

北汉庄油田防砂技术研究

杨友胜

(中石化华东分公司规划设计研究院,江苏 扬州 225007)

摘要:疏松砂岩油藏是国内较普遍的一种油藏类型,储层胶结疏松,出砂严重,给该油田开发带来了一定的困难。通过对北汉庄油田出砂原因的分析,提出了试油生产中应采取的具体防砂技术措施和对策,如根据油藏具体情况,开展开裂防砂工艺的现场实验以及采用石英砂或陶粒砂进行防砂堵水。

关键词:疏松砂岩油藏;防砂技术;出砂原因;北汉庄油田;江苏

中图分类号:P618.13;TE358.1

文献标识码:A

文章编号:1674-3636(2009)04-420-03

0 引言

疏松砂岩油藏的特点一般为埋藏浅、原油粘度大、易出砂,开发有一定的难度。北汉庄油田于2007年4月转入注水开发,油藏日产油因油藏地层出砂严重,产量呈阶梯状下降,从而导致目前油藏的日产油水平偏低。该油田的特点是油稠、出砂、埋藏浅,属于疏松砂岩油藏。为此,笔者通过对北汉庄油田出砂原因的分析,提出了具体的防砂技术措施和对策。

1 油田出砂原因分析及防砂技术

1.1 影响出砂的原因分析

根据北汉庄油田浅层地质特点、岩心分析、开采状况及有关资料,从以下几个方面来分析其出砂原因。

1.1.1 地层胶结疏松,容易出砂 北汉庄油田主力油藏胶结物以钙质为主,泥质次之,胶结类型以孔隙式胶结为主,基底式胶结、基底-孔隙式胶结次之,流体流动的剪切破坏克服了砂粒之间的凝聚力(岩石强度),使油井出砂。原油粘度越高,生产过程中对岩石表面的拖拽力越大,携砂能力越强,造成地层出砂加重(如Es¹)。

Es¹、Ef³、Ef¹组油藏平均油层深度在1 400m~1 684m,孔隙度大,平均孔隙度为25.3%,纵向上渗

透率变化大,油层自上而下逐渐变得致密。相关作业资料分析结果表明:油井出砂程度主要取决于油层埋藏的深度、胶结类型及胶结物的含量、油层的胶结强度等。

另外,Es¹油藏地面原油密度为0.945 4g/cm³~0.964 4g/cm³,地面原油粘度794.3MPa·s~23 556MPa·s,凝固点22℃,属低饱和的常规稠油油藏。开采过程中易产生剪切破坏,稠油流动作用于炮孔周围地层颗粒上的水动力拖拽力要比普通稀油大,使得炮眼孔壁岩石径向应力大于其本身的抗拉强度,脱离基体而导致拉伸破坏。

1.1.2 地层压力下降导致油井出砂 地层内流体充满孔隙支撑着上覆岩层的压力,随着油井的不断生产,地层压力即孔隙压力逐渐降低,上覆岩层的压力增加了对地层颗粒及胶结物的应力。在胶结差的地层中,随着地层压力下降,增大的应力会使岩石胶结层发生变形,造成油井出砂。北汉庄油田属于边水油藏,区块内无对应水井注水补充地层能量,因此,自投入开发以来,随着地层压力的下降,生产压差逐年增大,极易造成原始地层骨架的坍塌,破坏严重时,会造成套管变形。

1.1.3 炮眼周围高压梯度引发出砂 由于射孔时的振动,使得炮眼周围的地层强度明显降低,孔眼周围地层的渗透性遭到一定程度的破坏,炮眼内外压力梯度变化变大,流动阻力增加,易产生较大的拉伸破坏而引发出砂。此外,地层供液能力低、胶结

差、孔隙度高的地层对流阻和流速的改变敏感,流速改变,流阻增加,出砂量相应增大。射孔程度达到30%~45%时,油层基本不出砂,矿场实际生产资料表明,在这一射孔程度区间内,油井生产比较正常。因此,对于油层胶结疏松的底水油藏,射孔程度是油层出砂的主要因素之一。

1.1.4 含水升高,地层强度进一步降低 随着北汉庄油田不断的开发和生产压差的加大,含水上升使颗粒间的泥质胶结物膨胀运移,使得地层的胶结强度降低。从国内其他油田浅层疏松砂岩油藏含水与出砂指数的关系可以得出:当油层平均含水达到60%以上时,地层骨架会发生坍塌性破坏,导致大量出砂。

1.1.5 出砂量与泥质含量的关系 利用生产井的测井曲线计算生产井段的泥质含量,并应用该项参数与出砂量建立相关性。定性分析表明,泥质含量仍是稠油油层出砂的最关键因素。泥质含量过低或

者过高,出砂量都增加,当泥质含量为10.5%~16%时,油层基本不出砂。其原因是油层的主要胶结物为泥质,当泥质含量较低时,油层胶结差,无论原油性质好坏、射孔程度高低油层都会出砂。当泥质含量过度时,也使油层疏松而在生产时出砂。

1.2 油田防砂并现状分析

2005年初,针对Es¹油藏岩性较疏松、地层出砂严重、直接影响生产的现状,引进了封隔高压充填防砂技术。2005年10月30日首先对北1-4井实施封隔高压一次充填防砂,到2005年12月27日,防砂井已有生产Es¹的北1-4井、北1-14井及生产Ef³下砂组的北1-6井、北1-17井等四口油井。这4口井中北1-4、北1-6井是投产后因出砂停产而防砂,北1-14、北1-17是新井投产时直接防砂。表1为北汉庄油田部分井不同时期含砂分析表,表2是北汉庄油田高压充填防砂井统计。

表1 北汉庄油田部分井不同时期含砂分析

井名	层位	层号	井深/m	取样日期	分析日期	含砂/%
北1-4	Es ¹	9	1 454.8~1 460.1	2005-11-01	2005-11-02	7.3
北1-6	Ef ³	10、14、15	1 553.7~1 579.8	2005-10-24	2005-10-27	3.8
北1-8	Es ¹	3、4	1 447.3~1 456.8	2005-10-20	2005-10-21	8.5

表2 北汉庄油田高压充填防砂统计

井号	层位	井段/m	施工日期	充填砂量/t	施工压力/MPa	防后产量			累计产油/t	生产天数/d
						日液/t	日油/t	含水/%		
北1-4	Es ¹	9 1 454.8~1 460.1	2005-10-30	15.0	16~15~13	12.69	10.36	18.4	569	55
北1-6	Ef ³	1 153.7~1 179.8	2005-11-19	23.0	23~21~17	7.98	7.37	7.6	265	36
北1-14	Es ¹	1 402.6~1 409.0	2005-12-02	19.0	19~17~19	9.80	4.40	55.1	92	21
北1-17	Ef ³	1 419.6~1 423.6	2005-12-27	15.6	22~20~22					

下面以北1-4井为例,说明其防砂效果。2005年8月16日常规电缆射孔打开Es¹9层,20日螺杆泵投产,泵深1 304.30m。至9月下旬,平均日产油达16.85t,水0.34m³,动液面1 036m,泵效78%。10月初因地层出砂严重,含砂达4.5%,已影响油井正常生产,因此采用高压充填防砂。防砂施工过程:防砂管柱下完后,油管打压坐封,试挤清水,后正挤前

置液20m³,防砂管线试压25MPa,3min不刺不漏,正挤携砂液99.4m³,砂10m³,顶替液6.7m³。上提油管至悬重14.4t,正转管柱,倒扣丢手,压裂车III档反洗井,洗至进出口水色一致,正挤时最高泵压16MPa。月底投产,螺杆泵深1 304.58m。防砂前后效果对比见表3。

表3 北1-4井防砂前后效果对比

防砂	日产油/t	日产水/m ³	日产液/t	含砂(V%)	泵效/%	动液面/m
前	16.13	1.03	17.16	4.5	78	1 200
后	10.36	2.33	12.39	0.1	69	1 255

从防砂角度看,含砂由防砂前的 4.5% 降至防砂后的 0.1%,取得了很好的效果;从泵效、动液面及日产液量角度分析,在油层压力短时间内变化不大的情况下(平面上生产 E_s^1 底块砂岩的井只有北 1-2 井),随着泵效下降导致产液量降低,应使油井动液面上升,但与实际对比,动液面反而降低,说明防砂导致了地层污染,影响了油井的产能。

2 问题分析及对策

2.1 前期油层上下地层状况分析不清

在施工中,由于对地层情况了解不清(顶板可能在防砂前已经坍塌),导致设计参数选择依据不足。

2.2 设计参数不合理

砂比太低、用液量过大、油套环形空间没有充填密实,低砂比必然导致油层进液过多。而 E_s^1 属疏松砂岩强水敏地层,大量入井液势必造成了地层伤害。此外,由于油套环空没有充填密实,施工放喷及生产过程中较细的地层微粒连同充填砂运移至筛管附近造成近井筒地带堵塞、压降增加、渗透率下降,一定程度影响了油井的产能。

根据北汉庄油田下一步开发的实际井身结构特点,确定直井和定向井机械防砂方法。 E_s^1 采用绕丝筛管砾石充填技术; E_f^3 采用高压砾石充填技术;根据出砂情况, E_f^1 采用滤砂管防砂技术。

3 结 语

① 北汉庄油田 E_s^1 、 E_f^3 砂层组刚开始生产后便

会出现近井的塑性屈服、出砂,因此,试油生产中必须采取防砂措施。② 通过极限生产压差、临界流量测试得知,垛一段极限生产压差大于 4MPa,极限采液强度小于 $0.16\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$ 。③ 通过防砂方法优选模拟试验显示,砾石充填和金属粘布类滤砂管机械防砂技术在北汉庄油田均有较好的适应性。由于垛一段、阜三段岩石胶结疏松,为了能使地层稳定并保持较高的产能,可以采用绕丝筛管循环砾石充填或高压挤压砾石充填工艺;对于井身质量较好的低产出砂油井,可以根据油藏具体情况,开展压裂防砂工艺的现场实验。④ 北汉庄油田应采用 0.4mm ~ 0.8mm 的石英砂或 0.45mm ~ 0.9mm 的陶粒砂进行防砂堵水。选择绕丝筛管时,应尽量选用过流面积大、耐腐蚀、自洁能力强的全焊起不锈钢绕丝筛管。

参考文献:

- [1] 程仙梅,高平,赵俊文,等. 疏松岩心制样及其物性参数的测试技术[J]. 大庆石油地质与开发,2003,22(2):19-20.
- [2] 王伟庆,邹丽萍,郭漳. 疏松砂岩储层出砂机理和保护措施——以太平油田和尚店油田为例[J]. 油气地质与采收率,2003,10(3):69-73.
- [3] 卢宝荣,蔡明俊. 羊三木油田馆一油组油层出砂影响因素探讨[J]. 石油勘探与开发,2004,31(3):146-147.
- [4] 余高伟,王先礼. 防砂工艺技术在稠油油藏开发中的应用——以曲堤油田和营 13 块为例[J]. 油气地质与采收率,2001,8(3):77-78.
- [5] 吴宝华,王建文,杨忠培. 海外河油田防砂技术及其适应性分析[J]. 特种油气藏,2003,10(B09):77-78,87.

Study on sand control technology for Beihanzhuang oil field

YANG You-sheng

(Development and Planning and Design Institute, East China Branch, SINOPEC, Yangzhou 225007, Jiangsu)

Abstract: Loose sand rock oil deposit is a popular type of oil deposit in China, the cementation for the oil reservoir rock is loose, sand effusion of oil wells are severe, and difficulties are brought about for the development of oil wells. Through analyses on the sand effusion reasons for Beihanzhuang oil field, the author brought forward some detailed sand control measures and technology like site experiment during trial production of oil wells.

Keywords: Loose sand rock oil deposit; Sand control technology; Sand effusion reason; Beihanzhuang oil field; Jiangsu