

# 定向井处理粘吸卡钻事故的技术方法

李振杰, 徐云鹏

(天津地热勘查开发设计院, 天津 300250)

**摘要:** HDR29D 地热井施工中发生了粘吸卡钻事故, 给钻井施工带来了困难。经过分析卡钻原因、研究解卡方案, 配制了解卡剂, 解决了棘手的粘卡问题。根据该井的实际情况, 对定向井粘吸卡钻事故原因、处理方法进行分析总结。

**关键词:** 地热井; 定向井; 粘吸卡钻; 解卡剂

**中图分类号:** TE249 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)06-0024-04

**Treatment Technology for Drilling Pipe Sticking Accident in Directional Well/Li Zhen-jie, XUN Yun-peng** (Tianjin Geothermal Exploration and Development Designing Institute, Tianjin 300250, China)

**Abstract:** Drilling pipe sticking accident occurred in HDR29D geothermal well, which was overcome by the accident cause analysis, stuck-releasing scheme study and stuck-pipe freeing agent compounding. The paper summed up the causes of drilling pipe sticking in directional well and the treatment method.

**Key words:** geothermal well; directional well; drilling pipe sticking; stuck-pipe freeing agent

作为一种可再生能源, 因其可持续性、清洁、环保等优势, 得到世界上众多国家和地区的高度重视。天津市自上而下分布有陆相碎屑沉积层的新近系热水系统和海相碳酸盐沉积层的基岩热水系统, 地热资源丰富, 利用地热改善生活条件, 同时减少燃煤等造成的污染是天津市城建工作中一项重要举措, 经过多年的开发利用, 已呈现出良好的发展态势。

天津市武警指挥学院新校区坐落在河东区卫国道, 其新建教学楼、宿舍楼的建筑面积为  $1.3 \times 10^5 \text{ m}^2$ , 为解决该院内建筑冬季供暖问题, 2009 年上半年已经施工完成 HDR30 地热开采井, 根据天津市地热资源管理的规定, 地热利用须采用“采灌结合”的开发模式, 因此继续施工回灌井。HDR29D 地热回灌井为定向井, 设计完井层位为中元古界蓟县系雾迷山组。该井在实际施工中出现了粘吸卡钻事故, 笔者在处理这起粘吸卡钻事故中汲取了宝贵的经验, 为以后事故处理提供了依据。

## 1 工程概况

HDR29D 井施工区域属于新生代冲积平原, 该井揭露的地层从新到老为: 新生界第四系、新近系明化镇组, 古生界奥陶系和寒武系, 元古界青白口系和蓟县系。该井成井热流体温度  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , 热流体流量  $80.83 \text{ t/h}$ , 为一口优质井。成井井身结构见表 1, 地

层情况见表 2。

表 1 井身结构表

开次	井径/mm	底板斜深/m	套管直径/mm	套管下入深度/m
一开	444.5	400	339.7	400
二开	311.2	1182.5	244.5	1182.5
三开	215.9	2735.1	177.8	2735.1
四开	152.4	3260		裸眼完井

表 2 实际地层厚度、深度与设计深度对比表

地 层	设计(垂深)		实际(斜深)	
	厚度/m	底板深度/m	厚度/m	底板深度/m
第四系	430	430	400	400
新近系明化镇组	730	1160	782	1182
古生界奥陶系	210	1370	76	1258
古生界寒武系	1080	2450	1272	2530
元古界青白口系	250	2700	182	2712
蓟县系雾迷山组	500	3200	548	3260

主要地层及岩性特征如下:

(1) 第四系(Q):  $0 \sim 400 \text{ m}$ , 厚  $400 \text{ m}$ , 上部盖层主要为耕植土, 灰色、棕黄色粘土, 含植物根茎, 往下岩性特征为黄色、浅灰色粘土和粉细砂层及薄层浅灰色砂质粘土互层, 粉砂层厚度较大。

(2) 新近系明化镇组(Nm):  $400 \sim 1182 \text{ m}$ , 厚  $782 \text{ m}$ , 上部主要为泥岩和灰白色、灰绿色粉细砂岩互层, 泥岩上部主要为棕黄色, 往下渐为浅灰色、灰绿色, 总体上砂岩厚度要大于泥岩, 往下泥岩厚度渐增,  $1052 \text{ m}$  以深以灰绿色泥岩为主, 成岩性好, 偶夹

收稿日期: 2010-01-28

作者简介: 李振杰(1962-), 男(汉族), 天津武清人, 天津地热勘查开发设计院技术负责、工程师, 钻探专业, 从事地热钻探工作, 天津市河东区卫国道 189 号。

有粗砂和钙质结核。

(3)奥陶系(O):1182~1258 m,厚76 m,灰白色,夹点棕黄色、白色泥灰岩,夹白色和黄色的方解石条带和较多的白色泥质,性脆,滴酸反应剧烈,底部夹有极薄层的暗棕红色泥岩,或为裂隙充填,上部揭露风化壳时,有小渗漏。

(4)寒武系( $\epsilon$ ):1258~2530 m,厚1272 m,分上寒武统、张夏组和馒头组。

①上寒武统:1258~1608 m,1258~1426 m为灰紫色、灰绿色、暗紫色的致密页岩、泥岩,夹灰紫色、灰白色泥灰岩,上部有薄层砂岩,页岩性脆,岩屑呈小片状,表面平整光滑,有油脂光泽,可钻性差;1426~1608 m为灰紫色、棕红色、深灰色的泥页岩,下部有少量翠绿色,上部泥岩厚层状,偶夹有薄层棕红色的细砂岩和砂质页岩,泥岩段造浆严重,下部红色泥岩可轻微染手。

②张夏组:1608~1996 m,浅灰绿色、灰绿色、绿灰色灰岩、白云质灰岩,夹少量棕红色白云质泥岩,夹有薄层状的翠绿色、灰紫色页岩,砂质页岩和砂岩,夹较多的方解石条带,红色泥岩色泽鲜艳,易染手,造浆严重。

③馒头组:1996~2530 m,其中1996~2192 m为棕红、暗棕红色,少量灰色白云质泥岩,性软,造浆,局部有薄层状的棕红色细砂岩;2192~2530 m以紫红色、暗棕红色白云质泥岩为主,夹浅灰色、灰白色的白云质灰岩,上部夹薄层的鲕状灰岩,下部泥岩易染手,灰质成分含量渐多,底部有少量翠绿色泥岩,质硬,滴酸不反应或微弱反应,单层厚度小,可钻性差,钻进过程中频繁跳钻。

(5)青白口系(Qb):2530~2712 m,厚182 m,分景儿峪组和龙山组。

①景儿峪组:2530~2644 m,蛋青色、棕红色泥灰岩,以隐晶质结构为主,厚层状,岩屑多呈片状和粗砂状,滴酸反应剧烈,中部夹有厚层状白色、透明状的灰岩,近底部夹有薄层状的棕红色白云质泥岩,滴酸不见反应。

②龙山组:2644~2712 m,以粉砂岩、粉细砂岩为主,上部灰绿色,中部呈灰白色、白色透明状,少量棕黄色,致密胶结,下部为棕红色泥页岩和白色砂岩互层。

(6)蓟县系雾迷山组(Jxw):2712~3260 m,未穿,灰白色,少量棕黄色厚层状、巨厚层状的白云岩、细砂状白云岩,质硬,微晶质结构,滴酸反应微弱或不反应,上部夹有少量薄层红色泥岩,或为裂隙充

填,漏失层集中在上部,最大漏失量4~5 m<sup>3</sup>/h。

发生粘吸卡钻事故层位为青白口系。

## 2 事故经过

该井 $\varnothing 339.7$  mm套管下深400 m, $\varnothing 244.5$  mm套管下深1182.5 m, $\varnothing 215.9$  mm钻头钻达2661.01 m,起钻时在2601 m发生粘吸卡钻事故,此时大钩悬重84 t,钻井液密度1.10 g/cm<sup>3</sup>,循环泵压6 MPa,钻具结构为: $\varnothing 215.9$  mm钻头+ $\varnothing 159$  mm钻铤(内径71.44 mm)146 m+ $\varnothing 127$  mm(内径108.6 mm)钻杆2455 m。经大于840 kN拉力多次上下活动,求得平均拉力226.7 kN,量得钻具平均伸长74.33 cm。

## 3 事故处理

经过分析研究,决定采用解卡剂浸泡解卡的方法。采用此方法须首先算准卡点深度,然后计算出解卡剂的用量,配制解卡剂需要的各种材料的量及配制方法,并将解卡剂打入预定位置。

### 3.1 计算卡点深度

根据卡点深度计算公式:

$$L = K(e/P)$$

式中: $P$ ——连续提升时平均拉力, $P = 22.67$  t;  
 $e$ ——连续提升时平均伸长, $e = 74.33$  cm; $K$ ——钻杆系数, $\varnothing 127$  mm $\times 9.19$  mm钻杆 $K = 715$ 。

计算得出卡点深度为2344 m。

### 3.2 计算解卡剂用量

为保险起见,考虑泡过卡点100 m,即解卡剂管外液面为2244 m,预留顶替量3.5 m<sup>3</sup>,则:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = 0.785 kH(D^2 - d_1^2)$$

$$Q_2 = 0.785 d_2^2 H$$

式中: $Q$ ——解卡剂总量,m<sup>3</sup>; $Q_1$ ——粘卡段环空容积,m<sup>3</sup>; $Q_2$ ——粘卡段管内容积,m<sup>3</sup>; $Q_3$ ——预留顶替量,m<sup>3</sup>; $k$ ——附加系数; $H$ ——粘卡段钻柱长度,m; $D$ ——钻头直径,m; $d_1$ ——钻铤或钻杆外径,m; $d_2$ ——钻铤或钻杆内径,m。

钻头直径为0.216 m,钻铤被卡长度146 m,外径为0.159 m,被卡钻杆长度为211 m,外径为0.127 m,附加量考虑为20%,即 $k$ 取1.2,因而,被卡钻具的环空容积按357 m长度计,则:

$$Q_1 = 1.2 \times 0.785 [(0.216^2 - 0.159^2) \times 146 + (0.216^2 - 0.127^2) \times 211] = 9 \text{ m}^3$$

顶替至最后,管内解卡剂液面不能低于管外解卡剂液面,顶替量  $Q_3$  定为  $3.5 \text{ m}^3$ ,  $\text{Ø}159 \text{ mm}$  钻铤内径  $71.44 \text{ mm}$ ,  $\text{Ø}127 \text{ mm} \times 9.19 \text{ mm}$  钻杆内径为  $108.6 \text{ mm}$ ,则管内容积为:

$$Q_2 = 0.785 \times (0.07144^2 \times 146 + 0.1086^2 \times 211) = 2.5 \text{ m}^3$$

总计解卡剂用量为  $Q = 15 \text{ m}^3$ 。

解卡剂液面在钻具内及钻具外的深度如图1所示。

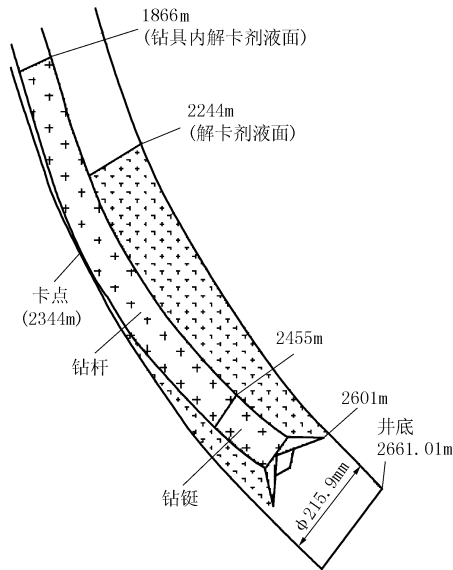


图1 事故井打入解卡剂及替浆示意图

### 3.3 解卡剂配制所需各种材料量及配制方法

这次配制解卡剂所用材料有柴油、解卡粉、清水、重晶石粉、快T等,其配制  $15 \text{ m}^3$  所需的量如表3所列。

表3 解卡剂材料及用量表

名称	材料规格	功用	$1 \text{ m}^3$ 解卡剂用量	$15 \text{ m}^3$ 解卡剂用量
柴油	0号	分散介质	$0.76 \text{ m}^3$	$11.4 \text{ m}^3$
解卡粉		解卡剂	166.67 kg	2500 kg
清水	淡水	分散相	$0.213 \text{ m}^3$	$3.2 \text{ m}^3$
重晶石粉	密度 $4.0 \text{ g/cm}^3$ , 细度 200 目以上	加重剂	0.33 t	5 t
快T	渗透力为标准品的 $(100 \pm 5)\%$	润湿、渗透、乳化	26.67 kg	400 kg

按照表3配方进行配制,首先向泥浆罐加入  $11.4 \text{ m}^3$  柴油,然后用混浆泵打入  $2500 \text{ kg}$  解卡粉,充分搅拌  $4 \text{ h}$  后,待解卡粉完全溶解,加清水  $3.2 \text{ m}^3$ ,搅拌  $1 \text{ h}$  后待搅拌均匀,用混浆泵打入重晶石粉  $5 \text{ t}$ ,加快T  $400 \text{ kg}$  充分搅拌,此时解卡剂密度为  $1.10 \text{ g/cm}^3$ ,与钻井液密度相当,配制完成。

### 3.4 替浆量计算及泵送解卡剂

在泵送解卡剂之前,要进行较准确的替浆量计算,从上述解卡剂用量计算得知,顶替量  $Q_3$  为  $3.5 \text{ m}^3$ ,其在  $5 \text{ in}$  钻杆内的返高  $h$  为  $378 \text{ m}$  ( $\text{Ø}127 \text{ mm} \times 9.19 \text{ mm}$  钻杆每米容积  $9.265 \text{ L}$ )。则钻杆内解卡剂液面深度为:  $2244 - h = 1866 \text{ m}$ ,地面管线(定值)内容积为  $0.362 \text{ m}^3$ ,需要替浆的钻杆长度为  $1866 \text{ m}$ ,则替浆量为  $1866 \text{ m} \times 9.265 \text{ L} + 0.362 = 17.65 \text{ m}^3$ 。

准备就绪后,首先用泥浆泵将  $15 \text{ m}^3$  的解卡剂泵入钻具内,然后打入  $17.65 \text{ m}^3$  替浆量,将解卡剂送到预定位置。

## 4 解卡剂浸泡效果

解卡剂泵送到位后,将钻具悬重  $84 \text{ t}$  下放到  $20 \text{ t}$ ,也就是下压  $64 \text{ t}$ ,静止  $30 \text{ min}$  左右,在没有顶替解卡剂及活动钻具之前,孔内钻具解卡,事故处理完毕。

此次事故处理的成功之处就在于整个处理过程,每个环节都有条不紊,事故发生后,卡点深度计算较准确,解卡剂的配方量及配制比较合理,解卡剂的用量及替浆量计算也较准确,这些均是事故处理成功的关键。在今后施工定向地热井中,要加强对此类事故的预防,做到防患于未然。

## 5 经验体会

### 5.1 粘吸卡钻原因分析

粘吸卡钻也叫压差卡钻,是钻井过程中常见的卡钻事故。我们总结多年从事钻井工作的经验,认为粘吸卡钻发生的主要内在原因为滤饼。

滤饼的形成有3种原因:第一是吸附,钻井液中的固相颗粒吸附在岩石表面,无论砂岩、泥岩都有这种特性;第二是沉积,钻井液在流动过程中,靠近井壁的流速几乎等于零,钻井液中的固相颗粒便沉积在井壁上,泥页岩井段的井径要比砂岩井段的井径大得多,沉积作用更为显著,所以泥页岩井段容易形成厚滤饼;第三是滤失作用,它加速了钻井液中固相颗粒在渗透性岩层表面的沉积,同时我们也注意到,泥页岩也有滤失性,而且是亲水物质,可以被水浸润,只要是水基钻井液,即使滤失量等于零,这个浸润过程也无法停止。只要有滤饼的存在,就有粘吸卡钻的可能,砂岩井段可以卡钻,泥页岩井段也如此,不过,泥页岩井段的井径往往是不规则的,和钻柱的接触面积比较小,所以粘吸卡钻的机会比较少一些。

形成粘吸卡钻的外在原因是地层孔隙压力和钻井液液柱压力的压差存在。在同一裸眼井段中,地层的孔隙压力梯度不会是统一的,而钻井液液柱压力总是要平衡该井段中的最高地层孔隙压力,对那些压力梯度相对低的地层会形成一个正压差。当钻柱被井壁滤饼粘吸之后,紧靠井壁一边钻柱的一侧所受的是通过滤饼传来的地层孔隙压力,另一侧所受的是钻井液液柱压力,如果后者大于前者,即有正压差存在,可将钻柱压向井壁,进一步缩小吸附面之间的间隙,增强了吸附力,并进一步扩大了钻柱与井壁的接触面积,往往容易形成粘吸卡钻。

该井发生粘吸卡钻的原因是滤失量过大,达到15 mL,致使井壁形成较厚松散的低性能滤饼,而且该井为定向井,钻具停留裸眼井内时间稍长,造成滤饼粘吸,引发这次事故。所以建议在施工中应严格控制失水量,提高滤饼质量,定向井作业要多活动钻具,防止钻具在同一点停留时间过长。

## 5.2 处理方法

在钻井过程中,一旦发生粘卡,需及时采取妥当的措施加以处理,尽快解卡,以便把损失减小到最小程度,解除粘卡的措施,可分为以下几个步骤。

(1)加大循环排量,同时大幅度活动钻具,包括上下活动钻具和转动钻具。

粘卡发生后,如果钻头位于井底,可在大钩负荷及钻具屈服强度极限的界限内逐步加大上提拉力并反复活动钻具,同时在钻具允许扭转圈数内转动钻具;如果粘卡时钻头距井底5 m以上,可以快速下放钻具同时配以强行转动钻具,由于刚卡时粘卡力较低,采取这样的措施有可能解卡,而且也可以避免卡点上移,降低钻具被卡长度及解卡难度。其次在不引起井塌、井漏的前提下,可尽量加大循环排量以避免沉积淤泥而增加泥饼厚度、扩大粘卡面积从而增加解卡难度。

(2)测定解卡位置。

具体现场操作方法是:上提钻具,其拉力稍大于钻具原悬重,记下此时的拉力和方入,同时在方钻杆或钻具上做方入记号。下放钻具至低于原悬重,再次上提使上提拉力大于上次100~200 kN,记下此时的拉力与方入,同时做方入记号。根据两次拉力差和两次方入之差值,运用上述卡点计算公式求得卡点。为了使卡点找得准确,可以多提拉几次,取其平均值计算。利用卡点公式求得卡点值存在一定误差,必要时需用电缆测卡仪。

(3)浸泡解卡液。

解卡液的作用是减少和收缩接触面积以及渗透进泥饼而降低或破坏泥饼。在实施前应保证地面设备运转正常,保证浸泡一次完成,不中断。本井采用解卡液解卡,取得了很好的效果,且成本较低。

## 6 结语

当前,由于城市经济快速发展的要求,对能源的需求越来越大,新能源开发已成为世界关注的热点。地热资源可以带给我们福利和欣喜,同时由于其勘探开采的施工过程是困难重重、暗藏风险的,就要求我们在实践中吸取教训、积累经验、发现问题科学解决,很好地利用这一清洁环保能源,造福人民!

## 参考文献:

- [1] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [2] 编写组. 钻井手册(甲方)[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- [3] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题[M]. 北京:石油工业出版社,2006.
- [4] 陆青云. 钻井工程施工新技术及标准规范手册[M]. 北京:中国科技文化出版社,2005.
- [5] 李世忠,等. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989.

## “十二五”我国煤层气年产量将达45亿 $m^3$

国土资源网2010-06-08消息 近日,在第十三届科博会中国石油天然气产业峰会上,有关负责人透露,根据“十二五”煤层气发展规划,2012年,我国将新增探明煤层气储量2000亿 $m^3$ 。2015年产量达到45亿 $m^3$ 。

据中石油煤层气有限责任公司总经理接铭训介绍,我国煤层气总资源量为36.8万亿 $m^3$ ,主要分布在中西部地区。2009年新增天然气探明储量为1700亿 $m^3$ ,促进了煤层气产业的快速发展,山西沁水、内蒙古鄂东两大煤层气产业基地

已初具规模。根据“十二五”煤层气发展规划,2012年我国新增探明煤层气地质储量将达到2000亿 $m^3$ ,2013年将建成45亿 $m^3$ 的生产能力,2015年产量达到45亿 $m^3$ 。

据了解,由于我国天然气缺口将长期存在,对煤层气等清洁能源需求不断加强,煤层气产业发展前景看好。目前,我国已专门设立了煤层气重大专项,启动了煤层气技术开发,“十二五”期间,将加大沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东部两个煤层气重点产业基地的勘探开发力度。