

低噪声柴油机动力装置的抗冲击设计技术

王志刚, 张彬

(中国船舶重工集团公司第七一一研究所, 上海 200090)

摘要: 随着海军武器装备不断进步, 舰船面临的海战环境日益恶劣, 对其自身战斗力和生命力提出了更为苛刻要求。作为舰船的“心脏”, 柴油机动力装置是现代舰船应用最为广泛的动力源之一, 其振动噪声水平和抗冲击性能指标直接影响舰船隐身性、安全性和舒适性, 已和柴油机功率密度、尺寸重量指标一起, 成为衡量柴油机动力装置先进程度的重要战技指标。发展低噪声、高抗冲击性能柴油机动力装置已成为舰船动力装置的重要发展方向。在对国内外低噪声柴油机动力装置抗冲击技术论述的基础上, 分析了低噪声柴油机动力装置的抗冲击评估和试验方法, 提出了低噪声柴油机动力装置抗冲击设计思路和方法, 研究成果可应用于舰船动力设备抗冲击防护评估和设计中。

关键词: 船用柴油机, 动力装置, 低噪声, 抗冲击

中图分类号: TU311.3 **文献标识码:** A

ANTI-SHOCK DESIGN OF LOW-NOISE MARINE DIESEL POWER PLANT

WANG Zhi-gang, ZHANG Bin

(Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 200090, China)

Abstract: The life force and fighting force of navy ship is becoming more and more important for rigorous battle environment caused by the progress of navy advanced weapon. Marine diesel power plant is one most popular power plant as the heart of navy ship. The noise level and anti-shock capacity of power plant directly affect Concealment, safety and comfortableness of navy ship, and have been the important marks of engine performance as well as power density, volume and weight. Low-noise and high anti-shock performance represent the progressing direction of navy diesel power plant technology in the future. Anti-shock evaluation method, test method and research development abroad and home of low-noise diesel power plant are discussed, and the anti-shock design consideration and design method of which are primarily concluded in this paper. The research result can be applied to the anti-shock design of marine power plant.

Key words: marine diesel; power plant; low-noise; anti-shock

0 引言

柴油机动力装置具有可靠性高, 使用寿命长, 运行成本低等特点, 广泛应用于舰船主动力和电站系统中。随着现代海战环境日益恶劣, 海军攻击武器性能日新月异, 柴油机动力装置的振动噪声水平和抗冲击性能对于保障舰船动力和电力系统安全运行, 改善舰船隐身性、安全性、舒适性, 提高舰船生命力和战斗力显现出更为重要意义^[1-3]。

本文对国内外船用低噪声柴油机动力装置抗冲击技术研究进展进行了简单介绍, 对低噪声柴油机动力装置抗冲击评估和试验方法进行了论述, 初步提出了低噪声柴油机动力装置抗冲击防护设计的方法和思路。

1 低噪声柴油机动力装置概述

舰船上柴油机动力装置通常分为主推进动力装置和电站动力装置, 前者由主推进柴油机、齿轮箱、轴系等设备组成, 后者主要由柴油机、发电机等设备组成。

近年来, 随着对舰船声隐身要求提高, 低噪声柴油机动力装置逐渐成为未来舰船柴油机动力装置产品的发展方向。低噪声柴油机动力装置是指采用了综合减振降噪措施, 振动噪声水平显著降低的柴油机动力装置, 该类装置在设计时就有明确的系统声学性能指标要求, 通常以动力设备弹性安装代替传统的刚性安装方式, 并采取了综合减振降噪措施, 其主要技术

基金项目: 国家船舶动力基础科研项目 (200106)

作者简介: 王志刚, 男, 1977年生, 博士, 高级工程师, EMAIL:wangzhigangtj@yahoo.com.cn

特点包括:

(1) 通常采用了单层、双层、浮筏等隔振装置,这些隔振装置采用了橡胶、金属、液压等形式隔振器,有效地隔离了柴油机动力设备对安装基座的振动传递。

(2) 采用了隔声罩、消声器等隔声装置,隔声罩应用于主推进柴油机或者电站的外围,由吸声隔声材料制成,可有效减低柴油机等设备机体辐射噪声,消声器主要用以减低柴油机进排气噪声。

(3) 采用了高弹性联轴器、万向联轴器,弹性支撑等低噪声传动元件和装置。通过采用这些元件和装置,可隔离柴油机、齿轮箱等设备振动沿轴系传递。

通过以上措施应用,柴油机动力装置声学性能有了较大改善,舰船的声隐身性能也得到了加强。这些措施在减振降噪同时也具有一定抗冲击性能,如弹性联轴器可补偿柴油机和齿轮箱之间冲击位移,管路弹性连接能够补偿动力装置和基座之间冲击位移。

但这些措施设计时主要出于减振降噪考虑,但并非为设备抗冲击专门设计,有时抗冲击效果和隔振效果会有冲突,如低频大载荷隔振器的使用,隔振器频率减低对动力设备隔振有利,但会造成较大冲击位移,降低装置的抗冲击性能,因此对动力装置需要进行专门的抗冲击防护设计^[4-6]。

2 低噪声柴油机动力装置抗冲击设计的技术途径

柴油机动力装置抗冲击常通过两种技术途径实现:其一,采用具有优良抗冲击性能的柴油机及其附属动力设备;其二,在柴油机外围布置抗冲击防护措施。

(1) 柴油机及其附属设备本体的抗冲击设计。在柴油机及相关泵、阀等附属设备本体的研制过程中进行抗冲击强化设计,提高设备本体的抗冲击性能。如欧洲某知名柴油机生产商推出的潜艇用发电机组柴油机,在柴油机研制过程中就进行了有效的抗冲击强化设计,根据相关资料,强化设计以后,机器本体的抗冲击指标增加 30%以上。

(2) 柴油机等设备外围的抗冲击防护措施。在柴油机机外围布置抗冲击防护装置和元件,较多采用的技术手段,如单层、双层、浮筏隔振装置,这些装置通常具有隔振和抗冲击双重功能。近年来,随着新型隔振器、金属波纹管、橡胶挠性接管、弹性限位器等隔振抗冲元件普遍应用,柴油机抗冲击防护措施的抗冲效果也有了很大提高。

抗冲击防护措施在技术上容易实现,应用也比较广泛,缺点在于这些防护装置和元件增加了重量和空间,给船用柴油机动力装置布置增加了困难;并且这些防护措施由于受材料特性和设计原理限制,抗冲击效果在现有基础上很难有更大幅度提高;尤其是这些措施需要兼顾隔振时,会增加设计难度。

3 低噪声柴油机动力装置抗冲击评估和试验验证

3.1 抗冲击评估方法

低噪声柴油机动力装置抗冲击评估评估内容主要有三个方面:

(1) 柴油机动力装置系统级抗冲击性能评估

对整套装置抗冲击性能指标,在不同爆炸当量下损坏状况评估;抗冲击性能和振动噪声性能匹配与均衡的评估;评估结果用于柴油机动力装置抗冲击综合防护设计中。

(2) 柴油机、齿轮箱、发电机等动力设备的抗冲击性能评估。

对动力设备本体抗冲击阈值、抗冲击薄弱环节,在不同爆炸当量下设备损坏状况评估,评估结果应用于柴油机及相关动力设备本体抗冲击强化设计,并为动力设备抗冲击强化设计、系统防护设计提供参数。

(3) 抗冲击元件和装置抗冲击性能评估

抗冲元件和装置主要包括橡胶隔振器、限位器、阻尼器、弹性联轴器等,评估元件和装置的抗冲效果、冲击损坏机理等,评估结果主要应用于元件和装置的研制,并为系统抗冲击计算和设计提供参数。

柴油机动力装置抗冲击评估的依据主要是各种抗冲击军用标准和规范。我国自己制定并在应用的标准,包括军用设备环境试验方法、舰船环境条件要求等。另外也可参考美国海军抗冲击标准 MIL-S-901 系列标准、德国海军的 BV043 系列标准,从目前来看,国外现行标准比我国现行标准要求更高。

3.2 抗冲击试验方法

柴油机动力装置抗冲击试验手段包括跌落式台架试验、摆锤式冲击试验机、浮动平台试验、海上实船爆炸试验等。其中元件和小型附属机电设备抗冲击性能试验可采用跌落式台架试验、摆锤式冲击试验机。

柴油机动力装置多用于舰船主动力系统或电站系统,功率几百到几千千瓦,体积重量大,配套附属设备多,运行维护复杂,陆上台架试验实施难度较大,因此对于系统级柴油机动力装置整体抗冲击性能试验多采用浮动平台试验或者海上实船爆炸试验。

4 低噪声柴油机动力装置抗冲击设计思路和方法

通过对柴油机动力装置抗冲击技术研究,初步总结出低噪声柴油机动力装置抗冲击设计的思路和方法。

(1) 树立系统抗冲击设计理念

设计中坚持顶层设计和综合设计概念。顶层设计是指应有动力装置抗冲击设计顶层指标,该指标和动力装置功率密度、尺寸重量、振动噪声指标同等重要。综合设计是指既要强化设备本体抗冲击性能,又要采用周到的抗冲击防护措施,消除抗冲击薄弱环节短板,提高装置总体抗冲击能力。

(2) 严格贯彻执行抗冲击规范

在我国组织实船水下爆炸试验中,发现凡是通过国军标抗冲击性能考核的舰载设备,在实船爆炸试验中普遍表现出较好抗冲击能力。因此,在柴油机动力装置抗冲击设计中,应严格贯彻国军标抗冲击考核要求。

(3) 丰富抗冲击计算设计手段

舰船设备抗冲击计算方法,包括经典动力学分析,有限元分析等方法。应充分应用 ABAQUS,LS-DYNA 等软件于元件、设备和装置冲击计算分析中,实现柴油机动力装置冲击响应的预估和分析。

(4) 加强设备冲击试验研究

冲击试验是检验动力装置抗冲击性能重要手段,要将台架试验和实船爆炸试验有机结合起来,通过台架试验获取弹性元件和设备零部件的抗冲击性能数据,通过实船试验获取整个柴油机动力装置的抗冲击性能数据。

5 结论

具有低噪声、高抗冲击性能的柴油机动力装置是舰船动力装置的重要发展方向,在实现动力装置良好声学性能同时有效提高其抗冲击性能,对于提高舰船生命力具有重要意义。本文阐述了低噪声柴油机动力装置的概念,对柴油机动力装置抗冲击评估和试验方法进行了论述,提出了低噪声柴油机动力装置抗冲击设计的思路和方法,研究成果可用于舰船柴油机动力装置抗冲击防护设计。

参考文献

- [1] 汪玉,华宏星.舰艇现代冲击理论及应用.北京,科学出版社,2005.10-30.
- [2] 汪玉.舰船及其设备虚拟抗冲击技术研究.海军工程大学博士学位论文,2001(10).5-15.
- [3] 陈海龙,姚熊亮,祁磊等.舱壁结构在水下爆炸中的动态稳定性研究,振动与冲击,2009,28(3):14.
- [4] 黄若波.舰艇抗爆抗冲击研究对提高舰艇生命力的作用.舰艇科学技术,2007,03:9.
- [5] 姚熊亮,陈建平.水下爆炸二次脉动压力下舰艇抗爆性能研究.中国造船,2001,02:10.
- [6] 王志刚,冯奇.冲击和随机荷载作用下弹性浮筏最优控制,同济大学学报,2007,35(1):27.