

减振与降噪

# 某邮轮主推进柴油机的辐射噪声仿真分析

王志刚, 姚 辉

(七一一研究所, 上海 200090)

**摘 要:** 以某邮轮中速主推进柴油机为对象, 对该型柴油机的辐射噪声进行仿真分析。阐述了柴油机辐射噪声计算时的模型建立、激励力确定、声压计算方法; 分析了该型柴油机主要零部件对整机振动噪声的影响; 实现了该型柴油机辐射噪声水平的预估。仿真分析结果可用于该邮轮主推进柴油机的减振降噪措施设计。

**关键词:** 船用柴油机; 噪声; 仿真

**中图分类号:** TK421<sup>+</sup>.6    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1001-4357(2011)06-0046-03

## Radiated Noise Simulation of Main Propelling Diesel of Passenger Liner

Wang Zhigang, Yao Hui

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai200090)

**Abstract:** Radiated noise simulation of the middle speed diesel for a passenger liner is studied, and the calculation modeling, loading and acoustic pressure computing method of the marine diesel are also discussed. The influence of engine's main components on the whole engine's vibration noise is studied, and the acoustic evaluation of the diesel engine's radiated noise is accomplished, which could be applied in the noise reduction design of the passenger liner's main propelling diesel.

**Keywords:** marine diesel; noise; simulation

## 0 引 言

随着科技的进步和发展, 民用船舶对船舱的舒适和安静性要求日益提高, 尤其是对于豪华游轮等民用船只, 国际海事组织(IMO)制定的最新规范对其舱室的噪声提出了更为严格的要求。柴油机产生的振动噪声是船舶噪声主要来源之一, 也是影响船舱舒适和安静性的重要因素。降低主推进柴油机的振动噪声是改善邮轮住舱舒适性的有效途径。<sup>[1-2]</sup>

本文以某邮轮中速主推进柴油机为研究对象, 研究了该型柴油机的辐射噪声仿真分析方法; 阐述了柴油机辐射噪声计算时的模型建立、激励力确定、声压计算方法; 对该型柴油机在不同工况下的辐射噪声进行了分析, 对柴油机不同部件对整机声学贡献量进行分析, 实现了该型柴油机辐射噪声水

平的预估。研究成果可应用于邮轮主推进柴油机的振动噪声控制设计。

## 1 柴油机噪声分析模型建立

首先建立该型船用柴油机的三维实体模型, 然后在三维实体模型基础上建立基于声传递向量(ATV)概念的柴油机近场边界元(BEM)分析模型, 如图1所示。ATV为声学系统输入与输出之间的关系矩阵—声传递向量(Acoustic Transfer Vectors)矩阵, 即从柴油机振动结构表面的边界单元到域点处的声传递函数的信息集合<sup>[3-4]</sup>。

柴油机结构声辐射分析模型是由结构有限元模型、结构声边界元模型、外场域点网格模型组合而成的。其中, 结构有限元模型独立于其它两种模型而存在, 结构边界元模型依赖于结构有限元模型的

收稿日期: 2011-06-07; 修改日期: 2011-07-15

作者简介: 王志刚(1977-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为动力装置减振降噪, E-mail: wangzhigangtj@yahoo.com.cn。

边界特性, 外场域点的网格模型是依照一定规则所建立的包围结构声学模型。

在柴油机结构辐射分析模型的建模中, 考虑到声场分析的声学介质是空气, 其特性阻抗较小, 其外域声波对结构振动的反向作用极其微弱, 故在该模型中不考虑 FEM 结构振动模型与 BEM 声学波动模型之间的相互耦合, 只考虑结构振动导致噪声发生的单向作用效能。

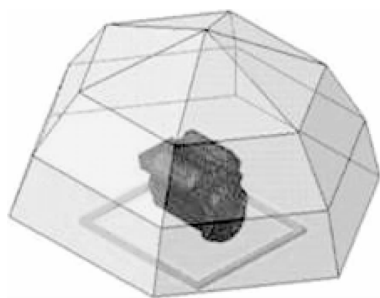


图1 该型柴油机噪声分析模型

## 2 柴油机噪声分析载荷确定

该型柴油机整机辐射噪声分析所考虑的载荷主要包括: 柴油机的缸内气体爆发力、活塞侧向力、各主轴承处的轴承载荷等。以上载荷具体幅值与变化规律可由发动机专用动力学计算软件 GT-crank 求解得到, 如图2、图3所示。

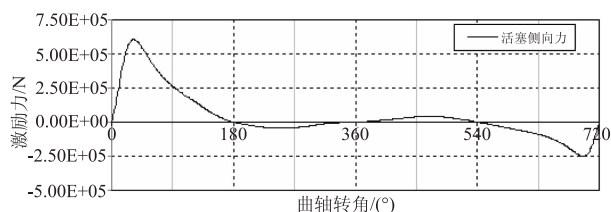


图2 活塞侧向力载荷时域曲线

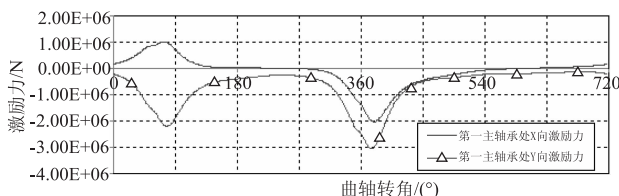


图3 第一轴承处激励力载荷时域曲线

## 3 柴油机声压分布计算分析

应用 Virtual Lab 声学分析软件, 计算了柴油机在 100% 工况下的结构辐射噪声响应, 建立了柴油机的声压级云图, 该云图表征了柴油机在 0 ~ 2 000 Hz 频段内各三分之一倍频带中心频率点的结构辐射噪声分布。详见图4、图5。



图4 120 Hz 柴油机声压级分布图



图5 500 Hz 柴油机声压级分布图

从以上声压分布图中可以看到, 柴油机在各个频率点的近场辐射噪声分布。在以上声学计算的基础上, 进行柴油机不同部件结构噪声分析。

## 4 柴油机在不同工况下辐射噪声分析

对该型主推进柴油机在 0 ~ 2 000 Hz 频率范围内的 32%、50%、75%、100%、110% 不同工况下声功率级进行分析, 得出柴油机的不同运行工况对整机辐射声功率级的影响曲线, 如图6所示。

由图6可以看出, 柴油机的整机辐射声功率随负荷的增大而逐渐增大。但当负荷超过 100% 时, 该发动机在 1 000 ~ 2 000 Hz 频段内随着负荷的增加整机辐射声功率反而下降, 这是由于该发动机在超负荷时其工作参数及结构振动响应有所变化, 而使辐射声功率有所减小。

从整体频谱曲线上来看, 不同负荷下声功率在 0 ~ 2 000 Hz 频率范围内变化趋势大致相同, 这些主要是由于虽然负荷不同但是转速是一致的, 因此相应结果只是幅值有所不同。

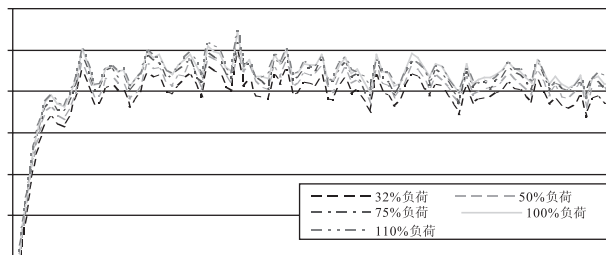


图6 不同工况下该型柴油机声功率曲线对比趋势图

## 5 柴油机不同部件对整机的噪声贡献量分析

将该型柴油机划分为油底壳、缸盖、飞轮壳、附件托架、机体等几个主要组成部分,分析评估各部位对整机辐射噪声的贡献量,如图 7 所示。

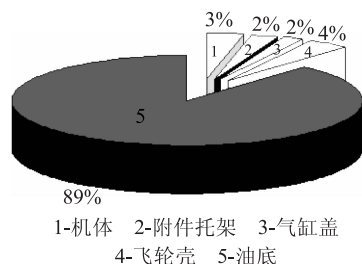


图 7 柴油机各部件声学贡献量

从图 7 可以看出,该型柴油机的油底壳是整机由结构振动引起声辐射最为剧烈的部件,其辐射出的声能量占到整机辐射声能量的 89% (20 ~ 2 000 Hz)。而飞轮壳、机体、附件托架、和气缸盖辐射出的声能量分别占到 4%、3%、2% 和 2%。

## 6 结 论

本文以某邮轮用主推进柴油机为研究对象,研究了柴油机辐射噪声预估方法,完成了从柴油机缸内爆发压力到柴油机辐射噪声预估,以及柴油机主要零部件对柴油机整机辐射噪声的贡献量分析。所形成的柴油机辐射噪声预估方法及贡献量分析方法可指导低噪声船用柴油机的设计。通过本文研究可

初步得出以下结论。

1) 该型邮轮用中速柴油机在中低频时主要以油底壳的声能量辐射为主,油底壳对整机振声辐射能量的贡献量 89%。主要原因在于该型柴油机油底壳厚度(相对于体积)较薄,相对于柴油机其他部件的刚度较弱,辐射噪声较大。

2) 该型柴油机的整机声辐射能量的主要分布频率范围在 500 ~ 1 500 Hz 的中频范围内,且声功率峰值点出现在 1 000 Hz 附近,除了个别峰值外,总体上来说,柴油机辐射噪声能量在该频段内分布较为均匀。

3) 柴油机的整机辐射声功率随柴油机负荷的增大而逐渐变大,但当负荷超过 100% 时,该发动机在 1 000 ~ 2 000 Hz 频段内随着负荷的增加整机辐射声功率反而下降。这是由于该发动机在超负荷时其工作参数及结构振动响应有所变化,而使辐射声功率有所减小。

### 参考文献

- [1] 王鑫,季振林. 柴油机辐射噪声预测及控制技术研究[J]. 噪声与振动控制,2008,02(10).
- [2] 周建明. 内燃机结构噪声预测方法的研究[D]. 武汉:武汉理工大学. 2007.
- [3] 齐晓霞,王文. 船用柴油机噪声控制技术[J]. 噪声与振动控制,2004,02(6).
- [4] 冯慧华,左正兴. 基于 BEM/FEM 耦合技术的柴油机外声场模拟技术研究[J]. 内燃机学报,2004,22(2).

## 《柴油机》杂志广告价目表

| 版位  | 尺寸              | 颜色 | 定价       |
|-----|-----------------|----|----------|
| 封面  | 205 × 226(去刊头)  | 彩色 | 8000 元/版 |
| 封二  | 210 × 297       | 彩色 | 6000 元/版 |
| 封三  | 210 × 297       | 彩色 | 4000 元/版 |
| 封底  | 210 × 248(去条形码) | 彩色 | 5000 元/版 |
| 首插页 | 210 × 297       | 彩色 | 5000 元/版 |
| 插页  | 210 × 297       | 彩色 | 4000 元/版 |

注:《柴油机》杂志为双月刊,单月月底出版,全年 6 期。连续刊登 3 期及以上,可享 90% 的折扣;连续刊登 6 期及以上,可享 80% 的折扣。联系人:高荃,夏斐 电话:021-31310201, 021-31310204

2012 年广告现已开始征订,欢迎各界惠登广告,特殊要求可协商!