海南昌江—邦溪地区中深层次动力变质岩 类型划分及动力变质作用研究

张业明 付建明 曾波夫

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘要 运用变质岩石学理论及韧性剪切带和显微构造学的基本方法,对研究区韧性剪切带中深层次动力变质岩的类型划分和动力变质作用进行了初步研究。将动力变质岩划分为糜棱岩和构造片岩两类及其相应的亚类。认为戈枕和石碌水库韧性剪切带分别经历了绿片岩相或高绿片岩相和低绿片岩相动力变质作用,其形成温度分别为400~500℃和300~350℃。

关键词 动力变质作用 糜棱岩 构造片岩 昌江—邦溪地区 海南

1 区域地质概述

昌江—邦溪地处海南岛西部,是我国著名的石碌铁矿产地。区内出露晚元古代和古生代变质地层以及大量晚加里东期—燕山期花岗质侵入体。以昌江—琼海区域深大断裂为界,南部存在戈枕和石碌水库韧性剪切带,各自大致沿石碌地区上元古界西、东两侧展布,并组成印支期对冲式韧性剪切推覆构造系统;北部发育河叉岭韧性剪切带,印支—燕山期自南西北东的逆冲推覆作用,使早古生代变质岩系堆叠于晚古生代地层之上,并形成“飞来峰”和“构造窗”构造组合。此外,在晚元古代石碌群内部,由于受前加里东期近水平韧性剪切作用,在较强能干层之下的弱能干层中形成了一套具典型韧性剪切带变形构造但不具糜棱岩特征的动力变质岩石,前人厘定的第五层^[1]实际上为一顺层韧性剪切带。在上述韧性剪切带中,主要发育反映中深层次流变特点的动力变质岩石,大致可归为糜棱岩和构造片岩两类,前者为韧性逆冲推覆剪切的产物,后者主要分布在伸展体制下的顺层韧性剪切带之中。同变形期矿物共生组合及共生矿物对等研究,为中深层次动力变质岩变质程度和变形条件的确定提供了依据。

2 中深层次动力变质岩类型的划分

以目前动力变质岩分类方案(R. H. Sibson, 1977、陈曼云和刘喜山, 1990、宋鸿林, 1991)为基础,并综合考虑显微变形组构、原岩类型和动态重结晶程度等,将本区中深层次动力变质岩总体上划分为糜棱岩和构造片岩两类。

2.1 糜棱岩类

主要沿戈枕和石碌水库韧性剪切带产出,同时在河叉岭韧性剪切带强变形地带也有出露。根据原岩类型首先分成花岗质、云母—石英质和碳酸盐三个糜棱岩亚类,又在每亚类中按碎斑

1997年3月10日收稿

矿物与基质矿物含量、矿物变形及显微变形组构等,细分岩石类型。

2.1.1 花岗质糜棱岩亚类

包括糜棱岩化花岗岩、花岗质初糜棱岩和花岗质糜棱岩三种常见的岩石类型,并依次反映了韧性变形由弱到强的递进演变过程。

(1)糜棱岩化花岗岩:由乌烈、石碌等花岗岩体变形而成,空间上分布在戈枕和石碌水库韧性剪切带边部。岩石基本保留原花岗岩的结构、构造特征,新生基质矿物含量在10%以下,仅石英发育变形纹和波状消光,长石类矿物几乎未见变形改造。

(2)花岗质初糜棱岩:见于戈枕韧性剪切带边部,在石碌水库韧性剪切带内部也间或出现。这种岩石具微弱糜棱面理,矿物变形较为明显。碎斑含量60%~80%,以钾长石(微斜长石)为主,另有少量普通角闪石,多呈棱角状或透镜状。基质矿物主要由云母类和石英组成,显示流动构造现象。除石英普遍经历晶质塑性改造外,长石类矿物也发育机械双晶,局部与基质矿物组成旋转变形组构。

(3)花岗质糜棱岩:广泛出现在戈枕和石碌水库韧性剪切带中部。岩石呈现强烈的流动变形构造,糜棱组构明显。碎斑含量20%~40%,成分为斜长石、微斜长石和角闪石等,多呈椭圆形或眼球状,有不同程度的旋转变形,构成典型的“ σ ”型旋转碎斑系。基质矿物有石英、白云母、黑云母、绿泥石、细粒化斜长石和钠长石。显微变形组构极其发育,如石英带状消光、核-幔构造和拔丝构造等;云母则以“云母鱼”出现;长石类矿物碎裂化、石香肠化和具强烈机械变形双晶等。此外,由流动基质组成的S-C组构也广泛出现。

2.1.2 云母-石英质糜棱岩亚类

主要由卷入戈枕韧性剪切带的抱板群片岩系和石碌水库韧性剪切带中的石碌群经韧性变质变形改造而成。同花岗质岩石相比,这类岩石主要含石英和云母等弱能干性矿物,故在同一构造带内表现出更强烈的变形特性,岩石类型常为初糜棱岩、糜棱岩和超糜棱岩。

(1)云母-石英质初糜棱岩:分布在戈枕和石碌两条韧性剪切带西缘。不论在野外露头抑或显微镜下,岩石韧性变形特点较清楚。残斑矿物含量在90%~50%之间,其成分主要为石英、云母和绿帘石等。手标本上,基质呈现假流纹构造,绕残斑分布,显示韧性流动特点;在微观域内,基质中不仅矿物集合体呈定向分布,构成细条带或条纹,而且单个矿物也为定向排列,尤以片状矿物更为明显。

(2)云母-石英质糜棱岩:沿戈枕和石碌水库韧性剪切带强变形部位发育。碎斑结构明显,成分主要为石英、云母和少量绿帘石,但残斑矿物含量明显减少(50%~10%),其外形多为扁豆体状,长轴与糜棱面理方向一致。镜下不仅可以见到矿物显著拉长、S-C组构、剪切褶皱、变形变质分异条带等变形组构,而且还见到动态重结晶现象。

(3)云母-石英质超糜棱岩:仅出露在戈枕和石碌水库韧性剪切带中心强烈变形地带。岩石标本呈致密状,颜色较暗,常见由不同成分或颜色构成的条痕状构造。原岩组构特点几乎消失殆尽。残斑矿物以早期交代成因的微斜长石为主,含量在10%以下,发育旋转组构,且常见细颈化和石香肠化现象。变形组构主要有石英条带和分异条带等,细粒化作用使绝大多数矿物颗粒粒径减小至0.02 mm以下,且矿物之间界面的可分辨性较差。集合体定向分布,而单个矿物(粒状)晶体则无定向或仅具弱定向。

2.1.3 碳酸盐糜棱岩亚类

发育在石碌水库韧性剪切带和河叉岭主推覆构造面中,常见大理岩初糜棱岩和糜棱大理

岩两种基本类型。大理岩初糜棱岩由方解石构成碎斑,含量达70%~80%,呈不规则透镜状沿一定方向断续平行排列,机械双晶十分发育;基质为方解石、白云石和少量石英、黑云母,绕碎斑分布。糜棱大理岩在矿物组成上与大理岩初糜棱岩相近,但碎斑含量降至30%~60%,变形也有显著增强,除常见方解石机械双晶外,还可见单晶拉长定向现象,长、短轴之比可达5:1,显示出一定的晶质塑性变形行为。

2.2 构造片岩类

综合动态重结晶程度、变质作用强度和面状构造特征等多种因素,进而分成劈理化构造片岩和变晶糜棱片岩两种岩石类型。

(1)劈理化构造片岩:见于石碌顺层韧性剪切带和河叉岭韧性逆冲剪切带之中,这两条剪切带形成于中部构造层次,其中岩石以强变形、弱变质为主要特征。石碌顺层韧性剪切带,构造上成为上覆厚层白云质大理岩和下伏厚层石英岩的分界面,变形现象异彩纷呈,a型褶皱、S-C组构和拉伸线理等俯拾皆是。但在微观域中,除劈理构造极其发育外,一般不见亚颗粒和核-幔构造等动态恢复变形组构。新生绢云母、石英、绿泥石等矿物沿劈理面分布,由于变质作用微弱,常保留较多的残余层理。这种岩石具有糜棱岩常见的变形构造,但不发育糜棱岩的典型矿物变形结构,反映出低热流状态下以顺层剪切滑动为变形机制的动力变质岩的流变学特征。

(2)变晶糜棱片岩:仅见于石碌水库韧性剪切带中部。岩石外貌同云母-石英质糜棱岩有相似之处,由石英和云母两种矿物相对聚集组成的条带构造极为发育。但显微变形组构研究表明,这种岩石静态重结晶作用十分强烈,石英多已重结晶成粗大晶粒(0.1 mm±),晶体界线一般呈现缝合线状或三结点直线状,局部尚残留糜棱结构痕迹。

3 动力变质作用

3.1 韧性剪切带岩石的矿物组合及其变化

韧性剪切带内发育的糜棱岩系,总体上矿物成分并非构成一个稳定共生的双变平衡组合,而仅表示处在单变平衡状态下的一组矿物^[1]。糜棱岩所具有的特殊组构——碎斑结构,本身就是两种或多种矿物组合相统一的产物,其中碎斑矿物组合大致可以反映韧性剪切变形之前的变质作用条件。与韧性变形相伴形成的变质矿物,具有良好的晶体优选方位,并平行糜棱面理或剪切面理分布,围绕残斑矿物生长。对于残斑矿物端部压力影内充填的矿物,有时虽无明显的定向性(特别是粒状矿物),但也应归属韧性变形变质矿物组合之列。至于其它非定向分布、无光学异常或虽定向排列但切割糜棱面理和剪切面理的矿物,尽管也出现在基质中,一般被视为变形期后迭加变质矿物。

依据上述各期矿物划分原则,以系统的岩石学鉴定为基础,并结合区域变质资料,将戈枕和石碌水库韧性剪切带内变形变质岩石的组成矿物归并为剪切期前区域变质矿物组合、同剪切期矿物组合和剪切期后矿物组合(表1)。

3.2 动力变质程度及变质条件

3.2.1 动力变质程度

表1所列同剪切变形期变质矿物共生组合,揭示了戈枕和石碌水库韧性剪切带动力变质程度分属绿片岩相和低绿片岩相。显微变形组构研究也得出同样的结论。L. Anderson等认

表1 韧性剪切带内岩石矿物共生组合

Table 1 Mineral assemblages of the katogeno-dynamometamorphic rocks

剪切带名称	原岩系列	剪切期前矿物组合 (区域变质和热变质)	同剪切期矿物组合	剪切期后矿物组合
戈枕韧性剪切带	花岗质		黑云母 + 微斜长石 + 钠长石 + 石英 黑云母 + 钠长石 + 石英 黑云母 + 绿泥石 + 钠长石 + 石英	
	泥质	白云母 + 黑云母 + 石英 白云母 + 石英 + 黑云母 石英 + 白云母 微斜长石 + 斜长石 + 石英 + 白云母 + 角闪石 微斜长石 + 石英	白云母 + 石英 黑云母 + 白云母 + 绢云母 + 钠长石 + 石英 云母 + 绿泥石 + 石英 + 钠长石 + 石英 黑云母 + 绿泥石 + 钠长石 + 石英 黑云母 + 石英 + 黄铁矿	石英 + 绿泥石
石碌水库韧性剪切带	花岗质		绿泥石 + 石英 ± 钠长石 绿泥石 + 绿帘石 + 石英 绿泥石 + 石英 + 钠长石 绿泥石 + 绿帘石 + 绢云母 白云母 + 石英 + 钠长石 ± 绿泥石	
	泥质	白云母 + 石英 绢云母 + 石英 ± 绢云母 白云母 + 绢云母 + 石英 石英 ± 白云母	白云母 + 绢云母 + 石英 绢云母 + 石英 石英 + 绢云母 绢云母 + 绿泥石 + 石英 + 褐帘石 绿泥石 + 石英 ± 绢云母	
	钙质	方解石 + 白云石	方解石 + 白云石 + 赤铁矿	

为,当以显微破裂为主向位错蠕变转化时,是随矿物种类的不同而有所变化,石英相当于绿片岩相,钾长石相当于绿片岩相-低角闪岩相。在戈枕韧性剪切带中,石英普遍发生韧性流动变形,少量微斜长石因塑性流变而具有一定的晶质塑性变形行为,因此,该韧性剪切带形成于较深的构造部位,其主期变质程度为绿片岩相或高绿片岩相。此外,该带中石英广泛发育次底面I型变形纹和镶嵌多晶条带,并沿菱柱面滑动形成优选定向结构,据此推测其形成温度较高。而石碌水库韧性剪切带内具有典型塑性变形行为的矿物仅有石英和云母类,长石类矿物无论在镜下还是露头上都呈碎裂变形结构,由此反映的变形环境大致相当于低绿片岩相的温、压地质条件^①。

与早期区域变质相比,动力变质表现出退化变质作用特点。宏观上,戈枕和石碌水库韧性剪切带构成了该区两条较为醒目的退化变质带。这种退化变质现象,在镜下通过较高温矿物向低温矿物的转化表现出来,主要转化关系归纳有黑云母→绿泥石、角闪石→绿泥石、白云母→绢云母、斜长石→绿帘石、角闪石→绿帘石等。退化变质作用不仅造成了原有矿物组合的变化,而且对残斑矿物的化学成分也有一定的改变。就残斑斜长石而言,CaO和SiO₂含量逐渐降低(表2),斜长石牌号也逐渐降低。

①宜昌地质矿产研究所,1:5万昌江县幅、邦溪幅地质报告,1995。

表2 残斑斜长石核部和边部化学成分(重量%)

Table 2 Chemical compositions of porphyroid plagioclase cores and sides

部位	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	Cr ₂ O ₃	FeO	Σ
核部	65.960	22.887	0.182	3.364	8.120	0.075	0.022	0.010	0.011	0.41	100.671
边部	64.761	22.308	0.156	3.138	6.891	0.002	0	0.018	0.019	0.045	97.528

3.2.2 温、压参数估算

为了定量估算韧性剪切带动力变质的温压参数,在详细镜下工作基础上,根据出现的矿物种类及矿物共生关系,特选白云母-绿泥石地质温度计进行温度测算。这两种共生矿物电子探针测定结果见表3。利用共生的白云母-绿泥石Al分配等温线图(Potok, 1975),估算出戈枕和石碌水库韧性剪切带动力变质作用的温度分别为400~500℃和300~350℃。另据赵明国等(1992)研究^[2],戈枕韧性剪切带形成的差异应力在149~245 MPa之间。结果见表4。

表3 韧性剪切带矿物化学成分测定结果

Table 3 Chemical compositions of minerals in the ductile shear zones

矿物名称	样品编号	产地	化 学 成 分 (%)											备注	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	Cr ₂ O ₃	FeO	Σ		
斜长石	D I - I' - b4	戈枕 韧性 剪切带	58.454	26.813	0.113	7.077	7.723	0.030	0.002	0	0	0.131	100.343	残斑 矿物	
角闪石	D I - I' - b3		44.789	7.528	0.794	1.5	10.054	9.167	0.241	0.480	0.075	18.789	92.941		
白云母	D I - I' - b4		46.298	34.912	10.799	0.376	0.011	0.593	0.327	0	0	1.617	95.028		基质 矿物
绿泥石	D I - I' - b4		27.761	17.955	0.133	0.335	0.151	13.463	0.173	0.299	0.010	27.712	87.995		
黑云母			35.619	15.794	9.090	0.047	0.011	9.390	1.931	0.212	0.005	21.566	93.694		
白云母	D I - I' - b18	石碌 水库 韧性 剪切带	48.967	35.272	9.216	0.024	0.013	1.579	0.118	0	0	0.889	96.077	残斑 矿物	
绿泥石	D II - II' - b19		25.914	23.131	0.445	0	0.003	10.70	0.149	0.500	0	28.597	89.439		
白云母			49.711	94.567	9.984	0	0.365	0.512	0.034	0.004	0	1.151	96.328		基质 矿物
绿泥石	D III - III' - b18	28.875	19.886	0.305	0.143	0.121	13.527	0.109	0.271	0.005	23.739	87.082			

表4 韧性剪切带动力变质温、压参数

Table 4 Temperature and pressure of dynamometamorphism in ductile shear zone

剪切带名称	共生矿物对	分配系数	变质作用时间、类型	温度(℃)	差异应力(MPa) ^[2]
戈枕韧性 剪切带	白云母-绿泥石	X ₁ = 0.245 X ₂ = 0.875	印支期韧性剪切变形 变质	400~500	149~245
石碌水库 韧性剪切带	白云母-绿泥石	X ₁ = 0.321 X ₂ = 0.920	晋宁-加里东期区域 变质	420~500	
	白云母-绿泥石	X ₁ = 0.284 X ₂ = 0.874	印支期韧性剪切变形 变质	300~350	

4 结论和讨论

(1)以现有分类方案为基础,并综合考虑显微变形组构、原岩类型和动态、静态重结晶程度等,将昌江-邦溪地区韧性剪切带内的中深层次动力变质岩划分为糜棱岩类和构造片岩类及其相应的亚类和岩石类型,其中糜棱岩类是韧性剪切带特有的岩石,而劈理化构造片岩也可作为识别韧性剪切带特别是顺层韧性剪切带的重要标志。

(2)戈枕和石碌水库韧性剪切带动力变质程度分别为绿片岩相或高绿片岩相和低绿片岩相,前者形成的温、压参数为 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 和 $149\sim 245\text{ MPa}$,后者形成的温度为 $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。绿片岩相是金矿形成的理想条件,海南岛西部地区产于戈枕韧性剪切带中的金矿床,一定程度上同绿片岩相韧性剪切带变形变质作用有着内在联系。

本文是在1:5万昌江县幅和邦溪幅区调报告基础上整理而成。参加本项工作的还有赵子杰研究员、吴桂捷副研究员、徐安武副研究员等。工作中得到宜昌地质矿产研究所和海南地质矿产勘查开发局领导、专家的关心和指导,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 刘喜山、李树勋、刘俊来. 变形变质作用及成矿. 北京:中国科学技术出版社,1992
- [2] 战民国、邓孺孺、张萍. 海南构造变形、演化及其金成矿作用. 宜昌地质矿产研究所所刊,1992(18)

STUDY ON DYNAMOMETAMORPHISM AND CLASSIFICATION OF RELATED ROCKS IN CHANGJIANG - BANGXI REGION, HAINAN

Zhang Yeming Fu Jianming and Zeng Bofu

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003)

Abstract

According to general metamorphic theory and studying methods of ductile shear zone and microstructure, dynamometamorphism in Changjiang - Bangxi region of Hainan have been preliminarily studied, and the katogeno - dynamometamorphic rocks in the study area have been classified to be mylonite, structural schist and several subtypes. The authors conclude in this paper that both the Gezheng and Shilu reservoir ductile shear zone successively experienced dynamometamorphism of (high) greenschist facies and low greenschist facies, and the metamorphic temperature is $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ and $300\sim 350^{\circ}\text{C}$, respectively.

Key words dynamometamorphism mylonite structural schist Changjiang - Bangxi region Hainan