



钻采工艺与装备

Drilling / Production  
Technology & Equipment

# 我国定向井丛式井技术 取得重大进展

李克向\*

(中国石油天然气总公司钻井工程局)

**内容提要** 本文全面概括地总结了我国定向井丛式井技术取得的重大进展,包括钻成了一批定向丛式井,掌握了平台数及平台位置的优化设计,井组总体设计,单井轨迹设计及控制技术,钻具组合技术,绕障和防碰技术,泥浆、固井、取心、测井、射孔、测试、钻头、涡轮和螺杆钻具等配套技术以及数据库及软件系统的应用等,展示了在我国全面推广定向井丛式井的良好前景。

**主题词** 定向井 丛式井 套管开窗侧钻 平台数 平台位置 优化设计

几年来,在各油气田、研究院所和高等院校的共同努力下,我国定向井、丛式井技术取得显著进步,一些配套技术已达到八十年代国际水平,为全面推广定向井、丛式井技术打好了基础。

钻成一批技术要求较高、难度较大的定向井、丛式井。

辽河油田、大港油田、四川石油管理局、胜利油田先后钻成了一批难度较大的定向井、丛式井,共完成 6 个平台、99 口丛式井,标志着我国定向井、丛式井技术取得了很大进步。

1. 辽河油田杜 48 断块的 10 号平台节约工业占地 123 亩,少占土地 76%,与同断块 30 口单井比较,节约成本 119.7 万元。17 口井平均井深 2344.2m,最大井斜 28°,最大水

平位移 1633.5m,平均水平位移达 407.4m,最小靶心距 3.23m,平均靶心距 15.01m,16 口井中靶率 100%,平均建井周期 32 天,平均机械钻速 9.12m/h。辽河油田在一个构造上,用丛式井整体开发油田,在我国还是首次。

2. 大港油田羊三木丛式井 19 口井是在老区、高含水油田用丛式井打开发调整井。由于地下井位和地面条件限制,19 口井分布在 193°~295°的扇形面积内,方向单一,且地下有 6 口老井,要打 7 口三维绕障井,技术难度是比较大的。况且由于常年注水,原始地层压力发生了变化,注水串入地层,形成不同位置分布的憋压层,致使井漏、井喷现象严重,对施工提出了较高的技术要求。该 19 口井占地 60 亩,与同量单井比较,节约工业占地 180 亩,少占地 75%;平均井深 1657m,最大井斜 59°。最大井斜角在 40°~59°的井有 10 口,占

\* 作者系钻井工程局总工程师,高级工程师。

总井数的 53%；平均水平位移 532.83m，最大水平位移 899.5m，最小靶心距 3.26m，平均靶心距 16.85m，中靶率 100%。在这组丛式井中完成了 7 口三维绕障井。19 口井共用

27.7 钻机台月，平均机械钻速 13.55m/h。羊三木丛式井的试验成功为用丛式井技术钻开发调整井提供了成功的经验，见图 1。

3. 河南油田和大港油田合作在井楼地区

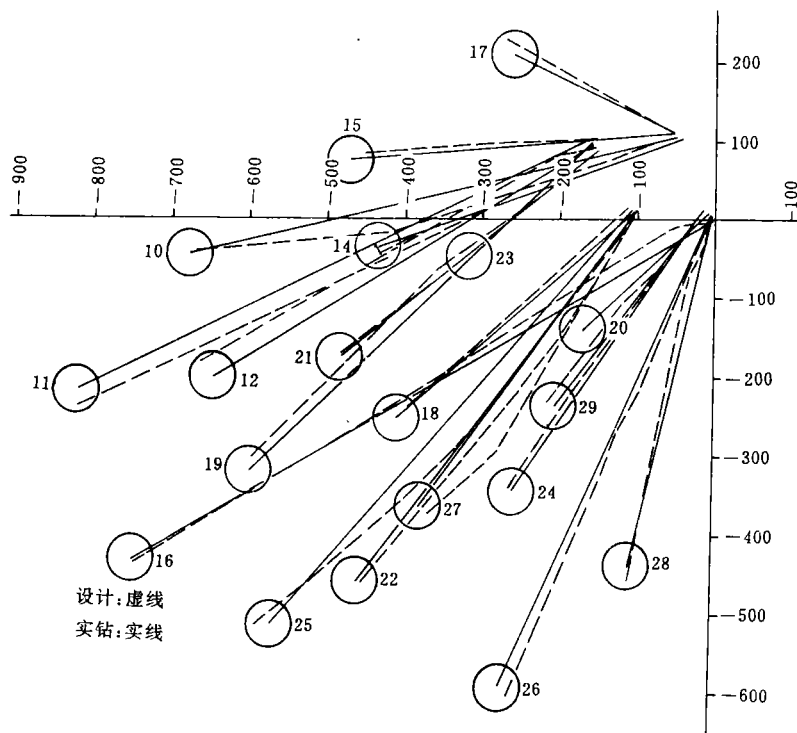


图 1 羊三木丛式井组设计与实钻水平投影图

钻丛式井以开发浅层稠油油田。这组丛式井是我国目前所钻丛式井中最浅的一组，8 口井的平均垂深仅 398m，平均水平位移 110.78m，最大井斜角平均为  $20^{\circ}40'$ ，其中最大井斜角为  $28^{\circ}$ ；而且储油层岩性松散，上部有近 12m 的流砂层，造斜困难，井眼轨迹控制较难。但钻成这 8 口井仅用了 143 天，顺利施工完毕，井井安全无事故，平均方位偏差  $46'$ ，最大方位偏差  $2^{\circ}31'$ ，平均造斜率  $18^{\circ}/100\text{m}$ ，最大靶心距 4.9m，最小靶心距 0.45m，平均靶心距 2.37m，每口井平均钻井周期 8 天 12 小时，最短钻井周期 5 天 21 小

时，平均机械钻速 7.13m/h。用丛式井成功地开发浅层稠油油田在我国还是第一次，为大规模开采浅层油田打下了基础。

4. 四川石油管理局的隆 40 丛式井的特点是在深井、硬地层中打大斜度定向井。1987 年开始隆 40-1 井的施工，完钻井深 3130m，垂直井深 2290.04m，最大井斜角  $90^{\circ}$ ，最大水平位移 1459.44m，钻穿气层 532m。井斜  $66.5^{\circ}$  以上斜井段长 532m， $79^{\circ}$  以上斜井段长 166m。

5. 胜利油田的河 50 丛式井的特点是：这个油藏地面、地下障碍多，地面是建筑十分密

集的城镇,地下有老井 14 口,采用多目标、绕障丛式井打开发井,是井数最多(42 口)的一组丛式井。42 口井中以沙三段为目标的 30 口,以沙二段为目标的 12 口,其中含多目标井 5 口。由于井网范围内有已完成的 5 口小组丛式井和 9 口直井,要求施工进行绕障,河 50 丛式井完钻 42 口井,最大井深 3452.49m,平均井深 2962.36m,最大水平位移 1334.70m,最大井斜角 63.75°,中靶率 100%,平均靶心距 34.10m,最小靶心距 3.17m,没有发生一口井井身相碰现象,完成井平均建井周期 61 天,平均机械钻速 9.42m/h。完成的 5 口多目标井中,其中三维绕障大斜度多目标井 1 口。平台占地 65 亩,比单井占地总面积 420 亩节约 355 亩,节约了 84.5%。

6. 此外,总公司石油勘探开发科学研究院(以下简称油科院)为华北二连油田提供了四个区块 63 个丛式井平台 345 口井的可行性报告,业已完工,总进尺 36.79 万 m,1988 年完钻。

**多目标钻井,通过两年的研究和实践,技术日臻完善。**到 1988 年底,全国共打多目标井 50 多口。胜利油田钻成一批两目标、三目标、四目标井,其中辛 11-47 井一口井就相当于 4.7 口井。这几年他们共钻多目标井 27 口,仅 18 口多目标井就相当于 42 口直井的经济效益,为国家节约资金 3508.74 万元,这项技术获 1988 年度国家科技进步三等奖。

#### **套管定向开窗及定向侧钻技术方面:**

1. 胜利油田在工艺技术方面有了发展:工具上,完善了套管内造斜器和裸眼锚定式造斜器,开展了可回收式造斜器的研究;工艺上,研究了窗口施工工艺和过窗中死点的技术措施,解决了高温条件下使用螺杆钻具和随钻测斜仪的难题,通过现场实验,取得了显著的效果。1987 年钻成我国第一口套管开窗多目标井——营 86-斜 3 井,该井在  $\varnothing 244.5\text{mm}$  技术套管 1234m 处开窗成功,钻成一口井深 2294m、最大井斜 41°的多目标井。

同年在桩古 34-追 2 井创造了深井套管开窗全国记录,井深 4234.54m 处开窗一次成功。这口井于 1988 年 2 月 11 日完钻,完钻井深 4657.7m,最大井斜 71°。

2. 中原油田 1988 年在前参二井井深 3400m 处成功地完成了侧钻施工。

这项技术的应用,完善了钻井工艺技术,为处理井下事故和复杂情况开辟了新路。

## **二**

**定向井、丛式井设计技术有了很大提高。**形成了从平台优化设计、井眼轨迹设计到实钻轨迹监控的一套定向井、丛式井设计技术,达到了国外定向井八十年代的设计水平。具体表现在:

1. 掌握了用丛式井开发油田时,在已知区块面积和井数条件下,进行平台数(含平台井数)和平台位置的优化设计技术。

辽河油田和油科院建立了平台数、平台位置与成本关系的数学模型,提出了在地面限制约束条件下使总成本最低的优选平台数和平台位置的求解方法。油科院用这套方法为拟用丛式井开发的二连油田优选了平台数和平台位置,提出了平台布置方案的可行性报告。大港油田用聚类分析等数学方法解决了在地面限制约束条件下使总水平位移最小和总井深最短的优选平台数和平台位置的技术问题。用这套方法对板桥地区已打过的丛式井进行验算,发现原设计的不合理之处。如当初用这套方法来设计,有的井组就可少打一口井,节约几百万元。他们还用这套方法对羊三木丛式井组平台位置进行验算,证明原设计基本合理。

2. 完善了一个平台井组的总体设计技术。

胜利油田、辽河油田、大港油田深入研究了平台内地面井位的合理布置和钻井顺序技术,研究的结果表明,在进行平台内井组的总体设计时应考虑以下因素:

(1)投产的时间要求。合理的井口布置应

能满足开发投产的要求。大港油田羊三木丛式井平台将19口井地面井位分为4组,打完一组投产一组,使平台能提前投产。胜利油田河50丛式井平台根据投产时间要求,在平台上同时上6台钻机,分6排井组完成42口井,大大缩短了整个平台钻井周期,满足了开发投产的时间要求。

(2)根据运移手段来确定合理的排距、井距和排列方式。胜利油田河50丛式井平台将42口井分为6组,每组一排,各排分别用一台钻机依次钻井,使钻机运移非常方便。

(3)在进行平台内井组总体设计时要尽量避免相邻井的空间交叉和设计绕障井,在可能的条件下尽量利用地层自然井斜、方位、漂移规律,减少工作量。

(4)根据采油工作要求、地面条件限制以及施工控制能力选择合理的地面井距、排距,在设计每口井的斜井段时必须进行防碰扫描设计(包括对已钻井的防碰扫描计算),为实际轨迹控制留足轨迹控制安全空间。

(5)造斜点的选择是平台井组总体设计的重要内容。一般来说位移大,造斜点高;位移小,造斜点低。井次安排应先浅后深,相邻两井造斜点深度错开不少于30m,并注意考虑防碰问题。

(6)在直井段易漏、易串、易塌等情况下,一般应下技术套管。

羊三木丛式井平台、河50丛式井平台、杜48丛式井平台的平台井组总体设计,均研究解决了上述技术问题,特别是河50丛式井平台的井组总体设计,全面考虑了上述诸因素,优选出最佳方案施工,并适时进行水平扫描计算绘图监控井眼轨迹,已完成的42口井全部按设计完成,表现了很高的平台设计技术和实际施工水平。

### 3. 定向井单井轨迹设计有了新的发展。

(1)常规二维定向井的设计技术和软件已成熟,并在各油田大量推广应用,在生产中发挥了重要作用。

(2)各单位都编制了三维定向井的设计

软件,这是定向井设计的一个发展。

胜利油田设计并施工了一口三维绕障井,大港油田设计施工了7口三维绕障定向井,四川石油管理局还设计了一口考虑方位漂移的三维定向井并进行了施工。

(3)胜利油田、四川石油管理局等根据地质、开发的需要进行多目标井设计技术的研究,设计方法已趋于成熟。同时还发现了用钻直井难以找到的新油层。

(4)胜利油田设计并施工了5口开窗侧钻井并取得成功。油科院等单位也进行了套管开窗侧钻井设计。

(5)有的单位还研究了一些特殊定向井的设计方法,如悬链线剖面、二次抛物线剖面等。定向井井身剖面的选择在满足开发需要的前提下应首先考虑易于施工,在一般情况下应选择尽可能简单的二段制、三段制等圆弧剖面。大港油田在一定的条件下设计并施工了两口二次抛物线剖面井,阻力小、施工快,具有一定的优越性。特殊定向井的设计还需要进一步开展现场实验。

### 4. 建立了定向井专业数据库并研制了一批数据库应用软件。

定向井专业数据库是定向井、丛式井设计和施工的重要基础和依据。各合同单位都建立了数据库,除总公司钻井工程局颁布的井史数据库标准中规定的项目外,还增加了定向井、丛式井有关的数据项目。几个单位还根据设计与施工的需要,研究开发出一批定向井专业数据库的应用软件:

(1)用数据库中已钻定向井数据,统计出所钻地层的造斜、方位漂移规律,以指导下一步定向井、丛式井设计和施工。

(2)胜利油田研究了钻具组合效能分析应用程序。对各种钻具组合分井段、分井径、分井眼、分地层、分钻井参数进行效能分析、用于指导钻具组合选择和使用效果预测。

(3)四川石油管理局和西南石油学院研究了构造模拟数据库应用软件。用以统计计算出所钻地区各地层的构造形态模型,为设

计井提供所钻地层的倾角、走向,已用于四川中坝、隆昌等构造的已钻井分析。

(4)四川石油管理局和西南石油学院研制了钻井地质环境分析软件,用以计算出设计井所钻各地层的岩石硬度、可钻性级别等岩石参数,为定向井计算机模拟提供数据。

5. 基本形成了一套定向井、丛式井钻井工程软件系统,有效地指导了定向井、丛式井的设计和施工。该软件系统目前包括以下内容:

(1)区域平台数、平台位置优选程序。

(2)常规二维、三维定向井轨迹设计程序。

(3)丛式井绘图程序。包括:

①丛式井可旋转垂直投影图程序,可以从 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 方位去观察丛式井组各井眼是否相交。②在防碰技术方面开发了三种绘图程序:第一种是胜利油田、四川石油管理局和西南石油学院等单位开发的水平距离扫描图,是用不同的水平面去扫描邻井而画出的与邻井水平距离趋势图。第二种是石油大学开发的法面距离扫描图,是用垂直于井眼轴线的法面去扫描邻井而画出的法面距离趋势图。油科院开发的安全圆柱侵入图也属此类。第三种是石油大学、胜利油田研制的最近距离扫描图,可以绘出邻井间在空间的最近距离变化趋势图。③石油大学研制的丛式井三维结构图,对于一个丛式井组观察方向不仅可以在 $360^{\circ}$ 范围内旋转,而且可以在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 范围内倾斜,从而使绘出的图具有立体感。

(4)油科院用连续梁理论编制了二维、三维静态下部钻具组合力学性能与变形分析程序。石油大学和西南石油学院编制了有限元计算方法的二维、三维静态、动态下部钻具组合设计、分析程序。石油大学用权余法编制了下部钻具组合静态、准动态分析程序。这些程序的设计部分已用于指导现场定向井施工。动态分析也取得了进展。

(5)油科院、西南石油学院研制了井眼位置误差椭圆分析程序,用误差理论可以计算

出井眼分析点在给定概率下所在位置的椭圆大小,这对于防碰计算、中靶计算和制定安全圆柱直径都有一定意义。此程序还需在现场施工中应用和验证。

(6)编制了定向井套管设计、套管扶正器合理安装位置设计程序,并用于指导现场固井施工。

(7)研究了定向井井眼轨迹预测程序。根据钻具组合性能、地层特征等参数预测井眼轨迹位置。

### 三

定向井井眼轨迹控制技术取得很大进展。

定向井井眼轨迹控制是实现定向井和丛式井设计的技术关键,也是难度较大的研究课题。经过理论研究和现场实践,认识和控制技术有较大提高,并成功地按设计钻成了一批高难度的定向井和丛式井。我国定向井丛式井井眼轨迹控制技术已达到世界水平。

大港油田和河南油田合作设计和施工的河南南阳井楼油田一个丛式井组,平均垂深仅396.8m,平均造斜率高达 $18^{\circ}/100\text{m}$ 。羊三木丛式井,井浅,位移大,井斜角大,三维绕障多,防碰要求严格,钻井过程中未发生井间相碰,中靶率100%。河50丛式井井眼密集,在 $70^{\circ}$ 扇面内有22口井需要空间交叉,未发生井间相碰。每口井均中靶。井口距仅3m,各井直井段平行延续井段达1000m以上,最长达1700m,是国内最长的,直井段防碰、防串要求严格,最后施工质量全部合格。杜48丛式井组为满足热采需要,井斜角小(小于 $6^{\circ}$ ),方位控制难度大。四川在硬地层中钻大斜度定向井,积累了硬地层井斜方位控制的经验。

上述成绩的取得与井眼轨迹控制技术水平的提高是分不开的。这一领域的技术成果主要表现在以下几方面:

1. 井眼轨迹控制的理论研究有较大突破,研究水平已接近八十年代世界先进水平。

(1)二维下部钻柱力学性能研究已能满足井斜角控制的要求,井斜角控制的理论和技术问题已较好地得到解决。但轨迹控制的难点是方位控制。为了解决方位控制问题,下部钻柱力学研究已从二维发展到三维。用三维下部钻柱力学模式和计算机软件已能算出钻头变井斜、侧向力和变方位侧向力及钻头空间几何状态。以此为基础可以优选出变方位侧向力尽可能小的下部钻具组合。

(2)对下部钻柱动态力学性能进行了研究。大部分情况下静态力学已能满足生产要求,但个别问题需要动态力学才能解决。

(3)对地层因素影响井眼轨迹的机理作了较广泛的研究,研究认为地层岩石各向异性是影响井斜方位的主要地质因素。石油大学研究了三维地层各向异性的算法及其对井眼轨迹的影响。首先应用岩石的5个弹性常数描述岩石各向异性对井眼轨迹的影响,建立了新的钻头-岩石相互作用模型。西南石油学院用实验方法研究和测量了四川部分岩心的各向异性,并提出了井底地带地应力对井眼轨迹影响的概念,进行了实验和现场资料统计研究。

定向井技术人员早已认识到地层倾角和倾向对井眼轨迹的影响。石油大学提出的力学模型中已包含了地层倾角和倾向、井眼自然方位和定向井井眼轨迹变化的关系。西南石油学院提出了利用钻井资料计算设计井和施工井井眼轴线与地层倾角和倾向之间空间几何关系的方法。

(4)研究了不同类型钻头与地层岩石相互作用对井眼轨迹的影响。

石油大学综合考虑钻头侧向力和岩石各向异性,建立了各向异性钻头与正交各向异性地层相互作用新模型,提出有效钻力概念,用于井眼轨迹预测和控制。西南石油学院研究了钻头结构及其侧向力切屑与定向井轨迹变化关系,计算了几种钻头侧向切屑刃高度,提出了改进钻头设计以减小方位漂移的意见。

(5)用不同的数学力学方法建立下部钻柱力学模型,并编制了计算机程序,对影响下部钻柱力学性能的一些主要因素进行定量计算。油科院用连续梁法建立了弯接头带动力钻具和转盘钻下部钻柱组合的力学模型。石油大学用有限元进行三维静态和动态分析,用权余法对下部钻具组合进行三维小变形、大变形及三维准动态分析,编制分析程序,建立下部钻柱力学模型。西南石油学院用有限元法建立分别适用于软、硬地层钻进的力学模型。以这些力学模型为基础进行了计算机模拟的研究。从不同角度,采用不同方法进行的理论研究,丰富了这一领域的研究内容并提高了水平。

2. 通过研究和实践,完善了一整套适合各种井下条件的增、稳和降斜的钻具组合。胜利油田还试验了柔性钻具组合。石油大学吕英民副教授把下部钻具组合性能制成图表,供现场使用,这是一个好的经验。

通过研究和实践,对方位变化机理和影响因素的认识有较大提高,并研究了一些特殊的控制方位技术。辽河油田和胜利油田在转盘钻进中采用变向器,可在一定条件下改变方位角。辽河油田还试验了液力钻头舵控制方位。石油大学和大港油田研制了适合弯接头带动力钻具用的金刚石钻头。辽河油田还研制成功了可变角度弯接头,并已通过部级鉴定。

### 3. 绕障和防碰技术取得了显著成绩。

密集丛式井和在老区打调整井经常会遇到绕障和防碰问题。胜利油田和大港油田分别在河50丛式井和羊三木丛式井施工中积累了宝贵经验。用计算机随时监测作图,用水平扫描办法及时掌握正钻井与邻井相对位置和预测待钻井与邻井相对距离。

## 四

我国定向井丛式井的基础理论研究有了发展和提高。

石油大学以刘希圣教授为主,开展了定

向井环空水力学及携岩机理的研究,对定向井偏心环空内幂律流体的流动规律及岩屑输送问题进行了理论分析,通过在制成的试验架上试验,建立了定向井环空流动模型,导出了流场分布、视粘度分布、分层雷诺数分布、流量和压耗模式,建立了大斜度井眼岩屑床厚度的理论和经验模式,并通过现场资料进行了验证。

另一方面就是定向井丛式井井眼轨迹控制理论研究有较大突破。即应用有限元法、纵横弯曲梁法、权余法对下部钻具组合进行了从二维到三维、从静态到动态、从小变形到大变形的受力和变形分析,从井斜角控制分析发展到方位角控制分析。发展了地质因素对井眼轨迹控制理论,提出了地层岩石与钻头相互作用、地层产状要素(地层倾角、倾向)对井眼轨迹影响的数学力学模型,地层岩石各向异性及其对井眼轨迹影响的数学模型,地应力及井底应力应变对井眼轨迹影响的理论和分析计算方法,地应力和临界地层倾角计算模式,并用于计算地层变井斜力和变方位力,有效钻力描述地层与钻头相互作用对井眼轨迹影响的概念及算法。在综合上述钻柱力学与钻头相互作用的基础上,提出了井眼轨迹预测模型和方法,可指导施工。

## 五

定向井配套技术和工具仪器的研制取得了较大成绩。

1. 泥浆技术有了较大进步,形成了几套适合不同地区不同地层和钻大斜度井的钻井液类型。

(1)研制出新的泥浆体系。油科院与辽河油田合作,研制出了钾石灰泥浆、阳离子聚合物泥浆、低毒油基泥浆。其中钾石灰泥浆已在辽河、四川推广应用,阳离子聚合物泥浆进行了12口井工业试验,在防塌方面收到了好的效果。

(2)研制了用于定向井泥浆的处理剂。各攻关合同单位经过几年的工作,研制出7种

润滑剂,如胜利油田 RT-881、大港油田 DG-5、辽河油田 RF-862、油科院 RH-3、RH-4、胜利油田一种固体润滑剂;其它类9种,如胜利油田 JFN-3 改性般土、暂堵剂、油科院大分子量阳离子聚合物、小分子量阳离子聚合物、降失水剂两种(阳离子淀粉(DFD)、封堵剂(FT-1)、降粘剂(FLS))。

### 2. 固井工艺技术有了一定提高。

大斜度定向井固井存在的复杂问题是如何保证套管下到设计深度、套管靠井壁影响水泥浆顶替及水泥浆自重析水在井眼上侧形成水带,各合同单位针对这些难点,研究了相应措施。四川石油管理局和西南石油学院研究了套管扶正器合理安放位置的计算方法。这一方法已被总公司标准化委员会采纳列入标准。还研究了大斜度定向井固井用的低析水水泥浆,析水率低于0.7%,并用于隆40-1大斜度定向井固井。胜利油田采用“漂浮”固井技术,利用浮力作用使套管离开下井壁。辽河油田采用了“一次地锚提拉预应力”固井法,使热采井、定向井固井施工得到简化。

### 3. 取心工具设计与试验取得一定进展。

四川石油管理局研制的定向井转盘钻取心工具(DTQ180-105Z)在隆40-1大斜度井进行试验,在2071~2076m井段飞仙关泥岩地层,井斜角 $52^{\circ}30'$ 的条件下,取心进尺5m,收获率99.8%。螺杆钻具带动的定向井工具(DTQ180-150L)和定向取心工具(DQX180-105D)在文6井大安寨灰岩取心11次,取心进尺86m,收获率达97.5%;在金53井取心45.8m,收获率达99.4%。这对判断油气构造形态和裂缝发育方位有帮助。

### 4. 大斜度定向井测井仪器工艺试验见到明显效果。

为了使常规测井仪器在井斜 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的井段能正常运送下井,大港油田先后研制了输送式和浮筒式送入工具。后者可以跨越井内台阶及增加测井仪器的下行轴向分力。通过羊三木丛式井四井6次试验,在最大井斜 $52^{\circ}$ 时,使用成功。

### 5. 油管输送射孔与地层测试器组合工艺在丛式定向井中试验见到好效果。

1986年以来,大港井下公司和测井公司联合进行定向井带油管射孔技术研究,应用投棒式引爆装置进行了35井次现场试验,射孔成功率100%。钢丝绳拉动控制套式环空加压引爆装置,进行了9井次现场试验,发射成功率90%。1989年1月在羊丛29井进行了油管输送射孔和地层测试组合试验,井深1506m,最大井斜角22°,井底水平位移320.5m,射孔井段1445.9~1478.9m,施工中起下管柱顺利,座封可靠,试压不漏,资料齐全,取得初步成果。

### 6. 石油大学和大港油田机厂联合开展了定向井金刚石钻头的研究工作。

按课题计划开展了人造聚晶金刚石和复合片的试验方法、测试装置、金钢石耐磨性分级、钻头结构、水力学、计算机设计软件和有关钻头焊接、固齿工艺等项研究,试制了17只定向井金刚石钻头,经各油田现场试验,平均进尺达到425~450m/只(其中最多进尺达854.49m),平均机械钻速达7.7~11.18m/h,试验钻头超过了合同规定的技术经济指标。

### 7. 新型螺杆钻具研制。

油科院先后研制的LZ165和LZ198型两种螺杆钻具,针对过去定子脱胶问题,找到了胶料粘接性能下降的原因,从而采取了控制粘接用料、改变粘接工艺等措施,改进了定子挂胶质量。LZ198型螺杆钻具样机在辽河油田试验效果较好。

### 8. 新型涡轮钻具的研制。

石油大学研究生部和江汉石油学院共同研制3FWZ-195复式涡轮钻具和FWZ-175单式涡轮钻具,均已完成样机试制。

在涡轮节研制方面,对涡轮的水力模型进行了改进设计,开展了涡轮性能的台架测

试验工作,得到了扭矩大、压降较小、比较完善的涡轮叶型,现已应用在目前的涡轮钻具中。对浮动定子的涡轮摩擦付结构,进行了不同材料、不同结构和热处理条件的系统室内试验及初步现场实验,选定了成本低、使用维修方便且能耐高温的弹簧钢环-氟橡胶摩擦付结构,现已应用于所研制的涡轮钻具中。浮动定子结构的涡轮节样机已两次下井试验并反复拆装检验,证明它比现有涡轮钻具制造简单,使用可靠,拆检、维修方便。

在支承节研制方面,采用先进的压力平衡密封技术,试制充油密封支承节。另外,1988年还进行了井下动力钻具关键部件——新型叉口式万向节的有限元应力分析,并采用光弹及电测实验验证,改进了万向节的结构设计,已用于175涡轮钻具的支承节中。

3FWZ-195涡轮钻具配合 $\varnothing 215.9$  S248型巴拉斯钻头,在60141队卧123井使用它从3108.27m钻至3549m,进尺440.73m,纯钻进83h,机械钻速5.27m/h,比转盘巴拉斯钻头钻进快得多。

### 9. 套管开窗侧钻工具有新发展。

胜利油田钻井工程公司为了完成深井硬地层套管开窗侧钻及定向侧钻的任务,进行了可回收式造斜器的仿制和研制工作,完善了套管内固定式造斜器和裸眼锚定式造斜器,并投入了小批量生产。

### 10. 测斜仪器的研制有进展。

油科院和大港油田定向井公司等研制了多种测斜仪器,大港公司已制造了10套运动传感器和无磁传感器,经现场试验,效果良好,明显改进了单点测斜仪的使用性能。他们还研制了SWD有线测斜仪。油科院钻井所与北航院协作研制了GYRO-80型陀螺测斜定向仪,已研制出样机。

(本文收到日期 1989年11月9日)

the gas reservoirs are divided into three types. Based on the development practice, the reasonable development procedure and method of various gas reservoirs are preliminarily summarized, possessing guiding significance.

**Subject Headings:** gas fields in Sichuan, development procedure, gas reservoir types, development plan.

*Sun Jiazheng, Wang Minghua*

## DRILLING/PRODUCTION TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

### 36 Important Progress of the Drilling Technology for Directional and Cluster Wells in Our Country

This article comprehensively and summarily sums up the important progresses of the drilling technology for directional and cluster wells in our country, including having successfully drilled a batch of directional and cluster wells and having handed the optimum design of platform's number and position, the overall design of a group of wells, the track design and control technique for a single well, the assembling technique of drilling tools, the obstacle-avoiding and bump-preventing techniques, the complete technique for mud, cementing, coring, logging, perforating, testing, bit, turbine and screw type drilling tools etc., as well as the application of data base and software system, which reveals a good prospect of overall spreading the directional and cluster wells in our country.

**Subject Headings:** directional well, cluster well, casing, sidetrack drilling, number of platform, position of platform, optimum design.

*Li Kexiang*

### 44 Analysis and Countermeasure of the Accident of Blowout out of Control

The cause and harmfulness of blowout out of control in the oil and gas fields are analyzed in this paper. For getting blowout-controlling done well, the understanding about it must be further deepened and the works in six aspects will be done seriously.

**Subject Headings:** oil and gas field, drilling, blowout out of control, analysis of accident, countermeasure.

*Ni Rongfu, Xu Minghui*

### 47 Mechanism of Eliminating Gas Flow Pulsation and Its Effect on Measurement Error

The interference of pulsating flow is usually meeting in natural gas flow measurement. This article analyzes the mechanism of eliminating gas flow pulsation theoretically, expounds the effect of gas flow pulsation on measurement error and points out the best method for eliminating pulsating flow.

**Subject Headings:** eliminating gas flow pulsation, natural gas, gas measurement, measurement error, best method.

*Yu Pingren*