

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 09-080-04 中图分类号: TP216+2

三相流量计自动倒井计量的研究

Research on Three Phase Flowmeter Automatic Switch Measurement

★史鹏涛, 李宏宏 (昆仑数智科技有限责任公司, 北京 102206)

★欧阳雪峰 (中国石油新疆油田公司, 新疆 克拉玛依 834011)

★刘长远 (昆仑数智科技有限责任公司, 北京 102206)

摘要: 在油田开采原油过程中, 掌握实时的油、气、水三相的流量, 不仅为油田制定和调整开采方案、优化生产参数提供了重要依据, 而且对于油田的生产管理、油气集输、延长油气井寿命、提高采收率等都具有重要意义。目前, 针对三相流量计在多井间倒井计量系统环节多操作繁琐、自动化程度低的问题, 本文提出了一种三相流量计自动倒井一体化装置。该装置不仅可以实时采集流量数据并上报中控室, 而且可以实现井场多口油井间的自动倒井计量, 并将计量的每口油井数据上报中控室, 从而实现计量间的自动化无人值守, 提高生产效率。

关键词: 三相流; 自动倒井; 实时计量

Abstract: In the process of oil production, the real-time flow of oil, gas and water not only provides an important basis for the formulation and adjustment of the production plan and the optimization of production parameters, but also has great significance for the production management, oil and gas gathering and transportation, prolonging the life of oil and gas wells and improving oil recovery. At present, aiming at the problems of many links, complicated operation and low degree of automation of three-phase flowmeter in multi-well metering system, this paper proposes a three-phase flowmeter automatic switch well integration device. The device can not only collect the flow data in real time and report to central control room, but also realize the automatic switch well metering among multiple wells on the well site, and report the measured data of each well to central control room, so as to realize the automatic unattended metering room and improve the production efficiency.

Key words: Three-phase flow; Automatic switch; Real-time measurement

1 引言

油田开采的原油属于典型的多相流物质, 包含气相、油相和水相, 以及少量固体杂质, 其中气相是指轻烃和非轻烃类混合气体, 油相是指油井采出液中的

液烃类物质, 水相则是指矿化水^[1]。在原油开采生产过程中, 准确掌握采出液中气、油、水三相的实时流量数据, 不仅为油井生产参数的优化, 以及开采方案的调整提供了重要依据, 而且对于油田的生产管理、油气集输、延长油气井寿命、提高采收率等都具有重要意义^[2-3]。

在现代油气生产数字化建设过程中, 三相流量计位于整个油田生产数字化系统的最底层, 它是系统中的一种数据采集与控制终端, 负责对井场中油井的油气水三相流量、液相含水率、体积含气率、气液压力、液体温度等各项参数进行采集和监控, 将采集到的数据上报至SCADA系统, 实现对油田井场各油井生产运行状况的监控^[4-5]。传统的三相流量计通常只安装于单口油井上进行数据采集与上报, 并不具备多井计量功能, 以及多井间自动倒井功能。

因此, 本文针对实际生产过程中的以上问题, 设计出一种三相流量计自动倒井计量一体化装置。该设备可以实时计量输出三相流量数据, 为油田的生产决策提供实时和准确的量化数据; 同时, 该设备安装于多井采出液汇管管路上, 通过控制多通阀使得每口油井的采出液按计量需求流经汇管, 从而实现多口油井间的自动倒井计量。

2 油井产量计量方法

2.1 计量方法

目前各油田油井计量技术多种多样, 计量标准不统一。传统计量技术和数字化计量技术共存, 从总体上

来看, 油井产量计量数字化覆盖率相对较低。

传统计量技术主要通过计量分离器配套相应的装置和仪表实现, 通过测量体积、质量的方法实现油井产液量的测量。其主要的计量方法有: 玻璃管量油法、电极量油法、翻斗量油法。这三种量油方法属于传统两相分离式量油, 通过采用计量分离器将采出液的气、液两相进行分离, 利用玻璃管液位计、翻斗等装置计量产液量, 然后人工取样检测液相的含水率, 从而计算出原油的产量^[6]。这几种计量方法的设备装置大、流程复杂, 建设和维护成本高, 大部分只能用于配置计量阀组的计量间; 并且受限于传统计量技术的特点和适用性问题, 依靠人工操作, 计量精度不一, 计量周期较长。随着自动化技术的发展, 传统计量技术通过数字化技术的加持, 可以实现自动计量, 但改造成本高, 性价比较低。

数字化计量技术目前主要包括软件计量和非分离三相流量计量。其中功图法量油就属于一种软件量油法, 具有较高的自动化水平, 通过安装在抽油机上的加速度和载荷传感器采集数据, 然后利用软件绘制出示功图并进行计算得到油井的产量^[7]。软件计量只能对液量进行测量, 主要适用于井况稳定、油品物性较好的抽油机井。井况不稳定、气量大、非抽油机的油井计量精度有待提升。非分离三相流量计量可以实现三相流量实时计量, 具有小型一体化、精度高的特点, 但技术门槛高、成本高, 目前处于推广应用阶段。

2.2 计量技术分析

针对油田常用的计量技术, 从其各自技术特点、优缺点、计量精度等方面进行对比, 如表1所示。

3 三相流量计自动倒井计量

三相流量计量油属于非分离式量油, 是采用多传感器融合技术, 结合先进的三相流建模技术, 实时计量输出三相流量数据, 能够直观地掌握油井采油过程中油、气、水的产出规律, 为油田的生产决策提供实时和准确的量化数据。三相流量计通过控制PLC切换多通阀, 进而控制多口油井采出液按设定程序流经汇管, 从而实现多井间倒井计量。

表1 几种典型计量技术对比

计量方法	优点	缺点	计量原理
玻璃管量油法	对产量波动不大的油井, 准确性较高。	(1) 计量装置大、流程复杂; (2) 对于间歇井和产量波动较大的井, 计量准确性低; (3) 对低伴生气井, 无法实现压液面操作。	体积法
翻斗量油法	(1) 自力式油井计量装置可满足低气井的计量; (2) 采用称重的方式, 克服了气体分离不净带来假体积的影响。	(1) 建设和维护成本高; (2) 受粘度大小及气液流速不均匀对翻斗计量的影响, 计量准确度下降; (3) 不便于定期检定和维修, 维护工作量大。	重量法
功图量油法	连续计量, 操作简便, 成本低。	(1) 只适用于机抽井, 对低产井、间歇出液井, 产量波动大、气液比大的油井, 计量准确性低; (2) 井况发生变化, 需要周期性修正算法。	根据工况计算
三相流量计法	(1) 非分离三相计量, 实现油、气、水实时自动计量; (2) 小型一体化, 精度高。	(1) 成本较高; (2) 需要日常定期标定。	多传感器融合

3.1 系统组成

三相流量计自动倒井计量一体化装置由实时在线三相流量计、触控显示屏、PLC、多通阀等设备组成。实时在线三相流量计是融合多传感器的可显示实时三相流量数据的设备; 触控显示屏、PLC、I/O接口等集成于控制柜中^[8-9]。实时在线三相流量计由文丘里测量模块、电磁测量模块、微波测量模块、数据处理和通讯模块组成, 具有以下特点:

(1) 高精度测量

通过融合电学层析成像、微波、文丘里等测量技术, 利用先进算法模型, 实现了油、气、水高精度非分离测量。

(2) 实时数据采集

数据采集达到秒级的实时性, 可有效反映当前生产情况, 便于油田分析决策。

(3) 成本优势

对标国际先进解决方案, 采用无放射源技术, 有效控制建设投入和维护成本, 更适合国内油田使用。

(4) 设备管理和监测

配套先进的设备管理和监测功能, 可实时监测传感器设备运行状态, 当设备发生异常时主动报警, 通知维护人员。

(5) 丰富的数据通信接口

配置以太网、串行接口，内置无线ZigBee模块，可通过多种通讯方式与其他系统、设备进行通讯。支持Modbus TCP、Modbus RTU、中石油GRM A11、ZigBee通讯协议。

(6) 支持多井倒井计量

可根据油田现场的具体需求，录入所需计量的油井井号，通过控制PLC实现自动倒井计量，并将各口油井的计量结果上报中控室。

3.2 控制流程

目前，部分采油厂现场主要采用计量间来实现井场油气产量的计量，倒井控制系统环节多、操作繁琐，且计量数据无法上传至调控中心。通过调研和分析，本装置将三相流量计支持生产计量和倒井控制功能相结合，满足计量井的自动识别、数据自动化采集上传、系统控制等功能，真正实现计量间无人值守，提高生产效率。

支持功能如下：

(1) 支持多井模式，可以根据油田现场的具体需求，录入其所需计量的油井数，然后通过多通阀切换管路后可以实现对多口油井进行计量，并分别保存每口油井的计量数据。

(2) 支持多井模式下的自动倒井计量功能，录井完成后，通过PLC可以自动控制三相流量计在多口油井间切换倒井，并对每口油井进行计量。其计量选井界面如图1所示。



图1 PLC计量选井界面图

在油田井场进行多井倒井计量时，其控制逻辑为：先选定要进行倒井计量的井号，并设定各口井的计量时间，该装置将按照选定好的井号和时间，根据程序自动实现倒井计量并上报计量结果到中控室。在PLC控制三相流量计自动倒井过程中，首先，PLC要向三相流量计发送命令，在三相流量计的倒井井号寄存器设定之

前录入的井号，如1号；然后，PLC向三相流量计发送命令，在三相流量计的倒井确认寄存器写入0x81，从而实现计量井切换到刚刚设定的井号；紧接着，PLC要控制相应的管路阀门开启，计时等待10分钟，等待该管路被测量流量达到稳定；最后，PLC要向三相流量计发送命令，在三相流量计的计量控制寄存器写入0x81，使流量计开始计量；按照设定的时间计量结束后，PLC向该寄存器写入0x82，从而停止计量，PLC控制相应的管路阀门关闭，并将计量结果立即自动上报至中控室；以此类推，其他选定的油井重复上面的步骤继续计量。自动倒井计量操作的流程图如图2所示。

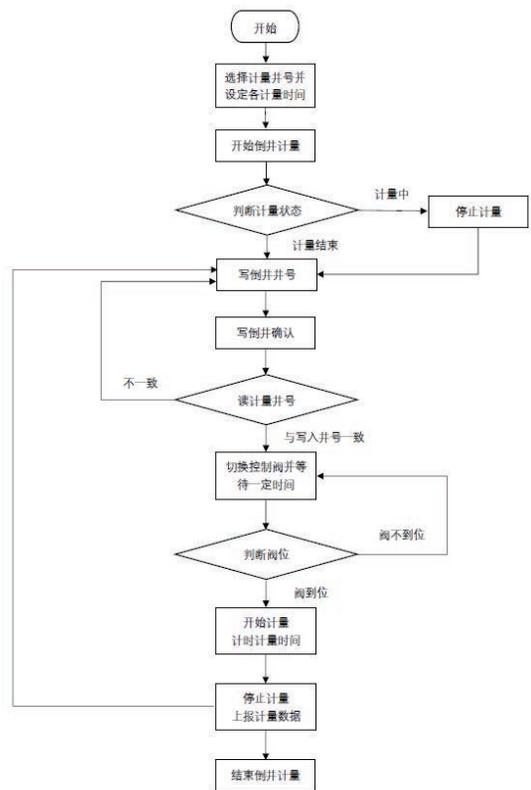


图2 自动倒井计量流程图

4 结论

三相流量计自动倒井计量一体化装置的应用，代替了原有的人工计量以及分离器等设备，节省了生产成本，并且改变了原有的生产管理模式，使之更加适应油

田自动化的发展需要,为推进油田的数字化、智能化建设添砖加瓦;同时,为油田制定和调整生产方案与精细化管理提供了精确的数据。该装置不受时间的限制,可以24小时对油井进行不间断量油,不需要人工干预,极大地提高了工作效率。该装置也可以对各油井的液相含水率、体积含气率、气液压力、液体温度进行实时监控,为油田的安全生产提供了有力保障。AP

作者简介:

史鹏涛 (1992-),男,河北廊坊人,助理工程师,硕士,现就职于昆仑数智科技有限责任公司,研究方向为

系统工程。

李宏宏 (1983-),男,陕西米脂人,工程师,硕士,现就职于昆仑数智科技有限责任公司,研究方向为油气田开发。

欧阳雪峰 (1975-),男,四川遂宁人,高级工程师,学士,现就职于中国石油新疆油田公司,研究方向为仪表自动化。

刘长远 (1992-),男,河南濮阳人,学士,现就职于昆仑数智科技有限责任公司,研究方向为油气田地面工程、仪表自动化。

参考文献:

- [1] 魏祯毅. 油、气、水多相流量计的研究[D]. 浙江大学, 杭州: 2004.
- [2] 许晓英, 赵庆凯, 陈丰波, 等. 多相流量计在国内市场的应用及发展趋势[J]. 石油与天然气化工, 2017 (2): 99 - 104.
- [3] 叶兵. 多相计量技术新进展[J]. 国外油田工程, 2010, 26 (2): 52 - 54.
- [4] 郑娟, 桂博翔. 油井产量计量技术探讨与研究[J]. 仪器仪表用户, 2015, 22 (1): 2.
- [5] 邹凌川. 原油计量技术的研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2014.
- [6] 李杰训, 贾贺坤, 宋扬, 等. 油井产量计量技术现状与发展趋势[J]. 石油学报, 2017, 38 (12): 1434 - 1440.
- [7] 韦继明. 远程自动量油系统在油田的应用[J]. 石油化工自动化, 2009 (04): 71 - 73.
- [8] 陈冰, 闵利昆, 张雅楠, 刘星. 基于实时在线三相流量计的倒井一体化装置[J]. 仪器仪表用户, 2020, 27 (12): 5 - 7.
- [9] 李秋莲, 张健, 张岳峰, 等. 大庆油田油井计量站计量现状分析与对策[J]. 油气田地面工程, 2011, 30 (09): 56 - 57.