



人|造|金|钢|石

人造金刚石钻探，是在无产阶级文化大革命期间发展起来的一项新技术。在毛主席“**独立自主，自力更生**”的伟大方针指引下，各有关单位团结协作，克服了重重困难，研制、试验成功了人造金刚石钻头，并在钻进工艺等有关技术环节上取得了新的进展或突破。随着人造金刚石钻探技术的逐步推广，必将促进冶金地质钻探面貌的大改观，从而加快冶金资源勘探的速度；由于钻头用的是国产人造金刚石，作为这项新技术基础磨料的金刚石的需求，就可以完全立足于国内。所以说，人造金刚石钻探技术的试验成功，是有其政治意义和经济意义的。

为了逐步推广这项新技术，冶金部于一九七四年十至十一月举办了人造金刚石钻探学习班，由中南矿冶学院、长春冶金地质学校、中南冶金地质勘探公司和桂林冶金地质研究所提供教材和参加讲课。本刊辑录、整理了这一教学讲义，编入《钻探讲座》，拟于一九七五年内逐期刊登。希望广大读者阅后随时提出宝贵意见或要求，以便据以改进，使我们尽可能地作好这项新技术的普及工作。

——编者

金刚石，是一种天然矿物，它具有极高的硬度，很早以前就被劳动人民发现，并用来在陶瓷、岩石等坚硬材料上钻眼，因此又叫做“金刚钻”或“钻石”。历代剥削阶级却因金刚石具有美丽的晶形和光泽，据为高级装饰品，并以其稀缺、昂贵来炫耀自己的财富。至于金刚石大量应用于工业部门，这只是从本世纪三十年代才开始的。

随着现代工业和科技水平的不断发展，金刚石的应用领域正逐渐扩大。目前，金刚石已经成为许多工业生产环节，特别是国防和尖端科技领域中不可缺少的超硬材料了。因此，帝国主义把金刚石当做重要战略物资严加控制，垄断资本掌握着南美、非洲等世界金刚石主要产地的开采、分配大权，左右了世界金刚石市场的价格。

有限的天然金刚石资源，满足不了工业上对金刚石日益增长的需要，必然促使人们

研究人工制取金刚石的方法。约在一百年前，已有人开始探索，但到本世纪五十年代才获成功。虽然人造金刚石暂时在品种、质量、粒度上尚未赶上天然金刚石，却已能满足相当一部分工业技术的要求，并逐渐成为金刚石的重要来源。据统计，1970年世界人造金刚石的产量已超过四千万克拉（每克拉相当于0.2克），约占金刚石总产量的一半。

当前我国天然金刚石的产量还不多，国际上天然金刚石资源和市场又被帝国主义垄断着，而我们的国防、尖端科技、工业以及地质勘探等各方面又急需金刚石，怎么办？我国广大工人阶级和科技人员在毛主席“**独立自主，自力更生**”伟大方针指引下，破除迷信，解放思想，通过社会主义大协作，从一九六〇年开始仅仅用了三年的时间，就研究成功了人工合成金刚石的技术，粉碎了帝国主义在合成技术上对我们的封锁，并迅速投

入工业生产。在无产阶级文化大革命的推动下,我国人造金刚石的品种不断增加,质量不断提高,产量迅速增长,因而已被广泛地应用于工业和其它部门。用人造金刚石制做地质钻头的研究工作,也就是在这样的大好形势下开展起来并迅速试验成功的。于是,人造金刚石从此也成为地质钻探的重要工业材料了。

一、人工怎样制造金刚石

(一) 基本原理

矿物学知识告诉我们,石墨和金刚石一样,它们的化学成分都是碳。但,为什么石墨那么软,金刚石又那么硬呢?原因是它们的晶体结构(原子在晶体中的空间排列)不同。金刚石的结晶格架如图1所示,它是由

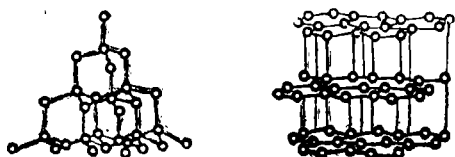


图1 金刚石结晶格架

四面体组成的立方面心结构,每个四面体中心与四顶角的碳原子以共价键紧密相连,由于共价键具饱和性和定向性,因此就非常坚硬了。石墨的结晶格架如图2所示,完全是另一种样子,它的碳原子以片状排列成为平面六角形网,平面网上碳原子之间的距离

小,有共价键相连是牢固的,而层间碳原子距离大,共价键连结弱,因而其质地软滑,所以石墨还是一种润滑材料。

人工制取金刚石的基本原理,就是设法使廉价、易得的由碳元素组成的矿物——石墨,改变其晶体结构成为立方面心结构。这个变化是怎样实现的呢?天然金刚石矿的生成条件给人们以重要的启示。我们知道,天然金刚石原生矿床都在火山筒中。可以想见,金刚石就是地下碳元素在火山筒内的高温、高压条件下生成的。经过反复多次的试验,现在,一般的人造金刚石,都是把石墨或高纯度碳素放在5万大气压以上的压力和1300℃的高温条件下转化而成的。

(二) 合成方法

人造金刚石的制造方法很多,当前生产上应用的主要是静压法和动力法两种。

1. 静压法

就是通过液压机来产生压力并通电产生高温的方法。超高压设备(压机),根据产生高压的方式的不同,有二面顶(图3)、四面顶(图4)和六面顶(图5)等类型。

两面顶压机又称年轮式压机,它是从上下两个方向,同时向安放在环形缸套中间圆柱形容块施加压力的一种设备。

四面顶压机是从四个方向,同时向位在中心的四面体容器施加压力的一种设备。

六面顶压机则是从相互垂直的六个方向,同时向位在中心的立方体容器施加压力

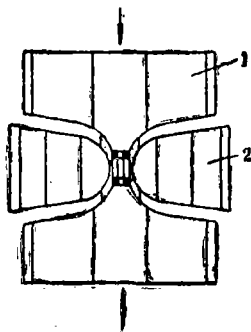


图3 二面顶
1.压头; 2.压缸

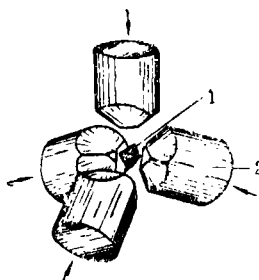


图4 四面顶
1.试样容器; 2.压头

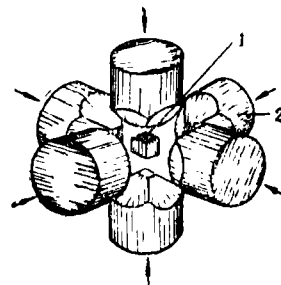


图5 六面顶
1.试样容器; 2.压头

的一种设备。

压机的大小，以单油缸的力量来表达，如6×600吨压机，是指六面顶压机每一个方向的最大压力为600吨。

试样容器组件：

容器的中间，放有做为生成金刚石原料的石墨，或高纯度碳片和叫做“触媒”的合金片，以及其它配属组件（如图6）。常用的触媒材料为镍铬铁、镍锰合金等。

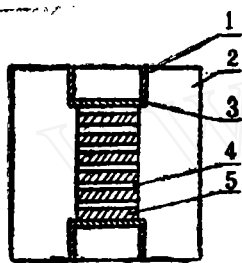


图6 试样容器组件示意

1.钢环； 2.叶蜡石 3.金属盖片 4.金属触媒片；
5.石墨粉或碳片

合成工艺过程：

首先要准备好叶蜡石块，按一定的要求，把碳素材料、触媒材料及其它配属组件装进去，放在烘箱中烘烤。然后把全套组件放入压机中心部位，开动机器加压，适时通电加温，保压、保温数分钟即可完成石墨（或碳片）的转化过程。随后，把压制过的组件取出，剥掉叶蜡石外壳，经电解及化学处理，除去剩余的碳素以及触媒合金和叶蜡石残渣，并经球磨打碎连晶，再筛选分级，即得人造金刚石正品。

2. 动力法

动力法又叫爆炸法。这是利用烈性炸药爆炸时所产生的平面冲击波直接作用于石墨，或由该冲击波驱动一块金属块，以高速撞击石墨，从而产生足够的压力和温度，使石墨转变为金刚石。在转变中，给予石墨的冲击力时间极短，一般为0.1~10微秒。爆炸法合成金刚石的压力、温度很高，一般控制在60~200万个大气压，1000~2000℃的高温，所以通常不用触媒剂。药包组

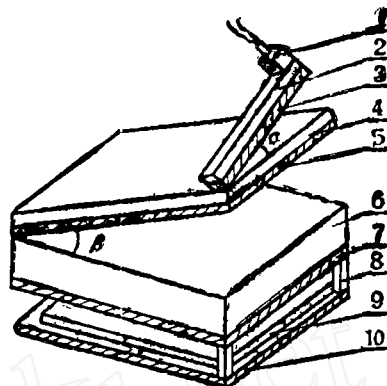


图7 飞片法爆炸组装示意

1.电雷管药头； 2.药条； 3.铁板条； 4.药片；
5.铁板； 6.主药包； 7.飞片； 8.支座；
9.石墨板； 10.铁板

装有好几种方式，图7为飞片法的组装示意。整个装置置于沙垫上，其爆破过程是：电雷管药头（1）引爆药条（2）驱动铁板条（3），铁板条（3）与药片（4）有一个 α 夹角，其作用是在药头引爆后，使各部分同时撞击在药片（4）上，激发药片线起爆。药片（4）的爆炸驱动铁板（5），此处 β 角的作用同样是使其各部分也同时撞击在主药包（6）上，引起面起爆。主药包受平面波激发起爆后，就驱动飞片（7），摧毁支座（8）并以每秒几公里的速度打击在石墨板（9）上，产生高压高温，石墨即在几微秒内，部分转化为金刚石，然后经化学处理精选出金刚石。

3. 人造金刚石聚晶的制做

静压法一次合成出来的人造金刚石的粒度大都较细，动力法（爆炸法）合成出来的人造金刚石颗粒更细，把这些细粒聚合在一起，制成所要求的大小和形状，这就是人造金刚石聚晶。

二、人造金刚石的性质

（一）晶形

人造金刚石的晶体形态，有六面体、八面体、菱形十二面体等单形及其聚形或双晶（图8所示为单形，图9所示为六面体和八面体聚形）。最常见的是六面和八面体的聚



图8 单形

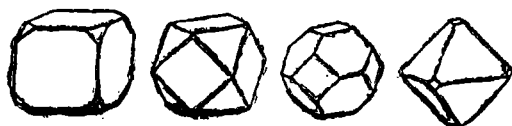


图9 六面体和八面体聚形

形、歪晶、晶核及不规则的晶形。其强度由强到弱依次为八面体,十二面体,六面体。发育较好的六面体和八面体聚形,强度也较好。

(二) 颜色

人造金刚石由于合成过程中所用触媒成分的不同以及生成温度、压力、包裹体等因素的影响,而有淡黄、黄绿、绿、灰黑、黑色等多种颜色。多为半透明至透明,一般以颜色浅、透明度高的质量为好。

(三) 比重

在3.47至3.55之间(计算值取3.52),它取决于所含杂质的成分和数量。

(四) 硬度

金刚石被人们认为最硬的物质,它在莫氏硬度中列为最高硬度——10级。它的硬度差不多是硬质合金的6倍,是刚玉的150倍,是石英的1000倍。

(五) 强度

人造金刚石的质量还可静压强度来表示。如用于制造地质钻头的人造金刚石强度,以80目标定,有的在15000公斤/厘米²以上,有的达到20000~30000公斤/厘米²或更高。1972年提出的一机部部颁标准草案,对“抗压能力”的规定是:80目的人造金刚石,其颗粒尺寸在0.19~0.15毫米,抗压能力应达到3公斤(相当于旧标准“抗压强度”12000公斤/厘米²)。

(六) 抗磨损性

金刚石的摩擦系数很低,在空气中与金属的摩擦系数低于0.1,其抗磨损性能是刚玉的90倍。颗粒细小的人造金刚石不易测定,但人造金刚石聚晶却可以根据与中硬碳化硅砂轮的磨耗比来表示其抗磨性。用于钻头的人造金刚石聚晶,磨耗比一般要在1:15000以上。

(七) 电磁性

在人造金刚石中,有电磁性的和无磁性的两种,而大部分具有电磁性,它取决于含镍、铁等杂质的多少。无磁性的金刚石颜色较浅、强度较高。天然金刚石一般无磁性。

(八) 导热性、热膨胀性及热稳定性

金刚石的导热率约为硬质合金的7倍,比热为3倍。大的比热使它容易吸收热量,而强导热性却又使热量很快散失,这对地质钻头很重要。金刚石的热膨胀性很小,因而有利于钻头的镶嵌。金刚石的熔点为4000℃,在空气中850℃左右就开始燃烧,在高温下,人造金刚石的热稳定性目前一般比天然金刚石差,在800~1100℃真空的条件下加热,它的强度和耐磨性一般都会降低,这在烧制钻头的工艺上,应特别加以考虑。

(九) 亲油、疏水性

金刚石具有亲油、疏水性,所以钻进中用乳化润滑液洗井,对金刚石钻头就能起到减磨的作用。

(十) 耐酸性

金刚石有很高的耐酸性,因此可以利用强酸腐蚀镶有金刚石的旧钻头、旧工具,使金刚石从胎体上脱落下来加以回收,却无损于金刚石的质量。

三、人造金刚石的粒度分级

人造金刚石的粒度,对于大颗粒单晶(大于1毫米)和聚晶可用每克拉有多少粒

目	20	24	30	36	46	60	70	80	100	120	150
毫 米	1.0	0.8	0.63	0.5	0.4	0.315	0.25	0.20	0.16	0.125	0.1
	至	至	至	至	至	至	至	至	至	至	至
	0.8	0.63	0.5	0.4	0.315	0.25	0.20	0.16	0.125	0.1	0.08



铸钢钢粒钻头

为了提高钢粒钻头的质量和解决钻头料的货源问题,我们从1973年开始,学习制造铸钢钢粒钻头,一年多来,已陆续制出 $\phi 110$ 及 $\phi 91$ 毫米的铸钢钻头三百多个,都已投入生产使用。

为了对比普通轧制的钢粒钻头同自制铸钢钻头的使用效果,我们随意各抽了五个钻头在同一层位和同等工艺条件下,进行了生产测定,实测结果列于表1。

钻进条件:主要设备为北京600型转盘钻机,配用BW200/40往复式泥浆泵;井深为

113.72米至130.27米(两种钻头交替使用);钻孔口径为110毫米;转数为180转/分;压力为800~900公斤;水量为30~50公升/分;一次投砂量为3~4公斤。铸钢钻头在使用中均未产生严重变形。

测定后得出的综合技术指标列于表2。

用铸钢钻头钻进7~8级闪长岩,比用普通轧钢钻头提高小时效率30%左右,回次进尺提高25%,每进一米钻头消耗下降25%。但由于用铸钢钻头提高了时效,而使钻头每小时的消耗增加了,这也是正常现象。

表1

序号	钻类	规格	一个回次 纯钻时间	进尺 (米)	钻头磨损 (毫米)	所钻岩层
1	轧钢	$\phi 110$	4:00	1.60	9	7~8级闪长岩
2	轧钢	$\phi 110$	3:30	1.63	8	"
3	轧钢	$\phi 110$	4:20	2.14	10	"
4	轧钢	$\phi 110$	4:10	2.25	9	"
5	铸钢	$\phi 112$	3:55	3.02	10	"
6	轧钢	$\phi 110$	3:30	1.72	9	8~9级闪长岩
7	铸钢	$\phi 112$	3:30	2.05	10	"
8	铸钢	$\phi 112$	4:05	2.23	9	"
9	铸钢	$\phi 112$	2:55	2.06	8	"
10	铸钢	$\phi 112$	4:20	3.58	10	8级左右闪长岩

来表示。对于细颗粒的人造金刚石单晶(小于1毫米)则以目数来表示。所谓“目”,是指筛网在每一英寸长度上的孔数。我国采用的网目与孔径(以毫米表示),其对应关系如前页之附表。

人造金刚石的合成,历史很短,其中的规律尚未被人们完全掌握,因而合成技术和产品质量还有待于在不断实践中改善和提

高。毛主席教导我们:“人类的历史,就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史”。我们坚信,通过不懈的努力和反复实践,进一步掌握金刚石的生成规律,相应地形成更完善的合成技术,人造金刚石的各项质量指标,就会赶上并超过天然金刚石,甚至还能人工造出比金刚石更理想的新的超硬材料来!