

# 基于 PLC 模块的船舶监控仿真系统实现

张环, 胡定军

(镇江船艇学院 指挥系, 江苏 镇江 212003)

**摘要:** 以西门子 S7-300 系列 PLC 为核心模块设计船舶监控仿真系统, 实现了 PLC 下位机程序设计, 基于 Prosave 软件包和 Profibus 总线实现数据通信传输功能, 实时采集船舶航行信息、设备运行信息等数据到 PC 上位机; 在船舶综合信息平台网络和数据库系统的基础上, 综合运用虚拟现实技术、计算机建模技术、故障诊断技术、信息集成、网络信息技术等技术手段开发了基于 PLC 模块的船舶监控仿真系统; 该系统可以有效地降低船舶工作人员的劳动强度, 提高其工作效率, 还可以对船舶人员进行基础技能训练、船舶管理训练、故障诊断与排除训练等。

**关键词:** 可编程逻辑控制器; 现场总线; 过程数据交换; 实时监控; 场景再现

## Realization of Vessel Monitoring and Simulated System Based on PLC Module

Zhang Huan, Hu Dingjun

(Department of Commanding, Zhenjiang Watercraft College, Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** A vessel monitoring and simulated system is designed based on Siemens S7-300, which realized the PLC program. The data communication function is implemented based on Prosave software package and Profibus. The navigation information, the run information of the device and so on is collected into the upper-computer instantly. On the basis of integrated information platform network and database, the vessel monitoring system based on PLC module is developed recur to the virtual reality technology, computer modeling technology, fault diagnosis technology, united information technology, network information technology and so on. The proposed system can reduce the labor intensity of the vessel worker and improve their working efficiency effectively. Meanwhile, with the help of the proposed system, the vessel worker can do basic skill training, vessel manage training, diagnose training, and so on.

**Keywords:** PLC; Profibus; process data exchange; real-time monitor; scene reconstruction

## 0 引言

船舶监控仿真系统是船舶自动化系统的一个重要组成部分, 随着通信网络技术和自动化技术的快速发展, 集中管理和远程监控船舶系统的实时运行数据和各项性能指标参数在整个船舶自动化系统中占着极其重要的地位<sup>[1]</sup>。通过设计船舶运行数据实时采集模块, 建设船舶综合信息平台网络和数据库系统, 对船舶的航行信息、设备运行信息等数据进行后续处理和分析, 实现监控船舶实时信息和模拟仿真试操作等功能已经成为船舶自动化系统的一个重要方向<sup>[2]</sup>。

相较于其他计算机控制系统, 可编程逻辑控制器 (PLC) 具有高度稳定性及其抗干扰性, 而且 PLC 配线容易及价格相对便宜, 因此在工业控制和自动化领域中得到了广泛应用, 解决了很多计算机所无法解决的问题。西门子工控产品在工控领域应用市场中有较高的占有率, S7-300 系列 PLC 是西门子 SIMATIC PLC 家族中的成员之一, 具有体积小、软硬件功能强

大和系统配置方便等优点, 由它组成的系统可以与强大的 Profibus 总线相连接。考虑到上述因素, 采用 S7-300 系列 PLC 为硬件基础来实时采集船舶航行信息、设备运行信息等数据到 PC 上位机<sup>[3-4]</sup>。

本文主要研究和探讨 PLC 在船舶监控仿真系统中的应用, 实现了 PC 上位机对 PLC 的数据采集和通信, 在船舶综合信息平台网络和数据库系统的基础上, 实现了船舶数据实时监控、场景再现和模拟试操作等功能。

## 1 系统硬件设计

### 1.1 PLC 硬件设计

PLC 硬件设计采用单台上位机管理多台 PLC 的方案 (如图 1 所示), 即 PC 上位机通过 MPI 总线访问多台 PLC, 各个 PLC 之间又可以通过 Profibus-DP 总线相连接, 通过 Windows 高级语言调用通信软件与各个 PLC 进行通信, 采集或者修改 PLC 存储区的数据, 实现上位机控制和监控 PLC 相关数据的功能, 同时, 通过在 PC 上位机的 Windows 高级语言编程, 可以灵活地根据需求增加数据库和网络分发等模块, 实现存储和分发 PLC 相关数据的功能。在上位机中安装双网卡并连接本地工业以太网或者无线局域网, 可以实现 IE 远程发布功能和手持终端设备远程监控等功能。通过将船舶各个设备的实时数据采集到数据库中, 并进行后续的数据分析、诊断和处理, 还可以综合运用 Windows 高级语言的消息队列、定时器和多线程

收稿日期: 2015-08-31; 修回日期: 2015-09-28。

基金项目: 全军后勤科研计划课题 (080137)。

作者简介: 张环 (1982-), 男, 江苏灌云人, 博士, 讲师, 主要从事自动控制、虚拟现实方向的研究。

胡定军 (1976-), 男, 江苏宝应人, 硕士, 高级工程师, 主要从事船艇指挥方向的研究。

程技术,为其它船舶应用程序提供编程接口,实现应用程序之间的无缝对接等功能<sup>[5-6]</sup>。

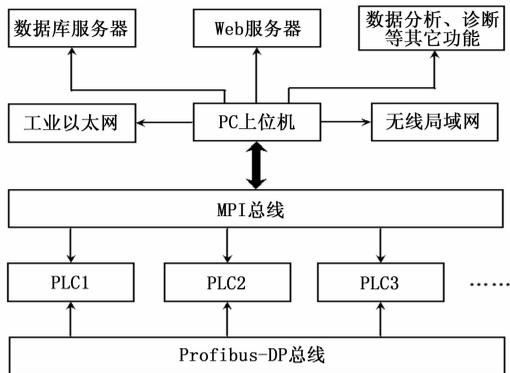


图 1 单上位机管理多台 PLC 方案

### 1.2 分系统硬件设计

#### 1.2.1 机舱系统

机舱监控台设有两台 PC 上位机完成对底层网络采集的数据进行预处理(带记录、打印等功能)并上传至中央数据库。两台 PC 上位机正常情况下监视主要设备,在一台故障的情况下,另外一台可自动承担并完成所有的监控任务。

数据采集系统选用西门子 S7-300 系列 PLC 完成对机舱设备开关量、模拟量数据及通讯数据的采集和处理。PLC 采用 CPU 及电源双冗余,以提高系统的安全性。具备较强的容错能力和可拓展能力。

PLC 与电站管理系统的 PPU、侧推、中央空调等系统设备内置的 PLC 间采用 Profibus 总线进行数据交换,与 PC 上位机采用 TCP/IP 工业以太网通讯协议方式进行通讯,与主机、发电机组等系统或设备采用 ModBus 485 总线进行数据采集与控制。

#### 1.2.2 自动电站系统

自动电站系统采用西门子 S7-300 系列 PLC 和 DEIF 公司的 PPU 发电机并车保护模块,完成对发电机电压、电流、功率、相位等参数的采集与控制。电站管理系统可根据电网和待并发电机的频率差发出调速及并车合闸信号。PPU 发电机并车保护模块采用 Profibus DP 通讯协议与 PLC 进行数据通讯,电站管理系统可设置西门子触摸屏显示可编程控制器的设备数据状态,机组的起停及各个主开关的状态都可以有触摸屏显示,各发电机组的有功功率、电压、电流无功功率等都在触摸屏上实时显示。

#### 1.2.3 驾控台系统

驾控台 PLC 控制系统,通过 PROFIBUS 总线连接机舱采集系统,负责驾控台航行信号灯、雾笛控制器、应急车钟、程控电话、主机遥控等设备状态的信息记录;并可对程控信号灯进行控制与状态信息记录。

#### 1.2.4 损管系统

通过数据采集箱采集各类浸水报警、弹药舱高温报警、消防总管压力显示、消防泵遥控及风有遥切、火灾报警、CO<sub>2</sub> 灭火、冷库呼叫延伸报警、水雾灭火、阀门遥控、通讯、水密门控制等信号,转换成标准开关量或模拟量送入损管 PLC 控制系统,并通过 Profibus 现场总线将信号送入机舱监控综合报

警。部分损管台信号(如浮态检测与自动调压载控制信号)直接将数据传至主工业以太网内。

#### 1.2.5 侧推系统

侧推系统标准设置是由 S7-200 系列 PLC 作为其核心监控组件并结合变频器(ATV61-315)自身的监控功能来实现对该套系统装置的控制监测与保护,电动机的电柜绕组温度、电机轴承温度由 PLC 实施监控。PLC 与变频器间采用 DP 通讯的方式实施监控,以节约变频器的 DP 通讯字。出于电磁兼容性需要,在变频器柜进线附近设置一台容量不低于 400 kVA 的隔离变压器,以阻断变频器整流端的高次谐波进入电网,消除其对电站和网络通讯系统的干扰。

变频监控 PLC(作为从站)与机舱监控台内主站 PLC(S7-300 系列)之间采用 Profibus-DP 总线通讯方式进行数据交换,实现数据采集、网络监控与管理、电站容量匹配的协同并行。

#### 1.2.6 中央空调系统

由于空调系统用电总量较大,相对电站单机容量的百分比比较高,有必要纳入自动电站的容量管理系统(PMS)。选用 S7-200 系列 PLC 加 DP 通讯模块和相应的模拟量与数字量模块来完成对空调系统逻辑控制、模拟量监测故障报警和系统保护。空调监控 PLC(作为从站)与机舱监控台内主站 PLC(S7-300 系列)间采用现场工业总线 Profibus 的通讯方式进行数据交换。

#### 1.2.7 舵机系统

舵机系统配设舵角变送器(4~20 mA)一只,设置两只压力变送器,配设流量计一只,控制系统设置相应超限保护。该部分的数据由机舱监控台所设 PLC 的模拟量输入模块进行数据采集。

## 2 系统主要程序设计

### 2.1 下位机程序设计

PLC 下位机程序设计使用西门子公司的编程软件 STEP7,STEP7 具有使用方便、直观的用户界面、用组态取代编程和统一数据库等优点,以文件块的形式管理用户编写的程序及程序运行所需的数据,使得组态编程非常容易、简单<sup>[3-4]</sup>。图 2 为 PLC 硬件组态窗口示意图,图 3 为 PLC 采集电路的局部梯形图<sup>[5]</sup>。

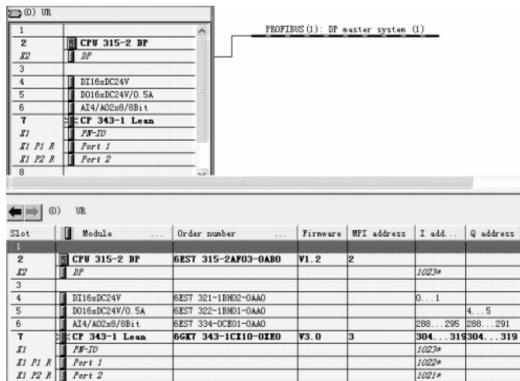


图 2 PLC 硬件组态

### 2.2 数据通信程序设计

如何实现 PC 机与 PLC 之间的数据通信是一个棘手的问题。

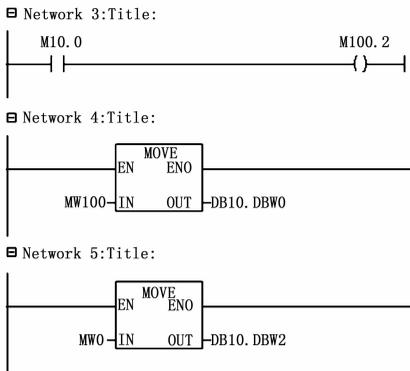


图 3 PLC 采集电路局部梯形图

图 4 左右泵并联供水系统实时监控数据

题。西门子公司提供了 Prosave 软件包, Prosave 是 Process Data Traffic (过程数据交换) 的缩写, 该软件包的 DLL 和 LIB 文件中集成了大量基于 Windows 操作系统的函数, 供用户解决 PLC 与 PC 之间的数据交换和数据处理问题。在自行开发的监控软件中可以方便地调用该软件中的各种函数, 省去了烦琐冗长的通讯部分, 用户只需编写流程处理和数据处理模块, 提高了系统开发效率。

Prosave 的主要函数有:

- 1) load\_tool: PC 上位机与 PLC 系统初始化链接;
- 2) unload\_tool: 断开 PC 上位机与 PLC 系统链接;
- 3) 读写 PLC 内部存储区的若干函数 db\_read, db\_write 等。

通过 Prosave 软件包的读写函数对 PLC 内部存储区进行读写, 可以方便地管理和监控 PLC 控制系统, 能够满足大规模数据的传输速度要求, 程序调试非常简单, 适合于船舶监控仿真系统的应用开发。

### 3 系统主要功能与实验分析

#### 3.1 系统主要功能

考虑到船舶监控仿真系统的数据量、实时性和成本等因素, 采用 C# 语言开发船舶监控仿真系统, 综合运用 TCP 网络技术、数据库、多线程、对象仿真、COM 组件等技术手段, 实现数据实时监控、场景再现和模拟试操作等功能<sup>[6]</sup>。船舶监控仿真系统主要功能如下。

##### 3.1.1 实时监控功能

通过网络平台与数字化技术, 访问中央数据服务器的信息, 实时接收船舶环境信息、操纵信息、机电设备运行信息等, 经筛选、编辑、处理后, 以合适的界面在手持触摸屏或监控终端 PC 机上显示, 参考示例如图 4 所示, 为左右泵并联供水系统实时监控数据。

##### 3.1.2 场景再现功能

船舶航行系统、推进系统、电站系统、辅机系统、损管系统和机舱综合报警系统信息数据存入数据库形成历史数据。对历史数据进行场景再现, 可以培训船舶人员正确操纵管理船舶设备的能力, 对船舶设备运行故障信息进行处理分析, 培训船舶人员判断、排除设备故障的能力。场景再现界面示例如图 5 所示。

##### 3.1.3 模拟试操作功能

利用 3DMax 等开发工具实现模拟试操作功能, 船舶受训人员根据试操作课目进行模拟试操作, 产生虚拟设备运行信

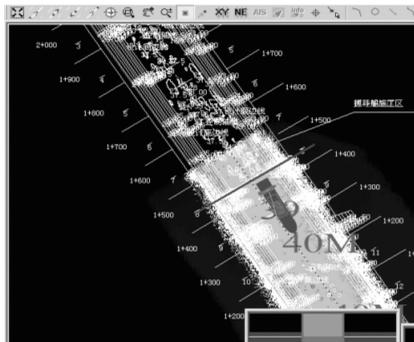


图 5 场景再现界面示例

息。船舶相关专业人员利用实时采集的船舶实际运行信息, 对比该虚拟设备运行信息, 可以迅速找出操纵管理差距, 及时调整操纵管理方法, 有效提高受训人员的操纵管理技能。图 6 为主机启动模拟试操作示例。



图 6 主机启动模拟试操作示例

#### 3.2 系统实验分析

数据通信程序是船舶监控仿真系统的重要组成部分, 测试对多台 PLC 与 PC 之间在网络环境下的网络通信性能进行实验测试。

目前 PLC 与 PC 机之间的通信方式有两种: 1) PC 机始终处于主导地位, 数据的传输都由 PC 机定时发出命令; 2) PLC 始终具有优先权。

为了方便测量出 PC 机和 PLC 之间的通信时间, 本文采用前一种方式, 即在 PC 机上利用 C# 语言开发基于 Prosave 的通信程序, 将 C# 编程与 PLC 口编程绑定起来, PC 机发送一个特定的字符串时, 当 PLC 检测并接收到数据时, 将数据存

人指定的数据缓冲区中,通过发送指令将对应数据通过网络发送至 PC 机。

PC 机与多台 PLC 通信时,采用并行通信与串行通信相结合的方式:首先将各台 PLC 按照功能性划分为若干小组,每个 PLC 小组内部采用并行链结先一个一个连接好,各个小组之间通过中转接到 PC 机在网络口上进行通信。

在通信实验中所计算出的通信时间是在 PC 机用 C 调用 Windows API 函数来实现的,采用多次实验取平均值的方法进行通信测试,具体的测试结果如表 1 所示。

表 1 Prodrive 通信程序数据读写测试

PLC 型号	读字节数	读时间	写字节数	写时间
CPU315-2DP	500 Bytes	580 ms	260 Bytes	540 ms

还对 Profibus-DP 通信协议进行了通信数据测试:即用 db\_write 函数对 PLC 的存储区 10 个存储单元进行 20Bytes 写操作的测试数据(共进行 1000 次试验),测试结果如表 2 所示。

表 2 不同通信协议写数据测试

通信协议	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-STANDARD	PROFIBUS-UNIVERSAL
最短时间/ms	40	40	23
最长时间/ms	60	70	211
30 ms 以下/次	0	0	67
30~40 ms/次	906	910	43
40 ms 以上/次	94	90	890
平均时间/ms	40.56	40.57	49.14
失败次数/次	0	0	0

试验结果表明,基于 Prodrive 软件包和 Profibus-DP 数据总线能够实现上位机和 PLC 之间的高速数据通信传输功能,能够满足实时采集船舶航行信息、设备运行信息等数据到 PC 上位机,为实现船舶监控仿真系统提供实时性的数据通信支持。

### 4 结论

本文以西门子系列 PLC 为核心模块设计船舶监控仿真系统,综合运用网络技术、数据库、虚拟现实等技术手段,实现数据实时监控、场景再现和模拟试操作等功能。该系统不仅可以方便船舶人员管理和监控船舶相关信息,还可以对船舶人员进行基础技能、故障诊断与排除等训练,具有良好的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 刘沿阳,邵 昱.舰船综合自动化系统的现状与发展趋势[J].船舶工程,2006,28(2):62-66.
- [2] 杨家龙,曹云鹏,路 勇,等.基于网络环境的船舶机舱动力装置监控系统开发研究[J].船舶工程,2006,28(2):47-50.
- [3] 阳胜峰.快速学会 S7-3300/400PLC[M].北京:中国电力出版社,2014.
- [4] 刘志超,盖晓华.西门子 S-300PLC 编程入门及工程实践[M].北京:化学工业出版社,2014.
- [5] 王志开.PLC 及 WINCC 组态软件在自动控制中的应用[J].中国科技信息,2005(5):14-16.
- [6] 蒋晓峰,等.基于触摸屏和 PLC 的船舶电站监控系统设计[J].电力自动化设备,2011,31(1):118-121.

(上接第 73 页)

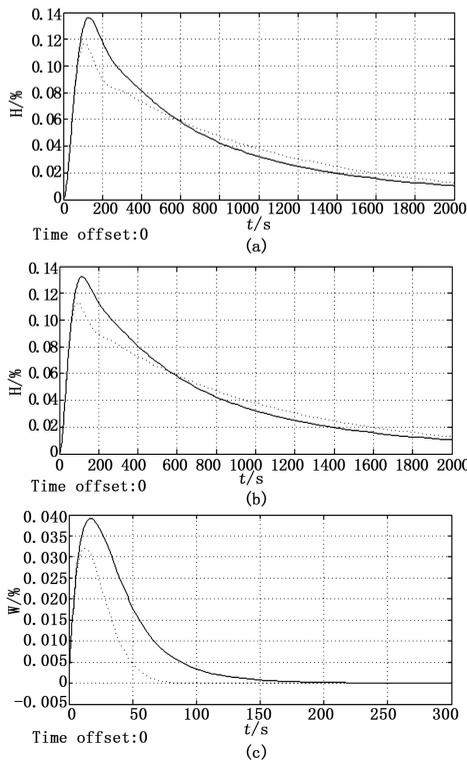


图 5 加 10% 给水扰动的仿真曲线图

### 参考文献:

- [1] 韩忠旭,潘 刚,邱忠昌,等.直流炉机组给水控制系统的设计与应用[J].中国电机工程学,2010,30(2):7-16.
- [2] 袁远望.国产 1000 MW 超超临界压力直流锅炉启动过程汽水分离器水位的控制[J].广东电力,2009,22(8):65-67.
- [3] 吴延宾.1000 MW 超超临界机组直流锅炉水位控制[J].热力发电,2007(7):52-55.
- [4] 杨 冬,陈听宽,侯书海,等.超临界直流锅炉启动系统的设计与运行[J].热力发电,1999(1):14-17.
- [5] 张利勇,刘 潇.1000 MW 超超临界机组给水全程控制的设计与应用[J].浙江电力,2013(8):38-42.
- [6] 潘凤萍,陈世和,张红福,等.1000 MW 超超临界机组自启停控制系统总体设计与应用[J].中国电力,2009,42(10):15-18.
- [7] 陈华东,黄红艳.600 MW 超临界直流锅炉自动控制系统的设计及控制方案[J].锅炉技术,2006,37(2):26-30.
- [8] 谌 琳.基于 MATLAB 的 1000 MW 超超临界锅炉建模与仿真[D].北京:华北电力大学,2008.
- [9] 刘 维.超(超)临界机组控制方法与应用[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [10] 赵志丹,党黎军,刘 超.超(超)临界机组启动运行与控制[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [11] 谷俊杰,李建强,高大明,等.热工控制系统[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [12] 刘金琨.智能控制[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [13] 陈夕松,汪木兰.过程控制系统[M].北京:科学出版社,2011.