

东海陆架盆地西湖凹陷花港组河流扇源汇系统研究

劳 响, 夏世强, 张敏杰, 朱晓宇

华北理工大学矿业工程学院, 河北 唐山

收稿日期: 2025年3月12日; 录用日期: 2025年4月18日; 发布日期: 2025年4月28日

摘 要

东海陆架盆地西湖凹陷花港组是重要油气储层, 其物源 - 沉积系统的演化规律对隐蔽油气勘探具有指导意义。研究通过地震资料、测井数据与沉积分析, 解析构造与沉积的耦合机制: 1) 构造活动控制物源方向, 早期东北向断裂主导近源浊积扇发育, 后期西北向次级断裂促进远源网状河道砂体形成; 2) 主断裂带浊积扇前端形成优质储层(孔隙度8%~25%), 次级断裂溶蚀作用提升储集性能; 3) 主断裂带浊积扇前端形成优质储层(孔隙度8%~25%), 次级断裂溶蚀作用提升储集性能; 4) 油气沿断裂垂向运移, 构造 - 岩性复合圈闭为勘探重点。最终构建“构造控源 - 地貌控渠 - 气候控相 - 断裂控聚”四元耦合模型, 为类似盆地勘探提供理论依据。

关键词

西湖凹陷, 花港组, 河流扇, 地层层序格架, 源汇系统

Study on the River Fan Source and Sink System of the Huagang Formation in the West Lake Sag of the East China Sea Shelf Basin

Xiang Lao, Shiqiang Xia, Minjie Zhang, Xiaoyu Zhu

School of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei

Received: Mar. 12th, 2025; accepted: Apr. 18th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

文章引用: 劳响, 夏世强, 张敏杰, 朱晓宇. 东海陆架盆地西湖凹陷花港组河流扇源汇系统研究[J]. 地球科学前沿, 2025, 15(4): 563-576. DOI: 10.12677/ag.2025.154056

Abstract

The Huagang Formation in the West Lake Sag of the East China Sea Shelf Basin is an important oil and gas reservoir, and the evolution of its provenance-sedimentary system is of guiding significance for concealed oil and gas exploration. Through seismic data, logging data and sedimentary analysis, this study reveals the coupling mechanism between tectonic and sedimentary: 1) tectonic activity controls the direction of the source, with the northeast-trending faults dominating the development of near-source turbidity fans in the early stage, and the northwest-trending secondary faults promoting the formation of distal reticulated channel sand bodies in the later period; 2) Climate affects sediment types by adjusting erosion intensity, and the transport capacity of sand bodies in wet period is enhanced, and the proportion of argillaceous sediments in dry period increases. 3) Oil and gas migrate vertically along the fault, and the tectonic-lithologic composite trap is the focus of exploration. Finally, a quaternary coupling model of “tectonic source control, geomorphological channel control climate control, fault control” was constructed to provide a theoretical basis for the exploration of similar basins.

Keywords

West Lake Depression, Flower Port Group, River Fan, Stratigraphic Sequence Lattice, Source-Sink System

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

东海陆架盆地位于中国东部沿海大陆架上，是东亚大陆向海洋延伸的重要沉积盆地。近年来，因其在古近系油气勘探中取得突破性进展而备受关注，揭示了河流-三角洲沉积体系主导的储层发育特征。然而，随着勘探目标不断深入，传统沉积模式对储层非均质性和油气运移路径的预测能力面临挑战，早期研究已经证实河流扇沉积复杂，但对其源汇系统细致研究不足，源-汇系统的时空演化直接控制着砂体展布与储层质量，但由于西湖凹陷相关研究仍存在显著空白，导致阻碍了后续油气勘探的进行。本文以西湖凹陷花港组为例，基于测井、地震响应等地质和地球物理资料，系统分析河流扇源-汇系统的沉积和发育控制因素及沉积展布特征，旨在揭示花港组中优质储层的空间分布规律，为东海陆架盆地的油气勘探提供理论依据。

2. 区域地质背景

2.1. 构造演化

西湖凹陷位于东海陆架盆地东北部，呈 NNE 向展布，长约 500 km，宽约 130 km，面积约 5.9 km²，是东海陆架盆地中规模最大的新生代含油气凹陷。自北而南依次与虎皮礁隆起、长江坳陷、海礁隆起、钱塘凹陷及渔山东隆起 5 个构造单元相接，东邻钓鱼岛褶皱带，南、北分别与钓北凹陷、福江凹陷相邻。由于太平洋板块俯冲后撤、走滑断层活动西湖凹陷构造上具有“东西分带、南北分块”的特点[1] (见图 1)。

西湖凹陷的构造演化[2]可分为裂陷期(古新世-始新世)、拗陷期(渐新世-中新世)和区域沉降期(上新世-第四纪)三个阶段。

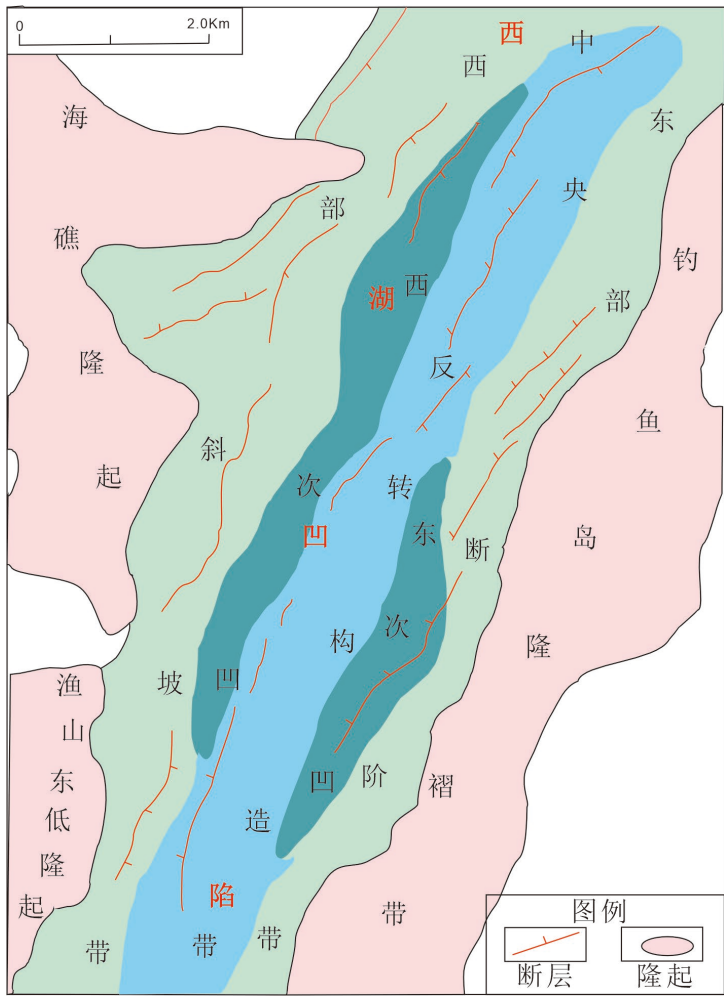


Figure 1. Schematic diagram of the tectonic zoning of the West Lake Sag [3]
图 1. 西湖凹陷构造区划示意图[3]

(1) 裂陷期(65~23 Ma, 古新世 - 始新世)

由于受到太平洋板块俯冲后撤引发的弧后伸展作用控制, 东海陆架盆地进入裂陷阶段, 西湖凹陷表现为断陷湖盆特征, 表现为发育一系列北东向正断层, 形成半地堑 - 地堑结构, 控制凹陷边界及内部次级洼陷分布, 断裂活动强烈, 断距大, 导致基底差异沉降, 形成多个孤立湖盆。此时的裂陷在早期以冲击扇 - 辫状河沉积为主, 裂陷晚期发育为湖相泥岩与三角洲砂岩, 是烃源岩重要发育的时期。

(2) 拗陷期(23~5 Ma, 渐新世 - 中新世)

这个时期区块的区域伸展能力减弱, 盆地开始进入热沉降阶段, 西湖凹陷整体表现为区域性拗陷。此时期断裂活动减弱, 早期正断层逐渐停止活动, 凹陷整体沉降, 沉积范围扩大, 受差异压实和局部构造反转影响, 发育褶皱和低幅度背斜。此时花港组以河流 - 三角洲沉积为主, 龙井组发育浅海陆架砂泥岩, 储层横向连续性好, 但非均质性增强。

(3) 区域沉降期(5 Ma 至今, 上新世 - 第四纪)

受到邻近区块扩张影响, 东海陆架盆地整体沉降, 西湖凹陷进入被动沉降阶段, 此时断裂活动基本停止, 局部发育走滑断层, 形成的沉积盖层厚度大, 因而地层产状平缓。此时以浅海 - 半深海泥岩夹薄层砂岩为主, 形成区域性盖层, 对早期油气藏起封堵作用, 为后续油气的形成创造条件。

由此可明确西湖凹陷的构造演化具有“早期断陷控源、中期拗陷控储、晚期沉降控盖”的典型特征，其阶段性演化规律对指导油气勘探具有重要意义。

2.2. 地层特征

花港组属于渐新世，是西湖凹陷拗陷期的典型沉积单元。其上覆地层为中新统龙井组，呈现浅海陆架沉积；下伏地层始新统平湖组，呈现湖相－三角洲沉积。花港组整体表现为砂泥岩互层的旋回性沉积[4]，可分为下段(花下段)和上段(花上段)：

(1) 花下段(渐新世早期)

岩性以灰白色中－粗粒砂岩为主，夹薄层灰色泥岩、粉砂岩，发育大型槽状交错层理、平行层理，常见泥砾和炭屑，说明河流作用强。单砂体厚度大(5~15m)，垂向上呈“砂岩－泥岩”正韵律。

(2) 花上段(渐新世晚期)

岩性以灰绿色细砂岩、粉砂岩与深灰色泥岩互层为主，局部含薄煤层，发育小型波状层理、透镜状层理，泥岩中常见植物根系化石，反映低能泛滥平原环境。同时砂泥比降低，单砂体厚度减小(2~8 m)，垂向叠置为退积序列。

2.3. 沉积微相的研究

花港组整体为河流－三角洲沉积体系[5]，受拗陷期区域沉降及海平面波动影响，可细分为以下沉积亚相(见表 1)。

Table 1. Sedimentary facies division in the West Lake Sag

表 1. 西湖凹陷沉积相划分

相	亚相	微相	主要分布位置
	三角洲平原	陆上天然堤、分流河道、分流河道间	平北、平湖
辫状河三角洲	三角洲前缘	河口坝、水下分流河道、水下分流河道间	平北、平湖、西次凹、中央分转构造带中南部
	前三角洲	前三角洲泥、席状砂	西次凹、中央反转构造带南部黄岩地区、春晓天外天、玉泉

(1) 三角洲平原

特征为以厚层块状砂岩为主，砾石定向排列，发育有河道迁移痕迹，主要分布在凹陷西部斜坡带，靠近闽浙隆起物源区。其中分支河道微相，沿古构造坡降方向延伸，砂体呈带状或网状分布，垂向上多期叠加形成厚层砂岩(单层厚度可达 10~30 m)，横向连续性较好。

(2) 三角洲前缘

特征为细砂岩、粉砂岩与泥岩薄互层，主要分布在凹陷东部过渡带，靠近钓鱼岛隆褶带，受潮汐作用影响。其微相河口坝，砂体呈朵叶状或席状，前积层理发育，向湖盆方向粒度变细，与泥岩互层。其中微相决口扇的岩性为细砂岩－粉砂岩互层，沉积构造表现为爬升波痕纹层，在测井曲线上呈现漏斗型。

(3) 前三角洲

特征为薄层砂岩与泥岩频繁互层，含炭质泥岩和植物化石，局部发育决口扇，分布在凹陷中部洼陷带，受区域沉降控制，沉积速率较低。

岩心观察(见图 2)构成厚层叠置河道带的河道由数个小型、略呈向上变细的单河道构成。河道以砂质载荷为主，沉积物粒度变化不大，局部河道砂岩底部略粗，见泥砾，主体砂岩粒度较细，以细砂岩、粉细砂岩为主，分选好。细砂岩多以块状层理为主，局部见水浅流急形成的平行层理和低角度板状交错层或斜层理。

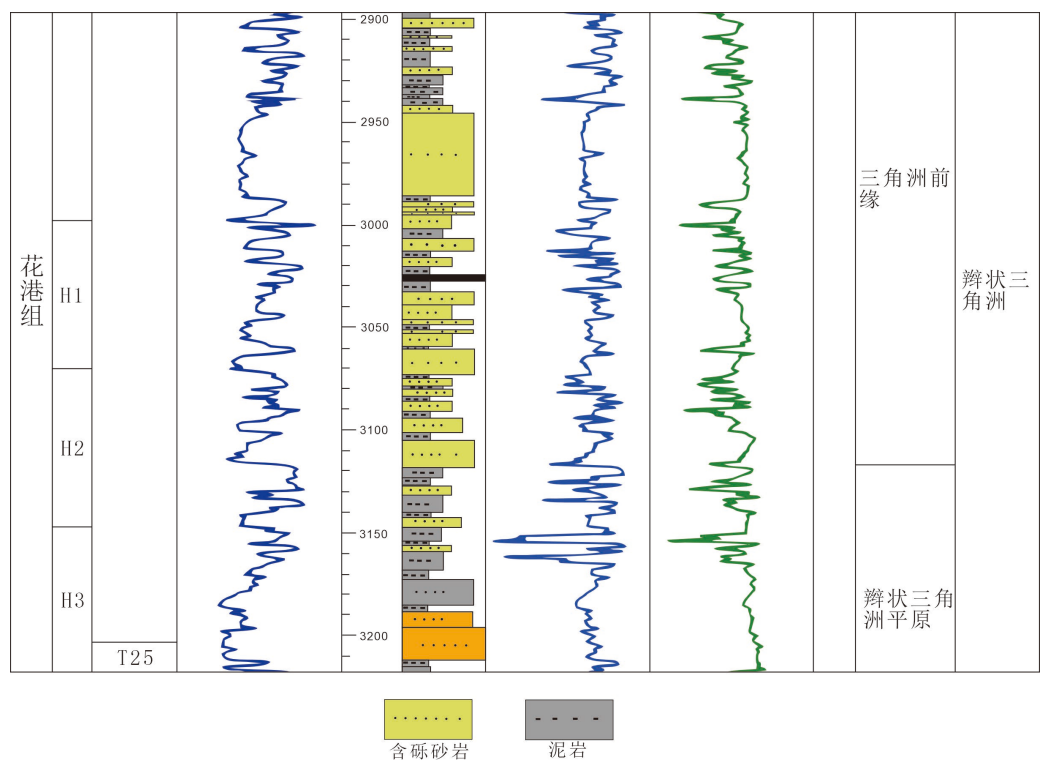


Figure 2. Logging curves
图 2. 测井曲线

从测井曲线上可以观察到砂体厚度一般为 5 到 40 m 之间，在花港组上部砂体分散程度在各个深度均有分布，可知沙泥比例大于 60%，地层见的流通性较好。同时断裂带附近 2950 m 处砂体厚度显著增加，达到 45 m，使得沉积物能够通过砂体向四周运移。

西湖凹陷是一个拗陷型陆相沉积盆地，主要发育河流相、三角洲相、扇三角洲相和湖泊沉积相四大沉积体系。西部区域以河流相为主，岩性为含砾中砂岩、细砂岩与泥岩互层，地震剖面显示充填或强振幅断续特征；西部边缘发育进积型三角洲，地震可见前积结构。滨湖沉积分布于西部边缘，呈现粉砂岩与泥岩互层；浅湖沉积则集中于凹陷中心。东部边缘局部发育小规模扇三角洲沉积。整体呈现西侧河流 - 三角洲体系活跃、中心湖泊沉积、东部边缘少量扇三角洲的空间分布格局。

花港组地层厚度 200~800 米，呈现“西厚东薄”趋势，西部保俶斜坡带近物源沉积速率高，最厚可达 1000 米[6]。

花港组地层具有辫状河 - 曲流河过渡沉积的特点，其砂体非均质性强但横向连续性较好，是西湖凹陷重要的油气储层。

3. 研究方法

3.1. 建立花港地层层序格架

建立层序地层格架[1]是沉积盆地分析和油气勘探的核心手段之一，其作用贯穿于地层划分、沉积演化重建、储层预测及成藏规律研究等多个环节。为了更好地对花港组地层层序格架进行划分，通过地震勘探和测井对花港组进行研究。

从地震剖面图(见图 3)研究发现，花港组二级层序内可识别出 3 个三级层序，除花港上、下之外，在花上段新识别出界面 T21-1。HSQ1 底界面 T30 为区域不整合面，界面之下可见地层削截；HSQ2 底界面

T21 之上可见地层上超，在斜坡下倾部位多表现为平行不整合；HSQ3 底界面 T21-1 为河道下切冲刷面，斜坡上倾部位可见对下覆层的削截；HSQ3 顶界面 T20 为区域不整合面，斜坡上倾部位见对下覆地层的削截；

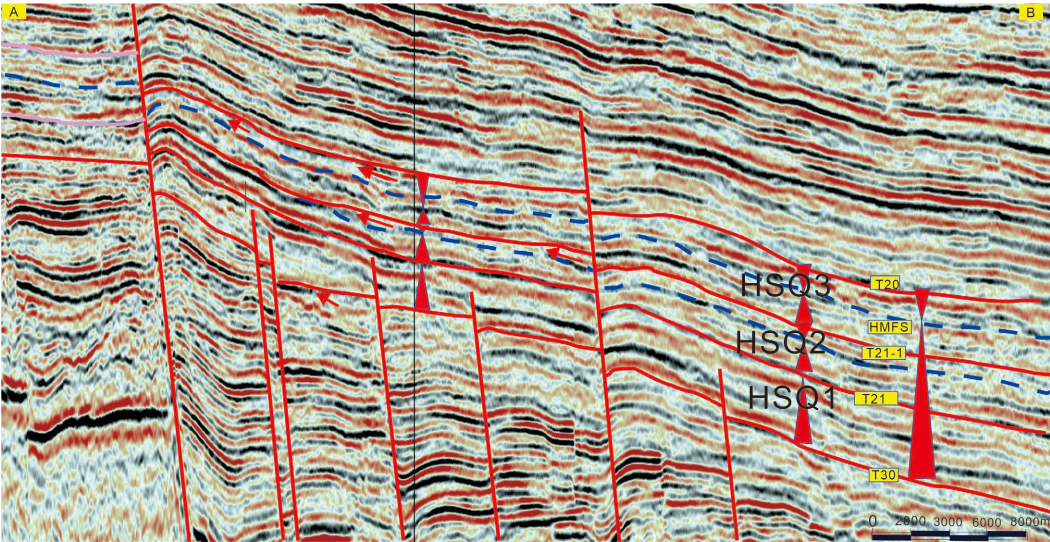


Figure 3. Seismic profile of the Huagang Formation
图 3. 花港组地震剖面图

因而分析出 HSQ1 底界面(T30)曾存在强烈构造抬升或海平面快速下降，导致前期地层遭受剥蚀[7]；HSQ2 底界面(T21)区域性沉降或海平面上升，沉积范围向陆扩展，形成退覆式沉积，其平行不整合反映短暂沉积间断，可能与低幅构造活动或基准面波动有关；HSQ3 底界面(T21-1)反映出基准面下降期河流下切作用，可能受气候干旱或构造抬升驱动，其上倾部位削截说明物源区抬升增强，下切谷充填砂体可能为优质储层；HSQ3 顶界面(T20)标构造活动强化期可能存在走滑断层活动，导致地层暴露剥蚀，有利于为油气调整成藏提供运移通道(见表 2)。

Table 2. Characteristics of different sequences
表 2. 不同层序特点

层序	界面性质	构造背景	沉积响应	勘探意义
HSQ1	T30 (区域不整合)	构造反转期	下切谷砂体	岩性圈闭靶区
HSQ2	T21 (上超)	稳定沉降期	浊积扇、海侵泥岩	盖层封堵有效性评价
HSQ3	T21-1 (下切冲刷)	基准面波动期	河道砂体、泛滥平原	构 - 岩性复合圈闭优选
顶界面	T20 (区域不整合)	挤压抬升期	剥蚀暴露、运移通道	油气调整成藏区带

通过以上分析，可明确西湖凹陷花港组三级层序的时空演化受“构造活动主导、气候波动调节”的联合控制，层序界面与沉积体系的耦合关系为隐蔽油气藏勘探提供了关键地质依据。

3.2. 源汇系统的研究

3.2.1. 源区分析

物源是源汇系统[8]研究的关键因素，不同的物源分析结果将会使得盆地还原的沉积面貌不同，从而影响对石油地质的认识。通过分析以往的资料发现在西湖凹陷西缘为海礁隆起和渔山隆起，东缘为钓鱼

岛隆褶带, 均缺失平湖组、花港组, 说明两组沉积时海礁隆起、渔山隆起和钓鱼岛隆褶带为古地貌高部位的剥蚀区, 即物源区[9]。另外花港组不含中性、基性岩浆岩母岩, 可能是由于其距离西缘海礁、渔山隆起物源较远, 物源在搬运的过程中由于稳定性弱, 就导致其中的母岩在搬运过程中消耗殆尽。

3.2.2. 渠 - 汇的断裂与砂体分散体系

(1) 同沉积断裂识别与分布

断裂与砂体分散体系的相互作用是沉积盆地分析和油气勘探中的关键, 其研究意义贯穿于沉积过程控制、储层预测、油气运移等多个环节。

通过观察四个时期的同沉积断裂分布图, 可以看出在 SQ1 时期(见图 4)的断裂走向: 以 NE-SW 向为主, 局部 NW-SE 向次级断裂, 断裂带较为稀疏; 在 SQ2 时期上升期(见图 5), 裂缝生成加剧 NE-SW 向上的裂缝数量增多, 形成类似网状结构, 此时断裂活动触发沉积物快速堆积, 形成半地堑结构; 在 SQ2 下降期(见图 6), 处于构造松弛期, 此时由于断裂活动减弱会使得沉积速率降低, 使得泥岩占比上升; 在 SQ3 时期(见图 7), 处于沉积稳定期, NE 和 NW 方向断裂交织形成网络, 反映出不同时期的构造叠加, 东部和西部呈现东西断裂分带性, 东部断裂 NW 方向较为密集, 西部以 NE 断裂为主并持续伸展, 就会呈现“多洼多隆”格局。从而得出断裂活动强度具有阶段性和分区性, 不同地区沉积断裂的方向不同, 早期断裂活动较为强烈, 晚期就会逐渐减弱, 通过上面的分析可明确断裂活动是西湖凹陷沉积充填与油气成藏的核心控制因素。

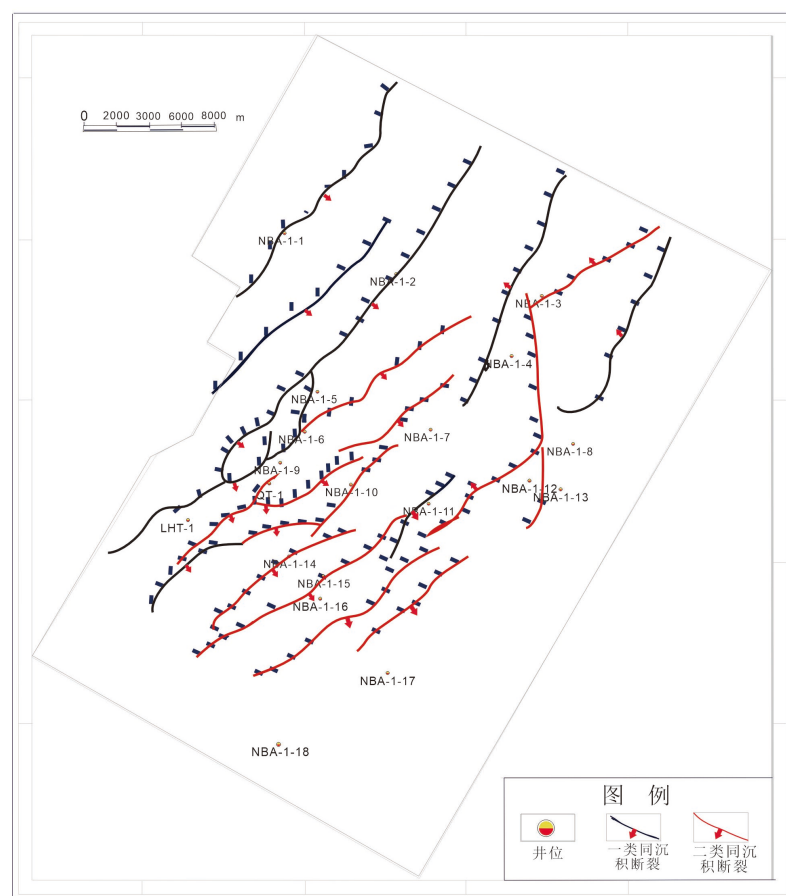


Figure 4. Distribution map of synsedimentary faults during the SQ1 period
图 4. SQ1 时期同沉积断裂分布图

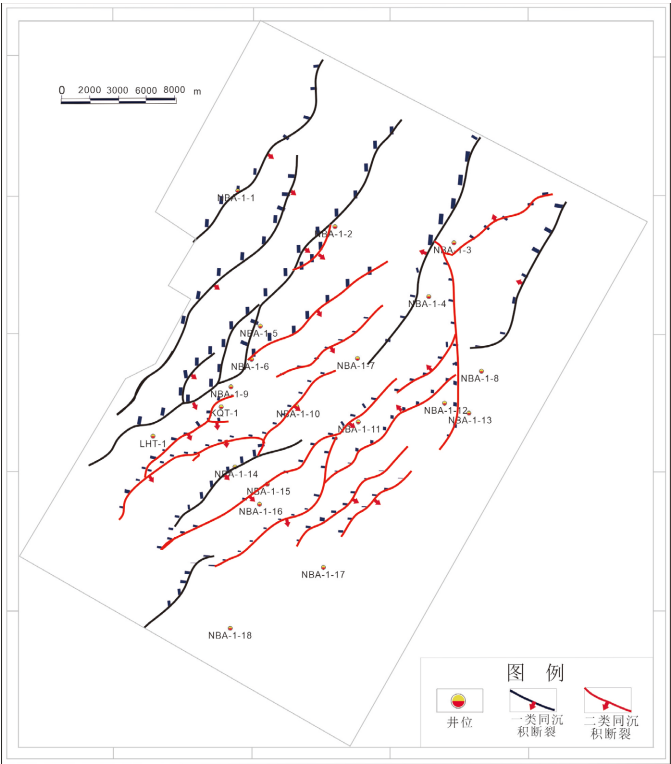


Figure 5. Distribution of synsedimentary faults during the SQ2 uplift
图 5. SQ2 上升期同沉积断裂分布图

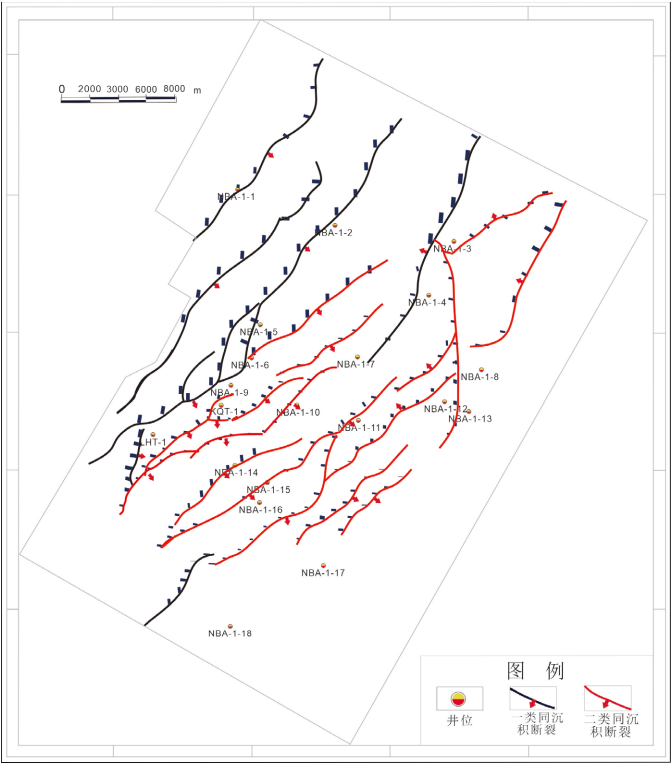


Figure 6. Distribution of synsedimentary faults during the decline of SQ2
图 6. SQ2 下降期同沉积断裂分布图

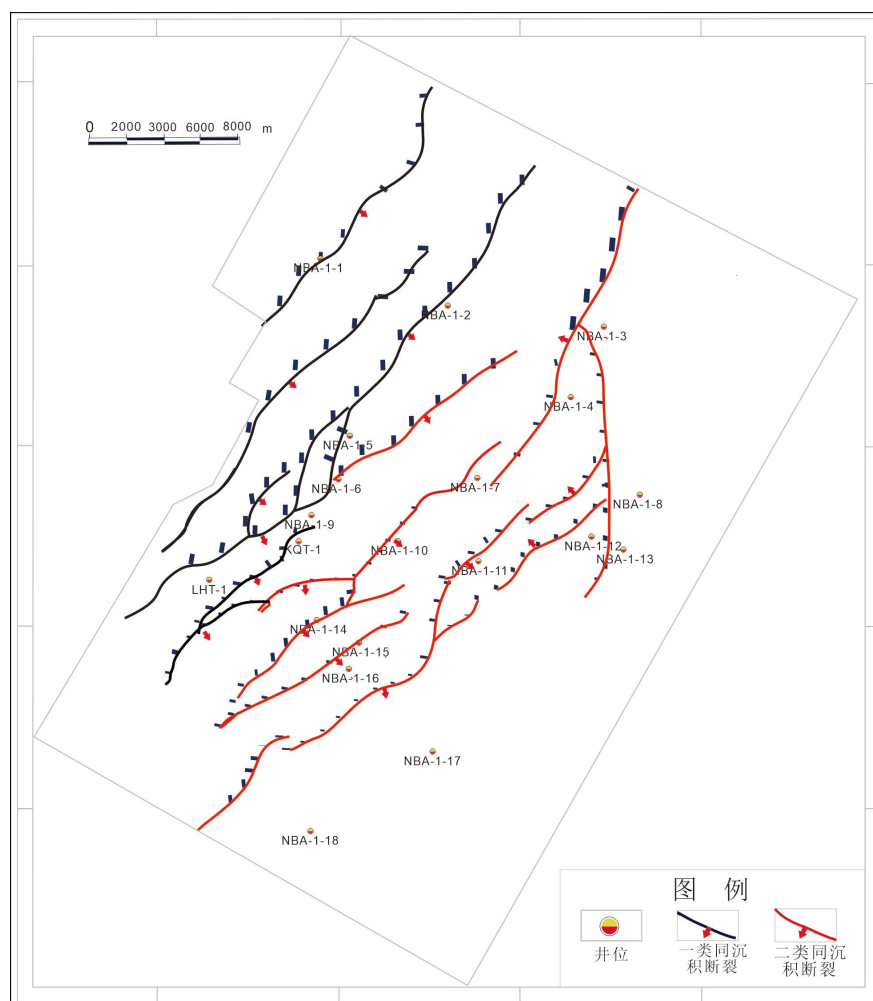


Figure 7. Distribution map of synsedimentary faults during the SQ3 period

图 7. SQ3 时期同沉积断裂分布图

(2) 断裂组合样式的识别

随后进行断裂组合样式的识别(见图 8~11), 识别处出花港组同沉积断裂 3 种组合样式: 以同向平行型为主, 分布在主体和东北部斜坡上部; 同向叠覆型较少, 且规模较小, 发育在中部; 背向叠覆型在东南部断裂倾向相反的局部地区。

(3) 同向平行断坡型组合与砂体分散体系

同向平行型的控砂机制为在断坡的上倾方向上表现为河流扇[10]受断坡阻挡, 砂体沿断裂走向侧向迁移[11], 形成分散的辫状河道砂体条带, 在其下倾方向断裂活动形成局部洼陷, 砂体垂向加积, 发育厚层叠置砂体。同时具有分带性特征, 在断裂密集带中的断裂活动会导致河道频繁改道, 使得砂体呈现透镜体状, 横向联通性较差; 在断裂稀疏带, 砂体连续性好, 会形成宽缓的席状砂体。

A-A'剖面(见图 12)显示来自斜坡上倾方向的三角洲沉积物顺断坡方向经断裂活动较弱部位向斜坡下方推进, 在断阶的下降盘处堆积;

B-B'剖面(见图 13)显示来自斜坡上倾方向的三角洲沉积物顺断坡方向经断裂活动较弱部位向斜坡下方推进的同时, 部分沉积物在下降盘断裂活动较强的低洼处堆积, 揭示出不同断坡段的沉积响应差异, 说明断裂组合样式对砂体分散模式具有空间控制作用。

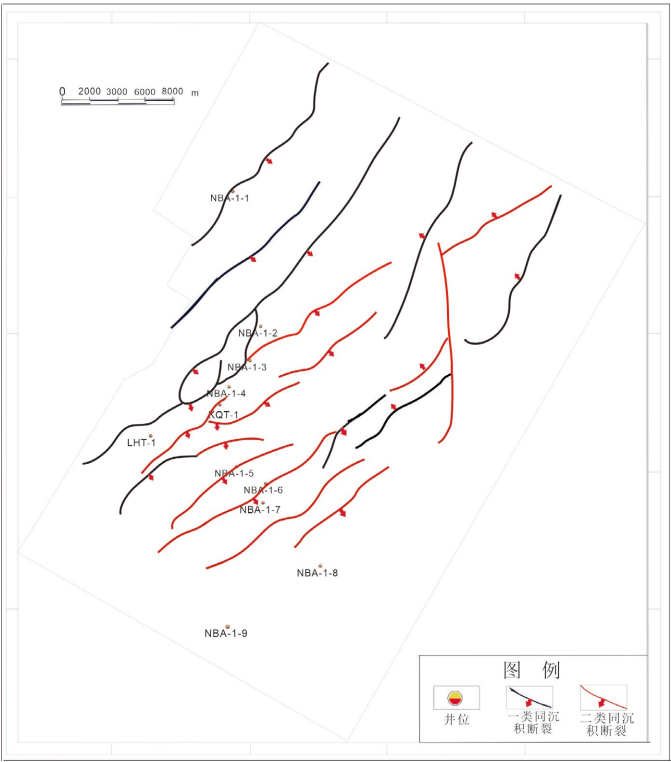


Figure 8. Distribution of fault assemblage types during SQ1 sedimentary period
图 8. SQ1 沉积时期断裂组合类型分布

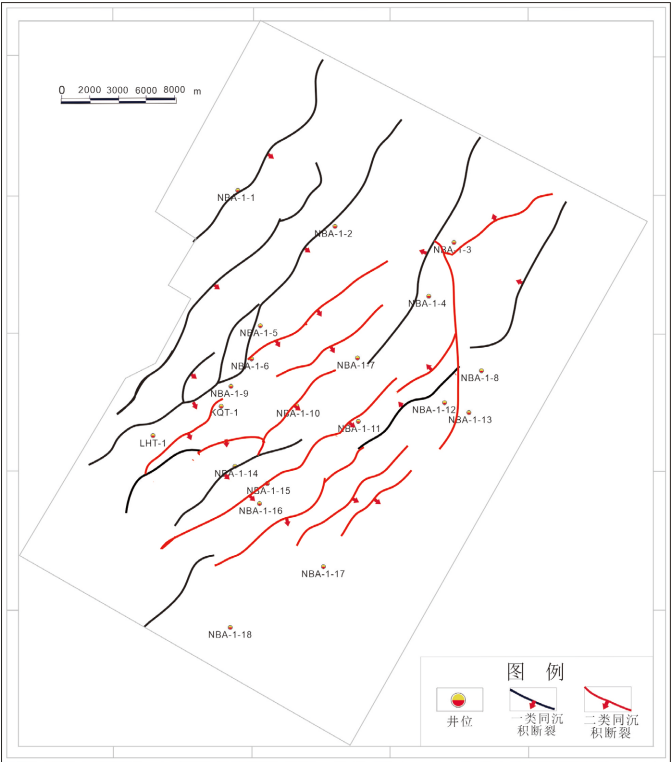


Figure 9. Distribution of fault assemblage types during the ascending period of SQ2
图 9. SQ2 上升期断裂组合类型分布

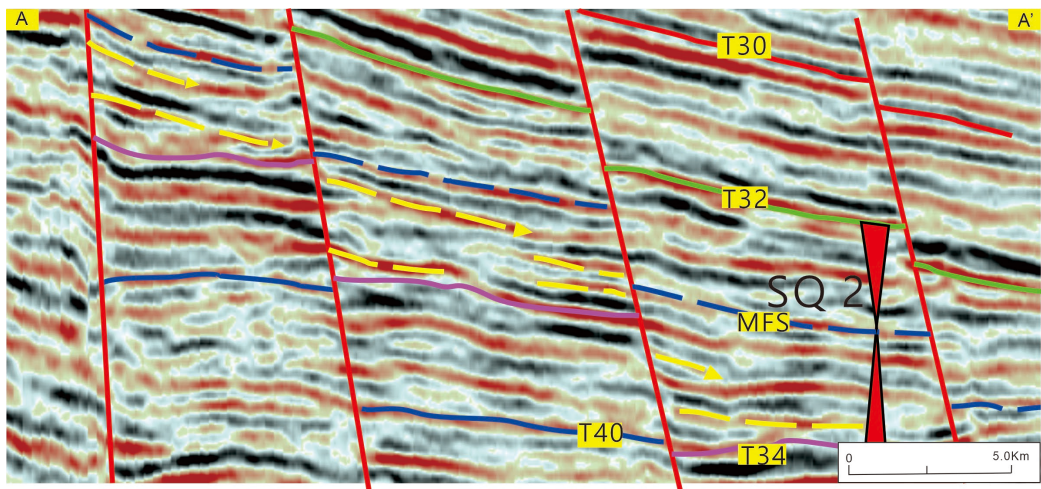


Figure 12. A-A' sectional view
图 12. A-A'剖面图

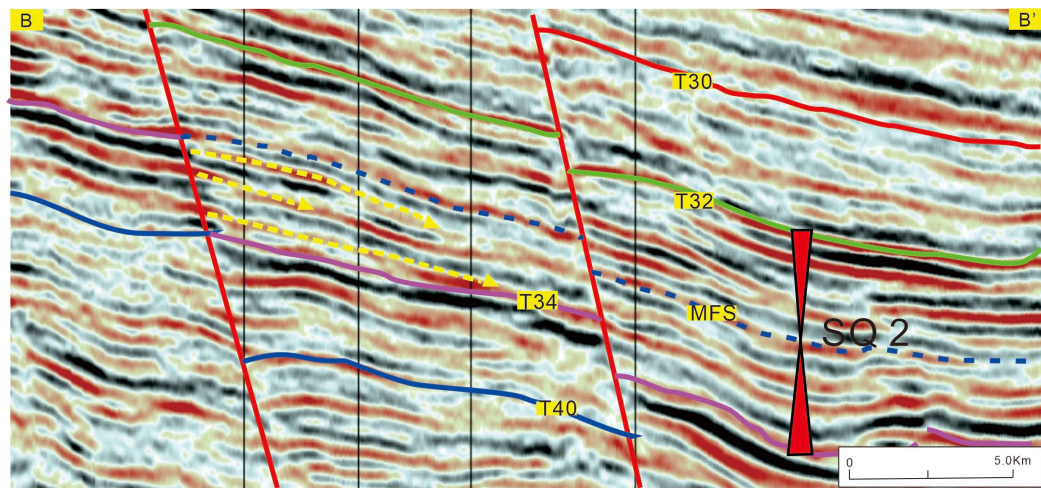


Figure 13. B-B' section
图 13. B-B'剖面图

在 SQ2 层序上升期,同向平行断坡型断裂组合形成了特定的“渠-汇”系统,断裂带作为沉积物运移通道[1],控制着三角洲沉积物的空间分布规律,说明断裂活动较弱部位成为沉积物通过断坡带的关键通道[12]。

根据以往的研究方法采用砂体连通系数(C)和渗透率各向异性比(AR)进行砂体连通性表征

$$C = \frac{N_{\text{connected}}}{N_{\text{total}}} * 100\%, AR = \frac{K_{\text{max}}}{K_{\text{min}}}$$

根据已有的花港组资料,得到分支河道的 C 为 78.6%,联通性良好,但 AR 为 2.3,相较于河口坝的 1.8 和决口扇的 3.1,渗透能力较弱,且优势渗流方向为平行古水流 NE 方向。

从而分析出砂体堆积特征为沉积物主要沿断坡带向斜坡下方推进,最终堆积在断阶下降盘区域,三维示意图显示沉积体系呈现“先渠后汇”的特征,断裂带既作为输导通道(渠),下降盘区域又作为沉积中心(汇)。从而得出断阶下降盘(如 T30-T34 层段)可能发育优质储集体,是岩性圈闭的有利发育区。断裂活动薄弱部位可作为油气运移的优势路径,具有输导体系研究价值。

(4) 模型构建与理论分析

首先利用构造控源, 结合裂陷期断裂活动对物源方向进行观察, 发现 NE 向断裂主导近源浊积扇、NW 向断裂促进远源网状河道砂体, 同时区域应力存在太平洋板块俯冲后撤、走滑断层活动, 得出断裂方向会控制着物源区的搬运, 沉积物的搬运路径与断裂方向有关。

接着进行地貌控渠, 基于断裂带断阶下降盘洼陷的特征, 分析出地形坡度影响砂体分散体系, 结合“先渠后汇”理论, 发现断裂活动薄弱区为沉积物提供通道。

接着通过气候控相, 分析得出湿润气候下, 辫状河三角洲平原发育厚层块状砂岩(单层厚 10 m); 干旱早期则过渡为曲流河泛滥平原, 砂泥薄互层(单砂体厚 6 m), 局部出现钙质胶结, 得出气候的干湿会引起沉积相分异。

最后进行断裂控聚, 通过断裂带溶蚀作用与储层孔隙度的相关性分析发现次级断裂交汇区孔隙度提升至 20%以上, 结合油气运移路径模拟, 有效提升油气运移效率, 说明断裂带的能够促进油气运移, 加快富集。

通过建立这种“四元”模型。为相似的勘探工作提供依据。

4. 结论

(1) 建立了源-汇系统模式, 通过物源区分析, 对渠-汇的断裂与砂体分散体系的规律研究, 预测出 T30-T34 层段可能发育成良好的储集层, 为油气勘探提供依据。

(2) 将勘探进行应用与创新提出“断裂控渠-地形控汇”理论模型, 预测 T30~T34 层段断阶下降盘为优质储层发育区。结合三维地质建模与地震属性分析, 优化水平井轨迹设计, 提升隐蔽砂体钻遇率。

(3) 得出优质储层分布规律, 在裂陷期浊积扇前端砂体厚度大(>50 m), 但非均质性强; 拗陷期河道砂体横向连片, 孔隙度 10%~18%, 需水平井提高钻遇率。断裂带附近溶蚀作用显著改善储集性能, 次级断裂交汇区为隐蔽圈闭有利靶。

致 谢

本文得到了校级大学生创新创业训练计划项目《东海陆架盆地西湖凹陷河流扇源汇系统研究》项目编号: X2024022 的资助, 审稿专家对初稿的完善提出了建设性的修改意见, 在此一并致以诚挚的感谢。

基金项目

校级大学生创新创业训练计划项目《东海陆架盆地西湖凹陷河流扇源汇系统研究》项目编号: X2024022 的资助。

参考文献

- [1] 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J]. 石油勘探与开发, 1995(4): 6-10+108.
- [2] 于仲坤, 丁飞, 赵洪. 西湖凹陷构造演化特征及油气运聚单元划分[J]. 上海国土资源, 2018, 39(4): 75-78.
- [3] 余逸凡, 张建培, 程超, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷油气成藏主控因素及成藏模式[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(7): 40-47.
- [4] 胡明毅, 柯岭, 梁建设. 西湖凹陷花港组沉积相特征及相模式[J]. 石油天然气学报, 2010, 32(5): 1-5.
- [5] 颜文涛. 东海陆架盆地西湖凹陷渐新统花港组沉积相分析[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [6] 张建培, 徐发, 钟韬, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷平湖组-花港组层序地层模式及沉积演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(1): 35-41.
- [7] 周心怀, 徐国盛, 崔恒远, 等. 东海西湖凹陷中央反转构造带古近系花港组致密砂岩储集层裂缝发育特征与油气成藏关系[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(3): 462-475.

- [8] 朱红涛, 朱筱敏, 刘强虎, 等. 层序地层学与源-汇系统理论内在关联性与差异性[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(4): 763-776.
- [9] 郝乐伟, 刘畅, 王琪, 等. 西湖凹陷古近系花港组物源区特征分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(2): 315-323.
- [10] 张元福, 戴鑫, 王敏, 等. 河流扇的概念、特征及意义[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(5): 947-957.
- [11] 赵贤正, 金凤鸣, 李玉帮, 等. 断陷盆地斜坡带类型与油气运聚成藏机制[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(6): 841-849.
- [12] 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究[J]. 地球科学, 2002(5): 592-598.