

文-威地区胶南造山带根部的韧性剪切系统

张丕建 赵运伦

(山东省第三地质矿产勘查院)

摘要 胶东文-威地区的胶南造山带,属秦岭-大别-胶南造山带的北东段,区内广泛分布着规模巨大的前寒武纪中、深构造相韧性剪切系统。按其形成序列及方式,大致可分为3种:①近水平伸展式韧性剪切系统,变形机制以位错滑动、位错蠕变为主。其变质的温压条件 T 为 $630\sim 680^{\circ}\text{C}$, P 为 0.67GPa ,剪应变值平均为 4.47 ,形成时的差异应力为 $44.57\sim 79.5\text{MPa}$ 。形成于中元古代造山带演化早期的伸展裂陷阶段。②收缩挤压式韧性剪切系统,变形机制以粒间边界滑移为主。变质的温压条件 T 为 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$, P 为 $0.77\sim 0.85\text{GPa}$ 。剪应变值为 $1.2\sim 2.1$,形成时的差异应力为 62.22MPa 。形成于新元古代早~中期造山带挤压抬升阶段。③逆冲推覆式韧性剪切系统,变形机制以位错滑动,位错蠕变为主。变质的温压条件 T 为 514°C , P 为 0.77GPa 。其剪应变值为 $3\sim 5$,形成时的差异应力为 $69.96\sim 85.76\text{MPa}$ 。形成于新元古代中期造山带逆冲推覆造山阶段。

0 引言

胶东文-威地区的胶南造山带,属秦岭-大别-胶南造山带的北东段,区内广泛发育规模巨大的前寒武纪中、深构造相韧性剪切系统。按其形成序列及方式,可分为3种:①近水平伸展式韧性剪切系统;②收缩挤压式韧性剪切系统;③逆冲推覆式韧性剪切系统。

近水平伸展式韧性剪切系统,主要见于古元古界荆山群及中元古代海阳所超单元之中,在后期变形的弱应变域中保留较好。在变质层状岩中,多顺层产出。其变形机制以位错滑动、位错蠕变为主,形成变晶糜棱岩。该韧性剪切系统的变质温压条件为 $T=630\sim 680^{\circ}\text{C}$, $P=0.67\text{GPa}$,相当于中压相系角闪岩相条件。其剪应变值 γ 平均为 4.47 ,形成时的差异应力为 $44.57\sim 79.5\text{MPa}$ 。形成于中元古代造山带演化早期的伸展裂陷阶段。

收缩挤压式韧性剪切系统,发育于新元古代荣成超单元及榴辉岩中。其变形机制以粒间边界滑移为主,晶内位错蠕变次之,形成构造片麻岩带。岩石具典型的构造片麻理,拉伸线理不是由单矿物定向拉伸形成的,而是由多个矿物晶体定向排列表现出来。该韧性剪切系统的变质温压条件为 $T=600\sim 700^{\circ}\text{C}$, $P=0.77\sim 0.85\text{GPa}$,相当于中压相系高角闪岩相条件。其剪应变值 γ 为 $1.2\sim 2.1$,形成时的差异应力为 62.22MPa 。形成于新元古代早~中期造山带挤压抬升阶段。

逆冲推覆式韧性剪切系统,主要见于荣成超单元中,规模较大。其变形机制以位错滑

本文1997-02收到,1997-04改回。

动、位错蠕变为主,粒间滑移为辅,形成岩石为变晶糜棱岩。该韧性剪切系统的变质温压条件为: $T=514^{\circ}\text{C}$, $P=0.77\text{GPa}$,相当于中压相系低角闪岩相条件。其剪应变值 γ 为3~5,形成时的差异应力为69.96~85.76MPa。形成于新元古代中期造山带逆冲推覆造山阶段,为主期构造。

1 韧性剪切系统的基本特征

胶东东部文登—威海地区,位于秦岭—大别—胶南造山带的北东段,区内广泛分布一套前寒武纪中深变质杂岩系,主要为古元古界荆山群、中元古代海阳所超单元及新元古代荣成超单元。荆山群为一套经麻粒岩相变质的片岩、变粒岩、碳酸盐岩岩石组合;海阳所超单元为超镁铁质—镁铁质岩类;荣成超单元为片麻状花岗闪长岩—二长花岗岩系列。在造山带的演化过程中,变质杂岩分别经历了伸展—收缩—逆冲推覆等不同性质的构造作用,形成了一系列近EW向及NE向的韧性剪切系统。它们或平行排列,或分叉联合,组合成应变强度不一,范围大小各异的应变域。网结状或线状的强应变带与包容早期构造形迹的弱应变域相间排列,构成造山带丰富多彩的构造景观(图1)。

区内韧性剪切系统大致可分为近水平伸展式、收缩挤压式及逆冲推覆式3种,它们分别形成于造山带演化的不同阶段,具有不同的几何学、运动学、岩相学及动力学等特点。

1.1 近水平伸展式韧性剪切系统

1.1.1 几何学特征

近水平伸展式韧性剪切系统主要发育于古元古界荆山群及中元古代海阳所超单元中,在后期变形的弱应变域中保存较好。如荣成东弧石荆山群陡崖组、文登臧格庄二辉麻粒岩及车门角闪岩与黑云片岩之界面上即发育有这种韧性剪切带^①。它们通常形成于强、弱岩层的分界面上,规模较小,长几十米至几百米,宽几厘米至十余米,在变质层状岩中多顺层产出。受后期变形改造,糜棱面理倾向多有变化,倾角一般较缓,为 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$;拉伸线理也较发育,倾角一般 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。

1.1.2 运动学标志

在韧性剪切带内,发育有不同尺度的多种运动学标志,主要有:①韧性剪切带内及两侧先存面理受韧性牵引所发生的弯曲;②韧性剪切带主断面及糜棱面理在递进变形过程中发育的弯曲之降向;③褶皱层、a型褶皱及拉伸线理方位;④旋转石香肠体的排列方式及拖尾特点;⑤不对称碎斑系;⑥S-C构造及云母鱼构造等。对这些标志的研究表明,该套韧性剪切系统是由近SN向的伸展作用形成的。

1.1.3 形成环境及动力学分析

(1)岩相学特征 该韧性剪切系统中的变质层状岩石,依其应变强度不同可分为强应变变晶糜棱岩和弱应变变晶糜棱岩。前者发育在强应变带中,矿物具定向排列或具明显的优选方位,且分带性明显(由浅色矿物与暗色矿物相间排列组成密集的条带或条纹构造,

① 山东省第三地质矿产勘查院,1995,1:5万石岛等八幅区域地质调查报告;山东省第六地质矿产勘查院,1995,1:5万威海等九幅区域地质调查报告。

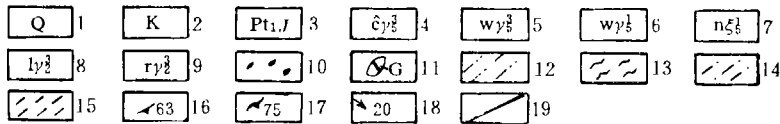
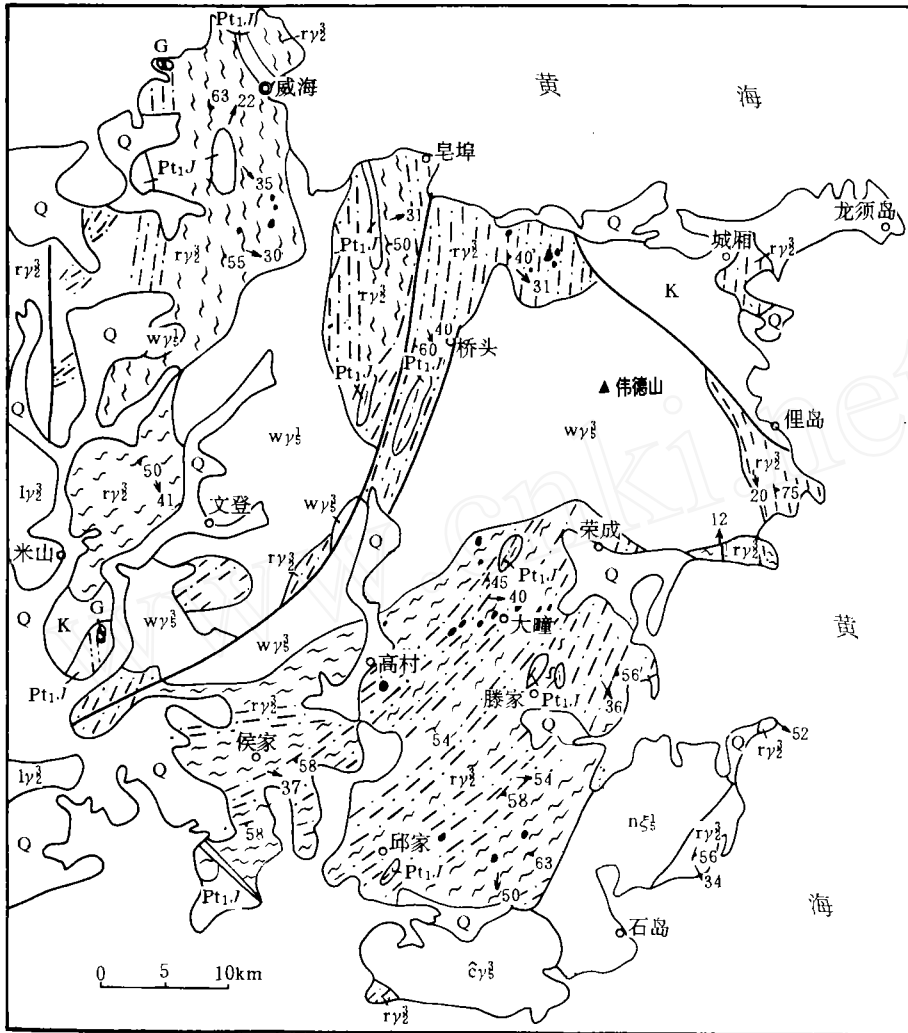


图1 文登—威海地区韧性剪切系统分布示意图

Fig.1 A sketch showing the distribution of the ductile shear systems in the Wendeng—Weihai region
 1—第四系;2—白垩系;3—荆山群;4—榭山超单元;5—伟德山超单元;6—文登超单元;7—宁津所超单元;8—玲珑超单元;9—荣成超单元;10—榴辉岩、超镁铁岩;11—麻粒岩;12—伸展式韧性剪切系统;13—挤压式韧性剪切系统;14—推覆式韧性剪切系统;15—走滑式韧性剪切系统;16—糜棱面理产状;17—构造片麻理产状;18—拉伸线理产状;19—脆性断裂

其长宽比 $>15:1$),岩石具塑性流动特征,长石碎斑的数量明显减少,动态重结晶的细粒基质(石英)增多,并经受了较强的恢复重结晶作用,形成岩石为长英质变晶糜棱岩;后者发育在弱应变带中,岩石的塑性流动特征也较明显,条带(纹)长宽比 $5:1\sim 10:1$ 。而在变基性岩中,则由于变形分解作用,形成强应变带与弱应变域相间排列的格局:强应变带岩石中的矿物分带性明显(浅色矿物斜长石与暗色矿物角闪石分别集中,构成S面理,变形条带长宽比 $>10:1$),岩石具塑性流动特征,斜长石具“核-幔”构造,角闪石呈定向排列,形成的岩石为角闪质变晶糜棱岩;弱应变域基本保留原岩的特点,形成不甚发育的面状构造及挠曲。

(2)形成环境 该韧性剪切系统的变形机制以位错滑动、位错蠕变为主,形成旋转、滑动、物质迁移扩散及动态重结晶等变形显微构造组合。如长英质变晶糜棱岩中的长石碎斑,见有格子状变形纹、扭折及机械双晶等构造,沿扭折边界及碎斑边缘出现动态重结晶小颗粒;石英塑性变形特征显著,丝带状构造发育,具强烈的动态重结晶,且变形颗粒恢复重结晶作用较强,粒间形成一种三边或直边相接的稳态或亚稳态结构。又如变基性岩中的角闪石亦具塑性变形的特点,局部见新生细粒条带,表明变形环境温度高于角闪石的脆-韧性转化温度 650°C ^[1],即至少形成于角闪岩相条件下糜棱岩的矿物共生组合为Pl(斜长石)+Hb(角闪石)(褐色),以角闪石-斜长石矿物对进行温压条件计算,其结果 T 为 $630\sim 680^{\circ}\text{C}$, P 为 0.67Gpa ,属典型的角闪岩相条件。

(3)应变分析 对变形岩石进行岩组分析,在强应变带的石英C轴方位图上(图2a),中等极密区构成不完整的小圆环带,为后期叠加挤压变形的反映。主极密为单斜对称,石英C轴优选方位显示其为中温菱-柱面组构,反映变形处于 $400\sim 550^{\circ}\text{C}$ 条件下,岩石受剪切作用较强。据变形石英颗粒粒径测量结果,采用Ramsay(1980)的剪应变值计算公式,计算的剪应变值 γ 在 $3\sim 5$ 之间,平均为 4.47 。富林指数 K 为 0.104 ,在富林图解上投点落入压扁区(图2d),所反映的可能是后期挤压变形的特点。

(4)差异应力估算 利用动态重结晶石英颗粒平均粒径(D),采用Twiss(1977)的古应力计算公式($\sigma_1 - \sigma_3 = 5.60 \cdot D^{0.68}$)计算该韧性剪切系统形成时的差异应力为 $44.57\sim 79.5\text{Mpa}$ (因恢复重结晶作用较强,故所计算的值可能偏低)。

1.2 收缩挤压式韧性剪切系统

1.2.1 几何学特征

收缩挤压式韧性剪切系统在区内分布较广,主要见于新元古代荣成超单元及榴辉岩中,为形成于中深构造相之构造片麻岩带或变晶糜棱岩带。其走向自南而北由近EW向转为NE向,构造片麻理倾向以SE为主,倾角为 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,拉伸线理产状 $120^{\circ}\sim 150^{\circ}\angle 40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。该剪切系统规模一般较大,长几公里至几十公里,宽 $1\sim 5\text{km}$ (榴辉岩中的除外)。后期变形改造作用,不仅使其延伸不连续,而且还使其卷入到后期斜歪褶皱中。

1.2.2 运动学标志

在韧性剪切带内,见有石香肠及书斜式构造;面理的韧性牵引及旋转;a型褶皱及拉伸线理;S-C构造及“云母鱼”等。这些构造标志表明该套韧性剪切系统形成于近SN向的挤压应力场且伴有右行剪切作用的构造环境中。

1.2.3 形成环境及动力学分析

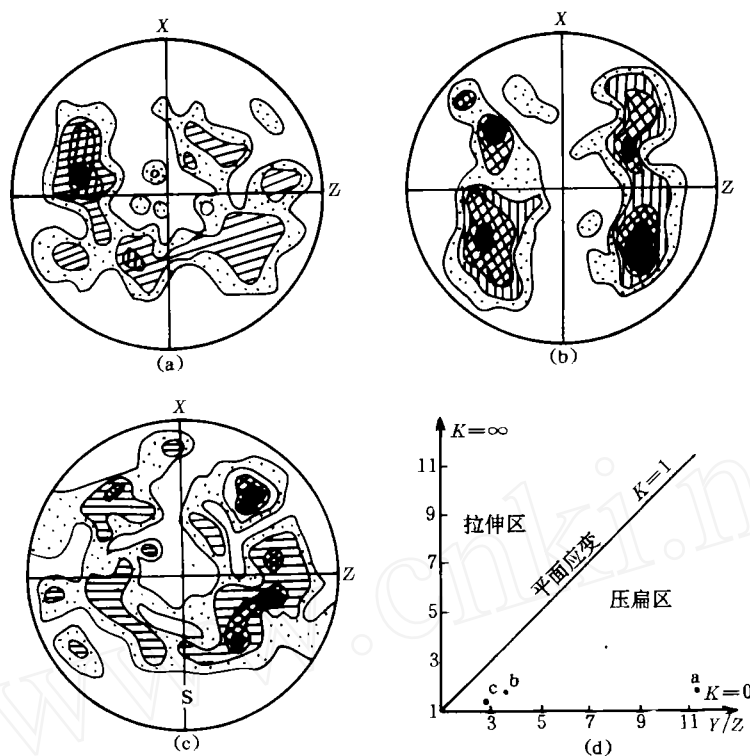


图2 应变分析示意图(上半球)

Fig. 2 Strain analysis diagram (upper hemisphere)

(a) 伸展式韧性剪切系统石英C轴方位图($n=100$, 等密线: $0.5\% \sim 1.5\% \sim 3.5\% \sim 5.5\%$); (b) 挤压式韧性剪切系统石英C轴方位图($n=100$, 等密线: $0.5\% \sim 1.5\% \sim 2.5\% \sim 4.5\%$); (c) 推覆式韧性剪切系统石英C轴方位图($n=100$, 等密线: $0.5\% \sim 1.5\% \sim 2.5\% \sim 4.5\%$); (d) 富林图解(a, b, c 分别代表三个韧性剪切系统的投点)

(1) 岩相学特征 该套韧性剪切系统, 主要为发育在荣成超单元中的构造片麻岩带, 依其变形强度不同可分为强应变构造片麻岩和弱应变构造片麻岩。强应变带中的构造片麻岩, 石英塑性流动特征明显, 由动态重结晶颗粒组成的多晶条带(长宽比 $>10:1$)与由长石、石英、云母等变生矿物组成的混晶条带相间分布, 构成构造片麻理; 岩石中没有残斑与基质之分, 矿物的粒度较细且均匀, 一般 $0.5\text{mm} \pm$; 恢复重结晶作用较强, 矿物粒间多以直边或缓波曲线状接触, 构成明显的多边形图案, 各矿物颗粒多为均匀消光。弱应变带的构造片麻岩, 保留了流褶带等构造要素。而榴辉岩中发育的石榴透辉岩质变晶糜棱岩, 则呈条带状、条纹状构造; 绿辉石退变为透辉石并定向排列, 具脆—韧性变形的特点; 石榴子石呈残斑状, 见有细粒结晶尾; 变形条带长宽比 $>10:1$ 。

(2) 形成环境 该韧性剪切系统的长英构造片麻岩中, 变形机制以粒间边界滑移塑性压扁为主, 晶内位错蠕变次之; 形成压扁、旋转滑动、流褶带等宏观变形构造组合, 矿物的显微变形组构不发育; 韧性剪切带中的拉伸线理虽很发育, 但不是由单矿物定向拉伸形成的, 而是多个矿物定向排列的结果。这说明岩石的变形以强塑性流变为主, 应变速率低于结晶速率; 岩石中发育的构造置换条带、变形变质分异条带等特征, 均说明变形时的温度

及围压比较高。而在该系统的变基性岩中,辉石则具脆—韧性变形的特点,其转化温度为 $700^{\circ}\text{C}\pm^{[1]}$,可作为变形环境温度的上限。糜棱岩的矿物共生组合为Gt(石榴子石)+Pl(斜长石)+Hb(角闪石)及Omp(绿辉石) \rightarrow Di(透辉石)+Pl(斜长石),后者为退变组合。采用Gt-Hb矿物对进行温压条件计算, T 为 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$, P 为 $0.77\sim 0.85\text{Gpa}$,说明该韧性系统形成于高角闪岩相条件下。

(3)应变分析 对长英质构造片麻岩进行岩组分析,在强应变构造片麻岩的石英C轴方位图上(图2b),极密区具斜方对称的特征,指示变形作用以压扁为主。石英为菱—柱面滑移,指示变形时的温度为 $400\sim 550^{\circ}\text{C}$ 。反映了早期变形为纯剪切(挤压),被后来简单剪切(推覆)变形改造。据变形石英颗粒粒径计算的剪应变值 γ 为 $1.2\sim 2.1$ 。富林指数 K 为 $0.69\sim 0.8$,在富林图解上,投点位于压扁区(图2d),表明变形以压扁应变为主,剪应变仅居次要地位。

(4)差异应力估算 利用韧性剪切带中动态重结晶石英颗粒粒径,采用Twiss(1977)的古应力计算公式计算,该韧性剪切系统形成时的差异应力为 62.22Mpa (因恢复重结晶作用较强,故所计算的差异应力值可能偏低)。

1.3 逆冲推覆式韧性剪切系统

1.3.1 几何学特征

逆冲推覆式韧性剪切系统在区内分布较广,主要见于新元古代荣成超单元中。其规模一般较大,长几十公里至百余公里,宽 $5\sim 10\text{km}$ 。糜棱岩带主要由形成于中部构造相的变晶糜棱岩组成,走向NE—NNE,糜棱面理倾向 $120^{\circ}\sim 150^{\circ}$,倾角一般 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$,拉伸线理产状 $120^{\circ}\sim 130^{\circ}/10^{\circ}\sim 30^{\circ}$;带内发育较密集的单矿物拔丝条带,按石英拔丝条带的长宽比可分为强应变带(长宽比 $>15:1$)、中强应变带(长宽比 $>10:1$)和弱应变带(长宽比 $<5:1$),各带相间排列。弱应变带中见有长石残斑(含量约占 $10\%\sim 20\%$),而强应变带中则基本没有。

1.3.2 运动学特征

在韧性剪切带中,见有拉伸线理;斜列石香肠构造;无根钩状褶皱及a型褶皱;长石碎斑系;S-C组构及“云母鱼”等构造标志,它们指示该韧性剪切系统形成于自SE向NW的逆冲推覆运动,晚期可能具有左行走滑性质。

1.3.3 形成环境及动力学分析

(1)岩相学特征 长英质变晶糜棱岩的主要矿物成分为斜长石、钾长石、石英、黑云母、白云母等。其中长石呈残斑状,粒度一般在 $0.5\text{mm}\pm$,与周围由动态重结晶颗粒形成的结晶尾,构成 σ 型碎斑系,也见“核-幔”构造及丝带状构造,基质的粒度 $0.1\text{mm}\pm$;石英塑性变形较强,宏观上形成条痕状拔丝条带,微观上为多晶矿物集合体条带,粒间以三边镶嵌或缝合线状接触,与长石、石英、云母等变生矿物组成的混晶条带相间分布,构成糜棱面理。岩石中恢复重结晶作用较强,致使残斑、拖尾及石香肠等构造呈现出“孤岛状”分布的特征。除此,还有一种类似于“眼球状”构造的组构,“眼球”由长石残斑和其他近等粒状的矿物集合体组成。角闪质变晶糜棱岩的组成矿物为角闪石、斜长石。其中斜长石具韧性变形的特征,具动态重结晶细化现象,并有新生矿物白云母生成;角闪石具脆—韧性变形的特点,沿伸长方向呈细小断片状分布。

(2)形成环境 长英质变晶糜棱岩中的长英质矿物普遍发育变形纹、变形带、双晶位错、双晶膝折、机械双晶等构造,表明该变形机制以位错滑动、位错蠕变为主,粒间滑移为辅;矿物粒间多以三边镶嵌的稳态或亚稳态接触,表明其恢复重结晶作用较强,成岩的环境温度较高。变基性岩中的斜长石具塑性变形的特点,表明变形时的环境温度高于其脆—韧性转化点温度 500°C ^[1],该温度可作为变形环境温度的下限;角闪石具脆—韧性变形的特点,据研究其转化点温度为 650°C ,相当于低角闪岩相的高温侧^[1],可作为变形环境温度的上限。糜棱岩中代表性的新生矿物共生组合为 Gt(石榴子石)+Bi(黑云母)+Ms(白云母)+Pl(斜长石)+Q(石英)和 Hb(角闪石,蓝绿色)+Pl(斜长石)+Ms(白云母),代表中压相系低角闪岩相条件。Hb-Pl 矿物对测温结果, T 为 514°C , P 为 0.77GPa ,与上述分析的条件相当。

(3)应变分析 据长英质变晶糜棱岩的岩组分析结果,在强应变糜棱岩的石英 C 轴方位图上(图 2c),中等极密区呈斜方对称形状,主极密为单斜对称;石英为菱—柱面滑移,指示变形温度为 $400\sim 550^{\circ}\text{C}$ 。这说明岩石受剪切作用较强,并具有挤压特征。据测定的变形石英动态重结晶颗粒粒径,计算的剪应变值 γ 为 $3\sim 5$;富林指数 $K=0.41\sim 0.23$,在富林图解上投点落入压扁区(图 2d),说明变形为压扁作用,并有强烈的剪切应变。

(4)差异应力估算

利用韧性剪切带中动态重结晶石英颗粒粒径,采用 Twiss(1977)的古应力计算公式,计算该韧性剪切系统形成时的差异应力为 $69.96\sim 85.76\text{MPa}$ (因恢复重结晶作用较强,故所计算的古应力值可能偏低)。

2 形成时代及演化

2.1 形成时代

(1)近水平拉伸式韧性剪切系统仅展布于古元古代荆山群及中元古代海阳所超单元中,并被后期收缩挤压式韧性剪切带所切割。结合其形成环境,认为其形成于中元古代地壳伸展裂陷阶段的晚期。

(2)收缩挤压式韧性剪切系统见于新元古代荣成超单元及榴辉岩中,表明其形成于扬子板块相对华北板块向下俯冲阶段晚期,即陆—陆碰撞及榴辉岩形成之后,荣成超单元侵位同时或稍后。王来明等(1996)认为榴辉岩及荣成超单元的形成时代均为新元古代早期(锆石 U-Pb 同位素年龄 $720\sim 896\text{Ma}$),该韧性剪切系统形成时代与其大致相当。

(3)逆冲推覆式韧性剪切系统,发育于新元古代荣成超单元中,切割了挤压式韧性剪切系统。同构造新生矿物 3T 型多硅白云母的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄为 721Ma ^[4]。其展布方向被区内新元古代晚期的玲珑超单元二长花岗岩(同位素年龄 704Ma)^①所切割。因此,该韧性剪切系统形成于玲珑超单元侵位之前,为华北板块与扬子板块碰撞之后逆冲推覆阶段的产物。

综上所述,区内变质作用的演化过程为:早期拉伸式及挤压式韧性剪切带为中深构造

① 山东省第三地质矿产勘查院,1990,1:5 万牟平等六幅区域地质调查报告。

相的产物,变形时温压条件较高;晚期推覆式韧性剪切带内岩石普遍发育了退变质作用,降压反应较为明显,说明逆冲推覆作用导致了地体的抬升。变质作用演化的 $PT-t$ 轨迹为顺时针演化,显示了板块俯冲、陆-陆碰撞及构造加厚的演化模式^[5],也证实了本区新元古代的确发生过推覆造山事件。

2.2 造山带中韧性剪切系统的形成及演化

通过对韧性剪切系统形成条件的分析,认为其经历了如下形成及演化过程(图 3):

(1) 古元古代,在南北向伸展体制作用下,本区地壳拉伸减薄,出现盆地并沉积了一套碎屑岩、碳酸盐岩岩石组合——荆山群。

(2) 中元古代,随着伸展作用的进一步加强,地幔隆起异常,热流值升高,位于华北板块南缘的本区发生裂解,同时海阳所超单元侵位,形成一套裂谷型杂岩系。晚期在中、下地壳层位,荆山群及海阳所超单元由于强烈的伸展作用,沿不同岩性界面及薄弱岩层发生近水平韧性剪切作用,形成了近水平伸展式韧性剪切带及褶皱层等构造。(图 3a)。

(3) 新元古代早期,华北板块与扬子板块相向运动,扬子板块向下俯冲,文-威裂谷开始闭合,在高温高压条件下形成了榴辉岩等高压变质岩石。因地幔隆起异常及俯冲而产生的巨大剪切热,造成了地壳的广泛熔融,在碰撞挤压应力作用下,岩浆底辟侵位形成了荣成超单元,同时(或稍后)形成了规模巨大的挤压式韧性剪切系统(图 3b)。随着碰撞挤压进一步加剧,板底垫托逆冲推覆作用使文-威地区胶南造山带迅速抬升,并形成了大规模的逆冲推覆式韧性剪切系统(图 3c),从而奠定了本区构造格局。

(4) 新元古代晚期,板块碰撞后的应力调整恢复作用,使造山带局部地区形成了小规模 NW 向及 NE 向具走滑性质的浅部构造相韧性剪切带。

本文撰写过程中,本队绘图室和刘雪芬同志曾给予大力帮助,深表感谢。

参 考 文 献

- 1 单文琅等. 构造变形分析的理论、方法和实践. 北京:地质出版社,1991

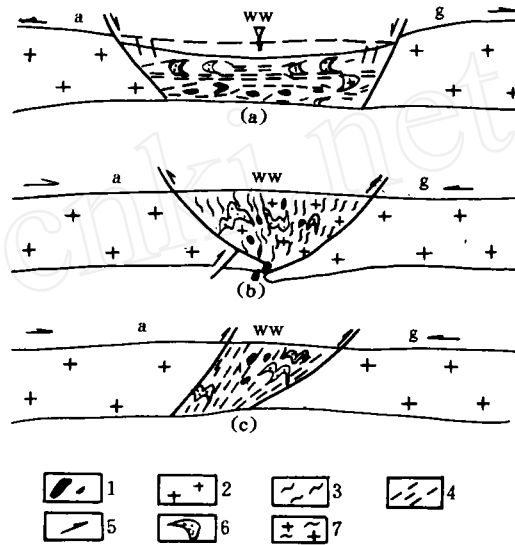


图 3 韧性剪切系统形成及演化示意图

Fig. 3 Sketch showing the formation and evolution of the ductile shear systems

g—华北板块;ww—文-威地区胶南造山带;a—扬子板块;
1—超镁铁岩;2—硅铝质陆壳;3—构造片麻岩带;4—变质
糜棱岩带;5—构造运动方向;6—荆山群;7—片麻状花岗岩

- 2 郑亚东等. 有限应变测量及韧性剪切带. 北京:地质出版社,1985
- 3 张希道等. 莒南深层次构造岩中同构造矿物变形特征. 见:山东地质矿产研究文集. 济南:山东科学技术出版社, 1996. 91~98
- 4 王来明等. 鲁东榴辉岩的形成与演化. 见:山东地质矿产研究文集. 济南:山东科学技术出版社,1996. 39~49
- 5 房立民等. 变质岩区 1:5 万区域地质填图方法指南. 武汉:中国地质大学出版社,1991. 12~13

DUCTILE SHEAR SYSTEMS IN THE ROOT OF THE JIAONAN OROGENIC BELT IN THE WEN - WEI AREA

Zhang Peijian and Zhao Yunlun

(No. 3 Geological and Mineral Prospecting Institute of Shandong Province)

Abstract

Jiaonan orogenic belt in the Wen - Wei area belongs to the northeast section of the Qinling - Dabie - Jiaonan orogenic belt. In the area, giant Precambrian ductile shear systems of middle - deep tectonic facies are well developed. According to the sequence and ways of formation, they can be classified into three types.

① Horizontally extensional ductile shear system: the deformation mechanism is featured mainly of dislocation glide and dislocation creep, and the metamorphic $P - T$ conditions of the ductile shear system are $T = 630 \sim 680^{\circ}\text{C}$ and $P = 0.67\text{GPa}$, respectively. The average strain value is 4.47, and the differential strain is 44.57~79.5MPa. This system was formed in the extension and rifting stage of the early Mesoproterozoic orogenic evolution.

② Contraction compressional ductile shear system: The deformation mechanism is featured mainly of intergranular gliding, and of intracrystalline dislocation creep, and the metamorphic $P - T$ Condition of this ductile shear system are $T = 600 \sim 700^{\circ}\text{C}$, $P = 0.77 \sim 0.85\text{GPa}$, respectively. The shear strain value varies between 1.2 and 2.1, and the differential strain is 62.22 MPa. This system was formed in the compression - uplifting orogenic stage of the early - middle Neoproterozoic period.

③ Thrusting - napping ductile shear system: the deformation mechanism is featured mainly by dislocation gliding and dislocation creep, with intergranular gliding as well, and the metamorphic $P - T$ Conditions are $T = 514^{\circ}\text{C}$ and $P = 0.77\text{GPa}$, respectively. The shear strain value varies between 3 and 5, and the differential strain varies between 69.96 and 86.75MPa. This system was formed in the thrusting - nappe orogeny of the middle stage of Neoproterozoic period.