

文章编号 : 1009 - 0258 (2001) 03 , 04 - 0038 - 06

坪上一带深层次构造岩的变形特征 及温压条件分析

张忠义, 丁峰

(山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

摘要: 山东坪上一带深层次构造岩发育, 依其塑性变形矿物及其组合、同构造新晶和同构造变形晶所反映的变形特征的不同可分为石英变形相构造岩、钾长石变形相构造岩和斜长石变形相构造岩, 其变形时的温压条件为中压相系的低绿片岩相—低角闪岩相。

关键词: 深层次构造岩; 变形相; 温压条件; 坪上地区

中图分类号: P588.33

文献标识码: A

1 概述

坪上地区位于郯庐断裂带以东, 属华北地台鲁东地盾的次级构造单元——胶南隆起的南部。近年来, 随着研究的深入, 认为胶南隆起属于华北、扬子两大板块碰撞带的产物, 是秦岭—大别造山带的东延部分。在其前寒武纪结晶基底中发育着不同方向、不同规模、不同层次的韧性剪切构造, 形成了各种类型的深层次构造岩^[1]。

坪上地区深层次构造岩的种类齐全, 见有初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩、变晶糜棱岩、构造片岩、构造片麻岩等, 其原岩为新元古代晋宁期的花岗岩类, 次为早期的包体和构造岩块, 有斜长角闪岩、蛇纹岩、榴辉岩、大理岩等。本文主要是以晋宁期变质变形的花岗岩为研究对象, 根据其塑性变形矿物及其组合, 同构造新晶和同构造变形晶将坪上地区的深层次构造岩分为: 石英变形相、钾长石变形相和斜长石变形相构造岩, 并分别对不同变形相构造岩的温压条件进行了分析。

2 构造岩变形特征

2.1 石英变形相构造岩

石英变形相构造岩有初糜棱岩、糜棱岩、构造片岩等, 其表现为石英具韧性变形, 而钾长石、斜长石具脆性变形, 主要分布于坪上一带(图 1)。

2.1.1 主要矿物的变形和变晶特征

收稿日期: 2001 - 05 - 17; 修订日期: 2001 - 06 - 30; 编辑: 孟舞平

作者简介: 张忠义(1969 -), 男, 山东潍坊人, 工程师, 主要从事区域地质调查及矿产普查工作。

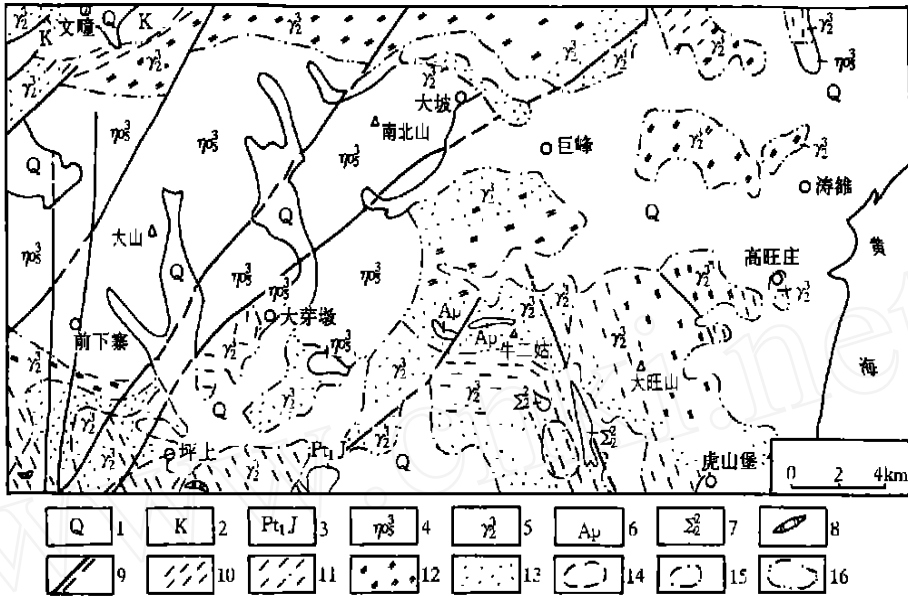


图 1 坪上一带深层次构造岩变形相分布图

Fig. 1 Distribution showing deformation facies of the deep - level tectonites in Pingshang area

1—第四系;2—白垩系;3—荆山群;4—中生代侵入岩;5—新元古代变质变形侵入岩;6—斜长角闪岩;7—蛇纹岩;8—大理岩;9—断裂及隐伏断裂;10—糜棱岩;11—超糜棱岩;12—变晶糜棱岩;13—弱变形域;14—石英变形相;15—钾长石变形相;16—斜长石变形相

(1) 石英主要表现: 石英残碎斑呈压扁拉长的粒状、透镜状、椭圆状,长轴多定向排列,长轴一般 0.5~1.5mm,具不均匀消光、波状消光、变形条带、亚颗粒等晶内变形组构;

随着应变的增强,多呈条带状多晶集合体存在(石英最主要的存在方式),条带一般长 0.5~7mm,宽 0.4~1.5mm,长宽比 3~6,个别达 17,宽条带中石英单晶多呈近等轴粒状、不规则粒状、彼此圆滑或齿状相接,粒径 0.1~0.3mm,窄带中石英单晶多呈矩形边结构,单体长轴 0.15mm±,其中较大的晶粒具亚颗粒,不均匀消光、波状消光,变形条带等晶内变形组构,显然是经历了强烈的动态重结晶或其后静态重结晶作用;少见细粒多晶条带中的肥大部分保留较大的石英残碎斑,构成核幔结构;呈细小的多晶集合体充填于长石的脆性裂隙中。

(2) 钾长石主要表现为脆性变形,少数初具脆韧性变形,其特征主要为: 钾长石残碎斑多呈扁豆状、透镜状、不规则粒状,长轴往往定向或半定向排列,长 0.4~3mm;部分钾长石呈脆性破裂,产生微型剪切面,部分钾长石初具韧性变形,见波状消光、变形双晶、变形纹等晶内变形组构。

(3) 斜长石经费氏台测定, $An < 10$, 为钠长石,主要表现为脆性变形,斜长石残碎斑呈透镜状、扁豆状、不规则粒状,长轴定向或半定向排列,具脆性破裂,见微型剪切面,粒度一般 0.5~1.5mm,沿裂隙有钾质交代现象,部分裂隙中充填有细粒石英多晶集合体。

(4) 黑云母、角闪石具脆性变形: 黑云母呈片状,长轴定向排列,少数集中排列成透

镜状,少了解理扭折现象;在剪切变形作用的诱发和控制下,黑云母发生退变质反应,见少量白云母交代黑云母,并有铁质的析出。

2.1.2 同构造新晶

包括同构造重结晶产生的新晶,同构造变质反应产生的新晶及同构造交代作用生成的新晶。

由上述可知,同构造重结晶矿物有石英,同构造变质反应和交代作用生成的矿物为白云母。其同构造新晶为 $Mu + Qz$ 。

2.2 钾长石变形相构造岩

钾长石变形相构造岩有初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩、变晶糜棱岩、构造片岩和构造片麻岩,其中以糜棱岩和超糜棱岩为主,与石英变形相构造岩相比,主要区别表现在二者出现的塑性变形矿物及同构造新晶的差别,钾长石以韧性变形为主,斜长石发生变质反应。主要出露于安东卫、大旺山、坪上一带。

2.2.1 主要矿物的变形和变晶特征

(1) 石英的变形变晶强度比在石英变形相构造岩中明显增强,具体表现在:石英残碎斑明显减少,乃至极少见;石英几乎全呈条带状及条痕状多晶集合体,条带或条痕的长(X)/宽(Z)比增大,在石英变形相构造岩中多小于 10,而在钾长石变形相构造岩中一般大于 15;见有拉长粒状的石英拉长方向与糜棱面理有 $40^\circ \pm$ 的交角,构成 S-C 面理构造。

(2) 钾长石(微斜长石,少量条纹长石)具强烈的动态重结晶和晶内变形,具体表现在:钾长石残斑一般呈透镜状、扁豆状、椭球状、不规则粒状,长轴多定向排列,长轴一般 0.4~2mm,在应变弱的岩石如初糜棱岩中可达 3~5mm,具不均匀消光、波状消光,变形双晶、变形条带、亚颗粒、晶内动态重结晶条带,及边缘重结晶作用形成核幔构造等;

部分钾长石变形碎斑与糜棱面理(Sm)有一定的交角,构成“ ”碎斑系;钾长石成分以钾长石为主,少量钠长石的条带状多晶集合体,单颗粒多呈粒状,粒径 0.02~0.2mm 不等,对钾长石多晶条带的形成,前人曾作过研究,认为它是由钾长石大颗粒随应变的增加经动态重结晶作用而被细小的新晶粒所替代,并经超塑性流动而形成的。多晶条带中的颗粒较大者为后期静态重结晶和热力重结晶而形成,在恢复的过程中粒度有所加大^[2]。

(3) 斜长石经费氏台测定, $An = 11 \sim 25$, 受退变质作用影响岩石中出现绿帘石时, An 多小于 10,其变形程度受变形和变质两种作用控制,具体表现在:当斜长石洁净,未发生变质反应生成新矿物情况下,呈扁豆状、不规则碎块状,见晶内发育张裂隙,系受应力机械破碎而成,大者可见有“X”型裂隙,并被石英或钾长石的细粒多晶集合体充填,极少见变形双晶、波状消光等晶内变形组构,即主要具脆性变形,初具塑性变形;当斜长石发生部分变质反应,在晶内产生一些细小的新生矿物绿帘石、白云母的情况下,具脆韧性变形,既有脆性裂隙,又见波状消光和变形双晶现象,部分残碎斑的边界见有亚颗粒,残斑呈拉长状;当斜长石发生了完全的变质反应,成为钠长石+绿帘石+白云母多矿物集合体时,往往是以钠长石+白云母+绿帘石的多矿物多晶条带的形式存在,片状的白云母和柱粒状的绿帘石多平行糜棱面理排列并受其控制,表明这些新生矿物及其组

成的条带是韧性剪切变形作用同构造产物,这一变质反应可表示为 $Pl = Ab + Ep + Mu$, 其形成的细粒多矿物条带,是变质反应(化学变化)和韧性剪切变形(物理变化)双重作用造成的,不只是原斜长石塑性变形的产物^[2]。

总之,斜长石在不发生变质反应的情况下,主要表现为脆性变形行为。

(4) 黑云母具韧性变形,主要表现在:黑云母相对集中定向排列,见解理弯曲和波状消光现象,黑云母边部产生重结晶新颗粒;与绿帘石、长英质矿物混合,构成条带状、条痕状;在剪切作用控制和诱导下发生变质反应,被白云母交代,白云母具解理弯曲和波状消光,并定向排列断续相接,形成片麻状构造,遇残斑时绕其通过。

(5) 普通角闪石具脆性变形,具体表现为:呈不规则粒柱状、棱角状,具脆性破裂,残碎斑的长轴定向明显;见角闪石转变成数个角闪石和绿帘石双相集合体,集合体呈透镜状、柱状,角闪石 N_g 方向呈绿色,部分 N_g 方向变成蓝绿色;在剪切作用控制和诱导下发生退变质反应,被黑云母交代,有的角闪石呈残岛状存在于黑云母中,黑云母沿面理分布。

(6) 石榴子石具脆性变形呈近等轴粒状,裂纹发育。

由上述可知塑性变形矿物组合为 $Qz + Kf + Bi$ 。

2.2.2 同构造新晶

由上述可知钾长石构造岩中同构造重结晶矿物有石英、钾长石、黑云母,同构造变质反应生成的新晶有绿帘石和白云母,同构造交代作用生成的新晶为白云母和黑云母。

同构造新晶的代表性矿物组合为: $Pl(Ab) + Kf + Ep + Mu + Qz$; $Kf + Mu + Ep + Pl(Ab) + Bi$; $Hb(\text{蓝绿色}) + Ep + Mu + Pl(ab) \pm Kf \pm Bi$ 。

2.3 斜长石变形相构造岩

斜长石变形相构造岩以变晶糜棱岩为主,其次为糜棱岩和初糜棱岩、超糜棱岩。主要出露于高旺庄、南北山北、牛二姑等地。

2.3.1 主要矿物的变形和变晶特征

(1) 石英和钾长石的行变与在钾长石变形相构造岩中的基本相同,其不同点为:在斜长石变形相构造岩中,未见有石英的拉长方向与糜棱面理相交构成的 S-C 面理构造;

钾长石残碎斑的含量相对减少,其多以细粒多晶集合体条带的形式存在;钾长石与斜长石界线平直或圆滑,部分不规则,交代或溶(熔)蚀斜长石,形成蠕英结构及交代港湾、岛屿结构,有的钾长石具条纹长石结构。

(2) 斜长石经费氏台测定, $An = 11 \sim 25$ (韧性剪切作用的同时 An 分子变低),主要表现为塑性变形,其动态重结晶和晶内变形都很强烈,具体表现为:斜长石残碎斑呈透镜状、扁豆状、长板状,长轴 $0.5 \sim 2\text{mm}$,长轴多平行面理,少数垂直面理,塑性变形程度不如钾长石,见双晶纹弯曲,波状消光,亚粒和变形条带等现象;斜长石颗粒中部分见近垂直面理的“X”型出溶条纹,出溶物多为钾长石,少量白云母、钠长石;随着应变的增强,斜长石动态结晶变成多晶条带。一般多晶条带几乎由纯的斜长石颗粒组成,边部有填隙状的钾长石颗粒,斜长石呈近等轴粒状,彼此平直或圆滑相接,平均粒度 $0.13\text{mm} \pm$;

见有以斜长石为主,钾长石或石英为次的复矿物多晶条带或以斜长石为主,少量黑云母、角闪石、磁铁矿等暗色矿物的复矿物多晶条带;在同一薄片,斜长石多晶条带的

粒度一般小于钾长石多晶条带的单体粒度,即发生动态重结晶(或其后的静态重结晶)的数种矿物共生时,其所形成的多晶(单矿物或一种矿物为主)条带中的新颗粒粒度为脆韧性转化点温度较高的矿物粒度较小^[3]。

(3) 黑云母具韧性变形,并受变质反应控制,表现为:黑云母呈片状,长轴定向排列,往往相对集中成条带状,具波状消光,解理弯曲(褶皱)等现象, N_g —褐色;黑云母呈片状与斜长石组成复矿物条带,平行面理;黑云母的 N_g 呈褐绿色,被钾长石交代而成残片状,析出铁质尘点,尘点显示黑云母轮廓;部分被白云母交代。

(4) 普通角闪石具脆性变形,表现为:角闪石呈不规则棱角状、柱状、透镜状、碎块状,长轴定向排列,相对集中成暗色条带,多沿糜棱面理分布, N_g 绿色或深绿色;角闪石与黑云母、榍石、磁铁矿相对集中成条带状,角闪石呈形态各异的棱角状;发生退变质反应生成黑云母。

(5) 石榴子石具裂纹特征。

由上述可知塑性变形矿物组合为: $Qz + Kf + Pl + Bi$ 。

2.3.2 同构造新晶

同构造重结晶矿物有石英、钾长石、斜长石、黑云母;同构造变质反应生成的新晶有白云母、绿帘石;同构造交代作用生成的新晶为黑云母、白云母;同构造新晶的代表性矿物组合为 $Pl + Kf + Qz \pm Bi \pm Mu$ 和 $Pl + Kf + Bi + Qz \pm Ep$ 。

3 构造岩形成的温压条件

3.1 构造岩形成的温度条件

前人研究得出石英、钾长石、斜长石的脆韧性转化点的温度分别为400、450和500^[3]。坪上一带石英变形相构造岩中石英具强烈的塑性变形,而钾长石主要表现为脆性变形,少数初具韧性变形,可知岩石变形时的温度变化范围在400~500(或略高于450)之间,这一温度范围相当于低绿片相^[4];钾长石变形相构造岩中石英、钾长石具强烈的塑性变形,斜长石主要表现为脆性变形,可知岩石变形时的温度变化范围在450~500(或略高于500)之间,这一温度范围相当于绿帘角闪岩相或高绿片岩相,前述岩石中同构造新晶的矿物共生组合与绿帘角闪岩相(或高绿片岩相)的矿物共生组合也是相符合的^[4];斜长石变形相中除石英、钾长石外,斜长石亦具强烈的塑性变形行为,说明岩石变形时的温度下限为500,另外岩石中角闪石表现为脆性变形,据此可知岩石变形的温度变化范围为500~650(或略低于650)之间,其相当于低角闪岩相^[5],岩石中同构造新晶矿物共生组合与低角闪岩相的矿物共生组合也是相符合的。

3.2 构造岩形成的压力条件

坪上一带深层次构造岩中白云母的 Si 3.3,为多硅白云母。据有关资料白云母中的 Si 离子数是温度和压力的函数, Si 离子数值随压力增高而增高,随温度增高而降低^[6]。并据此建立了白云母压力计。本文通过白云母压力计求得石英变形相构造岩的压力范围为1.08~1.12Gpa,钾长石变形相构造岩的压力范围为0.72~0.95Gpa,斜长石变形相构造岩的压力范围为1.07~1.26Gpa。

综上所述,坪上一带石英变形相构造岩变形时的温度为 400 ~ 450 ,压力为 1.08 ~ 1.12Gpa;钾长石变形相构造岩变形时的温度为 450 ~ 500 ,压力为 0.72 ~ 0.95Gpa;斜长石变形相构造岩变形时的温度为 500 ~ 650 ,压力为 1.07 ~ 1.26Gpa。深层次构造岩形成的温压条件为中压相系的低绿片岩相—低角闪岩相,形成深度相当于 27 ~ 40km。

本文得到了张希道高级工程师、石玉臣教授级高级工程师的指导,在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 马宝林,刘若新,张兆忠,赵阿兴.华北板块边缘深地壳构造岩的基本特征和变形环境[J].岩石学报,1992,8(1):18-26.
- [2] 张希道,宋明春.鲁东南莒南地区深层次构造岩的变形相及变形的温压条件分析[J].岩石学报,1994,10(1):84-89.
- [3] 胡能高,安三元.高丹断裂南侧糜棱岩的演化及递减变形序列[J].地质论评,1989,35(5):389-397.
- [4] 贺同兴,卢良兆,李树勋,兰玉琦.1988,变质岩石学[M].北京:地质出版社,1988.
- [5] 单文琅,宋鸿式,傅昭仁,任建业.构造变形分析的理论方法和实践[M].武汉:中国地质大学出版社,1991.
- [6] Velde B. 1967, Content of natural phengites. Contrib Mineral petrol 14:250-258.

Study on Deep - level Tectonites in Pingshang

ZHANG Zhong - yi , DING Feng

(No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources , Shandong , Weifang 261021 , China)

Abstract :Deep - level tectonites develop well in Pingshang area. According to plastic deformed minerals and their combination , deformed characteristics reflected by synorogenic new crystal and synorogenic deformed crystal , they can be divided into quartz deformed tectonites , potash feldspar deformed tectonites and plagioclase deformed tectonites. The deformation temperature and pressure condition are from middle - pressure low greenschist facies to low amphibolite facies.

Key words :Deep - level tectonites ; deformed facies ; temperature and pressure condition ; Pingshang area