

未来石油勘探开发技术展望

张卫东¹ 袁文奎¹ 田克忠²

(1. 中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东 东营 257061; 2. 中国石油华北油田分公司 勘探开发研究院, 河北 任丘 062552)

摘 要:在油田二次开发的背景下,一些前缘技术或新兴技术开始出现。介绍了未来 20 a 可能最有影响的 10 项石油勘探开发技术,包括极大储层接触井技术、流入量灵巧控制技术、无源地震监测技术、千兆级网格模拟技术、全自控油田技术、智能流体变性技术、仿生井技术、纳米级侦测技术、微孔钻井技术和数字油田技术。10 项技术中,有的已经发展了数十年,有的还刚刚起步,但它们都还处于发展的初级阶段,远远没有达到人们预期的效果。未来这些技术的发展、成熟及完善,必将使石油工业的勘探开发进入一个崭新的阶段。

关键词: 油气勘探; 油气开采; 工程技术; 展望

中图分类号: TE132.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2009)03-0118-06

科技进步始终是推动石油工业快速发展的强大动力。在高油价时期,大量资金的投入推动了技术的更新换代;在油价低迷时期,石油企业不断推出新的适用技术来降低勘探开发成本,保持持续盈利。在当前国际经济低迷时期,我国的老油田正在掀起二次开发的热潮。但要实现科学合理的二次开发,必须使用前缘技术并不断去研发新的技术。为此,笔者介绍了 10 项在未来 20 a 可能很有影响的石油勘探开发技术。尽管它们许多才刚刚起步,有的甚至还处于设想阶段,但是对它们的研究目标明确,技术路线清晰,很有发展前景。

1 极大储层接触井技术

增加井眼与储层的接触面积可以增加泄油面积、提高波及系数、延迟水侵或气侵的发生,从而最终提高油井产量及油气采收率。最大储层接触井(maximum reservoir contact wells, MRC)可以实现这样的目的。MRC 是一种智能多分支井,通过主井筒的许多分支井实现与油藏超过 4.827 km 的接触。这种井在油藏驱替方面非常有效,特别是由于增加了分支井眼的数量(在分支井眼是按驱替最优化条件设计的前提下)而使产能获得极大提高,对致密、非均质油藏产能的提高更为明显。例如,沙特石油公司的哈拉得 III 油田 32 口智能 MRC 井获得了 47 696.1 m³/d 的产能^[1]。

然而,这些井有其不足。不足之处在于对每口

井而言只能有有限的智能分支井眼,因为每口分支井眼都需要机械式控制管线与井口相连。而极大储层接触井(extreme reservoir contact wells, ERC)将会利用无限多的分支井眼来对复杂的隔离油层进行优化采油和连通。最近已经实现了用无线通信代替水力管线来控制井下阀门,利用一个井下控制模块向每一个控制阀发射无线指令,这样就可以将机械控制管线去掉,而使每口智能井的分支井眼数量以及每口分支井眼中阀的数量在理论上不受限制(如图 1 所示^[2],图 1 右侧:无线通信将使分支井眼的数量以及每口分支井中阀的数量不受限制)。这些阀的能量由可充电电池提供,电池靠流体的流动进行充电。



图 1 MRC 井将由 ERC 井取代

无线通信技术将会使包括井下永久监测在内的

收稿日期:2009-01-16; 改回日期:2009-03-16

基金项目:中国石油华北油田分公司 2007 年院所合作科技项目“勘探开发前缘技术研究”(编号: HBYT-YJY-2008-JS-6)部分内容

作者简介:张卫东(1968—),男,山东平阴人,1990 年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业,在读博士研究生,副教授,硕士生导师,主要从事石油天然气工程方面的教学与科研工作。

联系电话:(0546)8394665

许多应用增强,因为随着井下仪器数量的增加,井下“线路”的布置变得越来越困难。作为选择,也可以使用由电线控制的阀。这种方法不需要无线通信,但仍然需要发射能量和信号穿过主井筒和分支井眼的接头(这样的话所有的分支井眼都是由井口供能),由感应耦合技术实现接头之间信号的传递。

ERC 井“无限”增大储层接触面积的同时,也会遇到一些问题^[3]。常规井的产量一般是通过调节地面井口节流阀来控制,通过减少高含水情况下的产量来提高油的总产量,而且容易受水锥的影响。但对于一口 ERC 井来说,这些简单的措施并不奏效,因为井与储层的“无限大”接触面积必将会带来储层产油的不均一性。过早的水侵或气侵会由于下面的原因而出现:1)储层渗透率的不均一性;2)井壁与流体面接触距离的变化;3)井眼多分支进入储层的不同地区,造成储层压力的不同。解决这些问题,要利用到流入控制技术。

2 流入量灵巧控制技术

流入控制装置可以通过对产能更好的井段形成额外压降(让入井流体通过控制器内的螺旋流道来获得),对一口井水平井段的流量进行均匀配产。这种平衡的生产模式能够阻止气顶气侵入,防止产层中的水锥进,从而提高经济采收率。

井下流量控制可以通过区间控制阀(interval control valves, ICV)或流量控制装置(inflow control devices, ICD)来实现。ICV 是一个通过水驱、电驱或水-电共驱来实现地面对井下流体远程控制的系统;ICD 是一个靠安装在筛管单根上的被动流量限制装置来控制从储层到管道的流体流动路径^[3]。

但是,现有的流入控制装置一旦放置在井中就无法调整结构,因此不能对井况的变化及时做出响应。流入量灵巧控制技术通过所加装的部件既可以根据原油中的水气含量自动调节被控制井段的流量,又可以利用电力或无线装置来控制与该井段相连接的井底阀。这些解决方案正在研制中,而且将会使流入控制装置实时对油井变化做出响应,也可以纠正正在装入控制器时对产能估测出现的误差。

3 全自控油田技术

传统的智能油田是指将油田所有相关的信息

(包括储层压力、温度、井口流体组分、管线流体及工厂信息)进行综合,根据实时信息对油田进行管理。这些理念的应用通过与中央处理系统相连的井下测控装置来实现。例如,在哈拉得 III 油田,每口井都安装了一套井下永久监测系统,将油藏实时信息传至地面,在地面将该信息综合实现对整个油田的实时监控^[4]。

然而,未来的智能油田将更为复杂,从各井的自我监测到朝着完全自控的方向发展(就是最终实现油田完全自动化)。全自控油田能够将井下储层资料、井口信息与管理结合起来进行实时的油藏模拟,得出最优的注采比,并向每一口井的井底控制阀发送指令,实现自生成的生产策略。油田还会时常对这些资料进行实时分析,进行有效的数据开发和控制。例如,通过对比井下和地面的压力、温度测量数据,检测反常现象,确定已经发生水侵的井,并确定水驱前缘。在这些全自控油田工作的油藏工程师其职责是监测和维护,而不是干涉和控制。

4 无源地震监测技术

无源地震监测技术是 20 世纪 80 年代出现、90 年代逐渐发展起来的一项新的物探技术,它是通过观测、分析天然的或生产活动中所产生的微小地震(1、2 级或更小震级的地震)来监测生产活动的影响和效果以及地下状态变化的地球物理技术,其基础是声发射学和地震学。也就是说用随机震源代替了常规的气枪、振荡器或者炸药震源等一系列常用震源的地震成像方法。无源地震监测需要布置一系列检波器来接收地震或者微地震信号,记录自然活动或者生产活动诱发的微地震。无源地震监测技术可以应用于油气藏管理、煤矿开采监测、矿山压力监测、地质灾害监测等多个领域,在油气勘探开发领域是一项相对较新的产业技术。国外也有人把无源地震称为微地震。图 2^[2]为沙特石油公司使用的无源地震监测系统。

近几年来,无源地震技术在油气藏勘探开发方面的主要应用有^[5]:储层压裂监测;油藏动态监测;识别可能引起储层分区或充当过早水淹流动通道的断层或大裂缝,描述断层的封堵性能;对于以裂缝为主的储层,可用于速度成像和横波各向异性分析,并对流动各向异性介质成像;识别潜在的井眼不稳定区域;确定新的注液/采油井位。

无源地震监测技术把地震技术的应用扩展到油

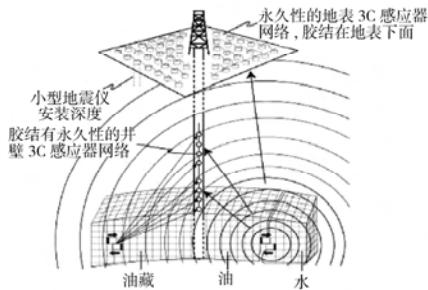


图2 沙特石油公司在盖瓦尔油田井下和地面记录微震的仪器组合

气藏开发中,拓宽了地球物理技术的应用范围。无源地震技术在水力压裂监测、水驱前缘监测和油藏描述中的应用已经取得了较好效果。虽然无源地震技术现在还没有成为油藏开发中的常规技术,但已经越来越多地被油藏地球物理学家用到油藏资源管理中,成为地球物理界的热门技术之一。尽管存在着诸多挑战,但无源地震监测技术已经证实了它的价值,随着对震源机制和辐射方式的深入研究以及井下仪器的快速发展,无源地震监测技术的应用范围将会不断扩大,监测精度将会不断提高,并将在未来几年内逐渐成为油藏监测与管理的主流技术。

5 千兆级网格模拟技术

对于很多油气藏,尤其是中东那些特大型油气藏而言,大量的地震、地质和油藏动态数据的结果是高分辨率的地质模型。由于常规油藏模拟器技术的限制,通常将网格数量从几百万减到十几万来将高分辨率的模型放大到流动模拟模型。将油藏性质“放大”后,流体模拟器不能完全模拟出油藏的性质,而且在采收率预测上也不是很准确。意识到常规模拟器在模拟巨型油气藏时的限制,发展了并行油藏模拟器。第一代并行模拟器使模拟器的能力增加了一个数量级——兆级网格模拟技术成为现实。并行计算机,包括计算机集群在内,成功地对生产时间长的巨型油藏进行了百万网格的模拟。通过更好地理解油藏非均质性,兆级模拟成功地开采出了“额外”的油气资源。

目前广泛应用的三维地震数据和复杂模型算法,虽然可以建立高分辨率描述油藏特性的地质模型,但当这些模型用于模拟流动时,由于现有模拟器处理的网格数量有限,大部分的细节丢失了。尽管并行模拟技术有很多优点,但对于巨型油藏来说,平均网格体积仍然保持在几百米的数量级上。为了更

充分地利用地震数据,需要更小的约为 50 m 的网格,即可对巨型油藏实现千兆级网格模拟。通过使用不需经过放大的地质模型,未来的油藏模拟器(千兆级)能够以高分辨率模拟巨型油田。

千兆级模拟器两个关键的组成是并行线性算法器和分布非结构式网格机制^[6],这两部分占了整个模拟计算过程的大部分时间。

沙特石油公司在这一方面做了一系列卓有成效的工作。公司通过内部开发的模拟器,常规性地进行 3 000~4 000 万个网格的模拟^[7]。最近在沙特石油公司运行的原型,对达到 2 亿 5 800 万个网格的整个加瓦尔油田模型成功地进行了计算,模拟的历史时间为 60 a,大约需要在常规的计算机集群上运行 1 d。最初的结果表明,与原先的 1 000 万网格模型相比,这个 2 亿 5 800 万网格的模型计算的含水率与油田的物理性质和数据更接近^[6]。以高分辨率对油藏进行模拟的优势是显而易见的。随着亿级网格纪录的创造,十亿级网格将很快实现。

6 智能流体变性技术

智能化流体是那些在油藏中进行某一特定行为的流体(例如,将水从出水层完全堵住的同时,允许油从另外的层中流入)。首先,它们可以改善近井地带的渗透率,最终它们要进入到油藏深处,对其进行大范围的性质改进。这些流体是随机变性的,并将自动在油藏中进行预定的行为。换句话说,将流体注入到油藏后,它们将会以自己的方式自动工作,并不需要任何复杂的像层位隔离或连续油管技术等的干涉。通过相对渗透率改善剂和智能乳化胶体得以实现。这项技术正在发展中,尽管现在它只能应用在受限制的油藏条件下,但在某些情况下取得了成功。其中一个例子是,在水存在的条件下,这种流体进行水合、膨胀,堵塞孔隙以阻止水的流动;在油存在的条件下,将水去除,对油进行去水化和收缩,使油流动。因此,这些流体不需要任何设备,只需用化学剂就能降低水的相对渗透率,堵塞出水层的同时维持油的流动。

7 仿生井

未来的井会像植物一样,自己“生长”。这些井不是钻出来的,而是“种”出来的。一棵树的树根会寻找土壤中湿润的地方,在那个地方长出一个分支

来,然后去掉那些在干枯土壤中的分支,在另一个地方长出新的分支,如此下去。仿生井就是如此工作的(只是寻找油而不是水)。一旦钻好垂直井(种植井)后,井将会“按自己的方式生长”。一个智能的分支会延伸到一块含油区域,一旦该区域水淹后,就将这个分支“砍掉”,并在另一个含油区域“长出”另一个分支,如此下去(如图 3^[2]所示)。



图 3 仿生井示意

尽管这一技术看上去不容易实现,但已经取得了一些成就。从直井开始(就像一棵普通树的主根),到水平井(一个更复杂的树根),再到多分支井(跟有很多分支的树根一样)。这之后,加装上智能井下控制阀,就能够堵住某些分支,将它们有选择地去掉(就像一个树根砍掉了自己的分支一样),然后再加入井下监测和地面控制装置,来分析油藏流体的性质,预测水侵(就像树根探测到某一区域干枯一样)。所有这些已经成为现实,并且正在研发更为复杂的井(当然是树根状的),如 ERC。

接下来在钻井方面要提高的技术是“自动钻井”。当然,这个目标也不容易实现,但像连续油管钻井技术、水射流钻井技术都已经存在,而且其他的如激光钻井技术正在研发中。值得一提的是,挪威正在研制和试验的獾式钻探器(badger explorer)将能够实现真正的自动钻探,虽然现在还处于全尺寸样机试验场试验阶段,但有望在未来 5 a 内投入商业应用。如此,必将带来仿生井技术的飞跃。

8 可深入储层的纳米级侦测技术

可深入储层的纳米级侦测技术要由纳米机器人来实现。该机器人的体积只有人类头发直径的 1/100,在实际应用时有很大数量的机器人随着注入的流体进入到油藏中,开始它们的侦测“旅途”。在旅途中,它们会分析油藏压力、温度以及流体形态,并将这些信息储存在随身的内存中;之后,它们(至少是一小部分)从产出的流体中被分选出来,以提供

有关它们在旅途中经过油藏的重要信息,然后科技人员根据这些信息画出油藏图(根据油田体积的大小,这个旅途可能要经历几个月的时间)。最终,这些机器人还会加入实时通讯(也许只是先于井下通讯站几个跳跃)和流动性(通过与流体的摩擦供能或者是井下充电站)功能。

将这些机器人放在钻头前面以取代地质导向,或者将它们从一个探井中发送出去,来确定油藏边界和油水界面,省去油藏画图的步骤。

纳米传感器技术正在飞速发展,在材料和医药领域,纳米科技已经取得了显著的成就。尽管在石油行业并非如此,然而,人们正在努力将这些科技引入到石油行业中来。例如,在 2008 年 2 月 3—6 日举行的 SPE 先进技术研讨会,“在上游勘探开发中的纳米技术:纳米级到兆级的改革”,就是为了这个目的。

能够进入油藏而不被孔隙吼道卡住的机器人其最大体积是多少?如果微型机器人(现在已经可以工厂化生产)能做这项工作的话,就没有必要浪费时间和金钱在纳米级机器人上了。为此目的,沙特石油公司已经对从加瓦尔油田的阿拉伯-D 油藏中取得的 850 块岩心进行了分析,并画出了孔隙-喉道尺寸的分布图。分布图呈双峰曲线,观察到的最重要的一点是大多数的孔隙喉道尺寸大于 $5\mu\text{m}$ ^[8]。这回答了最初的问题,即微型机器人的微型化要达到什么程度(实际上,为了避免桥堵,机器人的体积应该是孔隙喉道体积的 1/4 左右)。接下来要做的是进行实际的试验:将特定体积(根据这个分布图使用不同的体积)和规定浓度的纳米级颗粒(粗糙的纳米机器人)注入到加瓦尔油田有代表性的岩心中,记录下能够穿过岩心的机器人的数量——这样的话,就能够由经验确定上面机器人的体积问题。这个试验正在进行中。同样的,纳米机器人通过孔隙结构的旅途能够通过软件进行模拟和建模。换句话说,在研究纳米机器人的过程中,关于机器人的体积问题可以通过以下三种方式回答:通过观察孔隙-喉道分布图,进行纳米颗粒的经验性注入试验,以及通过软件模拟。

9 微孔钻井技术

微孔钻井将最终改变未来的钻井技术,至少,这种新兴的连续油管技术能够在很大程度上减小钻井作业对环境的影响。据美国能源部预测,微孔钻井

技术将能够实现对美国国内陆上已探明的 $6.47 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 油藏的经济性开发,在此已探明的储量中,有 $3.47 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 都能在 1 524 m 深度以内被开发出来^[9]。

目前对这种新兴技术的开发尚处于早期阶段。2003年,美国某独立的专业组织对这种钻井方式的益处以及钻井工业界对该钻井方法的兴趣进行了广泛的调查,另外,美国洛斯阿拉莫斯国家实验室(LANL)也就开发微孔钻井现有和未来所需的工艺技术作了可行性研究。目前微孔钻井的能力还只能达到 304.8 m 深,然而,要使成熟区块的开发实现较大的成本节约并改善环保状况的话,则微孔钻井就必须能够钻到 1 524 m 的井深才行。为了实现这一目标,美国国家能源技术实验室的石油与天然气战略中心为开发能够钻 $\phi 76.2 \sim \phi 12.7 \text{ mm}$ 井眼的钻井装置提供了开发基金,目前已有六家相关公司获得了该项基金。第二轮基金筹备工作也在进行之中^[9]。此外,美国国家能源部也已对演示可能实现的微孔钻井技术做出了安排。

微孔钻井技术不同于小井眼钻井技术。小井眼钻井技术曾使人们认识了类似于微孔钻井的一些优点,鉴于此,许多人便认为微孔钻井概念不过是小井眼钻井的另一种变形而已,这种观念给微孔钻井技术概念的普及带来了一定的阻力。实际上微孔钻井与小井眼钻井无论在关键方面还是在基本概念方面都存在着诸多不同:

1) 采用小井眼钻井的目的仅仅是为了找到一种更为便宜的途径来完成常规钻机和钻井工艺所能完成的相同工作;而微孔钻井的焦点则是通过采用各种关键技术来支持一种主要的商业模型,使其可以实现浅层油气资源的开发,并通过与低成本钻井能力的结合而建立起一种能够平衡各种地震成像技术的途径。

2) 小井眼钻井可用于几乎任何环境下的常规旋转钻井装置;而对于微孔钻井而言,除了要求应用尺寸小且效率高的连续油管钻机以外,其焦点主要集中在实现可由连续油管钻井所提供的高机械钻速方面,以便对浅层油、气资源实行经济性开发。

微孔钻井技术的发展思路是:

1) 发展更先进的超小型钻机(见图 4^[10]),能够利用连续管进行足够深度钻井的配套机具;

2) 将现代定向井、水平井和多底井的导向技术、钻井技术和测试技术集成,使其系统全盘微型化;

3) 垂直地震剖面技术的发展对微孔钻井技术有至关重要的影响。

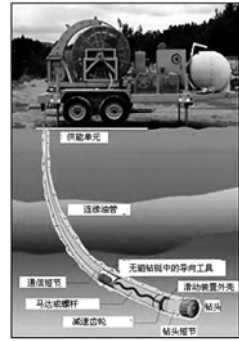


图 4 微孔钻井超小型钻机示意

10 数字油田技术

数字油田(digital oil field, DOF)是发展比较早的一项技术,其概念来源于“数字地球”。“数字地球”最初起源于 1997 年下半年的科技界,1998 年的 1 月 31 日,当时的美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心做了题为“数字地球——认识 21 世纪我们的这个星球”的讲话,比较系统地阐述了数字地球的概念,引起了世界的关注^[11]。

数字油田技术^[12]作为一种综合信息学、地质学、石油勘探开发学和管理学等众多领域于一身的新技术,正被越来越多的石油公司所重视。但由于该技术比较新,而且涉及领域广,目前还没有一家公司、一个油田能够真正地、完整地实现数字化。

数字油田可分为广义数字油田与狭义数字油田。广义数字油田包括油田科研、设计、生产和经营全过程多环节多领域的数字化,包括从业务总部层、能力规划层、操作计划层、生产调度层、监督控制层、调节控制层以及设备层各级各层的数字化,又包括地面工程、井筒和地下地质油藏各种生产要素的多维、全生命周期的数字化。狭义数字油田主要关注油田的勘探开发过程数字化,而不关心油田企业的经营活动。笔者所说的数字油田指狭义数字油田。

数字油田目前主要涉及的特殊技术有空间地理信息系统技术、虚拟现实技术、数据仓库与数据挖掘技术、信息集成共享管理技术或集成平台技术、高性能计算、并行计算和网格计算技术以及油田勘探开发专用的测量、分析、解释、判断、优化、转化和控制等勘探数据地质资料处理与管理技术,实时钻井、智能完井、三维可视化、遥感遥测遥控技术,实施生产优化、集成资产等一系列数字化技术。

埃克森美孚石油公司作为世界领先的石油石化一体化公司,在勘探开发过程中应用数字油田取得了很大的成功。如图 5^[13]所示,其已将数字科技应用到资源可视化,远程合作,先进的钻井完井技术,实时数据获得、监督和油藏模拟,设备、流程和环境最优化等上游勘探开发流程中。

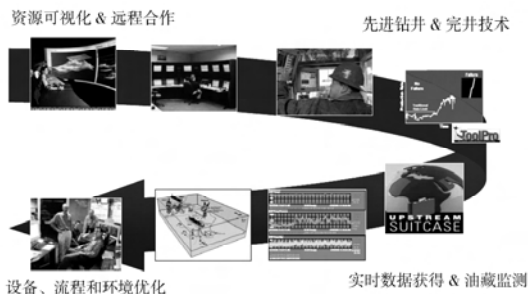


图 5 埃克森美孚石油公司上游业务中对数字科技的应用

11 结束语

石油工业的未来充满了挑战,也充满了机遇。一些新技术,不管是千兆级网格模拟技术、仿生井、纳米机器人还是其他一些技术,都将为油气资源的勘探与开发带来新的机遇。不过,尽管每项技术都已经起步,但还有很多技术难题没有解决。但可以肯定的是,未来的勘探开发必将在这些技术的带动下进入新的阶段。

参 考 文 献

- [1] Saleri N G, Al-Kaabi A O, Muallem A S. Haradh III: a milestone for smart fields[J]. JPT, 2006, 58(11): 28-33.
- [2] Saggaf M M, Saudi Aramco. A vision for future upstream technologies[J]. JPT, 2008, 60(3): 54-55, 94-98.
- [3] Al-Khelaiwi F T, Birchenko V M, Konopczynski M R, et al. Advanced wells: comprehensive approach to the selection between passive and active inflow control completions: IPTC 12145; proceedings of the International Petroleum Technology Conference, Kuala Lumpur, December 3-5, 2008[C].
- [4] Nansen G Saleri. Dawn in the desert-Saudi high tech paying off at Ghawar Oil Field[EB/OL]. (2007-09-19)[2009-01-15] <http://www.energytribune.com/articles.cfm?aid=627>.
- [5] 刘百红,秦绪英,郑四连,等.微地震监测技术及其在油田中的应用现状[J].勘探地球物理进展, 2005, 28(5): 325-329.
- [6] Dogru A H, Fung Larry S K, Al-Shaalan T M, et al. From mega-cell to giga-cell reservoir simulation[R]. SPE 116675, 2008.
- [7] Dogru A H, Sunaidi H A, Fung L S, et al. A parallel reservoir simulator for large-scale reservoir simulation[J]. SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 2002, 5(1): 11-23.
- [8] BI-ME Staff. Nanorobots: aramco's technology getting small in a big way [EB/OL]. (2008-03-07)[2009-01-15]. <http://www.bi-me.com/main.php?id=18067&t=1&c=36&cg=4>.
- [9] 申健龙.微孔钻井技术漫谈[EB/OL]. (2006-10-31)[2009-01-15]. <http://www.cnpc.com.cn/CNPC/hjysh/syzz/jszb/%E5%BE%AE%E5%AD%94%E9%92%BB%E4%BA%95%E6%8A%80%E6%9C%AF%E6%BC%AB%E8%B0%88.htm>.
- [10] Microhole Drilling. Exploration & production technologies [EB/OL]. [2009-01-15] http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/EP_Technologies/AdvancedDrilling/Microhole/microhole.html.
- [11] 王晶玫.数字油田:现状与趋势[J].石油科技论坛, 2007, 26(2): 39-41.
- [12] 李剑锋,李恕中,张志樵.数字油田[M].北京:化学工业出版社, 2006.
- [13] Hacker J M. An IOC's experience in implementing digital oil-field technologies[R]. SPE 117837, 2008.

Development of Future Petroleum Exploration and Development Technologies

Zhang Weidong¹ Yuan Wenkui¹ Tian Kezhong²

(1. School of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257061, China; 2. Exploration and Production Research Institute, Huabei Oilfield Branch Co., CNPC, Renqiu, Hebei, 062552, China)

Abstract: During the secondary development for most of the oilfields, some new technologies and technique emerged. This paper introduced the 10 most important techniques, including extreme-reservoir-contact wells (ERC), smart inflow control devices, autonomous fields, passive-seismic monitoring, giga-cell simulation, smart fluids, bionic wells, nanorobots, microhole drilling (MHD) and digital oilfield. Some have developed for years, some are just beginning, but all of them are in the stage of primary development and far away from people's expectation. With the development of these technologies, the exploration and production of oil and gas will enter a new period.

Key words: oil and gas exploration; oil and gas production; engineering technique; prospects