

南堡凹陷的形成演化与油气的关系

周海民¹, 魏忠文², 曹中宏², 丛良滋³

(1. 中国地质大学, 湖北武汉 430074; 2. 中国石油冀东油田, 河北唐山 063004; 3. 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 南堡凹陷是一个中生代开始发育的含油气凹陷, 经历了断陷期和坳陷期两个演化阶段, 具幕式沉积特点。区内构造带呈环状展布, 可分为周边凸起潜山构造带、近边或裙边构造带及凹陷中央构造带。以高柳断层为界, 呈南北分区的格局。圈闭的形成与展布明显受构造演化控制, 断陷期以背斜、潜山圈闭为主, 坳陷期以各种类型的断块、断背斜圈闭居多。

关键词: 构造演化; 构造带; 幕式发育; 油气聚集; 南堡凹陷

第一作者简介: 周海民, 男, 36 岁, 高级工程师, 石油地质

中图分类号: TE121.1⁺ 1 **文献标识码:** A

1 构造演化

南堡凹陷位于华北板块北部, 是渤海湾盆地群北侧中生界叠合的含油气凹陷, 中、新生代经历了断陷和坳陷两个演化阶段。

1.1 断陷

1.1.1 早期

侏罗纪—白垩纪末, 库拉板块向 NW 方向俯冲。受其影响, 区内发生区域性右旋剪切走滑和源于软流圈上隆的拱升裂陷作用, 最终形成了南堡凹陷早期断陷盆地的雏形。该期凹陷的伸展方向为 NE—SW 向, 其范围较小。

须指出的是, 区内普遍缺失上侏罗统及古新统, 表明拱开裂陷作用具有明显的脉动性, 据此可将早期裂陷进一步细分为一幕(侏罗纪)和二幕(白垩纪)(图 1)。一幕期间发育小型河湖相的含煤或碳质泥岩; 二幕期间发育陆源碎屑岩与火山岩。

1.1.2 晚期

始新世以后, 古老的库拉板块逐渐倾没于亚洲东部的边缘岛弧之下。受其影响, 南堡地区区域应力场由原来的 NW 向挤压转变为 NW 向拉张; 早期形成的 NWW 向断层(如柏各庄断层)开始左行走滑。在两者共同作用下, 区内发生拉分伸展作用, 断陷拉张作用进入全盛时期, 整个南堡凹陷沉积了数千米厚的老第三系, 该沉积亦具幕式发育的特点^[1]。

根据盆地的构造格局、地震剖面上构造的破坏

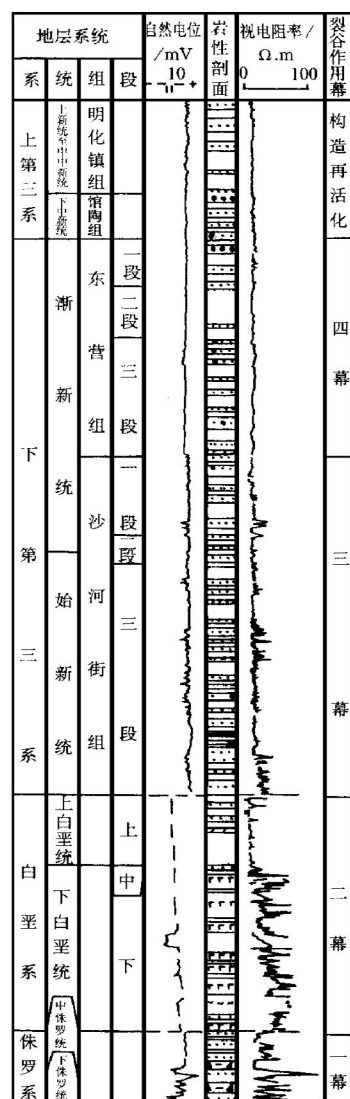


图 1 南堡凹陷幕式充填柱状图
Fig. 1 Columnar section of episodic filling in Nanpu Sag

程度、沉积中心的迁移、柳赞地区局部缺失沙河街组一段上部地层及火山活动特点, 可将晚期裂陷作用进一步细分为两幕: 三幕和四幕(图 1)。

1.2 坳陷

早第三纪晚期, 太平洋板块的运动方向发生了显著变化, 华北地区再次遭受 NEE—SWW 方向的强烈挤压。馆陶期, 全区发生区域性大规模的火山活动, 之后, 整个华北地区开始区域性的热冷却沉降, 导致凹陷整体下降, 进入坳陷沉积演化阶段。

2 构造特征

2.1 断裂

2.1.1 类型

南堡凹陷发育了百余条断裂, 根据

* 薛云松, 廖保方, 石玉军. 高尚堡、柳赞、老爷庙油田断层形成和分布规律研究. 1991

其在断陷盆地中的规模及作用的差异,可分为控凹、控带和带内控油三类断裂。

2.1.1.1 控凹断裂

控制凹陷的形成和演化,构成盆缘的边界。这类断层断错了基底,又切割盖层,是长期发育的同生断层,往往具走滑性质,平面上延伸可达数十至百余公里,断距较大。该凹陷的控凹断裂有涧南东-西南庄断裂、柏各庄断裂和沙北断裂(图2)。

涧南东-西南庄断裂为凹陷西北侧及北侧边界,为南堡凹陷与涧南潜山、老王庄凸起、落潮湾潜山及西南庄凸起构造带的分隔性断裂,长约58 km;柏各庄断裂为南堡凹陷与其东部柏各庄凸起、马头营凸起及石臼坨凸起的分隔性断裂,全长约60 km;沙北断裂为南堡凹陷与南侧中东部沙垒田凸起的分隔性断裂,区内长约43 km。

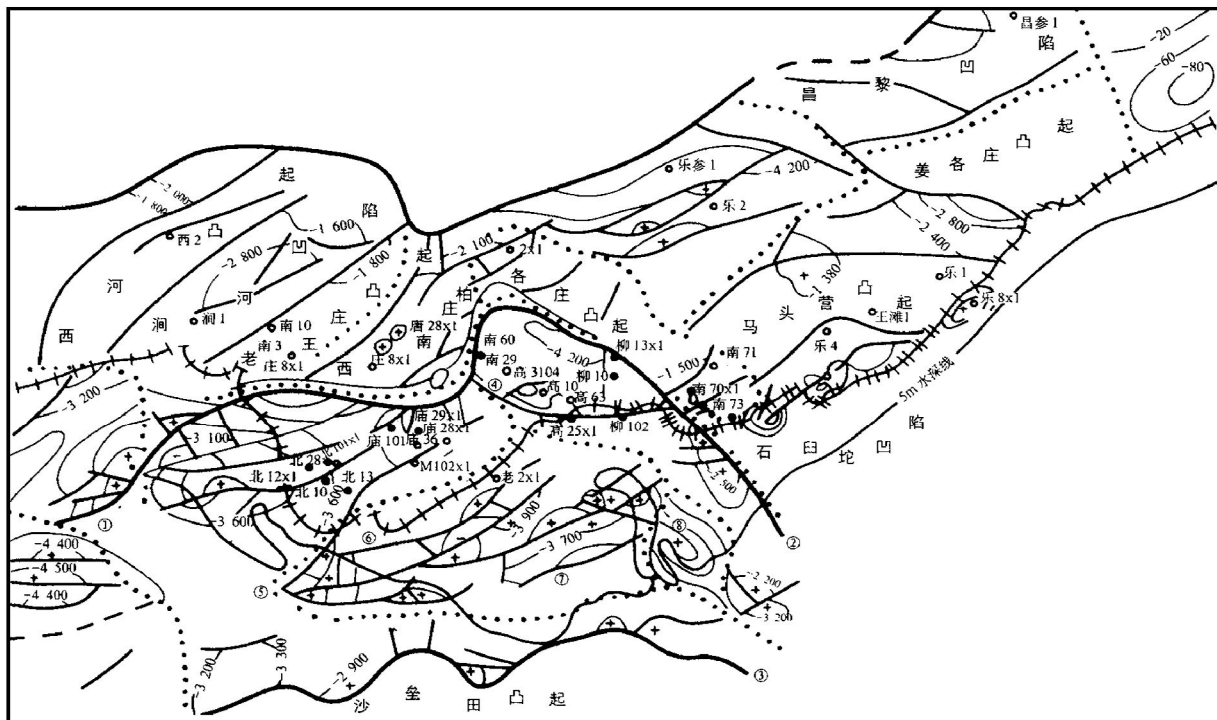


图2 南堡凹陷周边凸起构造位置图

Fig. 2 Locality of peripheral uplifts in Nanpu Sag

①—涧河-西南庄断裂; ②—柏各庄断裂; ③—沙巴断裂; ④—高柳断裂; ⑤—南堡断裂; ⑥—老堡I号断裂; ⑦—老堡II号断裂; ⑧—石臼坨断裂
(据冀东石油勘探开发公司地质研究院, 1997)

2.1.1.2 控带断裂

控带断裂控制主要构造带的形成、演化及展布,如晚期断陷四幕形成的高柳断层,不仅控制了东营组的沉积,使沉积中心向南迁移(图3a),还使盆地形态发生了重大的改观(图3b)。凹陷中类似这样的控带断裂还有老堡I号断裂、老堡II号断裂、石臼坨断裂及南堡断裂。这类断裂往往是油气由坳陷向构造带运移的主要通道,一般延伸较长。

2.1.1.3 带内控油断裂

这类断裂通常局限于二级构造带内,规模较小,对构造带的形成不起控制作用,但对局部沉积作用及构造带的油气聚集有重要影响,如高北断裂、潮河断裂、庙北3号断裂及庙北4号断裂等。

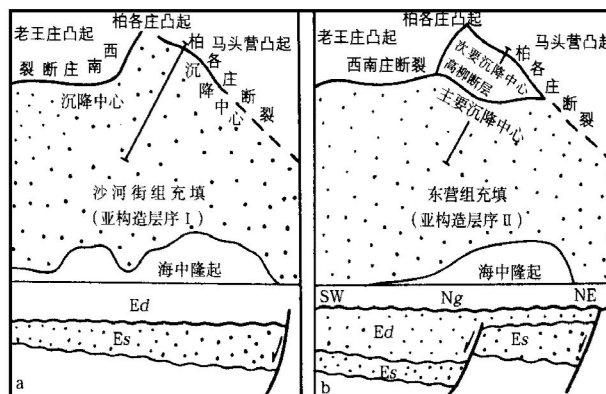


图3 南堡凹陷裂陷盆地构造格架及几何形态

Fig. 3 Tectonic framework and geometric form of rift-subsided basin in Nanpu Sag

a—晚期裂陷II幕(始新世); b—晚期裂陷IV幕(渐新世)

2.1.2 展布

2.1.2.1 平面

南堡凹陷以高柳断裂为界, 具有明显的南北分区的特点。北部分区断裂走向以 NNE 和 NNW 向为主, NE 向次之; 南部分区则以 NE 向为主。另外, 滩海区断裂分布也存在一定的差异, 从西部往南东方向, 断裂由 NE 向逐渐变为近 EW 向, 如北堡西以 NE $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 为主, 南堡地区则以 NE 60° 为主。

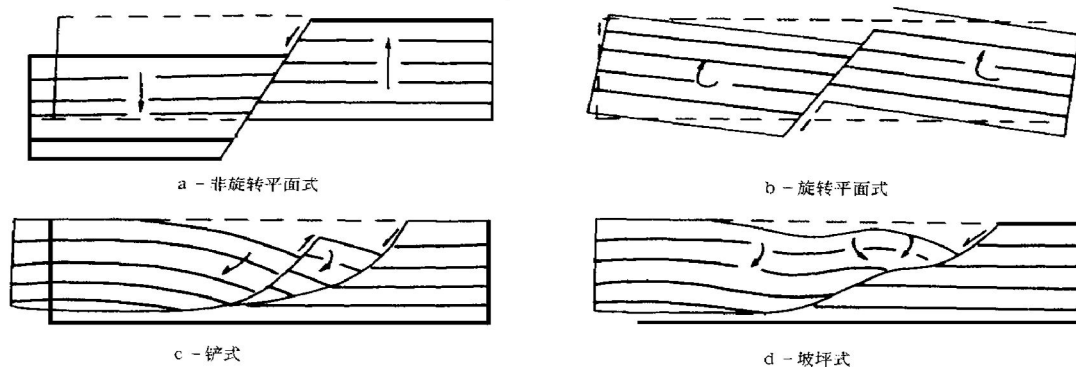


图4 正断层的几何学和运动学特征分类

Fig. 4 Featured classification of geometric and kinetic in normal faults

2.2 构造带

2.2.1 空间展布

南堡凹陷主要构造带展布具有明显的环状特征, 可分为三大系列: 即凹陷周边系列、凹陷近边及裙边系列、凹陷中央构造系列。

2.2.1.1 凹陷周边构造带系列

该构造带由凹陷边界断层上升盘的一些凸起区和潜山组成。凹陷东侧为柏各庄、马头营及石臼坨凸起; 南侧为沙垒田凸起; 西侧是涧南潜山和南堡西南潜山; 北部主要由西河凸起、老王庄凸起、落潮湾潜山及西南庄凸起组成。

2.2.1.2 凹陷近边及裙边构造带系列

该带发育于凹陷边缘断层(控凹断层)下降盘附近, 分为南北两大分支: 北支包括柳赞构造带、唐海-杜林裙边构造带、老爷庙构造带、北堡-北堡西构造带; 南支包括沙垒田凸起伸入凹陷内部的斜坡带、鼻状构造带、断阶带和南侧柏各庄断裂的裙边构造带。

2.2.1.3 中央构造带系列

中央构造带系列是指位于凹陷中央的一些构造带, 主要包括高尚堡构造带、南堡构造带、老堡构造带、蛤坨构造带等。

2.2.2 典型构造带

2.2.2.1 高尚堡构造带

老堡地区以 NE 70° 为主。

2.2.2.2 剖面

南堡地区单条断层的剖面样式可分为非旋转平面式、旋转平面式、座椅式(铲式)和坡坪式4种(图4), 以座椅式为主, 其次为非旋转平面式和旋转平面式, 坡坪式少见。断裂组合的剖面形态多以断阶式和“y”字型为主。

高尚堡构造带属中央构造带系列, 它是凹陷北侧的中央隆起带, 构造形成早(前燕山期盆地基底隆起), 沙河街组三段至二段沉积期间, 构造的高点明显向北偏移, 具正反转特征, 即中生代凹陷北部的沉积中心, 此时正反转为构造的高部位; 沙河街组二段末至沙河街组一段沉积早期, 构造的高点进一步向北偏移, 构造反转程度进一步加强, 主体构造形态基本定型; 沙河街组一段沉积期间, 表现出生长背斜的特点。至东营期, 仍保持生长背斜的特点, 但随着断裂作用的持续发育, 高尚堡构造的形态更趋复杂; 在新生代(馆陶至明化镇期)坳陷沉积阶段, 构造形态未发生质的变化(图5)。

2.2.2.2 老堡构造带

老堡构造带属中央构造带系列, 位于凹陷南侧, 是在低潜山基础上发育起来的新生代断块构造群, 总体构造形态较为简单。南侧为一系列的断阶构造带, 北部为一堑垒构造体系, 构造形成时间较晚, 起始形成期为东营组三段沉积时期, 构造定型期为东营末期至馆陶期。

2.2.2.3 柳赞构造带

柳赞构造带为柏各庄断裂下降盘的背斜构造, 属凹陷近边构造带系列。中生代燕山期, 该区处于断陷斜坡沉积区, 背斜构造尚未形成; 沙河街组三段沉积的早中期, 在柏各庄同沉积断裂及其反向调

节断层控制下,背斜基本定型;沙河街组一段沉积时期,背斜继承发育;东营期,柳赞背斜构造处于隆升剥蚀,缺失东营组,柳赞构造西侧溯河断裂下降盘为沉降、沉积区;晚第三纪馆陶和明化镇期为坳陷发育阶段,构造形态未发生改变。

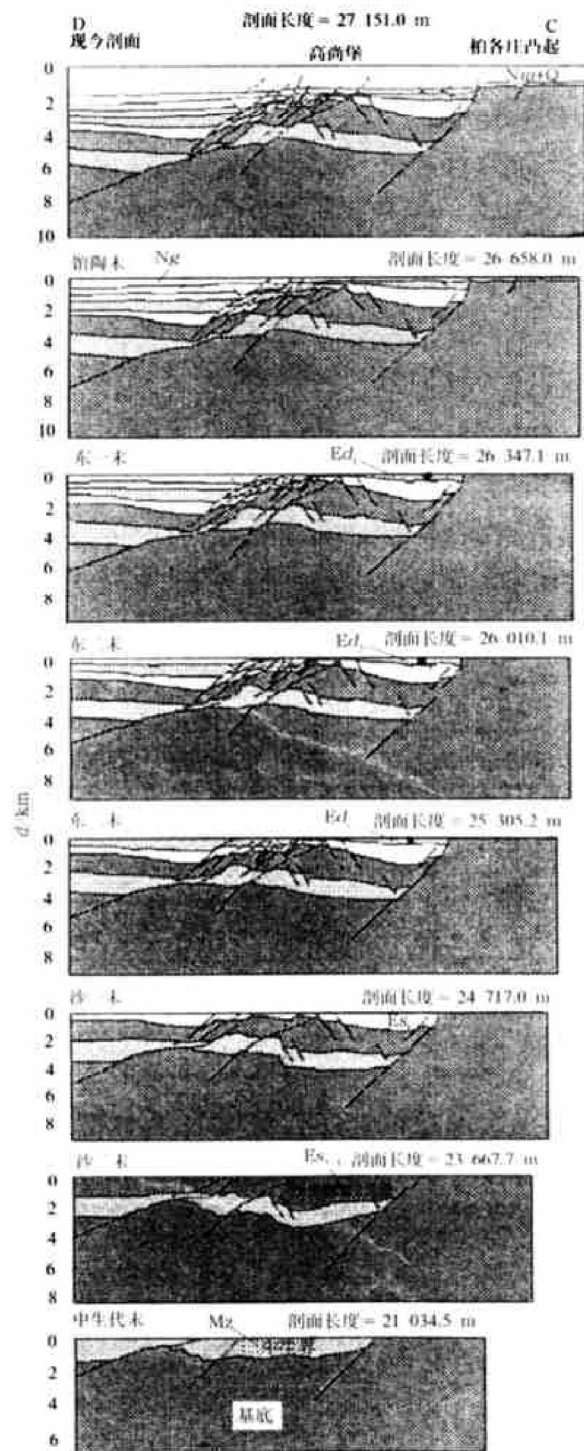


图5 南堡凹陷高尚堡构造带剖面构造恢复

Fig. 5 Section Recovery of Gaoshangpu tectonic belt in Nanpu Sag

2.2.2.4 北堡、南堡构造带

北堡、南堡构造带为南堡凹陷西侧的两个构造

带,前者属凹陷近边构造带系列,后者属中央构造带系列。中生代燕山期,受西南庄断裂控制,北堡、南堡地区整体呈箕状断陷形态,北堡地区处于箕状断陷的沉积低部位,南堡地区处于斜坡高部位。燕山末期至沙河街组三段沉积时期以前,形成了一些挤压褶皱和新的张性断块,并发生差异升降。沙河街组三段沉积时期,从整体看,北堡、南堡地区仍具有北断南超的箕状断陷形态,但北堡地区已具备一定的披覆构造特征;沙河街组三段沉积末期至沙河街组一段沉积时期,整体沉降,北堡-南堡地区沙河街组一段的厚度基本相当;东营组三段沉积早期,北堡-南堡地区具有北高南低的特点,北堡地区处于斜坡浅水区,而南堡地区处于较深水沉积区,受重力作用控制,于北堡南部产生新的反向和正向调节断层;东营组三段沉积中后期,断块活动进一步加剧,受差异抬升作用控制,北堡地区在断裂作用的上升盘产生了拱升背斜;东营组二段沉积时期,由于西南庄断裂南侧派生断裂的作用,使北堡地区具有一定的滚动背斜特征;东营组一段沉积时期,北堡地区的构造高点向南偏移,整个东营组一段的厚度具有北薄南厚的特点,但厚度最薄点位于北堡构造高部位;馆陶期,由于新的断裂活动,不同时期形成的断裂产生纵向贯通,受同沉积断裂的控制,北堡地区产生新的滚动背斜,其构造高点较前期背斜高点有明显北移;明化镇期,随着张性断块活动加强,本区构造格局发生重大变化,由原来的滚动背斜构造转化为一系列的断块构造,并对本区的油气聚集产生了较大的破坏作用。

2.2.2.5 老爷庙构造带

老爷庙构造带位于南堡凹陷北部北缘,为西南庄断裂下降盘的滚动背斜,属凹陷近边或裙边构造带系列。燕山期,以裂陷充填和复杂的地层褶皱及伸展变形为特征;东营组三段沉积以前,老爷庙滚动背斜的形态并未确立,西南庄断裂附近为中生界褶曲北翼的楔形沉积区;东营组二段沉积时期,老爷庙滚动背斜开始形成,同向同沉积断层增多,背斜顶部地层厚度有所减薄,北翼地层略有回倾,地层厚度有所加大,南翼地层厚度也加厚;东营组一段沉积时期至晚第三纪馆陶期,开始出现反向调节断层,整个滚动背斜可分为两大部分:北侧为同向沉积断层控制的滚动背斜区,南部为反向断层控制的断鼻构造区;晚第三纪明化镇期的断裂作用,

使老爷庙滚动背斜的块断作用加剧, 在整体滚动背斜的背景上形成了复杂的断块构造群。

3 与油气的关系

3.1 幕式构造演化与烃源岩体系

3.1.1 烃源岩

南堡凹陷有3套主要烃源岩: 中生界、沙河街组三段和沙河街组一段至东营组。以盆地中央高柳断层为界, 北部主要发育中生界和沙河街组三段两套烃源岩, 南部3套烃源岩皆有分布。

3.1.2 多期次幕式构造与生排烃

在北部区内, 中生界及下第三系沙河街组三段烃源岩的主要生油、排油、生气及排气期, 为早第三纪东营组三段初期—东营组三段末期(距今36~30Ma)、晚第三纪明化镇早期—现今(距今14~0Ma)。南部区内, 中生界、下第三系沙河街组三段、沙河街组一段—东营组3套烃源岩体系在距今40Ma左右开始陆续进入生烃高峰期, 最早的排烃高峰期大致发生在距今36Ma左右。

另外, 南部分区的烃源岩生烃强度和成熟度均高于北部分区。

3.2 圈闭

3.2.1 形成期

南堡凹陷新生代经历了两次构造反转, 与圈闭的两个主要形成期相对应。始新世末—渐新世早期, 反转作用以局部地区缺失沙河街组一段中、上部, 沙河街组与东营组呈不整合接触为特征, 对应的构造演化阶段为断陷晚期裂陷三幕, 是凹陷内圈

闭的主要形成时期之一, 主要形成各种背斜和潜山等圈闭。晚期反转是早中新世末—中中新世初, 这次反转以馆陶组发育大面积火山岩为特征, 是凹陷内圈闭的又一重要形成时期, 主要形成了各种断块、断背斜等圈闭。

3.2.2 类型与展布

目前勘探成果表明, 南堡凹陷主要发育了各种背斜(滚动背斜、披覆背斜、逆牵引背斜、断背斜)、断鼻、断块和潜山圈闭。各种类型的圈闭在空间上的分布明显受断裂及构造带的控制。与潜山有关的圈闭, 主要分布于周边凸起构造带之上, 这是因为周边凸起, 尤其是东北部地区, 自中生代以来, 长期处于隆升剥蚀状态之故; 而各种背斜圈闭, 则主要发育于凹陷近边或裙边构造带, 其次则是中央构造带。

3.3 油气运移

油源断层是一些形成时间早、切割深、断距大的断层。由于断层的作用, 生油层和储集层得以沟通, 源岩中的油气能够及时运移到合适的圈闭中。区内发育的3种级别的断层, 在构造活动早期(断陷期)均为油源断层, 带内控油断裂主要起沟通邻近生油岩(凹陷)与隆起带的作用; 另外, 对构造带下伏的源岩也有沟通作用; 控带断裂是凹陷中心的原油向近边或裙边构造运移的良好通道; 控凹断裂则是凹陷内的油气向周边凸起或潜山运移必不可少的通道。

参 考 文 献

- 1 丛良滋, 周海民. 南堡凹陷主动裂谷多幕拉张与油气的关系. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 296~306

RELATIONSHIP BETWEEN FORMATION, EVOLUTION AND HYDROCARBON IN NANPU SAG

Zhou Haimin Wei Zhongwen Cao Zhonghong Cong Liangzi

((1. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei; 2. Jidong Oilfield Company of China Petroleum, Tangshan, Hebei; 3 Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing)

Abstract: Nanpu Sag is a Mesozoic Cenozoic petroliferous sag. The sag underwent fault subsided and depressed stages and possesses episodic sedimentary property. The structural belts within the sag are distributed annularly and could be divided into peripheral uplift—buried hill structural belt, marginal structural belt and the central structural belt of the sag. These structural belts are separated into south zone and north zone bounded by Gaoliu Fault. The formation and distribution of traps in the sag were controlled by structural evolution. Traps of anticline and buried hill types were formed in fault-subsided stage; traps of fault-block and fault-anticline types were formed in depressional stage.

key words: tectonic evolution; tectonic belt; episodic development; hydrocarbon accumulation; Nanpu Sag