

文章编号:1009-0258(1999)04-0018-06

谈早前寒武纪侵入岩 定位、变形、变质的同期性*

仲卫国,宋奠南

(山东省第七地质矿产勘察院,山东 临沂 276006)

摘要: 依据鲁西地区早前寒武纪花岗质侵入岩普遍具有塑性流变特征和退化变质特征,以及变质作用和变形作用相协调等现象,认为岩体的侵位与变形、变质是同一期构造-岩浆作用形成的,是岩浆就位后逐渐冷凝过程中,在持续应力作用下发生的,与后期的地质构造作用无关;固态岩石只能发生脆性变形和局部的脆韧性变形。并从热力场、动力场和化学场的变化趋势对变形、变质作用的制约因素作了简要分析。

关键词: 侵入岩; 早前寒武纪; 变形作用; 变质作用; 鲁西地区

中图分类号: P551.4; P551.5; P534.1

文献标识码: A

鲁西地区早前寒武纪花岗质岩石普遍发育有韧性变形,形成片麻状或条带状构造,经受角闪岩相或绿片岩相变质作用。对于这种变形、变质作用的成因,此前普遍认为是在岩浆侵位冷凝之后,由再一次构造热事件造成的。

根据鲁西地区多年区域地质调查成果,依据岩体形态、岩石结构与变形组构相一致,以及变质作用和变形作用相协调等现象,笔者认为岩体的侵位与变形、变质是同一期构造-岩浆作用形成的,是岩浆就位后逐渐冷凝过程中,在持续的热动力作用下发生的,与后期的地质构造作用无关。侵入体的侵位、变形、变质作用同步发育,是早前寒武纪侵入岩中的一种普遍现象,也是其最主要特征之一。

1 鲁西地区早前寒武纪侵入岩的基本特征

鲁西地区晚太古代至早元古代侵入岩约占基底面积的 85%。构成结晶基底的主要岩石类型中,除了少量超基性、基性岩体规模较小,仍基本保持原岩的粒状结构、块状构造外,其余绝大部分岩石,如石英闪长岩、英云闪长岩、斜长花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩及正长花岗岩等,均已程度不同地片麻理化或形成条带状构造,长英质矿物受韧性变形而形成顺向扁豆体,长宽比为 5~2,片麻理、纹理密度为 4~7 条/厘米。暗色矿物角闪石、黑云母等呈片带状或波纹状,绕长英质矿物扁豆体分布,或与细粒的长英质矿物组成微粒交生体,填隙于较粗的长英质扁豆体之间。较早的岩体变形率较大,晚太古

*收稿日期:1998-09-03; 修订日期:1999-11-26; 编辑:游文澄

作者简介:仲卫国(1968-),男,山东烟台人,工程师,主要从事区域地质调查工作。

代侵入岩多呈细纹片麻状,早元古代中酸性侵入岩往往形成粗纹片麻理或眼球状构造。每一个岩浆旋回表现出大致相同的变形规律,即岩浆活动早期构造相对较弱,岩体规模较小,多为块状构造;岩浆活动中晚期以条纹条带状、片麻状和弱片麻状为主。岩石的这种片麻状特征在区域上表现出高度的稳定性,尤其是在片麻理的走向上,在数公里甚至十余公里范围内表现出很大的均一性;在垂直于片麻理方向上常呈疏密相间分布,变化也相当缓慢。

区内早前寒武纪侵入岩的岩石结构、构造具强烈的塑性流变特征,主要造岩矿物均具明显的定向性,原造岩矿物和变晶矿物的长轴均与片麻理走向一致,呈有规律的侧列或并列分布,部分矿物有微小交角,少数矿物有旋转变形。矿物的变形量因其成分不同而有区别:暗色矿物结晶温度高,颗粒较小,变形较弱;斜长石呈短轴透镜状,发育叠瓦状聚片双晶,两端有挤压收缩;微斜长石多呈枣核形或眼球状,两端发育对称的亚颗粒化拖尾,部分地段(如峰山超单元之黑石查单元和傲徕山超单元之邱子峪单元等微斜长石斑晶发育的岩石分布区)发育板状自形晶及格子双晶;石英呈它形粒状,极少形成等轴状颗粒,受韧性变形作用多呈细纹状颗粒条带。上述不同矿物的变形差异反映出韧性变形主要发育于斜长石矿物晶出后期和微斜长石、石英晶出阶段。

退化变质作用在早前寒武纪岩体中普遍存在,各种侵入岩的主要造岩矿物均程度不同地发育交代变质作用或重结晶作用,如橄榄石的蛇纹石化、金云母化;辉石的角闪石化和黑云母化;角闪石的透闪石化、黑云母化和绿帘石化;黑云母的绢云母化和绿帘石化;斜长石的黝帘石化、钾长石化、硅化和土化;微斜长石的白云母化、绢云母化、硅化和土化等。橄榄石、辉石、角闪石三种矿物的退变质作用主要发育于超基性—基性岩中,如前麻峪单元、安子沟单元、西店子单元、刘家沟单元等;黑云母、斜长石、微斜长石三种矿物的退变质作用则在前寒武纪不同时期的中酸性侵入岩中普遍存在。上述退化变质作用方式反映了早前寒武纪变质作用具有多期次的特点,其中部分低变质相的蚀变可能与后期的岩浆构造作用有关。

2 变形、变质作用的控制因素

变质作用和变形作用尽管具有完全不同的性质,但在早前寒武纪侵入岩中却往往相伴产出。从岩石的塑性流变特征中可以看出,变形作用在岩浆固结之前就已经开始,并一直延续到岩浆固结之后,形成弱片麻状—片麻状乃至条带状构造等一系列构造形迹。这一过程中的动力变形作用,尤其是塑性蠕变使得已结晶的和正在结晶的矿物产生压揉定向,并伴有挥发组分的渗透交代。一般情况下,变形作用越强其退化变质作用也越强,反之亦然。以往人们常把岩石的变形强度当作变质程度的反映,这在概念上虽然有所混淆,但毕竟反映了二者内在的联系和同步发育的特征。

下文从四个方面探讨鲁西早前寒武纪侵入岩变形、变质作用的控制因素。

2.1 构造动力作用

众所周知,固态岩石经受应力作用,只能产生解理、断裂、破碎带等碎裂构造,形成各种碎裂结构岩石,而不可能形成面状展布的区域性片麻理;强烈的构造摩擦也只能在

断裂的有限范围内产生线形韧性变形。区域性片麻理仅存在于塑性流体内,因为只有相对均一的定向应力才能造成塑性体的均匀变形。

已固结岩石的塑性化(片麻理化),不仅需要远大于先成岩体的地质体作为热源载体和更加强烈的构造动力作用,而且要求载热地质体具有更高的液流性能和动力传导性能。然而自然界尚未发现(事实上也不可能存在)具有此种性能的地质体,因为与先成岩体相比,形成这种地质体必需具备更强的形变和更高的温度条件。迄今见到的鲁西早前寒武纪侵入岩,其中具有区域性片麻理的后成地质体的变形和变质强度总是远逊于先成岩体,二者不仅片麻理产状斜交(如峰山超单元之对于蒙山超单元,红门超单元之对于傲徕山超单元等),而且侵入接触关系明显,岩性差异悬殊,未见同化混染或混合岩化现象。野外所见也是先成岩体呈零散的捕虏体赋存于后成岩体中,岩性变化不大,界限清晰截然。孤立的包体尚且如此,大规模的岩体就更难被重熔了。至于是否存在无载体热源,目前的研究结果也是予以否定的。

据上分析,早前寒武纪侵入岩变形、变质的基本因素存在于侵入岩体本身,是构造动力作用(控制岩浆侵位)和岩体冷凝过程中物理化学环境变化(制约岩石成分、结构、构造)共同作用的结果。

2.2 岩浆侵位作用

岩浆侵位意味着岩浆环境的改变,原有的物质组分在新的物理化学环境下必然要发生成分和结构的变化,这种变化在岩浆就位以后达到顶点。温度、压力的降低,围岩岩性的改变,以及岩浆中残留的气液组分高度富集,必将强烈地改变已晶出的矿物成分和尚未凝结的组分。岩浆大部分凝结后,这种变形、变质作用不仅继续进行着,而且还随着构造应力的集中而得到加强,这就使得各种造岩矿物均程度不同地产生重结晶、交代蚀变和碎裂变形。因此岩浆体在持续降温、降压过程中发生的变形、变质作用,是岩浆就位后伴随冷凝过程而发生的极其正常的现象。早前寒武纪华北地台处于增生扩张时期,地壳比较脆弱,构造岩浆运动频繁,这种地质环境下发生广泛的变形、变质作用是必然的,而再次构造作用则是可有可无的。

岩浆侵位后的凝结作用并非很快结束,而是需要较长的时间^[1]。阜平期至早吕梁期华北地台处于泛岩浆期,鲁西地区发育万山庄、蒙山、南涝坡、峰山、傲徕山等多个超单元,至少构成两个以上基性—中性—酸性复杂岩石组合。这一时期由于区域背景热流值很高,岩浆冷却相当缓慢,因此在构造运动的驱使下,极易产生塑性流动、变形和退化变质作用。对于一个构造岩浆期来说,其开始阶段,超基性—基性岩石总是首先侵位,因其造岩矿物熔点较高,较早地达到临界温度,加上岩体规模较小,分布零散,所以凝结较快,变形较弱,受期后热液影响自变质作用较强;而花岗质岩浆出涌量较大,粘稠度高,且多次脉动侵位,岩浆内部热能蓄集量较大,加上造岩矿物结晶临界温度较低,因此岩石在塑性状态下经受构造运动的时间长,变形、变质作用较强。

在岩浆上涌和拓出就位空间过程中,积蓄在液态或塑性状态岩浆体中的挤压应力或剪应力,势必要通过岩浆的脉动侵位作用和岩(浆)体与围岩的变形、变质作用而得以释放。岩浆定位以后,其边部凝滞冷却较快,但岩体内部尤其是中下部却长时间处于塑性状态,并在应力的驱动下发生定向蠕变和粒间滑移,造成晶粒矿物的边角磨损、晶内

破裂错位和亚颗粒化等,形成片麻理化、条带状构造乃至糜棱岩化等一系列变形。

2.3 构造作用

构造断裂是制约早前寒武纪侵入岩变形、变质的基本因素之一。构造断裂或微板块结合地带通常是地壳的薄弱部位或区域性构造裂缝,是岩浆孕育、扩容和出涌的先决条件,也是浅部岩浆就位的场所,因此在构造作用下极易产生差异性升降和水平错动。同时,由于岩浆的侵入、渗透和润滑作用,反过来又加速了构造作用的进程,增强了岩浆的应变速率和反应速率,从而控制岩体的条带状展布和区域性韧性变形带乃至韧性剪切带的发育。

断裂活动往往是地幔物质对流在地壳浅部的反映。断裂的展布形式和两盘地体的运动方式,不仅控制岩体的总体分布,也制约岩体变形、变质作用的发育。大量幔源物质的外溢和地壳的逐步增厚,反过来又制约地壳运动的速度,两者之间应力的转换控制着多旋回岩浆作用和变形、变质作用的断续进行。

2.4 退化变质作用

早前寒武纪侵入岩的变质作用与降温降压过程所发生的退化变质作用密切相关,后者所反映的是水分子进入矿物晶体和由于水的运动而导致的部分化学物质的带入和带出,其次是在挥发组分参与下所造成的矿物部分离子的交换和变位,最后形成新的矿物和矿物组合。岩浆的凝结和塑性蠕变,导致造岩矿物发生细微破裂,有利于挥发组分的渗透和交代,造成含水矿物的大量出现,从而产生了岩石的退化变质。水分子的加入不仅使岩石体积膨胀,而且还促进了岩石裂隙的贯通和网络化,进而增强了岩石退化变质作用,同时也加强了岩石的变形作用。刘正宏等人的研究也表明,变质作用和变形作用两者相互制约、密不可分^[2]。

3 鲁西早前寒武纪侵入岩侵位、变形、变质演化趋势

区域地质研究表明,地壳的发育是一个冷热相间、动定交替的过程,在趋向“冷”和“定”的过程中,地壳逐步增厚和刚性化。鲁西地区早前寒武纪侵入岩的侵位、变形和变质作用,亦反映了这一时期地壳由活动趋向稳定的演化历程(表1)。

(1)晚太古代期间,继原始地壳形成之后,鲁西地区曾有一段相对稳定的地质发展时期。其间,伴随火山作用形成的火山-沉积岩系,构成了覆盖广泛的表壳岩,并经受了区域变质作用。阜平运动使得这一壳层发生解体,形成了大小不等的微陆块和若干断裂;在水平和垂直差异运动的影响下,上地幔铁镁质固熔体迅速熔融而形成的岩浆,沿着断裂或脆弱带侵位,形成万山庄超单元诸岩体;之后,地幔物质外溢,岩浆出熔部位随着温压降低而逐渐上移,岩浆基性程度也随着熔浆的上侵而降低,侵位的结果形成了蒙山超单元基性—酸性侵入岩(石英闪长岩 英云闪长岩 花岗闪长岩 二长花岗岩)岩石组合。至此,阜平期岩浆活动告一段落。

(2)在岩浆演化过程中,构造动力作用也发生规律性变化。阜平运动初期,区域构造应力主要呈SN向,致使各类地质体和构造形迹呈NW—SE向展布,并诱发不同性质不同期次的岩浆侵位;在岩浆就位和冷凝过程中,断裂带西侧岩体发生韧性剪切变形,

其早期的超基性岩—基性岩变形较弱,中晚期的中酸性岩体变形较大,缝合线处甚至形成糜棱岩。阜平运动晚期构造活动达到高潮。

表1 早前寒武纪侵入岩侵位、变形、变质作用演化趋势

Table 1 Relation of intrusion, deformation, metamorphism in early Precambrian

地质年代	岩浆活动期	地质年龄 (Ma)	岩石谱系		侵位作用		变形作用		变质作用	
			超单元	岩石序列	岩体规模 (小→大)	变形形式	构造应力 (弱→强)	变质相	变质强度 (弱→强)	
早元古代	吕梁期	1800 ±	红门	花岗闪长岩		块状		未变质		
				石英闪长岩						
				辉长岩						
晚太古代	五台期	2500 ±	峰山	正长花岗岩		块状, 弱片麻状		未变质或绿片岩相		
				二长花岗岩						
晚太古代	五台期	2500 ±	峰山	二长花岗岩		块状或粗纹片麻状		绿片岩相或未变质		
				花岗闪长岩						
	阜平期	2600 ±	蒙山	英云闪长岩		片麻状		绿片岩相, 局部角闪岩相		
				石英闪长岩						
				闪长岩						
阜平期	2600 ±	南涝坡	辉长岩类		块状或弱片麻状		绿片岩相 局部角闪岩相			
			橄辉岩类							
阜平期	2900 ±	万山庄	花岗闪长岩		细纹片麻状和条带状糜棱岩化		角闪岩相 绿片岩相			
			辉长岩类							
阜平期	2900 ±	万山庄	石英闪长岩		块状, 部分条带状		角闪岩相			
			橄辉岩类							

(3) 五台期至吕梁期构造运动基本是阜平期区域应力场的延续,形成产状和性质相似的片麻岩,但其强度及运动幅度已明显减弱,故五台期岩体多形成粗纹状片麻岩,而早吕梁期岩体仅在构造带附近形成粗纹状片麻理或眼球状构造,大部分地段仍基本保留块状构造和粒状结构,显示区域构造应力逐步减弱直至衰竭。

(4) 伴随着区域热动力作用的发生和发展,形成了先后衔接的二个变质系列,其变质类型和变质程度因岩石类型和构造作用不同而有差别;超基性—基性岩以自变质作用为主,属中低温低压相系;中酸性侵入岩则发育中压低温相系变质作用,以岩石结构构造变动为主,岩石成分变化不大。在强构造带和岩浆残余气液影响较大的地段则发生交代作用和变质重结晶。

(5) 鲁西地区经过阜平期至吕梁期两次较大规模的构造热事件之后,地壳物质组成和结构构造逐步达到新的平衡,与华北地台一起进入稳定状态,形成了范围广阔的中朝克拉通(表1)。

由此可见,早前寒武纪侵入岩的侵位、变质、变形作用是一个紧密联系的地质过程,是变化着的热力场、化学场和动力场引起的。

4 结语

综上所述,作者认为:

(1) 早前寒武纪侵入岩的变形、变质作用发生在鲁西地壳克拉通化之前的陆壳增生阶段,是在岩浆就位并趋于凝结的过程中,在持续的应力作用之下产生的,岩浆的侵位、变形和变质作用相伴出现,相辅相成,是同一期构造岩浆事件的不同反映。固态岩石只能发生脆性破裂或局部的韧脆性变形,不能形成区域性的塑性流变和区域性的变质作用。

(2) 从晚太古代到早元古代是华北地台的泛岩浆期,发育多期次、多旋回、多岩性的复杂岩石组合,在基本一致的区域热动力场持续作用下,形成产状近似、性质相同、强度渐次减弱的构造形迹组合,并同步发育有变质作用。

参 考 文 献

- [1] 邱家骥. 岩浆岩岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1985.
[2] 刘正宏等. 构造片麻岩及其地质特征[J]. 长春地质学院学报, 1996, 26(增刊): 94.

Study on Allocation, Deformation and Metamorphism Contemporaneity of Early Precambrian Intrusives

ZHONG Wei - guo , SONG Dian - nan

(No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong, Linyi 276006)

Abstract: According to the study on the appearance of early Precambrian granites in west Shandong in plastic flow characteristics, retrograde metamorphism characteristics, and contemporaneity development of deformation and metamorphism, it is said that the kinds of deformation and metamorphism occurred under continuous stress during magmatic condensation period. They are different reflections of a same period structural magmatism and haven't any relation with late period geological structure activities; and in solid rocks could only happen brittle deformation or partially brittle deformation. Mechanism of deformation and metamorphism has been briefly analyzed according to the variation trend of thermal field, dynamic field and chemical field.

Key words: Intrusives; early Precambrian; deformation; metamorphism; west of Shandong