

# 注入站流量自动控制系统

刘东旭<sup>1</sup>

**摘要:** 为提高注入站生产系统的自动化程度及安全性, 满足不同开发阶段的地质方案需求, 充分利用 PLC 系统强大的组态功能, 以实现全站生产数据的采集、报警和连锁控制。通过采用 PID 控制算法, 可提高控制系统稳定性, 减少系统误差波动, 实现单井流量配注的精确调控。该控制系统的开发应用将对今后油田各种化学驱注入工艺系统的开发起到借鉴作用。

**关键词:** 注入站; 控制系统; 流量; 数据采集

Doi: 10.3969/j.issn.1006-6896.2016.7.026

## Design of Flow Automatic Control System for Injection Station

Liu Dongxu

**Abstract:** In order to satisfy the separate geological designing requirements at the different development stages, improve the safeness and automation of the injection plant production system. With the configuration function of PLC system, the function of data collection, alarm and interlock control of the station is realized. By introducing the PID control algorithm, the stability of the control system is improved, the fluctuation of the system error is reduced, and the precise control of the single well flow distribution is realized. The development and application of the control system will play a good role in the development of various chemical injection system of oilfield in the future.

**Key words:** injection station; control system; flow; data collection

## 1 控制系统流程

聚合物注入站作为油田三次采油地面工艺系统重要的组成部分, 主要是将聚合物配制站熟化后的聚合物母液与清水混合、配比之后回注到各注入井中, 达到扩大波及体积、提高采收率的目的<sup>[1]</sup>。

为保证每口注入井的聚合物注入量及注入浓度达到设计要求, 进而达到最好的驱油效果和经济效益, 对注入站控制系统提出了较高的控制要求。如图 1 所示, 设定流量和流量计的瞬时流量同时被中央控制器 AB-PLC 采集, 通过控制算法进行计算, 输出一个 4~20 mA 的控制信号给变频器, 变频器控制注聚泵的转速, 从而改变了聚合物母液的流量。这个过程周而复始, 最后使实际流量与设定流量达到基本一致。

## 2 控制系统设计

控制系统下位机 PLC 程序是注入站软件设计的

核心部分, 使用 RS Logic 5000 软件进行编辑。为达到注入站的生产要求, 下位机程序设计了一系列的程序模块, 以完成特定的功能。

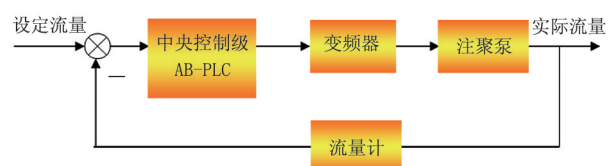


图1 单泵单井注聚泵恒流控制流程

### 2.1 数据处理功能

对输入的模拟量及数字量进行处理并归类保存, 以便于利用监控软件集中显示<sup>[2]</sup>。对于系统采集的工程模拟量, 应通过 CPT 计算指令, 将仪表量程代入公式进行换算, 得出的数值为仪表测量的真实数值, 从而实现模拟量数据的采集。

聚合物母液流量是注入站需要控制的核心变量之一, 以该变量数据采集为例, 对单井流量的计算需要对模拟量 (如流速等) 采集, 并经由 A/D 转换

<sup>1</sup> 中国石油天然气股份有限公司对外合作部

得到数字量，再经CPT计算指令将采集到的水流量与设定值比较，由偏差计算等环节得到精确的水流量用于下一步计算。

## 2.2 PID控制功能

在注聚泵对单井注聚过程中，由于受到泵效变化、汇管压力波动等因素干扰，单井母液流量也会随之变化。由于在工艺改造中增加了母液流量调节器，这里可以采用闭环控制，实时调整流量的变化，确保平稳注聚。以单井母液流量为被调节变量，组成一个典型的PLC模拟量闭环控制系统（图2）。

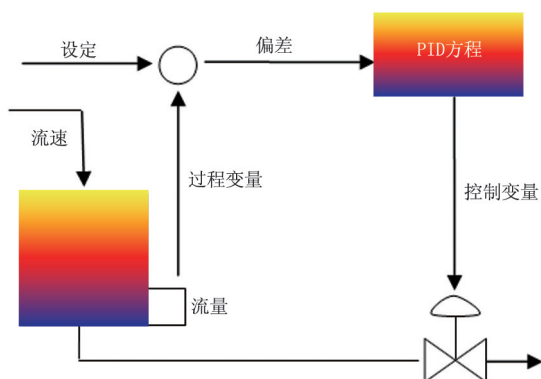


图2 PID闭环控制示意图

PID调节算法由比例 $K_p$ 、积分 $K_i$ 、微分 $K_d$ 三部分组成，所以又称为比例积分微分调节<sup>[3]</sup>。在自动控制过程中使用独立增益的位置形式方程，此时，比例、积分和微分增益只分别影响它们各自特定的比例、积分和微分项，方程形式为

偏差

$$E = SP - PV \quad (1)$$

控制变量

$$CV = K_p E + K_i \int_n E dt + K_d \frac{dPV}{dV} + BIAS \quad (2)$$

式中： $SP$ 为设定值； $PV$ 为过程变量； $dt$ 为回路更新时间； $BIAS$ 为前馈或偏置。

比例环节负责满足系统的快速性要求，在突发状况（如水流骤增，母液短缺等）时，进行快速调节，此时的调节对精度要求并不高，但是快速性是应对突发情况基本要求。

积分环节负责满足系统运行的稳态无静差要求，使系统在无静差情况下稳定工作。积分环节的输出量取决于输入量的变化趋势，所以当输入（即偏差量）为零时，其输入量为定值而不是零，即没有偏差量，母液与水的注入比完全满足需求，达到完全稳定的情况。而比例环节和微分环节构成的系统是依靠偏差量来调节的，无法达到需求。

微分环节负责满足系统运行的超前性需求，在生产工作中，需要对即将发生的状况或系统的震荡

做出预计，从而为各种情况预留出处理时间，保证系统安全及稳定性。微分环节会根据输入的变化率来调整输出量，即达到由已经发生的变化来预计即将发生的变化，提前控制。

在实际应用中可根据现场需求设计控制器的结构。优化控制器选择，比例控制器或比例微分控制器适用于允许有稳态误差的系统，可将稳态误差控制在允许范围内。积分控制器PI或PID控制器适用于没有稳态误差的系统。对于惯性大或滞后的对象，往往加入微分控制。

## 2.3 报警功能

根据设计及现场要求，对于模拟量参数（包括各种液位、压力等）可设置报警值，大于或等于设定参数系统即报警。

报警控制程序工作过程如下：由外部扩展的环节采集液位，由A/D转换环节将模拟量转化为数字量，再上传到PLC中。若低于液位设定值则该子系统启动，定时器YW\_TIMER[0]开始工作。当达到预设值的时候定时器位置YW\_TIMER[0]高电平，此时液位低报警输出YW\_ALARM.0导通，报警灯亮，同时常开触点YW\_ALARM.0闭合完成自锁，即使液位恢复正常，报警记录也能保留下来，直到人为消除，满足现场生产需要。

## 2.4 连锁控制功能

当注入泵进口压力低于设定值或出口压力高于设定值，控制程序将该泵进口压力低报警或出口压力高报警置位，通过数字量输出模块输出该泵的停泵信号，使与其相连接的继电器线圈通电，通过切断该继电器的常闭触点，断开该泵的主接通回路，使该泵停止运行。

需要连锁控制的还包括：①当天然气压力低报警或循环水泵出口压力低报警时，连锁停运加热炉；②当回水压力低报警时，连锁启动补水泵；③当回水压力高报警时，连锁停运补水泵。

## 3 监控界面设计

上位机控制系统是基于注入站计算机控制系统设计任务的要求，充分利用组态软件的过程组态与数据管理而开发的监控系统。本站采用的RS-View32组态软件，具有移植性好、可靠性高、使用方便的特点，运行在工程师站和操作站工控机上，并且提供了适用于工业生产过程的图形显示、消息报警、过程值归档等模块，具有高性能的过程耦合、快速的画面更新及可靠的数据管理等功能<sup>[4]</sup>。

注入站组态功能画面主要包括注入站工艺过程

画面显示、母液流量控制界面显示、量程设定界面、报警显示、数据归档以及用户管理等。此外远程站具有远程访问工程师站的功能。

(1) 注入站工艺流程画面。主要显示注入站工艺流程, 实时显示当前各个注入单井水流量和母液流量、注入泵的出口压力以及总母液来液流量。当注入泵正常运行时由绿色表示, 停止时由蓝色表示, 故障时由红色表示。

(2) PID母液调节画面。注入站的清水流量由智能高压配水装置自行控制, 通过内部控制器将采集的母液流量按配比系数计算后进行调节。可根据现场情况选择聚合物母液的流量调节方式, 当选择“自动”时, 在相应单井母液流量输入框内输入数值并按回车键即可; 当选择“比例”时, 可人为输入母液调节阀门的开度百分数。

(3) 量程设定。此部分用于各个电气设备的量程设定, 当某些仪表更换后, 可重新设定仪表量程, 以保证数据通过计算后与现有仪表相匹配, 保证数据准确。

## 4 结语

在罗克韦尔 AB-PLC 和人机交互界面的基础上, 设计出既稳定又可靠的注入站流量自动控制系。本系统实现了注入站的多个注聚泵与调节阀回路的自动控制, 实现注入站的安全信息与工艺信息

的采集、监控、数据归档和报警等功能。

该控制系统的应用, 提高了注入站的自动化程度, 实现了注入站的集中显示管理, 灵活而友好的人机交互界面方便了操作人员对注入站运行情况的掌控和操作。各项生产技术指标均达到设定要求, 满足了生产及管理的需要, 可对今后油田各种化学驱注入工艺系统的开发起到借鉴作用。

## 参考文献

- [1] 李杰训. 聚合物驱油地面工程技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010.
- [2] 郝远达, 邵军. 自控系统在油田各类站库中应用分析[J]. 石油规划设计, 2003, 14 (2): 17-206.
- [3] SHU H L. PI Y G. PID neural networks for time-delay systems[J]. Computers and Chemical Engineering, 2000 (24): 859-862.
- [4] 王广野. 生产力需求推动 PLC 的发展[J]. 电器时代, 2008 (9): 66-67.

## 作者简介

刘东旭: 工程师, 硕士研究生, 2009年毕业于中国石油大学(北京), 目前从事对外合作相关管理工作, 13810122173, liudongxu84@petrochina.com.cn, 北京市东城区东直门北大街9号, 100007.

收稿日期 2016-03-07

(栏目编辑 关梅君)

欢迎登录《石油石化节能》网站投稿: [www.syshjn.com](http://www.syshjn.com)