

文章编号: 1000-0550(1999)03-0409-05

中生代鄂尔多斯盆地 陆源碎屑成分及其构造属性

陈 刚

(西北大学地质学系 西安 710069)

摘 要 运用区域沉积—构造背景分析与陆源碎屑成分判别构造环境相结合的综合研究方法, 在对鄂尔多斯盆地沉积—构造特征及其演化历史研究的基础上, 采用 Dickinson 等陆源碎屑成分与构造环境关系判别标准和图版, 统计分析了鄂尔多斯盆地中生代陆源碎屑成分特征及其与盆地构造属性的关系。结果表明, 中生代鄂尔多斯盆地具有前陆盆地的性质, 但又不同于典型的前陆盆地, 称之为类前陆盆地似乎更能反映盆地的实际。

关键词 鄂尔多斯盆地 中生代 陆源碎屑成分 类前陆盆地

作者简介 陈刚 男 1965 年 5 月出生 副教授 博士 含油气盆地地质学

中图分类号 P512.21 **文献标识码** A

1 前言

近年来, 随着沉积作用与构造环境之间关系研究的深入, 人们愈来愈重视对陆源碎屑成分与板块构造, 盆地类型之间成因联系的研究, 认为陆源碎屑成分是板块构造控制下的物源区与沉积盆地有机结合配置的产物, 因而也是揭示这种关系及其构造环境的卓有成效的标志。Dickinson 等通过对世界上近百个已确定区域构造环境地区的现代海相和陆相砂岩组分的统计、对比和判识分析, 建立或确定了大家熟悉的定量判别标准和三角形模式图, 为判断物源区和沉积盆地构造环境提供了一种重要的途径, 但仍然存在一些有待进一步探讨的问题: ①建立在现代板块体制下的砂岩组分判别标准能否完全适用于地质上原始盆地构造属性的识别, 尤其是诸如我国中生代多旋回内陆盆地; ②以统计学为基础建立的判别标准, 在样品数量和类型上是否具有普遍意义上的适用性和代表性, 等等。本文运用区域沉积—构造背景分析与陆源碎屑组分判别构造环境相结合的综合研究方法, 客观分析并厘定中生代鄂尔多斯原始盆地的构造属性, 同时最大限度地为利用陆源碎屑成分判别内陆地区沉积盆地的构造成因环境提供重要的信息和基础。

2 区域沉积—构造特征

鄂尔多斯盆地是在前中生代统一大华北陆表海盆基础上发展起来的。有资料表明, 鄂尔多斯盆地中生代早期三叠纪陆相地层, 虽然仍属华北内陆广盆沉积系统^[1~2], 但至少自晚三叠世开始, 鄂尔多斯盆地西部沉降带已具相当规模^[3], 自南而北依次在平凉安口窑、环县西、石沟驿和汝箕沟等近南北一带, 发育前渊沉降型冲积扇—扇三角洲沉积体系, 沉积了厚愈 3 000 m 的粗碎屑建造, 盆地中部环县—庆阳—铜川近 NW 向区带构成与之相应的沉积中心, 该中心以东则为相对稳定斜坡环境的河流三角洲沉积。盆地西部晚三叠世沉降带的存在预示着其西侧一个冲断带的形成。自此开始, 侏罗纪和白垩纪沉降中心在晚三叠世沉降带基础上不断向东迁移, 表明燕山期就位于鄂尔多斯盆地西缘的逆冲推覆带, 应是晚三叠世冲断带逐渐被改造并不断向盆地方向推进而形成的, 最终造成白垩纪的沉积和沉降中心迁移至盆地西部的天池—环县近南北一带(图 1)。

鄂尔多斯盆地中生代西缘逆冲推覆带向东推进的同时, 华北东部中生代剪切挤压应力场逐渐增强, 东部隆起带形成并不断向西扩展, 沉积东界随之向

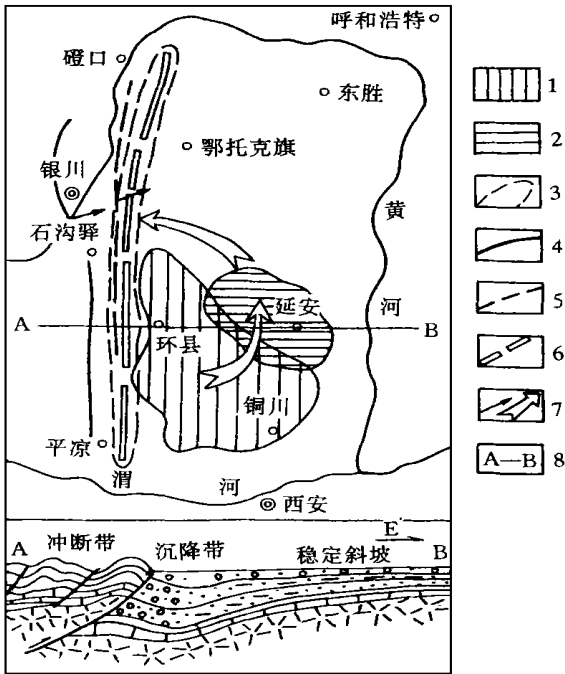


图 1 鄂尔多斯盆地中生代沉积—构造特征

(据长庆油田内部资料; 孙国凡, 1983; 修编)

1. 三叠纪(T)沉积中心; 2. 侏罗纪(J)沉积中心;
3. 白垩纪(K)沉积中心; 4. 三叠纪沉降带; 5. 侏罗纪沉降带
6. 白垩纪沉降带; 7. 沉积或沉降中心迁移方向; 8. 剖面位置

Fig. 1 Sedimentary and tectonic feature of the Mesozoic in the Ordos Basin

西部鄂尔多斯盆地方向迁移。至少侏罗纪沉积东界已迁至太行山以西, 白垩纪已移至强烈隆升变形的吕梁山以西, 大致相当于现今的鄂尔多斯盆范围。尤其是在上述大华北盆地向鄂尔多斯盆地退缩过程中, 沉积、沉降中心主体位于鄂尔多斯盆地中西部, 且规模不断萎缩, 盆地东部主要为接受东部隆升基底物源供应的稳定斜坡型碎屑岩沉积相区。但受白垩纪板内变形过程中吕梁复背斜强烈隆升的影响, 东部物源区的构造环境和物源类型可能变得相对较为复杂。

由此可见, 鄂尔多斯盆地是在统一大华北盆地萎缩过程中形成的, 是华北克拉通盆地的残余, 因而从其演化进程分析可称之为残延克拉通内盆地; 但就其构造成因环境而言, 它的形成显然主要受控于至少自晚三叠世即以开始, 并于燕山中晚期定型的盆地西缘逆冲推覆作用和过程, 最终铸成鄂尔多斯盆地“西部前渊沉降—东部稳定斜坡”的结构面貌, 具有前陆盆地的性质。然而, 中生代鄂尔多斯盆地

大概不是一个典型的前陆盆地, 因为西缘冲断带及其以西并不存在相应的 B 型俯冲带, 而是在早古生代贺兰坳拉槽和晚古生代碰撞谷回返基础上, 于中生代(尤其是燕山期)板内变形过程中形成的逆冲推覆带。因此, 将位于该冲断带前缘的鄂尔多斯盆地称之为类前陆盆地似乎更符合盆地的实际。

3 陆源碎屑成分与构造环境

沉积盆地的陆源碎屑成分受多种因素及其相互作用控制, 尤其是构造环境和作用决定着盆地和物源区的类型、陆源碎屑成分特征及其在时间和空间上的配置关系。这样, 陆源碎屑成分及其与构造成因环境的关系分析在很大程度上为盆地构造属性的厘定提供了一种可能的方法和途径。据此, 我们收集整理了鄂尔多斯盆地中生界碎屑岩薄片鉴定和化学成分分析的大量资料, 从中筛分出重点反映盆地东、西部构造活动性和沉积作用明显差异的砂岩骨架颗粒成分样品 76 个(西部 44 个, 东部 32 个), 砂岩主要元素化学成分数据 123 个, 并分层系求得无挥发分基础上砂岩主成分百分含量的平均值, 作为不同层系砂岩化学成分的代表值。在此基础上, 通过 Dickinson 三角图解判别以及与几种典型构造背景下砂岩化学成分的对比如分析, 综合厘定中生代鄂尔多斯盆地的构造属性。

3.1 碎屑岩骨架颗粒成分

采用 Dickinson 等提出的 QFL 和 Q_mFLt 三角形判别模式图^[4, 5], 分析中生代鄂尔多斯盆地砂岩的骨架成分特征及其反映的物源区和盆地的构造环境。其中, 石英颗粒(Q)包括单晶石英颗粒(Q_m)和多晶石英颗粒(Q_p); 不稳定多晶岩屑(L)包括火成岩及其变质岩岩屑(L_v)和沉积岩及其变质岩岩屑(L_s); 总岩屑(L_t)等于不稳定多晶岩屑(L)与多晶石英岩屑(Q_p)之和, F 为单晶长石颗粒。

在 QFL 和 Q_mFLt 判别图上, 三叠系和侏罗系砂岩投影点在盆地东、西部明显分离(图 2-A、B)。东部砂岩集中落入稳定的隆升基底物源区(BU), 偶有侏罗系少量投影点落入切割弧物源区(DA); 西部砂岩则主要落入与褶断逆冲相关的过渡大陆(TC)和(混合)再旋回造山带(RO、MP)物源区, 甚至包括中下三叠统砂岩组分投影点亦无一例外。但在白垩系砂岩判别图上(图 2C), 盆地东、西部砂岩投影点分离的趋势明显消失, 主体落入活动的(混合)再旋回造山带(RO、MP)物源区, 东部少有部分点落入切

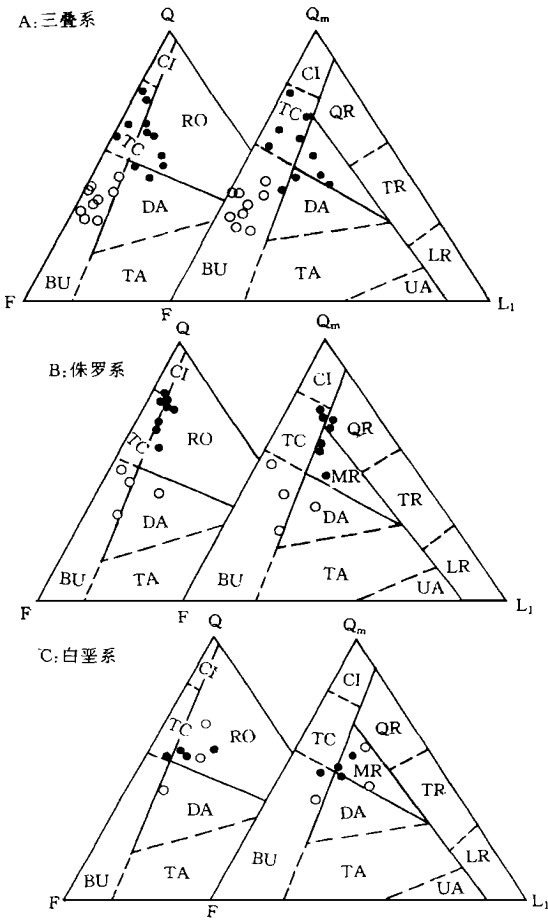


图 2 鄂尔多斯盆地中生代砂岩 QFL QmFLt 图解
(据长庆油田资料整理编辑)

CI= 克拉通内部 TC= 过渡大陆 BU= 隆升基底
RO= 再旋回造山带 QR= 石英再旋回造山带 TR= 过渡再旋回造山带 LR= 岩屑再旋回造山带 MR= 混合再旋回造山带 DA= 切割弧 TA= 过渡弧 UA= 未切割弧 ○ 东部砂岩 ● 西部砂岩

Fig. 2 Diagram of sandstone QFL and QmFLt in the Mesozoic of the Ordos Basin

割弧(DA)物源区。由此可以认为: ①盆地西缘冲断带自三叠纪早期即已开始, 持续发展于侏罗-白垩纪, 并于白垩纪燕山中晚期的陆内变形过程中最终定型; ②盆地东缘三叠-侏罗系砂岩成分较单一地落入隆升基底物源区, 反映其构造环境相对稳定, 但白垩系砂岩成分的复杂性则揭示了该区燕山中晚期的构造活动性相对增强, 显然与其东部吕梁复背斜的强烈隆升变形具有密切的成因联系。

3.2 碎屑岩化学成分

通常认为, 不同的盆地类型, 具有不同的沉积—

构造环境及其相应的砂岩化学成分特征。Ti 主要来自物源区, 且具有较低的迁移率, 是一个很有用的参数; Fe_2O_3 和 MgO 是对砂岩中含铁镁矿物的量度; SiO_2/Al_2O_3 (或 Al_2O_3/SiO_2) 已被示为砂岩的化学指数或石英富集程度的指标, 可以用来区分富硅的石英砂屑岩和富铝的砂岩; K_2O/Na_2O (或 Na_2O/K_2O) 是砂岩中钾长石和钾云母的含量对斜长石含量的度量, 被用来判别杂砂岩和长石砂岩; Fe_2O_3/K_2O 则可作为砂岩中矿物稳定性的标志, 可以有效地区分各种砂岩中的岩屑和长石。研究表明, 这些参数能很好地表征岩石的成因环境, 反映盆地和物源区的构造性质, 因此可以用来判别不同构造背景下砂岩的化学特征, 并据此推断不同构造成因背景下原始沉积盆地的构造属性类型。就陆源碎屑岩总的化学成分特征而言, 尽管存在一些化学成分的迁移或溶解交代, 但由于它们大致是在同一系统中进行的, 故其总的化学成分变化不大, 因此, 碎屑岩的化学成分似应比其骨架成分更能反映盆地和物源区的构造性质。如图 3 表示鄂尔多斯盆地与几种不同构造背景下砂岩的 $Fe_2O_3 + MgO$ 对 TiO_2 、 $lg(SiO_2/Al_2O_3)$ 、 K_2O/Na_2O 和 (Fe_2O_3/K_2O) 关系图。

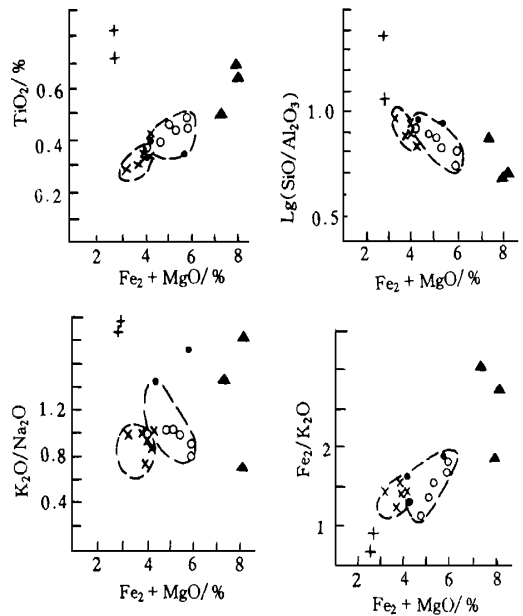


图 3 砂岩化学特征与沉积—构造环境关系图
(据长庆油田资料整理编辑)

○鄂尔多斯盆地 ● 典型的前陆盆地
× 裂谷盆地 ▲ 地槽 + 地名

Fig. 3 Relationship between sandstone chemical component and tectonic—sedimentary environment

按照 Pettijohn 等的砂岩化学分类, 与其它盆地类型相比, 前陆盆地砂岩属于低 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的不成熟砂岩类型, 其中多数砂岩的 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 和 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量比较稳定, 但 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 变化区间较大, 反映它们来自构造环境比较活动的混合型物源区。从图 3 可能看出, 鄂尔多斯盆地陆源碎屑岩在主要元素成分上与已经证实的美国怀俄明和瑞士阿尔卑斯等典型的前陆盆地砂岩非常相似, 化学成分投点大致落在同一区间之内, 且与其它构造环境相比具有相对高的 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ (4% ~ 6%) 和 TiO_2 (0.3% ~ 0.5%), 较高的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (0.8% ~ 1.7%) 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ (1.1% ~ 1.9%), 以及较低的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (5.5% ~ 8.9%)。这类砂岩的化学特征与北美地台型或秦岭、华南地槽型的区别是显著的, 表现在它们的 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ 高于地台型、低于地槽型, TiO_2 和 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 低于地台型, 也低于地槽型, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 低于地台型、但高于地槽型。尤其是这类砂岩与华北东部山东惠民第三纪裂谷盆地砂岩相比, 两者的化学成分投影点虽略有重叠, 但受其构造成因环境不同的影响, 它们的砂岩化学特征仍存在一定的差别, 裂谷盆地具有相对低的 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ (3.1% ~ 4.1%) 和 TiO_2 (0.1% ~ 0.4%), 较低的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (0.3% ~ 1.0%) 和 $(\text{Fe}_3/\text{K}_2\text{O})$ (1.0% ~ 1.5%), 以及较高的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (6.6% ~ 10.4%)。

上述砂岩化学特征对比分析的结果表明, 鄂尔多斯盆地中生代砂岩的化学特征与前陆盆地砂岩具有更大的相似性, 意味着它们具有基本相近的构造成因背景, 属于主要受控于稳定地块边缘逆冲推覆作用的前陆盆地。然而, 正如前文区域沉积—构造特征分析的结果, 中生代鄂尔多斯盆地可能并非一个典型的前陆盆地, 反映在砂岩化学特征上, 总的来说与典型的前陆盆地相比具有相对较低的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, 或者说具有较低的成熟度、较

高的粘土加碎屑铝硅酸盐含量和斜长石含量, 就此而论, 将其称之为类前陆盆地亦似乎更为贴切。

4 主要结论与认识

综合前述, 区域沉积—构造分析与陆源碎屑成分判别相结合的综合研究思路和方法, 为追溯内陆地区原始沉积盆地的物源类型的构造成因环境提供了一种行之有效的方法, 据此分析探讨并厘定了中生代鄂尔多斯盆地的构造属性。结果表明: ①鄂尔多斯盆地是一个受控于西缘逆冲推覆作用的类前陆盆地, 且具有“西部前渊沉降—东部稳定斜坡”的沉积—构造格局; ②盆地西部以冲积扇—扇三角洲粗碎屑沉积为特征的沉降带, 自晚三叠世开始出现并向盆地沉积中心区不断推进的事实, 表明西缘的逆冲推覆, 最迟发生于晚三叠世, 之后于侏罗—白垩纪持续发展并向东迁移, 构造活动性逐次增强; ③陆源碎屑成分揭示, 盆地西缘的逆冲推覆有可能在早在三叠世即已开始, 尤其是碎屑颗粒成分和化学成分特征进一步表明该盆地的构造属性为类前陆盆地。

致谢 本文得到赵重远和李文厚教授的指导与帮助, 参考并引用了长庆石油勘探局的有关内部资料, 在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- 1 赵重远, 刘池阳. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1990. 1~19
- 2 刘绍龙. 华北地区大型三叠纪原始沉积盆地的存在 [J]. 地质学报, 1996, 7(2): 128~137
- 3 孙国凡, 刘景平. 贺兰坳拉槽与前渊盆地及其演化 [J]. 石油与天然气地质, 1983, 4(3): 236~244
- 4 Dickinson W R. Sucaek C A. Plate tectonics and sandstone composition [J]. AAPG, 1979 63; 2 164~2 182
- 5 Dickinson W R. Provenance of North American Phanerozoic Sandstones in relation to tectonic setting [J]. Bull. Geol. Am., 1983, 94: 222~235

Terrigenous Clastic Composition and Its Tectonic Feature in the Mesozoic of the Ordos Basin

CHEN Gang

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

Abstract

The relationship between clastic composition and tectonic setting has provided a useful method to recognize the link of sedimentology and tectonic type. Based on the systematic analysis of regional sedimentary-tectonic character and clastic composition to determine the basin tectonic type of the Mesozoic in the Ordos Basin, it could be concluded as follows:

First, there was a sinistral sheared stress field in mechanical property of the North China craton during the Mesozoic. There formed two major tectonic elements under the deformation of the stress field. One is the large uplifted zone in the east, and the other is the Ordos Basin in the west. Simultaneously, the west edge thrust belt of the basin was formed. The main structure of the Mesozoic in the Ordos Basin was presented as "deep depression in the west—slope and forebulge in the east". Also, there were a large amount of conglomerate-clastic rocks of the Upper Triassic, the Upper Jurassic, and the Lower Cretaceous in the deep depression. These sedimentary tectonic characters showed that the Mesozoic of the Ordos Basin is most likely to be a quasi-foreland basin.

Meanwhile, the subsidence center of the Mesozoic in the Ordos Basin could not coincide with the sedimentary center. These two centers were not only changable but also located at different positions. From the late Triassic to the Early Cretaceous, the subsidence center of the west depression migrated along the thrust orientation, and the sedimentary center in the middle part of the basin circled anti-clockwisely. Obviously, It was the result of the west edge thrust belt of the basin and the sinistral sheared stress deformation of the North China craton during the Mesozoic.

Futhermore, most of the Mesozoic samples fall in the Recycled Orogen Provenances in the QFL and QFLT triangular diagram delineated by Dickinson(1979). It is suggested that the clastic resources of the fills in the Mesozoic be like that of the foreland basin. However, the most chemical component ratios of the Mesozoic samples are not of the typical foreland basin character, but similar to the quasi-foreland basin. For example, $Fe_2O_3 + MgO = 4\% \sim 6\%$, $TiO_2 = 0.3\% \sim 0.5\%$, $K_2O/Na_2O = 0.8\% \sim 1.7\%$, $Fe_2O_3/K_2O = 1.1\% \sim 1.9\%$ and $SiO_2/Al_2O_3 = 5.5\% \sim 8.9\%$.

Therefore, the Mesozoic Ordos Basin was not a typical foreland basin, but a quasi-foreland one. It was the most result of the west edge thrust belt of the basin during the Mesozoic, especially during the late Triassic, the late Jurassic and the Early Cretaceous.

Key words Ordos Basin Mesozoic continental clastic composition quasi-foreland basin