

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2021.03.005

引用格式:王传田,任明军,秦伟,等. 安徽歙县龙潭砚石板岩矿物谱学特征研究[J]. 华东地质,2021,42(3):286-292.

安徽歙县龙潭砚石板岩矿物谱学特征研究

王传田¹,任明军²,秦伟²,杨晓勇³,蔡逸涛⁴

- (1. 宣城市产品质量监督检验所,安徽 宣城 242000;
2. 安徽省地质矿产勘查局 332 地质队,安徽 黄山 245000;
3. 中国科学技术大学地球和空间科学学院,安徽 合肥 230026;
4. 中国地质调查局南京地质调查中心,江苏 南京 210016)

摘要: 安徽歙县龙潭砚砚石资源赋存于大谷运组上段黑板岩内,主要岩石为粉砂质绢云板岩和含粉砂绢云板岩。在系统的岩矿鉴定基础上,对两种砚石板岩进行了扫描电镜观察、X-射线粉末衍射分析和热重分析。结果表明:两种砚石板岩的矿物组成均为石英和长石,微观构造为显微千枚状构造;砚石板岩的主要矿物为石英、绿泥石和白云母。热重分析结果证明:绿泥石和白云母广泛存在于砚石中,导致该区板岩具有更高的密度,这些矿物使砚石兼顾了隔水性和研磨性,是歙县板岩成为高品质砚石的重要原因。高分辨带能谱 SEM 鉴定结果发现:微粒金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿及钛铁矿等,这些微粒金属矿物是歙砚最美大观“金星”的成因,而含粉砂绢云板岩比粉砂质绢云板岩的云母含量高,石质更细腻,品质更佳。

关键词: 砚石板岩;X-射线衍射;扫描电镜;热重分析;安徽歙县

中图分类号: P612

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2021)03-286-07

歙县位于安徽省南部,盛产优势特色砚石资源——歙砚石^[1-3]。歙县砚石资源开发历史悠久,歙砚、端砚、桃砚和澄泥砚是中国四大名砚,深受历代文人墨客青睐^[2,4]。歙砚加工中,矿物微观结构对歙砚的品质具有较大影响,直接影响歙砚使用时出墨的流畅度和墨的品质。目前,前人主要针对歙砚的文化价值和艺术水平进行研究,对其岩石学、矿物学特别是谱学的研究较少,这在一定程度上制约了歙砚工艺制作的发展。本文以龙潭矿砚石板岩为例,开展了系统的矿物学鉴定和谱学研究,进一步分析砚石板岩的微观结构,为歙砚板岩的开发及利用提供矿物学依据。

1 区域地质概况

研究区位于扬子板块东南边缘,江南造山带北

东倾伏端,属于华南地层大区扬子地层区江南地层小区,主要地层为前南华纪基底地层、南华纪及后南华纪沉积盖层和中生代红层^[5]。万载—南昌—景德镇—歙县断裂带以南地区卷入华南广西期造山带,由南向北发育近 EW 向逆冲构造(450~465 Ma)、NNE 向正花状构造(430~449 Ma)、后造山近 EW 向韧性走滑剪切带(380~429 Ma)^[6-8]。印支期造山运动导致该区发育 NNE 向褶皱-逆冲构造和花岗岩,奠定了江南造山带东段基本的构造格局^[9-10]。

区域上,与歙砚资源有关的地层为中元古代基底地层,主要有牛屋组(Pt_2n)、大谷运组(Pt_2d)和新元古界青白口系镇头组($Qbz h$)^[11]。镇头组分为上、下两段:下段暗紫色沉凝灰岩与灰黑色凝灰质板岩呈韵律相伴产出,部分为中厚层凝灰质(硅化)

* 收稿日期:2021-05-10 修订日期:2021-07-09 责任编辑:谭桂丽

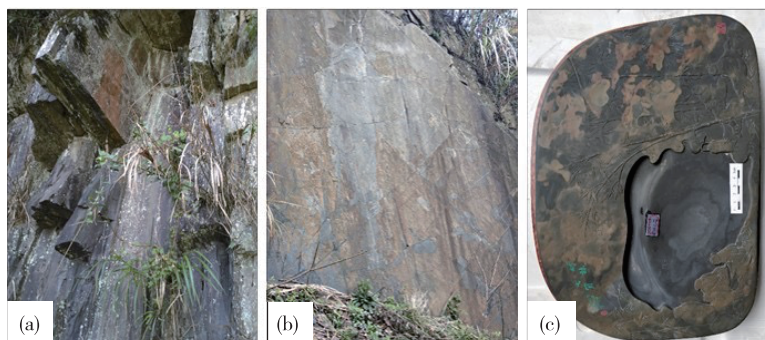
基金项目:国家重点研发计划“深地资源勘查开采”专项“燕山期重大地质事件的深部过程与资源效应(编号:2016YFC0600404)”项目资助。

第一作者简介:王传田,1963年生,男,高级工程师,主要从事珠宝玉石质量检测工作。

通信作者简介:杨晓勇,1964年生,男,博士,教授,主要从事矿床地质、地球化学研究。Email:xyang@ustc.edu.cn。

硅质岩、条纹状硅质板岩;上段为岩屑砂岩、粉砂岩夹千枚状板岩和浅灰色砂岩、板岩^[12]。大谷运组夹

多层板岩,岩层板理面平整,是理想的歙砚砚石资源^[2,13-14](图 1)。



(a).黑色板岩;(b).灰黑色凝灰质板;(c).歙砚雕刻成品中的金晕

图 1 歙县大谷运组厚层状砚石板岩及歙砚成品照片

Fig. 1 Thick layered ink stone slates in the Daguyun Formation, Shexian County and the product of Sheyan ink stone

2 矿床地质特征

2.1 地层特征

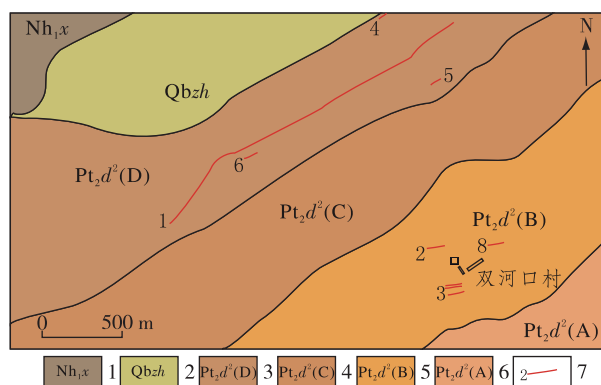
大谷运组上段面积为 7 km²,从下往上、自南向北分为 4 个岩性层,分别为千枚状板岩(A 层)、黑色板岩(B 层)、中厚层砂岩(C 层)和粉砂质板岩层(D 层),其中 D 层为龙潭砚石矿的主矿体,位于矿区北部(图 2),砚石板岩较发育。矿区处于汪满田大型倒转扇形背斜褶皱的倒转翼,大谷运组倒转,倒转褶皱轴面倾向东,倾角陡。矿区断裂不发育,偶见断裂破碎,规模较小^[9,15]。矿区及周边围岩蚀变较弱,未发生强烈的蚀变。主要蚀变类型为绢云母化、绿泥石化、硅化、钠长石化、黄(褐)铁矿化和高岭土化等^[10,16]。

2.2 矿体特征

矿体由灰黑色板岩和含粉砂板岩组成。矿区内共圈定 1 个矿体,呈层状产出,平面上呈长条状,矿体长 150 m,厚 3 m。矿体出露最高标高为 540 m,出露最低标高为 430 m,矿体相对高差 110 m,矿体最大埋深 25 m,产状为 151°∠87°。矿体顶、底板围岩为粉砂质板岩,产状为 153°∠86°^[8,10]。

2.3 矿石特征

矿区高品质矿石大多分布在灰黑色、黑色绢云板岩层中,石质较细腻,块度较大。近地表矿石因受物理风化作用影响,砚石块度相对较小,品级较低。矿石及围岩受地层层序控制,岩性为中-薄层灰黑色板岩或含粉砂质板岩与粉砂质板岩或粉砂岩



1.休宁组;2.镇头组;3.大谷运组上段 D 层;4.大谷运组上段 C 层;5.大谷运组上段 B 层;6.大谷运组上段 A 层;7.砚石矿体及编号

图 2 歙县砚石矿区地质简图

Fig. 2 Geological sketch of the ink stone slate district in Shexian County

互为韵律层,其中将符合工业指标的灰黑色-黑色板岩与灰黑色含粉砂质板岩圈定为砚石矿体^[13]。

3 测试方法

3.1 扫描电镜观察

扫描电镜观察在中国科学技术大学理化实验中心完成,仪器为日本 JEOL 公司生产的 JSM-6700F 场发射扫描电镜,分辨率为 1 nm(15 kV);2.2 nm(1 kV),放大倍数为(25~6.5)×10⁵,加速电压为 0.5~30 kV,探针电流为 10⁻⁹~10⁻¹³ A,并配有 X 射线能

谱仪系统,可测元素范围为 $\text{Be}^4\text{—U}^{92}$ 。

3.2 X-射线粉末衍射分析

X-射线粉末衍射分析在中国科学技术大学理化实验中心完成,实验仪器为密封陶瓷 X 射线管全自动衍射仪 X Pert-PRO,最大管压是 60 kV,最大管流为 55 mA,最大功率为 1.8 kW。

3.3 热重分析

热重分析可以分析矿物脱水情况下的转变。热重分析在中国科学技术大学理化实验中心完成,仪器为 Shimadzu DTG-60H、DSC-60。实验温度为室温至 1 500 $^{\circ}\text{C}$,称重准确度约 1.0%,温度准确度约 1.0 $^{\circ}\text{C}$,量热准确度约 1.0%。

4 砚石结构组成及谱学特征

4.1 砚石结构及组成

龙潭地区砚石矿石类型主要为灰黑色粉砂质绢云板岩和黑色含粉砂绢云板岩^[11,17],典型矿物组合是绢云母+石英(长石),绿泥石一般 $\leq 10\%$,其他不透明矿物(金属矿物等)含量 $\leq 5\%$ (图 3(a))。

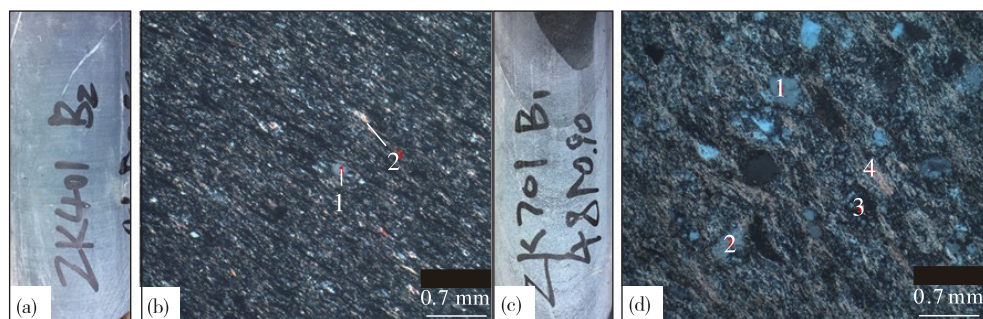
4.1.1 灰黑色粉砂质绢云板岩砚石

灰黑色粉砂质绢云板岩主要由粉砂级-泥质级

石英、长石颗粒组成,矿物颗粒细小,粒径均 $< 0.05\text{ mm}$ 。主要矿物为石英(图 3(b)),含量为 20%~40%,呈压扁透镜状,定向排列,表面较光洁;长石含量为 40%~45%,含钾长石和钠长石,以钾长石为主,绝大部分已发生绢云母化,单偏光显微镜下呈灰色。泥质(黏土矿物)呈隐晶质-显微鳞片状。绢云母雏晶-显微鳞片变晶定向分布,不透明矿物多呈隐晶质或非晶质,集合体呈长短不一的条状平行板劈理定向分布。

4.1.2 黑色含粉砂绢云板岩砚石

黑色含粉砂绢云板岩主要为石英、长石碎屑,多数为粉砂,部分为细砂,呈次棱角状-次浑圆状,部分粉砂重结晶,长粒状碎屑物平行定向分布,长石碎屑发生微弱的绢云母化。填隙物为绢云母、绿泥石雏晶-显微鳞片变晶定向分布。不透明矿物多呈隐晶质或非晶质,集合体呈长短不一的条状平行板劈理定向分布,不同条带中不透明矿物含量不同。薄片可见少量碳酸盐微脉,脉宽 $< 0.2\text{ mm}$,走向与板劈理斜交(图 3(c))。敲击后,矿石断面呈刀锋状或贝壳状。矿石为变余泥质显微鳞片变晶结构、变余含粉砂质显微鳞片变晶结构,显微千枚状构造(图 3(d))。



(a).粉砂质绢云板岩(ZK401-B2);(b).粉砂质绢云板岩变余粉砂质泥质结构(正交偏光;1.石英粉砂;2.绢云母);(c).含粉砂绢云板岩(ZK701-B1)照片);(d).含粉砂绢云板岩变余砂质泥质结构(正交偏光;1.石英碎屑;2.长石碎屑;3.重结晶小颗粒石英;4.绢云母)

图3 砚石矿岩心照片及显微镜下岩矿鉴定特征

Fig. 3 Rock cores and rock-mineral identification of ink stone slate

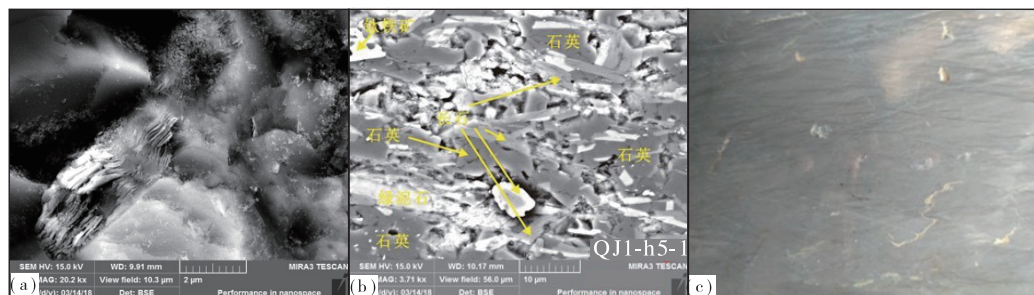
4.2 砚石矿物谱学特征

4.2.1 灰黑色粉砂质绢云板岩砚石

扫描电镜下观察发现,该砚石中细颗粒矿物以绢云母和绿泥石为主,嵌布于其他矿物颗粒之间,呈粒状或片状(图 4(a)),含量约 10%。金属矿物呈杂乱状分布,含量约 5%,颗粒粒径 $< 0.1\text{ mm}$,多数

粒径 $< 0.05\text{ mm}$ 。通过高分辨带能谱 SEM 鉴定,发现微粒金属矿物主要是黄铁矿、黄铜矿和钛铁矿等,在龙潭砚石中还发现了钛铁矿(图 4(b))。前人对歙砚“金星”的地质成因进行了分析^[11-12],本次通过高分辨扫描电镜微区观察鉴定,认为这些金属矿物是构成歙砚最美大观“金星”的成因(图 4(c)),金

属矿物的色泽和分布是评价歙县砚石品质的重要 依据。



(a).扫描电镜下绢云母及绿泥石影像特征;(b).扫描电镜观察定性分析鉴定结果;(c).歙砚中的“金星”

图 4 扫描电镜下影像特征及鉴定结果

Fig. 4 Images and identification results under SEM

4.2.2 黑色含粉砂绢云板岩砚石

主要矿物为绢云母,粒径极细小,绢云母雏晶—显微鳞片变晶定向分布,集合体呈细小团粒状,含量 75%以上;石英、长石粒径 $<0.05\text{ mm}$,部分重结晶或边部被绢云母交代,长粒状平行定向分布,长石碎屑微弱绢云母化,多散布于绢云母间,极少量呈镶嵌状,含量约 20%;绿泥石显微鳞片状,含量约 2%;不透明矿物呈显微粒状、长粒状定向分布,粒

径 $<0.1\text{ mm}$,含量约 3%。

由砚石 X-射线粉末衍射鉴定结果(图 5)可知,石英、绿泥石、白云母特征峰值最强,表明砚石板岩主要由石英、绿泥石、白云母组成,与前人显微镜下鉴定结果相吻合^[18-19]。热重分析结果(图 6)显示:500℃时,绿泥石的结构水脱除;800℃以上,绿泥石、白云母发生分解,证明砚石中绿泥石和白云母同时存在。

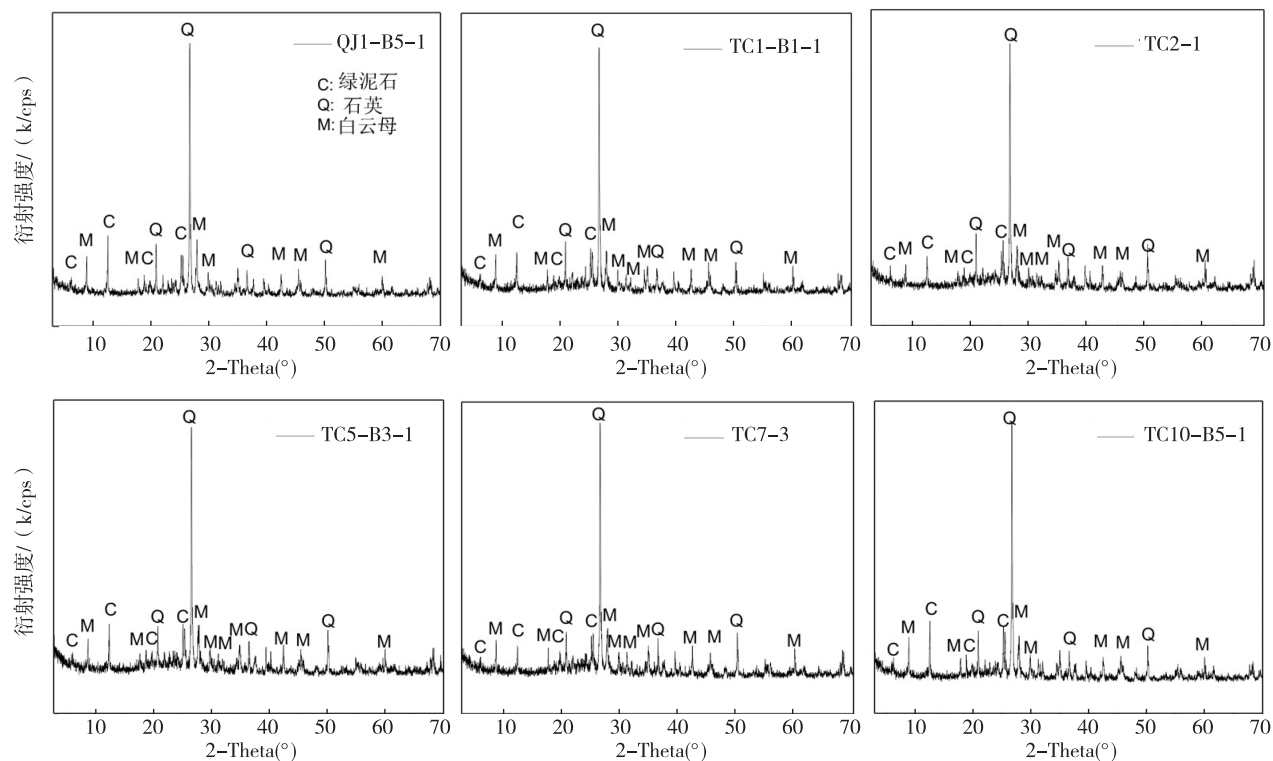


图 5 砚石 X-射线粉末衍射定性分析图谱

Fig. 5 Qualitative analysis diagram of ink stone powder by X-ray diffraction

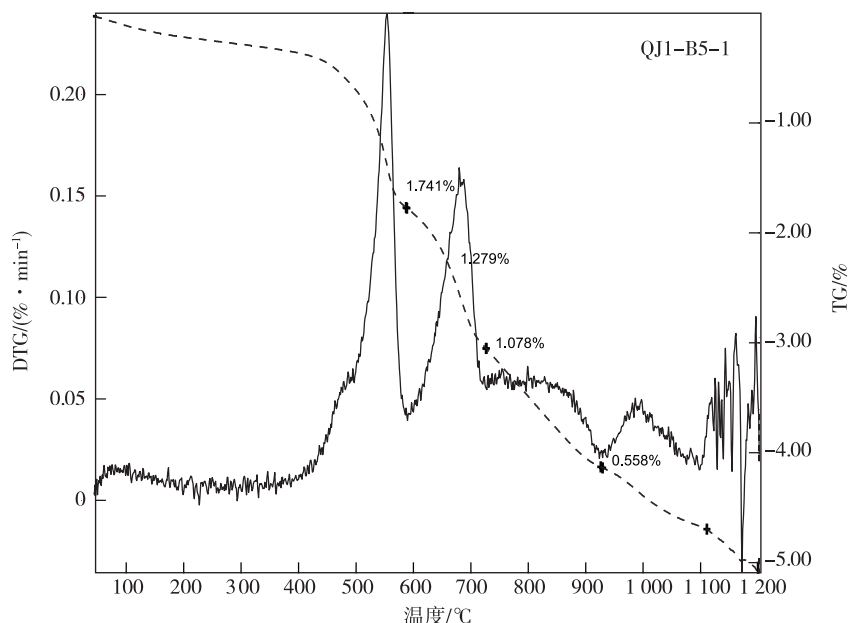


图6 砚石粉末样品热重分析曲线(QJ1-B5-1)

Fig. 6 Thermogravimetric curve of ink stone powder sample (QJ1-B5-1)

4.3 砚石成分及结构对品质的影响

根据砚石品级的分类标准^[20],石质的密度、细腻程度以及隔水性是影响砚石品级的重要依据。前人研究认为砚石的密度主要与绢云母和石英(包括石英粉砂)的含量有关^[17]。绢云母的密度为 2.77~2.88 g/cm³,石英的密度为 2.65 g/cm³,如果绢云母的含量大于石英的含量,则会提高板岩的密度^[16]。通过本次研究发现本区板岩中含有大量的绢云母,含量为 55%~75%(扫描电镜下观察),而较高密度的绢云母导致了本区板岩密度值介于 2.72~2.765 g/cm³ 之间^[18],高于普通板岩的平均密度(2.70 g/cm³)^[18]。因此,本区板岩可以成为较好品质的砚石材料,同时较高的密度可以使之具有良好的隔水性和工艺加工价值^[19]。

此外,具有良好的研磨性和细腻的结构 of 板岩才能成为优质的砚石材料^[19]。根据 X-射线粉晶衍射和扫描电镜的鉴定结果,石英在板岩中为粉砂状,这在一定程度上造成了该板岩具有较高的研磨能力,又兼顾到石材的细腻程度和隔水性。这样磨出来的墨才会均匀细腻又不损毫。大量呈显微鳞片变晶结构的绢云母和显微鳞片状绿泥石使板岩保持了细腻的质感和精细的纹理(“罗纹”)。这是歙县砚石发墨益毫、滑不拒笔、涩不滞笔的重要原因^[19]。相比两种板岩,由于石英含量和云母含量上

的区别,含粉砂绢云板岩比粉砂质绢云板岩更细腻,品质更佳。

5 结论

(1)X-射线粉末衍射结果表明,安徽歙县龙潭砚石板岩的主要矿物相为石英、绿泥石和白云母。

(2)热重分析结果显示:500 °C,绿泥石结构水脱除;800 °C以上,绿泥石、白云母分解,证明绿泥石和白云母广泛存在于砚石中,导致该区板岩具有更高的密度。同时这些矿物的存在使之兼顾了隔水性和研磨性,是造成歙县板岩能够成为高品质砚石的重要原因。

(3)高分辨带能谱 SEM 鉴定结果表明:砚石板岩中微粒金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、钛铁矿等,这些金属矿物微粒是歙砚最美大观“金星”的成因。

参考文献

- [1] 杨晓勇,周俊兰. 非物质文化遗产徽州的笔墨纸砚[J]. 人与生物圈,2017(5):42-45.
- [2] 程明铭. 中国歙砚大观[M]. 北京:北京大学出版社,2012.
- [3] 吴江海. 绩溪发现大型歙砚矿藏[N]. 安徽日报. 2006-07-18.
- [4] 傅广生,何永兰. 我国天然石砚的种类与开发[J]. 石

- 材,1996(4):33-34.
- [5] 曾严. 江南造山带东段新元古代历口群的沉积特征及构造意义[D].北京:中国地质大学(北京),2020.
- [6] 龚成强,张恒,丁孝忠,等. 皖南地区歙县岩群昌前岩组和昱岭关群井潭组凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志,2019,38(4):465-476.
- [7] 徐先兵,汤帅,李源,等. 江南造山带东段新元古代至早中生代多期造山作用特征[J]. 中国地质,2015,42(1):33-50.
- [8] 罗家元,王金泉. 安徽省歙县大阜地区金矿床地质特征及成因探讨[J]. 世界有色金属,2018(11):123-124.
- [9] 邓国辉,刘春根,冯晔. 赣东北—皖南元古代造山带构造格架及演化[J]. 地球学报,2005,26(1):9-16.
- [10] 胡军,余心起,曾严,等. 歙县—祁门断裂带南北两侧新元古代基底变质-变形差异及成因探讨[J]. 地质论评,2018,64(6):1339-1355.
- [11] 任明军,周俊兰,秦伟,等. 皖南歙县砚石板岩矿床地质特征及安全性研究[J]. 华东地质,2020,41(1):36-44.
- [12] 任鑫鑫,黄建东,洪天求,等. 安徽黄山地区侏罗纪、白垩纪地层序列研究新进展[J]. 地层学杂志,2017,41(2):209-215.
- [13] 任明军,周俊兰,秦伟,等. 皖南歙县砚石板岩赋矿层位地质特征及找矿方向:以双河口砚石矿床为例[J]. 安徽地质,2019,29(1):22-29.
- [14] 朱继存. 我国名砚石的品种特征及其岩石类型[J]. 石材,2000(9):41-43.
- [15] 翁望飞,王德恩,胡召齐,等. 安徽省休宁—歙县整装勘查区晚侏罗世逆冲推覆构造特征及其与成矿作用关系[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2020,50(5):1518-1538.
- [16] 柯宏飙,王金泉,丁勇,等. 皖南歙县新溪口岩体锆石 U-Pb 定年、地球化学特征及找矿前景[J]. 华东地质,2020,41(2):116-127.
- [17] 韩露,阳珊,朱江,等. 歙砚石金星金晕纹饰特点及其成因分析[J]. 安徽地质,2017,27(4):317-320.
- [18] 程金华,马冬. 绩溪县洪坑板岩砚石矿的岩性、成分、物理化学性能特征分析[J]. 安徽地质,2013,23(2):108-111.
- [19] 李志群. 中国南方砚石的品质研究[J]. 中国矿业,2000,9(2):17-20.
- [20] 中华人民共和国轻工行业标准.GB/T 1751—1993 石砚[S].北京:中国标准出版社,1993.

Study on mineral spectral characteristics of ink stone slate in Shexian County, southern Anhui Province

WANG Chuantian¹, REN Mingjun², QIN wei², YANG Xiaoyong³, CAI Yitao⁴

(1. Xuancheng Institute of Products Quality Supervision and Inspection, Xuancheng, 242000, Anhui, China;

2. No.332 Geological Team, Anhui Bureau of Geology and Mining, Huangshan, 245000, Anhui, China;

3. School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026, Anhui, China;

4. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China)

Abstract: The ink stone deposit in Longtan area of Shexian County, Anhui Province occurred in the black slate of the Daguyun Formation, dominated by silty sericite slate and silt-bearing sericite slate. Based on systematic petrological and mineralogical identification, scanning electron microscope observation, X-ray powder diffraction and thermogravimetric analysis (TGA) were undertaken for the two types of ink stone slate. The results show that the mineral compositions of the rocks are quartz and feldspar, and the microstructure is microphyllum structure. The main mineral facies of the slates are quartz, chlorite and muscovite. Thermogravimetric analysis indicates widespread occurrence of chlorite and muscovite in ink stone, which results in a higher density of the slate in the area. The existence of these minerals makes the ink stone both water-repellent and abrasive, which are the important properties for that Shexian slate can be made into high quality inkstone. Through high resolution scanning electron microscope (SEM) identification, these metallic particles mainly contain pyrite, chalcopyrite, ilmenite, etc., which are the origins of

“Venus”, the most beautiful view of the ink stone. Compared with silty sericite slate, silt-bearing sericite slate has higher mica content, finer stone texture and better quality.

Key words: Ink stone mineral resources; X-ray diffraction; Scanning electron microscope; Thermogravimetric analysis; Shexian, Anhui

• 成果快讯 •

赣南里若地区新发现花岗伟晶岩型稀有金属矿床

中国地质调查局南京地质调查中心承担的“钦杭成矿带武宁—平江地区钨铜多金属矿地质调查”项目,通过赣南赣县—宁都重要远景区矿产调查工作,在南康里若地区实现了找矿突破和新发现。通过野外地质调查、大比例矿产专项填图、探槽揭露及钻探验证,在里若重点检查区地表圈定花岗伟晶岩脉体 96 条,钻孔共揭露 121 条,脉体真厚度为 0.8~2 m,最厚达 10 m,矿体地表出露宽度 0.5~12 m,延伸达 0.5~2 km,矿体中 BeO 品位 0.13%;Nb₂O₅ 品位 0.078%;Ta₂O₅ 品位 0.031%。矿体形态上呈舒缓波状展布,延伸较为稳定,轴夹角总体 40°~79°,铍矿预测资源量达到中型以上规模。

花岗伟晶岩脉呈 NNE 向展布,受背斜影响。赋矿围岩为震旦系—寒武系变质砂岩,赋矿岩石均为花岗伟晶岩脉,脉体在里海背斜两翼分布,显示出西多东少、西缓东陡的特征,具有枢纽位置脉体厚度大、延伸长,两翼薄、延伸短的特征。西翼脉体产状稳定,且出露较多,东翼产状较陡,延伸较短,脉体数量也较少。含矿花岗伟晶岩脉矿石矿物(图 1)主要有铌钽铁矿、锰钽铁矿、钽铁矿、绿鳞云母(锂云母)及绿柱石等,脉石矿物为石英、长石、云母及电气石等,脉体多发育钠长石化、硅化、云英岩化等蚀变。地表脉体分布面积广,深部仍具有较大的找矿潜力。

里若地区花岗伟晶岩型稀有金属矿床的发现,为区域新一轮关键金属矿产找矿预测指明了方向。总结该区成矿规律总结,分析加里东期花岗伟晶岩型稀有金属矿床成矿潜力,为实现赣南稀有金属找矿突破提供理论支撑。



图 1 钻孔中的含矿伟晶岩脉体