

文章编号: 0253-9985(2007)03-0345-10

# 准噶尔盆地南缘褶皱-冲断带的构造变换带特征

汪新伟<sup>1</sup>, 汪新文<sup>2</sup>, 马永生<sup>3</sup>

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083 2. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083  
3. 中国石油南方勘探开发分公司, 云南昆明 650200)

**摘要:** 研究区的横向构造变换带根据其对应区域构造分段作用的规模分为 3 个级别, 分别控制了相邻区块的构造-沉积演化和构造线展布、构造样式与变形程度的差异; 纵向变换带的特征主要表现为逆冲断层和背斜系斜列分布、逆冲位移纵向斜列传递; 构造变换带形成的主控因素主要与基底构造、先存构造、滑脱断层在走向和倾向上沿多层次滑脱的转变、沉积相和岩性差异以及挤压力的作用方式等有关; 它的纵向分带、横向分段作用, 控制了褶皱-冲断带不同区带、区段的变形样式, 从而控制了油气勘探的有利构造分布。

**关键词:** 构造变换带; 主控因素; 褶皱-冲断带; 准噶尔盆地南缘

**中图分类号:** TE111 **文献标识码:** A

## Characteristics of structure transform zones in the fold-thrust belts on the southern margin of Junggar basin, Northwest China

Wang Xinwei<sup>1</sup>, Wang Xinwen<sup>2</sup>, Ma Yongsheng<sup>3</sup>

(1. Petroleum Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083 2. School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083 3. Southern Exploration and Development Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200)

**Abstract** The lateral tectonic transform zones in the fold-thrust belts at the southern margin of Junggar basin can be classified into three levels. They dominate the structural-sedimentary evolution, spreading of structural lines, structural pattern and deformation extent in the study area. While the vertical transform zones feature in echelon distribution of the main thrust faults and anticline systems. The main factors that control the formation of the lateral and vertical tectonic transform zones are related to the basement structures, former structures, detachment faults, differences in sedimentary facies and lithology, and compression stress pattern and so on. They control the patterns of deformation in different areas and segments of the folded-thrust belt and the distribution of potential prospects in study area.

**Key words** tectonic transform zone; main controlling factor; folded thrust belt; southern margin of Junggar basin

构造变换 (tectonic transfer) 的思想源于对褶皱-冲断带横剖面平衡的考虑。构造变换带又称传递带 (transfer zone) 或调节带 (accommodation zone), 其概念由 Dahlstrom (1970)<sup>[1]</sup> 在研究挤压变形中褶皱-冲断带的几何形态时首次提出。挤压变形带的构造位移量在区域上是守恒的, 但逆冲断层带各段内的单个构造型式不是不变的。当逆

冲断层带沿走向变化时, 可以见到一条主逆冲断层通过其它形式的构造 (如分支断层和褶皱) 传递到或者变换为另一条主逆冲断层, 这种位移发生变换的区域称为纵向构造变换带 (或纵向传递带), 其特点是位移量沿逆冲断层走向保持不变或逐渐变化。如果褶皱-逆冲断层带的总位移或缩短量沿走向在相对短的距离内发生显著变化, 则

收稿日期: 2006-11-13

第一作者简介: 汪新伟 (1968-), 男, 博士后, 盆地构造与盆地模拟

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科研项目 (XBKT2004KY03003)

发育横向构造带以调节两侧不同的缩短变形<sup>[2]</sup>, 此类横向构造带称为横向构造变换带 (或横向调节带)。其特点是褶皱冲断带常被分成若干变形区段, 区段内变形样式和变形程度相对均一, 区间则差异较大; 不同区不同型式的褶皱-冲断带为具走滑性质的横向变换带分隔开, 形成纵向分带、横向分段的构造格局<sup>[3]</sup>。

国内外石油地质学者对变换构造的研究多集中于伸展地区, 并提出了许多不同的、具指导意义的分类方案和相关概念<sup>[4-6]</sup>。对于挤压地区的变换构造类型与成因, 我国有少数学者在塔里木和柴达木地区进行了探讨<sup>[7-9]</sup>, 并多借鉴了伸展地区的分类方法, 如吴奇之等 (1997)<sup>[10]</sup>按逆冲断层的位置和方向把传递带 (或构造变换带) 分为 3 类 (对冲、背冲、单冲) 4 型 (接近、叠覆、平行、共线), 并对逆冲构造带进行倾向分带、走向分段、垂向分层。

准噶尔盆地南缘众多油气田的相继发现以及北天山山前因挤压所形成的构造带的成排展布, 吸引了大量学者进行了卓有成效的研究<sup>[11-15]</sup>, 但对于本区褶皱-逆冲断层带的“构造分段作用”及其成因与“位移纵向传递方式”的研究, 一直是一个薄弱环节。本文在大量地震地质剖面解释的基础上, 以构造变换带的类型、构造样式的差异为依据, 来分析褶皱-冲断带内横向构造变换带 (或调节带) 的构造分段作用与纵向构造变换带 (或传递带) 的位移传递方式, 并归纳构造变换带发育的主控因素。这一研究工作不仅对于了解构造的三维变化、构造发育机制等具有重要的理论意义, 同时对研究构造-沉积关系、油气聚集成藏与油气保存 (或破坏) 等具有重要的实际意义。

## 1 褶皱-冲断带的纵向分带

准噶尔盆地南缘位于准噶尔盆地与北天山的结合部位 (图 1), 其区域构造演化在经过早古生代一早石炭世的多旋回小洋盆开启-闭合阶段后, 石炭纪末的构造运动, 海盆闭合, 构成了本区的褶皱基底<sup>[16]</sup>; 从二叠纪至第四纪进入陆内裂陷-拗陷-前陆盆地发育阶段, 累积的盖层厚度在最深处超过 10 km。受多期构造运动的影响, 尤其是喜马拉雅期的陆内俯冲作用, 在准噶尔盆地南缘形成

了多排具规律分布的褶皱-逆冲断层带。在中-西部四棵树-玛纳斯地区表现为中生代和古近纪一新近纪的地层在山前形成 3~4 排近东西向平行排列的以背斜为主的褶皱群, 背斜南翼缓北翼陡, 且北翼常有压性断裂伴生; 东部博格达山地区则呈一向北凸出的弧形结构, 其北缘褶皱呈线型状沿弧形展布, 在其南缘与柴窝堡地区的新生代地层断接, 总体上呈扇形构造; 在柴窝堡凹陷及邻区, 显露的与隐伏的冲断-褶皱的构造线主要为近东西向, 其次为北东向 (图 1)。

根据褶皱-逆冲断层系位移纵向传递的观点以及褶皱-冲断带的基底卷入型和滑脱型, 将准噶尔盆地南缘的褶皱-冲断带在纵向上由南至北划分为 3 个带, 即逆冲推覆构造带、基底卷入型褶皱-冲断带和盖层滑脱型褶皱-冲断带 (图 1, 图 2), 其分布边界在研究区中-西部地区分别为控制伊林哈比尕山山前褶皱-冲断带的两条大断裂, 即亚马特-拜辛德达坂大断裂和四古南-托斯台-齐古-乌鲁木齐西大断裂; 在东部博格达山山前则分别为三工河断裂和魏家泉-妖魔山-大龙口-泉子街断裂。其中, 逆冲推覆构造带表现为组成基底的石炭系逆冲或推覆在二叠系与中-新生代地层之上; 基底卷入带则以组成基底的石炭系被逆冲断层抬升且被卷入冲断-褶皱为特征; 盖层滑脱带表现为盖层在变形过程中受泥岩层、煤层等塑性滑脱层的影响, 垂向上多呈现 2~3 层构造, 基底变形微弱<sup>[17]</sup> (图 2)。褶皱-冲断带的变形位移量由南向北在此 3 个纵向带内依次传递, 但总构造位移量区域上应保持大体一致。

## 2 横向构造变换带的构造分段

受一些规模较大的横向变换构造带的影响, 准噶尔盆地南缘的褶皱-冲断带在南北分带的基础上, 出现东西分块的构造分段现象。本文根据其区域构造分段作用的规模, 将研究区的横向构造变换带划分出为 3 个级别 (图 1)。其中, 一级构造变换带主要为一些深大断裂带, 其分段作用使相邻区块的构造-沉积演化、褶皱-冲断带的变形方式和变形程度、构造线展布等方面均存在着较大差别; 二级构造变换带主要分布于基底卷入带或盖层滑脱带内, 相邻变形区块构造格局大体

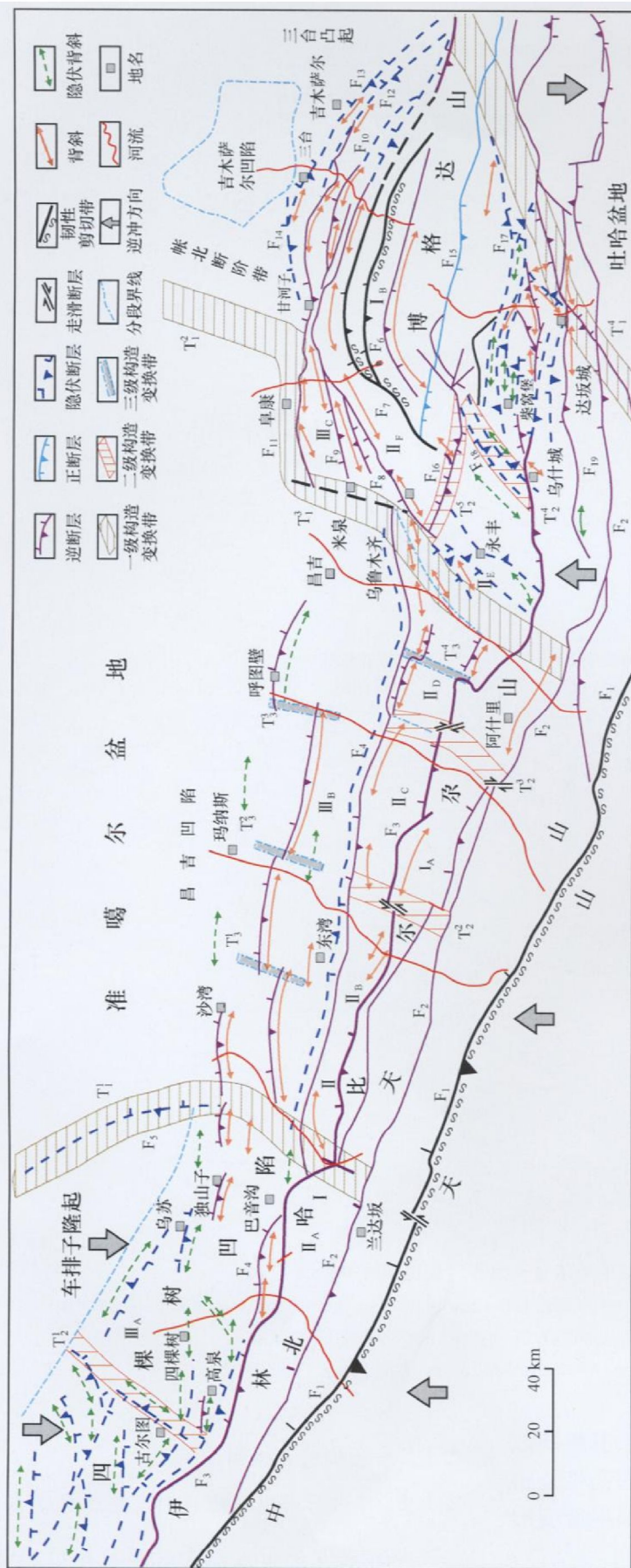


图 1 准噶尔盆地南缘冲断—褶皱带分段构造与构造变换带分布

Fig.1 Simplified structural map of thrust-fold belt and transfer zones in the southern Junggar basin

- I. 逆冲推覆构造带; I<sub>A</sub>, 伊林喀巴尔杂山逆冲推覆构造带; I<sub>B</sub>, 博格达山逆冲推覆构造带; II. 基底卷入型冲断-褶皱带; II<sub>A</sub>, 托斯台段; II<sub>B</sub>, 南安集海-南玛纳斯段; II<sub>C</sub>, 清水河-齐古段; II<sub>D</sub>, 昌吉-喀拉扎段; II<sub>E</sub>, 南北小果子段; II<sub>F</sub>, 妖魔山-大龙沟段; III. 滑脱型冲断-褶皱带; III<sub>A</sub>, 高泉-西湖-独山子段; III<sub>B</sub>, 安集海-霍玛吐-呼图壁段; III<sub>C</sub>, 古牧地-三台段; F<sub>1</sub>, 中天山北缘深断裂; F<sub>2</sub>, 兰达坂-阿什里南深断裂; F<sub>3</sub>, 亚马特-拜辛德达坂大断裂; F<sub>4</sub>, 四古南-托斯台-齐古-乌鲁木齐西大断裂; F<sub>5</sub>, 红车断裂; F<sub>6</sub>, 冰草台断裂; F<sub>7</sub>, 三工河断裂; F<sub>8</sub>, 妖魔山断裂; F<sub>9</sub>, 魏家泉断裂; F<sub>10</sub>, 大龙口-泉子街断裂; F<sub>11</sub>, 阜康断裂; F<sub>12</sub>, 小龙口-韭菜园子断裂; F<sub>13</sub>, 三台-孚远断裂; F<sub>14</sub>, 五梁山断裂; F<sub>15</sub>, 博格达主脊南正断层; F<sub>16</sub>, 红雁池-柳树沟逆断层; F<sub>17</sub>, 博南断裂; F<sub>18</sub>, 三葛庄-乌什城断裂带; F<sub>19</sub>, 柴南缘断裂; T<sub>1</sub>, 一级构造变换带; T<sub>2</sub>, 车排子东缘-巴音沟东构造变换带; T<sub>3</sub>, 帐北断阶西缘构造变换带; T<sub>4</sub>, 米泉-乌鲁木齐-永丰构造变换带; T<sub>5</sub>, 达坂城东南构造变换带; T<sub>6</sub>, 二级构造变换带; T<sub>7</sub>, 高泉西构造变换带; T<sub>8</sub>, 玛纳斯河构造变换带; T<sub>9</sub>, 乌什城-哈拉房构造变换带; T<sub>10</sub>, 呼图壁河东构造变换带; T<sub>11</sub>, 红雁池-柳树沟构造变换带; T<sub>12</sub>, 三级构造变换带; T<sub>13</sub>, 霍尔果斯-玛纳斯-吐谷鲁-吐谷鲁-三屯河构造变换带; T<sub>14</sub>, 呼图壁构造变换带; T<sub>15</sub>, 三屯河构造变换带

$T_1^{(3)}$ : 霍尔果斯-玛纳斯-吐谷鲁-吐谷鲁-呼图壁构造变换带;  $T_1^{(1)}$ : 三屯河构造变换带

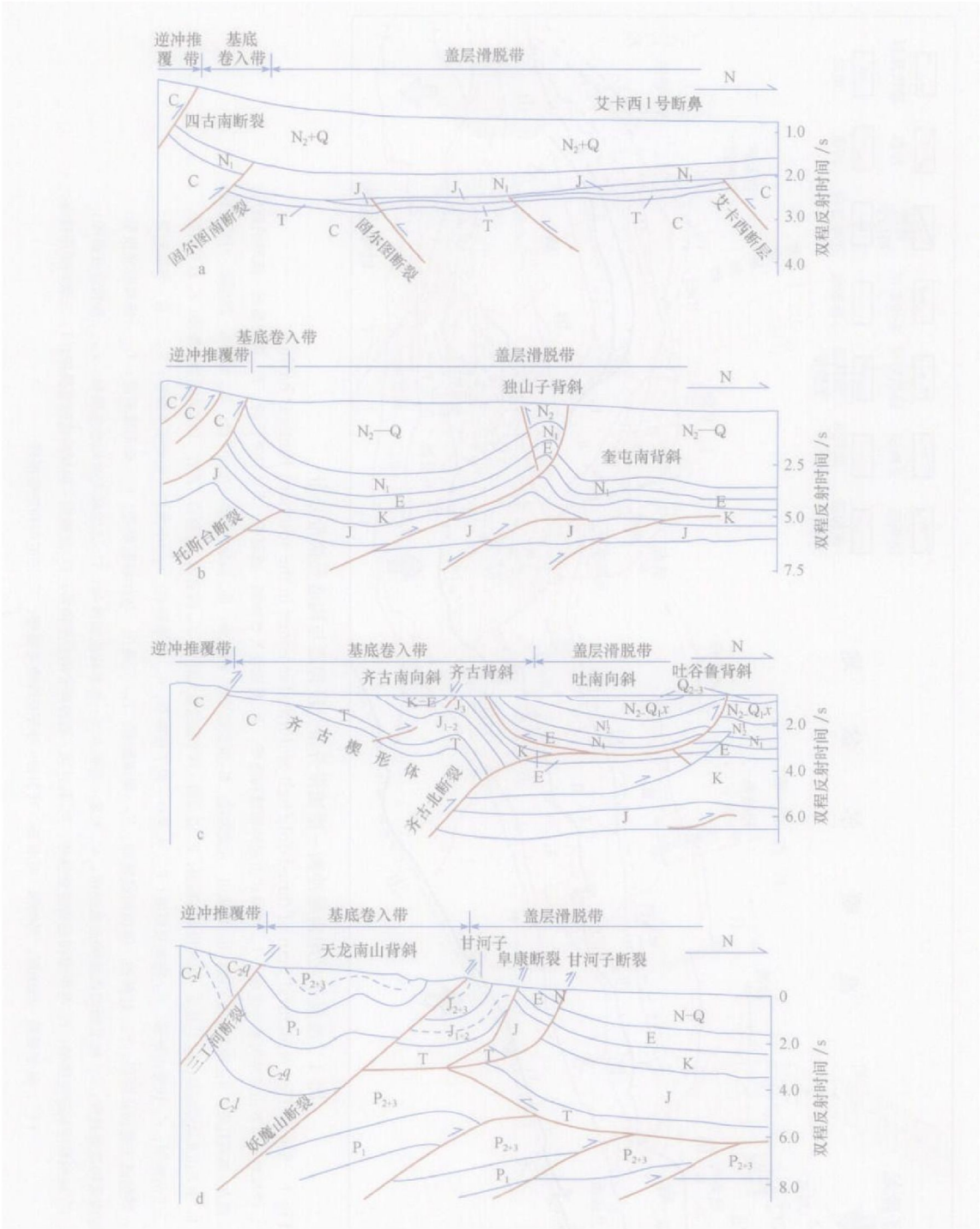


图 2 准噶尔盆地南缘地震地质解释剖面

Fig. 2 Geological interpretation of the seismic reflection profiles at the margin of southern Junggar basin

- a. 固尔图地区 Z01XY201测线; b. 巴音沟—独山子剖面;
- c. 齐古—吐谷鲁 (N8616S—N8617A); d. 甘河子地区 T8508测线

一致、但构造样式与变形强度有所不同, 其影响范围受一级构造带控制, 二级构造带控制且地

2.1 一级构造变换带

向-北北西向展布,在北段分开了准噶尔盆地腹部与车排子隆起、在南缘地区分开了昌吉凹陷与四棵树凹陷(图 1)。该构造带控制了西侧车排子隆起和东侧昌吉凹陷自晚古生代以来的沉积-构造演化格局,具体表现为:其西侧的车排子隆起在海西晚期、印支期和燕山期均发生了强烈的构造运动与构造变形,造成了基底的大规模抬升和沉积盖层的严重剥蚀与缺失;这与其东侧昌吉凹陷巨厚的沉积盖层、深埋的基底及微弱的构造变形构成了极大的反差(图 3)。从山前褶皱-冲断带的变形样式上看,尽管该构造变换带两侧的构造线基本一致(近东西向),但西侧四棵树地区逆冲推覆带的推覆距离大、基底卷入带窄小,局部地区(巴音沟南)逆冲推覆带的前峰断裂直接盖在基底卷入带的前缘断裂之上、盖层滑脱带发育与主逆冲方向(向北)相反的反冲断层及其相关褶皱,且愈往西反冲断层与相关褶皱占优势(图 1);相比较而言,东侧玛纳斯地区逆冲推覆带的推覆距离相对较小、基底卷入带较宽、盖层滑脱带未见反冲断层及其相关褶皱的发育(图 2)。这些变形差异可能与车排子地区的基底古隆起和其上较薄的沉积盖层有关。在褶皱-冲断带形成的主要时期——喜马拉雅期,由南向北传递的作用力在车排子地区受基底古隆起的阻挡发育向南反冲的冲断-褶皱系,同时致使四棵树地区盖层滑脱带的缩短率相对较小、缩短量被转移到逆冲推覆带上,表现为该地区逆冲推覆带推覆距离大、基底

卷入带窄小。

## 2.1.2 帐北断褶带西缘构造变换带( $T_1^2$ )

帐北断褶带西缘构造变换带呈近南北-北北东向展布,边缘发育大型断裂带,控制了东侧准东隆起与西侧昌吉凹陷中-新生代的沉积-构造演化及其构造变形差异(图 1)。准东隆起的基底隆升很高,燕山期强烈的构造变形使中生代地层剥蚀严重,尤其以燕山中期(侏罗纪末)和晚期(白垩纪末)的构造变形较强为特点,中生代地层剥蚀严重,在甘河子-三台一带缺失上侏罗统喀拉扎组( $J_3k$ )-白垩系,古近系直接覆盖在齐古组之上( $J_3q$ )<sup>[18]</sup>;而西侧昌吉凹陷中生代的构造变形微弱,基底埋藏深(图 3),中生代以来的地层发育较全。构造变形的差异表现为,构造变换带西侧玛纳斯地区基底卷入带和盖层滑脱带出露的地层较新,为侏罗系-第四系、盖层滑脱带的主逆冲断层的滑脱层位为侏罗系煤系地层、下白垩统和古近系的泥岩层<sup>[17]</sup>;而其东侧博格达山北缘相应的褶皱-冲断带出露地层较老,由西至东依次为侏罗系、三叠系和中二叠统,主逆冲断层的滑脱层位亦逐渐变深,由西而东依次为侏罗系底部煤系地层(古牧地)、三叠系底部泥岩(甘河子,图 2d)与中二叠统芦草沟组底部泥岩(吉木萨尔南侧)<sup>[19]</sup>。这些变形差异与准东基底隆升较高、博格达山山前褶皱-冲断带在后期变形时受前方隆升基底的强烈阻挡、冲断-褶皱系被抬升较高密切相关。

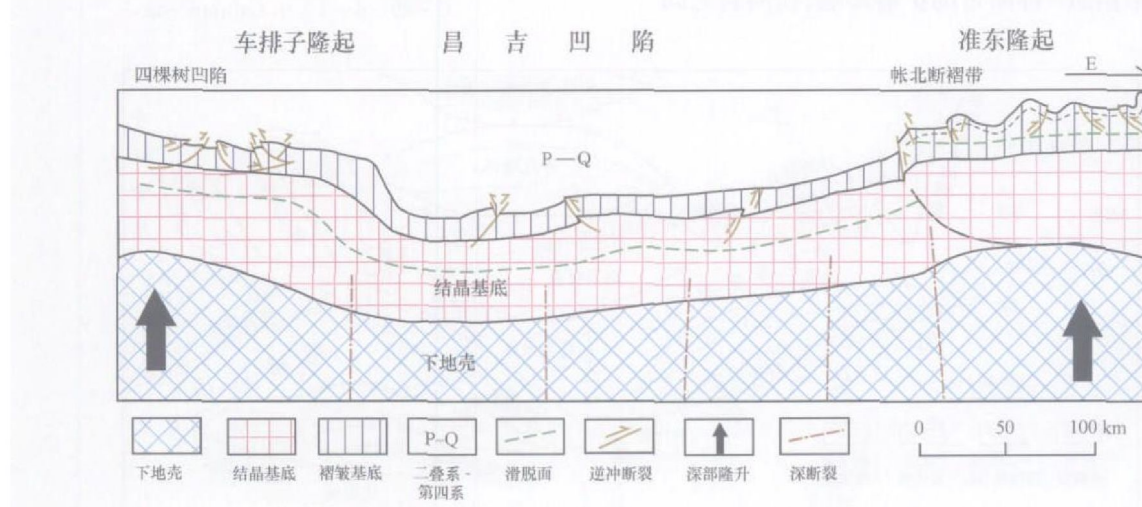


图 3 准噶尔盆地南缘东-西基底构造关系图(据 EW 8 测线)

Fig. 3 Map showing the relationship between the east and west basement structures at the southern margin of Junggar basin

### 2.1.3 米泉-乌鲁木齐-永丰构造变换带 ( $T_1^3$ )

该构造变换带由南、北两段组成,近南北向展布(图 1)。北段乌鲁木齐-米泉构造变换带控制了研究区中部玛纳斯地区的褶皱-冲断带与东部博格达山北缘褶皱-冲断带的变形差异、南段乌鲁木齐-永丰构造变换带构成了其与柴窝堡新生代凹陷的分界。首先,从空间分布上看,玛纳斯地区褶皱-冲断带的构造线大体近东西向展布,向北推覆的总体距离相对较小;而博格达山山前褶皱-冲断带的构造线展布为北西-北东的向北凸出的弧形构造,向北推覆的距离大,且北东-北东东构造如妖魔山背斜、七道湾背斜、古牧地背斜均呈“扫帚状”向西侧构造变换带倾伏。其次,从构造样式上看,在玛纳斯地区基底卷入带与盖层滑脱带过渡区的深部,多发育楔入体使基底被抬升,其相应的反冲断层滑脱层位较浅(图 2c),致使出露的层位较新;而博格达山北缘相对应的深部多发育双重构造、且滑脱层位较深,致使出露的地层较老(图 2d)。再次,该变换带右侧的柴窝堡凹陷永丰地区存在着一个喜马拉雅期的弱变形区,北东向构造如三葛庄背斜、哈拉房子背斜等均为印支期北西向挤压形成(图 4),从而使该区成为柴窝堡地区保存条件最好的区块。

该横向变换带进一步向北北东方向延伸,其隐伏带大致与帐北断褶带西缘构造变换带 ( $T_1^2$ ) 相连,只是由于喜马拉雅期阜康断裂带和博格达山北缘弧形褶皱-冲断带的扩展影响,使两者之间

在东、西方向被错开一定的距离(图 1)。其形成和发展的原因可能与研究区早二叠世裂谷盆地的分布有关。本文在综合地震剖面地质解释的基础上编制了准噶尔盆地南缘早二叠世裂谷盆地的分布图(图 5),从图中可以看出,北东向的乌拉泊裂谷与帐北西缘裂谷可能连为一体,成为后期变形中形成的帐北西缘构造变换带 ( $T_1^2$ ) 与米泉-乌鲁木齐-永丰构造变换带 ( $T_1^3$ ) 的先存构造。同时也可以看出,车排子东缘-巴音沟东构造变换带 ( $T_1^1$ ) 与车排子东缘发育的裂谷带亦密切相关。

### 2.1.4 达坂城东南构造变换带 ( $T_1^4$ )

达坂城东南构造变换带呈北东东向,分开了柴窝堡凹陷与吐哈盆地、柴窝堡凹陷与博格达山;同时该构造带呈北东向斜穿博格达山体,构造成博格达山东、西段的分界(图 1)。

博格达山是一个喜马拉雅晚期强烈隆升的山脉,枢纽在平面上呈反“S”形的复式背斜构造,由东、西两个弧形构造组成。西侧弧形构造的弧顶

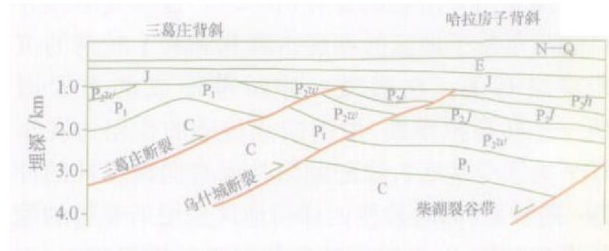


图 4 柴窝堡凹陷地震测线 C-89-4-1A 地质解释

Fig. 4 Geological interpretation of seismic line

C-89-4-1A in Caiwopu sag

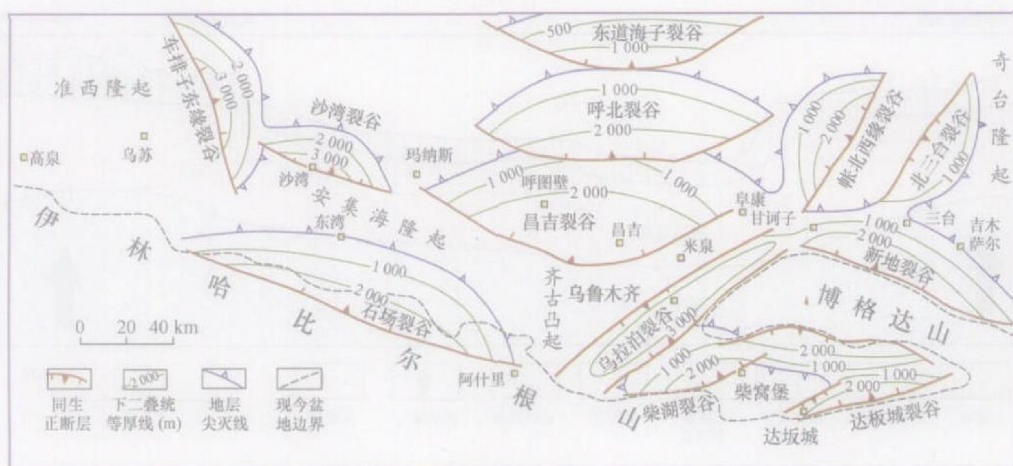


图 5 准噶尔盆地南缘早二叠世原型盆地分布

Fig. 5 Distribution of the Early Permian prototype basin at the southern margin of Junggar basin

在阜康附近, 向北凸出, 称为阜康弧, 向北逆冲; 东侧弧形构造的弧顶在南侧吐鲁番盆地的柯克亚附近, 弧顶南凸, 称柯克亚弧, 向南逆冲。该构造变换带即发育于两个弧形构造形态转换区带, 其两侧的主逆冲方向相反, 构造线展布、地貌高程及地层发育状况亦相差颇大, 李涛等 (2004)<sup>[20]</sup> 称之为“转换带”。该构造变换带的形成可能与准噶尔盆地和吐哈盆地之间发育的海西晚期裂陷槽有关。吐哈地块与准噶尔地块在加里东期可能为一个统一的整体, 只是到海西晚期博格达裂陷槽出现后才被分开。

## 2.2 二级构造变换带

研究区在一级构造变换带所限定的横向分块内, 还发育了次一级的构造变换带, 即二级构造变换带, 它在同一区块内构造变形格局大体一致的背景下, 使相邻变形区段的构造样式与变形强度有所差异。

### 2.2.1 高泉西构造变换带 ( $T_2^1$ )

该构造变换带分布于准噶尔盆地南缘西段四棵树的盖层滑脱型褶皱-冲断带内, 展布于高泉西-四棵树西侧一带, 总体呈 NNE 向延伸, 以发育斜向走滑-逆冲断层为特征。该带大致构成四棵树凹陷东部次凹和西部次凹两个次级构造单元的分界, 构造变形上东部次凹以发育向北逆冲的冲断-褶皱系为主、向南反冲的冲断-褶皱系为辅, 而西部次凹则主要发育向南反冲的冲断-褶皱系 (图 1); 基底埋藏程度上, 东部次凹基底埋藏较深, 中生界相对较厚, 含油性明显好于西部次凹。在 EW 8 线解释图上 (图 3) 可以明显看到在该带两侧基底的埋藏深度出现陡坡。

### 2.2.2 玛纳斯河构造变换带 ( $T_2^2$ ) 与呼图壁河东构造变换带 ( $T_2^3$ )

玛纳斯河构造变换带与呼图壁河东构造变换带分布于研究区中部玛纳斯地区的基底卷入型褶皱-冲断带内, 北北东向展布, 其类型分别为左旋走滑断层和右旋走滑断层 (图 1), 它们分割了南安集海-南玛纳斯段 ( $\oplus_B$ )、清水河子-齐古段 ( $\oplus_C$ ) 和昌吉-喀拉扎段 ( $\oplus_D$ ), 构造变形的差异表现为从西向东各段内反冲断层向南反冲的位移逐渐增大、反冲断层所滑脱的层位亦逐渐

加深<sup>[17]</sup>。

### 2.2.3 乌什城-哈拉房子斜向逆冲-走滑构造变换带 ( $T_2^4$ )

该变换构造带构成了柴窝堡凹陷内东部达坂城次凹与西部永丰次凹-三葛庄次凸之间的分界。东部达坂城次凹内的构造线走向一般为近东西向, 而西部喜马拉雅期变形微弱, 展布为隐伏的印支期北东向构造 (图 4)。

### 2.2.4 红雁池-柳树沟斜向走滑-逆冲构造变换带 ( $T_2^5$ )

在博格达山南麓的红雁池-柳树沟一带, 发育了一条近东西向的右行走滑兼挤压逆冲的断裂带 (图 1); 剖面上石炭系和二叠系向南逆冲于二叠系之上, 同时在下盘二叠系形成一组呈北东向延伸的短轴褶皱构造, 褶皱轴线与主断裂呈  $15^\circ \sim 30^\circ$  角。该红雁池-柳树沟断裂带整体斜向切割了博格达逆冲推覆构造带的西南部, 并构成了其西南部与柴窝堡新生代凹陷的边界; 同时, 也沟通了其南侧的博南逆冲-推覆构造和北侧的妖魔山等逆冲-推覆构造, 并在两者之间起到了位移调节与转移作用, 使得该断裂南、北两侧的区域构造变形特征出现十分明显的差异。这可能与柴窝堡地区存在着前寒武的刚性基底、在后期挤压变形过程中受刚性基底的阻挡而在其边缘发走滑-逆冲构造来调节构造变形的差异有关。

## 2.3 三级构造变换带

三级构造变换带的规模较小, 分布于二级构造变换带所限定的区块内, 造成构造带内部的不连续现象。该类构造变换带在研究区分布广泛、类型多样, 其中以纵向位移传递带最为普遍, 如中部霍尔果斯、玛纳斯、吐谷鲁、呼图壁背斜构造之间 ( $T_3^1$ ,  $T_3^2$ ,  $T_3^3$ , 图 1), 以分支断层或雁列的节理系来调节相邻褶皱-冲断构造间的位移变化。

此外, 在淮南中部基底卷带的二级构造区段昌吉-喀拉扎段内, 发育有具横推断层 (tear fault) 与侧断坡 (lateral ramp) 类型的三屯河构造变换带 ( $T_3^4$ )。该构造变换带位于齐古东侧的三屯河一带, 北北东向展布 (图 1)。其调节带类型为沿主逆冲方向 (向北), 前方表现为横推断层, 后方表现为隐伏逆冲-推覆构造的侧断坡。横推断层大致

沿三屯河发育于逆冲前方昌吉背斜与阿克屯背斜之间,表现为控制二者背斜形成的主逆冲断层逆冲方向相反、两条逆断层错开约 4 km,在错开处两侧地层突然中断、不能一一对应,且两侧地层走向大致相同,而倾向相反;侧断坡则发育在山前逆冲推覆构造带前缘,表现为山前断褶带向柴窝堡凹陷过渡的地层出现“大拐弯”特征、地表出露的地层西侧老东侧新。这一现象可用隐伏逆冲推覆构造的侧断坡-前断坡模式来合理解释(图 6),即逆冲前方发育的擦断层变换构造,可能是逆冲断层下盘的前断坡 (frontal ramp)在逆冲时,因其的阻挡作用而发育反冲断层的地表响应。它的发育可能与早二叠世裂谷系的分布、及其所控制的两侧后期沉积厚度的差异有关(图 5)。

因在该变换构造带两侧,地表构造主要为近

东西向或北西西向的褶皱与次级断裂,没有较大差异,且深层构造样式相近(双重构造或三角带),故本文把它划为三级构造变换带。

3 纵向变换

研究区内的纵向变换带主要分布于滑脱型褶皱-冲断带中,以主逆冲断层和背斜系斜列分布 (relaying)、位移纵向斜列传递为特征。Dahlstrom 等 (1970)<sup>[1]</sup>最早描述了这类沿构造走向上断层断距或位移互补转移、断层与褶皱间转换的纵向传递带(图 7)。在研究区内以中部盖层滑脱型褶皱-

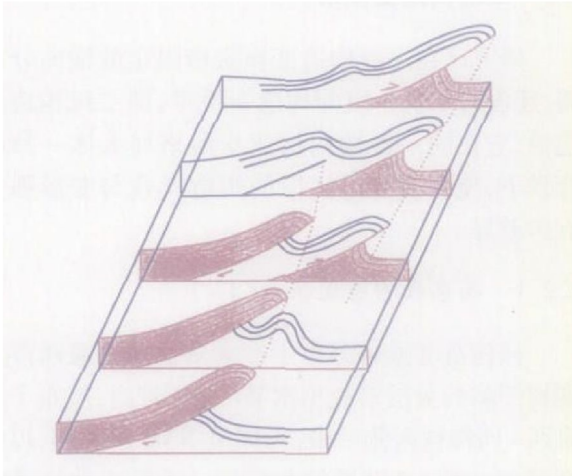


图 7 两个叠覆的逆冲断层间简单的传递带 (据 Dahlstrom, 1970)<sup>[1]</sup>

Fig.7 A simple transform zone between two overlapping thrusts<sup>[1]</sup>

图 6 三屯河侧断坡变换构造示意图  
Fig.6 Lateral ramp transform structure  
in Santun River area

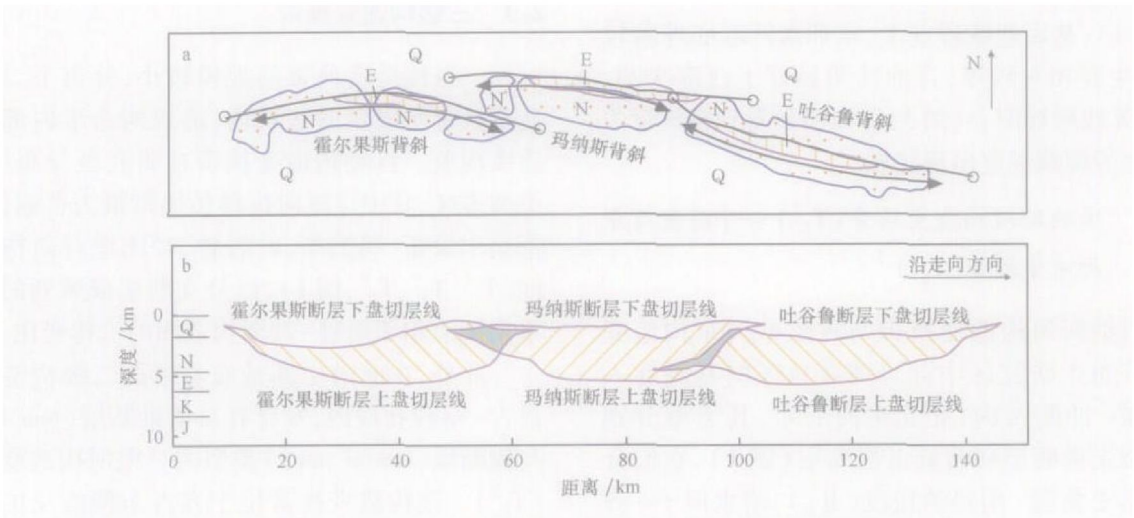


图 8 霍尔果斯-玛纳斯-吐鲁鲁背斜带之间的断距分解图

Fig.8 Decomposition chart of fault displacement at Huo-Ma-Tu anticline belt

a. 平面构造纲要图; b. 主断层断距图解 [其中断层叠覆带的断距 (阴影部分)之和等于单个断层的最大断距]

冲断带中发育的该类变换构造最为典型。如在霍尔果斯-玛纳斯-吐谷鲁背斜带内, 3 个背斜构造呈近于平行的错列展布, 分别受其主干逆冲断层控制, 并形成与逆冲断层相关的断展背斜。由于 3 条主干断层的位移量的变化、且首尾不相连, 因此在三者之间形成了断层位移的互补、传递, 并形成以向斜过渡的变换构造。在霍-玛-吐逆断层的断距分解图上 (图 8), 可清楚地看出霍、玛、吐断层之间断层位移的传递与互补关系, 即在断层的叠覆带, 累计总位移与单个断层的最大位移大致相等; 在霍尔果斯断层左侧和吐谷鲁断层右侧未被平衡的位移量, 向前方斜列传递, 分别形成沙湾东背斜与呼图壁背斜及其相关逆断层 (图 1)。

此外, 研究区内还发育有两条逆冲断层的叠覆带以走向斜坡 (relay ramp) 形式来调节纵向位移的变换带, 主要分布于逆冲-推覆构造带内。比较典型的是柴窝堡湖南侧的柴南缘逆冲断裂系形成的走向斜坡变换构造, 其判别的主要依据为: 在柴窝堡湖南侧, 中石炭统地层向北侧盆地内逆冲时产生了一个大型的弯曲; 在弯曲部位并未见明显的斜向或横向断层; 弯曲的东、西两侧发育两条近于平行 (近东西向) 的控盆边缘断裂 (柴南缘断裂系); 两断裂南北相距约 10~15 km, 在喜马拉雅山期的新活动过程中, 弯曲部位以西的边缘断裂的逆冲断距具有由其中部向弯曲部位逐渐变小的特征; 而弯曲部位以东的边缘断裂的逆冲断距也具有由其中部向弯曲部位变小。由此可推测, 在两条断层的断距均变小、并发生错列的构造部位, 形成了走向斜坡构造 (图 9)。在齐古南造山带山前也发育有类似构造。

## 4 构造变换带类型

由以上分析可知, 研究区内的构造变换带类

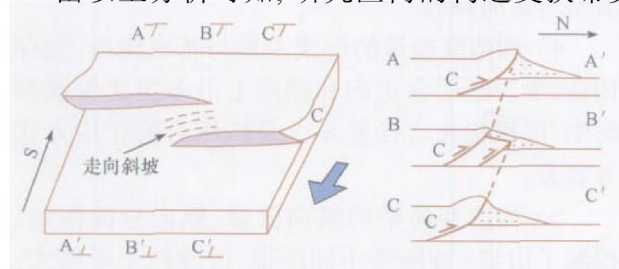


图 9 柴窝堡湖南走向斜坡构造示意图

Fig. 9 South-trend relay ramp in Chaiwopu Lake

型主要包括横向变换带和纵向变换带两大类。其中, 横向变换带的类型有: 1) 大型基底断裂型, 该构造变换带两侧基底出现明显高差、相应的盖层沉积厚度也显著变化, 如本区的横向一级构造变换带; 2) 横向走滑断层型, 以左行或右走滑断层的形式来调节相邻区块内的变形差异, 如中部玛纳斯地区基底卷入带内的玛纳斯河与呼图壁河东构造变换带; 3) 斜向走滑-逆冲断层型, 以压扭、斜冲的形式来沟通两个逆冲断层之间的位移转换, 如位于博格达南西部的红雁池-柳树沟斜向走滑-逆冲变换构造带; 4) 横推断层; 5) 侧断坡, 是逆断层下盘侧断坡与前断坡系的地表响应, 如三屯河地区的横推断层与侧断坡构造变换带。纵向变换带的类型主要有: 1) 褶皱型, 如霍、玛、吐背斜主控断层叠覆带的向斜构造; 2) 走向斜坡, 如柴窝堡湖南的走向斜坡变换构造带。

## 5 影响构造变换带形成的主要因素

### 5.1 基底构造

基底构造对逆冲断层带的控制主要体现在基底断裂、基底面 (拆离或滑脱面) 摩擦系数差异等对逆冲推覆体的影响作用, 从而控制横向构造变换带的形成, 进而影响褶皱-逆冲断层带的分段性。如在准噶尔盆地南缘从西至东、盆地基底高低起伏, 形成了 3 个一级构造变换带 (图 3)。

### 5.2 先存构造

变形地区内的先存构造, 使逆冲断层带往往可以分解为几个具有相似运动特征的逆冲岩块, 每个逆冲岩块都有各自独特的几何学、运动学特征。表明在新的构造格架和盆地格局的形成中, 古老的构造线继续发挥作用。如本区早二叠世裂谷盆地的控盆断裂在研究区东部控制了后期北东向构造变换带的发育 (图 5)。

### 5.3 滑脱断层在走向和倾向上沿多层次滑脱的转变

滑脱层的发育与岩层的能干性有着密切关系, 区域性的滑脱层主要发生于非能干层中。主干滑脱断层在走向上沿多层次滑脱层的转变, 往往会形成侧断坡、横推断层等, 造成断层在侧向上

的终止与重新发育等现象,从而形成相应的横向构造变换带;而主干断层在倾向上沿多层次滑脱层的变化及其所形成的前断坡,可能是导致冲断-褶皱带在纵向上具分带性的重要原因(图 6)。

#### 5.4 沉积相和岩性差异

沉积相和岩性差异不仅影响着逆冲断层带的形成,而且控制着逆冲断层带的分段。在一个挤压收缩的构造环境中,相邻地层的相变区往往是横向变换带容易形成的场所,它引起了不同层位上滑脱面的变形,产生侧断坡、横向断层以及位移转换带等一系列横向变换构造,从而截切逆冲断层前断坡沿走向的延伸,造成了逆冲断层带沿走向和倾向上的分段、分带现象,如研究区的二级横向构造变换带(图 1)。

#### 5.5 挤压力的作用方式

主要表现在方向上的差异,即当同一地质体在受到不同方向上但具同时性的应力场作用时,在一些构造薄弱带,就会产生应力集中,表现出应力的合力作用,具体到逆冲断层带中就会产生与区域缩短方向呈高角度相交的横向构造,构成横向变换构造带。如研究区的东、西两侧古隆起边缘的深大断裂型变换构造带,其走向与近东西向的区域变形构造线高角度相交(图 1)。

当然,应把涉及到岩石变形行为的各种因素综合起来,这样才能真实有效地从岩石力学的角度来解释研究区褶皱-逆冲断层带产生分带、分段、分层构造的原因。

### 6 油气勘探意义

研究区内构造变换的纵向分带、横向分段作用,控制了褶皱-冲断带不同区带、区段的变形样式,从而控制了油气勘探的有利构造分布。从横向构造变换带的分段作用上看,主要有: 1) 在研究区西部四棵树地区,受车排子东缘-巴音沟东一级横向构造变换带的影响,逆冲推覆带推覆距离大、基底卷入带窄小,致使逆冲推覆带几乎盖在基底卷入带之上。因此,逆冲推覆带的下盘构造因保存条件好,是一个较有前景的勘探领域(图 2

④)。2) 在中部玛纳斯地区,沉积层厚、烃源岩优越,而变形时期形成的构造变换带因地势低即为

后期沉积时砂体的注入带,如能有储集性能好的辫状河三角洲前缘砂体与构造圈闭相匹配,则可有效地降低勘探风险。3) 在东部博格达山-柴窝堡地区,北东向的横向构造变换带是受早二叠世裂谷系控制、经印支期挤压而发生正反转的构造带,属印支期古隆起,是二叠系烃源岩排烃时油气运移的指向区,因此,受后期构造运动影响较小、保存条件较好的圈闭如哈拉房子背斜、七道湾背斜等,是有利的勘探方向。

从纵向变换带的分带性上看,基底卷入型褶皱-冲断带与盖层滑脱型褶皱-冲断带的浅层构造,因背斜形成的主控断层断开盖层、出露地表,油气多已散失,至多形成残留型油气藏;而盖层滑脱带的深层构造因埋藏较深、保存条件好,是油气勘探的最有利目标。

### 7 结论

1) 根据横向构造变换带对区域构造分段作用的规模,可将研究区的横向构造变换带划分出为 3 个级别,其中,一级构造变换带的分段作用使相邻区块的构造-沉积演化、褶皱-冲断带的变形方式和变形程度、构造线展布等方面均存在着较大差别;二级构造变换带则在相邻变形区块构造格局大体一致的情况下使其构造样式与变形强度有所不同,其影响范围受一级变换区带的制约;三级构造变换带调节了局部构造变形差异,影响范围仅局限于本二级变换带所限定的区块内。

2) 研究区内的纵向变换带主要以主逆冲断层和背斜系斜列分布、逆冲位移纵向斜列传递为特征。

3) 研究区横向变换带的类型有隆起基底边缘型、横向走滑断层型、斜向走滑-逆冲断层型及掀断层与侧断坡等;纵向变换带的类型主要有褶皱型与走向斜坡。

4) 构造变换带的形成主要与基底构造、先存构造、滑脱断层在走向和倾向上沿多层次滑脱的转变、沉积相和岩性差异以及挤压力的作用方式等有关。

5) 构造变换带的纵向分带、横向分段作用,控制了褶皱-冲断带不同区带、区段的变形样式,从而控制了油气勘探的有利构造分布。

(下转第 394 页)

有很好的关系。利用反映孔隙结构信息的  $T_2$  几何平均值  $T_{2ln}$  与  $m$ ,  $n$  参数之间的关系, 得到与孔隙结构相关的饱和度模型。但是采用这种方法要考虑到每个地区的实际情况。对于不同的地区,  $T_2$  几何平均值  $T_{2ln}$  与  $m$ ,  $n$  参数之间的关系不同。

### 参 考 文 献

- 1 肖立志, 柴细元, 孙宝喜, 等. 核磁共振测井资料解释与应用导论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 36~41
- 2 肖立志. 核磁共振成像测井与岩石核磁共振及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. 67~72
- 3 谢然红, 肖立志, 邓克俊. 核磁共振测井孔隙度观测模式与处理方法 [J]. 地球物理学报, 2006, 49(5): 1567~1572
- 4 李江龙, 黄孝特, 张丽萍. 塔河油田 4 区奥陶系缝洞型油藏特

- 征及开发对策 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 630~633
- 5 李海燕, 彭仕宓. 应用遗传神经网络研究低渗透储层成岩储集相 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 111~116
- 6 何雨丹, 毛志强, 肖立志, 等. 利用核磁共振  $T_2$  分布构造毛管压力曲线新方法 [J]. 吉林大学学报, 2005, 35(2): 177~181
- 7 运华云, 赵文杰, 周灿灿, 等. 利用  $T_2$  分布进行岩石孔隙结构研究 [J]. 测井技术, 2002, 26(1): 18~21
- 8 刘贵宴, 王绍民, 傅容珊, 等. 核磁共振谱的岩石孔喉结构分析 [J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(3): 328~333
- 9 吴海燕, 朱留方. 成像、核磁共振测井在埕北裂缝性储层评价中的应用 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 45~48
- 10 李秋实, 周荣安, 张金功, 等. 阿尔奇公式与储层结构的关系 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 364~367
- 11 翁爱华, 李舟波, 王雪秋, 等. 油水双相饱和和孔隙模型核磁特性理论研究 [J]. 地球物理学报, 2003, 46(4): 553~560

(编辑 李 军)

(上接第 354 页)

### 参 考 文 献

- 1 Dahlstrom C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canada Rocky mountain [J]. Bull of Canadian Petroleum Geology, 1970, 18: 332~406
- 2 Wilkerson M S D differential transport and continuity of thrust sheets [J]. Journal of Structural Geology, 1992, 14(6): 712~725
- 3 陈发景, 贾庆素, 张洪年. 传递带及其在砂体发育中的作用 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 144~148
- 4 Morley C K, Nelson R A, Patton T L. Transfer zone in the East African Rift system and the their relevance to hydrocarbon exploration in rifts [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74: 1234~1253
- 5 Flauds J E, Varga R J. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes [A]. In Flauds J E, Stewart J H, eds. Accommodation zones and transfer zones the regional segmentation of the basin and range province [C]. Boulder, Colorado: Geological Society of America Special Paper 323, 1998. 1~45
- 6 刘剑平, 汪新伟, 汪新文. 临清拗陷变换构造研究 [J]. 地质科技情报, 2004, 23(4): 51~54
- 7 张光亚, 陈发景, 汪新文. 塔北地区变形样式及其分布规律 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19(6): 755~758
- 8 李玉喜, 庞雄奇, 汤良杰, 等. 柴西地区近南北向构造系统及其控油作用分析 [J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 65~68
- 9 郭光辉, 郑多明. 塔里木北部地区北北西向构造变换带特征及对石油勘探的启示 [J]. 地质科学, 2004, 39(4): 551~560

- 10 吴奇之, 王同和, 李明杰, 等. 中国油气盆地构造演化与油气聚集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 219~226
- 11 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 天山两侧前陆冲断系构造模式与前陆盆地演化 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19(6): 727~740
- 12 邓起东, 冯岳岳, 张培震, 等. 乌鲁木齐山前拗陷逆断裂—褶皱带及其形成机制 [J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 191~200
- 13 赵桂萍. 准噶尔盆地南缘异常高压及其与油气成藏的关系 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 327~331
- 14 孙自明, 何治亮, 牟泽辉. 准噶尔盆地南缘构造特征及有利勘探方向 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 216~221
- 15 郭召杰, 方世虎, 张锐, 等. 生长地层及其在判断天山北缘前陆冲断褶皱带形成时间上的应用 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 475~481
- 16 陈发景, 汪新文, 汪新伟. 准噶尔盆地的原型和构造演化 [J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 77~89
- 17 汪新伟, 汪新文, 刘剑平, 等. 准噶尔盆地南缘褶皱—逆冲断层带分析 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 411~421
- 18 吴孔友, 查明, 曲江秀, 等. 博格达山隆升对北三台地区构造形成与演化的控制作用 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 2004, 28(2): 1~5
- 19 吴建华, 向书政, 吴晓智, 等. 准噶尔盆地南缘东部构造样式与形成机制 [J]. 新疆石油地质, 2002, 23(3): 208~210
- 20 李涛, 王宗秀, 周高志, 等. 新疆博格达山分段及深浅构造转换关系 [J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 103~114

(编辑 高 岩)