

仪表宝石轴承

曹家治 陈秀桐 马德印 编译

中国财政经济出版社

仪 表 宝 石 軸 承

曹家治 陈秀桐 马德印 编译

中国財政經濟出版社

1964年·北 京

內 容 簡 介

仪表宝石轴承包括鐘表宝石轴承和技术仪表宝石轴承。轴承材料有人造刚玉、人造尖晶石和天然瑪瑙等种宝石。本書着重介紹用人造刚玉制造的宝石轴承，因为掌握了这种轴承的制造技术，就可以掌握各种宝石轴承的生产。

本書通俗地介紹了有关宝石轴承的基本知識，包括結晶学、人造刚玉材料、轴承产品及其加工工艺与特点，对于加工用磨料及磨具等知識亦作了介紹。

本書可供鐘表厂、仪表厂从事宝石轴承生产的工人以及有关工程技术人員閱讀，亦可用作有关技术学校的教学參考資料。

仪 表 宝 石 軸 承

曹家治 陈秀桐 馬德印 編譯

*

中国財政經濟出版社出版

(北京永安路18号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第111号

中国財政經濟出版社印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行

各地新华書店經售

*

787×1092毫米1/32·6¹⁶/₃₂印张·141千字

1964年5月第1版

1964年5月北京第1次印刷

印数：1~2,300 定价：(科六)0.85元

統一書号：15166·164

前 言

本书内容大部分取自苏联“仪表宝石”(1959)一书,但是为了突出用刚玉材料制造的宝石轴承,以及由于有必要对金刚石、刚玉及其加工操作作进一步阐明,内容上又进行了较多补充:如第一章结晶学概论,为了做到通俗明了,进行了全部改写;第二章仪表宝石轴承用矿物,由于本书着重介绍刚玉轴承,因此对人造刚玉部分作了一些补充;第三章仪表宝石轴承的类型,增加的内容,主要是苏联 ГОСТ 7137-60 所颁布的关于钟表刚玉轴承标准的资料;第四章仪表宝石轴承的制造工艺,在定向加工、平面加工、外圆加工、油槽加工及珩磨喷涂方面,均作了补充。

除以上各章外,还增加了一些附录,其中设备操作守则是为了加强精密设备维护与正确使用而列入的。

本书在编译过程中,得到刁绍纯工程师的指导,并由他进行了审订,在此特表示谢意。

由于编译者水平有限,错误不妥之处尚请读者提出宝贵意见。

編 譯 者

于1963年12月

目 录

緒 論	(7)
第一章 結晶学概論	(11)
§1-1 晶体的一般特性	(11)
§1-2 晶体的内部构造及形成过程	(12)
§1-3 晶体的对称	(15)
§1-4 晶体的物理特性	(19)
第二章 仪表宝石軸承用矿物	(22)
§2-1 矿物的物理机械特性	(22)
§2-2 刚 玉	(29)
§2-3 瑪 瑙	(47)
§2-4 尖晶石	(48)
§2-5 代用品	(49)
第三章 仪表宝石軸承的类型	(51)
§3-1 鐘表宝石軸承	(51)
§3-2 技术仪表宝石軸承	(66)
§3-3 关于苏联鐘表宝石軸承新标准	(74)
第四章 仪表宝石軸承的制造工艺	(79)
§4-1 准备操作	(89)
§4-2 平面加工	(101)
§4-3 外圓加工	(111)
§4-4 孔加工	(112)
§4-5 成形表面加工	(120)
§4-6 卡鑽制造的某些特点	(125)
§4-7 清洗工序	(127)

§4-8	檢驗工序	(127)
第五章	磨料及磨具	(132)
§5-1	金剛石概述	(132)
§5-2	工業金剛石	(142)
§5-3	金剛石粉的加工	(146)
§5-4	金剛石工具	(155)
§5-5	碳化硼	(158)
§5-6	碳化硅	(162)
§5-7	氧化鉄	(166)
§5-8	氧化銘	(167)
§5-9	碳化硅和碳化硼工具	(168)
附 录		(172)
1.	苏联鐘表剛玉軸承类型尺寸表 (ГОСТ 7137-60)	(172)
2.	苏联技术仪表寶石軸承类型尺寸表	(189)
3.	金剛石粉 (ГОСТ 9206-59 Г25組)	(196)
4.	机床操作使用維護技术守則	(205)
参考文献		(208)

1

2

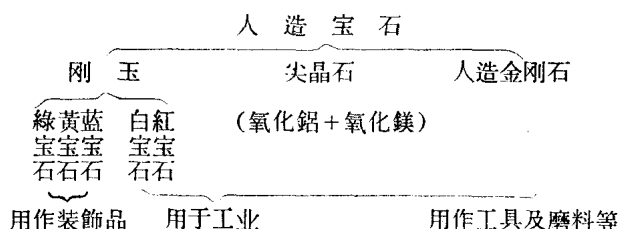
緒 論

机械零件中，轴承是轴的支持部分。按轴承內摩擦的性质，一般分为滑动轴承和滚动轴承（如弹子盘）两种；仪表宝石轴承一般都是滑动轴承。

仪表宝石轴承系以宝石材料制成的轴承。这类宝石轴承包括钟表宝石轴承及技术仪表宝石轴承。这样分类系根据通常的习惯，但并不很严格。钟表宝石轴承一般系作民用钟表元件，但各种计时仪器中也包括多种技术用钟表机构。这些技术用钟表机构也使用钟表宝石轴承作为支承元件。

轴承材料有人造刚玉、人造尖晶石、玛瑙等各种人造的及天然的宝石。

本世纪以来，由于仪器仪表工业的不断发展，天然宝石材料无论从数量上及质量上均不能适应发展要求，人造宝石遂被大量应用起来。



人造宝石中，刚玉和尖晶石两种宝石均可用作轴承材料，但以人造刚玉轴承（以下简称刚玉轴承）应用最为广泛。

以宝石作为材料制成的轴承，优点是很多的，主要是：

1. 具有小摩擦系数，因此消耗动力小，并可使仪表精度

达到很高；

2. 硬度高，因此耐磨耗，这就提高了钟表及仪表的精度和耐用性能，故一只优质手表可使用好几十年；

3. 耐腐蚀，因此长期使用中仍不改变其性能，故而可靠；

4. 热膨胀系数小：平行于光轴方向，摄氏每度为 6.7×10^{-6} ；垂直于光轴方向，摄氏每度为 5×10^{-6} ；

5. 抗压强度高（210公斤/毫米²，根据瑞士 Seitz公司说明书所列资料）。

宝石轴承的缺点，主要是：

1. 系脆硬材料，加工较困难（尤其是刚玉轴承）；

2. 须用金刚石作为刀具材料（尤其是刚玉轴承）；

3. 天然玛瑙轴承材料硬度波动于毛氏硬度6~7级。如材料选择不当，低硬度（6级）玛瑙轴承，不耐磨耗。

仪表宝石轴承被广泛应用于如下各个方面：

1. 民用钟表；

2. 技术用钟表机构；

3. 机械或电气测量仪器——极低转矩下工作之仪器：各种类型量表、指示器、记录器和计量器如电流表、压力表、测速表、旋转计算器、超感电位计和量力器、功率计、粘度计、物质质量检验仪器，以及无数用于小型精密工程之计时及钟表生产中之工具仪器；

4. 调节和控制仪器——调节器、水银开关和转换器、比较仪或所有其他超感低功率拍击式或薄膜式接触装置和开关；飞机、航运或车辆仪器；特种高精要求的电气替续器、测微器等等。

仪表宝石轴承是现代工业和现代国防尖端技术、自动化

技术以及一般工业生产用各种仪器仪表上所不可缺少的重要元件。社会需要量以若干亿粒计，并将随着社会生产的发展成倍增长。

手表上使用刚玉轴承是很普遍的。由于通常使用深红色刚玉，手表用刚玉轴承常被简称为红宝石。又因其硬度接近于金刚石，亦广泛被人们称为表钻。市场上经常听到的17钻手表，即指表上装有17粒刚玉轴承。又如价格低廉的无钻手表，一般即指表上没有刚玉轴承，无钻手表价格很低，但寿命则较低。

钟表及仪表的工作可靠性、耐用性及精确性，在很大程度上决定于轴承的材料、加工表面光洁度以及润滑情况。玛瑙轴承在耐磨性能上次于刚玉轴承，因此手表上不用玛瑙作为宝石轴承的材料。

我国正式生产宝石轴承还是全国解放以后的事。首先生产的是技术用玛瑙轴承，随着祖国工业建设的不断发展，宝石轴承加工工业的发展是很迅速的。

宝石轴承加工是一种脆性材料加工，用这种加工工艺同样可以加工各种工业用及装饰用的宝石，例如以下各种人造宝石制品：

1. 具有高耐磨性能的——机械零件，定径喷嘴，导线钩，内规或圆规，笔端尖，天平刀刃，录音机针和留声机唱针，测微器针尖；
2. 具有耐腐蚀和耐高温性能的——各类喷头和喷嘴，化工防腐闸阀和笼头，受高温或与酸接触的各种零件；
3. 具有极低摩擦系数要求的——轴承用宝石球，针，滚柱；
4. 具有光学性能要求及外观要求的——红外线屏，光学

平板，棱鏡与透鏡，质量指示器或计算器窗子，珠宝装饰品：

5. 具有绝缘性能的——电气仪表等等；

6. 其他如晶体管用工具——刚玉套管模（Moulding-sleeves）等等。

除人造宝石制品外，加工玛瑙制品如化验室用乳鉢、玛瑙雕刻品等，工艺上也是很相似的。我国宝石加工的历史很久，魏文帝“玛瑙勒赋”说：“玛瑙出自西域，文理交错，有似马脑”。我国的玛瑙雕刻是驰名世界的，北京故宫博物院陈列品中就有很多玛瑙雕刻品。南京雨花台革命烈士陵园中的雨花石，有人喻之为革命烈士鲜血的结晶，其中质高的小石子就是玛瑙，艺人用之雕刻图章，亦很名贵。本世纪以来，有用喷砂法电刻玛瑙图章的工艺。我国历史悠久的宝石加工，和近代化宝石轴承加工是一脉相连的。解放以后，不少装饰品宝石加工工人已部分转入宝石轴承加工，这对促进我国宝石轴承加工工业的发展起了一定作用。可以预料，仪表宝石轴承工业将会在党和政府的正确领导下，随着我国工业水平的不断提高而取得很快的发展。

第一章 結晶学概論

制造仪表轴承所用的矿物中，大都是有结晶构造的矿物。结晶学就是研究晶体的内部构造及其物理特性的科学。

起初人们把天然的水晶称为晶体，因为它具有规则的多面体形态。后来发现多面体形态的物质很多，晶体的范围不断扩大，认为凡是具有多面体外形的一切固体都称为晶体，如石英、石盐、方解石等（图1—1）。

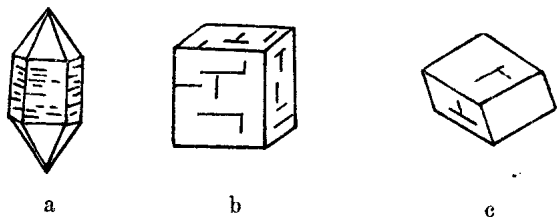


图1—1 几种晶体

a—石英；b—石盐；c—方解石

有些晶体由于生长条件的关系，无多面体形态，如长石、石英、云母三种矿物组成的花岗岩。因为相互拥挤着生长，石英晶体就没有多面体形态。

现在看来，上一说法不够严谨，因为只注意到外表现象而忽视了本质。晶体之所以能具有多面体外形是由于内部质点（原子、离子、分子）作有规律排列，因此，晶体就是内部质点呈规律排列的固体。

§1-1 晶体的一般特性

晶体物质种类繁多，所具特性也各有不同。但由于它们

都有内部的规律构造，因此，反映了晶体所共有的一般特性：

1. **异向性** 不同方向的物理特性不同，如深红色刚玉晶体的某些平面较其他平面硬度大约高25%，平行光轴的平面的硬度高于垂直光轴的平面，所以在深红宝石轴承生产中必须考虑光轴方向，以便获得很好的结果。

2. **均一性** 从晶体不同部位取下两个同一形状和同一空间方位的晶块，两者特性应绝对相同；任何晶体碎片与该晶体的物理化学特性应相同。

3. **自限性** 晶体在合适的条件下能自发地形成几何多面体形态，如石盐晶体在其溶液中结晶生长时，即形成立方体。晶体的外形不是人为的，因而也不是任意的，它受晶体内部构造的控制。

不具上述三种标志的固体物质均属无定形物质，如玻璃、树脂等，都不可能具备上述特性。在升高温度时，观察不到精确熔点是无定形物质的典型特性，它们只是从逐渐柔软到流动状态。

§1-2 晶体的内部构造及形成过程

晶体具有完整的规律的多面体外形，是其内部质点规律排列的反映。自劳埃用伦琴射线研究晶体构造以来，已有几千种晶体的构造经过了详细研究，证明晶体内部确是有规律的格子构造。

图1—2示自然铜、石盐、方解石晶体格子构造的小部分。格子构造单位用 $\text{\AA}$ (10^{-8} 厘米)来度量，因此只能用伦琴射线才能进行研究。

从石盐 (NaCl) 晶体构造来看，无论是氯离子还是钠离

子，在构造中任何方向都是每隔一定的距离重复一次出现，整个晶体构造都是这样的，所以晶体构造最明显的特点就是质点的分布是有规律的，而不是杂乱无章的。

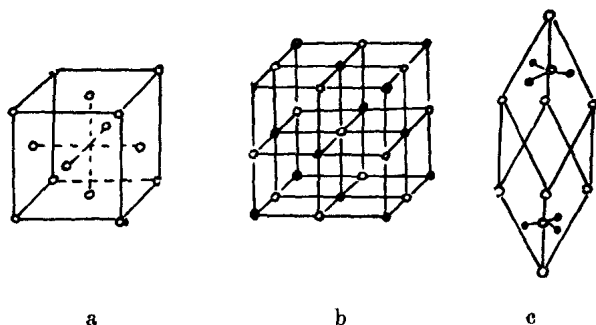


图1—2 晶体的格子构造

a—自然铜；b—石盐；c—方解石

质点分布的规律性是相同的质点作有规律的重复，相同质点在空间的各个方向上按一定周期重复出现。

观察晶体构造中相当的点，可以看出它们在空间是作格子状的排列。这种格子就称为空间格子。

布拉维用数学方法推导出，空间格子按晶胞形状（包括它的对称）以及结点在晶胞中的分布共有十四种(图1—3)。

晶体的形成过程实际上是物质质点由混乱到有规则排列的过程。这个过程可以人为地分为两个阶段：发芽和长大。

今以石盐 (NaCl) 为例：

1.发芽 在过饱和溶液中质点间的离子吸引力起主要作用，使它们彼此靠拢，形成线晶（图1—4a），线晶再靠拢形成面晶（图1—4b），而面晶相叠则成晶芽（图1—4c）。

2.长大 晶芽就是结晶中心，以后溶液中的质点就向它

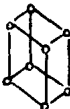
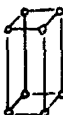
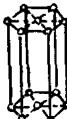
格子形状 晶系	格子模型	原始	底心	体心	面心
三斜					
单斜					
斜方					
三方					
四方					
六方					
立方					

图1—3 布拉維十四种空間格子

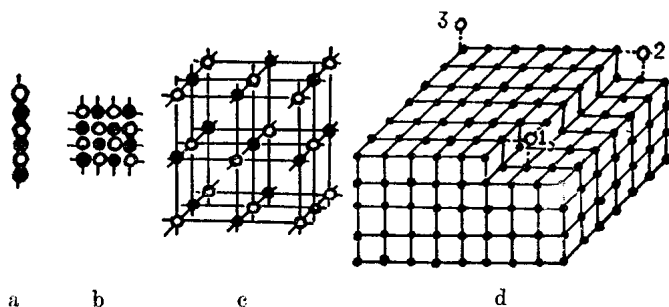


图1—4 晶体的发芽和长大

a—线晶；b—面晶；c—晶芽；d—晶芽长大

粘附，晶体就长大起来。晶芽长成（如图1—4d）以后，将再如何成长？溶液中游离质点将以怎样的顺序向晶体粘附？兹解释于下：

在晶体表面有这样三类地方：

（1）三面凹角1：质点落于此，将为三个最近质点所吸引；

（2）两面凹角2：质点落于此，将为两个最近质点所吸引；

（3）无凹角处3：只为一个最近质点所吸引。

显然，游离质点将优先落于1处，直至无此类位置后，再落到2处，最后才落到3处。

晶体生长的实际情况要比这复杂，但总的倾向仍是这样的〔6〕〔13〕^①。

§1-3 晶体的对称

晶体外形相等部分有规律的重复，称为晶体的对称。使

① 见参考文献〔6〕〔13〕。

晶体相等部分重复出现的操作称为对称操作，进行操作时所用的几何要素（点、线、面）称为对称要素。

研究晶体对称要素时，广泛地采用结晶学模型。晶体外形上可能存在的对称要素如下：

1. 对称面 如有一平面，能将几何模型对分为两部分，而此两部分的位置恰成物体与其镜象的关系，则此平面称为对称面，以符号 P 表示。等腰三角形的垂直等分线是对称的，矩形的对角线则是非对称的。

正长方体有三个 P （图 1—5a），立方体有九个 P （图 1—5b与c）。

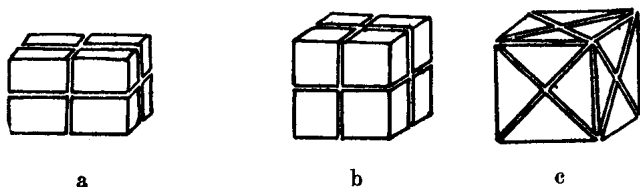


图1—5 a—正长方体有3p； b、c—立方体有9p



图1—6 石英晶体的六次对称轴

2. 对称轴 在晶体模型中设想有一直线，此直线旋转一定角度时，可使外形自相重合，此直线称为对称轴，以 L^n 表示，其中 n 表示转 360° 时发生重合的次数。

如图 1—6 中的石英晶体模型，绕通过晶体中心和顶点的一条直线旋转 360° ，则同样的面、棱、角可重合六次，这一直线称为对称轴，轴次为 6，用 L^6 表示。

转动时使其重合的最小角度称为基转角 α ，重合次数称为轴次 n 。