

锥形聚晶金刚石复合片和可旋转切削齿技术简介

张晓亮, 陈亮, 王超

(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要: PDC 钻头有着较高的钻进效率, 一直受到客户们的青睐, 但它受所钻地层、孔深和温度等因素的制约, 使得钻头切削齿寿命较低。最近几年, 国内外专家针对如何提高切削齿性能开展了诸多研究, 并取得了不少成绩。主要介绍了美国史密斯钻头的 2 项最新 PDC 切削齿技术——锥形聚晶金刚石复合片和 ONXY 360 旋转切削齿。实钻试验表明, 采用这 2 种新型切削齿技术的 PDC 钻头, 钻进效率和寿命都有了明显提高。

关键词: PDC 钻头; 切削齿; 锥形聚晶金刚石复合片; 旋转切削齿

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)02-0005-04

Introduction of Technologies of CDE and Rotary Cutter/ZHANG Xiao-liang, CHEN Liang, WANG Chao (Xi'an Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group, Xi'an Shaanxi 710077, China)

Abstract: Polycrystalline diamond compact bits have been popular with the customers for the high drilling efficiency. However, the service life of PDC bits have been restricted by stratum, hole depth and temperature. In recent years, many researches were carried out on improving the performance of cutters by experts both in China and abroad and a lot of achievements were received. This paper mainly introduces 2 new technologies of Smith bits - CDE and ONYX 360 degree rotary cutter. The practical drilling experiment shows that the drilling efficiency and service life have been obviously improved by using these 2 cutters.

Key words: PDC bit; cutter; conical diamond element(CDE); rotary cutter

0 引言

当今钻头制造商主要从 2 方面研究如何提高钻头的抗磨性和钻进效率, 一是使用材料的创新, 二是钻头设计方法的创新。关于材料方面, 20 世纪 70 年代, PDC 复合片的出现特别是与钻头结合, 在钻探领域取得了跨越式发展。在 20 世纪 80 年代末, 美国石油公司阿莫科开展了对切削齿的热稳定性和钻具防振方面的研究^[1]。目前, 美国钻头制造商正在围绕以下几个方面开展研究:

(1) 钻头结构方面: 增加切削齿和刀翼数量, 减小切削齿与岩层的接触角;

(2) 材料方面: 加厚复合片的聚晶金刚石层厚度, 增强其热稳定性;

(3) 加工工艺方面: 钻头烧结工艺的改进。

值得一提的是, 美国斯伦贝谢公司在提高钻头材料性能方面做出了重要突破, 主要最新研究进展有:

(1) 布置于 PDC 钻头中心的高强度锥形复合片;

(2) 旋转复合片的研制和使用。

以上 2 种新型复合片由美国斯伦贝谢公司的六面顶压机生产(如图 1 所示), 图 2 是该压机的局部图, 该设备由计算机自动控制, 单轴压力为 35000 kN^[2]。



图 1 六面顶压机

1 中心单元齿 - 锥形聚晶金刚石复合片

美国钻头生产制造商在提高钻头适应性方面做了不少试验, 但结果却不容乐观。机械振动是导致

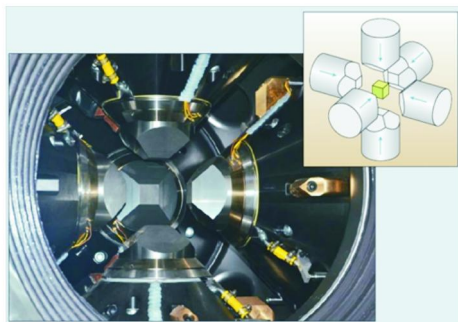


图2 六面顶压机局部图

钻头失效和进尺慢的主要原因,因此,他们把如何减少振动引起的失效作为主要研究方向。美国斯伦贝谢公司和诺瓦泰克公司的工程师也加强了这方面的研究,他们把研究重点集中到了岩心、中心齿和其他齿的布置上。在使用传统 PDC 钻头钻进时,岩心存留量大,又由于钻进过程中振动的影响,越接近岩心部位,其切削效果越差^[3]。因为中心齿承受着最大的中心载荷和扭矩,同时也受到钻进速度和钻压的影响,尤其是钻进到软硬互层时,影响了钻进效率。为了解决这些问题,研发人员研制出了锥形聚晶金刚石复合片(CDE)(如图3所示)。CDE 有非常厚的聚晶金刚石层,它被布置于钻头中心(见图4),防止井底中心岩屑切削不彻底,提高了钻进的效率(参见图5)。

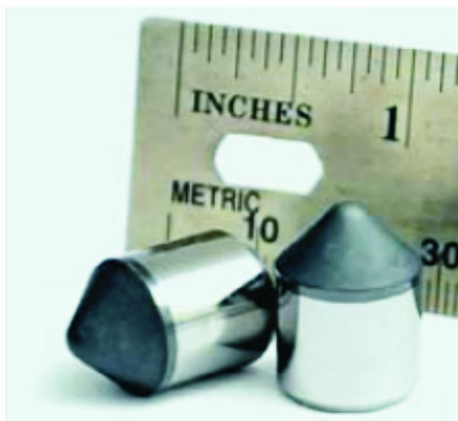


图3 锥形聚晶金刚石复合片

为了评价使用 CDE 的 PDC 钻头有较高的钻进速度,工程师在立式钻床上做了实验,岩样分别为花岗岩和石英岩。实验结果显示,和普通复合片相比较,CDE 有着较高的耐磨性和钻进效率。当施加 5000 N 的外力、切削深度为 0.5 mm 时,和普通 PDC 复合片相比较,切削效率提高了 70%,切削深度在 1.3 mm 时,效率提高 35%^[5](参见图6)。将 CDE

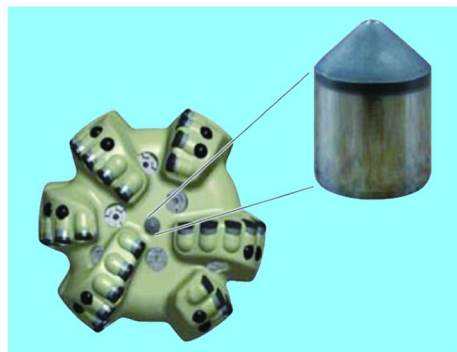


图4 CDE 布齿

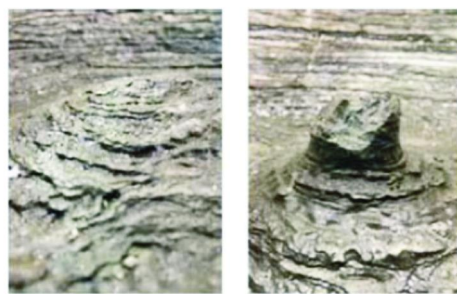


图5 使用和未使用 CDE 的孔底

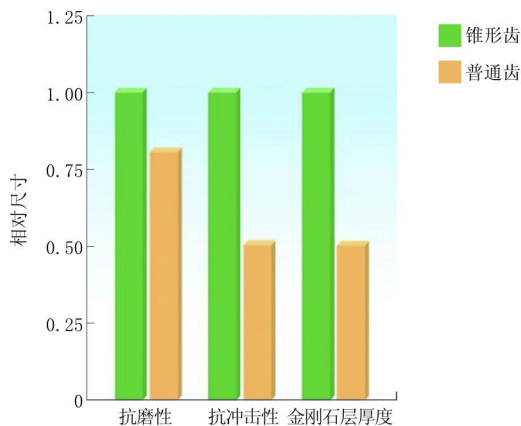


图6 性能比较

布置于钻头中心,避免了中心岩柱的堆积。同时,工程师也利用有限元分析软件来模拟仿真中心点的应力分布情况,研究结果也表明,CDE 受到非常小的外力影响。除此之外,CDE 还起到了保持钻进轨迹的作用,避免了钻孔弯曲。

通过现场应用也证明了中心布置有 CDE 的 PDC 钻头有着较高的钻进效率,工程师们利用流体力学软件模拟并调整了喷嘴的位置,最终高效的完成了排粉和冷却钻头的任务。在选用 $8\frac{3}{4}$ in ($\varnothing 222.3$ mm) PDC 钻头在北达科他州的威利斯頓盆地,东德克萨斯的棉花谷,犹他州的页岩和砂岩夹层进行实钻试

验时,该钻头都表现出了极为高效的钻进效果。在美国本土试验成功之后,又在伊拉克的祖拜尔做了实验。工程师选用了中心带有 CDE 的 $1\frac{1}{4}$ in($\varnothing 311.2$ mm)六翼 PDC 钻头,共钻进 595 m,钻进速率提高 56%,也没有再发生侧向振动情况^[5]。

2 切削齿的创新

在很多情况下,PDC 钻头都表现出优越的钻进性能,然而在坚硬和研磨性强的地层中效果并不理想,因为固定齿非常容易损坏。同时,在 PDC 钻头体上,实际工作的复合片切削刃只是很小部分,复合片的其他部分被钻头体所包裹,使用效率低,如图 7 所示。通过有限元软件分析发现,钻进过程中热量都集中在切削齿与岩石接触面区域,这个区域的温度较高,具体如图 8 所示。

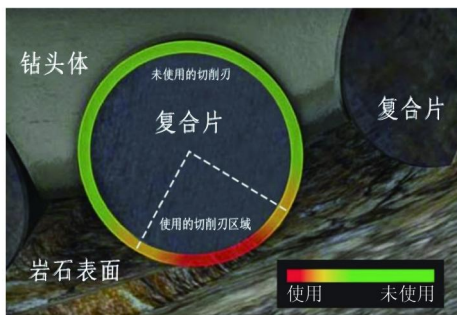


图 7 复合片切削刃工作情况

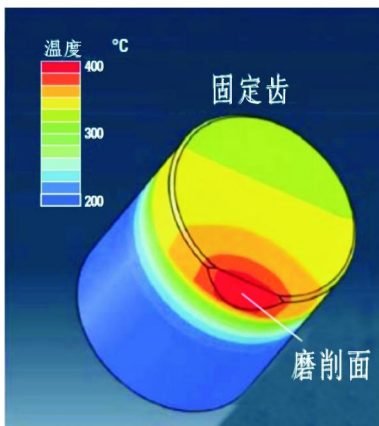


图 8 复合片热应力云图

高温、磨损和高钻压都是使复合片失效的主要因素,在外力载荷和热应力集中的共同作用下,弱化了金刚石之间的结合力,最终导致复合片失效。因此,复合片使用的时间越长,磨损速率就越大,钻头进尺就越慢。通过大量分析,史密斯钻头设计师设计出了世界上第一个能在钻进过程中旋转的复合

片—— 360° 旋转的复合片,它从根本上解决了单边受力和热量过于集中的问题,在很大程度上降低了复合片的温度,提高了使用效率和寿命。

ONYX 360 旋转切削齿由 4 部分组成,壳体、基底、旋转轴和切削齿,具体如图 9 所示,实体图片如图 10 所示。利用 IDEAS 软件设计工作平台,史密斯钻头设计师们把 ONYX 360 旋转切削齿布置在 PDC 钻头体的肩部(见图 11)。因为这个部位的震动和切削量都较大。通过对切削齿的科学排布,钻进稳定性得到了大幅度的提高,钻进速率也得到了明显提高。生产该类型 PDC 钻头过程采用气焊方式将 ONYX 360 旋转切削齿的壳体焊接到钻头齿窝内,而将旋转轴以外的部分(基底和切削齿)外露。

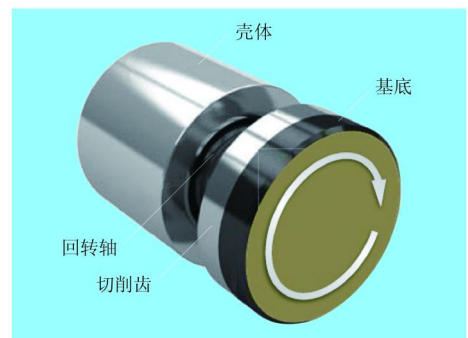


图 9 ONYX 360 旋转切削齿



图 10 ONYX 360 旋转切削齿照片



图 11 ONYX 360 旋转齿实体钻头

史密斯工程师分别对固定齿和旋转齿进行了实

钻试验,岩样选用花岗岩柱,分别把垂直力、切向力和径向力施加到固定齿和旋转齿上。给固定齿施加从 900 ~ 5300 N 的力,并保持切削深度不变,给旋转齿施加 2670 N 的力,保持切削深度不变^[6]。试验结果表明,和固定齿相比较,ONYX 360 旋转齿能保持等体积的破碎岩石,通过外观检查发现,ONYX 360 旋转齿的圆周的外刃磨损平滑(见图 12),ONYX 360 旋转齿表现出了磨损均匀和受热均匀的独特优势^[7]。

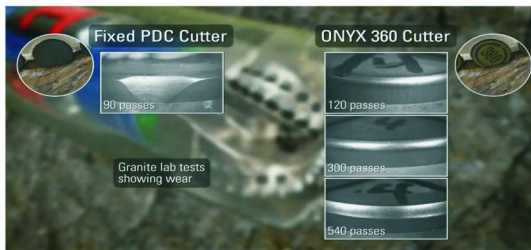


图 12 普通复合片和旋转复合片切削刃磨损情况比较

史密斯工程师选用 $6\frac{1}{2}$ in ($\varnothing 165.1$ mm) 带有固定齿的 PDC 钻头,在德克萨斯州的花岗岩地层进行水平孔实钻试验,岩层中含有长石和石英,切削齿损坏严重,钻进效率较低。后改用带有 ONYX 360 旋转齿的 $6\frac{1}{8}$ in ($\varnothing 155.6$ mm) PDC 钻头,水平段总进尺 576 m,钻进速率 7.6 m/h,速度提高了 44%^[7]。美国切萨皮克公司使用带有 ONYX 360 旋转齿的 $6\frac{1}{2}$ in PDC 钻头,根据 DRS 钻进系统显示,有 ONYX 360 旋转齿的 $6\frac{1}{2}$ in PDC 钻头有着高的钻进速率,平均钻速提高 30%,总钻进速率提高 75%^[7]。

3 结语

锥形聚晶金刚石复合片和 ONYX 360 旋转切削齿的最新成果,对我国钻头设计和制造都有一定的参考价值,随着该项 PDC 钻头技术进一步开发和发

展,PDC 钻头使用领域将会更加广阔。

参考文献:

- [1] Brett JF, Warren TM, Behr SM. Bit Whirl: A New Theory of PDC Bit Failure[C]. paper SPE 19571, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, USA, October 8 - 11, 1989.
- [2] Greg Bruton, Ron Crockett, Malcolm Taylor, et al. PDC Bit Technology for the 21st Century[J]. Oilfield Review, 2014, 26 (2).
- [3] Azar M, White A, Segal S, et al. Pointing Towards Improved PDC Bit Performance: Innovative Conical Shaped Polycrystalline Diamond Element Achieves Higher ROP and Total Footage[C]. paper SPE/IADC 163521, presented at the SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Amsterdam, March 5 - 7, 2013.
- [4] Azar M, White A, Segal S, et al. Middle East Hard/Abrasive Formation Challenge: Reducing PDC Cutter Volume at Bit Center Increases ROP/Drilling Efficiency[C]. paper SPE/IADC 166755, presented at the SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition, Dubai, October 7 - 9, 2013.
- [5] Zhang Y, Baker R, Burhan Y, et al. Innovative Rolling PDC Cutter Increases Drilling Efficiency Improving Bit Performance in Challenging Applications[C]. paper SPE/IADC 163536, presented at the SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Amsterdam, March 5 - 7, 2013.
- [6] Zhang Y, Burhan Y, Chen C, et al. Fully Rotating PDC Cutter Gaining Momentum: Conquering Frictional Heat in Hard/Abrasive Formations Improves Drilling Efficiency[C]. paper SPE 166465, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, September 30 - October 2, 2013.
- [7] Bruton G, Smith M, Mueller L, et al. Constructing Difficult Colony Wash Lateral with Innovative Rolling Cutter Technology Improves Drilling Performance[C]. paper IADC/SPE 167956, presented at the IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition, Fort Worth, Texas, March 4 - 6, 2014.
- [8] The Smith Bits DRS drilling records system is an extensive library of bit run information [DB/OL]. Initiated in 1985, this database contains more than 3 million records from oil and gas field around the world.