

广绿玉透明度的控制因素研究

韩冰^{1,2}, 王磊¹, 杨桂群¹, 王时麒²

(1. 南京市产品质量监督检验院, 国家金银制品质量监督检验中心(南京), 江苏 南京 210028;

2. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871)

摘要: 透明度是评价宝玉石质量的一个重要参数。广绿玉产于粤西广宁县, 透明度普遍较低, 主要集中在半透明和微透明之间。为了研究广绿玉透明度的控制因素, 本文设计了系统实验。实验表明, 广绿玉的矿物结构对透明度起决定性作用, 杂质、裂隙、颜色等因素对透明度也有一定的影响。

关键词: 广绿玉; 透明度; 结构; 粒度

中图分类号: P578.959

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2016)S1-0051-06

A study of factors controlling transparency of Guangdong green jade

HAN Bing^{1,2}, WANG Lei¹, YANG Gui-qun¹ and WANG Shi-qi²

(1. Nanjing Institute of Product Quality Inspection, National Center of Supervision and Inspection on Quality of Gold and Silver Product (Nanjing), Nanjing 210028, China; 2. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Guangdong green jade was found in Guangning County, western Guangdong Province. It belongs to altered sericite jade, with abundant colors such as green, white, yellow and black, with green being the main color. Transparency is an important parameter to evaluate the quality of a jade. Transparency of Guangdong green jade is generally low, mainly between the translucent and transparent type. A systematic experiment was designed for studying the factors controlling the transparency of Guangdong green jade. Based on the experimental results, it is suggested that the mineral structure of Guangdong green jade is crucial for the transparency. Impurities, cracks and colors also have some influence on transparency.

Key words: Guangdong green jade; transparency; structure; grainsize

透明度是指物体对可见光的透过能力, 是评价宝玉石质量的一个重要参数。但宝石或玉石透明度的研究相对于颜色来讲比较薄弱, 至今未形成一套完整的理论体系。在为数不多的透明度研究的相关文献里, 前人对于玉石透明度的研究主要集中在翡翠(赵明开等, 2000; 许如彭等, 2007), 广绿玉透明度的控制因素尚未有相关研究。为了研究广绿玉透明度的控制因素, 笔者深入玉石产地, 实地采集了研究样品, 在实验室内对样品进行透光率的测定, 并进行了偏光显微镜下结构观察和粒度统计。

1 透明度测试原理

不同物体对可见光的透光能力不同, 其透明度也不相同(刘庆祥, 1999)。不同物体之间透明度差异的比较需要在厚度相同的条件下进行。广绿玉样品的透明度测量, 参考了 GB/T23885-2009《翡翠分级》中翡翠透明度测量的方法(国家质量技术监督局, 2009), 主要采用 TMS 透过率检测仪测量厚度为 d 的广绿玉样品的透过率 T , 并运用透明度计算公式

收稿日期: 2016-11-11; 修订日期: 2016-12-01

作者简介: 韩冰(1980-), 女, 汉族, 硕士, CGC, 工程师, 从事珠宝玉石鉴定及贵金属分析测试与研究工作, E-mail: 490685336@qq.com。

来计算广绿玉样品单位透过率的大小,计算公式为:

$$t = \epsilon' \sqrt{AT} / A$$

公式中, t 为广绿玉样品的单位透过率, ϵ' 为光线透过广绿玉样品的厚度(mm), T 为光线通过厚度为 ϵ' 的广绿玉样品的透过率, $A = 1/[1 - (n_2 - n_1)/(n_2 + n_1)^2]$, n_1 、 n_2 为光线传播过程中通过两种介质的折射率。采用 TMS 透过率检测仪测量厚度为 ϵ' 的广绿玉样品的透过率值 T ,取广绿玉的平均折射率(n_2)为 1.57,空气的折射率(n_1)为 1,得到广绿玉的 A 值为 1.1061。那么,广绿玉单位透过率计算公式可表示为:

$$t = \epsilon' \sqrt{1.1061 T} / 1.1061$$

2 透光率的测定与单位透光率

为了避免广绿玉的颜色、厚度、内部杂质对透明度的影响,我们从上百个样品中挑选出部分颜色相近的近白色系列、不同透明度的广绿玉样品,将它们切磨成 20 mm×20 mm×4 mm(分别代表样品的长、宽、厚)左右的正方形薄片(图 1),进行透光率的测定。测试是在广州标旗电子科技有限公司通过 TMS 透过率检测仪完成的,选择的检测范围是 380~1 000 nm,仪器技术参数见表 1。

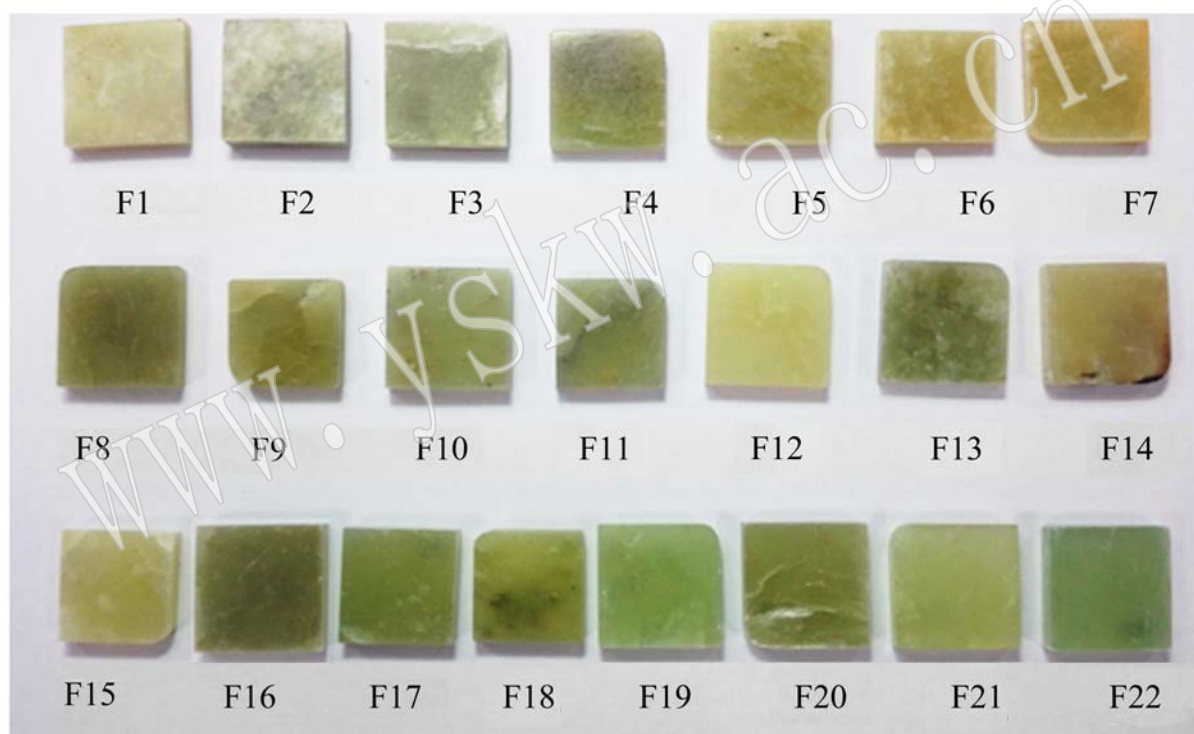


图 1 广绿玉透明度系列样品

Fig. 1 Guangdong green jade transparency series samples

广绿玉的透明度与样品的厚度、净度及质地都密切相关。因此,在测量过程中尽量选取无杂质且结构均匀的样品进行测量,以避免不利因素对测量结果造成偏差(赵明开等, 2000)。同时,其它光源对测量有一定的影响,仪器自身也存在一定的系统误差,这些因素都需要最小限度地降低和避免。本研究使用 TMS 透过率检测仪测量广绿玉样品在 550 nm 处的透过率 T' 值,取 3 次测量的平均值为 T 。使用精度达到 0.01 mm 的电子数显卡尺量取光束

通过广绿玉样品的距离 ϵ' 值,取 3 次测量的平均值为 ϵ' 。

通过对近白色广绿玉样品在 550 nm 处透光率的测定数据以及测定的平均厚度,根据公式计算得出每个样品的单位透光率,具体结果见表 2。

3 结构对透明度的影响

广绿玉按粒度的大小及颗粒间的结合方式,从

表 1 TMS 透过率检测仪技术参数

Table 1 Techical parameters of TMS transmission rate detector

型号	TMS(Ⅲ型)
探测器	Hamamatsu 背照式 2D-CCD
检测范围	360~1 100 nm
信噪比(全信号)	1 000:1
相对检测误差	<0.2%(400~800 nm)
检出限	0.01%
单次测试时间	<1 s
样品尺寸	≥Φ2 mm
光斑	可调(≥Φ0.6 mm)
操作系统/接口	Widows XP, Widows Vista/USB2.0
电源/功率	220 V~50 HZ/6 W

细到粗,结构类型主要有:细鳞片状变晶结构、粗鳞片状变晶结构、斑状变晶结构、叶片状变晶结构、束状或扇状结构。其中,细鳞片状变晶结构、粗鳞片状变晶结构的矿物排布较常见一定的定向或弱定向性。对白色、近白色(F 系列)的样品进行了偏光显微镜下结构观察和粒度统计,玉石样品正交偏光下的结构如图 2 所示,平均矿物粒度柱状对比见图 3。

在正交偏光显微镜下观察样品薄片照片,可见透明度较差的样品 F2 的绢云母颗粒排列极其杂乱无章,颗粒边界清晰,且绢云母颗粒相对较大;透明度一般的样品 F7 的绢云母颗粒排列极其杂乱无章,

表 2 广绿玉样品的透明度测试相关数据

Table 2 Related data of transparency in the Guangdong green jade samples

序号	样号	颜色	肉眼观察感受	平均厚度 t /mm	平均透光率 T /(550 nm 处)	单位透光率/ t
1	F1	青白色	透明度较差	4.08	5.31%	45.13%
2	F2	青白色	透明度较差	4.76	4.07%	47.13%
3	F3	黄白色	透明度一般	3.97	12.12%	54.50%
4	F6	青白色	透明度一般	3.93	12.56%	54.71%
5	F5	青白色	透明度一般	4.17	11.81%	55.49%
6	F4	黄白色	透明度一般	3.84	14.16%	55.79%
7	F7	黄白色	透明度一般	3.99	13.28%	55.90%
8	F8	青白色	透明度一般	4.10	13.72%	57.08%
9	F9	黄白色	透明度一般	4.18	14.37%	58.22%
10	F10	近白色	透明度一般	4.39	13.80%	58.92%
11	F11	青白色	透明度一般	3.96	17.07%	59.34%
12	F12	近白色	透明度一般	4.11	16.34%	59.62%
13	F15	青白色	透明度较好	3.61	21.33%	60.60%
14	F14	黄白色	透明度较好	4.00	18.87%	61.11%
15	F13	近白色	透明度较好	4.14	18.15%	61.34%
16	F16	青白色	透明度较好	4.10	19.83%	62.44%
17	F17	近白色	透明度较好	4.11	22.19%	64.23%
18	F18	近白色	透明度较好	4.16	22.07%	64.41%
19	F19	近白色	透明度较好	4.14	22.61%	64.69%
20	F20	近白色	透明度较好	4.06	28.35%	67.94%
21	F21	近白色	透明度较好	4.12	28.50%	68.31%
22	F22	近白色	透明度较好	4.24	32.28%	70.91%

颗粒边界清晰,且绢云母颗粒大小不均匀;样品 F9 的绢云母颗粒相对细小,但是其排列方式无定向性,且颗粒界限比较清晰;透明度较好的样品 F16 具有中等定向性,绢云母颗粒略微粗大;样品 F19 结构非常致密,绢云母颗粒都相互交织在一起,颗粒界限十分模糊;样品 F20 具有中等定向性,绢云母颗粒较细小;样品 F21 的结构非常致密,绢云母颗粒都相互交织在一起,颗粒界限十分模糊;样品 F22 具有较强定向性,绢云母颗粒大小均匀。

10 组样品的结构特征和平均粒度的统计结果

(表 3)充分表明,广绿玉矿物集合体的排布方式、平均粒度大小以及粒度相对变化大小是决定广绿玉透明度的主要因素。

首先,最重要的因素是广绿玉矿物颗粒的排布方式。在偏光显微镜下,从 10 组样品的透明度从好→中→差的变化,可以看出:单位透过率最高的样品 F22,具有极强的定向性;单位透过率较高的样品 F19 和 F21,其结构非常致密,绢云母颗粒都相互交织在一起,颗粒界限十分模糊;样品 F9 的绢云母颗粒虽相对细小,但因其排列方式无定向性、颗粒界

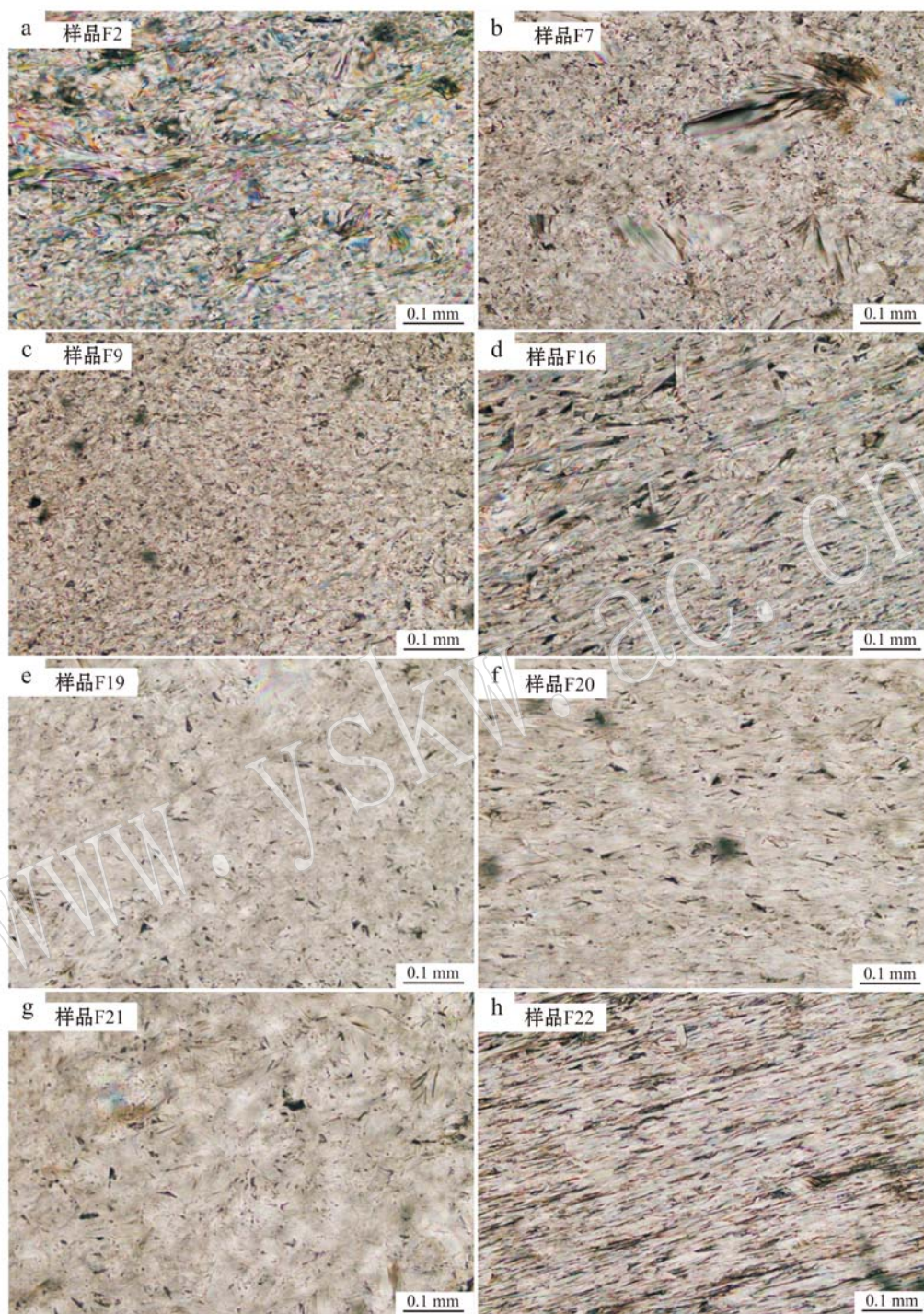


图 2 样品薄片偏光显微镜下照片(+)

Fig.2 Micrographs of thin sections in the Guangdong green jade samples

限比较清晰,单位透过率低于样品 F16、F19、F20、F21 和 F22; 样品 F1 和 F2 的绢云母颗粒排列极其杂乱无章,颗粒边界清晰且绢云母颗粒相对较大,其单位透过率最低。可见,广绿玉矿物颗粒排布定向性越好、集合体的结构越致密,广绿玉的透明度

就越好。

其次,平均粒度的大小也是影响广绿玉透明度的一个重要因素。样品 F16 和 F20 都具有中等定向性,但样品 F20 的透明度比样品 F16 好。主要影响因素是绢云母的颗粒大小,样品 F16 的绢云母颗粒

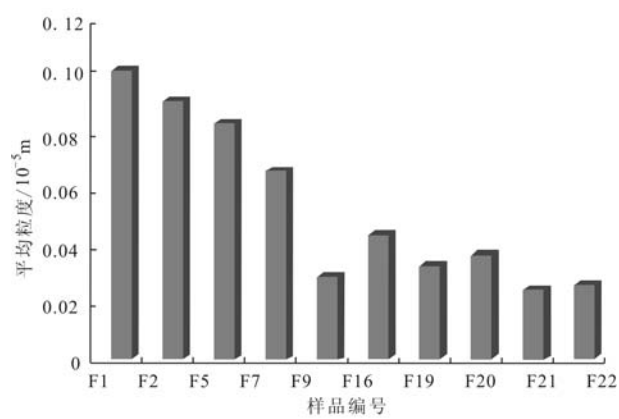


图 3 广绿玉透明度样品平均矿物粒度柱状对比图
Fig. 3 Average grain size vs. transparency in the Guangdong green jade samples

略微粗大,样品 F20 的绢云母颗粒相对较细小。可见,在矿物颗粒排布方式相同或相近的前提下,平均粒度越小的样品其透明度越好。

此外,粒度相对变化大小也对透明度有着重要影响。样品 F5 和 F7 的绢云母颗粒相对变化较大,相比其他样品十分不均匀,部分细小、部分中等,并且可见较大的束状和扇状结构,导致其单位透过率相对较低。可见,集合体的粒度相对变化越小,广绿玉样品的透明度越好;相对变化越大,则透明度越差。

根据实验初步推断,广绿玉透明度与结晶粒度、结构之间出现上述的关系,是因为矿物颗粒越粗、排布越杂乱,粒间间隙就越大,内反射界面越多,光在

表 3 广绿玉样品的结构与透明度关系

Table 3 Relationship between structure and transparency in the Guangdong green jade samples

序号	样品样号	单位透光率 t	透明度	主要结构类型	颗粒排列方式	平均粒度/ 10^{-5}m	粒度相对变化
1	F1	45.13%	微透明	粗鳞片状	无明显定向性	0.102	变化较大
2	F2	47.13%	微透明	斑状结构	无明显定向性	0.091	变化较大
3	F5	55.49%	半透明	粗鳞片状	无明显定向性	0.083	变化较大
4	F7	55.90%	半透明	粗鳞片状	无明显定向性	0.066	变化较大
5	F9	58.22%	半透明	层状结构	无明显定向性	0.029	变化较小
6	F16	62.44%	半透明	层状结构	具有中等定向性	0.044	变化较小
7	F19	64.69%	亚透明	细鳞片状	无明显定向性	0.033	变化较小
8	F20	67.94%	亚透明	细鳞片状	具有中等定向性	0.037	变化较小
9	F21	68.31%	亚透明	细鳞片状	无明显定向性	0.024	变化较小
10	F22	70.91%	亚透明	细鳞片状	具有强定向性	0.026	变化较小

不同颗粒间传播时,折射作用和散射作用增强(王时麒,2002),降低了广绿玉对光的透射作用,使得透明度降低。反之,则透明度增高。

4 其他因素对透明度的影响

广绿玉的杂质对透明度有一定影响。广绿玉的杂质主要有伊利石、石英、长石、碳酸盐、针铁矿、金红石、黄铁矿等,它们影响了广绿玉矿物集合体结合的紧密程度。一般来说,所含杂质越多,透明度越差。

裂隙对透明度有一定影响。广绿玉矿区褶皱断裂构造发育,有部分玉石为片状或碎块状构造。一些广绿玉原料或成品虽然表面没有大的裂纹,但内部微裂隙发育。广绿玉的结构受到这些较大的裂纹或内部微裂隙的影响变得疏松,裂隙越多则透明度越低。

颜色对透明度也有一定的影响。广绿玉主要有绿、白、黄、黑等多种颜色,总的来看,当样品的颜色由白→黄→绿→黑时,透明度随之变差,黑色色调的广绿玉透明度最差,且颜色的浓度越高,透明度越差。

需要说明的是,此次透明度的研究选取的样品为白色、近白色系列,没有选择绿泥石质的黑色样品做研究。通过对手标本的观察,大部分黑色广绿玉为微透明-不透明。同时,由于广绿玉样品本身颜色不太均匀、含有较多杂质,这对本文研究的样品选取提出很高的要求,即便如此,也有些样品的包裹体或裂隙对测试结果造成了一定的影响。故在处理样品在 550 m 处透光率的测定数据时,剔除了明显偏差较大的数据后取其平均值作为本文计算数据。且推测可能是由于采集的样品本身的局限性,在此次研究中,未发现不透明的白色或近白色的广绿玉。

5 结论

通过对广绿玉透明度的控制因素研究,得出以下主要结论:

(1) 近白色系列广绿玉其单位透光率变化范围为 70.9%~45.1%;

(2) 广绿玉的透明度主要受其结构(颗粒排列方式、粒度大小、粒度的相对变化大小等)的影响,其中矿物的排列方式影响最大。广绿玉矿物颗粒排布定向性越好、集合体结构越致密,广绿玉的透明度就越好;在矿物颗粒排布方式相同或相近的前提下,平均粒度越小的样品其透明度越好;粒度相对变化越小的样品其透明度越好,变化越大的样品则透明度越差;

(3) 杂质和裂隙以及颜色对广绿玉的透明度也有一定影响,杂质越多,裂隙越发育,则透明度越差。颜色的色调里黑色广绿玉透明度最差,且浓度越高透明度越差。

References

Liu Qingxiang. 1999. The transparency of gemstone[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 18(4): 383~384 (in Chinese).

The State Bureau of Quality and Technical Supervision. 2009. GB/T 23885-2009. Jadeite Grading[M]. Beijing: Standards Press of China(in Chinese).

Wang Shiqi. 2002. The controllig factor of Xiuya jade's transparency [J]. Journal of Gems & Gemmology, 4(4): 10~15(in Chinese).

Xu Rupeng ad Xie Qiyao. 2007. A quantitative analysis on quality grading of jadeite jade[J]. Journal of Gems & Gemmology, 9(2): 15~20(in Chinese).

Zhao Mingkai and Gu Hua. 2000. Measuring and grading of jadeite jade transparency[J]. Journal of Gems & Gemmology, 2(3): 4~7(in Chinese).

附中文参考文献

国家质量技术监督局. 2009. GB/T 23885-2009 翡翠分级[M]. 北京: 中国标准出版社.

刘庆祥. 1999. 宝石的透明度[J]. 矿物岩石地球化学通报, 18(4): 383~384.

王时麒. 2002. 岫玉透明度的控制因素[J]. 宝石和宝石学杂志, 4(4): 10~15.

许如彭, 谢启耀. 2007. 翡翠品质分级的定量方法——颜色与透明度 [J]. 宝石和宝石学杂志, 9(2): 15~20.

赵明开, 古 华. 2000. 翡翠透明度测量和分级[J]. 宝石和宝石学杂志, 2(3): 4~7.