

PetroChina

中 国 石 油

中国石油天然气股份有限公司 油气田开发技术座谈会文集

2001

(上 册)

石油工业出版社



发票号	
登记号	0824
分类号	TZ-3-53

中国石油天然气股份有限公司

油气田开发技术座谈会文集

2001

(上册)

工业学院图书馆
藏书章

中海油田服务有限公司
研发中心网络信息室
藏书专用章

石油工业出版社



ZH000682

内 容 提 要

本书总结了中国石油天然气股份有限公司“九五”期间,特别是上市以来油气田生产、经营、科技、管理方面取得的成绩和经验,展望了 21 世纪初期油气田开发的前景。全书分上、下两册,本册内容包括在中国石油天然气股份有限公司油气田开发技术座谈会上有关油藏工程、采油工程、地面工程和天然气方面的发言材料共 30 篇。

本书可供油气田开发系统各级领导和有关技术人员参考,也可供院校、科研院所有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国石油天然气股份有限公司油气田开发技术座谈会文集(2001 年) / 中国石油天然气股份有限公司编. —北京:石油工业出版社, 2001.10
ISBN 7-5021-3573-1

I.中…

II.中…

III.①油田开发-文集 ②气田开发-文集

IV.TE3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 073863 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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 82.5 印张 2110 千字 印 1—800

2001 年 10 月北京第 1 版 2001 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3573-1/TE·2638

全套定价: 150.00 元

前 言

2001 年 10 月 24 日至 28 日，在管道局廊坊国际饭店召开了“中国石油天然气股份有限公司油气田开发技术座谈会”，这次会议是在股份公司上市后，建立现代企业制度，改变管理体制，转换经营机制，按照市场经济规律进行运作，业绩较好和谋求更大发展的大好形势下召开的，是继中国石油天然气集团公司 1999 年在大港油田召开的油气田开发工作会议后，又一次重要的大型会议。这次会议认真总结交流了“九五”期间油气田开发依靠科技进步，优化投资结构，实施低成本发展战略，努力实现勘探开发一体化所取得的成果和经验，表彰了一批高效开发新油气田，高效开发老油气田，“控水稳油”典型油田，先进开发技术和节约投资、控制成本优秀项目及先进单位，并对今后油气田开发主要目标和工作做出了部署。

“九五”期间，油气田开发在储采不平衡，多数老油田处于高含水 and 特高含水开发阶段，新投入储量品位变差，开采对象愈来愈复杂的情况下，积极开展科技攻关，采用新工艺、新技术，努力降低开发成本，强化老油田综合治理，提高采收率，加大难采储量的开发力度，加快西气东输的前期准备，总结了宝贵的油气田开发的经验，涌现出一批好的典型。中油股份公司在海外成功上市，带来了前所未有的发展机遇；展望 21 世纪，要大力推进技术进步，提高油气田开发水平；实现原油产量持续稳定，加快天然气发展；继续实施低成本战略，实现最佳效益。

为了使油气田开发战线广大干部职工更好地学习贯彻这次会议精神，我们特将会议材料汇编为上、下两册出版。

本书由刘宝和主编，参加编审工作的有岳登台、郑兴范、胡海燕、吴奇、杨能宇、王怀孝、汤林、谭健等。

目 录

不断发展和完善聚合物驱综合调整技术 进一步提高油田开发技术经济效益	
.....	(大庆油田有限责任公司)(1)
大庆油田三次加密调整的理论与实践认识	(大庆油田有限责任公司)(18)
加强生产经营全过程管理 努力控制操作成本上升趋势	
.....	(大庆油田有限责任公司)(35)
大庆油田三元复合驱矿场试验研究	(大庆油田有限责任公司)(49)
抓住机遇 探索吉林油区快速增储上产的有效途径	(吉林油田分公司)(68)
依靠科技 加强管理 努力实现滚动勘探开发与增储建产一体化	
.....	(辽河油田分公司)(85)
加强油藏描述工作 搞清地下潜力 努力实现老油田可采储量的增长	
.....	(大港油田分公司)(96)
岔河集油田调水增油基本做法及成效	(华北油田分公司)(118)
积极推行勘探开发一体化 不断提高油气田勘探开发整体水平和效益	
.....	(新疆油田分公司)(133)
特低渗透油田注水开发技术	(长庆油田分公司)(145)
强化项目管理, 努力提高油气田产能建设的整体效益	(长庆油田分公司)(176)
塔里木油田低成本发展的做法及认识	(塔里木油田分公司)(198)
坚持勘探开发一体化 实现哈得 4 油田高效开发	(塔里木油田分公司)(212)
大庆油田高含水后期采油工程配套技术	(大庆油田有限责任公司)(229)
加强采油工程技术管理 努力适应油田可持续发展需要	
.....	(大庆油田有限责任公司)(247)
超稠油低成本开采配套技术	(辽河油田分公司)(267)
齐 40 块蒸汽驱实验与研究	(齐 40 块蒸汽驱实验项目组)(281)
依靠科技, 强化管理, 进一步发挥工程系统在油田低成本开发中的支撑作用	
.....	(大港油田分公司)(289)
机械采油节能技术研究与应 用	(新疆油田分公司)(304)
长庆低渗透油气田压裂酸化工艺技术	(长庆油田分公司)(317)
大庆油田原油集输处理技术现状与发展	(大庆油田有限责任公司)(335)
攻关污水处理技术 搞好稠油污水综合治理	(辽河油田分公司)(361)
因时制宜 提高老油田运行效率 因地制宜 控制小断块建设投资	
.....	(华北油田分公司)(377)

“高效水质净化与稳定技术”在新疆油田的试验与应用	(新疆油田分公司)(387)
长庆油田地面建设技术及系统发展研究	(长庆油田分公司、长庆石油勘探局)(408)
更新观念 大胆创新 全面推行项目管理	(塔里木油田分公司)(423)
油田地面生产系统节能技术发展研究	(中国石油规划总院)(442)
勘探开发一体化 搞好克拉 2 气田开发前期评价工作	(塔里木油田分公司)(471)
四川盆地气田开发的实践与思考	(西南油气田分公司)(489)
加强多学科攻关 努力提高下古气藏钻井成功率和单井产量	(长庆油田分公司)(505)

不断发展和完善聚合物驱综合调整技术 进一步提高油田开发技术经济效益

徐正顺 李彦兴 王加滢

(大庆油田有限责任公司)

摘要 本文分析了大庆油田工业化聚合物驱区块的动态变化特征,总结了“九五”以来聚合物驱过程中取得的经验和认识,针对进一步改善聚合物驱的整体技术经济效益提出了较为具体的调整措施,对不断发展和完善聚合物驱综合调整技术,进一步提高油田开发技术经济效益有着较为重要的指导意义。

大庆油田聚合物驱油技术从1996年大面积推广应用以来,聚合物驱油规模不断扩大。截止2001年6月底,已投注18个聚合物驱工业化区块,加上已开展的三次采油试验,总面积 198.22km^2 ,油层孔隙体积 $65056 \times 10^4 \text{m}^3$,地质储量 $35939.4 \times 10^4 \text{t}$,总井数3330口,其中采出井1927口,注入井1403口(1996年投注聚区块有262口井已转入后续水驱),年注聚合物干粉规模达 $7 \times 10^4 \text{t}$ 以上,年产油超过 $900 \times 10^4 \text{t}$,已成为大庆油田可持续发展的主要措施(图1)。但聚合物驱阶段性强,整体注入,统一上返,与水驱相比开采时间短,调整余地小,调整难度大。因此,如何进一步改善聚合物驱油效果,提高聚合物驱油的经济效益已成为大庆油田聚合物驱的主要研究课题。

一、聚合物驱开采特点

大庆油田聚合物驱油技术是在主力油层水驱到特高含水后发展起来的三次采油技术,所有注聚合物区块,在注聚合物前的综合含水都大于90%。由于在特高含水期,水井吸水能力和采油井产液能力都比较强,加之井距缩小,使聚合物驱的注入速度高,并反映出与水驱不同的开采特点。

1. 工业化聚驱区块均取得了较好的增油降水效果,但产油量主要集中在受效高峰期,聚合物驱后期含水上升及产油量下降加快

“九五”以来,大庆油田聚合物驱工业化推广力度逐年加大,取得了较好

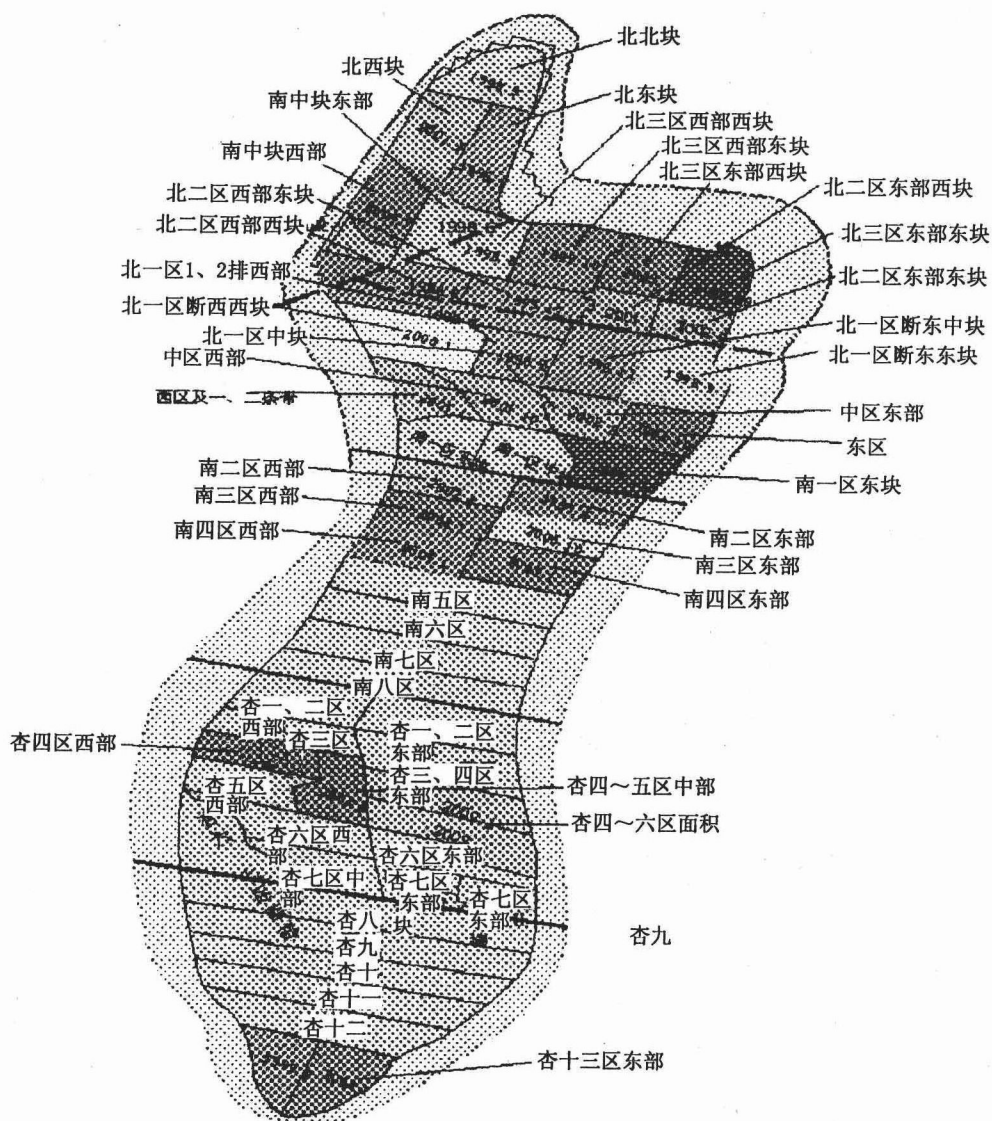


图1 大庆油田工业化聚合物驱分布图

的增油降水效果。统计1996年注聚的6个区块，注聚初期年油只有 204×10^4 t，在产量高峰时，年产油达到 610.91×10^4 t。截止到2001年6月底，不考虑递减速度，已累积增油 1014.7×10^4 t，预计提高采收率10%~12%，为确保油田持续高产、稳产发挥了巨大的作用。但在聚合物驱工业化实践的过程中，也暴露出许多问题。

聚合物驱全过程在7年左右的时间完成，且产油量主要集中在注聚合物后

2~4年内,多数区块的年采油速度达到了6%以上,累计产油占全过程的70%以上,随后含水快速上升,产油量迅速下滑。

以1996年投注的喇嘛甸油田北东块聚合物驱工业化区块为例,聚合物驱产油量主要集中在注聚合物

后含水大幅下降的2~4年,3年的产油量占方案设计总产量的71%(图2)。喇南试验一区也反映出了同样的动态变化特点(图3)。

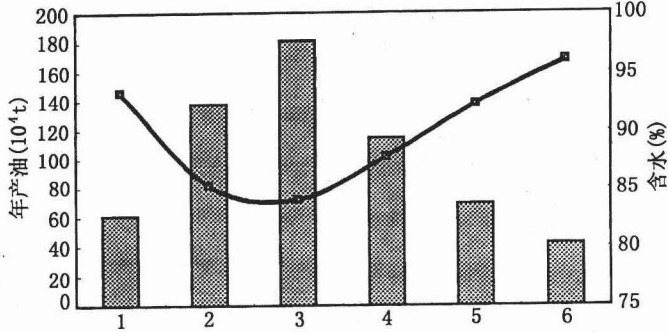


图2 喇嘛甸油田北东块年产油分布及含水变化图

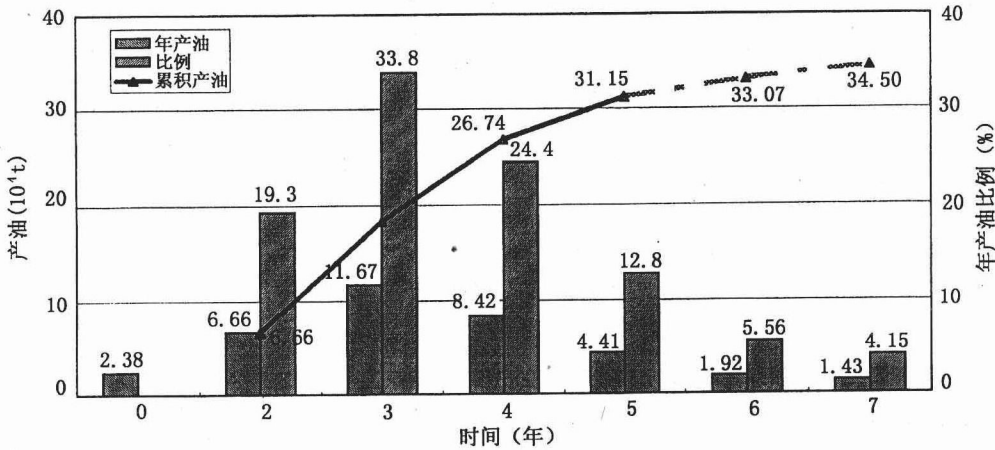


图3 喇南一区中心井年产油柱状图

2. 完善中心井效果较好,断层、点注井、边角井等因素影响区块整体效果

聚合物驱工业区块面积大,一般都包含注采不完善井、合采井、水井及点注井附近井。注聚后,由于受上述各类井的影响,使区块整体效果比完善中心井差。1996年投注的北一区断东中块,完善中心井的效果明显好于全区,也比数模预测的要好,其含水最低值为65.8%,比全区低4.4%(图4)。

3. 聚合物驱过程中吸水剖面得到调整,但在聚驱后期调整效果逐渐变差

较高粘度的聚合物溶液注入地层后起到了改善流度比、调整吸水剖面的作用,使水驱过程中渗透率及水淹程度较高油层的吸水能力得到了抑制,渗透率及水淹程度相对较低的油层的吸水能力得到了增强,从而改善了油层的吸水剖

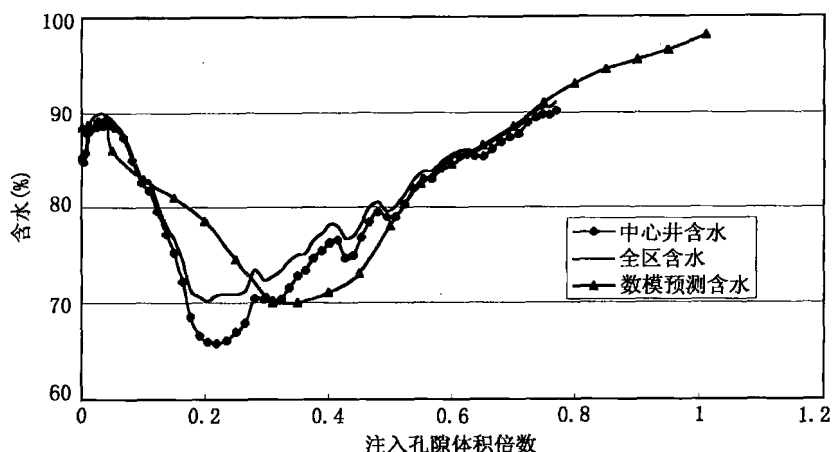


图4 北一区断东中块中心井与全区含水对比曲线

面，扩大了驱替相的波及体积。但在聚驱后期，中、低渗透层由于聚合物溶液的不断注入导致渗透率进一步降低，而主力油层随着含水的回升，吸水能力增强，使聚合物驱调整吸水剖面的能力逐渐变差，油层平面及纵向矛盾加大。例如喇南聚合物试验一区目的层为PI1—2，其正韵律特征发育明显。水驱时PI₂₃为主要吸水层，单元相对吸水量为43.1%；在聚合物驱中期，吸水剖面得到明显调整，PI₂₃单元相对吸水量下降为27.3%；在注聚合物后期，各层吸水差异转而增大，PI₂₃单元相对吸水量上升到50.3%（图5）。

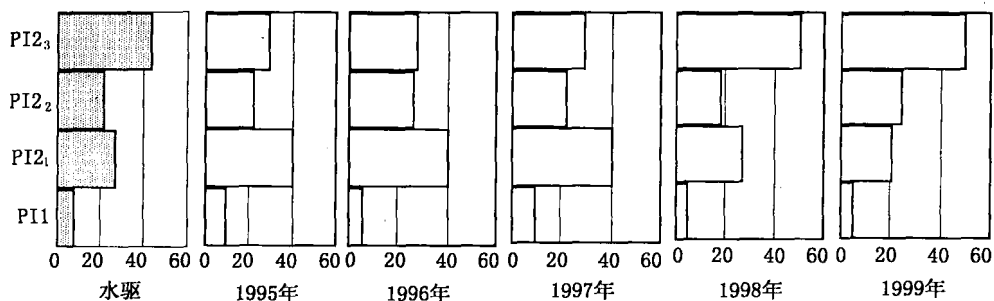


图5 喇南一区注入井吸水剖面变化情况

二、加大聚合物驱配套技术的研究应用力度，改善聚驱效果

聚合物驱技术推广应用以后，随着注聚合物规模的扩大，地质条件更为复杂，逐步暴露出聚合物驱过程中存在的问题，针对这些问题，近几年加大了聚合物驱配套技术的研究力度，使聚合物驱技术更为成熟，取得了很好的效果。

1. 聚合物驱前复合离子调剖技术

对于一部分渗透率级差较大的油层，单纯依靠聚合物有限的调剖能力不足以有效地调整油层的吸水剖面，扩大波及体积。因此，有针对性地对部分井区采用调剖措施，可以进一步改善聚合物驱的吸水剖面，提高驱油效率。复合离子调剖剂是由复合离子聚合物、交联剂和助剂按一定比例配制而成的交联聚合物体系，具有吸附作用强、动力捕集作用大、物理堵塞作用明显等特点。“九五”以来，大庆油田开展了多项复合离子调剖矿场试验，已基本形成了包括机理研究、室内实验、矿场试验和地面设备在内的较为完善的配套技术。截止到2001年6月底，共计开展了复合离子深度调剖231口井，均取得了较好的增油降水效果。

1) 在室内研究的基础上，结合大量的矿场试验，总结出了一套较为完善的复合离子调剖选井选层方法

为了更好地达到调剖的目的，在深入研究调剖井区地质特点的基础上，结合注入动态、吸水剖面、压降曲线、采出状况等多种动静态资料进行调剖井的选择。一方面，通过精细地质研究，选择河道砂体规模较大，砂体连通性好的井区。重点应放在纵向上非均质性严重，渗透率级差大，水淹严重且不均匀的注入井；另一方面，利用多种动态资料选择纵向吸水差异大、注入井启动压力及注入压力较低、压降曲线较陡的井作为调剖井。

2) 复合离子调剖取得了较好的技术经济效益

一是注入井吸水剖面得到调整，吸水厚度增加。调剖后高渗透层吸水量得到控制，低渗透层吸水能力得到加强，同时由于启动压力上升，全井的吸水厚度增加。

例如东丁2—P2井的吸水剖面资料反映，调剖后吸水厚度由6.8m增加到目前的13.7m，增加了6.9m。

同时高渗透部位吸水比例由调剖前的84.7%下降到初期的57%，中低渗透层吸水比例由15.3%上升到43%（图6）。

二是采出井增油降水效果明显。

采油一厂1996年调剖的

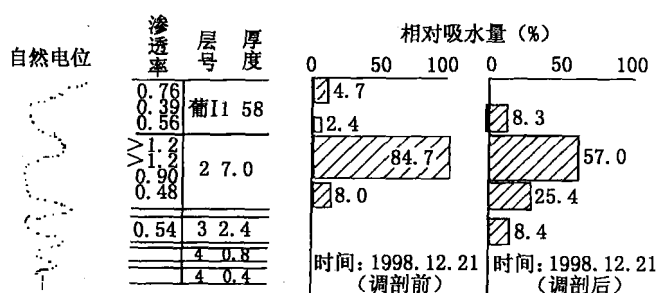


图6 东丁2—P2井调剖前后吸水剖面图

北1—5—P46井组，见效前平均单井日产液254t，日产油20t，综合含水92.1%。至1997年6月，聚合物用量187.63PV·mg/L时达到见效高峰，此时平均单井日产液238t，日产油123t，综合含水48.3%，采出液聚合物浓度73 mg/L，与见效前对比，日产液下降16t，日产油上升103t，综合含水下降43.8%，增油达到4.9倍。比同期区块中心井日产油高65t，含水率低32.0%。不考虑递减，截止到2000年底井组累积增油 16.216×10^4 t，吨聚合物增油109t。与中心井对比，单井单位厚度累积多增油1062t，调剖后井组多提高采收率3.72%。

采油三厂1998年在北三西西块开展了6口井的复合离子调剖试验，取得了较好的增油降水效果。

北三西西块调剖区12口采出井与见效前相比，含水下降33.5%，相同聚合物用量下，较聚合物驱高18.4%，单位有效厚度累积增油1485t，较普通聚合物驱井多增油735t。调剖单采中心井含水下降了39.8%，比相同注入用量下的聚合物驱单采中心井含水多降21.3%（图7）。

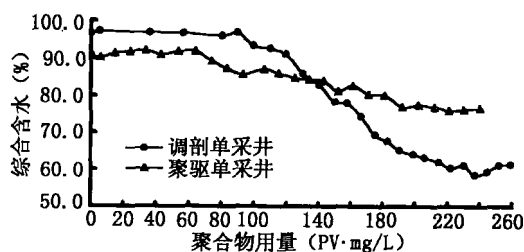


图7 北三西西块聚驱与调驱单采井含水对比曲线

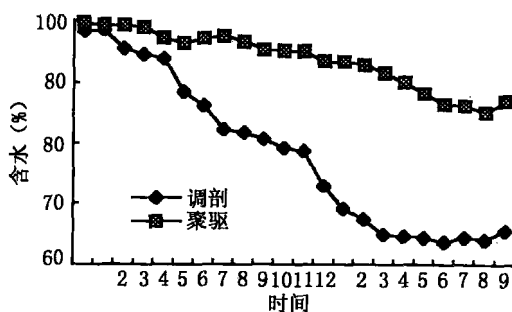


图8 北三西西块特高含水井含水变化曲线

另外，北三西西块调剖区7口调剖前含水为99.9%的特高含水井，增油降水效果更为显著。在相同用量下，较北三西西块17口特高含水井多降21.3%（图8）。

三是经济效益显著。

对采油一厂1996和1998年较早调剖区块进行了经济效益分析，按吨原油价格1000元，聚合物干粉2.0万元，单位操作成本210元/t，投入部分主要考虑调剖剂费用和施工费用，产出部分主要考虑增油量，并扣除常规的操作成本，由此计算出投入产出比为1：10.6和1：6.6。

2. 交联聚合物（CDG）深度调剖技术

为了进一步提高聚驱效果，降低聚驱成本，大庆油田1999年开展了5项低

浓度交联聚合物深度调剖矿场试验。这5项试验是：聚驱后北一区断西、喇南试验一区交联聚合物深度调剖矿场试验；北二东污水配制交联聚合物深度调剖矿场试验；聚驱前北一区断西清水配制交联聚合物深度调剖矿场试验；南二区东部原注水井排附近清水配制交联聚合物深度调剖矿场试验。

试验表明，清水配制交联聚合物体系效果较好。下面重点介绍南二区东部原注水井排附近清水配制交联聚合物深度调剖矿场试验。

1999年8月，在南二区东部原注水井排附近葡11—4油层开展了清水配制铝离子交联聚合物深度调剖矿场试验。试验区位于南二区东部3排注水井排附近（图9）。在与试验区相邻的位置上，选择了与试验区油层条件相似的注聚合物井组，作为对比区。试验区设计的铝离子交联聚合物体系为：聚合物浓度600mg/L，聚铝比60。对比区设计的聚合物浓度为1000mg/L，注入速度均为0.16PV/a。

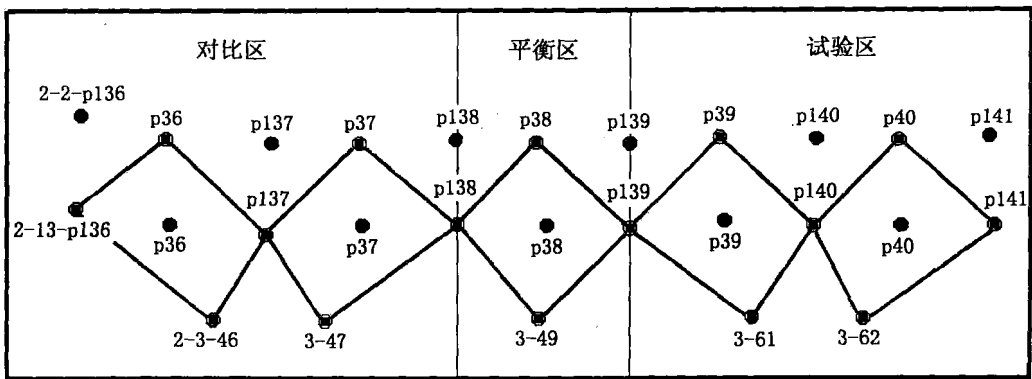


图9 试验区和对比区井位图

试验区从1999年8月1日开始注入交联聚合物体系，截止2001年6月底，累计注入交联聚合物体系0.268PV，累计注入聚合物干粉508.97t，累计注入交联剂2013.1t，折算累计注入聚合物干粉681.52t。试验区5口采出井累计产油量达到 6.7250×10^4 t，其中两口中心井累计产油量达到 1.1598×10^4 t。对比区于1999年4月20日开始注入聚合物溶液，截止2001年6月底，累计注入聚合物溶液0.320PV。累计注入聚合物干粉979.44t。对比区5口采出井累计产油量达到 5.4548×10^4 t，其中两口中心井累计产油量达到 0.9238×10^4 t。从目前的试验效果来看，试验区已取得了明显的增油降水效果，试验区效果远好于对比区。主要表现在以下几个方面：

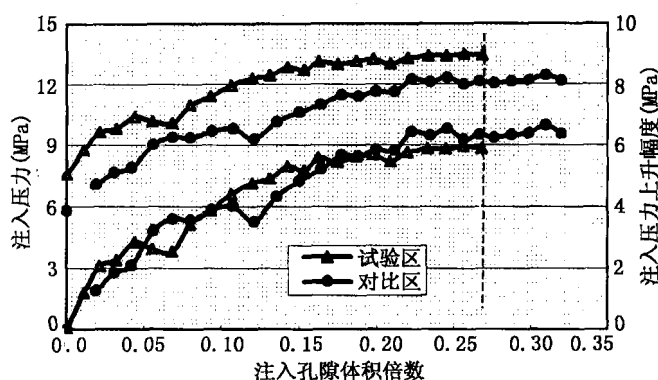


图10 注入压力和注入压力上升幅度变化曲线

1) 试验区在注入聚合物浓度和强度均低于对比区时, 其注入压力上升幅度和油层视吸水指数下降幅度与对比区相当

试验区平均注入聚合物浓度661mg/L, 平均注入强度 $15.6\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$, 平均注入压力最高达到13.50MPa, 注入压力上升幅度达到

5.95MPa; 对比区在注入相同孔隙体积倍数时, 平均注入聚合物浓度1067mg/L, 平均注入强度 $17.9\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$, 平均注入压力达到12.13MPa, 注入压力上升幅度为6.33MPa (图10)。

2) 在注入相同孔隙体积倍数条件下, 采油井的综合含水下降幅度和增油量明显好于对比区

试验区内5口采油井综合含水下降到最低为74.01%, 与注入交联聚合物体系以前(1999年7月)相比, 综合含水下降了22.27%, 在注入0.27倍孔隙体积时, 综合含水回升到87.84%。其中2口中心采油井综合含水下降到最低为83.19%, 与注入交联聚合物体系前相比, 综合含水下降14.79%, 在注入0.27倍孔隙体积时, 含水回升到93.98%; 对比区在注入相同孔隙体积倍数条件下, 5口采油井综合含水为77.02%, 与注入聚合物溶液以前(1999年3月)相比, 综合含水下降20.97%, 2000年6月份综合含水回升到86.02%。其中2口中心采油井综合含水为85.55%, 与注入聚合物溶液以前相比, 综合含水下降12.55%, 6月份综合含水回升到90.71% (图11、图12)。

试验区内5口采油井月产油量最高达到5874t, 与注入交联聚合物体系以前(1999年7月)相比, 月增油4912t, 6月份产油量为2419t。其中2口中心采油井月产油量最高达到1071t, 与注入交联聚合物体系以前相比, 月增油872t, 6月份月产油量为483t, 对比区在注入相同孔隙体积倍数条件下, 5口采油井月产油3976t, 与注入聚合物溶液以前(1999年3月)相比, 月增油3673t, 六月份月产油2658t。其中2口中心采油井月产油762t, 与注入聚合物溶液以前相比, 月增油659t, 六月份月产油724t。

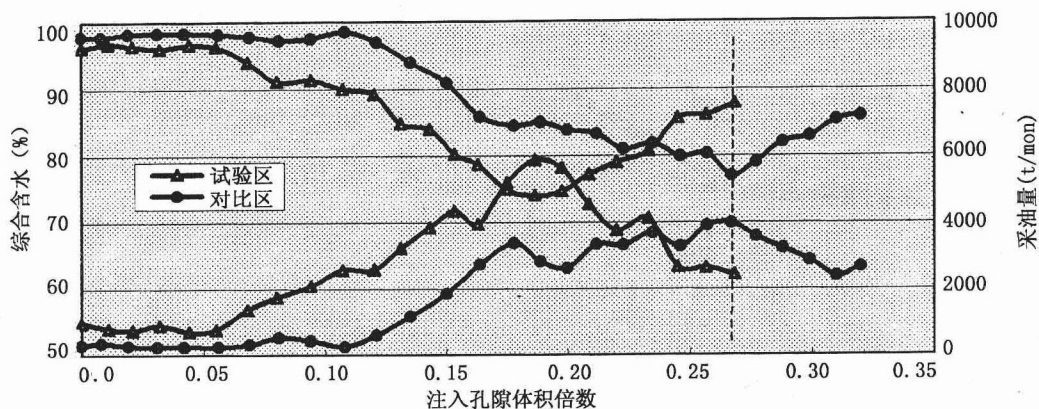


图11 全区综合含水和采油量变化曲线

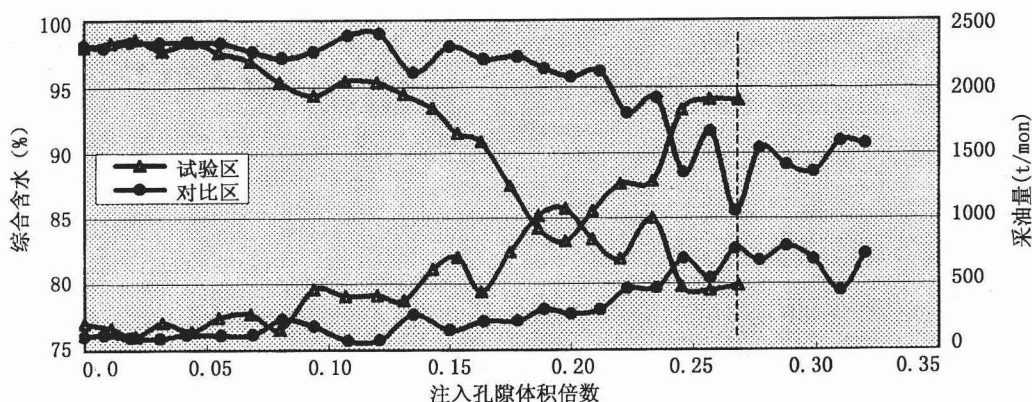


图12 中心井综合含水和采油量变化曲线

3) 在注入相同孔隙体积倍数条件下, 试验区存聚率明显高于对比区

六月份试验区5口采油井平均采聚浓度为303.4mg/L, 累计采聚量33.44t, 在注入相同孔隙体积倍数条件下, 对比区5口采油井平均采聚浓度为525.2 mg/L, 累计采聚量56.63t (图13)。

试验区中心采油井平均采聚浓度上升到404mg/L, 累计采聚量11.94t, 在注入相同孔隙体积倍数条件下, 对比区中心井平均采聚浓度最高上升到529.3 mg/L, 累计采聚量为22.59t。

4) 试验区在注聚量少于对比区的条件下, 其累计采油量却明显多于对比区

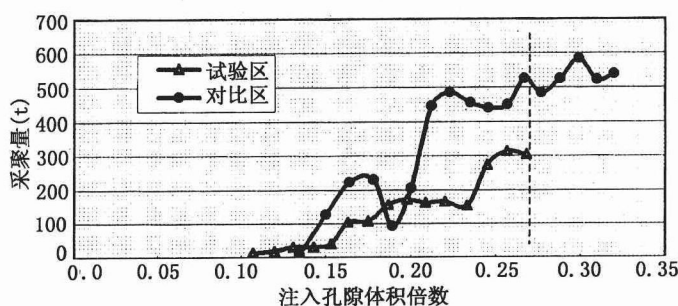


图13 全区采聚浓度变化曲线

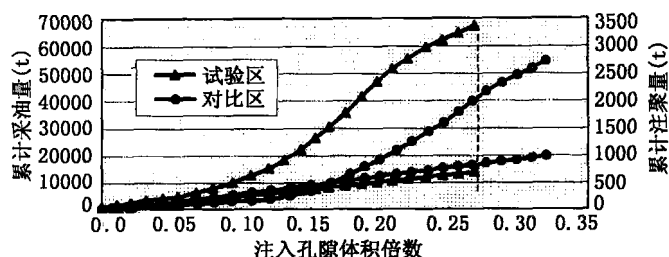


图14 全区累计采油量和累计注聚量变化曲线

11598t; 对比区全区累计采油39866t, 中心井累计采油5938t (图14、图15)。

由此可见, 试验区在少用聚合物20.4%的条件下, 累计采油量对比比区多68.7%, 中心井累计采油量对比比区多95.3%。

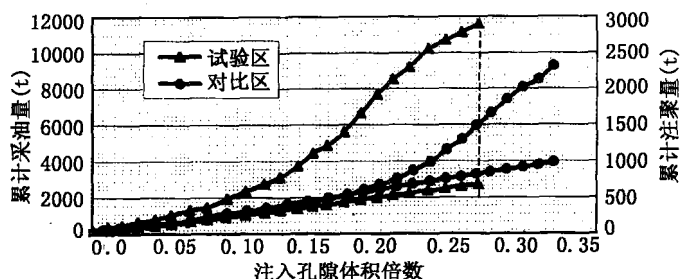


图15 中心井累计采油量和累计注聚量变化曲线

大庆油田开展的低浓度交联聚合物体系深度调剖矿场试验表明, 低浓度交联聚合物体系具有体系组分少、化学剂浓度低且成本低, 体系具有延缓交联特性, 成胶时间和强度可控, 体系以分子内部交联为主、具有流动性, 体系的阻力系数和残余阻力系数大、调剖驱油能力强等特点, 注聚合物前采用低浓度交联聚合物体系进行深度调剖可以取得较好的技术效果和经济效益。

3. 聚驱注入参数优化技术

1) 超高分子量聚合物前置段塞的合理应用是提高聚合物驱效果的有力措施

由于超高分子量聚合物具有更好的增粘性和更大的阻力系数、残余阻力系数, 在注中分子量聚合物之前, 首先注入超高分子量聚合物前置段塞, 可以有效地提高聚合物驱的最终采收率。数值模拟研究表明, 在中分子量聚合物驱前注入20%~30%的超高分子量聚合物前置段塞, 可以提高采收率2%左右。这项技术措施自1998年和1999年分别在喇嘛甸油田北北块和南二区东部实施以来, 已经见到了比单一的中分子量聚合物驱更好的增油降水效果。喇嘛甸油田北北块1998年投入聚驱开发, 在注入0.43倍孔隙体积聚合物溶液时, 单井累计增油 0.747×10^4 t, 与油层条件相近的喇嘛甸油田南中块相比, 多增油 0.303×10^4 t。目前这一技术已在油田注聚区块推广。

2) 对注入压力升幅低、吸水均匀的注入井可以适当提高注入浓度

喇嘛甸油田北东块聚合物驱针对注聚初期构造轴部部分注入井油层厚度大、吸水均匀、渗透率相对较高、注入压力上升缓慢的问题,于1996年12月至1997年3月,对21口井上调注入浓度,注入浓度由1000mg/L上调到1200~1500mg/L,1997年7月至12月将注入浓度调回1000mg/L。提高注入浓度后,由于增加了注入液的粘度,加大了聚合物溶液对剖面的调整作用,因此在注采井上见到了较好效果。

一是注入压力上升速度明显加快,注入剖面得到了很好的调整。

从提高浓度前后的吸水剖面调整情况看,低吸水层段的相对吸水量增加了16.9%,高吸水层段减少了10.5%(表1)。

表1 调浓度前后吸水剖面对比表(6口井)

层段	相对吸水量(%)			
	水 驱	聚 驱		
		调浓度前	调浓度后	差值
水驱高吸水层段	67.0	56.7	46.2	-10.5
水驱低吸水层段	10.6	18.8	35.7	+16.9

二是采出井含水下降幅度大,增油效果明显。

提高注入浓度井区油井在聚合物用量达到80PV·mg/L时开始见效,到达210PV·mg/L时进入低含水期,含水下降最低点为76.8%,与见效前比下降了18.4%,比未调浓度井区多下降2.7%(图16)。

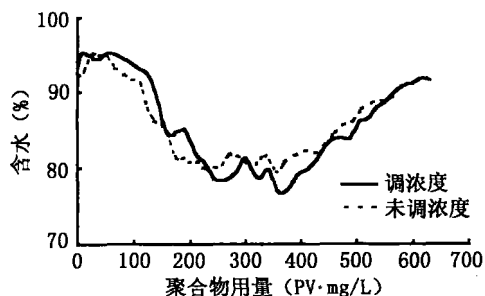


图16 调浓度井、未调浓度井含水对比曲线

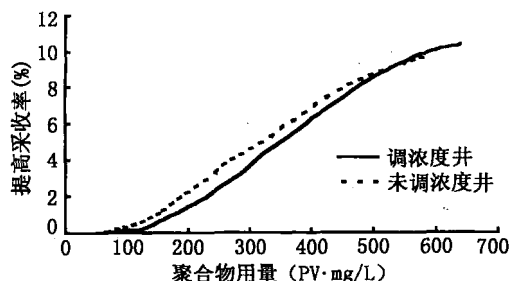


图17 调浓度井、未调浓度井提高采收率对比曲线

从中心单采井增油幅度看,提高注入浓度井区油井见效后,日产油由92t增加到低含水期的358t,增油2.89倍,比未调浓度井区高13.67%。提高注入浓度井区的油井累积增油 19.21×10^4 t,提高采收率10.36%,比未调浓度井区多提高0.65%(图17)。