

[研究与设计]

大型浮船坞的船体设计*

赵耕贤

(708 研究所 上海 200011)

[关键词] 浮船坞; 举力; 改建设计

[摘 要] 浮船坞是修/造船业关键设施之一, 随着舰船大型化, 大型与超大型的浮船坞更为人们所推崇。中海工业公司凭借“宁河”旧油船改建成 38 000 t 举力的‘中海九华山’大型浮船坞而一跃坐上了国内浮船坞改建举力的头把交椅。作者参与了该坞的立项论证与改建设计, 并对大型浮船坞船体设计中有关的技术问题进行了阐述。

[中图分类号] U673.332 [文献标识码] A [文章编号] 1001-9855(2007)05-0003-04

Hull design of large floating dock

Zhao Gengxian

Keywords: floating dock; lifting capacity; reconstruction design

Abstract: As one of the key installations of ship reconstruction/construction, large and super large floating docks become more popular with the growing of large vessels. CIC has taken the first place of lifting capacity of China's floating dock by rebuilding the “Ning He” oil tanker into a large floating dock with 38 000 t lifting capacity named “CIC JiuHua Mountain”. The author took part in the project demonstration and reconstruction design and expounded the relevant technical problems in the design of this large floating dock.

1 前 言

现代化大型修/造船基地的建设已成为世界造船大国关注的热点之一。根据我国战略部署, 中海工业集团(下称‘中海工业’)将在上海市长兴岛建成我国最大的现代化修/造船‘基地’。浮船坞(以下均指双坞墙‘U’型整体式的浮船坞)与干船坞又是修/造船必备的关键设施之一。由于浮船坞相对于干船坞而言, 具有投资少、可灵活移动等优点, 历来被人们所青睐。随着舰船的大型化, 大型与超大型浮船坞的研制更是人们关注的焦点。

中海工业在积极策划、加紧基地设施建设的同时, 选择了以载重量 11 万吨级“宁河”旧油船为目标, 持续 3 年, 变废为宝, 改建成 38 000 t 举力的‘中海九华山’大型浮船坞, 它成为国内改建浮船坞中的举力之首。而且在 2006 年 11 月 30 日从上海长

兴修/造船基地传来了重要新闻: “中海九华山”号成功地抬举一艘 4 100 TEU 集装箱船“中海天津号”(见图 1)! 令人十分激动, 作者有幸参与了该坞的立项论证与改建设计。本文旨在在此基础上, 阐述大型浮船坞船体设计中有关的技术问题。

2 概 述

众所周知, 浮船坞有新建与改建两种。2003 年 3 月中海工业向 708 研究所与上海船舶设计院 2 个单位同时发出‘6 万吨举力超大型浮船坞’的竞标邀请。评标结束后, 中海工业出于修/造船市场急需的考虑, 为尽快建成大型浮船坞, 组织了有关专家, 在国内外进行了一系列的考察与调研。经过论证, 于 2003 年底, 中海工业提出了‘尽快寻找合适的旧船, 实施改装’的设想。2004 年, 在中海工业的组织下, 考察了江苏省江阴和广东省新会二处拆船厂的 2 艘

* [收稿日期] 2006-12-14

[作者简介] 赵耕贤(1941-), 男, 汉族, 上海人, 研究员, 从事船舶设计与研究工作。



(a) “中海天津号”正在进入“中海九华山”号



(b) “中海天津号”进入“中海九华山”号即将结束
图1 “中海九华山”号抬举巨轮的雄姿

旧 VLCC 和一艘 ULCC, 2004 年 12 月又到克罗地亚国家考察二战期间由美国建造的二手旧坞, 以及 2005 年 1 月中旬到广州文冲船厂了解“宁河”旧油船的勘验与钢板测厚情况等。2005 年初, 中海工业选定“宁河”船进行改建。那么, 改建浮坞举力究竟能有多大? “宁河”船的船体究竟哪部分还可以利用, 哪部分必须重新制作? 这些问题呈现在人们面前, 且因涉及项目的总投资, 中海工业尤为关注。经过研讨, 形成新浮坞的构思(708 研究所为这一构思的策划起了一定的技术支撑^[2]):

——切除“宁河”船的首、尾部及基线 7 m 以上的船体, 利用中间剩余部分与“宁河”船的主甲板, 组成新浮坞的基本浮箱段。

——在基本浮箱段的左右、前后, 进一步拓展浮箱的长与宽, 使其达到要求。新拓展浮箱的底与基本浮箱段的底不设在同一高度, 以免除加接时的水下焊接。

——加装 2 道坞墙, 遂完成整体式的“中海九华山”浮船坞。

此外, “宁河”船的拆解在哪里, “中海九华山”改建又在哪里? 又成为中海工业关注的重点。中海工业考察了江苏省长江沿岸后, 冲破了必须利用正规场地(船台或干船坞)的理念, 而选择了人们难以

想象的一片杂草丛生的滩涂地, 及时解决了施工场地的两大难题。

3 设计特点

举力 20 000 t ~ 50 000 t 的为大型浮船坞, 世界上拥有量也并不多。

众所周知, 与常规船舶相比, 浮船坞的船体设计相对来说比较简单, 因为它没有线型与推进系统, 但它亦有特殊性。

3.1 举力

举力是指浮船坞所能抬举进坞船的重量, 它是浮船坞的关键指标。浮船坞的大小也是以‘举力’这个指标加以区分。举力与浮船坞自重之比称为举重比, 这是衡量一艘浮船坞设计优劣的重要指标。从国内外浮船坞的资料分析: 举重比有一定的离散性, 为 0.24 ~ 0.65, 一般在 0.50 左右。而大型浮船坞、甚至超大型浮船坞, 举重比值还要偏低些^[1]。

3.2 总体设计

浮船坞的总体设计主要有三个内容: 主尺度、布置、性能。

双坞墙‘U’型整体式的浮船坞的底部是个平底大浮箱, 浮箱左右两旁竖立着纵向连续坞墙。整个船体形状十分简单。抬船甲板多设为折角线的梁拱, 以利泄水。浮船坞的主尺度选择相对其他船型来说, 也并不复杂。由进坞船型的参数、维修空间、进出坞龙骨墩上的水深、抬船出水所需的举力以及浮船坞本身的强度、布置、性能等所决定, 但也是个逐步近似过程。浮箱与坞墙内的大部分布置压载舱和泵舱, 以决定该浮船坞的沉浮性能。浮坞深与浮坞宽之比大致有一个范围^[1,3], 约为 0.4 ~ 0.48。当然, 坞墙还要确保浮船坞的纵向强度, 在确定浮坞深时要充分考虑这一因素。尽管, 大型浮船坞的浮坞深与浮坞宽之比, 相对于中、小型浮船坞要小些, 坞墙也显得较低些。但是, 由于进坞船是搁置在浮船坞抬船甲板的坞墩上, 吨位大的进坞船船身又高, 坞墙上还有克令, 不能布置得太低。因此, 无论从布置压载水、还是从总纵强度上考虑, 大型浮船坞的坞墙都比较富裕。这样, 大型浮船坞的浮箱舱容可小些, 浮箱高与浮箱宽之比也不必按中、小型浮船坞的要求来考虑。否则, 舱容更浪费。所以, 大型浮船坞的浮箱显得有些扁平, 建议可取为 0.35 左右。如大型浮船坞尺度超越上述的范围应要作特殊考虑。

浮船坞的布置主要是指压载舱、泵舱、生活舱、工作舱(如中控室、电站等)、起重机、坞壁车、飞桥、泊定、防撞、坞修管路等的布置。其中,压载舱与泵舱的划分是总体设计的重点,它是由浮船坞的沉浮要求所决定,涉及到浮箱尺度与安全甲板高度。泵舱有干泵舱或湿泵舱两种选择,视浮船坞的主尺度、应用水域、业主习惯而定。大型浮船坞的舱容多有富裕,且采用干泵舱。浮船坞上是设置电站,还是用岸电,可由业主决策,大型浮船坞宜设置电站。总之,布置历来是船舶设计矛盾的集中点,需要综合利弊、权衡得失加以决定。

浮船坞的性能主要是指它本身的静水力曲线、沉浮曲线、拖航、抗风能力。特别要指出的是:浮船坞的纵向稳性一般不作考虑。浮船坞的初横稳性很难用统一标准,而是根据使用水域的几力所决定^[3]。文献[3]提出符合下列要求可认为稳性满足:

(1)抬船时,工作水域的最大突风的风压作用于坞和船联合体的侧面,浮船坞的静横倾角不大于 1° ,而且浮体甲板任何部分不浸水。

(2)沉浮时,龙骨墩顶面刚露出水,六级突风的风压作用于坞和船联合体的侧面,浮船坞的静横倾角不大于 1° ,而且该时的横稳性高度应不小于 1 m 。

4 结构设计

浮船坞的船体构件先是从满足船级社规范所要求的局部强度出发加以确定,然后校核船体的总纵强度与横强度。当然,在具体设计中还要考虑构件节点处理与焊接等问题。

设计中应充分考虑浮船坞应力特点(见表1),以选择浮船坞适宜的构架形式(表2列出了大、中浮船坞构架形式),进而确定船体材料。一般来说,中、小型浮船坞可采用低碳钢,大型浮船坞除采用低碳钢以外,尚应考虑采用部分的高强度钢。从表2也可知,大型浮船坞宜采用板架结构,而不是传统的桁架结构。

表1 浮船坞应力特点

浮船坞	大型	中型	小型
纵向应力	较高	不高	很低
横向应力	较高	稍高	较低

表2 大、中浮船坞构架形式特点

形式	板架结构	桁架结构
重量	差不多	
特点	省却大量肘板、斜撑	存在大量肘板、斜撑
工作量	少	较大

拥有浮船坞规范的船级社也不多,而且版本亦较早。随着大型、超大型浮船坞的出现,规范的条文就显得不明确。因此,设计过程中与船级社进行商讨,也是绝对必要的。应该说,浮船坞的横强度处理颇具特色,如按船级社规范满足应力标准(见表3),在详细设计时还需作完整的、详细的有限元分析。由表3可知,如采用调整压载水的办法,浮船坞的中垂弯矩可下降,也就是许用应力标准提高。

表3 应力标准

工况	载荷	许用应力 N/mm^2	
		弯曲	剪切
作业	载荷用规范值	137	95
	进坞船重量或调整压载水	215	120
航	考虑波浪弯矩	175	—

4.1 浮船坞的总纵强度

浮船坞的总纵强度还是十分简单的。它是中垂型的船舶,最大中垂弯矩是按船级社规范假定进坞船的重量沿坞长的分布曲线求得^[4],利用船级社相应的软件,是很容易取得船体的剖面模数。

4.2 浮船坞的横强度

按规范考虑浮船坞的横强度,主要是校核浮箱的横向强框架。通常简化为图2所示的计算模式,其中吃水是规范特定的。载荷有坞体自重 W 、进坞船重量分摊在中坞墩和边坞墩的力 $P_1P_2P_3$ ^[5]、舱内水压头 h_1 、外部水压力 T 以及考虑由于重力与浮力的平衡,所剩余的浮力 q 、加在内外坞墙的力 P ^[6]。作为一个实例介绍如下。

中龙骨墩的作用力 $P_1 = 3\,420.9\text{ kN}$

边龙骨墩的作用力 $P_2 = 1\,710.45\text{ kN}$

横向强肋框上浮船坞自重: $q_1 = 31.73\text{ kN} \cdot \text{m}$

舱内压载水压头为 1.85 m $q_2 = 47.18\text{ kN} \cdot \text{m}$

浮箱甲板水压力 $q_3 = 43.35\text{ kN} \cdot \text{m}$

外部静水压力 $q_4 = 196.35\text{ kN} \cdot \text{m}$

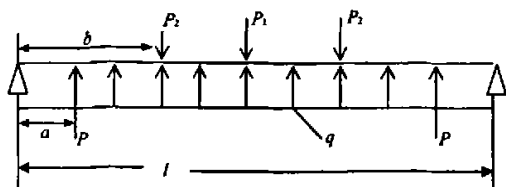


图 2

考虑重力与浮力的平衡, 剩余浮力 q 为

$$74.08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

加在内外坞墙的力为 $P = 339.8 \text{ kN}$

则最大弯矩为

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{P_1 l}{4} + P_2 b - P a - 0.125 q l^2 \\ &= \frac{3420.9 \times 74}{4} + 1710.45 \times 25.1 \\ &\quad - 339.8 \times 4.5 - 0.125 \times 74.08 \times 74^2 \\ &= 53982.08 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

弯曲应力为:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M_{\max}}{W} \\ &= \frac{53982.08}{39800} \times 10^3 \\ &= 138.4 \text{ N/mm}^2 < [\sigma] \\ &= 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

最大剪力为:

$$\begin{aligned} N &= \frac{P_1}{2} + P_2 - P - \frac{q l}{2} \\ &= 1710.45 + 1710.45 - 339.8 - 2740.96 \\ &= 340.14 \text{ kN} \end{aligned}$$

剪应力:

$$\begin{aligned} t &= \frac{340.14 \times 10^3}{2 \times 12 \times 1500} \\ &= 9.45 \text{ N/mm}^2 < [t] \\ &= 95 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5 结 语

本文是参加大型浮船坞“中海九华山”改建设计工作的一些体会。可以说, 无论是大型浮船坞、还是超大型浮船坞, 无论是新设计浮船坞、还是改建设计, 本文的理念是适用的。

此外, “中海九华山”号是我国至今为止改装中举力最大的浮船坞, 也是目前我国第二大浮船坞。它的成功改装与投产, 标志着浮船坞设计技术的理念有新的突破, 而且为今后一大批逐步淘汰的单壳油船的改造提供了新思路。我国最大的现代化修/造船基地已经在冉冉升起。✕

【参考文献】

- [1] 708 研究所. 6 万吨举力浮船坞设计[R]. 2003. 5.
- [2] 708 研究所. “宁河”旧油船改装浮船坞设计报告[R]. 2005. 2.
- [3] 邱峻. 浮船坞的总体设计[J]. 船舶设计通讯, 1993 年 (总第 78 期)
- [4] 中国船级社. 浮船坞建造与入级规范[S]. 1992 年版
- [5] 中国船级社. 关于进坞船坞墩载荷分配比例[R]. 2003. 5. 15. CCS 传真
- [6] 中国船级社. 关于坞墙作用力的答复[R]. 2003. 5. 20. CCS 传真

(上接第 2 页)

(2) 应用绿色焊接工艺。船舶在制造过程中, 应用大量的焊接技术, 选择使用节能焊机, 采用高效、无弧光、无粉尘污染的焊接材料和方法可以节省材料和减少对环境的污染。

3 结束语

绿色制造不仅是一种制造模式, 更是一种思想、理念。对企业来说, 通过改善管理、降低物资和能源的消耗, 提高资源的利用率, 从而提高企业的经济效益。绿色制造更多的是创造社会效益。保护地球环境最终受益的还是人类本身。因此, 在推广绿色制造技术的过程中, 政府应积极倡导和支持,

要制定相关政策、法规, 对实施绿色制造的企业给予政策优惠, 对通过污染环境而获取利润的企业加以制约, 从而营造一个绿色制造的良好社会环境。✕

【参考文献】

- [1] 薛丽霞、唐忠民、邓家杨等. 绿色制造[J]. 机械设计. 2000, (10): 8.
- [2] 刘飞、曹华军. 绿色制造的研究现状与发展趋势[J]. 中国机械工程. 2000. 1.
- [3] 陈超、周福章、李力千. 机械工业中的绿色制造技术[J]. 机械制造. 2000, (7): 19.
- [4] 向东、张根保、汪永超等. 绿色产品的基本概念与评价方法[J]. 机械设计. 2000, (3): 7.
- [5] 洪亮. 绿色焊接[J]. 焊接技术. 2002, (4): 5.

大型浮船坞的船体设计

作者: [赵耕贤, Zhao Gengxian](#)
作者单位: [708研究所, 上海, 200011](#)
刊名: [船舶](#)
英文刊名: [SHIP & BOAT](#)
年, 卷(期): 2007, "" (5)
引用次数: 0次

参考文献(6条)

1. [708研究所 6万吨举力浮船坞设计](#) 2003
2. [708研究所 “宁河”旧油船改装浮船坞设计报告](#) 2005
3. [邱峻 浮船坞的总体设计](#) 1993 (78)
4. [中国船级社 浮船坞建造与入级规范](#) 1992
5. [中国船级社 关于进坞船坞墩载荷分配比例](#) 2003
6. [中国船级社 关于坞墙作用力的答复](#) 2003

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [许志伟, Xu Zhiwei 1 800t举力浮船坞轮机主要系统设计 -江苏船舶](#)2008, 25 (4)
通过对1 800t举力浮船坞轮机系统的介绍,说明了浮船坞轮机系统中动力系统和进、排水系统是重要分支系统,它关系着浮船坞的总体性能和安全可靠程度,特别是进、排水系统更是浮船坞的核心工作系统.
2. 期刊论文 [唐洪建 三万kN举力浮船坞的建造与试验 -造船技术](#)2005, "" (3)
介绍了30 000kN举力浮船坞在满足其纵向下水条件的船台上的建造及系列性能试验的实践,同时对若干主要设备在建造过程中出现的技术问题的解决方法作了叙述.
3. 期刊论文 [戴耀南 船舶资产如何评估 -一举力28000吨浮船坞的评估 -船舶经济贸易](#)2002, "" (3)
某船厂因故拟对其举力28000吨浮船坞进行资产现值评估,委托本评估公司承担该项任务.本公司受托对该浮船坞进行了实地勘察,查阅了有关图纸资料,向各有关单位进行调查了解,经详细估算和反复研究讨论,对该浮船坞的现值评估作出了结论.
4. 会议论文 [佟国志, 龚礼兵, 高渊, 于海涛 12万吨举力超大型浮船坞建造工艺与方案](#) 2008
本文阐述了大连中远船务为韩国三星重工建造的12万吨举力超大型浮船坞的建造工艺和方案.通过对韩国12万吨举力超大型浮船坞建造方案、总段与分段合理的划分、无余量装配与精度控制、水上总段大合拢及吊装方案等合理的阐述了大型浮船坞的建造方法,并为今后大型浮船坞的建造提供借鉴依据.
5. 期刊论文 [中商集团为泰国建造新浮船坞 -中国修船](#)2001, 1 (1)
中商集团为泰国建造新浮船坞

近日,中商集团口岸船舶工业公司与新加坡一公司新签订了一座13 500 t浮船坞.建成后,该浮船坞将出口泰国.这艘举力为13 500 t的浮船坞总长183.6 m,浮箱宽43.40 m,最大沉深吃水12.7 m,入美国ABS船级社.
6. 期刊论文 [莫里. 谭汝豪, 曹亚堂, Mo Li, Tan Ruhao, Cao Yatang “飞龙山”浮船坞的加长改造 -广东造船](#) 2008, "" (1)
中海工业有限公司菠萝庙船厂在其“飞龙山”浮坞前后两端各连接了一个与原坞同宽,长20.48m的加长浮箱,将该坞净举力从16000 t提高到720000 t,浮箱长度从原来的184.32 m增加到225.28 m,使之可以起浮最大载重量为76000t的巴拿马型船舶.文章对加长过程中的主要技术问题作了较详细论述.
7. 期刊论文 [荷兰奥斯特船厂扩充修船能力 -中国修船](#)2001, "" (3)
荷兰弗拉丁根*奥斯特修船厂开始扩充修船能力,新增一座浮船坞.该浮船坞原为丹麦斯文堡船厂的设施,其举力为1万t.该修船厂现有4座浮船坞,最大的一座为130 m×15 m,举力3 500 t,并有125 m×30 m的滑道.今年头两个月,该厂任务很饱满,现有7艘船正在修理.
8. 期刊论文 [中海工业有限公司城安围船厂概况 -中国修船](#)2001, "" (2)
城安围船厂是一个以修船为主多种经营并存的综合性企业,地处广州市区南面,水陆交通便 利.厂区占地面积近8万m²,修船码头岸线长324 m.现有职工约600人(其中工程技术人员 员130多人),固定资产9 000多万元,拥有举力3 000 t的浮船坞和举力200 t船排各一座,门座式起重机2台,其余生产设备200多台;能承接国内外7 000吨级以下各类船舶的修理或 改装、小型船舶和金属构件的制造、二氧化碳等船舶消防系统的检测修理和充装(已获CCS、DNV及BV认可证书)等业务.
1987年,我厂获国家技术监督局颁发的国家二级计量合格证书.1997年,我厂通过了ISO900 2质量体系认证,我们将遵循“科学管理,质量为纲,优质服务,顾客至上”的质量方针,竭诚为用户服务,确保产品满足顾客要求,愿与国内外客商建立长期友好的合作关系.单位:中海工业有限公司城安围船厂;地址:广州市海珠区振兴大街10号;电话:(020)8416690 8(总机);传真:(020)84358717;电子信箱:cawshipyard@21cn.com;邮政编码:510290.
9. 期刊论文 [南通江东船务有限责任公司简介 -中国修船](#)2001, "" (2)
南通江东船务有限责任公司位于南通市港闸开发区永兴大道西侧,通沙汽渡上游800 m处,占地5.76 hm²(86.5亩),有长江岸线350 m,204国道直通厂区,交通十分便利.公司的前身为南通地区轮船运输公司船舶修造厂,始建于1956年初,1995年3月由南通市交通局 所属3家法人单位共同出资组建成南通江东船务有限公司.
公司拥有总资产3 000万元,职工419名,各类工程技术人员68名,配备各类机械设备172台(套),下辖通州船厂、二桥船厂、潍坊柴油机厂南通特约销售维修服务中心3个二级单位,主要经营船舶修造、金属构件加工、码头装卸及运输、柴油机发电机组销售维修.“江东”号浮船坞长83 m,宽

22.8 m, 有效吃水5.8 m, 举力2 500 t, 600 t滑道船台长165 m、净宽22 m, 配备10 t门吊。能修造各类双体、单体、特殊船型的沿江近海客货轮、汽渡、大型拖轮。公司信守“质量第一, 信誉至上”的经营方针, 竭诚为广大客户提供“优质、快速、周到、热情”的服务。

10. 会议论文 王丹, B.H. 特里亚斯金, (HO). A. 斯米尔诺夫 基于俄罗斯浮船坞规范的浮船坞改造 2009

本文介绍了基于俄罗斯浮船坞规范的浮船坞设计, 叙述了将前苏联为南斯拉夫制造的举力3万吨钢质分段浮箱式浮船坞改造成整体式浮船坞在强度和稳定性方面的计算, 并对改造前和改造后浮坞的参数特性进行了比较, 结果表明在举力不变的情况下改造后的浮船坞外形尺寸有所减小、相应排水吨位有所降低, 满足了工程建造需求。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_cb200705002.aspx

下载时间: 2010年5月30日