

减振与降噪

小型民用船舶柴油发电机组箱装体设计技术及应用

吴 鹏¹, 钱 进²

(1. 海军驻七一一研究所军事代表室, 上海 201108; 2. 91251 部队, 上海 200940)

摘 要: 以小型民用船舶箱装体的设计和应用为研究对象, 借助 CAD 和 CAE 等设计手段, 通过合理确定减振降噪的具体指标及设计技术, 成功设计出符合小型民用船舶发电机组减振降噪需求的箱装体。实际应用显示: 所设计的箱装体隔振效果达 53 dB, 隔声效果为 26 dB(A), 达到设计要求。该设计技术为后续小型、低噪声、豪华民用船舶设计提供了技术支撑。

关键词: 小型民用船舶; 柴油机发电机组; 箱装体; 减振降噪

中图分类号: U661.44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2016)06-0038-03

Design Technology and Application of the Diesel Generator Set Acoustic Inclosure for Small Civil Ship

Wu Peng¹, Qian Jin²(1. Naval Deputy Office of Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108;
2. 91251 Unit, Shanghai 200940)

Abstract: Taking the design and application of small civil ship's acoustic inclosure as the research object, with the use of CAD and CAE software, the diesel generator set acoustic inclosure which meets the demand of small civil ship's vibration and noise reduction was developed through reasonable confirmation of specific indexes and design techniques. Actual application show that the inclosure could reduce vibration by 53 dB, and noise by 26 dB(A), thus meet the design requirements. The design techniques provide technical basis for the follow up design of small low-noise and luxury civil ships.

Key words: small civil ship; diesel generator set; inclosure; vibration and noise reduction

0 引 言

随着动力设备减振降噪技术的不断提高, 船舶的舒适性要求越来越高。根据 2014 年中国船级社(CCS)将舱室噪声控制水平进一步提高的要求, 国内船舶舱室噪声最低要求比国际规范要求(MSC.339-91)还要严格 5 dB。对于小型船舶, 住舱和集控室等人员活动区离机舱和舵机舱相对较近, 动力设备引发的结构振动和空气噪声通过甲板或舱壁直接传递到目标舱室, 对于目标舱室噪声 50 dB(A)的要求将是巨大挑战。传统的机舱噪

声达到 105 dB(A)左右, 空气噪声穿过一层 6 mm 厚钢板后衰减到 70 dB(A)左右, 该噪声仅为发电机组直达空气声, 不包含其它设备及结构声^[1]。因此, 要达到目标舱室 50dB(A)的噪声要求, 须对声源进行处理。箱装体设计技术可以有效解决以上问题。

箱装体主要包含隔声罩、隔振装置、内部通风、消防系统和进排气系统等^[2]。国外于 20 世纪 60 年代起就陆续在该技术上积累了许多成功经验, 并实船应用^[3]。国内在 20 世纪末, 结合新型船舶的建造和已有条件, 大力开展了箱装体技术的基础

收稿日期: 2016-03-21; 修回日期: 2016-04-29

作者简介: 吴鹏(1984-), 男, 主要研究方向为船舶动力设计, E-mail: wlj0929@163.com。

理论研究和实船应用产品开发。由于箱装体结构复杂，成本较高，维护不方便等原因，其在民用船舶上的应用较少。图 1 给出了典型箱装体结构示意图。

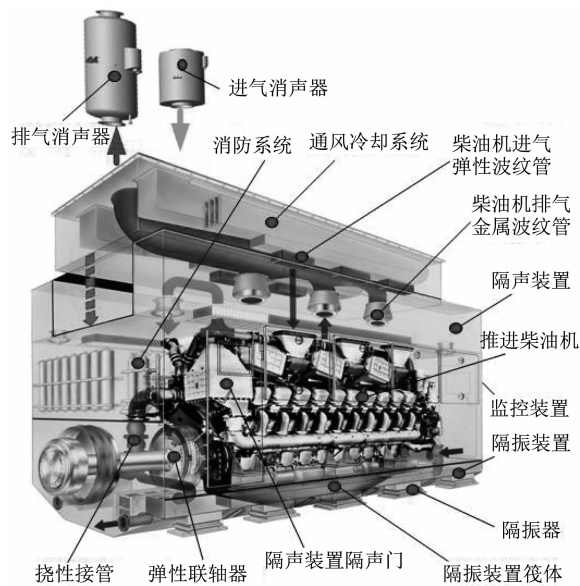


图 1 箱装体典型结构组成示意图

1 箱装体设计

根据多艘船舶箱装体的设计经验，总结出箱装体的设计流程，如图 2 所示。

- (1) 首先根据船舶的振动和舱室噪声要求，通过计算评估或者经验数据，确定主机、发电机组、螺旋桨以及其它设备的振动噪声限值；
- (2) 根据设备本体的振动噪声情况确定箱装体的隔声和隔振效果指标；
- (3) 箱装体方案设计，包括重量、尺寸、接口和减振降噪性能等，须船厂、设计院及设备商确认；
- (4) 确认无误后开始生产加工，并上船安装，然后进行隔声、隔振效果测试，验收设计指标是否达到。

2 实船应用

对于小型民用船舶，柴油发电机组箱装体的设计和应用遇到以下问题：

- (1) 成本增加。
- (2) 机舱结构紧凑，箱装体外部油水管路及电缆布置，而且要预留人员通道；箱装体内部存在多根油水管路和不同直径的电缆，同时内部的冷却系统占用大量空间，增加设计难度。
- (3) 由于结构复杂，空间狭窄，须要考虑设备

维修和日常检修空间。

(4) 隔振设计须考虑民用船舶基座刚度较弱的影响。

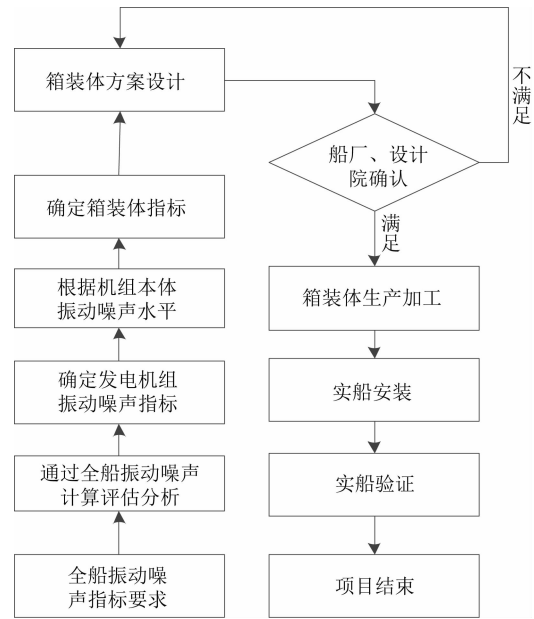


图 2 箱装体设计流程图

以下以一民用船舶箱装体设计为例，介绍箱装体具设计过程。船体及发电机组基本参数见表 1 所示。

表 1 船体及发电机组基本参数

总长/m		~55
型宽/m		~16
型深/m		3.5
排水量/t		~1 000
设计航速/kn		~9
发电机组	功率/kW	430
	转速/(r·min ⁻¹)	1 500
	重量(套)/t	4.2

小型民用船舶箱装体设计的关键技术是箱装体减振降噪指标的确定与合理设计。

本船箱装体上部舱室(6 mm 厚钢板)为振动噪声考核区域且没有任何减振降噪处理措施；机舱内部采取了吸声处理。因此，对于箱装体具体降噪指标不能简单通过经验公式估算。在设计中，建立了全船舱室噪声的声学计算模型，如图 3 所示。

目标舱室噪声为 50 dB (A)，同时考虑舱室的吸声处理，对柴油机的振动和噪声指标进行分配，并与设备自身的振动噪声特性进行比较，最终确定减振和降噪的具体指标。最终确定的箱装体降噪指标为 25 dB (A) (31.5 ~ 8 000 Hz 频带内)，减振效果为 45 dB (10 ~ 10 000 Hz 频带内)。

根据以往大功率柴油机箱装体设计经验以及

CAD放样与管路布置确定了箱装体的基本结构。采用有限元软件对其进行强度、系统振动特性(模态和振动响应)仿真;通过对箱装体结构及上下层隔振器参数的优化以及内部吸声材料的多方案比较,确定了最终的箱装体结构形式。

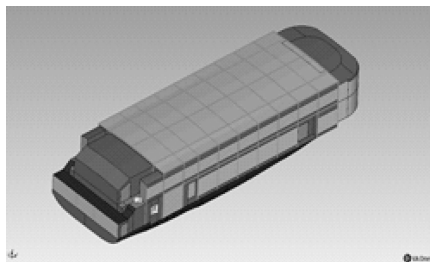


图3 全船舱室噪声声学评估模型

为了解决小型船舶箱装体应用难题,对该船舶进行如下设计:

(1) 与发电机组设备商、设备集成商沟通,箱装体内部管路尽量紧凑布置;

(2) 实船安装过程中,船厂根据箱装体接口重新布置舱室内部管路,或更改箱装体接口。

根据机组尺寸以及船体的空间位置,设计如图4所示的箱装体方案,主要包含:上下层隔振器、中间筏体、隔声罩、风机、空冷器、温度传感器、进风消声器、排气波纹管、油水挠性接管等。整台箱装体的重量为4.4 t,外形尺寸为4 300 mm × 1 700 mm × 1 880 mm。装船后的实景,如图5所示。

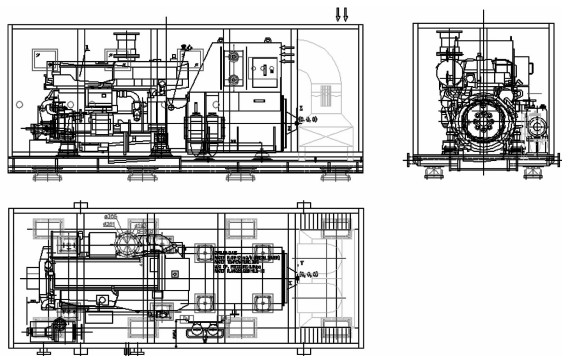


图4 箱装体方案示意图



图5 箱装体装船后实景

3 减振降噪效果

整个箱装体分频段隔振效果实船测试曲线如图6所示。在10~10 000 Hz频带内加速度隔振效果(设备机脚和船体基座振级落差)达到了53 dB(设备机脚151 dB,船体基座98 dB),具体数值见表2所示。箱装体隔声效果各频带噪声谱曲线如图7所示,隔声效果(同一点插入损失)为26 dB(A)(箱装体内外噪声分别为102 dB(A)和76 dB(A)),具体数据见表3所示。

表2 箱装体设备机脚及船体振动加速度级 dB (ref. 1 u m/s²)

频率/Hz	16	31.5	63	125	250
设备/dB	96.4	122	120	135.1	137.6
船体/dB	74.2	78.9	76.7	75.9	89.5
频率/Hz	500	1 000	2 000	4 000	8 000
设备/dB	139.2	141.8	149.3	142	136.2
船体/dB	89.8	91.1	92.3	84	82.1

表3 箱装体内外噪声声压级 dB(A) (ref. 20 u Pa)

频率/Hz	31.5	63	125	250	500
内部/dB(A)	32.6	52.5	65.8	75.3	85.2
外部/dB(A)	16.4	40.5	42.0	59.5	64.4
频率/Hz	1 000	2 000	4 000	8 000	
内部/dB(A)	98.3	97.7	92.7	83.7	
外部/dB(A)	70.2	73.8	65.5	53.5	

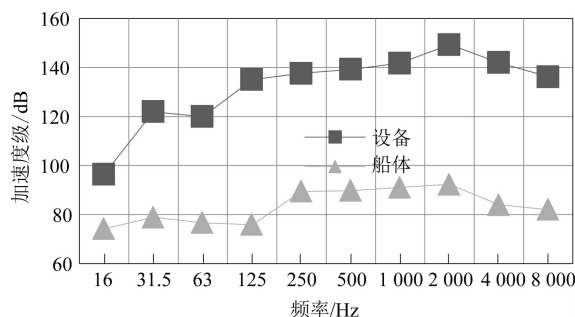


图6 箱装体隔振效果测试数据

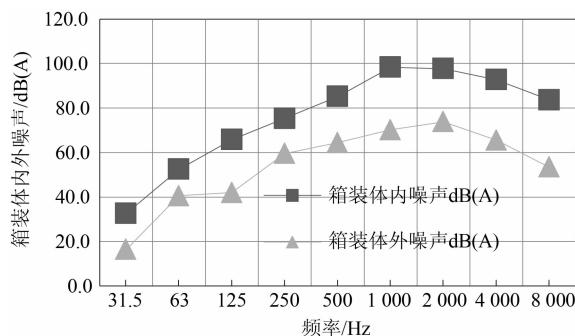


图7 箱装体隔声效果测试数据

(下转第56页)

多消耗一吨滑油要一万多元。因此建议船舶在吊缸测量缸套内径时,一旦发现磨损量达 0.5 mm 时,及时更换新缸套。

1.3 滑油质量控制管理问题

该型柴油机的滑油脏污速度相对较快,所以一定要加大滑油质量控制的管理力度。一,保证分油时的油温处于正常值,特别是在冬季,一定要对进分油机前的滑油用加热器加热,同时控制分离量。二,保证滑油分离操作的充裕时间,形成一旦正常航行就要开启分油机进行分离的制度。三,及时、定期清洗滑油分油机,保证分离质量。四,必须定期化验滑油,并根据化验结果确定是否换油。由于该机为湿式曲拐箱,曲拐箱内总滑油量仅有 600 L,建议每半年换油一次。

1.4 燃油系统管理问题

该机型至今一直使用 120 cSt 燃油,根据本人管理经验,首先要保证燃油进机质量,进分油机前油温应控制在 90 ℃ 左右,以保证分油质量。其次要保证燃油进机前加热并维持在 110 ℃ 左右,使燃油的黏度值控制在 10 ~ 15 cSt 之间,以保证燃油的雾化质量。

1.5 主机增压系统问题

该机配装的是 VTR201 增压器,压气机端滤网为铜丝网式,经多年拆洗,里面的铜丝网已不能起到过滤空气的作用。此外,由于机舱中油雾和微小颗粒物较多,容易造成空冷器脏堵,降低冷却效果。可考虑将增压器压气端滤网用无纺纤维布包裹,并定时更换无纺布。对透平端叶片的水洗应按说明书要求定期进行,以确保增压器效率。正常情况下扫气压力应在 0.05 ~ 0.1 MPa,当扫气压力低

于 0.05 MPa 时,应拆开增压器转子进行清洁。主机空冷器每年应进行一次化学清洗。

1.6 喷油定时调整问题

该机说明书没有规定具体的喷油提前角数值,只标明了喷油泵挺柱滚轮处在喷油凸轮基圆上,从滚轮座上平面到挺柱推块顶面的距离。据长期观察发现:该机在一定范围内的定时改变对主机排温影响不是很大,但定时的过度提前会引起爆压大幅度提高。燃烧粗暴除加大柴油机部件的机械负荷外,必然会加快活塞环、活塞环槽及缸套的磨损。长时间运行会引起活塞串气,增加滑油消耗及脏污。当转速在 700 ($r \cdot \min^{-1}$) 左右时,将该机喷油提前角调整在 10° 左右较为合适,此时主机正常爆压一般为 80 MPa 左右,排温在 340 ℃ 左右。

1.7 主机各缸均衡性问题

由于该机缸数较多,单缸功率不大,当某缸存在问题时对其余缸的影响较大。因此在运转时一定要密切注意工况,勤测爆压和压缩压力,注意排温是否有异常变化。由于该机采用的是脉冲增压,如一缸排温有异常升高,处于一个排烟管的几个相邻缸的排温也会有异常升高现象。因此单靠测量爆压和排温还难以准确判断某缸气阀烧蚀,而压缩压力的测量较为准确。

2 结 论

通过采取上述有针对性的措施后,目前该主机转速能达 750 ($r \cdot \min^{-1}$),排温在 350 ℃ 以下。本文的讨论表明:柴油机技术状态如何与检修维护管理是否到位有很大关系。通过规范管理和采取针对性的措施,可提升柴油机技术状态,降低故障率。

(上接第 40 页)

4 结 论

通过本文研究,解决了小型民用船舶发电机组箱装体的减振降噪指标的确定以及设计和应用问题,目标舱室的振动和噪声得到较大幅度的降低。该设计技术为后续小型低噪声、豪华民用船舶设计提供了技术支撑。

参考文献

- [1] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002, 255-272.
- [2] 谢建平、马文彬. 船用高速大功率柴油发电机组箱装体研制 [J]. 噪声与振动控制, 2007 (5): 119-124.
- [3] SNOWDON J C. Isolation and absorption of machinery vibration [J]. Acoustics, 1973, 28 (6): 307-317.