

贵州铜仁地区页岩气钻井施工难点及对策

章 术, 尹亮先, 首照兵
(四川省煤田地质局一三七队, 四川 达州 635006)

摘要:在贵州铜仁地区施工页岩气地质调查井,因地层构造较复杂,上部灰岩地层岩溶、溶隙发育,在钻井过程中存在井壁易垮塌、掉块卡钻,井内漏失严重,供水困难等难点。秀页2井设计井深1900 m,由于钻井液漏失严重,水泥浆封孔堵漏过程中发生掉块卡钻事故,处理无果导致钻井中途报废。移机重新开始,采用较大口径开孔、多级绳索取心钻进、分段水泥堵漏、多层套管护壁的方案,顺利终孔。本文重点从水泥封孔堵漏方面总结该孔的钻井技术经验,为该区域页岩气井施工提供参考。

关键词:页岩气钻井;钻井液漏失;井壁垮塌;顶漏钻进;水泥封孔堵漏

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)05-0010-04

Difficulties of Shale Gas Well Drilling Construction in Tongren of Guizhou and the Countermeasures/ZHANG Shu, YIN Liang-xian, SHOU Zhao-bing (137 Geological Team of Sichuan Coalfield Geology Bureau, Dazhou Sichuan 635006, China)

Abstract: In shale gas geological survey well construction in Tongren of Guizhou, because of the complex strata structure with development of karst and dissolution in the upper limestone strata, the wall is prone to collapse with block falling and drill pipe sticking, serious leakage and difficult water supply. The depth of Xiuye2 well was designed for 1900m, but this well was halfway abandoned due to the serious lost circulation, block falling and drill pipe sticking in the process of cement slurry sealing and plugging. After drill shifting, the scheme of hole opening with large diameter, multi-stage wire-line core drilling, sublevel cementing plugging and wall protection by multi-layer casing was adopted, the hole construction was completed smoothly. This paper summarizes the drilling experience mainly in cement sealing and plugging to provide reference to shale gas well construction in this area.

Key words: shale gas well drilling; lost circulation; borehole collapse; drilling against top leakage; cement sealing and plugging

0 引言

为调查渝黔湘秀山页岩气区块黔东北地区页岩分布规律、页岩厚度及页岩含气性参数,在铜仁地区(贵州省铜仁市松桃县瓦溪乡)设计了一个井深1900 m的地质调查井——秀页2井。该井上部灰岩地层厚度400~600 m,受溶隙、溶蚀作用及区域水文条件影响,地层岩心破碎、地层全漏失,井内频繁发生烧钻、卡钻事故;钻进困难,加上区域缺水,钻进等水等辅助时间增加,严重影响了施工进度;通过采取相对应顶漏钻进和水泥浆封孔等措施,顺利终孔。本文总结该井施工的经验 and 体会,为同类钻孔施工提供参考。

1 地层概况

秀页2井自上而下揭示地层为:寒武系中统平井组(ω_{2p})、石冷水组(ω_{2s})、高台组(ω_{2g}),寒武系下

统清虚洞组(ω_{1q})、金顶山组(ω_{1j})、明心寺组(ω_{1m})、牛蹄塘组(ω_{1n})及震旦系上统灯影组(Z_2d)。

寒武系中统上部、中部以灰质白云岩、白云质灰岩、灰岩、白云岩、泥灰岩、泥晶白云岩为主,裂隙发育,方解石充填,溶隙极发育(孔径为4~40 mm),局部裂面见黄色水锈,岩心破碎(见图1),厚度约668 m;下部以泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩为主。

寒武系下统上部、底部为灰质白云岩、灰岩、泥灰岩、鲕粒状灰岩,裂隙发育,裂面见擦痕,局部方解石或方解石线里充填。中部以粉砂岩、粉砂质泥岩、细砂岩、粉砂质页岩、泥岩、炭质泥岩、硅质泥岩为主,遇水具一定膨胀性,水敏性强。

2 钻井要求

(1)设计井深1900 m,除第四系表土覆盖层,要求全井岩心采取率>80%,页岩目的层段岩心采取率



图1 钻孔部分岩心照片

>90%; (2) 平均井径扩大率 $\geq 15\%$; (3) 终孔口径 ≤ 98 mm; (4) 直孔最大井斜 $\geq 8^\circ$, 井眼曲率 $< 1.5^\circ/25$ m; (5) 井底位移 < 80 m。

为保证岩心采取率及相关测试工作, 要求采用金刚石绳索取心钻进工艺。

3 第一次施工钻孔报废情况

为保证 1900 m 深钻的顺利施工, 采用 XY-8 型钻机, BW-320 型泥浆泵, AG22.5 钻塔; 为保证全孔岩心采取率及相关测试, 要求采用 $\varnothing 98$ mm 绳索取心钻具终孔; 全孔采用无固相钻井液。

采用三级钻孔结构, 开孔采用 $\varnothing 150$ mm 口径, 下入 10 m $\varnothing 146$ mm 套管作为表层套管; 寒武系上部地层采用 $\varnothing 130$ mm 口径, 计划下入 $\varnothing 127$ mm 技术套管进入寒武系中统高台组地层完整井段; 其下采用 $\varnothing 95$ mm 口径金刚石绳索取心钻进至终孔。

秀页 2 井开钻层位为平井组, 由于裂隙、岩溶极发育(直径在 1~15 mm 不等), 钻孔漏失严重, 分别在井深 16、88、157、237 m 处发生钻井液漏失, 钻井施工过程中, 采用 803 堵漏剂、锯末等惰性材料随钻堵漏, 钻孔内漏失情况减小, 局部井段钻井液上返地表; 施工至井深 437 m 井深时, 岩心较为破碎, 钻井液全漏失, 多次堵漏不成功, 顶漏钻进时孔内发生烧钻事故, 采取反丝钻具及扩孔“抱钻具”方式, 将事故处理完毕, 井内下入 $\varnothing 127$ mm 技术套管。

继续钻进, 在井深 449、470、525、675 m 处发生钻井液漏失, 随钻堵漏效果不明显, 供水不足致使每

日正常工作时间仅为 12 h, 钻进至井深 797 m 处, 井内全漏失不返水, 多次堵漏不成功, 决定用水泥浆 (1: 0.5) 进行封孔堵漏, 钻具距离井底 2 m, 水泥压浆结束后, 开始灌注替浆水, 由于井壁垮塌掉块, 在起拔钻具时, 钻具卡死在井内, 经过多次提拉处理, 钻杆未发生松动迹象; 再次强力起拔钻杆, 导致钻杆脱扣, 起上钻杆 324 m, 起上后发现底部公接箍丝扣严重变形, 故更换新接箍对扣后再次提拔, 结果无效, 开车开不动。此时距水泥浆灌入已超过 20 h, 水泥已基本初凝, 孔内钻杆钻具被卡死, 处理无效, 以致钻孔报废, 直接经济损失 60 万元。

4 第二次施工技术设计及施工情况

鉴于第一次施工因掉块卡钻导致钻孔报废的教训, 在征得业主方同意的情况下, 移孔 2 m 重新施工。

4.1 钻探施工设计

总结第一次施工失败经验教训, 研究分析已钻取岩心的岩性特征、对比钻井过程中漏失点、垮塌井段岩心, 制定施工方案; 井身结构拟采用较大口径开孔, 多级绳索取心钻进, 分段水泥堵漏, 采取多层套管护壁的方案(见表 1)。

表 1 井身结构设计

井段/m	井径/mm	套管口径/mm	套管长度/m	备注
0~10	170	168	10	硬质合金钻进
10~415	150	130	415	金刚石绳索取心
415~800	122	114.3	800	金刚石绳索取心
800~1900	98		裸孔测井	金刚石绳索取心

表层套管下入深度为 10 m, 以下用 JS150 金刚石绳索取心钻进至寒武系中统平井组完整灰岩地层, 下入 $\varnothing 130$ mm 套管, 然后换径用 JS122 金刚石绳索取心钻进至寒武系下统清虚洞组完整灰岩地层, 下入 $\varnothing 114.3$ mm 套管。其下采用 JS98 金刚石绳索取心钻进至终孔。

4.2 施工中出现的問題及应对措施

移孔钻进过程中, 在 10、42、86、120、165、223、310、345、453、497、650、763 m 井深点发生钻井液漏失, 在 41~55、90~105、144~507 m 井深段地层岩溶、溶隙发育, 岩心极度破碎; 钻井按照设计进行施工, 边顶漏钻进, 边水泥封孔堵漏, 上部钻进较为顺利, 并按实钻情况下入技术套管护壁, 实际井身结构(见表 2)。

4.2.1 绳索取心顶漏钻进

4.2.1.1 钻头选择

表2 实际井身结构

井段/m	井径/mm	套管口径/mm	套管长度/m	备注
0~10	170	168	10	硬质合金普钻
10~415	150	130	423	金刚石绳索取心
415~800	122	114.3	812	金刚石绳索取心
800~1900	98		裸孔测井	金刚石绳索取心

该钻井岩溶发育,地层漏失,为了预防钻进过程中岩心堵塞造成烧钻事故,选用了水口多(含侧向水口)、过水性能好的钻头;本钻孔岩溶地层使用由桂林金刚石生产的胎体硬度 HRC20~25,金刚石浓度为100%的表镶钻头(见图2)。

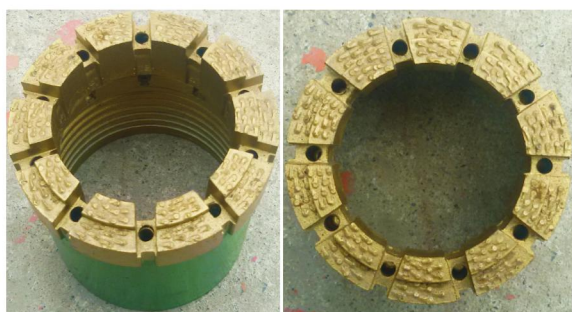


图2 金刚石钻头照片

4.2.1.2 内管投放

当井内有一定的水位时,在井口直接将内管总成投放到钻杆内,依靠内管总成的重力自由下落;如果钻井液漏失,井内水位较低或无水位时,要借助绳索绞车将内管总成送到位,然后投放脱卡器脱卡,防止井口投送内管冲击对钻头的破坏,造成井内事故。

4.2.1.3 钻孔润滑减阻

顶漏钻进过程中,必须采取措施解决钻井液漏失问题。微裂缝漏失堵漏钻井液配方:水+PHP(2‰)+堵漏王(2%~4%)+干锯末(1%~3%)。充分拌和至粘稠状态,利用井口漏斗倒入绳索取心钻杆内,连接主动钻杆后开泵慢慢回转上下活动钻具扫孔,待泵压正常后可结束扫孔;如堵漏效果开始显现但不明显,可重复进行2次,增强堵漏功效。

在钻进过程中,除了向钻杆内泵送钻井液冷却润滑钻头外,还需在漏失层上部钻杆与井壁的环状间隙单独灌注钻井液,避免钻具与井壁处于干摩擦状态;这样不仅可以降低井内负荷,减少钻杆承受的扭矩及钻具的磨损,而且可以避免钻杆脱扣、断裂事故的发生。

4.2.1.4 钻孔预送冲洗液时间

顶漏钻进前,必须严格计算预送冲洗液时间,防

止冲洗液未到达井底钻头前,开动钻机造成的烧钻事故;预送冲洗液时间按下式计算(地面以上管路的容积按40 L计,考虑排粉时间,加2~4 min)^[3]:

$$T_1 = k_1 \frac{hq + 40}{Q} + (2 \sim 4) \quad (1)$$

式中: T_1 ——预送冲洗液时间,min; k_1 ——安全系数,取 $k_1 = 1.1 \sim 1.3$; h ——静止水位至孔口的高度,m; q ——每米钻杆容积,L/m; Q ——泵量,L/min。

本井采用的是唐山金石 JS 系列绳索取心钻具,JS150 绳索取心钻杆每米容积(q)12.36 L;JS122 绳索取心钻杆每米容积(q)8.10 L;JS98 绳索取心钻杆每米容积(q)4.94 L;JS75 绳索取心钻杆每米容积(q)2.92 L。

4.2.1.5 注意事项

(1)下井前,检查好钻具密封性;保证钻具不漏水,防止钻具泄压、漏水造成井底烧钻事故;钻进前,开泵检查水泵工作状态,防止水泵工作不良,钻头过水量不足引起的烧钻事故。

(2)在钻进过程中,严格控制钻进速度;如果发现不进尺、或进尺突然变缓的情况,要及时提钻打捞岩心查找原因,严禁盲目钻进,防止破碎岩心堵塞钻头水路,引起钻头拉槽和烧钻事故。

(3)钻具提离井底50 cm,打开水泵,严格按照计算的预送冲洗液时间向井内灌注足量钻井液,然后再开始扫孔钻进。

4.2.2 水泥封孔堵漏

该井部分井段岩心极度破碎,为预防钻进过程中上部井段掉块造成卡钻事故,本井设计每钻进50 m进行水泥封孔,其目的是一是水泥封孔堵漏,二是对破碎灰岩地层增强胶结,避免掉块风险。为使用方便,可按孔径和不同水灰比计算出水泥使用量,灌注时简单计算即可,每袋水泥可灌注钻孔长度见表3。

表3 单包水泥不同水灰比不同井段灌注长度

钻孔直径/mm	钻孔理论容积/(L·m ⁻¹)	不同水灰比时每袋水泥的灌注长度/m					
		0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
150	17.66	1.90	2.05	2.19	2.34	2.46	2.62
122	11.68	2.87	3.35	3.60	3.54	3.72	3.96
98	7.54	4.45	4.81	5.14	5.48	5.77	6.14
77	4.65	7.22	7.79	8.33	8.89	9.35	11.97

4.2.2.1 堵漏水泥浆量及相关数据计算

(1)本次封闭井段所需水泥浆总量

$$V_1 = LQk_2 \quad (2)$$

式中: V_1 ——预封闭井段的所需水泥浆量,L; L ——

预封闭井段的区间长度, m ; Q ——预封闭井段每米理论容积, L/m ; k_2 ——保险系数, $1.3 \sim 2.0$ (依据钻进时钻井液漏失量大小来调整)。

(2) 干水泥用量

$$G_{\text{水}}/G_{\text{灰}} = m; G_{\text{水}}/\gamma_{\text{水}} + G_{\text{灰}}/\gamma_{\text{灰}} = V \quad (3)$$

式中: m ——水灰比; $G_{\text{水}}$ ——水的质量, kg ; $G_{\text{灰}}$ ——水泥的质量, kg ; $\gamma_{\text{水}}$ ——水的密度, $\gamma_{\text{水}} = 1 \text{ kg/L}$; $\gamma_{\text{灰}}$ ——水泥的密度, $\gamma_{\text{灰}} = 3.1 \text{ g/cm}^3$; V ——需配置水泥浆体积, L 。

(3) 水泥浆用水量

$$G_{\text{水}} = mG_{\text{灰}} \quad (4)$$

(4) 封孔替浆水量计算(顶替水量)

$$V_2 = (H - h)qk_3 \quad (5)$$

式中: V_2 ——封孔所需替水量, L ; H ——钻井深度, m ; h ——静止水位至孔口的高度, m ; q ——每米钻杆容积, L/m ; k_3 ——保险系数, $1.1 \sim 1.3$ 。

4.2.2.2 封孔前操作注意事项

(1) 封孔前复查预封闭井段岩心, 结合水文记录数据, 分析判断封闭井段漏失层深度、漏失量, 岩心裂隙、溶隙大小及完整程度; 并计算出封孔相关数据; 准备好水泥、替浆水等材料。

(2) 在水泥浆中加入早强剂(速凝剂), 一定要在地表做水泥浆凝结时间试验, 根据试验数据按比例加入; 禁止未进行水泥浆地表凝结试验盲目随意加入早强剂/速凝剂;

(3) 水泥封孔堵漏时, 必须换用低一级配钻杆封孔, 不得使用钻进时使用的钻杆作为封孔钻具; 封孔时, 钻具距离井底 $0.5 \sim 1 \text{ m}$ 为宜; 封孔作业最好选择在一天中气温较低时作业, 但禁止夜间进行。

(4) 必须在替浆水压送完后, 再将钻具提出水泥浆面 50 m , 才能用清水清洗钻具、水泵, 清洗完的钻具必须全部出井口, 禁止留在井内。

(5) 封孔钻杆作业水泥浆埋管深度控制在 100 m 以内, 严格控制水灰比, 禁止随意向搅好的水泥浆中加清水, 封孔目的以堵漏为主的可以在水泥浆中加入锯末、堵漏王等堵漏材料。

(6) 封孔目的以堵漏为主的, 采用普通硅酸盐水泥(R32.5以上)候凝时间为 8 h ; 封孔目的以凝结破碎带为主的, 必须采用高标号早强水泥(R42.5以上), 其候凝时间为 48 h 。

4.2.2.3 封孔后操作注意事项

(1) 水泥浆灌完后待凝 8 h 后用打捞棒进行探

孔检查, 封孔位置符合预定要求即可换用钻具透孔; 封孔位置不够应立即进行二次补封。

(2) 透孔时必须充分将水泥粉末排干净后方可加钻杆。封孔后透孔时返水情况下, 必须等到清水排出井口后方可加钻杆; 若仍不返水, 建议多排孔内水泥粉末一段时间, 严防水泥粉末埋钻事故发生。

5 施工效果

秀页2井在第二次施工过程中采用上述边顶漏钻进, 边水泥封孔堵漏的方法, 顺利终孔, 各项技术指标达到优秀。在后续施工的岑地1井(铜仁岑巩)采用此工法施工, 未发生安全事故, 台月效率达到 625.02 m , 取得了良好的技术经济效果。

6 结语

(1) 尽管水泥封孔堵漏施工方法水泥浆候凝时间较长, 表面上耽误了不少时间, 但是水泥浆对破碎岩心的胶结减少了掉块卡钻事故的风险, 同时候凝期间对设备进行保养维修, 也减少了设备维护时间。通过该区域使用顶漏钻进、水泥封孔堵漏技术, 在对付贵州铜仁地区岩溶发育、岩心破碎的地层, 取得了较好的效果, 为该区域施工积累了经验。

(2) 采用水泥封孔也存在一定的风险, 由于操作不慎, 容易发生浆液封孔过程中凝固造成的事故。因此在操作过程中, 要严格执行操作规范及注意事项, 统一指挥, 明确分工, 各司其职, 才能取得较好的效益。

参考文献:

- [1] 王达, 何远信, 等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2014.
- [2] 张东兴. 河南新蔡焦庄铁矿区预查 ZK001 孔超厚覆盖层钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(12): 47-49.
- [3] 钱书伟, 杨胜生, 贾文敏, 等. 全漏失钻孔预送冲洗液时间的确定[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(3): 44-45.
- [4] 宋继伟, 李勇. 贵州省页岩气调查井施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(8): 26-30.
- [5] 邓亮, 张承飞, 邓少东, 等. 贵州省页岩气资源调查评价(黔北项目)钻探施工技术[J]. 西部探矿工程, 2014, (12): 57-60.
- [6] 杨丕祥, 童强, 吴博. 绳索取芯在顶漏钻进施工中的实践与认识[J]. 西部探矿工程, 2015, (9): 83-84.
- [7] 刘勇, 孔祥国. 合理计算水泥护壁堵漏及封孔替浆量[J]. 黑龙江科技信息, 2012, (16): 249.
- [8] 陈智新. 浅论水泥封孔堵漏在绳索取芯钻探中的应用[J]. 能源与环境, 2009, (4): 120-122.
- [9] 翟育峰, 陈师逊, 张英传. 水泥封孔技术在罗布莎科钻孔施工中的应用[J]. 西部探矿工程, 2013, (3): 70-72.