



泰山玉的致色因素分析

张念朋

(山东省第五地质矿产勘查院, 山东 泰安 271000)

摘要:颜色是珠宝玉石宝石学特征研究的重要一项,是影响宝玉石价值的重要因素。泰山玉有4个颜色系列,对各系列泰山玉致色因素的分析研究具有重大意义。通过化学分析和电子探针测试,查明了泰山玉的主要化学成分,对比分析了化学成分与颜色的关系,最终确定了不同颜色系列泰山玉的致色因素。

关键词:泰山玉;化学成分;致色因素

中图分类号:P575 **文献标识码:**A

引文格式:张念朋.泰山玉的致色因素分析[J].山东国土资源,2016,32(7):31-34. ZHANG Nianpeng. Analysis on Color Factors of Taishan Jade[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(7):31-34.

泰山玉是指产于山东省泰山西麓区域的蛇纹石质玉,因产于泰山山脉而得名^[1]。该玉矿在20世纪80年代开采钙镁磷肥及冶金熔剂用蛇纹岩时发现,并开始了小规模加工利用^[2]。2009年,山东省第五地质矿产勘查院对该玉矿做了正式勘查评价后,泰山玉市场迅速发展壮大,知名度有了较大提高,因此,需要加大对泰山玉各方面特征的深入研究。颜色是珠宝玉石宝石学特征研究的重要一项,也是影响宝玉石价值的重要因素。泰山玉有多种颜色,价值差别悬殊,因此,对泰山玉致色因素的分析研究具有重大意义。

1 泰山玉的颜色

泰山玉的基础颜色主要是绿色和黑色,极少数为褐色^[3]。另外,因含有不同颜色的共生矿物,有的泰山玉表面看起来呈花斑色,如绿白花色、黑白花色等。因此,可将泰山玉的颜色分为绿色、黑色、褐色和花色4个系列。

2 采样化验

2.1 采集样品

为了全面反映泰山玉的化学成分,该次工作采取了不同颜色、质地、透明度的具有代表性的绿色、

黑色、花色系样品各6件,褐色系样品2件,共20件样品进行化学全分析,样品规格8 cm×8 cm×8 cm左右。为进一步研究颜色深浅不同的绿色泰山玉的致色元素,将采集的大量样品切制成3 cm×2 cm×0.5 cm统一规格的玉片,从中挑选了6件颜色均匀由深到浅的绿色系列玉片进行微区电子探针分析。上述所有样品均采自石腊泰山玉矿坑内。

2.2 化验测试

化学全分析由山东省鲁南地质工程勘察院实验室承担,检测环境温度28℃,相对湿度55,主要检测仪器为天平、滴定管、原子吸收。根据样品化验数据,将每一颜色系列进行算数平均,结果见表1。电子探针分析由中国地质科学院矿产资源研究所实验室承担,检测仪器为JXA-8810型电子探针显微分析仪,加速电压为15~20 kV,电流为20 nA,束斑直径为5 μm。每件样品测多个点求各组分平均值,结果见表2。

3 致色因素分析

3.1 主要化学成分与颜色的关系

根据表1中化学成分数据,以主要元素含量为纵坐标,以不同颜色系列为横坐标,绘制成相应的变化曲线图(图1-a、图1-b)。

收稿日期:2015-10-02;修订日期:2015-12-13;编辑:陶卫卫

作者简介:张念朋(1985—),男,山东莒县人,工程师,主要从事地质矿产勘查工作;E-mail:znp2008@163.com

表 1 各颜色系列玉石主要组分平均含量

颜色系列	W×10 ⁻²								W×10 ⁻⁶					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	LOI	Ti	Mn	Cr	Ni	S	Co
黑色系列	39.28	0.68	6.02	2.19	0.13	38.86	0.05	12.44	137.92	742.15	1569.23	1389.03	77.90	100.28
花色系列	41.34	1.14	4.35	2.51	0.46	38.68	0.05	12.28	90.62	786.20	1540.22	952.87	55.25	83.47
绿色系列	42.94	0.89	3.08	1.39	0.30	39.20	0.05	12.28	43.53	492.12	709.37	883.13	64.45	86.52
褐色系列	42.48	0.67	2.34	1.22	0.28	39.54	0.06	11.85	52.15	353.00	886.40	1202.10	149.05	68.60

表 2 泰山玉电子探针分析结果 W%

颜色	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	Cr ₂ O ₃	NiO	ZnO	Total
墨绿色	40.21	0.10	7.17	0.00	36.13	0.04	0.01	0.02	0.17	0.57	0.57	0.02	84.99
深绿色	40.86	0.32	4.61	0.02	37.81	0.01	0.00	0.03	0.15	0.40	0.37	0.04	84.62
翠绿色	41.38	0.37	1.95	0.05	39.11	0.14	0.01	0.00	0.02	0.33	0.42	0.04	83.82
黄绿色	41.98	0.15	2.12	0.03	39.18	0.02	0.04	0.00	0.08	0.17	0.22	0.06	84.05
绿黄色	42.38	0.25	1.70	0.01	38.90	0.07	0.03	0.00	0.05	0.01	0.32	0.00	83.72
绿白色	42.28	0.15	1.82	0.00	39.47	0.00	0.00	0.05	0.11	0.00	0.12	0.00	84.00

由图 1-a 看出, SiO₂ 变化曲线从黑色→花色→绿色呈上升趋势; 然后从绿色→褐色呈略微下降趋势。MgO 曲线从黑色→花色呈下降趋势, 然后从花色→绿色→褐色呈上升趋势。总体看, 上述 2 种泰山玉主要化学成分在各颜色系列中的含量差别不大。Fe₂O₃ 曲线呈快速下降趋势, FeO, Al₂O₃, CaO 曲线均是先从黑色至花色呈上升趋势, 然后再呈快速下降趋势。如果将 Fe₂O₃ 和 FeO 合在一起看, 则呈整体下降趋势。可得, 黑色和花色玉石比绿色和褐色玉石含 Fe 元素多, Ca, Al 元素在花色玉石中含量最高。

由图 1-b 看出, Mn, Co 曲线呈总体下降趋势; Ti, Cr, Ni 曲线从黑色至花色至绿色呈下降趋势; 然后从绿色至褐色呈上升趋势; S 曲线先从黑色至花色呈下降趋势, 然后呈快速上升趋势。可得, 泰山玉的主要微量元素中, Ti, Cr, Ni 在黑色玉石中的含量最高; 在绿色玉石中的含量最低; Mn 在花色玉石中含量最高; S 在褐色玉石中含量最高。

3.2 各颜色系列泰山玉的致色因素

蛇纹石矿物本身为无色至淡黄色、黄绿色至绿色, 受共生矿物影响, 蛇纹石玉还有白色、棕色、黑色及多种颜色的组合^[4]。据此, 可认为泰山玉中的绿色系列为蛇纹石矿物本身颜色所致, 是由组成蛇纹石的化学元素致色, 具体致色元素在后文中分析; 黑色、花色及褐色系列颜色为共生矿物所致。

由以上可知, Si, Mg 在不同颜色系列中的含量差别不大; 且为蛇纹石固有化学成分, 是具有高对称

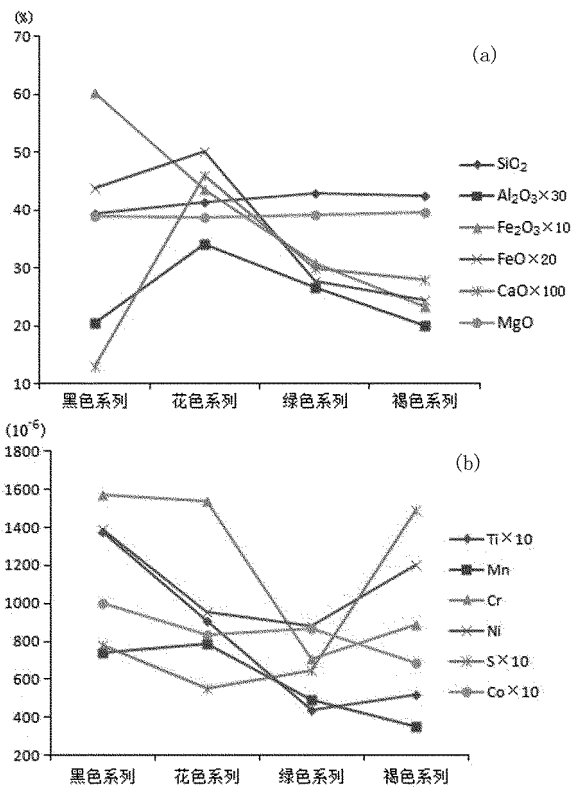


图 1 泰山玉主要化学成分与颜色关系图

和稳定结构的阳离子, 可见光提供的能量, 不足以使它们的外层电子跃迁而使矿物着色^[5]。黑色系列比绿色系列玉石含有更多的 Fe, Ti, Cr, Ni 元素, 这些元素除部分进入蛇纹石化学成分内, 其余的会形成新矿物与蛇纹石共生, 主要有铬铁矿、磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿等, 多为黑色矿物。通过电子探针对黑色玉石进行观察, 发现蛇纹石内弥散有许多十分细

小的铁矿物(图 2),因此,认为就是这些黑色铁矿物影响了黑色系列玉石的颜色及透明度,这与河南黑绿玉的情况一致^[6]。

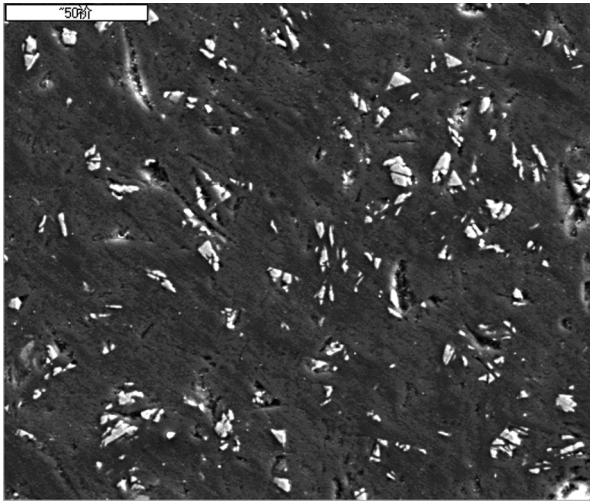


图 2 黑色玉石中铁矿物(白点)

花色系列玉石含有相对较多的 Ca, Al, Fe 元素, Ca 主要存在于与蛇纹石共生的矿物中,如钙镁透闪石、方解石、白云石、磷灰石等,这些矿物呈白色,是构成花色玉石中白色花斑的主要组分;Al 除少量类质同象替代 Si 进入蛇纹石内外,主要存在于与蛇纹石共生的绿泥石中,绿泥石多呈暗绿至绿黑色,比蛇纹石颜色深,能引起不同深浅绿色的花斑;Fe 主要存在于黑色铁矿物中,是花色玉石中黑色斑点的主要组分。因此,含钙铝铁的不同颜色矿物为花色系列玉石的主要致色因素。褐色系列玉石中 S 元素含量比其它系列玉石中的含量高得多,硫化物多呈黄色—红色调,如黄铁矿、方黄铜矿、针镍矿等,故硫化物应为褐色系列玉石的致色因素。

3.3 绿色系列泰山玉的致色元素

由此可知,绿色系列的致色因素为自身蛇纹石致色,为进一步研究蛇纹石的致色化学元素,需排除共生矿物的影响,故利用电子探针对微区蛇纹石矿物的化学成分进行分析。

前人研究结果表明^[7-8],引起矿物致色的离子主要是元素周期表中第四周期的 8 个过渡元素离子,即 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu。根据泰山玉的光谱分析结果,其内 Ti, V, Co, Cu 的含量极少,平均含量低于 0.01%,对泰山玉的颜色影响有限。

根据表 2 中的分析结果,绘制了 FeO, NiO, Cr₂O₃, MnO 四种致色成分含量与不同深浅绿色系

列泰山玉的变化曲线图(图 3)。

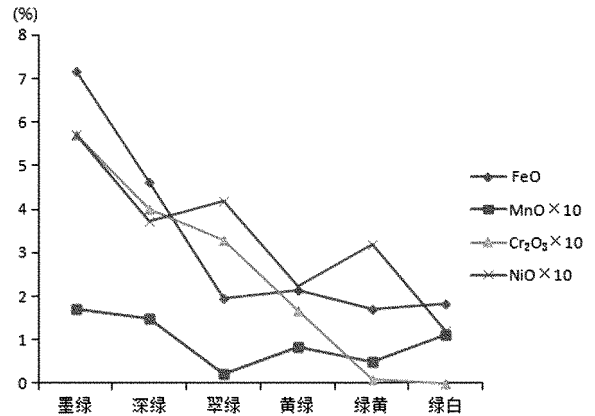


图 3 绿色泰山玉致色成分含量曲线图

由图 3 看出,FeO 含量自墨绿至翠绿色随绿色变浅呈快速下降趋势,然后从翠绿至绿白色,则下降不大,几近水平状,而翠绿、黄绿、绿黄、绿白色中,绿色调已经较淡或已非主色调。因此,泰山玉的绿色深浅与 FeO 含量呈正相关性。

另外,由墨绿至绿白色绿色由深至浅,NiO 含量曲线呈波浪状下降趋势,说明泰山玉的绿色深浅与 NiO 含量呈大致正相关性。Cr₂O₃ 含量曲线呈快速下降趋势,说明泰山玉的绿色深浅与 Cr₂O₃ 含量呈正相关性。MnO 含量曲线总体呈水平波浪状变化,说明泰山玉的绿色深浅与 MnO 的含量相关性不大。

上述 4 种致色成分中,FeO 的含量最高,约是其他 3 种成分含量的十倍左右,因此,可确定绿色系列泰山玉的致色元素主要是 Fe 元素,其次是 Cr 元素,另外,Ni 元素对其也有一定影响,而 Mn 元素对其影响不大。其中,Fe 元素是许多蛇纹石玉的致色元素,如岫岩玉^[9]、南郑蛇纹石玉^[10]。

4 结语

泰山玉的颜色分为绿色、黑色、褐色、花色 4 个系列,利用化学全分析对其化学成分进行了化验测试。通过分析,泰山玉的主要化学成分 SiO₂, MgO 在各颜色系列中的含量差别不大;Fe₂O₃ 和 FeO 的总含量从黑色→花色→绿色→褐色呈下降趋势;CaO, Al₂O₃ 在花色玉石中含量最高。主要微量元素中,Ti, Cr, Ni 在黑色玉石中的含量最高;在绿色玉石中的含量最低;Mn 在花色玉石中含量最高;S 在褐色玉石中含量最高。

经综合分析认为,黑色、花色及褐色系列泰山玉

的颜色为其体内共生矿物致色,绿色系列泰山玉的颜色为蛇纹石矿物本身颜色所致。其中,黑色系列泰山玉的致色因素为细小的铬铁矿、磁铁矿等铁矿物,花色系泰山玉的致色因素为含钙铝铁的不同颜色矿物,褐色系列泰山玉的致色因素为硫化物矿物。

利用电子探针对不同深浅绿色系列泰山玉微区蛇纹石矿物的化学成分进行了测试分析,认为绿色泰山玉的致色元素主要是 Fe 元素,其次是 Cr 元素。

参考文献:

- [1] 程佑法,李建军,刘晓伟,等.泰山玉[S].济南:山东省质量技术监督局,2013.
- [2] 张厚生,张希雨.泰山玉地质特征及其工艺加工性研究[J].山东地质,1989,5(3):71.

- [3] 贾东亮,高宗军.泰山玉的基本特征及分类研究[J].山东国土资源,2013,29(3):25.
- [4] 张蓓莉.系统宝石学[M].北京:地质出版社,2006:387.
- [5] 王时麒,赵朝洪,于洗,等.中国岫岩玉[M].北京:科学出版社,2007:48.
- [6] 康日仓,张建洪,李劲松.河南浙川黑绿玉的矿物学研究[J].现代地质,1993,7(2):203.
- [7] 宋良才,宋宝玺.关于宝玉石颜色的探讨[J].焦作矿业学院学报,1991,(4):18.
- [8] 刘虹靓,杨明星,杨天翔,等.青海翠青玉的宝石学特征及颜色研究[J].宝石和宝石学杂志,2013,15(1):11.
- [9] 王永亚,干福熹.中国岫岩玉的致色机理及色度学研究[J].光谱学与光谱分析,2012,32(9):2305-2309.
- [10] 刘养杰,林晓明,张婷,等.陕西汉中南郑蛇纹石玉的矿物学研究[J].西北大学学报(自然科学版),2009,39(6):1032-1036.

Analysis on Color Factors of Taishan Jade

ZHANG Nianpeng

(No.5 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Tai'an 271000, China)

Abstract: Color is an important factor for studying gemmological characteristics of jade and jewelry. It is also an important factor affecting the value of the gem. Taishan jade has four color series. It is of great significance to the analysis and study color factors of Taishan jade. Through chemical analysis and electronic probe test, main chemical compositions of Taishan jade have been identified, and the relationship between chemical compositions and color have been analyzed. Finally, the color factors of different colors of Taishan jade have been determined.

Key words: Taishan jade; chemical compositions; color factors