布置码头靠船墩间距, 石油公司国际海事论坛 OCIMF 的 *Mooring Equipment Guidelines*^[2] 与英标 BS 6349-4: 2014^[3] 的相关建议基本一致, 与国内规范有所差异。国内相关人员在规范符合性分析的基础上, 对油码头靠船墩间距的适应性进行了一定的研究^[4-6]。在油船尺度方面, 秦子君^[7]根据船舶资料统计分析, 对与系靠泊有关的油船详细尺度进行系统的统计分析。

与油码头相近的液化天然气(LNG)和液化烃码头方面, 黄高新^[8]通过 LNG 船平直段、管汇位置特点, 提出大型 LNG 码头靠船墩布置准则; 付

博新等^[9]对液化烃码头装卸臂引起的偏心靠泊问题进行分析论述; 朱忠余等^[10]对 LNG 码头靠船墩间距进行模型试验分析。

对于大型油码头而言, 目前基于具体船型尺度的靠船墩间距分析研究相对较少。通过对实船数据的统计分析发现, 油船的具体船型尺寸、装卸工艺都具有其自身特点, 压载时船舶平行体长度、集管中心偏心导致的艏艉平行体长度差都是靠船墩布置时应予以考虑的因素。本文结合具体工程, 通过中外相关规范、指南的对比以及大型油船实船数据分析, 给出大型蝶形布置油码头确定靠船墩间距时应考虑的因素以及相关意见建议。

1 蝶形布置泊位靠船墩间距国内外相关规定

1) 根据《海港总体设计规范》, 蝶形布置泊位的两靠船墩中心间距可为设计船长的 30%~45%, 兼靠船型范围较大时, 可增设辅助靠船墩。根据

旧版《海港总平面设计规范》^[11]的条文说明, 参考日本相关研究资料, 一般的船舶平行体长度为船长的 55%~60%, 2 座靠船墩间距取船舶平行体长度的 2/3~3/4, 即船长的 35%~45%; 同时综合考虑国内已建工程实例, 国内规范建议两靠船墩中心间距可为设计船长的 30%~45%。

2) *Mooring Equipment Guidelines* 与 BS 6349-4: 2014 的建议总体一致, 即靠船墩的间距建议在设计船长的 25%~40%。此外, *Mooring Equipment Guidelines* 建议 2 个横缆系缆墩(即靠船墩)的间距最好为设计船长的 1/3。

以某 30 万吨级原油码头工程为例, 泊位采用蝶形布置, 对称布置 2 个靠船墩, 靠船墩中心间距取 110 m, 设计船型为 15 万~30 万吨级油船, 其中 30 万吨级油船为主力船型。

分别按照《海港总体设计规范》、*Mooring Equipment Guidelines* 及 BS 6349-4: 2014 计算靠船墩中心间距, 见表 1。

表 1 靠船墩间距的计算结果

靠泊船型	设计船长 L/m	《海港总体设计规范》	靠船墩中心间距/m
		<i>Mooring Equipment Guidelines</i> 及 BS 6349-4: 2014	
15 万吨级油轮	274	82.0~123.3	68.5~109.6
25 万吨级油轮	333	99.9~149.9	83.3~133.2
30 万吨级油轮	334	100.2~150.3	83.5~133.6

根据表 1 结果分析: 1) 对于主力船型的 30 万吨级油船, 靠船墩间距 110 m 约为设计船长的 1/3, 较为合理。2) 对于下限船型的 15 万吨级油船, 靠船墩间距 110 m 约为设计船长的 40%, 位于《海港总体设计规范》计算的靠船墩间距中值以上, 处于 *Mooring Equipment Guidelines* 及 BS 6349-4: 2014 计算结果的上限。3) 综合考虑靠泊船型及到港频率,

靠船墩中心间距取 110 m 满足规范要求。

依据船舶运营方提供的实船资料进行靠泊适应性论证过程中发现, 当进一步考虑油船压载的平行体长度、集管中心偏心导致艏艉平行体长度差异(图 1)时, 110 m 靠船墩间距对于 15 万吨级油船的靠泊保证率较低, 出现 15 万吨级油船靠泊困难的情况。

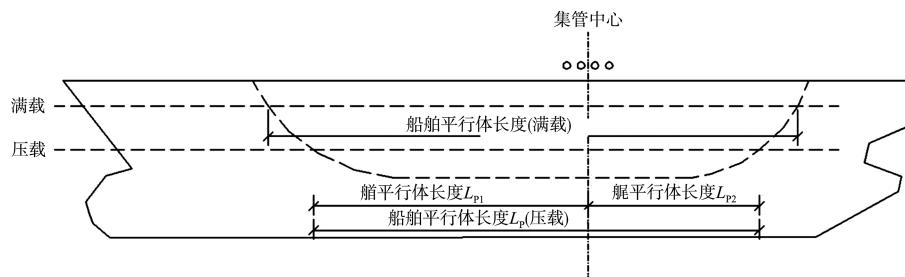


图 1 油船平行体长度、集管中心偏心导致艏艉平行体长度差异

2 与靠船墩布置相关的油船尺度

油码头的装卸作业一般采用固定式输油臂，虽然输油臂有一定的包络范围，但此包络范围主要为适应潮位变化、船舶运动量考虑，因此码头进行装卸作业时，一般油船集管中心的货油管路与输油臂对正。此外，为保障船舶靠泊安全，同时要求靠泊时护舷与船舶的接触面需要在船舶平行体段。

对于蝶形布置的泊位，除设计船长外，船舶平行体长度及艏艉平行体长度均对靠船墩布置有直接影响：1)不同装载度时，船舶平行体长度不同，具体可分为满载、压载、空载，其中压载时船舶平行体长度 L_p 是靠船墩布置应考虑的重点因素，应保障压载时护舷与船舶平行体充分接触。

2)对于油船泊位，船舶平行体是否对称于船舶集管中心也是影响靠船墩布置的重要因素。根据收集到的实船资料，油船集管中心普遍存在偏心，相对于集管中心的艏平行体长度 L_{p1} 、艉平行体长度 L_{p2} 不对称，以艏平行体长度大于艉平行体长度居多，且二者差异较大。

3 实船的靠船墩间距探讨

3.1 实船尺度统计

以 30 万吨级原油码头工程为例，结合收集的实船具体尺度，进一步探讨船舶平行体长度、艏艉平行体长度差等对靠船墩间距的影响，相关数据见表 2。

表 2 油船平行体长度、艏艉平行体长度数据

船舶吨级/ 万吨级	名称	船长/m	船舶平行体长 L_p /m	艏平行体长 L_{p1} /m	艉平行体长 L_{p2} /m	艏艉平行体 长度差/m	船舶平行体 与船长之比/%
15	大理湖轮	-	122.46	74.34	48.12	26.22	-
	远北海轮	274.30	102.40	57.74	44.66	13.08	37.33
	London Spirit	274.40	130.50	71.40	59.10	12.30	47.56
	Morviken	274.30	101.32	48.19	53.13	-4.94	36.94
	Suez Vasilis	274.34	120.41	69.41	51.00	18.41	43.89
	Aegean Unity	274.22	107.08	56.52	50.56	5.96	39.05
	Atlanta Spirit	274.39	130.50	71.40	59.10	12.30	47.56
	Delta Spirit	274.20	117.63	68.13	49.50	18.63	42.90
	Eleni	274.20	117.00	68.20	48.80	19.40	42.67
	Front Challenger	276.00	127.12	75.09	52.03	23.06	46.06
	Front Njord	274.50	112.65	64.65	48.00	16.65	41.04
	Maran Hermione	274.00	120.18	68.81	51.37	17.44	43.86
	Maria	274.83	130.20	76.41	53.79	22.62	47.37
	Nordic Vega	274.16	134.70	77.25	57.45	19.80	49.13
	Olympic Fighter	274.22	107.08	56.52	50.56	5.96	39.05
30	75%保证率代表船型	274.00	115.10	67.20	47.90	19.30	42.00
	远月湖轮	333.00	150.48	93.76	56.72	37.04	45.19
	Cosgrand Lake	329.99	156.00	88.00	68.00	20.00	47.27
	Leicester	333.00	140.16	91.12	49.04	42.08	42.09
	Pantanassa	333.07	130.60	77.89	52.73	25.16	39.21
75%保证率代表船型尺度		334.00	134.60	79.70	54.90	24.80	40.30

注：15 万、30 万吨级油船 75%保证率船舶代表尺度主要参照文献[4]的研究成果，其中船长采用规范设计船长数据。

由表 2 数据可知：1)压载时船舶平行体长度与船长的比值，15 万吨级油船为 36.94%~49.13%，对于 75%保证率代表船型为 42%；30 万吨级油船为 39.21%~47.27%，对于 75%保证率代表船型为 40.30%。2)油船的集管中心普遍存在偏心，一般表现为艏平行体长度大于艉平行体长度，且船型越大，艏艉平行体长度差越大。对于

15 万吨级油船，艏艉平行体长度差在 5~26 m，75%保证率代表船型约为 19.3 m；对于 30 万吨级油船，艏艉平行体长度差在 20~42 m，75%保证率代表船型为 24.8 m。3)根据收集到的 15 艘 15 万吨级油船具体尺度，其中 4 艘压载时船舶平行体长度小于本工程靠船墩间距 110 m，12 艘船舶的艉平行体长度小于 55 m(靠船墩间距的一

半), 导致护舷的接触面不能全部落在船舶平行体段, 需要偏心靠泊甚至不能靠泊。针对具体船型时, 15 万吨级油船靠泊保证率相对较低。

3.2 靠船墩间距取值建议

目前《海港总体设计规范》给出的靠船墩间距取值建议过于简单, 对船舶平行体长度、集管中心偏心情况的影响未给出明确的设计要求。当泊位的船型跨度较大时, 容易出现下限船型靠泊困难甚至不能靠泊的情况。对于蝶形布置的油码头, 在进行靠船墩布置时, 不能单纯地以船长作为确定靠船墩间距的唯一依据, 应综合考虑压载

时船舶平行体长度、集管中心偏心情况、码头装卸设备布置情况、船舶装卸作业时允许运动量等因素。

因此, 建议靠船墩间距在规范总体范围要求的基础上, 应进一步分析靠船墩间距的上限值, 建议以压载时船舶平行体长度 L_p 、艏艉平行体长度差 Δ 作为控制因子, 并分别按是否考虑船舶偏心靠泊、靠船墩按对称布置给出以下建议。

3.2.1 不考虑偏心靠泊

不考虑偏心靠泊时, 油船集管中心基本与输油臂区域中心对齐, 如图 2 所示。

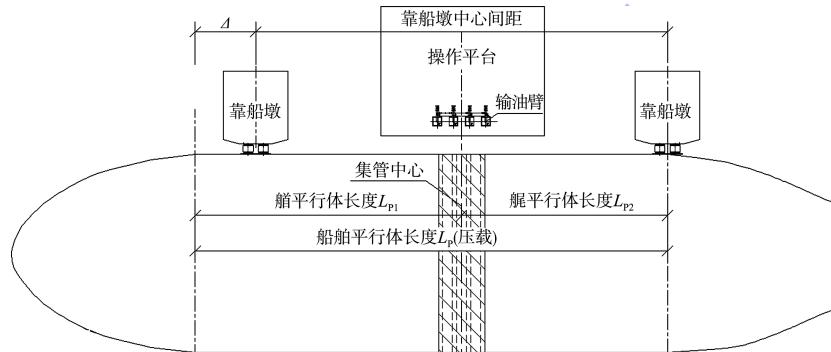


图 2 不考虑偏心靠泊的尺寸(集管中心与输油臂中心对齐)

基于两侧靠船墩对称布置, 此时:

$$L_1 \leq L_p - \Delta \quad (1)$$

式中: L_1 为靠船墩中心间距; L_p 为压载时船舶平行体长度, 依据目前收集的船型数据, 对 15 万、30 万吨级油船, L_p 约为设计船长的 42%、40%, 具体取值建议做进一步统计分析; Δ 为压载时艏艉平行体长度差, 对于 15 万、30 万吨级油船, 75% 保证率时 Δ 分别为 19.3、24.8 m, 建议做进

一步统计分析。

3.2.2 考虑偏心靠泊

考虑偏心靠泊时, 通常为仅利用部分输油臂进行装卸, 此时油船集管中心与输油臂区域中心偏位, 一般为输油臂间距的整数倍。偏心靠泊时可用的输油臂数量减少, 影响油船装卸效率, 因此不宜偏位太多, 建议控制在 1 倍输油臂间距以内, 如图 3 所示。

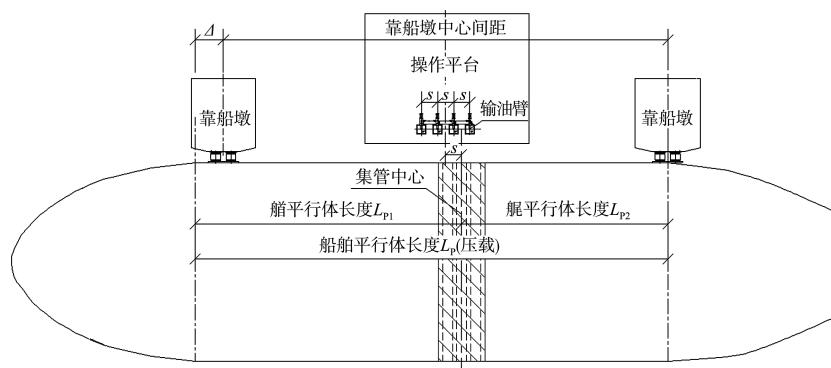


图 3 偏心靠泊的尺寸(集管中心与输油臂中心偏位)

基于两侧靠船墩对称布置，此时：

$$L_1 \leq L_p - \Delta + 2s \quad (2)$$

式中： s 为输油臂中心距。

从公式简化的角度，式(1)(2)均未考虑船舶装卸作业时允许运动量以及装卸臂的作业包络范围，主要因为二者对靠船墩中心距的影响基本相

当，可基本互相抵消。

3.2.3 工程实例计算

结合本工程，按式(1)(2)计算靠船墩间距上限值结果见表 3。在不考虑偏心靠泊时，靠船墩间距上限值为 95.8 m，为设计船长的 35.0%；考虑偏心靠泊时为 103.8 m，为设计船长的 37.9%。

表 3 15 万吨级油轮的靠船墩间距计算参数及结果

设计船长 L/m	75% 保证率压载 时平行体长 L_p/m	Δ/m	输油臂中心距 s/m	靠船墩间距上限值/m	
				不考虑偏心靠泊	考虑偏心靠泊(偏移 1 倍输油臂间距)
274	115.1	19.3	4	95.8	103.8

4 结论

1) 根据实船数据，压载时船舶平行体长度与船长的比值，15 万吨级油船为 36.94%~49.13%，30 万吨级油船为 39.21%~47.27%。

2) 油船的集管中心普遍存在偏心，一般表现为艏平行体长度大于艉平行体长度，且船型越大，艏艉平行体长度差越大。

3) 确定油码头靠船墩间距时，除船长外，应综合考虑船舶平行体长度、集管中心偏心的影响。以压载时船舶平行体长度 L_p 、艏艉平行体长度差 Δ 作为控制因子，给出靠船墩间距上限值计算的建议。

4) 对于靠泊船型跨度较大的泊位，《海港总体设计规范》中靠船墩间距上限取设计船长的 45% 偏大。结合 *Mooring Equipment Guidelines*、BS 6349-4:2014 及本文分析结果，综合考虑非主力船型适当偏心靠泊等因素，建议靠船墩间距上限值不超过设计船长的 40%。

5) 因数据有限，本文仅基于收集到的实船数据对 15 万、30 万吨级油船给出上述建议。建议《海港总体设计规范》进一步收集相关资料，完善其中靠船墩布置的具体细部要求。

设计院有限公司.海港总体设计规范: JTS 165—2013[S].北京: 人民交通出版社, 2014.

- [2] Oil Companies International Marine Forum. Mooring equipment guidelines[S]. 3rd ed. Livingston: Witherby Seamanship International Ltd., 2008.
- [3] British Standards Institution. Maritime works-part 4: code of practice for design of fendering and mooring systems: BS 6349-4: 2014[S]. London: BSI Standards Limited, 2014.
- [4] 周佳, 赵洋.关于墩式布置开敞式泊位降等级靠泊的探究[J].港工技术, 2016, 53(3): 21-24.
- [5] 钱奇勇, 金明清.某大型油码头靠泊小油船兼容性设计[J].中国港湾建设, 2012(4): 62-64.
- [6] 王金鹿, 刘金岭, 蒋勇.册子岛原油码头靠泊低吨级油船的可行性[J].油气储运, 2010, 29(1): 68-71, 94.
- [7] 秦子君.大型油码头设计船型的系靠泊尺度研究[J].水运工程, 2011(11): 82-93.
- [8] 黄高新.大型液化天然气码头靠船墩布置研究[J].港工技术, 2015, 52(5): 45-48.
- [9] 付博新, 刘玉晗, 陈刚.液化烃码头设计中的问题分析[J].水运工程, 2019(10): 64-67, 72.
- [10] 朱忠余, 靳如刚, 高峰.浙江 LNG 码头总平面布置试验研究[J].水运工程, 2013(10): 102-106.
- [11] 中交水运规划设计院, 中交第一航务工程勘测设计院.海港总平面设计规范: JTJ 211—1999[S].北京: 人民交通出版社, 1999.

参考文献:

- [1] 中交水运规划设计院有限公司, 中交第一航务工程勘测

(本文编辑 王璁)