

文章编号: 0254-5357(2014)05-0681-09

表面接触角的测量及表面张力在宝玉石鉴定中的应用

鲍 雪¹, 陆太进¹, 魏 然¹, 张 勇¹, 李海波², 陈 华¹, 柯 捷³

- (1. 国土资源部珠宝玉石首饰管理中心北京珠宝研究所, 北京 100013;
2. 国家珠宝玉石质量监督检验中心, 北京 100013;
3. 国土资源部珠宝玉石首饰管理中心, 北京 100013)

摘要: 表面张力是固体表面重要的物理化学参数之一,其大小与温度和界面两相物质的性质有关。基于 Young 方程的推导,使用接触角测量法计算固体表面张力已被广泛应用于表面科学和工程领域。宝玉石材料大多具有光洁的表面,在接触角测量的准确性方面较其他表面不均一的固体材料具有明显的技术优势。本文运用现代仪器 (FTA200 动态接触角测量仪) 测量了 15 个天然和合成宝玉石品种 (钻石、合成碳硅石、合成立方氧化锆、碧玺、托帕石、翡翠、琥珀等),以及经覆膜和充填 2 种处理方法的宝玉石样品 (镀膜钻石、覆膜托帕石、覆膜翡翠、覆膜琥珀、充填碧玺) 的表面接触角,并运用公式计算其表面张力。测试数据表明,不同品种宝玉石的接触角数值存在差异,如钻石的接触角值为 56.68°,其仿制品立方氧化锆的接触角值为 37.79°;覆膜处理与未经覆膜处理的天然宝玉石的接触角数值差异明显,如琥珀的接触角值为 92.49°,覆膜琥珀的接触角值为 66.49°;充填处理宝玉石接触角的测试由于控制液滴的大小受条件限制操作难度较大,测试结果不能准确表达为裂隙中充填物的接触角数值,故充填处理的宝石不宜采用此方法进行区分。研究表明,对于部分宝玉石品种和覆膜处理宝玉石,其表面接触角及表面张力数值差异显著,可以作为宝玉石品种的辅助鉴定依据;尤其是运用接触角的差异对于宝玉石鉴定具有较好的判别性,能够对不同品种的天然宝玉石与表面覆膜的宝玉石样品进行有效区分。与常规宝石检测方法 (如红外光谱、折射率测量方法) 对比,接触角测量方法具有测量准确、操作简便,不破坏样品的特点,符合宝玉石无损鉴定的基本原则,且能够安全快速地测量高折射率宝石,可以解决宝玉石表面覆膜等与表面物性相关的检测疑难问题。

关键词: 接触角; 表面张力; 宝玉石; 覆膜处理; 充填处理; 鉴定

中图分类号: P619 **文献标识码:** A

表面张力是固体表面重要的物理化学参数之一,其大小与温度和界面两相物质的性质有关。对于固体表面,由于其表面分子或原子失去了流动性,使得其表面存在微观凹凸不平、孔隙等几何不均一性,且实际固体表面的复杂性使得固体表面张力的测量计算较液体困难许多。基于 Young 方程的推导,使用接触角测量法计算固体表面张力被广泛应用于表面科学和工程领域^[1],前人对于聚合物等化学材料的接触角测量和表面张力的定量计算亦有较多研究和应用。

在珠宝玉石鉴定领域,由于宝玉石材料多具有光洁的表面,在接触角测量的准确性方面较其他表面不均一的固体材料具有明显的技术优势,运用接

触角的差异对于不同品种的宝玉石鉴定应有较好的判别性;且这种物理测试技术不破坏样品,符合宝玉石无损鉴定的基本原则。1977 年,Nassau 等^[2]为了区分钻石与其他仿制品,测量了 27 个不同品种宝石材料的接触角,实验结果表明接触角的差异能够清晰地区分钻石及其他仿制品,如合成立方氧化锆 (CZ)、钎镓榴石 (GGG)、钎铝榴石 (YAG) 等,分析了实验条件 (包括仪器设备) 对接触角测量准确度的影响因素,例如被测样品表面洁净程度、测试液体种类、测试仪器装置等。

当前珠宝玉石表面处理技术日渐成熟,市场上各种覆膜、镀层等经表面处理的珠宝玉石材料,给实验室鉴定带来了前所未有的挑战,某些样品利用通

常的红外光谱仪器检测已有难度,需要破坏样品进行测试,且折射率等常规检测方法对于特定的宝石品种鉴定也有不同程度的困难,急需寻找新方法解决疑难问题。而开发利用珠宝玉石的表面性质,分析理解天然、合成及优化处理珠宝材料的表面张力性质差异,可作为珠宝玉石准确鉴定的辅助检测方法。目前,国内外已具备大量成熟的表面张力动态接触角分析仪器,如德国 KRUSS 公司生产的型号为 K12 的动态表面能分析仪、德国 Dataphysics 公司推出的 OCA 系列视频光学接触角测量仪、以及 PCA 系列便携式/在线接触角测量仪、ACA 系列全自动视频接触角测量仪以及美国 FTA 系列动态接触角测量仪,并已广泛应用于材料学表面物性研究领域。本文运用美国 FTA200 动态接触角测量仪,测试了钻石、镀膜钻石、合成碳硅石、合成立方氧化锆(CZ)、红宝石、合成红宝石、蓝宝石、合成蓝宝石、橄榄石、透辉石、长石、黄水晶、碧玺、充填碧玺、托帕石、覆膜托帕石、翡翠、覆膜翡翠、琥珀、覆膜琥珀 21 粒宝玉石的表面接触角,对覆膜处理的宝石与天然宝石的表面接触角进行对比研究,验证表面接触角和表面张力在宝玉石鉴定中的可行性,拟尝试性开发一种珠宝玉石表面物性测量方法,为宝玉石检测提供鉴定依据。

1 表面张力和接触角的关系

1.1 表面张力

表面张力是液体表面层由于分子引力不平衡而产生的沿表面作用于任一界线上的张力。通常,由于环境不同,处于界面的分子与处于相本体内的分子所受力是不同的。上层空间气相分子对液体的吸引力小于内部液相分子对它的吸引力,所以该分子所受合力不等于零,其合力方向垂直指向液体内部,结果导致液体表面具有自动缩小的趋势,这种收缩力称为表面张力。表面张力是物质的特性,其大小与温度和界面两相物质的性质有关。

固体的表面张力不宜测得,通常是用液体在固体表面上的接触角的大小来计算。接触角法操作简单,应用广泛,是目前估算表面张力最常用的方法。

1.2 接触角和 Young 方程

将少量液体滴在固体表面,液体可能形成液滴,在达到平衡时,处于固体表面上的液滴会保持一定的液体形状,这是体系在三个界面张力平衡作用下的结果。接触角是指在气、液、固三相交点处所作的气-液界面的切线穿过液体与固-液交界线之间的

夹角 θ ,是润湿程度的量度。如图 1 所示。
固-气、液-固、液-气这三个界面张力的平衡关系可以用 Young 方程表达^[3]:
$$\gamma_{SG} = \gamma_{LG} \cos \theta + \gamma_{SL} \tag{1}$$
式中, γ_{SG} 、 γ_{SL} 和 γ_{LG} 分别表示固-气、液-固、液-气界面张力, θ 为接触角。

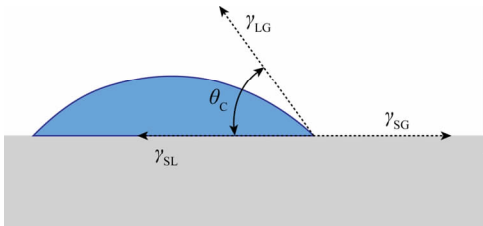


图 1 液体在固体表面的接触角
Fig. 1 The contact angle of liquid on the solid surface

Young 方程中的接触角是在假定固体表面光滑、化学均质、刚性、各向同性且无化学反应,并且认为三相接触线上的线张力可以忽略不计的理想状态下的接触角。但在实际的固体表面,通常测量得到的接触角的值是在一个范围内,并不是唯一的值。朱定一等^[4]在分析总结前人研究的基础上,推导出计算固体表面张力的新方法。通过建立有限液-固界面体系的张力平衡,推导出在无限液-固界面系统中,液-固界面张力和固相表面张力的关系式:

$$\gamma_{SL} = \gamma_{LG} / 2 (\sqrt{1 + \sin^2 \theta} - \cos \theta) \tag{2}$$

(0 < θ ≤ 180°)

$$\gamma_{SG} = \gamma_{LG} / 2 (\sqrt{1 + \sin^2 \theta} + \cos \theta) \tag{3}$$

(0 < θ ≤ 180°)

式(2)、(3)表明 γ_{SG} 、 γ_{SL} 仅是液相表面张力 γ_{LG} 和接触角 θ 的函数,只要知道一种液体的 γ_{LG} 和这一液体在固相表面的接触角 θ 就可以计算得到 γ_{SG} (固-气界面张力)。

2 接触角的测量方法

接触角的测量方法根据直接测量物理量的不同可以分为量角法、透过法、测力法和长度法^[5]。量角法直观,但测试结果受操作者影响,误差较大;透过法适用于固体粉末;测力法运用电子天平,读数较精确,德国 KRUSS 公司的动态表面能分析仪基于此方法设计制造;长度法形式之一的小液滴法(球冠)是当液滴足够小时,重力可以忽略,液滴是理想的球冠型,测量在固体平面上小液滴的高度(h)和宽度

(2*r*),二者关系可以表示为如下公式:

$$\sin\theta = 2hr/(h^2 + r^2)$$

(4)

通过测量 *h* 和 *r*,可以根据公式(4)计算出接触角 θ 。本次实验采用的美国 FTA 公司的表面张力动态接触角分析系统依据此原理设计制造。该方法受操作者影响较小,误差小,但公式(4)需满足一些假设条件,这些条件在实际测量中可能无法满足,如液滴的体积不是非常小,重力影响不能忽略,液滴在粗糙表面、多相表面的接触角不是轴对称,因此会带来一些误差。

本次实验选用运用此原理的美国 FTA 仪器,是基于被测样品的特点,宝玉石本身体积小,对测试液滴的尺寸要求较小,且宝玉石表面经过抛光后较为光滑,可能造成的误差较小。

2.1 测量方法

2.1.1 测量仪器

仪器采用美国 FTA 公司生产制造的表面张力测试仪,可测量被测物体的表面张力和接触角,测试仪器型号为 FTA200(图 2)。该仪器能够精确地显示液滴的外观,并装备了易于调整的样品台,内置计算机控制的进样系统定位方便,可控制小剂量给样。使用的控制液滴大小的测试针头是 27 Gauge(图 3)。



图 2 FTA200 表面张力仪
Fig.2 FTA200 dynamic surface tension meter



图 3 控制液滴大小的针头(针头标准:27 Gauge)
Fig.3 The needle for controlling the droplet size

2.1.2 实验样品及测量过程

(1)实验样品

本次实验选用钻石、镀膜钻石、合成碳硅石、合成立方氧化锆(CZ)、红宝石、合成红宝石、蓝宝石、合成蓝宝石、橄榄石、透辉石、长石、黄水晶、碧玺、充填碧玺、托帕石、覆膜托帕石、翡翠、覆膜翡翠、琥珀、覆膜琥珀共计 21 粒。

选用去离子水作为检测液体。

实验仪器误差为 1%。

(2)测量过程

在相同实验条件下分别对 21 粒待测样品逐一清洗,进行测试并记录数据。具体测量步骤如下。

①用酒精清洁样品表面。

②将待测样品放置在样品台上,固定宝石并使宝石待测表面水平。

③使用计算机软件调节控制液体体积及液滴速率,待液滴稳定后,微调样品台,使液滴与样品台上的样品触碰,测量样品的接触角。

测试样品信息及其接触角测量值见表 1。

3 宝玉石接触角的测量结果和表面张力计算

3.1 不同品种和不同处理方法的宝玉石的接触角

3.1.1 不同品种的天然和合成宝玉石的表面接触角



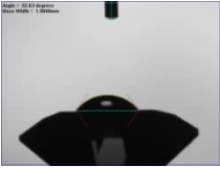



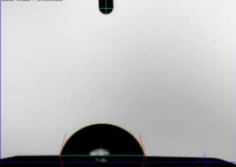
运用 FTA200 测量天然、合成宝玉石表面接触角的方法简便实用。经测试得到 15 种宝玉石的接触角数值分别为:钻石(56.68°)、合成碳硅石(52.63°)、合成立方氧化锆(37.79°)、红宝石(73.99°)、合成红宝石(77.41°)、蓝宝石(74.95°)、合成蓝宝石(74.42°)、碧玺(58.08°)、橄榄石(59.14°)、透辉石(44.28°)、长石(39.91°)、黄水晶(37.33°)、托帕石(29.48°)、翡翠(44.40°)、琥珀(92.49°)。实验数据表明不同品种宝玉石有着不同的接触角值,利用接触角值可以有效地区分部分宝玉石品种。本次实验与 Nassau 博士等^[2]的实验数据钻石(55°~47°)、合成碳硅石(66°~58°)接近,实验条件及操作仪器的区别导致了结果的偏差。在测试过程中,相同品种的接触角数值并不是固定的一个值,存在误差波动。

3.1.2 覆膜处理宝玉石的表面接触角

本文首次对于经过覆膜处理的宝石样品进行测试。实验测试数据表明,天然钻石(56.68°)、托帕石(29.48°)、翡翠(44.40°)和琥珀(92.49°)分别与经过覆膜的钻石(33.33°)、托帕石(55.49°、54.04°)、翡翠(50.21°)和琥珀(63.35°、69.48°)的

表 1 测试样品信息及其接触角测量值

Table 1 The basic information of test samples and their measured contact angles

样品编号	样品名称	颜色	琢型	接触角测量值 (°)	接触角测量 图片	备注
001	钻石	无色	圆形 刻面	56.68		天然
002	钻石	无色	圆形 刻面	33.33		镀膜处理
003	合成 碳硅石	绿色	圆形 刻面	52.63		合成
004	CZ	无色	椭圆 刻面	37.79		合成
005	红宝石	红色	椭圆 弧面	73.99		天然
006	合成 红宝石	红色	椭圆 刻面	77.41		合成
007	蓝宝石	蓝色	椭圆 刻面	74.95		天然
008	合成 蓝宝石	蓝色	水滴形 刻面	74.42		合成
009	橄榄石	黄绿色	椭圆 刻面	59.14		天然

(续表 1)

样品编号	样品名称	颜色	琢型	接触角测量值 (°)	接触角测量图片	备注
010	透辉石	绿色	方形 刻面	44.28		天然
011	长石	黄色	特殊 切工	39.91		天然
012	黄水晶	橙黄色	特殊 切工	37.33		天然
013-1	碧玺	粉红色	椭圆 弧面	58.08		天然
013-2	碧玺	粉红色	椭圆 弧面	45.80		充填处理
014	托帕石	粉红色	三角形 刻面	29.48		天然
015	托帕石	蓝色	椭圆刻面 特殊切工	55.49		覆膜处理
016	托帕石	无色	椭圆刻面 特殊切工	54.04		覆膜处理
017	翡翠	绿色	水滴形 弧面	44.40		天然

续表 1

样品编号	样品名称	颜色	琢型	接触角测量值 (°)	接触角测量图片	备注
018	翡翠	绿色	随形	50.21		覆膜处理
019	琥珀	棕红色	半球形	92.49		天然
020	琥珀	黄色	圆盘形	63.35		覆膜,膜为蓝绿色
021	琥珀	黄色	花形	69.48		覆膜,膜为棕红色

接触角数值均有明显差异。以琥珀样品为例,天然琥珀样品 019(如图 4),为一个球形珠切开一半,利用切开的平面测得该样品接触角为 92.49°;覆蓝绿色膜的琥珀样品 020(如图 5),圆盘状,底部平面覆有一层蓝绿色薄膜,测得覆膜平面样品的接触角为 63.35°;覆棕红色膜的琥珀样品 021(如图 6),花朵造型的一部分,表面覆棕红色薄膜,测得覆膜平面样品的接触角为 69.48°。样品 019 与覆膜样品 020、021 的接触角数值差异显著,样品 020 与 021 同为覆膜,但由于膜本身的差异性和测试误差,实验数值并不相同。

3.1.3 充填处理宝玉石的表面接触角

表 1 中所列的碧玺样品 013-1 和 013-2 是同一个碧玺样品的两部分(如图 7),013-1 的接触角数值 58.08°为碧玺样品下半部分无裂隙出露的光滑平面部分的测试数值,013-2 的接触角数值 45.80°为该碧玺上半部大量裂隙出露并有充填物存在部分的测试数值,实验数据表明二者的接触角数值存在差异。由于裂隙中存在充填物,理论上液滴处于充填物测试的数据和液滴处于碧玺自身表面测试的数据不同,以此可以进行区分。但宝石表面的裂隙出露面较小,限于目前针头的尺寸,27Gauge 标



图 4 样品 019 天然棕红色琥珀样品,其中一面具有光滑的平面
Fig.4 The brownish red amber sample (No.019)

准的针头滴出的液滴会将裂隙处全部覆盖,并溢出到未充填部分,滴到裂隙表面的液滴不能完全控制在裂隙面内,因此受控制液滴针头大小的影响,测试结果不能准确表达为裂隙中充填物的接触角数值。若控制液滴的针头能够尽可能小,液滴可以刚好落在充填裂隙的物质中,测量出充填物质的接触角数值,便可进行区分。

3.1.4 测量接触角数值的影响因素

接触角值的测量与样品表面性质^[6](粗糙程度、表面单一程度),表面清洁程度,表面干燥程度

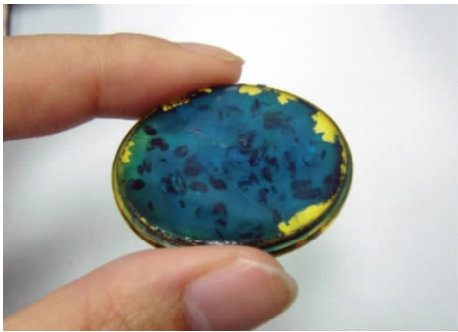


图 5 样品 020 黄色琥珀底面覆蓝绿色膜
Fig. 5 The yellow amber with green coated bottom (No. 020)



图 6 样品 021 黄色琥珀覆棕红色膜
Fig. 6 The brownish red amber with brownred coated bottom (No. 021)

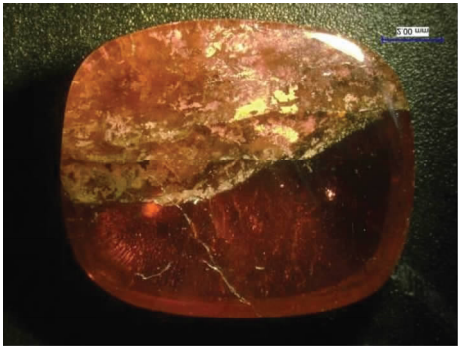


图 7 样品 013 上半部分(013-2)有裂隙出露,下半部分(013-1)没有裂隙出露面
Fig. 7 A crack in the upper part of sample No. 013, no in the lower part

及液滴接触时间、液体种类、液滴体积等均有关系,此外,测量仪器的精准度也是重要影响因素之一。本次实验采用测试液体为去离子水,较 Nassau 博士等^[2]采用的蒸馏水干扰更小,测试结果更精准,若条件允许,最佳的测试液体为高纯水(二次蒸馏水),以去除干扰保证实验的准确性;采用酒精统一清洁并干燥了测试样品,与 Nassau 等^[2]采用的清洗剂三氯甲烷不

同,清洗剂的影响本文尚未深入研究;测试仪器采用现代表面张力动态接触角分析系统美国 FTA200,该仪器较 Nassau 等^[2]当时的小型简单装置有着绝对优势,仪器对于液滴接触时间和液滴体积的控制精准,测量数值误差相对较小。与此同时,测量实验显示出该仪器对于珠宝玉石表面接触角的测量尚有欠缺,若可在仪器中添加高倍显微镜模块,利用高倍显微镜观察珠宝玉石表面的细微之处的同时配合更细的针头,对于珠宝鉴定领域将更加适用。

3.2 表面张力的计算

根据张远超等^[7]在研究高聚物表面张力时,采用液态纯净水利用上述公式(3)计算得出的表面张力数值具有很好的一致性,利用测量的各品种宝玉石的接触角,根据式(3)计算其表面张力。

$$\gamma_{SG} = \gamma_{LG} / 2 (\sqrt{1 + \sin^2 \theta} + \cos \theta) \quad (0 < \theta \leq 180^\circ) \tag{3}$$

式中, γ_{SG} 为固体表面张力, γ_{LG} 为液体表面张力。
本次实验已知水的表面张力 72.8 mN/m (20℃),利用公式计算得出各宝玉石品种的表面张力分别为:钻石 67.4 mN/m,合成碳硅石 68.6 mN/m,合成立方氧化锆(CZ)71.5 mN/m,红宝石 60.5 mN/m,合成红宝石 58.8 mN/m,蓝宝石 60.1 mN/m,合成蓝色宝石 60.3 mN/m,橄榄石 66.6 mN/m,透辉石 70.5 mN/m,长石 71.2 mN/m,黄水晶 71.5 mN/m,碧玺 67 mN/m,托帕石 72.3 mN/m,翡翠 70.4 mN/m,琥珀 49.9 mN/m。从表面张力数值的差异可以看出,部分不同品种宝玉石的表面张力数值有较大差异,如钻石 67.4 mN/m,红宝石 60.5 mN/m,琥珀 49.9 mN/m;也有部分其表面张力数值较为接近,如长石 71.2 mN/m,黄水晶 71.5 mN/m。因此,表面张力数值仅可作为宝玉石品种的辅助鉴定依据。

4 表面接触角测量方法与传统检测方法的对比

4.1 与红外光谱检测方法对比

目前在各大珠宝鉴定实验室,红外光谱检测已成为日常检测中最高效的检测方法之一,能够基本解决日常的检测疑难问题,但对于某些样品须进行破坏性测试。例如,对于近来大规模出现的覆膜琥珀,实验室均采用红外光谱测试配合放大检查、紫外荧光等常规宝石学测试进行鉴别,对无色覆膜琥珀必须进行有损检测^[8]。本次实验对样品 019、020、021 分别进行了红外光谱测试(粉末法),如图 8 所

示,覆膜琥珀021、020与天然琥珀019在 $650 \sim 1300 \text{ cm}^{-1}$ 区域(图中阴影部分)内吸收峰有明显差异,依此可进行判别。

运用 FTA200 动态接触角仪对覆膜琥珀表面接触角的测量可以在不破坏样品的基础上进行快速的无损检测,且测试结果差异明显,琥珀(92.49°),覆膜琥珀(63.35° 、 69.48° ,平均值为 66.49°)。表面接触角测量方法可以作为覆膜琥珀无损检测的有效鉴定手段。

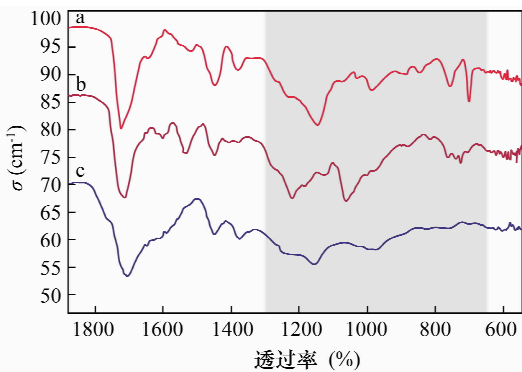


图8 样品019、020、021的红外吸收光谱(KBr粉末法)

Fig. 8 Infrared spectra of No. 019, No. 020, No. 021

a—样品021琥珀覆棕红色膜;b—样品020琥珀覆蓝绿色膜;
c—样品019天然琥珀。

4.2 与折射率测量方法对比

折射率测量方法是常规宝石鉴定中最基础、最便捷有效的检测方法之一,能够基本解决所有宝石品种的基础数据测定,但折射率大于1.81的接触液具有极强的腐蚀性和剧毒,因此对于高折射率宝石的测定带来困难。例如,钻石的折射率为2.417,合成碳硅石 $2.648 \sim 2.691$,合成立方氧化锆(CZ) $2.15 \pm$,折射率无法测定。

运用 FTA200 动态接触角仪对表面接触角的测量,可以有效地区分钻石(56.68°)、合成碳硅石(52.63°)、合成立方氧化锆(37.79°)等不同品种。表面接触角测量方法安全环保,可以很好地解决高折射率宝石的品种鉴定,可作为实验室有效检测方法和实验室检测的辅助鉴定依据。

5 结语

本次实验运用 FTA200 动态接触角测量仪,测量了15个天然、合成宝石品种,以及覆膜处理和

充填处理2种处理方法共计21粒宝玉石样品的接触角数值,并对经过覆膜处理的宝石与天然宝石的表面接触角进行了对比研究,同时与红外光谱和折射率传统常规检测方法进行比较。实验结果表明,动态接触角测量仪测量准确、操作简便,且符合宝玉石无损鉴定的基本原则,具有红外光谱和折射仪测量缺陷的明显优势。不同品种和不同处理方法的宝石,运用其接触角和表面张力的差异性可进行较好的判别,尤其是对于表面覆膜处理的样品可进行有效区分。

本文对宝玉石的接触角和表面张力领域的初步探讨,研究结果可以为解决宝玉石表面覆膜等与表面物性相关的检测疑难问题提供参考。实验发现,充填处理宝玉石接触角的测量受测试条件限制具有较大操作难度,本项目组设想若在仪器中添加高倍显微镜模块,方便观察样品微细特征的基础上可以开展更深入的研究,对各类珠宝玉石材料采集表面物性数据,实现科学准确、快速有效的测试和鉴别。

6 参考文献

- [1] 罗晓斌,朱定一,石丽敏.基于接触角法计算固体表面张力的研究进展[J].科学技术与工程,2007,7(19):4997-5003.
- [2] Nassau K, Schonhorn H. The contact angle of water on gems[J]. *Gem & Gemology*, 1977-1978, XV(12):354-360.
- [3] Pocius A V. Adhesion and adhesion technology: An introduction[M]. New York: Marcel Dekker, 2002:73-102.
- [4] 朱定一,戴品强,罗晓斌,张远超.润湿性表征体系及液固界面张力计算的新方法(I)[J].科学技术与工程,2007,7(13):3067-3072.
- [5] 丁晓峰,管蓉,陈沛智.接触角测量技术的最新进展[J].理化检验(物理分册),2008,44(2):84-89.
- [6] 陈晓磊.固体聚合物表面接触角的测量及表面能研究[D].长沙:中南大学,2012.
- [7] 张远超,朱定一,许少妮.高聚物表面的润湿性实验及表面张力的计算[J].科学技术与工程,2009,9(13):3595-3600.
- [8] 王民民,李海波,李梅,丁佩.琥珀及其相似品实验室检测方法探讨[C]//中国珠宝首饰学术交流会议论文集.北京:国土资源部珠宝玉石首饰管理中心,2013:136-138.

Application of Surface Contact Angle and Surface Tension Measurements in the Identification of Gem Materials

BAO Xue¹, LU Tai-jin¹, WEI Ran¹, ZHANG Yong¹, LI Hai-bo², CHEN Hua¹, KE Jie³

- (1. Gem & Jewelry Institute of Beijing, Ministry of Land and Resources, Beijing 100013, China;
2. National Gemstone Testing Center, Beijing 100013, China;
3. National Gems & Jewelry Technology Administrative Center, Beijing 100013, China)

Abstract: Surface tension is one of the important physical and chemical parameters of the solid surface, which is closely related to temperature and properties of the phases between the boundaries. Based on the Young function, the contact angle measurement method to calculate the solid surface tension has been widely used in surface science and engineering. Comparing to other solid materials with inhomogeneous surface, most gemstones have a smooth surface, making it easy to measure the contact angle. In this study, the contact angle of 15 different types of natural and synthetic gemstones including diamond, moissanite, CZ, tourmaline, topaz, jade, amber. And some coated gemstones and fissure filled gemstones have been measured and compared using a dynamic contact angle testing device (FTA200). It was found that the differences in the contact angle for different types of natural and synthetic gemstones are suitable to be used in gemstone identification. For example, contact angle value of diamond and CZ is 56.68° and 37.79°, respectively. Furthermore, the contact angle values between the gemstone and gems with coating process have significant differences, such as the contact angle value of amber is 92.49°, while coated amber is 66.49°. Due to the limitations of the droplet size control restricted by experimental conditions, the contact angle of the fissure-filled gemstones cannot be measured accurately. Herein, this method is not suitable to identify gemstones with artificial fillings. Research shows that contact angle and surface tension values can be used as the basis of supplementary identification of gem species, especially for coated gems. Compared with the conventional gem identification methods (e. g. Infrared Spectrum, the refractive index measurement), contact angle measurement method has higher measuring accuracy, simple operation without destroying the sample, and conforms to the basic principles of gemstone nondestructive identification, especially for high refractive index gem. Contact angle measurement can solve the detection problems for surface-coated gems and related surface property.

Key words: contact angle; surface tension; gemstone; coating treatment; filling treatment; identification