

1989 年《科技情报》目录

- 1、萨莫特洛尔油田加密井的射孔原则 蔡天成(1)
- 2、论油气藏开发过程中地层压力动态 韩寿山(5)
- 3、石油工业的亮光 / 刘民中(9)
- 4、采油中岩心分析研究的某些指南 陈如根(15)
- 5、根据深层气水化学指标预测伯朝拉
盆地含油气性 韩寿山(21)
- 6、美国的原油储备 赵有芳(25)
- 7、三湖油田注高浓度碱溶液试验的初步效果 蔡天成(31)
- 8、油田开发后期划分未动用条带的方法 赵耀五(37)
- 9、表面活性剂溶液驱油过程的特点 张大栋(41)
- 10、用测井方法和试井方法对已开发油田
研究办法的改进途径 赵耀五(47)
- 运用地电和地震方法确定裂缝延伸方向 ... 刘英怀等(49)
- 油气藏上的高分辨率地震方法试验 刘英怀(51)
- 11、使用测井、垂直地震剖面 and 地面地震资料的
三维地震速度结构的层析成像测定法 ... 巩正荣(53)
- 12、使用测井、垂直地震剖面 and 地面地面资料的
三维地震速度结构的层析成像测定法 ... 巩正荣(59)
- 13、油田开发过程中层间液体窜流的确定方法 ... 赵有芳(65)
- 14、油田勘探与开发各阶段应尽早制定决策 方云姣(65)
- 15、借助 X—射线层析成像技术观测岩样中
注黄原胶动态 巩正荣(75)
- 16、《哥罗兹内石油联合企业》应用现代方法
提高采收率 张大栋(79)
- 17、油、气开采中的 宋育贤等(85)
- 18、油气开采中的腐蚀与防护 宋育贤等(93)
- 定向井生产套管扶正器 纪虹(96)

- 19、直井、斜井破裂压力梯度预测方法 孙学增(99)
- 20、直井、斜井破裂压力梯度预测方法 孙学增(105)
- 21、用气动力方法确定天然气储量 韩寿山(109)
- 22、美国两个大油田的全油田模拟 刘民中(115)
- 23、根据井口参数确定地层压力的方法 赵有芳(121)
- 根据地震反射资料确定速度和深度的
 方法 (简介) 刘英怀(126)
- 24、储集层的评价与开发 韩晓东(129)
- 25、背景校正速度对原子吸收测量结果
 准确度的影响 潘红磊(137)
- 水锥系统的临界产油量 金佩强(142)
- 26、综合地表地球化学和地震勘探方法
 提高勘探成功率 马启贵(145)
- 27、有助于评价勘探开发风险的简易计算方法 ... 唐金华(149)
- 28、聚合物驱的机理及其现状 李维安(153)
- 29、三维地震解释的倾角和方位角显示 陈如根(157)
- 30、模糊集合论在地震解释中的应用 刘英怀(161)
- 31、萨莫特洛尔油田的产层开发地质—工艺
 模型益臻完善 蔡天成(167)
- 32、关于提高地层区域对比中地球物理
 测井资料的效果问题 赵耀五(173)
- 33、用于估算压裂液磨阻损失的阻力特性 陈如根(177)
- 34、声波测井技术的最新应用 刘英怀(181)
- 35、电动离心泵采油井的井温测井 赵耀五(185)
- 土耳其实施聚合物和硅胶驱方案的效果 刘晓阳(187)
- 36、世界主要产气国家的气储量和商业性产量 ... 李维安(189)
- 水平井与垂直井扫油效率之比较 刘晓阳(191)
- 37、提高采收率方法在苏联应用现状与前景 刘民中(193)
- 38、微生物强化采油技术之综述 孙臣等(197)

- 39、查明及定量评价岩石闭合孔隙度的方法..... 韩寿山(203)
- 40、对美国强化采油方案发展趋势之分析..... 刘晓阳等(209)
- 今年上半年世界原油生产状况 李维安(214)
- 41、地层圈闭远景的局部预测..... 纪 虹(215)
- 苏联今年上半年原油产量出现递减 刘晓阳(220)
- 42、根据井口压力确定气井的井底压力..... 韩寿山(221)
- 43、油层最终采收率的变化..... 张大栋(227)
- 44、难采储量开发的新工艺..... 张大栋(231)
- 管道涂层状态检测 李柏林(233)
- 45、应用剪切声波各向异性预测裂缝方向..... 陈如根(235)
- 页岩层中的天然气 刘英怀(240)
- 46、管线内部清理和涂层方法..... 周立莎(241)
- 47、油气藏含气部分原始含油饱和度对
 采油系数的影响 韩寿山(247)
- 48、用高精度古地理图寻找隐蔽圈闭..... 马启贵(251)
- 49、钻加密井提高采收率..... 金佩强(257)
- 用地震方法研究含气砂岩 张大栋(262)
- 50、非牛顿原油油田开发时采收率的评价..... 赵有芳(265)
- 在勘探程度高地区寻找隐蔽圈闭 马启贵等(270)
- 51、模糊集合论在确定储层特征上的应用..... 刘英怀(273)
- 52、压裂处理在开采 Frutland 煤层甲烷
 气中的重要作用 韩晓东等(279)

科技情报

1

(总 79 期)

大庆石油管理局 科技发展部
勘探开发研究院

一九八九年一月二日

萨莫特洛尔油田

加密井的射孔原则

就提高油层的原油采收率与强化采油而言, 钻加密井是最普遍适用的措施之一。为此预先规定了在萨莫特洛尔油田钻大约 8000 口加密井。其中大部分加密井目前业已钻完, 根据所得到的结果可以作出初步的分析和结论。

下面我们就以 BB_{10} 层为例来进行分析研究。该层埋藏深度为 2100~2200 米, 透镜状薄层砂岩、粉砂岩与泥质岩交互。含砂系数自南向北由 0.65 减至 0.16, 渗透率为 0.65 微米², 分层系数为 3.25。

BB_{10} 层可划分为 BB_{10}^0 层和 BB_{10}^{1+2} 层。

BB_{10}^0 层总厚度为 15 米, 其工业性储油层在油田北部地区发育, 在其余地区则基本上已被泥质岩所取代。 BB_{10}^{1+2} 层总厚度为 40 米, 该层在油田北部和中部地区发育。

BB₁₀层自1969年投入开发。在南部(最高产能)地区采用行列注水系统,并利用点状注水井来加强该系统注水。在北部地区则采用七点法面积注水系统。

油井综合含水率为55%。大部分油井含水采油,其中有132口油井含水率在90%以上。为了稳住产量和提高原油采收率,在BB₁₀层钻了300口补充井。在一些情况下,这些补充井一投产含水就很高,其中有76口补充井含水高达98%,可是单井累积采油量却大大低于能获利的累积采油量。

为了查清导致这些井出现上述情况的原因,我们引用了对该层地质结构,以及与其有关的地层内各种类型原油损失的研究结果。分析储集层相对比例在剖面上的变化表明,含砂系数由该层顶部至底部有规律地减小。据此将其分成三种岩性类型:有水动力联系的储集层,含砂系数 $K_n > 0.6$; 不连续的储集层, $0.3 < K_n < 0.6$; 极不连续的储集层, $K_n < 0.3$ (图1)。

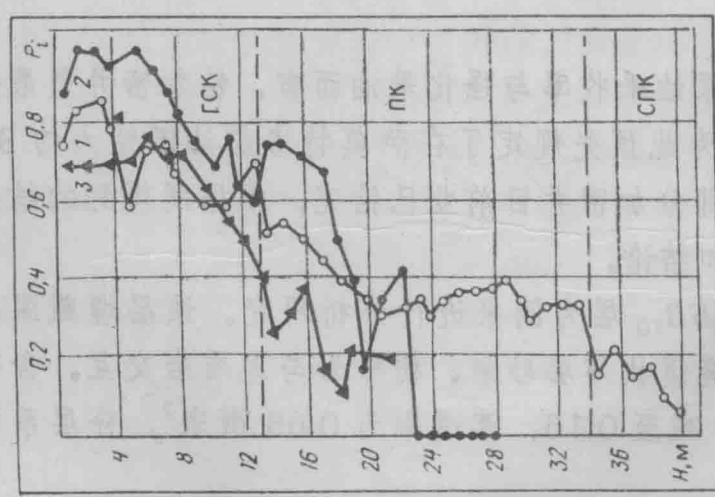


图1 BB₁₀层的地质-统计剖面图
H——油层厚度; P_i——概率;
1——含砂系数; 2, 3——分别为投产和水淹概率

综合矿场地球物理资料证明，剖面上的顶部(有水动力联系的储集层)的开采效果良好。工作厚度系数 $K_{p.T}=0.83$ ，水淹部分比例为 0.58。在剖面上的中部(具有不连续的储集层)， $K_{p.T}=0.28$ 。根据电测资料，此处只有厚度在 1 米以上的产能高的小层才被水淹。地质对比结果表明，这些小层与水源区有水动力联系。

底部(剖面上的极不连续部分)的原油储量采出程度最低(见图 1)。按照地球物理测井资料，这些层段的饱和度接近于原始饱和度，而工作厚度系数 $K_{p.T} \leq 0.1$ 。

由此可见，大部分剩余原油储量集中在该层剖面上的底部。这个结论与开采水淹区油井的生产数据相符合。比如，在射开剖面上的顶部的情况下，通常加密井的含水率与基础井的含水率没有什么区别。这些井的累积采油量不超过 1 万吨，而水油比则接近 10。

在射开不连续的储集层和极不连续的储集层的那些井中得到了最好的效果。在上述情况下，甚至在基础井含水超过 80~90% 的地带钻井，加密井含水率也只有 25~30%，单井日产油量达到 40~50 吨(图 2)，而水油比最低。譬如说，在单井采油量为 2.5 万吨(每口井最低允许产量)的情况下，在打开有水动力联系的储集层、不连续的储集层和极不连续的储集层时的水油比各为 44、7 和 3。

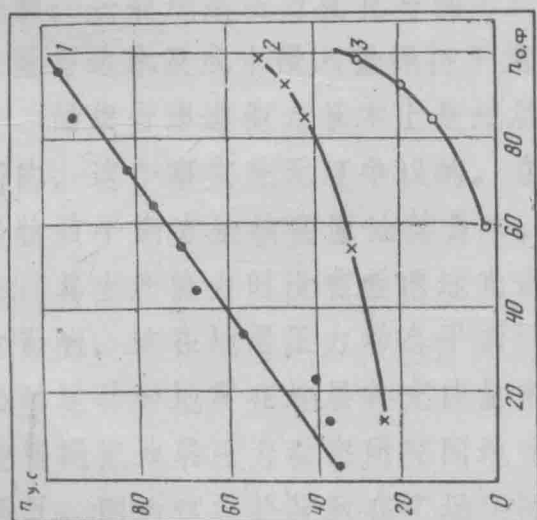
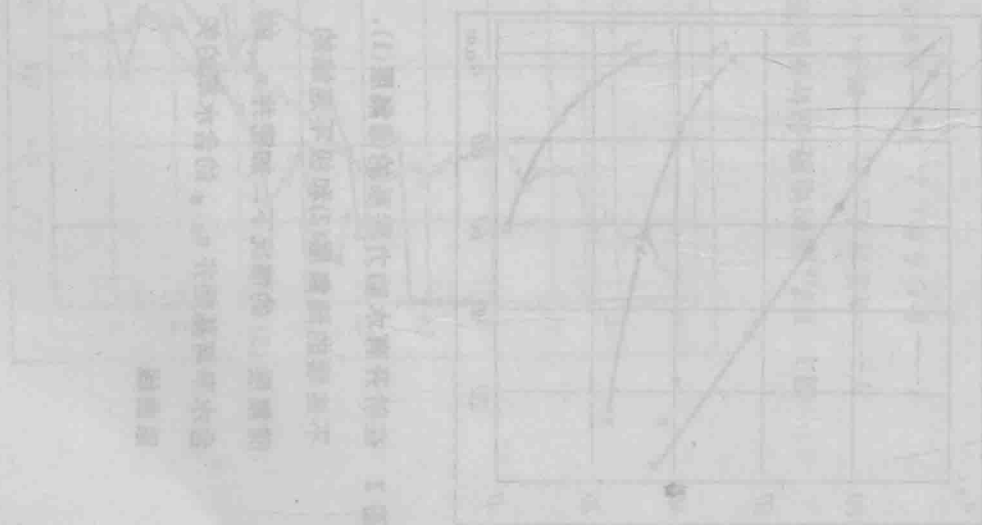


图 2 在射开有水动力联系的储集层(1)、不连续的储集层(2)和极不连续的储集层(3)的情况下，加密井 $n_{y,c}$ 的含水率与基础井 $n_{o,\phi}$ 的含水率的关系曲线

矿场研究资料证实，大部分剩余原油储量残留在不连续的储集层中。因此，在补充井中要射开的目的层正好是剖面上的底部。所进行的水动力学计算表明，遵循有选择性的射孔原则就能够大大地改善油井开采的技术经济指标，并且有利于强化采油。例如，射开整个油层厚度情况下的单井产油量，要比只射开不连续的储集层和极不连续的储集层情况下的单井产油量相应地低 7.15 和 8.4 万吨。

因此，只有在遵循射开地层剖面上的具有不连续储集层的层段的原则情况下，钻加密井才能成为强化采油的主要条件之一。为了实际实施这个原则，将 BB_{10} 层的面积人为地划分成一些大小为 2×2 公里的正方形。按每个正方形绘制出地质—统计剖面图，在剖面图上划分出岩层的岩性类型。根据不连续储集层的分布规律，大致确定待钻井中射孔层段的深度，从而可大大减少采用上述建议的困难。

蔡天成 译自《石油业》1988, №10, 30~31



科技情报

2

(总80期)

科技发展部
大庆石油管理局
勘探开发研究院

一九八九年一月九日

论油气藏开发过程中地层压力动态

在解决地质—矿场和油气藏开发问题时，特别注意地层压力研究和压力随时间变化特点。对油气藏开发过程中地层压力动态分析表明，一般地层压力变化与油田产层采液和采气有联系。但是在采液量与边水及底水侵入量保持平衡条件的水驱油气藏开发除外。

储集岩渗透能力基本上是地层能量来源，也就是地层压力所决定的，这个事实是无可争议的。在确定油层采收率和采油井产能及用物质平衡方法核实原油储量中，广泛利用了地层压力值。然而，在计算生产能力时没有考虑地壳当时运动对地层弹性和地层含流体的影响，这在地层压力动态平衡性方面表现出来。应当指出，地壳当时运动和地震在地层补充能量来源的蓄积中起很大作用。并且不能赞同把地层压力动态研究同地壳整个发育及地壳中发生的演化隔离开。因为这就将导致在矿场实际工作中常常不得不多次解决这样或那样的问题，并且每次得到的指标完全不一样。

本文中在了解地层压力动态的物理性质方面的论点上总结了多年地球动力学研究、应用变形过程特点的构造物理研究和油气藏开发主要指标分析等结果。

许多论文都是谈到已开发层地层压力研究问题。

研究中查明，如果在同一油(气)藏一个区块上压力下降的话，那么在另一个区块上压力稳定，而在第三个区块上相反，压力上升。地层压力上升或与采出的液量减少有关，或与人工作用油层有关。作者们在发展这种看法的同时写到，在油层产状特点造成的油气藏原始地层压力变化的背景上，查明这些趋势(有时是相反状况)有很大困难。首先应把这些困难解释为对所有不同条件下的自然条件研究的程度不够。

在研究构造地震作用对烃类形成和聚集的影响时得到最有意义的资料。在上述研究中，作者强调指出，缓慢的构造运动产生新的剪切应力，这种应力是在压缩岩石力的效应下产生的。作者们进行的计算表明，在一个周期里的构造应力连续作用下，从地台内埋藏4500m的岩石中挤压出的液体为0.3~0.7%，而在造山运动区埋藏1000m深的岩石中挤压出的液体为10%~30%。在计算中采用地质静压完全传送给岩石液态相，由于剪切应力效应所获得的0.96弹性储量都耗在压缩流体上。在构造运动作用下，岩石变形导致产生内应力，这种应力衰减引起颗粒弹性和塑性变形和相互相对位移。

在谈到油气藏能量来源时，И·М·古勃金写到《最终是地质构造决定了石油的运移》。遗憾的是，关于石油沿地层运移时地质构造作用这种显而易见的论点没有得到实际应用。

当时的地球动力学对油层产量的影响，主要是地壳当时运动的影响，我们以阿普歇伦油气区一些油田开发为例进行了研究。查明了油层产量与地壳当时运动及地震之间的因果关系。

根据年单井累计采液量分析得出结论，流体采出速度和地壳当时运动出现的特征有因果关系。因此，如果在1925~1928年间总

生产井数是 24 口，油田 V 层采出油水为 10 万吨的话，那么在 1929~1937 年间，当生产井增加到 100~135 口时，采出的油水量下降很大，达 1~1.2 万吨。目前，在生产井报废速度上升的情况下（截止 1972 年底报废的总井数近 60 口）采出的液量仍增长，为 3.5 万吨。由此得出结论，在稳定地质构造运动的情况下，生产井网密度在提高采收率方面不起什么作用。在生产井数比前一个期间几乎增长 4 倍的情况下，累计采液量减少 9 倍。类似这种情况在整个油田上都可观察到。

为了定量评价地壳当时运动和生产井数对采液量的影响程度，我们进行了能记录这种相互联系的数字模拟。对同一个法季马伊-兹赫斯背斜带的苏拉罕油田和卡拉丘胡尔油田进行了研究。为了进行研究，选择这些油田时，首先是以这些油田地壳当时运动出现的不同特点为条件的。用回归分析和分组计算自变量方法对原始资料进行数字处理。

用回归分析时，应特别注意得到精确的和简单的经验公式。经验公式的选取要考虑从含油层采出液体的数量的算术平均偏差和均方差，这些偏差是根据已有的资料按经验公式计算出来的。因为地质构造的活动性变化了，需要区别对待通过根据地壳当时运动的强烈程度，随时间划分开发阶段所要解决的问题。

用分组计算自变量方法求出采液量与在年变化 0.7~1.5 毫米的年平均地壳当时运动速度下标高和生产井数的变化关系。考虑到地质构造的运动性和在采液中地质-矿场条件随时间的变化程度，用数字处理原始参数时我们还对每个油田开发阶段进行了划分。发现，借助所应用的方法获得的结果用电子计算机进行处理，不仅本身相符，而且与地质-矿场资料也相符。下面列出的是用分组计算自变量方法得到的经验公式：

$$Q_{\text{ж.посч}} = 5907.2 + 0.0044H_n^2 - 0.0402n^2 - 0.15n^3 - 0.505H_n$$

式中: $Q_{\text{ж.пич}}$ ——计算的采液量;

n ——生产井数;

H ——标高。

结 论

1.在确定地层压力时必须考虑地壳当时运动效应产生的弹性性能。

2.为了确定油层采液量与标高和生产井数变化关系,使用描述这种关系的数学模拟是合理的。

3.对于油气藏的能量评价和对比这些油气藏参数利用一口生产井年采油单位($\eta = Q_{\text{ж}} / n$)。

4.根据已查明的地壳当时运动对地层能量来源的影响,有必要按确定采收率和用物质平衡等方法完善计算。

韩寿山 译自苏联高等院校通报《石油与天然气》1988年5期12~15页

科技情报

3

(总81期)

大庆石油管理局 科技发展部
勘探开发研究院

一九八九年一月十六日

石油工业的亮光

美国莫比尔(飞马)勘探和生产服务公司的 R.C.Mills 以“石油工业的亮光”为题,著文谈到在原油市场价格不稳定、有待解决的勘探开发问题越来越复杂、油气资源越来越难于找到和开发的情况下,在未来几十年里,石油工业的技术发展重点。

所谓石油工业的亮点在于以下十大技术的发展与应用方面:

1. 计算机技术

预计未来几十年里,计算机技术会在石油勘探与开发的每一个技术学科中,都得到广泛的应用,同时,石油工业又会大大影响着未来计算机技术的发展。

数据库、人机联作工作站以及计算机通信三者合一,使石油工程师和地学家们能极大地扩展他们的分析能力。计算机化的人工智能软件,运用硅及其替代物质的编译程序以及海量并行处理技术将

会成千上万倍地提高计算机的效率。石油工业将运用这些先进技术提高圈定新油气藏以将其储量最有效地开采出来的能力。有人估计，在下一个十年，信息技术的成本效益将要提高一万倍。计算机本身一方面是扩充能力，一方面是降低成本，这就会使整个石油工业系统的技术人员都会运用计算机技术。

2.三维地震

得到计算机模拟辅助的三维地震，能为地质学家们提供有关地下条件的更为精确的解释，因此也为我们提供了一个更好地确定未勘探区和部分开发区的前景。用海底电缆可以采集到船拖缆无法采集到的或因海浪汹涌、海底条件复杂难于采集地区的三维地震探测资料。

三维地震能帮助人们圈定已开发区被以前的常规地震作业遗漏了的地层，以及用来帮助设计提高原油采收率方案。此外，现在已用三维地震帮助评价热力驱油的扫油效率。这一直是个难题，因为很难确定驱替前缘的位置。

三维地震的一个明显的特点，是能有效地帮助人们确定地下原油和剩余储量的分布以及有效而经济地开采这些储量。

3.随钻测量(MWD)

随钻测量的一个好处是在钻井中可同时进行定向测量。随着传感器的改进，现在，在钻井时也可得到电缆式的核测井和电法测井资料，在有些情况下，MWD能提供比普通电缆工具得到的更高质量的测量结果，因为它不大受泥浆侵入和井筒损坏的影响。用这种MWD系统，依据井中泥浆循环中产生连续的压力波将数据从紧靠钻头的井下传感器传递到钻台。这种系统，辅助以特定设计的泥浆，通过在钻具上安装一个节流器(阀)来控制所发射的脉冲。如果压制流量，则发射正的压力脉冲；如果让少量泥浆进入环行空间，就产生负的压力脉冲。

4.水平钻井

由于随钻测量(MWD)工具、可调马达装置、顶部驱动系统以及计算机扭矩/拖曳模型等项技术的发展,已使水平钻井钻进长度在垂直深度为1900英尺(570米)条件下达到4000英尺(1200米)。

高倾角钻井研究已能使钻井倾角达 85° ,这比一般的打斜井的钻井极限倾斜度 60° 要高很多。这种技术在海上、北极地区和其他环境条件恶劣地区特别有用。

5.惯性导航系统

1979年是石油工业首次运用空间技术进行定向探测和定向钻井。现已有四个系统可运用速度—陀螺罗盘技术来检测地球的旋转,用水平分量作为参考方向。这种技术将来主要用在随钻测量中。

6.专家系统

利用计算机技术的专家系统,不仅能同时收集到各个检测传感器上的各种钻井信息,诸如泥浆比重、扭矩、温度和循环速率,而且还能将这些信息加以综合,提出钻井建议,解决钻井问题。

实时钻井数据可通过卫星传送到远离井场的钻井研究中心以便为钻井人员提供更多的专家意见。莫比尔公司达拉斯研究中心正在研究试验一种渴望已久的专家系统,称为“钻井咨询系统”,可将钻井时的实时检测结果、数据库资料以及基于已知的决策等等特点加以综合。

先进的油藏模拟技术,加上功率很强的向量计算机,不但能设计出完善的钻井和开采程序,而且能实现优良的油藏管理。

7.可控脉冲压裂

这种可控脉冲压裂技术主要针对薄层。它依赖于缓慢燃烧的推进剂产生大量的高压气体,从而形成多条裂缝,这些裂缝从井筒向外径向延伸。这可以在下套管井中通过射孔孔眼施工。这是一种相当省钱的增产途径。

核磁共振(NMR)装置已用多年。现在出现新的核磁共振扫描技术可以探测岩心中的流体运动。经过改进的 CATSCAN(阴极扫描)X—射线装置,原来用于医疗,现也用于岩心分析,能相当清楚地检查岩心内的特征。这种 CATSCAN 技术不需要对岩心切片和钻取岩心柱就可获得岩心信息,这样不会损坏岩心以供将来检测之用。

8.先进的测井工具

几年前,测井磁带一次下井只能记录 5 种测量结果,但现在,在测井中可能同时记录 150 多种测量信息,并已成为常规。过去核测井只能测量与检测器相碰撞的粒子数目,但今天已能测量这些粒子撞击检测器的能量。简言之,这些先进的测井工具是一种能谱仪,而不是一种简单的伽马射线检测器,这就能提供更多的地下情况。

过套管评价测井,以前主要指伽马射线/中子测井,而现在已能识别 8 种元素及其浓度。测井工具还能测量频率变化范围为 10 赫兹到 1.1 千兆赫兹的电磁波。声波测井,不再是只测量初至波或压缩波传播时间,而且记录全波形。今天的测井技术能测量核粒子的能量、高频电磁波的振幅和相位偏移以及旋进偶极分子而产生的电场。

9.深水开发

目前的海底完井水深记录为 1351 英尺(412 米)但技术水平可使井口安装在水深 2000 英尺(610 米)以上的海底。一般是用导管下到海底,然后进行钻井和其他作业。对于生产开发井来说,这种导管作业极限大约是水深 2500~3000 英尺(762 米到 914 米),再深,这种技术就不行了。现在,又出现一种无导管完井树,在西班牙海上试验过,水深在 3000 英尺(914 米)以上已不成问题。

在开发方面,已发现一种两相(phase)抽油技术——一种水力或电力驱动的离心式齿轮泵,可使油、气、水混合抽出。如果成

功，这种理论可以省去很多井场处理设备，这在已开发的老油气田特别有用，可节省大量的开发费用。

10.提高原油采收率(EOR)

美国能源部估计，在美国陆上和海上已发现的石油储量中，大约有三分之二即 3300 亿桶(452 亿吨)将会遗留在地下，用常规开采技术开采不出来。美国全国石油委员会(NPC)给能源部部长的文件中估计，能用 EOR 方法从地下储层中再开采出 74 亿到 340 亿桶原油。

目前，最为成熟的 EOR 方法是热力法。就原油比重轻于 0.8498 的油藏来说，它虽然目前还不如二次采油和其他 EOR 方法那样有竞争性，但将来，热力法采油会适用于各种比重的原油开采。但这并不是说，它将在经济上必然比别的 EOR 方法更有吸引力。

混相驱方法，特别是二氧化碳(CO_2)驱，是处于第二位的成熟和常用方法。选择各种混相驱方法的重要标准是最小混相压力(MMP)、油层温度、原油粘度和油层非均质性。先进技术将包括改善注水剖面、改进流度控制以便提高扫油效率和达到高的开采效果。

在 EOR 方面，估计未来的改进和提高包括以下方面：选择性地堵封高渗透层和裂缝；将低渗透段分隔开并进行酸化压裂改造，进行选择性地注入；在混相段塞中用泡沫和聚合物，将轻质油和 CO_2 合用，以降低最低混相压力(MMP)，努力将混相驱推广到浅而原油比重较高的油藏以及将混相驱与其他 EOR 方法合用。

在聚合物和表面活性剂驱方面，仍然要进行研究和试验以期增加化学驱采油量。当然，未来的油气价格会对所有 EOR 方法的应用规模有一定影响，但在美国，有效地采出剩余油储量却更为重要。继续进行现在正在开展的大型研究和现场试验一定会为将来大规模工业性应用提供依据，但不会在一夜之中取得重大技术突破。

也许比十大技术更为重要的是人才培养，应该吸引更多的有知识的年青人，是他们在未来不断发展和完善新技术。遗憾的是，石油工业的暂时困境导致很多大学与石油有关的专业在校大学生人数减少了三分之一到三分之二。

刘民中 编译自《SPE 16820》