

板桥凝析油气田排液采气工艺技术研究及其应用

聂翠平¹ 蒲春生¹ 张荣军¹ 周俊杰² 任利民²

(1.西安石油大学 2.大港油田勘探开发技术研究中心)

聂翠平等.板桥凝析油气田排液采气工艺技术研究及其应用.天然气工业,2005;25(6):83~86

摘要 板桥凝析油气田地质构造复杂,多为小断块单井构造,井型多为斜深井,已进入开发后期,地层压力降幅大,且普遍存在地层反凝析堵塞以及水驱气藏边底水推进导致的地层严重水锁,井筒严重积液已成为气藏提前废弃的主要原因,并导致最终采收率偏低。文章系统地评价了板桥凝析油气田现有的排液采气技术,筛选了适合板桥凝析油气田以小泵深抽为主的排液采气技术,着重探讨了超深泵挂配套技术中杆柱组合的可靠性和高气液比工况下提高泵效的配套井下工具和配套抽油机工作制度,并针对板桥凝析油气田的实际情况对设计方法和施工工艺进行了探讨,对现场实施情况进行了评价分析。

关键词 板桥凝析气田 开采 排液 泵效 水锁效应 技术

凝析油气田开发后期由于地层压降大,地层反凝析堵塞、井筒积液严重影响产能且导致废弃压力高、最终采收率低,排液采气是后期开发的必要手段。针对板桥凝析油气田断块多、井深且多为斜井、边底水活跃、衰竭式开采的特点,在前期的开发中对于能勉强自喷或低压间喷井配套采用了泡沫排液采气技术。对间喷井和新停喷井又进一步采用了大型抽油机配套 $\varnothing 56$ mm、 $\varnothing 70$ mm大直径抽油泵实施有杆泵排液采气,较为有效地降低了井筒液面,对地层能量降幅较小的停喷井复压稳产效果较为显著。

一、井筒举升技术适应性评价

板桥凝析油气田处于开发后期,仅存少量间喷或弱喷井。突出的特点是地层压力降幅大,地层往往出现油气水三相渗流,产气量明显减少且产量不高。复产的关键是维持较低的动液面以保证一定的生产压差。因而泵抽生产进行排液采气是必要措施,且要求泵挂深下。

研究和现场实际应用表明,仅依靠地层能量,通过优选管柱排液采气是非常困难的。仅有个别间喷井可以实施泡排维持短期生产。

游梁式抽油机排液采气技术经济性好、适应性强。但对于凝析气井,由于凝析油密度小、粘度低,泵的润滑状况差、漏失严重,特别是深井高气液比下

动液面稳定性差、泵的充满系数偏小,容易出现泵效偏低,且易形成气锁^[1~3]。

为了在较低的生产压力下使地层凝析油进入井筒,必须保持相对低的井筒动液面,所以泵深越大越好。同时由于凝析油气藏开发后期气藏压力低,且实验研究表明地层水敏严重,尽可能减少修井和检泵以避免频繁压井是排液采气技术中所必须考虑的问题^[4,5]。

游梁式抽油机排液采气技术的关键是解决高气液比对泵效的影响、超深泵挂工作的可靠性问题。

潜水电泵排液采气技术适用于大产液量井,要求动液面相对稳定。板桥凝析油气田研究表明,该技术在凝析油含量高、产液量高、储量动用程度低、多产层且层间渗透性差异大的个别水驱气藏直井具有一定的实用前景。预期在电潜泵强排作用下,降低井底流压的同时可以利用气液流量差异,在毛细管浸润作用、毛细管末端效应和流体的重力分异作用下可促使气体向上窜流,亦即使储层下部的气、凝析液先于水进入储层上部,进而优先进入井筒。因而电潜泵仅有可能在个别井有应用前景。

射流泵排液采气技术适用井深及排液量范围大、适应井况广,但该技术投入大、运行成本高、技术要求高。原则上适用于大量出水、产液量大且常规排液采气技术无法解决的气井。对于板桥凝析油气

作者简介:聂翠平,1962年生,副教授,硕士;1987年毕业于原石油大学(华东);参加了多项国家、省部级重点科研项目,获陕西省科学技术奖2项、专利2项,发表论文20余篇;现从事石油工程教学与科研工作。地址:(710065)陕西省西安市电子二路18号。电话:(029)88382687。E-mail:cpni@163.com或xsyucpni@sina.com

田,由于该技术的经济性差,研究表明其无实质性推广应用前景。

涡轮泵排液采气技术适应井深范围大、排量巨大且可控性好,相对于电潜泵还可用于斜井的开采。但该技术投入大,国内没有成熟产品,且凝析油气井的气蚀、气锁问题难以解决。所以对于板桥凝析油气田,涡轮泵应用受到经济性制约。

纵观现有的排液采气技术,适应板桥凝析油气田的排液采气技术应该首选游梁式抽油机排液采气技术。

二、采气技术的研究与应用

板桥凝析油气田前期开发中主要应用了大泵(泵径 $\varnothing 56$ 、 70 mm,泵深 2000 m以内)排液采气技术,对于动液面较高的气井该技术适应性良好,并取得了一定的效果。

针对气田多为断块单井构造,水驱气藏边底水活跃、气驱气藏压降幅度大,井型多为斜深井特点,重点研究了直井和斜井游梁式抽油机泵挂深度超过 2500 m的深抽杆柱设计、配套工具选用。

杆柱强度设计中参照 API 抽油杆柱设计方法编制了直井和斜井泵抽设计计算机软件。直井设计着重于杆柱的常规强度设计,斜井设计则结合井身数据、工作参数、凝析液性质、杆柱附件特性等,通过不同井深处杆柱轴向拉力、扭矩、古德曼百分比等分析,对杆柱组合扶正配置进行优化。

针对凝析气井高气液比特点,为提高泵效,在优选气锚的基础上,研究了加深尾管对于泵效的影响。研究表明,井筒内吸入口气液比过高则气锚分离效果差,加深尾管使吸入口加深可以更好地提高气锚的气液分离效果。

深井油管锚定对于提高泵效作用明显,能减少光杆冲程损失、减轻油管偏磨。计算表明,泵深达到 3000 m时油管锚定可减少冲程损失 $0.3\sim 0.5$ m,提高泵效 $4\%\sim 10\%$ 。

斜井中抽油杆柱扶正的重要性不言而喻。斜井深抽设计研究中,研究确定了配套使用尼龙扶正器和金属滚轮扶正器方案,着重研究了不同井斜、井液性质、载荷下的摩阻系数对杆柱组合的影响,在室内实验研究的基础上确定了不同条件下的摩阻系数取值范围,并在现场应用实测数据基础上予以了进一步修正。

根据具体井况,工艺设计上深井泵分别考虑选用小直径整筒泵和杆式泵。采用组合杆柱,分析对

比直井中玻璃钢抽油杆、高强钢质抽油杆和斜井中高强钢质抽油杆配套扶正井下工具的使用效果、不同类型万向旋转接头的防断脱效果和不同类型气锚配套深尾管对于泵效提高的影响,并优选了不同井型的配套工具。

在设计中还分析研究了超深泵挂达到射孔段以下的可行性问题。

1. 斜井小泵深抽配套技术

板桥凝析油气田井深一般超过 3000 m、井斜约 30° ,完善的系统设计是斜井小泵深抽成功的关键,在满足强度要求的基础上,特别强调了斜井段合理配置扶正器、旋转接头和加重杆,减少摩擦载荷、改善受力状况、防止杆柱的断脱。斜井段每根抽油杆加装 $2\sim 3$ 个尼龙或金属滚轮扶正器(多使用尼龙扶正器),当理论计算扭矩值达到 30 m时加装旋转接头, $4\sim 5$ 根 28 mm加重杆。在工作制度上普遍采用长冲程、低冲次,杆柱结构上多采用 H 级杆 3 级组合(25 mm、 22 mm、 19 mm),个别深井采用 4 级组合, $\varnothing 38$ mm 或 $\varnothing 44$ mm 悬挂管式泵加 500 m左右的尾管。经过系统研究并结合现场经验,斜井小泵深抽主要装备及配套井下工具为 12 型游梁抽油机、多级组合 H 级抽油杆、斜井段扶正、旋转接头、锚定长冲程整筒泵、长尾管、偏心气锚。

该泵挂组合目前已应用于 68 口井,开井 52 口,平均泵挂深度 2494.3 m、平均动液面 2218.8 m、沉没度 274 m、平均泵效 41.9% 、平均检泵周期 491 d,最大下泵井斜达到 36.5° ,最大下泵深度达到 2618.3 m。

2. 深直井小泵深抽配套技术

凝析油气井深直井小泵深抽技术的关键为在高气液比条件下尽可能提高泵效,同时减少井下故障。

经过系统研究,确定了主要技术装备和配套井下工具为 12 型游梁抽油机、多级组合高强(D 级或 H 级)抽油杆或玻璃钢抽油杆、锚定长冲程整筒泵、配套长尾管、偏心气锚。

由于泵深大,一般采用了 5 根加重杆,配套长尾管约 500 m。H 级高强杆目前最大下泵深度已达到 3083.6 m,但成本有较大增加。为此,在 12 口井进行了玻璃钢抽油杆的现场应用试验研究。其中最具代表性有板 9、板深 56 等 3 口玻璃钢杆柱深抽井,3 井的综合时率达到 88.55% ,日产液 44.4 m³、日产油 9.05 t,平均泵挂 2608 m、平均动液面 1402 m、平均沉没度 1206 m、平均泵效 67.2% 、平均检泵周期 775 d。

现场应用表明,相比于使用高强抽油杆,可在原有机泵配套的基础上显著加深泵挂深度,且获得超冲程提高泵效,平均泵效提高15%以上,平均检泵周期提高约300 d。由于单位长度抽油杆自重减轻,在加深泵挂的基础上仍可沿用原抽油机,平均单井节约成本约18万元,在深泵挂至井强化凝析气井排液采气技术上获得了良好的效果。

3. 杆式泵小泵深抽配套工艺技术

板桥中区井型多为丛式井,平均水平位移500余米,平均井斜在20°以上,有油环存在且原油物性较好,生产气液比较高,衰竭式开采后期停喷压力普遍比其它区块凝析油气井低,气井停喷时液面较低。

该区地层平均压降为50.33%,最大单井地层压降达到60%,储层强亲水、比表面积大、毛细管压力高。检泵压井常导致大量压井液进入储层,气层损害严重,解除困难,往往检泵作业后产量明显下降。水锁效应对岩样有效渗透率影响的实验研究结果也表明,水锁效应引起的渗透率损害率均达到60%以上。

为减轻检泵压井作业对储层的损害,研究确定了在小泵径长冲程整筒泵深抽配套技术的基础上检泵作业不压井配套技术,装备及配套井下工具为12型游梁抽油机、高强(D或H级)抽油杆多级组合、 $\varnothing 38$ mm小直径杆式泵锚定、气锚配套长尾管至储层。

目前已有6口机抽井采用了该技术,平均泵挂深度2480 m,平均日产油5.4 t、平均日产气4668 m³、平均日产液9.6 m,平均泵效52.6%、平均沉没度260 m、平均检泵周期485 d。

该技术的应用有效地解决了板桥中区凝析油气井检泵作业中压井液对地层的污染问题,有效地保护了产能。

4. 有杆泵大泵强排液采气技术

对板桥凝析油气藏边底水活跃,油气井水淹、水窜严重而导致油气井产量降低、停喷的油气井,为提高气液产量,提高开井率,配套实施了大泵强排液采气工艺技术。

生产上突出的问题是在配套工艺技术上需要保证高气液比条件下的高泵效。现场应用实践表明,偏心气锚加500 m左右配套长尾管、泵挂锚定对于提高泵效有良好的效果,实际泵效达到60%以上。

研究确定了配套措施为大型机、高强度(D、H级)抽油杆或玻璃钢抽油杆、 $\varnothing 56$ mm或 $\varnothing 70$ mm大泵、井下接杆装置、加重杆、偏心气锚配套长尾管。

生产实践表明该工艺的实施有效降低了井筒液面,对停喷井复压稳产效果显著。

三、现场应用效果及建议

板桥凝析油气田已处于衰竭式开发后期,地层压力降幅大,地层存在反凝析。目前尚有117口油气井维持生产,其中仅有28口井采用自喷方式生产,占总井数的23.9%,且多数自喷井在短期内因为地层压力降幅大需要采取机械排液采气技术才能维持正常生产。

针对板桥凝析油气井的特点,系统研究并根据该地区不同井况现场分别实施了有杆泵大泵强排液采气技术、深直井小泵深抽配套技术、斜井小泵深抽配套技术和杆式泵小泵深抽配套工艺技术。

目前已有89口井采用游梁式抽油机有杆泵排液采气,占总井数的76.1%。有杆泵排液采气平均日产油6.42 t/d、日产气 0.351×10^4 m³/d,平均泵挂深度2324.2 m,平均沉没度1439.4 m。

现场试验表明,系列配套技术针对性强,故障率降低、泵效明显提高、检泵周期延长、产量增加明显,同时对于提高采收率效果明显。

凝析气井有杆泵排液采气技术实施井次28口,其中18口井效果明显,占总井数的64.3%,尤其是其中7口井抽汲生产一段时间后气井自喷,累积增产气 1.399×10^8 m³,采收率平均提高4.3%,降低生产回压2.0~7.0 MPa(见表1)。

经济分析表明,加深泵挂深抽配套技术改造单井投入大约25万元,一般3~6个月能收回投资。全套新装备投入约66万元,6~10个月能收回投资。由此可见,板桥凝析油气田排液采气技术投入的经济效益比较明显。

研究表明,目前排液采气技术下一步还有一定潜力,泵挂可以进一步加深至3300 m,亦即泵挂下达储层或位于储层之下。在具体的措施上,采用长冲程整筒泵锚定、偏心气锚配套长尾管提高泵效。在深抽杆柱的组合上,直井和斜井可以采用H级高强抽油杆多级组合配套扶正,研究计算表明采用14型长冲程低冲次皮带机型就可以满足要求。如对上部直井段较长的斜井采用玻璃钢杆(或碳纤维杆)加D级杆组合,直井使用玻璃钢或碳纤维杆,可以在减轻了杆柱自重的同时提高泵效,使用原有12型抽油机就可以实现大幅度加深泵挂。

为进一步提高经济效益,对于泵深超过3000 m的深抽井,应考虑安装抽油机节能装置,如采用变频

表1 有杆泵排液采气增产统计数据

构造 (井号)	层位	面积 (km ²)	地质储量 (10 ⁸ m ³)	采收率 (%)	可采储量 (10 ⁸ m ³)	措施井数 (口)	增产气量 (10 ⁸ m ³)	提高采收率 (%)
板6	板2	0.40	1.58	15.0	0.123	1	0.1582	10.02
白10-1	板4	1.20	1.73	56.0	0.970	1	0.0011	0.06
港22-1	东3	0.30	1.18	44.0	0.520	1	0.0098	0.83
板中814	板2	0.07	0.14	50.0	0.072	1	0.0115	8.23
板中829	板2	0.80	2.05	28.0	0.574	1	1.1091	54.1
板中北	板2	0.82	4.00	50.0	2.000	2	0.1093	2.73
合计			10.68	40.5	4.366	7	1.3991	4.30

调速预期可以节电20%以上。抽油杆扶正配套上则应以尼龙滚轮替代尼龙扶正块,进一步降低负荷。为进一步提高泵效,应考虑采用环阀软密封泵减少泵的漏失。

参 考 文 献

- 1 杨宝善编著.凝析气藏开发工程.北京:石油工业出版社,1995
- 2 杨川东.采气工程.北京:石油工业出版社,1997
- 3 姬彦庆等.气藏水锁机理研究.内蒙古石油化工,2002;(4)
- 4 Thmos F B.Optimizing production from gas condensate reservoirs .JCPT ,1997 ;36(9)
- 5 Bennion D B.Low permeability gas reservoirs ;problems , opportunities , and solutions for drilling ,completion ,stimulation and production .SPE35577

(收稿日期 2005-03-16 编辑 韩晓渝)