

# 人造金刚石工业在我国迅猛崛起

刘广志

(中华人民共和国国土资源部, 北京 100812)

**[摘要]** 论述了人造金刚石的发展历程及其在我国的迅猛发展, 目前我国的人造金刚石产量已居世界首位。进入20世纪末, 人造金刚石新品种不断涌现, CVD、卡邦、世界首颗超厘米级C<sub>60</sub>单晶也研制成功。

**[关键词]** 人造金刚石; 人造金刚石膜; 复合片

金刚石俗称钻石, 是人类最早发现的一种最硬的天然矿物, 她具有很强的折光率和色散性, 能发出耀眼而绚丽的光芒, 她自然表现出来的璀璨品质, 自古以来就是王公贵族们作为宝物来收藏。第一次工业革命时期开始用于机械加工, 大大提高了加工工件的精度并大量用在钟表和精密仪器仪表上做轴承。非洲许多国家大面积金刚石原生矿和砂矿床的发现, 引起了殖民主义国家的风狂掠夺和开采, 品质优良的饰物金刚石价格高居天价, 一些晶形、色泽较差的天然金刚石则被称为工业金刚石, 作为工业使用而畅销于市。

19世纪末20世纪初, 工业的迅速发展, 尤其是矿产资源的勘探与开发, 急需提高刚刚萌发起来的钻探工程的钻进速度, 于是在1862年, 一位生活在巴黎叫J. R. 里舒特(Jean Rudolphe Leachot)的瑞士工程师, 在他的助手彼海特(Pihet)的帮助下把金刚石镶在了一个钢环上, 做成了世界上第一只金刚石钻头, 用在法意边界的切尼斯山(Mt. Cenis)隧道钻进坚硬的花岗岩。这一创举打开了在钻探工程领域大量使用金刚石钻探的先河, 而一直延续至今。

然而天然金刚石资源毕竟是有限的, 虽然不是枯竭了, 而是价格昂贵了, 加上石材加工, 机械工

业等领域需求的日益扩大, 迫使人们萌发了开发人造金刚石的强烈愿望。

自1955年美国通用电气公司(General Electric Co.)第一次宣布用六面顶压机\*制造出人造金刚石以来, 已经有50年的历史。当时他们宣布的压力是70 000 kg/cm<sup>2</sup>, 温度2 000 ℃以上。其后, 通过科研和扩大再生产, 不断取得新成就, 居世界领先地位。1964年该公司成立了特殊材料部, 专门研制以人造金刚石为基料的各种超硬材料。1970年开发出质量1克拉的宝石级人造金刚石, 1973年研制出康帕克斯(Compax)复合片, 1976年又推出适用于钻进岩石的(Stratapax)复合片, 简称PDC, 当时该公司的人造金刚石及其制品一时行销全世界, 不可一世。

## 1 我国人造金刚石现居世界首位

中国进入第一个五年计划的末期, 由于国民经济发展的需要, 钻探工程发展迅速, 工作量大增, 勘探的矿种更多, 为彻底扭转钻探工程效率低, 岩心质量差, 成本高, 特别是硬岩和坚硬岩石(岩石可钻性达7~12级)占70%的情况下, 如何扭转被动局面, 成为一个关键技术问题。经过专家们论证, 还得从改革钻探磨料和切削具入手, 确定以人

[收稿日期] 2000-01-31

[作者简介] 刘广志(1923-), 男, 广东番禺人, 中国工程院院士, 国土资源部科技委教授

造金刚石为地质钻探磨料的发展方向。并提出了“两年打基础，三年大发展，十年基本实现小口径金刚石化”的奋斗目标，开展了人造金刚石的攻关活动，全国十几个部的钻探部门几乎都先后投入了研制与开发，很快就见了成效。

1963年我国自行研制的第一颗人造金刚石在中国大地上诞生了。距离美国 G. E. 公司造出金刚石只差8年，充分显示了我国社会主义团结攻关的优越性。当年就制成了第一批人造金刚石钻头，并投入野外试验，获得很大成功。1965年转入中试，1969年投入大批量生产，使我国金刚石钻探和人造金刚石生产都步入了健康发展的轨道。

据1999年的不完全统计，我国年产人造金刚石单晶已突破5亿克拉，居世界第一位。目前，以人造金刚石为基料，经过聚晶工艺制成的高磨耗比金刚石镶嵌体(PCD)如三角、六面体、八面体聚晶，以及复合片(PDC)等等，不仅产品品种齐全，质量不断提高，已能满足国内制造各种地质钻头、石油钻头、工程地质钻头、各种规格石料加工器具、磨削切削工具、以及飞机跑道、高速公路防滑槽的高效组合圆锯片等。用于电子工业的高精度微粉和以汽车工业为代表的精密加工刀具等方面的用途，仍在与日俱增。据估计，国内全年人造金刚石使用量大约为2.5亿克拉，约占年产量的50% (据称其中用于石材加工的，每年就要用去近2亿克拉)。由于我国人造金刚石质优价廉，出口量仍保持增长态势，在国际市场上已取得越来越多的认可和重视，已出口到美国、日本、泰国、印度以及我国的台湾、香港等国家和地区，每年约出口1.5亿克拉左右，约占年产量的30%，成为我国产品出口的新的经济增长点。可以预料，我国加入WTO以后，出口量还会增加。

## 2 研制成功 CVD 人造金刚石薄膜 新材料

用化学汽相沉积(CVD)法制造的金刚石膜已先后由浙江大学物理系和北京天地东方金刚石技术有限责任公司等单位研制成功。人造金刚石膜被誉为21世纪在塑料之后的另一种高新技术新材料，具有极为广泛的用途，将会引起一次新的材料革命，因此引起科学技术与工程界的广泛关注。目前研制的膜产品其径向直径已超过110 mm，厚度达到毫米级，而且可调。图1所示即为浙江大学物理

系研制的无支撑金刚石膜，其直径为110 mm，厚1~3 mm。金刚石膜经拉曼、X光和电镜测试证明为结晶很好的金刚石多晶。CVD金刚石膜经与天然金刚石物理参数对比，其性能十分接近。

金刚石膜的用途极为广泛，可用于敷贴在导弹或超音速歼击机的整流罩上以抗高温，可以用来做拉丝模，代替天然金刚石拉丝模，做金刚砂轮修整笔，做车刀膛刀等切削工具，CVD金刚石膜还可以做大功率激光、X光、红外线窗口，以及钻探工程用的螺杆钻(井底液动马达)的轴承，延长马达寿命，用在制造化学制品的零部件，能抗1000℃的高温。

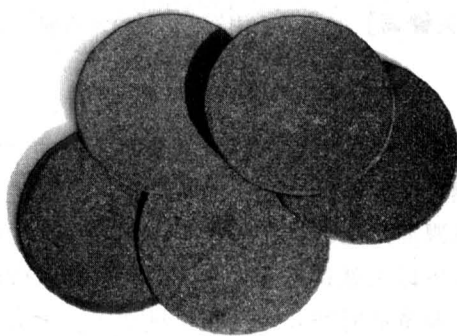


图1 无支撑 CVD 金刚石厚膜

Fig. 1 Standing-free VCD diamond thick film

## 3 黑色卡邦金刚石 (Carbon, Carbonado)

黑色卡邦是一种颗粒状的金刚石，目前世界上只有俄、美两国能制造。国土资源部探矿工程研究所经过近10年的刻苦努力，终于在1998年取得突破性进展，研制出黑色卡邦金刚石。该所已能小批量生产，它的耐磨性极强，韧性也好，是制造表镶人造金刚石石油钻头和地质钻头的理想切削具，能节约大量天然金刚石与外汇。用它制造的拉丝模(0级、00级)，一次可拔不锈钢丝100 kg，比进口的拉丝模寿命提高1倍多，价格只为进口的1/5，有十分广阔的开发与节约外汇前景。

## 4 世界首颗超厘米级特大 C<sub>60</sub> 单晶 研制成功

浙江大学物理系凝聚态物理研究所，在李宏年等教授的多年努力下，于1999年12月采用单温度

梯度汽相法，成功的研制出世界上第一颗超厘米级大粒、高品质的  $C_{60}$  单晶（图2），其尺寸为  $4\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 7\text{ mm}$ （最大可达  $4\text{ mm} \times 6\text{ mm} \times 13\text{ mm}$ ），比目前国际报道的最大的单晶要大一个数量级；

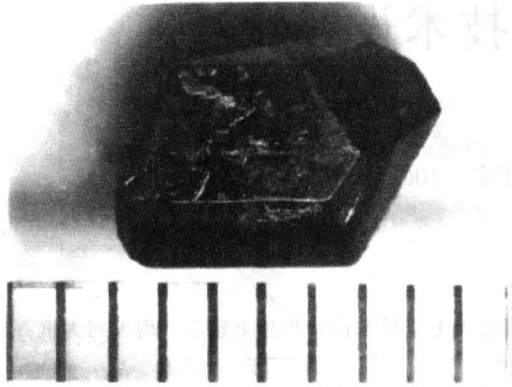


图2  $C_{60}$ 单晶（浙江大学）

Fig.2  $C_{60}$  mono-crystal (Zhejiang University)

同时，他们又第一次在世界上用实验法测得  $C_{60}$  晶体与化合物  $C_{60}$  晶体的价带色散。据介绍，除纳米单壁碳管之外，浙大物理系的这项成果是近年在富勒稀研究领域最辉煌的成就。他们制备的  $13\text{ mm}$  的单晶，通过在超高真空中解理单晶，获得大于  $50\text{ mm}^2$  的平整（111）晶面，为  $C_{60}$  材料和化合物  $C_{60}$  材料研究提供了很有力的条件，这是以碳簇为主要基料，成功合成  $C_{60}$  特大晶体的一大盛事。

## 5 结语

综合上述诸多事实说明：在20世纪末的最后两年，我国科学技术界在人造金刚石和以碳簇  $C_{60}$  为基料研制大颗粒超厘米级单晶方面，取得了十分令人振奋的成就。目前，有人提出利用涂镍纳米碳管制备微粒金刚石，或用人造金刚石微粒掺合纳米碳管烧结新型超强聚晶等设想，可能将为中国人造金刚石工业注入新的血液，带来新的希望。

# The Speedy Development of Artificial Diamond Industry in China

Liu Guangzhi

(National Ministry of Land & Resources, Beijing 100812, China)

**[Abstract]** This paper reviews the developing course of artificial diamond after the discovery of natural diamond. The yearly production of artificial diamond of China has been broke  $5 \times 10^8$  cts at 1999. At the end of 20th century, CVD Carbon and the first partical of higher than centimeter class  $C_{60}$  monocrystal in the world were developed in China.

**[Key words]** artificial diamond; artificial diamond film; Carbon (Carbonado); poly-crystalline diamond

作者·编者

## 敬告作者

为适应我国信息化建设需要，扩大作者和学术交流渠道，本刊已加入《中国学术期刊（光盘版）》和中国期刊网，其相应的作者文章著作权使用费交中国版权保护中心统一处理。如作者不同意将文章编入上述数据库，请在来稿时声明，本刊将作适当处理。

《中国工程科学》

编辑部