

# 沂沐断裂带北段构造演化与 油气的运聚关系

李海波<sup>1</sup>, 杨建超<sup>1\*</sup>, 娄术文<sup>1</sup>, 宋文静<sup>1</sup>, 武斌<sup>2</sup>, 刘永刚<sup>1</sup>, 李俊志<sup>1</sup>, 王冠臣<sup>1</sup>, 李凯<sup>1</sup>,  
杨磊<sup>1</sup>, 展鹏程<sup>1</sup>

(1. 山东省煤田地质局第四勘探队, 山东 潍坊 261206; 2. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

**摘要:**沂沐断裂带及其所控制的潍北凹陷是揭示构造演化与油气成藏机制的重要研究对象, 对深化地质理论及指导油气勘探具有重要意义。本研究通过整合三维地震解释、构造平衡剖面重建及烃源岩地球化学分析, 系统揭示了沂沐断裂带多期活动特征及潍北凹陷对油气的控制作用。结果表明: ①沂沐断裂带构造演化过程极为复杂, 造就了潍北凹陷构造演化经历了左旋走滑、左右旋转换、右旋走滑及区域拗陷 4 阶段演化, 形成北部断陷、南部超覆(北断南超)的独特构造格局; ②构造活动主导了凹陷内沉积充填与油气成藏: 沙河街组四段(沙四段)末期抬升事件导致烃源岩成熟度东西分异, 东部灶户断鼻带发育单向断裂输导体系, 烃类侧向运移形成“单期成藏-富集”模式; 西部受多期断裂叠加影响, 呈现“两期成藏-近源聚集”特征, 最终形成“东富西贫”的油气资源分布格局。本研究成果明确了灶户断鼻带为高效勘探靶区, 并为下一步油气勘探井位部署提供了相关的理论支撑, 为潍北凹陷油气勘探成功率的提升及区域资源开发提供了一定的科学依据。

**关键词:**沂沐断裂带; 潍北凹陷; 构造演化; 油气成藏; 油气分布格局

中图分类号: P548

文献标识码: A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.06.004

## 0 引言

沂沐断裂带作为中国大陆东部岩石圈尺度的核心构造边界, 在区域地质演化进程中及油气资源分布格局中扮演着举足轻重的角色。该断裂带呈 NNE 20°展布纵贯山东全境, 由莱州湾南岸进入渤海<sup>[1-2]</sup>。沂沐断裂带是郯庐断裂带在山东境内的部分, 长约 330 km, 宽 20~60 km。在漫长的地质历史时期, 沂沐断裂带经历了大规模的左行平移、伸展、拉张以及挤压等复杂的构造运动, 逐步形成了以带内堑垒构造、主干断裂构造系统、断裂带两侧的盆岭构造、羽状构造系统及大陆弧花岗岩系为特点的沂沐断裂系统<sup>[3]</sup>(图 1)。

沂沐断裂带北段复杂的构造活动对区域地质构造产生了深远影响, 潍北凹陷构造便是在这一背景

下形成。潍北凹陷经历了左旋走滑、左右旋转换、右旋走滑和区域拗陷 4 个重要的构造演化阶段, 左旋走滑期拉张控制对盆地构造格局产生了决定性影响, 奠定了潍北凹陷北断南超构造格局<sup>[4]</sup>。目前, 国内外学者针对沂沐断裂带开展了大量研究, 并取得了一系列成果。李洪奎等<sup>[5]</sup>在构造演化特征方面, 通过地质测绘、地球物理探测等手段, 详细剖析了断裂带的运动学和动力学过程, 揭示了其多期构造变形叠加的特征。潘守旭等<sup>[6]</sup>聚焦于潍北凹陷整体断裂系统及其对油气成藏作用的研究。然而, 构造演化对沉积充填及油气运移影响的动态控制机制和细节方面, 仍存在一些有待深入探究的问题<sup>[7]</sup>。本文从构造演化特征、构造演化对沉积充填的控制作用及构造演化对油气的控制作用这 3 个关键层面展开深入研究, 旨在进一步揭示沂沐断裂构造演化特征

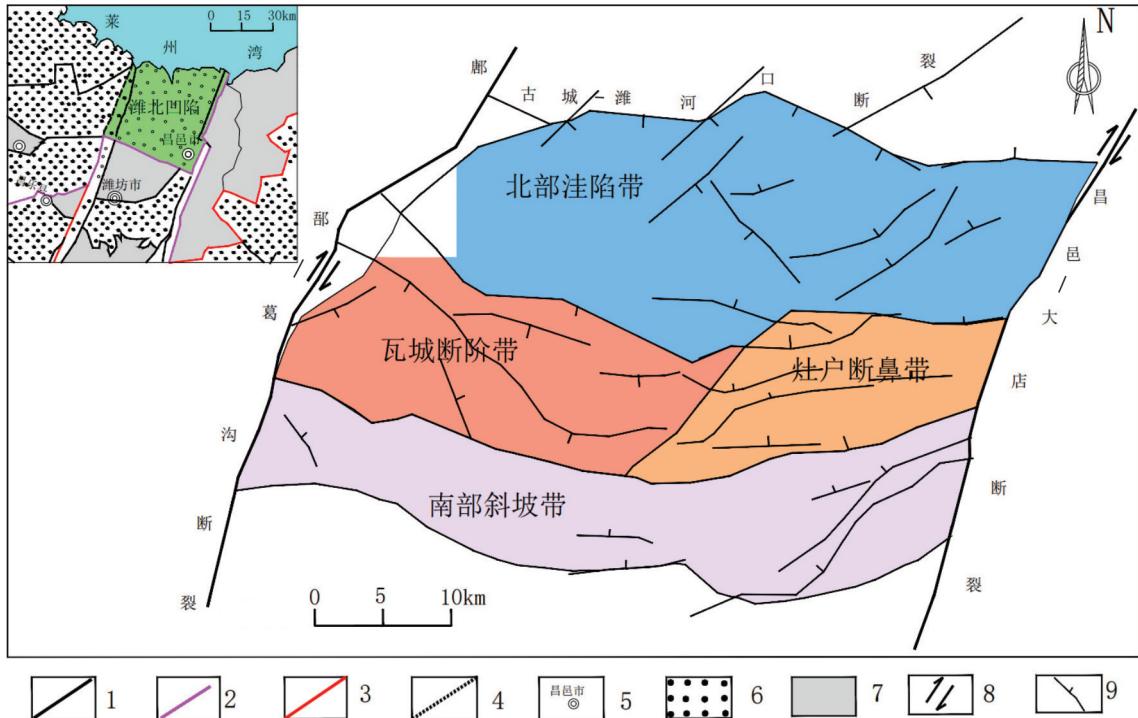
收稿日期: 2025-03-30; 修订日期: 2025-04-13; 编辑: 王敏

基金项目: 山东省 2022 年部省协议地质勘查项目, 编号: 鲁勘字[2022]63 号

作者简介: 李海波(1983—), 男, 山东嘉祥人, 高级工程师, 主要从事煤田地质勘探研究工作; E-mail: 253517314@qq.com

\* 通信作者: 杨建超(1989—), 男, 陕西咸阳人, 助理研究员, 主要从事煤田地质研究工作; E-mail: 18710801926@163.com

及其与油气运聚关系,为该区域的油气勘探开发提供更为科学、全面的理论支撑。



1—一级单元线；2—二级单元线；3—三级单元线；4—不整合界线；5—地名；6—凹陷区；9—隆起区；8—走滑断层；9—正断层。

图 1 潍北凹陷构造位置及构造格局简图

## 1 构造演化历史

中生代晚期,受太平洋板块向欧亚大陆俯冲作用的动力学影响<sup>[8]</sup>,渤海浅部地壳处于伸展构造环境,该时期郯庐断裂带在渤海区域主要表现为左旋拉张构造特征<sup>[9-11]</sup>。这种斜向伸展作用导致断裂体系内发育系列走滑拉分盆地,其构造样式呈现近EW向双断式、北侧断陷南侧超覆的结构配置特征,盆地内部充填了厚层陆源碎屑岩系。位于沂沭断裂带两条主干断裂夹持部位的潍北凹陷,其成盆机制与演化过程实质上是该断裂带构造活动的直接响应。在构造解析方法方面,平衡剖面技术作为揭示盆地演化时序的有效手段,其分析结果表明潍北凹陷的构造演化可划分为4个特征显著的阶段性过程。

### 1.1 左旋走滑期 ( $K_2 - E_1 k_3$ )

潍北凹陷基底岩系主要表现为棕红色泥岩及泥质粉砂岩组成,并夹有灰白色砾岩和含砾砂岩互层沉积,这一岩性组合特征与济阳凹陷具有显著一致性,指示该凹陷新生代构造演化特征。区域构造演化

化分析表明,沂沐断裂带在晚中生代至孔店组下段沉积期主要呈现左行走滑-拉分构造特征。特别值得注意的是,孔店组下段沉积期边界断裂左旋活动达到峰值强度,伴随 NW 向次级断裂系统的广泛发育。该断裂与主控边界断裂共同构成岩浆上涌通道,诱发了区域性火山喷发事件,火山喷发产物以玄武岩-安山岩组合为特征。

本次火山作用具有旋回式喷发的特征,在玄武岩层序中形成多个泥质岩夹层,累计发育火山岩层20余层,单层最大厚度逾1 000 m。值得注意的是,该期大规模火山建造对盆地构造格局产生决定性影响,广泛分布的厚层玄武岩不仅构成主要充填物质,更塑造了潍北凹陷现今的构造-沉积格架。

## 1.2 左右旋转换期( $E_1 k_2$ )

孔店组中段沉积时期构造演化阶段,研究区经历了显著的构造体制转换过程,具体表现为由左旋走滑向右旋走滑的构造转换阶段<sup>[12]</sup>。随着区域岩浆活动的逐渐减弱,盆地进入热沉降主导阶段,盆地基底发生持续性沉降作用。该时期沉积体系呈现明显的垂向演化特征:早期以滨浅湖相沉积为主,逐渐过渡为中一晚期的半深湖至深湖相沉积环境。在有

机质富集层段可见腐泥型与腐殖型有机质的复合沉积特征,这种高丰度有机质的差异性堆积形成了多类型烃源岩共生组合,主要包括油页岩、暗色泥岩及钙质泥岩等典型烃源岩层系。

在区域伸展构造背景下,古城-潍河口断裂带的正断层系统表现出强烈的差异活动性。该断裂系统的持续活化导致盆地基底产生显著的分异沉降,最终塑造了潍北凹陷特有的不对称箕状断陷结构,其构造特征表现为北部深凹带与南部缓坡带共存的古地貌格局(图 2)。这一构造分异过程为凹陷内沉积体系的发育和烃源岩的分布提供了重要的构造控制因素。

### 1.3 右旋走滑期( $E_2 k_1 - E_3 d$ )

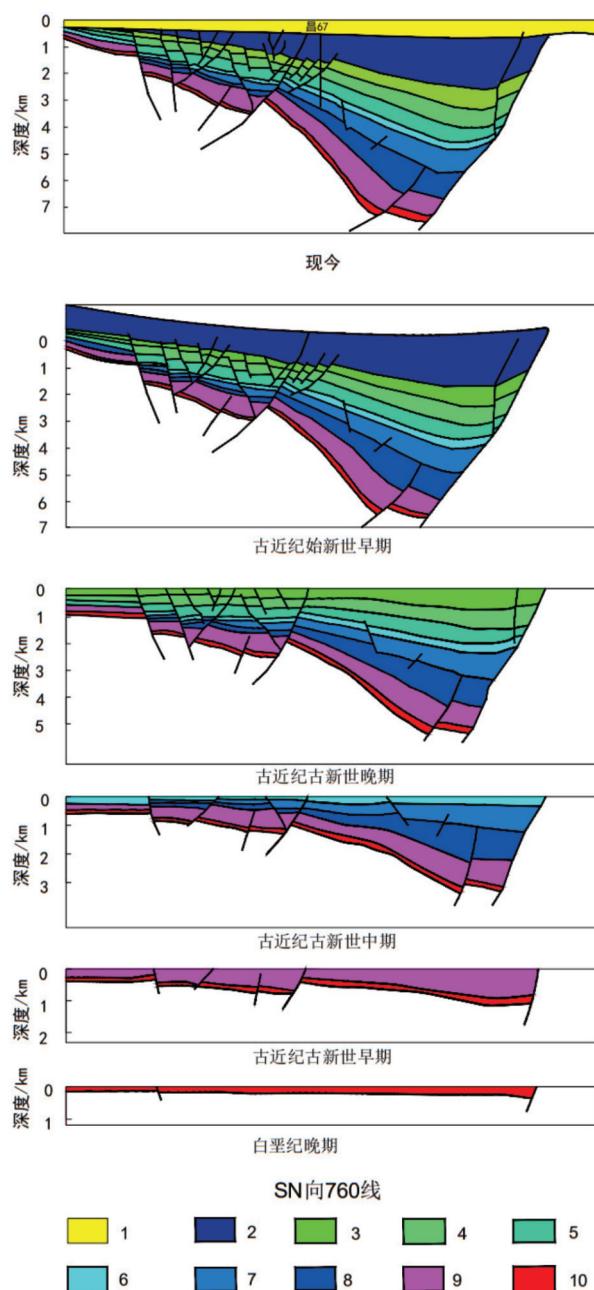
孔店组沉积初期,区域构造活动趋于相对稳定,伴随盆地的持续充填作用,沉积地球化学环境发生显著转变,具体表现为古氧化还原条件由早期的还原环境逐渐过渡为氧化环境。该环境演变过程在沉积岩原生色度特征上得到明确响应,岩相颜色序列呈现从深灰色系向紫红-砖红色系转变的演化规律。至始新世沙河街组四段沉积期,沂沐断裂带发生右旋走滑运动,导致控盆边界断层重新活化并表现为张性正断性质,由此引发凹陷区二次强烈沉降,形成孔店组上段与沙河街组的复合沉积体系,其最大累计厚度逾 2 000 m,构成了潍北凹陷区具有重要勘探意义的储盖组合体系。沙四末期受济阳构造运动影响,导致研究区整体抬升并经历长期剥蚀过程,致使研究区普遍缺失东营组至沙三段地层,其中南部斜坡带沙四段地层遭受完全剥蚀,最大剥蚀量可达 1 300 m(图 3)。

### 1.4 区域坳陷期(N-Q)

新近纪以来,沂沐断裂带进入构造活动停滞期,与之相关联的潍北凹陷与渤海湾盆地整体同步进入热沉降演化阶段。伴随持续的热沉降作用,研究区发育了具有填积补偿特征的大型河湖相沉积体系,该套地层在空间展布上表现为对古近系基底的全域性超覆覆盖,形成典型的地层叠置样式(图 2、图 3)。

## 2 当前研究的热点

关于沂沐断裂带的构造演化学说,目前主要运用地球物理勘探、沉积学分析及同位素测年与热年代学等方法建立了伸展构造说、走滑构造说及多期

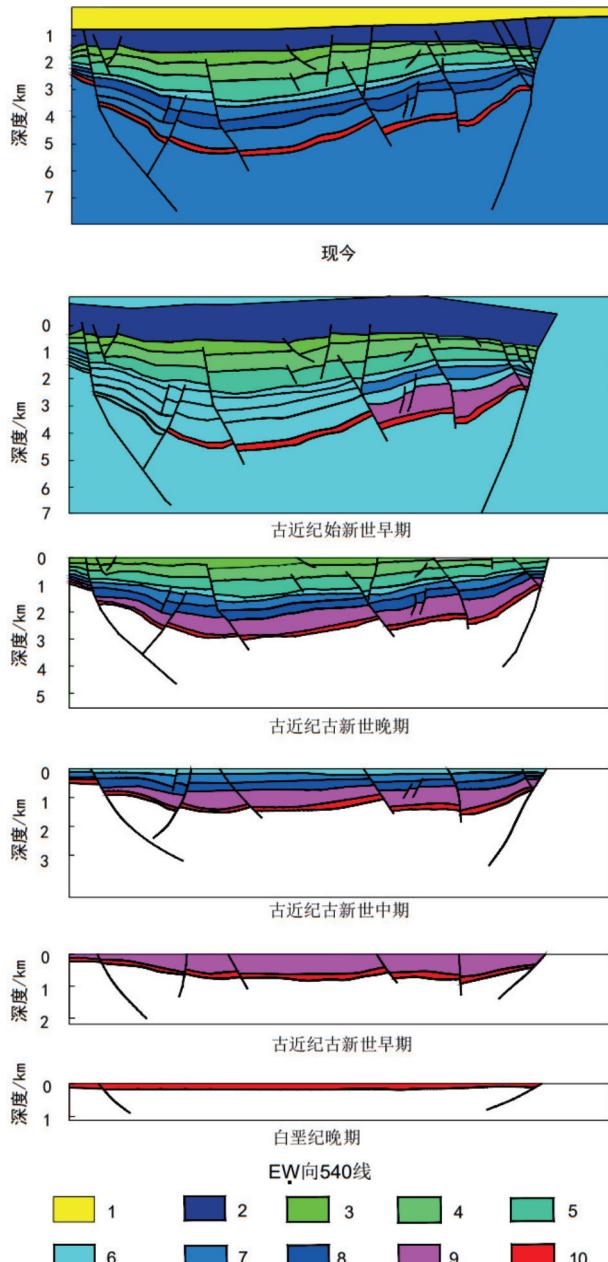


1—更新统+新近系;2—沙河街组四段;3—孔店组上段第三亚段;4—孔店组上段第二亚段;5—孔店组上段第一亚段;6—孔店组中段青色泥岩亚段;7—孔店组中段紫红色泥岩亚段;8—孔店组中段区域性细分地层;9—孔店组下段;10—白垩纪红土崖组。

图 2 潍北凹陷南北向构造演化剖面图

复合构造说,3 种学说分别从单一动力机制和多期叠加视角揭示了断裂带构造演化的复杂性<sup>[13]</sup>。目前研究的热点主要聚焦于沉积响应与构造活动期次耦合作用、构造转换与盆地结构分异、烃源岩发育与构造体制、储层与圈闭形成机制等方面,但物源区演化的构造驱动、沉积中心迁移的主控因素及构造对

油气的富集差异和成藏模式方面存在一定的争议,尚未达成共识。



1—更新统+新近系;2—沙河街组四段;3—孔店组上段第三亚段;4—孔店组上段第二亚段;5—孔店组上段第一亚段;6—孔店组中段青色泥岩亚段;7—孔店组中段紫红色泥岩亚段;8—孔店组中段区域性细分地层;9—孔店组下段;10—白垩纪红土崖组。

图 3 潍北凹陷东西向构造演化剖面图

## 2.1 构造演化对沉积充填的控制作用

2.1.1 左旋走滑控制潍北凹陷北断南超的构造格局  
白垩纪末期,沂沐断裂带初始左旋走滑活动诱发构造体系重组,在断裂带核部及周缘形成 NW 向

雁列式褶皱群系,由此奠定古近纪“隆-凹相间”的基底构造框架。特别在潍北凹陷北缘,发育近雁列状展布的 NE 向断裂系,标志着古城-潍河口断裂带进入初始构型阶段。至孔店组下段沉积期,伴随左旋走滑应力场持续增强,鄌郚-葛沟断裂相较昌邑-大店断裂呈现更显著的活动差异,由此形成 NE 向与 NW 向共轭断裂系统。此阶段古城-潍河口断裂完成横向贯通并发生走向偏转(近 EW 向),为补偿走滑拉分作用产生的构造负空间,断层下降盘发生幕式快速沉降。与此同时,凹陷南缘柳疃断裂处于相对弱活动状态,最终塑造出潍北凹陷“东西双向断控、北断南超”的典型断陷盆地结构。

### 2.1.2 昌邑-大店断裂右旋走滑加剧凹陷东部沉陷

孔店组上段沉积期,沂沐断裂带发生右旋走滑构造体制转换,昌邑-大店断裂相较鄌郚-葛沟断裂呈现显著构造活动强度差异。在此应力场调整背景下,潍北凹陷东部发生差异沉降并形成局部沉降中心,导致凹陷整体地形梯度趋于平缓。该时期沉积体系以中-远源三角洲相为主体,孔一段地层呈现东厚西薄的楔状厚度展布特征,SN 向等厚线则呈近平行展布态势(图 2)。

伴随区域隆升剥蚀事件,断裂带叠加走滑挤压复合作用,在构造转换带形成 NE 向延伸的灶户鼻状构造带。值得注意的是,北部洼陷带东北部发育次生沉降中心,致使原洼陷带分解为东、西 2 个次级凹陷单元,展现“双洼并存”的构造-沉积配置样式(图 3)。

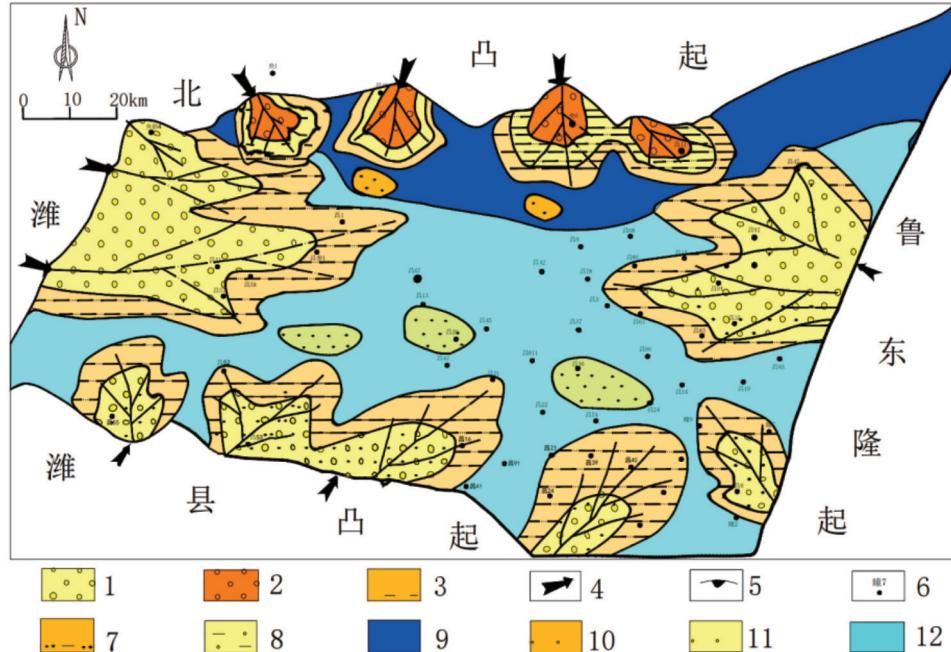
### 2.1.3 走滑形成的凸起古地形控制扇体发育

在太平洋板块 NW 向俯冲挤压与郯庐断裂带早期左旋走滑的双重动力学机制控制下<sup>[14]</sup>,鲁东隆起区古构造线呈 NEE 向展布,其对潍北凹陷的物源供给具有显著空间局限性,仅在孔店组中段中亚段发育两处 SWW 向展布的扇三角洲体系。凹陷北翼潍北凸起受区域构造变形与旋转挤压耦合作用,形成 N 倾单斜构造,主要承担青东凹陷及青东东凹陷的物源供给功能。该凸起南缘呈现“六沟七梁”式沟-梁相间地貌格局,仅在古地貌沟槽部位局部发育低丰度近岸水下扇体。研究表明,潍北凹陷周缘隆起的构造-地貌耦合机制严格制约着沉积体系的时空配置,整体表现为近源多物源、多类型沉积体系叠置特征<sup>[15-16]</sup>。

构造转换期(孔二段至孔一段)沉积体系发生显

著分异:孔二段沉积期以东西双向近源扇三角洲为主导,孔一段则转型为南部中-远源三角洲优势发育阶段,其他方向物源系统呈现渐进式衰退。以孔二中亚段为例,物源规模差异导致沉积相分异显著,东西两侧扇三角洲砂砾岩体广泛分布,而北部陡坡带近岸水下扇发育程度极低。此现象归因于潍北凸起

南隆 N 倾的构造掀斜作用-大部分剥蚀碎屑经 N 向搬运系统输入青东凹陷群,南翼剥蚀区受限于长期风化夷平作用,仅能通过间歇性洪流事件形成小规模近岸扇体。值得注意的是,横向连片分布的 E-W 向扇三角洲砂砾岩复合体构成研究区主力储集单元(图 4)。



1—扇三角洲平原;2—近岸水下扇扇根;3—近岸水下扇扇端;4—物源方向;5—超覆线;6—井位;7—扇三角洲前缘;8—近岸水下扇扇中;9—深湖一半深湖;10—浊积扇;11—滩坝;12—浅湖。

图 4 潍北凹陷孔二中亚段沉积相平面图

#### 2.1.4 沉积中心和沉降中心规律性迁移

潍北凹陷孔店组沉积期沉积体系展布具有显著的时空演化规律<sup>[17-18]</sup>。孔二段早亚段沉积阶段,沉降中心与沉积中心均定位于凹陷西北部;至孔二段晚亚段,在继承性西北部沉降背景下,受 W 向物源供给增强驱动,沉积中心向东南迁移至瓦城断阶带与灶户鼻状构造带间构造转换域。孔一段早亚段沉积期,沉降中心转移至凹陷中北部,而孔一段晚亚段沉积中心则跃迁至凹陷东北部,此空间配置特征延续至沙河街组四段沉积期。综合对比表明:孔二段早亚段与孔一段晚亚段沉积中心具空间继承性,而孔二段晚亚段与孔一段早亚段沉积中心相对同期沉降中心呈现显著东向偏移,该时期恰为扇三角洲体系优势发育阶段。

构造-沉积耦合分析揭示,东、西边界断裂下降盘扇三角洲砂体均显示南源北向输砂特征,前缘相

带延伸距离普遍超过常规冲积扇体系。尤其扇三角洲平原亚相大面积连片分布,指示南部隆升区在该阶段经历强烈构造抬升事件。上述沉积响应特征与边界断裂幕式活动及物源区差异隆升过程存在显著成因联系。

## 2.2 构造演化对油气的控制作用

### 2.2.1 构造脊对油气富集差异性的影响

灶户断鼻带作为古构造-地貌耦合控制的继承性发育构造单元,呈近 SN 向贯穿性展布于凹陷主体部位,构成区域油气运聚优势指向带。成藏动力学分析表明,现今油气藏空间分布与微构造脊展布具显著耦合性,揭示烃源岩排烃后油气在断裂-砂体复合疏导体系驱动下,沿构造势能梯度向构造脊部高部位发生差异聚集成藏。构造解析进一步揭示,瓦城断阶带昌 67—昌 43 井区发育低幅鼻状构造转换带,形成中部油气二次运移的次优势通道<sup>[19]</sup>(图

5)。与之形成鲜明对比的是,瓦城断阶带西部表现为简单断阶结构,缺乏有效的构造圈闭配置,导致油

气聚集效率显著降低。

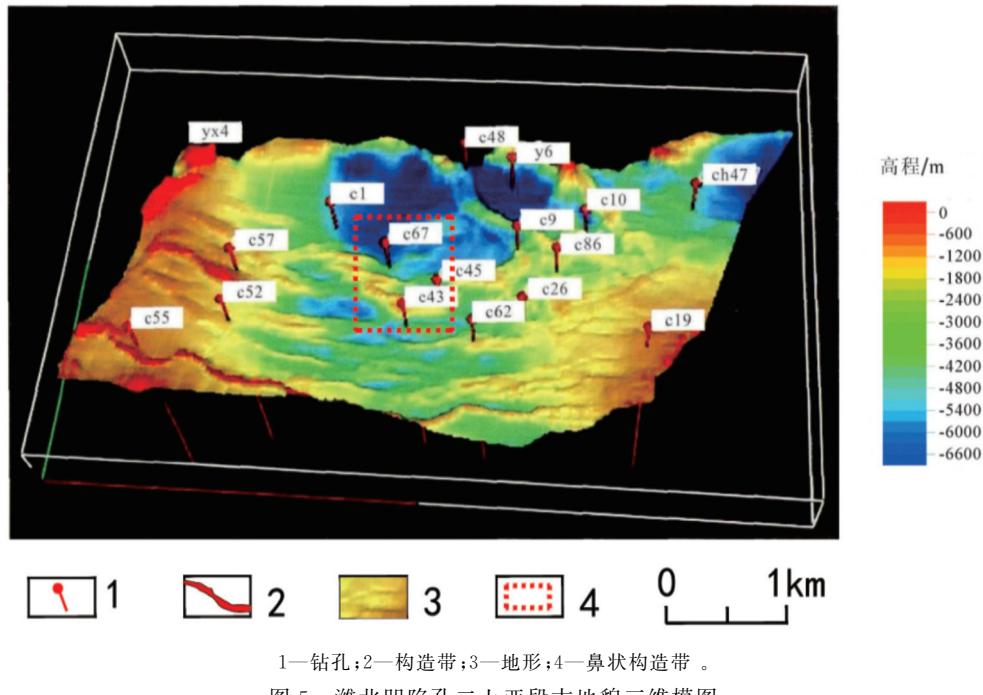


图 5 潍北凹陷孔二上亚段古地貌三维模图

## 2.2.2 构造剥蚀对油气富集差异性的影响

沙河街组四段末期构造抬升事件诱发潍北凹陷发生强烈剥蚀作用,导致局部层序缺失并形成差异剥蚀格局,最大剥蚀量达 1 350 m(凹陷东南缘)。伴随巨厚沉积载荷的卸载,深部地层发生弹性回弹与超压释放动力学效应<sup>[20]</sup>,促使凹陷流体势场重组为区域性低势能场。构造动力学模拟表明,东南缘超剥区因优先完成压力卸载,成为油气运移优势指向区;而西北洼陷带仅发育 300 m 级剥蚀量,其保存的残余压力系统持续构成油气运移动力源。

构造剥蚀差异定量分析揭示<sup>[21-22]</sup>,东南部剥蚀中心与构造抬升幅度存在显著正相关性,指示该区为晚构造期活跃抬升域。伴随剥蚀过程持续演化,烃源岩热演化终止导致东、西部供烃能力衰退,但东部低幅构造脊通过势能捕获机制有效聚集残余烃类,最终形成“东富西贫”的油气差异聚集模式。该成藏过程本质上是构造抬升-剥蚀响应-流体势场重构多重动力学耦合的结果。

## 2.2.3 油气成藏模式

构造回返期差异剥蚀作用导致潍北凹陷成藏要素空间分异显著<sup>[23]</sup>,据此建立分区差异成藏模式。

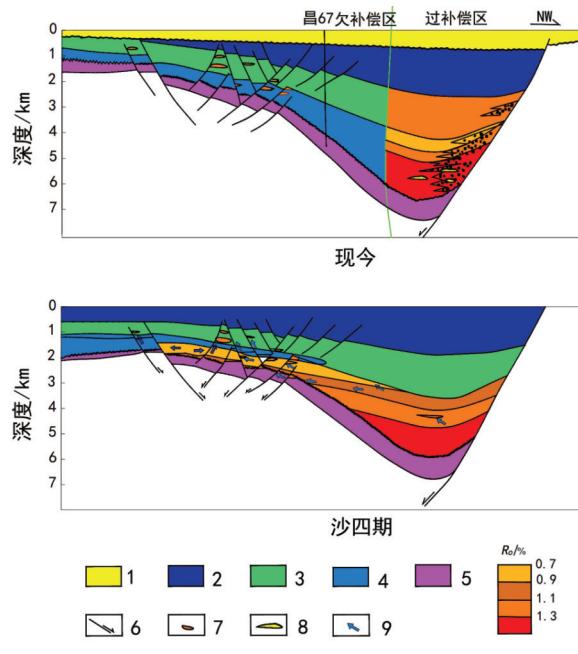
### (1) 东部“单期成藏-双向输导-侧向运移”成藏

模式。地球化学分析揭示凹陷发育双生烃灶,东南部生烃灶生烃阈值( $Ro = 0.5\%$ )对应埋深约 1 500 m,北部洼陷带生烃阈值则达 2 200 m 深度域。孔二段烃源岩生成烃类通过断裂-砂体复合输导体系,沿垂向输导网络运移至孔一段、孔二段储集层成藏,同时经不整合面侧向运移至孔三段聚集成藏(图 6)。

成藏动力学分异表现为:东南生烃灶低成熟烃类受近源捕获机制控制,呈原位聚集特征;北部洼陷带高-过成熟烃类具备长距离运移动力,可沿构造脊部向南部缓坡带运移并与近源油藏形成混合聚集样式(图 6)。数值模拟表明,虽存在局部二次生烃现象,但其生烃规模与东部构造单元空间耦合性不足,故东部区域主要定型于东营组构造活跃期单期成藏事件。

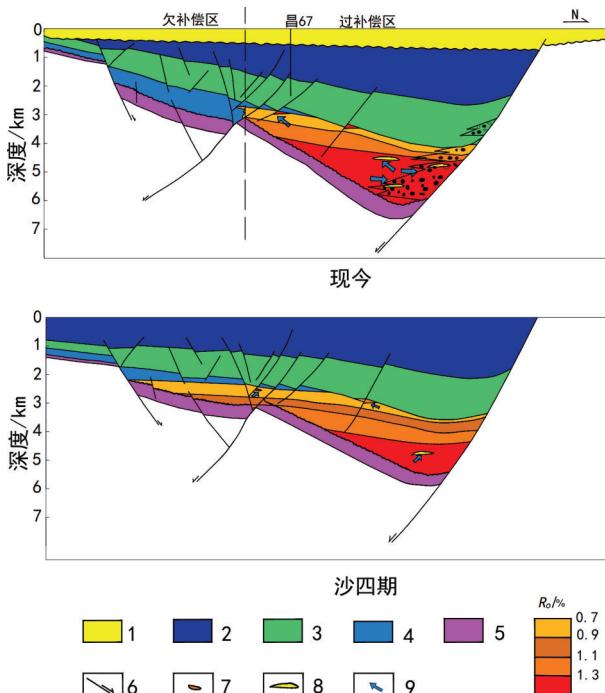
(2) 西部“两期成藏-近源聚集”成藏模式。构造-沉积耦合分析表明,北部洼陷带烃类运移受反向断裂构造封堵与岩相侧向尖灭复合效应制约,致使瓦城断阶带发育自源封闭式油气聚集模式。沙河街组构造反转期后,研究区进入热沉降演化阶段,当烃源岩埋深超越前构造期古地温场阈值时,有限生排烃效率导致烃类仅能在生烃灶周缘形成双幕式近源阶

梯聚集,该成藏机制在三维地震反演中得到验证(图 7)。



1—更新统+新近系;2—沙河街组四段;3—孔店组上段;4—孔店组中段;5—孔店组下段;6—断层;7—油藏;8—气藏;9—运移方向。

图 6 东部“单期成藏-双向输导-侧向运移”成藏模式图



1—更新统+新近系;2—沙河街组四段;3—孔店组上段;4—孔店组中段;5—孔店组下段;6—断层;7—油藏;8—气藏;9—运移方向。

图 7 西部“两期成藏-近源聚集”成藏模式图

构造动力学综合分析揭示,潍北凹陷新生代演化受沂沐断裂带多期活动控制,其构造演化序列可划分为 4 个构造幕:①白垩纪—孔店组三段沉积期左旋走滑裂陷阶段;②孔二段沉积期构造应力场转换阶段;③孔一段—东营组沉积期右旋走滑拉张—挤压复合体制阶段;④新近纪区域热拗陷阶段。其中,鄌郚—葛沟断裂于孔三段沉积期左旋走滑—拉张耦合作用,奠定凹陷“北断南超”型断陷盆地基底格架;构造转换期(孔二段)沉积充填对应盆地有效烃源岩层系主要发育期;右旋走滑阶段(孔一段)对应盆地储—盖组合系统主要建设期,并呈现构造迁移效应驱动沉降中心自西向东系统性迁移特征。

成藏系统解析表明,灶户断鼻构造带作为油气运移优势路径,控制烃类区域富集趋势。沙四末期构造抬升事件通过差异剥蚀—流体势场重构动力学耦合机制,最终定型“东富西贫”型油气差异分布格局(图 7)。该成藏模式本质上是断裂活动期次—沉积充填响应—构造反转效应多要素时空耦合的产物。

### 3 前沿展望

未来研究需围绕沂沐断裂带北段构造演化与油气运聚关系的核心科学问题,从动力学机制重建、动态耦合建模、技术创新及区域规律 4 个方面展开系统性攻关:

#### 3.1 多期构造叠加的动力学重建

针对沂沐断裂带左旋—右旋转换的时空边界模糊问题,需综合高精度年代学(如锆石 U—Pb、裂变径迹热年代学)与三维古应力场数值模拟,定量约束各期构造事件的时间序列及应力场演化路径。结合深部地球物理探测(如深反射地震、大地电磁测深),揭示郯庐断裂带深部滑脱面形态、莫霍面起伏与北段构造活动的耦合关系,明确太平洋板块俯冲后撤、印度—欧亚碰撞远程效应等深部动力源的贡献权重。此外,需通过构造物理模拟实验,还原多期应力叠加下断裂带的分段破裂机制,阐明基底先存断裂对后期构造分异的控制程度。

#### 3.2 构造—沉积—成藏动态耦合建模

建立“构造活动期次—沉积响应—成藏过程”三位一体的动态模型,重点突破构造事件与油气生成—运移—聚集的时空匹配难题。利用盆地模拟技术,结合烃源岩生排烃史、流体包裹体定年及断层活动性分

析,量化断陷期、走滑期及调整期对油气成藏的差异性控制。

### 3.3 勘探技术瓶颈突破与风险预测

针对北段复杂构造区小断层识别难、裂缝预测精度低等问题,需发展高密度三维地震各向异性处理技术,结合井中微震监测与岩石声发射实验,实现毫米级裂缝网络的三维表征。研发原位应力-渗流耦合检测装置,定量评价走滑伴生裂缝对储层渗透率非均质性的改造效应。同时,需构建盖层完整性动态评价体系,通过岩石力学实验与断层活化数值模拟,预测晚期构造活动对油气藏的破坏风险,为勘探目标优选提供依据。

### 3.4 区域对比与普适性规律提炼

通过对比沂沐断裂带北段与南段(如沉积响应差异、走滑分量占比)、郯庐断裂带中段(如构造叠加样式)及苏北-南黄海盆地等邻区的构造-成藏特征,提炼克拉通破坏边缘带油气富集的共性规律。重点解析“构造期次-应力转换频率-基底属性”三元组合对油气分布的控制作用,建立适用于中国东部新生代盆地的“多期走滑-伸展复合型”成藏模式。最终形成“构造演化阶段-成藏要素组合-勘探风险评估”三位一体的综合评价指标体系,为类似复杂构造区油气勘探提供理论框架与技术范式。

## 4 结论与讨论

通过系统解析沂沐断裂带构造动力学及其对潍北凹陷沉积-成藏系统的控制效应,得出如下创新性认识:

(1)沂沐断裂带经历了复杂的构造演化过程,形成了潍北凹陷北断南超的构造格局,控制了凹陷内沉积体系的发育和油气的运聚。

(2)凹陷构造演化序列可解构为四大动力学阶段:①左旋走滑裂陷阶段(白垩纪-孔三期);②构造体制转换阶段(孔二期);③右旋走滑拉分-挤压阶段(孔一期-东营期);④区域热坳陷阶段(新近纪)。各阶段构造应力场差异驱动沉积充填样式与成藏要素组合呈现阶梯式演化特征。

(3)灶户断鼻带是油气运移和聚集的主要指向区,沙河街组四段末期的构造抬升运动导致了“东富西贫”的油气分布格局。

(4)东部地区以“单期成藏-双向疏导-侧向运

移”为主,西部地区则以“两期成藏-近源聚集”为特征。

未来研究应进一步探讨沂沐断裂带深部结构及其对油气成藏的深层次控制机制,结合地球物理勘探和数值模拟技术,揭示断裂带活动与油气运聚的动态关系,为油气勘探提供更为精确的理论依据。

## 参考文献:

- 1 姜春发. 中央造山带几个重要地质问题及其研究进展(代序) [J]. 地质通报, 2002(增刊 2): 453-455.
- 2 李洪奎, 于学峰. 山东省大地构造相研究 [M]. 北京: 地质出版社, 2012: 9-19.
- 3 李洪奎, 陈国栋, 梁太涛, 等. 沂沐断裂带构造活动与胶东金矿形成关系之探讨 [J]. 山东国土资源, 2017, 33(11): 6-14.
- 4 刘华, 李振升, 蒋有录, 等. 渤海湾盆地潍北凹陷油气分布不均一性及主控因素 [J]. 新疆石油地质, 2016, 37(3): 262-269.
- 5 李洪奎, 桂传源, 耿科, 等. 郯-庐断裂带陆内伸展构造: 以沂沐断裂带的表现特征为例 [J]. 地学前缘, 2017, 24(2): 73-84.
- 6 潘守旭, 查明, 梁书义, 等. 潍北凹陷断裂系统特征及其控藏机制 [J]. 石油化工高等学校学报, 2017, 30(1): 67-74.
- 7 刘华, 李振升, 蒋有录, 等. 潍北凹陷孔店组烃源岩生烃史与油气成藏期分析 [J]. 天然气地球科学, 2014, 25(10): 1537-1546.
- 8 宋璠, 苏妮娜, 侯加根, 等. 渤海湾盆地板桥凹陷内部新生代断裂活动性与油气成藏 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2015, 46(5): 1723-1731.
- 9 徐长贵. 渤海海域大型伸展-走滑复合断裂特征与控藏作用 [J]. 中国海上油气, 2022, 34(6): 1-13.
- 10 严俊君, 马前贵. 渤海海域的郯庐扭断裂及含油气盆地的发育 [J]. 地球科学, 1992(1): 31-38.
- 11 詹润, 朱光. 渤海海域郯庐断裂带新生代活动方式与演化规律: 以青东凹陷为例 [J]. 地质科学, 2012, 47(4): 1130-1150.
- 12 孙耀庭, 徐守余, 张世奇, 等. 昌潍坳陷潍北凹陷孔二段优质烃源岩成因与分布 [J]. 地质论评, 2015, 61(3): 587-598.
- 13 朱光, 王薇, 顾承串, 等. 郯庐断裂带晚中生代演化历史及其对华北克拉通破坏过程的指示 [J]. 岩石学报, 2016, 32(4): 935-949.
- 14 邓荣敬, 徐备, 漆家福, 等. 营口-潍坊断裂带新生代盆地构造沉降对相邻板块运动的响应 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2008(3): 439-446.
- 15 孙耀庭, 李茂榕, 宋来亮, 等. 潍北凹陷孔二段沉积特征 [J]. 沉积与特提斯地质, 2014, 34(3): 20-30.
- 16 陈世悦, 王玲, 周清波, 等. 山东潍北凹陷古近系孔店组一段特征及沉积演化 [J]. 古地理学报, 2012, 14(5): 553-564.
- 17 王文林, 杨永红. 潍北凹陷孔店组沉积相特征研究 [J]. 特种油气藏, 2003(2): 23-26.
- 18 郭新安, 吴智平, 李伟, 等. 青东地区新生代断层发育特征及其对沉积的控制作用 [J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(4): 13-.

16.

- [19] 孙耀庭,李玉兰,徐昊清,等.淮北凹陷构造演化对沉积成藏的控制作用[J].西南石油大学学报(自然科学版),2016,38(1):21-29.
- [20] 范秋海,吕修祥,李伯华.走滑构造与油气成藏[J].西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(6):76-80.
- [21] 姜林,柳少波,洪峰,等.致密砂岩气藏含气饱和度影响因素分

析[J].西南石油大学学报(自然科学版),2011,33(6):121-125.

- [22] 孙耀庭.渤海湾盆地淮北凹陷致密气成藏过程分析[J].石油实验地质,2014,36(3):325-331.
- [23] 曾溅辉,蔡进功,宫秀梅.淮北凹陷致密气藏的成藏条件研究[J].天然气地球科学,2004(6):622-627.

## Structural Evolution Characteristics of the Northern Section of Yishu Fault Zone and Its Relationship with Oil and Gas Migration and Accumulation

LI Haibo<sup>1</sup>, YANG Jianchao<sup>1</sup>, LOU Shuwen<sup>1</sup>, SONG Wenjing<sup>1</sup>, WU Bin<sup>2</sup>, LIU Yonggang<sup>1</sup>, LI Junzhi<sup>1</sup>, WANG Guanchen<sup>1</sup>, LI Kai<sup>1</sup>, YANG Lei<sup>1</sup>, ZHAN Pengcheng<sup>1</sup>

(1. No. 4 Exploration Brigade of Shandong Coalfield Geology Bureau, Shandong Weifang 261206, China;  
2. No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

**Abstract:** Yishu fault zone and Weibei depression controlled by Yishu fault zone are important research objects for revealing tectonic evolution and hydrocarbon accumulation mechanism. It is of crucial significance for deepening geological theories and guiding hydrocarbon exploration. Through integrating 3D seismic interpretation, reconstruction of structural equilibrium profiles, and geochemical analysis of source rocks, multi-stage activity characteristics of Yishu fault zone and the controlling role of Weibei depression on oil and gas have been revealed systematically. It is showed that the structural evolution process of Yishu fault zone is extremely complex. The evolution of Weibei depression has experienced four stages, they are sinistral strike slip, left-right rotation conversion, dextral strike slip, and regional depression. A unique structural pattern of northern fault depression and southern overlap ("northern fault southern overlap") have been formed. The tectonic activity dominates the sedimentary filling and oil and gas accumulation in the depression. The late stage uplift event of the fourth section of Shahejie formation led to the differentiation of the maturity of source rocks from east to west. A unidirectional fault transport system developed in the eastern Zaohu Duanbi belt. Lateral migration of hydrocarbons and the formation of a "single-stage accumulation enrichment" model has formed. The western region is affected by the superposition of multiple faults, exhibiting the characteristics of "two periods of accumulation near the source", and ultimately forming a distribution pattern of oil and gas resources with "rich in the east and poor in the west". It is identified that Zaohu Duanbi belt is an efficient exploration target area. It will not only provide theoretical support for oil and gas exploration, but also provide important scientific basis for improving the success rate of oil and gas exploration and regional resource development.

**Key words:** Yishu fault zone; Weibei depression; tectonic evolution; hydrocarbon accumulation; hydrocarbon distribution pattern