

石油工程学会

2000 年度钻井技术 研讨会论文选集

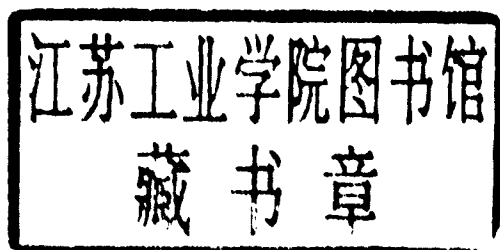
中国石油学会石油工程学会钻井工作部 编

2000

石油工业出版社

石油工程学会 2000 年度钻井技术研讨会论文选集

中国石油学会石油工程学会钻井工作部 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书是中国石油学会石油工程学会钻井工作部 2000 年度组织召开的石油钻井技术研讨会的论文选集,共收录论文 29 篇。本书集中体现了我国石油钻井技术近期所取得的成果和发展水平,可供从事石油钻井的科研人员、工程技术人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油工程学会 2000 年度钻井技术研讨会论文
选集/中国石油学会石油工程学会钻井工作部编.
北京:石油工业出版社,2001.8
ISBN 7-5021-3482-4

I. 石…

II. 中…

III. 油气钻井-技术-学术会议-文集

IV. TE242-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 053130 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 11 印张 281 千字 印 1—1000

2001 年 8 月北京第 1 版 2001 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3482-4/TE·2580

定价:22.00 元

前 言

第五届石油工程学会于2000年10月召开了2000年度钻井技术研讨会。会议得到中石油、中石化和中国海洋石油总公司科技工作者、石油院校师生的积极响应,会议收到论文96篇,录用43篇,本论文选集收录了其中的29篇论文。

本次会议论文主要内容有:地质导向钻井技术;大位移井钻井技术;老井侧钻水平井钻井技术;多分支井(多底井)钻井完井技术;保护油气层钻井液技术;煤层气钻井完井技术等。中国海洋石油总公司介绍了三口位移8000m大位移井的成功经验,其中1997年创当时位移世界纪录的XJ24-3-A14井,自喷采油日产1000t一直稳产,获得巨大成功。文章从方案的提出到井眼设计考虑要点以及在三口井中应用的二十几项高新技术都作了系统介绍,特别是在钻大位移井过程中容易发生的卡钻、卡套事故的发生情况和处理手段,为陆上钻大位移井和勘探开发滩海油气田提供了许多启示和经验。辽河油田详细介绍了中国第一口使用自行研制的完井系统、自行施工的分支井——海14-20侧钻分支井和DF-1多底井系统的主要功能,总结了多底井工程项目从设计到投产全过程的实施步骤和应遵循的基本原则。辽河油田多底井的开采技术对东部油田多油层的油藏开采具有借鉴价值。大庆油田葡深1井钻井、完井、钻井液的系统技术为大庆油田今后打深井提供了宝贵的经验。这些新技术和典型经验的介绍为与会代表提供了学习、交流的机会,这对新技术的展示和推广具有重要意义。会议把评选出的优秀论文正式出版,供石油科技工作者和石油院校师生参考。

中国石油学会石油工程学会钻井工作部

2001年8月

目 录

1 准噶尔盆地深井超深井高温高压条件下钻井技术难点及解决方法	汪世国 邓胜海 陆海泉(1)
2 中原油田深井钻井技术	王德良 赵彦 邱伟俊(6)
3 江苏盐城地区天然气钻井井壁稳定性分析及井身结构探讨	张宗林 卢春阳 吴仕贤 程远方(15)
4 葡深1井钻井技术	张书瑞 吕长文 王峰(21)
5 葡深1井抗高温油包水钻井液的研究与应用	刘志明 于兴东 姚新珠 林士楠 赵雄虎 肖玉颖(27)
6 葡深1井完井固井技术	贾付山 王显诚 于成金 周记满(32)
7 高温高压钻井液密度特性与井眼压力	汪海阁 苏义脑 周煜辉(37)
8 高压易漏调整井钻井完井技术	何礼君 王永新 樊庆隆 吴守诚 王青云(41)
9 乙烯基磺酸聚合物及钻井液体系研究与应用	杨小华 张会欣 王中华 张麒麟(46)
10 实钻地层钻井特性的评估方法	高德利(51)
11 提高川东地区上部大倾角地层钻井速度探讨	伍贤柱 谭兵 刘德平(56)
12 甲酸盐钻井液研究与应用	宋瑞宏 顾永福 王树华(62)
13 中国南海三口8000m大位移井钻井实践	张武犛(68)
14 自动导向旋转钻进南海8600m大位移井	张武犛(81)
15 应用多底井/分支井开采技术应遵循的基本原则	刘坤芳 张焱 张春山 余雷(87)

16	可视化技术在海 14-20 侧钻分支井上的应用研究	张焱 刘坤芳 余雷 郝英敏(93)
17	CACT 高难度侧钻水平井钻井技术	邓兴德 胡家品 林伟 张家希 凌建伟 贾冰(99)
18	“软着陆”钻水平井的工艺技术	林广辉(104)
19	大位移钻井井筒减小扭矩和摩阻防止卡钻技术	马世昌 许树谦(110)
20	稠油侧钻短半径水平井完井方法选择	喻晨 余雷 孙雪冬 林蓉(116)
21	江苏 EC 低压气层伤害及保护技术	薛芸 袁萍 刘爱武 姚峰(122)
22	中国煤层气钻井完井技术现状及问题剖析	郑毅 黄洪春(128)
23	测井资料在钻井工程中的应用及展望	路保平 张传进 鲍洪志(135)
24	胜利油田分支水平井钻井技术	王正湖 唐志军 王敏生(141)
25	胜利油田侧钻水平井技术的发展及效果	安庆宝 杨江勇 郝茂武(146)
26	大港油田大位移定向井钻井液工艺技术	田春雨 陈远数 王思友(150)
27	旋冲钻井技术的应用	陶兴华(158)
28	我国固井水泥车的技术现状及发展	周向东 谢永金(162)
29	试论我国钻井工程技术发展前景	黄仁山 刘玉华(167)

1 准噶尔盆地深井超深井高温高压条件下 钻井技术难点及解决方法

汪世国 邓胜海 陆海泉
(新疆石油管理局钻井公司)

摘要 本文介绍了准噶尔盆地深井超深井高温高压条件下的钻井技术难点和解决方法。

一、概 况

随着对能源需求的不断增加,油气勘探开发工作不断向深部地层扩展,深井超深井钻井技术越来越被钻井工作者所重视。准噶尔盆地的油气勘探开发同样也在不断向盆地腹部与边缘拓展,钻井技术难度日趋增大,钻井速度受到严重影响。新疆石油管理局钻井公司 1992~1998 年完成的 5000m 以上深井情况见表 1。

表 1 1992~1998 年完成的 5000m 以上深井统计

井 号	完钻 井深 (m)	完钻 层位	完钻 时间	钻井 周期 (月)	钻机 月速 (m/月)	机械 钻速 (m/h)	生产 时效 (%)
盆参 2	5300	侏罗系	1992	15.52	342	2.80	74.47
拐 3	5320	二叠系	1993	7.32	727	2.51	93.66
盐 4	5290	三叠系	1993	15.71	337	2.22	66.55
莫 2	5198	侏罗系	1994	11.05	471	2.42	69.34
夏盐 1	5130	二叠系	1994	7.16	716	3.38	83.65
夏盐 2	5430	石炭系	1995	11.37	478	2.63	65.59
伦参 1	5300	石炭系	1995	6.60	803	2.66	89.92
夏盐 3	5096	石炭系	1996	7.88	647	2.61	71.62
盐 001	5450	石炭系	1997	8.81	619	3.00	76.49
SHW16	5016	石炭系	1997	5.76	1489	3.79	92.91
SHW15	5012	石炭系	1997	8.34	601	2.45	78.14
夏盐 4	5050	石炭系	1998	7.37	685	1.74	93.79
盐 002	5355	石炭系	1998	22.61	237	1.68	49.04

由表 1、表 2 可以看出,准噶尔盆地腹部地区深井与南缘山前构造钻井速度目前还处于较低水平,有待钻井技术进一步提高。

表 2 盆地南缘近几年完成井情况

井 号	完钻 井深 (m)	完钻 层位	钻井 周期 (月)	钻机 月速 (m/月)	机械 钻速 (m/h)	生产 时效 (%)
西参 2	4155	安集海组	27.43	151		1.52
西 3	3907	安集海组	6.90	566	90.64	2.02
独 1	1536	安集海组	2.10	731	98.81	2.48
独 2	1793	安集海组	2.25	797	90.24	3.02
独南 1	4257	安集海组	14.72	289	85.32	1.13
霍 8	1222	安集海组	8.03	152	53.16	1.28
霍 8A	2600	安集海组	14.54	179	66.02	1.05
安 4	3410	紫泥泉子组	29.05	214	45.81	1.62
呼 2	4634	东沟组组	18.72	247	62.41	1.23
呼 3	2460	沙湾组组	2.63	935	70.91	8.66
呼 001	3810	紫泥泉子组	9.95	383	91.55	2.02
呼 002	3800	紫泥泉子组	10.68	356	91.66	1.17
西 4	4588	安集海组	17.6	261	65.88	1.22
独深 1	3135	安集海组	17.91	175	71.51	1.22

二、钻井技术难点

①井越深地层压力越高,需使用较高的钻井液密度。严重影响机械钻速,超高密度钻井液维护困难。盆地腹部井深 5000m 左右钻井液密度一般使用 $2.10\text{g}/\text{cm}^3$ 以上,南缘山前构造由于地层应力作用,在安集海组钻井液密度最高使用 $2.50\text{g}/\text{cm}^3$ 左右,如安 4 井使用 $2.53\text{g}/\text{cm}^3$,独深 1 井使用 $2.48\text{g}/\text{cm}^3$ 。独深 1 井 2099~3140m 平均机械钻速 $0.91\text{m}/\text{h}$ 。安 4 井四开、五开段平均机械钻速仅 $0.88\text{m}/\text{h}$ 。

②井越深井下温度越高,钻井液在井内停留或循环的时间长,对钻井液的热稳定性要求高。钻井液在低温条件下不易发生的变化、不明显的作用和不剧烈的反应在深井高温条件下都会变得剧烈和敏感。深井、超深井能否成功钻探,钻井液性能起着决定性作用。

③井越深裸眼井段越长,地层压力系统越复杂,井身结构层次越多,钻井液密度的合理确定与套管的合理下深将更为困难。

④井越深钻遇的复杂地层将越多,钻井过程中的井喷、井漏、井塌、卡钻等事故或复杂情况将随之增多。

⑤深井面临着大井眼井段与小井眼井段增加,常规钻井中已取得的各种先进钻井工艺技术(如喷射钻井、优化钻井等)及有关先进工具在大井眼段与小井眼段受到限制。

⑥井越深地层压实程度越高,地层可钻性越差。大尺寸钻头与小尺寸钻头目前系列化、规格化还不够,钻井实施过程中钻头选型受到严重制约。特别是直径 445mm 以上钻头,与常规

尺寸钻头比较,比钻压的概念不成立。

⑦大井眼钻井钻具组合目前还不完善,对山前构造或大倾角地层,若不能采用满眼钻具或尺寸合适的塔式钻具,防斜打直将受到影响。

⑧固井技术难点:高压井、大尺寸套管、小井眼完井套管强度设计与安全下入困难;超高密度水泥浆体系稳定性差,加重材料容易沉淀,加入大量外掺料,水泥强度难以保证,体系流变性差,流动压耗大,流变性控制和现场混配困难;高压井、大井眼与小井眼固井,水泥浆注入与顶替困难,难以保证顶替效率。

三、解决钻井技术难点的思路

(一)优化深井钻井设计

1. 确定合理的井身结构

对于新区第一口预探井,井身结构设计要留有充分余地。建议在钻探时加大一级井眼尺寸,以便必要时能留有余地可多下一层套管。对于区块情况基本了解的评价井,为了加快钻井速度,可以考虑在预探井基础上少下一层套管,采用小井眼完井。

2. 选择比较先进的装备进行施工

①安装顶部驱动装置,可以有效地处理复杂情况,减少卡钻事故的发生。

②安装先进的固控设备,对高密度或超高密度钻井液使用多级离心机,以有效清除有害固相。

③装备完善的井控设备,井控系统、防喷器组、节流压井管汇、控制系统等都要符合深井地层压力要求。

④采用先进的录井装备,为安全施工提供有效的监测手段。

⑤安装先进的钻井仪表,可有效的避免井下复杂情况和事故的发生。

⑥配备大功率的钻井泵及高压循环系统,采用3台钻井泵,保证大尺寸井眼钻进时携带岩屑对排量的要求。

3. 优化钻头设计和钻井参数优选

合理的钻头选型是提高钻井速度的主要途径。

4. 优化钻具组合设计

大井眼钻井应采用稳定的满眼刚性组合,配合三器(稳定器、减震器、随钻震击器)下井。一般推荐钻具组合为:

Φ660 钻头 + Φ660 稳定器 + Φ279 短钻铤 + Φ660 稳定器 + Φ279 钻铤 1 根 + Φ660 稳定器 + Φ279 钻铤 5 根 + Φ229 钻铤 6 根 + Φ203 随钻震击器 + Φ203 钻铤 6 根 + Φ178 钻铤 9 根 + Φ127 加重钻杆 + Φ127 钻杆……

Φ445 钻头 + Φ445 稳定器 + Φ254 短钻铤 + Φ445 稳定器 + Φ254 钻铤 1 根 + Φ445 稳定器 + Φ254 钻铤 5 根 + Φ229 钻铤 6 根 + Φ203 随钻震击器 + Φ203 钻铤 6 根 + Φ178 钻铤 9 根 + Φ127 加重钻杆 + Φ127 钻杆……

Φ311 钻头 + Φ311 稳定器 + Φ229 短钻铤 + Φ311 稳定器 + Φ229 钻铤 1 根 + Φ311 稳定器 + Φ229 钻铤 5 根 + Φ203 钻铤 9 根 + Φ203 随钻震击器 + Φ178 钻铤 12 根 + Φ127 加重钻杆 + Φ127 钻杆……

大井眼钻井井段较长时应选用 Φ140 钻杆,以满足循环排量需要。

设计对于钻成一口井来讲是最为重要的。对于深井钻井设计应组织各有关方面的研究人员和现场技术人员一起分析该井的地质情况、以及钻井中会遇到的各种钻井难题,制定出详细的施工方案。对能够预测的复杂情况,要有处理对策及应急方案,对不能预测的复杂情况,可根据井上实际情况及时更改设计。

(二)加强深井超高密度钻井液技术研究和攻关

目前国内深井、超深井钻井液技术日趋成熟,尤其是以聚磺钻井液为标志的抗高温水基钻井液已经成功钻成了数口 7000m 以上的超深井,我公司也成功地钻成了一口 6000m 以上的深井。但对于超高密度钻井液,还有待于继续研究攻关。对此,我们拟从以下几方面开展工作。

1. 开展有机盐低固相高密度钻井液研究

过去对超高密度钻井液,曾分别用 NaBr、KBr、CaBr₂ 等作为无固相加重剂。由于这些无机盐的密度高,在水中溶解度大,故其水溶液密度可达 2.00g/cm³ 左右。但这类材料成本高,对钻具腐蚀性大,且钻井液相关性能不易调整。

针对无机盐的缺点,目前国际上已开展了无机盐低固相高密度钻井液的研究应用。如甲酸钾、甲酸铯,同样能使无固相密度达 2.00g/cm³ 左右,且流变性好,无腐蚀性。但这类材料价格十分昂贵,使现场应用受到制约。

为了克服上述缺点,我局已着手开展改性有机盐水溶性加重材料研制,并初步研制出与其相配伍的调整钻井液相关性能的处理剂,形成了一套低固相高密度体系。其水溶液密度可达 1.50~1.70g/cm³,流变性好,无腐蚀,抑制性强,相关性能易调控,可用惰性加重材料继续提高密度,钻井液成本不高。

可将这种钻井液体系作为主攻方向,实现钻井液抑制性、造壁性、流变性及体系稳定性的协调统一。

2. 开展惰性加重材料的应用研究

①评价筛选超高密度加重材料,目前我们使用的超高密度铁矿粉密度为 5.00g/cm³ 左右,而方铅矿(PbS)密度范围为 6.8~7.5g/cm³。

②对常规加重材料如铁矿粉、重晶石粉表面进行改进,使其变成活化加重剂,以实现提高钻井液密度,降低增稠速率,实现钻井液性能相对稳定。

③研制与优选与超高密度钻井液相配伍的处理剂。尤其是稀释剂,如果继续使用聚磺氯化钾钻井液,这一点将更为重要。

④改造、完善钻井液循环系统,满足超高密度钻井液性能调控需要。

(三)加强固井技术与攻关

①固井设计。引进先进固井设计软件,根据不同的井眼条件,采用相应的工艺技术,优选施工参数,制定详细的施工方案,使设计达到优化、合理。

②按井下最恶劣工况,采用改进等安全系数法进行套管柱强度设计。

③对于超高压气井应采用高抗挤钢级、气密封扣型进行管串设计,并按规定扭距上扣和涂螺纹密封胶。

④下套管作业前充分进行井眼准备工作,确保井眼清洁畅通。

⑤选用合理的水泥类型、级别。

⑥选用合理的外掺料,与水泥密度差尽可能小,粒度分布好,杂质小,对体系副作用小。

⑦选用性能稳定配套、配伍,不损害早强的外加剂体系(增粘、减阻、缓凝、降失水等)。

⑧合理设计水泥浆流变性,在体系稳定条件下流动性好,且流变参数与水泥浆形成级差。

⑨选择合理的流态,采用平衡注水泥工艺技术。

(四)提高机械钻速的措施

①开展地层可钻性研究,通过对地层可钻性和研磨性的研究以及利用测井曲线来指导优选钻头和优化钻井参数。

②选用高效钻头,根据地层岩性和可钻性尽可能选用适合不同地层的高效钻头。

③使用井下动力钻具,用井下动力钻具和高效钻头配合来提高机械钻速。

④优选钻井参数。

(五)强化组织管理

①优选钻井施工队伍及各专业化技术服务公司来承担相应的钻井与相关专业技术作业。

②组织好钻井施工中各环节的有机协调运作。

③针对钻井施工方案组织好所有材料、工具的储备,特别是要有多套钻头选型方案,并储备相应的钻头。

④成立钻井专家机构,根据钻井进度及时制定技术预案,对已出现的技术难题及时采取技术对策。

作者简介:

汪世国,高级工程师;邓胜海,高级工程师;陆海泉,高级工程师。地址:新疆克拉玛依市白碱滩区钻井公司。邮政编码:834009。电话:(0990)6927848。

2 中原油田深井钻井技术

王德良 赵 彦 邱传俊

(中原油田钻井集团)

摘要 根据深层天然气勘探开发的需要,自 1979 年以来,在中原油田东濮地区共钻 5000m 以上的深井 11 口。针对气层埋藏深、地层压力高、盐膏层发育、地温高、地层倾角大、断层多、可钻性差等地质特点和机械钻速低、钻井周期长、工程事故多、易斜、易喷、易垮、易漏等技术难点,开展了优化井身结构设计、抗高温钻井液、钻头优选、防斜打直、防喷、防漏、防卡、深井固井、装备配套等项技术的研究和攻关,不断总结经验,使深井钻井水平不断提高。

中原油田自 1979 年以来,共钻成 5000m 以上的深井 101 口,其中东濮地区 11 口,油田外部 90 口。本文重点介绍了东濮地区的深井钻探情况。东濮凹陷深层气资源十分丰富,但地质条件复杂,气层埋藏深、压力高、含气层系多、井段长,给井身结构的合理确定、安全钻进及完井作业造成困难。断块碎、断层多、地层压力异常、易斜、易漏、易喷、易卡,对安全生产造成严重威胁。盐膏层分布广、厚度大、盐溶、垮塌、塑性流动,极易造成恶性卡钻事故。深部井段地温高、地层压力大、水功率沿程损失大,对钻井液和水泥浆的高温稳定性、流动性提出了更高的要求。针对东濮地区深井的地质特点和钻井技术难点,开展了优化井身结构设计、打直打快、钻井液、穿盐层、井控、完井等项技术的研究和应用工作,不断总结经验,使中原深井钻井技术日趋成熟(表 1)。“九五”以来,在中原东濮地区所钻的三口深井与以往所钻的同类井相比,平均机械钻速提高了 2.03 倍,平均钻井周期约是“九五”以前的 1/4,纯钻时效提高了 2.09 倍,事故复杂时效由原来的 10.05%下降到零(表 2)。

一、优化井身结构设计

合理的井身结构和套管程序设计是深井钻井成功的基础,是完成钻探目的、保证井下安全、缩短钻井周期的重要保障。

①井身结构设计应以地质设计为依据,满足深井安全钻井的需要,有利于封隔油、气、水层及复杂地层,有利于发现和保护油气层。

②认真收集、分析临井实钻资料,了解掌握地质分层、岩性、地层压力、破裂压力、坍塌压力、井下复杂情况及盐层位置等基本情况,根据地质设计要求,提出初步设计方案,然后由甲方召集设计方、施工方及有关专家进行论证,确定最佳方案。

③引进消化了莫尔软件,根据地层孔隙压力、坍塌压力、破裂压力进行井身结构设计。

④东濮地区深井常用的套管程序:508mm 套管下深 200~350m,封平原组疏松地层;339.7mm 套管下深 2700~3000m,目的是封住上部复杂地层,提高地层抗破能力;244.5mm 技术套管下深 3500~4200m,一般下到沙三段盐膏层顶部,为顺利钻穿盐层创造条件;177.8mm 尾管一般挂在 4000~5000m 左右,封割沙三段盐膏层;139.7mm 或 127mm 套管下至油底以下,作为生产套管(见表 3)。

表 1 东濮地区深井技术指标统计表

井 号	开钻时间 (年)	完钻井深 (m)	机械钻速 (m/s)	钻井周期 (d/口)	建井周期 (d/口)	取心收获率 (%)	井身 质量	固井 质量	生产时效 (%)	纯钻时效 (%)	非生产时 效(%)	事故复杂 时效(%)
濮深 1	1979	5071	1.58	965.8	1172	50.18	优	尾管	36.33	14.10	63.67	2.1
濮深 4	1983	5511	0.91	656	922	99.23	合格	裸眼	53.8	28.69	41.7	16.4
濮深 7	1984	5613	0.96	420	1305.12	99.39	合格	裸眼	49.4	18.23	18.2	17.6
濮深 12	1986	5000	0.78	858	948	98.17	优	合格	71.79	31.45	28.2	10.09
濮深 13	1986	5149	0.575	947	1124	87.5	优	尾管	69.79	36	30.2	2.76
庆古 1	1984	5073	1.834	590.13	621	40.2	合格	裸眼	55.1	20.1	44.9	16.71
前参 2	1985	5235	0.96	1551.6	2164	97.13	合格	裸眼	60.87	11.94	64.3	4.68
濮深 10	1986	5012	1.91	643	803.17	48.93						
濮深 8	1997	5338	1.83	331.19	362.8	98.93	优	优	90.83	33.56	9.17	0
濮深 6	1998	5001	2.09	163.22	207	99.62	合格	裸眼	98.98	56.02	1.02	0
濮深 15	1999	4975	2.53	143.4	168.6	--	优	优	99.4	54.25	0.6	0

表 2 “九五”期间所钻深井与以往深井平均指标对比表

时 期	平均完钻井深 (m)	平均机械钻速 (m/s)	平均钻井周期 (d)	平均建井周期 (d)	平均取心收获 率(%)	平均生产时 效(%)	平均纯钻时 效(%)	平均非生产时 效(%)	平均事故复杂 时效(%)
“九五”以前	5208	1.06	807.65	1128.52	77.6	56.73	22.93	43.37	10.05
“九五”期间	5105	2.15	212.61	246.13	99.28	96.4	47.94	3.6	0.0
对比值	- 103	+ 1.09	- 595.05	- 882.39	+ 22.22	+ 39.67	+ 25.01	- 39.77	- 10.05

表 3 东濮地区深井套管程序统计表

井 号	套 管 程 序
濮深 1	339.7mm×478m+243mm×3248m+244.5mm(尾管)×2944.84m+152mm×4593.90m
濮深 4	508mm×331.53m+339.7mm×2593.1m+244.5mm×4012.37m
濮深 7	508mm×322.86m+339.7mm×2299.70m+244.5mm×3394.78m+177.8mm×5470.15m
深 12	508mm×381m+339.7mm×2020.37m+244.5mm×4093.37m+177.8mm(尾管)×4994.56m
深 13	508mm×486m+339.7mm×3149m+244.5mm×4533.6m+139.7mm(尾管)×5146.65m
庆古 1	339.7mm×208.1m+244.5mm×3200m+177.8mm(尾管)×4429.16m(3051.96~4429.36m) +139.7mm(尾管)×4884.21m(4234~4884.21m)
前参 2	508mm×495.33m+244.5mm×3049.86m+177.8mm(尾管)×4997.65m
深 10	508mm×185.5m+339.7mm×2294m+244.5mm×4128m+177.8mm(尾管)×1063.4m (3873~4937.01m)+127mm 筛管×5010.19m
濮深 8	508mm×336.01m+339.7mm×2125.94m+244.5mm×4085.86m+139.7mm×4791.35m
濮深 6	339.7mm×487.63m+244.5mm×3489.53m
深 15	508mm×261m+339.7mm×1643.73m+244.5mm×4001.34m+139.7mm×4970.06m

⑤盐膏层段的套管设计。盐膏层在高温高压下发生塑性流动,容易使套管受过大的外挤力而变形,据不完全统计,1986 年以前在盐膏层段使套管变形的有 44 口井。因此在盐膏层的套管设计时应采取以下措施:用上覆岩石压力梯度 0.0231MPa/m 进行套管外挤力计算;抗挤安全系数应 ≥ 1.125 ;在盐膏层段使用高强度套管或双层套管;高强度套管长度要比盐层总厚度上下各超过 50m。

⑥濮深 15 井套管程序方案分析。濮深 15 井最初的套管程序设计有三套方案:

第一套方案,508mm×280m+339.7mm×1640m+244.5mm×4000m+139.7mm×4950m;

第二套方案,508mm×280m+339.7mm×1640m+244.5mm×3647m+177.8mm×1400(3470~4870m)+139.7mm×4950m;

第三套方案,508mm×280m+339.7mm×1640m+244.5mm×4870m+139.7mm×4950m。

这三套方案的共同点是:508mm 套管封平原组、339.7mm 套管封馆陶组。不同之处是,第一套方案套管程序比较简单,可以节约套管成本,缩短钻井周期,但 244.5mm 套管鞋距主要目的层太远,裸眼段长,难以实施欠平衡钻进。后两套方案是将套管下至主要目的层的顶部,便于实施欠平衡钻井。经过反复讨论,认为东濮地区深层气储层岩性致密,靠地层本身的能量难以获得理想产能,必须进行大型压裂作业改造。因此否定了后两套方案,选用了第一套方案。

二、优选参数钻井

(一)优选钻头

根据地层特点、岩性剖面、岩石可钻性优选钻头类型是提高深井机械钻速的重要环节,特别是 PDC 钻头在深井中的广泛应用,大幅度提高了机械钻速,减少了钻头用量,缩短了钻井周期,降低了钻井成本。濮深 6 井使用了一只 AR526 型 311.2mmPDC 钻头,使用井段:2471.88

~3500m,进尺 1028.12m,机械钻速 3.7m/h,机械钻速是牙轮钻头的 2.31 倍,单只钻头进尺是牙轮钻头的 8 倍。为了选好濮深 15 井的钻头,我们与 Gycalog 公司合作,根据邻井濮深 12 井的地质分层、岩性、钻头使用情况和声波、自然 γ 测井曲线及岩心资料,选择了适合濮深 15 井地层特性的 311.2mm PDC 钻头。使用井段 1824.34~4003m,进尺 2178.66m,纯钻时间 571h25min,机械钻速 3.82m/h,与邻井濮深 12 井同井段相比,机械钻速是其 7.64 倍。优选钻具结构是防斜打直、提高钻井速度、减少井下事故的重要一环。东濮地区上部井段一般采用塔式钻具或满眼钻具组合,可以有效防止井斜,盐膏层段应尽量简化钻具结构,不带扶正器,以减少卡钻事故的发生;深部井段要注意钻具的强度,防止断钻具事故,同时要注意钻具水眼的尺寸,尽量减少沿程水马力的损失。使用了加重钻杆、螺旋钻铤,以加强钻杆的刚性。使用了随钻震击器,防止卡钻事故的发生。

(二)优选钻进参数

根据地层特点及设备能力,充分发挥水马力的作用,优选钻压、转速和排量,是提高深井钻井速度的关键。在上部井段,井眼尺寸大、地层比较松软,一般采用大钻压、高转速、大排量钻井措施,既能提高机械钻速,又能满足清岩携砂的需要,保证井下安全。在深部井段,岩石变硬、可钻性差,一般采用适当的钻压和转速。有些深井采用了动力钻具+PDC 钻头,用转盘、动力钻具双驱动钻井方式大大提高了深部井段的机械钻速。随着井深的增加,沿程水马力损失增大,泵压升高,发挥到钻头水眼上的有效水马力受到限制。因此在深部井段,钻井液必须有良好的流动性和剪切稀释性能,尽量减少流动阻力以增加钻头水马力的作用。

(三)优选钻头喷嘴

优选钻头喷嘴类型、直径和组合方式可以改善井底流场,更好地发挥钻头水马力的作用。目前常用的有异径喷嘴、双喷嘴、中长喷嘴、长喷嘴、钻头底喷嘴、斜喷嘴、脉冲喷嘴等,有效地发挥了钻头水马力的作用,提高了深井的机械钻速。

(四)强化设备配套

装备是技术的载体,是打好深井的基础,是优选钻井参数的保障。近年来,中原油田加大了这方面的投入,强化了深井井队的装备配套。目前中原油田拥有 5000m 以上的深井钻机 20 台,其中电动钻机 10 台。为井队配齐了高效振动筛、除砂器、除泥器、离心机等固控设备,实现了四级净化。部分深井井队配备了先进的钻井仪表,能准确收集、记录钻井有关数据,为实时分析、判断井下情况、防止井下事故和复杂情况的发生创造了有利条件。为部分深井钻机配备了顶驱,强化了设备的施工能力。

三、深井钻井液技术

(一)对深井钻井液的要求

由于深井具有井下温度高、地层压力大、流动阻力大等特点,因此对钻井液的要求更加严格,必须具备以下功能:

①具有高温稳定能力,在高温条件下,钻井液中的某些化学成分或添加剂将因温度影响而发生降解、发酵、增稠、变质、失效等变化,加剧了钻井液性能的变化。因此在选择深井钻井液类型和添加剂时,必须具有抗高温能力,使钻井液在高温条件下具有较好的稳定性。

②具有有效的抑制能力,能较好地防止粘土、泥页岩的水化膨胀和分散、稳定井壁,防止井壁垮塌,确保井眼规则、畅通。

③具有较好的润滑防卡能力,减小钻具在井眼内的摩擦阻力,减少井下事故和复杂情况的发生,保证钻进、起下钻、取心、测井、裸眼测试、下套管等作业的顺利进行。

④有良好的携砂、悬浮能力,确保能携净钻屑、井眼清洁。

⑤具有良好的流变性能,减少钻井液的流动阻力,充分发挥钻头水马力作用。

⑥与产层有良好的配伍性能,减少钻井液对产层的污染,有利于发现和保护油气层。

(二)深部井段常用的几种钻井液类型

①聚磺钻井液。80年代初期,普遍使用了SMP、SMC、SMT三磺钻井液,之后又发展成聚磺钻井液,具有一定的高温稳定性和较好的流变性,先后打成了一批深井。

②聚磺钾盐钻井液。这类钻井液不但具有聚磺钻井液的性能,而且具有较强的抑制泥页岩水化膨胀的特性,确保了井壁的稳定。“九五”以来所钻的3口深井,在深部井段均采用了这种钻井液类型。

③磷酸盐聚合物钻井液。这种钻井液不但具有较强的抑制性,而且有良好的抗盐、抗钙、抗高温(抗温达180℃)能力,现场用量小、成本低、配伍性好,有利于保护油气层。

(三)深井钻井液工艺技术

1. 防漏堵漏技术

对于预知的抗破能力低的易漏地层,采取了先期堵漏措施,钻达易漏层前提前加入堵漏材料,提高地层抗破能力,防止井漏发生。钻井中突然钻遇漏层,则采取快速堵漏技术,尽快制止井漏,确保井下安全。

2. 固控技术

随着钻井技术的不断进步,人们越来越认识到钻井液固相控制的重要意义,因此不断加大了对固控装备的投入和更新改造力度。振动筛的目数由原来的20目、40目发展到现在的150目、个别达到了200目,由原来的两筛一除发展到现在的振动筛、除砂器、除泥器、离心机四级净化。有效地控制了钻井液固相含量,确保了深井井下安全,提高了机械钻速。

3. 油气层保护技术

抓好油气层保护工作是打深探井的基本要求,我们主要采取了以下措施:

- ①优选钻井液类型,使其具有良好的防塌抑制性配伍性;
- ②严格控制钻井液密度,实现近平衡压力钻井;
- ③严格控制钻井液的失水量和固相含量,减少对油气层的伤害;
- ④采用油溶性屏蔽暂堵剂,实施屏蔽暂堵技术,有效地保护油气层;
- ⑤加快施工进度,缩短对产层的浸泡时间;
- ⑥由第三方定期检测钻井液性能,发现问题及时解决。

四、钻盐膏层技术

东濮凹陷盐膏层发育,分布面积广,厚度大。盐膏层的特殊性质给钻井施工造成了很大困难,成为深井安全钻进的一大难关。东濮会战初期,在文东沙三盐膏层段连续发生了恶性卡钻事故,而且一旦盐层卡钻,很难处理。据统计在初期的19口盐层恶性卡钻事故,有6口井报废,5口井侧钻,2口井事故完井,仅有6口井靠套铣倒扣解除事故。这一地区一度被称为“钻井的禁区”。随着科技的进步,经过不懈的努力和攻关,这一“禁区”早已被彻底攻破。形成了一套完整的、成功的钻盐膏层技术。

(一)盐膏层的分布规律

东濮地区下第三系沙河街组盐膏层发育,横向分布于文留、濮城、卫城等几个区块,面积约为 1700km²。纵向自上而下分布有沙一、沙二 2、沙三 3、沙三 4 四套复合盐膏层(表 4)。

表 4 东濮地区盐层分布情况表

层 段	埋深(m)	盐厚(m)	面积(km ²)	区 块
沙 一	2000 ~ 3300	30 ~ 240	540	文留、濮城
沙 二 2	2300 ~ 3540	70 ~ 400	470	卫城、文留、濮城
沙 三 3	2100 ~ 4000	10 ~ 250	300	卫城
沙 三 4	2150 ~ 5460	400 ~ 1100	469	文留

(二)盐膏层的特性

①盐岩、膏岩、泥页岩混杂胶结。在灰白色的盐膏层中夹杂着泥页岩块,盐岩作为胶结物将其它岩块胶结在一处,被形象地比喻为“米花糖”。当钻遇这种地层时,由于盐岩的溶解,造成其它岩块的垮塌,易引起恶性卡钻事故。

②盐岩层、膏岩层、泥页岩层及其它岩层频繁交错。例如濮深 2 井文 9 盐层厚度 304m,由 242 个小薄层交互组成。盐岩层溶解后形成“大肚子”,而不易溶解的岩层“孤军突出”,形成凸凹不平、犬牙交错式的井眼,造成事故隐患。

③在文东区块文 9 盐层中夹有软泥岩薄层,极易变形形成缩径,反复划眼亦难以消除,被称为“橡皮层”。

④沙三段盐膏层中有高压盐水层存在。如濮深 4 井在 5511.56m 钻遇高压水层,盐水喷高 20 余 m,后因盐水结晶,堵塞通道而停喷。在处理过程中因事故复杂化造成工程报废。

⑤盐膏层在高温高压条件下产生蠕变变形,塑性流动,使井眼缩径、变形,甚至挤坏套管。

(三)钻盐膏层措施

①选用合适的钻井液类型,抑制盐岩的溶解。盐岩的溶解垮塌,是造成井下事故的主要原因。采用合适的钻井液类型,可以有效抑制盐岩的溶解。常用的钻井液类型有:

- 油包水乳化钻井液。这种钻井液可以有效地抑制盐岩的溶解,防止井壁垮塌,实现安全钻进;缺点是配制工艺复杂,成本高,易污染。80 年代初期用这种钻井液钻成了一批深井,如濮深 7 井、前参 2 井均采用了这种钻井液穿越盐层。

- 饱和盐水聚磺钻井液、欠饱和盐水磺酸盐聚合物钻井液。该类钻井液具有良好的盐溶抑制性和高温稳定性,而且具有配制简单、成本低、安全方便等优点,目前普遍使用这类钻井液穿盐层。

②利用各区块盐层钻井液密度图版合理确定钻井液密度,用液柱压力平衡盐膏层段地层侧向力,防止盐膏层蠕变变形、塑性流动引起的井眼缩径及坍塌。

③尽量简化钻具结构,减少钻具在井内的静止时间,防止卡钻事故的发生。

④优选钻头类型,争取一只钻头穿过盐膏层,尽量避免在钻盐层中途起下钻。

⑤优选钻进参数,适当加大钻进排量、控制机械钻速,确保携净盐层段的大量钻屑,防止沉砂卡钻。

⑥根据地质预报和临井资料,卡准盐层位置。进入盐层前 50m 将钻井液转化成适应地层特性的饱和盐水或欠饱和盐水钻井液。