

引用格式:李大勇,肖超,王胜建,等.下扬子地区页岩气井失返性漏失堵漏技术研究——以WY-1HF井为例[J].油气藏评价与开发,2021,11(2):256-260.

LI Dayong, XIAO Chao, WANG Shengjian, et al. Plugging technology applied for total loss in shale gas wells of Lower Yangtze Region: Taking Well-WY-1HF as an example[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2021, 11(2): 256-260.

DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2021.02.017

# 下扬子地区页岩气井失返性漏失堵漏技术研究

## ——以WY-1HF井为例

李大勇<sup>1</sup>,肖超<sup>2</sup>,王胜建<sup>1</sup>,赵小祥<sup>2</sup>,朱迪斯<sup>1</sup>,刘浩亚<sup>2</sup>

(1.中国地质调查局油气资源调查中心,北京 100083;2.中国石化石油工程技术研究院,北京 100101)

**摘要:**目前,国内页岩气钻井发生漏失情况比较普遍,适用于油基钻井液的堵漏方法不多,失返性漏失仍是业内技术人员面临的难题。以WY-1HF井现场作业为例,使用油基钻井液在该井水平段钻井时发生失返性恶性漏失,且使用常规的桥塞堵漏技术、油井水泥堵漏技术均不能有效封堵漏失层。在该井漏失层特征分析的基础上,研究了无机凝胶的堵漏机理及桥塞堵漏材料对油基钻井液性能的影响规律,最终采用高密度(1.89 g/cm<sup>3</sup>)的水泥固化封堵结合低密度(1.17 g/cm<sup>3</sup>)无机凝胶固化封堵,配合使用油基钻井液高浓度大颗粒桥塞堵漏浆,堵漏成功,保障了后续通井、测井、下套管、固井等作业的顺利开展。该方法的成功实施对该地区页岩气堵漏技术的应用具有一定的借鉴意义。

**关键词:**低密度凝胶堵漏;水泥堵漏;桥塞堵漏;失返性漏失;页岩气水平段;下扬子地区

中图分类号:TE28.3

文献标识码:A

### Plugging technology applied for total loss in shale gas wells of Lower Yangtze Region: Taking Well-WY-1HF as an example

LI Dayong<sup>1</sup>, XIAO Chao<sup>2</sup>, WANG Shengjian<sup>1</sup>, ZHAO Xiaoxiang<sup>2</sup>, ZHU Disi<sup>1</sup>, LIU Haoya<sup>2</sup>

(1.Oil and Gas Survey Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

2.Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China)

**Abstract:** At present, the leakage of shale gas drilling is quite common in China, and there are few plugging methods suitable for oil-based drilling fluid. The total loss of drilling fluid is still a difficult problem for technicians in the industry. Taking the field operation of Well-WY-1HF as an example, during the drilling of its horizontal well interval by using oil-based drilling fluid, the conventional plugging technology of bridge plug and cement plugging technology of oil well can not work efficiently. Based on the analysis of the characteristics of the loss zones, the effect of different plugging material of oil-base drilling fluid performance have been studied to determine the formula for successful plugging, that is high density (1.89 g/cm<sup>3</sup>) cement solidified plugging combined with low density (1.17 g/cm<sup>3</sup>) inorganic gel curing plugging, cooperating with the use of bridge plug with high concentration and large particle. It ensures the subsequent drifting, well logging, the casing and cementing operation smoothly. The successful implementation of this method provides certain reference for the application of shale gas plugging technology in the same area.

**Key words:** plugging by low density gel, cement plugging, total loss, bridge plugging, horizontal well interval for shale gas, Lower Yangtze Region

收稿日期:2020-09-30。

第一作者简介:李大勇(1971—),男,本科,高级工程师,现主要从事钻井技术管理工作。地址:北京市海淀区北四环奥运大厦,邮政编码:100083。E-mail: brv-lee@163.com

通信作者简介:肖超(1975—),男,硕士,高级工程师,现主要从事钻井液研究与服务工作。地址:北京市昌平区石化科技中心,邮政编码:100101。E-mail: xiaochao.sripe@sinopec.com

基金项目:“十三五”国家重大专项“海上复杂地层安全快速钻井关键技术”(2016ZX05033004-002);中国石化科技部项目“尼日利亚、喀麦隆复杂地层钻井关键技术研究”(PE19009-1);中国地质调查局项目“合肥盆地及周缘油气资源战略调查”(DD20190725)。

水平井水平段裂缝性灰岩缝洞型漏失层堵漏一直是难题。由于漏失通道大,桥接类堵漏材料很难在漏失通道内架桥生成封堵层<sup>[1-5]</sup>,而常用的固结类堵漏浆体由于密度较高、黏度低,在水平段内易出现沉降等问题,难以以段塞状均匀推进,影响封堵效果<sup>[6-9]</sup>。此外,堵漏材料对油基钻井液性能,特别是对破乳电压的影响非常大,进而影响油基钻井液的稳定性。

WY-1HF井是中国地质调查局在长江中下游下扬子地区部署的一口重点水平勘探井,位于宁国凹陷的西部深凹斜坡带构造部位。该井水平段储层以孤峰组(1 334.60~2 553.68 m)碳质泥岩为主,设计水平段井眼直径为215.9 mm,井段斜深2 553.57 m,造斜点深度为1 020 m,水平段井深1 555.52~2 553.57 m。孤峰组属于页岩层段,为了保证井下安全,该井从造斜段开始采取油基钻井液钻进,水平钻至2 004 m时发生恶性漏失。常规堵漏技术,如桥塞堵漏、油井水泥堵漏均无法有效封堵漏失层。针对该漏失特点开展研究,通过室内试验,选择配伍性好的桥堵材料确保油基泥浆性能稳定,优选出低密度无机凝胶配方,通过高密度水泥(1.89 g/cm<sup>3</sup>)固化封堵结合低密度无机凝胶(1.17 g/cm<sup>3</sup>)固化封堵,配合使用油基钻井液高浓度大颗粒桥塞堵漏浆堵漏的方法,最终实现了水平段漏失封堵。

## 1 漏失特征分析

### 1.1 漏失速度高和漏失量大

WY-1HF井在水平段钻进至2 004 m时,泵压由12 MPa降低为10.5 MPa,钻压由120 kN降为10 kN,钻时变快,同时发生失返性漏失,漏失速度为181 m<sup>3</sup>/h,井筒液面急剧下降到离井口800 m,强行起出旋转导向设备,并往井内灌入150 m<sup>3</sup>油基钻井液,钻井液液面仍离井口800 m不变。分析可知,其原因是使用比重为1.25 g/cm<sup>3</sup>的钻井液钻开地层时,孔隙压力为0.5 g/cm<sup>3</sup>的体积巨大的大型溶洞—裂缝性地层无法承受液柱压力,从而造成失返性漏失。钻井液液面下降到离井口800 m时,钻井液液柱压力与地层压力达到平衡,灌入150 m<sup>3</sup>油基钻井液后,钻井液液面仍无变化。

### 1.2 漏失地层特征

WY-1HF井地层为裂缝发育的灰岩地层,岩性为100%灰岩,在钻遇此失返性漏失层前,测深在

1 908~1 932 m(垂深1 361 m)的多处灰岩地层已发生5 m<sup>3</sup>/h的漏失,累计漏失油基钻井液187 m<sup>3</sup>。

对于前期小于5 m<sup>3</sup>/h的灰岩地层微裂缝漏失,使用桥塞堵漏技术能很好地封堵漏失层。堵漏材料包括:3%粒径为1~3 mm的刚性堵漏剂、3%粒径为0.01~0.1 mm的石墨粉、3%粒径为0.01~0.1 mm的复合碳酸钙。主要原理是选取对破乳电压影响小的堵漏剂,将多种堵漏材料复合配置成堵漏浆,并利用高压将其挤入地层漏失位置,堵漏材料在孔喉处挂住、架桥、填充后,形成的填塞层与裂缝或孔洞的壁面产生较大的摩擦而不易被推移,再利用堵漏浆中薄而光滑、易曲张变形的片状物质进行填塞,利用石墨粉的滑动变形,在近井地带形成一层致密的填塞层,达到堵孔、消除漏失、提高地层承压能力的目的<sup>[10-11]</sup>。

但对于2 004 m处漏失速度和漏失量大的溶洞—裂缝型漏失,上述配方没有任何效果,初期判断漏失层为溶洞—裂缝性地层。

### 1.3 漏失层的压力特征

WY-1HF井钻至2 004 m时,钻井液的密度为1.25 g/cm<sup>3</sup>,钻井液发生失返性漏失,地层压力平衡时的液面为800 m,本井垂深为1 361 m,折算成漏失层的地层压力当量钻井液密度为0.5 g/cm<sup>3</sup>。

$$\rho_p = \frac{\rho_f(H_{VD} - H_{FH})}{H_{VD}} \quad (1)$$

式中: $\rho_p$ 为地层孔隙压力当量钻井液密度,g/cm<sup>3</sup>;  $\rho_f$ 为钻井液液柱压力当量钻井液密度,g/cm<sup>3</sup>;  $H_{VD}$ 为油井垂直深度,m;  $H_{FH}$ 为井筒内钻井液液面距井口距离,m。

## 2 堵漏难点分析与方案

### 2.1 堵漏难点分析

#### 2.1.1 油基钻井液与常用桥接堵漏浆配伍性差

常规的桥接堵漏原理是将纤维、片状材料、颗粒材料进行复配,通过颗粒材料在孔喉处架桥,形成的填塞层与裂缝或孔洞的壁面产生较大的摩擦而不易被推移,再利用堵漏浆中的薄而光滑、易曲张变形的片状物质进行填塞,以植物纤维的拉筋串联形成一层致密的填塞层,达到堵漏的目的<sup>[12-14]</sup>。

桥塞堵漏技术是水基钻井液中最常用的技术,

可根据漏失速度的不同,配置不同配方的堵漏浆进行堵漏,但桥塞堵漏技术中使用的纤维类材料、颗粒类材料表面是亲水表面,且比表面积大,当使用这些材料在油基钻井液中配置高浓度堵漏浆封堵恶性漏失时,油基钻井液中的乳化剂、润湿剂等将大量吸附在纤维材料、颗粒材料表面,导致油基钻井液的乳化稳定性失效,引发包括油水分层、加重剂沉降、井眼坍塌等一系列问题,容易导致堵漏失败<sup>[15-20]</sup>。

### 2.2.2 漏失层压力低和漏失速度大

WY-1HF井漏失层漏失速度大,由于地层压力梯度低达0.5 MPa/hm,而大部分可固化的堵漏浆密度大于1.5 g/cm<sup>3</sup>,无法在漏失层滞留,因此,常规桥接堵漏浆难以在漏失层滞留。

### 2.2.3 水平井井筒封堵难度大

水平段井筒尺寸大,桥接堵漏材料无法有效地直接封堵215.9 mm井筒。由于水泥浆密度高达1.89 g/cm<sup>3</sup>,而井筒内的油基钻井液密度为1.25 g/cm<sup>3</sup>,注入的水泥浆段塞在重力作用下,沉降到水平段的底部,密度小的油基钻井液漂浮在水泥浆上面,水泥浆固化后,上部仍然存在油基钻井液形成的通道。水泥、凝胶等可固化材料在水平段无法成段塞滞留,导致堵漏失败。

另外,水泥在水平段由于重力作用,未能进入漏失地层的水泥在井眼内沿水平方向延展,而固化后将使水平段含水泥的长度增加会使得井眼实际通过直径变小,导致下钻遇阻的井段增加,造成井越堵越浅。

## 2.2 堵漏方案

1) 采用油基钻井液桥塞堵漏技术,使用油基钻井液专用堵漏材料,并配合水基钻井液中的高效堵漏材料(如核桃壳、纤维、云母片等)强化桥塞堵漏效果,通过调整油基钻井液配方提高堵漏浆的破乳电压,维护油基钻井液的稳定性;

2) 采用高密度水泥(1.89 g/cm<sup>3</sup>)固化封堵结合低密度无机凝胶(1.17 g/cm<sup>3</sup>)固化封堵,缩小漏失通道横截面积,配合油基钻井液高浓度大颗粒桥塞堵漏浆堵漏;

3) 堵漏作业完成后,持续憋压使得桥塞堵漏剂维持在漏失层,承压达到5 MPa不漏后再开展后续作业。

## 3 堵漏浆配方室内实验及现场应用

### 3.1 堵漏浆配方室内实验

#### 3.1.1 油基堵漏浆配方实验

WY-1HF井现场使用的油基钻井液配方为:400 mL柴油+3%主乳化剂+2%辅乳化剂+100 mL CaCl<sub>2</sub>溶液(28%)+2%CaO+3%有机土+4%氧化沥青降滤失剂+重晶石。

配方性能:密度为1.3 g/cm<sup>3</sup>,漏斗黏度为65 s,塑性黏度为26 mPa·s,动切力为11 Pa,静切力为4/6 Pa,高温高压在120℃下,滤失量为2.5 mL,破乳电压为1 200 V,油水比为80:20。

选用此基浆开展油基钻井液堵漏浆配方实验,结果如表1所示。

表1 不同油基钻井液堵漏浆配方的破乳电压  
Table 1 Emulsion-breaking voltage of different oil-based drilling fluid plugging slurry formulation

油基钻井液配方	破乳电压(V)
基浆	1 200
基浆+20%刚性堵漏剂	1 100
基浆+10%复合堵漏剂	115
基浆+20%核桃壳	650
基浆+10%承压堵漏剂	1 100
基浆+5%棉籽壳	350
基浆+5%弹性石墨	1 150
基浆+10%碳酸钙	1 150

刚性堵漏剂以不同粒度的石英砂为主,复合堵漏剂以纤维为主且含少量核桃壳和云母片,承压堵漏剂以一种热处理后的纤维为主,可过80目筛。刚性堵漏剂、承压堵漏剂、弹性石墨、碳酸钙对基浆的破乳电压影响小,而复合堵漏剂、棉籽壳、核桃壳等对基浆的破乳电压影响大。

选取了核桃壳、复合堵漏剂、棉籽壳,并配合弹性石墨、竹纤维、双亲承压堵漏剂、复合橡胶粒子等配置成堵漏浆,对配成的堵漏浆进行检测,其破乳电压的变化见表2。

从实验结果可以看出:油基钻井液中加入堵漏剂配成桥浆后,破乳电压从1 200 V下降到100 V左右,通过补充足量的乳化剂,破乳电压能恢复到400 V以上,满足浅井对于油基钻井液破乳电压的要求。

表2 改进后油基钻井液堵漏浆配方的破乳电压  
Table 2 Emulsion-breaking voltage of oil-based drilling fluid plugging slurry formulation after improvement

油基钻井液堵漏配方		破乳电压(V)
	井浆	1 200
配方一	基础配方:井浆+11%刚性堵漏剂+15%复合堵漏剂+2%复合橡胶粒子+2%改性竹纤维+2%弹性石墨	125
	补充乳化剂:2%主乳化剂+2%辅乳化剂	450
配方二	基础配方:井浆+5%刚性堵漏剂+20%复合堵漏剂+1%棉籽壳+2%双亲承压堵漏剂+12%核桃壳	45
	补充乳化剂:2%主乳化剂+2%辅乳化剂	420
配方三	基础配方:井浆+19%核桃壳+7%竹纤维+2%双亲承压剂+10%复合堵漏剂+1%棉籽壳+2%复合橡胶封堵剂	120
	补充乳化剂:2%主乳化剂+2%辅乳化剂	480

### 3.1.2 凝胶堵漏浆配方实验

无机凝胶是一种水硬性堵漏材料,配置完成后密度可达1.17 g/cm<sup>3</sup>,具有良好的可泵性,固化强度较低,硬度小。选用的无机凝胶的配方为:5%预水化坂土浆+12%成胶剂+10%堵漏剂+2%交联剂+5%增强剂。低密度无机凝胶在地层温度(90℃)条件下养护24 h后的固化物中无机凝胶粒径约0.01~100 μm,粒度分布合理,密实充填,进入地层漏失通道后很快与地层发生吸引而滞留,通过固结作用形成高强度封堵。

参照国家标准《油井水泥试验方法:GB/T 19139—2012》,测定了低密度凝胶的稠化时间和固化物强度,配置的低密度凝胶堵漏剂稠化时间为305 min,固化物抗压强度为14.49 MPa,能满足现场安全施工的要求及防止完井作业过程中再次发生漏失。

## 3.2 现场应用

### 3.2.1 漏失层堵漏

1) 第1次堵漏:光钻杆下入井底2 004 m,下钻不返浆。桥塞堵漏浆配方:井浆+11%刚性堵漏剂(5%为10~20目,2%为40~80目,2%为80~120目,2%为150~200目)+20%复合堵漏剂(核桃壳、云母片、纤维大中小颗粒复配)+2%复合橡胶粒子(中粒橡胶,花生壳)+2%改性竹纤维+2%弹性石墨+2%主乳化剂+2%辅乳化剂。使用泥浆泵泵入16.5 m<sup>3</sup>高浓度堵漏浆,然后替入16 m<sup>3</sup>现场钻井液将堵漏浆替入到井底,井口无返出,钻井液液面距井口800 m,堵漏失败。

2) 第2次堵漏:光钻杆下入井底2 004 m,下钻不返浆。桥塞堵漏浆配方:井浆+5%刚性堵漏剂

(2%为10~20目,1%为40~80目,1%为80~120目,1%为150~200目)+20%复合堵漏剂(核桃壳、云母片、纤维大中小颗粒复配)+1%棉籽壳+2%双亲承压堵漏剂+12%核桃壳(5%为6~10 mm,5%为2~5 mm,2%为1~3 mm)+2%主乳化剂+2%辅乳化剂。使用泥浆泵泵入17 m<sup>3</sup>高浓度堵漏浆,然后替入16 m<sup>3</sup>现场钻井液,将堵漏浆替入到井底,井口有少量返出。起钻到1 765 m,灌浆不返,钻井液液面距井口500 m,堵漏失败。

3) 第3次堵漏:光钻杆下入井底2 004 m,使用泥浆泵注入5 m<sup>3</sup>高浓度桥塞堵漏浆,接着使用水泥车注入4 m<sup>3</sup>密度为1.2 g/cm<sup>3</sup>的前置液,8 m<sup>3</sup>密度1.8 g/cm<sup>3</sup>的水泥浆,1 m<sup>3</sup>后置液,使用14 m<sup>3</sup>泥浆泵替浆。桥塞堵漏浆配方:井浆+10%复合堵漏剂(核桃壳、云母片、纤维大中小颗粒复配)+2%棉籽壳+2%双亲承压堵漏剂+12%核桃壳(4%为6~15 mm,4%为2~5 mm,4%为1~3 mm)+2%主乳化剂+2%辅乳化剂。井口失返,灌浆不返,钻井液液面距井口272 m,堵漏失败。

4) 第4次堵漏:使用泥浆泵泵入5.5 m<sup>3</sup>桥塞堵漏浆,接着使用水泥车泵入密度为1.2 g/cm<sup>3</sup>的前置液1 m<sup>3</sup>,12 m<sup>3</sup>密度为1.8 g/cm<sup>3</sup>的水泥浆,1 m<sup>3</sup>后置液,使用10.8 m<sup>3</sup>泥浆泵替浆。桥塞堵漏浆配方:井浆+10%复合堵漏剂(核桃壳、云母片、纤维大中小颗粒复配)+2%棉籽壳+2%双亲承压堵漏剂+12%核桃壳(4%为6~15 mm,4%为2~5 mm,4%为1~3 mm)+2%主乳化剂+2%辅乳化剂。井口失返,灌浆不返,钻井液液面距井口307 m,堵漏失败。

前4次堵漏失败,初步证实漏失层段为裂缝-溶洞性地层,油基钻井液漏失量超过800 m<sup>3</sup>,必须尽快完成井眼封堵以利于进行后续作业。

### 3.2.2 水平段井筒内堵漏

1) 凝胶堵漏,凝胶堵漏浆配方:5%预水化坂土浆+12%成胶剂+10%堵漏剂+2%交联剂+5%增强剂。下光钻杆到井底,使用泥浆泵泵入3 m<sup>3</sup>的5%预水化坂土浆,接着使用泥浆泵泵入18 m<sup>3</sup>密度为1.17 g/cm<sup>3</sup>的凝胶浆,替浆11.4 m<sup>3</sup>,关井憋压,最大挤注压力为4 MPa,泵冲为10冲,起压至3 MPa后每隔10~20 min挤入一次,共挤入7 m<sup>3</sup>无机凝胶浆,井口少量返出,起钻灌浆后,钻井液液面由320 m上升到280 m。

2) 桥塞堵漏,桥塞堵漏浆配方:井浆+19%核桃壳(6%为6~10 mm,10%为2~5 mm,3%为0.5~1 mm)+7%竹纤维+2%双亲承压剂+10%复合堵漏剂(核桃壳、云母片、纤维大中小颗粒复配)+1%棉籽壳+2%复合橡胶封堵剂。使用泥浆泵泵入26.3 m<sup>3</sup>高浓度桥塞堵漏浆,然后替入11 m<sup>3</sup>井浆,井口有少量返出,钻井液液面为250 m,环空灌入7 m<sup>3</sup>油基钻井液,憋压5 MPa,稳压,堵漏成功。后续又憋压7 h,累计挤入10 m<sup>3</sup>油基堵漏浆,稳压5 MPa,堵漏成功。

### 3.3 现场应用效果

使用水泥+凝胶+油基钻井液桥塞堵漏的复合堵漏技术,成功地缩小并封堵了直径为215 mm的水平段井眼,解决了WY-1HF井水平段恶性漏失的技术难题,为后续作业提供了保障。通过应用该复合堵漏技术,克服了在使用油基钻井液时,水泥堵漏、桥塞堵漏等常规单一堵漏技术在水平段恶性漏失堵漏效果差的局限性,为该地区钻井堵漏方法提供了新的思路。

## 4 结论

长江中下游下扬子地区页岩气地层复杂,断层多,失返性漏失多为溶洞—裂缝性漏失,通过室内研究和现场试验,解决油基钻井液在水平段恶性漏失的技术难题,形成的主要认识有:

1) 采用高密度(1.89 g/cm<sup>3</sup>)的水泥固化封堵结合低密度(1.17 g/cm<sup>3</sup>)无机凝胶固化封堵,在进入地层裂缝后形成稳定结构并缩小裂缝尺寸,结合油基钻井液高浓度桥堵浆封堵漏失通道,通过憋压使得堵漏剂保持在漏失层,从而实现封堵。

2) 使用足量的乳化剂能提高油基桥塞堵漏浆(含大量的复合堵漏剂、棉籽壳、核桃壳等堵漏材料)的破乳电压,保证堵漏过程中井眼稳定。

#### 参考文献

- [1] 王中华.国内外油基钻井液研究与应用进展[J].断块油气田,2011,18(4):533-537.  
WANG Zhonghua. Research and application progress of oil-based drilling fluid at home and abroad[J]. Fault-Block Oil&Gas Field, 2011, 18(4): 533-537.
- [2] 王伟志,刘金华,李大齐,等.奥陶系灰岩地层放空段堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):48-51.  
WANG Weizhi, LIU Jinhua, LI Daqi, et al. Plugging technology for limestone cave of Ordovician strata[J]. Exploration Engineering (Rock&Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(1): 48-51.
- [3] 崔云海,许明标.水平井裂缝油基钻井液水泥浆堵漏技术[J].长江大学学报(自科版),2015,12(8):53-56.  
CUI Yunhai, XU Mingbiao. Cement slurry plugging technology of horizontal well fracture drilled by oil-base drilling fluid[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2015, 12(8): 53-56.
- [4] 王中华.聚合物凝胶堵漏剂的研究与应用进展[J].精细与专用化学品,2011,19(4):16-19.  
WANG Zhonghua. Research and application progress of the polymer gel plugging agent[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2011, 19(4): 16-19.
- [5] 唐国旺,于培志.油基钻井液随钻堵漏技术与应用[J].钻井液与完井液,2017,34(4):32-37.  
TANG Guowang, YU Peizhi. Mud loss control while drilling with oil base drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2017, 34(4): 32-37.
- [6] 陈柳,刘翔,洪英林,等.塔中碳酸盐岩储层恶性井漏治理现状及对策浅析[J].西部探矿工程,2018,30(6):69-72.  
CHEN Liu, LIU Xiang, HONG Yinglin, et al. Analysis on the current situation and countermeasures of controlling severe well leakage in Tazhong carbonate reservoir[J]. West-China Exploration Engineering, 2018, 30(6): 69-72.
- [7] 易旺,李凯,赵凌云,等.黔西地区钻遇地层漏失分析及堵漏措施探讨[J].石油化工应用,2019,38(6):13-16.  
YI Wang, LI Kai, ZHAO Lingyun, et al. Leakage analysis and exploration of leakage stoppage measures for drilling strata in western Guizhou[J]. Petrochemical Industry Application, 2019, 38(6): 13-16.
- [8] 张凯.石油钻井工程防漏堵漏工艺浅谈[J].石化技术,2018,25(9):171.  
ZHANG Kai. A brief discussion on oil drilling engineering leakage prevention and plugging technology[J]. Petrochemical Industry Technology, 2018, 25(9): 171.
- [9] 李辉,陈涛,魏强,等.高效防漏堵漏技术在让纳若尔油田的研究与应用[J].新疆石油科技,2018,28(4):10-15.  
LI Hui, CHEN Tao, WEI Qiang, et al. The research and application of efficient leakage prevention and plugging

(下转第268页)