

文章编号: 1001 1986(2001)02 0062 03

# 高时效长寿命弱包镶钻头研究

张绍和<sup>1</sup> 鲁凡<sup>2</sup> 杨凯华<sup>1</sup>

(1 中国地质大学工程学院, 湖北 武汉 430074;

2 中南工业大学资环建学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 分析了钻头钻进极坚硬地层时的打滑原因, 提出了利用弱包镶手段解决打滑的新思路, 研究了弱包镶钻头的工作机理, 从理论上解释了弱包镶钻头的高时效和长寿命特性, 介绍了该类钻头的试验情况。

**关键词:** 金刚石钻头; 弱包镶; 打滑

中图分类号: P634.4 文献标识码: A

## 前言

钻进极坚硬地层时, 钻头普遍存在不进尺和打滑现象, 或者能进尺但寿命极低的情况。为了解决该类问题, 许多厂商制造出了多种不同唇面、胎体软硬性能不等、金刚石浓度及粒度各异的钻头, 然而一直未能获得满意的结果。作者研究出一种适合于极坚硬地层使用的高时效长寿命弱包镶钻头。

## 钻头打滑原因

许多人认为钻头钻进极坚硬地层出现钻头打滑现象的原因是金刚石不能出刃和钻头胎体过硬而造成的, 结果是钻头寿命极低。事实上, 钻头在钻进极坚硬地层时, 由于岩石对金刚石的磨损过快, 而对钻头胎体的磨损相对较慢, 这样在钻进极短的时间内, 金刚石表面出现一个小的平面。图 1) 这些小平面大大增加了金刚石与岩石的接触面积, 从而降低了岩石与金刚石间单位面积上的接触压力。当金刚石施于岩石表面上的压力小于极坚硬地层的抗压强度时, 金刚石就不能有效地破碎岩石, 这时钻头就不进

尺, 同时这些被磨钝的金刚石上端被胎体包裹, 下端与岩石形成吻合的面接触, (图 2) 要想让其脱落不容易。此外, 这时因为钻头不进尺后, 钻头与岩石的接触面不产生岩粉, 导致钻头胎体不易磨损, 胎体包着的金刚石就不能出露或脱落。

## 弱包镶钻头的工作机理<sup>[1]</sup>

一旦钻头不进尺, 磨钝的金刚石在钻头胎体内已成为障碍。为了不使磨钝的金刚石残存在钻头胎体内, 在孔底做无用功(不刻取和破碎岩石), 只有设法让其尽快脱落, 让下一颗新的完好的金刚石能尽快露出来刻取和破碎岩石。基于这一点, 我们利用弱包镶手段来设计极坚硬地层钻头, 解决钻头打滑问题。

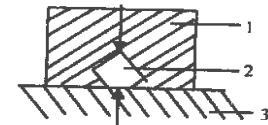
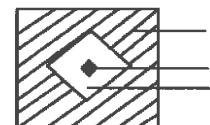


图 1 金刚石钝化示意图 图 2 磨钝金刚石受力状态图

1—金刚石; 2—磨出的小平面; 3—胎体  
1—胎体; 2—金刚石; 3—岩石

收稿日期: 2000 05 08

基金项目: 教育部博士点基金资助

作者简介: 张绍和 (1967—), 男, 湖北鄂州市人, 博士后, 研究方向为金刚石及其工具

## 煤矿直通放水孔施工成功

最近, 山东煤田地质局和兖州矿业(集团)公司兴隆庄煤矿开展了直通放水孔施工方法的研究, 通过对三含水层的放水实验, 为疏水降压的可行性研究提供了科学的水文资料。其主要技术措施如下: 钻进及扩孔时均采用钻铤加压, 分级扩孔时使用导向钻具并采取扶正措施; 由下向上实行基岩止水、基岩—第四系界面止水、三含水层上部止水; 三含水层与孔内过水通道的通畅程度直接影响到放水实验的质量和所取得

的水文资料可信程度, 故在放水前进行了较为细致的冲孔工作; 三次降深抽水实验完成以后即可以下堵水塞; 根据测井资料计算出钻孔的偏斜位置。通过在井下巷道的开挖找到下放的套管, 并且将放水阀门、管线和仪表联接好后, 即可进行放水实验; 控制过水通道的开度就能控制放水流量。

(兖州矿业(集团)公司科研所 李剑锋)

弱包镶防打滑钻头的设计方法是:先在金刚石表面用机械方法裹上一层碳化钨粉末,然后将处理过后的金刚石与胎体粉末均匀混合,再进行装模烧结。这样处理后的钻头由于在胎体与金刚石之间有一层没有粘结特性的碳化钨粉末,(图3)从而减弱了胎体对金刚石的包镶能力,使钻头在胎体磨损不大的情况下,金刚石就会从胎体中自行脱落下来,从而实现金刚石的换层。

设计制造这种弱包镶防打滑钻头的关键是要根据岩石对金刚石的磨损能力选择合适的弱包镶程度。只有当金刚石工作到一定程度,即不能有效刻取和破碎岩石时,才能让其脱落。弱包镶防打滑钻头的金刚石脱落快慢是通过金刚石表面包裹的碳化钨粉末层的厚度来控制的。碳化钨粉末层越厚,则金刚石的脱落速度就越快;反之,金刚石的脱落速度就越慢。

#### 4 弱包镶钻头寿命分析<sup>[2]</sup>

弱包镶防打滑钻头的金刚石极易脱落,那么其寿命情况如何呢?实际使用证明,该种钻头的寿命较长。下面将通过理论计算来作一分析。

为了计算的简单和讨论的方便,将金刚石看成球状,设 $1\text{ cm}^3$ 单位体积胎体内的金刚石颗粒数为 $\rho^3$ ,则按下式可计算得出金刚石颗粒数:

$$\rho^3 = 1000 C / (\pi d^3 / 6) = 6000 C / (\pi d^3), \quad (1)$$

式中  $\rho^3$ — $1\text{ cm}^3$  单位体积胎体内的金刚石颗粒数;

$C$ —孕镶金刚石钻头的金刚石浓度(体积比);

$d$ —金刚石颗粒直径,mm。

在 $1\text{ cm}^3$ 体积中有 $\rho^3$ 粒金刚石,则在 $10\text{ mm}$ 的高度内应有 $\rho$ 层金刚石。将这个计算出的金刚石层数称为标准层数,根据金刚石在胎体中的理想分布,(图4)每个标准层的厚度 $h$ 按下式计算:

$$h = 10 / \rho. \quad (2)$$

这样在每个标准层内金刚石的颗粒数应为 $\rho^2$ ,而在这每个标准层内的 $\rho^2$ 粒金刚石并不是位于一个理想平面内,而是位于这一理想平面的上下浮动区。(图5)

从微观上看,每颗金刚石都不会与另一颗金刚石

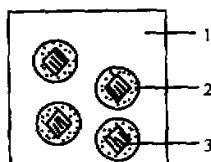


图3 弱包镶金刚石结构示意图

1—胎体;2—弱包镶层;3—金刚石

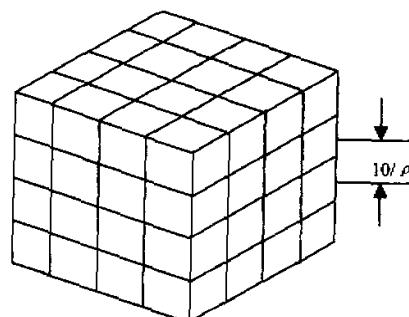


图4 金刚石在胎体中的理想分布

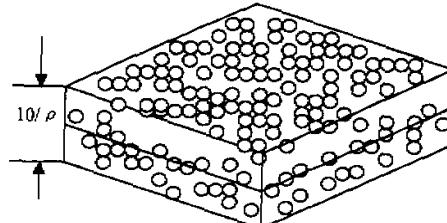


图5 金刚石在一个标准层内的分布情况  
处于同一平面,但是每一颗金刚石都处在属于自己的平面内。这样,可以把每一个标准层分为 $\rho^2$ 个平面,设平面与平面之间的平均距离为 $\Delta L$ ,也即为一颗金刚石与另一颗金刚石间的平均距离,则按下式计算得出:

$$\Delta L = h / \rho^2 = 10 / \rho^3. \quad (3)$$

这个 $\Delta L$ 的值非常小。如假设某孕镶金刚石钻头的金刚石粒度为70/80目,金刚石粒径为 $d=0.198\text{ mm}$ ,钻头的浓度为 $C=20\% = 0.2$ ,则由公式(1)可得出 $1\text{ cm}^3$ 单位体积胎体内的金刚石颗粒数为49 208粒。即 $\rho=36.6$ 。

由公式(2)可得出该孕镶金刚石钻头中的标准层厚度为 $0.273\text{ mm}$ 。由公式(3)得出标准层中平面间的距离 $\Delta L$ 为 $0.000203\text{ mm}$ 。

由上述计算可说明,两颗金刚石间的高度差极小,但这一高度差的确存在。只有存在金刚石颗粒间的这一高度差,才能保证孕镶金刚石钻头在钻进过程中,有包镶不住的旧粒金刚石的脱落和新粒包镶较好的金刚石出来工作。

金刚石在工作时的脱落高度可用 $d/\beta$ 来表示,其中 $d$ 为金刚石的粒径, $\beta$ 为某一常数, $\beta$ 值越小,金刚石的脱落高度就越大。当一个新钻头在开始钻进时,钻头胎体每磨损一个 $\Delta L$ ,就有一颗金刚石出露。胎体磨损至金刚石的脱落高度 $d/\beta$ 时,再磨损一个 $\Delta L$ ,则在出露一颗新金刚石的同时,就会有一颗旧粒金刚石脱落(出露高度超过脱落高度 $d/\beta$ )。达到这一状态后,钻头胎体工作面上的金刚石颗粒数将不再增

加,故有:

$$N = (d/\beta)/\Delta L.$$

将式(3)、(1)代入上式得:

$$N = 600 C/(\pi d^2 \beta). \quad (4)$$

根据上述数据( $d=0.198, C=0.2$ ),计算  $N$  值为:

$$N = 974/\text{粒}/\text{cm}^2. \quad \text{设 } \beta = 3, \quad \text{则 } N = 325 \text{ 粒}/\text{cm}^2.$$

弱包镶金刚石钻头中的金刚石极易脱落,所以其脱落高度  $d/\beta$  很小,也就是  $\beta$  值很大,如  $\beta = 7$ ,则  $N_r = 139 \text{ 粒}/\text{cm}^2$ ,而一般钻头  $\beta = 3$  时,  $N_p = 325 \text{ 粒}/\text{cm}^2$ ,尽管他们的金刚石  $d$  值与  $C$  值相同。

用  $\eta$  表示作用于钻头中单粒金刚石上的平均载荷,  $\eta$  值可按下式计算得出:

$$\eta = P/N, \quad (5)$$

式中: $P$ ——作用于钻头胎体单位面积上的压力,  
 $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

如果要使作用在弱包镶钻头与普通钻头金刚石上的  $\eta$  值相同,就必须使二者的  $N$  值相同,即

$$N_r = N_p.$$

由于  $\beta_r = 7, \beta_p = 3$ ,如设定  $C_r = 0.2$ ,将(4)式代入上式可得  $C_p = 0.086$ 。这说明,在普通钻头金刚石浓度为 8.6% 时,才与弱包镶钻头金刚石浓度为 20% 的  $N$  值相同,这就保证了相同的  $\eta$  值及相同的效率。

根据前面讨论可以判定,  $N$  值代表了钻头胎体工作面上金刚石的平面密度,而钻头  $1/\Delta L$  表示了钻头胎体工作面上金刚石的纵向密度。用  $\xi$  表示钻头胎体工作面上金刚石的纵向密度,即有:

$$\xi = 1/\Delta L = 600 C/(\pi d^3). \quad (6)$$

根据前述数据可计算得出:  $\xi_p = 2.116, \xi_r = 4.921, \xi_p/\xi_r = 2.325$ ,即弱包镶钻头胎体工作面上金刚石的纵向密度为普通钻头胎体工作面上金刚石的纵向密度的 2.325 倍。由此可见,在  $N$  值、 $\eta$  值相同的情况下,弱包镶钻头胎体工作面上金刚石的纵向密度  $\xi$  远远高于普通钻头胎体工作面上金刚石的纵向

密度  $\xi$ ,这就是弱包镶钻头有较高寿命的原因。另一方面,弱包镶钻头每磨损 0.000 203 mm 就有一颗金刚石新陈代谢,而普通钻头要磨损 0.000 473 mm 才有一颗金刚石新陈代谢,因而弱包镶钻头较普通钻头锋利得多。

## 5 弱包镶钻头使用实例

弱包镶钻头与湖北某厂的普通钻头在安徽某地质队的对比使用情况是:在钻进 10~12 级的肉红色花岗闪长岩及石英脉时弱包镶钻头的平均寿命为 26.10 m,平均时效为 2.88 m/h;而湖北某单位普通钻头的平均寿命为 12.12 m,平均时效为 1.73 m/h。该试验表明,弱包镶钻头的平均寿命为普通钻头的 2.15 倍,弱包镶钻头的平均时效为普通钻头的 1.66 倍,且弱包镶钻头在钻进过程中不需要往孔底投入石英砂。

## 6 结论

研究和使用表明,弱包镶钻头的成功开发有着极其重要的意义:

- a. 弱包镶钻头能较理想地解决钻进极坚硬地层的钻头打滑问题;
- b. 将弱包镶引进钻头设计中,打破了金刚石在胎体中必须牢固包镶的常规观念;
- c. 理论分析与实际使用证明,弱包镶钻头既有很好的锋利性,又有相当高的寿命;
- d. 钻进极坚硬地层时,降低金刚石的包镶强度,是提高钻头时效的最有效途径之一。

## 参考文献

- [1] 张绍和,鲁凡,胡换枝. 极坚硬地层高时效长寿命钻头研究[J]. 中南工业大学学报,28(1),12~13.
- [2] 张绍和. 孕镶金刚石钻头参数设计神经网络专家系统研究[D]. 中南工业大学博士学位论文,1999,8,35~40.

## Research on the weak wrap impregnated bit of high efficiency and long life for drilling ultra-hard rock

ZHANG Shao-he<sup>1</sup>, LU Fan<sup>2</sup>, YANG Kai-hua<sup>1</sup>

(1. China University of Geo-science, Wuhan 430074, China;

2. Central South University of Technology, Changsha 410083, China)

**Abstract:** This paper analyzed the reasons for bit sliding in drilling ultra-hard rock, put forward a new method by using weak wrap bits for solving slide, discussed the theory about the weak wrap bit and looked into the reasons of high efficiency and long life in terms of theory. An example for the bits to drill ultra-hard rock was given.

**Key words:** diamond bit; weak wrap; slip