

华北陆块南缘锑成矿带韧性剪切构造岩变形特征及地质意义*

Lithogenic Limiting of Deformational Feature of Ductile Shear Tectonite About Antimony Mineral Belt in Southern Margin of North China Landmass and Its Geological Meaning

张建军¹ 杨晓勇² 曹高社² 程占东³

(1 河南省地质科学研究所, 河南 郑州 450053; 2 中国科学技术大学, 安徽 合肥 230027; 3 卢氏县地质勘探研究所, 河南 卢氏 472200)

Zhang Jianjun¹, Yang Xiaoyong², Cao Gaoshe² and Cheng Zhandong³

(1 Henan Institute of Geosciences, Zhengzhou 450053, Henan, China; 2 Chinese University of Science and Technology, Hefei 230027, Anhui, China; 3 Institute of Geoexploration of Lushi County, Lushi 472200, Henan, China)

摘 要 华北陆块南缘的区域性大断裂官坡—朱阳关韧性剪切带由主干韧性剪切带、次级韧性剪切带, 分枝韧性剪切带组成, 呈线状-带状沿区域构造线展布, 构成锑成矿带, 区内中元界秦岭群雁岭沟组一套片岩类的副变质岩为锑矿成矿的主要矿源层, 区内韧性剪切作用与锑成矿具成因上的联系, 含矿岩石在韧性剪切过程中发生退变质作用, 具改造动力作用下后富集成矿成因的地质意义。

关键词 华北陆块南缘 韧性剪切带 锑成矿带 应变速率 位错密度 成岩时限

河南省卢氏县官坡—朱阳关地区锑矿成矿带位于秦岭造山带的北部, 由于受华北、扬子两大古陆板块拼接的相互作用, 区域构造线呈 NWW-SEE, 构造活动强烈, 岩石变形、变质作用复杂, 岩浆活动频繁。

区内剪切带表现为线状分布的强应变带, 这些强应变带方向不同, 规模差别较大, 强应变带内, 岩石产生韧性变形 (区内与锑成矿有关的秦岭群雁岭沟组地层最为明显), 岩石内发育的韧性剪切带可分为主干韧性剪切带 (规模大、连续、活动表现强烈)、次级韧性剪切带 (与主干韧性剪切带平行, 规模较小)、分枝韧性剪切带 (与主干或次级韧性剪切带小角度相交)。这些不同级别的应变带切割雁岭沟组地层, 形成了区内强应变带和弱应变带并置的网格状格局。

1 构造岩类型及其特征

断层角砾岩、断层泥: 区内断层角砾岩是发育在各类构造带中的一种常见岩石, 角砾成分往往是围岩, 区内常见的断层角砾有糜棱岩、石英、方解石、辉锑矿、云英片岩、大理岩、斜长角闪片岩等。

断层泥在构造带内发育广泛, 一般呈灰黑色、灰绿色、灰黑色多为含炭质及锑质, 灰绿色多为云母 (绢云母为主)、绿泥石、粘土类矿物, 绝大多数厚度在 10 cm 以下, 呈泥板状, 属构造运动强烈的研磨、水化作用形成。

碎裂岩化系列岩石: 碎裂岩主要发育在地壳较浅的部位, 属原岩经受破碎、压碎作用形成。区内构造变形带碎裂岩广泛出露。岩层、侵入岩均发育有碎裂岩化现象, 其特点是脆性裂隙及片理化发育, 但原岩组构变化不大, 说明脆性应变弱, 仅发生碎裂岩化。

糜棱岩化系列岩石: 岩石基本保留了原岩的组构, 但主要的造岩矿物发生了不同程度的塑性变形。区

* 河南省地质矿产厅重点矿种科技攻关项目

第一作者简介 张建军, 男, 1952 年生, 高级工程师, 地质专业。

内糜棱岩化岩石主要有糜棱岩化石英片岩、糜棱岩化花岗伟晶岩、糜棱岩化辉长岩、糜棱岩化变粒岩和少量的糜棱岩化石英脉。

上述系列岩类共同特征具拉伸线理和微裂隙,暗色矿物黑云母、电气石被定向拉长并受到不同程度的塑性变形。

糜棱岩、千糜岩类岩石:糜棱岩有云英质、硅质、钙质糜棱岩等,区内强应变带中最为常见。这些糜棱岩显微破裂发育,部分裂隙多被重结晶石英及新生云母充填。

千糜岩是糜棱岩的一种类型,区内糜棱岩成分含有片状或纤维状矿物——绢云母、绿泥石,该类岩石的形成环境与糜棱岩相同。在韧性剪切带附近,千糜岩的这种千枚状构造更加明显,镜下显示千糜岩具有石英拖尾,而石英、绢云母受应力作用发生强烈变形,形成定向构造,石英有动态重结晶和亚颗粒化现象。

2 剪切带构造岩显微-超微构造特征

显微构造特征:区内铋矿床(点)主要分布在一套强烈变形的岩石中,岩石由于受韧性剪切作用,其变形程度已达千糜岩、糜棱岩,一些岩脉侵入体由于受韧性剪切作用,发生糜棱岩化。如区内寒山沟糜棱岩化花岗伟晶岩,岩石中暗色矿物(黑云母、电气石)被定向拉长;庆家沟侵入围岩中的镁铁岩-角闪石岩,在应力作用下产生片理化现象。此外,铋矿化围岩千糜岩中石英、绢云母受应力作用产生强烈变形,形成定向构造,石英出现动态重结晶和亚颗粒化。

构造岩塑性变形特征:在透射电镜下观察构造岩中的超微构造大多是塑性变形的产物,研究中主要见到构造岩石英颗粒中的具较高密度的位错特征,表现为石英颗粒中的高密度的自由位错;局部糜棱岩中石英颗粒由高密度的位错线组成位错层;铋矿化石英脉中石英发育的位错壁和亚晶界位错缠结;另外,部分千糜岩中石英颗粒上发育低密度短而粗位错线和位错环;一些千糜岩中石英颗粒上发育有长直位错线和局部位错网络。

高密度的位错网络,位错结和亚晶界等位错现象,表明了区内岩石在应力作用下,经历了强烈塑性变形的一个动力改造的标志。

古应力的计算:在计算构造岩所受到的最大古应力差时,我们分别选用Twiss(1996)和Mercier(1997)的两个经验公式计算作为比较,计算统一换算为兆帕斯卡单位,将表1中计算的最大差异应力与区内大河沟铋矿韧性剪切带、庆家沟铋矿韧性剪切带两条剖面线作图,反映出大河沟和庆家沟铋矿床的成矿围岩都经历了较强烈的韧性剪切,样品DB-1表现得最为强烈,最大差异应力可达 2.5×10^8 Pa 以上,较小的接近

表1 官坡—朱阳关地区铋矿韧-脆性剪切带中石英的位错密度、最大古差异应力计算结果

样品编号	TEM放大倍数	测长度/cm	交点数	位错密度/($\text{cm}^2 \times 10^8$)	$\delta_1 - \delta_3$ (Twiss, 1986)	$\delta_1 - \delta_3$ (Mercier, 1977)
DB-1	40000	45	90	32.00	284.59	307.78
DB-1	40000	45	60	21.33	226.77	235.49
DB-2	10000	45	40	4.44	86.95	83.58
DB-6	15000	50	40	4.80	91.61	88.00
DB-7	10000	45	80	8.00	127.11	123.28
DB-8	20000	45	60	5.44	98.44	94.29
QB-1	15000	45	40	5.33	98.44	94.29
QB-1	15000	45	60	5.33	127.11	123.28
QB-3-1	20000	45	90	16.00	192.34	194.79
QB-3-2	20000	45	70	12.44	166.01	164.98
QB-3-2	20000	45	40	7.11	118.09	114.01
QB-3-2	20000	45	50	8.89	135.64	132.17
QB-7	15000	45	60	8.00	127.11	132.28
QB-7	15000	45	50	6.67	113.42	109.24
QB-8	20000	45	70	12.44	166.01	164.98
QB-8	20000	50	96	15.36	188.22	189.61
QB-8	20000	45	55	9.78	143.74	140.76

$1 \times 10^8 \text{ Pa}$ 。辉铋矿石英脉由于位错受到后期的攀移、改造，未能计算出差异应力，通过其透射电镜观察可知，其韧剪切作用的强度还是很大的。

在庆家沟铋矿韧性剪切带中，各个不同部位样品最大差异应力比较接近，在 $1.1 \times 10^8 \text{ Pa} \sim 1.65 \times 10^8 \text{ Pa}$ 之间，辉铋矿石英脉受韧性剪切作用，也表现出较高的位错密度，与围岩中韧性剪切作用强度几乎相当。

应变速率的估算：据显微观察，矿区围岩中矿物的最稳定的组合是石英+白云母，据此组合，按 Hyndman 常见矿物的稳定界线可以确定本区岩石的变形变质温度为 400°C 左右，计算用 400°C 。对于庆家沟辉铋矿

表 2 官坡—朱阳关地区铋成矿带韧-脆性剪切带中石英的应变速率计算结果(单位: $10^{-15} \times \text{l/s}$)

样品编号	DB-1*	DB-2	DB-6	DB-7*	DB-8	QB-1*	QB-3-1	QB-3-2	QB-7*	QB-8*
据 Twiss 数值	95.40	5.76	6.62	15.50	7.96	11.40	40.50	0.147	13.40	30.70
据 Mercier 数值	111.70	5.12	5.96	14.32	7.13	10.35	47.05	0.139	10.48	30.64

表 3 Rb-Sr 法测定糜棱岩薄板年龄

样号	样品名称	产状	$w_{\text{Rb}}/10^{-6}$	$w_{\text{Sr}}/10^{-6}$	$\text{Rb}^{87}/\text{Sr}^{86}$	$\text{Sb}^{87}/\text{Sr}^{86}$	误差
DB-9-1	石英脉体（几乎都是石英和部分长石细颗粒组成）		46.28	16.45	8.407	0.7943	± 22
DB-9-2	暗色矿物组成的糜棱岩条带（主要有黑云母、角闪石等微细矿物颗粒组成）	云英片岩系中的韧性剪切带	238.10	59.34	12.01	0.8046	± 14
DB-9-3	浅色矿物组成的糜棱岩条带（主要有绢云母和长石等微细矿物颗粒组成）		202.60	72.13	7.988	0.7932	± 28

石英的最大成岩成矿温度定为 300°C （河南地调一队）。据表 1 中最大古应力差的计算结果，各样品的应变速率计算结果见表 2 所示。

从以上岩石应变速率的结果可以看出，区内铋成矿带与韧性剪切作用具有成因联系，成矿热液来自改造动力作用，属中低温范围，与研究区的构造应力条件接近。

3 韧性剪切变形时代的确定

本次利用大河沟铋矿区成矿围岩中韧性剪切带的长英质糜棱岩样品（DB-9）进行 Rb、Sr 全岩的测定。样品为韧性剪切带中具有典型特征的糜棱岩，并且样品中含有糜棱岩化作用过程中分异的石英脉体和由暗色矿物和浅色矿物组成的基体，三者之间呈条带状平行分布，各个条带的详细特征如表 3 所述。

3 个样品的测定结果应用回归计算，获得一条完美的等时线，从而得到等时线年龄为 $198.6 \pm 4.74 \text{ Ma}$ ，相关系数 0.9997，几乎接近于 1（见图 1），表明糜棱岩化过程的中 Rb-Sr 体表达了再平衡。

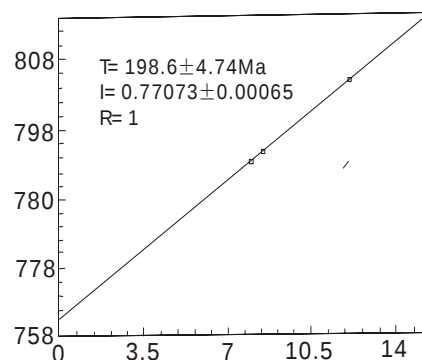


图 1 大河沟铋矿带糜棱岩 Rb-Sr 等时线年龄

4 讨论与结论

结合上述研究，可得出如下结论：

（1）韧性剪切带规模差异大，区域性韧性剪切带横穿全区，次级、分枝韧性剪切带 $1 \sim 10 \text{ km}$ ，野外露头及手标本上常可见 $0.01 \sim 1 \text{ m}$ 小型剪切带发育，镜下可见显微剪切构造，说明区内剪切构造在空间上十分发育。

（2）区内韧性剪切带变形标志常见各种塑性流动构造及劈理，拉伸线理等。构造岩中矿物塑性变形明显，石英具波状消光、拖尾、亚颗粒现象及动态重结晶，绢云母受应力作用发生强烈变形，形成定向构

造。

(3) 韧性剪切带多具叠加改造。经历了韧性、脆韧性和脆性改造过程, 各种碎裂岩, 糜棱岩发育, 后期脆性构造叠加形成构造角砾岩和断层泥。

(4) 通过应变速率的计算结果显示, 在庆家沟锑矿床, 虽然辉锑矿石英脉的位错密度较大, 但是由于受其形成的温度不如围岩高, 按照包体测温的最高温度计算的石英脉的应变速率较糜棱化岩石的应变速率小一个数量级。

(5) 通过薄板技术获得糜棱岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 198.6 ± 4.74 Ma, 代表印支期末华北陆块南缘的大规模韧性剪切的结束。

参 考 文 献

游振东, 索书田, 韩郁菁, 等. 1990. 秦岭杂岩的变质变形史. 秦岭—大巴山地质论文集(1). 1~9.

Parrish D K, Ross J V. 1976. Experimental deformation of anhydrite and early strain history of salt domes (adsty). Am. Geophys. Unio. trans., 57: 332.

Su Q and Fullagar P D. 1995. Rb-Sr and Sm-Nd isotopic systematics dating greenschist facies metamorphism and deformation: examples from the Southern Appalachian Blat Ridge. J. Geol., 103: 423~436.

<http://www.kcdz.ac.cn/>