

文章编号: 0253-9985(2004)06-0634-05

柴西地区尕斯断陷同生逆断裂构造特征与形成演化

丁文龙¹, 王燮培², 李衍达¹, 郑求根³

(1. 清华大学, 北京 100084; 2. 中国地质大学, 湖北武汉 430074; 3. 中国石化无锡实验地质研究所, 江苏无锡 214151)

摘要: 柴达木盆地西部尕斯断陷逆断裂和褶皱构造发育, 褶皱与断裂紧密伴生, 断裂位于背斜构造的一侧或两侧, 各构造层高点上下铅直叠合。大多数断裂对沉积具有明显控制作用, 尕斯断陷北西西向区域性同生逆断裂控制着局部沉积凹陷(生油凹陷)的分布和范围, 沉积中心位于断裂下降盘附近; 而规模较小的同生逆断裂主要发育在凹陷或凸起内部, 控制着局部构造圈闭的形成和发展。断裂与背斜构造发育不同期, 断裂形成早, 为边沉积边逆冲的基底同沉积断裂。背斜构造形成时间较晚, 为第三纪晚期挤压或压扭性构造应力作用所致。背斜构造在中新世早期以后才显示出顶薄翼厚、岩性顶粗翼细的同沉积特征。

关键词: 尕斯断陷; 基底卷入型; 同生逆断裂; 背斜构造; 生长指数; 同沉积性

中图分类号: TE111.1 文献标识码: A

Structural features and evolution of contemporaneous reversed faults in Gas faulted depression in western Qaidam basin

Ding Wenlong¹, Wang Xiepei², Li Yanda¹, Zheng Qiugen³

(1. Qinghua University, Beijing; 2. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei;

3. Wuxi Institute of Experimental Geology, Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu)

Abstract: Reversed faults and folds are well developed in Gas faulted depression. The faults, closely accompanying the folds, are located on one side or both sides of anticlines and the highs of each structural layer superimpose vertically. Most faults have obvious control over sedimentation. The regional NWW contemporaneous reversed faults in Gas faulted depression would have controlled the distribution and scope of local sedimentary sags (oil-generating sags), the depocenters of which are located near the downthrow blocks; while the relatively small contemporaneous reversed faults are mainly developed within sags or swells and would have controlled the formation and development of local structural traps. The faults and anticlines were not developed at the same time. The faults were formed earlier on the basement as synsedimentary faults, which thrust while depositing. The anticlines were formed later as a result of compressional or compressor-torsional structural stress in Late Tertiary. Anticlinal structures did not show synsedimentary characteristics of thin and coarse on the crest, and thick and fine on the limb until the early Miocene.

Key words: Gas faulted depression; basement involvement pattern; contemporaneous reversed fault; anticlinal structure; growth index; synsedimentation

同生正断层及其伴生的“逆牵引”背斜(亦称滚动背斜), 在我国东部地区以及国外大量张性、张扭性含油气盆地中占有极突出的地位, 从理论和实践上都证实了此类构造是一种较好的含油气同生(沉积)构造, 并在油气勘探中取得了显著的

经济效益^[1~3]。但是在压性和压扭性盆地内, 同生逆断层以及与其相伴生的构造圈闭研究, 目前还进行得不多, 在国内外文献中至今仍极少见。目前, 在我国东、西部地区, 已有同生逆断裂相继被发现, 东部地区冀中坳陷首次发现与重力侧向

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”油气勘探科技工程项目(970208-02-02)

第一作者简介: 丁文龙, 男, 38岁, 博士后, 石油构造分析与油气地质

收稿日期: 2004-11-16

滑动作用有关的同生逆断层^[4];西部地区的准噶尔盆地也见到盆地周缘古生代褶皱山系与陆内盆地边缘之间的生长逆断层带^{[5]*},特别是柴达木盆地西部地区(以下简称柴西地区)尕斯断陷同生逆断裂的发现及其控油气研究^[6~8],为我国和世界上其他地区对这方面的研究提供了极其重要的实例,这对油气地质理论的发展和指导油气勘探实践均有十分重要意义。

1 地质概况

尕斯断陷为柴达木盆地西部茫崖坳陷带上的一个二级构造单元,西起阿尔金山,东至东柴山构造,北到犬牙沟、狮子沟、油砂山构造带,南达昆仑

山前,面积为4 800 km²,是柴达木盆地西部油气最富集的地区(图1)。该断陷沉积充填为中生代地层,自下而上分别为中生界、新生界下第三系路乐河组(E₁₊₂)、下干柴沟组(E₃)、上第三系上干柴沟组(N₁)、下油砂山组(N₂¹)、上油砂山组(N₂²)、狮子沟组(N₂³)和第四系。断陷发育时间主要在渐新世到中新世(E₃—N₁),上新世(N₂)抬起,断陷最大沉积厚度为6 000 m。钻井资料证实,渐新世晚期到中新世(E₃²—N₁)暗色泥岩厚度达800~2 000 m,是断陷内的主要生油层。位于其上下的中新世晚期至上新世早期(N₁²—N₂¹)和渐新世早期(E₃¹)形成的两套河流—滨浅湖相和三角洲相砂砾岩层是本区良好的储集层。该区发育50多条逆断裂和30

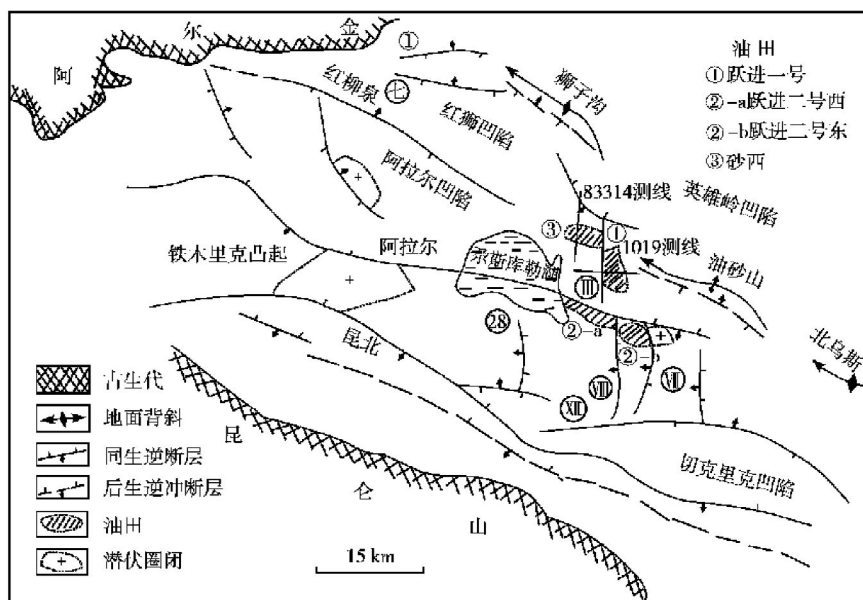


图1 柴西地区尕斯断陷构造纲要略图

Fig. 1 Structural outline map of Gas faulted depression in western Qaidam basin

多个与这些断裂相伴生的含油气构造圈闭。

2 断裂特征

2.1 剖面特征

根据地震剖面解释,本区断裂为高角度的逆断层,断面陡倾断入基底,倾角多数在55°~85°,断距下大上小,断裂向上延伸到上新统(N₂)底部消失;断层下降盘地层平直或向断层面方向微微抬升,地层厚度向断层方向无明显地增厚或变薄现象,但断裂下降盘地层厚度明显大于上升盘同一地层的厚度。本区13条主要断裂的第三系生长

指数(下降盘地层厚度/上升盘地层厚度)计算结果为1.02~4.3(图2),反映了断裂对其两侧地层的沉积厚度具有较强的控制作用,断裂为边沉积边活动的基底卷入型高角度同生逆断裂。

2.2 平面分布

在平面上,尕斯断陷内发育的北西西向和近南北向两组断裂的延伸长度、断距大小及其对沉积构造的控制作用的强度明显不同。

北西西向断裂,如阿拉尔、I号、红柳泉、七个泉、XI号、XIII号和昆北断裂。它们与盆地西部区域构造线相一致,断裂延伸长,多数在15~40 km,

* 吴庆福. 试论生长逆断层带的活动及其油气勘探问题. 第三届石油地质新进展会议论文, 1987

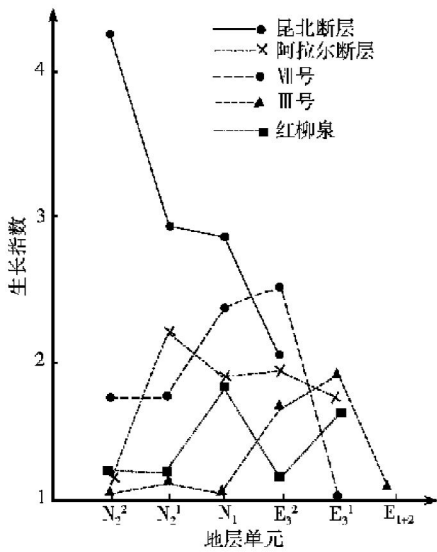


图 2 尕斯断陷主要断裂生长指数曲线图

Fig.2 Growth index curves of the main faults in Gas faulted depression

断距大,大部分在 1 400~ 4 700 m。这些断裂对新生界沉积有较强的控制作用,断裂生长指数在 1.5 以上。这组断裂控制本区南北向构造的分带性和沉积凹陷的分布。其中, XI 号、阿拉尔、X III 号和昆北等区域性同生逆断裂,分别控制着红狮凹陷、阿拉尔凹陷和切克里克凹陷。这些凹陷为尕斯断陷内的主要生油凹陷(图 1)。

近南北向断裂,如 III 号、VII 号、VIII 号、⑥号、绿西、绿东、乌南等断裂,延伸长度短,多数在 15 km 以内,断距小,除 VII 号断裂外,其他均小于 1 500 m。这些断裂对新生界沉积的控制作用相对较小,断裂生长指数小于 1.5,控制着本区的三级构造的形成和分布,表现为断裂与构造圈闭紧密伴生,形成了许多与断裂伴生的断鼻、断背斜、断块等含油气构造圈闭。

3 褶皱特征

(1) 背斜构造形态不对称。除跃进二号东高点为穹隆状外,其他背斜构造均表现为靠近断面的一翼陡,远离断面的一翼缓(图 3)。(2) 背斜构造一般在中新世晚期(N_1^2) 地层沉积以前各时期地层厚度从构造翼部向断层方向逐渐减薄,至断层相交处最薄。(3) 背斜构造在中新世早期(N_1^1) 地层沉积后才显示出顶薄翼厚的同沉积特征。(4) 背斜构造轴面直立,各构造层的高点上下铅直叠

合。(5) 在中新世早期(N_1^1) 地层沉积以前各时期地层的岩性从构造翼部向断层方向由细逐渐变粗,至中新世晚期(N_1^2) 和上新世(N_2) 沉积地层岩性才出现了背斜顶部粗向两翼变细,砂岩百分含量是背斜顶部的高向两翼变低。

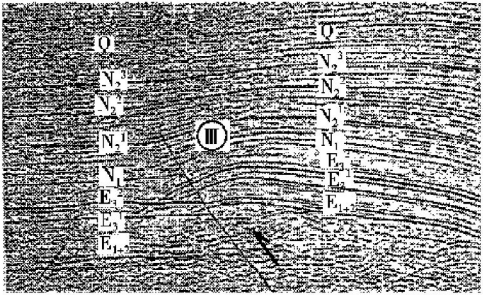


图 3 跃进一号构造 1019 测线地震解释剖面

Fig.3 Seismic interpretation profile of 1019 line on Yuejin No. 1 structure

上述特征表明背斜构造在中新世晚期(N_1^2) 以前,各构造层一直是往断层面方向抬高的单斜断块,并控制着岩相的横向变化。如跃进一号背斜构造,在中新世早期(N_1^1) 沉积以前,为一单斜高断块构造。从构造翼部的跃深 10 井到跃芯 1 井、跃深 1 井至断层附近的跃 126 井同一地层的砂岩百分含量逐渐增大(表 1)。中新世早期(N_1^1) 沉积以后,才表现出背斜顶部砂岩百分含量高向两翼变低的同沉积构造的岩性变化特征(图 4)。

表 1 跃进一号构造翼部至高点 E_3^1 — N_1^2 砂岩含量变化表
Table 1 Variations of sandstone contents (%) in E_3^1 — N_1^2 from the limb to crest of Yuejin No. 1 structure

层位	砂岩含量/ %			
	跃深 10 井	跃芯 1 井	跃深 1 井	跃 126
E_3^1	24.45	26.11	28.80	36.93
E_3^2	25.50	26.89	25.04	29.51
N_1^1	23.24	25.97	32.98	34.72

4 构造形成机制与演化模式

4.1 形成机制

从整个柴西地区的区域构造格架看*,第三纪,尕斯断陷由于受阿尔金走滑断裂活动的影

* 丁文龙. 柴达木盆地西部扭动构造格架和油气圈闭条件研究. 中国地质大学研究生院硕士毕业论文, 1989

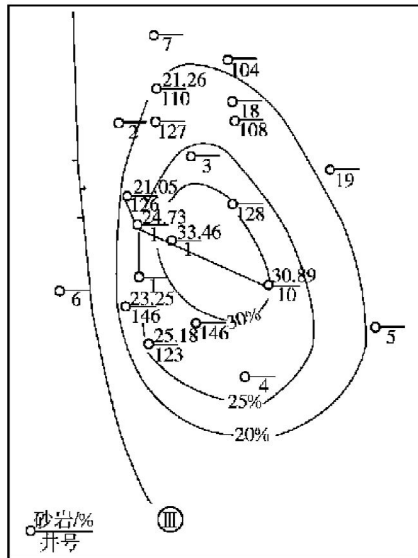


图4 跃进一号构造 N_2 层砂岩百分含量等值线图

Fig. 4 Contour of N_2 sandstone content (%)
in Yuejin No. 1 structure

响^[9], 该区第三纪早、中期的断裂具有一定的走滑性质, 为扭压性的同生逆断裂^[10]。断裂对褶皱构造的形成演化具有较大的影响。

尕斯断陷的同生逆断裂和伴生的背斜构造呈北西-北西西向成排展布, 反映了本区构造形成受到了北东-北北东向的水平挤压, 符合安德逊^[11]提出的逆断层形成的应力状态。唯一不同的是本区逆断层一般是高角度(大于 45°)。其原因是断裂发育的第三系, 主要是柔性的大套泥岩夹砂岩, 逆断层在该时期的长期发育过程中, 由于受到印度板块强烈水平挤压作用的影响, 有可能使低角度的剪切面(小于 45°)以高角度的逆断层形式出现。同时, 有的逆断层也继承了中生代高角度断层的性质。这些断层可以看成是基底和沉积盖层中的一条条裂隙, 构成了局部应力集中的边界条件。根据压应力下的断裂力学实验, 裂隙可看作一个剪切面, 应力场为南北向的水平挤压应力场(图5)。图中表示的是应力场中的一个南北向的直立剖面。这样在最大水平压应力(Q)的作用下, 最大张应力(最小压应力) P 与压应力 Q 垂直。裂隙两端的A点切向张应力最大, 产生于逆断层上盘上冲, 下盘下滑的剪切活动。顶端B点是压应力最大处, 该处可能出现剪破裂 BB' , 而在柔性材料(泥质岩系)中, 则形成沿最小压应力 P 方向铅直的背斜构造。所以, 在最大挤压应力 Q 的作用下, 裂隙

两侧的压应力集中区受到裂隙位置的控制。上述实验可以解释在区域性南北向挤压构造应力作用下, 背斜构造发育的位置和走向严格受断裂所控制, 在断层上盘最易形成背斜构造, 断层和背斜是在统一应力场中形成的伴生构造。至于断层下盘B点区域, 在材料均一, 上下边界条件一致的情况下, 也有被挤压成向斜的伴生应力场, 但由于本区基底坚硬, 不能向下提供向斜发育的空间, 断层的牵引作用很小, 至多形成一些局部挤压, 在逆断层下盘形成了地层倾向与断层相反的屋脊状断块。

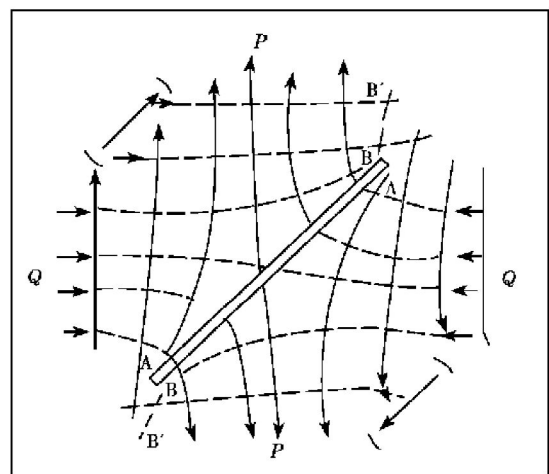


图5 压应力作用下断裂形成应力场示意图
(Q, P 均为压应力, $Q > P$)

Fig. 5 Schematic diagram showing stress field during fault
formation under compressive stress
(Both Q and P are compressive stresses, $Q > P$)

4.2 构造演化模式

通过对尕斯地区地震时间反射剖面详细对比解释、地层厚度分析以及主要背斜构造的演化剖面综合研究后认为: 尕斯断陷区的断裂为边沉积边活动的基底同生逆断层, 断裂形成较早, 发育时期较长, 而与之相伴生的褶皱构造形成时间较晚, 褶皱是在断裂活动晚期形成的, 并显示出同沉积性。在断裂活动早期为同向的断块构造; 后期褶皱是在早期高断块构造的基础上发展起来的。

根据断裂两侧地层产状平缓和沉积地层厚度变化不大以及连续沉积特征分析, 尕斯地区第三纪早、中期处于均衡沉降状态, 沉积和构造并未受到强烈的改造。基于上述构造分析认识, 建立了尕斯断陷同生逆断裂及其伴生褶皱构造的演化模式(图6), 其基本条件是沉积速率等于沉降速率。

在中新世晚期(N_3^1)之前,本区为块断运动,中新世末期的喜山运动 II 幕对尕斯地区有较大的影响,以七个泉地区升出湖面遭受剥蚀为佐证。该构造时期,在压应力作用下,区内的多数褶皱构造开始具有雏形,当挤压作用进一步加强时,逆断层迅速生长,在高断块的背景下不断挤压隆起,形成同生背斜,有人亦称之为“正牵引”构造^[12]。第三纪末期,喜山晚期强烈的褶皱运动,使潜伏背斜之上的上部构造层(N_2-Q)逆冲推覆形成了后生背斜构造,造成了尕斯地区地面构造高点较中深层背斜构造高点向南偏移的现象(图 7)。

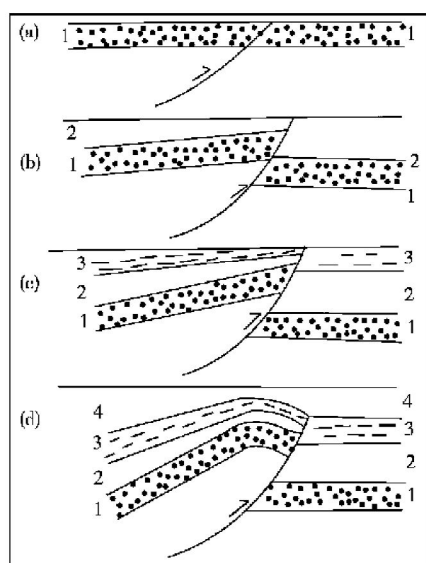


图 6 同生逆断裂及其伴生褶皱构造演化模式图

Fig. 6 Evolution patterns of the contemporaneous reversed faults and the associated fold structures

(a) 沿犁式断面逆冲; (b) (c) 上盘倾斜, 向上沉积层变薄;
(d) 沉积后发生褶皱

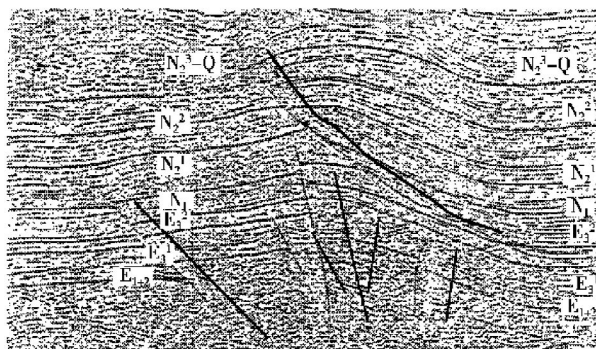


图 7 尕斯断陷砂西构造 83314 测线地震解释剖面

Fig. 7 Seismic interpretation profile of 83314 line on Shaxi structure in Gas faulted depression

5 结论

(1) 柴西地区尕斯断陷断裂为边沉积边活动的基底卷入型高角度同生逆断裂, 断裂对其两侧地层的沉积厚度、岩性具有较强的控制作用。

(2) 尕斯断陷北西西向区域性同生逆断裂控制着局部沉积凹陷(生油凹陷)的分布和范围, 沉积中心位于断裂下降盘附近; 而规模较小的同生逆断裂主要发育在凹陷或凸起内部, 控制着局部构造圈闭的形成和发展。

(3) 与同生逆断层相伴生的背斜构造从中新世早期以后具有顶薄翼厚、岩性顶粗翼细的同沉积特征, 各构造层高点上下铅直叠合。断裂与背斜构造发育不同期, 断裂形成早, 为边沉积边逆冲的基底同沉积断裂。背斜构造形成较晚, 为第三纪晚期挤压或压扭性构造应力作用所致。

参 考 文 献

- 1 王燮培, 费琪, 张家骅. 石油勘探构造分析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990. 21~ 84
- 2 程小久. 同生断层控矿作用综述[J]. 矿床地质, 1994, 13(增刊): 113~ 115
- 3 张树林, 田世澄, 陈建渝. 断裂构造与成藏动力系统[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 261~ 266
- 4 杨克绳, 王同和. 冀中坳陷逆同生断层的发现及找油意义[J]. 石油勘探与开发, 1985, 12(4): 1~ 7
- 5 郑和荣, 李铁军, 蔡立国, 等. 中国中西部前陆冲断褶皱带油气地质条件及勘探建议[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 156~ 161
- 6 Song Tingguang, Wang Xiepei. Structural styles and stratigraphic patterns of syndepositional faults in a contractional setting: examples from Quaidam Basin, Northwest China[J]. AAPG Bull, 1993, 77(1): 102~ 117
- 7 邹华耀, 胡文义. 生长逆断层与油气生成、运移和聚集: 以柴达木盆地尕斯断陷为例[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 200~ 206
- 8 丁文龙, 金之钧, 丁艳红. 逆断层和聚敛型扭断层下盘圈闭条件分析及勘探意义[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(1): 30~ 34
- 9 王金荣, 黄华芳. 柴达木盆地断裂构造效应[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 1994, 30(4): 116~ 121
- 10 刘海涛, 马立祥, 葛肖虹, 等. 阿尔金断裂的研究现状及控油意义[J]. 西安石油学院学报(自然科学版), 2003, 18(6): 5~ 8
- 11 Andereon E M. The dynamice of gaulting[M]. Zaed: Edinburg, Oliver and Boyd, 1951
- 12 王宁国. 正牵引构造及找油意义[J]. 石油与天然气地质, 1981, 2(3): 18~ 23