

# 预防油页岩地层钻进中压差卡钻的措施

赵宪富<sup>1</sup>, 台沐礼<sup>1</sup>, 孙德学<sup>2</sup>, 张元清<sup>3</sup>, 吕洪富<sup>3</sup>

(1. 吉林省地矿建设集团有限公司, 吉林 长春 130012; 2. 吉林省地质矿产勘察开发局, 吉林 长春 130061; 3. 吉林省第五地质调查所, 吉林 九台 130500)

**摘要:**分析了油页岩地层钻进中压差卡钻发生的原因,提出了预防压差卡钻的途径及处理方法,并通过工程实例来强调预防为主的重要性。

**关键词:**油页岩;钻探;压差卡钻;泥浆

**中图分类号:**P634.8   **文献标识码:**B   **文章编号:**1672-7428(2008)09-0021-03

**Measures for Preventing Differential Pressure Sticking in Drilling in Oil Shale Formation/ZHAO Xian-fu<sup>1</sup>, TAI Mu-li<sup>1</sup>, SUN De-xue<sup>2</sup>, ZHANG Yuan-qing<sup>3</sup>, LÜ Hong-fu<sup>3</sup>** (1. Jilin Geology & Mineral Resources Construction Group Co. Ltd, Changchun Jilin 130012, China; 2. Jilin Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Changchun Jilin 130061, China; 3. The Fifth Geologic Survey of Jilin Province, Jiutai Jilin 130500, China)

**Abstract:** Analysis was made on the causes of differential pressure sticking in drilling in oil shale; and the prevention and treatment measures were proposed with field cases.

**Key words:** oil shale; drilling; differential pressure sticking; drilling mud

近几年来,国内油页岩钻探项目逐渐增多,仅吉林省近几年就完成油页岩钻探工作量几万米。由于油页岩钻进中所遇地层多为石油钻井中常遇到的泥页岩或砂岩地层,因此,在石油钻井中常发生的压差卡钻事故在油页岩钻探中也屡有发生,且发生后多较难处理,有的钻孔被迫提前终孔,有的报废,造成较大的经济损失。鉴于该类事故发生后难以处理的特点,在钻进中如何预防其发生就显得十分重要。

## 1 压差卡钻发生的原因

压差卡钻一般发生在渗透性地层,假设在某一倾斜孔段内,钻具(包括钻杆,下同)因重力作用贴靠在下孔壁上,这一孔段很长且钻具与孔壁有很大的接触面积,这时钻具将被孔内泥浆液柱压力与地层压力之间产生的压差压靠在下孔壁上。如果泥浆密度很高,地层压力较低,则这个压差可达到很高的量值。设钻具与孔壁的接触面积为 $A$ ,压差为 $\Delta P$ ,则作用在钻具上的总挤压力为 $A\Delta P$ 。如此时地表设备驱动钻具上下运动或回转,而钻具又处于被压差作用力压在与孔壁紧密接触状态,则这时会产生

生对抗运动的阻力或扭矩。根据摩擦作用的物理意义可知,摩擦阻力 $F = \mu A \Delta P$ ,扭矩 $M = FR$ (其中: $\mu$ 为钻具与孔壁泥饼间摩擦系数, $R$ 为钻具半径)。如此时驱动钻具运动的外力小于摩擦阻力或扭矩,即发生了压差卡钻。

由以上描述可列出钻具运动摩擦阻力示意式:

$$F = \mu A (\rho H - P_d)$$

式中: $F$ ——摩擦阻力或粘附力; $\mu$ ——泥饼摩擦系数; $P_d$ ——地层压力; $A$ ——钻具与孔壁的接触面积; $\rho$ ——泥浆密度; $H$ ——卡点垂直深度。

由上述分析和公式可看出,压差卡钻发生与否,决定于钻具与泥饼间粘附力的大小,而影响粘附力大小的因素有以下3个方面:

- (1) 泥浆密度越高,则孔内液柱压力越大,压差亦大,导致粘附力越大;
- (2) 钻具与孔内接触面积越大,则粘附力越大;
- (3) 泥饼摩擦系数越高则粘附力越大。

## 2 防止压差卡钻的有效途径

### 2.1 降低泥浆液柱压力与地层压力之间的压差

收稿日期:2008-03-06; 改回日期:2008-06-06

**作者简介:**赵宪富(1957-),男(汉族),吉林长春人,吉林省地矿建设集团有限公司副总工程师、高级工程师,探矿工程专业,从事岩石钻探工艺技术研究工作,吉林省长春市桦甸街777号;台沐礼(1978-),男(汉族),陕西宝鸡人,吉林省地矿建设集团有限公司技术负责、助理工程师,探矿工程专业,从事岩石钻探工艺技术研究工作;孙德学(1960-),男(汉族),吉林辽源人,吉林省地质矿产勘察开发局副总工程师、研究员,探矿工程专业,从事工程施工及岩石钻探管理和技术研究工作,吉林省长春市南昌路2号;张元清(1960-),男(汉族),吉林舒兰人,吉林省第五地质调查所工程公司经理、高级工程师,地质专业,从事岩石钻探技术管理工作,吉林省九台市师范街51号;吕洪富(1976-),男(汉族),吉林九台人,吉林省第五地质调查所施工处处长、助理工程师,测量专业,从事工程施工及岩石钻探技术管理工作。

压差大,则粘附力亦大。因此要防止压差卡钻,在地层条件允许的情况下,尽可能降低泥浆密度。通常情况下,泥浆密度是由固相含量控制的,因此,在钻进中一定要及时监测泥浆密度,如超过允许值,则要及时清除过多固相。最好配备除泥机,泥页岩地层自然造浆强烈,一般仅靠自然沉降来清除固相很难奏效。

## 2.2 减小钻具与孔壁接触面积

减小钻具与孔壁接触面积,主要注意以下 2 个方面。

(1) 钻孔结构和钻具级配要有利于把钻孔打直,尽量避免设计斜孔,钻孔顺直减少了钻具与孔壁的接触机会,从而有利于防止压差卡钻的发生;

(2) 泥饼的可压缩性要小。泥饼松软,可压缩性大,则钻具与孔壁接触面积大(见图 1)。因此,要尽可能得到坚韧而致密薄的泥饼。在 2007 年壳牌油页岩钻探项目中,使用的泥浆参数为:

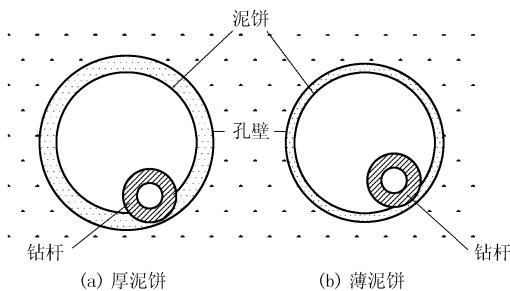


图 1 钻具与孔壁泥饼接触面积示意图

砂岩层:密度  $1.05 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$ , 粘度  $20 \sim 25 \text{ s}$ , 失水量  $10 \sim 16 \text{ mL/30 min}$ , 泥饼厚度  $0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ ;

泥页岩层:密度  $1.02 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$ , 粘度  $18 \sim 21 \text{ s}$ , 失水量  $8 \sim 13 \text{ mL/30 min}$ , 泥饼厚度  $< 0.3 \text{ mm}$ 。此泥浆参数满足预防压差卡钻要求。

## 2.3 降低泥饼的摩擦系数

降低泥饼的摩擦系数,应从以下几方面着手。

(1) 控制泥浆固相含量,及时清除泥浆中有害固相,使泥浆固相控制在适当范围,尽可能降低含砂量。

(2) 调整和改善泥浆中粘土的水化状态,以获得薄而坚韧致密光滑的泥饼。这样的泥饼不易被压缩,摩擦系数小。随着时间的推移,孔内泥饼逐渐被压缩,摩擦系数逐渐增大,当泥饼已被压实厚度不再减小时,摩擦系数趋于稳定不再增加(见图 2)。

(3) 选择适当的泥浆类型。泥浆类型不同,其

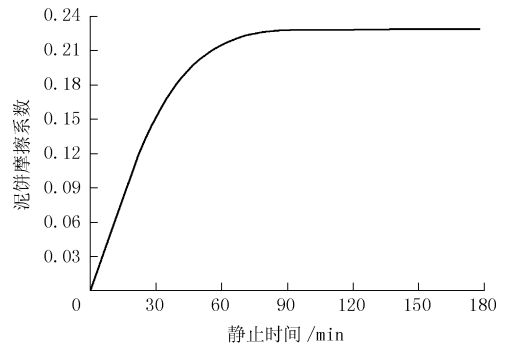


图 2 静止时间与泥饼摩擦系数的关系曲线

润滑性能亦不同,在选择泥浆类型时,其润滑性能亦是应考虑的重要因素。

(4) 在泥浆中加入各种润滑剂,提高泥浆的润滑性能,如常用的润滑剂烷基苯磺酸三乙醇胺、聚丙烯酰胺及其衍生物、石墨粉等。2007 年泥浆配方主要以植物胶和有机聚合物为主,配方如下(每立方米加量):SD-1 型植物胶  $10 \sim 12 \text{ kg}$ , PHP  $1 \sim 2 \text{ kg}$ , KHm  $5 \sim 8 \text{ kg}$ , KCl  $10 \sim 15 \text{ kg}$ , PVA  $1 \sim 2 \text{ kg}$ 。此泥浆配方得到的泥饼薄而坚韧且十分光滑,满足减小钻具与孔壁接触面积和降低摩擦系数之需要。

## 2.4 减少钻具在孔内静止时间

如果是绳索取心钻进应尽量减少升降内管时间。如果是动力头钻机,在打捞内管时,可用动力头夹持住钻杆缓慢转动( $5 \sim 10 \text{ r/min}$  即可),以降低钻具在孔内静止时间。2007 年用 YDX-3 型动力头钻机均按上述方法操作。

## 2.5 上下窜动钻具

绳索取心钻进,一个金刚石钻头连续进尺少则几十米,多则上百米(油页岩地层较软),这样钻具在孔内处于同一状态时间较长,此情况下可根据实际需要暂停钻进,在一定孔段内提升和降下钻具,将该孔段内积滞的松散泥皮用钻具刮掉冲出孔外(石油钻井中称此举为“通井”),以减少发生压差卡钻的概率。一般情况下,钻具在孔内连续工作时间  $> 48 \text{ h}$  后窜动钻具一次,窜动孔段长度  $\leq 50 \text{ m}$ 。

## 3 压差卡钻的处理方法

如已发生压差卡钻,可使用解卡剂浸泡的方法进行处理。因发生压差卡钻时水路是畅通的,可用泥浆泵将解卡剂打入孔中。解卡剂应有和泥浆相同的密度和良好的相融性,一般不是很严重的压差卡钻,用解卡剂浸泡的方法处理可以取得成功。

#### 4 压差卡钻处理实例

(1)2006 年,吉林省壳牌油页岩钻探项目舒兰 2 号孔,此孔设计孔深 1000 m,当钻进至孔深 465 m 时,正常停钻打捞内管取心。取心完毕待内管投送到孔底后,合上主动钻杆即开不动车(钻机为 XU-1000 型,停钻不到 30 min),钻具顶不起来,压不下去,又转不动,但孔内泥浆仍可循环流动,压差卡钻事故发生了。当时泥浆固相含量较高,密度达  $1.3 \text{ g/cm}^3$  以上。处理方法是:在地表每立方米泥浆中加入 15 kg 洗衣粉,用搅拌机充分搅拌后用泥浆泵打入孔内浸泡 20 h 后未解卡,返出少量钻杆后挪位重钻,损失 300 余米绳索取心钻杆在孔内。

(2)2006 年吉林省壳牌油页岩钻探项目伊通 3 号孔,钻进至孔深 630 m 时,发生压差卡钻事故(情况基本同上孔),处理方法同前,解卡成功。

(3)2007 年国内某钻探公司在吉林省壳牌油页岩钻探项目中一孔钻进至 600 多米时(施工地点在吉林敦化),发生压差卡钻事故,用洗衣粉浸泡 20 h 后未解卡,处理失败。

(4)另外,在近两年吉林省油页岩钻探项目中(非壳牌项目),也曾发生多起压差卡钻事故,导致部分钻孔报废或提前终孔,造成一定的经济损失。

#### 5 结语

目前处理压差卡钻的手段比较单一,基本上是采用解卡剂浸泡的方法,一旦此法不奏效,就只能返钻杆或强力起拔。返钻杆一般只能返出孔内部分钻杆,而强力起拔大都将孔内钻杆从某一部位顶断或顶脱扣。总之,这两种方法都是减少损失的被动方法,无法将钻孔彻底恢复到事故前的正常状态。钻孔大都报废。

通过以上事故实例处理过程可知,压差卡钻应重点以预防为主,而预防的关键是泥浆的各项性能要达到要求,这就要求要根据各种地层的不同特点,研制有针对性的有效的不同泥浆配方,以满足预防压差卡钻的要求。2007 年,吉林局承担的壳牌油页岩钻探项目中泥浆性能达到要求后,一台钻机完成 3700 余米工作量,其中 3 个 900 m 以上深孔,均未发现压差卡钻事故。实践表明,根据地层特点研制有效泥浆配方是预防压差卡钻的关键,适应各种地层的万能泥浆配方是绝对不存在的。

#### 参考文献:

- [1] 编写组. 钻井手册(二)——钻井液[M]. 北京:石油工业出版社,1998.

### Ø71 mm 摩擦焊接高强度绳索取心钻杆钻探深度突破 2010 m

**本刊讯** 邯郸探矿机械厂承担的河北省地勘局科研项目“深部岩心钻探用高强度绳索取心钻杆”(项目编号:200701),近日又传捷报。2008 年 9 月 5 日,河北省地勘局第四地质大队使用邯郸探矿机械厂生产的专利产品——端部加厚摩擦焊接绳索取心钻杆(专利号:ZL 2007 2 0102444.1),在河北隆化境内大乌苏南沟钒钛磁铁矿矿区 ZK2405 钻孔施工,创造了孔深 2010.26 m 的纪录。这标志着该厂端部加厚摩擦焊接绳索取心钻杆技术性能达到了国内领先水平。

该钻杆采用端部加厚+摩擦焊接工艺,钻杆体材质选用 45MnMoB,接头材质选用 30CrMnSiA。杆体 Ø71 mm × 5 mm,

两端墩粗,外加厚到 Ø74 mm,内加厚到 Ø58 mm,接头外径 74 mm,钻杆定尺长度 3 m 或 4.5 m。螺纹长度 50 mm,锥度 1:30,公扣牙高 1.25 mm,母扣牙高 1.2 mm,牙型角 5°。采用数控车床、成型刀具加工,螺纹精度高,抗拉强度较普通 Ø71 mm 绳索取心钻杆提高 180%,达 740 kN,抗扭能力提高 168%,达 10806.2 N·m。

该厂现已实现深部岩心钻探用高强度绳索取心钻杆产品的批量生产并投放市场,是 2000 m 以深岩心钻探的首选钻杆。在日益突飞猛进的深部找矿工作中,该系列产品对实现安全钻进、保证钻孔质量、提高钻探效率和降低钻探成本具有重要意义和市场推广价值。(姜光忍 供稿)

### PVC-U 塑料管井成井工艺试验取得新突破

**本刊讯** PVC-U 塑料管井具有重量轻、耐腐蚀、不结垢、管壁光滑、成本低、劳动强度小、节约能源和资源等优点。特别是采用新的成井管材,不仅解决了传统金属井管的腐蚀结垢问题,而且还减少了管井的维修次数和费用。为此,我国在水文水井、地下水监测井、浅层地温能开发等领域重新关注 PVC-U 塑料管的应用与研究。

目前,在 PVC-U 塑料管井成井中存在的主要问题是:下管困难、浮力大、易挤毁爆裂、成井深度小等。由于这些问题的存在,大大影响着新成井材料的开发利用。针对这些问题,河南省地矿局水文二队在理论研究基础上,大胆采用

PVC-U 塑料管代替普通的金属管应用于浅层地温能和地下水资源开发工程中。经过仅 3 个多月的攻关和创新成井工艺,解决了下管困难、塑料管挤毁爆裂等问题,在河南郑州完成了 2 眼 437 m、400 m 示范井建设,其材料选择、成井技术和事故处理全部实现了自主创新,在工艺研究和成井深度方面实现了新的突破,是国内目前最深的 PVC-U 塑料管井。

这一技术和工艺的研究与应用,不但可以缓解能源和钢铁资源的紧张局面,达到“以塑代钢”之目的,而且,为我国钻探和钻井技术水平的提高和发展起到了积极的推动作用。

(卢予北 供稿)