

多相流分离计量装置在金秋气田致密气的应用

李 静

中国石油西南油气田分公司, 四川 遂宁

收稿日期: 2023年9月27日; 录用日期: 2024年1月3日; 发布日期: 2024年3月25日

摘 要

金秋气田致密气开采过程中, 井口气、液计量的准确性直接影响气井生产动态分析等工作, 现行气田常用的计量方式为单相计量, 该种计量模式存在所需设备数量多、占地面积大、投资较高、建设周期较长等问题。本文分析了多相流分离计量装置的工作原理以及特点, 开展了多相流分离计量装置现场对比试验, 现场试验结果显示气相测量误差在 $\pm 5\%$ 以内, 基本满足金秋气田致密气当前开发阶段的使用需要, 并可实现致密气单井地面工艺流程优化简化、快建快投。

关键词

致密气, 多相流分离计量装置, 对比试验, 使用需要

Application of Multiphase Flow Separation Metering Device in Jinqiu Tight Gas Field

Jing Li

PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Suining Sichuan

Received: Sep. 27th, 2023; accepted: Jan. 3rd, 2024; published: Mar. 25th, 2024

Abstract

In the exploitation process of Jinqiu tight gas field, the accuracy of well gas and liquid measurement directly affects the dynamic analysis of gas well production, the current common metering method for gas fields is single-phase metering, which has many problems such as large amount of equipment, large area, high investment and long construction period. This paper analyzes the working principle and characteristics of the multiphase flow separation metering device, and carries out field comparative tests of the multiphase flow separation metering device, the field test results show that the measurement error of gas phase is within $\pm 5\%$, which basically meets the needs of the current development stage of tight gas in Jinqiu Gas field, and can realize the optimization and simplification of surface technological process of tight gas single well, fast construction

文章引用: 李静. 多相流分离计量装置在金秋气田致密气的应用[J]. 仪器与设备, 2024, 12(1): 85-88.

DOI: 10.12677/iae.2024.121013

and quick injection.

Keywords

Tight Gas, Multiphase Flow Separation Metering Device, Comparative Test, Use Needs

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生产计量是气田开发、生产、经营、管理中的重要一环，其主要目的是通过实时监测气井产出物的数量和组分，有效掌握气藏的储存、开采状况，指导制定科学合理的开发举措，持续提高采收率[1]。金秋气田是典型的致密气藏，气井产物包括气、凝析油、水，有效计量、顺利开展气藏动态分析十分重要，在开发初期，平台井采用“一对一”流程进行连续计量(即一口气井对应一台计量分离器)，该种计量模式满足现场实际需要，随着后续大规模建产、上产，地面工程计量技术采用传统计量模式，经济成本较高，建设周期较长，难以适应气田降本增效的发展战略，亟需寻找适用于致密气的更加经济可靠的计量技术[2]。

不同于单相流，多相流中有多种流体，流体间不相同的性质等因素给多相流的计量造成了不少的困难，随着电子技术、计算机等技术的迅猛发展，多相流计量也取得了极大的进展和现场应用，按照计量方式的不同，现已有的多相流计量可分为：完全分离式、部分分离时、不分离式和取样分离式[3]。

为进一步实现流程优化简化、降本增效，在金秋气田致密气开展部分分离式多相流量计现场试验。

2. 多相流分离计量装置概况

2.1. 计量原理

金秋气田致密气井所产气液通过管式旋流分离装置进行高效分离，由湿气流量计、质量流量计等单相仪表实现气、液流量的计量，同时根据油、水密度建立数学模型计算出含水率，从而实现油、气、水的准确计量并实时显示。

2.1.1. 湿气两相流计量原理

虚高修正模型：所产气液通过管式旋流分离装置进行分离，分离后的气相(含有未彻底分离的液相)通过文丘里管，由于气液两相流流动与单相气体或液体流动产生的压差是不同的，当单相气体管路混入液相后会使节流原件的压降比原来大，在文丘里管产生的差压值相比等量干气单独流过时偏高，称为虚高(over-reading)，此时引入一个虚高修正参数对虚高进行修正，则真实的气相流量 Q_{gm} 为

$$Q_{gm} = \frac{Q_m}{\Phi_g} = \frac{\epsilon \cdot C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \times \frac{\pi d^2}{4} \times \sqrt{2\Delta p \rho_g}$$

研究表明，虚高与文丘里管的口径、节流比、气体流速、管道压力等参数相关，结构不同的文丘里管具有不同的虚高特性；对传统文丘里管进行优化改进，多点差压测量，形成多级文丘里管湿气测量智能流量计系统；通过对节流件多点差压值实验分析，建立虚高及气液比模型，从而计算得到对应的虚高系数。

通过理论推导和实验分析，得出多级文丘里湿气两相流的虚高与两级差压的比值、气体流速、管道

压力等参数相关，可建立相应的虚高修正模型和湿气两相流的气液质量比测量模型，有如下关系：

$$\Phi_{g1} = f_1 \left(k, F_{rg}, \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)$$

$$\Phi_{g2} = f_2 \left(k, F_{rg}, \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)$$

$$\frac{Q_{lm}}{Q_{gm}} = f_4 \left(k, F_{rg}, \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)$$

式中， k 为差压比值 $\Delta P_2/\Delta P_1$ ， F_{rg} 为气相 Froude 数(气相流速)， ρ_g 为气体密度， ρ_l 为液体密度，因此，通过利用多级文丘里管的虚高测量模型和气液质量比测量模型可实现两相流的流量测量。

2.1.2. 质量流量计原理

旋流分离后的液相(凝析油和水)通过质量流量计进行计量，质量流量计是利用科里奥利原理，即利用测量管下半部分振动频率相位差正比于质量流量以测量流量，利用两个基本参数质量流量 Q_m 和密度 ρ 衍生得出体积流量 $Q_v = (Q_m/\rho)$ ，因为被测液体是两种有一定密度差不相溶混合液体，经密度演算可得出油水混合液的含水率。

2.2. 结构及特点

多相流分离计量装置由管式旋风分离装置、湿气计量装置、液相计量装置、数据集成处理装置等 4 部分构成，整体采用撬装设计，整个多相流系统分别有一个进口、一个出口，安装非常简单，采用上进下出安装，同时，多相分离计量装置还具备：1) 无可动部件，结构简单；2) 数据可远程传输，降低工人操作难度；3) 体积小、一体化成撬，可不同平台井重复使用；4) 适用范围广等特点[2]。

3. 现场对比效果评价

通过在平台井开展对比计量：差压流量计 + 进罐计量及多相分离计量装置计量，结果表明多相分离计量装置计量基本满足现场需要，总体性能运行情况良好，即通过现场实际运用可得出结论：通过多级文丘里管的虚高测量模型和气液质量比测量模型可实现两相流的流量测量。

3.1. 现场对比方法及结果

对比方案：平台井井口所产气液先经过多相分离计量装置(安装在气液分离器的上游)，再进入气液分离器，其下游安装差压流量计、凝析油罐和气田水罐。多相分离计量装置测量可测量气、油、水的瞬时值及累计值，与分离器下游的差压流量计测量的气相值及分离器下游的凝析油罐和气田水罐测量的油、水值进行对比，对比结果如表 1 所示。

Table 1. Measurement comparison results of platform wells

表 1. 平台井计量对比结果

多相流量分离计量装置气相日平均值(方)	差压流量计日平均值(方)	差值(方)	误差率(%)
100,962	99,712	1250	+1.25
多相流量分离计量装置油相日平均值(方)	磁浮子液位计日平均值(方)	差值(方)	误差率(%)
4.54	4.66	-0.12	-2.57
多相流量分离计量装置水相日平均值(方)	磁浮子液位计日平均值(方)	差值(方)	误差率(%)
0.99	1.21	-0.22	-18.18

3.2. 对比结果分析

1) 气产量对比。致密气平台井气液分离计量集输流程采用差压式流量计计量气相,符合 GB/T 18603-2014《天然气计量系统技术要求》[4]。气相计量对比方式采取多相流分离计量装置气产量数据与差压流量计数据实时对比,计算计量误差,日平均误差率为+1.25%。

2) 油、水产量对比。致密气平台井气液分离计量集输流程采用进罐计量液相(凝析油和水),液相计量对比方式采取多相流分离计量装置液相计量数据与进罐计量数据实时对比,油相日平均误差率约为-2.57%,水相日平均误差率约为-18.18%。分析认为液相误差较大除了与设备本身存在计量误差有关,同时还存在产出液不均匀、人工操作误差等因素的影响。

通过现场实际应用,得出结论:多相分离计量装置计量准确性基本满足现场生产实际需要。

4. 结论及建议

1) 通过对比差压流量计 + 进罐计量及多相分离计量装置计量数据,得出结论:多相流分离计量装置基本能满足金秋气田致密气现场需要。

2) 金秋气田致密气井产物包括气、油、水,为保证气井生产动态分析的准确性,需要准确计量,建议开展不同厂家提供的多相流量计实验室精度测试工作,筛选出基本满足现场生产的计量设施,为后续投产井设备选型提供数据支撑。

3) 多相流分离计量装置(属特种流量计)在相关机构暂无标准检定装置,投运前开展了精度测试,考虑到生产时出砂等不确定因素,建议定期开展已投运多相流分离计量装置计量精度测试工作,为不影响正常生产,做好移动式分离计量撬装设备储备。

参考文献

- [1] 陈艳,王军,刘畅. 自标定多井在线计量方案[J]. 化工自动化及仪表, 2021, 48(6): 562-565.
- [2] 罗涵,谢利江,谭聪,等. 涪陵页岩气田湿气两相流量计应用效果评价研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020(19): 3-8.
- [3] 刘丹丹,曹平. 多相流流量计量综述[J]. 石化技术, 2017(8): 283-284.
- [4] 罗勇,汪运储,陈浩. 两相流量计在页岩气平台井地面集输工程中的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021(1): 140-142.