

输油泵机组自动控制的设计与实现

刘成大 (东北输油管理局 生产处 110031)

摘要:本文阐述了庆铁线输油泵机组自动控制的设计与实现方法,以及梯形逻辑控制语言的功能和特点,同时结合编制输油泵机组自动控制程序,着重介绍了技术难点与解决方法。

主题词:长输管道 自动控制 远程终端部件(RTU) 软件 程序设计

1. 概述

大庆—铁岭输油管道(简称庆铁线)是70年代初建成投产的两条并联的输油干线,直径为720mm,长度分别为516Km和524Km,由于投产的先后不同,习惯上称为老线和新线。

庆铁线投产20多年来,每年输油量都在4300万吨/年以上,给国家创造了巨大的经济效益,是全国第一的输油大动脉。由于年久失修设备老化,1994年以来对庆铁线的泵站进行了大规模的改造并同期设计建成了庆铁线自动化系统。

庆铁线输油站实施改造后,全线仍是一个复杂的水利系统。主要体现在以下几个方面:两条主干线,4条分支交汇管线;9座输油站(每站分新老两个系统,并在每站的进出站端通过阀门互相联通),8座增压站,7座线路阀室;9座输油站中,林源、太阳升两站设并联泵,其他各站设串联泵密闭运行。庆铁线是双线并联,每站的老新系统都有联通,好像一个巨大的梯子纵贯南北。

其中每一个“点”或“段”的变化势必影响网络的变化;“局部”的调控与保护必然会对另一条线产生干扰。这样一个复杂管网的调控,目前在国内外尚无先例。

随着庆铁线改造工程的深入发展,新的技术与装置不断引入输油控制中来,特别是SCADA系统的日益完善,给庆铁线输油生产带来了新的技术革命。由于采用了先进可靠的技术与设备,实现了输油站综合自动化的目标。庆铁线所采用的数据采集与监控系统(SCADA)是一套全新的系统,它综合和吸收了当今国际控制系统的最新技术和特点。有机地把继电器保护、测量系统、计算机及RTU(Remote Terminal Unit)溶于一体,并用独特的PLC功能成功地解决了站内自动化控制的技术难题,如水击超前保护、泵机组自动切换、自动转发清管器等。使得输油生产过程变得更为简捷、方便、灵活、可靠、功能性强。

改造后的庆铁线采用了集散控制体系,既调度中心的集中控制和各泵站的分散控制。泵站一般有三级控制方式:

第一级:调度中心遥控。在调度中心,调度人员能控制管线系统和泵站。

第二级:站控。各输油站操作人员可以在控制台上监视和控制泵站的设备。

第三级:就地操作。根据就地安装的显示仪表,在现场操作按钮,可以控制泵站的设备。

这些控制应用程序在哪级中的设备环境中进行编制运行呢?是在调度中心ALPHA机上利用C语言或PCL编制,还是在站控端VAX 4000/60工作站上或者在GR90 RTU上进行编制呢?如果在上位机ALPHA或者VAX 4000/60上编制运行,势必影响系统的响应速度,因为调度中心要管理8个输油站全部数据的实时监控及各种画面的显示。经过比较我们采用了GR90 RTU提供的PLC语言,完成了上述控制程序的编制工作。

GR90是美国最新一代RTU产品,它采用新的分布式处理概念,主模板上的CPU是以性能优越的32位68020微处理机模块为基础,CPU的时钟为16MHz,各I/O模板都自带8位MOTOROLA 68HC11时钟为2MHz的微处理机。这样一来,大量的模拟量信号、数字量信号都在各自的模板上进行了数据处理(我们称之为粗数据),然后在把处理好的数据传送给主CPU,这样就大大减轻了主CPU负担。

PLC语言就是梯形逻辑控制语言,它是随着继电器控制系统的“软化”而产生的一种解释执行程序语言。最初它仅用于工业可编程控制器,可以实现不断的对设备或过程装置的状态进行监视,根据监视到的状态,进行逻辑判断,并准确地控制在设备上或在流程中的输出装置,同时还可以实现定时和计数功能。

如果以自控装置设计更改方法划分,则自控装置可

以分为专用式和可变式。专用式装置是用硬件设计方法来实现逻辑控制或控制算法,任何更改都是通过电路的变动来实现的。可变式装置是采用程序设计方法来实现逻辑控制或控制算法,任何变动和更改都可以通过改变软件来实现。由 PLC 组成的可变式自控装置和由继电器组成的专用式自控装置相比,前者在系统设计、调试更改、故障诊断、维护省时省力,以及可靠性、可维修性和可利用性等均发生了质的飞跃。

梯形逻辑控制语言程序运行环境的体系结构,见图 1。图中,输入/输出模块是指主要完成电信号转换和电气隔离功能的电路。存储器以存放内容划分五部分:

·系统程序存储区存放用户程序的解释程序及其他系统功能程序

- 用户程序存储区:存放用户梯形程序
- 可变数据存储区:存放数值数据
- 输入映象表:存放输入模块输入的状态信息
- 输出映象表:存放输出至输出模块的输出控制信息

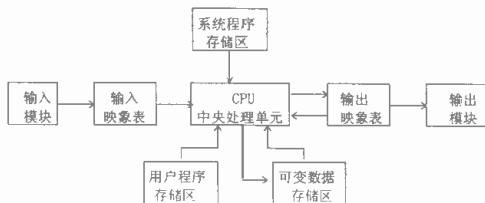


图 1 梯形逻辑控制语言程序运行环境的体系结构

当 CPU 处于运行状态时,将反复执行用户程序,更新输入、输出映象表。这种反复执行过程称为扫描。扫描周期一般划分为三个部分:

(1)输入扫描:CPU 将每个输入模块的输入状态存入输入映象表;

(2)用户程序扫描:CPU 扫描执行用户程序。在此期间,系统参照输入映象表内容执行每条指令,并不断地更新输出映象表,而此时输出模块的输出状态不变;

(3)扫描输出:输出映象表内容传送到输出模块,输出模块根据映象表内容改变输出状态;

CPU 每次只是顺序执行程序中的一条回路。其步骤是:

- (1)CPU 从用户存储器读取指令;
- (2)读取相应的输入映象表和输出映象表,以便确定

所执行了指令后的状态,即导通还是断开。在此处,回路均以触点类指令开始;

(3)根据在第一步所读取的指令及在第二步读取的相应的输入/输出映象表的内容,CPU 确定所执行了指令的逻辑导通性(导通或不导通);

(4)查看用户存储区下一条指令是触点指令还是线圈输出指令。若为触点指令,则 CPU 将标识该指令与上一条指令是逻辑“与”还是逻辑“或”(即为串联还是并联)。如果是逻辑“与”(即和上一条指令串联),则逻辑“与”的指令必须均导通,才能保证其导通性;若为逻辑“或”,则逻辑“或”的指令之一导通便保证了导通性;

(5)CPU 读取执行指令直到可以确定整个回路的输入状态为止,然后读取线圈输出类指令;

(6)CPU 根据回路状态,将输出指令地址所指的输出映象表中的单元的内容进行更新。然后执行下一回路指令,并重复执行上述 1-6 步骤;

梯形逻辑控制语言程序主要是运行在三个表上,即输入映象表、输出映象表、和可变数据存储表。

(1)输入/输出映象表。这两个表是可以随机读写的位表。每一位都对应着一个数字量 I/O 点。每位都具有自己唯一的地址;

(2)可变数据存储表。可变数据存储表存放在可变数据存储区,是可以按字随机读写的字表。它要用来存放:

- 控制程序中计时、计数的预置值,以及计时值和计数值;
- 算术运算的数据和过程检测值。

2. 泵机组自动启、停和自动切换逻辑结构

下面所述的庆铁线泵机组自动启、停和自动切换就是利用梯形逻辑控制语言编制的。

在利用梯形逻辑控制语言进行泵机组自动启、停和自动切换程序设计时,首先对被控系统进行分析,我们根据大庆-铁岭输油管道输油站改造工程密闭输油工艺运行控制操作原则以及现场实际情况设计了泵机组自动启、停、自动切换和相应的泵出口阀的控制逻辑图,从泵的出口 19# 阀逻辑图中可以看到,作为自动控制部分的功能有:

- 可遥控/站控进行开、关阀,遥控/站控开、关阀是互锁的;
- 满足开阀的条件:

相应的泵出口阀门 LOR(就地/关断/远传)拨动开关处在 A 位置相应的泵出口阀门处于全关位置

·除遥控/站控开泵出口阀门外,启泵和切换泵机组也调用此开阀模块

·满足关阀的条件:

相应的泵出口阀门 LOR(就地/关断/远传)拨动开关处在 A 位置相应的泵出口阀门处于全开位置

·除遥控/站控关泵出口阀门外,停泵和切换泵机组也调用此关阀模块,可以看出泵机组处于停状态时,发开阀令后,阀门从全关位置升到全开位置后立即进行关阀动作。

3. 具体实现

本节主要介绍输油泵机组自动控制实现时的几个关键性问题,源程序以及程序说明见附录。

(1)首先进行输入和输出映象表地址单元分配和内部存储单元分配,既对输入和输出映象表、可变数据存储表等进行划分分配。以垂阳站为例:

- 数字量输入——523 个
- 数字量输出——466 个
- 累加量表——12 个
- 定时器——300 个
- 计数器——20 个
- 寄存器——60 个
- 标志位——512 个
- 栓锁位——600 个

它们是通过在 PC 机上对各类配置表进行配置后,下加载到 RTU 的 NVRAM 中。

(2)电机状态的判别。电机是否运行可以有如下三种判别方法:

·电机运行状态的数字量信号存在,电机运行,否则停运;

·电机电流存在且大于定值,电机运行,否则停运;

·电机运行状态的数字量信号存在或者电机电流存在且大于定值,电机运行,否则停运;

在具体实现过程中,采用的是第三种,这样可以避免在某路信号误动作后,所造成的其他连锁反应。

(3)电气综合故障处理。每台泵机组都有各自的设备保护装置。不论是“站控”还是“遥控”方式下,这些装置都要起作用。任一保护装置动作都将自动的停运和闭锁相应的泵机组。在排除故障之前,控制中心或站控机均不能重新启动该泵机组。实现该功能首先要考虑电气故障信号是综合成一点以脉冲的方式传送到 RTU 中,它们中有的闭锁停机信号有的不是,这样就需把闭锁

停机信号分离出来,并且把该信号栓锁寄存起来,作为不满足启泵的条件。拨动 OHA 开关来复位该栓锁信号。

(4)在 15 分钟之内,只能启动两次电机,其原因是电机连续两次受到启动冲击电流影响,温度较高,影响电机正常运转。该模块为每台泵设置了两个定时器(一个是 15 分钟,一个是 60 分钟)和一个计数器,电机启动时启动 15 分钟定时器并且计数一次,如果 15 分钟之内,计数值等于 2 就启动 60 分钟定时器,如果该 60 分钟定时器有输出值,则作为不满足启泵的条件,不能启泵。

(5)设置了一个 T1 秒延时器,它的作用有两个:一是 RTU 收到启泵令 T1 秒以后,电机仍没有启动,则发出“启泵未完成”报警信息,然后复位。另一个作用是让电机运行 T1 秒,待电机电流升起来以后去调用开泵出口阀程序模块。

(6)设置了一个 T2 秒延时器,它的作用是:电机启动 T2 秒以后,泵出口阀仍处于全关状态,则停电机,发“启泵未完成”报警信息,然后复位。

(7)泵机组的自动无扰切换对密闭输油的安全平稳输油起着重要作用,因为泵机组的切换应先启后停,如果切换不及时就容易造成出口管线超压(威胁管线的安全)、入口压力低(影响泵的正常运转)或入口产生负压,出口产生负压影响整个管线的水力系统。如何把这种扰动降到最低,是切换机组的关键。经过现场实际测试观察到:每台泵的出口阀由全关位置升到全开的位置需要 70 秒钟,然而每座阀门开多长时间,泵的出口压力发生陡变却是不一样的,经过现场反复测试摸索到了一组数据,20%扬程泵出口阀开 14 秒,40%扬程泵出口阀开 16-19 秒以后停欲停的泵,压力波动就很小。经过实际检验,达到了预期效果。

4. 结束语

运行实践表明,输油泵机组自动控制系统设计是成功的。尤其是在管道控制系统中首次实现的泵机组无扰自动切换对保障庆铁线安全平稳地密闭输油起着重要作用。

参考资料

- [1] DYNAC System Manager's Guide
- [2] WESDAC D20 PLC Tutorial Guide

(来稿时间:1998 年 9 月)