

新型硬岩超低压钻进用金刚石钻头^①

王殿江 鲁 凡

(中南工业大学资源、环境与建筑工程学院, 长沙 410083)

摘 要 三峡工程在硬岩中施工 $d175\text{ mm}$ 倒垂孔, 为预防孔斜需要采用超低压钻进(最低钻压只有 1.8 MPa)。为此, 开发研制了一种金刚石与胎体之间有一弱结合层的新型钻头。由于该种钻头新、旧金刚石的新陈代谢换层速度较普通钻头快, 其抗打滑能力极强。现场钻进试验结果表明, 该新型钻头不仅能克服钻头打滑, 而且机械钻速和钻头寿命均有显著提高, 综合指标提高幅度达 2.06 倍。

关键词 硬岩 超低压钻压 孕镶金刚石钻头 弱结合层

中图法分类号 P634.4

长江三峡工程永久船闸两岸隧道内需施工观测岩体位移用倒垂孔。孔径 175 mm , 孔深 $40\sim 50\text{ m}$ 。倒垂孔对垂直度有严格要求, 50 m 孔深偏斜量 $< 5\text{ cm}$ 。钻孔所遇岩层为完整的花岗岩, 硬度大, 研磨性较弱, 可钻性级别 9 级左右。施工单位为保证钻孔垂直度, 钻进时采取严格的限压措施, 钻头单位压力远低于钻进此类岩石所需的正常钻压。

国内外在硬岩钻头研发、防止打滑以及采用高钻压钻进硬岩等方面均曾开展过大量研究工作, 并取得不少引人注目的成果。国外主要通过采用高品级金刚石、改变钻头结构和构成等途径研发高强型钻头克服硬岩, 而在钻进中则采用以高钻压为基本特征的强力规程^[1-3]。国内则多以软胎体、低浓度或电镀钻头辅以较高钻压的规程对付硬岩^[4, 5]。然而, 采用超低压钻压规程钻进硬岩, 无论国内国外都是一项新课题, 特别是对钻头性能提出了很高要求。为此, 我们开展了专题试验研究。

1 钻头工作条件分析

1.1 钻头工作特点

由于钻孔保直是施工中考虑的首要因素, 因而采取了严格的限压措施。计算表明, 钻头单位工作唇面上的压力下限仅为 1.8 MPa , 属超低压钻进。按平均时效 0.7 m/h 、钻头转速 300 r/min 计, 则钻头每转平均进尺只有 $38.9\text{ }\mu\text{m}$, 每颗出刃金刚石切入岩石的平均深度则应小于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。

1.2 钻头磨损机理^[6, 7]

由于切深微小, 只能形成极细的岩粉, 且数量甚少, 因此, 符合硬磨粒磨损粒度判据的岩粉几乎没有, 如不考虑金刚石脱落这一例外情况, 则胎体无发生硬磨粒磨损的可能; 另一方面, 由于唇面上工作金刚石的出刃值远大于切深, 胎体唇面与孔底岩石之间有充足的容屑空间, 发生软磨粒磨损的判据条件也很难满足。因此, 胎体磨损的主要机理就只能是冲蚀磨粒的表面磨耗, 胎体磨损率极低。

1.3 钻头打滑原因^[8, 9]

在上述条件下, 一般钻头出刃金刚石的脱落速度将会大大延迟, 而硬岩对金刚石刃尖的磨耗却相当大, 从而导致出刃金刚石刃尖部位在不长的时间里就被磨钝, 形成磨损小平面, 使其与孔底岩石的接触面积迅速增大, 钻头比

① 国家教委博士学科点科研基金资助项目 955301 收稿日期: 1997-06-05; 修回日期: 1998-10-26
王殿江, 男, 38岁, 副教授, 硕士

压降低而不能继续钻进,即发生打滑。因此,钻头发生打滑是唇面金刚石换层过慢或终止所致。

2 钻头设计

2.1 指导思想

从以上分析可知,硬岩弱研磨性地层钻进,防止钻头打滑的全部机理就在于保持唇面金刚石有适当高的换层速度。实现这一目标的基本途径有如下两方面:一是防止金刚石被磨钝;二是加速金刚石的换层,使磨钝的金刚石及时脱落。第一条途径回旋余地很小,因为金刚石的磨钝与否很大程度上取决于钻进岩石这一客观条件,试图通过提高金刚石品级来解决问题,效果甚微,理论研究和事实均可证明这一点。因此,唯一可行的途径就只能从提高金刚石新陈代谢速度方面寻找突破口。

与一般加强金刚石与胎体间结合强度来改善钻头性能的做法相反,我们认为,对于打滑地层而言,应该适度弱化金刚石与胎体间结合强度,使磨钝的金刚石能够及时脱落,以此保持唇面金刚石的正常新陈代谢。与此同时,保持适当的胎体硬度和金刚石浓度,这样既可防止钻头因钝化而打滑,又可保证钻头有较高的寿命。

2.2 钻头结构

按上述指导思想设计的新型钻头,其胎体结构及唇面磨损状态如图 1(a) 所示,图 1(b) 为普通钻头唇面磨损形貌示意图。

从图 1(a) 可以看出,胎体与金刚石之间有一个弱结合层,它对金刚石的包镶力很弱,金刚石周围存在凹坑,金刚石出刃值较小,刚开始形成磨钝小平面就会脱落,从而加快金刚石的换层。而从图 1(b) 可以看出,金刚石刃尖已被磨钝,但因其尾部支撑体的作用,出刃值很大,仍不能脱落。

弱结合层由 WC 或其它材料构成,它是在钻头混料之前用造球法将其裹覆在金刚石表面,然后将其与工作层胎体粉料混合,再行装模热压烧结而成。根据岩性及规程参数等具体条件的不同,通过调节弱结合层厚度和弱结合层材料构成以及胎体耐磨性即可实现对钻头性能的有效控制。

2.3 结构参数设计

结构参数设计的基本依据是钻进岩石的性能。我们采用专门研制的测定装置测量岩石对金刚石的研磨性指标 A 值,并用间接方法获得岩粉对胎体的研磨性指标 B 值。钻头结构参数的设计主要以 A , B 值为依据,同时也要考虑钻压等规程参数。金刚石品级和粒度主要根据 A 值确定,金刚石浓度和胎体耐磨性则

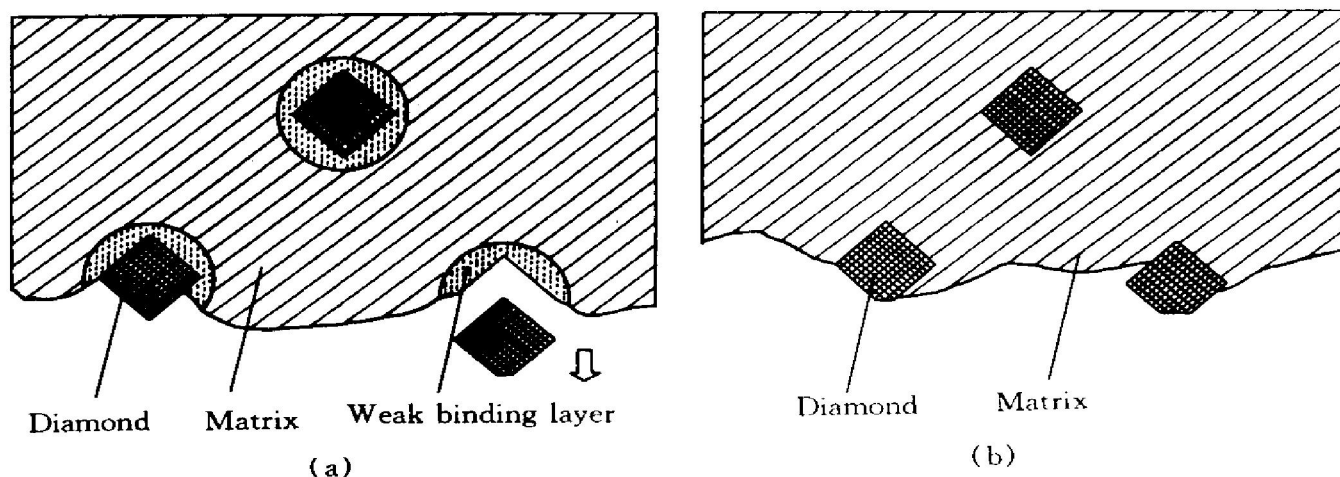


图 1 金刚石钻头胎体结构与唇面磨损形貌示意图

Fig. 1 Matrix structure and morphology of worn surface of impregnated diamond bit

(a) —New concept bit; (b) —Traditional bit

主要以 B 值为依据；而弱结合层的弱化度需根据 A ， B 值，以及钻压与其它结构参数的情况综合确定。

3 三峡工程倒垂孔钻进效果

3.1 生产条件

钻机为 XY-4-3 型，水泵 BW-120 型，钻头外径 175 mm，内径 148 mm，属 $d171/149$ 钻头的加厚型。钻进规程参数为：钻压 8000~14000 N(单位钻压 1.8~3.2 MPa)，转速 150~350 r/min，冲洗液量 60~90 L/min。

3.2 使用效果

新型钻头在 6 个倒垂孔中使用，由施工单位提供的已用完、且正常使用的 4 个钻头的数

据如表 1 所示。表中同时列出另两个厂的钻头使用结果(亦由施工单位提供)。施工单位对钻头性能提出的指标为时效 0.5 m/h 左右，钻头使用寿命应达到 7 m。从表中数据可以看出，我们研制的含弱结合层新型钻头时效和寿命均有显著提高，时效较 A 厂提高 2.5 倍，较 B 厂提高 75%，寿命亦较 B 厂提高 75%，而钻头综合指标为 B 厂钻头的 3.06 倍，为施工单位要求指标的 2.8 倍。

另据施工单位介绍，由于孔径大、岩芯粗、采芯难度大，经常需用钻头套扫脱落岩芯。为钻孔保直，在限制钻压的同时，还采取限制时效措施，一般控制时效在 1.0 m/h 以内。另外，尚有一些其它非正常磨损因素，均使钻头寿命和时效指标受到影响，否则各项指标会更高。

表 1 直径 175 mm 钻头在三峡工地实际使用效果

Table 1 Field drilling results of $d175$ mm bits in Three Gorges Project

Manufacturer of bits	Penetration rate/($\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$)				Bit life/m				Composite index*	
	Min	Max	Avg	Per	Min	Max	Avg	Per	Avg	Per
A* *	0.1	0.3	0.2	100%	—	—	—	—	—	—
B	0.2	0.6	0.4	200%	6.0	10.0	8.0	100%	3.2	100%
CSUT	0.4	1.0	0.7	350%	11.0	18.0	14.0	175%	9.8	306%

* —Composite index is the product of penetration rate and bit life.
* * —Manufacturer A's bits were given up halfway because the penetration rate was too low.

4 结论

(1) 通过弱结合层降低胎体对金刚石的包镶强度，从而加速金刚石的新陈代谢是提高钻头抗打滑能力的有效途径，室内试验研究和现场钻进结果均已证明这一点。

(2) 所研制的新型钻头在三峡工程硬岩超低压钻进条件下取得显著技术经济效果。该种钻头适用于各类超硬和硬岩钻进，值得大力推广。

REFERENCES

1 Dimatec Inc. GeoDrilling International, 1996,

(10): 10.

2 Ersoy A and Waller M D. GeoDrilling International, 1995, (1): 11.

3 Bullen G J. IDR, 1984, 44(5): 270.

4 Li Dafo(李大佛), Li Tianming(李天明) and Chen Hongjun(陈洪俊). Exploration Engineering(探矿工程), 1996, (4): 41.

5 Liu Guangzhi(刘广志). Geology and Prospecting(地质与勘探), 1989, 25(10): 53.

6 Wang Dianjiang. Trans Nonferrous Met Soc China, 1996, 6(Suppl. 1): 233.

7 Wang Dianjiang(王殿江). Geology and Prospecting(地质与勘探), 1995, 31(6): 58.

8 Lu Fan. J Cent South Univ Technol, 1996, 3(1): 31.

9 Lu Fan(鲁凡). J Cent South Univ Technol(中南工业大学学报), 1995, 26(5): 575.

NEW CONCEPT DIAMOND BIT FOR HARD FORMATIONS WITH ULTRA-LOW BIT PRESSURE IN THREE GORGES PROJECT

Wang Dianjiang and Lu Fan

*College of Resources, Environment and Civil Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China*

ABSTRACT In Three Gorges Project, the $\phi 175$ mm inversely perpendicular holes were required to drill in hard granite with ultra-low bit pressure (the minimum bit pressure was only 1.8 MPa). In order to prevent the hole deviation, a new concept bit with weak binding layer between diamonds and matrix has been developed, which has very high anti-slipping performance, because the metabolism of new bit between worn, blunt diamonds and new, sharp diamonds can occur sooner than that of traditional bits. Field drilling experiments in Three Gorges Project showed that the new bits could not only overcome bit slipping but also improve the penetration rate and bit service life, the composite index of them increased 2.06 times.

Key words hard formation ultra-low bit pressure impregnated diamond bit weak binding layer

(编辑 何学锋)