内蒙古固阳县席麻塔一带共轭剪切带的地质特征及形成机制

高德臻[1]　魏荣珠[2]

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院,北京　100083;2. 山西区调队,榆次　030600)

摘要: 通过区调填图在内蒙古固阳县北出新太古代石英闪长岩和中元古代英云闪长岩中发现了韧性剪切带. 通过野外调查,应变测量及显微构造、电子探针等方法研究表明,该韧性剪切带为两组呈共轭组合型式产出,形成机制与西伯利亚板块和华北板块相互挤压作用有关,为在地球较深层次、在压扁环境下的简单剪切,形成时代为中元古代末期,变质相为绿片岩相.

关键词: 共轭韧性剪切带;应变测量;内蒙古固阳县.
中图分类号: P542⁺.3　　**文献标识码**: A
文章编号: 1000 - 2383(2000)03 - 0232 - 05

作者简介: 高德臻,男,副教授,1946 年生,1982 年毕业于武汉地质学院北京研究生部,获硕士学位,现从事构造地质与区域构造方面的科研与教学工作.

对地壳中、深层次韧性变形带的研究受到广大地质工作者的重视. 以前的研究多集中于对平面带状展布的韧性剪切带. 实际上,在自然界中存在着由两组不同剪切方向组成的、以共轭方式产出的韧性剪切带构造网络. 这种构造经常将基底岩石切割成大小不等的菱形块体,即所谓的菱形构造. Ramsay 等[1]、郑亚东等[2]在谈到韧性剪切带产出的组合形式时,对"共轭韧性剪切带"进行了定义. 就目前来说,国内对这类构造的研究还鲜于报道.

1　共轭韧性剪切带的平面展布特征

共轭韧性剪切带位于固阳县北部山区,西自福顺店东至席麻塔,长约 18.5 km,北自贵城壕南至车铺渠,最宽处达 7 km(图 1).

韧性剪切带寄主母岩为新太古代灰绿色石英闪长岩、闪长岩($Ar_3\delta o+\delta$,锆石 U - Pb 法测年为(2 524 ±42) Ma)与中元古代灰白色英云闪长岩($Pt_2\gamma o$). 其中 $Pt_2\gamma o$ 呈脉状或小岩株状侵入于 $Ar_3\delta o+\delta$ 之中. 韧性剪切带被未经变形的新元古代闪长玢岩脉所截切,限制了韧性剪切带的形成时间在新元古代之前. $Ar_3\delta o+\delta$ 与 $Pt_2\gamma o$ 沿福顺店—车铺渠 NW 向逆冲断裂系逆冲于中元古代渣尔泰山群之上. 区内韧性剪切带分为两个系列,即近 EW 向系列与 NW 向系列.

1.1　近 EW 向系列韧性剪切带展布特征

近 EW 向系列剪切带自北向南可划分为 3 个带,即 ①—③. 其中 ①与 ②带在席麻塔呈收敛趋势(图 1). 3 条带在贵城壕—车铺渠南北一线最宽间距为2.0～2.5 km. 地表出露宽度除在席麻塔及福顺店北为 500 m 外,一般为 100～200 m. 3 条带的走向以上述的南北线为界,在该线与剪切带交点附近为东西向,向西则转为 NWW280°～290°,向东则转为 NEE70°～80°;呈向南凸出的弧形展布、弧顶位于南北一线上. 糜棱面理相对的剪切位移方向为平面左行.

1.2　NW 向系列韧性剪切带的展布特征

NW 向系列韧性剪切带自 NE—SW 可以划分为 7 个带(1～7). 走向均为 NW300°～310°,地表出露宽度为 100～150 m. 各带之间的间距在 2 km. 糜棱面理相对的剪切位移方向为平面右行.

由近 EW 向和 NW 向两系列韧性剪切带相互交切构成互相成 130°～140°(朝向 NE,SW)和 50°～60°(朝向 NW、SE)的剪切网络,将其寄主岩石切割成一系列大小不等的菱形块体.

收稿日期: 2000 - 02 - 18
基金项目: 地质矿产部"内蒙古固阳地区三幅 1∶5 万联测"项目.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

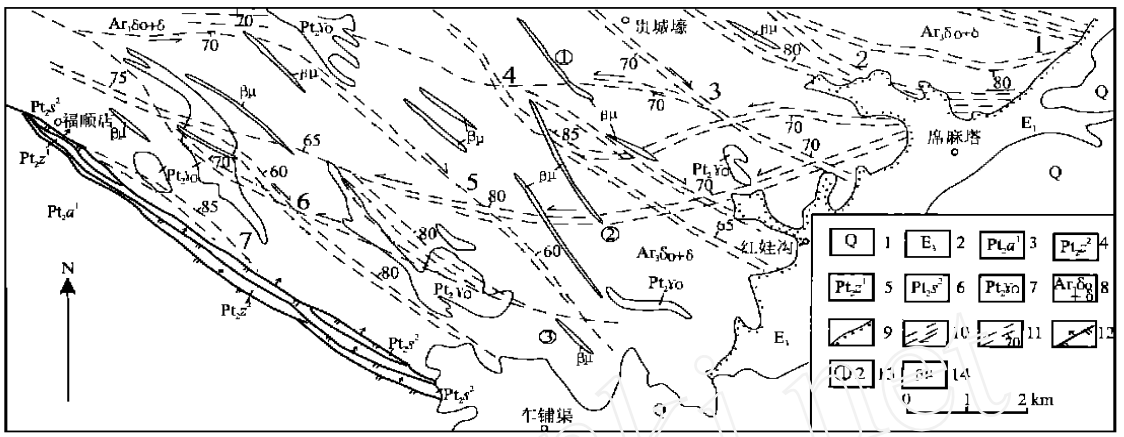


图 1　研究区构造地质略图

Fig. 1　Structural sketch map of study area

1. 第四系;2. 渐新统;3. 渣尔泰山群阿古鲁沟组一段;4. 渣尔泰山群增隆昌组二段;5. 渣尔泰山群增隆昌组一段;6. 渣尔泰山群书记沟组二段;7. 中元古代英云闪长岩;8. 新太古代石英闪长岩、闪长岩;9. 不整合;10. 韧性剪切带剪切方向;11. 韧性剪切带产状;12. 逆断层;13. 剪切带分带编号;14. 新元古代闪长玢岩脉

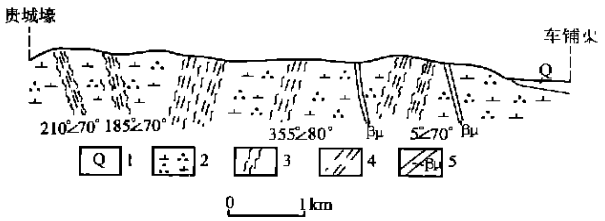


图 2　贵城壕—车铺渠构造剖面

Fig. 2　Guichenghao - Chepuqu structural section

1. 第四系;2. 石英闪长岩;3. 片理化带;4. 韧性剪切带;5. 闪长玢岩脉

2　岩石变形特征

由于寄主岩石被切割成一系列菱形块体,实地调查发现,自块体的中心到边部形成 3 个程度不同的变形域,即弱变形域(中心块体)—较强变形域(片理化带)—强变形域(糜棱岩带)(图 2). 3 个变形域间无明显界线,呈相互过渡关系.

2.1　弱变形域

弱变形域位于菱形块体的中心,向其周边逐渐过渡到较强变形域,即片理化带. 该域中的岩石结构,石英闪长岩为变余中粒与半自形粒状结构,英云闪长岩为中细粒花岗结构. 但岩体中以绿泥石化黑云母为主的片状矿物呈断续定向排列所显示的弱片麻状构造普遍存在,所含早期闪长岩包体呈大小混杂的无序排列. 岩石总体上保留了岩体外貌.

2.2　较强变形域

岩石呈变余斑状结构,片状、片麻状、条带状和透镜状构造. 岩石的宏观外貌为片理化条带. 岩石中的早期包体被拉长呈透镜状和条带状,条带走向与片理、片麻理走向一致,它们共同在岩石中构成了片理条带. 片理条带的出露宽度一般为 50～100 m.

在片理条带中,片理褶皱异常发育,往往沿片理走向形成一系列的褶皱群. 褶皱样式以两翼不对称,轴面呈中—小角度倾斜的歪斜褶皱为主,A 型褶皱次之. 需说明的是,这种歪斜褶皱是由于两侧相向剪切作用所至,相当于最终形成 A 型褶皱的一种过渡类型. 褶皱枢纽与片理走向线呈大角度斜交,擦痕线理发育且与枢纽近于直交. A 型褶皱规模小,为露头级或标本级,外表形态呈饼状,拉伸线理以杆状石英细小脉体的定向排列显示出来,这种拉伸线理与上述的擦痕线理在产状上一致. 根据统计,无论在 EW 系统,还是 NW 系统,这些线理的走向与片理一致,倾角除个别部位,均在 10°～20°,显示了近水平方向上的剪切滑动. 依据平行拉伸线理的切面所显示出来的不对称歪斜褶皱的轴面倒向来判别剪切运动的方向. 在早期闪长岩包体形成的条带中,一些包体长轴的两端形成拖尾,类似于旋转碎斑系的碎斑,据此亦可以判别片理化带剪切运动的方向.

2.3　强变形域

该变形域中,岩石已强烈糜棱岩化呈碎斑状糜棱结构、条带状构造. 糜棱面理是该变形域中的最为

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 不同变形域中黑云母化学成分

Table 1 Chemical compositions of biotite in different deformation domains %

样号	位置	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	MnO	FeO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O
3489 - 1	剪切带	38.66	2.83	16.07	0.13	19.05	9.83	0.26	8.97	0.00
3501 - 1	片理化带	37.60	2.41	16.79	0.00	16.47	13.18	0.48	6.04	0.10
3502 - 2	石英闪长岩	36.48	2.01	16.43	0.19	16.14	13.12	0.46	7.98	0.05

中国地质大学(北京)电子探针室测试.

显著的面状构造,由细粒的石英、长石及暗色矿物组成(在 $Pt_2\gamma o$ 中缺少暗色矿物). 糜棱面理的产状,NW 系总体倾向 NE30°,倾角 70°～90°;在 EW 系统中糜棱面理的倾向,随走向的偏转而变化,但总体向北倾,倾角 70°～90°. 糜棱岩片的厚度为 1～5 cm. 糜棱岩带出露宽度除在个别处达 500 m 外,一般为 50～100 m. 糜棱岩面理上的拉伸线理不发育,其主要由丝状石英、黑云母、长石等细粒状矿物的定向排列及碎斑拖尾表现出来. 其倾向与糜棱面理的走向一致,倾角为 10°～20°. 糜棱岩中发育有 S—C 组构. S 面由石英、长石暗色矿物的斜向排列及偏转显示,C 面上由石英、黑云母集合体等矿物的定向排列构成. 糜棱岩中石英颗粒 X/Z 一般为 5∶1～10∶1,显示了较强的韧性变形特征,构成了韧性剪切带.

3 岩石变质特征

韧性剪切带寄主母岩($Ar_3\delta o+\delta$,$Pt_2\gamma o$)的变质主要表现在较强变形域与强变形域中. 在这两个变形域中,变质岩石的矿物组合:绿泥石 + 绿帘石 + 钠长石(An1～7) + 石英 + 黑云母,为典型的绿片岩相组合. 根据 Sibson[3]对韧性剪切带的研究认为,在长英质岩石中,石英由脆性变形向韧性变形的转化条件相当于低绿片岩相,温度为 300 ℃,在正常的地温梯度下相当于约 10 km 深度. 根据胡玲[4]对本区糜棱岩的研究,认为本区糜棱岩主要为中温糜棱岩,其形成温度为 400～600 ℃,相当于高绿片岩相—低角闪岩相,在正常地温梯度下相当于 15～20 km 深度. 综上所述,作者认为,在本区强变形域中岩石变质相为绿片岩相,形成温度小于 400 ℃,埋深大于 10 km.

4 糜棱岩显微构造

在显微镜下观察,糜棱岩的显微构造主要有如下表现形式:(1) 波状消光. 石英颗粒的消光影呈不规则带状连续掠过晶粒,消光影无晶界,显示石英发生了晶格位错. (2) 边缘粒化. 长石碎斑的边部发生细粒化多表现在结晶尾中. (3) 书斜式构造. 长石碎斑呈阶梯状斜列,其两端与片状矿物形成的条带呈中等角度斜交,显示了剪切滑动的方向. (4) 旋转碎斑. 碎斑由椭圆形的长石组成,旋转尾由石英及片状矿物组成. 旋转系主要为 δ 型. (5) 显微 S—C 组构. S 面由长石、石英碎斑及条带状云母呈定向斜列. 其两端在靠近 C 面时发生偏转. C 面主要由条带状云母及石英、长石细斑的定向排列显示.

显微构造的(3),(4),(5)均可能指示剪切滑动的方向,即 EW 系为左行剪切,NW 系为右行剪切.

5 剪切构造岩成分变化特征

从较强变形域的片理化带到强变形域的韧性剪切带,岩石单矿物的化学成分发生了明显改变.

表 1 为福顺店北从弱变形岩石—片理化带—韧性剪切带的黑云母化学成分. 从表 1 可以看出,随变形程度的递增,黑云母中 SiO_2,TiO_2,FeO,K_2O 呈递增趋势:MnO,MgO,CaO,Na_2O 呈递减趋势,一般来说,黑云母中 Ti 质量分数与变质程度(特别是变质温度)有关[4],本区从未变质石英闪长岩—片理化石英闪长岩—糜棱岩化石英闪长岩,TiO_2 随着变质温度的升高而增加,符合一般规律. 表中 $w(Mg)/w(Mg+Fe)$ 的值自 0.67～0.58～0.51 与 FeO 的递增相对应. 随变形的增强,绿泥石化也增强(绿片岩相变质程度增强)二者相互对应,说明本区变形程度与变质程度具正相关性.

6 应变分析

区内 EW 与 NW 向糜棱岩均呈条带状展布,糜棱岩中石英颗粒发生了明显的塑性变形,这就给在该区域进行三维应变测量创造了较好的条件. 经对区内 EW 向(8 个测量点)、NW 向(10 个测量点)进行三维应变测量,其结果见表2和改进后的付林图解

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

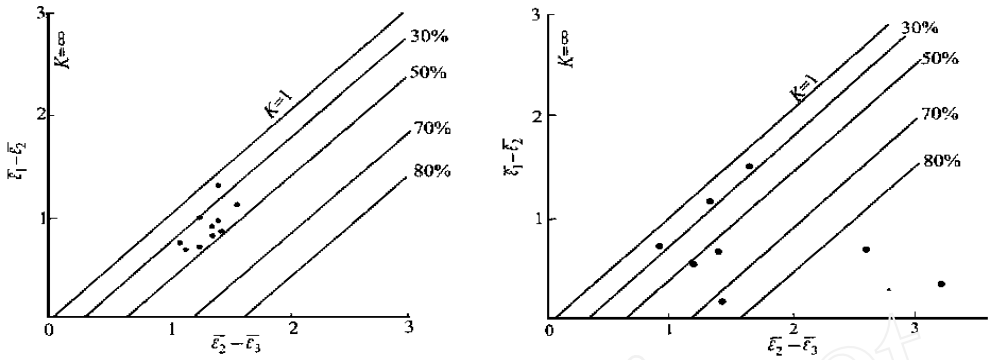


图 3　付林图解

Fig. 3　Flinn diagrams

a. NW 带;b. EW 带

表 2　EW 和 NW 向韧性剪切带三维有限应变测量结果

Table 2　Measured results of 3-D finite strain in EW-and NW-trending conjugate ductile shear zones

	编号	X/Z	Y/Z	X/Y	K	对数付林参数 $\bar{\varepsilon}_1-\bar{\varepsilon}_2$	对数付林参数 $\bar{\varepsilon}_2-\bar{\varepsilon}_3$		编号	X/Z	Y/Z	X/Y	K	对数付林参数 $\bar{\varepsilon}_1-\bar{\varepsilon}_2$	对数付林参数 $\bar{\varepsilon}_2-\bar{\varepsilon}_3$
东西向	1	11.70	3.60	3.25	0.86	1.18	1.28	北西向	1	6.80	3.40	2.00	0.42	0.69	1.22
	2	21.80	5.32	4.10	0.72	1.41	1.67		2	8.96	3.20	2.80	0.82	1.03	1.16
	3	38.31	30.58	1.25	0.01	0.22	3.42		3	5.70	3.00	1.90	0.45	0.64	1.10
	4	47.67	21.17	2.25	0.06	0.81	3.05		4	5.51	2.90	1.90	0.47	0.64	1.06
	5	6.62	4.17	1.59	0.19	0.11	1.43		5	6.45	3.00	2.15	0.57	0.77	1.10
	6	4.97	2.43	2.05	0.73	0.72	0.89		6	9.36	3.90	2.40	0.48	0.88	1.36
	7	7.47	4.15	1.80	0.25	0.59	1.42		7	8.71	3.96	2.20	0.41	0.79	1.38
	8	5.37	3.25	1.65	0.29	0.50	1.18		8	9.20	4.00	2.30	0.43	0.83	1.39
									9	14.21	4.90	2.90	0.49	1.06	1.59
									10	7.82	3.40	2.30	0.54	0.83	1.22

图 3. 从表 2 可以看出,在 XZ 面上 $(1+e_1)/(1+e_3)$ 变化范围大,且比值最大,其中尤以 EW 向剪切带突出. 在 YZ 面上 $(1+e_2)/(1+e_3)$ 比值中等,其中以 NW 向剪切带变化范围平稳(多数在 3～4 之间). 在 XY 面上 $(1+e_1)/(1+e_2)$ 比值最小,变化范围亦小. 比较表 2 可以看出,在 XZ, YZ 面上的应变量 EW 剪切带较 NW 带要大且变化范围也大,从一个侧面反映了 EW 向剪切带发育程度较差. 从图 3 可以看出,无论是 NW 向还是 EW 向所有样品的 K 值均小于 1,属扁平应变椭球体型式的压扁式应变,因此,从一个侧面反映出两组剪切带均为具体积损失的、在压扁环境下的简单剪切运动形式. 两组韧性剪切带表现出体积损失量在 20 %～50 %之间,其中 EW 向带个别点(3,4,5)体积损失量大于 50 %,可能指示了主应力在 EW 向上的分量要比 NW 向上的分量大.

7　形成机制与构造演化

研究区处于华北板块北缘,在地质历史中长期受到其北侧西伯利亚板块的向南推挤作用,因此研究区所形成的中生代以前的构造形迹主要与上述两大板块的相互作用有关.

太古代晚期侵入体($Ar_3\delta o+\delta$)形成之后,在中元古代早期地壳应力处于拉张状态,使太古代基底形成一系列边缘裂谷,并接受巨厚层渣尔泰山群沉积,同时沿裂隙有呈岩株状侵入的英云闪长岩. 在中元古代末期由于西伯利亚板块向南的推挤作用,使区内浅层次的渣尔泰山群地层褶皱回返,同时使较深层次(>10 km)的侵入体($Ar_3\delta o+\delta$)形成共轭韧性剪切带①. 由上述对剪切带的变形相与变质相的

①内蒙古第一区域地质研究院. 色尔腾山地区 1∶5 万区域地质调查报告. 内蒙地矿局,1994. 140～145.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分析可以看出,初始变形的围岩($Ar_3\delta o + \delta$, $Pt_2\gamma o$)已非刚性体而呈具较强塑性的物体,Ramsay 等[1]称之为"应变软化".具应变软化的岩体所形成的共轭韧性剪切带其钝角朝向主压应力方向(近 SN 向),并形成了由剪切带所包围分割的、内部呈弱变形的一系列菱形块体. Ramsay 用模型证明了两剪切带初始角虽经相互剪切但最终并未发生变化.

深部层次的韧性剪切带形成之后,由于近南北向挤压的持续作用使其与渣尔泰山群块体接触部位形成一系列的逆冲断层(图 1). 这些逆冲断层呈中等角度向 NE 倾斜,并将岩体逆推至渣尔泰山群之上.

中元古代之后,本区长期处于隆升剥蚀阶段,直至中生代末期以后,才在山间盆地中沉积了白垩系、下第三系等河湖相沉积物. 因此,中元古代以后的各次运动对本区的改造不显著.

8 结语

固阳北共轭剪切带是中国地质大学(北京)固阳区调队在 3 年的填图工作中发现并填制出来的. 对它的发现纠正了前人将其归并到新太古代或中元古代变质岩的错误认识[5].

共轭韧性剪切带做为韧性剪切带的一种组合形式应是普遍存在的. 对它的识别存在较大难度,或许一些平行条带状的韧性剪切带就是共扼组合的形式,只是未能识别出来;因此,对区域性韧性剪切带的研究应进行详细的测量与填图. 至于在何种地质条件下,仅发育平行带状韧性剪切带组合形式而不发育共轭组合形式,还有待于今后更深入的研究.

参考文献:

[1] Ramsay J G, Ihuber G M. 现代构造地质学方法(第二卷褶皱和断裂)[M]. 徐树桐主译. 北京:地质出版社, 1991. 333～336.

[2] 郑亚东,常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带[M]. 北京:地质出版社,1985. 79～96, 118～120.

[3] Sibson R H. Fault rocks and fault mechanism [J]. J Geol Sol, 1977, 133: 133～143.

[4] 胡玲. 燕山北缘断裂带及其西延断裂研究[D]. 北京:中国地质大学,1999. 64～70.

[5] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991. 地质图.

GEOLOGY AND FORMATION MECHANISM OF CONJUGATE SHEAR ZONE IN XIMATA REGION, GUYANG COUNTY, INNER MONGOLIA

Gao Dezhen[1] Wei Rongzhu[2]

(1. *Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 2. *Regional Geological Surveying Team of Shanxi, Yuci* 030600, *China*)

Abstract: The regional geological mapping in Beishan, Guyang County, Inner Mongolia, indicates the presence of the ductile shear zones in the Neo-Archaean quartz diorite and the Meso-Proterozoic tonalities. The field investigation, strain measurement, indoor micro-structure and electronic probe show that this ductile shear zone occurs as two groups of conjugate combinatorial shear zones. The formation mechanism of this conjugate shear zone, a simple shear that occurred at the end of the Meso-Proterozoic in the falser environment, is related to the compression between the Siberia plate and the North China plate. The metamorphic facies of this conjugate shear zone is the greenschist facies.

Key words: conjugate ductile shear zone; strain measurement; Guyang County, Inner Mongolia.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net