

爆炸法合成金刚石地质钻头钻进试验研究

桂林冶金地质研究所勘探技术室工艺组



新技术交流

在毛主席独立自主，自力更生伟大方针指引下，近年来，我国研究成功的人造金刚石钻探技术，正在迅速地推广应用于生产。这对于改变我国钻探技术的落后面貌，赶超世界钻探技术的先进水平，加速我国地质资源勘探，将发挥越来越大的作用。

1973年，在研究静压法合成金刚石钻头的基础上，我们进一步开展了爆炸法合成金刚石钻头的研制工作。几年来，在钻头的镶制、钻进工艺等环节上进行了反复试验研究，终于取得了成功。在研试工作中，中国科学院物理研究所、力学研究所，山东工业陶瓷研究所，广东七〇一研究所，锦州碳素厂，北京砂轮厂，西安庆安公司，北京粉末冶金研究所，首钢地质勘探公司，广西冶金地质勘探公司 215 队等 14 个兄弟单位分别从不同的方面做了许多工作，使金刚石强度、钻头质量、钻进工艺等都得到了较大提高。

最近批量试验钻头平均寿命达到 93.4 米，最高寿命达 221.89 米，时效一般都超过了单晶孕镶钻头和普通聚晶钻头。

爆炸法合成金刚石是用炸药的爆炸力把碳素转化为金刚石。这种合成方法不需笨重的设备，容易上马，成本低。因此，研制爆炸法合成金刚石钻头，为人造金刚石钻探技术进一步向高速度、低成本方向发展和迅速普及，开辟了新的途径。

探讨性试验

1973年，在有关单位协作下，用热压法制成了第一批爆炸金刚石孕镶钻头，在试验台上进行了多次探索试验。嗣后，在中南冶金地质勘探公司 604 队进行了野外试钻。钻头是用山东工业陶瓷研究所提供的爆炸法大颗粒金刚石制做的，金刚石强度 8000~9000 公斤/厘米²，粒度 1.2 毫米。试钻情况如表 1。

这阶段的试验表明，用爆炸法金刚石制造地质钻头的尝试是成功的。这种金刚石在钻进中表现出较高的效率，一开始就超过了单晶（细粒）孕镶钻头和一般聚晶钻头。

表 1

钻头类型	岩石与级别	钻进时间	进尺(米)	平均时效(米/时)	备注
爆炸法金刚石孕镶钻头	石灰岩(6级)	15'30"	1.1	4.2 (4.32)	仍可使用
	花岗岩(7~8级)	28'37"	0.614	1.28 (2.25)	
	磁铁石英岩(8~9级)	19'48"	0.61	1.87 (2.54)	
静压法聚晶孕镶钻头	"	41'	0.656	0.95 (1.15)	不能再用
静压单晶金刚石孕镶钻头(80目)	"	392'	5.01	0.77 (1.27)	

注：括号内为最高时效。

进一步研究试验

随着爆炸合成金刚石质量的提高,制做钻头经验的积累,于1974年进一步开展了第二阶段的研试工作。除了继续研试地表钻头

之外,还试制了矿山钻头和扩孔器。所钻岩石种类有所扩大。在继续研究烧结法制做钻头的同时,开展了电镀法制做钻头的研究。在钻进工艺上利用专门金刚石钻进试验台进行了摸索。主要试验情况列于表2。

表 2

制品类型及规格	制做方法	试验场合	使用设备	所钻岩石	试验效果		金刚石消耗量 (克拉/米)	备 注
					平均时效 (米/时)	进尺 (米)		
孕镶钻头 $\phi 47$	电镀法	广西冶金 215队	油压600型钻机	小崩豆灰岩 (7~8级)	1.04 (1.33)	7.79	<0.44	时效赶上单晶孕镶钻头; 比钢粒钻进时效高30%
表镶钻头 $\phi 56.5$	用粘剂粘 结	桂林地研所 屏风山坑道	全液压300米 坑道钻机 (图2)	灰 岩 (6级)				金刚石周围粘剂熔化, 金刚石脱落
表镶钻头 $\phi 36.5$ (图1)	电镀法	"	"	"	3.5 (6.0)	>10	<0.3	钻头还可用
"	热 压 (直接加热)	"	"	"	3.0 (6.0)	>10	<0.3	"
孕镶扩孔器 $\phi 47.5$	冷压浸渍法	锡矿山坑道	SA-1S型风 动坑道钻	灰岩(6级) 硅化灰岩(9级)		112.23	<0.05	达到生产使用水平
表镶钻头 $\phi 46.5$	电镀法	桂林地研所 试验室	高速试验台 (图3)	灰岩(6级)	6.0 (12.0)			
孕镶钻头 $\phi 46.5$	热 压 (直接加热)	"	"	"	1.0			用较细粒度金刚石,胎体 硬度过高,金刚石不能出 刃,时效很低
表镶钻头 $\phi 46.5$	"	"	"	"	6.0 (8.0)			

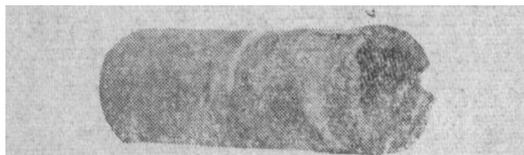


图 1



图 2

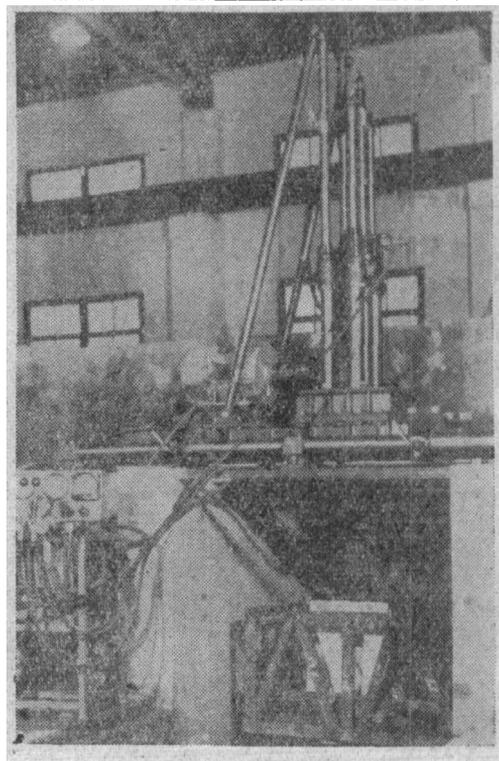


图 3



图 4

通过试验,使我们认识到:

1. 电镀法不但可做孕镶钻头,也可做表镶钻头。二次爆聚的金刚石有较大磁性,对镀层沉积有很大磁性干扰,电镀时要注意。

2. 大颗粒金刚石表镶钻头在工作时虽然有良好的冷却条件,但金刚石的根部产生很高的温度,最少在 300℃ 以上。因此,用粘结法制做钻头时,对粘结剂的熔点及胎体导热性等都必须考虑。

3. 爆炸法金刚石制造孕镶式扩孔器很有

表 3

钻头编号	制做方法	钻头结构	金刚石含量(克拉/个)	备注
1	电镀法	平底(图 4)	4.8	
2	"	"	"	
8	"	阶 梯	"	
4	"	"	"	
1118	热压法	平 底	5	预包金属(Ni)衣
1119	"	"	"	"

发展前途。即使在磨擦性岩石中扩孔,也有很好的保径能力。

4. 对爆炸法大颗粒金刚石表镶钻头的钻进工艺参数变化特点有了初步认识,为进一步投入生产试验准备了条件。

5. 由于金刚石质量的提高,镶制钻头技术的改进,特别是有了高速试验台,这阶段的试验效果比前阶段有了较大提高,出现接近于生产指标的好苗头。

第一次生产试验

1975年在广西冶金地质勘探公司 215 队大厂矿区进行了第一次生产试验。打了三个钻孔: 553 号孔, 201 米以深; 516 号孔, 125~400 米; 221 号孔, 481 米以深。所用钻机为油压 600 型, $\phi 42$ 钢钻杆, 采用乳化液洗井, $\phi 46.5$ 表镶钻头(表 3), 使用广东七〇一所二次爆炸法合成的大颗粒金刚石, 强度 13000 公斤/厘米², 粒度 1.2~1.5 毫米。试验效果如下。

1. 钻头寿命(表 4)

从表中看出,只要磨损正常,在中硬以下岩层中钻进,一般钻头寿命可达 15~20 米以上。特别值得重视的是,金刚石消耗量接近单晶孕镶钻头。另外,这种钻头可钻动坚硬的硅化灰岩。

2. 钻进时效(图 5)

由图 5 看出,在所钻几种常见岩层中,爆炸法金刚石表镶钻头都钻出了较高的时效。在软岩中它的钻速是钢粒钻进的 6 倍,

表 4

钻头编号	钻 头 寿 命(米)				金刚石消耗量(克拉/米)		备 注
	灰岩(3级)	大扁豆灰岩(6~7级)	小扁豆灰岩;条带灰岩(7~8级)	硅化灰岩(8~9级)	爆炸法钻头	单晶孕镶钻头	
1							
2					0.238	0.2~0.3	因扫脱落岩心损坏严重 部分岩层破碎 烧钻,仍可使用 套岩心出台阶, 仍可用 扩孔出台阶,报废 处理事故破碎, 但金刚石出露良好
8		16.07	20.2		0.3	0.2~0.25	
4			0.72				
1118	8.21						
1119	24.17				0.19	0.2	

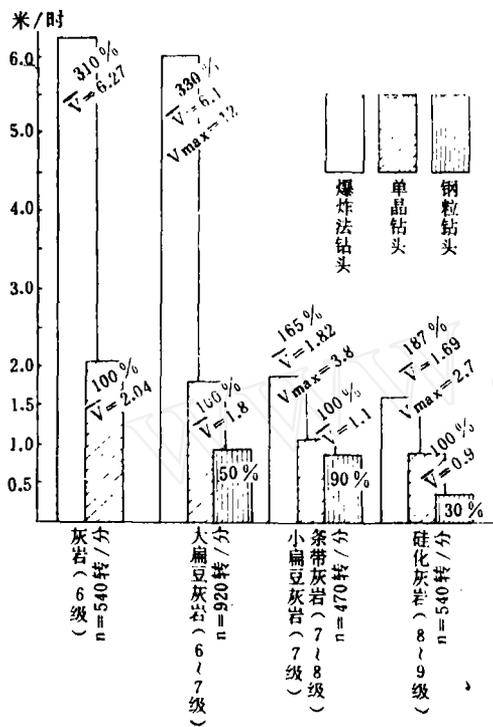


图5

是单晶孕镶钻头的3倍，在8~9级硅化灰岩中也比单晶孕镶钻头的时效提高了80%。另外，在516号孔的400米井段钻进灰岩，钻进速度也比一般静压聚晶钻头高25%。说明它是一种有发展的高效型钻头。

3. 岩心采取率

在所钻岩层里，岩心采取率都达到了95%以上。

近期生产试验效果

生产试验继续在广西215队大厂矿区进

1976年生产试验效果

表5

钻头编号	镶制型式	岩石与级别	钻头寿命 (米)	钻进时效 (米/时)	备注
1266	表镶	灰岩(6级)	126.81	3.25	仍可用
396	"	" (6~7级)	147.36	1.52	
435	孕镶	"	32.42	1.10	烧钻损坏
436	"	"	23.69	1.08	掉入井内
418	"	"	15.38	1.33	断胎体
408	"	"	73.35	1.48	仍可用
平均			74.21	1.67	

注：这批钻头所用金刚石是山东工业陶瓷研究所，北京砂轮厂和西安庆安公司提供的。

行。使用油压600型钻机，由于钻孔较深，转速一般采用346转/分，部分开到470或574转/分。钻头全是φ46.5毫米。乳化液洗井。

由表5看出，表镶式钻头较孕镶式钻头容易获得较高时效。孕镶式钻头尽管时效和寿命还不十分理想，但已显示出其发展前景。1977年的实践证明，整批孕镶钻头（包括半数非正常损坏的钻头）平均寿命已达到了93.47米，平均时效1.9米/时（表6），寿命和时效都赶上或超过了在本地区使用的单晶孕镶钻头的水平，达到了生产使用要求。

1977年生产试验效果 表6

钻头编号	钻头寿命 (米)	钻进时效 (米/时)	备注
1	221.89	1.71	钢体折断，停试
14	21.00	0.90	
16	79.09	1.55	烧钻
18	58.00	2.00	压力过大，变形损坏
19	124.61	2.22	井内不清洁，唇面出槽
20	137.13	2.34	胎体脱环
21	64.71	1.21	烧钻
22	131.34	2.53	烧钻
24	3.41	1.70	胎体脱环
平均	93.47	1.90	

注：这批钻头全为孕镶式，所用金刚石由山东工业陶瓷研究所提供，所钻岩石为6级灰页岩。

几点认识

1. 爆炸法大颗粒表镶钻头钻进中硬及软岩的合理性问题

图6是在高速试验台上用爆炸法表镶钻

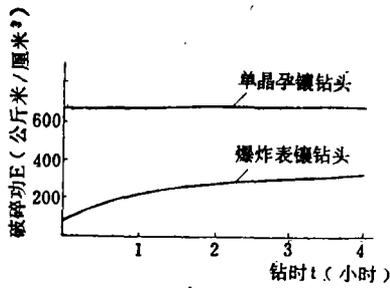


图 6

头(金刚石粒度为 1.5 毫米左右)及同规格($\phi 46.5$ 毫米)单晶孕镶钻头(金刚石为 80 目)钻进灰岩时破碎单位体积岩石所消耗功的比较。由曲线看出,爆炸法金刚石表镶钻头在钻进软岩层时单位体积功比单晶孕镶钻头低,仅为单晶孕镶钻头的 $1/3 \sim 1/2$ 。可见用爆炸法大颗粒表镶钻头钻进软岩层,从碎岩机理来看是合理的。目前由于人造金刚石钻头的品种还没有达到针对不同岩层合理选用的程度,有的地区还存在着用细粒单晶孕镶钻头钻进中硬以下软岩的不合理现象。这种不合理性,在现用的钻机上还不能直接显示出来而及时加以调整,只能观察一些宏观的现象如由于细粒金刚石出刃小,在软岩中进尺较慢,操作者往往通过加大钻压来追求高的钻速,造成胎体与岩层、岩粉强烈研磨及重复破碎,从而产生大量磨擦热,重者烧

钻,轻者烧伤金刚石,以及压实岩粉使之固结在金刚石出刃周围,导致钻速明显下降。

2. 爆炸法大颗粒表镶钻头适钻岩层的范围问题

从人造金刚石钻进情况来看,有将近一半的地层可用爆炸法大颗粒金刚石钻头钻进。就目前生产中还在使用的Ⅱ级岩石可钻性分类来说,这种钻头可钻的岩层为Ⅲ级至Ⅳ级。按冶金地质系统初步划分的岩石可钻性分类,这种钻头适钻的范围如表 7。随着金刚石质量的提高,适钻范围将会向硬岩区扩大。

3. 爆炸法大颗粒表镶钻头的钻进工艺特点

这种钻头是一种进尺速度较快的新型钻头,钻进中要注意掌握钻速的变化特点与实现高钻速的条件,以达到在尽量长的时间里保持较高钻速。

(1) 钻速变化的特点 图 7 是钻进扁豆灰岩时($n = 920$ 转/分)钻速、钻压的变化曲线。与单晶孕镶钻头不同的是钻压 P 是随钻进时间增加而不断增大的一个变量(图 7 下)。因为在钻进中,这种钻头的进尺速度开始时比单晶孕镶钻头高 5 倍左右,但随时间加长,金刚石尖刃被逐渐磨损,钻进速度于是慢慢下降(图 7 上),为了保持较高钻

表 7

岩石分类	坚 硬		中 硬		较 软		松 软	
	良 性	脆 性	致 密	粗 糙	脆 性	粘 结	固 结	松 散
单晶孕镶钻头								
爆炸法大颗粒表镶钻头			...					
	碧玉岩,高硅化灰岩,霏细岩,铁质磁铁矿石岩	石英岩,角闪岩,硅化灰岩	闪长岩,混合花岗岩,片麻岩,磁铁矿石岩,夕卡岩	粗砂岩,角砾岩,砾岩,粗粒磁铁矿石岩	大理岩,凝灰岩,灰岩,板岩,白云岩	凝砂岩,泥页岩	粘土	表土,风化层

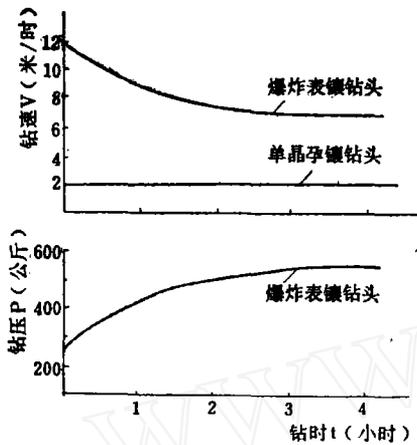


图 7

速，必须逐渐而均匀地加大钻压，以保持金刚石与岩石的接触面始终有一个足够压强。同时，还应注意减少钻具的振动和给钻头以良好的冷却、冲洗。

(2) 合理选用钻压值 图8是在试验台上钻进灰岩时钻速V与钻压P的关系曲线。在300-- a_1 压力区，曲线较平缓，P增加时，V增加较少，在 a_1 — a_2 区，曲线较陡，当P稍有增加，V大幅度提高。可见，钻压值最好选用 a_1 — a_2 区段。但为了不使金刚石承受过大压力而引起破坏（特别是这种金刚石棱角较尖，脆性较大，抗弯、抗压强度都不很高），要特别注意限制过大钻压。

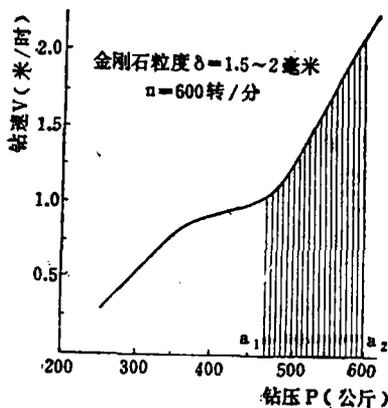


图 8

(3) 选择最优工作转速 最优转速的选定应根据岩石单位体积破碎功与转速的变

化规律。图9是在试验台上钻进灰岩时岩石单位体积破碎功E及钻速V与转速n的关系曲线。当 $n < b_1$ 时，n增加，V大有增加，但V值处于较低值区。当 $n > b_2$ 时，n增加，V微有增加。若单一地研究钻速曲线V，则只要在钻进中增加转速n，总会一定程度上提高机械钻速，所以操作者总是想尽量提高转速。但经测定钻进中岩石单位体积破碎功E的变化规律，发现E曲线在开始阶段随转速n的增加而下降，当n超过某个值（E的较优值）时，E曲线反而随着n的增加而微有增加。这说明，这种金刚石钻头只有在一定转速范围（即 $b_1 < n < b_2$ ）才处于较有利的刻取岩石方式。这样操作者就可以避免无限制增加转速或保守地使用低转速工作的盲目状态，从而使钻头得到合理的使用。当然，这个较优的转速范围也是相对的，是随着钻头金刚石、所钻岩石及冲洗液而异的。

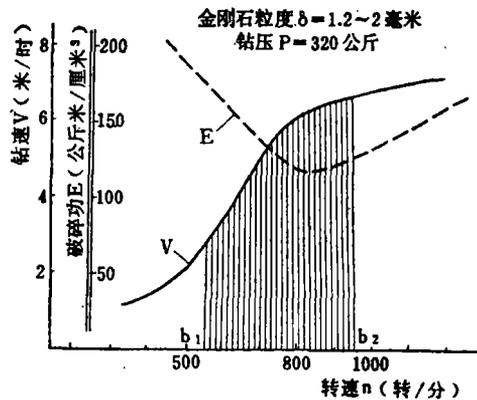


图 9

4. 孕镶钻头发展前途问题

(1) 孕镶钻头所用的金刚石粒度大部分小于1毫米，而这种粒度金刚石的产量占单次的总产量的半数左右，能做表镶钻头的大颗粒金刚石只占1/3左右。所以发展孕镶钻头，可以充分地利用爆炸合成的金刚石。

(2) 这种钻头可以人为的掌握孕镶层（工作层）的高度，从而可以控制钻头寿命的长短。

(3) 这种钻头钻速一般要比表镶钻头慢, 但仍能赶上和超过单晶孕镶钻头。

(4) 除了表1所列举的岩石外, 最近用这种钻头在山东冶金地质勘探公司钻进8~9级夕卡岩、角岩, 在大冶铁矿坑道钻进8级闪长岩, 寿命, 特别是时效都超过了单晶孕镶钻头。

(5) 与表镶式钻头相比, 这种钻头在钻进中(在一定岩石条件下), 转速是平稳的, 不像表镶钻头那样随钻进时间而变化。因此, 操作者容易掌握, 不需要经常调整钻压。

总之, 从所用金刚石来源, 所钻岩石范围以及钻进效果来看, 都说明这种钻头是很有发展前途的、可与表镶钻头并列的一种新型钻头。

5. 地质钻头对爆炸法合成金刚石的要求
经试验认识到, 当前对爆炸法金刚石应进一步研究以下问题。

(1) 抗磨性 由图7可知, 钻速迅速下降主要是由于金刚石的尖部被磨钝所引起。在钻进较硬岩石时也观察到, 金刚石尖角有被磨成小圆弧面的现象。

(2) 圆化处理 圆化处理可以淘汰内部有裂纹的次品, 并去掉过于尖锐的锋角, 以减少工作过程中产生过多的磨擦热并避免由于锋角的抗弯矩较小而被折断。

(3) 抗冲击韧性 在研究提高抗冲击韧性的同时, 研究有关测试技术。

(4) 热强度 研究提高金刚石处在较高温度时的强度。因钻进过程中, 金刚石都是处在较高温度(几百度, 尖部甚至上千度)条件下承受外来破坏力的。

(5) 人工定形 现有的金刚石形状不规则, 研究爆炸定形金刚石颗粒, 对钻探来说是很需要的。山东工业陶瓷研究所近来研制出 $\phi 5$ 毫米的柱状金刚石体, 这是一个很大的启发。

秘鲁采用低密度

的地球化学踏勘圈定单独矿床

在秘鲁北部的西科迪勒拉多金属带的地球化学普查找矿中所采用的主要方法是一80网目组份的河流沉积物样品分析。该地区面积为25000平方公里, 属强烈切割地形, 被认为特别适于斑岩铜矿化。沿水系的最初采样间距为10公里, 这是根据定向踏勘选择的(包括逻辑因素的考虑), 并且已证明在该种环境下, 对成功地探查大型的单独矿床(这种间距)是足够的。简单的图解过程可以有效地解释该种类型的水系踏勘结果。

根据长达19公里的异常分散流发现了四个新的重要的铜矿化中心。因此, 在秘鲁最北端的三个已知大型矿床可以被看做是一个更广阔的矿化带的一部分, 该带可能延伸至厄瓜多尔。

可以得出结论, 在某些情况下, 采用密度低至每25平方公里一个样品的地球化学水系踏勘是有效的(除了圈定矿区或矿带之外)。

(据英《采矿与冶金会报》1977年86卷5期)

找矿新方法

美国和挪威两家地质调查所正在研究一种新的地球化学符号差(Signature)系统, 可用于未来的矿物勘探。美国地质调查所的地质学家J.M.保特勃尔指出, 这种方法就象是指纹配比; 首先, 对一个已知矿区进行全面的地球化学分析, 并建立该地区的一个“剖面图”, 然后采用计算机处理的容易接近的数据与其它地区的地球化学剖面进行对比。若剖面相似, 显然可以进行下一步的找矿工作。美国地质调查所报告, 最近在爱达荷的克达伦矿区对该方法进行了试验, 结果是有希望的。

(据美《工程与采矿杂志》1977年178卷6期)