

膨胀套管护壁技术研究现状及其工作原理

于好善^{1,2}, 王成彪¹, 杨甘生¹, 宋刚^{1,2}, 李洪²

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:膨胀套管护壁技术应用于地质钻探是一门全新的研究,对膨胀套管技术国内外研究现状和膨胀套管类型进行了介绍;确定了膨胀套管材质和膨胀器外型的选择原则;分析膨胀套管的膨胀机理;制定出膨胀套管护壁技术在施工过程中的流程。分析表明,膨胀套管护壁技术是完全可用于我国地质岩心钻探,通过推广应用,可大大丰富我国地质钻探护壁技术的手段。

关键词:膨胀套管;护壁技术;膨胀机理;岩心钻探

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)03-0001-04

Study Situation of Expandable Casing Technology and the Working Principle/YU Hao-shan^{1,2}, WANG Cheng-biao¹, YANG Gan-sheng¹, SONG Gang^{1,2}, LI Hong² (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The expandable casing technology using in geo-engineering drilling is being studied. This paper introduces study status of the expandable casing technology and the type of expandable casing. This study determines selection principles of the expandable casing material and the expansion tool shape, analyzes the expansion mechanism of expandable casing and establishes the construction process. Wall protection technology by expandable casing can be applied in geo-engineering drilling in China and increase the means of wall protection technology of geo-drilling.

Key words: expandable casing; wall protection technology; expansion mechanism; coring drilling

0 前言

膨胀套管技术是近 10 年来发展起来的一门新兴技术,主要用于石油开采时的油管修复、石油钻井时临时隔离漏失、涌水、遇水膨胀缩径、破碎、掉块、坍塌等复杂地层。与常规的套管不同,膨胀管从上层套管中下入,膨胀后,复杂地层被膨胀管隔离,随后可用与膨胀管下入前的同样直径的钻头继续钻进,井眼直径丝毫不会缩小。在深部复杂地层进行矿产勘探钻进时,通常对下部地层的复杂程度了解甚少,为了确保钻孔能钻进到预定深度,在进行套管层次和钻孔结构设计时,常规的做法是预留足够多的套管层次,因而开孔直径就得加大,孔内事故发生几率增大,这样势必造成钻进费用的急剧增加。如使用膨胀套管技术,钻遇不稳定地层时,在钻穿该层位后,下入膨胀套管,既稳定了孔壁,又简化了钻孔结构,套管层次可大大减少,因而综合钻进成本势必降低。

膨胀套管技术的使用时间还很短,到目前只有少数几个跨国石油公司拥有此项技术,且仅仅在石油勘探与开采中得到部分应用。其研究开发前景十

分乐观。随着膨胀套管技术的研究开发成功,不仅能确保我国深部地质矿产勘探战略的顺利实施,而且可应用于我国科学钻探,提高我国的石油钻井水平和城市管网修复水平。

1 膨胀套管护壁技术国内外发展现状

1.1 国外研究概况

膨胀套管技术在国外还处于初步开发阶段,只有 Weatherford、Enventure 等少数几家跨国石油公司正在进行这方面的研发工作。目前开发出的膨胀套管主要有无缝与有缝 2 种,套管直径从 5 1/2 in (Ø139.7 mm) 到 8 1/2 in (Ø215.9 mm),主要用于采油和定向钻井中。开发出的膨胀工具主要有实心锥反拉膨胀工具和旋转拟和膨胀工具 2 种。

在钻进中如遇到如下地层:不稳定孔段、碎石地层、易坍塌地层、漏失地层、断层、异常高压地层、压力衰竭地层,如用套管护壁,就会把套管层层下入,然后下入小一级钻头,结果孔深结构复杂,钻进成本升高。采用膨胀套管就会克服以上缺点,应急套管无须减小井眼尺寸,只隔离问题井段,而不用隔离整

收稿日期:2010-09-06; 修回日期:2010-12-22

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“深孔膨胀套管护壁技术研究”(1212010816009)

作者简介:于好善(1965-),男(汉族),河南汝南人,中国地质大学(北京)在读博士生,中国地质科学院勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心副主任、教授级高级工程师,地质工程专业,从事钻探工艺与器具研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号勘探技术研究所, yhs@cniel.com。

个孔段,减少井筒管壁层数,完成孔眼尺寸最大化,大幅度降低钻井成本。

目前国外已研制出的膨胀套管规格见表1。

表1 国外已研制出的膨胀套管规格

膨胀管类型 外径要求/in	套管/in	膨胀管可膨胀 至内径范围/in	至井眼尺寸时膨 胀管的扩大量/in
3½	5, 5½	4¼ ~ 5	1
4½	6¾, 7, 7¾	5¾ ~ 6¾	1
6%	8%, 9%, 10¾	7½ ~ 10	3½
8%	11¾, 13%	10% ~ 12%	1%
12%	16, 18%	15 ~ 17%	2

1.2 国内研究现状

国内对膨胀套管的研究甚少,只有德州石油钻井研究所、胜利油田研究院、中石油勘探规划院在这方面进行了一些研究工作,但其研究重点放在膨胀套管在油管修复和采油中的应用上。非开挖旧管替换技术虽然与之接近但还是有不少的区别,膨胀套管护壁技术用于地质岩心钻探国内还未见有研究的报道。

2 膨胀套管护壁技术工作原理

2.1 膨胀套管类型

膨胀套管目前有2类:

(1)有缝膨胀套管:主要用于临时隔离漏失、涌水、遇水膨胀缩径、破碎、掉块、坍塌等复杂地层;

(2)无缝膨胀套管:圆形断面,8字形断面,用于

漏失严重且需长期护壁或在以后的生产中需封堵无需采矿孔段。

有缝套管护壁效果好,强度高。

2.2 膨胀套管材质的选择

膨胀套管技术对管材性能应满足以下要求:膨胀后的要有足够强度和良好的孔内密封或封隔作用,延展性好,易于膨胀,成本低,最好是金属工业现有的管材,易于工业化。

石油工业中目前也没有使用特殊管材,仍是采用原来石油套管所用材质,如N80等,主要是考虑其成本和工业化,另外在石油钻探生产中地面钻机和泥浆泵的能力很大也为选用强度大的管材进行膨胀奠定了可行性的基础。但是地质勘探则不一样,钻机和泥浆泵的能力小,钻孔较浅对膨胀管的强度要求低,而且主要用于堵漏,所以地质钻探中应尽量使用强度低、壁厚小、延展性好的低碳钢管材,如20或30钢即可。

2.3 膨胀器(头)的设计

膨胀过程对膨胀器形状提出如下要求:(1)回转后横截面尺寸不增加;(2)膨胀器与膨胀管接触带窄,则阻力小;(3)膨胀管膨胀后形状回弹小;(4)膨胀管胀后内壁光滑。

通过收集国外资料及建立的数学模型计算,得出了7组14种,如果互相组合,共约40种,可供以后选用,见图1。

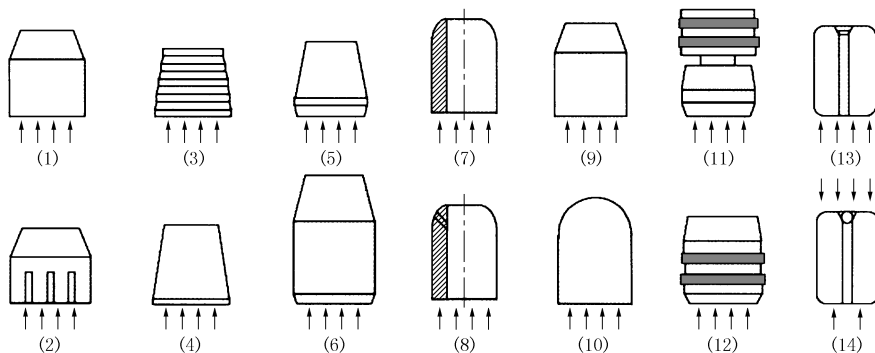


图1 各类膨胀头形式

2.4 膨胀管的膨胀机理

在外力的作用下,以液压或机械的方式驱动膨胀器使膨胀管发生永久性机械变形(塑性变形),使其径向直径扩大,大多数金属的应力-应变曲线如图2(a)所示。当应力超过金属的屈服极限时,进入塑性变形区,发生塑性变形。当大于金属屈服极限的应力载荷被撤除后,金属弹性回缩。此时,再反方向对金属施加应力,金属很快就会进入屈服状态,进

入塑性区域,这种现象就是金属的包辛格效应,如图2(b)所示。金属在塑性变形后的包辛格效应使膨胀管在膨胀后的抗外挤强度降低。应力一旦超过膨胀管强度极限后就会发生破坏性变形,所以每一种材料都有其变形极限,膨胀套管的使用应该是在管材膨胀极限范围内保证一定的安全系数。

2.5 膨胀套管的膨胀方式

膨胀套管的膨胀方式有很多,如液压膨胀、气压

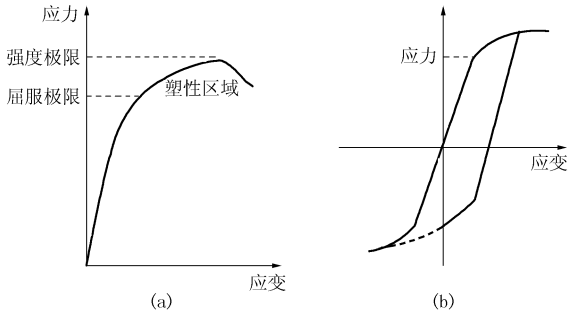


图 2 应力 - 应变曲线



图 4 旋转拟和膨胀法

膨胀、机械膨胀。因为是在钻探生产中应用,所以选择的原则是:尽量利用现有钻探的设备和机具就可完成,避免额外增加设备投入。根据地质钻探的特点,可用的是机械膨胀法。机械膨胀又有 2 种:实芯反拉和旋转拟和(见图 3 和图 4)。

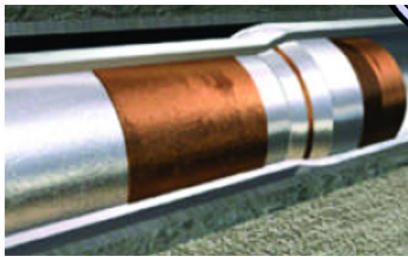


图 3 实心锥反拉膨胀法

实芯反拉膨胀法是利用实芯的膨胀锥,在外力的作用下膨胀器作轴线运动,经过套管时使其截面增大。其特点是:膨胀器简单,结构变化多样,膨胀时摩擦阻力即所需膨胀力大,所需地面设备所提供的膨胀力和套管锚固力大,适合大口径、大型作业设备。

旋转拟和膨胀法是采用自带可旋转小锥轮的膨胀器,膨胀时膨胀器既作轴线运动又作旋转运动,小锥轮在与膨胀套管接触摩擦阻力的作用下,随膨胀器公转时又沿自己中心线自转,因此膨胀时膨胀力小,此种方法适合于小型设备在小口径钻孔中施工。

3 膨胀套管护壁的工作流程

无缝膨胀管的安放步骤如图 5 所示。

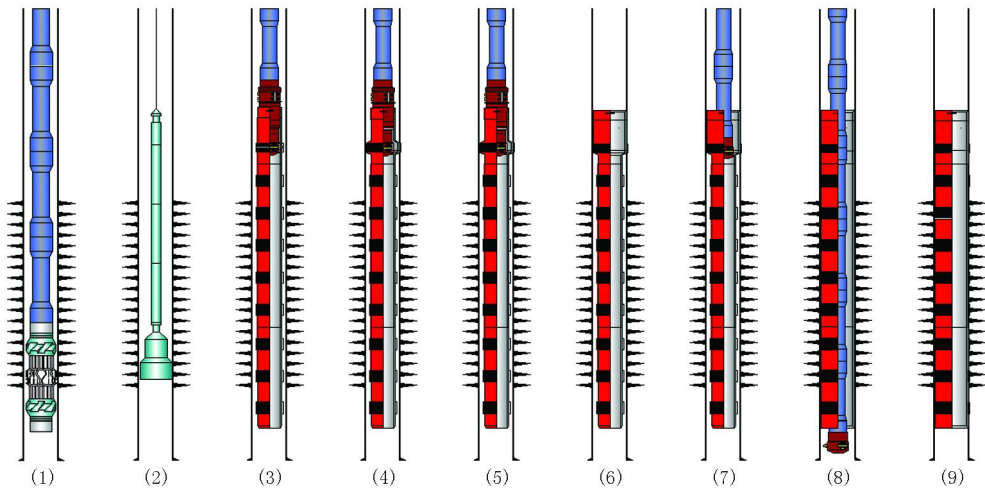


图 5 无缝膨胀管安放步骤

(1) 下入套管刮泥器,将整个计划安放膨胀管的区域刮洗干净。如图 5(1)所示。

(2) 将通径规由上至下放入,确保套管内径比膨胀管外径大,如果钻孔直径没有达到要求还需下入扩孔钻头进行扩孔。如图 5(2)所示。

(3) 将膨胀管下到预定位置并上下活动数次,校正膨胀管的下放深度,在一定泵压下循环泥浆,加压使坐定矛张开,然后上提全部钻具重量,继续循环泥

浆。如图 5(3)所示。

(4) 顺时针方向回转钻具,将转速逐渐增加至 60 r/min,将泵压增加到一定值,保压 1 min,然后停止回转与循环。等待 5 min 使坐定矛泄压。上提、下压钻具各 180 kN 以检查坐定矛是否坐定结实。如图 5(4)所示。

(5) 向钻具内投钢球,等钢球到位后慢慢增加泵压将剪切销剪断,停泵并将钻具上提 0.6 ~ 0.9 m,以

便泄压,泄压后将钻具下放到原位,如图5(5)所示。

(6)开泵,在一定泵压下循环泥浆,同时顺时针回转钻具并逐渐将转速增至100 r/min。将泵压逐渐增大到一定值,并以0.9~1.2 m/min的速度上提钻具,直到扭矩与上提力明显减少。此时停止回转与循环,并将全部钻具提出井外。如图5(6)所示。

(7)将组装好的膨胀工具接在钻杆下部,下放到膨胀管的顶部加压230 kN,到位后上提膨胀工具0.3 m。如图5(7)所示。

(8)在一定泵压下循环泥浆,同时顺时针回转钻杆并逐渐将转速增至100 r/min。逐渐增大泵量使泵压达到一定值后以0.9~1.2 m/min的速度向下膨胀膨胀管,此时扭矩与钻压都将增大。继续膨胀作业直到扭矩与钻压消失(表明已膨胀完毕),停止回转与循环。如图5(8)所示。

(9)将膨胀工具提出井外,根据要求随后可进行技术膨胀管内径测量和耐压试验。如图5(9)所示。

4 小结

膨胀套管护壁技术在地质岩心钻探中的应用还只是在探索和研究阶段,如果该技术研究成功并能推广应用,将是地质钻探护壁堵漏的一次技术革新,它不仅可补充完善我国地质钻探的护壁堵漏手段,也可为膨胀管技术应用于其他领域打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 邹枫. 膨胀管工艺[J]. 断块油气田,2004,11(3): 69-72.
- [2] 许瑞萍. 可膨胀管材料的研究与开发[D]. 天津:天津大学,2006.
- [3] 班丽. 采用实体膨胀管技术实现钻探深地层目标[J]. 国外油田工程,2003,(11):27-28.
- [4] 姚彤宝,于好善,夏柏如. 膨胀管技术在地质勘探领域应用初探[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):8-11.

- [5] Anon. Expandable-tubular solutions [J]. Journal of Petroleum Technology, 2000, 52(5):131-137.
- [6] Dupal Kenneth, Campo Donald B, Lofton John E, et al. Expandable tubular technology: A year of drilling case histories [J]. Journal of Petroleum Technology, 2002, 53(5):121-132.
- [7] Noel G. The development and applications of solid expandable tubular technology [J]. JOURNAL OF CANADIAN PETROLEUM TECHNOLOGY, 2005, 44(12): 527-539.
- [8] Karrech A, Seibi A, Pervez T, Sab K. The development and applications of solid expandable tubular technology [C]. PROCEEDINGS OF THE ASME PRESSURE VESSELS AND PIPING CONFERENCE 2005.127-134.
- [9] Mohd Nor Norlizah, Huang Edmund, Hon-Voon Chin. Transforming Conventional Wells in Mature Basins to Modern Big bore Producers by Applying Solid Expandable Tubulars (SET) [C]. Proceedings SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 2002.939-946.
- [10] Unocal discovers the value of planned installation vs. Contingency using solid expandable tubular technology [J]. World Oil,2006, 227(2):20-25.
- [11] Morrison W., Baggal Z., Baxendale B., et al. Optimizing well bore design using solid expandable tubular and bi-center bit technologies [C]. 14th SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, 2005.191-199.
- [12] Escobar Carlos, Dean Bill, Race Brian, et al. Increasing Solid Expandable Tubular Technology Reliability in a Myriad of Down-hole Environments [C]. Eighth Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 2003. 657-664.
- [13] PervezT., Seibi A. C., Karrech A.. Analytical solution for wave propagation due to pop-out phenomenon in solid expandable tubular technology [J]. Petroleum Science and Technology, 2006,24(8): 57-64.
- [14] Miessner Daniel, Eriwo Ochuko, Wenting Wouter, et al. Solid expandable tubular technology: Case histories of value-adding and enabling applications in sabah deepwater campaign [C]. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition, 2006.
- [15] Cook Lance. Solid expandable tubular technology increases production rates in difficult drilling environments [J]. Journal of Petroleum Technology, 2002,54(6):169-173.

可燃冰将被纳入“十二五”能源规划

国土资源网消息 近日从权威渠道了解到,作为未来重要的新型能源矿藏——可燃冰将被纳入我国“十二五”能源发展规划当中,加快加强对其勘探和科学研究,以便为未来开发利用奠定基础。

在全国“两会”期间,国家能源局副局长钱智民曾向媒体透露,天然气水合物将在能源发展规划中得到体现。而我国矿产资源权威人士也明确表示,在“十二五”能源规划中,可燃冰作为一种新型资源将被纳入其中。

数据显示,“十一五”期间,全国油气勘探投入2750多亿元,平均每年550亿元,较“十五”期间翻番;同期页岩气、砂岩

气、天然气水合物等非常规油气资源勘查速度进一步加快,而“十二五”期间,相关工作将更上一层楼。

“可燃冰勘探开发是一个系统工程,涉及海洋地质、地球物理、地球化学、流体动力学、钻探工程等多个学科。”广州海洋地质调查局专家说,“大力开展可燃冰勘探开发研究,可带动相关产业发展,形成新的经济增长点。”

业内分析人士指出,尽管我国可燃冰勘探研究起步较晚,但在海域可燃冰勘探和实验合成等领域已经与世界保持同步,在某些方面还形成了自己的技术特色,在可燃冰纳入能源规划的大背景下,提早获得开采技术突破的可能性应该存在。