

上海市船舶与海洋工程学会 2019 年学术年会轮机专场论文专栏

低速机机架贯穿螺栓设计计算分析

程俊锋, 康纳新, 屠丹红, 常 琦

(中船动力研究院有限公司, 上海 200129)

摘 要: 采用 ANSA 和 ANSYS 联合对某低速机贯穿螺栓进行建模仿真, 探讨了不同工况下, 该贯穿螺栓的应力水平和应力幅值变化。结果表明: 各贯穿螺栓由于安装位置不同, 所受应力幅值也不尽相同; 并呈现两端大, 中间小的特点。为贯穿螺栓的优化设计提供了参考。

关键词: 低速机; 贯穿螺栓; 应力

中图分类号: TK423.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2020)02-0035-03

Design and Calculation of the Through Bolt of a Low Speed Engine Frame

Cheng Junfeng, Kang Naxin, Tu Danhong, Chang Qi

(China Shipbuilding Power Engineering Institute Co., Ltd., Shanghai 200129)

Abstract: Both ANSA and ANSYS were used in the modeling simulation of the through bolt of a low speed engine. The stress level and stress under different working condition, and the stress and amplitude change of the through bolt was discussed under different working condition. The results show that the stress amplitude of the through bolt changes due to different assembly position, and it is big at both ends and small in the middle. The research results offer reference for optimal design of through bolts.

Key words: low speed engine; through bolt; stress

0 引言

机架贯穿螺栓连接气缸体、机架、机座等重要部件。在柴油机承受动态载荷过程中, 贯穿螺栓既要保证机体连接件紧密连接, 不出现相对滑动, 又要承受动载荷的作用。考虑到柴油机运行周期较长, 贯穿螺栓设计须考虑循环周期内的疲劳影响, 同时还要考虑一定的冗余量。本文采用 ANSA 和 ANSYS 联合对柴油机进行实体建模仿真, 探讨不同工况下柴油机贯穿螺栓的应力水平和应力幅值变化, 为柴油机贯穿螺栓设计提供参考。

1 分析对象和内容

贯穿螺栓作用重要, 且承受恶劣的交变载荷, 一般不采用标准件。对贯穿螺栓须进行优化设计,

同时对其材料要求也较高。通常情况下主机故障极少由贯穿螺栓引起, 也正是因为从设计到制造整个过程的严格控制, 才保证了贯穿螺栓极高的安全性。但是, 从技术资料上来看, 贯穿螺栓断裂事故也发生过。对于一台新设计的柴油机, 尤其是在柴油机强化指标不断提高的现状下, 贯穿螺栓的设计校核是必须的。

图 1 为贯穿螺栓的一般结构形式, 两端为螺纹连接部位, 经过一个圆角过渡, 主体部分的直径相对于贯穿螺栓螺纹公称直径略小。

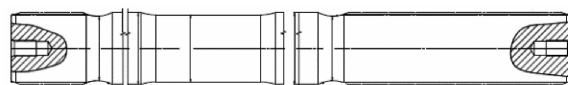


图 1 贯穿螺栓结构示意图

图 2 为贯穿螺栓在整机上的安装状态, 考虑到机

收稿日期: 2019-10-10

基金项目: 工信部高技术船舶科研计划——船用低速机工程(一期)研制经费资助(工信部联装函[2017]21号)。

作者简介: 程俊锋(1989—), 工程师, 主要研究方向为柴油机设计和仿真研究, 15800804682@139.com。

架的特殊设计形式,本机贯穿螺栓采用双螺栓设计。

本次计算对象包括船体剖面、机座、机架、气缸体、贯穿螺栓。贯穿螺栓连接着气缸体、机架和机座,整体模型落座在船体上。机架以及机座上实际分布着一些管系和固定结构的凸台,考虑到这些部件均为非关键部件,同时为减小建模规模,在整理 NX 模型时可以将非关键部位删除。根据表述需要,对贯穿螺栓从推力端排气侧开始逆时针编号:1-24 号。

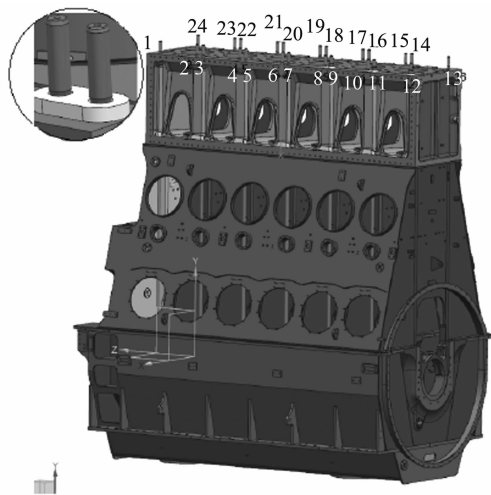


图 2 机架模型示意图

根据图纸和相关技术文件,各部件材料属性汇总如表 1 所示。

表 1 材料属性

部件名	材料牌号	密度/ ($t \cdot mm^{-3}$)	弹性模量/ MPa	泊松比
气缸体	EN-GJL-250	7.25E-9	115 000	0.25
机架	S235JRG2	7.85E-9	205 000	0.27
机座	S235JRG2	7.85E-9	205 000	0.27
油底壳	S235JRG2	7.85E-9	205 000	0.27
贯穿螺栓	42CrMoA	7.85E-9	210 000	0.3
船体	S235JRG2	7.85E-9	205 000	0.27

2 工况说明

根据模型实际情况以及 UG 模型,归纳模型工况如下:本次计算模型中,柴油机通过贯穿螺栓连接气缸体、机架、机座,主轴承座通过主轴承螺栓固定在机座上。考虑 19、20、21 MPa 的最高燃烧压力以及相应的主轴承力、十字头侧推力;曲轴转动一周 360° ,每隔 15° 为一个工况,分别取 24 个工况进行机架强度计算。图 3 为第三档主轴承力示意图,图 4 为第三档侧推力示意图。贯穿螺栓不加预紧力。

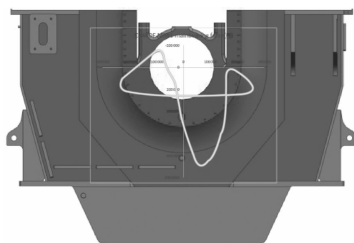


图 3 机座主轴承力单个循环受力示意图

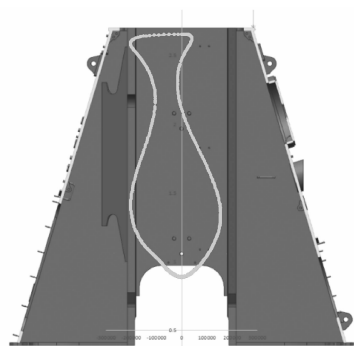


图 4 机架侧推力单个循环受力示意图

3 计算过程

采用 ANSA 专业前处理软件进行网格前处理;APDL 语言编辑边界条件和后处理;ANSYS 求解器求解。

3.1 有限元模型

图 5 为整个计算模型的网格,其中船体部分网格根据经验和机体大小建立机体落座位置附近的网格。整个模型单元数 150 万左右,采用 Solid185 单元。

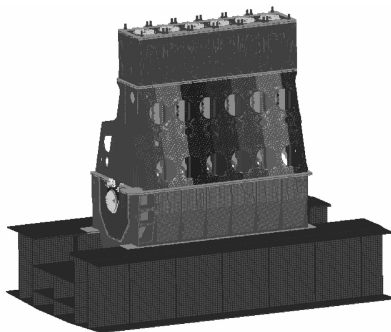


图 5 计算网格模型

3.2 边界条件

根据工况说明,对船体截面做固定约束;所有模型均定义绑定约束。气缸压力、侧推力、各档主轴承力,根据第一缸曲轴转角每隔 15° 取一个工况,进行分工况计算。其中,边界约束如图 6 所示;20 MPa 工况下各缸气体压力、各档主轴承力及各档侧推力如图 7~图 9 所示。

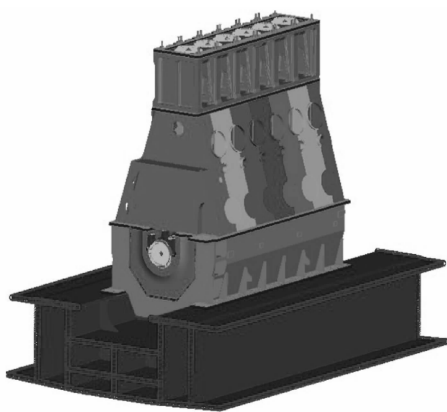


图6 柴油机边界约束示意图

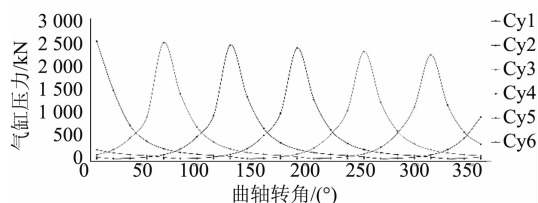


图7 各缸气体压力曲线

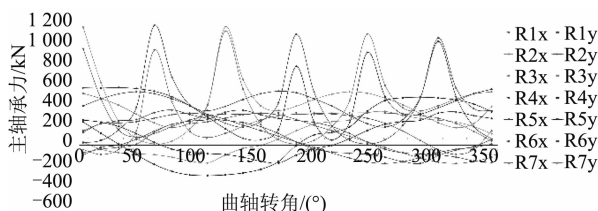


图8 各缸主轴承力曲线

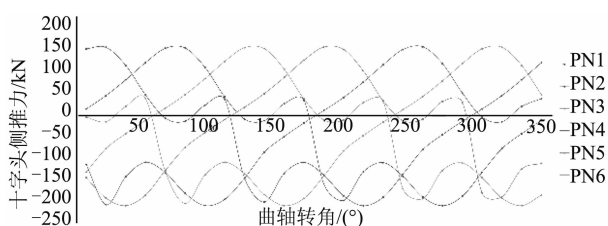


图9 各缸十字头侧推力曲线

4 计算结果及分析

贯穿螺栓螺纹处采用变直径设计, 最小直径 38 mm。图 10 为单个螺栓的外形示意图; 图 11 为各螺栓的最大主应力幅值图; 图 12 为最高燃烧压力分别为 19、20、21 MPa 时, 螺栓的最大主应力幅值对比图。



图10 单个螺栓的外形示意图

(1) 贯穿螺栓在柴油机整个循环受力过程中应力幅值大约为 10 ~ 25 MPa, 其中, 各贯穿螺栓

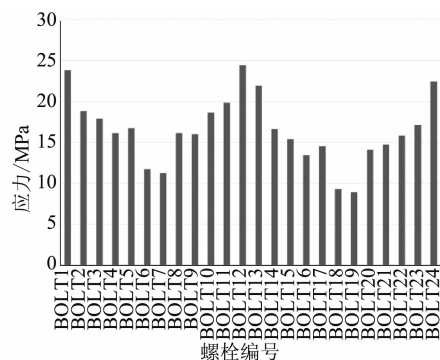


图11 贯穿螺栓最小杆身截面处应力幅值

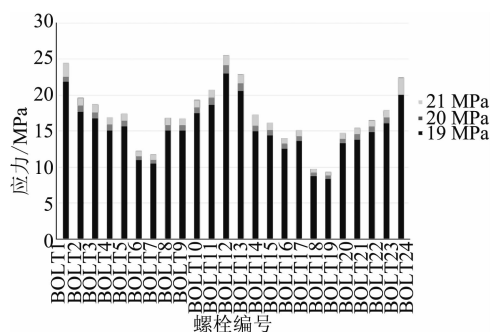


图12 不同最高燃烧压力下各螺栓应力幅值对比图

应力幅值根据位置不同表现为两端大、中间小的特征。

(2) 在最高燃烧压力上升或者下降 1 MPa 的工况下, 各贯穿螺栓应力也会出现明显的上升和下降, 幅度在 1 ~ 2 MPa。

5 总结

在柴油机运行过程中, 各贯穿螺栓由于安装位置不同, 所受应力的幅值也不相同, 并且呈现出两端大, 中间小的特点。本文对低速机贯穿螺栓在不同工作状态下的应力幅值的分析, 可为贯穿螺栓设计选型提供一定的参考。

参考文献

- [1] 李召军, 陈景锋, 杨思干, 等. 主机贯穿螺栓断裂实例 [J]. 航海技术, 2015 (4): 43-45.
- [2] 张锦源, 计红雷. 华发轮主机缸头螺栓断裂的原因分析与改进方法 [J]. 航海, 2010 (1): 16-18.
- [3] 刘正林, 周坤贞, 杨和庭. 液压马达密封圈压盖螺栓断裂分析 [J]. 中国修船, 1994 (3): 35-38.
- [4] 朱晓卉. 船用柴油机摇臂座固定螺栓断裂分析及处理 [J]. 内燃机与动力装置, 2017 (6): 61-64.
- [5] 施睿贇, 李晓峰, 倪卫国. 调距桨油缸螺栓断裂失效机理分析 [J]. 船舶工程, 2018 (S1): 131-134.