

智能针阀间开装置的广泛应用及经济性评价

盛文奇 崔云龙 张敏敏 (中国石油长庆油田分公司第五采气厂, 内蒙古自治区 鄂尔多斯 017300)

摘要: 苏里格气田属于低孔、低渗、低丰度“三低”气田, 受沉积相的控制, 区块由南至北储层成熟度变低, 且历经十余年的规模建产, 产能建设向北部低品位区推进; 具有储层非均质性强、单井产量低、产液量大的特点。井多面广, 单井日产低, 携液能力差, 随着开发时间的延续, 大部分气井出现不同程度水侵而无法连续生产。为了解决积液问题, 部分气井使用间歇生产模式, 即间开生产: 关井期间气井恢复井筒能量, 开井期间利用高流速排出部分积液, 成本较低。但是面对井多人少的问题, 大部分井需要频繁开关井, 并且人工开关井受到外界干扰因素(路况、天气、外协等)大, 无法保证间歇生产井开井时率。为了实现间开井的远程智能控制, 本文将智能针阀间开装置在东二区气井的广泛应用及效果进行分析, 对气井使用智能针阀前后的气量、采气时率和经济性等参数做了对比。结果表明: ①智能针阀间开装置稳定性好, 能够满足气井远程智能间开的需求; ②使用智能针阀间开装置之后, 平均日产气量增加显著, 由 $0.95 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 增加至 $1.58 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 比安装前提高 66%, 排水采气效果良好; ③综合经济性能优异: 与人工间开加泡排相比, 单口井智能针阀间开装置在 3 个月内可以创造上百万元的经济效益。智能针阀间开装置能够远程智能控制气井间歇生产, 经济效益显著。

Abstract: Sulige gas field belongs to the "three low" gas fields of low porosity, low permeability, and low abundance. Controlled by sedimentary facies, the maturity of reservoirs in the block decreases from south to north, and after more than ten years of large-scale production, production capacity construction is advancing towards the low-grade area in the north; It has the characteristics of strong reservoir heterogeneity, low single well production, and high liquid production. The well has multiple facets, low daily production per well, and poor liquid carrying capacity. As development time continues, most gas wells experience varying degrees of water invasion and cannot continue production. In order to solve the problem of liquid accumulation, some gas wells use intermittent production mode, that is, intermittent production: during the shut in period, the gas well recovers wellbore energy, and during the open period, high flow rate is used to discharge some liquid accumulation, which is cost-effective. However, facing the problem of many wells and few people, most wells require frequent opening and closing, and manual opening and closing of wells are greatly affected by external interference factors (such as road conditions, weather, outsourcing, etc.), which cannot guarantee the opening rate of intermittent production wells. In order to achieve remote intelligent control of intermittent wells, this article analyzes the widespread application and effectiveness of intelligent needle valve intermittent devices in gas wells in the East Second District, and compares parameters such as gas volume, gas production rate, and economy before and after using intelligent needle valves in gas wells. The results show that: ① The intelligent needle valve opening device has good stability and can meet the needs of remote intelligent opening of gas wells; ② After using the intelligent needle valve intermittent device, the average daily gas production increased significantly, from $0.95 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ to $1.58 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, an increase of 66% compared to before installation, and the drainage and gas production effect was good. Excellent comprehensive economic performance: Compared with manual intermittent opening and bubble discharge, the intelligent needle valve intermittent opening device for a single well can create millions of yuan in economic benefits within 3 months. The intelligent needle valve intermittent device can remotely and intelligently control the intermittent production of gas wells, with significant economic benefits.

关键词: 智能针阀; 远程管控; 气井积液; 排水采气; 间开生产; 经济效益

Key words: intelligent needle valve; Remote control; Gas well fluid accumulation; Drainage gas production; Open production; Economic benefit

苏里格气田属于低孔、低渗、低丰度“三低”气田, 的延续, 大部分气井出现不同程度水侵而无法连续生产。井多面广, 单井日产低, 携液能力差, 随着开发时间 为了解决积液问题, 部分气井使用间歇开关生产

模式, 间歇开关井生产(简称间开)是一种简单高效高性价比的针对积液气井的生产制度, 分为人工间开和智能间开。其中人工间开井费时费力效率低, 容易受到交通、天气等影响, 作业人员暴露于危险驾驶和恶劣天气中的风险大, 上井频繁致用工及车辆设备动用频次高、工作量大; 有一定的安全和人身健康风险; 保证率较低, 作业制度较难落实, 预期效果不易保证; 单位投资和维护成本高, 且无法做到远程管控和信息化管理。这些弊端成为制约气田现场生产、技术和安全管理升级的薄弱环节。为了提高间开效率, 根据实际情况对全区 655 口井进行了智能针阀的安装及智能间开装置的应用, 降低设备和作业成本, 提高间开的增产效果和效率, 实现了远程管控和信息化管理。结合生产数据, 技术员能精确监控气井生产状况, 并对间开制度进行优化, 降低油套压差, 提高气井的气液产量、采气时率和最终采收率。

1 智能针阀间开装置应用简介

1.1 智能针阀间开装置的结构及特点

智能针阀间开装置主要包括电动执行机构、智能控制器、手轮、阀体、阀前压力传感器、阀后压力传感器、连接法兰等部分, 该装置最重要的部分是智能针阀。智能针阀可替代针阀, 安装于针阀处, 也可安装于针阀下游, 截断阀上游。可实现气井在高压下远程开启, 提高生产效率, 降低员工劳动强度, 进一步提高气井生产管理自动化水平。智能针阀可由用户通过现场或远程操作实现即时开关井。自带下游管线压力传感器, 实现高低压保护功能; 内置电池, 无外电也能保证该功能触发, 确保安全生产。具有流量计量功能, 满足无流量计井口的流量监测功能, 综合成本低, 降本增效。

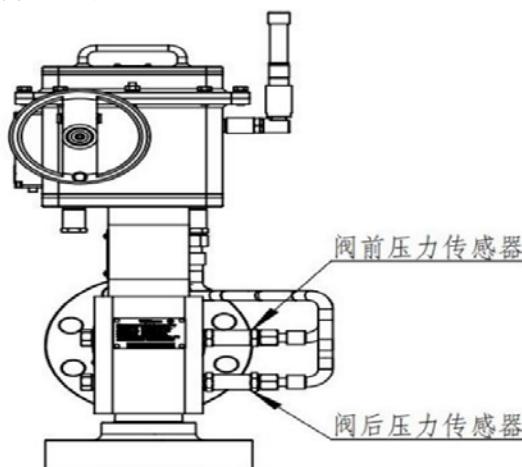


图 1

智能针阀间开装置可分为四个生产模式:

手动模式: 智控阀在手动模式下, 设置开度可以进行阀门的开关调节。

定时模式: 设置开井时间、关井时间, 根据设定的时间来进行间歇性生产。定时模式也可开、关阀门操作, 执行后继续按照设定的时间运行定时模式。

定压模式: 设置开井压力和关井压力(此压力为油压), 还需设置最大、最小开关井时间。

常开/常关模式: 常关模式阀门关闭; 常开模式阀门开启。

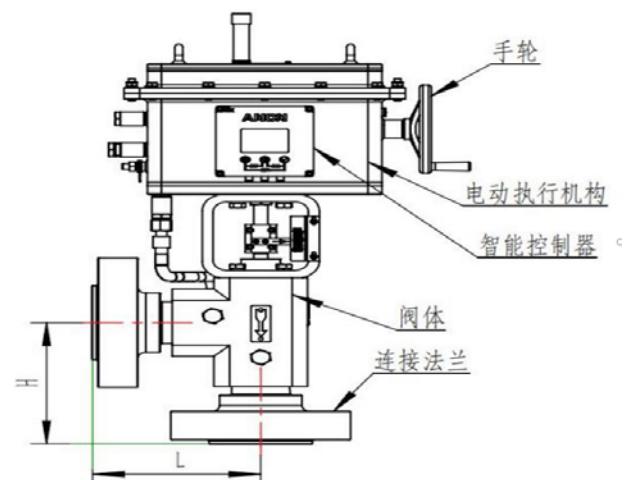


图 2

1.2 存在问题及改进方向

在研究中发现, 智能间开装置在运行过程中存在以下几方面问题:

①通讯模块信号不稳定, 通讯故障导致智能间开装置无法远程控制;

②在冬季运行过程中智控针阀出现阀门卡涩现象, 导致阀门无法全开全关;

③定时模式运行过程中出现自动切换为手动模式的现象, 导致制定的间开生产制度无法正常运行, 从而影响排水采气效果;

④云平台可增加智能分析模块, 根据压力恢复情况自动优化开关井制度。

2 智能针阀间开装置应用情况

现阶段该区有 655 口井安装应用智能针阀间开装置。其中地质间歇井 153 口, 泡排间歇井 204 口, 自然连续生产井 100 口, 措施无效井及经济低效井 146 口, 其他特殊井 52 口。地质间歇井可通过定时模式或定压模式, 摸索最优开关井制度, 使得开井瞬间气体流速大于临界携液流量, 从而提高气井的气液产量、采气时率和最终采收率。泡排间歇井可通过定时模式

或定压模式，对生产过程中出现积液情况，持续优化智能间开制度，增加人工泡排辅助排水，有效恢复气井产能，确保气井产能贡献率。其余类型井可通过智能针阀间开装置实现远程控制开关，解决井多人少，需频繁开关井，工作量大，费时费力效率低，且容易受到交通、天气等影响，有一定的安全和人身健康等问题。

3 智能针阀间开装置效果及经济性评价

3.1 动态效果分析

本文对安装智能针阀间开装置的 153 口地质间歇井数据进行分析发现，安装后平均套压 8.89MPa，较安装前降低 1MPa，平均单井日产 0.62 万方。如表 1 所示优选其中效果较好的 10 口井进行对比。

表 1 安装智能针阀间开装置前后生产数据表

井号	安装日期	安装前平均套压 / MPa	安装后平均套压 / MPa	安装前平均产量 / 10^4m^3	安装后平均产量 / 10^4m^3	1-3 月增产气量 / 10^4m^3	采气时率 %
苏东 XX-1	2023/11/17	15.95	10.35	2.7756	6.1685	417.7375	100
苏东 XX-2	2023/11/18	8.04	6.22	0.1389	0.3494	23.3683	100
苏东 XX-3	2023/11/24	14.79	9.92	0.3519	0.6552	41.9545	98.18
苏东 XX-4	2023/10/25	9.31	6.36	0.4691	0.9973	46.5846	88.81
苏东 XX-5	2023/11/29	12.33	11.09	0.8402	1.0367	43.1836	88.81
苏东 XX-6	2023/9/27	10.01	8.23	0.9765	1.1772	88.4235	100
苏东 XX-7	2023/11/11	5.78	4.48	1.0922	1.3911	120.7036	100
苏东 XX-8	2023/11/22	7.86	6.6	1.1582	1.3414	110.9329	100
苏东 XX-9	2023/11/29	6.42	5.09	0.9548	1.2745	109.2102	100
苏东 XX-10	2023/11/14	10.31	7	0.7727	1.3987	118.89	100

从表中可以看出，该 10 口井安装智能针阀之后的套压有所下降，气量明显高于安装之前，安装后实际平均产量为 $1.58 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，比安装前提高 66%，并且所有井的开井时率也有提高，其中 7 口井的开井时率达到 100%。

苏东 XX-2 井安装智能针阀间开装置后套压下降 1.82MPa，气量较之前增加 $0.21 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，智能开关

井制度运行良好，气量平稳增加。

苏东 XX-3 井 2023 年 12 月底开始积液，安装智能针阀间开装置后套压下降 4.87MPa，气量较之前增加 $0.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，间歇效果较好，气量平稳增加。

苏东 XX-4 井安装智能针阀间开装置后套压下降 2.95MPa，气量较之前增加 $0.53 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，安装前产量递减明显，安装后气量呈明显上升趋势。

苏东 XX-7 井 2023 年 9 月开始降产明显，安装智能针阀间开装置后套压下降 1.3MPa，气量较之前增加 $0.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

苏东 XX-9 井安装智能针阀间开装置后套压下降 1.33MPa，气量较之前增加 $0.33 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

苏东 XX-10 井安装智能针阀间开装置后套压下降 3.31MPa，气量较之前增加 $0.63 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，增产效果明显。

3.2 经济性评价

若后期在全区推广使用本装置，预计经济价值和劳动强度均有很好的收益。

①通过智能针阀间开装置实现远程实时监控智能针阀实际开阀、关阀、开关阀状态；

②实时实现远程采气控制功能及数据采集存储功能，降低人工现场核实工作量和生产成本；

③结合生产数据，技术员能精确监控气井生产状况，并对间开制度进行优化，降低油套压差，提高气井的气液产量、采气时率和最终采收率。

释放人力资源，人工成本大约 10 万，释放车辆使用成本，作业区皮卡费用大约 5 万元，整体费用节省 15 万元；同时提高间歇井运行效率，平均提高措施增产 0.62 万方 / 天。

4 结论

①针对苏里格气田东二区积液气井需要频繁间开的问题，对该区 655 口井安装应用智能针阀间开装置，并进行效果分析，装置安装调试方便运行稳定，可以远程操控管理，节省人力物力。精确调节针阀开度达到控制流量和开关井的作用，能够完全满足积液井间开生产的需求；

②使用智能针阀间开系统之后，65% 的气井气量稳定且气量增加显著，气井的积液状况得到明显的改善。平均产气量由 $0.95 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 增加至 $1.58 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，比安装前提高了 66%；

③与人工间开相比，智能针阀间开装置在 3 个月内创造上百万元的经济效益，综合经济性能优异。