

南秦岭北缘镇安盆地晚泥盆世 浊积岩系及盆地发展^①

孟庆任¹ 梅志超² 于在平² 张国伟²

¹ (中国科学院地球物理研究所, 北京 100101)

² (西北大学地质学系, 西安 710069)

提 要 南秦岭北部山阳断裂和板岩镇断裂之间的镇安盆地在晚泥盆世发育一套浊流沉积。通过对这套浊积岩系内部岩相、相组合、古流向等详细研究, 结果证明其内部由斜坡沉积、水道—天然堤沉积、舌状体沉积以及盆地平原等单元组成, 然而它们的空间组合及内部特征并不代表一个典型的水下扇沉积体系, 而是反映一个由线状物源供给的缓坡型浊积岩体系。晚泥盆世浊积岩体系是随中泥盆世碳酸盐台地发生沉陷而随之发生的, 反映镇安盆地当时为一个相对狭窄的断陷式盆地。区域构造分析证明, 盆地的形成和发展与南、北秦岭发生初始碰撞而引起的俯冲板块前缘挠曲隆升和上部地壳伸展作用有关。

关键词 秦岭 镇安盆地 浊积岩系 泥盆纪

第一作者简介 孟庆任 男 38岁 博士后 沉积学和盆地构造

秦岭造山带以商丹缝合线为界划分为南、北秦岭两部分。早古生代时期, 南秦岭沿商丹带向北俯冲, 从而表现为被动大陆边缘^[1]。自晚古生代开始, 南、北秦岭之间开始由俯冲转入碰撞阶段, 晚泥盆世正处于碰撞的初期阶段^[2]。碰撞作用无疑直接影响到南秦岭北部盆地的构造发展和其内部沉积过程。受构造作用控制, 在晚泥盆世南秦岭北部发育了不同类型的沉积盆地和相应的沉积体系。本次研究通过分析南秦岭北部山阳断裂与板岩镇断裂之间区域(镇安盆地)的上泥盆统浊积岩相和层序, 从而恢复当时浊积岩体系以及浊积岩盆地的构造发展。

1 区域地质

镇安盆地的南、北两侧分别被山阳和板岩镇断裂所限, 并且南侧板岩镇断裂向东延伸而逐渐与北侧山阳断裂相并合(图1)。最近通过对南秦岭北缘泥盆纪构造发展的研究证明, 镇安盆地与其北边的另一同期盆地(发育泥盆系刘岭群)之间曾存在一个古陆, 而山阳断裂在当时为张性同生断层, 并直接控制着北侧盆地的发展^[3]。印支期强烈挤压作用使山阳断裂发生反转, 表现为明显向南的逆冲推覆, 使刘岭群直接覆于镇安盆地泥盆系之上(图1)。

区域地层资料显示, 研究区内的泥盆系仅由中-上统组成, 并平行不整合于下古生界寒武-奥陶系之上, 向上与石炭系为连续沉积。中泥盆统分四个组, 主体为碳酸盐岩, 上统为九里坪组, 主要由硅质碎屑浊积岩组成。在研究区的南、北部分, 岩相有明显变化。北侧以细粒沉积物为主, 而南侧主要发育中-粗粒浊积岩。最近的区域地层研究对九里坪组进行

① 国家自然科学基金资助项目(名称: 秦岭造山带的三维结构及演化 编号 49290100)

收稿日期: 1995-04-28

了更加详细的划分, 并给出了许多新的地层名词或组名, 但这些新的组名目前还都未被普遍接受。考虑到这一点, 本次研究仍沿用九里坪组一词, 但在区域上分别称为北部九里坪组和南部九里坪组, 这样可避免地层对比上的混乱。

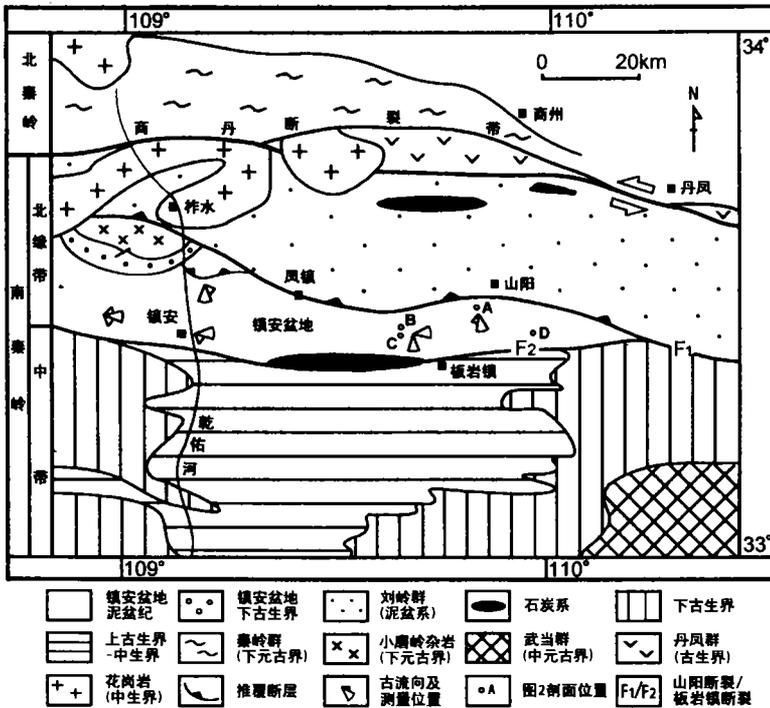


图1 南秦岭北部简化地质图

Fig. 1 Simplified geological map of the northern margin of South Qinling

2 浊积岩相组合分析

2.1 斜坡相组合

此岩相发育在北部九里坪组下部, 由泥岩、泥质灰岩、粉砂质泥岩、不同规模透镜状塌落岩块堆积、复成分砾岩、含砾砂岩和粗砂岩等组成。滑塌构造、层内蠕动、层内截切以及软沉积物变形等现象十分普遍。泥岩、泥质灰岩和粉砂质泥岩呈薄互层状或块状。块状粉砂质泥岩底部为侵蚀性, 内部显示不完整的泥质浊积岩层序, 并多为缺底类型^[14], 其厚度变化大, 最厚可达 2 m。泥岩和泥灰岩主要为薄层状, 少数为中厚层状, 顶、底呈过渡型。泥岩和泥灰岩在剖面上通常互层出现, 泥灰岩遭风化淋滤后使这种薄互层状结构显得尤为突出。块状粉砂岩及泥岩是由稀释浊流沉积而成, 而薄层泥岩、泥质灰岩和泥灰岩等则代表由悬浮沉积而形成的半深海沉积。

塌落岩块主要由角砾状无分选的混杂岩块组成, 成分为杂色变砂岩、片麻岩、角闪岩和千枚岩等, 剖面中最大岩块可达 3 m。变砂岩砾块中可见到清楚的大型板状交错层。这种岩块堆积体夹在细粒沉积物之中, 但本身并不显示明显的搬运迹象, 呈颗粒支撑, 基本没有细粒沉积物充填。岩块成分与围岩截然不同, 显然不是来自于围岩本身, 所以应来自盆地边缘的变质基底, 代表塌落砾岩堆积体。

复成分砾岩、含砾砂岩和粉砂岩主要呈各种不同规模的透镜体出现在细粒沉积物之中,表现为厚层状或块状。砾岩呈基质支撑,含砾砂岩和粉砂岩内部具不明显的平行层理和粒序层,如粗尾正粒序。少数逆粒序发生在块状含砾粗砂岩层底部。砂岩内部泻水构造发育,部分或完全破坏掉了原始沉积层理,部分泥质砂岩和泥质粉砂岩明显发生液化,在砂岩与周围泥岩和粉砂岩的接触处,出现侵蚀和碎屑脉。上述特征反映了一种快速沉积过程,并主要由碎屑流和高密度浊流产生,总体组合代表了一种不稳定的斜坡环境(图2A)。

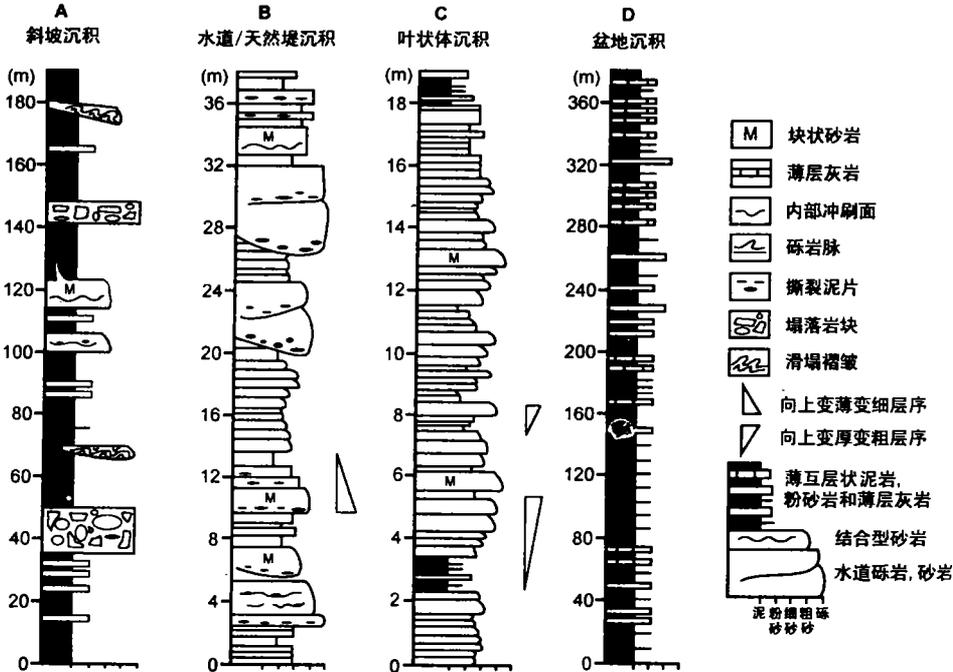


图2 南秦岭北部镇安盆地上泥盆统九里坪组岩相剖面图

Fig. 2 Diagram showing the facies sequences of the Jiuliping formation (Upper Devonian) in Zhen'an Basin at the northern margin of South Qinling

2.2 水道-天然堤相组合

此相发育在南部九里坪组的下部,水道沉积主要由块状和厚层状砾岩、含砾砂岩和粗砂岩组成(图2B)。砾岩最厚可达3.5 m,底部5—15 cm内显示逆粒序,同时顶部10—30 cm内也经常发育平行层理和低角度交错层,中部呈块状。砾岩和粗砂岩内撕裂泥砾十分发育,并多集中在下部,向上逐渐减少,泥砾最大可达40 cm。粗砂岩和含砾砂岩呈块状和厚层状,内部具阵流层理(surge stratification)和粗尾正粒序,底面为侵蚀性并经常发育重荷模、槽模和沟模等底面构造。

许多砂岩为结合型,内部具侵蚀面,部分侵蚀面上还保留有泥质膜。砾岩和砂岩相在垂向上显示一种向上变薄变细趋势,但这种半旋回性并不十分普遍,它们在剖面上呈透镜状。砾岩和砂岩体一般厚5—20 m,宽20—150 m,明显侵蚀下伏层或者表现为不同砾岩和砂岩体之间相互切割。与厚层或块状砾岩和砂岩相共生的是一套薄—中厚层状(2—30 cm)细砂岩和少量粉砂岩和泥岩。细砂岩内发育流水层理(current stratification)、小—中型沙纹状交错层、爬升层理、小型孤立波痕、包卷层理以及撕裂泥片,表现为CCC型浊积岩^[16]。另外,一些砂岩层面波状起伏,数层砂岩在十余米范围内逐渐汇聚和变薄,或总体

表现为在横向上减薄、增厚等不规则的厚度变化。砂岩内具平行层理, 小型沙纹层理, 并夹有泥层, 形成 Tb—c、Tb—e 等鲍玛层序。这套细砂岩在垂向上被水道砾岩和砂岩所截, 并且在侧向上又与粗砂岩层相互过渡。依据 Mutti and Ricci Lucchi^[9] 的浊积岩相划分方案, 水道砂岩主要由 A 相和 B 相组成, 而细砂岩则主要表现为 D 相和 E 相特征。它们相互组合, 构成了典型的水道-天然堤沉积体。组合中除砂岩层间出现少量泥岩薄层外, 很少发育泥岩段。水道-天然堤沉积在剖面上相互叠置出现, 但有时水道砂岩也相互间切割, 形成叠置砂岩层段, 而不显示明显的向上变薄变细垂向序列, 这表明当时辫状水道沉积占主导地位^[13]。所有观察到的水道沉积一般数米和数十余米厚, 数十到数百米宽, 这种现象一方面是由于露头范围限制了大范围的观察, 另一方面本身就反映当时沉积发生在许多小型水道内。

2.3 叶状体沉积相组合

此岩相主要发育在南部九里坪组的下部, 基本岩相包括薄—厚层状细—中粒砂岩, 粉砂岩和泥岩(图 2C)。岩层侧向延伸平稳, 厚度变化不大, 厚层砂岩内部显正粒序或呈块状, 砂岩向上逐渐过渡为粉砂岩和泥岩, 构成典型的 Ta—e、Tb—d 和 Tc—e 等鲍玛层序。砂岩底部明显侵蚀下伏层, 并造成宽而浅的冲沟。薄层细砂岩与粉砂岩和泥岩呈明显互层状, 并表现出一种旋回性的变厚、变薄趋势, 砂/泥比例也发生相应的变化。细砂岩和粉砂岩与泥岩相组合, 表现为 Ta—e、Tb—d 和 Tc—e 鲍玛层序结构(照片 D), Tc 常占整个细砂岩层的 3/4, 发育变形沙纹交错层理和包卷层理。

上述岩相可分别划归为浊积岩 C 相和 D 相^[9]。薄层状细砂岩、粉砂岩和泥岩在垂向上过渡为中-厚层状砂岩, 从而显示出 5—10 m 厚总体向上变粗变厚的沉积序列(照片 E)。这种组合的向上变粗趋势是叶状体的典型沉积特征^[12]。出现旋回性厚度和砂/泥比率变化的薄层砂岩、粉砂岩和泥岩层序代表叶状体周缘沉积^[8]。然而, 这种典型的向上变粗变厚层序在主要由浊积岩 C 相和 D 相构成的数百米厚的层序中仅占 1/3, 而大部分层序不具这种厚度和粒度变化特点。叶状体和叶状体周缘沉积在九里坪组下部经常被水道砂岩所切, 但此现象在上部逐渐消失。

2.4 盆地平原相组合

此相主要包括薄层细砂岩、粉砂岩、泥岩和泥质灰岩等, 呈单调薄互层状。在部分层段中泥岩和泥灰岩占主要部分, 构成泥岩段和泥质灰岩段(图 2D)。此相发生在九里坪组上部, 并且向上灰岩夹层逐渐增加, 最后过渡为下石炭统暗色薄层和条带状泥质灰岩(照片 F)。细砂岩和粉砂岩层内通常具 Tcd、Tde 鲍玛层序、Tc 段具沙纹交错层理和小型爬升层理。碳酸盐浊积岩夹层表现为 1—10 cm 厚的泥灰岩, 内部常出现深水碳酸盐浊积岩 Tbcd 鲍玛层序。这些具稳定产状的细砂岩、粉砂岩和泥质灰岩、灰岩的薄互层指示深水盆地环境。

3 浊积岩体系

浊积岩体系内部不同沉积单元、即斜坡、水道-天然堤、叶状体和盆地平原在时空上具有一定的分布特点。斜坡沉积发育在北部九里坪组的下部, 而南部九里坪组的下部则主要由水道-天然堤和叶状体沉积组成。九里坪组的上部在南部和北部基本都由盆地平原沉积组成, 只是南部薄层泥质灰岩成分向上不断增加, 而北部则以细粒硅质碎屑岩为主。显然, 整个浊积岩系本身显示了一个向上变深的沉积层序。

斜坡主要表现为被沟道 (gully) 砾岩和粗砂岩所切割的薄层粉砂岩、泥岩和半深海沉积,代表了一种线状物源供给状态^[15]。斜坡处于一种不稳定的构造-沉积环境,导致塌落岩块和同沉积滑塌等现象的普遍发育。水道-天然堤和叶状体沉积在不同地区的剖面上,特别是在南部九里坪组的下部多次重复出现,反映二种沉积单元在侧向上也是相互交替的。另外,水道沉积和叶状体沉积体虽都分别有向上变薄变细和向上变粗变厚的趋势,但它们仅占整个沉积层序中的小部分,而主体部分并不显示这种典型的水道和叶状体的厚度和粒度变化趋势。综合考虑斜坡环境和沉积物供给状态,当时浊积岩系并非一个简单的水下扇体系,而是一个水下缓坡型浊积岩体系^[6]。

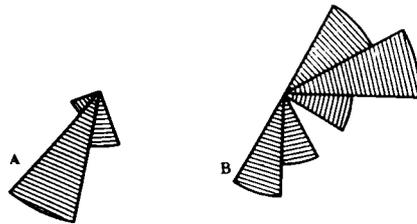
通过对斜坡、水道及叶状体砂岩中交错纹层和槽模等古流向的测定,其结果显示在北部斜坡环境中,主体流向是向南,而南部水道和叶状体中古流向除向南外,还有向东流向(图1、图3)。向东的流向反映水道-天然堤以及叶状体很可能受偏转浊流的影响。另外一种可能性为,在盆地西部存在另一个物源区,它主要向南部九里坪组提供沉积物。

盆地平原沉积普遍覆于斜坡、叶状体和水道-天然堤沉积之上,指示盆地逐渐变深。特别值得指出的是,南部九里坪组顶部碳酸盐成分愈来愈多,并出现碳酸盐浊积岩,局部还发育再沉积生物碎屑灰岩、砾屑灰岩和软沉积物滑塌。对碳酸盐浊积岩内 Tc 段交错纹层测定显示,古流指向北方。这种现象说明,晚泥盆世晚期,南部和北部九里坪组上部沉积物主要来自于南部的一个碳酸盐台地,并发生在台地边缘环境。

九里坪组上部层序实际上跨越了晚泥盆世和早石炭世,由九里坪组下部硅质碎屑浊积岩向上逐渐过渡为深水碳酸盐岩和碳酸盐浊积岩指示了物源和海平面的变化。硅质碎屑浊积岩一般发生在海平面下降时期^[11],因为,海平面下降造成大面积地区变为浅水环境或出露,从而使其遭受风暴及各种水流的剥蚀作用,其结果不仅产生了碎屑沉积物,而且可以使它们能够被携入到深水盆地,并发展成浊流。与此情况相比,在海平面上升时期,碎屑沉积物被圈闭于盆地周缘滨岸地带难于进入盆地内,但却促使了碳酸盐岩的广泛发育。这样,台地边缘的碳酸盐岩会不断地被携入到盆地内部,发展成碳酸盐浊流或其它重力流。晚泥盆世—早石炭世期间,海平面的上升也造成板岩镇断裂以南的南羊山组和冷水河组上部(与九里坪组上部同期)以发育炭质泥岩、薄层泥岩和瘤状粒泥岩为特征,这是由于海平面的上升使水体缺氧层扩展到了碳酸盐台地之上,并导致早期碳酸盐台地发生沉陷^[10]。

4 沉积作用和盆地发展

镇安盆地中泥盆世浅水碳酸盐台地沉陷一方面受海平面上升的影响,但另一方面则主要是受构造作用的控制。晚泥盆世盆地北缘的主控断层在很大程度上控制了当时盆地的发



A. 北部九里坪组下部 n=24 斜层理

B. 南部九里坪组下部 n=25 槽模

图3 镇安盆地北部和南部九里坪组古流向玫瑰花图

Fig. 3 Rose-shaped diagram showing paleocurrent directions of Jiuliping Formation in the northern and southern parts of Zhen'an Basin

展。斜坡沉积沿盆地北缘发育，内部普遍含有来自古老基底的塌落岩块，同时斜坡沉积内的细粒浊积岩和沟道砂/砾岩等也都明显来自北部物源区。与此相比，盆地南侧的水道-天然堤和叶状体沉积是由向南和向东偏转浊流沉积而成。

上述情况指示，当时的盆地应为一个受主控断层所控制的不对称半地堑型盆地⁽⁷⁾。在此构造-沉积环境下，浊积岩系并没有发展成为典型的水下扇，而是演化为由北部线状物源所供给的一个类似于水下缓坡型浊积岩体系。然而，与水下浊积岩缓坡模式不同，由于当时盆地规模小，总体表现为一个狭窄的水下深槽，因此，斜坡上向南的浊流到盆地中部很可能受到反向同生断层（板岩镇断裂）的控制和阻碍，而转为向东流动，造成盆地南部沿盆地轴部而发育的水道-天然堤和叶状体沉积，即形成纵向浊流沉积。这种情况十分类似于海沟环境的纵向浊积岩系⁽⁶⁾。盆地中心部位的粗粒沉积物是重力流经过斜坡上的沟道和小型分支水道所提供，它们并不一定在斜坡上发生沉积，而是越过斜坡把沉积物直接携带到盆地中心。部分重力流在斜坡底发生沉积，形成斜坡底部的裙状浊积岩系。图4是本次研究所提出的镇安盆地在晚泥盆世的构造-沉积环境模式。

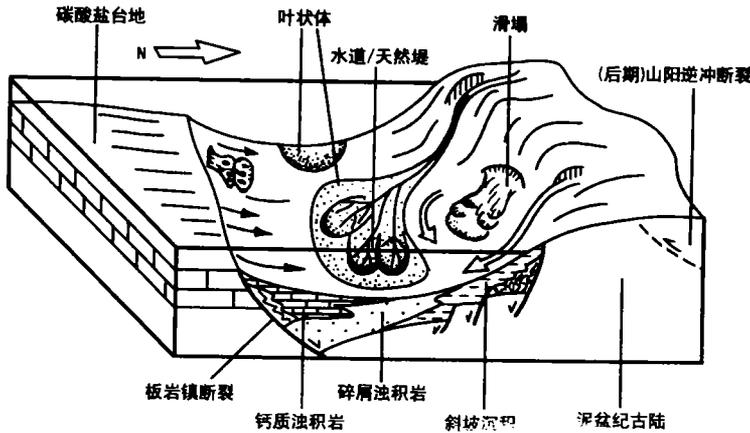


图4 晚泥盆世镇安盆地构造-沉积环境。浊积岩体系具有多物源供给型式，硅质碎屑沉积物主要来自于北侧古陆，并且浊流在轴部发生偏转；深水钙质浊积岩来自于南侧碳酸盐台地。

Fig. 4 Cartoon showing the Late Devonian tectono-sedimentary setting of Zhen'an Basin. The turbidite system is supplied by multiple sources, and siliciclastic sediments come mainly from a northern oldland while deep-water carbonate turbidity currents are generated from southern carbonate platform. Note that turbidity current is deflected at the basin axis.

由水道-天然堤和叶状体沉积单位中所获得的古流向资料显示，当时古流没有向西偏转的迹象。这种现象一方面指示盆地西部可能存在一个高地，从而迫使浊流都向东偏转，另一方面表明水道和叶状体的形成不一定完全由来自于北部并发生偏转的浊流而形成。盆地西部的高地可能直接向盆地中心提供沉积物，形成自己的水下浊积岩系。在水道和叶状体沉积中，大部分层序并不分别显示向上变薄变细或向上变厚变粗的趋势，其原因是它们本身并不在典型的水下扇环境中生成，而是在线状物源供给的情况下，由许多水下扇不断相互改造和叠置的结果。显示向上变薄变细和变厚变粗趋势的水道-天然堤和叶状体很可能主要是由西部物源所控制的浊积岩系发展而成，但它们在某种程度上无疑受到来自北部浊流

的改造。九里坪组上部在盆地的南、北部皆表现为盆地平原沉积,而且顶部以夹深水条带状碳酸盐岩和碳酸盐浊积岩为特征,并最终过渡到下石炭统深水薄层碳酸盐岩沉积。这种现象一方面反映整个盆地在泥盆纪晚期仍然处于裂陷和不断加深的状态,形成泥盆系总体向上变深变细的沉积层序;另一方面在上泥盆统向石炭系过渡层位,碳酸盐成分明显增加,而且碳酸盐浊流也被证明主要来自于南方,这说明物源区在此期间也已发生了明显变化。

总体来看,晚泥盆世镇安盆地的发展主要受断陷、海平面变化和沉积物供给这几种主要因素的控制,但其中构造作用起着最主要的影响。断陷作用的持续发展造成一个总体向上变深变细的沉积层序以及浊积岩体系的发生和发展,而相应的海平面变化也主要由构造作用所控制。物源区的变化在很大程度上直接受前二种因素的影响。值得指出的是,镇安盆地晚泥盆世浊积岩系和盆地的发展与南、北秦岭沿商丹缝合带发生初始碰撞在时间上相一致^[2]。作为俯冲板块的南秦岭在此阶段由于北秦岭的构造负载,其北缘带发生挠曲抬升,并导致地壳此处发生构造伸展^[4]。镇安盆地在晚泥盆世-早石炭世早期恰处于这一挠曲隆起带上^[3],因此,盆地发展明显受到地壳伸展作用和张性主控断裂的控制。

参 考 文 献

- [1] 张国伟等. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社, 1988, 129.
- [2] 孟庆任. 秦岭晚古生代沉积作用, 盆地发展和构造演化. 博士论文, 西北大学, 1994, 187.
- [3] 孟庆任, 梅志超, 于在平, 崔智林. 秦岭板块北缘一个消失了的泥盆纪古陆. 科学通报, 1995, 40: 611—646.
- [4] Bradley D C and Kidd W S F. Flexural extension of the upper continental crust in collisional foredeeps. Bull. Geol. Soc. Am. 1991, 103: 1416—1438.
- [5] Heller P L and Dickinson W R. Submarine ramp facies model for delta-fed sandrich turbidite system. Bull. AAPG, 1985, 69: 960—976.
- [6] Lash G G. Sedimentology of channelized turbidite deposits in an ancient (Early Paleozoic) subduction complex, central Appalachians. Bull. Geol. Soc. Am., 1986, 97: 703—710.
- [7] Leeder M R and Gawthrope R L. Sedimentary models for extensional tilt—block/half—graben basins. Geol. Soc. Spec. Publ. London, 1987, 28: 139—152.
- [8] Mutti E. Distinctive thin—bedded turbidite facies and related depositional environments in the Eocene Hecho Group (Southcentral Pyrenees, Spain). Sedimentology, 1977, 24: 107—131.
- [9] Mutti E and Ricci Lucchi F. Turbidites from the northern Appenines: Introduction to facies analysis. Int. Geol. Rev. 1978, 19: 125—168.
- [10] Schlager W. The paradox of drowned reefs and carbonate platform. Bull. Geol. Soc. Am. 1981, 92: 197—211.
- [11] Shanmugam G and Moiola R G. Eustatic control of turbidites and winnowed turbidites. Geology, 1982, 10: 231—235.
- [12] Shanmugam G and Moiola R G. Submarine fans: characteristics, models, classification and reservoir potential. Earth Sci. Rev. 1988, 24: 383—428.
- [13] Shanmugam G and Moiola R G. Types of submarine fan lobes: models and implications. Bull. AAPG, 1991, 75: 156—179.
- [14] Stow D A V and Piper D J W. Deep—water fine—grained sediments: Facies models. Geol. Soc. Spec. Publ. London, 1984, 15: 611—646.
- [15] Surlyk F. Slope and deep shelf gully sandstones, Upper Jurassic, East Greenland. Bull. AAPG. 1987, 71: 464—475.
- [16] Walker R G. Mudstones and thin—bedded turbidites associated with the Upper Cretaceous Wheeler Groge Conglomerates, California, a possible channel—levee complex. J. Sed. Pet., 1985, 55: 179—290.

Late Devonian Turbidite System and Tectonics of Zhen'an Basin at Northern Margin of South Qinling

Meng Qingren¹ Mei Zhichao² Yu Zaiping² and Zhang Guowei²

¹ (Institute of Geophysics, Academia Sinica, Beijing 100101)

² (Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract

Zhen'an basin, situated at the northern margin of South Qinling, is bounded to the north by the Shanyang fault and to the south by the Banyanzhen fault, respectively. It was a rifted basin and filled mainly with siliciclastic turbidites during Late Devonian.

The turbidite system is made up of the Jiuliping formation (Upper Devonian), which can be divided spacially into two segments, the northern Jiuliping formation and southern Jiuliping formaion, according to facies characteristics. The lower part of the northern Jiuliping formation is composed of slope fine-grained sediments, inclusive of hemipelagites and fine-grained turbidites, but commonly cut by gullies which are filled with coarse-grained gravity-flow deposits. In contrast, the lower part of the southern Jiuliping formation consists of channel-levee and lobe deposits, but typical thinning-and-finishing-upward, or thickening-and-coarsening-upward sequences are not well developed. The channel-levee and lobe units are blanketed with basin plain deposits, they are then changed into thin-layered deep-water carbonate rocks. Clearly, the whole Upper Devonian sequences show a deepening-upward tendency. In addition, it is demonstrated on the basis of analysis of paleocurrents and source areas that the siliciclastic turbidite system was fed from a linear source area to the north, but turbidity current was deflected eastwards along the basin axis. The turbidite system studied is not a classical submarine fan but one that has much in common with the ramp turbidite system model.

The turbidite system and basin development are apparently influenced by tectonism, sea-level fluctuation and sediment supply. The rifting leads to the drowning of Middle Devonian carbonate platform and the initiation of siliciclastic turbidite system, and the uppermost deep-water carbonate rocks or carbonate turbidites are believed to be related to sea-level rising. The Late Devonian initiation and development of Zhen'an Basin resulted from the peripheral upwell and induced extension in the upper crust at the northern margin of the subducting South Qinling plate in consideration of regional tectonism.

Key words: qinling zhen'an basin turbidite system devonian