

# 断层相关褶皱理论在准噶尔盆地南缘山前带构造研究的应用

邵雨<sup>1</sup>, 陈伟<sup>2</sup>, 张伯友<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 西南石油学院 勘探系, 四川 南充 637001)

[摘要] 利用断层相关褶皱的构造几何分析方法, 对准噶尔盆地南缘山前复杂构造带内基于地震剖面进行了构造解析, 搭建了中、东段的构造轮廓和构造组合样式, 认为东段阜康断裂带主要表现为至地表的推覆逆掩。由于位移量大部分转移至地表, 阜康断裂带的前陆部分无喜山期构造带; 西段造山带内的挤压往前陆方向传递过程中以前列式不断释放其位移量, 造成在纵向上呈现三排主要的断层相关褶皱带。根据正演平衡地质剖面制作技术对山前复杂构造区地震剖面反射波的构造识别进行了模拟与探讨。

[关键词] 准噶尔盆地南缘山前带; 断层相关褶皱; 堆垛式双重构造; 正演平衡地质剖面

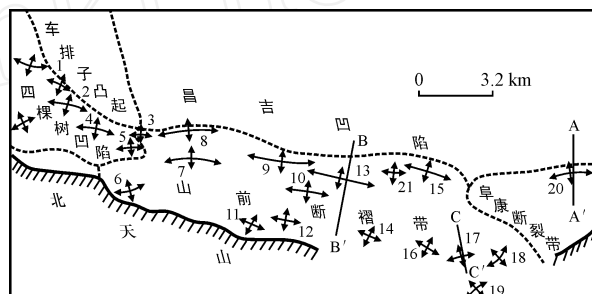
[中图分类号] P542.3 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)01-0026-04

[作者简介] 邵雨(1962-), 男, 山东菏泽人, 高级工程师, 博士研究生, 从事石油地质研究。

准噶尔盆地南缘在漫长的地质发育过程中, 经历了多期构造运动, 特别是喜山期受北天山挤压的影响, 使得盆地南缘山前强烈褶皱并伴随有一系列大型逆掩断层, 深浅(不同构造层次)构造相差很大。盆地南缘山前包括西部所谓的三排背斜带以及东部的阜康断裂带(图1)。构造区划上属准噶尔盆地一特大型坳陷, 发育多套生储盖组合, 沉积岩厚达15 km, 浅部构造是目前统称的近东西向延伸的三排构造带, 表现为断层向地表的叠瓦状逆冲或断层传播褶皱。深层次构造则呈现典型的堆垛式双重构造。南缘东部的博格达山前坳陷为二叠纪的前陆型生油坳陷, 发育巨厚的二叠系烃源岩, 具有丰富地油气资源和勘探前景<sup>[1]</sup>。

## 1 复杂构造带地震剖面构造解释的主要方法与手段

准噶尔盆地南缘地处北天山山前带, 构造复杂, 地震波反射品质差。对复杂构造区的研究和剖面解释, 目前, 国际上最常用和最重要的方法和手段是构造建模、构造几何解析和平衡分析(包括三



- 1 - 卡东背斜; 2 - 西湖背斜; 3 - 安西背斜; 4 - 独山子背斜; 5 - 独南背斜; 6 - 南安集海背斜; 7 - 霍尔果斯背斜; 8 - 安集海背斜; 9 - 玛纳斯背斜; 10 - 东湾背斜; 11 - 南玛纳斯背斜; 12 - 清水河鼻状构造; 13 - 吐谷鲁背斜; 14 - 齐古背斜; 15 - 呼图壁背斜; 16 - 昌吉背斜; 17 - 喀拉扎背斜; 18 - 西马庄背斜; 19 - 南小泉子背斜; 20 - 古牧地背斜; 21 - 呼西背斜; A-A', B-B' 和 C-C' 为所解释地震测线地理位置; 据新疆油田分公司

图1 准噶尔盆地南缘山前带构造纲要略图

Fig.1 Geologic map of structural frame in southern Junggar basin near north Tianshan Mountains

维平衡), 它可以使复杂构造区地震剖面解释的多解性降低到最低限度, 减小勘探的风险。

### 1.1 构造地质建模

构造地质建模是指运用现代构造地质学理论和方法, 利用计算机来模拟探区内构造运动和沉积的整个过程。复杂构造区, 合理地质构造模型是地震剖面构造解释的基础, 计算机构造建模可以对可能的多种构造样式进行模拟, 有助于判断部分地

震反射的真伪性(如喀拉扎背斜的构造解释)(图 4~图 6)。另外构造模型能模拟出构造活动时期因沉积速率与隆起速率比变化时导致的一些特有的沉积反射特征,有助于地震剖面的解释<sup>[2]</sup>。

1.2 地震剖面的构造几何解析与精细解释

利用断层相关褶皱几何模型<sup>[3]</sup>,对地震剖面进行几何分析,研究探区的构造变形特征,较为精细的确定断层与地层变形的形态和特征。

1.3 正演平衡地质剖面技术

通过构造变形的平衡恢复,寻求地震测线最合理地质解释方案,同时恢复构造变形的叠加过程和演化历史<sup>[4]</sup>。

1.4 三维构造的平衡分析——轴平面趋势分析法

构造轴平面趋势分析图实际上是平衡剖面技术在三维空间的延伸,它在平衡地质剖面 and 构造精细解释剖面的基础上,将各断层相关褶皱的前后翼轴面按一定的方法进行投影、连线并进行构造趋势解析,以确定目标区块构造变形的平面分布特征,包括背斜的展布、断层发育情况以及不同构造带的空间分布关系,建立地表构造的三维模型<sup>[5,6]</sup>。

2 准噶尔盆地南缘山前带构造格架

以乌鲁木齐为界分东西两部分,准噶尔盆地南缘山前带的构造格架存在较大地差异。

2.1 东部山前带构造格架

以阜康断裂为盆-山界线(图 1)。阜康断裂带主要表现为至地表的推覆逆掩,由于位移量大部分转移至地表,阜康断裂带的前陆部分无大的喜山期构造带。下面以过古牧地与台三井区的南北向地震剖面 A-A 的构造解释为例(图 2)。

阜康断裂下盘表现为断层转折褶皱(东段的台三井区)和以断层转折褶皱叠加为主的堆垛式双重构造(西段的古牧地)。这是早期的褶皱,因为阜康断裂下盘的堆垛式背斜南翼被阜康断裂破坏(断层的后翼突破)。正是由于它的存在,使得后期的阜康断裂沿滑脱面(西山窑组底部煤层)向前陆传递过程中受阻,在褶皱后翼突破至地表(图 2)。

阜康断裂上盘的阜康背斜表现为推覆褶皱的形态。往南阜康背斜、七道湾背斜等呈现涉及基底的断层传播褶皱叠加样式,导致 K、J 出露地表。

东部山前带构造的主要滑脱层为:基底附近的软弱层(下滑脱面);侏罗系内的煤层(上滑脱面)。

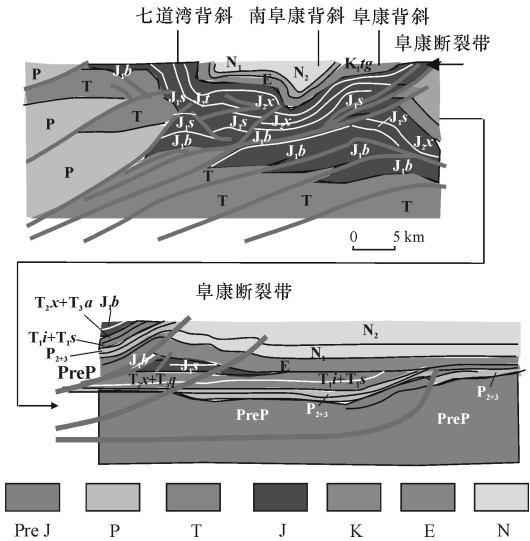


图 2 东部盆-山构造格架(以古牧地和北三台区的 A-A 地震剖面为例)  
Fig. 2 Structural cross-section throughout the east part in Southern Junggar Basin (Based the A-A seismic cross-section through Gumudi and Northern Santai section)

2.2 西部山前带构造格架

虽然西部山前带的构造横向上也存在变化,但总体存在三排构造褶皱带。由于造山带内的挤压往前陆方向传递过程中以前列式不断释放其位移量,造成在纵向上呈现三排主要的断层相关褶皱带,这也是与东部构造带的区别所在。这里以过齐古背斜、吐谷鲁背斜的一地震剖面为例。

齐古背斜深部对应的滑脱面在白垩系下部分叉:一部分转至安集海组泥岩内水平滑动(E底),并在吐谷鲁处推覆至地表,形成吐谷鲁背斜;一部分通向地表(即常说的齐古断裂),形成一断层传播褶皱(即齐古背斜),从地震剖面中 K、E 地表层位向下与地震剖面追踪的相当层位的明显错动可说明这点(图 3)。

齐古断裂是在古构造(白垩纪期间形成)基础上于喜山中晚期定型的断裂构造。古构造存在的标志:背斜北翼地表出露的白垩系比齐古断裂下盘的原地系统的白垩系明显减薄,K 及其上下层位产状一致(平行不整合接触),指示在白垩纪,齐古背斜上盘已处于断隆状态,上下盘间存在古断裂,造成南北两翼 K 厚度的突变。

后期(喜山中晚期),自南部的挤压在齐古附近形成复合的断层传播褶皱。由于背斜上地表出露的 K、E 地层与下盘地震剖面上追踪的相当层位有较大错动,推测在后期存在断层往前翼的突破(图 3)。

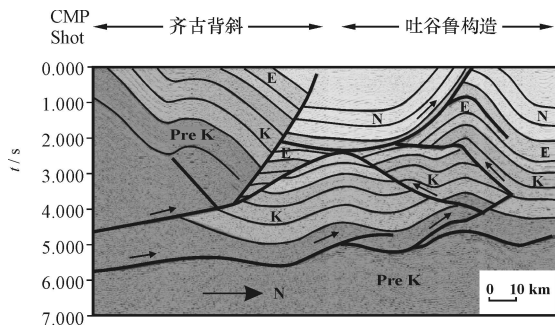


图 3 东部构造格局(过吐谷鲁背斜的 B-B 地震剖面)

Fig. 3 Structural cross-section throughout the west part Southern Junggar Basin (Based the B-B seismic cross-section through Tugulu anticline)

强烈的挤压造成齐古背斜前翼的下盘出现三角构造带<sup>[2]</sup>,构造运动的位移量部分被反冲断层消减,形成后列式叠加构造三角楔,褶皱过程中在  $E + N_1$  内出现褶皱调节断层<sup>[7]</sup>,使得地表处  $N + Q$  地层变为陡倾;后期的挤压导致断层向前传递,沿  $E_2 - 3a$  内泥质层滑动并向上推覆至地表,形成吐谷鲁推覆背斜(图 3),这是构造分析中断层一致性法则的典型实例。

吐谷鲁构造前陆为呼西背斜,呈宽缓箱状背斜,表明源自造山带内位移量在此已逐渐减小消失。

### 3 构造建模在喀拉扎地震剖面解释中的应用

喀拉扎背斜是在一个大型断层转折褶皱中前翼叠加反向逆冲的断层传播褶皱而成,成因上属突发变形带(Pop-Up)或三角构造带。

值得注意的是,在齐古背斜前翼的  $J_{1-2}$  内存在多组向北倾的交叉状反射波组(图 4),从堆垛式双重构造的演化模型可看出,这是双重构造叠加体前锋构造变形的典型特征。根据各构造体的叠置高度推测,该构造体系局限在  $J_1$  顶底的煤层内(上下滑脱面为顶底煤层,断坡切割  $J_1$ ),至少存在两个构造体的叠置(地震剖面上有 3 组收敛的反射波组),形成堆垛式双重构造,其中倾角较缓的反射波组对应断层面;另一组反射波组表示层面(图 5,图 6)。

利用平衡地质剖面正演技术,结合构造几何分析,可以模拟出喀拉扎构造的形成和发展过程,以验证上述构造分析的合理性:

(1) 喜山晚期,首先在  $J_1$  内形成小规模堆垛

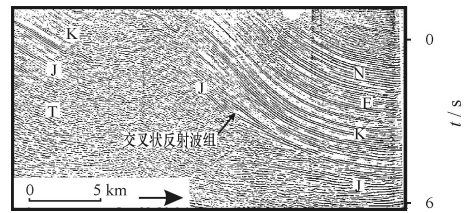


图 4 过喀拉扎构造地震剖面中背斜前翼 J 内的交叉状反射波组

Fig. 4 Group of fork reflections in the J near the front-limb of anticline through the Kalazha anticline

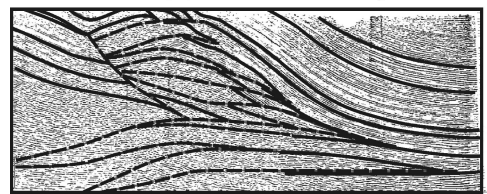


图 5 地震剖面中交叉状反射波组的构造解释

Fig. 5 Structural interpretation of the fork reflection in the seismic cross-section

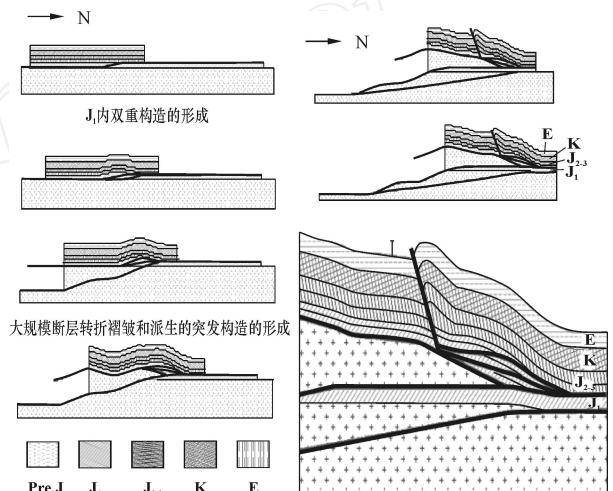


图 6 由计算机模拟的喀拉扎背斜的构造形成模式

Fig. 6 Simulated structural forming mode of Kalazha anticline

式双重构造,其三角形收敛前锋是造成现今地震剖面中 J 反射层内交叉状反射波组的主要元素。

(2) 随后较大规模断层转折褶皱开始形成,阶梯状断层的下断坡可能位于基底,断层向上切割古生界,在  $J_1$  底部的煤层内转为水平滑动。其形成早期,在断层断坡处派生出次级突发构造,经后期大规模位移至现今位置,形成地表处的喀拉扎背斜。

### 4 结论

在复杂构造区域,基于断层相关褶皱理论的构

造建模以及构造几何分析是地震剖面构造解释中较为关键的环节。合理地构造样式及其叠加组合(构造建模)是地震剖面构造精细解释的基础,平衡地质剖面制作可以为解释人员提供较为合理地构造解释方案。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王隆平,温佩琳. 阿尔泰山南缘地球物理场特征与矿床分布规律[J]. 西安工程学院学报,2001,23(3):46~49.
- [2] Newson A C. The future of natural gas exploration in the foothills of the west Canadian Rocky Mountains[M]. The Leading Edge,2001,
- [3] Suppe J. Principles of structural geology: Englewood Cliffs [M]. New Jersey,Princc Hall,1985. 537.
- [4] Wilkerson S M, Dicken C L. Quick-look techniques for evaluation two-dimensional cross sections in detached contractional settings[J]. AAPG Bulltin,2001,85(10):1759~1770.
- [5] Shaw J H, Hook S C, Suppe J. Structural trend analysis by axial surface mapping[J]. AAPG,1996,78(5):700~721.
- [6] Begin N J, Lawton D C, Spratt D A. Seismic interpretation of the Rocky Mountain thrust front near the Crowsnest Deflection, Southwestern Alberta[M]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1996. 44.
- [7] Mitra S Fold-accommodation faults [J]: AAPG Bulletin, 2002,86:671~693.

## Application of the geometry of fault-related folding to the southern Junggar Basin

SHAO Yu<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>2</sup>, ZHANG Bo-you<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences Guangzhou 510640, China;

2. The South West Petroleum Institute, Sichuan Nanchong 637001, China)

**Abstract:** Using the structural geometric model of fault-related folding, we constructed the geological outline of the southern Junggar Basin near north Tianshan. The seismic across-reflect in the complex structural region can be recognized structurally by forward balanced geological cross-section simulating. In the complex structural region, the key of seismic section interpretation built the structure model and structural geometric analysis, in those processes balanced section can take the interpreter reasonable structural explain project.

**Key words:** southern Junggar Basin near north tianshan; fault-related folding; the antiformal duplex; the construction of forward balanced cross-section

[英文审定:周军]

(上接第 25 页)

## Rediscussion of the mechanism of the northwest trending structures in the southern part of Helan Mountains

ZHANG Jin<sup>1</sup>, MA Zong-jin<sup>1</sup>, Ren Wei-jun<sup>2</sup>

(1. School of Earth and Space Sciences, Peiking University, Beijing, 100871;

2. Department of Geophysical Survey, Changqing Oil Field Company, Ningxia Wuzhong, 751104)

**Abstract:** There are several sets of structures in the southern part of Helan Mountains, which are mostly trending north-west. However the mechanism of these structures have not been recognized clearly yet, there are many disputations. Based on the study of the field, we find that it is the movement of the Qingtongxia-Guyuan fault that led to the formation of these northwest trending structures. In other words, all these northwest trending structures were developed in the site where the movement of fault changed from strike-slip to thrust; furthermore, it also means that in the Cenozoic the block limited by Qingtongxia-Guyuan fault was moving eastwards, and the northwest trending structures were developed in the Cenozoic, so there may be close relationships between the formation the northwest trending structures and the evolution of the Qinghai-Tibet Plateau.

**Key words:** Helan Mountain; Qingtongxia-Guyuan-Niushoushan fault; northwest trending structures

[英文审定:周军]