



穿浪双船体高速滚装渡轮码头总体设计

寇 军

(福建省交通规划设计院, 福建 福州 350004)

摘要: 针对穿浪双船体高速滚装渡轮航速快、机动性好、采用喷水式推进系统和无船跳板等船型特点, 开展陆域平面布置、装卸工艺、码头尺度、水域尺度、码头面高程、码头前沿设计水深、航道设计水深等码头总体设计关键技术研究。

关键词: 穿浪双船体高速滚装渡轮; 码头; 总体设计; 工作思路与方法

中图分类号: U 656. 102

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)01-0072-06

General design of wave-piercing catamaran terminal

KOU Jun

(Fujian Communication Planning and Design Institute, Fuzhou 350004, China)

Abstract: The special feature of wave-piercing catamaran is fast, high maneuverability, water jet propulsion system and non-vessel springboard. Considering the characteristics, a comprehensive study on the key technologies of wave-piercing catamaran terminal which includes terminal layout, handling technique, land and water scale, wharf surface elevation, the design depth and channel depth are carried out.

Keywords: high speed ro-ro ferry with wave-piercing catamaran; terminal; general design; work consideration and method

穿浪双船体高速滚装渡轮(简称高速客滚船)是一种现今在欧美国家流行的承担岛屿或海峡之间水上交通运输的新型客滚船,具有航速快、机动性好和装载量大等特点,其运营速度达40~42 kn(74~78 km/h),最高航速达50 kn(93 km/h),是国内渤海湾、琼州海峡在航传统客滚船航速20~25 kn(37~46 km/h)的约2倍。2011年11月,平潭综合实验区从国外引进了第一艘大陆籍98 m型高速客滚船——“海峡号”,开通了台湾海峡第一条高速客滚航线——平潭—台中航线,航程88 n mile,单程仅需2.5 h。2014年5月,平潭综合实验区又新增了一艘台湾籍112 m型高速客滚船——“丽娜轮”,开通了平潭—台北航线,航程92 n mile,单程约2.5 h^[1]。依托高速客滚船出的

众性能及低于航空1/3以上的成本优势,平潭与台湾本岛之间构筑了一条两岸最近最快的“海上高速公路”,实现了“航空时效、海运成本”的优势组合,促进和便利了两岸客货交流往来。

福州港平潭港区现已建成了澳前作业区海峡客滚码头、平潭港区进港航道工程等一系列高速客滚船相关港口设施,另有金井作业区1[#]、2[#]泊位工程(兼靠高速客滚船)正在建设。由于高速客滚船具有区别于传统客滚船的个体特征,现行规范难以完全满足设计需求。本文以平潭港区高速客滚船码头建设为例,通过分析该类船舶的船型特点,对码头的陆域平面布置、装卸工艺、码头尺度、水域尺度、码头面高程、码头前沿设计水深和航道设计水深等总体设计关键技术进行总结

收稿日期: 2016-05-08

作者简介: 寇军(1964—)男,教授级高级工程师,从事港口及航道工程规划设计工作。

研究,为今后类似码头项目设计提供参考和借鉴。

1 船型特点分析

穿浪双船体高速滚装渡轮由澳大利亚某船厂生产,船身使用海军舰用铝合金以航空结构制造。船舶采用双船体半刨式船体设计,具有出色的横向稳定性和高速的性能,在恶劣的波浪条件下采用穿越波浪而非从波浪上跨过,可在浪高4 m海况下平稳航行,适航力达6 m浪高海况。船舶设计运营速度 >40 kn(74 km/h),最高航速达47~50 kn(87~93 km/h),按照国际海事组织规定归类为高速船舶。船舶顶层为驾驶室,中层为客舱,下层为货舱及停车甲板,船上还设有咖啡座、免税商店等休息区和售货区。以112 m型高速客滚船为例,主要船型参数:总长112.6 m,型宽30.5 m,满载吃水3.93 m,空载吃水2.717 m,船舶吨级10712GT,满载排水量8 710 t,载客量1 200人,载货(车)量1 400 t或小汽车355辆,客舱出口距满载吃水线高度8.812 m,停车甲板距满载吃水线高度3.682 m,4台喷水式推进器,航速 >42 kn(78 km/h),无船跳板,作业方式为艏直滚装作业,其船舶首、尾外形见图1。



a) 船首



b) 船尾

图1 高速客滚船外形

与国内传统客滚船相比,高速客滚船具有如下特点:

1) 航速快。高速客滚船运营速度 >40 kn(74 km/h),最高航速达47~50 kn(87~93 km/h),是传统客滚船航速20~25 kn(37~46 km/h)的约2倍。

2) 船舶装载量大。112 m型高速客滚船总吨位为1.07万GT,但其载客量和载货(车)量与2万GT传统客滚船大致相当。

3) 船舶总长度较短,但船体较宽。112 m型高速客滚船与1万GT规范船型相比,前者总长度是后者的67.4%,宽度是后者的117.3%。

4) 船舶吃水浅。满载吃水为3.93 m,是1万GT传统客滚船满载吃水6.3 m的62.4%。

5) 采用喷水式推进系统。与传统客滚船采用螺旋桨推进系统不同,高速客滚船采用喷水式推进系统,具有更优良的机动性能。

6) 采用艏直滚装作业方式,但船舶自身不带跳板。传统客滚船自带船跳板,并可分为斜跳、直跳板、舢跳板等多种滚装作业方式;而高速客滚船自身不带船跳板,接岸设施与车辆甲板直接搭接,采用艏直滚装作业方式。

2 码头总体设计关键技术

2.1 陆域平面布置

从口岸角度分类,客滚码头可分为有口岸功能及无口岸功能两类。平潭客滚码头需开展对台人、车、货通关,属有口岸功能客滚码头,相关口岸配套设施应与主体工程“同步规划、同步设计、同步建设、同步使用”;根据分货种生产及口岸管理需要,生产区应分为货物作业区、客车作业区和旅客作业区3个相互隔离的独立功能区^[2]:

1) 货物作业区是进行随船运输的货物存储、堆放及通关作业的功能区,布置货物堆场(集装箱堆场)、仓库、拆装箱库、货物联检查验区、货物检验检疫处理区、货车闸口等。

2) 客车作业区是进行客车待渡和通关作业的功能区,应满足大客车、小汽车等多种车型待渡

和通关要求，布置大客车待渡场、小汽车待渡场、车辆集中查验场、客车闸口等。

3) 旅客作业区是进行旅客集疏运、通关、候船等作业的功能区，布置候船建筑物、站前广场、社会车辆停车场、公交站台等。

2.2 码头装卸工艺

2.2.1 客运工艺

虽高速客滚船的船尾和左、右舷均设有客舱出口，但由于车辆需采用艙直滚装作业，为便于交通有序组织和客货分流安全管理，旅客宜从船身侧面舱口上下。简易式旅客登船设备有登船梯、客梯车等，虽造价较省，可满足“人车分流”的运营要求，但较难满足“无障碍、全天候、封闭式、不落地”的现代化客滚码头运营要求，客运工艺登船设备推荐采用登船桥+固定式人行廊道作业方式。

常用的登船桥有旋转伸缩式和 L 型移动式两种(图 2)。

旋转伸缩式登船桥前部为活动端，用于连接船舶，后部为固定端，与固定式人行廊道对接，整机可绕固定端作旋转运动和俯仰动作，接船后可自动适应船舶随潮汐升降、波浪、潮流产生摇晃，并处于随动搭接状态。

L 型移动式登船桥整机可沿顺岸布置的轨道在码头区移动，登船桥的两端分别与船舶和固定式人行廊道相接，其中海侧采用“接船口通道”连接船舶，陆侧采用“陆侧对接通道”与固定式人行廊道相接。“接船口通道”与“陆侧对接通道”之间为玻璃侧壁旅客通道，该通道采用直线伸缩式结构，通过直线段伸缩可以达到设备调整直线段的角度和坡度的目的。该类登船桥亦具备与船舶的随动搭接功能。

旋转伸缩式登船桥主要优点是整机结构和电气控制系统较简单，投资省，无需在码头平台设置轨道；主要缺点是仅能绕固定端做旋转运动，无法整机行走，活动范围有限，对不同船型的适应性较差。L 型移动式登船桥主要优点是整机沿码头行走，对不同船型的适应性较强；主要缺点是设备和电气控制系统较复杂，投资大，并需建设轨道设施。对于高速客滚船专用码头，为节约投资，可选用旋转伸缩式登船桥；对于要求对不同船型适应性较强的客滚码头，宜选用 L 型移动式登船桥。

2.2.2 滚装工艺

由于高速客滚船自身不带船跳板，接岸设施(一般为钢引桥)需与船舶车辆甲板直接搭接，船舶在港作业过程中，将受到潮汐升降、潮流、风浪影响产生摇晃，如何防止因接岸设施活动受限挤压损伤船体结构，是滚装工艺设计中区别于普通客滚码头的重点和难点。在澳前作业区海峡客滚码头建设中，设计单位较好地解决了这一难题^[3]。

平潭地区潮差较大，车辆滚装接岸设施设计采用固定式岸坡道与可调式岸坡道相结合的方案。在码头平台设置一段长为 16.5 m、坡度为 1:10 的固定式岸坡道，能有效降低可调式岸坡道

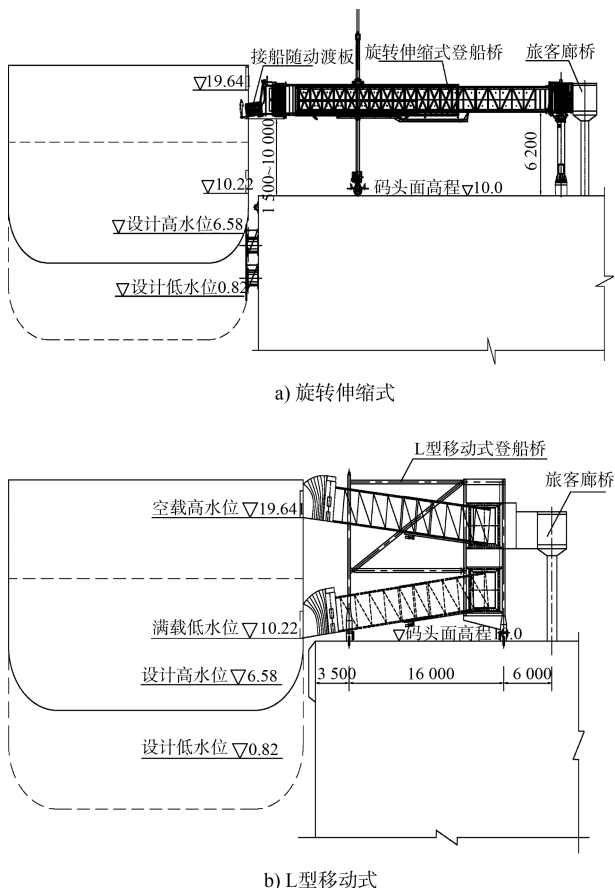


图 2 登船桥工艺断面 (高程: m; 尺寸: mm。下同)

铰接处的高程,缩短钢引桥的长度,降低钢引桥造价和制造难度。可调式岸坡道采用液压升降式钢引桥系统,由于空载高水位与满载低水位甲板面高差达到 7.749 m,为满足 JTS 165—2013

《海港总体设计规范》工作状态纵向坡度不宜大于 1:10 的要求,钢引桥计算跨度取为 42 m。根据船型特点和安全作业需要,钢引桥采用两段式构造(图 3)。

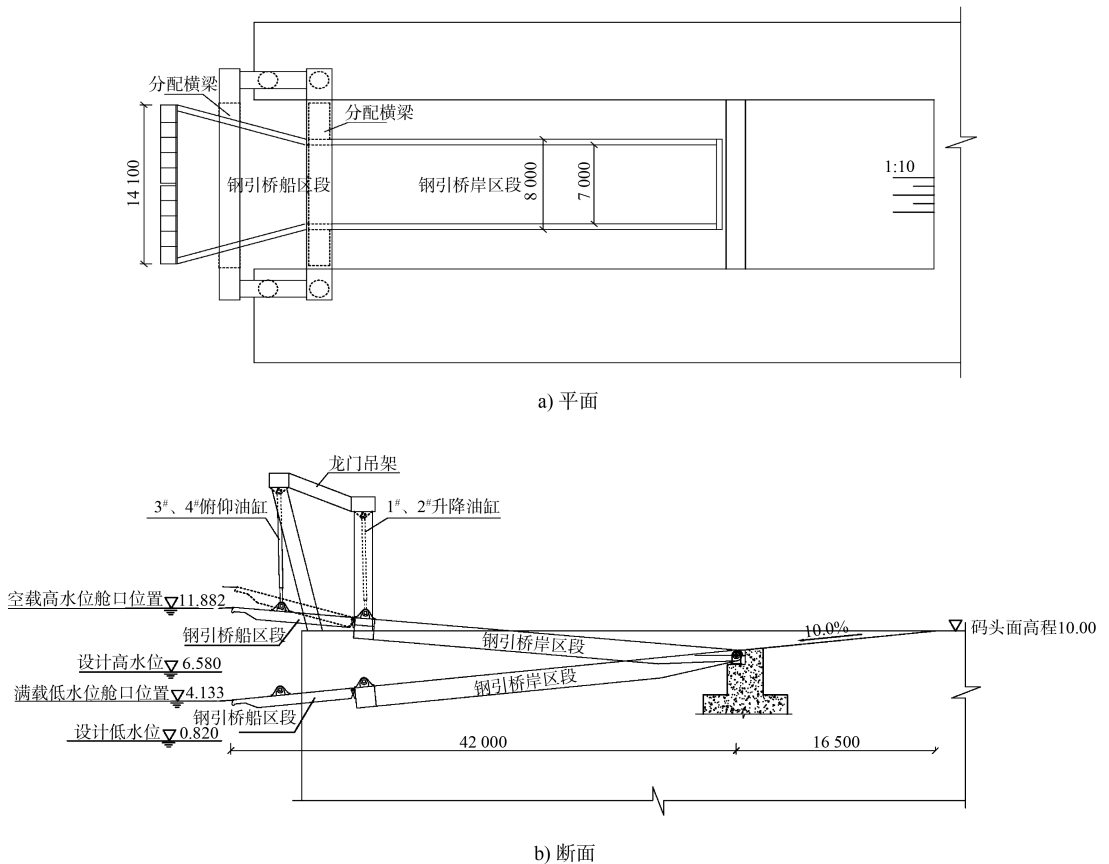


图 3 两段式钢引桥构造

钢引桥岸区段长 32 m,等宽布置,全宽 8 m。岸区段根部采用固定转动铰接与固定式岸坡道连接,距转铰 31.75 m 处设置有分配横梁,分配横梁上设提升油缸,与龙门吊架连接,横梁下设弧形底座,在台风期放置于立柱侧面设置的由液压缸驱动的锁定销轴中。

钢引桥船区段长 10 m,变宽 8~14.1 m 布置。钢引桥船区段岸侧通过端部的转动铰接与岸区段连接,距岸区段根部转铰 38.75 m 处设置有分配横梁,连接至龙门吊架。作业时,船区段端部搭接至渡船汽车甲板外侧牛腿上,形成两跨连续布置。控制钢引桥船区段的 3#、4# 俯仰油缸处于随动状态,能自动适应船舶的摇晃和位移,防止钢引桥活动受限挤压损伤船体结构。

2.3 码头及水域尺度

1) 码头泊位长度。

根据 JTS 165—2013《海港总体设计规范》5.5.6 条,采用直跳板布置的滚装码头泊位长度按式(1)计算:

$$L_0 = L + L_1 + L_j + d \quad (1)$$

式中: L_0 为码头泊位长度(m); L 为设计船长(m),取 112 m 型高速客滚船的船长,为 112.6 m; L_1 为船尾或船首外端至码头接岸设施外端的长度(m),根据工艺方案,取 6.0 m; d 为富裕长度(m),根据掩护条件情况,可取为 15~25 m; L_j 为接岸设施在顺岸码头方向上的投影长度(m)。在设计实践中, L_j 由接岸设施和车辆转弯作业带两部分组成,其中,接岸设施又由可调式岸坡道和固定式

岸坡道两段组成。以澳前海峡客滚码头为例,可调式岸坡道采用液压钢引桥系统,钢引桥长度42 m,扣除已计入 L_1 的6 m,取为37 m;固定式岸坡道长度为16.5 m;车辆转弯作业带可取30~40 m, L_2 取值范围可为83.5~93.5 m。

因此,码头单个泊位所需长度 $L_0=217\sim 237$ m。

2) 码头平台宽度。

码头平台尺度取决于客运工艺方案的选择。客运作业推荐采用登船桥+固定式人行廊道方案,按照旅客通行“全天候、不落地”的要求,固定式人行廊道一般与客运大楼二层相接,廊道底部还应满足各类车辆通行的净空尺度要求。受建筑物层高及车辆通行净空尺度等因素影响,固定式人行廊道与登船桥接口处的高程需高出码头面5~6 m。

在确定了接口处的高程后,码头平台宽度设计还需考虑不同类型登船桥的性能和接船幅度范围,使登船桥工作处于工作状态时应满足JTS 165—2013《海港总体设计规范》中关于旅客通道坡度不宜大于1:8的要求。综合各方面因素,当客运工艺选用旋转伸缩式登船桥时,码头平台宽度不宜小于40 m;当选用L型移动式登船桥时,码头平台宽度不宜小于30 m。

3) 停泊水域宽度。

停泊水域宽度设计与普通客滚码头相同,按JTS 165—2013《海港总体设计规范》进行设计。停泊水域宽度取2倍船宽,以112 m型高速客滚船为例,停泊水域宽度为61 m。

4) 船舶回旋水域尺度。

高速客滚船采用双船体设计和喷水式推进系统,具有良好的机动灵活性能。高速客滚船的两个船身均配备各自独立的喷射器,与传统船舶需通过向前推进才能转弯调头不同,高速客滚船具备原地转弯调头能力,无需拖轮协助。理论上而言,船舶回旋圆直径只需取1倍设计船长 L 即可,与常规客滚码头要求回旋圆直径 $\geq(1.5\sim 2)L$ 相比,可以适应更为狭窄的水域条件。

在实际操作中,船舶回旋圆直径的取值还应考虑掩护条件及风、浪、流的综合影响,并考虑拟建港址的水深、水域条件和工程造价等因素,建议根据港址当地实际情况,船舶回旋圆直径取为 $(1.2\sim 2.0)L$ 。

2.4 码头面高程

由于高速客滚船客舱出口距满载吃水线高度仅为8.812 m,在潮差较大的港址(如平潭港区最大潮差达6.84 m)建设码头泊位时,设计应采取尽量合理降低码头面高程,防止在满载低水位工况下,发生客舱出口低于码头面高程等不利情况,影响码头使用功能。

2.5 码头前沿水深和航道设计水深

1) 码头前沿设计水深。

高速客滚码头前沿设计水深的确定与常规客滚码头具有较大差别,常规客滚码头前沿设计水深可直接按规范设计,而高速客滚码头还应充分考虑船舶的动力特点。

根据JTS 165—2013《海港总体设计规范》5.4.12条:

$$D=T+Z_1+Z_2+Z_3+Z_4 \quad (2)$$

式中: D 为设计水深(m); T 为设计船型满载吃水(m); Z_1 为龙骨下最小富裕深度(m); Z_2 为波浪富裕深度(m); Z_3 为船舶配载不均增加的船尾吃水值(m); Z_4 为备淤富裕深度(m)。

112 m型高速客滚船满载吃水 T 为3.93 m,按规范公式计算的 D 值范围为5.5~6 m。但由于高速客滚船的推进装置采用喷水驱动,如果船舶龙骨下总富裕水深不足,当水柱向下喷射时,将造成停泊水域内泥沙翻滚和水体浑浊,使有磨损作用的砂子和其他碎片吸入到船舶喷气管内,对推进器设备造成损坏。根据实际操作经验,龙骨下总富裕水深不应小于1倍船舶满载吃水,方可满足船舶安全操作要求,码头前沿设计水深 $D\geq 8$ m。同时,为提高作业安全性,设计起算水位宜取理论最低潮面。

2) 航道设计水深。

航道设计水深与码头前沿设计水深设计方法相同。同理,航道设计水深 $D \geq 8$ m,并宜从当地理论最低潮面起算。

3 设计要点研究

高速客滚船码头的客运工艺、泊位长度、平台尺度、停泊水域宽度、码头面高程的设计方法与常规客滚码头相同,但由于船舶构造的特殊性,该类码头总体设计另具有以下区别于常规客滚码头的设计要点:

1) 在陆域平面设计中,对于有口岸功能的客滚码头,根据分货种作业和口岸通关管理需要,生产区应分为货物作业区、客车作业区和旅客作业区3个相互隔离的独立功能区。

2) 在滚装工艺设计中,由于该类船舶自身无船跳板,接岸设施需与船舶车辆甲板直接搭接,设计应采取有效措施防止船体结构受到损伤。

3) 在回旋水域设计中,高速客滚船拥有良好的机动灵活性,可适应较狭窄的水域条件。对于天然水深、水域条件较差的港址,可利用该项船舶优势,减少回旋水域尺度和工程投资。

4) 在码头前沿及航道水深设计中,不能按现行规范直接计算确定水深,还应根据船舶安全航行和作业需要,确保龙骨下总富裕水深不小于1倍船舶满载吃水,即码头前沿及航道设计水深不应小于2倍船舶满载吃水。

4 结语

1) 高速客滚船航速快,运营速度 > 40 kn (74 km/h),最高航速47~50 kn (87~93 km/h),是传统客滚船的2倍;船舶装载量大,1万GT高速客滚船与2万GT传统客滚船装载量相当;船舶总长度较短,船体较宽,船舶吃水较浅;采用喷

水式推进系统,具有更优良的机动性能;采用艏直滚装作业,无船跳板,接岸设施需与车辆甲板直接搭接。

2) 有口岸功能的高速客滚船码头,应将生产区分为货物、客车和旅客3个相互隔离的独立功能区布置,便于分货种生产及口岸管理。

3) 客运工艺宜按“无障碍、全天候、封闭式、不落地”要求设计,推荐采用登船桥+固定式人行廊道方案。专用码头一般可选用旋转伸缩式登船桥;要求对船型适应性强的码头,可选用L型移动式登船桥。可调式岸坡道推荐采用液压升降式钢引桥系统,钢引桥推荐采用岸区段、船区段两段式构造,通过控制钢引桥船区段的俯仰油缸处于随动状态,自动适应船舶的摇晃和位移,防止因钢引桥活动受限挤压损伤船体结构。

4) 单个泊位所需长度约220~240 m,码头平台宽度取决于旅客登船设备的选择,一般不小于30~40 m。停泊水域取2倍船宽,船舶回旋圆直径可取为 $(1.2 \sim 2.0)L$ 。

5) 潮差较大的港址应尽量降低码头面高程,方便使用。为保证船舶动力设备安全,码头前沿及航道设计水深不应小于2倍船舶满载吃水,设计起算水位宜取理论最低潮面。

参考文献:

- [1] 陈宏,董斌.台湾海峡两岸直航高速客滚船风险及对策研究[J].天津航海,2015(2):42-44.
- [2] 福建省交通规划设计院.福州港平潭港区澳前作业区海峡客滚码头二期工程工可研报告[R].福州:福建省交通规划设计院,2016.
- [3] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司.福州港平潭港区澳前作业区海峡客滚码头工程初步设计[R].广州:中交第四航务工程勘察设计院有限公司,2011.

(本文编辑 王璁)