



# 独山玉颜色成因分析

何雪梅<sup>1</sup>, 薛源<sup>1</sup>, 蒋文一<sup>2</sup>, 赵海平<sup>3</sup>

(1. 中国地质大学 珠宝学院, 北京 100083; 2. 北京高等珠宝研修学院, 北京 101300;  
3. 河南省地质环境勘察院, 河南 郑州 450012)

**摘要:** 本文通过常规宝石学特征测试、偏光显微镜下观察、电子探针成分分析以及 X 射线粉晶衍射分析等实验手段, 对不同颜色的独山玉样品的宝石学特征进行了分析和研究, 并进一步探讨了不同色调独山玉的颜色成因。结果表明, 独山玉是由斜长石、黝帘石、云母等组成的多矿物集合体, 其中斜长石均发生了不同程度的蚀变作用。天蓝玉和翠绿玉的颜色主要由含铬的白云母形成, 绿白玉中绿色部分经分析为透辉石, 粉绿玉中含有绿帘石, 绿帘石中 Fe 类质同像替代产生黄绿色, 是产生粉绿玉中绿色的原因。紫色的形成原因是紫独玉中含有黑云母和绢云母以及致色元素 Ti、Cr 等。粉色的成因是粉独玉中含有大量的黝帘石和相应的致色元素。而黑色独山玉的颜色与浅闪石有关。黑色独山玉的颜色过渡现象与斜长石蚀变程度有关, 也与斜长石蚀变矿物有关。

**关键词:** 独山玉 结构 成分 颜色成因

中图分类号: P619.28<sup>+</sup>3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2014)S0-0069-07

## The color mechanism analysis of Dushan jade

HE Xue-mei<sup>1</sup>, XUE Yuan<sup>1</sup>, JIANG Wen-yi<sup>2</sup> and ZHAO Hai-ping<sup>3</sup>

(1. School of Gemology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Beijing Institute of Gemology, Beijing 101300, China; 3. Henan Bureau of Geological Environment Exploration, Zhengzhou 450012, China)

**Abstract:** Testing the ordinary gemological features and using methods of microscope optical observation, X-ray powder diffraction and electron microprobe analysis, the authors studied the structure, composition and color mechanism of Dushan jade from Nanyang, Henan Province. The results indicate that the primary mineral components of Dushan jade are zoisite, edenite, mica and plagioclase which has experienced alteration in various degrees. The celeste color is related to the mica which contains chromium, the green color of the greenish pink jade has something to do with epidote, the green part of the whitish green jade is actually the mineral diopside which contains masses of iron and chromium. The purple color is attributed to Ti- and Cr-bearing biotite and sericite in the Dushan purple jade. Zoisite in the pink jade that causes the pink color and black color is in connection with edenite. The color transitions of black Dushan jade is related to the alteration extent of plagioclase which also transforms to various minerals.

**Key words:** Dushan jade; structure; composition; color mechanism

独山玉因产于我国河南省南阳市北郊独山而得名, 又名“南阳玉”、“独玉”, 与软玉、岫玉、绿松石曾合称为“中国四大名玉”。独山玉色泽艳丽, 质地细腻, 透明度及光泽好, 硬度高, 属于中档宝石。优质

的独山玉可以与翡翠相媲美, 是我国特有的玉矿种之一。独山玉在国内外玉器市场上占有重要地位, 其产品畅销东南亚、西欧、北美等 50 多个国家及我国港、澳、台地区。

## 1 地质背景

独山玉矿区位于我国秦岭复杂造山带的东部,南临南秦岭造山带与扬子板块相望,北依北秦岭造山带与华北板块相接,东南部则为叠置在秦岭造山带之上的、近东西相展布的大型南阳中生代沉积断陷(廖宗廷等,2000)。矿区内构造以断裂为主,褶皱次之,主体构造展布方向约 $330^{\circ}$ (北西-南东向)在此基础上叠加有北东、北北东向断裂和褶皱(江富建,1997)。本区岩浆活动强烈,从超基性岩到酸性岩均有出露,时代从元古宙直到燕山期,其中华力西期岩浆活动最为强烈(涂怀奎,2000)。由于大规模岩浆侵入和面积第四系覆盖,区内地层出露较为零星,仅在东北部一带的蒲山、隐山零星出露下元古界秦岭岩群、中元古界信阳岩群、下元古界二郎坪岩群以及少量白垩系。出露地层倾向约为 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ,倾角 $36^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。

独山玉矿体位于南阳盆地北缘、秦岭纬向构造带与新华夏构造体系的复合部位,伏牛山-大别山弧形构造带转折端、朱阳-夏馆深断裂(北西向)北侧,方城-南阳隐伏断裂(北东向)西侧。矿区内次一级断裂构造比较发育,北北东向和北西西向的压性、压扭性、张扭性断裂控制了岩浆岩的分布和玉石矿床的形成与分布(江富建等,2003)。

## 2 样品介绍

本文选用15块采自河南南阳独山玉矿区的绿色、紫色、粉色和黑色系列独山玉原料作为实验研究对象,如图1所示。

样品L-1、L-2、L-3、L-4为绿色系列独山玉中4个具有代表性的品种,即天蓝玉、翠绿玉、粉绿玉和绿白玉。天蓝色独山玉呈明亮的蓝绿色,常与紫独玉共同产出,呈条带状或被紫色包围产出。翠绿玉为鲜艳的绿色,颜色不均匀,同一块体上颜色有深浅的变化。绿粉玉中的绿色,颜色较暗且浅,表现为黄绿色,手标本常见绿色被粉色包围呈团块状产出或粉色与绿色逐渐过渡共生,二者中间没有明显的界线。绿白玉中的绿色部分,颜色不均匀,手标本多呈暗绿色。

样品Z-1、Z-2为紫色系列独山玉,其颜色分布不均匀,绛紫色、绿色和白色3种颜色混杂在一起。样

品Z-1为深绛紫色调,绛紫色与绿色呈条带状相间分布;样品Z-2为浅绛紫色,绿色调呈团块状镶嵌于绛紫色调中。

样品F-1、F-2、F-3、F-4为粉色系列独山玉,粉色中常伴有白色、绿色独玉。

黑色独山玉样品H-1、H-2、H-3、H-4、H-5中可见与白色、绿色独玉相伴,其中H-1为白到黑过渡的独山玉,黑色与白色过渡处颜色呈灰绿色;样品H-2为白底黑绿斑状的墨绿独玉;样品H-3为纯黑色独玉;样品H-4为黑花玉;样品H-5为白到灰黑过渡的独玉,白与黑之间的过渡颜色呈绿色调。

除黑色独玉颗粒较粗大以外,其它颜色的独玉颗粒细腻,呈致密块状构造,无解理,玻璃至油脂光泽,微透明至不透明。

## 3 测试结果及特征分析

### 3.1 宝石学特征

对所选取的独山玉样品进行切割、打磨和抛光,在中国地质大学(北京)珠宝学院宝石实验室进行了独山玉常规宝石学性质的测定。表1中相对密度采用静水力学法测定,折射率为点测近似值。测定的独山玉样品宝石学特征如表1所示。

独山玉通常呈玻璃光泽至油脂光泽,微透明至半透明,少数为透明,如水白玉。独山玉折射率大小受其组成矿物影响,在宝石实验室用点测法测得的折射率为 $1.58\sim 1.70$ 。在紫外灯下,紫色独山玉样品在长波下惰性,短波下表现出强的暗红色到鲜红色荧光;粉色独山玉在长波下呈中等强度的粉红色荧光,短波下呈弱的紫红色荧光。其它颜色样品均呈惰性。用摩氏硬度计对独山玉进行刻划,测得独山玉的摩氏硬度为 $6\sim 6.5$ 。独山玉的相对密度为 $2.73\sim 3.17$ ,随着颜色的不同,相对密度也有所不同。

### 3.2 显微特征

将各颜色独山玉样品进行切割,制成光薄片,在偏光显微镜下进行观察。

天蓝玉的蓝绿色部分,薄片单偏光下显示蓝绿色,多色性不明显,呈矿物集合体形态,鳞片状,看不到完整的颗粒形态。在正交偏光下,最高干涉色为蓝色。根据后文的X射线粉晶衍射和电子探针测试结果,这些矿物为含铬的云母。翠绿玉薄片在单偏光下为无色。斜长石约占25%,细小粒状,边缘不

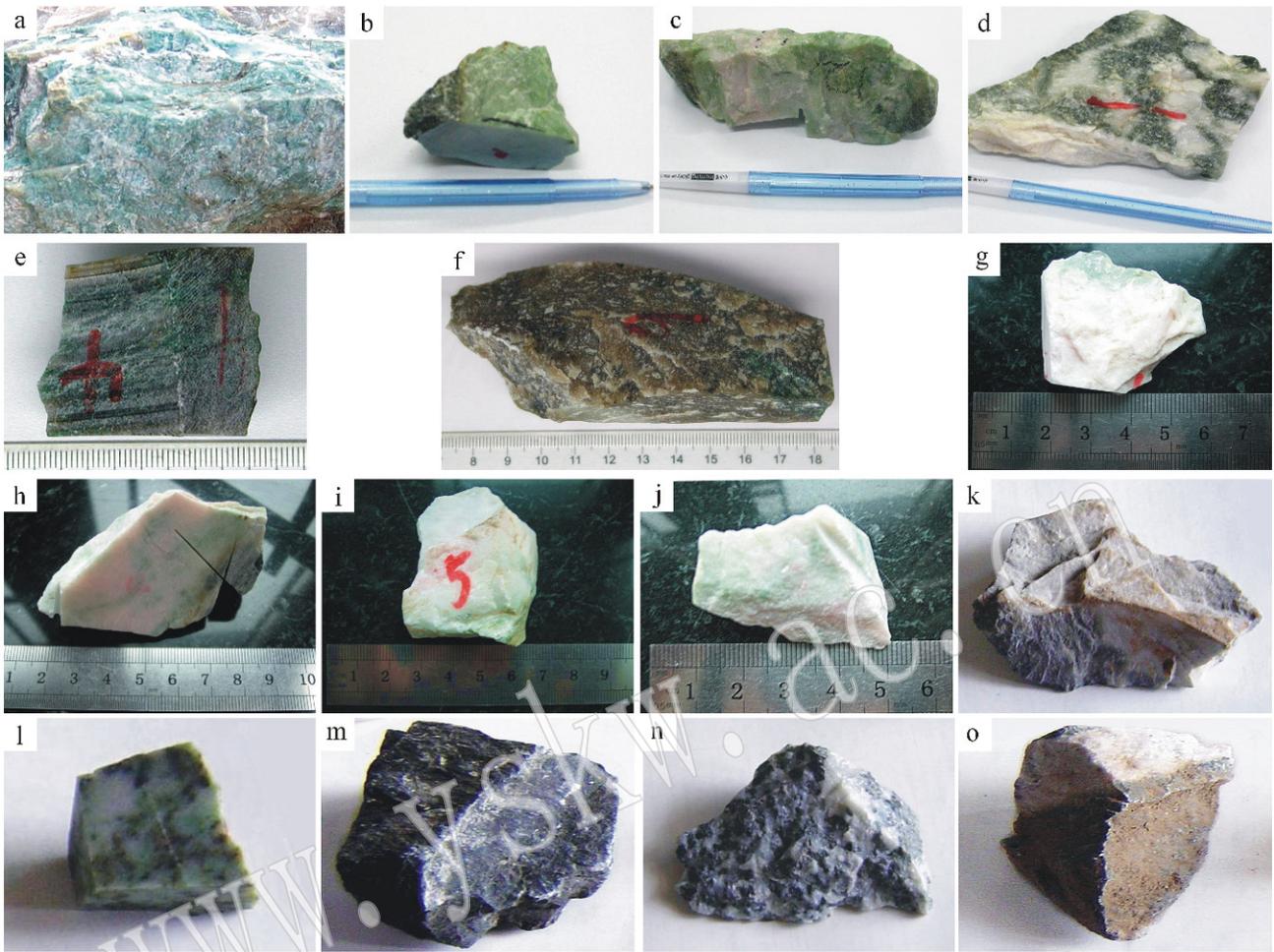


图 1 样品手标本照片

Fig.1 Photographs of Dushan jade samples

a—天蓝玉样品 L-1; b—翠绿玉样品 L-2; c—绿粉玉样品 L-3; d—绿白玉样品 L-4; e—紫独玉样品 Z-1; f—紫独玉样品 Z-2; g—粉白独玉样品(略带绿色)F-1; h—粉绿独玉样品 F-2; i—粉白独玉样品(带绿色)F-3; j—粉绿独玉样品 F-4; k—白到黑过渡独玉样品 H-1; l—绿斑墨绿独玉样品 H-2; m—纯黑独玉样品 H-3; n—黑花玉样品 H-4; o—白到灰黑独玉样品 H-5

表 1 独山玉样品宝石学特征

Table 1 Gemological features of Dushan jade samples

样品	颜色	透明度	相对密度	折射率	硬度	紫外荧光
绿独玉	蓝绿、翠绿、绿粉相伴, 绿白相伴	微透明	2.73	1.58	6~6.5	惰性
紫独玉	绛紫色、绿色和白色混杂在一起	微透明	2.75	1.58	6	LW 惰性 SW 强红色
粉独玉	粉色中常伴有白色、绿色独玉	微透明	3.17	1.67	6.5	LW 中等粉 SW 弱紫红
黑独玉	黑色中常有白色、绿色独玉相伴	不透明	2.82~2.88	1.58~1.60	6	惰性

规则,外形近似等轴状;黝帘石约占 75%;少量含铬的云母,呈细小的鳞片状、板条状,分布于斜长石颗粒间,交代了斜长石。在粉绿玉中,黝帘石约占 90%,斜长石<10%。在图 2c 中,中间笞帚状为细小的黝帘石交代不彻底的斜长石集合体,而且又发生了后期的碳酸盐化,形成方解石,使干涉色变得较为鲜艳(如图 2d)。碳酸盐化作用发生得相对局限,

目前只是在绿粉玉中的绿色部分有所发现,在其他颜色的独山玉中没有发现方解石的存在。绿白玉的暗绿部分,薄片下单偏光下为较浅的暗绿色。根据电子探针测试结果,引起暗绿色的矿物为含铬的透辉石。在绿白色独山玉中,斜长石约占 14%,黝帘石占 80%,透辉石约占 1%左右。

紫色样品的主要组成矿物均为斜长石(钙长

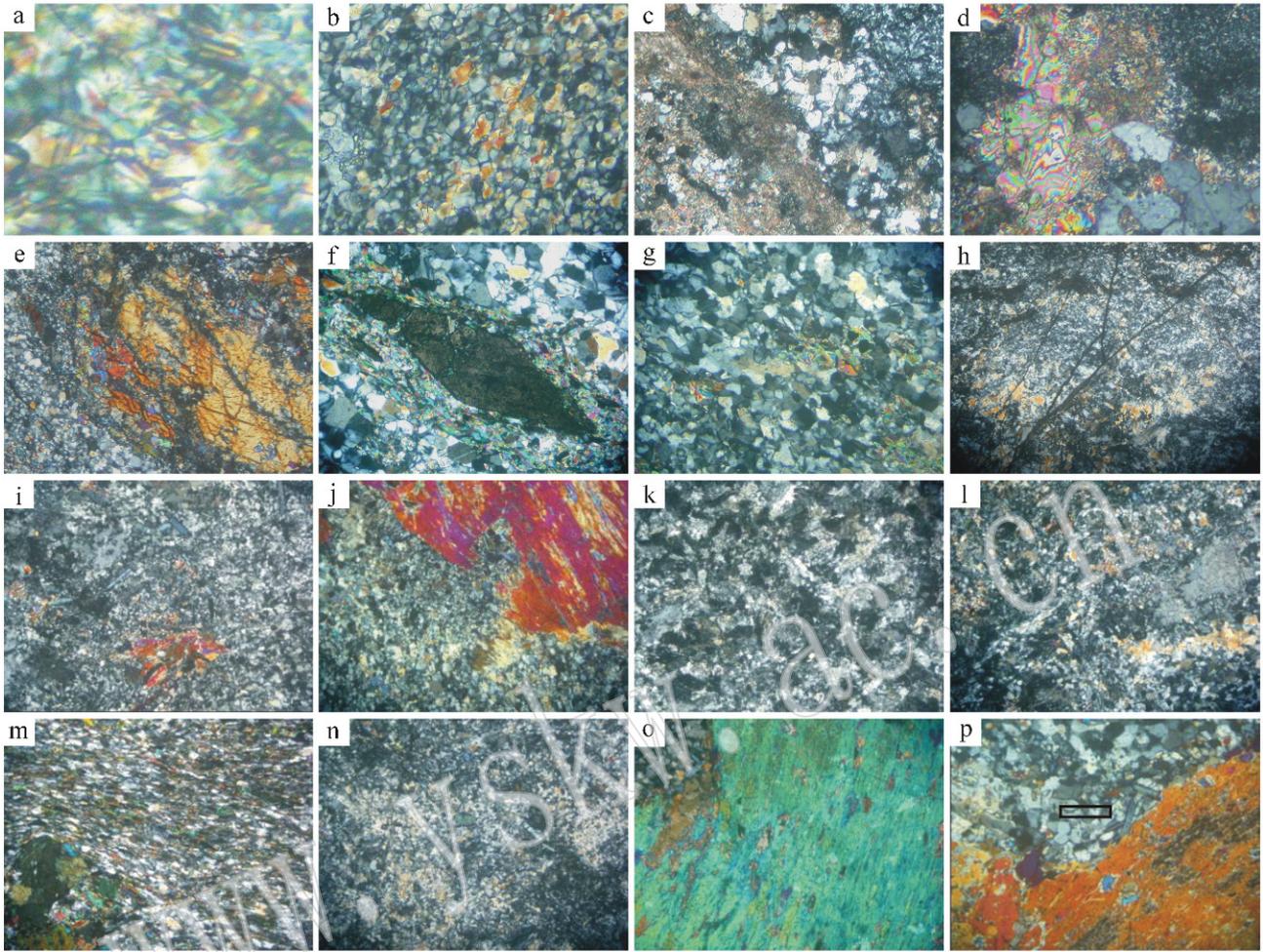


图2 独山玉样品显微特征(正交偏光)

Fig. 2 Characteristics of Dushan jade samples under microscope(crossed nicols)

a—L-1 天蓝玉, ×200; b—L-2 翠绿玉, ×100; c—L-3 绿粉玉, ×100; d—L-3 绿粉玉, ×200; e—L-4 绿白玉, ×100; f—Z-1 紫独玉, ×100; g—Z-2 紫独玉, ×100; h—粉独玉, ×10; i—H-1 黑独玉接近黑色部分, ×40; j—H-1 黑独玉白色与黑色过渡部分, ×40; k—H-1 黑独玉白色部分, ×40; l—H-2 黑独玉绿白相间的斑状, ×40; m—H-3 黑独玉纯黑色糜棱岩化独山玉, ×40; n—H-4 黑独玉白色部分, ×40; o—H-4 黑独玉黑色部分, ×40; p—H-4 黑独玉黑色与白色交界处, ×100

石), 次要矿物为黑云母、绢云母及少量的方解石和榍石等。初步估计斜长石(钙长石)的含量为 80%~90%, 黑云母及绢云母的含量占 5%~10%, 榍石含量约为 1%~5%。矿物颗粒多为定向排列, 表现出一种定向构造。薄片黑云母多呈叶片状或分散的鳞片状分布于斜长石(钙长石)的细脉之间, 颜色多为黑色和褐色, 部分微带绿色。绢云母多呈密集鳞片状, 往往分布在斜长石(钙长石)等矿物的表面, 是斜长石(钙长石)发生绢云母化的产物, 颜色多为浅绿色。

粉色样品薄片中含有的矿物主要是黝帘石、斜长石, 以及少量的绿帘石、云母、辉石和方解石等。其中, 黝帘石在单偏光镜下为淡绿色或无色, 粒状镶

嵌结构。斜长石在单偏光下为无色。薄片中看到的大部分都是帘石, 其他矿物只占很少的一部分, 这也从侧面显示出粉红色样品发生的蚀变是很剧烈的。

黑色样品存在以下几种情况: ① 在颜色渐变的情况下, 独山玉白色部分是斜长石和黝帘石为主, 而颜色过渡部分在黝帘石含量明显增多的同时还多了另一种矿物——辉石, 黑色部分大多为大颗粒的浅闪石矿物, 只有极少量的黝帘石, 含量小于 1%; ② 颜色突变的情况下, 独山玉白色部分以斜长石为主, 斜长石蚀变程度低, 独山玉黑色部分则为浅闪石为主, 黝帘石含量极少, 小于 1%, 而黑色与白色交界处以斜长石与黝帘石为主, 黝帘石含量比独山玉白色

部分明显增多。可见颜色过渡现象与斜长石蚀变程度和蚀变矿物种类有关。

### 3.3 成分分析

选取各颜色系列的样品进行电子探针成分分析,测试在中国地质大学(北京)电子探针实验室进行,仪器型号为岛津 EPMA-1600,加速电压 15 kV,电子束斑 1  $\mu\text{m}$ ,测试结果见表 2。

从表 2 中可以看出,独山玉的主要化学成分为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$ ,其平均含量分别为 46.27%、33.33%、16.26%,这 3 种主要元素氧化物之和为 95.86%,可将独山玉归于钙铝硅酸盐岩石。

经过对比发现,白色独山玉中的 Cr、Fe、Mn 等元素的含量很少,有的甚至没有,而绿色、紫色、黑色、粉色样品多少含有 Cr、Fe、Mn 等离子,初步推测独山玉呈现各种颜色可能与其含有的致色元素有关。不同颜色的独山玉的化学成分存在着很大的差异,即使是同一种颜色的独山玉,因为颜色深浅不同,化学成分也有所变化,这主要是由于独山玉中的

元素分布不均匀造成的。

天蓝玉的蓝色部分为含铬的云母,主要为含铬的白云母,且独山玉中的白云母有高 Al 贫 Si 的特点。翠绿玉中绿色部分所含的斜长石、黝帘石都不含或含有极少量 Fe 和 Cr 等致色离子,其鲜绿色部位主要为铁和铬的云母。绿粉玉中的绿色部分普遍含有方解石,方解石中不含铁和铬,而在绿帘石中有铁和铬的存在。绿白玉中暗绿色的部分为透辉石,其 Cr、Fe 含量都比较高,为含铬的透辉石。

紫色独山玉中的 Ti、Cr、Fe、Mg、Mn、K 等元素的含量很少,甚至没有。初步推测,斜长石中所含的致色元素并不是形成独山玉中紫色调的主因。

粉色独山玉中的帘石成分是由大量黝帘石和少量的绿帘石组成。鉴于很少量的锰的类质同像替代就可使矿物呈现不同程度的粉红色,表中的数据 displays 粉红色样品中含有少量的锰离子,这就说明存在因为发生锰离子对绿帘石替代而使独山玉显出粉红色的可能。

表 2 独山玉样品电子探针成分表

$w_B/\%$

Table 2 EMPA results of Dushan jade samples

样品	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\Sigma$	矿物
L-1	43.68	0.16	35.73	0.05	0	0	19.40	0.11	0	0	99.12	斜长石
	44.22	0.74	37.77	1.10	0	0.36	0.23	0	10.38	0.36	95.17	白云母
	37.33	0.73	22.69	6.62	0	17.26	0	0	10.28	0.87	95.79	黑云母
L-2	45.15	0	34.77	0.21	0	0	18.91	0.30	0.13	0	99.47	斜长石
	39.49	0	32.63	0.02	0.28	0	23.58	0	0.09	0	96.09	黝帘石
	36.17	0	19.36	12.13	0.85	0	0.01	0	10.38	3.53	95.95	黑云母
L-3	0.20	0	0.85	0	0.14	0	55.72	0	0	0	56.97	方解石
	39.67	0	29.60	0.82	0	0	24.73	0	0	0.28	95.09	绿帘石
L-4	46.7	0	34.28	0.03	0.01	0	16.5	1.78	0.03	0.01	99.38	斜长石
	54.81	0.27	0.80	3.35	0	15.97	25.03	0	0.01	0.64	100.88	透辉石
Z-1	43.10	0.00	36.66	0.03	0.00	0.00	19.52	0.21	0.02	0.01	99.56	斜长石
	43.94	0.00	36.38	0.01	0.01	0.01	18.93	0.41	0.02	0.00	99.69	斜长石
Z-2	43.61	0.00	36.09	0.02	0.02	0.01	19.08	0.40	0.02	0.00	99.24	斜长石
	43.77	0.01	35.93	0.02	0.01	0.01	19.10	0.41	0.01	0.00	99.27	斜长石
F-1	39.35	0.10	32.75	0.31	0.14	0	24.61	0.26	0	0	97.51	黝帘石
F-2	39.69	0	32.05	0.74	0	0	24.68	0.18	0	0	97.33	黝帘石
F-3	39.91	0	32.67	0.37	0	0	25.17	0.16	0	0	98.28	黝帘石
F-4	51.78	0.02	30.26	.01	0.01	0	12.92	4.10	0.08	0.02	99.20	斜长石
H-1	42.89	0	34.28	0.2	0	0	19.93	0.83	0	0	98.12	黝帘石
H-2	44.55	0.41	14.14	6.39	0.31	14.92	13.88	2.42	0.54	0	97.57	浅闪石
H-3	60.54	0	23.64	0	0.74	0	6.49	7.85	0.07	0	99.33	斜长石
H-4	53.72	0	4.63	5.53	0.23	18.63	14.48	0.70	0.03	0	97.96	浅闪石
干白玉*	42.95	0	35.93	0	0.01	0	19.87	0.29	0	0	99.06	An94
水白玉*	43.43	0	35.56	0.09	0	0.26	19.32	1.05	0.05	0.01	99.54	An98
钙长石*	43.88	0	36.18	0.08	0	0	19.37	0.22	0	0	100.10	An98

注:标\*数据引自赵令湖等(1998)。

黑色独山玉中白色到黑色过渡部分为黝帘石,其中钙离子可能被硅离子替代。黑色部分为斜长石和浅闪石,其中钠长石分子( $Ab$ )百分含量约为 70%,钙长石分子( $An$ )百分含量大概为 30%,在更长石( $Ab_{90}An_{10} \sim Ab_{70}An_{30}$ )和中长石( $Ab_{70}An_{30} \sim Ab_{50}An_{50}$ )之间。

### 3.4 物相分析

为确定各颜色系列独山玉的矿物组成,本文对绿独玉、紫独玉、粉独玉和黑独玉这 4 种颜色的独山玉样品进行了 X 射线粉晶衍射实验和分析。所用 XRD 衍射仪为中国地质大学(北京)X 射线衍射实验室的仪器,仪器类型为日本 RIGAKUD/Max-RC 粉晶衍射仪,分析条件为 Cu 靶,  $CuK = 15.4056 \text{ nm}$ ,管压 40 kV,管流 80 mA,  $DS = SS = 1^\circ$ , Ni 滤波片。

测试样品经过破碎、筛选,在绿色样品中选出 L-1 天蓝玉、L-2 翠绿玉、L-3 粉绿玉中的绿色部分作为研究对象,紫独玉中选取 Z-1 深绛紫色和 Z-2 浅绛紫色部分作为对比标本。粉色样品为 F-1。黑独玉样品中选取全黑的最能代表黑色特征的 H-3 样品。

通过对绿色独玉的测试数据进行物相分析发现,这 3 个样品的图谱中都有斜长石的衍射峰,范围在  $3.180 \text{ \AA}$  至  $4.059 \text{ \AA}$  之间。天蓝玉中含量最多的矿物是主要峰值为  $3.331 \text{ \AA}$  和  $4.996 \text{ \AA}$  的云母,结合偏光显微镜下的观察和电子探针成分分析,可以认为,天蓝玉颜色的形成与云母矿物有关。翠绿玉中主要矿物成分是峰值为  $2.699 \text{ \AA}$  的黝帘石和斜长石。粉绿山玉中的绿色部分主要为斜长石和黝帘石。

对紫色独玉的测试数据进行物相分析,发现两个样品的 X 射线衍射图中高强度值峰位置基本一致,其中最强峰的  $d$  值为  $3.182 \sim 3.184 \text{ \AA}$ ,为钙长石的衍射峰,其次还出现少量的方解石和黑云母的衍射峰。结果表明测试的紫色独山玉样品矿物组成以斜长石(钙长石)为主,含少量的方解石和黑云母。

粉色独玉的实验数据表明,该样品中主要成分是黝帘石,斜长石的含量相对较少。这也说明粉红色独山玉中发生了强烈的蚀变作用,强黝帘石化作用生成大量的黝帘石和少量的绿帘石,替代了原先矿物中的斜长石成分,使独山玉的化学组分产生了较大的变化,也因此引起了其颜色的改变。由此可见,粉红色独山玉的颜色产生原因,最主要还是由于矿物组分的变化。

另外,实验数据表明,黑色独山玉由浅闪石与斜

长石组成,并且根据衍射线强度可半定量分析出浅闪石含量比斜长石含量高。所以,根据实验可知,黑色独山玉是斜长石和浅闪石为主的矿物集合体,独山玉中的斜长石已浅闪石化。

## 4 结论

(1) 独山玉的颜色多样,从明亮的蓝绿色到翠绿色到浅绿色,从紫色到粉色,色调差异较大,而且分布变化较大。大多独山玉呈致密块状构造,无解理,玻璃光泽至油脂光泽,微透明至不透明。

(2) 独山玉的折射率大小受组成矿物的影响,在宝石实验室用点测法测得的折射率变化于  $1.58 \sim 1.70$  之间,比重为  $2.73 \sim 3.18$ ,随颜色的不同而变化,以黝帘石为主要成分的粉独玉的折射率和比重均较大。独山玉的摩氏硬度为  $6 \sim 6.5$ ,无吸收光谱,其中的粉独玉和紫独玉在短波下有中等到强的红色荧光。

(3) 独山玉是由斜长石、黝帘石、云母等组成的多矿物集合体。绿独玉主要由斜长石和黝帘石组成,具有含铬元素的云母;紫独玉主要由钙长石组成,几乎不含黝帘石,次要矿物为黑云母、绢云母及少量的方解石和楣石等,而黑云母和绢云母的含量相对较高,表明紫独玉的蚀变类型主要是云母化(包括黑云母化和绢云母化);粉红色独山玉的主要矿物成分是黝帘石,绿帘石和斜长石的含量很少。由此可知,粉独玉中原先大量含有的斜长石,绝大部分已经被黝帘石化;黑色独山玉的矿物组成主要是浅闪石、斜长石,含极少量黝帘石。因此黑色独山玉的折射率、相对密度值介于浅闪石与斜长石之间,浅闪石含二价铁,所以黑色独山玉在紫外荧光下呈惰性。独山玉的黑色部分是浅闪石化斜长石。

(4) 独山玉的矿物和元素组成对不同颜色的形成有着决定性的作用。绿色系列中天蓝玉的颜色主要是由含铬的白云母形成的,翠绿玉,颜色成因与天蓝玉相似,也是由含铬的云母形成的,绿白玉中绿色部分经过分析为透辉石,粉绿玉中含有绿帘石,绿帘石中 Fe 类质同像替代,产生了黄绿的颜色,是产生粉绿玉中绿色的主要原因。

紫色系列独山玉颜色的变化受到蚀变类型及蚀变产物的影响,紫色的产生是斜长石云母化的蚀变产物。

粉红色独山玉的颜色主要是由其发生的强蚀变

作用而引起的成分变化导致的,而其中含有的一些微量杂质离子,则是其致色的另一个原因。

黑色独山玉的颜色主要与蚀变矿物——浅闪石有关。黑色独山玉颜色过渡与斜长石蚀变程度的变化有关,也与斜长石蚀变矿物的不同有关。

## References

- Jiang Fujian. 1997. Study on the formation mechanism of jade deposit [J]. Academic Forum of Nan Du, 17(3):49~53 in Chinese).
- Jiang Fujian and Bai Jingfeng. 2003. Analysis of metallogenic tectonic background independence jade[J]. Academic Forum of Nan Du, 2(3):68~71(in Chinese).
- Liao Zongting, Zhao Juan, Zhou Zuyi, et al. 2000. On the tectonic setting and origin of Dushan Jade deposit in Nanyang[J]. Journal of Tongji University, 12(28):702~706(in Chinese).
- Tu Huaikui. 2000. Distribution of gems and jades and its geological char-

acteristics in Henan, China[J]. Henan Geology, 18(2):92~96(in Chinese and English abstract).

- Zhao Linghu and Ma Hongwei. 1998. Study of Dushan-white-jade transmission from Nanyang[J]. Geological Science and Technology Information, 17(1):33~35(in Chinese and English abstract).

## 附中文参考文献

- 江富建. 1997. 独玉矿床成因机制研究[J]. 南都学坛, 17(3):49~53.
- 江富建, 白景峰. 2003. 独玉的成矿大地构造背景分析[J]. 南都学坛, 2(3):68~71.
- 廖宗廷, 赵娟, 周祖翼, 等. 2000. 南阳独山玉矿的成矿构造背景及成因[J]. 同济大学学报, 12(28):702~706.
- 涂怀奎. 2000. 河南宝玉石分布及其地质特征[J]. 河南地质, 18(2):92~96.
- 赵令湖, 马宏伟. 1998. 南阳白独玉透明度的研究[J]. 地质科技情报, 17(1):33~35.

www.yskw.ac.cn