

## 光致发光光谱在鉴别不同类型珍珠中的应用

陈彩云飞, 李立平\*

中国地质大学(武汉)珠宝学院, 湖北 武汉 430074

**摘要** 爱迪生珍珠和珈百丽珍珠为近年来相继问世的优质淡水有核珍珠, 分别酷似南洋珠和 AKOYA 珍珠, 如何区分白色珍珠、金色珍珠、黑色珍珠及银灰色珍珠的类型和颜色成因, 成为目前检测机构棘手的难题。对 132 颗不同类型的白色系、黄色系、黑色系、灰色系天然呈色珍珠与染色或辐照改色的各类珍珠进行了系统的 PL 光谱测试分析, 结果表明不同类型的珍珠 PL 光谱有重要鉴别特征, 尤其是 PL 光谱中荧光背景强度( $F$ )与 565 nm 文石主峰强度( $A$ )比值  $F/A$ , 可有效区分不同类型白色珍珠以及黑色、金色银灰色珍珠的颜色成因。(1)白色南洋珠  $F/A$  值多集中于 1 附近, 白色爱迪生珍珠与白色珈百丽珍珠具有类似的 PL 光谱与  $F/A$  值变化范围, 但大部分样品出现 631 nm 发光峰,  $F/A$  值多集中于 2; 白色 AKOYA 珍珠的  $F/A$  值大于 10。(2)金色南洋珠的  $F/A$  值多集中于 1.6, 变化范围较小, 染金色南洋珠与染金色爱迪生珍珠  $F/A$  值基本都大于 4。(3)深灰色体色 Tahiti 黑珍珠没有特征的发光峰, 但随着颜色加深, 逐渐出现 617 nm 处发光峰, 黑色体色 Tahiti 黑珍珠具有稳定的有机卟啉相关的 617 和 650 nm 处发光峰; 而绝大部分染色、辐照的黑色珍珠样品并未出现明显的荧光背景增强现象, 但缺失 617 和 650 nm 处发光峰。(4)天然呈色银灰色 AKOYA 样品  $F/A$  值都小于 3, 而染色和辐照成因的银灰色 AKOYA 的  $F/A$  值都明显高(1.79~144), 并且因改色方式不同, 存在一定的变化范围。

**关键词** 光致发光光谱; 珍珠; 南洋珠; AKOYA 珍珠; 淡水珍珠

**中图分类号:** O433.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)01-0020-06

### 引言

近年来中国淡水有核珍珠养殖技术的创新性突破, 震惊了世界珍珠市场。大颗粒淡水有核珍珠即“爱迪生珍珠”于 2011 年问世, 凭借其相对于淡水无核珍珠具有正圆率高、颗粒大、皮光佳、颜色丰富的特点, 倍受消费者的青睐。2017 年小颗粒淡水有核珍珠即“珈百丽”珍珠的出现, 则以其极强的光泽和粉色的晕彩, 酷似日本 AKOYA 珍珠的外观, 被市场称为“淡水 AKOYA”。这些新型的淡水有核珍珠丰富了市场的同时, 也被部分不法商家利用, 将白色、橙黄色、深紫色爱迪生珍珠标以白色、金色和黑色南洋珠销售, 更有甚者将爱迪生珍珠染成金色、黑色仿南洋珠, 将珈百丽珍珠经染色或辐照仿银灰色 AKOYA(真多麻), 以谋取高额利润。如何无损地鉴别这些不同类型的珍珠成为目前检测的难题。

目前已有的研究主要集中在通过外观、表面纹理和瑕疵特征、XRF 能谱分析、拉曼光谱特征、紫外可见光谱特征来

鉴别各类型珍珠。徐翀<sup>[1]</sup>等通过对比 10 mm 左右的白色淡水无核珍珠、爱迪生珍珠、AKOYA 珍珠、南洋珠的宝石显微镜下表面特征、以及 XRF 能谱分析、相对密度及紫外荧光等测试, 得出通过珍珠表面纹理和瑕疵特征及 Sr/Ca 比值计数可以对这几种白色珍珠的种类进行区分。

前人的研究中一致认为, 染色、辐照处理会使珍珠的拉曼光谱荧光背景增强, 如陈育<sup>[2]</sup>等在对金珠与染色金珠的拉曼光谱测试中得知, 染色金珠的拉曼光谱荧光背景明显提高, 谱线的杂峰毛刺较多, 史凌云<sup>[3]</sup>等在对辐照黑珍珠的测试中指出, 辐照黑珍珠的荧光背景有明显的增高, 但已有的研究对于颜色处理的珍珠荧光背景的背景强度应达到怎样的标准, 一直未有明确量化的界定。Zhou<sup>[4]</sup>等在对金珠的 PL 光谱研究中认为, 天然金珠的整体荧光强度与 545 nm 处文石主峰高度之比常在 5 以下, 而染金色珍珠的比值至少在 10 以上。严俊<sup>[5]</sup>等在对南洋黑珍珠的 PL 光谱研究中发现, 南洋黑珍珠会于 620, 653 和 677 nm 处出现特征吸收, 且认为 677 nm 处特征吸收具有光敏性。

收稿日期: 2020-12-21, 修订日期: 2021-03-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFF0215403)资助

作者简介: 陈彩云飞, 女, 1996 年生, 中国地质大学(武汉)珠宝学院硕士研究生 e-mail: ccyunfei0409@163.com

\* 通讯作者 e-mail: 812441804@qq.com

目前出现于市场的高品质爱迪生珍珠与南洋珠、高品质珈百丽和 AKOYA 珍珠的外观及纹理特征差异甚微, 仅靠表面观察及外观特征较难有效区分。此外, 市场上出现的很多高品质爱迪生珍珠、南洋珠染色的仿南洋珠, 仅靠外观特征也难以鉴别。尤其是近年来市场上充斥着染色和辐照的银灰色珍珠仿天然呈色的银灰色 AKOYA(真多麻), 目前也尚未有相关研究提出有效、无损的检测方法。

作者于市场上收集了 132 粒不同类型的白色系、黄色系、黑色系、灰色系珍珠, 通过系统的光致发光光谱进行分析, 探寻利用 PL 谱学特征来区分珈百丽珍珠与白色 AKOYA 珍珠、白色爱迪生珍珠与白色南洋珠, 染黄色南洋珠、爱迪生珍珠与金色南洋珠, 染色、辐照淡水珍珠与黑色南洋珠, 染色、辐照 AKOYA 与银灰色 AKOYA 的途径。

## 1 实验部分

### 1.1 样品

实验样品共计 132 颗, 按照类型分为 4 大色系 16 类(表 1), 样品多采购于浙江诸暨珍珠市场诚信可靠的商家, 其中辐照淡水无核珍珠为我们通过电子辐照获得的实验样品。所有样品进行了显微观察和紫外-可见光光谱测试加以确认, 确保样品的可靠性。对部分无法确认的样品, 尤其是银灰色珍珠, 因为颜色浅、染色特征常常不明显, 进行了切片确认, 染色和辐照改色的银灰色 AKOYA 的珠核都为黑色或黑褐色, 而天然呈色的银灰色 AKOYA 珍珠横切面可见核为白色, 珍珠层略显灰白色, 珍珠层与核之间有黑褐色有机质残留。

白色系: 白色南洋珠(8 颗)、白色爱迪生珍珠(16 颗)、白色 AKOYA 珍珠(7 颗)、白色珈百丽珍珠(13 颗)。

黄色系: 金色南洋珠(7 颗)、染金色南洋珠(4 颗)、染金色爱迪生珍珠(6 颗)。

黑色系: 黑色南洋珠(42 颗)、染黑色爱迪生珍珠(4 颗)、染黑色 AKOYA 珍珠(3 颗)、辐照黑色淡水无核珍珠(7 颗)。

银灰色系: 银灰色 AKOYA 珍珠(7 颗)、染灰色 AKOYA 珍珠(3 颗)、辐照银灰色 AKOYA 珍珠(9 颗)。

表 1 各类样品基本特征

Table 1 The basic characteristics of all samples

色系	样品编号	样品名称	外观描述
白色	NB-1-8	白色南洋珠	白色体色玫瑰色伴色, 8~11 mm, 光泽中-强, 似指纹状叠瓦状构造
	DY-W1-16	白色爱迪生珍珠	白色有粉色伴色, 10~14 mm, 光泽中-强, 表面有花边状纹理, 光洁度好的部位有似指纹状纹理
	AK-W1-7	白色 AKOYA 珍珠	白色带粉色伴色, 4 mm, 光泽中-强, 表面有鱼鳞纹
	DYAK-W1-13	白色珈百丽珍珠	白色带粉色伴色, 6~9 mm, 光泽中-强, 等高线纹理较规则均匀
黄色	JZ1-7	金色南洋珠	金色带青色伴色, 7~13 mm, 光泽中-强, 指纹状纹理
	RJZ1-4	染金色南洋珠	金色, 8~10 mm, 光泽中-强, 孔眼处颜色浓集, 指纹状纹理
	RD-Y1-6	染金色爱迪生珍珠	金色, 9~13 mm, 光泽中-强, 可见孔眼与瑕疵处颜色明显浓集
黑色	TH1-42	黑色南洋珠	黑色, 深灰色体色晕彩明显, 8~13 mm, 光泽中-强, 似指纹状叠瓦状构造
	FDW-B1-7	辐照淡水无核黑珍珠	黑色、深灰色带紫色伴色, 4 mm, 光泽中等, 部分样品表面具辐照裂纹
	RAK-B1-3	染黑 AKOYA 珍珠	黑色带绿色伴色, 5~6 mm, 光泽中-强, 表面有鱼鳞纹
	RDY-B1-4	染黑爱迪生珍珠	黑色, 10~14 mm, 光泽弱, 有淡水珍珠典型的花边状纹理
银灰色	NZB1-7	银灰色 AKOYA 珍珠	银灰色带蓝色伴色, 4~5 mm, 光泽中-强, 表面有鱼鳞纹, 切面间核为白色, 确认天然呈色
	RAK-G1-3	染色银灰色 AKOYA 珍珠	银灰色带粉、蓝色伴色, 7~8 mm, 光泽中-强, 表面有鱼鳞纹, 切面确认表面珠层和核染色
	FAK-G1-9	辐照银灰色 AKOYA 珍珠	银灰色带粉、蓝色伴色, 7~8 mm, 光泽中等, 表面有鱼鳞纹

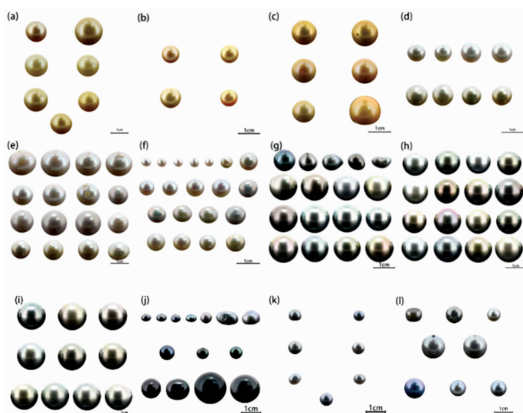


图 1 各类样品照片

Fig. 1 The pictures of all samples

### 1.2 仪器及参数

PL 光谱借助中国地质大学(武汉)珠宝学院的 Bruker senterra R200L 激光拉曼光谱仪进行测试。测试条件: 激发光波长 532 nm, 物镜 20 倍, 激发功率 0.2~20 mW, 积分时间 5 s, 积分次数 3 次。

## 2 结果与讨论

对收集到的这四种色系的淡水有核珍珠、AKOYA 和南洋珠以及染色和辐照的珍珠进行 PL 光谱的测试, 测试结果表明他们的图谱显示出明显不同的荧光背景, 为了更准确地描述不同种类珍珠间荧光背景强度的差异, 我们求取整体荧光强度( $F$ )与 565 nm 处文石主峰强度( $A$ )的比值, 结果发现

同色系的不同种类珍珠具有特征的比值变化范围。

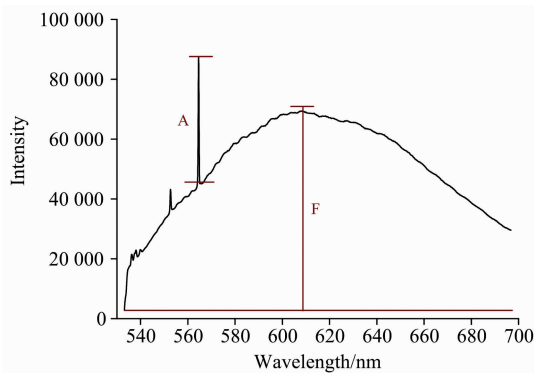


图 2  $F/A$  值为整体荧光强度( $F$ )与 565 nm 处文石主峰的强度( $A$ )之比

Fig. 2 The  $F/A$  ratio is the total fluorescence ( $F$ ) divided by the intensity of aragonite main peak at 565 nm ( $A$ )

### 2.1 白色系珍珠的 PL 光谱

白色爱迪生珍珠因其颗粒大、圆度高、皮光佳,易与白色南洋珠混淆,而珈百丽珍珠则是因其较强的珍珠光泽和略带粉色的晕彩,难以与白色 AKOYA 珍珠区分,但它们的 PL 光谱在荧光背景方面有一定的差异,如图 3 所示白色南洋珠具有极低的荧光背景,而大部分白色爱迪生珍珠与白色珈百丽珍珠都于 631 nm 处出现发光峰,但不同批次购买的爱迪生、珈百丽样品出现了不同的发光位置。对各样品求取整体荧光强度与 565 nm 处文石主峰强度比值  $F/A$ ,结果如表 2 所示,白色南洋珠比值多集中于 1;爱迪生珍珠和珈百丽珍珠的比值十分接近,多集中于 2 左右;白色 AKOYA 珍珠的比值明显偏高,在 10~20 之间。将两类相似的珍珠进行对比,可见白色南洋珠的比值总体上略低于白色爱迪生珍珠,爱迪生珍珠可以出现不同的发光峰,据此能将白色南洋珠与爱迪生珍珠进行有效的区分。白色 AKOYA 珍珠则因为其极高的荧光背景,能够与珈百丽珍珠区分开来。珈百丽珍珠和爱迪生珍珠都是在康乐贝或三角帆蚌中植核养殖的,只是前者为植入于外套膜而后者植入内脏团,因此表现出了较为类似的光谱特征。

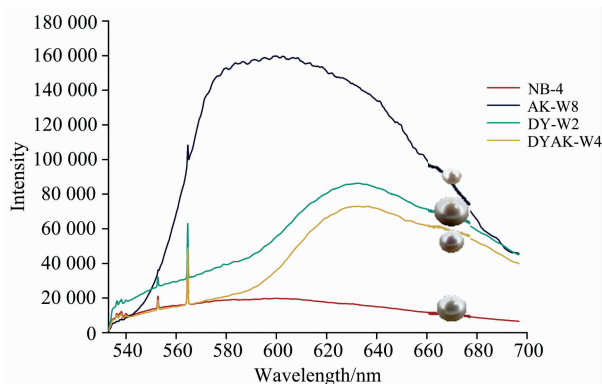


图 3 各类白色珍珠 PL 光谱

Fig. 3 The PL spectra of different type of white pearls

表 2 各类白色珍珠  $F/A$  值

Table 2 The  $F/A$  ratio of different type of white pearls

样品类型	样品编号	样品数量	$F/A$ 值范围	平均值
白色南洋珠	NB-1—NB-8	8	0.54~1.19	0.96
白色爱迪生珍珠	DY-W1—DY-W16	16	1.03~2.87	1.99
白色 AKOYA 珍珠	AK-W1—AK-W7	7	10.06~26.20	17.61
珈百丽珍珠	DYAK-W1—DYAK-W13	13	1.44~4.42	2.33

### 2.2 金色系珍珠的 PL 光谱

金色南洋珠、染金色南洋珠、染金色爱迪生珍珠都为大颗粒有核珍珠,外观非常相似,尤其是高品质染色爱迪生珍珠与金色南洋珠,难以凭外观及表面特征加以区分。对比它们的 PL 谱图(图 4)发现,金色南洋珠具有最低的荧光背景。染金色南洋珠和染金色爱迪生珍珠样品,荧光背景都明显较强。样品  $F/A$  值如表 3 所示,可见天然呈色的金色南洋珠的  $F/A$  比值变化很小,多集中于 1.6,染金色南洋珠  $F/A$  值(变化范围 4~60)总体上比染金色爱迪生珍珠(变化范围 8~13)更高,Zhou<sup>[4]</sup> 等对金色南洋珠和染金色的南洋珠、AKOYA 珍珠和淡水珍珠的研究比值范围为金色南洋珠的  $F/A$  值都小于 5,而染色样品的  $F/A$  值至少大于 10,与本研究结论基本一致,有所不同的是,本文测试的金色南洋珠和部分染色样品的  $F/A$  值偏低,其原因可能为不同的激发光源与测试条件对 PL 光谱的测试结果会有一定的影响,其次,对于染色样品,其荧光背景强度会因染剂和染色方法的不同而有较大的差异。

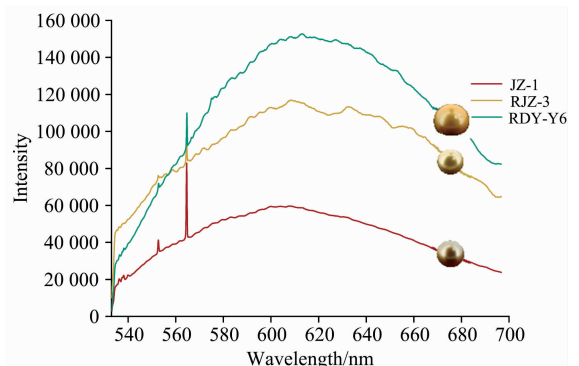


图 4 各类金色珍珠样品的 PL 光谱

Fig. 4 The PL spectra of different types of pearls in golden color

表 3 各类金色珍珠样品的  $F/A$  值

Table 3 The  $F/A$  ratio of different types of golden pearls

样品类型	样品编号	样品数量	$F/A$ 值范围	平均值
金色南洋珠	JZ-1—JZ-7	7	1.45~1.68	1.58
染金色南洋珠	RJZ-1—RJZ-4	4	3.96~59.21	23.67
染金色爱迪生珍珠	RDY-Y1—RDY-Y6	6	6.90~12.62	9.20

### 2.3 黑色系珍珠的 PL 光谱

黑色南洋珠可分为深灰色体色和黑色体色,我们对 42

粒黑色南洋珠的 PL 光谱测试结果显示，黑色体色和深灰色体色的显示不同的谱图特征。黑色体色的南洋珠于 617 和 650 nm 有两个明显的发光峰(图 5)，部分样品在 680 nm 处出现吸收。而深灰色样品并无有机色素的特征吸收峰。对比不同深浅体色的黑色南洋珠样品可见，随着体色逐渐变深，PL 光谱中 617 和 650 nm 处发光峰强度逐渐增强，此结果与前人研究基本一致<sup>[5]</sup>，表明与有机质卟啉相关。染黑色 AKOYA 珍珠、染黑色爱迪生珍珠以及辐照黑色淡水无核珍珠样品的 PL 光谱均未出现 617 和 650 nm 处发光峰，且荧光背景有不同程度的增强，可能因染色剂、辐照方式、剂量的不同而异。对比不同类型的黑色样品的  $F/A$  值(表 4)发现，42 粒不同伴色的黑色南洋珠的  $F/A$  值变化范围为 0.31~8.53，黑色体色与深灰色的样品无明显差异，大多数深灰色样品略微偏低。染黑色 AKOYA 珍珠的  $F/A$  值变化范围为 1.92~165.26，染黑色爱迪生珍珠为 0.88~204.11，辐照黑色淡水无核珍珠的变化范围为 0.50~19.12，可见各类改色黑色珍珠的  $F/A$  值变化范围大，且互相重叠，可能因染剂、辐照方式和剂量的不同，出现了宽的比值变化范围，不能很好地将改色黑珍珠与黑色南洋珠区分开来。因此，鉴别黑珍珠是否为改色的最有效的方法主要还是根据 PL 光谱中，是否有 617 和 650 nm 处发光峰， $F/A$  值没有指示意义。

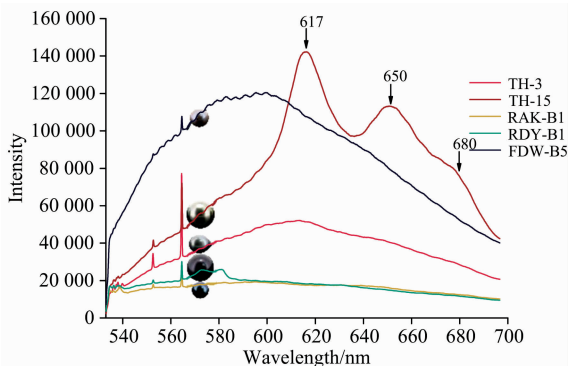


图 5 各类黑色珍珠样品的  $F/A$  值

Fig. 5 The PL spectra of various pearls in black

表 4 各类黑色珍珠样品的  $F/A$  值

Table 4 The  $F/A$  ratio of various pearls in black

样品类型	样品编号	样品数量	$F/A$ 值范围	平均值
黑色南洋珠	TH-1—TH-42	42	0.31~8.53	4.91
染黑 AKOYA 珍珠	RAK-B1—RAK-B3	3	1.92~165.26	57.05
染黑爱迪生珍珠	RDY-B1—RDY-B5	5	0.88~204.11	65.19
辐照黑色淡水无核珍珠	FDW-B1—FDW-B7	7	0.50~19.12	3.97

### 2.4 银灰色系珍珠的 PL 光谱

日本检测机构将带浅蓝色调的银灰色 AKOYA 珍珠定义为真多麻，这种银灰色 AKOYA 近年来被市场炒热，大量染色和辐照 AKOYA 充斥市场仿冒天然呈色的银灰色 AKOYA。而关于其颜色来源的鉴别一直未有有效的无损检

测方法。本次实验中，我们对天然呈色的银灰色 AKOYA 样品与染银灰色 AKOYA、辐照银灰色 AKOYA 样品的 PL 光谱进行了测试分析。天然呈色的银灰色 AKOYA 样品相比于处理样品具有较低的荧光背景，染色和辐照样品荧光背景则明显增强；测试时为避免过饱和，需调低部分样品的激发能量，如图 6 所示；大部分样品出现了不同程度的发光中心向长波方向移动，辐照银灰色 AKOYA 多出现以 653nm 为中心的较窄的发光峰，而染银灰色 AKOYA 多出现以 640 nm 为中心的宽缓发光峰。天然呈色的与改色的银灰色 AKOYA 的  $F/A$  值有明显的不同(表 5)，天然呈色的银灰色 AKOYA 的  $F/A$  值都小于 3，辐照银灰色 AKOYA、染银灰色 AKOYA 样品的  $F/A$  值都明显更高，其变化范围分别为 1.79~52 和 47~144；但辐照和染色的 AKOYA 样品的  $F/A$  值变化范围有部分重叠。所以根据  $F/A$  值可以帮助确定银灰色 AKOYA 是天然呈色还是改色的，但不能以此区分改色方法为染色还是辐照以及辐照的方式。

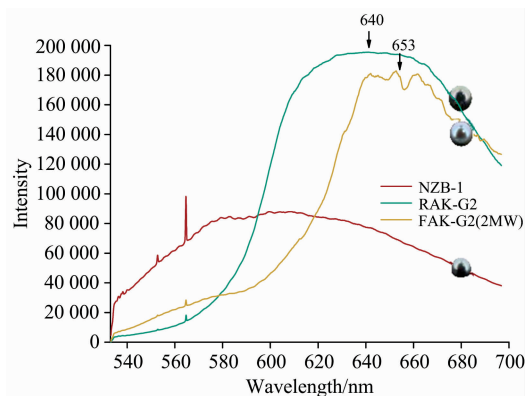


图 6 各类银灰色 AKOYA 珍珠的 PL 光谱

Fig. 6 PL spectra of various AKOYA pearls in silver-grey

表 5 各类银灰色 AKOYA 珍珠的  $F/A$  值

Table 5 The  $F/A$  ratio of various AKOYA pearls in silver-grey

样品类型	样品编号	样品数量	$F/A$ 值范围	平均值
银灰色 AKOYA 珍珠	NZB-1—NZB-7	7	0.89~2.98	1.89
辐照银灰色 AKOYA 珍珠	FAK-G1—FAK-G5	9	1.79~52.00	10.68
染色银灰色 AKOYA 珍珠	RAK-G1—RAK-G3	3	47.52~144.26	84.67

### 3 结论

实验对金色南洋珠、白色南洋珠、黑色南洋珠、银灰色 AKOYA 珍珠的 PL 谱图分析，及其对应相似样品的整体荧光强度与 565 nm 文石主峰强度求取比值的对比研究发现，PL 光谱与  $F/A$  比值对鉴别白色系、黄色系、黑色系、灰色系珍珠的种类有很好的效果，尤其是白色、黄色、灰色系珍珠中天然呈色与染色、辐照样品的  $F/A$  值有十分明显的区别。主要结论如下：

(1)白色南洋珠的  $F/A$  值多集中于 1, 变化范围较小; 白色 AKOYA 的  $F/A$  值明显偏高, 于 12~26 之间, 均值 17.61; 大部分白色爱迪生珍珠与珈百丽珍珠于 631 nm 处出现发光峰, 比值也十分接近, 多集中于 2 左右。两类相似的样品, 即白色南洋珠与白色爱迪生珍珠、白色 AKOYA 珍珠与珈百丽珍珠都能通过比值进行很好的区分。

(2)金色南洋珠的  $F/A$  值多集中于 1.6, 变化范围较小; 染金色南洋珠相比于染金色爱迪生珍珠, 整体上具有较高的比值, 前者比值变化范围为 4~60 间, 均值 23.67, 后者比值变化范围为 8~13 间, 均值 9.20。染色样品的  $F/A$  值随染剂和染色方式的不同有较大的变化。

(3)天然呈色银灰色 AKOYA 珍珠的  $F/A$  值出现于 0.9~3 之间; 染色、辐照样品则显示出较高、较宽的变化范围, 辐照银灰色 AKOYA 样品  $F/A$  值变化范围 1.79~52.08, 均值 10.68; 染银灰色 AKOYA 样品  $F/A$  值变化范围 47.52~144.26, 均值 84.67。根据  $F/A$  值可以将天然呈

色的银灰色 AKOYA 珍珠与改色银灰色 AKOYA 珍珠明显区分开来。但依据 PL 光谱以及比值并不能很好的对改色银灰色 AKOYA 的处理方式进行区分。

(4)黑色南洋珠中深灰色体色样品与黑色体色样品出现了不同的 PL 光谱, 银灰色并无特征的发光峰, 但随着颜色的加深逐渐出现 617 nm 发光峰, 而黑色样品于 617 和 650 nm 处出现稳定的、特征的有机质卟啉相关的发光峰。黑色南洋珠  $F/A$  值出现于 1~8 之间, 而染黑色 AKOYA 珍珠、爱迪生珍珠与辐照淡水无核珍珠因染剂、辐照方式和剂量不同,  $F/A$  值出现了宽的变化范围: 染黑色 AKOYA 珍珠  $F/A$  值变化范围 1.92~165.26, 均值 57.05; 染黑色爱迪生珍珠  $F/A$  值变化范围 2.66~204.11, 均值 65.19; 辐照淡水无核珍珠  $F/A$  值变化范围 0.50~19.12; 均值 3.97。可见根据比值并不能很好地将天然与改色样品进行区分, 最有效的辨别方式依旧为测试 PL 光谱中是否有 617 和 650 nm 处有机卟啉发光峰。

## References

- [1] XU Chong, RUAN Li-guang, ZHANG Yuan, et al(徐 翀, 阮利光, 章 元, 等). Journal of Gems and Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2019, 21(4): 11.
- [2] CHEN Yu, GUO Shou-guo, SHI Ling-yun(陈 育, 郭守国, 史凌云). Acta Optica Sinica(光学学报), 2009, 29(6): 1706.
- [3] SHI Ling-yun, GUO Shou-guo, WANG Yi-qun(史凌云, 郭守国, 王以群). Laser & Optoelectronics Progress(激光与光电子学进展), 2012, 49(6): 063002.
- [4] Zhou Chunhui, Homkrajae A, Ho J, et al. Gems & Gemology, 2012, 48(4): 284.
- [5] YAN Jun, SUN Qing, YAN Xue-jun, et al(严 俊, 孙 青, 严雪俊, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2020, 40(9): 2781.

# The Application of Photoluminescence Spectra on Identification of Different Types of Pearls

CHEN Cai-yun-fei, LI Li-ping\*

Gemmological Institute, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China

**Abstract** “Edison” pearls and “Gabriel” pearls are high-quality freshwater cultured pearls that have greatly enriched the market in recent years. They are similar to South Sea pearls and AKOYA pearls respectively. Nowadays, detecting color origin and variety of these pearls has become problematic for gem testing labs. This paper obtained the photoluminescence (PL) spectra of 132 pieces of various types of pearls in natural colors and enhanced colors including white, golden, black and silver-grey series from a Raman spectrometer. After comparing and analyzing the PL spectra of different types of pearls, important PL characteristics were identified. The ratio between the fluorescence background intensity and the main aragonite peak at 565 nm ( $F/A$ ) in a PL spectrum is critical for distinguishing between different types of white pearls and identifying if the black, golden, and silver-grey pearls have been color enhanced. (1) The  $F/A$  values of South Sea white pearls are typically close to 1; the PL spectra and  $F/A$  value of white Edison pearls and Gabriel Pearls are very similar, most of which showed a peak at 631 nm, with  $F/A$  values clustering at 2; and white AKOYA pearls have significantly higher  $F/A$  value(>10). (2) The  $F/A$  ratios of South Sea golden pearls cluster at 1.6, with small variations, whereas the  $F/A$  ratios of dyed South Sea golden pearls and dyed “Edison” pearls are significantly higher (>4). (3) The South sea black pearls with dark grey body colors have no characteristic luminescence peaks, but as the deepening of color, a peak at 617 nm appears and gradually heightens. The South sea black pearls with black body colors have characteristic peaks at 617 and 650 nm, related to organic porphyrins. Most of the dyed and irradiated black samples did not show obvious fluorescence background enhancement. (4) The  $F/A$  values of naturally colored

silver-grey AKOYA samples are less than 3, while the  $F/A$  values of dyed and irradiated silver-gray AKOYA samples are distinctively higher ranger (1.79~144), and there is a variation in different color treatment.

**Keywords** Photoluminescence spectra; Pearl; South Sea cultured pearl; AKOYA pearl; Freshwater nucleated cultured pearl

(Received Dec. 21, 2020; accepted Mar. 15, 2021)

\* Corresponding author

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告

## 《光谱学与光谱分析》2022年征订启事

国内邮发代码：82-68

国外发行代码：M905

《光谱学与光谱分析》1981年创刊，国内统一刊号：CN 11-2200/O4，国际标准刊号：ISSN 1000-0593，CODEN 码：GYGFED，国内外公开发行人，大 16 开本，332 页，月刊；是中国科协主管，中国光学学会主办，钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的学术性刊物。北京大学出版社出版，每期售价 95 元，全年 1140 元。刊登主要内容：激光光谱测量、红外、拉曼、紫外、可见光谱、发射光谱、吸收光谱、X 射线荧光光谱、激光显微光谱、光谱化学分析、国内外光谱化学分析领域内的最新研究成果、开创性研究论文、学科发展前沿和最新进展、综合评述、研究简报、问题讨论、书刊评述。

《光谱学与光谱分析》适用于冶金、地质、机械、环境保护、国防、天文、医药、农林、化学化工、商检等各个领域的科学研究单位、高等院校、制造厂家、从事光谱学与光谱分析的研究人员、高校有关专业的师生、管理干部。

《光谱学与光谱分析》为我国首批自然科学核心期刊，中国科协优秀科技期刊，中国科协择优支持基础性、高科技学术期刊，中国科技论文统计源刊，“中国科学引文数据库”，“中国物理文摘”，“中国学术期刊文摘”，同时被国内外的 CJCR, CNKI, CSCD, SCI, AA, CA, Ei, AJ, PJK, MEDLINE, Scopus 等文献机构收录。根据中国科学技术信息研究所发布信息，中国科技期刊物理类影响因子、引文量及综合评价总分《光谱学与光谱分析》都居前几位。欢迎国内外厂商在《光谱学与光谱分析》发布广告（广告经营许可证：京海市监广登字 20170260 号）。

《光谱学与光谱分析》的主编为高松院士。

欢迎新老客户到全国各地邮局订阅，若有漏订者可直接与《光谱学与光谱分析》期刊社联系。

联系地址：北京市海淀区学院南路 76 号（南院），

《光谱学与光谱分析》期刊社

邮政编码：100081

联系电话：010-62181070, 62182998

电子信箱：chnghpxygpfx@vip.sina.com

修改稿专用邮箱：gp2008@vip.sina.com

网 址：http://www.gpxygpfx.com

