

孕镶金刚石钻头工作层不均匀磨损原因的研究

刘银伟¹, 靖向党²

(1. 黑龙江有色金属勘查 706 队, 黑龙江 齐齐哈尔 161031; 2. 长春工程学院, 吉林 长春 130012)

摘要:通过理论分析和生产试验, 论证了孕镶金刚石钻头工作层高度磨损不均的主要原因是: 在金刚石等浓度分布和质量相同的情况下, 因采用矩形水口使得唇面金刚石沿半径线由外向内切削工作负担逐渐加重所致。提出了改善措施。

关键词:孕镶金刚石钻头; 工作层; 不均匀磨损; 水口

中图分类号: P634.4⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2005)04-0056-03

Research on the Reason of Uneven Abrasion on the Works Layer of the Impregnated Diamond Bit/LIU Ying-wei¹, JING Xiang-dang² (1. Team 706 of Heilongjiang Provincial non-ferrous metal exploration, Qiqihaer Heilongjiang 161031 China; 2. Changchun Institute of Technology, Changchun Jilin 130021, China)

Abstract: Main reason of uneven abrasion on the work layer of impregnated diamond bit is proved through theoretical analysis and application test. Adopting rectangle water mouth makes diamond cutting burden heavier along radius line from outside to inside and causes the rapid abrasion to works layer when diamonds in bit are distributed evenly and in the same quality.

Key words: impregnated diamond bit; works layer; uneven abrasion; water mouth

在孕镶金刚石钻头的非正常磨损中, 因内径部位工作层高度过快磨损成喇叭形或碟形而导致钻头提前报废的比例甚大, 特别是绳索取心钻头更为普遍, 往往外径工作层高度还剩 2 mm 以上而内径工作层高度已用尽, 而且矩形水口数越多(或水口总宽度越大)越严重。笔者对此进行了分析探讨, 并提出有效的改善措施。

1 孕镶金刚石钻头内径部位工作层高度磨损过快原因分析

孕镶金刚石钻头内径磨损的原因一般认为是重复破碎碎块岩心、扫脱落岩心或掉块、岩心堵塞继续进尺等, 但笔者认为除了地层和工艺等一般因素外, 存在着一个更为重要的原因是: 金刚石在孕镶钻头工作层内等浓度分布和质量相同的情况下, 因采用矩形水口使得唇面金刚石沿半径线由外向内切削, 工作负担(即单粒金刚石的平均切削深度或碎岩量)逐渐加重所致。

假设钻头唇面金刚石分布是均匀的(实际上目前的孕镶金刚石钻头基本都是等浓度分布), 那么钻头唇面任一同心圆(以下称切削线)上的金刚石也是

均匀分布的。设切削线单位长度上金刚石粒数为 n 。如果钻头不开水口, 那么当钻头回转一周进尺为 H 时, 则任一切削线上单粒金刚石切削岩石的平均深度是:

$$h_x = H / (D_x \pi n) \quad (1)$$

式中: h_x ——单粒金刚石切削岩石的平均深度, mm; H ——钻头回转一周的进尺, mm; D_x ——任一切削线的直径, mm; n ——切削线单位长度上金刚石粒数, 粒/mm。

则内、外径切削线上单粒金刚石的切削深度比(以下称切深比)是:

$$R_x = \frac{H / (D_i \pi n)}{H / (D_o \pi n)} = D_o / D_i > 1 \quad (2)$$

式中: R_x ——切深比; D_i 、 D_o ——钻头内径和外径, mm。

其次, 钻头回转一周每粒金刚石破碎岩石的体积为:

$$V_x = d H D_x \pi / (D_x \pi n) \quad (3)$$

式中: V_x ——钻头回转一周单粒金刚石碎岩的体积, mm³; d ——单粒金刚石切痕的平均宽度, mm。

因此, 内、外径切削线上单粒金刚石碎岩量之比(以下称碎岩比)是:

收稿日期: 2004-12-22

作者简介: 刘银伟(1968—), 男(汉族), 黑龙江八五三农场人, 黑龙江有色金属勘查 706 队副队长、工程师, 探矿工程专业, 从事地质矿产勘探技术与管理工作, 黑龙江省齐齐哈尔市昂昂溪区, 13803600628。

$$K_1=\frac{dHD_i\pi/(D_i\pi n)}{dHD_o\pi/(D_o\pi n)}=1\tag{4}$$

可见,在无水口的情况下,尽管内、外径切削线上每粒金刚石的碎岩量是相等的,但钻头内径底刃金刚石切削深度则大于外径底刃金刚石的切削深度。也就是说内径切削线上每粒金刚石的切削工作负担已大于外径切削线上的金刚石。

但是,当钻头唇面开出矩形水口后,由于相应于孔底表面各圆环线上的钻头有效切削线长度等量减少,使得这种内、外径切削线上金刚石的切削工作负担之差更加增大。

设钻头上矩形水口个数为 N ,水口宽度为 b ,则切削线上金刚石的平均切削深度是:

$$h_i=H/[(D_x\pi-Nb)n]\tag{5}$$

因此,当孕镶钻头上开了矩形水口时的切深比是:

$$R_2=\frac{H/[(D_i\pi-Nb)n]}{H/[(D_o\pi-Nb)n]}=\frac{\pi-Nb/D_o}{\pi-Nb/D_i}\cdot\frac{D_o}{D_i}\tag{6}$$

因为: $Nb/D_o < Nb/D_i$, $D_o/D_i = R_1$

所以: $R_2 > R_1$

其次,在此情况下,钻头回转一周单粒金刚石的碎岩体积为:

$$V_x=dHD_x\pi/[(D_x\pi-Nb)n]\tag{7}$$

因而碎岩比是:

$$K_2=\frac{dHD_i\pi/[(D_i\pi-Nb)n]}{dHD_o\pi/[(D_o\pi-Nb)n]}=\frac{\pi-Nb/D_o}{\pi-Nb/D_i}\tag{8}$$

因为: $Nb/D_o < Nb/D_i$

所以: $V_2 > V_1 = 1$

由此可见,由于钻头上采用了矩形水口结构,导致了切深比更加增大,碎岩比也不再等于 1,而大于 1。因而进一步扩大了孕镶金刚石钻头内、外径切削线上金刚石的切削工作负担的差距,即钻头胎块内径切削线上单粒金刚石的平均切削深度和碎岩量更加大于外径切削线上的金刚石,见表 1。

由表 1 可知:不同规格的金刚石钻头内径切削线上金刚石的切削工作负担比外径切削线上金刚石的切削工作负担都有不同程度的增加,最小增加量为 10.8%,最大为 28.9%,而且增加量随钻头直径增大而下降,随钻头壁厚增加而明显增大,见表 2。

此外,切深比和碎岩比随矩形水口数(或水口总宽度)增加而增大,也即金刚石切削工作负担随之增加,见表 3。

因此,目前现场使用的孕镶金刚石钻头,特别是绳索取心钻头,由于在钻头唇面金刚石均布和质量

表 1 钻头规格对切深比、碎岩比及
金刚石切削工作负担增量的影响

钻头规格	外径 D_o /mm	内径 D_i /mm	水口数× 水口宽(N × b)/mm	无水口		直水口		金刚石切削 工作负担增 量 Δ / %
				切深 比 R_1	碎岩 比 K_1	切深 比 R_2	碎岩 比 K_2	
47	47	29	6×5	1.62	1	1.93	1.19	18.8
47S	47	25	6×5	1.88	1	2.42	1.29	28.9
60	60	41.5	6×7	1.45	1	1.66	1.15	14.7
60S	60	36	6×7	1.67	1	2.06	1.24	23.6
75	75	54.5	8×7	1.38	1	1.57	1.13	13.3
75S	75	49	8×7	1.53	1	1.83	1.20	19.8
91	91	68	8×8	1.34	1	1.48	1.11	10.8

注:(1) $\Delta=[(R_2-R_1)/R_1]\times 100\%=[(K_2-K_1)/K_1]\times 100\%=[(\pi-Nb/D_o)/(\pi-Nb/D_i)-1]\times 100\%$,表示钻头开了水口后切深比的增量或碎岩比的增量,我们将其统称为金刚石切削工作负担的增加量;(2)钻头规格中 S 表示绳索取心系列。

表 2 钻头壁厚对切深比、碎岩比及
金刚石切削工作负担增加量的影响

D_o /mm	$N\times b$ /mm	D_i /mm	壁厚 δ /mm	R_2	K_2	Δ / %
60	6×7	46	7	1.43	1.10	9.6
		44	8	1.52	1.12	11.6
		42	9	1.63	1.14	14.1
		41.5	9.25	1.66	1.15	14.7
		40	10	1.75	1.17	16.7
		38	11	1.89	1.20	19.9
		36	12	2.06	1.24	23.6
		34	13	2.26	1.28	28.1

表 3 钻头水口数(或水口总宽度)对切深比、碎岩比及
金刚石切削工作负担增加量的影响

钻头规格	D_o /mm	D_i /mm	$N\times b$ /mm	R_2	K_2	Δ / %
60S	60	36	0	1.67	1	
			6×6	1.98	1.19	18.5
			7×6	2.06	1.24	23.6
			8×6	2.16	1.30	29.9
			10×6	2.42	1.45	45.2

相同的情况下采用了矩形水口结构,结果导致唇面不同切削线上金刚石的切削工作负担不同,半径越小的切削线上金刚石的切削工作负担越大,且随钻头壁厚和矩形水口数量(或总宽度)增加而增大。

我们知道,钻头胎体的磨损主要是破碎下来的岩粉颗粒的作用或金刚石的崩刃、剥落,胎体失去硬质点保护等;而金刚石的磨损主要由于其抗弯、抗冲击能力差和内部缺陷的存在,在一定的外力作用下脆性破损、胎体过量磨损包镶能力降低而剥落及在高温下石墨化而被磨蚀等。在岩性一定的情况下,金刚石切削深度大其所承受的载荷也大。如果外径切削线上的金刚石在合适的载荷下进行体积碎岩(从喇叭形或碟形的旧钻头可看出半径较大的切削

线上金刚石出露正常),那么小于外径的各切削线上同质量的金刚石就可能由于载荷过大其内部的纵、横裂纹缺陷发展,比外径切削线上金刚石更易发生脆性破损,导致内径部位胎体磨损加快;其次由于切削深度增加,岩石与胎体之间的间隙减小且岩粉粒度增大,研磨能力增强,这样破碎下来的大颗粒岩粉挤在极小的间隙中易造成胎体的过量磨损,金刚石脱落;另外切削深度增加以至超过岩石的润湿层深度,金刚石冷却困难或处于干摩擦状态,温度升高易发生石墨化而被磨蚀等。总之,在金刚石质量相同的情况下,金刚石切削工作负担越大则磨损的可能性会越大。

2 不同水口形状钻头的对比试验

通过对 15 个矩形水口的 $\varnothing 60$ mm 绳索取心钻头 and 18 个同规格的扇形水口钻头进行生产性对比试验,结果表明:采用扇形水口结构的钻头由于唇面磨损较均匀,工作层得到了较为充分的利用,从而钻头的平均寿命提高了 34.5%,金刚石的平均耗量降低了 22.3%。见表 4。

表 4 不同水口形状钻头的对比试验结果					
钻头规格	钻头数量/个	水口形状	$N \times b$ /mm	平均寿命 /m	平均金刚石耗量/($\text{ct} \cdot \text{m}^{-1}$)
60S	18	扇型	内 6×6 、外 6×9	97.28	0.247
	15	矩形	8×8	72.34	0.318

注:该表所列试验结果是采用同一厂家生产的钻头,除水口数量和形状不同外,其它结构参数均相同。

当然,表中试验结果可能与钻进地层、工艺参数及钻头的其它方面等有关,但就对比性试验可以肯定,扇形水口对于改善孕镶金刚石钻头内径切削线工作层超前磨损是有作用的。

通过对生产试验的 15 个矩形水口的 $\varnothing 60$ mm 绳索取心钻头 and 18 个同规格的扇形水口钻头工作层高度磨损情况的实际测量,统计得出钻头内径切削线上工作层高度磨损值与外径切削线上工作层高度磨损值之比,即钻头的磨损比 C ,见表 5。

表 5 实际测量统计的钻头磨损比与计算切深比的比较							
钻头规格	钻头数量/个	水口形状	$N \times b$ /mm	C	R_2	$C、R_2$ 的比较	
						绝对值/mm	相对值
60S	18	扇形	内 6×6 、外 6×9	1.76	1.74	0.02	1.15
	15	矩形	8×8	2.08	2.54	0.46	18.11

由表 5 可看出:如果排除地层和工艺等其它可能引起内、外径部位工作层磨损不均的因素外,那么上述计算分析的结果与实际测量统计数据的一致性

还是比较好的。所以,在孕镶金刚石钻头采用矩形水口结构且水口数量(或水口总宽度)及钻头壁厚增加时,由于内径与外径切削线上金刚石的切削工作负担之差增大,从而导致钻头内径部位工作层高度的磨损快于外径部位。特别是绳索取心钻头约快 2 倍以上而导致钻头成喇叭形或碟形,结果钻头工作层得不到充分利用,使钻头提前报废,钻头寿命降低,且经济上带来了较大的损失。

3 结论与改善措施

综上所述,孕镶金刚石钻头,特别是厚壁的绳索取心钻头,唇面工作层高度磨损不均导致钻头成喇叭形或碟形,其主要原因是内径切削线上金刚石的切削工作负担大于外径切削线上金刚石的切削工作负担,或金刚石切深比和碎岩比大于 1 所致。所以,为了充分利用孕镶金刚石钻头工作层,减少金刚石的无益消耗,应采用合理的钻头结构,以使得钻头唇面诸切削线上金刚石的切削工作负担相等,延长钻头寿命,具体建议措施如下:

(1)为了使钻头胎体得到充分的冷却,同时考虑到胎块的强度,应保持合理的水口数量(或水口总宽度)。

(2)孕镶金刚石钻头的水口应采用扇形水口结构,以保证钻头唇面上金刚石的切削工作负担基本一致,唇面均匀磨损,钻头工作层得到充分利用,从而提高钻头的使用寿命,降低成本。这点对绳索取心钻头更为重要。

(3)钻头唇面工作层内金刚石采用“非等浓度”分布,即随切削线半径减小金刚石浓度增大,以使各切削线上的金刚石切削工作负担一致。

(4)采用不同质量的金刚石分布于钻头唇面,提高内径切削线上金刚石的质量与承载能力。

参考文献:

[1] 靖向党. 钻孔工程[M]. 北京:冶金工业出版社,1999. 119—124.

更正:本刊 2005 年第 2 期第 66 页表 1 中关于工作面 CO 浓度的测定值有误,正确的如下:

表 1 工作面 CO 浓度变化情况				
爆破前 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	爆破后/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)			
	15 min	30 min	45 min	60 min
0.05	0.525	0.35	0.2	0.0625

注:国家坑探规程标准规定,在工作面连续送风时 CO 浓度只要降到 0.25 mg/L 时人员可以进入。

谨此向作者及读者致歉。