

北秦岭南缘弧前盆地沉积作用 及盆地发展^{*}

孟庆任

(中国科学院地球物理研究所 北京 100101)

于在平 梅志超

(西北大学地质系 西安 710069)

摘 要 秦岭被商丹缝合带分为北秦岭和南秦岭两个部分,在北秦岭南缘残留着与俯冲作用相关的岛弧火山岩以及弧前沉积体。对沿商丹带两个地区(黑河地区和黑山地区)弧前沉积体岩相组合和相序的研究显示,它们主要由深水浊积岩系,火山碎屑岩,扇三角洲沉积以及局限性台地碳酸盐岩和陆棚碎屑岩组成。总的沉积序列显示向上变浅趋势,但在弧前内侧边缘则表现为向上变深趋势。两个不同地区岩相和相序的差异明显受物源、海平面变化以及特别是构造作用的控制。深水浊积岩系所反映的线状物源供给形式、扇三角洲体系的发育和其内部不同沉积段反复重叠的特征指示一种活动构造环境。弧前区构造发展一方面与其前部加积或下部垫底作用有关,另一方面则在很大程度上受由斜向俯冲而导致的伸展作用的影响。

关键词 秦岭 商丹缝合带 弧前盆地 沉积作用

1 引言

秦岭造山带的演化涉及到大陆裂解、板块俯冲和碰撞作用等构造过程(张国伟等, 1988)。晚元古代形成的古秦岭洋把秦岭分为南、北两部分。古生代时期南秦岭北侧的洋壳向北的俯冲使北秦岭逐渐发展为活动性大陆边缘,发育岩浆岛弧和弧前、弧后盆地等,而南秦岭则表现为被动大陆边缘构造特征。古秦岭洋的封闭和南、北秦岭的碰撞导致它们之间形成一个巨大的构造缝合线,即商丹(缝合)带(图1)。商丹带目前表现为一个复杂的地质体,内部被不同时代断裂所切割,但基本由丹凤群火山岩和与其共生的沉积岩系所构成。地球化学分析表明丹凤群明显具有岛弧特性(薛峰等, 1993),同位素年龄变化在 $447 \pm 8 \text{ Ma}$ — $402 \pm 7 \text{ Ma}$ (张国伟等, 1988; 李曙光等, 1989),这说明丹凤群所代表的岩浆岛弧主要发育在晚奥陶世—泥盆纪期间。出露于丹凤群南部的沉积体以

^{*} 国家自然科学基金资助项目。

孟庆任,男,1957年7月生,博士后,沉积学/大地构造学。

1995-10-09 收稿,1996-03-20 改回,王桂凤编辑。

陆源碎屑沉积物为主，但含有大量火山碎屑物质。构造、地球化学以及物源等方面的分析证明，它们的形成与岛弧发展密切相关，应属于弧前沉积体系(张国伟等, 1988; 于在平等, 1991; 孟庆任等, 1994; Yu et al., 1995)。这些弧前沉积体由于受后期变形的改造，仅在少数地区得以较好保存。本次研究选择黑河和黑山两地作为研究点(图 1)，对其岩相组合以及相序进行详细分析，并进一步讨论它们所反映的弧前区构造特征。

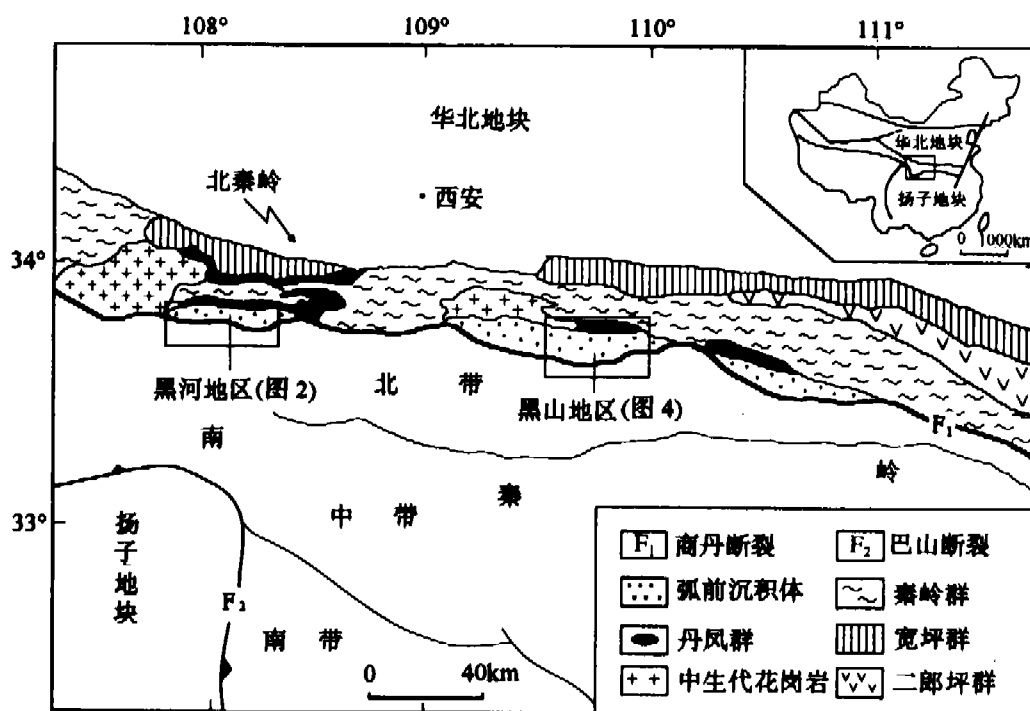


图 1 北秦岭简化地质图

Fig.1 Simplified geological map of North Qinling

2 区域地质

北秦岭基底是由早元古代秦岭群片麻岩组成，其北侧宽坪群是与中元古代裂谷作用有关的一套变沉积岩系。丹凤群出露于秦岭群的南侧。在秦岭群和宽坪群之间发育的二郎坪群代表与丹凤群基本同时发生的一套弧后盆地火山—沉积岩系。根据内部构造—沉积特征，南秦岭可明显划分出 3 个带(图 1)。北带中—上泥盆统刘岭群平行不整合在寒武—奥陶系台地碳酸盐岩之上。刘岭群主要由陆源碎屑沉积物组成，与北秦岭南缘弧前沉积体为断层接触，二者内部岩相和构造变形特征等方面都有很大差异。弧前沉积体系曾被认为属南秦岭北缘刘岭群的一部分，并把沉积体内的部分砾岩解释为加里东期磨拉石堆积(肖思云等, 1987)。最近对这些砾岩的沉积学研究证明，它们代表一种深水坡底裙沉积或与火山泥流有关的沉积，而绝非磨拉石(孟庆任等, 1994)。由于缺乏化石，弧前沉积体的时代不能很好地确定，但根据其内部碳酸盐岩所含部分化石碎片(肖思云等, 1987)、微古植物以及区域对比分析等，其时代范围应从奥陶纪—泥盆纪(曹宣铎等, 1990)。

3 沉积学分析

3.1 黑河地区

黑河地区位于商丹带的西部(图 1)，最近大比例尺填图结果显示，丹凤群火山岩和其南侧的弧前沉积体发育甚好，并且各种接触关系和层序结构能很好地确定(图 2)。研究区主体沉积包括互层泥岩 / 粉砂岩 / 细砂岩相、砂岩相、砾岩相以及火山碎屑岩相和碳酸盐岩相，上述岩相构成两种不同的岩相组合和相序。

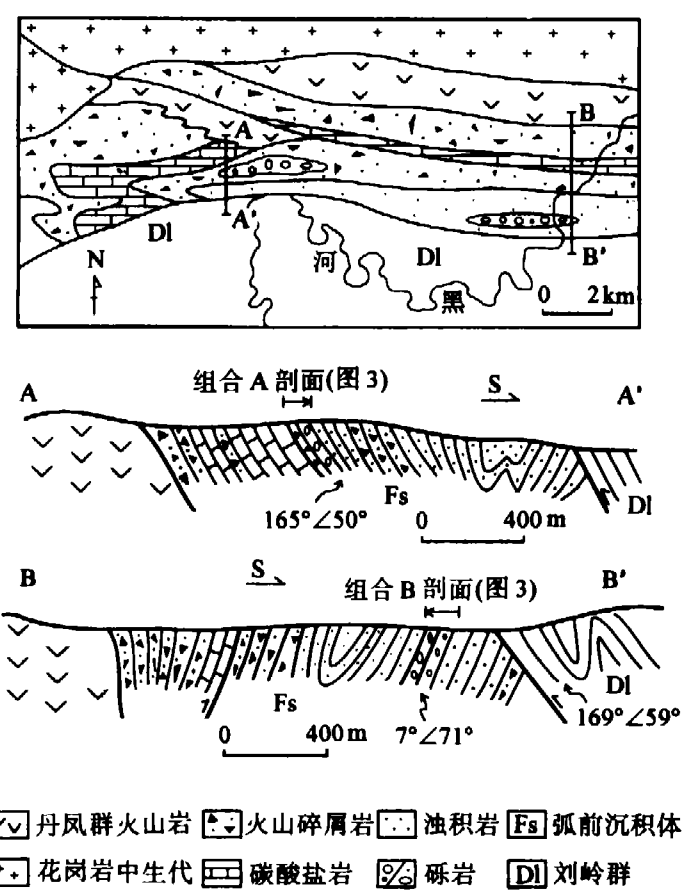


图 2 黑河地区简化地质图及两个弧前沉积体地层剖面

Fig.2 Simplified geological map and two stratigraphic sections of forearc fills in Heihe area

组合 A：此相组合主要由块状砂岩、颗粒支撑砾岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩以及互层状粉砂岩 / 泥岩和少量基质支撑砾岩构成。在所测剖面上(图 3)，整个相序表现为由下部火山碎屑岩向上过渡为碳酸盐岩，然后为凝灰质砂岩和杂砂岩，再往上为砾岩和互层粉砂岩 / 泥岩相。各相之间连续过渡，无不整合面，但砾岩层在空间上呈透镜体。

岩相分析结果表明，砾岩是由水下碎屑流和由其发展而来的砾质高密度浊流沉积而成(孟庆任等，1994)。砾石和基质成分含有大量火山物质，并且与凝灰质砂岩共生，这

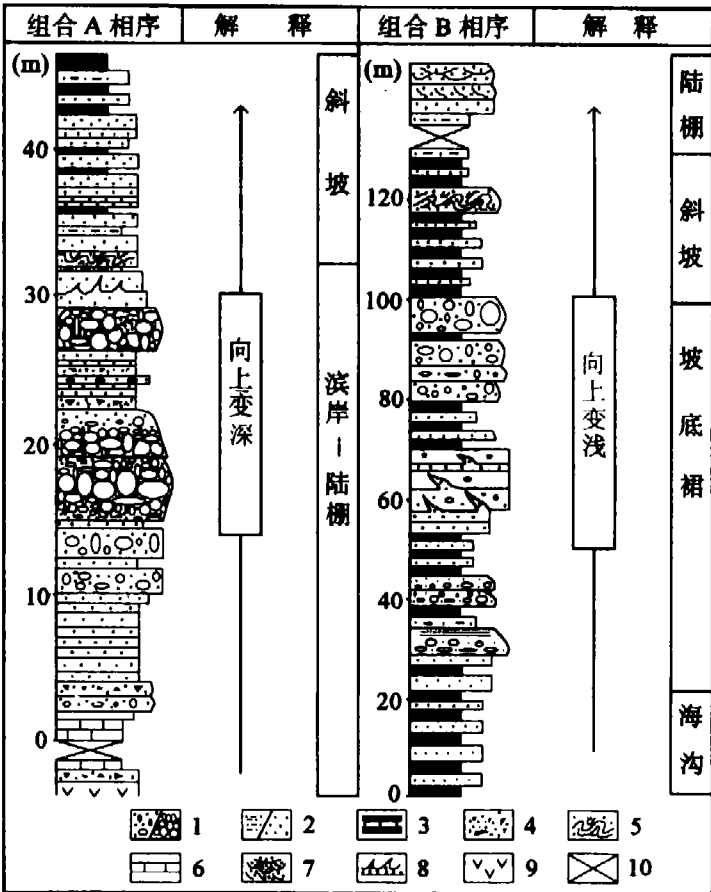


图 3 黑河地区弧前沉积相组合

Fig.3 Forearc facies associations in Heihe area

说明当时碎屑流应与火山泥流(Lahar)有关, 或为由火山泥流演化而来的碎屑流。砂岩和火山碎屑岩多呈厚层状或块状, 内部出现软沉积物变形、滑塌或发育缺顶鲍玛层序和 S_{2-3} 序列(Lowe, 1982), 这表明它们亦是由重力流沉积而成。相序上部泥岩和细砂岩表现为规整的互层状, 同时普遍发育鲍玛层序, 所以为低密度浊流沉积, 相当于浊积岩 D 相(Mutti et al., 1978)。火山碎屑岩或直接覆于丹凤群火山岩之上, 或与砾岩和砂岩互层。前一种情况, 火山碎屑岩主要为厚层和块状熔结集块岩和粗粒凝灰岩, 其中内部岩屑发生明显塑性变形, 而且岩石表面具假流纹构造, 这说明它们是由炽热的陆上火山碎屑流沉积而成(Fisher et al., 1984)。在后一种情况, 火山碎屑岩内发育平行层理和小型沙纹状层理, 并可见到双重粒序层, 这表明它们是水下火山碎屑流的产物(Fisher, 1984)。火山碎屑岩的发育显然与附近同期火山作用有关。碳酸盐岩处于相序的下部, 代表岛弧前缘发育的局限性台地。因此, 整个相序表现出一种明显向上变深的趋势(图 3)。

组合 B: 此组合主要由基质支撑砾岩和互层状泥岩 / 砂岩组成, 两种岩相在层序中交替产出。与组合 A 砾岩相对比, 组合 B 中的砾岩有以下几个特点: 含有大量碳酸盐岩砾石, 最多可达 30%; 砾石磨圆度明显增加; 砾石粒度减小, 但常出现超大孤立砾石; 砾岩以基质支撑为特征; 共生岩相为细—中粒浊积岩。岩相分析表明, 互层状泥岩和砂岩为浊积岩, 而砾岩是由水下碎屑流、砾质高密度浊流和密度改造的颗粒流沉积而成(孟庆任等, 1994), 它们共同反映当时沉积作用发生在深水环境。大量碳酸盐岩砾石出现说明当时重力流切蚀了下伏碳酸盐岩地层。磨圆度明显增加和粒度变小说明流动搬运距离远, 砾石可能经历了多次搬运和不断的磨蚀和分选。砾岩基质支撑的特点同样也反映当时重力流运移距离长, 在其发展过程中不断有细粒物质的加入。在所测剖面上, 虽然砾岩沉积段明显与浊积岩层段交替(图 3), 但浊积岩在研究区广泛分布, 而砾岩都呈透镜体产出。因此, 砾岩实际上代表了数次事件性沉积层, 它与相伴浊积岩构成深水环境中裙状沉积体(孟庆任等, 1994)。相序顶部的砂岩以发育大型交错层为特点, 代表了滨岸和内陆棚沉积环境。显然, 与组合 A 不同, 组合 B 相序表现出一种向上变浅的趋势(图 3)。

上述两种相组合说明在两种不同沉积环境下形成的两个相互独立的沉积体, 其中砾岩是由水下碎屑流和浊流形成。区域大比例尺填图和详细剖面研究并没有发现典型的水道和天然堤沉积组合以及砂岩舌状体。所以, 上述共生岩相并不构成水下扇体系, 而是代表了两个水下沉积裙。组合 A 发育在近源或近岸环境, 而组合 B 则为远源坡底裙状体, 并且二者可能发生在不同时期。裙状沉积是活动大陆边缘一种普遍沉积现象(Stow et al., 1985), 反映不稳定的构造—沉积环境。

3.2 黑山地区

这一地区的商丹带由于印支—燕山期花岗岩的侵入常受到很大程度的改造, 但在许多地方仍很好地保留丹凤群与其南部的弧前沉积体。沉积体主要由硅质岩、泥岩、杂砂岩、石英砂岩、石英质砾岩以及少量凝灰岩组成, 并可区分出两个相互有成因关系的岩相组合(图 4、5)。地层剖面在一定程度上虽受断裂作用的改造, 但沉积序列仍可很好

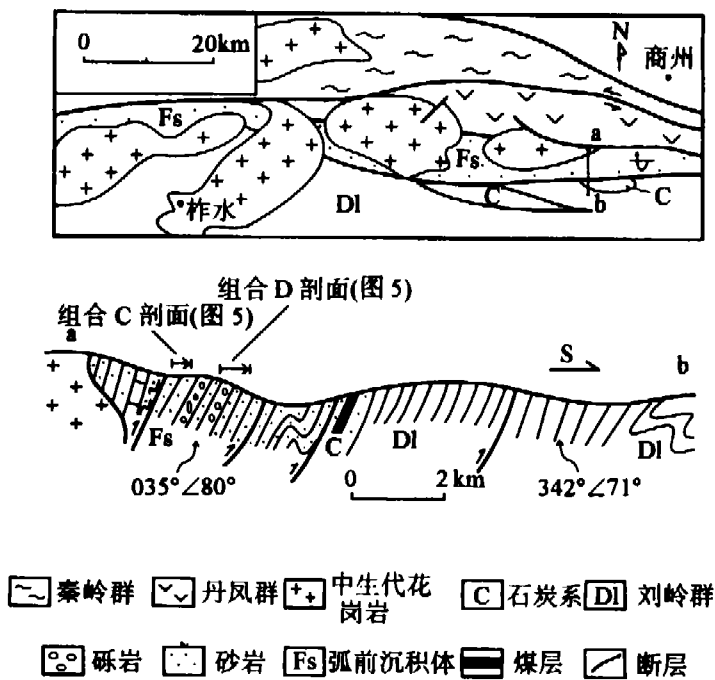


图 4 黑山地区简化地质图及弧前沉积体
地层剖面

Fig.4 Simplified geological map and one stratigraphic section of forearc fills in Heishan area

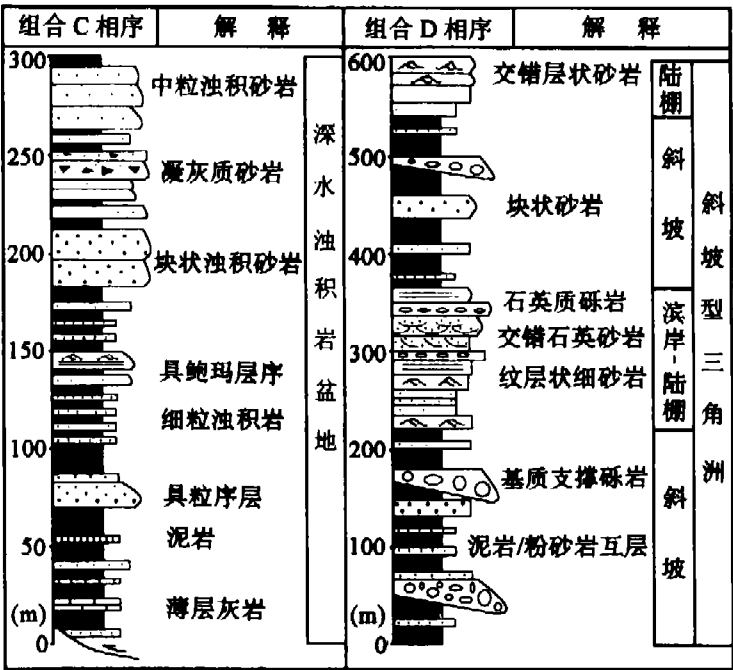


图 5 黑河地区弧前沉积相组合

Fig.5 Forearc facies associations in Heishan area

地确定。

组合 C: 组合中泥岩和细一中粒杂砂岩占主要比例。薄层杂砂岩与泥岩互层, 构成 Tbd、Tbcd 等不同类型鲍玛层序。中一厚层状中粒杂砂岩表现为块状、不含泥质薄层, 在剖面中不具明显向上变薄或向上变厚趋势。这些特征说明杂砂岩主要为一套浊积岩系, 但并不形成典型的砂岩舌状体和水道充填沉积, 这可能是由于快速垂向加积的原因。火山碎屑岩在剖面上集中出现在某一层段, 构成 10—50 m 的沉积段, 为非熔结凝灰岩和火山砾凝灰岩。层内发育低角度交错层、平行层理, 并且出现双段层序 (two-division sequence)。双段层序内普遍含碎裂晶体, 并且与浊积岩紧密共生, 这些现象说明它们是由水下火山碎屑流沉积而成 (Fiske et al., 1964)。泥岩、硅质岩和薄层碳酸盐岩呈互层状, 并可见水平层理。显然, 上述各岩相特征指示一种深水沉积环境, 组合内各种岩相在侧向和垂向上虽都有一定程度变化, 但所表现出的基本相序, 即互层泥岩 / 硅质岩 / 碳酸盐岩 (盆地相) → 细粒薄层杂砂岩 / 泥岩 (远端浊积岩相) → 中一粗粒杂砂岩和火山碎屑岩 (近端浊积岩和火山碎屑岩裙), 清楚地反映进积沉积过程 (图 5)。

组合 D: 此组合又可进一步分为两个亚组合。一个亚组合主要由具平行层理和交错层理的石英砂岩、中一厚层状石英质砾岩以及交错纹层状细砂岩和粉砂岩组成, 它们是滨岸和浅水环境下的产物。另一亚组合则是由块状基质支撑砾岩、块状或具粒序层砂岩和泥岩及粉砂岩组成。砾岩砾石成分仍以石英质为主, 基质为细砂或泥质粉砂。泥岩和粉砂岩中发育软沉积物变形, 而且部分砂岩内部出现明显泻水构造。上述现象显示

这种亚组合代表了一种快速沉积过程，砾岩和砂岩是由重力流沉积形成，并发生在某种斜坡环境。上面两个亚组合在层序上相互叠置，并且砾石成分一致，因此在成因上有着相互联系。总体来看，组合 D 应代表一种斜坡型扇三角洲沉积体系(Wescott et al., 1980)。颗粒支撑砾岩和石英砂岩代表滨岸和浅海沉积，而泥岩、粉砂岩、基质支撑砾岩和粒序砂岩则指示扇三角洲前缘斜坡带沉积(图 5)。剖面中未发现陆相冲积扇和辫状河流沉积，这可能是由于陆相带沉积易于遭受剥蚀的原因。滨岸与斜坡相带在垂向上的重复交替(图 5)一方面反映当时构造环境的不稳定和海平面频繁升降，另一方面亦暗示当时各相带分布狭窄。

对黑山地区总体沉积层序分析显示，组合 C 分布均匀，不同地点沉积特征基本一致，它构成层序的下部，而组合 D 内部岩相在空间上变化较大，覆于组合 C 之上。因此，整个沉积序列表现出明显向上变浅的特征。

4 构造—沉积演化

弧前盆地是与板块俯冲直接相关的一种盆地，其形成和发展受各种因素的控制，如沉积物供给，俯冲速度和时间长度等(Dickinson et al., 1979)。由于物源区的差异，盆地内构造地貌的不同，以及盆地随俯冲不断改变自己的形态，所以盆地充填物在时间和空间上将发生很大变化。许多研究结果表明，弧前盆地沉积序列总体表现为一种由深水到浅水的岩相变化(Leggett, 1980; Kocyigit, 1991)，指示盆地被不断充填变浅。黑山地区的沉积相序基本反映了这一趋势。组合 D 位于组合 C 之上，反映由深水浊积岩逐渐过渡为扇三角洲沉积。小型扇三角洲体系是弧前盆地或收敛板块边缘典型的沉积类型(Massari et al., 1988)，反映不稳定构造环境。在现代弧前盆地中，这种滨岸和小型扇三角洲沉积亦十分特征(Hayes et al., 1982)。黑河地区，组合 B 相序也明显表现出向上变浅，由海沟、坡底裙和斜坡沉积逐渐演变为陆棚交错层砂岩(图 3)，说明当时沉积作用发生在弧前远端。然而，组合 A 相序却清楚地显示出一种向上变深的趋势，即由陆相熔结凝灰岩到浅水碳酸盐岩，再到火山泥流 / 碎屑流沉积和近源浊积岩(图 3)。这种情况说明组合 A 发育在盆地边缘，当时沉积部位紧靠火山岛弧，下部熔结火山凝灰岩代表当时岛弧最前翼堆积。

岛弧在发展过程中，其前翼或与弧前盆地过渡部位常发育陡倾正断层，形成半地堑式盆地构造(Postma et al., 1993; Smith et al., 1993)。弧前区的伸展可由各种构造过程所导致，其中包括俯冲侵蚀作用，垫底作用，俯冲角度的降低以及斜向俯冲等。对商丹带内弧前区的伸展很难直接与某一特定的成因机制相联系，各种因素可能都起作用。然而，斜向俯冲而导致弧前区发生旋转和拉伸(Geist et al., 1988)可能对商丹带弧前区构造有着重要影响。地质资料证明，秦岭板块间沿商丹带发生的是一种斜向俯冲过程。这种斜向俯冲不仅导致弧前区伸展体制的形成，而且在板块边界发生明显左旋走滑(Mattheuer et al., 1985)。黑河地区组合 A 的发育应与这种伸展过程有关(图 6)。张性断裂的发育首先造成岛弧前缘及其上火山碎屑岩堆积体的沉降，形成浅海环境。在火山间隙期或外来陆源物质很少加入的情况下，发展成有限碳酸盐台地。随着沉降过程进一步加剧，便逐渐演变为深水浊积岩盆地。砾岩沉积主要与强烈火山喷发有关，即由火

山泥流进入水体后快速堆积而成,相伴的凝灰质砂岩也一起覆于碳酸盐岩之上,这也说明了为什么此组合中不含碳酸盐岩砾石成分。

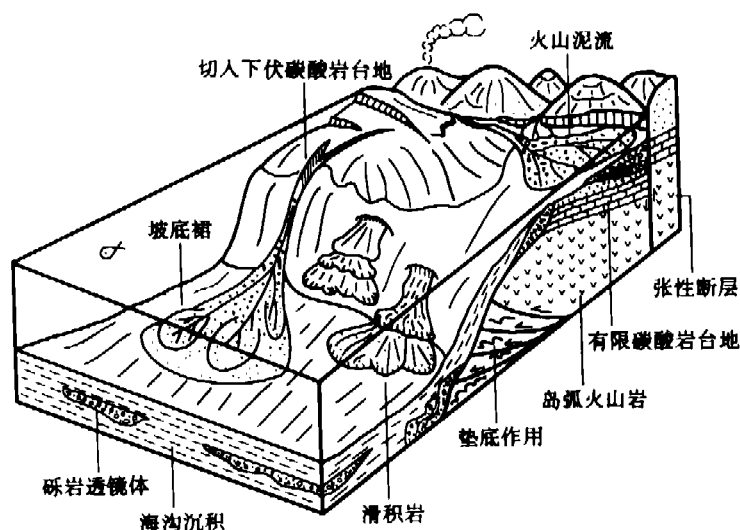


图 6 黑河地区弧前构造-沉积模式(斜坡型盆地阶段)

Fig.6 Forearc tectono-sedimentary model in Heihe area
(sloped basin stage)

盆地发展除受构造作用控制外,沉积物供给和海平面变化亦起很大作用,而且这 3 个因素紧密相关。弧前盆地充填物一般是由线状物源供给(linear source),因此盆地内以发育各种小型裙状体为特征,这与被动大陆边缘由点物源(point source)提供大量沉积物而形成大型海底扇的现象截然不同。在北秦岭南缘弧前区,砾岩沉积体和扇三角洲沉积体在空间上都明显呈透镜状产出,表现为典型裙状形态。另外,由于空间上物源成分的差异,不同裙状体内的沉积物性质也发生很大的变化。火山喷发是弧前区一种主要物质供给形式,

因此在研究区内普遍含有火山碎屑沉积物。海平面变化对盆地沉积作用的发生和演化,特别是对浊流的发展有很大的影响(Stow et al., 1985)。在活动大陆边缘,海平面变化往往与局部断裂和抬升等相互作用,共同影响沉积作用(MacDonald, 1991)。海平面的相对下降使大面积地层露于地表而遭受剥蚀,从而提供了丰富的沉积物。早期浅水区沉积物也会发生再次搬运,并演化成浊流在深水环境中沉积。黑河地区组合 B 中的数层砾岩可能代表了几次快速海平面下降,并可能与当时断裂活动有关,从而造成强烈水下碎屑流和高密度浊流的发生。砾岩中大量碳酸盐岩砾石的出现是盆地边缘下伏碳酸盐台地相对抬升和遭受切割侵蚀的原因(图 6)。砾石很好的磨圆度也表明经历了多次搬过。在海平面上升期,大量沉积物被圈闭在盆地边缘区,使盆地内部以发育细粒沉积物为主。另外在黑山地区,组合 D 扇三角洲沉积序列中,斜坡和陆棚/滨岸沉积段的垂向交替也与海平面变化有关。

构造作用是控制弧前盆地发展的主要因素,并且与板块俯冲作用直接相关。前弧区沉积层序表现出由深水到浅水的趋势,实际上反映了弧前区经历了一个由斜坡型盆地(sloped basin)(图 6)到陆棚型盆地(shelved basin)的发展过程(Dickinson et al., 1979)。这种变化一方面与沉积物的不断充填有关,另一方面也与板块俯冲而导致增生楔不断生长有密切的联系,因为它可使盆地基底不断抬升,促使向上变浅层序的发展。俯冲作用在弧前区造成频繁地震和断裂活动也同时影响到沉积作用、海平面变化和火山活动,因此,北秦岭南缘弧前沉积体实际上间接地记录了秦岭南、北板块俯冲的发展过程。

致谢 本项研究得到西北大学张国伟教授在各方面的支持,在此表示谢意。

参 考 文 献

- 于在平, 孙勇, 张成立, 等. 1991. 秦岭商丹缝合带变质砂岩地球化学特征及构造环境探讨. 地质论评, 37(6): 492 — 570.
- 张国伟, 等. 1988. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社. 192.
- 张国伟, 孟庆任, 赖少聪. 1995. 秦岭造山带的结构与构造. 中国科学(B辑), 25(9): 994 — 1003.
- 李曙光, Hart S R, 郑双根, 等. 1989. 中国华北、华南陆块碰撞时代的钐-钕同位素年龄证据. 中国科学(B辑), 19(3): 312 — 319.
- 肖思云. 1987. 北秦岭褶皱山系地质构造带的划分. 地质论评, 33(6): 532 — 538.
- 孟庆任, 薛峰, 张国伟. 1994. 秦岭商丹带内黑河地区砾岩沉积及其构造意义. 沉积学报, 12(3): 37 — 46.
- 曹宣铎, 张瑞林, 张汉文, 等. 1990. 秦巴地区泥盆纪地层及重要含矿层位形成环境的研究. 西安地质矿产研究所所刊, 27: 1 — 124.
- 薛峰, 张国伟. 1993. 秦岭造山带丹凤变质岛弧火山岩系的岩石组合与地球化学特征. 地球化学, (1): 89 — 92.
- Dickinson W R, Seely D R. 1979. Structure and stratigraphy of fore-arc regions. Bull. Am. Assoc. Pet. Geol., 63: 2 — 31.
- Fisher, R V. 1984. Submarine Volcaniclastic Rocks. In: B. Pkockelaar and M. F. Howells (eds), Marginal basin geology-volcanic and associated sedimentary and tectonic processes in modern and ancient marginal basins. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London. 5 — 28.
- Fisher R V, Schmincke H-U. 1984. Pyroclastic Rocks. Springer, Heidelberg. 472.
- Fiske R S, Matsuda T. 1964. Submarine equivalents of ash flows in the Tokiwa Formation, Japan. Am. J. Sci., 262: 76 — 106.
- Geist E L, Childs J R, Scholl D W. 1988. The origin of summit basins of the Aleutian ridge: Implication for block rotation of an arc massif. Tectonics, 7: 327 — 341.
- Hayes M O, Michel J. 1982. Shoreline sedimentation within a forearc embayment, Lower Cook Inlet, Alaska. J. Sed. Pet., 52: 251 — 263.
- Kocyigit A. 1991. An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. Geol. Soc. Am. Bull., 103: 22 — 36.
- Leggett J K. 1980. The sedimentological evolution of a Lower Paleozoic accretionary forearc in the Southern Upland of Scotland. Sedimentology, 27: 401 — 417.
- Lowe D R. 1982. Sediment gravity flow II: Depositional models with special references to the deposits of high density turbidity currents. J. Sed. Pet., 52: 279 — 297.
- Macdonald D I M (ed.) 1991. Sedimentation, Tectonics and Eustasy: Sea-Level Changes at Active Margins. Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ., (12): 518.
- Massari F, Colella A. 1988. Evolution and types of fan-delta systems in some major tectonic settings. In: W. Nemec and R. J. Steel (eds), Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings. Blackie and Son. 103 — 122.
- Mattauer M, Matte P, Malavieille J, et al. 1985. Tectonics of the Qinling belt: build up and evolution of eastern Asia. Nature, 317: 496 — 500.
- Mutti E, Ricci Lucchi F. 1978. Turbidites from the northern Appenines: introduction to facies analysis. Int. Geol. Rev., 20: 125 — 166.
- Postma G M, Drinia H. 1993. Architecture and sedimentary facies evolution of a marine, expanding outer arc half graben (Crete, Late Miocene). Basin Res., 5: 103 — 123.
- Smith D P, Busby C J. 1993. Middle Cretaceous crustal extension recorded in deep-marine halfgraben fill, Cedros Island, Mexico. Geol. Soc. Am. Bull., 105: 547 — 562.
- Stow D A V, Howell D G, Nelson C H. 1985. Sedimentary, tectonic, and sea-level controls. In: A. H. Bouma, W. R. Normark, and N. E. Barnes (eds), Submarine Fans and Related Turbidite Systems. Springer-Verlag. 15 — 22.

- Wescott W A, Ethridge F G. 1980. Fan delta sedimentology and tectonic setting, Yalahs fan delta, southeast Jamaica. *Am. Ass. Pet. Geol. Bull.*, **64**: 374 — 399.
- Yu Z, Meng Q. 1995. Late Paleozoic sedimentary and tectonic evolution of the Shangdan suture zone, eastern Qinling, China. *J. SE Asian Earth Sci.*, **11**(3): 237 — 242.

SEDIMENTATION AND DEVELOPMENT OF THE FOREARC BASIN AT SOUTHERN MARGIN OF NORTH QINLING

Meng Qingren

(*Institute of Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Yu Zaiping Mei Zhichao

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069*)

Abstract

Tectonic evolution of the Qinling orogeny was closely related to subduction and collision between North Qinling and South Qinling. The Early-Middle Paleozoic northward subduction of South Qinling plate resulted in development of trench-arc-basin system in North Qinling, manifesting itself as an active continental margin. Volcanic rocks of the Danfeng Group (Upper Ordovician-Devonian), occurring at southern margin of North Qinling, recorded formation and evolution of magmatic arc, and sedimentary systems preserved on the southern side of the Danfeng Group represent forearc and trench fill. These volcanic and sedimentary rocks are the main components of the suture zone, i.e., Shangdan (suture) zone between North and South Qinling. Detailed studies are carried out on facies, facies associations and facies sequences in two separate areas, Heihe and Heishan, within Shangdan zone. The results show that the forearc fill is mainly composed of turbidites, pyroclastics, a variety of conglomerates, and platform carbonates. Different associations and their temporal and spatial variations represent distinct depositional systems, such as deepwater turbidite system, fan-delta, coast-shelf system, and limited carbonate platform. The overall depositional sequences are marked by shallowing-upward trends from deepwater turbidites to shallow-water shelf facies, or to fan-delta sediments. However, proximal deposits are characterized by deepening-upward sequence.

Heihe area is situated in the west segment of the Shangdan zone, and is characterized by occurrence of a couple of conglomerate bodies. These conglomerates were previously interpreted as molasses resulting from collisional orogeny, suggesting that the Qinling be a Caledonian orogenic belt. These study, however, demonstrates on the basis of occurrence of both field mapping and sedimentological analysis that

the conglomerate bodies should be parts of forearc infills and deposited by submarine gravity flows, thus providing a new insight to the tectonic evolution of the Qinling.

Initiation and development of the forearc basin was dominantly controlled by extensional faulting, and the extensional regime of forearc region is quite possibly induced by oblique subduction of South Qinling at the Shangdan zone. Oblique subducting not only results in rotation and stretching of forearc terranes but also sinistral strike-slip shearing between North Qinling and South Qinling. Taking Heihe area as an example, this paper establishes a model for tectono-sedimentary setting of extension -controlled forearc basin. Forearc basin development was also influenced by sea-level changes, sediment supply and frontal accretion or underplating. In addition, the forearc fill is typified of a series of sediment aprons which should be shed from a linear sources. This situation is typical of active or convergent continental margins, and in strong contrast to stable or passive margins in which depositional systems are usually built up from point sources. As a whole, the forearc basins at southern margin of North Qinling experienced an evolutionary scenario from sloped basin to shelved basin.

Key words Qinling, Shangdan suture zone, Forearc basin, Sedimentation