

研究进展

福建长乐-东山构造带的变形 特征及动力学研究

高俊 张建新 王荃

(中国地质科学院地质研究所, 北京)



福建长乐-东山构造带是我国东南沿海中生代NE向线性构造带的一部分。从西向东分为三个亚带: 福清-云霄钙碱性火山岩带(J_3); 长乐-东山NE向韧性剪切带(K_1); 平潭-东山变质地体($Pz-J_3$)。火山岩带以浅层构造、脆性挤压变形为特征。变质地体为一外来体, 以深层构造、多期(即前 J , J , K_1)叠加变形为特征, 并于 J_3 末增生到欧亚大陆边缘。韧性剪切带是叠加在变质地体增生带上, 为一左行平移简单剪切带。

关键词 变质地体 韧性剪切带 韧性推覆剪切 韧性平移剪切

1 构造带概况

笔者将构造带从西向东分为三个亚带: 福清-云霄钙碱性火山岩带; 长乐-东山韧性剪切带; 平潭-东山变质地体(图1)。

组成火山岩带的地层有文宾山组(T_3w)、梨山组(J_1l)、长林组(J_3c)、南园组(J_3n)、板头组(J_3b)和石帽山群(K_1sh)。其中以长林组和南园组的低绿片岩相片理化火山岩出露最广, 原岩为陆相中酸性火山碎屑建造的流纹岩、英安岩、安山质火山碎屑岩。

变质地体由角闪岩相(局部进入高角闪岩相)的一套变质岩和混合花岗岩构成。变质岩原统称为 T_3-J 动力变质岩^[1], 但近年来的研究表明其为古生代地层。早古生代早期藻类化石^[2]、晚寒武至早奥陶世维管束植物碎片^[3]的发现和535.3 Ma(东山冬古, Sm-Nd法测副变质岩)^[4]、593.3 Ma(莆田忠门, U-Pb法测片麻状混合岩中的锆石)^[5]、483±21 Ma(福清沙浦, Rb-Sr法测片麻状混合花岗岩中变粒岩残留体)^[6]同位素年龄的获得, 有力说明了变质岩系为古生代地层。变质岩的主要岩石类型有二云母石英片岩、二云母片岩、二云母石英糜棱片岩、矽线石片岩、变粒岩及糜棱岩化变粒岩, 原岩为中酸性火山沉积建造的泥质岩。

石帽山群(K_1sh)只分布于构造带北段, 陆相红色碎屑至火山碎屑建造的砾岩、凝灰岩、安山岩等, 角度不整合覆盖于南园组、古生代变质岩、混合花岗岩及糜棱岩之上, 未发生区域变质现象。

186.7 Ma(东山苏峰山, Rb-Sr法)^①、177.7 Ma(晋江金井, Rb-Sr法)^②、164.1 Ma(金

① 福建省区调队, 1:20万漳州幅区域地质调查报告(地质部分), 1977。

② 福建省区调队, 长乐-东山构造带地质特征及演化历史的研究, 1986。

本文1991年11月收到, 1992年5月改回, 王 毅编辑。

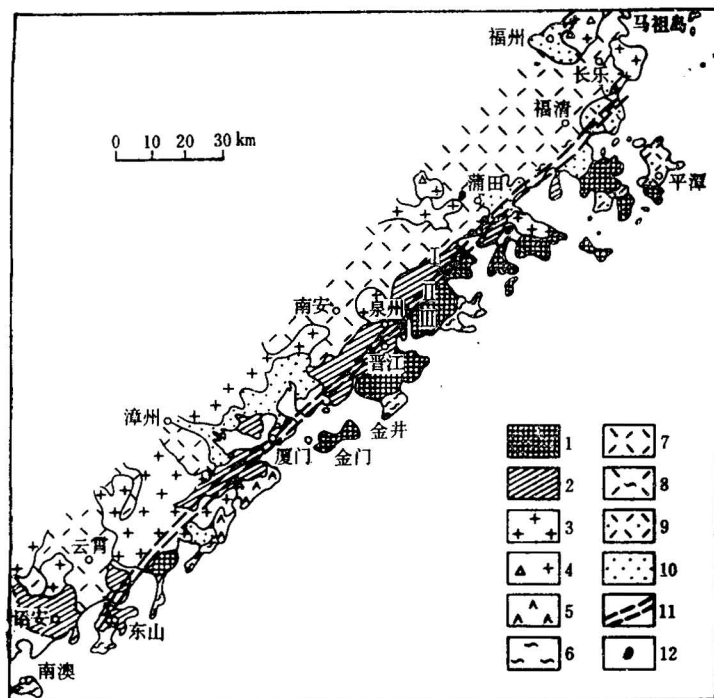


图 1 福建长乐-东山构造带构造略图
(据福建区调队图件改编)

Fig. 1 Tectonic simplified map of Changle-Dongshan structural zone

I—福清-云霄钙碱性火山岩带; II—长乐-东山韧性剪切带; III—平潭-东山变质地体;

1—混合花岗岩; 2—混合交代花岗岩; 3—同熔型花岗岩; 4—晶洞花岗岩; 5—新生代玄武岩; 6—变质岩及混合岩; 7— T_3 -J 火山岩; 8—糜棱岩化火山岩; 9— K_1 火山岩; 10—第四系; 11—韧性剪切带; 12—基性、超基性岩

I—Fuqing-Yunxiao calc-alkali volcanic rocks zone; II—Changle-Dongshan ductile shear zone; III—Pingtan-Dongshan metamorphic terrane; 1—migmatitic granite; 2—migmatitic metasomatic granite; 3—syntectic granite; 4—miarolitic; 5—Cenozoic basalt; 6—metamorphic rocks and migmatite; 7— T_3 -J volcanic rocks; 8—mylonitized volcanic rocks; 9— K_1 volcanic rocks; 10—Quaternary System; 11—ductile strike-slip shear zone; 12—basic and ultrabasic rocks

门, Rb-Sr 法)^[9]、 165 ± 13 Ma (长乐)^[7]、 158.5 Ma (晋江)^[7]的片麻状混合花岗岩、似文象揉皱混合花岗岩只出露于变质地体范围内。 142 Ma (晋江金井, U-Pb 法)^[8]、 141.9 Ma (晋江金井, Rb-Sr 法)^[8]、 123.1 Ma (晋江唐公山, K-Ar 法)的片麻状、眼球状混合交代花岗岩分布于变质地体区及韧性剪切带附近。 110.6 Ma (Rb-Sr 法)^[8]、 113.5 Ma (U-Pb 法)^[8]的同熔型黑云母花岗岩呈岩基或巨大岩基产出韧性剪切带及其两侧。 99.4 Ma (Rb-Sr 法)^[8]的分异型晶洞钾长花岗岩多呈岩株产出韧性剪切带及其两侧地区。

韧性剪切带内主体为一套长英质糜棱岩, 如糜棱岩化混合花岗岩、长英质初糜棱岩、长英质糜棱岩、超糜棱岩、糜棱岩化火山岩。原岩类型有南园组片理化火山岩、混合交代花岗岩、混合花岗岩。

2 火山岩带的变形特征

火山岩带变形时处于浅构造层次, 以发育 NE 向短轴褶皱群为特征, 单个褶皱的规模在 $9-15$ km, 两翼开阔, 轴面直立或缓倾, 并伴有与轴面近于一致的片理、劈理。褶皱轴的走向以 NE $40^\circ-50^\circ$ 为主。这种褶皱是在 NW-SE 挤压应力场下由弯滑褶皱作用形成。褶皱群涉及的最新地层为南园组, 未卷入下白垩统石帽山群, 说明弯滑褶皱作用发生于晚侏罗纪末期。此外, 韧性剪切带西边界附近的片理化火山岩发育 NE 向拉伸线理。

3 变质地体的变形特征及动力学研究

角闪岩相至高角闪岩相砂线石片岩的产出以及伴生有似文象混合花岗岩带, 表明变质地体经

① P. Y. Chen 和 T. P. Yan, 中国东南部花岗岩铷锶法同位素年龄及构造意义, 见: 地质部海洋地质调查局科技情报资料室、海洋地质调查-东海地质译文集 (四)。

历了深构造层次韧性变形环境。

3.1 变形作用期次的划分依据、特征及其相互关系

在变质地体区, 广泛分布的 NE 向延伸、NW 向缓倾 ($310^\circ \angle 30^\circ$) 的片麻理及流劈理, 是它们奠定了区域构造线的展布格局。它们与轴面缓倾的 NW 向鞘褶皱 (图 2)、相似型平卧褶皱 (图 3、图版 I—1) 及 NE 向大型 b 线理 (窗根构造、布丁构造)、NW 向微倾伏的 a 线理、“云

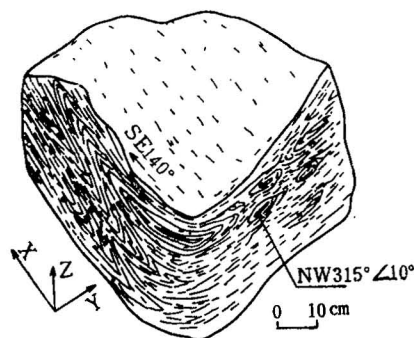


图 2 东山苏峰山糜棱岩化混合变粒岩层内的鞘褶皱

Fig. 2 A scabbard fold in mylonitized migmatitic granulite in Shifei mountain, Dongshan



图 3 东山宫前海边的小型平卧褶皱

Fig. 3 Minor type recumbent folds near the shore of Gongchen village, Dongshan

母鱼”显微构造 (图版 I—2) 等, 共同确定了北西向南东的推覆变形, 也是构成划分变质地体区的主期变形标志。二云母石英糜棱片理的石英颗粒拉长明显, 呈残斑和基质同时产出, 亚颗粒和重结晶颗粒发育, 构成典型的“核幔构造” (图版 I—3), 说明推覆运动的性质是强韧性剪切流变。它们同变形的 (158.5—186.7 Ma) 片麻状混合花岗岩广泛伴生, 指示变质地体的主期韧性剪切变形是发生在侏罗纪。

混合花岗岩中广泛分布了 (规模从数十厘米至数米) 黑云角闪斜长变粒岩残留体, 残留体内发育由暗色矿物定向排列指示的 b 线理 (图版 I—4); 片岩、变粒岩层中则发育细长英质脉的无根褶皱 (图 4)。残留线理 (b_1) 和无根褶皱 (S_1) 确认了主期变形之前还存在一期变形作用, 但因主期韧性推覆剪切和混合岩化作用的强烈改造、置换, 只能表现为“残留构造”特征。

指示主期流劈理 (S_2) 的片状矿物 (黑云母、白云母、矽线石), 由不对称弯曲而形成的晚期折劈理 (S_3 , 图 5)、不对称小褶皱、微褶皱 (图版 I—5)、膝折带 (图版 I—6) 等, 它们仅轻微地改造、叠加了主期流劈理和相似性平卧褶皱, 并没有影响变质地体主期变形的构造线格局。晚期变形是使变质地体抬升。晚期变形使黑云角闪变粒岩残留体, 内的 b_1 线理都渐变为 NE 向 (图版 I—4)。该变形时间与变质地体西边界韧性剪切带的平移剪切时间是一致的, 为早白垩世。

综上所述, 变质地体经历了侏罗纪的强韧性推覆剪切变形, 它不仅改造、置换了前侏罗纪的一期变形, 而且后来轻微的受到早白垩世左行韧性平移剪切所叠加。

3.2 变形动力学分析

石英广泛分布在变质地体区的变质岩、混合花岗岩中, 由于它对应力的反应比较敏感, 所以通过对石英光轴优选方位的研究, 可以推断出岩石变形时期, 区域主期构造运动的性质。笔者以主期变形的流劈理面为 ab 面, 垂直于流劈理的方向为 c 轴, 石英拉伸线理方向为 a 轴, 对东山

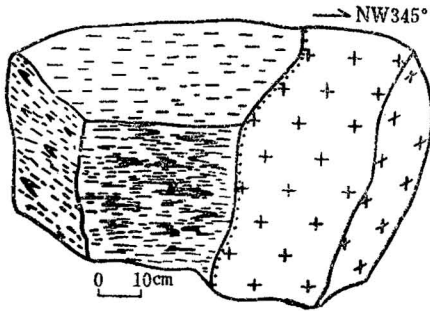


图 4 东山苏峰山混合变粒岩层内的“N”、“W”型无根褶皱

Fig. 4 “N” and “W” type rootless folds in migmatitic granulite in Shufen mountain, Dongshan

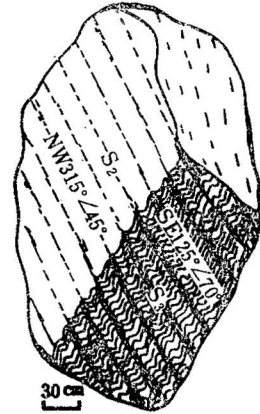


图 5 东山澳角砂线石片岩的折劈理

Fig. 5 Crenulation cleavage of sillimanite schist in Ohjia village, Dongshan

5个二云母石英糜棱片岩样品进行了光轴优选方位分析,其结果(图6)表明:石英光轴等密图对称性复杂,以菱面、柱面滑移为主,是高温低应变速率下滑移的结果。组构对称的复杂性说明存在多期叠加变形,组构图的规则性则表明沿ab面a方向发生右行剪切作用,即沿主期流劈理面由北西向南东发生的韧性推覆剪切运动。

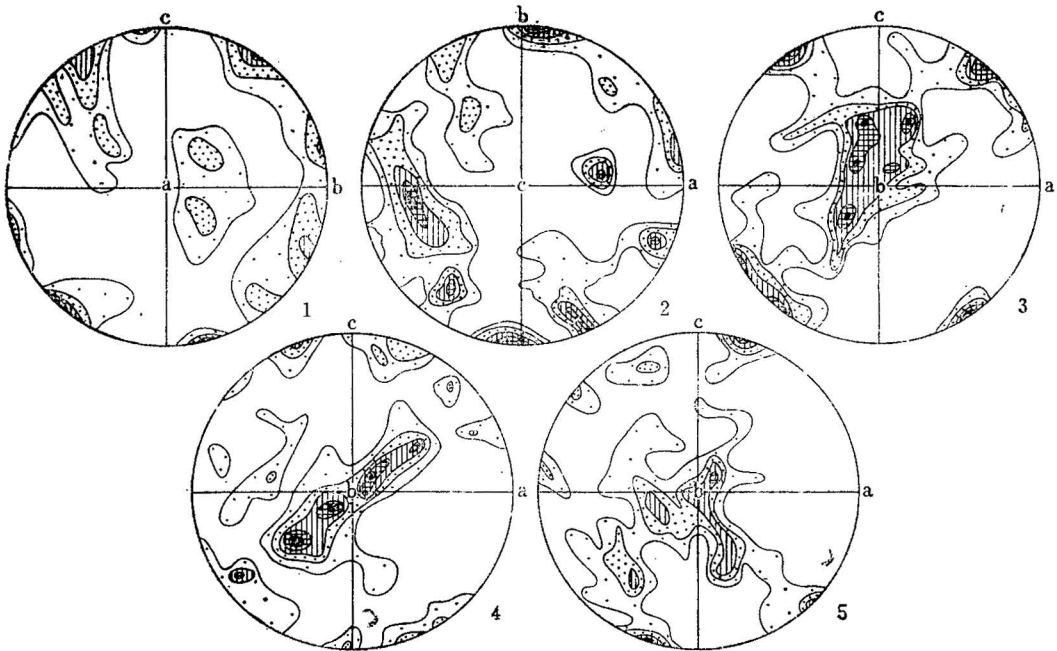


图 6 石英c轴优选方位型式

Fig. 6 Preferred orientation types of C axis of quartz

1—石英颗粒200个,等密线5—4—3—2—1%; 2—石英颗粒150个,等密线5—4—3—2—1%; 3—石英颗粒200个,等密线8—6—4—3—1%; 4—石英颗粒150个,等密线5—4—3—2—1%; 5—石英颗粒100个,等密线5—4—3—1%。
1—200 quartz grains, isopycnic: 5—4—3—2—1%; 2—150 quartz grains, isopycnic: 5—4—3—2—1%; 3—200 quartz grains, isopycnic: 8—6—4—3—1%; 4—150 quartz grains, isopycnic: 5—4—3—2—1%; 5—100 quartz grains, isopycnic: 5—4—3—1%

4 韧性剪切带的变形特征及有限应变分析结果

变质地体的西部边界为一 NE 向大型韧性平移剪切带, 北起长乐营前、经晋江石刀山、至东山后林, 延伸近 400 km, 宽 2—5 km。该带是叠加在变质地体增生带的高应变集中带。

4.1 韧性剪切带的变形特征

韧性剪切带内发育强叶理、线理构造。糜棱叶理面近直立, 并平行于拉伸线理的走向。从剪切带边缘至中心, 糜棱叶理走向由 NE 50°变化至 NE 20°, 横穿剪切带呈 S 型展布。剪切带内还发育另一组剪切叶理, 由黑云母条带及碎斑长石斜列指示, 其走向与糜棱叶理走向之间有一夹角, 构成 S-C 组构 (图版 I—7), 指示变形特征为左行剪切运动。此外, 斜列的长石残斑、S 型弯曲的石英集合体、石英“颈缩”布丁构造 (图版 I—8)、NE 向拉长的火山角砾、以及 S 型弯曲的变粒岩残留体等, 它们均指示了剪切带呈左行平移剪切变形特征。

长英质糜棱岩、火山质糜棱岩中均发育规模 10 cm 左右的 A 型褶皱及典型的 A 型褶皱—鞘褶皱, 其轴面平行于糜棱叶理面, 近直立, 枢纽则平行于拉伸线理, 约 NE 30°左右。鞘褶皱的发育表明, 本区变形特征为强韧性平移剪切。

4.2 有限应变分析结果

在野外选用变形火山角砾及拉伸石英集合体, 在镜下选用的定向薄片, 其拉伸石英颗粒为有限应变测量的标志物。用长短轴法及 Rf—50% 资料线法进行分析, 用五个样品的结果投富林图解 (图 7), 由图 7 看出, 投点位于 $K=0$ 与 $K=1$ 直线之间、但偏向 $K=1$ 直线, 这表明变形是以剪切作用为主、略带压扁。其中的 1 样品是选用糜棱岩化变质火山岩的拉伸石英集合体, 为有限应变测量标志物, 用长短轴法分析得 $K=0.978$; 第 2 样品选用变形火山角砾, 用 Rf—50% 资料线法分析得 $K=0.643$; 第 3 样品选用定向薄片单晶石英颗粒, 长短轴法分析得 $K=0.907$; 第 4 样品选用拉伸石英集合体, 长短轴法分析得 $K=0.93$; 第 5 样品选用定向薄片拉伸残斑石英颗粒, Rf—50% 资料线法分析得 $K=0.65$ 。有限应变分析结果表明, 剪切带的变形作用是略带压扁的简单剪切。

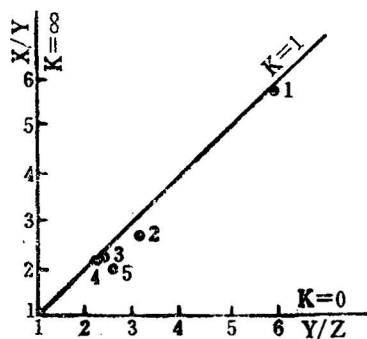


图 7 富林图解
Fig. 7 Flinn diagram

4.3 剪切带的平移时间

据南园组片理化火山岩及 123—142 Ma 的混合交代花岗岩均卷入到韧性剪切带中, 并发生糜棱岩化。而侵入于剪切带的 110 Ma 黑云母花岗岩及下白垩统石帽山群均未发生糜棱岩化, 故判定该剪切带发生左行平移剪切作用, 可能是发生在 120—110 Ma, 即早白垩世欧特里期至阿普第期。

5 变质地体的增生时间

以韧性剪切带为界, 在侏罗纪末期以前, 其东西两侧在地层建造、岩浆活动、变质作用、变

形作用和演化历史上都截然不同。西侧的火山岩带发育了脆性的短轴褶皱群,为低绿片岩相,属于片理化的中酸性陆相火山碎屑建造。而东侧的变质地体,由早古生代中酸性沉积建造的泥质岩组成。经过了多期变形和变质叠加,为一广泛发育混合花岗岩的深层次韧性变质变形带。但进入早白垩世后,韧性剪切带东西两侧却经历了相同的地质历史。下白垩统石帽山群、(110.6 Ma 黑云母花岗岩、99.4 Ma 晶洞钾长花岗岩等)在韧性剪切带及其两侧均有分布。我们认为变质地体可能为一外来地体,于晚侏罗纪末增生到欧亚大陆边缘。根据地体碰撞带岩石磁性组构的研究^①,地体碰撞时主应力来自东南方向,笔者推测变质地体可能是太平洋古陆^[9]分裂后的一部分。123 Ma—142 Ma 的混合交代花岗岩,可能是同地体碰撞增生期的热作用产物;而 110 Ma 的黑云母花岗岩可能是地体增生期后的热作用产物;两者均可视为变质地体与大陆板块之间的焊接剂。

总之探讨长乐-东山构造带的变形特征及动力学研究,对深入研究中生代环西太平洋构造的演化,建立动力学模式将有一定的意义。

野外工作期间,承蒙黄其顺、肖诗兴、张镇海先生的大力帮助。初稿成文之后蒙汤耀庆老师审阅全文。图件由矿床所绘图室清绘,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 1 福建省地质矿产局,福建省区域地质志,北京:地质出版社,1984。
- 2 俞文明,张秀兰,施满堂,福建东山县澳角-冬古一带变质岩系中发现微体化石,福建地质,1988,7(4):290。
- 3 黄辉,杨传夏,李荣安,东山岛变质岩中采到早古生代植物化石,福建地质,1988,7(4):290。
- 4 谢奕克,郭坤一,福建沿海长乐-南澳变质带的 O、Sm、Nd 同位素特征,中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊,1986,(4):64—75。
- 5 许景伟,涠洲湾变质岩中获得下古生界年龄资料,福建地质,1988,7(4):290。
- 6 杨泰铭,福建东南沿海存在古老基底的新证据,大地构造与成矿,1985,(4):372。
- 7 谢奕克,郭坤一,中国东南岩石圈板块边界变质带,北京:地质出版社,1989,48—147。
- 8 朱杰辰,郑懋公,王扬德,福建沿海地区岩浆岩的同位素地质年代学研究,中国区域地质,1988,(2):150—157。
- 9 Amos Nur and Zvi Ben-Avraham, Break-up and Accretion Tectonics. In: M. Hashimoto and S. Uyeda, ed. Accretion Tectonics in the Circum-Pacific Regions. TOKYO: Terra Scientific Publishing Company, 1983. 3—18。
- 10 D. L. Jones, D. G. Howell, P. J. Coney and J. W. H. Monger, Recognition, Character, and Analysis of Tectonostratigraphic Terranes in Western North America. In: M. Hashimoto and S. Uyeda, ed. Accretion Tectonics in the Circum-Pacific Regions. TOKYO: Terra Scientific Publishing Company, 1983: 21—35。

图 版 说 明

图 版 I

1. 东山澳角混合岩脉的平卧褶皱。
2. 东山苏峰山二云母石英糜棱片岩内的“云母鱼”构造(单偏光,×40)。
3. 东山苏峰山二云母石英糜棱片岩内的“核幔”构造(正交偏光,×40)。
4. 晋江金井海边混合花岗岩中变粒岩残留体内的 NNE 向 B 线理。
5. 东山苏峰山石英二云母片岩(S₂)的微褶皱(S₂) (单偏光,×40)。
6. 东山官前海边砂线石片岩内 S₂ 片理的膝折带(S₃) (单偏光,×40)。
7. 晋江灵源山长英质糜棱岩中的 S-C 组构。
8. 东山后林糜棱岩中的石英“布丁”构造。

① 吉雄,闽粤沿海地体之大地构造特征及碰撞活化作用,博士论文,1989。

DYNAMICS AND DEFORMATION FEATURES OF THE CHANGLE-DONGSHAN STRUCTURAL ZONE IN FUJIAN PROVINCE

Gao Jun, Zhang Jinxing and Wen Quan

(*Institute of Geology, CAGS, Beijing*)

Abstract

The Changle-Dongshan structural zone is a part of the Circum-West Pacific Mesozoic NE-trending linear structural belt in the southeastern coast of China. It is divided into three subzones from west to east: the Fuqing-Yunxiao calcalkali volcanic rock zone, Changle-Dongshan ductile shear zone and Pingtan-Dongshan metamorphic terrane. The volcanic rock zone is characterized by Late Jurassic shallow-level brittle brachyfolids. The metamorphic terrane is an exotic terrane. The protoliths of Early Paleozoic age had been superposed by polyphase deformation (Pre-J, J, K₁). The main phase witnessed the ductile thrust shear deformation from NW to SE in the Jurassic. The metamorphic terrane accreted to the margin of the Eurasian continent in the terminal Late Jurassic. The ductile shear zone is an Early Cretaceous sinistral strike-slip simple shear zone, superposed upon the accretionary zone of metamorphic terrane.

Key words: metamorphic terrane, ductile shear zone, ductile thrust shear, ductile strike-slip shear

作者简介

高俊, 1966年11月生, 江苏泰县人。1987年毕业于长春地质学院地质系, 1990年获中国地质科学院研究生部板块构造专业硕士学位。现于中国地质科学院攻读板块构造专业博士学位。邮政编码: 100037。

