

云南盐津页岩气调查盐津 1-2 井施工技术

易强忠, 廖国平, 李绍河, 柳文江

(云南地质工程第二勘察院勘探分院, 云南 楚雄 675000)

摘要:页岩气是指开采自富烃页岩层的非常规天然气资源,资源储量的调查评价主要依托钻探技术。页岩具有较强的水敏性,在页岩气勘察钻进施工中,井内易发生坍塌、剥落造成超径或缩径等井壁失稳现象。盐津 1-2 井完井井深 1554.06 m,是目前云南省页岩气资源勘察施工中最深的一口井。针对页岩气井钻井技术要求,从钻井设备、井身结构、钻进参数、钻具组合、钻井液、井斜控制、事故预防等方面进行选择、设计、优化,成功地完成了盐津 1-2 井的钻井施工。总结了该井施工中的经验和存在的问题,可为以后同类工程施工提供参考。

关键词:页岩气;钻井;绳索取心;测井;盐津页岩气资源调查

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2016)07-0068-08

Construction Technology of Yanjin Well 1-2 for Yunnan Shale Gas Resource Investigation/YI Qiang-zhong, LIAO Guo-ping, LI Shao-he, LIU Wen-jiang (Exploration Branch, Second Prospecting Institute of Geological Engineering in Yunnan, Chuxiong Yunnan 675000, China)

Abstract: Shale gas is an unconventional gas resource produced from hydrocarbon rich shale, the investigation and evaluation of resource reserves mainly rely on drilling technology. Shale has strong water sensitivity, collapse and spalling often happen, which cause wall instability of diameter shrinkage and oversize in shale gas exploration drilling construction. Based on the technical requirements of shale gas drilling, the selection, design and optimization are made in drilling equipments, wellbore structure, drilling parameters, drilling tool assembly, drilling fluid, deviation control and accident prevention. Yanjin well 1-2 is successfully completed with the final depth of 1554.06m and becomes the deepest well in Yunnan shale gas resource investigation construction. This paper summed up the experience and existing problems in the well construction.

Key words: shale gas; drilling; wire-line coring; well logging; Yanjin shale gas resource investigation

0 引言

页岩气是一种非常规的天然气资源,作为一种新的替代资源,已在全球引发“页岩气革命”,并且将给人类带来一场“新能源革命”。页岩气是以吸附、游离状态存在泥页岩中可开发的新锐资源,我国自 2004 年起即开展了页岩气资源的研究调查工作,中国石油天然气勘探开发研究院于 2013 年在云南昭通地区开展页岩气战略选区与评价研究工作,盐津 1-2 井是在中国石油天然气勘探开发研究院的“页岩气战略选区与评价研究”与“我国南方重点地区页岩气有利目标区优选与评价”页岩气勘探项目中设计的一口资源调查井,井位设计于云南省昭通地区盐津县(见图 1),设计施工目的为达到评价该区域页岩气地质情况。

1 盐津 1-2 井设计资料

1.1 区域构造

属于扬子地块构造域西南缘滇黔北拗陷的东

部,北望四川盆地,南毗滇东黔中隆起,西以近南北走向的洛泽河断裂与昭通凹陷相邻。盐津 1-2 井位于威信凹陷中盐津背斜北部与高县向斜南翼。向斜核部出露的地层为中志留统罗惹坪组深灰色页岩夹深灰色灰岩,向斜两翼依次出现奥陶、三叠、侏罗与白垩系地层。地区内出露的志留系龙马溪组与五峰组地层厚度 > 100 m,受附近断层的影响,地层倾角 35°~40°。

1.2 地层情况

钻井层位地层自上而下为:

- (1) 第四系河床沉积层;
- (2) 中志留统罗惹坪组灰色泥灰岩夹灰色灰岩、黑色含粉砂质泥灰岩夹瓦灰色钙质石英粉砂岩;
- (3) 目标层位为下志留统龙马溪组黑色碳质页岩夹黑色板状含泥粉砂岩、上奥陶统五峰组灰黑色砂质页岩;
- (4) 完钻层位为中奥陶统的宝塔组灰岩。

1.3 设计钻井参数



图1 盐津1-2井地理位置图

(1)井深:950 m,全井段取心;(2)井型:直井、倾角 90° ;(3)井别:资源调查井(完全满足资源调查评价要求);(4)施工周期:90 d。

1.4 设计质量要求

(1)岩心采取率 $>85\%$,完井岩心直径 >70 mm;(2)完井井斜度 $\leq 3^{\circ}$;(3)井身误差 $<5\%$;(4)井径扩大率 $<15\%$;(5)钻井液中不得掺入含油、荧光、与岩石产生化学反应的处理剂和添加剂;(6)钻至目的层前50 m作好随钻气测录井和页岩含气性现场解析准备;(7)气层取心时以最大速度提高内管提心速度,提心速度 >100 m/1 min,以减少气体的损失;(8)后10天内必须进行地球物理测井;(9)第四系地层不限取心方法其余全井采用绳索取心钻进取心。

根据上述质量设计要求及目前国内钻井设备技术现状,只有采用 $\varnothing 122$ mm口径的绳索取心钻进精度施工工艺可以完成钻井施工任务。

2 钻探目的

查清勘查区内下志留统龙马溪组的厚度、深度、分布及页岩气地质条件、储集条件、保存条件及含气性等,通过系统的样品分析化验,取得页岩含气评价的各项数据,落实页岩有利含气层段,预测资源量,进而优选勘探目标区带。

3 钻井施工设备

3.1 钻机配置

根据设计井深及完井口径($\varnothing 122$ mm),考虑完井时钻机最大起重能力须与钻柱自重相适应,所以采用江苏连云港黄海机械厂生产的XY-6B型钻机,动力装置为6BT5.9-C150(110 kW)型柴油机。

3.2 钻塔选择

盐津1-2井设计为 $\varnothing 122$ mm口径的深井施工,需要钻塔具有与设计相适应的承重能力,并且施工中要满足强力起拔、钻杆立根提升的长度及提钻速度,要求钻塔过载能力 ≤ 300 kN,所以采用石家庄探矿机械厂生产的SGZ23型直角钻塔,该钻塔设计承载能力为230 kN,考虑钻塔承载力达不到设计最大井深时的钻具的承重能力,根据以往的施工经验,采用对四角塔腿进行刚性加固的方法使钻塔承载力提高到设计最大井深时的承重要求,在施工完井后钻塔完好无损,证明SGZ23型钻塔进行加固后完全达到了使用要求(见图2)。



图2 盐津1-2井钻塔

3.3 泥浆泵

由于设计钻井的施工需要有排除岩粉能力强、泵压值高、能抽取高粘度、高密度钻井液的泥浆泵,经过研究选用河北永明地质工程机械有限公司生产的NBB-260/7A型泥浆泵,动力装置为R4105型增压柴油机。

3.4 绳索取心绞车

由于钻井设计的气层取心内管提升速度 >100 m/min,以减少气体的损失,为此选用具有提升速度达到 2.5 m/s以上、提升能力较强的JS-2000型绞车,满足钻井施工中气层解析要求的提心速度。

3.5 液压钳

深井绳索取心施工提下钻作业卸扣吃力、工人体力消耗大、占用辅助时间较长、钻杆丝扣容易损坏,为提高施工效率,定制了常州固峰生产的EH115型绳索取心钻杆液压钳,该液压钳可通过更换卡瓦实现 $\varnothing 114$ 和 89 mm两种绳索取心钻杆施工的互换,为钻井施工提下钻大大节约了人力和时间,同时也保护了绳索取心钻杆丝扣而延长了钻杆的使用寿命。

3.6 井斜测仪器

由于设计完井井斜要求高(顶角不大于 3°),在施工中对井斜测量仪器性能要求较高,所以针对该井施工采用JTL-40FW型无缆陀螺测斜仪作为井斜测量仪器,该测斜仪具有多点测量,测量倾角、方位角精度高,故障率低的特点,可完全满足设计井斜的测量要求。

4 钻井工艺

4.1 井身结构

4.1.1 设计井身结构

设计井位处于盐津境内古河谷填充地带,第四系堆积层有卵砾石、沙、漂石堆积,针对设计地层、井深及完井岩心直径的研究,且要满足高粘度、高密度、高润滑、抑制性防塌钻井液在钻杆与井壁间的上返速度及泵压限制,决定采用 $\varnothing 172/151.5/131.5$ mm三开的钻井结构进行施工,其中 $\varnothing 151.5/131.5$ mm是在S122 mm(PQ)绳索取心的基础上加大钻头和扩孔器外径绳索取心钻进施工工艺。

4.1.2 完井井身结构

由于采用 $\varnothing 131.5$ mm绳索取心施工至 1007.77 m井深时,预备的 $\varnothing 114$ mm绳索取心钻杆已用完,甲方判断与达到钻井设计目的层差距还较大、且还

是未知数,如果继续使用 $\varnothing 131.5$ mm绳索取心钻进施工可能超过钻机承载能力,所以甲乙双方商议改用 $\varnothing 102$ mm(S95 mm加大)绳索取心继续施工直至达到目的层完钻,最终完井为四开井身结构见图3、井深 1554.06 m。

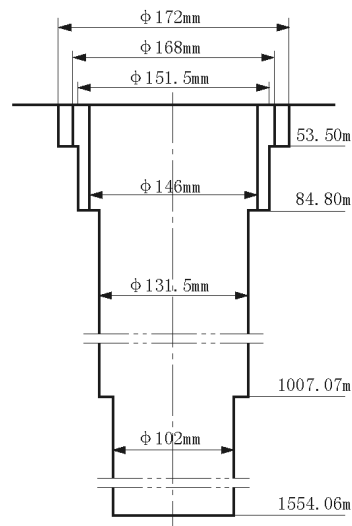


图3 盐津1-2井完井井身结构图

4.2 钻井施工级配及技术

(1)一开采用 $\varnothing 172$ mm硬质合金钻头开孔,遇卵砾石、沙、漂石改用复合片钻头钻进,钻穿第四系覆盖层至井深 53.50 m下入 $\varnothing 168$ mm套管 53.65 m进行护孔并用425水泥浆固井。

(2)二开采用S122 mm绳索取心钻具外径加大至 $\varnothing 151.5$ mm绳索取心钻进,钻遇地层为溶洞、裂隙发育较大的灰岩层,其中钻井液漏失、孔壁掉块、垮塌比较严重,使用高粘度、高密度的膨润土泥浆进行护壁钻进,由于溶洞、裂隙发育较大,堵漏费时费力、成本较高,所以采用顶漏钻进方法快速钻穿该层位至较完整的灰岩层位,钻至井深 84.80 m下入 $\varnothing 146$ mm套管 85.05 m护孔并用425水泥浆固井。

(3)三开采用S122 mm绳索取心钻具外径加大至 $\varnothing 131.5$ mm绳索取心钻进,钻遇地层为中志留统罗惹坪组二段(S_2l^2)、一段(S_2l^1),岩石以深灰色页岩夹深灰色灰岩、泥质粉砂质灰岩、泥灰岩夹灰色灰岩、生物泥灰岩、钙质粉砂岩夹深灰色含粉砂质生物碎屑灰岩、粉砂质生物碎屑灰岩为主,岩石可钻性4~6级,采用无固相钻井液进行施工。该地层 95.50 ~ 196.90 m钻遇多个井壁漏失失返的井段,漏失点全部采用自行总结的绳索取心施工堵漏方法成功堵漏,钻遇 655.00 m时井壁坍塌、掉块比较严重,采取

提高无固相钻井液的粘度、密度,降低失水量方法基本解决井壁坍塌、掉块现象,顺利钻进至1007.07 m井深。

(4) 四开采用S95 mm绳索取心钻具外径加大至 $\varnothing 102$ mm绳索取心钻进至井深1554.06 m,钻遇地层为下志留统龙马溪组(S_1l^1)、中奥陶统的五峰组和宝塔组灰岩(O_2b),岩石以黑色碳质页岩夹黑色板状含泥粉砂质灰岩、产笔石和角石、碳质页岩和浅灰与深灰色灰岩为主,岩石可钻性6~7级,使用无固相钻井液进行施工至完井,完井井身结构见表1。

表1 盐津1-2井完井井身结构

| 序号 | 井深/m | 钻头规格/mm | 套管规格/mm | 套管井深/m | 护井井深/m |
|----|-----------------|---------|---------|--------|----------|
| 一开 | 0~53.50 | 172 | 168 | 53.80 | 53.50 |
| 二开 | 53.50~84.80 | 151.5 | 146 | 84.80 | 84.80 |
| 三开 | 84.8~1007.07 | 131.5 | | | 无固相钻井液护井 |
| 四开 | 1007.07~1554.06 | 102 | | | 无固相钻井液护井 |

表2 盐津1-2井钻进参数设计配合表

| 开次 | 钻 头 | | | 钻 进 参 数 | | | 钻井液密度/ ($g \cdot cm^{-3}$) | 钻井液类型 |
|-----|-------|-----|------|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------|
| | 直径/mm | 类型 | 取心方式 | 钻压/kN | 转速/($r \cdot min^{-1}$) | 排量/($L \cdot min^{-1}$) | | |
| 覆盖层 | 172 | 复合片 | 套管钻进 | 5 | 150 | 110 | 1.08 | 膨润土钻井液 |
| 二开 | 151.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 10~13 | 310 | 160 | 1.03 | 低固相钻井液 |
| 三开 | 131.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 9~11 | 500 | 160 | 1.04 | 无固相钻井液 |

2°54',与甲方商议改用四开 $\varnothing 102$ mm绳索取心继续施工直至达到目的。钻进施工中受到井斜、井径影响,且地层倾角在30°~40°之间容易导致井斜增大,故采用较低转速、轻压力、大排量保守参数钻进

4.3 钻进参数

4.3.1 钻进技术参数设计

(1) 钻进参数的设计是按设计井深950 m、 $\varnothing 131.5$ mm井径完井、倾角的基础上进行设计施工,开孔及上部地层较为复杂,且开钻井段要保证井斜 $< 0.2^\circ$,所以采用低转速、轻压力、中排量钻进施工。开孔钻具要保证垂直度并且坚持使用套管满眼钻进至53.50 m下入表层套管。

(2) 二开、三开井段使用绳索取心钻进施工,因为要保证钻井井斜,钻头外径加大使井壁与钻杆环空间隙增大,页岩为水敏性地层,只能采用中低转速、轻压力、中排量钻进施工,盐津1-2井施工技术参数见表2。

4.3.2 钻进技术参数的实际应用

由于钻进施工中实际地层与设计地层有较大差别,钻至井深1007.07 m时未见目的层,井斜已达到

施工至1554.06 m完井,所使用参数虽然适当降低了钻进效率,但是成功地将完井井斜控制在3°24',完全满足钻井设计要求,钻井施工实际应用参数见表3。

表3 盐津1-2井实际钻进参数配合表

| 井段/m | 钻 头 | | | 钻 进 参 数 | | | | 钻井液密度/ ($g \cdot cm^{-3}$) | 钻井液类型 |
|-----------------|-------|-----|------|---------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------------|-------------------|
| | 直径/mm | 类型 | 取心方式 | 钻压/kN | 转速/($r \cdot min^{-1}$) | 排量/($L \cdot min^{-1}$) | 泵压/MPa | | |
| 0~53.5 | 172 | 复合片 | 套管钻进 | 5 | 150 | 106 | 0.5 | 1.08 | 膨润土钻井液 |
| 53.5~84.8 | 151.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 7 | 310 | 110 | 0.5 | 1.03 | 无固相钻井液 |
| 84.8~650 | 131.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 9 | 500 | 160 | 1.5 | 1.04 | 无固相钻井液 |
| 650~1007.07 | 131.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 5 | 380 | 160 | 1.5 | 1.07 | 无固相钻井液 |
| 1007.07~1250.50 | 102.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 5 | 380 | 110 | 1.5 | 1.04 | 无固相钻井液 |
| 1250.50~1554.06 | 102.5 | 金刚石 | 绳索取心 | 5 | 380 | 110 | 2.5 | 1.05 | 钻井液中不得掺入含油、荧光粉类物质 |

4.4 钻具组合

4.4.1 绳索取心钻杆的优选

(1) 由于设计完井岩心直径 > 70 mm,所以在设计井深内必须使用 $\varnothing 114.5$ mm规格的绳索取心钻杆进行施工,经过认真的调查研究,决定采用无锡钻探工具厂生产的CPH114.3 mm(材质ZT590)绳索取心钻杆。经过实际应用,钻井井深施工至

1007.07 m,钻杆没有出现过断杆、脱落及其它质量问题,完全满足施工要求,使钻井得以顺利进行。

(2) 井深施工至1007.07 m,由于距设计地质目的层位较远,经过商议后改用CHH89 mm(材质30CrMnSiA)的绳索取心钻杆施工直至完井,钻杆没有出现过断杆、脱落及其它质量问题。

4.4.2 钻具、钻头的设计使用

(1) 钻具采用 $\text{Ø}117$ 和 91 mm 绳索取心钻具。在 $\text{Ø}117$ mm 钻具基础上定制了性能比较稳定的桂林金刚石厂生产的 $\text{Ø}151.50$ 和 131.50 mm 口径的绳索取心钻头, 利用 $\text{Ø}114.5$ mm 绳索取心钻杆完成了两种绳索取心口径的施工。

(2) 在 95 mm 绳索取心钻头的基础上定制了 $\text{Ø}102$ mm 口径的绳索取心钻头, 使用 CNH(外径 89 mm/材质 30CrMnSiA) 的绳索取心钻杆完成了钻井施工。

(3) 3 种规格绳索取心钻头外径的加大, 使钻井施工外环间隙增大, 减少钻井液外环间隙上返阻力, 可以满足钻井液高粘度、高密度、大泵量的使用要求, 确保钻井液防漏、防坍塌、高静切力、高润滑性、抑制页岩水敏的性能, 且排除井底岩粉较干净, 解决了绳索取心施工中因钻杆与井壁外环间隙过小而出现钻井液护壁性能要求和钻井液循环泵压过高两者间的矛盾。钻头外径加大如图 4 所示。



图 4 外径加大金刚石绳索取心钻头

(4) 钻头外径的加大在实际应用中, 全井段所施工的岩石硬度级别不高, 效果比较好, 没有对经济效益产生较大的影响。

4.5 钻井液

4.5.1 钻井液类型、配方及性能

(1) 盐津 1-2 井钻遇上部地层第四系较为复杂, 为卵砾石、泥沙、漂石互层且厚度较长, 钻井设计完井倾角有严格要求, 钻井在施工中要严防坍塌, 钻井液护壁质量要求较高, 所以采用膨润土钻井液进行护壁钻进施工, 钻井液配方: 水(1 m^3) + 钠土(80 kg) + Na_2CO_3 (5 kg) + 植物胶(4 kg) + 纤维素(1.5 kg) + 磺化沥青(2 kg) + 重晶石($8 \sim 10$ kg)。性能参数: 漏斗粘度 $40 \sim 45$ s、pH 值 $8 \sim 8.5$ 、密度 $1.07 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$ 、失水量 $10 \sim 14 \text{ mL/30 min}$ 。该钻井液具有高粘度、高密度、低失水的性能特点, 经过实

际使用证明钻井液有较强的防坍塌、携带岩粉和泥沙能力, 护壁效果较好, 钻进时井内基本无沉渣, 每次下钻井壁通畅且一下到底。

(2) 二开和三开及四开采用无固相钻井液进行护壁施工, 页岩气勘察施工要求, 钻井液中不得加入含油、含荧光粉及与岩石发生化学反应的处理剂, 页岩属于强水敏性地层, 岩石具有较强的水化特性, 层理、微裂隙发育, 胶结性差等特点, 钻进过程中容易造成井内压力失衡而碎裂坍塌, 井壁稳定性差, 缩径、超径等现象, 钻井液的使用性能要求具有高粘度、低失水、高密度、高润滑性等特点, 通过对地层的详细分析和以往的施工经验, 决定采用高分子聚合物无固相钻井液进行护壁钻进, 选用聚丙烯酰胺(分子量 1800 万以上)作为钻井液主要原料, 钻井液配方: 水(1 m^3) + 聚丙烯酰胺(6.5 kg) + NaOH(2.5 kg) + 植物胶(6 kg) + 高效润滑剂(4.5 kg) + 磺化沥青(2 kg)。性能参数: 漏斗粘度 $35 \sim 40$ s、pH 值 $8 \sim 9$ 、密度 $1.04 \sim 1.06 \text{ g/cm}^3$ 、润滑系数 0.05 、含砂量 $< 4\%$ (见图 5)。另外储存定量的重晶石粉作为备用, 发生井涌、井喷时立即投入使用。

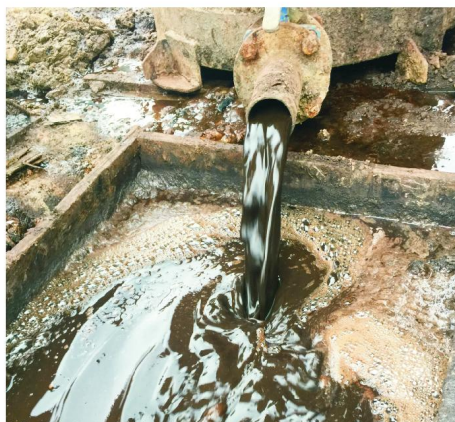


图 5 无固相钻井液配置图

4.5.2 钻井液使用和维护

(1) 性能监测由机长及班组泥浆管理员进行, 每班做到井口取样 2 次进行性能测定, 目的层增加钻井液中含油、荧光粉等物质的监测, 并对钻井液材料使用配比详细记录, 综合井内钻进和地层情况的变化及时调整性能。

(2) 配置两台 JS-500 型泥浆搅拌机, 钻井液的配置要有充足时间进行搅拌, 搅拌时间 < 30 min, 两台搅拌机循环使用配置钻井液。钻井液材料严格按照规定配比使用, 每班必须做到搅拌好钻井液的性

能测定不少于2次,使钻井液在使用前具备良好的性能。

(3)岩粉、沉渣的沉淀和清理要保证循环池 $<10\text{ m}^3$,循环槽长度 $<15\text{ m}$,不少于5道涡流沉淀弯拐,保证能及时清除岩粉和沉渣。由于采用无技术套管的超径钻进方法,钻柱与井壁间的环空间隙较大,钻柱在井内高速旋转时容易产生摆振现象影响钻进效率,所以要求钻井液具备较高的粘度和良好的润滑性,保证钻柱在钻进中的稳定性,钻进施工时根据性能的监测情况每班至少配置 5 m^3 钻井液进行补充,置换掉性能变质的井内钻井液,每班在钻进中必须保持良好的钻井液性能,钻井液循环系统现场见图6。



图6 钻井液循环系统图

(4)钻井液配制搅拌过程中,严格规定各种处理剂使用顺序及加量,钻进过程中注意观察井口上返浆液的性能,钻遇目的层时要密切配合气测录井工作的进行。

4.6 井斜控制

4.6.1 测斜仪的选择

根据钻井设计倾角 $<3^\circ$ 的要求,采用JTL-40FW型无缆陀螺测斜仪在施工中及时测量井斜,该测斜仪器具有防磁性干扰功能,能在绳索取心钻杆内利用钢缆进行测斜而不受磁性干扰,且测量数据准确,完全能满足施工中井身控制的测斜要求。

4.6.2 开孔阶段的井斜控制

开孔井段井斜较难控制时则每班钻进 5 m 及时进行测斜,依据测量数据及时修改钻进参数,施工至 53.50 m 下表层套管时测量井斜顶角为 0.2° 。

4.6.3 二开、三开和四开阶段的井斜控制

由于钻遇地层倾角在 $30^\circ\sim 40^\circ$ 间,而且钻柱与

井壁的外环间隙较大,井斜极难控制,如按正常施工容易导致倾角超出设计范围,所以钻进中选择使用较小的钻进参数,规定每钻进 $20\sim 30\text{ m}$ 必须测量井斜,如出现偏差则及时调整钻进参数或利用纠斜钻具进行纠正,钻进井深至 1007.07 m 换径时井斜控制在 $2^\circ 54'$,完井井深 1554.06 m 时井斜控制在 $3^\circ 24'$,完全符合设计要求。

4.7 事故的预防

4.7.1 设备故障的预防

施工前对参与施工的人员进行了有针对性的操作技能培训,建立了设备维护保养的奖罚责任制度,增强了司钻操作人员、设备管理人员的设备使用保养意识,每班严格执行设备保养制度,减少了设备运行的故障率。

4.7.2 钻杆、钻具等的事故预防

绳索取心钻杆及钻具的质量是绳索取心施工效率高低的關鍵之一,钻前经过详细的调查研究,决定定制采用无锡钻探工具厂生产的CPH114.3 mm(材质ZT590)和CHH89 mm(材质30CrMnSiA)绳索取心钻杆,以确保施工过程中不出现断杆、脱落及其它质量问题,简化钻具组合、严格钻具管理,入井钻具必须认真检查,坚持钻具轮换和坏扣检查,防止钻具人为事故的发生。

4.7.3 施工过程的事故预防

(1)升降钻具过程的预防,严格执行《岩心钻探操作规程》中的升降钻具操作规程,由于绳索取心施工中跑管是极为严重的人为事故,严重的甚至造成井眼报废的后果,所以升降钻具操作中严格规定塔上、地面间操作配合的信号传递方法,施工中严格执行信号传递来避免因噪声影响的配合不当导致跑管事故发生。

(2)钻进过程的事故预防,严格执行《岩心钻探操作规程》中的金刚石绳索取心钻进操作规程,各岗操作人员严密配合、各负其责,钻进中有专人观察泥浆池液面变化情况,如出现异常高压、低压、发生井涌、井漏时,及时按设计相关技术要求进行作业处理,严格检查加入井内的钻杆有无质量瑕疵,在深井绳索取心施工中尤为重要是每钻进至 $150\sim 200\text{ m}$ 井深间隔必须将全部钻柱提到井外进行检查,检查有无出现裂纹及磨损情况,在井深 912 m 例行检查中发现一个CPH114.3 mm钻杆接手产生较大裂纹将其更换,从而避免了一次井内断杆的事故。

5 钻井完成质量

5.1 质量完成情况

(1)岩心采取率 97.4%,设计井深内岩心直径 83 mm,加深完井岩心直径 63 mm;(2)完井井斜度 $3^{\circ}24'$;(3)完井井身误差 $0.36\text{ m} < 5\%$;(4)井径扩大率 $0.9\% < 15\%$ 。

5.2 施工效率

施工周期 89 天,完井台月效率达到 523.84 m。

6 气体解析及物理测井

6.1 气体解析

页岩气测试分析由钻井人员配合业主单位完成,针对目的层段连续进行气测录井,实时显示、记录不同深度气显示情况,监测分析气组分包括总烃、 C_1 、 C_2 等的相对含量,通过分段监测泥浆返出的迟到时间(目的层段间隔 20 m),及时校正气测值深度。

6.1.1 钻时录井

采用 eml 地质气测仪记录钻时数据,按设计和相关规范要求系统记录钻时并收集各项资料数据。

6.1.2 钻井液气显录井

进入目的层段利用脱气机及气体测试仪连续测量从钻井液中采集到的气体,1 m 一点记录所测资料,特殊情况加密测量,钻遇气层显示时及时抽取样品做点试验并做记录,采样做全脱分析,现场提供组分数数据和初步解释成果,主要内容:全烃、 C_1 、 C_2 含量。

6.1.3 现场含气量解析

岩心出筒后立即进行脱附气实验、等温吸附实验等现场完成的工作项目,再进行岩石学分析和地球化学分析项目(薄片、扫描电镜、粘土矿物 X 射线衍射、有机碳测定、岩石热解、孔隙度、渗透率、镜质体反射率、显微组分及有机质类型划分、样品系列油气地球化学分析、核磁共振、页岩元素分析等)的采样。

采样人员在钻遇目的层前到达井场,将仪器安装调试进入工作状态,每次装罐样品 $> 1500\text{ g}$,在岩心出筒后 10 min 内装入解吸密封罐,装样要求:样品装至距解析罐口 1 cm 处,封罐并编号保存,采取样品量不足时在罐底加适量填料满足高度,解吸罐中空体积不得超过罐体体积的 1/4。

6.2 物理测井

物理测井工作实行外包,由有专业资质的物探单位完成物理资料的测井,测井主要内容:补偿密

度,视电阻率,自然伽马,自然电位,井斜,井温,井液电阻率,深、浅侧向电阻率,补偿中子,补偿声波,双井径,微电极等全部设计测井参数。

7 施工经验及问题探讨

7.1 组织管理

盐津 1-2 井是我单位首次承担页岩气调查井的施工任务,以往没有成功施工经验可循。为顺利完成页岩气勘察施工任务,单设置了盐津 1-2 井页岩气勘察施工项目部,借鉴单位以往的深井施工经验和我国页岩气勘察钻井的成功案例,项目部秉承传统、扎实的地质工作作风,实施“一严、二预、三创、四抓(严格管理;井内事故、安全事故预防;施工技术、管理、目标创新;抓安全、质量、技术、效率)”的管理要求,顺利地组织实施了此次施工任务,为单位创造了较好的经济效益并获得了业主的好评。

7.2 施工技术总结

7.2.1 井身结构

地质设计钻井结构为 $\varnothing 150\text{ mm}$ 口径开孔、 $\varnothing 110\text{ mm}$ 口径完井,经过研究钻井设计任务后,做投标设计时更改为一开 $\varnothing 172\text{ mm}$ 口径、二开 S122 mm 加大至 $\varnothing 151.5\text{ mm}$ 、三开 S122 mm 加大至 $\varnothing 131.5\text{ mm}$ 口径完井,如完井井深需加深工作量较大时改为 $\varnothing 102\text{ mm}$ 口径完井并得到业主的认可。原设计钻井结构单一,使用绳索取心工艺很难完成施工任务。而钻井结构的更改为顺利完成钻井施工任务奠定了良好的基础,从而使钻井施工取得圆满成功。

7.2.2 钻进参数的优选使用

设计完井倾角 $\leq 3^{\circ}$,给钻井施工带来很大的难度,在施工中借鉴单位以往大倾角钻井施工总结的优选参数再配合规范测井斜来及时调整钻进参数,司钻员严格按照配置的优选参数钻进施工,使钻井施工得以按设计质量完成施工任务。

7.2.3 钻柱级配组合使用效果

(1)绳索取心金刚石钻头外径增大使钻头、钻具、钻杆间级配趋于合理,外环间隙的增大有利于钻井液抑制、护壁、润滑性能的调整,也提高了钻井液排除岩粉的速度和效果,同时减少了钻杆、钻具的磨损而延长了使用寿命。

(2)外环间隙的增大避免了页岩因强水敏特性产生的坍塌、缩径等影响绳索取心施工的事故隐患,施工至 665.50 m 时发生一次黄铁矿化层位的坍塌,

因为钻井液粘度值较大,坍塌物没有造成埋、卡钻具的井内事故,图7为井底捞取的坍塌块。完井测井显示,在669~751、876~953 m井段为泥岩层,1250.50~1545 m井段为页岩层都有较明显的缩径现象,但井壁则无较大的崩塌、脱落超径现象。



图7 井深665.50 m时井底捞取的坍塌块

8 施工环保

(1)施工垃圾、油污、三废严格按HSE要求进行规范处理,施工井场建立环境保护管理体制,层层落实、责任到人,定期对施工人员进行环保意识教育,切实做到文明施工、环保施工。

(2)对工程施工形成的泥浆池、废液池填埋恢复平整、干净、无污染。

(3)机场恢复治理。施工结束后对井场进行无害处理和进行恢复,不得形成次生地质灾害源,井场恢复做到清洁、平整、无油污、无泥浆、无垃圾污染。

9 结语

我单位通过有效组织盐津1-2井页岩气的钻探施工,首次在页岩气钻井施工方面取得了一些宝贵的经验,但仍然有许多不足之处需要改进。

(1)页岩气钻井属于深井甚至是超深井施工,投资大,施工成本消耗大,所以施工前要充分做好钻井施工组织设计,针对钻井设计做好合理选择施工设备、钻杆、钻具,对设计施工方案进行充分论证,合理确定施工技术,提前做好施工备用方案、施工技术储备的预留工作。

(2)采用加大钻头外径,可以使用高粘度、高润滑的钻井液,使井底排粉干净,护壁效果较好,有效减少钻杆与井壁的摩擦、敲击,大大增强井壁稳定性。采用一级钻杆增大两级钻头的施工,较大地减少了钻杆成本的投入。

(3)由于是首次进行页岩气资源勘查钻井的施工,采用的是HXY-6B型立轴式钻机和SGZ23型直角钻塔组合,钻塔虽然经过加固达到了使用目的,减少了成本,但是在井口无法安装防喷器,钻井施工达不到页岩气施工的安全要求,通过此次施工总结的经验,可在钻机和钻塔底座之间增加一个2 m左右的平台,使防喷器能安装于井口以满足今后页岩气施工的安全要求。

(4)在施工中采用测量精度高的测斜仪对井斜进行加密测量,及时跟踪钻井轨迹,适时调整钻进参数,成功地控制钻井施工的完井井斜要求,此方法虽然在施工中切实可行,但在施工中占用了较多的时间,影响了生产效率的提高,今后的施工中如能采用绳索取心随钻测斜仪可以更好地控制钻井施工轨迹,使页岩气钻井施工能大大提高钻进效率。

参考文献:

- [1] 王扶志,张心剑,等.陀螺仪定向纠斜法在中关铁矿的应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):40-42.
- [2] 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):22-2.
- [3] 陈琳琳.防斜打快技术在海拉尔易斜地层的研发与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):26-30.
- [4] 赵宝军,马秀春.东北某盆地天然气水合物钻探施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):25-27.
- [5] 傅丛群.BH-114型套管钻进在福建马坑铁矿复杂地层中的试验应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):26-30.
- [6] 臧艳彬,白彬珍.四川盆地及周缘页岩气水平井钻井面临的挑战与技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):23-27.
- [7] 盖志鹏,罗刚,等.新疆坡北矿区ZK2-6孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):33.
- [8] 祁新堂,冯军山.河南省舞钢市王楼铁矿详查钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):19-21.
- [9] 米合江,张飞.新疆页岩气调查井准页2井钻井施工技术及其问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):25-30.
- [10] 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].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,42(12):57-60.
- [11] 陈星星.陵页岩气田防漏堵漏技术应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):11-14.
- [12] 彭黎臻,唐建军.湘西北地区页岩气钻井防喷井控技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):15-19,24.
- [13] 姜桂春.聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):34-37.
- [14] 柴志刚,桑东恺.小秦岭灵宝金矿田整装勘查第一深孔钻探工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):23-26.
- [15] 李世忠.钻探工艺学(钻孔冲洗与护壁堵漏)[M].北京:地质出版社,1989.