

基于PLC的化学品船液货系统数据集成模块设计

张双喜, 李 飒, 周 密

武汉船用机械有限责任公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年11月8日; 录用日期: 2023年12月8日; 发布日期: 2023年12月18日

摘 要

在智能船舶、智能航运快速发展的背景下, 化学品运输作为一种具有高危险性和高附加值的特殊商品运输, 船东迫切需要通过实现岸基船舶管理人员对船舶液货相关系统的有效监控。为了实现船端液货系统实时状态数据的采集、集成与无线传输, 本文设计了基于PLC的化学品船液货系统数据集成模块。通过实船应用, 证明了本设计可以实现已营运化学品船液货系统串口通信设备的数据集成与无线传输。

关键词

PLC, 数据集成, 串口通信

Design of Data Integration Module of Chemical Tanker Liquid Cargo System Based on PLC

Shuangxi Zhang, Feng Li, Mi Zhou

Wuhan Marine Machinery Plant Co., Ltd., Wuhan Hubei

Received: Nov. 8th, 2023; accepted: Dec. 8th, 2023; published: Dec. 18th, 2023

Abstract

Under the background of rapid development of intelligent ship and intelligent shipping, chemical transportation as a special transportation category with high danger and high value-added, ship-owners urgently need to realize the effective monitoring of the ship liquid-cargo related system by the shore-based ship management personnel. In order to realize the collection, integration and wireless transmission of real-time status data of the liquid-cargo system at the ship end, this pa-

per designs a PLC-based data integration module for the liquid-cargo system of chemical ships. Through the real ship application, it is proved that this design can realize the data integration and wireless transmission of the serial communication equipment of the liquid-cargo system of the operated chemical ships.

Keywords

PLC, Data Integration, Serial Communication

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

化学品运输是一种具有高危险性和高附加值的特殊商品运输，液货系统是化学品船的核心作业系统，系统一般包括货泵系统、压载系统、阀门遥控系统、液位遥测系统、惰气系统、货舱加热系统、压载水处理系统等诸多设备[1]，以实现货物装卸、洗舱、压排载、货物加热等液货作业与货物管理功能。散装运输化学品种类繁多、换货频繁，货物操作流程复杂且有一定的危险性，对船员的专业知识与操作技能、船舶运营管理都有较高的要求[2] [3]。在智能船舶、智能航运快速发展的背景下，我国化学品船液货运输与作业方面仍面临着安全管控能力不足、运营成本居高不下、作业风险高效率低等诸多问题[4] [5]，船东迫切需要通过数据采集、数据集成、无线通信等技术将船端设备运行状态数据传输至岸基，由岸基船舶管理人员通过信息化系统对船端上传数据进行分析，以实现岸基船舶管理人员对船端人员在货物装卸、洗舱、通风等主要作业环节的有效监控和管理，进而最大可能提升化学品船营运的安全性。

针对船舶设备信息采集与集成，国外已有比较成熟的产品，如丹麦 Lyngso 的 StellaNet 船舶综合监控系统，挪威 Kongsberg 机舱监测报警系统和意大利 CS 的 Master Bridge III 综合驾控系统等，这些系统在船舶建造时就需与各目标设备明确硬件接口和通信协议，实船过程中按照约定的协议实现设备数据的采集与集成。在国内，李峰[6]等设计了一套船舶主机转速信号采集与无线传输模拟系统，通过新增转速采集传感器、无线数传收发模块，实现了船舶主机转速信号采集的自动化、无线化；柳晨光[7]等设计了液货船综合信息系统通用采集终端，通过终端的模拟量采集芯片直接采集液货舱传感器数据，这种采集方式需对货舱监测传感器通道进行相应的改造。

当前，船东需要建立岸基监管的化学品船多为己营运船，对于液货系统数据采集原则要求是尽量改变原船设备现状，以减少设备运行过程中的未知风险，然而这类船舶的液货系统通常具有使用年限较长、技术状态不明确，设备的通信接口、通信协议不统一，各设备数据分散不集中，有些设备未预留通信接口等问题。因此本文针对某船东的 5500DWT 已营运化学品船的液位遥测系统岸基数据监管需求，设计了一个基于 PLC 的化学品船液货系统船端数据集成模块。

2. 液货系统船端数据集成模块方案设计

2.1. 数据集成需求分析

5500DWT 已营运化学品船配有液货舱 12 个(左舷 6 个，右舷 6 个)，其中包含左右舷各 1 个油污舱，

每个液货舱需要采集的信号有温度、压力、液位、高位、高高位信号。因该船为已营运船，数据采集时不可改变现有设备的现状、性能、寿命、可靠性和船舶安全性，且新增采集模块应与原设备系统相对独立。该船液货舱数据传输路径分别如图 1 所示。该船液货舱现有的数据采集系统，通过硬线直接将传感器信号接入货控台上数显表进行本地显示，然后通过数显表自带的 RS485 串口分别与串口转接板对应串口建立连接，再通过多针集成串口接头与货控台上的计算机建立连接，最终实现货控台监控计算机集中显示数据。

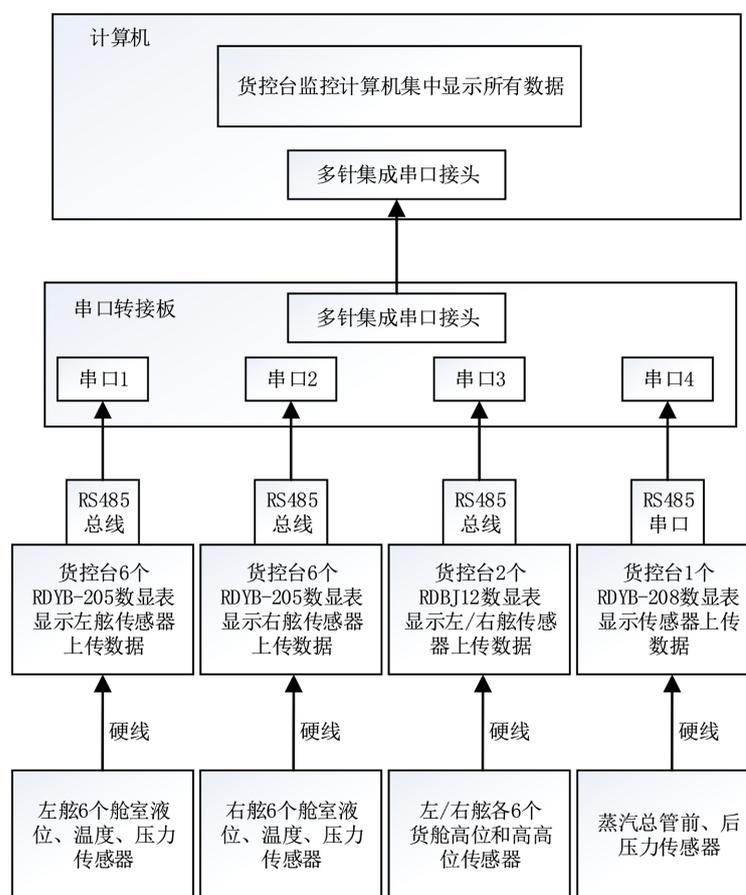


Figure 1. Cargo tank data transmission route diagram

图 1. 液货舱数据传输路径图

2.2. 总体网络结构设计

根据目标船数据集成需求分析，该船现有的液货舱数据采集系统为相对独立完整的系统，如从该系统中读取数据原则上可以有三种方式：一是从传感器传输数据至货控台数显表的路径上读取数据，此种方式需要为每一路信号加装一分二的信号隔离器，改变现有设备电气连接，存在安全隐患；二是从货控台监控计算机读取数据，此种方式需要修改货控台计算机软件，增加相应的软件通信接口程序，改变设备软件系统，存在未知风险；三是从数显表传输数据至串口转接板串口的路径上读取数据，即在串口转接板每个串口处并接一路串口出来，利用加装的串口服务器透传功能进行数据解析读取，此种方式不改变原系统任何软硬件，且与原系统相对独立，风险较小。

综上，目标船液货舱数据集成采用上文所述第三种方式，系统的总体网络架构设计如图 2 所示。

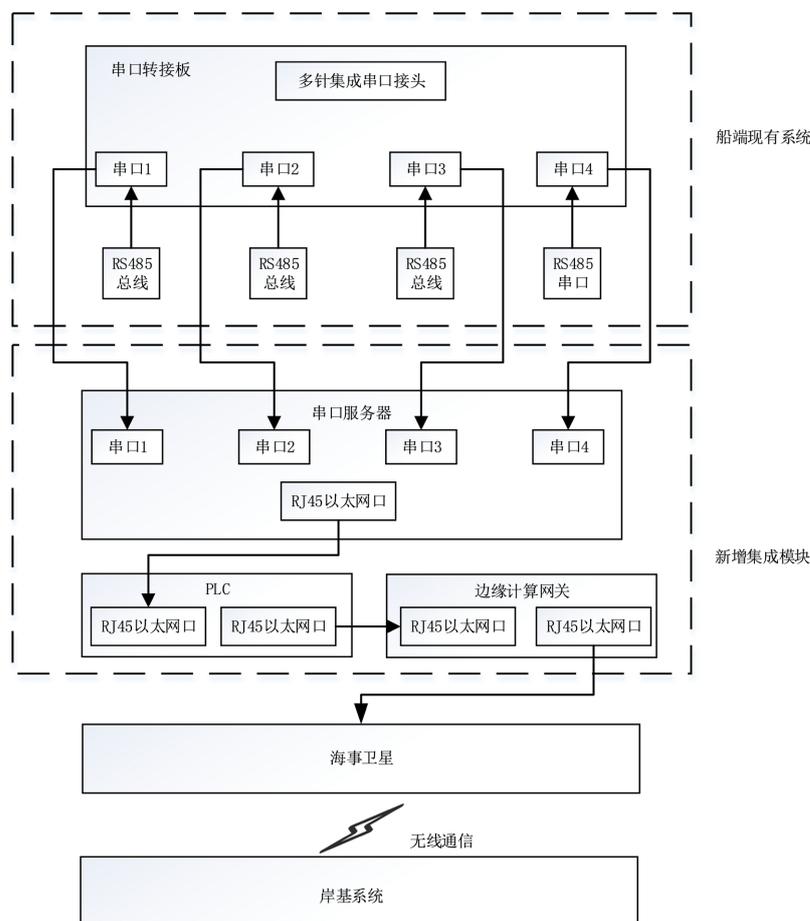


Figure 2. System overall network architecture diagram
图 2. 系统整体网络架构图

新增数据集成模块通过串口服务器获取各个液货舱的状态数据，利用串口服务器的透传功能将采集数据传输至 PLC 内部，再根据已知的各个数显表的 RS485 通信协议，在 PLC 内部编程进行数据解析，然后将解析后数据按规则传输至边缘计算网关，边缘计算网关利用海事卫星的无线通信网络将数据传输至岸基指定的云服务器上，最终实现船端液货舱数据的集成采集并发送至岸基。

2.3. 硬件模块设计

根据系统的总体网络架构进行硬件模块设计，数据集成模块硬件主要包含电源模块、串口通信模块、PLC 控制器以及边缘计算网关等元器件，数据集成模块硬件组成图如图 3 所示。

1) 电源模块：选择 AC220 转 DC24V 开关电源，主要将船电 AC220V 转换成 DC24V，为模块提供电源；

2) 串口服务器：选择 NC608-8MID + 串口服务器，该服务器带 8 个隔离型 RS485/422 串口，用于获取串口转接板上串口传输的液货舱监测数据；该服务器具备 RJ45 以太网接口输出，支持与 PLC 控制器之间的 TCP、UDP、Telnet、Modbus TCP 等网络端通信协议通信；

3) PLC 控制器：选择西门子 1200 系列 PLC，该系列 PLC 具有模块化、结构紧凑、功能全面等特点，凭借性能稳定、编程便捷、扩展灵活等优势应用范围非常广泛，是目前各大企业工业自动化领域使用频率较高的控制器；本模块设计选择的 PLC 控制器作为模块的核心控制器，主要用于串口数据的解析和处

理, 具备 2 个 RJ45 以太网口, 可分别与串口服务器、边缘计算网关分别建立通以太网信连接。

4) 边缘计算网关: 选择映翰通 IG902 边缘计算网关, 其支持 Modbus TCP、Modbus RTU、OPC UA Client、EtherNET/IP、ISO on TCP 等通信协议。船端通过 ISO on TCP 协议与西门子 PLC 建立通信并解析 S7 通信协议内容, 实现 PLC 数据的采集及存储; 云端支持 MQTT 协议与指定云平台通讯, 实现将船端数据传输至云端。

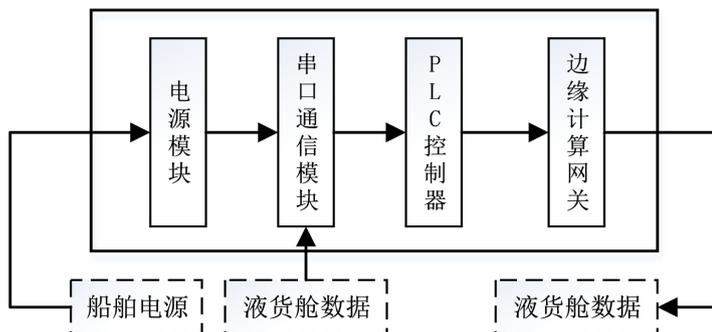


Figure 3. Data integration module hardware composition diagram
图 3. 数据集成模块硬件组成图

2.4. 软件程序设计

软件程序设计包括是 PLC 与串口服务器的透传接口程序、数据解析程序。PLC 与边缘计算网关之间的数据通信, 利用边缘计算网关前端配置界面进行 S7 通信协议接口配置完成。

2.4.1. PLC 与串口服务器接口程序

PLC 编程软件使用西门子博图软件, 利用软件中的 TCON 通信块, 建立与串口服务器相应串口连接程序, 在连接参数中设置串口服务器地址、TCP 连接类型、连接数据以及端口等信息, 具体程序如图 4 所示。

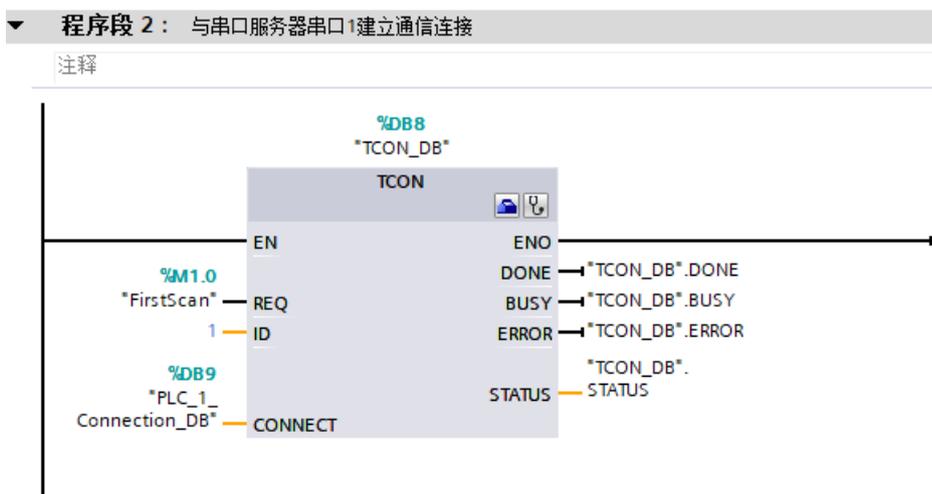


Figure 4. PLC and serial port server serial port 1 connection program
图 4. PLC 与串口服务器串口 1 连接程序

PLC 与串口服务器相应串口建立连接后, 利用软件中的 TRCV 块接收串口服务器透传至 PLC 的数据, 此时 PLC 中需要配置相应全局数据块用于存储采集到液货舱实时状态数据, 具体程序如图 5 所示。

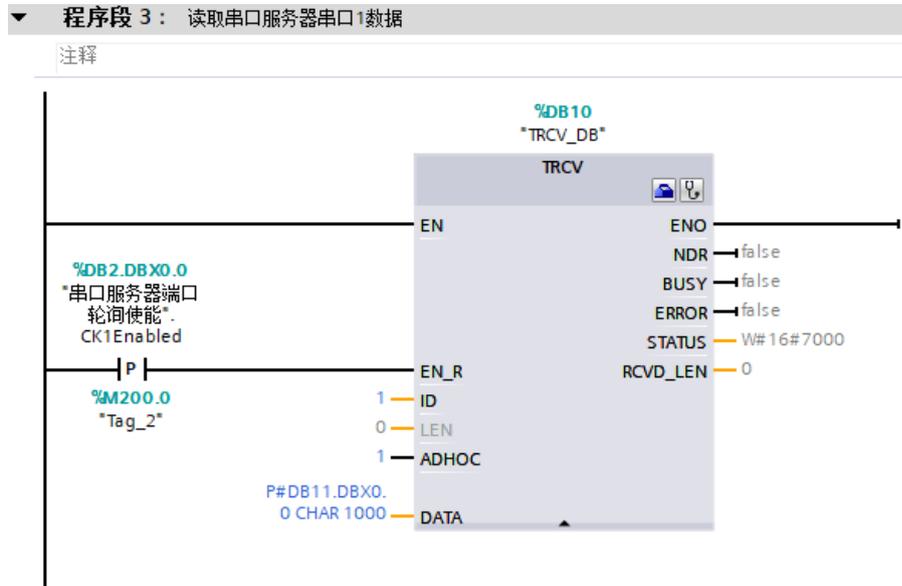


Figure 5. The PLC reads data from serial port 1 of the server
图 5. PLC 读取串口服务器串口 1 数据

2.4.2. PLC 串口数据解析程序

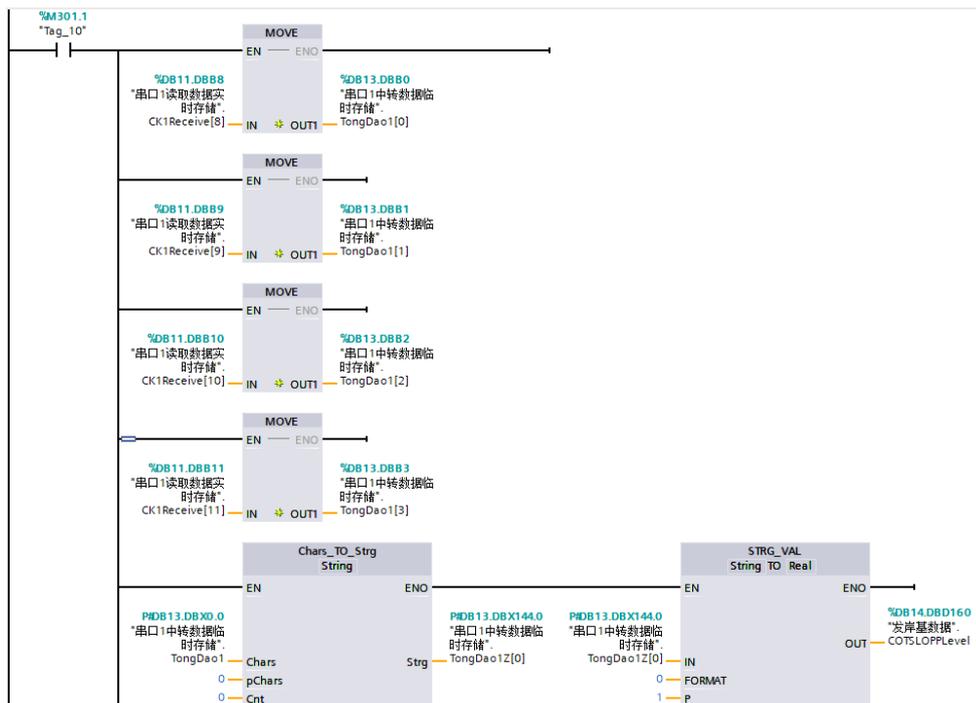


Figure 6. PLC data analysis program
图 6. PLC 数据解析程序

经查该船液货舱数据显示使用的数显表通信协议均为 ModbusASCII 协议，串口服务器对于串口数据的采集及传输使用的是透传，因此 PLC 采集到串口数据是一串有规律的字符数据，并不是正常的信号数据。在 PLC 读取到串口服务器信号的原始数据后，需要按照数显表的通信协议在 PLC 中编程相应的数据

解析程序,将其还原成正常的传感器信号数据,最终经过解析后的数据存放在 PLC 指定的全局数据块内,边缘计算网关则根据 PLC 内的块地址和位地址进行传感器信号数据的读取及转存。PLC 数据解析程序如图 6 所示。

3. 实船应用实现

本文设计的基于 PLC 的化学品船液货系统数据集成模块在完成开发后,在 5500DWT 已营运化学品船上进行了实船安装应用。因该数据集成模块的体积较小,实船应用时直接安装于货控台内部,避免了对货控台的改造,节省了货控室内的空间。通过实船应用证明了该数据集成模块能够实现的的目标船液货舱数据的采集、集成与上传云端,满足了船东在岸基对船端设备运行状态的实时监测。数据集成模块 PLC 实船采集数据如图 7 所示,云端采集到船端实时数据如图 8 所示。

名称	数据类型	偏移量	起始值	监视值	保持	可从 HMI...	从 H...	在 HMI...	设定值	注释
Static										
COT1Level	Real	0.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#左货舱液位
COT1TempM	Real	4.0	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#左货舱中部温度
COT1TempL	Real	8.0	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#左货舱底部温度
COT1Press	Real	12.0	0.0	-0.53		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#左货舱压力
COT1SLevel	Real	16.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#右货舱液位
COT1TempM	Real	20.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#右货舱中部温度
COT1TempL	Real	24.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#右货舱底部温度
COT1SPress	Real	28.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1#右货舱压力
COT2Level	Real	32.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#左货舱液位
COT2TempM	Real	36.0	0.0	18.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#左货舱中部温度
COT2TempL	Real	40.0	0.0	20.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#左货舱底部温度
COT2Press	Real	44.0	0.0	-0.27		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#左货舱压力
COT2SLevel	Real	48.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#右货舱液位
COT2TempM	Real	52.0	0.0	17.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#右货舱中部温度
COT2TempL	Real	56.0	0.0	19.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#右货舱底部温度
COT2SPress	Real	60.0	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2#右货舱压力

Figure 7. The PLC of data integration module real ship acquisition data

图 7. 数据集成模块 PLC 实船采集数据

基准时间	生成时间	入云时间	属性名称	实时工况值	数据类型
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	在线状态 _online_	true	Json
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1Level COT1Level	0	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1TempM COT1TempM	17.00	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1TempL COT1TempL	17.00	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1Press COT1Press	-0.53	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1SLevel COT1SLevel	0	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1TempM COT1TempM	19.00	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1TempL COT1TempL	18.00	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT1SPress COT1SPress	0.17	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT2Level COT2Level	0	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT2TempM COT2TempM	18.00	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT2TempL COT2TempL	20.00	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT2Press COT2Press	-0.26	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT2SLevel COT2SLevel	0	Number
2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:10.000	2023-10-09 12:22:12.788	COT2TempM COT2TempM	17.00	Number

Figure 8. Real-time ship-end data collected in the cloud

图 8. 云端采集到的实时船端数据

4. 结语

针对化学品船东对已营运化学品船的液货作业相关系统岸基数据监管需求,本文设计了一款基于 PLC 的化学品船液货系统数据集成模块,该模块在不改变原设备正常使用工况的情况下,可实现对现有串口通信设备的数据采集、集成与数据回传至岸基。通过实船应用,验证了本模块设计的正确性、实用性和可靠性。此外,本模块相较于传统的数据采集设备来说还具有体积较小、电气连接简单、制造成本

低、船端改造施工小等特点，符合船东对船端数据集成需求，具备较大的推广价值。

参考文献

- [1] 陈俊杰, 夏俊. 智能液货集成控制系统的研究与设计[J]. 机电与装置, 2022(2): 95-102.
- [2] 王成海, 张强. 关于散装化学品船安全运输的几点思考[J]. 青岛远洋船员学院学报, 2008, 29(4): 26-28.
- [3] 翁佳懋. 散装液体化学品船舶安全运营浅析[J]. 交通与港航, 2017, 12(6): 64-80.
- [4] 孙旭. 化学品船智能液货系统运行过程风险分析[J]. 中国船检, 2022(5): 44-50.
- [5] 张华, 孟昭燃, 齐鸣. 化学品船智能货物管理技术及最新应用[J]. 中国船检, 2022(9): 61-65.
- [6] 李峰, 温钰珊, 贾存旗, 等. 船舶主机转速信号采集与无线传输模拟系统的设计[J]. 造船技术, 2012(2): 9-12.
- [7] 柳晨光, 初秀民, 马枫, 等. 内河在航液货船综合信息通用采集终端开发[J]. 航海技术, 2014(3): 39-42.