

贵州页岩气班竹1井钻进施工实践

孙孝刚, 卢忠友, 邓 鹏

(贵州省地矿局102地质大队, 贵州 遵义 563003)

摘要:页岩气是清洁、高效新能源,其勘察钻进施工技术要求较以往地勘钻进施工有一定的变化,主要体现在需要取出的岩心直径较大,所以其终孔口径要大,故设备动力选择较同等深度的地质勘察钻孔要大一二个级别;另外,由于气测录井需要冲洗液作为介质,因此对冲洗液添加剂有影响气测的限制要求;还有安全管理要求具有防范有毒有害气体和预防火灾事故的措施。钻遇软、碎地层时,适时调整钻进参数是确保岩心采取率的有效措施之一,把好安装质量关、严禁钻具带“病”下入孔内和遵守绳索取心钻进操作规范,是确保本钻井施工质量的关键。

关键词:页岩气;井身结构;钻进参数;钻井液;岩心采取率

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)07-0084-05

Drilling Construction Practice of Shale Gas Banzhu Well 1/SUN Xiao-gang, LU Zhong-you, DENG Peng (Geological Team 102, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: Shale gas is an invaluable clean and efficient new energy in the 21 century; the requirements on its exploration drilling construction technology have certain changes than they were before. The final hole diameter is large because of the larger core diameter, and the equipment driving power should be one or two levels higher than that for those geological survey holes of the same depth. Besides, flushing fluid is needed in gas logging as a medium, so there are limitations of affecting gas logging for flushing fluid; and measures to prevent poisonous & harmful gases and fire accident are also required for safety management. Timely adjustment of drilling parameters is one of the effective measures to ensure the core recovery rate in soft and broken formations. Good installation quality, good drilling tool conditions and complying with operation norm of wire-line core drilling are very important to ensure the quality of drilling construction.

Key words: shale gas; well structure; drilling parameter; drilling fluid; core recovery rate

0 引言

页岩气是一种赋存于泥页岩中的非常规天然气,成分以甲烷为主,开采出来的页岩气就是天然气,是一种清洁、高效的能源资源。在传统能源石油、天然气和煤炭等常规资源储量日趋枯竭的今天,页岩气的发现,为人类打开了一扇新能源的大门。在我国分布较广,储量丰富,贵州省页岩气资源地质储量达10.48万亿 m^3 ,位列全国第四。为加快开发贵州省页岩气资源,2012—2013年由中国地质调查局成都地质调查中心和贵州省地质矿产勘查开发局共同完成“黔北地区页岩气资源调查评价”项目后,2015年由中国地质调查局油气资源调查中心再次开展“黔北道真地区1:5万页岩气地质调查项目”,班竹1井便是其中的钻井之一。

1 工程概况及钻井质量要求

班竹1井位于贵州省遵义市正安县班竹镇上坝农场,设计井深1350 m,实际孔深1130.40 m。

井斜要求:井深500 m以浅最大井斜 $\geq 2^\circ$,井深 > 500 m以深,井斜 $\geq 5^\circ$,全井全角变化率要求控制在 $2^\circ 15' / 30$ m,终孔水平位移 ≥ 100 m。

井径要求:非地层破碎、垮塌井段,全井井径扩大率 $\leq 15\%$,对可能垮塌井段,井径扩大率略为放宽,但要控制在20%以内;终孔口径 ≤ 95 mm;

取心要求:全井取心,岩心采收率 $\leq 90\%$ 。

2 地层岩性

①第四系覆土(Q),0~20 m,厚20 m,呈松散未固结状态,其成因主要为残(坡)积、冲积和塌积黄土等;

②二叠系茅口组(P_2m),20~192 m,厚172 m,

收稿日期:2016-04-28;修回日期:2016-06-02

作者简介:孙孝刚,男,苗族,1966年生,高级工程师,探矿工程专业,主要从事岩心钻探技术及管理工作,贵州省遵义市汇川区董公寺102地质队,sunxiaogang@163.com。

岩性主要为浅色灰岩,含后期充填第四系黄土;

③中二叠系栖霞组(P_2q),192~333 m,厚141 m,岩性主要为一套碳酸盐岩沉积,主要为石灰岩,夹燧石结核;

④早—中二叠系大竹园组($P_{1-2}d$),332~336 m,厚4 m,岩性主要为含铝质泥岩及碳质泥岩组合构成;

⑤早志留系韩家店组(S_1h),336~747 m,厚411 m,岩性主要为紫红色、灰绿色泥岩、含粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹粉砂岩构成;

⑥早志留系石牛栏组(S_1sh),747~927 m,厚180 m,岩性主要为一套碳酸盐岩及少量碎屑岩组成,即灰岩、泥灰岩、生物灰岩等;

⑦早志留系新滩组(S_1x),927~1091 m,厚164 m,岩性主要为一套灰、黄灰、灰绿色薄层泥(页)岩、含粉砂质泥(页)岩与钙质泥(页)岩呈不互层,上部夹少量透镜状或瘤状泥质灰岩、含钙质细砂岩;

⑧早志留系龙马溪组(S_1l),1091~1116 m,厚25 m,岩性主要为黑色炭质泥(页)岩、含粉砂质炭质泥(页)岩,是本次钻井设计的主要目标层位;

⑨晚奥陶系五峰组(O_3w),1116~1122 m,厚6 m,岩性主要为黑色炭质泥岩、深灰色薄层凝灰岩,与下伏宝塔组泥质灰岩整合接触,上段以灰岩、泥质灰岩、生物灰岩为主,且局部夹白云岩、粉砂质泥岩等;下部以炭质泥岩为主,是本次钻井设计的目标层位之一;

⑩晚奥陶系宝塔组(O_3b),1122~1130.40 m,厚8.40 m,岩性主要为泥灰岩、泥晶灰岩。

3 钻进工艺

3.1 井身结构

钻井实际施工1130.40 m,井身结构如图1所示。

一开:井深0~61.00 m,以 $\phi 150$ mm口径开孔,钻穿浮土层后,进入基岩,下 $\phi 146$ mm套管护壁,套管长度为61.09 m。

二开:井深61.0~515.73 m,换 $\phi 122$ mm口径钻入茅口组(P_2m)、栖霞组(P_2q)、大竹园组($P_{1-2}d$)和韩家店组(S_1h)一段孔壁较为稳定地层后,下入 $\phi 114$ mm套管护壁,套管长度为516.15 m。

三开:井深515.73~1130.40 m,换 $\phi 96$ mm口径

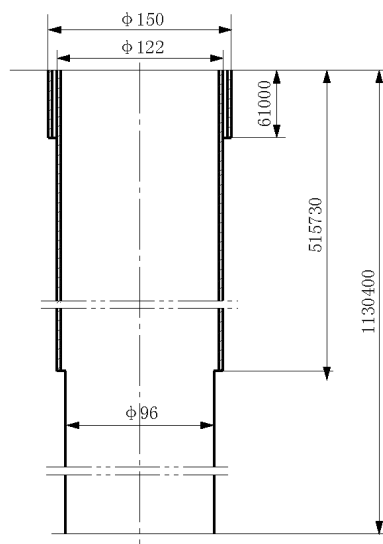


图1 班竹1井井身结构示意图

裸眼钻穿韩家店组(S_1h)、石牛栏组(S_1sh)、新滩组(S_1x)、龙马溪组(S_1l)、五峰组(O_3w)和宝塔组(O_3)终孔。

3.2 钻进设备

由于钻孔设计孔深为1350 m,终孔孔径 ≤ 95 mm,考虑到提升和扭力较大,所以钻机选用YDX-1800型全液压动力头钻机一台套(自配BW-320型泥浆泵一台和搅拌器等),为了减小起下钻时间和减轻工人的劳动强度,另配HCJ-20加重型钻塔一副。

3.3 钻进方法及钻进参数

3.3.1 钻进方法选择

由于该孔钻遇主要岩石的硬度、可钻性变化不大,岩石硬度一般为中硬—硬,岩石可钻性为5~7级,局部达到7~8级。因此,除在第四系地层中开孔选用硬质合金取心钻进外,在下部其它地层均采用金刚石绳索取心钻进。

$\phi 122$ mm口径选用电镀金刚石钻头; $\phi 96$ mm口径选用孕镶金刚石钻头,钻头唇面优选齿轮型或尖环齿两种,胎体硬度HRC15~40。

3.3.2 钻进参数确定

正常钻进过程中的钻进规程参数选择如表1所示。

3.3.3 钻遇问题及解决方法

(1)井深0~20 m,用 $\phi 150$ mm硬质合金钻头钻穿浮土层后,进入基岩,由于20~65 m孔段存在高度不等的几处溶洞、裂隙和充填物段,故采取跟管

表 1 正常钻进参数

序号	层位	井段/m	钻头	数量/只	钻压/kN	转速/(r• min ⁻¹)	排量/(L• min ⁻¹)	泵压/MPa
1	浮土层	0 ~ 15	Ø150 mm 硬质合金钻头	1	1 ~ 5	80 ~ 200	50 ~ 150	0.4 ~ 0.8
2	茅口组		Ø150 mm 普通金刚石钻头	1	6 ~ 14	200 ~ 400	50 ~ 150	1 ~ 2
3	栖霞组	15 ~ 650	Ø122 mm 金刚石绳索取心钻头	8	6 ~ 14	350 ~ 600	60 ~ 90	1 ~ 2
4	大竹园				4 ~ 8	350 ~ 600	60 ~ 150	1 ~ 4
5	韩家店				4 ~ 12	300 ~ 700	60 ~ 150	1 ~ 4
	韩家店	650 ~ 1350	Ø96 mm 金刚石绳索取心钻头	10	5 ~ 12	350 ~ 700	50 ~ 90	1 ~ 4
6	石牛栏				5 ~ 12	350 ~ 700	50 ~ 90	2 ~ 4
7	新滩组				5 ~ 12	350 ~ 700	50 ~ 90	2 ~ 4
8	龙马溪				4 ~ 12	350 ~ 700	50 ~ 90	2 ~ 5
9	五峰组				4 ~ 12	350 ~ 700	50 ~ 90	2 ~ 5
10	宝塔组				7 ~ 12	350 ~ 700	50 ~ 90	2 ~ 4

钻进工艺。即先用 Ø114 mm 钻具钻至孔深 65.3 m 后,再用 Ø146 mm 套管带钻头跟至孔深 61 m 留在孔内护壁。

(2)在孔深 530~540 m 段,当用 Ø96 mm 绳索取心钻具钻至早志留系韩家店组(*S₁h*)地层—灰绿色泥岩时,在取心过程中,出现了打捞岩心脱落,甚至卡簧卡不住岩心的情况,处理方法如下:

①检查卡簧大小,是否与岩心相匹配,选用不同大小内径的卡簧卡取,无效;

②检查钻具的单动性是否良好,未发现内管存在质量问题,性能良好;

③分析所钻岩性较软,抗研磨性差,在钻进过程中其岩心被磨小,可能卡簧难以将岩心卡牢,致其脱落因素的存在,因此调整了钻进参数,即遇同类岩层

时,在回次即将结束前 20~30 cm,采用“轻压、慢转、小泵量”的方法钻进,成功解决了以上问题。

3.4 钻井液技术与护壁堵漏

根据页岩气评价技术规范要求,钻井液不能加入任何含油、含荧光等会影响页岩气评价样品分析化验结果的处理剂和添加剂。必须做到含气层保护、环境保护、钻井安全的统一。要求配制钻井液性能为低失水、低固相、低摩阻、携砂能力强、热稳定性好的特点。为满足气测录井要求,全录井段所用钻井液,其漏斗粘度 ≤ 30 s。

除孔深 0~61 m 孔段(上部覆土、部分茅口组灰岩及充填物),采用清水钻进,下套管护壁外,其余各段地层钻井液使用情况如表 2 所示。

表 2 各井段钻井液配方及性能

井深/m	钻井液配比	密度/(g·cm ⁻³)	粘度/s	含砂量/%	pH 值
0~60.09	清水				
60.09~191.80	清水+0.2% PAM+0.5% 润滑剂+0.2% 纯碱+2.5% 粘土粉	1.01	30	0.4	8
191.80~335.80	清水+0.2% PAM+0.5% 润滑剂+0.2% 纯碱+0.5% 磺化沥青+1% 植物胶+2.5% 粘土粉	1.02	35	0.5	8
335.80~927.20	清水+0.3% PAM+0.5% 润滑剂+0.2% 纯碱+0.5% 磺化沥青+3% 粘土粉+1% 植物胶	1.02	38	0.6	8
927.20~1091	清水+0.4% PAM+0.5% 润滑剂+0.3% 纯碱+1% 植物胶+0.5% 磺化沥青+4% 粘土粉+0.5% 成膜剂	1.03	50	0.6	9
1091~1130.40	清水+4% PAM+0.1% 润滑剂+0.3% 纯碱+1% 植物胶+0.5% 磺化沥青+5% 粘土粉+0.5% 成膜剂	1.04	54	0.6	9

4 钻井质量保障措施

4.1 岩矿心采取率

为了保证钻井的岩矿心采取率,除了正确掌握绳索取心金刚石钻进操作规程外,还特别注意以下几点保障措施。

(1)下绳索取心钻具前,应严格检查其单动性能是否良好,各部件之间的同心度是否一致以及钻具总成各间隙是否达到要求。

(2)下绳索取心钻具前,严格检查卡簧的锥度、卡簧与卡簧座、卡簧与岩心之间的配合,在不影响零件强度的情况下,锥度稍大点较好,卡簧有较好的弹性和研磨性,钻进时,岩心能顺利通过,提钻时能抱紧岩心。

(3)遇软、破碎地层时,尽量控制好钻井液流量,避免对岩心的冲刷。同时,在回次即将结束前 20~30 cm 时,降低转速,减小钻头和卡簧对岩心的磨损,从而避免取心时岩心脱落。

(4) 制定合理的质量检查制度, 开孔前必须进行现场安装质量验收, 施工中经常检查岩矿心采取情况, 达不到要求的及时采取补救措施。

该钻井孔深 1130.40 m, 记录钻井岩心 1130.40 m, 平均岩心采取率约为 97%。

4.2 钻孔弯曲度

为了减少钻孔的弯曲度, 采取以下保障措施。

(1) 正确安装设备。钻塔、钻机安装必须坚固、水平周正, 天车轮(单滑轮)边缘向下切线或动滑轮(双滑轮)轴心、主动钻杆中心和钻孔中心, 必须在一条垂直于地面的直线上。

(2) 尽量加长钻具的长度, 确保其导向性能良好。开钻时使用直的钻具, 粗径钻具随钻井加深逐步加长, 定向管必须下得周正、牢固。

(3) 不用旷动的立轴, 开孔时, 应轻压慢转, 压力均匀, 钻具随孔深增加而加长。

(4) 换径、扩孔时, 必须带外导向钻进, 导向管、钻具和钻杆同心度高, 且带导向钻进的深度 ≤ 2 m。操作必须轻压、慢转。

(5) 弯曲钻具严禁下入孔内施钻。

(6) 在易造斜地层, 应选用合理的钻进规程参数, 适当提高转速, 减小钻压保持钻具相对稳定的轴线和垂直度。

(7) 随时监测钻孔轨迹变化, 及时测斜, 每钻进 50 m 测斜一次。若发现偏斜异常, 应及时纠斜。具体方法是将超标孔段用水泥封闭, 待凝固后, 退回一定距离, 加长钻具轻压、慢转, 达到纠正的目的。

4.3 孔深校正

为了尽量减少井深误差, 采取了如下保障措施。

(1) 每次加入、减少、变更钻杆或钻具时, 认真仔细丈量, 准确记录。

(2) 及时测量校正孔深, 用钢卷尺在非含页岩地层每 100 m 丈量一次井深。终孔后必须进行准确丈量。

(3) 保证丈量数值的读数、记录和计算准确无误。

(4) 丈量后, 认真对钻井进行井深校正、合理平差。

4.4 水文观测

根据页岩气钻进施工水文观测的要求, 采取如下工作措施:

(1) 全井段钻探过程中均做好了简易水文观

测, 每 10 m 记录一次泥浆池的液面变化。

(2) 每次起钻后, 下钻前要测量井筒水位, 同时记录有关数据。

(3) 准确记录了本孔井漏、井涌的层位、井深及井内液面变化情况。

5 安全管理

除严格遵守《新安全生产法》、《地质勘探安全规程》和执行国家有关行业标准外, 钻井机台还落实了以下措施。

(1) 钻井场内严禁吸烟和动用明火, 应有明显的防火标志, 参见《气体钻井安全技术规范》(Q/SH 0034—2007)。

(2) 在钻塔上、井场风入口处应至少设置 2 个风向标, 一旦发生紧急情况, 作业人员可向上风方向设定的 2 个紧急集合点疏散。

(3) 在钻井场、循环槽等气体易聚积的场所, 安装防爆排风扇以驱散工作场所弥漫的有毒有害、可燃气体。易燃易爆物品实行专人专项管理。

(4) 制定“发生井喷事故”的应急预案, 施工机台应有车辆和技术安全人员值班。

6 施工效果

6.1 钻井效率

钻月数 2.044 个, 钻月效率 797 m, 台月数 1.418 个, 台月效率 553 m; 全孔岩心采取率 97%, 目的层(龙马溪组 S_1l 和五峰组 O_3w) 岩心采取率 100%。

6.2 钻孔弯曲度符合设计要求, 全孔最大钻孔顶角 3.62° (见表 3)。

表 3 钻孔弯曲度测量记录表

序号	测量孔深/m	顶角/ $^\circ$	方位角/ $^\circ$
1	101.30	0.87	97.6
2	200.03	0.61	152.5
3	299.30	1.19	139.8
4	396.00	0.78	111.6
5	499.90	1.37	66.5
6	599.25	2.30	8.8
7	701.25	3.62	34.7
8	800.25	3.64	35.3
9	899.25	3.31	33.9
10	1001.25	3.06	31.8
11	1097.25	2.71	19.4
12	1130.40	2.70	18.7

6.3 孔深校正符合设计要求(见表 4)

表 4 钻孔孔深校正记录表

序号	校正前孔深/m	校正后孔深/m	误差/m
1	101.30	101.29	-0.01
2	200.30	200.32	0.02
3	299.30	299.33	0.03
4	396.00	395.98	-0.02
5	499.90	499.91	0.01
6	599.25	599.30	0.05
7	701.25	701.31	0.06
8	800.25	800.32	0.07
9	899.25	899.23	-0.02
10	1001.25	1001.36	0.11
11	1097.25	1097.38	0.13
12	1130.25	1130.40	0.15

6.4 简易水文观测符合设计要求

钻进过程中,除漏失孔段外实测 438 次,终孔后测静止水位共 57 次,冲洗液消耗量应测 113 次,实测 445 次。

6.5 钻井综合质量评定

班竹 1 井的钻探施工,钻孔口径能满足物探测井要求,钻井液性能较好地满足了气测录井的需要,高岩心采取率满足了气体解析的要求。达到了钻进设计施工的目的——查明遵义市正安县班竹镇晚奥陶世五峰组—早志留世龙马溪组含气泥(页)岩的厚度及含气性。项目根据钻探施工合同和项目设计要求,对钻探进行野外实地施工验收,其达到项目设计要求,经项目验收组成员根据实际资料和岩矿心质量,予以验收,综合评定该钻孔为甲级孔。

7 结语

(1)页岩气钻孔施工,为满足解析的需要,需要较大直径的岩心,要求终孔口径 $\leq 95\text{ mm}$,因此,与地质勘查岩心钻探相比,在相同井深情况下,其终孔直径要大两级才能满足需要。

(2)钻井液要求低失水、低固相、低摩阻、携砂能力强、热稳定性好。气测录井孔段不允许用清水钻进,以免影响录井的效果,粘度应控制在 $30\sim 40\text{ s}$;钻井液不允许加入任何含油、含荧光等能够影响

页岩气评价样品分析化验结果的处理剂和添加剂。做到含气层保护、环境保护、钻井安全的统一。

(3)在钻遇软、碎地层时,钻进参数的合理选择,是预防岩心脱落重要措施之一。减小泵量,可有效避免冲洗液对岩心的冲刷,降低转速,可预防钻头和卡簧对岩心的磨削,因此,在钻具质量保证的前提下,适时调整泵量和转速,可保证岩心不致脱落,是提高岩心采取率的有效措施。

(4)页岩气钻进施工中的安全管理,除遵守常规地质岩心钻探安全操作规程外,还应满足以下 2 点。

①页岩气钻进施工中,录井、解析等工种多人同时作业,其电器设备较多,有较多的用电线路,因此,要求钻井场地面积较大,以避免因场地过小多人同时作业而存在安全隐患。

②页岩气钻进施工,孔内不仅有可燃的甲烷等气体存在,而且有 H_2S 等有毒气体的存在,因此,现场除了配备常规的灭火器、灭火砂外,同时还应配备钻井液加重剂 BaSO_4 等材料,预防井喷和火灾事故,以及做好发生井喷和 H_2S 中毒的应急预案等相关工作。

参考文献:

[1] 蒋国盛,王荣璟.页岩气勘探开发关键技术综述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):3-8.

[2] 邓胜聪,张孟,李瑞营.树 35-平 27 水平井密闭取心技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):25-27.

[3] 卢予北,吴烨,陈莹.页岩气钻探关键问题分析研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):27-31.

[4] 王建华,刘杰,张进.页岩气开发钻完井技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):1-5.

[5] 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.

[6] 米合江,张飞.新疆页岩气调查井准页 2 井钻井施工技术及相关问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):25-30.

[7] 汪涛.岩心钻探中地层压力预测初探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):16-19.

[8] 张鸿飞.深部找矿钻探施工工艺与方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):26-31.