

鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉积物 物源分析及其构造意义^①

刘少峰^② 柯爱蓉 吴丽云 黄思骥

(中国地质大学, 武汉 430074)

提 要 前陆盆地充填沉积物中岩屑的分散形式和砂岩成分研究对确定物源区的逆冲事件、构造背景和与沉积物对应的物源层十分有效。通过对鄂尔多斯西南缘安口地区上三叠统沉积剖面系统采样测定发现, 沉积物物源为一套变质碎屑岩和变质火山岩, 为东祁连褶皱逆冲带中的陈家河组 (O_3ch) 和葫芦河组 ($Z-O_2hl$)。而西南缘千阳县上侏罗统砾岩物源为陇山群 (Pt_2ln)。上三叠统地层的物源分散形式为混合型, 而上三叠统和上侏罗统两套地层统一的分散型式为倒序型, 它是两期逆冲活动的沉积响应。根据鄂尔多斯西南缘安口地区上三叠统沉积物的 $Q_m FLt$ 端元成分作砂岩三角投影图, 确定晚三叠世鄂尔多斯西南缘盆地性质为发育于碰撞造山带之前陆的前陆盆地, 其物源为再旋回活动的褶皱逆冲断块。

关键词 前陆盆地 分散型式 $Q_m FLt$ 图解

分类号 P 588.21/P 542

第一作者简介 刘少峰 男 36岁 副教授 (博士) 沉积盆地分析

1 引 言

鄂尔多斯西南缘位于甘肃省安口镇至宁夏回族自治区石沟驿一带, 与西南侧东祁连褶皱逆冲带相邻。自晚三叠世至侏罗纪, 鄂尔多斯西南缘前陆盆地充填地层划分为三个构造层序: 即上三叠统构造层序 (TS-1)、中、下侏罗统构造层序 (TS-2) 和上侏罗统构造层序 (TS-3)。盆地构造地层分析表明, 上三叠统构造层序和上侏罗统构造层序是盆缘造山带逆冲负荷沉降的沉积响应, 而中、下侏罗统构造层序是挤压拗陷沉降的沉积产物。其中上三叠统构造层序内部划分三个层序: 即层序 1 (S-1)、层序 2 (S-2) 和层序 3 (S-3)。层序 1 和层序 2 是盆缘两次逆冲事件的沉积记录, 而层序 3 是逆冲期后均衡沉降的沉积充填。与盆地相邻的东祁连褶皱逆冲带与其西南侧的西秦岭构造带一起组合成东祁连双侧造山带, 在横剖面上以轴部为中心两侧逆冲断层或剪切带具有背向逆冲特征。从地层分布上, 轴部秦岭群为造山带核部变质杂岩体, 是最老的岩石单元。以其为中心, 南、北带依次发育新地层。与

盆地相邻的东祁连褶皱逆冲带主要由中元古界陇山群 (Pt_2ln) 片麻岩、大理岩, 震旦至中奥陶统葫芦河群 ($Z-Q_2hl$) 和上奥陶统陈家河组 (O_3ch) 变碎屑岩、变基性火山岩, 震旦至奥陶系 ($Z-O$) 的白云岩、砂页岩及二叠至三叠系的碎屑岩组成。前三套地层分别为三个大型逆冲推覆体, 总体表现为由西南向东北逆冲的特点。鄂尔多斯西南缘前陆盆地的沉降和沉积过程与东祁连褶皱逆冲带逆冲作用具有密切的成因联系, 盆地的沉积地层潜在地记录了逆冲带的逆冲事件。本文通过砂岩中矿物和岩屑成分的含量分析, 重点讨论西南缘安口地区上三叠统构造层序的物源特征及由其反映的物源区的构造背景。

2 岩屑 (或砾石) 的分散型式分析

在造山带前陆逆冲过程中, 活动的逆冲断面冲出地表, 导致地形增高, 断层上盘地层不断抬升, 逐层被剥蚀, 为断层的前缘盆地或后缘的背驮盆地沉积充填提供物源, 形成与源区层序相反的倒序岩屑地层^[1,2] (图 1, A)。在前陆地区也可能由于不同岩

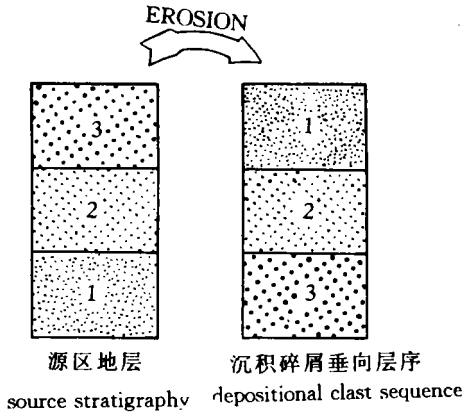
① 本文受地质矿产部重要基础理论项目 (8502204)、地质矿产部岩石圈构造与动力学开放实验室项目及国家自然科学基金项目 (48970110) 资助。

② 现在通讯地址: 西安 710069 西北大学地质系博士后流动站

收稿日期: 1995-06-12

性组成的断片一起暴露侵蚀, 往往形成倒序型和混合型相结合的分散型式。沉积物中岩屑的分散型式对确定源区的逆冲事件和源区对应物源层十分有效。

通过对安口地区上三叠统延长群 (T_{3y}) 标准剖面进行系统采样, 磨片后在镜下确定岩屑类型及百分含量, 其结果如表 1 和表 2 所示。对测定结果分析发现, 鄂尔多斯西南缘安口地区上三叠统 (含部分中三叠及中侏罗统) 沉积物源应为一套变碎屑岩和变火山岩。



B

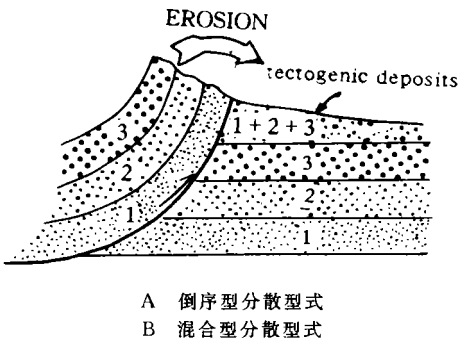


图 1 逆冲作用下构造沉积关系图解^[2]

Fig. 1 Diagram showing the relation between thrust and tectono-deposition

据甘肃省第一地质队研究结果^①, 东祁连双构造山带祁连地层区的葫芦河组 (Z-O_{2hl}) 和陈家河组 (O_{3ch}) 可划分为六类岩石, 其岩石类型与安口剖面岩屑类型具有一致性 (表 1, 图 2)。其中粘土岩岩屑可能为板岩剥蚀沉积的结果, 应归于板岩、片

岩类。硅质岩主要为火山成因, 应归于火山岩。根据安口剖面各种岩屑累积百分含量与葫芦河组及陈家河组各岩石类型厚度累积百分含量作图 (图 2), 两者具有完全类似的图形特点, 因此, 可以肯定地说, 鄂尔多斯盆地西南缘安口一带上三叠统 (及其上下地层) 的物源主要为葫芦河组和陈家河组。而根据千阳县上侏罗统芬芳河组 (J_{3f}) 砾石成分统计: 片麻岩占 33.6%、片岩占 37.5%、流纹岩占 6.1%、大理岩占 11.1%、闪长岩占 10.8%、角闪岩占 6%, 其成分特征主要与中元古界陇山群类似, 为一套变质较深的片麻岩、大理岩和少量的角闪岩。因此, 芬芳河组砾石可能主要由陇山群 (P_{2ln}) 剥蚀而来的。可见, 鄂尔多斯西南缘安口地区上三叠统构造层序的沉积物是由葫芦河组 (Z-O_{2hl}) 和陈家河组 (O_{3ch}) 地层同时被剥蚀、搬运、沉积的, 表现为混合型分散型式, 而上三叠统构造层序和上侏罗统构造层序是由葫芦河组 (Z-O_{2hl}) 和陈家河组 (O_{3ch})、陇山群 (P_{2ln}) 两套地层依次被剥蚀沉积的, 与两次大的逆冲活动期相对应, 其沉积物分散型式为倒序型。它反映了逆冲带不断褶皱隆起而遭受风化剥蚀的过程。至于分布于盆缘的华北地层区的震旦系至奥陶系石灰岩、白云岩也是上三叠统延长群的次要物源, 主要为近源的山前滑塌泥石流沉积。沉积于紧靠山前的阎家庄、平凉、崆峒山一带。例如在策底坡、阎家庄地区, 发育于砾岩之中的角砾状灰岩滑塌断片沉积的物源是盆缘奥陶系灰岩。

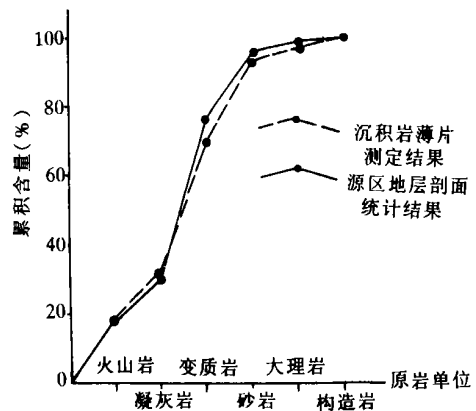


图 2 物源区岩石厚度及沉积岩岩屑的累积百分比曲线图

Fig. 2 Cumulative percentages of rock thickness in provenance and clasts in sedimentary rocks

① 甘肃省地质矿产局第一地质队. 祁连-北秦岭接合部位基础地质和砂金成矿规律研究报告. 西安地质学院, 1993.

沉积盆地中岩屑或砾石原岩序列反映了造山带大的逆冲期,而盆地中与逆冲断块岩石有关的碎屑或砾石的初次出现,它往往意味着一次逆冲活动事件的开始^[3]。从安口剖面岩石中岩屑发育特点(表2)分析,中三叠统C₃样品中不存在喷出岩和凝灰岩岩屑,而于上三叠统层序1C₃、C₈、C₉样品中大量发育,并且含量依次增加。在上三叠统层序2C₁₀样品中喷出岩岩屑消失,而在C₆样品中又大量出现。这种喷出岩岩屑的两次急剧变化,可能与两次逆冲事件有关,是逆冲作用导致源区喷出岩大量暴露的产物,与由构造地层分析的结果相一致^①。

表1 物源区岩石厚度及沉积岩岩屑的百分比统计表

Table 1 Percentages of rock thickness in provenance and clasts in sedimentary rocks

物源区各类岩石厚度及其百分比		沉积岩样品中各种岩屑的百分比	
火山岩 (2545.45 m)	18.03%	火山岩 (含硅质岩)	19.38%
凝灰岩 (1629.33 m)	11.56%	凝灰岩	12.53%
板岩片岩 (6612.15m)	46.9%	板岩片岩及粘土岩	38.15%
砂岩 (2752.51 m)	19.52%	砂岩及变质砂岩	23.33%
大理岩 (416.08 m)	2.95%	大理岩 (或石灰岩)	3.59%
构造岩 (143.62 m)	0.01%	构造岩	2.99%

表2 安口地区上三叠统沉积岩岩屑的类型及含量

Table 2 Clast types and content in the Upper Triassic sedimentary rock of the Ankou region

岩屑类型及含量 层位 标本号		火山岩 (安山岩、 流纹岩及玄武岩)	硅质岩	凝灰岩	板岩和片岩	砂岩和变 石英砂岩	粘土岩	大理岩	构造岩	侵入岩和 各种脉岩
J ₂ 底	C ₅₁	75	365			1680	435		759	
T ₃ y 构造 层序 1	层序 3	C ₁₆		350	373	1190	377	318		465
		C ₁₄	100	35	497	268 (板岩 58, 片岩 210)	190	340	79	205
		C ₁₃	468	70	310	583 (板岩 328, 片岩 255)	640	508		
	层序 2	C ₆	905	135	287	406 (板岩 148, 片岩 148)	595	358		
		C ₁₀			472	615 (板岩 200, 片岩 295)	535	95		770
		C ₉	1226		566	680 (板岩 295, 片岩 385)	412	474		
层序 1	C ₈	749		65	197 (板岩 82, 片岩 115)	217	402			
	C ₃	275	30	607	585 (板岩 175, 片岩 410)	955	1367		488	
T ₂	C ₃₅		129		1005	314	75	910		

注: 岩屑含量数目表示某一种岩屑在镜下的累计长度

3 砂岩成分分析

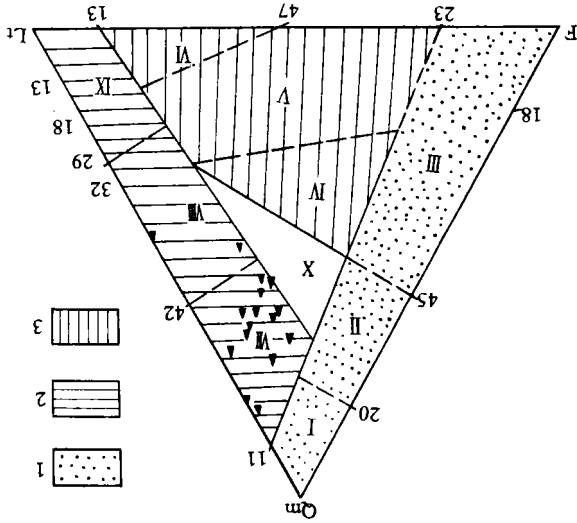
碎屑质盆地中的沉积物,绝大部分来源于盆地范围以外的物源区。Dickinson^[4,5]认为,大地构造性质不同的物源区,提供给盆地的沉积物也不同。因此,可以通过盆地岩石(或沉积物)成分来反溯物源区的构造背景。一定性质的物源区与特定性质的沉积盆地有着密切的共存关系^[6,5]。于是通过盆地的岩石(或沉积物)成分可以了解源区构造背景及盆地地质质。

Dickinson^[4,5]利用成分三角图对得自世界 88 个地区(这些地区的构造背景是已知的)的砂岩成

分作了投影。结果表明,构造背景不同的地区,其砂岩成分在三角图上的投影位置就不同;构造背景相同的地区,砂岩成分在三角图上的投影位置趋向于集中。根据实际投影结果,他将三角图归纳为 3 个大区,而每个大区又分成了 3 个小区(另外一个混合区),分别代表了各类物源区的构造背景(图 3)。他指出,来自陆块的石英砂岩广泛沉积于克拉通盆地、地台层系、冒地槽楔状体和开阔洋盆地;来自基底抬升地块的长石质砂岩多局限于沉积在裂陷槽和与转换断层有关的扭性盆地中;来自岩浆弧的火山碎屑质砂岩和成分更为复杂的火山深成岩质砂岩,多沉积于海沟、弧前盆地和边缘海中;来自俯

① 刘少峰,李思田,庄新国等. 鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉降和沉积过程模拟,地质学报待刊。

冲杂岩带、碰撞造山和前陆抬升等再旋回造山带富含石英或燧石以及其他岩屑的砂岩, 常出现于正在闭合的洋盆、各种继承盆地和前陆盆地中。



1. 陆块 2. 再旋回造山带 3. 岩浆弧

· 克拉通内的 II. 过渡型大陆的 III. 基底抬升的 IV. 切割弧的
· 过渡型弧的 VI. 未切割弧的 VII. 石英质再旋回的 VIII. 过渡再旋回的 IX. 岩屑质再旋回的 X. 混合的

图 3 砂岩 $Q_m FLt$ 图解^[5]

Fig. 3 $Q_m FLt$ diagram of sandstones

根据 Dickinson 的研究思路, 笔者对鄂尔多斯西南缘安口地区上三叠统的构造层序进行了系统采样和测定, 以 $Q_m FLt$ 为端元成分 (Q_m 为单晶石英颗粒, F 为长石颗粒, Lt 为岩屑颗粒) 作砂岩三角投影图 (图 3) 结果表明: 砂岩投影都落于再旋回造山带区, 并且除个别外, 几乎全部落于石英质再旋回造山带之中。有力地说明了晚三叠世鄂尔多斯西

南缘 (至少于安口地区) 盆地性质为碰撞造山带之前陆的前陆盆地, 其物源即为再旋回活动的褶皱逆冲断块, 与其它分析结果相吻合, 至于盆地本部的盆地性质据中科院地质所柯保嘉^① 根据砂岩成分研究结果为坳陷盆地。因此整个鄂尔多斯盆地可称为具前渊的挠曲盆地。

本文是在李思田教授指导下完成的, 在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] Graham S A, Tolson R B, et al. Provenance modelling as a technique for analysing source terrane evolution and controls on foreland sedimentation. In: Allen P A and Homewood P (eds) Foreland Basins. Oxford, Spec Publ Int Ass Sediment, 1986, 8: 425-436.
- [2] Steidtmann J R and Schmitt J G. Provenance and dispersal of tectogenic sediments in thin-skinned, thrustured terrains. In: Kleinspehn K L and Paola C (eds) New Perspectives in Basin Analysis. New York, Springer-Verlag, 1988, 353-366.
- [3] Burbank D W and Reynolds R G H. Stratigraphic keys to the timing of thrusting in terrestrial foreland basins: Applications to the northwestern Himalaya. In: Kleinspehn K L and Paola C (eds) New Perspectives in Basin Analysis. New York, Springer-Verlag, 1988, 331-351.
- [4] Dickinson W R and Suczek C A. Plate tectonics and sandstone compositions. *Bull Amer Assoc Petrol Geol*, 1979, 63: 2164-2182.
- [5] Dickinson W R, Beard L S, Brakenridge G R, et al. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Bull Geol Soc Amer*, 1983, 94: 222-235.
- [6] Johnson M R. Sandstone petrography, provenance and plate tectonics setting in Gondwana context of the southeastern Cape-Karoo Basin. *S Afr J Geol*, 1991, 94(2/3): 137-154.

① 柯保嘉. 晚三叠世鄂尔多斯含油气盆地分析 (博士论文). 中国科学院地质研究所, 1988.

Sediment Provenance Analysis and Its Tectonic Significance in the Foreland Basin of the Ordos Southwestern Margin

Liu Shaofeng Ke Airong Wu Liyun and Huang Siji

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract

It is effective to determine thrust events of provenance, tectonic setting and provenance strata corresponding to basin sediments according to the clast dispersal style and the components of sediments in foreland basins. Test and study on the Upper Triassic stratigraphic section of the Ankou region in the southwestern margin of Ordos show that the provenances of stratigraphy are a set of meta-clastics and meta-volcanics which are Chenjiahe Formation (O_3ch) and Huluhe Formation ($Z-O_2hl$) contributed in the eastern Qilian fold-thrust belt. The provenance of the Upper Jurassic conglomerate in the southwestern margin is Longshan Formation (Pt_2ln). The dispersal style of the Upper Triassic is the blended clast composition, and the dispersal style of the both of the Upper Triassic and the Upper Jurassic is the inverted clast composition which is the sedimentary response to two times of large thrusting. The analysis on the QmFLt triangular diagram representing the sandstone components of the Upper Triassic in the Ankou region shows that the Late Triassic basin in the southwestern margin of Ordos is a foreland basin located in the foreland of a collision orogen and the provenance is the fold-thrust massif of the recycled orogen which is the eastern Qilian orogen.

Key Words foreland basin dispersal style the QmFLt triangular diagram

Continued from page 146)

The Features of the Sanshui Relict Basin and Its Conditions of Petroleum Geology, Guangdong Province

Yan Junjun and Jin Zhijun

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

The Sanshui basin, formed in the Huanan incro-plate using Cretaceous and Paleogene, is a typical one of Mesozoic relict basins in the Pearl River Delta area, Guangdong Province. The major structural deformation in the basin is characterized by a number of small scale extensional faults which are mainly postdepositional. In this paper, the evolution of the Sanshui basin and its relict features, its deformation styles and trap patterns as well as the perspective of petroleum exploration in this type of basins are discussed based on analyses of structures, strata, depositional environments and facies and the maturity of source rocks as well as the comparison of strata between the Sanshui basin and its neighbouring area.

Key Words Sanshui relict basin depositional environment structural style trap pattern hydrocarbon distribution