

阿尔泰变质地带变质作用温压条件的时空变化及其大地构造意义

庄育勋

(长春地质学院)

八十年代以来,造山带变质作用PTt演化轨迹的研究导致变质地质学理论的重大突破。目前,国外正采用不同的方法来重建造山带PTt演化轨迹,包括England等人(1984)根据地球物理和地质资料进行数学热模拟的方法和Spear等人(1983)采用相平衡分析的吉布斯方法,即根据矿物在变质过程中形成的成分环带确定变质岩系PT演化的方法。

我们以变质与变形关系为途径的研究方法确定了阿尔泰变质地带变质作用条件时空变化的特征,建立了变质作用时空演化的框架,进而探讨了阿尔泰变质地带变质作用演化的大地构造意义。

1. 变质作用空间变化特点 阿尔泰海西活动带位于我国西北部,受海西早期区域动力热流变质作用的阿尔泰变质地带是该活动带的主要组成部分,主要发育两类变质带序列:蓝晶石型变质带序列,由Chl-Ser带、Bi带、Gt带、Stau带、Ky带、Sill-Cord带组成;红柱石型变质带序列,由Chl-Ser带、Bi带、(Gt带)、Stau带、And带、Sill-Cord带组成。一些区域蓝晶石带内的蓝晶石部分转化为红柱石。变质带在空间上显示出多个长轴沿造山带展布的热谷和热穹窿。如阿尔泰热谷、三矿-库威热谷、布勒特热谷,哈龙达坂-克协虎斯特热穹窿、塔木别勒协尔热穹窿、什根特河下游-库尔提-乌恰沟热穹窿。变质带交切地层界线和构造界线,变质作用沿地层走向和构造走向都不均匀。

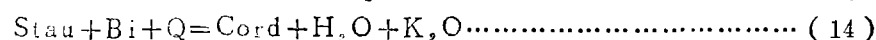
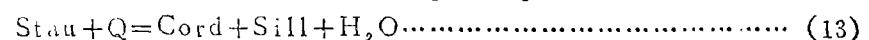
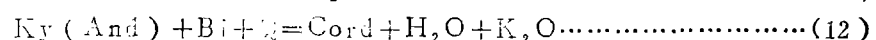
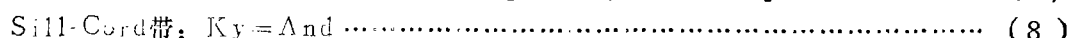
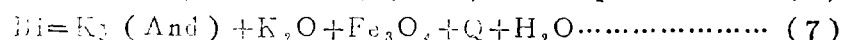
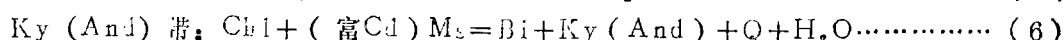
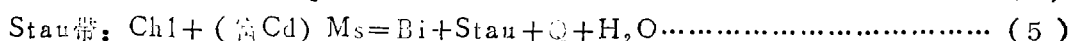
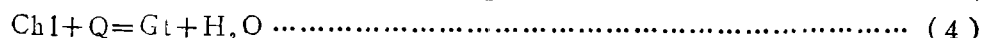
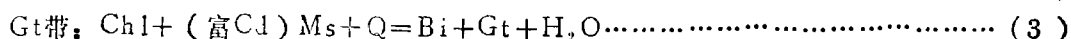
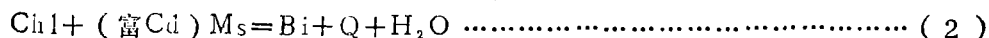
2. 变形作用时空变化特征 全区经历了五个变形幕(D_1-D_5)。 D_1 主要表现为原始层理的紧闭褶皱(F_1),并在轴面产生以绿泥石、绢云母、石英等细小低级变质矿物组成的 S_1 片理。 F_1 褶皱一般仅在Chl-Ser带及Bi带中见到。 D_2 以先前的 S_1 片理被强烈褶皱(F_2),并产生轴面片理 S_2 为代表。 S_2 片理为全区的主期片理。 D_3 中发育的 F_3 褶皱只见于较高级变质带,如Sill带或Sill-Cord带中,相应地发育 S_3 片理。 D_4 主要表现为较开阔的褶皱(F_4)和发育在其轴面由退化变质矿物(Chl+Ms)组成的 S_4 片理。 D_5 表现为全区几条沿造山带方向展布的条带状、肠状混合岩、伟晶岩发育的断裂带。

3. 变质作用演化的时间标志 形成一系列特征变质矿物及相应变质带的主期变质幕始于

• Chl—绿泥石、Ser—绢云母、Bi—黑云母、Gt—石榴石、Stau—十字石、Ky—蓝晶石、And—红柱石、Sill—矽线石、Cord—堇青石、Cd—绿鳞石、Ms—白云母。

D₁之后, 终于D₃之初。研究表明, 在D₂中发育的S₂片理是由沿S₁排列的低级矿物转换到S₂片理方向, 并沿S₂片理发育了黑云母等变质矿物。黑云母、石榴石、阳起石等变斑晶内部的包体沿S₁方向的排列, 与基质中残留的S₁片理方向一致。随着D₂的加强, 基质中沿S₁排列的矿物逐渐转换为S₂方向。与此同时, 变斑晶边部的包体排列也由S₁方向向S₂方向转弯, 形成包体的S形构造。变斑晶中包体的S形构造主要是由于变斑晶生长的同时, 包裹了随变形作用加强而由早期片理向新片理方向转换的基质而产生的。在D₂变形幕的不同阶段形成的一系列变斑晶, 或者说在早期片理S₁向S₂不同转换程度下形成的一系列变斑晶, 其包体的粒度、形态、成分、包体排布状态以及基质矿物的粒度、形态、成分、基质矿物排列状态等特点都不同。以D₂中产生S₂为时间标志, 根据这些特点, 可以划分出变形期前变斑晶、变形初期变斑晶、变形中期变斑晶、变形峰期变斑晶、变形峰后期变斑晶和变形期后变斑晶。作为变形期前形成的Bi带黑云母变斑晶, 其包体细小, 沿S₁方向平直排列, 基质矿物大部份保持沿S₁方向排列的特点; 变形初期的石榴石变斑晶的包体大部分沿S₁方向排列, 仅在边部向S₂方向转弯, 出现拖尾现象。此时基质矿物基本转换为S₂方向; 变形中期的十字石变斑晶只在核部保持较小的沿S₁方向排列的部分, 大部分向S₂方向转弯, 形成明显的S形构造; 变形峰期产生的蓝晶石和部分红柱石变斑晶, 其包体基本沿S₂方向排列, 出现宽缓的S形构造; 变形峰后期形成的红柱石表现为其黑云母、石英等包体沿S₂方向平直排列, 而变形期后形成的堇青石、矽线石及部分红柱石则表现为包体呈等轴状不定向排列。这些特征变质矿物的形成演化顺序代表了相应变质带的形成时间顺序。它与由低级变质带向高级变质带在空间上一系列变质带的排布是一致的, 同时也与高级变质区比低级变质区经历更多的变形历史是统一的。

4. 变质作用温压条件的确定 主要通过两个途径来确定变质作用温度、压力条件: 一是实际变质反应的实验资料, 二是矿物对地质温度计、压力计。依据镜下变质反应的显微组构现象、矿物组合的变化以及电子探针、岩石化学分析资料, 确定了各变质带的变质反应:



在用变质反应实验资料确定变质作用温度、压力条件的基础上, 又应用多种矿物对温压计确定了各变质带的温度、压力条件。这两类方法获得了吻合的温度、压力结果(表1)。

表 1 两类变质带序列各变质带的P-T条件

变质带类型	P(GPa) T(°C)	Bi带	Gt带	Stau带	Ky (And)带	Sill-Cord带	
						Sill带	Sill-Cord带
And型	T	400—500	500—550	540—620	580—640	620—700	
	P	0.7	0.57	0.45—0.38	<0.48	<0.35	
Ky型	T	400—500	500—550	540—620	600—660	620—700	
	P		0.85—0.55	0.69—0.67	0.69—0.35	0.55—0.35	<0.35

5. 变质作用温压条件时空变化的大地构造意义 在形成一系列变质带的主期变质幕中, 变质作用表现出由主期变质幕的早期至晚期, 由低级变质带向热穹窿中心, 变质温度连续升高, 压力则降低的时空变化特点。变质带在空间上由低级向高级的变化序列不仅是变质作用强度在空间上的排布特征, 也是变质作用随时间向热流中心逐渐增强的结果。结合变形作用在时空上的特点来看, 变质作用在时间、空间上的演化特点是在主期变质幕中造山带在挤压作用下缩短、褶皱、差异性隆起, 越是较高级变质带隆起幅度越大, 隆起部分不断被剥蚀, 导致岩压降低。同时深部热流沿热穹窿中心连续上升, 导致了变质作用程度在空间上和时间上的不均匀现象。变质作用温度与地层埋深或构造埋深无关, 而与热流中心的距离有关。

就两类变质带序列来说, 蓝晶石型变质带分布于热穹窿的两侧, 而红柱石型变质带则分布于热穹窿两个长轴端或者较宽阔的热谷的两侧。红柱石型变质带序列发育区比蓝晶石型变质带发育区压力降低幅度更大、更快。这是由于两者处于热构造的不同部位, 其抬升、隆起、剥蚀速度不同造成的。

上述变质作用时空的演化特征表明, 温度、压力、时间是变质作用的三个主要因素。等温面与等压面各有自身独立的控制因素, 温度与压力之间呈负相关变化趋势, 而并不象都城秋穗所认为的成正相关的地温梯度。造山带变质作用是一个动态过程, 各变质带的温度、压力值是在不同时间达到的, 各变质带是不等时的。按照传统的变质相系理论, 变质带序列是在一定的地温梯度下在不同深度中形成的。它的严重缺陷之一就是忽略了变质作用随时间演化这一重要因素, 而将温压条件在空间上的变化与一定地温梯度下岩层埋深联系起来, 仍没有摆脱传统的静态变质作用模式。