

断层相关褶皱

——鄂尔多斯盆地中的新构造样式

张进 张庆龙 任文军 岳焕印

(南京大学地球科学系, 南京 210093)

张军

(长庆石油勘探局研究院, 庆阳 710043)

本文介绍了断层相关褶皱的基本概念, 经对盆地地质情况的分析和野外观察, 并对贯穿鄂尔多斯盆地东西向的地震剖面做了解释, 证明有断层相关褶皱的存在。这为该地区寻找油气构造圈闭提供了新的思路和方法。

关键词 断层相关褶皱 地震剖面 鄂尔多斯盆地

第一作者简介 张进 男 25 岁 硕士 构造地质

1 引言

鄂尔多斯盆地位于华北地块西部, 面积 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是一大型叠合克拉通盆地, 也是我国大型沉积盆地之一(翟光明等, 1992)。盆地具有双层结构, 基底由太古界及早元古界的变质岩构成, 盖层为中上元古界、下古生界的海相碳酸盐岩层、上古生界-中生界的滨海相及陆相碎屑岩层。新生界仅在局部地区分布。盆地内部, 一般认为受挤压应力作用微弱, 地层平缓, 无明显构造发育。从石油地质的观点来看, 构造圈闭不发育, 以地层-岩性圈闭为主, 而构造圈闭仅发育于盆地边缘。但从盆地总体上来看, 盆地周缘被秦岭、贺兰山-六盘山、吕梁山、阴山等造山带所包围, 难以想象它们对盆地的作用很弱。盆地中地层平整, 倾角小于 1° , 缺乏大规模的构造变形可能只是一种表象。一种可能的解释就是盆地的盖层发生了一定规模的顺层滑动, 从而释放了由于周缘造山作用所产生的能量, 而地层却没有发生明显的构造变形。在我们观察的鄂尔多斯盆地中部钻井岩心中, 发现许多断层擦痕, 这说明该盆地并非铁板一块。现在的研究表明, 具有层次结构的地质体在构造动力(不论是水平的抑或垂直的)作用下, 每每发生顺层滑动(孙岩等, 1991)。H·哈肯也曾指出“系统的各部分之间互相协作, 结果整个系统形成一些微观个体层次不存在的新的结构和特征。”据研究, 笔者认为在鄂尔多斯盆地盖层中存在着顺层滑动, 而这种滑动同时也导致了断层相关褶皱的发育。

2 断层相关褶皱的基本内容

褶皱与断层是岩层发生构造变形的两种基本形式。它们之间发育的先后关系无外乎两种形式, 一种是岩石受力的作用产生弯曲, 当超过岩石的弹性极限之后发生断层。另一类型式则为岩石受力后先发生断层而后发生褶皱的变形过程, 即断层在发育过程中, 由于两盘岩石相对运动而产生的平面或剖面上的剪切作用, 使地层弯曲变形, 从而形成断层相关褶皱。简而言之, 就是由断层作用形成的褶皱, 它包括: 断层转折褶皱(断弯褶皱)、断层传播褶皱(断展褶皱)和滑脱褶皱(图 1)。

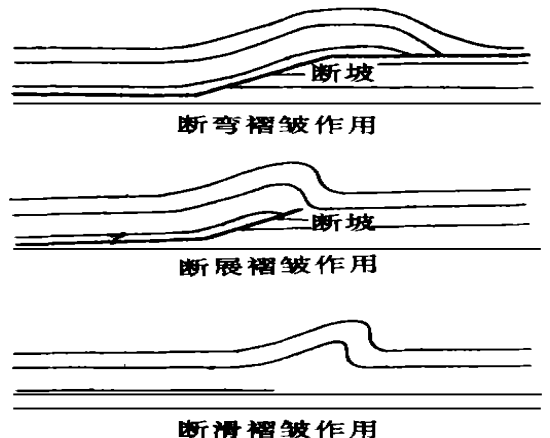


图 1 逆冲断层作用中形成的 3 类褶皱类型
(引自朱志澄, 1989)

Fig. 1 The 3 types of folds formed by thrust faulting

断层转折褶皱是逆冲岩块在爬升断坡过程中引起的褶皱,这种褶皱与断块密切相关。断层转折褶皱的断坡倾角很小,所形成的褶皱两翼倾角也较小,不易被识别,由于变形较弱,岩层完整性较好,容易形成良好的构造圈闭。

断层传播褶皱也与下伏逆冲断层的断坡密切相关,不过断层形成于逆冲断层的终端,而且是与断坡同时形成或近于同时形成的。这种褶皱意味着逆冲断层沿着断坡的位移逐渐消减以致停止,褶皱实际上是应变的地质表现。这种褶皱一翼很陡一翼很缓,但其岩层完整性不好,尤其是其核部岩层变形强烈,小断裂发育,因此不利于形成圈闭。

滑脱褶皱与断层传播褶皱相似,也产出于断层的终端,所不同的是与下伏逆冲断层的断坡无关,而是顺层滑脱的结果,在褶皱之下顺层滑脱的位移逐渐消减以致停止。滑脱褶皱发生于有能干层垫伏的柔性层之中,无根且常不协调,滑脱褶皱仅有断坪而无断坡;如果层状岩系中的韧性差适度而不显著,很可能发生断层传播褶皱(朱志澄,1989)。断层相关褶皱各部分的名称和相互关系如图 2 所示。

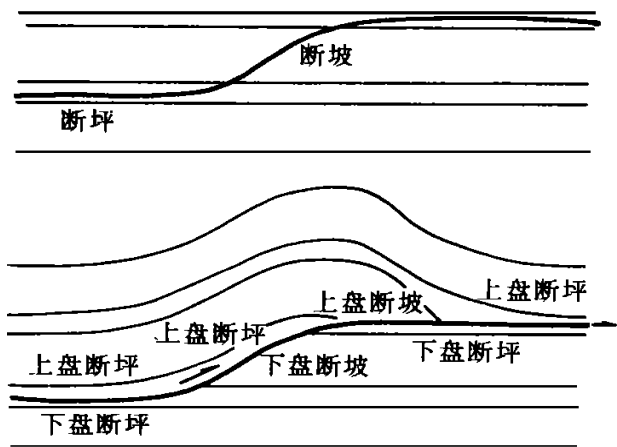


图 2 断层相关褶皱各部分间的关系

(据伍得华特等,1991)

Fig. 2 The relation among the parts of fault-bend fold

总之,我们从某种意义上可以说断层相关褶皱中的褶皱是断层活动的伴生构造,在构造变形过程中,断层是主导控制因素,而褶皱是附属产品。这种类型的褶皱均是由逆冲断层控制的。

逆冲推覆构造是在地壳中广泛发育的重要构造,从 19 世纪中期发现第一条逆冲断层以来,逆冲推覆构造就一直一直是构造地质学研究的主要内容之

一,成为探求构造的新理论和寻找油气田的新领域。

过去普遍认为大型的逆冲推覆构造只发育在造山带和前陆变形带,但近年来的研究表明,在构造变形相对稳定的地块中也发现了逆冲断层,而且相当发育(朱志澄,1989)。所谓稳定地块是大陆地壳上相对稳定的构造单元,盖层变形轻微。其中的逆冲断层与盖层中各构造单元存在着相关性。盖层中的逆冲推覆构造只限于盖层岩系,有时也有基底卷入,在变形中,一般以脆性状态与盖层一起变形。鄂尔多斯盆地的下古生界地层,为相对稳定的盖层岩系,其构造变形属于薄皮构造的研究范围。薄皮构造是指前陆沉积盖层在基底上滑脱变形,基底没有同时卷入变形,盖层变形的褶皱-逆冲带终止于滑脱面上,盖层变形与基底构成显著的不协调关系。随着研究的深入,现在已普遍认识到,薄皮构造不仅产出于褶皱造山带的前陆,在稳定地块上的大型盆地中也广泛发育。

随着知识的积累和研究的深入,当代地质学的重大进展之一就是发现地壳-岩石圈结构是一个复杂的多级次的不均一的三维体系,其中多层次层圈式结构对断裂的控制和断层顺层滑动具有重要意义,即地壳内软弱滑动层对构造发育深度层次的控制作用(孙岩等,1991)。由此可见,滑脱层是断层相关褶皱形成的必不可少的条件之一。滑脱面主要为不整合面、岩系界面、高塑性体和高孔隙液压带。在鄂尔多斯盆地中,根据钻井资料、地震剖面、地层资料和野外调查,结果认为存在着 5 个主要的滑脱层系: (1) 侏罗系延安组(J_{1y}) 底部深灰-灰黑色泥岩及煤层; (2) 三叠系刘家沟组(T_{1l}) 棕红色、紫褐色、紫红色泥岩; (3) 奥陶系马家沟组(O_{1m}) 浅灰色泥粉晶白云岩, 泥质白云质膏盐及灰黑色泥岩; (4) 寒武系馒头组(C_{1m}) 红色薄层状泥灰岩, 泥质白云岩和页岩; (5) 中元古界的长城系(Pt₂) 底部的泥质砂岩, 泥岩, 暗紫色、灰绿色页岩。

经过野外考察,我们在鄂尔多斯盆地西缘和南缘和各套地层中均发现了许多断层相关褶皱(图 3),其规模大小不一。

根据上述认识,我们认为在鄂尔多斯盆地中可能存在着断层相关褶皱。根据地质背景与地震反射特征,结合钻井资料,经重新解释有关地震剖面,证实了断层相关褶皱的存在。

总体看来,鄂尔多斯盆地内部地震反射界面比较平直,基本上不存在大幅度的复杂构造变形,岩层

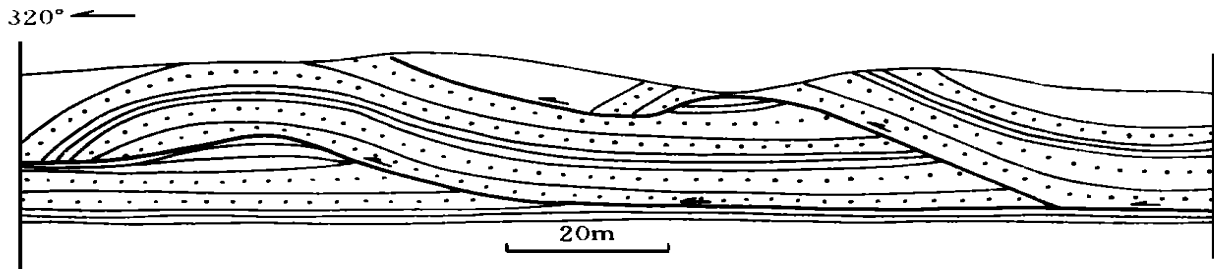


图 3 口镇圣人桥北二叠系中的断层转折褶皱剖面图

Fig. 3 Cross-section of a fault-bend fold in the Permian in the north of Shengrenqiao, Kouzheng

倾角平缓。但发现了不少断层相关褶皱和台阶状断层。

3 实例分析(以下古生界地层为例)

所解释的剖面为横贯盆地中央古隆起北部的 × × 剖面,近东西走向,全长约 320km。该剖面地层起伏总体不大。发育有多个较大的由顺层滑脱作用形成的断层转折褶皱。并形成很多台阶状逆断层,断层均与地层中的非能干层相连,顺层滑脱。由于地震分辨率的缘故,相信还有许多小的断层相关褶皱没有在剖面中反映出来。

该剖面内部,属鄂尔多斯西缘构造带,寒武、奥陶系地层沉积厚度大,地层全。在奥陶系地层中发育有一断层转折褶皱(图 4),底滑脱层为马家沟组底部常出现的一套碎屑岩——砂、砾岩和页岩。向东逆冲推覆,推覆距离约 3.45km,形成褶皱的地层较厚。在下盘断坡处,反射波同相轴向上翘,明显表现出了断层的拖曳作用。褶皱从剖面上看已被剥蚀了一部分,两根反射波同相轴向上至一层面,突然消失,表现出明显的削截现象。该削截面为一不整合面,说明该区域奥陶纪曾有过一段时间的沉积间断,这次沉积间断发生在中晚奥陶世之间。

在距剖面西端 55 ~ 85km 之间,发育有两个规

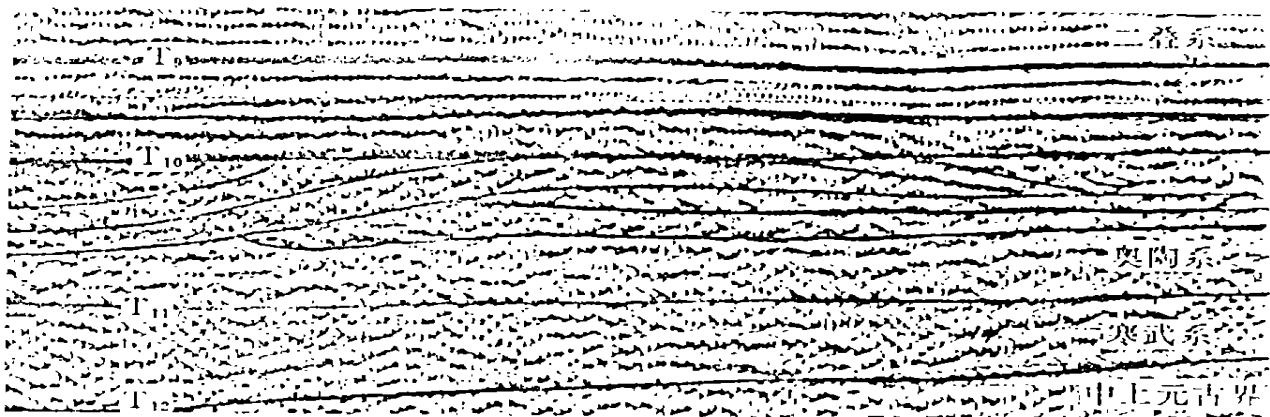


图 4 鄂尔多斯盆地 × × 剖面断层转折褶皱

Fig. 4 A cross-section showing fault-bend fold in the Ordos basin

模较大的断层转折褶皱(图 5),这两个褶皱的底滑脱层均为结晶基底(地震反射杂乱)顶部,顶滑脱层均为寒武系底部,向东推覆,推覆距离较大,表现为一个双重构造。由于地层重复,上覆地层(上古生界,中、新生界)也受其影响形成宽缓背斜,地震反射层

T₉(奥陶系顶部附近)表现最为明显。这两个褶皱左翼上部的同相轴表现为超覆现象,说明这两个褶皱是在寒武系地层沉积过程中形成的,形成时间为寒武纪。由于断层转折褶皱的作用,在这里形成了构造圈闭,是一个良好的油气储集区。

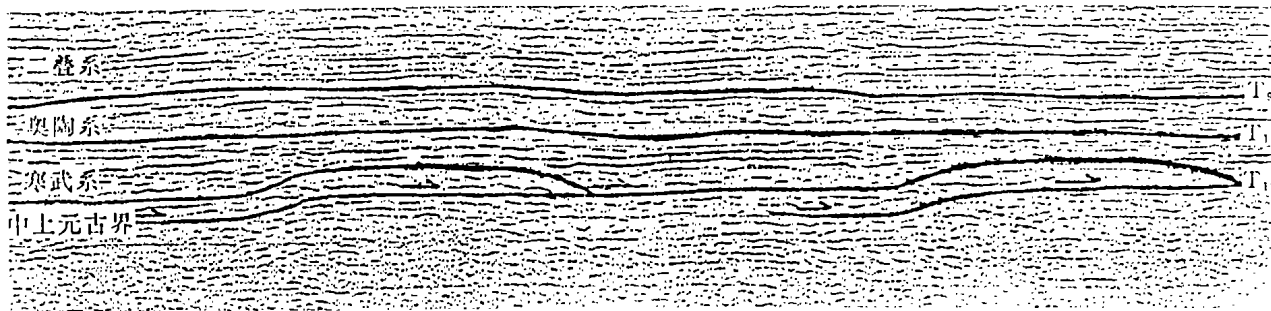


图 5 鄂尔多斯盆地 x x 剖面中的断层转折褶皱(双重构造)

Fig. 5 A cross-section showing duplex in the Ordos basin

距剖面西端 100 ~ 115km 之间, 奥陶系地层中发育有一大的背形隆起(图 6), 该隆起由 3 个断层转折褶皱依次叠覆而成, 为一逆冲叠瓦构造。主滑脱层底为奥陶系底部, 顶为石炭系底部, 向东推覆约 4km。该顶部由于隆起的原因, 沉积较薄, 或是风化剥蚀强烈, 从而使奥陶系顶部的两根反射波同相轴变成了一根, 并且弯曲变形。

上述为该剖面下古生界地层中 4 个较为明显的断层转折褶皱, 剖面中还存在多个类似的构造, 但不太明显, 卷入褶皱的地层不多, 形态简单, 下古生界

地层由于它们的影响, 每经过一段距离均会出现一个宽缓背斜, 背斜之间的地层平直, 很有规律性。另外, 在其他几条与该剖面平行的剖面中也发现了断层相关褶皱, 均向东推覆而成。总体而言, 上述构造多发育于剖面的西部和中部, 东部仅发育一些小断裂, 褶皱均由地层由西向东水平滑脱而形成, 说明造成地层滑脱的力来自西部, 且向东部逐渐衰减, 这可能与鄂尔多斯盆地西缘加里东期北祁连海槽与华北板块的近东西向碰撞有直接的关系。

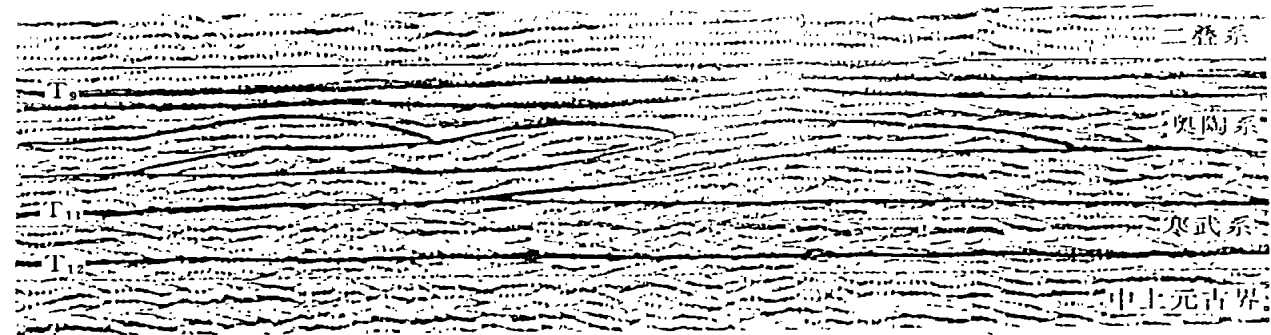


图 6 鄂尔多斯盆地 x x 剖面中的逆冲叠瓦构造

Fig. 6 A cross-section of thrust imbrication, the Ordos basin

4 结束语

断层相关褶皱尤其是断层转折褶皱易形成构造圈闭。目前, 用断层相关褶皱的模式来解释含油气构造, 已经在国外许多油田得到应用, 并且也取得了一定成效(伍得华特等, 1991)。在我国四川盆地东部据

研究表明, 其天然气藏形成的主要构造是由台阶状逆断层与相关地层因推覆收缩作用而形成的薄皮滑脱构造, 同时形成与之相关的断层转折褶皱和断层传播褶皱, 从而形成不同部位的含油气构造圈闭(张庆龙等, 1995)。鄂尔多斯盆地处于稳定板块内部, 地层总体上平直, 缺少大规模的构造变形, 但在其内部发育有断层转折褶皱, 这对寻找油气构造圈闭提供

了新的方向和思路。应值得注意的是,在盆地西南部、南部和西部,由于秦岭-祁连山和贺兰山-六盘山等造山作用的影响,古生界地层中均发育有不同规模的构造,断层相关褶皱也有发育,容易形成油气构造圈闭。因此,鄂尔多斯盆地中断层相关褶皱的发现和提出,对寻找新的油气藏类型,指出了方向。

参 考 文 献

1 N B 伍德华特, S E 博耶, J 萨普. 平衡地质剖面. 武汉: 中国地

质大学出版社, 1991

2 朱志澄. 逆冲推覆构造. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989

3 翟光明主编. 中国石油地质志(卷十二). 长庆油田. 北京: 石油工业出版社, 1992

4 孙岩, 施进泽, 舒良树, 沈修志. 层滑- 倾滑断裂构造与油气地质研究. 南京: 南京大学出版社, 1991

5 张庆龙, 卢华复, 何建坤, 朱斌. 大巴山前缘含油气构造条件. 天然气工业, 1995, 15(4): 5~9

(收稿日期: 1998 年 4 月 2 日)

FAULT-RELATED FOLD- - - THE STRUCTURAL STYLE IN THE ORDOS BASIN

Zhang Jin Zhang Qinglong Ren Wenjun Yue Huanying

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, 210093)

Zhang Jun

(Research Institute of Changqing Petroleum Exploration Bureau, Qingyang 730043)

Abstract

This paper introduced the basic conceptions of fault-related fold. By analysing the geological background of the Ordos basin, observing in the fields and interpreting one west-east seismic section which goes through the basin, the authors proved that there are fault-related folds existing in the Ordos basin. The study gave a new way to look for the structural traps in the basin.

Key words fault-related fold, seismic section, the Ordos basin