

高胎体金刚石钻头设计制造中的几个关键技术

肖丽辉¹, 李国民², 刘宝林²

(1. 中煤科工集团重庆研究院, 重庆 400039; 2. 中国地质大学(北京)地质超深钻探国家专业实验室, 北京 100083)

摘要:为满足深部钻探需求, 市场上出现了多种高胎体金刚石钻头。在野外钻进中, 与普通金刚石钻头相比, 高胎体金刚石钻头的使用寿命虽有提高, 但并没有取得预期的理想效果。通过分析国内外几种高胎体金刚石钻头的优缺点, 找出了影响高胎体钻头寿命的关键技术, 并对这几项关键技术作了进一步的分析与研究。

关键词:高胎体金刚石钻头; 胎体; 保径; 水口

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)06-0077-03

Several Key Technologies in the Design and Manufacture of Diamond Drill Bit with High Matrix/XIAO Li-hui¹, LI Guo-min², LIU Bao-lin² (1. Chongqing Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group, Chongqing 400039, China; 2. National Lab on Scientific Drilling, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: A variety of high-matrix diamond drill bits present in the market to meet the requirements of deep-hole drilling. In the field drilling, although the service life of high-matrix diamond bit has been further improved compared with the conventional ones, it did not achieve the desired effects. By analyzing the advantages and disadvantages of high-matrix diamond bits both in China and abroad, the key technologies affecting bit service life haven been found and further discussion and research were made on them.

Key words: high-matrix diamond bit; matrix; radius retention; water way

0 引言

为满足深部、超深部钻探的需要, 国内外许多单位和个人都开始研制高胎体金刚石钻头。高胎体金刚石钻头与传统钻头相比, 寿命提高的幅度更加明显, 而且还可与传统提高寿命方法相结合, 进一步提高钻头的使用寿命。但目前市场上出现的高胎体金刚石钻头在野外钻进中并没有取得预期的理想效果, 不能充分发挥高胎体金刚石钻头长寿命的优势。综合分析看来, 主要是由于钻头达不到足够的胎体强度和持久有效的保径, 以及水口设计不合理等方面的因素限制了其长寿命优势的发挥。因此, 要想让高胎体金刚石钻头更好的为深部钻探服务, 必须加强对以下几点关键技术的研究。

1 保证胎体强度

金刚石钻头胎体起着连接钻头钢体和金刚石的作用, 同时钻头胎体又包镶着金刚石, 这就要求金刚石钻头胎体在牢固地包镶住金刚石颗粒的同时保证金刚石的正常出刃, 并具有一定的冲击韧性、抗冲蚀性、耐磨性、硬度、强度。与普通钻头相比, 随着高胎体金刚石钻头胎体高度成倍的增加, 井下作业时间也变长, 相应地胎体抗弯强度会降低, 胎体易发生弯

折、断裂。因此对高胎体金刚石钻头而言, 保证胎体有足够的抗弯强度显得特别重要。可通过调整、优化胎体材料和改变钻头结构等方式来提高胎体的强度以及综合性能, 保证胎体在井下作业时不发生弯折、断裂。

杨凯华教授等试验研究得出在铁基胎体中添加适当的稀土元素(La、Ce、Gd等)均可提高纯胎体和金刚石复合材料的抗弯强度和硬度, 特别是铁基胎体的抗弯强度与冲击韧性提高的更为明显^[1]。郑超进一步采用雾化法对这些添加的稀土元素合金粉末进行处理, 经试验得出胎体抗弯强度在一定范围内随着稀土合金粉末含量的增加而提高。当添加量达到1%时, 纯胎体材料抗弯强度达到最大值640 MPa, 高于未加La-Ni合金粉末胎体材料的抗弯强度(514 MPa); 当添加量超过1%时, 抗弯强度又呈现降低趋势^[2]。超细粉末已较为普遍的应用于钻头制造中, 采用纳米级超细粉末制作的胎体与传统材料制作的胎体相比, 纳米级超细粉末胎体可获得更高的耐磨性与抗冲击韧性。在以往的试验中还采用了氢还原脱氧法来提高胎体粉末的性能, 从而使胎体获得更高的金刚石包镶能力、抗弯强度以及与钢体的粘结力。除调整、优化胎体材料外, 还可

收稿日期: 2012-02-10; 修回日期: 2012-05-10

作者简介: 肖丽辉(1985-), 女(汉族), 内蒙古赤峰人, 中煤科工集团重庆研究院, 地质工程专业, 硕士, 从事钻探设备与器具方面的研究工作, 重庆市九龙坡区二郎科技新城科城路6号, xiaolihui2006_@126.com。

通过选择最优的保径材料以及在胎体工作层中添加聚晶颗粒等方式来提高胎体性能,如中国大陆科学钻探工程“科钻一井”中使用的在工作层中添加聚晶颗粒的孕镶金刚石钻头不仅取得了较明显的保径效果,而且胎体的综合性能有所提高。

在钻头结构上,目前常使用的加厚型金刚石钻头,是通过加厚钻头工作层来提高胎体抗弯强度的,胎块强度得到了保证。还可通过设置加强机构来保证胎块强度,如 Fordia 公司以及国内公司设计的加强筋高胎体金刚石钻头,比较成功地解决了高胎体金刚石钻头胎体强度不够的技术难题^[3]。

2 持久有效的保径

据统计,大部分金刚石钻头的损坏都是因为保径失效,金刚石钻头的保径能力是提高钻头使用寿命的关键因素。早些年瑞典 Craelius 公司就有 9 mm 孕镶层的钻头,在当时被称为特高胎体(3 mm 为基本的),仅适用于 $\varnothing 46$ 和 59 mm 的钻头,但是由于该钻头在使用过程中钻头内外径磨损严重,致使过高的工作层显得没有意义,因而没有得到推广使用。因此,对高胎体金刚石钻头而言,更应注重保径设计。文献中提到可通过调整保径材料^[4]、改变保径方式^[5]和改变钻头结构^[6]等方法来提高金刚石钻头的保径效果。

朱英等研制的加强型大直径金刚石取心钻头采用圆柱形金刚石聚晶保径,后经实验证明,该钻头取得了一定的保径效果,与硬质合金保径相比,钻头的使用寿命也得到了提高^[7]。阮海龙等研制的方聚晶保径金刚石钻头,与圆柱状聚晶保径相比,增加了聚晶的工作体积,保径效果更为明显,在强研磨性地层中平均使用寿命达 38 m 以上^[4]。彭步涛在低唇面高效绳钻金刚石钻头中也采用了规格为 1.5 mm × 1.5 mm × 4 mm 的具有强耐磨性的方聚晶保径(图 1),同样取得了良好的保径效果^[8]。

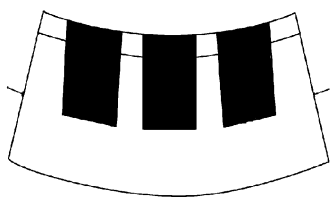


图 1 方聚晶保径

要想大幅度地提高钻头的保径效果,除了改变保径材料,还要不断地尝试新的保径方法。要打破常规思路,除设置专门的保径规外,

更应做好工作层自身的保径,如采用工作层聚晶保径或三合一复合型保径方法。在科钻一井中使用的在工作层中采用聚晶保径的孕镶金刚石钻头取得了

较明显的保径效果(图 2),基本能实现工作层和内外径按比例磨损,充分发挥了工作层的作用,钻进效率和钻头的使用寿命均得到了提高^[5]。杨展等研制的在工作层中采用聚晶保径的电镀金刚石钻头在大陆科学钻探工程中也同样获得成功^[9]。周天胜等研制的金刚石与聚晶体复合型钻头在砂卵石强磨损性地层钻进没有出现非正常磨损、掉块与崩刃的现象,取得了很好的钻进效果^[10]。除以上的保径方式外,还可在钻头胎体的内外侧设计凸出保径。

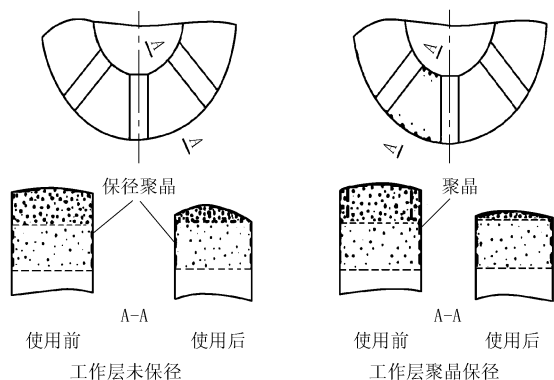


图 2 工作层聚晶保径示意

鲁凡提出了钻头内径磨损受水口影响,并得出水口总宽度越大,内径磨损越严重这一结论^[6]。根据以上可知,要想获得好的保径效果,就应适当的减少水口宽度和水口数量。同时,杨凯华教授等提出斜水口钻头可以减少冲洗液对钻头的冲刷和孔底循环流通阻力,从而减少冲洗液对工作层与保径规接触部位的冲刷,提高了钻头的保径效果;若同时配合螺旋形水槽,斜水口钻头的保径效果将会更好^[5]。

3 合理的水口设计

目前,高胎体金刚石钻头主要有单层水口高胎体金刚石钻头和多层水口高胎体金刚石钻头 2 种。单层水口高胎体金刚石钻头只有一层工作水口,该钻头的特点是水口设计较长,冲洗液对钻头的冷却效果不好。同时,随着钻头的磨损,过水面积减小,在钻进时会出现压力“激动”等问题。多层水口高胎体金刚石钻头有多层工作水口,分堵口和不堵口 2 种形式。由于单层水口设计较常规,本文主要讨论多层水口高胎体金刚石钻头的水口设计。

宝长年的 Alpha Stage 3 孕镶金刚石钻头是多层不堵口高胎体金刚石钻头的代表,该钻头在胎体中间位置设计了类似窗口的三层阶梯水口(图 3),经在加拿大 1 年多的生产实验,其寿命达 100 m 以上,是普通钻头的 3 倍,节约了 33% 的生产成本^[11]。但

由于该钻头第二、三层水口没有堵口,冲洗液在到达孔底岩石面前已大量流失,致使冲洗液不能很好的冷却钻头底唇面,易发生金刚石碳化、烧钻现象,且排粉效果不佳,增加了钻头的重复破碎。

北京探矿工程研究所研发的双水口金刚石钻头也为多层不堵口高胎体钻头(图4)。该钻头在第二层和第三层水口的胎体中间部位开了一个“窗户”,根据钻头直径大小,设计不同组数的“窗户”水口,每组的“窗户”水口错落分开布置,保证了相邻2个水口之间的胎体强度^[12]。该钻头在国外平均寿命提高到56m,为标准钻头的2倍;在国内某矿区使用,平均寿命与常规钻头相比提高5倍以上。但该钻头的双水口设计也存在冲洗液流失、孔底排粉不畅等问题。且由于冷却不良,在交错排列的矩形双层水口处易出现温差应力和应力集中,在使用中发现钻头唇面扇形块中部出现明显裂纹,而且有的扇形块已从第一层水口根

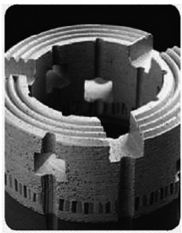


图3 Alpha Stage 3 孕镶金刚石钻头

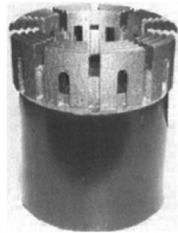


图4 双水口钻头

部掰掉。针对该钻头存在的问题,方俊等提出将软钢或其他软金属做成挡水片嵌入第一层胎体底部,减少部分冲洗液流失;在

两层水口过渡层采用较软的胎体,并适当叠加第二层水口的重叠高度;为防止出现应力集中,采取将第二层水口的下端形状设计为圆弧形等解决方案^[13]。

从以上2种钻头存在的问题可以看出,多层不堵口高胎体金刚石钻头还存在冲洗液流失、冷却效果不好等问题。根据这些问题,吉林大学设计了堵口式可再生水口金刚石钻头^[14](图5)。该钻头虽可解决由不堵口产生的冲洗液流失、钻头冷却效果不好等问题,但设计的初始水口与第二层水口(隐藏水口)没有重叠高度(图6),这种水口设计产生的新问题便出现在上、下两层水口过渡磨损期。当第一层初始水口快要磨完后,

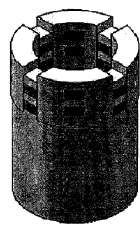


图5 可再生水口钻头模型

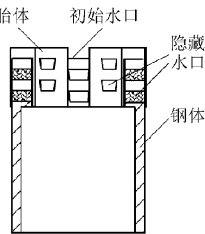


图6 可再生水口钻头结构示意图

如果第二层隐藏水口堵口材料不能及时脱落,则冲洗液无法正常流通,孔底排粉不畅,钻头冷却效果不良,可能会导致烧钻。

根据以上几种高胎体金刚石钻头水口存在的问题来看,多层堵口式水口形式较适合高胎体金刚石钻头,但堵口式水口设计还不够完善。在以后的研究中,应结合实际情况和存在的问题,设计一种在初始水口磨损殆尽之前就可顺利出露、衔接参加作业的隐藏水口。并可根据方俊的建议适当地增加上下两层水口的重叠高度,同时把不出露水口的下端设计成圆弧状,减少应力集中。水口堵口材料应具有易成形、易镶嵌到胎体中,易磨损出露等特性。

4 结论

在野外实地钻进中,与普通金刚石钻头相比,高胎体金刚石钻头的使用寿命提高的幅度更加明显,是最适合地质深部、超深部钻探的钻头。但由于该种类钻头还存在一些问题,达不到预期的理想效果。在以后的研究中,只有不断地对胎体强度、保径能力和水口设计等这些关键技术作改进和完善,才可以从根本上克服现有高胎体金刚石钻头存在的问题,使高胎体金刚石钻头充分发挥其长寿命的优势,为深部钻探工程提供更有力的技术保证。

参考文献:

- [1] 杨新. 金刚石钻头性能优化中的一些热点研究问题[J]. 西部探矿工程, 2003, 91(12).
- [2] 郑超. 进一步提升金刚石钻头设计制造水平的思考[J]. 超硬材料工程, 2010, 22(2).
- [3] Fordia Group. James Bay Drill Site Reaches 1012 Meters With Vulcan 16mm[Z]. 2006.
- [4] 阮海龙, 纪卫军, 沈立娜, 等. 针对复杂地层金刚石钻头的改进与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(1).
- [5] 杨凯华, 王达, 张晓西. 科学深钻金刚石钻头的结构与性能分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(S1).
- [6] 鲁凡. 对孕镶金刚石钻头磨损规律的探讨[J]. 中南工业大学学报, 1997, 28(6).
- [7] 朱英, 周原, 赵宪富. 卵砾石地层钻探用大直径加强型金刚石钻头的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(8).
- [8] 彭步涛. 低唇面高效绳钻金刚石钻头的研制与应用[J]. 中国西部科技, 2007.
- [9] 杨展, 兰桥昌, 段隆臣. 提高电镀金刚石钻头保径能力的几种方法[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2003, (4).
- [10] 周天盛, 刘祖建. 卵砾石地层金刚石钻头的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(11).
- [11] Thompson Manitoba. Boart Long Year The Alpha Stage3 Bit[Z]. 2008.
- [12] 赵尔信, 蔡家品, 贾美玲, 等. 浅谈国内外金刚石钻头的发展趋势——高效、低耗[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(10).
- [13] 方俊, 鄢泰宁, 李田军. 双层水口超高胎体金刚石钻头孔底磨损过程分析[J]. 煤田地质与勘探, 2011, 39(1).
- [14] 王传留, 孙友宏, 高科, 等. 金刚石钻头可再生水口的试验[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(3).