

论河西走廊陆盆的演化和最终形成期

刘宝睿¹⁾, 杨克绳²⁾, 刘东艳²⁾

1) 中国石油大学, 山东东营, 257061;

2) 东方地球物理公司研究院地质研究中心, 河北涿州, 072751

内容提要:河西走廊:酒西、酒东、民乐三盆地,发育在加里东褶皱基底之上,经晚侏罗世—早白垩世的拉张、翘倾运动形成的箕状断陷被新近纪挤压拗陷所覆盖,形成统一的河西走廊北西西向的盆地,特点是第四纪印度次大陆强烈的推挤欧亚大陆,使祁连山强烈回返,向河西走廊逆掩、逆冲,最终形成河西走廊陆盆。各箕状断陷之上,上覆古近纪—第四纪地层,使断陷内埋深已超过3.5km。古地温大于60°C,使下白垩统烃源岩达到生烃成熟阶段,部分烃源岩目前仍处于生油高峰阶段,处于新近纪,挤压拗陷阶段形成的背斜和非背斜岩性圈闭,受第四纪强挤压,与具有异常高压的下白垩统烃源岩主要生烃期相匹配,可形成自生、自储、自盖的油气藏。

关键词:河西走廊;拉张箕状断陷;挤压拗陷;强挤逆掩逆冲;第四纪

关于酒泉—民乐陆盆的形成和周边老山向盆内逆掩、逆冲的地质时代问题,始终是地学界关注的问题。

笔者之一杨克绳 1958 年在民乐盆地南边祁连山大板之上,见到新近系中新统白杨河组钙质结核层不整合在志留系变质岩之上,这一地质痕迹说明

中新世时祁连山还在地下。那么祁连山到底什么时间形成(盆地最终形成期)?就现有的一些地震、地质资料加以说明。

1 盆地类型与演化

关于酒泉—民乐陆盆的类型,历来都有不同的认识,20世纪50~60年代,大多数地质学家从槽台

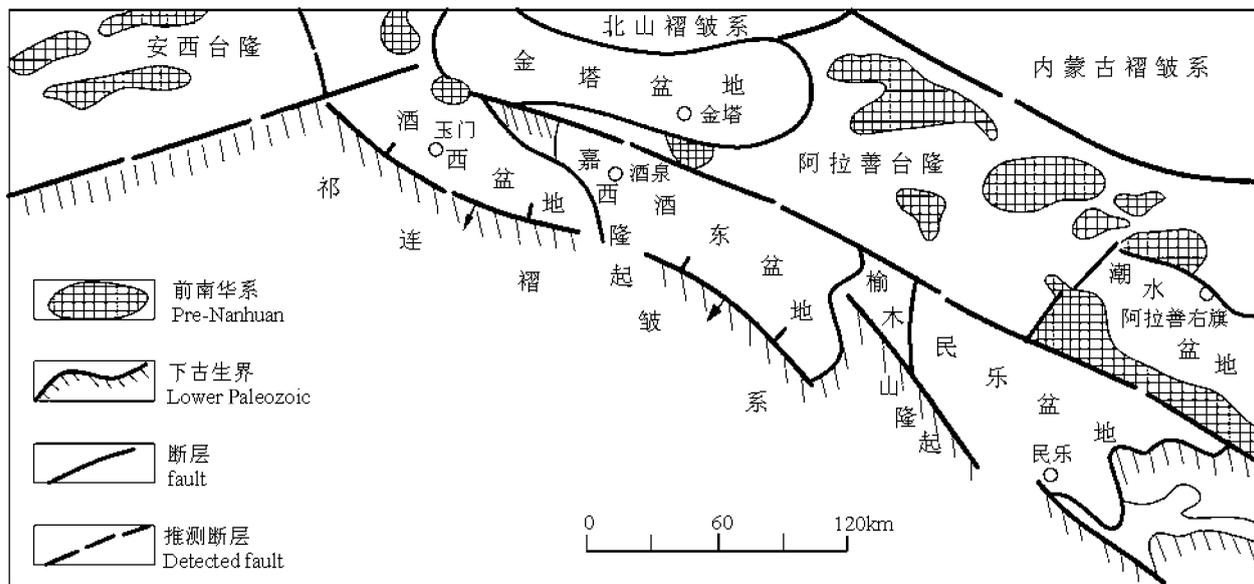


图1 河西走廊含油气盆地分布图

Fig. 1 Distribution map of Hexi corridor oil/gas-bearing basin

收稿日期:2007-11-11;改回日期:2008-06-20;责任编辑:章雨旭。

作者简介:刘宝睿,男,1980年生。2003年毕业于河北工业大学,现为中国石油大学研究生。通讯作者:杨克绳,男,1937年生。原石油物探局研究院副院长,教授级高工。1953~1956在北京地质学院金属与非金属勘探专业学习,1956年调北京石油学院石油地质专业学习,1957年毕业。通讯地址:072751,河北涿州东方地球物理公司研究院地研中心;电话:0312-3737390(办)。

论出发,称之为山前盆地。1960年曹德安等按大地构造位置分类称之为槽缘盆地。陈发景等(1992)则认为造山带后期再活动形成的前陆盆地(N—Q)。谭试典等(1990)根据地球动力学环境的差异,认为板块聚合形成造山带,在造山带一侧向外扩展,单向挤压拗陷,形成单冲式压陷盆地(霍永录等,1995)。然而,有些地学工作者特别强调扭应力作用,认为河西走廊为拉分盆地(王同和,1987)。谢德宜、王燮培(1993)认为该盆地中生代为一扭动盆地(王燮培等,1990)。特别是李德生(1982)把河西走廊诸盆地划分为中国含油盆地西部的挤压含油气盆地构造类型,对地学界影响之深是全国之冠。

总之,上述不同的论述给人以深刻的启迪。通过近年来的地质和地震信息说明,河西走廊陆盆是一典型的双层断、拗结构的陆盆(杨克绳,1987),是酒西、酒东、民乐北西西向盆地,其间被嘉西、榆木山隆起相隔,绵亘逾350km,展宽30~80km(图1)。

1.1 晚侏罗—早白垩世箕状断拗发育阶段

随着羌塘地块与欧亚大陆碰撞汇合,从而形成河西走廊南缘的祁连山洋向阿拉善古陆俯冲,随着祁连山洋的关闭,祁连山碰撞挤压带与阿拉善古陆焊接在一起形成河西走廊晚侏罗—早白垩世箕状断陷的基底构造层(图2)。

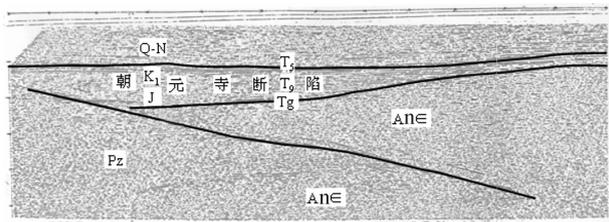


图2 民乐盆地 M85—576 地震剖面
Fig. 2 M85—576 seismic section in the Mingle basin

在侏罗纪时,冈瓦纳大陆北缘的拉萨地块裂离向北漂移,古特提斯洋向北俯冲,开始北倾俯冲带倾角较小,造成侏罗纪—早白垩世的拉张应力场。由于河西走廊安西隆起的抬升控制了酒西盆地侏罗纪—早白垩世的东断西剥(超)的箕状断陷(图3)。金佛寺隆起的隆升控制了酒东盆地侏罗纪—早白垩世的北断南剥(超)的箕状断陷(图4)。龙首山隆起的抬升,控制了民乐盆地侏罗纪—早白垩世的西南断、东北剥(超)的箕状断陷(图5)。

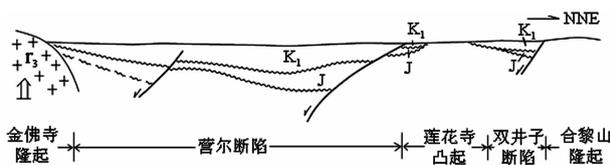


图4 酒东盆地前古近系横向结构示意图
Fig. 4 Scheme of pre-Eogene lateral structures in the Jiudong basin

侏罗纪—早白垩世在拉张应力场和古隆起抬升的地质机制下,形成了酒西盆地北北东向东断西剥(超)侏罗纪—早白垩世青西箕状断陷、石北箕状断陷、大红圈箕状断陷被鸭北凸起、石北凸起所分割(图6)。形成了酒东盆地北西西向北断南(超)剥侏罗纪—早白垩世双井子箕状断陷、许三湾箕状断陷向南过莲花寺凸起的营尔箕状断陷、马营箕状断陷。以及形成了民乐盆地的北北西向南断北剥(超)的张掖箕状断陷、朝元寺箕状断陷被三工闸低凸起所分。

总之,河西走廊三盆地的箕状断陷都为一侧古隆起抬升形成的(图7)。由于箕状断陷是拉张翘倾运动形成的,其中晚期沉淀较稳定,适于成油的地质条件,从而河西走廊三盆地的箕状断陷、早白垩世构

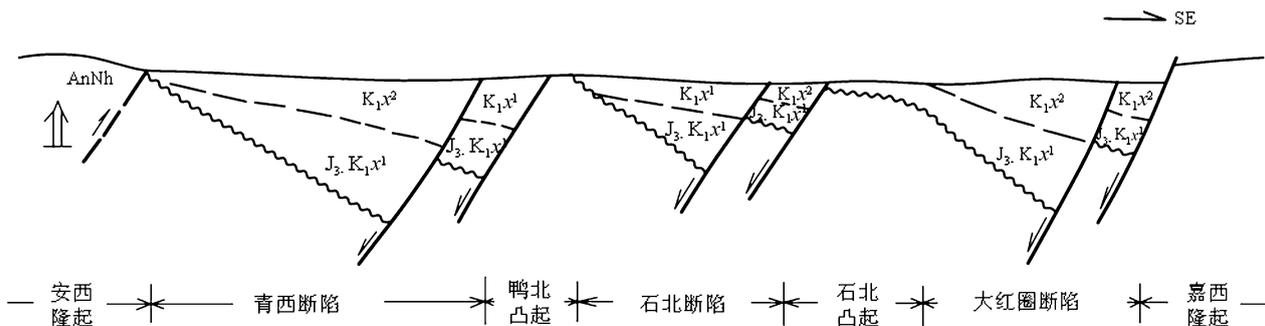


图3 酒西盆地前古近系纵向结构示意图
Fig. 3 Scheme of pre-Eogene vertical structures in Jiuxi basin

造层构成了三盆地生油层。

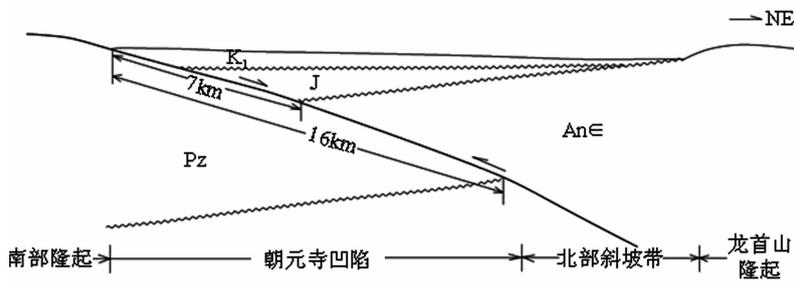


图 5 民乐盆地前古近系横向结构示意图

Fig. 5 Scheme of pre-Eogene lateral structures in the Minle basin

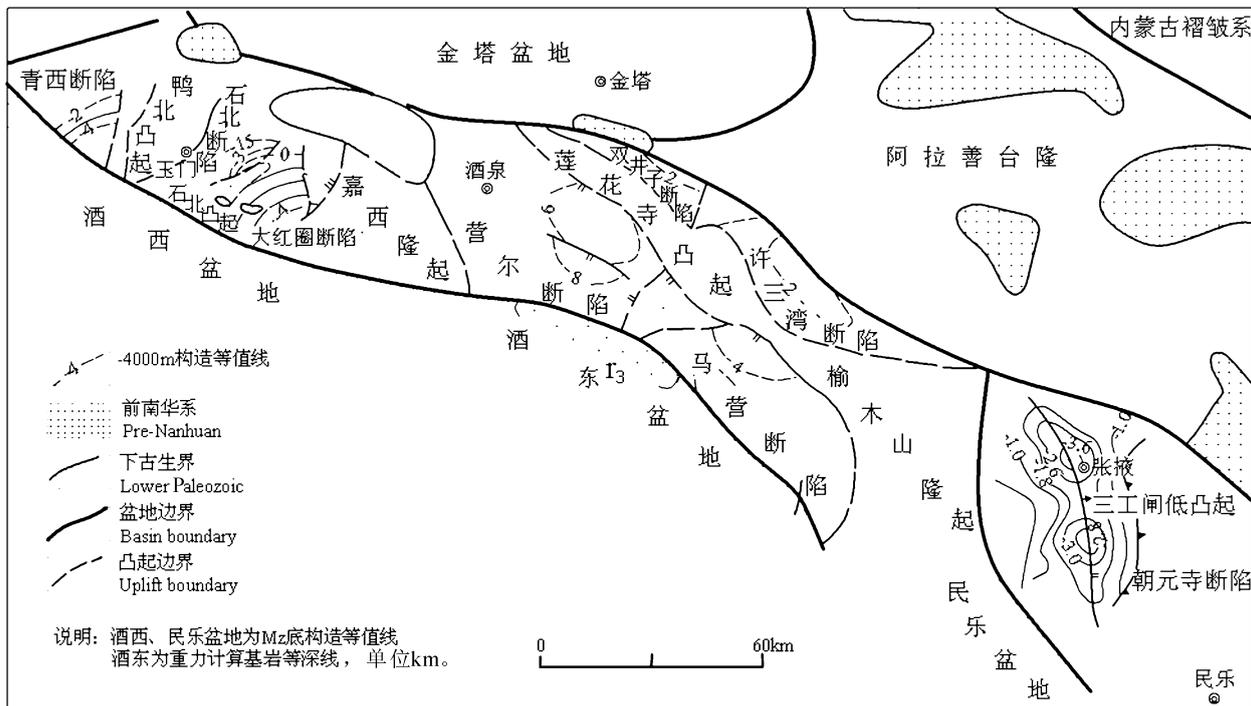


图 6 河西走廊含油气盆地前古近系构造区划示意图

Fig. 6 Schematic map of pre-Eogene structures partition in the Hexi corridor oil/gas-bearing basin

1.2 新近纪挤压拗陷发育阶段

河西走廊到晚白垩纪时,受到拉萨地块与欧亚

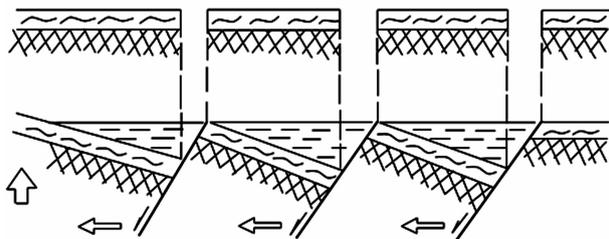


图 7 河西走廊三盆地箕状断陷形成机理图解

Fig. 7 Scheme of forming mechanism for half graben like fault depression in the three Hexi corridor basins

大陆相碰撞的影响,从而形成东北方向的推挤应力,使本区相应抬升,造成了上、下白垩统不整合,大部分地区缺失上白垩统沉积,只有局部地区沉积了棕红色的砾岩层。随着拉萨地块水平挤压力进一步加强,板块俯冲倾角加大,从而由拉张断陷转为北西向挤压拗陷,统一了晚侏罗世—早白垩世分割的箕状断陷构造格局(图 8)。

1.3 第四纪逆掩冲推覆构造发展阶段

继新近纪(22.2ma)(霍永录等,1995),中特提斯洋关闭,印度次大陆与欧亚大陆碰撞(金性春,1983),这是一次最强烈的碰撞挤压变形作用,使祁连山强烈回反河西走廊强烈推覆逆掩、逆冲,使第

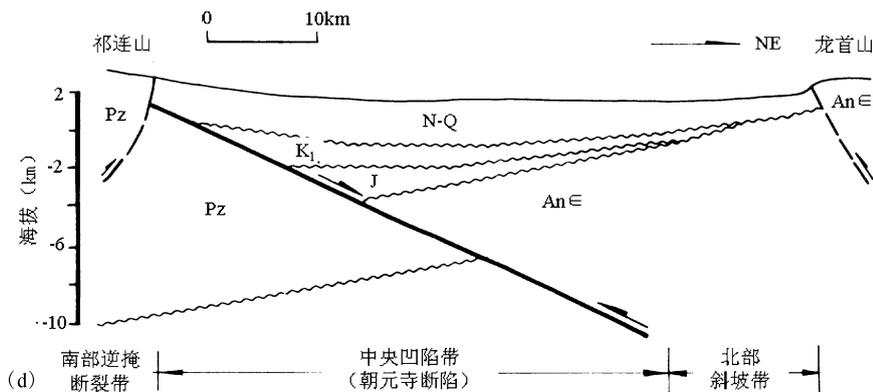
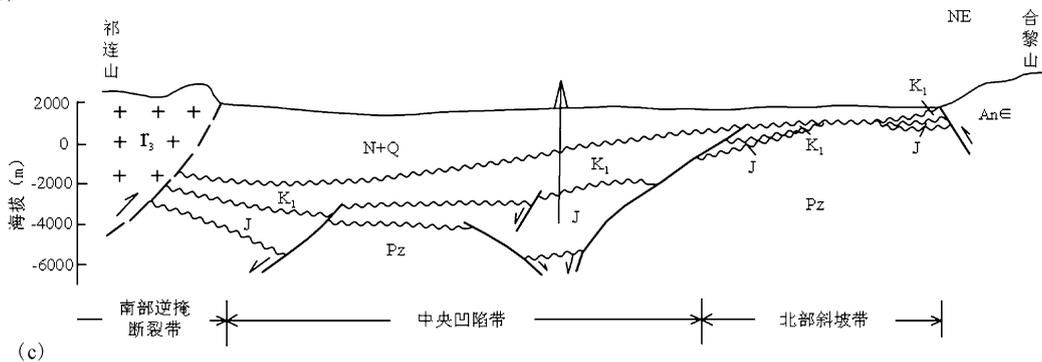
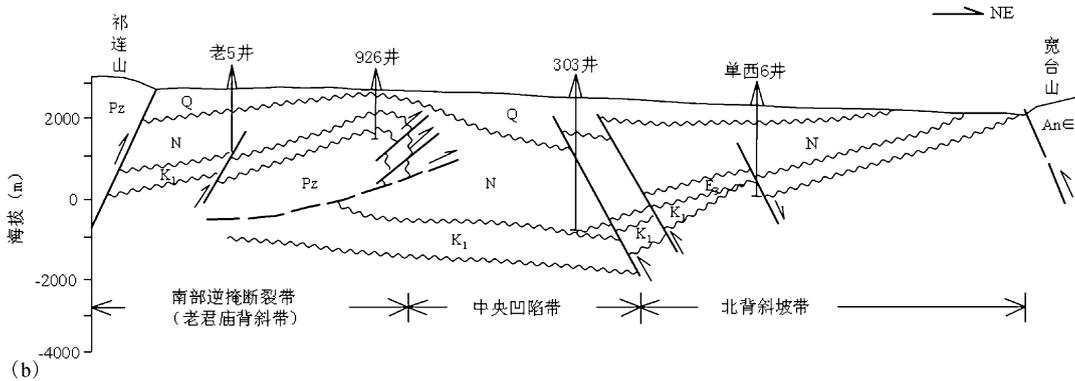
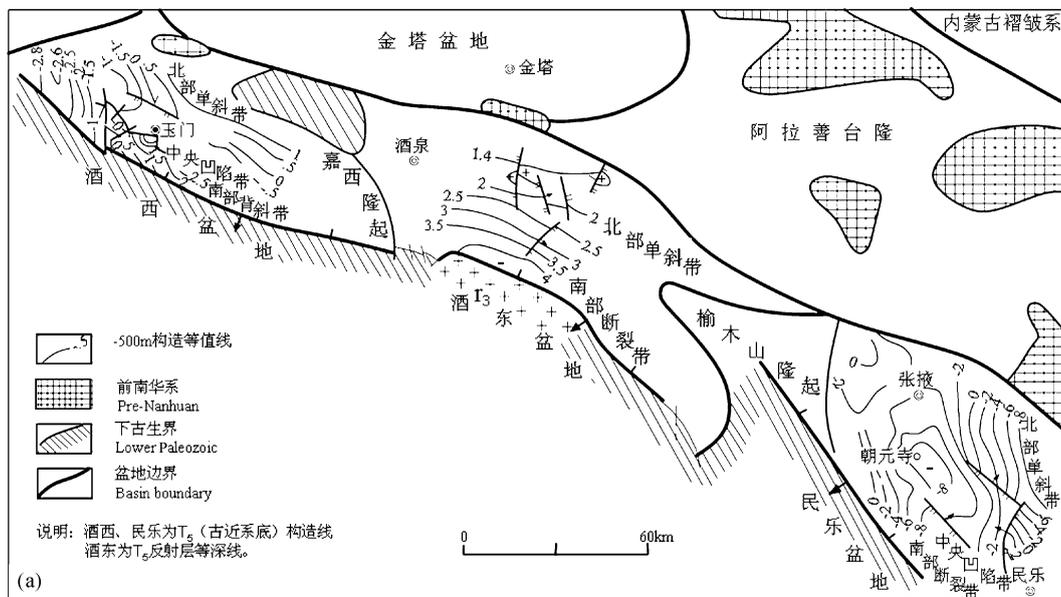


图 8 河西走廊陆盆古近纪—新近纪构造平面图

Fig. 8 Map and sections of Tertiary strures in the Hexi corridor continental basin

- (a) 河西走廊陆盆古近纪—新近纪构造区划图;
 - (b) 酒西陆盆构造横剖面图;
 - (c) 酒东盆地构造横剖面;
 - (d) 民乐盆地构造横剖面图
- (a) Partition map; (b) Structural section in the Jiuxi continental basin; (c) strutral section in the Jiudong continental basin; (d) Structural section in the Mingle continental basin

四系玉门组砾岩(1.67Ma) (周晓峰等,2005)和酒泉组砾岩(0.119Ma) (周晓峰等,2005) 叠加在古近纪—新近纪拗陷构造层之上,最终形成祁连山和统一的河西走廊三陆盆。现有资料表明河西走廊天然地震频繁,据统计,1920~1986 河西走廊发生过超过 7 级的大地震 3 次,4、6 级以上的地震 14 次(周晓峰等,2005),地震震源深度多数在 20km 以内的地壳中(周晓峰等,2005),说明至今祁连山仍在活动。祁连山北缘冲断由西向东发育有酒西盆地的窟窿山、老君庙冲断带、酒东盆地的金佛寺冲断带、民乐盆地民乐冲断带:

于南缘冲断带的西部,呈北西向展布,东西长 36km,南北宽 4~7km,面积约 200km²,叠置于青西断陷和青西低凸起之上,志留纪地层逆冲到第四纪地层之上(图 9)。

(2)老君庙逆冲推覆带:位于窟窿山逆冲推覆带东侧,叠置于石北断陷和石北低凸起之上,呈北西向展布,东西长 45km,南北宽 10km,面积约 450km²,同样志留纪地层逆冲到第四纪地层之上(图 10)。

(3)金佛寺逆冲推覆带:位于酒东盆地营尔断陷南缘呈北西向展布,面积大于 250 km²。其南界为祁连山褶皱带北缘,金佛寺加里东期花岗岩逆冲

(1)窟窿山逆冲推覆带:窟窿山逆冲推覆带位

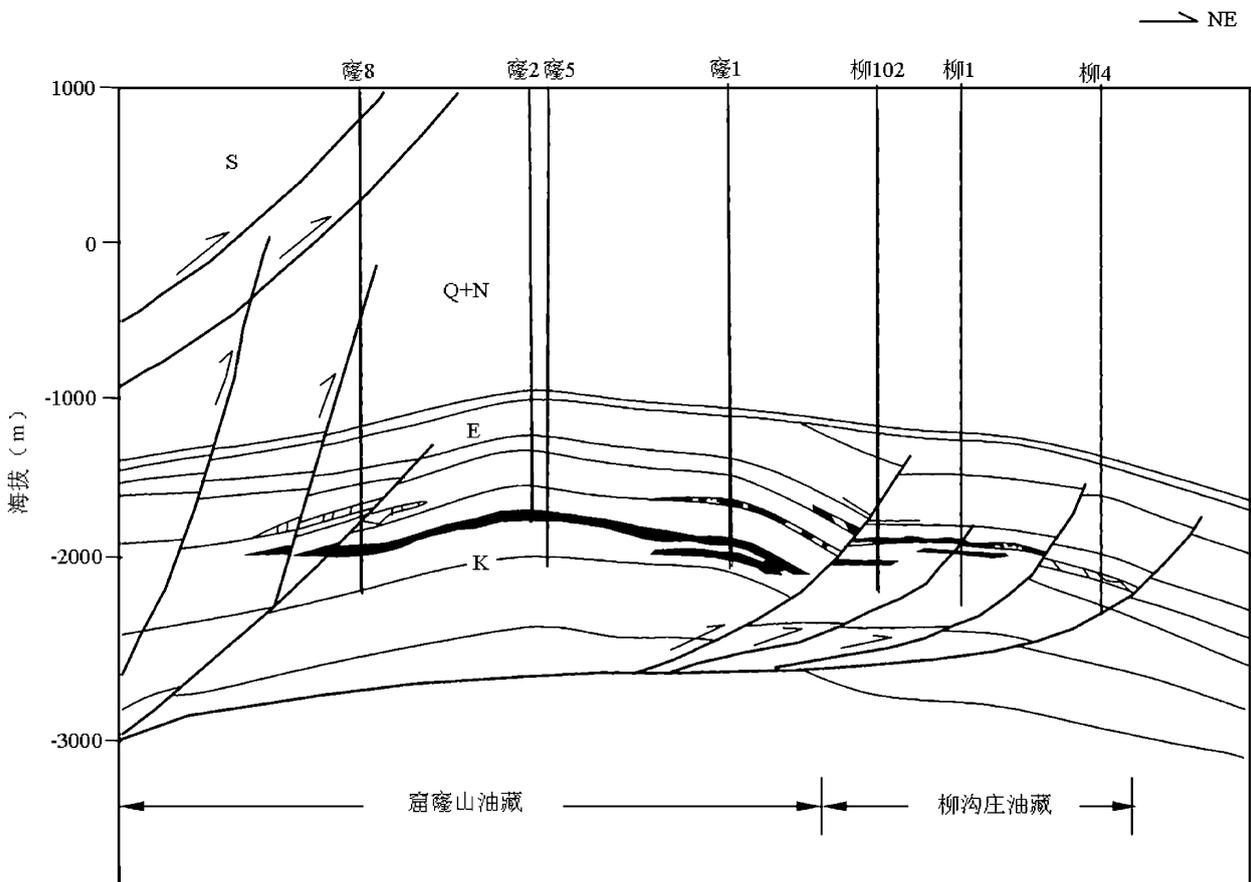


图 9 青西油田窿 8-柳 4 井油藏剖面图(据陈建军,2001)

Fig. 9 Reservoir section in Long8-Liu4 wells of the Qingxi oilfield (after Chen Jianjun et al. ,2001)

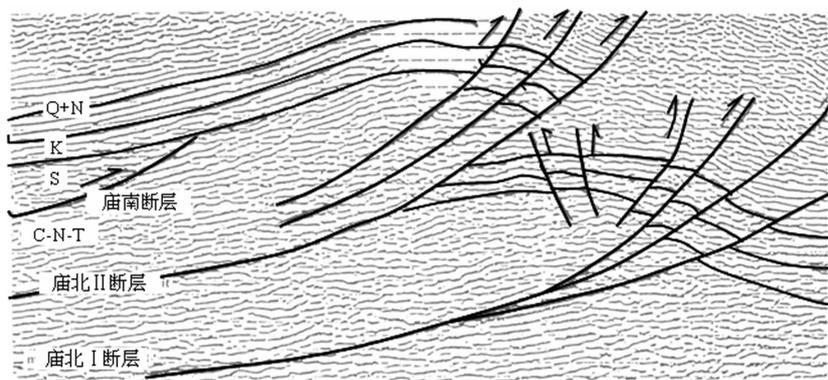


图 10 老君庙油田地震叠偏剖面 86QFL-41 (据陈辉,略有修改)

Fig. 10 86QFL-41 poststack seismic migration section in the Laojunmiao oilfield (after Chen Hui, slightly modified)

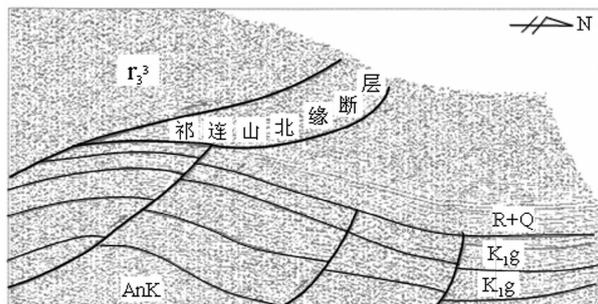


图 11 金佛寺逆冲推覆带地震剖面 (据李明杰等, 2005)

Fig. 11 Seismic section in the Jinfosi overthrust nappe zone (after Li Mingjie et al., 2005)

到第四纪地层之上(图 11)。

(4) 民乐逆冲推覆带: 位于民乐盆地朝元寺断陷南缘, 呈北西向展布, 面积约 300 km², 其南界为祁连山褶皱带北缘, 也同样是志留系变质岩逆冲到第四纪地层之上(图 8d) (杨克绳, 1987)。

以上实际资料说明, 河西走廊三陆盆发育在加里东褶皱基底之上, 经晚侏罗世—早白垩世的拉张翘倾运动形成的箕状断陷被新近纪挤压拗陷所覆盖, 形成了统一的河西走廊北西西向的陆盆。特别是第四纪印度次大陆强烈的推挤欧亚大陆, 从而形成了河西走廊的逆掩、逆冲推覆构造, 使新近纪挤压构造加大了构造幅度, 更促使油气运移与聚集。

2 结论

(1) 拉分构造应力观点是由于走滑断裂使盆地两侧的水平应力成相反的力偶状态, 将基底拉开而形成箕状断陷, 有的地质家以河西走廊三盆地为其

拉分盆地典型实例, 笔者认为按“拉分构造应力”观点, 在同一力偶作用下形成的各箕状断陷的走向应大体一致, 通过地震、地质信息所展示的构造格局, 酒西、酒东、民乐三盆地晚侏罗世—早白垩世的箕状断陷走向是不一致的, 酒西是东断西超(剥)走向北东; 酒东盆地是北断南超(剥)走向北西; 民乐盆地是西南断东北超(剥), 走向北北西, 用拉分构造应力难以解释。从中国大地构造位置, 西南印度板块从西南向东北推进, 东南库拉板块和太平洋板块从东南向北西推进, 其北为西伯利亚板块向南挤压。从这一构造力学场分析,

中国大陆处处都有扭应力作用, 但不是形成盆地的主导构造应力, 笔者等认为河西走廊三陆盆地的形成和演化是晚侏罗世—早白垩世的箕状断陷是由于古隆起抬升, 造成拉张翘倾运动形成的, 其上覆统一的北西向拗陷式盆地是挤压应力场所致, 所以河西走廊三盆地是多层结构(叠合盆地)的陆盆: 拉张断陷—挤压拗陷—强挤推覆形成现今的构造格局。

(2) 据地球化学研究表明(周晓峰等, 2005), 河西走廊各箕状断陷之上沉积了巨厚的(3822m)新生界地层, 各断陷下白垩统大部分埋深已超过 3.5 km, 古地层温度大于 60 °C (周晓峰等, 2005), 地温梯度 2.3 ~ 3 °C/1000m (霍永录等, 1995), 使下白垩统烃源岩达到生烃成熟阶段, 部分烃源岩目前仍处于生油的高峰阶段, 处于新近纪挤压拗陷阶段的构造和非背斜岩性圈闭受四纪强挤, 具有异常高压的下白垩统烃源岩主要生成烃期相匹配, 可形成更多的油气藏。

(3) 从人工地震剖面展示, 窟窿山、老君庙、民东逆冲推覆带, 志留纪地层逆冲到第四纪地层之上, 金佛寺逆冲推覆带、金佛寺加里东期花岗岩也同样逆冲到第四纪地层之上, 说明祁连山最终形成期与河西走廊三盆地最终形成期是息息相关的——第四纪。

参 考 文 献 / References

- 陈发景, 汪新文, 张光亚, 曹守连, 罗传容. 1992. 中国中、新生代含油气盆地构造和动力学背景. 现代地质, 6(3): 317 ~ 327.
- 陈建军, 范铭涛, 陶国立, 韩永科, 王崇孝. 2001. 应用新思路、新技术找油, 老油田焕发青春——酒西盆地油气勘探实践. 中国石油勘探, 6(3): 15 ~ 20.

霍永录,谭试典. 1995. 酒泉盆地陆相石油地质特征及勘探实践. 北京:石油工业出版社.

金性春. 1983. 板块构造学基础. 上海:上海科学技术出版社.

李德生. 1982. 中国含油气盆地构造类型. 石油学报,(3): 1~12.

李明杰,谢结来,潘良云. 2005. 祁连山北缘冲断带西段构造特征. 地学前缘,12(4): 438~444.

谭试典,王冰,黄子齐,杨贝德. 1990. 中国中、新生代沉积盆地类型与演化. 石油学报,11(3):1~11.

王同和. 1987. 河西走廊拉分盆地的构造演化与油藏分布. 石油与

天然气地质,8(3): 271~280.

王燮培,费琪,张家骅. 1990. 石油勘探构造分析. 武汉:中国地质大学出版社.

谢德宜,王燮培. 1993. 酒西盆地的扭断裂系统初探. 石油勘探与开发,20(6): 8~14.

杨克绳. 1987. 河西走廊含油气盆地构造类型及演化的探讨. 石油勘探与开发,14(5): 1~6.

周晓峰,赵应成,张亚军. 2005. 酒西盆地喜马拉雅运动特征与油气成藏. 新疆石油地质,26(4): 393~396.

A Discussion on Evolution and Final Forming Time of the Hexi Corridor Continental Basin

LIU Baorui¹⁾, YANG Keshen²⁾, LIU Dongyan²⁾

1) *Petroleum University of China, Dongying, Shandong, 257061;*

2) *Geological Research Center of GRI, BGP, Zuozhou, Hebei, 072751*

Abstract: Hexi corridor (including three continental basins: Jiuxi, Jiudong and Mingle), developed on Caledonian fold basement, formed uniform Hexi corridor continental basin in NWW direction after the half-graben-like fault depression formed by Late Jurassic—Early Cretaceous tensional and tilting movements and overlay by Neogene squeezing depression. Especially, the Quaternary Indian subcontinent strongly pushed and squeezed Eurasia, which made the Qilian Mts. thrust and overthrust backward the Hexi corridor and finally the Hexi corridor continental basin formed.

Tertiary—Quaternary formation overlay the different half-graben-like fault depressions that made the berried depth inside the fault depression over 3.5 km; the palaeogeothermal was larger than 60°C that made Lower Cretaceous hydrocarbon source rock to hydrocarbon-generated mature stage, partial hydrocarbon source rock is still in peek period of oil generation. The anticlinal and non-anticlinal lithologic traps formed in Neogene squeezing depression stage were strongly squeezed by Quaternary and matched with the major hydrocarbon-generated stage of extra-high pressure Lower Cretaceous hydrocarbon source rock, which formed auto-genous, auto-resrve and auto-cap reservoirs.

Key words: Hexi corridor; tensional half graben; fault depression; squeezing depression; overthrust; Quaternary

