

昌化田黄的矿物学特征及相关问题探讨

王长秋¹, 崔文元¹, 徐健人², 赵文雯¹

(1. 北京大学 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 地球与空间科学学院 宝石鉴定中心, 北京 100871;
2. 浙江临安润古轩, 浙江 临安 311300)

摘要: 昌化田黄是近年来市场上出现的产于浙江昌化玉岩山的一个新的田黄品种。68件样品的矿物学研究表明, 昌化田黄主要组成矿物为迪开石、高岭石, 并可能含石英、明矾石、绢云母、褐铁矿、黄铁矿、辰砂等次要矿物, 未见珍珠石。昌化田黄与寿山田黄具有相同成因, 并具有田黄的石皮、石形、质地、石色、萝卜纹、红格等鉴定特征。昌化田黄在产状、块度、石形及矿物组成上与寿山田黄有差异, 可资区别。

关键词: 昌化田黄, 矿物学, 迪开石, 高岭石

中图分类号: P578.964

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2010)S0-0048-08

A tentative discussion on mineralogy and related problems of Changhua Tianhuang Stone

WANG Chang-qi¹, CUI Wen-yuan¹, XU Jian-ren² and ZHAO Wen-wen¹

(1. Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, MOE, School of Earth and Space Sciences, Gems Appraisal Center, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Rungu House, Lin'an 311300, China)

Abstract: Changhua Tianhuang Stone from Yuyan mountain area of Changhua in Zhejiang Province is a new species of Tianhuang Stone. Mineralogical studies of 68 samples show that Changhua Tianhuang Stone is composed of dickite and kaolinite, and may contain such auxiliary minerals as quartz, alunite, sericite, limonite and pyrite, but with no nacrite. Changhua Tianhuang Stone formed under the geological conditions similar to those of Shoushan Tianhuang Stone, and has such identification characteristics of Tianhuang Stone as surface, shape, color, texture, radish lines and red crack. Changhua Tianhuang Stone is different from Shoushan Tianhuang Stone in mode of occurrence, size, shape, and mineral components.

Key words: Changhua Tianhuang Stone; mineralogy; dickite; kaolinite

田黄是我国特有的名贵雕刻石、印章石。长久以来, 作为寿山石的一个品种, 田黄仅产于福建省福州市北郊寿山村以东的寿山溪上坂、中坂、下坂和碓下田地及坡积层中, 开采和利用历史已达一千多年。有关田黄的研究涉及了其鉴别特征、化学成分、物理性质、结构构造、成因产状、文化内涵等诸多方面, 并有一些专著和论文问世(石巢, 1982; 任磊夫, 1988;

李英豪, 1992; 方宗珪, 1994, 1995; 林文举, 1994; 汤德平等, 1998; 武新逢等, 1999; 王敬之, 2001; 吴春增, 2002; 郑宗坦, 2006; 陈涛等, 2009)。田黄被定义为产于寿山溪田地中、具有六德特征和其他标志、主要由迪开石和/或珍珠石组成的块状独石(崔文元等, 2007)。但近年来, 市场上、网络商店以及浙江昌化地区, 大量出现一种被称为“昌化田黄”的雕刻石,

收稿日期: 2010-05-20

作者简介: 王长秋(1965-), 男, 博士, 副教授, 从事矿物学和宝石学研究, E-mail: cqwang@pku.edu.cn; 通讯作者: 崔文元, E-mail: cuiwy@pku.edu.cn.

在业界引起不小的争论。

浙江省临安市昌化是我国重要图章石产地。质地温润、适于雕刻的昌化石历史上位列我国四大名石,与巴林石、青田石、寿山石齐名,其开采和利用最早记载于明朝,至今已有一千多年的历史。根据是否含“鸡血(辰砂)”,昌化石被分为昌化鸡血石和昌化图章石(当地人称之为“白石头”)两类(姚宾谟,2007),其中鸡血石在新时期被评为国石候选石之一。虽然昌化田黄在市场上大量出现,但研究甚少,资料贫乏。为了查明其基本特征,正确认识这种石料,本文运用电子探针、X射线衍射、红外光谱等测试手段,系统研究了产于浙江昌化玉岩山的68件昌化田黄样品,并探讨昌化田黄的若干相关问题。

1 矿区地质概况

昌化石产于浙江省临安市西部天目山康山岭玉岩山一带。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。矿区出露地层简单,以上侏罗统火山岩为主。昌化石矿体主要赋存在侏罗系上统芳村组第四岩性段浅灰-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。围岩蚀变有硅化、迪开石化、明矾石化、黄铁矿化、绢云母化等(包绍华,2002)。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。昌化田黄主要产于玉岩山北坡山沟、山谷的坡积层及一些农田中,有些山谷的坡积黄土可达数十米厚。

2 昌化田黄的岩石学、矿物学特征

2.1 岩石学特征

以大小不等的块状独石产于次生坡积、洪积沉积层、农田及溪涧中的昌化田黄多呈土黄或其他不同色调的黄色,也见白色、红棕色、灰黑色等色调者,多有风化的外皮,皮厚有的近1 cm,蜡状或土状光泽,雕刻的成品显油脂光泽,质地细腻,微透明-不透明,断口贝壳状或次贝壳状,硬度低,摩氏硬度约2~3,密度 $2.5\sim 2.7\text{ g/cm}^3$,微晶-隐晶质结构,致密块状、斑状或脉状构造。偏光显微镜下,主要矿物为迪开石或高岭石,含量在90%以上,显微鳞片状,无色,低正突起,干涉色一级灰,少数样品可含5%左右的

石英以及少量的明矾石、绢云母、褐铁矿等。部分昌化田黄含红色辰砂,形成特有的“昌化田黄鸡血”,其中的“血(辰砂)”呈细脉状、条带状、浸染状分布于岩石中,含量不一。

2.2 矿物学研究

2.2.1 红外光谱分析

对取自昌化玉岩山的68件昌化田黄样品进行了红外光谱分析。测试在北京大学地球与空间科学学院造山带及地壳演化教育部重点实验室的PE983G型红外光谱仪上进行,分辨率 4 cm^{-1} ,扫描范围 $180\sim 4\,000\text{ cm}^{-1}$,KBr压片,室温下测试。代表性样品的红外光谱图见图1。

高岭石族矿物有3个主要多型变体:高岭石、迪开石和珍珠石。不同变体的红外图谱总体相似,表现为高频区 $3\,700\sim 3\,600\text{ cm}^{-1}$ 有2~3个较尖锐的谱带,有时在 $3\,670\text{ cm}^{-1}$ 、 $3\,650\text{ cm}^{-1}$ 还出现2个弱带,在 $1\,200\sim 1\,000\text{ cm}^{-1}$ 有2个较宽的强吸收带; $950\sim 900\text{ cm}^{-1}$ 是1个中等强度的锐带; $800\sim 600\text{ cm}^{-1}$ 为3个弱吸收带, 550 cm^{-1} 以下低频区有强度大体依次减弱的4个吸收带。主要区别在于高频区的几个谱带上,其中高岭石 $3\,700\text{ cm}^{-1}$ 的强度高于 $3\,620\text{ cm}^{-1}$ 峰,且中间的 $3\,650\text{ cm}^{-1}$ 峰微弱;迪开石相反, $3\,620\text{ cm}^{-1}$ 的强度高于 $3\,700\text{ cm}^{-1}$ 峰,且中间峰 $3\,650\text{ cm}^{-1}$ 强度介于中间,形成右倾的锯齿状;而珍珠石同样 $3\,620\text{ cm}^{-1}$ 的强度高于 $3\,700\text{ cm}^{-1}$ 峰,但中间峰 $3\,650\text{ cm}^{-1}$ 峰强与 $3\,620\text{ cm}^{-1}$ 近似,两者形成吸收肩;若 $3\,700\text{ cm}^{-1}$ 与 $3\,620\text{ cm}^{-1}$ 强度近相等,则为高岭石与迪开石之间的过渡类型矿物(闻轲等,1989;Choo & Kim,2004;Johnston *et al.*,2008)。

测试结果表明35件样品的主要矿物为迪开石(图1a),31件主要物相为高岭石(图1b),另有2件为迪开石和高岭石的过渡型矿物(图1c)。

2.2.2 X射线粉晶衍射分析

挑选6个典型样品进行了X衍射粉晶衍射分析,实验在北京大学微构分析测试中心的RIGAKU-RA型X射线粉晶衍射仪上进行。实验条件为:Cu靶 $K\alpha$,管压40 kV,管流100 mA,步宽 0.01° ,扫描速度 $4^\circ/\text{min}$,扫描范围 $3\sim 70^\circ$ 。

作为层状矿物,由于其平行结构层方向的取向优势,故高岭石族矿物的X射线粉末衍射的强峰为(001)的面网衍射峰,分别为 $d_{001}=0.715\text{ nm}$, $d_{002}=0.356\sim 0.358\text{ nm}$, $d_{003}=0.238\text{ nm}$ 等。测试的6个样品均表现出高岭石族矿物的特征谱线(图2),即

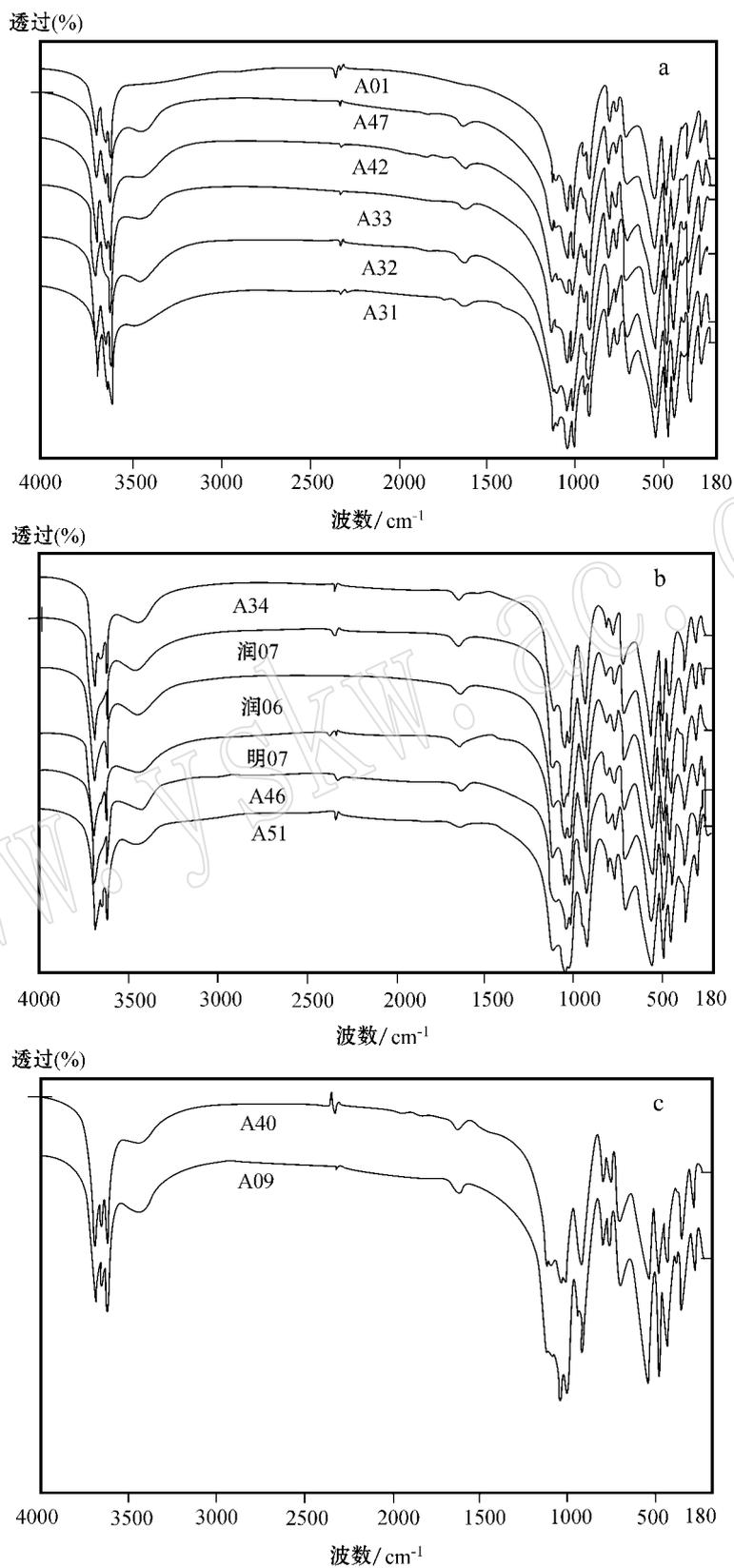


图 1 昌化田黄代表性样品的红外光谱图

Fig. 1 Infrared absorption spectra of representative Changhua Tianhuang Stone samples

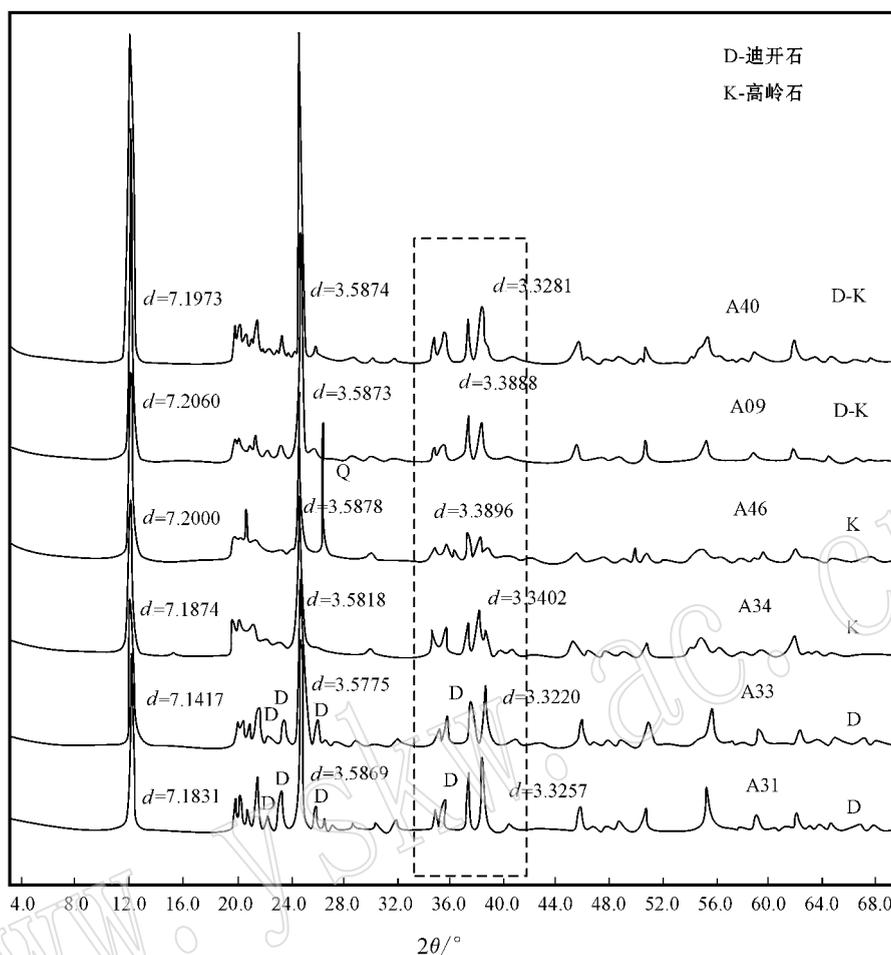


图 2 昌化田黄的粉晶 X 射线衍射图谱

Fig. 2 XRD patterns of Changhua Tianhuang Stones

昌化田黄石的主要矿物相为高岭石族矿物,个别样品出现了石英的衍射峰(A34)。

高岭石族矿物 3 个多型变体的 X 射线衍射谱的区别表现在 2θ 角 $19^\circ\sim 24^\circ$ 间的衍射峰与 $35^\circ\sim 40^\circ$ 间的衍射峰。在 $19^\circ\sim 24^\circ$ 之间,迪开石表现为分裂较好的 6 个衍射峰,并有 0.395 nm 、 0.379 nm 的特征峰,而高岭石无 0.395 nm 、 0.379 nm 的特征峰,在 $3^\circ\sim 40^\circ$ 之间,高岭石有 6 个衍射峰,分别以两个“山”字型出现;迪开石则只有 4 个衍射峰,分别以两个“指”字型出现,珍珠石在 $35^\circ\sim 40^\circ$ 之间也是 4 个峰,但衍射峰分裂得不如迪开石,往往形成似折断的电线杆状(杨雅秀等,1994)。

本文测试的 6 个样品(图 2),A31、A33 具有特征的迪开石衍射峰,A34、A46 则为典型的高岭石衍射峰,而 A09、A40 在 $35^\circ\sim 40^\circ$ 之间显示迪开石的 4

个峰,但无高岭石 0.395 nm 、 0.379 nm 的特征峰或峰很弱,应为高岭石与迪开石间的过渡类型。这与红外光谱测试结果相符。

2.2.3 电子探针分析

选取 6 个典型样品进行了电子探针分析,每个样品做了 3 个分析点,其中样品 A40 做了 6 个分析点。测试在北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室的 JEOL JXA-8100 电子探针显微分析仪上进行。分析条件为:加速电压 15 kV ;束流 $1\times 10^{-8}\text{ A}$,结果列于表 1。分析结果表明样品中主要矿物是高岭石族粘土矿物,测试值与高岭石的标准值非常接近。结合红外光谱等测试结果,主要物相分别为迪开石、高岭石以及高岭石和迪开石的过渡。主要矿物高岭石和迪开石为显微鳞片状,鳞片大小在 $0.3\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 不等。

表 1 昌化田黄主要矿物的化学成分

 $w_B/\%$

Table 1 Chemical compositions of major minerals in Changhua Tianhuang Stones

样品号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	矿物名
A31-1	46.68	38.94	0.02	0.01			0.02	0.02		0.02		85.71	迪开石
A31-2	46.57	38.74		0.01	0.02	0.08	0.03	0.01		0.01	0.01	85.47	
A31-3	46.45	38.80		0.01	0.02	0.00	0.03	0.01				85.32	
A33-1	46.57	38.48	0.01			0.01		0.03		0.02		85.11	
A33-2	46.56	38.59		0.02	0.04	0.03	0.03	0.06		0.04		85.36	
A33-3	46.62	38.57	0.02		0.01		0.01	0.07		0.04		85.34	
A09-1	46.49	39.01		0.07			0.05	0.04	0.04	0.04		85.74	高岭石-迪开石过渡
A09-2	46.46	38.93		0.01		0.03	0.03	0.02	0.03	0.05	0.01	85.56	
A09-3	46.27	38.74	0.01	0.01	0.04		0.05	0.07	0.02	0.01	0.02	85.23	
A40-1	46.62	38.83			0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	85.58	
A40-2	46.44	38.67					0.01	0.03	0.03		0.01	85.19	
A40-3	46.83	38.17		0.05	0.01		0.01	0.07		0.01	0.01	85.16	
A40-4	46.43	38.64	0.02	0.04	0.00			0.03		0.01		85.18	
A40-5	46.43	38.40		0.07	0.02		0.03	0.05	0.02	0.01		85.03	
A40-6	46.57	38.59		0.07	0.34		0.01	0.04	0.01		0.02	85.64	
A34-1	46.62	38.76		0.02	0.12		0.03	0.04		0.01		85.59	高岭石
A34-2	46.35	39.06		0.02	0.13		0.02	0.05		0.01	0.01	85.66	
A34-3	46.54	38.39			0.07	0.01		0.02	0.03	0.03		85.09	
A46-1	46.46	38.52	0.11	0.05	0.10			0.03		0.02	0.01	85.29	
A46-2	46.43	38.71	0.09	0.02	0.09		0.03	0.04	0.01	0.05	0.03	85.49	
A46-3	46.56	38.60	0.15	0.05	0.12		0.03	0.04				85.54	

测试者 北京大学地球与空间科学学院王长秋。

3 讨论

3.1 昌化田黄的分类

根据笔者近几年收集到的标本,昌化田黄的颜色较丰富,除了大部分为黄色外,还有呈白色、赭红色、黑色者,此外还有黄白二色者,即所谓银裹金和金裹银,因此大体可把昌化田黄按颜色分成黄色、白色(白田)、红色(红田)、黑色(黑田)、银裹金及金裹银 6 种类型。尽管昌化田黄有不同色调,但黄色是基本的,其他各种色调者也都带有黄色,因此黄色是鉴定标志之一。

3.2 昌化田黄的形成与产状

根据区域地质研究,昌化石的原岩是中生代侏罗系火山岩——流纹质晶屑-玻屑凝灰岩。原岩经后来的热液蚀变作用,包括迪开石化、高岭石化、明矾石化、汞矿化、黄铁矿化、绢云母化、硅化等,部分即形成了适于雕刻的印章石而成矿。

而昌化田黄则是原岩蚀变后,再经过风化、剥蚀作用,脱离原地,滚落或被流水搬运到农田、沟涧等凹地及坡积层,被土壤掩埋,其圆度(石形)与搬运距离以及搬运过程中被磨蚀的程度有关。这些被土壤

掩埋的滚石,在漫长的地质时期里,经土壤中的水、酸及其他化学成分的作用而形成“田黄”。由于处于地表的氧化环境里,土壤中以及原岩中的 Fe 都呈红色的 Fe^{3+} ,因此“田黄”便被浸润成以黄色调为主。而一些局部的土壤成分可能有所不同,因此会导致一些腐殖质高的土壤中田黄呈灰黑色、白色土壤中田黄显白色调等。

昌化田黄主要产于玉岩山北坡的沟涧、梯田中,也见散落于水田中,为次生成因矿床。

3.3 昌化田黄的鉴别特征

与寿山田黄具有同样成因的昌化田黄具备田黄石共有特征,同样可以从石形、石质、石色、石皮、萝卜纹、红格(格纹)、矿物组成等几个方面来鉴别。

石形即田黄的整体形态。由于田黄是原生矿石经风化作用脱离原地,异地沉积,因此在被搬运过程中被冲刷、磨蚀而成卵圆形。磨圆度与搬运距离和磨蚀程度有关,但不管程度如何,都应有磨圆,而不能呈尖棱尖角状。

石质即田黄的质地。质地优劣取决于组成矿物的颗粒大小及其结合紧密程度。昌化田黄由细小的(粒径 $5\ \mu\text{m}$ 以下)粘土矿物迪开石或高岭石组成,质地细腻,结构紧密,微透明-半透明,温润可人。石巢

(1982)在《印石辨》中对寿山田黄提出“细、结、温、润、凝、腻”六德。从学术角度看,即因其组成矿物颗粒细小、结构致密以及粘土矿物较强的吸附性,使之表现为质地细腻、外表光滑、韧性较强、光泽温润柔和并有一定的透光度。昌化田黄也具有“六德”特征,优质昌化田黄冻黄嫩圆滑、光透灵腻,十分迷人。

石色即田黄的颜色。昌化田黄按色相分,有田黄、白田、红田、黑田以及银裹金、金裹银等品种,但无论什么色彩的田黄石都是以黄色作为它的基调,只不过偏白、偏红或偏黑而已。比如“红田”其色近橙黄如桔皮,而不是桃红、朱红或血红色;“黑田”则黑中带赭;而“白田”,也非纯白如雪,而是白中稍带淡黄或蛋清色。田黄的颜色并非表里如一,尤其是大块的田黄,通常是由表皮向里层逐渐转淡,乃至泛白。

石皮是田黄外表包裹的不同颜色的皮层。由于田黄的次生成因,且被埋藏了亿万年,漫长的地质历史时期的风化作用使其表层被风化,岩石结构发生变化,因此形成或厚或薄,或全裹,或稀疏挂皮不同形态的皮层。也有一些田黄因为色皮极薄,一经雕刻打磨即被清除。因此,所谓“无皮不成田”在田黄鉴别上需谨慎应用,尤其对于雕刻成品。部分昌化田黄皮层较厚,甚至可厚达1 cm。

透明度较强的田黄,在强光下观察,其内部往往隐约可见一条条细而密的纹理,其形状似削去外皮的白萝卜中明显可见的纤维状纹理,被称为“萝卜纹”。萝卜纹有白色、黄色、棕色等不同颜色,可以半透明或微透明。昌化田黄萝卜纹主要由迪开石组成,并含水铝石及微粒赤铁矿、黄铁矿(钱雪雯,2009)。绝大部分田黄具有萝卜纹,但也有个别的无纹,因此,萝卜纹是田黄的特征之一,但也不能绝对化为“无纹不成田”。

红格(红筋)是田黄上的裂隙,属于一种瑕疵。是在地壳的运动以及风化搬运过程中因碰撞而产生的。这些裂隙在埋藏过程中,由于地表的氧化条件,被 Fe_2O_3 溶液的渗入沉淀而染成黄红色。也有少数无颜色的裂隙,称为无色格。尽管田黄的红格(或红筋)现象较普遍,但不能也绝对化为“无格不成田”,而且无红格相当于少了一种瑕疵,品质可能更好。红格更重要的作用应在于表明田黄经过风化搬运、次生浸染过程,可以作为区别于原生山石的一个标志。

矿物组成上,据笔者收集的近70块样品分析以

及相关资料(方飙,2008;钱雪雯,2009),昌化田黄主要矿物为迪开石或高岭石,未见珍珠石,次要矿物可含石英、褐铁矿、绢云母、辰砂等。矿物组成在田黄鉴定上有重要作用,但因粘土矿物颗粒细小,肉眼及普通显微镜难于分别,需要进行红外光谱或X射线衍射分析才能确定。

3.4 昌化田黄的名称

以昌化田黄为名的雕刻石大规模出现并引起争议是近几年的事,然而个别昌化田黄的出现历史已经很长了。据资料记载,上海历史博物馆曾征集到清光绪书画家张辛篆刻的昌化田黄石章。对于昌化田黄的反对意见主要有如下几点:一是田黄产地历来只有寿山,经过几百年的发展,田黄已经形成一种独特的文化,具有许多文化附加值;二是寿山田黄产于水田,而昌化的产于山上,相当于寿山的掘性石;三是昌化田黄品质不如寿山田黄;还有人说所谓昌化田黄是昌化石开采时丢弃的废石经若干年后形成,不属于自然成因。

事实上,每一种岩石、矿物都有第一发现地,而其名称则可以从组成、形态、物理性质、发现地等多角度命名。一个岩石名称应该是具有同样物理性质和化学组成特征的所有岩石共同的名称,不能因为某种岩石在某地首先发现,其他地区产出的同样岩石就不能使用其名称。正如一些人提出的,鸡血石首先在昌化发现并命名,并不妨碍后来巴林使用鸡血石这一名称。

关于昌化田黄都产在山上的说法也不全面,昌化田黄也有产于农(水)田以及山坡梯田中者,只是近几年来由于田黄价格的不断上扬,导致当地农民无秩序采掘,玉岩山北坡触目惊心的开采现场及废石堆给人们的印象似乎是昌化田黄都产于山上。另外关于昌化田黄都相当于掘性石的说法,可以从两个方面来看,确实昌化田黄相当一部分产于梯田、山沟、溪涧中,但是这些石头一样经过了亿万年掩埋和土壤、水分的浸润,和产于水田中的同属于一种成因,产出位置也相近,石头的化学组成相同,而当其达到了优良的品质,称其为“田黄”也不为过。事实上,即使对于寿山来说,上坡的田黄也是产于坡积层中,而非中坂典型的水田。而且一些产于山上的掘性石也有具备田黄特征、达到田黄品质的,也一定有些事实上属于掘性石的被当做田黄了。而如果不是采石者,其他人要想完全正确分辨田黄与所谓的掘性石恐怕不太可能。

关于昌化田黄品质不及寿山田黄的认识,正在被不时出现的优质昌化田黄的事实所改变。实际上田黄品质本来就有高有下,寿山的田黄积累了不少精品,也有相当量品质一般的。而业界现在需要做的工作应该是如何建立一套科学的田黄分级标准。

关于昌化田黄是丢弃的废石、非自然成因的看法,需要说明的是人类活动也是一种自然活动,自然界的风化作用中就包括生物风化作用,也包括人类活动参与的活动。只要岩石具备了田黄的组成特征,达到了田黄的品质,称其为田黄就是自然而然的。

综上所述,我们认为昌化田黄这一名称的使用具有合理性。禁止使用这一名称一方面不符合目前的市场现状,另一方面可能导致更多的昌化田黄被当做寿山田黄交易,而这样对消费者、收藏者以及当地经济发展都是不利的。为了区分寿山田黄和昌化田黄,我们建议产于寿山的直接使用“田黄”这一名称,而产于昌化的特称为“昌化田黄”。

昌化田黄可以定义为:产于昌化玉岩山一带坡积层及田地中、具有六德特征和其他标志、主要由迪开石等高岭石族矿物组成的块状独石。

3.5 昌化田黄与寿山田黄的对比

尽管昌化田黄与寿山田黄成因相同,并有很多相同特征,如颜色、萝卜纹、红格等,但两者仍有差异,可资区别。具体如下:

在产状上,寿山田黄主要产于水田和坡积层中,而昌化田黄多产于山间沟涧、梯田中。

在石形上,寿山田黄多呈卵蛋状,而昌化田黄石磨圆度相对较差,可见次棱角状者。

在大小上,寿山田黄因多年开采利用,大块的已近绝迹,通常大小在百克量级,而昌化田黄可见较大块体,1 kg 以上大小的不鲜见。因此那些公斤以上量级的田黄应注意极可能产于昌化。

在矿物组成上,寿山田黄主要矿物为迪开石或珍珠石;而昌化田黄为迪开石或高岭石,未见珍珠石,并可含次要矿物辰砂,形成特有的田黄鸡血以及明矾石。

此外昌化田黄的部分样品中“砂钉”相对较多,石皮较厚。所谓“砂钉”即田黄中未被迪开石/高岭石化蚀变的石英残余,硬度较大。

4 结语

目前寿山田黄已基本采尽,而昌化田黄作为寿

山田黄的姊妹石,是我国田黄的一枝新秀和重要补充,无论在丰富我国高档雕刻石品种、发展地方经济,还是在田黄成因研究、工艺发展上都具有重要意义,理应引起我们的重视。

References

- Bao Shaohua. 2002. The geological origin and determinative characteristic of Changhua Chicken-Blood Stone[J]. *Geology of Zhejiang*, 18(1): 82~86 (in Chinese with English abstract).
- Chen Tao, Yao Chunmao, Qi Lijian, et al. 2009. Primary study on characteristics of mineral components and micromorphology of Tianhuang[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 11(3): 1~5 (in Chinese with English abstract).
- Choo C O and Kim S J. 2004. Dickite and other kaolin polymorphs from an Al-rich clay deposit formed in volcanic tuff, southeastern Korea[J]. *Clays and Clay Minerals*, 52(6): 749~759.
- Cui Wenyuan, Xu Jianren and Wang Changqiu. 2007. Distinguishing standard of Changhua Tianhuang Stone[A]. *The Paper Collection of 2007 International Gemological Conference, China* [C] (in Chinese).
- Fang Biao, Mai Xiao and Tao Jinbo. 2008. Gemmological characteristics of Changhua Yellow Stone[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 10(1): 37~39 (in Chinese with English abstract).
- Fang Zonggui. 1994. *Encyclopedia of Shoushan Stone* [M]. Shanghai: Shanghai Bookstore Publishing House (in Chinese).
- Fang Zonggui. 1995. *Appreciation of Shoushan Stone* [M]. Hongkong: Elegance Printing & Binding Co. Ltd. (in Chinese).
- Johnston C T, Kogel J E, Bish D L, et al. 2008. Low-temperature FTIR study of kaolin-group minerals[J]. *Clays and Clay Minerals*, 56(4): 470~485.
- Li Yinghao. 1992. *Hedge Tianhuang and Seal Stones* [M]. Hongkong: SCMP Book Publishing Limited (in Chinese).
- Lin Wenju. 1994. *Thin Carving Art* [M]. Shanghai: Shanghai Bookstore Publishing House (in Chinese).
- Qian Xuewen. 2009. *Study on Gemology and Mineralogy of Changhua Tianhuang Stone* [D]. Beijing: Master Dissertation of China University of Geosciences (in Chinese with English abstract).
- Ren Leifu. 1988. Mineralogy of Tianhuang Stone[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 7(2): 151~157 (in Chinese with English abstract).
- Shi Chao. 1982. *Discrimination of Seal Stones* [M]. Hongkong: Chung Hwa Book Co. Ltd (in Chinese).
- Tang Deping and Zheng Zongtan. 1999. Mineralogy and gemology of Shoushan Stone[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 1(4): 28~36 (in Chinese with English abstract).
- Wang Jingzhi. 2001. *Distinguishing Tianhuang Stone* [M]. Fuzhou: Fujian Fine Arts Press (in Chinese).
- Wen Lu, Liang Wanxue, Zhang Zhenggang, et al. 1989. *The Infrared Spectroscopy of Minerals* [M]. Chongqing: Chongqing University Press (in Chinese).

Wu Chunzeng. 2002. Complete Book of Shoushan Stone Species[M]. Fuzhou: Haichao Photography Art Publishing House(in Chinese).

Wu Xinfeng and Cui Wenyuan. 1999. A mineralogical and petrographical study of Shoushan Stone (Agalmatolite) [J]. Acta Petrologica et Mineralogica , 18(2): 186~192(in Chinese with English abstract).

Yang Yaxiu and Zhang Naixian. 1994. China Clay Minerals[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

Yao Binmo. 2007. Chinese Civilization of Changhua Stone[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).

Zheng Zongtan. 2006. Discrimination of Shoushan Stone Species[M]. Fuzhou: Fuzhou Haifeng Publishing House(in Chinese).

附中文参考文献

包绍华. 2002. 浙江昌化鸡血石的地质成因及鉴定特征[J]. 浙江地质, 18(1): 82~86.

陈 涛, 姚春茂, 卞利剑, 等. 2009. 田黄的矿物组成与微形貌特征初步研究[J]. 宝石与宝石学杂志, 11(3): 1~5.

崔文元, 徐健人, 王长秋. 2007. 昌化田黄的鉴别标准[J]. 2007年中国珠宝首饰学术交流会论文集

方 飏, 买 潇, 陶金波. 2008. 昌化田黄的宝石学特征[J]. 宝石与

宝石学杂志, 10(1): 37~39.

方宗珪. 1994. 寿山石全书[M]. 上海: 上海书店出版社.

方宗珪. 1995. 寿山石鉴赏[M]. 香港: 美雅印刷制本有限公司

李英豪. 1992. 保值田黄与印石[M]. 香港: 香港博益出版集团.

林文举. 1994. 薄意艺术[M]. 上海: 上海书店出版社.

钱雪雯. 2009. 昌化田黄石的宝石矿物学研究(硕士论文[D]. 北京: 中国地质大学(北京)

任磊夫. 1988. 田黄宝石的矿物学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 7(2): 151~157.

石 巢. 1982. 印石辨[M]. 香港: 中华书局有限公司.

汤德平, 郑宗坦. 1999. 寿山石的矿物组成与宝石学研究[J]. 宝石和宝石学杂志, 1(4): 28~36.

王敬之. 2001. 鉴识田黄[M]. 福州: 福建美术出版社.

闻 轲, 梁婉雪, 张正刚, 等. 1989. 矿物红外光谱学[M]. 重庆: 重庆大学出版社.

吴春增. 2002. 寿山石种大全[M]. 福州: 海潮摄影艺术出版社.

武新逢, 崔文元. 1999. 寿山石的矿物学研究[J]. 岩石矿物学杂志, 18(2): 186~192

杨雅秀, 张乃娴. 1994. 中国粘土矿物[M]. 北京: 地质出版社.

姚宾谟. 2007. 中国昌化石文化[M]. 北京: 地质出版社.

郑宗坦. 2006. 寿山石种鉴赏[M]. 福州: 福州海风出版社.

www.yskw.com