

LNG储配站原料气压缩机的自动控制设计

文/大连神通电气有限公司 丛 羊 雷宏艳

LNG储配站作为城市供气系统中的重要环节，应保证工作可靠、安全生产和便于运行管理，合理的自动化控制设计至关重要。以某储配站原料气压缩机为例，详细介绍PLC和HMI在压缩机运行过程中的自动化逻辑控制以及对参数变量的综合处理。

城市LNG储配站接收的原料气一般气压相对较低，需要对其进行适当增压处理，再通过气液分离器将液相从气体中分离出来，达到后续液化处理的要求。本项目中选用的是往复式压缩机，可以满足原料气洁净度比较低、压力变化较大的情况。配套的工艺仪表要求防爆等级为dIICT4并配备Hart协议，通过现场手操器可以读取仪表的详细信息。压缩机的运行状态则通过各仪表和传感器反馈到PLC中，经过PLC根据压缩机的工艺流程进行逻辑控制以实现压缩机的安全可靠的运行。以下详细介绍压缩机的自动控制系统。

系统配置

1. PLC的硬件配置

根据系统采集信号的类型和数量以及工艺流程的要求，本项目的PLC选用西门子Smart 200系列，其硬件包括：CPU模块ST40（DC 24 V），配备1路Profinet端口和1路RS 485串行端口，可以通过以太网和Modbus RTU 通信完成与触摸屏和上位机的远程传输；模拟量输入模块EM AE08，用于采集各压力仪表反馈的4~20 mA 的压力信号，但此

模块检测电流量程为0~20 mA，在软件编程序时输入范围应转换为5 530~27 648；热电阻模块EM AR04，用于接收现场PT100的温度信号；模拟量输出模块EM AQ02，用于气量调节阀PID控制的输出端；触摸屏TP900，通过以太网经交换机与PLC实现通信。另外，配备1台交换机6GK7 277-1AA10-0AA0，用于扩展系统通信。

2. 现场的I/O配置

根据压缩机工艺要求和逻辑控制的需要，PLC的DI输入点包括：①主电动机、辅油泵电动机和盘车电动机的运行信号；②手动起动、停止和复位按钮信号；③DCS的正常和紧急停车信号；④盘车行程开关、电动机吹扫系统的联锁与完成信号等。PLC的DO输出点包括：①至DCS的机组运行和综合报警信号；②至低压柜的辅油泵启动信号；③至高压柜的启停主电动机信号等。另外，现场各工艺参数反馈给PLC的模拟量信号如图1所示，通过检测、分析和处理进气、排气、润滑油、轴承、电动机定子的压力和温度等参数变量，再与PLC程序中预设值进行比较后，实现对压缩机的启停机、过程控制以及对报警发生时的实时处理等。

符号表				
	符号	地址	注释	
1	进气过滤器差压	AIW16	0~0.25MPa	
2	进气总管压力	AIW18	0~4MPa	
3	排气总管压力	AIW20	0~10MPa	
4	油过滤器差压	AIW22	0~0.25MPa	
5	润滑油供油压力1	AIW24	0~1MPa	
6	润滑油供油压力2	AIW26	0~1MPa	
7	润滑油供油压力3	AIW28	0~1MPa	
8	左一级活塞杆下沉位移	AIW30	-1~1mm	
9	右一级活塞杆下沉位移	AIW32	-1~1mm	
10	工艺气回路调节阀	AIW34	0~100%	
11	工艺气回路调节阀反馈	AIW36	0~100%	
12	左一级进气温度	AIW48	0~100℃	
13	左一级排气温度	AIW50	0~200℃	
14	右一级进气温度	AIW52	0~100℃	
15	右一级排气温度	AIW54	0~200℃	
16	润滑油供油温度	AIW64	0~100℃	
17	压缩机轴承温度	AIW66	0~200℃	
18	电机轴承温度	AIW68	0~200℃	
19	电机定子温度	AIW70	0~200℃	

图1 PLC的模拟量信号

程序设计

1. 压缩机的启动

压缩机在开机前，除了现场对压缩机各仪表阀门等设备的检查、盘车和吹扫外，最重要的是通过PLC对各反馈信号进行判断，以便确定是否满足启动条件，如图2所示。反馈信号经过程序分析处理后再进行比较，完成整个判别过程。对于模拟量信号，一般使用库文件S_ITR指令可以将5 530~27 648的数字量转换成需要的工程数值，再利用浮点数比较指令完成对比。比如当润滑油供油压力

≤0.32 MPa时，PLC应输出信号并启动辅油泵电动机，使供油压力保持在0.4~0.45 MPa之间。润滑油温度、盘车和电动机吹扫完成等信号需要现场操作完成，然后将信号反馈给PLC。最后确定压缩机是否处于0%负荷，以上所有信号满足要求后通过PLC位存储器M10.0反馈给触摸屏信号并点亮允许指示灯，此时便可启动压缩机。

2. 压缩机的停机和报警处理

压缩机的停机包括正常停车、紧急停车和报警停车。正常停车信号包括DCS指令和低压柜按钮指令，分配DI地址为I0.3和I0.6。紧急停车信号为DCS指令，分配地址为I0.4。报警停车是各机构的压力、温度等信号超出程序预设的控制值时，PLC所执行的强制停车，并将报警信息反馈给触摸屏，在触摸屏上可以查看所有报警信息，现场操作员根据触摸屏上的报警信息一一排查确认。这里将PLC的位存储器MD10作为触摸屏的报警反馈，以下结合触摸屏的编程软件WinCC FLExible具体说明。图3是监测压缩机各机构的参数报警组态，为了在实际运行中减少触摸屏和PLC控制器的通信负担，最好采用离散量报警，通过PLC的位存储器MD10的32个位来作为报警触发变量，对各参数的上下限比较计算由PLC本身完成。在触摸屏上组态报警窗口、报警组、报警类别和用户确认权限等，完成对报警的视图显示和处理操作。另外，需要组态报警记录以便事后查看，在报警记录属性设置中，事件选择CopyLog函数，可以将报警拷贝备份，作为后期数据统计的依据。

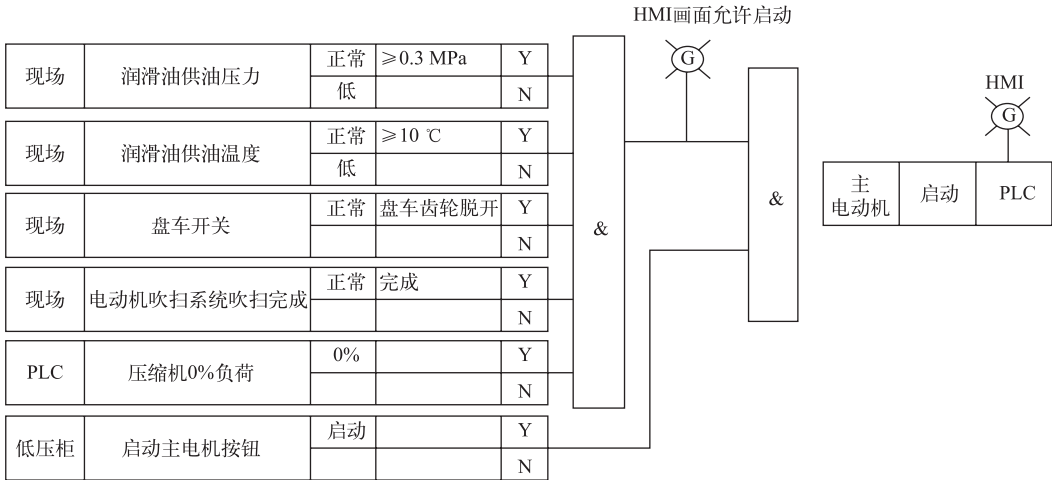


图2 PLC对压缩机启动的判断流程

文本	编号	类别	触发变量	触发器地址	触发器地址
进气过滤器压差高, 当前值<tag 进气过滤器压差>	1	报警	现场报警	0	0
进气总管压力低, 当前值<tag 进气总管压力>	2	报警	现场报警	1	1
润滑油供油压力低, 当前值<tag 润滑油供油压力>	3	错误	停车报警	0	0
压缩机轴承温度高, 当前值<tag 压缩机轴承温度>	4	错误	停车报警	1	1
电机轴承温度高, 当前值<tag 电机轴承温度>	5	报警	现场报警	2	2
排气总管压力高, 当前值<tag 排气总管压力>	6	报警	现场报警	3	3
油过滤器差压高, 当前值<tag 油过滤器差压>	7	报警	现场报警	4	4
润滑油供油压力高, 当前值<tag 润滑油供油压力>	8	报警	现场报警	5	5
左一级排气温度高, 当前值<tag 左一级排气温度>	9	报警	现场报警	6	6
右一级排气温度高, 当前值<tag 右一级排气温度>	10	报警	现场报警	7	7
润滑油供油温度高, 当前值<tag 润滑油供油温度>	11	错误	现场报警	8	8
电机定子温度高, 当前值<tag 电机定子温度>	12	报警	现场报警	9	9
油气分离器低低联锁	13	错误	停车报警	2	2
DCS紧急停车	14	错误	停车报警	4	4

图3 压缩机各机构参数报警组态监测

3. 气量调节阀的PID控制

压缩机的工艺气回路调节阀定位器采用PLC内部的PID闭环控制方式, 工艺参数依据进气压力AIW18和排气压力AIW20作为PID的模拟量输入变量, 工艺调节阀AQW80作为PID的模拟量输出执行通道。进气压力正常工作值为2.15 MPa, 当压力值 ≤ 2 MPa时, 开启调节阀。排气压力正常工作值为5 MPa, 当压力值 ≥ 5.25 MPa时, 开启调节阀。PID采用Smart 200软件中的向导来实现, 其中过程变量标定选择为单级20%偏移量。向导完成后, 按照图4所示调用子程序PID0_CTRL, 分配各输入输出参数, 通过输出变量Output的数值控制调节阀的开度0~100%。对排气压力的PID组态同吸气压力的处理方法, 但最后需将两个PID的输出变量结果做高选处理, 将高值作为AQW80的输出值。工程调试阶段通过PC软件中的PID控制面板执行自动调节操作, 待完成增益、积分和微分自动计算后保存程序重新下载到PLC中, 实现整个PID闭环控制。

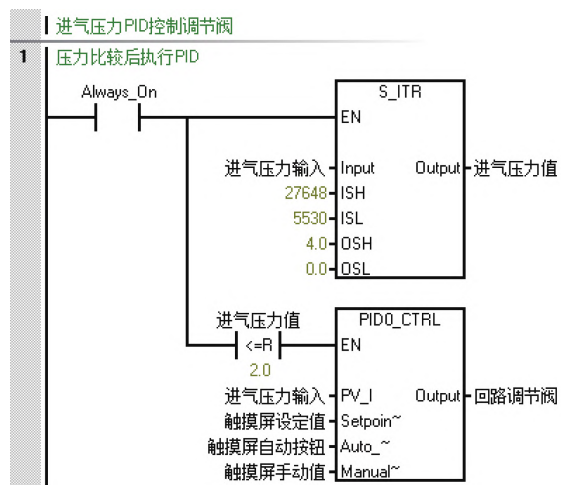


图4 气量调节阀的PID控制

4. 触摸屏HMI的组态

触摸屏的组态主要是对机组的运行状态显示、各参数查询调整、报警处理和现场操作等提供方便的可视窗口。触摸屏通过访问PLC的位存储器地址和变量存储器地址, 对应各个实际参数名称, 实现对机组运行的监测、控制和报警的显示、处理。部分过程变量可以设置为输入输出模式, 触摸屏可以直接更改PLC的变量数值, 比如报警上下限、报警时间、PID手自动转换以及PID强制输出等。图5所显示的是报警参数查询画面, 当某参数有报警发生时, 右侧报警指示器闪烁, 可以单击进入报警界面查看报警信息。而且通过HMI的组态, 可以设定不同操作人员和管理人员的权限等级, 通过用户登录界面可以获得不同的操作范围。比如查看和更改各参数的上下限报警数值就需要较高的权限等级。另外, 还可以通过组态数据记录和报警记录对机组的历史运行情况进行查询与备份。总而言之, 触摸屏的配备为自动化控制提供了更加开放、直观的操作形式, 简化了故障诊断流程, 有效地提高了整个控制系统的安全性、可靠性。

2021-7-3 9:29:39

参数查询

故障查询

当前机状态：待机

进气总管压力：	0 MPa	左一级进气温度：	0 °C
排气总管压力：	0 MPa	左一级排气温度：	0 °C
润滑油供油压力304：	0 MPa	右一级进气温度：	0 °C
润滑油供油压力305：	0 MPa	右一级排气温度：	0 °C
润滑油供油压力306：	0 MPa	润滑油供油温度：	0 °C
进气过滤器差压：	0 MPa	压缩机轴承温度：	0 °C
油过滤器差压：	0 MPa	电机轴承温度：	0 °C
工艺调节阀：	0 %	电机定子温度：	0 °C

系统状态

参数查询

参数输入

用户登录

运行记录

图5 报警参数查询

结束语

本项目是为原料气压缩机设计的自动控制系统, 能够保证机组安全可靠的运行, 软件组态方便灵活, 具有开放式结构, 远程中控室可以通过Modbus-RTU通信协议方便地监测机组的运行情况以及对故障的及时诊断处理, 并可对各个参数实时分析记录, 能够有效地避免故障的发生, 达到了用户的使用要求。EA

(收稿日期: 2021-07-06)