

二冲程低速机排气集管膨胀节选型分析

张耀中, 沈 莉, 周秀亚, 鞠莉莉

(中船动力研究院有限公司, 上海 200120)

摘 要: 采用有限元分析法对某机型排气集管在高温、高压废气作用下的变形进行了分析。分析表明: 在排气集管轴向, 废气压力对排气集管的变形影响较小, 而以热负荷造成的变形为主; 在排气集管径向, 废气压力和热负荷造成的变形均较大。分析结果可指导膨胀节的选型和安装。

关键词: 排气集管; 膨胀节; 选型; 有限元分析

中图分类号: TK423.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2019)04-0039-03

Selection and Analysis of Two Stroke Low Speed Diesel Engine Exhaust Manifold Expansion Joint

Zhang Yaozhong, Shen Li, Zhou Xiuya, Ju Lili

(China Shipbuilding Power Engineering Institution Co., Ltd., Shanghai 200120)

Abstract: Based on the finite element analysis of a certain type of diesel engine's exhaust manifold, the deformation caused by high temperature and high pressure is analyzed. The results show that in axial direction of the exhaust manifold, the exhaust gas pressure has small influence on the deformation of the exhaust manifold, the deformation is caused mainly by thermal load. However, in radial direction, both exhaust gas pressure and thermal load may cause big deformation. The research results offer reference for the type selection and installation of expansion joint.

Key words: exhaust manifold; expansion joint; type selection; finite element analysis

0 引 言

低速二冲程柴油机运行过程中, 高温高压废气经排气阀进入排气集管, 因此, 排气集管承担着较大的热负荷及压力负荷^[1-2]。排气集管往往设计成薄壁的桶状, 在承担废气的热负荷和压力负荷时会产生较大变形^[3]。因此有必要对膨胀节做适当的选型, 以保证主机长期稳定运行。

本文采用有限元方法对某机型的排气集管进行分析, 得出压力和热负荷对排气集管膨胀变形的影响, 从而为膨胀节的选型和安装方式提供一定参考。

1 膨胀节工况分析

1.1 常见膨胀节类型

膨胀节因其可承受较大变形的特性, 常用于变形较大的区域。在低速二冲程主机上, 用到膨胀节的地方有: 排气阀与排气集管相连处; 增压器与排气集管相连处^[4]; 对于两段式排气集管, 两端排气集管之间也会安装膨胀节。某带有两段式排气集管的膨胀节示意图见图 1。对于安装有 SCR 的主机, 因其工况特殊, 不在本文研究范围内。

1.2 膨胀节形变图谱

根据 WinGD 服务工程师对遍布世界各地装有 WinGD 主机的集装箱船、散货船和邮轮的评估:

集装箱船停开机最为频繁,约每三天停机一次。根据规范:膨胀节须满足 100% 负荷下 2 000 次的循环,理论使用寿命为 16.4 年。在某些情况,如在测试台上,主机会以更高的负荷运转,但这类运转都不会达到 2 000 次停开机的循环。当主机工作在更高负荷下时,对膨胀节的设计和安装须满足膨胀节 1 000 循环对应的图谱。图 2 为某型号膨胀节允许的变形图谱。不同型号的膨胀节变形图谱对应的数值可能不一样,但趋势一致。

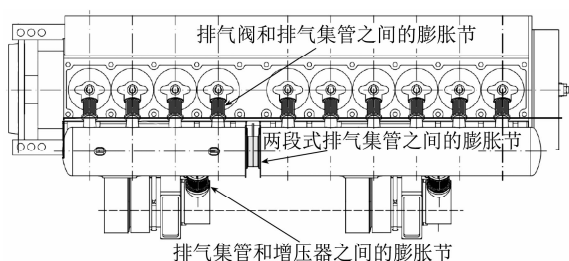


图 1 膨胀节分布示意图

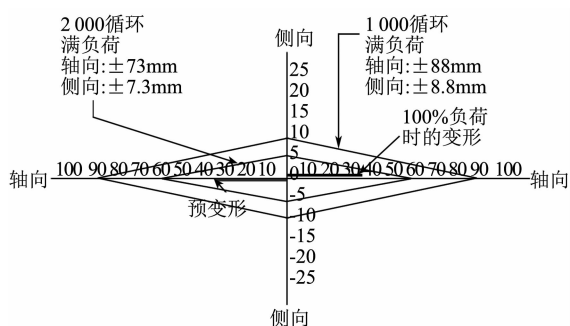


图 2 某型号膨胀节的变形图谱

进行膨胀节选型时,实际所需的变形量应在膨胀节变形图谱 1 000 或 2 000 循环所允许的最大形变量范围内。

本文中,计算得出的膨胀节最大膨胀量须一分为二,一半作为安装时的预压缩量,一半作为主机在满负荷工况下的膨胀量。

2 有限元分析

本文主要考虑废气温度和废气压力引起的排气集管膨胀变形,进而得出膨胀节选型的前提条件。计算时,以某机型的排气集管为例,模型包括排气集管、跟排气集管相连的接口、排气集管下端的支撑,其结构如图 3 所示,部分主要尺寸如表 1。

表 1 排气集管部分主要尺寸

排气集管长度/mm	6 015
排气集管内径/mm	788
排气集管壁厚/mm	6



图 3 某机型排气集管相关组件模型

2.1 材料特性

排气集管及相关零部件材料为 Q235B,具体参数如表 2。

表 2 Q235B 材料参数

热膨胀系数/ K^{-1}	弹性模量/ GPa	泊松比	屈服强度/ MPa
1.40×10^{-5}	202	0.25	235

其中,热膨胀系数的值取自钢在 460 °C 时的近似值。钢材的热膨胀系数与温度的变化关系如图 4。也可根据计算的具体温度相应取值;在处理非恒定温度时,甚至可将该变化曲线作为边界条件,得出更为准确的计算结果。

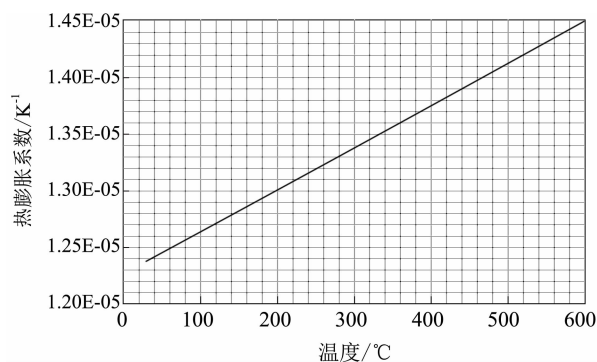


图 4 Q235B 的热膨胀系数随温度的变化关系

2.2 工况说明

在设定排气集管所处的最高温度时,要考虑使用年限以及热带环境的影响。对于计算用机型,选取其所处最高温度为 491 °C。排气集管的最低温度是指主机在冷的环境下停机几天时的温度,本例中取 20 °C。

2.3 有限元模型

本例中,由于大部分零件均为薄壁状,在划分网格时,以六面体为主,单元格类型为 C3D8,局部区域采用楔形单元,单元格类型为 C3D6。有限元模型如图 5 所示。

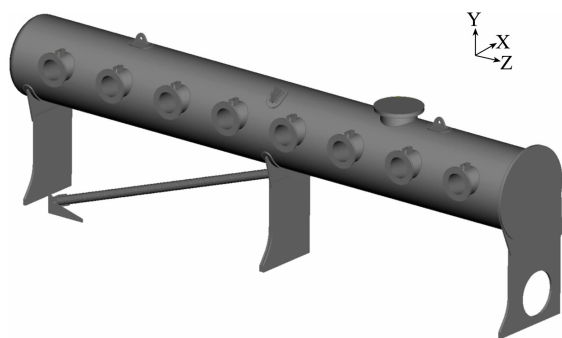


图5 有限元模型

2.4 边界条件和载荷

根据排气集管的实际安装情况，将模型支撑板的下端面作固定处理。整个模型的表面可分为内表面和外表面，内表面为废气可直接接触到的表面，其他为外表面。环境温度设定为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，内表面温度设定为 $491\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。内表面压力为 0.41 MPa ，外表面压力为 0.1 MPa 。

2.5 计算结果

在下述各计算结果云图（图6～图9）中，虚线为模型最初时的状态，灰度为排气集管在压力或温度作用下变形后的状态。每一图组中，a) 图为排气集管仅在热负荷作用下的变形，b) 图为仅由于内部压力引起的变形，c) 图为在压力和温度同时作用下产生的变形。

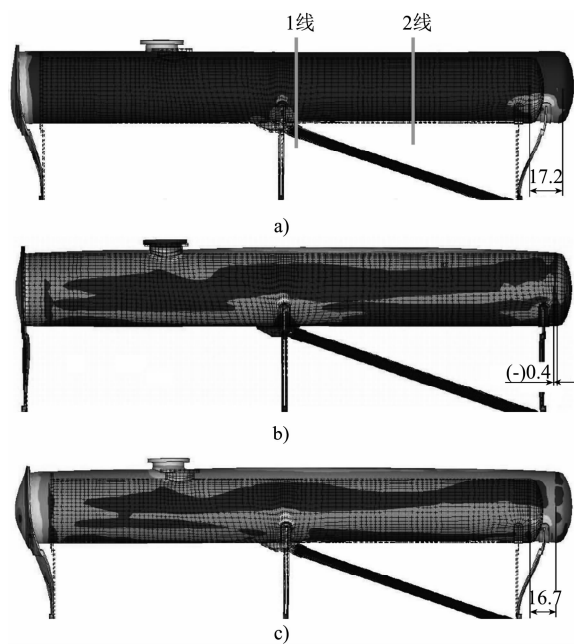


图6 排气集管轴向变形情况

根据上述计算云图可发现：废气较高的温度和压力均会对排气集管的变形造成影响。在排气集管轴向，由排气集管内部压力造成的轴向膨胀相对于废气高温造成的轴向膨胀可以忽略不计。在排气集

管径向，废气的高温和高压均会引起较大变形。而且废气高压造成的排气集管径向变形是不对称的，整体变形偏向排气侧。这是因为排气集管的开口，即与膨胀节连接方式的分布不对称所致。

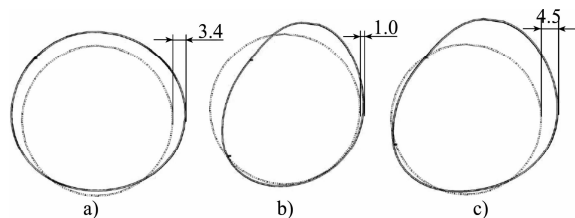


图7 排气集管局部变形情况（横截面位于图6中的2线位置）

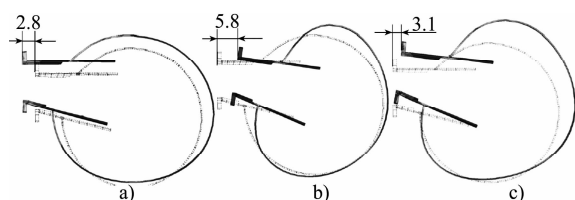


图8 排气集管局部变形情况（横截面位于图6中的1线位置）

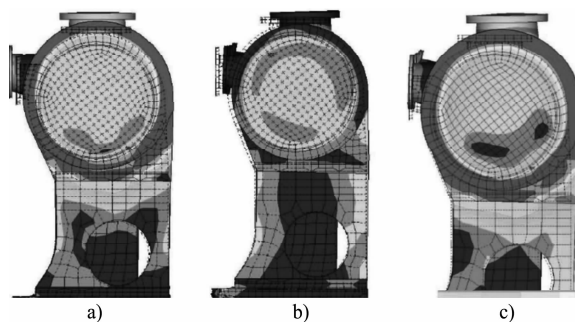


图9 排气集管径向变形情况

3 结论

通过对排气集管相关部套的分析可得出如下结论：

- (1) 在排气集管轴向，压力造成的膨胀很小，主要以热负荷造成的变形为主。
- (2) 在排气集管径向，压力和热负荷均引起较大变形，且压力引起的变形并不是对称的，这与排气集管开口的布置有关。

本文计算结果，可为膨胀节的选型提供参考。

参考文献

- [1] 严全荣. 船舶柴油机原理和结构及性能介绍. 2006 (1): 142-146.
- [2] 孙艳培. 船舶柴油机 [M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2006 (7): 91-116.
- [3] 张岳, 马良. 海洋工程船排气集管生产设计方法研究 [J]. 船舶标准化工程师, 2016, 48 (2): 44-46.
- [4] 江国和, 邹祥依, 孙秀成, 等. 船舶柴油机排气管道钢架强度计算 [J]. 上海海事大学学报, 2014, 35 (2): 64-67.