

文章编号: 1006-6616(2003)01-0056-06

# 苏北盆地天长箕状断陷断裂体系 及油气成藏规律

操成杰<sup>1,2</sup>, 周新桂<sup>1,2</sup>, 何彬<sup>3</sup>, 周巨标<sup>3</sup>, 王启斌<sup>3</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;  
3. 中石化江苏油田分公司, 安徽天长 239363)

**摘要:** 苏北盆地的油气圈闭以“贫、小、碎、散”著称, 是我国东部极复杂小断块中的代表。而天长箕状断陷斜坡环境的断块更加破碎, 其特殊的构造运动背景造就了该地区极复杂的断裂体系, 油气的运移和油藏的形成与之密不可分。研究认识断裂是深化勘探和实现滚动勘探开发的前提。断裂研究着眼点既要掌握局部, 更要从成因联系上来研究一个整体——断裂体系。本文着重于方法认识, 旨在对其他类似地区的油气勘探有一定的借鉴作用。

**关键词:** 苏北盆地; 箕状断陷; 断裂体系; 油气成藏; 油气运移

中图分类号: 122.3

文献标识码: A

## 0 前言

一个地区油气勘探的成功与否最根本的还是取决于对油气成藏规律的认识。油气成藏规律认识不清, 会给勘探带来很大的风险。油气勘探的过程, 就是一个对该地区油气成藏规律认识不断深化的过程。勘探地质工作者前仆后继不断研究油气成藏规律, 而油气成藏规律更多地表现为特殊性, 不能普遍适用, 这是因为各个地区地质条件都不一样。控制油气成藏的关键因素是断裂和沉积。近年来, 我国油气勘探引入了“含油气系统”概念<sup>[1]</sup>, 笔者认为它强调的是沉积成藏, 这在构造运动平缓、沉积稳定的地区是一种重要的分析方法; 而复杂的断裂体系“介入”, 会使“含油气系统”变得难以认识。在复杂小断块地区, 研究油气成藏规律的有效方法是引入“断裂体系”概念, 使其成为“含油气系统”的有益补充。

“断裂体系”是指在特定区域内, 以 I、II 级断裂为主干, 一系列与之有成因联系的断层系组合。对断裂体系的研究<sup>[2]</sup>, 一定要着眼于成因联系, 抓住主干断裂, “顺藤摸瓜”, 一级一级“解剖”, 直至次生断层和裂隙; 要研究断裂活动的历史, 以认识断裂纵向上的变化; 要与油气运移结合起来, 由点到面, 由面到体来认识油气运移规律。断裂控制的“封闭”构造或油气通达的“封闭”区域便是油气聚集的良好场所, 是油气勘探的目标所在。

收稿日期: 2002-03-11

作者简介: 操成杰, (1967-), 男, 中国地质科学院博士生, 高级工程师, 1991年毕业于成都地质学院石油系, 主要从事石油地质综合研究工作。

# 1 天长断裂体系基本特征

天长箕状断陷位于苏北——南黄海盆地东台拗陷金湖凹陷西南段。北为建湖隆起，西为张八岭隆起，南为苏南隆起，东与龙岗次凹、三河次凹相接（图 1）。天长箕状断陷在古新世拉张与扭动、沉积与抬升交替<sup>①</sup>，在其内部形成了极其复杂的天长断裂体系（图 1）。

从图 1 中可以看出，控制天长断裂体系的边界断层为杨村断层（Ⅰ级断层，控制凹陷边界）和铜城断层（Ⅱ级断层，分割次凹）。杨村断层走向 NE（图 1），为沉积盆地的边界断层，控制着天长箕状断陷沉积边界（图 2）。铜城断层走向 NNE（图 1），为一走滑逆断层，为天长箕状断陷东部边界断层，南与杨村断层斜交，北与石港断层首尾相接。断裂体系在平面上表现为两条主断裂及一系列呈帚状撒开的断裂系统。

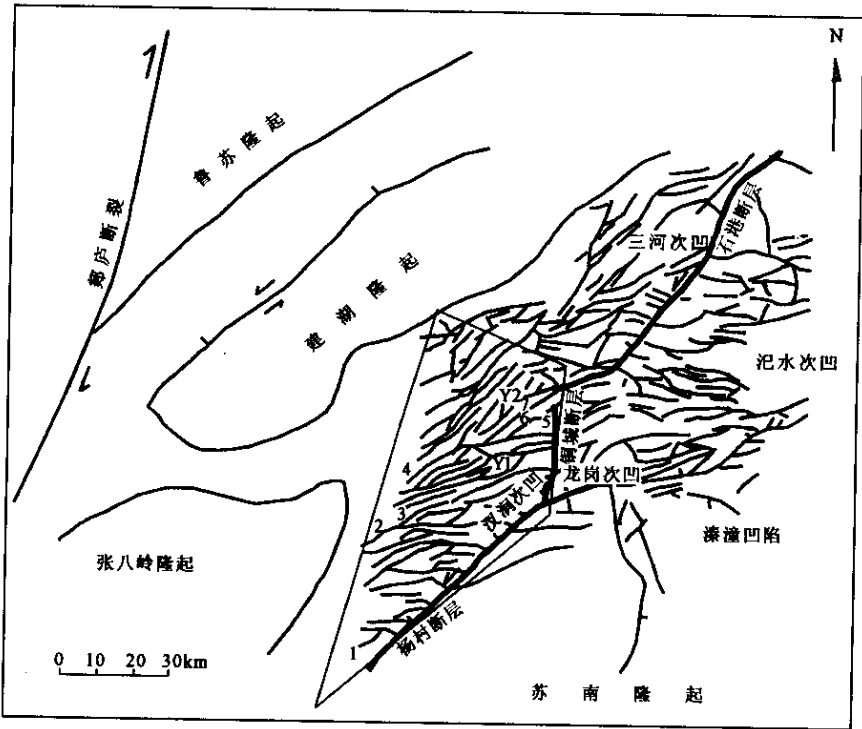


图 1 天长断裂构造体系图

Fig.1 Tianchang fault systems

1. 天长断裂体系；2. 西 2 断层；3. 西 3 断层；4. 平安断层；5. 成庄断层；
6. 闵南断层；7. 铜 1 断层；Y1. 王龙庄油田；Y2. 安乐油田

根据断裂的分布特征（图 1）可以看出：顺边界断层展布方向断裂体系可划分为 3 个分区，顺斜坡方向断裂体系可划分为 3 个坡带。

断裂体系在平面上自北向南形成 3 个分区：平安断层以北为马坝断裂区，断裂表现为 SW 向帚状断层系（向西帚状分支，下同）；西 2 断层以北至平安断层以南为汉北断裂区，为 SWW 向近平行弧形帚状断层系；西 2 断层以南为汉南断裂区，为近 EW 向帚状断层系。

① 天长地区油气富集规律的进一步研究及下一步工作意见（内部资料），叶绍东等，1997。

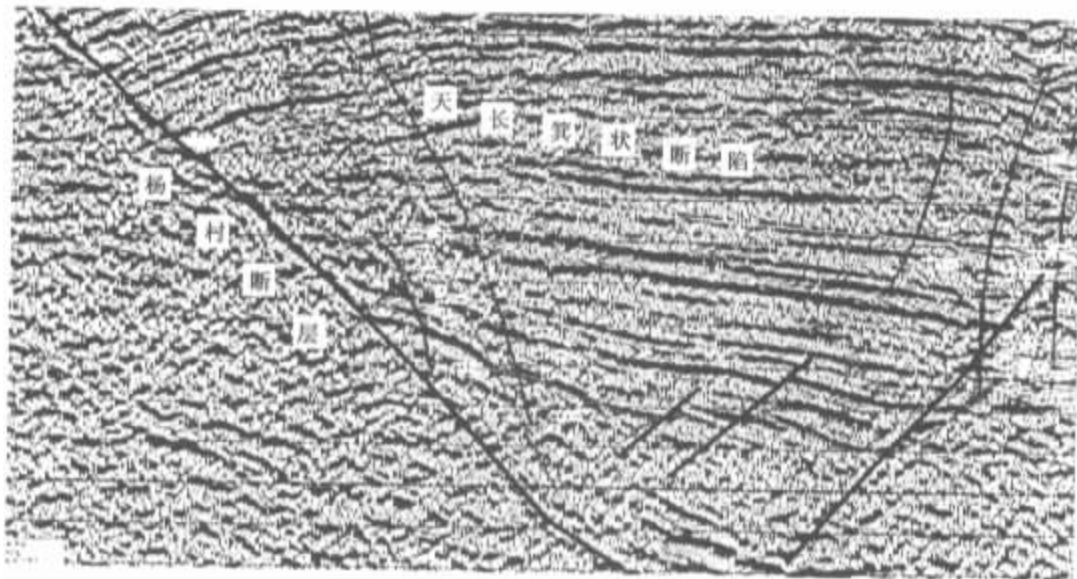


图2 杨村断层地震剖面

Fig.2 Seismic section of Yangcun fault

在较强的 NW-SE 向拉张应力场作用下, 天长断裂体系内边界断层在发生正断同时, 在一定程度上发生平移扭动, 在其西侧产生的Ⅲ、Ⅳ级断层组合, 平面上可视为“低坡带”。在该带张剪应力作用较强, 地层被“撕开”, 近边界断层侧断距最大, 向西逐渐减小。该带深入凹陷, 断层活动强度大, 持续时间较长, 断层是油气侧向运移的主要通道, 也是非构造油藏发育的有利场所。

在斜坡中部, 边界断层活动造成的张剪应力作用逐步减弱, NW-SE 向区域张应力作用逐步占据主导地位, Ⅲ、Ⅳ级断层由 NNE 逐步向 NE 向转变, 相互交错, 形同网状, 断层轨迹产生较小曲率向北弯曲, 平面组合为“中坡带”。在该带应力作用以张应力为主, 次生断层开始发育, 在断层弯曲外侧地层产生裂隙, 成为油气差异运聚的通道之一。此带由于断层发生弯曲, 次生断层较为发育, 是断块油气藏形成的有利场所。

在斜坡高处, 边界断层活动造成的应力逐渐释放, 张应力逐渐减弱, Ⅲ、Ⅳ级断层不断分叉, 如同帚状撒开, 地层更加破碎, 形成 NE-SW 向较为密集的断层系, 平面视作“高坡带”。由于此带断层更加发育, 断距较小, 同时沉积时周期性遭受剥蚀, 断层对油气运移能力减弱, 构造面积小, 不利油气成藏。

区内断层均为正断层, Ⅲ断层剖面形态大多顺斜坡方向呈上、下陡中间缓的“躺椅状”, Ⅳ级断层近平行排列或斜交, 断层发育在一定程度上受沉积滑脱面影响。王龙庄油田和安乐油田(见图1)处于两个古斜坡的低凸起部位。自王龙庄断鼻向潘庄断阶方向为古 NW 向低凸起, 断裂破碎带发生不规则变化, 形成较为复杂的断块群, 断裂系产生一些呈放射状的次生断层和裂隙, 是油气近源运移和差异聚集的主要通道, 形成了王龙庄油田阶梯状断块油藏。

安乐油田自铜庄断块向朱庄断鼻方向, 由于石港断层活动的影响, 发育一个顺向正断层断裂系——成庄、闵南、铜1断裂系。断层走向发育较小挠曲, 如铜1断层存在不规则破碎带, 闵庄油藏便处破碎带中。此处 在阜宁组中期沉积时为浅滩相沉积环境, 生物灰岩发育,

由于放射状次生断层和裂隙的存在，大大改善了灰岩的储集空间，形成了安乐油田良好的灰岩油藏。

## 2 油气成藏一般规律

### 2.1 断裂控制构造形成和油气运移聚集

研究和分析表明：复杂小断块地区，断裂不仅控制着构造的形成，同时也是油气运移的主要通道；次生裂隙不仅在油气的运移和聚集中起到重要作用，同时也在一定程度上改善了储集空间。

区内断层控制的构造形态基本可分为 3 种：

(1) 躺椅状断层（产状上、下较陡中间较缓，剖面形成如躺椅状）与张扭断层双向控制的断鼻构造，此为有利储油构造（图 3 中 I、III 和图 4）。该类断块油气充满度高，含油带宽，溶解气不易散失，油质较好。欧北断块因其良好的封堵性，形成了气顶油藏。应强调的是对于两断层在剖面上的划分，不应该将其割裂开来视为两个断层，其实二者为同一个断层面，向上分支形成另一支断层。

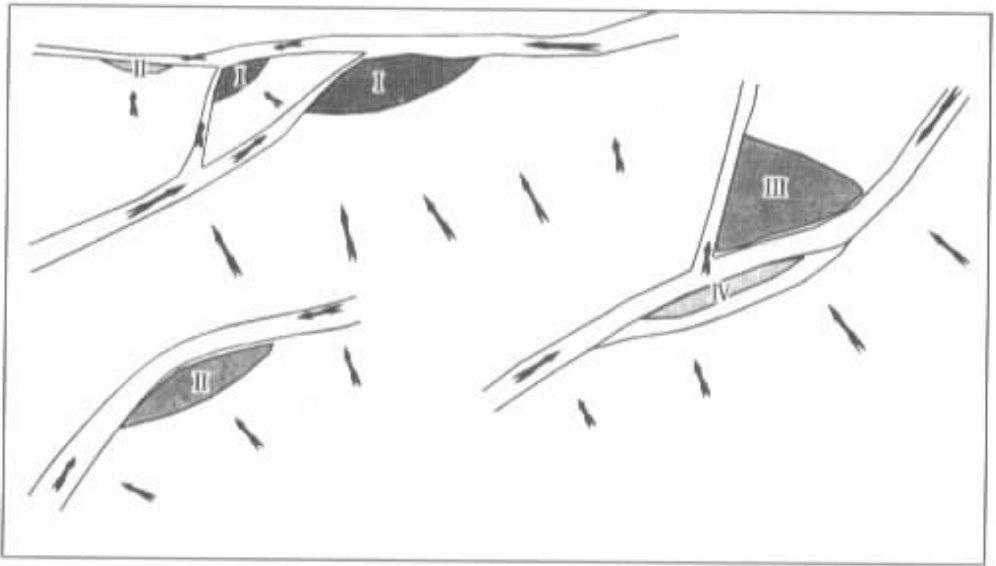


图 3 天长断裂体系中油气横向聚集模式图

Fig.3 Petroleum migration model on cross direction in Tianchang Fault System

I 型油藏为断层转换部位断鼻油藏；II 型油藏为躺椅状断层单控断鼻油藏；  
III 型油藏为两断层夹角控制的油藏；IV 型油藏为断层破碎带中断阶油藏

(2) 躺椅状断层单向控制的断鼻构造，此为较有利构造（图 3 中 II 和图 4）。该类断块油气充满度主要受构造形态控制，区内因强边水动力，构造平缓，有效含油带往往较窄，顺主控断层成条带状分布；放射状次生裂隙发育，开发阶段水突进较快，宜多井控制开采。

(3) 躺椅状断层与放射状次生断层多向控制的复杂断块构造（图 3 中 IV 和图 4）。潘庄 H 断块由于 NE 向（横向）次生断层切割，块内断裂发育，油水关系变得十分复杂。因躺椅状断层平直段不甚发育，封堵性较差，不利油藏溶解气保存，油质变差，不利开采。

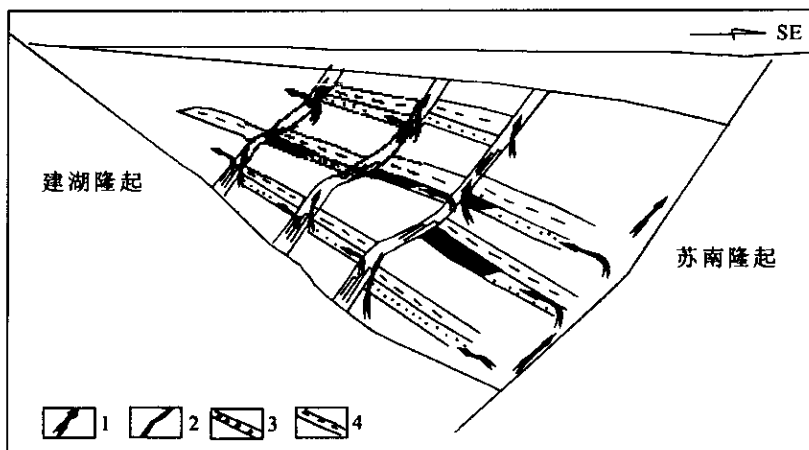


图4 天长断裂体系中油气纵向聚集模式图

Fig.4 Petroleum migration model on vertical direction in Tianchang Fault System

1. 油气运移方向; 2. 断层; 3. 储集层; 4. 泥质层

## 2.2 断层是油气运移的主要通道

区内构造主要形成吴堡运动前(即阜宁组沉积时期),至垛一期定型,其后的真武运动、周庄运动和三垛运动对构造改造不明显,Ⅲ级断层活动减弱,断距相对变小。次凹深处是区内主要油源。根据生油研究成果,深凹中阜二段—阜三段下部生油岩成熟度较阜三段上部—阜四段生油岩成熟度要高,构造本身的阜二段生油岩刚刚成熟,可以判断油气主要是从深凹侧向运移来的。油气生成期是在三垛组沉积的早、中期,在油气大规模运移前,主要构造业已形成,当深凹中阜宁组生油岩超过了生油门限深度(1720m),在压差和毛细管压力作用下,油气先从生油层运移到邻近的储层,然后通过断裂运移到封闭良好的断块构造内聚集。

## 2.3 断层性质多变,压性段对油气封堵有利

断层倾角较大时,即使断裂活动停止,由于断层具有较宽的破碎带,成为油气逸散的通道,因此区内断层对封堵不利。躺椅式断层其平直段倾角一般小于 $20^{\circ}$ ,由于岩层重力作用和沉积滑脱作用(产生泥岩涂抹现象),断层在该段以压性为主,具备良好的封堵性。如处低坡带油藏,油质较好,溶解气含量高。而中坡带及高坡带目的层段断层倾角较大,封堵不好,溶解气体大量散失,原油密度较大,流动性差。由于局部应力变化,在交接处往往形成倾角平缓、断距较小的以扭性为主的弱张性断层,尤以断层转折处为佳,具有良好的封堵性。

## 2.4 低坡带及中坡带是油气聚集的良好场所

断裂较为发育,纵横向成网,放射状次生断层和裂隙较为发育,运移条件好;近凹沉积,油源条件好,是良好的油气聚集场所。

## 2.5 良好的断裂输导体系和有利的沉积组合是油气成藏必要条件

通过研究发现,天长地区油气输导体系可分为3套:

(1) 北为石港断裂输导体系。油源主要来自三河次凹。以石港断层为主干,向西帚状散开的Ⅲ、Ⅳ级断层为支体组成输导体系。此为优良体系,应力自然释放,断裂体系舒展,油气运移通道顺畅。该体系中发现了安乐油田。油田地处古斜坡上低凸起部位,阜宁组中期沉

积了一套生物灰岩储层，裂隙发育，生物灰岩成为有利的储集层。该体系灰岩发育区是滚动勘探开发的有利场所。

(2) 中为天长断裂输导体系。油源来自汭涧次凹和龙岗次凹。以铜城断层为主干，西 3、成庄等Ⅲ、Ⅳ级断层及其分支断层为支体组成输导体系。此为良好体系，主干断裂深入次凹，油源丰富，断裂规模较大，活动时间较长，是油气运移的良好通道。该体系近源沉积，河流三角洲相砂体发育，具备良好的储集空间。体系中近凹带可能发育水下扇和水下浊积体沉积，是寻找复合油气藏的有利场所，可望获得重大突破。

(3) 南为汉西分散输导体系。由伸入次凹内的断层形成各自输导体系。是寻找油气较有利地区。该区砂岩沉积体系发育，具备良好的储集空间。不利因素是应力集中，断裂多而复杂，造成地层破碎，圈闭面积小。输导体系能力较弱，供油面积小。该区钻井见到了较好的油气显示，不失为寻找小型油气藏地区。

## 2.6 应力释放区域是油气成藏的良好场所

安乐油田处石港断层应力释放区，在生物灰岩储层内形成断块油藏；王龙庄油田处于斜坡上低凸起应力释放区，在三角洲相砂岩储层内形成断块油藏。目前，仍有两大应力释放区域没有突破：一是石港断层和铜城断层交接处，输导体系较为发育，次生断层和裂隙发育，有利的沉积相带和有利圈闭可形成油气藏；一是铜城断层与杨村断裂交接处，即凹陷深部斜坡处，有利的沉积相带（如水下浊积体或水下扇）也可形成油气藏，是今后找油的良好地带。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 周新桂，邓宏文，操成杰，等. 浅论含油气系统和成藏动力学系统 [ J ]. 华东油气勘查，2002，20 ( 2 ): 14 ~ 23.  
[ 2 ] 周济元主编. 地质力学引论 [ M ]. 四川：成都科技大学出版社，1989.

# FAULT SYSTEM AND FORMATION LAW OF OIL RESERVOIR IN TIANCHANG HALFGRABEN-LIKE DEPRESSION IN SUBEI BASIN

CAO Cheng-jie<sup>1,2</sup>, ZHOU Xin-gui<sup>1,2</sup>, HE Bing<sup>3</sup>, ZHOU Ju-biao<sup>3</sup>, Wang Qin-bin<sup>3</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. Institute of Geomechanics, GAGS, Beijing 100081;

3. Jiangsu oilfield Branch, China Petroleum and Chemical Co, Anhui, Tianchang 239363, China)

**Abstract:** The petroleum in the Subei basin is famous for poor, small, breaking to pieces, and scattering in the exploration history of Chinese petroleum, and it is a typical case of the most complex and small fault-lock in the East of China. But the fault-block of Tianchang halfgraben-like depression is more breaking and scattering. Formation of complex fault system depends on its special tectogenesis background, and oil-gas migration and oil reservoir formation are closely impartibility with it. Analysis of fault system is a basis for futher realizing oil exploration and development. Fault system research mast not only master part, but also master all. This paper emphasizes method study of fault system, which is also to provide a reference for petroleum exploration in similar tectonic background.

**Key words:** Subei basin; halfgraben-like depression; fracture system; oil and gas reservoir formation; migration of oil and gas