

元坝区块提高钻井速度技术方案探析

周延军^{1,2}, 陈明², 于承朋²

(1. 中国石油大学石油工程学院, 山东 东营 257061; 2. 胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘要:在总结分析前期钻井经验的基础上,从地质因素、钻井复杂情况、岩石可钻性、地层温度、钻井液密度、井身结构等方面分析了目前影响元坝区块深井钻井速度提高的因素。指出井身结构层次有限,不能完全有效封隔不同压力体系的地层以及须家河组地层可钻性差、埋深较深、段长,不能利用空气钻进行钻进是影响机械钻速的 2 个最重要原因。提出了气体钻井方案、钻头选型方案、进口动力钻具配合高效钻头须家河地层方案,以及采用特种井眼尺寸井身结构方案,为元坝区块深井钻井提供技术支持。

关键词:深井钻井;井身结构;机械钻速;元坝区块

中图分类号:TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)05-0001-04

Discussion on Drilling Technology for Increasing ROP in Yuanba Block/ZHOU Yan-jun^{1,2}, CHEN Ming², YU Cheng-peng² (1. College of Petroleum Engineering in China University of Petroleum, Dongying Shandong 257061, China; 2. Shengli Drilling Technology Research Institute, Dongying Shandong 257017, China)

Abstract: Based on the summary of previous drilling experience, analysis was made on the factors which influence ROP in deep well drilling in Yuanba Block from the aspects of geologic factors, complex drilling conditions, rock drillability, formation temperature, mud density and casing program. There are 2 main affecting factors: one is the limit of wellbore configuration stratification, which can not effectively seal the formations with different pressure system; another is that the gas drilling can not be used because of bad formation drillability with a deep and long drilling section. Gas drilling, bit selection and dynamic drilling tool coordinating with high efficiency bit scheme are presented for Xujiahe formation drilling and casing program with particular well size are introduced to give technical support for deep well drilling in Yuanba Block.

Key words: deep well drilling; casing program; penetration rate; Yuanba block

川东北元坝区块主要钻遇中生界和上古生界地层,自上至下依次为蓬莱镇组、遂宁组、沙溪庙组、千佛崖组、自流井组、须家河组、雷口坡组、嘉陵江组、飞仙关组、长兴组、龙潭组,其厚度和埋藏深度变化较大。三叠系须家河组及以上为陆相地层,陆相地层特点是:砂泥岩互层频繁,软硬交错变化大;砂岩胶结致密、硬度大、研磨性强;沙溪庙组至千佛崖组易塌,自流井组含炭质泥岩、须家河组含煤层和煤线,极易剥蚀掉块。雷口坡组及其以下为海相地层,海相地层主要岩性是膏岩、灰岩、白云岩,可钻性较好。所钻井普遍存在溢流、井漏、垮塌等复杂和事故、机械钻速低,施工周期长。提高钻井速度成为降低钻井成本的关键。

1 影响钻速因素分析

1.1 地质因素

(1) 在纵向上分布多套压力层系统。从实际的

钻井情况来看,纵向压力分布为常压-高压-常压,沙溪庙组包括千佛崖组及以上地层为常压,千佛崖组及部分下沙溪庙有气层;自流井-须家河组有异常高压,从油气藏特征分析认为是高压低渗,多为裂缝性气藏;部分井雷口坡地层可能存在高压气层;飞仙关和长兴组同为一个常压力系统,以溶孔性气层为主。

(2) 复杂地层多,分布分散。从实际的钻井资料来看,元坝区块地质剖面上能影响钻井工作的复杂地层有 3 套层系:一是上沙溪庙组上部的出水,地层承压不高,如果钻井液密度超过 1.90 g/cm^3 时就易发生井漏;二是上沙溪庙组底部存在垮塌层,空气钻难以实施;三是自流井-须家河组地层复杂,其有 3 个方面的特点:①自流井-须家河组地层为高压低渗油气藏,多为裂缝性气藏,钻井时压力窗口窄,压井时易出现喷、漏同存;②自流井-须家河组的砂砾岩层可钻性极差,易出钻头事故;③自流井-须家

收稿日期:2010-03-05

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划(项目编号:2008ZX05017-002)

作者简介:周延军(1969-),男(汉族),山东济阳人,中国石油大学在读博士、高级工程师,钻井工程专业,主要从事钻井工程设计与研究工作,山东省东营市北一路 827 号胜利石油管理局钻井工艺研究院,yanjunzh@slof.com。

河组地层为泥岩段不稳定,易出现掉块卡钻。

1.2 钻进时的复杂情况

除元坝1井、元坝1-侧1井、元坝12井外,各井均在千佛崖~须家河组井段钻遇了高压层,共发生溢流6井次。压井后,安全密度窗口窄小,漏喷共存,施工难度加大,钻进效率降低。压井后,钻井液密度高,导致机械钻速降低,增加了钻井周期。截止2009年底共发生钻井复杂19起,损失时间177.06天,漏失泥浆3012.67 m³。

元坝地区故障与复杂分为以下几类:(1)空气钻过程中出现的卡钻和断钻具事故;(2)出现高压后压井、井漏、固井低返等复杂情况;(3)在自流井、须家河复杂层中出现划眼及卡钻。

1.3 须家河地层可钻性差

须家河地层石英砂岩,研磨性强,易造成钻头过早磨损。元坝区块须家河组地层埋深较深,段较长,不能利用空气钻进行钻进,大大影响了钻速。

表1 元坝1、2、3井陆相地层钻井液密度对钻速的影响

井号	陆相				海相			
	须家河以上		须家河		Ø241 mm 井眼		Ø165.1 mm 井眼	
	钻井液密度 /(g·cm ⁻³)	钻速 /(m·h ⁻¹)	钻井液密度 /(g·cm ⁻³)	钻速 /(m·h ⁻¹)	钻井液密度 /(g·cm ⁻³)	钻速 /(m·h ⁻¹)	钻井液密度 /(g·cm ⁻³)	钻速 /(m·h ⁻¹)
元坝1井	1.50	0.85	1.52	0.76	1.73	2.05	1.66~1.78	1.59
元坝2井	1.74	0.75	2.00	0.61	2.00	0.87	1.50~1.60	1.58
元坝3井	2.00	0.71	2.10	0.46	2.10	0.66	1.82	1.18

从其它井的对比来看,同样也是钻井液密度的提高,导致了地层机械钻速的降低。

1.6 井身结构的限制

截止到2009年底,元坝区块完钻井9口,正钻井8口,完成钻井进尺88793.56 m。平均机械钻速1.63 m/h,平均纯钻时效35.91%,平均生产时效90%,完钻井平均井深7159 m,平均建井周期497.67天。元坝区块主要应用的井身结构见表2~5。

井身结构层次有限,不能完全有效封隔影响钻速的必封点,造成不能充分利用空气钻和不同压力系统在同一裸眼内打开的问题,影响了机械钻速。

2 提高钻速方案分析

2.1 气体钻井提速方案

元坝区块要实现快速钻井,在Ø444.5 mm和Ø311.2 mm井段气体钻井非常重要,主要思路是尽可能在Ø444.5 mm井眼全井段采用气体钻井,Ø311.2 mm井眼尽量延长气体钻井井段,采用空气潜孔锤钻井技术提高机械钻速,钻遇地层水后采用

元坝1井在该层段钻井液钻进井段平均机械钻速不足1.0 m/h,并且单只钻头进尺少,平均只有69.19 m/只。须家河层段机械钻速慢、起下钻趟数多,是元坝1井全井段钻井速度慢、钻井周期长的一个重要原因,该井段长只占全井的20%,而纯钻时间超过了全井纯钻时间的50%。

1.4 深部地层高温

由于元坝构造以飞仙关和长兴组地层为目的层的井均为超深井,井底温度高(井底温度最高已达到160℃以上),钻井液在高温高压下,性能不稳定,致使钻井液性能维护难度大。既要解决抗高温性,又要调整好它的流变性,钻井液抗温问题是一大难题。

1.5 高密度钻井液对钻速影响

元坝1、元坝2、元坝3井为同一个钻井公司施工,使用同一种管理模式,同一种钻井技术,同一种钻井液体系,可比性较强,其对比如表1所示。

雾化(泡沫)钻井技术,井下条件允许时Ø444.5 mm井眼应用试验干井条件下Ø339.7 mm套管的固井技术。

一开Ø444.5 mm井段优先采用Ø444.5 mm空气潜孔锤钻进,钻遇地层水后根据实际情况转换为雾化或泡沫钻井,井下条件不能保证气体钻井安全钻进时转换为低固相钻井液钻进。

表2 元坝井身结构表(截至目前使用最多的井身结构)

开次	钻头外径/mm	套管外径/mm	备注
导管	660.4	508.0	
一开	444.5(406.4)	339.7	封隔部分陆相疏松地层
二开	311.2	273.1	封过自流井组
三开	241.3	193.7	封至飞仙关产层前
四开	165.1	146.1	

表3 元坝井身结构表(元坝9井、元坝27井)

开次	钻头外径/mm	套管外径/mm	备注
导管	660.4	508.0	
一开	444.5(406.4)	339.7	封隔部分陆相疏松地层
二开	311.2	273.1	封过须家河或者雷口坡组复杂层位
三开	241.3	193.7	封至飞仙关产层前
四开	165.1	146.1	

表 4 元坝井身结构表(元坝 6 井)

开次	钻头尺寸 /mm	套管外径 /mm	下深 /m	备注
导管	900.0	720.0	30	
一开	660.4	508.0	500	
二开	406.4	339.7	3500	封过下沙溪庙上部及以上易垮塌地层
三开	311.2	273.1	5000	封隔须家河组、雷口坡组气层
四开	241.3	193.7	6990	钻至茅口组气层顶以上 50 m
五开	165.1	146.1	7307	

表 5 元坝井身结构表(元坝 22 井,特种井眼)

开次	钻头外径 /mm	套管外径 /mm	备注
导管	479.40	406.40	
一开	342.90	298.45	封过上沙溪庙底部
二开	266.70	219.07	封过须家河或者雷口坡组复杂层位
三开	187.33	168.28	封至飞仙关产层前,悬挂,不回接
四开	139.70	120.65	

二开 $\varnothing 311.2$ mm 是本井气体钻井提速的重点和难点。根据地质资料分析,本开钻井过程中钻遇地层为侏罗系沙溪庙组,以棕紫色泥岩、粉砂质泥岩间夹灰紫色粉砂岩及细砂岩为主,地层不稳定性,地层压力相对较低,承压能力差,且该组地层发育有多套含气层,岩性以砂岩与泥岩互层为主,地层软硬交错,砂岩可钻性差,泥岩易坍塌。元坝 1 井、元坝 3 井均在该段钻遇复杂而提前结束气体钻井。针对以上情况,本井段气体钻井过程中优先采用 313 系列空气潜孔锤防斜打快,进入沙一底部后采用牙轮钻头继续钻进,钻进过程中加强对井壁稳定性监测。若空气钻井过程中钻遇地层水,按照 $\varnothing 444.5$ mm 井眼相同的方法处理,钻遇气显示转换为氮气钻井,钻遇地层油或井壁垮塌转换为钻井液体系统钻井。本开争取钻穿上沙溪庙组,在保证安全的前提下尽量延长气体钻井井段。

空气潜孔锤不工作时改为牙轮钻头钟摆钻具组合钻井,雾化钻井、泡沫钻井时采用牙轮钻头塔式钻具组合,考虑到沙一底部可能出现的垮塌, $\varnothing 311.2$ mm 井眼空气潜孔锤钻进至 2900 m 后应起钻换牙轮钻头钻进。

2.2 欠平衡钻井方案

该区块侏罗系中统及下统地层发育有多套含气层,非本井主要目的层段,岩性以砂岩与泥岩互层为主,地层软硬交错,砂岩可钻性低,泥岩易坍塌、潜在地层应力变化、地层不稳定等复杂情况。

在沙溪庙~自流井组井段出水量过大、地层坍塌压力较大或出现气层且产量较大,不能满足实施

气体钻井条件时,改为泥浆欠平衡钻井,以实现快速钻进目的。如欠平衡钻井出现井下垮塌立即终止欠平衡钻井,改为平衡地层坍塌压力钻进。

须家河组以灰~灰白色块状细~粗粒岩屑砂岩、长石岩屑砂岩、长石岩屑石英砂岩(局部含砾砂岩)为主,夹薄~厚层灰黑、黑灰色泥页岩,该地层井壁稳定,不含硫化氢,满足欠平衡钻井的条件。

在须家河组井段泥浆欠平衡钻井,以实现快速钻进目的,每次在起下钻时根据实际情况提高钻井液密度,待地层压稳后进行常规起下钻作业。须家河组钻完后,恢复平衡钻进。

2.3 钻头优选及钻井参数优化方案

在中石油龙岗构造的钻井过程中,开展了大量新型钻头(包括牙轮钻头、PDC 钻头)以及空气潜孔锤的试验及优选研究,并取得较好成果。元坝构造与龙岗相邻,地层可钻性基本相同。

气体钻进井段,尽可能选用空气潜孔锤。

钻井液钻进井段,中石油在沙溪庙组~自流井组层段在龙岗构造进行了大量 PDC 钻头的试验,以贝克休斯的 PDC 钻头 HCM505ZX 效果最好(见图 1),目前该钻头应用已基本成熟,因此本井在该层段以贝克休斯的 PDC 钻头 HCM505ZX 为主;须家河组以宽齿牙轮钻头为主;雷口坡~长兴组地层以灰岩为主,可钻性好,适宜于 PDC 钻头,所以该层段以选用 PDC 钻头为主。

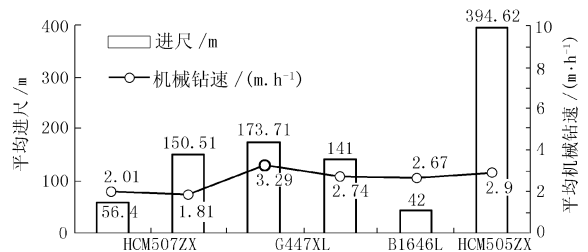


图 1 龙岗构造侏罗系地层 PDC 钻头应用试验对比图

在 4800~6000 m 的海相地层,为提高机械钻速,设计采用 PDC 钻头+耐高温螺杆钻具进行复合钻进,复合钻进时转盘转速控制在 30 r/min 左右。该技术在龙岗构造也取得了非常明显的效果(见表 6)。

表 6 龙岗复合钻进表

井号	钻井方式	井段/m	进尺 /m	纯钻时间/h	机械钻速 / (m·h ⁻¹)
龙岗 2 井	PDC + 耐高温	4324.86 ~ 4721.20	396.34	71.55	5.54
龙岗 10 井	螺杆复合钻进	5538.03 ~ 6115.00	576.97	136.92	4.21
		5243.77 ~ 5950.00	706.23	270.00	2.62

2.4 采用进口动力钻具钻须家河地层

采用进口动力钻具(例如进口涡轮钻具)钻须家河地层,提高须家河地层的钻速,从而达到提速的目的。

2.5 推广特种井眼尺寸井身结构^[1~3]

推广应用元坝22井实验使用的新型井身结构:新型井身结构比较适应于元坝地区,具体方案为:Ø508 mm(20 in)套管下深200~300 m,建立井口;一开用Ø444.5 mm(17½ in)钻头空气钻开钻,钻过上沙溪庙上部水层后用Ø342.9 mm(13½ in)钻头钻进,到上沙溪庙底部(3200~3300 m)时,如空气钻不能进行,则转为泥浆钻,钻穿垮塌层进下沙溪庙后中完,用Ø298.5 mm(11¾ in)套管下到上沙溪庙顶部,把上部的低承压层和上沙溪庙底部的坍塌层封隔好,为同一裸眼钻穿千佛崖、自流井、须家河做准备;二开使用Ø266.7 mm(10½ in)钻头钻进,钻达雷口坡组二开中完,用Ø219.1 mm(8⅝ in)套管下至雷二段,封隔陆相地层;三开用Ø190.5 mm(7½ in)钻头开钻,钻至设计井深,用Ø146.1 mm(5¾ in)尾管完井,如在嘉陵江钻遇复杂地层,则在飞四段提前下入Ø168.3 mm(6⅝ in)尾管,后用Ø139.7 mm(5½ in)裸眼完井或用Ø120.7 mm(4¾ in)尾管完井。

这套井身结构的优点是:(1)对上沙溪庙上部与下部的复杂层均进行了封隔;(2)进海相钻完雷口坡组的可能气层后,对上部的高压气层和不稳地层进行了封隔,为下部安全钻井和提高钻速提供了保障;(3)下部海相地层为同一低压力体系,可采取各种提速措施;(4)预留了一层套管层次;(5)开次少了一次,有利于提高钻井时效;(6)在再次优化井身结构上有优势;(7)在三开及以后的开次中,上部

均可使用Ø139.7 mm钻杆,解决了目前元坝地区有的井钻具负荷不够和水马力消耗大的问题;(8)合理的钻头尺寸的井段加长,有利于提高机械钻速;(9)能更好地满足测试和勘探开发一体化的要求。

3 结论与认识

(1)井身结构层次有限,不能完全有效封隔影响钻速的必封点,造成不能充分利用气体钻井和不同压力系统在同一裸眼内打开的问题,影响了机械钻速的提高。

(2)须家河组地层可钻性差,埋深较深,井段较长,不能利用空气钻进行钻进,大大影响了钻速。

(3)采用特种井眼尺寸的井身结构实现专打专封,一层套管实现一个主要的钻井目的是实现元坝地区优快钻井的一个重要手段。在须家河地层采用进口动力钻具(例如进口涡轮钻具)和高效钻头是提高机械钻速的另一重要手段。

(4)推荐的井身结构方案,对解决元坝区块复杂地质环境条件下的深井超深井钻井问题起着一定的指导作用,但没有一种唯一的、完美无缺的套管程序。对于每一口井来说,每一种套管程序都是暂定的,灵活的,需要根据实际钻井条件不断进行改进。

参考文献:

- [1] 管志川,邹德永.深井、超深井套管与钻头系列分析研[J].石油钻探技术,2000,28(1).
- [2] 编写组.钻井手册(甲方)[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [3] 胡超.开江区块深井井身结构设计探讨[J].钻采工艺,1999,22(2).
- [4] 边培明.深层海相气井井身结构优化及应用[J].钻采工艺,2006,11:13-15.
- [5] 唐志军.井身结构优化设计方法[J].西部探矿工程,2005,6:78-80.

河南省与国土资源部合作实施“6139”找矿计划

国土资源网消息 从河南省地质勘查工作会议上获悉,河南省将与国土资源部合作实施“6139”找矿计划。省部计划在6年内,国家、地方各级政府财政投入并引导带动社会各界投入全省矿产勘查资金100亿元,累计查明矿产资源价值不低于3万亿元,发现矿产资源价值不低于9万亿元。

省部合作地质找矿计划简称“6139”找矿计划。该计划按照不同成矿地质条件,分整装勘查、重要矿产勘查和矿产远景调查三个层次部署了整装勘查项目13个,重要矿产勘查项目23个,矿产远景调查项目6个。在未来6年时间内,全省将实现1:20万重力测量全覆盖,基岩区1:5万区域地质和主要成矿区带1:5万矿产远景调查全覆盖,全面完成重要成矿区带的成果集成与中深部成矿预测工作,提交一

批有重要影响的科学研究成果,新发现矿产地30处,预期提交大型—超大型矿产地8~12处,预计新增的资源量为:煤炭100亿t,铁7亿t,铝土4亿t,金260t,银6000t,铅锌300万t,铜300万t,锑5万t,天然碱5000万t,芒硝3000万t,岩盐1000亿t,冶镁白云岩5亿t,石灰岩20亿t,蓝晶石500万t,铀200t,确保实现河南省优势矿产找矿新突破。

为了确保合作目标和任务的落实,这次会议提出五点要求:一是建立健全省部合作协调机构;二是做好重要勘查区地质勘查设计,整合和协调好矿业权;三是做好项目的协调监管工作;四是明确权益,充分调动各方面积极性;五是依靠科技和人才。