

文章编号: 1001-6112(1999)03-0201-06

济阳拗陷内的负反转构造及其石油地质意义

陈 洁¹, 董 冬², 邱明文²

(1. 胜利石油管理局地质科学研究所, 山东东营 257015; 2. 胜利油田勘探事业部, 山东东营 257000)

摘要: 济阳拗陷是中国东部一个重要的中生代含油气盆地, 过去一直认为该盆地为纯张裂成因, 但近来盆地内负反转构造的发现和研究表明, 该盆地在中生代发育早期经历了负反转、正反转交替的发育阶段, 并总体呈现为负反转盆地特征。本文研究了负反转构造的类型和特征, 识别出“薄底型”和“秃底型”两类负反转褶皱和“似正断层型”、“上正下逆混合型”等两类、4 小类负反转断层; 探讨了盆地与负反转构造的形成与演化, 并指出了其在盆地成因、构造带演化、复式油气聚集带型式及油气藏形成与预测等诸多方面具有的重要意义。

关键词: 济阳拗陷; 含油气盆地; 断层; 负反转构造; 构造类型; 石油地质

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

1 研究背景

济阳拗陷是中国东部渤海湾盆地内的一个大型断拗盆地, 也是我国第二大油气产区。过去, 该盆地一直被认为是在古生界基底之上发育起来的中新生代纯张裂盆地, 以正断层广泛发育的裂谷作用构成其主要成盆机制。但自二十世纪八十年代盆地内发现桩西古潜山及其逆断层以来, 基底内多条逆断层相继被发现。近来, 地震地质研究又相继发现了多条纵贯基底、盖层的负反转断裂, 从而拉开了关于负反转研究的序幕, 不仅丰富发展了盆地内构造类型及分布认识, 而且拓展了油气藏组合及复式油气聚集带研究, 更为盆地成因机制与演化规律的研究提供了全新的思路, 并对盆地内及同类盆地的深层油气勘探具有重要指导意义。

2 负反转构造的基本类型和特征

所谓负反转构造, 是指构造性质在演化过程中发生了反向转化的构造, 如洼陷区反转为隆起区、正断层反转为逆断层等。通常把先张后压成因的构造称为正反转构造, 反之称为负反转构造。实际上, 在漫长的地质演化过程中, 许多地区的张与压、正与

逆、升与降经常是频繁转化的, 因此反转构造的研究很可能具有普遍意义。

近来的研究表明, 济阳拗陷区在三叠纪初始张裂前其基底曾经历了挤压变形, 张裂实际上是在“先压后张”的背景上发育的^[1], 因此该拗陷实际上属负反转盆地^[2]。相应地, 盆地中、深层发育了一系列北西向为主的负反转构造。初步研究已确定了部分负反转构造的分布(见图 1), 共包括下列两个大类和若干细分类型。

2.1 负反转褶皱(N IFD)

盆地内的负反转褶皱主要发育于中生代时期次级洼陷的中心部位, 具体表现为在整个华北地区沉积厚度均匀的古生界基底构造层的厚度在洼陷内明显呈现出“边厚底薄”(图 2, a)甚至“底部尖灭”(图 2, b)的楔形地体特征, 反映出盆地区裂陷是在古生界基底遭受强烈的挤压褶皱隆起及剥蚀作用背景上发育起来的“古隆今凹”。据古生界剥蚀强度, 可把古生界“边厚底薄”的称为“薄底型”负反转褶皱; 把古生界削蚀尖灭的洼陷称为“秃底型”负反转褶皱。图 1 中示出 4 至 5 个中生界负反转褶皱的位置, 多数具“薄底型”特征, “秃底型”只局部可见。

2.2 负反转断裂(N IFT)

盆地内的负反转断裂广泛发现于盆地边界一级断裂和盆地二级构造带内的二级断裂, 如陈家庄凸

收稿日期: 1998-05-25

作者简介: 陈洁(1964-), 女(汉族), 广东罗定人, 高级工程师, 主要从事石油地球物理勘探及石油地质综合研究。

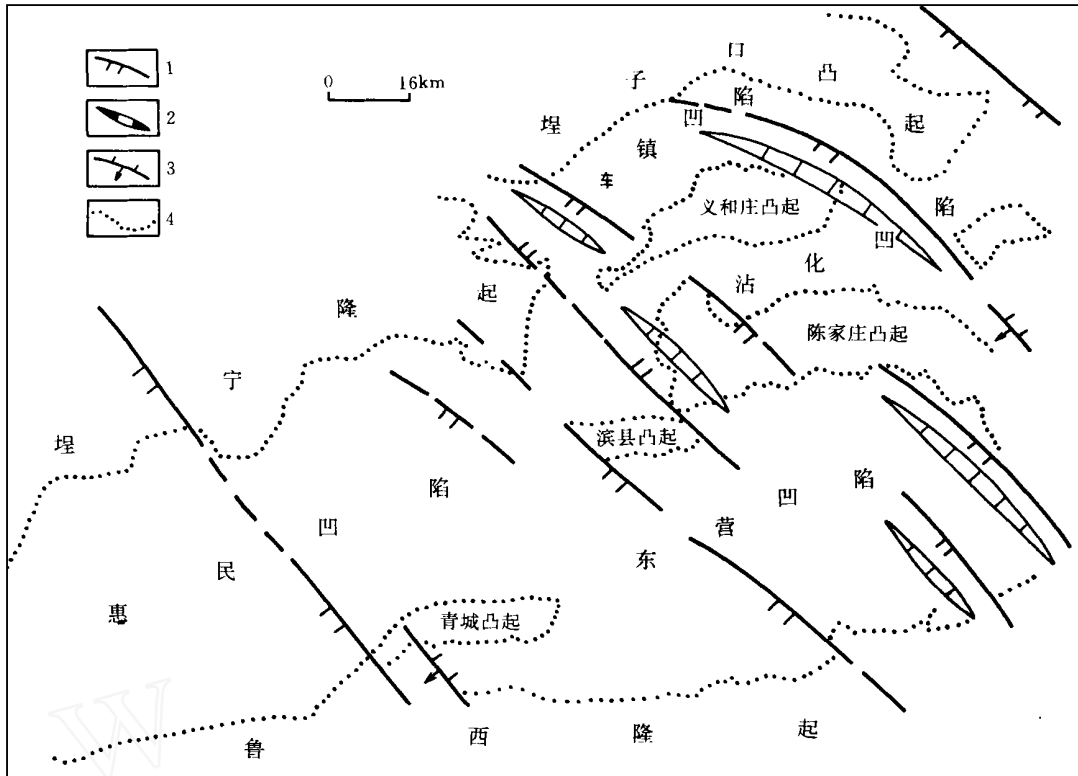
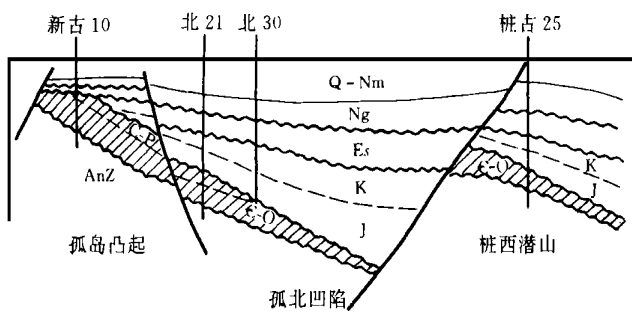


图 1 济阳拗陷已确认的部分负反转构造分布(古生界顶部)示意图

1. 负反转断层; 2. 负反转褶皱; 3. 逆断层; 4. 第三纪隆起或凸起边界

Fig. 1 An outline map showing the distribution of part negative inversion structures identified in the Jiyang Depression

a. “薄底型”负反转褶皱



b. “秃底型”负反转褶皱

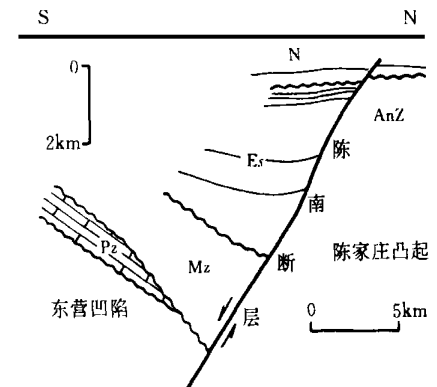


图 2 济阳拗陷负反转褶皱地质剖面

a. 沾化凹陷“薄底型”，凹陷中心部位古生界基底削蚀减薄，表明成盆前隆起幅度最大，而中新生界地层沉积厚度揭示后期该区凹陷最深；
b. 东营凹陷东部“秃底型”褶皱和“秃底型”断层，凹陷中心部位古生界地层削蚀尖灭，反映成盆前该区隆起幅度最大

Fig. 2 Geologic sections of negative inversion folds (N IFD) in the Jiyang Depression

起南部边界断层东段及孤西断层等，这些断层具有相同的几何学、动力学和运动学特征，平面延伸较长，多具NW - NE 复合转折形态，纵向纵贯古生界

基底和中新生界盖层，呈铲型向盆地中心倾斜，成因上具早期逆、正交替，晚期长期正向同生发育的特征。根据其负反转程度或负反转断距大小及造成的

地层标志不同,可进一步分为两亚类、4小类。

2.2.1 “似正断层型”负反转断层

为负反转断层的主要类型,主要涉及盆地内一级和二级断层的北西向部分,特点是负反转程度较高,以致后期正断距加上盘剥蚀厚度完全抵消了早期的逆断距,使今断层两盘各地层界面完全呈现正断层特征,只是古生界基底厚度异常揭示了其早期的逆断层历史。根据断层两盘断面附近古生界基底残留厚度或剥蚀强度,可进一步细分为两个小类。

(1)“秃底型”似正负反转断层

(图2, b)同时示出这类断层的地质剖面。特征是负反转断层上盘断面附近古生界地层因反转前剥蚀强度特大而缺失,且两盘各地层界面完全具有正断层的界面特征。通常与“秃底型负反转褶皱”相伴生,仅见于少数一级边界断层北西向局部。

(2)“薄底型”似正负反转断层

典型地质剖面特征如(图3, a)。特点是似正负反转断层两盘断面附近古生界基底地层虽遭剥蚀但未完全缺失,且具有“上盘较厚,下盘较薄”的残留厚度异常特征,指示了这类断层曾经历了“由逆到正”的负反转性质。多数一二级断层的北西向段具有这种特征且通常与“薄底型负反转褶皱”相伴生。

2.2.2 “上正下逆的混合型”负反转断层

这类断层的本质特征是同一断层的上部具正断层性质而下部具残留的逆断层特征。形成机制是早期的逆断距较大而晚期的正断距较小,使上盘晚期正断距加剥蚀厚度未能完全抵偿早期逆断距而形成残留逆断距。由于盆地内多数负反转断层均经历了第三纪长期的正断层活动,早期的逆断距多被第三纪的正断距所抵偿,因此,这类断层较为少见。进一步根据断层下部残留逆断距的相对大小,理论上可大致划分出“典型”和“非典型”两种“混合型负反转断层”。

(1)典型的混合型负反转断层

可大致定义为剖面上上盘古生界残留逆断距明显大于其残留地层厚度,断层下部残留逆断层特征较为明显。通常,这类断层较为少见,(图3, b)中左侧盆倾断层可能属于此类,尽管其上盘视残留厚度和视残留逆断距因受地层的强烈翘倾而明显增大且无井证实。

(2)非典型混合型负反转断层

可大致定义为剖面上残存逆断距较小(明显小于本盘残留地层厚度)或近于零,即下部逆断层特征

不明显的混型负反转断层(如图3, c中凹陷中部盆倾断层),因其上盘后期正断距加剥蚀厚度略小于或接近于早期逆断距而形成。

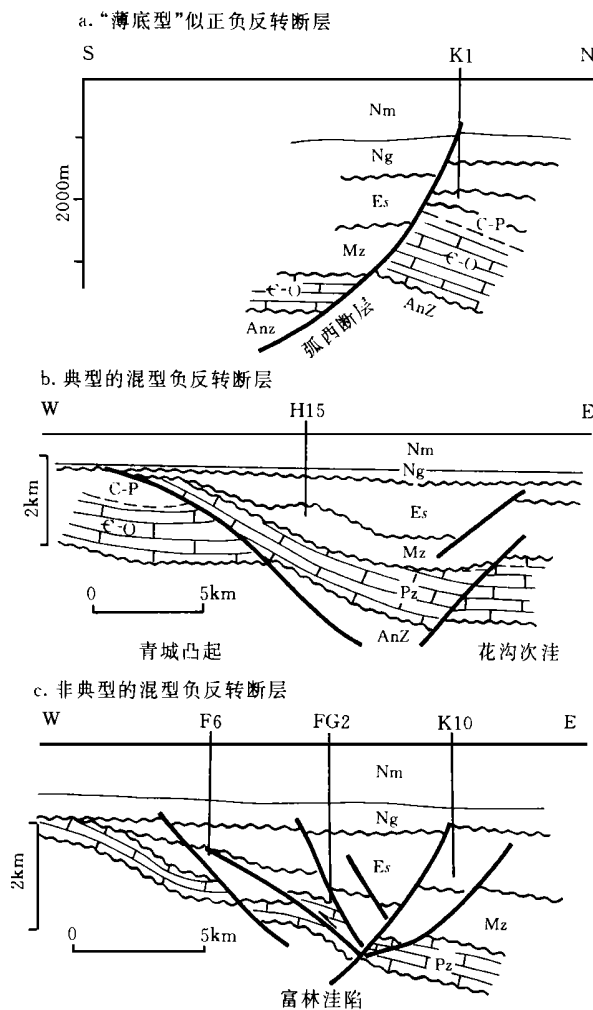


图3 济阳拗陷各种负反转断层的地质剖面

Fig 3 Geologic sections of various types of negative inversion faults (NIFT) in the Jiyang Depression

3 负反转构造的成因与演化

无论负反转褶皱还是负反转断层,都是在统一的“先压后张”的区域地质环境中形成的,因而常具伴生趋势。

3.1 区域构造背景

济阳拗陷区域构造运动研究表明,盆地内至少经历了三叠纪印支(压性)、中-晚侏罗世燕山(一幕为张性,二、三幕为压性)及第三纪喜山(张性)等多次构造运动^[3]。侏罗纪初始张裂前,区域沉积厚度稳定的古生界基底在印支运动作用下发生褶皱隆起并

遭受了长期的剥蚀夷平过程; 初始张裂后不久, 盆地又经历了燕山二、三幕的挤压褶皱作用; 此后才开始了长期的稳定张裂过程(喜山运动)。因此, 盆地实际上经历了“中侏罗世早期负反转-侏罗纪晚期正反转、负反转-白垩纪晚期弱正反转-第三纪初开始的长期负反转-第三纪晚期拗陷消亡”的复杂演化过程(图 4)。其中, 第三纪的长期负反转张性裂谷作用是济阳拗陷形成的主要机制。

关于中生代压性构造运动的应力方向和机制, 多数研究者趋于认为华南板块向华北板块的 NNE 向挤压是导致济阳拗陷(位于华北板块内部)内古生界地层发生褶皱和逆断层的根本动因^{[2][4]}。近来的研究进一步发现, 盆地内中生界地层及主要构造线方向总体沿袭了 NW 走向^[2], 从而表明中生代的张裂实际是在华南板块的 NNE 向挤压和地幔垫上隆共同作用下逆断层负反转运动的结果。直到第三纪开始, 华南板块挤压停止, 盆地才完全处于 NE 走向张性断层发育期。其中, 此期相当多的 NW 向边界古断层仍持续发生负反转, 并与某些新生的 NE 向正断层连接为具 NW-NE 复合折线走向的断层。实际上, 盆地第三纪总体轮廓就是由这些复合走向的断层控制的。

3.2 盆地演化序次与负反转构造形成

如前所述, 济阳拗陷总体负反转性质根源于盆地早期的挤压变形, 盆地内的负反转构造也是在盆地早期负反转背景上才得以形成, 因此负反转构造的时空展布与盆地演化有如下序次关系。

(1) 古生代末, 盆地古生界地台型板状沉积基底形成(图 4, a)。

(2) 三叠纪早中期, 以 NE-SW 向挤压应力为主的印支运动使古生界板状基底发生 NW 向褶皱和逆断层(图 4, b; 4, c)。

(3) 三叠纪持续发育的 NW 向褶皱不断隆起并不断遭受强烈剥蚀, 使古生界地层残留厚度厚薄不一甚至局部缺失, 局部残丘发育形成古潜山(图 4, d)。

(4) 中侏罗世早期, 燕山一幕张裂运动使原 NW 向逆断层负反转为正断层, NW 向负反转褶皱(即张性凹陷, 以薄底型为主, 秃底型少见) 初始形成(图 4, e), 并在整个中侏罗世时期得以持续(图 4, f)。凹陷内残丘山在负反转断层作用下突起加剧, 后期形成良好的圈闭。

(5) 中生代末, 燕山二、三幕的 NE-SW 向挤压

运动使多数断层正反转, 初始张裂盆地也发生正反转而遭受挤压、抬升和剥蚀, 形成部分中生界残丘山(图 4, g)。

(6) 新生代早期喜山 NW-SE 向拉张运动使原 NW 向断层持续负反转, 但在大量新生 NE 向正断层的切割改造下具备了 NW-NE 的折线复合走向并在整个第三纪时期保持了长期的张裂性质并充填较厚的第三系滨海湖相地层。多数 NW 向负反转断层累积正断距较大而形成现今的“似正断层型负反转断层”; 少数因正断距较小而不能抵偿早期逆断距而形成“上正下逆的混型负反转断层”(图 4, h)。盆地总体保持了 NW-NE 的复合走向特征。

(7) 第三纪末期多数负反转断层停止活动, 盆地经历大面积拗陷后消亡(图 4, h)。

4 负反转构造的石油地质意义

前述研究表明, 济阳拗陷内的负反转构造在盆地及盆内地层、构造及油气圈闭的形成演化和分布中起着重要控制作用, 因此具有重要的石油地质意义。

4.1 盆地成因意义

负反转构造的发现和确认改变了济阳盆地的成因认识。过去的研究普遍认为该盆地自始至终均为张裂性质, 但负反转构造的研究揭示盆地演化早期存在负反转和正反转交替性质, 现今盆地的 NW-NE 向复合走向特征就是在这种总体的负反转过程中逐渐塑就的; 另外, 负反转构造是区域应力场的产物, 因此, 很可能在与济阳拗陷毗邻的渤海湾盆地区其它盆地的形成与演化中也起了重要作用。

4.2 构造带研究意义

盆地内构造带的成因与分布控制了区域地层与油气藏的形成与分布。前述新的盆地成因机制决定了二级构造带张、压交替成因性质及构造层特征差异, 因此, 在负反转认识的指导下重新评价与认识二级构造带不仅具有构造研究意义, 而且将具有重要的油气发现意义。

4.3 圈闭组合及复式油气聚集带的研究、预测意义

构造演化控制了不同深度的圈闭组合, 而长期发育、逆正转换、纵穿新老构造层的负反转断层必是连接深浅两类压、张性圈闭的“主线”; “主线”下部断面两侧为逆断块、压性褶皱、残丘潜山等圈闭组合; 而对应“主线”中上部, 则发育正断块、滚动构造等圈

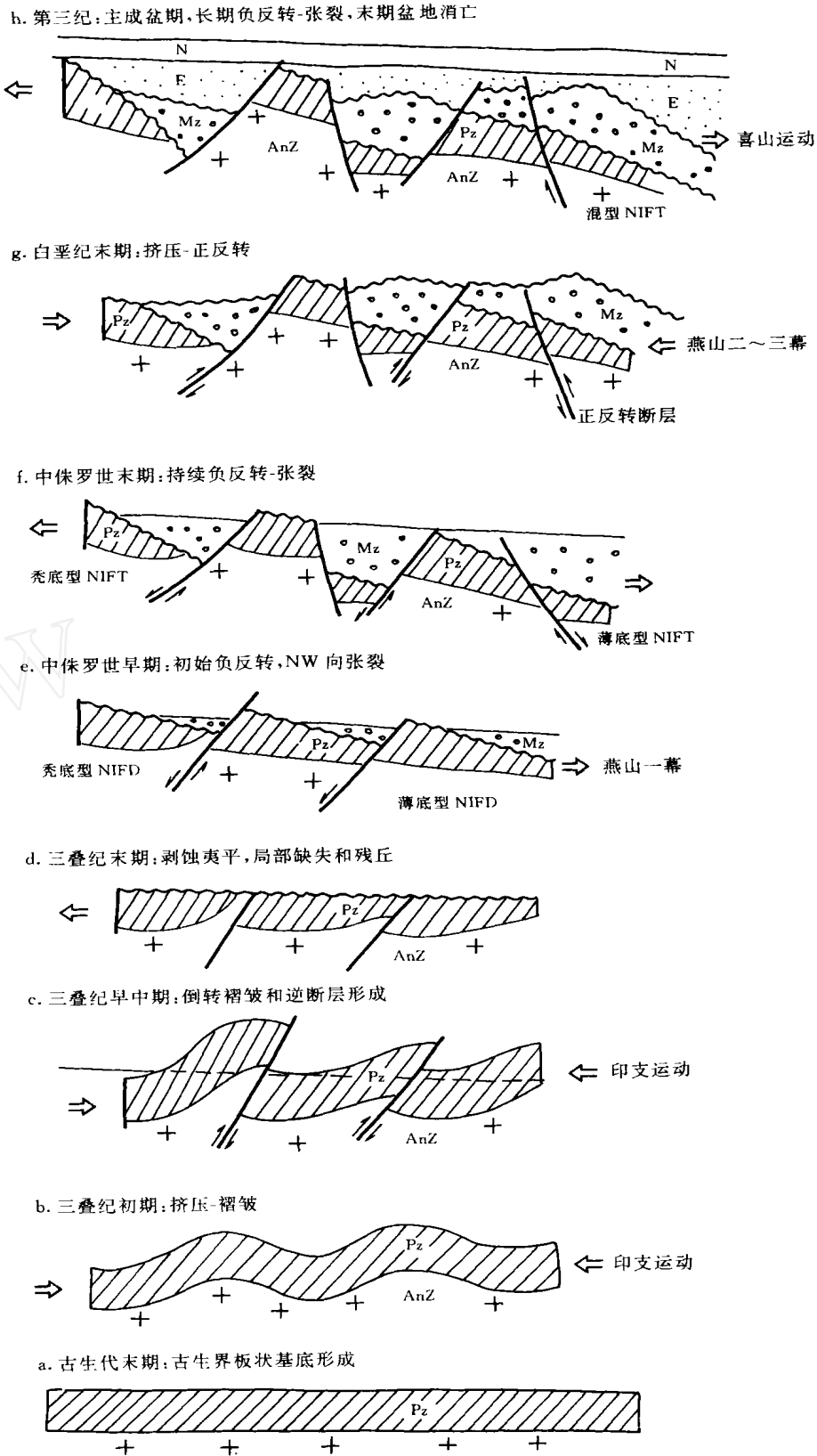


图4 济阳拗陷及其内负反转构造的演化序列示意图

(据谭明友, 修改)

Fig. 4 Evolutionary history of the Jiyang Depression and the negative inversion structures within

闭体系。认识这种规律,对盆地内圈闭组合分布规律及复式油气聚集带的圈闭预测具有重要模式意义。

4.4 成藏研究意义

断层是控制盆内油气规模运移的重要通道,对油气藏形成与分布具根本控制作用。而多数负反转断层,尤其似正断层型负反转断层在第三纪主成盆、成油期内具长期发育、同生活动、纵贯上下等重要特征,因而是控制油源岩分布及油气运移的重要因素。

当前,东部断陷盆地内的负反转构造的分布研究尚处初步,重视并加强负反转构造的研究不仅对东部盆地内构造、地层体系的创新研究具有重要指

导意义,而且对东部盆地中、深层油气突破具有重要推动作用。

参考文献:

- [1] 谭明友,等. 山东北部滨海地区负反转断层及古生界负反转结构成因分析[J]. 石油地球物理勘探, 1996, 31(6).
- [2] 宗国洪,等. 济阳盆地中生代构造特征与油气. 地质论评[J], 1995, 44(3).
- [3] 张宗命,等编. 中国石油大地构造[M]. 北京:石油工业出版社, 1982.
- [4] 万天丰,等编. 中国东部中生代板内变形构造应力场及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1993.

NEGATIVE INVERSION STRUCTURE IN THE JIYANG DEPRESSION AND ITS PETROLEUM GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

CHEN Jie¹, DONG Dong², QU Mingwen²

(1. Research Institute of Geosciences, Shengli Bureau of Petroleum Administration, Dongying, Shandong 257000, China;

2 Exploration Enterprise Section of Shengli Oil Field, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: The Jiyang Depression is an important Mesozoic-Cenozoic petroliferous basin in East China. In the past, it is always considered as a pure tensional fault basin. However, the latest discovery of negative inversion structure in the basin and its study show that the basin experienced alternate negative inversion and positive inversion stages in the early development period of the Mesozoic, and presents the characteristics of negative inversion structure on the whole. In this paper, the types and characteristics of negative inversion structure are studied, the "thin-based" and "bald-based" two types of negative inversion folds as well as "paranormal fault type" and "upper-normal and lower-reversed mixed type" two categories and four subcategories of negative inversion faults are identified, and the formation and evolution of the basin and the negative inversion structure are discussed. It is pointed out that the negative inversion structure has important significance to basin genesis, tectonic belt evolution, complex hydrocarbon accumulation-belt patterns, pool formation and prediction, etc.

Key words: tectonic types; negative inversion structure; fault depression; petroliferous basins; petroleum geology; the Jiyang Depression