

宁晋—辛集勘探区 2-1 盐井的施工

仲玉芳, 赵岩

(河北省煤田地质局第二地质队, 河北 邢台 054001)

摘要:随着岩心钻探深度的不断加大,使得起下钻等辅助时间增多,提高单回次钻进效率势在必行。在钻井设备没有大范围更新的前提下,针对宁晋—辛集地区盐岩取心钻探的难点,开展了井身结构优化、不取心井段快速钻进、盐水钻井液体系及盐岩层安全取心等配套技术研究,并在现场实践中得到了成功应用,为该区进行盐岩井钻探施工提供借鉴。

关键词:钻探;盐岩勘探;宁晋—辛集勘探区

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1627-7428(2014)07-0024-04

Construction of 2-1 Salt Well in Ningjin - Xinji Exploration Area/ZHONG Yu-fang, ZHAO Yan (The Second Geological Team of Hebei Provincial Bureau of Coalfield Geology, Xingtai Hebei 054001, China)

Abstract: Due to the core drilling depth increasing with more auxiliary work time, improvement of round trip efficiency is imperative. Without large scale of drilling equipments renewal, according to the difficulties in salt rock coring in Ningjin-Xinji exploration area, the supporting research was made on optimization of well program, rapid drilling in non coring section, salt water drilling fluid system and safe coring in salt rock layer, which was successfully applied in the field practice.

Key words: drilling; salt rock exploration; Ningjin - Xinji exploration area

根据草厂勘查区施工的盐 1 井、盐 2 井资料,以及宁晋—辛集一带勘探孔测井资料分析,河北省中南部辛集—宁晋一带,赋存有丰富的石盐资源,矿体埋藏深度 2500 ~ 3300 m,矿层厚度大、储量丰富。为加强该区石盐资源赋存分布地质特征研究,对今后在本区开展石盐矿地质勘查及开发工作,特设辛集—宁晋 2-1 号探采结合孔,该孔开孔至 2500 m 不取心钻进,2500 m 至目的层要保证盐岩心的采取率 $\leq 80\%$ 。我队不断总结施工经验,在钻井设备没有大范围更新的前提下,在对厚覆盖层及深部地层钻孔的钻进工艺上,有针对性地变换钻具组合与钻进参数。上部使用 PDC 钻头不取心快速全面钻进,取心段通过改变取心器长度和取心钻头的切削具,不仅提高了钻进效率,而且使得盐岩心采取率达到 90% 以上,满足质量要求,收到较好效果。

1 地层特点与钻井难点

1.1 地层特点及井身结构(见表 1)

1.2 钻井难点

(1) 本区域地层形成年代较晚,地层较疏松,可钻性好,但井眼稳定性差。

(2) 深井取心钻井速度较慢,辅助时间较长,且

提高缓慢,主要原因是钻井工艺和工具不完善。

(3) 泥岩地层易缩径,出现起下钻阻卡、划眼等复杂情况。

(4) 钻速快时钻井液携岩能力与泥浆净化的问题。

(5) 裸眼井段较长,只有 500 m 表套,尤其是取心阶段更换为盐水泥浆后,对上部井壁泥饼的浸泡,已不再如先前致密,而变得稀松,使井壁失稳失衡。

2 钻井技术方案

2.1 钻井设备

投入本项目的机械设备见表 2。

2.2 充分发挥复合钻进的作用

复合钻进是利用高效钻头和螺杆钻具再加转盘钻进的一种钻井技术。机械钻速高,常常是普通钻井速度的几倍。从破岩机理上看,在该区使用 PDC 钻头明显优于牙轮钻头,机械钻速会成倍提高,是现有转盘转速无法达到的。螺杆钻具的转速在 100 ~ 180 r/min,加上转盘的转速,钻头转速在 150 ~ 230 r/min,如使用牙轮钻头会造成未达到额定进尺轴承就已经报废。但复合钻进会使钻头磨损加剧。复合钻进只有使用高转速的牙轮钻头或 PDC 钻头才较

收稿日期:2014-01-17; 修回日期:2014-04-28

作者简介:仲玉芳(1964-),男(汉族),河北沧州人,河北省煤田地质局第二地质队高级工程师,地质工程专业,从事地质与地质技术管理工作,河北省邢台市桥东区北康庄辰光工业园,zyfang2005@126.com。

表 1 宁晋—辛集 2-1 孔地层特点及井身结构

岩层代号	底界深度/m	地 层 岩 性	井身结构	下套管依据
第四系(Q)	500	河流相沉积地层,上部为砂质粘土、粘质砂土、粉土夹粉砂;中部为冲积、洪积、湖积成因的砂质粘土、泥质砂土、粉细砂、砂砾及粘土;下部为砂质粘土、粘土与粉砂、细砂互层。由于地表松软,钻头直径大,扭矩大,在高钻速情况下,可能会出现钻具失效事故		使用 Ø244.5 mm 套管 封固上部地层, 加固井口
明化镇组(N ₂ m)	1200	上部主要为棕红、棕黄、紫红色泥岩、粉砂质泥岩,夹有中细砂岩和粉砂岩。地层可钻性强,易造浆,底部易吸水膨胀发生缩径、卡钻事故		无芯钻进至 2750 m, 更换 盐水泥浆取 心钻进
馆陶组(N ₁ g)	1780	主要为紫红、灰绿、棕黄色泥岩与灰白、浅黄色中、细粒砂岩呈不等厚互层分布,底部沉积一层灰白色含砾粗砂岩。砂砾岩对钻头有损坏作用,要注意钻头选型及钻进参数的调整		
东营组(E ₃ d)	2560	主要为紫红、灰绿、少量褐黄色泥岩、粉砂质泥岩与灰白色砂岩,可钻性强		
下第三系沙河街组沙一段(E ₃ s ¹)	3170	本段为本区主要的含盐地层。该段中上部地层主要为暗紫红、棕红、灰绿色泥岩、砂质泥岩与紫红、灰绿、灰白色粉细砂岩互层,间夹若干层泥灰岩、灰白色硬石膏薄层;下部则主要为灰、灰白色泥质灰岩、膏质、灰质泥岩与厚层状的石盐矿层互层;石盐矿层底板岩性多为灰色泥灰岩、灰质泥岩和粉砂岩互层,含沥青质。地层硬~中硬,可钻性较差,部分区块地层倾角较大,易发生井斜、掉块、坍塌。要保证盐岩心采取的完整性		

表 2 机械设备一览表

序号	名 称	型号	规格	数量
1	钻机	ZJ-20B7	2000 m 钻机	1 台套
2	井架	JZ170-41	170T/41 m	1 套
3	循环系统	泥浆泵	QZ-3NB800	800 HP 1 台
4	动力系统	电动机 1 号	HM2-355L3-6	280 kW 2 台
		电动机 2 号	HM2-315L2-4	200 kW 2 台
5	发电机组	发电机	12V190-GF800-1	800 kW 1 台套
		振动筛	ZWS-2	50~55 L/s 2 台
6	固控系统	除砂器	CSQ300	31.5 L/s 1 台
		除泥器	CNQ100	4.73 L/s 1 台

合适,相比而言在本区域施工,PDC 钻头性价比更优。

PDC 钻头使用时,超负荷使用螺杆钻具,钻压不稳、过大,井下憋钻、“粘滑”现象严重,造成螺杆钻具事故。适当缩短钻头的使用时间,防止钻头事故的发生。

二开采用 Ø215.9 mm 四翼 PDC 钻头钻进。钻具组合为:Ø215.9 mm PDC 钻头 + Ø165 mm LZ + Ø159.0 mm SDC × 9 根 + Ø127.0 mm DP。转速 45~65 r/min,钻压 30~50 kN。为防止井径过大,造成套管鞋处垮塌,二开开始泵量采用 24~28 L/s 钻进 200~300 m,然后改为 32~35 L/s 大排量,低钻压复合钻进,快速钻进可持续到馆陶组底 1800 m。并根据井斜、扭矩、起钻挂卡情况变化和要求,灵活

改变钻井参数。

进入东营组(1780~2560 m)后改为小排量 24~28 L/s。采用六翼 PDC 钻头,转速 120~180 r/min,钻压 40~60 kN。本段易缩径、粘卡,起钻时,放慢起钻速度,防止起钻迂卡拔死。对迂卡应采取“少提多放”;至沙河街组地层更换盐水泥浆准备取心。

钻具组合采用塔式钻铤结构,为有效防止软地层钻进时的压差卡钻,提高钻井液上返时携带岩屑的效果,特选用螺旋钻铤。控制最上一段钻铤的外径接近相连接的钻杆接头外径,避免“粘滑”现象使钻具失效。

2.3 盐岩取心段

(1)取心筒选用川 8-3 型取心器,可以确保盐岩矿心直径满足 Ø90 mm 的要求,取心器规格为:外筒外径 180 mm,内径 144 mm;内筒外径 127 mm,内径 111 mm;岩心采取长度为 9 m。取心目的层埋藏较深,单回次取心辅助时间较长,采用 2 根取心器连接增加取心筒长度,使单回次取心可达 17.4 m。

(2)换盐水泥浆后使用金刚石钻头(见图 1)开始取心钻进,44~68 min/m;改用 PDC 取心钻头(见图 2)后,机械钻速有较大提高,8~25 min/m。钻具组合为:Ø215.9 mm RC476 PDC 取心钻头(内径 104

mm) + 川8-3取心器2节 + $\text{Ø}159.0\text{ mm SDC} \times 54.6\text{ m} + \text{Ø}159.0\text{ mm DJ} + \text{Ø}159.0\text{ mm SDC} \times 54.6\text{ m} + \text{Ø}127.0\text{ mm DP}$ 。钻井参数为:排量14~19 L/s, 钻压30~80 kN。取心进度单回次可达15~16 m 盐矿心,盐岩心除首次顶端溶蚀较大外,其余部分直径均大于101 mm,满足采取要求。



图1 金刚石取心钻头



图2 PDC取心钻头

(3)膏盐岩层井段取3回次岩心至2810 m处,出现上提下放困难,起下钻有挂卡情况,不能一次到底,冲孔划眼至孔底钻进,扭矩增加并伴有坍塌物返出等现象。更换成单筒依然不能一次到底。泥浆密度较低使得盐层塑性蠕变的速度很快,缩径严重,出现阻卡现象。将泥浆密度加重至 1.39 g/cm^3 、粘度提至57 s后,情况得到明显好转。起下钻可顺利到底,且扭矩趋于稳定。单筒取心3回次,孔内无明显挂卡,又更换为双筒取心作业。

本孔只下表套500 m,裸眼井段长。下钻至2000 m左右处开泵,建立循环,即继续下钻作业;避免长时间冲孔形成“大肚子”。

3 取心段盐水泥浆及应用效果

盐的溶解度会随温度的增加而增加,在地面配置饱和的盐水泥浆到达孔底会变的不饱和了,影响盐岩心的采取率,当在循环至地面又发生盐的重结晶。NaCl、KCl在不同温度下的溶解度见表3。

表3 NaCl、KCl在不同温度下的溶解度 / $[\text{g} \cdot (100\text{ mL})^{-1}]$

类别	温度/°C				
	20	40	60	80	100
NaCl	35.8	36.6	37.3	38.4	39.8
KCl	34.0	40.6	45.5	51.1	56.7

盐的重结晶会使上部岩层缩孔,造成起下钻遇阻,还会增加钻具与泵件的磨损。采取要求添加KCl不少于10%,其余使用NaCl。NaCl在 20° 与 100° 时的溶解度变化率只有10%,而KCl的溶解率

变化较大。复合添加使用重结晶势必更加严重,孔底盐岩被不饱和泥浆溶蚀,影响盐岩心采取的完整性。取心段钻井液配方为:5%膨润土(经预水化),0.7% PAC,0.3% K-PAM,5% SMP-2,10% KCl,NaCl加至饱和,0.2% NaOH,0.3% Na_2CO_3 ,2% KAHM,1% 润滑剂,视需要添加NTA和重晶石。该钻井液性能指标为:密度 $1.30 \sim 1.40\text{ g/cm}^3$,漏斗粘度45~60 s,塑性粘度5~30 mPa·s,动切力7~15 Pa,API滤失量3~5 mL/30 min,pH值8~9, Cl^- 含量21.0~22.4万ppm,流型指数“n”为0.32~0.48。

配好基浆后添加10% KCl,然后添加NaCl至饱和,循环测得 Cl^- 含量范围在22.4~21.0万ppm之间(单使用NaCl饱和时 Cl^- 含量为19.3万ppm)。钻取第1回次岩心的上端2 m溶蚀较严重,成“笋”状,最小端直径只有62 mm(见图3)。其余盐岩心直径 $>101\text{ mm}$,溶蚀不明显(见图4)。



图3 被溶蚀的盐岩心



图4 完整的盐岩心

钻进期间上返盐岩屑与重结晶的盐应通过振动筛及时除去,避免重结晶的盐与盐岩屑重复循环使用。即使如此,盐岩重结晶依然严重。当钻至2896 m上部800~1500 m井段 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 钻杆本体与钻杆接头几乎等径(见图5)。补充膨润土浆及护胶剂时,按0.5%~1%的比例加入NTA盐结晶抑制剂;并将上部结晶钻具与下部钻具进行交替更换,减轻盐岩结晶。并根据振动筛处盐岩屑情况实时调整护胶剂与NTA盐结晶抑制剂添加量。继续取心2回次后 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 钻杆本体结晶现象得到明显解决。直至本孔完钻钻具上无明显结晶状况。



图5 盐重结晶的 $\varnothing 127\text{mm}$ 钻杆

更换盐水钻井液后,滤失量虽然很低(3~5 mL/30 min),但高矿化度条件下泥浆滤饼质量差,非常松散(测量完毕的滤纸一抖,泥皮就松散脱落);取心钻进施工裸眼井段较长,起下钻摩阻大。增添使用改性沥青粉(KAHM),一来改善泥饼质量,堵塞和覆盖泥页岩微裂缝,形成较坚韧的泥皮;二来,可起到润滑钻具降低摩阻的作用,尤其起下钻次数较多时,效果突出;三是,使用后完全不影响本井作为生产井的使用情况,盐岩使用水溶法开采,不会因为使用改性沥青粉覆盖产层而影响到后期的开采使用。

4 结论及认识

(1)利用邻近区块钻井参数资料等对PDC钻头进行初步选型,辅以复合钻进,在该区不取心段提高

(上接第11页)

覆盖地层的正常钻进,并且具有工艺简单、效率高、成本低、劳动强度小等特点。

(2)在松散破碎含水较少的地层中,孔底岩渣和岩粉一部分随高压空气返出地面,另一部分充填在破碎或裂隙中,起到保护孔壁不坍塌的作用。

(3)在同样地层空气潜孔锤钻进,上返速度越高,钻进效率越高。

(4)小口径钻进可应用于浅层地热能地埋管钻孔施工或岩心钻探领域;大口径则可用于缺水山区找水打井工程、其它地质能源资源钻探的开孔或一开钻进。

钻井速度,开孔至2750 m用时30天,换盐水泥浆取心作业至3170 m终孔用时72天,共102天。施工效率明显优于其他勘探钻孔。

(2)孔壁的稳定性是使用双根取心器串联提高单次取心效率的前提,根据施工情况及时调整泥浆密度、粘度。但要控制起下钻速度(盐水泥浆滤失量很低,小于或等于5 mL/30 min,虽添加改性沥青粉泥饼有所改善,胶结程度较差,如不注意起下钻速度易引起掉块)。

(3)使用复合盐配制泥浆时,盐的种类、加量和加入顺序必须选配好。随温度变化溶解度较大的KCl的添加量应严格按照设计要求添加,添加量不超过10%。使用复合盐时必须添加0.5%~1% NTA,降低盐的重结晶。

参考文献:

- [1] 谭松成,段隆臣,叶雪峰,等.硬岩钻进用石油钻头研究现状及发展趋势[J].地质与勘探,2013,49(2):373-378.
- [2] 刘同富,裴建忠,王安泰.胜利油田中深井优快钻井技术[J].石油钻探技术,2003,31(4):7-8.
- [3] 张国斌,宋金宝.河北辛集—宁晋石盐资源赋存特征与开发利用评价[J].河北煤炭,2010,(4):7.
- [4] 刘建平,陈洪俊.聚丙烯酰胺+切削膏堵漏材料的工程应用及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):31-33.
- [5] 中国石油勘探与生产分公司工程技术与监督处.钻井监督[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [6] 赵岩,黄健.宁晋岩盐勘探孔钻井液施工研究[J].西部探矿工程,2013,(9):27-28,32.
- [7] 郑若芝,张国钊.盐重结晶抑制剂NTA[J].油田化学,1991,(2):103-107.
- [8] 王建华.油田盐膏层钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(4):47-49.
- [9] SY/T 6709-2008,膏盐层钻井技术规程[S].
- [10] SY/T 5347-2005,钻井取心作业规程[S].
- [11] SY/T 5172-1996,直井下部钻具组合设计方法[S].

参考文献:

- [1] 卢予北.空气潜孔锤在云南红层中快速钻井工艺应用研究[J].地质与勘探,2011,47(2):309-315.
- [2] 刘建华,魏淑华,徐爱臣,等.空气潜孔锤钻进技术在铝土矿钻探施工中的应用试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):28-30.
- [3] 陈怡.空气潜孔锤钻进技术在援豫抗旱找水成井施工中的应用[J].贵州地质,2012,29(2):128-131.
- [4] 杨富春.空气潜孔锤在水源钻井中的应用[J].中国煤炭地质,2009,21(6):71-73.
- [5] 赵建勤,李子章,石邵云,等.空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):55-59.
- [6] 耿瑞伦,陈星庆,等.多工艺空气钻探[M].北京:地质出版社,1995.