

# 猫眼石及相似宝石品种的鉴别

秦毅<sup>1</sup>, 辛虹瑾<sup>1</sup>, 付东阳<sup>2</sup>, 陈碧莎<sup>3\*</sup>, 罗艳梅<sup>1</sup>

1. 湖南省地质测试研究院, 长沙 410007

2. 湖南省产商品质量监督检验研究院, 长沙 410007

3. 长沙学院, 长沙 410022

**摘要:** 猫眼石是世界五大宝石之一, 因其独特的光学效应, 稀有、名贵的特性而倍受消费者青睐。在自然界中还有许多宝玉石品种具有猫眼现象, 外观与猫眼石也极其相似, 如何正确鉴赏猫眼石及其相似品种, 对提升鉴赏水平、保障消费者权益和规范市场消费行为都具有重要意义。本文借助宝石学专业知识, 对猫眼石及几种相似宝石品种的折射率、硬度、密度、红外光谱特征等宝石学特征进行总结, 为探寻鉴别猫眼石的方法提供参考和科学依据。

**关键词:** 猫眼效应; 金绿宝石; 鉴别; 红外光谱

**中图分类号:** P575

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-1442(2021)02-0041-06

## Identification of Cat's Eye Stone and its Similar Varieties

QIN Yi<sup>1</sup>, XIN Hongjin<sup>1</sup>, FU Dongyang<sup>2</sup>, CHEN Bisha<sup>3\*</sup>, LUO Yanmei<sup>1</sup>

1. Hunan Province geological testing institute, Changsha 410007

2. Hunan Testing Institute of Product and Commodity Supervision, Changsha 410000

3. Chang Sha University, Changsha 410022

**ABSTRACT:** Cat's eye stone is one of the five major types of gemstones in the world. Because of its unique optical effect, rare and valuable properties, it is highly sought after by gem lovers. However, there are many kinds of gems and jades with cat's eye phenomenon in nature, whose appearance is very similar to that of cat's eye stone. Correct appreciation and accurate identification of cat's eye stone and its similar varieties are of great significance to improve the level of appreciation, protect the rights and interests of consumers and regulate the market purchase behavior. In this paper, the gemological characteristics of Cat's eye stone and several similar gemstones, such as refractive index, hardness, density and infrared spectrum, are summarized with the help of professional gemological knowledge, so as to provide reference and scientific basis for searching for the identification method of Cat's eye stone.

**KEY WORDS:** chatoyancy; chrysoberyl; identify; infrared spectroscopy

收稿日期: 2020-10-13, 接受日期: 2021-03-03

基金项目: 中央引导地方科技发展专项 (2018KT5001), 湖南省自然资源标准项目 (2020B06) 资助

作者简介: 秦毅 (1978-), 男, 高级工程师, 国家注册珠宝玉石质检师, 珠宝玉石鉴定专业, Email: qinyi060425@163.com。

通讯作者: 陈碧莎 (1994-), 女, 助教, 艺术设计专业, Email: 342362366@qq.com。

## 前言

猫眼石又称金绿猫眼，在矿物学中属金绿宝石族矿物，是金绿宝石（Chrysoberyl）中的一种含铍铝氧化物，分子式为  $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ，属斜方晶系，晶体形态常呈短柱状或板状。猫眼石是一种非常漂亮且稀有的高档宝石，属于世界五大宝石之一，由于外观极像猫眼的虹膜，活灵活现、栩栩如生，故此得名“猫眼石”<sup>[1-4]</sup>。猫眼石常产于接触变质带、区域变质带或花岗伟晶岩中，高质量的猫眼石大多产于斯里兰卡，又有“锡兰猫眼”之称，金绿猫眼的产地还有巴西等地<sup>[5,6]</sup>。

在自然界中还有多种宝玉石都可出现猫眼现象，最常见的有石英、透辉石、碧玺、人造玻璃、长石、磷灰石、绿柱石、蓝晶石、方柱石、锂辉石、软玉和坦桑石等，多达数十种，但都不如金绿猫眼珍贵。依据国家标准 GB/T16552-2017《珠宝玉石名称》中 5.3.1 的规定，具有猫眼效应的珠宝玉石在基本名称后加“猫眼”二字，只有金绿宝石猫眼可直接称为“猫眼”。因此，具有猫眼现象的石英、透辉石等宝玉石在标识时只能标注为“石英猫眼”、“透辉石猫眼”等，只有具猫眼现象的金绿宝石才可以直接标注为“猫眼石”<sup>[7]</sup>。商家在销售中须遵循相关标准进行正确标识，鉴定工作者应掌握相关的专业知识。

猫眼石具有清晰的名称界定和非常典型的鉴别特征。猫眼石相似品种繁多且价值相差悬殊，仅仅从外观很难鉴别，极易混淆，给宝玉石消费和收藏带来了许多困扰。鉴定者必须掌握专业知识并且借助先进仪器设备，针对不同的样品，采用不同方法，才能快速、有效地进行科学鉴定，从而得到准确的结论。

## 1 猫眼效应的形成机理

严格来说，“猫眼”不是一种宝玉石的名称，而是一种特殊的光学效应。猫眼效应的产生是宝玉石内

的定向包裹体或定向结构对可见光的折射和反射作用引起的，产生猫眼效应的宝玉石必须具备一组密集、定向排列的包裹体或结构，这些包裹体可以是气液包裹体，也可以是纤维状、针状晶体或生长过程中留下的管状负晶，或晶体的一些片晶、定向解理等<sup>[8-12]</sup>。将具备这些条件的宝玉石从适当的角度打磨成弧面形，入射光发生分解，部分光折射进宝玉石后接触包裹体再次发生分解，部分光形成透射，另一部分光则被反射，在弧形表面相交点的轨迹便形成了一条集中的明亮光带，并且光带还会随着光源或宝玉石的摆动而摆动<sup>[8]</sup>。猫眼光学现象产生的原理如图 1 所示<sup>[9]</sup>。

具有猫眼效应的宝石中，金绿宝石猫眼、玻璃猫眼、木变石猫眼和石英猫眼等是比较容易鉴定的品种，研究发现金绿宝石猫眼的折射率最高，密度也最大，猫眼石的黄色、黄绿色主要是由于含  $\text{Fe}^{3+}$  引起，其吸收光谱中心吸收带在 445nm 处<sup>[8]</sup>。

## 2 猫眼石及相似宝玉石品种的特征

在众多具有猫眼现象的宝玉石中，有的品种和金绿猫眼石非常相似，如图 2 中，猫眼石 A1、A2 与具有猫眼现象的相似品种 B、C、D、E、F 和 G 在外观及色泽上极易混淆<sup>[8]</sup>。据文献报道<sup>[13,14]</sup>，市场上猫眼石价格每年的涨幅达到 150%，并且逐年攀升，长期以来没有波动跌价，所以猫眼石及其相似品种的鉴别和认知对收藏家和爱好猫眼石的消费者尤为重要。

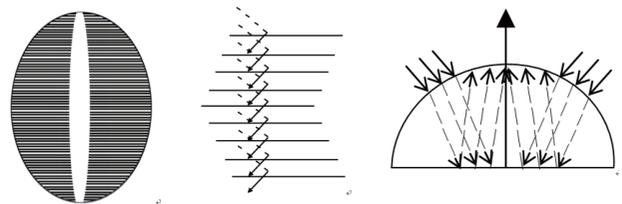


图 1 猫眼现象产生的原理示意图<sup>[9]</sup>

Fig.1 Schematic diagram of cat's eye phenomenon<sup>[9]</sup>

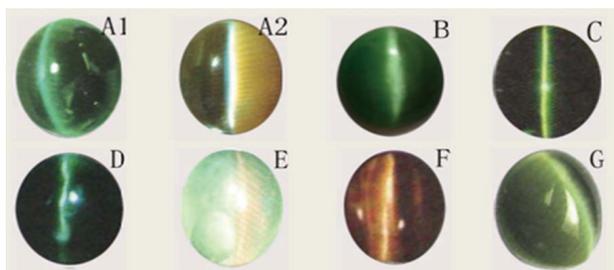


图 2 A1. 猫眼石, A2. 猫眼石, B. 玻璃猫眼, C. 碧玺猫眼,  
D. 透辉石猫眼, E. 磷灰石猫眼, F. 木变石猫眼, G. 软玉猫眼<sup>[8]</sup>

Fig.2 A1. cat's eye, A2. cat's eye, B. Glass cat's eye,  
C. Tourmaline cat's eye, D. Dioptric cat's eye, E. Apatite cat's eye,  
F. Wood alexandrite cat's eye, G. Nephrite cat's eye

## 2.1 猫眼石

宝石界把具有猫眼效应的金绿宝石直接称为猫眼石<sup>[3]</sup>。猫眼石的颜色有多种,多以带其它色调的黄色为主,棕黄色、蜜黄色和淡黄绿色是猫眼石的最佳颜色。现在一颗蜜黄色、眼线平直、均匀且连续而清晰明亮的猫眼石价格已达到每克拉数万元,随重量增大,其价格呈几何倍数增加。

猫眼石在使用常规宝石鉴定设备进行检测时,折射率点测法常值为1.74~1.75,密度为 $3.73(\pm 0.02)\text{g/cm}^3$ ,摩氏硬度为8~8.5,内部存在大量细小、密集、平行排列的丝状金红石或管状包裹体<sup>[8]</sup>。这些细长而且密集的包裹体,使得猫眼效应特别明显,亮线带位于弧面的中央且细窄,即使在较弱的光源下也十分清晰,这是其它具猫眼效应的宝玉石所不能比拟的效果。在采用红外吸收光谱仪进行鉴定时,猫眼石具有典型的红外反射吸收光谱特征,如图3中A所示,在 $793\text{cm}^{-1}$ 、 $646\text{cm}^{-1}$ 、 $434\text{cm}^{-1}$ 三处具有明显吸收峰<sup>[15]</sup>。只有掌握了猫眼石的主要宝石参数并合理运用,才能科学和准确地鉴定。

## 2.2 玻璃猫眼

按照国家标准 GB/T16552-2017《珠宝玉石名称》中对人造宝石和合成宝石的定义,玻璃猫眼是人造宝石,目前市场上常见的所谓“合成猫眼石”基本都是

玻璃猫眼。合成猫眼石可能由于技术瓶颈或成本因素,市场上暂未见该品种。

玻璃猫眼的猫眼效应是将不同的纤维材料熔结合在一起形成马赛克结构所获得。这些纤维以四边形或六边形排列方式堆积,每平方米大约有150000根纤维排列,使用放大镜即可观察到侧面呈蜂窝状纤维结构<sup>[8]</sup>。玻璃猫眼的颜色丰富,眼线非常明显、标准、亮丽,猫眼效应过于完美。玻璃猫眼折射率点测法常值为1.54,密度为 $2.30\sim 2.46\text{g/cm}^3$ ,摩氏硬度为5~5.5<sup>[16]</sup>。采用红外吸收光谱仪进行鉴定时,玻璃猫眼具有典型玻璃红外反射吸收光谱特征,如图3中B所示,在 $1053\text{cm}^{-1}$ 、 $764\text{cm}^{-1}$ 、 $460\text{cm}^{-1}$ 处表现出明显的吸收峰<sup>[15,16]</sup>。玻璃的这些典型参数特点是区别其它宝玉石的辨别依据。

## 2.3 碧玺猫眼

碧玺的矿物名称叫电气石,化学成分是较为复杂的硼硅酸盐。类质同象作用使得它的颜色丰富多彩,极少数的碧玺内部存在大量致密且与晶体C轴平行的纤维状、管状气液包裹体,这是碧玺猫眼效应形成的原因。黄绿色的碧玺猫眼外观上和金绿猫眼极其相似,但两者的物理、化学特征区别很明显。碧玺猫眼的折射率点测法常值为1.62~1.64,密度为 $3.06(+0.20, -0.60)\text{g/cm}^3$ ,摩氏硬度为7~8<sup>[8,17,18]</sup>,从不同方向观察其多色性十分显著。碧玺的红外反射吸收光谱也十分典型,如图3中C1和C2所示,由于不同晶体方向的图谱存在一定差异,其中由 $[\text{BO}_3]^{3-}$ 引起的振动在 $1346\text{cm}^{-1}$ 、 $1295\text{cm}^{-1}$ 、 $513\text{cm}^{-1}$ 、 $505\text{cm}^{-1}$ 具有明显吸收峰;在 $1111\text{cm}^{-1}$ 、 $1029\text{cm}^{-1}$ 、 $991\text{cm}^{-1}$ 的吸收峰是O-Si-O的振动所致;Si-O-Si的振动吸收峰分别表现在 $837\text{cm}^{-1}$ 、 $789\text{cm}^{-1}$ 、 $715\text{cm}^{-1}$ 、 $631\text{cm}^{-1}$ 、 $505\text{cm}^{-1}$ <sup>[15]</sup>。碧玺猫眼颜色繁多,而且透明程度不同,这是由于其形成结构不同所引起<sup>[19]</sup>,所以碧玺猫眼的鉴别方法需要珠宝鉴定者的进一步研究从而达到更准确的鉴定。

## 2.4 透辉石猫眼

透辉石是硅酸盐矿物, 化学式为  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ , 折射率点测法常值为 1.67~1.70, 密度为  $3.30(+0.11, -0.07)\text{g/cm}^3$ , 摩氏硬度为 5~6<sup>[8, 17, 18]</sup>, 玻璃光泽, 内部含有大量定向排列的管状、片状包裹体时, 形成透辉石猫眼。宝石级的透辉石很少, 所以透辉石猫眼价值也不菲。绝大多数透辉石猫眼的颜色都较偏深, 不像金绿猫眼那样艳丽。根据折射率能很好地鉴别透辉石猫眼和猫眼石, 红外吸收光谱更是简单、有效的方法。从图 3 中 D 看出透辉石猫眼的红外反射光谱主要表现在  $1095\text{cm}^{-1}$ 、 $964\text{cm}^{-1}$ 、 $924\text{cm}^{-1}$ 、 $634\text{cm}^{-1}$  和  $511\text{cm}^{-1}$  具有明显吸收峰<sup>[15]</sup>。掌握了透辉石的上述宝石参数特征, 就能准确区分透辉石猫眼与其它宝石猫眼。

## 2.5 磷灰石猫眼

磷灰石是一种钙磷酸盐矿物, 化学式为  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$ , 常含有微量的 Ce、U、Th 等稀土元素, 稀土元素的种类及含量变化导致了其颜色的多样性。磷灰石猫眼十分稀少且漂亮, 多被收藏。磷灰石为玻璃光泽, 折射率点测法常值为 1.63, 密度为  $3.18(\pm 0.05)\text{g/cm}^3$ , 折射率和密度与猫眼石区别较大。磷灰石的摩氏硬度只有 5~5.5<sup>[8, 17, 18]</sup>, 所以在检测和销售过程中需要格外注意, 避免摩擦。最好的检测方法就是红外吸收光谱法。磷灰石具有典型的红外反射吸收光谱特征, 如图 3 中 E 所示, 在  $1101\text{cm}^{-1}$ 、 $1065\text{cm}^{-1}$ 、 $607\text{cm}^{-1}$ 、 $575\text{cm}^{-1}$  等处有明显吸收峰, 分别是  $(\text{PO}_4)^{3-}$  的伸缩振动和弯曲振动<sup>[15]</sup>。从磷灰石猫眼的基本宝石参数、摩氏硬度特征和红外反射吸收光谱, 能很好区别于其它宝石猫眼。

## 2.6 木变石猫眼

木变石系石棉、碱性角闪石(钠闪石、镁钠闪石、镁钠铁闪石、锰闪石)石棉的硅化产物, 亦称为硅化石棉。它是一种石英质玉石, 是由蓝色钠闪石石棉被  $\text{SiO}_2$  交代所形成的, 在外观上保留了石棉原有的

纤维状结构, 木变石的猫眼效应正是由这些密集纤维状结构所产生。木变石猫眼的折射率点测法常值为 1.53~1.54, 密度为  $2.64\sim 2.71\text{g/cm}^3$ , 摩氏硬度为 5~7, 玻璃光泽。木变石猫眼的红外反射吸收光谱特征主要反映的是石英的吸收峰, 如图 3 中 F 所示, 分别在  $900\sim 1200\text{cm}^{-1}$  范围内的 Si-O 伸缩振动峰和  $800\text{cm}^{-1}$  附近的 Si-O 对称伸缩振动峰<sup>[11]</sup>。木变石猫眼矿床在我国有发现, 木变石猫眼的系统研究将为消费者认识该类宝石的特征提供更加完善的依据。

## 2.7 软玉猫眼

软玉主要矿物成分为透闪石和阳起石, 化学成分  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ , 非均质晶质集合体, 常呈纤维状结构, 玻璃光泽至油脂光泽。软玉猫眼是软玉中的瑰宝, 其猫眼效应的成因是其内部平行生长的纤维状结构。软玉猫眼折射率点测法常值为 1.60~1.62, 密度为  $2.95(+0.15, -0.05)\text{g/cm}^3$ , 摩氏硬度为 6~6.5<sup>[15]</sup>。图 3 中 G 所示软玉猫眼红外反射吸收谱特征峰分别是  $1138\text{cm}^{-1}$ 、 $1038\text{cm}^{-1}$ 、 $991\text{cm}^{-1}$ 、 $918\text{cm}^{-1}$ 、 $536\text{cm}^{-1}$ 、 $459\text{cm}^{-1}$ <sup>[15]</sup>。近年来, 在我国四川省发现了具有猫眼效应的软玉猫眼, 其质地温润、细腻, 光学性质好<sup>[20, 21]</sup>。软玉猫眼的发现不仅促进当地经济的发展, 而且改善了软玉猫眼矿床资源极其匮乏的状况, 对它的研究将会提升对软玉猫眼的认识。

## 3 猫眼石及相似宝玉石品种的鉴别

通过上述猫眼石及 6 种相似宝石的介绍可知, 虽然它们的宝石学基本参数有所差异, 猫眼效应的成因也有所不同, 但其外观却很相似, 仅凭肉眼和经验很难区分, 鉴别时需要十分细致。首先, 弧面形宝玉石的折射率只能采用点测法测定, 对折射率数值差异较大的宝玉石品种容易区别, 反之则很难判定, 例如碧玺猫眼、磷灰石猫眼、软玉猫眼, 它们的折射率点测常值十分接近, 检测过程中很难进行准确区分; 第二, 利用密度也能鉴别上述宝玉石品种, 但需要鉴定者常

备各种不同值的比重液,因比重液可能会对样品造成损坏,且要求样品必须是未镶嵌的,故不是最好的检测手段;第三,利用硬度笔进行摩氏硬度测试,这种

有损的检测方法仅适用于原石,对成品、高档宝石基本不适用;第四,利用先进无损的红外吸收光谱法进行检测,对比各类宝玉石的红外光谱图,极易区别。

表1 猫眼石及6种相似宝石参数对比表  
Table 1 Comparison table of cat's eye stone and its 6 similar gems

品种	折射率 <sup>[8]</sup> (点测常值)	密度值 <sup>[8]</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	摩氏硬度 <sup>[8]</sup>	红外吸收特征峰 <sup>[15]</sup> (cm <sup>-1</sup> )
猫眼石	1.74 ~ 1.75	3.73(±0.02)	8 ~ 8.5	793、646、434
玻璃猫眼	1.54 ~ 1.55	2.30 ~ 2.46	5 ~ 5.5	1053、764、460
碧玺猫眼	1.62 ~ 1.64	3.06(+0.20, -0.60)	7 ~ 8	1295、1097、1030、982、634、513 1346、1300、1111、789、715、505
透辉石猫眼	1.67 ~ 1.70	3.30(+0.11, -0.07)	5 ~ 6	1095、964、924、634、511
磷灰石猫眼	1.63	3.18(±0.05)	5 ~ 5.5	1101、1065、607、575
木变石猫眼	1.53 ~ 1.54	2.64 ~ 2.71	5 ~ 7	1186、1111、779、474
软玉猫眼	1.60 ~ 1.62	2.95(+0.15, -0.05)	6 ~ 6.5	1138、1038、991、918、536、459

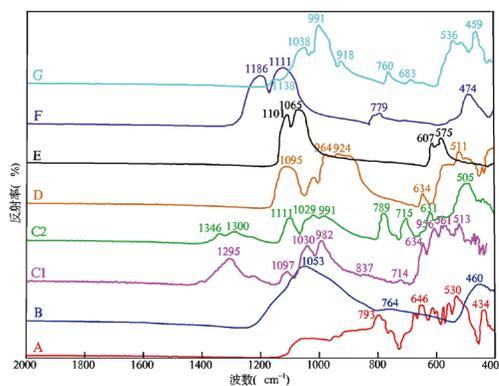


图3 猫眼石及其相似宝玉石品种的红外光谱。A-猫眼石; B-玻璃猫眼; C1和C2-碧玺猫眼; D-透辉石猫眼; E-磷灰石猫眼; F-木变石猫眼; G-软玉猫眼红外光谱图<sup>[15]</sup>

Fig.3 The infrared spectrum of cat's eye stone and its similar gems. A-cat's eye, B-Glass cat's eye, C1 and C2-Tourmaline cat's eye, D-Dioptric cat's eye, E-Apatite cat's eye, F-Wood alexandrite cat's eye, G-Nephrite cat's eye<sup>[15]</sup>

表1为猫眼石及6种相似宝玉石的折射率点测值、密度值、摩氏硬度和红外吸收光谱特征峰的对比统计。由表1可知,猫眼石及其6种相似宝玉石的折射率点测值、密度值、摩氏硬度存在一定差异,能作为鉴别依据,但存在较大的不确定性和缺陷。从图3中A-G可知,这些宝玉石品种的红外光谱具有独特

性和明显差异,可以鉴别和区分它们最简单、快速、准确且无损的鉴定方法<sup>[15,22]</sup>。

#### 4 结论

通过对猫眼石和猫眼效应形成机理的详细介绍,以及对与猫眼石相似的6种宝玉石物理特征和光谱特征的综述,总结了猫眼石及其相似宝石鉴别方法,为珠宝爱好者和研究者提供借鉴。

(1) 利用折射仪、密度仪和硬度计等对猫眼石及其相似品种的基本参数进行测定是珠宝玉石鉴定工作者必须掌握的基本技能和手段,但仅从上述数据对各种宝石进行判断和定名缺乏可靠性,还需其他方法进行验证。

(2) 傅立叶变换红外光谱仪是猫眼石及相似宝玉石品种目前最为有效、准确、快捷和科学的鉴定方法。

(3) 要准确鉴别猫眼石及相似宝玉石品种,必须综合运用宝石鉴别的专业知识,研究多种方法,使用先进仪器设备,不断提高鉴定结果的科学性、准确性和可靠性。

## 参考文献 / REFERENCE

- [1] 邢远, 倪召兴, Henry, 等. 宝石王国斯里兰卡 [J]. 中国宝石, 2014, (09): 198-198.
- [2] 严小稚. 神秘之眼——猫眼石 [J]. 艺术市场, 2014, (36): 102-106.
- [3] 崇美. 奇异的猫眼石 [J]. 上海百货, 2020, (03): 30.
- [4] 林梅村. 珠宝艺术与中外文化交流 [J]. 考古与文物, 2014, (01): 76-88.
- [5] 王越. 灵性宝石: 猫眼石 [J]. 理财: 收藏, 2015, (07): 101.
- [6] 石谭硕, 李月彤. 一眼爱上猫眼石 [J]. 芭莎珠宝, 2015, (04): 98-103.
- [7] 说文—猫眼石 [J]. 中国宝玉石, 2020, (04): 131-132.
- [8] 张蓓丽. 系统宝石学 [M]. 武汉: 地质出版社, 2008, 251-373.
- [9] 陈绮. 金绿宝石及其变种—变石和猫眼石 [J]. 上海地质, 1998, (02): 34-37+58.
- [10] 斯里兰卡国石—猫眼石 [J]. 中国宝玉石, 2016, (02): 52-53.
- [11] He S F, Meng Y, Gong M L. Active laser detection system for recognizing surveillance devices [J]. Optics Communications, 2018, (426): 313-324.
- [12] 王东杰, 柯君玉, 王海超, 等. 光学装调中的一种基于猫眼效应的焦距测试方法 [J]. 光学技术, 2020, (04): 466-471.
- [13] 都元松, 董文锋, 罗威, 等. 基于猫眼效应的激光主动探测技术应用研究 [J]. 激光与红外, 2018, (07): 844-849.
- [14] 岳尚华. 灵动璀璨猫眼石 [J]. 地球, 2013, (07): 90-91.
- [15] 罗彬, 喻云峰, 康佳, 等. 珠宝玉石无损检测光谱库及解析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2019, 80-249.
- [16] 胡百柳, 印保忠. 玻璃质仿猫眼宝石的制作原理和工艺 [J]. 中国宝石, 2007, (02): 186-186.
- [17] 刘学良. 猫眼效应及猫眼宝石 [J]. 珠宝科技, 2000, (04): 31-33.
- [18] Jaroslav H. 新发现的、罕见的猫眼宝石和星光宝石 [J]. 宝石和宝石学杂志, 2002, (4): 46-48.
- [19] 杨万义. 丰富多彩的碧玺猫眼 [J]. 中国宝玉石, 1996, (04): 41-42.
- [20] 周开灿. 四川的宝石资源 [J]. 宝石和宝石学杂志 [J]. 2003, (04): 38-41.
- [21] 卢保奇, 亓利剑, 夏义本. 软玉猫眼的 Raman 光谱及其与猫眼颜色的关系 [J]. 硅酸盐学报, 2007, (11): 82-84.
- [22] 典文清. 关于宝石鉴定中快速检测的探讨 [J]. 中国宝玉石, 2012, (09): 158-161.