



PIANC 2023 版系泊船舶运动量标准解析

赵 晶, 夏运强, 王海峰, 王国安

(海军研究院, 北京 100070)

摘要: 针对船舶靠泊码头作业允许运动量标准问题, 对具有行业影响力的国际航运协会(PIANC)最新发布的 2023 版 *Criteria for Acceptable Movement of Ship at Berths* 进行解读分析。将新版标准推荐的各船型装卸作业的允许运动量汇总成表, 便于使用, 并与 1995 年版标准及我国现行的《海港总体设计规范》相关内容进行对比。结果表明, 此新版标准更加科学、精准和严格, 它明确船舶允许运动量的适用位置, 忽略船舶回转和纵摇运动量的限制, 液化气船、杂货船、散货船等的运动量标准减小幅度达 50%, 并改进了集装箱船的作业效率分级。新版标准更符合船舶实际作业情况, 更具可操作性, 对保证船舶安全高效作业、船舶系泊类模型试验开展及相关行业规范的制定和修订提供了重要的参考依据。

关键词: 允许运动量; 装卸作业; 系泊标准; 泊稳条件; 船舶系泊

中图分类号: U651.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)10-0042-06

Analysis of Criteria for Acceptable Movement of Ship at Berths

2023 edition proposed by PIANC

ZHAO Jing, XIA Yunqiang, WANG Haifeng, WANG Guoan

(Naval Research Institute, Beijing 100070, China)

Abstract: In response to the issue of acceptable movement standards for ships during berthing operations, an interpretation and analysis is conducted on the latest 2023 edition of *Criteria for Acceptable Movement of Ship at Berths* released by the Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC). The acceptable movement amounts for loading and unloading operation of various ship types recommended in the new edition are summarized into a table for easy use. The new edition standard is compared with the 1995 edition standard and the relevant content of China's current *Design Code of General Layout for Sea Ports*. The results show that the new edition standard is more scientific, accurate and strict. The new edition standard clarifies the applicable positions of the acceptable movement of ships, ignores the limitations on the ship's rotation and heave movement amounts, and the movement amount standards for liquefied gas ships, general cargo ships, bulk cargo ships and other types of ships have been reduced by up to 50%. It also improves the operation efficiency grading of container ships. The new edition standard is more in line with the actual operation of ships and is more operable. It provides an important reference for ensuring the safe and efficient operation of ships, the development of ship mooring model tests and the formulation and revision of relevant industry standards.

Keywords: acceptable movement; loading and unloading operation; mooring standard; berthing condition; ship mooring

码头泊稳和作业条件的优劣决定了港口、码头设计和建造的综合质量, 如这个条件不达标,

将造成船舶无法正常地进行靠泊和装卸作业^[1]。到目前为止, 国内外港口工程设计规范对港内泊

收稿日期: 2025-01-10

作者简介: 赵晶(1989—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为港口、海岸及近海工程。

通信作者: 夏运强(1971—), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为港口、海岸及近海工程。

稳标准尚无统一规定, 确定码头泊稳和作业条件主要通过 2 种方式, 即极限海洋环境作业条件和装卸作业允许的船舶运动量。前者规定了泊位处的风、浪、流等环境参数, 后者则在确保装卸作业安全性并考虑作业效率的基础上, 规定了允许的船舶运动量, 我国现行的 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[2]对以上 2 种方式均做了相应规定。

在极限海洋环境作业条件方面, 盘荣亨等^[3]曾对散货船、液化气(LNG)船、油船等船型的泊稳标准, 即泊位安全操作所允许的最大波高进行过研究; 孙天霆等^[4]综合国内外标准确定了游艇泊稳和靠泊的允许波高; 孙龙等^[5]介绍和对比国外渔港内锚地的允许波高规定, 论述采用允许最大波高的现实意义, 最后推算我国渔港内锚泊允许最大波高。虽然采用极限环境作业条件更易于工程设计应用, 但未完全考虑波浪的周期、方向和船舶的固有频率、系泊方案等其他因素影响, 导致存在一定局限性^[6], 一般仅用于项目前期的初步评估。而且随着近十几年来船舶大型化趋势愈发明显, 离岸深水港的建设不断增多, 船舶作业允许泊稳波高在逐渐加大, 对重新论证码头作业标准提出了新的要求^[7]。

通过装卸作业的船舶允许运动量确定码头泊稳和作业条件, 在设计和研究逻辑上更为科学, 《基于国内外规范和标准的海港工程总平面设计指南》^[8]对系泊设计给出详细的建议步骤: 在根据船型确定初步的系泊方案后, 通过模型试验的方式, 对码头平面布置、泊稳和作业的环境要素标准进行相互迭代分析, 最终得出最优的平面布置和作业环境标准。

陈刚等^[9]建议通过系泊试验的方式对外海岛礁地形大型泊位平面设计进行论证、优化; 刘青明等^[10]则是通过试验的方式, 确定西非某开敞式大型散货码头的泊稳条件; 欧勇等^[11]对 LNG 码头平面布置方案, 开展船舶系泊动力响应物理模型试验, 研究 LNG 船在设计系缆工况下的船舶运动量, 并与国际航运协会(PIANC)推荐值进行对比;

Nguyen 等^[12]采用物理模型试验方法, 测量受港内过往船舶影响下的船舶运动量; Lee 等^[13]分析船对船系泊的影响因素, 并基于试验结果得出船对船安全系泊标准; 高峰等^[14]基于允许船舶运动量推荐值范围, 鉴于系泊期间的客船主要受与载客舒适度相关的运动量影响, 通过计算得出 45 m 双体客船码头系泊控制波高; 刘艳等^[15]参考 PIANC 推荐的抓斗式散货船允许运动量, 给出不同浪向组合下的允许波高; 沈雨生等^[16-17]通过物理模型试验, 测量散货船系泊状态下的运动量, 对船舶泊稳问题进行研究。

PIANC 于 1995 年发布的 *Criteria for Movements of Moored Ships in Harbors*^[18] (简称 1995 版标准) 为我国现行规范的制定提供了全面、坚实的论证和参考。而在 2023 年, PIANC 发布 *Criteria for Acceptable Movement of Ship at Berths*^[19] (简称 2023 版标准), 旨在对 1995 版标准进行全面更新, 代表行业最新成果。本文通过对比这两版标准, 可以更加全面地了解和掌握其中的差异性和适用性, 从而为船舶系泊类物理模型试验以及在港口平面布置规划中明确港内码头泊稳和作业条件等提供宝贵的参考和借鉴。

1 2023 版标准内容概览

2023 版标准凝聚了全球多个国家、各相关领域专家的智慧, 提供关于各型船舶在泊位处进行装卸作业的信息和建议。2023 版标准首先介绍工作组的历史背景、成员构成、会议概况以及报告受众和编制目的。随后, 详细定义船舶运动的 6 个自由度(纵移、横移、升沉、横摇、纵摇、回转), 并分章节深入介绍不同船型的装卸设备和作业流程, 同时列举相关船型允许运动量的历史标准, 在此基础上, 对允许运动量标准进行了全面更新。附录部分则进一步阐述了工作组职权范围、关于液体散货船和集装箱船章节的背景信息, 及标准中插入的图片和表格列表, 便于读者更深入地理解报告内容和背后的研究逻辑。

2 2023 版标准中允许运动量标准

2023 版标准中各船型的装卸作业允许运动量标准分散于各个章节，为便于查阅，将各型船舶

装卸作业允许运动量标准整理见表 1，表中允许运动量的正、负值分别表示不同的运动方向，具体可以参照图 1 中坐标系进行理解。

表 1 推荐的装卸作业船舶允许运动量
Tab. 1 Recommended acceptable ship movement for loading and unloading operation

船型	装卸设备或状态	适用位置	纵移/m	横移/m	升沉/m	横摇/(°)
液体散货船(含油船、LNG 船等)	装卸臂	液货接口	±1.0	1.0	±1.0	—
散货船	抓斗卸船机	舱口处	±1.0	1.0	±0.5	±3
	连续卸船机		±0.5	0.5	±0.5	±1
	装船机		±2.5	2.5	—	—
1 000~30 000 DWT 杂货船小型近海货船	—	货物处	±1.0	0.75	±0.5	±2.5
集装箱船(有效值计)	95%装卸效率	横移时为堆栈位置	±0.3	0.5	—	±(1~2)
	90%装卸效率		±0.6	0.8	—	±(1~2)
	85%装卸效率		±0.8	1.0	—	±(1~2)
滚装船(含渡轮)	车辆装卸作业状态	跳板	±0.3	0.6	±0.6	±2
	车辆装卸极限状态		±1.0	1.0	±1.0	±5
	铁路装卸作业状态		±0.075	0.005	±0.2	—
邮轮	登船桥典型状态	登船口	±0.3	-0.3~0.6	±0.3	±2
	登船桥极限状态		±0.7	-0.5~2.0	±0.5	±3
	舷梯固定状态		±0.3	±0.5	—	±2
	舷梯转动状态		±1.5	±0.5	—	±2

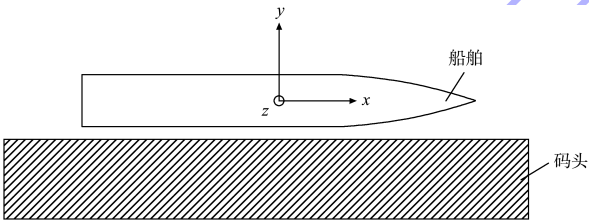


图 1 船舶靠泊码头坐标系
Fig. 1 Coordinate system of ship berthing terminal

值得注意的是，液体散货船包括油船、LNG 船等运输液体散货的船型，一般采用装卸臂进行液货装卸作业，允许运动量的适用位置为液货接口处，此处的平移运动分量已综合考虑了旋转运动分量带来的影响，因此表 1 仅列出平移运动的限制标准。当采用软管进行液货装卸作业时，则无相关运动限制。

对于散货船，2023 版标准详细讨论使用不同装卸设备(包括船载设备和岸基设备)进行装载、卸载作业时的允许运动量标准，经合并整理得到表 1 的相关数据，适用位置均为舱口处。

杂货船涵盖了 1 000~30 000 DWT 的杂货船和小型近海货船，因运输货物的种类繁多，其装卸

设备也各不相同，其允许运动量标准的适用位置为货物处。

集装箱船的装卸设备较为单一，运行轨迹也相对固定，故对纵移的运动量限制较为严格，而对升沉运动则无限制，允许运动量的适用位置为船舶重心(横移运动除外，其适用位置为集装箱堆栈处)。与其他船型不同的是，集装箱的装卸作业在时间上存在一定的离散性，单次的大幅运动并不会对整个装卸作业过程产生显著的限制性影响。因此，集装箱船按照不同的装卸效率进行细分，并以运动量有效值作为允许运动量标准。

滚装船(含渡轮)允许运动量标准按照车辆装卸作业状态、车辆装卸极限状态和铁路装卸作业状态分别列出(作业状态为跳板放下，装卸作业正常进行；极限状态为跳板放下，装卸作业已暂停)，其允许运动量标准的适用位置为跳板处。其中，铁路装卸作业对运动量的限制最为严格，需要在掩护良好的泊位处进行。

2023 版标准中增加了邮轮的相关规定，邮轮乘客通道分为登船桥和舷梯，登船桥的使用状态

分为典型和极限两种, 舷梯的使用状态分为固定和转动两种, 以上设备和使用状态各自对应不同的允许运动量标准, 适用位置为登船口。

2023 版标准中将小型船舶分为海上支援保障船和渔船, 海上支援保障船包括拖船、引航船、巡逻船、加油驳船等, 允许运动量标准见表 2, 其适用位置为船舶重心; 渔船为全长 25~60 m 的小型渔船, 允许运动量标准见表 3, 其适用位置为货

物装卸处或船舶重心处, 大型渔船参照杂货船的相关规定。

表 2 海上支援保障船作业允许运动量
Tab. 2 Acceptable ship movement for operation of maritime support vessel

作业分类	适用位置	升沉/m	加速度/ ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)
主要活动(装卸、登船等)	船舶重心	0.30	0.40
次要活动(甲板劳动)		0.45	0.60

表 3 小型渔船(总长 25~60 m)作业允许运动量
Tab. 3 Acceptable ship movement for operation of small fishing vessel (total length 25~60 m)

装卸设备	适用位置	纵移/m	横移/m	升沉/m	回转/(°)	纵摇/(°)	横摇/(°)
吊装式	货物处或 船舶重心处	± 0.5	± 1.0	± 0.2	± 1.5	± 1.5	± 1.5
小型提升机		± 0.075	± 0.15	± 0.2	± 1.5	± 1.5	± 1.5
吸鱼泵		± 1.0	± 1.0	± 0.2	± 1.5	± 1.5	± 1.5

3 与 1995 版标准及我国现行规范的对比分析

我国现行的 JTS 165—2013《海港总体设计规范》中推荐的装卸作业船舶运动量标准主要参照 1995 版标准, 其中油船和 LNG 船的标准参考英国标准协会(BSI)的 *Maritime Works-Part 1-1: General-Code of Practice for Planning and Design for Operations*^[20] 进行了调整。

2023 版标准在允许运动量标准的制定上更加关注装卸作业的安全操作和装卸效率(仅针对集装箱船); 而 1995 版标准还侧重于介绍不同船舶的系泊方案以及影响系泊的风、浪、流等环境因素及作用原理。因此, 前者在制定标准时更具实用性, 而后者则更接近于系泊作业的操作指导手册。此外, 1995 版标准中集装箱船装卸效率分为 100% 和 50%, 在集装箱船装卸作业实践中发现已缺乏代表性, 2023 版标准中将集装箱船装卸效率 95% 以上视为完全效率, 并按 95%、90%、85% 分档列出允许运动量标准, 同时标准采用运动量的有效值代替最大值, 更符合装卸作业的实际情况。

2023 版标准在介绍各型船舶装卸作业使用的设备和具体操作时更加详细, 并指出允许运动量

的适用位置; 而 1995 版标准仅列出装卸设备, 对各型船舶允许运动量标准的适用位置未进行明确说明, 在实际操作中多以船舶重心处为准。

值得注意的是, 2023 版标准中取消了回转、纵摇运动量的标准, 将旋转运动分量带来的影响融合到适用位置处平移运动分量的限制标准中, 避免了实际工作中回转和纵摇运动不易测量的问题, 使标准的执行更具可操作性。同时, 2023 版标准中允许运动量的数值较 1995 版标准中普遍减小, 部分船型的减小幅度达到 50%, 如 LNG 船、杂货船、散货船的纵移和横移等, 2023 版标准更为严格。

2023 版标准增加了邮轮的允许运动量标准, 主要从乘客上下船的过程确定登船口处的允许运动量。2023 版标准对小型船舶(含支援保障船、渔船)也仅从船舶运动量的角度做出相应规定, 1995 版标准还保留不同浪向下允许波高的标准。

总体而言, 2023 版标准突出的特点便是更加科学、精准和严格, 允许运动量标准的得出完全是由装卸作业的具体操作过程中得来, 不再考虑

与环境因素和系泊方案的关联,可以在系泊模型试验中更加高效、直接地进行港内码头平面布置和作业环境标准的相互迭代。当然 2023 版标准也存在不足之处,它是以问卷调查的形式对船员和港务人员装卸作业实践经验进行总结而得出,因其样本数量、观测时间和精度难以充分保证,在系泊模型试验中如何控制作业时间也没有严格规定。

4 结论

1) 2023 版标准更加关注船舶装卸作业过程中受影响的具体位置,不再简单地以船舶重心处为准。这对船舶系泊类模型试验具有重要指导意义,引导人们在试验中更加关注适用位置处的运动量。

2) 2023 版标准中取消了对船舶回转和纵摇运动的限制,仅保留横摇运动的允许运动量标准,将旋转运动分量带来的影响融入到适用位置处平移运动分量的限制标准中,避免了实际工作中对回转和纵摇运动不易测量的问题,提高了标准的可执行性。

3) 2023 版标准中允许运动量的数值较 1995 版标准中普遍减小,标准更为严格。在港口平面布置规划设计中,如果采用此标准来衡量码头泊稳和作业条件,则需要进行船舶系泊类模型试验,其结果可能会远远严格于采用 JTS 165—2013《海港总体设计规范》中船舶装卸作业允许波高的标准。

4) 2023 版标准的发布对于船舶装卸作业的安全性和效率具有重要意义,对于船舶系泊类模型试验也具有指导意义,同时也将对我国 JTS 165—2013《海港总体设计规范》的修订提供宝贵的参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 唐国明,高峰,刘洋,等.浅析绥中港区码头泊稳条件问题的改善措施[J].中国水运,2020(3):71-74.
TANG G M, GAO F, LIU Y, et al. Measures to improve the berthing conditions of wharves in Suizhong Port[J]. China water transport, 2020(3): 71-74.
- [2] 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S].北京:人民交通出版社,2013.
Designcode of general layout for sea ports: JTS 165-2013[S]. Beijing: China Communications Press, 2013.
- [3] 盘荣亨,沈家莘.港口的泊稳标准[J].水运工程,1981(3):47-48.
PAN R H, SHEN J S. Port berthing stability standard[J]. Port & waterway engineering, 1981(3): 47-48.
- [4] 孙天霆,朱嘉玲,王登婷.游艇码头防波堤设计断面模型试验研究[C]//左其华,窦希萍.第十七届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(上).北京:海洋出版社,2015:462-466.
SUN T T, ZHU J L, WANG D T. Model test study on breakwater design section of yacht wharf[C]// ZUO Q H, DOU X P. Proceedings of the 17th China Ocean(Shore) Engineering Symposium(I). Beijing: China Ocean Press, 2015: 462-466.
- [5] 孙龙,陈国强,李醒,等.渔港港内锚地泊稳允许波高比较分析[J].水运工程,2011(12):54-56.
SUN L, CHEN G Q, LI X, et al. Comparative analysis of allowable wave height for steady mooring of the anchorage area in fishing harbors[J]. Port & waterway engineering, 2011(12): 54-56.
- [6] 吕淑杰.大陈岛某码头泊稳分析以及受风浪影响作业天数统计分析[J].珠江水运,2023(13):41-43.
LYU S J. Parking stability analysis of a wharf in Dachen Island and statistical analysis of the number of working days affected by wind and waves[J]. Pearl River water transport, 2023(13): 41-43.

- [7] 张志明, 杨国平, 张鹏. 海港总体设计关键技术及展望[J]. 水运工程, 2016(10): 61-67, 89.
- ZHANG Z M, YANG G P, ZHANG P. Key technology and prospect of overall design of seaport[J]. Port & waterway engineering, 2016(10): 61-67, 89.
- [8] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 基于国内外规范和标准的海港工程总平面设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd. Design guidelines for general layout of sea port based on the Chinese and international codes and standards [M]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2018.
- [9] 陈刚, 李冰, 孙士勇. 外海岛礁地形大型泊位平面设计要点[J]. 水运工程, 2013(10): 143-148.
- CHEN G, LI B, SUN S Y. Design essentials for plan of deep-water berth in sea island topography [J]. Port & waterway engineering, 2013(10): 143-148.
- [10] 刘青明, 黄河, 张银苗. 复杂水动力条件下开敞式大型散货码头泊稳条件分析[J]. 水运工程, 2018(6): 154-157.
- LIU Q M, HUANG H, ZHANG Y M. Mooring stability condition analysis of open-type large offshore bulk cargo terminal under complex hydrodynamic conditions [J]. Port & waterway engineering, 2018(6): 154-157.
- [11] 欧勇, 单鼎隆. LNG 船舶码头系泊动力响应模型试验研究[J]. 港口航道与近海工程, 2024, 61(2): 1-5.
- OU Y, SHAN D L. Experimental study on dynamic response of lng ship on berth by using physics model[J]. Port, waterway and offshore engineering, 2024, 61(2): 1-5.
- [12] NGUYEN T T D, NGUYEN V, YOON H, et al. An experimental study on the motion of the floater moored near port in waves generated by a ship [J]. Journal of navigation and port research, 2020, 44(5): 363-374.
- [13] LEE S W, CHO I S, LEE H T, et al. Identification of impact factors in ship-to-ship mooring through sensitivity analysis [J]. Journal of navigation and port research, 2019, 43(5): 310-319.
- [14] 高峰, 季飞, 沈文君, 等. 双体高速客船码头泊稳条件分析研究[J]. 港工技术, 2019, 56(4): 1-4.
- GAO F, JI F, SHEN W J, et al. Analysis and study of mooring conditions of high-speed passenger catamarans[J]. Port technology, 2019, 56(4): 1-4.
- [15] 刘艳, 高峰, 黄晨, 等. 长周期波浪下大型船舶系泊安全特性模拟研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2018, 18(9): 9-10.
- LIU Y, GAO F, HUANG C, et al. Simulation study on mooring safety characteristics of large ships under long-period waves [J]. China water transport (the second half of the month), 2018, 18(9): 9-10.
- [16] 沈雨生, 周益人. 不同波浪和装载条件下系泊船舶横摇运动试验研究 [J]. 水动力学研究与进展 (A 辑), 2018, 33(3): 364-369.
- SHEN Y S, ZHOU Y R. Experimental study on roll motion of a moored ship under different wave and loading conditions [J]. Chinese journal of hydrodynamics, 2018, 33(3): 364-369.
- [17] 沈雨生, 刘堃, 杜齐鲁, 等. 波浪周期对系泊船舶运动影响试验研究 [J]. 水动力学研究与进展 (A 辑), 2016, 31(2): 220-224.
- SHEN Y S, LIU K, DU Q L, et al. Experimental study on the influence of wave period on the motion of mooring ship [J]. Chinese journal of hydrodynamics, 2016, 31(2): 220-224.
- [18] Criteria for movements of moored ships in harbours: a practical guide[S]. Brussels: PIANC, 1995.
- [19] Criteria for acceptable movement of ship at berths[S]. Brussels: PIANC, 2023.
- [20] Maritime works-part 1-1: general-code of practice for planning and design for operations: BS 6349-1-1: 2013[S]. London: BSI, 2013.