

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.10.025

船舶损管监控系统的研究与开发*

谢 坤^{1,2}

(1. 中国船舶研究设计中心, 湖北 武汉 430064; 2. 上海交通大学 海洋工程国家重点实验室, 上海 200240)

摘要: 针对影响船舶安全的各种损害隐患问题, 对船舶损管监控系统的必要性、功能、组成、原理、架构、硬件和软件等方面进行了研究, 对基于损管控制台、现场控制设备及数据处理设备、各类传感器及执行机构的管理层、控制层、数据层三层控制模型进行了归纳, 提出了基于传感器、可编程逻辑控制器和损管控制台的船舶损管监控系统, 利用半实物仿真试验、陆上联调试验和实船应用对该监控系统的性能、功能、环境适应性和电磁兼容进行了测试。研究表明, 该系统可实时监控各种损害隐患状态, 提高了船舶损害隐患的管控水平, 保证了船舶的安全性、可靠性。

关键词: 船舶损管监控系统; 传感器; 可编程逻辑控制器; 损管控制台

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2016)10-1283-06

Research and development of ship damage control system

XIE Kun^{1,2}

(1. China Ship Development and Design Center, Wuhan 430064, China;

2. State Key Laboratory of Ocean Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to solve the various damage problems affecting the safety of ships, the necessity, function, composition, principle, architecture, hardware and software aspects of the integrated ship damage control system was studied. The three layer control model of management, control and data layer based on the damage console, field control equipment and data processing equipment and various types of sensors and actuators was summarized. The integrated ship damage control system based on the sensor, programmable logic controller and damage console was put forward. The performance, function, environment adaptability and electromagnetic compatibility of the integrated ship damage control system was test based on the semi physical simulation test, land-based joint test and application of the ship. The research results show that: the system can monitor all kinds of damage risk status in real-time, improve the level of management and control of the risk of damage to the ship, and ensure the safety, reliability of the ship.

Key words: integrated ship damage control system; sensor; programmable logic controller(PLC); damage console

0 引 言

要保障船舶的安全性、可靠性和生命力, 迫切需要建立一套功能齐全、技术先进、设备可靠、响应快速的损管系统来实施损害管制。而且, 在船舶上安装损管监控系统已经成为保证相关人员及时掌握全船安全状

况的关键。目前, 损管监控系统已经逐步发展成为具有可视化、可评估、可决策、可控制、可预测功能的现代智能化系统^[1-3]。

本研究将设计一种基于传感器、可编程逻辑控制器和损管控制台的船舶损管监控系统, 并测试该系统的可靠性。

收稿日期: 2016-05-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61501419)

作者简介: 谢 坤(1986-), 男, 湖北红安人, 博士研究生, 工程师, 主要从事船舶电气自动化方面的研究. E-mail: nukeix@qq.com

1 系统架构

船舶损管监控系统基本系统架构图如图 1 所示。

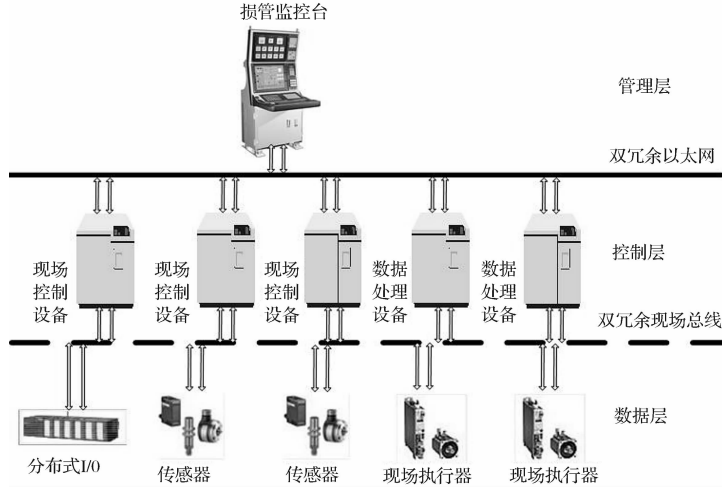


图 1 船舶损管监控系统基本系统架构图

管理层通过人机交互来完成。损管监控台能够以图形化的方式显示损管系统的状态,并能将控制指令传送到各个现场控制设备及数据处理设备,实现人机交互。

控制层是核心的现场控制设备及数据处理设备。它分布在全船各舱室,采集数据信息传送到网络,接收控制指令将其发送到相应的设备,执行指令相应的操作。

数据层包括各种终端设备,如传感器、本地处理控制器、执行器等。

船舶损管监控系统在逻辑上采用基于管理层、控制层、数据层三层模型的系统架构,其承载实体分别是损管监控台、现场控制设备及数据处理设备、各类传感器及执行机构^[4-5]。

管理层、控制层、数据层三层模型分离了人机交互与控制的功能及数据层和控制层,增强了可维护性和安全性^[6-8]。

2 硬件设计

2.1 损管监控台

损管监控台实时显示船舶的抗沉防沉、灭火、液舱、舱门、辅机等损管状态。损管监控台的架构图如图 2 所示。

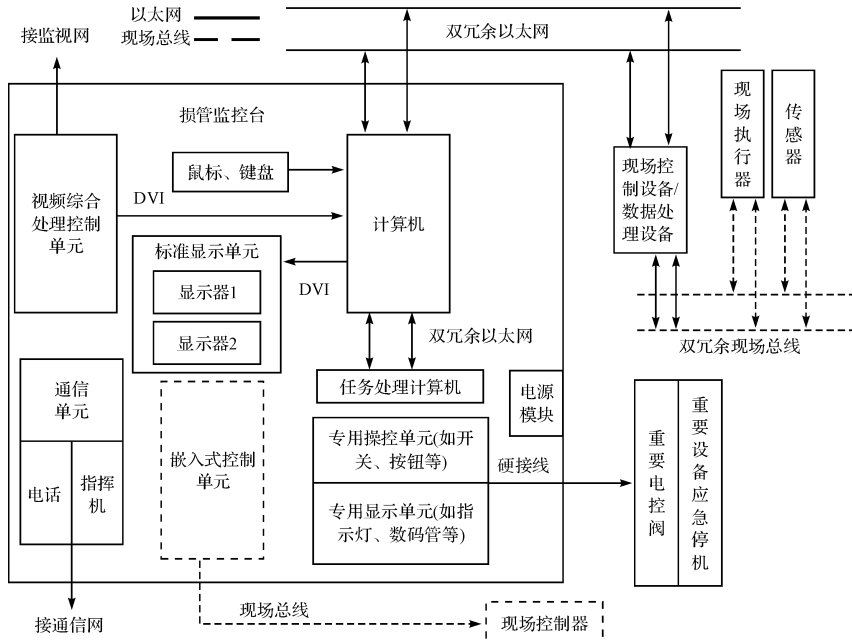


图 2 损管监控台架构图

损管监控台与现场控制设备/数据处理设备的主要信息通过双冗余以太网传输,与安全运行密切相关的显示和控制信息通过现场总线或硬接线来完成,确保可靠性^[9-11]。

2.2 现场控制设备/数据处理设备

数据处理设备通过传感器实时采集损管系统主要设备的运行参数和状态信息数据,经处理后过上传至全船以太网,并在触摸屏上进行显示;现场控制设备接受管理层指令,经处理后对各类传感器及执行机构进行集中控制和参数设定。

数据处理设备/现场控制设备均由柜体结构、可编程逻辑控制器(简称 PLC,含电源、处理器、通信模块、开关量输入/输出模块、模拟量输入/输出模块等若干模块)、触摸屏等组成。现场控制设备的架构图如图 3 所示。

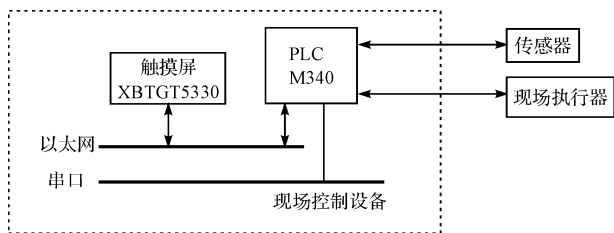


图3 数据处理设备/现场控制设备架构图

数据处理设备/现场控制设备基本配置如下:

(1) PLC。用于参数运算与程序控制,采用 SIEMENS 公司的 S7-200 系列 PLC,选用电源模块 SITOP 24V/2.5A, CPU 模块 CPU 224XP CN AC/DC/继电器、离散量混合输入/输出模块 EM 223 CN 24V DC 16 输入/16 输出,离散量继电器输出模块 EM223 CN 24V DC 16 输入/16 继电器输出,模拟量混合输入/输出模块 EM 235 CN、PROFIBUS-DP 模块 EM 277、通用机架。

(2) 触摸屏。用于信息显示与操作控制,采用 SIEMENS 公司的 TP 270 10 英寸触摸屏。触摸屏在 Windows 环境下使用 ProTool 软件进行组态,通过与 PLC 进行通信,作为其上位机。

2.3 各类传感器及执行机构

传感器完成损管系统主要设备运行数据和状态、报警信息的实时采集,并以离散量和模拟量信号的形式上传至 PLC^[12]。

损管监控系统中主要有温度、烟雾、浸水、转速、压力、液位等各类传感器。

3 系统软件

船舶损管监控系统的软件由现场控制设备软件和损管监控台软件两部分。其中,现场控制设备软件包括 PLC 软件和触摸屏人机交互界面软件,损管监控台软件包括人机交互界面软件和任务处理软件。现场控制设备 PLC 与触摸屏、损管监控台之间通过 OPC 协议以服务器/客服端的模式进行通讯。

损管监控系统的软件架构图如图 4 所示。

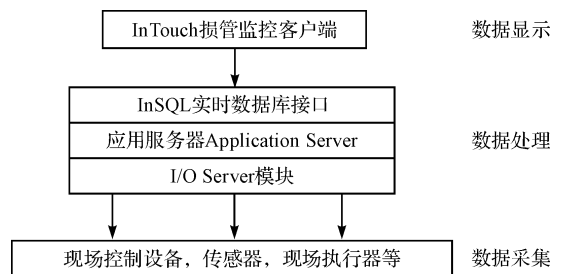


图4 损管监控系统的软件架构图

3.1 现场控制设备软件

现场控制设备 PLC 的软件组态在施耐德 UnityPro V5.0 组态软件上实现,触摸屏软件采用基于 Windows 平台的 Visual Studio 集成开发平台环境开发。

现场控制设备 PLC 接收传感器实时采集的损管系统主要设备运行数据、状态及报警信息,经 PLC 组态软件进行数据处理后,在触摸屏、损管监控台上进行显示。同时,现场控制设备 PLC 接受触摸屏、损管监控台指令,经处理后对现场电动执行器进行直接控制。

现场控制设备软件的实现流程分为 4 个部分:

(1) 系统初始化、自检。现场控制设备通电,PLC 软件、触摸屏软件自动运行,并进行通讯设置和参数配置。自检的目的主要是检测相应部件是否能够正常工作。通过按下自检按钮,依次点亮现场控制设备触摸屏软件界面的损管报警灯和损管故障灯,其次是现场控制设备蜂鸣器鸣叫。

(2) 损管信息显示及报警。传感器实时采集的损管系统主要设备运行数据、状态及报警信息,上传至 PLC 的离散量混合输入/输出模块、模拟量输入模块,经 PLC 组态软件进行数据处理后,在触摸屏、损管监控台上进行显示及声光报警。

(3) 损管控制指令下达。操作人员通过触摸屏、损管监控台人机交互界面软件下达控制指令,PLC 软

件接收指令并进行内部逻辑处理,通过 PLC 的离散量混合输入/输出模块、离散量继电器输出模块、模拟量输出模块对灭火剂、现场电控阀、电机等执行器进行直接控制。

(4)设备故障分析与处理。在触摸屏、损管监控台上通过声光报警、文字形式正确反应电气元件发生的故障或者不正常运行状态。

现场控制设备软件流程图如图 5 所示。

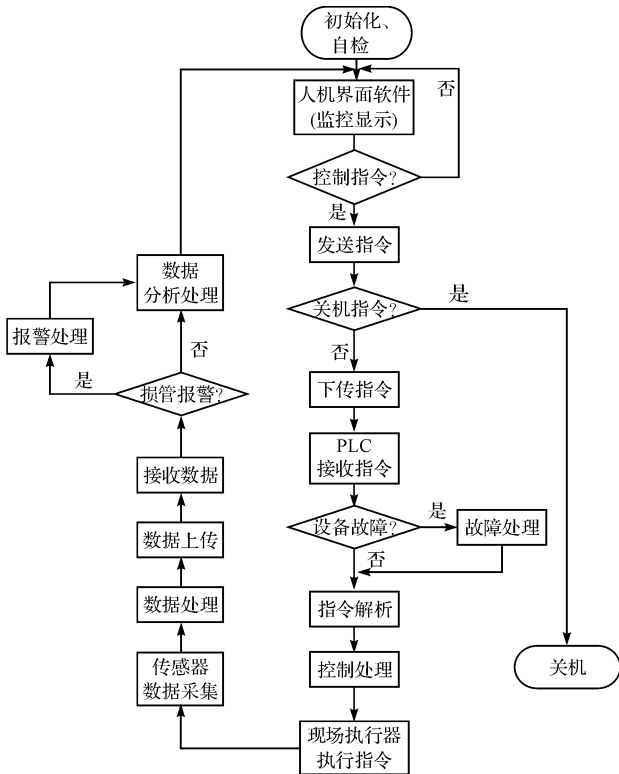


图 5 现场控制设备软件流程图

3.2 损管监控台软件

损管监控台人机交互界面软件采用基于 Windows 平台的 Wonderware 集成开发平台环境开发,任务处理软件采用给予 Vxworks 操作系统的 Tornado 开发平台开发。

人机交互界面软件提供船舶损管系统主要设备的集中监控和运行管理,通过双冗余以太网接收损管系统相关运行参数、状态及报警等信息,在显示器屏幕上显示并提供损管辅助决策信息,操作人员通过屏幕软操作下达相关控制指令。

人机界面软件架构图如图 6 所示。

任务处理软件通过现场总线或串口接收实时性、可靠性要求较高的重要运行参数、状态及报警信息并显示,同时通过硬操按钮、开关等下达相关控制

指令。

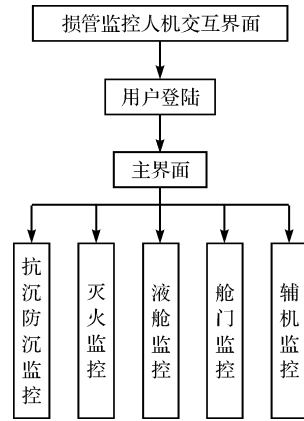


图 6 人机界面软件架构图

任务处理软件与人机界面软件之间的通信可通过基于 CORBA 技术规范中间件实现^[13]。

损管监控台的软件体系结构如图 7 所示。

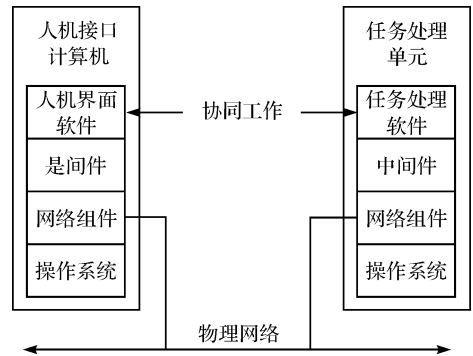


图 7 损管监控台的软件体系结构图

4 试验与应用

在损管监控台、现场控制设备、信号处理设备、传感器及执行元件等损管系统主要设备组成的损管系统半实物仿真试验、陆上联调试验和某船舶损管系统实际设计应用中,船舶损管监控系统的体系架构、硬件组成、软件应用等的到了具体验证^[14-15]。

该试验系统以损管监控台为中心,同时,损管监控台还是人机界面程序及任务处理程序的实物承载体,还是损管集中监控和运行管理中心;损管系统的受控对象则采用模拟器和模拟数据源相结合的半实物方式共同实现。

损管系统半实物仿真试验系统的原理框图如图 8 所示。

损管监控台显示器屏幕显示损管系统的人机主界面图,包括抗沉防沉、灭火、液舱、舱门、辅机等 6 个界

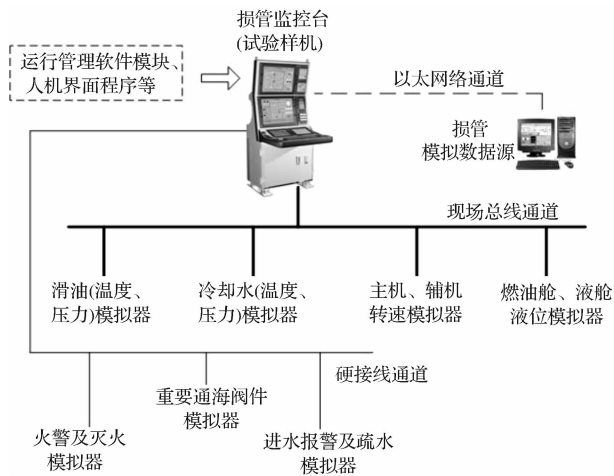


图 8 半实物试验验证系统的初步设想原理框图

面,指示灯的颜色反映沉防沉、灭火等报警信息及舱门、辅机、阀件等设备状态信息。

4.1 试验系统建设

试验系统建设,主要为以下 3 个部分。

(1)管理层。主要包括损管监控台试验样机研制和人机界面程序、任务处理程序开发。损管监控台选用标准显控台开展研制工作,同时采用工业级软件进行人机界面程序、任务处理程序开发,在显控台进行软硬件集成化设计。

(2)控制层。主要包括各现场控制设备、信号处理设备。

(3)现场受控对象。主要采用半实物模拟仿真的形式,包括模拟器和模拟数据源。模拟器以硬件实物的形式对损管系统的监控对象进行模拟,由模拟指示面板(含指示灯、数码管等)、触模式信息显示屏、网络交换机、PLC 控制系统等组成。其中,PLC 控制系统具备双冗余以太网接口、现场总线接口以及硬接线通道,实现与损管监控台对外接口的匹配性。模拟数据源则用于对损管系统的其它运行参数的仿真模拟,如损管系统主要监测数据之间的耦合关系模拟等。模拟数据源采用 LabView 开发,可充分发挥 LabView 强大的数据处理能力和良好的集成通信能力。模拟数据源同模拟器共同构成损管系统综合监控的受控对象,从而实现整个控制流程的闭环,为损管系统综合控制体系架构、业务流程、操控方法等方面的验证试验提供服务。

4.2 联合运行试验

完成试验系统建设后,本研究对损管监控台进行了电气性能试验(绝缘电阻检查、电压波动检查、介电

强度检查、功率测量)、通电试验、电源自动切换试验、查灯查铃消灯消铃功能试验、硬操功能试验、软操功能试验、报警功能试验、显示功能试验。

通电试验。接通电源,开启损管监控台,检查设备计算机、显示器等工作情况。

电源自动切换试验。接通两路供电支路,损管监控台启动完成后,断开主用支路电源,检查损管监控台工作情况;再接通主用支路电源,检查设备工作情况。

查灯、查铃、消灯、消铃功能试验。按下“查灯”按钮,指示灯和光字牌全部点亮;按下“查铃”按钮,蜂鸣器鸣音;触发光字牌报警,按下“消灯”按钮后,闪烁的光字牌变平光;触发光字牌报警,按下“消铃”按钮,蜂鸣器停止鸣音。

硬操功能试验。通过硬操按钮、开关对灭火剂释放、辅机启停、海阀件启闭等相关操作实现硬操控制功能检查。

软操功能试验。屏幕软操功能通过以太网进行通信。

显示功能试验。将损管监控台与测试计算机连接,检查显示器、数码管和指示灯等显示的损管系统相关运行参数、状态及报警等信息与测试计算机发送数据的一致性。

5 结束语

本研究通过联合运行试验,对损管系统综合控制的体系架构、业务流程、人机界面、操控功能等进行验证,对集成优化设计效果进行演示,对损管监控系统的相关技术进行原理验证和比较分析,并对可能存在的不足予以针对性改进,为损管监控台的装船应用提供技术支撑。

船舶损管监控系统通过可视化、可评估、可决策、可控制、可预测功能快速、准确地定位损害隐患并迅速指导采取有效的措施,阻止或减少损害程度,将船舶维持在正常或接近正常的工作环境下,保障船舶的安全性。半实物仿真试验、陆上联调试验和实船应用表明,船舶损管监控系统对保障船舶的安全性、可靠性和生命力具有重大作用和深远意义。

参考文献(References):

[1] 陶 伟,曹宏涛,周纪申.舰船损管监控系统研究[J].中

- 国舰船研究,2012,7(1):57-60.
- [2] 方万水,李 炜,吴先高. 舰船损管监控系统发展概述[J]. 舰船科学技术,2002,24(6):37-39.
- [3] 史跃东,李军华. 舰船装备海上维修对表面工程技术的需求[J]. 兵工自动化,2014,33(1):21-24,28.
- [4] ZIVI E. Design of robust shipboard power automation systems[J]. **Annual Reviews in Control**,2005,29(2): 261-272.
- [5] 马永龙. 基于功能软件包的作战系统集成优化设计[J]. 中国舰船研究,2015,10(4):106-111.
- [6] 夏 伟,谢 坤,阳世荣. 船舶分布式智能电力监控系统研究与开发[J]. 机电工程,2013,30(8):1020-1024.
- [7] 谢 坤,夏 伟,胡刚义,易 宏. 船舶电力综合控制系统研究与开发[J]. 机电工程,2015,32(1):112-117.
- [8] QIAN Mei, WU Zheng-guo, HAN Jiang-gui. Real-time simulation and analyses of ship energy management system network [J]. **Energy Procedia**,2012(16):1972-1978.
- [9] LU Heng-rong. Design on IPNCS of electrical propulsion ship based on real-time ethernet [J]. **Energy Procedia**, 2012(16):1707-1713.
- [10] 易倩颖,叶云岳,郑 灼. 基于 PLC 的新型垂直提升式立体车库控制系统设计[J]. 机电工程,2012,29(4):409-412.
- [11] 杨红亮,徐国宝,马金凤,等. 基于 PLC 控制的软袋落桶机的研发[J]. 包装与食品机械,2015(6):47-50.
- [12] 范则阳,程 骏,谢 坤. 一种本安型有水信号传感器设计[J]. 传感器与微系统,2013,32(2):74-76.
- [13] TORAL S L, BARRERO F, CORTÉS F, et al. Analysis of embedded CORBA middleware performance on urban distributed transportation equipments [J]. **Computer Standards & Interfaces**,2013,35(1): 150-157.
- [14] 桂永胜,谢 坤,胡刚义,等. 船舶电气设备水冷系统研究与开发[J]. 机电工程,2015,32(12):1625-1630.
- [15] 赵淑琴,张永生. 船用蒸汽发生器给水系统的容错控制[J]. 中国舰船研究,2016,11(2):117-120,138.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

谢 坤. 船舶损管监控系统研究与开发[J]. 机电工程,2016,33(10):1283-1288.

XIE Kun. Research and development of ship damage control system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016,33(10):1283-1288.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>