

人造金刚石、立方氮化硼及其制品实用大全

(第一册)

人造金刚石立方氮化硼基础与标准

主 编 方 瑜 虎

副主编 陈天麟

方 幸 幸

袁 公 里

化学工业出版社

人造金刚石、立方氮化硼及其
制品实用大全

(第一册)

人造金刚石立方氮化硼
基础与标准

主 编 方啸虎

副主编 陈天鹏

方亭亭

袁公昱

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

内 容 提 要

本册以人造金刚石单晶为主体,较系统地介绍了合成金刚石的原材料、主要设备及合成工艺、提纯工艺、分选工艺等,同时介绍了金刚石烧结体、复合体、微粉及薄膜和另一类新型超硬材料——立方氮化硼的概况与核心技术。内容深入浅出、取材新颖、实用性强,是参加该项工作同志的一本很好的学习资料,也是便于领导决策的一本很好的参考资料,还是很多意欲了解金刚石等超硬材料的知识性书籍。第一册列入了所有人造金刚石、立方氮化硼及其制品的标准。本书具有一定的实用价值。

本书是机电、地质、冶金、核工业、石油、煤炭、建工、建材、化工、轻工、水电、交通、国防等系统有关工程技术人员和从事科研、教学、生产、经济工作人员的一本重要的工具书。

人造金刚石、立方氮化硼及其制品实用大全

(第一册)

人造金刚石立方氮化硼基础与标准

主 编 方啸虎

副 主 编 陈天鹏

方亭亭

袁公昱

责任编辑 侯鑫荣

封面设计 李志贤

化学工业出版社发行

(北京市朝阳区惠新里3号)

北京市百善印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 850×1168 1/32 印张 15.875 字数 499 千字

1993年11月第1版 1994年6月第2次印刷

印数, 1001—2800

书号: ISBN 7-5025-1269-1/TQ·722

定价 25.00元

隆重纪念我国超硬材料及其
制品的研制、开发、应用
三十周年

编 辑 委 员 会

名誉顾问 主任委员：李振潜

名誉顾问 副主任委员：(以姓氏笔划排序) 刘广志 吴乾章
苟清泉

顾 问 委 员：(以姓氏笔划排序) 丁立业 于鸿昌
于景贤 王文经 王光祖 王永森 王德新 王耀枢
田万杰 何继善 邹广田 严文浩 苏文辉 李世忠
沈主同 陈启武 邱振元 吴棣华 邵德厚 张志远
张泰之 林镇泰 林增栋 贺以权 胡为民 赵国隆
高 森 莫文裔 夏侯凉 夏瑶峰 耿瑞伦 唐震年
屠厚泽 聂崇礼 彭振斌 赖和怡 蒋荣庆 蔡镜仑

委 员：(以姓氏笔划排序)

马 膺	马统乾	才学忠	于绍武	毛 勋	文 涛
王子荣	王世库	王松顺	王翠凤	方亭亭	尹循亮
石 荣	石蕴中	冯士光	叶振声	卢照田	孙 江
许 铎	吕 智	刘文明	刘光照	刘志勇	刘建文
刘树楨	沈新德	伍春华	肖 鸿	张 沪	张仁俊
张纪明	张树民	张雅林	张振球	李达明	李开嵩
李志武	李孟森	李裕民	何雪映	杨天慧	杨志达
杨阿良	杨彦麒	余德潮	郑 周	郑捷洋	陈宏燕
柳文明	姜荣超	欧测恩	殷 声	徐飞龙	唐心琇
郭必弘	郭志炯	高元兴	高宪沐	凌希平	陶知耻
戚立昌	庾传铭	曹永益	曹国英	黄远达	黄姚岳
黄祥芬	蔡柏年				

序

人能制造出世界上最坚硬最宝贵的材料——金刚石，这是人类认识自然，掌握自然规律，步入自由王国的一项具有典型意义的标志。揭示了掌握了科学技术的人类既可“点石成金”，又能“无坚不摧”的真理。

人造金刚石材料不仅是一种极为重要的超硬材料，也是一种具有广泛应用前景的新型功能材料。它具有优良的力、热、声、光、电性能。被广泛应用于工业、国防和新高技术领域。

人造金刚石的研究开始于本世纪初，1954年12月美国首先用高温高压法合成出金刚石。我国于1963年12月首次研制出人造金刚石晶体，不久便投入了工业化生产，迄今已30年了。目前，我国生产的人造金刚石与其制品，无论在产量、品种上还是质量上，都有了很大的发展和提高，产品已步入国际市场，成为人造金刚石生产大国。

随着经济的发展与科技进步，人们对金刚石与其制品的数量、质量和品种提出了越来越高的要求。为了适应我国人造金刚石行业的迅速发展，以及新时代产业进步步伐的需要。这本《人造金刚石、立方氮化硼及其制品实用大全》一书应运而生了。作者是一批具有开拓精神，并长期从事这一技术研究的专家、教授和工程技术人员，他们在自己科研和生产实践基础上编写了这本书。我相信他们编写本书的愿望——促事业的发展，促新一代人的成长——一定能够实现。

今年是我国超硬材料及其制品研制、开发和应用30周年。本书的第一册《人造金刚石立方氮化硼基础与标准》的出版是最好的纪念。希望能对超硬材料的发展起积极的推动作用。

“长江后浪推前浪”。衷心祝愿我国的超硬材料事业，在我国社会主义现代化建设的新时期，理论、实践、生产日新月异，人才辈出。

李振潜

1993年8月

前 言

经过几代科学家和工程技术人员的共同努力，人造金刚石终于在本世纪 50 年代研制成功，至今已有 40 年历史了。现已成功地步入高新技术之列，其制品已大量应用于机械、电子、地质、冶金、石油、煤炭、建工、建材、化工、轻工、水电、交通、国防等多个工业技术领域。

在世界范围内，人造金刚石已经历了三个发展阶段。

第一，50 年代初实验确定：金刚石合成必须高温高压；金刚石合成必须有触媒参与。1954 年 12 月 16 日，美国 G.E.Co. 以粉末态的金属和石墨为原料，合成出了世界上第一颗人造金刚石。使合成温度由 $2500 \sim 3000^{\circ}\text{C}$ 下降到 $1200 \sim 1600^{\circ}\text{C}$ ；合成压力由 $12 \sim 13\text{GPa}$ 下降到 $5.5 \sim 6\text{GPa}$ 。这使金刚石生产工业化成为现实。

伴随而来的是碳相图的建立、粗颗粒高强度金刚石的研制、磨料级高产量金刚石的研制、优质大颗粒金刚石的研制……以及设备的大型化、腔体的大容量化、控制的电脑化等技术的出现。

第二，70 年代初美国 G.E.Co. 发明的以 Compax 为代表的系列产品及我国自行研制的 Ni-Si 体系，Ti(TiH)-Si-B 体系的人造金刚石烧结体系列产品。用其制作的金刚石工具，加工精度高、速度快、寿命长。从而使人造金刚石进入全面代替天然金刚石而制作工具的新时期。

第三，80 年代初开始的低压气相生长金刚石薄膜。这就有可能使金刚石优异的力学、热学、电学、光学和声学等性能得到广泛应用。使金刚石远远超过用其硬度作磨料、磨粒的范畴。从而开始了金刚石作为功能性新材料应用的新时期。

我国金刚石的发展已经过四个阶段，并开始进入第五个阶段。

第一阶段，1960年以“121”保密课题开始，投入大量人力、物力，做了大量基础工作，于1963年12月6日研制出我国第一颗人造金刚石，即为“研制阶段”。

第二阶段，1963年～1970年代初，以机械加工工具为代表，引导着金刚石行业的发展，即为“金刚石机械工具阶段”。此时以生产磨料级金刚石为特征。

第三阶段，70年代初～1980年代中期，以地质钻探为代表，引导着金刚石行业的发展，即为“金刚石钻探工具阶段”。其特征是粗颗粒高强度金刚石得以发展。同时发展了人造立方氮化硼及其烧结体的工具。

第四阶段，80年代中至今，尤其是1990年前后，以石材加工工具为代表，引导着金刚石行业的发展，即为“金刚石石材工具阶段”。对金刚石单晶粒度要求越来越粗，强度越来越高。我国的人造金刚石进入国际市场，已成为世界金刚石生产大国。

第五阶段，即1987年底将金刚石薄膜研究列入国家“863计划”以来的功能性金刚石发展，即为“金刚石薄膜阶段”。给我国金刚石行业的发展带来新的前景。

金刚石（含其它超硬材料）是一项高新技术，在国家“八五”的材料学科里占着相当重要的位置。它既是一种工程材料，又是一种新型的功能性材料；既是一种高新技术，又是高效益产品。由此可见，随着科学技术和国民经济的发展，对于人造金刚石与其制品，无论在质量、品种和数量等方面均提出了新的要求。

我国现有生产人造金刚石厂600多家。几年来产量有了很大提高，但在进一步提高产品质量方面，在研究、开发新产品方面甚感技术力量不足，特别是一些新建单位，迫切需要这方面的专业人员和专业技术知识。为适应目前我国金刚石行业迅速发展的需要，特编写《人造金刚石、立方氮化硼及其制品实用大全》（简称“实用大全”）一书。

“实用大全”特邀了国内从事超硬材料研究的专家、工程技

术人员编写。计划分三册出版，主要内容包括人造金刚石、立方氮化硼基础与标准；生产人造金刚石、立方氮化硼及各类制品的设备、原材料、工艺；检测技术与检测仪器；各种制品的应用；产品的质量管理以及国外基本情况等。

本书是“实用大全”的第一册，共分两篇。第一篇介绍人造金刚石、立方氮化硼晶体的性质，合成的原料、设备、合成工艺等基础知识。第二篇介绍国内外人造金刚石、立方氮化硼及其制品的标准。目的是使读者在获得了人造金刚石合成知识的基础上，掌握国内外有关人造金刚石、立方氮化硼的标准，提高产品的质量和推广产品的应用。考虑到标准的严肃性，我们在引用这些标准时，在书写和表达形式上基本上保持了它们的原来形式。

本书由方啸虎主编。参加编写的有，第一章：方啸虎、陈天鹏；第三、四章：方亨亭；第十二章：陈天鹏；其余由方啸虎编写。全书最后由陈天鹏、方啸虎统改定稿。本书在编写过程中，航空航天部 7803 厂的有关同志审阅了本书的初稿，本书在定稿前，人工晶体研究所的卢照田、刘兴瑞、胡光亚、戚立昌、胡本权、王忠烈、朱文苑等同志仔细审阅了全书的不同章节，并提出了宝贵的修改意见。

本书的部分章节参考了机械部郑州磨料磨具磨削研究所、国家建材局人工晶体研究所、冶金部长沙矿冶研究院、机电部成都工具研究所、北京科技大学、兰州石油化工机器总厂等单位编写的有关资料。“标准”得到“全国磨料磨具标准化技术委员会”的支持，耿瑞伦、吴棣华收集提供了全国各系统、企业的“地质钻头、扩孔器”系列标准。黄祥芬提供了有关超硬材料及其制品的新订或报批标准。王文经对此也给予了大力支持。出版过程中，李云飞参加了本书标准部分的编辑工作。

对上述为本书出版付出了辛勤劳动的专家和同志们致以谢意。因水平有限，漏错难免，敬请指正。

编 著 者

1993 年 8 月

目 录

序

前言

第一篇 人造金刚石、立方氮化硼基础 (1)

第一章 人造金刚石简述 (3)

1.1 金刚石的人工合成 (3)

1.2 金刚石晶体结构与形态 (7)

1.3 金刚石的性质 (10)

1.4 人造金刚石的主要用途 (16)

第二章 合成金刚石的原料、合成块的组装及顶锤的

安装与调整 (19)

2.1 合成金刚石的主要原材料 (19)

2.2 叶蜡石的焙热 (21)

2.3 合成块的组装 (22)

2.4 高压腔的主要结构件 (24)

2.5 顶锤的安装与调整 (26)

第三章 液压传动和液压阀基础知识 (29)

3.1 液压传动 (29)

3.2 液压件阀体类型 (32)

第四章 液压机的安装与调整 (43)

4.1 液压机的结构、性能与特点 (43)

4.2 几种液压机主要技术参数介绍 (55)

4.3 液压机的安装与调整 (56)

4.4 液压机故障原因及排除方法 (59)

4.5 高温超高压下合成腔发生放炮的原因分析 (60)

4.6 合成棒变形原因及同步调整 (61)

4.7 工作缸的“爬行”原因与调整	(65)
4.8 压机机组安装的新形式	(65)
第五章 人造金刚石单晶合成工艺	(68)
5.1 人造金刚石单晶的合成工艺及特点	(68)
5.2 合成温度、压力及合成效果判断	(70)
5.3 合成金刚石温度、压力与产量、强度和粒度比的关系	(72)
5.4 合成工艺中应建立的几个概念	(77)
第六章 人造金刚石的提纯工艺	(82)
6.1 应用的化学试剂及其性质	(83)
6.2 人造金刚石的提纯工艺	(84)
6.3 电解处理	(87)
6.4 废液中回收人造金刚石技术	(87)
第七章 人造金刚石的分选和鉴定技术	(89)
7.1 人造金刚石的筛分分级	(89)
7.2 人造金刚石的选型工艺	(93)
7.3 分选中的磁选	(94)
7.4 人造金刚石的质量标准与检测方法	(95)
7.5 人造金刚石的机械后处理	(99)
第八章 人造金刚石生产人员操作规程	(109)
8.1 组装操作规程	(100)
8.2 合成设备操作规程	(100)
8.3 酸碱提纯操作规程	(102)
8.4 电解提纯操作规程	(103)
8.5 棒球磨机操作规程	(104)
8.6 振筛机操作规程	(104)
8.7 磁选机操作规程	(105)
8.8 选型机操作规程	(106)
8.9 单颗粒抗压强度仪操作规程	(107)
8.10 金刚石压机微机操作规程	(108)
第九章 人造金刚石烧结体和复合体的现状与检测	(110)
9.1 人造金刚石烧结体研究现状	(110)

9.2 目测烧结体、复合体的方法	(111)
9.3 烧结体、复合体工艺流程	(112)
9.4 金刚石烧结体、复合体质量检测	(113)
第十章 人造金刚石微粉	(116)
10.1 人造金刚石微粉的粒度及组成	(116)
10.2 微粉生产工艺流程	(117)
10.3 微粉生产工艺中的破碎和球磨整形	(117)
10.4 人造金刚石微粉的酸处理与沉降分级	(120)
第十一章 人造金刚石工作人员安全操作规程	(122)
11.1 组装工安全操作规程	(122)
11.2 合成工安全操作规程	(122)
11.3 提纯工安全操作规程	(123)
11.4 电解工安全操作规程	(124)
11.5 机修工安全操作规程	(125)
第十二章 金刚石薄膜	(127)
12.1 气相沉积金刚石薄膜概述	(127)
12.2 金刚石薄膜的制备方法	(129)
12.3 金刚石的外延生长	(134)
12.4 CVD 金刚石薄膜的成核及生长机理介绍	(136)
12.5 金刚石薄膜性质的表征	(137)
12.6 金刚石薄膜研究中应关注的问题	(139)
12.7 金刚石薄膜的应用	(141)
第十三章 立方氮化硼与其烧结体	(143)
13.1 立方氮化硼晶体的性能与结构	(143)
13.2 国外立方氮化硼单晶生产概况	(144)
13.3 立方氮化硼单晶的合成	(145)
13.4 立方氮化硼单晶有关问题的讨论与结论	(149)
13.5 立方氮化硼烧结体原材料与粘结剂的选择	(150)
13.6 立方氮化硼烧结体的组装和烧结	(152)
13.7 立方氮化硼烧结体有关问题的讨论和看法	(153)

第二篇 人造金刚石、立方氮化硼及其

制品标准(156)

中华人民共和国国家标准(157)

GB 6003— 85 试验筛(157)

GB 6004— 85 试验筛用金属丝编织方孔网(170)

GB 6405— 86 人造金刚石和立方氮化硼品种(182)

GB 6406.1— 86 人造金刚石或立方氮化硼粒度及其组成(184)

GB 6406.2— 86 人造金刚石或立方氮化硼粒度组成
检验方法(188)

GB 6406.3— 86 人造金刚石或立方氮化硼抗压强度
测定方法(192)

GB 6406.4— 86 人造金刚石或立方氮化硼杂质检验方法(194)

GB 6406.5— 86 人造金刚石或立方氮化硼标志和包装(195)

GB 6407— 86 人造金刚石技术条件(196)

GB 6408— 86 立方氮化硼技术条件(200)

GB 6409.1— 86 金刚石或立方氮化硼磨具形状代号、标记(202)

GB 6409.2— 86 金刚石或立方氮化硼磨具砂轮(212)

GB 6409.4— 86 金刚石或立方氮化硼磨具标志和包装(234)

GB 6966.1— 86 人造金刚石微粉和立方氮化硼微粉品种(235)

GB 6966.2— 86 人造金刚石微粉和立方氮化硼微粉
粒度及其组成(238)

GB 6966.3— 86 人造金刚石微粉和立方氮化硼微粉
粒度组成检验方法(241)

GB 6966.4— 86 人造金刚石微粉和立方氮化硼微粉
杂质检验方法(243)

GB 6966.5— 86 人造金刚石微粉和立方氮化硼微粉
标志和包装(246)

GB 8065— 87 电镀金刚石内圆切割锯片、什锦锉、
磨头代号(247)

GB 8066—87	电镀金刚石内圆切割锯片	(250)
GB 8067—87	电镀金刚石什锦锉	(258)
GB 8068—87	电镀金刚石磨头	(262)
GB 9256—88	立方氮化硼化学分析方法	(268)
GB 11270—89	金刚石圆锯片	(279)
GB 11271—89	金刚石框架锯条	(292)
GB 11272—89	金刚石或立方氮化硼油石	(297)
GB 11273—89	人造金刚石或立方氮化硼研磨膏	(307)
中华人民共和国各工业部颁标准和专业标准		(314)
JB 3233—83	钻探用人造金刚石烧结体	(314)
JB 3234—83	拉丝模用人造金刚石烧结体	(317)
JB 3235—83	人造金刚石烧结体磨耗比测定方法	(319)
JB 3914—85	超硬磨料取样方法	(324)
JB 5205—91	石材加工用金刚石磨具	(328)
ZB J43 002—86	金刚石修整滚轮	(349)
ZB J43 010—90	金刚石或立方氮化硼与硬质合金复合片 品种、尺寸	(354)
JB/T 3236—92	金刚石修整笔	(358)
JB/T 3296—92	金刚石磨边砂轮	(369)
JB/T 3583—92	金刚石精磨片	(382)
JB/T 6084—92	钻探用三角形金刚石烧结体	(388)
JB/T 6355—92	金刚石筒形砂轮	(393)
JB/T 6571—93	人造金刚石或立方氮化硼冲击韧性测定方法	(399)
JB/GQ · F 6010—86	人造金刚石、立方氮化硼产品 质量分等标准	(404)
JB/GQ · F 6012—86	金刚石和立方氮化硼砂轮产品 质量分等标准	(412)
QB/YDJ · J 02—044—90	人造金刚石	(418)
YT JB 5041—92	牙科金刚石小砂轮	(424)
YT JB 5042—92	牙科金刚石小磨头	(428)
DZ 2.1—87	地质钻探金刚石钻头	(439)

DZ 2.2—87 地质钻探金刚石扩孔器	(459)
冶金人造金刚石钻头和扩孔器系列	(467)
石油系统钻井用金刚石钻头规格系列	(477)
煤田金刚石钻头和扩孔器标准	(480)
国际金刚石钻头、扩孔器通用标准	(481)
美国 DCDMA 金刚石钻头、扩孔器标准	(481)
比利时 (DIAMANT BOART) 金刚石钻头、扩孔器标准	(483)
前苏联金刚石钻头、扩孔器标准	(485)
附录 我国的标准编号方法及行业标准代号	(487)
主要参考文献	(490)
本册结束语	(492)

第一篇 人造金刚石、立方氮化硼基础

金刚石作为一种天然矿物，它具有极高的硬度，很早以前就被人们发现，并用来在陶器、岩石等坚硬材料上钻眼，因此又叫做“金刚钻”或“钻石”。金刚石还因具有美丽的光泽，作为高级装饰品，并以其稀缺、昂贵而著称于世。至于金刚石大量应用于工业部门，还只是从本世纪 30 年代才开始的。

随着现代工业和科学技术的不断发展，金刚石的应用领域正逐渐扩大。目前，金刚石已经成为工业，特别是国防和尖端科技领域中不可缺少的超硬材料。

天然金刚石的资源有限，远远满足不了工业上对金刚石日益增长的需要，促使人们研究人工制造金刚石的方法。早在一百多年前已有人开始探索，到本世纪 50 年代初才获得成功。我国于 1960 年开始研制，终于在 1963 年获得成功。虽然人造金刚石在品种、质量、粒度方面与天然金刚石有差距，却已能满足大部分工业技术的需求，已成为金刚石的重要来源。

根据中国磨料磨具协会综合分析资料的最近统计，世界工业金刚石用量：

1970 年用量为	2500 ~ 8000 万克拉
1975 年用量为	10000 ~ 12500 万克拉
1985 年用量为	25000 ~ 30000 万克拉
1990 年用量为	约为 35000 ~ 40000 万克拉
(除原苏联)	

在 60 ~ 70 年代世界工业金刚石用量分配比例

机械加工	38%
石材、混凝土	28%
金属、非金属勘探	17%