

FENCENG
ZHUCAI
XIN
JISHU

分层注采新技术

苗丰裕 刘东升 主编



石油工业出版社

2456424

分层注采新技术

苗丰裕 刘东升 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对大庆油田杏北开发区分层注采技术、套损井分层注采技术以及精细分层注采试验技术做了较为全面的论述。主要包括：细分注水工艺技术、注聚合物工艺技术、油井堵水技术、水井调剖技术、采出井实时监测技术、套损井分层注采技术、精细分层注采试验技术、测调联动技术等。

本书可供从事油气田开发工作的管理和科研人员及石油院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

分层注采新技术/苗丰裕, 刘东升主编.

北京: 石油工业出版社, 2010. 3

ISBN 978 - 7 - 5021 - 7675 - 4

I. 分…

II. 苗…

III. 石油开采

IV. TE35

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 034035 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523589

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 10

字数: 246 千字 印数: 1—2000 册

定价: 45.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

大庆油田杏北开发区为非均质、多油层的砂岩油田，经历 40 多年的注水开发，综合含水达到了 90% 以上，已经进入高含水开发后期。然而，由于非均质油层平面上和纵向上水驱状况的不均衡，致使地下开发情况更加复杂，给分层注采工艺带来了很多难题；同时，随着油田开采时间的延长，套管损坏井比例不断上升，也给分层注采工艺的实施带来很多的困难。面对严峻的油田开发形势，广大工程技术人员经过多年的研究开发与应用，逐步形成一整套适合于高含水油田的分层注入、分层采出和套损井治理等工艺技术，使油田分层注采工艺技术取得了新进展，为油田高产、稳产和提高采收率作出了重大贡献。

油田高含水期分层注采技术的进步是一项重要创新成果，通过大量的理论分析、室内研究和现场实践，指导应用于非均质砂岩油田的注水开发。每一项新技术，其中包括分层注入技术、分层堵水技术和厚油层内挖潜技术等多项特色实用技术，都经过大量的现场试验和应用，并均取得了较好的措施效果和经济效益。同时，在高含水后期分层注采的实践中，也充分理解和认识到，仅仅依靠单一的分层注入、分层采出等技术均不能完全适应油田调整挖潜的需要，应把分层开采的着眼点调整到改善井组和区块整体开采效果上来，通过综合治理改善区块整体开发效果。

本书介绍了以精细分层注水为目的的桥式偏心细分注水工艺管柱；以提高注水井测调效率为目的的注水井高效测调技术；以调整水井注入剖面为目的的不动管柱化学调剖工艺技术；以挖掘厚油层单层层内剩余油潜力为目的的厚油层层内化学堵水技术、层内水力喷射钻孔技术；以解放陪堵层为目的的油层组机械细分堵水技术；以挖掘 $\phi 95\text{mm}$ 以上套损井潜力为目的的小直径机械细分堵水技术；以恢复套损油水井生产为目的的小通径打通道技术和实体膨胀管加固技术；以挖掘套损油水井剩余油潜力的套损井分层压裂改造技术。形成了针对不同油层发育特点和不同井况的配套分层注采工艺技术，为油田精细开发提供了有力的技术保障。

本书的参考文献只列举了公开出版的书刊文献，大量油田内部资料均未列入，特此对作者表示歉意和谢意。

由于编者水平有限，难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者给予批评指正。

目 录

第1章 分层注入工艺技术	(1)
1.1 新型细分注水工艺管柱	(1)
1.1.1 分层注水工艺技术概况	(1)
1.1.2 桥式偏心分层配水管柱	(2)
1.1.3 桥式偏心分层注水管柱的优势	(6)
1.1.4 常用分层注水管柱	(7)
1.2 聚合物驱分层注入工艺技术	(8)
1.2.1 地面控制油套分注	(8)
1.2.2 地面控制双管分注工艺	(10)
1.2.3 梭形杆偏心分注工艺	(10)
1.2.4 井下环形降压槽分注工艺	(11)
1.2.5 聚合物驱分层配注新工艺	(13)
1.3 注水井高效测调技术	(17)
1.3.1 技术组成及调节流程	(18)
1.3.2 测调联动分层配水技术的完善	(21)
1.3.3 现场应用情况及达到指标	(27)
1.3.4 结论及认识	(28)
1.4 注水井化学调剖工艺技术	(30)
1.4.1 调剖井优化决策	(30)
1.4.2 杏北开发区调剖技术应用	(34)
1.4.3 调剖效果评价	(51)
第2章 分层采油工艺技术	(71)
2.1 细分堵水工艺技术	(71)
2.1.1 机械细分堵水工艺技术	(71)
2.1.2 机械堵水+化学堵水的油层组细分堵水技术	(75)
2.1.3 结论和认识	(76)
2.2 厚油层层内化学堵水技术	(77)
2.2.1 层内堵水工艺原理、化学堵水管柱结构及化学堵水剂作用机理	(77)
2.2.2 层内化学堵水现场施工工艺	(79)
2.2.3 现场试验效果分析	(81)
2.2.4 厚油层层内堵水挖潜的技术难点	(84)
2.2.5 结论和认识	(84)
2.3 厚油层内水力喷射钻孔技术	(85)
2.3.1 定向水力喷射技术工作原理	(85)
2.3.2 选井原则及方案设计	(86)

2.3.3	现场试验及效果分析	(88)
2.3.4	结论和认识	(89)
2.4	采出井实时监测调整工艺技术	(90)
2.4.1	技术原理	(90)
2.4.2	监控装置	(91)
2.4.3	现场实验情况	(93)
2.4.4	现场试验效果	(94)
2.4.5	结论与认识	(94)
第3章	套损井分层注采技术	(95)
3.1	小通径打通道技术	(95)
3.1.1	配套工具的研制	(95)
3.1.2	修井工艺的研究	(98)
3.1.3	合理的参数选择及注意事项	(101)
3.1.4	现场试验情况	(101)
3.2	套管密封加固技术	(102)
3.2.1	套管修复技术简介	(102)
3.2.2	国内膨胀管技术的发展现状	(102)
3.2.3	国内油田膨胀管技术研究及应用情况	(103)
3.2.4	膨胀管技术的应用前景	(105)
3.3	小直径分层注采技术	(106)
3.3.1	小直径分层注水管柱	(106)
3.3.2	小直径分层堵水工艺管柱	(108)
3.4	不动管柱化学选择性堵水工艺技术	(109)
3.4.1	选择性堵水剂的堵水机理	(110)
3.4.2	堵水剂的研制	(110)
3.4.3	堵水剂性能评价	(115)
3.4.4	结论	(117)
3.5	套损井分层压裂改造技术	(117)
3.5.1	套损井压裂技术难点分析	(117)
3.5.2	过套变点或加固管分层压裂改造技术研究	(118)
3.5.3	修井压裂连作工艺技术研究	(120)
3.5.4	套损井压裂技术的认识	(129)
第4章	区块细分开采试验	(130)
4.1	试验的目的和意义	(130)
4.2	试验区概况	(130)
4.3	试验前期准备工作	(131)
4.3.1	主力油层发育特征及动用特点	(131)
4.3.2	非主力油层中较厚油层发育特征及动用特点	(132)
4.4	细分开采配套工艺技术	(133)
4.4.1	“两小一防”细分注水技术	(133)

4.4.2	注水井化学调剖技术	(133)
4.4.3	细分堵水技术	(134)
4.5	试验区细分开采方案	(136)
4.5.1	注水井细分层方案	(136)
4.5.2	注水井长效化学调剖方案	(138)
4.5.3	注水井酸化方案	(138)
4.5.4	细分堵水方案	(139)
4.5.5	细分开采典型井组方案编制	(139)
4.6	试验区工作量及指标完成情况	(140)
4.6.1	注水井细分	(141)
4.6.2	水井化学调剖	(141)
4.6.3	油井细分堵水	(141)
4.6.4	注水井酸化	(141)
4.7	试验区取得的效果	(141)
4.7.1	区块基础井网的开发效果得到改善	(143)
4.7.2	试验达到的技术水平	(144)
4.7.3	区块获得的经济效果	(144)
4.7.4	试验取得的几点认识	(145)
参考文献		(147)

第 1 章 分层注入工艺技术

分层注入工艺是油田在进行非均质多油层开采时，为加强中、低渗透层并控制高渗透层注水，按配注要求，在注水井中实现分层控制注入的工艺技术。在油田开发中后期，为使注水开发油田获得更高的采收率，一般采用分层注水和分层采油的方法。即将一口注水井所射开的各层按油层性质、含油饱和度、压力等相近，以及层与层相邻的原则，按开发方案要求划分几个注水层段，采取一定的井下工艺措施，进行分层注水，以达到保持地层压力、提高油井产量的目的。

1.1 新型细分注水工艺管柱

大庆油田杏北开发区属于非均质、多油层砂岩油藏，各类油层在层间、平面和层内有很大的差异性。注水是保持油藏压力、实现油田高产稳产和改善油田开发效果的有效方法。从注入方式上分为笼统注水和分层注水两种方式。

分层注水是调整油田层间矛盾，提高注入水波及系数的一项工艺措施。分层注水就是在一口注水井中，利用封隔器将多油层分隔成若干层段，使之在加强中、低渗透油层注水的同时，通过调整井下水嘴的节流损失，降低注水压差，对高渗透油层进行控制注水，以此来调节不同渗透油层的吸水量。

油田注水开发从笼统注水发展到 K344 - 114 封隔器偏心式分层注水管柱，它在实现分层注水的同时可以实现洗井的需要，但由于封隔器坐封受压力波动影响较大，因此后期改进采用了 Y141 - 114 封隔器偏心式分层注水管柱，确保了不同压力波动下的密封性能；油田开发后期随着污水回注量的增大，分层注水管柱结垢、腐蚀现象日益加剧，因此开发研制了 Y341 - 114MS 免释放可洗井分层注水管柱，目前已基本完善。杏北开发区自“九五”以来，先后发展完善了以“两小一防”细分注水管柱、752 - 4 II 常规分层注水管柱，以及针对套损井研制的 $\phi 100\text{mm}$ 和 $\phi 95\text{mm}$ 小直径分层注水管柱为代表的系列常规细分注水管柱，基本满足了杏北开发区不同井况分层注水的需要，全厂平均单井配注层段由 1996 年的 3.1 个层段上升到 2003 年的 4.4 个层段。随着聚合物驱开采工作的深入，聚合物驱分注成为探索聚合物驱挖潜的重要方向，因此于 2002 年开展了分层注聚管柱的研究。

1.1.1 分层注水工艺技术概况

分层注水工艺主要包括分层注水管柱、分层流量测试和调配以及对管柱的验封工艺。

(1) 分层注水管柱

分层注水管柱由封隔器、配水器、挡球或球座、筛管和丝堵组成。利用不同型号的封隔器与配水器组合，就构成了不同功能的分层注水管柱（图 1 - 1 - 1）。

(2) 分层测试

分层测试主要包括流量测试和压力测试。由于分层测试主要针对配水器工作，根据配水器的结构特点又分为偏心测试和同心测试。

偏心测试：目前，油田在用的偏心配水器（665 - 2 配水器）使用流量递减法进行层间

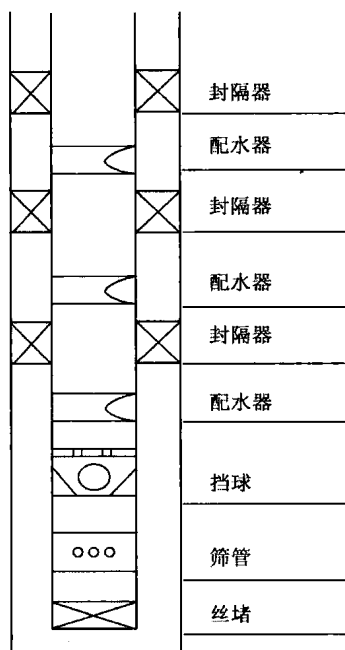


图 1-1-1 分层注水管柱图

主体中心孔道，该层以下没有注入量，在井口采用“关（控）、开、关（控）”控制油管压力，根据上压力计、下压力计变化对比确定该层段密封情况。

1.1.2 桥式偏心分层配水管柱

常规偏心分层注水工艺分层流量测试采用递减法计算间接得出，由于层间干扰严重，测试误差较大，造成调配效率和资料合格率较低。为了实现分层注水井单层流量测试、分层压力测试时停目的层不停井的功能，2001 年，开发研制桥式偏心分层配水管柱——665-6 桥式偏心配水管柱（图 1-1-2）。

(1) 工艺特点。

①免释放封隔器。

工作原理：由于 Y341-114MTL 封隔器设计了特殊释放结构，使封隔器释放原理发生了根本性改变。常规封隔器释放时，由于套压对封隔器胶筒具有反作用，只有油管压力高于套管压力 15MPa 以上时，封隔器才能释放；而 Y341-114MTL 封隔器在结构设计上克服了套压对释放封隔器的影响，当注水压力达到 8.0~10.0MPa 时，封隔器即可释放（图 1-1-3）。

注入流量测试，传统的流量递减法由最底层开始测起，每层的注入量由该层的总注入量与下面各层的总注入量相减得到。

原理：测试工具主要由流量计、测试密封段、震荡器和加重杆组成。在测试流量时，测试工具经过导向定位于配水器主体内部，密封胶筒在惯性压力及压差双重作用下膨胀密封主体中心孔道，该层以下注入水经流量计、测试工具、配水器主体、堵塞器进入地层，流量计测试结果即是该层以下各层的总注入量。

(3) 封隔器验封

验封的目的是为了检验井下管柱及其各种工具的工作状况，为更好地调整层间矛盾打好基础。

原理：验封工具主要由上压力计、下压力计、验封密封段、震荡器和加重杆组成。验封时，测试工具经过导向定位于配水器主体内部，密封胶筒在惯性压力及压差双重作用下膨胀密封

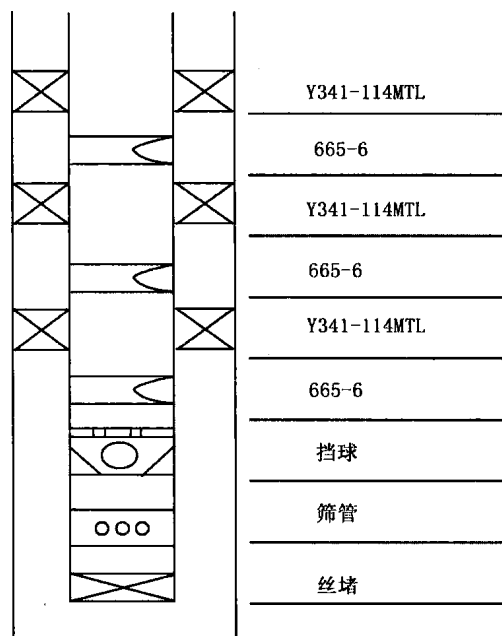


图 1-1-2 桥式偏心分层配水管柱图

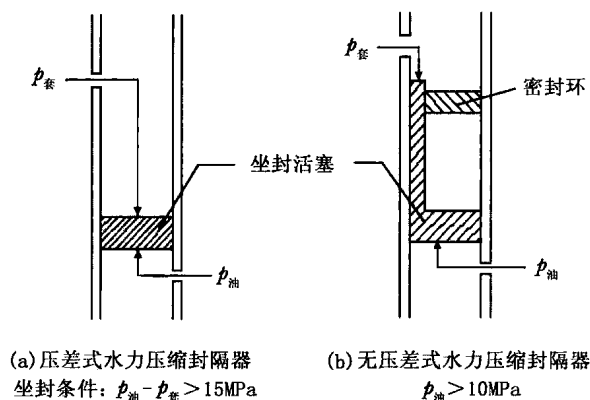


图 1-1-3 Y341-114MTL 封隔器工作原理简图

$p_{\text{套}}$ —套管压力; $p_{\text{油}}$ —油管压力

主要技术参数见表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 Y341-114MTL 封隔器主要技术参数表

总 长	650mm	最大外径	114mm
最小通径	52mm	释放压差	8.0 ~ 10.0MPa

管柱特点:

- 干线水释放, 简化了施工工序, 由下完井管柱、水泥车释放、捞堵塞器、投堵塞器、开井等工序, 简化为下完井管柱、开井;
- 投捞测试与常规分层注水管柱通用;
- 管柱下井前地面直接配好水嘴, 施工后直接开井注水;
- 与机械、化学免投捞水嘴相比, 性能可靠;
- 可提前两天注水, 同时减少了由于投捞、测试、掉卡等原因造成的返工作业。

发展及完善: 一是针对免释放封隔器解封困难的问题, 改进了封隔器坐封机构, 坐封后密闭空气腔可与外界连通, 降低解封负荷; 二是研制可在套损井上应用的 $\phi 95 \text{ mm}$ 小直径免释放分层注水管柱。该管柱由 Y341-95MS 封隔器和 KL-95 偏心配水器等组成, 使用双级压缩缸, 改进胶筒保护伞结构, 承压能力增强。

②桥式偏心配水器。

665-6 型桥式偏心配水器主要由上接头、下接头、扶正体、主体、支架、导向体等组成。配水器主体为带连通式通道的桥式结构, 主体内部 $\phi 20 \text{ mm}$ 堵塞器偏孔用来下入堵塞器, 通过更换堵塞器水嘴调整注水量, 主体 $\phi 46 \text{ mm}$ 通道中心有孔与堵塞器孔连通, 当测试密封段 (带测试仪) 坐到位后, 恰好对准测试密封段两组密封圈之间的中心管进液孔, 因此可以测得本层的单层段参数。主体周围桥式通孔使在本层段测试时, 其他层的工作状况基本不变, 对其他层影响小。

测分层流量、分层压力时, 采用与配水器型号配套使用的测试工具及分层测试流量计、压力计。流量测试时, 测试工具经过导向定位于配水器主体内部, 上、下两级密封胶筒在惯性压力及压差双重作用下膨胀密封主体堵塞器进液孔上、下两侧, 该层注入水经流量计、测试工具、配水器主体、堵塞器进入地层, 流量计测试结果即是该层的实际注入量。注入水经

偏心配水器主体的连通通道进入其他层段，不影响其他层段的正常注水。消除了原偏心配水器技术采用递减法进行流量测试时存在的问题，是偏心分层注水技术的完善和突破（图 1-1-4、图 1-1-5）。

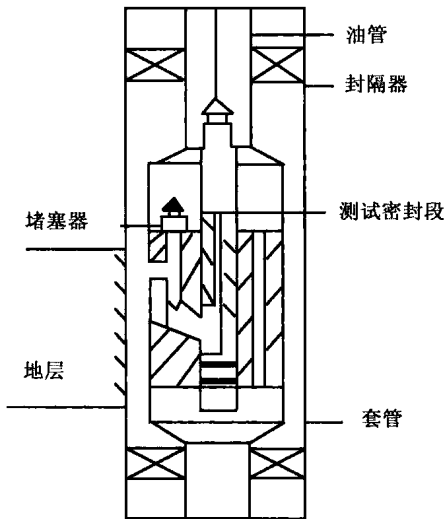


图 1-1-4 桥式偏心测试工艺原理图

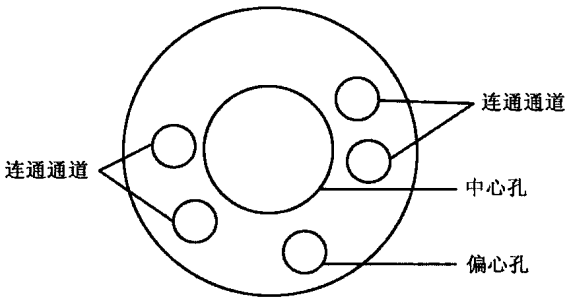


图 1-1-5 桥式偏心配水器结构原理

(2) 分层测静压。

2002 年，在桥式偏心单层流量测试工艺的基础上，研制了偏心单层静压测试工艺。偏心单层静压测试工艺由压力计、数据存储仪以及双盘根测试密封段等组成。测试时，由井口依次投入测试工具，通过测试密封段对目的层单卡单测，其他层段正常注水。关井 72 小时后，起出测试工具地面回放，即可得到单层静压数据。

(3) 封隔器验封。

验封密封段同压力计、震荡器、加重杆等配套使用，测量分层注水井单层压力或检验整体管柱及封隔器的密封状况。

原理：测试或验封时，用钢丝将密封段和其他配套工具一起下到预定深度上提 5 ~ 10m，使支撑卡块打开，下放坐在配水器下接头处，支住密封段以上部件，靠加重杆及液柱重力作用在密封段上部，压缩密封皮碗，堵塞住配水器主体通道，既可以测量油层的压力，又能验证封隔器井下工作状况等。

(4) 现场应用效果。

2002 年，桥式偏心测试管柱现场应用 131 口井、514 个层段。目前已完成 117 口井流量测试和 8 井次的单层静压测试，取得了合格的分层压力和流量资料。

① 流量测试情况。

在杏 1-丁 4-水 147 井采用 665-2 型偏心配水器和 665-6 型偏心配水器进行流量对比试验，测量结果表明，连通式注水管柱单层水量比常规注水管柱准确率高（表 1-1-2）。

表 1-1-2 杏 1-丁 4-水 147 流量测试对比表 (油压为 13.6MPa)

层段	单层测流量 (m ³ /d)		递减法流量 (m ³ /d)	
	视水量	实测	视水量	实测
偏 I	13	13	49	24
偏 II	6	6	25	-2
偏 III	16	16	27	18
偏 IV	8	8	9	9
合计		43		49

②单层静压测试。

截至 10 月底, 已完成单层测压 8 口井、23 个层, 其中合格 19 个层, 测试成功率达到 82.6%。通过应用双对数分析、HORNER 分析、MDH 分析 3 种方法对测试成果进行解释得出的资料, 绘制出分层测压原始曲线图等多种分析曲线 (图 1-1-6 至图 1-1-9)。

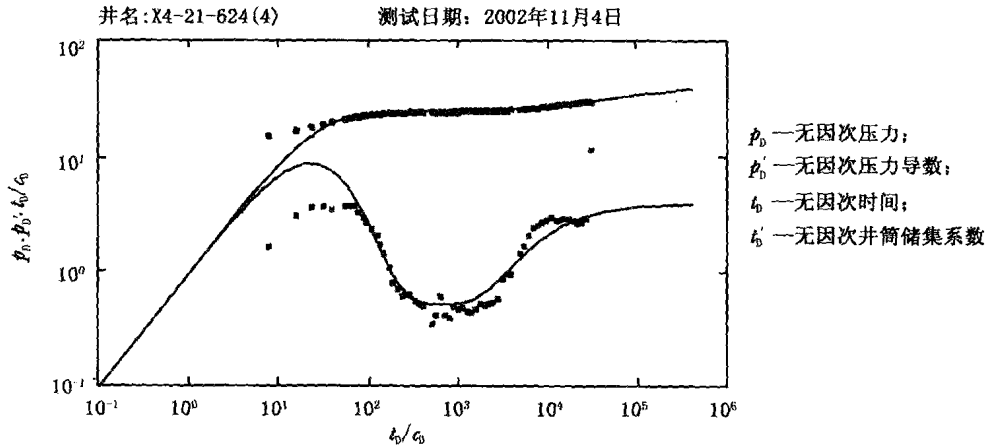


图 1-1-6 双对数分析图

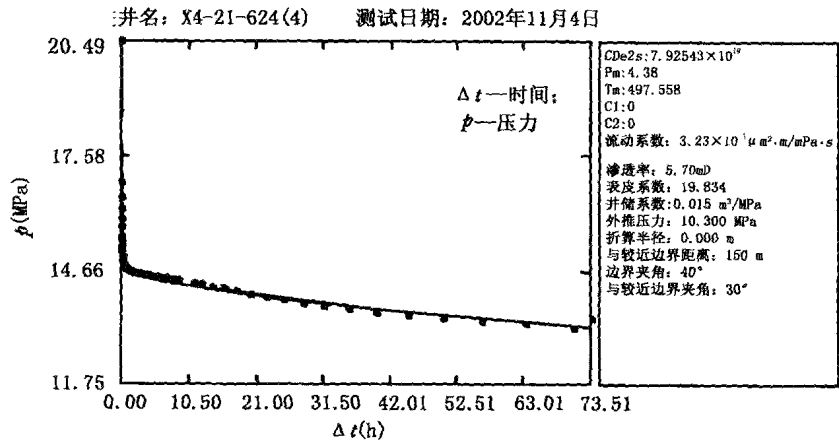


图 1-1-7 HORNER 分析

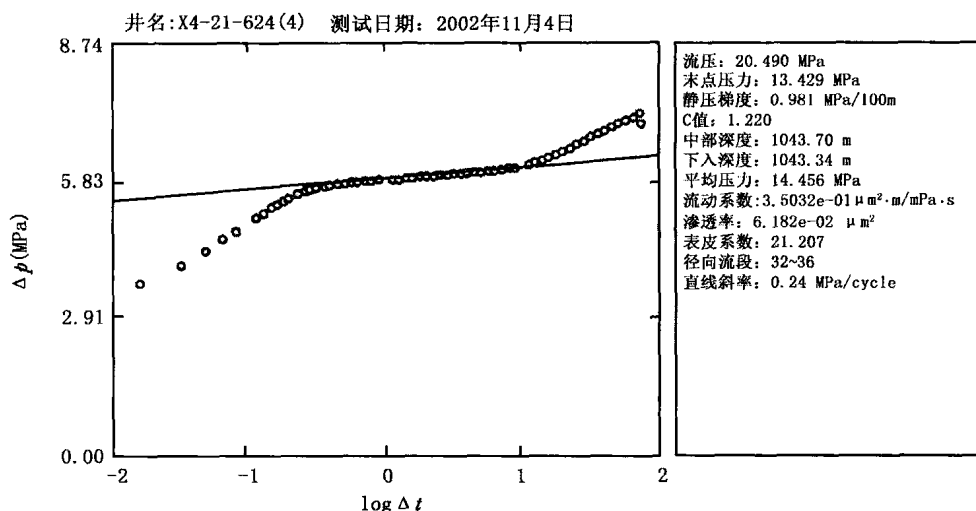


图 1-1-8 MDH 分析图

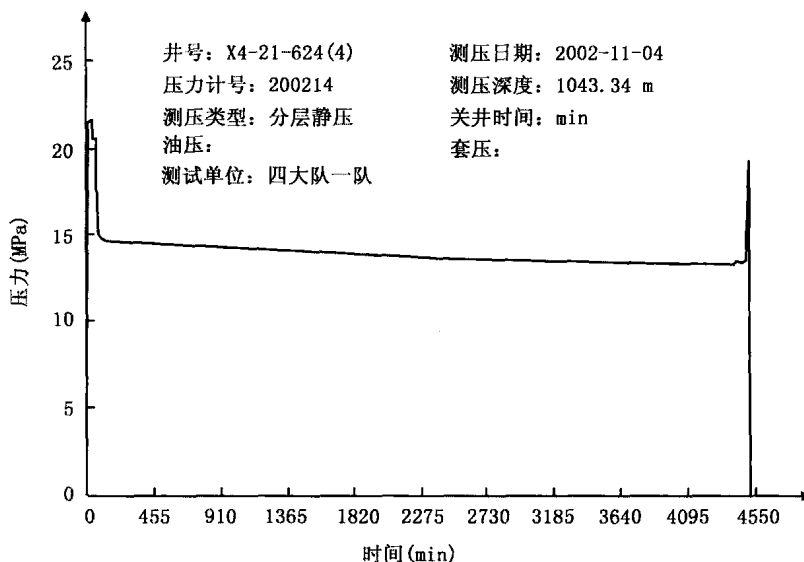


图 1-1-9 油水井测压原始曲线

1.1.3 桥式偏心分层注水管柱的优势

(1) 免释放封隔器的技术优势。

一是设计了内部自压差式释放结构, 避免了套管压力对释放封隔器的影响, 降低了封隔器释放压力。当注水压力达到 10.0MPa 时, 封隔器即可释放。

二是将双洗井活塞改为单洗井活塞, 活塞的内表面设有一道“O”形密封圈和一道凸形密封圈, 正常工作时, 封住外中心管上部的洗井通道, 避免油管放空时, 封隔器底部液流向上窜动, 因洗井活塞关闭不严造成验封不密封。根据室内试验结果, 新洗井活塞结构反复洗井 40 次仍密封, 而原活塞反复洗井 2~3 次即不密封。

三是改变胶筒结构, 封隔器扶正胶筒加新型保护伞, 增加扶正强度。室内试验证明, 新型胶筒结构可提高胶筒承压 3~5MPa, 管柱寿命延长 1.5~2 倍。

四是设计了防中途坐封结构,克服了常规封隔器在下井过程中,工作筒与套管内壁摩擦撞击时,工作筒上移造成封隔器提前释放的问题。

(2) 桥式偏心测试工艺的技术优势。

一是单卡测流量提高了测试准确率。单卡测流量降低了流量计的量程,在仪器精度和最大误差不变的条件下,测量的准确率得到提高。常用流量计量程为 $300\text{m}^3/\text{d}$,测试精度为 $\pm 2.5\%$,仪器最大误差量为 $\pm 7.5\text{m}^3/\text{d}$,对于低配注层段无法测得准确水量。单卡测流量可将量程下调到 $100\text{m}^3/\text{d}$ 以内,仪器误差最大量降为 $\pm 2.5\text{m}^3/\text{d}$ 。

二是单卡测分层静压为油藏工程做好分层动态分析、进一步认识油藏提供了方法和手段。随着油藏精细地质研究的不断深化,油田开发调整的不断深入,笼统压力资料已不能适应油藏分层动态分析需要,掌握真实的分层(段)压力水平对进一步做好压力结构调整和注采结构调整具有重要的意义。

1.1.4 常用分层注水管柱

(1) “两小一防”细分注水管柱。

①组成:SY341-114 封隔器+665-2 型配水器。

②功能:“两小一防”指的是小夹层、小卡距、防止在测压时封隔器下部高压层向上部低压层产生压力传递。该技术使两级偏心配水器的间距由原先的 8m 缩短到 2m,将薄差层从原来划分的层段中解放出来,提高其吸水能力,提高储量的动用程度,满足了油田细分注水的需要。

③工作原理。

释放:从油管正打压,高压液体从释放孔进入活塞腔,推动活塞、工作筒上行,压缩胶筒,同时带动内工作筒、卡簧挂、滑块上行,卡簧卡在中心管的卡牙上,即可以正常分层注水。

解封:上提管柱解封。

洗井:从套管注入干线水,打开上活塞,经外中心管通道推动下活塞打开通道,液体经底部球座从油管内返回地面。

(2) 试注试配一次完成注水管柱。

功能:对新投产注水井通过一次作业和二次释放,完成注水井的试注和试配两次作业。

工作原理:根据地质方案将封隔器、配水器下到预定位置,在保护封隔器下部连接一个 $\phi 48\text{mm}$ 球座,配水器不投堵塞器,管柱底部连接挡球。试注时,投球释放保护封隔器,捞球后试注;然后根据试注情况进行试配。试配时,将对应注水层的偏心投入堵塞器,油管打压释放封隔器,经投捞测试后,开井注水。

试注试配一次完成管柱与常规的试注试配管柱相比,在试配阶段,单井可减少作业调整一井次,节约作业费用 3.6 万元。截至 2009 年 11 月应用试注试配一次完成管柱合计 385 口井,节约作业费用 1392.16 万元。

(3) $4\frac{1}{2}\text{in}$ 小井眼分层注水管柱。

根据油田开发的需要,2000 年投产了 $\phi 114\text{mm}$ 小套管 3 次加密注水井,为此研制了 $4\frac{1}{2}\text{in}$ 小井眼分层注水管柱。

功能:实现小套管的分层注水。

重要改进:一是受最大外径及最小通径限制,重新设计了封隔器洗井机构。内外中心管采用 30GrMn 高强度的材料,减少了壁厚,增加洗井过流通道。洗井活塞采用上端小、下端大的锥形结构,保证在正常洗井压力下洗井排量。二是由于胶筒变形量增大,改进了胶筒配

方。封隔器坐封后，胶筒在硬度不变的情况下，弹性好，伸长率高，保证胶筒变形后不撕裂。

1.2 聚合物驱分层注入工艺技术

聚合物驱油是大庆油田高含水后期保持可持续发展的重要技术措施。尽管目前聚合物驱开发的都是油层发育状况相对良好、有效厚度大、渗透率高的砂岩组，但层间矛盾仍然比较突出。笼统注入时，油层动用情况差，聚合物单层突进，部分采出井见聚较早，含水上升较快，并且在全井注入压力上升的同时，各层段的注入压力上升幅度不同，导致各层段注入量的分配变化较快，注聚合格率比较低。

为了提高注聚合格率、缩短测试周期、提高测试准确率，大庆油田从 2000 年就开展了聚合物分层注入工艺技术的研究和应用，到目前为止，先后研制应用了双管分注、油套分注、环形降压槽、梭形杆偏心分注等注入工艺技术。这些新技术的应用，有力地保证了聚合物驱的整体开发效果。

分层注聚后，分注井区油层动用状况得到了较好的改善，周围采出井见效明显：一是改善了中、低渗透油层的注入状况；二是分层注入促使周围采出井聚合物驱见效；三是分注后周围采出井出现了二次受效的好局面。

1.2.1 地面控制油套分注

单管油套分注工艺包括井下管柱部分和地面控制部分。

井下管柱部分由 2 级 Y341-114ML2 封隔器(不可洗井)和 $\phi 62\text{mm}$ 油管构成,2 级封隔器串联起来使用,卡在隔层,利用油管注入封隔器下面层段,利用套管注入封隔器上面层段。

地面控制部分主要包括注聚专用井口、流量调节器、分体式电磁流量计和便携式巡检仪。该工艺依靠分体式电磁流量计和便携式巡检仪可以随时检测目的层流量，依靠流量调节器随测随调流量，直到满足地质配注方案为止。地面油套分注工艺简图见图 1-2-1。

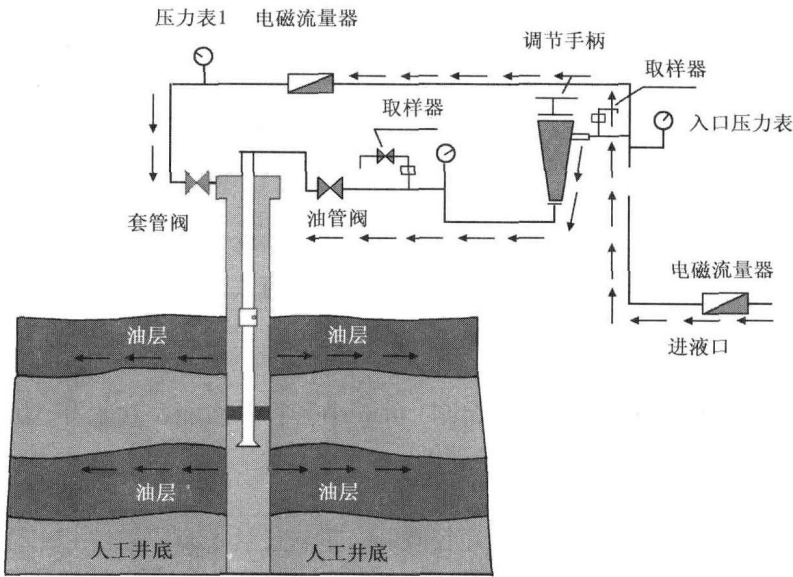


图 1-2-1 地面油套分注工艺简图

注聚专用井口见图 1-2-2。

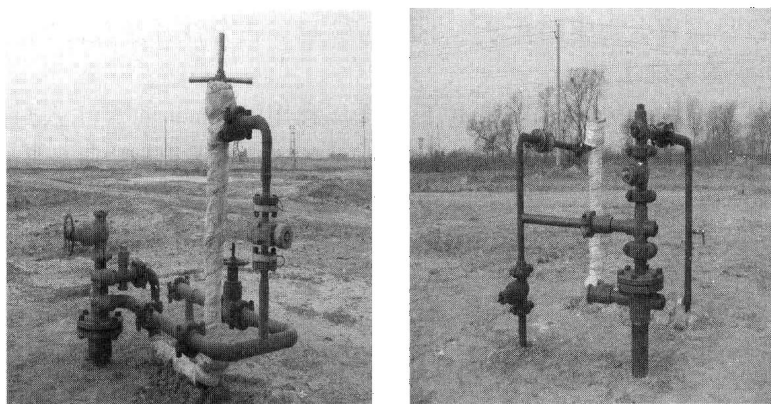


图 1-2-2 注聚专用井口

分体式电磁流量计和便携式巡检仪见图 1-2-3。

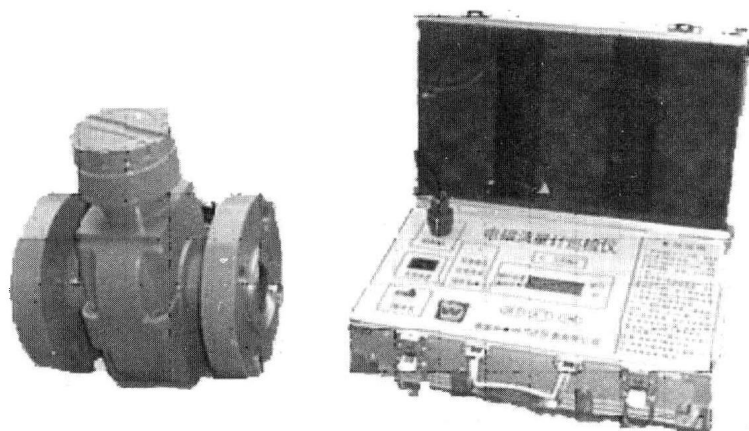


图 1-2-3 分体式电磁流量计和便携式巡检仪

(1) 流量调节器简介。

结构：流量调节器主要由阀杆、阀盖、阀体、阀芯和密封机构等组成。

作用：流量调节器的作用是在聚合物溶液的剪切降解边界条件内控制调节聚合物流量。

工作原理：在调节流量时，旋转调节器上部手柄（顺时针为关闭），带动丝杠和锥形阀芯上下移动，增大和缩小阀芯和阀体之间的间隙来控制流量。

(2) 测试工艺原理。

油套分注主要使用地面测调工艺，利用安装在井口的流量调节器，根据地质配注方案来调节控制层流量大小，使用电磁流量计和便携式巡检仪定量测试控制层的流量。

(3) 油套分注工艺特点。

油套分注可实现 2 层分注，流量在 $12 \sim 120 \text{ m}^3/\text{d}$ 范围自由可调，黏损率小于 3%，最大截流压差 3MPa。该工艺具有工艺简单、一次性投资小、测试简单方便的特点，通过安装在井口的流量调节器和电磁流量计在地面即可实现准确测试调节流量。

(4) 应用情况。

由于油套分注工艺简单,剖面可测,投资较小,测试容易,应用较为广泛。以杏北开发区聚合物驱为例,目前聚合物驱油套分注井共有72口,占分注井总数的38.1%。

1.2.2 地面控制双管分注工艺

该工艺采用 $\phi 76\text{mm}$ 和 $\phi 40\text{mm}$ 双管井下管柱,利用 $\phi 40\text{mm}$ 油管注入封隔器下面层段,利用连接在 $\phi 76\text{mm}$ 油管和 $\phi 40\text{mm}$ 油管的环形空间注入封隔器上面层段,实现2层分注;还可利用 $\phi 76\text{mm}$ 油管和套管间的环形空间,实现3层段分注。双管分注地面控制系统主要包括新式注聚井口,流量调节器和分体式电磁流量计。双管分注工艺使用的大通道注聚封隔器及管柱示意图分别见图1-2-4、图1-2-5。

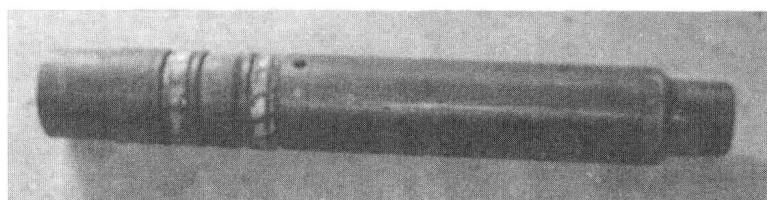


图1-2-4 大通道注聚封隔器

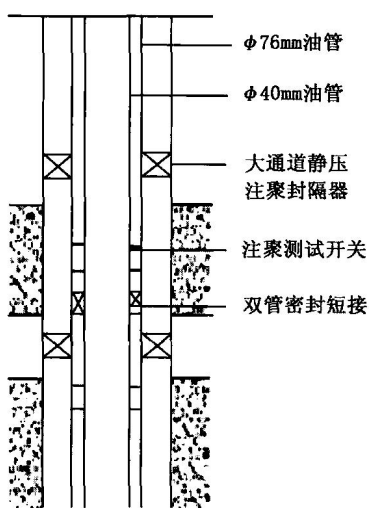


图1-2-5 双管分注工艺管柱示意图

(1) 测试工艺原理。

双管分注测试工艺原理同油套分注相似,主要利用安装在井口的流量调节器,根据地质配注方案来调节控制层流量大小,利用电磁流量计和便携式巡检仪定量测试控制层的流量。

(2) 双管分注工艺特点。

该系统可实现流量调配的随测随调。实现流量在 $12 \sim 120\text{m}^3/\text{d}$ 范围自由可调,黏损率小于3%,最大截流压差为3MPa。该工艺测试简单方便,但作业施工比较繁琐,且一次性投资较大。

(3) 应用情况。

双管分注工艺简单,剖面可测,测试容易,但由于该工艺作业施工比较繁琐,且一次性投资较大,故应用受到较大限制。以杏北开发区聚合物驱为例,目前聚合物驱双管分注井只有18口,占分注井总数的9.5%。

1.2.3 梭形杆偏心分注工艺

该工艺在原有偏心配水器结构原理基础上,改常规堵塞器为梭形杆结构。一方面梭形杆全部为光滑曲面降低了黏损;另一方面增加梭形杆上的梭形球数量可以相应的增大节流压差效果,同时堵塞器可任意打捞。通过调整梭形球直径及级数(即梭形球的个数),可以调节节流压差,控制黏损率等参数,实现较小的黏损下,形成明显的节流压降,使目的层在较小的黏损下实现压力、水量的控制。梭形杆偏心分注结构示意图及偏心注聚工艺管柱示意图分别见图1-2-6、图1-2-7。