

油气藏开发工程 理论和技术

——第二届“油气藏开发工程”
国际学术研讨会论文集

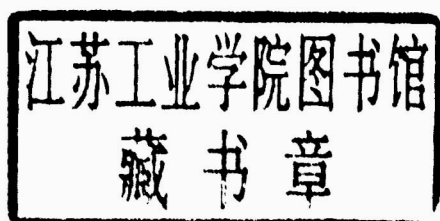
“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 编

石油工业出版社

“油气藏地质及开发工程”
国家重点实验室系列专著

油气藏开发工程理论和技术

——第二届“油气藏开发工程”国际学术研讨会论文集
“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室编



石油工业出版社

内 容 提 要

为了能增进“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室同国内外石油工程界的相互交流和了解,促进实验室学术水平的提高,将“油气藏开发工程”第二届国际学术研讨会论文编辑出版。本书编入论文 58 篇,内容涉及储层预测技术及储层定量描述技术、复杂气田开发理论与技术、油气藏数值模拟技术、复杂地质条件下钻井新技术、储层保护技术、新型油田用化学剂及工作液体系等方面。介绍了“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室在复杂油气藏勘探开发研究领域内取得的新成果和新观点,以及部分现场实践经济。

本书供从事油气藏地质及开发工程的科研、生产技术人员,以及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气藏开发工程理论和技术:第二届“油气藏开发工程”国际学术研讨会论文集/“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室编.

北京:石油工业出版社,2000.9

ISBN 7-5021-3015-1

I. 油…

II. 油…

III. 油田开发-国际学术会议-文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 47088 号

石油工业出版社出版

(100011 北京市安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 24.5 印张 620 千字 印 1—1000

2000 年 9 月北京第 1 版 2000 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3105-1/TE·2375

定价:35.00 元

第二届油气藏开发工程国际学术研讨会

顾问委员会 主任：刘宝珪（院士）
委员：刘宝珪 徐 僖（院士） 贺振华
石宝珩 刘振武 孙 宁 严存章
张正卿 李海平 陈元顿 万仁溥
李克向 张福祥 马兴峙 滕耀坤
曾时田 李鹭光 施太和

组织委员会 主任：罗英俊
委员：罗英俊 傅诚德 陆基孟
乔 立 狄明信 王珠眉
罗平亚（院士） 李 允
李士伦 孙良田
秘书：李 健 穆曙光

主办单位：西南石油学院
油气藏地质及开发工程国家重点实验室
会议地点：中国·四川·南充

大会主席：R. G. Moore 博士 加拿大卡尔加里大学
张绍槐 西安石油学院
李士伦 西南石油学院

主 编：罗平亚

副主编：李 健 孙良田

编 著：李士伦 施太和 陈景山
郭建强 赵必荣 傅晓文
李颖川 黄瑞瑶 蒋 红

序

第二届“油气藏开发工程”国际学术研讨会，经中国石油天然气集团公司对外合作部和科技发展部批准，于1999年10月21~22日在“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室召开。来自中国、美国、加拿大、法国的石油工程方面的专家紧紧围绕着复杂油气藏的开发工程理论和技术，从理论与实践结合的角度分别就油气藏钻井采油工程、油气藏开发工程、油气藏地质3个专题进行了深入的讨论和学术交流。

会议共收集论文58篇。这些论文反映了“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室及石油工程界在油气田开发工程领域的部分最新研究成果以及新技术、新方法、新工艺、新产品等，具有较高的学术水平和实用价值。

“油气藏地质及开发工程国家重点实验室学术委员会”负责本次会议论文集的组织工作，石油工业出版社承担了文集的全部编辑工作。

中国石油天然气集团公司和西南石油学院领导对会议召开给予了高度重视。许多油田、研究院、高等院校都积极支持，选送了大量优秀论文。石油工业出版社为论文出版进行了积极的合作，这里谨向这些单位和参与论文编审的专家及论文作者致以衷心的感谢！

“油气藏地质及开发工程”

国家重点实验室主任

中国工程院 院士

罗平亚

一九九九年十一月

目 录

钻井工程、采油工程部分

小设备钻成中国海洋第一口多底井的实践.....	(3)
顶部小泥脉冲振动波动方程的推导	(10)
泥页岩稳定性的化学与力学耦合问题 (之一: 研究回顾及问题)	(17)
泥页岩稳定性的化学与力学耦合问题 (之二: 理论模型与算例)	(25)
空间有限元法在射孔完井中的应用研究	(35)
现代优质快速科学钻井技术在渤海油田的应用	(43)
油田开发后期调整井固井技术研究	(51)
钻柱—钻头—岩石系统动力学仿真研究	(57)
川西裂缝性致密砂岩钻井完井储层保护技术	(63)
用分子动态模拟的方法研究有机小分子在粘土矿物中的运动和吸附位置	(71)
间歇抽油井合理工作制度的确定	(76)
一种用于小井眼侧钻小平井完井管柱摩阻计算的新模型	(81)
气藏泡沫欠平衡钻井修井数学模型	(87)
大分子在粘土表面的形态与运动——聚合物稳定井壁机理的再探讨	(95)
地温计算模型及其反演分析方法研究.....	(101)
单牙轮钻头机理研究和试验.....	(108)
一种能提高硬地层破岩效率的盘式钻头.....	(112)
用抗腐蚀低密度水泥解决长庆油田套管外壁腐蚀问题.....	(118)
聚电解质在粘土/水界面吸附对界面动电性质及分散体系稳定性的影响	(125)
强化钻井液抑制性能的树木酚类助剂的研究.....	(130)
疏水化羧甲基纤维素的水溶液性质.....	(137)
评价水泥浆防窜能力的新方法.....	(142)
人工神经网络法评价储层伤害.....	(148)

油藏工程部分

多孔介质吸附对凝析油气混合物渗流的影响.....	(157)
裂缝性低渗透油藏整体压裂数值模拟技术及应用.....	(166)
A New Model for Sandstone Acidizing	(175)
双孔介质流固耦合渗流计算.....	(190)
粘稠性流体间界面剪切粘度的测定方法.....	(197)
油气开采用水溶性疏水缔合聚合物溶液结构的研究.....	(206)
注采系统与产液量关系的分析方法.....	(211)
优选油气田开发方案的主成分分析方法.....	(215)
油气体系中石蜡沉积模拟方法.....	(221)

多油层水驱室内物理模拟试验研究..... (227)

聚合物/表面活性剂混合溶液性质研究 (233)

老君庙油田 M 油藏顶部区剩余油分布规律研究 (237)

应力敏感低渗油藏的不稳态压力动态分析..... (242)

深层裂缝性底水油藏排水采油开采技术..... (247)

水驱强度对气井压力动态的影响研究..... (252)

复杂边界条件下的水平井不稳定压力特征分析..... (258)

微生物对稠油的降解实验研究..... (263)

非牛顿流体油藏数值模拟研究..... (268)

合采油井分层产能确定的新方法——原油色谱指纹技术..... (275)

一种运用模糊逻辑的油藏数值模拟历史拟合辅助专家系统..... (280)

凝析油气重组分的延伸分析..... (286)

文南油田注气细管试验研究..... (291)

现代产量递减分析的遗传混合优化解释方法..... (295)

大庆油田三元复合驱过程中结垢研究..... (300)

油气藏地质部分

油的高温裂解气和晚期干酪根裂解气的地球化学识别..... (309)

鲕滩储层的测井识别方法..... (318)

塔中奥陶系陆棚边缘礁相储层成岩孔隙演化及圈闭意义..... (327)

大港新村地区高凝固点原油的成因探讨..... (335)

塔中地区奥陶系礁滩相储层的定量评价和预测..... (341)

塔里木盆地和田河气田气藏地球化学特征及成藏演化..... (346)

四川盆地西南部震旦系不规则状储层研究..... (355)

单个圈闭评价技术研究..... (360)

裂缝油藏剩余油分布预测——三维地震多尺度边缘检测..... (366)

GIS 在煤层气资源评价中的应用 (373)

岩溶型储层预测研究中的古地貌恢复及实例应用..... (379)

钻井工程、采油工程部分

小设备钻成中国海洋第一口多底井的实践

周俊昌 姚启华

(中海南海西部公司 (石油))

摘要 本文论述了中国海洋石油第一口多底井的钻井概况。该多底井具有两个分支井,是利用采油平台的修井机经过改造后,在原老井眼中开窗侧钻而成的。利用修井机钻成多底井在世界上是第一次尝试。本文以多底井的实际施工作业为基础,总结了多底井的开窗作业和分支技术以及多底井的完井过程。这对于在其它地方钻多底井、分支井,有借鉴作用。

The Drilling Practice of China's First Offshore Multilateral Well With Small Equipment

Abstract This paper briefly describes the drilling process of China's first offshore multilateral well. This multilateral well has two side-tracking branch well-bores which were drilled from the motherbore using a retrofitted service machine on the production platform. This paper summarizes side-tracking, branching and completion techniques used in the drilling operations of the multilateral well.

1 概 述

多底井、分支井技术是近些年来发展起来的一项石油开采新技术,它能够有效地改善底水油藏的开采条件,有利于油层管理,提高单井产量,提高油井采收率。到目前为止,世界范围内钻成的多底分支井有 100 多口,而且大都取得了比较好的经济效益。

W11—4 油田是中国海洋石油总公司南海西部公司所属的一个油田。它位于北部湾海域,是一个典型的底水油藏,至今已开采 5 年时间,油田目前普遍存在着含水增加的问题。为了确保 W11—4 油田的稳产,尽可能多地采出剩余油,加强油层管理,同时也为了跟上国际钻井技术发展的步伐,中国海洋石油总公司决定采用多底井技术在 W11—4 油田利用修井机打一口双底的分支调整井和一口水平井。

由于要钻多底井的 W11—4 油田采油平台上已安装了修井机,钻井平台已无法靠上去复位钻井,因此考虑利用采油平台的修井机来钻多底井。众所周知,修井机是不具备钻井条件的,一是它的提升能力小,各设备的额定功率也较钻井平台小得多,实属小设备;二是它没有钻井液循环系统和固井系统。为了满足钻多底井的需要,首先必须对修井机进行改造。即使改造后, K600 修井机井架也仅高 29m,无顶部驱动,大钩静载仅 882kN,使用这样的小设备在 177.8mm (7") 主井眼开窗钻 152.4mm (6") 双底分支水平井,在国内外为第一次尝试。

南海西部石油公司于 1997 年 2 月 13 日成立了修井机改造项目组和多底井项目组,并于 1997 年 12 月 9 日完成修井机改造的现场安装调试。钻井和完井现场作业于 1998 年 5 月 15 日正式开始,于 6 月 13 日因油田改造项目作业暂停。8 月 16 日继续现场作业,于 1998 年 9 月 26 日完成了中国海洋第一口多底井: W11—4—A11b、11c 井。10 月 16 日现场作业全部完成,

共钻井 5 口（其中 2 口报废）。投产以后，多底井产量是 W11—4 油田斜井单井产量的 3 倍，A16D 水平井产量是 W11—4 油田斜井单井产量的 2 倍。取得了较好的经济效益，达到了预期的目的。

2 修井机的改造

2.1 原修井机设备简况及其主要性能

W11—4 油田的 A、B 两平台各安装一台加拿大 KREMCO 公司制造 K—600 型海洋修井机，两平台的修井机设备是相同的。原修井机主要设备情况见表 1。

表 1 原修井机主要设备情况

序号	设备系统名称	主要性能参数
1	井架	工作高度 29.26m，公称负荷 1470kN (150t)，二层台高 16.75m，可同时立放 73mm 油管和 89mm 钻杆 1800m
2	游动滑车	3 滑轮，额定负荷 1225kN (125t)
3	大钩	额定负荷 980kN (100t)
4	水龙头	SW125 型，额定负荷 1225kN (125t)
5	绞车	235kW，双滚筒配有水刹车，5 挡变速，提升速度 0.34~1.76m/s
6	转盘	DRECO 型，额定静负荷 500t，开口直径 698.5mm (27.5")
7	防喷器组	环形：279.4mm×35.2MPa，双闸板：279.4mm×35.2MPa
8	柱塞泵	最大排量：1098l/m，额定功率：235kW
9	泥浆池	容量 50m ³
10	灌注泵	DRECO 型，127×152×228mm 离心泵
11	混合泵	DRECO 型，127×152×228mm 离心泵
12	加料漏斗	配有 DRECO 型，127×152×228mm 离心泵
13	高压立管汇	35.2MPa (5000psi)

经过论证，认为修井机主绞车额定功率、井架、游车、大钩等均能满足钻多底井的要求。但是，原修井机的柱塞泵排量较低（而且不能长时间运转），泥浆池容量小，没有固控系统、固井系统、大鼠洞装置、转盘锁定装置和钻井仪表等钻井必需的设备，只能进行修井作业，要满足钻井需要，必须增加一些设备和进行必要的改造。

2.2 改造后的修井机

修井机改造增加的主要设备及其基本性能见表 2。由表可见，改造主要增加了泥浆泵系统、固控系统、固井系统和钻井辅助设备系统。从增加设备的主要性能和项目现场作业情况表明，经改造的修井机能进行钻井完井作业的各种操作，增大了作业能力，满足项目的钻井、完井作业的要求。

表 2 修井机改造增加的主要设备性能表

序号	设备系统名称	主要性能参数
1	柴油机—泥浆泵组	用 150mm 缸套时，额定压力 12.2MPa，排量 1366l/m
2	水泥混合罐	排量 2448l/m，扬程 28m，介质密度≤2.4g/cm ³
3	多功能旋流清洁器	处理量 70~80m ³ /h

序号	设备系统名称	主要性能参数
4	振动筛	处理量 1800LPM
5	泥浆泵	排量 3360LPM, 扬程 25m
6	大鼠洞	接、卸及放置方钻杆方便
7	转盘反扭矩装置	满足作业要求
8	钻井仪表	包括转盘转速表、泥浆泵速表、泥浆泵累计冲数表
9	锥形罐	容量 5m ³ , 上面安装振动筛, 也作沉砂池
10	钻井液罐	容量 20m ³
11	管汇系统	包括高、低压管汇, 连接新、老设备等

3 多底井钻井技术

通过多底井的钻井实践, 我们认识到就钻井作业而言, 关键技术是多底井的窗口系统, 另外还有: 井眼轨迹控制技术, 油层保护钻井液技术, 小设备上 POC 钻头的使用及多底井固井技术等。在完井方面, 则是要有效地将不同的油、气、水层隔离开, 达到多层同时开采的目的。

3.1 钻井方案的确定

W11—4 油田的多底井是在原来的老井眼中开窗侧钻而成的, 同时是使用小设备进行作业, 因此整个钻井作业方案和钻井设计都必须考虑到具体的实际情况。我们的钻井方案是根据以下条件确定的:

(1) 原老井眼的情况。尽量利用原井眼, 节省成本, 便于作业等综合分析考虑, 选择在 177.8mm 尾管上开窗侧钻 152.4mm 井眼的方案。表 3 是原老井眼 (A11 井\A16 井) 井身结构和套管数据。由表可见, A11、A16 两口老井都为 177.8mm 尾管完井。

表 3 A11 井/A16 井井身结构和套管数据表

套管尺寸 (mm)	下深 (m)	重量 (kg/m)	纲级	内径 (mm)
762	131.85\129.08	461.33\461.33	B\B	
339.7	253.16\250.71	101.19\101.19	K—55\K—55	
244.5	839.60\840.96	69.94\69.94	K—55\K—55	220.5\220.5
177.8 (尾管)	1387.00\1450.00	34.23\34.23	K—55\K—55	161.7\161.7

人工井底 (水泥塞) 顶深: 1150m\1250m; 尾管顶深: 697.09m\686.50m

(2) 根据经改造后修井机的能力。其中最主要的为泵排量、提升能力、固控能力、泥浆池容量等, 由调整井设计方案提出的基本要求, 进行了匹配计算和理论论证。

(3) 根据不同深度的固井质量情况、便于钻完井作业、便于增加水平段长度等方面选择开窗点和进行定向轨迹设计。

3.2 多底井的窗口系统和分支技术

这些工具及技术主要包括: 一次下入式开窗技术、上井眼定向及可回收式斜向器的下入、上井眼开窗及可回收式斜向器打捞。下面是通过 W11—4A—11b、c 多底井的作业对这些技术

及工具使用进行的总结。

3.2.1 下部井眼开窗

(1) 井眼准备。

- ①用海水压完井后起出生产管串；
- ②下 88.9mm (3-1/2") 钻井到封隔器顶并充分循环洗井；
- ③打 50m 水泥塞后起钻；
- ④下 177.8mm (7") 套管刮管器刮刮套管，探水泥塞顶在 1162.6m。

对水泥塞试压 14MPa，试压合格后起钻，刮管器组合如下：

152.4mm (6") 钻头+177.8mm (7") 套管刮管器+4×120.6mm (4-3/4") 钻铤+15×88.9mm (3-1/2") 加重钻杆+88.9mm (3-1/2") 钻杆

(2) 下定位桥塞。

根据伽马及 CBL 测井资料确定桥塞的下深在 1083m 左右，实际下深在 1084.38m。

(3) 下入一次下入式开窗工具及开窗作业。

- ①组合一次下入式开窗组合；
- ②测试 MWD 合格后下钻；
- ③下钻到桥塞顶部 10m 开泵，记录泵压，排量并称重。根据 MWD 的读数确定窗口的方位或高边；
- ④座放斜向器；
- ⑤缓慢下压 111.34kN 剪断销钉；
- ⑥磨铣套管，参数：钻压 20~40kN，排量 900l/min，转速 50~80RPM；
- ⑦磨铣出套管 6m 后起钻。检查上西瓜铣鞋外径不小于 154.0mm 后方可用导向钻具下钻，并钻出分支井的第一个井眼。

3.2.2 上部井眼开窗

(1) 确定 MLZX 悬挂器定位面。

- ①组合 MLHR 井底锚组合，地面测试 MWD 合格后下钻；
- ②距尾管顶 8m 开泵循环，记录泵压，排量并称重；
- ③座放 MLHR 井底锚，开泵测 MLZX 悬挂器定位槽方位；
- ④过提 180kN，拨出 MLZXP 井底锚，起钻。

(2) 井底锚地面定向。

- ①组合斜向器总成；
- ②根据 MLZX 定位槽的方位进行地面定向并调整好 MLHR 井底锚(卡瓦)定位键的方位。

(3) 下入可回收式斜向器及初开窗。

- ①斜向器定好向后组合初开窗钻具组合并测试好 MWD 后下钻；
- ②下钻到尾管挂顶部 6m，开泵记录泵压，冲数并称重。根据 MWD 读数调整好斜向器的方位，缓慢下入并压 50kN，过提 70kN 检查 MLHR 井底锚是否座好，通过 MWD 最后确认方位；
- ③下压 111.34kN 剪断斜向器与铣鞋的剪切销钉；
- ④初始磨铣套管。参数：钻压 20~30kN，转速 50~60RPM，排量 900l/min；
- ⑤磨铣套管 0.6m 后起钻。

(4) 磨铣窗口。

- ①组合西瓜铣鞋开窗钻具组合下钻；
- ②下到窗口前开泵，并记录泵压、排量并称重。探到初始窗口后先用较低的转速磨铣。磨到西瓜铣出窗口 4~5m 后起钻；
- ③起钻后检查西瓜铣的外径，不小于 154mm 可换导向钻具下钻，并钻出分支井的上部井眼。

3.2.3 可回收式斜向器的回收

(1) 尾管头及扶正管磨铣

- ①候凝到水泥石强度超过 400Psi 后组合磨铣钻具下钻；
- ②探到尾管头后开泵磨铣，磨铣参数为：钻压 40~60kN，转速 60~80RPM，排量 1000 l/min；
- ③每磨铣 3~5m 替一次高粘泥浆清洗井眼；
- ④磨铣到斜向器顶部约 1m 左右起钻。

(2) 套铣并打捞斜向器

- ①组合套铣回收筒钻具组合下钻；
- ②探到扶正管顶后开泵套铣；
- ③套铣参数：排量 1000 l/min，转速 80RPM，钻压 30~80kN；
- ④每套铣 3m 替入一次高粘泥浆清洗井眼，套铣完后要替入一次高粘泥浆充分循环后起钻，回收斜向器；
- ⑤套铣时不能在回收接头位置长时间套铣，以防止磨坏回收接头上的锁块；
- ⑥套铣完后过提 180kN 回收斜向器。此时，多底井的钻井部分便已完成，后续工作是下完井管串，投产。

3.3 W11—4 油田多底井井眼轨迹的控制

多底井（包括 A16d 水平井）是 W11—4 油田上所钻的第一批调整井，为提高油田的采收率，井位布在油田东部原来未布井的区域，油层相对较薄。另一方面，W11—4 油田是底水油田。由于以上两方面的原因，因此严格控制井眼轨迹就显得尤为严格和重要。

为控制好井眼轨迹，我们使用了目前较为先进的定向钻井工具：①可调式导向马达；②地面直读式 MWD。

每口分支井眼用两套钻具完成：造斜（增斜）钻具和稳斜钻具，它们的组合分别为（以 W11—4—A11b、A11c 多底井为例）：

①造斜（增斜）钻具组合：

152.4mmBIT + MIX ako 1.20MUD MOTOR + 142.9mmSTAB + C. S. NMDP × 1 + MWDpulserSub + C. S. NMDP × 1 + 88.9mmDP × 44 + 88.9mmHWDP × 20。

用这套钻具造斜（增斜）钻进从 1089.6m 到 1437.1m。穿过第一靶点，井斜由 51.2°到 83.5°。平均造斜率：9°/100m。

②彻斜钻具组合：

152.4mmPDC BIT + MIX ako 0.80MUD MOTOR + 142.9mmSTAB + C. S. NMDP × 1 + MWD pulser Sub + C. S. NMDP × 1 + 88.9mmDP × 82 + 88.9mmHWDP × 20。

用这套钻具钻水平井段至 1835m 完钻，中第二靶点，该井段井斜为 83.5°~89.4°。

另外，在钻井作业过程中，无论是造斜段还是水平段，都坚持一根单根测斜一次，以便

及时掌握井眼转迹的变化情况，一旦出现异常情况就及时调整，通过转动和滑动钻进实现对轨迹的控制。由于使用了较为先进的工具并实施精细施工，所钻几个井眼的轨迹均得到了很好的控制。

3.4 多底井的完井

W11—4 油田多底井项目包括 A11b、c 多底分支井和 A16d 水平井，其中 A11b、c 为 4 级多底分支井完井，下部分支 A11b 为下入尾管完井的主井眼，上部分支 A11c 要求下入尾管固井后套铣掉窗口外尾管，A11b、c 合采。井下完井工具选用贝克工具。

三个井眼均为在 177.8mm (7") 套管内开窗侧钻 152.4mm (6") 井眼，裸眼完井，裸眼井段 700~900m，油层水平段 300m~400m。完井方案要求在Ⅱ油组水平段油层内下入 88.90mm (3-1/2") 筛管防砂，油层上部下入 114.3mm (4-1/2") 管外膨胀封隔器+114.3mm (4-1/2") 尾管+114.3mm (1-1/2") 尾管悬挂器总成以封隔Ⅰ油组水层和上部造斜段，其中 114.3mm 尾管悬挂器总成下在 177.8mm 套管主井眼内。为钻多底分支井，下部分支 A11b 采用带有定向槽 (Orientation Profile) 的多底分支尾管悬挂器总成 (MLZX Liner Packer Assembly)，以便对斜向器总成 (Window Master Whipstock Assembly) 进行定向，开窗侧钻上部分支井眼。上部分支 A11c 采用尾管送入主工作筒 ('HR' Setting Sleeve) 下入尾管管柱。水平井 A16d 采用无定向装置的尾管悬挂器总成。

完井方案要求完井后能将Ⅰ油组水层和Ⅱ油组油层隔离，多底井上部分支井眼要求替水泥固结 114.3mm 尾管，保证窗口的完整性并封堵Ⅰ油组水层。

根据 152.4mm 井眼要求，选用贝克 114.3mm 管外膨胀封隔器 (ECP) 和液压固井阀 (HPC)，坐封工具选用 114.3mm (4-1/2") 膨胀工具 (HIT)。

完井作业的现场施工，大的步骤主要有三步：一是下入尾管管柱，加压悬挂后开泵将尾管内的泥浆循环出来，直至返出清洁海水，起出送入管柱和内冲洗管；二是坐封管外膨胀封隔器 (ECP)，如果需要坐封多个 ECP，从最深一个起，按坐封程序依次从下往上逐个坐封；三是多底井中上部分支井的固井，固井前管柱加压打开 HPC 注入孔，使之与环空连通，注水泥浆后，上提管柱解封 HIT 密封件，关闭注入阀，同时剪掉内关闭套剪切销钉，使 HPC 永久关闭。

4 多底井现场施工过程

为了使多底井的作业给人一个连贯的印象，更易了解和掌握作业程序，我们将 W11—4—A11b、A11c 分支井的现场施工过程总结如下：

- (1) 电测老井眼 W11—4—A11 的套管固井质量，选择实际开窗点；
- (2) 在预定深度下入桥塞；
- (3) 组合一次开窗工具。用开窗磨铣工具送斜向器到位，依靠 MWD 定向座斜向器，磨铣窗口及领眼；
- (4) 按钻井设计进行定向钻井（眼钻下分支井 W11—4—W11b 井）；
- (5) 在下分支井中下入防砂管串及内部冲洗管串；
- (6) 下入完井管串，磨挂尾管悬挂器并座封尾管封器，起出送入工具及内冲管柱；
- (7) 下入液压膨胀工具 (HIT) 膨胀管外封隔器 (ECP)。至此多底井中的下部分支井就钻成；

(8) 在准备钻上分支井的预定井深位置,下入井底锚及 MWD,测量下部分支井眼尾管悬挂器定位槽的方位与主井眼高边的关系;

(9) 下入斜向器系统,该系统通过销钉与初始磨鞋连接在一起;

(10) 剪断斜向器与初始磨鞋之间的销钉,磨铣窗口约 0.6m 起钻;

(11) 下入窗口铣鞋及西瓜铣鞋扩铣窗口,并钻领眼 4~6m;

(12) 按钻井设计进行定向井钻井(即钻上分支井 W11—4—A11c 井);

(13) 下入筛管、盲管、ECP 及尾管,下入内冲洗管、送入工具,用钻杆送筛管到位,起出送入工具;

(14) 下入液压膨胀工具 (HIT) 去膨胀管外封器 (ECP);

(15) 上提 HIT 工具,对准 HPC 内固井循环孔。注水泥,封固 ECP 以上至窗口之间的地层;

(16) 磨铣尾管顶部至窗口以上 1.5m;

(17) 套铣回收上分支井的斜向器系统,至此,上分支井已钻成;

(18) 若还要在主井眼中再钻其它分支井,可按 8~17 步骤重复进行。所有的分支井钻成后,后续工作便是下入完井管柱 (W11—4 油田是下入电潜泵),投产 (见图 1)。

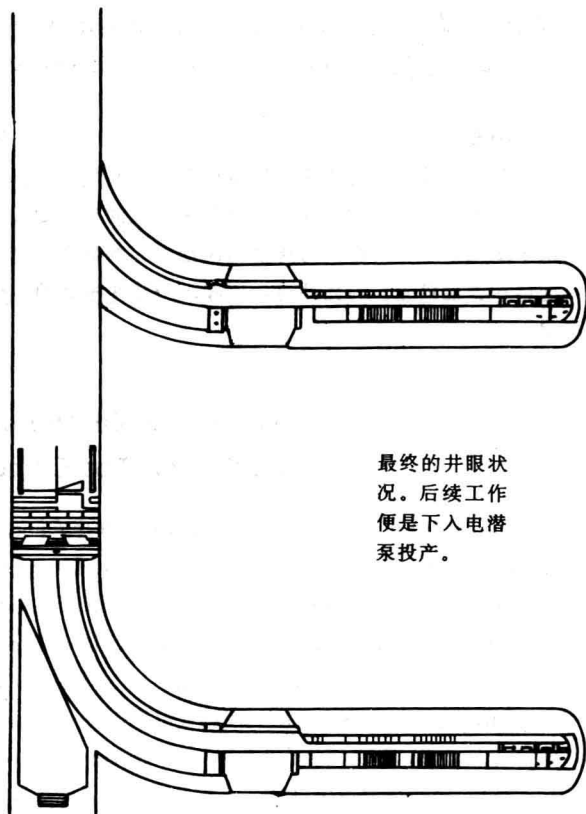


图 1 完井结构图

5 结 束 语

通过 W11—4—A11b,C 多底井钻井实践,使我们对多底井钻井技术和整个钻完井程序有了更深一步的掌握和理解。利用原采油平台上的修井机进行改造,用小设备钻成分支水平双井,在国内外尚属首次尝试,这次钻井实践的成功,为中国海洋石油钻这一类井积累了实际的经验。