

大庆油田采油工程技术论文选编



胡博仲 主编

大庆油田 采油工程技术论文选编 (1995~1997)

石油工业出版社

石油工

学(北京)

15-53
02

大 庆 油 田
采油工程技术论文选编

(1995~1997)

胡博仲 主编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书选编了大庆油田近年来采油工程技术方面的论文 59 篇,包括:稳油控水、三次采油、油水井大修、计量与集输、采油工程技术管理及其他工艺技术等方面。反映了大庆油田目前的采油工程技术水平。本书内容可供油田采油工程方面的技术人员、管理人员,及相关院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆油田采油工程技术论文选编: 1995~1997/胡博仲主编.
北京:石油工业出版社, 1998. 3
ISBN 7-5021-2269-9

I. 大…

I. 胡…

Ⅲ. 石油开采-文集

IV. TE35-53

0730/67

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 07097 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)
北京普莱斯特排版录入中心印刷厂排版
北京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 22 印张 531 千字 印 1—3200

1998 年 3 月北京第 1 版 1998 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2269-9/TE · 1891

定价: 35.00 元

《大庆油田采油工程技术论文选编》
(1995~1997)

编 委 会

主 编： 胡博仲

副主编： 谢平安 周 望 徐志良 冯永才 孙冠杰

成 员： 王玉普 蔡贤禔 王 林 董福洲 张成祐 岳广胜
周清华 柴连善 刘富润 陆昆江 王松林 王权杰
金东明 徐慎荣 陆仁桓 王喜舜 李 志 王宝春
赵学昌 岳湘刚 张久高 刘顺生 刘殿林 刘镇嘉
袁铁燕 王建平 陈贵斌 李玉仁 王德喜 付国太
潘雨兰 李安璜

前 言

大庆油田注水开发具有明显的阶段性，由于不同阶段开发对象、开采方式和技术政策各不相同，因而对采油工程技术的要求也不一样。进入 90 年代以来，大庆喇嘛甸、萨尔图、杏树岗油田已进入高含水后期开采阶段，通过实施“稳油控水”系统工程，使采油工程技术从原来的机械采油分层开采向细分层开采、聚合物驱采油发展；低渗透、低丰度薄差层的增效开采技术也取得了显著的进步，为实现年产原油 5000 万吨以上连续稳产 22 年，提供了可靠的采油技术保障。

进入“九五”以后，大庆油田稳产难度日益增大，技术日益复杂。为了满足油田广大技术人员技术交流的需要，我们将近年来有关采油新工艺新技术的论文选编成该文集，供采油工程技术人员、管理干部和科技人员参考。希望采油工程系统的科技人员在油田开发实践中，进一步发展完善高含水后期采油工程技术，为油田二次创业作出应有的贡献。

胡 博 仲
1997 年 12 月

目 录

稳油控水

坚持“稳油控水”方针搞好细分开采工艺技术	胡博仲	徐志良	3
坚持“稳油控水”开发方针 实现二次创业稳产新目标	胡博仲	巢华庆	徐志良 10

稳产篇与采油工程技术	周 望	于生田	罗美娥 14
------------------	-----	-----	--------

注够水、注好水

试论大庆油田低渗透油层注水压力上限值的确定	胡博仲	周继德	23
二次加密调整井不排液转注开发效果分析	刘东升	徐国民	刘明德 30
热气酸解堵技术研究与应用	柴连善	郑 平	陈旺民 37
电泵增压注水在油田的应用分析	韩 永	谭长恒	王 彪 43
小直径管柱分层注水工艺	高升斌	李玉仁	丁 健 51
注水管柱除垢及防垢措施新构想	刘清伟	张秀敏	崔宏波 56
非卡瓦支撑式细分堵水采油技术	姚国富	赵齐禄	王天刚 62

找水、堵水及找窜封窜技术

抽油机井环空测井技术	张淑英	吴世旗	69
小直径噪声仪的研制及其应用效果	王洁春	张凤辉	崔 云 75
扇区水泥胶结测井解释方法的改进及彩色解释成果图的绘制	王德坤		81
大庆油田机械堵水技术的应用与发展	李 志	杨 也	裴晓含 87
大庆油田化学堵水技术综述	高淑贤	冯永才	康 燕 93
悬挂式细分机械堵水技术	王金友	张宝瑞	张玉荣 105

机械采油

XC YJ10—3—37HB 斜直井抽油机设计	柴连善	何富全	李姜霖 111
螺杆泵采油实践与认识	孙延安	师国臣	王贵海 116
潜油螺杆泵用于聚合物驱采油的探讨	谭成东	肖延春	梅思杰 121
注聚合物驱油电泵井运行适应性的认识	孟宪君	潘 滨	126
塔架机在聚合物驱油中的情况分析	郑 贵	张庆杰	陈 刚 132
两层分采同步抽油技术的研究实验	管荣达	于振东	孙继东 138
抽油机井不热洗清防蜡技术探讨	于永波	张志超	高永莲 143

油层改造及完井技术

复合压裂技术在大庆油田的应用	赵学昌	王洪军	兰中孝 149
低渗透储层自生热压裂改造技术	潘雨兰	刘志鹏	常加贵 刘 伟 155
大庆油田小井眼多层压裂技术的研究与实践	赵恩远	谢建华	赵骊川 161
几种新型酸液在大庆油田的应用	王世贵	王秀臣	尹仲英 167
复合射孔技术在大庆油田的应用与效果	杨玉玲	金海东	安丰春 171
深穿透射孔技术	于 贵	王久民	马文科 176

高能气体压裂技术研究与应用	杨宝君	回春兰	181
---------------------	-----	-----	-----

三次采油技术

莎中油田聚合物配注系统工艺技术研究	雷 顺	张书怀	189
聚合物驱双层分注工艺技术	王金友	付爱德	196
聚合物驱采出液油水分离性质试验研究	王明信	李杰训	201
试论注聚合物井堵塞原因及化学处理方法	林庆霞	高立新	207
聚合物驱采出井流入特征及产能预测方法探讨	王德喜	张保忠	210
电磁流量计测井在注聚合物驱效果监测中的应用	王宝春	王晓荣	217

油水井大修

错断井无通道报废技术	于 贵	贾永付	田友仁	223
坍塌型错断井打通道工艺技术研究	张昌福	高 飞	付志红	230
关于小通道有落物井采用重泥浆进行工程报废方法的认识	崔 富	李立众	孙国军	235

侧钻工艺在大庆油田的应用	于 贵	田友仁	贾永付	239
方位—井壁超声成像组合测井仪	刘广锁	刘青昕	张文英	244

计量与集输

抽油井软件计量技术	王松林	刘忠恕	王德金	253
RGH—I型原油含气、含水率自动计量系统	柴连善	张 森	王东升	257
ZDL—97型自动选井多相流油井计量装置的初步设计	王 波			261
原油密度误差对井站计量中扣水比和输差影响的探讨	刘治中	黄振民	杜书楷	266

采油工程技术管理

对采油工程规划编制工作的几点认识	谢平安	王 赞	武卫东	271
抽油机井“稳油控水”宏观分析图的绘制及应用	胡博仲	王长生	王 彤	275
抽油机设备动态管理图在油田生产中的应用	代永波	何维基	孙冠杰	王 兵
压裂工程集约化管理模拟综述	袁铁燕	隋 军	宁海川	284
聚合物驱系统工程管理	崔 富	武力强	周 敏	296

其他工艺技术

高含水期采油系统节能降耗技术	刘富润	王德喜	孟令尊	303
抽油机机电一体化节能技术的研究	王德喜	代永波	韩 杰	308
低渗透油藏的油层保护技术	李 荣	马露霞	陈丽艳	313
朝阳沟油田提捞采油配套技术	金东明	李 青	孙庆友	尹龙范
小井眼采油工艺技术对井深的适应性分析	王运涛	张维平	薛凤云	323
国外电场采油技术研究应用方法综述	李 伟	陈 凤	高树生	328
井下低频电脉冲技术在大庆油田的应用	郭 伟	蔡 山	宗寿国	333
低渗透油田分采、分注新工艺探讨	张 顺	李 波		337
萨中油田“三不”配套工艺试验区可行性探讨	王长生	胥宏峰	景兰翠	340

稳油控水

坚持“稳油控水”方针 搞好细分开采工艺技术

胡博仲 徐志良

(大庆石油管理局)

摘要 本文介绍了大庆油田在实施“稳油控水”方针过程中,进一步完善并发展了细分注水,细分堵水和细分压裂改造工艺技术。同时,就今后如何深化细分开采工艺技术,提出了要求和改进措施。

一、前言

大庆油田投入注水开发以来,研究应用了一套以分层注水为基础的分层开采工艺技术。这套技术与开发调整技术相结合,较好地适应了非均质、多油层注水开发需要,在大庆油田长期高产稳产中发挥了重要作用。

由于大庆油田注水开发具有明显的阶段性,每个阶段的开发对象、开采方式和技术政策又不尽相同,因而不同开发阶段对开采工艺技术的要求也有很大区别。“八五”以前,针对油田开采方式转变和接替稳产的需要,先后研究应用了在自喷采油和机械采油条件下的分层开采工艺技术。“八五”期间,又针对“稳油控水”结构调整的需要,发展应用了高含水期分层开采工艺技术。“九五”期间,大庆油田综合含水率将超过80%而进入高含水后期开发阶段,为保持年产原油 $5500 \times 10^4 \text{t}$ 以上稳产,在加快聚合物驱三次采油工业化和外围低渗透、低产油田开发的同时,老区喇、萨、杏主力油田的水驱年产油量,仍将占总产油量的85%左右,“十五”期间还将保持在75%以上。在这种情况下,进一步提高老区注水开发水平,增加水驱可采储量,将在改善高含水后期油田开发总体经济效益中,占有举足轻重的地位。

近两年油田开发实践证明,随着对高含水后期剩余油分布状况的认识逐步加深,这一阶段的分层开采工艺技术,必须进一步向层段细分开采方向发展,才能更好地适应阶段调整挖潜的需要。细分开采就是在精细地质研究和油藏描述的基础上,进一步对现有井网层系进行层段细分,发展应用一套以细分注水(测试)、细分堵水和细分压裂改造工艺技术,通过对注入和产出这两个剖面进行精细调整,增加水驱可采储量,控制含水上升和产量递减幅度,进一步提高阶段水驱开发效果。

二、细分注水工艺技术

“八五”期间,针对分层注水井数少和局部注采系统不完善的问题,通过提高分注率和完

善注采系统,搞好注水结构优化调整,取得了很好的“稳油控水”效果。但是应当看到,“八五”期间的注水结构调整主要还是在不同区块和井网层系之间进行的,就同一地区和井网层系看,层与层之间的水驱储量动用状况,仍然存在一定的差异,如果能在现有层系划分的基础上进一步细分层段,其潜力是不容忽视的。

到1996年底,大庆油田共有注水井10791口,已有7823口井实行了分层注水,分注率达72.25%。在7823口分注井中,两级(封隔器)(分)三段以下的就有4600口井,占分注井数的58.8%。据第四采油厂119口分层注水井统计,由于受现有分注工艺技术条件限制,结果使限注和停注层段内的1001个小层中,有538个小层因陪限或陪停而没能发挥作用,其砂岩厚度达361.5m,有效厚度为106.8m。

要把这一部分陪限或陪停层的潜力挖出来,需解决两个主要问题:一是如何研究搞清现有分层层段内的油、水分布状况和隔层分布状况,为制订合理的细分注水方案提供可靠地质依据;二是如何尽快研究应用一套能进一步做到分得细、测得准、注得好,调得快的层段细分注水工艺技术。目前,大庆油田应用的偏心分层注水工艺技术,是70年代研究成功并大面积推广的,由于这种注水管柱的封隔器与配水器采用分离结构,测试调整采用钢丝投捞方式,因而工艺要求两级配水器的之间的最小卡距必须在8m以上,加上测试调整工作量较大,一般调整3~4个层段需3d以上时间,这样,就很难适应层段进一步细分注水的需要。针对这个问题,从1994年开始积极组织技术攻关,研制成功液力投捞和钢丝投捞两种新型细分注水技术,为细分注水提供了新的手段。

1. 液力投捞细分注水技术

井下管柱主要由Y141-114型扶正式可洗井封隔器及不同规格的配水器和连通器组成。当管柱按设计要求下井后,从井口依次投入堵塞器经油管憋压使封隔器坐封,再提高压力将连通器打开,使油管与油套环空连通,然后利用反洗井的液力将坐封用的堵塞器依次冲至井口捞出,再把注水用的配水器依次投入,即可进行正常注水。调整分层注水量时,通过反复进行液力投捞配水器即可实现。这套细分管柱的主要特点是:

1) 封隔器和配水器采用了特殊的一体化结构设计,不仅使隔层厚度要求从3m降到1m,而且一级配水器可装2~3个水嘴,能同时对2~3个层段进行分层注水,在一口井内可分5~7个层段注水。

2) 封隔器采用钢球扶正,有利于提高其密封性能和延长井下使用寿命。

3) 将钢丝投捞改为液力投捞后,不仅可使最小层段卡距降至1.2m,而且与小直径浮子流量计或电子压力计配套,可一次同时完成全井各层段的注入量测试和调整,可同时测得分层注水压力、分层吸水指示曲线和分层压降曲线,消除了现有偏心测试过程中层间干扰的影响,测试调整工效可提高3~5倍,为分析研究分层注水开发动态,确定合理的细分注水调整方案,提供更加符合实际的信息资料。

如南1-丁2-水134井,应用液力投捞细分管柱将全井分为5个层段后,通过分层测试录取到在不同注水压力下的分层实际注入量。从表1中看出,当注水压力为10.5MPa时,5个

层的实际注入量与配注量比较接近（表 1）。

表 1 南 1—丁 2—水 134 井分层流量测试成果表

层 位		S I ~ S I 4+5	S I 1 ~ S I 13	S I 14 ~ S I 6	P I 5 ~ P I 10	G I 2+3 及以下	全井
配注, m ³ /d		30	100	80	100	70	380
实测 流量 m ³ /d	注水压力 10.0MPa	27	85	66	97	63	338
	注水压力 10.5MPa	33	98	74	104	65	374
	注水压力 11.0MPa	36	120	90	109	82	437

又如中 352—3 井分 4 个注水层段，在地面注入压力为 10.58MPa 时，应用这一技术同时测出 4 个层段的压力降落曲线，以此求得各层段的地层压力、表皮系数和渗透率。从表 2 看出，这口井的层段之间地层压力最高相差 5.08MPa，完善程度差别也很大，目前各层段的实注量虽然比较接近配注量，但从实测层段地层压力来看，还需进一步限制萨 I 1 和加强萨 I 11—萨 I 13 注水。由于液力投捞细分工艺技术能同时录取到分层段压力资料，从而有利于克服用全井笼统压力来确定分层段配注量的弊端，使分层配水方案能更加符合油田地下实际（表 2）。

表 2 中 352—3 井分层压力降落测试成果表

井 号	测试层段	测 点 m	地层压力 MPa	表皮系数	地层渗透率 μm^2	配注量 m ³ /d	实注量 m ³ /d
中 352—3	S I 1	841.98	13.719	-1.754	0.149	30	33
	S I 4~S I 5+6	890.9	11.22	0.865	0.035	25	23
	S I 11~S I 8	925.46	8.634	0.528	0.022	70	83
	S I 10~P I 7	995.16	10.084	-1.777	0.081	45	62

2. 新型偏心细分注水技术

近两年来，研究成功了三种不同结构的新型钢丝投捞偏心细分注水管柱。分别通过缩小封隔器、配水器尺寸或使二者一体化，可使最小隔层厚度由 3m 降至 1.2~2m；通过设计应用新型卡瓦打捞头或两个不同方向的导向体，可使两级配水器之间的最小卡距由 8m 缩小到 3~4m。同时研究成功与之配套的储存式电子流量计，能测出分层注水量，到 1996 年底，这三种管柱已分别在 50 口井上进行了现场试验，证明能基本适应细分注水的工艺技术要求。这三种新型偏心细分注水管柱的共同特点是：由于基本不改变现有偏心分注管柱的工艺尺寸，因而便于规模推广；由于采用钢丝投捞进行测试调整，因而能与现有测试仪器和工艺配套，但测试调整工作量相对增大。

3. 细分注水试验区

1996 年，全油田共在 807 口井上进行了细分注水调整，并在喇、萨、杏油田 6 个区块开展了细分注水试验，取得了明显的开发效果。据 193 口注水井细分前后对比，砂岩吸水厚度比例由 56.8% 提高到 66.6%；有效厚度吸水比例由 63.4% 上升到 73.5%（表 3）。据 189 口油井细分注水前后对比，砂岩出油厚度比例由 58.8% 提高到 68.4%；有效厚度出油比例由

70.1%上升到 79.2%（表 4）。

表 3 细分注水前后吸水厚度对比表

项目 单位	统计注水井数 口	砂岩厚度吸水比例,%		有效厚度吸水比例,%	
		细分前	细分后	细分前	细分后
一 厂	10	44.1	52.3		
二 厂	5	53.5	64.0	55.2	71.4
三 厂	40	48.9	54.2	59.4	65.8
四 厂	107	52.6	62.3	62.1	69.0
五 厂	9	63.9	69.1	68.9	72.3
六 厂	4	65.2	85.1		
七 厂	8	69.3	79.6	73.8	88.9
合 计	193	56.8	66.6	63.4	73.5

表 4 细分注水前后出油厚度比例对比表

项目 单位	统计采油井数 口	砂岩出油厚度比例,%		有效厚度出油比例,%	
		细分前	细分后	细分前	细分后
一 厂	7	64.5	82.3	69.7	78.5
二 厂	35	64.5	72.5	83.9	92.9
三 厂	13	54.2	64.0	65.7	74.1
四 厂	110	45.5	51.3	62.2	69.7
五 厂	20	66.6	67.9	74.1	75.8
七 厂	4	67.1	72.6	65.3	84.1
合 计	189	58.8	68.4	70.1	79.2

第四采油厂杏四一六面积试验区,对 89 口井进行细分注水两年后,与之连通的 191 口油井日增油 271t,平均单井日增油 1.42t;含水由 80.31%下降到 78.79%;全区块未措施井的含水上率由 2.14%下降到 0.99%;自然递减率由 15.58%下降到 9.78%;两年累计多产油 10.94×10⁴t;增加可采储量 35×10⁴t;增幅达 4%;扣除措施投入费用,获经济效益 6707 多万元(表 5)。

表 5 杏四一六面积细分注水效果

未措施井 含水上率 %		自然递减率 %		日产油量 t		含水率 %		累计增油量 10 ⁴ t	纯经济效益 万元
前	后	前	后	前	后	前	后		
2.14	0.99	15.58	9.78	1696	1967	80.31	78.79	10.94	6707.31

以上试验效果说明了,在目前层段划分的基础上进一步搞好层段细分注水,能有效调整

各类储层的动用状况,增加水驱可采储量;能有效控制老井自然递减和含水上升幅度,取得稳油控水效果,是高含水后期提高注水开发总体经济效益的基本措施。

三、细分堵水工艺技术

同分层注水一样,由于受工艺技术条件的限制,目前堵水层段划分仍然较粗,以致使一部分不该封堵的低含水层成了陪堵层。据第一采油厂统计,近两年全厂共堵水 132 口井,其中在 56 口井中就有 106 个不该封堵的陪堵层,平均单井多陪堵 1.89 层。通过层段细分堵水既能把陪堵层解放出来,又能改变特高含水层的水流方向和通道,从而为进一步搞好平面调整、提高细分挖潜效果创造有利条件。

1. 小直径三参数组合仪

要想堵好水,必须找准水。针对井温法找水存在定位性差和负异常难解释的问题,1996 年研究成功外径为 $\phi 25.4\text{mm}$ 的温度、密度、压力组合仪。仪器采用积木式结构,下井测试可根据需要任意组合;采用电子开关可在地面控制每支仪器的井下工作状态;采用单芯电缆,一次可同时测出井温、密度和压力三条曲线。通过对所测资料进行综合解释,能更加准确地判定高含水层位。

2. 悬挂式细分堵水技术

“八五”期间研究成功的滑套式测堵联作技术,虽然可根据一次堵水投产后的含水情况,不动管柱重新调整堵水层位,但生产一段时间后进行二次调层时工艺复杂要求高。针对这个问题,1996 年研究设计了悬挂式细分堵水管柱,主要由 Y445(3)-114 封隔器、Y341-114 封隔器、KH5T-108 滑套开关和 KLQ-114 连通器组成。新管柱采用新型移位开关器,将电缆投送改为钢丝投送,二次调层时可开关任意一级滑套,两个滑套开关器的最小距离(即堵水层段卡距)可缩小至 2.5m,能更好地适应 $\phi 70\text{mm}$ 以下泵抽井细分可调层堵水需要。

3. 适应薄隔层的高强度、浅封堵技术

在薄隔层条件下、常规化学堵水易造成堵剂上返污染油层和卡管柱事故,为此,1996 年试验筛选了两种新型堵剂,专门设计了双液混合装置,可使两种堵剂在井下充分混合后快速凝固,强制剩余堵剂实现转向,以提高封堵效果。同时,设计采用具有防卡功能的井下管柱结构,具有封堵浅、易解堵、承压高、施工安全的特点。如对葡 58-94 井进行单层堵水,封堵厚度 2.2m,仅用堵剂 80kg。堵后日增油 4t,日降水 10m^3 ,含水率下降 25 个百分点。北 2-丁 6-69 井用这项技术对 5 个层段进行封堵获得成功。证明这项技术可以实现快速转向,能在一个卡段内对多个小层进行封堵,为细分堵水提供了新的技术手段。

4. 化堵—机堵联作细分堵水

对多层段高含水油井如采用多级封隔器封堵,不仅会出现陪堵层,还会因下泵深度受到限制而影响接替层潜力的发挥。针对这一问题,采用化堵与机堵相结合的办法,尽可能地解放陪堵层,在杏 5-4-36 井试验取得较好的效果。这口井于 1993 年用封隔器封堵 $\text{PI}2_1$ 及以下层位。1996 年,通过综合分析发现全井有 4 个高含水层,而 $\text{PI}2_1$ 组 3 个小层中只有 $\text{PI}2_1^2$ 含水最高需要封堵,若用封隔器卡堵将会出现陪堵层。经反复研究决定对 $\text{PI}3_3$ 和 $\text{PI}4_2$ 采用封隔器卡堵,对 $\text{SI}3$ 和 $\text{PI}2_1^2$ 采用化学封堵,这样可以解放 $\text{PI}2_1^1$ 和 $\text{PI}2_1^3$ 。实施后日产油从 6t 上升到 18t;含水由 91.9%下降到 76.6%;取得日增油 12t、含水下降 15.3 个百分点的明显效果(表 6)。

表 6 杏 5-4-36 两次堵水效果对比表

时间	封堵层位	堵 前			堵 后			差 值		堵水方式
		日产液 t	日产油 t	含水 %	日产液 t	日产油 t	含水 %	日增油 t	日降水 m ³	
1993 年	P12 ₁ 及以下	122	6	95.0	54	12	77.3	6	74	机械
1996 年	P12 ₁ ² S1 ₃ P13 ₃ P14 ₂	74	6	91.9	75	18	76.6	12	11	机械+化学

5. 液压式可调层堵水技术日趋成熟

对一些缺乏找水资料或资料不够准确的井层,应用这项技术可预先制定两套堵水方案,先按第一套方案进行堵水,如果堵后效果不好,可通过井口加压调整井下液压滑套开关,使之按第二套方案进行堵水。

由于这项技术采用了液压调层,不用钢丝投捞调层,因而最小封堵卡距可缩小到 1.4m,更适合于层段细分堵水的需要。第三采油厂已在 30 口井上应用了这项技术,占全厂机堵井数的 70%,堵水有效率达 84.6%。据堵后调层的 4 口井统计,按第一方案堵水后效果均不理想,调层后与之相比,平均单井日产油从 3t 上升到 4.5t,增加 1.5t;日产水由 134m³ 降低到 54.5m³,下降 79.5m³。

与细分注水相比,在机械采油条件下的细分堵水技术难度要更大一些,今后还需在细分找水、薄隔层堵水、小卡距可调层综合堵水技术上,继续做艰苦细致的工作,以便尽快形成一套以能适应高含水后期细分调整挖潜需要的细分堵水技术。

四、细分压裂改造工艺技术

大庆长垣高含水后期主要挖潜对象是薄差层、表外层和厚层未水淹部位,水力压裂的裂缝形态是沿层理面形成以水平裂缝为主的裂缝带,根据这一特点,在原分层压裂工艺技术的基础上,研究发展了一套细分压裂改造工艺技术,为“八五”以来油井压裂年增油量保持在 $120 \times 10^4 \sim 160 \times 10^4$ t 水平,提供了有力的技术保证,并为高含水后期进一步提高难采储量的储量动用程度,创造了有利条件。

1. 对未射孔的新井

对油水分布状况比较复杂的低渗透薄互层,应用限流法压裂完井技术,与滑套式分层压裂管柱配套,一次可使 15~20 个目的层得到处理。应用平衡限流压裂完井技术,既能一次压开多个薄油层,又能有效保护 0.4m 以上的薄隔层和水泥环在高压下不被压窜。

2. 对常规射孔的老井

对隔层厚度小于 2m,层段内有不含水或低含水薄油层,应用投球法多层压裂技术,达到一井压多段,一段压多层,调整吸水或产出剖面。对已常规射孔的厚油层或薄互层,应用长胶筒定位压裂技术,可在指定部位压开裂缝,并能有效保护 0.4m 以上隔层不被压窜,更好地挖掘低水淹或未水淹油层或部位的潜力。

3. 对密井网小井距油井

大庆油田三次加密井的井距一般在 100~150m, 为此, 研究应用了水平缝脱砂压裂技术。主要通过在前置液中提前加砂并控制排量, 使携砂液在裂缝尖端滤失脱砂, 以阻止裂缝进一步向前延伸, 当继续加砂时, 缝内铺砂浓度增大, 形成短而宽的支撑压裂裂缝, 既可防止油井过早水淹, 又能提高裂缝导流能力, 改善压裂增油效果。

4. 复合压裂工艺技术

这项技术的特点是把高能气体压裂与水力压裂结合起来配套应用。首先对目的层采用高能气体压裂, 使近井地带形成放射状微裂缝网, 同时产生高温和酸性气体, 有利于解除井底堵塞; 然后再进行水力压裂, 将微裂缝进一步延伸扩展, 增加出液厚度, 降低渗流阻力, 以此提高压裂改造效果。1995 年试验 6 口井成效明显, 1996 年据老区 30 口油井统计, 复合压裂后平均单井日增油达 12.69t。根据这两年试验对比结果, 在同一地区复合压裂增油量一般可达到普通水力压裂的 1.3~1.5 倍 (表 7)。

表 7 老区复合压裂与普压对比表

区 块	项 目	统计井数 口	平均单井			
			日增液 t	日增油 t	采液强度 增加值 t/(d·m)	采油强度 增加值 t/(d·m)
一厂~六厂	复压	30	28.36	12.69	5.81	2.74
	普压	141	18.47	7.89	3.26	1.04

五、结 论

随着大庆油田高含水后期稳产难度逐年增大, 在精细油藏地质研究的基础上, 通过发展应用上述细分注水 (测试)、细分堵水和细分压裂改造的细分开采工艺技术, 将在增加水驱可采储量, 提高油田总体开发经济效益中, 发挥越来越重要的作用。

坚持“稳油控水”开发方针 实现二次创业稳产新目标

胡博仲 巢华庆 徐志良

(大庆石油管理局)

摘要 本文介绍了大庆油田在坚持“稳油控水”开发方针过程中发展起来的新技术,新工艺和新方法;同时阐述了在高含水后期使用这些新技术,将大幅度提高油田水驱动用程度,这对实现大庆二次创业稳产新目标,具有重要意义。

一、前言

1996年12月16日,国家科委在北京召开的新闻发布会上郑重宣布:“大庆油田高含水期“稳油控水”系统工程,荣获1996年国家科技进步特等奖。在此之前,这一项目于1995年9月获中国石油天然气总公司科技进步特等奖;1996年3月被评为1995年度全国十大科技成果的第二名。这一重大科技成果的取得,是大庆石油管理局认真贯彻落实石油工业“稳定东部、发展西部”的战略方针,坚持以经济效益为中心搞好高含水期油田开发的结果;是油田广大职工继承发扬“爱国、创业、求实、奉献”的大庆精神,大力发展高含水期油田注水一些新方法、新工艺、新技术的结果。

二、实施“稳油控水”系统工程的背景

“稳油控水”系统工程是在大庆油田1990年度开发技术座谈会上正式提出并决定实施的。当时,根据“八五”期间我国国民经济发展规划对石油工业的要求,中国石油天然气总公司确定实施“稳定东部、发展西部”的战略方针。占全国原油产量40%以上的大庆油田能不能继续保持稳产,将直接关系到这一方针的贯彻落实和我国国民经济的发展。到1990年底,大庆油田已连续15年保持年产原油 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 以上稳产,综合含水率已高达78.96%。在这样的条件下,要继续延长油田稳产期,面临着两个世界级技术难题。

一是如何增加0.2m以上薄差油层的可采储量。可采储量是油田稳产的资源基础。大庆油田经过“八五”前30年的开发,好油层和一般差油层都已投入开采,剩下的大部分是高度分散、砂泥交混的薄差油层。国内外对这类油层既不算储量更不进行开采,因而就没有有效地动用起来,其主要技术难点是:在地下油、水分布状态十分复杂的情况下,如何划准0.2m以上的薄层,并搞清这些层的水淹状况;在钻井固井时,如何保证油、水层之间的薄隔层不窜通;在水力压裂改造油层时,如何保证薄隔层在高压下不被压窜,这些都是当时世界油田开采中的高难技术问题。

二是如何改善高含水期油田开发总体经济效益。在国内外同类型油田中、高含水期的开发模式有两种:一种是以俄罗斯罗马什金油田为代表的“提液稳油”模式,一种是以加拿大