

# 井控道集谱蓝化技术在高分辨率储层预测中的应用 ——以珠江口盆地R油田为例

董政,李黎,赵伟超,郭丽,夏晓燕

中海石油(中国)有限公司深圳分公司

**摘要** 南海珠江口盆地R油田为典型的中型礁灰岩油田,储层非均质性强,井间对比困难,常规地震资料品质较差,岩性边界及低渗储层“甜点”识别难度大,储层预测难以达到理想的精度。应用井控道集谱蓝化处理技术,从叠前CRP道集入手,以井控正演道集频谱趋势为约束,通过井震实时标定质控,对常规地震道集进行系统迭代和定量校准,最大程度挖掘常规地震资料潜力,合理可控提高地震资料分辨率,形成针对灰岩储层“甜点”预测的叠前高分辨率道集优化处理方法。以井控道集谱蓝化处理地震资料为基础,针对灰岩薄储层创新应用分级相控高分辨率反演技术手段,在靶区灰岩储层“甜点”预测中取得了较好应用成效,为油田开发方案设计、注采井网优化和开发井实施提供了有力保障。

**关键词** 井控道集谱蓝化;分级相控反演;储层预测;高分辨率;礁灰岩;珠江口盆地

中图分类号:TE122.2 文献标识码:A

## 0 前言

近年来,随着珠江口盆地勘探开发工作的不断深入,面临的油藏类型也越来越复杂,对储层预测精度的要求也越来越高。珠江口盆地R油田为典型的复杂礁灰岩油藏,储层非均质性强、“甜点”展布复杂,主力油藏的油层厚2~10 m不等,受限于常规地震资料的品质,储层预测分辨率低,加之储层连通性、岩性边界及“甜点”平面展布的不确定性,给油田开发井网部署、靶点优化和油田总体开发方案实施带来较大挑战。R油田主要目的层段的常规地震资料主频约为34 Hz,频带宽度约为5~80 Hz,按照垂向分辨率为四分之一波长计算,得出垂向分辨率约为29 m,远远达不到开发阶段储层预测精度的要求。因此,亟需有效的处理技术手段,以改善常规地震资料品质,合理、可控地提高地震资料分辨率,提升储层预测的可靠性。

针对地震资料分辨率问题,当前许多学者已经做了大量的研究工作,在一定程度上从不同角度解决了地震资料处理过程中的一些难题,通过提高地震资料分辨率处理,提升了储层反演的分辨率<sup>[1-5]</sup>。刘春成等<sup>[6]</sup>通过调节改进广义S变换参数,获得衰

减地震记录时频谱,并实现复赛谱时频域反褶积,提高了地震分辨率;周怀来等<sup>[7]</sup>在S域中实现动态反褶积,弥补Gabor时窗固定问题,但未从根本上解决反射系数满足白谱条件的问题;王季<sup>[8]</sup>、颜中辉等<sup>[9]</sup>通过希尔伯特谱白化方法增强地震信号时频域分辨率;郭欣等<sup>[10]</sup>提出基于二阶谱和多阶微分融合的方法面向开发和储层预测进行井控地震资料优化处理以弥补常规地震资料处理的不足;崔永福等<sup>[11]</sup>提出井控反褶积方法限制高频噪声,保持信噪比,提高分辨率。但是,传统反褶积受限于反射系数为白噪的假设,一般地震资料难以满足假定条件,往往缺乏高频原始信号造成处理的不确定性。而谱白化虽然在一定程度上提高了地震资料的分辨率,但其无法兼顾时域和频域信息,导致地质细节在分辨率提升上有所不足。本文针对珠江口盆地R油田靶区存在的地质问题,提出叠前道集井控谱蓝化处理技术,通过道集正演、井控提频、定量校准等一系列处理工作,在提频不拓频的条件下,深挖现有资料潜力,在保持地震资料信噪比的同时,有效提高了地震资料分辨率,为研究区岩性边界识别、储层“甜点”预测等提供了有力可靠的基础数据,并取得了较好的应用效果。

收稿日期:2021-09-14;改回日期:2022-04-07

本文受中海石油(中国)有限公司海上中深层油藏地球物理技术攻关项目(编号:YXKY-2019-ZY-05)资助

**第一作者:**董政,工程师,硕士,现主要从事开发地震地球物理研究工作。通信地址:518000 广东省深圳市南山区后海滨路深圳湾段3168号中海油大厦;E-mail:dongzheng6556@163.com

## 1 井控道集谱蓝化技术

常规地震资料处理往往是以反射系数序列为白噪序列的技术进行的。地震数据处理过程中振幅谱白化,虽然在频率域内将每道信号有效频带内的振幅谱拉平,弥补了高频成分,在一定程度上提高了地震资料分辨率,但是谱白化无法兼顾时域和频域的细节信息,在提高分辨率成效上存在一定的不足。目前,谱蓝化提频技术已经得到了较好的应用,并在油气勘探开发过程中取得较好的实践效果<sup>[12-15]</sup>。本次研究在调研前人研究成果的基础上,创新性地采用井控道集谱蓝化处理技术,合理可控提高道集资料品质,逐级定量提高地震资料分辨率。

在井控谱蓝化处理过程中,充分利用测井资料、VSP资料等,将测井反射系数频谱和井旁道正演模型频谱趋势作为约束,恢复地震道集数据中衰减的高频能量并保持近远道频谱的一致性,通过谱蓝化后的地震道集数据与测井反射系数匹配迭代,最终在有效频带内最大程度地提高地震数据的分辨率与保真度,同时保持信噪比水平。从R油田LFA-1井反射系数频谱(图1)可以看出,实际地层反射系数振幅谱的整体趋势是向着高频方向逐步递增的,这种有色趋势即是“蓝色”趋势。从测井的反射系数频谱分析可以看出,频率与振幅的频谱特性具备较好的正相关性,这种随频率的增大,振幅能量随之增强的频谱特性称为蓝谱。可认为振幅谱 $A(f)$ 与频率 $f$ 之间存在如下的近似关系:

$$A(f) \approx a f^u \quad (1)$$

式中: $A$ 为振幅,%; $a$ 为常数; $u$ 为(0,1)的指数,一般 $u$ 取0.5以内; $f$ 为频率,Hz。

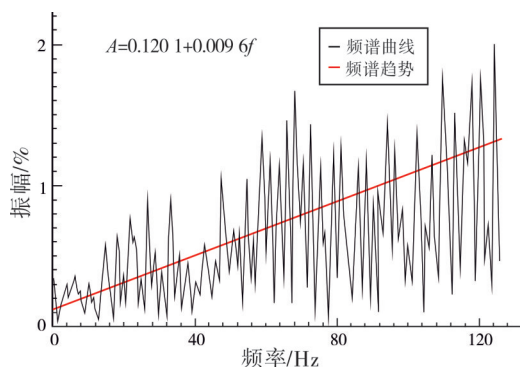


图1 珠江口盆地R油田LFA-1井反射系数频谱图

Fig. 1 Reflection coefficient spectrogram of Well LFA-1 in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

谱蓝化处理首先对地层反射系数有色成分进行迭代模拟,得到相关性较好的谱蓝化算子,最终提高地震数据高频成分。具体过程为:首先对地震道数据求取地震振幅谱,并通过反褶积求取地震数据的反射系数,根据地震正演模型振幅谱和测井反射系数振幅谱进行相关匹配,确定道集优化处理参数和谱蓝化算子,使地震道的振幅谱和测井反射系数振幅谱趋势基本一致;然后利用求取的谱蓝化算子与地震数据进行褶积运算,得到高频补偿后的地震提频数据。在地震道集谱蓝化处理过程中,通过合成地震记录实时标定相关系数进行提频质量定量质控,对每次叠前道集优化迭代进行实时的系统校准,以保证叠前道集谱蓝化处理的可靠性,为面向开发的高分辨率储层预测提供可靠的基础数据。

通过井控道集谱蓝化处理前后的角道集对比(图2)可以看出:经过井控谱蓝化频谱校正后的角道集在分辨率上有明显提高,地震细节信息得到较好体现,且井控谱蓝化角道集与井旁道地震正演道集具备更好的一致性,即更为接近实际地层的真实情况。由过LFA-1井谱蓝化校正前后的井旁地震道与合成地震记录标定结果可以看出,谱蓝化后井旁地震道与合成地震记录波组一致性更好。对比定量标定结果,谱蓝化后井旁地震道与合成地震记录道的相关系数由0.415上升到0.695。

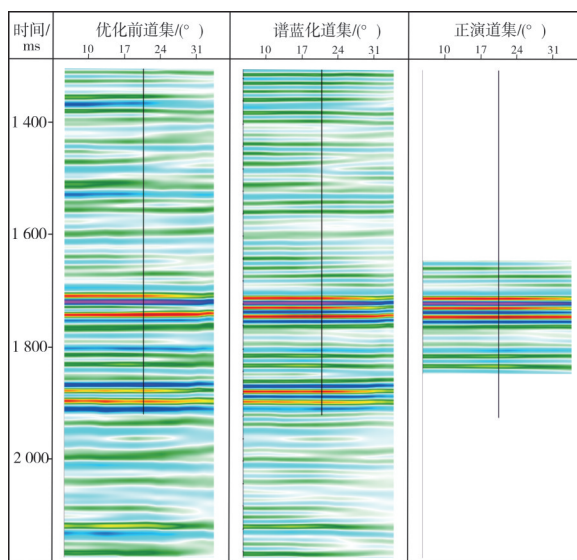


图2 珠江口盆地R油田过LFA-1井道集谱蓝化前后角道集对比

Fig. 2 LFA-1 well gather comparison before and after spectral bluing in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin



从过LFA-1井正演模型频谱(蓝色)和谱蓝化前(黑色)、谱蓝化后(红色)角道集频谱对比(图3)可以看出:谱蓝化后振幅谱能量主要集中在40~80 Hz的高频部分,通过以正演道集频谱为依据,定量对常规地震道集频谱进行反复迭代校正,最终使常规地震频谱的高频能量得到恢复,且与正演模型频谱较为一致;与谱蓝化前地震频谱(能量多在中低频段)相比,谱蓝化后地震资料的高频部分得到定量合理补偿,地震数据分辨率得到有效提升。

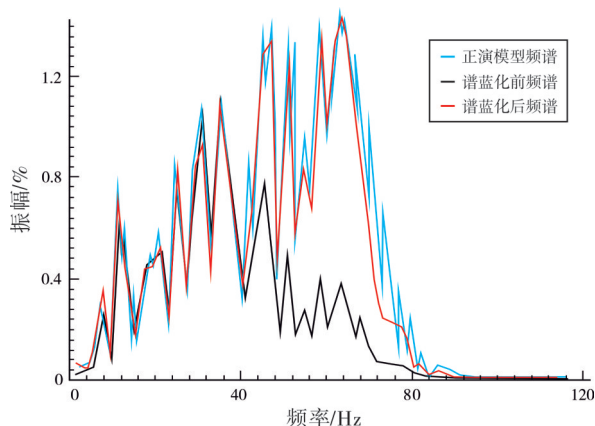


图3 珠江口盆地R油田过LFA-1井道集谱蓝化前后频谱对比图

Fig. 3 Spectrum comparison before and after spectral bluing of LFA-1 well gather in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

## 2 井控道集谱蓝化效果分析

常规道集资料处理往往存在信噪比低、分辨率

低、剩余噪音、道集不平和近中远道叠加时间、振幅不闭合等现象,对叠前反演成果的质量及可靠性产生较大影响。针对常规道集资料中存在的系列问题,本文在井控道集谱蓝化提高分辨率处理的过程中也对道集做进一步优化工作,以井控校准为前提,结合井旁正演道集及振幅谱趋势,开展道集去噪、剩余时差校正、井控谱蓝化、道集拉平、能量补偿等处理工作,通过地震频谱与合成地震记录约束对比,最大限度地保真保幅提升地震资料品质,为叠前反演提供更为可靠的AVA道集成果数据,确保叠加效果。

### 2.1 地震资料处理效果对比

经过井控谱蓝化定量校准后的叠加地震资料的品质有了明显提升(图4a,4b),谱蓝化处理后地震资料主频由34 Hz提升至55 Hz(图4c),地震资料分辨率有了显著提高;同时,经过井控振幅校准后,地震资料振幅趋势(蓝线)与正演模型(红线)振幅趋势更为一致(图4d),振幅趋势符合随偏移角增大而逐渐减小的特征;地震剖面上同相轴连续性加强,灰岩储层尖灭现象清晰,为地震资料精细解释及井控高分辨率叠前储层预测打下良好基础。分角度叠加剖面分析也表明,经叠前井控优化处理后,近、中、远道的叠加结果更趋重合,剩余时差和噪声消除后,近、中、远道的记录波形趋于一致,有效提升了反演成果数据体应用的可靠性。

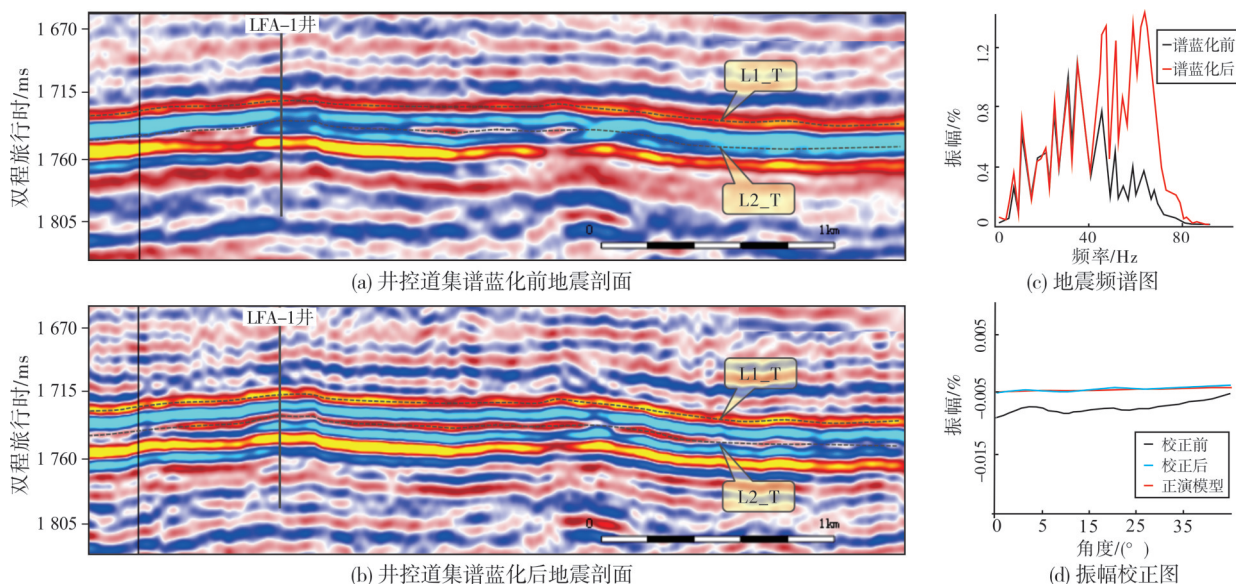


图4 珠江口盆地R油田井控道集优化前后效果对比图

Fig. 4 Effect comparison before and after well controlled gather optimization in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

## 2.2 叠后反演效果对比

对比道集谱蓝化处理前后的地震反演结果可以看出,经过高分辨率道集优化处理后的地震反演结果分辨率明显提高。常规地震资料基础上的储层反演剖面虽然可以反映储层的横向展布,但对于储层细节特征揭示不足,特别是横向尖灭边界及纵

向叠置关系、连通性不清楚(图5a)。探井LFA-1井揭示L1层与L2层的储层纵向上不连通,L1层与L2层油藏具备不同的油水界面,提频后的地震反演剖面(图5b)可以较好地表征储层纵向叠置关系,反演结果显示L1层与L2层的储层之间具有明显隔层分布,为相互独立的油水系统;此外,L2层储层在剖面左侧的尖灭特征得到了较好的体现(图5b)。

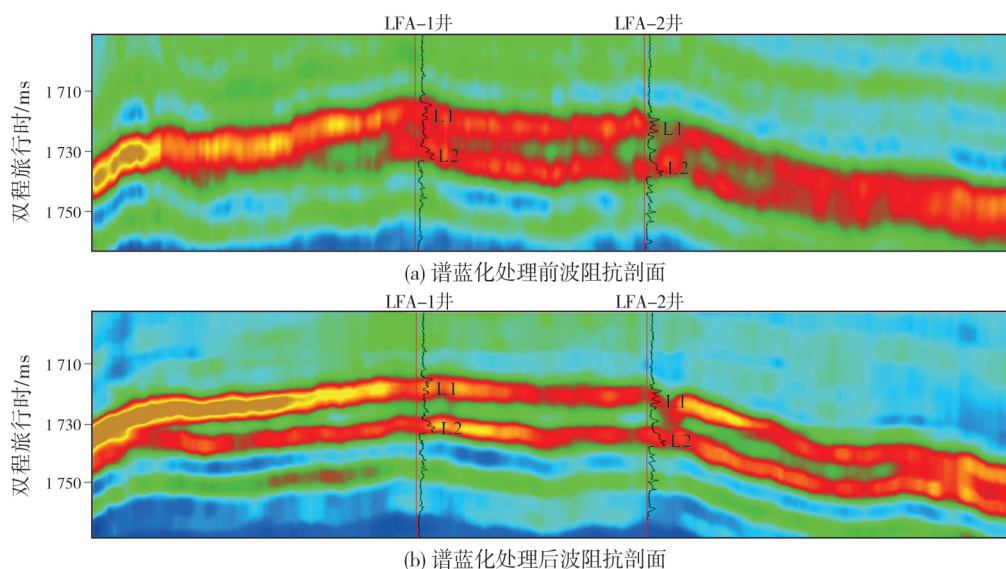


图5 珠江口盆地R油田道集谱蓝化处理后地震反演对比

Fig. 5 Seismic inversion section comparison before and after the gather spectral bluing in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

研究区目的层礁滩灰岩沉积厚度薄(约30 m),与常规地震资料反演结果相比,基于井控提频的波阻抗反演在反映礁滩灰岩储层沉积特征和叠置关系上取得了较好效果,但对于大多厚度较薄(2~8 m)的“甜点”储层预测精度还有待进一步提升。本文在井控提频资料反演的基础上,进一步开展了高分辨率储层反演预测研究。

## 3 分级相控叠前高分辨率反演

研究靶区礁滩灰岩储层纵向叠置关系复杂、储层厚度薄,礁滩灰岩层段内部“甜点”储层(油层)厚度大多为2~8 m,L1层与L2层整段礁滩灰岩地层在地震剖面上仅表现“两峰夹一谷”的特征(图6),因此在灰岩段内幕寻找“甜点”储层难度大,对反演分辨率提出了很高的要求。本文针对少井、复杂沉积地质背景,在叠前反演过程中创新性地应用分级相控高分辨率反演技术手段,充分利用测井资料对储层纵向发育的精细识别及地震资料对储层横向展布的预测能力:一级(1D)相控利用与生物礁、滩沉积特征有

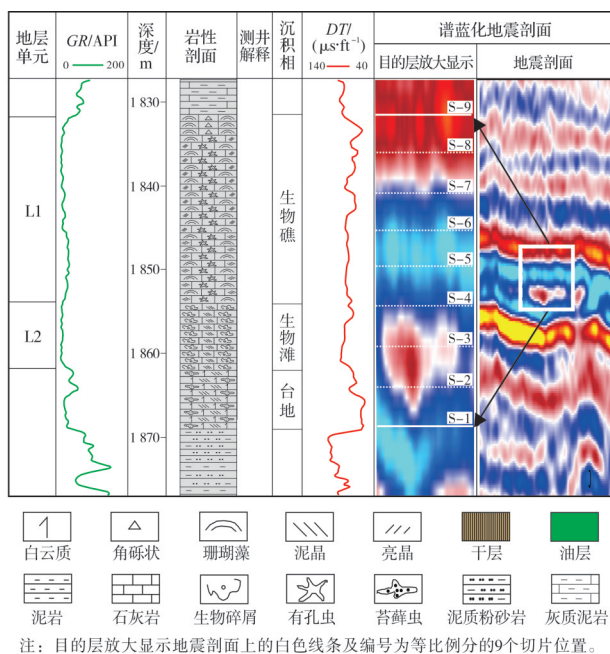


图6 珠江口盆地R油田礁滩灰岩储层井-震对比 (LFA-1井)

Fig. 6 Well-seismic analysis of reef-shoal limestone reservoir in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin



关的测井岩性韵律作为约束,纵向上通过测井岩性解释计算每个小层的单井岩性概率,并通过测井岩性韵律先验概率统计估算,形成测井纵向上的岩性韵律趋势,进而建立灰岩段一维概率统计函数,指示纵向储层概率变化(图7a);二级(2D)相控利用基于谱蓝化处理成果反演得到的叠后波阻抗反演平面

属性趋势作为约束,分别选取L1层、L2层沿层波阻抗属性作为目的层段生物礁灰岩、滩灰岩储层的平面展布软约束,指示不同研究单元的储层平面变化规律(图7b)。基于井控提频地震成果资料,通过1D/2D分级相控反演技术手段,针对性开展礁滩灰岩储层高分辨率反演及“甜点”储层预测。

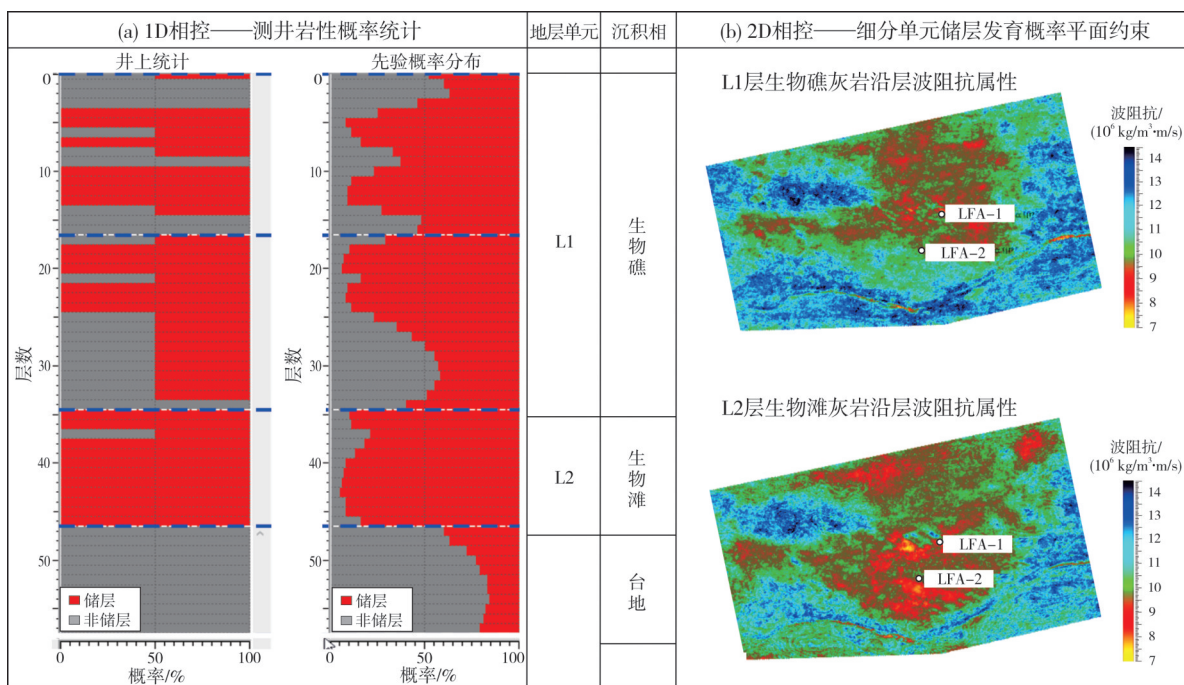


图7 珠江口盆地R油田灰岩储层分级相控约束单元划分

Fig. 7 Classification of facies controlled constraint units of limestone reservoir in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

如图8所示,与常规地震叠后波阻抗反演结果相比,井控谱蓝化处理和分级相控的联合应用对反演分辨率有较大改善,对灰岩“甜点”储层的识别精度明显提升。从反演剖面上看,常规波阻抗反演效果忠实于地震,受限于常规地震资料分辨率低的问题,纵向上储层反演识别精度低,横向上仅能反映

大套灰岩的展布趋势,井间优质储层的叠置关系不明确(图8a);分级相控高分辨率反演结果与井点实钻基本吻合,纵向上不仅可以揭示大套储层段的分布趋势,也可以很好地刻画礁滩灰岩内幕2~8 m的“甜点”储层分布,横向上井间灰岩储层展布自然,细节丰富,“甜点”储层叠置关系符合地质认识(图8b)。

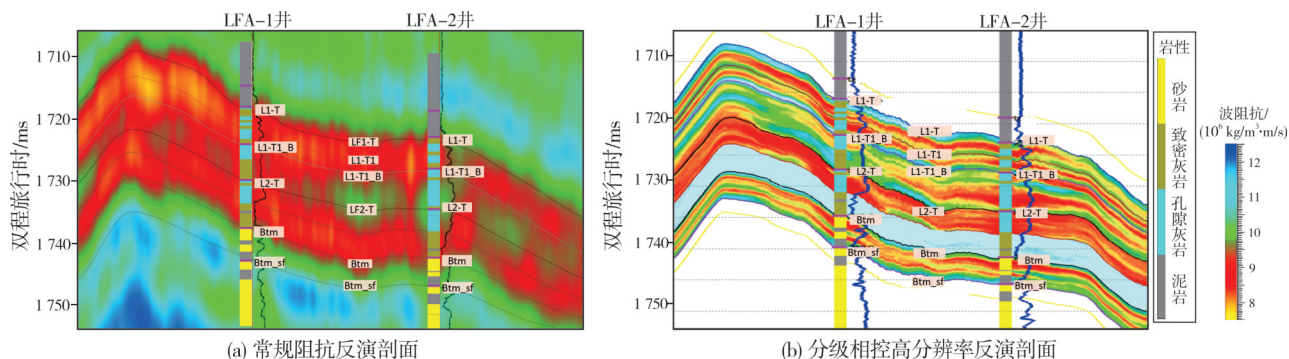


图8 珠江口盆地R油田礁滩灰岩储层反演结果对比

Fig. 8 Inversion results comparison of reef-shoal limestone reservoir in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

## 4 应用与成效

### 4.1 精细刻画礁灰岩储层展布边界及厚度

珠江口盆地R油田礁滩灰岩储层展布边界对油田储量评估、可动储量评价和开发方案设计均会产生较大影响。本次研究通过井控谱蓝化高分辨率储层预测,精确刻画了储层边界,为油藏地质研究提供了有力指导(图9)。分析表明,研究区基于储层反演的波阻抗属性与孔隙度具备较好的相关性,优质灰岩储层的测井解释孔隙度在10%以上。通过地震反演孔隙度预测可以看到(图9a):L1层礁灰岩优质储层在油田主体区局部分布,主要集中于LFA-1井和LFA-2井

之间的油田中部,油藏主体区孔隙度均在10%以上,而孔隙度为5%~10%的差储层主要集中分布于礁灰岩边界部位,岩性边界效应明显、平面展布清晰。

在低渗“甜点”预测方面,本次研究将渗透率大于 $1.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的灰岩定义为“甜点”储层。结合高分辨率反演的纵波阻抗、纵横波速度比与渗透率交会分析得出,在坐标旋转 $45^\circ$ 时,将纵波阻抗、纵横波速度比双参数旋转融合后,得到新的旋转弹性波阻抗体可有效区分“甜点”与非“甜点”储层。通过对表征“甜点”的旋转波阻抗属性体进行三维精细雕刻及累积加权落实“甜点”储层厚度(图9b),井点位置预测的“甜点”储层厚度吻合率在70%以上(表1)。

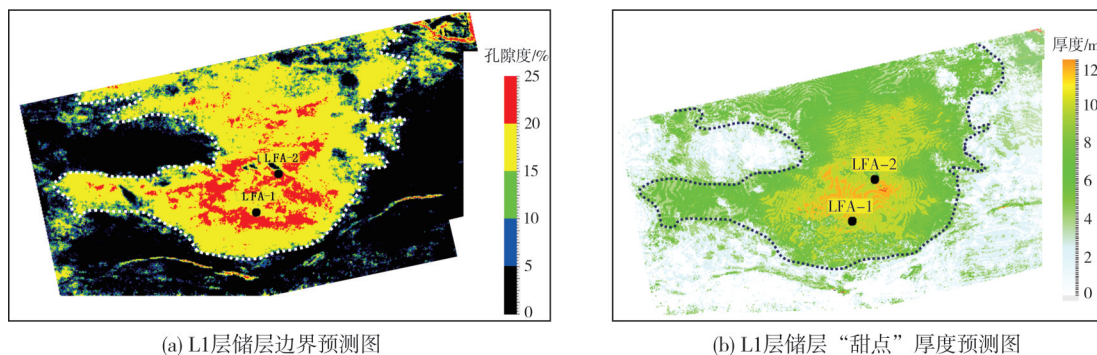


图9 珠江口盆地R油田灰岩储层平面展布

Fig. 9 Limestone reservoir boundary and "sweet spot" thickness distribution in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

表1 珠江口盆地R油田灰岩储层“甜点”厚度统计表  
Table 1 Thickness statistics of limestone "sweet spot" in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

层位	LFA-1井			LFA-2井		
	油层厚度/m	“甜点”预测厚度/m	吻合率/%	油层厚度/m	“甜点”预测厚度/m	吻合率/%
L1	8.2	9.8	80.5	16.6	12.2	73.5
L2	5.9	6.2	94.9	7.0	6.4	91.4

### 4.2 明确“甜点”分布规律,优化开发方案

在高分辨率储层预测的基础上明确了储层“甜

点”分布规律。把L1层和L2层目的层段等比例分成9个切片(切片位置见图6地震剖面放大显示),对表征低渗储层“甜点”的旋转波阻抗体提取这9个地层切片的属性,切片上旋转波阻抗较低值的黄色至红色区间表示储层“甜点”部位(图10)。从图10可以看出:L2层生物礁灰岩储层“甜点”纵向上主要集中发育在储层段中下部,平面上沿南断层附近较为发育,储层连续性较好(图10a);L1层生物礁灰岩储层“甜点”纵向上主要发育在储层中下段,平面上分布在油藏中部,“甜点”储层连续性好、厚度大(图10b)。

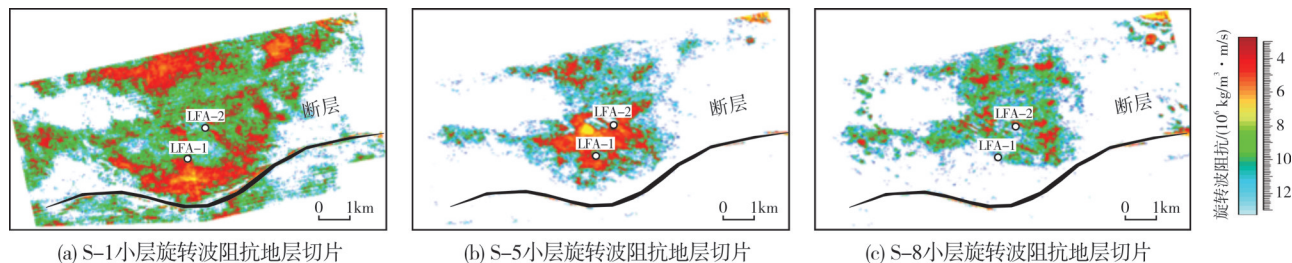


图10 珠江口盆地R油田灰岩储层“甜点”预测分布(切片位置见图6)

Fig. 10 Limestone "sweet spot" distribution in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin (vertical position of slice is shown in Fig. 6)



整体来看,从下至上灰岩储层“甜点”平面展布呈现向北渐变迁移的特点,“甜点”储层在礁灰岩上段零散发育直至消亡(图10c)。

基于低渗储层“甜点”分布规律,综合考虑储层物性、“甜点”分布、发育规模、连通性和构造位置

等,R油田井网部署采用“平面分区、纵向分层”的井网部署方案,注采井设计在“甜点”分布集中、物性好、连通性好的区域,以保证注采受效(图11)。基于此套开发方案,成功推动该中型油田开发项目进入前期研究阶段,具备可观的经济效益。

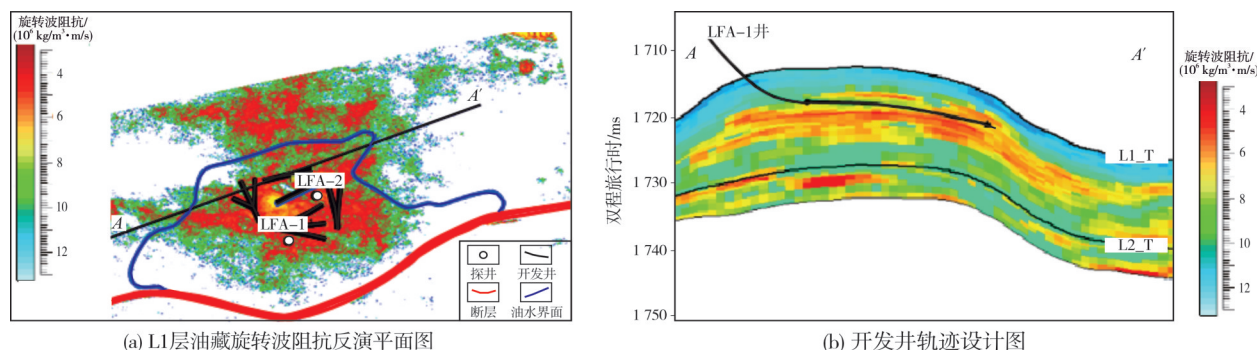


图11 珠江口盆地R油田L1层生物礁灰岩油藏井网部署

Fig. 11 Well pattern layout of reef limestone reservoir of L1 layer in R Oilfield of Pearl River Mouth Basin

## 5 结论

(1)应用井控道集谱蓝化处理技术,以正演道集频谱为依据,定量对常规地震道集频谱进行反复迭代校正,最终达到与正演模型频谱趋势趋于一致,并通过合成地震记录实时标定相关系数进行提频质量定量质控,对每次叠前道集优化迭代进行实时系统校准,最终得到高频补偿后的地震提频数据,保证叠前道集谱蓝化处理的可靠性,为面向开发的高分辨率储层预测提供了可靠基础数据。

(2)基于井控道集谱蓝化处理的叠前地震数据,针对灰岩薄储层创新应用分级相控高分辨率反演技术,开展储层反演预测,精细刻画了储层展布边界和“甜点”展布规律,有效提高了优质储层预测分辨率和“甜点”预测精度,为油田开发井靶点优化和开发方案实施提供有力支持和指导。

### 参考文献

- [1] 王江, 陈沫, 王杰, 等. 地震分频技术在扇三角洲前缘砂体预测中的应用: 以海拉尔盆地乌尔逊断陷铜钵庙断裂带南屯组为例[J]. 海相油气地质, 2021, 26(1): 90-96.  
WANG Jiang, CHEN Mo, WANG Jie, et al. Application of seismic frequency division technique in sand body prediction of fan delta front: taking Nantun Formation of Tongbomiao fault zone in Wuexun fault depression of Hailaer Basin as an example[J]. Marine origin petroleum geology, 2021, 26(1): 90-96.
- [2] 唐武, 王英民, 杨彩虹, 等. 生物礁、生物丘及滩相沉积的地震特征对比与识别: 以琼东南盆地深水储层预测为例[J]. 海相油气地质, 2013, 18(2): 56-64.  
TANG Wu, WANG Yingmin, YANG Caihong, et al. Contrast

and identification of seismic reflection features among reefs, bioherms and shoal flats: an example of reservoir prediction in deep-water area, Qiongdongnan Basin[J]. Marine origin petroleum geology, 2013, 18(2): 56-64.

- [3] 刘艳, 赵海涛, 徐红霞, 等. 利用叠后提频及多属性分析预测砂泥岩薄互层: 以轮南石炭系砂泥岩段为例[J]. 石油地球物理勘探, 2018, 53(增刊1): 196-200.  
LIU Yan, ZHAO Haitao, XU Hongxia, et al. Thin inter-bed prediction with poststack frequency improvement and multi-attribute analysis: an example of Carboniferous sand-mudstone member in Lunan area [J]. Oil geophysical prospecting, 2018, 53(S1): 196-200.
- [4] 邓吉锋, 王改卫, 潘永, 等. 基于CRP道集优化处理的叠前AVA同步反演技术的应用: 以KL9构造区为例[J]. 石油物探, 2019, 58(3): 461-470.  
DENG Jifeng, WANG Gaiwei, PAN Yong, et al. Prestack AVA simultaneous inversion based on optimized CRP gathers: a case study from the KL9 tectonic region, China[J]. Geophysical prospecting for petroleum, 2019, 58(3): 461-470.
- [5] 叶云飞, 刘春成, 刘志斌, 等. 海上宽频地震反演方法及其在南海深水区的應用[J]. 中国海上油气, 2018, 30(2): 65-70.  
YE Yunfei, LIU Chun Cheng, LIU Zhibin, et al. Analysis of Marine broadband seismic data inversion and application in deep water of South China Sea[J]. China offshore oil and gas, 2018, 30(2): 65-70.
- [6] 刘春成, 周慰, 牛聪, 等. 基于改进广义S变换的复谱时频域反褶积方法[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2018, 42(5): 57-64.  
LIU Chun Cheng, ZHOU Wei, NIU Cong, et al. Cepstral time-frequency domain deconvolution based on improved generalized S-transform[J]. Journal of China University of Petroleum (edition of natural science), 2018, 42(5): 57-64.
- [7] ZHOU Huailai, WANG Changcheng, MARFURT K J, et al. Enhancing the resolution of non-stationary seismic data using improved time-frequency spectral modelling [J]. Geophysical

- journal international, 2016, 205(1): 203–219.
- [8] 王季. 基于 Hilbert 谱白化的高分辨率地震资料处理[J]. 煤炭地质, 2012, 37(1): 50–54.  
WANG Ji. High resolution seismic processing based on whitening of Hilbert spectrum [J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37(1): 50–54.
- [9] 颜中辉, 方刚, 徐华宁, 等. 希尔伯特谱白化方法在海洋地震资料高分辨率处理中的应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2018, 38(4): 212–220.  
YAN Zhonghui, FANG Gang, XU Huaning, et al. The application of Hilbert spectral whitening method to high resolution processing of marine seismic data [J]. Marine geology & Quaternary geology, 2018, 38(4): 212–220.
- [10] 郭欣, 雍学善, 高建虎, 等. 基于二阶谱及多阶微分融合的频谱拓展方法[J]. 地球物理学进展, 2016, 31(5): 2095–2102.  
GUO Xin, YONG Xueshan, GAO Jianhu, et al. Seismic bandwidth broadening method based on bi-spectrum and multi-order differential fusion [J]. Progress in geophysics, 2016, 31(5): 2095–2102.
- [11] 崔永福, 吴国忱, 郭伟, 等. 井控谱约束反褶积方法及其应用[J]. 石油地球物理勘探, 2015, 50(5): 854–860.  
CUI Yongfu, WU Guochen, GUO Wei, et al. Well-control spectrum constraint deconvolution [J]. Oil geophysical prospecting, 2015, 50(5): 854–860.
- [12] 李贤兵, 赵俊杰, 晋剑利, 等. 叠前谱蓝化提频技术在乍得 Baob 油田储层预测中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2020, 55(6): 1343–1348.  
LI Xianbing, ZHAO Junjie, JIN Jianli, et al. Pre-stack spectrum blueing frequency increasing technique: a case study on reservoir prediction in Chad Baob Oilfield [J]. Oil geophysical prospecting, 2020, 55(6): 1343–1348.
- [13] 刘建伟, 高秋菊, 师涛. 谱蓝化技术在大王庄油田储层预测中的应用[J]. 复杂油气藏, 2016, 9(1): 31–34.  
LIU Jianwei, GAO Qiuju, SHI Tao. Application of spectral blueing frequency technology in reservoir prediction of Dawangzhuang area [J]. Complex hydrocarbon reservoirs, 2016, 9(1): 31–34.
- [14] 纪甜甜, 张武, 任红, 等. 谱蓝化拓频处理技术在春光区块的应用[J]. 非常规油气, 2015, 2(3): 22–26.  
JI Tiantian, ZHANG Wu, REN Hong, et al. Application of spectral blueing frequency-broadening technique in Chunguang block [J]. Unconventional oil & gas, 2015, 2(3): 22–26.
- [15] 鲍熙杰, 赵海波. CRP 道集优化处理对叠前反演的影响[J]. 石油地质与工程, 2013, 27(1): 39–41, 55.  
BAO Xijie, ZHAO Haibo. Effects analysis of CRP gather optimal processing on prestack inversion [J]. Petroleum geology and engineering, 2013, 27(1): 39–41, 55.

编辑:黄革萍

## Application of well controlled gather spectral bluing technology in high resolution reservoir prediction : taking R Oilfield of Pearl River Mouth Basin as an example

DONG Zheng, LI Li, ZHAO Weichao, GUO Li, XIA Xiaoyan

**Abstract:** R Oilfield is a typical medium-sized reef limestone oilfield in Pearl River Mouth Basin of the South China Sea, with strong reservoir heterogeneity, complex reservoir connectivity, difficult inter-well correlation, difficult identification of lithologic boundary and “sweet spot” of low permeability reservoir, which has a great impact on the formulation and implementation of development plan. The quality of conventional seismic data is low, and the processing of conventional gather data often has the characteristics of low signal to noise ratio, low resolution, residual noise, and unequal gather, which has a greater impact on the quality and reliability of the pre-stack inversion results, so the reservoir prediction is difficult to achieve ideal prediction accuracy. This time, constrained by the spectrum trend of the well controlled forward gather, using well controlled gather spectral bluing processing technology and starting from the pre-stack CRP gather, systematic iteration and quantitative calibration of the conventional seismic gather were carried out through well-seismic calibration and quality control, so as to maximize the potential of the conventional seismic data, and to improve the resolution of seismic data reasonably and controllably. Thus, a pre-stack high-resolution seismic optimization processing method is formed for the limestone reservoir prediction. At the same time, with the help of multi-parameter fusion coordinate rotational petrophysical convergence analysis technology, the relationships between  $v_p$  and  $v_s$ , impedance and permeability is established, and based on the well controlled spectrum bluing seismic data, the innovative application of hierarchical facies controlled high-resolution inversion technology for thin limestone reservoir has achieved good application results in the limestone “sweet spot” prediction in the target area, which provides a strong guarantee for oilfield development scheme design, well pattern optimization and development well implementation. A series of technical ideas and methods can provide empirical guidance and reference for the subsequent development and research of similar oilfields.

**Key words:** well controlled gather spectral bluing; hierarchical facies controlled inversion; reservoir prediction; high resolution; reef limestone; Pearl River Mouth Basin

**DONG Zheng,** First author: MSc, Engineer, engaged in the research of development seismic geophysics. Add: CNOOC Building, No. 3168 Shenzhen Bay Section, Houhaibin Rd., Nanshan District, Shenzhen, Guangdong 518000, China.