



JIDIAN YITIHUA XITONG JIANCE YU KONGZHI

机电一体化系统 监测与控制 下册

肖世德 唐 猛 孟祥印 黄慧萍 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

机电一体化系统监测与控制

(下册)

肖世德 唐 猛 孟祥印 黄慧萍 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

目 录

第 9 章 天然气调压站的智能监控系统	261
9.1 天然气输配管网监控引言	261
9.2 调压站监控系统的功能需求	261
9.3 天然气调压站监控系统设计	264
9.4 调压站监控系统软件设计	271
9.5 监控系统可靠性设计	277
第 10 章 机器人应用开发技术	283
10.1 移动机器人	283
10.2 微型机器鼠设计开发	286
10.3 智能导航小车	292
10.4 日本机器人产业纵览	301
10.5 国内外机器人的发展趋势	309
第 11 章 数控加工与运动控制技术	313
11.1 数控技术概述	313
11.2 数控程序编制	318
11.3 数控编程的坐标系统	323
11.4 CNC 数控插补原理	324
11.5 伺服驱动系统	330
11.6 PCB 数控钻床研制	334
第 12 章 机电一体化系统工业抗干扰设计	358
12.1 隔离抗干扰技术	359
12.2 接地抗干扰技术	368
12.3 软件抗干扰技术	374
12.4 印制板抗干扰技术	377

12.5 危险环境防爆电气抗干扰设计	380
12.6 乳化液泵站监控 PLC 系统抗干扰设计实例	388
附录一 机电一体化常见缩写专业词汇	393
附录二 机电一体化常用专业词汇	396
参考文献	405

第 9 章 天然气调压站的智能监控系统

9.1 天然气输配管网监控引言

管道燃气供应以其方便、经济、安全等优点得到广泛应用，正逐步取代瓶装供气。燃气具有易燃、易爆的特点，为了保证燃气供应的安全并实现最佳调度，必须及时掌握系统运行状态，了解压力、流量、温度等数据。随着计算机技术的发展，由微机及智能化器件组成的燃气自动监测系统成为燃气实现自动化生产供应不可缺少的工具。智能控制系统是利用远程压力传感器采集压力、流量计的流量信号，通过 PLC 系统的输出控制减压阀、增压阀和泄压阀，以达到燃气稳定供应的目的。

国外对天然气输配管网监控系统的建设已日趋完善，有了一整套成熟的技术和设备，国外天然气输配管网监控系统的产品有的已经在我国少数调压站得到应用。国内大多数天然气公司的调压站在工作过程中缺乏相应的状态监测和控制措施，在出现异常和故障情况时不能及时有效地停气和检修，从而给企业带来很大的浪费和损失，甚至会酿成事故。将现代化的状态监测技术与调压站这一传统的工程领域有机结合起来，带动调压站向智能化、机电一体化方向发展，是提高调压站工作安全性、可靠性的必由之路。

下面以广州东永调压站监控系统为例，介绍调压站监控系统的设计与实现。

9.2 调压站监控系统的功能需求

9.2.1 工艺系统介绍

1. 工作原理

图 9.1 是广州东永调压站监控系统的现场图。图中工艺管道上的设备是我们控制的对象。通过该图可以看出气体在管道中流动的情况和设备的功能等，

明白系统大致的工作原理，为系统的监控工作提供背景知识。

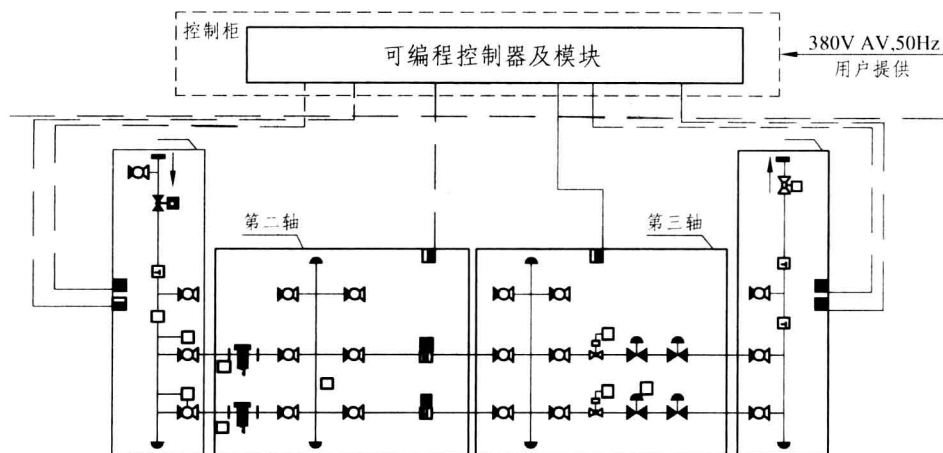


图 9.1 广州东永调压站工艺流程图

本系统调压回路的工作原理如下：

调压系统主要通过各个调压器压力设定的差异来达到自动切换的目的，若主回路工作调压器压力设定在 0.4 MPa ，则监控调压器的压力设定要略高于主调压器，一般为 0.44 MPa ，而备用调压回路的工作调压器压力设定点应略低于主调压回路工作调压器的压力设定点，为 0.36 MPa 。同样，备用调压回路的监控调压器的压力设定点应略高于其工作调压器的压力设定点，为 0.44 MPa 。

在正常工况下，主调压回路的工作调压器负责压力的调节，出口压力为 0.4 MPa ，主调压回路的监控调压器保持全开状态，当主调压回路的工作调压器失效，则此工作调压器将处于全开状态，调压器出口压力将升高直至 0.44 MPa ，此时压力信号通过取压管反馈至监控调压器，监控调压器将开始负责压力的调节，若监控调压器也失效，下游压力将继续升高直至达到切断阀的设定压力，此时主调压回路切断阀切断，主调压回路停止供气，但下游用户仍然在用气，此时调压站出口压力将下降，直至降到 0.36 MPa ，此压力信号将通过取压管反馈至备用调压回路的工作调压器，备用路的工作调压器将开始工作，负责压力的调节，同样备用路也配有监控调压器，即使在备用路工作调压器失效的情况下，此监控调压器也可负责压力的调节。

2. 工艺对象的结构和功能

1) 工艺系统的结构

调压系统由工作调压器、监控调压器、切断阀、放散阀、相应的管道阀门

组成,共有两路调压路,一用一备。

2) 工艺系统功能

调压系统的功能为调节调压计量站出口压力,为下游用户提供压力稳定的气源,并与限流、调流系统,计量系统一起,限定下游用户的用气流量以及在用户达到预定的用气量之后切断气源。每条调压回路具有相同的配置,由一台独立的切断阀、一台监控调压器、一台工作调压器以及进出口隔断阀组成。正常工况下,工作调压器调节天然气调压站出口压力,当工作调压器失效,监控调压器将投入运行控制管线压力,如果监控调压器也失效,下游压力继续升高,当压力达到切断阀设定点时切断阀切断。此时备用路工作调压器将投入运行,来控制天然气调压站的出口压力。

总之,通过各个调压器设定压力的不同,在故障发生的情况下,调压器及调压回路可自动切换,以保证下游设备的用气万无一失。

9.2.2 智能监控系统的主要功能

(1) 通过压力传感器对调压站的出口压力和入口压力进行监视。若出口压力 p 与设定压力值 p_0 的差值小于设定值 (或在范围内), 系统会增压, 增压阀以 0.5 Hz 的频率吸合; 当压差值超过范围上限, 则增压阀常开。若出口压力 p 与设定压力值 p_0 的差值大于设定值或超过范围时系统需减压, 减压阀以 0.5 Hz 的频率吸合; 压差值超过范围上限, 则减压阀常开。

(2) 球阀 A、B 状态检测: 实时显示球阀的各种状态, 是否开到位, 是否关到位, 是现场控制还是遥控。

(3) 切断阀状态监测: 实时显示工作回路和备用路切断阀阀位状态 (开、关)。若主回路切断阀打开, 同时自动切换到备用路。

(4) 回讯器状态检测: 实时检测和显示工作路回讯器和备用回路回讯器的状态。

(5) 通过温度传感器对调压站的出口温度和入口温度进行监测并实时显示。

(6) 通过压差传感器对工作回路压差 A 和备用回路的压差 B 进行监测, 并判断其是否超限。

(7) 实时显示主路工作调压器、主路监控调压器、备用路工作调压器、备用路监控调压器的开度值。

(8) 与流量计通信, 实时采集并显示工作回路 EVC 的 $Q, V_b, eV_b, V, eV, p, T, Q_b$; 备用回路 EVC 的 $Q, V_b, eV_b, V, eV, p, T, Q_b$ 。

(9) 组态 PLC 的通信口, 作为 Modbus 从站随时准备与上位机通信。

系统需完成的触摸屏软件功能:

(1) 对触摸屏进行组态, 以工艺流程图直观形象的形式显示了调压站各项数据以及阀位状态。

(2) 系统参数超标报警时进行相应的提示, 并可对报警值进行现场设定修改。

(3) 对于参数修改、状态调整等功能必须进行密码验证, 用户可以自己设定并修改密码。

监控系统的特点:

(1) 具备实时远程数据传输通信功能, 生产数据实时传输到指挥调度中心。

(2) 完善的安全监视及安全防范措施。

(3) 系统具有开放性, 与上一级应用的联网收费系统、地理信息系统和办公自动化系统实现无缝连接, 为生产决策提供依据。

(4) 系统具有完善的冗余措施。

(5) 友好易用的中文人-机界面。

(6) 采用模块化结构, 灵活的工业组态, 便于维护、扩充和升级。

(7) 高性能价格比。

9.3 天然气调压站监控系统设计

9.3.1 设计思想

控制系统无论规模大小, 其目的都是为了实现被控对象的工艺生产监视和控制, 提高生产效率、产品质量、系统安全性和可靠性以及降低劳动强度等。因此, 在设计 PLC 控制系统时, 应着重考虑以下事项:

(1) 本系统根据用户的要求和被控对象的控制范围、控制规模、系统是否冗余等要求进行了综合考虑, 同时, 充分考虑系统的性能价格比等因素, 确定控制系统总体方案, 采用集中本地控制。

(2) 在确定了控制系统方案以后, 明确各组成部分的基本功能, 包括硬件的主要设备, 如处理器、工作站、控制网络通信设备和软件及其数量。

(3) 对总体方案进行了可行性、可靠性的论证,以确保控制方案能满足用户的全部要求。

(4) 所选用的 PLC 满足被控对象的控制要求,技术成熟,通用性好,可靠性高。

(5) 在满足控制要求的前提下,系统本身安全可靠。

(6) 应考虑工艺发生变化时系统的余量和扩展能力。

(7) 所设计的控制系统简洁,有较高的性价比,操作和安装方便。

(8) 设计的系统有一定的先进性。

9.3.2 调压站监控系统硬件设计内容

调压站监控系统硬件主要包括以下几个部分:

1) 电气控制柜的设计

控制柜的主要作用是防护和支撑,其设计主要包括各种元器件的布局,即空气开关、浪涌保护器、熔断器、PLC 及其扩展模块等。

2) 模拟量采集模块

模拟量采集模块的用途是将外来模拟量转换为数字量供主机使用。

3) 信号转换隔离电路

使用安全栅对来自危险区的信号进行了隔离,而且增强了信号的抗干扰能力。

4) PLC 控制电路

该电路主要包括数字量的输入与输出电路及其可靠性和抗干扰措施。

5) 显示器电路

液晶显示触摸屏是本系统非常重要的一个部分,各项参数的显示以及设置都需要通过触摸屏来进行。

6) 通信网络的设计

通信包括与流量计以及上位机的通信。为了实现智能监控,达到无人值守的目的,需要将现场的各种数据以及状态及时传送给上位机,而且上位机可以对系统的各项参数进行设置。

系统的硬件框图如图 9.2 所示。

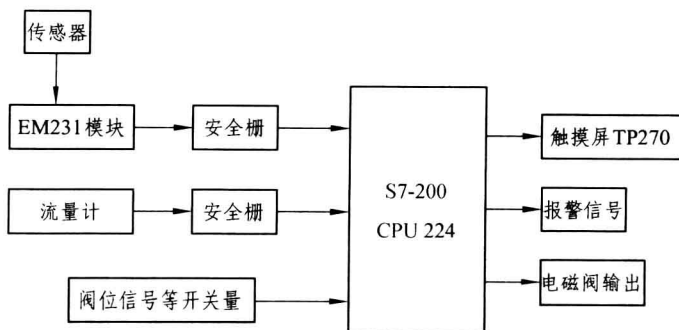


图 9.2 系统硬件框图

9.3.3 监控系统硬件设计

1. 电气控制柜的设计

柜体结构是电气控制柜的基础。作为控制柜，它既要满足各电气单元的功能组合条件（如形式的统一、功能的分配等），还要满足柜体的固有要求（如坚固可靠、整齐美观、调整容易等）。本系统选择的是常用的箱式柜体，其外形美观大方，35 mm 导轨以紧固件连接横卧在柜体中，可以保证各电气单元可靠地固定于柜体中。电气控制柜中固定有 CPU 及其扩展模块和低压电器。防护作用则包括以下几个方面：

（1）防止人体触及或接近外壳内部的带电部分和运动部件，防止固体异物进入控制柜内部。

（2）防止水进入柜体内部并达到一定程度。

（3）防止外部因素（如小动物侵入、气候和环境因素等）影响内部设备。

（4）防止设备受到意外的机械冲击。

作为支撑件，其内部布局主要考虑以下几点：

（1）留出至少 10% 的面积作备用，以供控制装置改进或局部修改用。

（2）由同一电源直接供电的电器安装在一起，与不同控制电压供电的电器分开。

（3）电源安装在控制柜上方，其上方不再安装其他电器。

（4）发热元件安装在控制柜上方，并将发热元件与感温元件隔开，弱电部分加屏蔽和隔离，以防强电和外界干扰。

(5) 将外形与结构尺寸相同的电器元件安装在一起, 既便于安装, 又整齐美观。

(6) 为利于电器维修工作, 经常需要更换或维修的器件安装在便于更换和维修的高度, 电器布置尽量对称, 以便与整个柜子的重心与几何中心重合。

本系统采用的是塑料外壳式断路器、填充式熔断器。断路器主要用于电路的过负荷保护以及短路、欠电压、漏电压保护。为防止直接、间接雷击或内部原因引起的浪涌, 控制柜内安装了浪涌保护器。安装在用户供电系统入口进线各相和大地之间的大容量电源防浪涌保护器作为供电系统的浪涌保护。该级电源保护器具备 100 kA/相以上的最大冲击容量, 要求的限制电压小于 1 500 V。所用的电源防浪涌保护器是专为承受雷电和感应雷击的大电流和高能量浪涌能量吸收而设计的, 可将大量的浪涌电流分流到大地, 靠它们保护供电系统内部的用电设备。

系统的电气原理如图 9.3 所示。

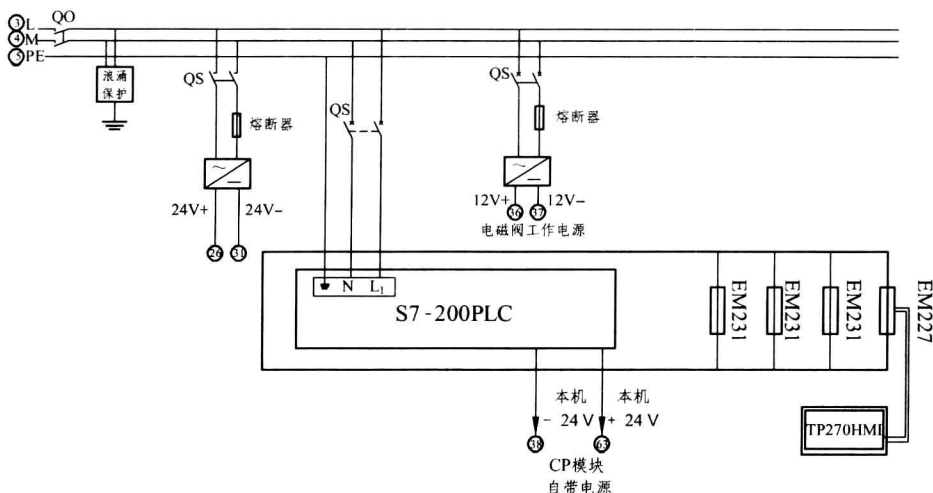


图 9.3 系统电气原理图

2. 模拟量采集电路

模拟量输入模块的用途是将外来模拟量转换为数字量供主机使用, 为能适用于各种规格的输入量, 一般将模块设计成可编程的。而转换生成的数字流量一般具有固定的长度及格式。本系统选用西门子公司的 EM231 作为模拟量采集模块。

本系统所使用的传感器输出是 4~20 mA 信号, 接线原理如图 9.4 所示。

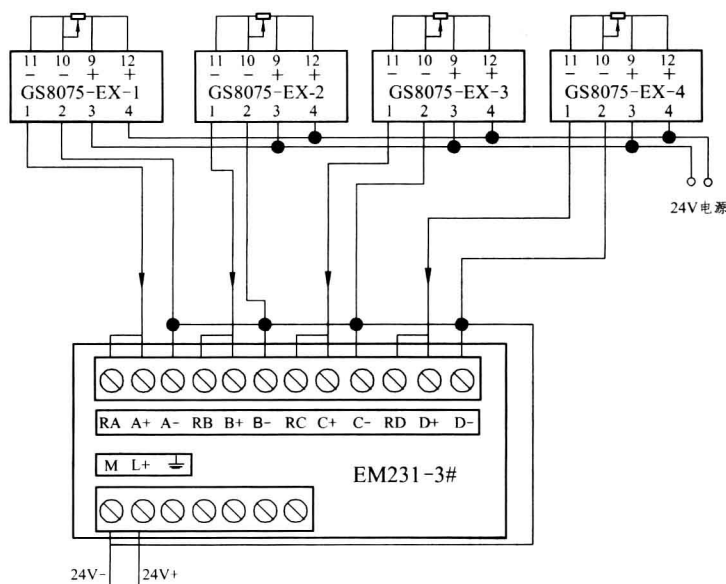


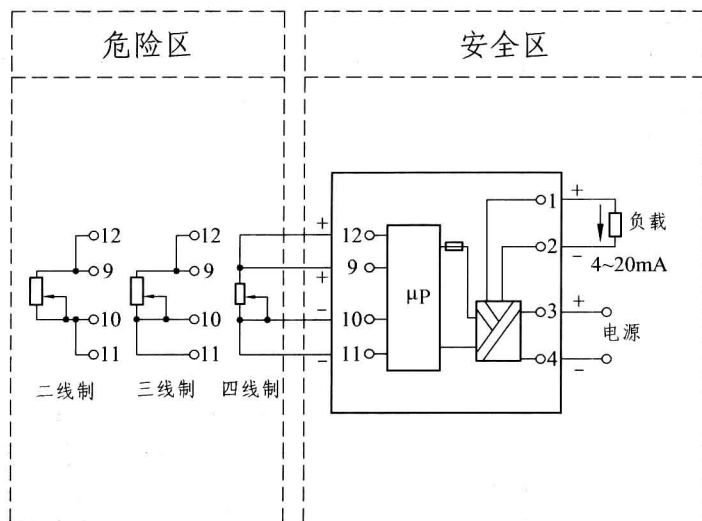
图 9.4 系统中用的 EM231 的实际接线图

3. 信号转换与隔离

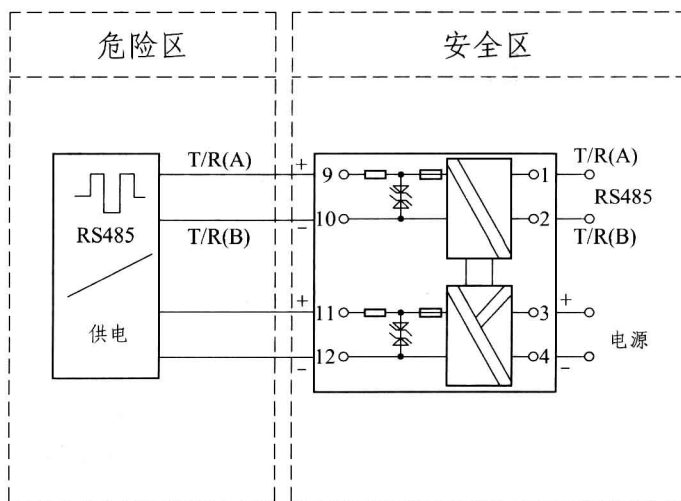
因为天然气调压站属于有爆炸物存在的危险场所，因此，必须将来自危险侧的信号通过隔离以后传输到安全侧，而且在工业现场，距离较远的电器设备、仪表、PLC 控制系统之间进行信号传输时，往往存在干扰，造成系统不稳定甚至错误操作。除了系统内、外部干扰影响外，还有一个十分重要的原因就是各种仪器设备的接地处理问题。一般情况下，设备外壳需要接大地，电路系统也要有公共参考地。但是，由于各仪表设备的参考点之间存在电势差，因而形成接地环路，由于地线环流会带来共模以及差模噪声干扰，常常造成系统不能正常工作，理想的解决方案是对设备进行电气隔离。

基于以上两个原因，本系统采用了辰竹公司的 GS8000-EX 系列隔离安全栅（国家级仪器仪表防爆安全监督检验站认证，防爆标志[Exia]IIC），它采用电磁耦合技术，实现电源、信号输入和信号输出的可靠隔离，比齐纳式安全栅更可靠和安全，且无需本安接地，大大增强了监测和控制回路的抗干扰能力。本系统中采用了两种安全栅：一种是 GS8075-EX 电位器输入隔离栅，将电位器信号转换成 4~20 mA 信号，从危险侧隔离传送到安全侧，需要独立供电，电源、输入和输出三隔离；另一种是 GS8093-EX 半双工 RS485 输入隔离栅，将危险区的 RS485 数字信号隔离传送到安全侧，并给现场仪表提供隔离电源，需要独立供电，电源、输入和输出三隔离。

GS8075-EX 及 GS8093-EX 的接线分别如图 9.5 (a) 和 (b) 所示。



(a) GS-8075 接线图



(b) GE-8093 接线图

图 9.5 安全栅接线图

4. PLC 控制电路

S7-200 系列 CPU 的输入和输出都进行了光电隔离。本系统共有 12 个数字量输入（球阀 A 的四个状态、球阀 B 的 4 个状态、回讯器状态、切断阀状

态), 另有两个输入点留作备用, 4 个数字量输出因为电压等级不同分为两组, 两个报警灯 12 V 为一组, 两个阀 24 V 为一组, 其余均为备用。

224XP 有两个通信口, 通信口 1 通过 Modbus 协议轮流与两个流量计通信, 通信口 0 预留作为与上位机的通信的接口。PLC 控制原理图如图 9.6 所示。本章最后附录给出了实际系统硬件接线端分配图。

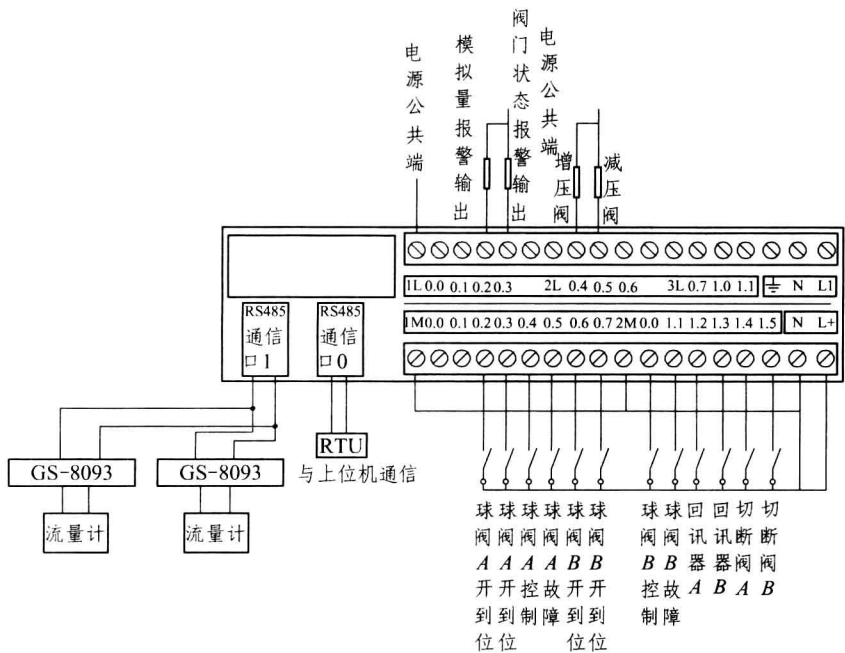


图 9.6 PLC 控制原理图

5. 显示器电路

为了使本系统具有友好的人-机界面, 特别是满足显示、调试、报警等功能的需求, 必须给系统配置显示装置。本设计选择西门子的 TP270 液晶触摸屏作为显示装置。

6. 通信接口

由于工业现场的环境较为恶劣, 比如各种射频干扰均比其他场合来得大, 为了保证工业现场较长传输距离的情况下数据的正确性, 一般工业现场设备会采用 RS422/485 进行通信。RS 422/485 采用了平衡差分信号传输方式。本系统选择的是总线型网络结构, 以 UTP 作为通信介质, 采用 RS485 接口。

9.4 调压站监控系统软件设计

9.4.1 系统总体执行逻辑的设计

调压系统的功能是调节调压计量站的出口压力,为下游用户提供压力稳定的气源。

本系统采用 FISHER-TARTARINI 公司生产的 LC-21 限流调流系统。LC-21 系统由两个主要部分组成:电-气执行机构及控制器。电-气执行机构由一个天然气压力储罐、三台差压调压器、增压电磁阀、泄压电磁阀、放散阀、手动压力疏水阀、压力变送器、压力表及相应的隔断阀组成。

LC-21 限流、调流系统主要是通过远程改变调压器指挥器的压力设定值来达到限制流量的目的。

控制器接收来自流量计算机的流量信号,并与控制器内预先设定的流量限定值进行比较,若实际流量低于流量限定值,则 LC-21 系统不动作;若实际流量高于流量限定值,则 LC-21 系统动作,远程降低调压器的设定压力,从而达到限定流量的目的。

LC-21 系统接收来自流量计算机的瞬时流量信号,LC-21 系统把接收到的瞬时流量信号与预先设定的流量限定值作比较:如果实际流量值低于流量限定值,控制器将不会发信号给电-气执行器,调压器维持自动调压状态;如果实际流量值高于流量限定值,控制器将计算其差值,并发信号给电-气执行器“泄压”电磁阀,“泄压”电磁阀的开启将导致电-气执行器中储气罐压力降低,从而降低了调压器指挥器的“设定压力”,这将使作用在调压器指挥器皮膜上的压力降低,从而降低调压器的出口设定压力。

随着调压器出口压力降低,通过调压器的天然气流量将保持不变,维持在预先设定的流量限定值。

系统执行逻辑如图 9.7 所示。其总体执行逻辑设计如下:

(1) 在安装调试好后,按下总电源按钮,同时电源指示 LED 亮。

(2) 系统定时采集模拟量数据,经 PLC 处理后在液晶屏显示,采集和显示的模拟量有:进口温度、出口温度、进口压力、出口压力、压差 A 、压差 B 、主路工作调压器开口度、主路监控调压器开口度、备用路工作调压器开口度、备用路监控调压器的开口度以及罐体压力 p_3 。

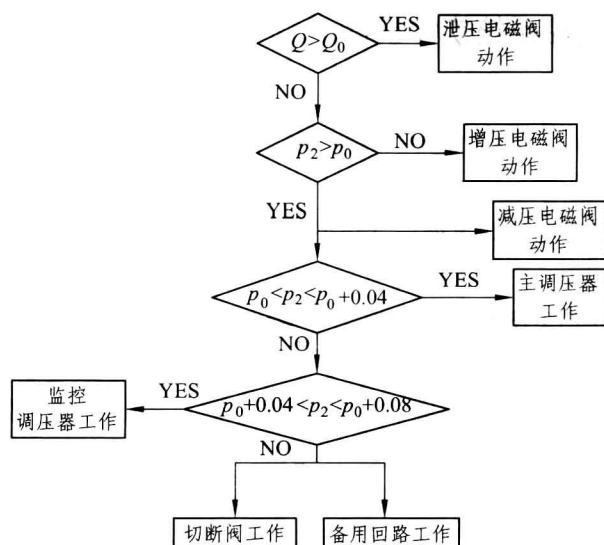


图 9.7 系统执行逻辑流程

(3) PLC 通过主从轮询访问的方式分别和两个 miniEVC 通信, 将获得的数据处理后在液晶屏显示出来。采集和显示的数据有: 流量计 A 的 V , V_b , eV , eV_b , Q , Q_b , p , T 和流量计 B 的 V , V_b , eV , eV_b , Q , Q_b , p , T 。

(4) 判断压差 A 是否超限, 若压差 A 超限, 而且在“报警设置”画面中压差 A 报警处于“启用”状态, 则以声光的形式进行报警。

(5) 判断压差 B 是否超限, 若压差 B 超限, 而且在“报警设置”画面中压差 B 报警处于“启用”状态, 则以声光的形式进行报警。

(6) 若实际流量 $Q < \text{设定流量} < Q_0$, 出口压力 $p < \text{设定的出口压力 } p_0$, 而且“报警设置”画面中的程序控制处于“启用”状态, p 与 p_0 的差值在设定的动作范围之内, 增压阀以 0.5 Hz 的频率吸合; 压差值超过上限, 则增压阀常开。若增压阀的动作时间超过了设定的动作时间压力还是没有上升, 则以声光的形式进行报警。

(7) 若实际流量 $Q < \text{设定流量} < Q_0$, 出口压力 $p > \text{设定的出口压力 } p_0$, 而且“报警设置”画面中的程序控制处于“启用”状态, p 与 p_0 的差值在设定的动作范围之内, 减压阀以 0.5 Hz 的频率吸合; 压差值超过上限, 则减压阀常开。若减压阀的动作时间超过了设定的动作时间压力还是没有下降, 则以声光的形式进行报警。

(8) 球阀 A 、 B 状态检测: 实时显示球阀的各种状态, 是否开到位, 是否关到位, 是现场控制还是遥控。

- (9) 切断阀状态监测：实时显示工作回路和备用路切断阀阀位状态（开、关）。若主回路切断阀打开，说明主回路的调压功能已经失效，以声光的形式进行报警，同时自动切换到备用回路。
- (10) 回讯器状态检测：实时检测和显示回讯器的状态。

9.4.2 模拟量数据的处理

模拟量经过 EM231 处理后转换成的数字量的格式如图 9.8 所示。

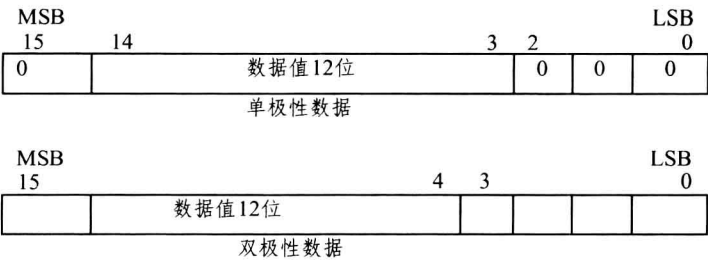


图 9.8 EM231 输出数据格式

EM231 工作时，将输入模拟量转换为数字量，图 8.8 为输入数据字格式，最高有效位为符号位，0 表示正值。模拟量的数字转换值 12 位数左对齐，单极性格式中，右端 3 个连续的 0 使得模数转换的计数值每变化一个单位，数据字则以 8 为单位变化。在双极性格式中，右端 4 个连续的 0 使得模数转换的计数值每变化一个单位，数据字则以 16 为变化单位。

EM231 的工作程序编制包含以下几个内容：

- (1) 设置初始化子程序。该子程序中完成采样次数的预置及采样和单元清零的工作，为开始工作做好准备。
- (2) 设置模块检测子程序。该子程序检查模块连接的正确性以及模块工作的正确性。
- (3) 设置子程序完成采样及相关的计算工作。
- (4) 工程所需的有关该模拟量的处理程序。
- (5) 处理后的模拟量的输出工作。

模拟量处理程序流程图如图 9.9 所示。