

# 准噶尔盆地南缘构造变形特征及其主控因素

陈书平<sup>1,2)</sup>, 漆家福<sup>1,2)</sup>, 于福生<sup>1,2)</sup>, 杨桥<sup>1,2)</sup>

1) 中国石油大学(北京)教育部油气成藏机理重点实验室, 北京, 102249

2) 中国石油大学(北京)地球科学系, 北京, 102249

**内容提要:** 本文通过地面地质调查和地震资料的构造解释, 研究了准噶尔盆地南缘构造变形特点及变形主控因素。认为准噶尔盆地南缘构造变形具有南北分带、东西分段和上下分层的变形特点, 构造样式为逆冲断层相关褶皱, 包括断冲褶皱、断展褶皱、滑脱褶皱、断弯褶皱和断束褶皱。构造形成时间主要是在第四纪, 其中喜马拉雅运动 III 幕主要影响到变形后缘山前推举带的变形, 早更新世末期的新构造运动使准噶尔盆地南缘全面变形, 形成现今构造格局。研究证明, 在构造变形中起决定作用的是侏罗系煤层, 其分布范围决定了变形范围, 其厚度决定了变形强度和应力向前传递的远近程度。

**关键词:** 准噶尔盆地南缘; 构造; 构造样式; 构造形成时间; 变形主控因素

准噶尔盆地南缘处于准噶尔盆地与天山造山带的结合部位(图 1), 变形特征反映天山与准噶尔盆地的耦合作用。对其构造特征及形成机理的研究对石油勘探以及盆山耦合作用的研究都有重要意义。

准噶尔盆地南缘自石炭纪以来经历了三个发育阶段, 即石炭纪—早二叠世时期的裂谷和有限洋盆—早期前陆盆地演化阶段、中二叠世—侏罗纪时期的陆内拗陷阶段和白垩纪—第四纪时期的晚期前陆盆地阶段。新疆地区石炭纪晚期—二叠纪完成了大陆拼合, 中生代以来进入陆内演化阶段, 构造变形主要与特提斯构造域发生的一系列碰撞事件有关(姜春发等, 1992; 肖序常等, 1992)。现今南缘构造变形主要与喜马拉雅构造运动有关。从盆地沉积充填看, 侏罗系发育厚的煤层, 新近系西部发育膏泥岩层, 这些塑性相对较高的软性层在变形中起着重要作用。

近年来对于准噶尔盆地南缘构造样式(邓起东等, 1999; 李忠权等, 1997, 1998a, 1998b; 吴建华等, 2002; 张玉兰等, 2003)、构造形成时间(邓起东等, 1999; Fu et al., 2003)、构造形成的地球动力学环境(李忠权等, 1998a; 张培震等, 1996)等方面的研究取得了一系列进展, 但在变形主控因素的研究

上讨论的还不多。本文根据新近获得的地球物理资料和沉积资料, 讨论了准噶尔盆地南缘变形特征及变形的\*\*主控因素\*\*。

## 1 构造变形特点

与大多数褶皱冲断带一样, 准噶尔盆地南缘构造变形明显表现出分带、分段、分层的变形特点(图 2、3)。

### 1.1 南北分带性

在南北方向上, 构造变形表现出分带性。按变形强弱及与变形动力源的关系, 自南而北可以划分为南缘推覆带或推举带、过渡带和变形前缘带, 分别对应着传统上的第一、第二、第三排背斜带, 其中, 第一排背斜带包括南安集海背斜、南玛纳斯背斜、清水河鼻状构造、齐古背斜、昌吉背斜、南小渠子背斜、北小渠子背斜、西山背斜和喀拉扎背斜, 组成褶皱的地层在三排构造带中是最老的, 一般由侏罗系、白垩系组成, 北翼可有古近系和新近系。第二排背斜带包括独山子南背斜、霍尔果斯背斜、玛纳斯背斜和吐古鲁背斜, 是三排构造带中变形最强烈的一排, 平面上呈北西西向线状展布, 核部最老地层为始新统和渐新统, 两翼为上新统和中、下更新统。第三排背斜带

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40472107)资助成果。

收稿日期: 2006-12-14; 改回日期: 2007-01-10; 责任编辑: 周健。

作者简介: 陈书平, 男, 1965 年生, 博士, 副教授。1985 年于华东石油学院获石油地质专业学士学位, 1988 年于中国地质大学获构造地质学专业硕士学位, 2002 年于中国石油大学(北京)获矿产普查与勘探专业博士学位, 现于中国石油大学(北京)地球科学系任教, 主要从事构造地质学、大地构造学和盆地构造分析等方面的教学和科研工作。Email: csp21c@163.com。

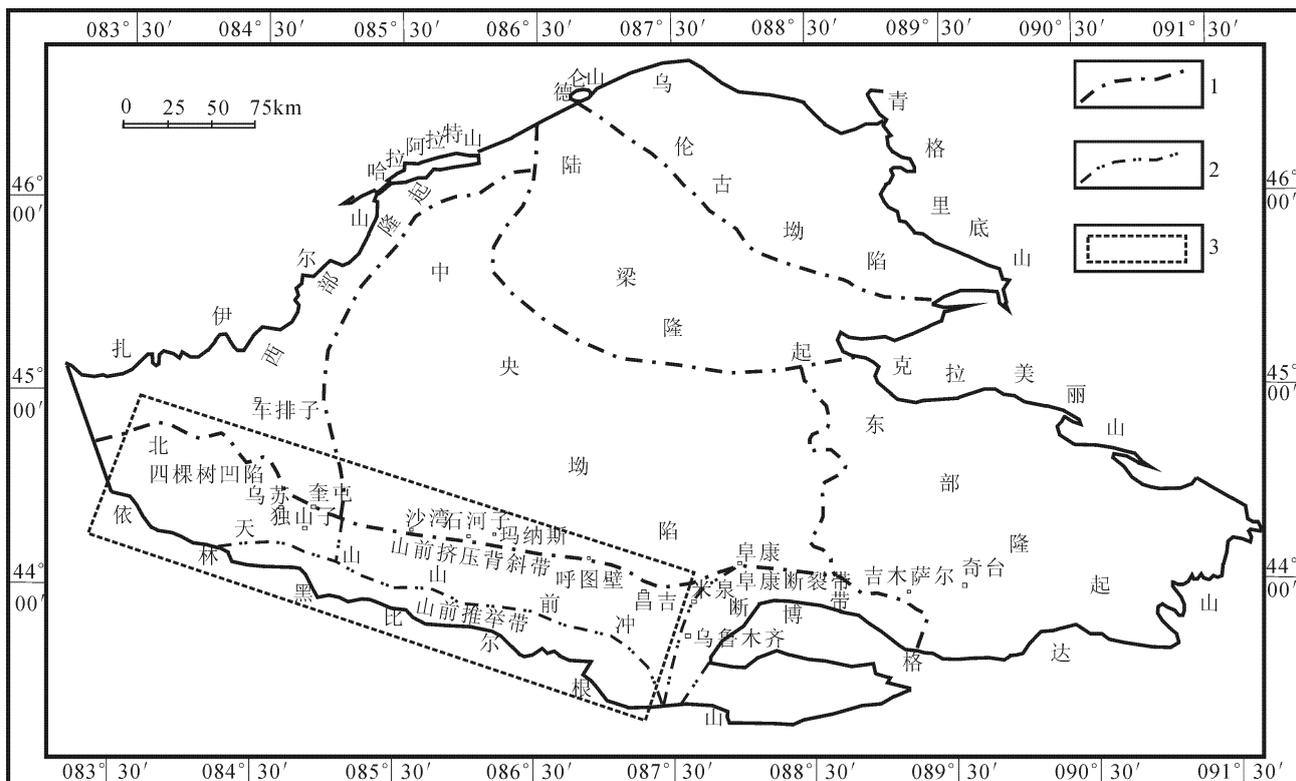


图1 准噶尔盆地构造单元划分图

Fig. 1 Tectonic units of the Junggar Basin

1—一级构造单元界限;2—二级构造单元界限;3—研究区

1—Boundary of the first-order tectonic units;2—Boundary of the second-order tectonic units;3—study area

是三排构造带中变形最弱的一排,由独山子背斜、安集海背斜和呼图壁背斜等组成,呈东西向延伸,背斜核部地表一般没有断层出露。上述三排构造带从核部地层年代上看,第一排最老,然后依次向北变新,变形强度第二排最大,背斜均表现为南翼较北翼倾角大,反映力来自南边。

## 1.2 东西分段性

在东西方向上,变形表现出分段特点。根据变形特点,可将准噶尔盆地南缘划分为东、中、西三段(图2),这三个段分别对应着三个变形强度段(图4)。其中西段又可细分为两个亚段,中段可划分为四个亚段。段和亚段的分界线在天山推覆体上对应一系列的平移断层,在变形带内部的大部分地区则无明显的分界。

西段大致对应着四棵树凹陷,与中段的分界为红山镇断裂。背斜短长轴比最小在0.05以下,西湖背斜附近最小(图4)。其中,最西部变形较简单,南部为山前冲断层,断层上盘为石炭系,向盆地内部,在新近系中新统内部发育滑脱断层(图3a)。东部,山前推举带的托斯台构造群发育反冲断层(图3b),

并以其为顶板断层,侏罗系内部发育叠瓦双重构造;盆地内部发育三排背斜,与背斜有关的冲断层皆表现为盲冲断层;托斯台北断层冲断推覆距离大,调节了大部分缩短量,致使盆地内部缩短量小,褶皱幅度和规模与中段相比相对较小。

中段,褶皱强度最大的地区表现在变形中带,即第二排背斜,背斜短长轴比最小达0.1(图4)。内部又可细分为四个亚段,在平面图上看(图2),四个亚段的变形前缘前进(向北)一后退(向南)交替变化,如从西而东,变形前缘分别对应独南背斜、安集海背斜、玛纳斯背斜和玛纳斯东背斜,明显表现出变形前缘(明显变形区)前进一后退的变化。在图3c中,变形后缘表现为冲断层,变形中带和前缘带背斜完整。在图3d中,变形后缘和变形中带背斜发育完整,变形前锋带背斜相对不发育。

东段,变形强度最大的地方发生在变形后缘的山前推举带(第一排背斜带),背斜短长轴比最小达到0.1。变形中带和前锋带背斜相对不发育。

## 1.3 垂向上变形层次性

在垂向上,变形表现出分层特点。西段有两个

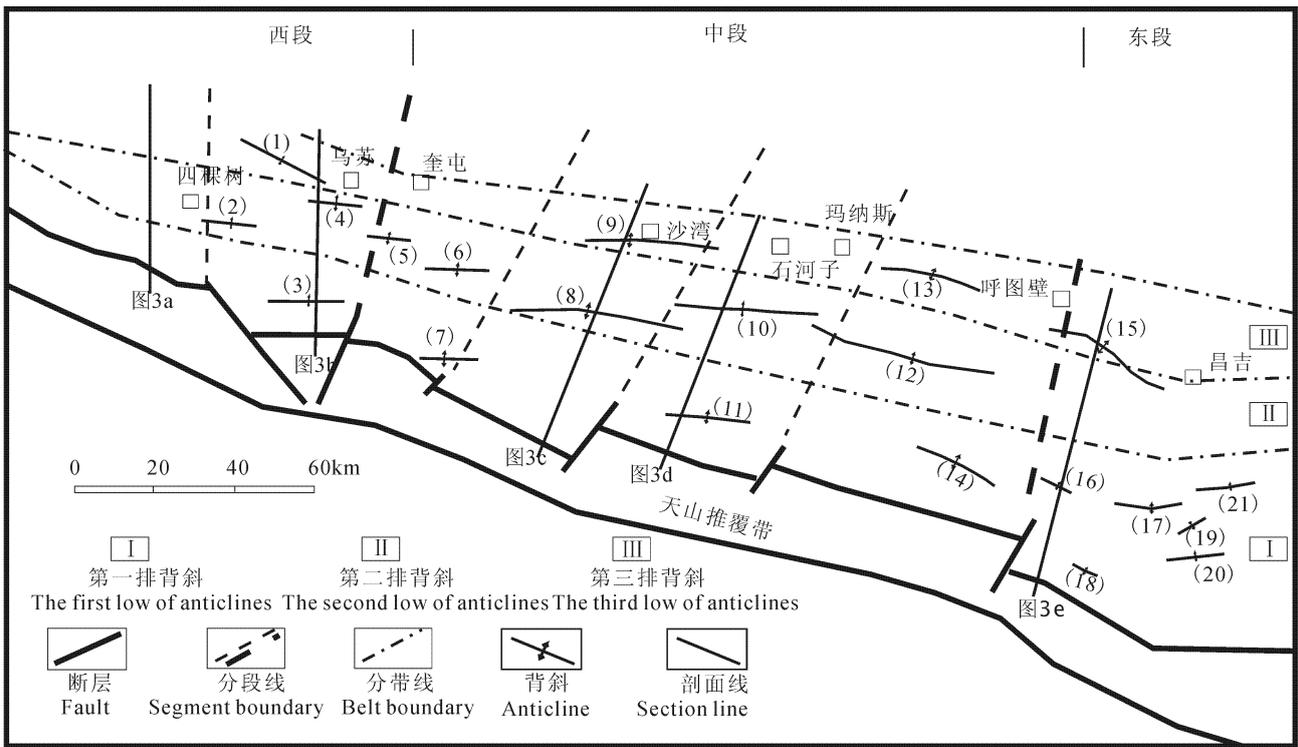


图 2 准噶尔盆地南缘褶皱分布图

Fig. 2 Anticlines in the south margin of the Junggar Basin

(1)一卡因迪克背斜;(2)一高泉背斜;(3)一托斯台背斜;(4)一西湖背斜;(5)一独山子背斜;(6)一独南背斜;(7)一南安集海背斜;(8)一霍尔果斯背斜;(9)一安集海背斜;(10)一玛纳斯背斜;(11)一南玛纳斯背斜;(12)一吐谷鲁背斜;(13)一玛纳斯东背斜;(14)一齐古背斜;(15)一呼图壁背斜;(16)一昌吉背斜;(17)一喀拉扎背斜;(18)一头屯河背斜;(19)一北小渠子背斜;(20)一南小渠子背斜;(21)一西山背斜  
 (1)—Kayindike anticline;(2)—Gaoquan anticline;(3)—Tuositai anticline;(4)—Xihu anticline;(5)—Dushanzi anticline;(6)—Dunan anticline;(7)—southern Anjihai anticline;(8)—Huoguoqi anticline;(9)—Anjihai anticline;(10)—Manasi anticline;(11)—southern Manasi anticline;(12)—Tugulu anticline;(13)—Manasi anticline;(14)—Qigu anticline;(15)—Hutubi anticline;(16)—Changji anticline;(17)—Kalazha anticline;(18)—Toutunhe anticline;(19)—Northern Xiaoquzi anticline;(20)—southern Xiaoquzi anticline;(21)—Xishan anticline

滑脱面,西部在新近系中新统内部(图 3a),与其中发育的膏泥岩层有关;东部滑脱面在侏罗系内部,侏罗系上下变形不同,上部褶皱冲断明显,下部变形弱(图 3b)。中段明显发育两个滑脱面,其一是在古近系内部,其二是在侏罗系内部(图 3c,d),沿这两个滑脱面都可以形成反冲断层,侏罗系滑脱面经常为顶板断层,其下发育双重构造。从图 3c 和图 3d 中可以看出,对变形起决定作用的是侏罗系内部滑脱面,该滑脱面上下变形样式、变形强度明显不同,上部变形强度大,变形分带性明显,下部变形相对较弱。

## 2 构造样式

准噶尔盆地南缘以挤压变形为主,发育典型的断层相关褶皱构造样式。根据断层与褶皱的关系,可以厘定出断冲褶皱(break-thrust fold)、断展褶皱(fault-propagation fold)、滑脱褶皱(detachment

fold)、断弯褶皱(fault-bend fold)和断束褶皱(fault-arrest fold)(Thorbjornsen et al., 1997)。断冲褶皱是地层发生褶皱在先,然后被断层切断,这种断层相关褶皱类型的典型代表是南玛纳斯背斜、齐古背斜,主要分布在山前陡坡带。断展褶皱与盲冲断层作用有关,褶皱几何学形态严格受断面形态的控制,西湖背斜、独山子背斜和安集海背斜等都属于断展褶皱。滑脱褶皱是与顺层滑动断层有关的断层相关褶皱类型,主要分布在变形过渡带和变形前缘,如霍尔果斯背斜和卡因迪克背斜,滑脱褶皱的形成与沿侏罗系煤层的滑脱有关。断弯褶皱与坡坪式断层有关,准噶尔盆地南缘断弯褶皱主要发育在侏罗系内部,如霍尔果斯背斜下部侏罗系内部的褶皱(图 3c)。断束褶皱的形成类似于拖曳褶皱,一条逆冲断层的位移在前缘转化为上盘的褶皱作用,玛纳斯背斜可以看成是这种类型的褶皱(图 3d)。就目前准噶尔盆地南缘变形来看,这五种类型的断层相关褶

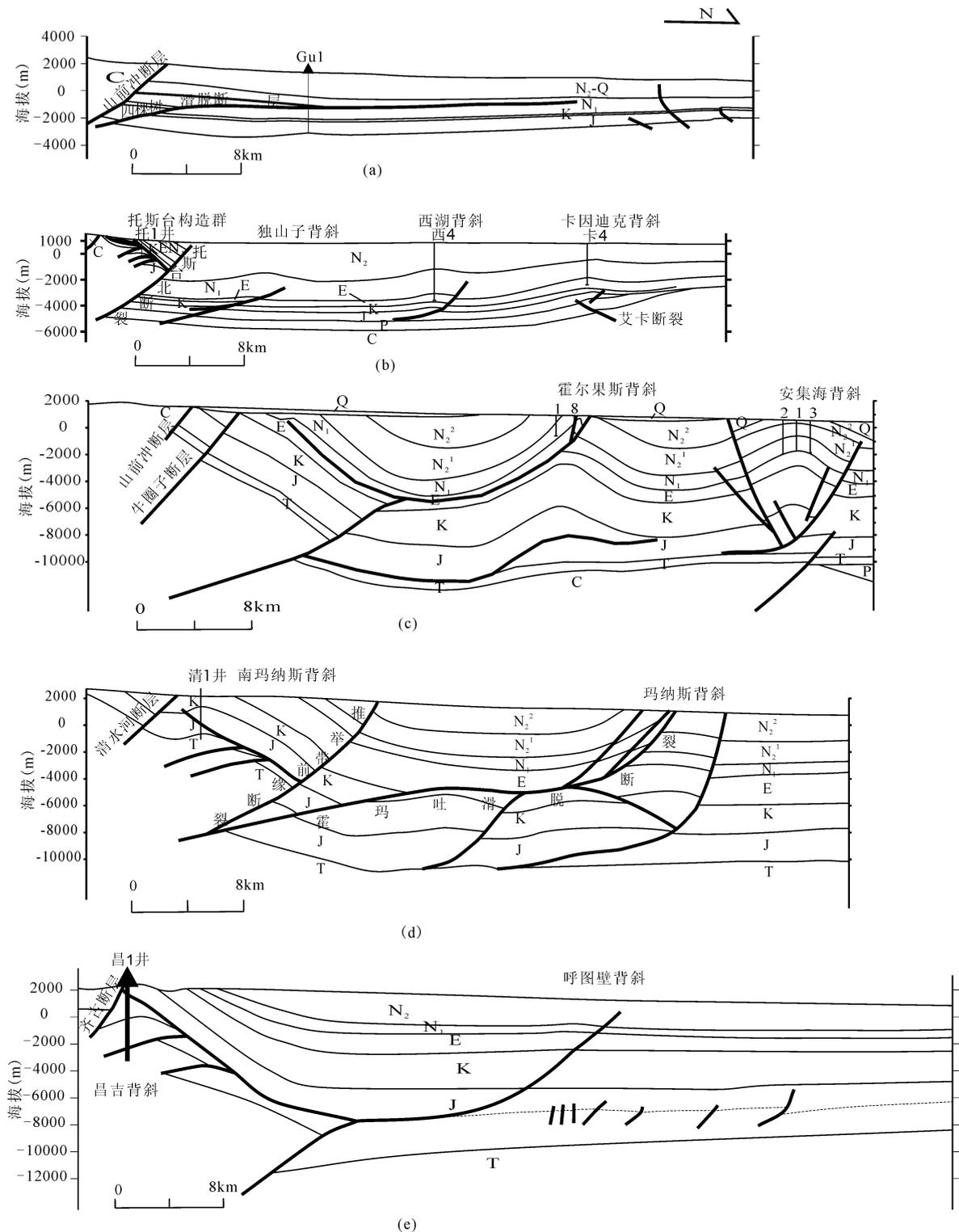


图3 准噶尔盆地南缘构造联合剖面

Fig. 3 Cross sections of the southern margin of the Junggar Basin

- (a)—Z01NXY230 测线构造横剖面; (b)—托1井—卡因迪克背斜剖面; (c)—BQ-9813—AN8538—AN8608 测线构造横剖面;
- (d)—N8611—N8611s 测线构造横剖面; (e)—CJ9705—N8619S—N8619 测线构造横剖面
- (a)—section Z01NXY230; (b)—section well Tuo-1—Kayindike anticline; (c)—section BQ-9813—AN8538—AN8608;
- (d)—section N8611—N8611s; (e)—section CJ9705—N8619S—N8619

褶皱除断冲褶皱比较明显地主要分布在变形后缘的推举带(第一排背斜带)外,其他类型的断层相关褶皱

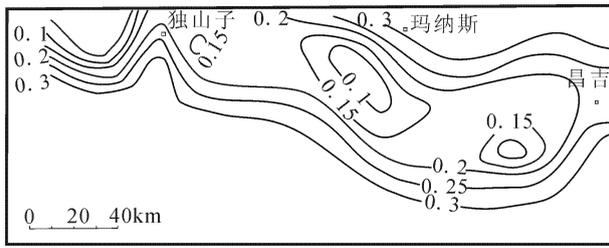


图 4 准噶尔盆地南缘背斜短轴与长轴比值等值线图  
Fig. 4 Contour of the ratio of the shorter-axes to the longer-axes of anticlines in the southern margin of the Junggar Basin

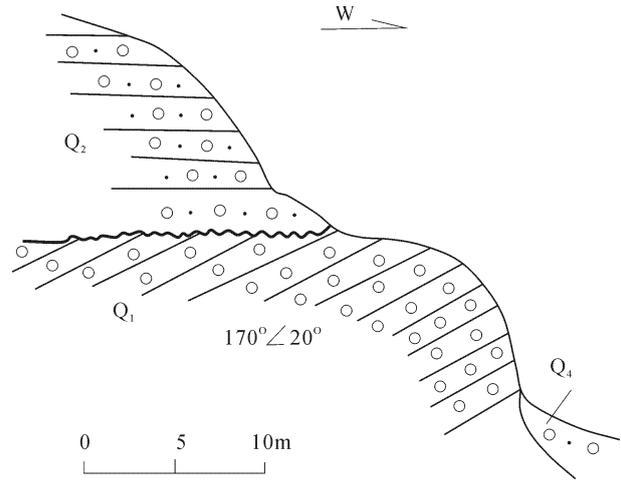


图 6 中更新统与下更新统之间的不整合  
(据邓超东等,2000)

Fig. 6 The unconformity between the Middle and Lower Pleistocene (after Deng et al. , 2000)

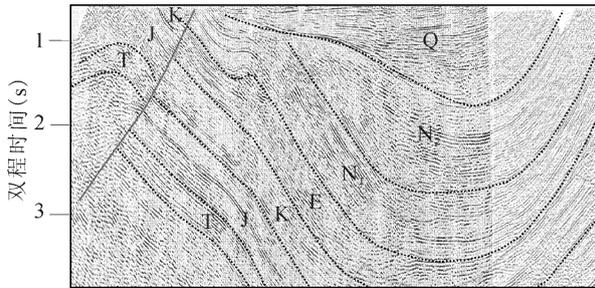


图 5 第四系与新近系之间的不整合  
(BQ9813—AN8538 部分,据新疆油田分公司资料)

Fig. 5 Unconformity between the Quaternary and the Neogene (part of BQ9813—AN8538, after Xinjiang Oilfield Company)

在变形过渡带和变形前缘带均可发育,这可能与变形过程有关,最可能的情况是变形初期表现为滑脱

断层或断展褶皱,然后随递进变形发展到断弯褶皱和断束褶皱。

### 3 构造形成时间

尽管准噶尔盆地南缘自中生代以来经历了复杂的构造变形,但大部分早期不整合痕迹已剥蚀殆尽,或早期构造作用仅影响到准噶尔盆地南缘天山内部。从现今露头及地震资料上看,准噶尔盆地南缘可明显鉴定出两期不整合,一期是在第四系与新近系之间(图 5),这期不整合主要分布在变形后缘的

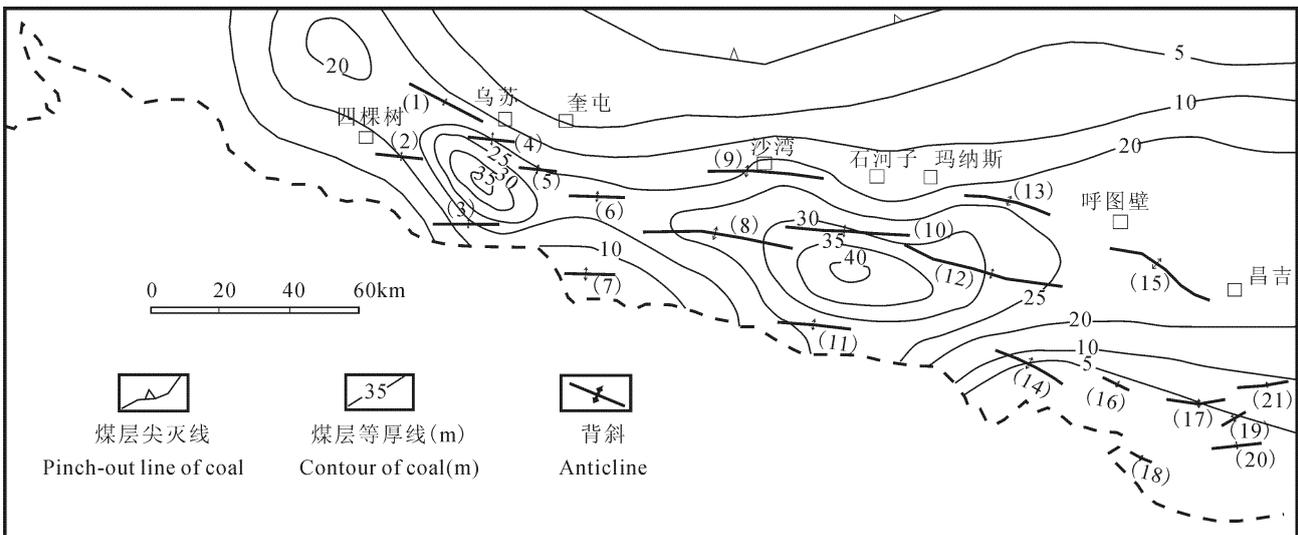


图 7 准噶尔盆地南缘侏罗系西山窑组煤层厚度与褶皱构造叠合图(图中褶皱名称参见图 2)

Fig. 7 Overlapping of the thickness of the Jurassic Xishanyao Formation coal layer and anticlines in the southern Junggar Basin(see Fig. 2 for the names of the anticlines)

山前推举带,其形成时间代表喜马拉雅运动Ⅲ幕(贾承造等,2004)。第二期不整合发育在下更新统与中更新统之间(图6),为新构造运动的表现(万天丰,2004),这期不整合主要表现在变形中带和前锋带。据此可以推断,准噶尔盆地南缘构造变形主要发生在第四纪,其中上新世末期的喜马拉雅运动Ⅲ幕主要影响到变形后缘的山前推举带,早更新世晚期的新构造运动时,变形传递到变形中带和前锋带,形成第二、第三排背斜带,准噶尔盆地南缘构造定型。

## 4 变形主控因素

控制变形的主要因素包括构造应力场性质、温度、时间和参与变形的岩石的力学性质,以及不同力学性质岩石的组合情况等。从准噶尔盆地南缘变形特点来看,控制该区变形的主要因素为侏罗系中、下部(八道湾组和西山窑组)煤层分布范围及煤层厚度。

首先,从图3可以看出,侏罗系内部发育的滑脱面对变形的控制作用明显,其上下变形明显不协调,沿该滑脱面的滑脱使变形后缘的挤压力得以向前缘传递形成过渡带和前锋带的变形。图7中可以看出,侏罗系煤层的分布范围决定了变形范围(10 m厚度等值线范围)。

其次,根据褶皱主波长理论(Boit,1957,引自俞鸿年等,1986),决定褶皱作用的主要因素为强弱岩层的粘度和厚度。从图7和图8可以看出,侏罗系中、下部煤层的厚度决定了变形强度。煤层上覆地层的厚度大致以奎屯为界分为东西两段,西部较薄,东部较厚(图8)。在上覆地层厚度相当的情况下,煤层厚度大的地方褶皱发育,褶皱波长小,褶皱强度大,挤压应力向前传递远,变形过渡带和变形前缘变形明显。相反,在煤层厚度小的地方,褶皱不发育,褶皱波长大,如西段西部和东段,这些地方的变形主要发生在变形后缘的山前推举带(图4、7),向盆地内部的变形相对较弱。

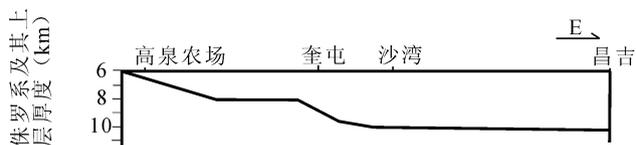


图8 准噶尔盆地南缘侏罗系及其上覆层厚度剖面图

Fig. 8 Thickness section of the Jurassic and its overlying layers in the Junggar Basin

## 5 结论

(1)准噶尔盆地南缘构造变形具有南北分带、东西分段、上下分层的特点,构造样式以断层相关褶皱为主。

(2)变形主要发生在第四纪,其中发生在上新世末期的喜马拉雅运动Ⅲ幕首先使变形后缘发生变形,发生在早更新世末期的新构造运动形成了变形过渡带(第二排背斜带)和变形前缘(第三排背斜带)。

(3)变形中起决定作用的是侏罗系煤层。煤层起着滑脱面的作用,其上下变形不协调,上覆层沿其滑动,使挤压力得以向远方(向北)传递,引起远方变形,形成第二、三排背斜带。侏罗系煤层的分布范围决定着变形范围,其厚度决定了变形强度和后缘挤压力向前的传递程度,厚度越大,上覆层变形越强,褶皱越发育,变形范围越远;厚度越小,上覆层变形程度越小,褶皱越不发育,变形范围越短。

**致谢:**中石化西部勘探指挥部和中国石油新疆油田分公司给本项研究提供了大量基础资料,在此表示感谢。

## 参 考 文 献

- 邓起东,冯先岳,张培震,杨晓平,徐锡伟,彭斯震,李军.1999.乌鲁木齐山前拗陷逆断裂—褶皱带及其形成机制.地学前缘,6(4):191~202.
- 邓起东,冯先岳,张培震,徐锡伟,杨晓平,彭斯震,李军.2000.天山活动构造.北京:地质出版社,1~399.
- 姜春发,杨经绥,冯秉贵,等.1992.昆仑开合构造.北京:地质出版社,1~224.
- 贾承造,何登发,陆洁民.2004.中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景.石油与天然气地质,25(2):121~125.
- 李忠权,张寿庭,王洪辉,邓高.1997.准噶尔盆地南缘构造成因机理及其与油气聚集关系探讨.成都理工学院学报,24(2):15~19.
- 李忠权,陈更生,张寿庭.1998a.新疆准噶尔盆地南缘拉伸环境动力学环境的探讨.高校地质学报,4(1):73~78.
- 李忠权,张寿庭,陈更生,余明清.1998b.新疆准噶尔盆地南缘构造特征差异及成因.矿物岩石,18(3):82~86.
- 万天丰.2004.中国大地构造学纲要.北京:地质出版社,198~215.
- 吴建华,向书政,吴晓智,陈伟,吴鉴.2002.准噶尔盆地南缘东部构造样式与形成机制.新疆石油地质,23(3):208~210.
- 肖序常,汤耀庆,冯益民,等.1992.新疆北部及其邻区大地构造.北京:地质出版社,1~169.
- 俞鸿年,卢华复.1986.构造地质学原理.北京:地质出版社,177~179.
- 张培震,邓起东,杨晓平.1996.天山晚新生代构造变形及其地球动力学问题.中国地震,12(2):127~140.
- 张玉兰,王伟峰,马宗晋.2003.准噶尔盆地南缘构造物理模拟实验.石油大学学报,27(3):1~5.
- Deng Q D, Feng X Y, Zhang P Z, Yang X P, Xu X W, Peng S Z,

- Li J. 1999. Reverse fault and fold zone in the Urumqi range-front depression of the northern Tianshan and its genetic mechanism. *Earth Science Frontiers*, 6(4): 191~202(in Chinese).
- Deng Q D, Feng X Y, Zhang P Z, Xu X W, Yang X P, Peng S Z, Li J. 2000. Tianshan Active Tectonics. Beijing: Geological Publishing House, 1~399(in Chinese).
- Fu B H, Lin A M, Kano K, Maruyama T, Guo J M. 2003. Quaternary folding of the eastern Tianshan, Northwest China. *Tectonophysics*, 369:79~101.
- Jiang C F, Yang J S, Feng B G, et al. 1992. Opening-closing Tectonics of Kunlun Mountains. Beijing: Geological Publishing House, 1~224(in Chinese).
- Jia C Z, He D F, Lu J M. 2004. Episodes and geodynamic setting of Himalayan movement in China. *Oil & Gas Geology*, 25(2):121~125(in Chinese).
- Li Z Q, Zhang S T, Wang H H, Deng G. 1997. Structure genetic mechanism and oil gas accumulation in the south boader of Junggar basin, Xinjiang, China. *Jouenal of Chengdu University of Technology*, 24(2):15~19(in Chinese).
- Li Z Q, Chen G S, Zhang S T. 1998a. Discussion on the extensional dynamic setting in the south border of Junggar basin, Xinjiang, China. *Geological Journal of China University*, 4(1):73~78(in Chinese).
- Li Z Q, Zhang S T, Chen G S, Yu M Q. 1998b. Technique on oil/gas reservoir catastrophe recognition and its application. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 18(3):82~86(in Chinese).
- Thorbjornsen K L, Dunne W M. 1997. Origin of a thrust-related fold: geometricvskinematictests. *Journal of Structural Geology*, 19(3-4):303~319.
- Wan T F. 2004. China Geotectonic Outline. Beijing: Geological Publishing House, 198~215(in Chinese).
- Wu J H, Xiang S Z, Wu X Z, Chen W, Wu J. 2002. Structures in east part of southern margin in Junggar Basin and their formation mechanism. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(3):208~210(in Chinese).
- Xiao X C, Tang Y Q, Feng Y M, et al. 1992. Tectonic Evolution of the north Xinjiang and Its Adjacent Regions. Beijing: Geological Publishing House, 1~169(in Chinese).
- Yu H N, Lu H F. 1986. Principle of Structural Geology. Beijing: Geological Publishing House, 177~179.
- Zhang P Z, Deng Q D, Yang X P. 1996. Late Cenozoic tectonic deformation and mechanism along the Tianshan Mountain, northwestern China. *Earthquake Research in China*, 12(2):127~140(in Chinese).
- Zhang Y L, Wang W F, Ma Z J. 2003. Physical simulation experiment on geological structures in the south of Juggar basin. *Journal of the University of Petroleum, China*, 27(3):1~5(in Chinese).

## Deformation Characteristics in the Southern Margin of the Junggar Basin and Their Controlling Factors

CHEN Shuping<sup>1, 2)</sup>, QI Jiafu<sup>1, 2)</sup>, YU Fusheng<sup>1, 2)</sup>, YANG Qiao<sup>1, 2)</sup>

1) Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education, Beijing, 102249

2) Department of Geoscience, China University of Petroleum, Beijing, 102249

### Abstract

Based on the field work and interpretation of seismic profiles, the deformation characteristics in the southern margin of the Junggar Basin and their controlling factors are discussed. The deformation in the southern margin of the Junggar Basin is characterized by zonation from the south to the north, segmentation from the west to the east, and layering from the deep to the shallow. The tectonic styles formed are fault-associated folds, including break-thrust folds, fault-propagation folds, detachment folds, fault-bend folds, and fault-arrest folds. The structures were formed mainly in the Quaternary. The third episode of the Himalayan movement affected the trailing edge of the deformation belt, and the movement at the end of the early Pleistocene led the southern margin of the Junggar Basin to deform completely. It has been proved that the coal layer in the Jurassic system played a very important role in the deformation. Its distribution range determined the deformation range, and its thickness determined both the intensity of deformation and the transmission distance of the tectonic stress.

**Key words:** Junggar Basin; tectonics; tectonic style; deformation time; controlling factor