

# 用于煤系软硬互层新型 PDC 取心钻头的设计与应用

赵远刚, 邓 伟, 石绍云

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘要:** PDC (Polycrystalline Diamond Compact) 钻头适用于软到中硬的均质地层钻进, 具有钻速高、寿命长等特点, 但不适合软硬互层等地层。鉴于此, 针对煤系软硬交错地层(3~8 级) 钻进效率低、钻头寿命短和岩心采取率低的特点, 提出了加强保径结构、改善水路循环和超前辅助切削齿的设计。设计制造的  $\varnothing 77$  mm PDC 取心钻头在重庆市綦江县同华煤矿勘探 3 号孔钻进中取得了较好的使用效果。

**关键词:** PDC; 取心钻头; 钻头结构; 保径; 软硬互层

**中图分类号:** P634.4<sup>+</sup>1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)07-0097-02

**Design and Application of New PDC Bit in Coal-measures Soft and Hard Interbedded Formation/ZHAO Yuan-gang, DENG Wei, SHI Shao-yun (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)**

**Abstract:** PDC bit is applicable to drill in soft to medium-hard homogeneous layer with high ROP and long service life, but not suitable for drilling in gravel and multi-interbedded formation. According to the problems of low efficient, short service life and low core recovery in coal-measures soft and hard multi-interbedded formation(3~8 degree), the paper put forward a design with strengthening radius retention structure, improving the water circulation and advancing auxiliary cutting teeth.  $\varnothing 77$ mm PDC bit was designed and manufactured, and good application effect was achieved in the exploration borehole No. 3 of Tonghua coal mine in Qijiang County of Chongqing.

**Key words:** PDC; coring bit; bit structure; radius retention; soft and hard interbedded formation

## 1 矿区地层概述

同华煤矿接替资源勘查区大部分出露地层为三叠系下统嘉陵江组( $T_{1j}$ )等地层, 在东部和北西部见三叠系下统飞仙关组( $T_{1f}$ )、三叠系中统雷口坡组( $T_{2l}$ ), 局部为第四系全新统( $Q_4$ )地层覆盖; 本区主要含煤地层为二叠系上统龙潭组。矿区地层复杂, 软硬互层频繁, 且含有黄铁矿结核(可钻性在 9 级以上)或燧石结合体(可钻性在 10 级以上), 煤系地层漏失严重, 取心十分困难。为提高岩心采取率, 除在钻进工艺方面需要改进, 在钻头的结构上也需要改进。

## 2 新型 $\varnothing 77$ mm PDC 取心钻头结构设计

### 2.1 普通型 $\varnothing 77$ mm PDC 取心钻头及其在应用中存在的问题

钻头的基体是钻头的主要部分, 是复合片(PDC)的载体, 其结构是否合理, 对钻头的使用效果有很大的影响。根据采用材料的不同, 钻头基体分为胎体式(图 1)和刚体式(图 2)两种。

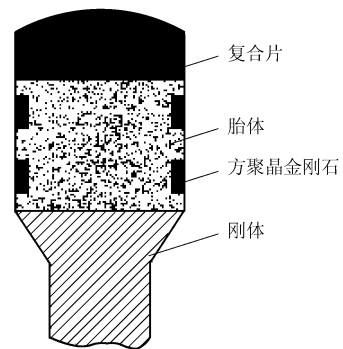


图 1 胎体式 PDC 钻头唇面结构

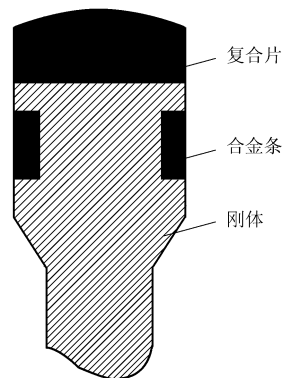


图 2 刚体式 PDC 钻头唇面结构

收稿日期: 2008-05-31

作者简介: 赵远刚(1983-), 男(汉族), 吉林桦甸人, 中国地质科学院探矿工艺研究所助理工程师, 探矿工程专业, 从事地质、煤田钻探技术与产品的研究开发工作, 四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号。

一般在复杂地层中采用胎体式,在软到中硬的较均质地层中采用刚体式。

Ø77 mm PDC 钻头底唇部切削面积为 27.69 cm<sup>2</sup>,普通型钻头冠部镶焊 6 颗复合片,单齿复合片切削面积为 4.61 cm<sup>2</sup>,内外保径采用复合片和普通硬质合金,保径效果一般。钻头有内水槽,钻进煤系地层时泥浆容易冲刷岩心,煤心采取率低。

同华矿区地层复杂,软硬互层频繁,复合片钻头只适用于 1~7 级岩层中钻进,在遇到 8 级以上岩石时钻进效率低,若钻进工艺不当可能引起烧钻,导致钻头过早报废。胎体式 PDC 钻头成本高出刚体式 PDC 钻头 50% 以上,考虑地层复杂性,为节约钻探成本,故采取刚体式 PDC 钻头。

## 2.2 新型 Ø77 mm PDC 取心钻头的结构(见图 3)

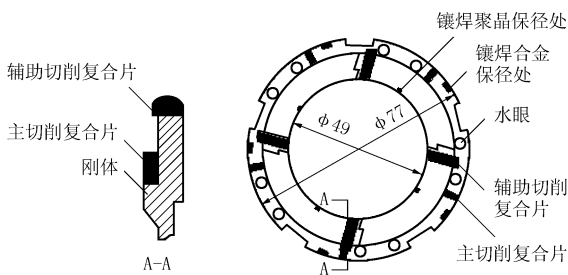


图 3 新型 Ø77 mm PDC 取心钻头俯视图

(1) 新型钻头设计为底喷型。水眼为 Ø4 mm 外射流型;水槽深 3 mm、宽 8 mm,为加大型。降低了水力冲蚀对煤层的影响。

(2) 内保径采用 4 颗单齿复合片和 4 颗方聚晶,保证钻头在硬碎地层中取心要求。

(3) 主切削设计为 5 个单齿复合片。旁侧角 5°,负前角 10°。切削面积为 18.28 cm<sup>2</sup>,平均单齿切削面积为 3.65 cm<sup>2</sup>。

(4) 辅助切削为 4 颗单齿复合片,旁侧角 5°,负前角 15°。切削面积为 9.41 cm<sup>2</sup>,平均单齿切削面积为 2.71 cm<sup>2</sup>。

(5) 辅助切削齿超前钻进 34.7%,降低钻井液对岩心的冲蚀,保护岩心。

(6) 外保径采用复合片和普通硬质合金。

## 3 焊接工艺

### 3.1 聚晶与硬质合金保径的焊接

由于金刚石聚晶与焊料的浸润性较差,不能直接焊到刚体上。故首先用电镀法,在方聚晶表面电镀一层金属,镀层厚度 0.2 mm,然后用钎焊工艺把聚晶焊在刚体孔内,采用 AWSBAg 焊料 Ag 35%,钎

焊温度 680~720 °C,保证聚晶不碳化;硬质合金采用普通铜焊焊接即可。

### 3.2 PDC 的焊接

#### 3.2.1 焊接前的准备工作

精加工焊接面至设计要求,用丙酮或酒精溶液把焊接面清洗干净,使表面没有油,如果放置时间较长,应清除氧化物,用吊磨机砂轮或喷砂都可以。然后把准备好的复合片也用丙酮清洗干净以备用。

#### 3.2.2 焊料的选择

由于热膨胀系数不同,复合片在温度超过 720 °C 时聚晶层与基体之间产生应力较大,使复合片过早受损。因此焊料熔点必须低于 720 °C,而且必须具有高结合强度,以适应孔下复杂受力情况,不掉片。因此,选用高强 AWSBAg 焊料,复合片与基体的焊接强度大于 35 kN/mm<sup>2</sup>,焊料分含 Ag 35% 和 40% 两种。

#### 3.2.3 高频感应焊接

采用 30 kW 高频焊机焊接,需制作专用感应圈。先用 Ag 40% 焊料焊接辅助切削 5 颗复合片,待温度降至 500 °C 再使用 Ag 35% 焊料焊接主切削 4 颗复合片。焊接时应注意不使复合片局部过热而影响其性能,应使温度通过刚体传到复合片上,加热至焊料全部熔化溢出为止,用专门的压具压实冷却 6 s 左右。焊接完毕要及时放入 200 °C 保温炉中,缓慢冷却以消除应力。

## 4 新型 Ø77 mm PDC 取心钻头在同华煤矿的应用

### 4.1 项目概况

2007 年 12 月~2008 年 8 月,重庆 136 地质队在重庆市綦江县同华煤矿接替资源勘查项目中预计完成钻孔 8 个,工作总量 8659 m,岩心采取率要求平均 90% 以上,煤系地层 80% 以上(或取出煤心长度达到煤层总厚度的 65%)。3 号孔孔身结构为:0~13.06 m 为 Ø130 mm,13.06~150.30 m 为 Ø91 mm,150.30~1182 m 为 Ø77 mm(煤层底板允许采用 Ø59 mm 钻头取心)。该队 2008 年 3 月之前一直采用西安某厂和石家庄某厂生产的 Ø77 mm PDC 钻头取煤心,但遇煤系软硬交错地层时取心困难,内保径效果不好,岩心采取率低,不能满足钻探要求。在钻进 3 号孔时采用我所研制的 Ø77 mm PDC 取心钻头进行试验。

(下转第 86 页)

(2)立轴倒杆。先关车后倒杆,有两种情况要注意:一是孔深大于 200 m 时可直接松卡盘倒杆;二是孔深较浅时,要先回油后倒杆,把油缸里的油回完,依靠钻柱弹性变形和工作弹簧被压缩积聚的能量顶卡盘上行,上行停止,能量释放完毕再松卡盘倒杆,重新加压后继续造斜钻进,如果浅孔直接松卡盘,会因钻具质量轻,可能引起钻具弹跳,破坏定向方位。

(3)造斜进尺长度以 1.2~2.0 m 为宜,如果进尺太多,钻孔形成的“狗腿”弯度太大,不利于下一步安全钻进。

(4)造斜钻进开始进尺较快,随后钻进速度逐渐降低,最后基本不进尺,说明钻孔已发生弯曲,阻力较大,应当立即提钻,造斜回次结束。

(5)回次造斜完毕,用长约 1.0 m 的短钻具钻进 2 次,然后钻具逐渐加长并及时测斜,根据测斜数据计算钻孔空间位置。

## 6 造斜成果

### 6.1 ZK27-6 号钻孔

此钻孔进行了 3 次造斜,都因灌注的水泥达不到造斜强度及孔内有近 60 m 钢丝绳,因此连续 3 次造斜都失败。由于当时已是 10 月中旬,矿区已是冰天雪地,已没有条件再灌水泥建造人工孔底,该矿区到了 11 月中旬后,因为天气原因施工无法进行,便改用下偏心楔强制造斜,可惜在用  $\varnothing 60$  mm 钻头打过楔面导向孔时,偏心楔被破坏,造斜施工被迫停

(上接第 98 页)

### 4.2 钻头的试验效果

先后生产了  $\varnothing 77$  mm 普通型和新型 PDC 取心钻头各一只,在 3 号孔中应用。普通型用于钻进非煤层(3~8 级岩层),钻头进尺 72.1 m 时遇漏失地层烧钻,最终导致钻头报废,平均时效 5.70 m,平均岩心采取率 96%,用于煤系地层钻进时,岩心采取率低于 10%;新型主要用于近煤系地层(3~9 级岩层),截止 2008 年 5 月 1 日,已完成进尺 67.1 m,时效 6.31 m,岩心采取率 90%,达到取心要求。目前该钻头正在使用中,内外保径良好,复合片完整。

## 5 结论

(1)新型 PDC 取心钻头结构设计合理,内外保径效果好,岩心采取率高;单颗切削齿切削面积降

止。

### 6.2 ZK2-4 号钻孔

在 ZK2-4 号钻孔中,自 207~326 m 孔段共纠斜 5 次,孔斜得到抑制,钻孔方位逐渐增加,孔深 360 m 时方位已增至  $220.5^\circ$ ,至 10 月 28 日孔深 450 m,已逐步进入矿层,达到地质设计施工目的。纠斜效果见表 3。

表 3 ZK2-4 号钻孔纠斜后方位角表

项目	孔深/m	方位角/ $^\circ$
纠斜前	207	208
	270	214.5
纠斜后	308	215.8
	320	218.9
	360	220.5

## 7 结论与建议

本次试验证明,采用 LZ 型连续造斜器进行纠斜(造斜)作为纠斜手段在该矿区是可行的,效果是明显的,其纠斜后能达到设计要求,为地质提供准确资料。

在纠斜过程中也遇到不少困难,其中较为突出的有钻孔严重超径,对造斜器稳定支撑有较大影响;水泥达不到预期强度。

建议在今后的正常生产钻进施工时采取必要的措施,用好泥浆和泥浆处理剂,选用好的、强度高的水泥;调整好泥浆,选用对水泥凝固影响较小的泥浆;灌注水泥前认真冲孔。

低,复合片损伤减小;复合片焊接强度高,完全可以满足钻进的需要;钻进时效高。

(2)使用 PDC 钻头钻进时,采用低转速、高钻压(通常是每颗 PDC 需要压力 500~1000 N),尽可能大的泵量。随着 PDC 的磨钝,压力逐步增加。在煤层钻进取心时可以适当降低转速和泵量。

(3)PDC 钻头在钻进漏失地层及可钻性在 9 级以上硬岩时,应及时调整钻进工艺,降低钻进参数,或采用孕镶金刚石钻头钻进,增大泵量,以防烧钻事故发生。

## 参考文献:

- [1] 郭绍仕,冯德强,杨凯华,等. 钻探手册[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993.