

基于PLC控制的自动喷井流量控制模式研究

吴登亮 杜林辉 岳彩栋 王永亮 胡鑫 中石化西北油田分公司采油二厂

【摘要】在石油开采过程中，如何控制好油井中石油的流量，对自喷油井控制起着关键性作用。为此，本研究引入一种SPS自动技术，利用PLC进行油量的控制和优化，实现石油井自动化控制。在新疆采油现场进行测试，效果良好，控制效率提升了10%，该研究将为油井自喷控制提供有效的借鉴方案。

【关键词】PLC技术；变频技术；流量控制；控制系统

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.05.034

一、引言

在社会主义市场经济体制之下，我国油田企业在发展的过程中，更加注重现代化的发展方式，突出体现在油田系统中油井的自动化控制。在启用油田自动化系统过程中，积极应用自动控制技术不仅可以大大提升油田开采与利用的效率，更重要的是可以在此过程中，加强其对生态环境的保护程度，促进企业生态效益与经济效益的统一。对于油田自动化系统来讲，其在油田企业的生产过程中发挥着重要的作用。其不仅是对现代先进科学技术的合理应用，也是对当下“科学发展观”理念的积极践行，而油井智能控制技术的广泛应用更是“锦上添花”，大大促进了工程实施过程中数据信息等的精准化发展。

二、PLC技术控制的特点与应用领域

1. PLC技术的定义

用于工业环境设计的数字操作的电子系统设备。运行逻辑、顺序控制、定时、计数、计算和其他操作指令，并使用可编程存储器通过数字模式和模拟输入输出接口控制不同类型的机器和生产过程。

2. PLC技术的特点

(1) 易于使用，通用性强

SPS硬件系统标准化，产品系列化。它具有不同的功能模块，可以形成不同功能和尺寸的灵活控制系统。在SPS结构的控制系统中，只能连接与SPS端子相对应的输入和输出信号线。如果需要更改控制系统的功能，程序员可以在线或离线修改程序。相同的PLC设备可限制输入/输出组件和应用软件之间的差异，并可用于不同的控制对象。

(2) 高可靠性和鲁棒性

虽然微型计算机的功能很强，但它的抗干扰能力很低。工业中的电磁干扰、网络变化、机械振动、温度和湿度变化可能导致整个微型计算机的异常运行。传统的

继电器触点控制系统由于机械触点数量大（易磨损和熔化）而存在很大缺陷，其系统的使用寿命和可靠性较低。SPS接管了微电子技术，大量的开关过程由非接触式电子存储设备补充，许多继电器和复杂的连接线被软件程序取代。因此，耐久性长，可靠性大大提高。从实际使用情况来看，SPS控制系统的平均下降时间通常可达40000~50000小时。SPS采取了许多硬件和软件干扰预防措施，可适应不同的工业现场，并可自行诊断错误。SPS一般能承受1000v·1ms脉冲的干扰，工作温度为0~60℃。

(3) 界面简单，维护方便

SPS接口根据工业控制要求设计，具有强大的负载能力（输入和输出可直接连接到交流220V和直流24V等强电压）。SPS还可以通过充电连接输入和输出，直接更换故障模块，而无需离线中断电源，从而显著减少错误。

3. PLC的应用领域

PLC的主要应用领域为纺织、纺织、起重机、起重、冶金、能源、石油和石化工业、市政工业、化学工业、建筑业、建筑业、建筑业、建材业、机床、塑料、橡胶机械、特种电子装置、汽车工业、农业机械等。纺织和金属行业是PLC应用最多的两个行业。冶金工业非常需要自动化。不同I/O部分对SP的需求，特别是对大中型SP的需求，远远超过其他行业的应用。

三、系统总体设计

1. 控制方案的确定

流量控制系统主要由流量计、变频器、恒流控制和发动机组成。该系统的主要任务是利用恒流量控制器使变频器成为发动机，对系统的数据进行操作和监控，同时实现管道的一定流量。根据设计任务要求，具体设计方案如下：

通用变频器+PLC（包括变频器控制和控制器控制）

+流量传感器表明PLS控制模式灵活舒适，具有良好的通信接口，促进与其他系统的数据交换，更具通用性。此外，SPS产品还具有系列化和调制功能，可与不同标准的控制系统灵活组装。在硬件设计中，只要改变SPS的硬件和I/O的外部接线，程序员就可以很容易地更改内存控制程序，这有助于现场调试。由于SPS具有很强的抗干扰能力，系统的可靠性得到显著提高。该系统可独立于供油能力使用，以实现恒定供油。系统灵活舒适，数据传输舒适，不影响系统稳定性和调节精度要求。

2.油流量控制系统的组成及原理图

基于PLC的油流量控制系统主要有变频器、流量变送器和油泵电机组成的一个完整的闭环调节系统。该系统控制的流程如图1所示。

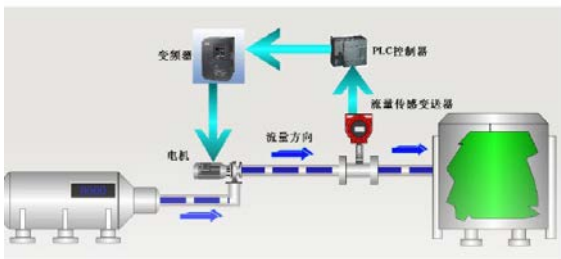


图1 基于PLC的油流量控制系统结构图

从图中看出系统可分为：控制机构、信号检测变送结构、执行机构三大部分，具体过程为：

(1) 控制机构：系统的控制结构包括两部分，控制器（SPS）和变频器。控制器是放喷流量控制系统的核心。控制器直接采集系统的流量信号，分析来自接口的信息，利用计算方法推导出流量的控制系统，并通过变频器控制流量，与变频器作为一个单元相联系，它控制泵发动机的转速，并监控调速器发出的控制信号，以改变泵发动机的转速。

(2) 信号检测单元：系统控制中要检测的信号包括管道信号。流量信号是控制系统的主要反馈信号，该信号为模拟信号，读取SPS需要A/D转换。

(3) 激活器：图中的执行器为泵发动机。泵电机吸收管道输送油，通过变频器改变发动机转速，控制井管内的油流量，实现用油量的量化。

安装在通道上的流量计允许油流量测量系统实时测量参考点处的油流量，检测管道的油性能，并将其转换为4~20mA的电信号。该检测信号是实现恒定油流的最重要参数，其电信号为模拟信号，只能通过PLC的A/D转换模块读取，并与初始设定值进行比较。通过PID操作比较的差值，然后D/A转换模块将计算出的数字信号作为变频器的输入信号转换为模拟信号，以控制变频器的输出频率，从而控制油泵发动机的转速，因此，管道中

的油流是恒定的。

四、硬件设计

1.控制设备的选型

PLC控制器具有可靠性高、通用性强、编程简单等特点，因此选用SPS作为控制器。选择SimmonsS7-200系列的SPS可节省自动喷井的油量并简化操作。该生产线结构紧凑，利润丰厚，广泛分布于许多小型自动控制系统中。考虑到终端实际数量的一致性，CPU选择西门子CPU224，在电压+115V下工作。要选择西门子EM235的扩展模块和模拟扩展模块，需要模拟输入点和模拟输入点。该模块有四个模拟输入模块和一个模拟输出模块。

2.油流量传感变送器的选型

变送器用于检测油管的油流量，安装在油泵的出油处。4~20mA输出功率转换器用于避免传输过程中的干扰和消耗。

通过以上分析，利用电磁式流量传感器LGD和电磁式电流转换器LGD-1实现了流量的测量、显示和传输。流量计的测量范围为0~0.6m³/h，精度为1.0。转换器发射将模拟模块EM235连接到CPU224的电流信号，作为PID设置的反馈信号。

3.油泵电机的选型

本系统中主油泵为15kW，辅助油泵为0.55kW，选用Y系列类电机。该电机适用于一般场所，无特殊要求的机械，如金属切割、机床、水泵、风机、运输机械等。

特点：绝缘等级为B级，外壳防护等级为IP22。

主泵发动机为Y160L-4发动机，功率15kw，同步转速1500r/min，额定转速1460r/min，额定电流30a，功率89.4%，功率因数0.85。

辅助泵发动机为y80m1-4发动机，功率0.55kw，同步转速1500r/min，额定转速1390r/min，额定流量1.5A，效率73%，功率因数0.76。

泵输送液体并打印液体。原动机等外部能量转移到液体中，增加液体能量，但正是选择了上述模型，才能保证系统稳定运行，达到节能效果。

4.变频器的选择。

节能主要体现在使用油泵上。为了保证生产安全，不同的生产机械在设计和配合上有一定的自由度。如果发动机不能满负荷运行，额外的操作会额外增加电能消耗。泵电机等常规设备的速度控制是通过调节进出口阀门和阀门开度来进行供给，在闸门和阀门的过程中消耗大量能量。如果流量需求减少，可通过降低泵的速度来满足要求。

逆变器是系统控制的硬件。通过改变频率和油输出来调整发动机转速。逆变器必须根据发动机的功率和电流进行选择。为了便于SPS和逆变器之间的连接,选择了西门子S7-200 SPS和西门子Mic440转换器。本系列用于改变三相交流发动机的转速。通过微处理器,分离栅双极晶体管被用作能量元件。操作安全性高,功能良好。模块化结构,组件灵活,具有多种完整的变频器和电机保护功能,内置RS-485/232C接口和闭环控制器,适用于过程控制,I/O终端的功能可以适应用户的特定需求。此外,西门子Select逆变器可通过RS-485通信协议和接口直接连接到西门子PLC,以促进设备之间的通信。

五、软件设计

1. PLC的程序控制规律的选择

PID控制是连续控制系统中技术最成熟、应用最广泛的控制方式。具有理论成熟,算法简单,控制效果好,易于为人们熟悉和掌握等优点。

本控制系统采用PID控制规律,PID控制规律如下:

$$u(t) = f[e(t)] \quad (1)$$

相应的传递函数为:

$$u(t) = k_p(e(t) + \frac{1}{k_i} \int e(t) dt + k_D \frac{de(t)}{dt}) \quad (2)$$

(1) 比例部分:与流量系统偏差信号的功能成比例反应。如果出现偏差 $e(T)$,控制器将立即创建控制功能,以消除高速但无法完全消除偏差的偏差。如果函数中的比例系数过大,数据将变得不稳定。

(2) 积分阶段:这意味着控制器的输出与偏差的持续时间有关。只要存在偏差,控制就会改变,直到系统偏差为零。

(3) 差动电平:响应偏差信号的变化电流。在发送偏差信号之前,系统可引入有效的早期校正信号,以加速系统的动作变化以调整时间。

六、结论

本文简要介绍了通过基于SPS的井口注油系统对油流量的控制。系统通过电磁流量测量装置测量标准电流信号,将标准电流信号传输至模拟输入模块和CPU,将其与规定值进行比较,并通过PID计算差值,通过模拟输出模块发送至逆变器控制泵,调整流量。通过深入分析了使用SPS技术进行井油流动的明显好处,并进一步选择了软件和硬件系统的类型。通过这项研究,我将继续学习深化SPS理论知识。相信在未来,PLC在井流控制领域将有更大的发展前景,大力推动油井控制技术的发展。

参考文献:

- [1]陈延奎.浅谈PLC控制系统的设计方法[J].中国科技信息,2009.
- [2]董伟.浅析基于PLC及变频调速小区恒压供水系统设计[J].科技风,2020.
- [3]黄丽萍,梁春英,王振民,于天齐,曲云霞.电动变量施肥控制系统的PID参数优化[J].农机化研究,2020.
- [4]鲍海琛.PLC变频技术在加压泵站供水系统中的应用[J].水利科学与寒区工程,2021.
- [5]刘娟.PLC技术在化工装置电气自动化控制中的应用[J].江西化工,2021.
- [6]崔鹤.PLC在油田计量监控系统的应用[J].自动化应用,2021.
- [7]王磊.移动式油井计量站系统的研制[J].中国设备工程,2020.
- [8]郭稳稳,梁鹏飞.一种基于PLC和变频器双馈电动机设计[J].内燃机与配件,2020.
- [9]董艾平,王基波,刘董宇,朱永生.基于PLC的单井产气量计量系统的开发[J].计量技术,2018.
- [10]黄建新.基于PLC和组态软件的污水处理监控系统设计[J].数字技术与应用,2018.
- [11]赵永志.油田计量间监控系统中PLC的应用[J].化学工程与装备,2016.
- [12]树龙珍,李曙生,沈霖.基于GPRS的油井工况远程监控系统[J].泰州职业技术学院学报,2016.
- [13]梁宏宝,王家兴,卓艳男,刘强.基于PLC的老化油脱水控制系统[J].化工自动化及仪表,2015.
- [14]徐学武,吴文秀,刘琛.油井自动加药系统的设计开发[J].石油机械,2015.
- [15]余满林,王静,张辉,徐大能,惠江涛,曾小敬.移动式油井计量站系统的研制[J].微型机与应用,2015.
- [16]周福鹏,王玉德,陈彩霞.基于PLC的油田计量间现场监控系统[J].电子技术,2014.
- [17]谢永华,王海滨,马刚,范洪福.基于GPRS的抽油井参数实时监测与故障分析系统[J].自动化技术与应用,2014.
- [18]江漪,胡泽.基于PLC技术的油田数据传输模块设计[J].信息通信,2014.
- [19]郭瑞祥.PLC控制系统在油田生产中的应用[J].电子技术与软件工程,2014.