

西门子S7-1500 PLC在氢冶金火炬放散自控系统的应用

文/宁胜
张家口宣钢机电工程有限公司

基于西门子1500系列可编程序控制器（PLC）的火炬放散自动化控制系统成功应用于张宣科技氢冶金项目。该控制系统的功能是确保生产装置在正常运行或出现事故时能够安全可靠地将相关气体进行放散，保证生产安全平稳运行。系统基于西门子1500PLC设计，采用了Modbus TCP/IP通信协议，通过光纤同DCS系统进行数据交换，从而提高数据传输的稳定性。主要介绍火炬放散系统自动控制系统相关功能的实现，主要包括自动/远程/现场手动点火，火炬头长明灯火焰检测及相关联锁，氮气吹扫及水封防回火安全保护、Modbus TCP数据传输、故障报警安全联锁等功能的实现。

本项目为张宣高科60万t氢基竖炉项目配套的公辅设施，张宣科技氢冶金项目是全球首个全部使用焦炉煤气的直接还原炼铁项目，氢冶金冶炼过程中会使用大量的工艺气体作为还原气，其主要成分是 H_2 、CO和 H_2S 等气体。为了确保生产装置在正常运行或发生事故时能够及时将排放的放散还原气安全可靠地在该火炬系统中燃烧，同时满足相应环境排放要求，针对于该放散火炬系统，设计了基于西门子1500系列PLC的自动控制系统，保证系统安全稳定运行。

火炬放散系统主体设备

放散系统主要包括塔架、火炬头，长明灯组件、火炬筒体、立式水封槽及相关自控电气仪表系统，如图1所示。

（1）火炬头

火炬头采用大气扩散燃烧方式，由于放散气体中的可燃成分以焦炉煤气及还原气体为主，因此不需要引设空气。通过对火炬头结构的设计，并配有伴烧环管系统，使放散的气体充分燃烧，同时不产生黑烟影响环境。

（2）长明灯组件

长明灯组件由点火枪、长明灯两部分组成，顶部设直防风罩。点火枪和长明灯都是由风门、引射器、外传焰段以及喷嘴等部分组成，点火枪功能是点燃长明灯。长明灯的功能是点燃火炬头，必要时可长明模式工作。

引射喷嘴根据气体成分和压力的燃料气适当调节出口孔径，起到节能的效果，同时配合特殊设计的风门和引射器，预先引入部分空气，进行燃料气、空气预混，从而加强燃烧的效果^[1]。

（3）火炬筒体

火炬筒体设计时经多阶动力响应计算，确保在任何风速下不产生共振，通过在塔架上布置的若干抱箍和平拉杆将火炬筒体所受水平风荷载传递给支撑塔架。

（4）水密封罐体

本火炬系统采用立式水封罐，水封罐的功能是隔离放散点火装置前端装置与火炬设施之间的安全设备。水封罐上设有磁翻板液位计，可显示水封罐内液位高度，磁翻板液位计位于水封内。水封罐上



图2 系统硬件组态配置图

三个长明灯同时点燃，程序轮循检测各个长明灯的火焰温度，通过“三选二”选择程序，保证至少有两个长明灯点燃，然后发送点火信号到PLC和HMI,进行下步操作，“三选二”选择程序如图3所示。

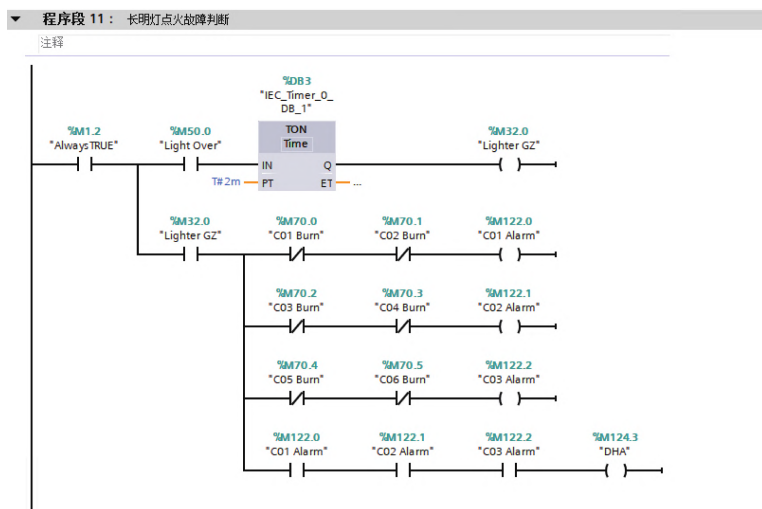


图3 “三选二”选择程序配置

2. 氮气吹扫及水封防回火安全保护

该火炬放散系统在进行放散前，需要对放散管路进行氮气吹扫，自动模式下接收到放散命令时先按照预定的时间打开氮气阀门进行管路吹扫，预定为20 s，之后关闭氮气阀门，开始放散。放散命令结束后，还进行氮气吹扫，预定为60 s。用户可以根据现场实际吹扫效果在参数数据块DB2中修改前后预定吹扫时间。程序配置图如图4所示。

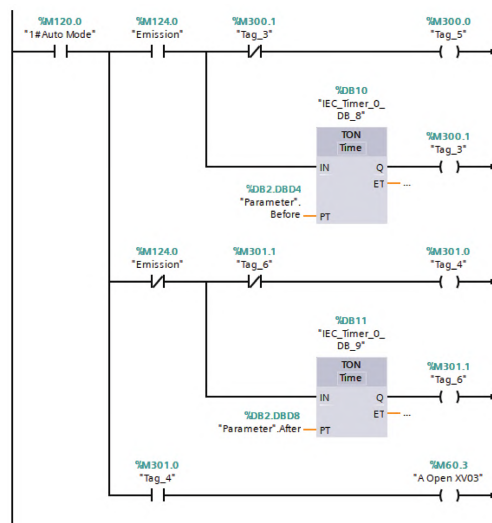


图4 氮气吹扫程序配置图

水封罐是隔离放散点火装置前端装置与火炬设施之间的安全设备，为了防回火安全保护。水封罐上同时设置液位变送器，可以将信号远传至 PLC，控制系统根据液位情况进行判断。

当水位低于预设值（500 mm）时，画面水位

低报警，系统打开补水阀门进行补水操作。当水位高于预设值（600 mm）时，画面高水位报警，系统关闭阀门。出于对现场设备的保护设置高高报警，即水面液位高于预设值（650 mm）时，画面报高高水位报警，这时触发声光报警以及故障停机信号。用户可以根据现场实际水封保护在参数数据块DB2中修改水封报警参数设定值。

同时由于水面波动，对液位信号进行防抖动延时处理，通过使用定时器，增加3 s延时，3 s内信号均达到预定值才进行判定报警及系统联锁。水封安全联锁程序配置图如图5所示。

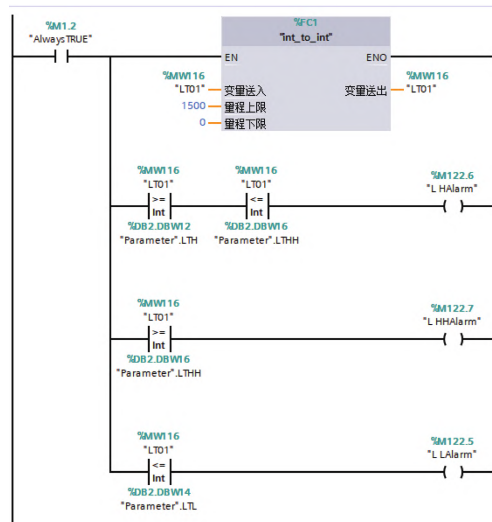


图5 水封安全联锁程序配置图

3. Modbus TCP数据传输

本系统应用Modbus TCP通信协议，通过以太

网方式实现与氢冶金主系统DCS进行数据传输及交换，通过数据交换将系统控制画面集成到氢冶金DCS主系统中，方便主控台集中控制。Modbus TCP协议继承了原始 Modbus 协议的简单性和鲁棒性，增加了 TCP/IP 的可靠性和互操作性。它将传统的 Modbus 数据封装在 TCP/IP 数据包中，使数据能够通过标准网络基础设施进行传输^[2]。

本系统需要与氢冶金DCS主系统交换的数据包括接收信号以及发送信号。发送给氢冶金主系统DCS的信号有长明灯组件和火炬的温度信号，水封罐的低位、高位和高高位报警信号，火焰检测信号，现场阀门的开关到位信号以及系统运行状态信号等。接收到DCS系统的信号有水封罐的液位参数设置信号、氮气放散的时间参数的设置信号、现场阀门的命令信号、点火命令信号以及设置确定信号等。

该系统采用Modbus TCP/IP 通信模块MB_SERVER，该模块主要用于Modbus TCP数据交换及通信。模块中有两个主要参数需要设置，分别是MB_HOLD_REG和CONNECT两个参数。MB_HOLD_REG是指向“MB_SERVER”指令中Modbus保持寄存器的指针，用于确定数据传送的寄存器首地址，本系统中选择M100.0作为首地址，作为保持寄存器，可以使用具有优化访问权限的全局数据块，也可以使用位存储器的存储区^[3]。

CONNECT参数是指向连接描述结构的指针可以使用下列结构（SDT）：TCON_IP_v4：包括建立设定连接所需的所有地址参数，便于服务器响应来自该地址的请求。使用 TCON_IP_v4 时，将在调用指令“MB_SERVER”时建立连接。该结构体主要的参数有数据类型（Connect Type），远程地址设置（Remote Address）和远程端口设置（Remote Port）等，Modbus TCP 通信模块MB_SERVER模块程序配置图如图6所示。

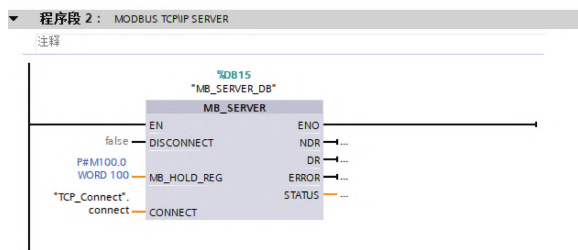


图6 MB_SERVER模块程序配置

4. 自动/远程/现场手动点火模式

自控系统具有远程/本地及手 / 自动点火放散模式。操作人员可以通过远程HMI和本地控制箱操作系统进行点火和放散。

在自动点火模式方式时，当PLC接收到放散气管道上的压力信号或其他系统提供的放散信号后，系统将自动打开长明灯组件燃料气阀门，触发高能点火器，通过点火杆引燃长明灯组件，进而点燃火炬头进行放散。

在手动点火模式方式时，操作者可通过控制柜按钮，打开相应的长明灯组件燃料气阀门、接通高能点火器等操作完成点火。应急状况下，操作人员还可通过设置于现场的点火操作箱和阀门现场手操器，进行现场就地点火。

5. 故障报警安全联锁

本系统设置故障报警信号以及相关的安全联锁，保证系统的安全稳定运行。主要的安全联锁信号有：①在接到点火指令后，如果长明灯组件三次点火失败时，系统将发出声光报警信号，同时关闭相应的阀门，停止放散；②燃料气和氮气管路上设置压力开关，对管道上的压力进行监测，压力过低发出声光报警，指示操作人员检查故障；③水封罐液位高/低报警，保证水封罐液位。

结束语

该火炬放散控制系统在氢冶金投入运行以来，确保生产运行过程或发生事故情况下进行气体的放散，保证生产安全平稳运行，同时满足环境排放相关要求，具有借鉴和推广价值。EA

参考文献

- [1] 陈萌萌. 某焦化项目的火炬设计及燃气预混过程数值模拟研究[D]. 太原: 中北大学, 2021.
- [2] 齐从谦, 王士兰. PLC技术及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 陈艺宏. 西门子PLC在集中控制系统中的应用[J]. 科技创新与应用. 2020(35): 179-180.