Modbus 协议在冶炼烟气全流程监控中的应用

罗　勇[1]，吴炫睿[2]

（1. 大冶有色金属有限责任公司，湖北 黄石 435000；2. 东北大学 机械工程与自动化学院，辽宁 沈阳 110819）

[摘　要] Modbus 协议是一种完全开放的通讯协议，广泛应用于各类控制系统和智能仪表设备。结合冶炼厂现场实际情况，将 Modbus 协议应用于冶炼烟气全流程监控项目中，搭建了基于 Modbus 的通讯网络，将全厂的 DCS 控制系统，PLC 系统，以及智能仪表设备互相联通，实现互联互通互操作，将烟气的相关数据进行分析和处理，并利用这些数据实现烟气的全流程闭环控制。所提技术为冶炼厂的自动化和信息化建设，提供了数据支持和信息保障，对提高有色冶金企业烟气监控的自动化水平至关重要。

[关键词] Modbus 协议；横河 CS3000；通讯；烟气全流程监控

[中图分类号] TF273.5　　[文献标志码] B　　[文章编号] 1003－8884(2022)04－0053－05

DOI：10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.04.012

0　引言

随着网络化、智能化技术的不断发展，冶炼厂也在持续升级装备制造水平，冶炼工艺的主流锅炉从反射炉发展为诺兰达炉，后又出现了更为先进的奥斯麦特炉，产量效益增大的同时，节能减排技术水平也得到有效提升。冶炼生产过程中的二氧化硫烟气管控，直接影响企业的环保指标；而制酸工艺的稳定可控，又影响熔炼和吹炼工艺的生产过程。近年来，冶炼厂的改造升级稳步进行，工艺水平逐步提升，但各个主工艺流程之间的监控稍显分散，如转炉烟气输送给硫酸系统，工况变化频繁时，采用人工联系操作调整，过程控制效率较低，导致工艺控制不及时，不仅调节精度不高，容易影响吹炼和烟气制酸的产量和质量，还有可能导致环保异常事件发生，迫切需要利用自动化技术，采集冶炼烟气全流程关键数据，集中监控并协调指导工艺生产。

1　烟气全流程监控的数据选取

1.1　监控数据

根据冶炼烟气全流程监控的工艺要求，具有监控价值的数据包括奥炉加料量和风氧量、奥炉烟气出口温度和压力、高温风机进出口压力、转炉炉体状态和风氧量、硫酸转化和净化进出口压力、环集进出口烟气压力和脱硫塔液位、尾气浓度等。

1.2　目前数据状态

上述各类数据，其中现场检测信号分别接入不同的 DCS 或 PLC 系统。就目前状态而言，基本互无关联。如奥炉加料量和风氧量，只能在熔炼 DCS 系统上显示；环集进出口烟气压力，只能在环集 DCS 上显示；转炉炉体状态，只能在转炉各操作电脑上显示，数据和信息未能实时共享。

1.3　数据监控盲区

从整个生产流程和烟气管网连接来看，转炉烟道、精炼炉烟道属于监控盲区，烟气压力状况不明，不利于全工艺流程的状态受控，需要新增部分压力检测点。

1.4　全流程数据信息化集成

通过分析熔炼、转炉、硫酸、环集各区域的控制系统结构和特点，各控制系统均具备与外部其他系统进行通讯的功能。Modbus 是一种简单的“客户机/服务器”应用协议，定义了各类控制器能够识别和使用的消息结构，没有规定物理层，单根通讯线路上可实现多台设备的双向读写。基于技术、安全、成本、效益等方面的考虑，选择 Modbus 通讯协议，作为各子系统互联、新增点位数据采集的通讯方式，对冶炼烟气全流程数据进行信息化集成。

[收稿日期] 2022－03－16

[作者简介] 罗勇（1977—），男，湖北武汉人，电气工程师，大学本科，主要从事自动化仪表维护管理工作，现任大冶有色金属有限责任公司冶炼厂保全车间副主任。

[引用格式] 罗勇，吴炫睿. Modbus 协议在冶炼烟气全流程监控中的应用[J]. 有色设备，2022，36(4)：53－57.

2　数据采集和集中监控的通讯应用

冶炼厂的熔炼和硫酸工艺设备均采用了横河 CENTUM CS3000 DCS 控制系统,并已实现组网(Vnet Control Bus)连接,DCS 系统内部具备数据传输功能,可作为烟气全流程监控数据采集的主体部分,把系统外部各路数据接入,进行数据信息处理;而 60 万方和 40 万方环集均采用 UW500a DCS 控制系统,也已经组网(Snet)连接,该系统内部也具备数据传输功能;转炉炉选 PLC 系统已经采集了各台转炉的炉体状态信号。

CS3000 系统中,分区域包含多对 CPU,分别挂接了不同的远程节点,各远程节点中的 Modbus 通讯卡可分别进行组态,并可作为不同的 Modbus 主站,分别读取各连接从站的数据。因此,CS3000 系统中可同时存在多个 Modbus 主站,数据共享的同时互不影响。系统中 Modbus 各网段通讯主/从站及地址规划如表 1 所示。

表 1　Modbus 通讯规划

Modbus 网段	主站设备名称	从站设备名称	从站设备类型	从站地址	数据采集范围
网段 1	横河 CS3000 系统	熔炼电收尘系统(东)	西门子 S7-200	1	东台电收尘进出口温度、压力、各电场温度
	熔炼主控 CPU(FCS0301)	熔炼电收尘(西)	西门子 S7-200	2	西台电收尘进出口温度、压力、各电场温度
网段 2	横河 CS3000 系统硫酸主控 CPU(FCS0306)	转炉炉选系统	Rockwell AB PLC	3	各转炉风氧量、炉体状态
		转炉高温风机 PLC	西门子 S7-300	4	转炉高温风机转速、烟气进出口温度、烟气压力
		转炉流程监控 PLC	西门子 S7-1200	5	转炉余热锅炉出口烟气压力
		转炉烟道各压力检测分散点位	研华模拟量数据采集卡 ADAM4117	6	转炉烟道各压各分散点位压力检测数据
网段 3	横河 CS3000 系统	精炼炉烟道各压力检测分散点位	研华模拟量数据采集卡 ADAM4117	7	精炼炉各分散点位压力检测数据
	硫酸 KKK 风机 CPU(FCS0307)	串口协议转换模块端口 1	上海泗博 SS431	8	端口 2 作为环集 DCS 系统 UW500a Modbus 通讯从站
网段 4	环集 DCS 系统优稳 UW500a	串口协议转换模块端口 2	上海泗博 SS431	9	端口 1 作为硫酸 3K 风机 FCS0307 Modbus 通讯从站

3　数据采集和集中监控的框架结构

3.1　数据采集和集中监控的区域构建

根据冶炼厂生产工艺流程划分和实际地理位置,结合各控制系统的配置情况,可大致划分为四个区域:熔炼、转炉、硫酸、环集。烟气全流程监控系统各关键数据点,分别就近接入以上各区域控制系统,并将 CS3000 系统作为各 Modbus 网段通讯主站,主从应答方式采集各区域数据。熔炼和硫酸主控,通过 CS3000 系统自有网络读取和交换各相关数据,并在各自操作站上集中显示和监控;厂调度监控服务器,采用 OPC 方式读取 CS3000 系统各相关数据,以 BS 架构形式进行集中显示和监控。熔炼主控、硫酸主控、厂调度三处实现数据实时同步。

3.2　熔炼 CS3000 系统与环集 UW500a 系统通讯

因为 CS3000 和 UW500a 两套 DCS 系统默认无法作为 Modbus 通讯从站,如开放通讯端口则需向厂家订购相应授权软件,成本较高。鉴于这两套系统之间的通讯数据量不大,且对速度没有过高要求(通信时间间隔大于等于 1 000 ms),目前采用方案是在两套 DCS 系统之间,跨接泗博 SS431 串口协议转换模块,将 Modbus 网络连接划分为两个网段,转换模块的两个串口连接端口,分别组态设置为不同 Modbus 网段中的通讯从站,利用其内存映射功能(最大输入/输出 <2 KBytes),实现两个不同 Modbus 网段的连接和通讯。

3.3 监控盲区新增压力检测点的数据采集

对于转炉烟道、精炼炉烟道等监控盲区，根据需要新增安装了十四台压力变送器，采用硬接线方式，分别接入室内安装的研华 ADAM4117 数据采集卡，数据采集卡可以将压力变送器电流信号转换为数字量，并通过支持 Modbus 协议的 RS-485 总线发送出去。将数据采集卡各通道参数组态好，设置对应 Modbus 从站地址，就近接入 DCS 控制系统。

数据采集和集中监控的框架结构设计，如图 1 所示。

3.4 线路连接的可靠性

为保证数据采集和通讯的可靠性，整个系统中

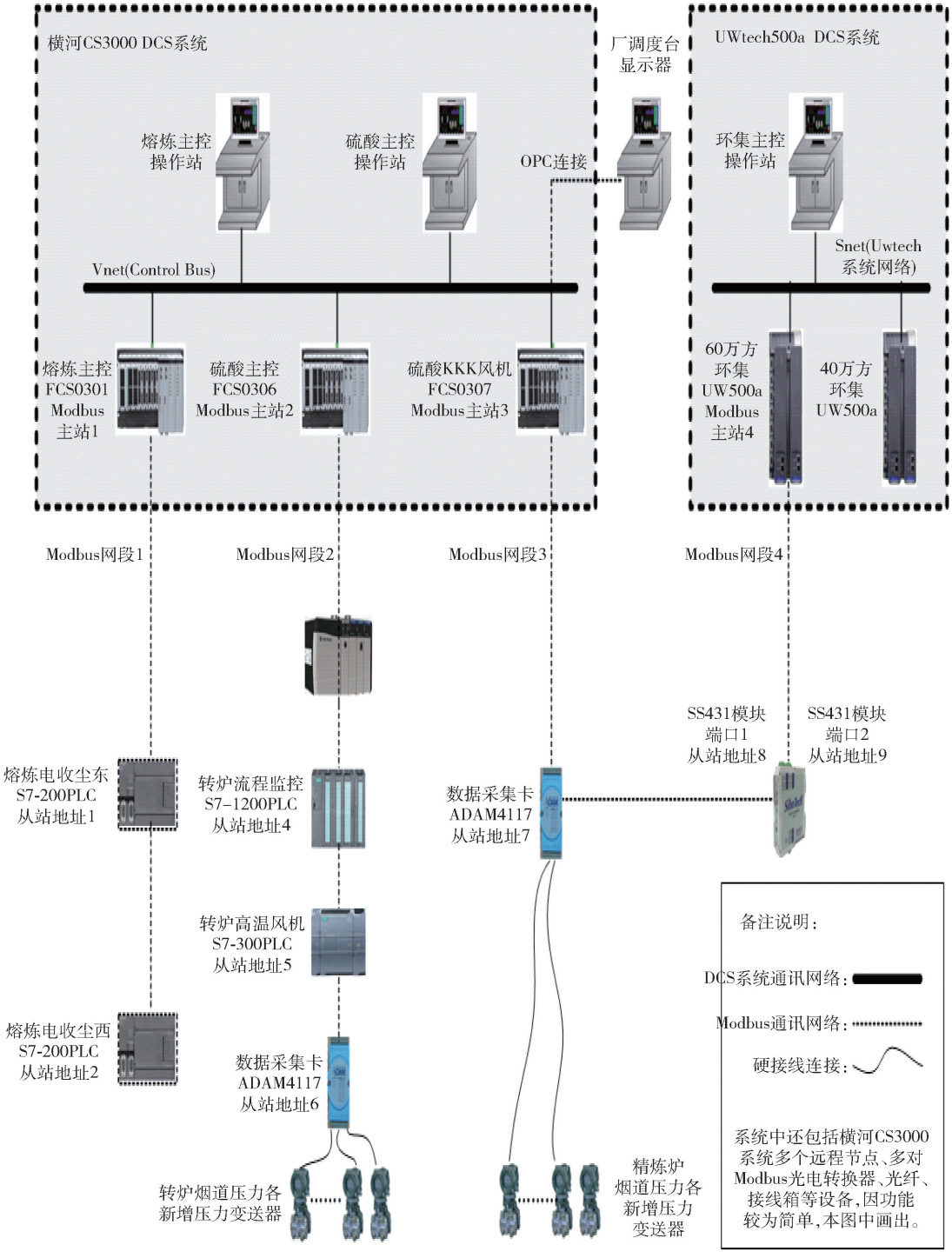

图 1　数据采集和集中监控框架示意图

只有新增的压力变送器,采用硬接线方式连接到数据采集卡,单点线路最长不超过 100 m;各 Modbus 主站从与站之间,物理距离均较远,全部加装光电转换器,采用光纤通信,避免通讯干扰,同时也实现了系统各部分硬件的光电隔离保护。在接入前,全部利用测试软件(Modbus master/slave)进行了检查;两套 DCS 系统利用其自有通讯网络,对数据处理做相应的编程组态。

4　通讯数据处理和集中监控功能实现

4.1　通讯数据处理

系统内所有 Modbus 从站定义好地址;CS3000 系统作为 Modbus 主站,对各远程节点上安装的 Modbus 通讯卡进行组态,包括通讯波特率、校验方式、端口号、功能码等等;对采集的各类数据进行分析和处理,包括数值转换、量程设置、变量连接等等。CS3000 系统编程组态界面如图 2 所示。

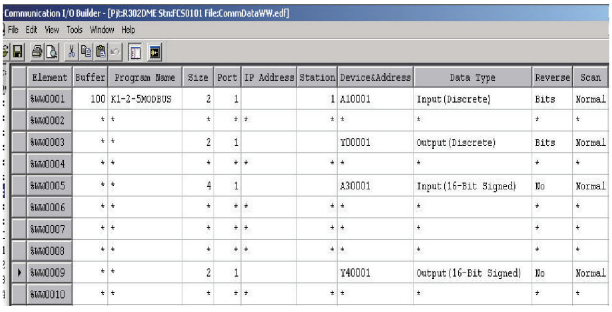

图 2　CS3000 系统编程组态界面

4.2　熔炼和硫酸集中监控画面

参考冶炼厂生产流程,在 CS3000 系统中制作烟气全流程监控图,连接各变量,下装到熔炼和主控的操作站。DCS 监控界面如图 3 所示。

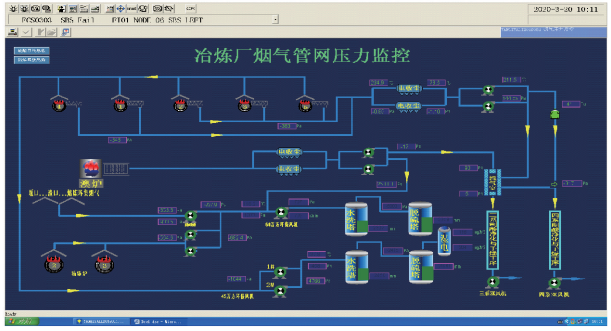

图 3　烟气管网压力监控 DCS 监控界面

4.3　厂调度集中监控功能的实现

熔炼 CS3000 系统中的 0364#工程师站设置好相关参数并启动 OPC 服务;厂调度监控台电脑安装 Kepware Server 软件,通过网络连接到 OPC 服务器读取数据,并以网页形式进行显示,厂调度集中监控画面如图 4 所示。

图 4　厂调度集中监控画面

5　系统完善与优化

集中监控系统调试和初步运行时,利用横河 DCS 系统强大的数据处理功能,有针对性地完善与优化,以期达到最佳效果。

(1)合理规划和调整横河 CS3000 系统中,各区域 CPU 的接入数据量,保证新增的 Modbus 通讯不会造成过高的系统负荷。系统运行后,CS3000 系统中三处 CPU 负荷均在安全范围内。

(2)烟气全流程监控重要参数增加趋势记录,便于核查工艺生产过程,对比不同工况变化时各监控参数的变化,为高效生产提供数据支撑。

(3)在熔炼和硫酸主控操作站的监控画面上,提供报警信息显示功能,便于工艺异常时能及时发现并处理。并在系统总貌界面制作了相应的进入和返回按钮,便于画面操作。

6　结论

Modbus 协议适用于中小规模的数据通讯,能可靠连接各类 DCS 系统和智能仪表设备,测试软件实用并且免费,系统组态调试和后期维护相对简单。本课题在对传统冶炼厂烟气监控工艺广泛调研的基础上,提出了利用 Modbus 协议对传统工艺流程进行改造,将所有跟烟气处理相关的 DCS 节点和智能仪器仪表联通起来,提高系统的网络通信能力,利用获取的数据实现对烟气全流程监控,实现相关节点闭环控制。本项目中,Modbus 连接了多种不同型号的 DCS 系统、PLC、智能仪表设备,系统构成简单、附属设备较少、数据传输稳定、项目投资较低。Modb-

us 协议在烟气全流程监控中应用，不仅为冶炼厂自动化和信息化建设，提供了实践数据和参考信息。还可以进一步探索自动控制水平的提升，如利用数据信息集成和 DCS 实现闭环自动控制，利用奥炉出口烟气压力值直接控制高温风机转速、直接调节硫酸系统烟气浓度等，进而提高流程控制质量和效益。

Application of Modbus Protocol in the Whole Process Monitoring of Smelting Off-gas

LUO Yong, WU Xuan-rui

Abstract: Modbus protocol is a completely open communication protocol, which is widely used in various control systems and intelligent instrumentation. Combined with the actual on-site situation of the smelter, Modbus protocol is applied to the whole process monitoring of smelting off-gas, and a communication network based on Modbus is built to link the DCS control system, PLC system and intelligent instrumentation of the whole plant to each other, realizing interconnection and interoperation. Related data of off-gas are analyzed and processed, and these data are used to realize the whole process closed-loop control of off-gas. The proposed technology provides data and information support for the automation and information construction of the smelter, and it is very important for improving the automation level of off-gas monitoring in non-ferrous metallurgy enterprises.

Key words: Modbus protocol; YOKOGAWA CS3000; telecommunication; whole process monitoring of off-gas

（上接第 52 页）

Brief Discussion on Emergency Power Supply System Expansion Design of An African Copper Smelting Enterprise

ZHU Shi-wei, XU Yun-hai

Abstract: Aiming at the main problems existing in the first-phase emergency power supply system, the capacity of new diesel-generator set is calculated scientifically to meet the enterprise's power demand of first order load; the reasonable use of mature technology and equipment not only reduce the cost and construction difficulty, but also improve the reliability and quick response ability of the expanded emergency power supply system. After the expanded system is put into use, it can fully meet the needs of safety production.

Key words: emergency power supply system; diesel-generator set; automatic transfer switching cabinet