

天然血珀与烤色“血珀”的谱学特征鉴别

肖瑞红¹, 王礼胜¹, 陈文君², 施光海^{2*}

1. 河北地质大学, 河北 石家庄 050031

2. 中国地质大学地质工程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

摘要 血珀是琥珀中红色透明的品种, 因其色红如血而深受消费者喜爱。天然血珀产量少, 价格一直较外观相似的其他颜色琥珀高。由此, 一些本来颜色非红或者红色浓度不足者, 被人为技术变红或者更红。现今消费市场中有许多通过一种烤色技术而成的“血珀”用来冒充天然血珀, 被用来迷惑消费者以达到追求高额利润的目的。因此, 对天然血珀和烤色血珀的谱学特征分析并将其作为鉴定依据有重要的理论意义和实际意义。通过对天然血珀(4件)和烤色血珀(9件)采用常规宝石学测试方法、傅里叶变换红外光谱仪、紫外-可见分光光度计等分析, 给出了二者谱学特征, 并总结和探讨了天然与烤色血珀的鉴别特征。宝石学测试、红外光谱测试及紫外可见光谱分析均在河北地质大学珠宝学院完成。红外光谱测试采用 NICOLET is5型傅里叶变换红外光谱仪, 紫外-可见光光谱测试运用型号为 GEM-3000 的紫外-可见分光光度计。结果表明: 烤色及天然血珀在相对密度、紫外荧光、表面及内含物特征等方面有明显不同。烤色血珀平均相对密度略小, 天然血珀的平均相对密度在 1.075 左右; 而烤色血珀平均相对密度在 1.045 附近。烤色琥珀长波、短波紫外光下均无荧光, 天然血珀在长波紫外灯下有较弱的蓝色荧光。烤色血珀内部流体包裹体不完整, 几乎全部爆破成树枝状、圆盘状。烤色血珀表面广泛发育龟裂纹且裂隙中颜色更深, 并伴有红色的斑点、流纹, 颜色呆板附在表面; 天然血珀气泡很少全部爆破, 红色分布均匀且过渡自然, 表面有风化纹。经烤色后琥珀基本分子骨架虽未遭到严重破坏, 但烤色血珀与天然血珀在 2 930, 1 724, 994 和 1 157 cm⁻¹ 等处红外光谱吸收峰的强度与位置存在一定的差异, 如: 烤色血珀在 2 930 cm⁻¹ 处指示 C—H 饱和不对称伸缩振动的吸收峰的强度与天然血珀相比明显较弱; 烤色琥珀在 1 724 cm⁻¹ 指示 C=O 波段的峰的强度较天然琥珀明显增强, 而且吸收峰的峰位较天然血珀吸收峰位偏大; 1 029 与 975 cm⁻¹ 处的峰指示酯中 C—O 伸缩振动, 烤色琥珀的两峰在此趋于合并呈现单峰且吸收峰宽而强, 而天然血珀在此两处的吸收峰窄而弱; 并且, 相比于天然血珀, 烤色血珀的 975 cm⁻¹ 峰明显向大波数处移动至 997 cm⁻¹ 附近。天然血珀有 1 158 和 1 227 cm⁻¹ 次强峰及 1 180 cm⁻¹ 附近的弱吸收峰; 烤色琥珀此处的吸收峰趋于单峰化, 吸收峰位置在 1 160 cm⁻¹ 附近, 吸收峰的强度较天然血珀明显增加。天然血珀在 1 457 cm⁻¹ 处和 1 376 cm⁻¹ 处两处吸收峰的强度远远大于烤色血珀, 且天然血珀峰的最高点从 1 457 到 1 376 cm⁻¹ 呈下倾趋势, 烤色血珀呈水平与水平向上趋势。烤色血珀在 975~1 029 cm⁻¹ 处的峰合并成宽的单峰。在紫外可见光谱中, 天然血珀在 660 nm 处转折幅度明显大于烤色血珀。以上特征可以考虑作为鉴别天然与烤色血珀的关键证据。烤色与天然琥珀的谱学特征差异, 推测主要是因为含 C—H, C=C 键的耗减, C—O, C=O 键等含氧结构的增加所致。

关键词 天然血珀; 烤色血珀; 红外吸收光谱; 紫外可见吸收光谱

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)04-1053-06

引言

琥珀主要是中生代至新生代松柏科植物的树脂^[1], 经地

质作用而石化成矿^[2]的有机混合物。不仅被用来做首饰和贵重用品^[3], 具有极高的艺术价值^[3]和信仰背景^[4], 且具有重要的自然科学价值^[1, 5-6]和社会科学价值^[4, 7-9], 一直深受各个时期人们的喜爱。血珀是琥珀中红色透明的品种, 因为其

收稿日期: 2018-03-12, 修订日期: 2018-07-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41373055)资助

作者简介: 肖瑞红, 女, 1992 年生, 河北地质大学硕士研究生 e-mail: 2689010875@qq.com

* 通讯联系人 e-mail: shigh@cugb.edu.cn

色红如血，而深受一些对红色有偏好的消费者喜爱。由于天然血珀极为珍稀，故尔还具有很高的收藏价值。目前市场上，存在一种烤色“血珀”，其外观与天然血珀十分相似，但却是在非完全的自然条件下形成的。

烤色“血珀”是通过琥珀的烤色工艺完成的。烤色工艺的核心技术是在一定的温度和压力下，将琥珀表面氧化，从而产生红色一深褐色薄层^[10-12]。由于琥珀中含有 CH₂—CH₃ 键、C—H 键和 C=C 键等化学键^[13]，在氧化条件下极易发生变化。据相关研究，琥珀的红色可能与含氧的结构有关^[14-15]。可能正是这一机理，导致琥珀可以烤色，甚至可以烤成红色。如果不能有效地快速鉴别这两种血珀，不仅干扰了市场正常的运行，还会导致消费者茫然。因此，研究如何快速鉴别天然和烤色血珀的方式方法，成为当前珠宝行业迫在眉睫的任务。

目前的相关鉴别研究主要针对烤色琥珀大类与天然琥珀的一些特征^[10-11]，这些特征能够为烤色“血珀”的鉴别提供一定的参考。天然无烤琥珀的主要宝石学特征有：长波紫外线下具浅蓝白色及浅黄色、浅绿色、黄绿色至橙黄色荧光，弱到强，短波紫外线下荧光不明显^[12]。琥珀的光谱学特征峰^[11, 13-14]主要有：3 450 cm⁻¹ 左右的 OH(缔合)键，2 930 cm⁻¹ 左右的 C—H 饱和不对称伸缩振动，2 870 cm⁻¹ 左右的 C—H 饱和对称伸缩振动，1 720 cm⁻¹ 左右的酯中 C=O 伸缩振动，1 457 cm⁻¹ 左右的 CH₂—CH₃ 弯曲振动，1 154 cm⁻¹ 左右的酯中 C—O 伸缩振动，975 cm⁻¹ 左右的 C—O 弯曲振动，以及环外亚甲基中 C—H 面外弯曲振动 853 cm⁻¹。烤色琥珀的特征^[10-11]主要有：颜色加深、变红、变暗；透明

度自外而内从不透明逐步转变为透明；内部可产生金色和红色的“盘状裂隙”，即俗称“太阳光芒”包体。琥珀表面可产生汽化纹和龟裂纹、内部红色流纹和氧化裂纹。大多数烤色琥珀无荧光或弱荧光。比较 $I_{2\ 930\text{ cm}^{-1}}/I_{1\ 735\text{ cm}^{-1}}$ ，烤色琥珀在这两处的峰值比 $\leqslant 1$ ，而天然琥珀的峰值比 > 1 。

以上研究结果并没有详细系统地总结出烤色“血珀”与天然血珀在宝石学及谱学方面的差异特征，主要侧重于天然琥珀大类与烤色琥珀大类的研究，未曾细化到天然血珀与烤色血珀的具体特征及鉴定标准，离真正有说服力的有效鉴别还有一定距离。目前鉴定血珀是否为天然，仍然需要做针对性的专项研究工作。故通过对 13 件天然血珀与烤色“血珀”标本进行宝石学和光谱学分析，旨在总结出烤色“血珀”与天然血珀的特征及差异，为快速识别出市场中烤色“血珀”提供可靠依据。

1 实验部分

1.1 样品及宝石学性质

天然血珀样品来自云南腾冲珠宝店，烤色及其他颜色的样品来自南阳珠宝市场。以上样品的天然和烤色属性均源于店主提供的信息。信息表明，烤色“血珀”依据阶梯缓慢加热法加热和降温，如，若最高升温至 200 °C 的烤色，选取 70 °C 加热 1 h，之后调到 130 °C 加热 1 h，后再调到 150 °C 加热 1 h，以此依次升温直至 200 °C 加热 2.5 h；之后，实施阶梯式降温，即选取 180 °C 恒温 1 h，之后 130 °C 恒温 1 h，再后 100 °C 恒温 1 h，最后降温至 80 °C 时自然冷却至室温。

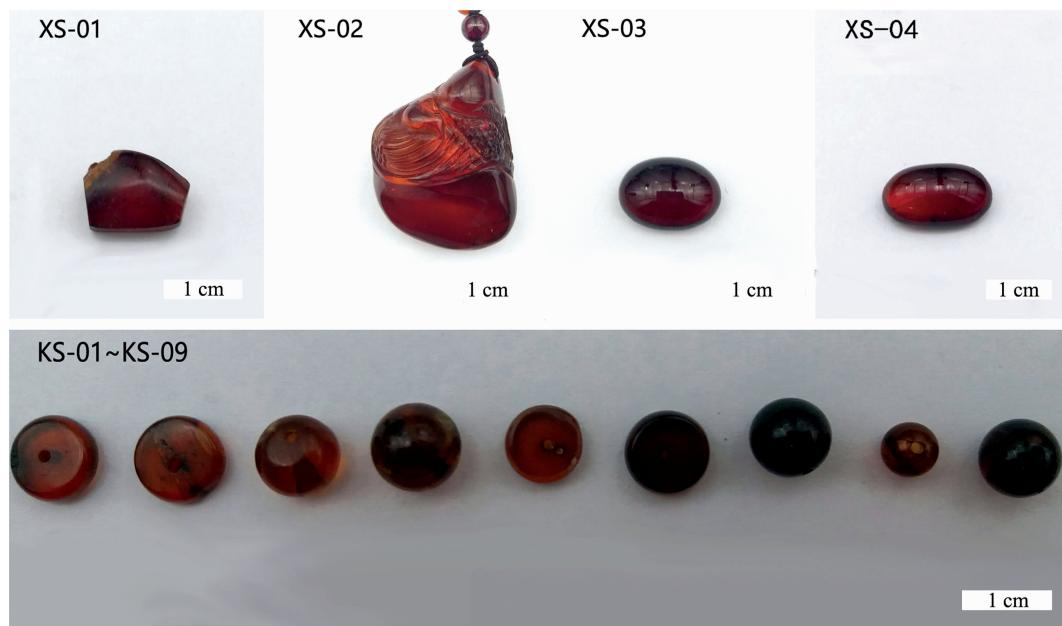


图 1 天然琥珀与烤色血珀样品

Fig. 1 Samples of natural and heated blood-red amber

经在实验室观察分析，选取了 13 件作为本文的测试样品。其中天然血珀 4 件，编号依次为 XS-01—XS-04；烤色“血珀”9 件，编号依次为 KS-01—KS-09。形状上有随形、圆

珠、扁珠、椭圆戒面、用作首饰的雕件等（如图 1）。

天然血珀的平均相对密度在 1.075 左右，烤色血珀的平均相对密度在 1.045 附近。烤色血珀平均相对密度略小的原

因可能是温压处理导致结构的变化所致。烤色血珀长波、短波紫外光下均无荧光，但是在去掉表皮的部分可以观察到蓝色荧光。天然血珀在长波紫外灯下有较弱的蓝色荧光。烤色血珀内部大量存在树枝状、圆盘状的流体包裹体。广泛发育龟裂纹且裂隙中颜色更深，并伴有红色的斑点、流纹，颜

色呆板厚重地附在表面；天然血珀存在完整的气液包体，红色分布均匀，过渡自然，表面有细小的风化纹。进行去皮时，发现天然与烤色的血珀均露出内部的金黄色，间接说明红色是由表层物质的氧化作用所致。以上的常规宝石学参数，可为天然琥珀与烤色琥珀的鉴定提供一定的依据(如表1)。

表 1 天然与烤色血珀宝石学特征

Table 1 Gemmological characteristics of natural and heated blood-red amber

编号	相对密度	荧光		放大观察
		LW	SW	
XS-01	1.080 7	弱蓝色	无	表面有细小风化纹，贝壳状断口
XS-02	1.059 7	弱蓝色	无	风化纹，酒红色颜色过渡自然，破口
XS-03	1.084 3	弱蓝色	无	风化纹，樱桃红色，颜色分布均匀
XS-04	1.073 6	弱蓝色	无	有两个大裂隙，小气泡群，酒红色，颜色分布均匀
KS-01	1.054 6	无	无	颜色分布不均匀，内部杂质较多
KS-02	1.025 5	无	无	表面裂隙充填黑色杂质，气泡爆破呈圆盘状，红色斑块
KS-03	1.040 8	无	无	酒红色，气泡爆破呈圆盘状
KS-04	1.050 9	无，去皮蓝色	无	去皮部分红色减淡，树叶状、烟花状包体疑似气泡爆破
KS-05	1.048 4	无	无	红色部分不均匀，珠孔处红色深，有红色条带
KS-06	1.057 8	无，去皮蓝色	无	去皮部分露出金黄色体色，红色减淡
KS-07	1.062 4	无	无	表面微裂隙，内部杂质较多，表面凹凸不平
KS-08	1.027 9	无	无	红色在裂隙中分布，外深内浅，分布不均匀
KS-09	1.052 4	无	无	红色呈点状、带状，气泡爆破呈圆盘状，珠孔裂隙红色深

1.2 方法

1.2.1 红外光谱测试

常规透射光谱采用 NICOLET is5 型傅里叶变换红外光谱仪测定。分别采集了 XS-01 与 XS-02 天然血珀样品表层的粉末与 KS-03, KS-04, KS-05 烤色琥珀样品表层的粉末，通过溴化钾(KBr)压片法，以 KBr : 样品 = 100 : 1 的比例进行制样。扫描 64 次，分辨率为 4 cm^{-1} ，扫描范围为 $4000\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$ ，室温。

镜面反射法红外光谱采用 NICOLET is5 型傅里叶变换红外光谱仪测定。扫描 64 次，分辨率为 4 cm^{-1} ，扫描范围为 $4000\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$ ，室温。将测试图谱进行 K-K 转换为吸收光谱后进行分析。

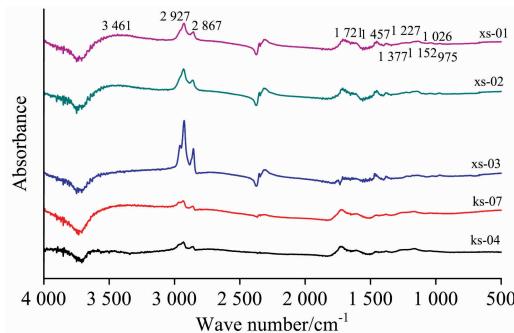


图 2 琥珀的反射法红外吸收光谱

Fig. 2 Infrared absorption spectra of ambers by specular reflection

1.2.2 紫外-可见光光谱测试方法

运用型号为 GEM-3000 的紫外-可见分光光度计进行测

试。波长范围 $200\text{--}1000 \text{ nm}$ ，积分时间 80 ms，平均次数 72，间隔为 1。

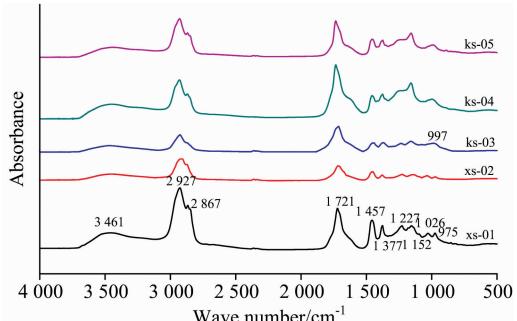


图 3 溴化钾透射法琥珀的红外吸收光谱

Fig. 3 Infrared absorption spectra of ambers by KBr spullet method

2 结果与讨论

2.1 红外测试分析

样品镜面反射法(图2)和溴化钾压片法(图3)红外光谱测试结果显示：天然血珀与烤色血珀主要红外吸收峰的位置相近，个别吸收峰的强度存在差异，个别吸收峰存在谱峰漂移与单峰化现象。烤色与天然血珀的共同特征是： 3450 cm^{-1} 附近有宽吸收带， $2924\text{--}2930 \text{ cm}^{-1}$ 强而尖的吸收峰， 2867 cm^{-1} 附近的弱峰， $1723\text{--}1735 \text{ cm}^{-1}$ 附近的强峰， 1457 和 1377 cm^{-1} 附近的次强峰， 1154 及 994 cm^{-1} 附近的弱峰。这些吸收峰的存在说明了琥珀经烤色后基本分子骨架脂肪族结构并未遭到严重破坏。

表2 琥珀溴化钾压片法红外光谱的吸收峰及归属^[4, 6-7]

Table 2 Location and attribution of infrared absorption peaks of ambers (by KBr pellet method)

谱峰归属	XS-01	XS-02	KS-03	KS-04	KS-05
OH(缩合)	3 461	3 446	3 447	3 448	3 447
C—H 饱和不对称伸缩振动	2 927	2 931	2 934	2 930	2 929
C—H 饱和对称伸缩振动	2 867	2 868	2 866	2 870	2 869
酯中 C=O 伸缩振动	1 721	1 719	1 724	1 735	1 735
羟酸中 C=O 伸缩振动					
C=C 伸缩振动	1 653(弱)				
CH ₂ —CH ₃ 弯曲振动	1 457	1 457	1 459	1 457	1 457
	1 377	1 377	1 381	1 376	1 375
羟酸中 C—O 伸缩振动	1 227	1 227			
酯中 C—O 伸缩振动	1 180(弱)	1 181(弱)			
	1 154	1 154	1 158	1 158	1 160
	1 026	1 033			
C—O 弯曲振动	975	975	997	997	994
环外亚甲基中 C—H 面外弯曲振动	853	853	889	892	889

不同特征为：烤色血珀中有指示酯中 C—O 伸缩振动的 997 cm⁻¹ 处的峰，且吸收峰宽而强，天然血珀在此处有 1 029 与 975 cm⁻¹ 两处窄而弱的吸收峰[图 4(a)]。天然血珀有 1 158 和 1 227 cm⁻¹ 次强峰及 1 180 cm⁻¹ 附近的弱吸收峰；烤色血珀此处的吸收峰趋于单峰化，吸收峰位置在 1 160 cm⁻¹ 附近，吸收峰的强度较天然血珀明显增强[图 4(b)]说明醇、酯、醚等聚合物的增加^[11-12, 14]，换言之，是烤色过程导致含氧结构的增加从而使琥珀颜色变红。1 457 和 1 376 cm⁻¹ 两处吸收峰指示 CH₂—CH₃ 的弯曲振动，天然血珀在这两处

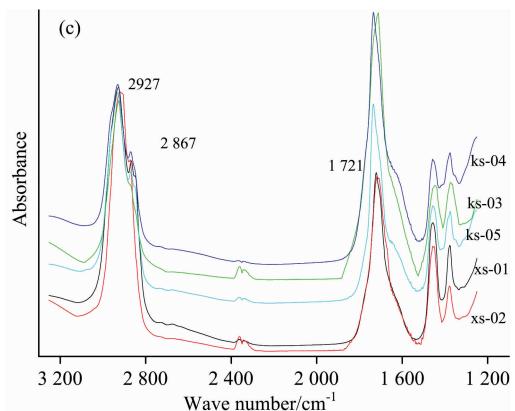
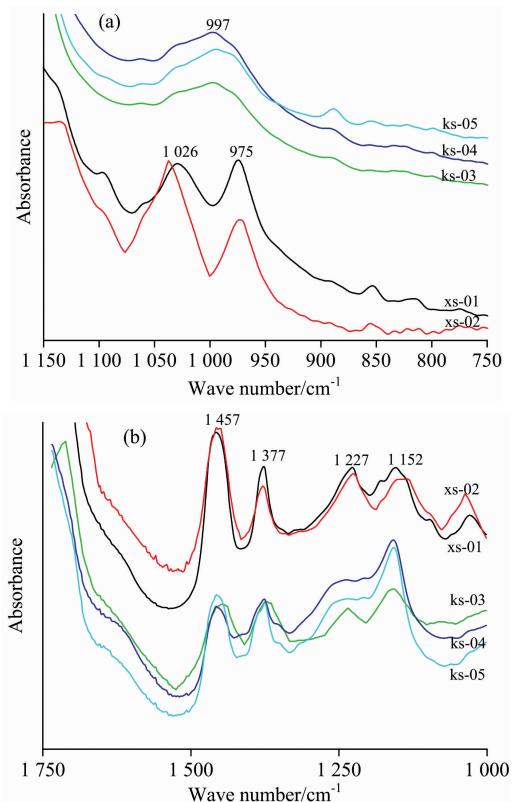


图4 750~1 250 cm⁻¹ (a), 1 000~1 750 cm⁻¹ (b), 1 500~3 000 cm⁻¹ (c) 琥珀溴化钾透射法红外吸收光谱

Fig. 4 Infrared absorption spectra of ambers by KBr pellet method in the region of 750~1 250 cm⁻¹ (a), 1 000~1 750 cm⁻¹ (b), 1 500~3 000 cm⁻¹ (c)

吸收峰的强度远远大于烤色血珀，而且天然琥珀从 1 457 cm⁻¹ 到 1 376 cm⁻¹ 是下倾的趋势，烤色琥珀则是水平及水平向上的趋势[图 4(b)]，表明烤色琥珀部分的 C—H 键在烤色过程中被消耗。1 600~1 650 cm⁻¹ 处指示 C=C 伸缩振动的谱峰在烤色血珀中未出现，部分天然血珀出现了 1 653 cm⁻¹ 微弱的吸收峰，推测烤色血珀可能在处理过程中 C=C 双键被消耗。烤色琥珀在 1 724 cm⁻¹ 指示 C=O 波段的峰位较天然琥珀明显增强，而且吸收峰的位置较天然血珀吸收峰位置偏大，即，烤色血珀在 1 734 cm⁻¹ 附近，天然血珀在 1 718 cm⁻¹ 附近[图 4(c)]。该种现象可能是由于天然血珀中 C=C 与 C=O 共轭连接，导致天然血珀的 C=O 吸收峰位偏小；而烤色血珀由于 C=C 键被消耗，该共轭效应极大减弱，所以 C=O 峰位要比天然血珀的 C=O 峰位偏大。由于烤色血珀在 2 930 cm⁻¹ 处指示 C—H 饱和不对称伸缩振动的吸收峰与天然血珀相比明显较弱[图 4(c)]，表明

烤色琥珀中 C—H 键的数量较天然血珀偏少，另外比较 $I=2\ 930\text{ cm}^{-1}/I=1\ 735\text{ cm}^{-1}$ ，烤色琥珀在这两处的峰高度比 ≤ 1 ，而天然琥珀的峰高度比 > 1 ，两处峰的比值视为指纹检测依据^[10-11]，天然与烤色琥珀在此处的差别，推测为烤色过程中 C—H 键的消耗所致。

2.3 紫外可见测试分析

可以看出天然血珀(XS-03, XS-04)在 660 nm 转折区域，天然血珀的转折幅度大于烤色琥珀，为天然与烤色血珀的参考鉴定特征。

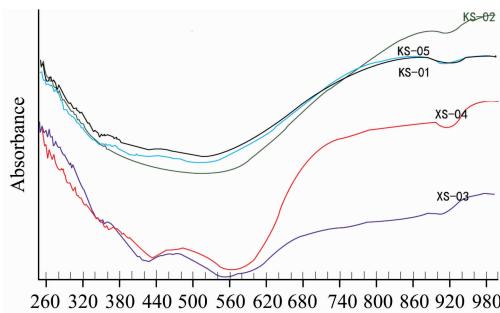


图 5 血珀样品的紫外可见吸收光谱

Fig. 5 UV-Vis spectra of blood-red amber samples

3 结 论

(1) 烤色琥珀的相对密度低于天然血珀；烤色血珀长、短波紫外光下均无荧光，去皮后呈蓝白色荧光，天然血珀在长波紫外灯下有较弱的蓝色荧光；烤色血珀气泡几乎全部爆破且表面颜色呆板，有斑点、流纹集中在裂隙中，天然血珀

颜色分布均匀过渡自然。去皮后发现天然与烤色血珀均露出金黄色，间接表明红色是表层物质氧化作用所致。

(2) 烤色与天然血珀用镜面反射法与溴化钾压片法测试红外光谱发现主要吸收峰位置相近，认为烤色血珀基本分子骨架未遭到严重破坏。

(3) 烤色琥珀指示 C—O 弯曲振动 1 029 与 975 cm⁻¹ 处的吸收峰合并为 997 cm⁻¹ 单峰且峰宽而强；天然血珀有 C—O 伸缩振动的 1 158, 1 227 及 1 180 cm⁻¹ 的吸收峰，烤色琥珀吸收峰趋于单峰化在 1 160 cm⁻¹ 附近且强度大；天然血珀在指示 CH₂—CH₃ 弯曲振动的 1 457 和 1 376 cm⁻¹ 两处吸收峰强度远大于烤色血珀，表明天然血珀中 C—H 键的数量多；而从 1 457 cm⁻¹ 到 1 376 cm⁻¹ 天然琥珀是下倾趋势，烤色琥珀是水平及向上趋势；指示 C=C 伸缩振动的谱峰在烤色血珀中未出现，而天然血珀出现了 1 653 cm⁻¹ 微弱的吸收峰；烤色血珀中指示 C=O 的峰位在 1 734 cm⁻¹ 附近，天然血珀在 1 718 cm⁻¹ 附近，烤色较天然血珀吸收峰的位置发生偏移且强度大，推测天然血珀中 C=O 双键与 C=C 双键共轭向低频波数方向偏移，而烤色血珀 C=C 双键被消耗且 C=O 双键增加，吸收峰向高频方向迁移所致；烤色血珀在 2 930 cm⁻¹ 处指示 C—H 饱和不对称伸缩振动的吸收峰与天然血珀相比明显较弱，表明烤色琥珀中 C—H 键的数量较天然血珀偏少；比较 $I_{2\ 930\text{ cm}^{-1}}/I_{1\ 735\text{ cm}^{-1}}$ ，烤色琥珀在这两处的峰值 ≤ 1 ，而天然琥珀的峰值 > 1 ，验证了前人的结果。

(5) 紫外可见吸收光谱中，天然血珀在 660 nm 转折区域，天然血珀的转折幅度大于烤色琥珀，为天然与烤色血珀的参考鉴定特征。

References

- [1] Shi G H, Grimaldi D A, Harlow G E, et al. Cretaceous Research, 2012, 37: 155.
- [2] SHI Guang-hai, LIU Ying-xin, YUAN Ye, et al(施光海, 刘迎新, 袁野, 等). Earth Science Frontiers(地学前缘), 2017, 24(6): 142.
- [3] Follett Thelma. Archaeology, 1985, 38(2): 64.
- [4] Stephan V, Klaus B, Pieter G, et al. Antiquity, 2012, 86(333): 660.
- [5] Liu Y, Shi G H, Wang S. Gems & Gemology, 2014, 50(2): 134.
- [6] Pastorelli G. Journal of Cultural Heritage, 2011, 12(2): 164.
- [7] Murillo-Barroso M, Martínón-Torres M, Sanjuán L G, et al. Journal of Archaeological Science, 2015, 57: 322.
- [8] Truic G I, Teodor E D, Teodor E S, et al. Journal of Archaeological Science, 2012, 39(12): 3524.
- [9] Teodor E S, Teodor E D, Virgolici M, et al. Journal of Archaeological Science, 2010, 37(10): 2386.
- [10] WANG Ya-mei, YANG Ming-xing, YANG Yi-ping, et al(王雅玫, 杨明星, 杨一萍, 等). Journal of Gems & Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2010, 12(4): 25.
- [11] Wang Yamei, Yang Mingxing, Yang Yiping. Gems & Gemmology, 2014, 50(2): 142.
- [12] WANG Ya-mei, YANG Ming-xing, NIU Pan(王雅玫, 杨明星, 牛盼). Journal of Gems & Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2014, 16(2): 10.
- [13] XING Ying-ying, QI Li-jian, MAI Yi-cheng, et al(邢莹莹, 亓利剑, 麦义城, 等). Journal of Gems & Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2015, 17(2): 8.
- [14] WU Zong-hua, CHEN Shao-ping(吴宗华, 陈少平). Chemistry & Industry of Forest Products(林产化学与工业), 2000, 20(3): 13.
- [15] OUYANG Miao-xing, YUE Su-wei, GAO Kong(欧阳妙星, 岳素伟, 高孔). Journal of Gems & Gemmology(宝石和宝石学杂志), 2016, 18(1): 24.

Spectral Characteristics of Natural and Heated Blood-Red Ambers

XIAO Rui-hong¹, WANG Li-sheng¹, CHEN Wen-jun², SHI Guang-hai^{2*}

1. Gemmological Institute, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract Blood-red amber is the kind of amber with red coloration, which is so popular in jewelry market. Natural blood-red amber is rare and expensive. Anyway, there is so much heat-treated blood-red amber emerges to make consumers confused. So it is an urgent task to distinguish heat-treated amber from the natural one. In this work, natural and heated blood-red amber samples were tested by conventional gemmological methods, infrared spectrometer and UV-Vis spectrophotometer, including 4 natural blood-red amber samples and 9 heat-treated blood-red amber samples. The blood-red amber samples were all tested in Hebei GEO University. The NICOLET is5 Fourier transform infrared spectrometer was used to do the infrared spectrum test. And the UV-visible spectrum was tested by GEM-3000 UV-visible spectrophotometer. The results indicated: The average relative density of the heated blood-red ambers was slightly smaller, for the average relative density of the natural blood-red amber samples was around 1.075 compared to 1.045 for the heated ones. The heated blood-red amber samples have no fluorescence under long wave and short wave ultraviolet light, while the natural ones appear weak blue fluorescence under the long wave ultraviolet lamp. The internal fluid inclusions of heated blood-red amber samples are broken and almost all burst into tree branch shape and disc shape. The surfaces of the heated blood-red ambers are widely developed in turtle cracks, and the red color, with red spots and streaks, is darker in the fissure than anywhere else. And the colorations are attached to the surface of heated blood-red amber samples. The internal fluid inclusions of the natural blood-red ambers are rarely burst. The red color distribution on natural blood-red ambers is uniform and natural, with little cracks for being weathered. Heated and natural ambers have obvious differences in relative density, UV fluorescence and inclusions, etc. The basic molecular skeletons of blood-red amber samples have not been seriously damaged after heated. The differences between heated and natural ambers lie on the aspects of intensities and locations of infrared absorption peaks at 2 930, 1 724, 994, 1 157 cm⁻¹. The peaks at 2 930 cm⁻¹ in heated blood-red amber samples, which is implication of saturated C—H asymmetric stretching vibration, are less intense than that in natural blood-red amber samples. There is enhancement in the intensity of peaks at 1 724 cm⁻¹, indicating C=O bond, for heated blood-red ambers comparing the natural ones with a larger locations. Peaks at 1 029 and 975 cm⁻¹ are signals for C—O stretching vibrations in infrared spectrum. The peaks of heated blood-red ambers trend to merging to a single one peak at these two points with broad width and high intensity, while the peaks of the natural ones appear thin and short. The peaks at 975 cm⁻¹ of the heated blood-red ambers shift to around 997 cm⁻¹ obviously. Peaks at 1 158, 1 227 and 1 180 cm⁻¹ of natural blood-red ambers can be found, while there are single peaks with no shoulder peaks at 1 160 cm⁻¹ of heated blood-red ambers. From 1 457 to 1 376 cm⁻¹ the absorption peak intensities of natural amber samples are much higher than those of heated ones. And the natural blood-red amber samples showed downward trends in IR-spectrum, while heated amber showed a horizontal or horizontal upward trends. The absorption peaks of heat-treated amber samples from 975 to 1 029 cm⁻¹ merge into wide single peaks, which is the key evidence to identify natural and heated blood-red ambers. The difference of the infrared absorption peaks between heated and natural ambers is speculated to be mainly caused by the breaking of C—H, C=C bond and the increasing of C—O, C=O and other oxygen bond structure. UV-Vis spectra of blood-red amber samples revealed: in the turning region of 660 nm, the turning areas of natural blood-red amber samples are greater than the heated amber samples.

Keywords Blood-red amber; Heated amber; FTIR; UV-Vis

(Received Mar. 12, 2018; accepted Jul. 16, 2018)

* Corresponding author