

鞍本地区前寒武纪铁建造中阳起石的变形显微构造研究

崔文智

提 要 研究表明鞍山一本溪地区前寒武纪铁建造中的阳起石经受了褶皱或剪切变形作用,在相当于绿片岩相的温压条件下可形成波状消光,(001)裂理,扭折、机械双晶,重结晶等显微构造。由裂理及扭折带推导的一组滑移系为(001)[100],扭折造成的机械双晶具有 $S = 0.57$ 的剪切值,其双晶系统为(100)[001]。

关键词 前寒武纪铁建造 阳起石褶皱 剪切带 波状消光 (001)裂理 扭折 机械双晶 滑移系 双晶系统 针状阳起石

阳起石作为闪石族中的一种常见的矿物,到目前为止对其变形显微构造还未见有专文作过系统报导。其研究程度、无论在天然变形岩石中、还是在实验室中,都远远不及石英、橄榄石等矿物。目前,闪石族中,只有普通闪石是唯一进行过塑性特性研究的角闪石^[1],而阳起石等矿物的实验资料基本上是空白。

实际上,天然变形岩石中的阳起石,在一定温压条件下,将会形成复杂的微构造现象。

本文以鞍本地区太古宙铁建造中的有关变形岩石为例,论述阳起石的变形显微构造。这些岩石分别经受了褶皱或剪切变形。由于闪石族矿物各自具有特征的鉴定标志,在一般偏光镜下便能比较容易地区分出它们的种属,这就给研究工作带来了极大的方便。

一、地质背景

用于研究的一块标本采自大型紧闭同斜褶皱 F_1 翼部^[2],为磁铁阳起石英岩。其面理 S_1 发生层间剪切拖曳,形成一系列开阔紧闭的轴面方向稳定的小褶皱,并沿 S_1 方向分布有一层以颗粒粗大的黑绿色普通角闪石为主的暗色层。见图1。该标本记作 B_1 。另外一块磁铁阳起石英岩 B_2 采自歪头山铁矿北采场,其上紧闭同斜褶皱 F_1 的强烈发育导致了面理置换 $S_1 \approx S_0$,见图2。 B_3, B_4, B_5 标本采自铁矿褶皱翼部与其平行的韧性剪切带中(图3),为磁铁石英阳起片岩。

在对这些典型标本薄片进行系统观察测试的同时,我们还对比了区内的360块有关岩石标本薄片,其中包括一部分鞍山地区的。在此基础上,归纳了阳起石晶体的变形显微构造,讨论了阳起石变形的滑移系和扭折双晶系统,而变形引起的阳起石化学组成的改变以及机械双晶的详细研究将留待今后做深入工作。

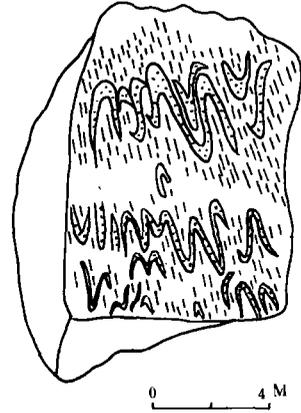
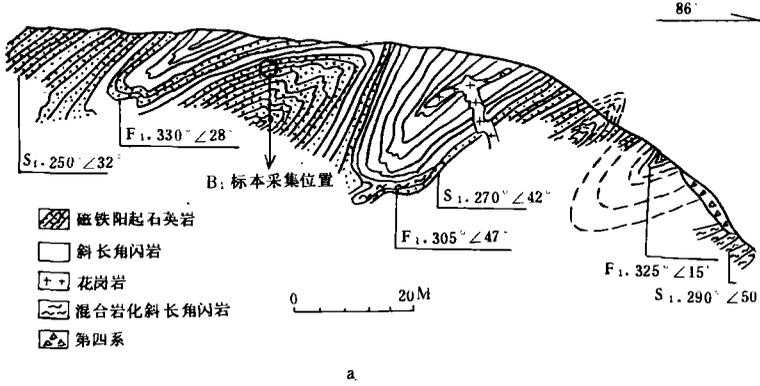


图2 B₁ 标本素描图(强烈的紧闭同斜褶皱作用导致面理置换 S₁ ≈ S₂。打点部分为石英脉。切片方向垂直于褶皱枢纽)

Fig. 2 Sketch of Sample B₁

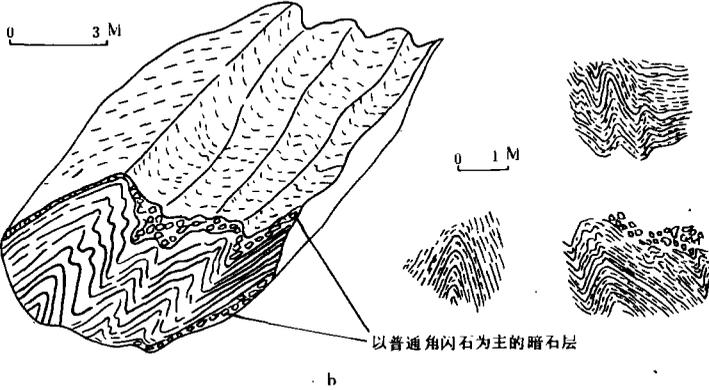


图1 朝仙岭铁矿 R₈₇ 点的实测地质剖面图(a)和 B₁ 标本的素描图(b)

Fig. 1 Geological profile of R₈₇ in Chao Xiangling Iron Mine (a) and sketch of sample B₁

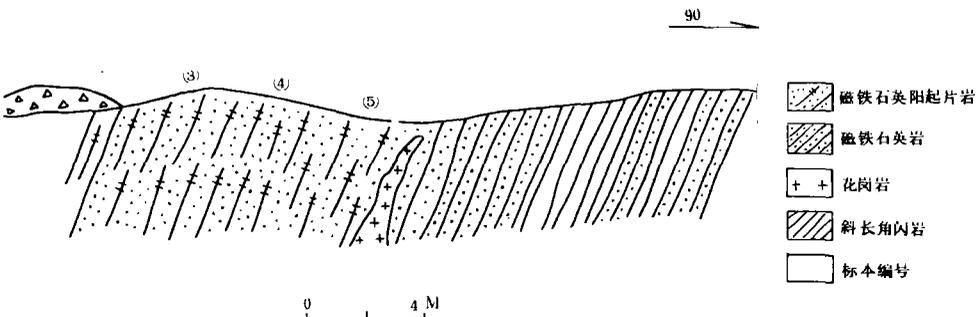


图3 韧性剪切带中标本 B₁、B₄、B₅ 采集剖面图

Fig. 3 Sampling section of B₁, B₄ and B₅ in a shear zone

二、变形显微构造

根据镜下阳起石塑性变形显微构造的系统观察测试和对比,就目前的认识,它们包括下述几种,波状消光,裂理,扭折,机械双晶等,而阳起石的重结晶将在下节单独论述。现分述如下。

1、波状消光

波状消光是阳起石晶格位错滑移弯曲的结果,在垂直或近垂直C轴的切面上表现明显。由于阳起石的双晶化以及干涉色的影响,波状消光容易被忽视,需仔细观察。

强烈的波状消光往往伴随解理畸变。在垂直C轴或近于垂直C轴的切面中,其上阳起石发育的两组角闪石式 $\{110\}$ 柱面解理经强烈变形后,总体面貌虽然还能辨认出来,但细节上已经变得模糊,解理缝变弯(照片1)。解理畸变是阳起石晶内塑性变形的直观表现,见于经受强烈应变的岩石中,如同斜褶皱的核部以及韧性剪切带中。

2、裂理

一般说来,透闪石—阳起石系列的矿物具有(100)裂理,另外还可有发育较差的(010)裂理⁽³⁾。除此而外,到目前为止,还未见有其它方向阳起石裂理的报导。在 B_1 薄片以及区内经受类似变形的岩石薄片,见到一组大量发育的阳起石裂理,光性测定证明,它们并不是(100)裂理,也不是(010)裂理,而是另外的结晶学方位。

裂理的镜下特征是,裂理缝细密平直,较阳起石解理缝直、细,直线状延伸,因此裂理面也是几何平面状的〔照片2〕。

显微构造证实,这组裂理是强烈变形的产物,它们是阳起石晶内变形的一种重要滑移面,而且经常表现为扭折(见下节),它的形成与扭折带同时或略早于扭折(图4)。

裂理的发育直接受应变大小的控制,高变形部位形成的裂理较弱变形部位形成的裂理发育,密度大。如果应变达到一定程度时,裂理将模糊,以致消失,见后面的讨论。(图4a)。

阳起石发育的这组裂理严格按一定结晶学方位产生。它们在平行于C轴的纵切面〔010〕中与解理缝(C轴方向)成一固定角度。该角度 α 的平均值为 74° 。由于阳起石轴角 $\beta = 105^\circ 48'$ ⁽⁴⁾,这样裂理位置正好在a轴附近,并且很可能包含了a轴。光性特性表明,当裂理缝平行南北十字丝时,阳起石接近于消光位。由于 N_p 与a轴十分靠近,另外又由于阳起石同普通角闪石的晶体结构相似,普通角闪石可具(001)裂理⁽³⁾,且区内变形岩石中一部分普通角闪石形成了(001)裂理,表现特征同阳起石中所见相同,因而笔者认为这组发育的阳起石裂理平行(001)面即为(001)裂理。

3、扭折与机械双晶

扭折是阳起石塑性变形形成的一种重要微构造现象,在 B_1 等薄片,中非常发育。阳起石扭折由(001)裂理表现出来,它们沿一定的结晶学方向产生。据观测,扭折带边界绝大多数与 $\{110\}$ 解理缝一致〔照片3〕,偶而还能见到扭折带边界与 $\{110\}$ 解理缝有微小夹角的情况。后一种情况是由于扭折带边界本身不规则的结果造成的,可能与局部施加的应力方位有关。

阳起石扭折有一个非常明显的特征,即扭折带边界两侧的(001)裂理与扭折带边界之间的

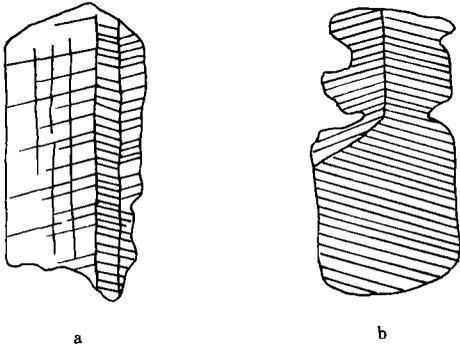


图 4. a. 阳起石中与扭折带同时形成的〔001〕裂理。
b. 阳起石中〔001〕裂理的形成略早于扭折机械双晶。

Fig. 4a. Parting and kink band formed simultaneously in actinolite
b. Parting slightly earlier than kink band in actinolite

夹角相等,均为 74°左右,并且同一单晶体中相邻扭折带的光性方位严格一致。由于机械双晶是扭折的特例^{〔1〕},因此阳起石扭折实际上造成了聚片状机械双晶。

阳起石单晶体中聚片状机械双晶的叶片数平均在 3~5 片左右。这些双晶叶片大部分规整平直,主要表现为连续平行聚片状,或者是阶梯状机械双晶(图 5)。如果不是(001)裂理表现出来的扭折,那么用一般的光学方法便很难确定是原始双晶或是机械双晶。

为了确定阳起石这一扭折双晶系统,对纵切面和横切面进行了系统观测,发现横切面上出现的双晶叶片延长方向与{110}解理锐角夹角平分线一致,结合纵切面上扭折带边界与{110}解理缝一致,据此可知扭折造成的机械双晶的结合面为(100)面,滑移方向为〔001〕。根据(001)裂理与扭折带边界的锐角 α ,我们可以计算出机械双晶的剪切 $s = 2\tan\alpha/2 = 2\tan 16^\circ = 0.57$ 。双晶面

$K_1 = [100]$,滑动方向 $\eta_1 = [001]$, $s = 0.57$ 这三要素就完整的确立了双晶系统^{〔1〕〔5〕}。Rooney 和 Riecker (1969, 1973) 以及 Buck (1970) 曾对普通角闪石进行了变形试验研究,得出角闪石中塑性变形的最主要形式是具有剪切 $S = 0.53$ 的 $[\bar{1}01]$ $[\bar{1}0\bar{1}]$ 机械双晶,同时还伴随第二系的(100)〔001〕双晶^{〔1〕}。由于闪石族矿物晶体结构的相似性,笔者认为阳起石的(100)〔001〕机械双晶类似于普通角闪石的(100)〔001〕双晶。阳起石(001)裂理的扭折,不仅使推导机械双晶系统成为可能,而且它还给出了阳起石的一组滑移系。根据用扭折带确定滑移系的原则^{〔1〕〔5〕〔6〕},我们很容易的确定出(001)裂理面为滑移面,而滑移方向为〔100〕,这样阳起石的这组滑移系即为(001)〔100〕。

阳起石晶体扭折不仅造成了双晶化,而且引起矿物化学成分的改变。在高级变形部位,即扭折带边界,强烈应变往往造成阳起石干涉色降低(图 6)。在图 6 中阳起石单晶扭折成为 A, C, E 三个双晶叶片,其干涉色均为 II 级兰绿、而高应变的扭折带边部 B, D 处干涉色降为 I 级,且其内原与 C 部方向一致的裂理变模糊,消光位也与 C 部分产生微小差别。因此扭折既造成了双晶化,又在高应变部位使矿物发生了重结晶。O, Stephansson (1974) 曾对厚约 1cm 的褶皱角闪岩层扭折带内外弧处的角闪石作过详细电子探针分析,结果表明褶皱层内弧中的角闪石颗粒富镁,而外弧中的富铁。褶皱的应力分析表明,沿强夹层的外弧为一个低压区,而沿内弧则是一个高压区,并且最高压力梯度方向是褶皱的轴面, Mg^{2+} 的置换优于 Fe^{2+} , 遂在褶皱核的高压弧中产生^{〔7〕}。这一分析结果对阳起石的晶内元素变形迁移现象是一个很好的启示。对于阳起石晶体,扭折为高应变区,其旁侧为主晶低压区,因此高应变部位应为低 Fe^{2+} 阳起石,而 A, C, E 低压带部分应为高 Fe^{2+} 阳起石。

阳起石除具有上述(100)〔001〕机械双晶外,还发育了另外一系常见的机械双晶,它们的特

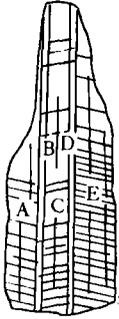


图6 阳起石高应变部位的重结晶

Fig. 6 Recrystallization in high strain kink band of actinolite

征与(100)[001]双晶不同,镜下表现出的双晶叶片延长方向同{110}解理缝有一锐夹角,且该角度一般为 10° 左右[照片4]。我们暂将其命名为第二系机械双晶,有关该系双晶的详细研究,包括双晶位错,双晶系统的确定等工作,准备今后做深入的工作,这里不再详述。

三、针状阳起石的成因

针状阳起石主要存在于所谓的磁铁石英阳起片岩中。阳起石呈现沿C轴强烈延伸的针状晶体。而在更多的条带状磁铁阳起石英岩中,阳起石主要呈柱状、长柱状,针状晶体则极少见。

根据野外和室内研究结果,某些以针状阳起石为主要矿物组成的磁铁石英阳起片岩,实际上是韧性剪切变形作用形成的构造片岩,针状阳起石晶体的形成是矿物晶内塑性变形的直接结果。通过对图3剖面中的标本薄片的系统观察研究,并对比了另外一些磁铁石英阳起片岩的薄片,发现它们均有如下特征:

光性上,阳起石单偏光下带淡淡的灰绿色、多色性微弱—极微弱,干涉色I级黄、红到II级兰、绿。

针状阳起石晶体变形显微构造十分明显。阳起石晶内塑性变形主要表现为聚片状机械双晶的形成。变形作用形成阳起石针状晶的强烈定向,以致于在平行针状晶方向的切片中有时很少见到阳起石的横切面。

在图3剖面中,阳起石机械双晶强烈发育,使绝大多数的(001)裂理模糊消失,只是偶尔在个别晶体中还能隐约见到(001)裂理的扭折现象,且机械双晶大部分表现为(100)[001]系。

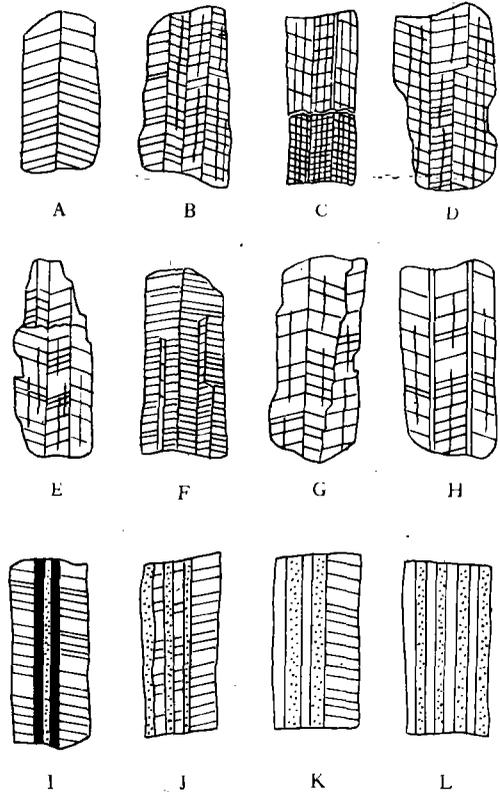


图5. 典型的阳起石扭折机械双晶(100)[001]形态。

A、简单机械双晶;B,平行机械双晶(平行扭折带的黑粗线为解理,扭折滑面为(001)裂理,所以不同);C、平行聚片双晶,平行扭折带的细线纹为(100)裂理;D、E、阶梯状机械双晶;F,阶梯状双晶,叶叶片未全部穿过阳起石晶体;窄叶片内(001)裂理隐约可见;G、阶梯状双晶;H、I、高变形部位的(001)裂理消失;J、K、一部分双晶叶片中(001)裂理模糊消失。L、聚片机械双晶,(001)裂理全部消失。

Fig. 5 Typical morphology of kink twin of (100)[001] system in actinolite

笔者认为阳起石针状晶的形成正是矿物塑性变形形成聚片状机械双晶,而后进一步沿 $\{110\}$ 解理及双晶边缘位错,滑移的结果(照片5)。当阳起石周围存在有大量石英硅质“润滑剂”时,这种滑移重结晶现象将会更加明显(照片6)。图7即表示了阳起石针状晶的形成过程。阳起石滑移重结晶现象还可以从横切面的变化过程中表现出来。在 B_3 薄片,具角闪石式完全解理的阳起石横切面,在变形过程中沿两组解理方向滑移分裂成小的菱形横切面,以致于粒径粗大的横切面全部解体(照片7)。

强烈的压剪作用不仅造成了阳起石针状晶,而且使整个矿物岩石组构发生明显变化。这在 R_n 点尤为明显。在磁铁石英岩中,磁铁矿和石英一般交替分层排布。但在磁铁石英阳起片岩中,磁铁矿石英聚集在一起,而与阳起石针状晶聚合体相间排列。这种现象直观上给人的印象是磁铁矿与石英的关系较之与阳起石的关系更为密切。构造地球化学作用是造成这种现象的直接原因。由于强烈韧性剪切变形,石英较阳起石更易于发生塑性流变,因而原来分布在岩石中的硅重新活化,加之磁铁矿的近等轴粒状晶形

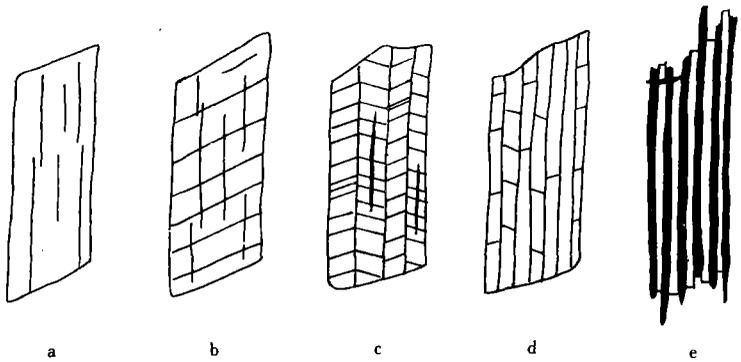


图7 阳起石针状晶体形成示意图。

a. 原始阳起石晶体; b. 形成(001)裂理; c. (001)裂理发育, 产生扭折; d. 聚片机械双晶叶片变薄; e. 沿双晶石发生滑移, 重结晶, 针状晶形成。

Fig. 7 Formation sketch for needle actinotite crystal

态,在变形过程中相对阳起石粒状晶易迁移。另外再加上化学作用从而也造成磁铁矿的再活化,使石英和磁铁矿两矿物聚集在一起。另外,少部分没有从阳起石、石英、磁铁矿矿物组合中迁出的石英和磁铁矿在形成过程中重结晶成矩形晶(照片8)。

四、应变强度与显微构造之间的关系

阳起石显微构造同应变强度之间存在着密切的关系,前面各节中已涉及到这个问题,这里再作一小结。

通过 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 、 B_5 等典型标本薄片的系统观测,并对比了区内不同变形程度岩石中的阳起石微构造特征,发现在褶皱变形中随着褶皱形态的紧闭,开阔—紧闭—同斜,即应变的连续增加,阳起石机械双晶的叶片数目也相应增加。在开阔—紧闭褶皱中,阳起石机械双晶叶片数一般在3~5片左右(照片9),很少看到单晶体中双晶叶片超过10片的情况,而在同斜褶

皱中,阳起石双晶叶片一般可达10片左右(照片10),并且有些可在20片以上。

随着褶皱应变的加强,裂理也发生一系列变化。在应变开始并延续到一定阶段时(到紧密褶皱阶段)阳起石(001)裂理逐渐发育。然而,若应变继续增加,随着(100)[001]系双晶叶片的变薄及重结晶,(001)裂理反而逐渐模糊,以致于消失(照片11)。

韧性剪切带中由剪切带旁侧到中心,随着应变的增加,机械双晶叶片递增,而(001)裂理逐渐消失,这同褶皱变形中的情况类似。

阳起石的扭折双晶化,主要同分剪应力有关,这是机械双晶本身的特点所决定的^[6]。另外,(001)裂理的形成也主要取决于分剪应力,它们同扭折双晶化同时产生并作为滑移面这一点便说明了问题。

从手标本上直接测量计算的 B_1 、 B_2 岩石标本压缩量表明,平行面理方向, B_1 标本压缩了23%, B_2 标本压缩了81%。由于两岩石标本均为 D_1 变形产物,它们的变形环境相似,因此压缩量的增加也基本上反映了分剪应力的加大和应变过程的增加,所以就阳起石机械双晶而言,其单晶体中双晶叶片的数目是与分剪应力大小成正比的。

此外,阳起石单晶的原始分布状态也直接影响着微构造发育和类别。很显然,(100)[001]系双晶及前面提及的第二系双晶同时共存就很说明问题,这点将留在今后讨论。

随着应变的增加,阳起石显微构造发育顺序为:(001)裂理生成→扭折双晶化(裂理发育)→双晶化强烈发育(裂理消失)→可形成针状晶(在剪切带中)。

总之,应变强度与显微构造类别间存在密切关系,至于生成显微构造的临界应力值,现在还不能确定下来。

五、阳起石塑性变形的温压条件

Rooney 和 Riecker 曾在室温、 $\epsilon = 10^{-1}$ /秒, 50 千巴围压以及在 800℃, $\epsilon = 10^{-3}$ /秒, 10 千巴围压条件下对普通角闪石作了压缩实验,推导出了(100)[001]系上曾发生滑移。Borg, Handin, Rooney, Riecker, Buck 和 Panlisch 等人对角闪石岩和角闪石单晶作的蠕变实验表明,在某些硅酸岩石和矿物中,只有在 400°~600℃ 的温度, $\epsilon = 10^{-3}$ /秒, 5~10 千巴的围压条件下,分剪应力超过 2—4 千巴的情况下,主要塑性变形机制($\bar{1}01$)[$\bar{1}0\bar{1}$]双晶化第二系(100)[001]机械双晶才会发生^[7]。显然阳起石塑性变形的温压条件不应大于这些普通角闪石的实验数据。

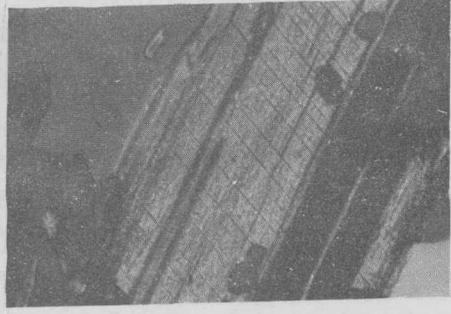
阳起石发生塑性变形并形成出溶叶片,滑移重结晶成为针状晶,反映了其温压条件接近于阳起石存在的上部温压界限。

一般认为,阳起石是典型的绿片岩相产物,如果温度升高,将会转变成角闪石^{[7][8][9]},转变温度大致在 500℃ 左右^[7]。然而,地体内如果 P_{H_2O} 和 P_{CO_2} 较高,那么阳起石的形成温度将会增加^[8]。近来一些研究表明,鞍本地区铁建造中的某些特定组合的阳起石可形成在低角闪岩相^[10]。

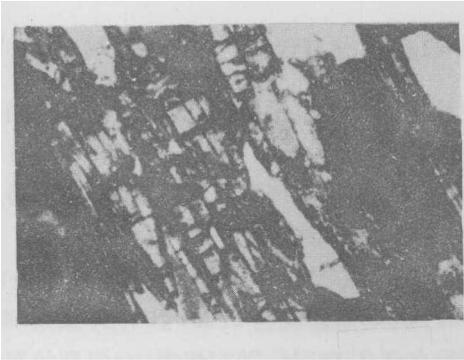
现在再来讨论本文研究的阳起石形成环境。 B_1 薄片在前面提及的“暗色层”,其主要组成为粗粒的褐色普通角闪石和石英,旁侧为阳起石+石英+磁铁矿这一矿物组合同暗色层接触



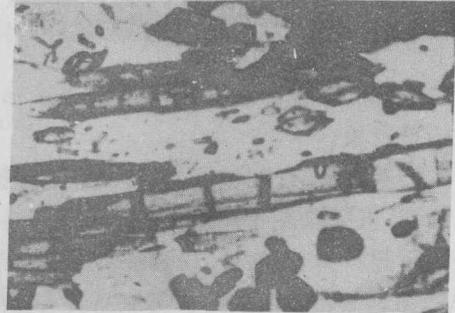
照片 1. 阳起石的波状消光及解理畸变
正交偏光 $25 \times 10 B_1$



照片 2. 阳起石的扭折带。扭折造成了机械双晶,(001)裂理模糊消失。黑色为硫铁矿。
正交偏光 $16 \times 10 B_1$



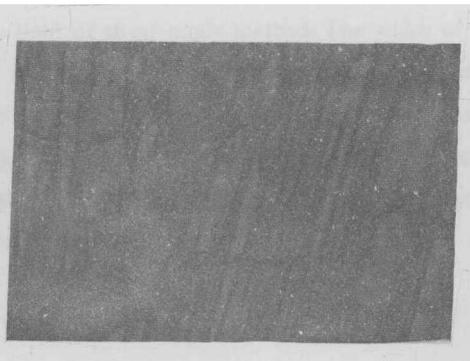
照片 3. 阳起石的滑移重结晶



照片 4. 阳起石横切面沿(110)解理滑移,形成菱形块。
正交偏光 $6.3 \times 10 B_1$



照片 5. 在开阔~紧团褶皱中阳起石的机械双晶,其中可见部份叶片内的(001)裂理模糊消失
正交偏光 $16 \times 10 B_1$



照片 6. 同斜褶皱中阳起石的机械双晶
正交偏光 $16 \times 17 B_1$

界限截然,没有渐变关系,而且角闪石和阳起石之间没有依存现象,因此阳起石并非角闪石退

变的结果,而角闪石也并非由于局部剪切升热使阳起石重结晶而成。这种不同变质相矿物分层产出的情况,并不是局部 P—T 波动的结果,而是流体成分的局部变化造成的^[3]。由于北台一歪头山地区的太古宙铁建造的变质程度属角闪岩相^[1],因此,这样看来本文所研究的阳起石的初始形成环境在下部角闪岩相,而阳起石变形显微构造的生成环境也就不高于这一界限。从石英的变形微构造看,阳起石产生塑性变形的温压条件最可能的是上部绿片岩相,即温度为 500°~575℃,压力在 2—6 千巴左右,考虑到应力的作用,塑性变形的下限温度可能在 400℃ 左右,在 B₁ 薄片,阳起石组合中的石英,近等轴粒状,基本上属于一种弱变形的恢复构造,这是由于温度较高,因而产生的变形显微构造在变形中得以修复;如果受到阳起石晶体的限制,将会成矩形重结晶,这在 B₂ 等薄片,十分清楚。石英的塑性变形温压条件类似于绿片岩相,结合阳起石的塑性流变情况,有理由得出上述认识。

六、结论

- 1、天然变形岩石中的阳起石,塑性变形可形成波状消光,裂理,扭折,机械双晶以及重结晶等微构造现象。
- 2、阳起石具有(001)裂理,其发育与扭折同时或略早于扭折;裂理发育到一定程度,随着应变的增强,机械双晶叶片变薄,(001)裂理将最终消失。
- 3、阳起石具有(001)[100]滑移系。
- 4、阳起石扭折造成的机械双晶具有剪切 $S = 0.57$,其双晶系统为(100)[001],该系双晶随应变的增加,单晶体中双晶叶片随之变窄,数目增加;如果阳起石位于剪切带中,强烈的双晶化及重结晶将导致针状晶的形成。
- 5、阳起石塑性变形的 P—T 条件下大致相当于上绿片岩相。

致 谢

本项研究是在刘如琦教授热情鼓励、关怀指导下完成的;郑峻庆,张宝华,屈奋雄、戴立军等同志在工作中给予很大帮助;显微照片由张明秋同志拍摄,在此谨致衷心感谢。

参考文献

- [1] A. Nicolas, J. P. Poirier (林传勇,史兰斌译),《变质岩的晶质塑性和固态流变》,科学出版社,1985
- [2] 郑峻庆、张宝华、蔡一廷、崔文智、张文博、刘如琦,辽宁省本溪地区北台一歪头山一带太古宙鞍山群主要构造特征及其对铁矿的控制,地质找矿论丛 1 (1) 1986
- [3] 王德滋,《光性矿物学》,上海人民出版社,1977
- [4] 武汉地质学院矿物教研室,《结晶学及矿物学》下册,地质出版社,1979
- [5] R. H. Vernon (游振东,王仁民等译),《变质反应与显微构造》,地质出版社,1983

- [6]何永年,林传勇,史兰斌,《构造岩石学基础》,地质出版社,1980
- [7]R·H 费农(游振东、王仁民等译),《变质反应与显微构造》,地质出版社,,1983,P207—208,138—142
- [8]H. G. F. 温克勒著(张其,周出生译),《变质岩成因》,科学出版社,1980
- [9]A. 都城秋惠(周云译),《变质作用与变质带》,地质出版社,1979
- [10]贺同兴,卢良兆,李树勋,兰玉琦,《变质岩岩石学》,地质出版社,1988
- [11]蒋永年,鞍山和歪头山前寒武纪铁建造中普通辉石—阳起石组合的成因研究,地质找矿论丛,3(3)1988
- [12]《Tectonic styles of the Archean rock groups in the North—Central Liaoning Province, China》, JOURNAL OF GEODYNAMICS (Liu Ruqi, Zheng Junqing, Zhang Baohua, Cai Yiting, Ma Wennian 1984 1)

DEFORMATIONAL MICROSTRUCTURES OF ACTINOLITE FROM PRECAMBRIAN IRON FORMATION IN ANSHAN—BENXI AREA, LIAONING PROVINCE, CHINA

Cui Wenzhi

Abstract

The paper presents a study on deformational micro—structures of actinolite from precambrian iron formation in Anshan — Benxi area where rocks are subject to strong folding or ductile shearing. Undulatory extinction, (001) parting, kink band, secondary twinning and recrystallization are well developed within actinolite crystals. In general case, the boundary of kink band is parallel to (100). The angle between the boundary of kink band and symmetric (001) partings are 74° , therefore, the kink of actinolite is also referred as secondary twinning. A set of slip system (001) [100] is determined in terms of slip system principle. The shear strain resulting in the formation of (100) [001] secondary twinning is 0.57 in the light of shear angle method. The width of twinning lamella in decrease and the number of twinning lamella in increase both depend on the intensity of folding. The (001) parting can develop from the beginning stage of deformation to the stage of tight folding. If shear strain increase progressively, the (001) parting will be disappear because of the influence of twinning formation. The microstructures of actinolite in rocks of ductile shear zone is basically similar to these in folded rocks. Especially the development of needle actinolite crystal is the result of twin gliding and recrystallization.