

粤北大沟谷地区韧性剪切带中 钠长石化与金矿化的关系^①

朱 大 岗

(中国地质科学院地质力学研究所)

摘 要 本文对粤北大沟谷碎裂钠长石岩型富金矿床的地质特征进行了初步总结。概括了韧-脆性剪切带的宏、微观特征和演化趋势,论述了剪切带中的钠长石化与金矿化的关系,把钠长石化划分为3个阶段和5个期次,并叙述了不同发展阶段钠长石的构造条件、结构构造、含矿性和蚀变特点,归纳出含矿钠长石岩的基本特征。

关键词 剪切带 钠长石岩 金矿床

1 矿区地质与矿床地质概况

粤北大沟谷钠长石岩型金矿,在区域构造上处于粤北山字型前弧西翼、吴川—四会 NE 向大断裂北东段,与南岭纬向构造体系中佛岗—丰良 EW 向构造带西段的复合部位,产于加里东期低绿片岩相的变质岩——震旦系乐昌峡群地层中(图 1),以区域浅变质岩为主,叠加热动力变质的碎屑岩建造。地层从下至上可分为3个岩性段:第1岩性段(Z_2l^1)为云母石英片岩和黑云母石英片岩;第2岩性段(Z_2l^2)以黑云母石英片岩为主,夹二云母石英片岩;第3岩性段(Z_2l^3)为二云母石英岩和变质砂岩^[1]。岩层走向 NNW,总体倾向 SW,倾角 $30^\circ\text{—}45^\circ$,片理、小揉皱发育。印支期—燕山期构造活动强烈,宏观可见高角度 NNW 向韧-脆性断裂(F_{N} 、 F_{N} 、 F_{N})、近于平行岩层产状展布的低角度滑移断裂(F_{N} 、 F_{N})和 NNE 向压扭性断裂(F_{NE}) (表 1)。早期变形变质环境(印支晚期)为韧性,带内发育糜棱岩系列的岩石,晚期(燕山期)为脆性,带内发育碎裂岩系列的岩石。大沟谷碎裂钠长石岩型金矿产于韧-脆性剪切带中,赋矿围岩为震旦系乐昌峡群第2岩性段,成矿时期为燕山期^[2]。

主要含金岩脉为3条大致平行的含矿带,即高角度韧-脆性剪切带(XI、XII、XIII 矿化带)。每条宽 20—80m,长约 1km,呈 $320^\circ\text{—}340^\circ$ 方向展布,倾向 NE(局部 SSW),倾角 $70^\circ\text{—}90^\circ$ 。这3条剪切带在平面和剖面上大致平行,水平间距 20—100m,以黄铁矿化钠长石岩为主,其间夹有碳酸盐岩层。岩石挤压破碎,由片理化带、糜棱岩带、碎裂岩带组成,矿脉呈大小不等的透镜体分布其间。

黄铁矿化钠长石岩中金最高品位达 1166g/t,平均为 10—80g/t,以碎裂黄铁矿化钠长石岩含金最高^②。主要矿石矿物为黄铁矿、自然金。自然金粒度一般在 0.005—1mm 之间,最

① 本文为地质行业科技攻关项目研究成果的部分内容。

② 杨开庆等,粤北动力成岩成矿与金矿预测研究,1990。

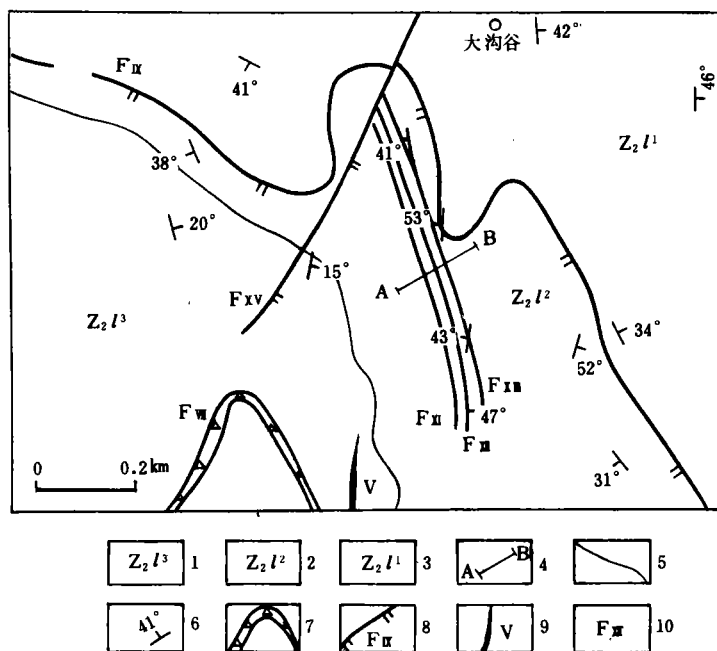


图 1 粤北大沟谷地区地质构造简图

Fig. 1 Tectonic sketch map of Dagougu area, the north Guangdong province

1. 震旦系第 3 岩性段; 2. 震旦系第 2 岩性段; 3. 震旦系第 1 岩性段; 4. 构造剖面位置;
5. 地质界线; 6. 岩层倾向及倾角; 7. 断层角砾岩; 8. 低角度压扭性断裂及编号;
9. 含金黄铁矿石英脉及编号; 10. 含金韧-脆性断裂及编号

表 1 大沟谷金矿区主要构造带的基本特征

Table. 1 Essential features of the main tectonic zones in Dagougu gold-ore area

主要构造带	产 状	宽 度 (m)	长 度 (m)	主要岩性	力学性质	活动时期
低角度滑移断裂 (FⅥ、FⅦ)	NNW/SW ∠18°—35°	2—20	>1000	钠长石石英岩、糜 棱岩化石英岩、白 云质灰岩	以扭为主兼 压性	印支期—燕山期
高角度韧-脆性 断裂 (FⅡ、FⅢ、FⅣ)	NNW/NE (局部 SSW) ∠70°—90°	20—80	>700	钠长石岩 白云质大理岩 千糜岩、糜棱岩	压扭为主,晚 期略显张扭 或张性	印支期—燕山期
NNE 向压扭性 断裂 (FⅤ)	N20°—35°E/SE ∠42°—60°	3—30	>500	角砾岩 碎裂岩 糜棱岩	压扭性	燕山期

大可达 2mm。金成色高(98.2—99.93%),含银极微,约 0.07—1.70%。其它金属矿物有黄铜矿、辉银矿、磁黄铁矿、黑钨金矿、闪锌矿、氟碳铈矿、褐铁矿等。非金属矿物主要有钠长石、石英、白云石、黑云母、正长石、绢云母、方解石、高岭石、石墨等。

2 韧-脆性剪切带构造特征

2.1 宏观地质特征

宏观所见韧-脆性剪切带,早期显韧性,晚期为脆性,其地质特征可以从构造剖面中反映出来(图 2),主要有以下特征^[3]:

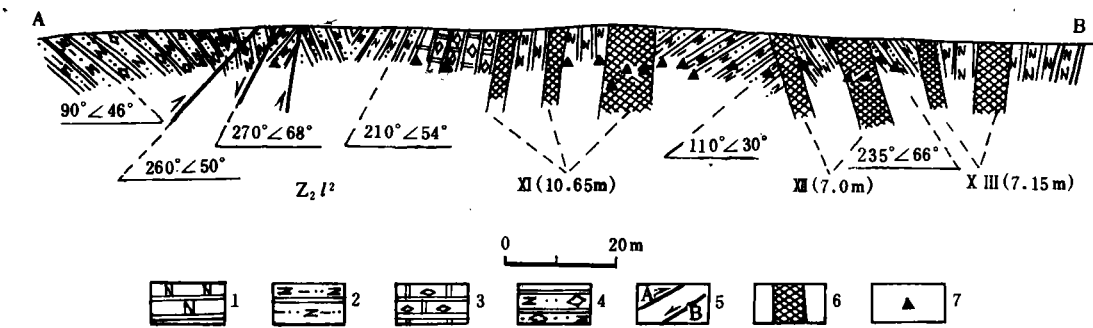


图 2 大沟谷钠长石岩型含金构造带(A—B)剖面图

Fig. 2 Tectonic profile of the auriferous albitite, Dagougu

1. 钠长石岩;2. 云母石英片岩;3. 白云石大理岩;4. 钠长石化大理岩化云母石英岩;
5. 压扭性断裂(A)、张扭性断裂(B);6. 含金矿脉编号及厚度;7. 采样点

(1) 在韧-脆性剪切带中,剪切断层主要有 3 条,相互平行并成群产出,故高应变带与低应变带相间出现,而在韧性剪切带两侧,常发育有共轭剪切断层。

(2) 线性延伸的强直面理带发育,表现为新生面理在韧性剪切带内平行排列和延伸。先期的层理(S_0)、流劈理(S_1)大都被新生的糜棱岩中的 S_c 面理所置换(图版 II-1)。在蚀变钠长石岩中常见与 S_c 面理平行的平直光滑的扭裂面。

(3) 发育有一系列糜棱岩化岩石,具明显的分带性和线状分布的特征。在高应变带内的碎裂钠长石岩中,往往夹有千糜岩,向两侧逐渐过渡为糜棱岩,再向外则渐变为云母石英片岩。

(4) 在高应变带中常发育有波状褶皱、剪切透镜体、鞘褶皱(图版 II-2)、伸展流动和挤压流动构造,以及韧性牵引所形成的各种弧形或 S 形构造。

(5) 岩石以塑性形变为主,原岩中的矿物被压扁拉长、定向、扭曲,呈不同形态与规模的褶皱、揉皱,重结晶作用、千糜岩化明显,动力作用强烈地带可见条带状构造。沿剪切带伴有晚期脆性形变,如岩石破裂、搓碎、粒化等。

2.2 显微构造特征

韧-脆性剪切带的宏观与微观构造特征具有相似性,特别是在微观领域中构造特征更加显著,主要表现在以下几个方面^[4]:

2.2.1 矿物的塑性形变 发生在韧性剪切的主幕,大部分是由于矿物晶格位错或发生塑性流变而产生。如钠长石压扁拉长、定向排列形成的条带状构造,其中叶片状、纤维状钠长石长宽比可达 1:12 以上(图版 II-3);云母类矿物发生扭曲、褶曲;石英出现变形纹和变形带、拔丝结构,并见有强烈波状消光;钠长石碎斑及不对称结构、拖尾结构,由细粒钠长石和纤维状钠长石组成的单斜对称压力影构造等。

2.2.2 矿物的相变效应 在剪切应力作用下,岩石中产生了一些新相矿物。最主要的形式—是由压溶作用和重结晶作用产生的晶体加大而形成环带钠长石,一般可见 2 层环带,个别可出现 3 层环带,晶体外形不规则,有继续生长的趋势;二是钠长石晶体同时出现钠长石律和肖钠长石律双晶,形成棋盘格状钠长石^[5];三是正长石微斜长石化和条纹长石化^[6]。此外,还见有大量应力矿物,如鳞片状绿泥石沿片理方向生长等。

2.2.3 矿物集合体的特征 除矿物颗粒本身的形变与相变外,矿物集合体的结构构造也能反映韧性剪切的特点。如眼球状构造、不对称透镜体构造、单斜对称压力影构造(图版 II -4)、条带状构造、显微褶皱构造和核幔构造等。

2.2.4 矿物及集合体的碎粒化作用 这种情况主要见于韧性剪切带内的高应变区。矿物及其集合体一是在扭应力碾磨、搓碎作用下形成;二是由动态重结晶作用所致。根据矿物及其集合体碎粒化的程度差异,可将其分为 3 级:碎斑 $>0.2\text{mm}$,碎粒 $0.2\text{—}0.02\text{mm}$,碎粉 $<0.02\text{mm}$,而以前 2 级为主。

2.2.5 岩组分析 韧性剪切带中测得云母石英片岩的石英组构优选方位明显(图 3),有几组不同方向的极密,形成不完全环带,属 R 型组构,示光轴曾产生旋转滑动,光轴沿几组方向滑移而集中,与该区宏观构造多期次活动的特点是一致的。

2.2.6 矿物的脆性形变 矿物的脆性形变发生于韧性剪切作用的晚期,碎裂晶粒是常见的现象,由几组不同方向的张裂纹和扭裂纹切割而成,多呈 X 形块体(图版 I-5),构造动力进一步作用,可形成透镜体状或沙钟构造。如钠长石沙钟、石英透镜体等。

从上述大沟谷韧-脆性剪切带的宏观、微观特征及其伴生的小构造特征来看,该韧性剪切带总体上为右行扭动,表明两侧岩块的运动方向为顺时针滑动。

2.3 韧性剪切带的演化特征

从宏观与微观构造特征研究中可以看出,该韧性剪切带经历了从韧性 $\rightarrow$ 脆性形变的演化过程。这种演化具体表现为以下几个方面:

(1) 在具有韧性形变的钠长石岩中,可见晚期脆性形变的张性微裂隙、张性角砾,有些菱形块体属张剪性质;晚期有充填钠长石、碳酸盐的张性、张扭性裂隙穿插或切割早期韧性条带。

(2) 具韧性形变的钠长石岩,尤其是含矿钠长石岩,多显示碎裂化作用,具明显的张性、张扭性的棱角状钠长石或其集合体的显微角砾,其中常包有早期韧性形变残留物,如千糜岩化糜棱岩等。显微镜下常可见压扁拉长塑性形变的钠长石,被晚期张性梳状脉或张扭性细脉切割的现象。

(3) 含矿钠长石岩中多见角砾状矿石,特别是其中的黄铁矿产生强烈的碎裂化,形成普遍的压碎结构、碎斑结构。富矿石或较富矿石均具有明显的碎裂构造痕迹。

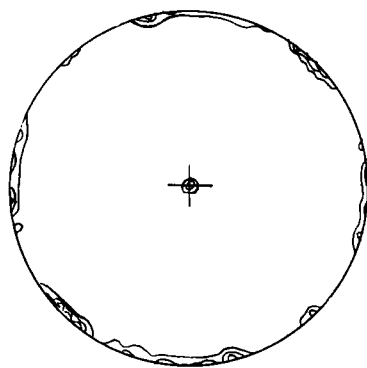


图 3 云母石英片岩中石英光轴等密线图(0—0.5—1—2)

Fig. 3 Contours of the quartz optical axes in the mica-quartz schist

3 钠长石化与金矿化的关系

钠长石化是大沟谷金矿区钠质交代作用的主要形式^[7]。在大沟谷云母片岩分布区的韧性

剪切带中,由于动力作用导致局部热液活动增强,这种钠长石化表现得更为强烈。不同期次的钠长石化交代云母片岩,从剪切带边缘向中心,钠长石含量由 5%增至 90%以上,形成一系列钠化岩石。如钠长石化云母片岩、含云母石英钠长石岩、块状钠长石岩等(图 2)。在这些岩石中,钠长石不但呈变斑晶出现,而且在岩石的细粒部分也有出现。金矿与多期次钠长石共生,形成特征的富金钠长石岩型金矿床,或称大沟谷式金矿床。

3.1 钠长石化的期次划分与金矿化

钠长石化主要发育在高角度韧-脆性剪切带内及其两侧,具普遍性和多期性。根据野外产状、形貌特征。宏、微观相互交截关系和显微构造特点,可将大沟谷地区钠长石化分为成矿前成矿期和成矿后 3 个阶段和 5 个期次(表 2)。

3.1.1 成矿前 成矿前的钠化,即第 1 期钠长石化(Na_1),与区域动力变质作用初级阶段相伴生,它是由含泥砂质粉砂岩转变为绢云母、白云母片岩→二云母片岩→黑云母片岩的过程中而产生的。钠化主要发育在二云母石英片岩、糜棱岩化片岩和千糜岩化片岩中,多数分布在韧性剪切带两侧或 3 条含金钠长石岩脉之间,以微细粒镶嵌状钠长石为主,自形差、无双晶,表面较混浊,主要由粘土物质钠化产生,受动力作用反映不明显,仅见有少数晶粒示弱波状消光现象。不含金。在片岩中多与他形细粒石英相伴生,沿片理聚集呈似条带状分布(图版Ⅱ-1)。

3.1.2 成矿期 成矿期的钠化构成钠长石岩的主体,与韧性剪切作用的主幕相伴,并持续到脆性变形作用阶段。按生成顺序可划分为 3 个期次。

表 2 不同期次钠长石的主要特征
Table 2 Main features of the different stage albites

阶 段	期 次	晶体形态	双晶类型	特征结构构造	形变特点	次生变化	含 矿 性
成矿前	Na_1	他形微细粒状	不 显	镶嵌结构	弱波状消光 略有扁长定向	粘土化	不含金
成 矿 期	Na_2	细叶片状、纤状	聚片双晶发育	揉皱、微褶皱	扭曲、波状消光、拔丝结构	粘土化 绢云母化	微粒金
	Na_3	细粒状	可见钠长石双晶	镶嵌结构 云雾状构造	扁长定向 波状消光	细粒白云石化	间隙金
	Na_4	中—中粗粒状	钠长双晶 卡钠双晶	半自形粒状 结构	弱波状消光 少量变形纹	粗粒白云石化	明金、填隙金
成矿后	Na_5	他形细粒状	不 显	镶嵌结构	不 显	方解石化	不含金

第 2 期钠长石化(Na_2)与变质程度较高的黑云母片岩相伴生,是交代黑云母的产物。多为细叶片状、纤维状(图版Ⅱ-3),常聚集在一起呈定向或条带状分布,具明显压扁拉长,集合体呈波状消光现象,常见扭曲、揉皱构造,显示韧性剪切特点。晶体表面混浊,含有较多固、液相包裹体和微粒金。该期钠长石化的典型特征是与石墨化相伴生。

第 3 期钠长石化(Na_3)是在第一期钠长石化(Na_1)的基础上进一步发展而形成的。以他形细粒状钠长石为主,具镶嵌结构,常见钠长双晶,但不发育,表面多混浊呈云雾状。钠长石晶粒有韧性变形,常见压扁、拉长和定向排列,长宽比一般为 1:1.5—1:3 左右,波状消光明显,晶体中往往含有较多包体(以固态为主)(图版Ⅱ-4)。这期钠化常与第一世代碳酸盐化生成的细粒白云石共生,以脉状产出,显微镜下可见含有微细粒金、间隙充填状金。

第4期钠化(Na_4)以他形一半自形、中一中粗粒状钠长石为主,具中粗粒变晶结构,少数晶粒有次生加大现象;钠长双晶和卡钠复合双晶常见,表面清洁,常与正长石、微斜长石和条纹长石共生(图版Ⅱ-5)。黄铁矿化发育且多呈脉状产出。该期钠长石化的典型特征是与第二世代碳酸盐化生成的中粗粒状白云石共生。金为微细粒—细粒状、填隙状,少数粒径可达1mm,肉眼可见。

3.1.3 成矿后 成矿后的钠化为第5期钠长石化(Na_5)。呈他形微细粒—细粒状,多呈较不规则的细脉切割 Na_2 、 Na_3 、 Na_4 (图版Ⅱ-6);具镶嵌结构,表面干净,不显双晶和解理,常与第三世代碳酸盐化形成的方解石伴生,受构造动力作用反映不明显,不含金。

3.2 含矿钠长石岩的基本特征

大沟谷韧-脆性剪切带中的钠长石岩,可分为含矿和不含矿两种类型,其差异有4(表3):

表3 两种钠长石岩的主要区别

Table 3 The main distinction between two type of albitites

类 形	钠 化 期 次	结 构 构 造	特 征 蚀 变	应 力 状 态
含矿 钠长石岩	以 Na_2 、 Na_3 、 Na_4 为主, 可见5期钠化	似条带状构造,碎裂结构, 糜棱结构,半自形或他形粒状结构	高岭土化、帘石化、白云石化、黄铁矿化、石墨化、萤石化	压性→压扭性→张扭性较强烈
不含矿 钠长石岩	Na_1 、 Na_3 、 Na_5 为主,多数为2期	块状构造,不等粒镶嵌结构	绢云母化、微斜长石化、碳酸盐化	压性、较弱

(1) 钠长石化发育程度的差异。含矿钠长石岩经历了多次钠长石化,从 Na_1 — Na_5 均可见到,尤以 Na_2 — Na_4 表现得最为明显和强烈;而不含矿者仅见二次钠化,最多只有三次,且不很发育。另外,不同期次钠长石化的含矿性也有差别, Na_2 、 Na_3 以微粒金或微细粒金、间隙金为主; Na_4 以含金或填隙状金为主,表明随着钠化的增强金的含量亦增高,即钠化强度与金矿化成正比。

(2) 构造动力作用的强度和力学性质差异。含矿钠长石岩受动力作用表现为,从压→压扭→张扭的力学性质转化,结构构造也从定向构造→片状构造→似条带状构造→条带状构造→似角砾状构造;从等粒结构→粒化结构→糜棱结构→碎裂结构的转变,反映出动力作用的多期次和多阶段性。钠长石晶体呈定向、显微揉皱、拔丝结构、压力影构造、棋盘格状构造、沙钟构造、环带构造、波状消光以及正长石微斜长石化和条纹长石化等形变相变现象十分发育,表明动力作用相当强烈;而不含矿者对动力作用的反映相对较弱,应力的性质以压应力为主,结构构造以块状构造、不等粒镶嵌结构为主。

(3) 矿化蚀变类型的差异。含矿钠长石岩矿化蚀变具有多样化特点,从绢云母化、绿泥石化、电气石化、硅化、大理岩化到特征的高岭石化、石墨化、黄铁矿化、萤石化、白云石化、绿帘石化等,经历了多次多阶段的矿化热液蚀变。不含矿者以绢云母化、微斜长石化、碳酸盐化为特征,蚀变弱且不发育。

(4) 两者所处的构造部位不同。含矿钠长石岩多处于韧-脆性剪切带的高应力集中区及其复合部位。如两组X型扭裂交叉带、追踪裂隙带、应变滑劈理密集滑动带、挤压片理带,以及与韧性剪切带相伴生的张性裂隙中,表明金矿的富集与韧性剪切晚期松弛作用引起的张性、张扭

性应力的活动有关;不含矿者则处于相对的低应力区内。如韧-脆性剪切带的边缘区或韧性剪切过渡带中。

4 几点认识

(1) 韧性剪切带往往缺乏明显的破裂面,以及一般断层的许多标志,其内部的变形和两侧(盘)的位移,主要是通过岩石的韧性流变或剪切应变完成的,因而认识韧性剪切带有一定的困难。从理论上讲,韧性剪切带的原始含义是指那种既有位移却无断裂,既有变形却非褶皱,分布于狭长地带中的带状构造^[8]。而普通所说的韧性剪切带实际上是指韧性断裂,即出现有破裂面的韧性剪切带。

(2) 近年来的研究表明,不同地层、岩类地区的韧性剪切带宏观和微观特征,既有共同点,也存在着差异。如在绿片岩相、绿帘石-角闪岩相及高级变质区的剪切带内,石英、云母、斜长石和正长石的显微构造都有不同的表现(Simpson, 1985)。绿片岩相剪切带内的糜棱岩颗粒度总体上是减小的,但在角闪岩相及更高级的变质环境中,由于应力恢复和重结晶作用,剪切带内粒度不一定减小^[9]。粤北大沟谷地区韧-脆性剪切带中的碎裂黄铁矿化钠长石岩就是一例。

(3) 粤北大沟谷钠长石岩型金矿带,无论宏观还是微观领域,都具有韧-脆性剪切带的基本特征,而带内的微观特征则更为显著,矿物从塑性形变→脆性形变、从简单晶体变形→强烈形变→相变,显示出韧性剪切带完整的演化过程。

(4) 从不同类型岩石的含矿性来看,一般当云母石英片岩遭受多期次韧-脆性剪切作用和多期次钠长石化后,含矿性较好;此外,含矿钠长石岩中黄铁矿化较强,并具碎裂结构、条带状构造,发育有白云石化、绿帘石化、萤石化、石墨化、高岭石化等蚀变时,金的品位较高。

(5) 一般来讲,第1期钠长石化(Na_1)与韧性剪切的初级阶段相伴生;第2期钠化(Na_2)为剪切应力最强阶段的产物;随着剪切应力的松弛并略转为张扭性时,产生第3期钠化(Na_3);第4期钠化(Na_4)具明显的张性特点;而第5期钠化(Na_5)则为韧性剪切最晚一次张应力作用的结果。

本文是“粤北大沟谷地区钠长石岩型金矿动力成岩成矿与金矿区预测研究”课题显微构造科研报告所作的总结,不当之处请指正。野外工作得到了广东省地矿局七〇六地质大队及李水林、陈思强、何凯松等同志的大力协助,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 张奋生等,粤北新洲地区乐昌峡群的层序和特征。广东地质,1991,6(4)。
- 2 彭少梅,粤北新洲地区推覆断裂系统中的碎裂钠长石岩型金矿床。地质找矿论丛,1991,6(12):40—51。
- 3 许志琴,地壳变形与显微构造。北京:地质出版社,1984。
- 4 刘瑞珣,显微构造地质学。北京:北京大学出版社,1988。
- 5 朱大岗、张瑞丰,构造动力作用下碱性长石的形变与相变研究。地质力学与地壳运动——地质力学开放研究实验室1991—1992年年报,北京:地震出版社,1993,107—118。
- 6 朱大岗,广东新田断裂带中碱性长石类矿物相变现象初探。地质力学研究所所刊,北京:地质出版社,1989,(13):241—250。
- 7 汪昭祥,简论双王金矿地质。贵金属地质,1992,1(2—3):169—173。

地质力学学报

地质力学学报编辑委员会

JOURNAL OF GEOMECHANICS

ISSN 1006-6616

ISSN 1006-6616
CN 11-3672/P

1995年

第1卷 Vol.1

第1期 No.1



9 771006 661007