

新浅45区改善开发效果技术对策研究

赵艳锦 汤建 薛海庆 范子宜

中国石化河南油田分公司采油二厂 河南 南阳 473400

摘要: 新庄油田新浅45区块经过蒸汽吞吐和蒸汽驱开发后,油井受层间和层内非均质性、断层、边水等因素影响,油井生产效果变差,根据各因素影响程度,对油井分为五大类,针对各类型油井分析剩余油潜力,从而提出相应的治理对策,有效的改善了油井蒸汽吞吐效果。通过对新浅45区块油井进行治理,总结改善其开发效果的系列技术,对类似油藏的开发具有较好的借鉴意义。

关键字: 断层;边水;非均质;剩余油潜力;调剖;氮气助排

1 区块概况

1.1 油藏地质特征

1.1.1 构造特征

新浅45井区位于泌阳凹陷北部斜坡带新庄复杂断裂带北偏东,属新庄油田外带。该区构造主要由三条北东走向北西倾向正断层控制,同时在三条主要断层之间发育一条北西走向东掉正断层和一条北西走向西掉正断层,构成断层+剥蚀线复合圈闭;该井区总体倾向南东,倾角12°-18°,走向北东。

1.1.2 储层特征

新浅45断块储层岩性以灰白色砾状砂岩、砾岩、粉砂岩为主,胶结物以泥质为主,胶结类型一般为孔隙式胶结。平均孔隙度为24.36%,平均渗透率为 $3957 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,随着埋藏深度的增加,储层物性逐渐变差,总体上储层物性较好,砂体厚度较厚,平面分布相对稳定,连续性较好。

1.1.3 油藏特征

新浅45断块含油面积 0.53km^2 ,含油宽度300左右,埋藏深度一般为130-225m,纵向上含油层数少,油层组合厚度8.2m,纯总厚度比0.5-0.99。油层温度为21.7-25.5℃,油层温度下脱气原油粘度为15800-38943.86mPa.s,系浅层小断块稠油油藏。地层水为 NaHCO_3 型, Cl^- 含量一般53.18-106.71mg/l,总矿化度377.0-950.0mg/l。

1.2 区块开发现状

新浅45断块自2005年投入开发至2021年历经三个阶段:

2005-2011年规模化投入开发阶段。截止2011年4月底,共投油井76口,累积注汽 $68.27 \times 10^4 \text{t}$,累积产液 $110.23 \times 10^4 \text{t}$,累积产油 $15.8 \times 10^4 \text{t}$,综合含水85.7%,累积油汽比0.23,采出程度13.2%,采注比1.61,回采水率138.3%。

2011-2013年蒸汽驱阶段。新浅45区自2011年6月20日起实施蒸汽驱,初期因蒸汽驱不受效油汽比较低,随后实施注采参数调整、氮气泡沫辅助蒸汽驱等措施后,蒸汽驱采油井逐渐见效,日产油水平和油汽比逐年提高,截止2013年12月31日,阶段累积注汽量26.525万吨,阶段累积产液46.4048万吨,累积产油4.0891万吨,综合含水91.2%,平均日产液水平501.1吨,日产油水平44.2吨,阶段油汽比

0.15,采注比1.75。

截止2021年12月底,新浅45区累计共投入开发油井76口,累积产油22.7049万吨,动用储量采出程度23.3%,累积注汽94.6038万吨,累积油汽比0.24。

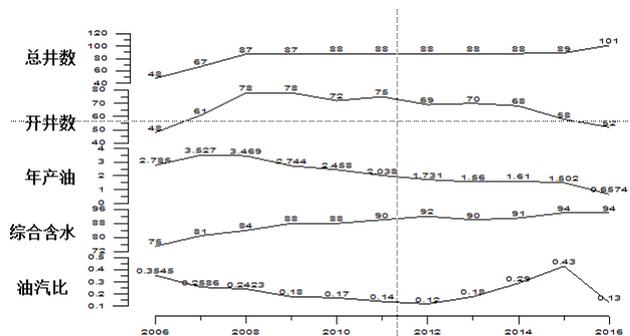


图1 新浅45区生产开发曲线

2 区块开发中存在的主要问题

新浅45断块随着吞吐周期数的增加,开发效益逐渐变差。平均采出程度为23.3%左右,主要面临以下几个方面的问题制约着开发效益的提高:

2.1 剖面非均质性强,动用程度不均

对新浅45断块的88口井的11个小层(单层)砂体的渗透率的变异系数、突进系数、极差参数进行了计算和统计,计算结果为核三段II油组储层以较均匀型储层为主:II²₁、II³₃、II⁶₁、II⁶₂、II⁶₃、II⁶₄六个单层为非均匀型储层,II²₂、II²₃、II³₁、II³₂、II⁵五个小(单)层为较均匀型储层(表1)。

2.2 低效无效生产井多,开发效果差

2016年新浅45区生产油井69口,其中A类油井(即日产油量大于3吨的油井)1口,B类油井(即日产油量介于1-3吨的油井)6口,C类油井(即日产油量小于1吨的油井)62口,占总井数的89.9%,占井数是最多的,但是产量占比仅为43%。

2.3 油井距离断层近,蒸汽吞吐效果差

新浅45区分别于2008和2015年在断层屋檐下部署7口新井,共14口,距断层70-100米,受周围老井采出状况的影

响, 蒸汽优先进入压力低的构造低部位, 断层附近蒸汽波及范围有限, 单纯蒸汽吞吐油汽比低, 效果差。

2.4 受边水影响, 油层动用状况不均

新浅45区H3 II 2、H3 II 3、H3 II 5、H3 II 6小层均存在边水, 且边水区面积不等, 边水区附近油井随着吞吐降压开采过程的不断进行, 边水沿物性较好的高渗透带推进到油井之中, 此时呈现出产油量迅速下降, 产水量迅速增加, 导致油井周围油层动用状况不均^[1]。

2.5 高周期吞吐后, 井间剩余油富集难以动用

油井经过高周期吞吐后, 蒸汽有效波及半径范围在30m-35m, 蒸汽波及范围内, 剩余油饱和度值较小, 而井间剩余油饱和度值仍然较高, 同时, 注汽过程中, 受井间汽窜以及注汽速度等因素影响, 井间热损失较大, 在井组之间蒸汽波未充分波及加热地层, 不能形成有效的热连通, 导致井间仍存在剩余油富集。

3 油井剩余油类型划分及潜力评价

3.1 五种剩余油类型稠油井划分归类

通过充分结合每口油井的产油量、产液量、注气量以及含水率等实际生产动态数据, 并在地质分析、测井解释等资料的基础上, 将新浅45区79口油井按照剩余油饱和度、采出程度等不同参数建立了层间差异型、层内差异型、断层遮挡型、井间富集型以及边水影响型五种稠油井剩余油类型的划分标准^[2]。

层间差异型即根据油井生产层之间剖面矛盾严重, 导致油井生产效果较差; 层内差异型即油井生产层内各小层之间的剖面矛盾严重, 导致油井生产效果较差; 断层遮挡型即油井受断层影响, 不能有效的扩大蒸汽波及体积, 从而影响油井生产效果; 井间富集型即因蒸汽有效波及半径范围在30m-35m, 而剩余油主要富集为井间, 无法有效的采出导致油井生产效果差; 边水影响型即边水沿物性较好的高渗透带推进到油井之中, 此时呈现出产油量迅速下降, 产水量迅速增加, 导致油井生产效果差, 最后根据哪个影响因素最大, 对油井进行分类(见表1)。

表1 五种剩余油类型稠油井统计表

剩余油类型	断层遮挡	边水影响	层间差异	井间富集	层内差异
井号	4811、402、EX61、4400、XQ68、409、4300、408、4603、406、450、403、404、407、4605、4500、XT2	4003、EX59、4612、4613、4713、4203、4304、4004、XQ19、4103、4105、4204、4813、4504、4404、4104、4307、4005、4305、4614、4406、4306	4201、4709、4609、XQ60、4102、4707、XQ45、4502、4807、4708、4706、4403、4608、4002、4806、4703、4705、4503、4101、4810、4704、4001、4808、43011、4200、4610、4606、4809	4711、4501、4401、4611、44021、4202、4710、4402、4301、	4302、4303、4100
井数(口)	17	22	28	9	3

3.2 五类稠油井剩余油潜力分析

根据五种剩余油类型油井的采出程度进行剩余油潜力分类评价, 剩余油潜力评价标准为: 采出程度 < 10% 的油井剩余油潜力高, 采出程度在10%-25%之间的油井剩余油潜力为

中等, 采出程度 > 25% 的油井剩余油潜力低, 根据上述标准对五类油井剩余油潜力分别评价, 由此得出五种类型稠油井采出程度由大到小顺序依次为: 层内差异型 > 层间差异型 > 井间富集型 > 边水影响型 > 断层遮挡型^[3]。详见表2。

表2 五种剩余油类型潜力评价表

剩余油类型	剩余油潜力			合计井数(口)	平均采出程度%
	高(采出程度 < 10%)	中(10% ≤ 采出程度 ≤ 25%)	低(采出程度 > 25%)		
井间富集型	2	3	4	9	20.9
层内差异型	0	0	3	3	28.1
层间差异型	3	7	18	28	24.5
边水影响型	1	11	10	22	19.7
断层遮挡型	12	4	1	17	9.23
合计井数(口)	18	25	36	79	20.49

根据剩余油潜力评价标准, 计算得出五种剩余油类型油井分别的剩余油地质储量。层间差异型井数最多为28口, 剩余地质储量相对较高为29.60万吨, 边水影响型油井剩余储量为24.05万吨, 断层遮挡型剩余油储量为19.80万吨, 井间富集型油井剩余储量为16.40万吨, 层内差异型油井剩余储量为

6.05万吨。剩余地质储量由高到低顺序依次为: 层间差异型 > 边水影响型 > 断层富集型 > 井间富集型 > 层内差异型。

综上分析五类稠油井剩余油潜力大小为层间差异型 > 边水影响型 > 断层富集型 > 井间富集型 > 层内差异型。

4 不同类型油井开发对策优化研究

4.1 层间差异型油井

针对层间差异型潜力油井,对于隔夹层稳定、单层剩余饱和度值较高的油井采取蒸汽吞吐单层开采;隔夹层不稳定、采出程度较高,但厚度较大、剩余潜力仍然较大的层段,采取氮气泡沫调剖措施,由于储层层间非均质性差异,出现蒸汽超覆和汽窜,导致蒸汽沿高渗透带突进,使得蒸汽波及系数小,大大降低蒸汽有效波及面积,从而影响了蒸汽吞吐开采效益。针对采出程度较高的层段,采取氮气泡沫调剖措施,调整吸汽剖面,再两层合采的生产方式,进行氮气泡沫调剖以改善油井生产效果。

4.2 层内差异型油井

针对层内差异型剩余油,采取调剖的措施,改善纵向厚度较大的H3 II 3层包括H3 II 3¹、H3 II 3²以及H3 II 3³层的吸汽剖面,从而调整H3 II 3的层内矛盾。

4.3 井间剩余油富集型油井

井间剩余油富集型油井,对于采出程度小于35%、厚度大于4.0米、剩余潜力较大、吞吐仍有效益的层段,采取氮气助排措施,利用氮气在地层中引领蒸汽向深部扩散的作用,增加波及体积,增加油层弹性气驱能量,提高地层压力;原油溶氮气膨胀,使近井地带的原油饱和度增加,提高油相的相对渗透率,强化吞吐助排作用;同时油氮气的界面张力比油水之间的界面张力降低70%,有利于提高驱油效率;对于井间温度已上升至50℃、井间热连通已形成、吞吐过程中干扰汽窜严重的油井采取点驱的方式生产^[4]。

4.4 边水影响型油井

针对边水影响型油井,对于隔夹层不稳定无法细分单采、采出程度小于30%、厚度较大剩余潜力较大的油井,采取氮气泡沫调剖措施,抑制边水推进;对于隔夹层稳定、采出程度小于35%、剩余油潜力较大的未水淹层段,采出单采单注的措施方式生产。

蒸汽吞吐采油的特点是采油速度快,油气比较高,但蒸汽波及范围有限。油田热采井地层的非均质性强,边底水比较活跃,在注蒸汽开采过程中,水的导热能力是油的6~7倍,因此,热量易向高含水区扩散,同时由于储层的强非均质性,出现蒸汽超覆和汽窜,必然导致蒸汽沿高渗透带突进,使得蒸汽波及系数小,大大降低蒸汽有效波及面积,从而影响了蒸汽吞吐开采效益,因此针对边水影响型油井采用水氮气泡沫调剖水淹层,再两层吞吐合采的生产措施方式进行生产。

4.5 断层遮挡型油井

断层遮挡型油井,受断层遮挡一侧剩余油饱和度值较高,蒸汽波及状况不佳,采取调剖的生产方式,增加地层能量,并扩大蒸汽的波及半径,以提高油井动用程度。

5 现场应用效果评价

5.1 氮气辅助蒸汽吞吐实施效果

针对区块存在的问题,并通过定量描述了五种稠油井剩余油潜力,制定了一系列的措施,以改善油井生产效果。

2020~2021年,新浅45区共实施氮气(氮气泡沫、氮气助排、氮气辅助热处理)辅助吞吐103井次,总注氮气体积213.41×10⁴Nm³,发泡剂量56t,累计增油3753.5t(见表6)。

5.2 化学辅助面积组合吞吐实施效果

2021年在新浅45区2个井区实施化学辅助面积组合吞吐,覆盖地质储量2.87×10⁴t,累计产油698.2t,日产油由措施前的0.3t提高到措施后的1.5t,油气比由措施前的0.06提高到措施后的0.3。

6 结论及认识

6.1 通过对影响稠油井开发效益的控制因素研究,实现了高周期吞吐后剩余油的定量描述及评价;建立了稠油井五种类型剩余油潜力模型:层间差异型、层内差异型、井间富集型、边水影响型以及断层遮挡型。

6.2 得出五类油井剩余油潜力大小为层间差异型>边水影响型>断层富集型>井间富集型>层内差异型。

参考文献:

- [1]黄鸥,黄忠廉译.油田稠油热采技术综述[M].国外油田工程,1997:1(6).
- [2]李胜彪,石晓渠,何先萍.古城油田泌浅10区VI油组普通稠油吞吐生产特征及提高采收率措施研究[J].石油天然气学报,2005,27(1),80-82.
- [3]邵先杰等.浅薄层特、超稠油注蒸汽吞吐后剩余油分布研究,石油勘探与开发,2005,32(1).
- [4]杨威.古城油田泌浅10区剩余油分布及挖潜技术研究[D].大庆石油学院,2010.