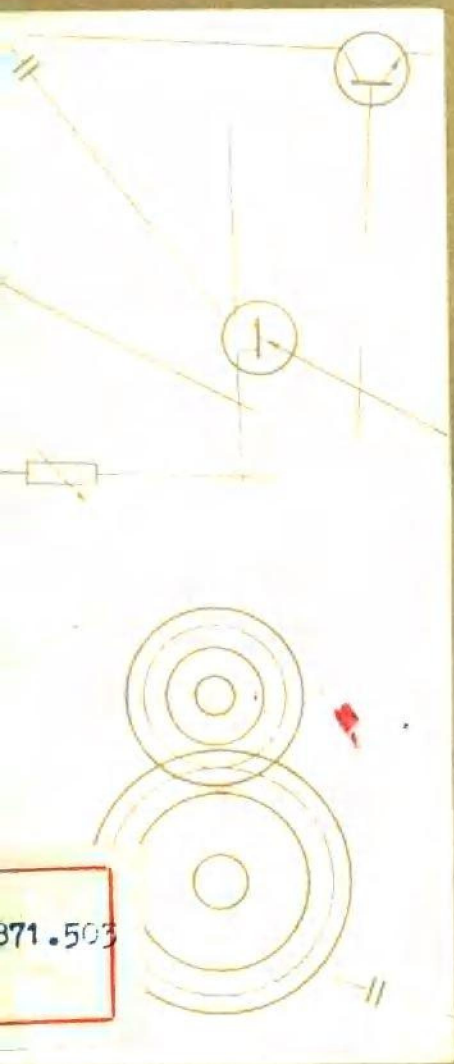


仪表元件丛书



金刚石压头

本书比较系统地介绍了各种金刚石压头（洛氏、维氏、显微、肖氏等）的用途、技术要求、制造工艺和检验方法及其使用与保护。

本书可供从事金刚石压头生产、使用和管理部门的技术人员、工人和管理干部参考。

仪表元件丛书
金刚石压头
李进胜 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张4·字数 85 千字

1982年6月重庆第一版·1982年6月重庆第一次印刷

印数 0.001—2.000·定价0.39元

*

统一书号：15033·5328

出版者的话

仪器仪表是实现四个现代化必不可少的技术装备，而仪器仪表元件（简称仪表元件）是仪器仪表中具有独立功能的最基本的单元，它是仪器仪表的基础，能完成信号的检测、传递、转换、放大、贮存、运算、控制和显示等功能。仪表元件的品种和质量直接影响着仪器仪表的性能。

目前，仪器仪表已广泛应用于国民经济各部门。为了适应仪器仪表工业发展的需要，进一步做好仪表元件基础知识的普及工作，在国家仪器仪表工业总局的直接关怀下，我们编辑出版了这套《仪表元件丛书》。

本丛书预定为十一分册，分别为《热敏电阻器》、《集成电路在仪器仪表中的应用》、《半导体光电器件》、《宝石支承》、《仪表齿轮》、《金刚石压头》、《数据采集系统中的放大器》、《磁电转换元件》、《自动平衡仪表放大器》、《自动平衡仪表电机》、《集成运算放大器》等，将陆续出版。

本丛书以介绍各类仪表元件的结构原理、特性、设计计算为主，对制造工艺、性能测试和应用知识也作了简单的阐述。在写法上，力求通俗易懂，深入浅出，从基础概念出发，对仪表元件的有关问题进行论述。

值此《仪表元件丛书》出版之际，我们向为丛书的编写做了大量组织、指导工作的沈阳仪器仪表工艺研究所的领导及从事具体工作的王崇光、董世章等同志表示深切的谢意，并向大力支持丛书编写的各有关单位领导及编者，表示衷心的感谢。

目 录

出版者的话

第一章 概述	1
第一节 金刚石压头的用途	1
第二节 压头用的金刚石	3
一、金刚石的性质	3
二、对压头用金刚石的要求	13
第三节 金刚石压头的种类	16
一、洛氏硬度试验用金刚石压头	16
二、维氏硬度试验用金刚石压头	17
三、显微硬度试验用金刚石压头	17
四、肖氏硬度试验用金刚石压头	19
五、超声波硬度试验用金刚石压头	20
六、高温硬度试验用压头	21
第二章 金刚石压头的技术要求	23
第一节 金属材料的硬度试验	23
一、布氏硬度	23
二、洛氏硬度	27
三、维氏硬度	30
四、显微硬度	32
五、肖氏硬度	33

第二节 金刚石压头的技术要求	34
一、洛氏金刚石压头的技术要求	35
二、维氏金刚石压头的技术要求	41
三、显微金刚石压头的技术要求	43
四、肖氏金刚石压头的技术要求	48
第三节 金刚石压头的精度对硬度值的影响	49
一、洛氏金刚石压头	50
二、维氏金刚石压头	53
第三章 金刚石压头的制造方法与质量检查	55
第一节 制造金刚石压头的工艺流程	55
第二节 金刚石压头的镶焊	57
一、金刚石压头的基体材料	57
二、金刚石压头的镶焊	59
第三节 金刚石压头的研磨	65
一、金刚石晶面上的硬度定向性	66
二、金刚石晶体上的研磨方向	68
三、怎样识别金刚石的研磨方向	72
四、金刚石压头的粗研磨	73
五、金刚石压头的精研磨	76
第四节 金刚石压头的质量检查	88
一、角度的检查	88
二、半径的检查	91
三、横刃的检查	91
四、不同轴度的检查	92
五、表面光洁度的检查	93

六、压头工作部位尺寸的检查.....	94
七、硬度示值的检查.....	95
第四章 金刚石压头的使用与保护	97
第一节 金刚石压头的使用	97
一、观察.....	97
二、安装.....	98
三、使用	100
第二节 金刚石压头的保护	101
附录	104
一、布氏、洛氏、维氏、肖氏硬度换算表	104
二、维氏硬度表	110
三、显微硬度压痕对角线长度表	114
四、显微硬度表	115
五、克努普硬度表(用于载荷为 200 克).....	120
参考资料	121

第一章 概 述

第一节 金刚石压头的用途

压头(也称压陷器、压痕器、硬度头等),是安装在硬度计上使其直接在金属材料上形成压痕,用来测量硬度的关键元件。

所谓金刚石压头,就是压头的工作部位用金刚石制成。此外,还有钢球压头,硬质合金压头,宝石压头和用其它硬质材料做的压头。

金属材料的硬度是衡量金属材料软硬的一个指标,是表达金属材料机械性能的物理量之一。在工业生产特别是军事工业生产中,为了保证产品质量,常常需要对各种材料和零部件或整机进行硬度检定和测试。许多重要的零部件,如轧钢机的钢辊、机器的主轴和汽车的连杆等,都需要进行硬度检定。

人们在日常生活中,可以通过感觉或凭借经验,能够粗略地辨别材料的软硬程度。然而在工业生产和科学研究中,对于材料的软硬程度,则不能只有感性的认识,而必须要有明确的数值来区分,这就必须通过硬度试验来加以测定,俗称“打硬度”。

第一台材料试验机于1927年问世。液压材料试验机是在十九世纪初开始应用的。二十世纪初制成了布氏硬度计,随后制成了洛氏硬度计和维氏硬度计等。

在二十世纪五十年代,出现了电子式材料试验机。因为

在材料试验机的控制、测量和记录系统中，广泛地采用了电子技术，使材料试验机的面貌大为改观。在六十年代，材料试验机中又应用了电液伺服控制系统，打破了动力试验机和静力试验机的传统界限，使材料试验机的性能又有了很大的提高。

近几年，电子计算机已成功地应用到材料试验机中。这不仅能够严格地按照给定的程序进行各种模拟试验，而且还能够把各种试验数据快速地进行处理并将结果打印或显示出来。目前，又出现了一种引人注目的新的试验方法——断裂力学试验，与之相应的新型材料试验机也已经出现，并正在发展和日趋完善之中。

目前，硬度计中已广泛采用电子技术和液压技术，这就促进了专用和自动硬度计的发展，使试验过程、硬度指示和数据处理实现了自动化，为在生产过程中提供准确的硬度数据，实现全自动操作创造了条件。

金刚石压头（包括用其它材料制做的压头）的发展，是随着硬度计的发展而发展的。硬度计的试验过程只有两个程序：一是在试件上产生压痕，二是把压痕测量出来，然后以一定的关系表达出所测材料的硬度。为了能使试件上产生压痕，除了有足以使压头压入试件的作用力外，还必须要比试件硬度高得多的压头。金刚石就是制做压头最理想的材料，因为它的硬度最高。

二十世纪五十年代，我国制成了洛氏金刚石压头，随后又制成了维氏金刚石压头、显微金刚石压头、克努普金刚石压头、肖氏金刚石压头、超声波金刚石压头和高温压头等。目前，金刚石压头已经初步形成了标准化和系列化，图 1-1 是国产各型号金刚石压头。

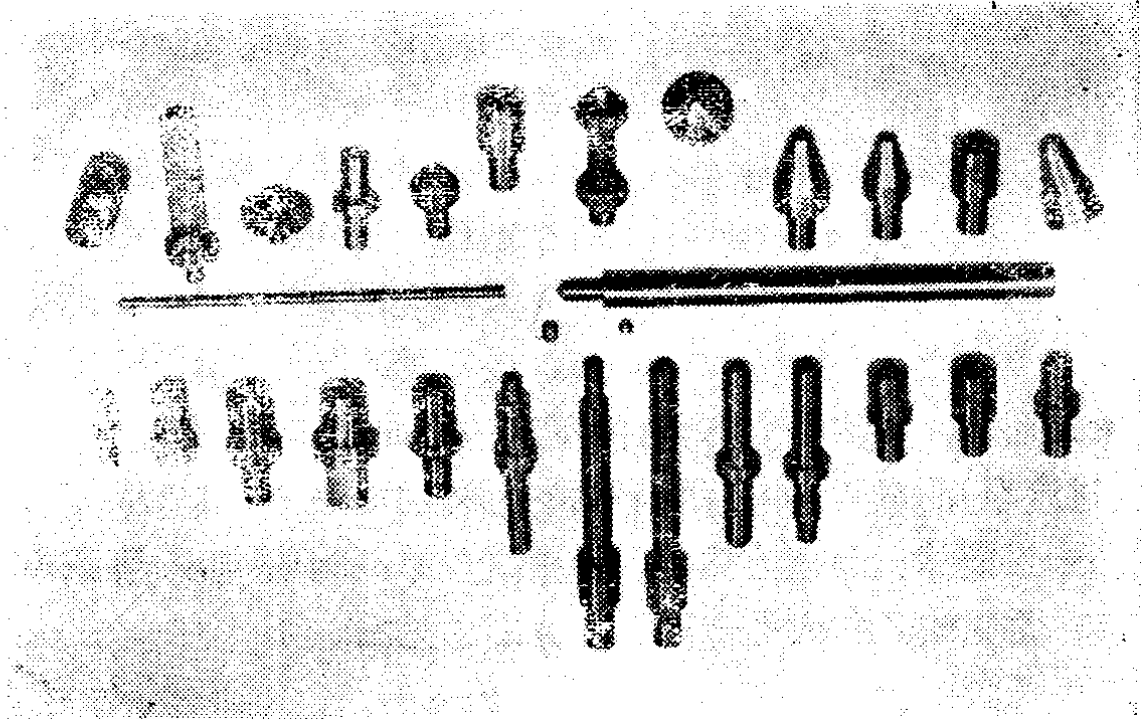


图 1-1 国产各型号金刚石压头

第二节 压头用的金刚石

金刚石俗称金刚钻或钻石，是一种极为珍贵的宝石。由于金刚石是目前自然界中已知的最硬的物质，且具有一系列特殊的物理和化学性能，所以是发展现代国防、现代科学技术和现代许多工业不可缺少的重要材料。

一、金刚石的性质

金刚石是碳（C）的结晶体，属于等轴晶系的矿物。金刚石晶格中碳原子具有高度的对称性排列，在每一个碳原子周围有四个原子排列在正四面体的锥角顶端，而四面体的每一个角顶又为相邻四个四面体所共有，如图 1-2 所示。金刚石晶体格架中相邻碳原子之间，由于每个碳原子周围的构造环境相同，它们相互作用时，不可能因有电子的得失而形成离子键，只能各自提供一个电子形成共价键。由于共价键

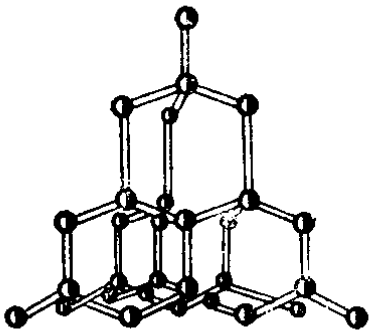


图1-2 金刚石结晶构造

具有饱和性和方向性，碳原子之间的联结十分牢固，这就决定了金刚石具有高硬度、高熔点、不导电（少数为半导体）和化学性质稳定等一系列特殊性能。

天然金刚石的晶体形态很多，最常见的是八面体和菱形十二面体，其次是立方体。除了这些平面晶体外，还有浑圆状（过渡型）的晶体，即曲面晶体和平面-曲面晶体。如凸八面体、凸十二面体、凸立方体，以及由这些单晶构成的双晶或聚晶。常见的几种天然金刚石晶体形态见图1-3。

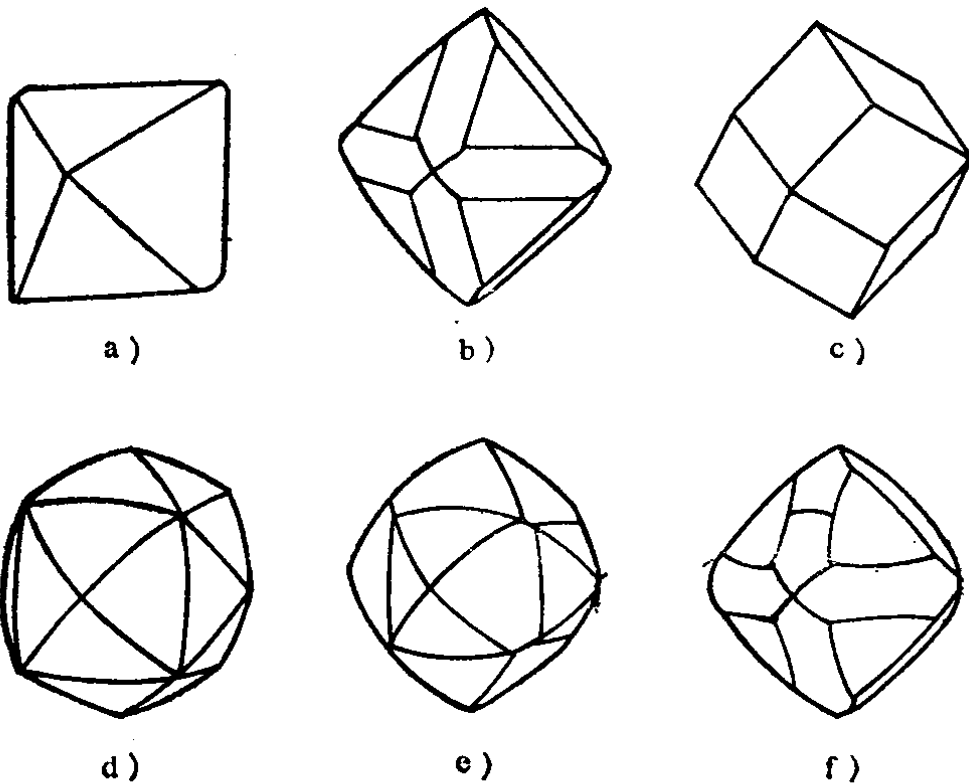


图1-3 常见的天然金刚石晶体形态

- a)平面八面体 b)八面体和菱形十二面体的聚形 c)菱形十二面体 d)曲面四六面体 e)曲面菱形十二面体 f)八面体和曲面菱形十二面体的聚形

金刚石的晶体形态取决于金刚石的结晶构造和其生长过程中的物化环境。不同结构的金刚石，其物理、化学性质也不同。

1. 颜色

金刚石的颜色多种多样，纯净的晶体一般是无色透明的。由于晶体内含有微量元素和包裹体的影响，往往使金刚石呈现不同的颜色。常见的有黄色、浅黄色、棕色、浅棕色、绿色、浅绿色、褐色等。一般以颜色浅、透明度高者质量为好。压头用金刚石的颜色，一般以浅黄色、浅棕色或无色的质量为好。

2. 比重

金刚石的比重在 $3.47\sim 3.56$ 之间，一般在 3.52 左右。比重的大小与金刚石晶体中所含包裹体的种类、数量和晶体的缺陷、晶体的颜色等有关。含石墨包裹体越多则比重越小。

3. 解理

晶体受力后最易分裂的面，叫解理面。金刚石最好的解理面是与八面体面一致的面(见图 1-4)。其次较常见到的解理面是与菱形十二面体面相一致的面。

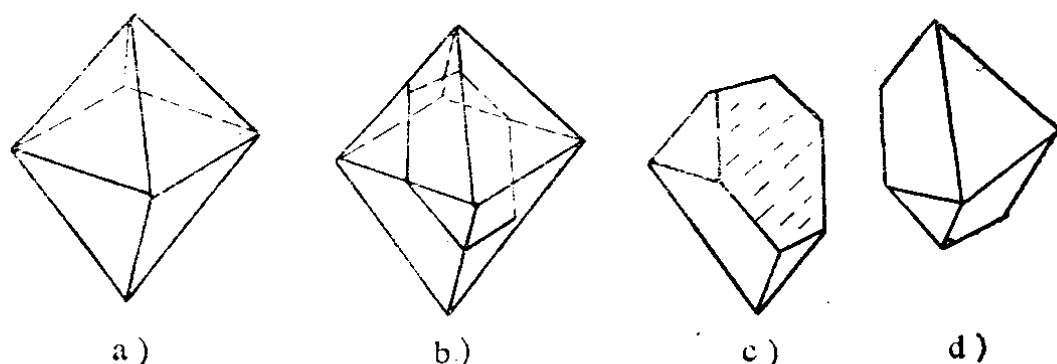


图 1-4 金刚石沿(111)面网分裂
a)八面体 b)八面体(111)面网解理面 c)、d)被分裂的两块金刚石

4. 硬度

由于金刚石晶体格架是正四面体，且碳原子相互用共价键联接，吸引力大，这就决定了金刚石的硬度极高。金刚石在莫氏硬度级别中被称为最硬——十级，是目前所知物质中硬度值最大的一种。据资料介绍，金刚石的绝对硬度是碳化硅、碳化硼的2~3倍，是硬质合金的6倍，是刚玉（莫氏硬度为九级）的150倍，是石英（莫氏硬度为七级）的1000倍，其显微硬度为10000~10100公斤/毫米²。

不同结晶形态的金刚石，其不同的晶面因面网密度不同，或同一晶面的不同方向因面网行列结点密度不同，都存在着硬度差别。八面体(111)面的硬度大于菱形十二面体(110)面的硬度，后者又大于立方体(100)面的硬度……。在同一个晶面上，不同的方向也存在着硬度差别。八面体的晶面，其平行晶棱方向的硬度大于垂直晶棱方向的硬度；菱形十二面体的晶面，其长对角线方向的硬度大于短对角线方向的硬度；立方体的晶面，其对角线方向的硬度大于晶棱方向的硬度。此外，不同产地和不同颜色的金刚石，其硬度也不一样。这里需要指出的是，有一种绿色金刚石，由于铬元素的侵入而硬度降低。这种金刚石结构疏松，加工时易破，使用时易碎，其形状、颜色以及颗粒大小等都象绿豆，故得名为“绿豆钻”。

研究金刚石不同晶面和同一晶面不同方向的硬度差别，对于科学加工和合理使用金刚石都是十分重要的。在挑选压头用金刚石以及镶嵌、研磨金刚石时，都要注意这种定向性。

5. 强度

金刚石具有极大的静压强度(以下简称强度)。强度取决

于金刚石晶体结晶的完好程度、杂质的成分和含量。晶体愈完整，强度也愈高。十二面体、八面体的强度比无定形的好。天然金刚石的抗压强度约 88000 公斤/厘米²，约为刚玉的 3.5 倍、硬质合金的 1.5 倍、钢的 9 倍。

金刚石虽然硬度大，强度高，但具有脆性。所以受冲击后就产生裂纹，以至破碎。金刚石压头在制造和使用过程中，应特别注意这一点。

6. 透明度

透明度是衡量金刚石质量的重要指标之一。由于金刚石晶体所含微迹元素、杂质、包裹体和蚀象的不同，所以其透明度可分为透明、半透明和不透明三种。纯净的金刚石无色透明，清澈如水。晶体颜色越深，杂质、包裹体等缺陷越多，其透明度就越差。有些半透明或不透明的金刚石，经过研磨加工后，变成了透明度良好的金刚石，这主要与晶体的裂隙和表面蚀象有关。压头用金刚石，一般需要有良好的透明度。

7. 异常干涉色

金刚石为等轴晶系矿物，在正交偏光显微镜下观察时，其干涉色应为黑色。但实际上，很多金刚石的干涉色呈灰色、黄色、粉黄色、褐色等，叫做异常干涉色。需要指出的是，异常干涉色为红紫色的金刚石内应力大，强度低，硬而脆。这种金刚石，不宜制做压头。

8. 热膨胀性

金刚石的热膨胀性随温度不同而异。金刚石在低温时，热膨胀系数极小，这有利于加工过程中对金刚石的镶嵌。但随着温度的升高，膨胀系数急剧增加，见表 1-1 所示。

9. 耐热性

表1-1 不同温度下金刚石的膨胀系数

温 度 (°C)	-38.8	0	30	50
线膨胀系数 ($\times 10^{-7}$ /度)	≈ 0	5.62	9.97	12.86

金刚石在空气中加热到300°C时开始氧化；加热到800°C时重量开始减轻，晶体颜色也发生变化；当温度继续上升到900°C时，金刚石质量发生明显变化，表面疏松起来，易破碎；到1000°C时金刚石完全消失，仅剩下一点与原始晶体杂质颜色相近的残余物。

温度对金刚石强度影响较大，随着温度升高，则其强度下降。所以，在加工工艺上应尽可能降低金刚石的烧结温度（最好在保护气体中进行烧结）。

10. 化学稳定性

金刚石是非常稳定的矿物，高浓度、高温度的氢氟酸、盐酸、硝酸都不能使之溶解，王水对它也不起作用。它仅仅溶于硝酸钠、硝酸钾及碳酸钠的熔融体中。重铬酸钾和硫酸的混合物在二氧化碳中，可以部分氧化金刚石的粉末。硫和金刚石在600°C以上有弱的反应。在高温下，某些金属能溶解金刚石，如将金刚石粉与铁（或铁的合金）一起加热到800°C以上，则金刚石可被溶解。

以上概述了天然金刚石的主要性质。这些性质对于金刚石的质量鉴定、合理使用、科学加工、综合利用都是十分重要的。

金刚石的大小、性质不同，其质量和用途也有差别。根据这些差别，工业上对它进行了较详细的分类和分级。类别的划分一般以金刚石晶体的颗粒大小(重量)、形状、完整程度、透明度、裂隙和包裹体的多少、颜色及其均匀程度等为

依据。其中以无色透明、无裂隙和无包裹体的、完整规则的晶体质量为最佳。我国的天然金刚石按其用途分为九类，有的又依其质量或使用要求的不同细分为若干级别，见表 1-2 所示。

随着工业和科学技术的发展，人们对金刚石性质的研究（包括光学、热学和电学性质）将不断深入。近年来，随着对金刚石性质的深入了解，金刚石的工业用途日趋扩大。特别是某些特殊类型金刚石的性质和用途，已经普遍引起人们的重视。

表1-2 天然金刚石的工业分类与技术要求(摘自JC220—79)

级别	晶 体 特 征	规格(克拉/粒)
一 级	晶体完整，形状为八面体、十二面体 颜色为无色、天蓝色、浅粉红色、无色略带淡黄色 透 明 不允许有裂纹和包裹体	>6.00 6.00~3.01 3.00~1.00
二 级	晶体完整度不限，形状不限，最小的两个垂直径长之比不小于1:2，颜色为无色、天蓝色、蓝色、浅粉红色、粉红色、淡黄色透明或半透明 晶体表面允许有裂纹和包裹体，但这些缺陷伸入晶体不得大于晶体最小径长的 1/4 晶体内部允许有2~3点直径不大于 0.5 毫米的包裹体，允许有裂纹，但沿裂纹延伸方向分离晶体后所得最大部分不小于原晶体的 3/4，且此部分无裂纹和包裹体	>3.00 3.00~1.01 1.00~0.51 0.50~0.1

(2) 拉丝模用金刚石

(续)

级别	晶 体 特 征	规格(克拉/粒)
一 级	晶体完整, 形状为八面体、十二面体、过渡型晶体 和外形为圆形、椭圆形晶体 颜色为无色、浅黄色、浅绿色 晶体的最小径长不小于1.4毫米 透 明 不允许有裂纹和包裹体 0.2克拉/粒以上的晶体表面允许有色斑和深度不大 于0.5毫米的蚀坑	0.10~0.15
		0.16~0.20
		0.21~0.30
		0.31~0.40
		0.41~0.55
		0.56~0.70
		0.71~0.85
		0.85~1.00
		1.01~1.25
		二 级
0.16~0.20		
0.21~0.30		
0.31~0.40		
0.41~0.55		
0.56~0.70		
0.71~0.85		
0.86~1.00		
1.01~1.25		

(3) 刀具用金刚石

a. 车刀用金刚石

级别	晶 体 特 征	规格(克拉/粒)
	晶体完整, 晶体形状为十二面体、弧形八面体、过 渡型晶体和外形为圆形、椭圆形 晶体最小径长不得小于4毫米 颜色为无色、浅绿色、浅黄色、黄色、浅棕色 透 明 不允许有裂纹。晶体表面允许有不大于0.5毫米的 包裹体和蚀坑	0.70~0.85
		0.86~1.00
		1.01~1.25
		1.26~1.50
		1.51~2.00
		2.01~3.00

(续)

b. 刻线刀用金刚石

级别	晶 体 特 征	规格(克拉/粒)
	晶体完整, 形状为长形 颜色为无色、浅绿色、浅黄色、黄色、浅棕色 透明或半透明 晶体一端不允许有裂纹、包裹体; 另一端允许有不影响使用的微小裂纹和不大于 0.3 毫米的包裹体	0.10~0.20 0.21~0.30 0.31~0.40 0.41~0.55

(4) 硬度计压头用金刚石

级别	晶 体 特 征	规格(克拉/粒)
	晶体完整, 形状为十二面体、弧形八面体和过渡型晶体 颜色为无色、浅绿色、浅黄色、黄色、浅棕色、棕色、透明或半透明 不允许有裂纹, 允许有不大于 0.5 毫米的包裹体	0.10~0.20 0.21~0.30

(5) 地质钻头和石油钻头用金刚石

级别	晶 体 特 征	规格(克拉/粒)
一 级	晶体完整, 形状为十二面体、弧形八面体或过渡型晶体 颜色为无色、浅黄色、浅绿色、浅棕色 透明或半透明 不允许有裂纹, 允许晶体内部有微小包裹体	1~3 4~10 11~20 21~30 31~40 41~60 61~80 81~100
二 级	晶体较完整, 形状为八面体、十二面体或过渡型晶体 颜色不限 (绿豆色除外) 透明度不限 无裂纹, 晶体内部允许有微小的包裹体	1~3 4~10 11~20 21~30 31~40 41~60 61~80 81~100