

PLC 在大型低温系统中的应用

王成武 杜少武 储昭碧 合肥工业大学(230009)

Abstract

This paper introduces a new type of DCS theory and PLC technology, which also combines the process automation and the information management automation, and discusses the application of modularization programming method in PLC, and simply introduces controller link between industrial computer and OMRON PLC and FINS protocol.

Keywords: DCS, PLC, modularization programming, controller link, FINS protocol

摘要

本文介绍了一种将集散计算机控制系统(DCS)与可编程控制器(PLC)融为一体的过程自动化与信息自动化相结合的新型综合集散控制系统——HT-7U 自动制冷低温系统,并着重分析了模块化编程方法在 PLC 编程中的应用,并简单介绍了 PLC 与工控机基于 controller link 网络的链接技术和 FINS 通信协议

关键词: 分布式控制系统, PLC, 模块化编程, controller link, FINS 通信协议

1 螺杆压机站组成、系统控制要求分析和控制系统设计目标

HT-7U 低温系统是目前全国最大的氨制冷低温系统(2KW),其设备包括螺杆压机(氨制冷机)的全部设备和 HT-7U 磁体冷却设备,螺杆压机站除了纯化器部分外,其余所有设备均需进行计算机监控,压机站的监控系统必须达到压机站无人值班和无超调稳定安全运行这一总目标。

整个螺杆压机站氨制冷系统可以组成三种工作模式:程控自动(全自动)、程控手动(半自动)和现场手动,而且全自动和半自动要求无扰切换。磁体冷却系统可以与压机站连锁运行,也可以单独运行自成一个系统。

鉴于系统设备和控制要求,我们的系统设计目标是建成一个分布式控制,开放可靠,集控制和管理一体化的工业 DCS 高速网络系统结构,该结构如图 1 所示有三个层次的内容:①车间层(包括直接控制级和过程管理级),实现生产流程和设备的自动控制,记录系统运行资料,实现设备的负荷监控、报警和事故处理。其中直接控制级由现场控制系统完成,其主要设备为动力控制柜和配套的继电器-接触器的现场手动系统,以备在自动配置中失效或者需要检修和调试时不影响系统的正常运作,从而提高整个系统的可靠性。为实现现场手动控制和程控的自动切换,在上级 PLC 程序输出的压机、油泵、调节阀、能量滑阀、电磁阀等主设备控制信号之间附加上一个程序有效信号,由它来控制系统切换继电器-接触器动作。由于采用了多个程

控软开关,这样使得系统可以随意在三种工作模式之间切换,以解决复杂情况下的系统运行问题。其次过程管理级是程控系统部分,主要由欧姆龙 CISC-44 型 PLC 构成。由于各现场设备与传感器在地理位置上不十分分散,故该系统采用扩展 I/O 的配置方案,一个中央单元带一个扩展单元,并总共使用了 200 个开关量 I/O 点和 32 个模拟量输入信道。PLC 的所有 I/O 信号在程控柜内用继电器转换成 24DC 输出以满足抗扰要求,PLC 上还配置了 3G8F5-CLK21 和 CS1W-CLK21 等模块,分别用于与上位机的串口通讯和主控的总线通讯及扩展的板连接。另外一些常规量如电流、流量、压差直接由亚当模块采集信号至上位机。②生产调度层:该层可对整个低温中心的生产状况进行实时监控,运用计算机网络进行生产调度与管理。该层设备包括两台上位机其中一台热备用,通过 CONTROLLER LINK 网络与螺杆压机站 PLC 连接并与其它系统连接。③管理层:该层可与 MIS(管理信息系统)系统联网,可远程拨号上网,利用 MIS 资料和生产运行资料制定生产计划和成本核算,因为整个托克马克装置仍在建设之中,该层为预留部分。

2 CONTROLLER LINK 网络和 FINS 通讯协议

由图 1 可知 2 台上位机互为备用,可对现场 PLC 和亚当模块进行监控,实现冗余控制,上位机采用组态软件(组态王 kingview 6.0)编程。Controller link 是一种 FA(factory automation)网络,它可以在 OMRON C200HX/HG/HE 系列 PC、CV 系列 PC、CISC 系列

PC 及个人计算机之间方便、灵活地发送和接收大容量数据包,采用令牌总线方式,双绞线电缆连接,最大传输距离可达 500m(2Mb/s)~1km(500Kb/s)。连接方式见图 2。

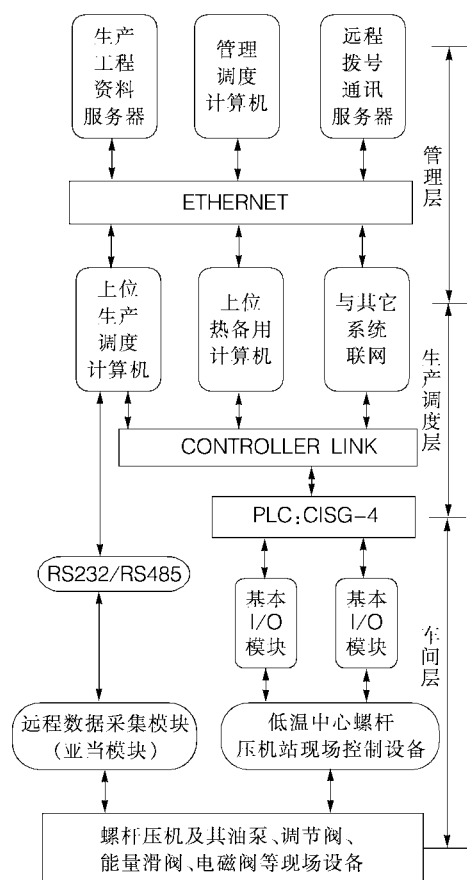


图 1 系统结构框图

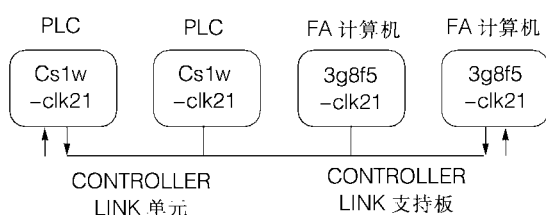


图 2 PLC 通过 controllerlink 与 FA 计算机连接方式

controller link 支持能共享的数据链接(data link), 以及在需要时发送或者接收数据服务数据链接有两种方式:人工设置数据链接和自动设置链接。人工设置连接指用 controller link 支持软件输入数据链接表来进行人工设置。数据链接表模式定义了数据链接, 人工设置可自由设定数据链接区的位置。自动设置数据链接指使用编程设备(包括编程器), 在启动节点的 DM 参数区中设置自动数据链接模式, 自动设置数据链接时所有的链接区域具有相同的尺寸。

数据链接使公共数据能够在网络上的 PLC 间或者 PC 间共享, 而不需要 PLC 的 CPU 单元或 PC 机内的通讯程序, 当数据被写入本地节点的发送区域时, 数据

会自动传送到远程节点的接收区。

FINS 通讯协议是由 OMRON 开发的用于工厂自动化控制网络的指令/响应系统。FINS 通讯协议除用于 controller link 网, 还用于 compobus/d、sysmac link、sysmac net、ethernet 等网络以及网络之间的通信。在 PC 的用户程序里, 不需要复杂的编程, 使用 FINS 指令, 就能够读写另一个 PC 数据区内容, 甚至控制其运行。PC 是通过执行 CMND 指令来发送 FINS 信息。发送 FINS 指令 (SEND) 和接收 FINS 响应 (RECV) 的数据, 不加特别说明, 所有指令代码和响应代码都是一个 2 字节的 16 进制数。

3 控制系统的特点及功能

把压机站从整个低温系统中独立出来, 主要是为了提高压机氮制冷的可靠性, 从而提高整个低温系统的鲁棒性。这样氮制冷系统首先作为一个独立的控制系统, 直接管理设备是两台互为备用的上位机; 其次作为整个低温系统的一部分, 能与 HT-7U 磁体冷却系统共享数据。如此整个低温系统既能集中监控管理又能保证了各种控制、保护的实时性, 真正做到分散控制, 集中管理。

氮制冷系统具备以下功能: ①控制现场设备的运行。按照控制流程要求, 以选择的工作模式起停压机进行压力调节和回收泻压。②接收上位机的参数设定和命令, 上位机可根据实际需要改变工作模式, 并在某些情况下可以直接对现场设备发布起停命令。在氮制冷机降温、制冷、液化、回温等状态下, 控制系统能保证压机机组的低压压力运行在 1.02BAR~1.06BAR、中压压力运行在 4.95BAR~5.05BAR、高压压力运行在 19.98BAR~20.02BAR 的范围内, 压力控制的基本原理图如图三所示, 压机系统能根据压力调节自动增加投入或者减少压机。螺杆压机具有压气量可调节功能, 当两台和多台压机并联运行时, 通常只调节其中未满载的压机, 而其余并联压机运行在满负荷状态。螺杆压机的能量滑阀控制调节低温系统所需容量的变化 (属粗调), 旁通阀 VC 和 VD 属于精细压力调节; 补气阀 VA 是控制循环系统的补气量, 但压机吸气压力较低时 VA 打开补气; 但压力较高时停止补气, 此时收气阀 VB 打开往缓冲罐收气, 总之, 这四个调节阀的模糊 PID 调节能有效抑制低温系统的压力波动, 防止制冷机超调, 以保证制冷机的稳定运行。③监控现场设备状态。无论设备是否启动, 程控 PLC 系统不断地向上位机上报告各设备保护开关状态、传感器状态、压机机组的压机油泵状态、各阀位状态等信息, 以便上位系统显示存档。④实现系统的自诊断功能和实时保护现场设备。在程控软件的编制时, 不仅充分利用了 PLC 各模块的

自诊断功能,还根据工艺流程要求,在程控软件中插入了系统自诊断程序,实时判断各传感器的返回信号是否正确,以便参与控制的信号能有效起停压机机组、各调节阀及水泵增减载等,并向上位机上报超限报警及报警信息,以便系统维护检修。

4 模块化程序设计

在本螺杆压机站程控系统中,输入输出点多,特别是模拟量种类多点数多,控制功能与结构相当复杂,因此模块化设计方法是本系统程控设计的首选方法。借助欧姆龙 PLC 块式程序结构,采用编程灵活、修改方便的语句表编程语言,我们将程控系统 PLC 控制程序划分为 CPU 和模块初始化、数据采集和数据处理、报警及报警处理、逻辑功能和信号输出等 4 个相对独立的模块。CPU 和模块初始化程序模块是整个程序的起始部分,一旦 PLC 各模块定义安装完毕和程序下载后,此模块程序只执行一次。而当程序需要修改重新下载或者 PLC 各模块需要移动位置,此程序模块将重新初始化过程;数据采集和数据处理模块除了完成对所有现场信号的采集和处理外,还要接收和处理上位机发来的数据任务,此程序模块为后继程序模块提供了准确无误的数据信息;报警及报警处理程序模块是将所有报警信号按顺序汇总,集中加以处理,报警处理包括三个方面:①所有报警须监控显示。②超限报警须参加逻辑控制。③部分报警输出;逻辑功能和信号输出模块是整个程序的核心,主要包括三种工作模式无扰切换功能块、五台压机机组(五组压机和油泵)起停功能块、压力调节功能块、收气和泻压功能块等。该程序模块主要是按照工艺要求设计的,与具体现场设备无关,其优点在于编制这部分程序时不需要完备的硬件环境,如只需一块 CPU 就可以调试该部分程序,这给程序的实验室阶段带来了很大方便。且它还提供了另一种更重要的功能即系统的可扩容性,当系统需再增加一个压机站时,该程序主体基本不需要修改就可完成对新设备的控制。

模块化编程大大简化了 PLC 控制软件的开发过程,任一程序模块的测试不需要等待其它模块的完成就能独立进行,而且模块化程序容易维护,当软件发现问题和由于其它原因需要修改时,能迅速限定差错或修改范围。如在整个程序的设计到安装调试都有可能发生外部信号的变动,与上位机通讯数据接口的调整,因而常须修改控制程序与外部的接口部分,而数据采集和数据处理和逻辑处理及信号输出模块正是直接面向具体生产设备等外部环境的,这样只需调整这 2 个模块的相应部分就可以适应外部的任何变动。从而降低了程序的维护难度,另外,系统中的通用子模块封装

了各种对象的内部特性,只要传入不同对象的数据块就可以完成同一功能,从而提高了软件模块的重用性。

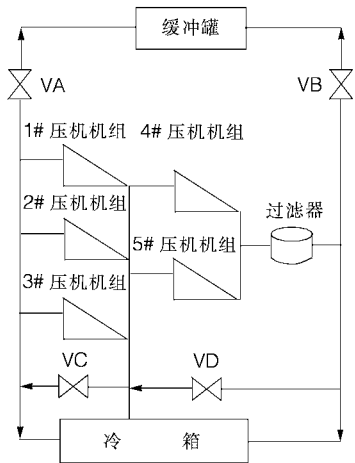


图 3 系统压力调节基本原理

图 4 是低温氦制冷系统逻辑处理及信号输出模块程序流程图。

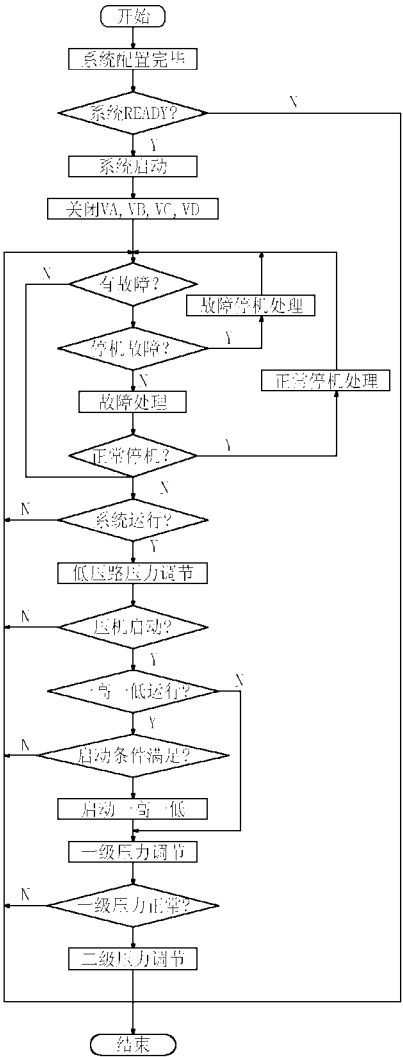


图 4 系统逻辑处理及信号输出模块程序流程图

(下转第 58 页)

系,判断设备运行是否正常。如输入信号 X401、X402 与输出信号 Y430、Y431、Y432 之间合法状态为以下几种: (X401,X402,Y430,Y431); (X401,X402,Y430,Y431); (X401,X402,Y430,Y431,Y432)。

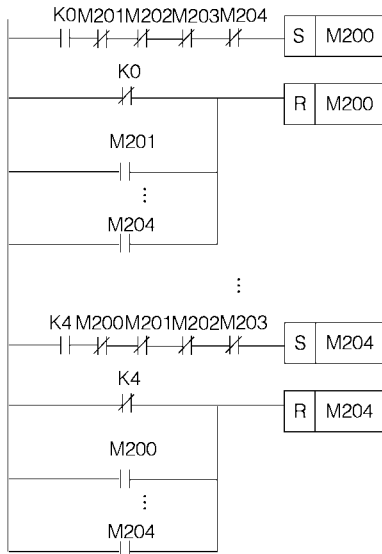


图 1 首发故障信号的判断

则用辅助寄存器 M200、M201 和 M202 表示合法状态,用 Y437 为报警输出。相应梯形图如图 2 所示。这可以避免异常故障引发重大事故。

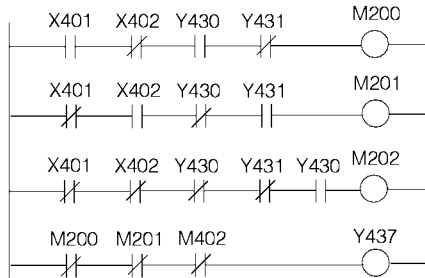


图 2 逻辑组合判断法

(2) 定时判断法

如某一控制信号发出后,在一定时间内执行机构动作并指定位置,若时间到,但 PC 并没收到到位信

号,则说明系统存在故障。如 X401 为机床动力头终点行程开关输入触点,X400 为机床动力头启动信号输入触点,T451 为定时器,设定动力头正常运行时间为 200 秒,Y430 为机床动力头输出触点,Y437 为报警输出。相应梯形图如图 3 所示。

5 故障分级处理

在探明故障之后,应根据故障对系统工作的影响程度进行分级处理,不应盲目停机处理导致系统效率下降。同时,系统还应具备一定的容错能力。

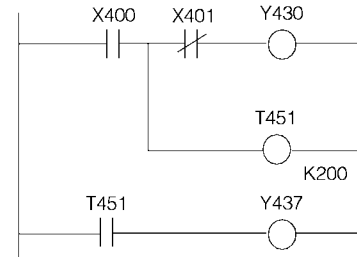


图 3 定时判断法

(1) 重大故障:此类故障可能产生严重后果,要求系统立即停机。如运行超时故障和逻辑组合判断故障。

(2) 偶发故障:这类故障原因不明,即使停机检查也查不出来,但再执行一遍,故障又消失了。如 PLC 与上位机的通信故障。因此,此类故障采用指令冗余的容错方法,若故障仍然存在,则故障升级。

(3) 一般故障:一般性错误或异常,对控制过程无影响,则只记录并向操作员作出相应指示,程序继续执行。如指示灯故障。

参考文献

- 1 高秋和.PLC 控制系统故障检测与处理功能的实现[J].计算机自动测量与控制,2000(3)
- 2 廖常初.可编程控制器应用技术(第三版)[M].重庆重庆大学出版社,1998.
- 3 何友华.可编程控制器及常用控制器[M].北京:冶金工业出版社,1999.

[收稿日期:2002.1.28]

(上接第 56 页)

5 结束语

把模块化编程方法用于编制 PLC 控制程序,可大大提高编程的灵活性和程序的可维护性。尤其在现场调试时,随着新的工艺要求的提出,有事需要频繁更改设备的控制策略,在不用增加外部设备不更改硬件和接线的情况下,模块化程序可随时、方便地进行修改和调整,从而进一步提高了 PLC 控制系统的灵活性。

PLC 与工控机间基于 controller link 网络的链接技术的设计为未来的整个托克马克系统的综合自动化和信息管理提供了坚实基础。本系统能保存有关的主

要参数运行状况,实时运行曲线,重要指标的考核、查询等,具有丰富的信息管理功能,为全系统的管理信息系统(MIS)提供了底层数据,并未今后的维护和扩展带来了极大的方便。

参考文献

- 1 王常力,廖道文.集散型控制系统的设计与应用.清华大学出版社
- 2 徐世许.可编程控制器原理应用网络.中国科学技术大学出版社
- 3 HT-7U 低温系统监控方案和工艺流程
- 4 螺杆压机站测量和控制系统要求 [收稿日期:2002.3.8]