A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

油田远程智能注入系统的开发*

张 蕊，万 熠*，朱振杰
（山东大学 高效洁净机械制造教育部重点实验室，山东 济南 250061）

摘要： 为解决油田聚合物注入系统中人工配料精度和自动化程度低、井口的注入流量和注入压力不可调控以及人工抄表、现场手动操作和监控等问题，将可编程控制器（PLC）与组态王有机结合后，连同现场总线技术应用到油田聚合物注入过程，开发了用于3次采油的远程智能注入系统。开展了3次采油控制系统工作原理分析，优化了自动控制的工艺流程，设计了包含物料输送、搅拌、调剖注入、检测与控制功能的硬件系统以及聚合物远程注入的PLC控制逻辑系统、上位机监控系统和网络通讯系统，并在油田得到了成功应用。研究及应用结果表明，油田远程智能注入系统的运行安全可靠，聚合物与水浓度的配比精度达90%以上，节省了3/4的人力，自动化程度高。

关键词： 油田；实时监控；远程智能注入系统；现场总线
中图分类号： TE35；TH39；TP277 **文献标志码：** A **文章编号：** 1001-4551(2012)08-0974-04

Development of remote and intelligent injection system used in oil field

ZHANG Rui, WAN Yi, ZHU Zhen-jie
(Key Laboratory of High-efficiency and Clean Mechanical Manufacture, Ministry of Education, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: In order to solve the problems of low manually compound precision and automation level in oil field polymer injection system, uncontrolled injection flux and pressure in the mouth of a well, manual metering, manual operation and monitoring, programmable logic controller (PLC), Kingview, and field bus were combined to be used in polymer injection process. A remote and intelligent injection system was developed which is used in tertiary oil recovery. After the analysis of the principle of tertiary oil recovery, automated control process was optimized. Hardware system was designed which involves of material feeding, mixture, profile injection, detection and control. Logic system of programmable logic controller was established and used in remote polymer injection. Furthermore, monitoring system and network communication system were also designed. This remote and intelligent injection system was successfully used in oil filed. The results show that this system is safe and reliable. The precision of polymers and water proportion is above 90% and more than 3/4 work forces have been saved.

Key words: oil field; real-time monitoring; remote intelligent injection system; field bus

0 引 言

石油作为主要能源，在国民经济和国防建设中起着举足轻重的作用，提高石油产量是世界各国非常重视的问题[1]。目前全国各大油田经过长期的开发，主力油田均已进入高含水期，三次采油将把油田开发技术带入新阶段，而注聚合物驱油是三次采油中普遍使用的一种方法。由于注聚工程的特殊性（注入周期短、设备选用多等），它仍是一项工程投资大、运行费用高的复杂系统工程，需进一步提高注聚工艺和技术水平，降低工程投资，节能降耗[2]。聚合物混配设备是用于三次采油的重要地面机电一体化产品，主要功能是将水和水溶性聚合物干粉定量充分溶解，配制聚合物原液，经熟化搅拌等后期处理，达到设计所要求的

收稿日期： 2012-03-12
基金项目： 国家自然科学基金资助项目（51175306）；山东省自然科学基金资助项目（ZR2010EQ041）
作者简介： 张 蕊（1987-），女，山东菏泽人，主要从事机械制造及其自动化方面的研究. E-mail：sduzhangrui@gmail.com
通信联系人： 万 熠，男，副教授，博士，硕士生导师. E-mail: wanyi@sdu.edu.cn

浓度和粘度值，然后注入地下，达到堵水驱油、提高油藏采收率的目的。

目前，油田注聚主要是人工配料后运到现场，消耗了大量的人力、物力、财力，配料精度差，自动化程度低。为此，本研究开发远程智能注入系统，其能够实现聚合物与水的自动配比及自动上料。文献[3-7]分别研究了组态软件在石油开采及其他场合的应用，并验证了组态软件在工业生产中应用的可行性。实践表明：组态软件为工业生产现场设备的监控和管理提供了一种新的途径，提高了生产率和安全性。PLC在自动控制工程中得到广泛应用，文献[8-10]都验证了PLC可以用简单的逻辑控制完成复杂的逻辑控制，并且逻辑控制系统效果良好。

本研究提出将PLC与组态软件有机结合，采用网络通讯技术实现各部分的自动协调运行，从而实现注入流量的自动调节以及溶液浓度、注入流量、注入压力的数据网络传输与实时查询。

1　远程智能注入系统的硬件组成与设计

本研究开发了智能注入系统的硬件部分：物料存储与输送设备、搅拌设备、调剖注入设备以及远程智能检测与控制设备，其原理图如图1所示。

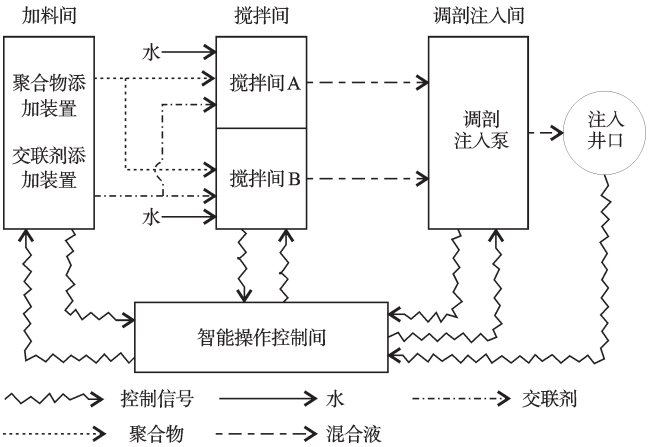

图1　远程智能注入系统原理图

（1）聚合物自动添加装置。由储料箱、料斗、振动器、料位开关、螺旋送料电动机、鼓风机等部件组成。添加装置的设计原理：首先将聚合物添加至储料箱内，由螺旋送料电动机将聚合物送入料斗内，鼓风机将料斗内的聚合物通过管道输送到搅拌罐。由变频器来调节螺旋送料电动机的转速以实现螺旋送料电动机的每转送料量的调节。

（2）搅拌装置。由搅拌罐、电动阀、液位计、搅拌器等部件组成。搅拌装置的设计原理：聚合物、交联剂及水在搅拌罐内混合，由搅拌器充分搅拌；由液位计对罐内液位进行实时监测，将监测信号发送到远程智能控制系统，实现对电动阀的自动控制；系统开发所用的阀均为电磁阀，利于实现自动化。

（3）仪表控制系统。由变频器、空气开关、继电器等元件组成，该系统使整套设备可以实现手动与自动控制。远程智能注入系统的核心部分由工业用计算机、CPU、CC-Link、远程I/O模块，远程设备站（远程A/D转换模块）、D/A转换模块、流量计、压力计、液位计等组成。系统采用一个CPU对注入现场进行控制。CPU通过CC-Link模块及CC-Link现场总线与这些核心部件建立起通信，PLC与远程模块的网络通信如图2所示。现场总线也称为开放式、数字化、多点通信的底层控制网络，其应用在生产现场，在微机化测量控制设备之间实现双向串行多点数字通信。本研究采用现场总线把单个分散的测量控制设备变成网络节点，以其为纽带，把它们连接成可以相互沟通信息、共同完成自控任务的网络系统与控制系统。

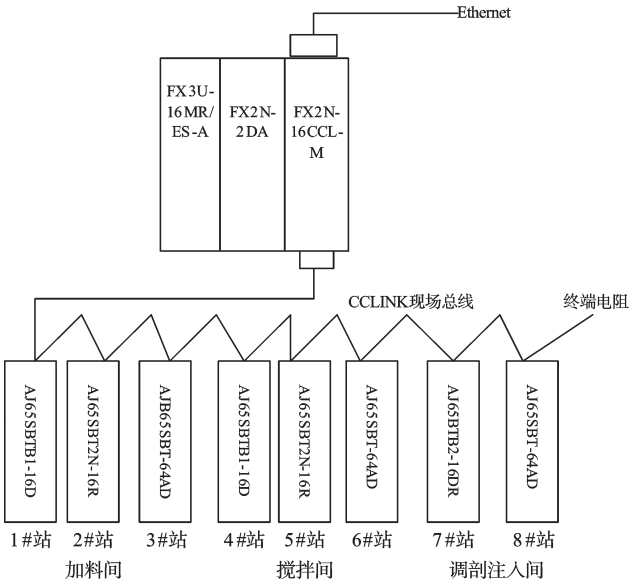

图2　PLC与远程模块的网络通信

2　远程智能注入系统软件的设计与实现

2.1　智能注入系统的软件设计

该系统的软件设计主要是对PLC的编程，编程主要完成手动控制方式和自动控制方式两个功能：① 手动控制方式：当系统部分设备发生故障，或者是需要调整部分工作参数时，针对这种情况，手动控制可将系统中的部分设备转换为手动操作，而其他部分按自动方式工作。在手动状态下，系统中的各种检测量及报警信号仍然由计算机采集、显示及报警；②自动控制方

图3 自动控制程序流程图

式:所有设备都由计算机控制,实现整个系统的全自动操作。自动控制方式的工艺流程如图3所示。

根据聚合物注入系统自动控制流程图,本研究可将控制系统分成3个部分:加料系统、搅拌系统及调剖注入系统。加料系统是整个系统开发的关键,用于实现聚合物的精确配比及自动上料,是整个生产的原料准备系统;搅拌系统是整个系统开发的核心部分,用于实现聚合物、交联剂及水的混合,再经搅拌罐充分搅拌形成符合要求的混合液;调剖注入系统用于将混合液注入油井内。

(1) 加料系统的设计。主要实现自动控制聚合物与水浓度的精确配比,其设计原理为:操作人员在组态界面中输入聚合物的浓度,该系统首先根据公式计算出搅拌罐溶液达到设定浓度时所需要的聚合物质量,然后系统再由聚合物质量、螺旋送料电动机的转速及每转送料量计算出达到浓度配比所需要的送料时间,这样,系统可通过控制送料时间来实现聚合物与水浓度的自动精确配比。其中,系统通过变频器的调速来调节螺旋电动机的每转送料量,系统检测到进水阀开到位时,自动启动螺旋送料电动机,同时开始对送料时间计时,计时达到送料时间时,自动关闭螺旋送料电动机,加料自动结束。

(2) 搅拌系统的设计。主要实现搅拌及液位检测,关键在于用液位检测值与液位设定值的比较结果向电动阀及搅拌电机发出控制指令。首先打开来水阀,系统对液位自动检测,当液位达到设定搅拌液位时,本研究启动搅拌电机,搅拌器开始搅拌,使聚合物、交联剂及水混合并充分搅拌,同时开始对搅拌时间计时,达到监控界面中设定时间时,搅拌电机自动停止,搅拌器停止搅拌。当液位达到液位设定上限时,本研究关闭进水阀。当进水阀关到位且搅拌时间到时,本研究打开出料电动阀。当液位达到液位设定下限时,出料电动阀关闭;系统采用两个搅拌罐,为了避免在两个搅拌罐的液位有高度差时,溶液由液位高的罐倒流入液位低的罐内,在系

统软件设计时应当使这两个搅拌罐的出料阀不能同时打开，在编程时它们之间是互锁的。

（3）调剖注入系统的设计：主要功能是将混合溶液注入油井内。其设计原理：该系统根据两搅拌罐出料阀的开闭状态，控制调剖泵的启停。系统检测到两个搅拌罐的出料电动阀中有一个开到位，调剖泵就自动启动，两个出料阀同时关闭，调剖泵自动停止。同时本研究检测注入流量和注入压力，将检测的流量、压力与注入流量和压力的设定值相比较，通过变频器调节调剖泵的转速，由转速来调节注入流量和注入压力，使其与设定值相吻合。

2.2　远程智能监控的实现

本研究采用组态王软件来实现整个系统的远程监控。组态王通过与PLC建立通信，可对整个油田远程智能注入系统中的液位、流量、压力等进行实时监控。并从中得到所需数据，使用户能够方便、及时地查看现场信息。组态王具有远程监控、数据采集、数据分析、过程控制等强大功能。它集过程控制设计、现场操作及工厂资源管理于一体，将一个企业内部的各种生产系统、应用及信息交流汇集在一起，实现最优化管理。

为了实现控制系统的实时监控，本研究设计了多个图形界面：系统主监控画面（如图4所示）、数据报表界画面、模拟量趋势曲线界面、设备运行状态显示画面、参数设定画面等，通过这些画面直观地反映出控制系统的运行状态和所有参数的变化。画面上设有面板，可以很方便地切换到报表及其他界面，便于观察系统详细的信息。本研究在图4所示的真实界面中运用了动画连接表示一些数据的变化，例如用绿色表示泵，电机，阀门的运行状态；用红色表示泵，阀门，电机的停止状态。用罐体填充颜色高度的变化来表示液位高低变化，用不同颜色的小矩形的运动表示物料、水和混合液流动动状态。

本研究在工艺流程监控界面上设计了启动和停止按钮，在自动方式和现场有关条件满足的情况下，操作人员可以通过监控界面上的按钮来控制整个注入系统的启动与停止。在设计参数设定界面时，操作人员设定各输入参数的输入范围。如操作人员输入的参数超出设定范围，系统就会提示出错，并显示参数的输入范围。本研究针对被控对象的各个模拟量参数都设计了趋势曲线图，便于查看模拟量的变化的过程。操作人员在控制操作间里就可以观察各个工艺过程的运行情况；系统将实时数据保存到关系数据库中，并进行数据库的查询。操作人员可随时查看各参数及模拟量的变化情况、查询历史数据，并可打印数据报表。工业现场的生产状况以动画的形式反映在屏幕上，操作者在计算机前发布的指令能够迅速送达生产现场。这就实现了对远程设备的智能监控。

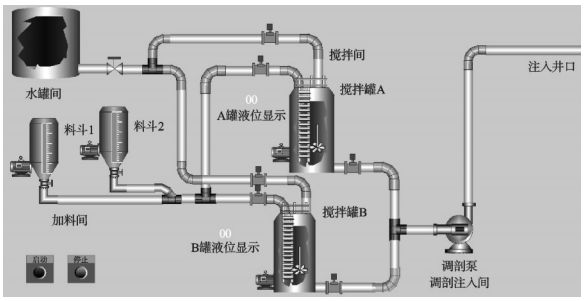

图4　远程智能注入系统的主监控画面

3　结束语

本研究将工控组态软件与PLC有机结合，开发了油田远程智能注入系统。该系统已在油田得到成功应用，其结果表明，油田远程智能注入系统的运行安全可靠，实现了聚合物与水的自动精确配比，且配比精度达到90%以上。通过利用对井口注入流量和压力的控制以及现场设备的在线诊断、报警、数据的分析、生成和打印报表等功能，改变了人工抄表、现场手动操作的原始监控方法，大大提高了三次采油的自动化和智能化程度，具有较高的实用价值。

参考文献（References）：

[1]　邹万勤，谢祥恩，刘　敏，等. 海上油田注聚自动化控制系统设计与应用[J]. 中国海上油气，2010，22(5)：322-325.
[2]　于天津. 注聚合物装置自动控制系统设计与研究[D]. 济南：中国石油大学(华东)机电工程学院，2008.
[3]　赵云丰，刘万军. 组态软件在油田生产监控管理中的应用[J]. 微计算机信息，2005，21(1)：60-62.
[4]　王　建. 油田污水处理分布式控制系统的应用研究[D]. 武汉：武汉理工大学自动化学院，2008.
[5]　杜喜昭，石秀华，赵丽强. 油田抽油机数据采集实时监控系统[J]. 测控技术，2010，29(9)：51-57.
[6]　陆　金. 组态技术在油田数据监控系统中的应用[J]. 科技资讯，2009(10)：36.
[7]　姚志恩. 基于组态控制技术的喷水织机控制系统的研究与实现[D]. 南京：东南大学无线电系，2006.
[8]　金利祥，张德华，陈绍聂，等. 基于PLC的风力发电机组控制系统的研究[J]. 机电工程，2012，29(2)：188-191.
[9]　冯清秀，叶春宇，汤漾平. 基于PC的静力试验台自动控制系统[J]. 机电工程，2012，29(3)：311-313.
[10]　郑新武，章明众，李春木，等. 数控加工中心自动换刀系统的研究[J]. 机电工程，2011，28(12)：1458-1460.
[11]　周美兰，周　封，王岳宇. PLC电气控制与组态设计[M]. 北京：科学出版社，2003.
[12]　王　宇，李忠勤，任思璟. PLC电气控制与组态设计[M]. 北京：电子工业出版社，2010.

［编辑：李　辉］