

石榴子石大家族

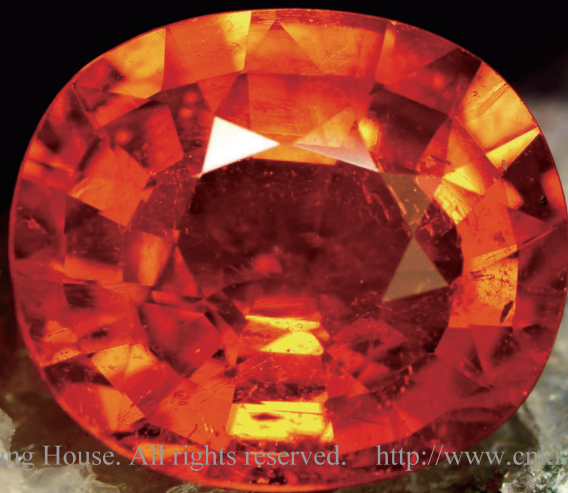
□ 文图 / 张 超

作者简介 张超，工程师，长期从事地学研究及地学科普相关工作。

石榴子石是一族矿物的统称，属于岛状结构硅酸盐矿物。日常见到的石榴子石大致分为两个系列，钙质系列和铝质系列，一共六种。石榴子石是一类分布广泛的岩石，尤其是在变质岩中储量丰富。石榴子石种类丰富、形态规整、颜色多样、硬度较高，是人们最为喜爱的中高档宝石之一。

现藏于大英博物馆的古埃及时代那卡尔二世的王冠上镶嵌着一种宝石，它是由许多打孔抛光制作的小珠组成的，这些珠子的绝大部分正是石榴子石。石榴子石在很早以前就被人们当做宝石使用，在维多利亚时代，贵榴石和红榴石的饰品在当时发展非常迅速，已经成为上流社会珠宝首饰的常见品。我国《石雅》中称呼石榴子石为“八角石”“马肯的石”等，据传慈禧太后去世后，嘴中所含的宝石就是一颗具有变彩效应的石榴子石。那么石榴子石到底有着怎样的魅力呢？

> 橘黄色璀璨式切割石榴石 中国彩色宝石网 / 供



石榴子石（简称石榴石）的名称与其晶体形态和颜色密切相关，因为与石榴籽的形状、颜色十分相似而得名。石榴石的英文名称 Garnet 由拉丁文 Granatum 演变而来，意指“像种子一样”或“很多种子”。虽然日常见到的石榴石多为红色系，但石榴石的颜色种类很多，几乎每一种色彩都有，较常见的有红色系（红色、粉红色、紫红色、橙红色）、黄色系（黄色、橘黄色、蜜黄色、褐色）、绿色系（翠绿色、橄榄绿色、黄绿色）。

成分与性质

之所以说石榴石是一类矿物的合称，就要从它的化学成分说起。石榴石族矿物的化学通式为 $A_3B_2(SiO_4)_3$ 。其中 $(SiO_4)^4-$ 为硅氧

四面体组成的络阴离子，是硅酸盐矿物的基本组成架构。A 代表二价阳离子，可以是铁、镁、锰、钙等离子；B 代表三价阳离子，可以是铝、铁、铬、锰、钛、锆、钒或硅等离子。当 AB 两类离子随机配对时，就可以形成类质同象现象，理论上可以随意地排列组合并拼凑在一起，形成 $4(4 \text{ 个 A}) \times 8(8 \text{ 个 B}) = 32$ 种组合形式。但实际上，受到离子半径、离子含量以及形成限制，常见的种类并不多。

石榴石晶体结构中孤立的硅氧四面体由二价和三价的阳离子连接，这种紧密的结构，决定了其内部各向受力的均一性，决定了它的物理性质。石榴石为等轴晶系，表现为矿物的三向等长、无解理，经常形成菱形十二面体、四角三八面体等形态。在菱形

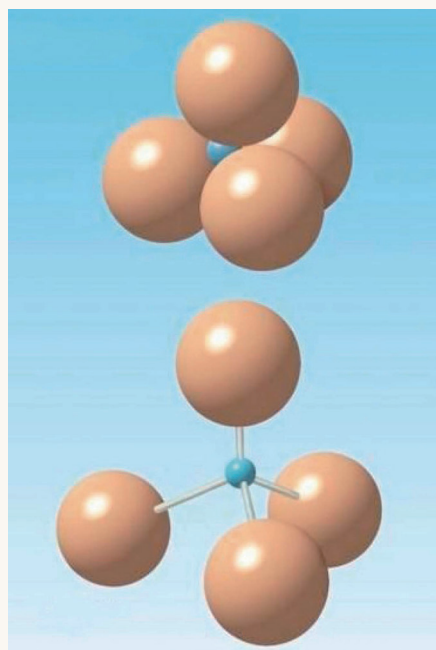
十二面体的晶体上经常出现平行四边形长对角线的聚形生长纹。集合体为粒状或块状，颜色通常为红色、褐色等，密度大，硬度 $7 \sim 7.5$ ，略大于石英（7）。高硬度使得其抗风化能力较强，化学性质非常稳定。

石榴石一般产于变质岩系中。其中区域变质岩中的片岩里的石榴石主要为铝系石榴石，接触变质作用形成的矽卡岩中多为钙系石榴石。高温条件下形成的超基性岩和高压变质带形成的榴辉岩中的石榴石大多为镁铝石榴石，含铬的超基性岩中则会形成钙铬石榴石。

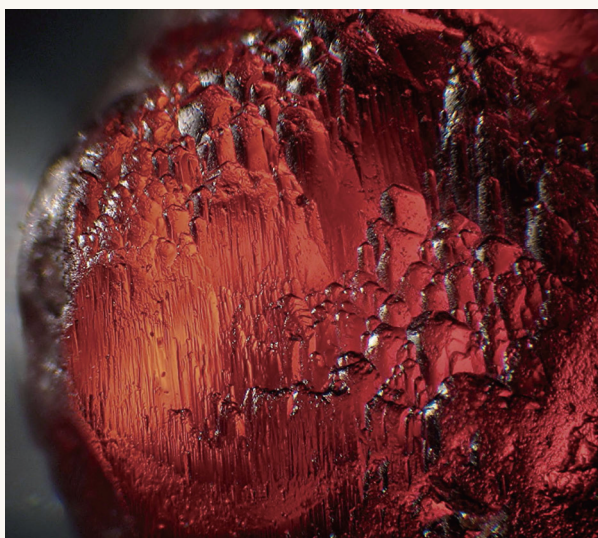
得益于其高硬度，石榴石最主要的用途是作为研磨材料，可被制成不同粒度的金刚砂产品使用。石榴石还被用作抛光和擦洗材料；高级别防滑路面材料、建

Tip1 硅酸盐是一类以硅和氧两种元素组成基本架构的矿物类别。硅和氧形成的硅氧四面体结构稳定，这也是硅酸盐矿物非常多的原因之一。而岛状硅酸盐是根据四面体的连接方式来命名的，单个硅氧四面体通过其他金属阳离子连接起来，就好比一座座小岛被航线连接一样。

Tip2 类质同象是指在矿物结晶的过程中，离子或原子原本的位置被其他离子或原子取代或替换，形成仍然均一的晶体，晶体的内部结构基本没有变化。比如在钙铁石榴石形成过程中，如果周围环境铬元素较多，因为铬与铁的离子半径相似，化合价相同，容易进入晶格中部分替代铁原来的位置，形成铬铁共存的晶体。这种现象就叫类质同象，形成的晶体称为类质同象混晶，如果两种元素可以按照任意比例混合就叫做完全固溶体系列。



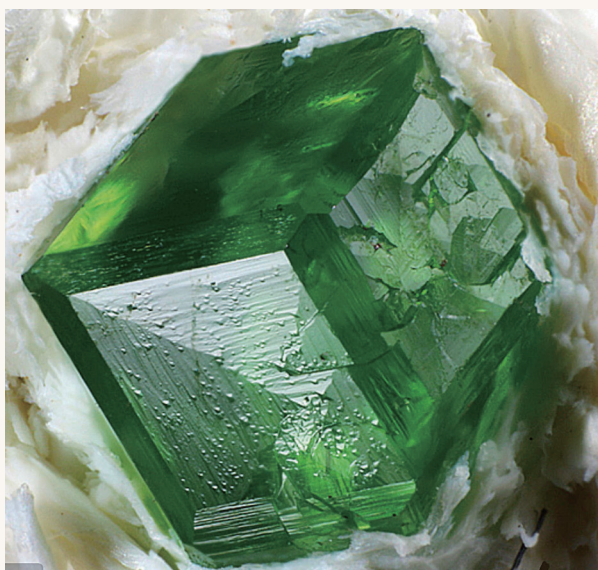
> 硅氧四面体



> 镁铝榴石 捷克 @Vitezslav Snasel



> 锰铝榴石 福建漳州 @Manfred Kampf



> 钙铁榴石 意大利 @Chinellato Matteo

Tips3

变色效应是一种特殊的宝石光学效应，是由于宝石内部的致色元素对光波能量的选择性吸收达到平衡而形成。简单来说，就是指不同的灯光照射下，宝石会呈现不同的颜色。

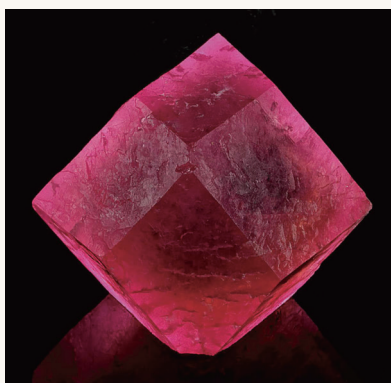
筑饰面材料、橡胶与油漆填料、石油泥浆加重剂；净水厂的过滤水材料，等等。优质石榴石可用来制作钟表、仪器的轴承，颜色美观、形态完整、透明无裂纹的还可作为宝石使用。宝石中的“紫牙乌”“火石榴石”“翠榴石”“乌拉尔翡翠”“波西米亚石榴石”“肉桂石”等都是宝石级石榴石的别称。

家族分类

自然界中常见的石榴石，按照成分被人为分成两组完整的固溶体系列：铝质系列和钙质系列，其中包含了6个主要品种，铝质系列有镁铝榴石、锰铝榴石、铁铝榴石，钙质系列有钙铁榴石、钙铬榴石、钙铝榴石。除了这两个系列内部可以完全相互转化，形成类质同象混晶，在两个系列之间也可以发生不完全的置换。因此我们见到的所有石榴石的成分都很复杂，可能含有不同比例的金属离子成分。

镁铝榴石 ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) 是一种红色系的石榴石，可以为暗红色、紫红色、粉红色、橙红色等。其颜色色调主要取决于内部铬、铁等金属阳离子的含量。当铬含量较高时，还可以表现出变色效应。宝石级的镁铝榴石被称为红榴石。镁铝榴石是一种高压矿物，常常形成于金伯利岩、玄武岩等超基性、基性岩浆岩，或榴辉岩等高压变质岩中。在寻找金刚石矿时有指示意义。

锰铝榴石 ($\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) 常见颜色为黄色—红色，其中以橙黄色的最为珍贵，被称为芬达石。之所以叫作芬达石，是因为在纳米比亚发现的一种锰铝榴石具有和芬达汽水一样的颜色，受到人们追捧。目前世界上只有斯里兰卡、尼日利亚等国产出，非常罕见。纯净的锰铝榴石非常少见，常常与少量铁铝榴石混合在一起。只有在锰矿床的接触变



> 钙铁榴石 墨西哥 @Andreas Schmid

质区域、富锰沉积的区域变质带以及花岗岩和伟晶岩的矿脉中，才可以见到纯净的锰铝榴石。

铁铝榴石 ($\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) 可呈现淡粉色或深红色，风化后可变为褐红色、黑色等色调，是最常见的石榴石矿物。因含有磁

铁矿，铁铝榴石可具有弱磁性，有时会发育有金红石针状包裹体，经过切割会表现出四射星光效应。常产于片岩、片麻岩等变质岩中，可以指示变质程度的深浅，也可能出现在岩浆岩中。通常被用作研磨剂，切割后可作宝石。

钙铁榴石 ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$) 具有多种颜色，钛含量不同时表现出黑色或黄色。黑色的叫作黑榴石，黄色的叫作黄榴石，含少量铬时会表现出黄绿色、绿色，叫作翠榴石。钙铁榴石可作为观赏宝石，色散值比钻石更强。其中翠榴石除了高色散之外，晶体中经常会有“马尾巴”状的包裹体，是它的重要标志特征。俄罗斯乌拉尔山是翠榴石的主要产地，因为它独特诱人的绿色，常被叫作“乌拉尔翡翠”或“乌拉尔祖母绿”。

钙铝榴石 ($\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) 颜色为无色到白色，粉色、橙色到红色，褐色、黑色等。其颜色与成分中的微量钛、铬、锰等元素有关。常产于富钙的区域变质岩和热变质带中，可作为矽卡岩型白钨矿的找矿标志。红褐色的钙铝榴石又叫做桂榴石，成因是铁离子部分取代钙离子。浅绿色、祖母绿色的透明钙铝榴石称为沙弗莱石，是一种含有铬钒的钙铝榴石，非常稀少，只出产于巴基斯坦、坦桑尼亚等国。

钙铬榴石 ($\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$) 是最罕见的石榴石宝石。是一种深绿色的透明晶体，其明亮的绿色来源于铬元素，最早发现于俄罗斯乌拉尔



> 铁铝榴石 奥地利 @Tobi
<http://www.cnki.net>



山脉。芬兰奥托昆普地区有世界上质量最好的钙铬榴石。中国西藏和四川西部也发现了宝石级钙铬榴石。出产于含铬的岩浆岩和变质岩中，可作为铬铁矿的找矿指示物。

除了以上介绍的这些，还有一些石榴石产量较少，比如镁铬榴石、镁铁榴石、钙钒榴石、钙钛榴石等。

目前还有一些人工合成的石榴石，其中钇铁榴石，化学式为 $Y_3Fe_2(FeO_4)_3$ ，因为具有磁性、磁光性被应用在微波及光学通信仪器中。人造钇铝榴石化学式为 $Y_3Al_5O_{12}$ ，因制作原料成本非常低，加工流程简单，常被用作钻石的主要替代品。

还有一些矿物虽然名字里边有“榴石”字样，但却不属于石榴石族的矿物，如白榴石。白榴石虽然和石榴石一样也属于硅酸盐，且具有菱形十二面体、四角三八面体的结构，但实质上白榴石是一种含钾的铝硅酸盐（化学式 $K(AlSi_2O_6)$ ），化学成分与似长石相似，属于似长石矿物。通常产出于岩浆浅成侵入岩和喷出岩中，意大利的维苏威火山和美国的白榴石山是世界著名的白榴石产地。绿碧榴（或称葡萄石）虽然名字中也有一个“榴”字，但其实它是一种铝硅酸盐，而不是字面意思的绿色石榴石。还比如日光榴石，其实是自然界中一种富含铍金属元素的矿物。它的化学式是 $Fe_4[BeSiO_4]_3S$ ，是一种架状硅酸盐矿物，常产于花岗岩、伟晶岩、矽卡岩中，主要用来提炼铍金属。

象征意义与文化内涵

石榴石，一个来自地球深部的精灵，经历了烈火和高压的考验来到地表，在被人类发现、认识、采掘并加以利用之后，又被赋予了丰富的文化内涵。因为最早被发现和利用的石榴石大部分都是红色的，所以人们就把它和火热、激情联系到一起。曾经围绕石榴石诞生了很多美丽的爱情故事，于是人们把这些情丝都寄托在了石榴石身上。石榴石被认为是一月的生辰石，也是结婚两周年纪念石，象征着忠诚与爱情。作为少数几种不需要经过优化处理的宝石，它的高硬度、持续耐久和几乎覆盖所有色系的特点使其成为世界上最令人激动的宝石品种之一。现在石榴石族的宝石已经不限于红色，美丽的沙弗莱石、稀少的翠榴石、珍



> 精美石榴子石饰品 中国彩色宝石网 / 供

贵的芬达石、奇异的变色榴石等等都是石榴石族中的精品。随着人们对石榴石的喜爱愈深，新的石榴石品种也在被不断开发出来，石榴石族的宝石成员会变得越来越壮大。

正像它的名字一样，作为地球的“种子”，在地表结出了丰硕的“果实”，开出了五彩斑斓的花朵，涂抹了惊艳的色彩。同时它作为信使，携带着地球内部岩石温度变化和压力情况的信息，送到地质学家的手里，让人们更加了解我们的地球母亲。真是令人不得不称赞大自然的慷慨与伟大呢！

作者单位 / 山西地质博物馆

（本文编辑：王依卓）