

油气基础地质调查井新柯地 1 井工程设计

李正前^{1,2}, 罗宏保^{1,2}, 薛晓彤^{1,2}

(1.中国地质科学院探矿工艺研究所,四川成都 611734; 2.中国地质调查局地质灾害防治技术中心,四川成都 611734)

摘要:以新柯地 1 井钻井工程设计为例,简述了工程设计的一般要求和原则,对新柯地 1 井工程设计的难点、钻井结构设计、钻机选型和设备要求、钻具组合和钻进参数、钻井液、固井、井控设计、录井、测井以及钻井工程施工情况进行了介绍。

关键词:地质调查井;工程设计;钻进参数;井控设计

中图分类号:TE242;P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)08-0039-05

Engineering Design of Xinkedi Well - 1 for Oil and Gas Basic Geological Survey/LI Zheng-qian^{1,2}, LUO Hong-bao^{1,2}, XUE Xiao-tong^{1,2} (1. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. Technical Center for Geological Hazard Prevention and Control, CGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Taking the drilling engineering design of Xinkedi well - 1 as an example, the paper briefly describes the general requirements and principles of the engineering design and introduces the difficulties in engineering design, drilling structure design, drilling machine selection and equipment requirements, drilling tool combination and drilling parameters, drilling fluid, well cementing, well control design, logging, logging and drilling engineering construction.

Key words: geological survey well; engineering design; drilling parameters; well control design

0 引言

油气基础地质调查井的部署目的是查明地层序列、验证地球物理信息、验证烃源岩的存在性,确定烃源岩的规模。一般要求全井段或目的层取心。小口径地质调查井井深一般为 1500 m,完钻原则为钻穿目的层 10~20 m,完钻口径 ≤ 75 mm。应进行录井、测井工作,录井包括岩心编录、气测录井、钻时录井、荧光录井等。取心要求参照《井筒取心质量规范》(SY/T 5593-2016)、《钻井取心作业规程》(SY/T 5347-2016)和《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227-2010)的有关规定执行。

地质调查井工程设计,以地质设计为依据,从工程的目的出发,按照地质调查的需要和收集的客观地质条件,以技术和经济统一的全局观出发对各种问题通盘加以考虑,做出科学合理的全面部署,确定需达到的质量技术要求、安全环保要求、实现目标的技术路径。使施工活动能够有计划地达到优质、低

耗、高绩效完成,使施工活动能够有力地支撑油气基础地质调查和基础地质研究。

本文以新柯地 1 井工程设计为例,简要阐述油气基础地质调查井工程设计的一些初浅认识。

1 地质设计简述

一般地,地质设计包括钻井基本数据、井区自然地理情况、区域地质简介、调查工作程度、钻井部署依据及目的(完钻层位及原则、如有重大油气显示的完井方法)、地层分层预测及岩性简述、钻井液要求、测井要求、录井要求等内容。

新柯地 1 井是部署在塔里木盆地西北缘柯坪冲断带东北部的第一口油气基础地质井。新柯地 1 井的钻探目的是更深层次的了解柯坪冲断带温宿凸起南缘地区寒武系、震旦系地层的地下发育状况,对于评价温宿凸起地区以及整个柯坪冲断带烃源岩的形成条件和分布都具有指导和借鉴意义。设计钻穿震

收稿日期:2018-07-01

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“塔里木盆地西南与东南拗陷油气基础地质调查(中国地质科学院探矿工艺研究所)”(编号:DD20179073)

作者简介:李正前,男,汉族,1969年生,高级工程师,探矿工程专业,从事探矿工程技术工作,四川省成都市郫都区现代工业港(北区)港华路 139 号,292270557@qq.com。

且系,达到钻井设计深度后完钻。

2 钻井工程设计

2.1 资料收集与难点分析

该区的地质调查工作开展较早,但勘探程度较低,多数是路线调查,因此在调查报告中对区内地层、构造和矿产只是略有涉及,周围 30 km 没有临井可以参考,设计的不确定性大。由于新柯地 1 井井位处于阿克苏—喀什地震带,该区褶皱和冲断构造变形同时存在,挤压走滑和逆冲推覆作用都很强烈,形成如今的地质地貌特点。梳理这些地质演化过程,钻井工程可能有以下技术难题。

(1)地层高陡斜,肖尔布拉克露头群和苏盖特布拉克露头群地层倾角相对较缓,也有 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。井斜,尤其是小井眼钻进的井斜难以控制。

(2)地层破碎,有古近多条断裂构造。井壁不稳定,易造成掉块卡钻事故。易发生井漏产生事故。

(3)碳酸盐岩储层溶蚀孔洞、裂缝发育,常出现放空、井漏、井涌等。

针对易斜和漏失两大难点的应对措施:一是综合治理,在井身设计、工艺选择、钻井液设计时予以综合考虑,以防为先;二是选择专项措施,针对易斜地层选择“满、刚”钻具组合以及准备纠斜工具,针对漏失问题准备多种堵漏工艺;三是工艺操作,勤测量,多观察,操作动作精益求精。

2.2 钻井结构设计

井身和套管结构设计要满足以下设计原则。

(1)满足基础地质调查研究的目的。井径要能确保有效岩心的直径、其他录井参数的获取、测井条件的满足。

(2)必封点。根据地质设计提供钻遇地层、含油气目标地层等内容,本井必封点设置必须考虑封堵漏失、垮塌地层以保证作业安全,同时对目标地层可能的油气发现进行保护。

(3)钻井综合管理,事故预防和处理。地层的不确定性,以往工作程度低的未知性,井身结构需留有余地。

(4)井控安全。地层压力未知,不能确保一次井控的安全,需预留进行二次井控的余地。

根据上述原则,结合地质设计,新柯地 1 井设计的井身结构和套管程序见图 1。

2.3 钻机选型及设备要求

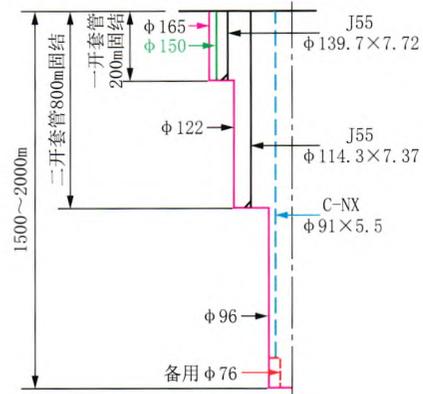


图 1 新柯地 1 井井身结构示意图

最大负荷预测:本井设计井深 1500 m。按 1500 m 钻具 14 kg/m 校核计算负荷 210 kN,再附加处理事故 30% 的余力。

根据钻机选型原则,要求设计井深应在钻机名义钻深范围之内且最大工作钩载应不大于所选钻机实际最大钩载的 80%,同时依据项目钻探目的、井深结构、钻井工程质量要求,选择 HXY-8B 型钻机,SG24 型钻塔,BW300/16 和 BW280/30 型泥浆泵。HXY-8B 型电驱动钻机,最大起重力 300 kN,主要用于地质调查,金属、非金属固体矿床勘探金刚石小口径取心钻进,可用于大口径油气勘探孔及工程钻孔施工。

2.4 钻具组合及钻进参数选择

钻具组合及钻具选择首先需要确定钻进方法,根据钻进方法确定钻具的选取,总体要求是符合地层需要,按照质量、效率、安全、成本综合考虑进行优选,在施工过程中可以根据实际情况进行优化。

新柯地 1 井主要选择绳索取心钻进技术,能兼顾时间经济效率和安全绩效的要求。建议钻进方法和钻具组合如下。

一开:采用 $\varnothing 150$ mm 普通金刚石取心钻进, $\varnothing 165$ mm 扩孔后固井。钻具组合 $\varnothing 150$ mm 金刚石取心钻头+下扩孔器+ $\varnothing 146$ mm 外管+上扩孔器+ $\varnothing 148$ mm 稳定器+ $\varnothing 127$ mm 短加重钻铤+ $\varnothing 60$ mm 钻杆。

二开:采用 $\varnothing 122$ mm 绳索取心钻进,下 $\varnothing 114.3$ mm 套管井底固结(根据地层压力情况,试压不满足井控要求,则按固井要求固井)。 $\varnothing 122$ mm 绳索取心钻头+下扩孔器+绳索取心钻具+上扩孔器+ $\varnothing 114$ mm 绳索取心钻杆。

三开:采用 $\varnothing 96$ mm 绳索取心钻进,争取钻至

完井井深。 $\varnothing 96$ mm 绳索取心钻头+下扩孔器+绳索取心钻具+上扩孔器+ $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻杆。

四开(备用):遇特殊情况,在三开井段下 $\varnothing 89$ mm 套管并井底固结,四开完钻。 $\varnothing 75$ mm 绳索取心钻头+下扩孔器+绳索取心钻具+上扩孔器+ $\varnothing 73$ mm 绳索取心钻杆。

钻进参数根据地层状况随时调整:一般地,在较软地层钻进,采用高转速、大泵量和适当的压力;在坚硬的研磨性强的岩层钻进,则采用大钻压和适当的转速和泵量;在裂隙发育的破碎岩层和研磨性强的岩层钻进,则采用小钻压、中低转速和适当的泵量。在深孔钻进时,为保证孔内安全,则要限制转速和钻压。

施工操作的要点是控制好孔内压力平衡,捞取岩心及起下钻时必须采取冲洗液回灌措施,并根据地层的实际情况,控制捞取岩心及起下钻的速度,防止孔内压力失衡造成孔壁坍塌。

金刚石钻进规程参数的特点是高转速、小泵量和适当压力。在低固相钻井液钻进条件下,为避免钻杆内结泥皮,应限制钻具转速。钻进规程参数参考表 1。

表 1 钻进规程参数(推荐)

口径/ mm	钻压/kN	转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	泵量/ ($L \cdot \min^{-1}$)
76	6~11	400~850	40~65
96	一般 8~12,最大 15	260~520	50~80
122	一般 10~17,最大 20	350~700	60~100
150	11~14	220~440	80~120

2.5 钻井液设计

依据地质设计所提供的地层层序、岩性剖面、对钻井液的要求等资料和井身结构设计钻井液体系。设计原则是使用的钻井液应有利于快速和安全钻井;有利于环境保护;有利于发现和保护环境;有利于地质资料录取;有利于复杂情况的预防和处理。

新柯地 1 井设计采用水基粘土钻井液,钻井液性能要求保持低固相、强抑制、较低的滤失量、薄而韧的泥皮、优良的造壁性和润滑性,以及良好的流变性,保证安全快速钻进,主产层井段以有利于保护储层为目的进行选型。钻井液类型选择在一开以有利于快速、安全钻井为原则;二开、三开井段以防塌、润滑防卡和保护储层为目的进行选型。

建议新柯地 1 井分段钻井液类型和基本性能参

数如下:

一开采用低固相聚合物钻井液。其基本配方为:3%~4%膨润土+0.1%~0.3%纯碱+0.5%~0.8%水解聚丙烯酰胺+0.5%K-PAM+0.5%~1% NH_4 -HPAN+1%~3%增粘护壁剂。其基本性能参数: $\rho=1.02\sim 1.05 \text{ g/cm}^3$, $FV=18\sim 22 \text{ s}$, $FL<15 \text{ mL}$,泥皮厚 0.5~0.1 mm,pH 值 8~9, $PV=8\sim 12 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, $YP=3\sim 8 \text{ Pa}$ 。

二开、三开采用 KCl 聚合物防塌钻井液。其基本配方:3%~5%膨润土+0.3%~0.5%聚合物包被剂+3%~5%氯化钾+1%~2%聚合物降失水剂+2%~3%聚合醇+2%~3%乳化沥青+3%~5%高效液体润滑剂+加重剂。基本性能参数: $\rho=1.02\sim 1.20 \text{ g/cm}^3$, $FV=20\sim 28 \text{ s}$, $FL<10 \text{ mL}$,泥皮厚 0.8~0.3 mm,pH 值 9~10, $PV=10\sim 15 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, $YP=4\sim 10 \text{ Pa}$ 。

2.6 固井设计

根据地质调查井稳定井壁和安装井控装置的需要,依据地质设计所提供的地层层序、岩性剖面、对钻井液的要求等资料和井身结构进行固井设计。确保井控装置的安全有效。设计一开套管必须固井,达到井控试压要求;二开套管根据试压情况选择井底固结或全固。

2.7 井控设计

钻井过程中,当井内钻井液液柱压力低于地层孔隙压力,就会失去地层-井眼系统的压力平衡,发生井涌或井喷。为了实现钻井的压力控制,对事故进行预防、检测、控制,实现安全钻井,必须进行井控设计。井控设备的作用是预防井喷、发现溢流、实现控制、失控处理等。井控设备组包括井口装置、地面管汇和控制装置。

对于钻井压力控制的装备和操作,地质调查行业目前没有相关标准,一般按石油天然气井控安全规定(企业标准)的要求执行。三开垂深 1500 m,考虑调查井深度不确定性,按不超过 1750 m 计算,此地区无参考地层压力,参考石油同类深度地压梯度 1.15 MPa/100 m 计算地层压力为 20.12 MPa。选用 2FZ18-21 双闸板防喷器。

井口装置及地面管汇包括:双闸板防喷器、四通、节流管汇、压井管汇、放喷管线等(见图 2、图 3)。

控制装置包括:远程控制器,司钻控制台。

井控安全与地质调查目的油气发现是一对矛盾,

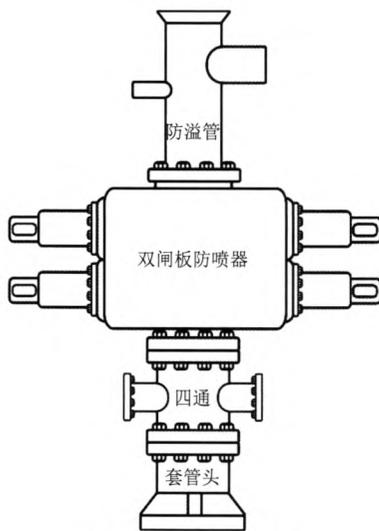


图2 井口装置示意图

需要找到平衡点,在设计中要明确施工过程的控制是一个不断反馈和调节的过程,在保证安全的前提下,尽量使用低密度压力控制,以更多发现地质信息。

3 录井工程设计

设计调查井是全取心地质调查井,保证岩心采取率和及时正确的岩心编录是获取第一手地质资料、地层含油气显示的关键环节。同时以气测录井作为辅助手段,能及时正确发现储层发育层段。为了及时反馈施工中的信息,设计要求进行钻时录井和钻井液录井。

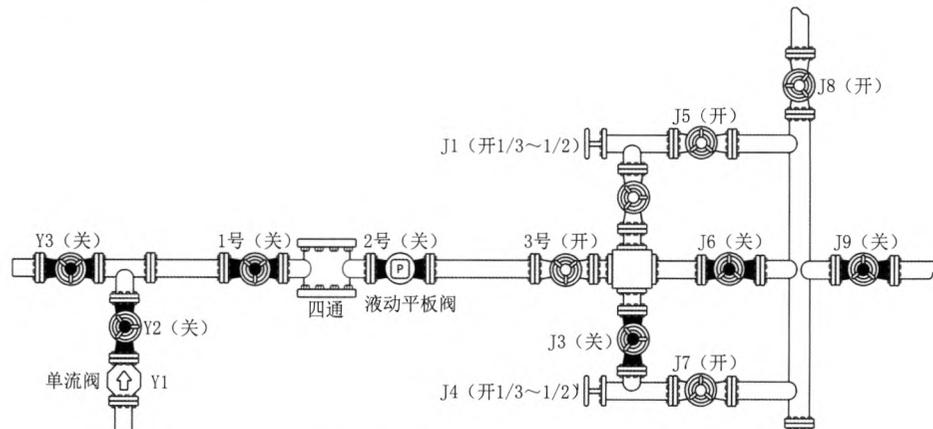


图3 21 MPa节流、压井管汇示意图

4 测井工程设计

测井工程的目的是解释岩性和气水层,为选择试气层位及综合研究提供依据。采用先进的测井系列进行组合测井和综合测井。

测井主要参照《页岩气勘探开发相关技术规程》(征求意见稿)及中联煤层气有限责任公司颁发的《煤层气测井作业规程》(Q/CUCBM-2002)的要求进行。估算目的层段含气量和工业分析质量百分含量。估算地层中砂、泥、水的体积百分含量。评价目的层的渗透性、含水性。对目的层的力学性质、渗透性、含水性进行分析。划分水层和其它有用矿层并进行分析评价。

各种仪器设备均应按说明书和规范要求进行调校、测试与刻度,确保仪器性能良好、工作正常。用于定量解释的补偿密度、补偿中子、自然伽玛的刻度应在刻度井中进行。测井原始数据记录中应含该孔

使用仪器设备的调校、刻度成果资料、井场校验资料。

5 新柯地1井钻井施工简况

新柯地1井于2017年8月18日开钻,2017年11月8日完钻。因达到地质设计目的完钻井深1050.1 m。钻井周期83.23 d,全井平均机械钻速0.64 m/h,台月效率379.06 m。

各开次及套管情况: $\varnothing 219$ mm 导管钻进0~19.80 m,一开 $\varnothing 150$ mm 钻进19.80~47.10 m,二开 $\varnothing 122$ mm 钻进47.10~335.50 m,三开 $\varnothing 96$ mm 钻进335.50~1050.10 m;套管程序 $\varnothing 180$ mm 套管 $\times 19.80$ m, $\varnothing 146$ mm 套管 $\times 47.10$ m, $\varnothing 114$ mm 套管 $\times 335.50$ m。

新柯地1井施工最大难点是井漏的预防与封堵。新柯地1井几乎全井漏失,漏失层位主要是肖尔布拉克、玉尔吐斯组,漏失原因为地层裂隙发育且

规模较大。裂隙几乎顺钻孔轨迹走向,多为应力挤压破碎形成,中间无胶结物。

施工过程中采用了多种堵漏方法,但见效甚微。

(1)水泥封堵:导管与一开钻进中,效果明显。但候凝时间长,生产效率低。后加入早强剂或石膏,虽然在一定程度上缩短了候凝时间,但仍需要等待 12~20 h。随井深加深、裂隙增大,水泥浆几乎顺裂缝流失,无法进行封堵。且裂隙纵向发育,封堵的长度太短,钻开即漏,效果不好。

(2)套管隔离:属于最有效的隔离封堵手段。但受限于设备与工艺方法。本井一开设计钻进至 200 m 左右,实际施工至 47.10 m,因多次水泥封堵无效,采用套管隔离实属无可奈何。

(3)桥接堵漏材料:在封堵过程中,存在颗粒小无法封堵、颗粒大无法进入裂隙两种情况。通过调整比例加入各类型大小不一的骨架材料,配置成高粘堵漏剂泵入或灌入漏层静止或憋压堵漏,但堵漏效果不佳。

(4)强钻:三开至完钻全部采用顶漏强钻穿过震旦系奇格布拉克组、苏盖特布拉克组进入长城系。此井的施工为在此地区进行调查钻井提供了宝贵的经验。

6 结语

新柯地 1 井的钻井工程设计经过专家组的论证

通过后,有效地指导了新柯地 1 井的施工,取得了较好的施工效果,满足了地质调查的需要。为今后的油气或页岩气地质钻探工程设计提供了一些参考。

对于该地区钻井的漏失规律和有效治理,特别是小井眼绳索取心钻进的漏失治理还有很多方面需要总结和完善。

参考文献:

- [1] 孙智超,白忠凯,杨有星,等.塔里木盆地西北缘新柯地 1 井地质设计[R].2017.
- [2] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [3] GB/T 16951-1997,金刚石绳索取心钻探钻具设备[S].
- [4] SY/T 6426-2005,钻井井控技术规程[S].
- [5] 张伟,胡时友,等著.汶川地震断裂带科学钻探项目的钻探工程[M].北京:地质出版社,2016.
- [6] 赵远刚,樊腊生,李前贵,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-4 孔套管护壁技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):109-113.
- [7] 朱旭明,张晓西,翟育峰,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-4S 孔取心钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(12):1-5.
- [8] 吴金生,张伟,李旭东,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-4 孔钻探施工概况和关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):120-125.
- [9] 张统得,陈礼仪,贾军,等.汶川地震断裂带科学钻探项目钻井液技术与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):139-142.
- [10] 李前贵,李旭东,贾军,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-2 孔防漏固井技术研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):39-40,44.