

液态危险品船舶的远程监视报警系统设计

庄学强^{1,2}, 尹自斌^{1,2}, 高亚丽^{1,2}, 林添金^{1,2}, 陈丹^{1,2}

(1. 集美大学轮机工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省船舶与海洋工程重点实验室, 福建 厦门 361021)

[摘要] 为了有效监测液态危险品船舶运输过程中液货舱液位、压力、温度和惰性气体含量等安全状态参数的实时状况, 采用单片机作为微处理器, 设计数据采集与处理模块; 基于北斗定位与短报文通信技术, 实现船舶数据远程传输, 并在 B/S 架构下开发岸基监控报警管理平台, 完成液态危险品船舶远程监视报警系统的研发, 最后通过实验平台和实船, 对系统性能进行测试试验。结果表明, 该船舶远程监视报警系统不仅能够实时显示、监测、存储船舶安全状态参数, 同时可以实现报警和智能预警功能, 以降低船舶事故风险, 保障航行安全。

[关键词] 船舶; 远程监视报警系统; 危险品; 系统设计; 航行数据

[中图分类号] TP 29

Research and Development of Remote Monitoring and Alarm System for Liquid Dangerous Goods Ship

ZHUANG Xueqiang^{1,2}, YIN Zibin^{1,2}, GAO Yali^{1,2}, LIN Tianjin^{1,2}, CHEN Dan^{1,2}

(1. School of Marine Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Fujian Provincial Key Laboratory of Naval Architecture & Ocean Engineering, Xiamen 361021, China)

Abstract: In order to effectively monitor real-time changes of safety status parameters such as the liquid level, pressure, temperature and inert gas content of the liquid cargo tank during the transportation of liquid dangerous goods ships, a single-chip microcomputer was used as the microprocessor in this investigation. The data acquisition and processing module was designed to realize the remote transmission of ship data based on BeiDou positioning and short-message communication technology. Depending on the shore-based monitoring and alarm management platform developed under the B/S architecture, the remote monitoring and alarm system (RMAS) for liquid dangerous goods ships was finally designed and built. The system performance test experiments were also carried out through experiment platform and actual ship installation. The results showed that the RMAS in this paper could not only display, monitor, and store the safety state parameters of the ship in real time, but also could effectively realize the basic and intelligent early warning functions to minimize the risk of ship accidents and ensure the safety of navigation.

Keywords: ship; remote monitoring and alarm system; dangerous goods; system design; navigation data

[收稿日期] 2020-10-15

[基金项目] 福建省科技重点项目(2017Y0065); 厦门市产学研协同创新及科技合作项目(3502Z20173030); 福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAT190331)

[作者简介] 庄学强(1974—), 男, 副教授, 从事船舶安全监测监视技术研究。

0 引言

船舶逐渐成为了危险品货物运输的主要方式。由于海上运输的特殊性,针对海上危险品船舶运输安全状态的实时、有效的评估和监视监控相对于铁路、公路等陆上运输方式更为困难,同时在船舶日益大型化、海运危险品运输量不断上升的全球背景下,其泄漏风险也随之增大^[1-2]。危险品船舶一旦发生泄漏,会造成巨大的经济损失与社会影响,因此,对危险品船舶安全状态进行实时、有效的监视报警显得尤为重要^[3-5]。

船舶数据采集和远程传输是限制危险品船舶安全状态监视报警的主要技术难题之一。文献[6-7]通过传感器等元件对船舶正常营运过程的液货舱液位、压力、温度、惰性气体含量等数据进行收集、处理与分析,利用远程通信技术实时传输监测数据至岸基监测中心,实现对船舶运行工况和运行状态的实时监测,提高船舶的稳定运行能力;文献[8-9]通过预警模块对船舶安全状态进行判断,并有效显示报警级别及相关处理情况,使船舶和岸基管理人员针对可能出现的危险做好充足准备,最大限度地降低船舶事故风险。

本文依据海运危险品货物的特性及其危险等级,甄选出主要安全监测参数;基于北斗通信系统设计并搭建以单片机为核心处理器的液态危险品船舶远程监视报警系统,以期实现危险品船舶安全状态数据的有效采集、远程传送、监视以及危险状态的预报警等功能,并通过实验室平台试验与实船测试,验证系统的有效性与可靠性。

1 系统总体设计

危险品船舶远程监视报警系统可以实现船舶安全状态参数和船舶动态信息的监视及预报警功能^[10]。系统总体构架设计主要分为危险品船舶数据采集模块、基于北斗卫星导航系统(BeiDou navigation satellite system, BDS)的船岸通信模块,以及岸基监视管理模块。船舶数据采集模块主要由传感器模块、信号预处理模块以及数据存储模块组成。可以连续自主地采集包括船舶经度、纬度、航速、航向、倾角等航行参数,以及液货舱液位、压力、温度、惰性气体含量等安全状态参数。其中传感器模块负责采集船舶的安全状态信息和数据转换;信号预处理模块将传感器信号进行放大、滤波等处理;数据存储模块负责数据的临时存储。船岸通信模块将传感器采集到的位置信息以及船舶安全状态参数等数据,通过北斗通信链路无损传输给到岸端监测人员,并将岸基管理人员的相关命令与指示回馈给船舶。岸基监视管理模块配备有大型数据库,通过用户监测界面可实时显示船舶位置及船舶安全状态信息,实现监视报警功能,并可通过查询功能获取船舶监测历史数据及船舶轨迹等。

2 船舶数据采集模块

危险品船舶数据采集模块总体设计如图1所示。

系统选用型号为STC89C52的单片机作为微处理器。该单片机拥有8位CPU和8kB可编程Flash;32位I/O口线;512B RAM;内置4KB EEPROM;一个6向量2级中断结构;MAX810复位电路;全双工串行口;三个16位定时器/计数器。该单片机能够为众多嵌入式系统提供高扩展性、自由度的解决方案。

信号处理电路采用逐次逼近式A/D转换器ADC0809,实现电压的模拟信号到数字量转化。

供电电压为5V,分辨率为19.5mV。处理单元内具有8路模拟多路开关及其地址译码锁存电路、比较器、逐次逼近寄存器SAR等,可对8路0~5V的输入模拟电压信号进行分时转换,数据总线D0~D7可直接连接单片机进行数据传输。

由于船舶上的复杂环境,在信号传输电路中采用一阶RC低通滤波电路进行降噪处理。

功能电路采用 CH376S 文件管理控制芯片, 该芯片软件保护比较灵活, 可以随时存入控制过程中处理的数据, 以存储关键性数据, 达到掉电保存的目的。

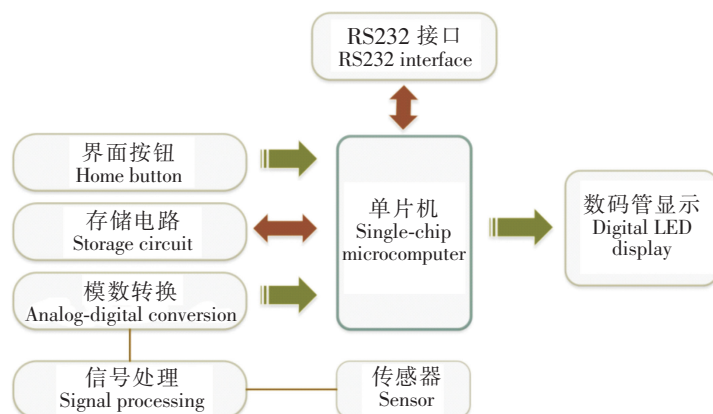


图 1 船舶数据采集模块总体结构图

Fig.1 The overall structure of the ship data acquisition module

3 船岸通信模块

采用基于 BDS 的远程传输技术, 实现船岸远程通信。选用 HS215 作为北斗通信定位模块, 提供卫星无线电定位服务 (radio determination satellite service, RDSS) 和卫星无线电导航服务 (radio navigation satellite service, RNSS)^[10]。

串行端口通信采用标准串行口 RS232, 以连接北斗定位通信模块与船舶微控制器。在系统正常工作时, 北斗通信定位模块将船位信息发送到船载微控制器模块串行接口, 微控制器模块读取船位信息, 并进行到数据分析, 然后, 将船位信息与其他数据传感器模块采集的数据一起储存, 按北斗短报文通信协议打包封装。最后通过控制器模块标准串行口模块 TXD 管脚发送到北斗通信定位模块 RXD 管脚。

北斗通信协议语句包括 \$ BDSMS、\$ BDPOS、\$ SMSXX、\$ POSXX 等语句, 短报文信息内容根据用户需求定义, 编码时数字和字符采用 ASCII 码, 中文字符根据 GB2312 代码编写。

本文定义的报文格式为: 指令名称、指令长度、发送者 ID、接收者 ID、经度、纬度、时间、温度、流量、压力、液位、倾角、浓度、校验和。

北斗接收机在接收到发送端报文后, 通过 RS232 串口反馈指令 \$ SMSXX 到上位机采集程序。

数据采集功能采用 SerialPort 控件实现, 程序接收数据后, 自动保存至本地 TXT 文件夹, 为后续界面开发程序提供数据支持。

4 岸基监视管理模块

船舶岸基监视管理界面应用 B/S 架构, 采用 Visual Studio 作为开发工具, HTML 和 CSS 用于实现用户界面的设计, JS 语言用于前端功能的实现, C#用于后台编程语言。同时, 系统采用 SQL Server 数据库存储危险品船舶的定位数据和安全状态信息。

系统监视界面与船舶信号采集端通过北斗短报文进行直接通信, 采集的信息通过标准串口被系统上位机采集程序解析, 写入数据库, 实现船舶实时信息显示功能。

系统用户界面采用 ADO. NET 技术与 SQL Server 数据库进行数据交互, 实现船舶位置和安全状态信息的历史数据查询与检索。

系统监视界面还可通过报警程序将采集到的参数结果和程序预先设定好的极限值进行对比和分析, 有效实现船舶安全状态的基本报警和智能报警功能。

5 实验平台与实船安装测试

5.1 实验平台测试

为了测试危险品船舶远程监视报警系统基本功能的稳定性与可靠性，本文搭建了模拟液货舱实验平台，对危险品船舶进行信息查询、实时监测、历史数据查询、安全状态评估、报警等性能测试。由于场地、工艺、气密性等客观条件的限制，本文模拟液货舱为长 60 cm、宽 60 cm、高 80 cm 的长方体货柜，并依据液位、温度、压力、惰性气体含量等不同参数特性，筛选了合适的传感器，安装于液货舱模拟货柜上。

传感器与信号采集模块相连，经北斗模块发送到北斗接收机端，最终在监测大屏幕上显示。

试验通过模拟货柜模拟危险品船舶液货舱相关操作，可获得模拟实验数据，而采集的传感器参数作为系统原始数据输入，得到输出结果并在平台监测界面显示。

为了测试系统功能是否可以准确运行，本文以基本报警和智能预警功能为例进行演示验证。依据海上常见危险品特性及其危险，试验甄选液货舱液位、压力、温度和惰性气体含量为主要安全监测参数，测试结果如图 2 所示。从图 2 中可以看出，根据不同参数异常情况，系统可实现基本报警功能并发出警报，同时报警模块对采集参数进行运算处理，可智能识别液货舱的实际安全状态，并在平台界面直观显示，如低位报警、高温报警、高压报警、泄漏报警、温差报警、货舱坍塌报警、翻滚报警等，输出结果与实际情况相符合，报警模块运行正常。

5.2 实船安装测试

本次实船测试依托某危险品船，该船总长 182.2 m、型宽 32.26 m、夏季吃水 12.84 m，总载达 4.9999×10^8 t。测试船舶具体信息经后台导入数据库后可在系统中直接查询显示。

安全状态参数的实船安装测试与实验平台测试相同，其实时监测结果如图 3 所示。

货舱编号	NO.1(P)
监控时间	16:30:16
载货量	0.1964m³
液位	591mm
表压力	-22.34kPa
温度1	29.2℃
温度2	29.2℃
温度3	29.2℃
氧气含量	21.1%
真空阀开关	开
安全阀开关	关
装卸泵	停
装卸量	0m³
安全状态	低压报警 货舱坍塌报警
报警状态	

图 2 危险品船舶液货舱测试平台报警状态显示

Fig.2 Alarm status of cargo tank of dangerous goods ship on the verification platform

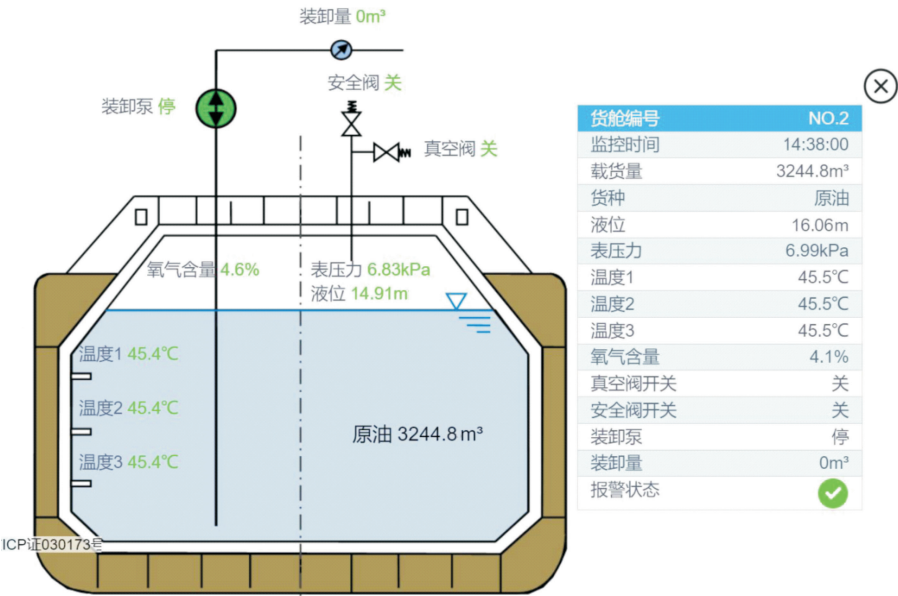


图 3 试验船舶安全状态参数的实时监测

Fig.3 Real-time monitoring of ship safety parameters

此外, 本系统还可以连续自主地实时采集显示该船舶的航行轨迹, 包括经度、纬度、航速、航艏向、纵倾斜、横倾斜等。

测试结果表明整个系统运行流畅, 在系统正常工作时, 单片机实时地采集并传输所获得的船舶安全状态参数和定位信息, 并将这些信息传输至数据接收中心, 从而实现对船舶安全状态和航行轨迹的实时监测, 输出结果与实际情况相符。

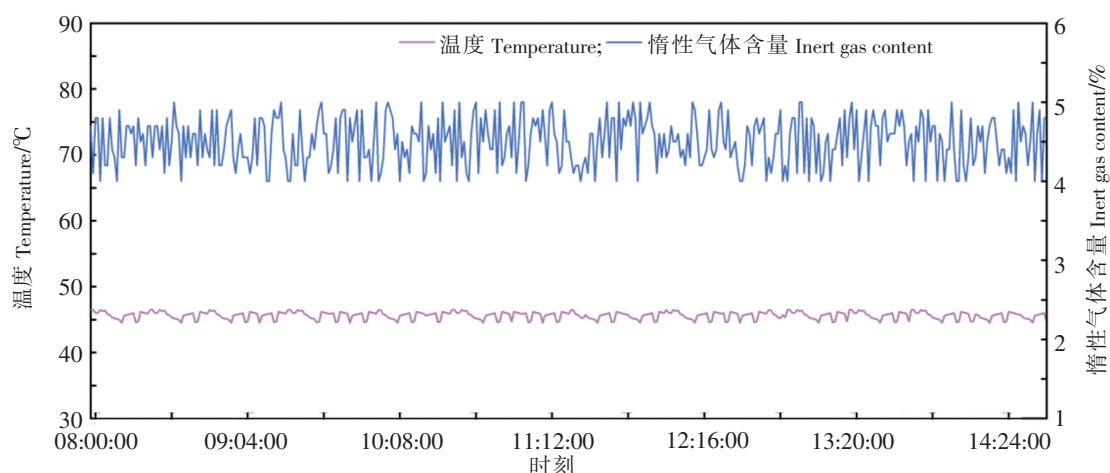
此外, 系统数据存储模块可存储船舶液货舱液位、压力、温度和惰性气体含量等安全参数的历史数据, 以列表或曲线形式直观显示。例如, 2020 年 7 月 5 日试验船舶 1 号货舱在真空阀关闭、安全阀关闭、装卸泵停止、装卸量为 0 时, 运行数据列表截图如图 4 所示, 数据输出结果如图 5 所示。

测试结果与试验船舶实际情况基本相符, 该系统可实现对船舶安全状态的实时监测和历史数据查询, 也可以为岸基工作人员有效管理及紧急救援等工作提供数据参考。

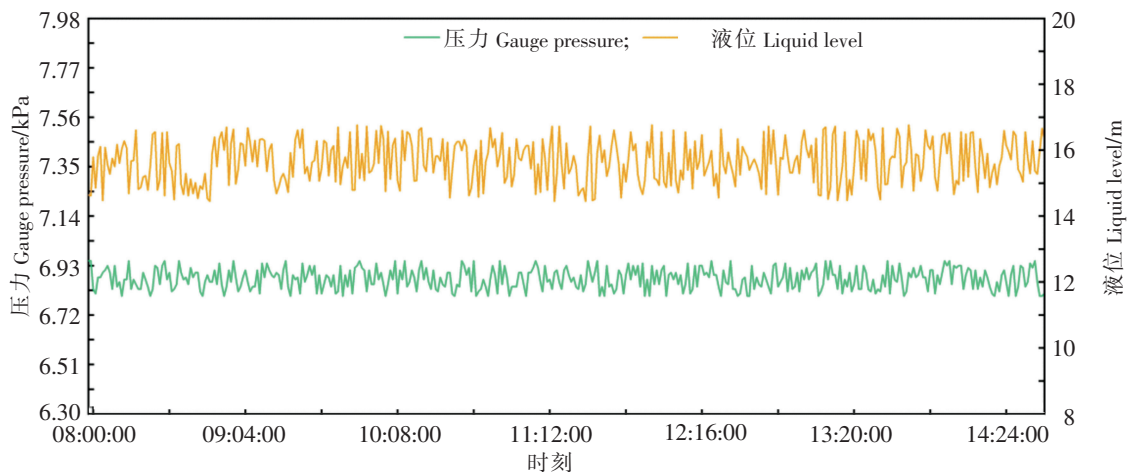
时间 Time	液位 Liquid level/m	表压力 Gauge pressure/kPa	温度 1 Temperature/℃	温度 2 Temperature/℃	温度 3 Temperature/℃	惰性气体 Inert gas/%
10:01:00	15.50	6.85	45.8	45.8	45.8	3.9
10:02:00	15.14	6.85	45.7	45.7	45.7	4.3
10:03:00	14.91	6.89	45.3	45.3	45.3	4.1
10:04:00	15.14	6.91	45.2	45.2	45.2	3.6
10:05:00	14.68	6.92	45.1	45.1	45.1	4.1
10:06:00	16.06	6.91	45.0	45.0	45.0	3.1
10:07:00	15.83	6.85	44.5	44.5	44.5	3.8
10:08:00	15.84	6.92	45.6	45.6	45.6	3.3
10:09:00	15.37	6.94	45.7	45.7	45.7	3.6
10:10:00	16.29	6.83	45.8	45.8	45.8	4.3

图 4 船舶安全状态参数历史数据列表

Fig. 4 Historical data list of ship safety parameters



a) 液货舱货物温度、惰性气体含量
Temperature and inert gas content within liquid cargo tank



b) 液货舱表压力、液位
Gauge pressure and liquid level of the liquid cargo tank

图5 船舶安全状态参数历史数据输出结果

Fig.5 Graph of historical data of ship safety parameters

6 结语

本文基于北斗通信技术,以单片机为核心处理器,设计搭建了液态危险品船舶远程监视报警系统,并通过实验平台和实船安装测试实验,对系统的稳定性和有效性进行了验证。测试结果表明,本文设计的危险品船舶远程监视报警系统,基本可以实现对液货舱安全动态的实时监测,并对其中的故障发出基本报警和智能预警,对船舶航行安全、海上事故救援等具有一定实用价值。

[参考文献]

- [1] AWAN M S K, GHAMDI A. Understanding the vulnerabilities in digital components of an integrated bridge system (IBS) [J]. Journal of Marine Science and Engineering, 2019, 7(10): 350.
- [2] 詹宏锋. 基于 Labview 的能耗数据采集与传输技术研究 [J]. 舰船科学技术, 2020, 42(2A): 100-102.
- [3] 贾秉峰. 船舶远程监控与管理系统研究 [J]. 中国水运, 2016, 16(7): 62-63.
- [4] 田胜利. 船舶燃油监测系统研究与应用 [J]. 工业控制计算机, 2018, 31(8): 75-75.
- [5] 罗彩君. 嵌入式数据的船舶航行数据采集系统 [J]. 舰船科学技术, 2019, 41(6A): 61-63.
- [6] 李欣. 基于 DSP 技术的船舶数据采集系统设计 [J]. 舰船科学技术, 2018, 41(2A): 148-150.
- [7] 陈悦, 黄永仲, 沈捷, 等. 船舶柴油机数据采集和动力匹配研究 [J]. 内燃机, 2019(6): 17-21.
- [8] 岳鹏. 船舶机舱设备运行数据采集系统的研制 [J]. 山东工业技术, 2017(7): 27-27.
- [9] 赵炎. 船舶机舱设备运行数据采集系统的研制 [D]. 厦门: 集美大学, 2013.
- [10] 肖挽强. 基于北斗通信的海运液态危险品远程监测系统研究 [D]. 厦门: 集美大学, 2018.
- [11] 范伟成. 基于单片机的自由活塞制冷机测控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019(6): 36-40.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 郑青榕)