

文章编号: 1000-6524(2004)01-0069-06

昌化明矾石地鸡血石的矿物学研究

牟莉, 崔文元

(北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871)

摘要: 运用电子探针、X射线衍射、红外光谱、扫描电镜等分析手段对浙江昌化里梅总洞口新发现的明矾石地鸡血石进行了研究, 认为其“地”的矿物成分主要是明矾石, 仅有少量迪开石和高岭石。

关键词: 昌化鸡血石; 明矾石; 辰砂; 矿物学

中图分类号: P578.958

文献标识码: A

Mineralogical study of Changhua Chicken_Blood Stone of alunite "Di"

MOU Li and CUI Wen_yuan

(Earth and Space Science School, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: With such means as EMP, XRD, IR and SEM, the authors made a detailed study of Changhua Chicken_Blood Stone from the Limei mining area, Changhua County, Zhejiang Province. The results show that this variety of Chicken_Blood Stone is mainly composed of alunite together with a small amount of dickite and kaolinite.

Key words: Changhua Chicken_Blood Stone; alunite; cinnabar; mineralogy

昌化鸡血石产于浙江省临安市昌化西北的玉岩山一带。矿区中心位置为东经 $118^{\circ}55'$, 北纬 $30^{\circ}15'$, 海拔 964 m。昌化鸡血石的开采和利用最早记载于明朝, 清乾隆后渐闻名于世, 2001 年入选“中国四大名石”之列。虽然人们对鸡血石的喜爱由来已久, 但对其矿物组成和成因方面的系统研究却不多。自程敦模等(1985)发现昌化鸡血石的矿物成分是以迪开石为主的粘土矿物以来, 人们便认为凡昌化鸡血石多以迪开石等粘土矿物为主要成分, 并测定出其矿物组成迪开石占 85%~95%, 辰砂占 5%~15%, 其他杂质所占比例大多小于 1% (陈志强等, 1992); 化学组分主要有 SiO_2 (43.50%, 质量分数, 下同)、 Al_2O_3 (35.75%)、 H_2O (12.57%), 与高岭石族矿物的化学组成很接近 (张蓓莉, 1997)。但在本次研究中笔者发现, 昌化鸡血石“地”的矿物成分可以主要是

明矾石, 而且石料的质量较好, 很细腻, 呈蜡状光泽, 与前人描述的“只有围岩明矾石化”或“若有明矾石进入, 则质量大大降低”、“明矾石等杂质主要存在于质量差的‘刚地’鸡血石中”(廖宗廷等, 2002)有较大出入。本文即对这种新发现的明矾石地鸡血石品种进行了较为深入的矿物学研究, 并初步探讨其成因。

1 矿区地质概况

昌化鸡血石矿床位于江南地轴的边缘, 扬子地台与华南褶皱系的过渡带上, 在绩溪-宁固复背斜的东南翼。矿区位于中生代火山盆地西北翼, 构造较为简单, 以单斜构造为主。北东向断裂纵贯全区, 北西向断层亦较发育。矿区露出地层简单, 以晚侏罗世火山岩为主 (邓燕华, 1995)。鸡血石矿体主要赋

收稿日期: 2003-03-27; 修订日期: 2003-10-10

基金项目: 高校博士学科点专项科研基金(20010001017, 20020001108)

作者简介: 牟莉(1979-), 女, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。

存在晚侏罗世劳村组第4岩性段浅灰-灰白流纹质晶屑-玻屑凝灰岩中,矿化带长约13 km,宽50~150 m,最厚达350 m(邢水成等,1983)。围岩蚀变有硅化、迪开石化、明矾石化、黄铁矿化、绢云母化等。

2 矿石特征

所采鸡血石样品主要呈致密块状和条带状构造,也见穿插脉状、角砾状构造。偏光显微镜下观察,鸡血石以显微隐晶质结构为主。“地”的成分以明矾石为主,平均含量可达70%以上,明矾石的粒度为60~150 μm ,粘土矿物(主要是迪开石)次之。“血”(辰砂)呈微细粒状浸染于“地”中或呈不规则的斑块状分布在“地”中,粒度变化范围较大,在40 μm ~1 mm之间。样品颜色较多,有灰白色、灰绿色、灰黑色、土黄色,蜡状光泽,密度为2.61 g/cm^3 ,硬度

3.5~4,微透明-不透明。偏光显微镜下观察,明矾石无色,中正突起,一轴晶(+),干涉色可达二级蓝。在反光镜下观察,辰砂为白色带蓝灰色调,非均质性显著,通常被浓烈的亮红色内反射所掩盖。

3 矿物学研究

3.1 电子探针成分分析

实验是在北京大学地球与空间科学学院电子探针实验室进行的,仪器型号为JEOL JXA_8100,分析条件为:加速电压15 kV,束流 1×10^{-8} A,束斑1 μm ;修正方法PHZ。测得的6个有代表性的样品数据列于表1和表2。由电子探针分析可见,样品中主要矿物是明矾石、迪开石和辰砂,其测试值与标准值非常接近。

表1 昌化鸡血石中“地”的主要矿物电子探针成分分析结果

$w_B/\%$

Table 1 EMP analyses of main minerals of "Di" in Changhua Chicken Blood Stone

样品号	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	SO ₃	NiO	H ₂ O	Total	矿物名
Lm_1_6a	9.43	0.58	0.00	0.18	0.06	35.39	0.00	0.15	0.00	0.20	36.71	0.02		82.71	明矾石
Lm_1_16a	9.33	0.96	0.08	0.10	0.00	36.12	0.18	0.00	0.00	0.14	37.19	0.09		84.17	明矾石
标准值(王濮,1987)	10.02					39.65					35.50		14.83	100.00	明矾石
样品号	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO		H ₂ O	Total	矿物名
M_1_a	0.044	0.046	0.000	0.028	0.000	37.600	46.650	0.051	0.000	0.030	0.000			84.448	迪开石
Lm_1_2a	0.021	0.029	0.043	0.081	0.000	38.060	46.800	0.029	0.000	0.062	0.013			85.137	迪开石
标准值						39.61	46.14						13.91	100.00	迪开石

表2 昌化鸡血石中“血”的电子探针成分分析结果 $w_B/\%$

Table 2 EMP analyses of "Blood" in Changhua Chicken Blood Stone

样品号	S	Hg	Total	矿物名
Lm_1_6	13.78	86.22	100.00	辰砂
Lm_1_16	13.73	86.27	100.00	辰砂
标准值(王濮,1987)	13.79	86.21	100.00	辰砂

3.2 扫描电镜观察

挑选了3个样品进行扫描电镜观察。实验在北京大学物理学系电镜室进行,仪器型号AMARY 1910FE,工作电压5.00 kV,扫描精度400 dpi。实验中观察到呈假菱面体的明矾石晶体和呈假六方板状的迪开石和高岭石晶体,如图1所示。

3.3 X射线衍射分析

挑选了7个典型样品进行X衍射物相分析。实

验在北京大学化学学院X射线衍射实验室进行,仪器为日本理学公司(Rigaku) Dmax/2000型粉晶衍射仪(表3中用a表示)和12 kW转靶Dmax/200PU型粉晶衍射仪(表3中用b表示)。前者实验条件为:CuK α 靶,靶电压40 kV,靶电流100 mA,发散狭缝1/2°,接收狭缝0.3 mm,防散射狭缝1/2°,步进宽度0.02°,扫描速度4°/min。后者实验条件为:Cu靶,靶电压40 kV,靶电流100 mA,发散狭缝1°,接收狭缝0.15 mm,防散射狭缝1°,步进宽度0.02°,扫描速度8°/min。测试结果见表3。

明矾石具有3个特征性强峰:2.980(100)、2.284(70)、1.897(70)。由测试结果可见该矿区鸡血石的主要组成矿物是明矾石。另外,从有些昌化鸡血石的X衍射图谱中还可以解译出高岭石、迪开石、辰砂、石英的谱线,其衍射数据分别见表4和表

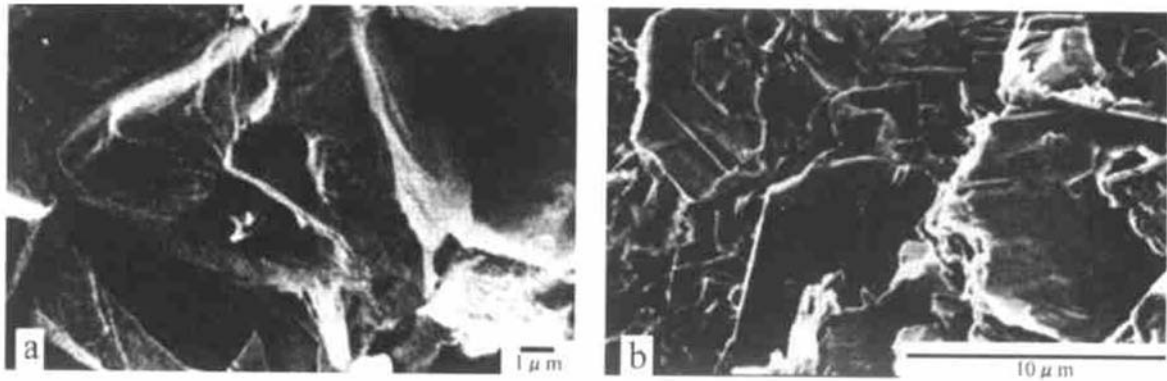


图 1 昌化鸡血石的扫描电镜图像

Fig. 1 SEM image of Changhua Chicken_Blood Stone

a—明矾石; b—迪开石

a—alunite; b—dickite

表 3 昌化鸡血石中明矾石的 X 射线粉晶衍射数据

Table 3 XRD data of alunite in Changhua Chicken_Blood Stone

明矾石(标准值) (中科院贵阳地化所, 1978)			样品号 m_1(b)		样品号 lm_1_6(a)		样品号 lm_1_11(b)		样品号 lm_1_13(b)		样品号 lm_1_16(a)	
<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> /nm	<i>hkl</i>	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> /nm	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> /nm	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> /nm	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> /nm	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> /nm
30	5.700	003, 101	10.4	5.679 5	13.5	5.730 9	15	5.712 1	5.5	5.732	13	5.712 1
60	4.950	012	35.3	4.940 1	44.8	4.965 2	47	4.934 9	20.2	4.945 6	44	4.940 3
40	3.480	110, 104	18.9	3.483 8			29	3.492 9	10.8	3.491 7	24	3.492 9
100	2.980	021, 105	100	2.976 4	100	2.986 3	100	2.976 1	47.0	2.978 6	100	2.978 1
10	2.870	006	7.2	2.866 2	7.7	2.867 3	10	2.876 9			16	2.850 1
70	2.284	107	21.6	2.281 9	17.1	2.285 4	13	2.282 8	8.7	2.281 8	10	2.282 8
10	2.203	122	6.3	2.205 4			9	2.208 8	2.7	2.207 7	7	2.208 8
20	2.096		1.6	2.007 8							5	2.001 0
70	1.897		23.4	1.897 7	26.9	1.903 2	29	1.899 0	13.7	1.900 0	35	1.900 5
60	1.741		16.7	1.742 9	17.8	1.746 8	28	1.745 9	8.1	1.745 7	21	1.745 3
20	1.656		3.6	1.658 0			5	1.645 6	1.1	1.660 0	5	1.644 0
10	1.562		1.2	1.558 5	1.9	1.564 3	3	1.552 8	1.2	1.561 0	4	1.560 4
70	1.495		7.0	1.500 1	10.4	1.492 5	6	1.499 9	6.7	1.489 0	5	1.497 3
20	1.422						3	1.424 3			3	1.424 7
30	1.385		2.7	1.386 7			5	1.381 4			11	1.382 1
10	1.365		1.2	1.370 5			5	1.369 0			4	1.368 3

明矾石晶胞参数: $a = 6.977 \text{ \AA}$ $c = 17.173 \text{ \AA}$

5. 根据 XRD 测试结果, 运用 Unitcell 软件计算出的明矾石、迪开石、高岭石和辰砂的晶胞参数也分别列于表 3、表 4 和表 5 中。

3.4 红外光谱分析

挑选了 9 个典型样品在北京大学化学学院红外—拉曼实验室进行了红外光谱分析测试, 实验仪器是 Nicolet Magna_IR 750 傅立叶变换红外光谱仪。实验条件: 分辨率 4 cm^{-1} , 扫描次数 32, 波速范围 400

$\sim 4000 \text{ cm}^{-1}$ 。由测试结果得到该矿区鸡血石的主要矿物成分是明矾石和迪开石。它们典型的红外光谱图分别见图 2 和图 3。

在图 2 中可以看到: 3485 cm^{-1} 附近出现一个尖锐的吸收峰, 它由 OH 基团伸缩振动引起(闻轲等, 1988); $1225 \sim 1000 \text{ cm}^{-1}$ 间的中等强度吸收带是非对称伸缩振动; 1000 cm^{-1} 附近的峰是对称伸缩振动; $700 \sim 600 \text{ cm}^{-1}$ 之间的弱吸收带是弯曲振动; 475

表 4 昌化鸡血石中高岭石和迪开石的 X 衍射数据

Table 4 XRD data of kaolinite and dickite in Changhua Chicken_Blood Stone

高岭石(标准值) (中科院贵阳地化所, 1978)			样品号 m ₁ (b)		样品号 lm ₁ 13(b)		迪开石(标准值) (中科院贵阳地化所, 1978)			样品号 lm ₁ 2(a)		样品号 lm ₁ 14(a)	
<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>hkl</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>hkl</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>
100	7.18	001	94.8	7.134	100	7.1553	100	7.08	002	100	7.0553	100	7.1094
60	4.42	020	33.2	4.4361	19.05	4.4624	30	4.47	020, 110	9	4.4447	10	4.4140
60	4.33	110	26.2	4.3628			30	4.33	111	7	4.2711		
40	4.12	111	27.2	4.1403			50	4.10	111	7	4.1355		
10	3.78	021			9.5	3.7324	40	3.94	112	4	3.9798		
100	3.57	002	100	3.5712	71.4	3.5786	40	3.78	022	4	3.7857		
20	3.44						90	3.57	004, 112	71	3.5758	69	3.5673
20	3.11	122					20	3.41	113				
30	2.77	022					20	3.33		6	3.3459		
60	2.57	130	18.5	2.5565	19.05	2.5602	10	3.29	023				
60	2.50	131, 200	18.5	2.4933	9.5	2.5034	10	2.931	114			2	2.9398
40	2.38	003	11.0	2.3727	14.3	2.3817	10	2.779	024				
70	2.34	202, 131	17.7	2.3396	9.5	2.3317	50	2.553	200	6	2.5616	6	2.5474
40	2.29	133, 131	53.9	2.2819	52.4	2.2884	50	2.500	131, 202	6	2.4980	6	2.4940
20	2.19	201, 312			38.1	2.2077	30	2.382	006, 132	9	2.3841	10	2.3817
50	1.983	203, 132	58.4	1.9824	14.3	1.9803	80	2.318	133, 202	9	2.3282	9	2.3201
10	1.930	221, 132					10	2.207	220, 133			3	2.2067
10	1.895	113, 133	6.5	1.8977			50	1.973	224, 204	4	1.9828	3	1.9730
40	1.785	004	4.2	1.7865			10	1.890	044			3	1.8931
50	1.665	240, 204	9.2	1.666	14.3	1.6710	10	1.854	027, 206				
50	1.643		10	1.6453			20	1.789	008, 117	4	1.7873	4	1.7873
20	1.616		2.2	1.6177			40	1.650	152, 132	4	1.6478	4	1.6478
20	1.580						20	1.556	137, 208				
20	1.555		3.0	1.5585									
20	1.545	134, 201			23.8	1.5410							
60	1.489	060, 331	32.2	1.4899	76.2	1.4882							

高岭石晶胞参数: $a = 5.03 \text{ \AA}$ $b = 9.420 \text{ \AA}$ $c = 7.584 \text{ \AA}$ $\alpha = 85.23^\circ$, $\beta = 113.96^\circ$, $\gamma = 92.95^\circ$ 迪开石晶胞参数: $a = 5.127 \text{ \AA}$ $b = 8.513 \text{ \AA}$ $c = 14.22 \text{ \AA}$ $\beta = 89.46^\circ$

表 5 昌化鸡血石中辰砂和石英的 X 衍射数据

Table 5 XRD data of cinnabar and quartz in Changhua Chicken_Blood Stone

辰砂(标准值) (中科院贵阳地化所, 1978)			样品号 lm ₁ 6(a)		样品号 lm ₁ 13(b)		样品号 lm ₁ 16(a)		石英(标准值) (中科院贵阳地化所, 1978)			样品号 lm ₁ 13(b)		样品号 lm ₁ 16(a)	
<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>hkl</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>hkl</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>	<i>I/I</i> ₀	<i>d/nm</i>
100	3.36	101	100	3.3493	100	3.3447	100	3.3459	22	4.257	100	25.9	4.2583	19	4.2630
100	2.860	102	21.4	2.8673	4.6	2.8518	16	2.8501	100	3.342	101	100	3.3447	100	3.3459
10	2.365	103							8	2.457	110	9.1	2.4573	9	2.4584
40	2.068	110							8	2.282	102	8.7	2.2818	10	2.2828
10	2.012	111	3.1	2.0212					4	2.237	111	3.8	2.2369	6	2.2371
40	1.980	104	3.3	1.9810	3.9	1.9801	5	1.9820	6	2.127	200	6.9	2.1278	7	2.1291
30	1.765	201							4	1.9792	201	3.9	1.9801	5	1.9820
40	1.734	113	49.4	1.7468	8.1	1.7457	2.1	1.7453	14	1.8179	112	11.2	1.8183	10	1.8186
40	1.678	202, 105	5	1.6733	3.7	1.6720	5	1.6721	4	1.6719	202	3.7	1.6720	5	1.6721
20	1.581	006													
20	1.562	203, 114	5.3	1.5643	1.2	1.5610	4	1.5602							
30	1.431	204					3	1.4247							
10	1.392	115					11	1.3821							

辰砂晶胞参数: $a = 4.082 \text{ \AA}$ $c = 9.467 \text{ \AA}$

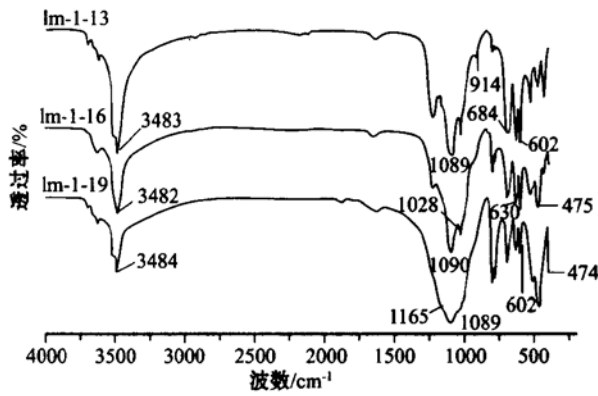


图 2 昌化鸡血石中明矾石的红外光谱图
Fig. 2 IR patterns of alunite in Changhua Chicken_Blood Stone

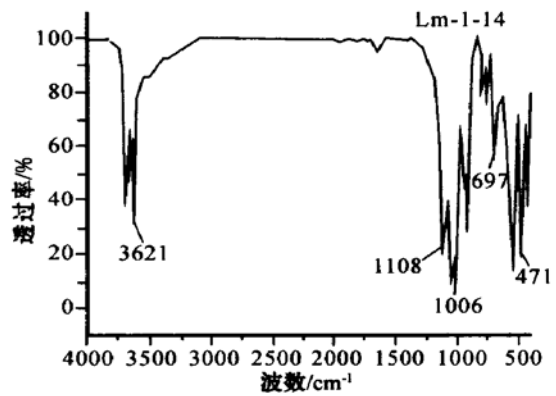


图 3 昌化鸡血石中迪开石的红外光谱图
Fig. 3 IR patterns of dickite in Changhua Chicken_Blood Stone

cm^{-1} 的弱吸收峰是弯曲振动。在图 3 中可以看到: $3\ 700\sim\ 3\ 620\ \text{cm}^{-1}$ 间出现的吸收带是 $\text{Al}-\text{OH}$ 伸缩振动, 其中 $3\ 620\ \text{cm}^{-1}$ 应为层内羟基吸收带; $1\ 100\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收峰是 $\text{Si}-\text{O}$ 振动; $1\ 000\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收带是 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 振动; $1\ 006\ \text{cm}^{-1}$ 、 $754\ \text{cm}^{-1}$ 、 $695\ \text{cm}^{-1}$ 和 $540\ \text{cm}^{-1}$ 吸收峰是 $\text{Si}-\text{O}-\text{Al}$ 振动带引起; $937\ \text{cm}^{-1}$ 和 $934\ \text{cm}^{-1}$ 吸收峰是 $\text{Al}-\text{O}-\text{H}$ 弯曲振动带; $471\ \text{cm}^{-1}$ 和 $430\ \text{cm}^{-1}$ 吸收峰由 $\text{Si}-\text{O}-\text{H}$ 弯曲振动带引起。有序度较高的迪开石, 它的 $3\ 696\ \text{cm}^{-1}\pm\ 3\ 652\ \text{cm}^{-1}\pm\ 3\ 621\ \text{cm}^{-1}$ 峰分裂得很好, 并且吸收强度由小变大。

另外, 在样品中还有少量的石英, 样品 lm_1_16 和 lm_1_19 中 $800\sim\ 600\ \text{cm}^{-1}$ 的中强吸收带是由石英中 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 对称伸缩振动引起的。

笔者又挑选了两个典型样品在北京大学造山带与地壳演化实验室进行了红外光谱分析。实验仪器是 PE983G 红外分光光度计。实验条件是: 分辨率 $0.5\ \text{cm}^{-1}$, 波速范围 $180\sim\ 4\ 000\ \text{cm}^{-1}$ 。这种较广的波速范围能观察到辰砂的吸收谱峰。辰砂的典型吸收带位于 $350\ \text{cm}^{-1}$ 附近和 $283\ \text{cm}^{-1}$ 附近(彭文世等, 1982), 其典型红外光谱图见图 4。图 4 中还可见明矾石和高岭石的红外吸收光谱。

4 结 论

通过对浙江昌化里梅总洞口鸡血石进行野外调查、手标本观察、光薄片定等传统分析手法和扫描电镜、电子探针、X 射线衍射、红外光谱等研究, 认为该区鸡血石“地”的主要矿物为明矾石, 有少量迪开石、

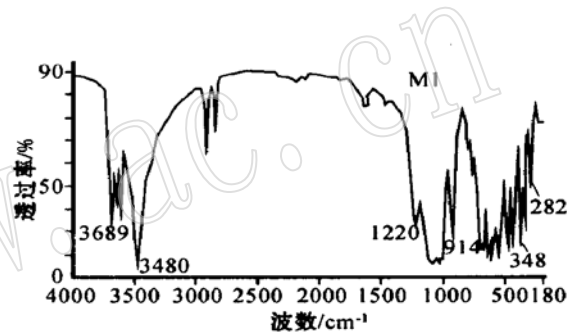


图 4 昌化鸡血石中辰砂的红外光谱图
Fig. 4 IR patterns of cinnabar in Changhua Chicken_Blood Stone

高岭石、石英和白云母。

References

- Chen Zhiqiang and Deng Yanhua. 1992. The mineral composition of Bloodstone[J]. Journal of Guilin College of Geology, 13(4): 356 ~ 366 (in Chinese).
- Cheng Dunmo, Zhao Dinghua, Tang Zhikai, et al. 1985. The mineralogy and cause of formation studies on Changhua Chicken_Blood Stone gems[J]. Chinese Science Bulletin, 30(18): 1 409~ 1 413 (in Chinese).
- Deng Yanhua. 1995. Mineral Deposit of Gemstones and Boulders[M]. Beijing: Beijing Technical University Publishing House, 134~ 142 (in Chinese).
- Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science (Guiyang). 1978. Handbook of Mineral XRD Power Identity[M]. Beijing: Science Publishing House, 33, 153~ 154, 290~ 291(in Chinese).
- Liao Zongting, Teng Ying and Xu Yaoming. 2002. Compositions in “Di” of Changhua Chicken_Blood Stone [J]. Journal of Gems and Gemmology, 4(3): 22~ 25 (in Chinese).

- Peng Wenshi and Liu Gaokui. 1982. IRD Picture Collection of Mineral [M]. Beijing: Science Publishing House, 68, 112, 201~ 202, 408~ 409 (in Chinese).
- Wang Pu, Pan Zhaolu, Weng Lingbao, *et al.* 1984. Systematic Mineralogy (Middle) [M]. Beijing: Geology Publishing House, 286~ 287, 365~ 367, 380~ 386 (in Chinese).
- Wen Lu, Liang Wanxue, Zhang Zhenggang, *et al.* 1988. The Infrared Spectroscopy of Minerals [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 61~ 65, 89~ 104, 114~ 119 (in Chinese).
- Xing Shuicheng and Wu Zhengsong. 1983. Pilot studies on the occurrence of Changhua Chicken_Blood Stone's ore body [J]. Mine Geology, 1: 33~ 35 (in Chinese).
- Zhang Beili. 1997. Systematic Gemmology [M]. Beijing: Geology Publishing House, 320~ 330 (in Chinese).
- 学报, 13(4): 356~ 366.
- 程敦模, 赵定华, 汤志凯, 等. 1985. 浙江昌化鸡血石宝石矿物学及成因的研究 [J]. 科学通报, 30(18): 1409~ 1413.
- 邓燕华. 1995. 宝(玉)石矿床 [M]. 北京工业大学出版社, 134~ 142.
- 廖宗廷, 滕英, 许耀明. 2002. 昌化鸡血石“地”的矿物成分 [J]. 宝石和宝石学杂志, 4(3): 22~ 25.
- 彭文世, 刘高魁. 1982. 矿物红外光谱图集 [M]. 北京: 科学出版社, 68, 112, 201~ 202, 408~ 409.
- 王濮, 潘兆槽, 翁玲宝, 等. 1984. 系统矿物学(中) [M]. 北京: 地质出版社, 286~ 287, 365~ 367, 380~ 386.
- 闻铭, 梁婉雪, 章正刚, 等. 1988. 矿物红外光谱学 [M]. 重庆大学出版社, 61~ 65, 89~ 104, 114~ 119.
- 邢水成, 吴正松. 1983. 昌化鸡血石矿体赋存规律的初步探讨 [J]. 矿山地质, 1: 33~ 35.
- 张蓓莉. 1997. 系统宝石学 [M]. 北京: 地质出版社, 320~ 330.
- 中科院贵阳地化所. 1978. 矿物 X 射线粉晶鉴定手册 [M]. 北京: 科学出版社, 33, 153~ 154, 290~ 291.

附中文参考文献

陈志强, 邓燕华. 1992. 鸡血石的矿物成分 [J]. 桂林冶金地质学院

致 谢

2003 年度, 许多地质学专家为本刊评审了稿件, 为刊物质量的提高做出了重要贡献。为此, 本刊编辑部特向他们表示衷心的感谢!

这些专家有: (以汉语拼音为序)

白文吉 陈天虎 陈文 邓万明 董发勤 范宏瑞 樊祺诚 郭立鹤 姜常义
姜耀辉 蒋引珊 李冰 李晓峰 梁祥济 廖立兵 林承焰 刘传联 刘星
刘昌实 柳永清 刘玉琳 鲁安怀 卢良兆 倪培 彭同江 邱检生 邱小平
丘志力 任留东 邵龙义 史仁灯 宋功保 孙岩 汤德平 王河锦 王立本
王宁 王强 王文魁 王希斌 吴才来 吴大清 吴平霄 吴瑞华 徐启东
夏林圻 肖化云 徐文艺 徐学义 杨崇辉 杨文采 袁忠信 张咸恭 张招崇
赵伦山 朱传方 朱海涛 朱金初 周新民 周永章 邹天人

《岩石矿物学杂志》编辑部