

# 可控式大裂缝堵漏工具研制及应用

林下斌, 严君凤, 蒋炳, 吴金生  
(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川成都 611734)

**摘要:**在钻井过程中出现的大裂缝或小型溶洞漏失,这些恶性漏失采用堵漏材料难以见效,利用可控式堵漏工具进行封堵是一种行之有效的堵漏手段。针对这类恶性漏失,我们设计了一种可以容易操控并能够准确将拦截袋和不同类型堵漏材料送到钻孔内漏失位置的堵漏工具。该工具能有效避免堵漏材料被水稀释或者被水流冲走,在漏失位置能形成有效封堵,从而实现大裂缝的堵漏。

**关键词:**恶性漏失;堵漏材料;可控式堵漏工具;大裂缝

**中图分类号:**P634.8;TE927 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0356-05

## Development and application of the controllable large crack plugging tool

LIN Xiabin, YAN Junfeng, JIANG Bing, WU Jinsheng

(Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** In the process of drilling, when circulation loss occurs due to large fractures or small karst caves where plugging materials cannot work effectively, controllable plugging tools are an effective plugging method. In view of this severe circulation loss, we designed a kind of plugging tool which can be easily manipulated and can accurately deliver the interception bag and different types of plugging materials to the leakage position in the borehole. The tool can effectively prevent the plugging material from being diluted by water or washed away by water flow, and form effective plugging at the leakage position, so as to realize the plugging of large fractures.

**Key words:** severe loss; plugging material; controllable plugging tool; large cracks

## 0 引言

井漏是钻井过程中困扰世界的技术性难题,由于钻井井漏带来的危害很大,可能造成埋钻、井塌等问题,甚至成为报废井<sup>[1-6]</sup>,所以研究防漏堵漏技术对钻井施工非常重要,通过广大技术人员的长期研究,防漏堵漏技术得到了快速发展。目前已经研究和开发了常规桥接堵漏材料、高失水堵漏材料、暂堵材料、化学堵漏材料无机胶凝堵漏材料以及软硬塞堵漏材料等<sup>[7]</sup>。还有膨胀型堵漏材料、随钻堵漏材料<sup>[8]</sup>以及处于前沿研究当中的智能堵漏材料<sup>[9]</sup>。另外,对于漏失较为严重井段,还应用了大颗粒材料,但由于这些材料颗粒较大而无法通过泵的

滤网,无法泵送;储明来,景步宏等<sup>[10-11]</sup>对堵漏材料送入工具进行了设计,采用旁通阀式送入工具顺利将堵漏材料送到漏失地层。陈军等<sup>[12]</sup>对恶性井漏治理的现状进行了分析,目前针对大裂缝、溶洞等恶性漏失,缺乏有效应对措施。范钢等<sup>[13]</sup>在研究拦截式堵漏工具过程中发现桥接堵漏材料根本无法在这类漏失通道中堆积、架桥形成有效堵塞;而堵漏水泥受地层水或者溶洞积液置换、稀释干扰,难以在近井周围形成有效的堵塞隔墙。针对此情况,周喜得<sup>[14]</sup>研究发现,采用堵漏袋可以保证水泥不分散,不被冲走,耐高速水流;同时水泥浆析水后硬化速度加快,固化强度提高。堵漏袋可以适应不同形

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.059

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“深海钻探技术与工程支撑”(编号:DD20190587)

作者简介:林下斌,男,汉族,1980年生,工程师,从事地质钻探工具机械设计、加工及应用研究工作,四川省成都市郫都区现代工业港港华路139号,286225191@qq.com。

引用格式:林下斌,严君凤,蒋炳,等.可控式大裂缝堵漏工具研制及应用[J].钻探工程,2021,48(S1):356-360.

LIN Xiabin, YAN Junfeng, JIANG Bing, et al. Development and application of the controllable large crack plugging tool[J]. Drilling Engineering, 2021,48(S1):356-360.

状,可以堵塞不同形状的漏洞。对于桥接堵漏材料,由于堵漏袋的作用,可以使用多个单颗粒堵漏材料形成集结,从而在大裂缝或洞穴中形成桥架。对于凝固型材料,由于堵漏工具,能够减少凝固材料因受地层水或溶洞积液置换、稀释干扰的不利因素,为有效凝固实现封堵提供保障。王国君<sup>[15]</sup>对袋式堵漏工具进行了进一步改进研制,该袋式堵漏工具针对大裂缝和溶洞具有较好的堵漏效果。

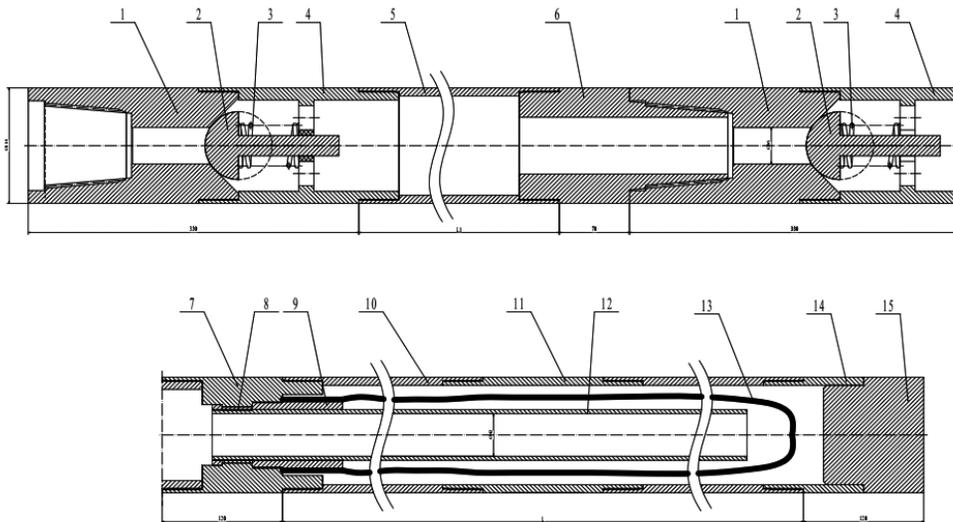
根据袋式堵漏工艺,在我所王国君研制的袋式堵漏工具以及范钢等人研制的拦截式堵漏工具的基础上,为进一步提高堵漏工具操控的精确度,精准将堵漏材料送达漏失地层,分别研制了 $\varnothing 89$ 、114、177.8 mm 3种规格可控式大裂缝堵漏工具。本文将对其中的 $\varnothing 114$  mm可控式大裂缝堵漏工具进行介绍。

## 1 $\varnothing 114$ mm 可控式大裂缝堵漏工具结构和工作

### 原理

#### 1.1 结构组成

可控式拦截堵漏工具由控制装置、拦截袋组件、堵漏材料储存装置等3部分构成;其中控制装置包括进口单向阀、储料管、转换接头、出口单向阀,储料管为中空圆柱形管体,转换接头内部设置中空的通道,进口单向阀的进口端与钻杆连接,储料管的两端分别与进口单向阀的出口端及转换接头螺纹连接,转换接头另一端与出口单向阀的进口端螺纹连接;拦截袋组件,其组成是:与出口单向阀的出口端外表面螺纹连接的单向阀接头,单向阀接头内腔从上到下分别与中心管接头、拦截袋接头上部螺纹连接,中心管接头内腔与中心管螺纹连接,拦截袋接头下部设有拦截袋连接件,外套拦截袋,中心管的中下部置于拦截袋内,单向阀接头外表面与外管螺纹连接,外管底部的垂向位置低于中心管底部的垂向位置,外管下部设置有堵头连接件并连接堵头。见图1。



1—单向阀接头;2—单向阀阀芯;3—堵漏工具接头;4—堵漏工具接头2;5—中心管;6—中心管接头;7—口袋接头;8—水泥外管接头;9—水泥浆外管;10—堵漏工具外管;11—外管接头;12—中心管;13—堵漏袋;14—堵头接头;15—尼龙堵头

图1  $\varnothing 114$  mm 可控式大裂缝堵漏工具结构示意图

#### 1.2 工作原理

单向阀组1和单向阀组2,中心管5和拦截袋13用于存储堵漏材料。单向阀组用来隔绝外界水或者积液。当工具投送到孔内后,由于单向阀的作用,泥浆泵可以憋压。当压力到达一定数值后第一级单向阀打开,存储在套管仓中的材料在压力的作

用下打开第二级单向阀,堵漏材料进入拦截袋当中,由于压力作用,尾部尼龙塞脱落,堵漏袋也完成脱落,堵漏袋在漏失层位卡塞堆叠,对漏失形成封堵。当地面操作人员观察到压力下降后表示投送已经完成,从而直观可靠,重复性好。根据现场需要,可以进行多个回次的操作,直到完成堵漏为止。该工具

具备3个特点:

(1)堵漏材料在地面完成灌注后被封隔在工具内,避免被稀释或冲走。

(2)可以通过压力表数值变化进行直观观察和判定,实现精准操控。

(3)该可控式堵漏工具不仅能针对水泥浆液进行投送,还能实现其他类堵漏材料投送,包括膨胀性、长纤维和大颗粒等,提升大裂缝和小型溶洞堵漏成功率,有利于解决恶性漏失造成钻井施工中人力、财力、时间的消耗。

### 1.3 工具参数

根据漏失情况,制定 $\varnothing 114$  mm可控式大裂缝堵漏工具设计参数,见表1。

表1  $\varnothing 114$  mm可控式大裂缝堵漏工具设计参数

最大外径/mm	工具总长/mm	水泥浆存储量/ $m^3$	螺纹连接形式	中间通孔径/mm
114	5470	0.24	NC31	36

表2  $\varnothing 114$  mm可控拦截堵漏工具弹簧优选

井深/m	材质	弹簧优选						承受压力/MPa	压力表显示/MPa
		平均螺旋直径D/mm	线材直径d/mm	压簧总圈数	原始长度/mm	压缩后长度min/mm	压缩后长度max/mm		
1000			3.5	7		60	55	12	1.8
2000			4	7		60	55	21.8	1.8
3000	SUS304-WPB	40	4.5	7	65	60	55	32	2
4000			5	7		60	55	42	2
5000			6	7		60	55	53	3

## 2 堵漏工具现场使用方法和工艺流程

(1)根据现场收集到资料和实际情况,合理选择制作堵漏袋;堵漏袋的材质厚度在0.5~2 mm,具有较好的透水性、抗撕裂强度、柔韧性。材质可以选择尼龙布、聚丙烯、细帆布等。大小依据需要堵漏的裂缝或者溶洞大小而确定。一般长度3~7 m,直径0.4~1.5 m,两端要缩小0.3 m,使其两头小,中间大。

(2)合理选择堵漏材料,根据裂缝或溶洞大小确定所需浆液数量,制备好待用。

(3)检查堵漏工具各个零部件,确保工具完好。完成堵漏袋安装,分级完成堵漏材料灌注。

(4)接头刷上丝扣油,与钻具或者钻杆相连。

## 1.4 不同地层压力对应弹簧选型

单向阀中弹簧是关键零部件,为适应不同井深压力不同,需要根据需要选用不同线径的弹簧。详细计算和选型如下,圆柱螺旋压缩弹簧计算公式:

$$s = \frac{8 \cdot F \cdot n \cdot D^3}{G \cdot d^4} \quad (1)$$

$$\tau = K_s \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (2)$$

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} \quad (3)$$

$$K_s = f(D/d) \quad (4)$$

式中: $s$ ——弹簧变形,mm; $F$ ——弹簧负荷,N; $n$ ——有效圈数; $D$ ——中心直径,mm; $G$ ——剪切弹性模量,MPa; $d$ ——线径,mm; $\tau$ ——弹簧材料扭应力,MPa; $K_s$ ——曲线校正因素; $k$ ——弹簧系数,N/mm。

根据圆柱螺旋压缩弹簧计算公式,计算出 $\varnothing 114$  mm可控拦截堵漏工具在不同井深下弹簧参数优选见表2。

(5)将工具下到漏失层位,向上提升1 m。

(6)打开泥浆泵,密切观察压力变化,观察到压力到最高值后压力下降瞬间即表示已经完成堵漏袋投送,立即关泵提钻。

(7)候凝,根据实际情况确认完成堵漏或者进行数个堵漏回次操作。

在实际使用过程中对堵漏工艺制作了工艺流程图,见图2。

## 3 现场使用情况

四川省宜宾市筠连县地震台需要进行监测仪器安装,委托四川地勘局202地质队在其院内施工1口地震观测钻孔ZK1-1孔,见图3,该钻孔采用 $\varnothing$

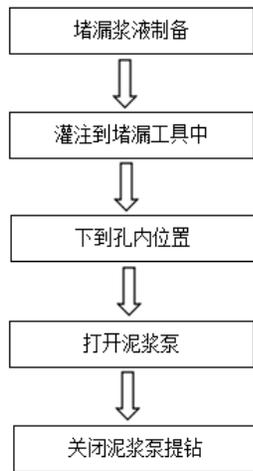


图2 堵漏工艺流程

150 mm 绳索取心钻具钻进,  $\varnothing 172$  mm 钻具扩孔, 孔径 172 mm, 孔深 198.54 m。孔深在 72 m 以浅, 一直从孔口返钻井泥浆。该钻孔已经接近钻进设计深度 200 m。



图3 地震台钻孔

该孔钻进过程中, 在孔深 75.74~76.64 m 段掉钻 0.9 m, 且没有取到岩心, 见图 4; 在孔深 76.84~77.30 m 可快速进尺; 当钻进深度达到 84 m 时, 在该位置施工人员进行了 3 次堵漏, 采用的方法是: 将水泥和石粉混合后装小袋投入孔内进行封堵, 总共投入水泥约 1.5 t, 石粉 3 t, 但没有将钻孔漏失堵住; 钻孔从 72 m 开始到 198.54 m 水位一直稳定在 34.4 m 左右。

筠连县地震台监测钻孔在钻进过程中出现溶洞性



图4 掉钻处岩心

漏失。在漏失地层处实施了 2 次拦截式堵漏工具堵漏作业, 如图 5~8, 实现累计有效封堵长度约 10 m, 待水泥浆凝固后, 取心钻进, 获取完整水泥塞岩心一段, 见图 9。经过观察, 获取的岩心完全由堵漏浆液经过脱水凝固形成, 强度较好, 拦截式堵漏工具堵漏作业对孔底漏失岩层实现了有效封堵, 试验取得了预期的成效。



图5 堵漏工具与钻杆相连后准备下井



图6 泥浆泵压力到最大值



图7 泥浆泵压力下降



图8 提钻后情况



图9 堵漏后钻取的水泥塞

#### 4 结论

(1)可控式大裂缝堵漏工具机构可靠,能有效将堵漏袋送入孔中,完成袋式堵漏工艺设想动作。

(2)可控式大裂缝堵漏工具实现堵漏材料地面

灌注,通过上下单向阀和尾部尼龙堵头组合实现了堵漏材料处于密闭空间,能够保证与外部积液或者积水进行隔绝,避免堵漏材料被稀释、堵漏材料用量大和堵漏效果差等情况发生。

(3)通过计算合理选择弹簧参数,实现了与泥浆泵压力数值相对应变化,实际使用中泵压力表显示的压力与计算结果相符。操作人员观察泥浆泵压力变化情况,实现精准投送,从而对漏失地层进行有效封堵,实现了精确操控,并可以适应不同井的需求。

#### 参考文献:

- [1] 陈军,王先兵,刘松,等.恶性井漏治理现状及展望[J].石油化工应用,2017(36):12-15.
- [2] 王先兵,陈大钧,蒋宽,等.新型防漏堵漏剂TFD与油气层保护技术[J].钻井液与完井液,2011,28(1):20-23.
- [3] 郝惠军,田野,贾东民,等.承压堵漏技术的研究与应用[J].钻井液与完井液,2011,28(6):14-16.
- [4] 陈尔志.常用惰性堵漏材料堵漏效果及综合效应研究[D].成都:成都理工大学,2011.
- [5] 田陆飞.高效承压智能堵漏复合材料的制备与性能研究[D].济南:济南大学,2011.
- [6] 李锦峰.恶性漏失地层堵漏技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(5):19-27.
- [7] 贾丽莉,田陆飞,刘振,等.堵漏材料研究的进展[J].材料研究与应用,2011,5(1):14-16.
- [8] 赵福豪,黄维安.钻井液防漏堵漏材料研究进展[J].复杂气藏,2020,13(4):96-100.
- [9] 孙金声,雷少飞,白英睿,等.智能材料在钻井液堵漏领域进展和应用展望[J].中国石油大学学报(自然科学版),2020,44(4):100-110.
- [10] 储明来,丁建林,朱一星,等.钻井堵漏材料送入工具的研究与应用[J].石油机械,2007,35(9):85-86.
- [11] 景步宏,储明来,丁建林,等.大裂缝性堵漏新技术[J].特种油气藏,2009,16(1):92-94.
- [12] 陈军,王先兵,刘松,等.恶性井漏治理现状及展望[J].石油化工应用,2017,(36):12-15.
- [13] 范钢,张宏刚,李前贵.新型堵漏工具——拦截式堵漏工具的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):42-44.
- [14] 周喜德.大流量高流速溶洞堵漏技术的研究[J].地球与环境,2005,33(3):54-63.
- [15] 王国君.袋式堵漏工具研制与试验[J].石油钻采工艺,1991,4(6):35-38.