

文章编号：1006-6616 (2002) 03-0211-08

# 中国东部某些中、新生代含油气盆地 与部分北东向正断层成因分析

孙宝珊

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

**摘要：**中国东部中、新生代含油气盆地众多，为断陷盆地类型，断层发育也往往表现为正断层形式。对这些盆地性质、形成机制以及正断层的力学性质的认识众说纷纭，但以张、张扭性盆地和张、张扭性断层之说占主导。本文从大地构造体系环境、构造型式特点、区域与局部应力场分析、定向岩心破裂面观察、地震反射信息，晚近时期构造形迹（如天然地震裂隙、断裂）组合规律的地质分析以及正断层控油特点等方面，对盆地及控盆断层性质进行了分析研究，认为中国东部某些断陷盆地、NE向控盆正断层和盆内主干NE向正断层为扭性或压扭性，其形成缘于构造应力与重力联合作用的结果。

**关键词：**中、新生代；盆地；正断层

中图分类号：TE121.2

文献标识码：A

## 0 引言

盆地研究重要内容之一是盆地性质及控制盆地形成、演化的断层性质研析，这是因为盆地性质及控盆断层性质直接控制、影响沉积发育史、构造发育史、油气演化史及油气移聚分布特点。

中国东部一些断陷盆地的控盆断层以正断层占主导，但对正断层的性质认识颇不一致。有些正断层是纯拉张作用产物，为张性断层；有些正断层是张应力与剪切应力共同作用形成的张扭性断层；有些正断层是剪切应力活动的结果；有些正断层为二次纵张或复合性结构面；有些正断层与纯拉张作用无关，而是构造应力和重力联合作用的产物，断层性质为扭性或压扭性。

## 1 前人关于东部断陷盆地和正断层认识概述

综观多年来关于渤海湾中、新生代盆地，乃至中国东部中、新生代盆地及NE向断层性

质的论述文章, 就其形成机制可归纳几种基本观点:

其一, 是拉张说, 如像郟庐断裂平移拉张说<sup>①</sup>、区域拉伸说<sup>②③</sup>、水平挤压大型隆起拉张说、上地幔隆起拉张说<sup>④[1 2]</sup>。

其二, 为断块掀斜活动说<sup>③</sup>认为渤海湾含油气盆地的发生、发展和演化受华北断块的解体和各断块间的差异升降运动的控制。

第三种见解则提出箕状盆地乃是水平拉张应力与重力滑动作用下形成的张性盆地<sup>⑤</sup>, 控盆断裂为张性。

第四种观点, 冀鲁帚状构造控制的渤海湾盆地及其正断层, 早期(中生代)为张扭性、晚期(新生代)为压扭性的复合性结构<sup>④</sup>, 帚状构造应力场起主要控制作用。

第五种观点, 认为华北及其邻区中、新生代断陷盆地, 具有醒目水平剪切现象的正断层, 是压剪性正断层, 其形成的盆地是水平挤压力和重力共同作用的产物, 而不是水平拉张作用的结果<sup>⑥</sup>。

第六种论点, 将中国东部含煤含油气断陷盆地及控盆正断层称为书斜式构造, 其性质为压扭性, 形成于地壳水平运动、地表表层水平滑动<sup>⑦</sup>。

第七种学术观点, 以李四光、孙殿卿为代表的地质力学工作者将华北及其邻区中、新生代断陷盆地划归新华夏构造体系, 属于巨型褶皱体系组成部分, 其性质属压、压扭性<sup>⑤~7]</sup>。

上述各家的观点和认识, 对中国东部盆地的研究起了积极推动作用, 为深入研究断陷盆地和正断层性质及形成机制奠定了基础。随着生产实践的发展, 地质资料越来越丰富, 对中国东部中、新生代盆地性质及控盆正断裂性质的认识逐渐深化, 而且发现挤压、扭动证据越来越多。现今地应力测量还表明中国东部地区到地表下一定的深度(50m~200m), 张应力就不存在, 三个方向的主应力都是压的。

笔者从大地构造体系环境、区域应力场与局部应力场的关系、背斜与向斜应力场应力状态、不同褶曲深浅层次应力环境、构造形迹组合规律、钻井定向岩心的断裂、裂隙详细观察、地震反射信息判识及正断层控油特点等, 对中国东部断陷盆地及控盆主干断裂性质及成因进行剖析, 认为中国东部断陷盆地及控盆正断层是压扭性或扭性的, 其形成机制是构造应力(水平拉张或水平挤压或铅直应力)与重力联合作用结果。

## 2 中国东部中、新生代含油气盆地及部分 NE 向正断层成因缘于构造应力与重力联合作用, 其性质为扭性或压扭性

### 2.1 中国东部中、新生代盆地处于巨型新华夏系压扭性大地构造环境中

新华夏系是一个大型褶皱构造体系, 它的主体构造由走向 NNE 的三个隆起带和三个沉降带组成。这些隆起带和沉降带, 大体上都是在中生代末期开始出现, 而且直到新近纪末期

① 王伟峰等. 辽西地区构造演化与盆地成因类型研究, 1999.

② 陈发景等. 关于我国东部第三纪含油气盆地形成问题的初步探讨, 1978.

③ 马刚. 试探引张作用与华北张性构造体系的特征. 1995.

④ 冯福礼. 中国的含油气盆地. 1991.

⑤ 程振华. 论箕状地堑与生油凹陷的关系. 1982.

⑥ 李扬鉴. 对华北及其邻区中、新生代断陷盆地形成的新认识. 1985.

⑦ 周治安. 书斜式构造的成因及其特征. 1978.

局部地区还有活动。这些大型复式向斜和复式背斜不能仅认为是垂直下沉和升起所产生的构造，它们一般不是沿着伸展方向被正断层切断的地堑式和地垒式的长条地块，而是主要由于侧面挤压形成的大幅度拗陷，是大型褶皱体系。从低凹地带旁侧的隆起带所显示的强烈挤压构造现象，不难看出，盆地起源于挤压作用绝非张性大断裂。从新华夏系这个扭动型式的方位促使我们得出结论，华夏地区遭受了直交大陆边缘的挤压。这种挤压产生于中国大陆相对太平洋底的南移，或者后者相对于前者的北移，所派生的 NWW—SEE 方向的挤压应力。

## 2.2 渤海湾盆地属于新华夏系一级沉降带，相当于复式向斜，其应力场与大区域应力场——NWW-SEE 向挤压应力场一致

华北平原（渤海湾盆地）是第二沉降带的一部分，在这个大型挠曲里面，有好多次一级的构造，也呈现 NEE 方向多字型构造产出，反映了该区域曾经受了 SN 向左行扭动。例如，冀东南堡凹陷是黄骅拗陷的组成部分，属于新华夏系沉降带内的三级负向构造，其主压应力方向仍是 NWW-SEE 向。这种应力作用促使本区产生 NNE 向压扭性断裂及其配套的 NEE 扭压性断裂及 NNW 扭张性断裂。

## 2.3 盆地内中、新生代沉积层总体呈 NNE 向大型挠曲，其中和面以上的主应力为挤压应力

图 1 和图 2 表明，当岩层在挤压应力下发生弯曲时，其应力状态与弯曲的横梁相似，平面上主体表现挤压褶曲，但纵深方向必有一中和面，中和面以上，背、向斜应力状态相反，向斜局部应力场与区域应力场一致；中和面以下，背、向斜应力状态也相反，但背斜局部应力场与区域应力场一致。目前，我们研究的盆地仅涉及地壳浅层，即复向斜槽部是中和面以上的浅层或中浅层沉积岩系和岩体、块体，仅仅是挤压应力区的一部分，而未达及向斜深层张应力区。所以，中国东部一些呈 NNE 向展布的盆地及其构造形迹包括褶皱和断裂，都是挤压应力作用的产物，而非张应力作用的结果（由二次纵张形成者除外）。

## 2.4 中国东部盆缘断裂和隆坳边界断裂多为正断层形态，是水平应力与重力联合作用结果，不是简单张应力作用产物，其正断层力学性质为扭性，不是张性成张扭性

构造运动是分阶段的，有激变期、有和缓期。李四光指出：“扭动和挤压运动是场幕的。紧随它们常有压力松弛或休止现象。有一种正断层，成因上可称为继起断层（sequent fault）。它一般追随它所伴随的褶皱走向。它的成生和褶皱作用紧密相联系，但是稍晚才出现的。它们的成生可能由挤压的休止和有效重力的作用，而不是由于张力。”中国东南部有许多继起断层伴随着震旦褶皱，并同样依随北东走向。太行山东麓和大兴岭山脉的东麓 NNE 向断层亦属此类断层。地堑及地垣（垒）之两旁，常有阶梯式之正断层发育，其延展之方向，即可示地堑或地垣（垒）延展之方向。李四光 20 世纪 40 年代已述及：“发生于地堑之两旁者，其侧斜常向堑内，破裂之段，逐步向堑中下落。发生于地垣（垒）之两旁，其侧斜常向垣外，在垣墙之两旁向垣外

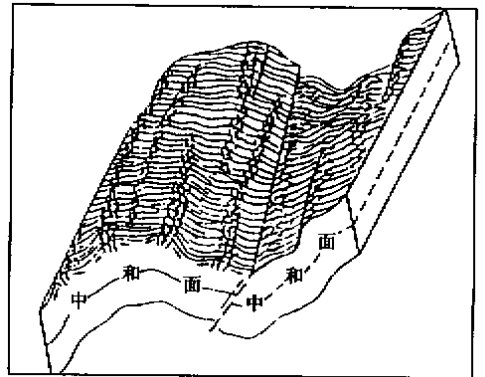


图 1 水平挤压应力下受背斜和向斜控制的次级微褶曲上发育的锯齿状裂隙 (据张文佑)

Fig.1 Map showing Zigzag fissures on the secondary microfold controlled by anticline and syncline under horizontal compressive stress (after Zhang Wenyou)

逐步下落。以此等断层面侧斜之方位可断定其产生原因，非单纯张应力作用于水平面所致，而实水平张应力与垂直压应力（因重力而生）合作，致沿断面方位发生最大扭应力之结果（图3），其理自明”。从剖面分析，是一种扭性断层。新华夏系沉降带盆地的某些边界断裂、沉降带内隆坳之间分界断裂的正断层属此类型（图4）。而与褶皱轴成正交的横断层（正断层）才是张性的。

### 2.5 斜向挤压应力场形成的楔状体边界正断层为压扭性

中国东部地区中、新生代最大主应力方向曾发生过倾斜。庄培仁等研究太行山地区中、新生代最大主应力倾角在几—几十度间，郟庐断裂带中、新生代最大主应力倾角约在 $13^{\circ} \sim 21^{\circ}$ 间<sup>①</sup>。

华北盆地很多地震勘探剖面上断层显雁行的阶梯状，其构造样式酷似多米诺骨牌倾倒势态，不难看出其成因是水平力推挤在先，随之地块（骨牌块体）在重力作用下依次发生倾滑、叠压，明显展示为压扭力作用的结果，其断层性质为压扭性。地壳运动以水平运动为主导性，最大主应力方向绝大多数地

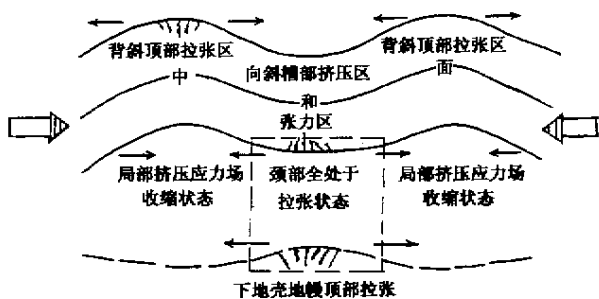


图2 中国东部某些中、新生代盆地成因动力学模型

Fig.2 Map showing dynamic model of some Meso-Cenozoic basin genesis in east China

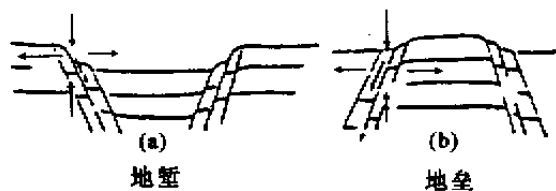


图3 地堑和地垣两侧应力之分配 (据李四光)

Fig.3 Map showing stress state in graben and horst

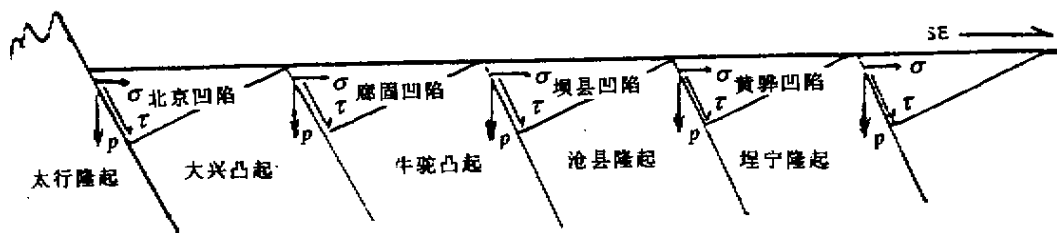


图4 渤海湾盆地内箕状凹陷示意图

Fig.4 Sketch showing half-graben sag in Bohai Bay Basin

区为近水平和水平的，但有的地区最大水平主应力方向确是倾斜的。当最大主应力方向发生倾斜时，可产生压扭性正断层。

### 2.6 部分倾斜正断层缘于垂直最大主压应力作用，其力学性质为压扭性

正断层从成因上分析，一部分（直立）正断层由于水平拉张应力作用或铅直挤压作用

① 庄培仁，王维襄等. 华北盆地（北部）中、新生代构造应力场及盆地形成、发展机制分析. 1983.

(重力)形成,此部分正断层力学性质为张性;一部分正断层由平移(走滑)作用,形成扭性正断层;另外又有部分为铅直最大主应力作用产生的剖面 X 断层——倾斜正断层,属压扭性。

众所周知,正断层地应力状态与逆断层应力状态不同。地壳中普遍存在的重力有利于形成正断层,不利于逆断层形成。

古今应力值随深度变化,断裂性质亦发生变化。在区域性挤压作用下岩层发生弯曲变形,产生局部附加应力值:背斜顶部为拉张应力,其中和面以下背斜为压应力;向斜槽部为压应力,中和面以下向斜为张应力。实际作用于地质体上的应力等于初始应力加附加局部应力。向斜由浅部向深部,实际水平应力值由大变小,垂直应力值由小变大,到某一深度,最大主应力由水平变为垂直。这种垂直最大主应力将产生剖面 X 型正断层,其力学性质为压扭性。

## 2.7 中国东部有的正断层其断面地震波反射呈现断面波特征表明具压扭性力学性质

在解析东部地区地震剖面时发现盆缘正断层面地震波反射呈现清晰的断面波特征。在辽河盆地及冀东南堡凹陷有的正断层其地震波反射就以断面波形式出现(图 5)。这种波形是断层面、断裂带岩石受强烈挤压、磨碾、压实后,表面光滑形成一种特殊界面的反映,是压扭性断层面的特征标志。

## 2.8 地震断层调查表明渤海湾地区部分 NE 向正断层、裂隙系列为压扭性、扭性

20 世纪 70 年代以来,中国东部发生一系列中强地震,形成了众多的、不同规模的地震断层和地震裂隙,有正断层,也有逆断层,实地考察发现 NE 向断层多是正断形态,但其力学性质为压扭性或扭性。

1976 年,唐山大地震产生的地震断裂和裂隙有三组方向,经原冶金部天津地质调查所李守林等现场调查确认<sup>①</sup>,NNE 向正断层和 NEE 向正断层为扭性、压扭性,EW 向正断层为张性断层。说明华北平原地区晚近时期以来发育的断裂具有不同的力学性质,但都表现为正断层形式。

## 2.9 钻井岩心标定部分 NE 向裂隙、小断层为压扭性

对辽河油田和冀东油田几口井岩心进行了定向。通过定向岩心研究,老爷庙地区东营组岩心发育的 NW 向裂隙显示张扭性,裂隙含油;而 NEE 向裂隙为压扭性。辽河油田外围断陷盆地沉积层岩心也发现同样事实。说明东部盆地中、新生代岩石发育的部分 NNE—NEE 向断裂、裂隙具压扭性,而 NW 向断层、裂隙为张扭性。

## 2.10 中国东部油气勘探、开发实践证明部分 NE 向正断层利于封闭、聚集油气,展示其压扭性或扭性属性特性

中国东部油气勘探、开发资料表明:主干的 NNE 向断裂构造带往往构成封闭性为油气聚集带,低级次的 NNE 向和 NEE 向断裂聚集油气成藏,而 NW 向和 NNW 向断裂为油气运移通道。这些断裂在盆地内皆表现正断层形态。无论是主干断裂构造还是低级次断裂构造,都具雁行排列之特点,其组合规律清楚反映着中国东部盆地受南北左行对扭兼东西挤压应力场环境控制。

综上所述,东部某些中、新生代盆地其性质为压扭性、扭性,某些控盆断裂及其内部 NNE 向和 NEE 向断裂,虽表现为正断层形态,但具有压扭性、扭性特点,其形成机制乃是

<sup>①</sup> 天津冶金地质调查所,塘沽区地震办公室.唐山—丰南七、八级地震塘沽地震地质调查报告.1976.

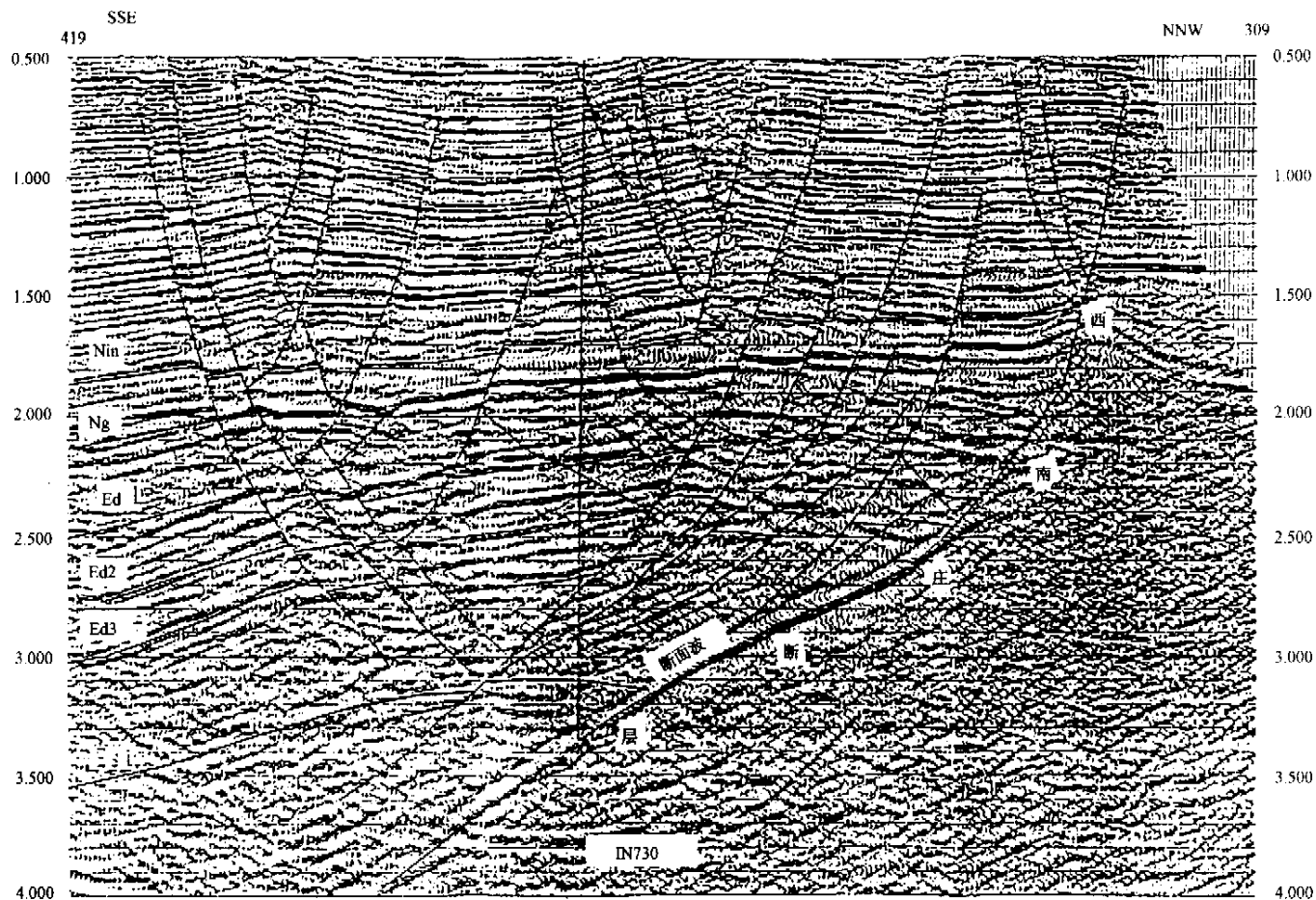


图5 冀东油田 IN730 地震剖面正断层 显示清晰断面波

(据冀东石油勘探开发公司)

Fig.5 Map showing clear fault wave of normal fault at seismic section line IN730 in Jidong Oilfield

构造应力（水平张应力、水平压应力或铅直应力）与重力联合作用。

### 3 问题探讨

本文从上述诸方面初步讨论了中国东部某些中、新生代含油气盆地和部分 NE 向正断层为压扭性、扭性及其形成机制，但中国东、西部地区对比发现，中、新生代以来，尤其新生代以来东部地区不仅是 NE 向断裂系统表现为正断层形态，而且其他方向断裂系统绝大多数也往往表现为正断层形式，然而西部地区中、新生代断裂则绝大多数表现为逆断层形式。是何原因？除大地构造体系环境不同外，与深部热态、深部构造到底有没有关系？东部断陷盆地油气一般多富集在正断层下盘（上升盘）。主要油气聚集带、富含油气构造和油气富集部位，多发育在正断层下盘，对找油勘探来说是良好标志和勘探目标，正断层活动与油气移、聚集是如何耦合的？

关于中国东部作为盆缘的 NE 向正断层，其力学性质需进行深入观察、研究，特别应在地表出露较好的地方加以宏观考察和微观分析，广泛收集反映断层力学性质及其性质转换复合方面的资料，以详细揭示正断层的真貌。

笔者多年从事地质力学和石油地质研究工作中，始终得到孙殿卿院士亲切关怀和指教，近来又对撰写此文给予适时鼓励。王连捷研究员在地应力、应力场分析方面给予了热心帮助。笔者在此向他们致以深切谢意。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 廖兴明, 姚继峰, 于天欣, 张梅芳, 刘立, 时林春. 辽河盆地构造演化与油气 [ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [ 2 ] 王涛, 等. 中国中东部裂谷盆地油气藏地质 [ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [ 3 ] 张文佑. 断块构造导论 [ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1984.
- [ 4 ] 刘泽容, 等. 冀鲁帚状构造体系应力场的初步教学模拟 [ J ]. 石油与天然气地质. 1983.
- [ 5 ] 李四光. 地质力学概论 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1973.
- [ 6 ] 孙殿卿. 地质力学找油的一个观点——构造体系的观点 [ A ]. 地质力学所所刊 [ C ]. 1992.
- [ 7 ] 张福礼. 新华夏系发生发展的阶段性及其对油气的控制作用 [ J ]. 石油与天然气地质. 1980. 1 ( 3 ):

# ARE THE FAULTS CONTROLLING MESO-CENOZOIC BEARING OIL AND GAS BASINS IN EASTERN CHINA TENSILE FRACTURES ?

SUN Bao-shan

( *Institute of Geomechanics , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100081 , China* )

**Abstract** : Most of Mesozoic and Cenozoic bearing oil and gas basins are rifting ones in eastern China whose development closely is related with normal faults. Based on the research , this paper reveals the rifting basins and the NE-trending normal fault are mainly compressive or compresso-shear type. They resulted from the combination of tectonic stress with gravity , and the vertical stress is greater than horizontal one in the three-dimensional stress fields.

**Key words** : Mesozoic and Cenozoic ; basin ; normal fault