

小口径膨胀波纹管护壁技术在四川 煤炭普查 ZK3 - 1 孔的应用

崔淑英, 邵玉涛, 陈晓君, 陈根龙

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: 膨胀波纹管技术在国内外石油钻井领域的应用已经颇有成效, 但是针对地质钻探领域的小口径膨胀管的研究却成效甚微。为此专门研发了针对地质钻探行业的小口径膨胀管护壁技术。该技术成功应用于四川煤炭普查 ZK3 - 1 钻孔封堵漏失地层, 护壁后正常钻进至终孔。此次小口径膨胀波纹管的成功应用, 为地质钻探行业的安全处理提供了新方向, 填补了我国在小口径膨胀管技术领域的空白。

关键词: 小口径; 膨胀波纹管; 堵漏; 护壁

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2017)09 - 0073 - 04

Application of Small Diameter Expandable Convulated Tubing Technology in ZK3 - 1 Drilling for Sichuan Coal Survey / CUI Shu-ying, SHAO Yu-tao, CHEN Xiao-jun, CHEN Gen-long (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Expandable convulated tubing technology has been applied in the field of petroleum drilling both in China and abroad, but the research on small diameter expandable convulated tubing in the field of geological drilling has little effect. In this case, small diameter expandable convulated tubing technology for geological drilling industry is researched and developed, which has been successfully applied in sealing up the leaky stratum in ZK3 - 1 drilling in Sichuan coal survey, then drilling to the final depth. This application is a new field for the accident treatment in geological drilling industry, which fills the gap in the field of small diameter expandable convulated tubing in China.

Key words: small diameter; expandable convulated tubing; sealing; breast wall

随着地质勘探工作的不断深入, 深井、超深井不断增多, 钻进难度不断加大, 特别是钻进过程中遇到坍塌、漏失、缩径等复杂地层时, 常常需要下入套管封固, 增加套管层次。增加套管层次会导致完井井眼过小, 甚至不能完孔, 尤其是在终孔裸孔段发生需护壁的情况, 不能下入套管, 泥浆护壁也失败的情况下, 常常导致孔报废, 给施工方造成极大的经济损失。基于以上问题, 人们一直都在探索一种能够等径钻进的工艺方法, 遇到问题地层下入套管护壁, 护壁后孔径不减小, 膨胀管护壁技术是迈向该目标的第一步。

膨胀管护壁技术目前是石油钻井领域的前沿技术, 俄罗斯鞑靼斯坦石油公司(TATNEFT)在20世纪70年代利用可膨胀波纹管技术来封隔漏层, 解决井漏问题, 研制的规格范围在 $\varnothing 132 \sim 245$ mm 五种规格。国内自1998年开始, 中国石油勘探开发研究

院、中国石油大学(北京)、中石化德州石油钻井研究所也相继开展了膨胀波纹管的研究, 研制的有 $\varnothing 215.9 \sim 311.1$ mm 三种规格^[1]。该技术目前在石油钻井领域尚在探索完善阶段, 其在地质钻探小直径钻孔中尚未使用。因地质钻探口径较小, 裸孔段集中在 $\varnothing 96$ 和 $\varnothing 76$ mm 左右两种口径较多。受空间尺寸的限制, 膨胀波纹管所需的材质、器具结构及工艺要求非常苛刻。我所依托国家项目, 经过多年悉心研究, 通过数百次的试验和探索, 从膨胀管材质、膨胀方式、膨胀器具、孔内应急预处理等方面进行攻关, 攻克了小口径膨胀护壁“瓶颈”, 研发了具有全部自主知识产权的整套地质钻探膨胀波纹管护壁器具及工艺。该护壁工艺和器具经过大量的室内试验后, 在四川省宣汉县樊哙镇添子诚复背斜南西翼煤炭普查TZC03钻场ZK3 - 1钻孔进行了首次野外施工应用, 并取得了成功, 从而为膨胀波纹管护壁工艺

收稿日期: 2017 - 03 - 31; 修回日期: 2017 - 06 - 13

基金项目: 国土资源部公益性科研项目“马坑矿区复杂地层膨胀管技术的应用研究”(编号: 201311059)

作者简介: 崔淑英, 女, 汉族, 1983年生, 硕士, 从事地质钻探工艺及器具研究工作, 河北省廊坊市金光道77号, 306011322@qq.com。

的深入研究和推广奠定了良好的基础。

1 ZK3-1孔的基本情况

四川省宣汉县樊哙镇添子诚复背斜南西翼煤炭普查TZC03钻场ZK3-1钻孔,设计孔深510 m,钻孔直径77 mm,钻深至420 m时,发现在上部128~132 m深沉积岩地层处出现不同程度的漏失。该漏失段为设计终孔孔径段,若采用普通套管进行护壁,将会影响取心直径,而多次采用泥浆护壁均未成功。在此种情况下决定采用膨胀波纹管进行护壁堵漏。膨胀波纹管护壁可实现护壁后通径大于等于原有裸孔直径,且膨胀后波纹管能够稳固的悬挂到孔壁,能够经受正常钻进后钻杆对孔壁的扰动。

根据所取岩心情况(见图1),判断漏失段发生在128~132 m处,在127 m以浅地层和133 m以深地层岩心的完整性均较好。



图1 漏失段岩心

2 膨胀波纹管的工作原理

膨胀波纹管主要利用金属的塑性变形原理将圆形管通过拉拔或压轧等方法使其变为异形,异形管端面呈8字形^[2]或呈瓣数不等的梅花形(见图2),统称为膨胀波纹管。变形前圆管内径大于需要护壁的孔径,变形后管外径小于所需护壁段孔径,将变形后的膨胀波纹管送入到需要护壁的孔段,通过机械或液压的方式将其膨胀开,膨胀后的管内径大于等于需要护壁段的孔径。膨胀波纹管变形膨胀过程如图3所示。

若完成上述变形过程,要求管子本身具有以下几个特点:

- (1) 良好的塑性及金属流动性;
- (2) 机械变形后不易出现应力集中;
- (3) 可焊接性好,由于管子长度受运输条件限制,护壁长度较长时需要对接管子;
- (4) 膨胀后具有较好的冷作硬化特性。

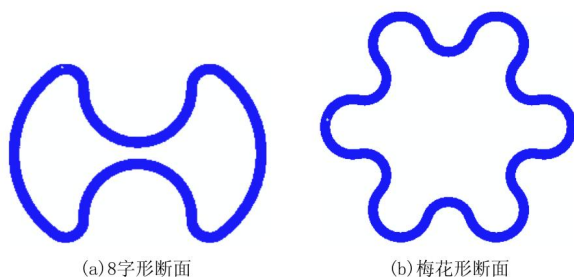


图2 膨胀波纹管断面



图3 膨胀波纹管变形膨胀过程

只有满足以上几点要求,波纹膨胀管才能完成变形和膨胀两个过程。膨胀波纹管的膨胀方式有机械式和液压式,机械式膨胀由于膨胀前后的尺寸变化较大,膨胀阻力较大,因此,通常采用液压式膨胀,膨胀后再通过机械规圆器具对膨胀后的波纹管进行规圆处理。

3 膨胀波纹管施工工艺流程

波纹管护壁能否成功一方面取决于波纹管自身属性,如管材属性、截面形状等,另一方面取决于施工工艺流程是否合理,能否准确下放到事故地层,能否在千米深孔下顺利膨胀、膨胀后如何顺利提钻等都是影响护壁成功的重要因素,因此一套合理的施工工艺流程至关重要。膨胀波纹管施工工艺流程见图4。

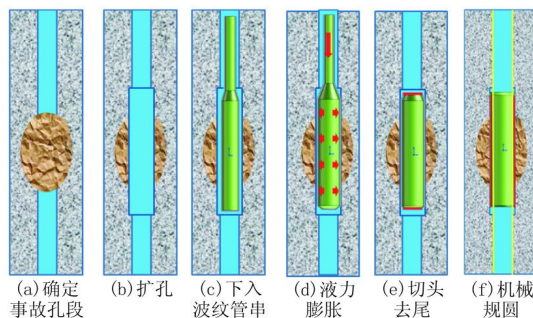


图4 膨胀波纹管施工工艺流程

- (1) 判断扩孔位置及护壁位置:根据岩心情况,判断孔内问题地层出现的位置,确定需要扩孔的孔段及膨胀护壁的位置;
- (2) 扩孔:根据膨胀后波纹管的外径及橡胶压缩量,确定扩孔直径进行扩孔;

(3)计算护壁长度:若护壁长度在单根膨胀波纹管长度范围内,直接焊接上下封隔器即可,若护壁长度大于膨胀波纹管单根长度,则需在现场焊接两根波纹管,然后再焊接上下封隔器;

(4)下入波纹管:孔口组装膨胀波纹管(已焊接上下封隔器)+送入器具+接头+钻杆;

(5)膨胀打压:将波纹管下放到护壁位置,向钻杆内注水膨胀打压,膨胀压力达到设计要求后停止打压;

(6)切头切尾:膨胀工作结束后,下入切头切尾工具,将上下封隔器切除;

(7)机械规圆:下入规圆器具将已膨胀后的波纹管内壁进行规圆处理,使钻头能够顺利通过;

(8)下入钻头继续等直径钻进。

4 膨胀波纹管护壁技术在ZK3-1孔的现场应用

4.1 判断扩孔段位置和护壁段位置

根据所取岩心情况,判断漏失地层位置,根据岩心的完整情况,判断膨胀波纹管的悬挂段位置及扩孔段位置。漏失段:128~132 m;护壁段:127~133 m;扩孔段:126~134 m;悬挂段:126~127和133~134 m。

4.2 扩孔作业

膨胀波纹管护壁工艺能否取得成功,扩孔作业是关键性、基础性的环节,扩孔孔径的尺寸及孔壁的表面质量直接影响到后期悬挂效果好坏,孔径过大,悬挂力不足;孔径过小,膨胀不到位,波纹管的通径减小,因此选择合适的扩孔钻头及工艺是至关重要的环节。现场扩孔作业见图5。

根据岩层情况采用的扩孔钻头为PDC复合片式的开合刀翼形式。扩孔钻头由钻头体、刀翼、活塞杆、弹簧和限位块等组成。在液压力推动作用下活塞杆下移,活塞杆下移过程推动刀翼打开,根据扩孔尺寸的需要调整限位块位置,刀翼打开至设定尺寸后限位块阻止刀翼继续打开,从而保证扩孔直径不会超过设计尺寸。

(1)扩孔准备:为保证扩孔工作的正常进行,确定扩孔钻头与现场配套泥浆泵站的参数,在井口对扩孔器具进行工作性能测试;测试结果表明,扩孔钻头能够正常工作,工作过程中泵压为3~4 MPa。

(2)扩孔钻杆准备:根据扩孔起始位置126 m、立根长度9 m、单根钻杆长度3 m以及立柱有效长

度4.2 m,确定扩孔所需立根14根、单根钻杆2根。

(3)扩孔施工:顺序连接扩孔钻头+14根立根+立柱,开启钻机系统、泥浆泵系统,添加钻杆至扩孔深度134 m处停止钻进。

(4)扩孔效果检验:扩孔工作完成后,保持泵站开启状态下提升下放钻具。如提升下放正常,则认为扩孔效果良好;如遇阻,则需从遇阻上段重新开始扩孔,直至扩孔段完成扩孔作业。

4.3 膨胀作业

4.3.1 钻杆试压

进行膨胀作业前随机选取若干根钻杆进行打压测试,保证钻杆密封性。

4.3.2 波纹管连接

ZK3-1钻孔漏失地层为128~132 m,护壁段为127~133 m,护壁长度为6 m,单根波纹管长度为9 m,在单根波纹管长截取6 m,上下焊接封隔器,焊接后通过超声波检测仪检测焊道质量。

膨胀波纹管管串的连接顺序为:下封隔器+膨胀波纹管+上封隔器+送入器具+接头+钻杆。

4.3.3 液压膨胀

将波纹管管串下放到设计的位置(见图6),使用现场BW-160型泥浆泵和3倍增压缸,向波纹管管串内注入液体,由于钻杆老化密封性较差,设计膨胀压力21 MPa时能达到最佳的膨胀效果,但现场膨胀压力达到17 MPa后则不能继续上升,根据室内试验结果,17 MPa压力下膨胀波纹管的通径已经满足要求大于原裸孔直径,基于此结束膨胀,开始进行后续工作。



图5 扩孔作业



图6 下放波纹管管串

4.3.4 切头

启动钻机,正常钻进13 min后,钻进速度明显

加快,此时割管器底端所处位置为 127.08 m,继续钻进 300 mm 后提起钻杆钻具。经检查,切管器内有完整的波纹管上封隔器,证明切头作业顺利完成,切头后波纹管无滑移现象,波纹管顶端所处位置在孔内 127.08 m 处,和下放尺寸基本吻合。

4.3.5 切尾

将切尾器具下放入到孔内,至无法下放,测量此时下入的钻具及钻杆的尺寸为 132.76 m,和波纹管设计的下放底部尺寸 133 m 基本吻合。启动钻机及泥浆泵系统,1 h 后钻进切割速度变慢,切尾作业结束。

4.3.6 机械膨胀

在孔口检测机械膨胀器具的工作性能,泥浆泵压力 5~6 MPa,工作介质泥浆,滑块上升下降顺畅,滑块最大打开至 $\varnothing 78$ mm。下放机械膨胀器到孔内 126.5 m 处,开启旋转机构和泥浆泵,当压力升到 6 MPa 时开启钻机给进机构。至膨胀器下放到孔内

134 m 处,机械膨胀完成。机械膨胀钻具与接头之间连接通管器,直径 76 mm,机械膨胀钻具自上而下后,将滑块收回至最小,上提下放钻杆,上下无阻力证明波纹管内径已经大于 76 mm, $\varnothing 75$ mm 绳索取心钻头能够顺利通过。

4.4 施工效果

膨胀波纹管膨胀作业结束后,漏失情况完全控制,下入 $\varnothing 75$ mm 绳索取心钻头,正常钻进至终孔 510 m。

5 膨胀波纹管护壁技术在其他钻孔的应用

膨胀波纹管护壁技术在 ZK3-1 钻孔的应用为该技术在地质钻探孔的首次成功应用,此后该技术成功应用于不同问题地层,成功解决了这些问题地层长期无法钻进的难题,防止了废孔的产生,为施工方挽回了巨大经济损失。膨胀波纹管护壁技术在其他地质钻探孔成功应用情况见表 1。

表 1 膨胀波纹管护壁技术成功应用情况

序号	应用地点	时间	护壁孔径/mm	护壁地层	护壁深度/m	护壁长度/m	护壁结果
1	广西南丹马鞍山孔明银铅锌矿区 ZK703 钻孔	2015-05	76	坍塌	1033.4~1040.4	7.0	成功
2	山东省栾家河矿区 ZK04 号钻孔	2015-06	76	坍塌	1789.5~1810.5	21.0	成功
3	广西柳州地区页岩气地质调查井工程锥容 1 井	2016-06	76	缩径	1470.1~1477.3	7.2	成功

6 结语

(1)小口径膨胀波纹管护壁技术在四川煤炭普查 ZK3-1 钻孔的成功应用,是我国膨胀波纹管技术首次成功应用于地质钻探领域,据可查阅资料,在如此小口径孔内成功进行膨胀管护壁的案例在国际上尚未见报道。

(2)在施工中发现膨胀波纹管技术仍有很大的提升空间,本次施工属于浅孔施工,多次提下钻对工期影响不明显,若遇深孔超深孔施工,一次提下钻时间十几个小时,后续工作需继续优化膨胀波纹管的护壁工艺流程,尽量减少起下钻次数。

(3)根据目前地质钻探孔径系列,应研发系列膨胀波纹管,使该技术能够广泛应用于地质钻探领域。

参考文献:

- [1] 陶兴华,牛新明,胡彦峰.膨胀波纹管技术及发展[C]//全国油气田开发技术大会,2011.

- [2] 杨顺辉.钻井用可膨胀波纹管技术研究[D].山东青岛:中国石油大学(华东),2008.
- [3] 张化民,于好善,宋刚.地质勘探用膨胀波纹管截面设计与选择[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):55-59.
- [4] 陈晓君,宋刚,孟庆鸿,等.小口径勘探用可膨胀波纹管 ANSYS 模拟与实验分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):37-40,45.
- [5] 杨顺辉,黄永洪,陶兴华,等.可膨胀波纹管技术在韦 15-19 井的应用[J].石油钻探技术,2007,35(3):55-57.
- [6] 杨立明,任腾云,张宏君,等.波纹管柔性管技术在胜利油田的应用[J].石油钻采工艺,2006,28(3):16-18.
- [7] 张彦平,田军,赵志强,等.波纹管堵漏技术在吐哈油田 L7-71 井的应用[J].石油钻采工艺,2005,27(1):20-22.
- [8] 王治平,卓云,廖富国,等.波纹管堵漏技术在黄龙 004-X1 井的应用[J].天然气工业,2008,28(5):67-68.
- [9] 陶兴华,马开华,吴波,等.膨胀波纹管技术现场试验综述及存在问题[J].石油钻探技术,2007,35(4):63-66.
- [10] 李娟.可膨胀波纹管技术在钻井工程中的应用[J].西部探矿工程,2006,(11):175-176.
- [11] 郭慧娟,王辉,耿莉,等.可膨胀波纹管有限元分析与现场应用[J].石油机械,2008,36(9):99-101.
- [12] 尹飞,高宝奎,张进,等.油井堵漏可膨胀波纹管的有限元分析[J].石油机械,2012,40(5):66-69.