

## 18 000 t 半潜船结构设计研讨\*

周兰辛

**摘要** 本文对 18000t 半潜船结构设计的特殊性作一些研讨,为今后同类船舶的设计提供一种设计方法。

**关键词** 海洋工程船 半潜船 结构设计

在 2000 年初,中远集团根据海洋工程船舶市场需要,确定了 18 000 t 半潜船的建造任务,由我院承担了该船的设计任务,本文就该船结构设计的特殊性作一些探讨。

经查阅有关的资料得知,这是一艘国内首制、世界领先的工程船舶,对于装运大型物件如海洋平台、导管架、门式起重机、军用设施等有着重要的意义。

船舶的主尺度为:

总长	156.00 m
垂线间长	145.00 m
计算船长	146.11 m
型宽	32.20 m
型深	10.00 m
夏季吃水	7.50 m
最大吃水	19.00 m
压载吃水	6.44 m
方型系数	0.742

本船为单甲板的工程船舶,在尾部有两个独立的浮箱,在首部设半潜时提供浮力的首楼及甲板室。由于本船的宽深比较大( $B/D=32.20/10.00=3.22$ ),为了保证总纵强度,全船采用纵骨架式,并每隔 4 档肋位设置强框架,以此保证横向强度。另外,本

船要求 ICE-C 的冰区加强,因此,在首部规范要求的区域内进行冰区加强,本船不仅增加了板厚,而且还增加了中间纵骨,首柱采用了有利于冰区航行操纵性的 A 型首柱,使该船在实际使用时更加便利。

本船按照 DNV 规范的要求设计,从结构设计方面来说,该船有其特殊的要求,由于作业的需要,该船需要利用压载水下潜至 19m 的深度,装货完毕后,再利用压缩空气将压载水舱内的压载水排出舱外,这就对船体构件的强度提出了较高的要求。

在设计初期,考虑到 19m 的最大下潜深度,因此将压缩空气的压强定为 2.0 bar,即 20 m 水柱高,这样一来,在任何工况下,本船均能正常升潜。但这样做的最大弊端就是板材、骨材的尺寸非常大,导致全船的钢料重量也很大,影响本船的载货量。

为了解决这一设计上的难点,通过与 DNV 的讨论研究,提出了一种全新的设计思路,摒弃了以前我们多年引用潜水的最大水深作为板和构件的计算压头的设计方法,而是采用了另一种设计方法,这就是在排压载的次序上做一些规定,首先排除上部压载水舱的压载水,然后再排除下部压载水舱的

压载水,这样做的好处是,在任何正确的操作工况下,最大水压头(即19m水柱高)不可能直接作用于船体板或其他构件上,使构件的计算压头大大减小,从而也减小了构件尺寸,进而减小了空船重量,保证了载重量。

通过计算,最后确定压缩空气的压强定为1.5 bar,即15 m水柱高。

不仅如此,鉴于本船载货的特殊性,在某些工况下,本船起到活动船台的作用,在甲板货离开主甲板时,主甲板的受力非常大。我们估算过,一个导管架在纵向离开主甲板时,主甲板尾部的受力达3 000多吨,由此所产生的弯矩和剪力也很大,这就对尾部的结构提出了很高的要求,在实际设计时,我们尽量使纵舱壁连续,同时避免在纵舱壁上开孔,以提高尾部结构的抗弯曲和抗剪切的能力,对舱壁板及其扶强材进行特殊设计,以保证其稳定性和抗屈曲性。

经过计算,纵舱壁在靠近尾部的区域,板厚达到了30~40 mm,只有这样,才能保证足够的强度和刚度。

主要构件的尺寸及布置见下列横剖面图和基本结构图:

从图可知,本船的结构形式是比较简单的。因此,在确定了设计压头后,相应的板材和骨材的规格可根据规范要求计算得出。在这里需要说明的是,船东对本船的构件有特殊的要求,板材的厚度在规范要求的基础上增加1~3 mm,骨材的剖面模数在规范要求的基础上增加15%。

不仅如此,本船在主甲板的设计上也有特殊的要求,除了尾部的特殊要求外,由于本船所载的货物,其价值远远大于船舶的价值,因此,货物的安全性就变得特别重要。另外,货物置于主甲板上时,甲板的受力并非均布载荷,在某些主要的受力构件处需要承

受很大的载荷,因此,在设计时要仔细计算,需引起特别注意。

本船的主甲板设计载荷如下:

主甲板上的平均载荷:18 t/m<sup>2</sup>;

纵骨上任意点的点载荷:25 t;

横向强框架上任意点的点载荷:100 t。

上述主甲板的设计载荷仅为原则性的要求,在进行设计时,还需要其他一些具体的数据,如根据货物的特点,确定甲板主要的受力区域。在此受力区域内,再确定纵骨上任意点的点载荷,对于横向构件应区别对待,横舱壁和横向强框架的设计载荷应不同,对于纵舱壁,位于受力区域与不位于受力区域内的应确定不同的载荷。只有这样,才能使材料的利用率达到最大。

由于本船采用特殊的电力推进方式,同时选用SSP推进装置,该装置是一个独立的系统,重达几十吨,且悬挂在尾部的船底板下,相当于悬臂梁结构。因此,对其安装基座的加强也要特别考虑,因为该装置的基座是圆形的,除了必要的纵向及横向的支撑外,在圆形基座的四周设置了多块肘板,以保证足够的强度。另外,由于设备的特殊性,该基座的面板厚度根据厂商的要求达到130 mm,因此,对焊接提出了较高的要求,在设计焊接节点时也要特别注意。

最后还要说明一点,鉴于本船的特殊性,在规范计算完成后,还对全船的结构进行了有限元的分析,通过分析,发现主甲板桩穴处的应力非常大,在最初的设计中,为了建造完毕后揽货的方便,在主甲板上有一个10 m×12 m的桩穴,主要是为了装运大型的海洋石油平台之用,但它的存在破坏了主甲板的连续性,使得该处应力过大,经过讨论,决定取消该桩穴,至于今后装运大型的海洋石油平台时再特别考虑。

GENERAL CROSS SECTION

