

变质作用中原岩建造的地位及意义

长春地质学院

董申保

变质作用是地壳历史发展中的一种重要的地质作用,并随地壳的演化而表现为不同的变质作用类型。过去称为区域变质作用可根据其所处的大地构造环境而分为不同的变质作用类型,而大地构造环境的一个重要方面则是它的原岩建造的特性。

变质作用开始的大地构造环境一般可认为是具有活动特点的下沉带,表现为巨厚的岩系、强烈的变形作用或异常的地热梯度。大地构造环境的显示可分为;

1. 大地构造位置(tectonic position);
2. 原岩建造(original rock sequence)。

大地构造位置指其在地壳演化过程中所处的位置。大的如硅铝环境(ensialic condition)和硅镁环境(ensimatic condition),一般如地槽学说中的优地槽和冒地槽,或在板块构造中出现的不同名称,这些名称都各有其涵义,不易贸然采用。

原岩建造指当时下沉带中出现的一套岩石组合,在板块构造中各种地槽都有其不同的岩石组合,它是大地构造环境中的一个重要标志,同时也是变质作用的矿源层的发生地,没有这一方面的材料,变质矿床的找寻和评价将失去其基本依据。

原岩及其建造的恢复虽是研究变质作用及其成矿的一个重要问题,但它们的开展并不很快,认识也不一致,这主要是由变质作用的影响使得原岩建造的面目全非,在高级变质中又加入了混合岩化作用,原岩的化学组分和结构构造有些是被掩蔽了。以苏联为

例,他们是比较重视原岩建造的。在编全苏变质图中,还提出了变质建造的基本概念。但在原岩恢复时,大致有三种不同的看法;

(1) 把原岩的建造分析归为火山—沉积建造,认为恢复原岩是可能的,同时还认为太古代的原岩建造与近代的无不同之处(西多连科,1961;波罗夫金娜等,1971);(2) 变质岩系中有大量的交代作用和花岗岩化,包含钾、钠、钙的交代和重新分配,考虑交代作用的影响,原岩不易恢复(马拉库舍夫等,1971);(3) 多勃列佐夫等编全苏变质图时(1974)认为原岩建造的结构构造不易恢复,只能识别具大致的化学组分如泥质岩、碳酸盐岩、基性岩等,熔岩和火山碎屑岩类的划分有困难,同时还认为太古代的原岩建造不完全相当于近代的建造。现实主义的原则有一定的局限性。

看来在对待原岩恢复中有两个问题未得到统一认识,一种是原岩恢复到什么程度?仅能识别其化学组分,还是既识别其化学组分又能了解其原岩的结构构造?另一问题是恢复后的原岩建造是古今一致,还是古今有一定的差异?

从目前工作情况看,我们认为:

1. 变质作用(不包括混合岩化作用)基本上是等化学的,其原岩的化学组分是可识别的;

2. 原岩的结构构造虽已经过变质作用的改造,但在相当多的情况下,经过工作,其原岩的基本结构构造轮廓是可以识别的,有

时还可以看到各种的残留的结构构造,可做为识别岩石的标志。因此其原岩的性质(包含化学组分和结构构造的大部)是可以辨别的,进一步的原岩建造分析则视不同情况而定,其应用范围不如一般的沉积岩和火山岩系那样明确和直接。

3. 原岩建造并不都是古今一致,一部分太古代和元古代的原岩建造不完全相当于古生代以后的原岩建造,它们中间的发展关系是值得重视的。

变质岩石的原岩恢复有一定的程序和工作方法,散见于各种文献中。从总的看,野外观察、室内岩矿工作和岩石地球化学分析的结合是根本的,岩石化学分析包括某些微量元素及同位素的分布对某些火山岩系及沉积岩系能进一步说明其形成特点,但野外的产状及其结构构造常常是识别的基础,其中残留的结构构造和韵律性构造则应更加注意。在相当多的变质地区,变质岩系常由几种岩石组成,表现为韵律构造,还可分出不同的成因类型,包括火山和沉积的不同类型。它们虽已遭受到重结晶或变形作用的影响,细节已被淹没,不能如沉积岩或岩浆岩中那样用来说明其成因上的某些特征。但是做为大地构造环境的基本轮廓还是重要的,不能忽视。

恢复原岩是必要的步骤,其目的是对原岩建造的分析 and 判断。从目前情况看,几种原岩系列是值得注意的。

1、沉积岩系

属于典型的沉积岩系,包含陆源碎屑岩石和化学沉积岩石,经常含有少量的基性岩或一些火山碎屑岩石。主要类型有碳酸盐岩—石英岩系,它们与陆台建造相近,亦即 Stille 的典型的冒地槽的沉积。复理石建造是沉积岩系中最重要的一种,见于相当多的

变质地区。主要岩石有泥质岩石、砂岩、硬砂岩、碳酸盐岩以及少量的泥灰岩。其形成环境可以从陆间盆地、浅海直至深海、有时见有放射虫硅质岩和硅质板岩。它们大致相当于大陆形成加厚时或大陆开始分解时所产生的沉积岩系,有时伴有少量的地幔基性岩石和相当于浅深火山作用的中酸性岩石。

2、混合型沉积岩系

(mixed type sedimentary
sequence)

这是一种以沉积为主夹有大量火山物质来源的岩系,其来源或直接来自于火山作用,或原岩虽经过风化和搬运,但大部分仍能识别其火山来源。这一类型主要有:(1)火山射气沉积岩系,沉积岩中见有大量的硅质岩、火山碎屑岩,有时还见有基性火山岩或辉长岩体,偶而亦见有少量碳酸盐岩,属于火山射气产物,前寒武纪沉积铁矿半出于此。(2)火山硬砂岩系,主要由火山硬砂岩组成,间杂有沉积岩层。硬砂岩中石英较少,长石较多,有铁镁矿物及火山岩屑,组份相当于英安质,或更基性。前者有时为钙碱性硬砂岩,可能为火山地区冲刷搬运,后者有时也称基性硬砂岩,常见于太古代,变质后常成为黑云母变粒岩或黑云母角闪质岩石。有时与火山凝灰岩不易区分。

3、基性岩和超基性岩系

主要是拉斑玄武岩(海相成因)和它们的凝灰岩,间或有硬砂岩,有时出现辉长岩体,超基性岩可成底辟体或层状,较局限。其主要类型有:(1)基性火山岩—硬砂岩系,由拉斑玄武岩、凝灰岩和硬砂岩组成,有时有少量蛇纹岩体,变质后常成为基性麻

粒岩或斜长角闪岩；(2)层序性蛇绿岩，相当于一般命名的蛇绿岩套；(3)非层序性蛇绿岩，较多的复理石岩系，一定数量的拉斑玄武岩和少量的超基性岩底辟体，与典型蛇绿岩套不同，无层序性，超基性岩少，不成层序；(4)玄武岩—沉积岩系，由底部玄武岩系过渡为火山沉积岩，上部转变为沉积岩系，是由硅镁环境转向硅铝环境的一种表现。沉积岩或混合型沉积岩系中含少量基性火山岩不属于这一范围。

基性岩和超基性岩系的出现主要代表在不同的大地构造环境中地幔岩浆的活动和地壳的关系。初步可以认为上述岩系代表不同的发展过程。(1)是太古代时期的基性岩地壳，从其性质来看，与近代海洋地壳或蛇绿岩套有一定差异，并不完全相当；(2)大致与海洋地壳相当；(3)不相当于海洋地壳，可能在大陆地壳开张下、产生由浅海向深海发展，并有一定数量的地幔岩浆活动，相当于弧后盆地型；(4)是由基性环境向大陆地壳过渡，更多地见于早元古代。其它则代表大陆地壳活动时，出现零星的地幔活动。

关于冒地槽和优地槽沉积的概念，两个极端类型是比较清楚的，即 Stille 的原冒地槽的碳酸盐岩—石英岩建造和优地槽的蛇绿岩套，但是除这两个极端类型外，还出现有一系列的中间类型，它们并没有严格的划分标准，因此在恢复原岩建造时，不一定用冒地槽沉积或优地槽沉积来说其建造习性。

4、特殊的火山岩系

变质地区的原岩建造有时会遇到一些特殊的火山岩系或火山沉积岩系（包括混合型沉积岩系），它们可能是在特定的大地构造环境下产生的，应值得注意。主要有：

(1) 含钠火山岩系或火山沉积岩系

这是含碱性组分特别是含钠较高的岩

系，它们可以是火山岩系，较典型的如细碧—角斑岩系，在元古代—显生代都有发现，相当多的与绿片岩相变质作用有关，其成因有多种，需要进一步研究。此外，还有一类含钠较高的火山沉积岩系，有较多的火山碎屑岩或混合型沉积岩，与之共生的有含钠火山岩系或其它岩系，如富含硼、钾等元素，它们可能是在大陆地壳发展到一定阶段时，与一些特殊的火山作用有某些联系的产物，其成因需要进一步确定。

(2) 钙碱性火山岩系或火山沉积岩系

钙碱性火山岩系分布不一定广泛，变质后有时和火山沉积岩或火山质硬砂岩不好分开。太古代时期有一部分属于钙碱性成分的二辉石黑云母变粒岩类岩石可能属于火山沉积岩系。中生代某些地槽中也有钙碱性火山岩系的出露。钙碱性火山岩系的出现，很多人认为是与俯冲有关，甚至于把凡有钙碱性火山岩系或火山沉积岩系出露的地方都看成是俯冲形成的大陆活动边缘或岛弧。这种见解不一定合适，即如 Gilluly (1971) Wyllie (1976) 等板块构造学说的著名学者也都认为把所有中性（钙碱性）岩系的火山作用都归为板块构造是过于简单的一种不切实际的推想。对于原岩是钙碱性火山岩时，在确定其大地构造环境时需要有其它地质方面的判断。

大地构造位置的判断具有综合性质，既要有原岩建造的材料，也要有区域地质背景的根据。从目前情况看，太古代时期（绿岩带除外，国内没有典型的绿岩带），大部为基性的硅镁环境，但它们与近代的海洋地壳不全类似，大致可认为是原生海洋地壳（proto-oceanic crust），另一部分可能富铝的夕线石片岩及石英岩，大致可认为是浅海沉积，有相当于原生陆台（protocraton）的可能。在基性地壳之上，有时出现相当于钙碱性成分的火山沉积岩或火山硬砂岩，它们的

形成有待于研究。一般说来,真正的线型地槽似未形成,断裂或裂谷在太古代时规模不一定大。下元古时期出现有沿原生陆台边缘分布的地槽体系,它们一部分是由硅镁环境转向硅铝环境。此外,陆台内部也开始出现陆间地槽,并伴有浅深的火山作用。这一时期,断裂控制地槽的现象可能较前更清楚一些。火山活动特别是陆台内部或边缘的浅深火山作用形成的中酸性火山沉积岩系和基性火山活动后期的射气作用要更强一些。中元古以后陆台内部的断裂或由断裂控制的下沉带更加明显,它们可从陆台拉伸变薄,直至出现断裂,形成裂谷或形成弧后盆地,它们可以在陆台内部或在边缘。这些下沉带受构造控制的不同,其原岩建造和其中出现的地幔岩浆活动表现也不同,可从少量的基性岩(陆间浅海性质)发展到非层序的蛇绿岩(弧后盆地性质)。这些下沉带不是都能发展成为海洋地壳,在一个时间以后,本身可以封闭,形成所见的变质地带,封闭时间有的较长,有的较短。海西期后,侧向扩张明显,局部出现海洋地壳,有的经过俯冲和碰撞可形成高压相系变质带。

在恢复原岩建造和划分变质作用类型的基础上,变质地区的变质组合可归纳为若干变质建造(metamorphic formation)变质建造指变质地区有规律分布的变质岩石的组合,它们在变质作用上归属于同一变质作用类型,在原岩建造上代表同一大地环境所形成的岩石组合。不同的变质建造或属于不同的变质作用类型或虽属同一变质作用类型但属不同的原岩建造。同时,在一个时间不同的变质地区中,它们可出现由变质建造组成的演化系列。

由于原岩建造资料不足,我国变质作用还未进行系统总结。这里提几个主要变质作用类型有关的原岩建造。

1. 高温区域变质作用(麻粒岩相变质作

用)

a. 基性麻粒岩建造(二辉石麻粒岩建造)

主要由二辉石麻粒岩、斜长辉石岩以及角闪石麻粒岩组成,层状明显,夹少量蛇纹岩透镜体。原岩大致属基性火山岩、火山碎屑岩或基性硬砂岩,可能是一种原始海洋地壳。

b. 石榴石夕线石片岩建造(孔兹岩系 Khondalite sequence)

主要由石榴石夕线石片岩、石英岩以及斑花大理岩、透辉石岩组成,有时有厚层大理岩以及条带状磁铁石英岩,大致为浅海相富铝沉积岩系,可能为原始陆台。

c. 二辉石黑云母变粒岩建造

主要由二辉石(角闪石)黑云母变粒岩,二辉石麻粒岩以及文象状浅粒岩组成。其化学组成大致相当于英安质,层状明显,可能为钙碱性火山碎屑岩或硬砂岩。

上述类型常见于华北太古代麻粒岩区

2. 区域动力热流变质作用(包括中压及低压相系)

a. 主要为层状斜长角闪岩、黑云母斜长角闪岩、黑云母变粒岩,有时有浅粒岩以及少量大理岩和磁铁石英岩夹层。属中基性火山碎屑岩系。见于太古代,递增变质带以角闪岩相为主,有时见高级绿片岩相(绿帘石角闪岩相)。

b. 斜长角闪岩—红柱石/蓝晶石片岩建造

主要岩性下部常为斜长角闪岩,中部为互层状黑云母变粒岩、角闪石变粒岩或浅粒岩,上部为红柱石或蓝晶石片岩,有时夹少量碳酸盐岩。递增变质带由绿片岩相—角闪岩相,有时可见麻粒岩相。原岩系列为基性火山岩,向上变为火山沉积岩系及沉积岩系。见于下元古以及中、上元古代。代表由硅镁环境向硅铝环境的转化。

c. 蓝晶石/红柱石(碳酸盐岩)建造

主要为含蓝晶石或红柱石的片岩,有时见有黑云母变粒岩或斜长角闪岩的夹层,有些变质地区还可见有大理岩或绿帘石岩石的夹层,递增变质带可以低绿片岩相一角闪岩相。原岩常为复理石建造,有时伴有少量的基性火山岩石。分布较广泛,主要形成于陆台加厚的阶段,见于元古代和显生代,显生代较发育,如新疆阿尔泰海西变质带、四川金沙江及丹巴地区的古生代变质带。元古代中火山产物较多,有时可与某些火山岩系或混合型沉积岩系共生。

d. 黑云母片麻岩—变粒岩建造

主要为黑云母片麻岩和变粒岩的互层,有时有少量斜长角闪岩互层,递增变质带大致为高级绿片岩相一角闪岩相。原岩相当于沉积岩系包括粗粒碎屑岩和硬砂岩,如辽宁宽甸太平哨一带。见于下元古代—显生代。

e. 菱镁大理岩—碧玉岩建造

主要为镁质大理岩及方解石大理岩常夹有硅质岩、碧玉及中酸性火山岩,横向变化大,可向蓝晶石/红柱石片岩建造过渡。递增变质带可从低级绿片岩相一角闪岩相,但低级绿片岩相较少。原岩属混合型沉积岩系,在陆台加厚时形成,如辽宁大石桥一带。常见于下部元古代,属硅铝环境下形成。

f. 碧玉质条带状磁铁矿建造

是一种含矿建造,主要为铁质及硅质的含铁石英岩,见于前寒武纪含铁建造中,其部分成因与海底火山射气有关,更多为基性火山活动的射气。

g. 含硼钠长石变粒岩建造

为特殊类型建造,岩性较复杂,主要有钠长石变粒岩、电气石变粒岩、斜长角闪岩、含石墨的变粒岩和大理岩等。递增变质带大致为高级绿片岩相一角闪岩相。原岩是一套含钠和含硼的火山岩系和混合沉积岩

系,如辽东半岛宽甸一带,范围较局限。已知产于下元古代。

区域动力变质作用分布较广,其中的变质建造有待进一步查明。

3. 区域动力变质作用

可分为绿片岩相变质作用和低级绿片岩相变质作用(千枚岩变质作用)。

(1) 绿片岩相变质作用:

a. 复理石状片岩(碳酸盐岩)

主要为复理石状片岩、千枚岩或变粒岩,常有大理岩出现,变基性火山岩有时与之共生。变质程度不超过高级绿片岩相或铁铝石榴石带。原岩大致为不同种类的复理石建造,火山沉积岩占一定数量,基性火山活动不够显著,有时可出现细碧岩。一般为陆台加厚时形成。

b. 变质含钠火山岩系

主要为石英绢云母(白云母)片岩,黝帘石白云母片岩、绿片岩和细碧状岩石,有时有碳酸盐岩。原岩代表一定的含钠较多的火山活动产物,常有大量的火山沉积物,有时见有细碧一角斑岩系,其成因可能多种。

c. 含蓝闪石片岩—复理石状片岩建造

一般为复理石状片岩(碳酸盐岩)和一些二云母变粒岩,其中某些部位见有蓝闪石、白云母黝帘石片岩,此外还见有少量的绿片岩以及蛇纹岩透镜体,有时还可见有放射状硅质岩或硅质片岩。它们的原岩建造仍以复理石(碳酸盐岩)建造为主,但含有基性火山岩和超基性岩底辟体,有时还有深海相沉积。岩性虽与蛇绿岩有相似处,但并不形成蛇绿岩层序,而沉积岩数量又过多。因此原岩可称为非层序性蛇绿岩,受断裂控制,可能与弧后盆地环境类似。它们是一种过渡型(向高压相系)的变质建造。见于中、上元古代及显生代变质带内。

(2) 低绿片岩相变质作用(千枚岩变质作用)

a. 结晶灰岩—石英岩建造

上部常为结晶灰岩夹有千枚岩或板岩,下部则为石英岩,偶见有变质玄武岩夹层。原岩为典型的沉积岩系,属冒地槽型沉积,与陆台建造有类似处。常见于陆台边缘或坳陷内,代表活动带转向陆台的过渡阶段,见于中元古代以后的变质地带中。

b. 复理石型千枚岩建造(结晶灰岩)

常见为复理石型千枚岩或板岩,有时夹有厚层碳酸盐岩,有少量绿片岩及变质酸性火山岩。变质程度为绢云母、绿泥石或雏晶黑云母。原岩为复理石建造,浊流岩较常见,基性火山活动一般少见。代表浅海的陆源碎屑沉积。出现于中元古代后,广泛分布于云南、四川、青海等省。

西藏和云南交界的金沙江和澜沧江附近,三叠系中有变质的杂色岩系夹有绿片岩。外表类似红层的变质岩系。它们可能代表另一浅海环境所形成的变质岩系。

与绿片岩相变质作用类似,在复理石千枚岩建造中出现蓝闪石片岩伴有少量的超基性岩和放射虫硅质岩,如四川西部的三叠系,它们的形成可能与局部的大断裂下沉带有关。

上述的这些建造大多以沉积岩系为主,由浅海部分转向深海,地幔基性活动由少到出现超基性岩底辟体,从而向海洋地壳过渡。

总的来说它们出现于陆台演化的一定阶段,由活动趋向稳定,或陆台稳定后又开始解体。

4. 埋深变质作用

从其深度看,可分为浅深埋深变质作用和蓝片岩相埋深变质作用。

a. 浊沸石硬砂岩建造

主要为碎屑岩及火山碎屑岩,含有少量基性岩。以浊沸石或葡萄石、绿纤石的组合为其特征。大致相当于盆地或大陆边缘的地槽型沉积。见于古生代以后的变质地带中。

b. 变质蛇绿岩建造

相当于一般称为层序性蛇绿岩的变质建造,变质作用较轻微,片理化不显著。次蓝闪石—硬柱石为其特征,大致相当于洋槽和部分洋壳的俯冲的产物。

总的来说,这一类型与埋深下沉有关。变质作用中的原岩的结构构造的变化不很显著。不属于造山带的变质作用。

5. 洋底变质作用

见于大洋底部,属于海洋地壳的上部,包含少量的沉积岩、玄武岩和辉长岩。变质程度达绿片岩相,一般为绿岩,片理化不显。陆台上可能见有这一类型的残余。

变质建造反映了变质作用和原岩建造的结合。这一研究将会说明在地壳演化过程中,变质作用和其大地构造环境的联系,能更好地从变质作用方面来反映其地壳演化特征。

The Significance of the Original Rock Sequence and its Application in Metamorphism

Dong Shenbao

Abstract

Metamorphism, being a global phenomena, has been considered as one of the most important geological processes, which is intimately linked with the development

of crustal history, and varies accordingly with their tectonic setting. While in considering tectonic setting of metamorphism, a subsidence area of a crustal segment with some specific original rock sequences controlled by a definite tectonic environment in the onset of metamorphism is usually denoted. It generally possesses mobile characters as exemplified by the great subsidence together with anomalous geothermal gradients or strong deformation effects, which may be caused by the change of thermal regimes deeply down to the mantle. Thus, it may be conceived that the tectonic setting acts as some fundamental causes in inducing different types of metamorphism.

Rock types and sequences reflect both general and subtle features of tectonic settings. They also suggest salient aspects of dynamothermal history through time. Although they have been generally affected by the metamorphism with the elimination of original mineral associations and their fabrics, yet, their original rock types and rock sequences could be justified by careful field observations, laboratory works, and interpretation of petrochemical data relevant to metarocks. Original rock associations pertinent to metamorphism may be classified into several important categories, viz. the sedimentary sequences, the mixed type sedimentary sequences, the mafic and ultramafic sequences, and the specific types of volcanic rock series. They are largely controlled by the tectonic environments during the evolution of earth's crust.

In a metamorphic terrane, metamorphic rocks usually form well-defined rock sequence, named as metamorphic formation with some characteristics in its rock assemblages. The metamorphic formation is defined as a set of definite metamorphic rock sequence prevailing over metamorphic terrane, and represent the products of their original rock sequences together with the types of metamorphism affected. Variations of metamorphic formations depend on either as the change of original rock sequence, or as the change of metamorphic types. In general, it is considered as an important generality of the relationship between the original rock sequence in a given tectonic environment and the metamorphism thus involved. Generally they show evolutionary trend within succession of metamorphic terranes. Several important types of metamorphic formation are also tentatively grouped under the heading of various metamorphic groups.

说明：文中“浅深火山作用”指基本为地壳来源的火山作用，当地壳热流局部增高时，在地壳浅深部位可产生岩浆，并可上升成为熔岩及火山碎屑岩。岩性大致与这一部分地壳有关。