

海上某油田移动式流量计标定撬的研究与应用

张中华 林超 潘洋 李洪甲 孔令合

(中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津市滨海新区 300450)

摘要: 目前海上油田注水井流量计的标定通常需要将仪器拆卸后运送回陆地相关单位进行检测实施,其检测周期长且费用成本较高。本文基于海上平台注水井流量计无法直接标定的问题,分析了目前注水井地面流量计存在的误差及其影响,提出了一种移动式流量计标定撬的测试方法。在此基础上,对 F4 井原有的流量计通过定流量梯度和定压力梯度两种方式,进行了现场测试分析。结果表明, F4 井流量计和标定撬流量计相对误差达到了 22.46%,压力梯度测试相对误差达到了 23.23%,超过了最大允许误差范围,需要对 F4 井原有流量计进行标定。研究认为,该移动式流量计标定撬结构简单,可操作性强,对注水井提供精准的注水数据以及油藏的动态分析具有重要意义。

关键词: 流量计标定撬;井口流量计;精准注水;误差分析;

目前海上油田注水井流量计的标定需要从平台拆卸后送返陆地依托有资质单位实施,检验周期长且费用相对较高^[1]。流量计送检标定期间,海上平台通常用临时短替替代流量计进行注水作业,在此过程中注水井无法对注水量和注水速度进行动态调整,进而导致地层能量补充不足、油水界面非均匀性增强、驱油效率下降或注水速度过快,储层造成速敏伤害等不可逆的严重后果^[2-4]。本文基于海上平台注水井流量计在线标定的方案,提出了一种移动式流量计标定撬的测试方法,并利用 F4 井的流量计通过定流量梯度和定压力梯度两种方式,进行了现场测试分析。

1. 技术简介

1.1 电磁流量计主要参数

目前某油田海洋平台注水井主要采用电磁流量计作为注入水流量测试仪器,该仪器在管道两侧各分布有一个电极,通过测量注入水通过时两电极感应电势的差值,通过法拉第电磁感应定律,即可计算求得通过流量计的体积流量^[5-6],其主要技术参数如表 1.1 所示:

表 1.1 电磁流量计主要参数表

型号	XX	电极	HC
口径	2 寸	衬里材质	PFA
流量范围	1 ~ 50m ³ /h	精读	0.20%
压力登记	ANSI 1500LB FM	防护等级	IP67
电源	220VAC	电气接口	1/2 NPT
防爆等级	Exd iamb 11CT5 Gb	连接形式	法兰连接

移动式流量计标定撬制作所需其它材料: 2 寸 1500LB 附属管线及接头, 2 寸 1500LB 管线 2m, 2 寸 1500LB 法兰 2 个, 垫片、固定支架若干。

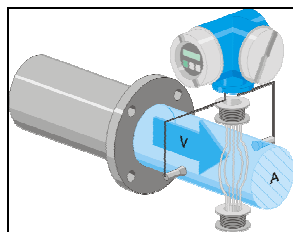


表 2.1 流量梯度测试方案

井号	注入方式	日配注量, m ³	配注流量, m ³ /h	测试点 1, m ³ /h	测试点 2, m ³ /h	测试点 3, m ³ /h	测试点 4, m ³ /h	测试点 5, m ³ /h
F4	分注	150	6.25	0	1.56	3.12	4.68	6.25

通过对 F4 井选取的 5 个测试点进行流量测试,将其注水管汇上的测试流量和流量计标定撬的标准流量示数进行比对(如图 2.2-a),同时对其误差进行了分析(如图 2.2-b),有如下结论:



图 1.1 电磁流量计工作原理 图 1.2 移动式流量计标定撬安装位置

1.2 工作原理

从被测试注水井 A 的服务生产翼阀连接 2 寸高压软管至流量计标定撬的上游,其下游通过高压软管连接至附近注水井 B (测试前 B 井暂时停注)的服务生产翼阀,测试期间关闭注水井 B 的生产翼阀,打开清蜡阀、主阀、服务生产翼阀,打开注水井 A 的生产翼阀、清蜡阀、服务生产翼阀,关闭注水井 A 的主阀,让通过被测试注水井 A 管汇自有流量计的所有生产污水通过流量计标定撬的流量计对比校准后通过注水井 B 注入地层,从而实现对接注水井 A 管汇流量计的校准。

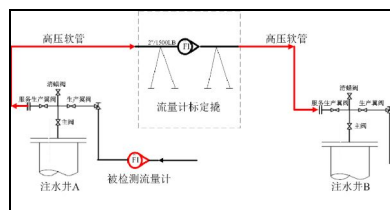


图 2.1 测试流程图

2. 实例分析

2.1 流量梯度测试方法

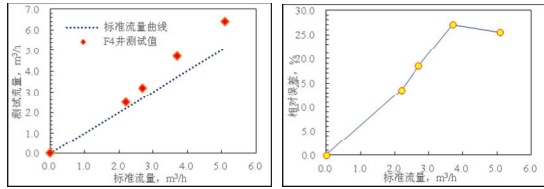
油藏注水方案编制时通常以一定时间范围内的注入量为标准进行设计。因此,测试仪表注入速度的准确性将会对地层压力的保持程度以及注入水的波及范围产生重要影响^[7-9]。而在流量计标定时通常也以配注速度为标准进行标定测试。

某油田海洋平台采用面积井网注水开发,现有注水井 15 口,其中 F4 井 2016 年从开发井转为注水井。目前,最大日配注量为 150m³,最大配注流量为 6.25 m³/h。因此,分别选取了零速度、25%最大配注流量(1.56 m³/h)、50%最大配注流量(3.12 m³/h)、75%最大配注流量(4.68 m³/h)、最大配注流量(6.25 m³/h)为配注流量测试点(如表 2.1)。

(1) F4 井流量计相对误差最大为 27.03%,平均相对误差达到 22.46%,超过最大允许值。因此, F4 井原有流量计误差大,需要重新进行标定。

(2) F4 井原有流量计相对误差随着配注速度的增加而加大, 当注水配速大于 4.68 m³/h 时, 相对误差达到最大值 27.03%; 随后注水配速的增大, 相对误差不在增加, 但仍然维持在较高的水平 (25%)。

(3) 在注水配速小于 1.5 m³/h 时, F4 井原有流量计相对误差小于 10%, 因此, 在此范围内的配注数据仍具有较高的可信度。



(a) F4 井流量测试结果 (b) F4 井流量测试误差

图 2.2 流量梯度测试成果

表 2.3 压力梯度测试方案

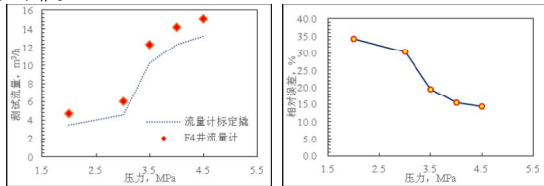
井号	启动压力, MPa	允许最大注入压力, MPa	配注量下压力, MPa	测试点 1, MPa	测试点 2, MPa	测试点 3, MPa	测试点 4, MPa	测试点 5, MPa
F4	1.8	15	6.4	2	3	3.5	4	4.5

通过在定压力条件下对 F4 井选取的 5 个测试点进行流量测试, 将其注水管汇上的测试流量和流量计标定稿的标准流量示数进行比对 (如图 2.3-a), 同时对其示值误差和相对误差进行分析 (如图 2.3-b), 有如下结论:

(1) 在定压力工况下, F4 井流量计相对误差最大为 34.29%, 平均相对误差达到 23.23%, 误差超过最大允许值。因此, F4 井原有流量计误差较大, 需要重新进行标定。

(2) 随着压力的增大, F4 井流量计示值误差逐渐增大, 从 1.2 m³/h 增大到 1.9 m³/h, 但相对误差逐渐下降, 由 34.29% 降低到 14.39%。

(3) 在目前测试压力范围内, 相对误差均超过了允许范围 (10%)。在此压力范围内的流量数据偏大, 计算得到的视吸水指数不可靠。



(a) F4 井定压力流量测试结果 (b) F4 井定压力流量测试相对误差

图 2.3 流量梯度测试成果

3. 结论

(1) 移动式流量计标定稿结构简单, 易于操作, 同时可避免原从海上平台拆卸后送返陆地检测标定的方式, 节约了时间成本和经济成本。

(2) 平台 F4 井流量计相对误差较大, 定流量测试下平均相对误差达到 22.46%, 定压力测试下平均相对误差达到了 34.29%, 需要重新进行标定, 确保注水计量的准确性。

2.2 压力梯度测试方法

视吸水指数是注水井在两种工作制度下日注水量差值与相应两种工作制度下井口压力差值的比值, 该指标反应了地层吸水能力的大小, 是油藏注水开发中常用的监测指标^[10-12]。因此, 流量计在固定压力下准确计量流量大小对油藏注水开发过程中的动态分析具有重要意义。

F4 井注水启动压力为 1.8MPa, 目前配注作业压力为 6.4MPa, 视吸水指数测试一般在此压力范围内通过升压法或降压法进行测试。因此, 分别选择了 2MPa、3MPa、3.5MPa、4MPa、4.5MPa 五个压力测试点进行流量测试。

(3) 平台 F4 井原有流量计前期计量数据中, 在注水配速小于 1.5 m³/h 时, 其相对误差小于 10%, 注水数据仍有较高的准确度。

参考文献

- [1] 赵阳. 海上钻井平台分布式管理信息系统分析与研究[D]. 天津大学, 2005.
- [2] 沈建军, 西南石油大学地球科学与技术学院, 沈建军, et al. 岐口 18-1 油田沙河街组储层结垢机理及对注水开发影响研究[J]. 油气藏评价与开发, 2018.
- [3] 贾红兵, 赵辉, 包志晶, et al. 水驱开发效果评价新方法及其矿场应用[J]. 岩性油气藏, 2019(5).
- [4] 孙亮, 李勇, 杨菁, 薄层底水碳酸盐岩油藏水平井含水上升模式及优化注水技术[J]. 岩性油气藏, 2019, 031(006):135-144.
- [5] 曾为民, 李斌. 电磁流量计综述[J]. 上海大学学报(自然科学版), 1997(S1):273-276.
- [6] 胡婷, 梁原华. 电磁流量计几种激磁方式的分析[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2001, 6(2):104-106.
- [7] 陈荣芹. 复杂断块油藏细分注水开发方案优化研究[J]. 断块油气田, 2006(01):33-34+95.
- [8] 郝伟华, 杨坤, 周兵. 海洋石油平台混配注水控制方案[J]. 才智, 2010(20):51.
- [9] 王文祥, 马强, 徐海波. 海洋平台大功率注水泵节能方案对比研究[J]. 水泵技术, 2016, No.227(01):20-23.
- [10] 肖宇, 孙尧尧, 贺敬聪. 注水井微压裂技术在渤海某油田的应用效果评价[J]. 海洋石油, 2018, 38(03):42-44.
- [11] 权宝华, 杨凯, 任强, et al. 一种海上油田注水井清洗工作液的开发及应用[J]. 天津科技, 2018, 45(S1):62-64+68.
- [12] 王晓娥, 王昌龄, 黄远. 杏河油田污水回注动态定量评价[J]. 石油天然气学报, 2007(03):16+266-268.