

# 姬塬油田吴433油藏长6<sub>1</sub>亚段单砂体识别及刻画

黄嘉仪

重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年8月24日; 录用日期: 2026年10月19日; 发布日期: 2026年10月30日

## 摘要

姬塬油田吴433油藏属于鄂尔多斯盆地典型特低渗透油藏, 目前已进入高含水开发阶段, 受隔夹层分布复杂、单砂体识别精度不足制约, 储层非均质性造成剩余油分布零散, 制约油藏挖潜效果。以岩心、录井、测井资料为基础, 开展沉积微相解析、隔夹层识别、单砂体划分, 剖析砂体空间叠置接触关系与储层连通特征, 形成单砂体精细刻画成果并指导现场开发调整。研究表明: 研究区长6<sub>1</sub>亚段属于三角洲前缘亚相, 发育水下分流河道、河口坝、分流间湾沉积微相; 依据隔夹层垂向、侧向识别标志, 将长6<sub>1</sub>亚段划分为11套单砂体; 垂向砂体接触样式包含孤立式、侧叠式、叠加式, 以叠加式占比最高; 侧向发育分离式、对接式、侧切式, 侧切式为主要接触类型; 不同单砂体连通能力差异显著, 长6<sub>1</sub><sup>2-2-2</sup>单砂体连通率可达87.43%。基于砂体连通性认识, 针对低连通井组实施重复压裂、暂堵压裂与暂堵酸化工艺, 为高含水特低渗透油藏剩余油挖潜提供地质依据。

## 关键词

姬塬油田, 吴433油藏, 长6<sub>1</sub>亚段, 单砂体刻画, 隔夹层, 储层连通性, 特低渗透油藏

# Identification and Characterization of Single Sand Body in Chang 6<sub>1</sub> Submember of Wu 433 Reservoir in Jiyuan Oilfield

Jiayi Huang

School of Petroleum Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: August 24, 2026; accepted: October 19, 2026; published: October 30, 2026

## Abstract

Wu 433 reservoir in Jiyuan Oilfield is a typical ultra-low permeability reservoir in Ordos Basin. At

present, it has entered the stage of high water cut development. Due to the complex distribution of interlayer and insufficient accuracy of single sand body identification, reservoir heterogeneity causes a scattered distribution of remaining oil, which restricts the potential tapping effect of the reservoir. Based on core, mud logging and logging data, sedimentary microfacies analysis, interlayer identification and single sand body division are carried out, and the spatial overlapping contact relationship of sand bodies and reservoir connectivity characteristics are analyzed, forming fine characterization results of single sand bodies and guiding field development and adjustment. The research shows that Chang 6 submember belongs to delta front subfacies, and the sedimentary microfacies of underwater distributary channel, estuary bar and distributary bay are developed. According to the vertical and lateral identification marks of interlayer, Chang 6 submember is divided into 11 sets of single sand bodies; Vertical sand body contact styles include isolated, side-stacked and superimposed, with superimposed accounting for the highest proportion; Lateral contact styles include separation, docking, lateral cutting, with lateral cutting as the main contact type; The connectivity of different single sand bodies is significantly different, and the connectivity of Chang 6<sub>1</sub><sup>2-2</sup> single sand body can reach 87.43%. Based on the understanding of sand body connectivity, the technologies of repeated fracturing, temporary plugging fracturing and temporary plugging acidification are implemented for low-connected well groups, which provide geological basis for tapping the potential of remaining oil in ultra-low permeability reservoirs with high water cut.

## Keywords

Jiyuan Oilfield, Wu 433 Reservoir, Chang 6<sub>1</sub> Submember, Single Sand Body Characterization, Interlayer, Reservoir Connectivity, Ultra-Low Permeability Reservoir

Copyright © 2026 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

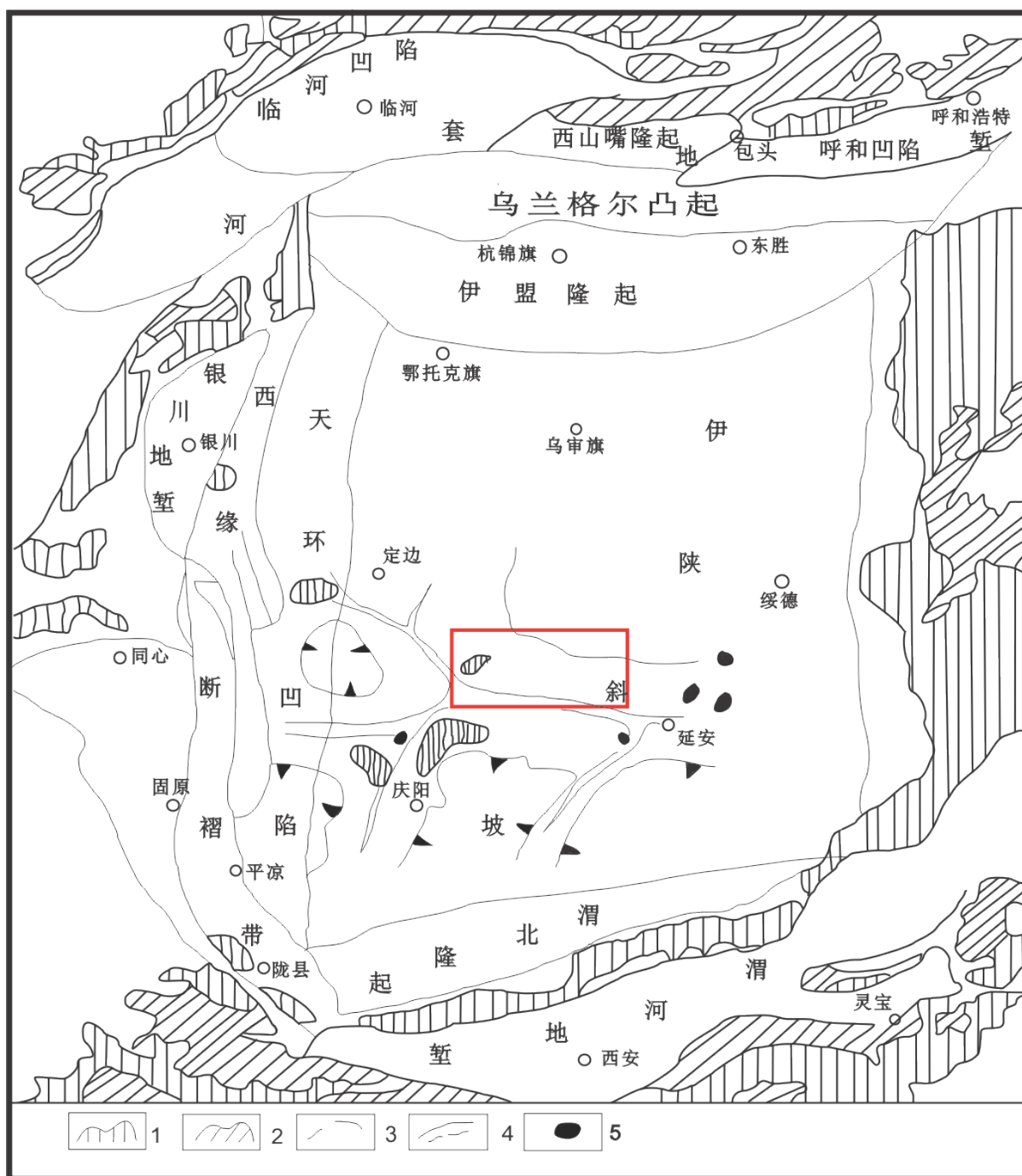
## 1. 引言

国内油气对外依存度持续走高,在保障油气安全的背景下,老油田高含水阶段剩余油精细挖潜是提高采收率的核心手段[1]。鄂尔多斯盆地姬塬油田是长庆油田主力特低渗透产油区,吴 433 油藏自 2002 年投入开发,2006 年大规模建产,2006~2009 年为快速建产期,2009~2019 年逐步实施分层注水、完善注采对应关系,现已步入高含水综合治理开发阶段。油藏存在采出程度偏低、含水上升快、剩余油富集规律不清等问题。

受三角洲前缘沉积控制,储层内部隔夹层发育,砂体横向变化快,传统小层划分精度难以满足注采调控需求[2]。单砂体作为储层内部相对独立的储集单元,其空间展布、叠置接触关系直接控制流体运移和剩余油分布。因此开展长 6<sub>1</sub> 亚段单砂体精细刻画,厘清砂体叠置模式与储层连通特征,对指导特低渗透油藏开发调整具有现实意义。本文综合岩心观察、测井录井资料,完成隔夹层识别、单砂体划分,分析砂体空间接触关系与连通性,形成地质成果指导现场工艺措施。

## 2. 勘探简况

姬塬油田构造位置处于鄂尔多斯盆地北部(图 1),勘探面积 1802.1 km<sup>2</sup>,截至 2008 年探明石油地质储量  $1.4 \times 10^8$  t。油田主力开发层系为三叠系延长组特低渗透储层,兼顾侏罗系延 8、延 9 油层,是长庆油田建产速度最快的重点开发区块之一。吴 433 研究区目的层为延长组长 6<sub>1</sub> 亚段,油藏类型以岩性-构造复合油藏为主,储层埋深平均 1890 m,储层平均孔隙度 12.9%,平均渗透率  $1.42 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。



1-古生界出露区; 2-上元古界出露区; 3-构造分区线; 4-断层; 5-延长统油层

**Figure 1.** Geographical location map of the study area

**图 1.** 研究区地理位置图

### 3. 沉积特征

单砂体精细刻画需要以沉积学研究作为基础。基于研究区 45 口井岩心观察、测井录井资料, 开展岩石颜色、岩性组合、沉积构造综合分析[3]。砂岩岩心以浅灰色、灰褐色中-细砂岩为主, 可见大型块状

构造、斜层理、平行层理，反映沉积时期较强水动力条件(图 2(a)、图 2(b))；泥岩多呈深灰色 - 灰黑色，发育平行层理、包卷层理(图 2(c))，岩心中可见植物炭质碎屑(图 2(d))。

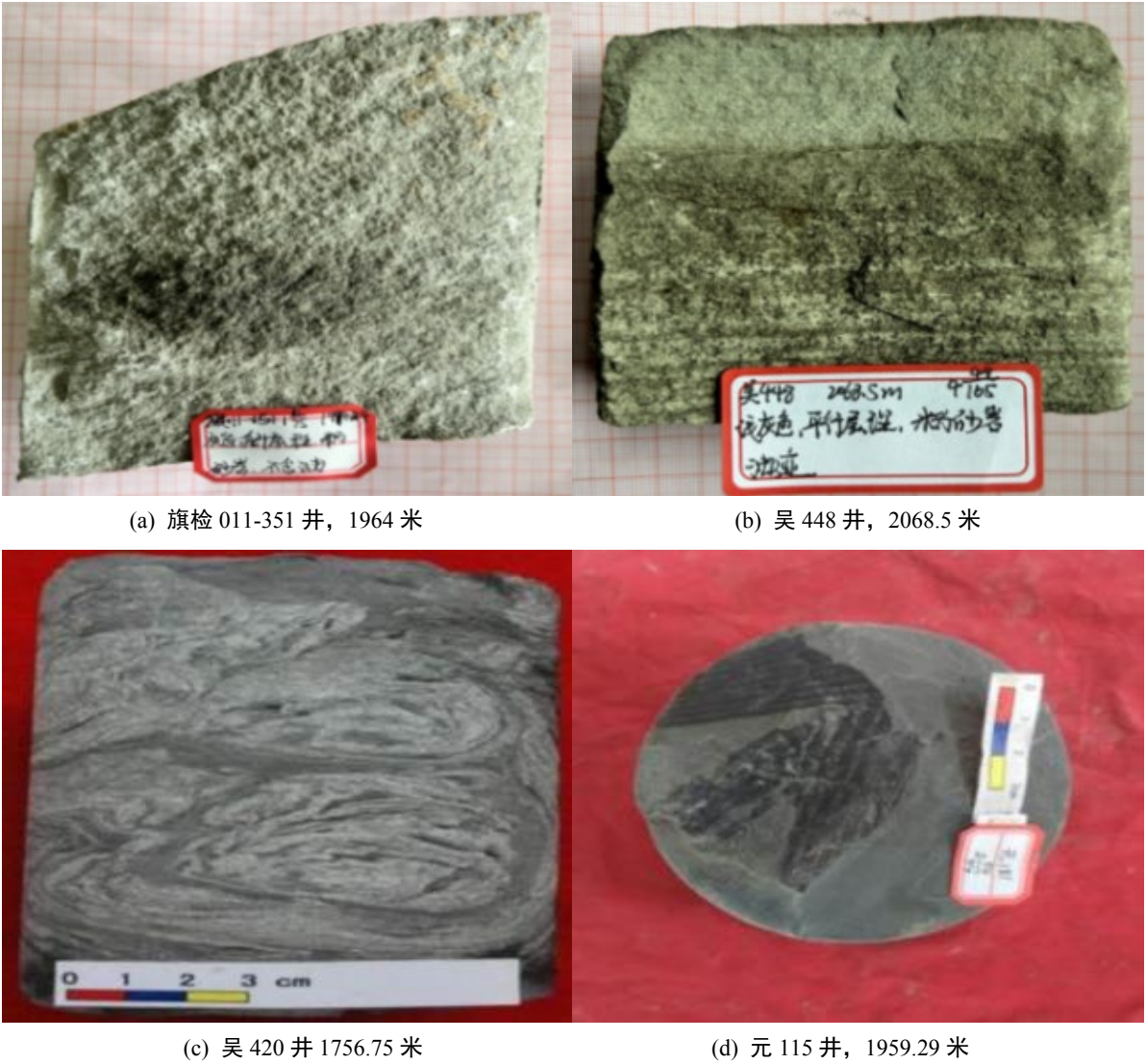


**Figure 2.** Depositional characteristics of core samples in the Chang 61 member of the Wu 433 block

**图 2.** 吴 433 区块长 6<sub>1</sub> 部分岩心沉积特征

综合岩心 - 测井相标定结果，确定吴 433 区块长 6<sub>1</sub> 亚段为三角洲前缘亚相，进一步识别出水下分流河道、河口坝、分流间湾三类沉积微相。

- 1) 水下分流河道：岩性为中 - 细砂岩，测井曲线主要表现为箱形、钟形以及复合叠置钟形；
- 2) 河口坝：发育浅灰 - 灰褐色中细砂岩，多见大型交错层理，测井响应以漏斗形曲线为典型特征；
- 3) 分流间湾：由细砂岩、黑色泥岩互层组成，发育水平层理，测井曲线呈微齿化形态。

## 4. 储层特征

### 4.1. 岩石学特征

根据岩心薄片鉴定统计，吴 433 油藏长 6<sub>1</sub> 亚段储层岩石类型以长石砂岩、岩屑长石砂岩为主。碎屑

组分中长石质量分数最高，平均 49.66%；石英次之，平均 24.78%；岩屑平均 8.79%；沉积岩等其他碎屑组分占 5.73%；填隙物平均含量 10.30% (表 1)。长 6<sub>1</sub><sup>1</sup> 与长 6<sub>1</sub><sup>2</sup> 小层碎屑组分差异较小。

Table 1. Statistical table of filler materials for Chang 6<sub>1</sub> submember of Wu 433 district

表 1. 吴 433 区长 6<sub>1</sub> 亚段填隙物统计表

| 区块    | 层位                            | 样品数 | 石英类   | 长石类   | 岩屑(%) |      |      | 岩屑   | 其他   | 填隙物   |
|-------|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
|       |                               | 块   | %     | %     | 火成岩屑  | 变质岩屑 | 沉积岩屑 | %    | %    | %     |
| 吴 433 | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1</sup> | 89  | 24.78 | 49.66 | 2.34  | 5.88 | 0.57 | 8.79 | 5.73 | 10.33 |
|       | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2</sup> | 88  | 26.48 | 47.01 | 2.17  | 5.53 | 1.63 | 9.33 | 4.51 | 12.17 |

填隙物主要为绿泥石膜、水云母、铁方解石与方解石；储层孔隙以粒间孔占主导，其次为长石溶蚀孔，岩屑溶孔、晶间孔、微裂隙发育程度低。长 6<sub>1</sub><sup>1</sup>、长 6<sub>1</sub><sup>2</sup> 小层填隙物、孔隙类型及含量整体接近(表 2)。

Table 2. Statistical table of pore types in the Chang 6<sub>1</sub> submember of Wu 433 district

表 2. 吴 433 区长 6<sub>1</sub> 亚段孔隙类型统计表

| 区块    | 层位                            | 块数, 块 | 粒间孔  | 长石溶孔 | 岩屑溶孔 | 晶间孔  | 微裂隙  | 面孔率  |
|-------|-------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
|       |                               |       | %    | %    | %    | %    | %    | %    |
| 吴 433 | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1</sup> | 89    | 3.66 | 0.61 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 4.36 |
|       | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2</sup> | 88    | 2.93 | 0.7  | 0.06 | 0.01 | /    | 3.70 |

4.2. 物性特征

对吴 433 油藏长 6<sub>1</sub> 亚段大量岩心物性测试数据开展统计分析表明，该层段孔隙度主要分布区间为 8%~14%，算术平均值为 10.8%；渗透率主要集中在 0.5~1.7 mD 区间，平均渗透率仅为 0.97 mD (图 3)。按照碎屑岩储层分类评价标准，研究区长 6<sub>1</sub> 亚段整体归属于低孔 - 特低渗储层[4]。受三角洲前缘沉积环境、碎屑组分差异、填隙物充填以及后期成岩改造等多重因素共同控制，储层原生孔隙被大量充填压缩，有效储集空间有限，孔喉整体细小，岩石渗流阻力大，造成储集与渗流条件整体较差[5]。

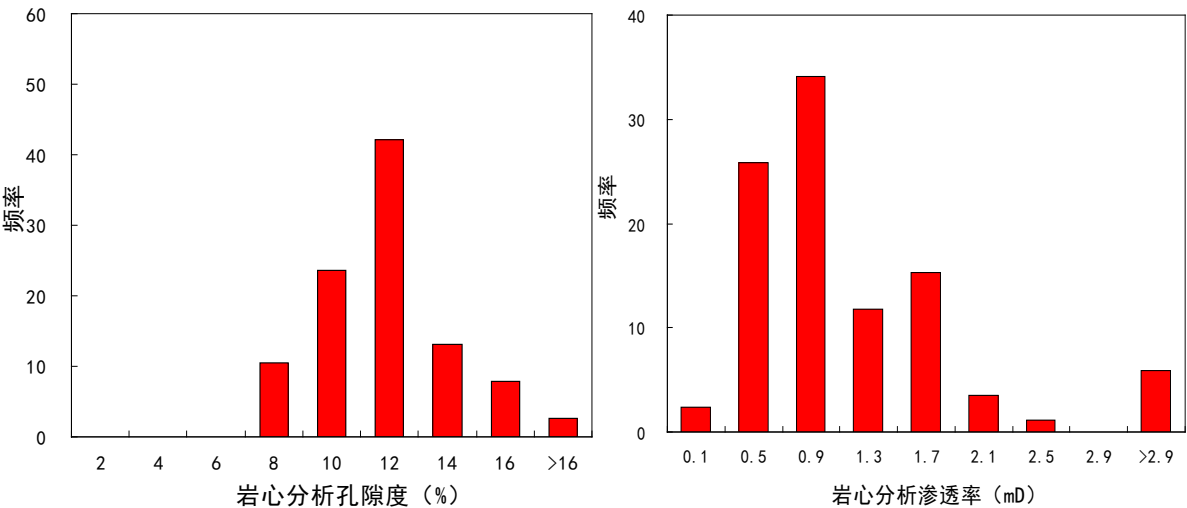


Figure 3. Distribution map of porosity and permeability of Chang 6<sub>1</sub><sup>1</sup> reservoir

图 3. 长 6<sub>1</sub><sup>1</sup> 储层孔隙度、渗透率分布图

5. 单砂体的识别划分

单砂体在垂向上主要以泥质、钙质、物性隔夹层作为分界标志。隔夹层代表沉积间断，分隔上下不同期次砂体，实现垂向上单砂体分期[6]。

5.1. 单砂体垂向边界识别

研究区长 6<sub>1</sub> 亚段发育泥质夹层、钙质夹层、物性夹层三类隔夹层，结合岩心标定测井曲线建立识别标准：

- 1) 泥质隔夹层：岩性以泥岩和粉砂质泥岩为主，泥质含量高，孔渗极低，主要分布水下分流河道砂体之间[7]；测井曲线表现为高自然伽马(140~150 API)、高声波时差(200~240 m/s)、低电阻(3~7 Ω) (见图 4)；
- 2) 钙质隔夹层：钙质胶结致密砂岩，多靠近物源方向，通常通过沉积作用或成岩作用所成[8]；测井曲线特征表现为自然伽马低(75~80 API)，电阻率较高(20~30 Ω)，声波时差呈尖峰状低值(180~200 m/s) (见图 5)。

5.2. 单砂体侧向边界识别

在侧向分层基础上，依靠井间对比识别单砂体侧向边界，主要识别标志包含：

- ① 砂体顶面高程差异：不同期次河道砂体沉积时间差异，造成砂体顶界面高程错动；
- ② 砂体厚度突变：水动力强弱变化造成相邻井砂体厚度明显差异；
- ③ 测井电性特征突变：相邻砂体岩性、粒度差异带来测井曲线形态、幅值显著区别[9]。

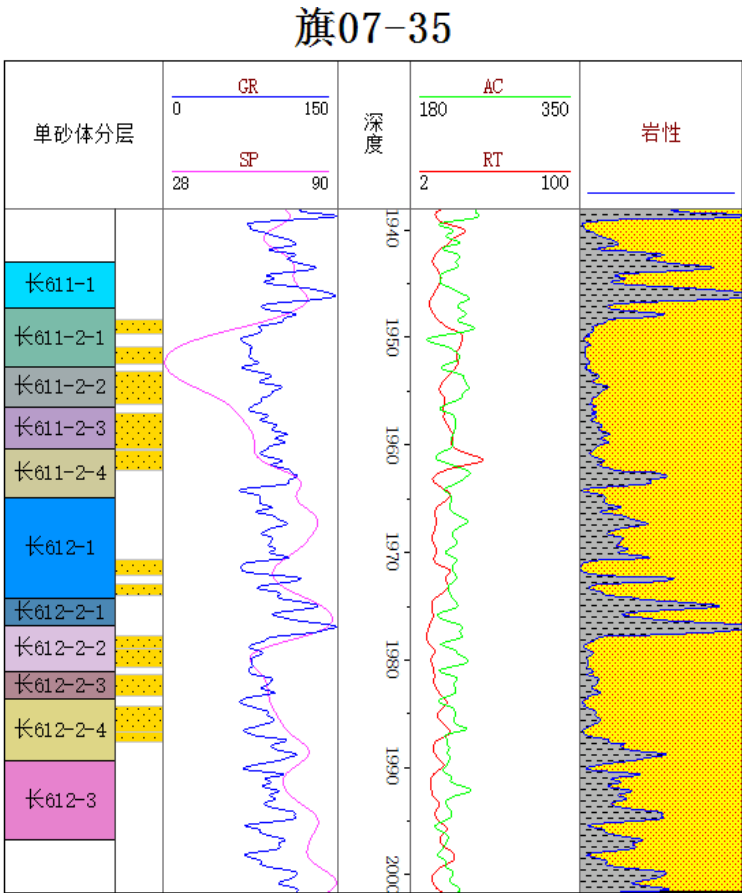


Figure 4. Characteristics of logging curves for mudstone interlayers  
图 4. 泥质夹层测井曲线特征

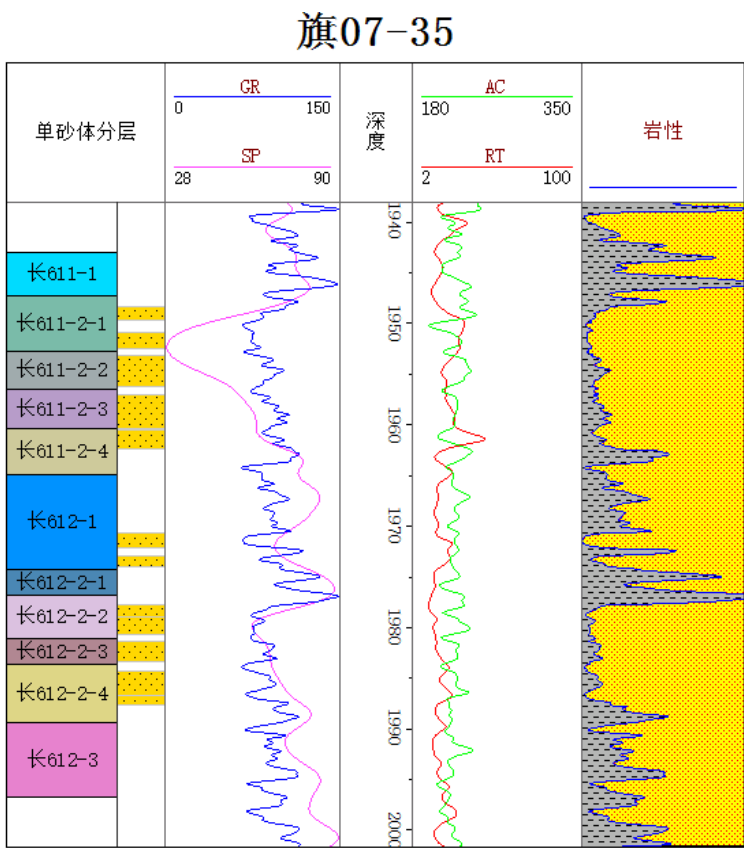


**Figure 5.** Characteristics of logging curves for calcareous interlayers  
**图 5.** 钙质夹层测井曲线特征

**5.3. 单砂体划分结果**

依据沉积旋回、隔夹层分布，结合油田现场开发分层需求，将长 6<sub>1</sub> 亚段划分为长 6<sub>1</sub><sup>1</sup>、长 6<sub>1</sub><sup>2</sup> 两个小层，进一步细分为 11 套单砂体(表 3)。

**Table 3.** Division results of single sand bodies in the Chang 6<sub>1</sub> submember of the research area  
**表 3.** 研究区长 6<sub>1</sub> 亚段单砂体划分结果

| 亚段               | 小层                            | 单砂体                               |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 长 6 <sub>1</sub> | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1</sup> | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-1</sup>   |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-1</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-2</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-3</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-4</sup> |
|                  | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2</sup> | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-1</sup>   |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-1</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-2</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-3</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-4</sup> |
|                  |                               | 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>   |

6. 单砂体精细刻画及应用

6.1. 单砂体空间接触关系

砂体叠置接触样式直接控制储层连通能力，选取顺物源、垂直物源两条连井剖面开展砂体空间结构解析。

1) 垂向叠置模式

垂向识别出孤立式、侧叠式、叠加式三类叠置关系(表 4、图 6)：

① 孤立式：上下两套砂体完全被隔夹层分隔，砂体互不连通；测井曲线表现两套独立箱形/钟形，砂体连通性弱[10]；

② 侧叠式(切叠式)：后期砂体向下切蚀早期砂体，两套砂体直接接触，无稳定隔夹层，连通条件较好；曲线呈阶梯形态；

③ 叠加式：两期砂体之间发育薄层物性夹层，砂体相切接触，连通程度偏弱。

统计垂向叠置模式占比，叠加式占 48.58%，侧叠式占 22.90%，孤立式占 28.52%；垂向上以叠加式为主，垂向整体连通条件较好。

Table 4. Vertical stacking relationship of individual sand bodies  
表 4. 单砂体垂向叠置关系

| 叠置模式 | 孤立式                                                                                | 侧叠式                                                                                 | 叠加式                                                                                  |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 示意图  |  |  |  |
| 连通性  | 弱                                                                                  | 较弱                                                                                  | 较好                                                                                   |

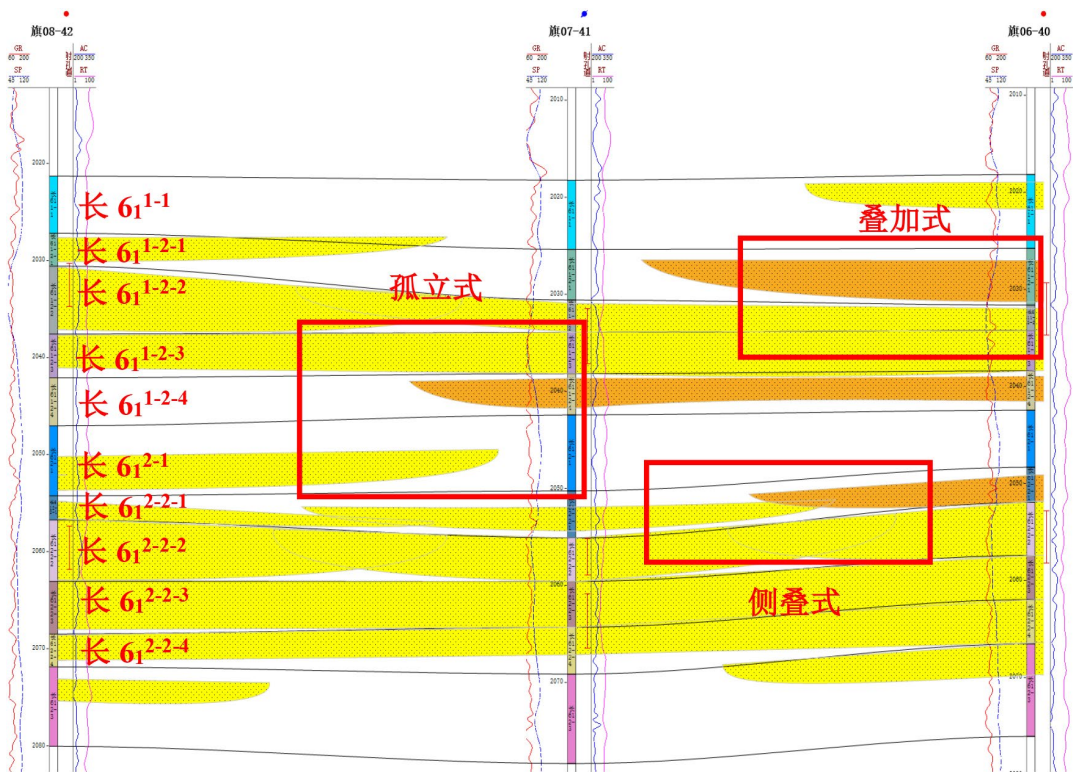


Figure 6. Vertical distribution profile of single sand body  
图 6. 单砂体垂向分布剖面图

2) 侧向接触模式

侧向砂体分为分离式、对接式、侧切式(表 5、图 7):

- ① 分离式: 两套砂体空间相互分开, 中间为泥质沉积, 完全不连通; 测井曲线呈指状[11], 连通性弱;
- ② 对接式: 不同砂体边部相互对接, 岩性差异大, 砂体弱连通或不连通;
- ③ 侧切式: 河道砂体侧向切接, 砂体接触规模大, 连通条件相对最优[12]。

统计侧向接触样式, 侧切式占 45.86%, 对接式占 30.90%, 分离式占 23.24%。虽然侧切式占比最高, 但大量分离式、对接式砂体共存, 储层侧向整体连通偏弱。

Table 5. Lateral stacking relationship of individual sand bodies

表 5. 单砂体侧向叠置关系

| 叠置模式 | 分离式                                                                               | 对接式                                                                                | 侧切式                                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 示意图  |  |  |  |
| 连通性  | 弱                                                                                 | 较弱                                                                                 | 较好                                                                                  |

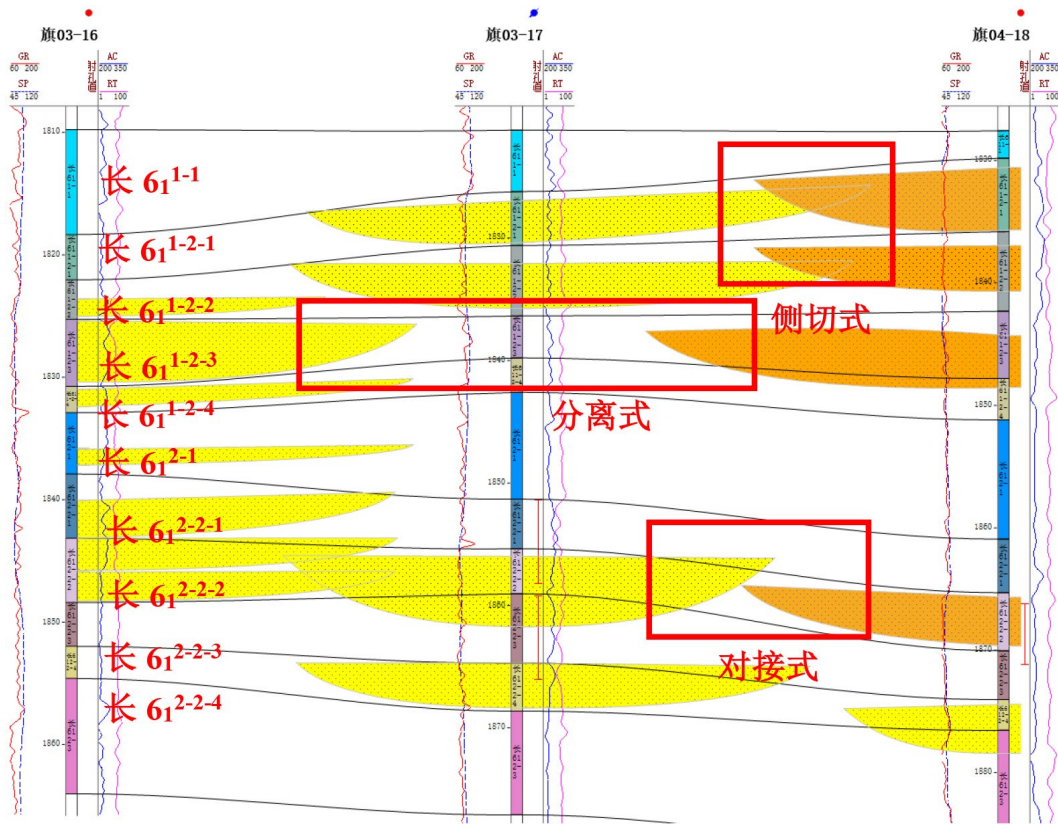


Figure 7. Lateral distribution profile of single sand body

图 7. 单砂体侧向分布剖面图

6.2. 砂体展布连通性综合评价

结合研究区沉积微相分布以及静态砂体叠置关系与注采井组动态资料, 将砂体连通等级划分为连通、弱连通、不连通[13]。

1) 沉积微相对砂体连通性的影响

研究区为三角洲前缘沉积，砂体连通性受到沉积微相影响：主力河道中心区域单砂体纵向接触关系以叠加为主，而河道面两侧及区域内主河道延伸末端，接触关系以孤立为主，区域呈现不同的接触特征，因此连通性存在差异，中心区域由于砂体关系以叠加式为主，连通性好，而河道面两侧及区域内主河道末端以孤立式砂体为主，连通性较差(图 8)。

综合统计：研究区整体有效连通占比 58.66%，弱连通 23.51%，不连通 17.83%。长  $6_1^{2-2}$  系列单砂体连通程度最高，长  $6_1^{2-2-2}$  连通率达 87.43%；长  $6_1^{1-1}$  砂体发育规模有限，连通性最差。静态分析：垂向以叠加式为主，垂向连通条件较好；侧向大量发育分离-对接样式，侧向非均质性强，侧向连通整体偏弱(表 6)。

2) 砂体连通性对注水开发影响

根据砂体以侧切式为主的长  $6_1^2$  层剖面以及旗 010-35 井和旗 09-35 井的注水曲线图(图 9)，不难发现由于砂体多为侧切样式，因此连通性较好，注采见效快，曲线呈锯齿状平稳波动；由于连通性好，注入水推进均匀，注水曲线起伏不大[14]。

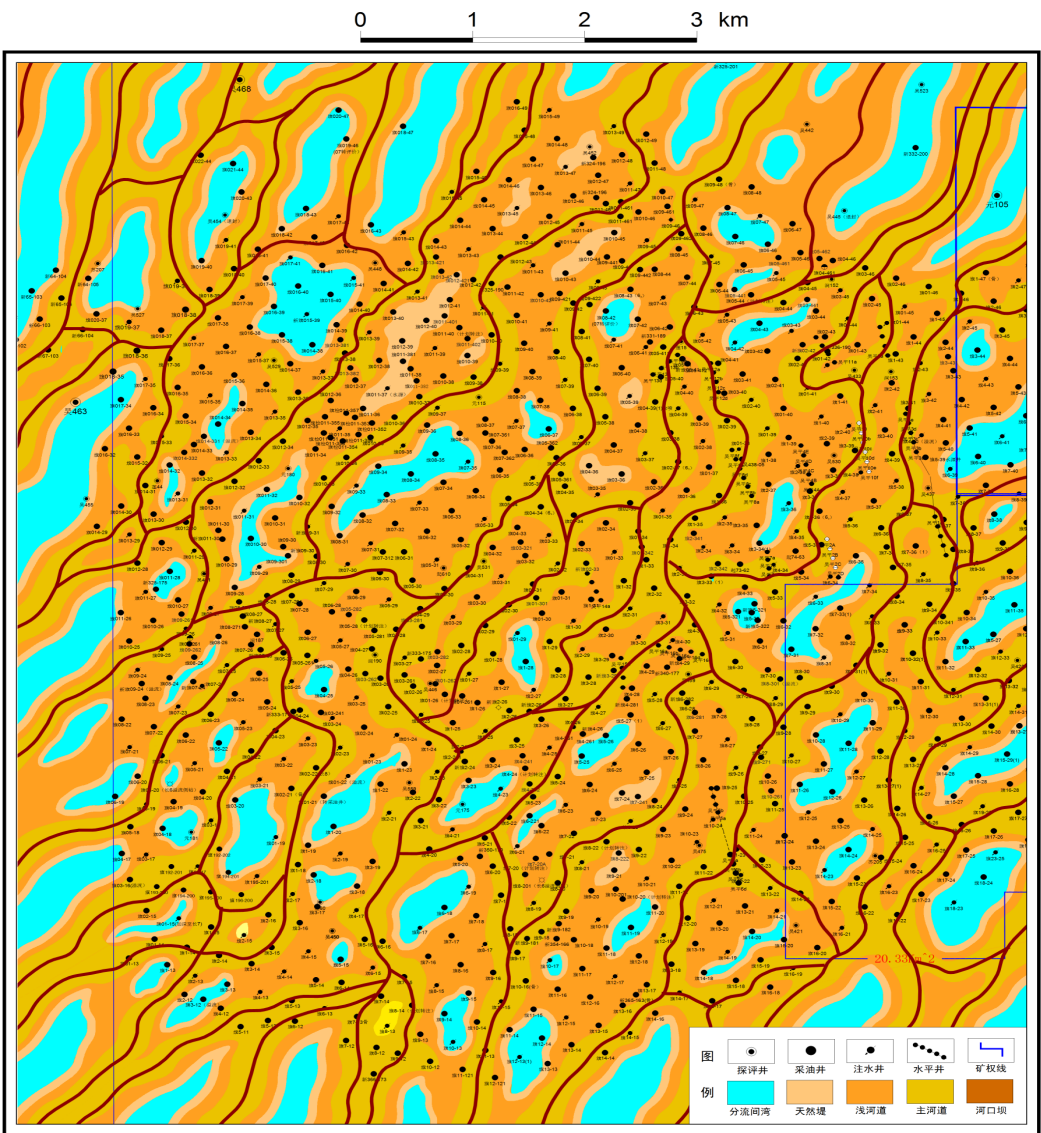


Figure 8. Planar distribution map of depositional facies of major single sand bodies  
图 8. 主力单砂体沉积相平面分布图

**Table 6.** Table of connectivity proportions for individual sand bodies  
**表 6.** 各单砂体连通性占比表

| 单砂体                               | 连通占比(%) |       |       |
|-----------------------------------|---------|-------|-------|
|                                   | 连通      | 弱连通   | 不连通   |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-1</sup>   | 31.99   | 42.77 | 25.24 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-1</sup> | 50.93   | 29.32 | 19.75 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-2</sup> | 64.62   | 18.75 | 16.63 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-3</sup> | 63.54   | 17.9  | 18.56 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>1-2-4</sup> | 47.43   | 29.5  | 23.07 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-1</sup>   | 46.29   | 34.07 | 19.64 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-1</sup> | 75.13   | 14.33 | 10.54 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-2</sup> | 87.43   | 3.58  | 9     |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-3</sup> | 75.83   | 21.05 | 3.11  |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-2-4</sup> | 56.82   | 19.73 | 23.45 |
| 长 6 <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>   | 38.36   | 33.37 | 28.27 |
| 占比                                | 58.66   | 23.51 | 17.83 |

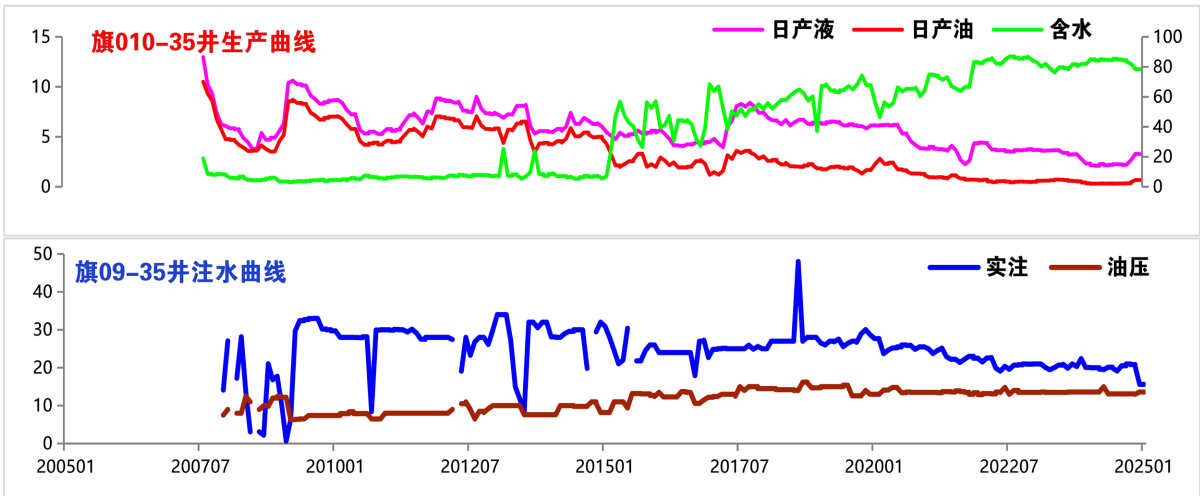


**Figure 9.** Production curve of Qi010-35 well and water injection curve of Qi09-35 well  
**图 9.** 旗 010-35 井生产曲线、旗 09-35 井注水曲线图

**6.3. 单砂体刻画成果开发应用**

高含水阶段剩余油大量富集在砂体连通差、注采不受效的井区[15]。依托单砂体边界、砂体叠置模式、连通性评价成果开展差异化治理：

- 1) 针对砂体弱连通、不连通井组，采用重复压裂、暂堵压裂工艺，改造砂体内部连通网络；
- 2) 针对砂体本身连通、但注水受效差井，实施暂堵酸化措施，解除近井地带堵塞，改善平面注采对应关系；
- 3) 基于地质认识指导工艺选井，实现特低渗透高含水油藏的剩余油定向挖潜。

**7. 结论**

- 1) 吴 433 油藏长 6<sub>1</sub> 亚段为三角洲前缘亚相沉积，发育水下分流河道、河口坝、分流间湾沉积微相。

综合隔夹层识别、井间砂体对比, 将长 6<sub>1</sub> 亚段划分为 11 套单砂体, 精细刻画砂体空间展布边界。

2) 研究区储层岩石类型以长石砂岩、岩屑长石砂岩为主, 储层为低孔特低渗储层; 隔夹层主要包含泥质、钙质、物性夹层, 泥质夹层与钙质夹层是单砂体垂向分隔主要因素。

3) 垂向砂体叠置分为孤立式、侧叠式、叠加式, 以叠加式占比最高; 侧向分为分离式、对接式、侧切式, 侧切式占主导。储层垂向连通整体较好, 侧向受砂体侧向接触样式制约, 连通能力偏弱。各单砂体连通性差异显著, 长 6<sub>1</sub><sup>2-2-2</sup> 连通率最高。

4) 利用单砂体刻画成果, 针对不同连通等级井组优选重复压裂、暂堵压裂、暂堵酸化等工艺, 为高含水特低渗透油藏剩余油挖潜提供地质支撑。

## 参考文献

- [1] 付金华, 牛小兵, 淡卫东, 等. 鄂尔多斯盆地中生界延长组长 7 段页岩油地质特征及勘探开发进展[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(5): 601-614.
- [2] 王红岩, 施振生, 孙莎莎, 等. 陆表海页岩沉积微相类型及微相分布模式——以川南地区五峰组-龙马溪组为例[J]. 石油勘探与开发, 2023, 50(1): 51-64.
- [3] 申锦江, 唐振兴, 王博涛, 等. 姬塬油田西部延长组长 6 段沉积特征及沉积模式[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2020, 35(3): 1-9.
- [4] 王爱民, 王朝, 张瑶瑶, 等. 鄂尔多斯盆地靖边油田杨米涧地区长 6 致密油储集砂体特征及其主控因素[J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(3): 108-111.
- [5] 邓杰. 吴起薛岔地区长 6 段储层的物性演化及其对油水分布的影响[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2011.
- [6] 罗仁泽, 李兴宇, 周洋, 等. 基于 MC-ABiLSTM 的储层单砂体智能识别方法[J]. 地球物理学进展, 2022, 37(3): 1112-1121.
- [7] 张小安, 李仁国. 涪西南凹陷 WA/B 油田储层单砂体构型[J]. 中国石油大学胜利学院学报, 2022, 36(4): 37-44.
- [8] 李兴宇. 靖安油田大路沟二区单砂体智能精细识别方法研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2021.
- [9] 武芳芳, 瞿璇, 周宁杰, 等. 鄂尔多斯盆地五蛟西地区长 6 段单砂体叠置特征研究[J]. 地质科学, 2024, 59(4): 1034-1047.
- [10] 田正兰, 王凤琴. 瓦窑堡油田水晶沟区长 2 油层砂体叠置及其对注水开发的影响[J]. 石油地质与工程, 2023, 37(3): 76-81.
- [11] 李玮, 刘瑛, 高涛, 等. 浅水三角洲前缘亚相背景下的单砂体刻画——以定边油田 YGS 区块长 4+5 油藏为例[J]. 非常规油气, 2023, 10(5): 65-74+83.
- [12] 马浪, 杜彦军, 张治东, 等. 安塞坪桥区延长组长 9 致密油储层预测及有利区优选[J]. 西北地质, 2022, 55(1): 216-224.
- [13] 黄少伟, 陈璐, 陈晨, 等. 姬塬油田 G83 油藏单砂体刻画及动用技术研究[J]. 石油化工应用, 2023, 42(4): 96-98.
- [14] 陈玲玲, 白景升, 陈凤来, 等. 姬塬油区北部长 2 油藏单砂体刻画及注水效果研究[J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(9): 97-100+121.
- [15] 李金蔓, 霍宏博, 胡勇, 等. 特高含水期强非均质油藏剩余油研究新方法[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2019, 39(6): 43-47.