

增压机在处理基岩地层压差卡钻中的应用

梁贵和, 邓宏文, 曹光奇

(中国人民解放军66259部队, 内蒙古呼和浩特010051)

摘要: 压差卡钻是钻井施工中经常遇到的井下事故, 处理不及时会给钻井工程带来巨大的经济损失。通过分析压差卡钻事故发生的原因及其特点, 并结合工程实例介绍了用增压机处理基岩地层中压差卡钻事故的方法及其操作规程和注意事项。

关键词: 增压机; 基岩地层; 钻井; 压差卡钻

中图分类号: P634.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)10-0050-04

Application of Booster for Differential Pressure Sticking Disposing in Bedrock Stratum/LIANG Gui-he, DENG Hong-wen, CAO Guang-qi (No. 66259 Unit, PLA, Huhhot Inner Mongolia 010051, China)

Abstract: Differential pressure sticking is a kind of downhole accidents frequently encountered during drilling, which can cause enormous economic loss if it not being disposed in time. In this paper, by the analysis on causes of differential pressure sticking and its characteristics and combined with the engineering cases, the methods of disposing differential pressure sticking using the booster in bedrock stratum are presented as well as the operation rules and points for attention.

Key words: booster; bedrock stratum; drilling; differential pressure sticking

压差卡钻又称粘附卡钻, 是指钻具在井(孔)中静止时, 在钻井液液柱压力与地层压力之间的压差作用下, 将钻具紧压在井壁上, 由于钻具与井壁泥皮之间产生很大的摩擦阻力而使钻具无法转动与上、下活动, 从而导致的卡钻事故, 给钻井工作带来巨大损失。本文主要介绍增压机在处理基岩地层压差卡钻事故中的应用, 供钻井同行参考。

1 压差卡钻产生的机理及预防措施

1.1 压差卡钻产生的机理

当钻柱旋转时, 由于泥浆循环, 钻柱四周充满流动的泥浆, 根据液体压强特征, 钻柱各边的压力相等。当钻柱静止时, 泥浆停止循环, 由于多种原因(如孔斜、钻柱弯曲等), 使部分钻柱靠在孔壁上。靠在孔壁上的钻具, 部分重力压在孔壁泥皮上, 迫使孔壁泥皮中的孔隙水流入地层。这时, 钻具紧贴孔壁的一侧就失去了泥浆柱的压力, 只有地层的压力; 而其相背的一侧则存在泥浆柱压力。当泥浆柱的压力大于地层压力时, 在钻具两侧会产生一个压力差(液柱压力与地层压力之差), 此压差会使钻具与孔壁泥皮之间产生一个摩擦阻力。设钻具与孔壁接触面积为 A , 压差为 ΔP , 则作用在钻具上的总挤压力为 $A\Delta P$ 。如此时钻机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, 则这时会产生对抗钻具上下运动或回转的阻力与扭矩。根据摩擦作用的物理意义可知: 摩擦阻力 $F = \mu A\Delta P$, 摩擦扭矩 $M = FR$ (其中: μ 为钻具与孔壁泥饼间摩擦系数, R 为钻具半径)。如此时钻机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^[8]。

由以上分析可知, 压差卡钻粘附力 F 、摩擦扭矩 M 的大小主要与以下 3 个因素有关:

- (1) 泥浆密度越高, 液柱压力与地层压力之差 ΔP 越大, F 、 M 越大;
- (2) 钻具与孔壁的接触面积越大, F 、 M 越大, 一般与钻具的配比、孔径的直径、孔径的垂直度等有关;
- (3) 泥饼的摩擦系数越大, F 、 M 越大, 一般与钻井液的含砂量、成分等因素有关。

1.2 压差卡钻的预防措施

在钻探工作中, 任何形式的井下事故, 都应从预防着手, 争取做到防患于未然, 尽量避免由于人为的疏忽, 造成孔内事故, 给钻井工作带来巨大的损失。根据压差卡钻产生的机理, 为了有效地预防压差卡钻, 应从以下几方面入手。

- (1) 降低泥浆的密度。泥浆的密度越大, 液柱与地层的压力差越大, 发生压差卡钻事故时粘附力越大。因此, 为了有效地防止压差卡钻, 在地层条件

收稿日期: 2014-02-14

作者简介: 梁贵和(1974-), 男(汉族), 内蒙古丰镇人, 中国人民解放军第66259部队技术室主任、工程师, 地质矿产勘察专业, 硕士, 主要从事水文地质勘察及水井钻探与科研工作, 内蒙古呼和浩特市, guihe740713@163.com。

允许的情况下,降低泥浆的密度是一种很有效的方法。

(2)减少钻具与孔壁的接触面积。减少钻具与孔壁的接触面积,一方面是通过控制井孔的垂直度,尽量避免孔斜,使钻具处于井孔中央,尽量减少与孔壁的接触;另一方面是通过在粗径钻具上按一定的比例安装与钻头相匹配的扶正器,使粗径钻具始终处于井孔中央,既起到了防斜的效果,又在一定程度上减少了粗径钻具与孔壁的接触面积,可有效地防止压差卡钻事故的发生。

(3)降低泥饼的摩擦系数。为了有效地降低泥饼的摩擦系数,主要做到以下2点:一是要及时对泥浆进行净化,除砂、除泥,降低泥浆中有害固相的含量;二是根据地层特点和泥性指标,在泥浆中加入一定比例的润滑剂,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,以增加泥浆的润滑性能。

(4)减少钻具在孔内的静止时间。钻具在孔内静止时间过长是发生压差卡钻事故的重要原因之一。因此,为了有效地预防压差卡钻,尽量减少钻具在井内的静止时间,同一地层钻进时间较长时要上下活动钻具进行“通井”;在保养、维修钻探设备时,泥浆泵与钻机不能同时停止工作;提、下钻作业时,中途不得停车休息。

在上述因素中,钻井液质量的好坏,是压差卡钻发生与否的主要因素,因此,在钻进的过程中,根据地层情况,合理调节钻井液的质量,改善钻井液性能,可大大降低压差卡钻事故发生的几率。

2 压差卡钻的特征及其判别方法

卡钻事故主要分为地层掉块卡钻、缩径卡钻、键槽卡钻、桥砂卡钻、泥包卡钻、工具掉入孔内卡钻及压差卡钻等多种,与其它卡钻事故相比,压差卡钻事故主要具有以下特征。

(1)压差卡钻在发生前一般钻进无异常,钻进扭矩、泥浆泵压力、提升力等都正常。

(2)压差卡钻一般发生在钻进的过程中,由于机械设备突然出现故障停钻检修,或提、下钻过程中停钻休息,使钻具在孔内静止了一段时间,而后再活动钻具时发现,一般事发前无征兆。

(3)压差卡钻发生的钻孔一般泥浆质量指标较差。

(4)压差卡钻一般发生在孔斜的孔段。

(5)卡钻后钻具无法转动,不能上下活动。

(6)卡钻后提拉钻具活动距离逐渐减少,直到一定值为止。

(7)压差卡钻发生后,泥浆能正常循环,但缩径卡钻、泥包卡钻、桥砂卡钻时泥浆泵的泵压明显升高。

(8)如果在钻进中通过水文地质观测和钻进进尺判断,所钻进的地层较稳定,没有发生掉块卡钻的可能,又确认在钻进过程中孔口保护的较好,没有发生过从孔口掉落工具等,再结合上述几点特征,可以确定其为压差卡钻。

3 增压机处理基岩地层中压差卡钻事故的技术方法

3.1 处理思路

压差卡钻产生的主要原因,是由于孔内泥浆作用在钻柱上的巨大的横向压力所致。随着时间的延续,其卡点位置逐渐上移,粘附面积逐渐增大,作用在钻柱上的压力也逐渐增大,在这种情况下,一般只靠钻机的提升力无法解卡。另一方面,在基岩钻孔中,由于孔壁稳定,一般在孔内没有泥浆平衡地层压力的情况下不容易出现垮孔。根据上述条件分析,在基岩地层中的压差卡钻,最快速有效的方法就是将孔内的泥浆设法排出,从而去除其对孔内钻柱的横向压力,达到解卡的目的。

3.2 方法介绍

我部这几年在北京西山地区多口基岩深井的施工中,曾多次遇到压差卡钻事故,先后运用过千斤顶强力起拔、将冲洗液加水稀释以降低其密度、在卡钻孔段加柴油浸泡、解卡剂浸泡等措施,效果都不太理想。经实践证明,运用增压机处理基岩地层中的压差卡钻事故取得了良好的效果。

3.2.1 技术原理

增压机处理压差卡钻是基于在稳定的基岩钻孔中发生压差卡钻时,利用大风量空压机联合供气,而后通过大压力增压机将空压机排出的高压空气经二次压缩后进一步增大其压力,再通过钻机水龙头将加压后的高压空气送入孔底,将孔内泥浆排出,以减除孔内泥浆对钻柱的横向压力而达到减卡的目的。

3.2.2 空压机与增压机的选择

3.2.2.1 增压机的选择

增压机的选择主要是满足其压力指标,其最小压力要求理论公式为:

$$P = \rho_{\text{泥}} gh \times 10^{-6}$$

式中: P ——增压机理论最小压力,MPa; $\rho_{\text{泥}}$ ——钻井泥浆密度(现场用泥浆仪测量), kg/m^3 ; g ——重力

加速度, N/kg ; h ——钻头以上泥浆柱的高度, m 。

在具体处理事故时,由于钻具内孔的摩擦阻力及各管路弯头中损失的压力,上式计算的理论压力一般无法满足处理事故的需要,根据经验,增压机的理想压力 $P_{理}$ 为:

$$P_{理} = (1.3 \sim 1.4)P \text{ MPa}$$

3.2.2.2 空压机的选择

根据增压机的压力需求,可选择合适型号的空压机。每一型号的增压机对进气压力与进气量都有具体的指标要求,根据这些指标可选择与其匹配的空压机作为供气源。视具体情况,可用一台或多台空压机联合供气。

3.2.3 设备连接方法

用增压机处理压差卡钻事故时,空压机、增压机、钻机通过空气管汇连接,如图1。

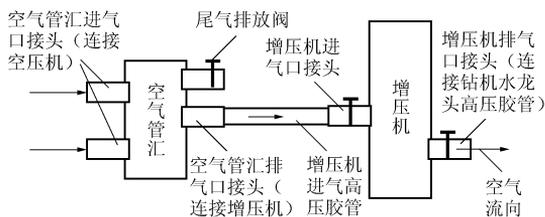


图1 空气管路连接示意图

处理事故时,并联空压机产生的高压空气从管汇进气口接头进入空气管汇汇合,后经空气管汇排气口接头(连接增压机)、增压机进气高压胶管、增压机进气口接头进入增压机进行二次压缩,经增压机压缩后的高压空气经与钻机水龙头高压胶管连接,将气流送入孔下钻头处排出孔内泥浆,进行解卡。

4 操作技术要求

(1)空气管汇主体部分一般由无缝钢管焊制加工而成,壁厚 ≤ 10 mm,内径 ≤ 250 mm,管汇上的接头应根据常用的高压胶管接头丝扣,加工不同型号的变丝接头以方便连接。

(2)根据所选空压机及增压机的型号,合理选择供气管路,确保所选的高压胶管承压压力大于空压机、增压机的最大排气压力,一般管路所能承受的最大压力应大于设备最大排气压力的1.4倍以上,确保管路安全。

(3)每一根高压管路的接头要连接牢固,并用 $\varnothing 10 \sim 12$ mm钢丝绳将接头两侧连接起,作为安全链,安全链不要绷紧,要预留一定的缓冲余地,以防压力过高接头绷开,管路飞起伤人。

(4)供气前再一次确认管路连接是否安全、各种供气阀门开关状态是否正确。

(5)清理现场。将孔口周围的工具等清理干净,机台只留钻机操作员、空压机操作员及增压机操作员,其他无关人员一律撤离距现场50 m以外的安全地域。

(6)将机台供电设施用防雨材料盖好,以防泥浆喷出后造成电路故障。

(7)依次启动空压机、增压机,设备正常运行后依次打开空压机供气阀、增压机进气阀、增压机排气阀,开始将压缩空气送入井下。

(8)待泥浆喷出孔外后,开始活动钻具,包括转动、上下提放。

(9)钻具可活动自如后,依次关闭增压机排气阀、增压机进气阀、空压机供气阀,并将管路内的高压空气通过管汇尾气排放阀4排出。

(10)在保持钻具转动的情况下,迅速将水龙头高压胶管与泥浆泵连接,向孔内注泥浆以平衡地层压力,确保孔壁安全。

(11)待泥浆正常循环后,停泵提钻,解卡成功。

5 工程应用

应用上述方法,我部曾多次在基岩孔中成功处理压差卡钻事故,取得了良好的经济效益。

5.1 国家检查官学院深水井工程

5.1.1 工程简介

2000年,我部在国家检查官学院施工深水井,该井设计井深1500 m,地层依次为:0~105 m为第四系松散沉积层;105~430 m为侏罗系南大岭组玄武岩;430~452 m为侏罗系杏石口组砂岩;452~972 m为二迭系砂岩;972~1220 m为石炭系砂岩及碳质粉砂岩;1220~1500 m为奥陶系石灰岩。该井全孔采用泥浆钻进,所用钻机为美国英格索兰公司生产的RD-20型全液压车载水井钻机。钻孔结构设计为:0~180 m,孔径311 mm,下入 $\varnothing 273$ mm石油套管并固井;180~1270 m,孔径216 mm,下入 $\varnothing 178.8$ mm石油套管并固井;1270 m以深为 $\varnothing 152$ mm裸孔,开采奥陶系石灰岩岩溶水。

5.1.2 压差卡钻事故发生

该孔在下完第一层套管后,对下部孔段进行 $\varnothing 216$ mm钻进,钻具组合为: $\varnothing 114$ mm钻杆+ $\varnothing 159$ mm钻铤7根(63 m)+ $\varnothing 208$ mm螺旋式扶正器1根(1.2 m)+ $\varnothing 159$ mm钻铤2根(18 m)+ $\varnothing 208$ mm螺旋式扶正器1根(1.2 m)+ $\varnothing 159$ mm钻铤1根(9

m) + $\varnothing 208$ mm 螺旋式扶正器 1 根(1.2 m) + $\varnothing 216$ mm 牙轮钻头 1 个。

$\varnothing 216$ mm 孔段钻进到 820 m 后,提钻换钻头,当提到 620 m 孔段时,钻机提升油缸油封破损,液压油泄漏被迫停机更换。修理钻机共耗时 2 天,当第 3 天提钻时,钻具无法活动,送泥浆可正常循环,根据地层岩性,结合压差卡钻特点,判断为压差卡钻事故发生。

5.1.3 处理措施

事故发生后,先后采取了在钻具抗拉强度内的强力起拔、稀泥浆冲洗、解卡剂浸泡,均未解卡。在上述方法无效后,我们采用 2 台英格索兰 XHP900 型空压机并联供气后,由一台 636-82B-1200 型增压机二次压缩,形成最高压力达 8.47 MPa,风量达 $60 \text{ m}^3/\text{min}$ 的高压空气,通过钻机动力头把高压空气送入孔内钻头处,将孔内泥浆排出,一次解卡成功。

5.2 北京房山钻井工程

5.2.1 工程简介

2012 年,我部在北京房山施工,该井设计井深 850 m,其中 0~15 m 为第四系覆盖层,下入 $\varnothing 377$ mm 螺旋卷管并水泥固井;15~80 m 为奥陶系石灰岩;80~850 m 为寒武系石灰岩。15 m 以深基岩孔段全部采用泥浆钻进,全孔钻进完毕后,最后一次下管成井。其中 15~350 m,孔径为 311 mm,下入 $\varnothing 244.5$ mm 石油套管(包含骨架过滤器);350~750 m,孔径为 216 mm,裸孔;750~850 m,孔径为 152 mm,裸孔。

5.2.2 压差卡钻事故发生

$\varnothing 216$ mm 孔段钻进结束后,提钻更换 $\varnothing 152$ mm 钻头,钻具结构为(自上而下): $\varnothing 114$ mm 钻杆 + $\varnothing 114$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 152$ mm 牙轮钻头。下钻至 680 m 时,开始注浆(由于地层岩性主要为石灰岩,在钻进的过程中泥浆渗漏,一直采用惰性堵漏材料随钻堵漏),当两池泥浆注入后,从孔口观察,泥浆液面距孔口 10 m 左右。于是停钻搅泥浆,其间停钻 1.67 h,待泵入泥浆正常循环后,准备继续下钻,发现钻具无法活动,距 $\varnothing 216$ mm 孔段孔底还有 70 m。根据泥浆循环状况、孔内钻具配比及卡钻特征,判定为压差卡钻。

5.2.3 处理措施

卡钻事故发生后,根据地层稳定情况、泥浆密度、孔深,结合以往处理压差卡钻事故的经验,立即决定采用增压机进行处理。所用设备为:2 台寿力

XHP1250/900 型空压机,一台安瑞科 SF-150 型增压机联合加压供气,最大排气压力可达 15 MPa,将孔内泥浆排出,一次解卡成功,恢复钻进。

6 结语

避免压差卡钻事故,重点以预防为主,要从预防压差卡钻的措施入手。既要在钻具级配上做到科学合理,尽量保证钻孔垂直,减少钻具与孔壁的接触面积,又要做好设备的日常维护保养,尽量避免在正常钻进过程中停车,减少钻具在井孔内静止的时间;最重要的是保证泥浆的质量,针对不同的地层,合理配制不同性能的泥浆是有效预防压差卡钻的重中之重。

压差卡钻事故一旦发生,应以最短的时间,最有效的方法及时处理,以免使孔内情况恶化,给处理工作带来更大的难度。目前常用的处理方法主要有解卡剂浸泡解卡法,此法一旦失败,就只能采用强力起拔或反钻套铣处理。上述方法比较成熟,适用于大多数地层,但往往费时费力,且有时孔内处理不彻底,使钻孔达不到设计深度而被迫终孔。对于压差卡钻事故的处理,没有一套万能方法确保成功,需要钻探工作者根据具体的钻孔结构与地层特点不断地摸索、创新。本文介绍的用增压机处理基岩地层中的压差卡钻方法,是笔者在多年钻探实践中摸索出的一套行之有效的办法,具有操作简单、处理周期短的优点,但其具有一定的局限性,主要适用于基岩地层,也可拓展到孔壁稳定的其它地层,且需要大风量的空压机、增压机保障。

参考文献:

- [1] 刘克林. 浅析烧钻事故的发生及处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(5): 32-33.
- [2] 夏文安, 李文飞, 徐云龙. 复杂断块油气藏优快钻井技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(1): 9-13.
- [3] 李粤南. 深部孔段卡、埋钻事故防治对策的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 2-5.
- [4] 安雷, 沈国敏, 思娜. 尼日尔三角洲 B 区块 7-A 井卡钻事故的处理及原因分析[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(9): 22-26.
- [5] 庞志刚. 钻探凿井中常见问题的预防及处理[J]. 山西建筑, 2012, 38(13): 99-101.
- [6] 卢予北, 刘志国, 程存平, 等. 钻井过程中钻具吸附卡钻事故成因与处理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(12): 33-35.
- [7] 林金福, 李锡, 罗文来. 昆明盆地地热钻井粘钻事故的分析与处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(4): 20-22.
- [8] 赵宪富, 台沐礼, 孙德学, 等. 预防油页岩地层钻进中压差卡钻的措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(9): 21-23.