

东胜气田集气管网系统降压技术研究及应用

刘安 张兆楠 马玉龙 张志辉 郑政
中国石化华北油气分公司采气二厂 陕西 咸阳 712000

摘要: 东胜气田属于致密低渗高含水气田, 气井压力低, 递减速率快, 根据气田特点, 现已发展形成了完善的“井下节流、井口计量、串联进站、常温分离、二级增压、集中脱水、降压防堵”低压集输工艺。随着部分气井压力下降, 地面管网压力已经不能满足部分低压气井生产需求, 因此通过调节压缩机运行参数降低集气管网整体压力, 进一步降低井口回压, 增大气井生产压差, 释放老井产能。

关键词: 东胜气田 集气管网 井口回压 压缩机 系统降压

东胜气田目前生产井多数为低压低产高产液气井, 其中50%的井压力小于5MPa, 62%的井日产气小于 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3$, 68%的井液气比大于 $1.0 \text{m}^3/10^4 \text{m}^3$ 。在近年气田的滚动开发中, 东胜气田采用的低压集输工艺将井下节流与集气站、集中处理站两级增压外输相结合, 控制单井回压夏季小于4MPa, 冬季小于1.3MPa, 集气站进站压力0.8MPa至1MPa, 集中处理站进站压力1.8MPa至2MPa, 使气井维持正常的生产状态, 同时有效预防生产过程中天然气水合物的生成。但还有部分低压气井受集气管网回压影响无法正常连续生产, 需要进一步下调集气管网压力降低井口回压。

1 井口回压对气井生产敏感度分析

表1 东胜气田主要区块气质组分

组分 (%)	N ₂	CO ₂	C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	iC ₅	nC ₅	C ₆	C ₇
区块1	2.533	0.359	92.57	3.418	0.713	0.133	0.091	0.032	0.045	0.033	0.014
区块2	2.54	0.2	89.95	5.02	1.38	0.22	0.35	0.14	0.12	0.05	0.01
区块3	2.7	0.71	88.2	6.02	1.5	0.23	0.3	0.14	0.1	0.13	0.07
平均	2.59	0.42	90.24	4.82	1.20	0.19	0.25	0.10	0.09	0.07	0.03

气井产能与地层压力、井筒压力、井口回压均有密切的关系, 在天然气井开采过程中井筒压力的控制非常重要。如果井口压力控制过高则不利于发挥气井的生产能力, 而井口压力过低则可能造成井底生产压差过大, 导致井底出砂、储层破坏^[1]。通过收集气田各主要区块气质组分数据, 利用pipesim软件模拟东胜气田典型低压气井井口回压降低对气井各节点压力和产气量的影响, 获取气井流入流出曲线与井口回压关系, 其中流入曲线为地层气藏至井筒流动过程数据, 流出曲线为井筒至井口流动过程数据, 结果显示井口回压降低0.2MPa, 能够使部分无法正常连续生产的低压气井恢复生产。

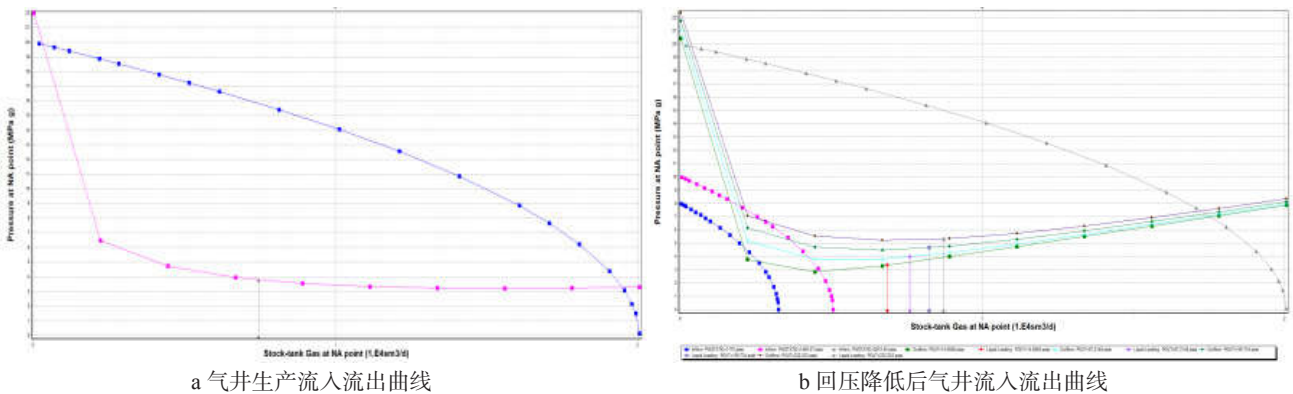


图1 井口回压对气井生产敏感度分析

2 天然气水合物生成预防

天然气与水在低温高压下会形成笼型结构的固体水

合物^[2]。水合物会造成气井井筒堵塞，集输管道堵塞，严重影响气田的正常生产。为避免水合物生产，需要控制天然气生产过程中压力温度条件。

根据东胜气田天然气水合物生成压力-温度关系，冬季天然气管道埋地低温约2℃，夏季约15℃，对应水合物生成临界压力为1.5MPa，7MPa，按目前气井回压不会生成水合物。若井口回压继续降低，水合物生成的临界温度也会降低，更好地预防了水合物的生成，保障气井生产和管道正常运行。

3 压缩机运行参数复算

东胜气田集输管网控压降压主要依靠集气站和集

中处理站往复式压缩机，其中集气站压缩机设计排量 $25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，集中处理站压缩机设计排量 $150 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，可通过降低压缩机进气压力使集气管网整体压力下降。压缩机运行有多项重要参数，如进排气压力、进排气温度、排气量、功率等，降低压缩机进气压力需要对运行参数数据进行核算，判断进气压力下降后压缩机工况能否处于正常区间，具体如下表1所示。集气管网整体降压0.2MPa，集中处理站压缩机进气压力下降至1.6-1.8MPa，集气站进气压力下降至0.6-0.8MPa，压缩机运行参数均可满足工况。

表2 压缩机运行参数数据核算表

类别	进气压力 (MPa)	进气温度 (℃)	排气温度 (℃)	排气压力 (MPa)	排量 ($10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	功率 (kW)
集气站压缩机 (设计排量 $25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	0.6	20	111.75	2	16.78	290.34
	0.65	20	105.91	2	18.62	300.49
	0.7	20	100.53	2	20.47	308.56
	0.75	20	95.55	2	22.34	314.71
	0.8	20	90.91	2	24.22	319.11
集中处理站压缩机 (设计排量 $150 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	1.6	20	85.55	3.67	104.75	1292.67
	1.65	20	83.32	3.67	109.01	1296.16
	1.7	20	81.21	3.67	113.29	1297.87
	1.75	20	79.16	3.67	117.58	1297.86
	1.8	20	77.18	3.67	121.88	1296.21

4 压缩机降压方式的选择

往复式压缩机目前工程中最常用的气量调节方式有气缸余隙调节、变转速调节、卸荷阀调节和旁通回流调节^[3]，通过气量调节可以改变压缩机的进气压力，从而达到压缩机降压目的，每种调节方式均适用于不同的工况，有时还需要结合多种方式，因此对以上几种调节方式进行对比分析。

4.1 气缸余隙调节

东胜气田使用的往复式压缩机设计和制造时气缸均配有可调余隙，生产制造时在气缸端部预留了一定的补充容积。余隙调节是通过调整补充容积的大小改变容积系数，从而实现气量大小的改变来调节气量的。但是其气量调节范围较窄，一般仅限于在额定排气量80-100%的范围内进行调节，同时由于改变了缸体的结构，还增加了泄漏点。这种调节方式多用于对调节范围要求不高的工况，或者与其他调节方式配合使用^[4]。

4.2 变转速调节

变转速调节是通过改变压缩机驱动电机的转速来达到调节压缩机转速的目的，即改变单位时间内压缩机气缸活塞的做功次数来调节气缸排出气体的量。

东胜气田使用的往复式压缩机目前大多数为固定转速，没有配备变频电机和变频控制系统，仅最新建设的一座集气站采用了变频压缩机，可以实现变转速调节，其他集气站及集中处理站并不能进行变转速调节。

4.3 卸荷阀调节

卸荷阀可用机械方式打开活塞压缩机的进气自动阀，使相应的气缸进气口始终完全敞开。气体在气缸内无压缩过程，气缸所吸进气体在排气过程中返回进气腔，所造成的结果是该工作容积排气量为零。使双作用气缸变为单作用气缸，排气量变为额定排量的50%。相反，卸荷阀不工作时该气缸的排气量又可恢复到百分之百。

4.4 旁路回流调节

压缩机进气管线和排气管线之间设置有旁通回路和调节阀门，通过控制调节阀门的开度可以将气缸压缩后排出气体回流至进气管线，进行重复做功来调节压缩机处理气量，一般用于压缩机启机时平衡进气和排气管线压力，也可在短时间运行或辅助微量调节时使用。

4.5 降压方式的选择

东胜气田目前大多数往复式压缩机未满足负荷生产，集气站与集中处理站压缩机旁路调节阀均设置一定的开度，

综合对比几种流量调节方式,结合实际情况,选择旁路回流调节方式。根据不同站生产情况减小压缩机旁路调节阀开度,将压缩机进气压力下调0.2MPa,进气压力降低后分析实际生产中气井生产和压缩机运行情况。

5 集气管网降压效果分析

2022年6月9日集输管网系统降压后,某集气站进站压力由0.75MPa下降至0.6MPa,集气站的平均处理气量由 $23.8 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 上升至 $25.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,降压后集气站产量稳中

有升,效果显著。

5.1 气井生产情况分析

以该集气站为例,该站有生产气井42口,其中自然生产井4口,泡排生产井16口,其余22口气井除采取泡排生产外还辅以其他采气工艺措施,如定压定时开关井间歇生产、抽油机排水采气、电动泵排水采气、井口压缩机负压采气等。选取该站中典型的4口气井进行生产数据分析,得到集气管网降压对气井生产的影响程度。

表3 某集气站部分气井生产数据

井号	日产气 (10^4m^3)	日产水 (m^3)	油压 (MPa)	套压 (MPa)	降压前回压 (MPa)	降压后回压 (MPa)
J1	1.9	2.5	1.3	6.8	1.1	1
J2	1	2.6	1.1	6	1.1	1
J3	0.5	3	1.3	3.6	1.2	1.1
J4	1.1	4.5	1.2	3.3	2	1.7

J1井为正常连续生产井,集输管网降压前平均日产气 $1.9 \times 10^4 \text{m}^3$,降压后平均日产气 $2.05 \times 10^4 \text{m}^3$,产气量增加7.9%,降低井口回压可以提高正常生产井的产能释放。

J2井为间歇生产井,无法连续生产,降压前每日生产时间9h,平均日产气 $1 \times 10^4 \text{m}^3$,降压后每日生产时间达到10.5h,平均日产气 $1.25 \times 10^4 \text{m}^3$,其中6月24日生产时间达到18h,日产气量达到 $2.4 \times 10^4 \text{m}^3$,提高生产时间的同时增加产气量,降低井口回压对间歇生产井的生产具有积极影响。

J3井为泡排生产井,日加注泡排剂容量30L,可以连续生产,集输管网降压前平均日产气 $0.5 \times 10^4 \text{m}^3$,降压后平均日产气 $0.7 \times 10^4 \text{m}^3$,产气量提高40%,降低井口回压可增强泡沫排水携液能力,助力排水采气。

J4井为井口压缩机负压采气生产井,该井处于集输管网末端,回压较高无法正常生产,井口压缩机负压采

气可以降低井口回压至0.7MPa,实现该井正常生产。集输管网降压前平均日产气 $1.1 \times 10^4 \text{m}^3$,降压后平均日产气 $1.2 \times 10^4 \text{m}^3$,管网降压也可提高压缩机负压采气井工作效率。

5.2 压缩机运行情况分析

按压缩机理论工况,集气管网降压后压缩机进气压力降低,排气量减少,对比实际运行情况分析压缩机运行情况,并且密切观察压缩机各项参数指标,避免出现异常工况。

以某集气站压缩机为例,该站压缩机进气压力由0.8MPa下降至0.6MPa,同样集中处理站压缩机进气压力由1.8MPa下降至1.6MPa,在降压前后各15天范围内对各项运行参数进行跟踪记录,计算各运行参数平均值,结果如表2所示:压缩机各项运行参数均处于正常范围内,未出现异常工况。

表4 某集气站压缩机进气压力降低后运行参数变化

压缩机参数	气缸排气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	电机绕组温度 ($^{\circ}\text{C}$)	轴瓦温度 ($^{\circ}\text{C}$)	填料温度 ($^{\circ}\text{C}$)	轴向震动 (mm)	径向震动 (mm)	主电机震动 (mm)
降压前	113	69	61	88	1.52	3.53	2.15
降压后	122	77	64	96	1.55	3.56	2.16

表5 集中处理站压缩机进气压力降低后运行参数变化

压缩机参数	气缸排气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	电机绕组温度 ($^{\circ}\text{C}$)	轴瓦温度 ($^{\circ}\text{C}$)	填料温度 ($^{\circ}\text{C}$)	压缩机震动 (mm)	主电机震动 (mm)
降压前	79	83	63	76	2.92	1.31
降压后	86	89	65	80	3.15	1.48

6 结论与认识

通过分析井口回压对气井生产的影响,得出井口回压降低可以提高低压气井产量,尤其对部分无法正常连

续生产的低压气井效果显著,同时可有效预防生产过程中水合物的生成。本次采用压缩机旁路回流调节方式降低了东胜气田集气站及集中处理站压缩机的进气压力,

完成了集气管网系统降压,进而降低井口回压,释放气井产能,改善原有生产状况,并且在调压后压缩机保持了良好运行状态,综合分析后可以认识到集气管网降压有助于气井生产,优化气田生产模式,为后续气田持续滚动开发奠定良好的基础。

参考文献

[1]李相方,庄湘琦.气藏开采中地层温度及井口压力对井筒流动参数的影响[J].石油大学学报(自然科学

版),2003(04):53-57+149.

[2]周厚安,汪波,金洪,任宇,王刚,佟国君.川渝气田天然气水合物防治技术研究与应用进展[J].石油与天然气化工,2012,41(03):300-303+359.

[3]金江明,洪伟荣,梁萌,谭鹏程.往复压缩机气量调节方法的研究进展[J].压缩机技术,2007(04):28-32.

[4]席治国.气田用往复压缩机气量调节方式应用分析[J].石油化工设备技术,2017,38(04):31-34+6.