

文章编号: 1006-1355(2014)02-0119-04

三体高速船舱室噪声预报与控制

夏代波, 季振林, 刘 洋, 李卓亮

(哈尔滨工程大学 动力与能源工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 利用 VA One 软件对某三体船进行舱室噪声预报与控制方法研究。首先对船体进行简化建立整船模型, 并对模型施加外部激励, 预报各舱室的噪声水平。再应用 VA One 软件对不同吸声材料的吸声性能进行模拟计算, 考察声腔子系统的能量输入关系。根据能量贡献量的大小混合使用不同吸声材料对指定舱室进行噪声控制处理, 得到了较好的降噪效果。

关键词: 声学; 三体船; 统计能量法; 舱室噪声; 噪声预报; 噪声控制

中图分类号: TB533+.2

文献标识码: A

DOI编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2014.02.027

Prediction and Control of Cabin's Noise of a Three-hulled High-speed Ship

XIA Dai-bo, JI Zhen-lin, LIU Yang, LI Zhuo-liang

(College of Power and Energy Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: Based on statistical energy analysis, and using VA One software, the cabin's noise of a three-hulled ship is predicted and the noise control methods are investigated. First of all, the SEA model of the ship is built and the external excitation to the model is enforced to predict the noise levels of several cabins. Then, the sound abatement performances of different sound-absorption materials are investigated. Finally, through the investigation of relationship of energy transmission of the acoustic cavity subsystems, the noise control is performed by considering the energy contributions using hybrid sound-absorption materials and good noise abatement is obtained.

Key words: acoustics; three-hulled ship; statistical energy method; cabin noise; noise prediction; noise control

船舶舱室噪声是影响人们工作与生活的一项重要指标,在船舶设计阶段需要考虑舱室的声学问题,预报舱室噪声级,提出相应的控制措施。船舶在运行时处于一个非常复杂的动态系统中,很难通过建立微分方程来解决振动与噪声问题^[1]。在工程应用中,人们会采取很多假设,利用近似的方法来解决这一问题,常用的方法有经验预测法、有限元法、统计能量法等,近年来也有学者采用灰色预测法^[2]和神经网络法^[3]来预报舱室噪声的。理论上讲只要具备大容量的计算机,就可用有限元求解任何结构的振动噪声问题,随着结构模型复杂程度及分析频率的提高,有限元单元数量会急剧增加导致难以求解。有限元法主要应用于有限区域内的结构与声场耦

合问题^[4]。统计能量法^[5,6]弥补了这一缺陷,它采用统计能量的思想,将整个声振系统离散成若干子系统,根据各子系统之间的能量传递关系建立系统的统计能量方程,求解得到各子系统的统计能量平均值^[7]。统计能量法不能得到子系统某个局部的精确响应,只能预测子系统的平均声学性能,适用于求解大型复杂结构的中高频声振问题,以高模态密度为基础,要求单位频带内模态数大于5,且模态重叠数大于1。

1 SEA模型的建立

以三体船CAD图纸为蓝本,对船体进行适当简化,上层建筑采用 VA One 软件直接建模,下层曲面较多,采用 ANSYS 软件建立有限元模型,通过有限元生成 SEA 模型,最终在 VA One 合并成整体模型。图1为全船建完声腔子系统之后简示图。

查看全船建模结构,所产生的子系统和连接数目列于表1中。

收稿日期: 2013-03-25

作者简介: 夏代波(1985-),男,土家族,湖南省常德市人,硕士研究生,研究方向:振动与噪声控制。

E-mail: xiadaibo@gmail.com

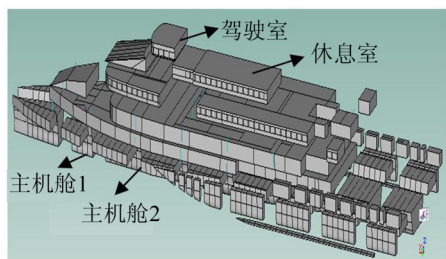


图1 全船声腔子系统简示图

表1 模型子系统数量

名称	节点数	板单元	声腔单元	梁支柱
数量	625 937	3 002	75	63

2 舱室噪声预报

VA One 软件提供了多种载荷施加方法:有定义点激励输入力法、定义声功率法、定义声场法、定义约束法等。其中点激励输入法与声压法输入与子系统的大小有关。为消除子系统大小导致计算结果的差异,因此选择定义声功率级约束法来输入系统激励。选择休息室为噪声预报与控制对象。其中休息室离舱底主机激励的垂直距离为 14.8 m,离第一主机舱的水平距离为 28.8 m,离第二主机舱的水平距离为 17.4 m。

2.1 单独开主机情况下舱室噪声预报

主机噪声可分为空气声和结构声,结构声采用特性分析的方法,选择 1/3 倍频程,每个频段上主机加速度级取 100 dB,通过定义约束法将激励加载主机舱地板上。主机空气声采用实测的数值见图2,合成声压级为 133.9 dB,空气噪声以声压级的形式约束到主机舱声腔子系统上。

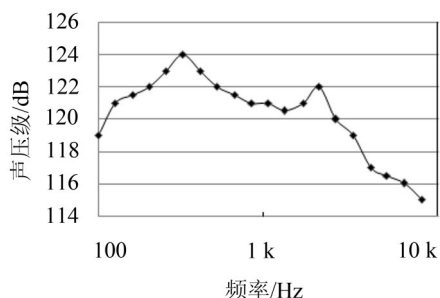


图2 柴油机空气噪声激励

图3给出了休息室分别受主机空气声单独作用及结构声和空气声两者同时作用时的声压级预报结果。

曲线A表示结构声和空气声同时作用,曲线B表示空气声单独作用。通过对比可以看出,对于休息室这类距离激励源较远的舱室主要噪声源为主机空气噪声。在主机结构声激励和空气声激励同时作

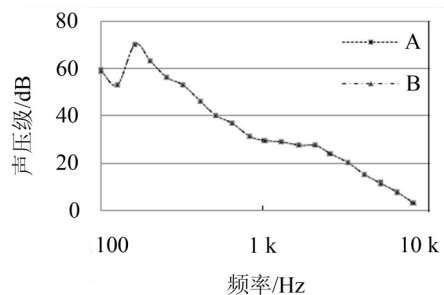


图3 主机噪声对休息室声压级影响

用下舱室的声压级跟主机空气声单独作用下舱室声压级非常接近,及在主机航行状态下舱室噪声能量主要来自主机的空气噪声。

2.2 通风空调系统噪声对舱室噪声的影响

对于舱室噪声来说,空调噪声也会对其产生很大的影响,空调噪声激励源为舱内空调通风口处噪声。在休息室开设两个空调通风口,每个通风口施加一个噪声激励。通过对某型号空调机组进行实地测量得到其空调通风管口噪声激励如图4所示,合成后声压级为 81.4 dB。

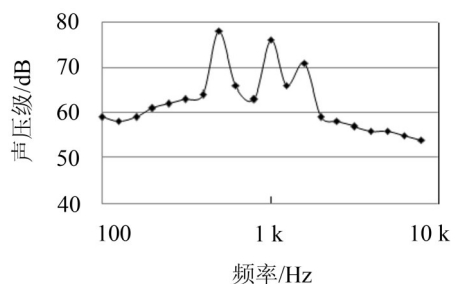


图4 空调噪声激励

将空调噪声以声功率的形式加到子系统的空调出风口板上,不约束主机激励只单独施加空调噪声相当于实际情况下船舶处于锚泊状态,及主机噪声和空调噪声同时作用模拟船舶航行状态,计算模型得到休息室声压级预报结果如图5所示。图中曲线A表示空调噪声单独作用,曲线B表示主机、空调同时作用,曲线C表示主机单独作用。从图5中可以看出,对于休息室空调噪声对声腔整体噪声水平影响较小,且主要集中在 800 Hz~2 000 Hz 频段内。

3 船舶舱室噪声控制

VA One 软件能够分析各种吸声材料的吸声效果、研究降噪措施是否合理,软件数据库中收集了工程中常用的吸声材料、阻尼材料及其它一些材料,可以很方便的直接调用。也可以手动编辑定义材料属性,创建属于自己的新的吸声材料,包括将它们组合起来形成组合吸声材料。选择驾驶室为噪声控制对象,驾驶室离主机舱底激励的垂直距离为 17.3 m,距离第一主机舱水平距离为 46.8 m,距离第二主机舱

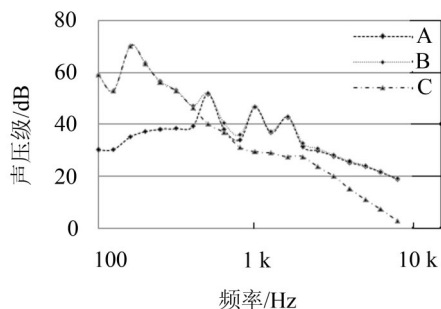


图5 空调噪声对休息室声压级影响

水平距离为35.4 m。

3.1 吸声材料性能

(1) 单层吸声材料

在舱壁四周单独敷设四种吸声材料(玻璃纤维、三聚氰胺、聚酯、聚亚胺脂),对比敷设吸声材料前后声腔子系统声压级变化。图6—图7分别列出了驾驶室施加不同单层吸声材料前后声压级变化情况。

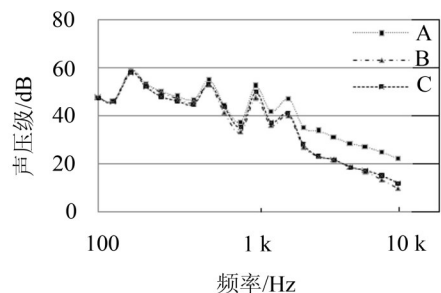


图6 驾驶室声压级变化对比1

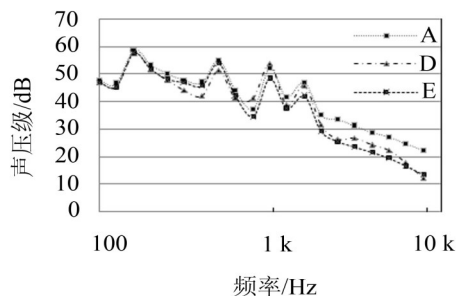


图7 驾驶室声压级变化对比2

图中曲线A表示驾驶室未敷设任何吸声措施,其它四种吸声材料列于表2。

从图6与图7可以看出,在低频段,玻璃纤维的吸声性能最差,三聚氰胺在200~500 Hz内每个频点能降低2 dB左右的声压,在600~700 Hz之间存

表2 敷设单层吸声材料种类

层数	材料	厚度(mm)
单层	玻璃纤维B	50 mm
单层	三聚氰胺C	50 mm
单层	聚酯D	50 mm
单层	聚亚胺酯E	50 mm

在吸声低谷,聚酯在700~2 000 Hz之间吸声性能较差,但在中低频吸声要好于其它三种材料,聚亚胺脂在中低频内吸声效果起伏不大在1~2 dB左右,在高频段内(2 000 Hz以上)吸声性能相差不大,吸声效果较好,平均每个频点能减少8~10 dB左右。

(2) 双层吸声材料

为了与单层材料的吸声效果形成对比,双层吸声材料仍然选用50 mm厚度,组合材料的选择如下表3所示。

将四种组合吸声材料分别敷设到驾驶室四周,图8与图9分别显示了敷设四种吸声材料之后驾驶室的声压级变化情况。

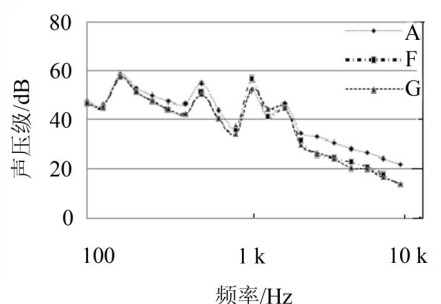


图8 驾驶室声压级变化对比3

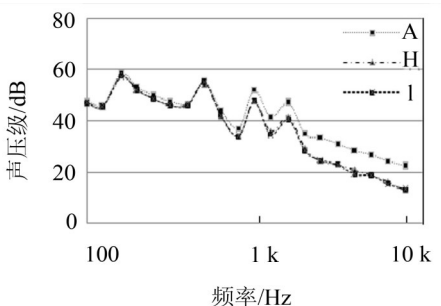


图9 驾驶室声压级变化对比4

分析图8可得不同厚度的聚酯与三聚氰胺组合得到的组合材料吸声性能不一样,组合材料F和G在800~2 000 Hz吸声性能变化较大,当减少聚酯层厚度增加三聚氰胺厚度时,吸声低谷从1 000 Hz变化到1 300 Hz左右,并且峰值有所降低。从图9可看出,聚亚胺脂与三聚氰胺的组合性能变化不大,在400 Hz左右存在吸声低谷。

3.2 舱室能量输入考察及降噪效果

(1) 考察子系统之间能量输入关系

VA One软件能查询相互耦合子系统之间的能量输入关系,通过考察可以很清楚的得到每个声腔子系统之间的能量输入关系,通过得到哪些子系统传入的能量起着主要作用后,就能有针对性的提出噪声控制措施。图10给出了驾驶室的能量输入关系图。

表 3 敷设双层吸声材料种类

层数	组合材料	材料 1	厚度(mm)	材料 2	厚度(mm)
双层	组合材料 F	聚酯	40 mm	三聚氰胺	10 mm
双层	组合材料 G	聚酯	30 mm	三聚氰胺	20 mm
双层	组合材料 H	聚亚胺酯	40 mm	三聚氰胺	10 mm
双层	组合材料 I	聚亚胺酯	30 mm	三聚氰胺	20 mm

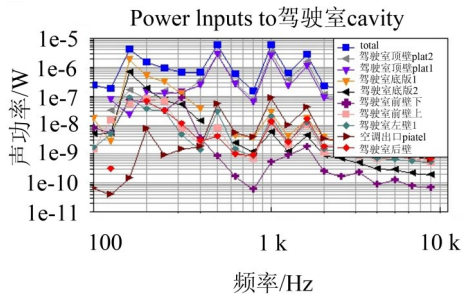


图 10 驾驶室能量输入关系

由于每个舱室子系统非常多，将它们全部在图中显示出来会看不清楚，因此将对子系统能量输入较小的子系统隐藏起来，便于观看。通过分析每个声腔子系统的能量输入关系可以看出，对于排在前面的几个子系统对声腔的能量输入总和占了声腔总能量输入的大部分，因此，对这些占总能量输入大部分的子系统进行噪声控制措施显得尤为重要。由于空调通风口的存在，建立驾驶室舱壁板的子系统时必须将顶壁板划分为两个板。即顶壁plate 1，顶壁plate 2。根据建模习惯，本文中将驾驶室其余 5 个舱壁也分别划分为两个板，如图 10 中所示。通过考察能量输入关系可以得出，对于驾驶室声腔贡献较大的子系统是：驾驶室底板 1、驾驶室顶壁、驾驶室底板 2、驾驶室前壁下、驾驶室前壁上等；

(2) 降噪效果研究

在得出能量输入关系之后接下来就是进行噪声控制处理，根据之前分析的吸声材料吸声性能结果，对于能量输入贡献较大的子系统敷设吸声性能较好的复合吸声材料，对于其他能量贡献较少的子系统，可以敷设质量较轻经济性更好的吸声材料，这样就能整体上兼顾经济性与实用性。图 11 列出了驾驶室经过复合吸声材料处理前后的声压级变化对比。显示经过处理后驾驶室声压不仅在高频段内有较好的吸声效果，而且低中频声压也有一定的降低，整个频段内驾驶室声压降低了 2.5 dB，取得了较好效果。

4 结 语

使用 VA One 软件对某三体高速船进行三维建模，分别考虑了主机结构声和空气声及空调噪声对

舱室噪声的影响，得出距离激励源较远的舱室，主机空气声对声腔声压起主要作用。然后研究了几种吸声材料的吸声特性，得出几组经济性较好的组合，通过考察声腔子系统之间的能量输入关系，对舱室贡献量较大的敷设吸声性能较好的吸声材料，对贡献量小的采用吸声性能较差但较为经济的吸声材料。由于由 30 mm 聚亚胺酯和 20 mm 三聚氰胺的组合不仅质量轻，而且较为经济，建议在噪声控制中采用该种材料。

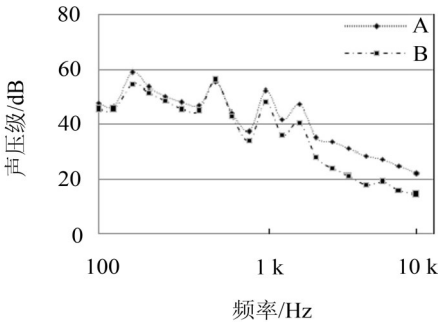


图 11 驾驶室声压变化图

参考文献:

[1] Fahy F J. Sound and structural vibration radiation, transmission and response[M]. Edition Academic Press, 1985.

[2] 姚熊亮, 戴 伟, 唐永生. 船舶上层建筑舱室噪声灰色预测[J]. 中国造船, 2006, 47(1): 35-42.

[3] 曾向阳. 基于神经网络法的舱室噪声预测[J]. 西北工业大学学报, 2004, 22(4): 492-495.

[4] 王玉红. 船舶上层建筑舱室噪声预测[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2003.

[5] 姚德源, 王其政. 统计能量分析原理及其应用[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1995.

[6] Lyon R H. Statistical energy analysis of dynamical systems: theory and applications[M]. Massachusetts: MIT Press, 1975: 65-92.

[7] Cotoni V, Gardner B, Shorter P and Lane S. Demonstration of hybrid FE-SEA analysis of structure-borne noise in the mid frequency range[J]. **Noise and Vibration**, 2005, 01: 23-31.