

Technology Status of Expandable Liner Hanger in Domestic and Abroad

Xiaojun Li¹, Zongjie Mu^{1*}, Xia Zuo², Yongjun Huang³

¹Drilling Technology Research Institute of Xibu Drilling Engineering Company, Karamay

²Production Technology Department of Fengcheng Oilfield of Xijiang Oilfield Company, Karamay

³Production Technology Department of Luliang Oilfield of Xijiang Oilfield Company, Karamay
Email: xjlxiaojun@tom.com, *muzj20023@163.com

Received: Oct. 13th, 2012; revised: Oct. 28th, 2012; accepted: Nov. 7th, 2012

Abstract: Expandable liner hangers (ELH) have been shown to provide multiple advantages over conventional liner hangers. The expandable liner hanger (ELH) will be expanded by the hydraulic action or mechanical action. The expanded body of the ELH can hang the liner reliably. At the same time, the ELH can provide some advantages, such as good seal and hang liner abilities, rotating cementing, etc. The ELH can also resolve some technical difficulties which occur when tripping in liners and cement displacements in ultra-deep wells, extended reach wells and horizontal wells. So, the expandable liner hanger has a broad prospect in applications. The paper aims to introduce the characteristics, operating principles and matching technologies of the Expandable Liner Hanger which is developed by Drilling Technology Research Institute of Xibu Drilling Engineering Company, CNPC.

Keywords: Expandable Liner Hanger; Expandable Tube; Cementing and Completion; Hydraulic and Mechanical Action

国内外膨胀尾管悬挂器技术现状简述

李晓军¹, 穆总结^{1*}, 左震², 黄永军³

¹中国石油西部钻探钻井工程技术研究院, 克拉玛依

²新疆油田公司风城油田作业区生产技术科, 克拉玛依

³新疆油田公司陆梁油田作业区生产运行科, 克拉玛依

Email: xjlxiaojun@tom.com, *muzj20023@163.com

收稿日期: 2012年10月13日; 修回日期: 2012年10月28日; 录用日期: 2012年11月7日

摘要:与常规尾管悬挂器相比,可膨胀尾管悬挂器具有诸多优势。可膨胀尾管悬挂器是一种连接在尾管上,通过地面操作进行液压或机械作用,使得膨胀管沿径向膨胀的一种尾管悬挂器。通过膨胀管本体的膨胀,膨胀管本体与外层套管进行贴合,在摩擦力的作用下,进行尾管的悬挂,并进行有效密封;同时,保证了良好的井眼尺寸,为后续井下操作提供技术保证。由于其具密封能力强、悬挂能力优、可旋转固井、尾管入井过程中可开泵循环等优点,能解决超深井、大位移井以及水平井的尾管下入和水泥顶替效率低等技术难题,因而具有广阔的应用前景。本文将对国内外膨胀尾管悬挂器技术现状进行简述,并对西部钻探钻井工程技术研究院进行自行研制的膨胀尾管悬挂器的结构及工作原理及相关配套技术进行论述。

关键词:膨胀尾管悬挂器;膨胀管;固完井;液压及机械作用

1. 引言

如今,尾管悬挂器已经成为固井技术中的一种重要工具。常规的尾管悬挂器系统是通过锥体和卡瓦将尾管悬挂在上层套管上,存在尾管重叠段固井质量差

*通讯作者。

的问题，并且，随着深井、超深井、水平井等特殊井的不断增多，井况更加复杂。在这些恶劣的井况下，常规尾管悬挂器经常出现坐挂/坐封失效等情况，严重影响最终的完井效果。

随着可膨胀管技术的发展和完善，针对常规尾管悬挂器的不足，国外多家石油技术公司开发了可膨胀尾管悬挂器系统，它是一种新型的实体管膨胀坐挂、多种密封相结合的尾管固井工具^[1]。

该项技术使得传统的尾管和尾管封隔器的密封功能集于一体，从而消减了使用封隔器的成本。由于可膨胀尾管悬挂器是紧贴在上层套管内壁上的，从而避免了在安置和生产过程中在尾管和套管之间的环形空间可能发生的漏失，同时，由于膨胀管本体上橡胶密封环对环空的有效密封，避免了后续工作中由于固井质量差而引起的气窜等井下问题。膨胀尾管悬挂器的有效膨胀坐挂，使得悬挂器所占用的空间最小，从而增加了悬挂器和尾管内部的可用通径，保证后续井下工作的顺利进行。由此，它能有效解决超深井、小间隙井、大位移井及水平井尾管下入和水泥浆顶替效率低等技术难题。常规尾管悬挂器与膨胀尾管悬挂器井下工作比较如图 1 所示。

2. 国内外技术发展情况

目前，在国外现场成功应用的可膨胀尾管悬挂器有多种，结构各具特色，但都是利用膨胀原理，即膨胀管材的金属塑性应变特性，通过机械力、液压力或它们两者的共同作用对膨胀悬挂器本体径向膨胀。膨

胀后的本体与外层套管贴合在一起，残余应力对外层套管产生一定的挤压，通过摩擦力完成尾管串的悬挂，为提高可膨胀尾管悬挂器的密封和悬挂能力，可膨胀尾管悬挂器本体外一般都附有橡胶筒密封带。当这些橡胶材料被挤压在悬挂器和上层套管之间的环空间隙中，能有效地封隔尾管悬挂器和套管环空，并具备高效的双向承载能力。

2.1. 国外膨胀尾管悬挂器

目前，在国外现场成功应用的可膨胀尾管悬挂器主要有三种，分别为哈里伯顿、威德福及贝克休斯所垄断。这些技术都是利用膨胀原理，即膨胀管材的金属塑性应变特性，通过机械力、液压力或它们两者的共同作用对膨胀悬挂器本体径向膨胀^[2]，并通过橡胶件实现环空密封及悬挂尾管。其膨胀方式均为膨胀锥自上而下进行液压膨胀。

国际上三家公司的膨胀尾管悬挂器工作原理均相似，即膨胀尾管悬挂器连接在油管上，通过钻杆送入，当膨胀尾管悬挂器入井后，进行固井注水泥作业，当注水泥作业完成时，进行钻杆胶塞与套管胶塞的复合实施替浆作业；与此同时，地面继续进行打压作业，在液压力的作用下，膨胀锥下行并驱动膨胀管本体沿径向膨胀；膨胀作业完成后，地面进行环空打压，验证膨胀管本体上橡胶密封环对套管环空的密封能力，同时，也是对膨胀效果的检验。上述作业完成后，即可进行送入工具的丢手作业。具体实施过程如图 2 所示。

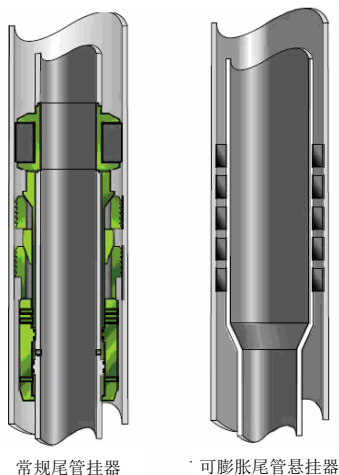


Figure 1. Comparison between the traditional liner hanger and the expandable liner hanger
图 1. 常规尾管悬挂器与膨胀尾管悬挂器比较图

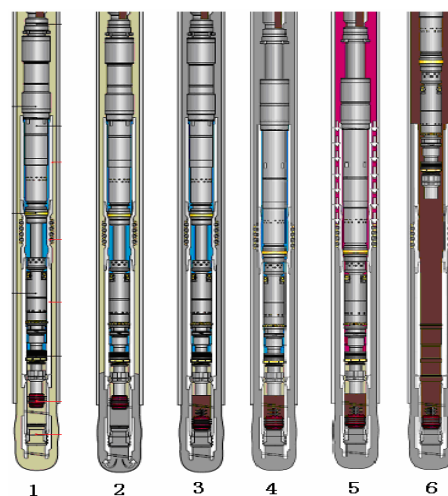


Figure 2. Operating principle of expandable liner hanger
图 2. 膨胀尾管悬挂器工作过程示意图

哈里伯顿的膨胀尾管悬挂器如图 3 所示。其特点是，在膨胀管本体上硫化有五个橡胶密封环，通过液压作用，膨胀管本体在膨胀锥下行的作用下沿径向膨胀，并与外层套管紧密结合在一起，通过摩擦力来进行下部尾管的悬挂；同时，橡胶密封环与外层套管的紧密结合，可保证良好密封环空的能力。膨胀管膨胀后，其通径大大增加，保证了后续井下作业的顺利进行。

威德福的膨胀尾管悬挂器如图 4 所示。其工作原理与其他公司的膨胀尾管悬挂器原理相似，不同之处在于在膨胀管本体上镶嵌有硬质合金。膨胀管膨胀后，利用在膨胀管本体上镶着的硬质合金与外层套管内壁的贴合实现尾管悬挂作业。其优点是悬挂可靠，缺点是加工难度大、加工成本高。

贝克休斯的膨胀尾管悬挂器如图 5 所示，其特点是在膨胀管本体上设计有卡瓦装置，从而保证对下部尾管的可靠悬挂；同时，其膨胀锥设计为瓣式结构，保证下行过程中对膨胀管的有效膨胀。

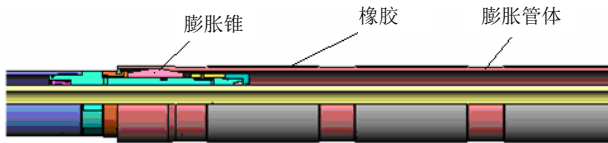


Figure 3. Structure of Halliburton's expandable liner hanger
图 3. 常规尾管悬挂器与膨胀尾管悬挂器比较图

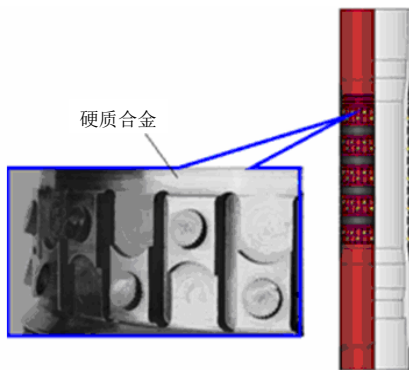


Figure 4. Structure of Weatherford's ELH
图 4. 常规尾管悬挂器与膨胀尾管悬挂器比较图

2.2. 国内膨胀尾管悬挂器

随着该技术的应用和发展，国内中石油集团公司钻井院、中石化胜利钻井院及上海管力卜公司等也在进行该项技术的研究工作。目前，国内的膨胀尾管悬挂器的膨胀方式均为从下而上的膨胀方式，其工作原理是通过地面投球作业，地面进行泵压工作，在液压力的作用下，膨胀锥上行，驱使膨胀管沿径向膨胀。其最大缺点是在井下发生复杂情况时，丢手困难，即不能在保证丢手过程中膨胀锥的有效丢手，从而给后续事故处理带来困难。

西部钻探工程有限公司钻井工程技术研究院自 2009 年立项开始进行 ELH-1 型膨胀尾管悬挂器的研制，历经 2 年的时间对膨胀尾管悬挂器的结构原理和工艺要求进行了细致深入的研究，2011 年，钻井工程技术研究院对样机进行了多次的室内评价和测试，并完成了 245 mm × 178 mm 膨胀尾管悬挂器样机的试制、室内测试评价等工作。

3. ELH-1 型膨胀尾管悬挂器简述

ELH-1 型膨胀尾管悬挂器为西部钻探钻井研究院具有自主知识产权的产品，其主要由上接头、转换接头、膨胀管本体、膨胀锥、和下接头等组成(如图 6)。



Figure 5. Structure of Baker Hughes's ELH
图 5. 贝克休斯膨胀尾管悬挂器示意图

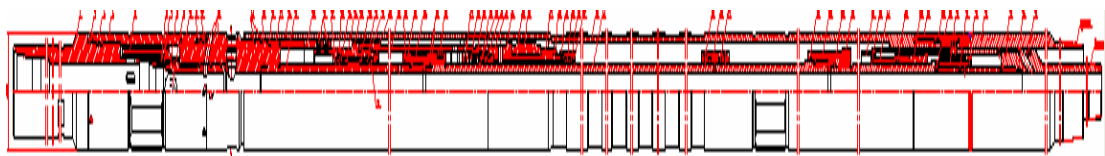


Figure 6. Structure of the ELH-1 expandable liner hanger
图 6. ELH-1 型膨胀尾管悬挂器结构示意图

其作用原理是，依照固完井的设计需求，ELH-1型膨胀尾管悬挂器通过钻杆送入设计井深位置。通过投球的方式，密封下部流体通道，地面打压后，高压流体进入膨胀管内部，驱动膨胀锥下行，在膨胀锥的作用下，驱动膨胀管本体膨胀。膨胀管本体膨胀后将与外层套管紧密贴合在一起，在摩擦力的作用下悬挂下部油管(尾管)；同时，由于膨胀管的径向膨胀，使得橡胶筒与外层套管内壁紧密贴合，实现环空有效密封。膨胀作业结束后，通过下压钻柱实现丢手作业。膨胀管的膨胀极大程度上保证了井眼通畅，为后续进行井下作业提供技术支持。

ELH-1型可膨胀尾管悬挂器按其工作程序主要分为节流、膨胀、泄压及丢手四大部分。

3.1. 节流部分

节流部分是通过地面投球作业，地面泵入流体流动道改变，使得液体通过上接头而进入膨胀尾管悬挂器内部(图7)。

如图7所示，当需要进行膨胀作业时，通过地面投球作业，当球坐到球座C上方时，地面继续进行泵压作业，剪切销钉B被剪断，高压流体通过孔A并经孔D进入膨胀尾管悬挂器内部，在高压流体的作用下，将驱动膨胀锥下行。

3.2. 膨胀部分

膨胀部分主要分为膨胀锥及膨胀管，在液压力的作用下，膨胀锥下行，在膨胀锥的作用下，膨胀管沿径向膨胀，使得膨胀管体及橡胶与外层套管紧密贴合，达到密封及悬挂尾管的目的，如图8所示。

3.3. 泄压部分

泄压部分的作用是，当完成膨胀管的径向膨胀后，膨胀锥下行至泄压套处，泄压套下行后，使得膨

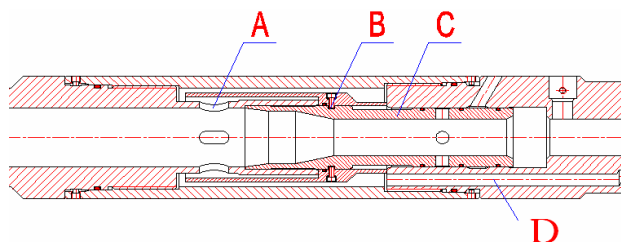


Figure 7. Throttling part of the EHL-1
图7. ELH-1型膨胀尾管悬挂器节流部分结构示意图

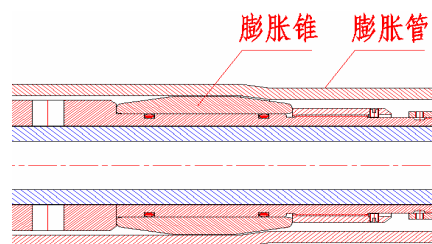


Figure 8. Expandable part of the EHL-1
图8. ELH-1型膨胀尾管悬挂器膨胀部分结构示意图

胀管内部及环空压力平衡，地面观测为压力突然降低，从而为地面观察膨胀管是否完成膨胀作业提供依据。

3.4. 丢手部分

丢手部分是当膨胀作业完成时，通过地面进行下压钻柱作业至一定距离时，膨胀尾管悬挂器心轴与本体脱离，通过上提钻柱实现丢手的一种结构，分为机械丢手和液压丢手两套机构。考虑到井下发生复杂情况导致机械丢手难以实现顺利丢手作业时，可通过地面泵入高压流体，在高压流体的作用下，剪断丢手套处的剪切销钉，使得丢手套下行至丢手位置，此时，地面进行上提钻柱作业，即可实现安全丢手。

目前，西部钻探钻井工程技术研究院已经完成了对膨胀尾管悬挂器进行了室内测试，包括整体抗内压能力的测试、密封承压能力的测试、抗拉能力的测试以及悬挂能力的测试等。测试结果完全满足设计要求。

4. 结论和认识

1) 膨胀尾管悬挂器可解决在常规固井中套管重叠段封固及密封质量差等诸多技术难题，同时，其良好的通径可为后续井下作业提供技术支持。

2) 国外膨胀尾管悬挂器已处于成熟阶段，现场应用效果明显。我国目前已有膨胀尾管悬挂器的应用报道，实现膨胀尾管悬挂器的全面国产化是目前科技工作者应承担的一项技术使命。

3) 西部钻探钻井工程技术研究院研制的 ELH-1型膨胀尾管悬挂器经过多次室内测试，性能与国外同类行业水平相当，同时进行与该项技术相配套的固完井施工工艺的研究，并继续进行入井试验，保证该项技术性能的使用质量。与此同时，该项技术的研制成功，将对后续进行膨胀管材料的套管补贴等技术提供

有益的技术参考。

- [2] 姚辉前, 马兰荣等. 可膨胀尾管悬挂器关键技术[J]. 石油机械, 2010, 38(1): 73-76.

参考文献 (References)

- [1] 许瑞萍, 刘洁, 张玉新等. 石油膨胀管材料的设计准则[J]. 石油机械, 2005, 33(11): 28-31.