

甘肃合作地区早、中三叠世盆地 —斜坡沉积环境分析

赵江天

杨逢清

(西安地质矿产研究所)

(中国地质大学, 武汉)

合作地区位于甘肃省南部, 区内三叠系十分发育。殷鸿福等^①系统研究了区内三叠系地层, 确定本区属中秦岭地层分区(图1), 并分出南、北两带。南带以扎油沟剖面为典型代表, 自老至新的地层单位为下三叠统山茛岭群(T_{1s})、中三叠统古浪堤组(T_{2g}); 北带以小河沟—土门关剖面为典型代表, 自老至新划分出下三叠统隆务河群(T_{1l})、中三叠统古浪堤组(T_{2g})

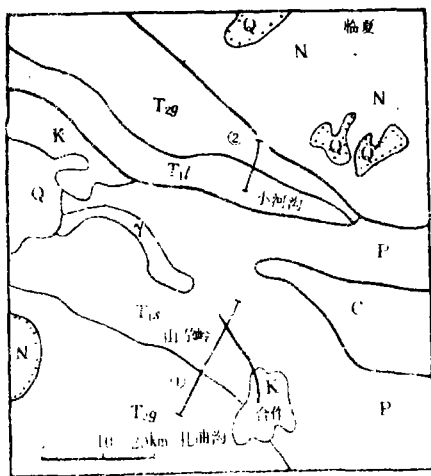


图1 合作地区地质图

1-扎油沟实测剖面; 2-小河沟实测剖面

Fig. 1 Geologic map of the Hezuo region

①=Zhayougeu measured section

②=Xiaohogou measured section

研究该区三叠纪沉积环境对了解秦岭印支期构造发展史以及区内沉积矿产的成因及分布规律有着极重要的意义。

一、沉积特征

以下分中秦岭区南带(扎油沟)和北带(小河沟)两个部分进行叙述。

(一) 中秦岭南带

早三叠世至中三叠世早期的沉积可以分为三种沉积类型。

1. 浊流沉积

① 殷鸿福等, 1989, 秦巴地区三叠纪地层古生物群的研究。

浊积岩在本带三叠系最为发育,早、中三叠世的浊积岩具有不同的特征。

山杂岭群中的浊流沉积集中出现在其底部和上岩组,鲍马层序的组合为C、D、E段或D、E段。C段为具微波状交错层理的中细粒石英岩屑砂岩、钙质砂岩;D段为具水平纹层的粉砂质板岩、粉砂岩;E段呈均一块状或具水平纹层的灰黄色泥岩。显示出远离物源区的浊流末端沉积特征。

山杂岭群底部的浊流沉积C、D、E段或非重力流正常深海沉积中夹有呈似层状或透镜体状产出的中粗粒石英岩屑砂岩和砂屑灰岩,在镜下为多泥颗粒支撑,颗粒分选性、磨圆度较好,具定向性排列。灰岩屑中偶尔可见异地搬运而来的浅水型有孔虫化石。透镜体一般顶面平、底面凸,横截面约 17×40 (cm²)左右,延伸方向经恢复为 $335^\circ \rightarrow 155^\circ$ 。该类沉积属海底扇下扇的切刻水道沉积,远离浊流的物源区。

在浊流沉积D段板岩中夹有少量灰质、硅质结核,直径在1—15cm之间,呈不规则团块状或扁豆体状,一般“外壳”富含灰泥质,结核体为硅质岩或硅质灰岩。

这些结核的化学成分特征、产出状态以及结构构造上均与金若谷(1989)所分析的深水瘤状结核(不连续)相近似,只是丰富程度不如后者,而且结核体和围岩中化石极少见。这些结核的成因可能与浊流沉积的间歇期及早期海底成岩胶结作用有关。

古浪堤组浊积岩主要由含砾砂岩、石英岩屑砂岩、粉砂岩和泥质板岩组成,反复出现,构成了巨厚的复理石韵律层。鲍马层序各段均有出现,有A、B、C、E段、A、C、D段、B、C、D段、C、D、E段等组合。在纵向上无明显的垂向变化规律。浊积岩为正粒序层,具平行层理、微波状交错层理、水平纹层。在含砾砂岩和粗砂岩底部常发育底面槽模,以长10—60cm、宽6—18cm、凸起高度2—5cm者居多。此外,其底面还常见长2—4cm的植物茎干化石碎片。中粒石英岩屑砂岩具平行层理,间距约1mm,单层砂岩厚3—12cm不等。具小型波状交错层理的细粒石英岩屑砂岩和粉砂岩单层厚一般为3—5cm。根据槽模测定而恢复的古流向在 $170^\circ - 180^\circ$ 之间。

浊积砂岩镜下观察基质含量较多(10—35%),颗粒分选性、磨圆度中等偏差,具有含斑性。其概率累积曲线呈一段式(图2),呈现悬浮搬运的特点。其粒度变化区间为0.75—

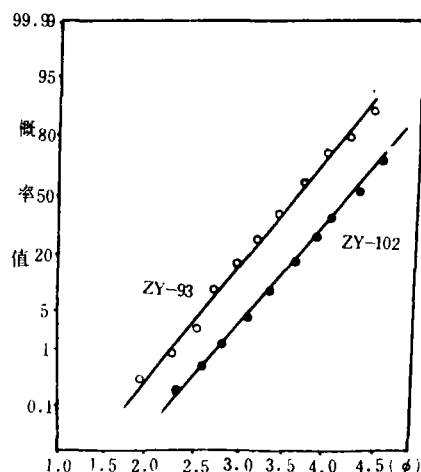


图2 扎油沟古浪堤组浊流的典型
粒度概率累积曲线(93、102层)

Fig. 2 Probability cumulative grain size curves
of the 93rd and 102nd beds of the turbiditic
sandstones in the Gulangti Formation in
Zhayougou

6.0 ϕ , 主要粒度参数特征见表 1。

表 1 扎油沟古浪堤组浊积岩粒度参数特征

Table 1 Grain size parameters for the turbidites in the Gulangti Formation in Zhayougou

层位	岩石名称	平均颗粒 MZ (ϕ)	标准偏差		偏度		峰态		河流、浊流 判别值 Y
			δ_1	分选性	SK ₁	程度	kg	程度	
89	长石石英砂岩	2.87	0.75	中等	0.19	正偏	1.2	窄	9.47
92	石英岩屑砂岩	3.27	1.08	较差	0.40	极正偏	0.95	中等	9.61
93	石英岩屑砂岩	3.68	1.06	较差	0.08	近对称	0.61	很宽	5.97
99	石英岩屑砂岩	3.77	0.92	中等	-0.096	近对称	0.82	宽	6.07
100-1	石英岩屑砂岩	3.58	0.86	中等	0.014	正偏	0.99	中等	7.60
100-2	石英岩屑砂岩	3.76	0.81	中等	-0.038	近对称	0.84	宽	6.63
100-3	石英岩屑砂岩	3.57	1.18	较差	-0.012	近对称	0.56	很宽	5.53
100-4	石英岩屑砂岩	4.11	0.44	好	-0.61	极负偏	0.81	宽	3.07
102	石英砂岩	3.60	0.78	中等	-0.04	近对称	0.84	宽	4.78
103-1	石英岩屑砂岩	3.57	0.83	中等	-0.30	负偏	0.67	宽	3.77
103-2	石英岩屑砂岩	3.59	0.66	中等	-0.31	极负偏	0.73	宽	4.07

河流、浊流判别平均值 $\bar{Y}=6.0518$, 小于 9.8433

2. 非重力流正常深海沉积

该类沉积主要集中在山岭群下岩组, 岩性为深灰色泥质、粉砂质板岩, 常含黄铁矿细晶。在电镜下可见 5 μm 大小的水滴形球粒 (图 3), 表面光滑, 可能为宇宙尘埃。



图 3 宇宙尘, 山岭群下岩组, $\times 6000$,
64 层, 扎油沟

Fig. 3 Cosmic dust from the 64th bed of the
Xiayan Formation of the Shangling Group in
Zhayougou $\times 6000$

3. 碎屑流沉积

扎油沟中三叠统古浪堤组底部发育三层含砾板岩, 其顶、底界面清楚, 砾石常突出岩层顶面。砾石成分为粉砂岩、岩屑石英砂岩, 含量约为 10—20%, 按不同基质类型, 又可分出含砾泥质板岩和含砾砂质板岩。

含砾泥质板岩岩层较薄, 砾石磨圆度较好, 截面平均大小在 2.2 $\times$ 3.5 (cm^2) 左右, 大者可达 4 $\times$ 6 (cm^2), 分选性中等; 含砾砂质板岩层较厚, 砾石截面平均大小在 3 $\times$ 7 (cm^2) 左右, 大者可达 8 $\times$ 17 (cm^2), 磨圆度、分选性均较差。两者代表不同期次的碎屑流, 前者水动力条件较弱, 后者较强, 但均属低密度碎屑流沉积。

4. 生物特征

扎油沟中三叠统古浪堤组中产居住迹 *Planolites*, 爬行迹 *Cordia*, 牧食迹 *Cochlichmue*, 觅食迹 *Lorenzina*、*Glockeria*。其中以觅食迹为主。可建立 *Lorenzina*-*Glockeria* 遗迹组合 (简称 LG)。上

述遗迹化石均为水平潜穴, 平行层面, 是我国青海、西藏以及欧洲、日本、美洲的中生代—新生代复理石相中的常见分子, 但未见典型的深水遗迹化石 *Paleodictyon*。故该遗迹组合反映了斜坡的沉积环境。

另外, 在下三叠统山杂岭群下岩组非重力流正常深海沉积的板岩中, 首次发现了钙质超微化石 9 属 12 种 (已另拟文)。目前, 一般认为钙质超微化石是营远洋漂浮生活, 由于生活环境和死后的沉积环境所限, 它仅发现于半深海—深海沉积物中, 是深海盆地沉积的一个重要佐证。尤其值得注意的是这次发现的钙质超微化石在山杂岭群下岩组的不同层位上, 其丰富度、分异度以及优势属种也不相同。如在上部 78 层位中有 4 属 6 种, 化石丰富度和分异度均较高, 以 *Paleomilania gansuensis* 和 *Lithraphidites carniolensis* 为主, 化石保存的也较好 (图 4); 中部 71、70 层中有 5 属 5 种, 化石分异度较高, 但丰富度较低, 以 *Quadrum sissinghii* 为主, 化石保存较差; 下部 62 层中只有 2 属 2 种, 化石丰富度及分异度均较低。通过以上分析可以看出, 从 62 层至 78 层沉积环境是在不断变化, 水逐渐变浅。因为钙质超微化石在深海盆地中 CCD 线以上最为丰富, 越接近 CCD 线, 其钙质壳被溶解, 破坏的越利害, 至 CCD 线以下, 则只能保存在某些动物的粪粒中。这样 62 层可能位于 CCD 线附近, 往上水变浅, 远离 CCD 线, 钙质超微化石也就越丰富。



图 4 *Paleomilania gansuensis* 钙质超微化石, 保存完好, 山杂岭群下岩组, $\times 6000$, 78 层, 扎油沟
Fig. 4 Well-preserved calcareous nannofossil *Paleomilania gansuensis* from the 78th bed of the Xiayan Formation of the Shangaling Group in Zhayougou. $\times 6000$

以上对钙质超微化石的分析, 为研究无机特征极为单调的深海盆地沉积物提供了一个较有效的手段, 可以进一步区分出深海盆地环境中不同时期或不同部位的不同环境。

(二) 中秦岭北带

1. 浊流沉积

下三叠统隆务河群上部发育陆源碎屑浊流沉积。鲍马层序组合为 A、B、D、E 段和 C、D 段。A 段在剖面上只出现一次, 岩性为中厚层细粒钙质砂岩, 颗粒支撑, 分选性及磨圆度中等, 底面具底模构造; C 段为薄层细粒钙质砂岩、粉砂岩、具小型波状交错层理及包卷层; D 段为黑色粉砂质板岩, 具水平纹层; E 段为粉砂质、泥质板岩, 未见任何沉积构造。与南带山杂岭群上岩组的浊积岩相比, 沉积物粒度较粗, 表明水动力条件较强。

古浪堤组浊积岩基本与南带相似, 只是前者规模较大, 沉积物粒度较粗, 浊流 C 段常见包卷层理, 显示出较近源的特征。

2. 非重力流碳酸盐沉积

在小河沟隆务河群上部, 出现二层灰色薄层泥晶灰岩, 镜下观察灰岩不纯, 有少量粘土和粉砂混入, 具水平纹层, 由深褐色富含有机质的粘土与泥晶方解石相间形成。有机质

粘土纹理间距为 0.08cm, 推测为有规律的气候变化引起的周期性粘土输入与纯碳酸盐沉积作用交替的结果, 为静水沉积, 推算其沉积速率约为 0.8mm/a, 稍高于现代深海盆地中的沉积速率。

3. 碎屑流沉积

古浪堤组底部出现 7 层中厚层砾屑灰岩, 属碳酸盐碎屑流沉积, 呈透镜体或似层状产于砂、板岩中。砾石含量为 70—90%, 成分为灰岩、石英砂岩、板岩以及少量火山碎屑, 砾径在 2—20cm 之间。其中灰岩砾屑占 70% 左右, 分选性、磨圆度中等, 并含有海百合茎及腕足类化石碎片。板岩角砾分选性、磨圆度较差。岩石呈正粒序, 长条形角砾具一定方向性排列。岩层厚度变化较大, 在 40—810cm 之间。属高密度碎屑流沉积。与南带古浪堤组底部的碎屑流属同一时代, 但类型不同, 分别代表同一斜坡上的不同部位的沉积物, 前者较靠近盆地一侧, 离物源区较远, 故层较薄, 砾石含量较少, 只含砂岩砾石, 物质成熟度较高; 而后者则较靠斜坡中上部。

4. 生物特征

小河沟下三叠统隆务河群上部复理

石相遗迹化石比较发育, 可建立 *Paleodictyon-Planolites* 遗迹组合 (简称 PP), 其组合成分及生态习性特征见表 2。此组合中以觅食迹为主, 并有少量耕作迹。一般认为, 耕作迹是典型的深水分子, 位于浊流的末端。与该遗迹组合相伴生的还有原地埋藏的双壳类 *Posidonia* sp. 和哥伦布菊石科的分子。所以, 上述生物特征表明当时属斜坡上静水环境, 即次级盆地内的生物特点。

表 2 *Paleodictyon-Planolites* 遗迹组合生态、习性特征

Table 2 Ecologic habits and characteristics of the trace fossil assemblage *Paleodictyon-Planolites*

名称	生态习性特征	遗迹属名
居住迹	底栖生物的居住洞穴	<i>Planolites</i>
牧食迹	沿沉积物表面或其内部运动兼觅食	<i>Helminthopsis</i> <i>Cochlichnus</i> <i>Palaeophyus</i>
耕作迹	在规则几何形态的水平洞穴中诱捕食物和培养微生物作为食物	<i>Megagraptus</i> <i>Paleodictyon</i>
觅食迹	沿层面铺开的竖井式洞穴中觅食	<i>Canadichnus</i> <i>Gluckeria</i> <i>Zoophyus</i> <i>Saporitia</i> <i>Chondrites</i> <i>Lorenzania</i> <i>Dendroichneum</i>

二、环境分析

通过以上各种沉积特征分析, 本区从早三叠世至中三叠世早期可划分出二种主要的沉积环境, 即早三叠世早期的深海盆地和早三叠世晚期至中三叠世早期的斜坡环境。中三叠世末期, 由于受印支运动的影响, 整个沉积盆地褶皱抬升, 遭受剥蚀。沉积环境在时间上的演化是连续的, 具穿时性。

(一) 中秦岭南带的沉积环境 (图 5)

1. 深海盆地

早三叠世早期以巨厚的非重力流正常深海沉积为特征, 初期夹有浊流远端 C、D、E 段和切刻水道沉积。在浊流 D 段板岩中含有深水结核。非重力流正常深海沉积物中含有宇宙尘 (?) 和钙质超微化石。通过对钙质超微化石的分析, 在 62 层处水最深, 以后逐渐变浅。切刻水道沉积透镜体的延伸方向为 355°→155°, 说明浊流的流向是南北向的。以上所有特征

都表明本带在早三叠世早期为深海盆地。

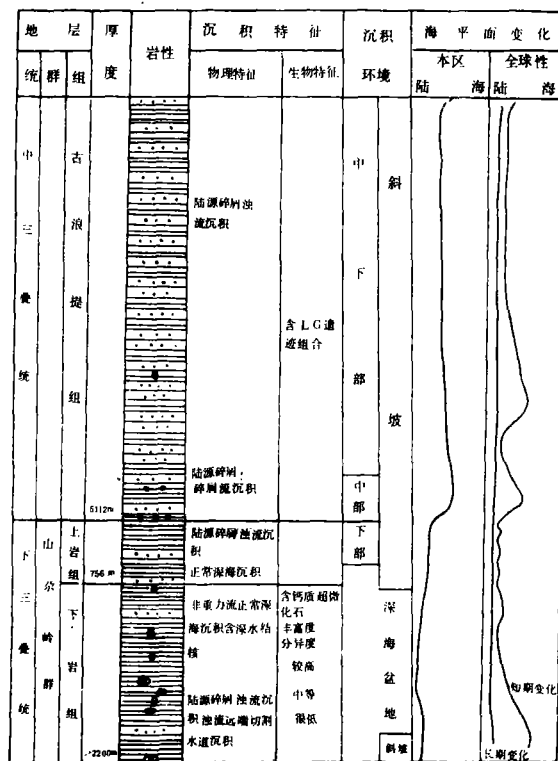


图 5 中秦岭南带三叠纪古环境特征
Fig. 5 Triassic palaeoenvironmental features
of the southern zone in central Qinling

2. 斜坡环境

早三叠世晚期至中三叠世早期浊流沉积较为发育。中三叠世初期，沉积盆地有一个较突然的抬升，形成碎屑流沉积。早三叠世晚期浊积岩以 C、D、E 段为主，属浊流远端沉积，砂岩与板岩比值为 1/5；而中三叠世早期，浊积岩以 A、B、C、D 段为主，沉积物颗粒较粗，含斜坡相 *Lorenzina-Glockeria* 遗迹化石组合，为相对近源的沉积。所以，当时沉积盆地是在不断抬升，水逐渐变浅。

(二) 中秦岭北带的沉积环境 (图 6)

1. 斜坡上次级盆地

早三叠世晚期，该带陆源碎屑浊流沉积和非重力流碳酸盐沉积发育。沉积物中钙质、有机质含量较高，并具有斜坡上静水环境中的生物特征，这与代表深海盆地的山尔岭群下岩组明显不同，属斜坡上的次级盆地环境。

2. 斜坡环境

北带陆源碎屑浊流沉积也极为发育。中三叠世初期，沉积盆地有一个较突然的抬升，形成碳酸盐碎屑流沉积。但北带的碎屑流和浊流沉积无论在规模上，还是沉积物的粒度上都大于南带，属斜坡上相对上部的沉积。

通过对本区沉积环境的分析，可以得出本区在早三叠世早期已发育成为深海盆地，水深大约在 CCD 线附近，至早三叠世晚期沉积盆地逐渐抬升，成为斜坡；中秦岭南带和北带，由于它们的沉积特征有所不同，所以，它们是位于同一斜坡上的不同部位，南带较靠盆地一侧，而北带则较接近陆源区。

通过恢复浊流古流向, 得出当时古斜坡向南倾斜, 属古秦岭海槽北坡。

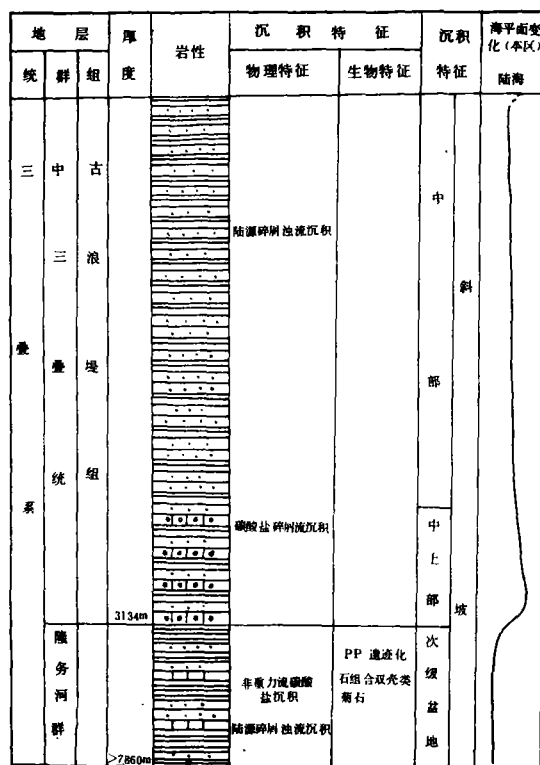


图 6 中秦岭北带三叠纪古环境特征
Fig. 6 Triassic palaeoenvironmental features
of the northern zone in central Qinling

本文在编写和野外工作期间, 均得到以殷鸿福教授为首的地矿部“七五”重点攻关项目“秦巴地区三叠系”课题组的帮助和资助, 在此特深表谢意!

参 考 文 献

- 刘宝珪、张锦泉、叶红专, 1987, 黔西南中三叠世陆棚—斜坡沉积特征, 《沉积学报》, 第5卷, 第2期。
- 孙永传、李惠生, 1986, 碎屑岩沉积相及沉积环境, 186—248页, 地质出版社。
- 杨式溥, 1986, 我国浊流沉积复理石相的遗迹化石及其古生态和古环境, 中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文选集, 143—165页, 安徽科学技术出版社。
- 金若谷, 1989, 一种深水沉积标志——“瘤状结核”及其成因, 《沉积学报》, 第7卷, 第2期, 51—59页。
- 殷鸿福、杨逢清等, 1988, 秦岭三叠系分带及印支期发展史, 《现代地质》, 第2卷, 第3期, 355—356页。
- Perch-Nielsen, K., 1985, Mesozoic Calcareous Nannofossils, in: Plankton Stratigraphy, ed. by Bolli, H. M. and Saunders, J. B & Perch-Nielsen, K., 329—426, Cambridge University Press.
- Seilacher, A., 1977, Patter Analysis of *Paleodictyon* and Related Trace Fossils, In: Crimes, T. P. and Harper, J. C. ed., Trace Fossils 2, 289—334.
- Stow, D. A. V., 1985, Deep-Sea Clastics: Where Are We and Where Are We Going? In: Sedimentology: Recent Developments and Applied Aspects, ed. by Brenchley, P. J. and Williams, B. P. J., (18): 67—93.

EARLY AND MIDDLE TRIASSIC BASIN-SLOPE ENVIRONMENTS IN THE HEZUO REGION, GANSU

Zhao Jiangtian

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources)

Yang Fengqing

(China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract

The Hezuo region, Gansu studied in this paper may be ascribed stratigraphically to the Middle Qinling subprovince, including the southern (Zhayougou) and northern (Xiaohegou) zones. In this paper, the sedimentary characteristics of the two zones are discussed in detail. Five physical features have been distinguished at some length: turbidity current deposits, terrigenous clastic deposits and non-gravity flow normal deep-sea deposits in the southern zone, and turbidity current deposits, carbonate debris flow deposits and non-gravity flow carbonate deposits in the northern zone. The chemical and physical features of the nodules from the Early Triassic turbidites suggest that they are formed in deep water in the southern zone. Two trace fossil assemblages are also established. They are *Loenzinia-Glockeria* and *Paleodictyon-Planolites* which have the same ecologic features as those in slope environments. This paper deals in particular with the Early Triassic calcareous nannofossils and subdivision of the deep marine environments in the southern zone.

It is concluded from the above-mentioned organic or inorganic characteristics that the evolution of the study area from basin to slope during the Early to Middle Triassic represents the historical development of the northern slope of the ancient Qinling sea.