聚敛型板块边缘岩浆作用及其相关沉积盆地

赖绍聪　　钟建华

(西北大学,西安,710069)　　(石油大学,山东东营,257062)

摘　要　概括性地介绍了聚敛型板块边缘大地构造环境中的岩浆活动及其所形成的火成岩岩石-构造组合类型,并以此为线索,将板块构造、岩石圈运动与沉积盆地的形成有机地结合起来,简要地分析和介绍了聚敛型板块边缘的主要沉积盆地类型及其沉降机理。指出盆地形成是板块构造、岩石圈运动在地壳浅部的一种表现形式,岩石圈板块运动直接受深部作用过程的制约,火山喷发或侵入是上地幔、深部地壳对流在地表或浅部地壳的表现。因此,对火成岩岩石组合或系列的研究,将为沉积盆地的形成与演化提出重要的深部动力学约束。

关键词　火成岩组合　沉积盆地　板块构造

CLC　P54,P58

随着板块学说的建立,岩浆成因和火成岩成分变化规律被赋予了全新的地质构造含义。不同火成岩岩石系列与全球构造的关系引起了地学界的广泛重视。目前,人们已经识别出地球上有三种主要的岩浆系列,即拉斑玄武质、钙碱质及碱质系列,每个系列都由侵位于地壳中或喷出于其上的一组紧密相关的岩浆岩石组合组成。当用板块构造理论考虑问题时,人们进一步认识到,这三种岩浆系列以及火成岩石的共生组合有着完全不同的分布特点。Ringwood(1969)[1]提出了按板块构造环境进行岩浆分类的意见。Dikinson(1971)[2]首次提出了"岩石构造组合"的概念。Condie(1989)[3]按照板块构造模式将岩石构造组合的概念系统化,讨论了其成因,并提出其生成环境可分为板块边缘和板块内部两大类。80 年代以来,把火成岩岩石学与大地构造学密切结合的研究有了更大的发展,人们系统地总结了不同的岩浆系列以及板内、边缘盆地、岛弧等各种构造环境的岩浆作用、火成岩组合以及岩浆成因机制,从而使得火成岩大地构造学作为一门新的地质学科日趋完善。沉积盆地的形成与发育与板块构造的演化有着十分密切的关系。当把各种类型的沉积盆地纳入板块构造范畴内时,则可将这些沉积盆地归结为四类(表 1)。本文将简要介绍聚敛型板块边缘岩浆作用特点及与聚敛型板块边缘相关的沉积盆地。

1　俯冲带岩浆活动及与俯冲带有关的沉积盆地

1.1　俯冲带岩浆活动及其火成岩组合

收稿日期:1998-02-06　　修改稿收到日期:1998-03-28

作者简介:赖绍聪,男,1963 年生,博士,副教授,岩石学专业,主要从事造山带火山岩与蛇绿岩地球化学及岩石大地构造学的研究工作。

本研究受陕西省教委专项科研基金(编号:PJ96220)资助。

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

俯冲带的岩浆活动主要发生在岩浆弧的范围内,距海沟轴约 150～300 km,平行于海沟成弧形展布。主要岩石系列有岛弧拉斑玄武岩系列、钙碱系列、岛弧碱性系列(或钾玄岩系列),以及它们之间的过渡类型。岛弧火山岩以高 K_2O、Al_2O_3,低 TiO_2 含量为特征,不同于其它环境下形成的火山岩。岛弧拉斑系列火山岩主要有拉斑玄武岩、安山岩和少量英安岩。它与洋脊拉斑系列的主要区别是:氧化物成分变化范围较宽,铁镁含量比较高,$w(SiO_2)$ 较高(53 %),K,Rb,Sr,Ba 含量较高,Ni,Cr 含量低,稀土丰度偏低,$N(Sr^{87})/N(Sr^{86})$ 较高(0.703 5～0.706 0)。钙碱系列主要有安山岩、英安岩、高铝玄武岩、流纹岩等。与岛弧拉斑系列相比,很少有铁的富集,$w(SiO_2)$ 较高(59 %),明显地富集大离子亲石元素,略微富集轻稀土元素,$N(Sr^{87})/N(Sr^{86})$ 略高(低钾组 0.703～0.707;高钾组 0.704～0.710),并随 SiO_2 的增加,K_2O 增长较快[4]。岛弧碱性系列火山岩以钾玄岩组合为代表。它是成熟岛弧的代表性岩石组合,主要特征为[5]:玄武岩硅近饱和,很少出现标准矿物 Ne 和 Q;低铁富集,含碱量高($w(Na_2O + K_2O) > 5$ %);$w(K_2O)/w(Na_2O)$ 高,当 $w(SiO_2)$ 约为 50 %时,> 0.6;$w(SiO_2)$ 约 55 %时,> 1.0。在 SiO_2-K_2O 图上,低 SiO_2 部分有陡的正倾(当 $w(SiO_2)$ = 45 %～57 %时,斜率 < 0.5;当 $w(SiO_2) > 57$ %时,斜率为 0 或负值)。富集 P,Rb,Sr,Ba,Pb 和轻稀土(与 K 的富集吻合),低 $w(TiO_2)$(< 1.3 %);$w(Al_2O_3)$ 高且变化大(14 %～19 %),$w(Fe_2O_3)/w(FeO)$ 高(> 0.5)。

表 1　按板块构造环境的沉积盆地分类及其相关岩浆系列

Table 1　Magmatism and classification of the sedimentary basins according to the plate tectonics

内容	板块内部				离散边缘(大洋脊)	汇聚边缘(俯冲带)	转换带
	大洋	大陆					
		裂谷系	克拉通区	碰撞带			
主要盆地类型	大型大洋盆地	陆内裂谷盆地 陆间裂谷盆地 坳拉谷盆地 大陆边缘裂谷盆地	克拉通盆地 褶皱带盆地 (山间盆地, 山前盆地, 小型断陷盆地)	边缘前陆盆地 残留洋盆地	洋中脊 中轴裂谷盆地	海沟盆地 弧前盆地 弧内盆地 弧间盆地 弧后盆地 (边缘海盆地) 弧后前陆盆地	横向地堑 转换挤压盆地 转换拉张盆地
主要岩浆系列	拉斑玄武岩 碱性岩 (孤立洋岛, 火山岛链, 海山,海底高原)	双峰火山杂岩 拉斑玄武岩 碱性岩	金伯利岩 碱性岩 (高钾岩系) 高原溢流玄武岩 火成碳酸盐	碱性岩 钙碱质岩系	拉斑玄武岩 (低钾)	岛弧拉斑玄武岩 钙碱质岩系 碱性岩 (钾玄武岩系)	拉斑玄武岩 (低钾) 碱性岩 双峰式(?)

岛弧火山岩以爆发相为特征,火山碎屑物质体积可占整个火山岩体积的 80 %以上,而洋中脊和大洋岛则要低得多。另外,由火山岩屑、侵入岩屑及变质岩屑构成的砂岩、泥岩经常与火山岩互层,这种互层系是识别岛弧火山岩系的重要标志之一。俯冲带的岩浆岩,自海沟向大陆方向常具明显的水平分带性。一般均随与海沟轴距离的增加,依次分布为拉斑系列、钙碱系列和碱性系列。这种随着与海沟轴的距离和俯冲带深度的增加,火山岩成分有规律的变化叫做成分的极性,它可指示俯冲带倾斜的方向(图 1)。在火山岩成分极性中,最有指示意义的是当 $w(SiO_2)$ 一定时,$w(K_2O)$ 随俯冲带深度(h)的增大而增加,K - h 成线性正相关关系。当 $w(SiO_2)$ 为 60 %时,这种关系可表示为[3]

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

$$h = 89.3\,w(K_2O) - 14.3$$

式中 $w(K_2O)$ 为质量分数 ,h 的单位为 km。据此式可估算火山岩对应的俯冲带深度。计算得到拉斑系列对应的俯冲带深度 < 150 km ,碱性系列 > 200 km。

岛弧火山岩成分变化与地壳厚度的变化也有对应关系。据统计 ,当 $w(SiO_2)$ 量固定时 ,安山岩的 K_2O 质量分数与地壳厚度(c)成正比。当 $w(SiO_2)$ 为 60 %时 ,K - c 关系可表示为[3]

$$c = 18.2\,w(K_2O) + 0.45$$

式中 $w(K_2O)$ 为质量分数 ,c 的单位为 km。据此得出各系列对应的地壳厚度是 :拉斑系列 < 20 km ,钙碱系列 20～30 km ,碱性系列 > 25 km。

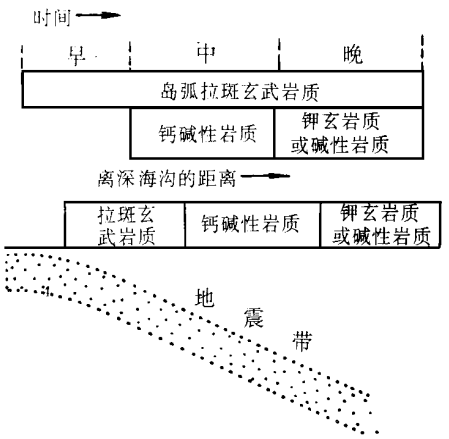

图 1　俯冲带火山岩系列的成分极性—空间和时间分布
(据 Wilson , 1989)

Fig. 1　Spatial and temperal variations in the composition of island-arc magmas

不同俯冲带闭合速率的差异也将引起火山岩成分变化 ,闭合速率越慢 ,火山岩愈偏碱性。一般情况下 ,闭合速率为 8～9 cm/ a 的高速组 ,主要为拉斑或拉斑 + 钙碱系列 ;闭合速率为 3～6 cm/ a 的中速组 ,主要为钙碱或拉斑 + 钙碱系列 ;闭合速率 < 2 cm/ a 的低速组 ,则以出现更多的碱性系列或以碱性系列为主[6]。

岛弧火山活动是洋壳板块俯冲作用的结果。随着俯冲作用的发生、发展与演化 ,岛弧也将经历一个不成熟 —半成熟 —成熟的演化过程。

不成熟岛弧地壳是薄且铁镁质的 ,或者可以认为是一种大洋型地壳 ;而成熟岛弧的地壳则是厚且相对偏长英质的 ,可称为大陆型地壳。大陆边缘火山岩弧(如 Andes) 常具有大陆型地壳 ,与成熟岛弧大陆型地壳类似或更厚。从这个角度讲 ,它们可以近似地看作成熟岛弧或代表比成熟岛弧更高的演化阶段[7]。

随着岛弧的产生与演化 ,火山岩逐渐堆积并达到地壳厚度 ,火山岩的平均成分逐渐向长英质和富钾方向演化 ,火山岩逐渐由拉斑系列为主演化为钙碱系列为主。随着岛弧的进一步演化 ,花岗质岩石开始产出 ,花岗质岩石与蛇绿质岩石的比例增加。同时 , w(钙碱系列岩石)/ w(拉斑系列岩石)比值也增大。当岛弧成熟度很高时 ,蛇绿岩消失 ,而 w(钙碱系列岩石)/ w(拉斑系列岩石)比值接近 1 或更高 ,并可能出现高钾系列(钾玄岩)岩石。

根据俯冲带(岛弧区)岩浆活动构造环境及岩浆成因的差异 ,可将其进一步划分为三种主要的亚类 :洋内岛弧环境、活动大陆边缘(边缘弧) 及弧后盆地(边缘海盆地) 。

1.1.1　洋内岛弧环境

洋内岛弧是指大洋岩石圈板块俯冲到另一洋壳板块之下所形成的火山岛弧或岛链 ,它常常被弧后次级海底扩张形成的边缘海盆所分隔(图 2) 。当洋壳板块俯冲时 ,其上层的海洋沉积物常在弧前区形成一个增生楔。通常认为 ,洋内岛弧环境的玄武质岩浆活动主要与俯冲板片之上的地幔楔形区的部分熔融有关。

当俯冲洋壳进入 80(或 70) ～100 km 深处 ,洋壳中角闪岩大量脱水转变为石英榴辉岩 ,水进入地幔楔引起带水的部分熔融 ,产生含水橄榄拉斑玄武岩浆 ,它在上升过程中分异出橄榄

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

石、铬尖晶石,结果派生出岛弧拉斑系列的主要岩石类型——玄武安山岩($w(SiO_2)$ 为 53 %)。显然,这种岩浆与洋脊拉斑玄武岩浆相似,在很大程度上都是由于地幔橄榄岩熔融产生的,因而具有相似的稀土分布型式。但是,岛弧拉斑玄武岩浆的熔融是在含水条件下发生的,而与洋

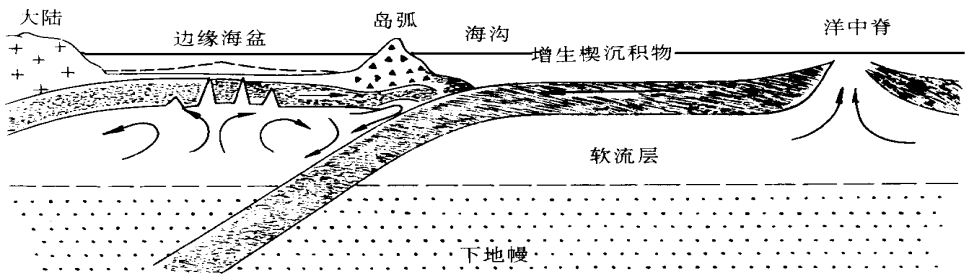

图 2　洋内岛弧和边缘海盆
(据 Wilson, 1989)
Fig. 2　Oceanic island arc and marginal basin

脊之下基本在无水条件下发生的熔融不同,因而两者的元素含量也有区别。岛弧拉斑玄武岩的 $w(SiO_2)$ 和 $w(Fe)/w(Mg)$ 较高,$w(Cr)$、$w(Ni)$ 较低,可以用低中压含水条件下具铬尖晶石包裹体的橄榄石的充分分解来解释。由于较易进入角闪石的 K,Rb,Ba,Sr 等元素,在角闪石脱水后不易进入固相的石榴石、单斜辉石中,因而随水带入地幔楔,使在产生的岩浆中其含量高于洋脊拉斑玄武岩。至于岛弧拉斑玄武岩比洋脊拉斑玄武岩的 Ti,Y,Hf 和 Zr 含量低,则与榍石可能是在高压含水条件下地幔或消亡洋壳熔融后的一种残余矿物有关,榍石富 Ti 并易于吸收 Y,Hf 和 Zr 及稀土元素。另外,在 < 80 km 深处,俯冲洋壳本身的熔融也可直接产生岛弧拉斑玄武岩岩浆。

1.1.2　活动大陆边缘

活动大陆边缘岩浆活动主要是指大陆边缘弧火山活动,与洋内岛弧环境不同的是,仰冲在俯冲洋壳之上的不是洋壳板片,而是大陆岩石圈板块。

陆缘弧岩浆活动以钙碱质系列火山岩为主导,安山岩是主要的岩石类型。岛弧地带安山岩的形成一般都要经历复杂的变异作用过程,包括不同源岩形成的熔浆的相互混合,含 H_2O 液体对上覆地幔的作用,相对富 SiO_2(与地幔橄榄岩相比)的熔浆与地幔橄榄岩的反应,在深处形成的富含 H_2O 的岩浆在上升过程中不可避免的结晶分离作用,以及岩浆与地壳岩石的相互作用等等[8]。

安山岩岩浆可能直接导源于俯冲的大洋壳。当洋壳下降到 > 100 km 后,玄武岩—辉长岩转变为石英榴辉岩,石英榴辉岩局部熔融形成原生的 SiO_2 中等含量的熔浆,从 100～150 km 的俯冲带上升的这种 SiO_2 中等含量的含水的熔浆进入消减带上面的地幔楔形区。这种熔浆在这样的深度上与地幔橄榄岩是不能平衡共存的,亦即与 Ol 是不能平衡共存的,因此与 Ol 发生反应形成辉石(Ol + 富 SiO_2 液体 ——Py),使橄榄岩转变为辉石岩。由于新形成的辉石岩的比重小于上覆地幔橄榄岩以及其中隙间液体的存在,使辉石岩具有很大的活动性,它从消减带以“底辟”方式上升。含水辉石岩底辟岩块在上升过程中开始发生熔融,类似于从上升的地幔橄榄岩底辟岩块中形成玄武岩岩浆的模式。在 > 100 km 深处,辉石岩可能是含 Ga 的,在较浅处

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

Ga 不稳定,其组分进入辉石固熔体中。对于从 100～150 km 深处消减带上升的含水辉石岩底辟岩块来说,如果在 100～60 km 发生局部熔融,熔浆的分离形成均一的独立岩浆,则具 Ol 拉斑玄武岩-Q 拉斑玄武岩组成;如果在 60～40 km 内发生局部熔浆分离,则形成玄武-安山岩岩浆;如果在 40～20 km 内局部熔浆从上升的底辟岩块中分离出去,则形成安山岩岩浆[9～10]。

1.1.3　弧后盆地(边缘海盆)

弧后(边缘)盆地是半封闭的盆地,或处在岛弧体系之间的一系列小海盆。一般认为它们是弧后区次级海底扩张的产物(图 3)。

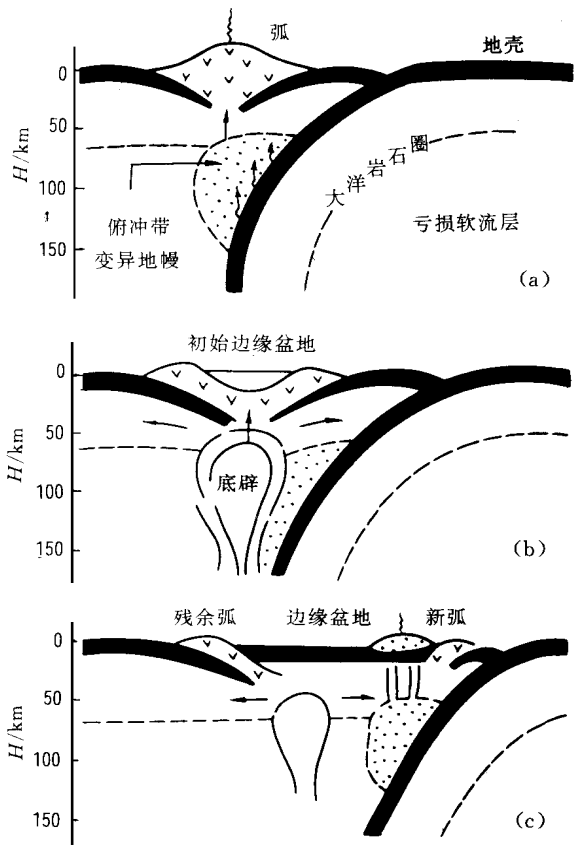

图 3　弧后(边缘海)盆地发育示意图
(据 Wilson, 1989)
Fig. 3　Models for the development of a back-arc (marginal) basin
a-正常岛弧岩浆作用;b-岩浆作用和底劈体部分熔融导致边缘盆地雏型的形成;c-边缘盆地的发展使岛弧破裂

边缘海盆可能有多种成因。但至少其中某些海盆具有的性质所表明的成因类似于在扩张洋脊处形成大洋岩石圈那样的作用过程。从这些海盆中获取的拉斑玄武岩类岩石岩石学和地球化学资料,在常量元素和微量元素、同位素比值方面及模式上和标准成分上都类似洋脊的拉斑玄武岩类。其化学性质多半可归因于低压下的分离结晶作用。它们在成分上的变化范围与 MORB 部分一致。最可能的成因是橄榄质地幔的分离熔融和在缓慢扩张(半速率 1～2cm/a)岩石圈中的侵位,未必会是俯冲洋壳的熔融,也未必会和岛弧拉斑玄武岩有亲缘关系。推测边缘海盆玄武岩化学上的微小变化是受到熔融分离的深度、地幔熔融的范围或随后分离结晶的范围所控制的。一般说,这些玄武岩的演化有点像 MORB,化学上变化的范围可能与海盆下温度梯度的差异有关。边缘海盆作为地幔分离熔融产生新洋壳的所在地而具有明显的重要性。对于弄清楚造山带的演化和弄清楚常认作洋壳碎块的蛇绿岩的成因它们也是重要的[11]。

弧后扩张中心玄武岩地球化学特征的变化取决于几个不同的因素,包括部分熔融程度、$p(H_2O)$,$p(O_2)$,地幔源区的均一程度以及岩浆房中高位结晶分异的程度。另外,俯冲板块中派生的流体相也可能是另一重要的因素[12]。就主元素而言,大部分弧后盆地玄武岩都与富集型 MORB 很类似。而痕量元素地球化学特征变化更为复杂,既具 MORB 的特征同时又显示了一定岛弧玄武岩的特征。这一现象表明,受俯冲影响的部分地幔组分可能卷入了弧后盆地扩张中心玄武岩岩浆的形成过程中,从而使这类玄武岩带有岛弧拉斑玄武岩的烙印。通常,在弧

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

后盆地拉张初期,俯冲中派生流体相对岩浆形成的影响最为显著,随着盆地的拉开,其影响逐渐减弱。弧后区源区组分可能既包括亏损及富橄榄岩的大洋岩石圈,又包含相对富二辉橄榄岩底辟上升的岩石圈地幔[13]。

1.2　与俯冲带有关的沉积盆地

俯冲带具有较为复杂的构造特征,与其有关的沉积盆地主要包括海沟盆地、弧前盆地、弧间盆地和弧后(边缘海)盆地(图 4)。

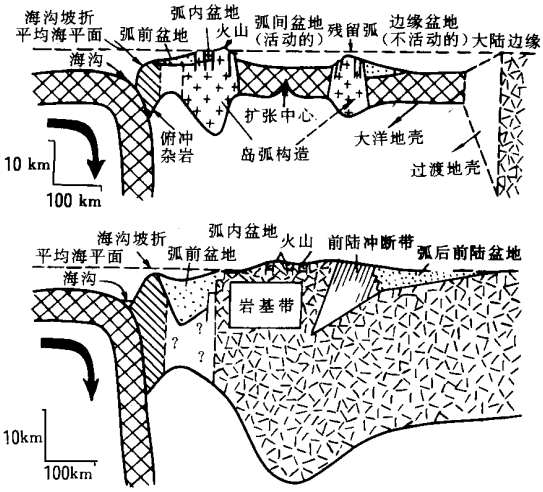

图 4　洋内岛弧与陆缘弧体系沉积盆地示意图
(据 Dikinson , 1979)

Fig. 4　Sketch map of the oceanic island arc and the sedimentary basin of the active continental margin systems

海沟盆地:海沟盆地是大洋板块俯冲下插,岩石圈弯曲下降到弧沟系之下的结果。俯冲板块的下弯和沉降是其主要形成机制。这个以大洋壳为基底的地形深渊中并无显著的岩浆活动,海沟盆地内的火成岩主要为消减洋壳中的变质拉斑玄武岩、辉长岩、橄榄岩,以及部分岛弧拉斑和岛弧钙碱系列岩石,它们以构造岩块的形式混杂堆积在俯冲杂岩之中。

弧前盆地:弧前盆地发生在弧—沟间隙区内,即海沟轴与岩浆弧之间的地段。弧前盆地的基底有的是陆壳或大陆性过渡壳,有的是因俯冲增生而圈闭的残留洋壳,或直接跨覆在岩浆弧与俯冲杂岩或岩浆弧、残留洋壳与俯冲杂岩之上。俯冲引起的地幔冷却和俯冲剥蚀以及沉积负载均衡下降是弧前盆地沉降的主要原因。弧前盆地底部常见大洋拉斑或岛弧拉斑玄武岩以及深成辉长岩,盆地内侧因岩浆弧的火山活动而可出现岛弧拉斑或钙碱质熔岩流,以及火山碎屑岩、凝灰岩,它们与盆地中的沉积岩系成指状交互穿插。

弧内盆地:弧内盆地通常平行于弧的走向延伸,是以断层为界的张裂盆地,基底为过渡壳或陆壳,它的形成可能与深部岩浆上升使弧地壳隆起产生的拉张构造有关,也可能同火山和构造原因的局部沉降有关,还可能同初期弧间盆地发育有关。由于岩浆弧地壳深处的扩张作用,使得弧间盆地内的岩浆活动很类似于双峰式(?)火山岩系,以玄武岩-流纹安山岩套为特征,其岩浆成分较岛弧岩浆更偏酸性和碱性,且更富于爆发性。

弧间盆地:位于岩浆弧与残弧之间的弧间盆地被认为是由弧内扩张作用从弧内盆地演变而来。而残弧就是从岩浆弧分裂出去的残留地质体。这种拉张作用,既可使洋内弧分裂,也可使陆缘弧分裂。由于弧间盆地普遍地进行着海底扩张,因而其岩浆活动与弧后盆地有类似之处,深海钻探表明弧间盆地中常见玄武岩枕状岩流,其成分大多类似于洋脊拉斑玄武岩,它们与海底扩张有关。然而,与弧后盆地不同的是,部分玄武岩具有岛弧系列玄武岩的成分特征,从而表明弧间盆地具有两种不同类型的岩浆活动。

弧后(边缘海)盆地:边缘海盆位于大陆与岛弧或残弧之间,以略厚(< 20 km)的大洋型地壳基底为特征。位于大陆与岛弧之间的边缘海盆,可能因陆缘岩浆弧分离而形成,与弧间盆地

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

在本质上没有多大区别。部分边缘海盆是陆缘弧或大陆边缘地壳裂陷扩张形成的。其演化与裂谷带的演化相类似。弧后盆地的形成可能归结于俯冲大洋岩石圈板片顶面摩擦生热,使地幔克服粘滞阻力而浮升,产生大量热的低密度异常地幔或岩浆以底辟方式上升,引起地表迅速拉张,而高热流导致弧后地壳扩张[10]。另外,洋脊随俯冲板片潜没到弧后区以及俯冲引起的弧后拉张应力状态也可能是边缘海盆形成的重要原因。弧后盆地的岩浆作用以类似于洋中脊的低钾拉斑玄武岩系为典型特征,它们是由于橄榄质地幔分离熔融和在缓慢扩张岩石圈中侵位的结果。

弧后前陆盆地:弧后前陆盆地位于陆缘山弧或陆缘岛弧后侧紧邻的大陆板块周围地带,基底全部为陆壳。这个盆地对于岩浆弧而言为弧后盆地,对于大陆板块内部而言是前陆盆地。弧后前陆盆地与边缘海盆地的区别不仅表现在基底地壳的不同,还表现在盆地边缘的弧侧有与弧平行并向弧后(向大陆)逆冲的褶皱冲断带存在,因此盆地内的应力状态通常是挤压的或中性的。盆地的沉降作用,部分是大陆板块边缘沿陆内俯冲带进入到岩浆弧下引起岩石圈挠折的反应,部分是褶皱冲断岩片的构造负载引起均衡沉降的结果。钙碱性安山岩、碱性岩系以及高钾质陆缘弧后岩浆活动产物乃是弧后前陆盆地中主要的火成岩组合类型。

2　碰撞带岩浆活动及与碰撞带有关的沉积盆地

2.1　碰撞带岩浆活动及其火成岩组合

俯冲作用进一步发展,必定导致岛弧与大陆或大陆与大陆的碰撞并形成缝合带或碰撞造山带。沉积盆地经过陆内裂谷 —陆间裂谷 —大洋扩张和大洋裂谷 —边缘裂谷 —大洋盆地 —俯冲作用导致大洋消减和弧沟系的形成 —直到碰撞产生缝合带和残留洋盆,构成一个完整的威尔逊旋回。

碰撞带以不同的火成岩组合,相对复杂的岩石类型为特征。与陆 —陆碰撞带有关的岩浆作用可以分为四个阶段,每个阶段都包括一个特征的源区:①碰撞期前:来源于碰撞以前的火山弧,仍属弧火山活动类型。②同碰撞期:在地壳增厚时期内导致含白云母花岗岩的侵位。在地壳仰冲作用期间,从湿的沉积楔排出的挥发份能够渗透到上浮的热的冲掩岩片中,而引起深熔。地壳熔融的结果使 Rb,F 和 B(可能还有 Ta)发生富集,这些元素在挥发相中被迁移,而像 REE,Zr 和 Hf 这些元素是亏损的,它们被集中在熔融的残余物中。冲掩岩片底部的温度取决于碰撞前热流量、冲掩岩片厚度和剪切热。同碰撞花岗岩的发育程度受碰撞期间地壳加厚的程度控制。③碰撞晚期到碰撞期后:形成在微量元素特征上与火山弧岩浆作用相似的钙碱性岩套。像火山弧岩浆一样,它们被认为是由俯冲的大洋岩石圈上面富 LILE 的地幔楔形成的,但有可能与下部地壳的熔融体混染而被改变。地壳熔融可以由下地壳热释放和上地幔绝热减压或者碰撞期后次要俯冲而产生的幔源岩浆造成。④碰撞期后:以碱性岩为特征,碱性岩浆作用具有板内地球化学特性并可能发育在没有被俯冲作用水化的任何被切割的地幔区。上地幔熔融可能由绝热减压引起,接着是地壳增厚和侵蚀。它也可能由碰撞期后的像海西造山带的裂谷构造或像阿拉伯地盾的走滑断层作用所引起。如果岩石圈构造允许适量的地幔挥发份释放或岩浆进入地壳的话,那么,实际上,碰撞期后岩浆作用能发育在碰撞事件的任何阶段。

岛弧与大陆的碰撞发生在岛弧与被动陆缘之间,被动陆缘的前导洋壳在岛弧之下俯冲,当

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

洋壳完全消失时 ,大陆因质轻而不能俯冲 ,于是大陆与岛弧碰撞缝合在一起。它与陆 —陆碰撞不同的是 ,蛇绿岩、蓝片岩、混杂堆积等俯冲组合位于陆侧与洋侧的岩浆弧之间;主要的逆冲断层都是向洋侧倾斜、向陆逆冲的。

2.2 与碰撞带有关的沉积盆地

边缘前陆盆地:边缘前陆盆地位于毗邻主缝合线的褶皱冲断带与大陆之间的大陆基底之上 ,并平行于缝合带延伸 ,大体同地槽术语中的边缘坳陷类似。这种盆地可能是在地壳碰撞的渐进发展过程中 ,由于大陆块周边的部分俯冲作用使大陆岩石圈下弯而形成 ,因此初期的边缘前陆盆地是同造山的。随着这种俯冲过程被地壳碰撞所制止 ,这个盆地将同整个造山带一起上升 ,而褶皱冲断带的构造负载以及沉积负载又使盆地相对于造山带继续沉降 ,接受造山后的沉积。

残留洋盆地:陆块之间的缝合带的形成通常不是同时的而是跨时的。因为 ,只有当彼此碰撞的陆块边缘能够相互嵌合 ,并且引起地壳碰撞的板块运动矢量又恰恰合乎需要时 ,碰撞才会沿边界全长同时发生。一般情况下 ,碰撞总是分段进行的 ,已经缝合的段和尚待缝合的段同时存在 ,这两个地段之间的构造转变点将随时间而转移。在转变点的前面 ,则存在着残留洋盆地。

3 结语

盆地形成是板块构造、岩石圈运动在地壳浅部的一种表现形式。不同的大地构造环境形成不同类型的盆地。岩石圈板块的运动直接受深部作用过程的制约。岩石圈 —软流圈的物质组成、结构与温度分布是研究岩石圈动力学最重要的参数。对岩石圈 —软流圈的物质组成、结构、温度分布约束的岩石学方法主要来自三个方面 ,即火山岩-侵入岩、深源包体和变质岩的研究。岩浆来自上地幔或深部地壳 ,火山喷发或侵入是上地幔、深部地壳对流在地表或浅部地壳的表现。因此 ,对火成岩(岩浆的喷出或侵入的产物)岩石学的研究必能提供许多上地幔 —深部地壳的信息。因此 ,根据不同大地构造环境下形成的岩石组合 ,特别是火成岩岩石组合或系列 ,提出沉积盆地形成与演化的动力学约束 ,这无疑是一项十分有意义的前沿研究。火成岩岩石构造组合、大地构造环境与沉积盆地形成机理分析的有机结合 ,必将推动沉积盆地 ,尤其是含油气盆地综合研究工作的进一步发展。

参 考 文 献

1 Ringwood A E. Composition and evolution of the upper mantle. *Am Geophys Union Mon* , 1969(13) :1～17

2 Dickinson W R. Plate tectonic models for orogeny at continental margins. *Nature* ,1971(232) :41～42

3 Condie K C. *Plate Tectonics and Crustal Evolution*. New York: Pergamon Press ,1989. 10～200

4 Sajona F G. High field strength element enrichment of Pliocene island arc basalts , Zamboanga Peninsula , western Mindanao (Philippines) . *Journal of Petrology* ,1996 ,37(3) :693～726

5 Morrison G W. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos* , 1980(13) :97～108

6 Miyashiro A. Classification , characteristics , and origin of ophiolites. *J Geol* ,1975(83) :249～281

7 Floyd P A , Kelling G, Gokcen S L , et al. Arc-related origin of volcaniclastic sequences in the Misis complex , Southern Turkey. *J Geol* , 1992(100) :221～230

8 Arculus R J. The significance of source versus process in the tectonic controls of magma genesis. *Journal of Volcanology and*

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

Geothermal Research , 1987 , 32 :1～12

9 Nicholls J , Russell J K. Modern methods of igneous petrology :understanding magmatic processes. *Reviews in Mineralogy* , 1990 , 24 :108～123

10 Yoshiyuki T. *Subduction Zone Magmatism*. Cambridge :Blackwell Science Press ,1995. 40～85

11 Louden K E. Formation of oceanic crust at slow spreading rates : New Constrains from an extinct spreading center in the Labrader Sea. *Geology* ,1996 ,24(9) :771～774

12 Bea F. Residence of REE , Y , Th and U in granites and crustal protoliths :implications for the chemistry of crustal melts. *Journal of Petrology* ,1996 ,37(3) :521～552

13 Kaj H , Hans U S. The petrology of the tholeiites through melilite nephelinites on Gran Canaria , Canary Islands :Crystal fractionation , accumulation ,and depths of melting. *Journal of Petrology* , 1993 , (34) :573～597

VOLCANISM AND ITS RELATED SEDIMENTARY BASINS IN CONVERGENT PLATE BOUNDARY

Lai Shaocong

*(Northwest University , Xi ́an ,*710069*)*

Zhong Jianhua

(University of Petroleum , Dongying , Shandong , 257062*)*

Abstract Volcanism and igneous petrotectonic assemblages in the convergent plate boundary have been discussed in this paper. Then the related sedimentary basins and their forming mechanism are introduced. Finally this paper indicates that the formation of basin is resulted from plate tectonic movement , which is controlled by the deep internal processes of the lithosphere. Therefore detailed researches and analyses of igneous petrotectonic assemblages should be of great significance to impose dynamic restrictions on basin formation and evolution.

Key words igneous petrotectonic assemblage , sedimentary basin , plate tectonics

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.