



开敞海域中液体散货泊位长度探讨

李绍武¹, 张志明², 杨国平², 彭玉生²

(1. 天津大学建筑工程学院, 天津 300072; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 对国内若干开敞海域码头泊位长度进行分析, 又对英、美、日本及石油公司国际论坛等现行港口工程规范中开敞式码头泊位长度的确定方法进行讨论。在此基础上指出: 开敞海域液体散货码头的横向约束比纵向约束更为重要; 在不影响船舶约束效果的前提下, 采用较大水平系缆角以及适中的缆绳长度可有效缩短泊位长度; 并建议对于单个独立的开敞式液体散货泊位, 其泊位长度可按1.1~1.3倍设计船长确定。

关键词: 开敞式; 码头泊位长度; 一字型布置; 蝶式

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)02-0197-05

Calculation method of berth length of liquid bulk cargo terminal in open sea

LI Shao-wu¹, ZHANG Zhi-ming², YANG Guo-ping², PENG Yu-sheng²

(1. College of Architectural Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Based on the analysis of domestic and overseas practical cases of wharves and discussion on the determination methods for the liquid bulk cargo terminal in the codes for port construction of English, America, Japan and OCIMF (Oil Companies International Marine Forum), it is pointed out that for wharves in the open sea, the restrain in the transverse direction is more important than in the longitudinal direction; The adoption of larger horizontal angle and moderate length of the mooring line can effectively reduce the berth length; The berth length can be determined by 1.1 ~ 1.3 times of the typical vessel length for a single berth in the open sea.

Keywords: open sea; berth length; T-type; island-type

码头长度是指为了满足船舶安全靠泊、驻留所需要的最小长度, 主要受设计船型长度和码头平面布置形式的影响, 有时还需要考虑装卸设备的需要。码头平面布置根据系缆方式可分为一字型布置(国外称T型布置)和蝶式布置(国外称为岛式布置), 后者将横缆固定点向码头后方移动, 横缆与船舶轴线交角加大, 横缆长度也相应加长, 是液体散货码头经常采用的一种布置形式。不管哪种布置方式, 选择较长的艏、艉缆长度和较小的与船舶轴线的角度, 所需的码头长度也就较大。因此, 艏、艉缆系缆方式成了除船长之外影响码头长度的主要因素。

关于开敞海域液体散货泊位长度问题, 目前业界存在着2种观点: 一种倾向于采用较长泊位^[1], 另一种倾向于采用短泊位。2种观点各有其依据。本文拟通过国内外实例分析, 并结合欧美日等相关规范的确定方法, 对液体散货泊位长度确定方法进行讨论, 并提出新的确定方法。

1 我国开敞海域液体散货码头情况分析

目前, 我国开敞海域液体散货码头泊位长度多数都是按1.4~1.5倍设计船长确定的, 其主要依据是^[1]: 开敞水域波浪、流急, 因此需要通过艏、艉缆加强对船舶的约束, 而且认为艏、艉缆与船

收稿日期: 2012-07-13

作者简介: 李绍武 (1962—), 教授, 主要从事河流及海岸动力学、港口规划及平面布置。

舶轴线水平夹角在30°~45°时效果最佳，为了提高缆绳弹性，缆绳适宜长度为60~100 m。如此确定的码头长度大致为1.4~1.5倍设计船长。实践证明，上述确定方法存在2个弊端：1）艏、艉缆的受力状态不明确，对船舶横、纵向位移都不能起到有效约束；2）由于艏、艉缆长度与横缆存在较

大差异，各缆绳的受力不均匀现象十分明显，缆绳断缆风险增大。

表1统计了我国8座按开敞式确定的码头长度情况，其泊位长度与船长比在1.36~1.46，平均为1.41。其中有2座码头的反馈结果都表明存在上述问题。

表1 按开敞式泊位确定码头长度统计

码头名称	掩护条件	设计船长/ m	码头长度/ m	码头长/ 船长	富裕长度/ m	码头布置形式	码头使用效果反馈
洋山港成品油码头	5万吨级 10万吨级（兼）	较差	115×2	318.5	1.38	29.5	一字型布置
			265	360.0	1.36	47.5	
青岛港5 000吨级液体化工码头三期工程	较差	158	217.3	1.37	30.0	蝶式布置，艏艉 缆水平角42°	
福建成品油码头 （湄洲湾内）	2万吨级泊位	较差	158	223.0	1.41	32.5	一字型
	5 000吨级泊位		113	161.0	1.42	24.0	
深圳港下洞港区光汇15万吨级油码头	较差	275	385.0	1.40	55.0	蝶式布置	
大连港30万吨级原油码头	较差	340	510.0	1.50	85.0	蝶式布置	泊位长度过大，纵横向约束不理想，有断缆现象
惠州30万吨级原油码头	较差	334	490.0	1.46	78.0	蝶式布置	泊位长度过大，纵横向约束不理想

2 国外规范泊位长度确定方法

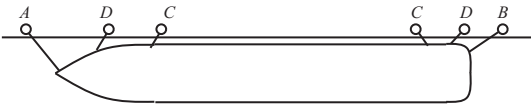
2.1 日本规范泊位长度确定方法

1989版的日本规范《港湾设施技术基准》给出的油轮泊位长度标准为1.5~1.8倍船长，但2007版日本规范^[3]给出的泊位长度大大缩短（表2）。新版日本规范中对15万吨级及其以下的普通船舶以及小于5万吨级的油轮的泊位长度与船长的比值均小于1.3。日本规范中规定，在已知具体船型情况下，采用一字型布置的码头按图1所示系缆方式确定泊位长度，多数情况下艏艉缆可采用30°~45°的水平系缆角度。因一字型布置的码头艏艉缆长度较短，因此按此范围确定的泊位长度一般较我国现行规范中开敞式码头要小。

表2 日本规范泊位长度对比

吨级	标准船长/m	1989版	2007版
10万	247	450	320
15万	290	465*	370
20万	312	480	
30万	334	530	

注：*由10万吨级和20万吨级插值得来。



注：A：艏缆；B：艉缆；C：倒缆；D：横缆
图1 日本规范系缆方式

2.2 英国规范泊位长度确定方法

英国规范BS63494：1994（Section 3. Mooring）中并未对码头的开敞式布置和有掩护式布置进行严格区分，但指出应根据船舶所受荷载的性质设置缆绳，强调以缆绳合理受力为原则^[4]。为得到最佳横向系缆效果，缆绳在水平面内应尽量与船舶轴线成直角，且各缆绳长度应尽量相等。纵向荷载主要由倒缆承担，横向荷载主要由横缆约束。艏、艉缆与船舶轴线的最佳水平角度为75°，最佳缆绳长度在35~50 m（图2）。

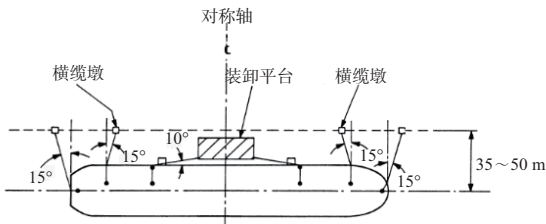


图2 英国规范系缆墩最佳布置

2.3 OCIMF及SIGTTO的做法

OCIMF (Oil Companies International Marine Forum石油公司国际海事论坛)颁布的《系泊设备指南》(2007年第3版)对系泊方法并未按有掩护式和开敞式进行区分^[5],但给出了与英标(图2)类似的系泊布置,且强调系泊模式应与实际荷载环境相适应,从抵御荷载角度,最好是用倒缆抵御纵向荷载,横缆抵御横向荷载,缆绳抵御荷载的最理想状态是与荷载方向一致,夹角变大,则约束效果下降;对于多方向荷载,可以设置艏艉缆,而对于荷载方向比较确定的情况,特定的系缆方式效果更好。

从典型布置图看(图2),码头的系缆墩置于泊位后方距离码头前沿线约50 m处(以13 5000 m³船为例),目的在于保证缆绳与船舶轴线夹角在75°~105°;系泊时尽量不用艏艉缆;缆绳的长度宜在35~50 m范围内,且尽量等长。

SIGTTO (The Society of International Gas Tankers and Terminal Operators, 国际液化气船及码头营运协会)建议蝶式布置的LNG码头泊位长度不小于设计船长即可^[6]。

2.4 中国近几年的研究成果及实践经验

对于蝶式布置码头泊位长度,中国现行规范采用1.4~1.5倍船长。该系数参考了较多日本工程实例及1989版日本规范,因此确定的泊位长度较长。

近几年,针对蝶式布置码头泊位长度计算问题国内有不少分析和实践成果。文献[7]曾对英国标准及OCIMF标准中开敞式码头长度的确定方法进行研究,指出按现行规范计算得到的值偏大。文献[8]曾建议,有掩护情况下蝶式布置码头长度可按有掩护式码头计算,泊位长度将减小到1.3倍设计船长以下。

文献[9]在总结蝶式布置码头船舶在横流和纵向流作用下模型试验结果后指出,在同样的水流速度下,横流对船舶形成的荷载远大于纵向流形

成的荷载。如,1 kn横流对25万吨级满载油轮形成的荷载是纵向流的46倍,而2 kn横流形成的荷载是纵向流的71倍。文献[9]还报道了国内某LNG码头的船舶在纵向最不利荷载作用下的位移试验结果,得出的结论是,无论在横向荷载还是纵向荷载作用下,船舶的横移量均比纵移量大,而横向荷载作用下船舶将更难控制。可见船舶横向约束的难度和重要性远较纵向约束大。

文献[10]运用OPTIMOOR软件,并结合物理模型试验结果,分析了典型荷载作用下,缆绳受力及船舶运动量与泊位长度的关系。结果表明,泊位长度较短时缆绳拉力差异较小,泊位长度较大时缆绳拉力差异显著增大。由于泊位长度加大即意味着艏艉缆长度加大,缆绳加长后虽然可以增强弹性,但对船舶的约束力却降低,同时引起缆绳受力不均匀。而这也正是英国规范建议尽量采用相同缆绳长度的原因所在。该文研究结果还表明,较长泊位的船舶纵移量总是略大于较短泊位的纵移量,而横移量无论是长泊位,还是短泊位都很大。这反映了短泊位在系缆效果上优于长泊位。

表3列出了国内外部分蝶式布置码头的泊位长与船长比。从中可见,国内码头(序号1~7)泊位长与船长比为1.40~1.66,属长泊位。而国外开敞式码头长度大都较短*(序号8~11),泊位长与船长比在1.06~1.26,平均为1.15,属于短泊位。值得注意的是,这个比值与我国现行规范有掩护式码头的泊位长与船长比大致相同,甚至略小。实际工程中若按1.1~1.3倍船长确定码头长度,则基本可以涵盖所收集的短泊位船长的长度。

从国内部分长泊位码头实际使用效果来看,其系缆效果并不好。如,惠州港、大连港30万吨级原油码头均属横向浪、流为主要荷载,由于码头长度较大,艏、艉缆过长,不能有效发挥作用。国内设计的开敞式码头采用一字型布置的实例较多,由于这种布置形式的艏艉缆长度较短,

表3 国内外部分蝶式布置码头数据统计

码头名称	码头结构形式	掩护条件	设计船长/ m	码头长度/ m	码头长 /船长	富裕长度*/ m	说明
惠州港30万吨级石化码头（大亚湾内）	桩基梁板结构	开敞式	334	490.0	1.47	78.0	按开敞式码头计算泊位长度，使用方反映码头长度过大。艏、艉缆110 m
大连30万吨级原油泊位	重力式结构	开敞式	340	510.0	1.50	85.0	按开敞式码头取上限，使用方反映码头长度过大。艏、艉缆60~75 m，74 m
汕头5万吨级LPG码头	高桩墩式结构	开敞式	250	350.0	1.40	50.0	按开敞式码头取下限，艏、艉缆大于40 m
青岛港30万吨级原油码头三期工程	重力墩式结构	开敞式	334	520.0	1.56	93.0	经对系缆角度与长度进行详细布置确定泊位长度
岚山港30万吨原油码头	重力墩式结构	开敞式	334	501.0	1.50	83.5	综合考虑码头拟建位置处风、浪、流等自然条件83.5 m
青岛港5 000吨级液体化工码头一期工程	桩基墩台结构	开敞式	123	204.6	1.66	40.8	与5万吨级泊位形成连续布置，泊位尺度无限制
天津30万吨级原油码头	高桩墩式结构	部分掩护式	334	468.0	1.40	67.0	
印尼坦固LNG\CPG	墩台结构	开敞式	292	367.5	1.26	37.8	
香港索罟群岛LNG方案		开敞式	345	365.0	1.06	10.0	
卡塔尔ESLLAFFAN LNG		有掩护式	约350	375.0	1.07	15.0	
英国 SHOUTH HOOK LNG		开敞式	345	395.6~406.6	1.15~1.18	25.2~30.8	

注：*富裕长度指泊位单侧超出船长的长度。

可以有效缩短码头长度。从统计结果看，其长度一般均小于1.4倍船长，这从另一个侧面反映了艏艉缆的重要性以及按1.4~1.5倍设计船长确定的码头长度是偏大的。

近年来我国液体散货泊位的长度计算也有向短泊位发展的趋势。如，宁波港大榭岛25万吨级原油泊位规划方案采用蝶式布置，码头长度即借鉴了英国标准，泊位长与船长比为1.28。汕头5万吨级LPG码头长度虽然按现行规范计算，但取了低限。

3 结论

- 1）对于蝶式布置码头，船舶的横向约束比纵向约束更加重要，控制难度也更大，需要进行强化。
- 2）倒缆可以承受大部分纵向荷载，而减小艏、艉缆系缆角度对加强纵向约束的效果并不理想。

3）为了加强对船舶横向位移的控制和保证缆绳受力均匀，艏、艉缆的水平系缆角度不宜过小。采用较大系缆角度（大致在75°~105°）以及适中的缆绳长度（30~50 m）可以有效缩短蝶式布置码头的长度，形成所谓短泊位。

4）对于单个独立开敞式布置码头，其泊位长度可按1.1~1.3倍设计船长取值。

致谢：本文研究工作中交水运规划设计院有限公司规范修订项目专题。

参考文献：

[1] JTJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].

[2] JTJ 295—2000 开敞式码头设计与施工技术规范[S].

[3] 国土交通省港湾局 港湾の施設の技術上の基準同解説[S].

[4] BS-63491 Marine Structures, Part 1: Codes of Practice for General Criteria, 2000[S].

[5] Oil Companies International Marine Forum. Mooring Equipment Guidelines[S].

[6] The International Society of Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO). Site Selection and Design for LNG Ports and Jetties[S].

[7] 蔡长泗. 开敞水域蝶形码头泊位的长度[J]. 中国港湾建设, 2007(5): 36-37.

[8] 张勇. 半开敞式海域油气码头泊位长度的确定[J]. 水运工程, 2003(12): 33-35.

[9] 蔡长泗. 蝶形短泊位系泊效果[J]. 水运工程, 2009(4): 80-82.

[10] 吴澎. 姜俊杰, 张廷辉, 等. 开敞式蝶形码头墩位平面布置的优化研究[J]. 水运工程, 2006(10): 121-127.

(本文编辑 郭雪珍)

《水运工程》优秀论文评选

评委点评：

开敞海域中液体散货泊位长度的确定，除考虑设计船型长度、码头平面布置形式、装卸设备需要的因素外，还应考虑船舶艏、艉缆系统方式的影响。文中指出JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》确定开敞式码头长度的方法存在两个弊端：1）艏、艉缆的受力状态不明确，对船舶横、纵向位移不能起到有效约束；2）艏、艉缆长度和横缆存在较大差异，各缆受力不均，存在断缆的风险。

本文通过对国内外实例分析，结合英美日等国相关规范的确定方法，并参照国内的研究文献，总结归纳出对于蝶式布置码头，船舶的横向约束比纵向约束更为重要；倒缆可以承受大部分纵向荷载；为加强对船舶横向位移的控制和保证缆绳受力均匀，艏、艉缆的水平系统缆角度不宜过小，大致为75°~105°，适中的缆绳长度宜为30~50 m；并得出对于单个独立开敞式码头的泊位长度可取1.1~1.3倍船长的结论。

本文是JTJ 211—1999《海港总平面设计规范》规范修订专题项目，其结构合理、论述充分，文章为开敞海域中液体散货泊位长度的确定提供了更为科学的设计思路，具有实际意义，结论可作为规范修订时的重要参考依据。

黄磊

2014年12月

评委简历：



黄磊，高级工程师，河北省水运工程规划设计院院长。

主持和参加了河北省秦皇岛港、唐山港（京唐港区、曹妃甸港区）、黄骅港等多个重点项目的设计和评审工作。完成的项目获得河北省优秀工程咨询成果一等奖5项，优秀科技成果一等奖2项。