

减振与降噪

全船振动与噪声在线监测系统集成设计及应用

赵 军¹, 朱志兵², 胡旭钢², 范文焜²

(1. 中国海洋大学, 山东 青岛 266100; 2. 上海齐耀系统工程有限公司, 上海 200245)

摘 要: 介绍了全船振动与噪声在线监测系统集成设计技术, 包括系统总体设计、硬件系统设计和软件系统设计等, 并在“东方红 3”船进行了实船应用。实现了“东方红 3”船关键设备和重点区域以及重点实验室区域振动与噪声的实时监测。通过对实时监测结果的分析, 该技术可科学地指导在满足船舶振动噪声指标的环境下开展相应的科学考察工作。

关键词: 船舶; 振动; 噪声; 在线监测系统; 集成设计

中图分类号: U661.44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2020)06-0051-04

Integrated Design and Application of a Whole Ship Vibration and Noise On-Line Monitoring System

Zhao Jun¹, Zhu Zhibing², Hu Xugang², Fan Wenkun²(1. Ocean University of China, Shandong Qingdao 266100;
2. Shanghai Qiyao System Engineering Co., Ltd., Shanghai 200245)

Abstract: The integrated design technology, including the overall system design, hardware system design and software system design are introduced. The technology was applied on the ship of DongFangHong 3. Real-time monitoring of the vibration and noise of key equipments, important areas and key laboratory area were realized. Through analysis of the monitoring results, this technology can keep the ship meet with the vibration and noise index and support the scientific investigation work.

Key words: ship; vibration; noise; on-line monitoring system; integration design

0 引言

实践表明, 各类型的船舶均存在不同程度的振动噪声问题。对于某些特殊类型的船舶, 如科学考察船, 振动噪声问题会直接影响科学考察试验, 影响科学试验数据的有效性和严谨性^[1-2]。船舶振动噪声不仅会导致船舶结构发生多种形式的损坏, 导致精密试验仪表等工作失常甚至损坏, 还会导致船员工作效率降低, 影响搭乘人员的舒适性, 有损其健康。同时, 影响附近居民的正常生活。对此, 各国家、国际权威组织已经为船舶及离海岸装置制定了相应的振动噪声级标准。

本文通过全船振动噪声在线监测与评估系统的集成设计, 实时监测全船关键区域、设备的振动噪声水平; 同时对船体结构振动与噪声对水下辐射噪声的影响, 及对重点实验区域的振动与噪声环境的影响给出科学的评估。科学地判断引起船体结构振动和噪声传播的主要激励源, 如船体结构设计、船体结构制造工艺、轴系安装工艺、升降鳍围井结构制造工艺、各类管系制作与安装工艺、关键设备本身或安装工艺、具有振动和噪声激励源设备本身或安装工艺, 以及由于减振降噪措施不到位等问题导致的振动和噪声。对超出 DNV 振动与噪声控制标准和要求的给出相应等级的预报警和报警。

收稿日期: 2019-05-07; 修回日期: 2019-08-08

作者简介: 赵军(1959—), 教授, 主要研究方向为船舶与海洋工程, nachuan6339@163.com。

1 总体设计

以“东方红 3”科考船为应用对象,对全船振动与噪声监测系统进行总体设计。系统总体架构如图 1 所示。根据监测区域的不同,系统共分 3 个监测分站,各监测分站将监测结果通过光纤网络实时传输到振动与噪声监测系统服务器和上位机系统,并预留相关的通讯接口供其他用户访问。

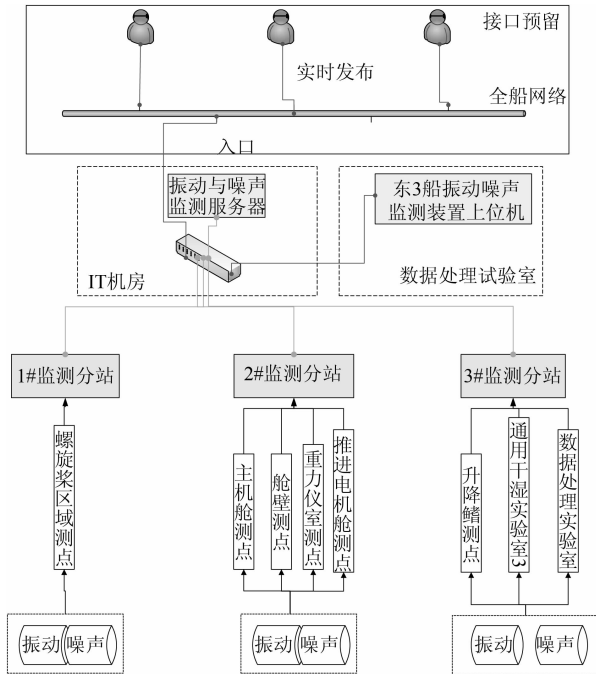


图 1 系统总体架构

其中,1#监测分站的主要监测点包括:左、右螺旋桨区域的振动和噪声及 A 架振动等。2#监测分站的主要监测点包括:左、右推进电机基座振动;推进电机舱噪声;9 缸发电机组基座振动;6 缸发电机组基座振动;左、右舷舱壁振动;主机舱噪声和主变频间噪声。3#监测分站的监测点包括:通用干湿实验室、数据处理实验室的振动和噪声;左、右升降鳍振动;升降鳍围井区噪声和多波束区振动。

2 硬件设计

全船振动与噪声在线监测系统硬件主要包括:采集系统、传感器、监测分站、服务器、工控机、防护设备等。

2.1 采集系统

采集系统硬件采用美国 NI 公司 CompactDAQ (简称 cDAQ) 系列数据采集板卡,其中,采集卡选择 NI 9234。NI 9234 的主要技术参数见表 1。

表 1 NI 9234 采集卡主要技术参数

采样率	每通道最大 51.2 kHz
分辨率	24 位
动态范围	102 dB
模拟输入	4 路
输入范围	± 5 V
IEPE 激励电流	0 mA 或 2 mA

2.2 传感器

振动传感器和噪声传感器选型如表 2 所示。选型时考虑工业现场监测环境及船舶环境的特殊性,包括高抗腐蚀性和密封性能。

表 2 振动、噪声传感器选型

型号	CAYD-50B	CA3ZYD-50B	378B02
灵敏度	$50 \pm 5\%$ mV/g	$50 \pm 5\%$ mV/g	50 mV/Pa
量程	± 100 g pk	± 100 g pk	
频响 $\pm 5\%$	1 ~ 10 000 Hz	1 ~ 5 000 Hz	1 ~ 20 000 Hz
谐振频率	30 kHz	30 kHz	
横向灵敏度	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	
抗冲击	$\pm 2\,000$ g pk	5 000 g pk	
温度范围	$-55 \sim +125$ $^{\circ}\text{C}$	$-55 \sim +125$ $^{\circ}\text{C}$	$-40 \sim +80$ $^{\circ}\text{C}$
供电电压	18 ~ 30 VDC	18 ~ 30 VDC	
供电电流	2 ~ 10 mA	2 ~ 10 mA	2 ~ 10 mA
偏置电压	10 ~ 14 VDC	10 ~ 14 VDC	20 ~ 30 VDC
重量	< 35 g	< 15 g	
接头	两芯连接器公头	四芯连接器公头	
特点	健康监测 高抗腐蚀性 及整体密封性	高抗腐蚀性 及整体密封性、抗震过 载保护	

2.3 监测分站

监测分站机箱内部主要集成 cDAQ 数据采集机箱、采集卡、电源滤波器、电荷放大器、供电调理模块以及辅助电器元件。机箱 IP 等级按 IP44 设计,主要考虑系统散热及维护方便。机箱的设计原则主要集中于满足信号输入的基本要求和安全性要求以及数据采集设备的供电可靠性要求。设计方案如图 2 所示。

2.4 传感器防护

传感器防护罩壳用来提高传感器工作可靠性,同时防止人为无意破坏以及油水飞溅,其由防护底座和防护罩壳两部分组成,如图 3 所示。

防护底座以焊接方式固定在表面平整的被测结构上,适用于长期在线监测场合。底座中央内置传感器安装螺纹,方便传感器安装与拆卸。待传感器安装后,防护底座通过管螺纹与防护罩壳旋紧闭

合, 形成密闭空间以保护传感器。底座尺寸约为 $\Phi 40 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ (底座直径 $\times$ 高), 具体视传感器尺寸及安装空间而定。

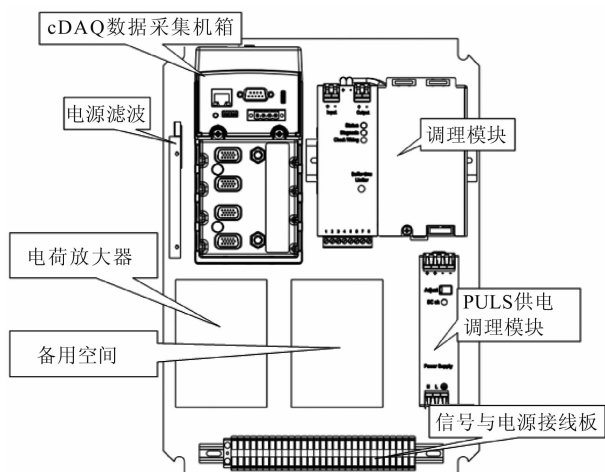


图2 监测分站设计

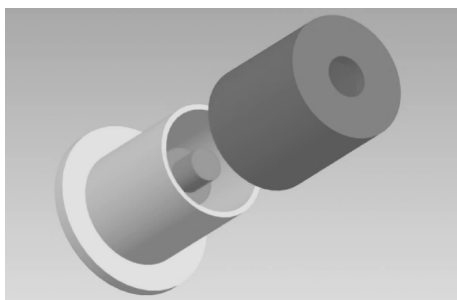


图3 传感器防护示意图

根据船舶机械振动测量标准的规定, 振动分析频率一般在 $10 \text{ Hz} \sim 10 \text{ kHz}$ 。振动传感器的频响曲线与安装方式关系很大, 如果安装方法不正确, 如结合力不够, 结合面粗糙, 安装螺钉与安装面不垂直等, 都会使第一阶共振频率向低端偏移, 从而降低上限频率^[3]。本系统传感器的安装方式采用螺纹连接, 以保证足够的频响范围。

传感器拧紧在底座上后, 将传感器信号线接头穿过防护罩壳上方通孔并与传感器接上, 再将罩壳与防护底座拧紧闭合, 信号调试正常后将通孔用密封胶封住。

3 软件架构设计

“东方红3”船关键设备和区域的振动和噪声系统软件架构设计如图4所示。

根据系统模块化设计原则, 软件系统架构共分三个软件运行层, 包括: 数据采集层、信号处理层及用户交互层。其中, 数据采集层包括: NI cDAQ数据采集模块、RS485串口通讯模块; 信号处理层

包括: 信号分析模块、特征计算模块、数据库模块、历史查询以及报警提示模块; 用户交互层包括: 参数设置模块、主监测模块、查询分析模块及预判模型模块。

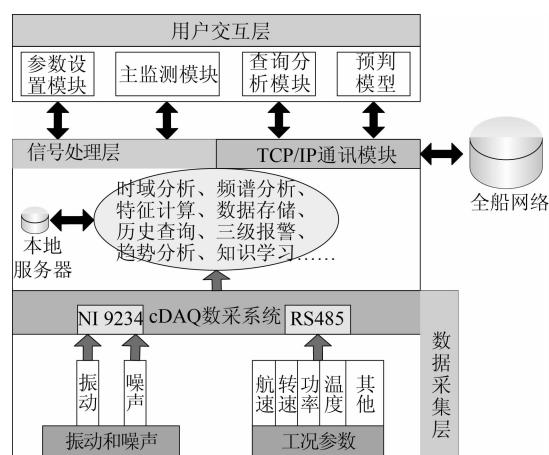


图4 系统软件架构设计图

在数据采集层中, cDAQ数据采集模块用来采集各监测区域的各路振动与噪声信号。目前, 系统设计预留16路电压采集通道, 针对不同信号须设置不同的采样参数, 以保证各通道信号的实时性与准确性。RS485串口通讯模块用来获取工况参数等, RS485端口直接采用工控机自带的串口端口。

信号处理层是整个软件系统的核心模块, 包括一系列的数据流处理与信号分析, 包括时域分析、频谱分析、特征计算、数据存储、历史查询、阈值报警、趋势分析、网络发布等。

在用户交互层中, 参数设置模块主要用来配置本次测试的基本信息, 如通道配置及其他相关的软硬件参数, 这些设置以人机交互的界面显示, 操作便捷、简单易懂。主监测模块是整个系统界面的核心, 完成系统监测结果的实时显示以及人机交互工作, 包括各测点的实时分析结果显示、特征统计、实时曲线、报警信息以及操作菜单显示等。数据查询模块主要完成与本地数据库的数据交互, 通过该模块完成对各监测设备历史数据的查询及相关后处理。

4 实船应用

将该在线监测系统集成设计应用于“东方红3”船。全船共计布置30个振动噪声监测点, 实时监测各区域的振动噪声。实船监测界面如图5所示。

该系统完成了如下工作:

- (1) 实时获取全船关键设备和重点区域的振动和噪声水平;
- (2) 科学地评估船体结构振动与噪声传播对

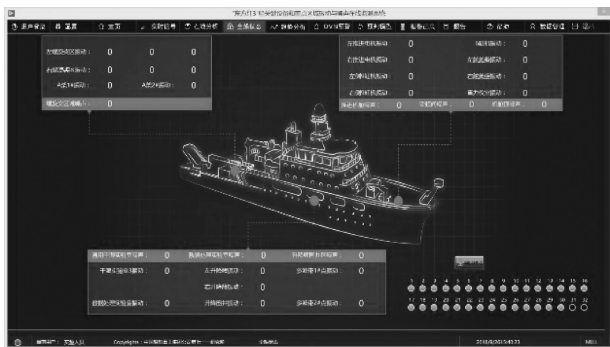


图 5 实船监测界面

水下辐射噪声的影响；

(3) 判断引起船体结构振动和噪声传播的主要激励源；

(4) 对超出振动与噪声控制标准和要求的给出相应等级的预报警和报警。

与此同时，通过网络将结果实时发送至船东终

端，为后续相关声学改进工作提供数据支撑。

5 结论

本文基于“东方红 3”科考船进行全船振动与噪声在线系统的集成设计，实现了该船关键设备和重点区域以及科考区域振动与噪声的实时监测。可为类似船舶及离海岸装置的振动噪声监测提供参考。

参考文献

- [1] 任永杰, 杨学友, 薛婷. 船舶振动实时监测网络系统[J]. 仪表技术与传感器, 2003 (10): 46-48.
- [2] 任永杰. 船舶振动数据采集监测网络系统的研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
- [3] 李睿. 分布式在线振动监测网络系统中数据采集系统的研究[D]. 天津: 天津大学, 2005.

信息动态

双燃料甲醇船队将继续发展

随着船东 Hafnia 和 MOL 订购双燃料船计划（以支持他们在美国华盛顿州卡拉马港对甲醇生产设施的投资）的实施，全球甲醇船队将继续发展。

这座年产能为 3 600 万吨的工厂，预计将在 2024 年投入运营，将来自该地区的天然气转化为甲醇，然后以每 4 天 1 艘中程成品油轮（MR）的频率将燃料运往亚洲。

Hafnia 公司运营着拥有 178 艘船的船队，其中包括 47 艘 MR 油轮。该公司的一位发言人表示，新型甲醇燃料厂的规模将取决于停泊设施。该公司预计将混合使用不同尺寸的船舶，一旦确定了细节，它将开始与入围的造船厂进行一轮招标。工厂生产的三分之一甲醇将由 Hafnia 公司的船舶运输。

MOL 也投资了在华盛顿的一个项目，并承诺用专用船只来为该工厂提供服务。MOL 拥有世界上第一批配置甲醇燃料主机的甲醇运输船。50 000 DWT 的 Cajun Sun、Manchac Sun 和 Taranaki Sun 号于 2016 年交付使用，并租给了 Methanex Corporation 的子公司 Waterfront Shipping 运营。这些船舶由 Minaminippon 造船厂制造，其发动机为 Mitsu 公司许可生产。

日益壮大的船队

全球以甲醇为燃料的船队持续增长，最近一次是韩国船东 KSS Line 在 2020 年 4 月份订购了一艘 50 000 DWT 的 MR 油轮。该订单标志着 KSS Line 公司进入 MR 油轮市场。待该船交付后，它将被租给 Waterfront Shipping 公司，该公司目前经营着全球最大的甲醇远洋油轮船队，共 11 艘船。

2019 年，IINO Kaiun Kaisha 公司接收了 Creole Sun 号，该船是 49 000 DWT 的甲醇运输船，配备了 MAN Energy Solutions 公司的第二代 B&W ME - LGIM 二冲程双燃料发动机。该船与 NYK 集团 2019 年新造的双燃料甲醇船 Takaroa Sun 号一样，长期租给 Waterfront Shipping 公司。

2019 年初，该公司还接收了另外两艘由 Hyundai Mipo Dockyard 建造的 49 000 DWT 双燃料甲醇油运输船：Mari Couva 号和 Mari Kokako 号。这些船只是 Waterfront Shipping 和 Marininvest 合资企业的一部分。

目前 Waterfront Shipping 公司的长期租赁船队中约有 40% 能够以甲醇为动力。Westfal - Larsen、MOL 和 Marininvest / Skagerack 最初订购了 7 艘双燃料 50 000 DWT 油轮，租给 Waterfront Shipping 公司，其中第一艘 Lindanger 号在服役时是世界上第一艘能够以甲醇为燃料运行的远洋船只。

（白春艳 编译）