

济阳坳陷深层构造样式 及油气地质特征

张永辉 著

石油工业出版社

济阳坳陷深层构造样式 及油气地质特征

张永辉 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在利用地震解释深入分析济阳坳陷深层的主要构造样式,通过平衡剖面技术恢复该区深层构造演化史的基础上,系统分析了不同构造演化阶段的动力学条件,阐明了盆地深层油气成藏的构造条件,提出了隐蔽构造概念,并建立了深层隐蔽负反转构造油气成藏模式,为类似地区的盆地分析及深层油气成藏研究所借鉴。

本书可供地质人员、地球物理勘探人员及相关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

济阳坳陷深层构造样式及油气地质特征 / 张永辉著.

北京:石油工业出版社,2011.11

ISBN 978-7-5021-8747-7

I. 济…

II. 张…

III. 坳陷-油气勘探-济阳县

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 212292 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523544

发行部: (010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京睿特印刷厂

2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 7.25

字数: 140 千字

定价: 30.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

经过近 40 年的油气勘探,济阳坳陷中、浅层油气资源探明程度达 50% 以上,已属于中高勘探程度区,为了保证盆地油气资源的开发和新资源的发现,为今后的储量接替准备阵地,开拓深层油气勘探领域已成为新增油气储量的重要途径之一,而盆地早期的构造演化及其动力学机制研究则是认识深层油气成藏规律的关键。济阳坳陷的深层勘探层位有古近系孔店组、沙四段及沙三段,还有前古近系的太古宇、古生界及中生界。根据第三轮油气资源评价结果,济阳坳陷深层石油的资源量为 $7.0 \times 10^8 \text{ t}$, 占总资源量的 5.19%, 资源丰度为 $3 \times 10^8 \text{ t/km}^2$; 天然气总资源量为 $6266.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ (其中煤成气 $3328.6 \times 10^8 \text{ m}^3$), 占总资源量的 24.81%, 此外,还有幔源的非烃气资源。因此,济阳坳陷深层油气资源十分丰富,具有极大的资源潜力,但由于深层有利构造难以落实,严重地制约了深部油气藏成机理方面的认识,导致了深层储量发现极不协调,勘探程度很低。

在前人研究成果的基础上,本书综合应用地震剖面解释、盆地分析等研究方法,以深入分析及划分济阳坳陷深层的主要构造样式为主线,通过平衡剖面技术恢复该区深层构造演化史,并系统分析了不同构造演化阶段的动力学条件,阐明了盆地深层油气成藏的构造条件,提出了隐蔽构造概念,并建立了深层隐蔽负反转构造油气藏的成藏模式,为类似地区的盆地分析及深层油气成藏研究提供借鉴,并为济阳坳陷的深层勘探部署提供理论依据。

本书共分 6 章。第一章绪论介绍深层构造样式的研究现状,阐述笔者在济阳坳陷深层构造样式及油气地质特征研究中所取得的主要成果和创新认识;第二章介绍了济阳坳陷的区域地质概况;第三章介绍了济阳坳陷的深层构造样式成因类型;第四章介绍了济阳坳陷的深层构造演化及动力学机制;第五章介绍了济阳坳陷深层隐蔽构造的石油地质特征;第六章进一步对研究所取得的成果和认识进行总结和分析。

由于笔者水平有限,书中的一些观点和认识可能存在缺点和不足,需要进一步的研究,恳请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 深层构造样式研究现状	1
一、构造样式	1
二、反转构造样式	6
三、济阳坳陷深层构造研究现状	10
第二节 创新认识	11
第二章 区域地质概况	13
第一节 地质背景	13
第二节 地层特征	13
一、太古宇	15
二、古生界	15
三、中、新生界	18
第三节 构造层划分及其沉积特征	20
一、基底构造层	20
二、下构造层	21
三、中构造层	21
四、上构造层	21
五、顶构造层	22
第三章 济阳坳陷深层构造样式成因类型	23
第一节 收缩型构造样式	23
一、典型构造特征	24
二、印支期逆冲断层的分布特征	26
第二节 伸展型构造样式	28
一、大型铲式断层构造样式	28
二、滑动断阶构造样式	31
三、大型滚动背斜构造样式	31
第三节 走滑型构造样式	32
一、走滑挤压构造样式	32

二、走滑伸展构造样式	36
第四节 反转型构造样式	41
一、反转构造的判识方法	42
二、反转构造样式的类型划分	43
三、反转构造的几何学特征分析	43
第四章 济阳坳陷深层构造演化及动力学机制	56
第一节 深层不整合面识别	56
一、印支运动时期不整合界面	56
二、燕山运动时期不整合界面	57
三、济阳运动时期不整合界面	60
第二节 深层构造演化及动力学机制	61
一、印支运动时期构造演化及动力学机制	61
二、燕山运动时期构造演化及动力学机制	65
三、济阳运动早期构造演化及动力学机制	70
第三节 济阳坳陷早期构造演化动力学模式	73
第五章 济阳坳陷深层隐蔽构造的油气地质特征	77
第一节 隐蔽构造概念及济阳坳陷深层隐蔽构造样式	77
一、隐蔽构造概念	77
二、主要隐蔽构造样式	78
第二节 隐蔽构造的油气地质特征	81
一、控制了深部烃源岩的二次生烃	81
二、控制了背斜型、不整合型、潜山型油气藏的形成	89
第六章 结论	104
参考文献	106

第一章 绪 论

第一节 深层构造样式研究现状

对于盆地深层构造样式的研究，主要是将地震解释技术与构造演化理论相结合，通过盆地分析技术研究深层构造样式。

一、构造样式

盆地构造样式是随着沉积学和油气勘探的发展而逐渐发展起来的概念（田在艺等，1996；刘和甫，1993，1994；严俊君和黄太柱，1995；汤良杰等，2002；戴俊生等，1998；戴俊生等，2000；冯建辉，2000；胡望水等，2002），区域性的或盆地基底的构造样式通常受控于主干断层的几何学特征和运动学规律（Wernicke 等，1982），且控制着盆地的沉积模式和成因机制，继而控制了沉积盆地中油气圈闭的类型及分布，从而对油气藏的富集规律产生影响（周天伟等，2008）。

（一）构造样式的基本概念

在传统的构造地质学中，构造样式并无具体的定义和概念。严格地讲，构造样式只是表述其几何特征。但是，由于构造变形的几何学特征本身可以反演构造的形成和演化过程，因此构造样式也或多或少包含有运动学和动力学的意义。在油气地质研究中，由于研究目的和研究对象的不同，对构造样式的理解和定义研究方法也不尽相同。盆地构造样式的研究和总结始于20世纪70年代末，国内外学者（Harding 等，1979；Bally，1984；Lowell，1985；王燮培等，1990；吴奇之，1997；姚超，2004）根据大量的第一手资料和丰富的经验，提出了比较系统的构造样式分类，并对其形态、成因和含油气性进行了分析，对油气勘探提供了重要的指导。美国地质学家 Harding 等（1979）和 Lowell（1985）对含油气盆地的构造样式曾做过比较系统的研究，并初步定义了构造样式：构造样式是指在剖

面形态、平面展布、排列和应力机制上有着密切联系的相关构造的总体特征 (Harding 等, 1979; 林舸等, 1999), 是了解特定构造变形条件下所产生的一系列构造变形的总体概貌 (梁积伟等, 2006; 韩晓黎等, 2001; 王永诗等, 2006)。构造样式强调构造组合: ①在剖面形态、平面展布、排列上有密切联系的相关构造变形的组合; ②在同一构造变形作用或同一应力环境下所产生的构造变形 (形迹) 的组合; ③多种相关构造的有机组合体。

简而言之, 构造样式是指一组相关构造的总体特征, 这些特征可以与其他地区或不同时代的另一组相关构造进行区别和比较。

(二) 构造样式赋存的构造环境及其发育的控制影响因素

按照盆地形成的地球动力学环境及其复合关系, 构造样式及其赋存的构造环境主要有 4 种情况: ①伸展构造环境与拉张构造样式; ②挤压构造环境与收缩构造样式; ③走滑构造环境与扭动构造样式; ④应力环境的变化与反转构造样式 (夏斌等, 2006)。

在相同的构造边界条件下形成的构造样式并不一定相同, 构造样式受多种因素的影响, 其主要因素包括 6 个方面:

(1) 地层的力学性质。卷入变形及其下伏岩层之间的相对能干性、层序的厚度及垂向结构变化、是否可以发生层间滑动等。

(2) 岩层变形与地层形成的年代关系, 是同生变形还是后期变形。

(3) 主动的变形机制。控制变形的局部动力学原因, 例如, 对于同时发育有褶皱和断层的构造样式, 是断层诱发产生褶皱还是褶皱的递进变形导致发育断层。

(4) 变形与地表的的关系。变形是否影响到地表, 地表变形过程中是否发生同变形期的剥蚀和充填, 变形过程中断层是否露出地表等。

(5) 先存构造的影响。其一, 先存构造导致岩石力学性质和结构的改变, 其二, 后期构造变形可以利用先存构造, 还可以改造先存构造, 导致构造样式的不同。

(6) 边界位移。影响构造样式的边界位移是指构造族系位移场内部的局部位移和构造族系未考虑的边界位移等。

同一构造族系中可以包含有不同构造样式的变形。例如, 盖层滑脱收缩构造可以是滑脱褶皱构造样式、逆冲断层构造样式或褶皱—逆冲构造样式等等。

(三) 构造样式的分类

Harding 等和 Lowell (1979) 将板块构造分析和油气勘探紧密结合, 提出了含油气盆地构造样式的分类方案 (表 1-1)。该方案明确了各种构造样式在

板块构造中的主要发育部位以及鉴别准则，并阐述了影响构造样式形态和产状变化的因素。方案首先强调基底是否卷入，即以沉积盖层的变形是否受基底构造的控制作为分类的一级标志，据此将构造分为基底卷入型和盖层滑脱型两大类。在此基础上，又根据变形的力学性质和应力传递方式进一步细分为八种基本构造样式：扭动构造组合，压性断块和逆冲断层，张性断块，翘曲、拱起、穹隆、坳陷，逆冲—褶皱组合，正断层组合，盐构造，泥岩构造。

表 1-1 Harding 和 Lowell 构造样式分类

类型	构造样式	应力	运动方式	构造要素	构造带	油气圈闭	板块构造环境	
							主要板块构造部位	次要板块构造部位
基底卷入型	扭动构造组合	力偶	区域性或亚区域性板块走滑运动	雁行褶皱 具同向、反向和 P 剪切 雁列式和其他形式的正断层 穿透型扭动构造花状构造	平行带状与断层斜交的雁列褶皱	雁列褶皱下降盘圈闭	转换边缘	会聚型边缘 离散型边缘
	压性断块和逆冲断层	挤压和隆起	断块、断片、逆冲岩片会聚式倾向活动	前陆区： 不对称断块 高一低隆起上的披覆构造 楔形正断层 掀断层 重力隆起 逆冲叠覆 弧后区： 旋转扇形构造 弧前区： 洋壳的逆冲片	侧列式和锯齿状构造	不对称断块	汇聚型边缘和外侧高起部位	
	张性断块	拉张和隆起	断块、断片离散聚式倾向活动	不对称断块—天窗式构造—断阶—掀斜式地垒和半地堑 中等幅度—低幅度隆起上的披覆构造 断层裂隙	锯齿状和侧列式构造	掀斜断块	离散型边缘（包括拗拉谷）板内裂谷	会聚型边缘 转换边缘
	翘曲、拱起、穹隆、坳陷	隆起	孤立构造单元的差异运动	没有大型断裂的平缓褶曲	孤立型构造	拱起、穹隆	板内	

续表

类型	构造样式	应力	运动方式	构造要素	构造带	油气圈闭	板块构造环境	
							主要板块构造部位	次要板块构造部位
盖层滑脱型	逆冲—褶皱组合	挤压	沉积层逆冲片，断片近水平—高角度会聚型倾向滑动	犁式叠瓦状逆冲断层 褶皱逆冲断层 逆冲断层 不对称的同心褶皱 小型—大型犁式正断层 小型掀断层	凹凸波 形带 侧列式	逆冲断层上盘前缘不对称褶皱	会聚型边缘	具有会聚分量的转换边缘
	正断层组合	拉张	沉积岩席、楔状体和沉积朵叶体近水平—高角度离散型倾向滑动	犁式正断层—反向断层断层 下降盘的滚动背斜 地层厚度增大	弯曲状，分叉型，合并型	滚动背斜	被动边缘—三角洲	会聚型边缘 海沟朝陆一侧
	盐构造	密度差，差异负荷	塑性蒸发岩垂直、水平流动使沉积盖层上拱和（或）被刺穿	盐枕脊丘墙 残留高地岩层 盐排出地区之上地层下弯 边缘向斜 龟背构造断层 放射状 同心状	孤立的构造（与盆地边界平行的盐脊，盐墙）	盐核背斜 盐体边缘上掀的地层	离散型边缘 板内—发育不完全的裂谷系	
	泥岩构造	密度差，差异负荷	塑性泥岩垂直流动使沉积盖层上拱和（或）被刺穿	流动 泥丘和泥火山（有气体逸出） 不规则断块	孤立的构造	泥核褶皱	被动边缘—三角洲	转换边缘

国内学者提出了依据地球动力学特征的分类标准（刘和甫，1993）和构造环境的分类方案（田在艺等，1996）。

（四）构造样式的复杂性

国内学者对于构造样式的分类中，每种类型具有明确的典型特征，但是具体地区或构造部位的实际构造样式可能是上述基本构造样式的过渡类型，或几种典型构造样式的复合。一个地区的构造样式经常由于岩层性质的变化、所经

历的构造事件的强度、期次和延续时间的不同而有所不同，特别是本质上不同应力构造变动的叠加可以使得构造样式进一步复杂化。自然界介于不同构造样式之间的过渡类型也很常见，例如，滑脱型逆冲断层最终可以沿倾向伸进基底，成为基底卷入型的逆冲断层，在某些部位沿走向与压性断块重合。在走滑构造系统中，沿同一个带可以出现从压性为主的构造到张性为主的构造之间的各种过渡类型。在某些拉张构造系统中，基底断块可以与盐岩构造及同沉积滑脱正断层结合，在不同构造部位叠置。在挤压构造系统中，滑脱逆冲断层和基底逆冲断层相复合。压性断块和扭性断块有关构造相复合等等。然而，发育在盆地中的地质构造总是相互联系、成套出现的，构成了各种不同的构造样式，构造样式的形成总体来说是源于岩石圈的板块运动，但是也受到其他一些因素的控制，其表现形式同样受到应力作用方式、构造变形量、构造强度、速度、持续时间和变形期次的影响。

（五）构造样式研究的油气地质意义

一般情况下，一种构造样式就是一个油气聚集单元，研究其形态和成因对认识油气富集规律、成藏特点和提高勘探成功率等方面都有重要作用。因此构造样式研究一直是油气田构造研究中重要的基础内容之一。“不同的构造样式伴生有不同的油气圈闭类型”，它不仅涉及对含油气盆地性质、类型及其动力学的分析与认识，构造变形特征及其时空演化的判识和分析，而且直接关系到油气藏的圈闭类型、成藏条件及勘探目标评价。按照这样的思路和方法，就可以在石油勘探新区或新的勘探层系资料较少的情况下，去认识和预测含油区中可能出现的构造样式，认识油气聚集规律、确定油气藏形成特点、发现相关的油气圈闭类型和提高勘探成功率，这对于指导油气勘探工作具有重要的实际意义。

（六）构造样式研究的发展前景

近年来，随着科学技术的发展，新的方法技术的应用，含油气盆地构造样式的信息量与日俱增，新思维、新概念、新理论层出不穷。板内层圈构造、板内造山作用、伸展拆离等新概念的产生对于研究板内推覆构造、伸展构造、走滑构造和旋转构造等各种样式变形以及配套的前陆盆地、伸展盆地和拉分盆地等盆地的成因机制产生了深刻的影响。尤其是伸展盆地的变形模式、前陆盆地的挠曲沉降机制、拉分机制的提出，使得含油气构造样式的研究内容和学科结构发生了重大的转折与改观，大大深化了含油气盆地构造样式的形成和演化的认识，推动了含油气盆地构造样式的研究，并带来了油气勘探的繁荣与兴盛。

二、反转构造样式

经典的反转构造概念源自石油工业。20 世纪 20 年代在对西北欧油气田（如北海油田）的研究和开发中，就已经认识到盆地存在反转现象，即克拉通内的拉张—张扭性盆地因受后继的挤压—扭压应力作用而抬升。20 世纪 80 年代初，Glennie 和 Boegner (1981) 首先提出“反转构造”（inversion tectonics or inversion structures）这一术语，反转构造即引起地质学家的注意，并逐渐得到广泛的研究。国内外大量油气田的研究证明，反转构造样式是盆地经历多期挤压隆升—伸展沉降叠加作用后形成的重要构造样式，反转构造是一种良好的油气存储空间，是形成大、中型油气田的主要构造类型。

目前已有许多学者对反转构造进行了研究（G. D William 等，1992；M. A. Cooper 等，1995；Roger L Larson 等，2002；安作相，1993；陈洁，2004，2006；陈海云，2005；陈昭年等，1995，1996；程顺有等，2003；杜维良，2007；董良国等，2001；方立敏等，2003；高帮飞等，2007；官大勇等，2007；郭华等，2002；何文渊等，1999，2001；侯贵廷等，2000，2001；胡望水等，1996，2000，2001，2002，2004；黄玉欣等，2007；黄子齐，1998；贾霍甫等，2006；李斌等，2001；李大良，1994；李君等，2008；李军生等，2006；李勇等，2006），其中关于反转构造类型的划分是反转构造样式研究的前提和基础。

（一）依据反转强度的类型划分

杨克绳等（2006）、刘新月等（2006）依据地震反射特征将反转构造划分为轻微、中等、强烈三种不同程度的反转构造样式（图 1-1）。

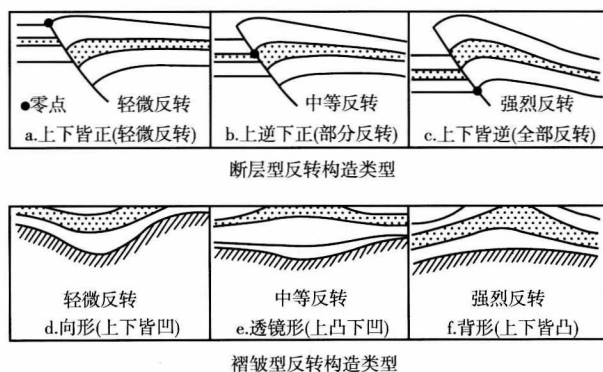


图 1-1 正反转构造类型及反转程度（据刘新月等，2006）

断层型反转挤压变形幕构造缩短的主要承担者为先存的正断层，在反转期

先存正断层重新活动，沿断层面逆向滑动，从而完成挤压变形产生的缩短。根据断层重新活动的强弱程度或者零点位置（零点为断层上断距为零的地方，在该点既无拉张滑距也无逆冲滑距），可将断层型反转构造划分为上下皆正（轻微反转）、上逆下正（部分反转）和上下皆逆（全部反转）3类，分别对应于轻微、中等和强烈反转程度。从轻微反转阶段到全部反转阶段，零点位置从同伸展层序顶部下移到同伸展层序底部，反映反转程度逐渐变强（图1-1）。

上下皆正断层型反转盖层缩短变形微小，主要通过先存正断层重新活动，沿断层面逆向滑动完成，但逆滑距不大，没有超过先存正断层的正滑距，因此先存断层逆向活动后仍表现为正断层性质及正断层形态。在先存断层顶部，断层顶端较小的逆断距没有扩展到浅层，而在浅层中褶皱作用承担了挤压缩短（图1-1a）。随着挤压强度加大，先存正断层可扩展到浅层，并且零点沿断面向下运动。如果零点向下运动到同伸展层序最下部或超过最下部，则形成了上下皆逆断层型反转（图1-1c）。轻微反转后、全部反转前的模式为上逆下正断层型反转，该反转构造深部断层具有正断距，浅部具有逆断距（图1-1b），它是中国东部最常见的反转模式（王国纯，1995；陈昭年等，1996；张功成等，1997；朱文斌等，2003）。

褶皱型反转挤压变形幕构造缩短的主要承担者为褶皱，而不是先存断层。在反转期先存正断层不发育，或者先存正断层不活动或活动微弱，反转期构造挤压产生的缩短变形主要表现为形成褶皱隆起。褶皱型反转构造可分为向形（上下皆凹）、透镜形（上凸下凹）和背形（上下皆凸）3类，分别对应于轻微、中等和强烈反转程度。向形褶皱型反转在反转期的挤压变形幕盆地处于弱挤压应力状态，盖层挤压缩短变形轻微，基底抬升不明显，盖层基本保持了构造伸展幕的形态，而且从上到下褶皱幅度由小变大，总体表现为周边薄、中心厚、向下凹的向形形态（图1-1d）。透镜形褶皱型反转在反转期的挤压变形幕盆地处于中等挤压应力状态，盖层挤压缩短变形中等，基底抬升中等，盖层上部表现为背形形态，为反转期坳陷沉积层序；盖层下部的伸展层序仍表现为盆地伸展拉长变形的向形形态，并且褶皱幅度从中间向上、向下均逐渐增大，盆地盖层总体为透镜体形态（图1-1e）。背形褶皱型反转在反转期的挤压变形幕盆地处于强烈挤压应力状态，盖层挤压缩短变形强烈，基底抬升强烈，盖层全部表现为背形形态（图1-1f）。

（二）依据反转构造和相关褶皱关系的类型划分

Williams 和 Chapman (1983) 以逆冲断层和其相关褶皱的关系，将反转构造分成三类，即断层转折型、断层传播型、取直型断层—褶皱组合，取直型断层中后期起主要作用，其冲断位移大于主断层的位移。又可进一步细分为隐伏

型断层传播褶皱、穿透型断层传播褶皱、截弯取直型复式反转、双重构造等。

Jamison (1987) 根据褶皱—逆冲断层带中褶皱与断层相互关系, 可将反转构造样式分为三类: 断层转折褶皱 (fault – bend fold)、断层传播褶皱 (fault – propagation fold)、滑脱褶皱 (断滑褶皱, detachment fold)。

Mitra (1993) 通过砂箱模拟, 结合大量的地震剖面资料分析, 将构造反转断层再活动形成的褶皱进一步划分为简单断层传播褶皱、有断层穿入的断层传播褶皱、简单断层转折褶皱、断层转折褶皱—断层传播褶皱以及断滑褶皱 (滑脱褶皱) 共 5 类。

(三) 依据反转构造尺度的类型划分

反转构造的尺度变化很大, 可以分为断层反转、盆地反转和盆地系或区域反转。在后两个尺度中除了狭义的反转断裂外, 还发育有冲断层、褶皱、压扭构造等。断层尺度的反转如北海盆地 (Mitra 1993), 变形强度有非常大的变化。中等尺度的反转如松辽盆地 (张功成等, 1996)。大尺度的如贺兰山拗拉槽和被动大陆边缘的反转 (刘和甫等, 1993)。

(四) 依据反转断层组合型式及力学机制的类型划分

胡望水等 (2000) 依据控制正反转构造发育断层的组合型式, 将正反转构造分为单一型和复合型两大类, 再根据正反转构造发育的力学机理, 将单一型细分为 3 亚类, 复合型细分为 2 亚类, 各亚类又细分为 14 小类 (表 1 – 2)。

表 1 – 2 正反转构造分类 (据胡望水等, 2000)

大类	亚类	小类	主要变形力	形态特征
单一型	挤压倾滑型	断展型	早期拉伸, 后期挤压	不对称背斜
		断弯型		
	压扭型	张扭—压扭型	力偶, 两期方向相反	对称或不对称背斜
		伸展—压扭型	拉伸, 后期斜向挤压	不对称背斜
	走滑诱导型	弯曲—走滑型	力偶, 两期方向相反	不对称背斜
		叠覆—走滑型		
复合型	挤压倾滑复合型	取直断展型	早期拉伸, 后期挤压	不对称背斜
		取直断弯型		近对称复背斜
		背冲型		
		对冲型		
		多米诺型		不对称复背斜
	压扭复合型	压扭—背冲型	拉伸, 后期斜向挤压	不对称复背斜
		压扭—对冲型		
		压扭—多米诺型		

王同和等(1997)依据成因机制将反转构造划分为断层型、走滑型、热力型及重力型四大类,进一步依据几何学特征将断层型细分为断层扩展反转褶皱、断层弯曲反转褶皱、断层滑脱反转褶皱、截断型反转褶皱、滑脱逆掩断坡型反转构造、褶皱型反转构造六种。

褚庆忠等(2004)从构造作用出发,将反转构造划分为正反转构造、负反转构造和复合型反转构造三大类。正反转构造又可以分为断裂型、褶皱型和混合型三个亚类。断裂型又可以细分为压扭型、挤压倾滑型和走滑诱导型。

张功成等(1997)认为,在裂谷作用的初期,当伸展拉张的方向和前裂谷期的挤压方向近于相反时,基底中的前期形成的逆冲体系易于发生应力集中,形成负反转,根据两期断面的相互关系,可以形成三类构造型式,即冲断系后缘的截弯取直型负反转、单个冲断层的负反转、冲断系的负反转,这三类构造分别代表负反转程度依次增加时的构造系列。若正反转发生在裂谷期,其构造以其和褶皱等的关系,可形成三类反转构造,即断弯型、断展型、取直型断层—褶皱组合,取直型中后期断层起主要作用,其冲断位移大于主断层的位移。当正反转发生在后裂谷期,则裂谷期的正断裂在反转作用期间形成四种断层—褶皱组合:其一,上盘沿着原来的正断面逆倾向滑动,在上盘形成断展褶皱,其中又有两种类型,即隐伏型断展和穿透型断展,前者断层的上端点仅扩展到背斜的核部,后者断层切穿上覆后裂谷期地层,断层扩展到地表;其二,断层上方形成断弯褶皱,反转断层的下部沿早期的正断面向上滑动,上部沿水平的断坪逆冲;其三,早期正断层下盘或上盘发生取平作用形成倾角低于主断层的新冲断层,先存正断层部分地发生反转,这种情况通常与逆断层沿低角度断面易于运动的特点有关,断层和褶皱的关系以断弯为主;其四,与盆地内裂谷期的正断层和后裂谷期盖层正断层反转有关,断层扩展型反转构造中断层的锋端在背斜轴面与向斜轴面之间的楔型区域终止,而断弯褶皱中断层在浅层顺某软弱面滑脱。穿透型反转断层的上盘通常也伴生褶皱。反转作用主要沿着早期半地堑的边界断裂发生,地层的挤压收缩主要由逆倾向滑动和褶皱作用完成。半地堑的次要断层在一定的应力条件下亦可以反转,其规模通常较小,但形成的构造类型与主断层的反转相似。反转构造组合兼具张性构造和压性构造的共同特征。如地堑式组合反转形成背冲式组合,地垒式组合反转成对冲式组合,多米诺或阶梯式断层组合反转成叠冲式或叠瓦式组合。

McClay(1991)等在一系列砂箱实验基础上总结出来的先存张性断层经反转后的几何图案。图案中的各种特征近年来已由许多地区的实例所证实。在反转过程中,除了沿先存张性断层发生逆冲作用外,还产生了许多新的逆冲断层及其组合体系。由于断层系及断块的重新活动、旋转,其结果使地堑(盆地)变窄,其剖面构造组合具“花状构造”形态,容易被误认为是走滑断层的证

据。此外，与造山带前陆褶皱及逆冲带中常见的低角度、断坡—断坪组合样式不同，张性盆地中的反转逆冲断层一般多受先存构造形态所影响，断层倾角较大，且多呈向上凹的弧形形态。

就负反转构造而言，经典的反转构造理论对其讨论较少，目前具有代表性的分类如陈洁等（1999）和蔡希源等（2001）的分类方案。

陈洁等（1999）通过对济阳拗陷中—新生代演化过程及残留地层展布特征的研究，将济阳拗陷负反转构造划分为“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。

蔡希源等（2001）根据负反转构造产生的构造环境、形成机制和演化过程等，将负反转构造分为：①克拉通区冲断系负反转；②造山链带滞后负反转；③前陆隆起区负反转；④热隆区负反转；⑤变质岩杂体负反转等。其中与济阳拗陷区负反转特征相类似的划分方案当属克拉通区冲断系负反转：克拉通区的挤压逆冲、隆起剥蚀及后期的拉张、伸展、裂陷是中国大陆裂谷形成与演化的普遍规律。在裂陷作用的初期，当拉张、伸展的方向与前裂陷期挤压应力方向近于相反时，应力集中的基底逆掩、逆冲构造体系最易于反倾向活化，形成负反转构造。根据两期断面相互作用的关系，可形成：①冲断系后缘的截弯取直型负反转；②单个冲断层负反转；③冲断系的负反转。负反转作用常常与成盆作用有关，特别是复合盆地中的负反转断裂开启减压，对油气运移、聚集起着明显的控制作用，但薄皮的冲断系的负反转所形成的盆地规模往往有限。盆地规模不仅取决于基底性质、剥蚀程度和拉张构造应力场的强度及持续时间等，而且还取决于负反转断裂拆离深度、岩石圈各层次伸展的程度。

总之，由于不同学者所研究的地区不同，因此其分类方案也就各有其侧重方向，相应的存在着优势和局限方面。在具体研究过程中，应针对不同的研究区块采用不同的分类方案并加以改进，建立适用于具体研究区块的分类方案。

三、济阳拗陷深层构造研究现状

我国诸多大油气田的勘探与发现很多都是对含油气盆地构造样式的解释、分析研究与勘探实践的成果。济阳拗陷的地质构造是相当复杂的，是我国甚至世界上研究含油气盆地构造样式最典型的地区。其地质构造均经历了反复的拉张裂陷和挤压隆升—侵蚀作用及交替的走滑变形与变位的演化过程。现今保存于盆地内的构造样式是多期次、多成因构造变形的动态发展组合，许多大中型油田多与叠加变形构造样式有关。这导致了盆地内油气勘探的复杂性，但同时也可能扩大了潜在的油气勘探领域。

济阳拗陷构造研究始于20世纪70年代，任安身等（1985，1989）对济阳

拗陷张扭应力场和压扭应力场多期交替变换及其所形成的构造样式进行了总结分析；90年代以后，济阳拗陷复式油气区的油气聚集理论的总结分析（王秉海等，1992；帅德福等，1992）强调了块断活动和多期次、多成因、多方向构造变形样式的叠加组合的重要性。许多研究者（付瑾平等，1993；宗国洪，肖焕钦等，1995）运用现代盆地分析方法和板块活动理论，论证了构造运动与沉积体系的内在关系和构造对成藏的控制作用，重塑了济阳拗陷构造几何学、运动学、动力学模式。

《济阳拗陷第三系沉积、构造及含油性》（潘元林等，2005等）和《陆相断陷盆地油气地质与勘探》（李丕龙等，2003）和一些重要文章（王毅等，1994；王世虎等，2004；杨超等，2005；王颖等，2002；陈洁等，1999；贾红义等，2007；杨超等，2008；夏斌等，2007；郝雪峰等，2001；吴智平等，2003；李勇等，2006）在前人对含油气盆地构造研究的基础上，系统地阐述了济阳拗陷的演化过程、结构特征、构造样式和形成机制，总结了盆地内发育的拉张构造样式、扭动构造样式和应力环境变化形成的反转构造样式，其构造演化经历了古生代挤压变形阶段、中生代的断陷阶段和新生代的断裂拉张构造运动三个演化阶段，济阳拗陷的构造演化与郯庐大断裂等的边界作用密切相关。

第二节 创新认识

在前人研究成果的基础上，综合应用地震剖面解释、盆地分析等研究方法，笔者以济阳拗陷深层的主要构造样式的深入分析及划分为主线，通过平衡剖面技术恢复该区深层构造演化史，并系统分析了不同构造演化阶段的动力学条件，阐明了盆地深层油气成藏的构造条件，提出了隐蔽构造概念，并建立了深层隐蔽负反转构造油气藏的成藏模式，为类似地区的盆地分析及深层油气成藏研究提供借鉴，并为济阳拗陷的深层勘探部署提供理论依据。

（1）将济阳拗陷深层构造样式确定为收缩型、伸展型、走滑型、反转型四大类。以C—P的负向结构作为印支逆冲推覆构造的重要识别标志，结合对主要断层的活动性分析，明确了印支期逆冲断裂系的展布方向呈明显的NE或NNE向凸出的弧形展布。

（2）通过地震剖面上花状构造的识别将燕山期走滑型构造样式划分为近SN向的走滑挤压构造样式和NE—NEE向走滑伸展构造样式；利用反转构造的判识方法，以三维地震测线资料为基础，结合大量钻井分层数据、录井和测井资料的综合分析，依据地震测线上所反映出的断层性质及两盘地层厚度的变