

新型可逆乳化钻井液改善油气井产能

在强反应性页岩地层钻复杂井眼轨迹时，钻井公司面临一个两难选择：即要么使用油基泥浆以稳定井中的页岩地层，但对完井可能造成一定的影响，要么使用比较容易清洗的水基泥浆，但钻井风险明显加大。目前，钻井泥浆化学研究新进展使钻井公司有了两全其美的解决办法。

Syed Ali

雪弗龙德士古公司
美国得克萨斯州休斯敦

Mike Bowman

美国路易斯安那州新奥尔良

Mark R. Luyster

Arvind Patel

Charles Svoboda

M-I SWACO 公司

得克萨斯州休斯敦

R. Andrew McCarty

雪弗龙德士古公司
安哥拉 Cabinda

Bob Pearl

雪弗龙德士古公司
路易斯安那州新奥尔良

CLEAN SWEEP、DeepSTIM、QUANTUM maX 和 VDA（粘弹性转向酸）等是斯伦贝谢公司的商标。
FazeBreak 和 FazePro 是 M-I SWACO 公司的商标。

在钻井中使用油基泥浆会造成一定的地层损害。实验室试验表明，使用油基泥浆对储层进行钻井会造成不同程度的地层伤害和完井损害。这些试验结果得到了现场数据资料的证实。对于钻井公司来说，油基泥浆可以稳定反应性页岩、改善机械钻速并提高钻井总体效率。而对于完井工程师来说，井眼的油湿状态、钻屑以及泥浆滤饼等都会给完井带来一定的难题。

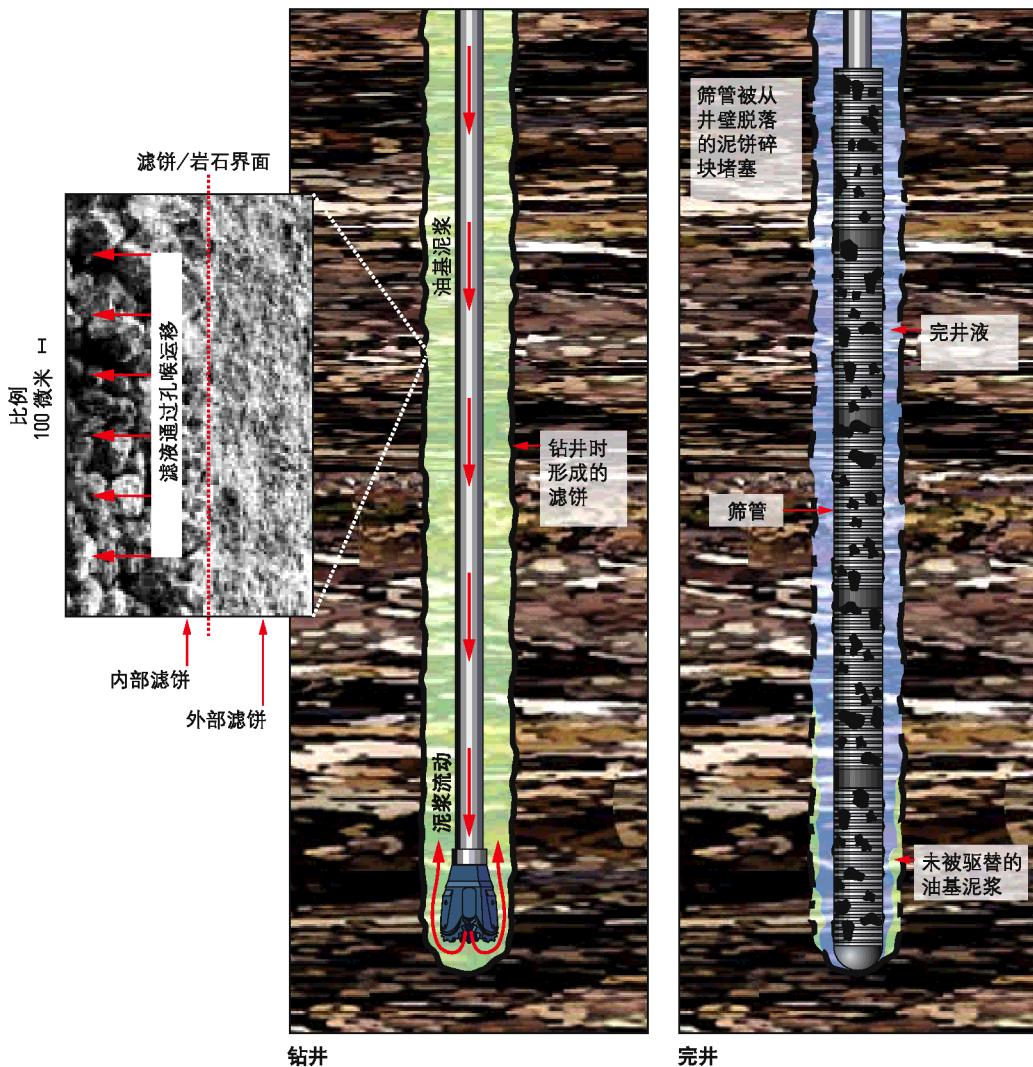
理想的情况是，泥浆在钻井时具有油外相特性，而在完井时具有水外相特征性，这样就可以最终解决提高钻井效率与改善油井产能之间的矛盾。目前，钻井泥浆化学研究新进展使钻井公司有了两全其美的解决办法：钻井时使用油基泥浆（OBM）提高效率、降低风险并稳定井眼，然后将油基泥浆转变成水基泥浆（WBM）以便于清井并尽量降低完井损害。本文对一种新型可逆乳化钻井液进行了讨论，并介绍了某作业公司是如何使用这一技术来改善油井产能的。

油井产能损害

使用油基钻井液对储层进行钻井会造成多种形式的油井产能损害：损害可能发生在油藏岩石内部，也可能发生在井壁附近，或者与完井设备以及砾石充填层的堵塞有关，而堵塞主要是由于油基泥浆以及油湿滤饼清除不彻底造成的。

在钻井泥浆滤液侵入油藏岩石基质时，泥浆中大的固相颗粒会在油藏岩石表面形成一层滤饼。滤液中较小的颗粒会聚集起来并堵塞孔喉，形成一层内部滤饼（下一页^[1]）。油湿滤饼，特别是在地层内部形成的泥饼，通常会降低化学剂的作用，裸露的表面积小，从而进一步影响化学和机械方法清除滤饼的效果。

侵入地层的油携带有各种油湿表面活性剂。尽管有必要用这些表面活性剂来稳定油包水乳化液，但是这些表面活性剂进入地层孔喉会改变自然润湿状态，将水湿变为油湿，这又会在生产时阻碍油气在岩石基质内的流动^[2]。试验表明，孔喉为油湿的时候，不仅会阻碍油气的流动，而且会使细粒、粘土或其它细小岩石颗粒更容易发生运移。这些颗粒的运移会堵塞孔喉，进一步降低渗透率。



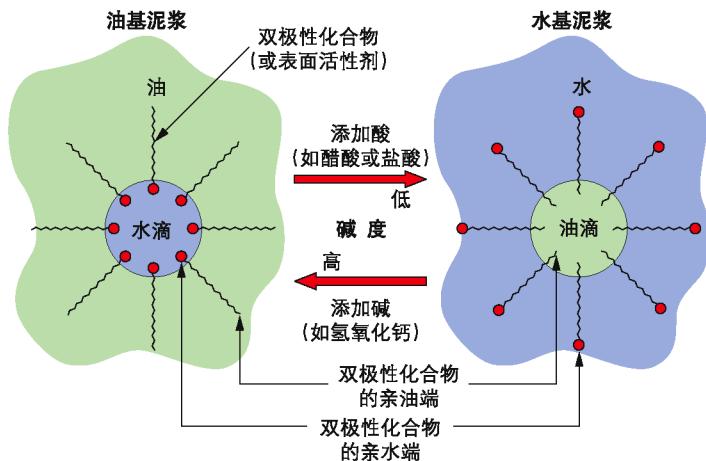
▲ 残余油基泥浆滤饼使油井产能下降。在钻井过程中，泥浆滤液侵入渗透性储层，在其内部和外部形成滤饼，如显微照片所示（左）。滤液携带的表面活性剂常常会改变产层内孔喉的润湿状态，并可能带动细粒迁移，使之变为油湿。低质量滤饼沉积、表面和孔喉油湿以及细粒迁移等都造成地层损害。一旦井筒用完井液替出泥浆，生产设备就位后，未被驱替的残余油基泥浆、钻屑以及井壁上脱落的滤饼等，都可能堵塞筛管和砾石充填层，从而使油井产能下降（右）。

在完成钻井之后、下入完井设备之前，井眼中的流体通常会被替换成水基完井液，水基完井液一般是各种盐溶液。在这一替换过程中，在溶液中加入化学清洗剂和粘性隔离液，以使表面变为水湿，与此同时有助于从井眼中清除油基泥浆和残留油湿物质。然而，由于在钻井过程中形成的油基泥浆滤饼和其它油湿物质为油湿，很难用清洗剂清除^[3]。无法清除的油基泥浆和清洗液会形成乳化液，经常留在井筒中。一旦开始生产，油藏的流体会

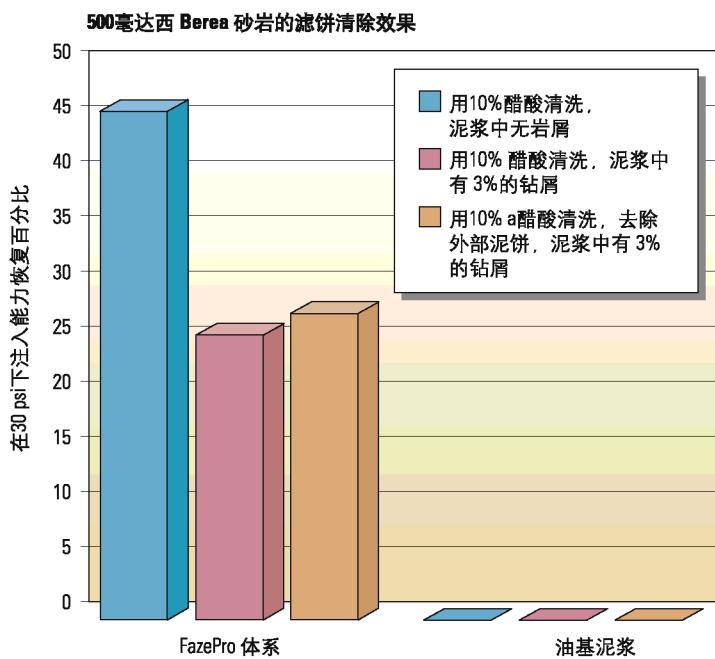
带动这些油湿物质流动，从而堵塞完井设备和砾石充填层。

内部和外部油湿滤饼的形成、表面活性剂的影响、细粒堵塞或迁移、完井设备以及砾石充填层的堵塞等，都将造成地层伤害，会严重影响油气井的动态特性，无论是对生产井还是注入井。要避免与油基泥浆有关的产能损害，最直接的办法是使用水基泥浆钻井。然而，钻井工程师通常使用油基钻井液来降低钻井风险，同时提高钻至大位移井目标层的效率。

-
1. Bailey L, Boek ES, Jacques SDM, Boassen T, Selle OM, Argillier J-F 和 Longeron DG: “Particulate Invasion from Drilling Fluids”, SPE 54762, 发表在SPE欧洲地层损害会议上，海牙，1999年5月31日-6月1日。
 2. Ballard TJ 和 Dawe RA: “Wettability Alteration Induced by Oil-Based Drilling Fluid”, SPE 17160, 发表在SPE地层损害控制讨论会上，美国加利福尼亚州 Bakersfield，1988年2月8-9日。
 3. Ladva HKJ, Brady ME, Sehgal P, Kelkar S, Cerasi P, Daccord G, Foxenberg WE, Price-Smith C, Howard P 和 Parlar M: “Use of Oil-Based Reservoir Drilling Fluids in Open-Hole Horizontal Gravel-Packed Completions: Damage Mechanisms and How to Avoid Them”, SPE 68959, 发表在SPE欧洲地层损害会议上，海牙，2001年5月21-22日。



▲ 通过调整酸碱度来改变乳化液的状态。在钻井液中加入酸性或碱性成分可以改变表面活性混合物亲水端的离子强度。这样就能制成直接乳化液（水包油）（左）或间接乳化液（油包水）（右）。通过加入转换成分（如盐酸）能将油包水流体转换成水包油流体，之后再加入碱性物质（如氢氧化钙）就能将水包油流体转换回油包水流体。

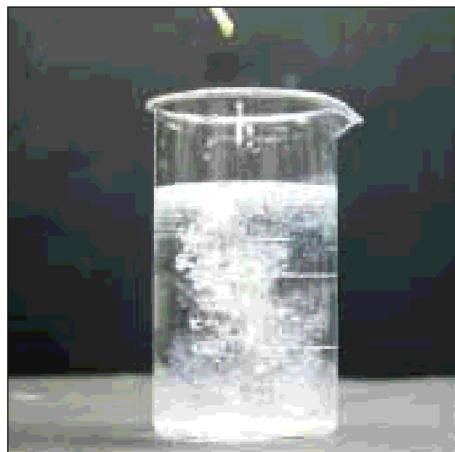
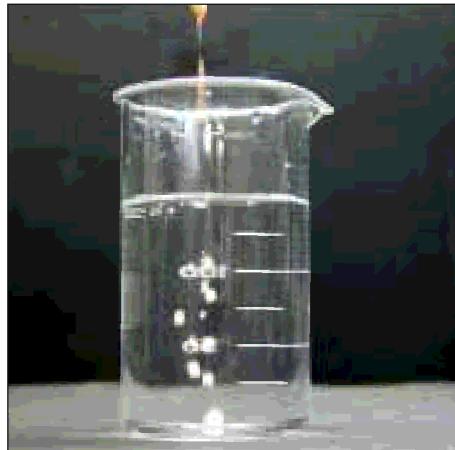


▲ 注入能力恢复情况得到改善。对渗透率为500毫达西的Berea砂岩岩心进行了试验，以评价注入能力的恢复情况。利用实验室调配的FazePro体系进行了试验（左），并与使用相似成分的常规油基泥浆（OBM）试验结果（右）进行了比较。第一组试验（蓝色）对象不包含钻屑，第二组和第三组试验对象中有体积含量为3%的模拟钻屑。在所有试验中，采用10%的醋酸溶液清洗残留钻井液和沉积的滤饼。在第二组试验（粉红色）中，在酸洗之前没有预先清除外部滤饼。在第三组试验（棕色）中，预先清除了外部滤饼但没有清除在岩心表面上沉积牢固的滤饼。使用FazePro体系时注入能力恢复了25%到45%，而使用常规油基泥浆时，试验显示注入能力没有任何恢复。

可逆乳化液

在上世纪90年代中期，完井作业中遇到的与油基泥浆清洗有关的问题促使M-I SWACO公司的研究人员和工程师对研制可逆乳化油基泥浆的可能性进行了调查。

当两种流体间的界面张力降低时就会形成乳化液，使一种流体（即内相）在另一种连续流体（即外相）中形成稳定的分散液滴。降低两种不同流体间的表面张力通常需要双极性物质的存在，双极性物质也就是可部分溶于内、外两相流体的物质。



▲ 证实乳化液的可逆特性。将密度为9.4磅/加仑(1.13克/厘米³)的无固相FazePro溶液滴入烧杯内的水中，液滴形状不变，说明溶液仍为油湿状态（上）。向FazePro体系中添加15%的盐酸（HCl），然后将溶液滴入烧杯中，溶液迅速扩散，说明该体系已经转换为水湿状态（下）。

在钻井过程中，油可能会被乳化在油基泥浆的水相内，形成所谓的直接乳化液。在油基泥浆中，水相被乳化在油中，通常被称为逆乳化液。

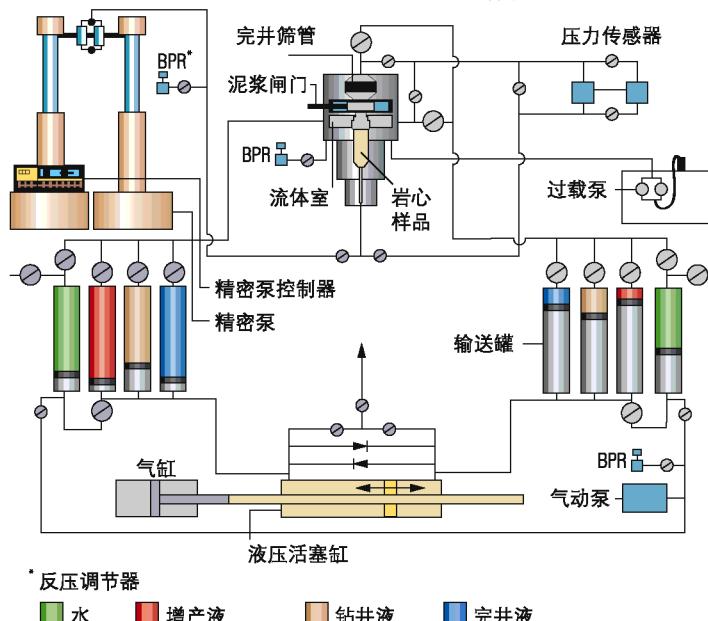
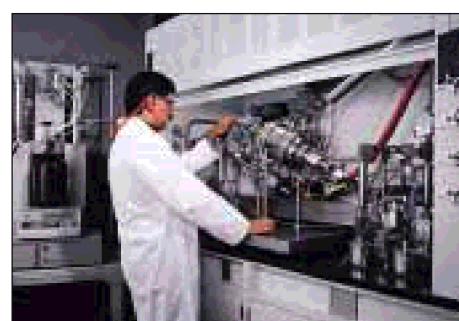
要形成乳化液，双极性分子必须在油水两相的界面上进行排列。油水界面上双极性成分的方向决定了乳化液的类型。亲水极性基团与亲油非极性基团的化学性质和极性强弱的对比决定了乳化液是水包油 (O/W) 型还是油包水 (W/O) 型^[4]。使用特殊的表面活性剂改变乳化液的碱性就能改变亲水极性基团的极性强度，从而改变乳化液的性质（前一页，左上图）。

在这种理论的基础上，研究人员研制出了 FazePro 逆乳化钻井液体系。工程师能够通过调整钻井液的碱度可将乳化液从 W/O 型转变成 O/W 型，并

可以转变成其原来的油湿状态（前一页，右图）。钻井时，FazePro 体系是油湿的，但在完井时，在体系中加入酸以改变乳化液的性质，将残留泥浆和油湿滤饼转变成水湿状态。

乳化液性质的转换将固相物质的表面润湿性从油湿变为水湿，这一点很重要，因为滤饼中的固相颗粒变为水湿能使溶于酸的防滤失添加剂（如碳酸钙）溶解，使滤饼变成碎块，有利于快速、彻底地清洁井筒。

FazePro 钻井液体系在保证具有油基泥浆的钻井性能和地层控制能力的同时，还能提高清除滤饼的效率，具有水基泥浆不损害地层的特点。使用该体系，工程师就能够兼顾钻井和完井作业的优化。



▲ M-I SWACO 实验室模拟器上进行的筛管堵塞试验。这套试验装置（上）既有标准双向渗透仪的特点，又能在无需降低装置压力的情况下使泥浆滤饼沉积在独立或预充填筛管上。该装置允许四种不同流体的动态滤饼沉积、驱替和反排（下）。在保持过平衡压力和温度的情况下，可将完井筛管置于流体流动路径上。

该地区的海上油田钻井工作遇到了许多挑战。复杂的井眼轨迹和钻井条件都要求使用油基泥浆提高效率、降低风险。然而，在使用油基泥浆对储层段进行钻井后，工程师发现注水能力比预期的低而且很难采取补救措施。

为了解决注水能力问题，雪弗龙德士古公司休斯敦工程支持中心的研究人员开始进行一系列的试验和模拟，以改善 Cabinda 地区注水井的动态特性。第一组试验包括使用 Cabinda 地区有代表性的常规油基泥浆对渗透率为 500 毫达西的 Berea 砂岩岩心进行注水能力分析^[5]。为便于比较，在相同的条件下还对 FazePro 体系进行了评价试验。

试验采用经过过滤的合成海水（含重量百分数为 3% 的氯化钾）注入 Berea 岩心来测定初始注入速度。在试验之前，用碳酸钙将每种钻井液的密度调整到 9.5 磅/加仑（1138 公斤/立方米）。在两个小时内，技术人员用改装的高温高压过滤装置在 1000 psi (6.9 兆帕) 的压差和 150°F (66°C) 的温度下在 1 英寸（25 毫米）厚的 Berea 砂岩片上形成了油基泥浆滤饼和 FazePro 体系滤饼。然后用基础油替换掉泥浆，接着用海水替换基础油，最后用溶剂和有机酸的混合物替换海水，使每种溶液在一定的时间内流过岩心。最后的注入试验采用与最开始测定初始注入能力时一样的流体和技术。

这些试验显示，FazePro 体系滤饼造成的注入能力损失至少可恢复一部分，而油基泥浆滤饼造成的注入能力损失却无法恢复（前一页，左下图）。M-I SWACO 公司的研究人员做了进一步的对比试验研究该体系。他们用实验室完井模拟器在岩心上造出滤饼（左图）。用化学清洗剂处理滤饼，使滤饼崩解，沿生产方向流动的流体将泥饼从岩石表面剥下，并携带剥落的泥饼碎块通过一个 40/60 目的预充填筛管^[6]。

4. 亲油性是指物质或分子表面对油的引力。该术语用来描述油基泥浆化学处理剂的油湿特性。与此相对应，亲水性是指对水有很强的引力。
5. Berea 砂岩通常在实验室中用于注入和恢复的渗透率试验。虽然 Berea 砂岩是天然形成的，但它具有不均匀的孔隙结构和矿物成分，各向异性很小。

筛管上的压降测量结果表明, 筛管被油基滤饼堵塞, 而 FazePro 体系的滤饼被分解后流过筛管, 造成的流量损失极小 (右表)。

为了验证这些小规模线性流动试验, 雪弗龙德士古公司的工程师利用其径向流试验模拟装置按比例增大了体积, 并且在径向流条件下对泥浆替换、驱替和清井进行了更精确的模拟(右下图)。这套试验装置可模拟出实际条件下的流量。在这组试验中, 油基泥浆密度为 10.3 磅/加仑 (1234 公斤/立方米) (利用碳酸钙配重), 将试验结果与利用类似配重方式的 FazePro 钻井液试验结果进行了比较。这两种泥浆体系中都含有 35 磅/加仑 (99.8 公斤/立方米) 的模拟钻屑。首先使用海水形成初始注入流。在 150°F、500 psi (3.45 兆帕) 的压差下, 使泥浆循环流过内径为 3 英寸 (76.2 毫米)、外径为 4 1/8 英寸 (111.13 毫米)、长度为 6 英寸 (152.4 毫米) 的 10 微米铝砂岩心¹¹。将泥浆循环通过该岩心。经过循环和关井模拟之后, 技术人员用基础油替换了泥浆, 再用含有表面活性剂的清除液替换油基泥浆, 或用含有 5% 互溶剂和腐蚀阻止剂的 10% 醋酸替换 FazePro 体系。在最后重新注入海水之前, 将整个清除装置浸泡一个小时。在获得注入能力结果后, 将海水沿生产方向从岩心中采出。试验结束后, 获得了最终注入能力剖面。

径向流模拟的结果显示, 初始替换和后来的回流都没能将油基泥浆滤饼完全清除掉 (下一页)。使用油基泥浆时的注入曲线表明, 清井后没有吸入能力, 回流后吸入能力为 26%。FazePro 体系滤饼在用酸浸泡后完全从岩心上清除掉。吸入曲线表明, 用酸浸泡后的吸入能力为 49%, 回流后为 52%。

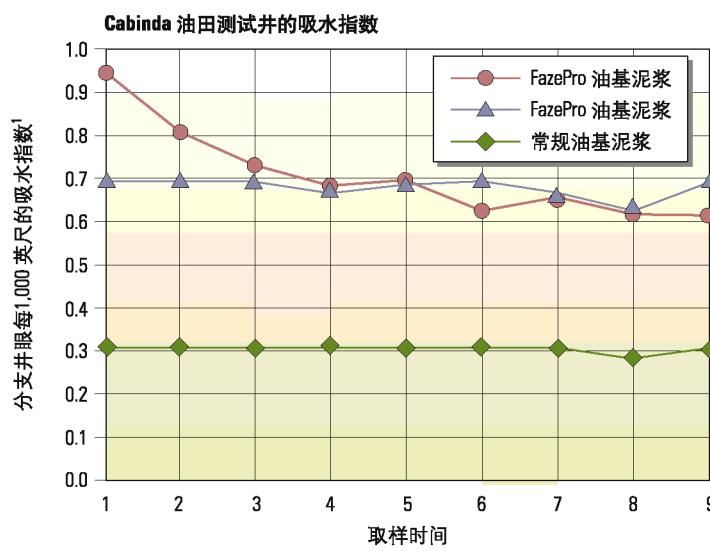
根据实验室模拟数据, Cabinda 的工程师先用油基泥浆钻出 3 口多分支注水井的第一口。钻了四个分支井眼并用过滤海水进行泥浆替换。在实施下列处理后进行了完井, 包括注入一段溶剂隔离液, 用海水彻底循环几次, 使用 CLEAN SWEEP 溶剂体系清除损害, 注入隔离液和用 15% 的盐酸溶液浸泡油藏 30 分钟等。

试验流体	筛管两侧的初始压降	筛管两侧的最终压降
常规油基泥浆	0.1 psi	300 psi
FazePro 油基泥浆	0.1 psi	0.3 psi

▲ FazePro 体系回流后的地层损害很小。利用完井模拟器对常规油基泥浆和 FazePro 油基泥浆体系造成筛管堵塞的情况进行了评价。当这两种流体流过标准的 40/60 目预充填筛管时, 观察到筛管两侧的压降有明显的差异。这说明, 常规油基泥浆形成的滤饼和其它残余物部分堵塞了预充填筛管, 而 FazePro 油基泥浆对流动造成的影响很小。

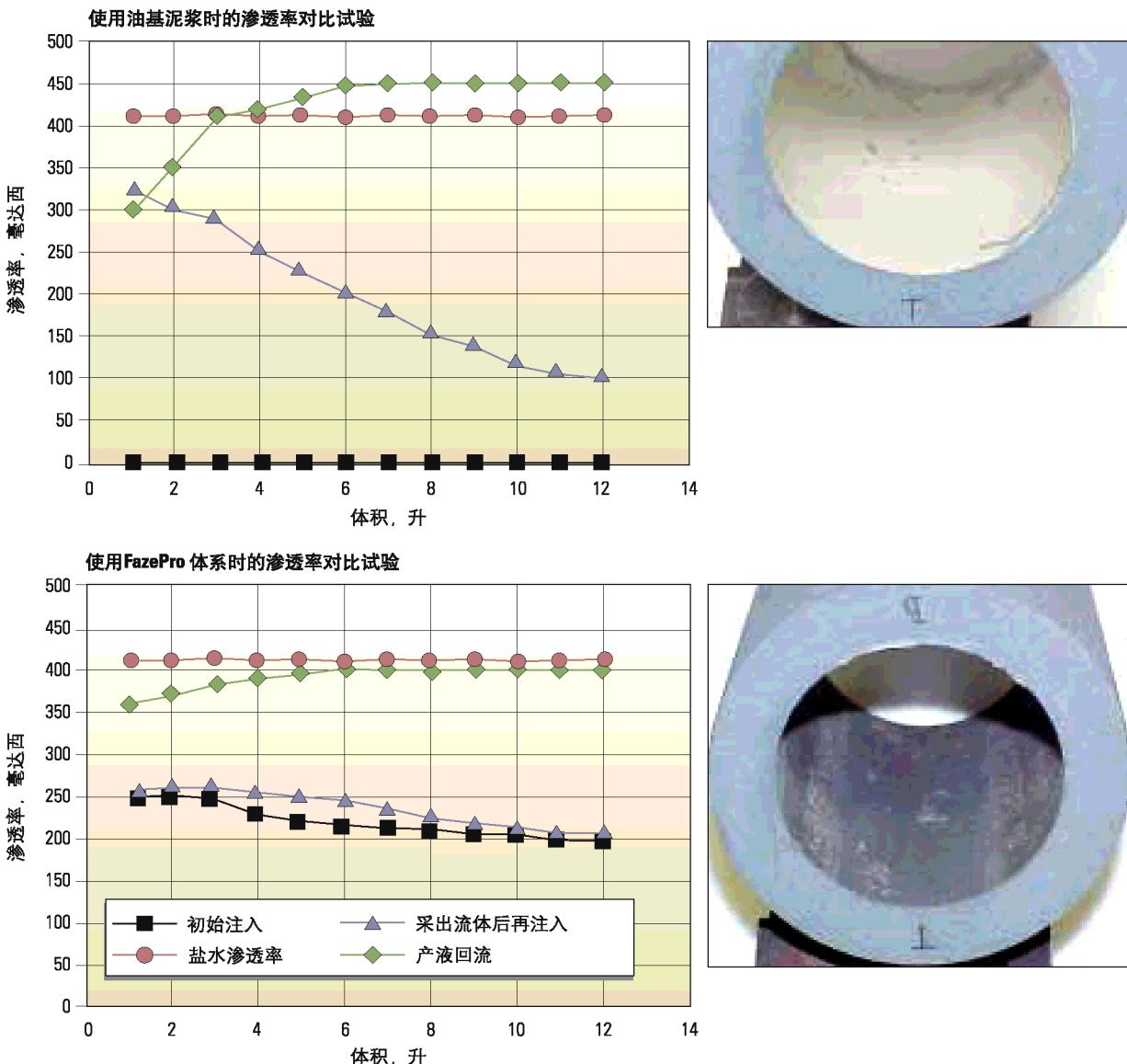


▲ 利用径向流试验模拟装置对 FazePro 体系进行评价。雪弗龙德士古公司的径向流实验室模拟器能够让工程师在接近油藏实际情况的试验条件下评价动态滤饼沉积的影响。试验温度可高达 185°F (85°C), 工作压力可达 500 psi (3.45 兆帕), 流体流速可达 350 英尺/分钟 (106 米/分钟)。待测试流体沿径向流过在轴向上有孔眼的岩心 – 滤饼沉积在孔眼的内壁上, 以模拟井下实际的循环情况。



¹ 吸水指数 = 注入桶数 / 油管头压力 psi

▲ 现场试验中的吸水指数得到改善。在安哥拉 Cabinda 油田利用 FazePro 体系所钻两口井的注入能力 (粉红色和紫色) 是相同油田利用常规油基泥浆所钻一口井注入能力 (绿色) 的两倍以上。



▲ 岩心试验中的滤饼。常规油基泥浆和FazePro体系沿径向流过管状岩心，在岩心的内表面形成一层泥饼（棕褐色）（右上）。在清井和反循环洗井后，绝大部分常规油基泥饼仍然残留在岩心上，而FazePro体系只有少量残余泥饼残留在岩心表面上（右下）。试验数据表明，使用FazePro体系时注入渗透率（黑色）下降了50%（左下）。利用常规油基泥浆进行类似试验得到的结果（黑色）表明，清井效果很差，注入能力水损失100%（左上）。尽管使用常规油基泥浆时的注入渗透率在使流体按生产方向流动后有所改善（紫色），但注入能力没有得到恢复。

使用FazePro体系对最后两口多分支注水井进行了钻井。其中第一口井有两个分支井眼，第二口有四个分支井眼。在每种情况下，利用过滤海水（含有10% HCl）充满井筒并浸泡5分钟，然后在注水前进行回流。

对这三口井的吸水能力分析结果表明，利用FazePro体系所钻两口井的注入能力是利用常规油基泥浆所钻一口井的注入能力的两倍以上（[前一页](#)，[下图](#)）。

M-I SWACO和雪弗龙德士古公司的工程师还在继续对FazePro体系进行完

善，以满足钻完井作业的苛刻要求。根据Cabinda油田的测试数据，利用FazePro体系对储层段进行钻进获得的吸水能力是使用常规油基泥浆的两倍之多。

生产井钻井

继FazePro体系在注水井钻井中得到成功应用之后，Cabinda的工程师现在将该体系推广应用到钻清井要求更高的生产井上。从2000年起，Cabinda油田有35个井眼段钻完井中使用了FazePro体系，其中大约50%是在生产

井中的应用，另外50%是在注水井中的应用。

多分支井的长度较大给钻井作业带来了更多的困难。在通常使用水基泥浆钻井以减少完井问题的地区利用油基泥浆钻了几口井，结果井筒的稳定性很好，无需下入技术套管柱，从而节省了时间和钻井费用。

6. 40/60目预填筛管是指在筛管内部预先充填了40/60目（美国标准）砂砾的筛管。

7. 铝砂盘是指由氧化铝制成的人造岩心。

完井作业也更为复杂^[8]。独立筛管、裸眼井砾石充填、膨胀式筛管的使用也越来越普遍。为了适应这些新型完井设计，已经对完井程序进行了修正，也研制出一些新型清井化学剂。

通常使用盐酸、醋酸或两者的混合液来转换 FazePro 体系的润湿状态并清除残留滤饼。泵入清井液之后，滤饼就立即崩解。由于井眼压力大于地层压力，所以当泥饼从井壁上掉下后，完井液通常会渗入油藏，降低了清井效率并增加了风险。

最近，在钻 Cabinda 油田海上 Kuito A-06 井时，在裸眼井砾石充填之前使用 FazePro 体系对储层段进行了钻井。由于完井工具结构方面的限制，需要延迟进行乳化液转换和泥饼清除，因此有时将完井液输送管柱从砾石充填中取出，没有引起完井液损失过多或失控。

为获得延迟乳化液转换，M-I 工程师研制出了 FazeBreak 融合剂处理液，它可以使 FazePro 体系滤饼的崩解延迟。在砾石充填作业的 beta 阶段加入 FazeBreak 处理液，使融合剂直接与油湿滤饼接触，使乳化液的转换延迟了 4.5 小时^[9]。这使钻井工人有充足的时间安全快速地起出作业管柱。与酸液处理情况类似，FazeBreak 添加剂使形成泥饼的碳酸钙滤失和桥堵物质溶解，通过清除井眼和完井设备中的滤饼固相物质，来提高油气井的动态特性。

提高碳酸盐岩油藏的产能

美国墨西哥湾 Mobile Bay 的钻井条件非常具有挑战性。该地区的井底温度通常超过 300°F (49°C)，而且构造倾角非常大，使得井眼定向控制（特别是水平井的定向控制）非常困难。

8. 有关完井技术更多的信息，请参见：Acock A, ORourke T, Shrimboh D, Alexander J, Andersen G, Kaneko T, Venkitaraman A, Lopez-de-Cardenas J, Nishi M, Numasawa M, Yoshioka K, Roy A, Wilson A 和 Twynam A：“实用防砂和控砂方法”，《油田新技术》，16 卷，第 1 期（2004 年春季刊）：10-27。
9. Beta 阶段是指高速水力充填中砾石充填返回波阶段。

2003 年，为了在 Mobile Bay 992 区块钻一个 2176 英尺 (663 米) 的井眼段，雪弗龙德士古公司、M-I SWACO 公司和斯伦贝谢公司的工程师们设计出了一套综合的油藏钻完井方案。雪弗龙德士古的工程师选择 FazePro 油基泥浆体系，以期提高钻井效率、减小地层损害、降低风险、提供最佳的定向控制条件。FazePro 体系以前从来没有用于这么高的温度条件下 – 可能高达 320°F (160°C) – 但是在休斯敦 M-I SWACO 公司现场支持实验室进行的大量钻前试验表明，该体系在这种条件下可保持其稳定性和性能。

在钻进 16305 到 18704 英尺 (4970 到 5700 米) 测量深度的水平油藏段时没有出现与井眼或泥浆有关的问题。FazePro 油基泥浆体系良好的润滑性改善了井下导向工具的性能，使得定向控制好于以前用水基泥浆钻井的情况。

钻至总深度后，钻井人员将 FazePro 钻井液替换成不含固相物质的 FazePro 流体。为了改善乳化液转换后与完井液的配伍性，无固相体系的内相由溴化钠和溴化钙混合物组成。钻井人员将完井装置下入井筒并向井内替入溴化钠完井液。

虽然生产测试结果超过了对油藏质量的预期，但工程师们还是相信酸化措施会提高油井动态特性。尽管酸化措施应该在水湿环境中进行，但是无论采取何种驱替措施，总会有少量的钻井液和滤饼无法被清除掉，而当酸与油基流体混合时，乳化液有可能会造成地层损害。然而，在与酸液接触时，残留的 FazePro 物质变成水湿，从而将对酸液性能的影响降至最低。

斯伦贝谢的工程师们在 DeepSTIM II 海上增产作业船上分 10 个阶段泵入 6 万加仑 (227 立方米) 15% 的盐酸 (HCl) 和 10% 的醋酸，然后以 30 桶 / 分钟 (4.8 立方米 / 分钟) 的速度分 9 个阶段注入 15% 的 HCl VDA 粘弹性转向酸液。这是在墨西哥湾首次使用 VDA 技术，工程师成功地突破了酸液和输送系统的温度和输送

速度等方面的限制。

通过一套用于高温高压环境的 QUANTUM maX 砾石充填系统将酸处理液输送至井下。与井壁接触后，残留的 FazePro 体系滤饼变成水湿状态。所有残留的碳酸钙桥堵物质都成为水湿状态而溶解。VDA 体系达到了酸液转向、处理效果均匀、与酸液的接触面积最大等目的。

在酸液处理之前，该井用 4 英寸钻杆进行测试，测试排量为 560 万立方英尺 / 日 (158536 立方米 / 日)，流压为 1200 psi (8.3 兆帕)。酸化后，井流量为 1588 万立方英尺 / 日 (449723 立方米 / 日)，生产套管的尺寸为 2 1/8 英寸和 3 1/2 英寸，油管流压为 3039 psi (21 兆帕)。

在这一实例中，作业队选择了油湿的 FazePro 油藏钻井液以保证热稳定性和钻完井效率。在钻井过程中沉积的内层和外层滤饼都被转变为水湿，因而很容易被用于酸化碳酸盐油藏的酸液清除。油藏钻井液技术、可逆乳化 FazePro 油基泥浆、VDA 技术和先进的输送系统等一整套技术在降低成本和风险的同时将产量提高了三倍。

未来的发展

作业公司和服务公司联合开发和应用创新技术来提高钻井效率和采收率。随着钻井作业不断突破深度、温度、机械摩擦和完井技术方面的限制，油基钻井液也在不断发展，以满足钻井作业要求。通过将钻井、岩石物理和完井工程等进行综合并对建井作业进行全盘考虑，目前可以更经济有效地进行油气井钻完井作业。与此同时，能够优化油气采收率，提高单井和全油田的效益。

随着各种钻井液（如 FazePro 体系）的发展，钻井人员不必在提高钻井效率与降低完井损害风险之间左右为难了，他们可以同时兼顾二者。随着作业公司和服务公司不断加强合作，将钻井、完井和增产等流程进行优化综合，未来的钻井效率和油井产能将会得到更大的提高。

—DW