

井震结合识别单一河道技术在M区块的应用

闫健民

大庆油田方兴分公司, 黑龙江 大庆

收稿日期: 2023年7月27日; 录用日期: 2023年9月15日; 发布日期: 2023年9月26日

摘要

大庆油田扶余油层主要发育河流相沉积, 受河流的摆动、湖水升降等影响, 河道平面上具有一定的迁移性, 不同河道砂相互切割、充填, 单一河道识别相对困难。地震属性主要是利用数据体中抽取出的数据, 反映出相应的地层信息, 被广泛应用在油气田开发的各个过程中。本文主要利用RPS井震结合储层描述技术平台, 提取原始地震振幅属性, 同时根据砂体形态、厚度差异及其与测井曲线的对应关系, 对M区块砂体展布特征进行预测, 继而应用到单一河道识别当中, 取得了较好的效果。

关键词

沉积, 地震属性, 砂体, 预测, 单一河道

Application of Single Channel Identification Technology Combined with Well Seismic in Block M

Jianmin Yan

Daqing Oilfield Fangxing Branch, Daqing Heilongjiang

Received: Jul. 27th, 2023; accepted: Sep. 15th, 2023; published: Sep. 26th, 2023

Abstract

The fuyu reservoir in Daqing Oilfield is mainly developed in fluvial facies deposits. Affected by the swing of rivers and the rise and fall of lakes, the channel plane has a certain migration. Different channel sands cut and fill each other, and it is relatively difficult to identify a single channel. Seismic attributes are mainly used to reflect the corresponding formation information by using the data extracted from the data body, and are widely used in various processes of oil and gas field

development. This paper mainly uses the RPS well Seismic combined reservoir description technology platform to extract the original seismic amplitude attribute, and predicts the distribution characteristics of sand body in block M according to the shape and thickness difference of sand body and the corresponding relationship with the logging curve, and then applies it to the identification of a single channel, and achieves good results.

Keywords

Deposition, Seismic Properties, Sand Body, Prediction, Single Channel

Copyright © 2023 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

随着油田勘探开发技术的不断进步,油气藏精细描述的重要性越来越大,地震属性技术也越来越精进,油气田开发者用其预测储层的范围也越来越广,地震属性分析技术,在构造解释、储层描述等多个领域都能起到很好的效果[1]。常规河道识别技术多以井为出发点,未考虑井震结合,本文根据M区块的沉积地质特征,充分发挥地震资料在储层预测方面的作用,尤其是对井间砂体的预测,利用地震原始振幅属性,结合多种储层描述手段,指导单一河道的识别,效果较好。

2. 区块概况

M区块矿权面积37.48 km²,共有油水井532口,开采主要目的层扶余油层,划分为扶一组、扶二组和扶三组三个油层组,分别属于下白垩统泉头组四段和三段地层。扶顶海拔深度一般在-1400~-1800 m,地层厚度约为200~250 m,为一套由棕、褐、紫灰色砂岩和灰绿色、黑色泥岩组成的砂泥岩薄互层,属于河流-三角洲沉积。主要发育水下分流河道、辫状河道,多期河道相互切叠,沉积多种河道砂。

3. 区块沉积特征

扶余油层是松辽盆地青山口组大规模拗陷前期的一套河流相沉积[2]。从陆源重矿物看,扶一组重矿物组合类型为柘榴子石-锆石-磁铁矿组合,与怀德-九台物源一致;扶二、三组为磁铁矿-柘榴子石-锆石组合,与保康物源一致,说明扶二、三组沉积时,受怀德、保康两个物源控制,在吉林扶余、新民汇合后流经头台主要发育河流三角洲平原。扶一组沉积时,主要受怀德-九台物源支配,根据区域砂体分布走向显示,主要为西南-东北向,主要发育三角洲前缘。

M区块位于松辽盆地北部的三肇凹陷和朝阳沟阶地两个二级构造单元的过渡带,主力油层发育三角洲分流平原分流河道砂,宽度一般600米左右,局部发育多井控制的河道砂体,宽度在1800~2000 m。其他油层发育三角洲平原分流河道砂,宽度200 m左右,局部发育多井控制的河道砂体,宽度700~900 m,砂体横向变化快[3]。FI组上部、FII组下部~FIII组主要为浅湖薄层砂体、分流间薄互层砂体,单层砂岩厚度一般为2.0~4.0 m,有效厚度平均小于1.5 m;FI组中、下部~FII组上部为分流河道砂体,砂体规模宽度一般为0.3~1.5 km,长度为1.0~4.8 km,最宽可达3.5 km,最长为8.5 km以上,其有效厚度占钻遇有效厚度的90.0%。由于受河流的摆动、湖水升降等影响,这些分流河道平面具有一定的迁移性,随着时间的累积,横向上相互切叠,使得主力层的砂体大面积分布。分流河道砂体最发育的是FI7、FII1、FII3

层砂体，由多期分流河道叠合的砂体宽度最大达 3.5 km，长 4.8~9.5 km，这些砂体的钻遇率高达 60%以上，平均单层砂岩厚度 7.7 m，有效厚度 5.6 m。F1 组上部、FII 组下部~FIII 组由于受到沉积条件的影响，平面上油层多以坨状、条带状分布，单井钻遇有效厚度一般在 2~4 m 左右。

4. 单一河道识别的整体思路

1、收集好 M 区块内所有井坐标、深度、测井曲线等基础数据资料，通过专业的井震结合储层预测软件，根据已钻井的砂体钻遇信息以及地震解释成果，对井间砂体的展布情况进行预测，提取地震原始振幅属性图，并用预留后验井进行验证，进而指导单一河道的识别工作。

2、利用 GPT 软件建立 M 区块的工区，并对已钻井的测井曲线预先进行归一化处理，然后进行连井对比分析，根据河道内、河道边界砂体测井响应的区别，找到相邻井测井曲线特征突变的位置，连接成线，即为单一河道的边界。

3、利用 GPT 软件对相邻井砂体进行连井对比，找到砂体纵向上的变化规律，相邻井纵向上砂体发育层位有差异，推测井间为河道边界，循环往复进行，将找到的边界点连接成线，即为单一河道的边界。

4、在 GPT 软件中，平面上和单井纵向上都标记出单层砂体的厚度，然后对比相邻井的砂体厚度特征，根据河道砂体发育的规律，若相邻井砂体表现为厚薄的特征，即可推测为河道边界，循环往复进行，将找到的边界点连接成线，即为单一河道的边界。

5、将井震预测成果与邻井测井曲线形态对比、邻井砂体层位差异对比以及砂体厚度差异[4]对比进行综合分析、研判，再结合区块整体的物源方向、沉积特征、沉积规律、砂体展布特点等，判断出河道边界位置，完成单一河道的识别[5]。

5. 实施技术步骤和流程

如图 1，按照所示步骤和流程，进行单一河道的识别。关键在于地震属性的提取及优选，选择能够反映出地层真实情况的属性，再结合井信息，判断出河道边界位置。

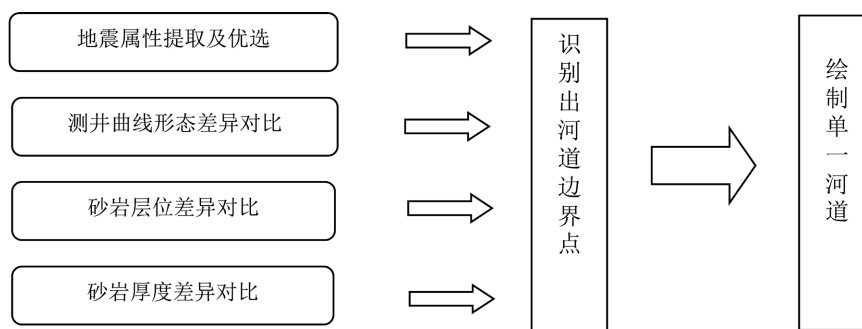


Figure 1. Flow chart of single river identification

图 1. 单一河道识别流程图

6. 地震属性提取及优选

地震属性是一个几何学名词，没有公认的分类，没有明确的物理意义，它是在地震处理过的数据体上提取出来的，主要用于反映地层界面信息，表征地下储集层特征。因为地震属性分为很多种，并且有着不同的意义，反映出不同的信息，所以，我们在应用的时候，需要根据研究需要，选择合适的属性，才能达到我们预期的效果。

地震反射波振幅的强弱变化，反映了地下储层的不同性质，与反射界面的波阻抗差有着直接关系，

而波阻抗的改变主要取决于储层、盖层以及界面的几何形态变化起。本文主要是通过专业软件对地震原始振幅属性进行提取[6][7][8]，并根据其反映出的砂体变化规律进行单一河道识别。

1、利用 RPS 井震结合储层描述技术平台提取属性流程如图 2:

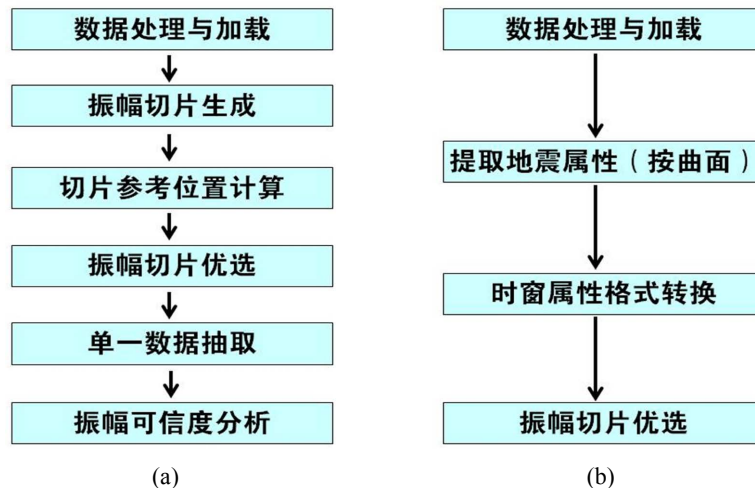


Figure 2. Using RPS well seismic combined with reservoir description technology platform to extract attribute flow chart. (a) Flow chart for extracting original seismic attributes; (b) Flow chart for extracting seismic time window attributes
图 2. 利用 RPS 井震结合储层描述技术平台提取属性流程图。(a) 地震原始属性提取流程图；(b) 地震时窗属性提取流程图

2、按照流程图所示步骤(图 2(a)~图 2(b))，对加载到 RPS 软件平台中的数据进行分析处理，生成振幅切片，根据计算出的切片参考位置，优选出振幅切片，然后将该切片中的数据进行抽取，并进行可信度分析，提取多种地震属性[9]，再对提取出的属性图进行验证分析，最终优选出符合率较高的地震原始振幅属性[10]，利用先期预留的 77 口后验井对属性图进行验证(图 3)，FII1₁ 层原始振幅属性的符合率为 81.8% (表 1)，对于分析井间砂体的展布特征具有很好的借鉴意义[11]，并用于指导后续单一河道的识别。

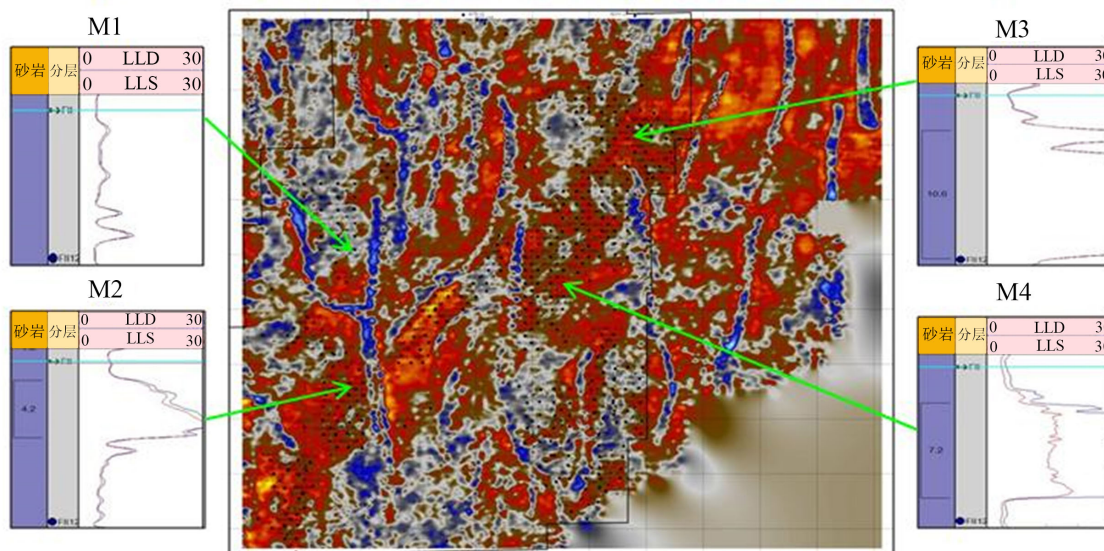


Figure 3. Verification diagram of coincidence rate of seismic attribute prediction
图 3. 地震属性预测符合率验证图

Table 1. Statistical table of coincidence rate of earthquake attribute prediction
表 1. 地震属性预测符合率统计表

井号	砂岩厚度(米)	验证结果	井号	砂岩厚度(米)	验证结果	井号	砂岩厚度(米)	验证结果	井号	砂岩厚度(米)	验证结果	井号	砂岩厚度(米)	验证结果	井号	砂岩厚度(米)	验证结果
M1	0.0	符合	M15	4.4	符合	M29	4.2	符合	M43	8.4	符合	M57	7.9	符合	X64	5.8	不符合
M2	4.2	符合	M16	4.4	符合	M30	3.8	符合	M44	10.4	符合	M58	9.8	符合	X65	3.8	不符合
M3	10.0	符合	M17	6.2	符合	M31	4.0	符合	M45	2.4	符合	M59	7.4	符合	X66	3.2	不符合
M4	7.2	符合	M18	2.6	符合	M32	6.4	符合	M46	11.3	符合	M60	6.6	符合	X67	6.4	不符合
M5	4.7	符合	M19	0.0	符合	M33	6.6	符合	M47	7.0	符合	M61	6.2	符合	X68	3.2	不符合
M6	5.6	符合	M20	1.2	符合	M34	9.6	符合	M48	7.4	符合	M62	9.0	符合	X69	3.2	不符合
M7	3.8	符合	M21	2.0	符合	M35	8.8	符合	M49	6.6	符合	M63	11.4	符合	X70	4.2	不符合
M8	0.0	符合	M22	2.0	符合	M36	7.8	符合	M50	9.0	符合				X71	0	不符合
M9	4.6	符合	M23	2.0	符合	M37	7.0	符合	M51	3.4	符合				X72	2.2	不符合
M10	5.6	符合	M24	4.4	符合	M38	11.2	符合	M52	0.8	符合				X73	0	不符合
M11	3.5	符合	M25	3.0	符合	M39	6.2	符合	M53	3.4	符合				X74	5.4	不符合
M12	1.0	符合	M26	9.3	符合	M40	10.1	符合	M54	6.4	符合				X75	2.2	不符合
M13	3.8	符合	M27	4.2	符合	M41	7.5	符合	M55	4.2	符合				X76	5.4	不符合
M14	5.2	符合	M28	10.8	符合	M42	1.8	符合	M56	7.1	符合				X77	4.8	不符合

7. 河道边界识别方法

河道边界识别过程复杂，工作量大，需要具备足够的地质知识以及丰富的工作经验，对河道的沉积演化过程具有清晰的认识，对河道砂体变化规律具有明确的判断。在众多的研究文献中，单一河道识别方法不胜枚举，且每种方法都有自己的特点及适用性，本项目主要根据 M 区块整体地质沉积环境特点以及砂体展布发育特征，对规模较大的复合河道砂体进行接触关系分析，利用多种储层描述手段综合判断，最终找出河道边界，对认识清楚大面积发育的河道砂内部连通情况，搞清油水井连通关系，指导后续油田的合理开发以及挖潜剩余油等，提供了很好的依据。

1、测井曲线形态差异

根据物源方向，作垂直于河道的横向连井剖面图(图 4)，根据相邻井测井曲线形态变化、光滑程度、幅度变化等特征判断河道边界。从连井剖面图上可以看出，N2 与 N3 井测井曲线形态明显不同，因此推测在 N2 与 N3 井之间存在河道边界，根据地震属性图预测结果(图 5)按照沉积原理，将预测边界点进行合理组合(图 6)，与地震属性图中预测的井间结果符合较好。

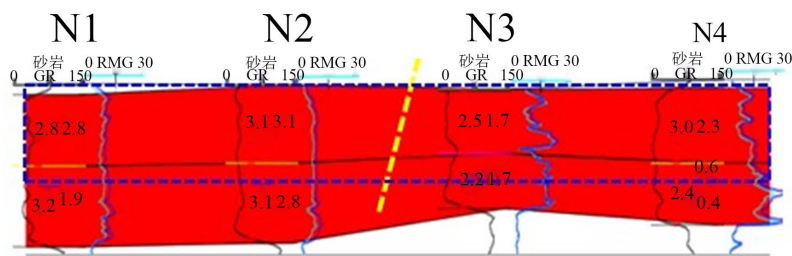


Figure 4. Section view of connecting wells
图 4. 连井剖面图

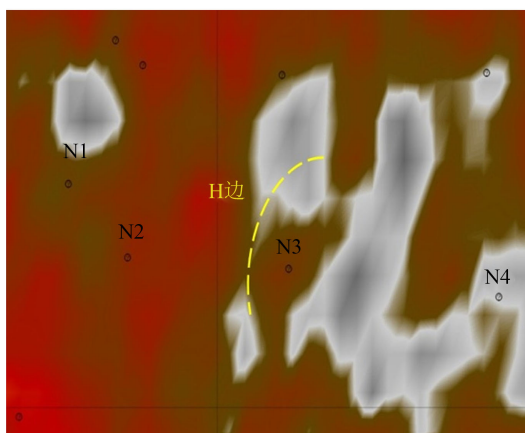


Figure 5. Seismic attribute prediction map
图 5. 地震属性预测图

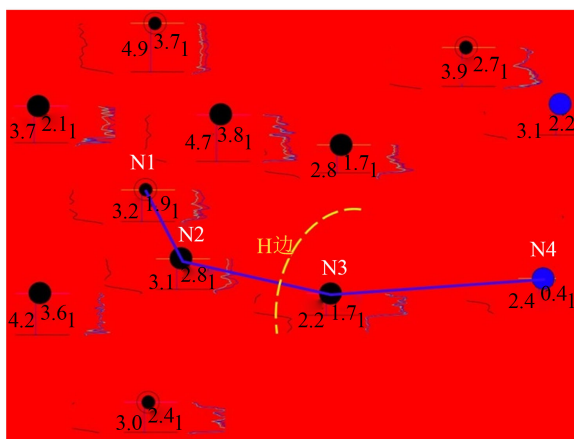


Figure 6. Sedimentary facies zone diagram
图 6. 沉积相带图

2、砂岩层位差异

根据连井剖面图显示(图 7), P2、P3 两口井之间砂体层位有很大差异, 推测 P2 和 P3 井间存在单一河道边界; 根据地震属性图预测结果(图 8), 同样显示由 P2 井向 P3 井方向砂体有变差的趋势, 按照沉积原理, 将预测边界点进行合理组合, 确定河道边界(图 9), 符合地震预测的结果。

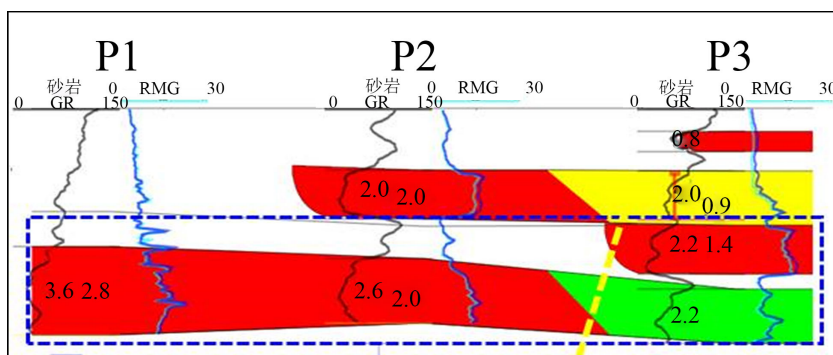


Figure 7. Cross-well profile
图 7. 连井剖面图

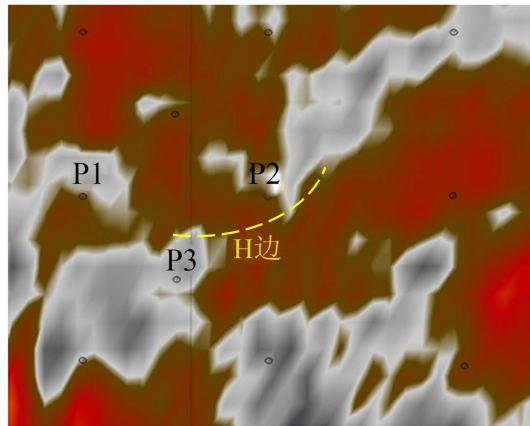


Figure 8. Seismic attribute prediction diagram
图 8. 地震属性预测图

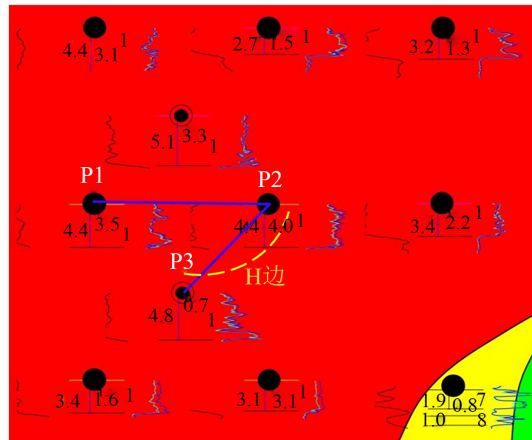


Figure 9. Sedimentary facies belt map
图 9. 沉积相带图

3、砂岩厚度差异

砂体在河道不同位置有着不同的厚度，从连井剖面上看(图 10)，Q2、Q3 两口井之间砂岩厚度存在差异，明显表现出厚薄特征，推测 Q2 井和 Q3 井之间存在单一河道边界，根据地震属性图预测结果(图 11)按照沉积原理，将预测边界点进行合理组合(图 12)，符合地震预测的结果。

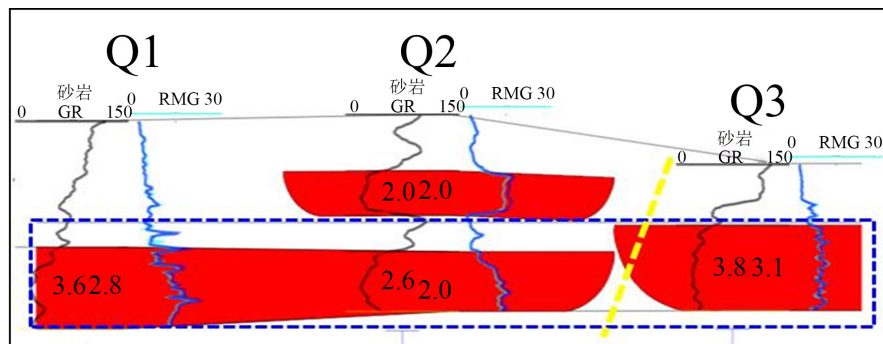


Figure 10. Cross-sectional view of well connection
图 10. 连井剖面图

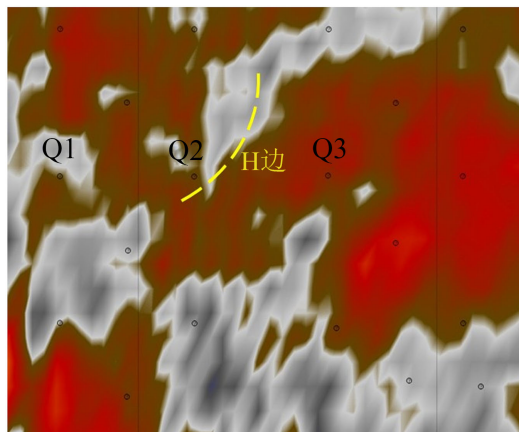


Figure 11. Seismic attribute prediction diagram
图 11. 地震属性预测图

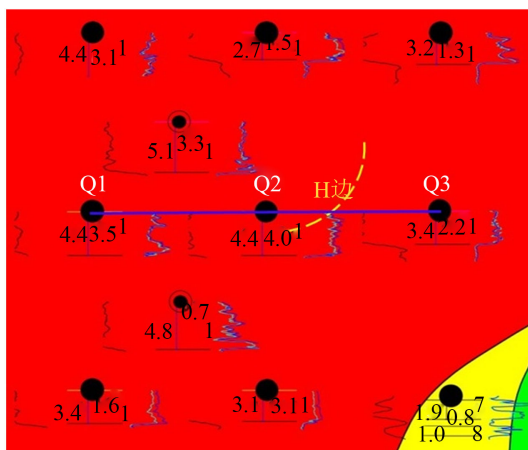


Figure 12. Sedimentary facies belt map
图 12. 沉积相带图

8. 单一河道识别成果

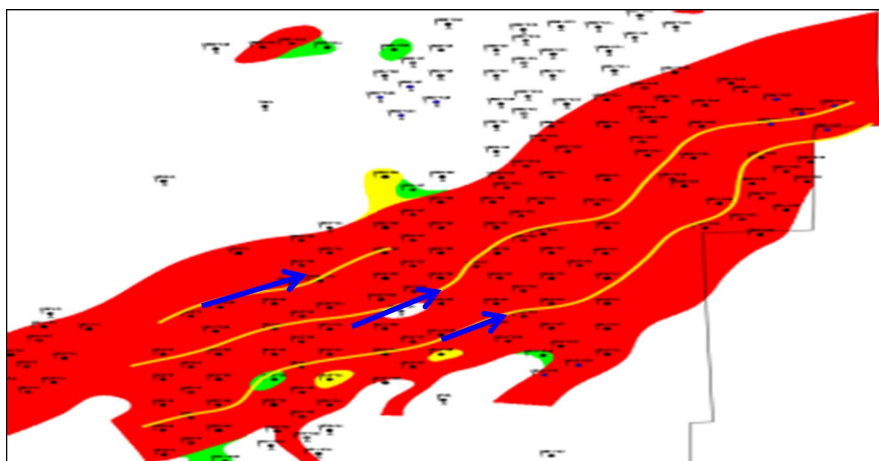


Figure 13. Identification results of single river boundary
图 13. 单一河道边界识别成果图

综合运用以上几种方法,按照沉积特征规律,在M区块共识别出三条单一河道(图13),宽度在300~700 m,河流走向为西南-北东向,由于水动力、输砂量等多种因素的影响,河道砂物性存在一定的差异,河道拼接处为物性平面变差带,顺水流方向为注水优势方向,可依此进行后续开发调整。

9. 结论

1) 利用RPS井震结合储层描述技术平台提取地震属性,方便、快捷,节省资源。经过对比分析验证,地震原始振幅属性比较符合地质发育情况,对河道识别具有重要意义;

2) 利用地震属性指导沉积相绘制,对于井间以及无井区的预测起到了指导作用,相对于以往单纯靠井曲线识别单一河道来说,河道识别更精确,更具有说服力;

3) 利用地震预测成果,结合测井曲线,在以往河道识别方法的基础上,井震结合,多种资料共同发挥作用,识别出单一河道边界,精细了储层描述;

4) 识别出的单一河道符合地质沉积规律,且各具不同的特点,可根据其各自沉积特性指导后续油田开发。

参考文献

- [1] 陈遵德,朱广生. 地震储层预测方法研究进展[J]. 地球物理学进展, 1997, 12(4): 76-84.
- [2] 张长俊,田景春. 头台-茂兴地区扶余油层沉积微相研究[J]. 成都地质学院学报, 1992(4): 71-81.
- [3] 杨彦宇. T1区块扶余油层河道砂体预测方法研究[J]. 化学工程与装备, 2015(9): 113-115.
- [4] 苗厚纯,杨为华,于宏宇,等. 复合河道内部单期河道边界识别方法研究[J]. 河北地质大学学报, 2020, 43(1): 51-56.
- [5] 李晓慧. 主流线叠合法在分流河道演化特征分析中的应用[J]. 特种油气藏, 2020, 27(2): 22-29.
- [6] 赵政璋,赵贤正,王英民,等. 储层地震预测理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [7] 庄东海. 地震属性分析与四维地震方法研究及应用[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 1999.
- [8] 乐友喜. 地震属性提取、分析与应用方法研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 石油勘探开发研究院, 2002.
- [9] 何碧竹,周杰,汪功怀. 利用多元地震属性预测储层信息[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(3): 258-262.
- [10] 陈遵德,编. 储层地震属性优化方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- [11] 曹辉. 关于地震属性应用的几点认识[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(5): 18-22.