

# 浮式起重机底座加强结构强度评估及优化

陈家旺

(浙江省海盐县港航管理处 船舶检验科, 浙江 海盐 314300)

**摘 要:**在某多用途货船增设一台浮式起重机的情况下,文章以起重机底座加强结构为研究对象,采用有限元方法,建立起起重机底座加强结构有限元模型,对非工作状态和最大工作状态两种情况进行强度评估,并以此为基础进行结构优化。结果表明,优化后起重机底座加强结构的强度足以保证起重机的安全作业。

**关键词:**加强结构;强度评估;结构优化;有限元方法

**中图分类号:**TH21

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9891(2017)02-0034-04

## 0 引言

浮式起重机可用于岸与船、船与船之间的装卸作业,具有工作效率高、作业稳定性好、运动灵活等特点,是船舶理想的过驳装卸设备。<sup>[1-2]</sup>为使某近海多用途货船(集装箱/散货船)获得起重能力,需增设一台浮式起重机。而起重机底座加强结构的局部强度对安全影响较大,因此需要对其进行强度评估。

由于货船增加起重机,船体结构受到的局部集中载荷较大,起重载荷将由底座传递给附近主船体结构,使船体结构受力复杂。单纯的结构力学分析较难确定结构强度是否满足标准,而有限元方法可以对船体结构强度进行校核,得到了普遍的应用。本文利用有限元分析软件 MSC.Patran 和 MSC.Nastran 对起重机底座及附近船体结构进行强度校核,并以此为基础对其进行结构优化,使得改装后船舶起重机底座的加强结构强度能够满足规范要求。<sup>[3]</sup>

## 1 有限元模型

### 1.1 模型范围及建立

根据起重机布置图、基本结构图等资料,利用 MSC.Patran 建立有限元模型,建立的模型范围包括:纵向为 82 肋位至 92 肋位,总长 7 200 mm;横向为居中 3 700 mm 处的两道旁桁材,总长 7 400 mm;垂向为船底至主甲板,高度 7 600 mm。

该范围内的模型包括贯穿甲板、平台、内地的起重机筒,内外底板,5300 平台,主甲板,纵横舱壁,肋板,船底纵桁及纵骨加强筋等骨架结构。其中,起重机筒、船底板、内底板、平台、主甲板、肋板及船底纵桁结构采用板单元建模,纵骨、加强筋等结构采用梁单元建模,建立的有限元模型如图 1 所示。图中,坐标系 X 沿船长方向,Y 沿船宽方向,Z 沿型深方向。

### 1.2 材料参数及边界条件

起重机底座加强结构材料为船用低碳钢,弹性模量为  $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$ ,泊松比为  $\mu = 0.3$ ,密度为  $\rho = 7 800 \text{ kg/m}^3$ ,许用应力为。<sup>[4]</sup>

为保证计算顺利进行,基于实际情况对起重机底座加强结构有限元模型进行约束,即约束船底外板、内底板、5300 平台和主甲板四周节点的所有自由度,即为: $U_X = U_Y = U_Z = UR_X = UR_Y = UR_Z = 0$ 。<sup>[5]</sup>

### 1.3 计算工况

有限元模型受到的载荷主要为浮式起重机的自重以及作业时增加的吊重载荷通过 MPC (多点耦合)单

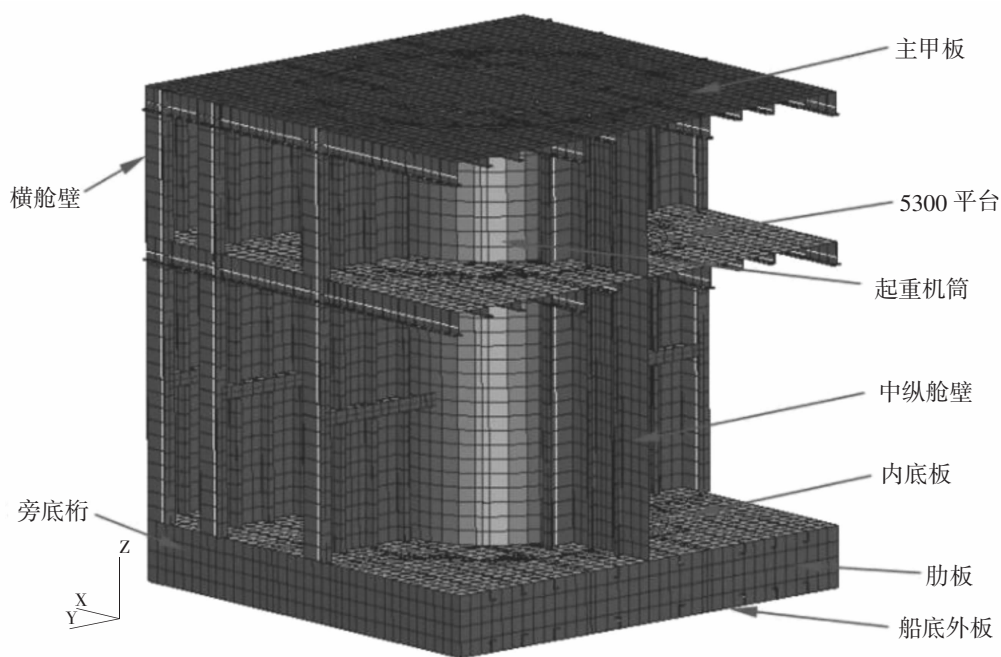


图1 起重机底座加强结构有限元模型

元施加到船体上,即在圆筒与主甲板相交平面的中心处建立一个独立点,平面上其他节点与独立点相关联,并对独立点施加集中力。起重机自重为 85.998 t,最大起重重量为 16 t,考虑如下两种工况:第一,仅考虑起重机自重对独立点施加垂向集中力;第二,仅考虑起重机自重和最大吊重对独立点施加垂向集中力。

## 2 仿真结果及分析

利用 MSC.Nastran 软件对结构模型进行求解,得到起重机加强结构各构件的应力值及分布,三种工况下起重机底座加强结构的应力云图如图 2 所示,表 1 则汇总了各构件的最大应力结果。从表 1 可以得出以下三点结论:第一,两种工况下,底座加强结构受到的应力较为接近,工作状态下同一构件产生的应力略大于非工作状态下的应力;第二,两种工况下,起重机底座加强结构的最大应力均位于主甲板上,并主要集中在主甲板与起重机筒相交的平面上,最大应力分别为 161 MPa 与 174 MPa,骨材、横舱壁和纵舱壁产生的应力和位移次之,其余构件的应力则较小;第三,在工况二下,主甲板受到的最大应力已经超出材料的许用应力,起重机底座加强结构强度无法满足规范要求。

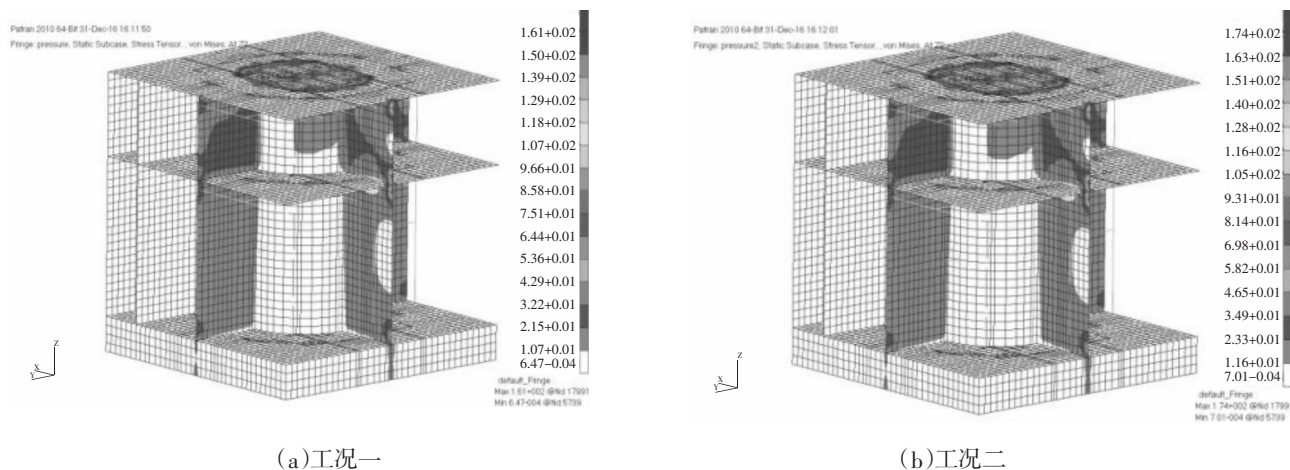


图2 起重机底座加强结构应力云图

表 1 各构件最大应力汇总

	工况一(MPa)	工况二(MPa)
主甲板	161	174
船体骨架	109	119
横舱壁	109	119
纵舱壁	109	119
5300 平台	66.7	72.3
起重机筒	59.8	64.8
船底纵桁	28.6	31
内底板	25.3	27.4
船底肋板	25.3	27.4
船底外板	17	18.4

### 3 加强结构优化

从以上分析可知,高应力主要集中在主甲板与起重机筒相交平面。为了提高起重船起重机的性能,并基于最小改动原则,针对高应力所在区域提出优化方案,具体如下:焊接平板以增加主甲板与起重机筒相交平面的板厚,使其从原来的 16 mm 增加为 32 mm,同时在起重机筒四周沿型深方向焊接四根截面为 180×120×12 mm 的扁钢,如图 3 所示。

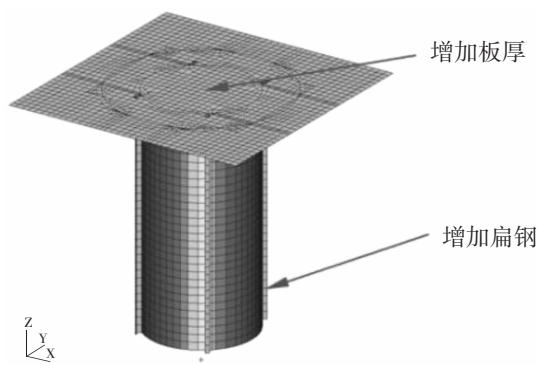


图 3 起重机底座加强结构优化示意图

优化后两种工况下起重机底座加强结构的应力云图如图 4 所示,表 2 则对比了优化前后各构件的最大应力结果。从表 2 可以看出,优化后两种工况下起重机底座加强结构最大应力所在构件不是主甲板,而是纵舱壁,分别为 86.3 MPa 和 93.6 MPa,远小于材料的许用应力值,因此优化后的起重机底座加强结构无论是在非工作状态还是工作状态下都是十分安全的。

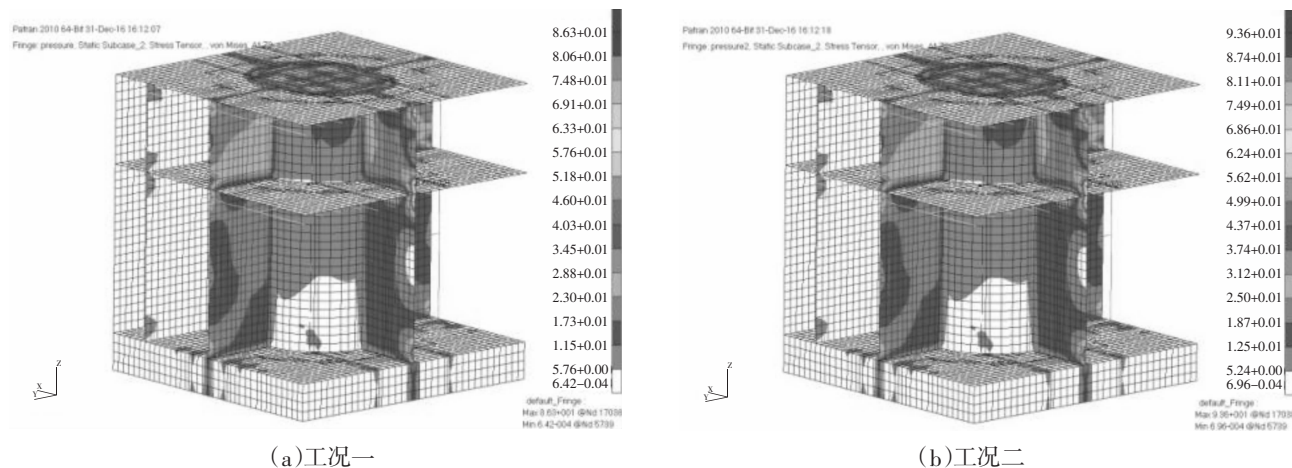


图 4 优化后起重机底座加强结构应力云图

表 2 优化前后各构件最大应力对比

	工况一(MPa)		工况二(MPa)	
	优化前	优化后	优化前	优化后
主甲板	161	64.7	174	70.1
船体骨架	109	64.7	119	70.1
横舱壁	109	64.7	119	70.1
纵舱壁	109	86.3	119	93.6
5300 平台	66.7	67	72.3	72.6
起重机筒	59.8	43.8	64.8	47.5
船底纵桁	28.6	28.4	31	30.8
内底板	25.3	25.1	27.4	27.2
船底肋板	25.3	25.1	27.4	27.2
船底外板	17	16.9	18.4	18.3

4 结束语

本文采用有限元方法,对某改装后的多用途货船起重机底座加强结构进行强度评估,对起重机加强结构的强度进行评估,并针对高应力区域进行了优化。经分析可知,优化前起重机底座加强结构产生的最大应力主要集中在主甲板与起重机筒相交的平面上,且工作状态下结构产生最大应力超出材料的许用应力。因而,基于最小改动原则,针对高应力所在区域对起重机底座加强结构进行优化,将主甲板与起重机筒板厚增加,并在机筒四周沿型深方向增加扁钢。优化后起重机底座加强结构各构件的应力值均满足规范要求,加强结构的强度足以保证起重机的安全作业。

参考文献:

[1]陈峥,张争艳,冯敏.浮式起重机金属结构应力状态检测与安全性评估[J].起重运输机械,2011(1):59-61.  
[2]邹少俊.浮式起重机金属结构有限元计算[J].起重运输机械,2012(10):52-55.  
[3]中国船级社.船舶与海上设施起重设备规范[M].北京:人民交通出版社,2007.  
[4]陈有芳,徐立.船舶结构强度直接计算分析中应力的选取[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2004(2):173-177.  
[5]Körgešaar M, Romanoff J. Influence of mesh size, stress triaxiality and damage induced softening on ductile fracture of large-scale shell structures[J].Marine Structures,2014(5):1-17.

Strength Assessment and Optimization for Reinforcement Structure of Floating Crane Base

CHEN Jia-wang

(Ship Survey Office, Department of Port and Fairway Administration, Haiyan County, Zhejiang Province, Haiyan 314300, China)

**Abstract:** Under the circumstance of adding a floating crane on a multi-purpose cargo ship and taking as the object of study the reinforcement structure of the floating crane base, this article applies the finite element method to constructing the finite element model as well as makes a strength assessment of the non-working state and the maximum working state, based on which the structure is optimized. The results indicate that the strength of the optimized reinforcement structure can ensure the safety of the crane operation.

**Key words:** Reinforcement structure; Strength assessment; Structural optimization; Finite element method