

大庆油田萨北开发区

新技术新认识

陈会军 万新德 王岩楼 主编

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书收集了近年来大庆油田萨北开发区油田开发的新技术新认识共计 72 篇文章,内容包括油藏工程、采油工程、地面工程、计算机应用和管理等。

本书适合油田开发技术人员、采油工程技术人员、地面工程及计算机人员阅读。也可供从事油田开发的技术人员、各级领导和石油院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大庆油田萨北开发区新技术新认识/陈会军等主编.
北京:石油工业出版社,2003.5

ISBN 7-5021-4263-0

I. 大…

II. 陈…

III. 油田开发-大庆市-文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 035796 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京市密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 26.75 印张 685 千字 印 1—800

2003 年 5 月北京第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4263-0/TE·2992

定价: 58.00 元

前 言

大庆油田萨北开发区开发建设 30 多年来,始终坚持以经济建设为中心,紧紧依靠科技进步,保持了油田开发高水平。从 1971 年开始,实现了连续 32 年生产原油 $500 \times 10^4 \text{t}$ 以上,为国家做出了突出的贡献。

随着萨北开发区进入特高含水期,为实现油田持续健康发展,第三采油厂坚持以“引进和开发并举,推广和应用并重,分层次搞好实用技术、核心技术、储备技术的应用和研究”作为“十五”科技工作指导思想,大力强化“两驱”综合调整,大力发展采油工艺配套技术,大力加强地面工程优化,追求特高含水期油田开发的最佳经济效益,取得可喜成果。为进一步适应特高含水期油田开发需要,促进广大科技人员的技术交流,我们将这些新成果汇编成《大庆油田萨北开发区新技术新认识》一书出版,供各级领导和科技人员学习参阅。

本书收集了近年来萨北开发区油田开发的新技术、新认识共计 72 篇文章,内容包括油藏工程、采油工程、地面工程、计算机应用等,包含了奋斗在萨北开发区各级领导和广大科技工作者的智慧和心血,对萨北开发区的发展具有重要的历史意义。此外,我们真诚希望与兄弟油田加强技术交流和协作,共同为石油工业的发展贡献力量。

由于时间有限,不当之处,请各位专家和广大读者批评指正。

编者

2003 年 3 月

目 录

一、油藏工程

特高含水期水驱低效井研究及综合治理·····	麻成斗	李艳春	高淑明(3)
北三东三次加密优化完井方法研究·····	杨桂霞	冯丽娟	林立(12)
河流—三角洲储层沉积相模式识别方法研究及应用·····	刘刚	刘宏兵	辛月梅(19)
北部过渡带葡 I ₁₋₄ 储层沉积微相研究·····	倪锡成	孙润久	黄志双(24)
萨北开发区低压井区精细治理模式研究·····	姜智	胡秀杰	周鹏(28)
复合砂体中单一河道的识别·····	刘刚	王林辉	袁娜(34)
萨北开发区地质储量复算结果变化影响因素分析及评价·····	梁秀丽		刘海燕(39)
油水同层段偏油偏水性研究·····	母长河	樊陈华	沈丽平(46)
用试井方法评价北部过渡带油气层·····	崔红梅	常树琴	张旭东(53)
断层区开发的静态影响因素·····	刘柏松	曾雪梅	常军海(57)
纯油区周期注水的实践与认识·····	李忆园	母长河	付勇(63)
测试资料在注水井措施中的应用·····	宋春英	陈淑华	齐纲要(69)
北二区西部二类油层聚合物驱开发井网优化研究·····	曾雪梅	林立	刘柏松(74)
萨北开发区老井自然递减趋势分析及控制·····	姜振海	李艳春	唐艳芹(85)
北三区东部油水同层段挖潜的研究与认识·····	林立	杨桂霞	曾雪梅(92)
聚合物驱流体运动规律的认识·····	董支江	穆平	公衍富(98)
过渡带聚合物驱动态变化特征与采油井效果差异分析·····	黄梅	陈卫东	李玉霞(104)
北二西东块聚合物驱延长用量实践·····	李慧	姚庆	肖勇(109)
盈亏平衡分析在措施经济界限研究中的应用·····	李艳春	孙国东	姜振海(114)
注入剖面组合测井综合解释方法·····		商志英	贾莉卿(123)

二、采油工程

注入井油管变形对封隔器的影响·····	任华	耿朝晖	吴玉杰(131)
Y341-114KW 型封隔器的研究与应用·····	胡松华	刘清伟	陈刚(136)
影响萨北开发区西部注水合格率因素探讨·····	彭清红	王武	郭继红(139)
抽油杆偏磨研究及扶正器应用技术·····	张天君	汪加军	王广宇(145)
液力缓冲器的设计及受力分析·····	李立东	王广宇	胡松华(150)
柔性抽油杆新型接头的研制与改进·····	刘玉龙	岳明	王建平(155)
对抽油机井热洗清蜡的研究与认识·····	管略	张居华	李艳玲(160)
抽油机井几种节能技术的综合评价·····	侯宪文	宋玉宝	付军梅(166)
油井合理套压的研究及应用·····	蔡小辉	冯华胜	许昱娟(170)
抽油机井套压对泵充满系数的影响·····	陈继刚	全亚丽	李杰(175)

机采井无线巡检系统多种用途的探讨·····	陈东辉	姚庆	袁柏青(182)
钻杆锥螺纹防松抗扭抽油杆的研制及在螺杆泵井上的应用 ·····	李淑红	武力强	李立东(192)
注聚合物后电泵井检泵周期变化原因初步认识·····	张永忠	刘丙云	(200)
电泵井变频技术的应用与认识·····	邓庆江	周敏	汪明峰(205)
电泵井落物原因分析及对策·····	孙国军	韩秋	吴韞鹏(214)
萨北开发区电泵井套管腐蚀机理初步研究·····	付军梅	宋成珍	张庆杰(218)
HRS-3 型注聚合物井复合解堵剂的研制与应用·····	刘野	刘玉龙	任华(225)
几种金属离子对 CDG 体系成胶效果的影响·····	陈仕宇	柳杨	陈卫东(232)
复合离子型调剂剂性能评价及其影响因素分析·····	赵春艳	凌士平	陈卫东(236)
CO ₂ 泡沫压裂技术在北 4-90-丙 270 井的应用及效果评价·····	母建光	张海鹏	(241)
NCF 酸化在东部过渡带注水井上的应用·····	姜海涛	高彦民	胡庆革(246)
压裂井防砂技术探讨·····	汤玖宇	侯宪文	白鑫(251)
盈亏评价法在油水井大修中的应用·····	任广庆	宋玉庆	刘印宣(257)
萨北开发区东部套损井形成原因浅析·····	姜雪岩	陈国富	张岚辉(263)

三、地面工程

油田配电网优化运行分析	宋国龙	(271)
萨北地区水驱转油站自放水系统改进研究	史政堂	(278)
如何实现油田注水泵站生产过程自动化	王恒 潘俊艳	胥艳玲(283)
水驱系统常温集输技术界限研究	杜久恒	王明信(289)
特高含水期脱水系统优化调整研究	冯磊	李政军(294)
大庆油田常规流程下热化学脱水可行性探讨	李政军	冯磊(299)
高分子预脱水剂在生产中的试验与应用	刘红霞 张文	宋晓东(305)
二氧化氯处理油田含油污水技术的试验研究	苏庆菊 赵力成	贾维娜(311)
浅谈泡沫黄夹克管道腐蚀因素及相应对策	冯铁	(317)
改性纤维球过滤器在深度污水处理站的应用效果分析	张伟	(321)
萨北地区油井采出污泥利用技术研究	陈国福	苏晓光(327)
探讨如何选好自动调节阀	田莉 吴鹏	陈东辉(335)
利用金属屋面作防雷接闪器	付林笙	宋国龙(339)
纸面石膏板接缝不开裂控制技术探讨	杜强	王静波(342)
砖混结构温差裂缝的防治措施	李鑫	(346)

四、计算机应用

Oracle 数据库技术在油田信息管理中的应用·····	严玉滨	王秀英	(351)
B/S 模式下的方案设计论述分析·····	郭志发	朱丽清	(354)
终端式集中运算存储系统的分析研究·····	韩雪松	孙立东	(360)
基于 Lotus Notes 技术实现企业办公自动化系统的探讨·····	初宇	刘宏兵	(366)
WebGIS 技术的开发与应用·····	刘莉娜	王焕芹	华伟(371)

油水井作业施工方案网上设计审批系统的开发与应用·····	潘金爱	朱丽清	左维军(377)
作业网络办公系统的设计开发·····	王金瑞	王广宇	史洪文(383)
地面信息数据库维护管理及应用分析·····		王焕芹	孙文德(389)
Windows 2000 Server 服务器安全设置综述 ·····	王 艳	董爱江	郭翠玲(394)
生产信息管理系统开发应用分析·····		苗坤彦	吴晓玲(398)

五、管理

萨北开发区纯油区西部输差产生原因及治理效果分析·····	吴 逸	王文秋	孙力红(407)
萨北纯油区东部影响输差因素及治理实践·····	孙 立	夏咏梅	徐景钧(414)
对环保测试方法的研究·····	杨艳玲	姚建霞	陈国荣(419)

一、油藏工程

特高含水期水驱低效井研究及综合治理

麻成斗 李艳春 高淑明

摘 要 萨北开发区通过对低效井的综合治理,在开发效果上取得了一定的进展,但随着注水开发的不断延续,低效井仍然影响着油田总体开发效果。本次研究将突破以往只以“产油量”和“综合含水”来界定低效井的界限,分别从开发的角度和经济的角度出发,首先用达西公式确定与油井有关的参数,计算评价系数,以这个评价系数来确认开发低产井;同时将日产油和含水与经济分析指标联系起来,通过建立吨油成本计算模型来界定低效井。并且深入分析低效井形成的原因,以累计产油量和累计水油比为评价指标,首先确定有潜力的低产井,然后针对不同类型的低效井并采取相应的治理措施,并制订了低效井的治理原则,为进一步挖掘低效井的潜力和治理低效井提供了依据。

主题词 水驱低效井 评价系数 吨油成本 成因 综合治理

1 前言

萨北开发区走过近 40 年的开发历程,经过了基础井网开发、自喷转抽、细分开发层系、井网加密、三次采油接替和结构调整等大型调整措施,目前已处于特高含水期。在目前提液受到限制的情况下,随着含水的升高,单井日产油逐渐降低,单井日产油小于 2t(大庆油田勘探开发研究院界定的低效井标准)的井数呈逐年上升趋势。从 2001 年单井日产油概率分布图可以看出,其井数随产量的递减曲线符合 Petro 概率分布特征,这种分布形式反映油藏已高含水,而且随着采出程度的继续增加曲线会更陡。要保持一定规模的油田产量,势必要造成生产成本的增加,这样就必须把低效井的治理作为重要的课题加以研究。近两年来我们认真研究和总结了萨北开发区产量较低的井在开发上、生产上、经济上表现出的一些特点,探索研究出一套确定低效井的方法,并对低效井进行了治理。

2 低效井判别标准的确定

为了达到对油井进行相对较准确的评价,并能够进行分类和分重点治理的目的,针对萨北开发区产量较低的油井所表现出来的特点——在经济上低效益但开发不一定低产、在开发上低产但经济上不一定低效益,分别从开发和经济两个角度对油井进行评价。

2.1 开发低产井的判别标准

开发低产井是指从目前的生产状况和生产历史过程来看,开发效果较差的油井。一口井的开发效果不能简单地用日产油水平来评价,要考虑油井本身的油层条件和所处的开发阶段,因此首先讨论与油井产油有关的参数。

2.1.1 与油井产油相关的参数

依据见水后的达西公式:

$$q = K \cdot 2\pi rh \left(\frac{K_{rw}}{\mu_o} + \frac{K_{ro}}{\mu_o} \right) \frac{dp}{dr}$$

可以得出与油井产油相关的参数:

油层条件:射开油层砂岩厚度、有效厚度、地层系数;流体性质:饱和压力、原油粘度、凝固点;井网条件:井距、连通关系、注采井数比;开采条件:地层压力、流动压力。

表征油井产能的参数:日产液、日产油、含水、采液指数、产油指数、累积产油、累积产水。

2.1.2 开发低产井的确定

低产油井的特征是在相同开采阶段日产油少、含水高。通过对达西公式的认真分析和对低产油井特征的详细解剖,我们认为采用 8 参数对油井进行评价相对比较合理,8 参数分别是:油井采油强度、平均采油强度、油井单位厚度累积采油、平均单井单位厚度累积采油、油井目前油水比、平均油水比、累积油水比、平均累积油水比。

首先经过归一化处理,使 8 个参数形成 4 个参数团,分别是无量纲产油 A:油井日采油强度/平均日采油强度,反映油井目前产油状况;无量纲产油 B:油井单位厚度累积采油/平均单井单位厚度累积采油,反映油井历史产油状况;无量纲含水 C:油井目前油水比/平均油水比,反映油井目前的含水;无量纲含水 D:累积油水比/平均累积油水比,反映油井历史产水情况。

评价系数 = $0.6 \times \text{无量纲产油 A} + 0.1 \times \text{无量纲产油 B} + 0.2 \times \text{无量纲含水 C} + 0.1 \times \text{无量纲含水 D}$ 。

这个评价系数考虑了油井生产的历史过程和目前的生产情况,同时也考虑了油井的地层条件,从理论上讲比较合理。

以评价系数划分低产井,划分的原则是能控制住大多数低产井。依据该原则确定评价系数小于等于 0.5 的油井为开发低产井,大于 0.5 的油井为开发中—高产井。

2.2 经济低效井的判别标准

经济低效井是指以该井目前的生产状况来衡量其投资利润率相对较低的井。生产效益决定于两方面,一是单井吨油成本,二是油价和销售成本(贴水)。效益可以体现在单位产品利润率上,利润分为税前利润和税后利润。

由于油价变动较大,又很难预测,因而油公司必须实行低成本战略,同时生产要实行动态调控,既要有计划性又要有灵活性。对于采油厂,效益的核心是控制成本。年度生产计划要根据预期的平均油价制定,既要保持生产平稳,但也要有一定的弹性,以实现同样产量前提下的利润最大化。为达到这样一个目的必须开展单井成本核算和吨油成本分析。

2.2.1 单井经济指标体系的建立

采油三厂近年来发生的成本费用共有七大类:A.生产原料;B.电力;C.生产技术与施工;D.维修检验及养护;E.公共事业及直接支出;F.工资福利和劳动保险;H.银行利息。2001 年总支出费用为 23.4795 亿元,从生产费用构成图可以看出:在总成本中折旧成本所占比重最大为 36%,生产原料和电力各占约 20%,工资福利约占 7%,其他三项各约占 5%。其中 A + B + C + D + E 构成直接成本,F 构成人员成本,G 构成折旧成本,而直接成本和人员成本又构成了操作成本。

把上述成本按与产量的关系划分为两种:(1)从量指标 C:指与产液量和注入量等处理量有关的费用;(2)从井指标 W:指摊分在每口油气产出井上的费用。根据此分类标准,我们建

立了 2001 年采油三厂油井单井经济指标体系(表 1)。接下来对单井经济指标体系进行分析。

表 1 采油三厂产油井单井经济指标

注水注聚合物经济指标	单位成本
注水直接成本 C_{bw1} , 元/ m^3	3.68
注聚合物直接成本 C_{bw2} , 元/ m^3	23.72
产油和油、气、水处理经济指标	单位成本
油气处理直接成本 C_{bl1} , 元/t	1.88
单位产液电费 C_{bl2} , 元/t	4.34
单井维护和井下作业经济指标	单位成本
平均单井日常维护费 W_1 , 元/(a·井)	49967.15
平均单井增产作业费 W_2 , 元/(a·井)	85979.49
单井摊分经济指标	单位成本
单井摊分工资保险费 W_3 , 元/(a·井)	66779.32
单井摊分公共事业费 W_4 , 元/(a·井)	80371.04
单井摊分折旧折耗费 W_5 , 元/(a·井)	356730.53

2.2.2 单井计算模型的建立

根据所建立的单井经济指标体系可以知道,单井的吨油成本由两个部分组成,其一是注入与产液费用,其二是单井费用,这样便可以建立单井的吨油成本计算模型:

$$C = \frac{rC_{bw1} + C_{bl1} + C_{bl2}}{(1 - f_w)} + \frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}{12} \cdot \frac{1}{Q(1 - f_w)}$$

$$C = A + \frac{B}{Q}$$

式中 C ——按月计算的单井吨油成本,元/t;

S_w ——当月的含水,小数;

Q ——该井当月的产液量,t;

r ——注采比。

3 单井经济效益分析

引入单井吨油投资毛利润率的_{概念}。投资利润率是指项目达到设计能力后的一个正常生产年份的年利润总额(有时可用年平均利润总额)与项目总投资的比率,它是考察项目单位投资盈利能力的静态指标。计算公式为:

$$\text{投资利润率} = \frac{\text{年利润总额}}{\text{总投资}} \times 100\%$$

根据该公式,那么单井吨油投资毛利润率的计算公式为:

$$\text{单井吨油投资毛利润率} = \frac{\text{单位油价} - \text{吨油成本}}{\text{吨油成本}} \times 100\%$$

通过对不同油价和不同吨油成本时的单井吨油投资毛利润率进行分析,在综合考虑了其

他预提、销售成本和油价波动等因素后,假设原油价格为 1200 元/t,确定单井投资毛利润率大于 50% 的油井为生产高效益井;单井投资毛利润率介于 50%~12% 之间的油井为生产中效益井;单井投资毛利润率小于 12% 但大于 0 的油井为生产低效益井;单井投资毛利润率小于 0 的油井为无效益井;另外关井为不计算效益的井。后三者统称为经济低效井。

从开发的角度把油井划分为开发低产井和开发中—高产井,从经济的角度把油井划分为经济低效益井和经济中、高效益井。把按这两种分类方法确定的油井进行交叉对比,可以把油井划分为四类:即低产低效、低产高效、高产低效和高产高效。本次确定低效井以经济评价指标为主要分类指标,开发技术评价指标为辅助分类指标。把既是开发低产井又是经济低效井的油井归为Ⅰ类低效井,这类油井既影响开发效果又增加了开发成本,作为本次分析和治理的重点;把经济低效但开发却非低产的油井称为Ⅱ类低效井。

4 低效井判别方法的应用

利用上述判别方法对北三区西部 403 口油井进行了分析。

4.1 北三区西部基本概况

北三区西部位于萨北开发区纯油区的西部,面积 29.51km^2 ,地质储量 $14\,049\times 10^4\text{t}$,1963 年投入开发,水驱井网分基础井网、一次加密井网、二次加密井网。2001 年 12 月,北三区西部水驱开发共有油水井 591 口,开井 536 口,井网密度 $18.91\text{口}/\text{km}^2$,油水井数比为 2.01:1。累积注水 $17\,789\times 10^4\text{m}^3$,累积产油 $3\,817\times 10^4\text{t}$,阶段采出程度 34.69%。平均单井日产液 52t,日产油 5t,综合含水为 90.6%。

4.2 应用结果

4.2.1 开发低产井

以 2001 年 12 月份的生产数据计算,北三区西部三套井网共存的开发低产井 120 口。其中基础井网 14 口,一次加密井 70 口,二次加密开发低产井 36 口。

从评价结果来看,开发低产井主要集中在一次加密井中,共 70 口井,占 58.33%;日产油小于 2t 的井有 64 口,占总井数的 53.33%;关井 40 口,占总井数的 33.33%;日产油大于 2t 的油井有 16 口,占总井数的 13.33%,这些井虽然日产油水平较高,但由于地层条件较好,累计产出量比较低,因此被列入开发低产井的行列。另外,还有日产油小于 2t 的油井并没有被列入开发低产井的行列,这主要是因为在地层条件下,其累计产出量比较高。

4.2.2 经济低效井

利用建立的单井吨油成本模型计算了北三区西部 2001 年的水驱单井吨油成本,按照吨油投资毛利润率分类,吨油成本投资毛利润率大于 50% 的高效益井有 200 口油井;介于 50%~12% 之间的中效益井有 47 口油井;介于 12%~0 之间的低效益井共有 16 口油井,其中基础井 1 口,一次加密井 10 口,二次加密井 5 口;吨油成本投资毛利润率小于 0 的无效益井共有 100 口,其中基础井 1 口,一次加密井 56 口,二次加密井 43 口;其他已关油井为 40 口;共有 156 口经济低效井。

4.2.3 低效井的确定与分类

通过以上讨论,将北三区西部 403 口油井从开发的角度确定了 120 口开发低产井;从经济

的角度确定了 156 口经济低效井。对用这两种方法划分出来的井又进行了交叉对比分析,北三区西部有 I 类低效井 88 口,其中无效益井 44 口,低效益井 4 口,已关油井 40 口; II 类低效井 68 口,其中无效益井 12 口,低效益井 56 口。两类低效井合计为 156 口(表 2)。

表 2 北三区西部低效井分类表

层系	低效井类型	低效益井口	无效益井口	已关油井口	合计口
基础井	I 类低效井		1	10	11
	II 类低效井	1			1
一次加密井	I 类低效井	3	25	26	54
	II 类低效井	7	31		38
二次加密井	I 类低效井	1	18	4	23
	II 类低效井	4	25		29
合 计	I 类低效井	4	44	40	88
	II 类低效井	12	56	0	68

从各类井的生产情况可以看出, I 类低效井的日产油强度比较低, II 类低效井的日产油强度比较高;从地层条件来看, I 类低效井略好于 II 类低效井。

5 低效井的成因及综合治理

5.1 低效井成因分析

按照单井消耗与产出对比的思路,结合油田开发特殊性,我们把已知的低效井分成地层条件制约形成的低效井、井网条件制约形成的低效井及工艺与地层不匹配制约形成的低效井,共三大类 8 种亚类。从表 3 可以看出,由于地层条件和井网条件制约形成的低效井共 75 口,占低效井总数的 85.23%,其中 93.3%的是一次和二次加密井。

(1)层间矛盾大形成的低效井:这类低效井共有 14 口,占低效井总数的 15.97%。这类井的特点是层间渗透率级差大,油层动用差异大。如:北 2-21-538 井,全井射开 23 个小层,砂岩厚度 18.4m,有效厚度 1.4m,地层系数 $0.200\mu\text{m}^2\cdot\text{m}$,日产液 37t,含水 93.8%,发育较好的层是葡 II₃,产液剖面测试结果显示该层液量占全井产量的 80.97%,是强出液层,因此抑制了其他油层的出液能力。

(2)油层渗透性差形成的低效井:这类井共有 13 口,占低效井总数的 15.13%,主要集中在二次加密井中。这类井的特点是油层射开层以表外层为主,试井曲线压力恢复慢,投产以来长期产液低、产油低、含水低、压力水平低,表现出明显的注水受效差的因素。如:北 2-6-431 井,全井射开 14 个小层,砂岩厚度 12.4m,有效厚度为 3.1m,地层系数 $0.264\mu\text{m}^2\cdot\text{m}$,其中射开表外层 9 个,砂岩厚度 7.7m,产能低,投产以来一直处于较低的生产水平,目前不上液。

(3)剩余储量少造成的低效井:这类井共有 7 口,占低效井总数的 7.56%。这类井的特点是日前水油比、累计产油量高,油层动用情况好。这类井主要集中在基础井网中。

(4)注采不完善形成的低效井:这类井共有 31 口,占低效井总数的 35.29%。包括两类:一是断层区注采不完善;二是井网不完善。这类井的情况是,油水井连通差或不连通,油井含水上升快,压力水平低,油层动用情况不好。如:北 2-丁 4-428 井,由于受 73 号和 74 号断层影响,没有注水井点,导致该井自 1995 年投产以来流压一直在 1.0MPa 左右,1998 年 8 月不上液关井。另外,由于油水井间沉积差异或油水井层射孔不对称,而造成小层注采不完善,或者是油井射开的油层周围水井未射开、水井射开层而油井未射,也会造成低效井。如:北 3-丁 5-435 井射开萨 I 组和萨 II₄,萨 I 组中只有萨 I₄₊₅与水井连通较好,其他各层与周围水井连通差,而萨 II₄ 周围水井未射开,造成单层突进,投产后含水上升快,成为低效井。

(5)油层污染形成的低效井:这类井 2 口,占低效井总数的 2.52%,主要集中在二次加密井中,这类井的特点是表皮系数高,流压低,产液量低,试井曲线显示出明显的驼峰和剪刀差。如:北 2-321-55 井,该井射开砂岩厚度 11.0m、有效厚度 1.2m、地层系数 $0.094\mu\text{m}^2\cdot\text{m}$,从试井资料中可以看出,压力导数曲线中驼峰较大,显示出明显的剪刀差,表皮系数高达 5.86,油层污染严重。

(6)油井套变关井:这类井共有 4 口,占低效井总数的 5.04%,关井前日产液 184t,日产油 6t,含水 96.4%。

(7)水井套损形成的低效井:这类井共有 5 口,占低效井总数的 5.88%。如:北 2-丁 2-39 井,周围连通 2 口注水井,即北 2-2-140 和北 2-1-142,分别于 1986 年和 1988 年套变关井,日影响注水 336m^3 ,到目前已累计影响注水 $112.78\times 10^4\text{m}^3$,目前日产液 5t,日产油 1t,含水 80%,与套变前相比日产液下降了 17t,地层压力下降了 0.85MPa,日产油下降了 21t,成为低效井。

(8)机泵参数不匹配形成的低效井:这类井共有 11 口,占低效井总数的 12.61%,可以分为三种情况。

①大马拉小车现象:

如北 2-丁 3-439 井,在二次加密井投产时,对产能预测偏大,应用 CYJ10-4.2-53HB 型抽油机,生产时虽然工作参数已经调到最小,但由于产量比较低,系统效率只有 1.89%,造成了对电能的大量浪费。

②泵径选择偏小:

在抽油机井生产时,对抽油泵径的选择偏小会使井底的液量抽不上来,影响油井产能的发挥,造成井下效率低,而使抽油系统的效率也比较低。如北 3-丁 4-438 井,系统效率只有 10.59%。对抽油泵径的选择偏大则会造成“不够抽”的现象,抽油泵的充满系数低,产生气体影响,井下效率低,抽油系统的效率也比较低。如北 3-30-535 井,系统效率只有 8.44%。

③冲程、冲次参数不合理:

对于同一有效扬程 H (或举升高度),抽汲参数(冲程 S 和冲次 n)不同,抽油系统效率就不同,而且差别较大。 S 和 n 越大,系统效率越低。如北 3-丁 4-50 井,系统效率为 22.6%。用较大直径的抽油泵,可以在较低的抽汲速度下得到所要求的产液量,从而使水力损失和摩擦损失减小,因此系统效率较高。

5.2 低效井治理对策

针对低效井成因的不同,通过分析制定了相应的对策(见表 3)。

表 3 低效井治理对策表

一级分类	二级分类	主要治理措施	解决问题
地层条件	层间矛盾大	压裂改造(堵压)	调整产液剖面
		压裂、酸化、细分注水	调整吸水剖面
	剩余可采储量少	补孔	废井利用
		三次采油	
	渗透性差	压裂	改变渗流条件
		压裂、补孔、注采系统调整	改变吸水状况
井网条件	套损(油井)	大修、更新、侧斜	
	注采不完善	压裂	改变渗流条件
		大修、更新、侧斜	完善注采关系
		补充水井	
工艺问题	机泵参数不匹配	调整参数、使用节能措施	
	油层污染	压裂、酸化	改变渗流条件
	固井质量差	封窜、补孔	

5.3 综合治理原则

(1)从油井历史生产状况来看,综合考虑油井的累计产油、累计水油比两项指标,以每套井网的平均累计产油和累计水油比分类标准,划分四个区域(图 1)。位于 A 区的油井其累计产油和累计水油比均少于平均值,该类井从历史生产状况来看是最差的,从治理的角度来说潜力是最大的,因此对于存在于该区的井应在明确低效井原因的基础上,优先治理。以此类推,按治理可能性的大小及其先后顺序分为 A, B, C, D。

(2)三类低效井的治理顺序是:Ⅰ类低效井,Ⅱ类低效井;其中Ⅰ类低效井的治理首先要从无效益井开始,然后是低效益井。

(3)以经济效益为中心,在低效井治理过程中,应尽量保证在治理后油井在经济上有效;要考虑整体经济效益,即要从考虑改善井组、区块整体开发效果及经济效益的观点出发,在治理低效井时,如果本井开发效果不好,而能改善井组、区块的整体开发效果,或者能提高井组或区块的整体经济效益,对这样的井也要治理。

(4)要从井组及区块整体开发状况考虑,不能治理好 1 口低效井,在其周围又形成了其他低效井。

(5)尽量不打乱层系治理,保持区块或井组原有开发方式。

(6)要本着尽量少投入、少关井、少废弃的原则。

5.4 治理措施的优选

油田处于特高含水开发阶段,各套层系的含水已非常接近。这一阶段剩余油主要集中在

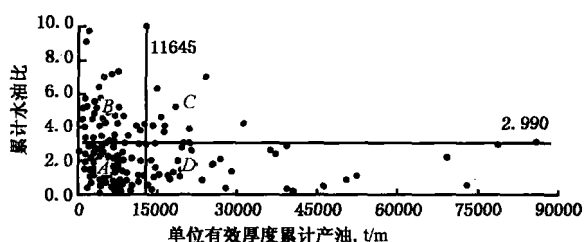


图 1 北三西一次加密油井分类图

厚油层顶部、表内薄油层及表外层,纵向上分布零散,平面上分布面积较小,调整挖潜的难度越来越大,措施增油效果越来越差。但是各种增产措施的投入增加,投入与产出比降低,油田开发经济效益变差,这已成为制约油田发展的一个重要因素。因此,对于成因已明确的低效井,如何经济有效地进行措施挖潜就成为较为突出的问题。

(1)首先应用所建立的经济界限模型进行了分析,综合考虑了各种影响因素,计算了在不同油价、含水 and 措施投资情况下,各种措施的最低增油下限。

(2)其次在采取治理措施以前要进行动态对比分析,进行措施效果预测,然后与所确定的经济界限进行对比,落在有效的经济界限之内的井可以采取该措施;并针对该井产生低效的具体情况,制订两种以上的治理对策,根据预测的措施效果进行经济效益分析,选择经济、合理的措施方式。

5.5 治理效果分析

2002 年对低效井的治理,主要是对 I 类低效井采取了治理措施,在进行治理对策与措施分析时,严格按照以上所制订的综合治理原则、治理对策和治理措施进行优选,取得了较好的治理效果。

5.5.1 措施效果分析

共对 37 口低效井进行了治理。治理后平均单井日产液 41.9t,日产油 7.1t,综合含水 83.1%,与治理前相比,平均单井日增液 27.4t,日增油 5.8t,含水下降 8 个百分点。采取措施的 9 口一次加密井均进入了高效井行列;28 口二次加密井中有 19 口进入了高效井行列,6 口进入了 II 类低效井行列,3 口井仍为 I 类低效井,措施有效率为 91.89%。

从不同成因的低效井治理效果来看,注采不完善井治理后效果最好;从各种治理措施上看,压裂的效果好于补孔效果。

5.5.2 投入产出比分析

2002 年实施普通压裂的有 9 口井,按油价 1200 元/t 计算,投入产出比为 1:3.65;多裂缝压裂井 3 口,投入产出比为 1:3.37;堵压结合井 4 口,投入产出比为 1:3.52;补孔井 16 口,投入产出比为 1:3.03;选择性压裂井 3 口,投入产出比为 1:4.32。其中选择性压裂和普通压裂两种措施的投入产出比较高。

表 4 北三区西部 2002 年不同措施方式的经济效益分析

油价 元/t	压裂 方式	开发指标				经济指标							
		措施 井数 口	年增油 t	措施后 含水 %	日产油 大于 5t 的井数 口	收入 万元	措施 投入 万元	生产 成本 万元	税及 附加 万元	利润 万元	所得税 万元	净利润 万元	投入 产出比
1200 (含税)	普通	9	860	70.6	7	103.20	14.45	13.83	13.42	61.50	20.30	41.21	1:3.65
	多裂缝	3	1270	71.7	2	152.40	24.59	20.60	19.81	87.40	28.84	58.56	1:3.37
	堵压	4	1100	84.3	1	132.00	16.56	20.96	17.16	77.32	25.52	51.81	1:3.52
	补孔	16	780	81.3	7	93.60	11.97	18.93	12.17	50.53	16.67	33.85	1:3.03
	选压	4	1260	77.4	3	151.20	13.48	21.56	19.66	96.51	31.85	64.66	1:4.32

续表

油价 元/t	压裂 方式	开发指标				经济指标							
		措施 井数 口	年增油 t	措施后 含水 %	日产油 大于 5t 的井数 口	收入 万元	措施 投入 万元	生产 成本 万元	税及 附加 万元	利润 万元	所得税 万元	净利润 万元	投入 产出比
600 (免税)	普通	9	860	70.6	7	51.60	14.45	13.83		23.32		23.32	1:1.82
	多裂缝	3	1270	71.7	2	76.20	24.59	20.60		31.01		31.01	1:1.69
	堵压	4	1100	84.3	1	66.00	16.56	20.96		28.48		28.48	1:1.76
	补孔	16	780	81.3	7	46.80	11.97	18.93		15.90		15.90	1:1.51
	选压	4	1260	77.4	3	75.60	13.48	21.56		40.56		40.56	1:2.16

6 存在问题及下步工作建议

(1)本次研究提出的低效井的确定方法,是一种尝试,运用下来基本符合北三区西部的开发现状,可以在萨北开发区推广应用。

(2)成本的分析是确定经济低效井和措施挖潜经济界限的关键,下一步的研究方向是确定那些从量指标可以忽略不计或者是降低,使一些经济低效井进入高效井的行列,这也是治理低效井的有效途径。

(3)正确认识低效井的成因及油层剩余油分布是治理低效井的关键。通过精细的地质研究,依靠先进的技术手段,才能准确发现低效井的潜力,提高处理低效井的水平。

(4)低效井的成因具有特殊性和多样性,针对不同类型的低效井优化综合治理措施,可取得最佳的治理效果,获得最高的经济效益。

(5)地层条件差是产生低效井的主要原因,同时中、高渗透层的干扰,也影响了薄差层的动用程度。

(6)治理低效井需要投入大量的资金,这与当前的成本控制局势相违背,因此在一定的产量规模下,低效井应该控制在多大比例之内,如何进一步进行低效井措施治理的优化是下一步工作的重点。

作者简介:麻成斗(1966年6月出生),男,毕业于大庆石油学院,第三采油厂副总地质师,地质大队大队长,电话:5858797。