

新疆页岩气调查井准页2井钻井施工技术及其问题探讨

米合江, 张 飞

(新疆地矿局第九地质大队, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:准页2井是新疆国土资源系统首批施工的页岩气调查井之一。该井设计井深1700 m, 实际完钻井深1617.18 m, 取心井段岩心采取率达到100%, 工程质量完全满足地质要求。该井出气情况良好, 钻井施工技术较为成功。从钻井设备的选择依据, 井身结构, 取心钻具、钻头的选择使用情况, 钻进技术参数, 钻井液的使用情况等方面详细介绍了准页2井的钻井施工技术。同时, 对施工中存在的技术和安全施工的问题进行了必要的分析探讨。

关键词:页岩气调查井; 钻井; 金刚石绳索取心; 气体解吸罐; 准页2井

中图分类号: TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2015)11-0025-06

Drilling Technology in Zhunye 2 Shale Gas Investigation Well and the Discussion/MI He-jiang, ZHANG Fei (No. 9 Geological Part, Xinjiang Geology and Mineral Exploration Bureau, Urumqi Xinjiang 830000, China)

Abstract: Zhunye 2 is one of the first constructed shale gas investigation wells of Xinjiang land and resources system, which was designed for 1700m in depth and completed at the depth of 1617.18m, the coring recovery is 100% at sampling section. The engineering quality fully meets the geological requirements with good gas production. The paper introduces the construction technologies used in Zhunye 2 about drilling equipments selection basis, casing program, coring tools, drill bit application, drilling technical parameters and drilling fluid selection. Some necessary discussions are carried out on the issues of technology and safe construction.

Key words: shale gas investigation well; drilling; diamond wire-line coring; gas desorption tank; Zhunye 2

1 工程概述

新疆页岩气调查井准页2井位于新疆吉木萨尔县境内, 该页岩气调查井是我单位承担的《新疆准噶尔盆地南缘重点远景区页岩气资源潜力调查评价》项目设计的一口调查井。项目管理单位为自治区地质勘查基金项目管理中心。项目的目的是: 掌握准噶尔盆地南缘晚古生界—中生界沉积充填系列, 初步确定主要目标层段岩相类型和空间分布特征; 系统采集各类样品, 初步掌握页岩气赋存层段、含气性以及储层特征和影响页岩气富集的主要因素, 为下一步开展页岩气调查评价选择有利目标区。项目共设计3口调查井, 准页2井是其中测试气量最好的一口井, 储气量平均品位可达 $6 \sim 7 \text{ m}^3/\text{t}$, 工业可开采最低品位为 $0.3 \text{ m}^3/\text{t}$, 储气最好的井段在760~1000 m。该井于2014年1月17日开钻, 2014年7月9日结束, 历时172天, 设计井深1700 m, 直井, 实际完钻井深1617.18 m, 要求取心的井段岩心采取率达到100%, 调查井质量完全满足地质要

求, 达到了地质目的。总结准页2井的施工经验和探讨存在的问题, 对今后施工页岩气调查井具有一定的指导意义。

2 地层概述

准页2井为一套沉积岩地层, 岩石主要为泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、砂质泥岩、碳质泥岩等, 各类岩石交替出现。区域内地层发育较为完善, 自石炭系至新生界均有发育。构造位置在博格达山东段阜康—大龙口向斜北翼, 目的层主要为二叠系芦草沟组烃源岩。主要目的是了解区内二叠系芦草沟组烃源岩地层地质情况, 掌握烃源岩地层地球化学、储层物性及含气性等基本特征, 为淮南页岩气资源潜力评价提供基础地质资料。准页2井钻遇的地层主要为二叠系泉子街组、芦草沟组。0~750 m为泥质和钙质胶结, 上部风化严重, 岩层较为松软, 可钻性4~5级, 井径扩大严重; 750~1400 m以硅质胶结为主, 岩层较硬, 较完整, 可钻性6~7级;

收稿日期: 2015-10-15; 修回日期: 2015-11-02

基金项目: 新疆维吾尔自治区地质勘查基金项目“新疆准噶尔盆地南缘重点远景区页岩气资源调查”(编号: N13-4-XJ02)

作者简介: 米合江, 男, 汉族, 1962年生, 技术负责, 高级工程师, 探矿工程专业, 从事地质岩心钻探、煤田地质钻探、水文水井钻探及工程地质钻探技术研究及管理工作, 新疆乌鲁木齐市沙依巴克区西山路67号, 461881504@qq.com。

1400~1617 m 完钻,白云质、钙质、泥质胶结,岩层较软,可钻性5级左右,较完整。井壁岩层微裂隙发育,钻进中钻井液有渗漏现象。

3 主要的工程质量要求

(1) 钻井井斜质量要求:依据岩心钻探规程的要求,直井井斜角增幅 $\geq 2^\circ/100$ m。

(2) 岩心采取率:第四系不做具体要求,其它地层中全井岩心采取率按规范要求。合格岩心采取率 $\leq 60\%$,优质岩心采取率 $\leq 75\%$;合格烃源岩岩心长度采取率 $\leq 75\%$,质量采取率 $\leq 60\%$;优质烃源岩层长度采取率 $\leq 90\%$,质量采取率 $\leq 75\%$ 。

(3) 岩心的采取必须采用绳索取心技术进行取心。

(4) 岩心直径要求 > 60 mm。

(5) 烃源岩岩心保持结构完整,不污染、不磨烧变质。

(6) 为了尽量使气体少散失,保证页岩气含气量测定数据的准确性,要求1000 m以浅的井深打捞岩心的时间 < 20 min。

(7) 为减少含气岩心在空气中的暴露时间,要求含气岩心到达地面后,在10 min内快速取出其中一段装入事先准备好的气体解吸罐中,并立刻开始进行现场解吸。

(8) 要求全孔随钻气体检测,即地质上另外安排随钻气测录井的工作,要求机台制作符合气测录井要求的水泥方砖砌制的规整泥浆循环槽,断面规格:20 cm(宽) \times 20 cm(高),并选择靠近钻塔的位置砌一个规格为:50 cm(长) \times 50 cm(宽) \times 60 cm(高)的方池,用于放置气测录井用的脱气机。

4 钻井设备的选择

因单位没有现成合适的钻机、钻塔、泥浆泵、柴油发电机组等主要钻探设备,所以必须重新购置,选择依据如下。

4.1 钻机

通过多方调研,选择了连云港黄海机械厂生产的HXY-9型立轴式岩心钻机(见图1)。

(1) 钻机主要技术指标满足页岩气调查井井深和口径的要求。其设计钻进深度为2000~4000 m,准页2井设计井深1700 m;钻杆直径 $\varnothing 114, 89$ mm,而准页2井所用钻杆为 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆;



图1 HXY-9型立轴式岩心钻机

钻机最大起重力为640 kN,约为64 t,1700 m井深 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆的自重约为17.6 t,钻机起重力远大于钻杆自重,满足了准页2井的需要,更重要的是又为今后施工2000 m以深的页岩气调查井做好了准备。

(2) 操作简便,易于掌握,油压立轴钻机是我队常用的钻机类型,工人对这类钻机十分熟悉,因此使用操作不需要进行专门的学习培训,厂家在现场简单指导后即可掌握。

(3) 价格合适,单位有能力采购,不会给单位造成较大经济负担。

(4) 工厂有现货,可马上购买使用,不影响施工。

实际使用效果:钻机可以满足工程施工要求,保证了准页2井的顺利完成。不足之处:体积过于庞大,操作不够方便,钻机故障率较高。

4.2 钻塔

深井施工,钻具重,有时还需强力起拔,需要钻塔有较大的承载力,并要求能够提升较长的立根,以提高提钻速度。为此选择了连云港黄海机械厂生产的HA-29/90型钻塔(见图2),该塔承载力大,可达900 kN;高度较高,塔高29 m,可提升25 m的立根,此均大于常用钻塔;底座面积大,规格为11 m \times 6.8 m,适合安装HXY-9型这样大体积的钻机,同时可摆放较多的钻杆。

4.3 泥浆泵

准页2井为深井钻进,需要选用耐压值较高的泥浆泵,为此选择了河北永明地质工程机械有限公司生产的NBB260/7A型泥浆泵(见图3),该泵公称



图 2 HA-29/90 型钻塔



图 3 NBB260/7A 型泥浆泵

压力 7 MPa;最大压力 8 MPa,公称流量在 35 ~ 260 L/min 之间,正常钻进的泵量一般为 60 ~ 90 L/min,正是所选的中间档泵量,这样就留有较大的增加空间,适合深孔钻进的要求。实际使用效果较好,泥浆泵性能较稳定可靠,保证了钻井的顺利施工。

4.4 动力设备

根据钻孔施工设计计算,施工现场生产和生活用电总功率为 260 kW,钻机用电动机功率为 160 kW,为了保证钻机启动时有充足的余量,购置了 400 kW 的沃尔沃柴油发电机组。实际施工过程中因为可以接入外来工业用电,所以就没有使用购置的发电机组,只是将其作为备用电源。使用工业用

电成本低,使用方便,噪声小。

5 钻井施工技术

5.1 井身结构

根据准页 2 井的地层特点以及受岩心直径的限制,只能设计成二开的井身结构,即覆盖层后,取心段用金刚石绳索取心钻具一径到底,实际井身结构也是二开结构(见图 4)。

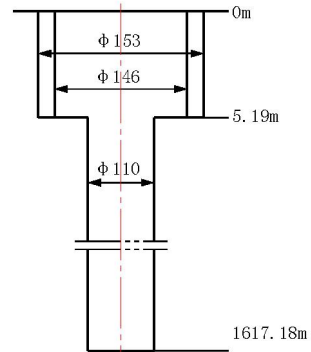


图 4 实际井身结构

5.1.1 一开

一开用 $\text{O}153$ mm 复合片钻头钻进,钻穿覆盖层至 5.19 m,下入 $\text{O}146$ mm 套管 5.38 m,并用水泥浆固井。这样做是为了留有 $\text{O}127$ 和 108 mm 两级套管的余地,该段不要求取心,下部取心段如地层复杂,可用 $\text{O}130$ mm 口径扩孔后下入 $\text{O}127$ mm 套管。因覆盖层较薄,二开取心钻进时转速、钻压均较低,所以不会出现钻杆摆动严重的现象,因此也就没有下入多层表层套管。

5.1.2 二开

二开用外径加大至 $\text{O}110$ mm 的 XJS95 规格绳索取心金刚石钻头钻进至完钻 1617.18 m。所以加大钻头外径,是为了增加井壁与钻杆间的环状间隙,有利于钻井液的循环排粉,同时计划井深时,如果地层复杂,可下入 $\text{O}108$ mm 套管,然后用 $\text{O}96$ mm 钻头钻进至完钻。该井段为取心井段。

5.2 取心钻具、钻头的使用

5.2.1 钻具

使用唐山金石超硬材料有限公司生产的 H 口径 XJS95 规格金刚石绳索取心钻具进行钻进取心。选择这套钻具,是因为地质方面定做的气体解吸罐内径为 70 mm,并要求岩心直径 ≤ 60 mm,因此岩心直径必须在 60 ~ 70 mm 之间,该套钻具取出岩心的

直径为 63 mm,符合地质要求;同时地质要求取心时间要短,速度要快,绳索取心钻进是目前国内取心钻进中,提心速度最快的钻进方法,因此使用 H 口径金刚石绳索取心钻具势所必然,其他口径的绳索取心钻具,其岩心直径不是大于就是小于气体解吸罐内径,不能使用。该钻具实际使用效果良好,在取心井段取心 1611.99 m,岩矿心采取率达 100%,完全满足地质要求,回次打捞成功率达 95% 以上,很好地保证了采取气体的质量。

5.2.2 钻头

XJS95 规格金刚石绳索取心钻具钻杆是 $\varnothing 89$ mm,钻头的公称直径为 95 mm,为减少冲洗液上返阻力,提高冲洗液携带岩粉和护壁的能力,需增加井壁与钻杆之间的环状间隙,因此我们将金刚石钻头外径加大至 110 mm(见图 5)。



图 5 外径加大的金刚石绳索取心钻头

5.3 钻进技术参数

取心钻进井段主要使用 XJS95 规格绳索取心钻具,并将钻头外径加大至 110 mm,因为钻进时井壁与钻杆间的环状间隙较大,井壁岩层不够稳定,有较严重的超径现象,又因岩石硬度不高,为保证钻进平稳安全顺利进行,钻进中采用的钻进压力和转速都较低。整个取心井段岩性大致相近,所选用的钻进技术参数在一个变化不大的范围内,因此未对岩层再进行细分,具体数据如下。

钻压:5.19 ~ 285 m 井段加压钻进,钻压在 5 ~ 8 kN 之间;285 ~ 1617.18 m 井段,即至完钻为减压钻进,钻压在 6 ~ 11 kN 之间。

转速:120 ~ 340 r/min。

泵量:一般使用 68 L/min 的泵量。

准页 2 井钻进施工整体较为平稳顺利,未出现过大的井内问题,说明所选用的钻进技术参数较为合理,但是钻进效率较低,台月效率仅为 282 m。

5.4 钻井液的使用

这里主要介绍取心井段的钻井液体系。因井壁不稳定,为保护井壁,保证取心钻进顺利地进行,采用了高粘度、高静切力、高密度,有较强防塌能力的优质泥浆体系,该泥浆体系护壁效果好,携带岩粉能力强,可较好地平衡地层压力,实现压力平衡钻进。又因为钻头外径加大,使钻杆与井壁间的环状间隙增大,泥浆上返平稳,避免了因环状间隙小,钻井液上返速度快,对井壁地强力冲刷,从而有效地保护了井壁。整个取心钻进井段中未出现过大的坍塌掉块现象,有效地保证了钻井施工的顺利完成,说明所选用的泥浆体系比较适合地层特点。泥浆配方:1 m³ 水 + 100 kg 膨润土 + 3 kg NaOH + 8 ~ 10 kg 植物胶 + 60 kg 2% PAC141 溶液 + 8 ~ 10 kg 腐植酸钾 (KHm) + 8 ~ 10 kg 特效防塌护壁剂 + 1 ~ 2 kg 润滑剂。泥浆性能:粘度 40 ~ 60 s,密度 1.10 ~ 1.15 g/cm³,pH 值 9 ~ 11,胶体率 96%,失水量 6 ~ 8 mL/30 min。

6 安全措施

在新疆北部,当年 11 月到次年 4 月中旬为冬季施工时间,天气寒冷,给施工带来很多困难。冬季施工过程中必须做好防寒保暖工作,准页 2 井有 3 个月的冬季施工时间。页岩气为可燃性气体,因此防火是安全施工的重点,为此采取了以下几项安全措施。

(1) 在施工现场准备相当数量的砂土,并配备足够的铁锹、桶等工具。这是为防备井口一旦出现气体喷涌现象就用砂土填埋覆盖井口。

(2) 要求井场及周围 50 m 范围内不得有明火出现。

(3) 钻塔用棉塔衣围裹严密。

(4) 井场配备有电暖气的工作房。

(5) 井场搭建一个防寒工作棚,将泥浆循环系统、泥浆搅拌罐、泥浆材料及工作前机场包裹其中,并用水暖气加热取暖。工作棚选用结实耐用的帆布围裹严密。

(6) 井场取暖采用水暖气片取暖。在距机场 200 m 的地方安装水暖锅炉,铺设地下输水管线给

机场供暖,管线埋深1 m。

(7)井场内所有用电线路和用电器具均安装防爆装置,即照明选用防爆灯,接电采用防爆插头、插座,以防电火花引发火灾。

因安全防护措施到位,整个施工过程中未出现任何安全事故,更未出现火险,保证了钻井施工的安全顺利完工。

7 气体测试方法简介

气体测试分析工作外包给了专业的物探测试单位,他们主要采用以下2种方式对气体进行测试,从而确定气体的有效成分、地层含气量、储气层位等。

7.1 采集测试钻井液中的气体

在钻井液循环槽靠近钻塔的位置放置一个脱气机,并按前述质量要求中的规格在钻井液循环槽中挖掘一个池子放置脱气机,脱气机用塑料管线连接至距机场30 m左右的气体测试房中,由相应的仪器连续测试脱气机从钻井液中采集的气体。对目标储气层,只要有钻井液循环,测试人员就必须每天24 h不间断连续测试,以便能够及时准确地掌握储气层位并初测储气量大小。

7.2 测试目标储气层中钻取岩心的气体

根据钻井液气体测试情况,对有气体的层位,每一钻进回次提取岩心时,从钻取的岩心中,取出50 cm左右长的岩心洗净后快速放入气体解吸罐中,密封严密,并放入机场的测试房中对气体进行较为准确地分析测试,以准确确定气体的单位储气量、有效气体的百分比含量等,最后再将检测的岩心交由专业的实验室进行精确的分析测试。每回次采集岩心时,要求从岩心管内退出岩心后,必须在10 min内选取合适的岩心快速放入气体解吸罐中,尽量减少岩心在空气中的暴露时间,减少气体的损失,使测试数据更加准确。

8 问题探讨

上述钻井技术方法总体上说合理有效,保证了准页2井的顺利完成,工程质量完全满足地质要求,同时也做到了安全生产,但是依然存在一些技术和安全上的问题值得进一步探讨,这将更有利于提高页岩气调查井的施工效率和施工质量。

(1)井身结构过于简单,不利于井壁的维护。在复杂地层中施工1600 m的深井一般应采用多级

井身结构,并配合相应的技术套管进行井壁的维护,准页2井因受到气体解吸罐内径的限制,采用了两径井身结构,主要依靠优质泥浆进行井壁维护,虽然也达到了目的,但是有点冒险。较合理的方法应该是:二开时应采用P口径绳索取心钻具进行钻进取心,并将钻头外径加大至130 mm,钻进到750 m左右下入 $\varnothing 127$ mm套管,然后进行三开钻进至完钻。如果施工更深的井,如2000 m以深的井,或者地层相当复杂,也可加大一开口径,二开采用S口径,然后进行三开、四开钻进。增加口径应与地质方面沟通,做好设计,提前定制相应的气体解吸罐,以免影响施工。

(2)HXY-9型岩心钻机体积过于庞大,操作十分不方便,操纵把距井口的距离有些远,操作人员观察井口很不方便;另外,钻机操作人员与塔上工作人员在起下钻杆时的配合也很不方便,因距离太高,钻机操作人员看不清楚塔上工作人员的动作,完全是靠人喊和经验判断进行起下钻杆的操作,存在一定的安全风险。我们计划在以后的使用中安装一套视频和语音的监控系统,以提高钻机操作的安全性和起下钻杆的速度。同时,继续进行调研,选择更加先进、经济、合理的施工钻机。

(3)页岩气是可燃气体,施工中必须做好防火工作。因此,笔者认为页岩气调查井的施工,尽量不要安排在冬季施工,因为冬季施工机场取暖十分困难,施工中要求不能有明火出现,用锅炉供暖虽然也可以基本满足需要,但是取暖效果仍不理想,同时,锅炉供暖要架设锅炉、管线、暖气片等,大幅推高了施工成本。非冬季施工不需要采用复杂的取暖措施,可大幅降低钻井施工成本。

(4)我单位设计施工的页岩气调查井均要求岩心直径 ≤ 60 mm,准页2井也是如此,同时因前述原因,完钻口径只能用H口径金刚石绳索取心钻具才能符合要求,而H口径绳索取心钻具用钻杆设计施工深度一般 < 2000 m,如果施工2000 m以深的井,则面临较大困难。因此,今后应与地质方面协商探讨,2000 m以深的井用N口径金刚石绳索取心钻具作为完钻口径,这样可提高页岩气调查井的施工深度,大幅降低施工难度和施工成本,提高施工效率。据同行业兄弟单位的经验,N口径金刚石绳索取心钻具是可以作为完钻口径的。

以上问题探讨只是笔者个人的一点不太成熟的

看法,希望能与各位同行共同探讨,以期提高页岩气调查井的钻进施工水平。

9 结语

(1)页岩气调查井虽然称为“井”,但实际上却是地质岩心钻探的“孔”,只是要求的终孔口径稍大,整个钻探技术工艺为岩心钻探工艺,主要是H口径金刚石绳索取心钻探技术,与石油钻井有相当大的区别,同时,工程质量要求也主要以地质岩心钻探为主,因此,本文尽量使用“井”的概念,个别使用“孔”的概念。准页2井的实践证明,地质岩心钻探技术可以满足页岩气调查井的施工要求。

(2)加大金刚石绳索取心钻头外径,可增大钻杆与井壁间的环状间隙,从而降低钻井液的循环压力,使钻井液平缓流动,减少钻井液对井壁地冲刷,较好地保护了井壁。

(3)钻井液粘度高、密度高,具有护壁和携带岩粉能力强的特点,是保证复杂地层长井段裸眼钻进顺利施工的有效技术措施。同时,因密度较高,可较好地平衡地层压力,实现压力平衡钻进。此外,由于

环状间隙较大,使用中泵压一般不会很高。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王江平. 河南舞阳铁矿深孔钻进工艺实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(6):27-30.
- [3] 于辉,叶兰肃. 新疆阿舍勒铜矿深孔钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):32-34.
- [4] 盖志鹏,付兆友,罗刚,等. 新疆萨瓦亚尔顿金矿区钻探施工难点及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):43-46.
- [5] 朱恒银,蔡正水,王强,等. 赣州科学钻探 NLS D-1 孔施工技术研究与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):1-7.
- [6] 任晓顺,太武,刘建福,等. 河北省乐亭县滦河古河道深覆盖层钻探施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):22-26.
- [7] 张祖海,董海燕,丁昌盛,等. 新疆温泉县 AKT1-1 地热孔钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):17-21.
- [8] 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.
- [9] 朱恒银,等. 深部岩心钻探技术与管理[M]. 北京:地质出版社,2014.

(上接第24页)

效益非常显著,解决了绳索取心钻进中钻孔漏失的技术难题,对普及绳索取心新工艺奠定了坚实的基础。Aus-Plug 高效堵漏剂不足之处(颗粒直径的变化 $d < 0.05 \text{ mm}$ 和 $d > 0.5 \text{ mm}$),有待于进一步研究和摸索。

随着勘探技术的不断发展,矿山勘察对勘探技术和质量的要求越来越高,加之勘探队伍自身的发展要求,迫使绳索取心钻进等新工艺普及速度大大加快。在使用新工艺中为了获得更高的效益,也迫使我们在新工艺使用中要不断探索、不断创新,在施工中经过不断实践和完善总结,应对复杂漏失地层的堵漏施工技术日趋成熟,使绳索取心钻进技术得以快速地发展。

参考文献:

- [1] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [2] 索忠伟,王生. 钻孔冲洗与护壁堵漏[M]. 北京:地质出版社,2009:71-72.
- [3] 乌效鸣. 复杂地层钻井液技术[R]. 2010.
- [4] 毛洪江. 地矿钻探井漏特点及复合堵漏技术[J]. 地质与勘探,2011,47(4):686-691.
- [5] 郑克清. 复杂地层钻探护壁堵漏工艺研究与应用[D]. 湖南长沙:中南大学,2012.
- [6] 陶士先. 复杂地层泥浆护壁与堵漏[R]. 2014.
- [7] 洪卫东. 甘陕工区钻井防漏堵漏技术分析和建议[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,42(3):42-45.
- [8] 吕开河. 钻井工程中井漏预防与堵漏技术研究与应用[D]. 北京:中国石油大学,2007.
- [9] 白宝云,许青海,吴礼林,等. 老挝可溶性钾镁盐矿钻探冲洗液漏失的预防与处理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):14-16.