

文章编号:1000-0550(2001)03-0321-06

## 西秦岭造山带中三叠统复理石相研究<sup>①</sup>

晋慧娟 李育慈

(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

**摘要** 文中主要论点是:1)区内中三叠统属巨厚复理石相,它清楚地显示出以浊流为主的深水块体流沉积的各种标志性特征;2)巨厚沉积序列的粒度和层厚自下而上呈规律性变粗变厚,构成完整的进积型沉积序列;3)除块体流沉积外,还发现深水牵引流沉积与浊积岩相伴而生,如等深积岩和内波、内潮汐沉积,由其形成的沉积构造丰富多样,如不同类型,不同规模的交错层理极为常见,它们在层面上相应形成不同特征的水流波痕;4)从有否粗粒水道沉积、垂直序列有否规律性变化、古水流特征和丰富的相类型4个方面分析认为,属于不成熟被动边缘的海底扇。

**关键词** 复理石相 中三叠统 西秦岭

**第一作者简介** 晋慧娟 女 1933年出生 研究员 沉积学

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

海相三叠系是西秦岭印支造山带的重要组成部分,在甘肃境内是最后一套海相地层,并以中、下三叠统为主。该套地层主要分布在甘南和陇南两地区,且连片呈近东西向展布,向西可延至青海省境内。从整体上看,三叠系属巨厚复理石相,它真实地记录着印支运动前夕古特提斯北东端的沉积演化历史。

研究地区选择了中三叠世地层在甘肃境内发育甚好的卓尼地区,并重点对3条剖面进行沉积地质学研究(图1)。本文依据野外考察中所获得的丰富的沉积资料进行综合性报道,以填补该套较闻名的复理石建造尚无详细沉积学研究的缺憾。

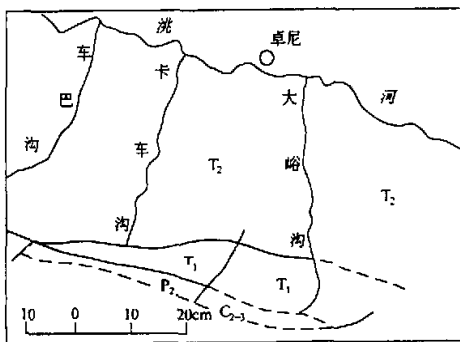


图1 研究地区剖面位置图

Fig.1 Section locations of the study area

### 1 中三叠统沉积序列特征

中三叠世地层曾遭受过印支及其以后构造运动的强烈影响和破坏,地层的厚度难以准确测量,被研究的

3条重点剖面的下部均被断层切割未见底。本文所涉及的地层主要是洮河以南中三叠统分布的广大地区,虽然地层出露不完整,但也基本概括了这套地层的总体面貌。被研究的层段厚度约为3000余米。

纵观沉积序列具如下特征:

(1) 总体呈砂、泥(页)岩互层的外貌,岩层呈灰(砂岩)和灰黑色(泥、页岩);

(2) 砂岩以细、粉砂岩为主,约占地层总厚度的一半以上。粒径大于细砂级的中、粗粒砂岩特别是砾岩,仅在剖面上部少量见到。在中、细粒砂岩的底—中部常含下伏泥岩层被撕裂后又包裹于砂岩中的形状各异的黑色泥砾;

(3) 沉积序列中浊流沉积特征明显,浊积岩 Bouma 层序清晰, Bouma 层序  $T_4$  段底面的底痕构造极为发育,其中大、中型槽模最为常见;

(4) 垂向上砂岩的粒径和岩层厚度自下而上呈规律性的变粗变厚。表现在下部砂岩以薄—中层粉砂岩为主,向上逐渐过渡为厚层—块状细砂岩,在地层上部常出现块状细砂岩和中、粗粒砂岩叠复的现象,并见少量砾岩层。与此同时,泥、页岩的层厚自下而上逐渐减薄;

(5) 由不同类型底流活动形成的等深积岩和内潮汐沉积与浊积岩相伴生,并且由底流活动形成的沉积构造类型丰富多样。如在细砂岩侧面见有大型板状交错层理(图版 I-1),粉砂岩侧面的小型沙纹交错层理(图版 I-2)、爬升沙纹层理(图版 I-3)也常频频出现。这些类型多样的交错层理和纹理在层面上显示出

<sup>①</sup> 国家自然科学基金资助项目(批准号:49672127)

收稿日期:2001-01-02

波脊形态以及规模不等的水流波痕;

(6) 深海泥岩层面和砂岩底面共发现以深水型分子为主的14个遗迹化石属,并被确定属于深海 *Nereites* 遗迹相(遗迹属化石研究部分将另文刊登)。

从沉积序列特征的概述看出,研究区中三叠统主要应属深水环境浊流成因的陆源碎屑浊积岩沉积序列,由于在宏观上呈砂、泥(页)岩互层的外貌,因此又具复理石相的特征。

## 2 深海相、相模式、相组合及其垂向演化

### 2.1 深海相划分

深海相划分的主要依据是:粒度和其它结构标志、砂/泥比、层厚和几何形态、沉积成因的沉积构造和沉积组构。依据这些特征所划分的相反映其沉积作用条件、沉积作用过程及其形成环境。在相的划分过程中,为了有利于与已有相关研究成果对比,参考了 Mutti 等<sup>[1]</sup>和 Pickering 等<sup>[2]</sup>对相的划分方案。在已研究的3条重点剖面中,选择了车巴沟剖面作为剖析对象进行具体分析,并识别出由 A-G 共7个深海相,每个相的发育程度和产出规模极不相同。

(1) 相 A 砾岩和泥质砾岩。根据砾径大小,泥质基质含量进一步划分为  $A_1$ (细砾岩亚相)和  $A_2$ (泥质砾岩亚相)。前者泥质含量低 $<20\%$ ,内部缺少有序组构,属砾质高密度浊流经过短距离的搬运,最终以块速堆积方式沉积下来,分布极局限,仅在地层上部层段有出露,呈透镜状产出;后者为泥质支撑的无任何内部沉积组构的泥质岩,厚度 $>1\text{ m}$ ,根据支撑机制划分,后者应归于碎屑流沉积,分布局限,仅出露于地层上部。

(2) 相 B 砂岩。砂含量一般 $\geq 80\%$ ,基本不含砾,不能用 Bouma 层序描述。进一步划分为:

相  $B_1$  中—厚层状粗砂岩。正粒序十分明显,底界面略显冲蚀面,横向分布不稳定。属高浓度度的砂质浊流的快速堆积物。分布局限,见于上部层段。

相  $B_2$  厚—块状层,无定向组构的细砂岩。无粒序,顶、底界面平坦,横向分布稳定。Pickering 等和 Stow<sup>[5]</sup>认为,沉积物的浓集中度愈高,对下伏的侵蚀作用愈低,因而该相是在高浓集中度非粘性的悬浮物凝聚作用下,由高密度浊流快速沉积作用形成的,该相类型在地层中分布较为普遍。

相  $B_3$  具大型平行层理和板状交错层理的细砂岩。它是由浊流经过衰减并在底流的作用下,由牵引流对砂体的重新改造而形成。仅分布于局限的水道中。该相在上部地层有发现。

相  $B_4$  含撕裂泥岩碎屑的块状细砂岩。普遍含下伏泥岩被撕裂后的碎屑,泥岩碎屑多具逆粒序特征,它是由高密度的砂质浊流将下部的泥岩撕裂,同时分散应力对泥砾起着分选作用,把较大的颗粒推向流动层的顶部(剪切应变率最小的地区),而较小的泥砾移向底部,结果产生了反递变,因此该亚相具颗粒流性质。

(3) 相 C 细砂—泥岩。砂/泥 $>1$ ,可用 Bouma 层序描述,属经典浊积岩(或称近源浊积岩)的高密度浊流沉积。

相  $C_1$  细砂岩。厚度可超过  $1\text{ m}$ ,经常发育 Bouma 层序的  $T_{a-e}$ 段,  $T_a$ 段底面槽模十分发育,该亚相在地层中部最发育。

相  $C_2$  底部具撕裂泥砾的细砂岩与泥岩互层。Bouma 层序的  $T_{a-e}$ 、 $T_{a,b,e}$ 、 $T_{a,c,e}$ 较发育,  $T_c$ 段的砂纹交错层理类型多样,相应在层面上见波脊多样的小水流波痕。

相  $C_3$  中厚层细砂岩与泥岩互层。  $T_e$ 段较  $C_2$ 亚相增厚,内部不显纹理,该类泥岩属高浓集中度、快速沉积的泥质浊积物。

(4) 相 D 粉砂岩—泥岩。粉砂/泥 $\approx 1$ ,可用 Bouma 层序描述,通常缺失  $T_a$ (和)  $T_b$ 段,属低密度浊流形成的薄层浊积岩。该相的  $T_c$ 段十分发育,并且横向分布稳定,地层的下一中部层段最常见。

(5) 相 E 属于不甚规则的泥页岩层。横向上成层多不连续,有时夹薄层浊积岩(图版 I-4)。Mutti 等(1972)将该相确定为漫滩(溢岸)沉积。主要分布在地层上段。

(6) 相 F 沉积后又顺坡滑动的层。研究剖面的上部层段该相十分发育,可见滑塌褶曲、滑塌角砾岩(图版 I-5)和砂岩层间的页岩顺坡滑动并遭破碎、揉皱的现象(图版 I-6)。本区的 F 相单层厚达十余米。

(7) 相 G 深海页岩。有清晰的页理或平行纹理,表明是在极缓慢的以垂向加积作用为主、侧向加积作用次之的联合作用下形成的。该相在剖面的下部层段最发育。

除此之外,本区中三叠统等深流沉积和内潮汐沉积也时有发现,限于篇幅,在此不予赘述。

从上述深海相类型的划分看出,中三叠统中除岩崩堆积外,几乎囊括了深海沉积作用谱系中所有的沉积物类型,但其中是以 B、C、D、E、G 在剖面中的分布占主要地位。

### 2.2 海底扇模式确定的依据

(1) 有粗粒物的水道沉积。Nilson<sup>[4]</sup>和 Walker<sup>[5]</sup>曾分别指出:砾岩和含砾砂岩和块状砂岩等水道粗粒

相是海底扇的重要标志之一,笔者在3条重点研究剖面普遍见到砾岩和中、粗粒砂岩以及综合其它方面的标志认为,这些粗粒物是水道内的沉积产物。

(2)垂直层序呈规律性变化。由于扇体的不断迁移以及扇体表面地形和沉积作用的相互制约,使得海底扇浊积岩相类型在垂向上经常发生变化,常出现十余米乃至数十米厚的具规律性变化的垂直层序。研究剖面的沉积序列中,经常可以见到向上变薄变细(图版I-7)的水道充填层序和扇体向前推进的变厚变粗层序(图版I-8)。垂直层序的这种规律性变化是海底扇的另一种特征。

(3)具放射状古流向。通常认为海底扇的古流向大都呈放射状。野外考察中,利用浊积岩底面槽模测得32个古流向,绝大多数都摆动于南东105°至南西260°之间,由此看出,古流向大致在南东—南西160°的范围内呈放射状分布。此外,根据滑塌沉积的滑动面所指示的古坡向大致为南东120°,表明物源主要来自于北西方向。由此推测中三叠世沉积时,浊流沿北西方向的古斜坡通过水道向南东方向倾注,至斜坡的基部呈放射状散开,形成海底扇扇体。

(4)具丰富的相类型。海底扇通常可划分出供应水道(或峡谷)、内扇区的主水道、天然堤和中扇区的叶状体、辫状水道以及外扇区—盆地平原的大型终端叶状体(或席状砂)等多种次级沉积单元,在这些次级单元中相应沉积了特征不同的深海相(或亚相)。因此笔者认为,海底扇沉积体系应该较非扇沉积体系中相的类型要丰富的多。例如,已研究过的西秦岭泥盆系舒家坝组非扇沉积体系的深海相类型<sup>[6]</sup>确实较之本区三叠系丰富多样的相类型大为逊色。

### 2.3 相组合及其垂向演化

根据前述7个深海相概括出相组合的目的,在于解释研究区古代海底扇的环境特征。本区中三叠世地层可划分出内扇、中扇和外扇—盆地平原3个最基本的相组合。

(1)外扇—盆地平原相组合。分布于垂向序列的下部层段,以薄层浊积岩的D相和深海页岩的G相为主,B和C相极少数出现并偶夹等深积岩,外观上呈横向展布稳定的薄层粉砂岩和暗色页岩互层,偶有0.5 m厚的细砂岩夹于其中。虽然外扇区可以向盆地平原延伸,但是鉴于本层段中以D相为主,G相居于次要,故其沉积环境可能是从外扇向盆地平原过渡。该层段中引人注意的是见含撕裂泥岩砾屑的块状砂岩出现于该组合段的上部,它的出现代表着是水道沉积而非是叶状体<sup>[7]</sup>,表明在外扇区仍有水道相(B和C)的存在。外扇区除见水道切入并组成垂向上的向上变薄、

变细的次级层序外,大体上是以D相为主的席状砂为最重要的组成部分。

(2)中扇区相结合。它在研究剖面上所占地层厚度最大,并且也是多个深海相类型频繁出现的地区。按出现的频率统计,深海相依次排列的顺序是相C、B、D、G、F。它与外扇区的主要差异在于:①由于C相的大量出现,因此是T<sub>2</sub>段底面底痕构造最发育的层段;②由于C相和D相都具有T<sub>2</sub>段,因此也是小水流波痕多层出现的层段;③该相组合的中部开始向上,见多层块状细砂岩中含有撕裂泥岩碎屑,并偶见滑塌层;④中扇区的下部常见灰黑色深海页岩夹层,而中部以上则逐渐被暗灰色泥岩所代替。这些特征表明中扇区的水道化特征明显,且自下而上其冲蚀强度增加。如果说由中扇向外扇过渡的地区还可以形成以垂向加积作用为主的深海页岩,而中扇区上部由于重力流沉积作用增强,细粒泥质物则以高浓集度的泥云并以快速堆积的方式堆积下来,形成高浓集度的泥质浊流沉积。此外,在中扇区的上部还见厚度>10 m的泥岩层中夹有薄层浊积岩,其中T<sub>2</sub>段较为发育,这种含粉砂岩薄层的泥岩段极可能是水道间的细粒沉积。

(3)内扇区相组合。是粗粒物和滑塌层集中分布的地区,主要由A相、B相和F相组成。这里细砾岩、泥质砾岩、含撕裂泥岩碎屑的中—细砂岩以及以不同特征产出的滑塌层主要集中分布在该层段。滑塌层的广泛分布表明上扇区的地形坡度增大,此外,由于滑塌作用主要限于快速沉积的地区,因此内扇区大量滑塌堆积的产生除表明地形坡度大以外,也说明该沉积区的沉积速度较之中扇和外扇区加快。

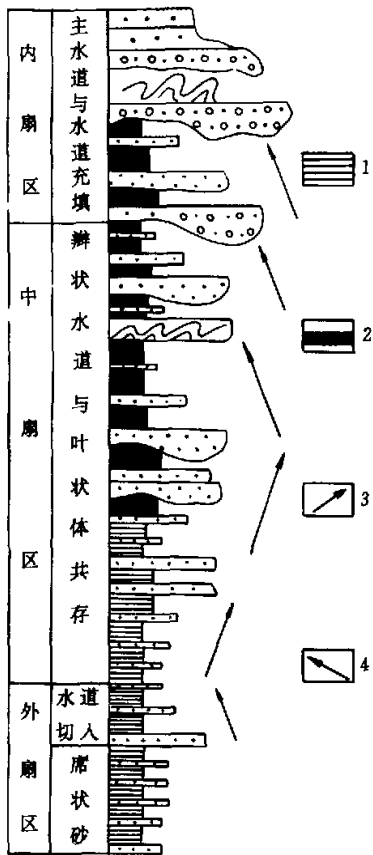
现将相组合在垂向上的演化以图2示之。图中自下而上是由外扇区的相组合通过中扇区向上扇区的相组合过渡。这种变化规律说明了海平面下降过程中海底扇向海推进的一种相序变化,也反映了印支运动前夕海盆逐渐变浅的沉积记录。

## 3 海底扇沉积体系特征

通过以上分析,可以对该扇体系的古地形及其环境特征概括出以下几点认识:

(1)海底扇体的坡度由内扇向外扇过渡逐渐变缓,内扇扇体的坡度较陡,表现在不同类型的同沉积变形构造和滑塌层频繁出现,并且还有颗粒流、碎屑流沉积的存在;中扇区仅有少量滑塌层,而外扇区再未见滑塌层的出现。

(2)扇体主水道由内扇可一直延伸到外扇。内扇水道中沉积了扇体系中最粗粒的沉积物;中扇形成的辫状水道除有向上变薄、变细的水道充填层序外,还发



1. 页岩; 2. 泥岩; 3. 向上变厚变粗层序; 4. 向上变薄变细层序  
图2 中三叠统简化的海底扇相组合的垂向演化  
Fig.2 Simplified vertical evolution of the facies associations of the middle Triassic submarine fans

现少量溢岸沉积,此外,尚见有沉积叶状体的相互叠复;外扇仅有浅水道的存在,其冲蚀能力明显减弱。

(3) 外扇区是低密度浊流和深海垂向加积作用交互的沉积区,并常有深海牵引流沉积的参与;中扇区主要是经典浊积岩的发育区,也有少量薄层浊积岩;内扇区主要发育主水道充填层序,除经典浊积岩外,还大量有不能用 Bouma 层序解释的块状砂、砾岩,其间夹有溢岸沉积的薄层浊积岩和泥岩。

(4) 该海底扇的扇体面积可能较大,这是基于复理石相的厚度巨大、横向分布有一定的稳定性而推断的。该扇体的沉积物砂、泥基本占有同等重要的地位,而泥岩量略显逊色,表明并非属典型的砂质扇,而应称为富泥的砂质扇更为确切。

根据上述特征,将扇模式以及各亚环境中的相分布及其沉积作用特征一并表示于图3中。

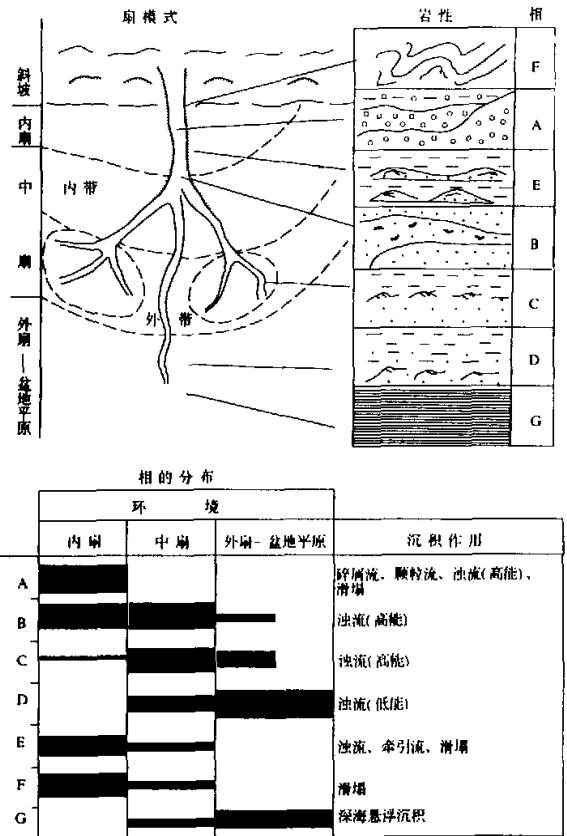


图3 中三叠统海底扇相模式和深海相的分布  
(图中黑带的宽度代表相的相对丰度)

Fig.3 Facies model of the Triassic submarine fans and the distribution of the deep-sea facies

Shanmugam 等将现代被动边缘密西西比扇(Mississippi fan)和古代活动边缘埃乔扇(Hecho fan)的对比后指出:前者扇体中水道搬运的沉积物相对较细(富泥),造成高堤岸稳定,有利于形成单个的和高弯曲度的水道;后者富砂的特性将降低堤岸的稳定性,并产生陡坡度的多水道的陡、短和呈放射状形态的特征<sup>[7]</sup>。

通过研究区中三叠世海底扇与上述两类扇体进行比较后不难看出,它在诸多方面的特征都是介于被动边缘和活动边缘之间,而更趋向于前者。例如:①中三叠世扇体虽不属被动边缘富泥的大扇,但也不属活动边缘的富砂小扇,而是属于富含泥的砂质扇;②活动边缘型小扇一般漫滩沉积不甚发育,但中三叠世的内扇和中扇内带的漫滩沉积却十分发育,而与被动边缘型扇漫滩沉积的发育程度又甚为相似;③最重要的是被动边缘扇体的外扇中主要是由D相组成的席状砂,并有水道充填层序,这与中三叠世的外扇极为相似;而活

动边缘扇体的外扇区存在由 C 相和 D 相组成的向上变厚、变粗层序的沉积叶状体,从相和相组合在垂向上的分布分析,中三叠世外扇的沉积叶状体特征并不明显。通过上述 3 种扇体的综合比较后可以认为,中三叠世海底扇在有些方面更与被动边缘的扇体相近似。据此可以认为,本区海底扇属于不成熟被动边缘的海底扇更为合适。

致谢:参加本项目野外考察工作的还有何海清、方国庆、张晓宝同志,在此一并致谢。

#### 参 考 文 献

- Mutti E, Ricci-Lucchi F. Turbidites of the northern Apennines: Introduction of facies analysis (English translation, 1978) [J]. *Int. Geol. Rev.*, 1972, 22: 125~166
- Pielkering K T, Stow D A V, Waton M P, *et al.* Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments [J]. *Earth-Science Reviews*, 1986, 23(2): 75~174
- Stow D A V. Deep-Sea Clastics: Where are we and where are going [A]. In: Brenchley P J, Williams B P J. eds. *Recent developments and applied aspects* [C]. *Geol. Soc. Lond, Spec. Pub.*, 1985, 18: 67~93
- Nilson C H, Baraga J, Maldonado A. Mediterranean undercurrent sandy contourites, Gulf of Cadiz Spain [J]. *Sediment. Geol.*, 1993, 82: 103~131
- Walker R G. Deposition of upper Mesozoic resedimented conglomerates and associated turbidites in southwestern Oregon [J]. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1977, 88: 273~285
- 晋慧娟,李育慈. 西秦岭北带泥盆系舒家坝组深海陆源碎屑沉积序列的研究 [J]. *沉积学报*, 1996, 14(1): 1~11
- Shanmugam G, Molala R J, Mepherston J C, *et al.* Comparison of turbidite facies associations in modern passive-margin Mississippi fan with ancient active-margin fans [J]. *Sediment. Geol.*, 1988, 58: 63~77

## A Study on Middle Triassic Flysch Facies in West Qinling Orogenic Belt

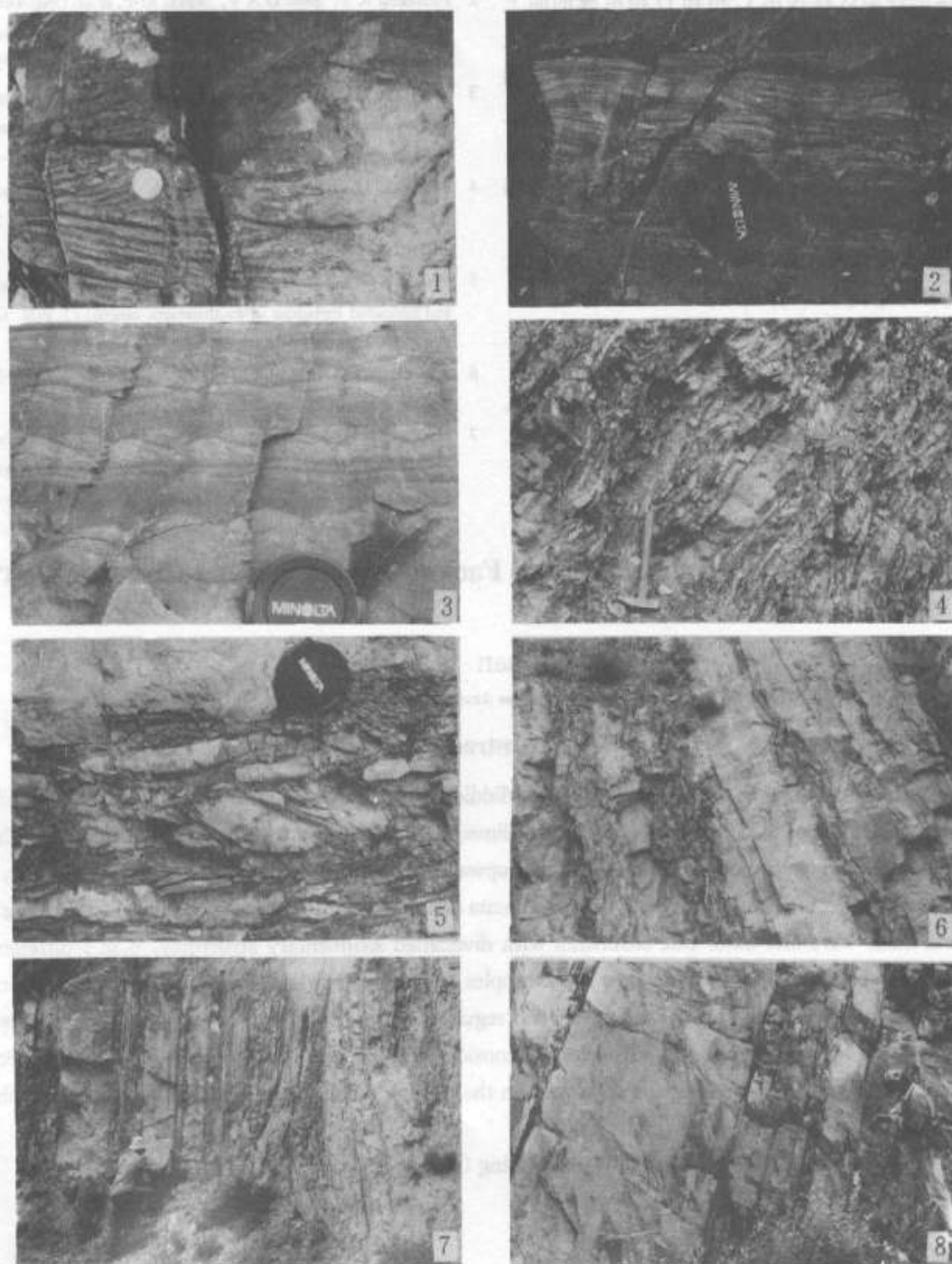
JIN Hui-juan LI Yu-ci

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

#### Abstract

The main point of views in the paper are 1) the Middle Triassic in the studied area is very thick flysch facies with various characteristics of deep-water mass flow sediments dominated by turbidites, 2) the size and thickness of the very thick flysch facies become coarse and thick upward, constituting a whole progressive sequence, 3) besides mass flow sediments, deep-water drag flow sediments associated with turbidites were also found, e. g., contourites, and inner wave and inner tide sediments with diversified sedimentary structures, e. g., different types and scales of cross bedings showing water flow waves ripples on sedimentary bed surfaces with different characteristics, 4) if there are coarse-sized channel sediments and regularities of vertical sequences and characteristics of ancient flows and rich facies types, the flysch facies are considered to be controlled by deep-sea fan sedimentary facies, 5) compared with the submarine fans developed on the passive and active margins of the plates the submarine fan is considered as an immature one.

**Key words** flysch facies Middle Triassic West Qinling Orogenic belt



图版 I 说明 1. 细粒水道砂岩, 具大型板状交错层理; 2. 等积岩具小型砂纹交错层理; 3. 等积岩具爬升纹理; 4. 水道两侧的漫滩沉积; 5. 滑塌角砾岩; 6. 页岩夹层被破碎、揉皱的现象; 7. 向上变薄变细的水道充填层序; 8. 扇体向海推进的向上变厚变粗层序。

[注]: 照片均选自于车巴沟剖面