

# 土耳其天然碱矿水平对接井井下事故预防与处理

刘一枫, 苏 醒, 范垂言, 曹文忠, 王育心, 李贤能

(辽宁省东煤地质一〇三队有限责任公司, 辽宁 辽阳 111000)

**摘要:** 土耳其卡赞和贝帕扎里天然碱矿定向水平对接井项目, 是目前为止世界上规模最大的水平对接井项目, 钻井工作量大和技术要求高是该项目的 2 个主要特点。本文将钻井施工中经常发生的卡钻、井漏、钻具脱落等井下事故及复杂情况进行梳理归纳, 结合实际案例对事故原因进行剖析, 对比不同处理方法所取得的不同效果, 最后提出一些安全有效的事故预防和处理措施。为类似钻井工程预防井下事故及处理措施提供一些借鉴。

**关键词:** 天然碱矿; 水平对接井; 井下事故; 卡钻事故; 复杂情况; 预防与处理; 土耳其

**中图分类号:** P634.8; TD87 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2020)08-0072-05

## Prevention and treatment of downhole incidents in drilling horizontal intersected well sets at trona mines in Turkey

LIU Yifeng, SU Xing, FAN Chuiyan, CAO Wenzhong, WANG Yuxin, LI Xianneng

(Liaoning Northeast Coalfield Geology 103 Team Co., Ltd., Liaoyang Liaoning 111000, China)

**Abstract:** The horizontal intersected well set project at Kazan Trona Mine and Beypazari Trona Mine in Turkey boasts of the largest scale in the world by far, with large amount of drilling work and huge technical difficulty. This paper summarizes the common downhole drilling incidents and complex situations that frequently occurred during drilling, such as sticking, drilling fluid loss, and breaking off drilling tools, analyzes the cause of the incidents in combination with the actual cases, compares the different results achieved by different treatment methods, and finally proposes some safe and effective measures for incident prevention and treatment. The experience accumulated on the project could be used as a reference in similar drilling projects for prevention and treatment of downhole drilling incidents.

**Key words:** trona mine; horizontal intersected well sets; downhole drilling incident; sticking incident; complex situation; prevention and treatment; Turkey

## 0 引言

土耳其天然碱水溶开采项目是由中国地质科学院勘探技术研究所总包, 我公司在该项目中主要负责钻井工作。该项目包括土耳其卡赞(Kazan)和贝帕扎里(Beypazari) 2 个水平对接井工程, 是目前为止世界上规模最大的水平对接井项目, 钻井工作量大和技术要求高是该项目的 2 个主要特点。该项目自 2003 年开始施工, 截至 2019 年底共计施工 200 余个井组, 施工的井组均已完成验收, 投入使用<sup>[1]</sup>。

## 1 土耳其天然碱钻井事故概述

钻井措施不能适应钻进过程中井壁应力条件的变化将造成井下诸多复杂情况和事故<sup>[2]</sup>。据统计, 多年来我公司在土耳其天然碱矿水平对接井项目实施中, 出现的井下事故主要有卡钻事故、井漏事故、钻具脱落事故、井斜超标等, 在施工过程中, 事故处理时间占施工总时间的 4% 左右, 极大地浪费了人力、物力、财力。因此, 如何正确预防、处理井下事故和解决复杂情况, 是该项目管理的重要任务之一。

收稿日期: 2020-07-04; 修回日期: 2020-07-23 DOI: 10.12143/j.tkgc.2020.08.012

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“土耳其卡赞-贝帕扎里天然碱矿探采方法技术合作”(编号: DD2019090602)

作者简介: 刘一枫, 男, 汉族, 1991 年生, 资源勘查工程专业, 主要从事钻探技术管理工作, 辽宁省辽阳市太子河区繁荣路 159 号, 354042600@qq.com。

引用格式: 刘一枫, 苏醒, 范垂言, 等. 土耳其天然碱矿水平对接井井下事故预防与处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(8): 72-76.

LIU Yifeng, SU Xing, FAN Chuiyan, et al. Prevention and treatment of downhole incidents in drilling horizontal intersected well sets at trona mines in Turkey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(8): 72-76.

## 2 钻井过程中常见卡钻事故的预防与处理

据统计,多年来土耳其贝帕扎里及卡赞水平对接井项目发生卡钻事故 50 余次,主要出现的卡钻类型有坍塌卡钻、掉块卡钻、落物卡钻、泥包卡钻和键槽卡钻<sup>[3-5]</sup>。

### 2.1 发生事故的原因

(1)地层原因。该地区钻遇地层层序相对稳定,但构造复杂,未查明的断层较多,掉块卡钻出现比例较大,钻遇断层破碎带时会出现坍塌卡钻、掉块卡钻。

(2)施工原因。首先是钻井液使用不当造成孔壁泥皮脱落或井壁坍塌、掉块,钻井液失水量大、遇泥岩造浆时易造成钻头泥包,松软地层钻进时送钻不均匀易造成泥包卡钻;其次是纠斜或造斜过程中有时使用大角度螺杆钻具,使井身局部弯曲过大,形成“狗腿”造成的键槽卡钻事故。

(3)管理原因。规章制度落实不到位,责任心不强或误操作造成工具等物品掉落井内造成卡钻。

### 2.2 预防措施

(1)优化井身结构设计。表层套管必须封住 Fethiye 组和 Asmalidere 组 2 个含水层,套管“口袋”尽量留少,预防井壁失稳坍塌和二开水泥掉块卡钻;定向井轨迹设计应尽量简化(多增斜,少降斜)、技术套管封过落平点,预防键槽、坍塌卡钻。

(2)加强钻井液的使用与管理。贝帕扎里和卡赞地层相对比较稳定,个别的井段因构造有掉块和坍塌的情况发生,但通过改善钻井液性能并及时维护可有效地抑制事故的发生。使用优质高价阳离子聚合物体系钻井液,确保具有良好的润滑性、较小的固相含量和滤失量,预防粘吸卡钻;使用具有防塌性能的钻井液:钾基、低滤失高矿化度钻井液加入堵塞剂氧化沥青,预防坍塌卡钻;使用能够满足巩固井壁、携带岩屑的钻井液,不大幅度改变钻井液性能,预防坍塌卡钻、键槽卡钻、泥包卡钻。根据钻遇地层及时调整钻井液性能,使用适应的钻井液体系,保证足够的排量,软地层使用低粘、低切钻井液,控制好钻速,实时监测泵压和钻井液出口流量,起钻过程中防抽吸等预防泥包卡钻。

(3)加强管理和队伍建设,提高人员的责任心和业务能力<sup>[6-7]</sup>。制定并严格落实安全生产责任制、岗位责任制、专项施工方案和安全操作规程等,使所有工作均在规章制度的框架下完成;严格执行事故

处理方案,争取转动钻具,杜绝强拉硬提;按规定检查井口工具,注意对井口的围盖,按程序施工;钻进过程中严格执行章程,提高人员责任心,管理好工具等物品,不打“懒钻”;提高业务能力,对孔内出现的异常状况要有较为清晰的判断,并做出相应的处理,对事故的征兆要能做到早发现。

(4)合理选用钻具。使用螺旋钻铤、加重钻杆等增加钻具的支撑点,减少接触面积,减少钻具在井下的静止时间,检查旧钻头磨损程度,简化钻具结构,使用随钻扩眼工具(如在钻铤上加肋)等预防缩径卡钻。

### 2.3 卡钻事故的处理方法

处理各类卡钻事故,本着安全第一的处理原则,首先要想方设法建立循环,其次是调整钻井液性能和控制排量达到解卡目的,并在此过程中反复活动钻具、开转盘晃动钻具等。该项目中各类卡钻事故多数情况下采用这种方法是可以成功解卡的,实在无法解卡,综合选用倒扣、套铣、填井侧钻等方法,也可以将事故损失最小化。

对于粘吸卡钻和缩径卡钻,最初阶段下砸、震击是最有效的措施。经过长期实践,后期发现使用柴油作为解卡剂是最经济有效的方式。注柴油解卡时要确定钻柱无循环短路并在钻柱中接单流阀,同时要准确计算卡点、柴油用量、注入最高泵压并制定安全措施。

处理坍塌卡钻时,松软地层采用低粘度钻井液,使用有划眼作用的工具,遵守“一冲、二通、三划”的原则划眼;较硬地层采用高切力、高动塑比钻井液,使用牙轮钻头大排量划眼,遇大掉块用磨鞋、铣锥划眼;尽最大可能维持循环,改变钻井液性能,清除坍塌岩块;白云质泥岩可考虑注酸循环<sup>[8-10]</sup>。

### 2.4 案例分析探讨

这里举一个成功的案例,利用上述方法,在短时间内得到有效处理,成功把事故处理在萌芽状态。

2017 年 12 月 9 日上午 8 时,V109A 井从 450 m 处开始取心钻进至 456.5 m,倒完岩心后下钻至井底,班长感觉钻具受到些许阻力,决定将钻具稍微上提,上提 1.2 m 后钻具卡死,但循环正常。上报项目部,经初步判断为掉块或落物卡钻,现场决定调整钻井液性能,保证正常循环,在循环过程中间断性地转动转盘,重点强调严禁强拉,防止次生事故发生,下午 2 时调整好钻井液后继续循环,循环过程中大

约每2 h活动一次钻具,10日0时10分转动转盘、活动钻具发现卡顿现象消失,用时16 h成功解卡。

下面的案例更能说明处理方法的重要性。

V146-1A井一开钻进至464.15 m开始纠斜,井径241 mm,纠斜至598 m,上钻采用 $\text{O}346$  mm钻头扩孔,扩孔至521.52 m时,发现转盘负荷大,机械钻速下降,立即关车,转盘反转,判断钻具卡住。经检查,泵压正常,钻井液循环正常,确认无井口工具落井,机械转速下降,确认为岩壁掉块卡钻。尝试上下大力活动钻具、开车晃动等手段处理均无效,且无法准确判断卡点位置,但综合分析可以大致认为卡点位置岩性为白云质泥岩,后采取加酸、转盘带负荷循环、提拉循环等手段,期间每2 h活动一次钻具,循环3 d仍然没有成功解卡。

常规手段不奏效,进一步采取措施。倒扣,在 $\text{O}89$  mm钻杆与 $\text{O}159$  mm钻铤之间接头处倒开,“鱼顶”位置485 m;下 $\text{O}89$  mm反丝钻具打捞,由于井径大,虽然遇到“鱼头”,但未能对接成功;使用 $\text{O}273$  mm套筒+公锥进行扶正打捞,下至464 m时遇阻,上提无阻力,旋转、上下串动依然不能下放;上钻测井,测井仪器下至464 m时遇阻,上下串动后下至471 m再无法下放。

由以上情况综合分析后判定井壁又出现坍塌,在卡点位置不确定并且卡点尚未解除的情况下,盲目使用反丝钻具容易导致反丝钻具提拉不动,引发次生事故,因此决定放弃打捞“落鱼”,填井侧钻。

## 2.5 处理方法的对比探讨

通过上述案例可以看到,多数卡钻事故初期设法建立循环解卡是最安全、经济、有效的方法,这期间最主要的是要有足够的细心和耐心。

与此种方法相对应的就是强力起拔,现场也确实存在成功的案例。例如,V012B井扫水泥塞时,

水泥脱落造成埋钻,现场采取强行上提钻具的办法,确实成功地提出钻具,但这只是个别的案例。更多的案例显示,由于强力起拔造成钻具卡死,对后续的处理造成巨大困难,更有甚者由于强力起拔造成次生事故。卡赞某井钻具遇阻,采取强力起拔的错误方式,最终造成钻具卡死,现场判断埋钻卡钻,没法建立循环,最后返出部分钻杆后填井侧钻;贝帕扎里某井上钻时钻具遇阻,强力起拔造成钻具卡死,虽能建立循环但无法解卡,用套铣筒解卡钻具成功,但套铣筒粘卡井内,采取强力起拔的错误方式,造成大绳断裂,游动滑车砸落井台,万幸没有造成人身伤害事故。

因此在处理卡钻事故时应大力提倡努力建立井下循环,坚决杜绝野蛮操作。在实践中确有经过艰苦努力也没法成功建立循环的案例,这也绝不能采取强力起拔的错误方法,而应该采取利用反丝钻具返出井内钻具,剩余反不出的钻具,利用套铣筒套取。综合考虑各方面因素,如果继续处理价值不大或付出成本太高,要及时决策采取填井侧钻的方式解决。

## 3 钻井过程中其它常见事故的预防与处理

### 3.1 钻具断落事故

平时要加强对钻具的使用、管理、储存和日常维护,上下钻过程中均要仔细检查钻具是否有刺漏。发生断钻具事故后,处理过程中要遵循以下流程。

(1)计算、判定“鱼头”位置及所处状态。根据土耳其钻井项目多年施工经验,在白云质泥岩与碱矿层交界处或碱层内部的钻具断落最难处理,由于碱矿层的溶解,致使井径不同程度的扩大,常形成如图1所示的7种井径与“落鱼鱼顶”位置关系。

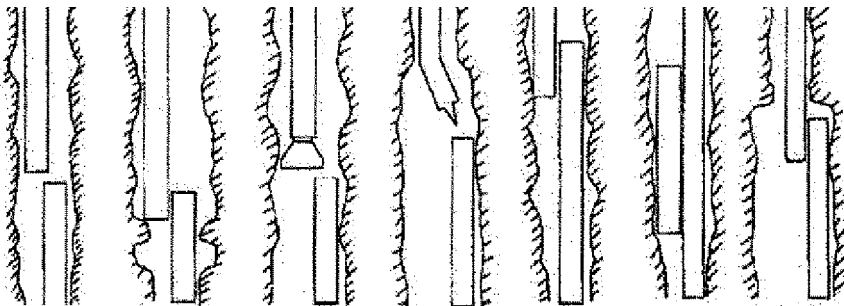


图1 井径与“落鱼鱼顶”位置的关系

Fig.1 Relationship of the well diameter and position of the “fish top”

(2)如果井斜不大,井径扩大率 $\geq 13\%$ ,直接使用钻具或公母锥对接即可。

(3)特殊情况则需要正确选定打捞工具,包括但不限于公锥、母锥、卡瓦打捞筒、捞矛、可变弯接头、壁钩、弯钻杆等。

### 3.2 井下落物事故

防止从井口落入任何物件;不超时使用钻头;钻头、接头、套管的连接螺纹规范一致,连接牢靠;入井钻具要严格检查质量;钻进参数使用得当。

处理井下落物事故时,不规则细碎物件的打捞使用磁力打捞器一般即可处理,细长杆落物使用卡板式打捞筒、卡簧式打捞筒打捞,确实无法捞出时采用磨鞋破碎或填井侧钻方法处理。

### 3.3 测井事故

要严格控制井身质量,保证钻井液性能,认真执行操作规程(灌好钻井液、控制连续测井时间,细致检查,明确岗位责任,杜绝违章操作)。

电缆断后的打捞使用内钩捞绳器、外钩捞绳器。利用测井仪器实测电缆“鱼头”位置或计算电缆“鱼头”位置,套管内打捞工具加挡盘,一次下入不超过 100 m,可以捞空,但必须防止电缆堆积<sup>[11]</sup>。

打捞电测仪器使用卡瓦打捞筒、卡板打捞筒、卡簧打捞筒。

## 4 钻井过程中常见复杂情况的预防与处理

### 4.1 井漏复杂情况

卡赞地区矿层之上分布有 Fethiye 和 Asmalidere 组 2 个含水层,总流向与矿床西北—东南的倾向一致,其中 Asmalidere 组的深部含水层是最广泛也是最厚的,是一种破裂带含水层,施工到以上层位时要控制钻速,延长钻井液携砂时间,避免操作引起压力“激动”;加强钻井液抑制性的处理,尽量确保井内外压力基本一致。

漏失量不大的渗漏可继续钻进,利用钻屑堵漏;继续漏失,则停止钻进,上提钻具静止堵漏,也可在钻井液中加入复合堵漏剂,通过改变钻井液性能(降密度、提粘、提切)进行堵漏<sup>[12]</sup>。

溶蚀性漏失采取充填与堵漏剂复合的方法处理,投入粗砂、碎石、水泥球、塑料袋、网袋等。只要可以返浆则强行穿过漏点后打塞或下入套管。堵漏后充分候凝,恢复钻进后避免钻井液大幅度变化,避免在漏层位置开泵。

### 4.2 井斜引起的复杂情况

卡赞项目施工区域地层倾角大,最大地层倾角达到  $15^\circ$ ,而且岩性变化复杂,因此在地层岩性发生变化时一定要控制钻压在  $10\sim 15$  kN 之间,并且送钻要均匀,否则就会使井斜瞬间增大,难以控制。

使用合适的钻具结构,加压准确、送钻均匀,尽量采用高转数(TSJ2000 型钻机 3~4 速钻进),认真执行变层交界面钻进措施,遵循地域、区块地层造斜规律和与之相应的经验方法。

使用满眼塔式钻具组合具有较好的防斜效果,实践证明,一开钻柱结构  $\text{O}311$  mm 钻头 +  $\text{O}203$  mm 螺旋钻铤  $\times 2$  根 +  $\text{O}178$  mm 钻铤  $\times 2$  根 +  $\text{O}159$  mm 钻铤  $\times 2$  根 +  $\text{O}89$  mm 钻杆,二开钻柱结构  $\text{O}216$  mm 钻头 +  $\text{O}178$  mm 钻铤  $\times 4$  根 +  $\text{O}159$  mm 钻铤  $\times 2$  根 +  $\text{O}89$  mm 钻杆,具有良好的防斜效果。

对于个别高陡构造区井斜的控制,应综合采用多种措施,如使用小钻压的高效率钻具组合(PDC 钻头 + 螺杆钻具)。对于测井显示已经产生井斜但未超出标准且到目标层有足够距离的井,可以通过及时调整钻具组合,采取吊打降斜的手段进行有效控制。

施工过程中除采取上述控斜手段外,还要定时分层测井,为纠斜工作预留足够的深度,保证井斜在可控范围内。

## 5 结语

(1)预防各类钻井事故发生的最有效方法就是在井身结构的优化、钻井队伍的建设、钻井液的管理使用、技术措施的改良上下功夫,只要预防措施得当,大部分的井下事故是可以避免的。

(2)对于一些因地层原因不可避免的井下复杂情况,关键是要提前制定措施和预案,防止复杂情况发生后束手无策,最后衍生成为事故甚至恶性事故。

(3)对于已经发生的事故要采取主动正确的措施,坚持以下原则进行处理:第一,安全第一的原则。根据设备、工具、人员素质确定技术方案和措施,避免事故进一步复杂。第二,科学原则。决策正确,组织周密,准备充分。第三,快速原则。详实掌握现场信息,不失有利战机。第四,经济原则。综合考虑技术方案的安全性、可行性、有效性,使事故损失减至最小。



## 参考文献(References):

- [1] 向军文,胡汉月,刘志强.土耳其天然碱矿 30 对对接井钻井工程[J].中国井矿盐,2007,38(5):25-28.  
XIANG Junwen, HU Hanyue, LIU Zhiqiang. Well drilling in 30 pairs of butted wells in a trona mine in Turkey[J]. China Well and Rock Salt, 2007,38(5):25-28.
- [2] 蒋希文.钻井事故与复杂问题[M].北京:石油工业出版社,2002.  
JIANG Xiwen. Drilling incidents and complex problems[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- [3] 孙正义,高兴坤,曹锡玲.钻井卡钻事故预测及诊断专家系统模型的建立与实现[J].石油钻采工艺,1996,18(1):20-23,106.  
SUN Zhengyi, GAO Xingkun, CAO Xiling. Development and application of sticking prediction and diagnosis expert system [J]. Oil Drilling & Production Technology, 1996,18(1):20-23,106.
- [4] 张林强.井下卡钻分析及处理[J].海洋石油,2007,27(3):112-113.  
ZHANG Linqiang. Analysis and disposal of downhole stuck pipe[J]. Offshore Oil, 2007,27(3):112-113.
- [5] 杨崇光.粘附卡钻原因分析及处理措施[J].西部探矿工程,2006,18(1):182.  
YANG Chongguang. Analysis and treatment of adsorptive sticking[J]. West-China Exploration Engineering, 2006,18(1):182.
- [6] 王静平.企业生产安全投资与经济效益之间的关系探讨[J].大庆高等专科学校学报,2003,23(4):30-31.  
WANG Jingping. A discussion on the relationship of enterprise safety production investment and economic benefits[J]. Journal of Daqing College, 2003,23(4):30-31.
- [7] 王兆清.加强安全文化建设提高安全技术水平[J].当代矿工,2002(12):21-22.  
WANG Zhaoqing. Strengthen safety culture to improve safety management[J]. Modern Miner, 2002(12):21-22.
- [8] 卢予北,刘志强,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.  
LU Yubei, LIU Zhiguo, CHENG Cunping, et al. Causes and treatments of adsorptive sticking while during[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2004,31(12):33-35.
- [9] 韦文翔,赵启生.固 1 井钻井卡钻事故的分析 and 处理[C]//山东石油学会钻井专业委员会论文集,2005.  
WEI Wenxiang, ZHAO Qisheng. Analysis and treatment of sticking in Gu1 Well[C]//Essays of Petroleum Drilling Association of Shandong Petroleum Society. 2015.
- [10] 逢峰,程志远,迟波,等.土耳其贝帕扎里天然碱矿水平对接井施工的钻井液技术实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):169-173.  
PANG Bo, CHENG Zhiyuan, CHI Bo, et al. Technical practice of drilling fluid for horizontal butted well construction in Bepazari Natural Alkali Mine of Turkey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(S1):169-173.
- [11] 洪常久.水平对接井技术在天然碱矿中的应用[J].煤炭技术,2008,27(6):142-143.  
HONG Changjiu. Application of level docking wells in nature alkaline mine[J]. Coal Technology, 2008,27(6):142-143.
- [12] 乔磊,申瑞臣,黄洪春,等.煤层气多分支水平井钻井工艺研究[J].石油学报,2007,28(3):112-115.  
QIAO Lei, SHEN Ruichen, HUANG Hongchun, et al. Drilling technology of multi-branch horizontal well[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007,28(3):112-115.

(编辑 周红军)