

[运行监控系统]

# 基于PLC的一种空压机设备运行监控系统设计方法

文/刘宇翔<sup>1</sup> 蔡文利<sup>1</sup> 高霞<sup>2</sup> 张培<sup>1</sup> 刘瑞昕<sup>1</sup>

1. 宝鸡石油钢管有限责任公司; 2. 国家石油天然气管材工程技术研究中心

该系统主要通过ModbusRTU通信实现西门子200 Smart PLC与空压机的数据通信, PLC又通过网络接口接入车间现场控制网。将空压机设备运行数据或经过PLC运算处理后的数据进行实时显示, 实现空压机设备的远程启停, 实现空压机设备运行数据及电能消耗数据的分析和处理, 实现运行数据报表的存储及查询, 实现空压机设备日常维护及运行数据的报警及提醒。

空压机是生产过程中比较理想的动力设备, 在实际生产中起着十分重要的作用。随着自动控制技术的快速发展, 将空压机设备运行数据、电能消耗数据进行采集, 实现空压机设备运行数据的可视化, 提高设备自动化、信息化水平, 提高设备运维管理水平。

本系统主要通过增加2台西门子200 Smart PLC, 采用ModbusRTU通信将空压机设备数据采集至PLC1中, 又采用多功能电能表通信协议DL/T 614—2007《多功能电能表》电力规约将电能表数据采集至PLC2中, PLC1、PLC2通过网线接入车间原有控制网, 在车间调度室或维修班组计算机安装工业控制组态软件, 设计组态软件界面, 将空压机设备运行数据或经过PLC运算处理后的数据进行实时显示及存储, 从而实现空压机设备运行参数的远程监控。

## 系统硬件网络搭建

本系统选用西门子200 Smart PLC (SR20) 作为数据采集和数据运算处理模块。PLC集成的RS 485端口引脚 (3#、8#) 至空压机控制面板485接线端子通过485通信线连接, PLC网络端口与车间原有控制网交换机网络端口之间通过网线连接。调度室

计算机、维修班计算机通过网线接入原有控制网。

空压机送电开关柜内安装电能表用来测量空压机电设备的用电量, 通过增加一台西门子200Smart PLC, 通过同样方法接入网络后便可以实现空压机电能表数据的采集及运算。

## 空压机、电能表通过PLC实现数据采集

### 1. 空压机设备数据采集

#### (1) 通信线路连接

本系统需要采集数据的空压机是美国寿力的AS7508ACV型号的空压机, 该型号空压机第一路RS 485专用于Modbus通信协议下的联机控制, 将第一路485的A端接至PLC集成的RS 485端口的8#引脚, 将第一路485的B端接至PLC集成的RS 485端口的3#引脚。PLC集成的RS 485端口引脚分配如图1所示。

#### (2) 初始化程序

将RS 485通信线路连接好后, 通过控制面板将空压机地址参数设置为2, 波特率参数设置为9 600。在PLC中编写通信程序, 实现空压机数据的读取。

如图2所示, 在MBUS\_CTRL初始化程序中EN (使能)、Mode (模式) 使用SM0.0控制 (上电后SM0.0位始终为1)。Baud (波特率) 设置为

9 600。Parity（校验）设置为0表示无校验，Port端口设置为0，表示PLC集成的485端口，Timeout（超时）设置值为1 000 ms，Done（完成位）初始化完成，此位会自动置1。

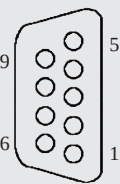
| CPU插座<br>(9针母头)                                                                   | 引脚号 | 信号         | Port0（端口0）<br>引脚定义    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|------------|-----------------------|
|  | 1   | 屏蔽         | 机壳接地                  |
|                                                                                   | 2   | 24 V返回     | 逻辑地（24 V公共端）          |
|                                                                                   | 3   | RS-485信号 B | RS-485信号 B            |
|                                                                                   | 4   | 发送请求       | RTS（TTL）              |
|                                                                                   | 5   | 5 V返回      | 逻辑地（5 V公共端）           |
|                                                                                   | 6   | +5 V       | +5 V，通过<br>1 000 hm电阻 |
|                                                                                   | 7   | +24 V      | +24 V                 |
|                                                                                   | 8   | RS 485信号 A | RS 485信号 A            |
|                                                                                   | 9   | 不用         | 10位协议选择（输入）           |
| 金属壳                                                                               |     | 屏蔽         | 机壳接地                  |

图1 S7-200 Smart PLC集成RS 485端口引脚分配

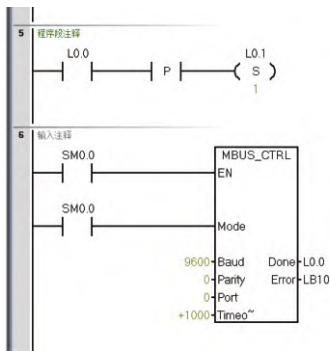


图2 初始化程序

初始化程序执行完成后，L0.0位自动置1，程序段5触发上升沿将L0.1位置1，通过L0.1位启动MBUS\_MSG读写操作。

(3) Modbus轮询程序

编写轮询程序，由L0.1位启动轮询程序不断扫描执行MBUS\_MSG读写操作。EN输入和First输入同时接通时，MBUS\_MSG指令会向Modbus从站发起主站请求。发送请求、等待响应和处理响应通常需要多个PLC扫描时间。EN输入必须接通才能启用发送请求，并且必须保持接通状态，直到指令为Done位返回接通。

参数“从站”（Slave）是Modbus从站设备的地址，本系统将空压机地址设置为2。参数RW表示是读取还是写入该消息，0（读取）和1（写入），本程序设置为0（读取）。离散量输出（线圈）和保持寄存器支持读请求和写请求。离散量输入（触

点）和输入寄存器仅支持读请求。

参数地址（Addr）是起始 Modbus 地址，设置为40001。参数“计数”（Count）表示读取或写入的数据元素数，设置为29。表示从40001地址开始读取29个保持寄存器字数。

参数DataPtr是间接地址指针，设置为VB300，表示读取到的值存储在从VB300开始的变量中。

参数Done位在通信正常时，程序段执行完成后显示为1。

参数Error显示通信故障代码。

通过轮询程序，读取到空压机内部地址寄存器的值，根据空压机厂家提供的地址表可以对应相应的运行参数。空压机PLC联控通信地址表见表1。

表1 寿力PLC联控通信地址

| 地址 | 寄存器                 | 位地址 | 范围              |
|----|---------------------|-----|-----------------|
| 0  | 累计运行时间L             | 否   |                 |
| 1  | 累计运行时间H             | 否   |                 |
| 2  | 累计加载时间L             | 否   |                 |
| 3  | 累计加载时间H             | 否   |                 |
| 4  | 机型（电流类型）            | 否   | 1（4-20 mA）      |
| 5  | 供气量                 | 否   |                 |
| 6  | 联控模式                | 否   |                 |
| 7  | 电压偏差                | 否   | (-3 800) /3 800 |
| 8  | 主机电流I <sub>c</sub>  | 否   |                 |
| 9  | 露点温度T <sub>d</sub>  | 否   |                 |
| 10 | 环境温度                | 否   |                 |
| 11 | T <sub>1</sub> /℃   | 否   | -20             |
| 12 | T <sub>2</sub> /℃   | 否   | -20             |
| 13 | P <sub>1</sub> /Psi | 否   |                 |
| 14 | P <sub>2</sub> /Psi | 否   |                 |
| 15 | T <sub>3</sub> /℃   | 否   | -20             |
| 16 | T <sub>4</sub> /℃   | 否   | -20             |
| 17 | P <sub>3</sub> /Psi | 否   |                 |
| 18 | P <sub>4</sub> /Psi | 否   |                 |
| 19 | T <sub>5</sub> /℃   | 否   | -20             |
| 20 | T <sub>6</sub> /℃   | 否   | -20             |
| 21 | 运行状态1（注1）           | 是   |                 |
| 22 | 运行状态2（注2）           | 是   |                 |
| 23 | 运行状态3（注3）           | 是   |                 |
| 24 | dp1（06-3-13>v2.49）  | 否   | =255时无dp1值      |
| 25 | 加载压差/Psi            | 否   |                 |
| 26 | 卸载压力/Psi            | 否   |                 |
| 27 | 最高总管压力/Psi          | 否   |                 |
| 28 | 最低总管压力/Psi          | 否   |                 |
| 29 | 最低压力/Psi            | 否   |                 |
| 30 | 启动加载延时时间/s          | 否   |                 |
| 31 | 卸载停机时间/min          | 否   |                 |
| 32 | 顺序时间/h              | 否   |                 |
| 33 | 轮换时间/h              | 否   |                 |
| 34 | 星-三角转换时间/s          | 否   |                 |

注：所有bit位为正逻辑，即1表示有信号，如地址22中的Bit0=1时表示高压侧报警，Bit10=1表示加载。

地址21、22、23对应3个字节变量中对应的是空压机的运行状态位，运行状态位的对应较为麻烦，可以借助串口调试软件Modbus Poll对变量的每个位进行监测。在Modbus Poll软件中设置为二进制显示，操作空压机设备的启动、停止、急停等按键，可以清晰地观察到对应状态位从0到1的不断变化，从而确定对应状态位，以此类推，便可将运行状态位与变量的地址位实现一一对应。

## 2. 电能表数据采集

空压机电能测量所用的电能表为目前应用较为广泛的威盛电能表，该电能表支持多功能电能表通信协议DL/T 614—2007（DL/T 645—2007《多功能电能表通信协议》），电能表第一路RS 485口为主RS 485口，可进行读写操作。PLC集成的RS 485端口的8#引脚、3#引脚分别接至电能表485通讯端子的A端口和B端口，编写PLC通信程序可实现电能表数据的采集。

PLC编写程序读取电能表数据较为复杂，可预先在笔记本电能上安装串口调试软件，采用USB转串口通信线与电能表连接。先通过串口调试软件发送数据，对接收回来的数据进行分析处理得到数据的结构规律。

串口调试助手发送数据：68 42 00 00 00 00 00 68 01 02 43 C3 1B 16，接收到的数据为68 42 00 00 00 00 00 68 81 06 43 C3 34 98 C9 34 68 16。

根据数据编码规则，对接收到的数据进行分析，电能表有效数据位应该为34 98 C9 34，由于传输时发送方按字节进行加 33H 处理，所以接收后对每个数据减去33H后得到01 65 96 01，高低字节转换后得到01 96 65 01，与电能表正向有功总电量读数“19665.01”一致。PLC程序仿照串口调试进行编写，程序编写较为复杂，此处略去不述。

## 3. PLC与组态王软件实现数据通信

将PLC通过网络线路连接至车间控制网内交换机上，设置PLC的IP地址，在调度室计算机和维修班计算机上分别设置一个IP地址（确保在一个网段上），通过相应设置实现PLC与组态软件之间的数据通信。

1) 将PLC和计算机通过网络线路连接至车间控制网内交换机上，设置PLC和计算机的IP地址，确保IP地址在一个网段上。在计算机上安装组态

王软件后，打开组态王软件新建一个工程并命名为“S7-200 SMART”。

2) 在组态王软件中新建连接设备，按照设备配置向导选择S7-200（TCP），点击下一步并按照相应要求输入PLC的IP地址等内容。

3) 由于组态王没有与smart PLC连接的驱动，连接前需手动修改驱动：在组态王的安装目录中寻找C:\Program Files\kingview\DRIVER打开“kvS7200.ini”文档进行编辑，从而实现组态王软件与PLC之间的数据通信。

## 空压机设备运行监控系统功能设计

本次选用版本号为7.5的亚控组态软件进行操作界面设计，在组态王软件中新建一个工程，通过设备配置向导及驱动文档编辑，建立与PLC之间的数据连接。在组态王软件界面数据词典中添加相应的内存变量和IO变量，然后进行主画面的设计。空压机设备运行监控系统包括“空压机设备运行数据”和“空压机电能消耗”两部分。

### 1. 空压机设备运行数据

空压机设备运行数据包括设备简介、维保提醒、实时监控和运行数据4个界面。

#### (1) 空压机设备简介

空压机设备简介界面主要介绍空压机的品牌、规格型号、主要参数、外形尺寸和安装投用日期等信息，通过这些信息可以对空压机的基本情况有一个大概的了解。

#### (2) 维保提醒

空压机的维护保养主要包括：润滑油更换、油过滤器更换、空气滤清器更换和油气分离芯更换。空压机设备运行后，运行状态位为1，用启动状态位来启动PLC中编写的计时程序来进行计时。当某一项更换时间到了之后对应更换提醒报警指示灯闪烁报警，提醒需要更换。更换完成后按下“确认更换”按键，确认已更换。按下“保养方法”按键后可以查询说明书中具体的保养方法内容。

此功能可以确保空压机设备得到良好的运维，防止设备长时间不能按照要求进行规范的维护。

#### (3) 空压机状态监控

空压机状态监控主要包括：压力、温度数据的

显示，空压机运行状态的指示，空压机远程控制启动、停止、急停的操作，空压机启动次数的计数，空压机运行时间的计时，排水箱高水位的报警。如图3所示。

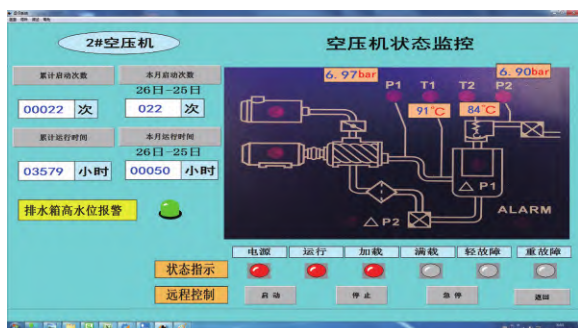


图3 空压机状态监控

空压机设备、PLC、组态软件间数据通信打通后，空压机压力、温度以及运行状态指示信号可以很方便地进行实时显示。通过给空压机内部寄存器相应状态位中写入数据，可实现空压机设备的远程控制。在PLC中编写程序可以完成空压机启动次数和空压机运行时间的计算。空压机运行后将会持续排放冷凝水，由于维修人员不能及时观察排水箱中的水量，常常造成冷凝水大量溢出污染环境。通过在排水箱中安装水位检测传感器，信号接入PLC，监控界面中设置报警指示灯，实现排水箱高水位的报警。

#### (4) 空压机设备运行数据

空压机设备运行数据主要包括：累计运行时间、累计加载时间、环境温度、T1温度、T2温度、P1压力和P2压力。在画面右侧报警值设置栏输入报警设置值，数据传输至PLC，PLC中编写程序与采集值比较，实现高温报警、低压报警，如图4所示。

#### 2. 空压机电量消耗

PLC通过报文发送并对接收到的数据进行处理



图4 空压机设备运行参数

后得到电表数值，再编写程序对数据进行分析处理，可计算出空压机设备每小时、每天、每月的耗电量。数据传输至组态软件通过编辑画面可以实时显示空压机的总有功用电量、每小时耗电量、每天耗电量和每月耗电量，可以通过查询界面查询用电量的历史数据报表。还可以设置每天或每月的用电量限值，当超过限值后报警提示。

## 结束语

本空压机监控系统采用PLC对空压机设备、威盛电表的数据进行采集，系统通过增加2台PLC，由网线接入车间原有控制网络。整个项目硬件费用1 000多元。通过项目的实施，实现了空压机设备的远程启停，实现了空压机设备运行数据及电能消耗数据的分析和处理，实现运行数据报表的存储及查询，实现空压机设备日常维护及运行的报警及提醒。

该系统设计简单，投资费用低廉。目前，该系统已成功投入运行近两年，应用效果良好，实现空压机设备运行数据的可视化，大大提高空压机设备自动化、信息化水平，降低操作人员及维修人员的劳动强度，极具推广应用价值。EA

(收稿日期：2024-04-15)

