

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

研究  
进展

# 济阳盆地中生代构造特征与油气

宗国洪 施央申

(南京大学地球科学系, 210093)

王秉海 王捷

(胜利石油管理局地质科学研究院, 山东东营, 257015)

**内容提要** 济阳盆地中生代构造主要包括: 印支期 NW 向压性构造(褶皱及逆断层)、消亡的 NW 向负反转半地垒及半地堑、燕山期 ENE 向压性构造(褶皱或逆断层)、SN 向地垒。印支期 NW 向压性构造是华北板块同扬子板块的聚敛运动的产物, 而 NW 向负反转地垒和地堑、ENE 向压性构造及 SN 向地垒源于郯庐断裂的左旋剪切作用, 新生代郯庐断裂右旋剪切运动导致上述构造消亡并成为隐伏构造。中生代隐伏构造为济阳盆地深层勘探提供了潜山圈闭(NW 向褶皱、逆冲构造、半地垒, ENE 向褶皱或逆冲构造, SN 向地垒)、早第三纪披覆背斜圈闭和岩性圈闭。

**关键词** 济阳盆地 印支运动 压性构造 负反转正断层 郯庐断裂

济阳盆地位于山东省北部、渤海湾西南, 面积 26000 km<sup>2</sup>, 是一个中、新生代多旋回复合盆地。中、新生代具有不同的构造格局, 新生代盆地面貌业已为大量钻探资料及地球物理勘探资料揭示, 为主要受 NE 向扭张断层控制的半地堑式复合盆地。但对于中生代盆地格架认识尚浅, 且争议较大。本文根据济阳盆地深层(>4000 m)勘探资料, 结合近年来中国东部大型走滑带、缝合带最新成果, 认为济阳盆地中生代构造格局是以 NW 向断层及 NW 向垒-堑构造为主导。印支期为 NW 向逆冲断层, 而燕山期逆冲断层反转, 则控制成半地堑盆地, 同时叠加了 ENE 向压性构造(褶皱或逆冲断层)及 SN 向垒-堑构造。最终指出济阳盆地深层勘探及油气评价应当充分注意 NW 向压性构造、垒-堑构造及相关的圈闭组合。

## 1 济阳盆地中生代构造类型及特征

济阳盆地新生代构造属性近年来一般都视为陆内裂谷盆地或扭张盆地, 但对前第三纪的构造研究较少。有人认为新生代控制盆地发展和演化的 NE 向扭张断层在中生代具有同样的地球动力学意义。可是 NE 向断层控制中生代盆地沉积发育的证据不足, 而近年来的钻探和地球物理勘探揭示出一批以 NW 向断裂为主的中生代隐伏构造。

### 1.1 印支期 NW 向压性构造——褶皱及逆冲断层

位于济阳盆地东北部的桩西倒转褶皱及逆断层是一个典型。该褶皱为层层上超的早、中侏罗世煤系地层覆盖, 顶面埋深 3400~4000 m (图 1), 平面延伸长度 6 km, 宽度 4 km, 走向 NE32°。褶皱核部为古生界, 主要是寒武系及奥陶系, 顶部古生界遭受强烈剥蚀。以致下、中侏罗统与寒武系直接接触, 据此可以推论本区三叠纪可能经历 NE-SW 向挤压, 及有一定程度的

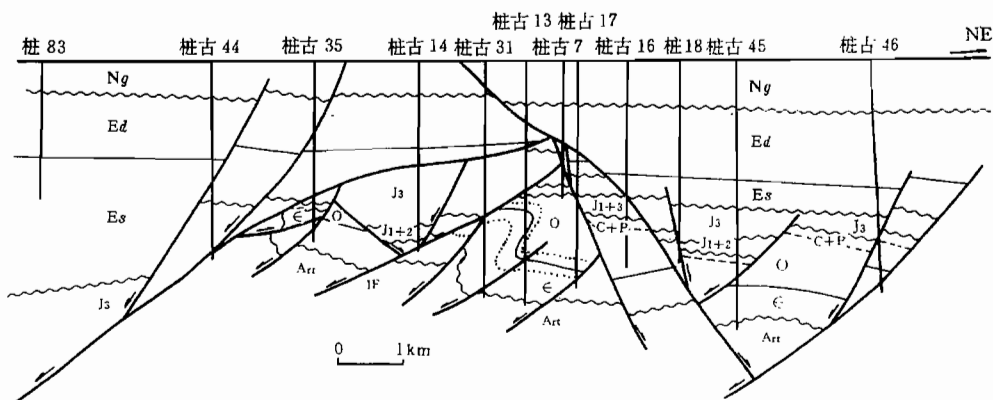


图 1 济阳盆地桩西地区压性构造剖面图(据李开勤,1993)

Fig. 1 Compressive structure profile in Zhuangxi area, Jiyang basin(after Li Kaimeng,1993)

Art—泰山岩群;Ng—上第三系馆陶组;Ed—下第三系东营组;Es—下第三系沙河街组;IF—负反转断层

Art—Archean Taishan Group Complex;Ng—Neogene Guantao Formation;Ed—Eocene Dongying Formation;

Es—Eocene Shahejie Formation;IF—negative inversion fault

剥蚀准平原化作用。济阳盆地内揭示的印支期 NW 向压性构造尚有多处,如车镇凹陷大古 61 井揭示下、中侏罗统与石炭系接触,东营凹陷东侧存在泰山岩群之上的下、中侏罗统,且呈 NW 向展布。济阳盆地外围埕北低凸起,海 20 井揭示下、中侏罗统之下为石炭系,埕北 20 井揭示下、中侏罗统之下为泰山岩群,沙埕田凸起海中 8 井揭示下、中侏罗统下伏为泰山岩群,鲁西隆起区更是多见下、中侏罗统披盖在泰山岩群之上。它们多与 NW 向断裂有关。

依据济阳盆地石炭—二叠系残留厚度图(图 2),可见前中生界遭受剥蚀具有普遍性。作为车镇凹陷、沾化凹陷及东营凹陷基底构造层部分石炭—二叠系的分布与中、新生界盖层分布在剖面上正好相反。中、新生代厚度优势区位于主断层带,而石炭—二叠系厚度优势区位于凹陷斜坡带。

NW 向逆冲断层在义和庄凸起东部被义古 14 及义古 47 探井揭露。义古 14 井下、中寒武统重叠,义古 47 井中、上寒武统存在逆掩断层,垂直逆掩断距 300~600 m(图 3),据义古 47 井下、中侏罗统覆于中寒武统之上,推测逆冲运动发生于三叠纪。

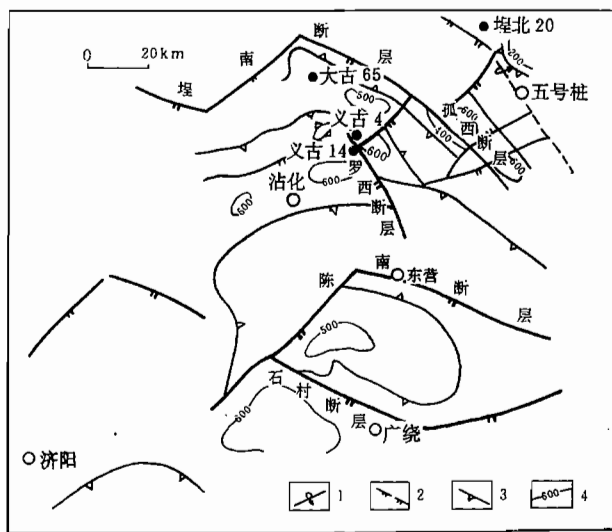


图 2 济阳盆地石炭—二叠系厚度图(据肖焕钦等,1995)

Fig. 2 Thickness contour of Carboniferous—Permian Systems in Jiyang basin(after Xiao Huanqin et al, 1995)

1—倒转褶皱;2—正断层;3—剥蚀线;4—等厚线

1—Overturned fold;2—normal fault;3—denudation line;

4—thickness line

上述现象表明,三叠纪时期本区以 NW 向逆冲断层和褶皱为主,因而印支期的济阳盆地及外围地区广泛分布 NW 向压性构造,且逆冲构造是主要样式,挤压上升的同时经受剥蚀改造、夷平。进入侏罗纪及白垩纪逆断层发生反转,演变为正断层,成为控制侏罗系及白垩系充填的半地堑,而 NW 向褶皱的发育同期终止和被保留下来。

## 1.2 晚侏罗世—早白垩世 NW 向正断层及其控制的半地堑、半地堑

自侏罗纪以来,NW 向负反转断层是非常重要的构造线,尤其是对于侏罗系及白垩系分布的控制作用表现突出。图 4 是济阳盆地侏罗系及白垩系残留厚度图,由图可见 NW 向断层是车镇凹陷、沾化凹陷及东营凹陷侏罗系及白垩系展布的控制线。据钻井资料,下、中侏罗统和上侏罗统—下白垩统之间存在角度不整合,下白垩统与上白垩统之间存在角度不整合,下、中侏罗统依附于三叠纪准平原化面,上侏罗统—下白垩统构成 NW 向半地堑充填物的主体,而上白垩统仅仅堆积于半地堑的深部。

NW 向断层活动性在早第三纪始新世慢慢减弱,甚至停息,如孤西断层、罗西断层、陈南断层东段及石村断层等相继停止活动,少数断裂仍继续活动。而 ENE 向新的扭张断层活动加剧,并控制了新生代盆地(半地堑)的演化和沉积,特别是早第三纪中始新世—渐新世沙河街组至东营组沉积时期(50.5~37 Ma)最明显。这表明上述 NW 向断层和 ENE 向断层活动性正好相反,即新生代的应力场迫使 NW 向拉张断层消失,而使 NW 向垒-堑构造成为隐伏构造。

## 1.3 中生界非 NW 向隐伏构造

包括 SN 向地垒及 ENE 向压性构造。图 4 展示济阳镇地区存在一条近 SN 向的地垒,义和庄凸起南侧有一个 ENE 向的中生界厚度优势区。前者在磁力异常图及重力异常图上均有明显的反映,磁力异常一次导数等值图显示为两条相近的 SN 向磁力异常值突变带,紧邻该异常带右侧为一个重力低异常(-36 mgal),是济阳盆地重力异常最低处,而这里并不是新生界分布中心。后者中生界残留厚度可达 3000 m,钻孔揭示为侏罗系及下白垩统。这表明 ENE 向负地形与 NW 向半地堑一度共存。据大地电磁测深资料,义和庄凸起深部存在由北向南上冲的逆掩断层,如果将这一证据与 ENE 向中生代地层进行综合考虑,便可推论该负地形可能是一个山前凹陷。

## 2 构造动力学背景分析

基于上述分析可见济阳盆地新生界下部存在四种隐伏构造:①印支期 NW 向褶皱及逆断

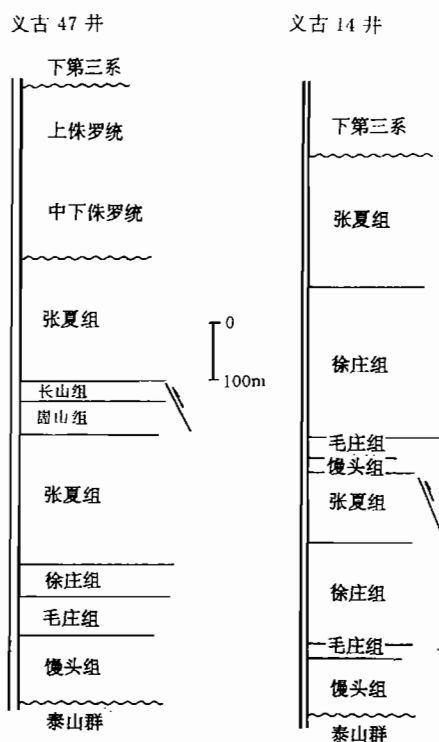


图 3 济阳盆地义古 14 井及义古 47 井逆断层柱状剖面简图

Fig. 3 Simplified column with reverse faulting met by Wells Yigu14 and Yigu47 in Jiyang basin

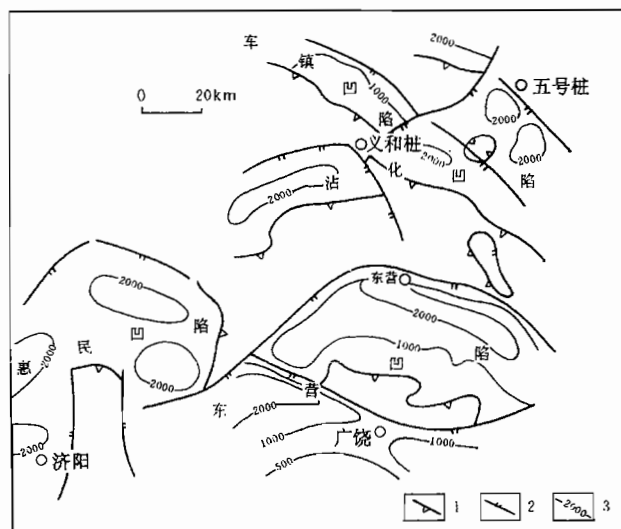


图4 济阳盆地中生界残留厚度图(据肖焕钦等, 1995)

Fig. 4 Thickness contour of Jurassic-Cretaceous Systems

in Jiyang basin(after Xiao Huanqin et al, 1995)

1—正断层; 2—剥蚀线; 3—等厚线

1—Normal fault; 2—denudation line; 3—thickness line

层;②燕山期 ENE 向褶皱及逆断层;③燕山期 SN 向地垒;④NW 向负反转断层控制的地垒及地堑。这些隐伏构造是如何形成及如何演化? 根据活动论的观点, 答案应当从盆地所处板块或地体的边界性质及其演化方面寻找。

华北板块与扬子板块的聚敛运动, 及这种强烈挤压下形成的压性构造特征, 已有许多文献报道过。笔者认为华北板块与扬子板块三叠纪的聚敛作用, 可能是华北板块前中生界挤压变形的动力导源, 过去人们更多地注意到加里东—海西期近东西向的压性构造线, 实际上由于华北板块与大别地体的拼贴, 华北板块与扬子板块的聚敛边界东段走向线由近 EW 向转变为 NW 向<sup>[1,2]</sup>, 与济阳盆地及其外围印支期的压性构造走向相近, 而此时库拉—太平洋板块的运动方向为

NNW, 对欧亚板块并不产生直接的挤压作用, 所以华北板块上印支期 NE—NNE 向宽缓褶皱可能不存在, 至少在济阳盆地及其邻区是不存在的。

至于侏罗纪以来的动力边界, 似乎应当对作为渤海湾盆地区右边界并贯穿华北板块的郯庐断裂给予高度重视。郯庐断裂在晚侏罗世至早白垩世曾作大规模左旋剪切运动, 新生代为右行平移<sup>[3~5]</sup>的认识近年来广为地学界接受和引用。持陆内主动裂谷说<sup>[6,7]</sup>承认郯庐断裂剪切运动对于渤海湾盆地区的复杂化作用。也有不少学者著文阐述渤海湾盆地区主断裂具有扭动性<sup>[8,9]</sup>。济阳盆地紧邻郯庐断裂, 盆内主断裂的扭张特征极其明显<sup>[10]</sup>, 早第三纪活动的各组主断裂走向展布特征, 表明右行走滑剪切带是郯庐断裂外部的伴生断裂, 以 NE 至 ENE 向扭张断裂为主, 兼有 WNW 向共轭扭张断裂及 ENE 至 EW 向张性断裂。

郯庐断裂在晚侏罗世—早白垩世的左旋剪切活动同样影响到济阳盆地及其外围地区, 那就是导致三叠纪 NW 向逆冲断层发生反转并成为正断层。如图 5 所示, 以郯庐断裂(N15°~20°E)为左旋剪切边界, 根据简单剪切模型<sup>[11,12]</sup>, 引张方向约为 N55°E, 几乎垂直于先期 NW 向压性构造。同时, 该模型还给出了一系列其它伴生构造类型: SN 向里德尔断裂、ENE 向压性构造等。完全符合本区晚侏罗—早白垩世的构造格局: 在 NW 向负反转半地堑群中穿插着 ENE 向压性构造及 SN 向地垒。可能在中生代之后郯庐断裂剪切性质发生改变, 上述构造渐渐消亡、被第三系覆盖掩埋。

### 3 中生代隐伏构造对于深层油气勘探的意义

济阳盆地中生代隐伏构造, 无论是张性的, 还是压性的, 目前揭示的并不是全部。从下第三

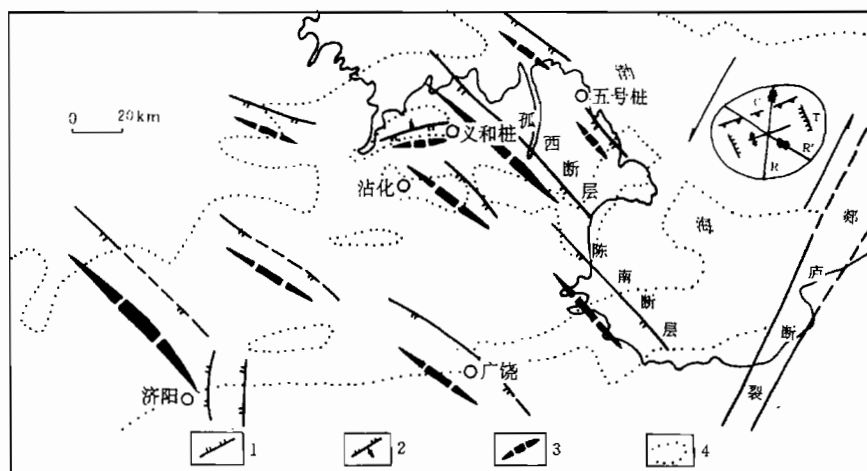


图5 济阳盆地晚侏罗世—早白垩世构造样式

Fig. 5 Late Jurassic—Early Cretaceous tectonic style of Jiyang basin

1—正断层;2—逆断层;3—半地堑主体;4—早第三纪盆地轮廓;R—里德尔断裂;

R'—共轭里德尔断裂;T—张性断裂;C—压性构造

1—Normal fault;2—reverse fault;3—main body of the half-graben;4—Tertiary basin outline;

R—Ridel fault;R'—conjugate Ridel fault;T—extensional fault;C—compressive structure

系纵向分布特征分析,深层油气评价的重点是与NW向构造密切相关的。下第三系沙河街组主力生油层大多在4000 m以上,而4000 m以下的构造格架NW向半地堑占主导。NW向半地堑在新生代早期逐渐被充填、掩埋而成为有一定生油能力的供油单元,如孤西断层控制半地堑。NW向半地堑、背斜及SN向地垒是新生代披覆背斜发育的基础,同时,这些构造本身就可以提供各类潜山圈闭,如褶皱、地垒等。尽管济阳盆地零星地揭示了一些中生代隐伏构造,在下第三系覆盖区,尤其是深层,各类隐伏构造均有可能存在,特别是各类NW向构造。桩西潜山若干日产数千吨工业油流的深井的成功先例,早在80年代就昭示了深层勘探的巨大潜力。也有探井触及到了近4500 m深的砂岩工业层,所有这一切说明济阳盆地深层与NW向构造有关的区带有可能再取得新的重大突破。

消亡的半地堑应当是深层勘探的主要目标,济阳盆地孤西断层带、五号桩—长堤断层带、陈南断层带及其控制的半地堑、半地垒和仁风垒—一堑带为近期评价目标和工作对象,预测可以在下述几类圈闭及油气藏取得突破:

①以隐伏正向构造为基础的早第三纪披覆背斜;②NW向半地堑中的岩性圈闭及油气藏;③古潜山圈闭及其油气藏,潜山类型以NW向逆冲构造及褶皱为主,兼有ENE向压性构造及SN向地垒;④潜山内幕油藏,包括与褶皱有关的背斜及裂缝性油藏、与断层有关断块型油藏。

## 参 考 文 献

- 1 贾承造,郭令智,施央申. 东秦岭板块构造. 南京大学出版社,1988. 94~110页.
- 2 许志琴,卢一伦,汤耀庆, Mattauer M, Matte Ph, Malavieille J, Tapponnier P, Maluski H. 东秦岭造山带的变形特征及构造演化. 地质学报, 1986, 60(3): 237~247.

- 3 徐嘉伟. 郯庐断裂带平移运动及其地质意义. 国际交流地质学术论文集 1. 北京:地质出版社,1980. 129~142 页.
- 4 Lu Huafu, Yu Hongnian, Ding Youwen, Zhang Qinglong. Changing stress field in the middle segment of Tan—Lu fault zone, Eastern China. *Tectonophysics*, 1983, 98(3): 253~270.
- 5 胡见义. 中国陆相石油地质理论基础. 北京:石油工业出版社,1991. 22~74 页.
- 6 Liu Hefu. Geodynamic scenario and structural styles of Mesozoic and Cenozoic basins in China. *Bull AAPG*. 1986, 76(4): 337~395.
- 7 刘和甫. 中国沉积盆地演化及联合古陆的形成和裂解. 现代地质, 1992, 6(4): 480~493.
- 8 蔺殿忠. 渤海湾盆地的扭动构造及其对油气的控制作用. 石油与天然气地质, 1982, 3(1): 16~25.
- 9 黄邦强. 大地构造学基础及中国区域构造概要. 北京:地质出版社,1984. 175~189 页.
- 10 任安身, 杜公仅. 济阳拗陷构造特征与油气勘探. 见: 中国含油气区构造特征. 北京:石油工业出版社, 1989. 128~138 页.
- 11 Miall A D. Principles of sedimentary basin analysis. by Springer—Verlag, New York Inc, 1984. 367~466.
- 12 Harding T P. Petroleum traps associated with wrench faults. *A. A. P. G.*, 1974, 58: 1290~1304.

## Mesozoic Structures and Their Relations to Hydrocarbon Traps in the Jiyang Basin

Zong Guohong, Shi Yangshen

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093)

Wang Binghai and Wang Jie

(Academy of Geological Sciences, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257015)

### Abstract

Mesozoic structures in the Jiyang basin mainly include Triassic NW—striking compressive structures (folds and reverse faults), NW—striking negative inverted half—grabens and half—horsts, Jurassic—Cretaceous ENE—striking compressive structures (folds or thrust faults) and N—S—striking horsts. NW—striking compressive structures resulted from the convergence between the North China plate and the Yangtze plate during the Triassic, while all the others originated by the sinistral shear of the Cenozoic Tanlu (Tancheng—Lujiang) fault, an active continental strike—slip fault in East China. Mesozoic structures became inactive due to the variation of the strike slip of the Tanlu fault, i. e., the Mesozoic structures were buried by the Cenozoic strata. Therefore, promising traps for petroleum exploration below 4000 m in depth are as follows: buried hill traps (NW—striking folds, overriding blocks and half horsts, ENE—striking folds or overriding blocks, N—S—striking horsts), Paleogene drape anticline traps and lithological traps.

**Key words:** Jiyang basin; Indosinian movement; compressive structure; negative inverted normal fault; Tanlu fault

### 作者简介

宗国洪,男,1964年生。1985年毕业于江汉石油学院勘探系,获工学学士学位,1993年获石油大学工学硕士学位。现任胜利石油管理局地质科学研究院高级工程师,多年从事济阳盆地油气勘探研究工作。通讯地址:210093,南京大学地球科学系。