

γ 射线辐照处理银灰色 Akoya 珍珠的谱学特征研究

李远静^{1, 2}, 陈彩云飞^{1, 2}, 李立平^{1, 2*}

1. 中国地质大学(武汉)珠宝学院, 湖北 武汉 430074

2. 湖北省珠宝工程技术研究中心, 湖北 武汉 430074

摘 要 近年来因为高品质银灰色 Akoya 珍珠备受青睐, 大量改色处理的银灰色珍珠涌入市场, 造成混乱, 其中辐照处理改色的珍珠很难鉴别, 成为检测难题。对一批白色和浅黄色 Akoya 珍珠进行了不同剂量的 γ 射线辐照改色实验, 并对辐照前后的样品和天然呈银灰色的 Akoya 珍珠进行放大观察及光致发光光谱、紫外可见光光谱和三维荧光光谱等无损谱学测试。实验结果表明: 浅黄色 Akoya 辐照的改色效果明显好于白色者, 随辐照剂量的加大, 改变的颜色加深。通过对比辐照改色前后的样品与天然呈银灰色 Akoya 珍珠样品的镜下特征, 发现: 辐照改色者具有浅色珠层和带有深褐色条纹的褐色珠核, 天然呈色者则在浅色珠层和白色珠核间有一褐色有机质夹层, 有机质不均匀的地方在珍珠表面形成“黑斑”。对比辐照前后样品与天然呈银灰色 Akoya 珍珠样品的谱学特征发现: 辐照改色者较改色前及天然呈色者的光致发光光谱的荧光背景更高, 但背景峰与文石主峰强度比值 F/A 值(1.34~1.98)比天然呈色者(0.52~1.12)略高; 辐照改色者较改色前紫外可见光谱反射率明显降低, 在紫外光区的 360 nm 处出现宽缓吸收, 而天然呈色者在 430~530 nm 范围内有宽缓吸收, 且随伴色不同位置发生改变, 有时在 750~800 nm 也可以有弱的宽缓吸收; 辐照改色者三维荧光光谱与改色前样品的发光中心一致, 只是荧光强度较改色前降低了一半, 但改色者与天然呈色者的主要发光中心完全不同, 辐照改色者三维荧光光谱显示两个最高强度的发光中心于 Ex/Em 为 374/449 和 463 nm 处, 而天然呈色者的最强发光中心在 Ex/Em 为 280/340 nm 处。研究结果表明, 珍珠孔眼及表面特征和三维荧光光谱的测试结果, 可以很好地鉴别天然呈色和 γ 射线辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠, 光致发光光谱和紫外可见光光谱可以作为辅助鉴定依据。

关键词 银灰色 Akoya 珍珠; γ 射线辐照; 三维荧光光谱; 鉴别特征

中图分类号: O433.4 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2023)04-1056-07

引 言

珍珠, 因其独特的光泽与晕彩, 备受人们喜爱, 常见的珍珠颜色主要是白色、金色和黑色, 虽然也有其他颜色, 但因受到主流审美的影响, 市场上流通的珍珠主要还是以这三类颜色为主。根据其不同的生长环境可将珍珠分为海水珍珠和淡水珍珠, 生长于中国南海海域和日本海域中的马氏珠母贝, 产出的珍珠被称为“Akoya”。珍珠的研究常常随着市场风向的变化发展, 银灰色 Akoya 珍珠最早是在日本培育出来, 起初在市场上并不受欢迎, 以至于人们把银灰色珍珠漂白优化为白色, 以此来获取更高的市场价格。然而近几年来, 市场上银灰色 Akoya 珍珠备受市场青睐, 其中极少量的

具蓝银色, 常常伴有粉色的晕彩, 光泽极强的优质者, 被日本真珠科学研究所鉴定并出具“真多麻”证书, 稀有而价高。因此, 各种改色处理的银灰色珍珠涌入市场, 引起市场混乱, 目前市场上主要的改色手段可以分为染色和辐照^[1-2]。

染色的银灰色珍珠在改色过程中会留下染料的痕迹, 故而观察其表面颜色不均匀的分布特征, 结合各类光谱测试揭示不同染料特征峰^[1-2], 能够准确快速加以辨别。辐照的银灰色珍珠主要是采用包括 Co^{60} - γ 射线、X 光、中子和高速电子束^[3-5] 作为辐照源对珍珠进行改色, 其中效果最好、应用范围最为广泛的方法是 Co^{60} - γ 射线辐照。 γ 射线改色处理的珍珠无残余放射性, 实验过程安全且快速, 对样品要求低, 无需其他预处理即可达到颜色均匀、色调纯正的效果。已有的研究表明辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠很难通过表

收稿日期: 2022-02-08, 修订日期: 2022-06-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFF0215403)资助

作者简介: 李远静, 女, 1998 年生, 中国地质大学(武汉)珠宝学院硕士研究生 e-mail: 635412871@qq.com

* 通讯作者 e-mail: 812441804@qq.com

面特征加以鉴别,关于紫外可见光谱的鉴定特征各方研究并未得出一致结论^[1-2, 6],故而区分银灰色系珍珠颜色的来源成为目前各大宝石实验室和质检机构十分棘手的难题。

为了探究辐照处理银灰色 Akoya 珍珠的鉴定特征,作者对一批白色和浅黄色的 Akoya 进行 Co^{60} - γ 射线辐照处理实验,得到了改色的银灰色样品。通过对辐照处理前后的样品的外观特征及其光致发光光谱、紫外可见光谱和三维荧光光谱特征的测试对比分析,同时与市场上收集到的天然呈色的银灰色 Akoya 的外观和谱学特征进行对比,总结了天然和 γ 射线辐照改色的银灰色 Akoya 与天然呈色的银灰色 Akoya 的谱学鉴别特征,为区分市场中天然与改色处理的银灰色珍珠的鉴别研究提供依据,同时为国内外研究提供补充,并对规范市场和行业有重要的应用价值和现实意义。

1 实验部分

1.1 样品

测试的样品采购于浙江诸暨珍珠市场诚信可靠的商家,包括白色 Akoya 的珠核(由淡水蚌壳磨制)4 颗、天然呈色银灰色 Akoya 珍珠 9 颗、浅黄色和白色 Akoya 珍珠各 9 颗,其中所有的白色珠核和浅黄色与白色 Akoya 珍珠均送至成都某核物理研究所进行 Co^{60} - γ 射线辐照处理,得到深褐色珠核 4 颗和银灰色的珍珠样品 12 颗,共计 25 颗银灰色 Akoya 珍珠样品。 γ 射线辐照实验显示,珍珠样品颜色变为银灰色,随着辐照剂量的增加颜色变深,相同剂量下浅黄色 Akoya 辐照后呈色更深(图 1),而珠核经辐照后由白色变为深褐色(图 2)。将辐照处理所得珍珠样品与天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠进行对比(图 3),忽略珍珠的直径大小的差异,两者颜色基本一致,无法用肉眼直接区分,具有很大的迷惑性。

1.2 方法

显微观察与拍照、紫外可见吸收光谱、光致发光光谱测试及三维荧光光谱测试均在中国地质大学(武汉)珠宝学院完成;在型号为 M205A 的 Leica 显微照相机下,观察珍珠样品

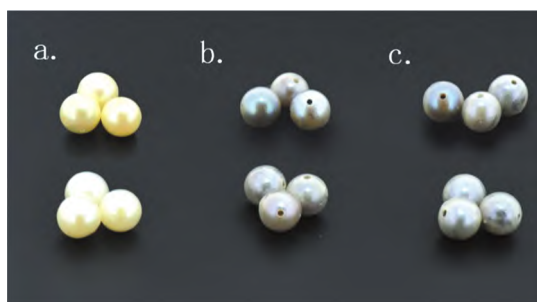


图 1 浅黄色(上排)和白色(下排)Akoya 珍珠经不同剂量 γ 射线辐照处理前后

(a): 辐照前样品; (b): 较低剂量辐照处理后;
(c): 较高剂量辐照处理后

Fig 1 Irradiation dose test of γ rays of Light yellow (top) and white (bottom) Akoya pearls

(a): Before irradiation; (b): Irradiated with lower dose;
(c): Irradiated with higher dose

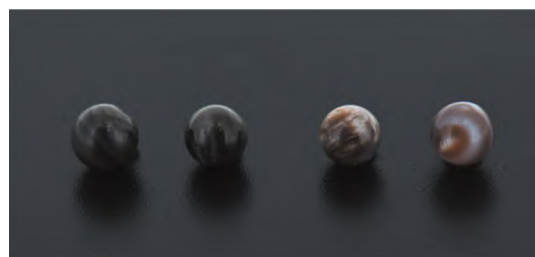


图 2 γ 射线辐照后的 Akoya 珠核

Fig 2 γ -irradiated nuclei of Akoya pearls

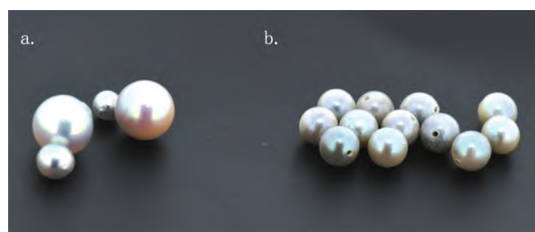


图 3 天然呈色银灰色 Akoya 珍珠(a); γ 射线辐照处理的银灰色 Akoya 珍珠(b)

Fig 3 Naturally colored gray Akoya pearls (a) and γ ray irradiated gray Akoya pearls (b)

的表面特征,并对具有代表性的进行拍摄;采用 Senterra R200L 显微激光拉曼仪进行光致发光光谱的测试,其主要测试条件为激发光源 532 nm,测定范围 $45 \sim 3\,750\text{ cm}^{-1}$,输出功率为 20 mW,光圈孔径为 $50 \times 1\,000\text{ }\mu\text{m}$,积分时间为 3 s,累计次数 3;采用天瑞公司生产的 Gem UV-100 型宝玉石光谱检测仪,采用反射法测试,测试条件:氙钨灯组合全信号平衡式光源,扫描范围 $220 \sim 1\,000\text{ nm}$,输入电压 $220\text{ V} - 50\text{ Hz}/250\text{ W}$,积分时间 100 ms,平均次数 8 次;采用型号为 FP8500 的 Jasco 荧光光谱仪进行三维荧光光谱测试,其主要测试条件为光源是氙灯,激发波长(λ_{Ex})为 $220 \sim 500\text{ nm}$,发射波长(λ_{Em})为 $240 \sim 750\text{ nm}$,数据精度为 1 nm,激发带宽为 5 nm,发射带宽为 2.5 nm,扫描速度为 $1\,000\text{ nm} \cdot \text{min}^{-1}$,电压为 440 V。

2 结果与讨论

2.1 放大观察

γ 射线辐照处理银灰色 Akoya 样品的横截面[图 4(a)]显示珠核为褐色,且有明显的深褐色条带,珠层较薄的珍珠可在表面观察到透出的深色平行条带[图 5(a)];而从天然呈色银灰色 Akoya 样品的横截面[图 4(b)]可以观察到珠核整体呈白色可有极浅的灰色条带,且在珠核和灰色珍珠层之间有一层黑褐色的夹层,该夹层环绕珠核厚度不均匀,在夹层较厚的地方,珍珠层颜色有明显加深,甚至在珍珠表面可以形成“黑斑”[图 5(b)]。从珍珠孔眼的观察发现, γ 射线辐照改色银灰色 Akoya 珍珠的浅色珍珠层之下为深褐色珠核[图 6(a)],而天然呈色者则在灰白色的珠核与灰白色的珍珠层之间存在有一层明显的褐黑色有机质夹层[图 6(b)]。据前

人研究这层深色有机质被称为“骨膜层”，天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠的灰色是由这层黑色有机质所致^[1, 7]。所以通过表面和孔眼观察颜色分布特征可将天然呈色的与 γ 射线辐照改色的银灰色 Akoya 区分开来。

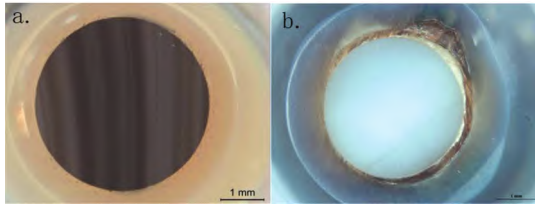


图 4 银灰色 Akoya 珍珠的横截面

(a): γ 射线辐照改色; (b): 天然呈色

Fig 4 Cross section of gray Akoya pearl samples

(a): γ -ray irradiated; (b): Naturally colored

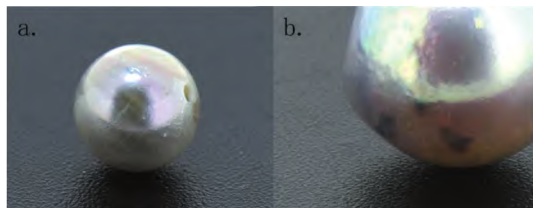


图 5 银灰色 Akoya 珍珠的表面特征

(a): γ 射线辐照改色; (b): 天然呈色

Fig 5 Surface characteristics of gray Akoya pearl samples

(a): γ -ray irradiated; (b): Naturally colored

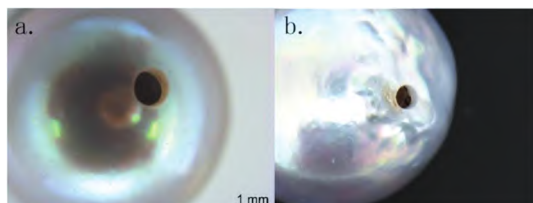


图 6 银灰色 Akoya 珍珠孔眼观察结果

(a): γ 射线辐照改色; (b): 天然呈色

Fig 6 Observation results in the hole of gray Akoya pearl samples

(a): γ -ray irradiated; (b): Naturally colored

2.2 光致发光光谱

对 γ 射线辐照处理前后的 Akoya 珍珠样品在 532 nm 激发波长下进行光致发光光谱的测试(图 7)，发现辐照前后样品的发光峰位并无改变，主要是在 565 nm 处有文石的特征峰，只是辐照后的样品谱图具有更高的荧光背景，且随着辐照剂量的增加荧光背景提升。天然呈银灰色 Akoya 珍珠样品的图谱与辐照处理样品的图谱也较为一致，只是辐照样品具有更高的荧光背景(图 8)。

光致发光光谱的整体荧光峰强度(F)与 565 nm 处文石主峰强度(A)的比值，可以更准确地反映荧光背景强度，Zhou 等用以研究鉴别金珠与染色金珠^[8]。我们计算了 γ 射线辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠与天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠的 F/A 值(表 1)，发现 γ 射线辐照处理的 Akoya

珍珠的 F/A 值(1.34~1.98)高于天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠的 F/A 值(0.52~1.12)。据陈彩云等人的研究发现：辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠的 F/A 值(1.78~52.08)比天然呈色者(0.9~3)高^[9]，其测试结果与我们的基本一致，只是他们测得的辐照改色珍珠的 F/A 值变化范围更大，平均值更高，这可能是因为他们的实验样品中有一部分为电子辐照样品，这些样品在处理时使用了更高的辐照剂量，这也侧面印证了辐照源和辐照强度对样品的光谱测试结果有着很大的影响。

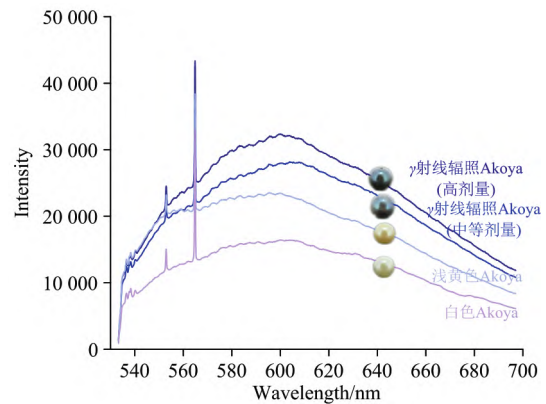


图 7 γ 射线辐照处理前后 Akoya 珍珠的光致发光光谱

Fig 7 PL spectra of Akoya pearl before and after

γ ray irradiation

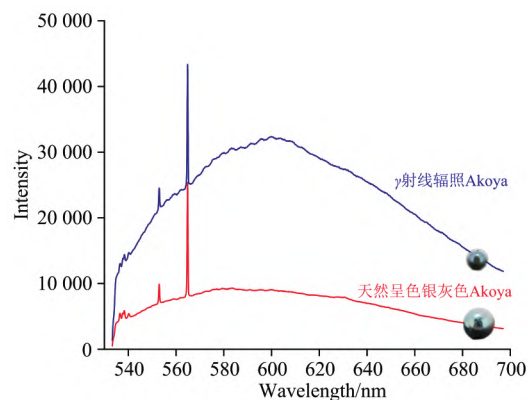


图 8 γ 射线辐照处理与天然呈色银灰色 Akoya 珍珠的光致发光光谱

Fig 8 PL spectra of γ ray irradiation with naturally colored gray Akoya pearls

2.3 紫外可见光光谱

白色和浅黄色 Akoya 珍珠样品的紫外可见光光谱基本一致，只是浅黄色的 Akoya 珍珠在 750 nm 处略有吸收，而它们经 γ 射线辐照改色后整体的反射率大大降低，在可见光区内吸收趋于平缓(图 9)。

通过对天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠的紫外可见光光谱研究发现，无伴色的样品在 340 nm 处有一反射峰，在可见光区整体吸收较弱[图 10(a)]，有伴色的样品在可见光区 340~400 nm 处和 540~630 nm 处有两个反射率相近的反射

表 1 γ 射线辐照处理与天然呈色银灰色 Akoya 珍珠样品的光致发光光谱 F/A 值Table 1 F/A values of PL spectra for γ ray irradiated and naturally colored gray pearl samples

样品类别	样品名	F	A	F/A	F/A 值范围	平均值
γ 射线辐照改色 银灰色 Akoya	FZAK-W-20-1	22 247	16 480	1.349 9	1.34~1.98	1.72
	FZAK-W-40-1	38 603	19 485	1.981 2		
	FZAK-Y-20-1	28 072	15 685	1.789 7		
	FZAK-Y-40-1	32 318	18 364	1.759 9		
天然呈色银灰色 Akoya	AK-G-1	15 340	16 467	0.931 56	0.52~1.12	0.81
	AK-G-2	13 354	20 030	0.666 7		
	AK-G-3	17 706	15 786	1.121 6		
	AK-G-4	9 023	17 191	0.524 87		

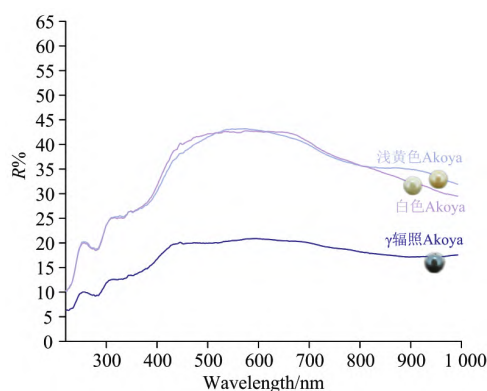


图 9 辐照前后 Akoya 珍珠的紫外可见光光谱

Fig 9 UV-Vis spectra of Akoya pearl before and after irradiation

峰, 反射峰之间 430~530 nm 范围内夹有一宽缓吸收带, 该吸收带的位置随伴色种类不同有些许差异。具有紫色伴色的样品在 475 nm 处有一宽缓吸收带[图 10(b)]; 具有粉色伴色的样品在 430 nm 处有一宽缓吸收带[图 10(c)]; 具有浅金黄色伴色的样品在 530 nm 处有一宽缓吸收带[图 10(d)]。总的来看, 天然呈色银灰色 Akoya 珍珠在 430~530 nm 附近存在一个相对明显的吸收带, 这与贾楠和宋彦军的测试结果中在 475~555 或 400~600 nm 附近存在一个相对明显的宽缓吸收带的结论一致^[2, 10]。

对比 γ 辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠与天然呈色者的紫外可见吸收光谱(图 11), γ 射线辐照改色 Akoya 珍珠紫外可见光光谱的反射率较低, 且吸收谷在紫外光区 360 nm 处; 天然呈色样品具有更高的反射率, 吸收谷在可见光 430~530 nm 范围内, 且有时在 750~800 nm 也可以有弱的宽缓吸收。

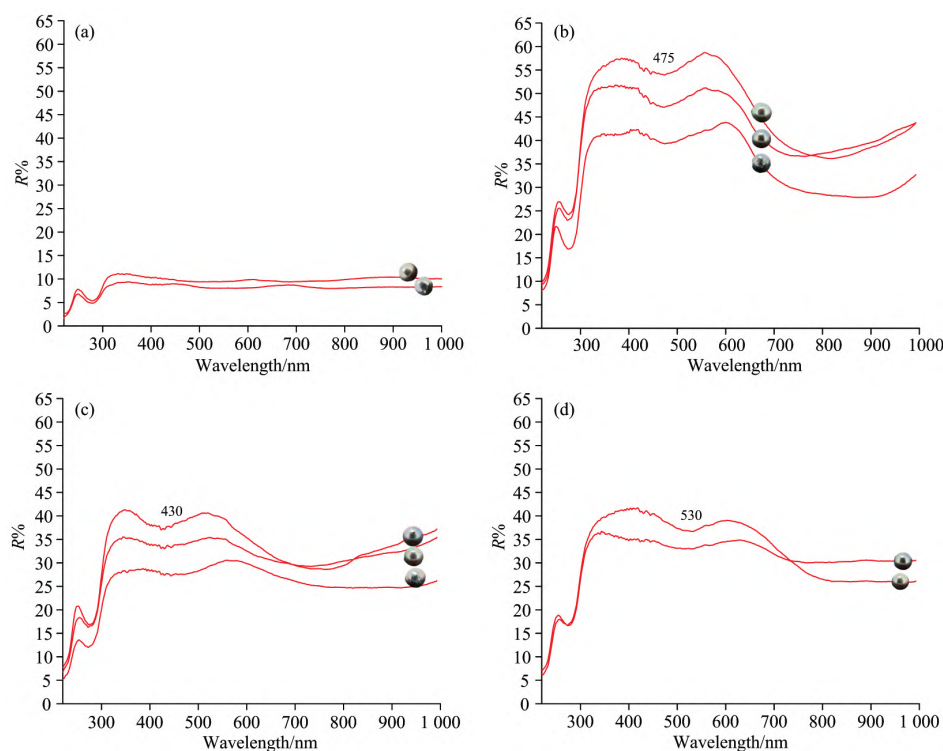


图 10 天然呈色银灰色 Akoya 珍珠的紫外可见光光谱

(a): 无伴色; (b): 紫色伴色; (c): 粉色伴色; (d): 浅金黄色伴色

Fig 10 UV-Vis spectra of naturally colored gray Akoya pearls in different overtone

(a): Without overtone; (b): Purple overtone; (c): Pink overtone; (d): Light golden overtone

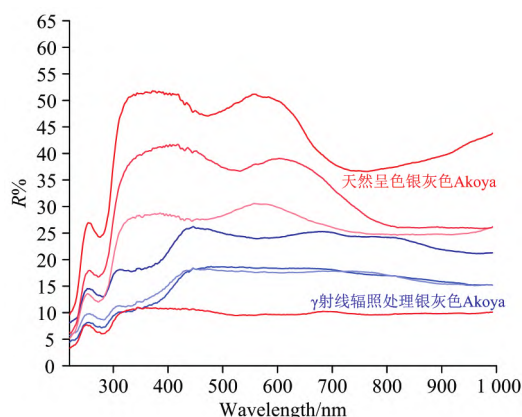


图 11 γ 辐照处理与天然呈色银灰色 Akoya 珍珠的紫外可见光光谱

Fig 11 UV-Vis spectra of γ -ray irradiated and naturally colored gray Akoya pearls

2.4 三维荧光光谱

三维荧光光谱测试结果显示, 浅黄色[图 12(a)]和白色[图 12(b)]的 Akoya 珍珠具有相同的三维荧光光谱, γ 射线的辐照并没有使 Akoya 珍珠的发光中心发生改变, 但使整体的荧光强度降低了 50% 左右[图 12(c)]。珍珠的三维荧光光

谱研究尚未见有关报道, 但本研究与 Matsuda 等 γ 辐照前后 Akoya 珍珠的二维荧光光谱测试得到的结论一致, 即 γ 射线辐照并不会改变 Akoya 的荧光峰位, 仅使其荧光强度降低^[11]。

尽管辐照前后的珍珠三维荧光光谱除了强度降低外没明显变化, 但是 γ 射线辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠与天然呈色者具有截然不同的三维荧光光谱特征[图 12(d)], 由于 γ 射线辐照处理并未改变浅黄色与白色 Akoya 的三维荧光光谱, 故而白色与浅黄色的 Akoya 珍珠和银灰色的 Akoya 珍珠本身就具有不同的光谱, 与是否经过辐照并无关联。两者虽然均有三个发光中心, γ 射线辐照改色的银灰色珍珠在激发波长和发射波长 E_x/E_m 为 374/449 和 463 nm 处以双峰的形式存在荧光强度最高的发光中心, 而天然呈色银灰色 Akoya 珍珠的最强发光中心在激发波长和发射波长 E_x/E_m 范围为 286/340 nm 处, 且两者具有不同的荧光强度分布。通过观察不同荧光强度发光中心的位置分布及最强发光中心的位置可以准确区分两者, 这是二维荧光光谱所不能做到的。如贾楠等人发现在 405 nm 的激发下二维荧光光谱中, 天然呈灰色 Akoya 珍珠主峰位于 490~500 nm, γ 辐照处理灰珍珠的主峰则位于 460 nm 附近^[2], 两者的荧光峰位十分接近, 无法作鉴别依据。

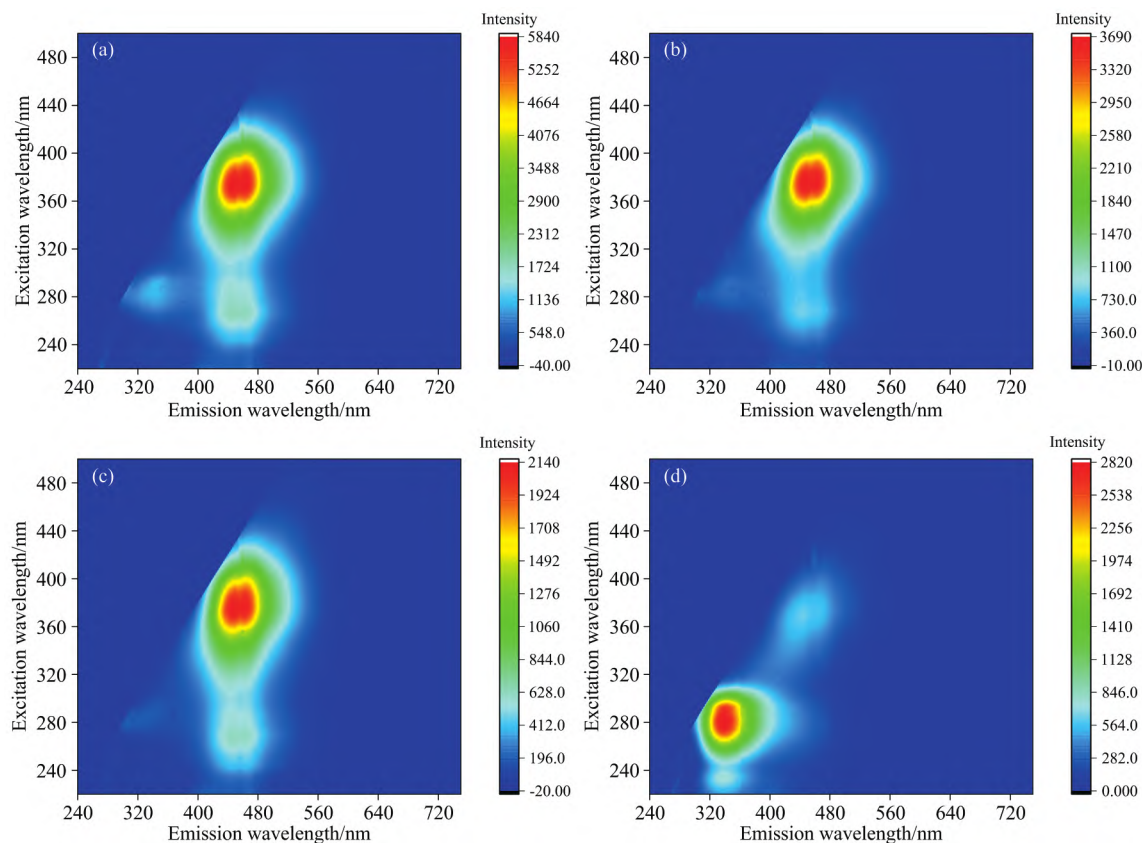


图 12 Akoya 珍珠三维荧光强度等高线图

(a): 浅黄色 Akoya; (b): 白色 Akoya; (c): γ 射线辐照后; (d): 天然呈银灰色

Fig 12 3D fluorescence intensity contour diagram of Akoya pearls

(a): Light yellow; (b): White; (c): After γ -ray irradiated; (d): Naturally colored gray

3 结 论

通过 γ 射线辐照对 Akoya 珍珠的改色实验, 对比辐照前后的样品及天然呈色银灰色 Akoya 珍珠样品的放大观察及谱学特征发现:

(1) 辐照实验结果表明: γ 射线辐照可使白色和浅黄色 Akoya 变为银灰色, 且随着辐照剂量的提升颜色变深, 相同辐照条件下浅黄色 Akoya 珍珠改色效果更好。

(2) 通过观察表面及孔眼的颜色分布发现: 辐照改色后 Akoya 的珍珠层为浅灰色, 珠核则由白色变为黑褐色, 伴有深褐色平行条纹; 而天然呈色者则在浅色珠层和白色珠核间有一褐色有机质夹层, 有机质不均匀的地方在珍珠表面形成“黑斑”。此特征可用于鉴别辐照改色与天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠。

(3) γ 射线辐照改色后 Akoya 珍珠样品的光致发光光谱与改色前和天然呈色者无明显差异, 但改色者整体荧光峰强

度(F)与 565 nm 处文石主峰强度(A)的比值 F/A 略高。

(4) γ 射线辐照改色样品的紫外可见光谱较改色前的样品的反射率降低, 均在紫外光区 360 nm 处有吸收, 在可见光区内吸收趋于平缓; 而天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠比辐照改色的银灰色 Akoya 珍珠具有更高的反射率, 而且在可见光范围内 430~530 nm 会有一个较为平缓的吸收谷, 具体峰位随其伴色不同而变化。整体来看, 辐照改色与天然呈色者的紫外可见光谱的谱线均为弱的宽缓吸收, 故仅能作为辅助鉴别特征。

(5) 三维荧光光谱结果显示辐照改色前后样品发光中心没有发生改变, 只是整体的荧光强度降低了 50%, 但与天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠的发光中心明显不同, γ 射线辐照处理的 Akoya 珍珠的最强发光中心是以双峰形式存在, 在激发波长/发射波长为 374/449 和 462 nm 处, 而天然呈色者的最强发光中心在激发波长/发射波长为 286/340 nm 处。故三维荧光光谱特征可以用于鉴别辐照改色与天然呈色的银灰色 Akoya 珍珠。

References

- [1] MA Yu-bo, HE Qiang, HUANG Shu-yao, et al(马遇伯, 何强, 黄淑瑶, 等). China Gems and Jewelry Academic Conference(中国国际珠宝首饰学术交流会论文集), 2019, 364.
- [2] JIA Nan, CHEN Jing-jing, LUO Yue-ping, et al(贾楠, 陈晶晶, 罗跃平, 等). China Gems & Jades(中国宝玉石), 2021, 164(2): 19.
- [3] LI Li-ping, CHEN Zhong-hui(李立平, 陈钟惠). Journal of Gems & Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2002, 4(3): 16.
- [4] LI Li-ping, YAN Wei-xuan, LIN Xin-pei, et al(李立平, 颜慰萱, 林新培, 等). Journal of Gems & Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2000, 2(3): 1.
- [5] Kim Y, Choi H, Lee B, et al. Gems & Gemmology, 2012, 48(4): 292.
- [6] Tsujii T. Journal of Radiation Research, 1963, 4(2-4): 120.
- [7] Komatsu H. Journal of the Gemmological Society of Japan, 1999, 20(1-4): 111.
- [8] Zhou Chunhui, Homkrajae A, Ho J W Y, et al. Gems & Gemmology, 2012, 48(4): 284.
- [9] CHEN Cai-yunfei, LI Li-ping(陈彩云飞, 李立平). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2022, 42(1): 20.
- [10] SONG Yan-jun, ZHANG Yi-cheng, WU Yun-long(宋彦军, 张义丞, 武云龙). Acta Mineralogica Sinica(矿物学报), 2017, 37(6): 712.
- [11] Matsuda Y, Miyoshi T. Japanese Journal of Applied Physics, 1988, 27(2): 235.

Spectroscopy Study of γ -Ray Irradiated Gray Akoya Pearls

LI Yuan-jing^{1,2}, CHEN Cai-yun-fei^{1,2}, LI Li-ping^{1,2*}

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

2. Hubei Gems and Jewelry Engineering Technology Research Center, Wuhan 430074, China

Abstract Recently, a high-quality gray Akoya pearl has been so popular in the market that many treated gray pearls appeared, resulting in a mess. Among them, the color of pearls changed by γ -ray irradiation treatment is the most difficult to identify. Therefore, distinguishing the origin of those gray pearls has become an urgent problem to solve. We chose a few white and light yellow Akoya pearls as samples to be treated by different doses of γ -ray irradiation. By observing the surface and drilled holes of these samples, the non-destructive spectroscopic test included photoluminescence spectra, UV-Vis spectra, and 3D fluorescence spectra to test and compare those unirradiated, irradiated, and naturally colored gray Akoya pearls. By comparing the amplification characteristics of samples, it is found that γ -ray irradiation samples have a light nacre and deep brown nucleus. In contrast, naturally colored ones show a brown interlayer of organic matter between a light nacre layer and white nucleus, and sometimes a “black spot” resulted from the concentrated area of organic matter. By comparing the spectroscopy characteristics of the samples, it is found that the fluorescence background of the photoluminescence spectra of the irradiated samples is higher

than that of unirradiated and naturally colored ones. Their F/A value (1.34~1.98), the intensity ratio between the background peak and aragonite main peak, is slightly higher than that of naturally colored ones (0.52~1.12). The reflectance of UV-Vis spectra of irradiated samples is lower than unirradiated ones, absorbed at 360 nm in the UV region. In comparison, the absorption valley of the naturally colored samples located in the range of visible light at 430~530 nm, which changes with different overtone, sometimes there is a weak wide and weak absorption at 750~800 nm. 3D fluorescence spectra show that the luminescence center of irradiated and unirradiated samples is consistent, except fluorescence intensity reduces by half compared with unirradiated ones. However, the main luminescence center of the irradiated pearls is completely different from that of the naturally colored gray pearls. The strongest fluorescence center in 3D fluorescence spectra of γ -ray irradiated Akoya pearls is at Ex/Em of 374/449 nm and 463 nm in the form of double peaks, while that of the naturally colored gray Akoya pearl is at Ex/Em of 286 nm/340 nm. In a word, combined with the observation from the surface and the drill hole and 3D fluorescence spectra, it is well to distinguish between naturally colored gray Akoya pearls and γ -ray irradiated gray Akoya pearls. In contrast, the F/A value of photoluminescence spectra and UV-Vis spectra can be used as an auxiliary identification.

Keywords Gray Akoya pearls; γ -ray irradiation treatment; 3D fluorescence spectrum; Identify characteristics

(Received Feb. 8, 2022; accepted Jun. 8, 2022)

* Corresponding author

《光谱学与光谱分析》期刊社决定采用 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统

《光谱学与光谱分析》期刊社与汤森路透集团签约,自 2010 年 12 月 1 日起《光谱学与光谱分析》决定采用 Thomson Reuters 旗下的 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统。

- ScholarOne Manuscripts, 该系统不仅能轻松处理稿件,而且能提速科技交流。
- 全球已有 360 多家学会和出版社的 3 800 多种期刊选用了 ScholarOne Manuscripts 系统作为在线投稿、审稿平台,全球拥有超过 1 350 万的注册用户,代表着全球学术期刊在线投审稿的一流水平。
- ScholarOne Manuscripts 与 EndNote, Web of Science 无缝链接和整合;使科研探索、论文评阅和信息传播效率大为提高。
- ScholarOne Manuscripts 是汤森路透科技集团的一个业务部门,拥有丰富的学术期刊业务经验,为学术期刊提供综合管理 workflow 系统,使期刊更有效管理投稿、同行评审、加工和发表过程,提高作者心中的专业形象,缩短论文发表时间,削减管理成本,帮助期刊提高科研绩效和实现学术创新。

《光谱学与光谱分析》采用“全球学术期刊首选的在线投稿审稿系统—ScholarOne Manuscripts”,势必对 2010 年 11 月 30 日以前向本刊投稿的作者在查阅稿件信息时,会带来某些不便,在此深表歉意!为了推进本刊的网络化、数字化、国际化进程,以实现与国际先进出版系统对接;为了不断提高期刊质量,加快网络化、数字化建设,加快与国际接轨的进程,希望能得到广大作者、读者们的支持与理解,对您的理解和配合深表感激。这是一件新事物,肯定有不周全、不完善的地方,让我们共同努力,不断改进和完善起来。

《光谱学与光谱分析》期刊社

2010 年 12 月 1 日