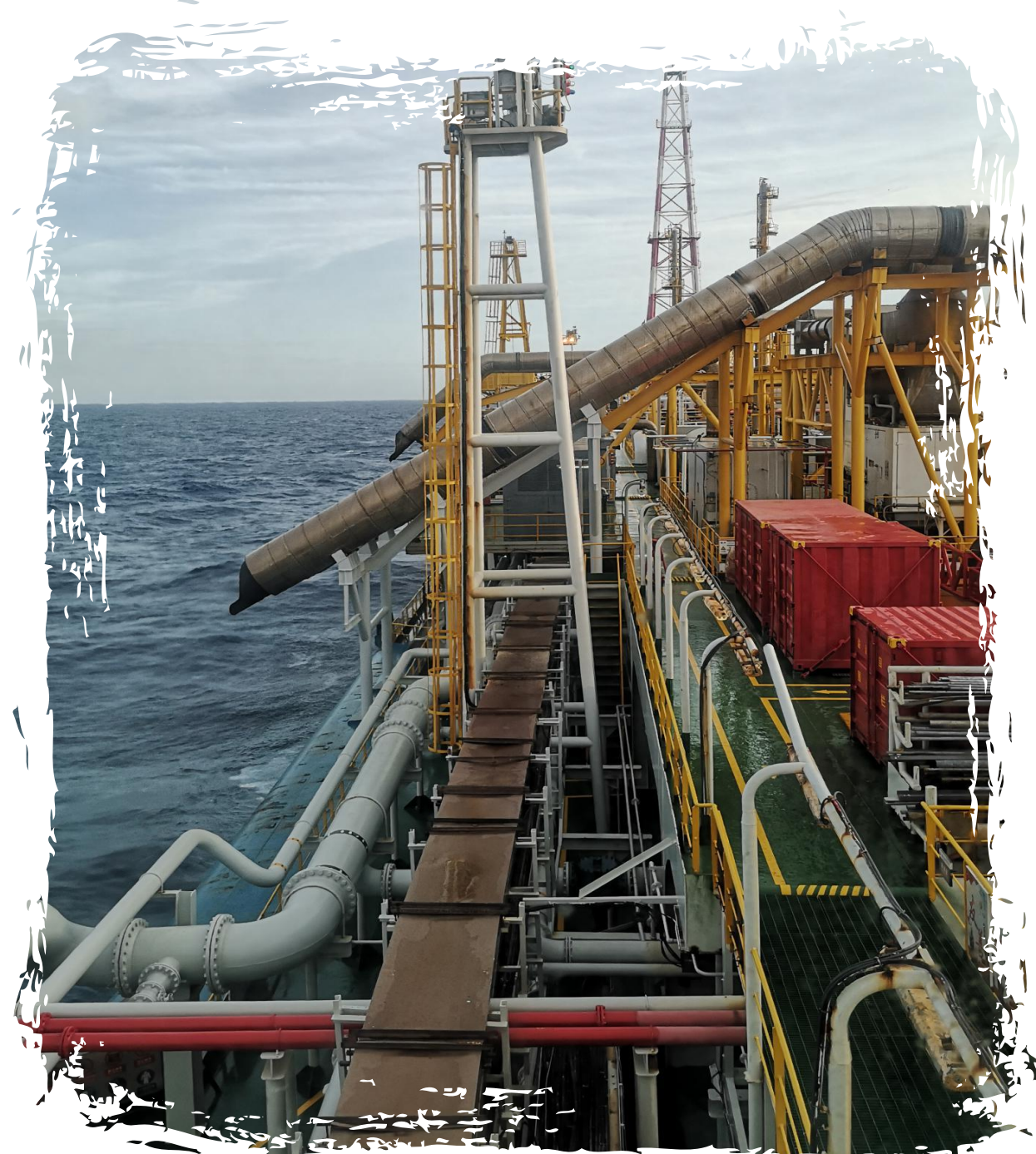


地质油藏综合研究技术交流

北京华北科睿技术开发有限公司



Beijing HuaBeiKeRui Technology Development Co., Ltd

目 录



公司简介



研究思路流程



主要技术对策



预期成果



研究计划



公司简介

北京华北科睿技术开发有限公司前身是华北石油科睿勘探开发技术服务有限公司（HBKR），成立于1999年3月，注册资本500万人民币，是一家具有独立法人资格的高新技术企业，致力于为油田勘探、开发提供**低成本、高效益、高技术**含量的**装备与技术服务**。

HBKR面向国内油田，主要提供**油气勘探开发地质综合研究、测井（含VSP测井）、地震资料常规与特殊处理解释、储层油藏描述、油藏开发数值模拟；调剖驱油、防砂堵水、解堵；油田化工助剂研发、生产和销售，包括缓蚀剂、破乳剂、清水剂、阻垢剂、降粘剂、堵水剂、调剖剂、防砂剂等；钻采设备、工具，电潜泵销售；油田生产水（外排、回注）、循环水处理设备研发、生产、销售、服务。**

拥有相关的设备、软件及相应的研究技术人员。



地质研究主要业务

- 地震资料处理、解释、综合评价
- 测井处理、解释及评价
- 勘探、开发油藏描述
- 隐蔽油气藏研究
- 复杂构造特征属性建模
- 数值模拟与开发方案编制
- “甜点”储层展布，油田挖潜



以往业绩

- 《渤海湾盆地海南-月东区块地震资料解释与综合评价》
- 《月东、仙鹤等地区目标解释、反演与综合评价》
- 《吐哈油田台北凹陷温米地区地震资料解释与综合评价》
- 《百色盆地北部陡坡带中段储层预测与综合评价》
- 《花茶 - 朔元地区灰岩有效储层识别》
- 《榆树林油田葡萄花油层油气富集区评价优选及潜力分析》
- 《上法地区碳酸盐岩储层综合评价》
- 《汪家屯气田含气砂体预测方法研究》
- 《保山盆地主体部位地震资料处理》
- 《萨克桑三维储层及裂缝预测》
- 《百色盆地三今 - 甫圩目标区块地震特殊处理》
- 《滨25井区三维地震资料多井约束反演及综合解释》
- 《隐蔽气藏地震识别技术方法研究》
- 《大芦家地区馆三段砂体多井约束反演及综合解释》
- 《塔中主垒带东段及南坡多井VSP资料处理和解释攻关》
- 《南陵丘—北陵丘二维地震资料处理》
- 《官114-5井区沙三段砂体约束地震反演及综合解释》
- 《鄯善油田滚动目标储层预测》
- 《吐哈盆地雁木西地区三维地震处理》
- 《大洼-榆树台地区滚动勘探目标评价》
- 《油燕沟及周边地区火山岩油层分布规律研究》
- 《宜宾西—唐家祠潜伏构造嘉陵江组储层特殊处理》
- 《陆良盆地大嘴子构造气藏精细描述》
- 《鄂尔多斯盆地苏里格上古生界盒8段地震资料处理与解释评价》
- 《宜宾地区嘉四-嘉三段地震解释与特殊处理》
- 《塔中167井区地震资料解释与储层预测》

.....

目 录



公司简介



研究思路流程



主要技术对策



预期成果



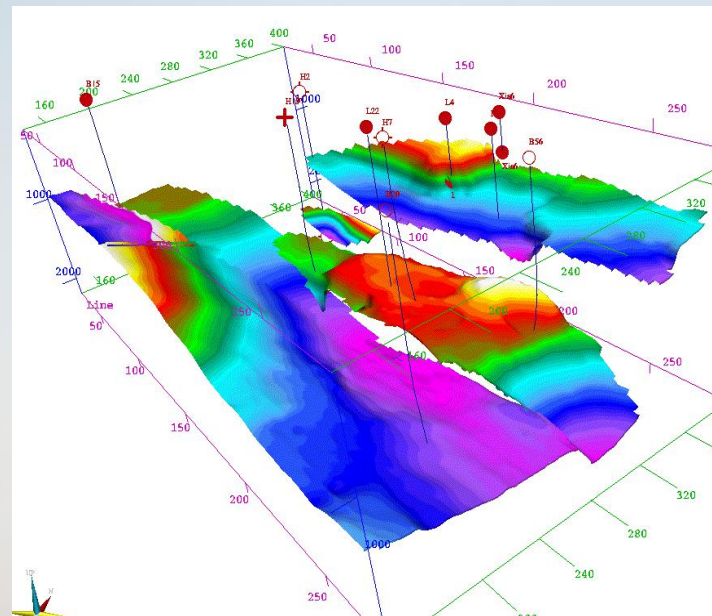
研究计划



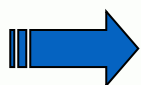
公司简介

主要技术

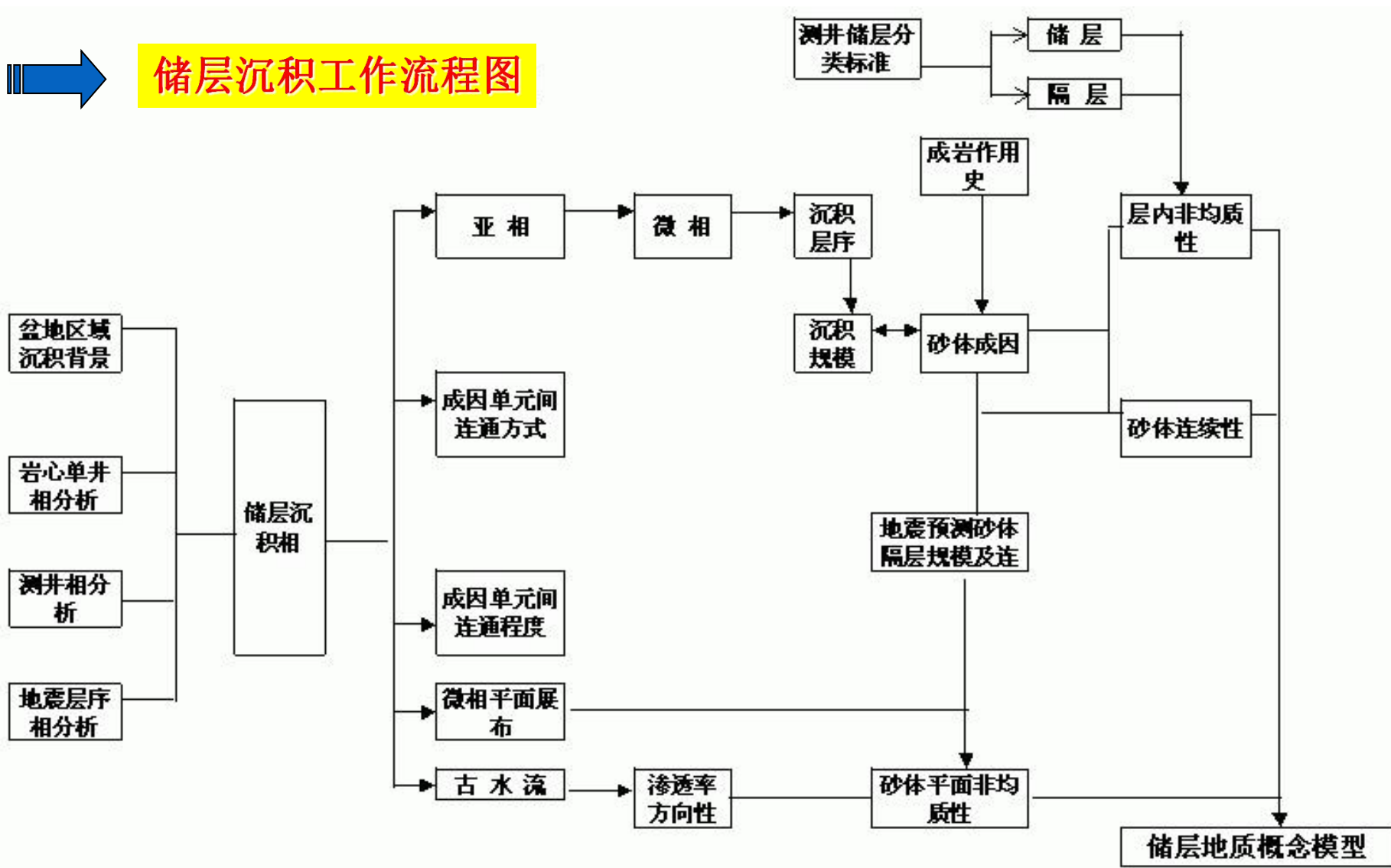
- 以储层预测为导向的道集优化处理
- 测井四性关系、裂缝识别处理
- 储层非储层岩石物理最优敏感参数分析
- 子波反演与精细层位标定
- 精细层位、断层解释
- 三维可视化立体解释
- 高分辨率层序地层学解释
- 变速成图
- 地震属性特征参数提取
- 储层多属性聚类分析
- 叠前、叠后储层多方法反演预测
- 储层信息融合地质综合评价



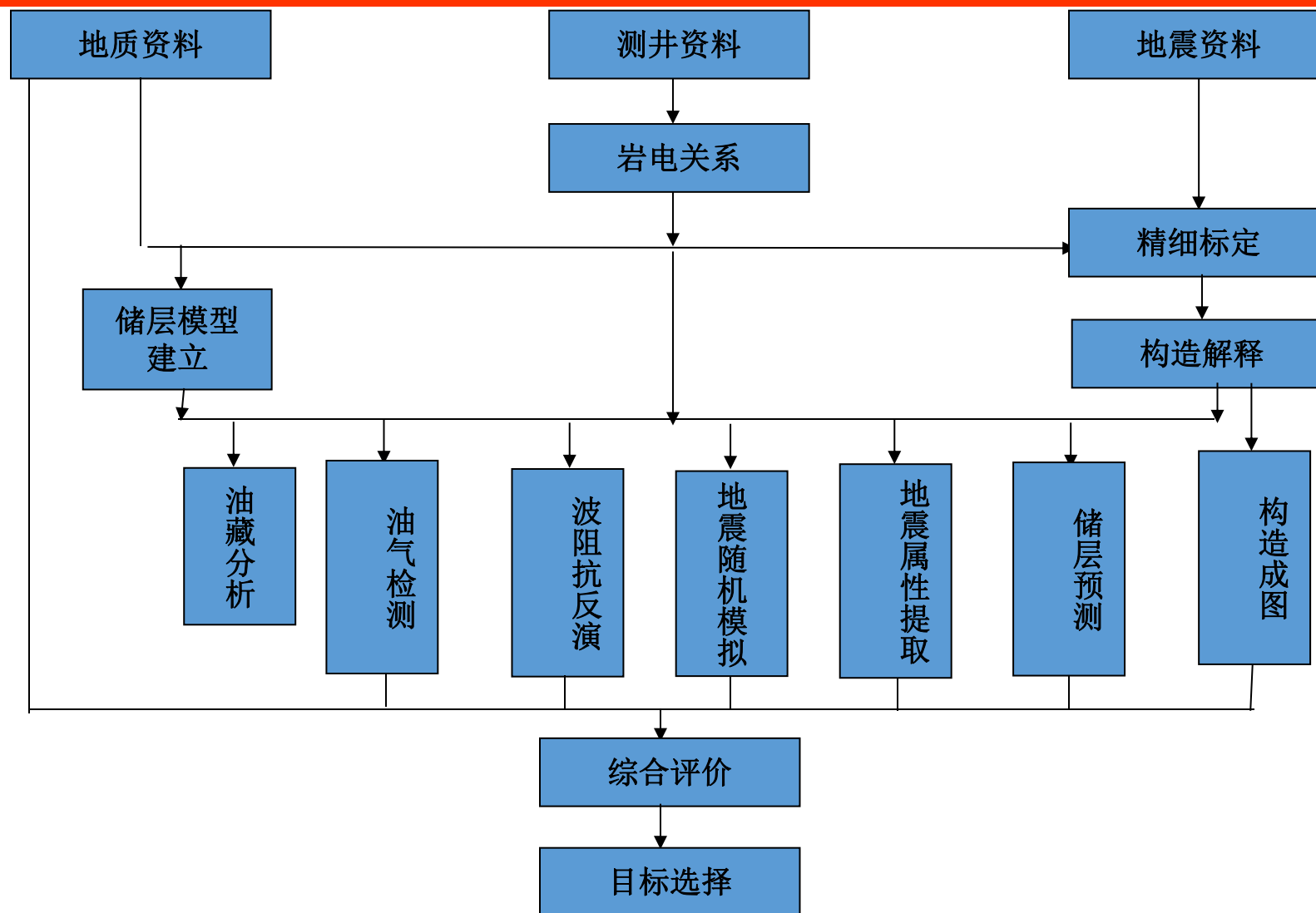
地质油藏综合研究技术交流



储层沉积工作流程图



地质油藏综合研究技术交流

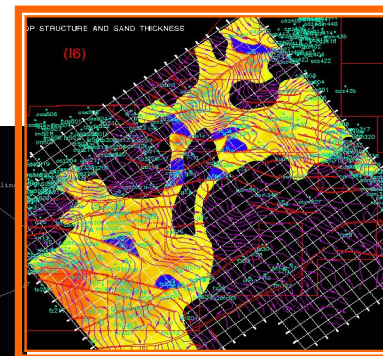


储层地震研究工作流程图

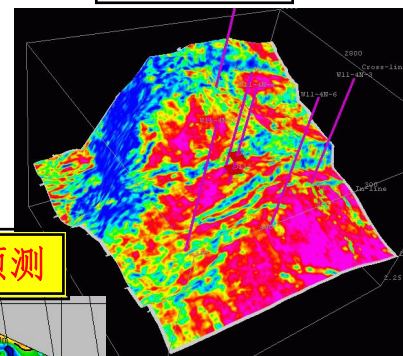
研究思路

- ❖ 构造解释
- ❖ 沉积环境
- ❖ 地震相
- ❖ 沉积微相
- ❖ 非均质评价
- ❖ 目标优选

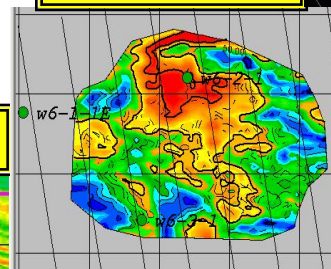
沉积微相



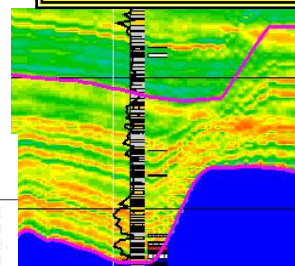
地震相



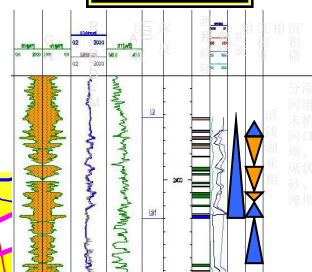
储层厚度预测



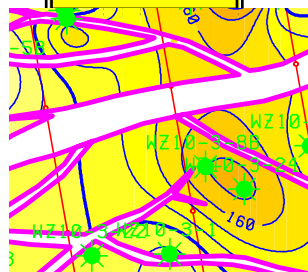
随机建模反演



测井相



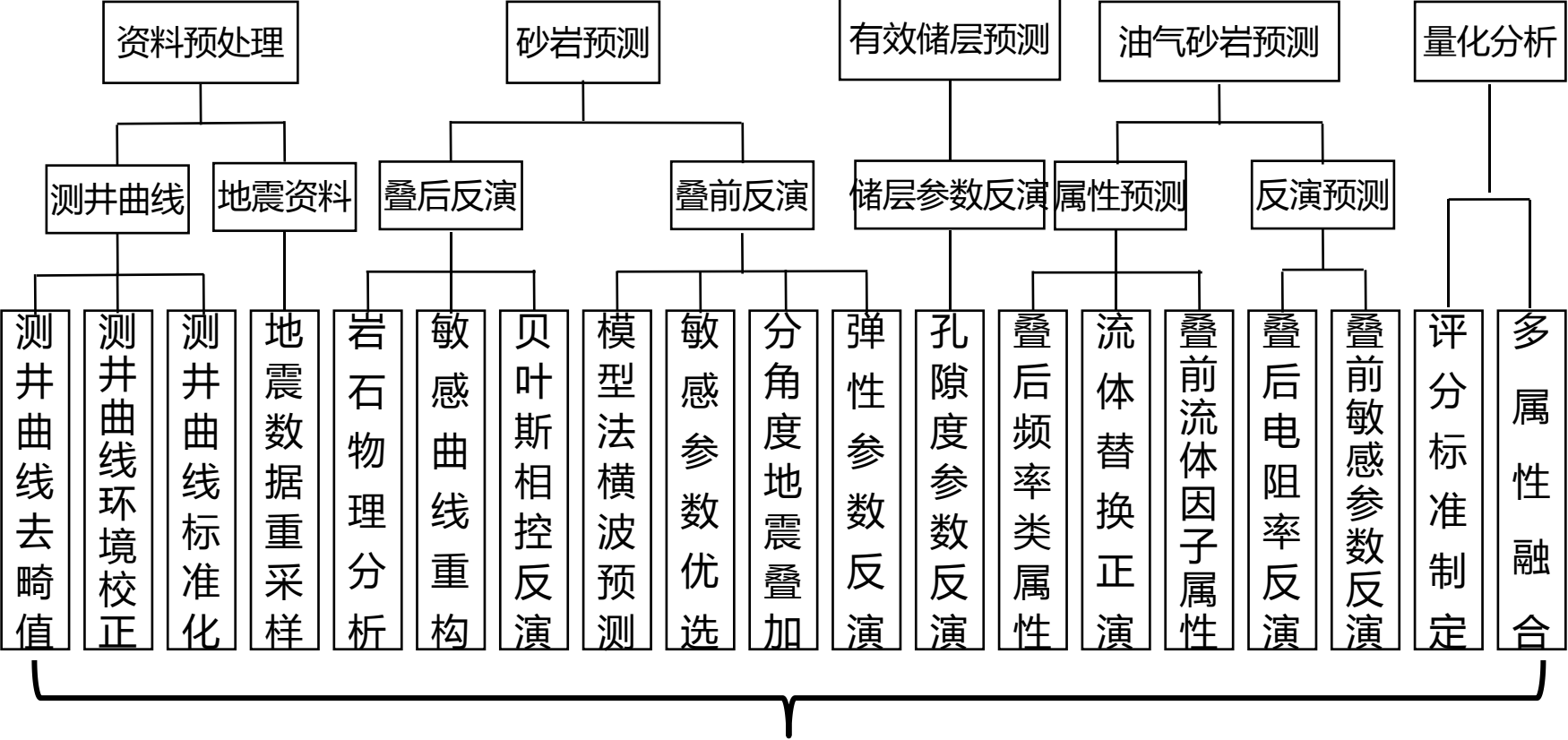
构造解释



技术对策

- ❖ 测井沉积微相解释
- ❖ 储层特征反演
- ❖ 地震属性聚类相分析
- ❖ 相约束随机建模
- ❖ 储层非均质评价

储层预测技术系列



综合评价，提供有利目标

目 录



公司简介



研究思路流程



主要技术对策



预期成果

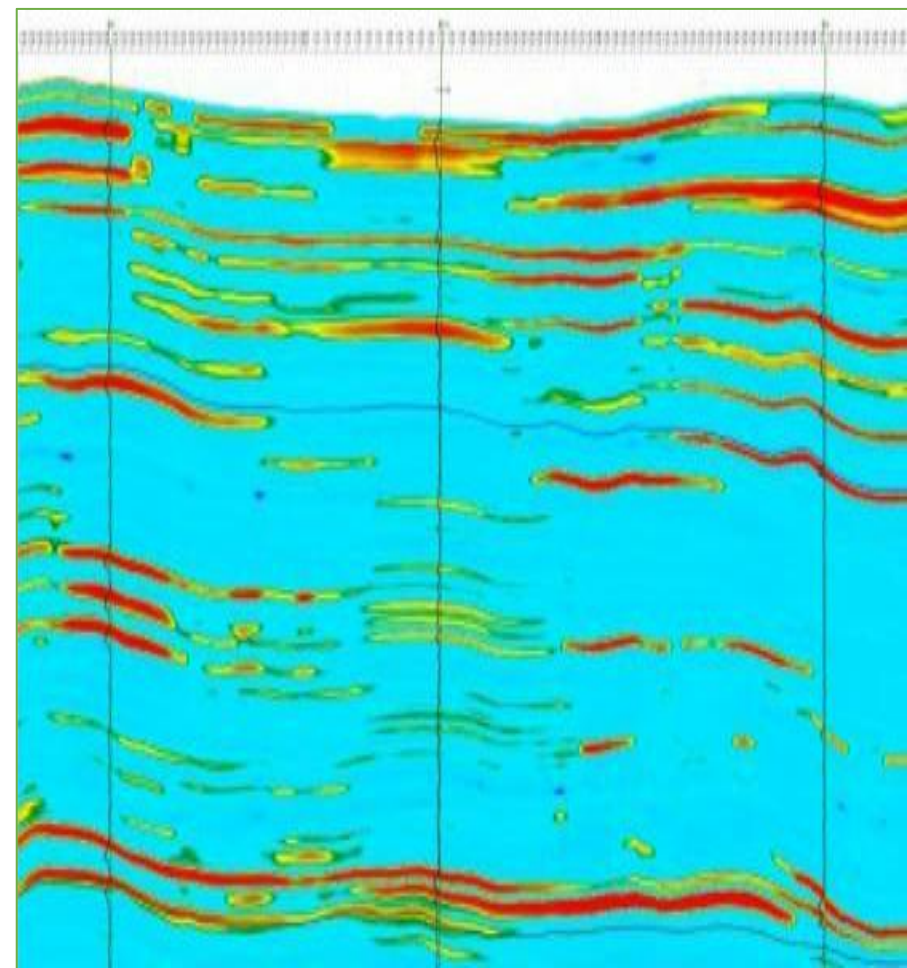


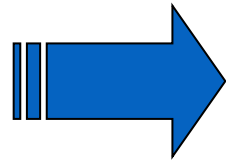
研究计划

地质油藏综合研究技术交流

研究内容

- 1 测井数据标准化
- 2 以储层预测为导向的道集优化处理
- 3 岩石物理规律及最优敏感参数分析
- 4 精确层位标定与精细解释
- 5 小层对比与沉积微相分析
- 6 地震叠前弹性波多属性参数反演
- 7 地震叠后多方法反演
- 8 地震多属性分析
- 9 储层厚度与物性展布预测
- 10 “甜点”储层综合分析与挖潜建议





测井数据标准化



由于环境因素、仪器、刻度、环境校正图版的差异及校正不完善等因素导致测井原始数据误差。因此，在对测井原始数据进行环境校正之后，有必要对数据进行标准化处理。

标准化方法有直方图平移法、均值校正法、趋势面分析法、变异函数分析法等，这些方法都需要在油田范围内，选择相当数量的关键井，达到正确地揭示和描述油田地质特征的目的。



原理

趋势面分析方法

先做出每口井**标准层**的各类测井曲线值的**频率直方图**，并确定其分布频率及峰值，将峰值作为标准层的特征峰值，然后用趋势面分析方法处理这些数据，得出一组趋势值和残差值，从而得出校正量。

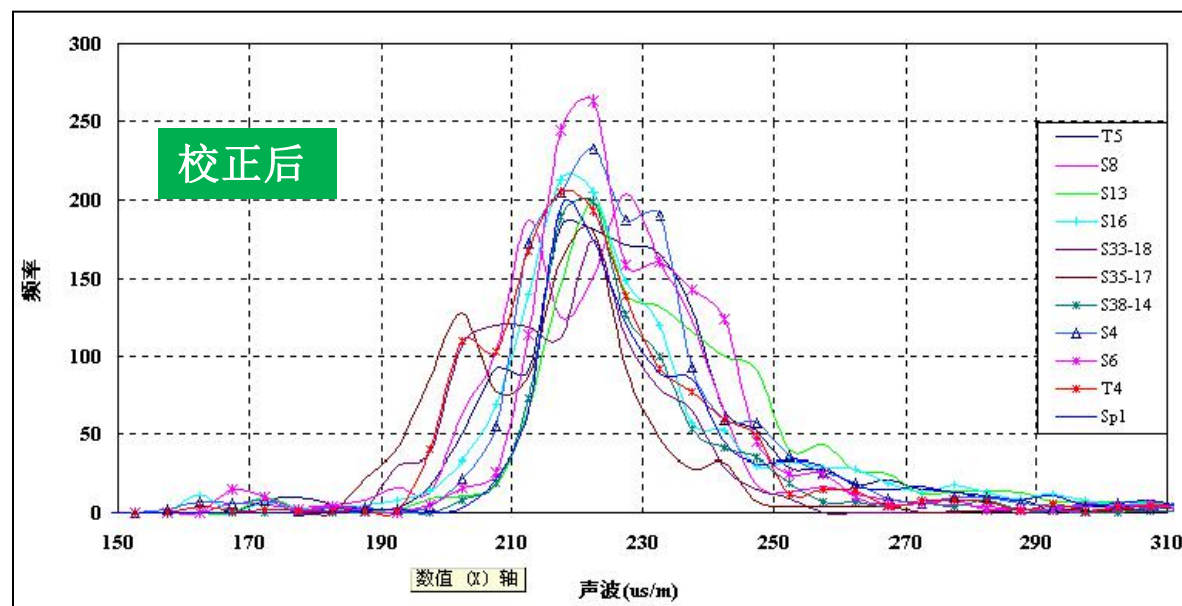
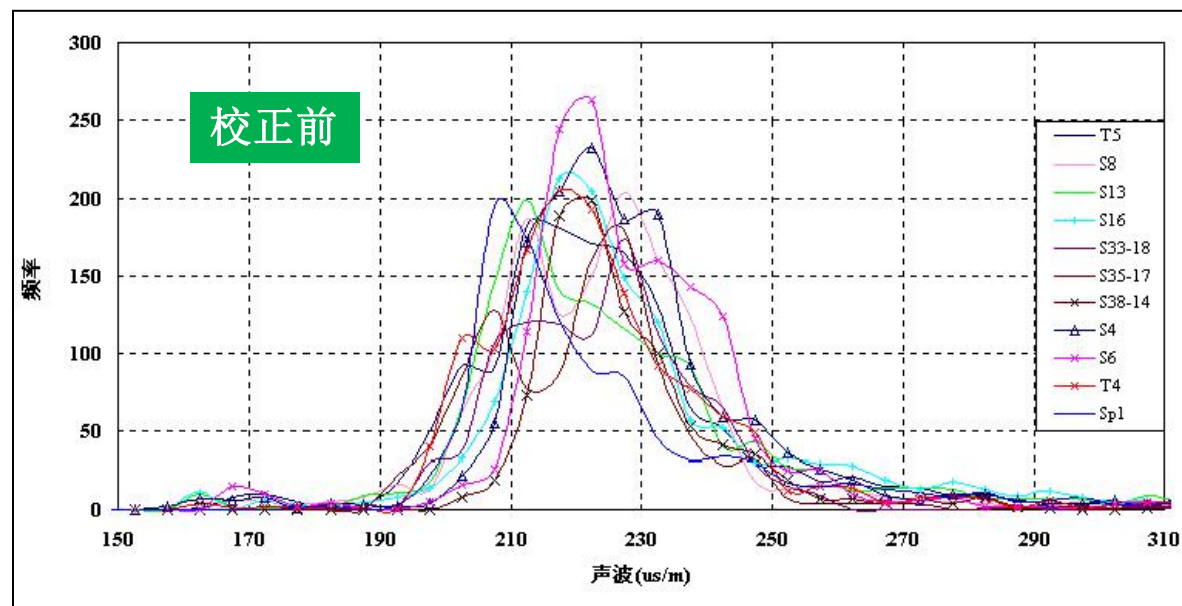
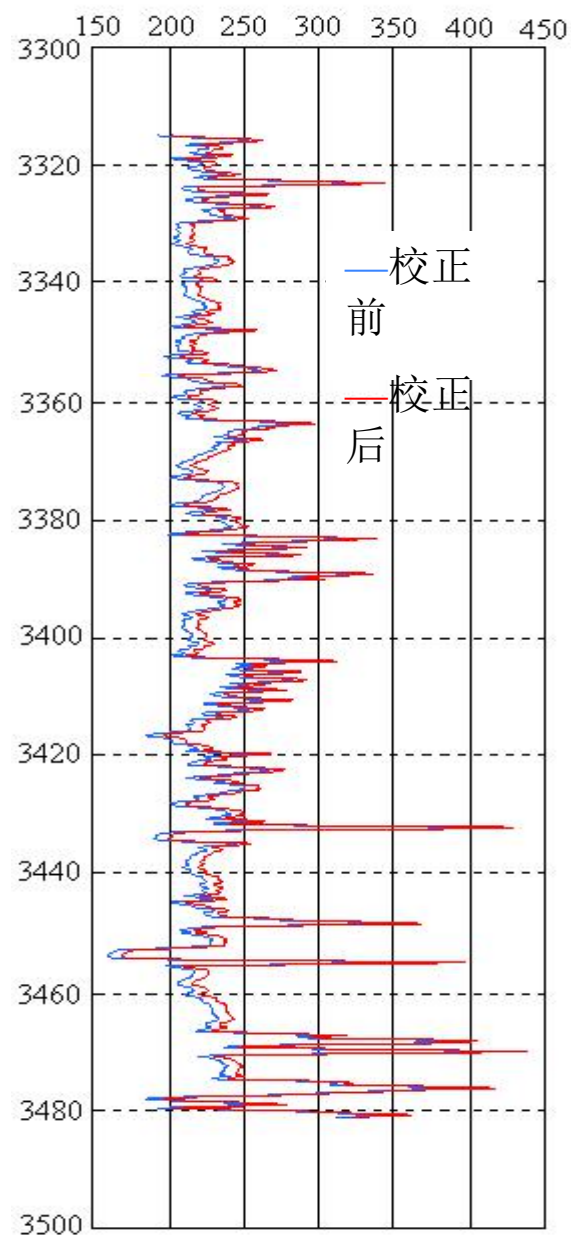
标准化校正量的计算方法为： $Z_c = Z + \Delta Z$

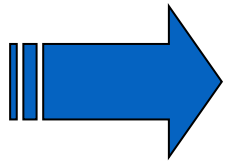
式中： Z_c —标准化后的测井响应值；

Z —原始测井响应值；

ΔZ —井点趋势面分析的残差值；

趋势分析的残差频率图应**满足**众数为零的正态分布。





以储层预测为导向的道集优化处理



地震资料评价

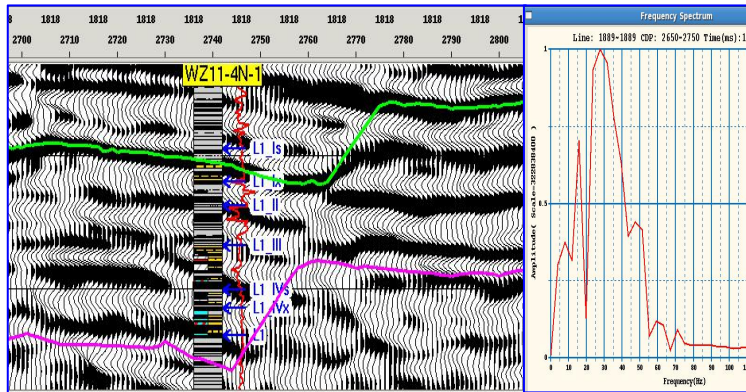
地震资料质量评价

在开展叠前地震数据提高分辨率处理之前，应该对叠前地震资料质量进行评价，在此基础上制定合适的处理技术流程。评价内容主要有：

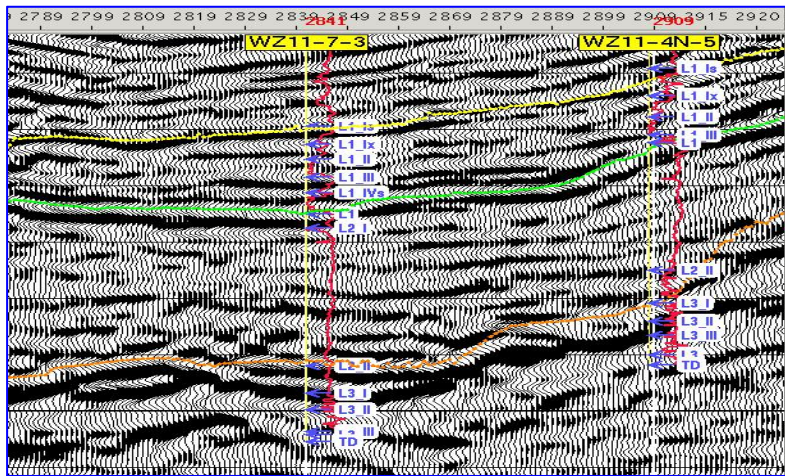
- ① 道集在目的层覆盖次数；
- ② 时间域和空间域振幅能量是否均衡；
- ③ 道集信噪比；
- ④ 是否存在残余多次波；
- ⑤ 远偏移距道集是否存在不平（剩余时差）；
- ⑥ 道集正演检查原始道集质量；

从道集上无法对地震处理结果的保真性进行检查和确定 AVO 异常的类型，必须从井出发，正演道集，对比正演道集与实际道集，考察 AVO 异常是否相同，从而判断实际道集是否保幅保AVO。

- ⑦ 速度体质量；
- ⑧ 道集部分叠加方案设计。



过wz11-4N-1井地震剖面



过wz11-7-3、wz11-4N-5井连井地震剖面

流一段地震反射分辨率很低，主频只有30Hz左右，受地震分辨率的影响，薄储层很难在地震剖面上形成反射，根本满足不了储层岩性反演的基本要求；

流三段的地震反射，除了流三段顶部与流二段油页岩的强反射，其下覆流三段储层段受埋深和油页岩屏蔽的影响，地震反射弱，甚至是空白反射，难以识别，无法满足储层岩性反演的要求。



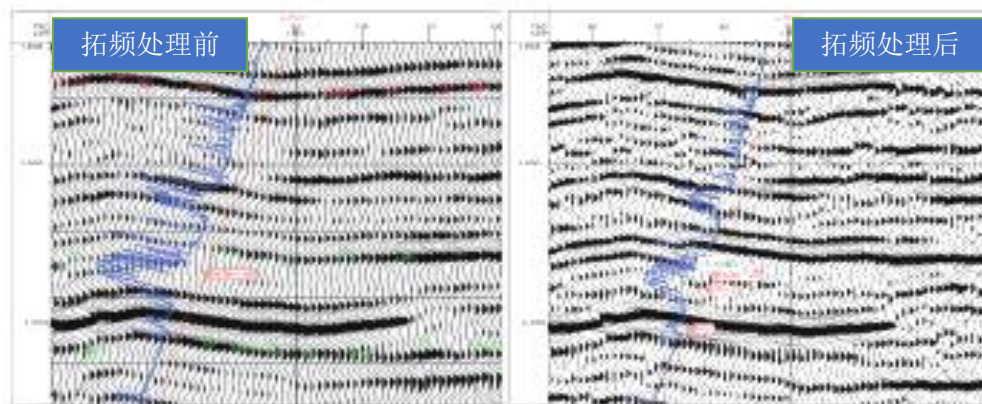
主要技术对策

(一)、叠前道集优化预处理技术

2) 以储层预测为导向的叠前道集优化预处理技术

基于岩性预测的CRP道集优化处理的目的在于提高地震道集品质，提高目的层段的**主频**，展宽**频带范围**，并保持**振幅、相位、时频**特征不变，提高地震**分辨率、信噪比**，**突出薄层**反射，主要内容涉及影响道集保真度、宽角度、信噪比和分辨率等4个方面的补偿性处理技术，包括：

- ① 剩余时差校正技术；
- ② 拉冬变换剩余多次波剔除技术；
- ③ 提高信噪比处理技术；
- ④ 提高分辨率多域逐级拓频处理技术；
- ⑤ 加权因子能量均衡处理技术。



多域逐级拓频提高分辨率处理



加权因子能量均衡处理

要想获得较高分辨率的地震资料，需要在剩余静校正及CMP域去噪处理后的道集域和炮域都进行反褶积处理，亦即多域逐级拓频处理。

对目的层段数据能量的均衡处理，包括CRP道集偏移距方向的背景振幅校正和横向CRP道集间的振幅一致性处理，利于储层岩性识别，从而减少反演解释的多解性。



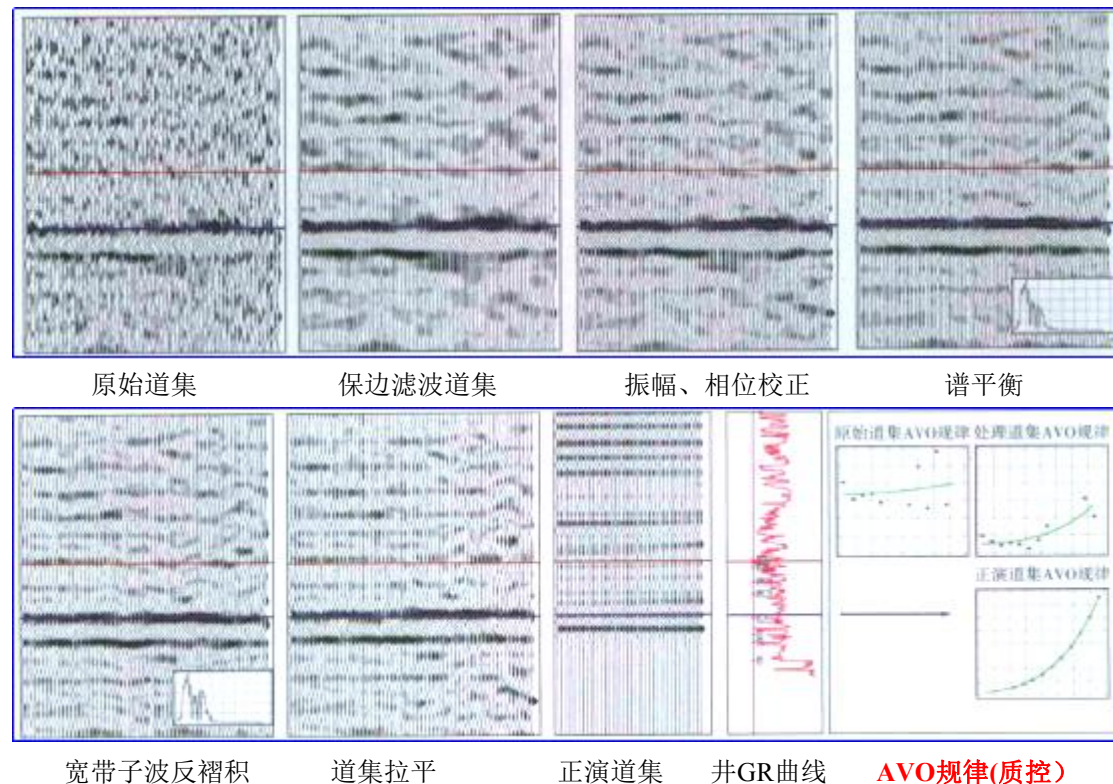
主要技术对策

(一)、叠前道集优化预处理技术

2) 以储层预测为导向的叠前道集优化预处理技术

处理前、叠前CRP道集的随机噪声比较强，掩盖了一些有效信号特征；经过滤波处理后，噪声得到压制，横向有效信息更加清晰，振幅随着偏移距变化的规律更加明显。目的层段砂岩储层比较薄，对频率补偿后的道集进行了宽带子波多域逐级反褶积处理，分辨率有了很大提高，一些弱反射得到了加强，为叠前弹性波全波形多参数反演奠定了基础。

以处理后的CRP道集与井的正演道集更接近为处理效果的判断标准。经过处理后的道集结果应比处理前的更接近井旁正演道，处理后的AVO规律相比原始道集更加接近正演道集的AVO规律，**由此证明了处理结果的可靠性。**



基于岩性预测的CRP道集优化处理



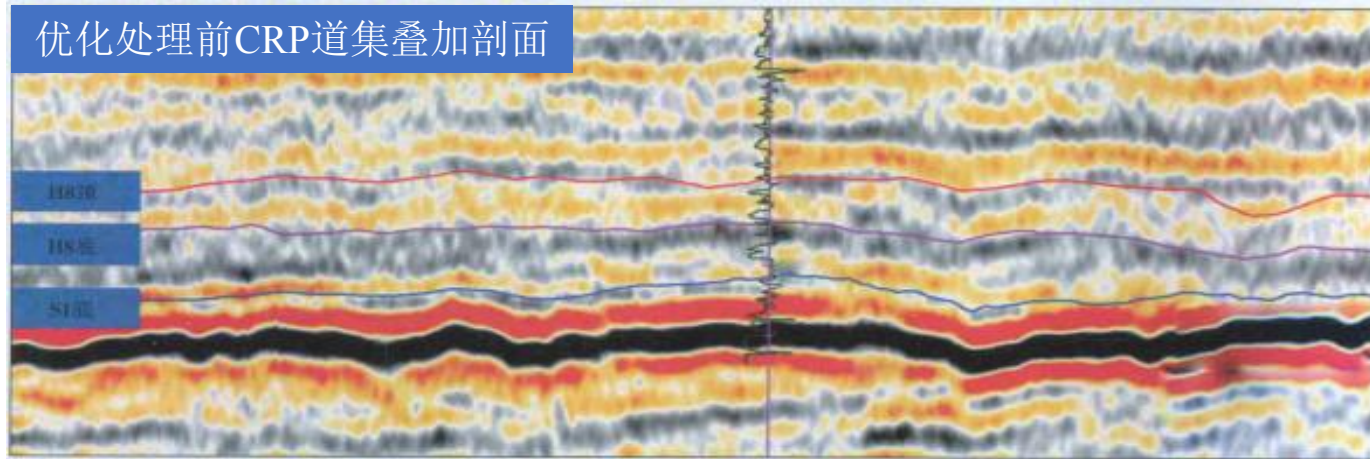
主要技术对策

(一)、叠前道集优化预处理技术

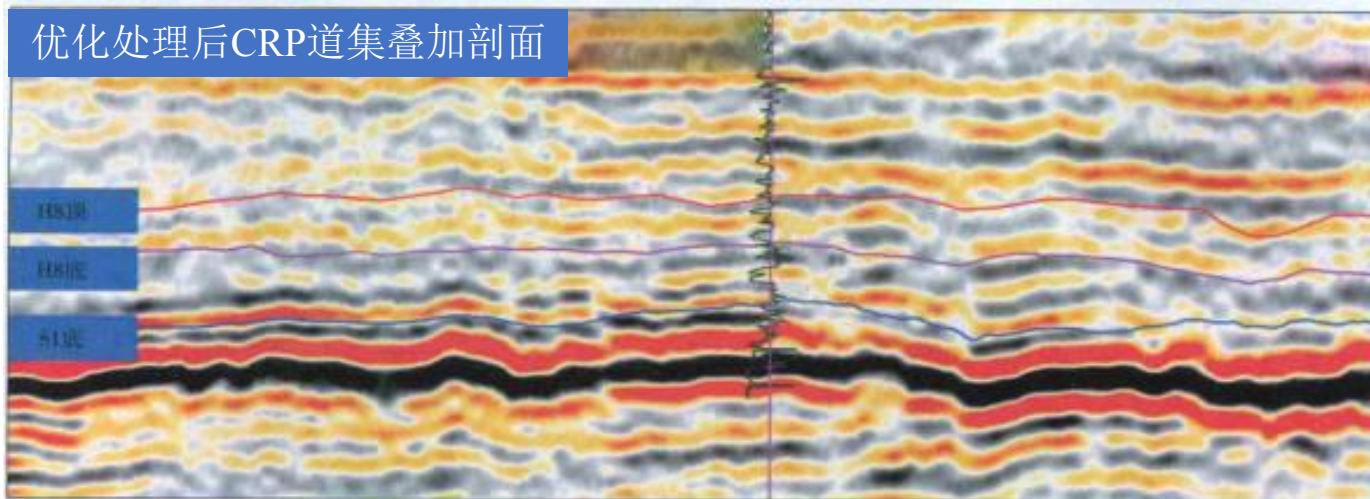
2) 以储层预测为导向的叠前道集优化 预处理技术

优化处理后的CRP道集全叠加剖面
分辨率明显提高，与井上揭示的砂体对
应关系更好，横向上砂体的叠置关系也
更清晰。

优化处理前CRP道集叠加剖面



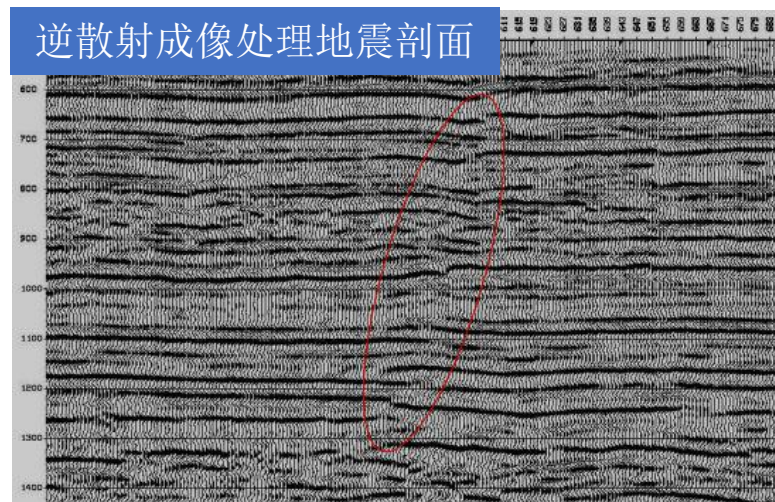
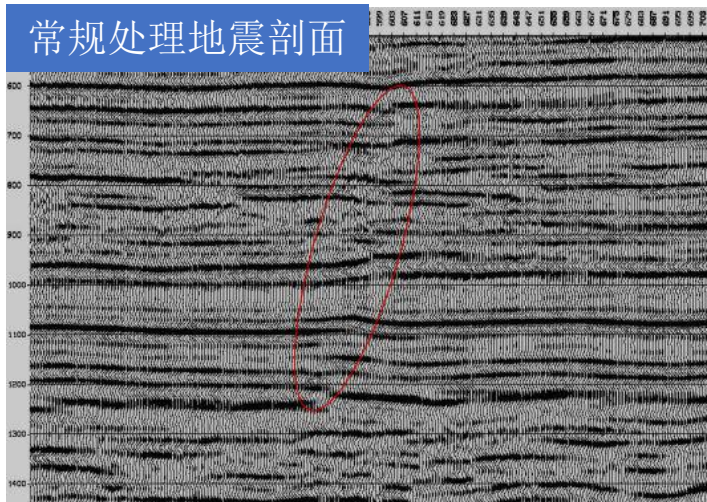
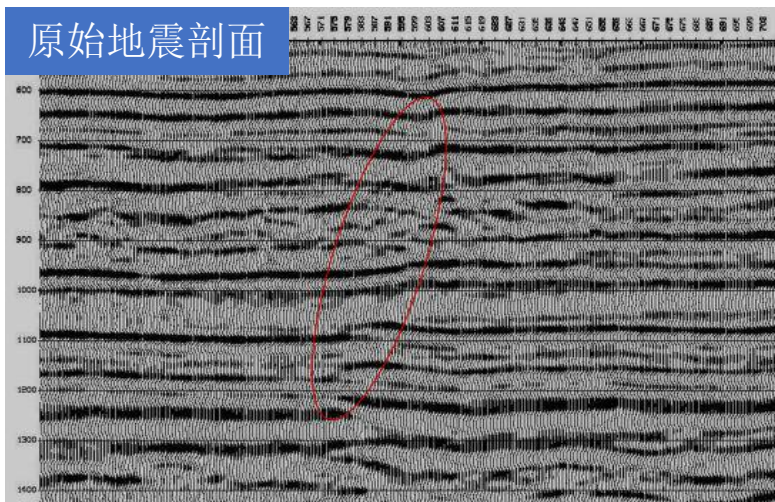
优化处理后CRP道集叠加剖面





主要技术对策

(一)、叠前道集优化预处理技术



3)、基于粘弹性介质的逆散射成像能量吸收补偿技术

大地吸收衰减作用引起了地震波的高频损耗，从而会降低地震资料的分辨率。从地下介质吸收衰减特性的粘弹性波动方程出发，利用逆散射成像理论并结合小波变换，对介质吸收衰减作用进行补偿。与其它补偿方法相比，逆散射成像方法考虑了地震波的动力学特性，因此有更好的补偿效果，在不降低信噪比的基础上展宽地震频带，提高地震分辨率，并且使一些地质现象（如断层）更加清晰，不会像其它方法那样在剖面上出现“假同相轴”的现象。



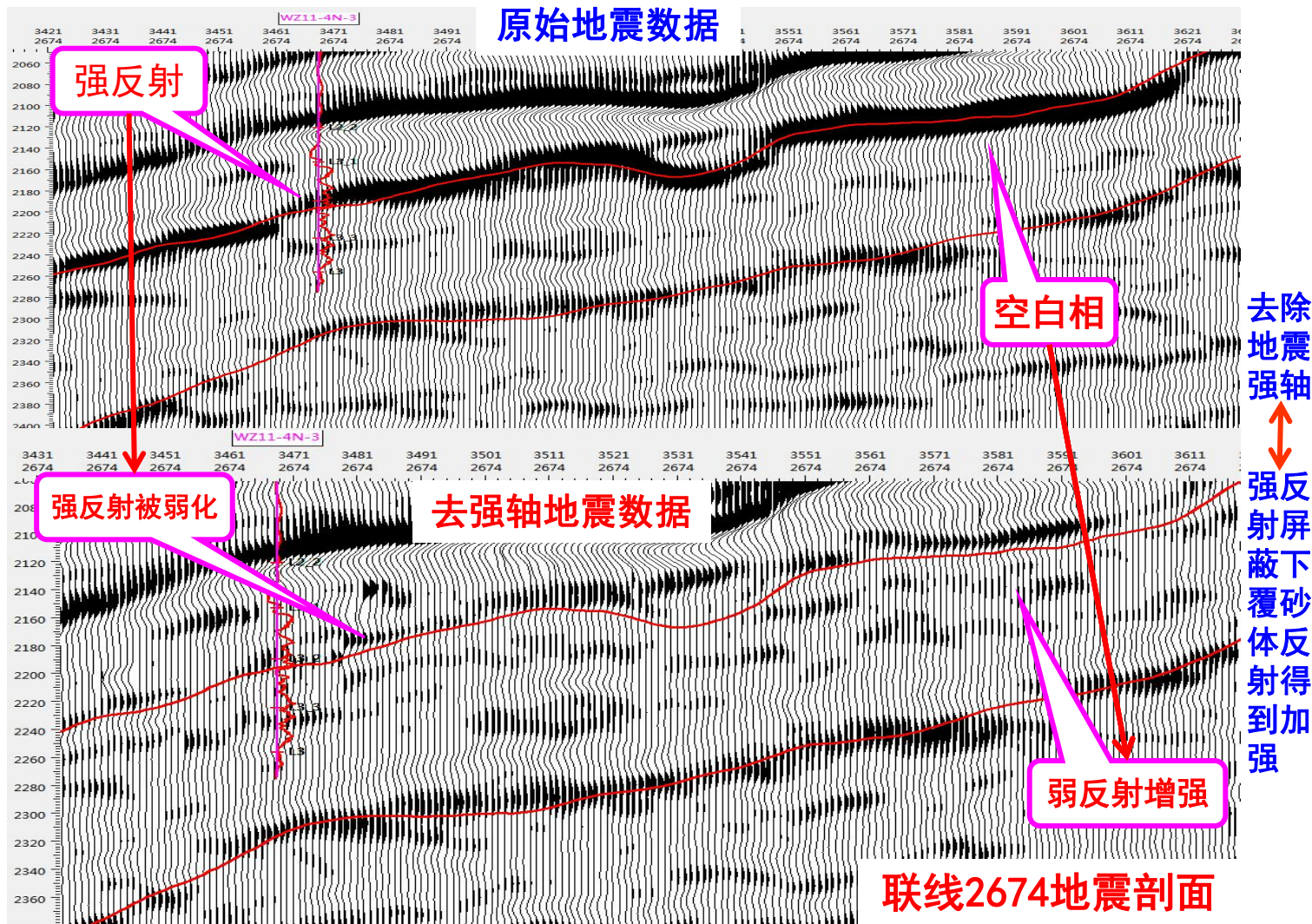
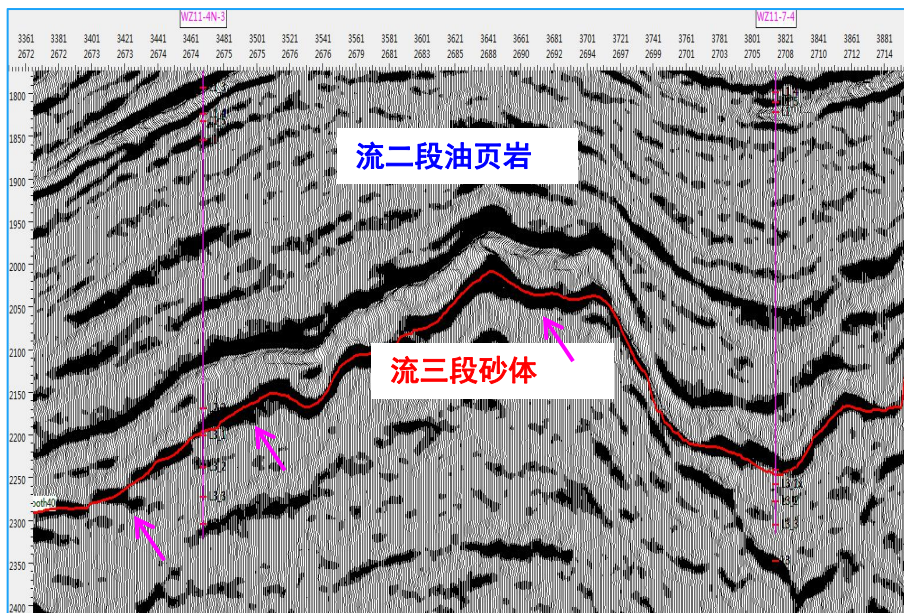
主要技术对策

(一)、叠前道集优化预处理技术

4)、信号分离重构弱反射能量技术

信噪分离重构处理是通过一种复赛谱技术先确定振幅谱，后用交互的方法和零相位判定准则确定相位谱，进行子波整形，剔除噪音信号，重构有效信号，达到提高分辨率和剖面零相位化目的。

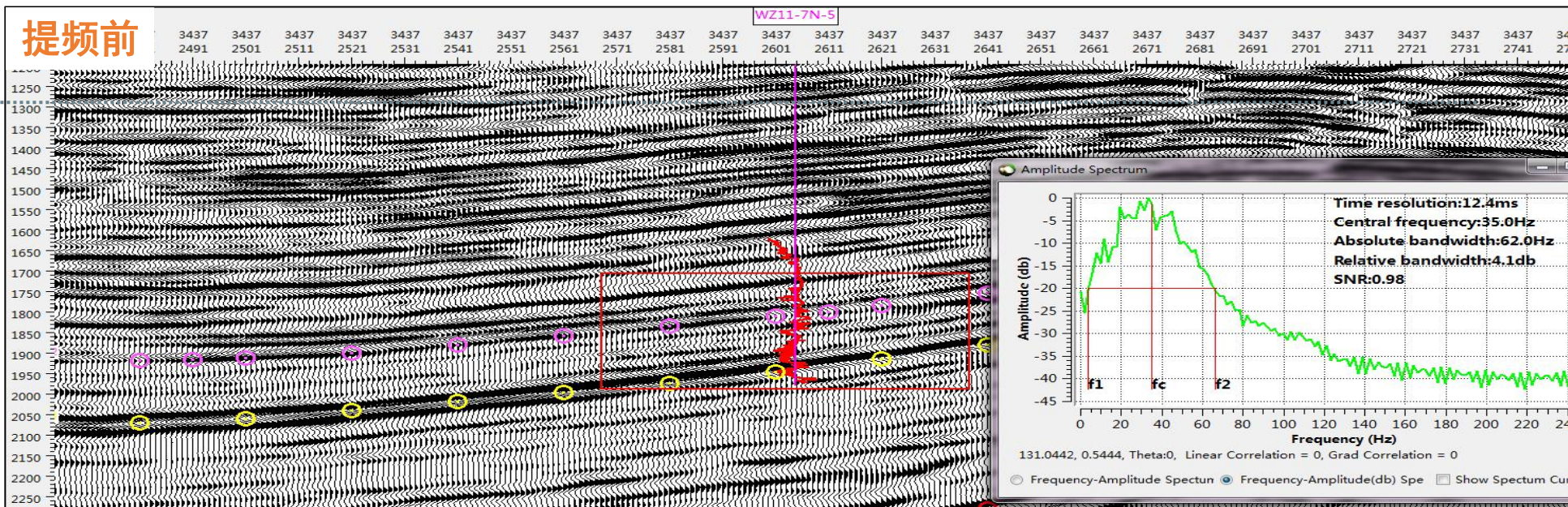
■流三段砂岩受上覆强反射振幅影响，弱反射被屏蔽，形成空白地震相



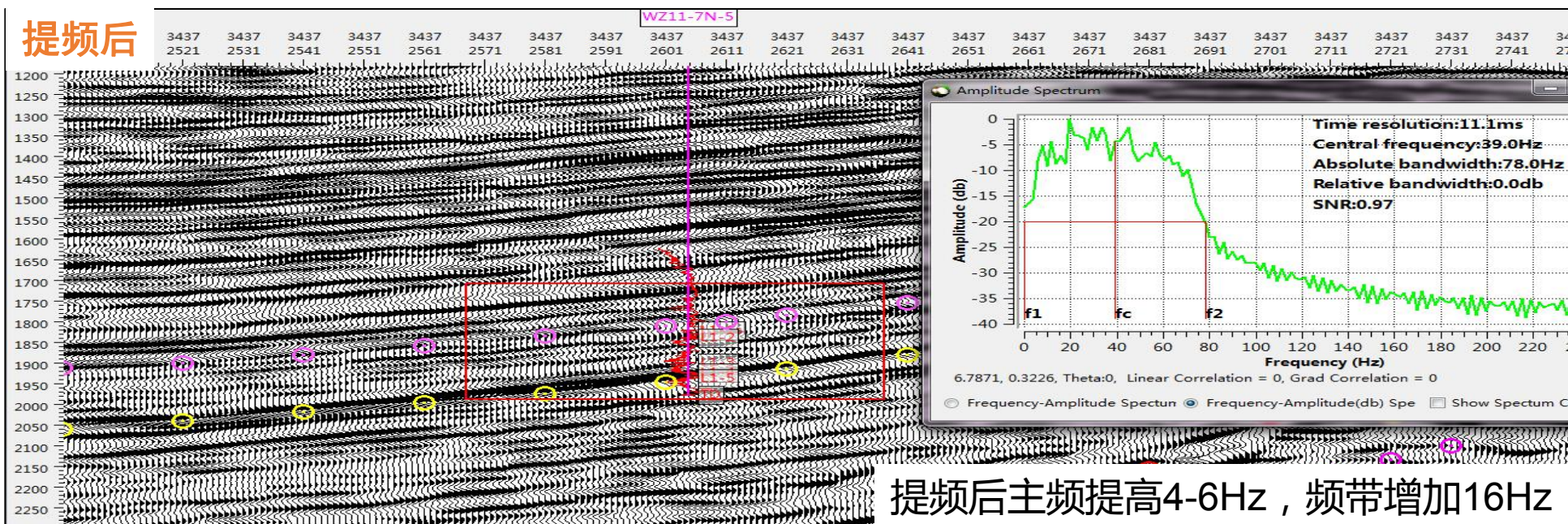


最终结果

提频前



提频后

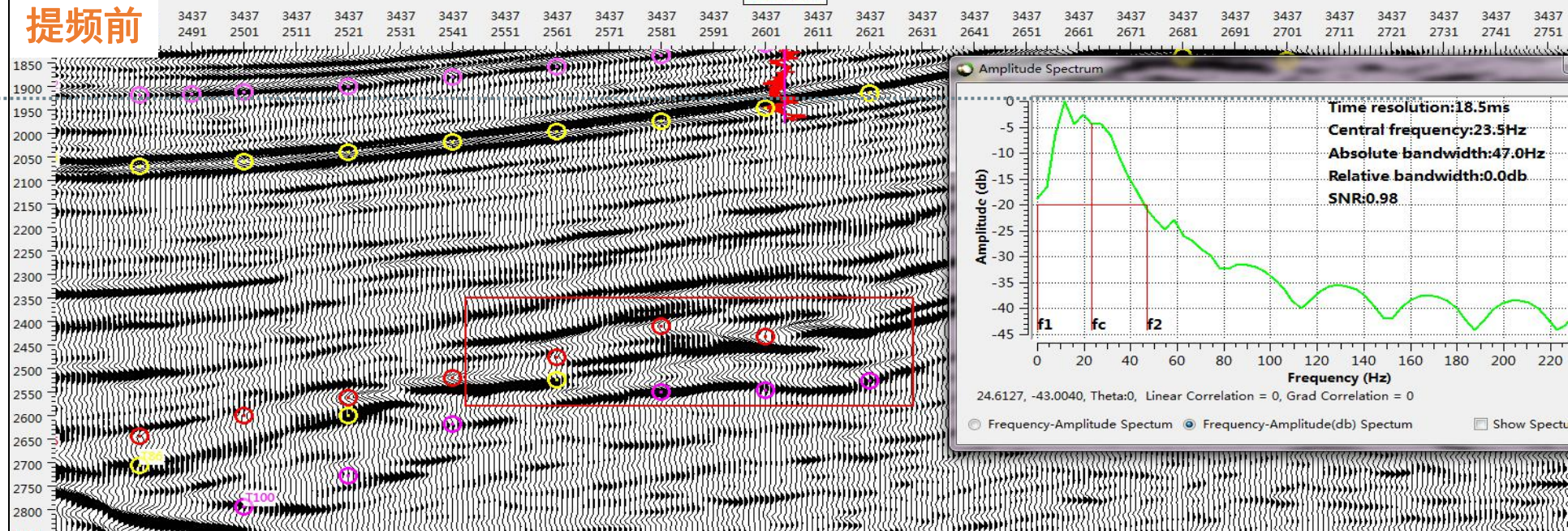


提频后主频提高4-6Hz，频带增加16Hz

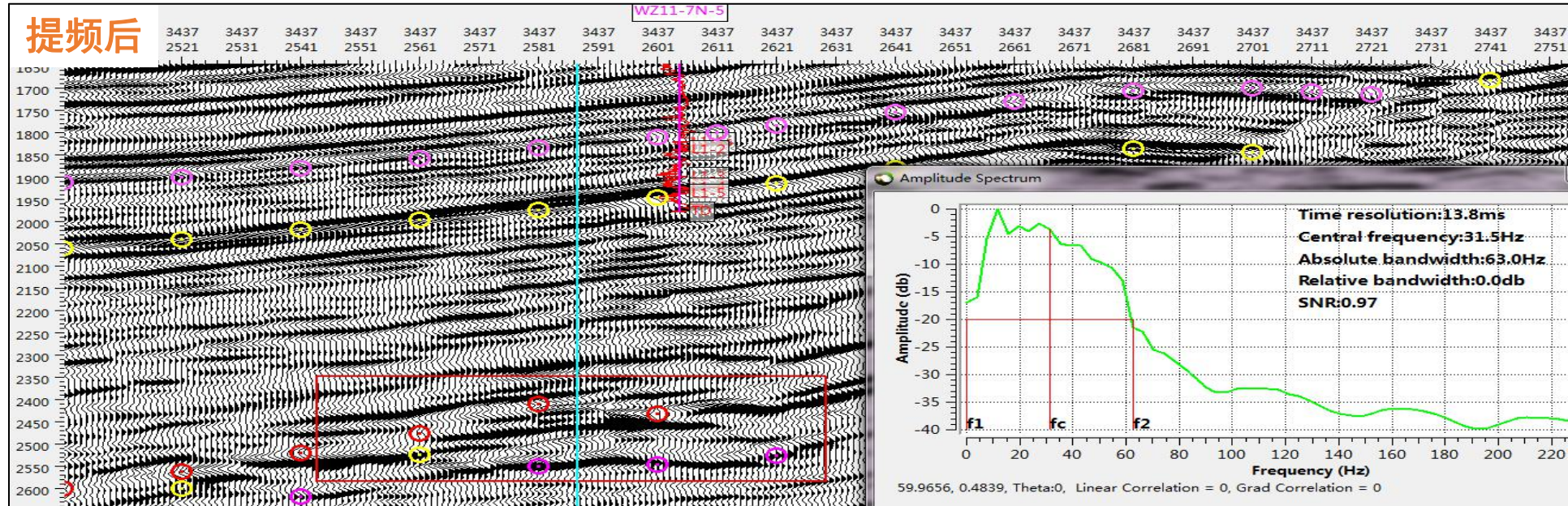


最终结果

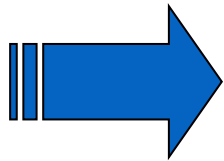
提频前



提频后



提频后流三段主频提高8-12Hz，频带增加16Hz



岩石物理规律及最优敏感参数分析

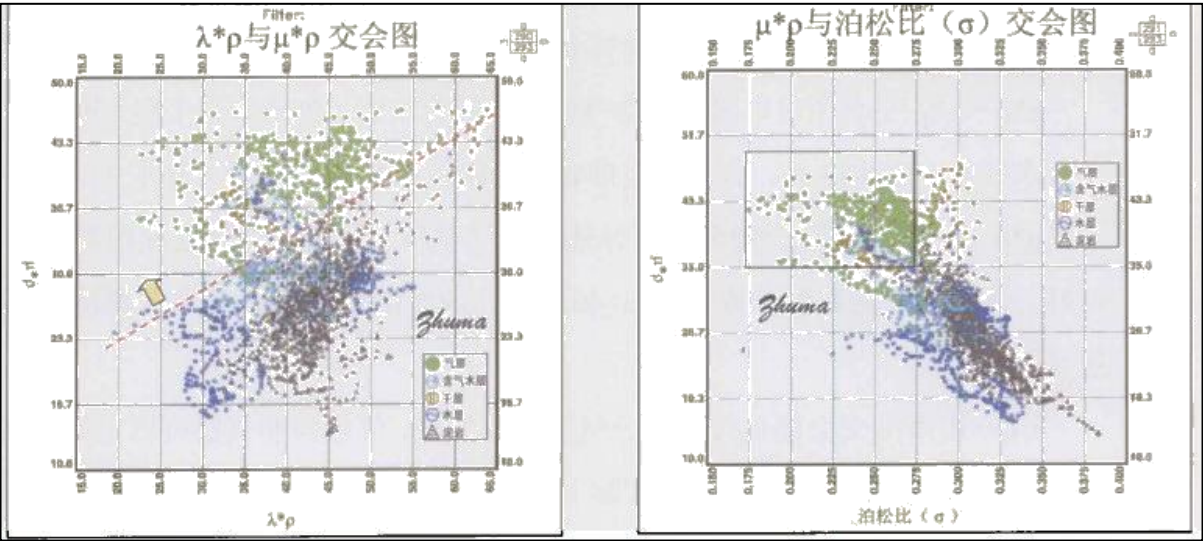


主要技术对策

(二)、岩石物理规律及最优敏感参数分析

在建立理论岩石模型基础上，根据实际井资料，应用目的层流体和矿物构成以及岩石结构等基础信息，获得有效的岩石弹性属性。根据对实测的弹性波曲线与正演得到的合成曲线的对比结果来确定模型参数，进行流体替换，从而建立岩石物理模型，再进一步开展敏感性弹性参数分析。弹性参数并不是每个都能很好地识别储层岩性和流体，需要在做反演之前进行可行性分析，通过交汇图分析找出能够反映储层和流体的敏感弹性参数。

不同岩性、不同流体弹性参数的敏感性试验主要使用深度----弹性参数散点图、交汇图等分析手段，以确定各种弹性参数对岩性和流体的敏感程度，并且确定在一个地区哪一个弹性参数对给定的岩性或油气层最敏感。



λ*ρ---μ*ρ交汇图

μ*ρ---泊松比交汇图



在不同的地区对岩性和流体敏感的弹性参数是不同的。

- ① 不同岩性不同流体弹性参数敏感性试验；
- ② 叠前敏感性参数评价。



主要技术对策

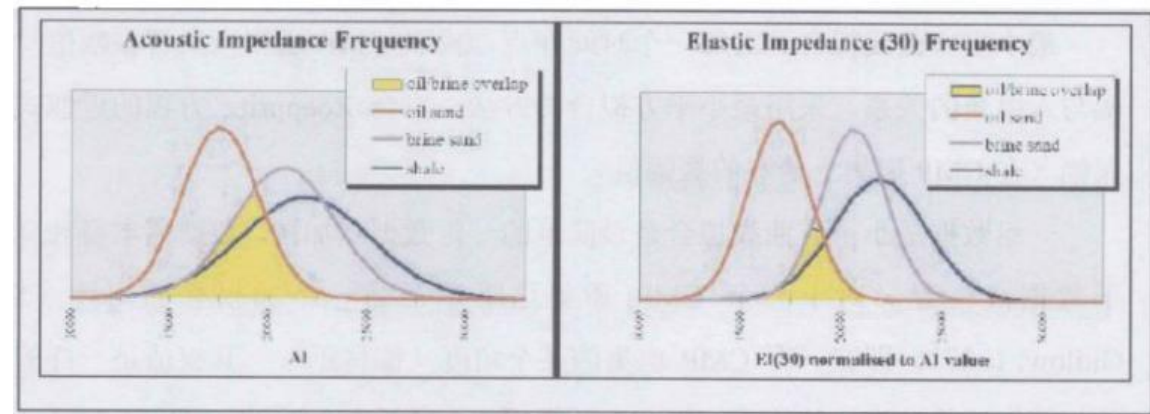


重点：岩石物理规律及最优敏感参数分析

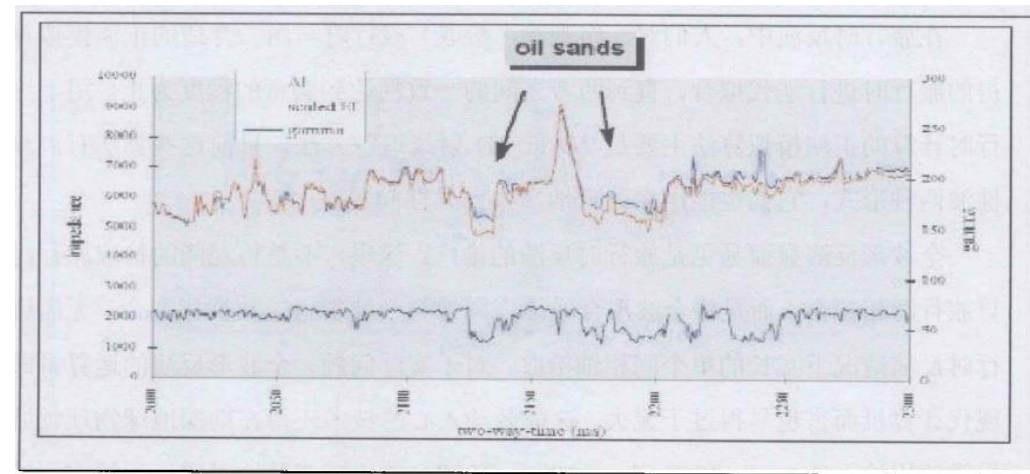
陆相扇三角洲沉积体系，储层纵、横向变化快，为沙泥岩薄互层居多，砂岩单层较薄，砂层组较厚，以砂层组为预测目标采用常规方法较好预测，但无法分辨薄砂层。在薄储层地质条件下，由于地震频带宽度的限制，也就是地震极限分辨率 $1/4\lambda$ ，基于普通地震分辨率的反演方法，其精度和分辨率都不能满足储层预测的要求，而叠前弹性波全波形多参数反演明显优于叠后波阻抗反演。

与常规纵波阻抗比较，弹性波阻抗往往可以更好地反映储层和流体，即对岩性和流体更敏感。并且归一化的弹性波阻抗与纵波波阻抗差异可以作为衡量是否含有流体的指标，即在含流体的井段二者的差异比较大，而在其它井段二者的差异很小。

而弹性参数反演是在AVO技术的基础上发展起来的，包括岩石物理分析、AVO处理、AVO属性反演、**弹性参数反演**等，是一项系统的工作。其充分利用了AVO或AVA信息，可得到更加详细的地层特征，利于储层岩性、流体、裂缝的刻画。



弹性波阻抗对含油砂岩更敏感



利用归一化的弹性波阻抗与纵波波阻抗差异识别流体

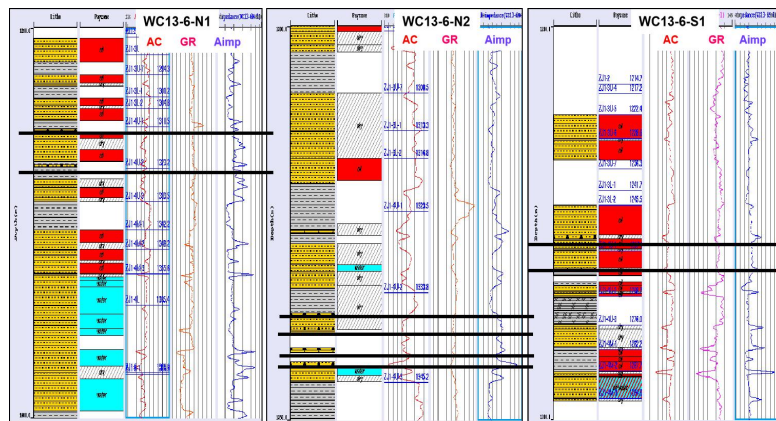


主要技术对策

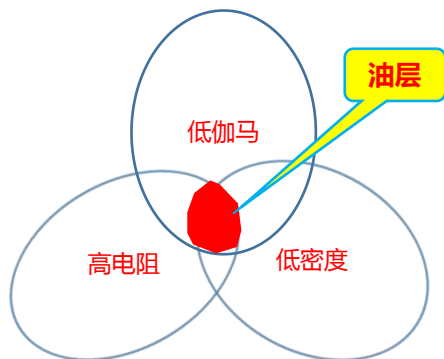


重点：岩石物理规律及最优敏感参数分析

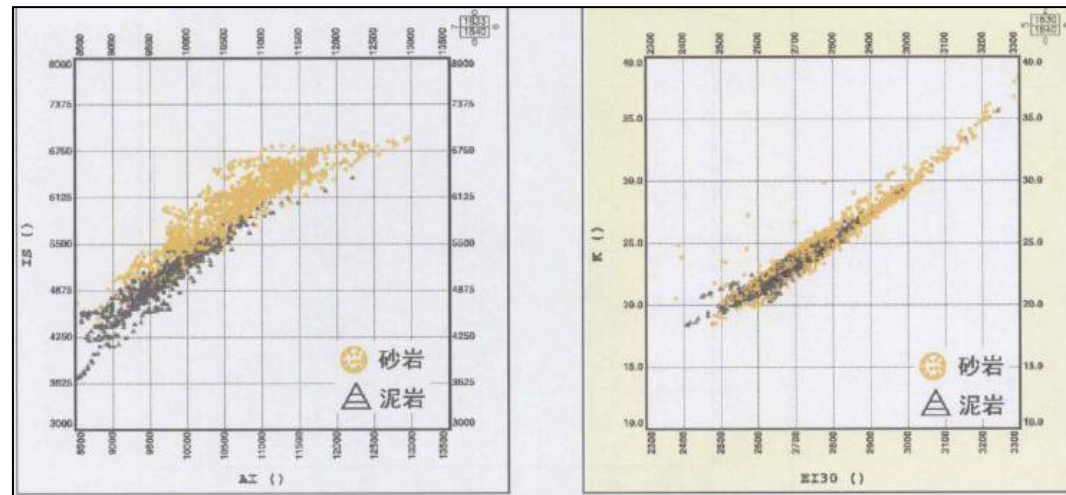
分析共区内所有井，包括测井评价岩性的参数，如 V_p 、 V_s 、泊松比、SP、GR、RT、DEN、AC等；评价储层物性的参数，如POR、Perm等；评价储层流体性质的参数，如ILD、LLD等；



岩石物理规律及最优敏感参数分析

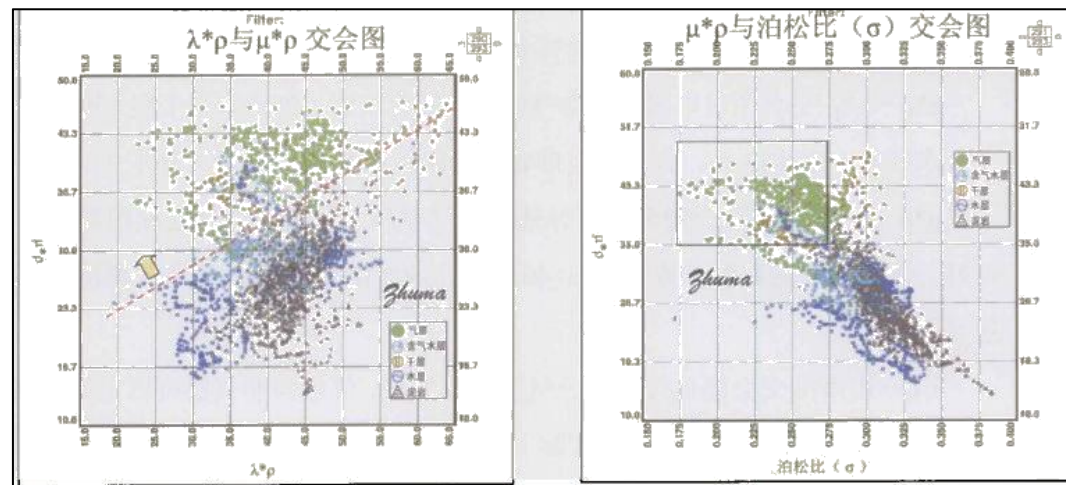


三元素预测法



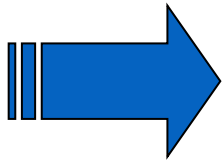
纵波阻抗与横波阻抗交汇图

弹性阻抗与体积模量交汇图



$\lambda^*\rho$ --- $\mu^*\rho$ 交汇图

$\mu^*\rho$ ---泊松比交汇图



子波提取与储层地质属性标定

子波估算和层位标定

目的:

层位标定及子波反演是联系地震和测井数据的桥梁，在储层预测中占有重要地位。只有在子波提取和层位标定较准确的情况下，才能获得高精度的预测结果。层位标定的好坏直接影响到子波反演结果，而子波的正确性又对层位的准确标定具有重大影响，正因为它们之间的相互制约，只有通过子波反演和层位标定交互迭代获取最佳标定和最佳子波。

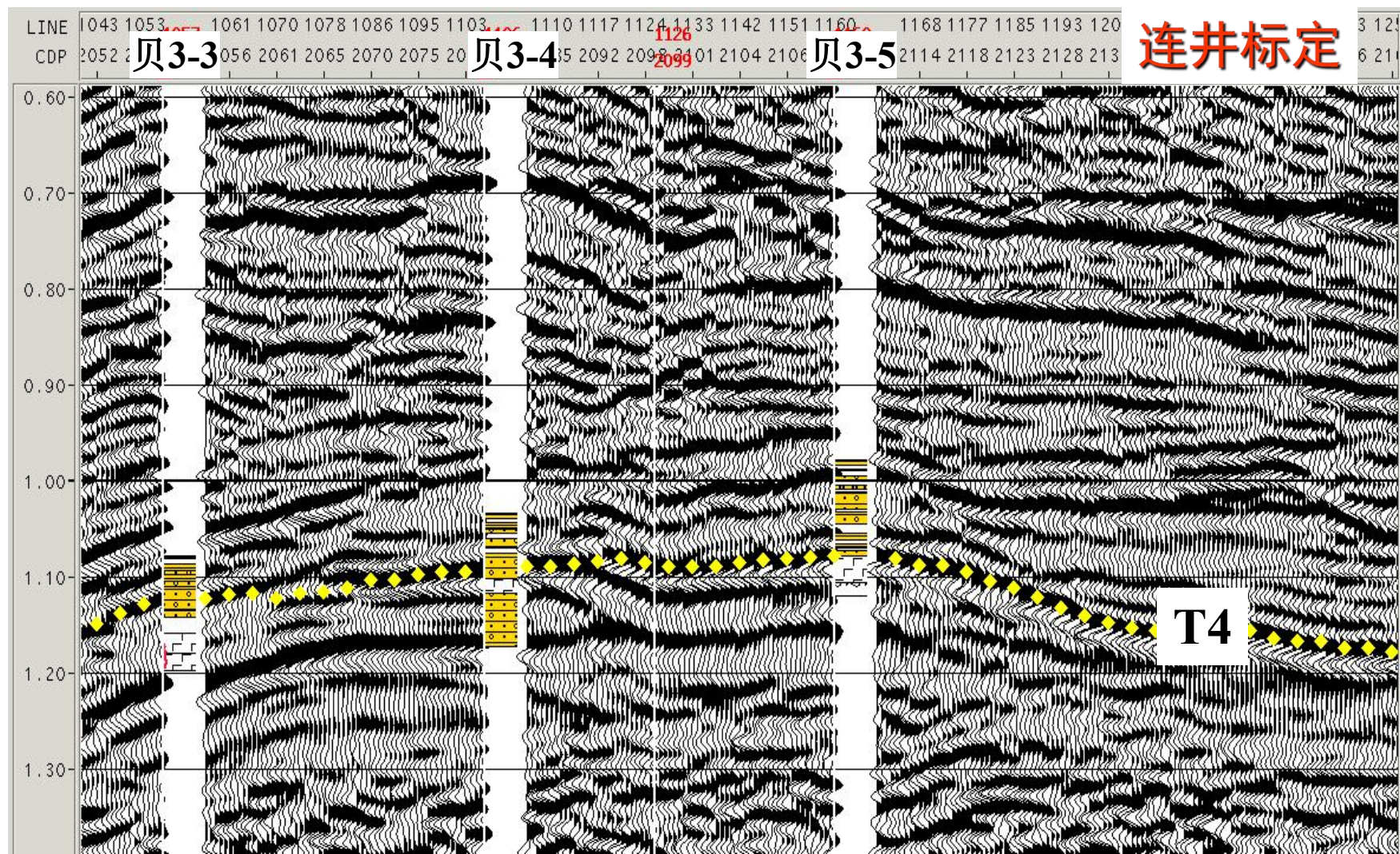
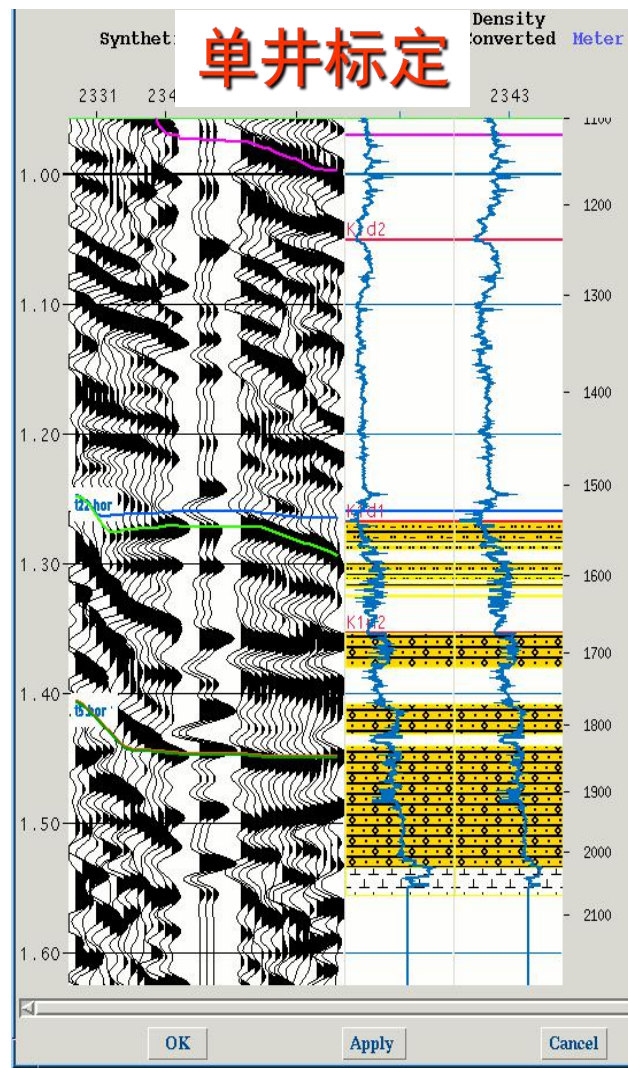
原理:

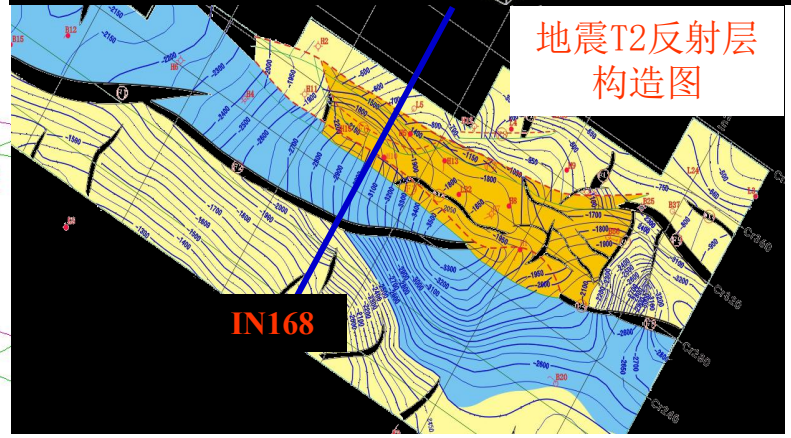
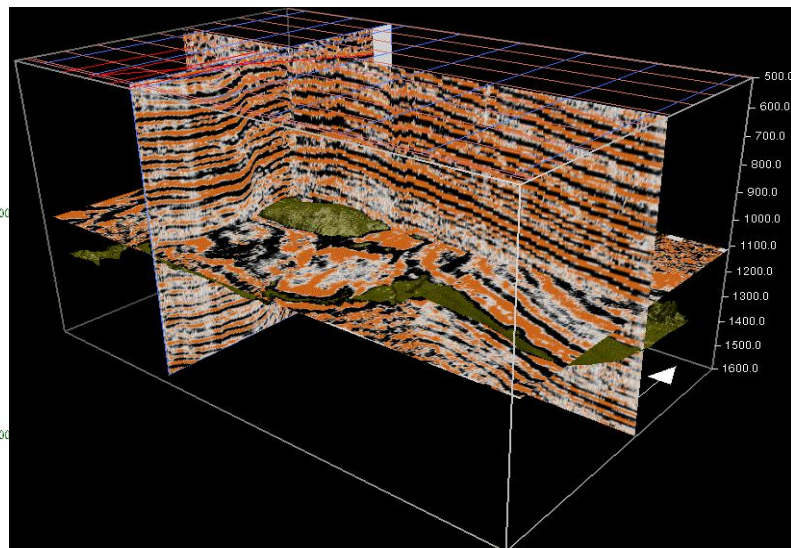
利用最小平方法求取子波，使合成记录最佳匹配井旁道。由声波测井反射系数 $R(t)$ 和井旁地震记录 $S(t)$ ，用最小二乘法可求出地震子波 $b(t)$ 。为使

最小，对 $b(t)$ 求偏导数，并令偏导数为零即可得以下公式

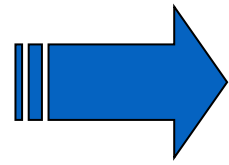
式中， R_{rr} 为 $R(t)$ 的自相关函数， R_{rs} 为 $R(t)$ 和 $S(t)$ 的互相关函数。解方程（E2）即可求出地震子波。

单井标定

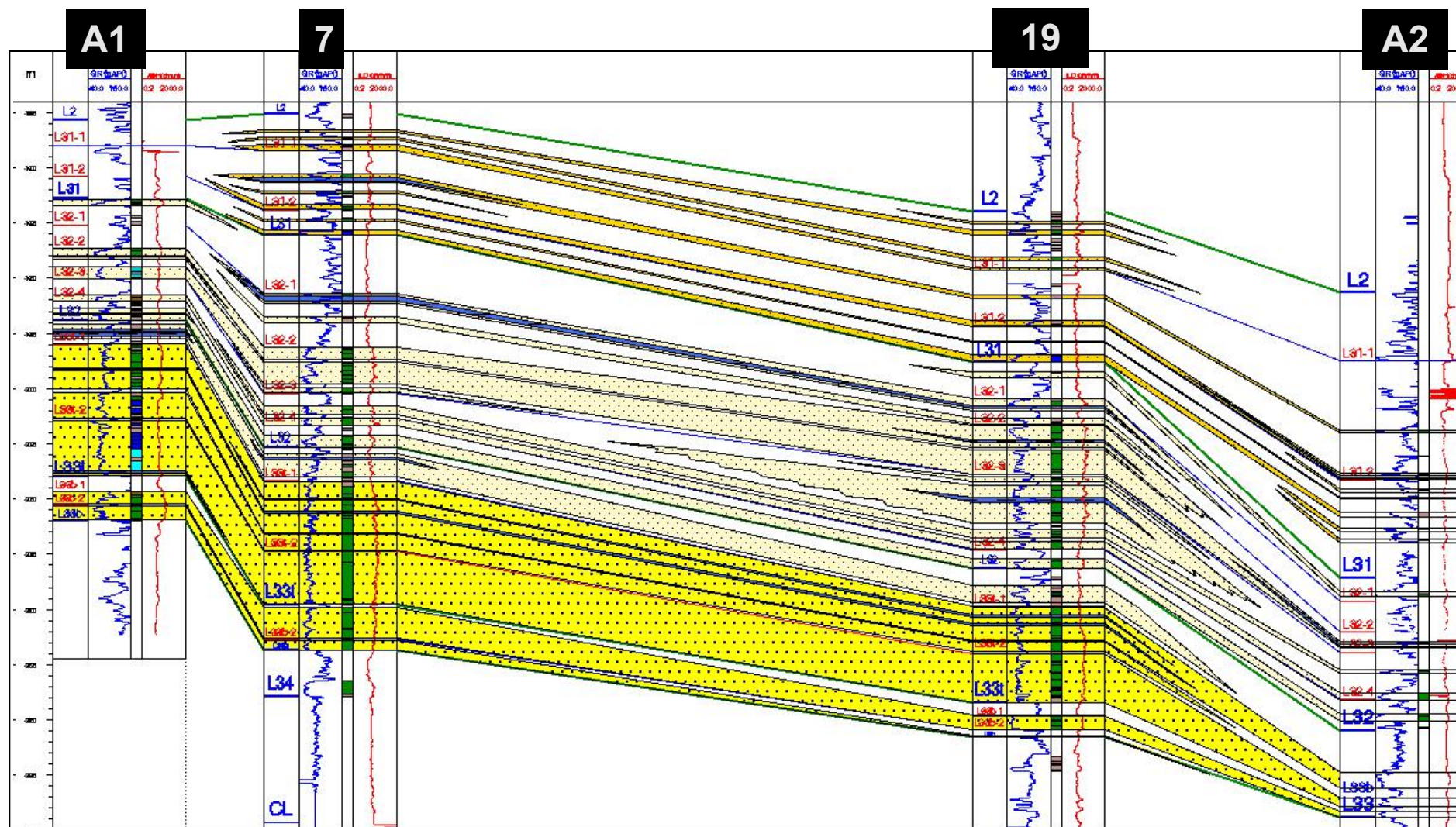




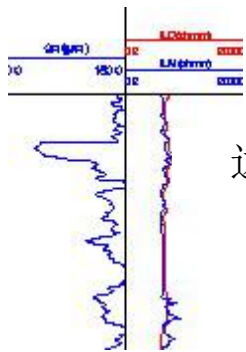
地震T2反射层构造图



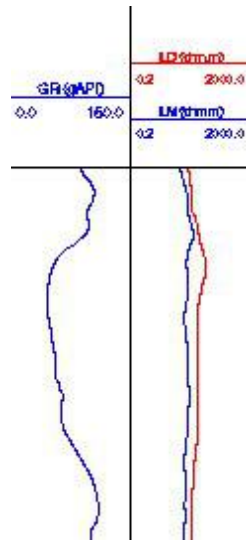
小层对比与沉积微相研究



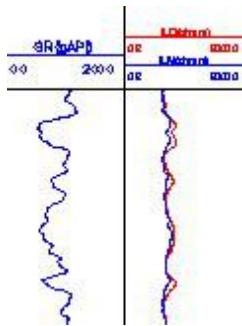
涪洲10—3油田流沙港组流三段A1-A2井联井剖面对比图



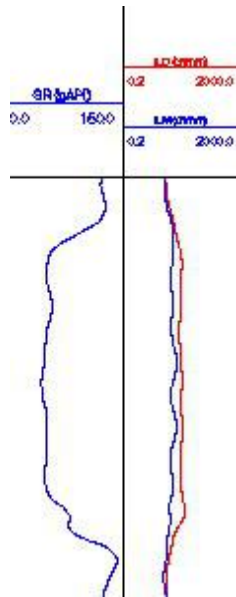
边缘席状砂:电性特征为指状



河口砂坝:电性特征漏斗形

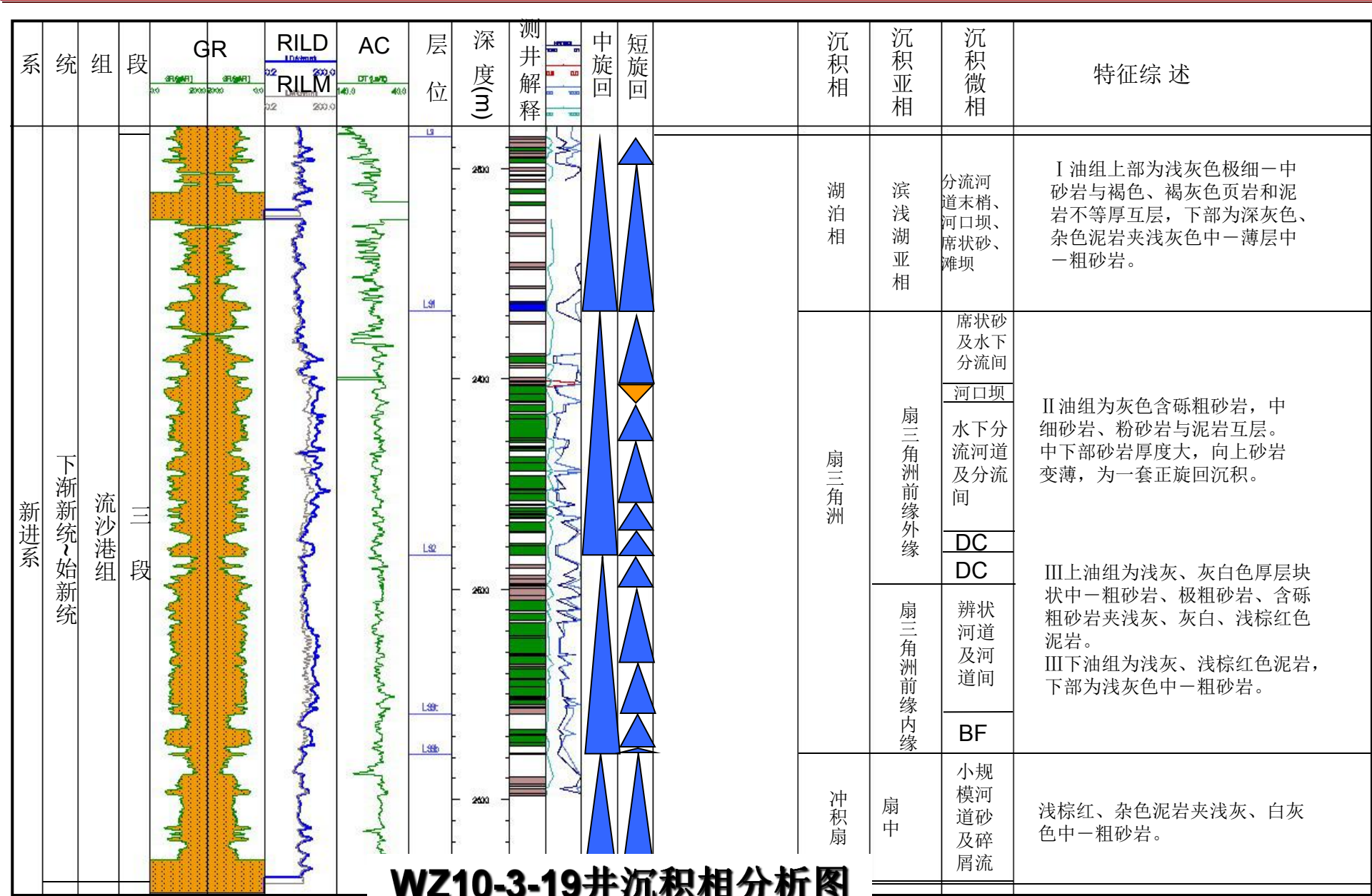


碎屑流:电性特征为齿化箱形



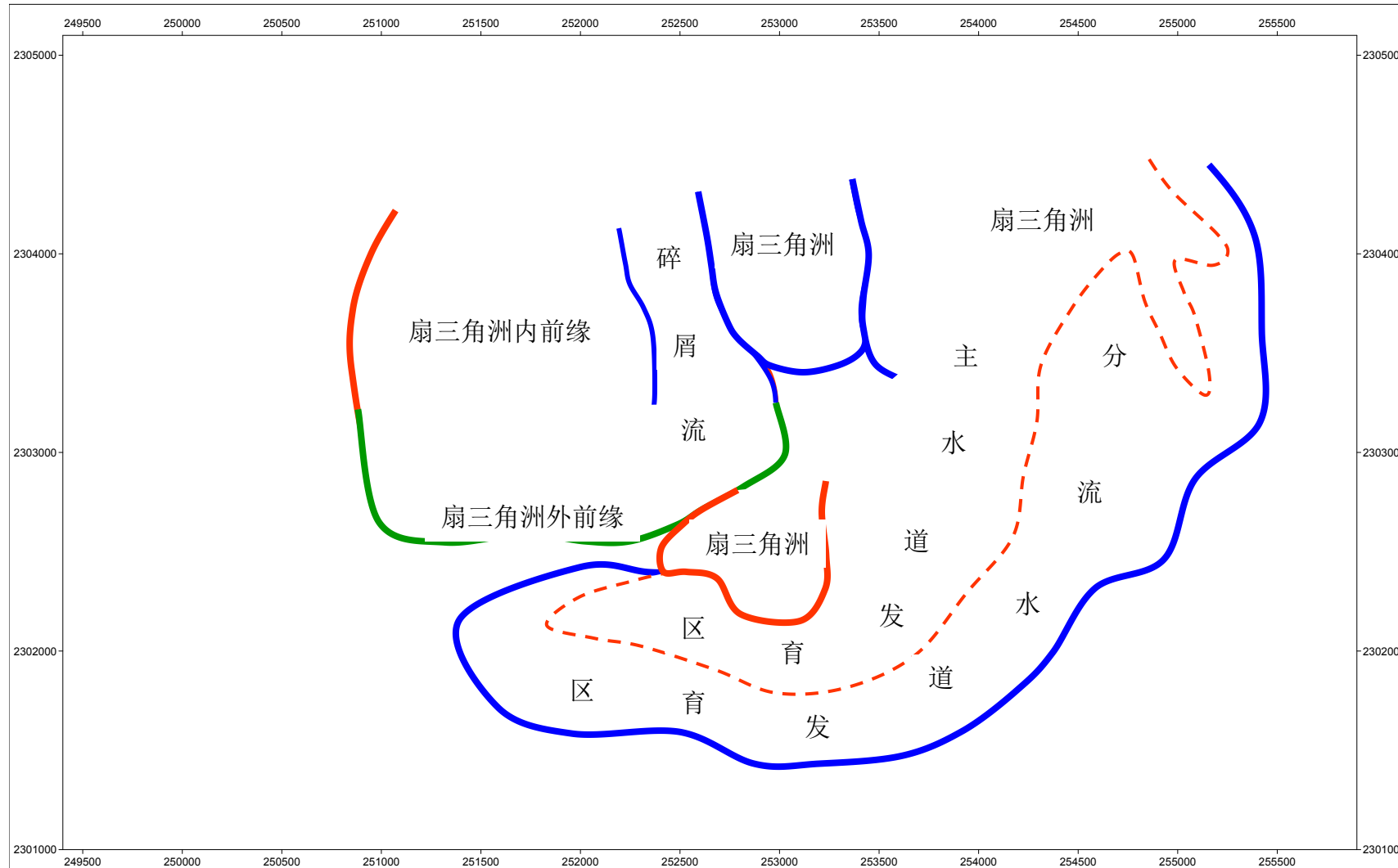
辫状河道:电性特征为箱形

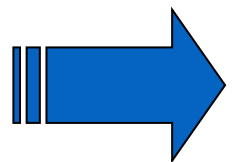
沉积相标准曲线





涠洲 10 - 3 油田 流沙港流三段Ⅲ上油组一小层平面沉积相图

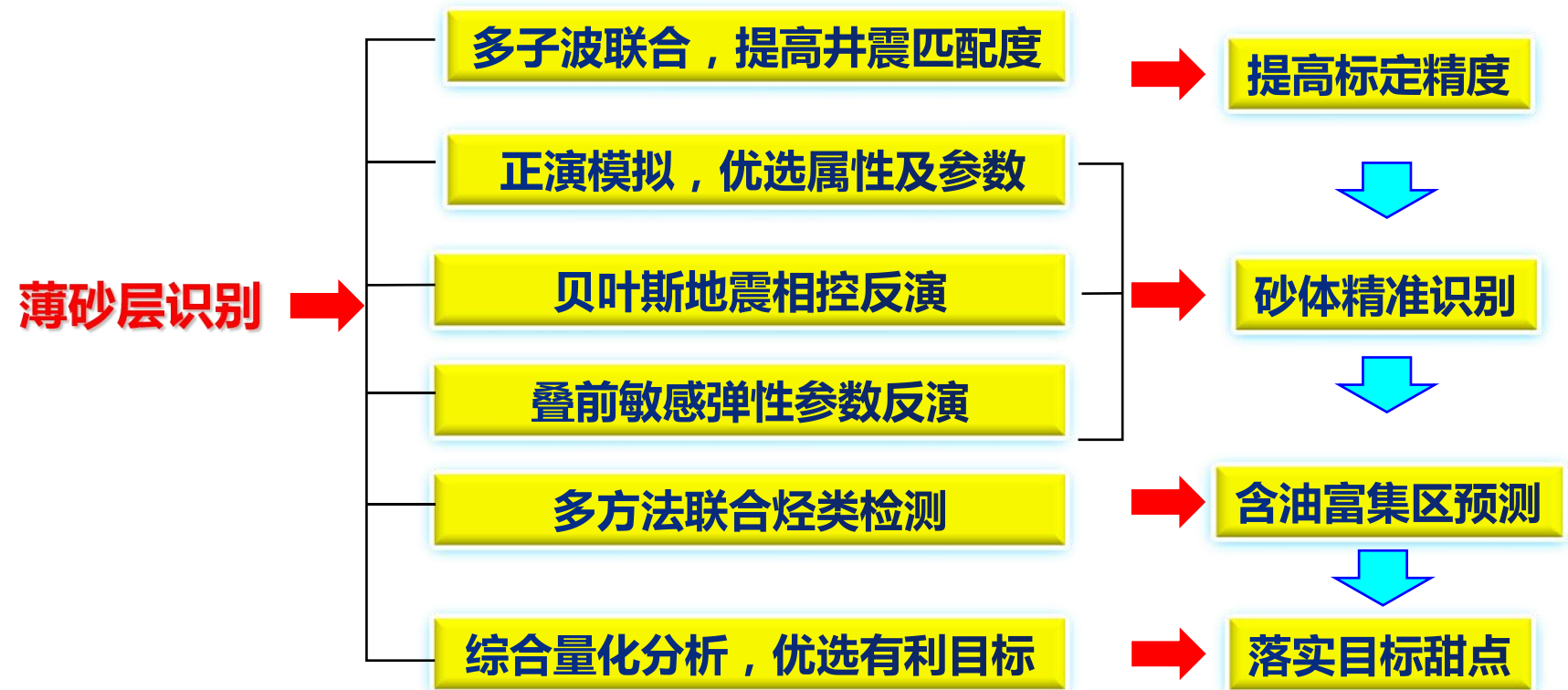




地震反演与储层预测

储层预测研究思路/技术流程

针对扇三角洲薄砂体储层特征及预测难点，制定了如下研究思路



核心技术

- 1、贝叶斯相控随机反演技术；2、叠前敏感参数反演技术；3、甜点综合评价技术

主要技术要点

技术1：多子波联合标定技术，进行薄砂体精准标定

技术2：贝叶斯相控反演技术，定量刻画薄砂体展布

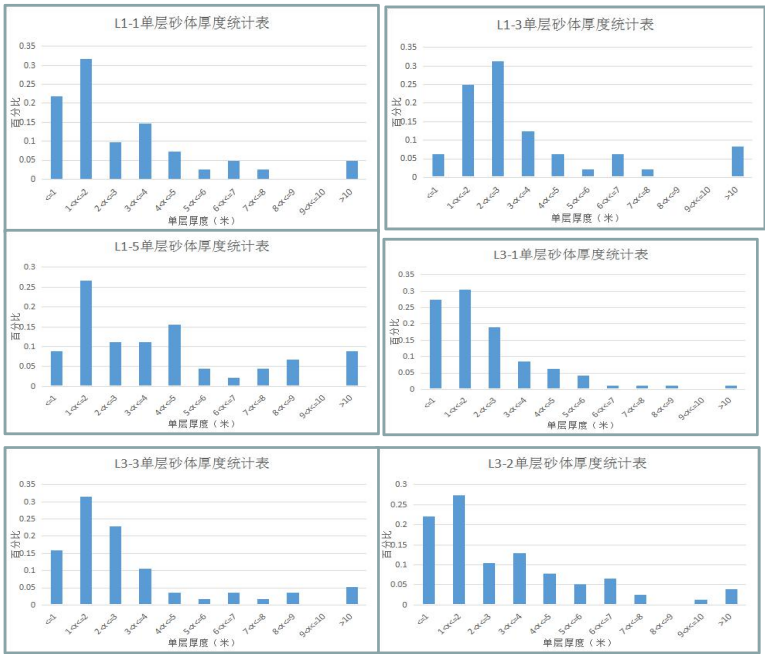
技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

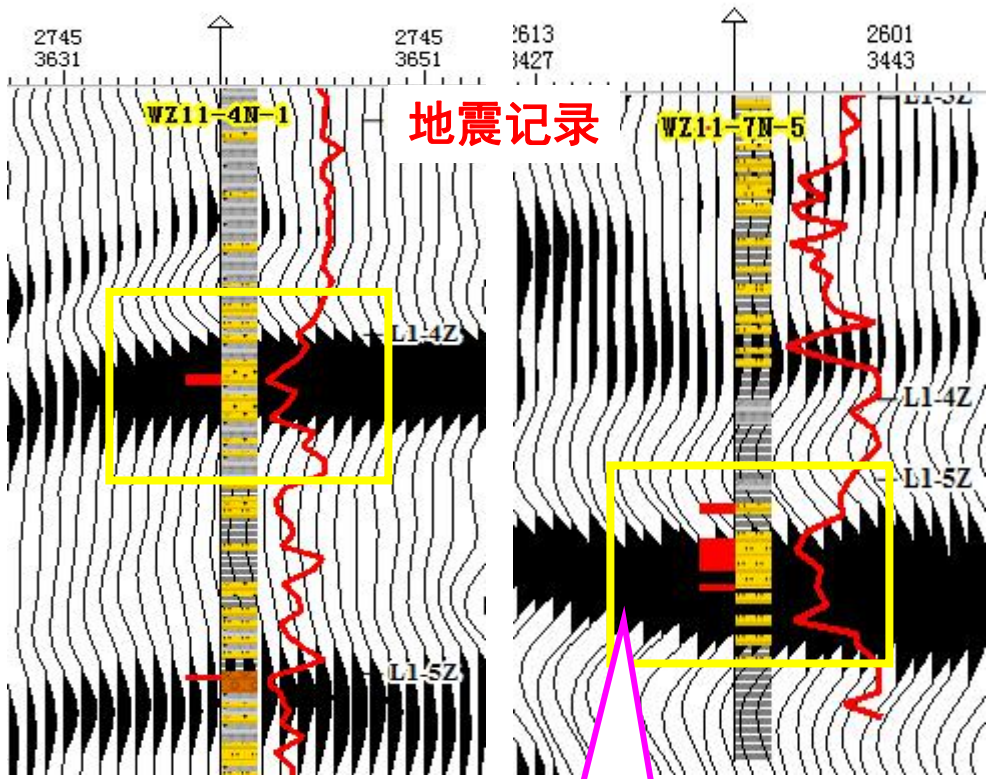
技术5：量化评价的分析技术，优选目标区甜点分布

关键技术1：多子波联合标定技术，进行薄砂体精准标定

●难点：薄互层地震干涉现象严重，砂层标定难，单砂体识别难



流一段砂体单层厚度平均3.5米
流三段砂体单层厚度平均3.3米



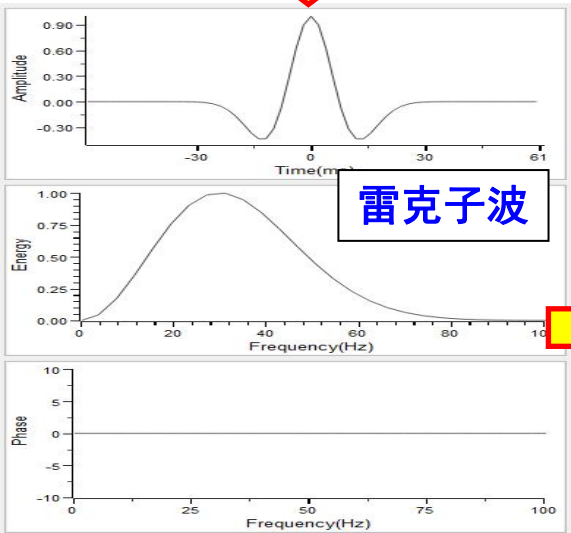
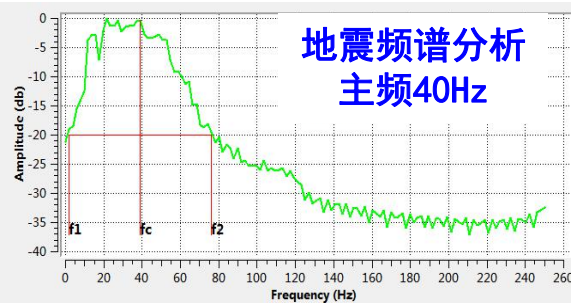
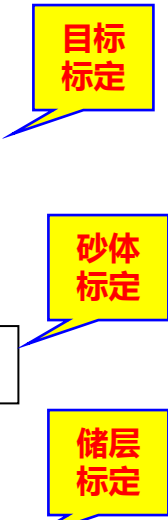
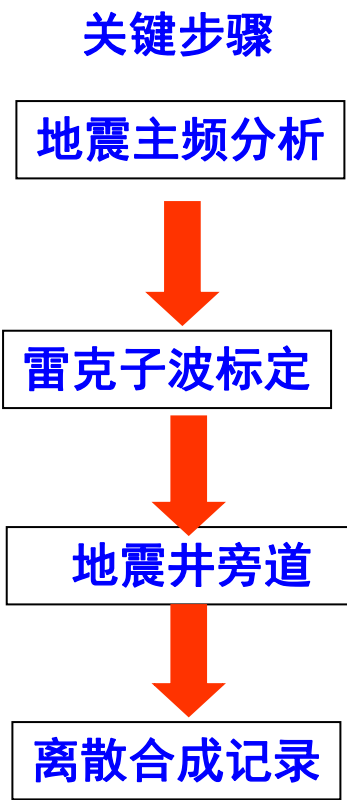
多层砂体干涉
形成一个地震波峰反射

关键技术1：多子波联合标定技术，进行薄砂体精准标定

目标标定

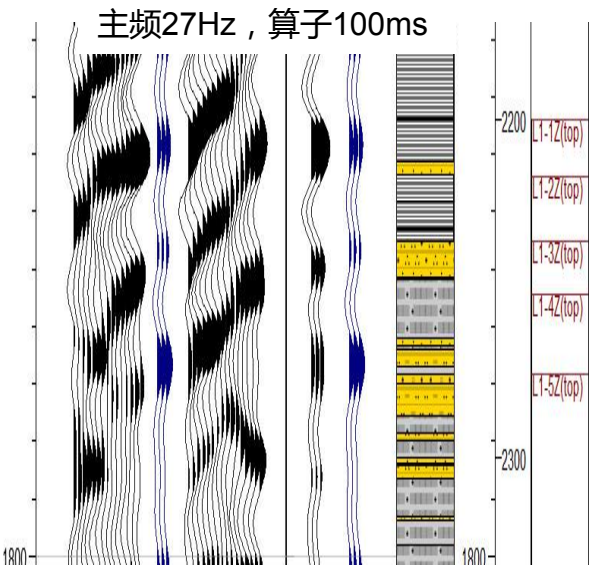
●思路：三次标定-目标标定、砂体标定、储层标定

➢雷克子波：能量集中、旁瓣小，分辨率高



雷克子波

- 频谱分析
- 定主频
- 定算子



关键技术1：多子波联合标定技术，进行薄砂体精准标定

砂体标定

井旁道子波优势：井震匹配性好，相关系数高

关键步骤

地震主频分析



雷克子波标定

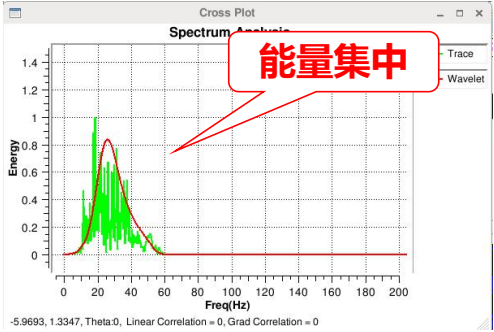


提取地震井旁道



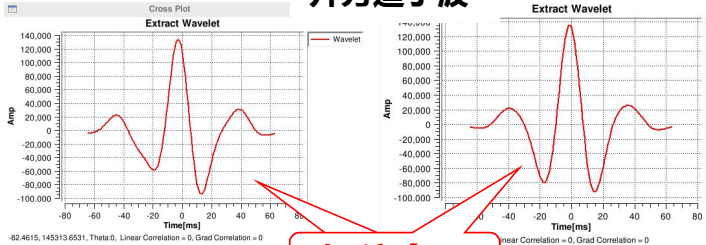
离散合成记录

能量分析



相位分析

井旁道子波



相位合理

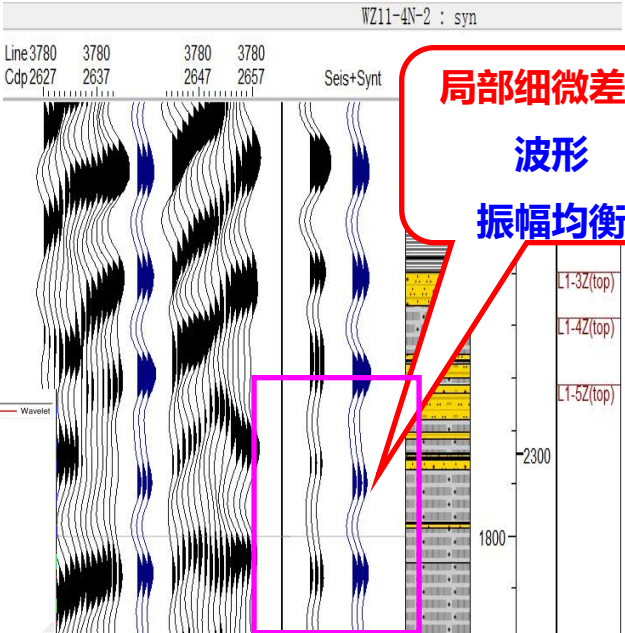
井旁道子波



- 能量分析
- 相位分析
- 定相关系数

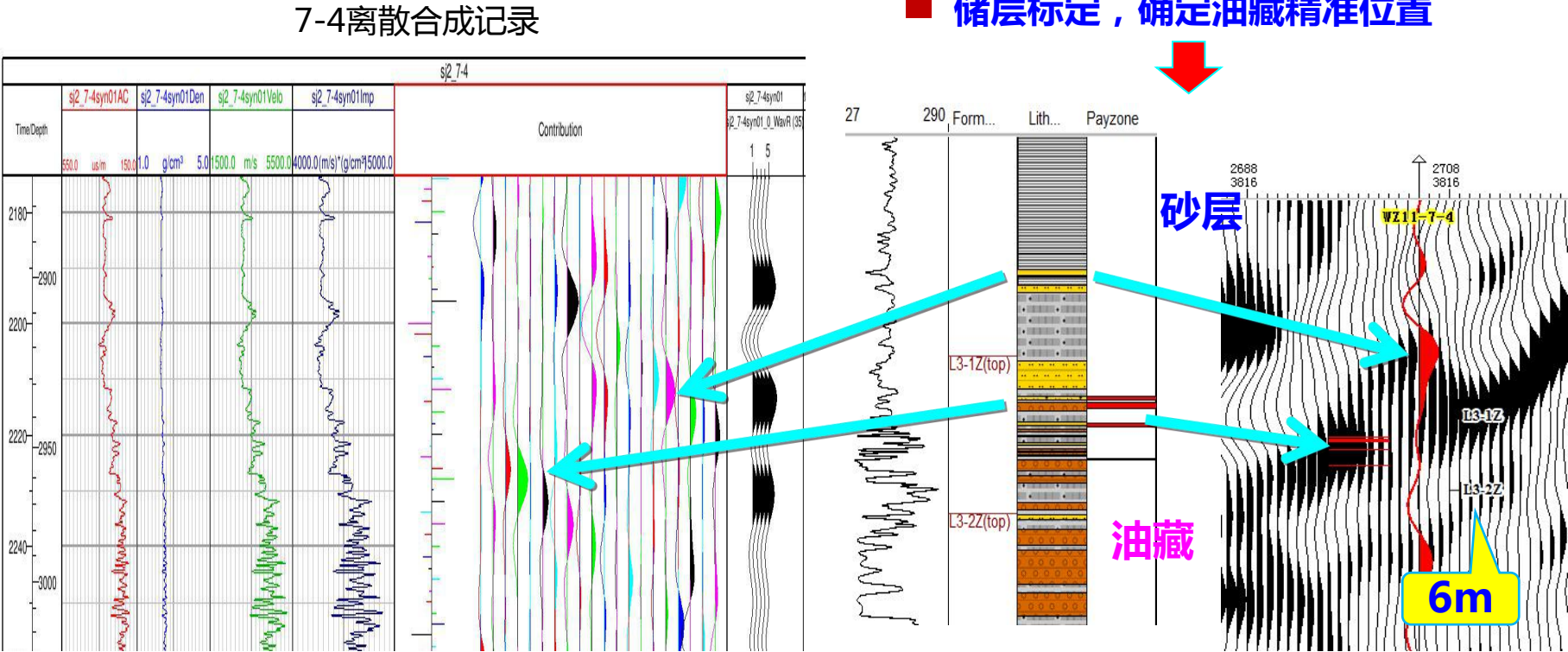
局部细微差异

波形
振幅均衡



关键技术1：多子波联合标定技术，进行薄砂体精准标定

➡ 储层标定

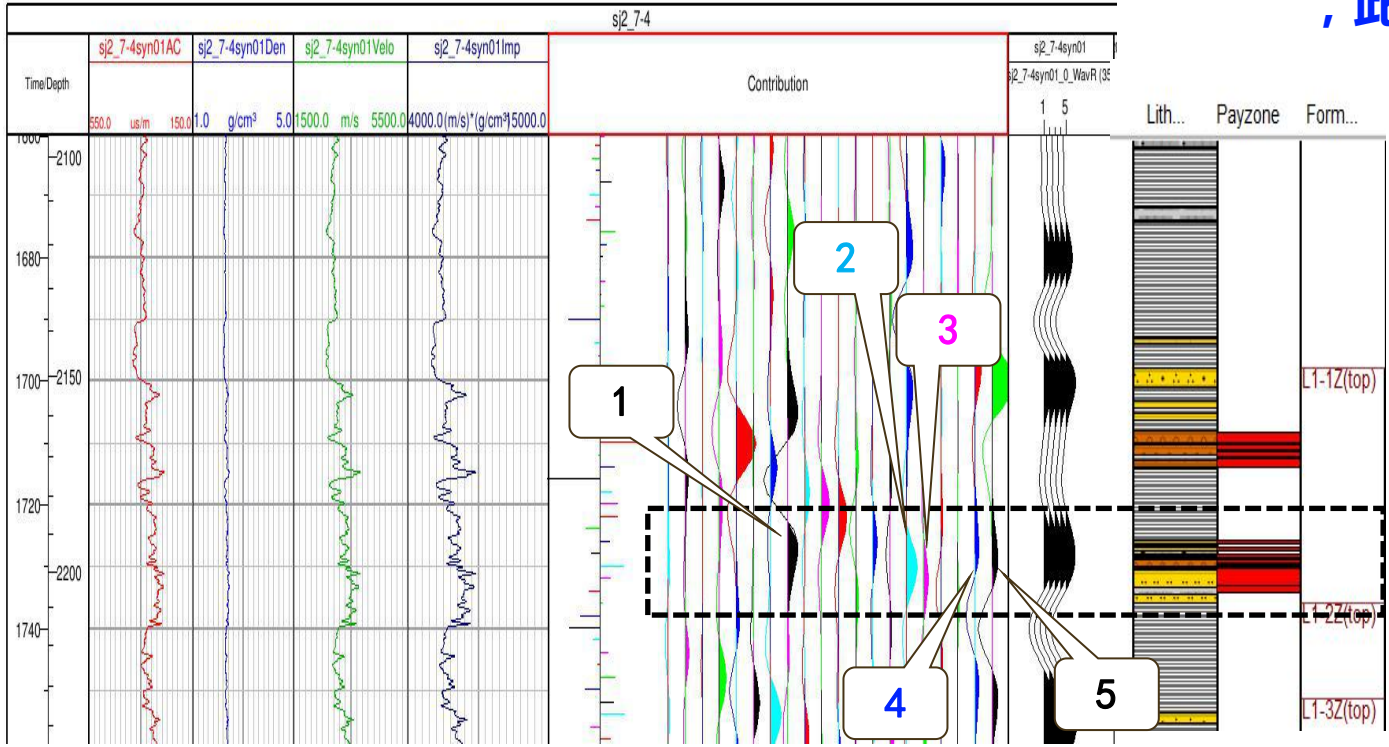


薄、小砂体储层，并非强轴反射，关注油层的真实反射特征

关键技术1：多子波联合标定技术，进行薄砂体精准标定

三次标定：目标标定、砂体标定、储层标定

7-4离散合成记录



强反射能量有一半来自本油组外部
，此强反射不能完全代表本油组

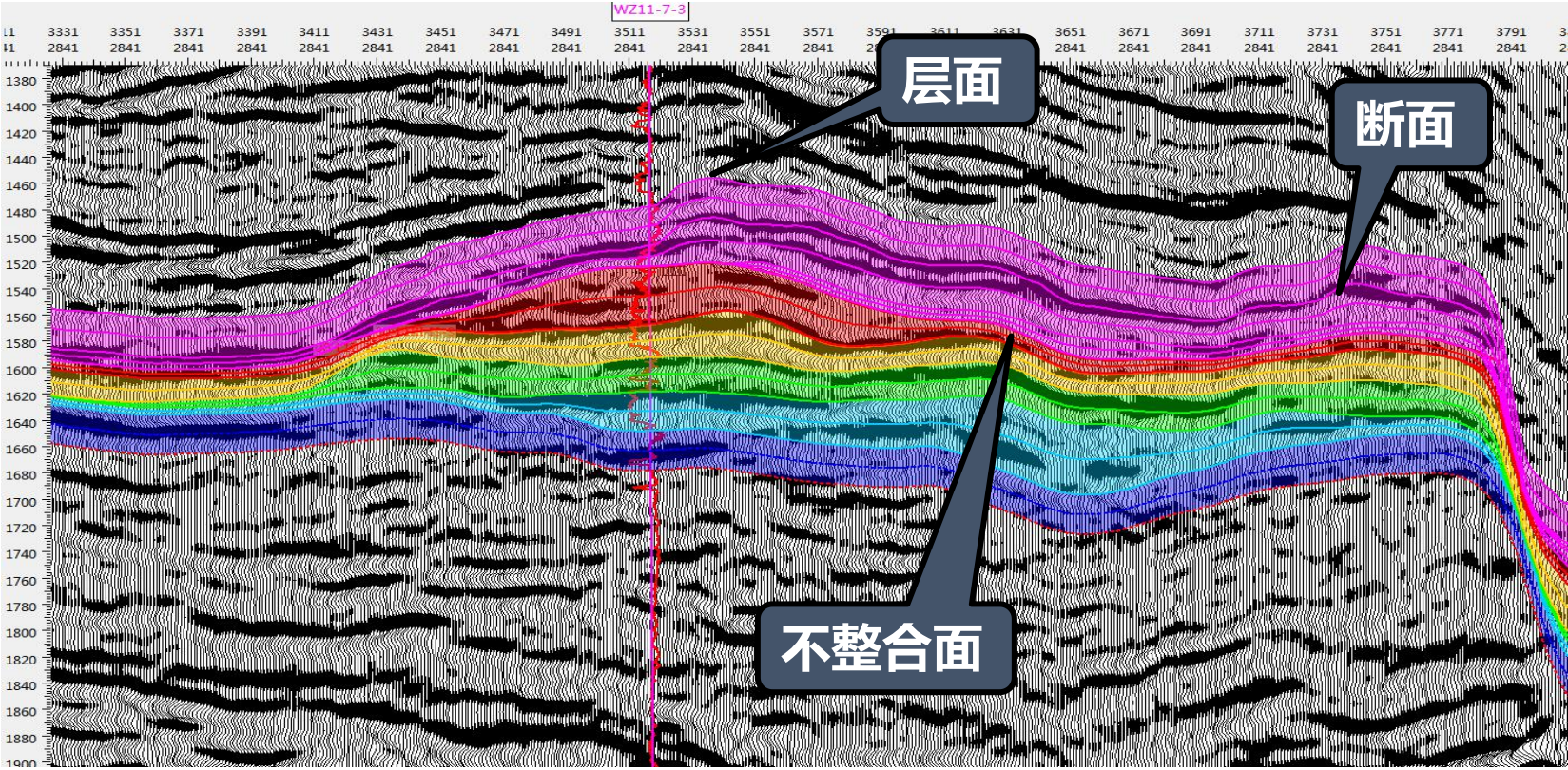
- 五个主要贡献分别来自
- 1：上部砂体负反射的下旁瓣
 - 23：内部砂体正反射
 - 4：内部砂体负反射的上旁瓣
 - 5：下部砂体负反射的上旁瓣

薄、小砂体储层，并非强轴反射，关注油层的真实反射特征

关键技术2：贝叶斯相控反演技术，定量刻画薄砂体展布

复杂构造岩性地质模型建立

开展以“三面”信息的波形反射特征解释，获得复杂构造岩性地质模型



加强层面、断面、不整合面的精细解释，确保复杂构造岩性地质模型的合理性，为高分辨率地震反演及平面准确成图奠定了良好的基础。



主要技术对策

地震反演与储层预测

1. 叠前弹性波全波形多参数反演

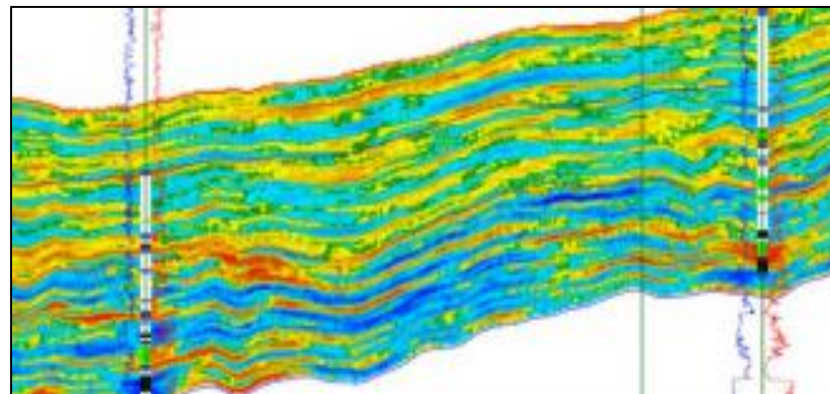
叠前弹性波全波形多参数反演方法，几乎使用了地震记录中所有有效信息，包括叠前地震波场的运动学和动力学信息，而不像其它传统的方法，仅使用地震记录中的部分信息。

其成果可生成纵波阻抗和横波阻抗、纵横波速度比、泊松比等岩石特征参数，并依据岩石物理解释量版，进行定量的解释，得到储层厚度和可能的流体性质的展布。尤其是可以解决流三段由于埋深、厚度、围岩（油页岩）屏蔽，及储层与围岩特征相近或相似，造成的地震波阻抗无法很好识别储层岩性的问题，而泊松比等其它岩石弹性参数却能够很好区别储层岩性、还能较可靠地进行储层分类和流体判别。

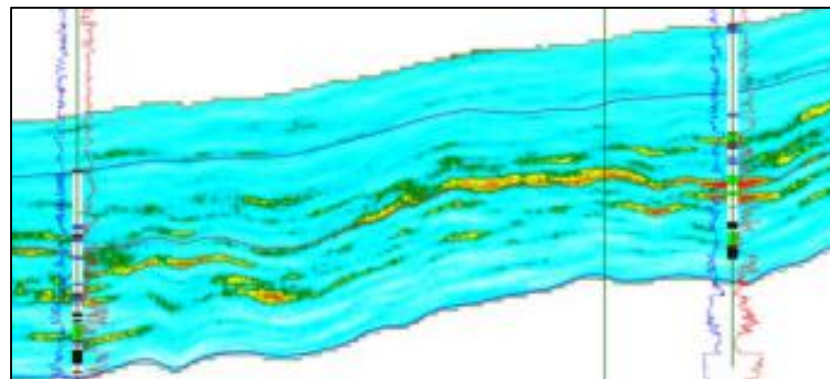


叠前敏感弹性参数反演中重点是以下三个方面的：

- ① 不同岩性、不同流体弹性参数的敏感性试验；
- ② 用全部的道集数据进行叠前反演；
- ③ 对反演的结果采用三维体旋转交汇图方法进行解释。



叠前弹性波全波形阻抗剖面



叠前弹性波全波形泊松比剖面

全波形方法反演优点在于：

- ① 受子波影响小；
- ② 对井的依赖程度小，不受井平面分布情况约束；
- ③ 反演受沉积相控制，符合地质沉积特征；
- ④ 纵向分辨率高，利于薄储层预测；
- ⑤ 结果稳定，多解性少。



主要技术对策

地震反演与储层预测

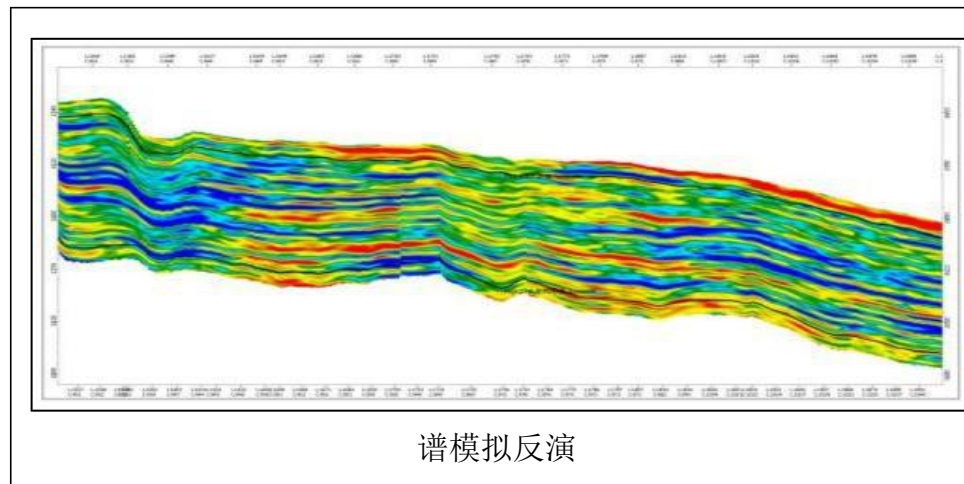
2. 谱模拟反演



可以作为叠前弹性波**全波形多参数反演**、成果解释的**质控手段**以及后续**神经网络多参数反演的约束**。

谱模拟反演技术是一种频率域测井约束波阻抗反演方法，其核心是用地震的频谱和井的波阻抗频谱相匹配来完成反演，用于油组级砂体刻画，指导和约束后续反演。该反演技术特点如下：

- ◆ 无需提取子波，无须采用初始模型来约束；
- ◆ 纵向分辨率比稀疏脉冲反演高；
- ◆ 对井的依赖程度小，全局优化，反演人为因素少，地质现象反映客观。



谱模拟反演



地震反演与储层预测

3. 波形指示波阻抗反演

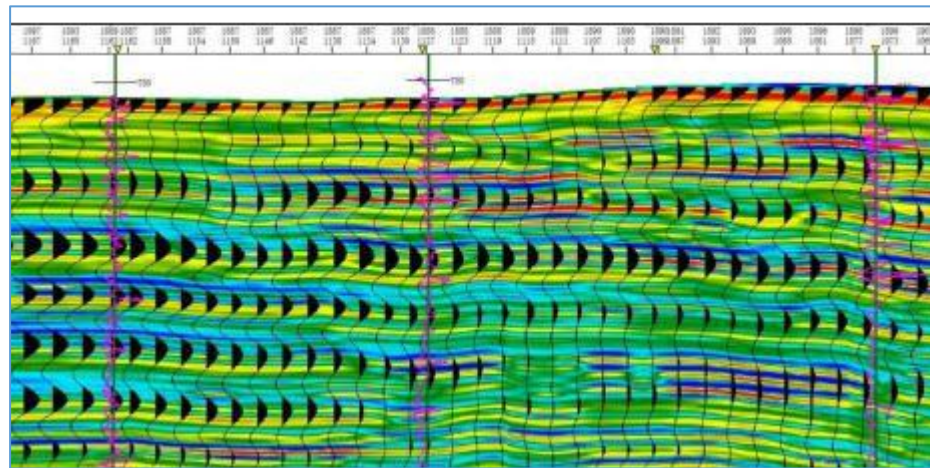
波形指示波阻抗反演是在传统地质统计学基础上发展起来的新的统计学方法，采用独创的“地震波形指示马尔科夫链蒙特卡洛随机模拟（SMCMC）算法”，其基本思想是在统计样本时，参照波形相似性和空间距离两个因素，在保证样本结构特征一致性的基础上，按照分布距离对样本排序，从而使反演结果在空间上体现了地震相的约束，平面上更符合沉积规律。

反演结果能够很好地与测井波阻抗吻合，有利于薄储层砂体的刻画。

- 分辨率和精度较高，用常规地震资料可反演 2 米以上砂体，有利于对单砂体的精细刻画；
- 反演结果确定性强，随机性小；
- 是无子波分频反演方法，可有效减少地震噪声的影响；
- 目前唯一能够解决井位不均匀反演问题的算法。



可以作为叠前弹性波**全波形多参数**反演、成果解释的**质控手段**，以及后续**神经网络多参数反演的约束**。



波形指示波阻抗反演

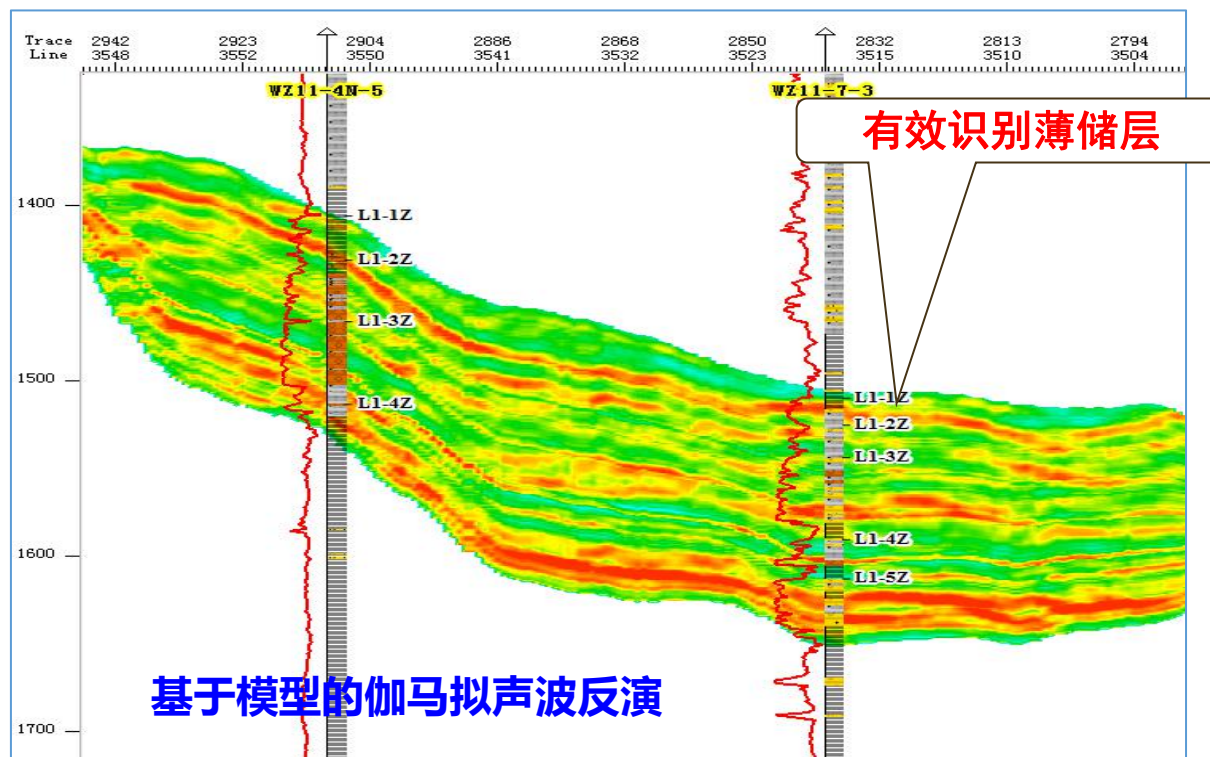


主要技术对策

地震反演与储层预测

基于模型反演

- 分辨率高
- 识别纵波速度叠置的薄储层能力强
- 依赖于初始模型



基于模型的伽马拟声波反演

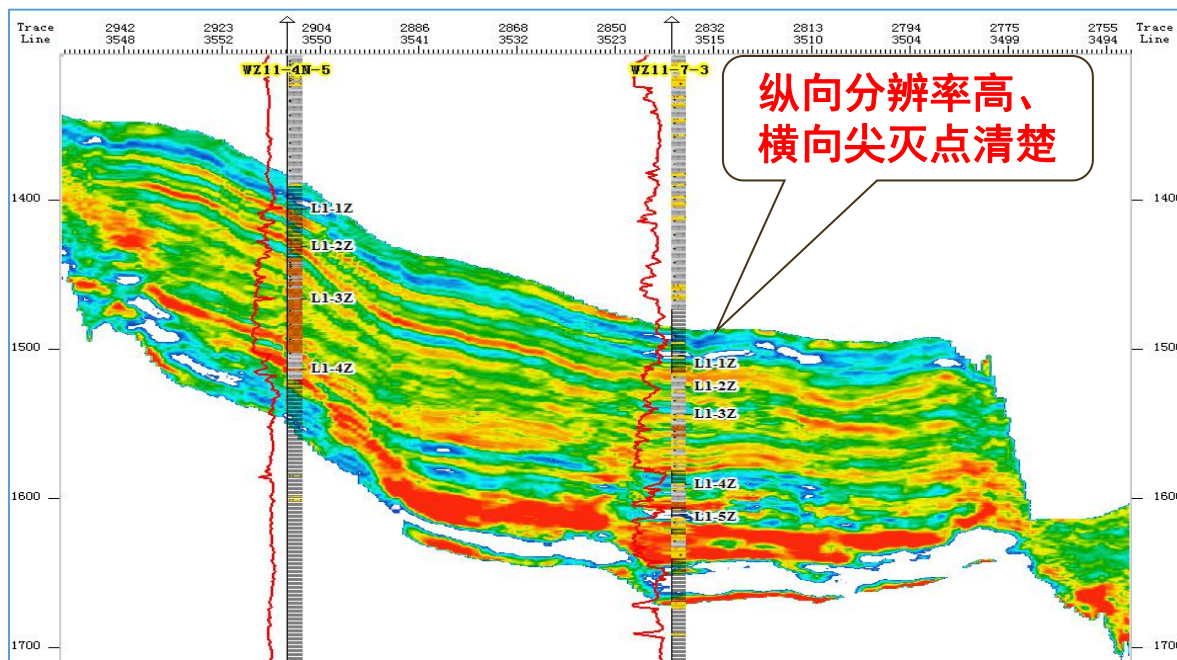


主要技术对策

地震反演与储层预测

统计模拟地震反演（贝叶斯统计学反演）

- 受地质模型控制
- 受测井资料统计模拟控制
- 符合地震反射特征
- 分辨能力强、与井吻合好
- 适合于油田开发阶段



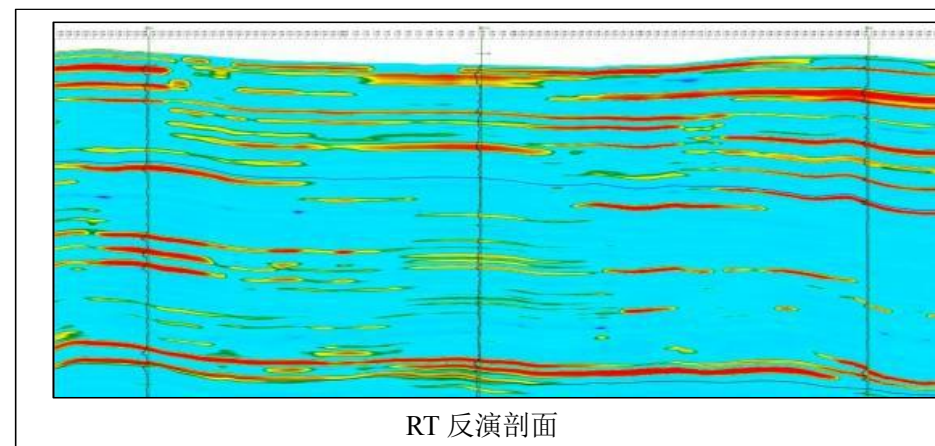
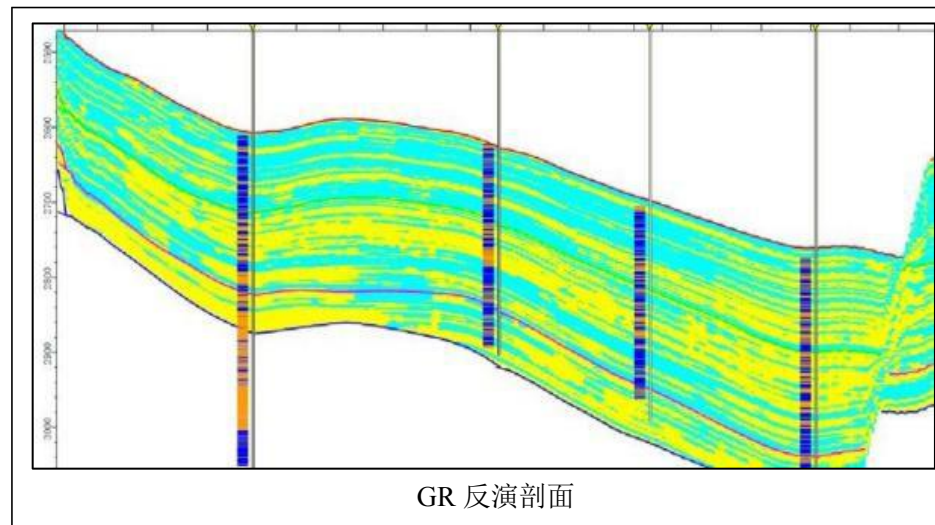


主要技术对策

地震反演与储层预测

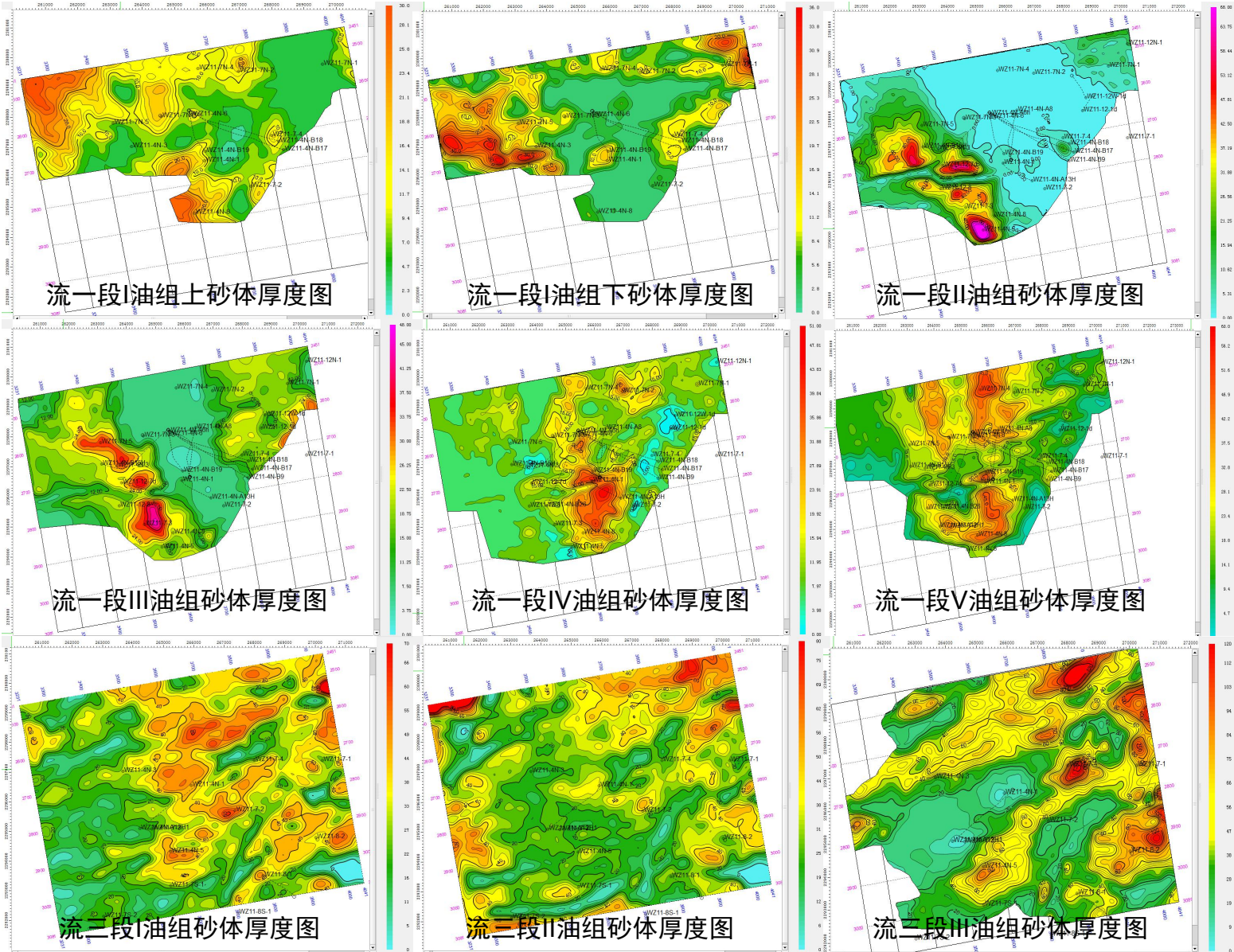
4. 神经网络属性反演

包括岩性判断的SP、GR、DEN、VCL，流体判断的RT、ILD、LLD（侧向-感应电阻率差值法），物性判断的POR、PERM等，具体根据★岩石物理规律及最优敏感参数分析结果确定，用于薄互层储层预测及物性、流体分布分析判断。



关键技术2： 贝叶斯相控反演技术， 定量刻画薄砂体展布

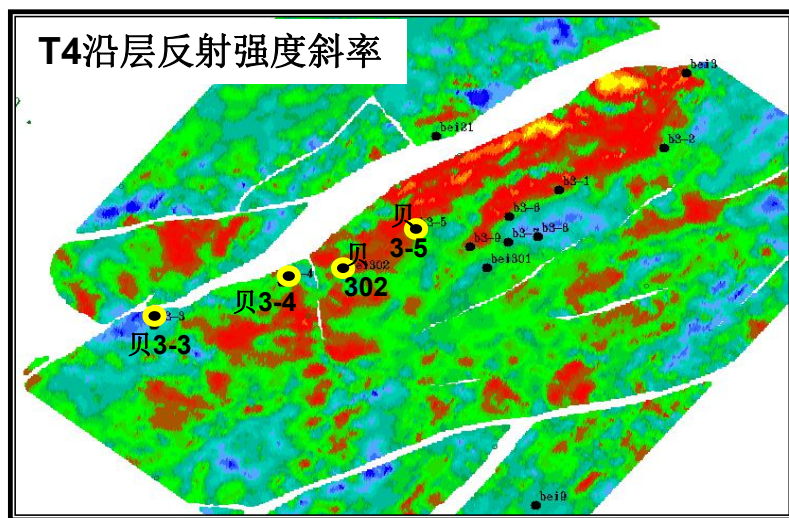
五个砂组砂体厚度变化趋势清楚， 与沉积相吻合



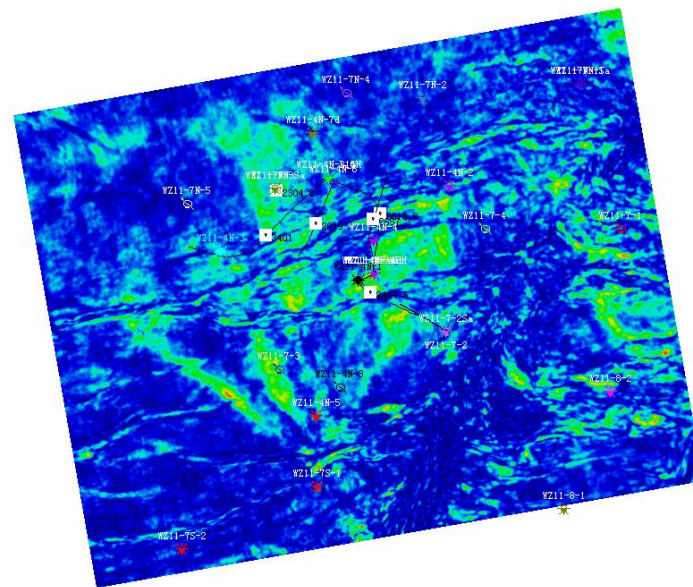


主要技术对策

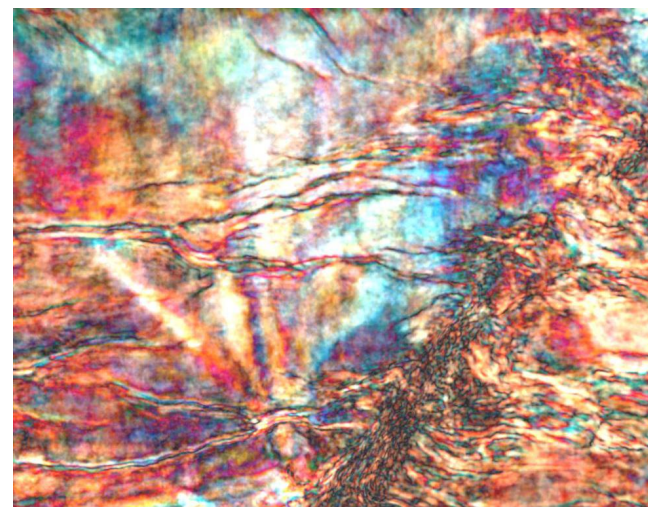
地震属性与储层评价



反射强度斜率平面图能够很好地反映玄武岩分布的范围



能量包络切片能够反映出沉积物源和储层展布特征

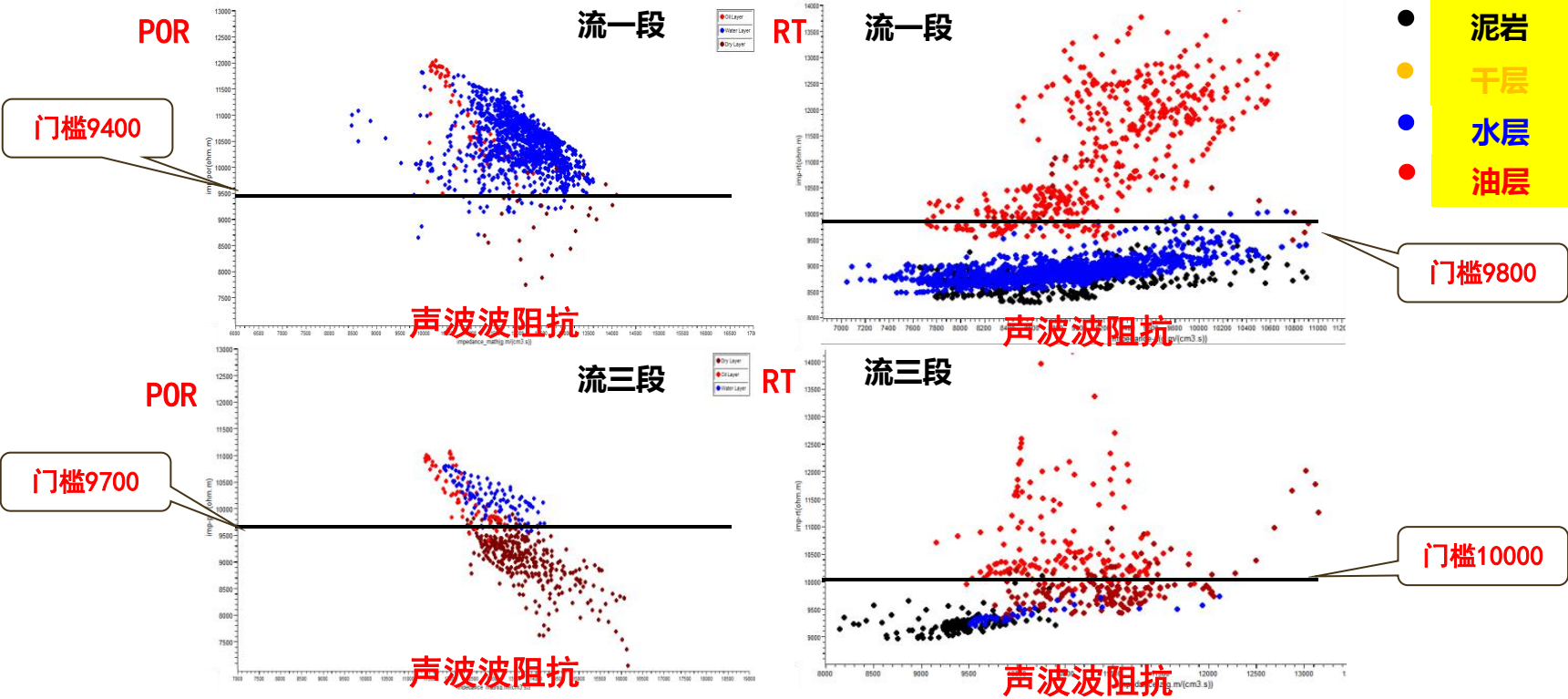


混频切片能够反映出沉积物源和断层展布特征

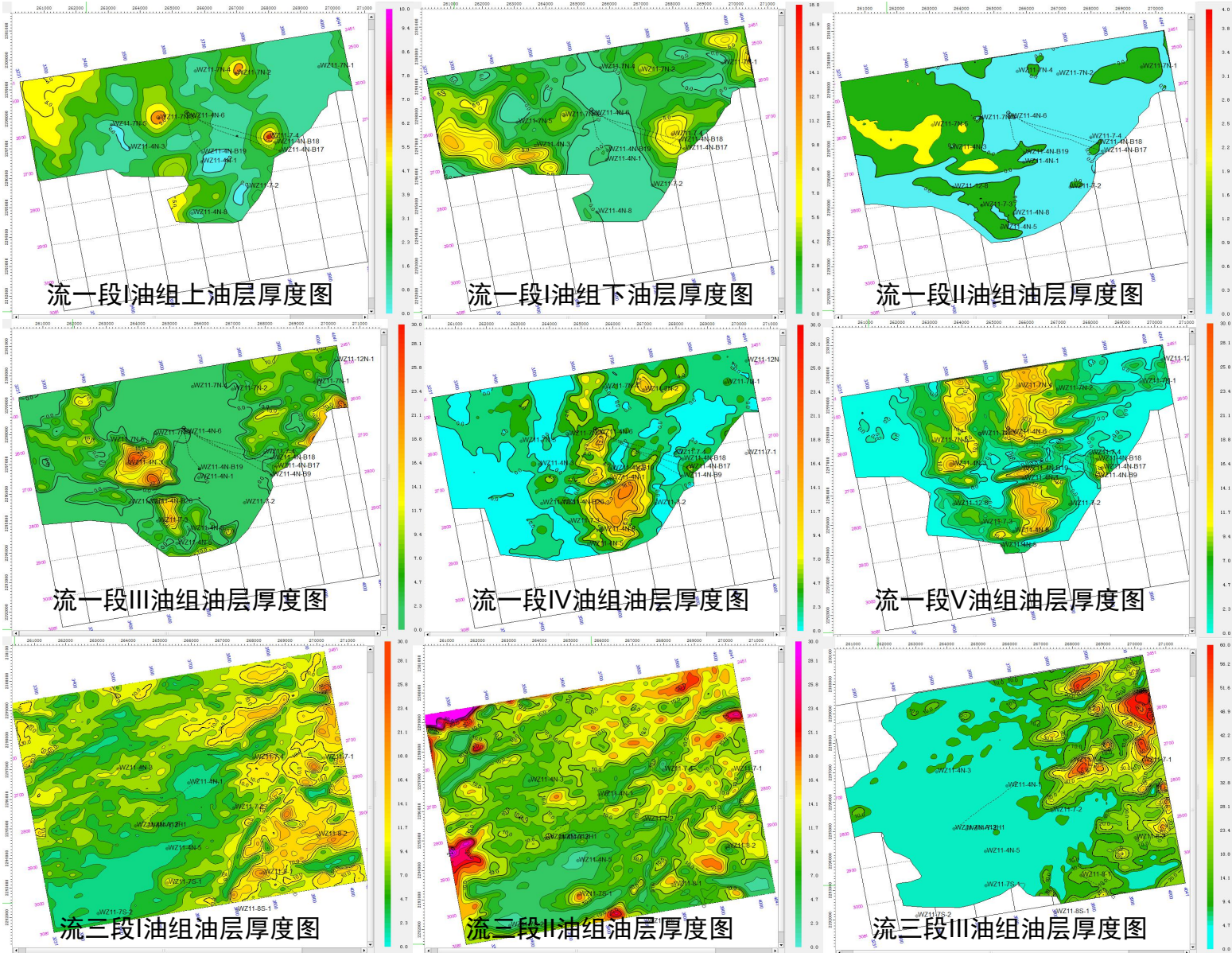
关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

(一) 孔隙度及电阻率贝叶斯随机反演，预测有效及油气储层分布

把对渗透储层及油气敏感的孔隙度曲线和电阻率曲线高频信息融合到声波背景上，开展贝叶斯随机地震反演，预测高孔隙及高电阻区域



关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

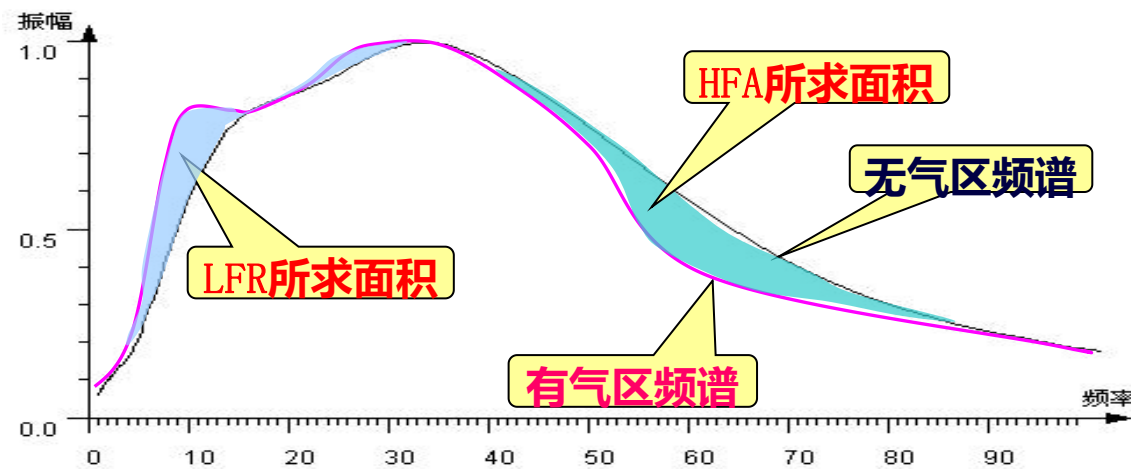


关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

（二）频率类流体检测，预测渗透储层分布

根据双相介质的定义，油气储集层是典型的双相介质。即由固相的具有孔隙的岩石骨架和孔隙中所充填的流相的油、气、水所组成。

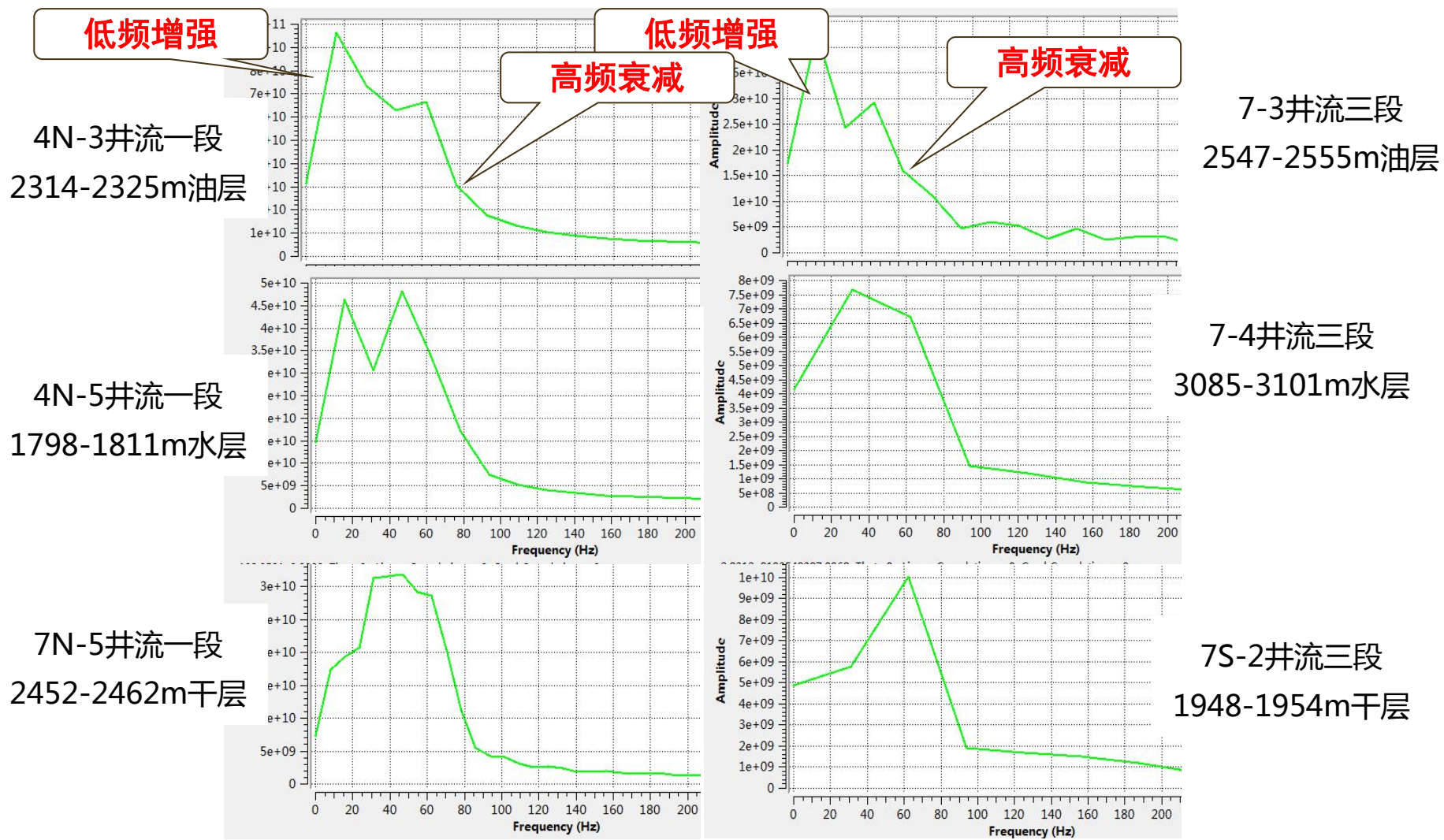
不同性质的流体，第二纵波的特征会有差异。研究发现，当流体为油气时，地震记录上具有更为明显的“低频共振、高频衰减”动力学特征。“高频衰减”现象已为人们所熟悉，但“低频共振”却是一个有意义的新发现。二者结合便奠定了油气检测的基础。



面积差值法吸收分析原理

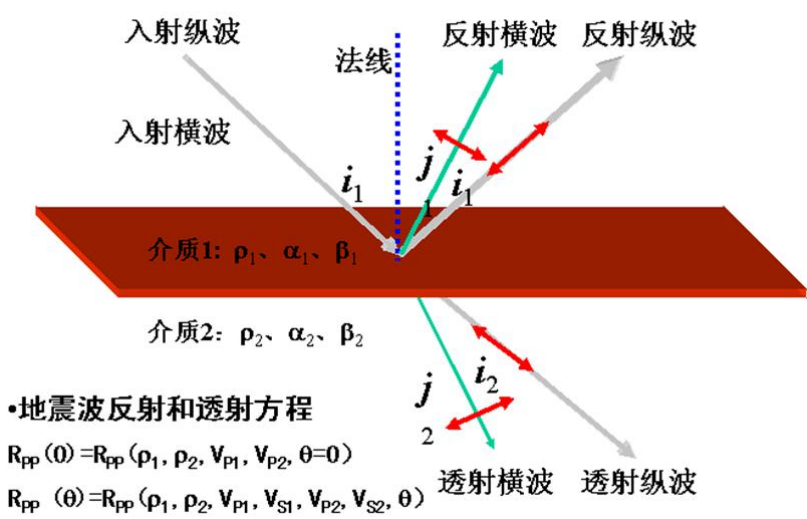
关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

油层的频谱特征：10-25Hz低频能量增强、80Hz高频能量减弱



关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

(三) 叠前AVO属性，预测渗透储层分布



当入射角小于30度时
Shuey 的二参数近似方程

$$R(\theta) = P + G \sin^2 \theta$$

其中P为截距，G为梯度

截距、梯度推导几种与流体有关的AVO属性

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha_1 & \frac{V_{p1}}{V_{s1}} \sin\beta_1 & \frac{V_{p1}}{V_{p2}} \cos\alpha_2 & -\frac{V_{p1}}{V_{s2}} \sin\beta_2 \\ -\sin\alpha_1 & \frac{V_{p1}}{V_{s1}} \cos\beta_1 & \frac{V_{p1}}{V_{p2}} \sin\alpha_2 & \frac{V_{p1}}{V_{s2}} \cos\beta_2 \\ -\cos 2\beta_1 & -\sin 2\beta_1 & \frac{\rho_2}{\rho_1} \cos 2\beta_2 & -\frac{\rho_2}{\rho_1} \sin 2\beta_2 \\ \sin 2\alpha_1 & -\frac{V_{p1}^2}{V_{s1}^2} \cos 2\beta_1 & \frac{\rho_2 V_{s2}^2 V_{p1}^2}{\rho_1 V_{s1}^2 V_{p2}^2} \sin 2\alpha_2 & \frac{\rho_2 V_{p1}^2}{\rho_1 V_{s1}^2} \cos 2\beta_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{pp} \\ R_{ps} \\ T_{pp} \\ T_{ps} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha_1 \\ \sin\alpha_1 \\ \cos 2\beta_1 \\ \sin 2\beta_1 \end{bmatrix}$$

伪泊松比 (4/3 (P+G))

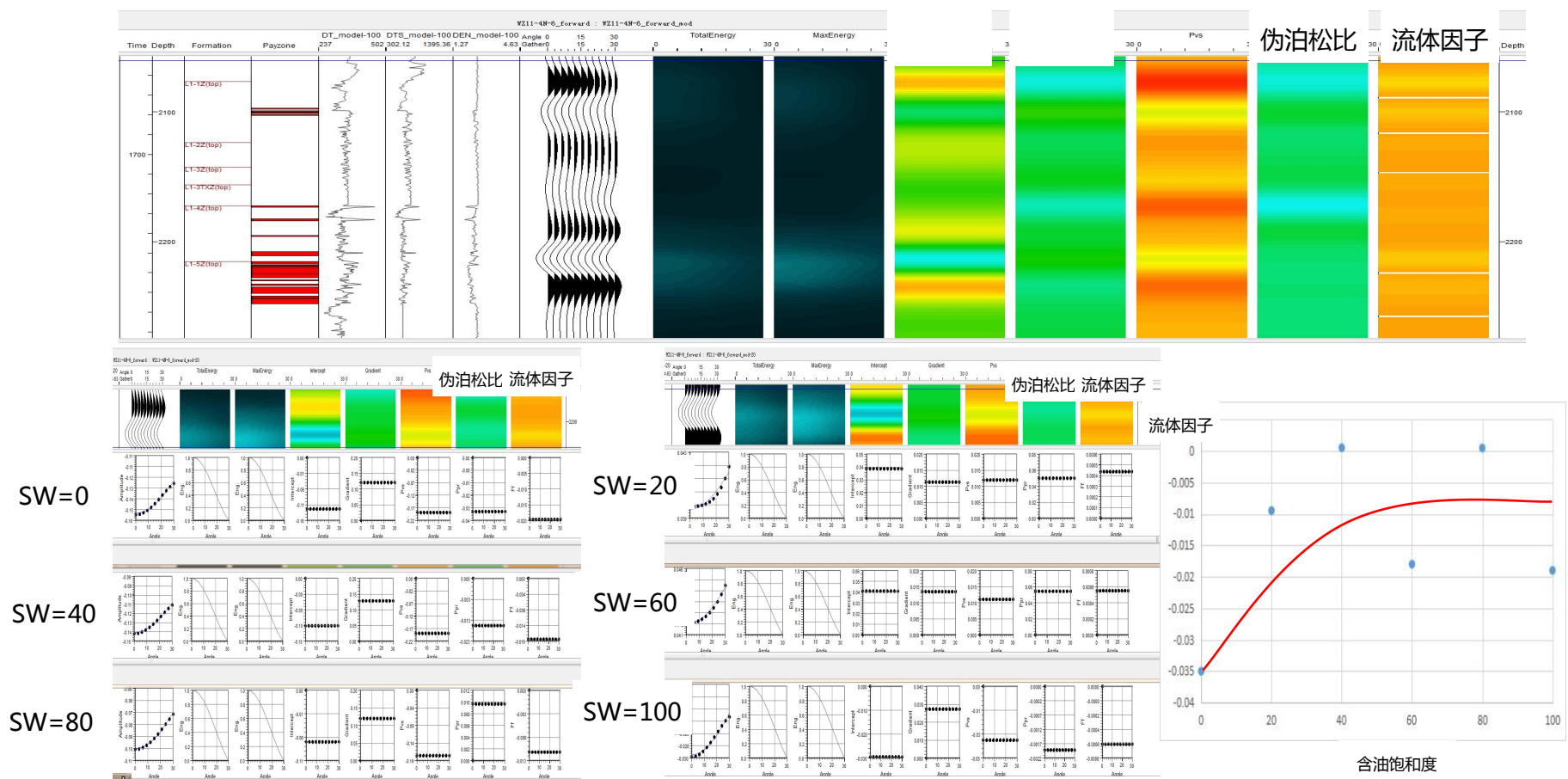
流体因子 (P*G)

横波反射率 (1/2 (P-G))

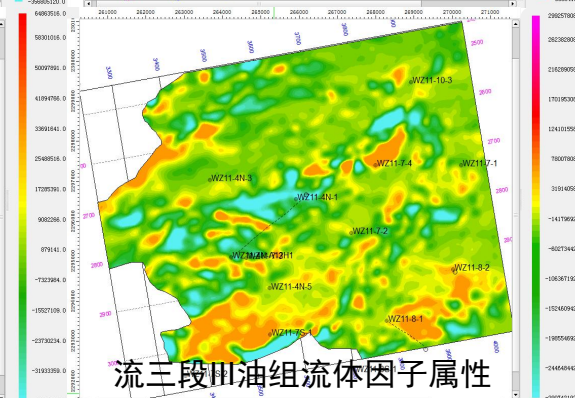
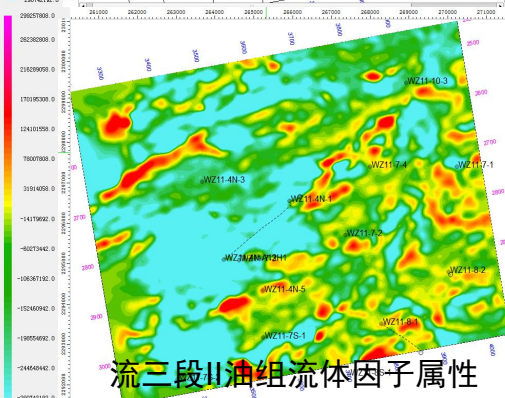
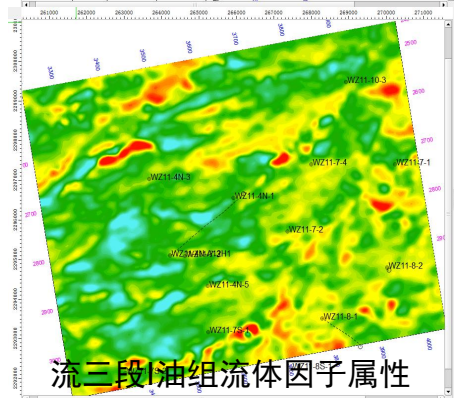
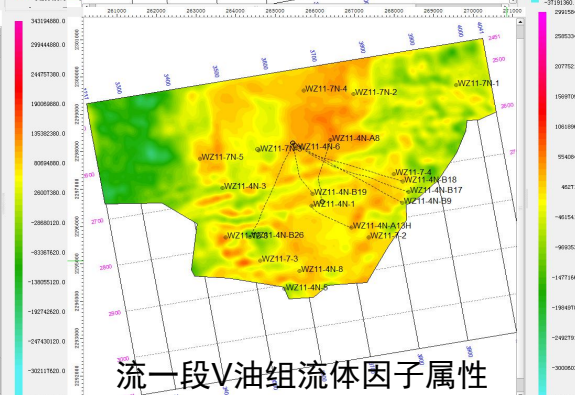
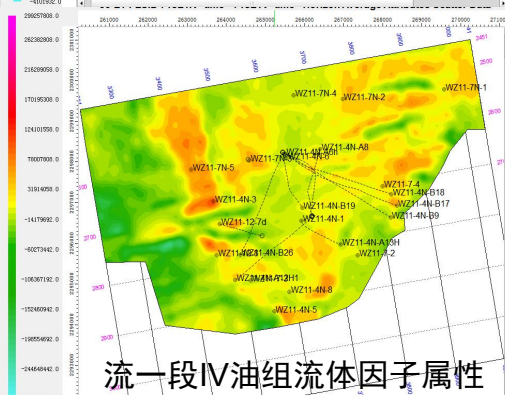
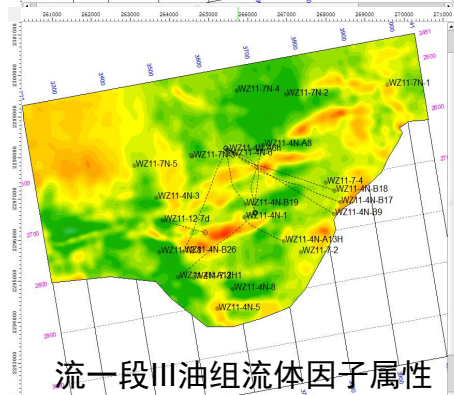
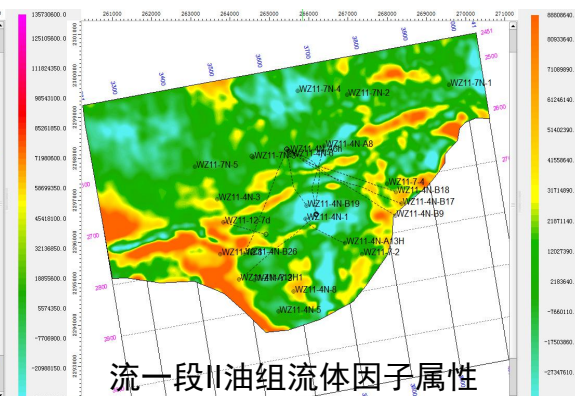
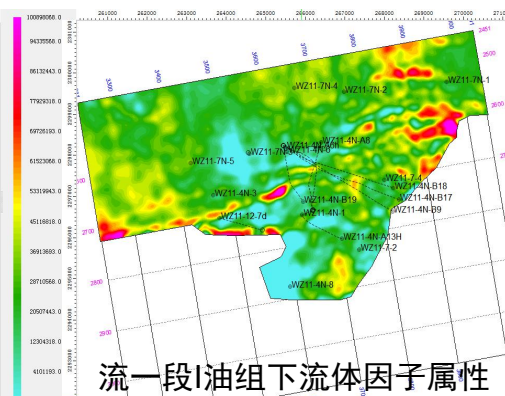
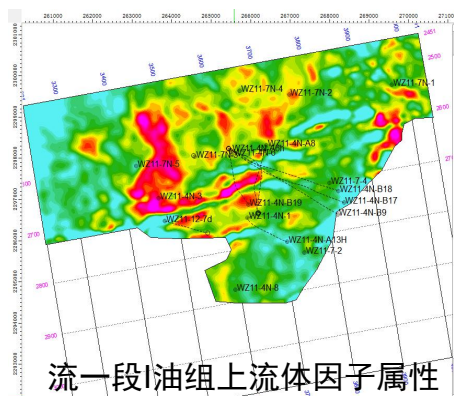
描述平面波在水平分界面上反射和折射的Zoeppritz 方程

关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

叠前正演显示：含油气后流体因子增加



关键技术3：多属性联合分析技术，确定储层的物性特征

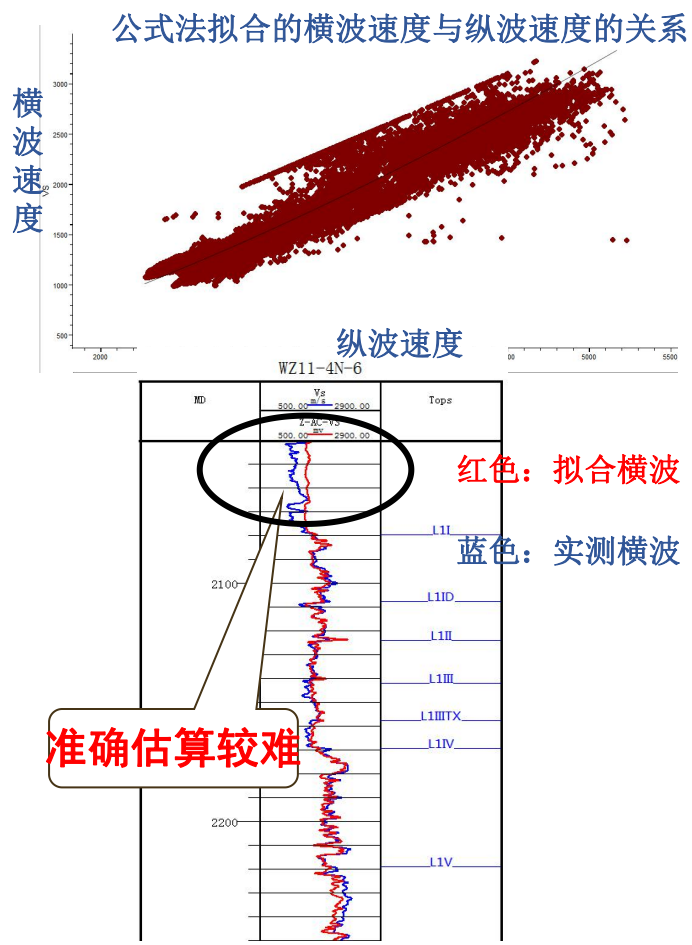


关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

技术问题

1、精准估算横波难

常规（公式拟合）法误差大



2、有效的弹性参数确定难

- 1、泊松比 σ ：岩石横向压缩与纵向拉伸的比值
- 2、拉梅常数 λ ：阻止横向压缩所需拉应力的参数
- 3、剪切模量 μ ：表示岩石抵抗切应变的能力
- 4、体积模量 κ ：岩石的抗压缩系数
- 5、杨氏模量 E ：岩石抵抗挤压或拉伸所需的阻力
- 6、脆性指数 B ：岩石在破裂前发生很小的塑变能力，泊松比越低、弹性模量越高脆性越好

弹性参数之间的转换关系表

λ	μ	κ, G
λ	λ	$\frac{E\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}$
μ	μ	$E - \frac{2}{3}\mu$
E	$\frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+\mu}$	$\frac{E}{2(1+\sigma)}$
σ	$\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$	G
K	$\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$	E
G	μ	$\frac{9KG}{3K+G}$
		σ
		$\frac{3K-2G}{6K+2G}$
		K
		$\frac{E}{3(1-2\sigma)}$
		K
		$\frac{E}{2(1+\sigma)}$
		G

关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

基于Xu-White模型正演法进行**横波预测**，得到了准确的横波速度，与实测横波相关系数大于0.9

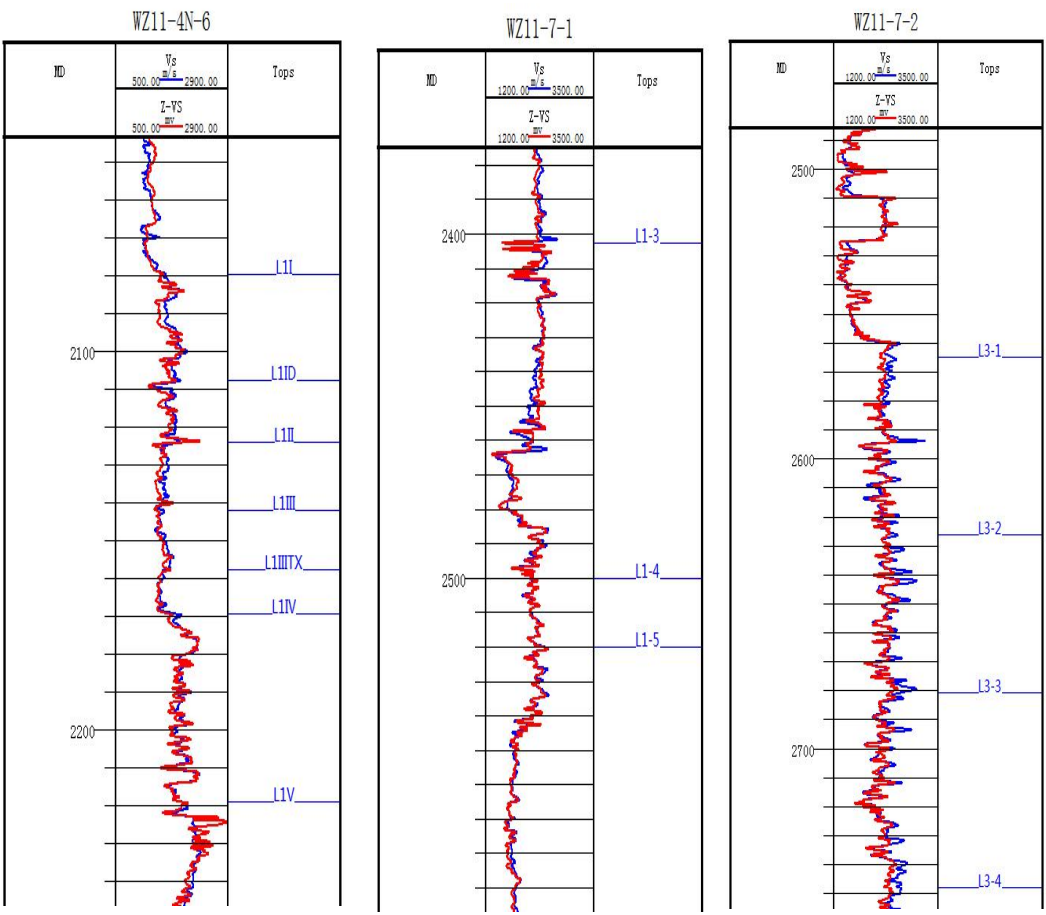
流一段岩石及流体骨架参数

	Vp(m/s)	Vs(m/s)	Den(g/cm³)
砂岩	3400	1700	2.53
泥岩	3000	1400	2.43
水	1500		1
油	880		0.69
气	550		0.13

流三段岩石及流体骨架参数

	Vp(m/s)	Vs(m/s)	Den(g/cm³)
砂岩	4100	2600	2.57
泥岩	3700	2300	2.45
水	1500		1
油	880		0.69
气	550		0.13

红色：计算横波
蓝色：实测横波



相关系数 0.946

相关系数 0.950

相关系数 0.936

关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

(二) 数据准备

1、叠前地震道集分角度叠加

流一段可用入射角2-20度

叠加方案：

5度（2度-8度）

10度（7度-13度）

15度（12度-18度）

20度（17度-23度）

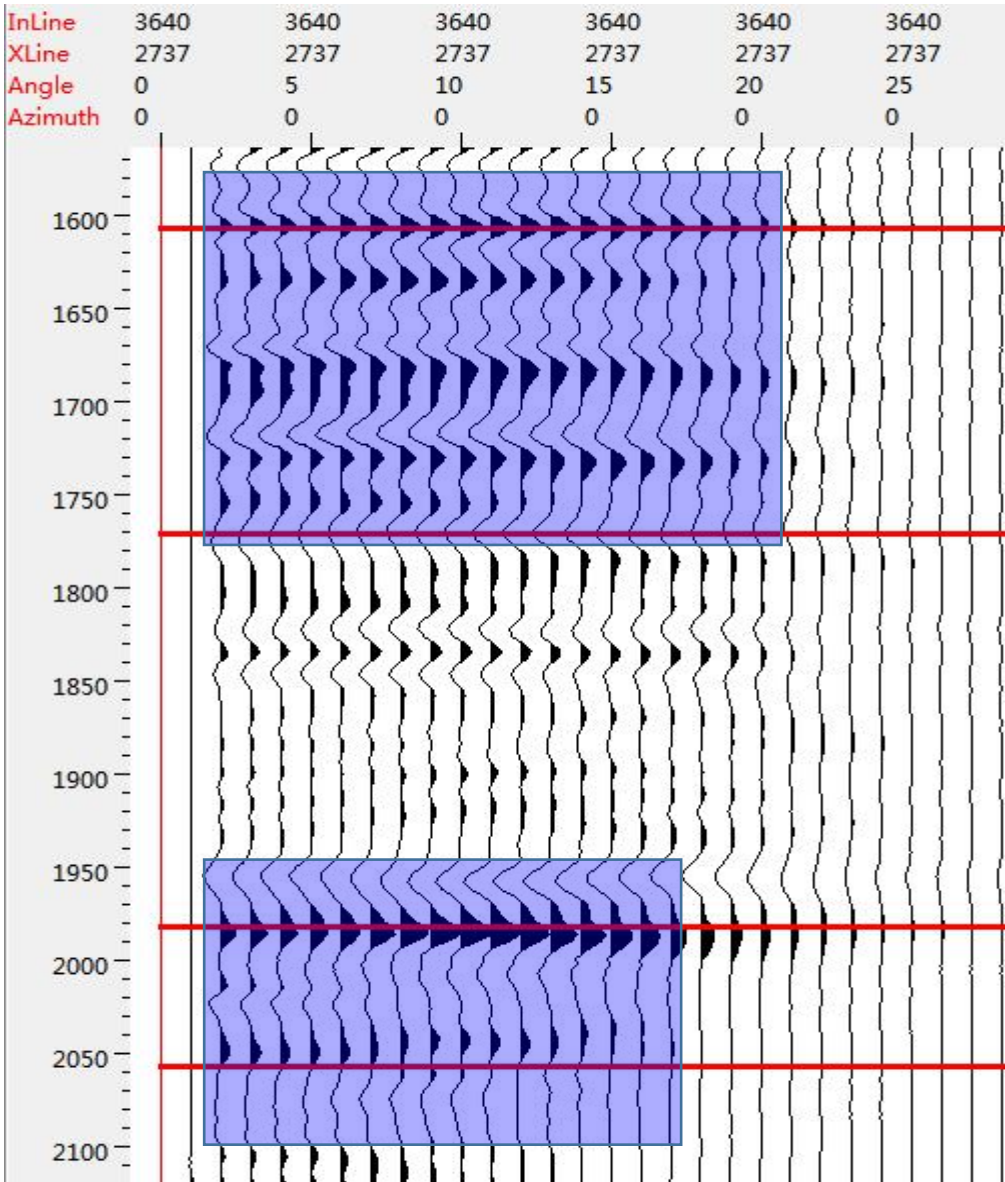
流三段可用入射角2-15度

叠加方案：

5度（2度-8度）

10度（7度-13度）

15度（12度-17度）



关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

2、测井EI曲线计算

Connolly方程

$$EI(\theta) = \alpha^{(1+\tan^2 \theta)} \beta^{-8K \sin^2 \theta} \rho^{(1-4K \sin^2 \theta)}$$

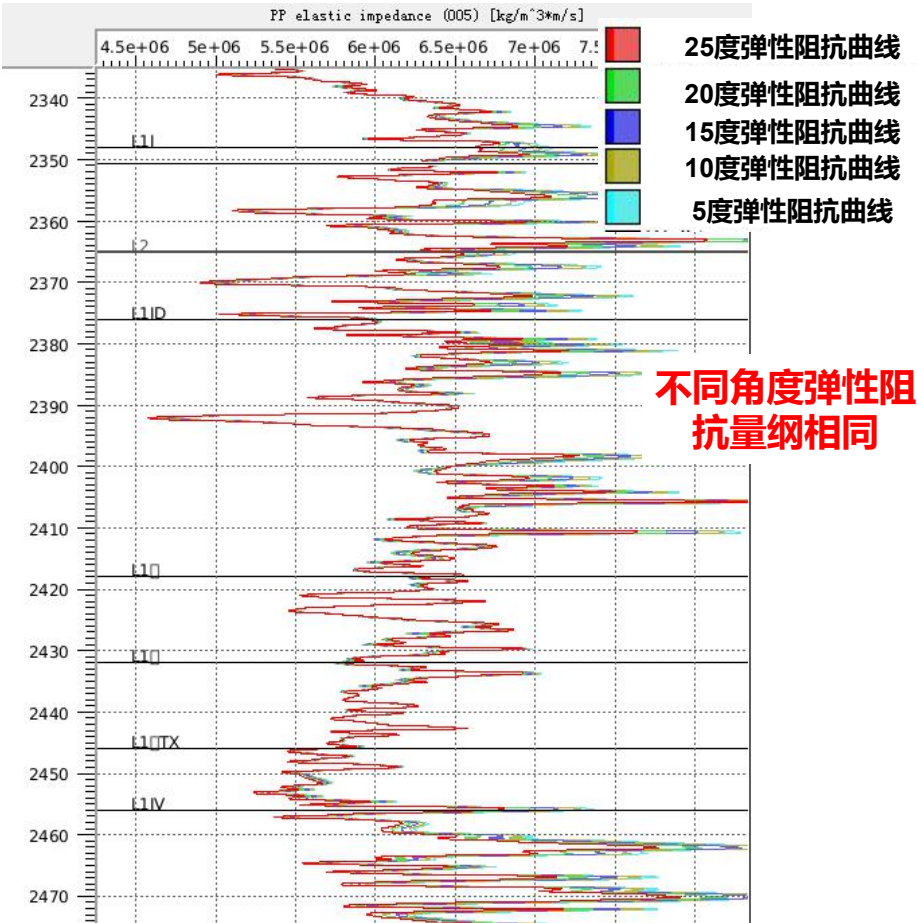
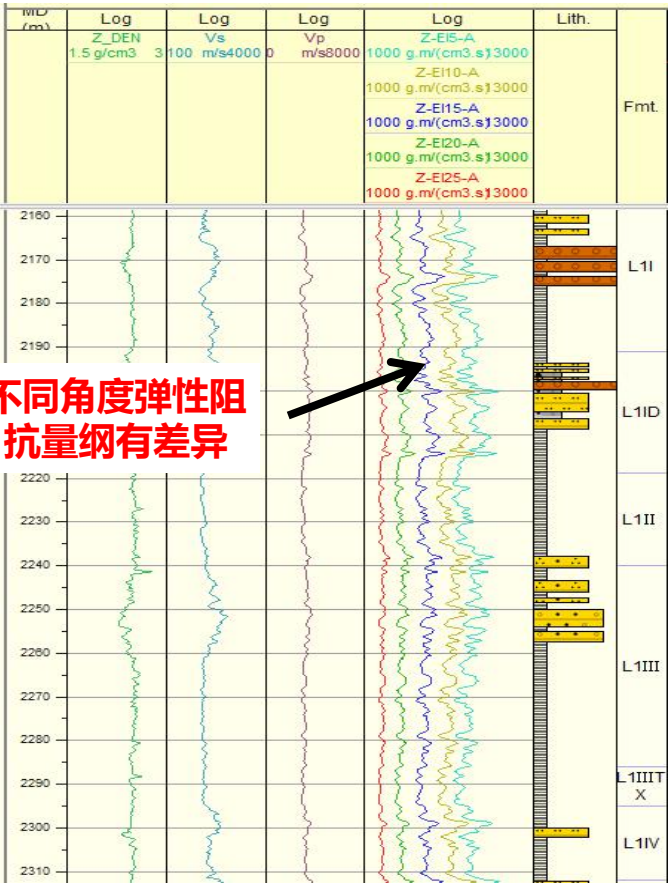
改进

Whitcombe方程

$$EI(\theta) = \alpha_0 \rho_0 \left[\left(\frac{\alpha}{\alpha_0} \right)^{(1+\tan^2 \theta)} \left(\frac{\beta}{\beta_0} \right)^{(-8K \sin^2 \theta)} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{(1-4K \sin^2 \theta)} \right]$$

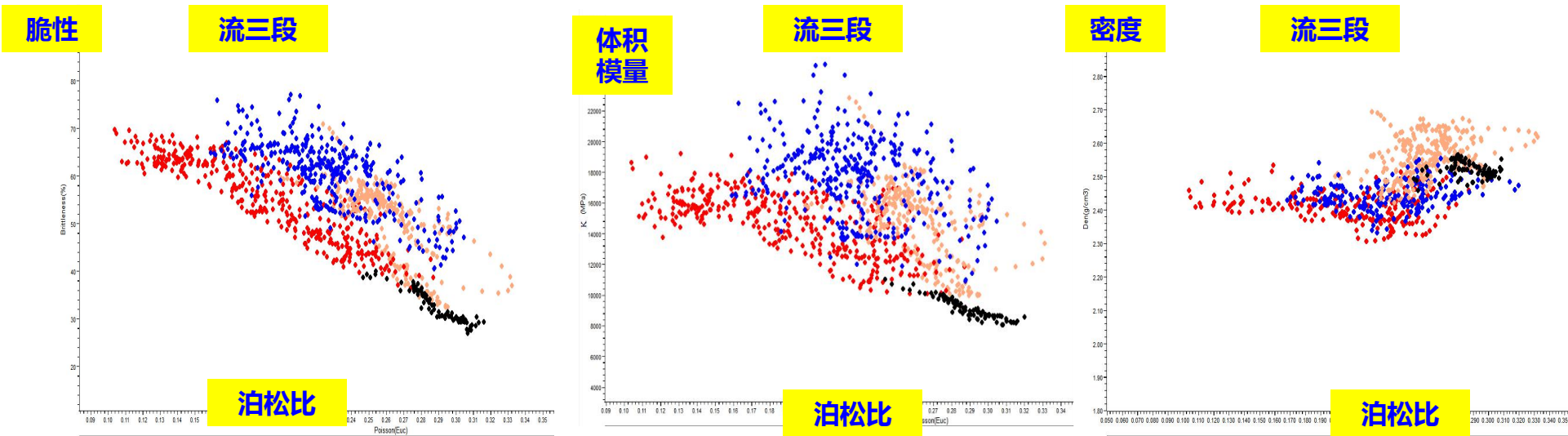
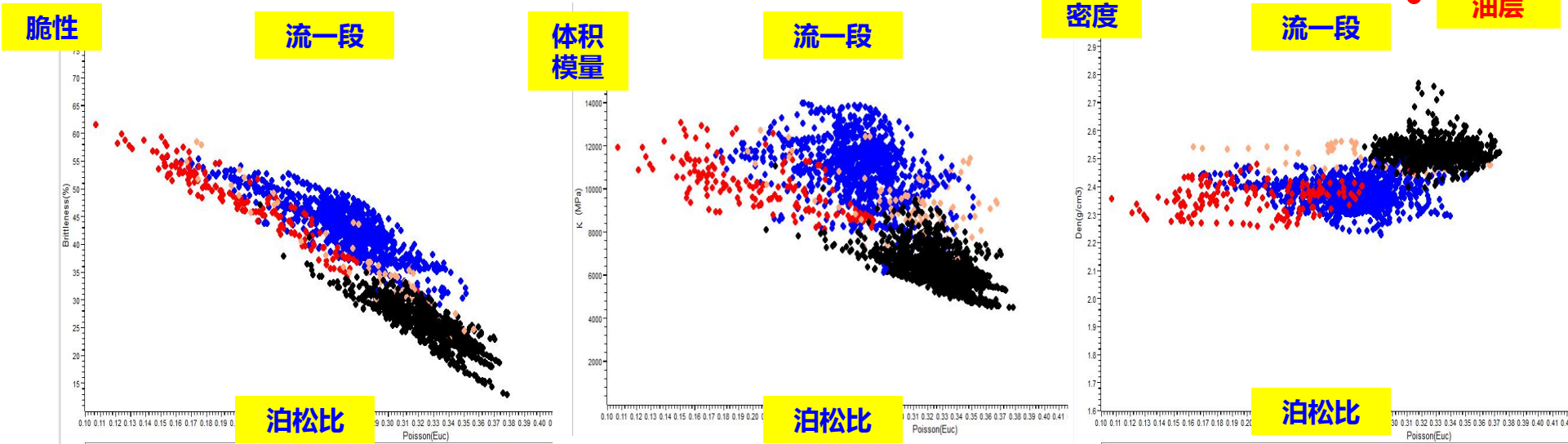
缺点：数值随角度变化有很大变化

对Connolly方程进行了标准化



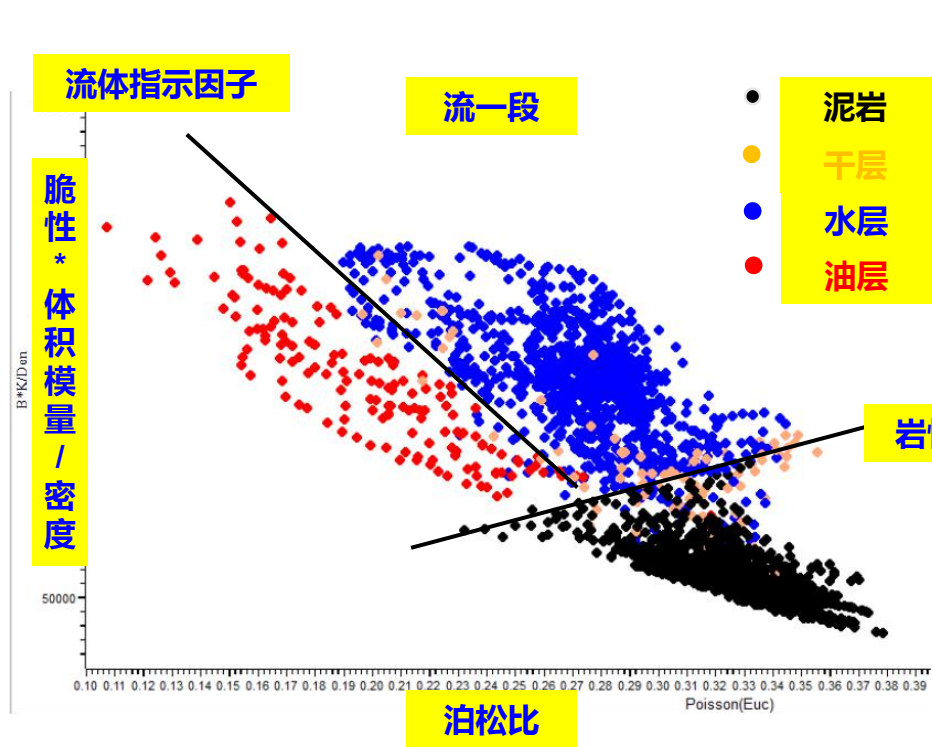
关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

(三) 岩石物理分析，确定双因子敏感参数
泊松比、脆性、体积模量和密度四个弹性参数识别砂泥岩及油水层效果较好。



关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

对四个参数进行融合，加大识别窗口



创新点二

其中杨氏模量

$$E = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{2V_p^2 - V_s^2}$$

泊松比

$$\sigma = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

脆性指数

$$B = \frac{0.6895 E - 28\sigma - 1}{14} \times 10^2 + 80$$

体积模量

$$K = \rho(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2)$$

岩性指示因子

$$PL11 = BK / \rho - 5.155 \times 10^5 \sigma + 0.211 \times 10^5$$

流体指示因子

$$PL12 = -BK / \rho - 1.863 \times 10^6 \sigma + 0.632 \times 10^6$$

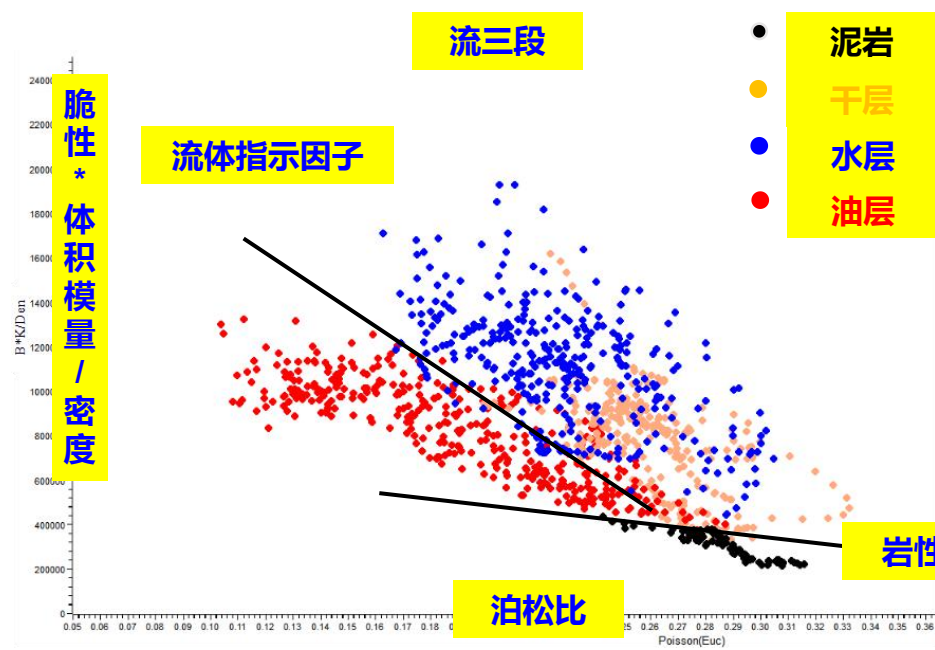
递进1：岩性指示因子，区分泥岩与砂岩

递进2：流体指示因子，识别含油气砂岩

脆性*体积模量/密度与泊松比参数组合相对单一参数区分窗口变大，流一段区分效果好，流三段区分效果较好

关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

对四个参数进行融合，加大识别窗口



其中杨氏模量 $E = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{2V_p^2 - V_s^2}$

泊松比 $\sigma = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$

脆性指数 $B = \frac{0.6895 E - 28\sigma - 1}{14} \times 10^2 + 80$

体积模量 $K = \rho(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2)$

岩性指示因子 $PL\ 31 = BK / \rho + 1.4625 \times 10^6 \sigma - 7.793 \times 10^6$

流体指示因子 $PL\ 32 = -BK / \rho - 8.141 \times 10^6 \sigma + 2.609 \times 10^6$

递进1：岩性指示因子，区分泥岩与砂岩

递进2：流体指示因子，识别含油气砂岩

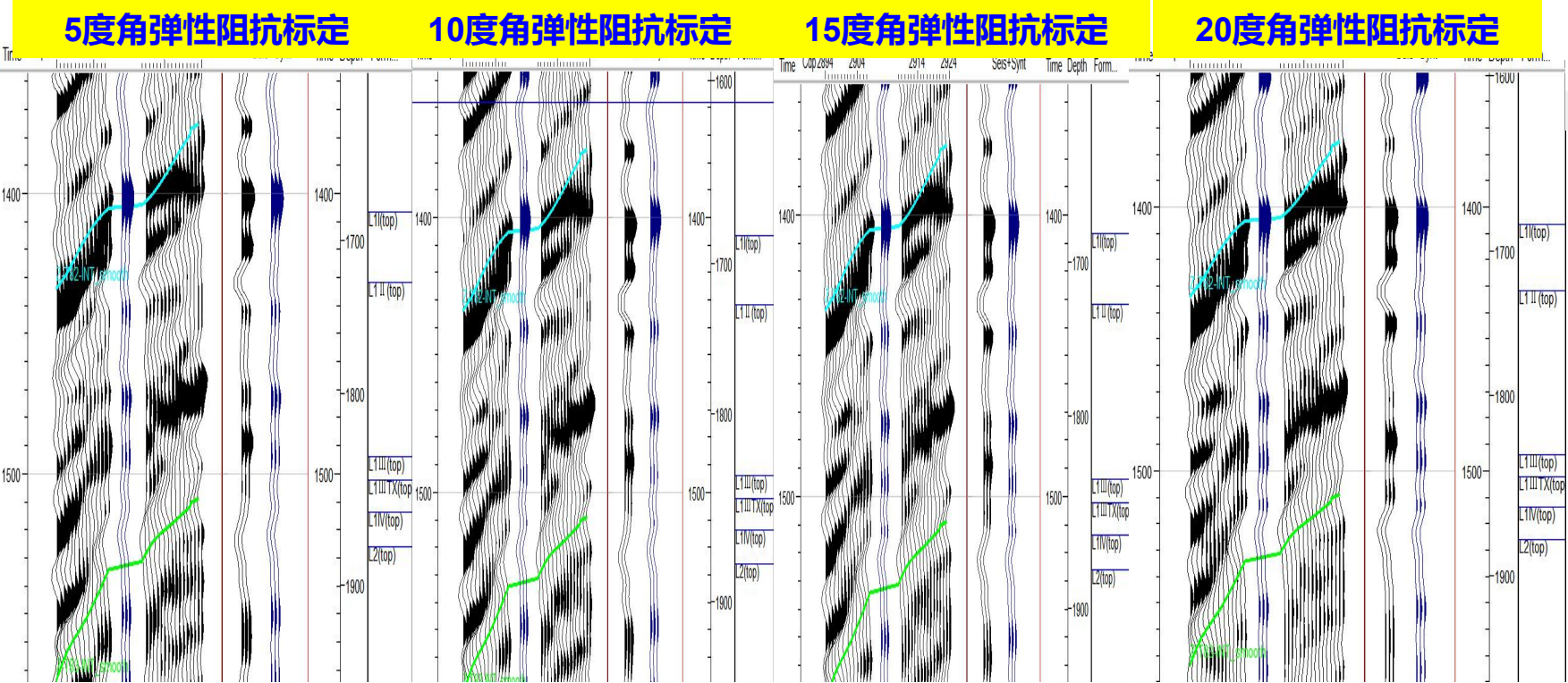
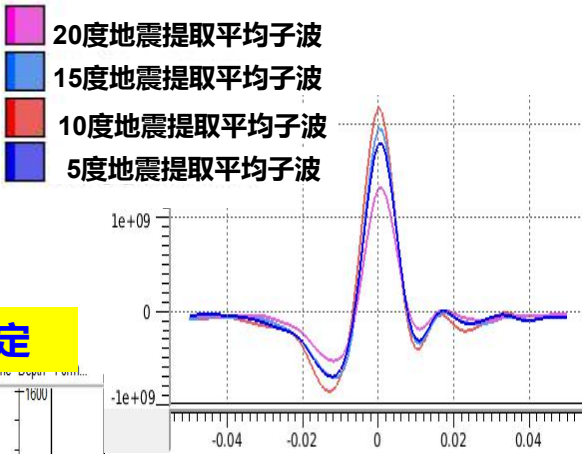
脆性*体积模量/密度与泊松比参数组合相对单一参数区分窗口变大，流一段区分效果好，流三段区分效果较好

关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

地震弹性参数反演，获得双因子敏感属性

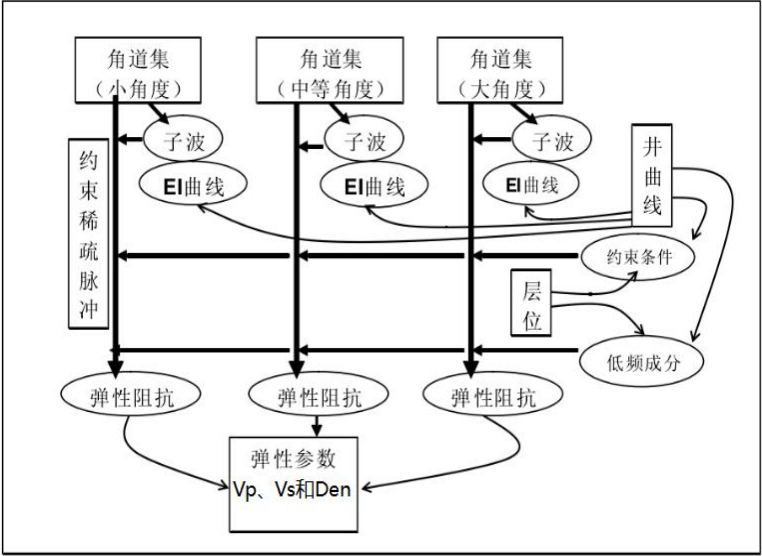
多角度井震标定及地震子波

提取子波

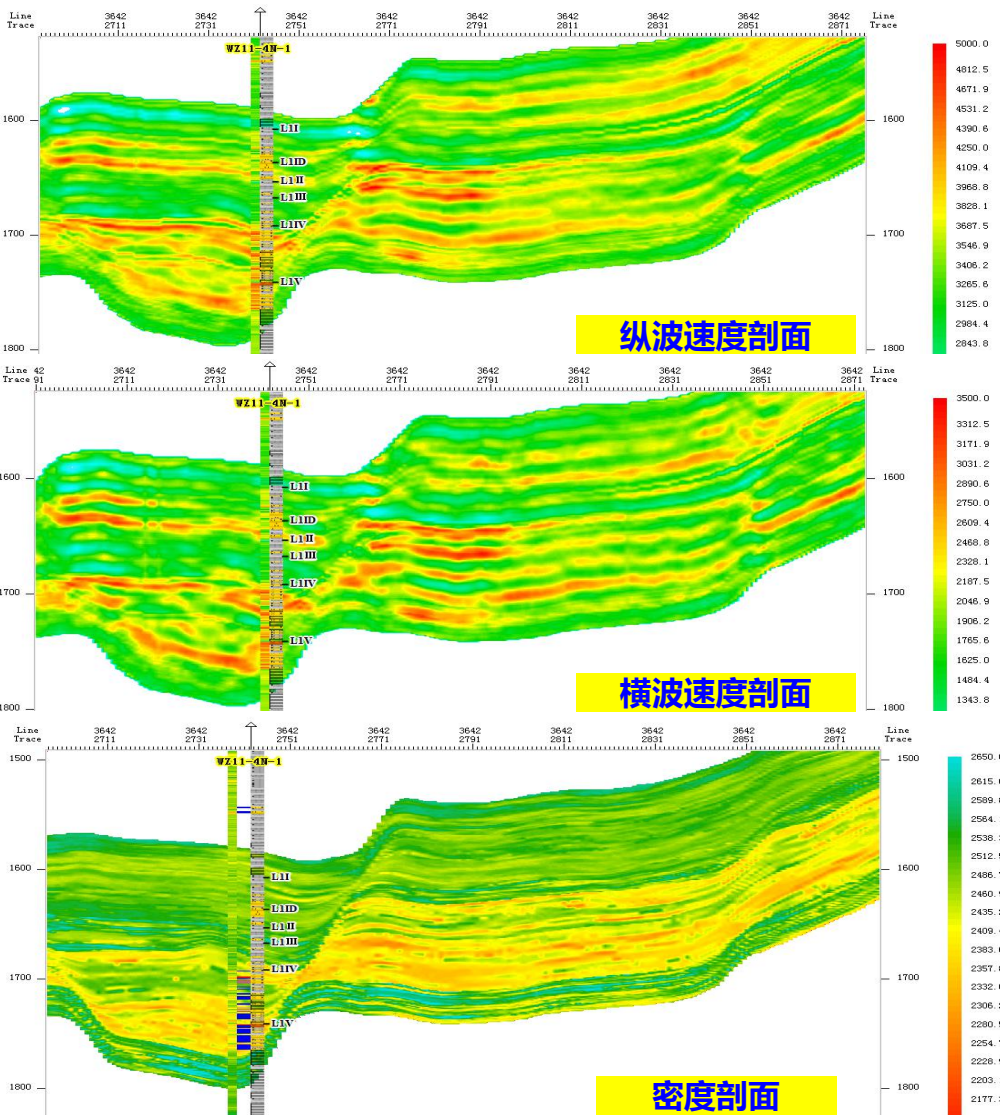


关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

多角度弹性阻抗反演



将得到的纵波速度、横波速度和密度带入双因子计算公式，获得双因子数据体



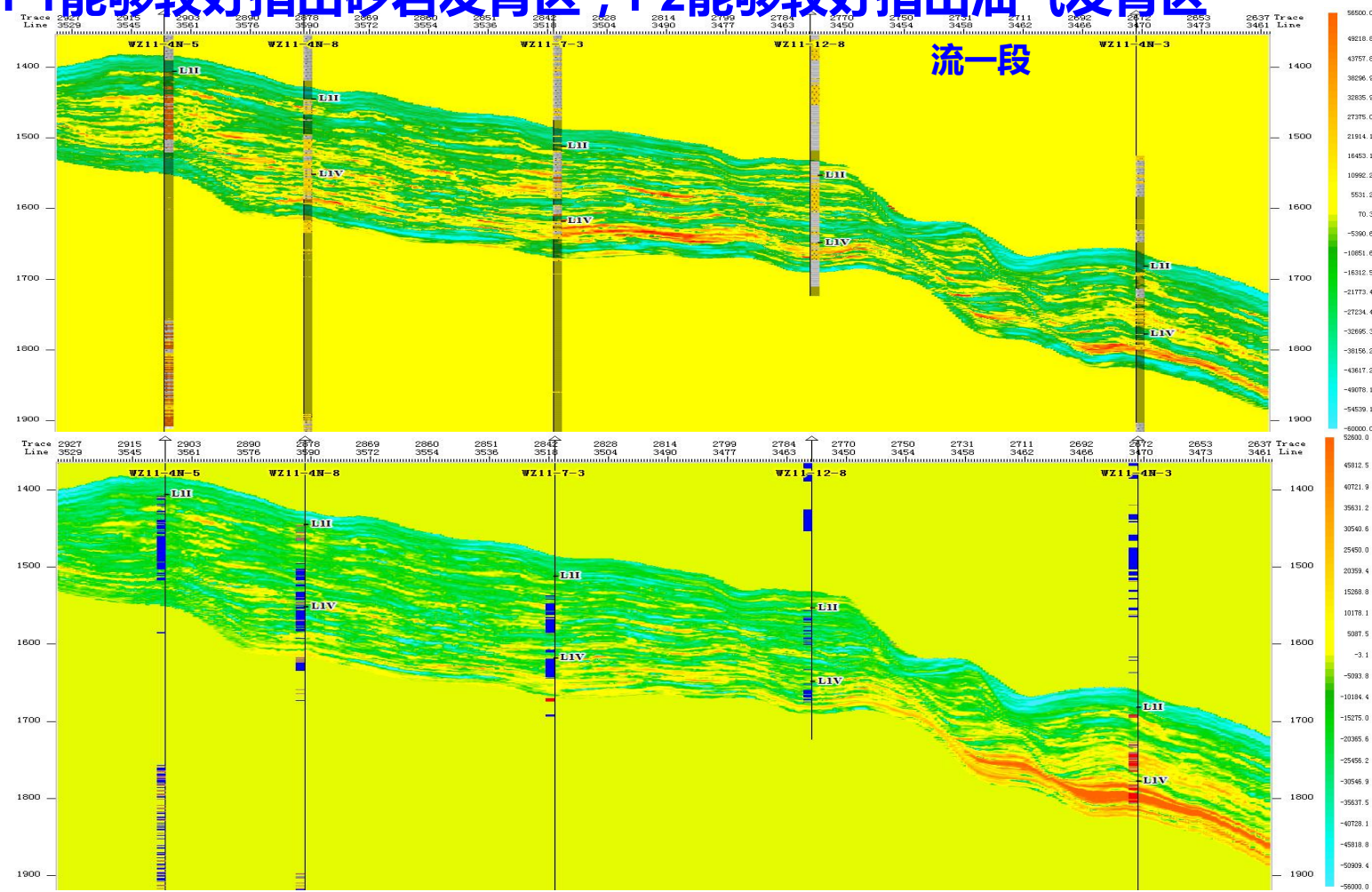
关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

(五) 效果分析

P1能够较好指出砂岩发育区，P2能够较好指出油气发育区

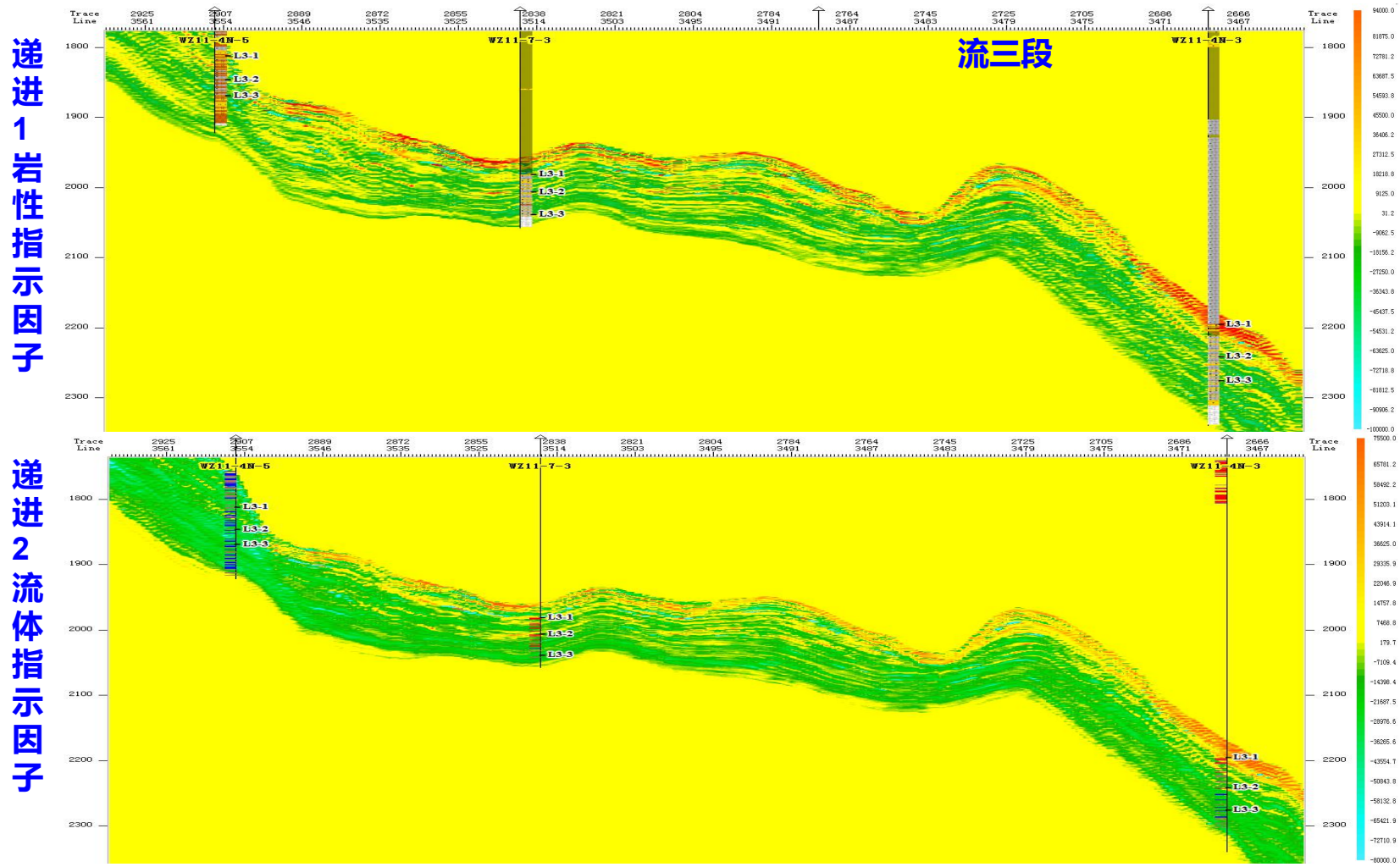
递进1 岩性指示因子

递进2 流体指示因子

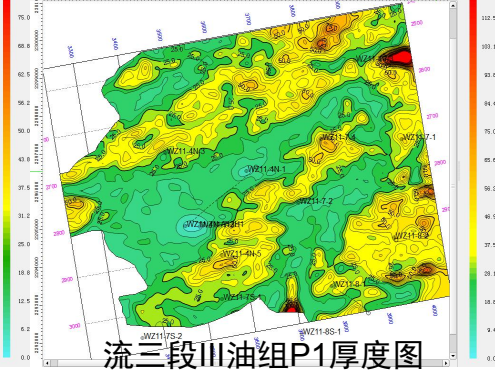
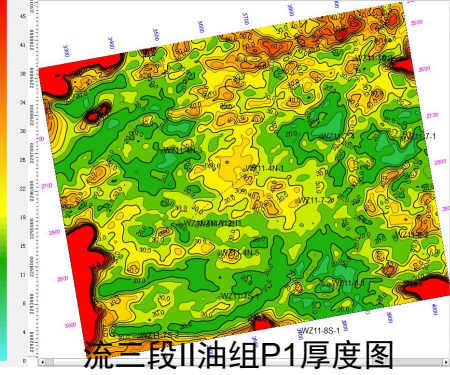
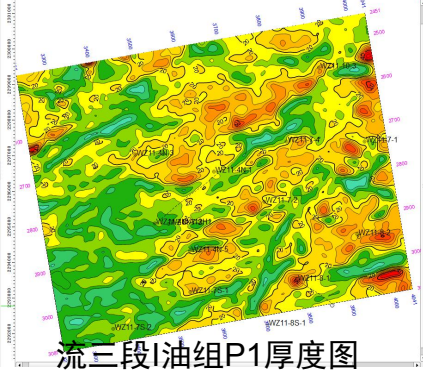
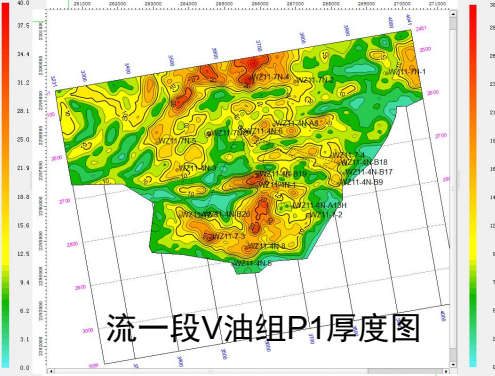
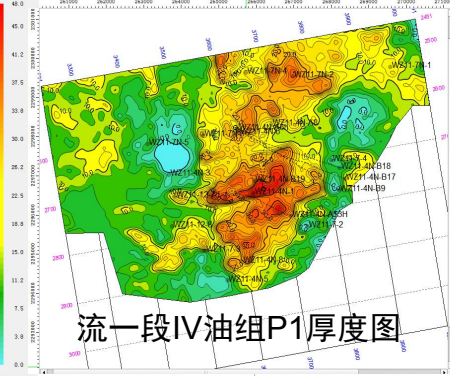
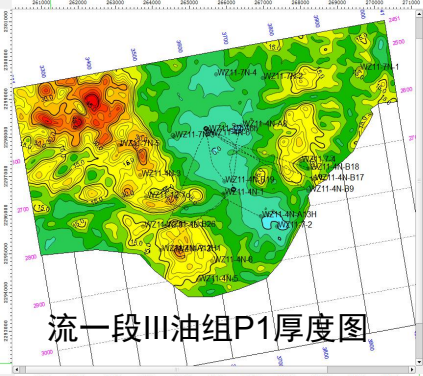
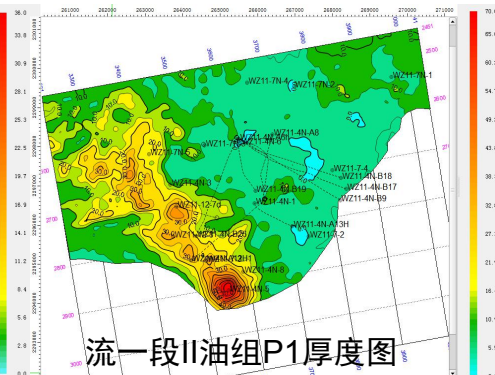
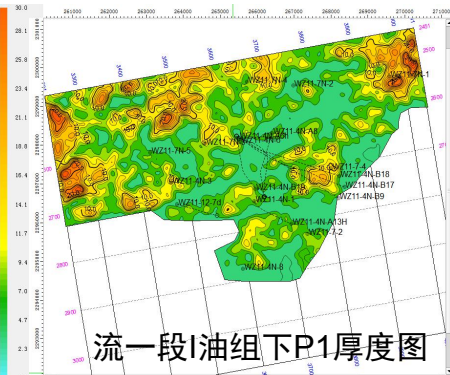
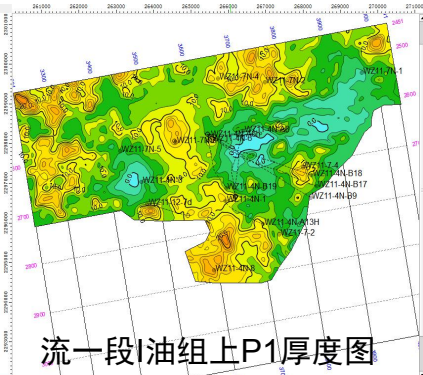


关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围

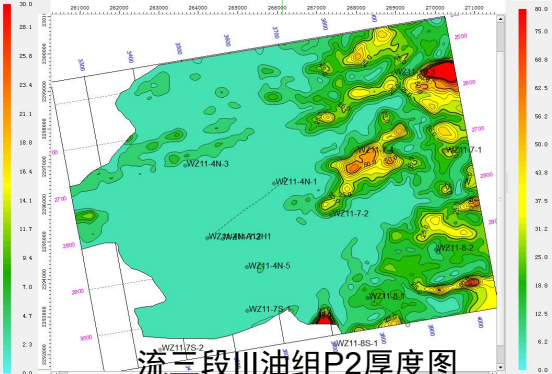
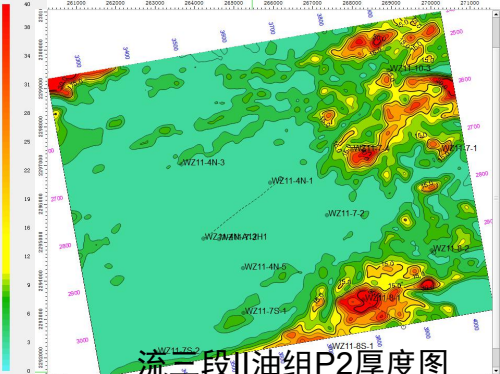
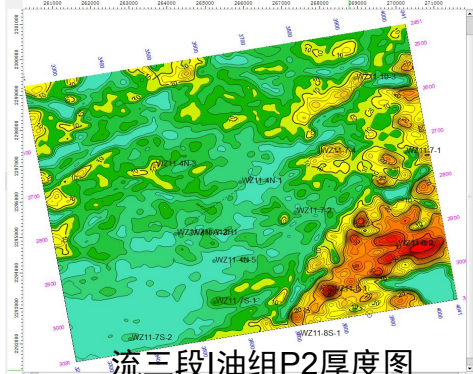
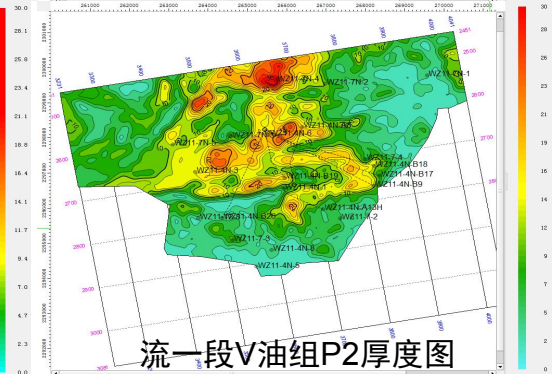
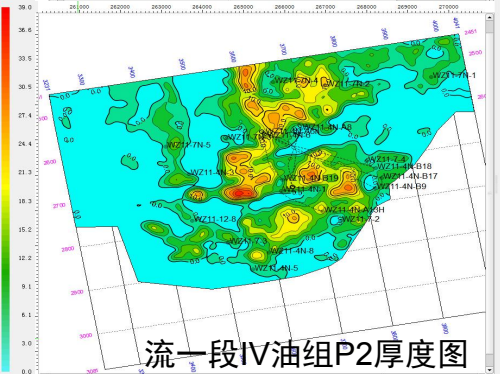
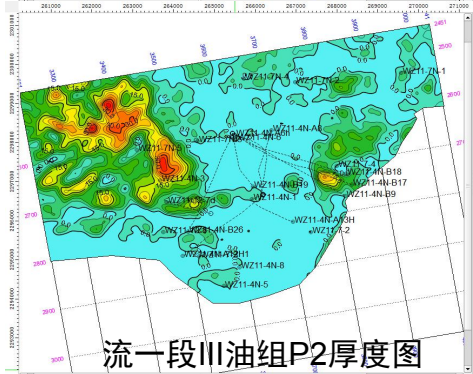
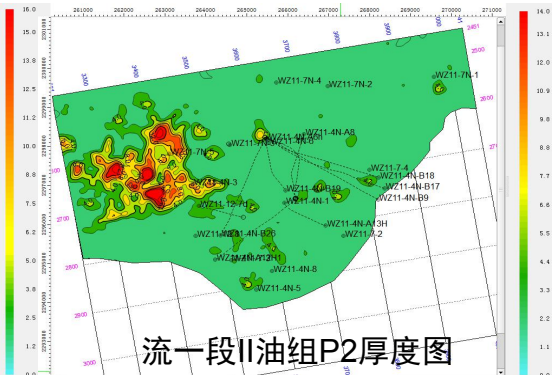
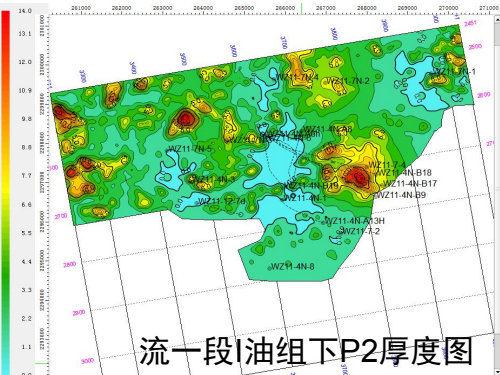
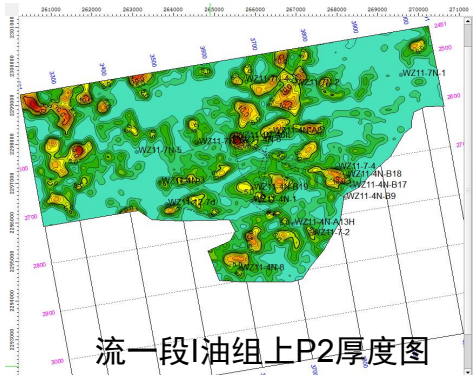
P1能够较好指出砂岩发育区，P2能够较好指出油气发育区



关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围



关键技术4：递进双因子刻画技术，识别储层含油气范围





地震道集优化

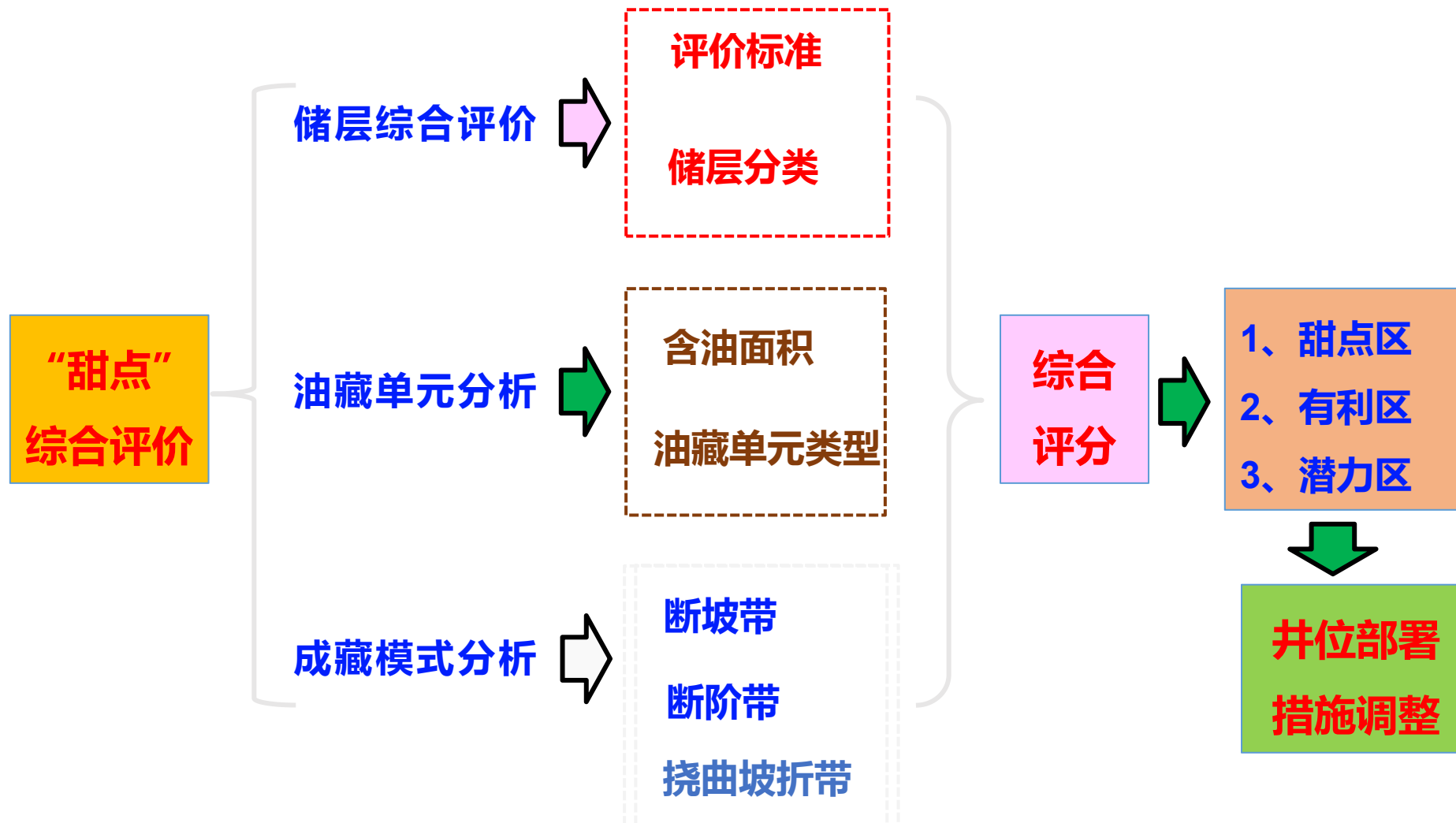


地震反演及储层预测



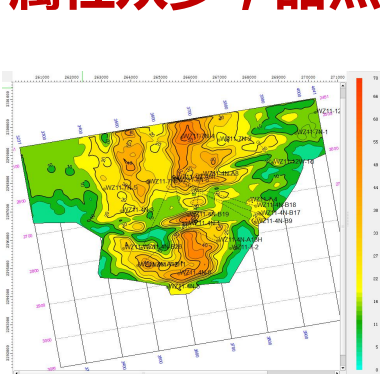
甜点综合评价

“甜点”综合评价

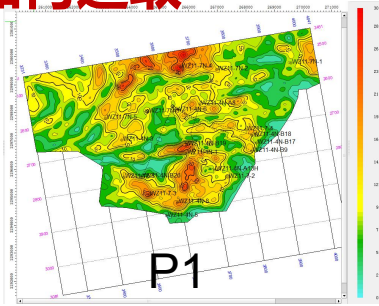


关键技术5：量化评价的分析技术，优选目标区甜点分布

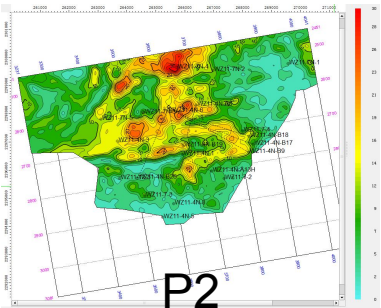
问题：属性众多，甜点区如何选取



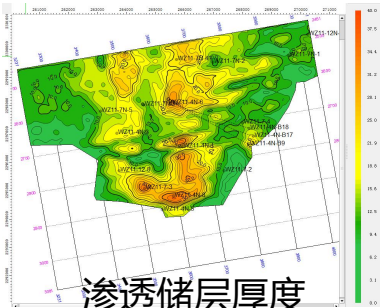
砂体厚度



P1

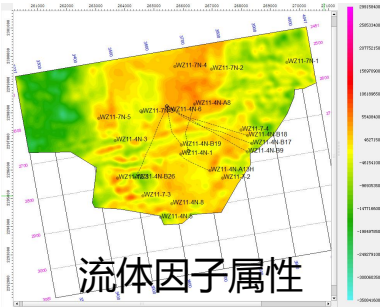


P2

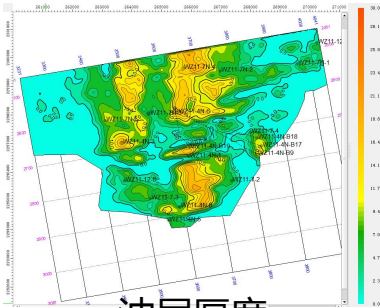


渗透储层厚度

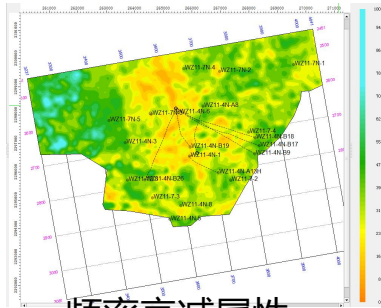
储层甜点区



流体因子属性



油层厚度



频率衰减属性

关键技术5：量化评价的分析技术，优选目标区甜点分布

以L1V为例：综合评价评分制定标准

创新点三

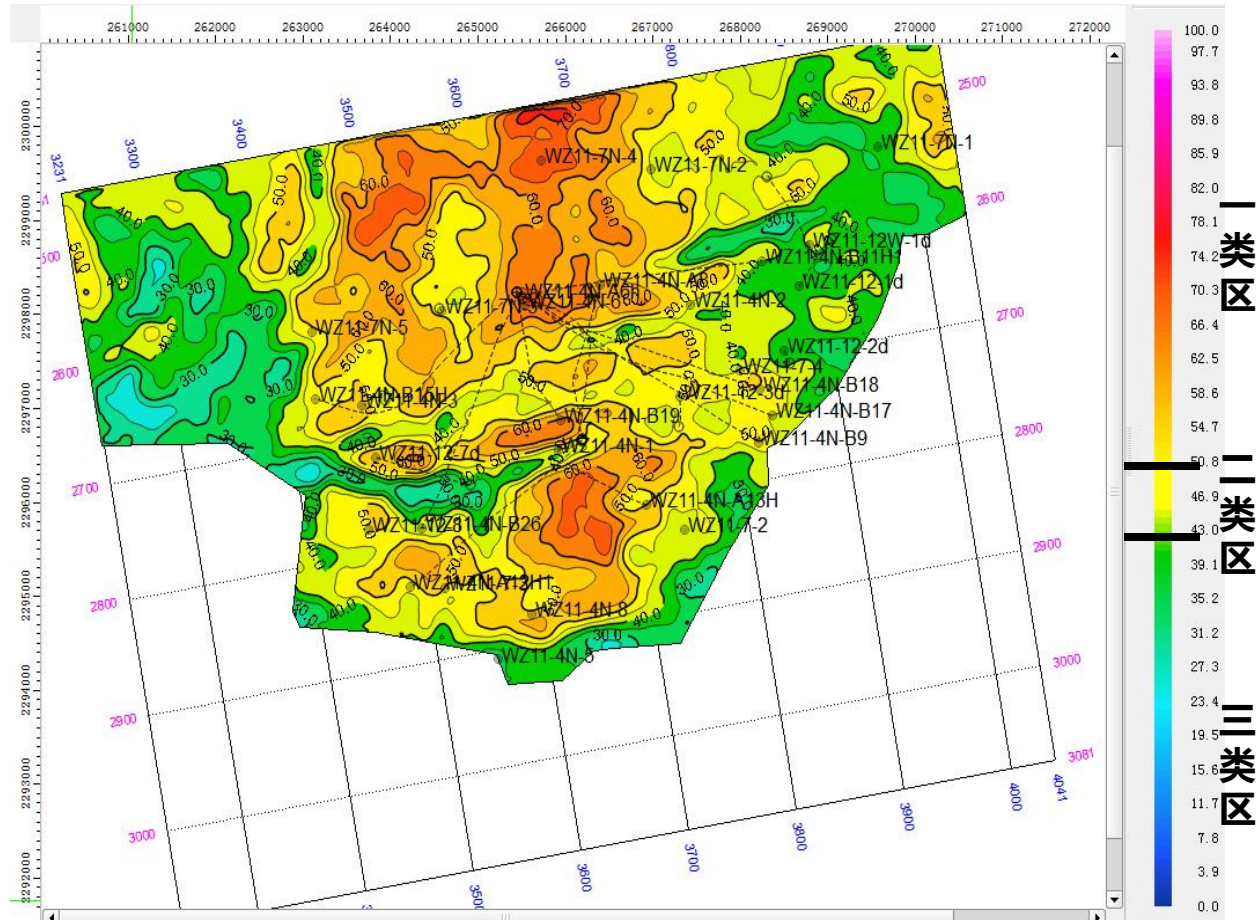
七种属性分别计算相关系数，求和之后，每种相关系数与总和之比，即为融合权重

井名	砂体厚度	渗透储层厚度	油层厚度	叠后GR反演（砂体）	叠后孔隙度反演（渗透储层）	叠后电阻率反演（油层）	P1（砂体）	P2（油层）	频率衰减属性（渗透储层）	叠前流体因子属性（渗透储层）
WZH11-12-8	29.0	17.0	0.0	28.20	10183	11095	27.5	1.5	38	1.54
WZH11-4N-1	33.1	33.1	2.0	28.00	10165	10953	39.8	3.2	15.7	-0.7
WZH11-4N-3	25.8	21.5	21.5	19.50	10168	13095	23.2	16.4	43.9	-1.83
WZH11-4N-6	36.2	30.0	15.6	39.00	10210	12263	39.0	14.5	16.5	1.92
WZH11-4N-8	40.2	38.7	0.0	42.00	10206	10971	43.5	2.1	35.9	-0.49
WZH11-7-2	9.9	6.3	6.3	11.10	10155	11173	12.2	8.2	42.4	0.91
WZH11-7-3	44.1	44.1	0.0	40.80	10193	10961	38.6	3.5	21.6	-0.36
WZH11-7-4	15.2	11.2	0.0	17.50	10170	11416	18.5	1.0	33.7	-0.81
WZH11-7N-1	9.0	0.0	0.0	10.20	10137	11054	11.0	2.0	34.5	-4.21
WZH11-7N-2	10.0	5.2	5.2	11.00	10170	11614	11.5	6.8	19.4	-0.82
WZH11-7N-3	30.0	10.9	0.0	30.20	10150	11393	31.2	2.2	21.9	-4.02
WZH11-7N-4	53.4	14.6	14.6	50.50	10166	11900	50.1	16.2	39.7	1.37
WZH11-7N-5	19.0	7.8	7.8	21.50	10202	11996	21.8	6.4	45.3	1.00
相关性				0.97	0.61	0.89	0.85	0.74	0.42	0.31
融合权重				0.20	0.13	0.19	0.18	0.15	0.08	0.07

例如：叠后GR贝叶斯反演结果与砂体厚度相关系数为0.97，七种属性相关系数之和为4.79，则叠后GR贝叶斯反演融合权重为0.97/4.79=0.20

关键技术5： 量化评价的分析技术， 优选目标区甜点分布

效果分析



综合评分>50为一类区（橙色），
代表预测砂体厚度大、物性好、
油气显示好

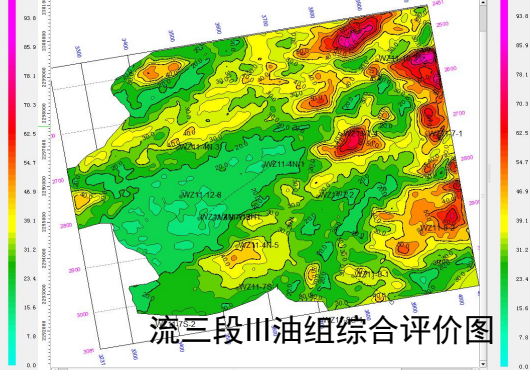
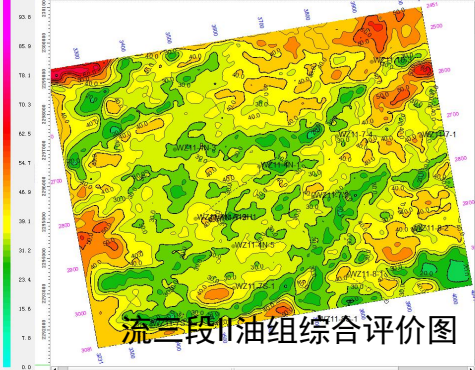
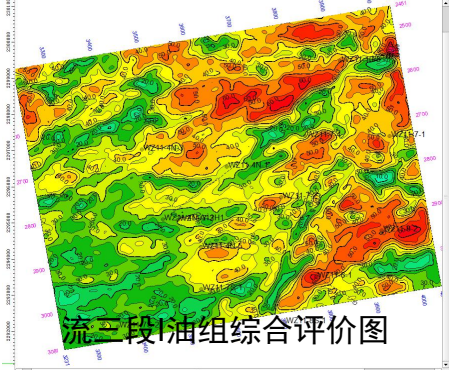
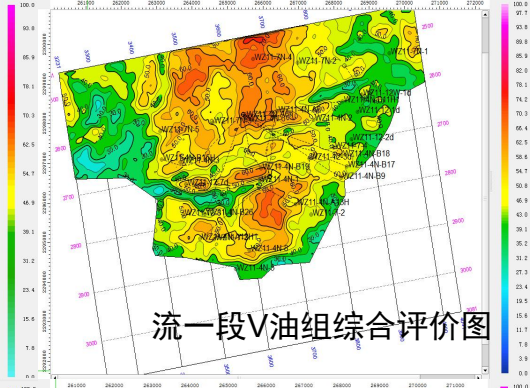
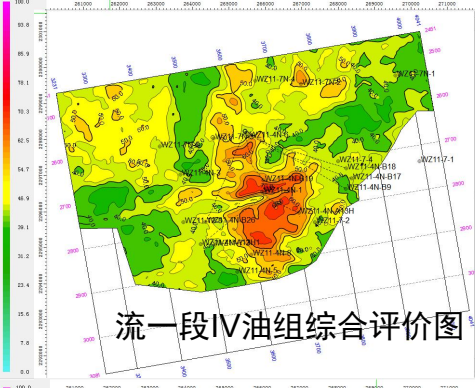
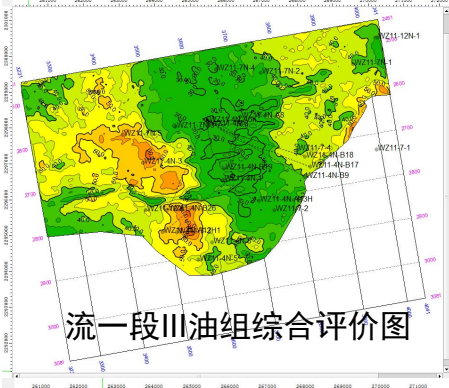
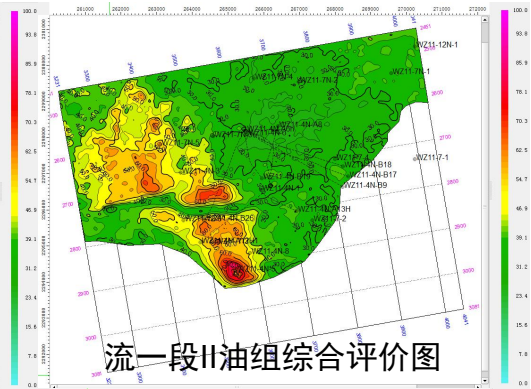
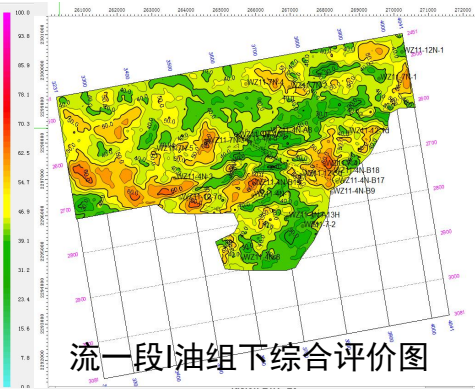
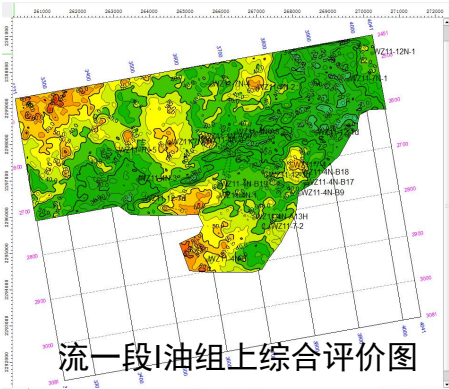
综合评分40-50为二类区（黄色），
代表预测砂体厚度较大、
物性较好、油气显示较好

综合评分<40为三类区（绿色），
代表预测砂体厚度薄、物性差、
油气显示差

关键技术5：量化评价的分析技术，优选目标区甜点分布

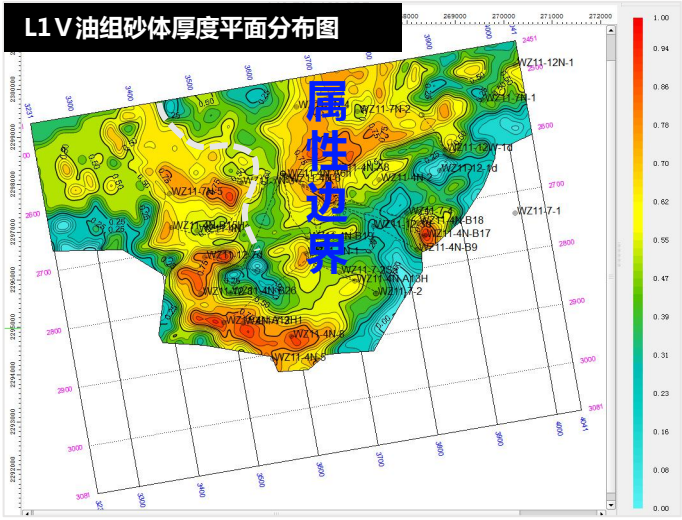
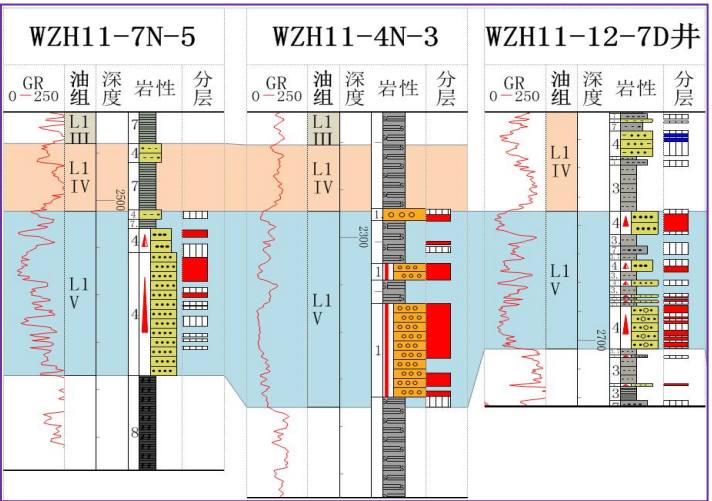
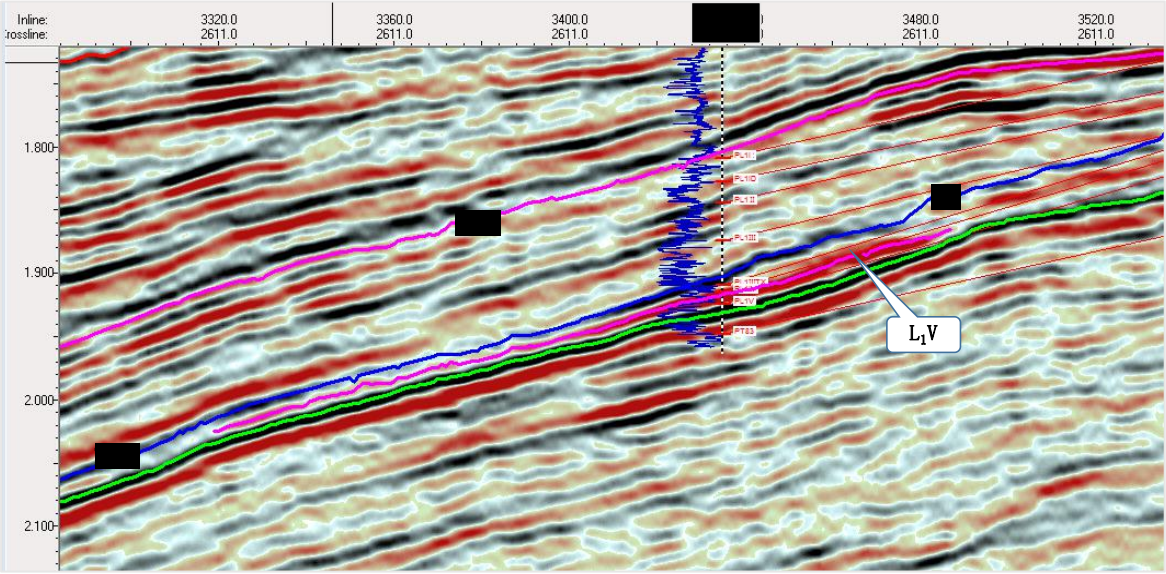
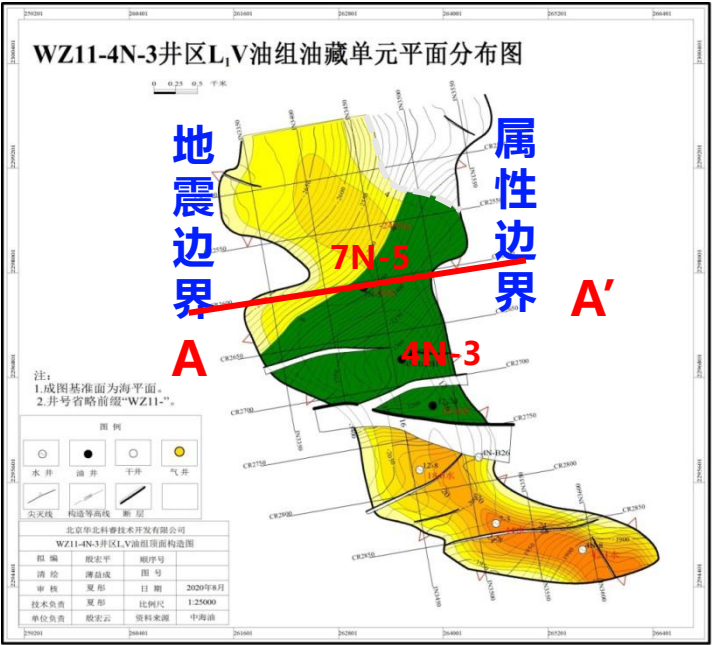
流一段：
>50为一类区
40-50为二类区
<40为三类区

流三段：
>40为一类区
30-40为二类区
<40为三类区



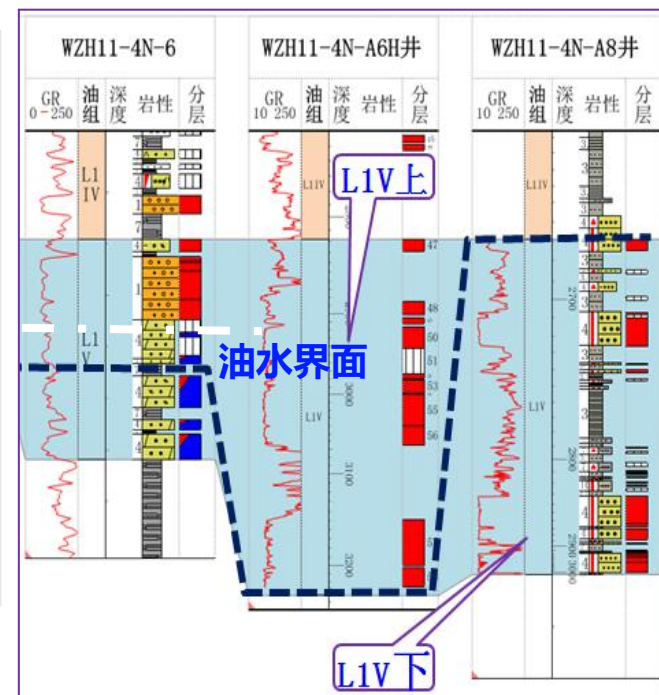
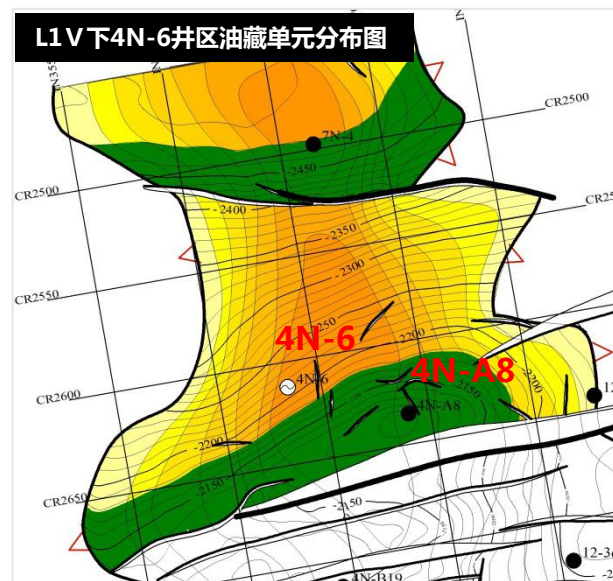
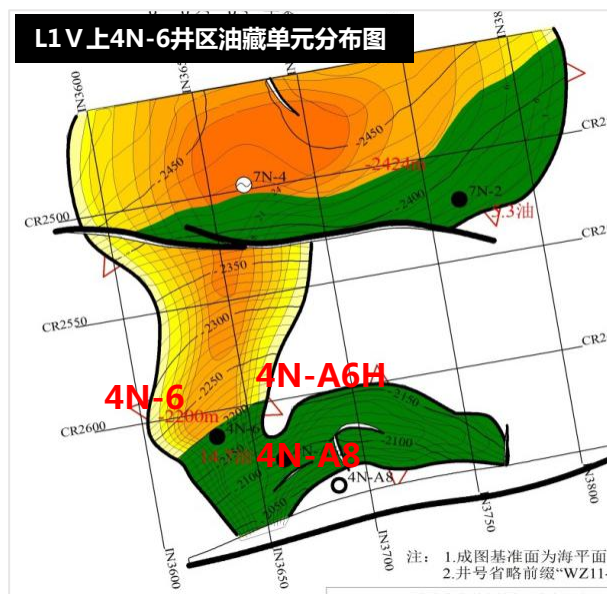
油藏单元分析

➤ 砂体边界的确定：①地震确定 ②属性确定



油藏单元分析

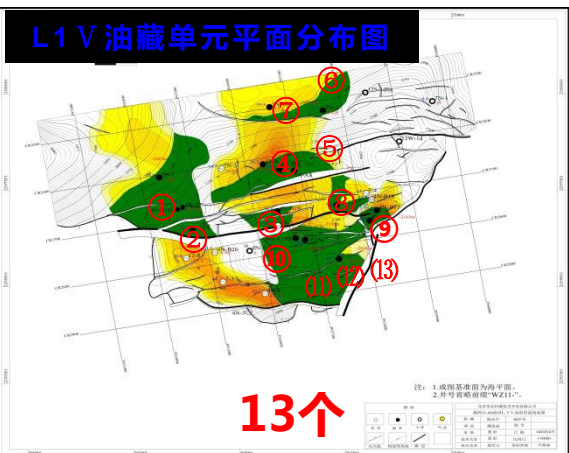
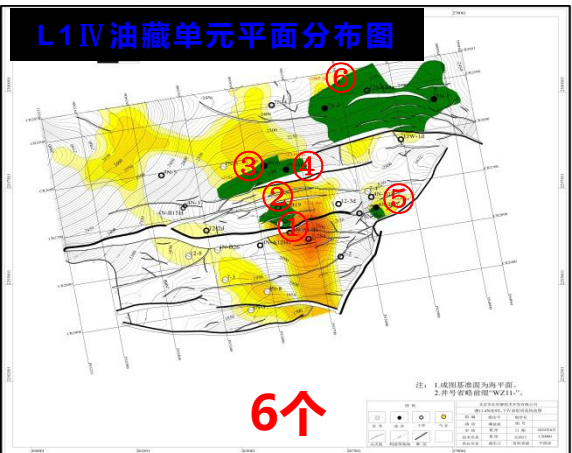
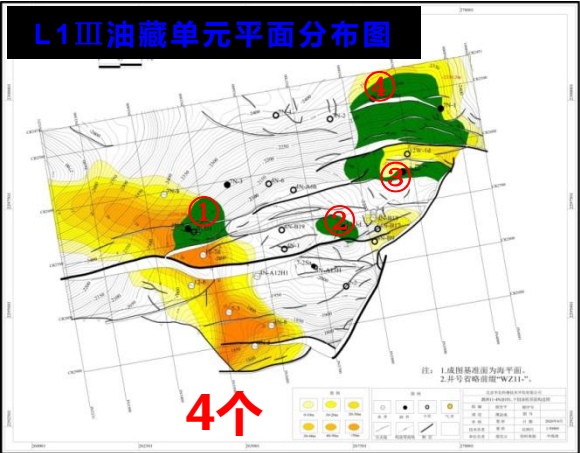
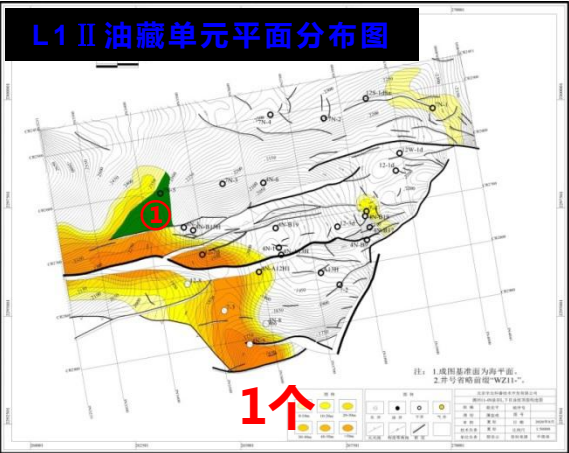
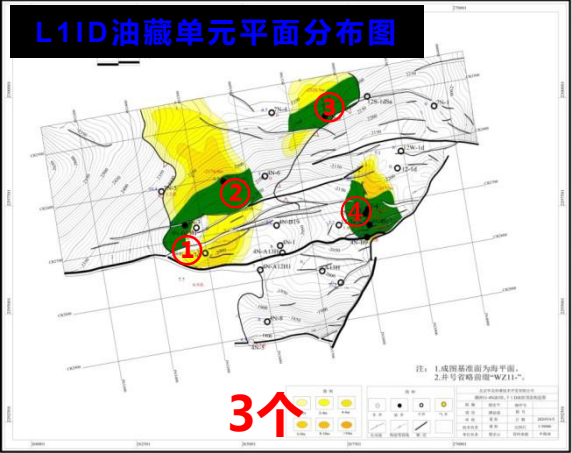
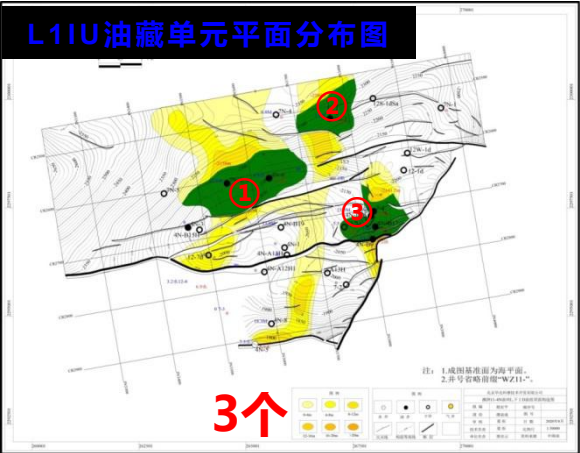
- **含油边界的确定：**①油水界面确定边界 ②油柱高度外推确定边界



- ④号油藏单元以4N-6井段油水界面为界面，含油边界为-2200m；
- ⑤号油藏单元以4N-A8井油柱高度外推确定界面，含油边界为-2778m。

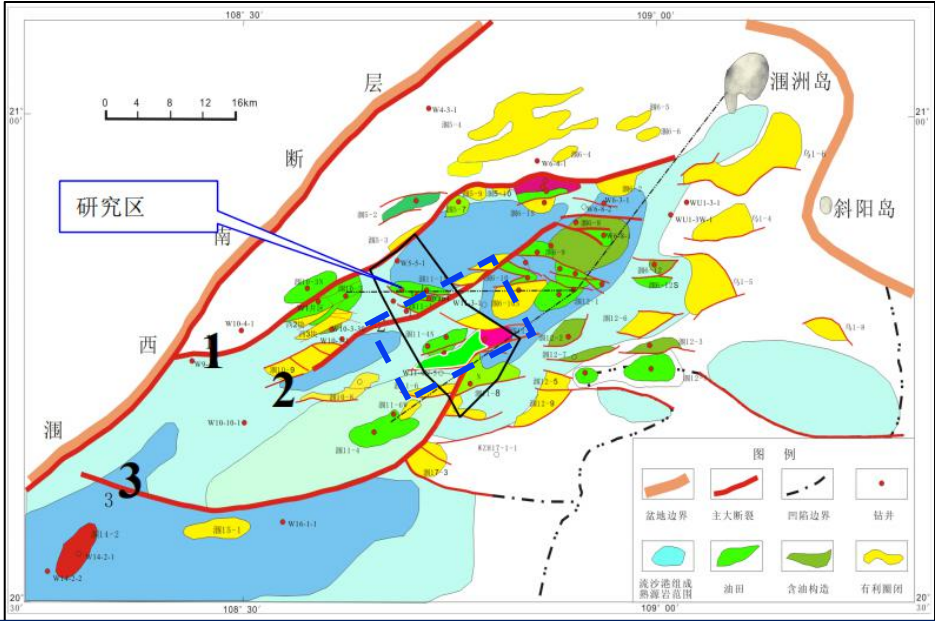
油藏单元分析

2、油藏单元划分结果： ➤ L1段油藏单元



L1IU-LIV油藏单元发育个数分别为：3、4、1、4、6、13个。

藏模式分析

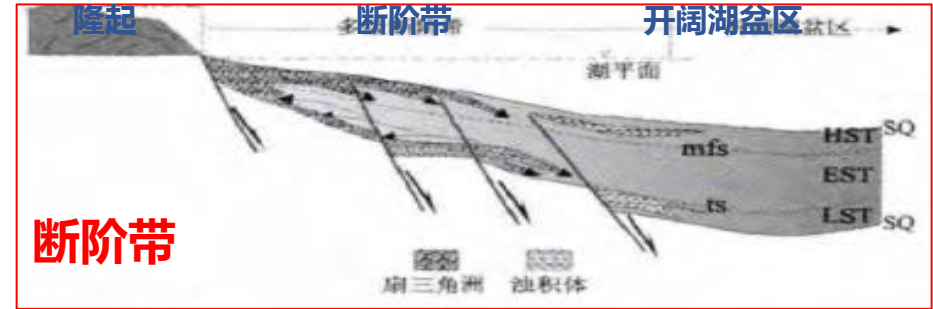
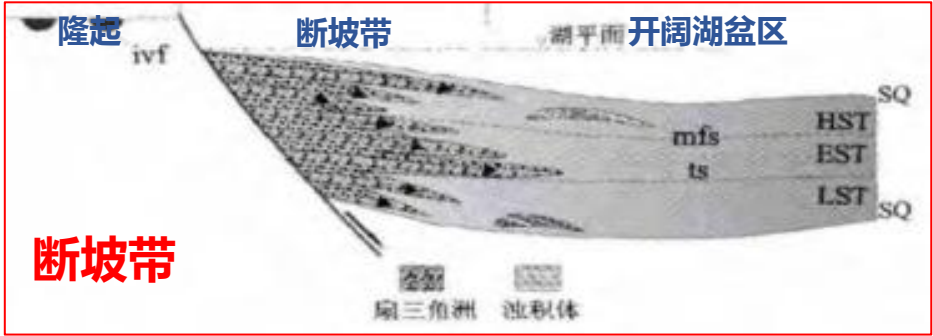


涪西南凹陷属于典型的断陷湖盆, 坡折带是油气成藏重要背景。

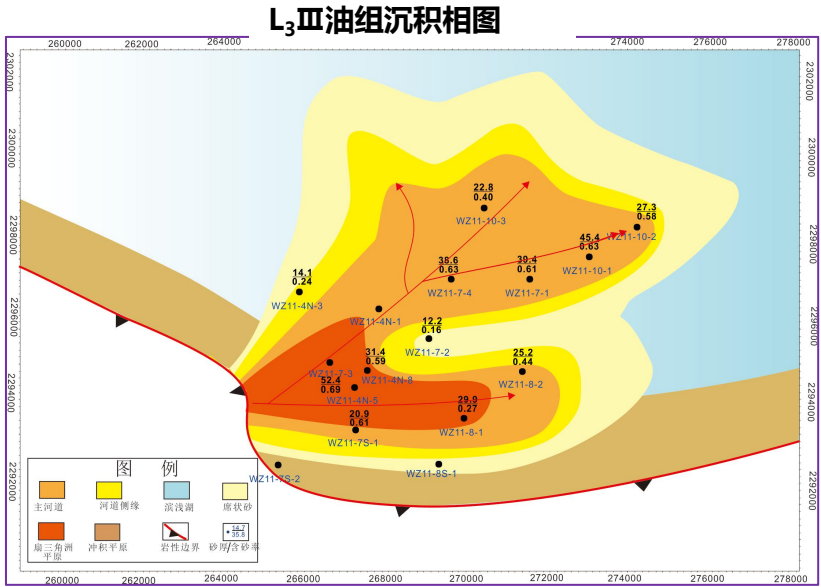
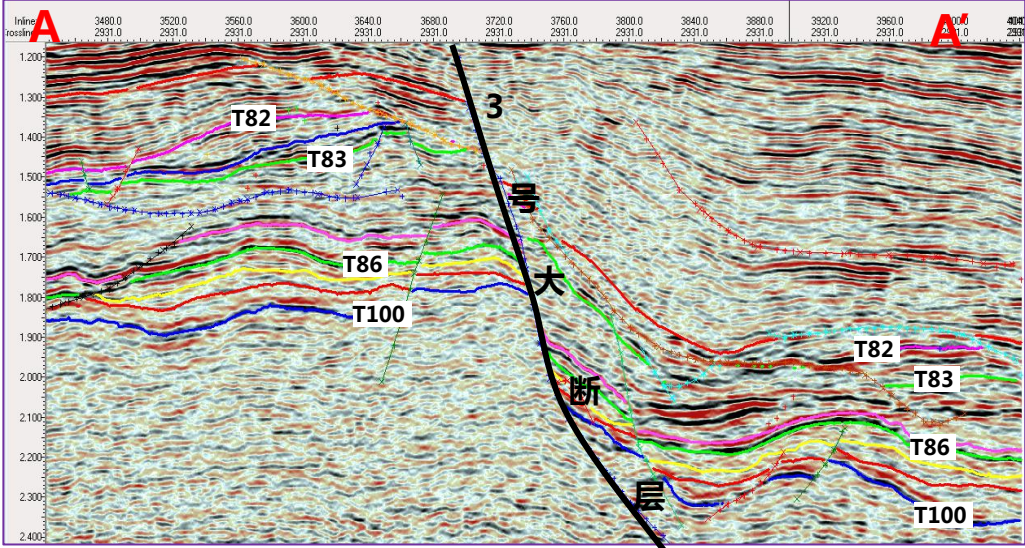
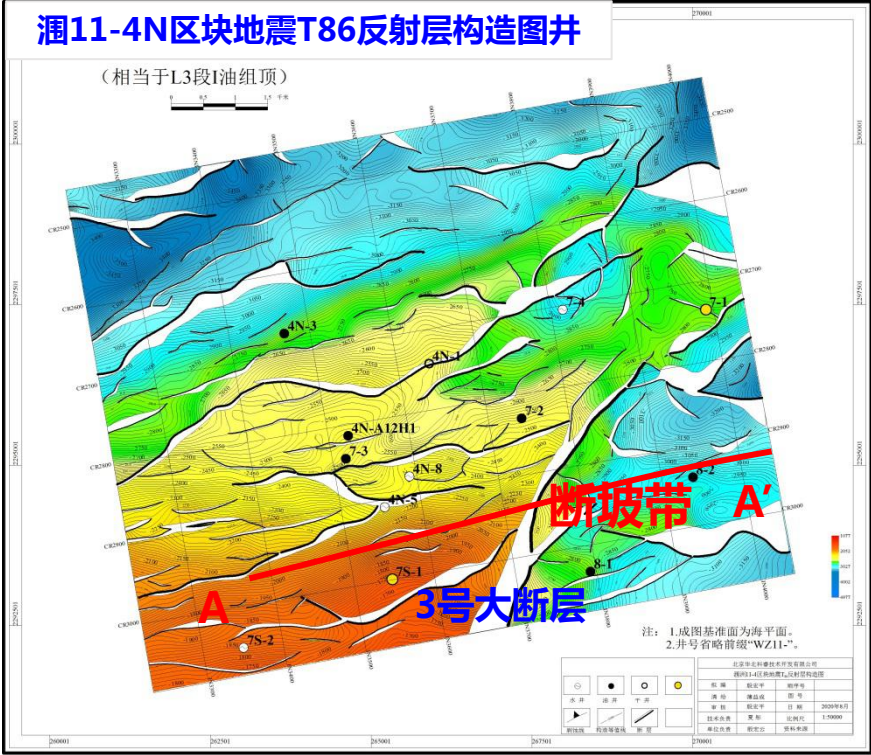
主要发育三类坡折带：

- ◆ **断坡带**：断坡带是由盆缘隆起或古潜山前缘的大型控边断裂及其下降盘构成的，断面多呈铲形。
- ◆ **断阶带**：是指由 2 条以上的同向同沉积断层构成的阶梯式构造坡折，多级断层可营造出沉积物多级输送的路径。
- ◆ **挠曲坡折带**：

挠曲坡折带主要是指由于深部隐伏断裂的同期活动使浅部地层发生挠曲变形而产生的地形坡度突变带。

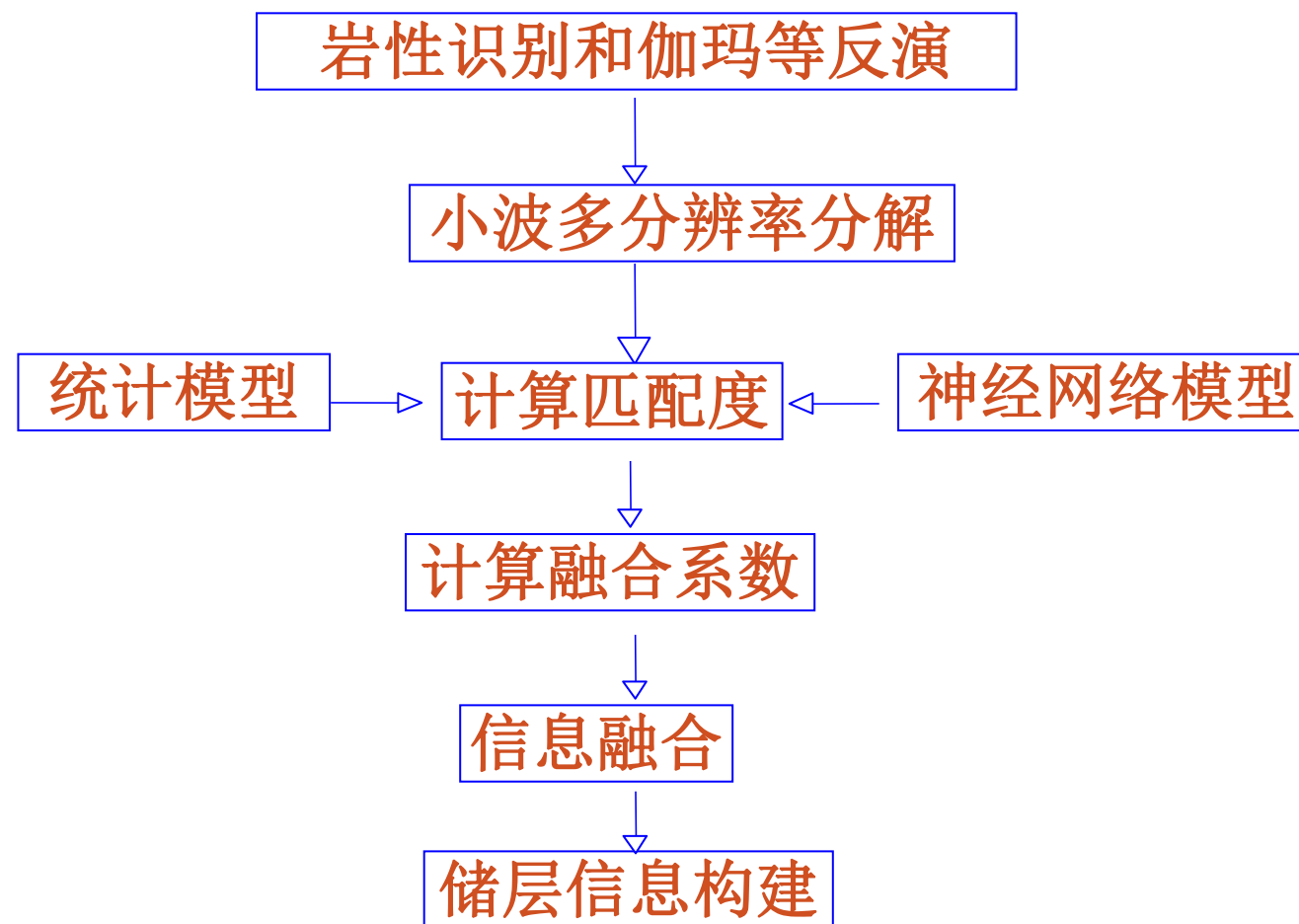


成藏模式分析



- ◆ **断坡带**：断坡带是由盆缘隆起或古潜山前缘的大型控边断裂及其下降盘构成的，断面多呈铲形。
涪西南凹陷3号大断层穿过研究区，L3段物源来自西南方向，在断层下降盘沉积物快速堆积，易成型岩性油气藏。

面向地质目标的
信息融合技术是综合利用
波阻抗反演、
拟波阻抗反演、
储层参数反演、地震属性
分析、油气检测等属性体。
对有效储层进行综合预测。



在对属性体分析的基础上，统计属性体中目标体的有效敏感值，各自计算反映目标的概率值，融合后得到一个反映目标的概率体，即综合评价体。

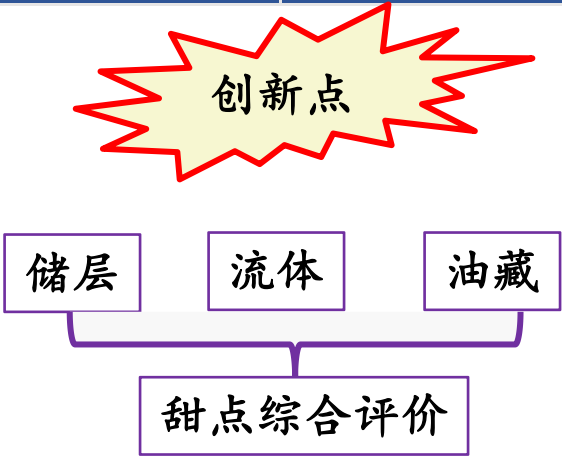
“甜点”综合评价

“甜点”综合评价标准：

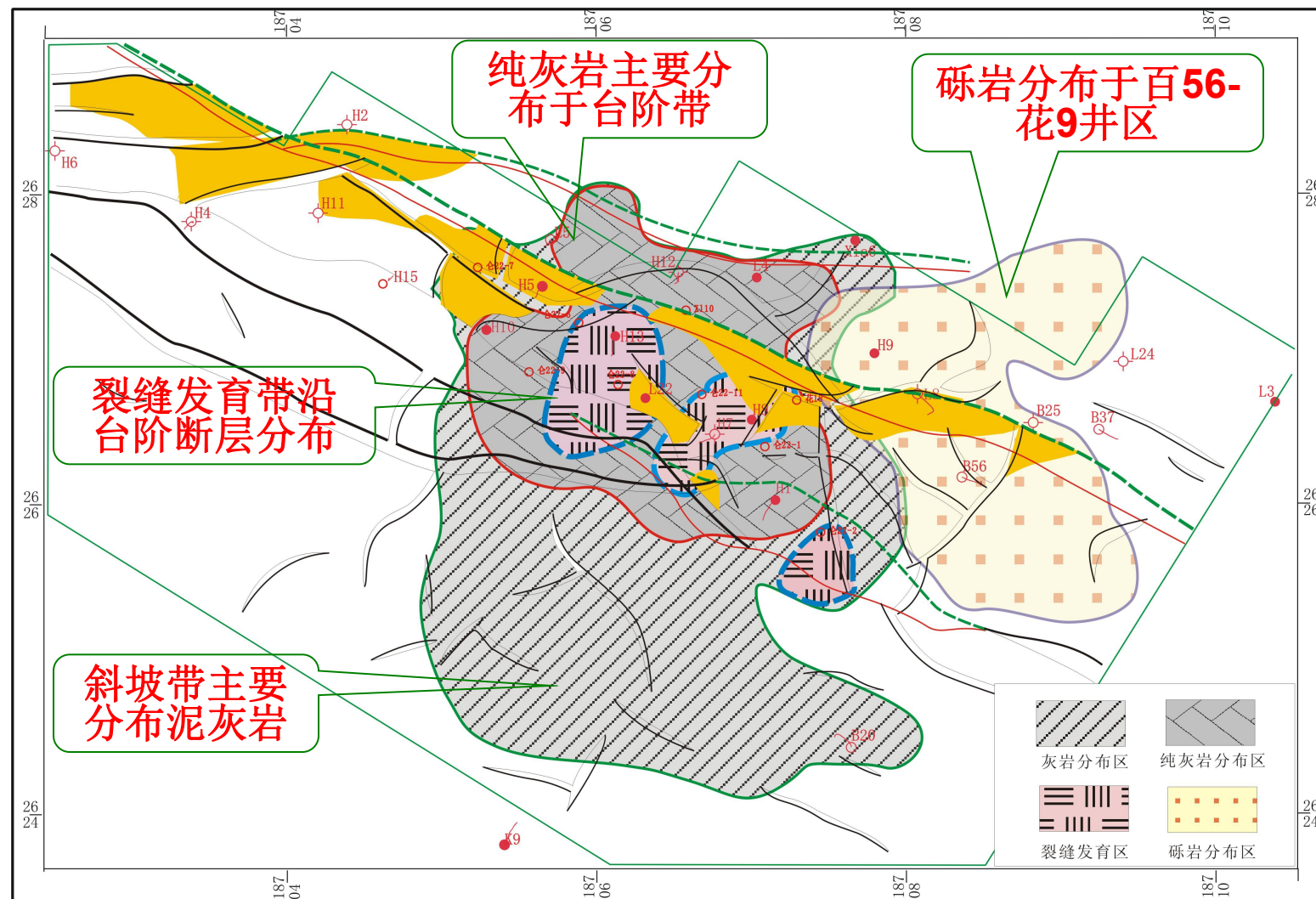
甜点综合评价标准表

储层综合评价	油藏单元评价	成藏模式
I 类-3分	I 类-3分	I 类-3分
II 类-2分	II 类-2分	II 类-2分
III类-1分	III类-1分	III类-1分

其中：得分为8-9分为甜点区
得分为6-7分为有利区
得分为3-5分为潜力区

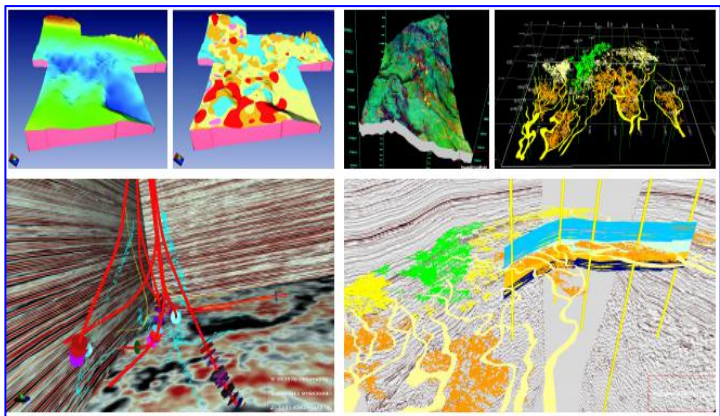


花茶地区三叠系灰岩综合评价图

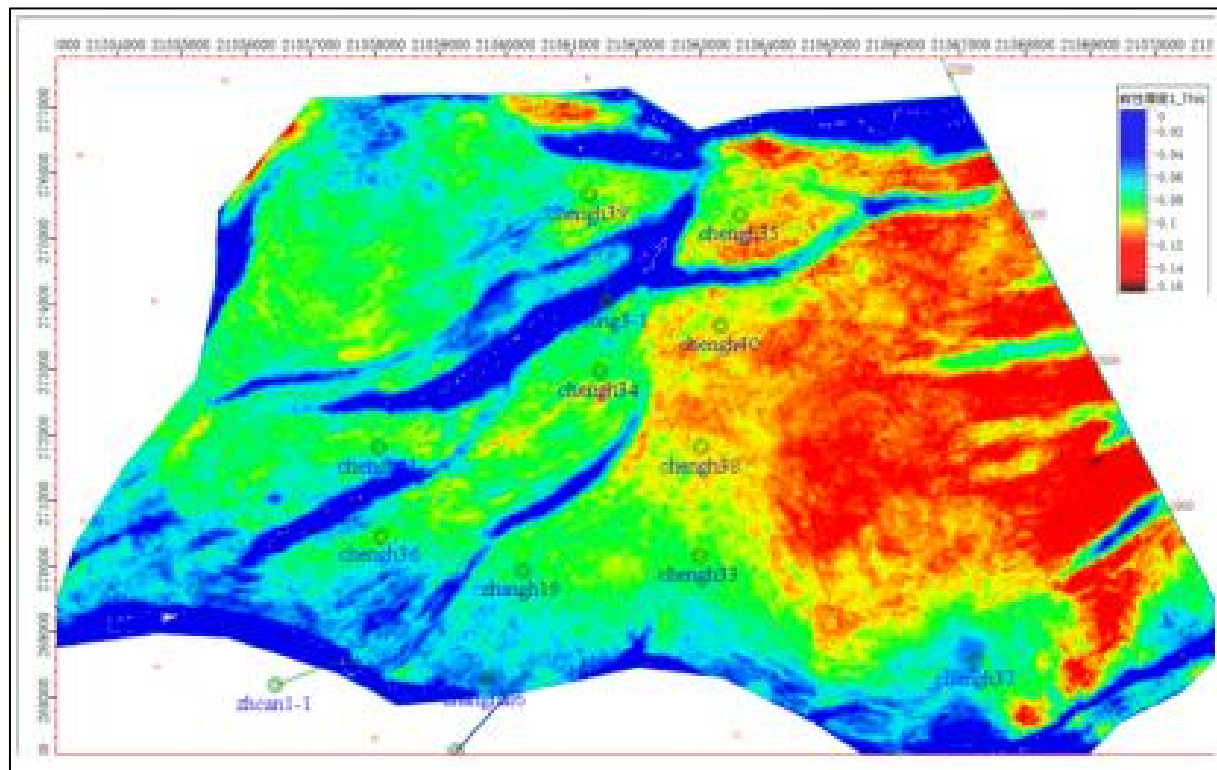


储层展布及“甜点”储层分布综合分析

结合构造、沉积、储层厚度、物性展布与流体预测，地震属性，采取多成果融合技术，综合评价，优选出“甜点”分布区，提出油田合理挖潜建议。



储层分布综合分析



有利储层厚度分布



THANK YOU FOR YOUR GUIDANCE.

期待您的指导