

南襄盆地南阳凹陷地质结构与形成演化

李智^{1,2}, 张志业^{1,2}, 杨云飞², 郭文建³, 李岩², 黎腾², 熊健²

[1. 中国地质大学(北京) 能源学院, 北京 100083; 2. 中国石化 河南油田分公司, 河南 南阳 473400;

3. 中国石油 新疆油田分公司, 新疆 克拉玛依 834000]

摘要: 南阳凹陷属南襄盆地次级构造单元, 是发育在秦岭-大别褶皱造山带之上的富油气断陷。研究其地质结构特征和形成演化过程, 对凹陷油气勘探和认识秦岭-大别褶皱造山带晚白垩世以来隆升剥蚀作用的盆地构造-沉积响应均具有重要意义。综合利用凹陷内2/3D地震、钻井、测录井资料, 识别区域性不整合面, 划分构造-地层层序, 刻画主要断裂的构造特征及凹陷平、剖面形态; 运用平衡剖面技术, 恢复南阳凹陷晚白垩世以来的形成演化过程。结果表明, 南阳凹陷发育胡岗组底部(T_g)、玉皇顶组底部(T_7)、核桃园组底部(T_5)、上寺组底部(T_1) 4个区域性不整合面, 将凹陷地层划分为基底构造层、胡岗组构造层、玉皇顶组-大仓房组构造层、核桃园组-廖庄组构造层、上寺组-平原组构造层共5套构造-地层层序。受新野断层、禹桐断层、师岗断层等基底断层控制, 南阳凹陷表现出南北分带、东西分块、隆凹相间的构造格局。凹陷经历了初始断陷期、持续断陷期、强烈断陷期、断-拗转换期和拗陷期共5期构造演化阶段。基底结构复杂、边界断层形态差异及分段差异沉降是凹陷地质结构的主要控制因素。

关键词: 不整合面; 断裂系统; 地质结构; 形成演化; 差异沉降; 南阳凹陷

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

Geologic architecture and tectonic evolution of Nanyang Sag, Nanxiang Basin

Li Zhi^{1,2}, Zhang Zhiye^{1,2}, Yang Yunfei², Guo Wenjian³, Li Yan², Li Teng², Xiong Jian²

[1. School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 2. Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang, Henan 473400, China; 3. Petrochina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 834000, China]

Abstract: Nanyang Depression, a secondary structural unit to the Nanxiang Basin, is a petroliferous fault depression developed in the Qinling-Dabie fold orogenic belt. The study on its geological structure features is of great significance to the hydrocarbon exploration in the depression and the understanding of basinal structural-sedimentary responses by the uplifting and denudation of Qinling-Dabie fold orogenic belt. Based on 2D and 3D seismic survey results as well as drilling and log data of the area, this study identified regional unconformities, divided structural-stratigraphic sequences, and characterized the main faults as well as the planar and sectional features of the depression. The evolution process of the depression was also rebuilt with balanced section restoration. The results show that the Nanyang Sag has four regional unconformities at the bottom of Hugang (T_g), Yuhuangding (T_7), Hetaoyuan (T_5) and Shangsi Formations (T_1), and five recognizable structural-stratigraphic sequences, namely the basement, Hugang Formation, Yuhuangding-Dacangfang Formations, Hetaoyuan-Liaozhuang Formations and Shangsi-Pingyuan Formations. Controlled by several basement faults, i. e. the Xinye Fault, Yutong Fault and Shigang Fault, the Sag is characterized by a tectonic pattern of NS zonation, EW partition and alternate uplift and sag. Five tectonic evolution stages are suggested to have successively shaped the Sag from the initial rift depression to continuous fault depression, strong fault depression, fault-depression transition and final depression. It is therefore concluded that the Nanyang Sag is structurally controlled by its complex basement structure, boundary fault variations and sectional subsidence differentiations.

Key words: unconformity, fault system, geologic architecture, tectonic evolution, differential subduction, Nanyang Sag

收稿日期: 2020-05-02; 修订日期: 2021-02-10。

第一作者简介: 李智(1989—), 男, 硕士、助理研究员, 盆地构造解析。E-mail: lizhicug@163.com。

基金项目: 国家科技重大专项(2017ZX05001-001); 国家重点研发计划项目(2017YFC0601405-03); 国家自然科学基金项目(41702110)。

盆地地质结构研究是开展盆地分析、研究盆地构造特征、物质充填和形成演化过程的重要基础,也是探索矿产富集规律的主要窗口^[1-2]。盆地地质结构是一个三维空间概念,其内涵包括沉积充填和构造格架两部分。纵向上是由区域不整合面分隔的包括基底和沉积盖层在内的构造-地层层序,平面上是由深大断裂分割的不同块体或坳隆组合,具“垂向分层、横向分块(段)”的基本特征^[3-6]。沉积盆地的地质结构控制着油气分布,开展同一盆地不同构造单元或处于同一大地构造位置的不同盆地间地质结构及油气地质条件的类比,讨论其相似性和差异性,是探讨地质结构控制油气成藏要素和成藏作用的重要方法^[7]。

南阳凹陷属南襄盆地次级构造单元,是发育在秦岭-大别褶皱造山带之上的富油气断陷(图1a)。其沉积充填记录了秦岭-大别褶皱造山带晚白垩世以来的隆升剥蚀作用。前人对凹陷的研究,在层位上多集中于主要含油气层段—核桃园组;区域上多集中于富油气的正向构造单元;领域上多集中在烃源岩、沉积储层、油气成藏作用等方面^[8-14],缺少对凹陷整体地质结构及成因机制的剖析。如南阳凹陷除与一般断陷盆地类似具有垂直断层走向分带特征外,还具有非典型的沿边界断层走向分块特征,发育多个正向断鼻构造带,这些构造带是否为挤压隆升作用的产物、到底有几期挤压隆升作用一直存在争论,对凹陷形成演化的动力学机制研究不明确。且在平面上,已发现油气多集中于东部正向构造带,西部正向构造带油气发现较少,其油气富集规律与凹陷的地质结构特征有何关系?随着油气勘探的深入,近年来钻井的加密和高精度三维连片地震资料的部署,都为凹陷地质结构特征和形成演化过程研究积累了宝贵资料基础。

本文以南阳凹陷2/3D地震、探井、测录井资料为基础,以正断层相关褶皱理论和构造复原理论为指导,“井-震”结合,分析凹陷的地层发育和不整合面分布,划分构造-地层层序;通过精细地震解释,建立凹陷的断裂系统展布和平、剖面构造特征;应用平衡复原技术,探讨凹陷晚白垩世以来的构造演化和沉积充填过程,并分析地质结构的控制因素,为凹陷地质研究和油气勘探提供借鉴。

1 区域地质概况

1.1 大地构造背景

南阳凹陷大地构造位置位于印支期华北板块南

缘和扬子板块北缘拼贴缝合形成的秦岭-大别褶皱造山带之上(图1a),面积为3 600 km²。其南部以新野断层为界与新野低凸起相隔,东部以唐河低凸起为界和泌阳凹陷相隔,西部以邓州断裂为界和邓州凹陷相隔,西北邻师岗凸起,东北邻社旗凸起(图1b)。中生代晚期,太平洋板块俯冲到欧亚板块之下,发生弧后拉张,导致秦岭-大别褶皱造山带岩石圈强烈伸展塌陷^[15-16],北西向断层左旋剪切;郯庐断裂开始右旋平移走滑运动,带动其西侧块体右旋剪切;中间块体广泛发育近南北向拉张应力场,地幔上隆,岩石圈减薄,形成了南阳凹陷等一系列中生代裂陷盆地^[17-18]。

1.2 地层发育特征

南阳凹陷是晚白垩世以来在前中生代基底之上发育起来的中新生代断陷盆地。盆地基底在西部为古生界海相碳酸盐岩和碎屑岩,在中东部为元古界信阳群和秦岭群变质岩、岩浆岩。沉积盖层自下至上依次为胡岗组、玉皇顶组、大仓房组、核桃园组、廖庄组、上寺组和平原组(图2,图3)。

根据南30等井的钻井资料,南阳凹陷南部地区基岩岩性为变质岩,变质程度浅,见白云石化现象。北部南23井钻遇基岩,岩性上下分层,上部为闪长岩,绝对年龄为507 Ma,为加里东运动早期产物;下部为花岗岩,绝对年龄为315 Ma,为海西运动早期产物。

胡岗组岩性以棕红色砂质泥岩为主夹角砾岩,在南1、南29等井通过地层对比可划分出该组,但未有古生物及地化测年资料证实。

玉皇顶组岩性为大段暗紫色泥岩、含砾泥岩夹薄层棕红色泥质粉砂岩。

大仓房组厚100~1 000 m,岩性为暗棕红、紫红色泥岩、砂质泥岩夹砂岩,其顶部泥岩中常见石膏晶体和斑块或薄夹层。

核桃园组厚2 000~3 000 m,岩性为暗色泥岩和灰白色砂岩、粉砂岩,是南阳凹陷的主要生油和含油层系。根据岩石组合、沉积旋回及岩性特征,自上而下又可分为3段,即核一段、核二段和核三段。

廖庄组厚150~900 m,岩性为棕红色和杂色为主的泥岩与砂砾岩互层,通称“红粗”段。

上寺组厚500~800 m,岩性为不等厚互层的棕红色、灰黄色砂砾岩与泥岩。

平原组厚30~700 m,岩性为棕红色粘土层夹白色泥岩及杂色砂、砾岩层,胶结差、松散,属未成岩覆盖层。

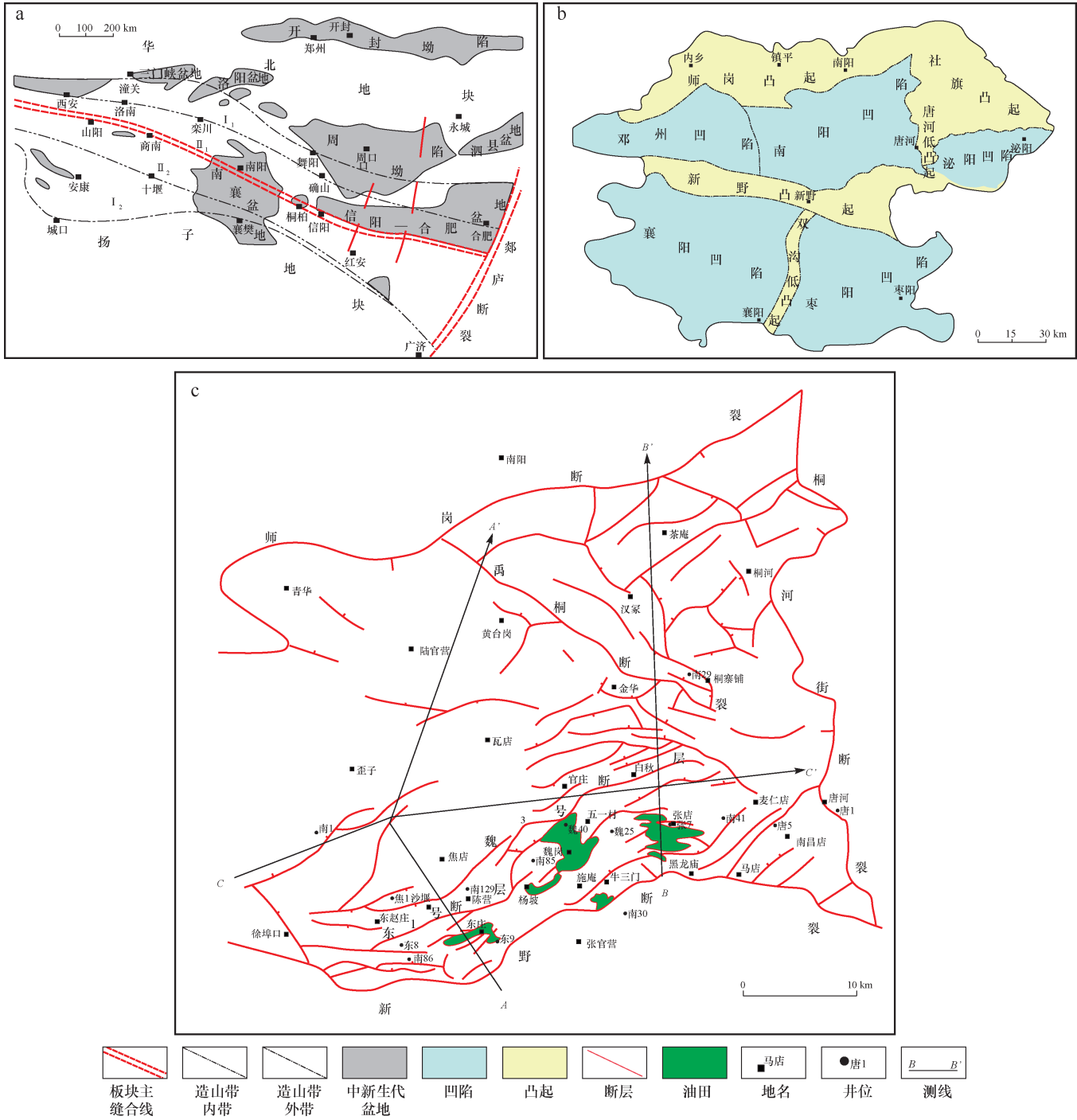


图1 南阳凹陷区域构造位置及地震测线位置

Fig. 1 Map showing the structure and seismic line locations in the Nanyang Sag

a. 南襄盆地大地构造位置; b. 南襄盆地构造单元划分; c. 南阳凹陷构造纲要及测线位置

I₁. 华北地块南缘褶皱带; II₁. 秦岭-大别造山主要汇聚变形带; I₂. 扬子地块北缘褶皱带; II₂. 秦岭-大别造山次要汇聚变形带

2 地质结构

2.1 区域性不整合面

结合层位标定在地震剖面上对南阳凹陷主要等时

界面进行识别,并对同相轴的超覆和削截现象进行分析,共识别出4个区域性一级不整合面:胡岗组底界不整合面(T_g)、玉皇顶组底界不整合面(T₇)、核桃园组底界不整合面(T₅)、上寺组底界不整合面(T₁)(图4)。

胡岗组底界不整合面(T_g)是断陷初期形成的破裂不整合面,呈角度不整合分隔了凹陷基底和沉积盖

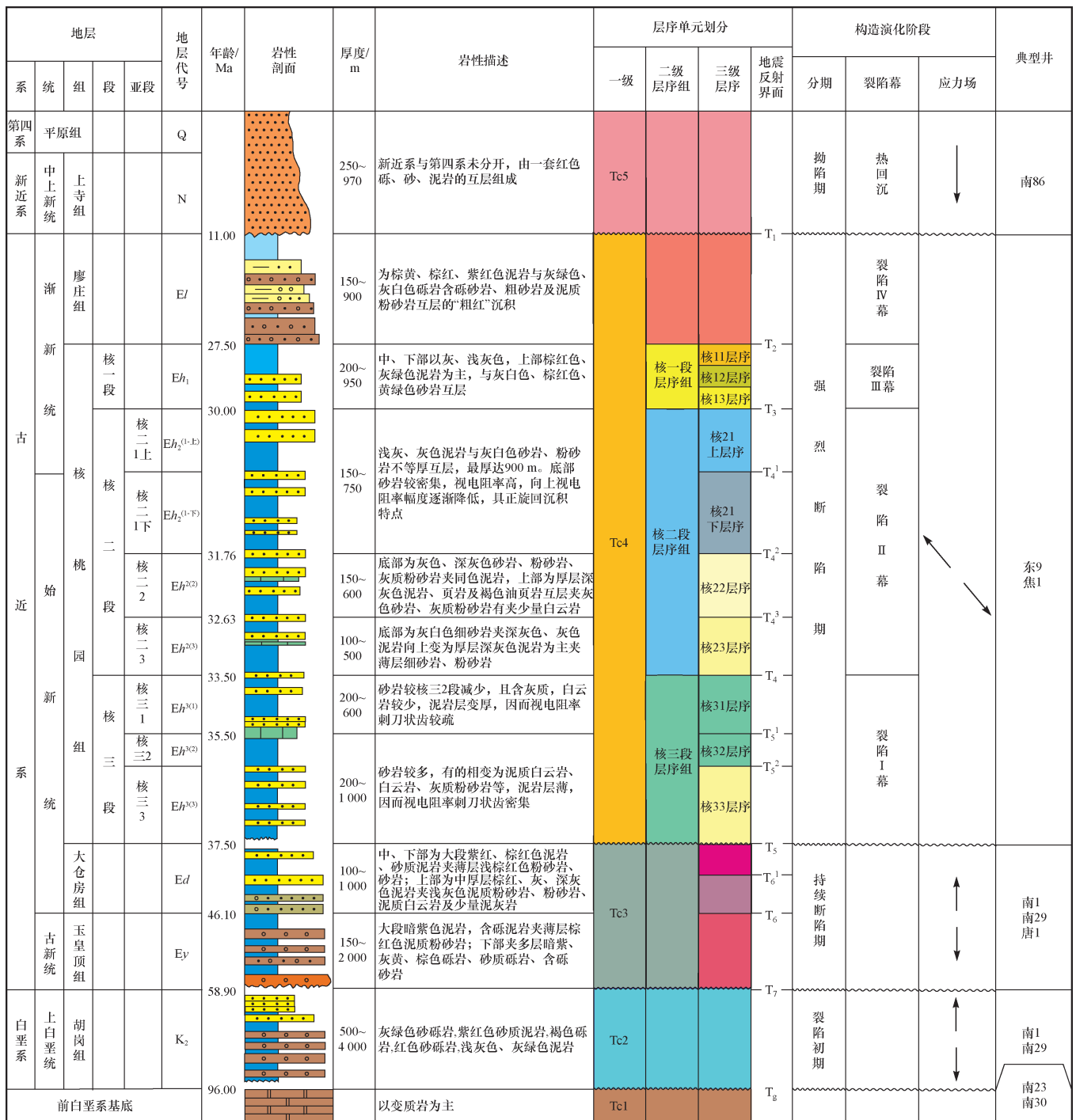


图2 南阳凹陷地层系统及层序地层格架

Fig. 2 Stratigraphic system and sequence framework in the Nanyang Sag

层。在地震剖面上胡岗组上超或下超于该不整合面之上, 凹陷基底则呈被该不整合面削蚀、削截现象。

玉皇顶组底界不整合面(T_7)是晚白垩世挤压剥蚀作用后断陷持续发育的产物, 与该不整合面之下的白垩系胡岗组呈削截关系, 玉皇顶组则超覆或整合于该不整合面之上。

核桃园组底界不整合面(T_5)是持续断陷期和强

烈断陷期两个不同拉伸构造应力场转换的产物。该界面上、下两套地层的构造应力场和沉降、沉积中心有明显变化, 地震剖面上该不整合面表现为对下覆地层的削蚀、削截现象。

上寺组底界不整合面(T_1)是南阳凹陷的断-拗转换界面, 广泛分布, 代表凹陷的构造体制由断陷向热沉降凹陷转变, 界面上、下同相轴上超下削现象明显。

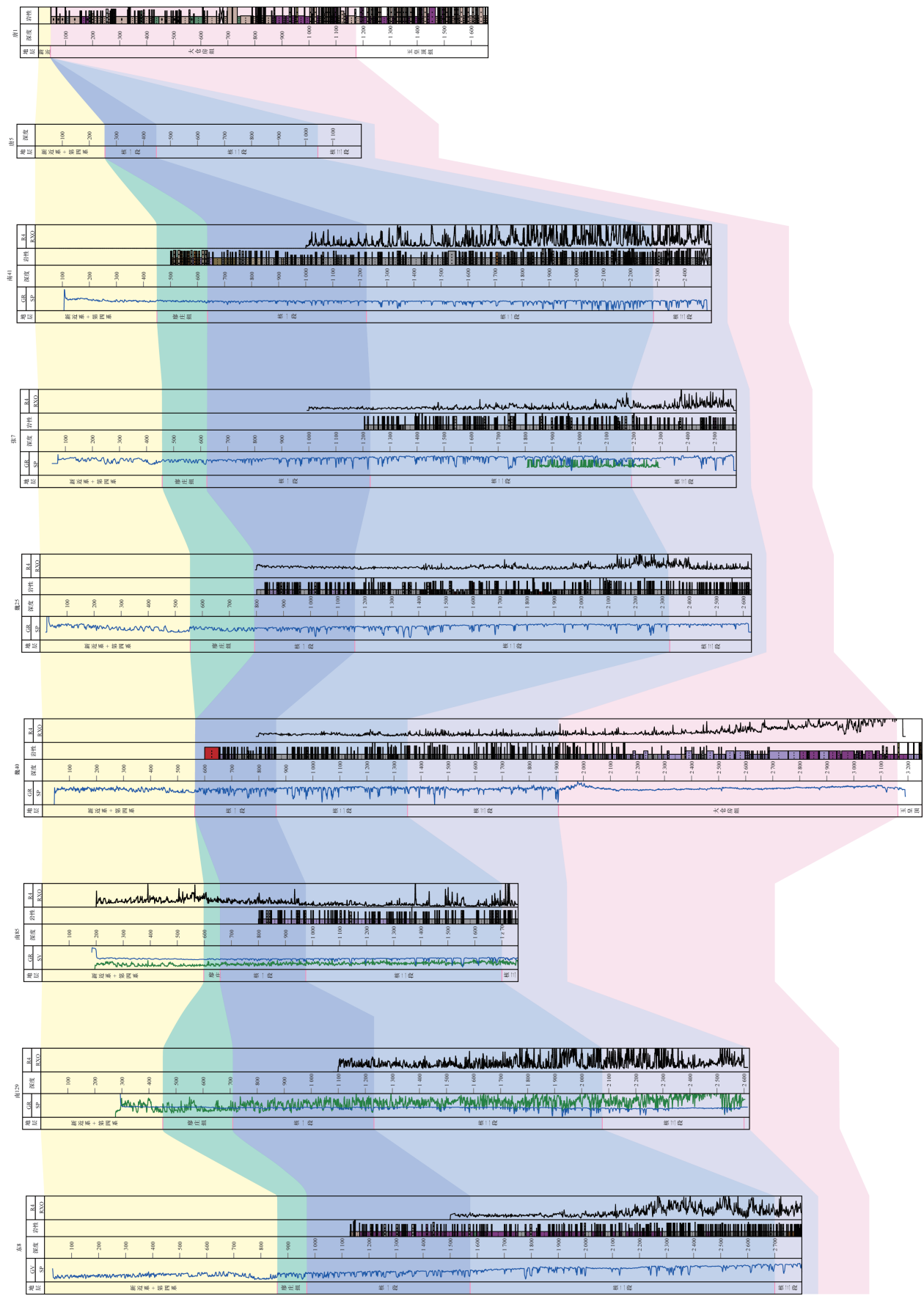


图3 南阳凹陷东西向连井剖面（井位见图1c）
Fig.3 EW-trending well-tie profiles of the Nanyang Sag (see Fig.1c for the well location)

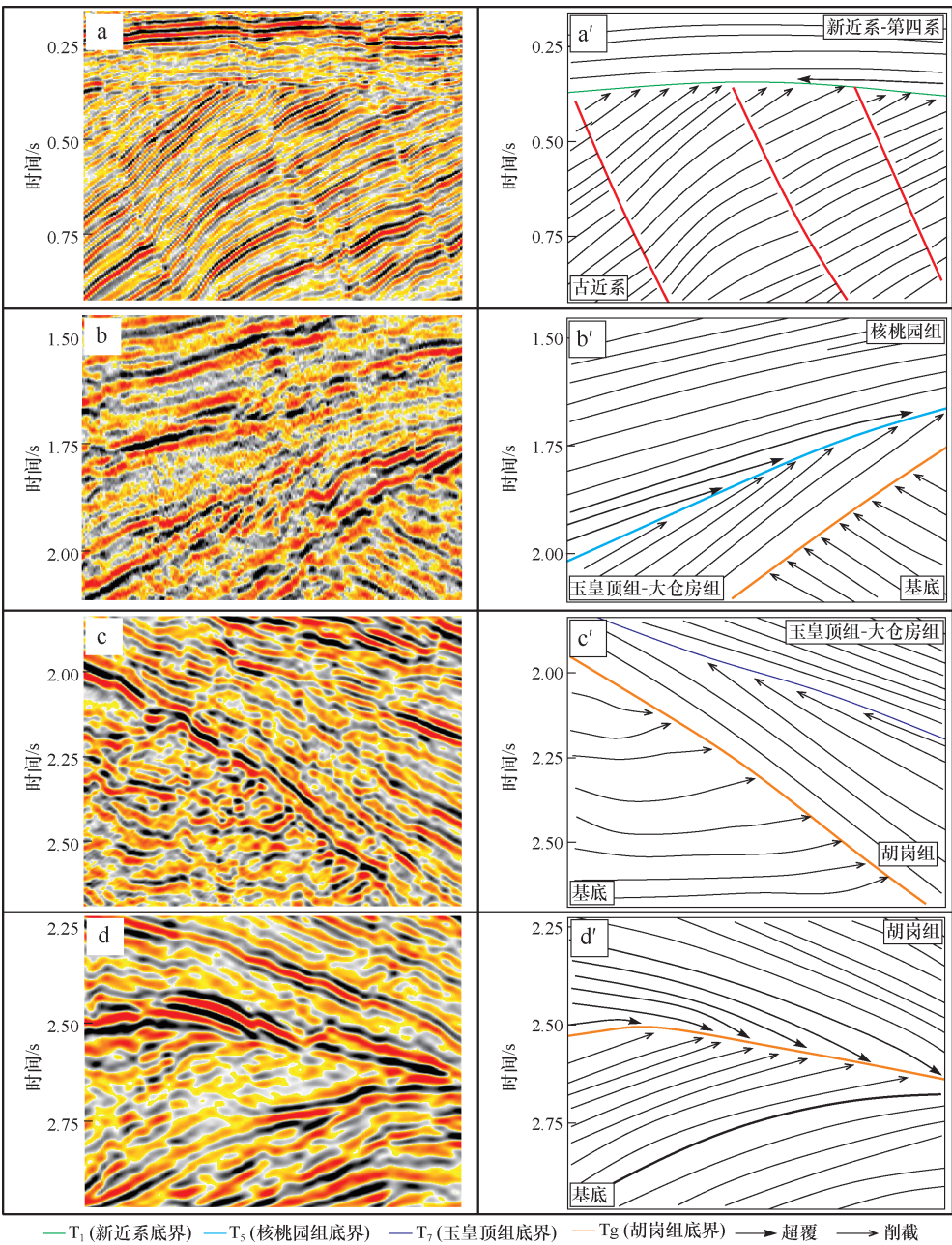


图 4 南阳凹陷各不整合面的同相轴超覆、削蚀现象

Fig. 4 Stratigraphic overlapping, denudation of unconformities in the Nanyang Sag
a—d. 原始地震剖面; a'—d'. 线描解释结果

2.2 构造 - 地层层序

构造 - 地层层序是受区域性不整合面或与之对应的整合面限定的一级层序,与巨层序或大层序相当^[19-20]。根据南阳凹陷的物质充填和区域不整合面识别,将南阳凹陷纵向划分为基底构造层、胡岗组构造层、玉皇顶 - 大仓房组构造层、核桃园组 - 廖庄组构造层、上寺组 - 平原组构造层共 5 套构造 - 地层层序。

基底构造层是前白垩纪多期碰撞造山作用的产

物,岩性为变质岩、岩浆岩、碳酸盐岩的混合物,在凹陷内部未出露地表。根据凹陷周缘露头、重磁、地震深反射资料,基底受字母沟 - 二郎山 - 大河断裂、商丹断裂、西峡 - 内乡 - 桐柏断裂等北西向断裂控制,被分割为北西 - 南东向条带状展布的构造岩相带^[21]。

胡岗组构造层是初始断陷期沉积,位于 $T_g - T_7$ 两界面之间,时限大体在 96 ~ 58.9 Ma。该构造层在南阳凹陷未有探井钻穿,根据邓州凹陷邓参 1 井资料,其岩性以褐红色、褐色泥岩为主,为典型浅湖沉积环

境^[22]。其沉降沉积受基底走滑断裂控制,范围局限,呈近东西向条带状展布^[23]。

玉皇顶组-大仓房组构造层是持续断陷期沉积,位于 T_5-T_7 两界面之间,时限大体在58.9~37.5 Ma,相当于古新世-始新世中期。其底界面在凹陷中部表现为削截,南北边界表现为超覆;顶界面在凹陷中部表现为整合接触,南北边界表现为削截。该构造层厚度大,总体上表现为南厚北薄,受新野断层、禹桐断层控制作用明显。

核桃园组-廖庄组构造层是强烈断陷期沉积,位于 T_1-T_3 两界面之间,时限大体在37.5~11 Ma,相当于始新世晚期-渐新世,厚度巨大,是本区的主要勘探目的层系。该构造层在凹陷西部及北部斜坡带与下伏地层呈角度不整合,在凹陷东部呈假整合接触关系;顶部是古近系与新近系间的不整合面。

上寺组-平原组构造层是拗陷期沉积,位于 T_1 界面之上,与下伏地层呈明显削截不整合关系,全区厚度变化较小,总体表现为南厚北薄,西厚东薄(图3)。

2.3 主要断裂特征

南阳凹陷共发育150余条张性断裂,存在东北、北东东及北北东向和北西、北北西及北西西向2套断裂系统,其中前者发育晚,对后者具改造叠加作用(图1c)。一级断裂包括新野、禹桐、师岗、桐河街等断层,这些断裂均为切穿基底的深大断裂,延伸长(10~80 km)、规模大(垂直断距一般在500~1 000 m);但活动期次却存在差异,其中北部断层较南部断层活动早,现分述如下。

新野断层:是南阳凹陷控制构造变形和沉积充填的主要边界断层,平面规模大,发育时间长,延伸近80 km,走向在西段和东段为北西向,中段为北东向^[24]。平行断层走向,断层东部倾角大,约25~30°;

西部倾角小,在东庄洼陷断面倾角只有20°左右。垂直断层走向,断面上陡下缓,在10 000 m左右发生滑脱;玉皇顶组-大仓房组断裂落差大于1 000 m以上,核桃园组断裂落差大于2 500 m,总落差达4 600 m。

禹桐断层:走向北西,倾向北东,延伸近60 km,分隔了北部斜坡带和桐寨铺废弃型洼陷,早期活动强,后期活动弱;玉皇顶组-大仓房组沉积期最大断距1 800 m,核桃园组沉积期断距仅300 m。

师岗断层:走向北东,是南阳凹陷北部边界,分隔了南阳凹陷和师岗凸起;在核三段、核二段沉积期活动强烈,断距达700 m。

桐河街断层:走向北北西,分隔了南阳凹陷与唐河低凸起,断面陡(达70°),具走滑性质。玉皇顶组-大仓房组沉积期活动较强,断距达800~900 m,核桃园组沉积期断距约300 m。

2.4 构造格局

南阳凹陷平面构造格局具“南北分带、东西分块、隆凹相间”的特征。

2.4.1 南北分带

垂直新野断层走向,根据沉积盖层和边界断层的接触关系可由南向北将南阳凹陷划分为南部断超带、中央凹陷带、北部斜坡带、北部废弃型边缘洼陷带(图5,图6)。

南部断超带走向平行边界断层,宽度约4 km,定义为核桃园组同沉积地层沿断面向南超覆形成的地层上超带。

中央凹陷带主要分布于东庄-牛三门一带,南邻南部断超带,北以东1号断层-魏34井一线与北部斜坡带相接,区内断层发育,是凹陷的主要生烃洼陷。

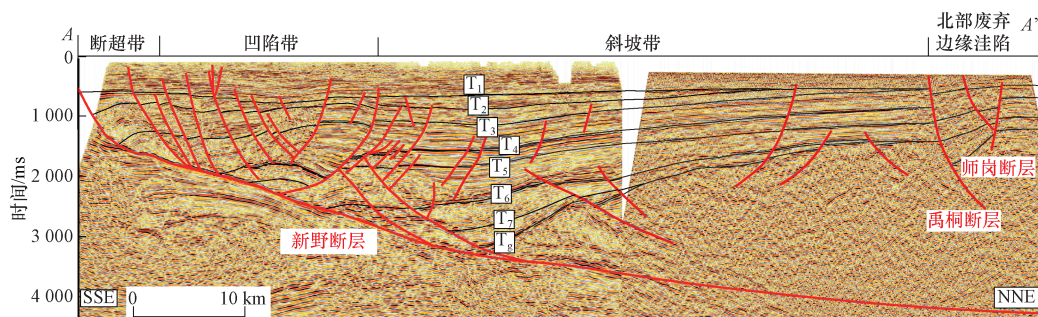


图5 过南阳凹陷西部的南北向剖面及解释(剖面位置见图1中AA')

Fig.5 SN-trending seismic section across the western Nanyang Sag with schematic interpretation

(see AA' in Fig.1 for the location)

T_1 . 新近系底界面; T_2 . 廖庄组底界; T_3 . 核一段底界; T_4 . 核二段底界; T_5 . 核三段底界; T_6 . 大仓房组底界; T_7 . 玉皇顶组底界; T_8 . 胡岗组底界

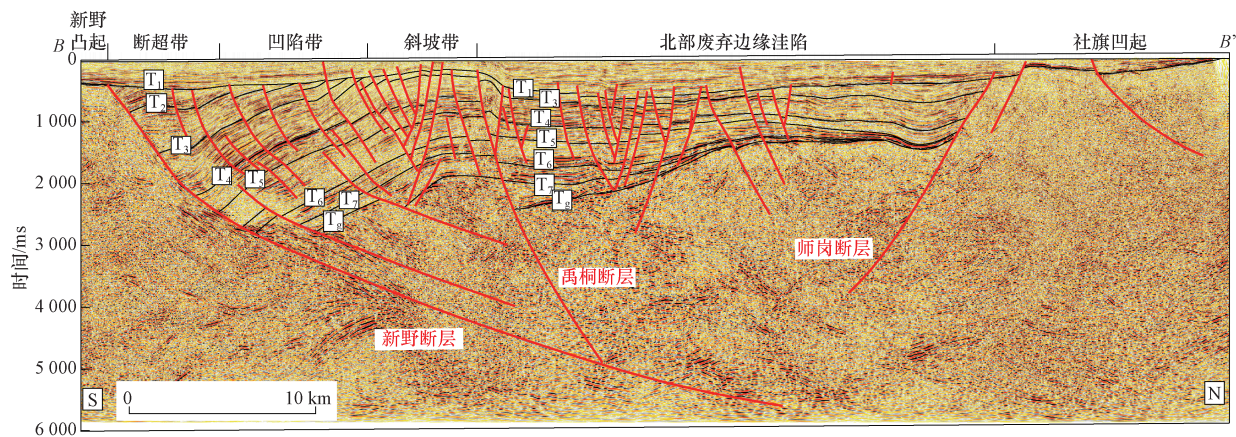


图6 过南阳凹陷东部的南北向剖面及解释(剖面位置见图1中BB')

Fig. 6 SN-trending seismic section across the eastern Nanyang Sag with schematic interpretation (see BB' in Fig. 1 for the location)

T₁. 新近系底界面; T₂. 廖庄组底界; T₃. 核一段底界; T₄. 核二段底界; T₅. 核三段底界; T₆. 大仓房组底界; T₇. 玉皇顶组底界; T₈. 胡岗组底界

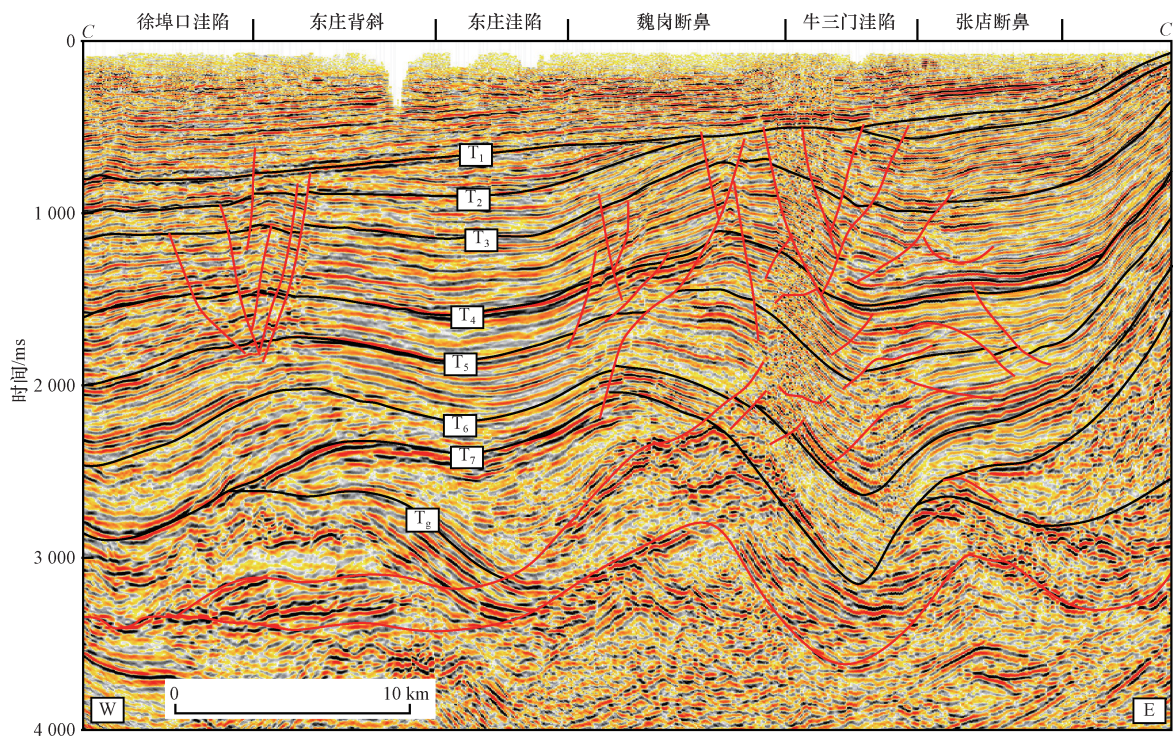


图7 过南阳凹陷的东西向剖面及解释(剖面位置见图1中CC')

Fig. 7 EW-trending seismic section across the Nanyang Sag with schematic interpretation (see CC' in Fig. 1 for the location)

T₁. 新近系底界面; T₂. 廖庄组底界; T₃. 核一段底界; T₄. 核二段底界; T₅. 核三段底界; T₆. 大仓房组底界; T₇. 玉皇顶组底界; T₈. 胡岗组底界

北部斜坡带位于中央凹陷带和禹桐断层间,面积大,北东向的三、四级晚期断层发育,构造以断块和断鼻为主。地层厚度薄,逐渐向北抬升,东高西低,且廖庄组、核一段遭受剥蚀。

北部废弃型边缘洼陷带指夹持在禹桐断层、桐河街断层、师岗断层间的凹陷北部斜坡带,地层较北部斜坡带更平缓,中部低,向两侧抬升。因控洼断层在早期玉皇顶组-大仓房组沉积期活动强,形成局部洼陷;而后期核桃园组沉积期活动弱,沉降缓慢而逐渐废弃。

2.4.2 东西分块、隆凹相间

南阳凹陷平行新野断层走向由西向东依次发育东赵庄-东庄断鼻、东庄洼陷、魏岗-北马庄断鼻、牛三门洼陷、张店-黑龙庙断鼻共计3凸2凹5个隆凹相间构造单元(图7)。

凹陷西部新野断层呈座椅式形态,沉降、沉积中心受东1号断层等反向二级断层控制。地层倾角较缓,斜坡带断层不发育;构造样式以“同向翘倾断块”、“地

堑”为主(图5)。

凹陷东部新野断层呈犁式形态,控制凹陷沉降、沉积中心发育,“南断北超”的滚动式半地堑特征明显。地层由南向北逐渐抬升,沉积厚度逐渐减小;发育北倾次级断层,构造样式以“反向翘倾断块”为主(图6)。

3 构造演化

通过对南阳凹陷沉积地层内超覆截断关系的分析

和不整合面识别,并结合平衡地质剖面 and 古构造分析,恢复南阳凹陷晚白垩世以来的构造演化,将其划分为5个阶段(图8,图9)。

3.1 断陷初期

晚白垩世,秦岭-大别褶皱造山带岩石圈整体进入强烈伸展减薄状态,沿北西向基底断裂拉张形成盆地雏形。南阳凹陷的胡岗组属断陷初期充填沉积,范围局限,据地震剖面解释最大厚度仅1 300 m。此时新

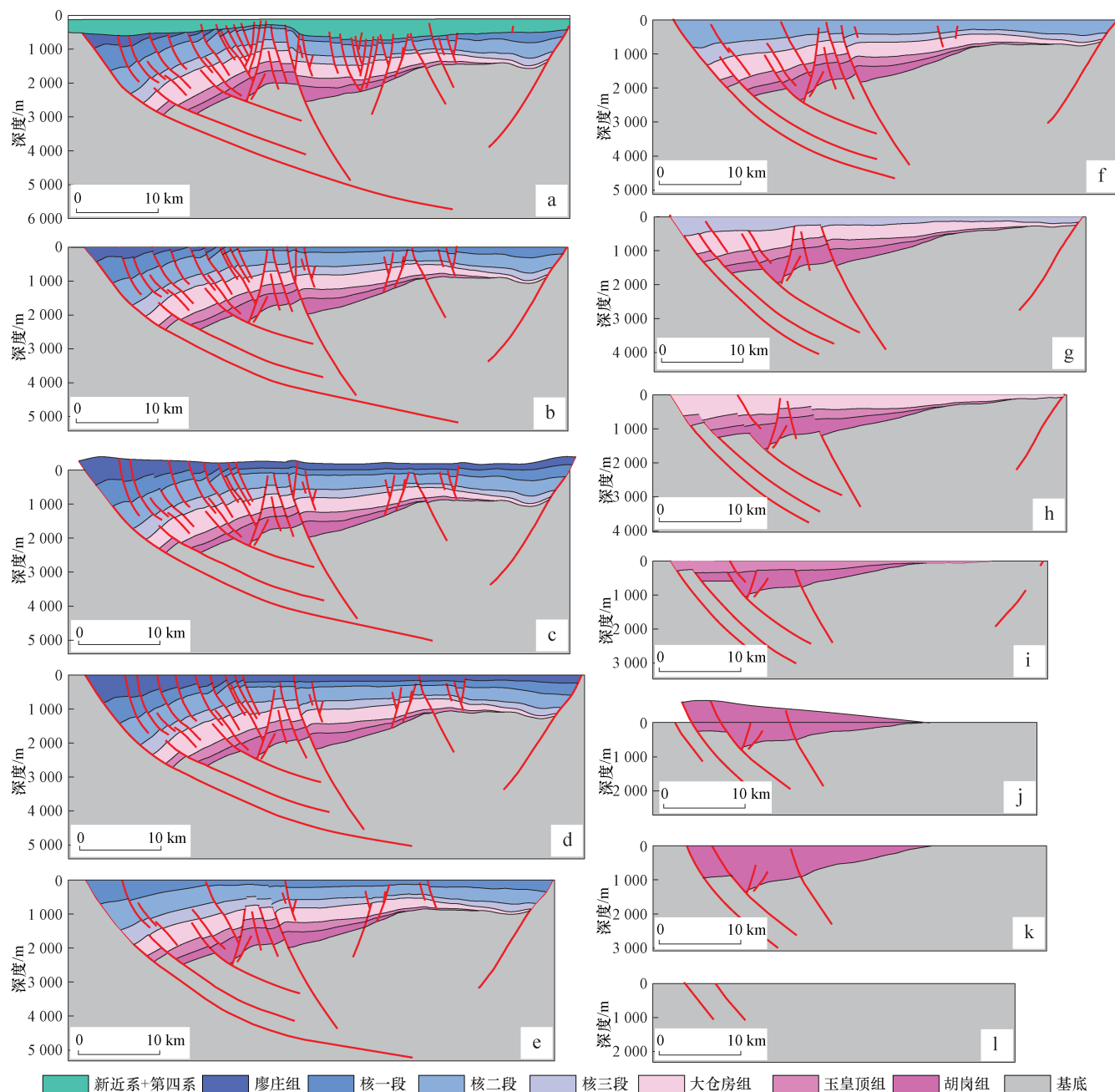


图8 过南阳凹陷东部的南北向构造演化剖面(剖面位置见图1中BB')

Fig. 8 SN-trending tectonic evolution sections across the eastern Nanyang Sag (see BB' in Fig. 1 for the location)

- a. 现今; b. 廖庄组剥蚀末期; c. 廖庄组抬升末期; d. 廖庄组沉积末期; e. 核一段沉积末期; f. 核二段沉积末期; g. 核三段沉积末期;
h. 大仓房组沉积末期; i. 玉皇顶组沉积末期; j. 胡岗组抬升末端; k. 胡岗组沉积末期; l. 基底形成末期

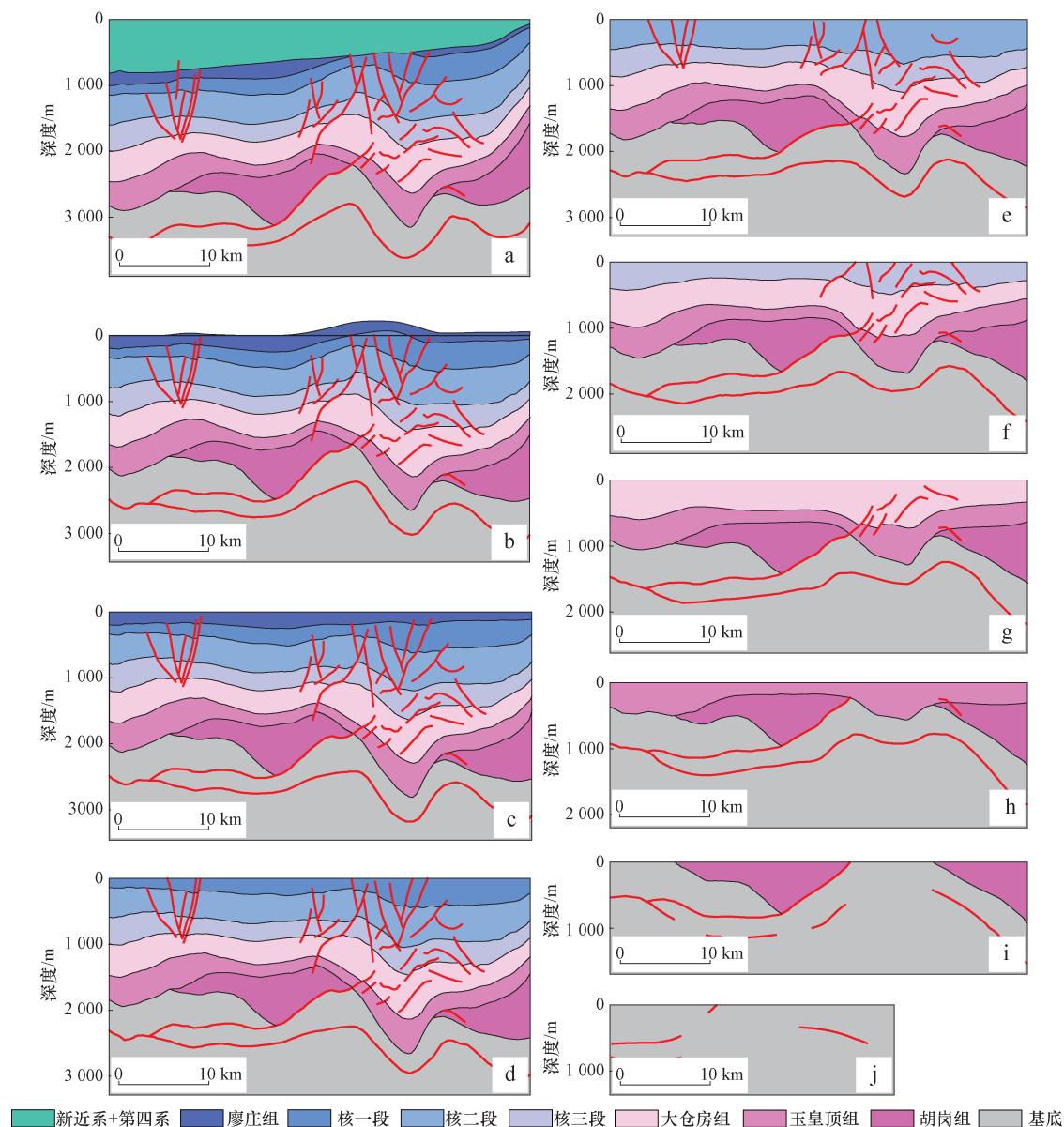


图9 过南阳凹陷东西向构造演化剖面(剖面位置见图1中CC')

Fig. 9 EW-trending tectonic evolution sections across the Nanyang Sag (see CC' in Fig. 1 for location)

a. 现今; b. 廖庄组抬升末期; c. 廖庄组沉积末期; d. 核一段沉积末期; e. 核二段沉积末期; f. 核三段沉积末期;

g. 大仓房组沉积末期; h. 玉皇顶组沉积末期; i. 胡岗组沉积末期; j. 基底形成末期

野断层尚未开始活动, 凹陷沉积主要受禹桐断层等基底断裂控制, 呈条带状展布。

白垩纪末期, 区域应力场反转使凹陷发生隆升, 胡岗组顶部遭受侵蚀形成中新界间不整合面。

3.2 持续断陷期

玉皇顶组-大仓房组沉积期为持续断陷期, 继承叠加了白垩纪先存构造格架, 湖盆范围扩大, 沉降沉积速率加快, 以禹桐断层为界形成南、北两个半地堑, 为典型半地堑式断陷。断陷内充填了一套内陆河湖相红色碎屑岩建造, 整体东厚西薄。

3.3 强烈断陷期

核桃园组-廖庄组沉积期, 凹陷湖盆范围达到最大, 边界断层活动强烈, 快速沉降进入强烈断陷期。核三段-核二段沉积期, 凹陷整体为欠补偿的半深水-深水湖盆, 沉积了近2000 m的富含有机质细碎屑物质, 为凹陷主要生油岩系。

核三段沉积期南阳凹陷湖盆范围稳定, 沉降速率大, 沉积地层受新野断层和师岗断层共同控制, 呈南北不对称的“双断”式地堑沉积, 地层厚度南厚北薄, 但变化不大。沿边界断层走向, 魏岗和东赵庄断鼻构造

的雏形已形成,具“三洼两隆”构造格局,凹陷东西分块特征明显。尤其是魏岗鼻状构造处所对应的边界断层段位移量明显小于两侧地区,显示其上盘沉降量较小;同时也是边界断层北西与北东走向的转折点,是边界断层东西分段的重要分段点。沉积地层东厚西薄,在东部地层最厚处紧邻边界断层,在牛三门洼陷可达1 400 m,具窄深特征,向北部斜坡变薄,在师岗断层附近增厚。凹陷西部断层不发育,东庄洼陷核三段厚度仅800 m,且与焦店地区连为一体厚度一致,显示出宽浅特征。

核二段沉积期水深增加,沉降速率达到最大。沿边界断层走向,沉积地层东厚西薄,在牛三门洼陷达2 200 m,东庄洼陷1 600 m,徐埠口洼陷仅900 m。垂直断层走向,地层南厚北薄,凹陷东部最大地层厚度位于边界断层上盘附近,向北逐渐减薄;西部地层最大厚度位于东1号断层上盘附近,向南向北均减薄。南倾的东1号断层在该时期开始发育,洼陷西部具北断南超“地堑式”结构。东1号断层持续同沉积活动使断层面上盘地层倾向变为北倾,且倾角逐渐增大,断层下盘由于均衡作用抬升,下盘地层倾向也由南倾向北倾转变,出现反向断块的雏形;位于东1号断层上升盘的焦店地区核二段厚度明显减小,其结果是东庄洼陷面积变小。东部北倾反向断层继承性发育,发育反向翘倾断块样式,反向断层控制沉积作用。该时期张店构造鼻状雏形开始形成,具有浅部陡、深部缓的特征。魏岗断鼻构造枢纽与边界断层近于垂直,幅度进一步加大,鼻状构造形态明显,构造顶部沉积厚度明显小于两侧洼陷地区,受北倾的反向断层作用开始发育反向翘倾断块。从构造演化剖面可以看出,由于反向断层的掀斜作用,使魏岗鼻状构造北部不断抬升,地层倾角增大,从而使构造主体以北地区地层平缓,在构造内外形成明显的坡折。

核一段沉积期湖盆范围开始收缩,凹陷东部发育南倾断层,剖面形成“Y”字型或“V”字型结构;西部发育北倾断层,与东1号断层组成反“Y”字型结构或“V”字型结构,也使东庄洼陷“地堑式”结构更加对称,东庄背斜开始出现雏形。地层厚度在垂直断层走向呈“楔形”,自南向北地层厚度迅速减薄;沿凹陷走向,东、西两个洼陷地层厚度差异较小,东部牛三门洼陷最厚约1 100 m,而西部东庄洼陷最厚约1 000 m,东1号断层对沉积的控制作用减弱,沉积和沉降中心转移到边界断层上盘附近,又出现南断北超的半地堑形态。斜坡带上,魏岗和东赵庄构造对核一段沉积控制作用明显,厚度只有200 m左右,而两个构造间的焦店

地区地层厚度可达400 m。张店构造对核一段沉积也表现出一定的控制作用。东赵庄在核一段沉积末期,各层面呈宽缓的鼻状构造形态,与现今构造形态已基本相似。

廖庄组沉积期边界断裂活动减弱,湖盆水体变浅,为河流-洪积相的红色砂岩、砾岩、泥岩沉积,分布局限。凹陷构造继承了核一段格局,东庄洼陷南部持续沉降,由于前后两期半地堑空间上的转移和纵向上的叠加,使东庄洼陷形成了完整的地堑形态,并最终形成东庄背斜。魏岗鼻状构造已基本定型,呈下陡上缓形态。东赵庄构造已定型,呈完整的鼻状构造形态,且断层不发育;自下而上,鼻状构造由窄而缓(核三1底)向宽而陡演化,即下部构造面积和闭合高度均较小,向上构造面积增大,闭合高度增加。因此,东赵庄构造作为一个横向褶皱,其成因与边界断层的分段作用有关,是一个形成早且继承性发育的鼻状构造。

3.4 断-拗转换期

廖庄组末期,区域应力场反转,凹陷发生隆升剥蚀,地层抬升量为400~1 000 m,其中在凹陷西部和南部地层抬升量较小,在凹陷东部和北部地层抬升量较大^[25],廖庄组和核一段地层遭受剥蚀形成古近系和新近系间不整合面。

3.5 拗陷期

上寺组-平原组沉积期凹陷进入拗陷期,构造作用较弱,沉降与沉积不受边界断层控制,沉积边界为超覆尖灭边界。盆地整体缓慢沉降,全凹陷呈泛滥平原沉积,主要沉积了杂色粘土、砂砾岩,地层等值线近南北走向,沉降幅度西南大、东北小,厚度较小,平均不超过500 m。

4 构造演化控制因素

4.1 基底结构复杂

晚元古代以来扬子板块和华北板块经过多次离散、汇聚和碰撞形成秦岭-大别-苏鲁复合造山系^[26]。扬子板块向华北板块的陆-陆碰撞俯冲产生北西-南东向弧后逆冲断裂,将复杂的造山带岩相分割为北西-南东向条带状展布的构造岩相带。南阳凹陷基底就是由数个岩性各异的构造岩相带组成,导致晚白垩世以来凹陷基底断层活动期次和强度存在差异,使凹陷具南北分带特征。

4.2 边界断层形态差异及分段差异沉降

控制南阳凹陷构造格架和沉降沉积特征的边界断裂为新野断层,具明显分段性,其剖面形态在西部为座椅式正断层形态,以平行流运动模式为主;在东部为犁式正断层形态,以斜剪切运动模式为主。断层活动经历了早期分段后期连锁过程,可分为孤立断层、软连接、硬连接、完整断层的形成演化过程;根据长度-位移曲线,在断层的分段连接处,断层垂向位移较小,凹陷沉降幅度小,形成了东赵庄、魏岗断鼻等轴向垂直边界断层的横向褶皱;在原各段断层的沉降中心处,凹陷沉降、沉积厚度大,形成了徐埠口、东庄、牛三门洼陷等沉积中心。可见,新野断层的沿走向分段和差异沉降,是南阳凹陷“东西分块、隆凹相间”构造格局的主要控制因素。

5 结论

1) 南阳凹陷发育胡岗组底部(T_6)、玉皇顶组底部(T_7)、核桃园组底部(T_5)、上寺组底部(T_1)4个区域性不整合面,将南阳凹陷地层划分为基底构造层、胡岗组构造层、玉皇顶组-大仓房组构造层、核桃园组-廖庄组构造层、上寺组-平原组构造层共5套构造-地层层序。

2) 南阳凹陷受新野断层、禹桐断层、师岗断层和桐河街断层等一级基底断裂切割,具“南北分带、东西分块、隆凹相间”构造格局。垂直边界断层走向,可划分为南部断超带、中部凹陷带、北部斜坡带和北部废弃型边缘洼陷。平行边界断层走向,发育与东庄洼陷沉积中心迁移有关的东庄背斜(纵向褶皱)和枢纽线与边界断层走向近于垂直的东赵庄、魏岗、张店断鼻(横向褶皱)。

3) 南阳凹陷是拉张应力场下地幔隆起和地壳下沉均衡作用形成的简单剪切型双断凹陷,其构造演化可划分为初始断陷期、持续断陷期、强烈断陷期、断-拗转换期和拗陷期共5个构造演化阶段。

4) 基底结构复杂、边界断层形态差异及分段差异沉降是凹陷地质结构的主要控制因素。

参 考 文 献

- [1] 童晓光. 塔里木盆地的地质结构和油气聚集[C]//童晓光,梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992:17-22.
- Tong Xiaoguang. Geologic architecture and hydrocarbon accumulation of Tarim Basin[C]//Tong Xiaoguang, Liang Digang. Papers on oil

- and gas exploration in Tarim Basin. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Press, 1992: 17-22.
- [2] 单帅强,张煜颖,张锐锋. 渤海湾盆地徐水凹陷地质结构与构造演化[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(5): 1037-1047.
- Shan Shuaiqiang, Zhang Yuying, Zhang Ruifeng. Geologic architecture and tectonic evolution of Xushui Sag, Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(5): 1037-1047.
- [3] 李智. 阿姆河右岸东部山前地质结构与油气聚集[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2015.
- Li Zhi. Geologic structure and hydrocarbon accumulation of Eastern Foreland in Amu Darya Right Bank[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2015.
- [4] 何登发,马永生,蔡勋育,等. 中国西部海相盆地地质结构控制油气分布的比较研究[J]. 岩石学报, 2017, 33(4): 1037-1057.
- He Dengfa, Ma Yongsheng, Cai Xunyu, et al. Comparison study on controls of geologic structural framework upon hydrocarbon distribution of marine basins in western China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2017, 33(4): 1037-1057.
- [5] 易泽军. 准噶尔盆地东部二叠系地质结构及成因机制[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2018.
- Yi Zejun. Permian geological architecture and formation mechanism of Eastern Junggar Basin[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2018.
- [6] 张永,何登发,刘长磊. 塔里木盆地巴楚隆起的三维地质结构及成因机制[J]. 地学前缘, 2019, 26(1): 134-148.
- Zhang Yong, He Dengfa, Liu Changlei. Three-dimensional geological structure and genetic mechanism of the Bachu uplift in the Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2019, 26(1): 134-148.
- [7] 李智,张志业,何登发,等. 南襄盆地泌阳凹陷与南阳凹陷油气地质特征类比及勘探启示[J]. 地质科技通报, 2020, 39(2): 74-84.
- Li Zhi, Zhang Zhiye, He Dengfa, et al. Comparison in petroleum geology between Biyang Depression and Nanyang Depression in Nanxiang Basin and its exploration significance[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2020, 39(2): 74-84.
- [8] 杨道庆,赵追,贾曙光,等. 东庄次凹边缘断层坡折带对油气成藏的作用[J]. 大庆石油地质与开发, 2002, 21(3): 14-15.
- Yang Daoqing, Zhao Zhui, Jia Shuguang, et al. Reservoir-forming conditions in fault slope break at the Margin of Dongzhuang Sub-depression[J]. Petroleum geology & Oilfield development in Daqing, 2002, 21(3): 14-15.
- [9] 程学峰,于群达,吴跃通,等. 层序地层学研究及隐蔽油气藏预测——以南阳凹陷古近系为例[J]. 新疆地质, 2003, 21(2): 206-209.
- Cheng Xuefeng, Yu Qunda, Wu Yuetong, et al. Sequence stratigraphic research and prediction about subtle pools[J]. Xinjiang Geology, 2003, 21(2): 206-209.
- [10] 陆建林. 南阳凹陷北部坡折带隐蔽油气藏勘探[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 38-40.
- Lu Jianlin. Subtle reservoir exploration in the slope-break belt of the north Nanyang Depression[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(3): 38-40.
- [11] 史忠生,何生,杨道庆. 南阳油田东庄次凹核桃园组烃源岩热演

- 化史模拟研究[J]. 地质科技情报, 2005, 24(2): 85-89.
- Shi Zhongsheng, He Sheng, Yang Daoqing. A study of source rock thermal evolution modeling of Hetaoyuan Formation in Dongzhuang Sag of Nanyang Oilfield[J]. Geological Science and Technology Information, 2005, 24(2): 85-89.
- [12] 蔡佳, 王华, 罗家群. 基于层序地层格架的南阳凹陷油气成藏模式[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2011, 33(3): 67-73.
- Cai Jia, Wang Hua, Luo Jiaqun. Hydrocarbon generation models based on the sequence stratigraphic framework in Nanyang Sag[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2011, 33(3): 67-73.
- [13] 吕久明. 南襄盆地南阳凹陷烃源岩再认识与资源潜力[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(3): 392-398.
- Liu Mingjiu. Re-evaluation of source rocks and petroleum resources of Nanyang depression in Nanxiang Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(3): 392-398.
- [14] 罗家群, 彭金宁, 杨云飞, 等. 南襄盆地南阳凹陷核桃园组“源势相导”控藏作用[J]. 石油实验地质, 2019, 41(3): 319-325.
- Luo Jiaqun, Peng Jinning, Yang Yunfei, et al. Reservoir forming control of “source-potential-facies-migration” in Hetaoyuan Formation of Nanyang Sag, Nanxiang Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2019, 41(3): 319-325.
- [15] 潘作枢, 丁凤仪, 王宝林. 南-襄盆地深部过程分析及重磁异常[J]. 西安地质学院学报, 1986, 8(1): 56-62.
- Pan Zuoshu, Ding Fengyi, Wang Baolin. Analysis of deep processes and gravity and magnetic anomalies in Nan-Xiang Basin[J]. Journal of Xi'an Institute of Geology, 1986, 8(1): 56-62.
- [16] 卢顺荣, 温长顺, 许顺山. 南阳凹陷构造模拟实验及其成因机制的探讨[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1989, 14(增刊): 97-105.
- Lu Rongshun, Wen Changshun, Xu Shunshan. The structural model experiment and mechanism of Nanyang depression[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1989, 14(s): 97-105.
- [17] 冯国奇, 李吉君, 刘洁文, 等. 泌阳凹陷页岩油富集及可动性探讨[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(6): 1236-1246.
- Feng Guoqi, Li Jijun, Liu Jiewen, et al. Discussion on the enrichment and mobility of continental shale oil in Biyang Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2019, 40(6): 1236-1246.
- [18] 何涛华, 李文浩, 谭昭昭, 等. 南襄盆地泌阳凹陷核桃园组页岩油富集机制[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(6): 1259-1269.
- He Taohua, Li Wenhao, Tan Zhaozhao, et al. Mechanism of shale oil accumulation in the Hetaoyuan Formation from the Biyang Depression, Nanxiang Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2019, 40(6): 1259-1269.
- [19] 梁宇生, 何登发, 甄宇, 等. 准噶尔盆地沙湾凹陷构造-地层层序与盆地演化[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(5): 943-954.
- Liang Yusheng, He Dengfa, Zhen Yu, et al. Tectono-stratigraphic sequence and basin evolution of Shawan Sag in the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(5): 943-954.
- [20] 张磊, 何登发, 李涤, 等. 准噶尔盆地陆东地区石炭系地震波组及构造-地层层序特征[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(5): 918-931.
- Zhang Lei, He Dengfa, Li Di, et al. Characteristics of seismic wave groups and tectono-stratigraphic sequences of the Carboniferous, eastern Luliang uplift, Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(5): 918-931.
- [21] 李智, 张志业, 何登发, 等. 唐河-栗园-泌阳断层的几何学和运动学特征——兼论桐柏造山带与泌阳凹陷的盆-山关系[J]. 地质科学, 2020, 55(3): 921-938.
- Li Zhi, Zhang Zhiye, He Dengfa, et al. Geometry and kinematics of the Tanghe-Liyuan-Biyang fault and its implication on the relationship between Tongbai orogenic belt and Biyang Depression[J]. Chinese Journal of Geology, 2020, 55(3): 921-938.
- [22] 朱红卫, 崔炜霞, 南科为, 等. 南襄盆地邓参1井晚白垩世的轮藻化石及古环境探讨[J]. 石油地质与工程, 2009, 23(1): 35-37.
- Zhu Hongwei, Cui Weixia, Nan Kewei, et al. Discussion on charophyta fossil of cretaceous period in DC1 well in Nanxiang basin and palaeoenvironment[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2009, 23(1): 35-37.
- [23] 王定一, 车自成, 张树田, 等. 南襄盆地构造发育特征及形成机制[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(4): 363-371.
- Wang Dingyi, Che Zicheng, Zhang Shutian, et al. Characteristics of tectonic evolution and formation mechanism in the Nanxiang Basin[J]. Oil & Gas Geology, 1987, 8(4): 363-371.
- [24] 李智, 张志业, 何登发, 等. 南阳凹陷边界断层三维几何学及运动学特征[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2020, 42(5): 48-62.
- Li Zhi, Zhang Zhiye, He Dengfa, et al. 3D geometrical and kinematic characteristics of the boundary fault in Nanyang Depression[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2020, 42(5): 48-62.
- [25] 王忠楠, 柳广弟, 陈婉, 等. 利用声波速度计算南阳凹陷古近期末地层抬升量[J]. 岩性油气藏, 2014, 26(6): 69-74.
- Wang Zhongnan, Liu Guangdi, Chen Wan, et al. Quantification of late Paleogene uplift in Nanyang Sag using acoustic velocity[J]. Lithologic Reservoirs, 2014, 26(6): 69-74.
- [26] 许志琴, 李源, 梁风华, 等. “秦岭-大别-苏鲁”造山带中“古特提斯缝合带”的连接[J]. 地质学报, 2015, 89(4): 671-680.
- Xu Zhiqin, Li Yuan, Liang Fenghua, et al. A Connection between of the Paleo-Tethys Suture Zone in the Qinling-Dabie-Sulu Orogenic Belt[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(4): 671-680.

(编辑 张亚雄)