本课程的主要内容

授课方式

考核方式

基本要求

参考书目

课程的主要内容

绪论： 晶体学的发展历史

第一部分 结晶学基础

第一章 晶体的特性

实习一： 参观吉林大学博物馆

第二章 晶体构造理论

实习二： 观察晶体的格子构造

第三章 晶体对称性理论

实习三： 观察模型的对称结构

第四章 晶向、晶面等概念

实习四： 制作26面体模型

第五章 典型半导体材料及电子材料晶体结构特点及有关性质

第二部分 缺陷理论

第六章 点缺陷

第七章 线缺陷—位错

第八章 面缺陷

第九章 晶体缺陷及晶体表面的分析技术

授课方式：讲授和实习相结合

讲授和作业相结合

实习要求：周末全天开放

按时提交实习报告

作业要求：每章后的习题

按时交作业

考试要求：平时考核 20%

期末考试 80%

参考书目

1.《晶体学基础》 秦善

北京大学出版社，定价：20.00元

网址：

http://sess.pku.edu.cn/persons/qinshan/mineral.php

2.《结晶学教程》 王萍 李国昌

国防工业出版社，定价：22.00元

3.《晶体学原理》 方奇 于文涛

国防工业出版社，定价：28.00元

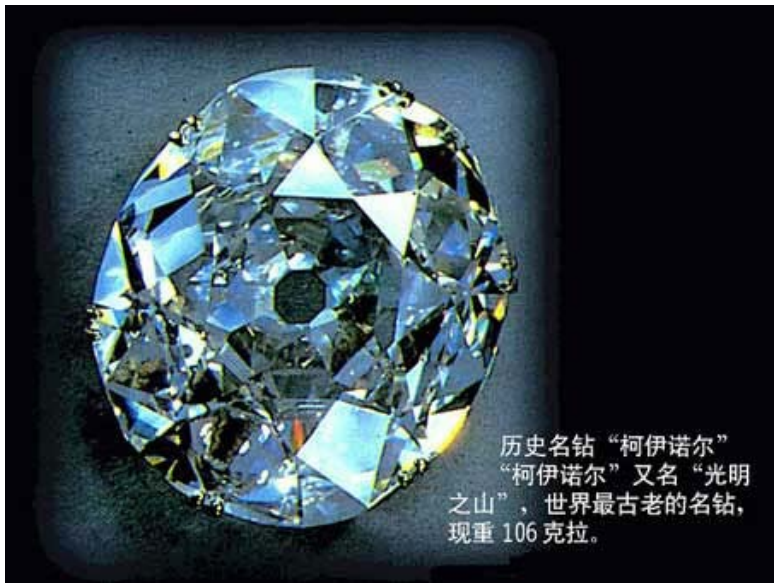
一、感性认识阶段

人类对晶体的认识：宝石、珍品、宠物；

晶体的特点：色彩夺目

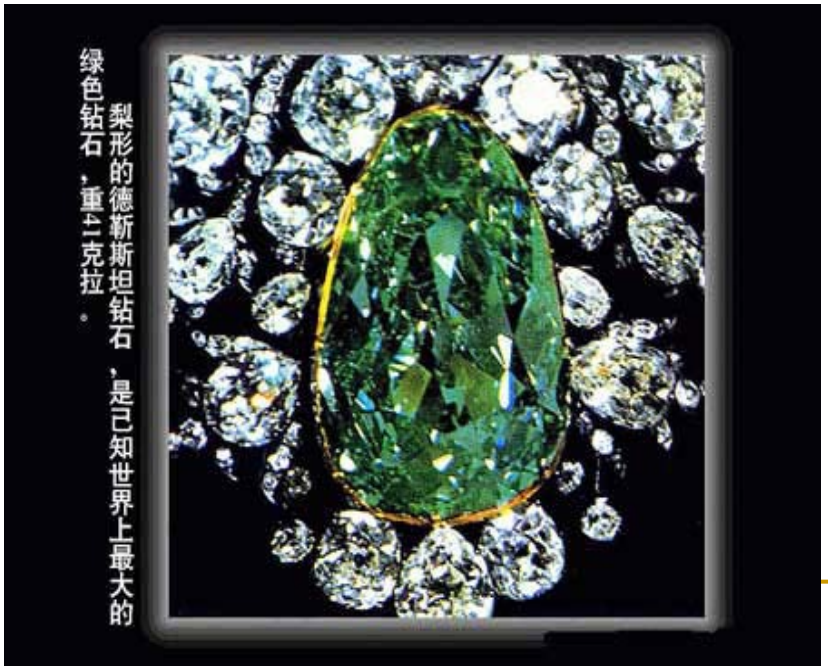
形状规则

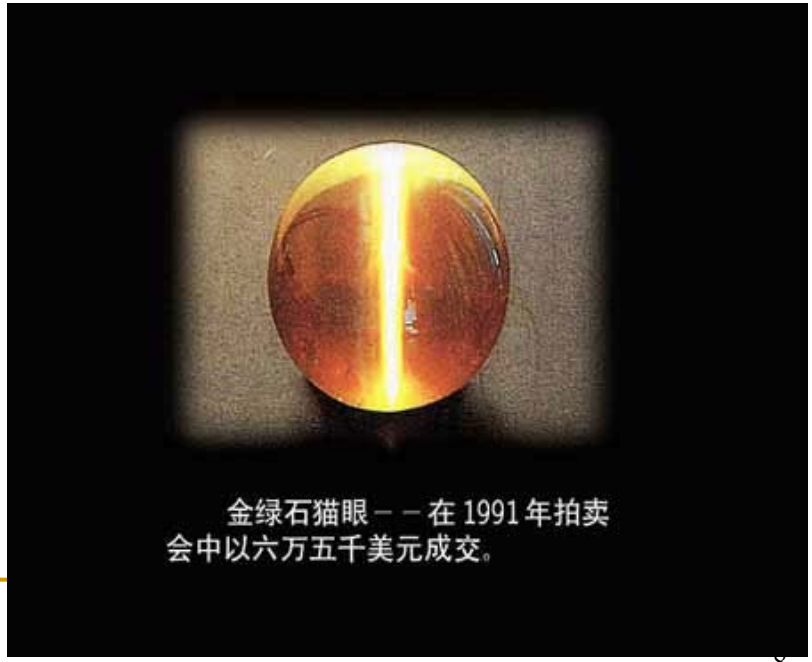
吉祥的象征



噩运之钻“希望”
“希望”重 45.52 克拉，深蓝色，世界著名珍宝。

世纪钻石
重273克拉，仅次于克利兰一号及二号。一九八零年在南非发现，原石重599克拉。经过专业切磨师耗用三年的时间，精心研究琢磨，这颗毫无瑕疵的巨钻终于展露万丈光芒！


梨形的德靳斯坦钻石，是已知世界上最大的绿色钻石，重二克拉。


金绿石猫眼－－在 1991 年拍卖会中以六万五千美元成交。

二、经典的结晶学建立阶段

100多年前，18世纪末~19世纪初，欧洲科技迅速发展

1、1784年，法国，浩仪，结晶学的奠基人提出：

晶体是由无数微小的平行六面体(称原始单位)并置而成

这就是浩仪的晶体结构理论

2、1803年，英国，道尔顿，提出原子学说，认为：

构成晶体的最小颗粒是原子、分子

建立了晶体结构的空间点阵理论

3、1842年，德国，富拉坎海，提出：

空间点阵有15种排列形式

4、1848年，法国，布拉菲

确定14种空间点阵型式，后称14种布拉菲点阵

5、1830年，德国，赫赛尔，提出：晶体32种对称类型；

1869年，俄国，加格林，提出：晶体32种对称类型；

6、1885～1890年，俄国，费德罗夫提出：

晶体有微观对称类型 230种

7、1891年，德国，熊夫利提出：

晶体的微观对称性有230种

- 7个晶系
- 14种布喇菲格子
- 32种点群
- 230种空间群

经典的结晶学理论在十九世纪末基本建立起来

理论上的推断，缺乏实验验证手段。

三、现代结晶学的建立阶段——

劳厄的发现和X射线晶体学的诞生

1、X射线的发现

1895年，德国物理学家伦琴发现了一种新的射线，

X—射线的实质是什么？

是电磁波？还是粒子流？

2、劳厄的晶体衍射实验(1912年)

劳埃，X射线衍射实验

索末菲(德国，孟宪大学)推测劳厄的科学设想。

厄瓦耳(晶体光学)，夫里德里克和尼平(X射线技术)的协作，1912年从$CuSO_4 \cdot 5H_2O$晶体上获得第一张X光射线衍射照片。这一著名的实验发现

同时，证明了X射线是一种电磁波和晶体具有格子构造

两大科学前沿问题；同时促进建立了两个新学科：

X射线晶体学　　X射线光谱学

3、布拉格的理论和实验贡献

Cambridge 大学的 W.L.Bragg (son)

Leeds大学的 W.H.Bragg (father)

在劳厄实验的工作基础上作了许多工作。特别是W.L.Bragg在解释劳厄实验的劳厄方程中，推引出目前X射线理论和实验最常用的布拉格方程，并且开始了X射线晶体结构分析方面的工作。

历代宝石

自古以来，无论何处的人，天生就喜欢美丽而有价值的东西，往往用当地所发现的任何宝石——从贝壳到蓝宝石——来装饰自己。今天，世界上各式各样的宝石，只要买的起便可以得到。现在的宝石产地比以往任何时候都多，新的宝石不断上市，珠宝的设计不断推陈出新，然而宝石固有的魅力——美丽、耐用、稀有——永远不变。

石英颗粒

这条加纳项链中的卵石曾用作货币。

最早的用途

人们最初使用宝石，或许是因为它们即美丽又耐磨。即使在当时，美就没有被忽视。古代文明的确纯粹是为了装饰而琢磨宝石。虽然大部分的图案很原始但有些却非常复杂，表面还图有油彩。宝石一直被作为贵重礼品；由于方便携带且具有内在的价值，使其自然被用作货币。

黑曜岩斧头

黑曜岩为天然火山玻璃，可制成像剃刀一样锋利的工具或武器。

石灰岩中的祖母绿

人们搜寻褐母绿已有几千年的历史，已知最早的开采活动可追溯到公元前 2000年的埃及。

古代珠宝

十八世纪前制作的珠宝已所剩无几，最好的作品当属古埃及，其中大多是黄金上镶 嵌着绿松石、青金石和光玉髓之类的宝石。这些珠宝显示出古埃及金匠的精湛工艺：黄金的提纯、退火、焊接，宝石加工可能要使用砂石沙；这门技术古代中国人也通晓。罗马人继续发展出磨光而非镶嵌的工艺。到了黑暗时期，尽管哥特式的风格讲究实用，主要是制扣子和戒指，金匠工艺终究留传了下来。

被缀戴络

历代的文化都将珠宝用于装饰。
这幅十八世纪后期纤细画像展示了
一位身着华丽的项链、耳环、手镯和口护身符的印度妇女。

人鱼

这件十六世纪典型的垂饰，以一颗珍珠当成躯干，
周围用钻石和红宝石镶嵌在黄金底座中。

现代珠宝

十五世纪发现美洲，欧洲的宝石贸易因此得以扩展。到了十六、十七世纪，珠宝商们可使用来自世界各地的宝石。随着富商阶层的出现，更多的人拥有宝石，钻石首先变得时兴起来。到了二十世纪，对买得起的宝石以及价值连城的稀罕宝石需求量不断增大，人们必将继续用更多不同的宝石来制造珠宝。

宝石镶嵌的现代胸针

珠宝已历经多种款式变化，从十六世纪的巴罗克风格和十七世纪的花卉图案，到二十世纪的 装饰性艺术以及其他种种。

抛光与雕刻

抛光

借助砂砾或磨粉，或与另一种宝石摩擦而在宝石表面产生光泽，称为抛光。深色宝石和半透明或不透明宝石，如蛋白石和绿松石，常采用抛光而非刻面的方法进行加工；有机珍宝也如此处理。它们可能被磨 成圆粒或平面的东西以便于镶嵌，或琢成凸面型(即带有光滑的弧形表面)，通常其圆拱形顶部高度磨光，底部则平坦。

马达驱动的抛光滚筒

经抛光的卵石

硬度相似的宝石，碎块放入有研磨料和抛光粉的圆筒内滚转，可变成引人注目的卵石

雕刻

雕刻一般是指将大块材料雕琢成装饰品。硬度达到莫氏硬度7的宝石常被古代埃及、巴比伦和中国人用来雕刻。在印度，含有杂质的刚玉(刚玉砂)被用以琢磨和 雕刻，现代人则使用手工凿子或车床。常用于雕刻的宝石有蛇纹石、蓝氟石、孔雀石、蓝铜矿、蔷薇辉石以及菱锰矿。

中国的雕刻艺术

中国的宝石雕刻可追溯到新石器时代，当时最 珍贵的材料为进口软玉。现在中国人仍在制作 如这个宝塔之类的装饰品。

阴刻

阴刻系用锋利的仪器(称为刻刀)在宝石表面上凿出线条、孔眼或凹槽作为装饰。在阴刻作品中，浮雕与凹雕宝石最为常见。浮雕是在平面上雕出图案(常为人像侧面)，而将其周围的背景切除。凹雕则是切除主体，而非背景部分，以产生反的图像，粘土和蜡可以此方式制成图章。凹雕宝石尤受古希腊、罗马人青睐，至今仍为收藏者们所珍视。文艺复兴时期阴刻宝石在欧洲盛行一时。英国的伊莉莎白时代浮雕肖像宝石常作为礼品赠予他人，尤其在贵族阶层。长久以来，具夹层的宝石一直被用以浮雕或凹雕，缟玛瑙和红缟玛瑙尤受喜爱。其他适宜阴刻的宝石还有水晶、紫水晶、黄水晶、绿柱石、橄榄石、 石榴石、青金石和铁赤矿，以及诸如象牙和煤玉之类的有机珍宝。

黄金雕刻

用于珠宝的黄金和其他贵金属表面可用手工凿刀饰以复杂的图案。

珍珠圆粒

圆粒

珍珠之类的圆形宝 石经钻孔后，可用线串成项链。

凸面型

这种简单的切磨可展示不透明和半透明宝石的色彩和光学效果。

凸面形金绿宝石

月长石浮雕

雕刻

本书所用的这种浮雕标志，意指雕刻与阴刻两者。

抛光宝石

具有平坦抛光表面的装饰宝石可用作饰物和珠宝。

抛光后的天石石板

现代设计

这件黄水晶棱柱其简洁的建筑线条和精湛的刻工充分展示了现代设计者的才能与技艺。该作品的制作者芒斯特纳采用传统的切磨方式创造出古典而类似雕塑的现代珠宝。芒斯特纳是德国伊达尔·奥伯施泰因的众多艺术家之一，该地与香港是当今公认最重要的宝石琢磨和雕刻中心。

历史与传说

有关宝石的神话和传说多得不计其数，其中有些是诅咒的宝石，有的则是具有特殊的治病能力，或保护，并为佩带者带来好运。

秘鲁人的神祇

这把十二世纪秘鲁人的匕首用饰有绿松石的黄金制成，刀柄塑成神的形象。

死亡面具

这具饰以绿松石的阿兹台克葬礼面具，可加速进入另一个世界。

姆指防护戒

这枚十七世纪镶着红宝石和祖母绿的戒指，在弓箭手射箭时可保护大姆指。

晶体透视

自希腊和罗马时代，抛光的水晶球就一直被用来预测未来。一块完美无瑕、大得足以磨光的宝石得之不易，因而更添加其神秘色彩。神秘家凝视着水晶球，再解释那迷糊不清的“影像”。

水晶球

诞生石

传统认为，某些宝石与一年中的不同月份有关联，在其“影响”下出生的人物 意味着幸运或重要。这或许根源于古代的信仰一宝石来自天国。许多文化将 宝石与黄道12宫联系在一起，而有些则取一年中的各个月份。诞生石的选择因国家而异，可能取决于宝石是否可得、当地的传统或时尚。佩戴诞生珠宝的风俗始于十八世纪的波兰，此后便传遍整个世界。

黄道12宫

这块水晶被制成五边形的十二面体，每一面都刻有黄道带的一宫。

晶体的治疗功效

相信宝石具有特殊治疗功效的历史非常久远。古代部落中巫医的仪式就是证据。今天使用水晶的医治者认为，每一种宝石都 能影响身体某一特殊部位的健康，放置在重要神经点的宝石反射出的光可被人体吸收，并提供治愈的能量。

水晶

水晶外观晶莹剔透受人珍视，常被选作治疗晶体。

水晶垂饰

据信，贴紧肌肤佩戴宝石可起治愈或保护作用。

晶系

根据矿物晶体的对称性，几何形状可分为六大晶系。每个晶系有多种不同的形态，不过，同一个晶系内的所有形态都与该晶系的对称性有关。研究矿物集合体，可得知矿物属于哪个晶系。标示在每种矿物侧旁的蓝色小图表示该矿物所属晶系。

等轴晶系

晶体主要呈立方体，不过也呈八面体和十二面体。

黄铁矿

单斜晶系

最常见的晶系之一对称性低等轴晶系。

透石膏

三斜晶系

对称性最差的晶系。

斧石

斜方晶系

此晶系的典型特征是晶体呈柱状和扁平板状。

重晶石

正方晶系

晶体一般比等轴晶系的长。

符山石

六方晶系
三方晶系

这里将类似的这两个晶系归为一类，因二者有相似的对称性。

绿柱石

TOP

肾状	块状	针状	柱状
圆形的肾状块体。	无定形。	纤细针状块体。	柱状晶体集合。

赤铁矿

褐铁矿

钙沸石

绿柱石

刃片状	树枝状	柱状
看似刀刃	状如树枝	呈相同断面

阳起石

铜

重晶石

解理是矿物沿一定的薄弱面裂开的方式，这些面一般处于原子层间或原子化学键力最弱的向。尽管解理面非常平整和均匀地反射光线，但不如晶面那样的光滑。这里将解理描述为完全、清楚、不清楚和无解理。

完全底面解理	完全菱面体解理	完全立方体解理	完全柱状解理

沿锂云母晶体底面裂开

冰洲石完全的菱面体解理

方铅矿的立方体解理

平行于白铅矿晶柱的解理面

红色或粉红色

始终呈红或粉红色

玫瑰石英83
浑浊，独特的
粉红色彩

紫锂辉石120
多向色性强
烈， 解理完全

红绿柱石78
颜色独特，
硬度高

锰黝帘石116
颜色混合
独特，块状

粉红色钙铝石榴石60
颜色独特，
细粒，不透明

权草红饰石74
块状，不透明
可能色彩斑驳

菱锰矿100
细粒，具条纹，
亦有透明的刻面
宝石

蔷薇辉石132
块状材料内
含黑色脉纹

红绿柱石78
极其稀有，
极少切磨

红宝石94
红色独特，

贵榴石59
颜色独特，
光泽强烈

红榴石58
颜色独特，
内含物罕见

红电气石101
多向色，
切磨成猫眼
的凸面型

无色宝石

始终无色

卤性硼酸铍石115
解理完全、
宽幅双折射

硅铍石98
如精心切磨，
将呈银色

钠长石130
玻璃至珍珠
光泽

白绿玉77
常见大钉形
的内含物

磷酸钠铍石118
缺乏火彩，
柔软，易碎

水晶81
玻璃光泽、
透明

透锂辉石129
黄、绿或
白色调

硅硼钙石129
黄、绿或
白色调

无色电气石102
极为稀有

通常呈无色

白钨矿70
硬度低，火彩佳，
不常见

天青石105
硬度低，
仅收藏者切磨

钻石54
金刚光泽，
多火彩

赛黄晶110
黄粉红色调，
明亮，少火彩

白铅矿105
金刚光泽，密度高，
硬度低

有时无色

白云石99
硬度低，
玻璃至珍珠
光泽

蓝柱石129
稀有，黑色
矿物内含物

月长石123
蛋白、蓝或
白色光彩

无色正长石122
三面解理完全

方柱石71
稀有，
玻璃光泽

萤石66
硬度低，
火彩少，
赤铁矿内含物

锆石72
金刚光泽，
火彩佳

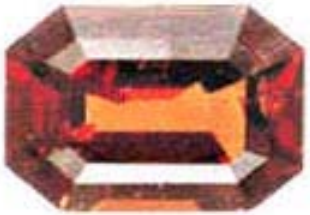
蓝宝石96
稀有，
密度高，
硬度极高

磷灰石79
硬度颇低

其它宝石
顽火辉石111
钙铝石榴石61
黄玉106

通常呈红或粉红色

铍晶石80
硬度高，
极稀有



锰铝榴石58
具花边形内含物，
宝石材料罕见

有时呈红或粉红色

硬玉124
抛光宝石
表面呈漩涡状

黄玉106
颜色独特，
硬度、密度都很高

西瓜电气石103
颜色独特

蓝宝石97
密度高，
质地坚硬，
多向色

珊瑚142
表面有纹理，
硬度低，会褪亮

尖晶石64
硬度高，单折射

碧玉92
颜色独特，
不透明

其它宝石
锆石73
金红色71
菱锌矿99
方柱石71
夹层榴顶石61

白色或银色

始终呈白色或银色

乳石英85
独特的
乳白色

铂52
金属光泽，
密度高，
不透明

银50
金属光泽，
硬度低，
不透明

硅硼酸矿128
似白垩，
不透明，
硬度较低

象牙146
硬度低，
表面有
生长纹

海泡石119
似白垩，
不透明，
细粒，
硬度低

石膏128
丝质以至
玻璃光泽，
硬度低

通常呈白色或银色

珍珠138
珍珠光泽、
硬度低

贝壳144
彩虹色，
硬度极低

有时呈白色或银色

方解石98
硬度低，
宽幅双折射

蛇纹石127
玻璃至
油脂光泽，
半透明

软玉125
坚韧的连锁结构

其它宝石
玛瑙88
珊瑚142
蛋白石134
月长石123

黄到棕色宝石

始终呈黄棕色

硫酸铅矿114
密度高，
易碎，
火彩佳

黄水晶83
颜色独特

巴西石118
易碎，
硬度低，
稀有

锡兰石114
多向色，
宽幅双折射

金绿柱石77
多向色，
高硬度，
色调柔和

金48
颜色独特，
硬度低

帕德马刚玉95
橙粉红色
独特，
硬度高

光玉髓93
半透明，
红棕色

火彩蛋白石134
密度低，透明

红缟玛瑙90
白色夹层独特

钙铝石榴石60
颗粒状内含物

日长石130
明亮的金属
内含物

紫苏辉石112
红彩虹色，
硬度颇低

镁电气石102
多向色，
表现两种主体色

锡石70
密度高，
火彩佳

玳瑁144
表面斑驳
而独特

烟水晶84
独特的灰棕色

绿帘石121
多向色性强，
易碎，
罕经切磨

其它宝石
黄榴石107
黄铁矿63

通常呈黄棕色

磷铝石132
玻璃至
珍珠光泽

黄正长石122
易碎，猫眼

符山石74
多向色，
玻璃至金刚
玉光泽

闪锌矿63
火彩佳，
金属至
玻璃光泽

榍石121
火彩极好，
多向色

琥珀148
硬度低，
树脂光泽

酒色石英85
扁平内含物

斧石133
多向色，
易缺损

顽火辉石111
易碎，
吸收光谱
独特

十字石117
不透明，
双晶呈十字状

有时呈黄棕色

金红石71
火彩好，
针状内含物

葡萄石115
通常呈浑浊
和半透明状

白钨矿70
硬度颇低，
火彩佳

细光石英86
纤维结构

苔纹玛瑙89
半透明，
苔藓图案

蛇石104
硬度极低，
微晶质

锰铝榴石58
硬度高，
花边形内含物

重晶石104
密度高，
硬度低

金绿宝石108
硬度高，
多向色性强

其他宝石
钻石54
翠榴石62
萤石66
锆石72
碳灰石79
蓝宝石96

绿色宝石

始终呈绿色

硅孔雀石126
颜色独特，
硬度低，
不透明

祖母绿75
颜色独特 ，
很少无瑕疵

贵橄榄石113
独特的油脂状
绿色

翠绿锂辉石120
颜色独特，
多向色

绿铜矿99
颜色独特，
宽幅 双折射

血玉髓93
不透明，
具红色斑点

钙铬榴石59
颜色独特，
晶体易碎

葱绿玉髓92
半透明，
深绿色

孔雀石126
颜色夹层别
具一格，
硬度低

摩达维石137
玻璃般的，
气泡和漩状内含物

变宝石108
颜色富变化，
多向色，
高密度

红柱石110
多向色性强

通常呈绿色

蛇纹石127
玻璃至
油脂光泽，
硬度颇低

硬玉124
细粒，
可能呈酒涡状

透辉石119
宽幅双折射

翠榴石62
石棉内含物，
金刚光泽

酒乳石英85
扁平内含物，
玻璃光泽

软玉125
坚韧的连锁结构，
油脂至珍珠光泽

其他宝石

葡萄石115

有时呈绿色

微斜长石123
独特的蓝绿色

玛瑙88
半透明，
条纹清晰

西瓜电气石103
双色

钻石56
硬度最高
的天然 物质，
火彩佳

蓝宝石96
密度高，
硬度高，
多向色

磷灰石79
吸收光谱独特

锆石72
火彩佳，
金刚至
树脂光泽

钙铝石榴石61
玻璃光泽

夹层榴顶石61
两部分结合

顽火辉石111
吸收光谱独特

镁柱晶石113
多向色性强，
宝石 材料稀有

闪锌矿63
硬度很低，
火彩佳，

其他宝石
萤石66
蓝晶石133

蓝或紫色宝石

始终呈蓝或紫色

海蓝宝石76
管形内含物，
多向色

天蓝石128
常色彩斑驳

蓝方石68
微型宝石，
很少切磨

绿松石131
颜色独特，
易碎

碧电气石101
多向色性强

蓝铜矿126
颜色独特，
易碎，
硬度低

青金石69
蓝色与众不同，
黄铁矿内含物

方钠石68
独特的蓝色

黝帘石116
多向色性强

紫水晶82
虎纹形内含物

通常呈蓝或紫色

硅线石111
多向色性
明显，
解理佳

蓝线石117
通常
呈块状，
颜色独特

硅酸钡钛矿80
火彩佳，
双折射

堇青石112
多向色性强

蓝晶石133
多向色，
易碎，
薄片状

有时呈蓝或紫色

萤石66
缺乏火彩，
硬度低，
解理佳

黄玉106
多向色，
高硬度，
泪状内含物

锆石72
火彩好，
金刚玉
至树脂光泽

菱锌矿99
蓝色独特

蓝宝石95
高密度，
高硬度，
多向色

方柱石71
猫眼，
纤维内含物

尖晶石64
硬度高，
单折射

斧石133
多向色，
易碎

其它宝石
磷灰石79
金绿宝石108
钻石54
夹层榴顶石61
蓝柱石129
玛瑙(经染色)88
硅硼酸矿(经染色)128

黑色宝石

始终呈黑色

赤铁矿100
金属光泽，
不透明虹彩

黑电气石103
不透明，
玻璃光泽

煤玉140
硬度颇低，
温度高时溢出
煤味

通常呈黑色

黑曜石136
似玻璃，
硬度高，
泡状内含物

有时呈黑色

黑榴石62
金刚至玻璃
光泽

钻石54
金刚光泽，
硬度高

玻陨石137
似玻璃，
表面有裂缝

珊瑚142
对热敏感，
硬度低

彩虹色宝石

蛋白石134
彩虹色，
可能干裂

火玛瑙87
虹彩色似
油环的色彩

钙钠斜长石130
黑色主色上
呈彩虹色

珍珠母145
表面呈蓝和紫色
的彩虹色