

沙漠地区页岩气地质调查井施工技术

尹亮先¹, 李得新¹, 田小林¹, 谢治国²

(1. 四川省煤田地质局一三七队, 四川 达州 635006; 2. 重庆矿产资源开发有限公司, 重庆 401123)

摘要:武威盆地儿马湖凹陷地质调查井武地1井钻井工程位于内蒙古自治区腾格里沙漠腹地, 施工条件恶劣。上部第四系覆盖层主要岩性为黄色砂土和红色细砂, 厚度大, 松散易垮塌。针对武地1井钻井难点, 从井场建设、钻井设备的选择、井身结构、钻井液优化等方面采取措施, 为沙漠地区钻井施工积累了经验。

关键词: 沙漠地区; 覆盖层; 井身结构; 钻井液; 页岩气地质调查井

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)03-0017-04

Construction Technology of Geological Survey Well for Shale Gas in Desert Area/YIN Liang-xian¹, LI De-xin¹, TIAN Xiao-lin¹, XIE Zhi-guo² (1. 137 Geological Team of Sichuan Coalfield Geology Bureau, Dazhou Sichuan 635006, China; 2. Chongqing Mineral Resources Development Co., Ltd., Chongqing 401123, China)

Abstract: Wudi-1 is a geological survey well in Ermahu depression of Wuwei basin and the drilling project is located in the hinterland of Inner Mongolia Autonomous Region Tengger Desert with bad construction conditions. The main lithologies of upper Quaternary overburden are yellow sand and red fine sand with large thickness, being loose and easy to collapse. According to the drilling difficulties of Wudi-1, the measures were taken in site construction, drilling equipments selection, casing program, and drilling fluid, the experience has been accumulated for drilling construction in desert area.

Key words: desert area; overburden layer; casing program; drilling fluid; geological survey well for shale gas

0 引言

目前,随着常规油气资源不断枯竭和消耗,越来越多的目光开始转向页岩气。为了加快页岩气的开发利用,国家发改委和国家能源局研究制定了鼓励页岩气勘探与开发利用的政策,同时加大科技攻关力度,突破页岩气勘探核心技术,促进我国页岩气勘探开发步伐。2015年四川省煤田地质局一三七队受中国地质调查局油气资源调查中心委托,施工武威盆地儿马湖凹陷地质调查井武地1井钻井工程。该井位于内蒙古自治区腾格里沙漠腹地,虽然在该沙漠区域无其它钻孔资料及地质资料作为参考,但经过精心设计、严格管理,顺利完成了该井的施工任务,为沙漠地区页岩气钻井施工提供了经验。

1 项目概况及地质要求

1.1 矿区基本概况

武地1井位于内蒙古自治区阿拉善盟巴彦浩特镇以西的腾格里沙漠中(图1),周围并无高等级道路及铁路通过,交通条件较为不便,距离最近的补给站宁夏中卫市约150 km。该地区降水稀少,最高气

温45℃,最低气温-35℃;终年盛行西南风,主要害风为西北风,风沙危害为主要自然灾害。腾格里沙漠中的湖盆光热充足,地下水较丰富,埋深15~20 m,是沙漠内的绿洲。



图1 武地1井钻井地形地貌

1.2 地层情况

武地1井钻遇地层自上而下依次为:第四系(Q),第三系(R),白垩系巴彦浩特组(K_{1b}),侏罗系芬芳河组(J_{2-3f}),二叠系山西组(P_{1sh}),石炭系太原组(C_{2t})、羊虎沟组(C_{2y})、靖远组(C_{2j})(未穿)。

上述层位中,二叠系山西组和石炭系太原组为区内主要富有机质页岩发育层位。因区块构造运

收稿日期:2016-09-25

作者简介:尹亮先,男,汉族,1984年生,钻探公司副总经理,工程师,注册二级建造师,从事钻探项目管理工作,四川省达州市华蜀南路200号,yinliangxian1984@sina.com。

动频繁,断裂发育,破碎带、软硬互层及水敏地层等情况交替复杂多变;地处盆地,施工进入目的层山西组和太原组时,或是钻进时揭穿致密砂岩层,可能会有大量可燃气体伴随冲洗液上返,给钻探施工造成了一定的难度。

1.3 钻井技术要求

(1)设计井深2210 m,除第四系表土覆盖层,要求全井取心率 $>85\%$,页岩目的层段取心率 $>95\%$;

(2)平均井径扩大率 $\geq 15\%$;

(3)完钻口径 ≤ 96 mm;

(4)直井最大井斜 $\geq 3^\circ$,井眼曲率 $< 2^\circ/30$ m;

(5)井底位移 < 50 m。

2 钻井技术难点

2.1 沙层的不均匀沉降

沙层会导致透水流通、涌沙坍塌、穿透等问题,若基础工程设计不当或施工中无对应措施,有可能导致工程事故。如钻井施工前如果不对沙层基础进行加固处理,在钻井过程中可能会不均匀沉降,导致机台倾斜,严重的会造成钻塔倾覆,发生伤人事故。

2.2 第四系(覆盖层)厚度大

第四系井段为0~660.21 m,上部为松散的黄色砂土,下部为疏松的红色细砂,手捏即散(图2)。因其第四系松散浮砂堆积结构性差、颗粒间无胶结、力学性质不稳定,导致在第四系砂层中进行钻探施工,钻井内经常发生掉块、坍塌、缩径等井壁不稳定现象,严重的还会造成埋钻封门事故,造成钻井报废,影响钻探的进度及质量。



图2 武地1井第四系岩心

2.3 井斜控制难度大

地层倾角为 $0^\circ \sim 50^\circ$ 之间,为易倾斜地层,井斜控制难;并且地层软硬互层频繁,在钻进过程中,由

于钻井遇层角临界值的不同,会产生顶层进或是顺层跑现象,从而造成井斜增大。

2.4 目的层岩心采取率要求高

二叠系山西组和石炭系太原组为本井主要目的层,岩心采取率要求高。因山西组、太原组地层中均夹煤层,对岩心采取造成了困难。

2.5 井场防风、防沙尘问题

终年盛行西南风,主要害风为西北风,年平均风日70天左右,年平均风速 $3 \sim 4$ m/s,平均风力3级,2—3月份可能会出现8级暴风,风势强烈,风沙危害为主要自然灾害。

3 钻井施工技术

3.1 井场建设

(1)在距离井场100 m处,施工一口供水井,为场地建设、钻井工程施工提供生产用水。

(2)钻井井场开挖找平后(20 m \times 50 m),对场地抽水浇灌,采用水沉降密实法,加速整个井场沙层的自然沉降,增加沙层的密实度及承载力,防止施工过程中不均匀沉降造成的钻塔倾斜,自然沉降结束后,找平井场。

(3)井场填土石方料,厚度20 cm,采用压路机压实,极大减缓大风天气沙层移动填埋井场;井场中部开挖10 m \times 10 m \times 1.5 m池子(钻塔、钻机位置),填土石方料,压密夯实,增强地基的稳定性。

(4)按照钻机生产标准化要求,对场地进行功能分区,摆放钻杆、套管等材料。泥浆池、沉淀池、重泥浆储备池边缘硬化处理,并刻槽、拉毛,防止跌滑。

3.2 钻井设备

选择的主要钻井设备见表1。

表1 武地1井钻井设备

名称	型号	备注
钻机	XY-8	最大起重力300 kN,最大扭矩9247 N·m
泥浆泵	BW-320	最大排量320 L/min
钻塔	SGZ24	承载力500 kN
发电机组	SMDK-150GF	150 kW
钻具	JS122、JS98、JS75	绳索取心
液压钳	SQ114/8	额定扭矩8.0 kN·m,适用范围 $\varnothing 59 \sim 114$ mm

3.3 普通硬质合金钻进和绳索取心钻进工艺

由于武地1井地层的特殊性,依据地质岩心钻探钻具口径系列,采取普通硬质合金钻进与多级绳

索取心钻进工艺相结合的工艺方式。钻具组合及套管尺寸见表 2, 井身结构如图 3 所示。

表 2 钻具组合及套管尺寸

钻具组合	钻头类型	钻头外径/mm	套管尺寸/mm	备注
一开	硬质合金钻头	170	Ø168 × 6.00	隔离上部沙层, 并用水泥固井, 为完井后处理 Ø114.3 mm 套管提供井壁支撑
二开	硬质合金钻头	150	Ø146 × 4.50	
三开	薄壁金刚石钻头	122.5	Ø114.3 × 6.35	隔离沙层
四开	金刚石绳索取心钻头	98.5	Ø114.3 × 6.35 Ø91 × 5.8	隔离第三系地层
五开	金刚石绳索取心钻头	77.5		

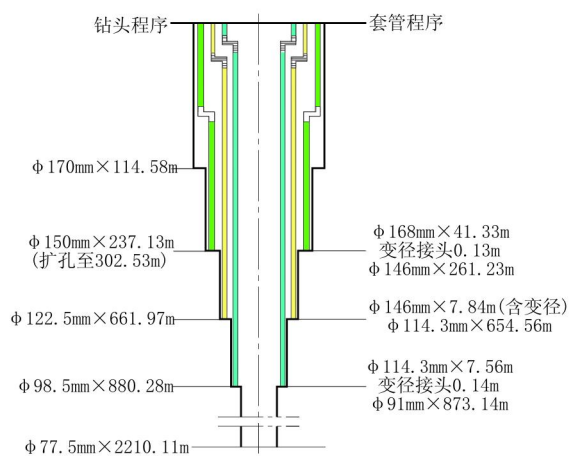


图 3 武地 1 井井身结构示意图

一开、二开采用普通硬质合金钻进, 硬质合金钻头唇面较小, 钻进过程中很大程度上减少了对沙层的磨蚀扰动, 减缓了上部孔壁扩大率。

钻至井深 237.13 m, 未见基岩, 岩性为红色细砂, 为预防单管钻进频繁起下钻具抽吸作用对井壁的扰动而引起井壁垮塌, 另外也预防上部第四系在钻井液中浸泡时间过长, 可能造成井壁不稳, 换用 JS122 绳索取心钻进工艺 (使用薄壁金刚石钻头), 利用绳索取心的钻进优势, 快速穿过第四系覆盖层, 钻至井深 660.21 m 处见基岩, 钻至井深 661.97 m, 下入护壁套管。

四开采用 JS98 金刚石绳索取心钻进, 揭穿第三系后, 起钻更换薄壁金刚石钻头, 钻杆涂抹黄甘油, 直接将钻杆作为套管下入井内, 做为技术套管储备。在继续钻进过程中, 如再次遇局部地层复杂, 还可以在不起钻的情况下继续钻进追加技术套管, 减少了事故的发生, 为钻孔顺利完工提供了有利的保障。

3.4 防斜及岩心采取

3.4.1 井斜预防控制措施

确保安装质量, 保证“天车、回转器、井口”三点一线。立轴要同心, 不能有旷动, 在钻进过程中要经常检查和校正钻机水平。

第四系地层、沙层无胶结, 钻进时采用大压力小泵量, 快速突进。

进入基岩后, 针对易倾斜地层 (倾角 $25^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 之间的地层), 采取适当降低钻进压力、提高转速的方式来控制井斜。具体操作方式为: 先控制回次进尺为 3 m / (2.5 ~ 3 h), 记录每回次的钻进压力、转速、泵量, 每钻进 25 ~ 30 m, 使用 JTL-40FW 型陀螺测斜仪进行定点测斜, 当井斜突然增大或有增大趋势时, 应及时调整钻进参数, 适时减小钻压、增加转速; 如孔斜无增大或是较小的增幅, 则可以适当地增加钻压、转速来提高钻进效率。原则上提高钻进效率不能以井斜超标为代价。

如发现钻井偏斜超限, 应采取反钻或螺杆钻具纠正, 达到要求斜度后方可正常钻进。

3.4.2 岩心采取

基岩段: 内管总成下井前, 要认真检查取心钻具的完好性, 即内管的单动性、内钻头与外钻头的间隙、卡簧的有效性等, 不合格者严禁下井; 钻遇破碎带, 或发生岩心堵塞时, 应及时打捞内管, 防止岩心磨损; 取心困难时, 应限制回次进尺在 0.5 m 以内。

煤层段: 钻头采用二阶梯金刚石钻头, 该钻头接触煤层唇面较小, 在很大程度上减少了对煤层的磨蚀, 保证了煤样的采取成功率。其次, 该钻头在阶梯处设计斜水口, 钻井液经过内外管的间隙, 流经钻头时从阶梯处的斜水口流出, 避免了钻井液从钻头底部水口流出对煤样的冲刷。

3.5 钻井液

根据页岩气评价技术规范要求, 进入目的层钻进时, 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。在钻井施工前, 由于无其他地质钻井资料做参考, 只能针对施工区域黄沙进行室内小样实验, 实验室调配钻井液性能, 可保证在室内状态下沙粒成团不散。经过实验及施工操作对比, 提供了 3 种钻井液的配方。

3.5.1 低固相钻井液

(1) 开孔至井深 661.97 m, 岩性主要为松散的

黄色砂土和红色细砂,松散易垮塌。

钻井液配方:清水+8%~10%膨润土+0.5%~1%CMC+0.3%~0.5%纯碱+0.5%~1%仿磺化沥青+6‰低荧光封堵降滤失防塌剂。

性能指标:密度1.06~1.10 g/cm³,粘度40~55 s,API失水量8~12 mL,pH值8.0~9.0,泥皮厚度<1 mm。

(2)井深1190~2210.11 m,岩性主要以细砂岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、泥岩为主,部分岩层较为破碎。

钻井液配方:清水+5%~8%膨润土+0.5%~0.7%CMC+0.3%~0.5%纯碱+0.4%~0.5%仿磺化沥青。

性能指标:密度1.05~1.08 g/cm³,粘度24~35 s,API失水量6~10 mL,pH值8.0~9.0,泥皮厚度<1 mm。

3.5.2 无固相钻井液

井深661.97~1190 m,岩性主要以粗砂岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩、中砾岩及泥岩为主,岩石较为完整,采用无固相钻井液。

钻井液配方:清水+0.1%~0.15%PHP+0.3%~0.5%高效润滑剂+1.0%~2.0%仿磺化沥青。

性能指标:密度1.01~1.03 g/cm³,粘度18~24 s,pH值7.5~8.0。

在不同井深段采用无固相和低固相钻井液,密度合理,基本满足了钻进工艺的要求,在后续的施工钻进中,只有局部井段产生掉块,没有影响正常钻进;同时泥浆粘度适当,保证了前期细砂的携带和沉淀;合理的钻井液配比及参数,为武地1井钻井顺利竣工提供了保障。

3.6 防风

(1)井场分区后,要进行封闭包裹,为防止沙土进入泥浆池、沉淀池等沉淀后影响钻探施工,在井场周围张挂防沙网,高度6 m以上,定期检查防沙网外黄沙的堆积情况,达到一定高度时及时清除。

(2)收集近3年气象资料,对大风、沙尘、扬沙等极端天气分布做统计,并手机订阅本区域天气预报信息,提前做好预防措施。

(3)若遇大风预警天气,应提前卸下塔衣;将钻具下至孔内安全位置,用提引器吊住;扎好井口,防止风沙倒灌井口;采用遮尘布包裹机械设备,防止风沙进入发动机中影响工作;人员撤之生活区待命,不

得随意出门走动。

4 钻井施工效果

经过精心设计,严格组织管理,井队努力克服外部施工环境恶劣的困难,顺利安全完成了武地1井施工。完钻井深2210.11 m,台月效率389.79 m,目的层岩心采取率98.19%,完钻井斜2.8°。通过钻探探明该区域地下深部地质构造形态,为地层划分提供了依据。并且在进入目的层后为该实验井单孔页岩气资源含量数据提供了岩样,为武威盆地页岩气区块资源潜力评价和有利区优选,提供了第一手资料。

5 结语

(1)生产实践证明,钻前井场建设及钻井液小样实验,预防了地基的不均匀沉降及井壁垮塌,减少了井内事故发生,保证了武地1井顺利竣工。

(2)沙漠地区施工,应充分做好后勤保障工作,减少因待料而造成工期延误;做好灾害天气的预防工作,避免发生人员财产损失。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 易强忠,廖国平,李绍河,等.云南盐津页岩气调查盐津1-2井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):68-75.
- [3] 邹泓荣.沙层对基础不利影响的工程实例[J].建筑技术,2005,36(3):215-216.
- [4] 瞿育峰,仲崇龙,刘峰.羌塘盆地羌资-14井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):92-95.
- [5] 董国明,郑思光,赵志杰.河北省古马铁矿深孔岩心钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(5):26-30.
- [6] 张宝河,王政敏,边鹏,等.哈达门沟深孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):14-18.
- [7] 祁新堂,冯军山,李耀辉,等.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):19-22.
- [8] 靳红兵.卢氏柳关铅锌矿区钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(6):35-37.
- [9] 米合江,张飞.新疆页岩气调查井淮页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.
- [10] 向昆明,尹亮先,李胜,等.重庆页岩气参数井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):31-33.
- [11] 李胜,尹亮先,章术,等.Ø75 mm双管单动采煤管在薄煤层及粉煤钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):50-53.
- [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.