桂北地区罗地 1 井钻探施工实践

秦　毅
(核工业二七〇研究所,江西 南昌 300200)

摘要:页岩具有较强的水敏性,在页岩气勘查钻进施工中,井内易发生坍塌、剥落造成超径或缩径等井壁失稳现象。罗地 1 井采用金刚石绳索取心工艺进行钻进,完井井深 1501.06 m,岩心采取率、井斜等各项指标均符合地质设计要求。本文主要从罗地 1 井的钻井设备、井身结构、施工难点等方面进行总结,可为今后页岩气调查井的施工提供参考。

关键词:页岩气;钻井;绳索取心钻进
中图分类号:P634　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1672 - 7428(2018)01 - 0056 - 04

Practice of Well Luodi - 1 Drilling Construction in North of Guangxi/*QIN Yi* (Research Institute No. 270 CNNC, Nanchang Jiangxi 300200, China)

Abstract: Shale has strong water sensitivity, borehole instability of over-diameter and diameter reducing caused by collapse and spall often happen in shale gas exploration drilling. Diamond wire-line coring technology was adopted in well Luodi - 1 with the completed depth of 1501.06m, core recovery and hole deviation are all in accordance with geological design requirements. This paper summarizes the drilling equipments, wellbore structure and construction difficulties of well Luodi - 1 in order to provide reference for the construction of shale gas investigation well in the future.

Key words: shale gas; drilling; wire-line core drilling

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,已经在全球引发了一场“页岩气革命”,并且将给人类带来一场“新能源革命”[1]。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,中国地质调查局油气资源调查中心于 2015 年下达开展贵州罗甸地区 1∶5 万页岩气基础地质调查工作,罗地 1 井就是该项目设计的一口页岩气调查井。该井完井质量较好,其施工工艺对今后页岩气调查井的施工有一定借鉴意义。

1　工程简介

罗地 1 井位于广西省壮族自治区河池市南丹县六寨镇境内,区内地势北高南低,山峦起伏、沟谷纵横、地面破碎、山地特色明显。设计井深 1500 m,于 2016 年 1 月 17 日开工,6 月 23 日钻达设计井深,共计 159 d,实际完钻井深 1501.06 m,取心段岩心获取率 98.7%,钻孔质量完全符合地质设计要求,达到地质目的。

1.1　地层概述

罗地 1 井为一套沉积岩地层,钻遇主要地层为石炭系南丹组、巴定组,泥盆系五指山组和罗富组。主要岩性为细晶灰岩、石英粉砂岩、含炭泥质灰岩、砾屑灰岩、硅质灰岩、含炭泥质泥晶灰岩、炭质泥岩、炭质页岩、含炭泥质页岩等。构造位置为六寨塘加背斜东部,目的层为中泥盆统罗富组和下泥盆统纳标组上部。井深 0 ~ 550 m 以灰岩为主,夹薄层泥页岩互层,上部风化严重,岩层较软,溶洞发育较多,可钻性 4 ~ 5 级。井深 550 ~ 1501 m 完钻以条带状灰岩,微晶灰岩含炭质泥页岩和硅质灰岩为主,地层较稳定,岩心较完整,可钻性 6 级左右,研磨性不强,井壁岩层微裂隙发育,钻井液有渗漏现象。

1.2　钻探设备和机具选择

主要的钻探设备及机具见表 1、表 2。

1.3　井身结构

罗地 1 井采用四开的井身结构,如图 1 所示。

一开使用 Ø130 mm 硬质合金钻头采用单管钻进钻穿地表风化破碎带后,下入 Ø127 mm 套管固井,该段为 0 ~ 14.57 m。

二开使用 Ø110 mm 金刚石钻头采用单管钻进至石炭系上统南丹组,岩性以细晶灰岩和硅质灰岩

收稿日期:2017 - 05 - 28; **修回日期**:2017 - 11 - 20

作者简介:秦毅,男,汉族,1986 年生,项目经理,地质工程专业,从事地质岩心钻探项目管理工作,江西省南昌市南昌县莲西路 508 号,79545578@qq.com。

表 1　主要施工设备

序号	名称	型号	主要参数	单位	数量	备　注
1	钻机	XY－6N	设计能力 1500 ~2000 m	套	1	
2	电动机	55 kW		台	1	钻进主动力
3	变压器	100 kVA		台	1	生产用电
4	钻塔	HCX18		套	1	
5	泥浆泵	BW－320	66 ~320 L/min	套	1	
6	取心绞车			套	1	
7	搅拌桶			台	1	
8	电焊机			套	1	
9	手电钻			套	1	

表 2　主要管材钻具

序号	名称	型号	单位	数量	备 注
1	套管	Ø127 mm ×4.5	m	200	单管钻进
2	套管	Ø108 mm ×4.5	m	400	单管钻进
3	钻杆	HQ	m	600	绳索取心
4	钻杆	NQ	m	1600	绳索取心
5	主动钻杆	89 mm	根	2	
6	内、外管	HQ	套	2	
7	内、外管	NQ	套	3	
8	打捞器	HQ	套	1	
9	打捞器	NQ	套	2	

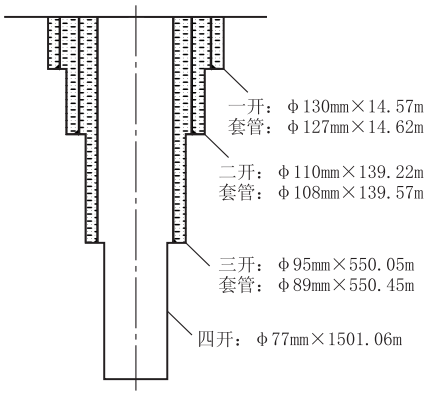


图 1　罗地 1 井井身结构

为主,钻遇较稳定坚硬岩石后下入了 Ø108 mm 的套管隔离,该段为 14.57 ~139.22 m。

三开用 S95 金刚石绳索取心钻具钻进至石炭系下统巴定组,岩性以碎屑灰岩为主,该层段溶洞发育多,岩心较破碎,钻穿溶洞层位,钻遇较稳定坚硬地层下 Ø89 mm 套管隔离,该段为 139.22 ~550.05 m。

四开用 S77 金刚石绳索取心钻具钻进至终孔,该段为 550.05 ~1501.06 m。

2　钻井质量要求

罗地 1 井设计井深 1500 m,实际完钻井深 1501.06 m。

井斜质量要求:每 100 m 最大井斜≤2°,完井闭合井斜≤8°。

岩心采取率要求:全井段取心,平均采取率≥85%,目的层采取率≥95%。完钻口径≥75 mm。

3　施工难点和应对措施

3.1　地层不稳定、溶洞多

页岩气调查井一般设计在沉积岩地层中,该地层主要包括第四系、第三系、石炭系中无胶结或胶结差的软、碎、散、塌、漏、涌等复杂地层[2]。其中第四系地层主要有松散砂砾石、卵石、砂质粘土等;第三系地层主要有松散无胶结或弱胶结的砾岩、砂岩、粉砂质泥岩等;石炭系地层主要有泥岩、煤层、泥质弱胶结或无胶结的松散砂岩、砂砾岩。罗地 1 井自上而下钻遇第四系、第三系、石炭系、泥盆系,岩性以灰岩和泥页岩为主,地层破碎(见图 2),取心难度大,钻井上部遭遇多个溶洞,地层情况比较复杂。泥页岩层水敏性较强,井壁易失稳,超径缩径情况频发;溶洞地层岩心破碎缺失,导致泥浆漏失严重,循环系统失效,易出现掉块卡钻、烧钻等孔内事故。针对此类复杂情况,一般考虑从钻井液和套管隔离两个方面来解决。

图 2　罗地 1 井钻遇较破碎地层

(1)泥页岩属于泥岩和页岩之间的过渡岩石地层,可见发育不完善的页理,该种地层富含泥沙充填,较为松散,胶结性较弱,钻井过程中,容易出现垮塌、掉块、井壁失稳等情况(图 2),因此,泥页岩中易发生超径、缩径等现象,给施工造成一定的困难。泥页岩地层钻进,如何选配合理的钻井液是钻井成功的关键。科学合理的配置钻井液能够有效地保证孔壁的完整和稳定,从而降低孔内事故发生的概率,保证钻进效率,保障钻孔质量,达到缩短建井周期的目的。

泥页岩复杂地层钻进中使用的钻井液应具备以下条件:①尽可能降低钻井液中的固相含量;②钻井液应具备较强的胶连松散颗粒的能力;③能使钻井

液在岩心及孔壁表面形成胶质薄膜[3]。

应对措施:采用 0.35% 纤维素 + 1.0% 腐植酸钾 + 0.3% 聚乙烯醇 + 0.25% 聚丙烯酰胺的钻井液配方。钻井液性能:密度 1.01 ~ 1.04 g/cm^3,粘度 17 ~ 19 s,pH 值 8 ~ 9[4]。该钻井液具有粘度高、胶结抗水化能力强、失水量小等特点,对水敏性地层有良好的抑制水化膨胀作用。在钻进施工中,由于钻井液合理的配备使用,井壁失稳导致的超径、缩径、掉块、坍塌等现象都有明显的控制和改善。

(2)罗地 1 井共遭遇大小溶洞 21 个,其中深度 1 m 以上的溶洞 7 个,最大高度达 4.22 m(根据岩心情况,推断 300.08 ~ 305.84 m 是一个溶洞),给钻井施工造成了很大的困难。小溶洞会导致钻井液的漏失,甚至不返水,孔内掉块,卡钻等。大溶洞会导致设备负荷突然加大,钻井液循环系统失效,钻进阻力变大,孔底温度急剧升高,甚至发生烧钻。钻杆柱由于与孔壁间隙过大,在离心力的作用下易发生断钻杆等事故。溶洞对于钻探生产而言是一个难以克服的问题,钻井液仅仅能够控制孔壁的稳定性,对于溶洞地层并无明显的效果。

应对措施:罗地 1 井钻遇的溶洞集中在钻井上部,井深 15 ~ 452 m 为溶洞较多的地层,且深度 1 m 以下的小溶洞居多。在生产施工中,根据钻遇溶洞的大小,处理方式上也有所不同。①钻遇小溶洞时(以 251.27 m 的溶洞为例),将海带、麻绳、锯末等惰性材料混合粘合力较强的膨润土、堵漏剂等泥浆材料灌入孔内,对小溶洞进行填充,对溶洞内的裂隙进行封堵,必要时灌入水泥浆,对掉块进行固定,使钻井反水正常,保障钻进安全;②钻遇大溶洞时(以 300.08 m 的多个连续大溶洞为例),采用 S95 钻杆进行顶漏钻进,钻穿溶洞后,首先尝试下入 Ø89 mm 套管,因溶洞内堆积物过多,导致套管无法下抵孔底,只能采用 S95 钻杆配合特制薄壁钻头(钻头内径与钻杆内径相同)扫孔至孔底,然后灌入水泥浆对 S95 钻杆柱进行固定,用 S95 钻杆充当技术套管,隔离了井壁,防止了溶洞层的坍塌掉块。钻井反水正常,钻进生产得以持续。

3.2 井斜的控制

页岩气调查井对于井斜质量的要求比较高。在沉积岩软硬交替的地层中,如何控制和把握钻井的井斜是钻井能够成井的关键,钻井的跑斜主要跟地层、钻速、钻压等相关。罗地 1 井钻遇的地层软硬交替,尤其是井深 472 ~ 665.9 m 的巴定组,此时钻进正处于设计井深的 1/3 深度,井斜的控制尤为重要。该段岩性是炭质泥岩和硅质灰岩交替互层,岩石硬度差异较大,是最容易出现跑偏、跑斜的地层。

应对措施:(1)在罗地 1 井钻塔安装前,对地基进行水平校正,确保钻塔基座水平、周正。钻机设备安装中,立轴中心与天车、井口中心处于一条直线上。(2)开孔时,采用锋利钻头轻压、慢转,平稳的进行开孔作业,施工生产中,仔细观察钻进进尺情况,调整钻压、钻速,有针对性地调节钻进参数(表 3),降低钻井的含砂量,钻遇完整地层时,适度提升转速和钻压,提高生产效率;钻遇破碎或软硬互层时,适当地减轻钻压,降低转速,维持进尺的平稳,避免在钻遇过渡地层时出现跑斜情况。更换钻具、钻级时,把孔内岩心打捞干净,采用带导正的异径钻具。(3)严格百米测斜,严把质量关,出现跑斜较大情况,及时总结,针对性采取措施,保障钻井的质量达标。

表 3 罗地 1 井钻进工艺及参数

钻头型号	钻头直径/mm	地层情况	钻进井段/m	钻进参数				泵功率/kW	钻井液性能参数				
				钻压/kN	转速/(r·min^{-1})	泵量/(L·min^{-1})	泵压/MPa		密度/(g·cm^{-3})	粘度/s	失水量/〔mL·(30 min)$^{-1}$〕	pH 值	含砂量/%
硬质合金	130	第四系	0 ~ 14.57	5	200	66	0	30	1.02	20	14	8	0.45
孕镶金刚石	110	石炭系南丹组	14.57 ~ 139.22	5	360	66	0		1.02	20	14	8	0.45
孕镶金刚石	95	石炭系黄龙组 - 巴定组	139.22 ~ 550.05	10	490	66	0		1.03	20	11	8	0.04
孕镶金刚石	77	泥盆系五指山组 - 纳标组	550.05 ~ 1501.06	25	700	66	7		1.03	20	11	8	0.04

注:表中的参数数据为估算平均值,不代表实时数据,钻进中参数在一定范围内波动。

4 施工效果

4.1 钻进效率

罗地 1 井钻进月平均台月效率 527 m,全井岩心采取率 98.7%,目的层段(罗富组、纳标组上部)岩心采取率 100%。罗地 1 井钻遇地层为海陆交互

相沉积岩地层,主要岩心以灰岩、泥岩、页岩为主,岩层松软,可钻性不强,溶洞发育较多,全井段共遭遇溶洞 21 个。在实际施工中,岩石对钻头的磨损程度较轻,钻头消耗数量较少,溶洞地层由于孔内情况复杂,孔内坍塌、掉块频繁,多次出现卡钻情况,延误了钻孔周期(表 4)。

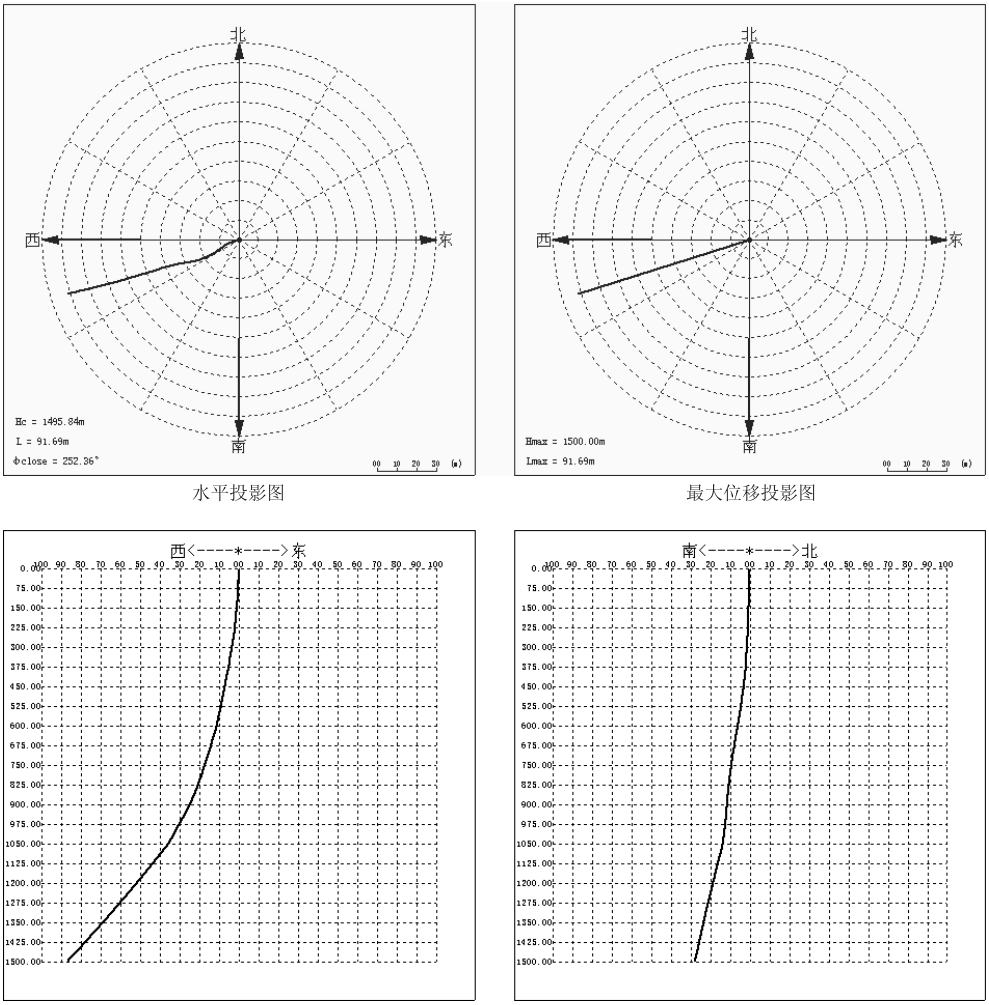
表 4　罗地 1 井作业情况统计

井深/m	施工工期/d	可钻性	纯钻时间利用率/%	消耗钻头数量/个	台月效率/m
0 ~ 14.57	2	4	60	0	291.4
14.57 ~ 139.22	7	4	70	1	712.3
139.22 ~ 550.05	33	5	34	1	679.1
550.05 ~ 1501.06	89	6	58	3	427.4

通过表 4 对比可知,在井段 139.22 ~ 550.05 m 的作业过程中,纯钻时间利用率仅为 34%。此井段恰恰是溶洞最为发育的层位,钻井液的漏失,孔内频繁的掉块,甚至孔内坍塌,对钻进效率产生了很大影响。

4.2　钻井弯曲度

罗地 1 井严格把控井斜质量,井队配备 JTL - 40GX(W)无缆光纤陀螺测斜仪,施工至 14.57 m 下入表层套管后即进行测斜作业,测量井斜顶角仅为 0.2°。全井最大井斜 1482.3 m 处 8.00°,井底(1500 m)东西位移偏西 86.69 m,井底南北位移偏南 28.32 m(见图 3),钻井弯曲度符合设计要求。



水平投影图　　最大位移投影图

东西方向投影图　　南北方向投影图

图 3　罗地 1 井水平投影图

5　结论

(1)页岩气调查井相对于其它地质勘探类钻孔在钻遇复杂破碎地层,钻遇构造带,以及所适应的地层硬度大小和岩石可钻性等方面有明显的区别。

(下转第 88 页)