

低压低产气井井口增压开采工艺技术应用评价

柴晓翠（延长石油（集团）油气勘探公司延长气田采气三厂，陕西 延安 716000）

摘 要：气田进入开发中、后期后，随着采出程度的提高，越来越多的气井受地层压力不断下降、井筒积液的影响，产量递减加快，气田低产井和停产井增多，从而造成开井率和开井时率的降低，开发效益逐渐变差。为降低气井井口回压、提高单井产能，进一步提升气田采收率，某气田在4口单井试验应用了井口增压开采技术，该技术实施一年来见到了较好的效果，本文从试验井的选择、井口增压机组的选型、生产流程的生产参数的制定针对性的评价，以供参考。

关键词：天然气；气井；井口增压；开采工艺；评价

1 天然气增压开采工艺技术在气田开发后期的应用现状

在天然气开采的过程中，后期往往会遇到两大难题，首先在于井底压力不足。天然气气井由于长期开采活动，导致大量气体被抽出，造成井底的压力严重不足，在后期天然气开采活动逐步持续的情况下，井底压力无法达到要求，在逐步减小的情况下难以为继，甚至达到衰竭状态。压力的大幅度改变会导致外送工作无法顺利进行，造成困难度大幅度增加，最终使天然气开采总体难度上升，正常开采需求得不到满足。其次在于天然气井底出现的积水问题，这个问题也是天然气在开发后期出现的一个难题。在通过现场勘查的时候，井底的水汽往往会导致一些问题，影响勘查工作，给相关人员带来很多的困扰，水汽的大量集聚会导致环境测量值不准确，造成运输过程中资源损耗增加，最终导致天然气输送工程质量效率大打折扣。

2 气井井口增压开采工艺分析

2.1 案例分析

某单井增压压缩机机组主要以整体撬装式为主，在底座上设置了主机和主机固定架，另外还在底座周边位置设置了分离器和冷却器，在仪器管路、水管路、气管路方面逐步融合，构建成一个紧凑型的完整压缩机机组。该压缩机当中使用了少量润滑油，整个结构体系以卧式对称平衡型。在构建的过程中，包含了机身、十字头、连杆、细钢等多种组件，由隔爆异步电机通过曲轴和联轴器有效连接。活塞主要使用十字头、活塞杆等与曲轴、曲管等连接，在应用过程中通过曲轴逐步旋转，使活塞能够在气缸当中进行往复作业，以实现压缩气体的主要目标。

2.2 主要技术参数

表1 单井增压压缩机关键参数表

压缩机列数	4列
气缸级数	4
压缩机排量 / (m ³ /h)	2100
容积流量 / (m ³ /min)	6.6
吸气压力 / MPa	0.1~0.5
I级吸气温度 / °C	≤ 30
Ⅲ级排气压力 / MPa	6.5（表压）

轴功率 / kW	225
额定转速 / (r/min)	985
曲轴转向（从电机端看）	顺时针
压缩机控制方式	全自动
压缩机形式	卧式（对称平衡型）
机组质量 / kg	18500
主机外形尺寸（长×宽×高）/ mm	6600×3100×2650
冷却水耗量 / (t/h)	无正常损耗

与实际情况相结合，对集气站系统的具体情况进行分析，了解运行压力和单井产能制定相应的参数。在设计过程中，进气压力设定在0.1MPa~0.5MPa，排气压力设定在6.5MPa，在操作过程中最大的处理气量设定在每天 $5.28 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，可以符合当前生产的具体工况要求，数据参数如表1所示。该压缩机为整体式燃气发动机—活塞压缩机，撬装式结构，动力缸为卧式。机组不需外电源、外水源，具有自动报警装置，机组安装简便，易于启动，动力缸寿命高（达80000h），操作维修简单，适于山区野外工作的特点；同时该机型压比大，能根据处理气量及进出气压力调整压缩机工况，适于该地区气田多裂缝系统、储量分散、后期产量及压力变化快的特征。

2.3 工艺流程

在井口分离过程中使用整体式的系统，也就是在井口来气通过分离器逐步进行气液分离操作，而后送入到压缩机当中增加，后续输送到各采集管线分离，产生的液体逐步通过排污系统进入到采出水储罐当中，通过提升泵将其泵入采气管线，以便实现气液的混合输送，以提升生产效率。在工艺流程改造过程中，①气田增压站必须满足分离、增压、冷却的基本工艺流程；②为适应压缩机的启动、停车、正常操作等要求，以及事故停车的可能性，工艺流程中必须考虑天然气压缩机进出口连通，称为“小循环”，压缩机出口气体经冷却、节流降压后，再返回压缩机进口称为站内“大循环”，根据工艺要求具体设置；③考虑天然气的调压、计量、安全保护、噪声治理、缓冲器、放空等设施；④压缩机站管线安装时，应注意减小振动防止共振；⑤考虑燃料系统、冷却系统、启动系统等辅助系统。

3 生产制度对比

在井口增压开采过程中，工作制度主要分成两种，

一种为连续增加,另一种为间歇增压,在经增压过程中结合气井产能以及临界携液流量来进行针对性的设计。2020~2011年共设置了4口气井,并且对单井的井口增压生产情况进行了试验论证,分析该工艺应用过程中的适用性。

3.1 A井增压情况

A井在正常生产的过程中,油套压设定在4.21~6.32MPa,产能达到 $0.8 \times 10^4 \text{ m}^3$,在生产过程中基本不产水。在A井进行井口增压之后,依照间歇增压连续增压的具体要求进行增压。具体操作过程中各增压阶段的压力各不相同,对气井单井栋梁采气速度进行对比分析之后,可以发现增压后干净的动储量,采气速度明显比增压前高。另外通过连续增压技术可以逐步进行优化,在长期能量充足的条件下合理使用增压技术,可以达到较好的效果。在实践中连续增压比间歇增压具有明显的优势。

表2 气井基本情况

序号	井号	油压 /MPa	套压 /MPa	目前日产气量 / (10m^3)	目前日产水量 / m^3	动储量 / (10m^3)	H_2S 含量 / (mg/m^3)	CO_2 含量 / %
1	A井	4.21	6.32	0.5817	0.1	2.9815	99.26	3.48
2	B井	4.42	7.42	0.8055	0.2	2.1241	32.61	4.058

3.2 B井增压情况

B井在生产过程中的油套压能够在4.42~7.42MPa之间,日均产气量可以达到 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,基本不会产生水,另外在单井动储量采集过程中速度可以达到0.86%。在增压过程中油压的最低值为1.1MPa,瞬时的产气量为每天 $4.2 \times 10^4 \text{ m}^3$,可以使气井开采的效果大幅度提升。在生产过程中,通过增压之后,单井的动储量采气速度可以达到5.15%,大幅度提升生产的功能,后期压缩机处理能力为 4×10^4 ,抽吸2h后无法有效工作。由于井口的气体能量不足,压力相对较低,导致燃气发动机无法正常使用,只得关停机组。

表3 井增压阶段分析

增压阶段	增压前日产气量 / (10m^3)	增压前单井动储量采气速度 / %	增压后日产气量 / (10^4 m^3)	增压后单井动储量采气速度 / %
连续增压	0.8	0.98	3	3.67
间歇增压	0.8	0.98	1.9	2.32
连续增压	0.8	0.98	3.1	3.79

3.3 C、D井增压情况

在实践中,C井和D井主要通过连续增压的方式进行生产,在操作过程中对增压的效果进行分析。C井在试验过程中,由于外输管道压力相对较高,在线路方面起伏较大,造成气井的携液较为困难,最终造成积液,需要进行间歇性的排液处理,在操作过程中产气量为每天 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 左右。该井在增加生产过程中,套压的稳定

系数设定在8MPa,而且套压的下降速度较为缓慢,无法有效保证不间断的连续生产,在生产过程中增产效果虽然较为明显,但是生产系统不稳定,D井气井的产能相对较差,在试验的过程中需要频繁放喷带液才能有效工作,无法自主携液,无法连续稳定地进行生产工作,每天的平均产气量只有 $0.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。通过增压之后,该井的最大压差达到了 2.28 m^3 ,产气量大幅度上升,而且井口压力逐步下降。在生产的过程中达到了稳定带液的要求,具有明显的增产效果。

表4 C、D井井口增压生产前后统计表

井号	试验前			试验后				
	油压 /MPa	套压 /MPa	日产气 / (10^4 m^3)	日产水 / m^3	累计运行 / h	油压 /MPa	套压 /MPa	日产气 / (10^4 m^3)
C井	4.76	8.69	1.02	0.4	635	2.99	7.55	2.23
D井	5.67	12.4	0.4	0	321.7	1.56	6.2	1.64

3.4 对比分析

对两种增压生产制度进行分析,可以发现连续增压过程中气井的排液和生产效果比间歇增压相对较好,间歇增压过程中产气的稳产时间相对较长。在生产初期需要重视连续增压技术的合理利用,使近井地带的水饱和度和降低,另外快速地对积液进行排放,以便有效地保证气井产能。后期需要具体分析气井的产量动态变化情况,合理进行间歇增压,逐步优化增压工艺,制定合理的采气速度,这样才能使气井最终的采气率增加。

4 设备性能评价

具体分析气井的现场情况,在高压比工况下夏季高温和冬季低温的条件下,机组均能够保持24h的稳定运行,井口需要设置三相分离器以符合增压过程中排液量增大和井口节流生产的具体需要。在实践当中还需要注意合理地进行气液分离系统的构建,使采出的水拉运的工作量降低。

5 结论分析

通过分析研究发现2口气井试验数据表明,井口增压技术可以使气井井口压力大幅度减少,使单井的产量增加,保证厂井口产生生产的稳定性。在现场实施过程中需要具体分析临界携液流量和气井产能的具体情况,合理地进行增压生产机制的构建,使气井的开采效率提升。

另外在实践当中发现高压比、小型撬装式压缩机组的运行安装以及运输过程中更为方便稳定,可以符合多口气井井口定期轮换的具体要求,因此需要重视对该机组的合理利用,加强老井增压开采系统的优化,达到器械调峰的要求,保证气井的开采效率。

参考文献:

- [1] 文昌玉,苏鹏,王磊,等. 低压气井井口增压开采技术[J]. 石油钻采工艺,2015(05):124-125.