

文章编号:1009 - 0258(2000)04 - 0027 - 06

*

山东昌乐蓝宝石的特征研究

张培强

(山东省第七地质矿产勘查院,山东 临沂 276006)

摘要: 我国新第三纪玄武岩中的蓝宝石往往存在颜色深暗、透明度差、净度低、色调不纯正、颜色不鲜艳等缺陷。本文通过矿物学和宝石学研究,认为山东昌乐蓝宝石具有颗粒大、净度高、透明度高、色调纯正、亮度较大、饱和度较高等特点,其质量较海南文昌、福建明溪和江苏六合蓝宝石为佳。

关键词: 蓝宝石; 矿物学特征; 宝石学特征; 山东昌乐

中图分类号: P619.24⁺2; P619.28⁺1

文献标识码: A

1 蓝宝石的矿物学特征

1.1 颜色

山东昌乐蓝宝石颜色有深蓝色、蓝色、橙色、浅蓝色、蓝灰色、蓝绿色、绿色、黄绿色、黄色、棕黄色、棕褐色等。在蓝色色调系列中,蓝偏紫色者约占 70%~80%,其中又以深暗色者居多。蓝宝石着色往往呈渐变不均匀,但也有截然突变的,即两种或两种以上颜色的条带或六边形环带呈规律性相间出现。

1.2 颗粒大小

对一组山东蓝宝石进行粒度统计(重量百分比):大于 8mm 的占 28%(其中大于 20mm 的占 3%~5%);4~8mm 的占 44%;2~4mm 的占 28%。山东已出土的蓝宝石,其重量大于 20g 的晶体并不少见,最大晶体可达到 300g。总体来说,山东蓝宝石以大于 8mm 的巨晶为主,并存在有特大巨晶蓝宝石。而海南、江苏、福建所产蓝宝石多在 4mm \pm ,极少有大于 8mm,其粒度级别远远不及山东蓝宝石。

1.3 晶形

本区所见晶形有六方双锥和板面的聚形(图 1 - a, d),六方双锥、板面和菱面体

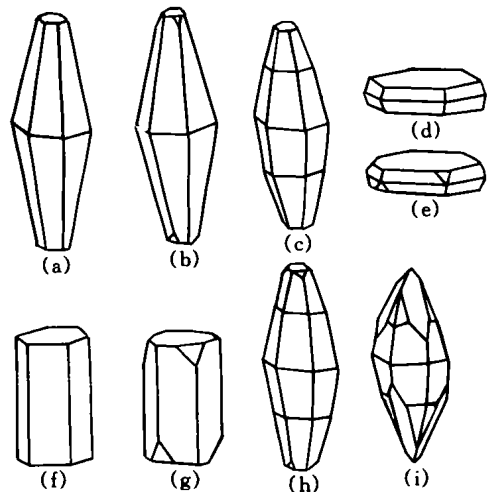


图 1 山东昌乐蓝宝石晶形

Fig. 1 Crystals of the sapphires in Changle of Shandong province

*收稿日期:2000-04-12; 修订日期:2000-12-10; 编辑:孟舞平

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。

的聚形(图 1 - b,e),两个六方双锥和板面的聚形(图 1 - c),六方柱和板面的聚形(图 1 - f),六方柱、板面和菱面体的聚形(图 1 - g),两个六方双锥、板面和菱面体的聚形(图 1 - h),两个六方双锥与菱面体的聚形(图 1 - i)等。其中以六方双锥和板面的聚形最为常见,晶体呈桶状。本区若干个蓝宝石晶体测量结果,各个晶面的极距角在 57 ~ 90 之间。

1.4 化学成分

蓝宝石的分子式为 Al_2O_3 ,一般都含有多种微量杂质,主要有 Fe, Ti, Cr, Ni, Mn, Si, Mg, K, Na, V 等,现将山东昌乐蓝宝石电子探针数据与江苏六合^[1]、海南文昌蓝宝石对比如下(表 1):

表 1 山东昌乐、海南文昌及江苏六合蓝宝石电子探针分析结果(B %)*

Table 1 Chemical compositions of sapphires in Changle of Shandong province, Wenchang of Hainan province and Liuhe of Jiangsu province(B %)

产地	Al_2O_3	TiO_2	TFeO	Cr_2O_3	SiO_2	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	NiO	P_2O_5	总量
山东 昌乐	98.704	0.053	0.015	0.106	0.060	0.075	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	99.032
	98.090	0.170	1.040	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	100.250
	98.010	0.100	1.550	0.000	0.020	0.060	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	99.780
海南 文昌	97.916	0.076	0.723	0.000	0.000	0.000	0.624	0.023	0.002	0.554	0.000	0.065	99.983
	98.547	0.288	0.697	0.024	0.000	0.068	0.669	0.000	0.021	0.446	0.000	0.000	100.780
	96.116	0.053	1.146	0.039	0.000	0.015	0.979	0.060	0.189	0.869	0.087	0.000	99.554
江苏 六合	98.460	0.088	0.596	0.008	0.028	0.016	0.010	0.010	0.000	0.020	—	—	99.218
	99.430	0.027	1.180	0.000	0.020	0.010	0.000	0.000	0.003	0.000	—	—	100.670
	98.230	0.018	0.846	0.012	0.044	0.020	0.020	0.020	0.000	0.000	—	—	99.210
	98.380	0.000	1.090	0.013	0.027	0.016	0.030	0.007	0.010	0.030	—	—	99.603

*山东昌乐、海南文昌、江苏六合蓝宝石化学成分分别据部矿床所、王春生(1991)、郑子儒(1987)。

(1) 山东昌乐蓝宝石 Al_2O_3 含量变化范围较小(98.00% ~ 99.00%);江苏六合蓝宝石 Al_2O_3 含量变化居中;海南文昌蓝宝石 Al_2O_3 含量变化最大。

(2) 江苏蓝宝石 TFeO 含量最高,山东蓝宝石与海南蓝宝石较接近且略高。

(3) 山东蓝宝石 Cr_2O_3 含量较高,江苏蓝宝石居中,海南蓝宝石最低。

(4) 海南蓝宝石中 TiO_2 , MgO 及 Na_2O 含量明显高于山东蓝宝石及江苏蓝宝石。

另外,电子顺磁共振谱研究表明:山东蓝宝石中含有 Fe^{2+} , Ti^{4+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} 等顺磁性离子。

研究表明, TFeO 及 TiO_2 两种氧化物含量的比例,控制着山东蓝宝石颜色的深浅。TFeO 含量相对较高和 TiO_2 含量相对较低,是导致山东蓝色系列蓝宝石呈现深暗颜色的主要原因。过去对山东蓝宝石进行改色,只注重减少 TFeO 含量,而忽略了 TiO_2 含量的变化,这是改色效果不甚理想的主要原因。

2 蓝宝石的宝石学特征

2.1 颜色指数

取各种颜色蓝宝石做颜色指数测试分析。按 1mm 和 5mm 厚度,分别列出垂直 C 轴的计算数值(表 2)。将数值与江苏六合、海南文昌蓝宝石颜色指数进行对比(表 3),其结果是山东蓝宝石的饱和度、亮度、色调都较好。

表 2 山东昌乐蓝宝石颜色指数
Table 2 Color indice of sapphires in Changle of Shandong province

编号	d = 5mm						d = 1mm	
	x	y	波长(nm)	色调	饱和度(%)	亮度(%)	饱和度(%)	亮度(%)
1	0.6008	0.3062	622.12	红色	75.420	74.940	29.990	36.410
2	0.1493	0.0776	467.26	蓝偏紫色	88.890	53.570	31.910	11.320
3	0.1524	0.1060	471.76	蓝偏紫色	83.620	52.490	26.100	11.160
4	0.1900	0.2203	481.86	蓝色	55.060	38.410	12.010	7.140
5	0.1625	0.2073	481.34	蓝色	64.530	44.200	15.490	7.890
6	0.1886	0.1931	477.76	蓝色	58.700	33.370	13.120	6.990
7	0.4912	0.4298	584.88	橙偏黄色	78.580	83.210	23.420	33.230
8	0.3878	0.4254	573.98	浅黄偏绿色	50.430	62.490	13.480	21.130
9	0.3728	0.4085	572.58	浅黄绿色	41.640	54.720	10.520	16.770

注:由成都地质学院非金属矿物研究所测试;x,y 为色度坐标。

表 3 海南及江苏蓝宝石颜色指数
Table 3 Color indices of sapphires in Hainan and Jiangsu province

地区	三刺激值			色度坐标		波长 (nm)	饱和度 (%)	亮度 (%)	色调	备注
	X	Y	Z	x	y					
海南 蓝宝石	6.22	6.63	9.73	0.288	0.289	471.8	11.3	6.63	深蓝色	据王春生 (1991)
	5.32	5.36	7.38	0.295	0.297	471.3	7.9	5.36	蓝色	
	6.97	7.01	11.39	0.275	0.276	471.0	17.5	7.01	浅蓝色	
	10.46	10.43	13.10	0.269	0.262	473.4	20.9	10.43	浅蓝色	
	8.13	8.23	13.49	0.272	0.276	475.2	18.3	8.23	绿蓝色	
	6.59	6.91	7.08	0.320	0.336	568.6	7.9	6.91	蓝绿色	
	16.75	18.36	14.11	0.351	0.353	578.9	20.9	18.36	淡黄色	
江苏 蓝宝石	6.77	7.04	9.40	0.291	0.303	481.4	8.3	7.04	蓝色	据郑子丽 (1987)
	18.26	20.00	10.42	0.375	0.411	572.4	42.7	20.00	黄绿色	

(1) 饱和度(颜色鲜艳程度)

从表 3 可以看出,山东昌乐蓝宝石厚度越大,其饱和度越高。用 1mm 厚度的山东昌乐蓝宝石与海南、江苏蓝宝石进行饱和度对比,山东蓝宝石中蓝色及蓝偏紫色的饱和度接

近或大于 18%，颜色鲜艳。江苏、海南蓝色及深蓝色蓝宝石饱和度在 10% ±，颜色不鲜艳。带绿色色调的山东蓝宝石饱和度较江苏低，但较海南高，在 10% ~ 13% 之间，颜色亦不鲜艳。

(2) 亮度(直视透射率)

山东蓝宝石的亮度同饱和度一样，随厚度的增大而增大。其中蓝色、蓝偏紫色、黄色及绿色色调蓝宝石的亮度均高于江苏、海南蓝宝石。

(3) 色调

将山东蓝宝石色度坐标值及波长值投入色度图中(图 2)，可以准确的定出蓝宝石颜色。如肉眼观察为深蓝色、橙色的蓝宝石，在色度图中标准颜色分别为蓝偏紫色和橙偏黄色。8 和 9 号样品颜色偏浅，投在靠近各色区的白色区内，分别为浅黄偏绿色和浅黄绿色。总之，山东蓝色色调蓝宝石以波长为 467 ~ 472nm 的蓝偏紫色(深蓝色)和波长为 477 ~ 482nm 的蓝色为主，其饱和度较高，亮度较大，颜色较纯正、明亮、鲜艳，比江苏、海南蓝色色调蓝宝石颜色要好。

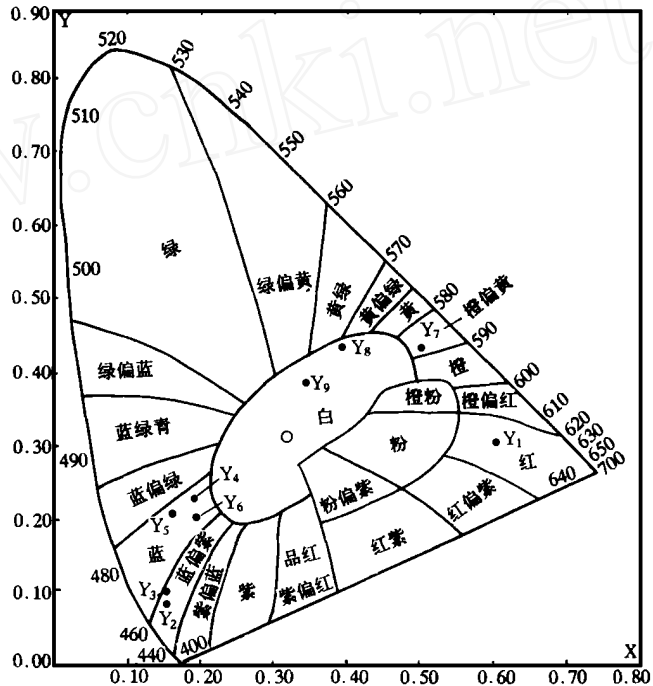


图 2 山东昌乐蓝宝石色度图

Fig. 2 Sketch showing chromaticity of sapphires in Changle of Shandong province

2.2 透明度

不同厚度的蓝宝石透明度数据列于表 4，从对比结果看，蓝宝石的透明度随着厚度的增加而迅速减少。山东昌乐蓝宝石的颗粒一般较大，大颗粒的蓝宝石厚度大，透明度相应就较差。但小颗粒的蓝宝石透明度还是很高的，一般大于 20%，有些大于 80%。

表 4 山东昌乐蓝宝石透明度 (%)

Table 4 Diaphaneity(%) of sapphires in Changle of Shandong province

厚度 (mm)	红色 (1)	深蓝色 (2)	深蓝色 (3)	蓝色 (4)	蓝色 (5)	蓝色 (6)	橙偏黄色 (7)	浅黄偏绿色 (8)	浅黄绿色 (9)
1	33.23	19.05	37.37	50.15	20.35	24.57	40.01	87.03	85.82
5	2.14	5.95	1.31	3.75	5.29	10.7	1.12	50.82	41.98

注：由成都地质学院非金属矿物研究所测试，(1) ~ (9) 为样品编号。

2.3 净度

山东昌乐蓝宝石晶体内的裂隙及劈理均不发育，所见包裹体极少，因此其净度很好。

蓝宝石晶体内偶可见平行板面 $\{0001\}$ 的聚片双晶,极少见到平行菱面体 $\{11\bar{2}1\}$ 的聚片双晶。晶体中除见到铁黑色呈不规则粒状、柱状、板状的钨铁矿和黑色金红石外,尚可见云雾状、指纹状钨铁矿,偶见无色自形刚玉。

在黄棕色、棕色、棕褐色、浅绿蓝色蓝宝石中,多见褐红色针状金红石包裹体,其是产生星光效应的主要原因。这些针状金红石包体在三个或六个方向上定向排列,与C轴垂直并分别与a,b,i轴垂直或平行。大量定向排列的针状金红石包体使蓝宝石具有明显的珍珠光泽。如将其琢磨成垂直C轴为底面的素身宝石时,光便从包裹体的垂直方向反射出三条相交成60°角的六射星光或六条相交成30°角的十二射星光来,这就是人们通常所说的星光蓝宝石。

2.4 多色性

山东昌乐蓝宝石的多色性非常明显。对几种颜色的蓝宝石按不同厚度分别在垂直和平行C轴方向上测量颜色波长(表5),结果这两个方向上的颜色波长差别很大。另外,同一蓝宝石,不同的厚度,颜色也有差别。

表5 山东昌乐蓝宝石多色性

Table 5 Polychroism of sapphires in Changle of Shandong province

厚度 (mm)	方向	颜色及样号	波长 (nm)	颜色及样号	波长 (nm)	颜色及样号	波长 (nm)	颜色及样号	波长 (nm)	颜色及样号	波长 (nm)
1	垂直C轴	橙色1	589.82	蓝色2	475.00	蓝色3	477.97	蓝偏绿色4	483.53	蓝色5	481.59
	平行C轴	黄色1	578.07	绿色2	500.62	绿偏黄色3	533.97	绿偏黄色4	559.52	绿偏黄色5	553.14
5	垂直C轴	红色1	622.12	蓝色2	467.46	蓝色3	471.76	蓝色4	481.86	蓝色5	481.34
	平行C轴	橙偏红色1	601.86	绿色2	500.10	绿色3	527.29	绿偏黄色4	555.31	绿偏黄色5	547.74
1	垂直C轴	蓝色6	481.98	黄色7	576.15	黄偏绿色8	571.67	黄绿色9	569.93	—	—
	平行C轴	绿偏黄色6	534.14	黄偏绿色7	570.22	黄偏绿色8	571.57	黄偏绿色9	571.73	—	—
5	垂直C轴	蓝色6	477.76	橙偏黄色7	584.88	黄偏绿色8	571.48	黄绿色9	568.35	—	—
	平行C轴	绿色6	526.33	黄偏绿色7	571.38	黄偏绿色8	573.98	黄偏绿色9	572.58	—	—

注:由成都地质学院非金属矿物研究所测试。

2.5 切割加工

对蓝宝石进行切割加工,一般情况下,必须是主翻面垂直C轴。选择16粒山东蓝宝石原石,根据各自的特点,分别加工成10粒刻面宝石和6粒素面宝石,其中刻面宝石出成率为15.03%~29.05%,素面宝石出成率为36.26%~53.51%。

3 结论

从总体上看,山东昌乐蓝宝石颜色深,颗粒大,包裹体、裂隙、劈理少,净度好,透明度高,色调纯正,亮度较大,饱和度较高。其质量较海南文昌、江苏六合、福建明溪蓝宝石为好,是玄武岩成因蓝宝石中的佳品。

本文在撰写过程中,得到了路风香教授、李荣锡高级工程师、李守才译审的指导和帮助。谨在此一并表示衷心的感谢。

参考文献:

[1] 郑子佩,等. 江苏六合蓝宝石矿物学特征及宝石学鉴定[J]. 江苏地质,1987,11(2).

Study on the Characteristics of Sapphires in Changle of Shandong Province

ZHANG Pei - qiang

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

Abstract: Sapphires occurring in Neogene basalt mainly distribute in Changle of Shandong province, Wenchang of Hainan province, Mingxi of Fujian province and Liuhe of Jiangsu province. The sapphires formed by this genesis always have some defects, such as: dark color, bad diaphaneity, low purity, unpure color tone and unbright color. Through the study on mineralogy and gemology of the sapphires in Changle of Shandong province and contrast with others, it is considered that the sapphires in Changle of Shandong province have characteristics of large grain, good purity, high diaphaneity, dark color (but pure color) tone, high brightness, higher saturability (but bright color). The sapphires quality is better than others in Wenchang of hainan, Mingxi of Fujian and Liuhe of Jiangsu.

Key words: Sapphires; characteristics of mineralogy; characteristics of gemology; Changle of Shandong province

本刊编辑部启事

经向山东省科技厅申请,并经国家科技部批准,《山东地质》自2001年起由季刊改为双月刊。本刊已在山东省新闻出版局办理刊期变更手续。

本刊定价每期5元,全年30元,欢迎订阅。与本刊签有交换协议的单位,请继续保持交换关系。

《山东地质》编辑部