

中国歙砚的自磨刃发墨理论

郑 徽

(北京大学地质系)

汪永龙 杨 震

(安徽歙砚厂)

关键词 歙砚、自磨刃、发墨、二维刃、砚锋

歙砚源于安徽歙县,系使用原歙州所辖的今江西省婺源龙尾山所产的板岩、千枚状板岩雕制而成。歙砚质地坚润,发墨如油,贮墨不涸,雕工精巧,在晚唐已成为上献帝王之文房贡品,而今名誉四海,是海内外各界人士所最为珍视的中国四大名砚之砚种。

砚是中国人民的伟大创造。在历史上,人们对砚作过大量的直觉性的描述研究,近年来,地质界对砚做过一些野外地质调查和偏光显微镜下的岩石鉴定工作^[1]。本文对歙砚砚石产地进行了地质考察,采集了系统的地层标本和各种砚石标本,经偏光显微镜、X射线物相分析、电子显微镜、X射线能谱分析和电子探针等多项实验研究之后,首次正确地确定了歙砚砚石的矿物组成,指出了使砚石呈绿黑色的色素矿物以及砚石比重大于2.7的原因。本文还揭示了歙砚的发墨机制,提出了自磨刃发墨理论,这是关于砚的第一个理论。

一、砚石的一般性质和矿物组成

歙砚砚石是前震旦纪的一套复理石建造中轻变质的板岩、千枚状板岩,苍黑色,以水浸之显青黑色,光泽暗淡,当砚石中云母、绿泥石依稀可辨时,呈似珍珠样光泽。平均比重为2.9,大于世界各地所产的板岩比重(< 2.7 ,个别达2.8)。由于砚石矿物细微,难于获得准确的显微硬度,据不完整压痕计算,显微硬度为 $100-400\text{kgmm}^{-2}$,相当于摩氏硬度3—4。

镜下观察,砚石主要由云母、绿泥石和石英构成,还有少量酸性斜长石和极少量电气石-锆石等,有时还有氢氧化铁渲染于矿物颗粒之间。在多数情况下,80%以上矿物颗粒粒径在 $0.01\text{mm}(10\mu\text{m})$ 左右,云母粒径更小,在 $1-10\mu\text{m}$ 之间。

根据X射线物相分析和电子探针、电镜的X射线能谱(有ZAF修正)分析资料,确定砚石中云母为多硅白云母,其化学结构式简写为 $\text{K}_{0.6}(\text{Fe}_{0.15}\text{Al}_{1.86})(\text{Al}_{0.76}\text{Si}_{3.24}\text{O}_{10})(\text{OH})_2$,其中四面体内硅原子数为3.24, $\text{Si}:\text{Al} > 3:1$, $d_{000} = 1.507\text{\AA}$,属二八面体 2M_1 型云母; $c_0 = 9.958\text{\AA} \times 2$,比白云母 c_0 小,这是铝被硅替换以后键力增强所致; $b_0 = 9.026\text{\AA}$ 。

在Foster绿泥石分类表中,砚石中绿泥石应为蠕绿泥石,其化学结构式简写为 $(\text{Mg}_{0.8}\text{Fe}_{2.5}\text{Al}_{2.2})(\text{Si}_{2.4}\text{Al}_{1.6}\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ 。式中,四面体内的硅原子数比较稳定,六配位的铁原子数在1.8—2.5之间变动,可能和分析误差有关。蠕绿泥石为黑绿到黑色,与它的含铁量有关。双目镜下,黑色矿物即为蠕绿泥石,它是歙砚呈苍黑色的主要色素矿物。

用线长统计法得多硅白云母,占50—60%,蠕绿泥石占20—30%,石英占20—30%,长石

本文1987年10月30日收到。

占 1—2%, 余者小于 1%。

二、砚石的化学成分和原岩

各种歙砚砚石的化学成分大致相同, 表 1 列有二种典型的砚石化学全分析结果。由表 1 可见, Al_2O_3 含量较高, 铁含量也较高, 全铁含量达 6% 以上, $\text{K}_2\text{O}:\text{Na}_2\text{O}$ 的比值约为 2, 故砚石属富钾岩石。现将砚石化学成分的 Niggli 系数投影到四面体图上, 可推出它的原岩为粘土岩。在 KAF 图上, 砚石明显地属于含铁的绿泥石——蛭石型粘土岩^[3]。据叶大年的研究^[4], 多硅白云母中四面体点位的硅的含量遵从 Thompson 定律, 是温度和压力的函数, 同时, 在硅替换铝以后, b_0 值发生变化。据此, 利用 Velde 曲线, 得到砚石的形成温度为 $300^\circ\text{—}400^\circ\text{C}$, 压力为 3—6kbar。

表 1 砚石的化学成分

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O^+	H_2O^-	P_2O_5	总计
鱼子纹砚石	63.59	0.85	18.36	1.76	4.30	0.13	1.67	0.72	1.59	2.00	2.89	0.04	0.26	100.53
水浪金星砚石	63.55	0.85	17.07	1.56	4.75	0.10	2.07	0.29	1.06	3.71	3.30	0.04	0.23	99.52

三、歙砚的发墨机制和自磨刃发墨理论

发墨的实质是砚面切割墨体, 因此, 砚是切割工具。刃是切割工具的关键部位, 是决定切割效果的主要因素。从几何上看, 刃的形态有四类: 零维(点型)刃, 如锥子的尖端; 一维(线型)刃, 如刀具的刀刃, 它可以是直线形, 也可以是曲线形; 二维(面型)刃, 如锉刀的锉面; 三维(体型)刃, 如狼牙棒的棒面。显然, 砚面是二维刃。二维刃由锋构成的, 锋有零维(点状)锋, 一维(线状)锋和局域二维锋(面状锋)。砚面上的锋称为砚锋, 对歙砚砚锋扫描电镜观察和分析表明, 优良的歙砚砚面的锋都是曲线状的, 常见的是鱼鳞状砚锋(图 1, 2)和花瓣状砚锋(图 3)、折线状砚锋(图 4)。此外, 还见有点状锋。一般说, 多硅白云母和蛭绿泥石多呈曲线状砚锋, 石英则呈点状砚锋。砚锋形态和墨的切割效果和速度有关。

今定义砚锋密度

$$\rho = \frac{\sum l_i}{S_i},$$

S_i 是 i 区域的面积, $\sum l_i$ 为 i 区域内线状锋的总长度, ρ 的单位为 μm^{-1} 。若有点状锋, 则定义 $\rho = \sum N_i / S_i$, $\sum N_i$ 为 i 区域内点状锋总数。该参数表达了砚面上砚锋间距, 决定着切割墨体的墨粒粒度大小, 因此, 砚锋密度和发墨质量密切相关。根据扫描电镜照片的测量结果, 将歙砚砚面刃分为四类:

$\rho < 0.6$ 疏锋型; $0.6 < \rho < 1$ 中锋型;

$1 < \rho < 1.5$ 密锋型; $\rho > 1.5$ 高密锋型。

中锋和密锋面型刃的砚锋间距在 $1\mu\text{m}$ 左右, 它们切割墨体所得到的墨粒为 μm 级, 呈似胶状, 即“发墨如油”; 用高密锋型刃所得到的墨粒更细, 但切割速度变慢, 即“滑感”; 用疏锋型刃所得到的墨粒较粗, 多在 μm 级以上, 即“粒感”。

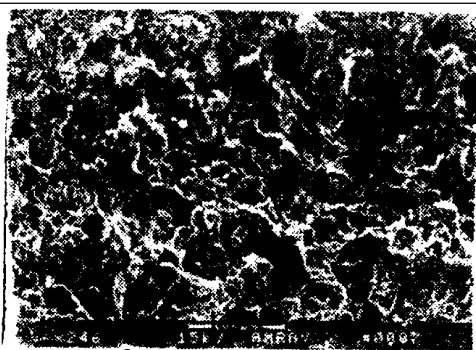


图1 似鱼鳞状砚锋

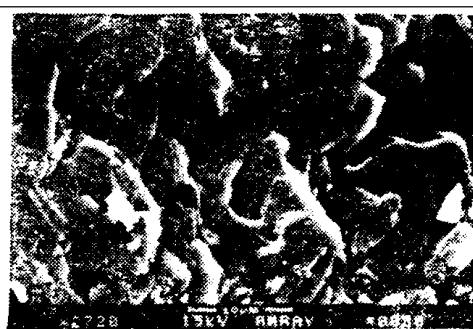


图2 鱼鳞状砚锋

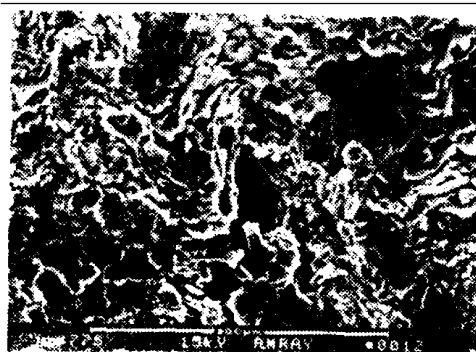


图3 花瓣状砚锋



图4 折线状砚锋

由以上分析可知,歙砚的发墨效果决定于砚面的矿物组成,砚锋形态和砚锋密度,这一原理称为砚的发墨原理。

歙砚砚面主要由多硅白云母、蠕绿泥石和石英构成。层状矿物的(001)面与砚面斜交,从 20° — 60° , (001)面内化学键很强,且晶片的厚度仅数 μm 或更小。晶片是一种刚性很强的锋利刀锋,能以顺利地切割墨体。石英呈点状锋,犹如人之犬牙,有利于处理墨体中个别硬物。由于砚锋呈叠瓦状排列,几乎所有矿物都被连锁起来,成为一个整体,它抵消了层状矿物的(001)面易于解理性能,保护了片状矿物。一般说,线状或点状锋经过一段研磨之后,会变钝而逐渐不能再起切割作用,即不同时刻,其切割效果是不同的,或者说,砚面的切割性能是不稳定的。然而,歙砚砚锋不同,由片状矿物构成的砚锋,呈叠瓦状排列,在长期使用过程中,虽然它可以受损伤,但不会失去切割性能。由于片状矿物与砚面斜交成一条线,即线状锋,若某一水平上的线状砚锋消失,另一水平上的线状砚锋将自动地出现。所以,歙砚的砚锋是天然的。不是人为的。在使用过程中,原砚锋不断消失,新砚锋又不断产生,故歙砚砚锋具有自磨性质。事实证明,百多年的旧歙砚,其砚锋如同新歙砚一样,具有优良的发墨效果。

以上关于发墨原理和砚锋的自磨性总称为歙砚的自磨刃发墨理论,它是第一个有关砚的理论,可用于评价砚石的内在质量。另外,有关刃的分类对切割刀具的设计将有指导意义。

致谢:感谢叶大年教授、应育浦同志对原稿提出宝贵建议。

参 考 文 献

- [1] 歙县第二轻工业局,歙砚志,1986.
- [2] Deer, W. A. et al., *Rock-forming Minerals*, 1962.
- [3] 贺同兴,变质岩石学,地质出版社,1980.
- [4] 叶大年等,科学通报,24(1979),5: 210—217.