

文章编号: 1009 - 0258(2000)02 - 0036 - 07

山东昌乐蓝宝石颜色与化学成分的关系

张培强

(山东省第七地质矿产勘察院, 山东 临沂 276006)

摘要: 产于玄武岩中的蓝宝石颜色通常较深, 山东昌乐蓝宝石的颜色因其晶体巨大更显得深暗。这类蓝宝石曾多次进行过改色试验, 但成效都不大。通过对电子探针及紫外—可见光—近红外吸收光谱图测试结果的分析, 并对山东昌乐蓝宝石的颜色与化学成分之间的关系进行研究, 结果表明: 昌乐蓝宝石的主要致色元素为 Fe, Ti, Cr, Ni 等, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量高及 TiO_2 含量少, 以及成对 Fe^{3+} 的大量存在是其颜色偏深的重要原因; TiO_2 含量对蓝宝石颜色纯度影响很大, 也是蓝宝石改色能否成功的重要因素之一。

关键词: 蓝宝石; 致色元素; 改色; 山东昌乐

中图分类号: P616.1; P619.28⁺¹ **文献标识码:** A

昌乐蓝宝石矿区位于鲁西台背斜泰沂隆断之昌乐凹陷中, 东侧紧临沂沭断裂带的郯鄯-葛沟断裂。矿区广泛分布新第三纪火山岩, 其中: 中新世牛山组 (N_1n) 主要为蚀变玄武岩、杏仁状玄武岩、橄榄玄武岩, 夹少量玻基辉橄岩, 地貌上形成平坦的熔岩台地; 上新世尧山组 (N_2y) 孤立分布于丘体的顶部, 是火山锥的主体部分, 岩性为黑色厚层橄榄玄武岩, 柱状节理发育, 夹少量玻基辉橄岩和高铝玄武岩。蓝宝石原生矿赋存于火山喷发的中心部位, 其寄主岩为玻基辉橄岩, SiO_2 不饱和, 小于 45%, $\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 值皆小于 0.35, 为钠质系列, 属超基性岩类。寄主岩含较多深源捕虏体 (主要为二辉橄岩, 来源于 50~80km 的地幔深处) 和捕虏晶 (蓝宝石、锆石、歪长石、辉石、尖晶石) 等。碱性橄榄玄武岩中虽然也含有蓝宝石, 但含量极少。区内各种成因类型的第四系皆含蓝宝石, 但以冲积层底部的砂砾层和位于基岩面上的洪坡积粗碎屑堆积层为主。

1 昌乐蓝宝石的化学成分

1.1 化学成分

蓝宝石的化学成分为 Al_2O_3 , 含有 Fe, Ti, Cr, Ni, Mn, Si, Mg, K, Na, V 等多种微量元素, 选择各色山东蓝宝石做电子探针分析, 并与海南文昌蓝宝石探针数据对比 (表 1), 可以看出:

(1) 山东蓝宝石 Al_2O_3 含量变化范围较小, 各色蓝宝石 Al_2O_3 含量在 98.00%~99.00% 之间, 海南文昌蓝宝石 Al_2O_3 含量变化范围较大;

收稿日期: 2000 - 04 - 11; 修订日期: 2000 - 05 - 30; 编辑: 游文澄

作者简介: 张培强 (1962 -), 男, 山东青州人, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查及管理工作。

表 1 山东、海南蓝宝石电子探针分析结果(B %)

Table 1 Electron microprobe analysis results of sapphires in Shandong, Jiangsu and Hainan province(B %)

产地	宝石名称	宝石颜色	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃ + FeO	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	NiO	总量	
山东	红宝石	红色	98.00	0.00	1.20	0.21	0.11	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	99.57	
		玫瑰红色	98.11	0.00	1.13	0.16	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	99.48	
	蓝宝石	深蓝色	98.13	0.01	1.31	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.50
		深蓝色	98.56	0.06	1.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.82
		深蓝色	98.01	0.10	1.55	0.00	0.02	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.78
		深蓝色	98.55	0.04	1.18	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	99.82
		深蓝色	98.10	0.00	1.23	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08	99.49
		深蓝色	99.94	0.00	0.87	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	100.91
		深蓝色	98.80	0.04	0.93	0.00	0.07	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	99.89
		深蓝色	98.11	0.07	1.18	0.03	0.00	0.04	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	99.51
		深蓝色	98.06	0.03	1.11	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	99.30
		蓝色	98.09	0.17	1.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	100.25
		蓝色	98.77	0.13	0.86	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	99.88
		蓝色	98.02	0.24	1.57	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.88
		浅蓝色	98.19	0.08	1.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	99.39
		浅蓝色	98.07	0.04	1.21	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	99.49
		浅蓝灰色	98.04	0.00	1.18	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	99.30
		浅蓝灰色	99.00	0.00	0.82	0.00	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08	99.98
		浅蓝灰色	98.31	0.01	0.93	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	99.40
		浅蓝灰色	98.22	0.00	0.94	0.06	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15	99.43
		浅蓝灰色	98.14	0.05	1.32	0.08	0.08	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	99.83
		浅蓝灰色	99.01	0.02	0.73	0.00	0.02	0.00	0.01	0.04	0.00	0.03	0.03	0.09	99.95
		浅绿蓝色	98.50	0.02	1.13	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	99.77
		蓝绿色	98.01	0.04	1.31	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.45
		浅蓝绿色	98.14	0.06	1.34	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	99.63
		绿色	98.38	0.03	1.39	0.02	0.10	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	100.04
		浅黄绿色	98.13	0.05	1.23	0.09	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.61
		浅黄色	98.23	0.00	0.98	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.30
		浅黄色	98.04	0.00	1.29	0.05	0.06	0.08	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	99.61
	浅黄色	98.09	0.00	1.18	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	99.39	
	黄色	98.90	0.06	0.13	0.01	0.06	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	99.22	
	橙黄色	98.70	0.05	0.02	0.11	0.06	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	99.03	
	棕色	98.02	0.02	1.50	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.60	
棕色	98.19	0.06	1.41	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	99.80		
棕色	98.05	0.00	1.75	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	99.90		
海南		深蓝色	97.92	0.08	0.72	0.00	0.00	0.06	0.62	0.02	0.00	0.55	0.00	99.98	
		蓝色	98.55	0.29	0.70	0.02	0.00	0.07	0.67	0.00	0.02	0.45	0.00	100.78	
		蓝绿色	96.12	0.05	1.15	0.04	0.00	0.02	0.98	0.06	0.19	0.87	0.09	99.55	

注:电子探针测试分析由原地矿部矿床研究所完成;海南蓝宝石化学成分据王春生(1991)^[1]。

(2) 山东蓝宝石 Fe₂O₃ + FeO 及 Cr₂O₃ 含量较高,海南蓝宝石较低;

(3) 海南蓝宝石中 TiO₂, MgO 及 Na₂O 含量明显高于山东蓝宝石。

1.2 各元素的相关关系

电子顺磁共振谱研究表明:山东蓝宝石含 Fe^{2+} , Ti^{4+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} 等顺磁性离子。用各种颜色的山东蓝宝石及海南蓝宝石的探针分析数据,分别做 $(Fe_2O_3 + FeO)-TiO_2$, $(Fe_2O_3 + FeO)-Cr_2O_3$, $(Fe_2O_3 + FeO)-NiO$ 及 $Cr_2O_3-TiO_2$ 相关图(图 1)。

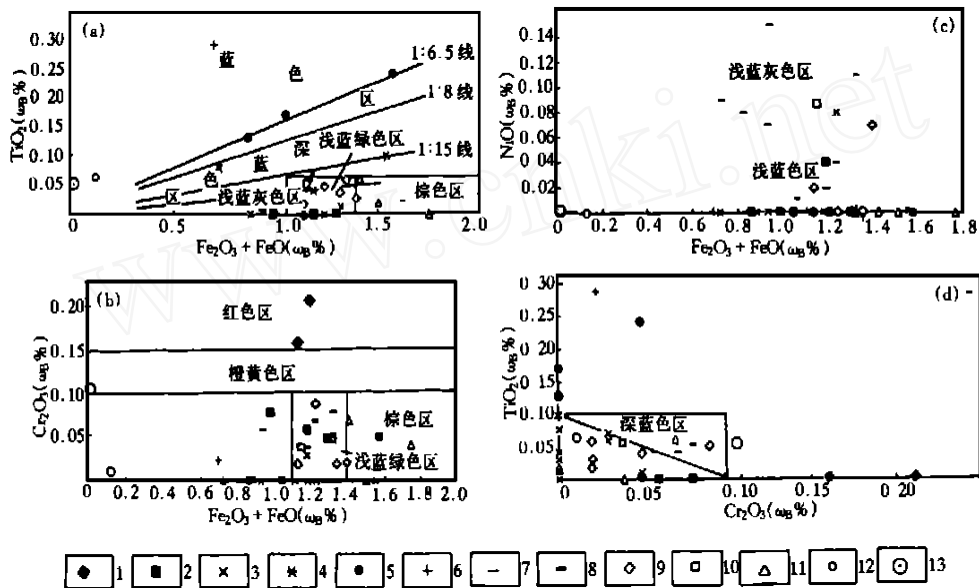


图 1 山东、海南各色蓝宝石化学成分相关图

Fig. 1 Chemical compositions correlation chart of sapphires with different colors in Shandong and Hainan province

- 1—红色;2—浅黄色;3—深蓝色;4—深蓝色(海南);5—蓝色;6—蓝色(海南);7—浅蓝色;8—浅蓝灰色;
- 9—浅蓝绿色;10—蓝绿色(海南);11—棕色;12—黄色;13—橙黄色

(1) $(Fe_2O_3 + FeO)-TiO_2$ 相关图(图 1-a):可以分出深蓝色区、蓝色区、浅蓝灰色区、绿色区和棕色区。

棕色区: $Fe_2O_3 + FeO$ 含量大于 1.4%, TiO_2 含量小于 0.07%。

浅蓝绿色区: $Fe_2O_3 + FeO$ 含量介于 1.1%~1.4%之间, TiO_2 含量小于 0.07%。

蓝色区:位于 $TiO_2 (Fe_2O_3 + FeO) = 1.8$ 线的左上方区域,山东蓝宝石主要集中在 1:6.5 线左上方。

深蓝色区: $TiO_2 (Fe_2O_3 + FeO) = 1.8$ 线的右下方区域,山东蓝宝石主要集中在 1:15 线的右下方,其 $Fe_2O_3 + FeO$ 含量远高于 TiO_2 含量。

浅蓝灰色区: $TiO_2 (Fe_2O_3 + FeO) = 1.26$ 线的右下方。

浅黄色区: TiO_2 为零。

(2) $(Fe_2O_3 + FeO)-Cr_2O_3$ 相关图(图 1-b):可以分出红色区、橙黄色区、绿色区和棕色区。

红色区: Cr_2O_3 含量最高,大于 0.15%。

橙黄色区: Cr_2O_3 含量在 0.1%~0.15%之间, $Fe_2O_3 + FeO$ 含量极低;黄色中 Cr_2O_3

及 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量都很低;浅黄色中 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量较高, Cr_2O_3 含量低于 0.1 %。

棕色区: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量很高,大于 1.4 %, Cr_2O_3 含量小于 0.1 %。

浅蓝绿色区: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量在 1.1 % ~ 1.4 % 之间, Cr_2O_3 含量小于 0.1 %。

(3) $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ -NiO 相关图(图 1-c):为浅蓝灰色区和浅蓝色区。

浅蓝色区:NiO 含量在 0.01 % ~ 0.04 % 之间。

浅蓝灰色区:NiO 含量大于 0.02 %,最高可达 0.15 %。

(4) Cr_2O_3 - TiO_2 相关图(图 1-d):可分出蓝色区,红、橙黄色区,深蓝色区和其他色区。

蓝色区:高 TiO_2 含量,大于 0.1 %;低 Cr_2O_3 含量,小于 0.05 %。

红、橙黄色区:红色 Cr_2O_3 最高,大于 0.15 %,缺失 TiO_2 ;橙黄色 Cr_2O_3 含量大于 0.1 %, TiO_2 含量低,小于 0.1 %。

深蓝色区:其 TiO_2 含量与 Cr_2O_3 含量呈反相关关系, Cr_2O_3 含量高,则 TiO_2 含量低; Cr_2O_3 含量低,则 TiO_2 含量高。

其他所有颜色皆位于低 Cr_2O_3 (小于 0.1 %),低 TiO_2 (小于 0.1 %)的区内。

综合以上分析可以得出: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 与 TiO_2 的含量变化影响蓝色色调,当 $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) / \text{TiO}_2$ 的比值小于 8 时为蓝色,比值大于 8 时为深蓝色,亦即 TiO_2 含量高, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量低时呈蓝色,反之呈深蓝色; Cr_2O_3 含量变化影响红色及黄色色调; NiO 含量变化影响灰色色调。

2 颜色与化学成分的关系

2.1 相关图分析

颜色纯正、鲜艳的山东红、蓝宝石都位于 Cr_2O_3 和 TiO_2 的高含量区。 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 及 TiO_2 的氧化物含量比例,控制着山东蓝宝石蓝色的深浅。 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量相对较高, TiO_2 含量相对较低是导致山东蓝色系列蓝宝石颜色深暗的主要原因。过去对山东蓝宝石改色,只注重减少 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量,而忽略 TiO_2 含量的变化,这种改色的结果只能使其颜色更差。

多数山东深蓝色蓝宝石既不含 Cr_2O_3 ,也不含 NiO,只含有 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 及 TiO_2 。还有极少部分深蓝色蓝宝石甚至不含 TiO_2 ,仅含 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 。因此,通过上述相关图,对降低 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量的改色结果可做如下推断:

(1) 大部分深蓝色蓝宝石仅含 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 和 TiO_2 ,改色降低 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 的同时, TiO_2 含量也随之减少甚至消失。此时,其颜色仍在 1 15 线右下方深蓝色区内,蓝宝石颜色不变,仍为深蓝色。

(2) 少量含有 NiO 的深蓝色蓝宝石改色时,其 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 和 TiO_2 含量都减少,有的 TiO_2 甚至消失。此时, NiO 的致色因素明显,其颜色位于 1 25 线的右下方蓝灰色区内,呈浅蓝灰色。

(3) 极少数 Cr_2O_3 含量较高的深蓝色蓝宝石改色时, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 减少, TiO_2 消失, Cr_2O_3 致色因素明显,改色后蓝宝石颜色呈浅黄色。

目前,国内外对山东昌乐蓝宝石的改色结果通常有以上三种。从 $Cr_2O_3-TiO_2$ 相关图上看,仅仅通过减少 $Fe_2O_3 + FeO$ 的含量使深蓝色的山东蓝宝石呈纯正、鲜艳的蓝色是绝不可能的。因此,加入 TiO_2 ,以减少 $Fe_2O_3 + FeO$ 含量是山东深蓝色蓝宝石改色的唯一途径。

2.2 紫外—可见光—近红外吸收光谱分析

对几种颜色的山东昌乐蓝宝石进行紫外—可见光—近红外吸收光谱测试分析,其谱图见图 2。为方便对比,将垂直和平行 C 轴谱图放在一张图上。谱图中 Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_8 五个样品为蓝色,其特征基本一致,故以 Y_4 谱图为代表,而 Y_1, Y_7, Y_9, Y_{10} 则分别为红色、橙黄色、浅黄偏绿色、浅黄绿色。

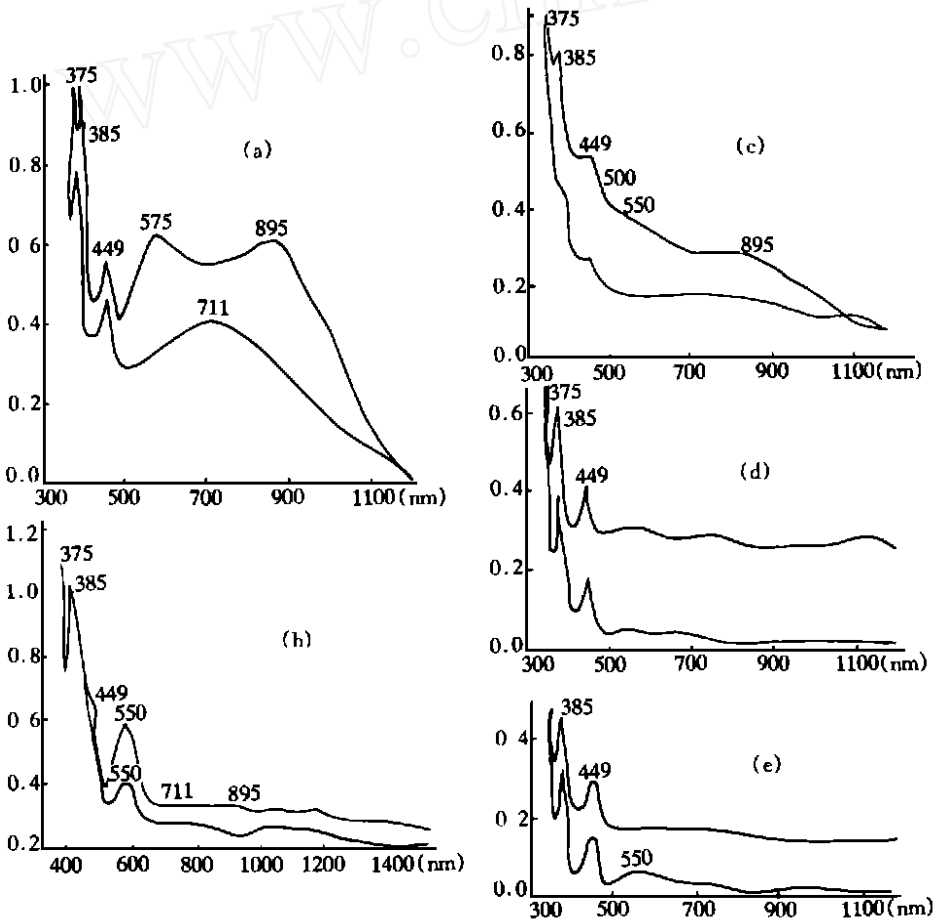


图 2 山东昌乐蓝宝石的紫外—可见光—近红外区域的吸收光谱图

Fig. 2 Absorption spectrum sketch of ultraviolet - visible spectrum - near infrared region of Changle sapphires in Shandong province

a—蓝色 (Y_4); b—红色 (Y_1); c—橙黄色 (Y_7); d—浅黄偏绿色 (Y_9); e—浅黄绿色 (Y_{10})

将林锦富先生和王嘉玲女士所做的山东昌乐、福建明溪及海南文昌蓝宝石的紫外

—可见光—近红外吸收光谱图进行对比^[2](图 3),可以得出:

(1)所有山东蓝宝石平行和垂直 C 轴都具有 375nm 和 385nm 双吸收峰,福建明溪样品(图 3-c)中也具有同样双吸收峰,只有海南样品(图 3-d)和福建明溪样品(图 3-b)为 380nm 单吸收峰。

(2)所有样品都具有 450nm 左右的单吸收峰。

(3)红色、橙黄色样品谱图中,出现 550,500nm 吸收峰及以 895nm 为中心的吸收带。

(4)黄色样品谱图中基本缺失以 575,711,895nm 为中心的吸收带(Y_4 样品垂直 C 轴方向有 550nm 弱吸收带)。

(5) Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_8 蓝色样品中出现明显的以 575,711,895nm 为中心的宽吸收带,海南样品(图 3-d)中也出现 590,840,986nm 为中心的宽吸收带。

(6)山东昌乐深蓝色样品(图 3-a)及福建明溪样品(图 3-b,c)缺少以 575,711nm 为中心的宽吸收带,但具有以 732~847nm 及 1002~1057nm 为中心的宽吸收带。

由上可见,所有的吸收峰或带基本位于以下五个范围:

(1)375~390nm 双峰或单峰区:该区的吸收峰与成对 Fe^{3+} 离子的吸收有关(目前人工很难合成成对 Fe^{3+} 离子,故人造蓝宝石中缺少该区吸收峰)。对 Y_2 样品进行穆氏鲍尔谱测定,其 Fe_2O_3 约占 $Fe_2O_3 + FeO$ 含量的 95% 以上。山东蓝宝石吸收谱图中都具有双吸收峰,说明存在有大量的 Fe^{3+} 离子对,这是造成蓝宝石深暗的原因之一。

(2)450nm 左右的单峰区:其与 Fe^{3+} 离子的 d 电子跃迁有关,所有样品的谱图中都出现了该吸收峰。

(3)500~550nm 吸收峰区:在红、橙、黄色样品谱图中出现了该范围的吸收带,其与 Cr^{3+} 离子的 d 电子跃迁有关。

(4)575~711nm 吸收带区:其与 $Fe^{2+} - Ti^{4+}$ 之间的电荷转移有关。颜色很深的山东蓝宝石缺少该范围吸收带(图 3-a),黄色、橙黄色蓝宝石中也缺少该范围吸收带(图 2-c,d,e)。但蓝色蓝宝石谱图中该范围的吸收带却异常明显(图 2-a)。说明 $Fe^{2+} - Ti^{4+}$

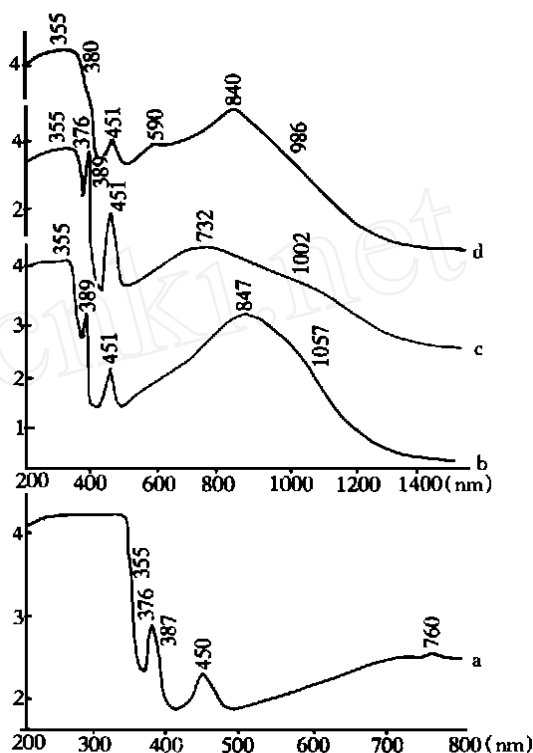


图 3 山东、福建、海南蓝宝石的紫外—可见光—近红外吸收光谱图

Fig. 3 Ultraviolet - visible spectrum - near infrared absorption spectrum sketch of sapphires in Shandong, Fujian and Hainan province
a—山东昌乐蓝宝石(深蓝色); b,c—福建明溪蓝宝石;
d—海南文昌蓝宝石

之间的电荷转移是蓝宝石蓝色致色的最主要原因(与相关图分析结果一致)。由于山东昌乐蓝宝石中 Fe^{2+} 含量仅占($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$)离子含量的 5%,加上 TiO_2 含量又少,因此蓝宝石出现纯正蓝色的机会也很少。

(5) 710~1100nm 吸收带区:该范围形成的吸收带与 $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$ 和(或) $\text{Fe}^{3+} - \text{Ni}^{2+}$ 之间的电荷转移有关。 $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$ 和(或) $\text{Fe}^{3+} - \text{Ni}^{2+}$ 之间的电荷转移引起蓝宝石的深灰蓝色或蓝灰色。变质成因的蓝宝石缺少该吸收带。山东昌乐蓝宝石由于 Fe^{3+} 含量占($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$)的 95%以上,因此,通常情况下 $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$ 和(或) $\text{Fe}^{3+} - \text{Ni}^{2+}$ 之间电荷转移的致色因素并不明显。但改色后 Fe^{3+} 离子对的减少加上 Ti^{4+} 的减少或消失,或者还有 Ni^{2+} 的参与,会使改色后的蓝宝石颜色反而不如改色前的,呈蓝灰色。

3 结论

(1) 山东蓝宝石的主要致色元素为 Fe, Ti, Cr, Ni 等。其中 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量高, TiO_2 含量少, Fe^{3+} 离子对的大量存在(占 $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ 含量的 95%以上),是山东蓝宝石总体颜色偏深暗的主要原因。 TiO_2 含量的多少,决定着蓝宝石蓝色色调的深浅。当 $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) / \text{TiO}_2$ 的比值小于 8 时,呈蓝色;当 $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) / \text{TiO}_2$ 的比值大于 8 时,呈深蓝色;NiO 的存在使得蓝宝石颜色呈灰色; Cr_2O_3 的存在则是红色和黄色的主要致色因素。

(2) 目前,山东昌乐深蓝色蓝宝石的改色结果有三个:其一是大多数颜色不变,仍为深蓝色;其二是少数呈蓝灰色色调;再就是极少数为浅黄色。之所以有这样的改色结果,其原因是只重视减少 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 含量,却忽略了必须加入 TiO_2 。对 TiO_2 致色因素的重新认识,将会给山东昌乐蓝宝石的改色带来新的生机。

本文在撰写过程中,得到路风香教授、李荣锡高级工程师及李守才译审的指导和帮助,谨表衷心感谢。

参考文献:

- [1] 王春生. 海南蓝宝石[J]. 宝石, 1991, (3-4).
 [2] 林锦富, 郭嘉玲. 中国东部玄武岩中蓝宝石的紫外—可见光—近红外吸收光谱特征[J]. 珠宝科技 1997, 9(2): 51-52.

Study on the Relation between Colors and Chemical Compositions of Changle Sapphires in Shandong Province

ZHANG Pei - qiang

(No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong, Linyi 276006, China)

Abstract :The sapphire which occurred in basalt is generally with dark color. Due to huge crystal, Change sapphires appear to be darker. Many experiments on changing colors of Change sapphires have been carried out, but the effect not obvious. By the analysis of results obtained from electron microprobe and ultraviolet - visible spectrum - near infrared absorption spectrum sketch, and the relation study between colors and chemical compositions, some recognitions have been got as following: major color - causing elements of Change sapphires are Fe, Ti, Ni and Cr; the high contents of $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, low TiO_2 and abundant Fe^{3+} are the major factors which make the sapphire color; and the content of TiO_2 effects the color pureness of sapphire greatly, and it is also one of the important factors whether the sapphire's color can be successfully changed or not.

Key words : Sapphire; color - causing element; changing color; Change county in Shandong province

(上接第 8 页)

Strengthen Geologic Work to Promote Sustainable Development of the National Economy and Society

WANG Lai - ming

(Shandong Geologic Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract :Geologic work is a pioneer in national economy and regarded as very important and fundamental work. Strengthening geologic survey and mineral resources exploration can provide fundamental geologic information and mineral resources guarantee for keeping sustainable and healthy development of mining industry, and furthermore for economic construction and social development; strengthening geologic survey of environment, agriculture and underground water resources can provide geologic basis for mineral resources and environment protection; and can serve sustainable development of society. Strengthening geologic work is an important and hard task for carrying out continuous developing strategy of geologic survey and mineral resources exploration, and for promoting national economy.

Key words :geologic survey; mineral resources exploration; resources guarantee; continuous development