

安徽北部地区小口径地质调查井施工技术研究

齐治虎^{1,3,4}, 魏思宇², 徐影^{1,3,4}, 张稼楷^{1,3,4}

(1.河南豫中地质勘查工程有限公司,河南郑州450016; 2.中国地质调查局油气资源调查中心,北京100083;

3.河南省能源钻井工程技术研究中心,河南郑州450016;

4.河南省自然资源科技创新中心(非常规天然气开发研究),河南郑州450016)

摘要:皖毫地1井是部署在安徽省亳州市谯城区境内的一口油气调查井,该井旨在通过钻探、录井、测井等工作方法查明安徽亳州地区地层层序及发育特征,获取寒武系储层物性及含油气性等评价参数。本文详细介绍了该井的地质概况、钻探施工技术及施工中遇到的难题,并提出了针对性解决方案,圆满完成了各项施工任务,可为国内同类型小口径地质调查井施工提供经验及借鉴。

关键词:寒武系地层;小口径钻井;地质调查;绳索取心

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0143-05

Drilling technology for small diameter geological survey wells in northern Anhui

QI Zhihu^{1,3,4}, WEI Siyu², XU Ying^{1,3,4}, ZHANG Jiakai^{1,3,4}

(1.Henan Yuzhong Geological Exploration Engineering Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450016, China;

2.Oil and Gas Resources Investigation Center of China Geological Survey, Beijing 100083, China;

3.Henan Provincial Energy Drilling Engineering Technology Research Center, Zhengzhou Henan 450016, China;

4.Henan Natural Resources Science and Technology Innovation Center (Unconventional Natural Gas Development and Research), Zhengzhou Henan 450016, China)

Abstract: Well Wanbodi-1 was an oil and gas survey well deployed in Qiaocheng district, Bozhou city, Anhui province. The purpose of this well was to find out the stratigraphic sequence and development characteristics in Bozhou district, Anhui province by drilling, logging and testing methods, and to obtain the evaluation parameters of Cambrian reservoir physical properties, and oil and gas properties. The geology, drilling technology and problems encountered in well drilling are introduced in detail with the specific solutions put forward. The successful completion of the drilling work can provide experience and reference for drilling of similar small-diameter geological survey wells in China.

Key words: Cambrian strata; small diameter drilling; geological survey; wireline coring

0 引言

能源矿产地质调查作为中国地质调查的重要工作之一,对于发展国家经济具备重要的引领和推动作用^[1-4]。地质调查井是开展地质调查工作的重要手段,主要以获取地层层序、烃源岩特征、含油气

性特征等为目的,为盆地油气成藏特征研究提供依据,并可形成一套适用于研究区的油气地质调查钻探技术体系,为油气基础地质调查提供服务^[5-9]。地质调查井以小口径机械岩心钻探施工为主,井深一般不超过2500 m,井身结构一般为直井,全孔

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.022

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“南方重点地区1:5万页岩气地质调查”项目资助(编号:DD20190561)

作者简介:齐治虎,男,汉族,1967年生,高级工程师,区域地质调查与找矿专业,长期从事石油、煤层气、煤田地质勘查等工作,河南省郑州市郑东新区商鼎路70号,qzh6707@163.com。

引用格式:齐治虎,魏思宇,徐影,等.安徽北部地区小口径地质调查井施工技术研究[J].钻探工程,2021,48(S1):143-147.

QI Zhihu, WEI Siyu, XU Ying, et al. Drilling technology for small diameter geological survey wells in northern Anhui[J]. Drilling Engineering, 2021,48(S1):143-147.

取心^[10-13]。

皖亳地1井是中国地质调查局油气中心在安徽亳州地区部署实施的小口径地质调查井,隶属于“南方重点地区1:50000页岩气地质调查”项目。在构造上位于亳州凸起,设计井深1800 m,目的层为下古生界寒武系地层,该井钻探目的是落实安徽亳州地区下古生界地层序列,明确主要目的层厚度、埋深,获取寒武系碳酸盐岩储层储集物性及含油气性等评价参数,摸清亳州地区寒武系成藏条件,为评价皖北地区古潜山内幕油气资源潜力提供资料支撑。该井的顺利实施将为长江下游(安徽)页岩气科技攻坚战提供重要的支撑,同时,对探索南华北下古生界油气地质条件具有重要的实践意义。

1 地质概况

皖亳地1井位于安徽省亳州市谯城区芦庙镇杨庄村,地处河南省商丘市与安徽亳州交界处。该地为冲积平原,交通条件比较便利,地下水资源丰富,

取水方便,能很好的满足生产需要。目前该地区各类固体矿产和能源矿产尚未有较大发现,地质工作程度很低。工作区周围为中药材生产基地,农作物繁盛,绿色生态环境要求高,受当地农田保护政策的影响,施工占用耕地问题不好协调,井位选择比较困难。

1.1 钻遇地层

根据地面地质调查、地震及邻井钻井成果资料,皖亳地1井钻遇地层如下:第四系,新近系明化镇组、馆陶组,寒武系张夏组、徐庄组、毛庄组、馒头组、猴家山组和凤台组。

1.2 构造特征

皖亳地1井位于南华北地区周口坳陷次级构造单元——亳州凸起之上,凸起东侧颜集断裂为一长期活动的生长断层,主要发育有区域南部东西走向的宿北断裂和区域东侧北北东走向的阜阳深断裂^[14-15],如图1所示。

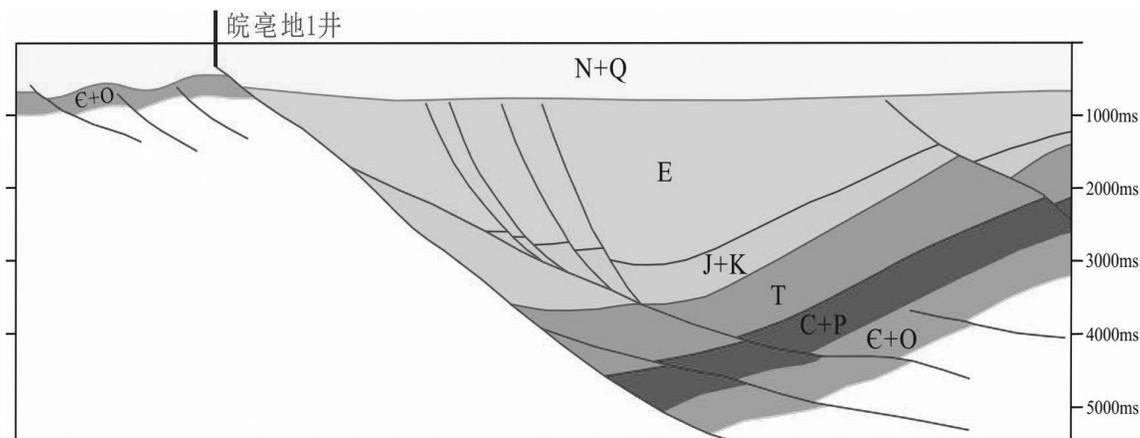


图1 地震地质剖面

1.3 施工难点

根据以往钻孔揭露及地震解释成果,该井在钻探过程中存在井塌、井漏、粘钻、卡钻等问题,主要施工难点为:

(1)该井上部为第三、四系松散地层,成岩性差,钻井过程中井壁易坍塌、易失水缩径;

(2)下部为古生代寒武系石灰岩、泥页岩地层,岩性致密,钻头适应性差,钻进效率低,且局部有溶洞,断层发育,易引起孔内钻井液漏失;

(3)由于岩心破碎、取心难度大,易发生卡钻、粘钻及掉块现象;

(4)施工工艺采用单管取心钻进,起下钻频繁,钻井效率较低,扩孔时造浆严重,存在严重的施工风险。

2 钻井施工技术

2.1 钻井质量及技术要求

皖亳地1井涉及钻前工程、钻探施工、录井、测井、井场恢复及资料提交等工序,采用三开井身结构,同步开展录井、测井、固井等项目。井身质量、水平位移范围,按《钻井井身质量控制规范》(SY/T 5088—2017)执行。

全井井斜 $<5^{\circ}$,水平位移 ≤ 80 m,全角变化率 $\leq 2.5^{\circ}/30$ m。

2.2 完钻层位及原则

(1)完钻层位:寒武系猴家山组,凤山组。

(2)完钻原则:钻达目的层并钻达设计井深,完成地质调查井的各项任务。

2.3 钻井设备及主要机具

根据钻探目的、地质条件、施工环境、钻探工艺,并充分考虑钻机负荷及井控配套要求,选用了XY-8B钻机、BW-320/12型泥浆泵、TA-70/27 m钻塔、S95绳索取心钻具、2FZ-15-21型放喷器。采用当地农用电作为动力电。

2.4 井身结构优化

考虑到上部第四系、新近系松散地层较厚,结构松软,易垮塌,下部石灰岩地层岩溶、溶洞发育,施工难度大,隐患多,施工采用三开结构,预留一级口径,以防下部出现异常情况,井身结构如图2所示。

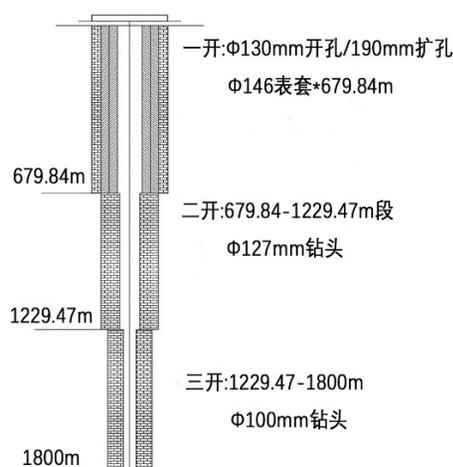


图2 井身结构示意图

2.5 钻进工艺及钻头使用

综合考虑地层条件、岩石硬度等因素,主要采用硬质合金及金刚石钻头,金刚石钻头以胎体硬度HRC20-40,唇面形式为同心尖齿、阶梯齿为主,备用PDC取心钻头及三牙轮钻头,施工参数见表1。

表1 钻头使用参数

井段/m	钻头尺寸/mm	钻头类型	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	排量/(L·s ⁻¹)	钻井液密度/(g·cm ⁻³)
0~679.84	130	硬质合金	自重	95~190	80	1.10~1.15
679.84~1129.47	127	金刚石	2~8	95~190	80	1.05~1.07
1129.47~1800	100	金刚石	10~12	95~190	80	1.05~1.08

2.6 钻井液性能

钻井液与护壁技术的优劣是影响钻探成败的关键因素,根据对钻遇地层岩性特征、岩屑返排速率、井壁稳定性等分析,确定了钻井液配方体系。

一开和二开钻遇地层为第四系和新近系,岩性主要为粘土、亚粘土、砾卵石及流沙层等,岩层松散,弱固结,成岩性差,易失水缩径。同时,钻头开孔直径相对较大,在钻进过程中,要充分考虑井眼净化、井壁稳定、降低钻井液滤失量、控斜、防漏等问题。为此一开、二开钻井液体系配方为:膨润土10%~15%+CMC0.1%~0.5%+KHm(腐殖酸钾)2%~4%(或NaHm);主要性能指标:密度1.10~1.15 g/cm³,漏斗粘度25~40 s,滤失量 ≤ 15 mL/30 min。

三开钻遇地层为寒武系地层,岩性以石灰岩、白云质灰岩、页岩及花岗岩为主,且寒武系下部可能存在岩溶及裂隙,岩心破碎,可钻性差,钻进过程中也可能钻遇气层、断层破碎带等异常地层,发生粘卡事

故,故使用低固相高分子聚合物类钻井液,适当加入润滑剂,密度:1.05~1.08 g/cm³,漏斗粘度:20~30 s,滤失量 $\leq 7\sim 10$ mL/30 min,pH值:8.5~9。

同时为有效保护储层,在满足钻井施工、保证安全的前提下,尽可能降低钻井液粘度、密度、固相含量和滤失量;避免造成粘钻事故,以达到防塌、防漏、防喷、防卡目的。

2.7 井斜控制

全井共进行了36次井斜测量,克服了岩层节理裂隙发育,地层倾角大,顶角易朝一个方向增大等特点,通过转速、钻压来控制顶角变化,稳压钻进,从而有效地控制了钻井的顶角,完钻实测顶角4.56°,终孔水平偏距53.93 m,满足合同要求及地质设计目的。

2.8 岩心编录

小口径油气地质调查井对岩心采取率有较高的要求,为提高岩心采取率和钻井效率,采用绳索取心

钻进工艺。自356.46m开始取心,总进尺1443.82m,岩心长1370.18m(670.78~678.94m仅捞取岩屑),取心率95.37%,岩心采取率高,编录及时、准确,完全满足设计要求,取心统计见表2,岩心照片见图3。

表2 取心统计

取心井段/m	取心层位	取心进尺/m	岩心长度/m	收获率/%
356.46~670.78	Q-N ₂	314.18	251.68	80.11
670.78~678.94		仅捞取岩屑		
678.94~1800.28	N ₂ -C ₂ h	1122.46	1118.50	99.65



图3 岩心照片

3 施工中遇到的问题及改进措施

3.1 表层取心

一开钻井时采用单管取心工艺,井段长,起下钻时间多,辅助时间长,且由于岩性松软,粘土质成分较多,泥浆造浆严重,失水量大,孔内缩径严重,致使钻井效率低,反复扩孔。为此,在扩孔时对泥浆性能进行了调整,加入腐殖酸钾1250kg,提高了泥浆pH值,循环净化除砂,全井彻底循环更换,降低滤失量及含沙量,提高了钻井效率。

3.2 钻头优选

根据钻遇地层岩性软硬变化快、溶洞、裂隙发育等问题,先后采用PDC、金刚石HRC15-40等多种钻头进行尝试,影响了钻井效率。为此,在对钻头性能充分分析的基础上,经过反复实验,最终确定在进入稳定岩层后采用HRC15-20金刚石取心钻头,直

至完钻。

3.3 变径钻具组合

为解决上部井段因环空过大引起的泥浆流速降低、岩屑沉淀问题,确保施工安全、减少钻井周期,经分析采用了倒塔式钻具组合工艺。

钻具组合方式:Ø100mm金刚石取心钻头+Ø100.4mm金刚石扩孔器+Ø91mm钻具+Ø100.5mm金刚石扩孔器+Ø91mm绳索取心钻杆1116m+Ø114mm绳索取心钻杆670.50m+主动钻杆。

采用本钻具组合方式,三开在井深1000m以后,钻机正常施工,取心效果良好,钻进效率保持30m/d左右的进尺,未发生任何井内事故,同时,解决了上部钻具因高速旋转而造成的脱扣、断裂问题。

3.4 粘卡处理

在孔深1116.97m,钻机离合器发生故障,在检修的过程中,发生了钻具吸附粘钻事故,提下困难,强力提拔孔内钻杆数次,最大提升力达320kN,仍无效。经分析研究后决定实施碱溶解卡。配置碱水共3m³,共加入NaOH250kg,比例为8%,经充分溶解后,通过泥浆泵注循环至孔内。注入碱水后,再泵入钻井液7m³,将碱水压入环空,静置分解泥皮,静置时间1.5h,期间每15min循环泥浆5min。次日解卡成功。

3.5 内管遇卡

施工中频繁遇到取心内管遇卡致使取心绞车钢丝绳拉断问题,造成多次起钻检查钻具现象。如在井深900m左右,由于操作不当致使杂物进入内管,造成钢丝绳拉断,不得不起钻检查。通过分析,找出原因:

- (1)取心筒内管磨损严重;
- (2)绞车钢丝绳拉力不够;
- (3)杂物堵塞;
- (4)岩心破碎。

采用的解决方法:检查更换内管总成,更换取心绞车钢丝绳。施工中,上提内管要稳,认真检查入井钻具,入井钻具及时通径,同时,割心前充分循环泥浆一周,彻底清理井底岩粉。

4 结论

皖毫地1井通过优选钻头、优化钻具组合、钻进参数等解决了该区施工中取心内管遇阻、易粘钻、卡钻、井斜大等难题,顺利完成了各项目的任务,可为

后期该区施工相关类型提供经验和借鉴,同时,获取了钻井、录井、测井及岩心资料,为评价该区油气资源潜力提供了资料支撑。

参考文献:

- [1] 郭坤,刘文武,赵志涛.西部地区小口径油气地质调查井工程施工难点及应对措施[J].西部探矿工程,2019(8):47-48.
- [2] 伍晓龙,朱芝同,董向宇,等.小口径油气地质调查井的问题与工程实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(11):27-32.
- [3] 黄晟辉,奎中,吴金生,等.页岩气基础地质调查井湘洞地1井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):14-18.
- [4] 刘文武,赵志涛,翁炜,等.页岩气基础地质调查皖南地1井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(10):66-70.
- [5] 蔡正水,朱恒银.深部钻探泥浆护壁技术研究与应用[J].安徽地质,2016,26(9):212-213.
- [6] 张娜.地化录井应用技术[J].科技与企业,2014,(17):271.
- [7] 郝海洋,宋继伟,蒋国胜,等.南方页岩气基础地质调查黔普地1井钻井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):23-29.
- [8] 赵亮,汪程林.页岩气地质调查皖含地1井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(4):42-47.
- [9] 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.
- [10] 朱恒银,蔡正水,王强,等.深部钻探技术方法的研究与应用[J].地质装备,2013,14(6):26-31.
- [11] 马俊强,轩跃刚,崔俊,等.山西平遥南区块煤系气小口径探井钻井难点与对策[J].中国煤炭地质,2020,32(6):70-73.
- [12] 张跃亭,袁志坚.高强度绳索取心钻具在巨厚覆盖层煤田勘察中的应用[J].中国煤炭地质,2013,25(8):62-64.
- [13] 刘瑞.地质岩心钻探技术及其在油气资源勘探中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(10):251-252.
- [14] 储东如,刘家云,王传堂.安徽省寒武系地层最新划分方案[J].安徽地质,2014,24(4):241-246.
- [15] 赵小涛,付海英,苏媛媛.豫东地区寒武系地层及其划分与对比[J].煤炭与化工,2019,42(7):71-74.