

# 塔河油田防漏堵漏技术综述

王伟志<sup>1</sup>, 刘庆来<sup>1</sup>, 郭新健<sup>2</sup>, 王骁男<sup>2</sup>

(1.西北油田分公司石油工程监督中心,新疆轮台 841600; 2.中国地质大学(北京),北京 100083)

**摘要:**塔河油田是我国重要的油气产区,井漏的发生对油气的安全生产危害极大。塔河油田的井漏问题多发生在二叠系、石炭系以及奥陶系层位,原因大致可归纳为:二叠系地层裂缝发育、石炭系地层敏感性高、奥陶系缝洞型地层漏失空间大。本文对塔河油田的地质特点进行总结,对由此而产生的井漏等井下事故问题进行了阐述与分析,总结了塔河地区防漏堵漏的技术方法,对以后该区域的开发利用具有一定的借鉴参考价值。

**关键词:**塔河油田;漏失;防漏;堵漏

**中图分类号:**TE28;P634.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)03-0042-05

## Review of lost circulation prevention and plugging techniques in Tahe Oilfield

WANG Weizhi<sup>1</sup>, LIU Qinglai<sup>1</sup>, GUO Xinjian<sup>2</sup>, WANG Xiaonan<sup>2</sup>

(1.Petroleum Engineering Supervision Center of Northwest Oil Field Branch, Luntai Xinjiang 841600, China ;  
2.China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Tahe Oilfield is an important oil and gas production area in China, and lost circulation endangers production safety in the field. Lost circulation in Tahe Oilfield happens mostly in the Permian, Carboniferous and Ordovician strata. The causes can be summarized as below: well developed fractures in the Permian strata, highly sensitive Carboniferous strata and large crack-holes in the Ordovician strata. In this paper, the geological characteristics of Tahe Oilfield are summarized with the resulting down hole incidents such as lost circulation expounded and analyzed. At length, the technical methods for lost circulation prevention and plugging in Tahe Oilfield are summarized, providing some reference for the future exploitation in this region.

**Key words:** Tahe Oilfield; lost circulation; lost circulation prevention; lost circulation plugging

塔河油田地处新疆维吾尔自治区轮台县与库车县境内,塔里木盆地北部阿克库勒凸起南端。塔河油田面临的主要技术难题之一是严重的反复恶性漏失,这对塔河油田持续稳定发展都将产生不可忽视的影响。钻井实践表明,塔河油田发生井漏的几率较高,深部地层结构复杂,由此引起的井下复杂较多。各层系压力系统复杂,地层存在严重的高地应力、径向应力失衡引起的井漏问题。地层的完整性较差,地应力分布状态不很明确,相应的安全钻井液密度窗口难以确定。在部分情况下会出现漏失复发的现象,这主要是由于堵漏技术与地层不相适应所致。本文通过对近些年塔河油田防漏、堵漏技术措

施进行梳理总结,以期对相关现场生产工作提供一定的参考。

### 1 塔河地区地质特点

塔河地区地层分布发育有下奥陶统、中奥陶统、上奥陶统、志留系、泥盆系、石炭系下统、二叠系中统、三叠系、侏罗系下统、白垩系、第三系、第四系等。漏失地层集中在二叠系、奥陶系和志留系,二叠系与奥陶系是严重反复性漏失的易发井段,其特点是漏失量大,施工耗时长易出现复漏。上第三系、下第三系地层,岩性以细砂岩、粉砂岩、棕褐色泥岩为主;三叠系以灰色泥岩、深灰色泥岩、浅灰色砂岩为主;二

收稿日期:2018-05-31 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.03.008

作者简介:王伟志,男,汉族,1984年生,外围项目监督部部长,石油工程专业,从事钻井现场技术管理和监督管理工作,新疆巴州轮台县团结路西北局,278080844@qq.com。

引用格式:王伟志,刘庆来,郭新健,等.塔河油田防漏堵漏技术综述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(3):42-46,50.

WANG Weizhi, LIU Qinglai, GUO Xinjian, et al. Review of lost circulation prevention and plugging technology in Tahe Oilfield[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(3):42-46,50.

叠系地层含灰绿、灰黑、灰、深灰色英安岩,底部为灰黑色玄武岩,顶部少量凝灰质砂岩;石炭系以棕褐色泥岩、粉砂质泥岩、灰黑色泥质粉砂岩、黄灰色泥晶灰岩为主;志留系以灰绿色泥质粉砂岩、沥青质细粒岩屑石英砂岩夹粉砂质泥岩、浅灰色泥质粉砂岩、棕褐色泥岩为主;奥陶系为绿灰、灰褐色泥岩,灰质泥岩、部分含泥晶灰岩。

## 2 塔河地区井漏分析

塔河地区地层特点及其易于发生的漏失类型,大体可归纳为:(1)上部砂岩地层,具有高渗透率、地层破漏压力低,承压能力弱,高密度钻井液易诱导发生裂缝渗透漏失;(2)二叠系地层裂缝发育丰富、地层构造作用致使地层破碎且广为分布,地层破漏压力小,易发生裂缝、溶洞型井漏,为中大型漏失的发生区域,并且多数井首次封堵工作成功率不高;(3)双峰、盐下泥岩段为致密性泥岩,渗透性差,易诱导裂缝性漏失<sup>[1]</sup>。

二叠系是塔河地区防漏堵漏工作的重点地层区域。二叠系地层为破碎、缝洞型火成岩区段,地质岩心(见图1)资料表明,这段地层存在着纵向天然裂缝,宽度为3~5 mm<sup>[2]</sup>。钻进至该地层时普遍存在井漏,漏速大多集中在15~50 m<sup>3</sup>/h的范围内,处理漏失耗时平均在15 d左右,情况较为严重的井在后期施工中会发生二次或多次失返性漏失<sup>[3]</sup>。二叠系地层受构造运动以及火成岩会保留冷凝时气泡的特性,其具备复杂地层应力和裂隙发育的破碎形态,致使二叠系地层在塔河地区的漏失情况较为突出。再就是对二叠系的漏失认识得不充分造成该地层达不到承压要求,后续钻井施工极易导致二叠系地层的漏失通道重新被揭开,这也是造成该地区漏失多发、难处理、易反复的原因之一。

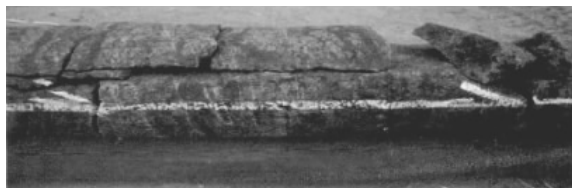


图1 二叠系火成岩段岩心<sup>[2]</sup>

Fig.1 Core of the Permian igneous rock section

漏失还发生在塔河油田古生界石炭系地层的盐膏层,其埋深约5170 m,厚度达130 m左右<sup>[4]</sup>。塔河油田的盐膏层具有埋藏深、蠕变应力大、蠕变速度

快、盐上地层承压能力低、盐下地层发育全(泥盆系、志留系、桑塔木组等地层)、盐下地层岩性复杂(发育砂岩、泥岩、灰岩等地层)、承压能力差异大、储层埋藏深、井身结构调整余地小等特点<sup>[5]</sup>。钻井过程中极易发生井眼缩径、井壁坍塌,出现起钻遇阻、下钻遇卡、漏失严重等现象。

塔河油田奥陶系碳酸盐岩地层埋深约6000 m,地层温度达130 ℃<sup>[6]</sup>。在地质历史上该段地层经历过多次暴露,地表大气淡水的溶蚀及再胶结作用,使得次生溶蚀作用形成的孔隙、构造裂缝、溶蚀裂缝及非均质分布的孔洞遍布该段地层<sup>[7]</sup>。存在的多套地层应力反映到钻井施工中是较低的地层压力系数(1.08~1.10),钻井液安全密度窗口极窄。塔河奥陶系地层的客观地质条件早就具备“易漏、难堵”的特点。

(1)塔河奥陶系碳酸盐岩地层历史上经历了长期的岩溶地质作用,地层裂隙、孔洞发育,而且以大的孔洞为主。据2013年的数据显示,已完钻的108口井中放空漏失的井数达40口,占比达37%。

(2)埋深较深,地层温度高,地层水矿化度高等限制条件,对堵漏材料及施工都有一定的要求。堵漏材料须具备抗高温抗盐和抗油气污染的特性,常用的随钻类堵漏材料如核桃壳、棉籽壳都会在此条件下失去强度以致失效。聚合物凝胶类材料也难以处理高温、高压环境下的堵漏问题。传统化学固结类及水泥类堵漏方法也会因为地层中高浓度的盐类使其固结时间、固结强度难以控制而无法有效应用。地层孔隙的发育要求堵漏浆具备良好的滞留特点,这点也同样限制着水泥类堵漏方法在奥陶系地层的使用。

## 3 塔河防漏堵漏技术

提前预防漏失的发生,无论从工程施工还是经济成本来看都是处理井漏问题的最好方法,这也是国内外防漏技术得以较快发展的重要原因之一。现在应用在塔河油田的防漏手段是很有限的,主要有预测漏失方法、防塌钻井液技术,随钻堵漏材料技术以及钻井施工手段。

作为解决井漏问题的先决条件,确定井漏位置的技术方法在实际钻井中是缺乏的。针对塔河奥陶系缝洞型碳酸盐地层的漏失预测预防,马骏骥等<sup>[8]</sup>指出基于碎屑岩欠压实理论的压力预测等方法不适

用于碳酸盐岩层系,不能用于碳酸盐岩层系钻前井漏预测。而是应该充分利用地质学方法、钻前预测的地震方法、测井资料及邻井资料,结合地质上熟知的构造理论知识,利用相似理论模拟出地质结构正演模型。通过试验、分析并结合钻井结果,发现三维地震的相干属型、振幅属型及波阻抗属型对缝洞型地层具有很好的针对性,并且结果的可信度较高。准确判断漏层位置一定是解决漏失问题的必经途径,也是堵漏研究工作应该推进的工作之一。该方法虽对塔河油田超深探井 S113 做出较为准确的预测,但较为复杂不具推广性使其难以广泛在塔河油田得到应用。

缝洞型储层段的钻井施工,传统观点认为低固相钻井液是保护储层及抑制漏失发生的首要途径。李大奇等<sup>[9]</sup>采用考虑溶洞存在和漏失动态的有限元模型对塔河油田 12 区进行数值模拟研究。研究表明,井筒有效压力对缝洞型储层裂缝宽度影响明显:在几兆帕的正压差下,裂缝宽度增量便可达毫米级;钻井液漏失改变地层裂缝的形态,会增大漏失控制的难度;缝洞型储层的强应力敏感性是井漏的重要原因之一。基于这样的认识,李大奇等认为想要控制井漏的发生关键在于钻井中精细控制井筒压力,保持井筒压力微过平衡,并在钻进储层段前随钻加入毫米级高酸溶性暂堵堵漏材料。

井漏预测的方法仍然停留在成因分析、现象分析以及邻井资料等经验性方法,而这些方法都是建立在钻井工程师的工作经验之上,多数的判断是具有猜测性质的。而上述研究的开展是让井漏问题向“可预测、可判断、可控制”方向的有效尝试。

漏失预防除从漏失机理角度去探索,还可以对待钻层段进行漏失发生概率评级。康毅力等<sup>[10]</sup>针对漏失通道复杂性和随机性的特点,采用层次分析法将控制井漏的各种地质因素及邻井资料等因素层次化,将各影响因素建立易量化的隶属度函数,加权合成后得到井漏发生的概率评价值。现场试验的结果表明,对地层进行漏失评级的方法可行,有助于防漏预案的制订和治漏方法的优化。这种方法从概率学的角度为塔河油田的井漏防治工作提供了一套较为可行的方法,但其最大的限制条件是对地层施工数据的积累与分析,在笔者看来该方法应该是以大量现场施工数据的分析积累之上,才能确保概率计算的准确可靠。随着现今“大数据”以及机器学习等

热门技术的普及,对于这种基于海量数据分析的方法也应该重新被塔河油田建设者们考虑。

### 3.1 二叠系地层

从现在对二叠系地层的漏失机理来看,应使用钾基聚磺防塌钻井液体系<sup>[11]</sup>,采用高抑制性钻井液是为防止井壁水化膨胀、掉块,增强井壁稳定,钻井液密度尽量控制在设计下限,同时也要注意在该井段增加润滑剂的加量。采用近平衡或欠平衡钻井技术,排量也尽可能在低排量范围内调整,以降低环空循环压耗。要严格控制起下钻的速度,长时间静止后的开泵运行要注意分段循环。在套管鞋以下,每下 10 立柱钻具应开泵循环钻井液 10~15 min,开泵循环钻井液时,应采用“先转动后开泵”的操作程序,以避免因瞬时“激动”压力过大而引起井漏;尽可能少加钻铤和扶正器,有利于减少井漏的发生。

塔河油田二叠系地层防漏堵漏的技术原理是要提高地层承压能力,一般采用如下 3 种:桥浆堵漏技术、挤水泥浆堵漏技术和两种方法的复合堵漏技术,但都没有取得很好的现场使用效果。

通过现场的实践证明,雷特堵漏是应对塔河二叠系漏失较为有效的技术手段,将该井段的堵漏施工成功率提高到 100%<sup>[12-13]</sup>。雷特堵漏剂是片状桥接堵漏材料,最大直径分布在 3~5 mm。其具有良好的化学稳定性和抗高温高压性能,架桥后承压高达 2000 psi(13.78 MPa)以上,与各类钻井液配伍性良好。雷特堵漏剂对于裂缝型漏失的作用机理分为颗粒架桥、楔入承压、封门加固 3 个阶段<sup>[13]</sup>。大量片状颗粒在堵漏浆中无序排列,遇地层漏失时很容易以合适的角度楔入地层裂缝中形成架桥,为后续堵漏材料加固地层奠定了基础。随着堵漏材料的不断堆积,压差作用下后续的堵漏颗粒会继续楔入到前面堆积的颗粒中,雷特层片状颗粒会被进一步挤密压实,从而在井壁周围形成一层稳定的高承压层。其次,片状颗粒会覆盖在漏失井段井壁表面以及泥饼上,进一步降低漏失,提高承压能力。

### 3.2 石炭系盐膏地层

塔河地区石炭系盐膏层的防漏堵漏处理方法应以盐上地层承压堵漏与欠饱和盐水钻井液的复合方式进行。

在进入盐膏层 5 m 前要依据钻进盐膏层需要的密度进行先期承压实验,盐膏地层的敏感性要求在进入地层前要对钻井液进行调整,控制钻井液密



度,以平衡地层压力。对盐上裸眼段地层进行承压堵漏,是人工修复疏松地层和不完善的井壁,从而促使井内建立高强度的井壁,以保证在盐层钻进时的地层可承受较高压力<sup>[14]</sup>。分析TK1125、TK1126以及AT16到AT23井的承压堵漏施工可看出,盐膏层承压堵漏应分两个阶段,首先使用中、小颗粒、浓度控制在8%~15%的堵漏浆进行先期承压,以小排量的方式进行挤注工作,确保消除“激动”压力对堵漏施工的影响,让小颗粒尽可能得侵入地层的缝隙内,为后续的大颗粒堵漏材料的挤注打好基础。而后再用浓度为18%~30%的大、中、小颗粒材料组成的堵漏浆,在第二阶段要注意软硬搭配,兼顾弹性堵漏材料的使用,尽量保证堵漏浆在粒径、形状、刚性与弹性颗粒的复配。在首阶段堵漏取得一定成效后逐渐将高浓度复合堵漏浆注入漏层,同样采用小排量的方式进行挤注,施工过程中保证以比较稳定的速率均匀打压,达到目标压力后,注意压力可维持时间,泄压阶段同样也要保证慢而稳,最好采用梯度泄压的方式进行此项工作,根据压力回落的稳定程度来判断地层承压能力。然后将钻井液转换为欠饱和和盐水钻井液,采用欠饱和和盐水钻井液的目的在于溶解部分盐岩,扩大井径、抑制地层蠕变。另一方面要严格控制 $\text{Cl}^-$ 质量浓度,使盐膏层塑性蠕变速度与溶蚀速度达到一个动态平衡,控制盐膏层的溶蚀速度。盐膏层钻井液密度控制在 $1.6\sim 1.65\text{ kg/L}$ 比较合适,欠饱和和盐水钻井液在钻井过程中 $\text{Cl}^-$ 质量浓度维持在 $10\times 10^4\sim 17\times 10^4\text{ mg/L}$ ,确保钻井、测井和下套管作业的安全。

### 3.3 奥陶系碳酸盐岩地层

奥陶系为塔河油田储层段,地层孔隙通道复杂,存在放空、失返等严重井下事故,而且此段地层对于堵漏技术的抗温性、抗盐性、储层保护性都有着苛刻的要求。文献调研得出处理该段地层漏失的方法主要有交联固结堵漏方法<sup>[15-18]</sup>,暂堵堵漏技术<sup>[19]</sup>以及欠平衡钻井技术<sup>[20-21]</sup>。塔河奥陶系碳酸盐地层还分布着较为广泛的出水层,从文献中提及的堵漏方法中,采用交联固结类堵漏方法较为行之有效。

交联固结类堵漏方法中的水泥堵漏,易于被地层水冲刷而滞留困难并且稀释后的水泥浆会严重影响其固结强度。聚合物交联堵漏方法利用反应增稠增加其滞留地层的能力,并且其具有较好的抗盐性,但限制其在塔河地区使用的主要是抗温性能及承压

性能不能很好地满足现场需要。

针对新疆塔河油田缝洞性漏失,陈曾伟等<sup>[15]</sup>在塔河油田TH12179CH井采用的化学交联固结堵漏技术显示出对缝洞型高温、高矿化度水层、高漏失地层的封堵效果。该方法由SF-1与HDL-1两种试剂组成,SF-1的作用利用高矿化度水中的无机金属离子发生交联增粘反应,从而提高堵漏浆液滞留地层和隔离地层水的能力。SF-1与高矿化度水会产生部分交联,形成具有空间网状结构的半固态高粘度凝胶塞。高粘弹性胶塞可有效填充到地层的缝洞中,加强地层的完整性,HDL-1则是在此基础之上进一步发生交联反应固化成高强度固体。

TH12179CH井是塔里木盆地阿克库勒凸起的一口老井侧钻井,其设计井深为6232 m,在钻至6007 m时发生失返性漏失,井内有高矿化度地层水严重污染钻井液,钻井工作被迫暂停。先期采用桥堵、水泥堵漏,漏失的状况没有得到有效控制,分析失败的原因后,决定采用针对性更好的化学固结堵漏技术。施工结束静止24 h后,以13 L/s的排量循环验漏,没有漏失再次发生,同时泵压已经能够达到21.5 MPa,该井一次堵漏成功,保证了顺利完钻。

## 4 结语

西北油田分公司自对塔河油田的开发力度加大对主体盐区的快速开发以来,面临的技术难题主要是复杂构造地层的认知不足和防漏堵漏施工周期长等。塔河地区地层在二叠系层位多套压力系统并存,地层应力集中,地层压力敏感性较强,通过对文献的调研分析,采用雷特堵漏技术能够提高地层的承压能力,有效控制二叠系井段的漏失。石炭系地层的盐膏层同样也是钻井施工难以处理的地层之一,为此而进行的盐上地层的长裸眼井段承压堵漏工作又常会引起井漏等施工风险。在石炭系盐膏层钻井液的密度控制就显得尤为关键,为保证盐膏层的顺利钻进,采用设计下限的密度会降低整个施工中的漏失风险。石炭系地层是塔河地区的储层地段,地层中温度、压力、高矿化度水以及地层中富集的孔洞,都是漏失发生以及堵漏工作难以开展的客观原因所在。而一种新型抗高温、抗盐污染、能承压并且具备良好滞留地层能力的化学交联固结凝胶体系,在现场成功应对恶性漏失的案例,也看到了克服奥陶系地层恶性漏失的希望。

对塔河油田井漏防漏堵漏的研究还在进行,但现今的技术手段仍很难针对性地解决塔河油田的系统性漏失问题。现有的堵漏技术中有部分已经在抗温、承压、抗污染等性能上可以满足实际生产需要,这是未来解决塔河油田井漏的希望。为了加快塔河油区的发展于开发,建立专业化、制度化的堵漏技术规程是很有必要的。同时在专业技术指导的基础上,取少数典型井并广泛开展现场实验,探索出适合于塔河油田的井漏防治处置技术施工规范,以推动塔河油田的快速、高效、可持续发展。

### 参考文献(References):

- [1] 宋明全,王悦坚,江山红.塔河油田深井超深井钻井液技术难点与对策[J].石油钻探技术,2005,33(5):80-82.  
SONG Mingquan, WANG Yuejian, JIANG Shanhong. Technical challenges and solutions of drilling fluid techniques in deep and ultra-deep well in Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Technology, 2005,33(5):80-82.
- [2] 刘金华,刘四海,王西江,等.塔河油田 SX2 井火成岩地层化学固结堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):31-34.  
LIU Jinhua, LIU Sihai, WANG Xijiang, et al. Chemical consolidation plugging technology in SX2 Well of Tahe Oilfield in the permian igneous rock formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(3):31-34.
- [3] 王立锋,王杰东,董恩琼,等.一种合成树脂堵漏材料在塔河油田的应用[J].钻井液与完井液,2012,29(3):88-90,98.  
WANG Lifeng, WANG Jiedong, DONG Enqiong, et al. Application of resin lost circulation material in Tahe Oilfield[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2012,29(3):88-90,98.
- [4] 张蔚,刘亚峰,周天辉,等.S115 井承压堵漏及盐膏层钻井液技术[J].钻井液与完井液,2005,22(3):44-46,84.  
ZHANG Wei, LIU Yafeng, ZHOU Tianhui, et al. Pressure bearing sealing technique and drilling fluid technology for S115 Well[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2005,22(3):44-46,84.
- [5] 樊艳芳,路小帅,牛丽霞,等.塔河油田西北缘超深巨厚复杂盐膏层快速钻井技术[J].钻采工艺,2014,37(6):107-109.  
FAN Yanfang, LU Xiaoshuai, NIU Lixia, et al. The rapid drilling technology for ultra-deep, huge and complex salt-gypsum formation in northwest of Tahe Oilfield[J]. Drilling & Production Technology, 2014,37(6):107-109.
- [6] 李源.塔河油田奥陶系岩溶储层发育与海西早期水文地貌响应关系研究[D].湖北武汉:中国地质大学,2016.  
LI Yuan. Relationship between the development of Ordovician karst reservoir and hydro-geomorphologic in Hercynian, Tahe Oilfield[D]. Wuhan Hubei: China University of Geosciences, 2016.
- [7] 廖明光,裴钰,陈培元,等.塔河油田 4 区岩溶缝洞型储层及其控制因素[J].西南石油大学学报(自然科学版),2013,(4):1-8.  
LIAO Mingguang, PEI Yu, CHEN Peiyuan, et al. Formation and controlling factors of karst fracture-cave reservoir in the 4th block of Tahe Oilfield[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2013,35(4):1-8.
- [8] 马骏骐,游利军,康毅力,等.缝洞性碳酸盐岩储层钻井液漏失预测地质-地球物理方法[J].钻采工艺,2010,33(3):90-93,145.  
MA Junqi, YOU Lijun, KANG Yili, et al. Geological-geophysical methods of pre-diction lost circulation in fractured/Caved carbonate formation[J]. Drilling & Production Technology, 2010,33(3):90-93,145.
- [9] 李大奇,康毅力,曾义金,等.缝洞型储层缝宽动态变化及其对钻井液漏失的影响[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(5):76-81.  
LI Daqi, KANG Yili, ZENG Yijin, et al. Dynamic variation of fracture width and its effects on drilling fluid lost circulation in fractured vuggy reservoirs[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2011,35(5):76-81.
- [10] 康毅力,王海涛,游利军,等.基于层次分析法的地层钻井液漏失概率判定[J].西南石油大学学报(自然科学版),2013,(4):180-186.  
KANG Yili, WANG Haitao, YOU Lijun, et al. Probability determination for loss circulation of drilling fluids based on analytic hierarchy process[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2013,35(4):180-186.
- [11] 靳书波.塔河油田钻井液体系优化[J].钻井液与完井液,2002,19(6):50-54,149.  
JIN Shubo. Optimization of the drilling fluid systems in Tahe Oilfield[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2002,19(6):50-54,149.
- [12] 刘晓平.塔河油田二叠系承压堵漏难点分析及堵漏新技术应用[J].西部探矿工程,2013,25(4):63-64,68.  
LIU Xiaoping. Analysis of pressure-confined leakage plugging difficulties and application of new leakage plugging technology in Permian stratum, Tahe Oilfield[J]. West-China Exploration Engineering, 2013,25(4):63-64,68.
- [13] 邹和均,余丽彬,汪志强,等.塔河油田托普区块二叠系高承压堵漏技术[J].钻井液与完井液,2011,28(4):78-80.  
ZOU Hejun, YU Libin, WANG Zhiqiang, et al. Research on technology of sealing under high pressure in permian Tuofu Block of Tahe Oilfield[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2011,28(4):78-80.
- [14] 赵炬肃.塔河油田盐下探井三开长裸眼井壁稳定问题的探讨[J].钻井液与完井液,2005,22(6):69-72.  
ZHAO Jusu. Research on wellbore stability of third opening and long naked hole in the Yanxia exploration well[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2005,22(6):69-72.
- [15] 陈曾伟,王悦坚,李大奇,等.抗高温井下交联固结堵漏技术在塔河油田的应用[J].钻井液与完井液,2015,32(3):42-46.  
CHEN Zengwei, WANG Yuejian, LI Daqi, et al. Application of high temperature downhole crosslinking solidification technology for mud loss control in Tahe Oilfield[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2015,32(3):42-46.