

山东省星光蓝宝石研究

刘昱坤¹, 王久华^{1,2}, 王阳明²

(1. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871; 2. 山东沂蒙山地质宝石研究所, 山东 临沂 276006)

摘要: 山东昌乐是蓝宝石的主要产地之一。本文介绍了山东星光蓝宝石的特点, 阐述了蓝宝石呈现星光与呈现光斑的机理, 列举了使蓝宝石产生星光的针状包体的种类, 论述了山东星光蓝宝石的性质特征、新发现致色离子类别、发光性、黄色变色蓝宝石及引起蓝宝石变色的元素以及星光蓝宝石分类、分级、评价原则。

关键词: 星光蓝宝石; 特点; 分类; 评价; 山东

中图分类号: P619.28⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2014)S2-0085-08

Star sapphire from Shandong Province

LIU Yu-kun¹, WANG Jiu-hua^{1,2} and WANG Yang-ming²

(1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Shandong Yimeng Geological Institute of Gems, Linyi 276006, China)

Abstract: Changle in Shandong Province is one of the main producing areas of sapphire. This paper deals comprehensively with the characteristics of Shandong star sapphire and the mechanism governing the starlight and light spot exhibited at the surface of the Shandong star sapphires. The authors listed the varieties of needlelike inclusions and expounded the special characteristics of Shandong star sapphires, such as the composite luster, the weak magnetism and the newly-discovered color-causing ions. Discussion was also given to the luminescence of Shandong sapphire, the discovery of the elements which cause color variation of Shandong yellow sapphire in different lights and the classification, gradation and evaluation principles of this kind of sapphire.

Key words: star sapphire; characteristics; classification; evaluation principles; Shandong

红蓝宝石是世界公认的五大宝石之一, 其地位仅次于钻石, 自古以来就受到人们的广泛喜爱, 尤其宫廷皇室更是如此, 如湖北省明代梁庄王陵墓中出土的众多红蓝宝石, 就是一个证明。

红蓝宝石, 同属于刚玉族矿物。蓝宝石是刚玉族宝石中除红色以外的品种, 一般将红色之外的其他颜色的刚玉都称为蓝宝石。蓝宝石有许多种颜色。由于其被广泛认知, 人们赋予了它美好的象征意义, 认为蓝宝石象征忠诚、坚贞、慈爱和诚实, 能保佑佩戴者平安, 视其为吉祥之物。

刚玉的化学成分为 Al_2O_3 。矿物学上, 刚玉矿物属三方晶系、复三方偏三角面体晶类。晶体晶格中, O^{2-} 作为六方最紧密堆积, 堆积层垂直于 3 次轴, Al^{3+} 充填了由 O^{2-} 形成的八面体空隙数的 $2/3$, Al_2O_3 分子以棱链接成层并成对沿 c 轴方向呈 3 次螺旋对称。刚玉族矿物可含有微量的杂质元素, 如 Fe、Ti、Cr、Mn、V 等, 杂质元素可以等价离子或异价离子形式代替晶格中的 Al^{3+} , 也可以机械混入形式存在于晶体之中。刚玉晶体中 Al_2O_3 的总量一般在 97%~99%, 其它成分为微量的杂质元素。正是由于

收稿日期: 2014-08-20; 修订日期: 2014-09-09

作者简介: 刘昱坤(1972-), 女, 在职研究生, 珠宝研究方向, E-mail: dingmanb@tom.com; 通讯作者: 王久华(1963-), 男, 长期从事钻石、宝玉石、奇石等野外地质找矿及相关科学研究, E-mail: yimengshanwang@163.com。

以上这些杂质元素的存在,才使得刚玉晶体呈现出不同的色彩。当然,也有一些杂质的存在严重影响了宝石质量,导致刚玉晶体透明度低、裂隙发育、纯净度低,甚至使得绝大部分的刚玉晶体只能作为普通刚玉矿石。

红蓝宝石中可含有3组定向排列的针状金红石或其他矿物,使得红蓝宝石垂直Z轴切割成弧面宝石时,会出现焦点居中的6射星光,被称为星光红宝石或者星光蓝宝石。蓝宝石中的星光品种被视为命运之石,而构成星光的3条猫眼状光带则被认为代表忠诚、希望和博爱。



图1 世界各地不同颜色的星光蓝宝石

Fig. 1 Star sapphire with different colors in the world

1.2 山东星光蓝宝石的性质

1.2.1 颜色

蓝宝石有许多种颜色,如蓝色、黄色、绿色、粉色、紫色、橙色等。世界蓝宝石产地依据地质成因不同,可分两类:一类是缅甸、斯里兰卡和印度克什米尔产的蓝宝石;另一类是澳大利亚、泰国、中国山东产的蓝宝石。缅甸产蓝宝石因含钛致色,故呈鲜艳的蓝色;澳大利亚、泰国、中国山东产的蓝宝石因其含有较多的铁,由铁致色,故宝石颜色较暗。星光蓝宝石是蓝宝石的星光品种,包括蓝色调和其他各种色调的星光蓝宝石。其他色调的星光蓝宝石致色因素要比单纯的蓝色品种复杂的多。

星光蓝宝石的颜色很少有普通蓝宝石那样的单纯色,多是以某一色调为主的复合色,因为星光蓝宝石的颜色是由以下几方面的颜色共同决定的,很少能够出现这几方面完全一致的情况。

(1) 刚玉晶体的体色不同。

(2) 色带色、生长纹色。星光蓝宝石的晶体上常

1 山东星光蓝宝石性质及呈现星光的机理

1.1 星光蓝宝石的定义

由于内部含有3组定向排列的针状包裹体,当垂直Z轴将刚玉类宝石切割成弧面时,宝石表面会出现焦点居中的6射星光,这种能够呈现星光的所有的非红色调的各种颜色蓝宝石,都称为星光蓝宝石(图1)。

见平行六方柱面排列的深浅不同的平直色带和生长纹。这些色带,也会影响星光蓝宝石的总体颜色。色带、生长线的深浅与Fe离子种类有极大关系:Fe²⁺多时,生长线、色带的颜色常常较浅;生长线、色带中含Fe³⁺多时,其颜色往往更深。

(3) 包裹体色。晶体中各种固、液、气态包裹体的综合颜色。

(4) 星线、星光色(含光斑色)。

(5) 弧面形宝石,入射光线在宝石内部内折射(常常与宝石的厚度、曲率有直接关系)后于宝石表面形成的颜色。

(6) 一些微裂隙(内部隐形微裂隙)、双晶纹等,对光产生干涉、折射后在宝石表面产生的颜色(图2)。

以上诸方面均会影响星光蓝宝石的颜色,使星光蓝宝石的色彩繁多,以橙、黄、绿、青、紫、蓝、棕、褐、灰、白(无色)色为主色的复合色、过渡色均能见到,只是都很难达到单纯的鲜艳色。也有星光蓝宝



图 2 蓝宝石中微裂隙产生的颜色
Fig. 2 Colors resulting from fractures in Shandong star sapphire

石呈现黑色或近于黑色。有时,也可以见到变色及因裂隙、包体、双晶纹等产生的变彩现象。

星光蓝宝石晶体体色多与晶体成分中杂质元素种类、离子电价、含量有关,也与包裹体的种类、含量、结晶程度和排列方向等有极大关系。

就山东蓝宝石的晶体颜色来说,研究得知的颜色与致色元素的对应关系见表 1。该表是针对山东各色蓝宝石的,不仅指山东星光蓝宝石(部分内容引自张蓓莉,2008)。绿色多种情况与 Co、V、Ni 有关,至少一种绿色情况与 Fe 或 Cr 有关,铬离子在刚玉中,多数情况下导致红色,也不排除导致绿色的可能。研究发现,在山东省产出的蓝宝石及星光蓝宝

表 1 山东蓝宝石颜色与致色元素对比表
Table 1 Contrast table of colors and related elements in Shandong sapphire

颜色	致色元素
蓝色	Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、Ti
黄与金黄色	黄色与 Ni、Fe 有关;金黄色与 Cr、Ni 有关;黄色星光更与 TiO_2 有直接关系
绿色	Co、V、Ni,至少一种情况与 Fe 或 Cr 有关
褐色	复杂,主要有 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、Ti、Ni、Cr 等
紫色	Fe、Ti、Cr,紫色有时还与 Mn 有关
橙色	Cr、Ni,与 Fe 也有关系
变色现象	红紫-蓝紫变色现象与 V_2O_5 有关,黄-橙、橙黄色变色现象与 Cr_2O_3 和 V_2O_5 有关,甚至有 Fe、Ti、Ni 参与

石中,存在一种在日光灯下呈黄色色调、在白炽灯下呈橙-橙黄色的色调的变色蓝宝石。经简单分析研究,认为该色调是由 Cr_2O_3 和 V_2O_5 甚至有 Fe、Ti、Ni 的参与共同引起的。

1.2.2 光泽

星光蓝宝石除表现出丝绸、丝绢般的柔滑的光泽外,还叠合了亮的玻璃光泽。蓝宝石抛光面具有玻璃光泽和亚金刚光泽(张蓓莉,2008)。星光蓝宝石的光泽是丝绢光泽与亮的玻璃光泽的复合光泽。只是多数情况下,丝绢光泽表现得更为明显。但是,由于表面已经抛光,星光蓝宝石成品有时以亮玻璃光泽为主。

星光蓝宝石的丝绢光泽是因宝石内部含有大量定向排列的针丝、丝状的金属矿物包裹体。这些包裹体的存在,使入射光线在蓝宝石晶体中产生折射、反射,反映到宝石表面就产生了柔和滑润的丝绢样的光泽。经过方向正确的打磨,星光蓝宝石表面的星光被很好地强调,但并不是星光蓝宝石只具有丝绢光泽,它的光泽实际上是丝绢光泽与亮的玻璃光泽的复合光泽。

1.2.3 透明度

山东星光蓝宝石透明度变化较大,从不透明-微透明-亚半透明-半透明-亚透明或近透明-透明,均有(图 3),但达到透明的较少,大部分在半透明到不透明之间。

1.2.4 硬度

刚玉的摩氏硬度(相对硬度)为 9 左右。硬度略具有方向性,平行光轴的硬度 $\text{Hk} = 2\,140\text{ kg/mm}^2$,垂直光轴的硬度 $\text{Hk} = 1\,880\text{ kg/mm}^2$ (周国平,1989)。由于含有包体,星光蓝宝石的硬度多数低于 9,能够被一些无包体的刚玉晶体刻划出印痕(较高倍率的放大镜下观察)。这是因为,包裹体是矿物硬度低于 9 的矿物,使得星光蓝宝石的硬度有所降低,特别是山东产褐色与黑色的星光蓝宝石,其硬度很容易被感知是略低于 9 的。

1.2.5 密度

因含有包体,星光蓝宝石的密度变化范围比普通蓝宝石大,实测的密度为 $3.93\sim 4.16\text{ g/cm}^3$ 。

1.2.6 解理与裂理

蓝宝石属刚玉类宝石,刚玉类宝石解理不发育。但常见发育菱面体 $\{10\bar{1}1\}$ 、底面 $\{0001\}$ 裂理。有时可见柱面 $\{1\,120\}$ 裂理(朱而勤,1995)。正是裂理的存在(图 4),极度降低了蓝宝石晶体的完整性和出品



图 3 山东星光蓝宝石的透明度变化
Fig. 3 Transparency change in Shandong star sapphire

率,降低了原料的宝石利用价值。这些裂理有时是隐形的,在切割宝石时,裂理的存在会导致晶体炸开。也会降低刚玉类宝石成品的强度和透明度。总体看,裂理对宝石的影响是负面的。

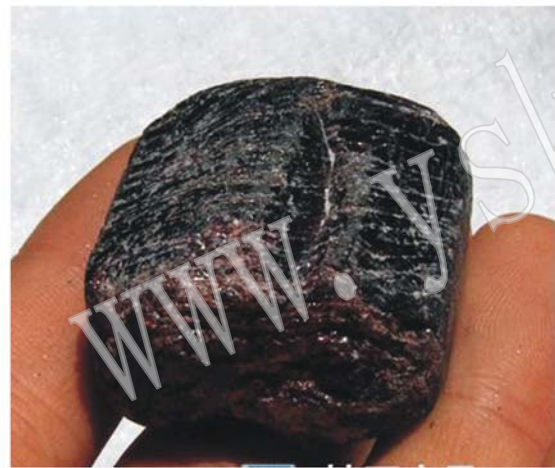


图 4 刚玉的裂理
Fig. 4 Fractures in corundum

国外产出的刚玉晶体,除发育的裂理外,还存在大量天然应力或人为应力作用下出现的不规则的裂纹、裂隙,其分布完全没有规律性。正是有大量裂隙的存在,导致国外产出的很多刚玉晶体无法作为宝石原料使用。

1.2.7 光性和折射率

蓝宝石属刚玉类宝石,一般为一轴晶负光性,有时有异常的二轴晶光性。折射率值 1.762~1.770(+0.009, -0.005),双折射率 0.008~0.010(余晓艳等,1996)。山东星光蓝宝石的点测折射率总体在以上范围之内。但是,由于山东星光蓝宝石的 Fe 含量较高,有时能够影响到折射率的数值(李广慧等,2002)。

1.2.8 多色性

山东星光蓝宝石均具有程度不同的二色性。一块透明度在半透明以上的星光蓝宝石晶体,可以观察到,在平行 Z 轴与垂直 Z 轴方向上,表现出颜色迥异的现象。一般表现为,晶体颜色浅,二色性弱;晶体颜色深,二色性强(王久华,2011)。

由于山东星光蓝宝石自身透明度、颜色及色调深浅的区别,对于观察者来说,不同晶体也表现为强弱不同的二色性。因为包裹体的影响,星光蓝宝石的二色性更明显的表现为复合色的二色性,这是与普通蓝宝石不同的地方。山东星光蓝宝石主要品种的二色性见表 2。关于黑色的星光蓝宝石,完全不透明的并不多见,如果把市场上大多数所谓的不透明的黑色星光蓝宝石切成薄片,是能够透光的,其二色性是黑-黑褐、褐黑-浓褐、深褐、褐色-棕褐、深褐色-浅褐或黄褐或橙褐等。肉眼观察大部分呈现黑色调的山东星光蓝宝石,在边缘微透明部位,能够觉察到二色性:黑-黑褐、褐黑-浓褐等。

表 2 山东星光蓝宝石主要品种的二色性表
Table 2 Dichroism of main varieties of Shandong star sapphire

颜色	二色性表现
蓝色	蓝-蓝绿或绿,蓝色-深、墨蓝,蓝色-紫蓝,蓝-浅蓝、灰蓝、蓝灰,亮浅蓝-暗蓝白、浅灰蓝、浅蓝绿等
黄色	黄-浓度不同的黄,黄-似金黄,黄-褐黄或橙黄
绿色,绿蓝	绿-蓝绿或淡绿、灰绿、草绿
褐色	褐色-浅褐色,褐色-灰褐色或棕褐色,黄褐色-橙褐色、淡褐色等
黑色	黑-黑褐、褐黑-浓褐、深褐、褐色-棕褐,深褐色-浅褐或黄褐或橙褐等
紫色	紫-粉紫、紫-紫微蓝,紫-紫红或红紫等
粉色	粉-浅粉,粉-淡红粉

1.2.9 发光性

绝大部分山东的星光蓝宝石在紫外线、X 射线下发荧光。紫外线下,当其中含 Cr、Mn 时,如橙色、紫色星光蓝宝石,可发出红色调的荧光;黄色、金黄色星光蓝宝石能发出淡黄色调-橙黄色调的荧光;含 Ti 的发玫瑰红光、含 V 的发黄光等(季宝华,1999)。

1.2.10 弱磁性

经研究发现,山东省产出的有些蓝宝石及星光蓝宝石,在 Fe 质含量高的情况下,具有能够被强磁铁吸引的现象,即表现出磁性特征。有些山东蓝宝石晶体,被切成薄片抛光后,对着摩擦几下,就可以发现两片薄片能彼此吸引,不会自行分开。也就是说,有些高含 Fe 的山东蓝宝石晶体具有彼此相吸(或排斥)的弱磁性。在强磁场环境下验证,如用强磁铁吸引,山东星光蓝宝石也可表现出具有弱磁性的特征。

山东星光蓝宝石部分晶体具有弱磁性的原因归纳为:由于山东蓝宝石部分晶体 Fe 质成分含量高,在切磨的过程中,宝石晶体受热,晶体内部的 Fe 离子可能产生离子的运移分化而被极化,产生磁性。这里说的铁质成分,可能是晶体内部存在的磁铁矿、钛磁铁矿或镍磁铁矿等磁性矿物包体,也可能是晶体内部包含的 Fe 原子,Fe 原子呈雾态弥漫在晶体的晶格空穴、晶格间,也可能是既有磁性矿物包裹体同时又有 Fe 原子。

在受热状态下,不同电性的离子体或离子团体差异移动、产生极化。由于加工、琢磨宝石的磨盘基本为钢质地的,在热作用或电器、电机通电情况下会产生瞬间的磁化,而带有磁极性。宝石中如果含有磁性体,在加工中就当然被磁极化,产生磁性。

1.3 蓝宝石呈现星光的机理

蓝宝石呈现星光的机理,是由于刚玉晶体中包含有定向排列的 3 组细密针状、丝状包裹体,包裹体可以是一种或一种以上。刚玉晶体中 Al_2O_3 分子成对沿 Z 轴方向呈 3 次螺旋对称,正是这种结晶习性,才使得金红石、赤铁矿或针铁矿、水铝矿也或有 Ni 质矿物等能够以微细粒的结晶针丝状体或其他结晶方式,呈有规律的排列进入到晶体之内。 Al_2O_3 分子成对沿 Z 轴方向呈 3 次螺旋对称,为星光的形成提供了刚玉的结晶学的基本条件。其中,山东星光蓝宝石的定向排列的包裹体主要是金红石和钛铁矿或针铁矿、赤铁矿等。

简单金属氧化物的矿物包裹体,在垂直刚玉晶体 Z 轴的平面方向上,沿 $\{10\bar{1}0\}$ 或 $\{11\bar{2}0\}$ 出溶 3 组针丝状包体,互成 60° 交角(周国平,1989)。宝石加工时,垂直 Z 轴琢磨成弧面后,内部的定向排列的 3 组针状包裹体对可见光产生折射和反射,反映到宝石的弧形表面上,就形成了六射星光。两套成规律排列的包体互成 30° 角交叉,就形成十二射星光(图 5)。如果三组针丝状包体在某个方向缺失,就有可能形成星光的断腿现象,产生四射星光效应等。



图 5 山东星光蓝宝石的六射和十二射星光

Fig. 5 Six-ray and twelve-ray starlight in Shandong star sapphire

双星光效应是由以下 3 种情况引起的:① 两套成规律排列的星光包体虽然产生的星条互成 30° 角交叉,但是,两套星光的各自交汇中心不能叠合时,就会出现双六射星光(图 6)。② 具有能产生六射星光效应的两个刚玉晶体呈简单接触双晶,在垂直它



图 6 山东星光蓝宝石的双六射星光

Fig. 6 Double six-ray starlight in Shandong star sapphire

们的Z轴琢磨后,这两个六射星光的中心在同一平面上,呈简单接触双晶的一块宝石,就产生了双六射星光。③呈平行连生的刚玉晶体,如果晶体独自存在时均能产生六射星光效应,那么这种晶体在平行连生成刚玉体时,在一个被琢磨出星光后另一个也会出现星光,因晶体是彼此连生的,在一块宝石上就出现了双个的六射星光。

从以上分析,可以看出,十二射星光蓝宝石和双六射星光蓝宝石都是比较少见的。如果形成两套星光的包裹体不同,其十二射星光的星条的色彩就会不同一般是色彩相间、双六射星光的两个星光之色彩也不尽一样。

依据星光蓝宝石的产生星光包裹体的不同,有以下几种情况:

(1) 金红石(TiO_2)包裹体呈现星光

这是山东蓝宝石常见的类型。可以产生四射、六射、十二射星光效应。星条线的色彩一般是相同的。

(2) 金红石与赤铁矿(Fe_2O_3)呈现星光

山东星光蓝宝石另一种情况是,金红石与赤铁矿(Fe_2O_3)联合呈现星光。一般是金红石包裹体在外、赤铁矿包裹体在内部中心被金红石包裹体包围。金红石呈3组 60° 交角排列的丝状包裹体沿刚玉晶体的 $\{10\bar{1}0\}$ 面出溶、赤铁矿呈3组 60° 交角排列的薄片包裹体沿刚玉晶体的 $\{11\bar{2}0\}$ 面出溶。两种不同的包体呈 30° 角交互,产生十二射星光,星条线的色彩间隔相同。这类星光,在山东星光蓝宝石中很少,但表现出的特征十分明显。

泰国蓝宝石中,赤铁矿薄片包裹体呈3组 60° 交角排列,可以单独形成六射星光。

(3) 钛铁矿(FeTiO_3)呈现星光

山东省产出的星光蓝宝石中,有很多的情形是由此种包裹体引起的。钛铁矿在多数情况下是以黑色短柱状细小包体呈无方向密集存在的。但有时,以黑色细密的较长包体呈三组有方向性排列时,就产生黑色星光。如果与金红石组合,可以产生出十二射的不同色彩的星光蓝宝石。

(4) 赤铁矿与针铁矿($\{\text{FeO}(\text{HO})\}$)呈现星光

澳大利亚能够产出此两种包裹体呈各自独立或组合一起,形成的星光蓝宝石。可以有六射、十二射星光。这种情形,在山东星光蓝宝石中,很难见到。

(5) 其它因素呈现星光

如水铝矿 $\{\text{AlO}(\text{OH})\}$ 有时也可单独呈现星光。

在泰国产出的刚玉宝石中,呈灰白色的细长针、丝、管状水铝矿包裹体,沿刚玉晶体的聚片双晶出溶,如果足够多的这类包体呈3组不同方向相交排列足够紧密时,沿合适的角度琢磨成蛋面宝石,就有可能观察到星光效应。这种情形,在山东星光蓝宝石中,很难见到。推测,金红石包裹体与水铝矿包裹体有可能形成十二射星光蓝宝石。这种情形,或许也应该发生在缅甸产出的刚玉中,形成星光蓝宝石。

1.4 蓝宝石产生光斑的原理

带有光斑的蓝宝石,在山东星光蓝宝石中经常能够见到。蓝宝石中的固体包体如金红石、赤铁矿、针铁矿、水铝矿、钛铁矿等,在呈无规则丝状细密排列时,弧面宝石能够产生光斑效应。山东星光蓝宝石中,也有的光斑是由宝石中细密的生长线引起的。蓝宝石中的气液包体、不明成因的雾状包体,在宝石呈弧面情况下也可以出现光斑效应。

1.5 山东星光蓝宝石的原料特点

所有的星光蓝宝石的原料,在外观上,肉眼观察,均具有或强或弱的丝绢光泽。山东省星光蓝宝石的一种原料,产生出具有褐黄色、赭黄色调的铜皮样、古铜样的丝绢光泽,被民间称为“铜皮刚玉”。原料是否存在丝绢光泽是区分普通蓝宝石晶体与星光蓝宝石晶体的外在标志。切磨时,再据晶体的外部晶形确定Z轴方向,垂直Z轴琢磨出星光效果。

星光蓝宝石晶体与一般刚玉晶形一样,呈桶状、腰鼓状、柱状、双锥柱状、板片状体等,其中桶状、腰鼓状体是由六方锥与板面体组成的晶体。砂矿中的晶体,遭受磨蚀程度重的,呈不规则粒状、粒状、柱粒状等产出。

单形晶体:山东产出的星光蓝宝石原料正如结晶学规律确定的刚玉晶体单形晶体一样,晶形有:棱锥面倾斜微弱的六方棱柱 $\{11\bar{2}0\}$ 、六方双锥 $\{22\bar{4}1\}$ 、 $\{22\bar{4}3\}$ 、 $\{14\cdot14\cdot28\cdot3\}$ 、菱面体 $\{10\bar{1}0\}$ 、平行双面体 $\{0001\}$ 等。正形单晶对六射星光的产生和琢磨是最为有利的。

歪晶:在橄榄玄武岩熔浆中,地质应力作用下,刚玉晶体会出现弯曲变形、晶体扭曲现象。所以,星光蓝宝石原料时常以歪晶产出。歪晶原料,对星光蓝宝石的产生和琢磨是不利的,把握不准,容易产生偏离宝石中心的星光。宝石出品率也相对较低。

晶面蚀象有:在晶体 $\{0001\}$ 上常见三角形、六角形蚀象。在锥面、柱面上常见斜的、横的条纹等。一些晶体表面具有双晶纹。晶面蚀象严重时,常影响

对星光蓝宝石琢磨方向的正确判断。

聚晶：刚玉晶体在生长过程中和在熔融体状况下，遭受机械应力作用时，晶体面网产生滑移、晶格变形，形成机械双晶，如简单接触双晶和聚片双晶等。聚片双晶通常依菱面体 $\{10\bar{1}1\}$ ，较少依 $\{0001\}$ ，呈平行这两个晶面的样式产生聚片双晶体。聚片双晶是产生十二射星光、双六射星光的原料。

在地质现实中，也发现刚玉晶体以连生体和多晶体聚合体、偶尔以晶簇等形式产出。

2 山东星光蓝宝石的分类及其产出量

山东星光蓝宝石，人们最通常见到的是六射星光。也就是说，六射星光蓝宝石的产量较大。下面具体说明各种星光蓝宝石的产出量。

2.1 以透明度分类

从不透明的、微透明、亚半透明、半透明的、到透明的星光蓝宝石，其产出量由大到小。

2.2 以颜色分类

如前所述，星光蓝宝石的颜色基本不是单纯色。下面指的颜色是星光蓝宝石中呈主色调的颜色。不同颜色的山东星光蓝宝石珍稀度见表 3。

表 3 不同颜色的山东星光蓝宝石珍稀度
Table 3 Rareness grade of star sapphires with different colors

星光蓝宝石晶体的颜色	产出量、珍稀度
黑色(黑星石)	量大、多见
灰白-灰色	较多见
褐色	较多见
棕色	较少见
橙色	难见
粉色	少见
紫色	少见
蓝色	世界多见，山东少见
黄色	世界少见，山东少见
橙粉色	很少见
近白色-乳白色	世界多见，山东少见
多色	多色的，少见

2.3 山东特异星光蓝宝石

2.3.1 特异星光蓝宝石的价值判定原则

价值判定原则则集中在其少见、奇异、珍贵上。一般的判定原则为：以星光的放射线条数和一个宝石体上的星光个数判定；以星线的美丽度判定。

2.3.2 特异星光蓝宝石的品种

特异星光蓝宝石的品种有：① 光斑到星光变化

的星光蓝宝石。在无点光源下或自然光下，蓝宝石呈现光斑，而在点光源及太阳光下蓝宝石呈现星光效应。② 四射、十二射星光蓝宝石。十二射星光蓝宝石中常出现色彩不一致的现象。星线的强弱间隔存在。如果线条明亮度高就难得。③ 六射星光加光斑(光斑又分 1 个、2 个、3 个、多个等)星光蓝宝石，光斑越多越珍稀。④ 两个六射星光的星光蓝宝石(双星光蓝宝石)。⑤ 两个六射星光加光斑星光蓝宝石。⑥ 并连体星光的星光蓝宝石。一块宝石上，存在两个独立的星光体。⑦ 画、彩特异的星光蓝宝石品种。⑧ 图画星光蓝宝石。宝石面上既有图画又有星光(图 7)。⑨ 晕彩伴星光。由于宝石内部的某种原因，产生折射、反射、干涉等光学作用，导致宝石产生晕彩，宝石面上还存在星光。⑩ 云雾伴星光。由于宝石内部的某种原因或包体引起，导致宝石产生“云雾”效果，整块宝石看上去云遮雾绕而又星光闪烁。⑪ 星光与生长色带、色斑的奇异组合。生长色带、色斑奇妙的组合成有意韵的线条、花纹，星光在此背景下产生出美妙的视像。



图 7 图画星光蓝宝石
Fig. 7 Star sapphire with pattern

3 山东星光蓝宝石的评价

对山东星光蓝宝石的评价、观察是由肉眼完成的，肉眼以 1.5 的视力为标准，不在放大镜下进行。观察宝石的星光线应是自然光下或太阳光下，点光源只是用于观察星光，而不用于观察宝石晶体的颜色、包体、裂隙。

山东星光蓝宝石的评价要素如下：

首先是关注星光。星光要清晰，明亮，完整，灵活，星线的交汇点最好在宝石正中。对着光线移动宝石，星光可以轻易在表面游走。星光是决定星光蓝宝石价值的第一要素。

颜色。蓝宝石晶体的颜色越艳丽越好。

大小。星光蓝宝石的大小，我们认为应该主要

指面积,宝石垂直投影后的面积越大越好。星光蓝宝石的美感是集中在弧形面上,远观是在近于微凸而平的面上。所以,垂直投影的平面面积是大小的关键因素。

透明度。半透明为好。星光蓝宝石对透明度要求与刻面蓝宝石不同,不透明-半透明的星光蓝宝石星线更清晰,美观。所以,星光蓝宝石的透明度以半透明为好。

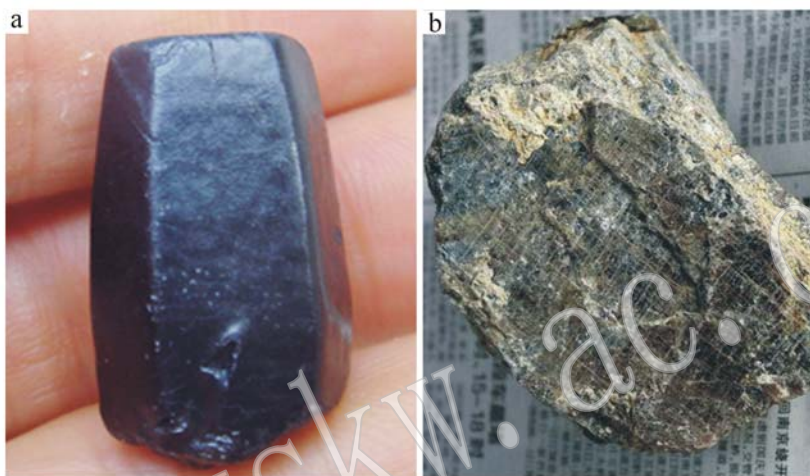


图8 山东产(a)和其它产地(b)的蓝宝石晶体

Fig. 8 Sapphire crystal from Shandong (a) and other places (b)

4 结语

由于星光蓝宝石的地质矿产属性,决定了山东星光蓝宝石的资源量少、产出少。由于星光蓝宝石必须含有特殊的包裹体,包裹体又必须在特殊的情况下才能呈现星光效应,所以山东星光蓝宝石比较稀少。

如文中所述,山东星光蓝宝石,其色彩、透明度及星光等与琢磨形状的多种组合,使得各种的山东星光蓝宝石形成目繁多的一个大家族,受到人们喜爱。山东星光蓝宝石品种繁多,可供选择的余地大,为收藏、鉴赏留下了极大的发展、想象空间。

References

- Ji Baohua. 1999. The dabié-sulu sapphire color mechanism and improving experimental study[J]. Jiangsu Geology, 3(in Chinese).
Li Guanghui, Guo Li and He Wen. 2002. The shandong sapphire color mechanism and improve the experiment[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 21 (1): 89~92(in Chinese with English abstract).
Wang Jiuhua. 2011. Shandong Mineral Jane Stone[M]. Beijing: Geo-

色带、色斑。不太明显为好。然而,当色带、色块明显、特异时,出现别致的图案,也是很好的。

包体。肉眼分5级:很少、可见、显见、极显见、严重。

裂隙。影响蓝宝石强度的因素包括裂隙、裂理、双晶纹等。对裂隙的评价可考虑分5个级别:“干净”(很少)、少、明显、较大、严重。比起其它产地的蓝宝石,山东星光蓝宝石的晶体完好,少见裂理(图8)。

logical Publishing House, 109~123(in Chinese).

Yu Xiaoyan, Wu Guozhong and He Xuemei. 1996. The colour mechanism of Shandong sapphire and improve[J]. Mineral Deposit, 15 (2): 153~157(in Chinese).

Zhang Beili. 2008. System (second edition)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 194~195(in Chinese).

Zhou Guoping. 1989. The Gemological [M]. China University of Geosciences Press, 392(in Chinese).

Zhu Erqin. 1995. The growth of Shandong sapphire lines[J]. Superhard Material Engineering, 2(in Chinese).

附中文参考文献

- 季宝华. 1999. 苏鲁蓝宝石呈色机理和改善实验研究[J]. 江苏地质, 3.
李广慧, 郭丽, 何文. 2002. 山东蓝宝石的呈色机制及改色试验[J]. 岩石矿物学杂志, 21(1): 89~92.
王久华. 2011. 山东矿产珍宝[M]. 北京: 地质出版社, 109~123.
余晓艳, 吴国忠, 何雪梅. 1996. 山东蓝宝石的成色机理及改善[J]. 矿床地质, 15(2): 153~157.
张蓓莉. 2008. 系统宝石学(第二版)[M]. 北京: 地质出版社, 194~195.
周国平. 1989. 宝石学[M]. 中国地质大学出版社, 392.
朱而勤. 1995. 山东蓝宝石的生长纹[J]. 超硬材料工程, 2.