

14 000 kW 海洋救助船直升机平台的结构设计

唐 淼 李卫华 黄晓东

摘 要 本文介绍了“14 000 kW 海洋救助船”直升机平台的结构设计。分别对横骨架式和纵骨架式这两种结构形式的直升机平台进行优化设计和比较,得到了相对较优的设计方案,并取得了一些结论。

关键词 海洋救助船 直升机平台 结构设计

Structural design of helicopter deck on 14 000 kW sea-going salvage vessel

Tang Miao Li Weihua Huang Xiaodong

Abstract: The article introduces the structural design of helicopter deck on 14 000 kW sea-going salvage vessel. There are two types of deck framing, transverse and longitudinal framing. Based on the optimizing and comparing these two types of deck framing, a better design and some experiences are obtained.

Keywords: sea-going salvage vessel helicopter deck structural design

1 概 述

“14 000 kW 海洋救助船”是上海船舶研究设计院为交通部救捞局设计的全天候大功率、航行于无限航区的海上救助船。该船主要用于海上遇难船舶的人命救生和以海上人命救生为目的的船舶救助及拖带、消防灭火等救助作业。该船采用横骨架形式。全船肋距为650 mm/600 mm。为配合救助直升机进行救生作业,该船设置有直升飞机平台,可供直升机进行起飞、降落和短暂的停留。

直升机平台位于首楼第三层甲板(即救生甲板)的前端,如图1所示。该平台是从救生甲板延伸到首端的露天甲板板架结构,具有梁拱。平台向左右一直延伸到舷侧,并由首楼外板支撑,中间设有若干支柱。

该船船体结构按照中国船级社(以下简称CCS)的相关规范进行设计。一般来说,直升机平台结构的

骨架形式根据实际情况的不同,既可以采用横骨架式,也可以采用纵骨架式。为了对这两种骨架形式进行比较,从而选择一种较优的方案,我们对这两种骨架形式分别进行了优化设计。最后通过分析比较,确定了直升机平台的较优结构形式,使直升机平台在满足强度要求的前提下,尽可能地减轻了结构重量。

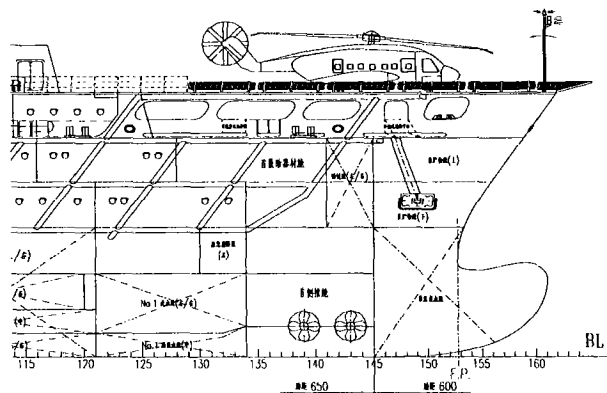


图1 直升机平台侧视图

2 纵骨架式与横骨架式的优化设计

2.1 设计方法和依据

该船的直升机平台属于首楼露天甲板的一部分,由于平台还受到直升机起飞、降落以及停留时对结构产生的特殊载荷(包括冲击载荷、惯性力等)的影响,故直升机平台的结构设计应满足规范对于首楼露天甲板和直升机平台这两方面的要求。

直升机平台的结构设计按照以下方法进行:

a)按照 CCS 规范中对首楼露天甲板的相关规定对整个平台的板和骨架进行计算,确定整个结构的初步尺寸;

b)在上述初步结果的基础上,按照 CCS 规范对直升机平台结构的一些特殊要求,对直升机起降区域的板架结构进行校核。其中对甲板板厚的特殊要求应参照 CCS 规范(2005)中第2篇中有关车辆甲板的内容。对直升机平台结构的相关载荷和许用应力等特殊要求应参照 CCS 规范(2005)中第8篇第9.2条的内容。

同其他船体结构设计一样,直升机平台的结构设计和优化也是一个反复修改的过程。如果初始结构在直升机起降区域不满足有关直升机平台的特殊要求,则需对结构进行修改(包括强框的布置、骨材间距的修改等),直到计算结果满足要求为止。

2.2 两种骨架形式的规范计算

首先按照首楼露天甲板的相关规定,分别确定横骨架式和纵骨架式的甲板板架构件布置和大小。板架的构件布置包括确定骨材(主要是纵骨)间距、强框(纵桁或强横梁)间距以及支柱的位置。构件的大小包括甲板板厚、骨材、强框以及支柱的大小。

对于横骨架式结构,其横梁间距通常取为肋距。对于纵骨架式结构,其纵骨间距要兼顾不同区域的甲板板厚的影响,通过计算确定纵骨间距为 0.63 m。因为这样的纵骨间距可使在距首垂线 0.075 L 处前后区域的甲板板厚刚好都可取为 8 mm。

强框和支柱的布置是一个难点。强框的间距决定横梁或纵骨的跨距,而支柱的数量以及支柱间的距离又将决定强框的跨距。由于直升机平台的下层

甲板上布置有锚泊和系泊设备,从设备操作的方便性以及视觉的舒适性等角度考虑,支柱不能随意放置。综合各方面的考虑,最后确定了两种骨架形式的强框和支柱布置,如图2和图3所示。其中支柱(为了突出起见支柱以实心圆表示)的位置和数量在两种骨架形式中相同。

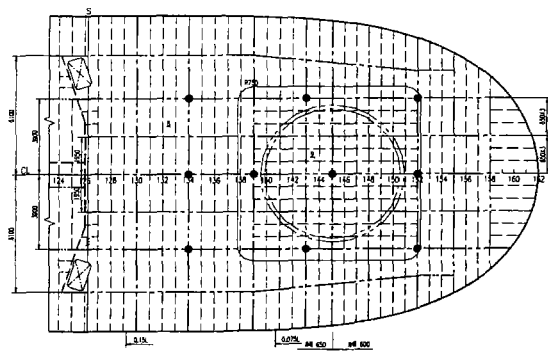


图2 直升机平台结构图(横骨架式)

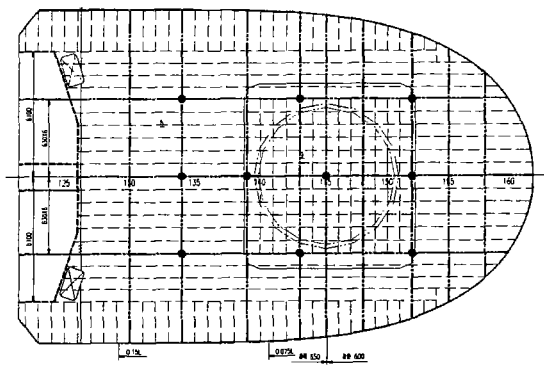


图3 直升机平台结构图(纵骨架式)

然后按照规范中有关直升机平台的特殊要求对直升机起降区域的甲板板架进行校核。其中起降区域的甲板板厚可按照规范中车辆甲板的要求来计算。通过计算,笔者在直升机起降区域局部采用了纵横交错的密骨架形式(参见图2和图3)。因为按照上述的规范要求,对于单纯的横骨架式或纵骨架式甲板(板格长/板格宽 >2.5)板厚应取为 11 mm;而对于纵横交错的密骨架形式(板格长/板格宽 ≈ 1)板厚仅取为 9 mm 即可。后者可减轻结构重量。显然采用纵横交错的密骨架形式更加合理一些。

2.2 两种骨架形式的有限元计算

为了考察直升机起降区域的甲板板架结构是否

满足直升机平台的特殊要求(冲击载荷、惯性力等载荷),应采用有限元计算方法来校核。

另外,整个直升机甲板板架的纵桁和强横梁之间复杂的相互支撑关系使得按照规范设计来确定强框的大小变得十分困难,而且由于下层甲板需要留出一定的净高度以方便操作,强框的腹板也不可能做得太高。因此,采用有限元直接进行计算来确定或优化强框的大小,是一个简单而有效方法。

本船计算有限元模型包含了#126至首的整个直升机平台的甲板板架结构以及甲板下的支柱,如图4所示。校核直升机平台时的计算载荷和计算工况按照CCS规范(2005)第8篇的规定进行加载。校核强框时的计算载荷参照CCS规范(2005)第2篇的要求选取甲板计算压头。

有限元计算选取了4组方案共8种结构形式,每组方案中分别对纵横两种骨架形式进行比较。以方案1为初始方案,方案2~4则在方案1的基础上对

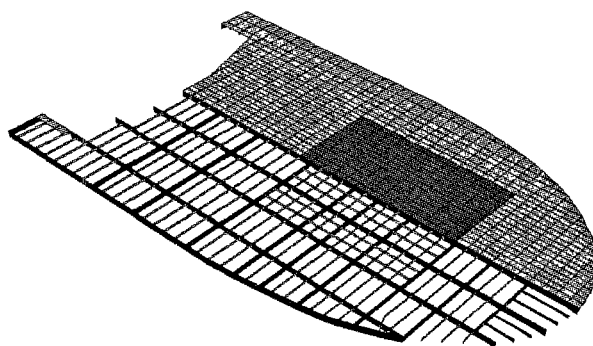


图4 直升机平台的有限元计算模型(去掉一半甲板)

强框进行逐步的优化,各方案中结构尺寸的变化见表1。

有限元计算应用DNV船级社的SESAM软件,在PC机上完成。计算结果见表2。由于在直升机载荷工况下,强框架的应力水平很低,故在表2中只列出强框架在甲板水压头工况下的腹板拉压应力值。

表1 有限元计算中各方案的主要结构尺寸比较

方案	骨架形式	甲板板	弱构件	强 构 件
1	横骨架	9mm (直升机降落区域) 8mm (其他)	L 125×75×8	W:10×350/F:12×200(纵桁) W:12×350/F:14×200(中纵桁、强横梁)
	纵骨架		L 150×90×9	W:12×350/F:14×200(所有纵桁和强横梁)
2	横骨架		L 125×75×8	W:10×350/F:12×200(所有纵桁和强横梁)
	纵骨架		L 150×90×9	
3	横骨架		L 125×75×8	W:10×300/F:12×150(船中#139加支柱)
	纵骨架		L 150×90×9	
4	横骨架		L 125×75×8	W:10×300/F:12×150(其他) W:12×350/F:14×200(中纵桁、#139强横梁)
	纵骨架		L 150×90×9	

表2 有限元计算主要结果

方案	骨架形式	强框架弯曲应力 (MPa)		最大变形 (mm)		结构重量(t)
		甲板水压头工况		甲板水压头工况	直升机载荷工况	
1	横骨架	81.6	-104.6	7.63	2.38	42.4
	纵骨架	107.5	-105.1	9.04	2.37	42.8
2	横骨架	89.1	-117.8	8.16	2.51	41.2
	纵骨架	121.2	-119.9	9.77	2.53	41.4
3	横骨架	97.6	-133.1	6.05	1.64	39.03
	纵骨架	90.3	-134.4	6.88	1.75	39.75
4	横骨架	107.6	-141.39	8.99	2.68	39.61
	纵骨架	118.3	-119.7	9.90	2.55	40.35

对于甲板横梁及纵骨,应力水平比强框架低,在甲板水压头工况和直升机载荷工况下的弯曲应力最大值分别为:89 MPa 和 56 MPa。

3 纵、横骨架形式优化设计结果之分析和比较

从上述有限元计算结果中可以看出,各个工况下结构的应力水平和变形都是满足要求的。从方案1到方案2的优化过程中可知,在#139处板架的垂向变形较大。为了减小变形,采用了两种加强方案(即方案3和方案4)。方案3通过在船中#139处加支柱来加强,方案4则通过局部加大中纵桁和#139强横梁的尺寸来加强。两个方案相比,方案3的重量更轻,而且不改变桁材的高度,可以使下层甲板的空间更有利于人员操作设备。因此所有方案中,方案3为最优方案。

在方案3中,从表1可以看出,在强框应力水平相当的条件下,横骨架式比纵骨架式拥有更轻的重量和更小的变形。因此笔者选取方案3中的横骨架式结构作为最终的设计方案。

4 直升机平台结构设计的体会

对于兼作直升机平台的首楼露天甲板,笔者建议采用横骨架式,其原因如下:

a)现有的CCS规范中,对于横骨架式首楼露天甲板有着比较详尽的规定,而对于纵骨架式首楼露天甲板则没有具体的规定,只能按照强力露天甲板来计算。所以如果做成纵骨架式,则会造成结构的浪费。

b)按照CCS规范,船体结构的标准骨材间距在距首垂线 $0.075L$ 处前后的取值是不一样的。若要做成纵骨架式,理想的情况是在距首垂线 $0.075L$ 处前后的甲板区域采用不同的纵骨间距,但是这样对结构的建造是不利的。所以实际设计中为了解决这个问题,不得不在距首垂线 $0.075L$ 之后采取和在距首垂线 $0.075L$ 之前一样的较为偏小的纵骨间

距,从而在无形中增加了一部分结构重量。而横骨架式结构,由于肋距的变化通常与标准骨材间距的变化一致,故处理此问题更加方便、合理。

另外,在直升机升降区域范围内,加密局部骨材对于满足车辆甲板的要求、减薄直升机甲板厚度是有益的,可以借鉴。

c)由于是首部的局部结构,不参加总纵强度,所以并不需要为了满足剖面模数的要求而采用纵骨架式。

计算结果还表明,本船按照首楼甲板载荷设计的直升机甲板结构已经足够满足直升机起降的强度要求,也就是说,对结构重量起决定因素的载荷是甲板水压头而不是直升机载荷。当然,不同的船型和不同的船体结构形式,会有不一样的载荷状态。因此,如果今后遇到类似的仅仅是为了满足直升机起降要求的情况,笔者建议可以考虑将其设计成并不延伸到两舷侧的局部平台结构。这样,结构就可以不必满足首楼露天甲板的载荷要求,结构的尺寸可相对较小一些,局部平台的结构形式也相对简单,设计和建造都相对容易。

5 结束语

直升机平台的结构设计涉及到多方面的考虑。本文只是介绍了笔者设计“14 000 kW 海洋救助船”直升机平台结构的过程和其中的一点心得体会,文中的不足之处希望大家不吝指正。

在直升机平台结构设计过程中,得到了该船工程负责人郑梓荫、总设计师周国平的大力支持和郑莎莎高工的指导,得到徐志海、赵寅、王淑平、史恭乾等同志的热心帮助,在此均表示衷心的感谢。

[参考文献]

- [1] 中国船级社. 钢质海船入级与建造规范(2005). 人民交通出版社
- [2] 中国船级社. 钢质海船入级与建造规范(2004 修改通报). 人民交通出版社