

低压低产气井排水采气工艺技术

张书平 白晓弘 樊莲莲 桂捷

(中国石油长庆油田分公司油气工艺技术研究院)

张书平等. 低压低产气井排水采气工艺技术. 天然气工业, 2005; 25(4): 106~109

摘要 针对长庆气田产水状况, 文章总结了近几年来长庆气田排水采气工艺技术研究所取得的成果, 介绍了优选管柱排水采气、泡沫排水采气、柱塞气举排水采气等三种技术的工艺原理、工艺要求及各项工艺在长庆气田的试验效果, 归纳了目前长庆气田采用的三种行之有效的复产工艺措施, 形成了长庆气田低压低产气井排水采气工艺技术体系, 这对提高低压低产气井的采收率及高效开发具有指导意义。

主题词 长庆气田 排水采气 工艺 技术 采收率

一、引言

长庆气田自1997年投入开发以来, 主要形成了靖边、榆林及苏里格三大生产气区。截至2003年底, 长庆气田累计投产气井435口, 其中井口压力在8.0~15.0 MPa, 产气量在 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 以下的低压低产气井106口, 占投产气井的24.4%。这些低压低产气井产能普遍较差, 不能满足携液要求, 部分气井井底或井筒存在积液, 严重影响了气井连续稳定生产。针对目前低压低产气井开发中存在的技术难题, 通过优选管柱排水采气工艺技术、柱塞气举排水采气工艺技术、泡沫排水采气工艺技术、产水井复产综合工艺技术的研究, 确保了气井平稳生产, 延长了产水气井生产期。

二、优选管柱排水采气技术

1. 工艺原理

为确保连续带出地层流入井筒的全部液体, 在自喷管柱中气流速度必须达到排液的临界流速。优选管柱排水采气工艺就是针对气井的产水及生产情况, 通过研究分析, 优选出不同尺寸的生产管柱, 提高气井的携液能力, 保证气井连续携液生产。

2. 临界携液流量新模型的建立

(1) 高气液比临界携液流量模型

产水气井中气液两相流态主要可分为: 雾状流(环雾流)、过渡流、段塞流和泡流。对气液比大于等

于 $1400 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 流态为雾状流的产水井, 目前计算临界流量的模型有Tuner模型、Tuner模型改型和椭球形模型, 其计算结果差异较大, 根据靖边、榆林和苏里格气田产水井拟合的结果来看, 采用椭球形液滴模型计算的临界携液流量相对较合理, 因此, 对于高气液比产水井选用椭球形模型进行计算。根据模型建立了临界携液流量模型计算软件, 并绘制了优选管柱诺模图。

(2) 低气液比临界携液流量模型

目前长庆气田大多数产水井能够采用高气液比的临界流量模型进行分析计算, 尽管部分产水井气液比大于 $1400 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 但流态并不是雾状流, 以及少数产水量较大的气井, 其气液比小于 $1400 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 临界流量均无法确定。从持液率的概念出发, 提出了低气液比临界携液流量模型。通过测算, 与实际情况符合较好。

3. 现场应用及效果

(1) 气井生产管柱优选评价

苏里格气田不同油管尺寸和压力下的临界携液流量计算如表1所示。

从苏里格气田试采情况来看, 气井生产半年后井口压力就降至10.0 MPa左右。随着气井压力不断下降, 当井口压力降至2.5 MPa时, $\varnothing 73.0 \text{ mm}$ 油管的最小携液流量为 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, $\varnothing 60.3 \text{ mm}$ 油管的最小携液流量为 $0.73 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 后者较前者容易携液。通过分析认为, 苏里格气田气井生产

作者简介: 张书平, 1963年生, 高级工程师; 1998年西南石油学院油气田开发工程专业毕业, 获硕士学位; 现任长庆油田公司油气工艺技术研究院副院长, 主要从事采气工艺研究及技术管理工作。地址: (710021) 陕西省西安市长庆兴隆园小区。电话: (029) 86598025。E-mail: zsp1_cq@petrochina.com.cn

管柱应以 $\varnothing 60.3$ mm 油管为主。

表1 不同井口压力下气井临界流量表

油管直径 (mm)	不同井口压力下的最小携液流量(10^4 m ³ /d)				
	2	4	6	8	10
42.2	3148.5	4474.6	5519.8	6408.2	7182.2
48.3	4266.6	6069.9	7490.2	8697.2	9748.7
60.3	6516.3	9280.6	11457	13305	14916
73.0	9765.2	13923	17192	19969	22388
88.9	14654	20908	25823	29998	33634

注:本表按照气层中深 3400 m,平均气液比 24139 m³/m³,天然气相对密度 0.6 计算。

(2)现场应用及效果

2003年5~11月,在苏里格气田开展了9口井更换生产管柱试验。9口井更换油管后总体携液能力增强,气井生产较稳定。如苏40-16井试验前油压 6.3 MPa,套压 7.3 MPa,产气量 2.4×10^4 m³/d,产水量 0.7 m³/d,试验后油压 7.2 MPa,套压 8.0 MPa,产气量 2.6×10^4 m³/d,产水量 1.0 m³/d,排水采气效果较好。

从现场应用情况来看,该工艺可有效地提高气井携液能力,确保气井平稳带液生产。

三、泡沫排水采气工艺技术

1. 工艺原理

泡沫排水采气工艺就是向井筒注入起泡剂,使之与积液混合后,产生大量低密度含水泡沫,大大降低井筒的能量损失,减少液体的“滑脱”,提高气井的携液能力。

2. 工艺要求

工艺适用范围为:日产液量小于等于 100 m³;井深小于等于 3500 m;井底温度小于等于 120℃;气流速度大于等于 0.1 m/s。

3. 加注工艺

(1)起泡剂加注。靖边气田、榆林气田起泡剂加注主要利用注醇泵通过注醇管线将起泡剂注入井筒或地面管线,苏里格气田利用站内注醇泵或井口加药车将起泡剂注入井筒。

(2)消泡剂加注。靖边气田集气站天然气外输前必须经过集中脱水,因此,试验井的产出液在加热的节流后经过消泡处理,以除去其中的泡沫,避免脱水撬受到污染。

(3)加注用量及浓度。根据气井日产水量,起泡剂的用量为日产水量的 0.2%~0.5%,加注时,用清水将起泡剂稀释 20~50 倍。

4. 现场应用及效果

根据长庆气田不同区块的产水情况和水质特点,对不同种类的起泡剂、消泡剂进行了筛选、评价,优选出了适应长庆气田不同区块,不同气井的起泡剂、消泡剂。

1999~2004年在靖边气田、榆林气田、苏里格气田进行了泡沫排水试验 24 井次,使气井携液能力增强,管线堵塞减少,生产情况好转。

从现场应用情况来看,泡沫排水采气技术适用于产水量较少具有自喷能力的气井。该工艺不需另配设备、施工容易、投资少、见效快,目前在靖边气田主要存在地面消泡问题。

四、柱塞气举排水采气工艺技术

1. 工艺原理

柱塞气举是将柱塞作为气液之间的机械界面,利用气井自身能量推动柱塞在油管内进行周期地举液,能够有效地阻止气体上窜和液体回落,增加间歇气举效率。工艺原理见图 1。

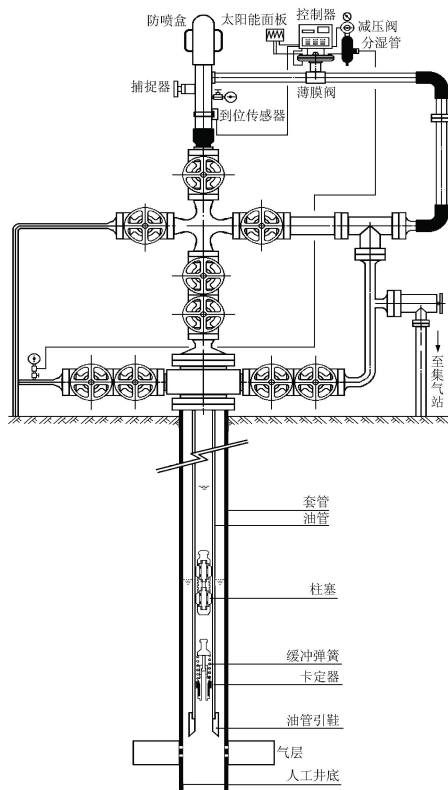


图1 柱塞气举原理图

2. 工艺要求

- (1)油管内壁规则,采用通井规通井畅通无阻。
- (2)气井自身具有一定的产能、带液能力较弱的

自喷生产井。

(3)靖边、榆林气田气液比大于 $1400 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 苏里格气田气液比大于 $2000 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 。

(4)井底具有一定深度的积液。

(5)井底清洁,无泥浆等污物。

3. 主要部件

柱塞气举装置主要部件包括:自动控制器、柱塞、井下带缓冲弹簧的承接器、防喷管、到位传感器、气动阀门、气体过滤调压器总成、太阳能面板等。

4. 现场应用及效果

2001~2004年在靖边气田、苏里格气田进行了10井次的柱塞气举试验。通过试验前后生产情况的比较,排水采气效果较明显。

(1)有效地控制了生产压力的降低。如陕93井,试验前生产66d,油压从18.5 MPa降至12.0 MPa,套压从21.5 MPa降至20.0 MPa,油套压差从3.0 MPa增大至8.0 MPa。试验后油压下降趋势得到有效的控制,油压由12.0 MPa回升至14.8 MPa。

(2)有效地减少了井筒液体的“滑脱”,提高了气井的携液采气能力。如苏37-15井试验前油压2.9 MPa,套压8.0 MPa,产气量 $0.6839 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,产水量 $0.288 \text{ m}^3/\text{d}$,试验后油压4.6 MPa,套压6.6 MPa,产气量 $0.9512 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,产水量 $0.318 \text{ m}^3/\text{d}$,表现出良好的生产趋势。

通过现场试验初步表明,该工艺施工方便,设备投资相对较少,无动力消耗,易于管理,适用于生产过程中逐渐积液的弱喷井。

五、产水井复产综合工艺技术

1. 邻井高压气举复产工艺

(1) 工艺原理

邻井高压气举就是用同一集气站的高压气井作为气源,将高压气从被复产井油套环空(或油管)注入井内,通过反(正)举排水,携带井筒液体上行到达地面,使井筒气液比增大,井筒压降减小,井底与地层之间形成生产压差,实现气井自喷生产。

(2) 气源选择

气源井不含水或低含水,井口压力大于被举气井井筒不积液时的关井井口套压。

(3) 工艺要求

- 1)被举气井有一定的试采或生产资料。
- 2)被举气井井筒油管、套管连通。
- 3)放空流程安装齐全,确保安全、可靠。
- 4)高、低压气井间集气站内连通可行、方便,操作快捷、安全。

(4) 现场试验

G4-9井由于产水量很大,开井后油压很快降低,无法生产,关井后压力恢复较慢,试气结束后一直未能生产。2002年6月用G6-9井作为气源井,利用环空反举将该井举通,复产期间共排水近 3000 m^3 。最高产水 $300 \text{ m}^3/\text{d}$,复产后配产 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,油压19.0 MPa,套压21.0 MPa,日产水 27.0 m^3 左右。工艺流程如图2所示。

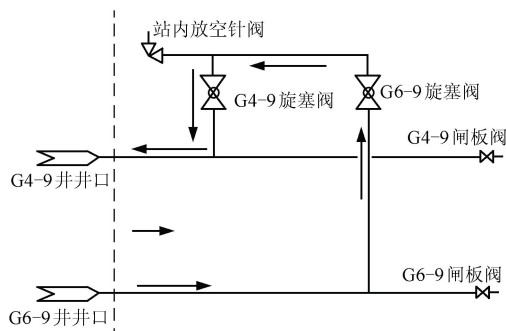


图2 G4-9井复产工艺流程示意图

通过试验可以看出,邻井高压气举复产工艺具有施工简单、方便,费用低等优点,采用该工艺可以使积液严重、无法自喷的气井恢复生产。

2. 油套环空降压激动复产工艺

(1) 工艺原理

油套环空降压激动是采用降低套管压力,使近井地带的死水进入油套环空,通过油管生产或放空,使井筒气液比增大,井筒压降减小,实现气井自喷生产。

(2) 现场试验

陕44井2001年5月 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 生产时,套压20 MPa,油压很快降低到5.4 MPa,无法生产而关井。2002年7月进行了油套环空降压激动复产。复产期间累计产水 37.0 m^3 ,产气 $20.3465 \times 10^4 \text{ m}^3$,最高日产水 17.0 m^3 。复产后产气量 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,产水 $0.4 \text{ m}^3/\text{d}$,达到了正常生产水平。

分析认为,套管降压使为数不多的积液进入油套环空并产出一部分,从而为油管生产时气水同出、避免快速积液创造了条件,保证了气井顺利复活。

从试验情况来看,油套环空降压激动复产工艺是各种复产工艺中最简单、成本最低、实施最方便的,为同一集气站无相邻高压气源井、积液不严重的气井复产,提供了新的途径。

3. 泡沫排水与邻井高压气举联作复产工艺

(1) 工艺原理

该工艺是指先向井筒注入一定比例的起泡剂后,在天然气流的搅动下,使井筒积液变成气、液混合相的泡沫,迅速改变油管内低部位流体的相对密度,连续生产的气相驱替泡沫流出井筒,逐步实现油管内的气液结构的连续分布,且降低油管内混合流体的相对密度,从而减小井底回压,提高了气体举升的能力。

(2)现场试验

G8—17井2003年4月16日投产时,5 h油套压均下降为5.80 MPa,气井未开起来。7月初,井口油、套压9.80 MPa,探明液面为1291 m,表明井底积液严重。

2003年7月11~12日先后4次投放泡排棒120根(约63 kg),依靠自身能量放空,油压都很快降为0 MPa,泡沫排水措施未见成效。7月12日利用G8—14井气源井给套管充压气举,放空气量控制在 $(3\sim4)\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,排水量 $2\sim3\text{ m}^3/\text{h}$,气井开始出水,随后油、套压持续上升,出水连续,复产期间累计排液 535 m^3 。7月15日油压13.4 MPa,套压21.0 MPa,导入流程生产,配产 $3\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,气井恢复正常生产。

通过试验可以看出,“泡排+邻井高压气举”联作复产工艺利用高压气源搅动起泡剂,使井筒积液变成气、液混合相的泡沫,迅速改变油管内低部位流体的相对密度,从而减小井底回压,提高了气体举升的能力。该联作工艺不仅具有施工简单、方便,费用低等优点,还具有复产周期短,气井容易复活的特点,采用该工艺可以使积液较严重、无法自喷的低产井恢复生产。

六、认识及建议

通过长庆气田气井产水状况的分析并对适合长庆气田特点的排水采气工艺技术进行现场试验,形成了低压低产气井排水采气工艺技术,取得了以下

认识。

(1)优选管柱排水采气技术保证了气井的正常携液生产,对新建井生产管柱优选及老井生产管柱更换具有指导意义,适用于弱喷井,但施工麻烦,投资较大。

(2)常规泡沫排水采气具有设备简单、施工容易、投资少、见效快、不影响日常生产等优点。适用于产水量较小,井底逐渐积液的弱喷井,但存在消泡问题。

(3)柱塞气举排水采气工艺施工方便,设备投资相对较少,无动力消耗,地面设备的自动化程度高,易于管理,适用于生产过程中逐渐积液的弱喷井。

(4)邻井高压气举复产技术,具有投资小、施工安全简单、操作管理方便、技术要求低、与泡排联作效果好等优点,特别适合靖边气田应用。

(5)通过现场试验证明,对于积液不太严重、无法自喷的气井,油套环空降压激动是一种行之有效的工艺措施。

(6)建议继续开展低压低产产水气井的生产动态分析,确定产水井合理工作制度并针对不同区块,不同井况的气井进行排水采气工艺优选与完善研究,做好技术储备。

参 考 文 献

- 1 杨川东.采气工程.北京:石油工业出版社,1997
- 2 杨继盛.采气实用计算.北京:石油工业出版社,1994
- 3 杨继盛.采气工艺基础.北京:石油工业出版社,1992
- 4 喻平仁等.泡沫排水采气的矿场应用和认识.天然气工业,1984;4(1)
- 5 周建东等.PCS柱塞举升系统在轮南8井中的应用.油气井测试,2000;9(4)

(收稿日期 200-02-01 编辑 韩晓渝)