

青田石的矿物组成特征研究

业冬, 赵旭刚, 邹妤, 祖恩东, 王蕾蕾

(昆明理工大学, 云南 昆明 650093)

摘要: 采用偏光薄片观察、X 射线粉晶衍射仪、扫描电镜/能谱分析等测试方法对浙江青田县青田石进行了研究, 结果表明, 所选青田石样品中的封门黄、黄金耀、灯光冻、红花冻 4 个品种的主要矿物成分为叶蜡石, 封门黑、紫檀冻这两个品种主要由叶蜡石和绢云母组成, 蓝星、猪油冻、酱油冻这 3 个品种的主要组成矿物为叶蜡石和伊利石, 珍珠冻的主要组成矿物是红柱石和叶蜡石, 山炮绿的主要组成矿物为绢云母。

关键词: 浙江青田石; 叶蜡石; 绢云母; 矿物组成

中图分类号: P619.28⁺1; P575

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2010)02-0219-06

Composition characteristics of Qiantian Stone

YE Dong, ZHAO Xu-gang, ZOU Yu, ZU En-dong and WANG Lei-lei

(Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: Qingtian Stone from Qiantian County of Zhejiang Province is one of the famous “four seal stones” in China. Using such means as thin-section analysis, XRD and SEM/EDX, the authors systematically studied chemical composition and mineral composition of some typical species of Qingtian Stone. Some conclusions have been reached: ① Minerals of the selected samples are mainly composed of microscaly aggregates. ② Four types of Qingtian Stones, namely Fengmenhuang, Huangjinyao, Dengguangdong and Honghuadong, are almost exclusively composed of pyrophyllite, with Honghuadong stone also containing a small amount of ilmenite. ③ Fengmenhei and Zitandong stones are mainly comprised of pyrophyllite and sericite; in addition, Fengmenhei stone also contains a small amount of ilmenite, whereas Zitandong stone also contains hematite. ④ Lanxing, Zhuyoudong and Jiangyoudong stones are composed of pyrophyllite and illite, with Lanxing stone also containing a little illite and cryptocrystalline quartz, and Zhuyoudong stone also containing hematite. ⑤ Zhenzhudong stone is almost exclusively composed of andalusite and pyrophyllite. ⑥ Shanpaolü stone is mainly made up of sericite.

Key words: Qingtian Stone from Zhejiang Province; pyrophyllite; sericite; mineral composition

浙江省青田县青田石以其质地温润脆软、色彩斑斓、又易于雕刻被列为中国“四大图章石”之一,其文化历史悠久,源远流长(徐咏平, 2008)。从最近发掘的文物及相关资料看,早在崧泽文化时期,人们就利用青田石雕作各种装饰品。但对于青田石的研究开始于最近几十年,叶良辅等(1931)指出青田石属叶蜡石,由中-高温热液与火山岩相作用形成。范良

明等(1985)认为青田石即叶蜡石,有绿、淡黄、桔黄、砖红和紫红等颜色。杨雅秀(1995)提出我国产的具有民族特色的图章石(包括青田石)主要矿物成分非叶蜡石,而是高岭石的 3 个多型矿物——迪开石、珍珠陶石和高岭石。朱选民等(2001, 2003)采用 X 射线粉晶衍射、红外吸收光谱、扫描电子显微镜和差热等测试分析方法对青田石进行了研究,结果表

明:青田石矿物成分及组合复杂多样,多数品种属于叶蜡石型,但也发现有迪开石型、伊利石型和绢云母型等非叶蜡石型品种;叶蜡石型青田石主要为2M型,工艺级叶蜡石与工业级叶蜡石在颗粒度和形状上的差异是导致其外在质地不同的主要原因;迪开石型青田石透明度比叶蜡石型青田石高,质地细腻,是一种优质雕刻石;伊利石型青田石因含有层间水,所以在脱水的情况下出现脆裂现象,但少数品种由于粒度细,结构致密,具有温润细腻的质地,是一种较稀少的青田石品种;绢云母型青田石因含有较少的结构水和吸附水,所以在温度升高的条件下,还保持晶格定性,是一种新型雕刻石;青田石的结构有序度、Al的含量及占位形式、水的存在形式及晶体颗粒度等是影响玉石质量的重要因素。陈涛(2004)对青田石的几个新品种青田蓝花钉、蓝花星、紫罗兰和山炮绿进行了矿物学特征的初步研究。然而目前国内对于青田石的研究尤其是在其宝石学特性方面,

成果较少,资料欠缺,同时现有的研究成果中部分结论争议颇多,存在一定的差异,因而本文试图对青田石的几个主要品种进行了测试,旨在研究其矿物组成、化学成分。

1 样品描述

青田石品种繁多,本文选取采自浙江青田县矿区的11个青田石主要品种封门黄(Qt1)、封门黄金耀(Qt2)、猪油冻(Qt3)、封门青灯光冻(Qt4)、封门黑(Qt5)、紫檀冻(Qt6)、蓝星(Qt7)、封门红花冻(Qt8)、酱油冻(Qt9)、山炮绿(Qt10)、珍珠冻(Qt11)(图1)进行研究。样品均呈块状,矿物组成十分细小,无法分辨其颗粒,呈现很好的致密结构,颜色丰富有黄色、紫色、青色、绿色、黑色等,半透明到不透明,蜡状光泽,相对密度为 $2.75 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$,点测折射率为1.56~1.59。

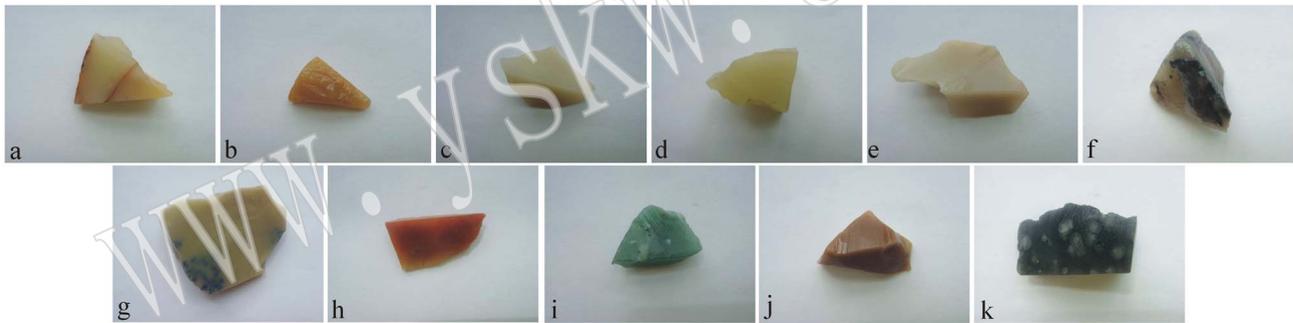


图1 青田石样品照片

Fig. 1 photographs of Qingtian Stone from Zhejiang Province

a—封门黄(Qt1); b—封门黄金耀(Qt2); c—猪油冻(Qt3); d—封门青灯光冻(Qt4); e—封门黑(Qt5); f—紫檀冻(Qt6);
g—蓝星(Qt7); h—封门红花冻(Qt8); i—酱油冻(Qt9); j—山炮绿(Qt10); k—珍珠冻(Qt11)

a—Fengmenhuang(Qt1); b—Huangjinyao(Qt2); c—Zhuyoudong(Qt3); d—Dengguangdong(Qt4); e—Fengmenhei(Qt5); f—Zitandong(Qt6);
g—Lanxing(Qt7); h—Honghuadong(Qt8); i—Jiangyoudong(Qt9); j—Shanpaoli(Qt10); k—Zhenzhudong(Qt11)

2 矿物组成及结构构造研究

2.1 偏光显微镜观察

将样品制成偏光薄片,置于偏光镜下观察。

(1) 样品封门黄(Qt1)、封门黄金耀(Qt2)、猪油冻(Qt3)、封门青灯光冻(Qt4)及样品山炮绿(Qt10)主要含有1种矿物(图2a),该种矿物在偏光显微镜下无色透明,晶体呈显微鳞片变晶结构,片径大小约为0.02~0.03 cm,突起低,由于结构粒度不明显,无

法观察到贝克线,无法判断突起的正负,无法观察解理。正交偏光下,干涉色为一级灰白。此矿物可能是叶蜡石或绢云母、伊利石矿物。由于叶蜡石与绢云母、伊利石等矿物的镜下特征较为相似,因此矿物属种的确定还需要进行其他分析。

(2) 样品封门黑(Qt5)与封门红花冻(Qt8)均主要含两种矿物(图2b);第1种矿物的光性特征与前面样品基本一致;第2种矿物为黑色不透明,在样品中呈点状、片状分布,反射光下均为褐黑色,光泽较暗淡,据此可判断该矿物为钛铁矿。该矿物片径在

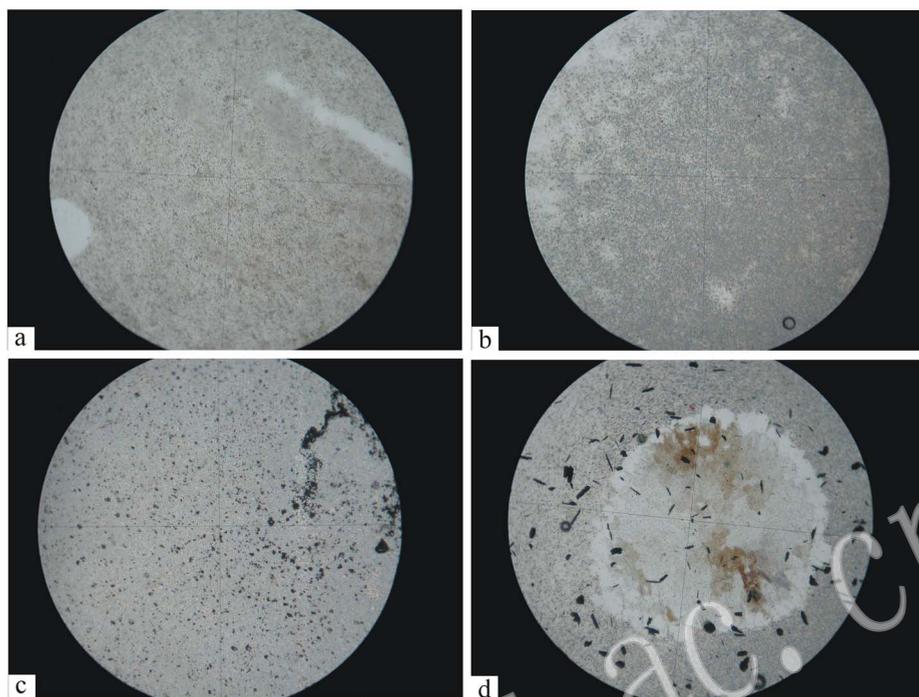


图2 青田石样品的显微特征(单偏光, 100×)

Fig. 2 Microscopic characteristics of some samples of Qingtian Stone (plainlight, 100×)

a—猪油冻(Qt3); b—封门黑(Qt5); c—紫檀冻(Qt6); d—珍珠冻(Qt11)

a—Zhuyoudong(Qt3); b—Fengmenhei(Qt5); c—Zitandong(Qt6); d—Zhenzhudong(Qt11)

样品封门黑(Qt5)中较小, 均 <0.02 cm, 含量少, 在样品 Qt8 中约 0.05~0.3 cm, 大小不等, 含量较少。

(3) 样品紫檀冻(Qt6)与酱油冻(Qt9)均主要由两种矿物组成(图 2c): 第 1 种矿物的光性特征与前面样品基本一致; 第 2 种矿物为黑色不透明, 在样品中该矿物呈四方形、不规则粒状分布, 反射光下均为钢灰色, 透射光下观察矿物边缘薄的部位呈现红色, 据此可判断该矿物为赤铁矿。该矿物粒度在样品中大小不等, 大者约 0.05~0.1 cm, 小者约为 <0.02 ~0.02 cm, 其含量在样品紫檀冻(Qt6)中约为 5%~7%, 在样品酱油冻(Qt9)中约为 2%~3%。此外, 在这两个样品中还含有极少量的褐红色针状矿物, 正交下干涉色异常, 具金刚光泽, 为金红石。

(4) 样品蓝星(Qt7)与珍珠冻(Qt11)主要有 3 种矿物组成(图 2d)。第 1 种矿物的光性特征与前面样品基本一致。第 2 种矿物, 分布于第 1 种矿物之间, 呈圆形隐晶质, 单偏光下无色, 负低突起, 可见消光现象, 其中样品珍珠冻(Qt11)中部分为浅黄褐色, 且矿物粒度较样品蓝星(Qt7)大, 正交偏光下为一级灰白干涉色, 由此可判断该矿物为玉髓。玉髓是石英的纤维状变体, 常作为次生矿物, 充填于火成岩的

空洞中。样品珍珠冻(Qt11)中浅黄褐色部分可能是由于含铁和不定量的水, 而被氧化、铁染而成。第 3 种矿物为黑色, 不透明, 呈显微针柱状、六方形薄片状、板状分布, 反射光下为褐黑色, 光泽较暗淡, 据此可判断该矿物为钛铁矿, 在样品蓝星(Qt7)中其含量约为 1%, 样品珍珠冻(Qt11)中约为 5%。此外在样品珍珠冻(Qt11)中还可见到少量的红色针柱状矿物, 正交下干涉色异常, 可判定为金红石。

由以上镜下观察可知, 所选青田石样品的矿物成分比较简单, 主要组成矿物镜下特征相似, 可初步判定该矿物可能为叶腊石、绢云母、伊利石等矿物, 需进一步分析确定; 次要矿物主要为玉髓、钛铁矿、赤铁矿及极少量的金红石等。

2.2 X 射线粉晶衍射分析

X 射线粉晶衍射在昆明理工大学 X 射线衍射实验室完成, 采用的仪器为北大青鸟 BD3200 型 X 射线粉晶衍射仪, Cu 靶($\lambda_{CuK\alpha} = 1.54056 \text{ \AA}$), 石墨片单色器滤波, 管压 36 kV, 管流 18 mA, 连续扫描速度 $4^\circ/\text{min}$, 扫描范围 $20^\circ \sim 80^\circ$ 。

对衍射图谱(图 3)进行分析, 并比对 JCPDS 标准卡片可知, 所选青田石样品中封门黄(Qt1)、黄金

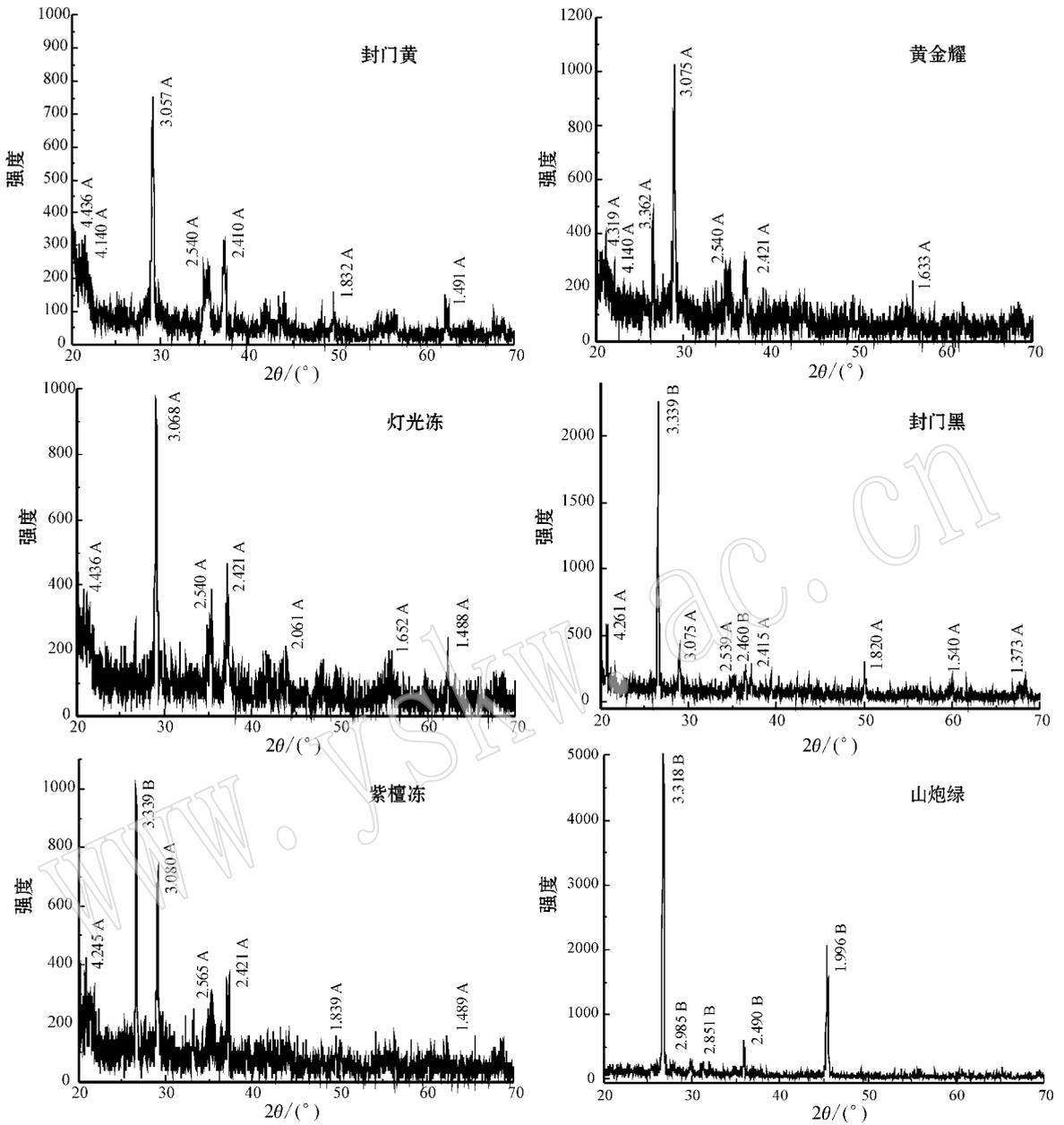


图 3 样品的 XRD 图

Fig. 3 X-ray powder diffraction patterns of some samples

耀 (Qt2) 封门青灯光冻 (Qt4) 封门红花冻 (Qt8) 4 个品种的矿物成分简单, 主要为叶蜡石; 封门黑 (Qt5) 紫檀冻 (Qt6) 主要由叶蜡石和绢云母组成, 蓝星 (Qt7) 猪油冻 (Qt3) 酱油冻的 (Qt9) 主要组成矿物为叶蜡石和伊利石; 山炮绿 (Qt10) 的矿物成分与其他品种不同, 不含叶蜡石, 主要为绢云母。珍珠冻 (Qt11) 主要由红柱石和叶蜡石两种矿物组成。

2.3 扫描电镜测试分析

采用仪器 PHILIPS XL30 型扫描电镜对样品进

行了测试, 结果如图 4 所示。样品山炮绿 (Qt10) 中矿物呈不规则叶片状紧密排列, 厚度均匀, 解理发育极为完全 (图 4a), 由其能谱图 (图 5a) 可知, 山炮绿所含主要元素为 K、Si、Al、O, 与绢云母 $K\{Al_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$ 的主要化学成分一致, 进一步证明山炮绿的主要矿物组成为绢云母。

样品珍珠冻 (Qt11) 的矿物呈片状相互叠置, 排列紧密, 表面平整, 轮廓清晰 (图 4b), 由其能谱图 (图 5b) 可知, 其主要化学元素为 O、Si、Al, 与红柱石

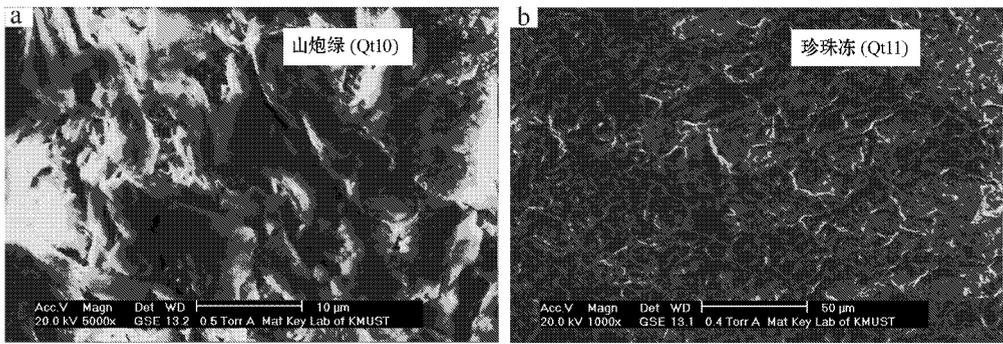


图 4 样品的扫描电镜图

Fig. 4 SEM photographs of some samples

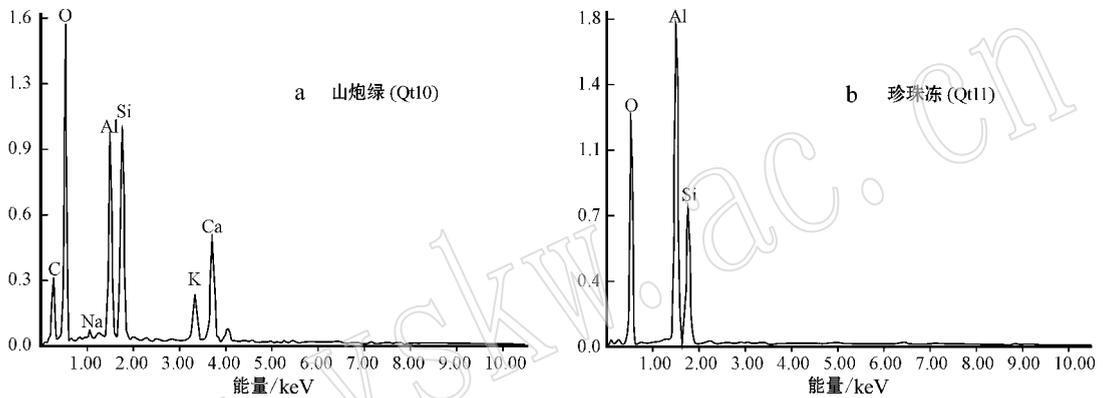


图 5 样品的能谱图

Fig. 5 EDS spectra of some samples

$\text{Al}[\text{Al}(\text{SiO}_4)]_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、叶蜡石 $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ 的主要化学成分(王濮等,1994)一致,进一步说明珍珠冻的主要矿物为红柱石与叶蜡石。

3 结论

(1) 青田石颜色丰富,集合体常为鳞片状、纤维状和致密块状结构。

(2) X 射线粉晶衍射和扫描电镜分析结果表明,浙江青田县青田石中封门黄、黄金耀、灯光冻、红花冻这 4 个品种的矿物成分简单,主要为叶蜡石,只有红花冻含有少量的钛铁矿,封门黑、紫檀冻主要由叶蜡石和绢云母组成,此外封门黑还含有少量的钛铁矿,紫檀冻含有赤铁矿,蓝星、猪油冻、酱油冻的主要组成矿物为叶蜡石和伊利石,蓝星品种还含有少量钛铁矿和呈圆形隐晶质的玉髓,酱油冻品种中还含有赤铁矿;珍珠冻的主要组成矿物是红柱石和叶蜡石;山炮绿的矿物成分与其他品种不同,不含叶蜡石,主要为绢云母。

致谢 昆明理工大学重点实验室杨宁老师、北京大学的李艳博士在论文的撰写过程中,给予了很多帮助,在此表示感谢!最后衷心感谢审稿人提出的宝贵意见!

References

- Chen Tao. 2004. A preliminary study of mineralogical and spectroscopic characteristics of Qingtian Stone[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 23(2): 186-193(in Chinese with English abstract).
- Fan Liangming and Yang Yongfu. 1985. Preliminary study on Qingtian Stone and its genesis of color from Zhejiang Province[J]. *Journal of Chengdu College of Geology*, 12(2): 32-43(in Chinese).
- Wang Pu, Pan Zhaolu, Weng Lingbao, et al. 1994. *Systematic Mineralogy* (2[M]). Beijing: Geological Publishing House, 384-386(in Chinese).
- Xu Yongping. 2008. The present situations of Qingtian Stone's mining and its appraising and collecting[J]. *Journal of Lishui University*, 30(4): 134-136(in Chinese with English abstract).
- Yang Yaxiu. 1995. The Main mineral Component of the stone are not pyrophyllite but the dickites[J]. *Construction Materials Geology*,

79(3):8~14(in Chinese).

Ye Liangfu, Li Huang and Zhang Geng. 1931. Stamp stone from Qingtian of Zhejiang province[J]. Journal of China Central Institute of Geology, 1(in Chinese).

Zhu Xuanmin. 2003. Study on mineral composition and genesis of the Qingtian stone from Zhejiang Province[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 22(1):65~70(in Chinese with English abstract).

Zhu Xuanmin, Qi Lijian, Jiang Hongqi, et al. 2001. Study on gemmological characteristic and genesis of blue pyrophyllite-type corundum from Qingtian of Zhejiang Province[J]. Journal of Gems and Gemmology, 3(4):15~19(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

陈涛. 2004. 浙江青田石几个新品种的矿物学特征初步研究[J].

岩石矿物学杂志, 23(2):186~192.

范良明, 杨永富. 1985. 浙江青田石及其颜色成因的初步研究[J]. 成都地质学院学报, 12(2):32~43.

王濮, 潘兆鲁, 翁玲宝, 等. 1994. 系统矿物学(中册)[M]. 北京:地质出版社.

徐咏平. 2008. 青田石开采现状与鉴藏[J]. 丽水学院学报, 30(4):134~136.

杨雅秀. 1995. “图章石”的主要矿物成分为迪开石类矿物非叶蜡石矿物[J]. 建材地质, 79(3):8~14.

叶良辅, 李璜, 张更. 1931. 浙江青田县之印章石[J]. 国立中央研究院地质研究所专刊, (1).

朱选民. 2003. 浙江青田石矿物成分和成玉机理研究[J]. 岩石矿物学杂志, 22(1):65~70.

朱选民, 卞利剑, 蒋红旗, 等. 2001. 浙江青田叶蜡石型蓝刚玉的宝石学特征及成因初探[J]. 宝石和宝石学杂志, 3(4):15~19.

www.yskw.ac.cn