

# 埕南地区砂砾岩扇体储层的预测及效果

谭俊敏

(中国地质大学地球科学与资源学院·北京)

## 摘要

谭俊敏. 埕南地区砂砾岩扇体储层的预测及效果. 石油地球物理勘探, 2004, 39(3): 310~313

埕南大断层下降盘发育了许多不同规模的砂砾岩体。本文应用三维可视化技术、地震属性技术、相干分析技术对砂砾岩扇体的时空展布进行了分析研究和预测, 采用测井约束反演技术、时频分析技术对单个砂砾岩扇体进行了描述, 确定出研究区古地貌的6个古冲沟及其对应的埕913等10余个砂砾岩体的空间展布特征, 初步形成了砂砾岩体储层预测及描述技术序列, 实现埕南断裂带上砂砾岩扇体油藏的高效勘探开发, 取得了显著的勘探效果。

**关键词** 埕南断裂带 砂砾岩扇体 三维可视化构造显示技术 地震属性技术 相干分析技术 测井约束反演 时频分析技术

## 引言

埕南地区位于渤海湾盆地埕宁隆起与济阳拗陷交界处的东北部断阶带, 此断阶带以埕南大断层组成了埕南断裂带为主, 埕南大断层的上升盘为埕东凸起, 下降盘为沾化凹陷(图1)。埕南大断层走向多变(主要有EW、NE、NW三个方向), 由于长期继承性活动, 它控制了整个断裂带内次一级洼陷的下第三系的沉积。始新世时期, 埕南大断层上升盘长期遭受风化剥蚀, 从而形成了复杂的古地貌形态。在山高坡陡的埕东凸起, 剥蚀掉的古生界碎屑物质沿山沟、谷及陡坡向埕南大断层下降盘地区冲积形成了一系列砂砾岩扇体, 较大规模的砂砾岩体与物源区的古冲沟、山谷相对应。砂砾岩扇体纵向上呈多层叠置, 平面上成串分布, 具有较好的沟—扇组合<sup>[1]</sup>。1997年在埕南大断层下降盘部署的埕913井和埕914井在沙三段钻遇砂砾岩扇体, 并获得商业油流, 从而突破了砂砾岩扇体的出油关。近年来, 在下降盘的基岩沟、谷部位, 通过三维可视化技术发现了大量规模不等的砂砾岩扇体, 进一步完善了砂砾岩扇体油藏描述技术, 有效地指导了埕南地区砂砾岩扇体油藏的勘探工作。

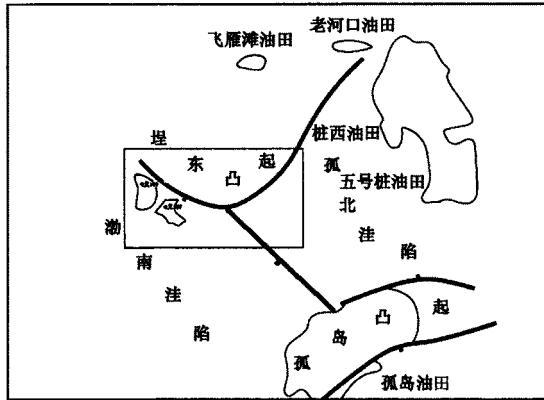


图1 工区位置图

## 埕南砂砾岩扇体的分布规律及成藏模式

### 砂砾岩扇体的分布规律

砂砾岩扇体的时空展布受控于湖盆边界条件、构造演化、物源区的性质、古气候及古水流等因素, 其展布规律性较强。埕南陡坡带各类扇体的分布有明显的规律性, 如洪积扇、水下冲积扇、扇三角洲砂砾岩扇体形成于湖盆边缘, 凹陷陡侧发育水下冲积扇, 缓岸一侧发育洪积扇和扇三角洲<sup>[2]</sup>。平面上, 砂

砾岩扇体沿凹陷边缘呈带状分布,单个扇体规模较小、粒度粗、相变快;纵向上,由北部埋南大断层向南部洼陷中心,砂砾岩扇体埋藏逐渐变深,层位变老,而且继承性发育了沙四段—东营组多期扇体,上下互相叠置,不断加积形成厚度大、叠合发育的砂砾岩扇体,沿陡坡带呈后退式序列发育。例如,埋915井在沙一段、东营组钻遇砂砾岩扇体,埋913井和埋914井在沙三段钻遇砂砾岩扇体,义107井在沙四段钻遇砂砾岩扇体(图2),其岩性以块状中砾岩为主,内部无明显泥岩隔层,砾石成分以灰岩为主,分选、磨圆度差,属近源快速堆积<sup>[3]</sup>。

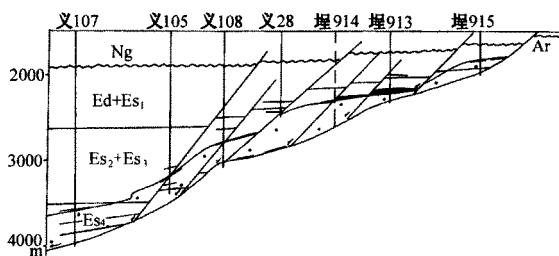


图2 埋南地区砂砾岩体分布图

### 砂砾岩扇体的成藏特征

埋南大断层下降盘的渤海洼陷、四扣洼陷具有富生油能力。埋南大断层长期继承性活动为埋南断裂带提供了良好的油气运移通道。现已在该带发现古生界、沙河街、东营组、馆陶组4套含油层系。由于该区构造活动强烈,发育了多种类型的砂砾岩体储集空间,所以形成了多样的油气藏类型,如岩性—构造油气藏、地层—岩性油气藏、岩性油气藏、地层油气藏(图3)。其主要特征有:①砂砾岩体发育于生油凹陷之中,直接与生油岩接触,油源条件优越;②埋南断裂带走向多变,应力作用强,次级断层发育,加之后期溶蚀作用改变了砂砾岩体的储集物性;③扇体规模大、类型多、横向连片、纵向多期次叠合;④砂砾岩扇体具有多旋回性,每一个旋回形成相对独立

的油水系统,具有多油水系统特征;⑤砂砾岩体内部横向不均质性和断层形成不同类型的侧向封堵<sup>[4]</sup>。

### 砂砾岩扇体油气藏分布规律

埋南陡坡带在埋南大断层及次级同生断层的控制下,主要发育一系列退积式的不同类型的砂砾岩扇体,控制了砂砾岩扇体油藏的分布规律。在湖盆深水部位,主要发育与扇体有关的岩性油藏,如义109浊积扇体油藏;在湖盆的边缘则主要发育岩性—地层油气藏,如埋914扇体;在湖盆断阶位置主要发育与扇体有关的岩性—构造油藏,如埋913扇体。纵向上油气藏主要分布在沙三段,其次为沙四段、沙二段、沙一段、东营组、馆陶组。油气藏主要埋深为1500~4000m。油气横向分布差异较大,处在不同级次、不同成因类型的构造单元,油气分布和富集程度也有较大差异。

## 砾岩扇体的预测、描述技术

埋南断裂带砂砾岩扇体油藏勘探的关键在于砂砾岩扇体的预测及描述。我们可利用区域地震地质分析方法寻找砂砾岩扇体发育的有利构造部位;利用局部地震地质分析方法来确定砂砾岩扇体的分布范围,并可对单个砂砾岩扇体进行定量、半定量的描述。

### 三维可视化技术

一般说来,陆相湖盆陡坡带物源供给比较单一,物源呈多期间歇供给、粗碎屑快速堆积。垂直陡岸方向发育的下切冲沟是砂砾岩扇体沉积物源供给的主要通道,这些冲沟在凸起上以山地河谷形式分布,具有山地洪水河流特征。因此要寻找砂砾岩扇体,必须首先恢复当时的古地貌,即沟谷发育特征<sup>[5]</sup>。利用三维立体显示及地震水平切片技术来研究基岩古冲沟和砂砾岩扇体的分布形态,具有快速、直观的特点(图4)。我们利用该技术在埋南断裂带发现了6条古冲沟,这些古冲沟在一定时期内向湖盆提供了数量不一的粗碎屑物质,在湖盆入口处形成了多个规模不等的砂砾岩扇体。

### 砂砾岩扇体空间展布预测技术

#### 地震属性技术

地震属性是指从地震数据中导出的关于几何学、运动学、动力学及统计特性的特殊度量值。储层物性和储集空间中流体性质的变化势必引起地震反

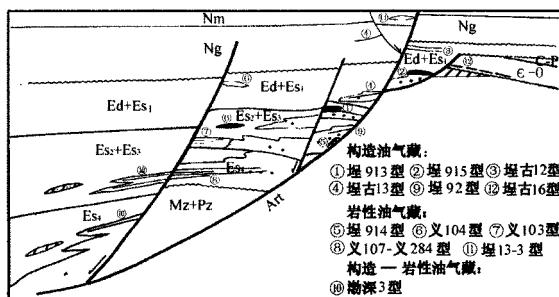


图3 埋南断裂带砂砾岩扇体油藏模式图

# 物探技术

射波速度、振幅、频率和相位等的相应变化。利用这种变化关系便可获得地下地质体储集性能及其变化规律等信息,进而对目标区的有利储层进行预测,为勘探和开发提供依据。

从声波测井资料可知,砂砾岩扇体的速度要高于围岩,在地震剖面上其反射波能量较强;此外,由于不同亚相砂砾岩扇体速度存在较大的差异,因此在地震剖面上从扇根到扇端反射波能量呈现由强变弱的趋势。这些反射特征为利用地震属性预测砂砾岩体和进行亚相划分提供了可能(图 5)。

## 相干分析技术

相干分析技术通过计算相邻地震道的互相关系数,获得地震道之间连续程度的定量关系。当地层横向变化不大时,道与道之间的波形应该相似,当沉积

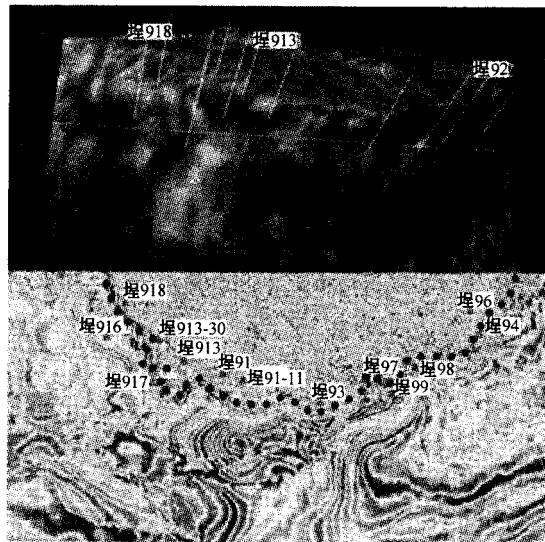


图 4 砂砾岩体与古地形沟谷对应关系图

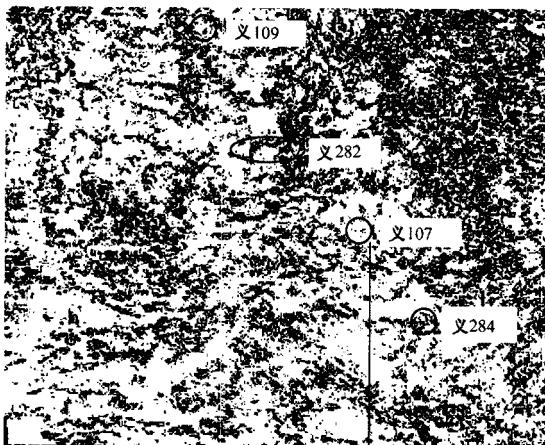


图 5 平均振幅能量图

单元发生变化时,其地震反射特征必定有所变化。因此利用相干分析技术,可以推断沉积环境的变化、确定有利储层的沉积相带。

埕南地区在沙四上、沙三下沉积时期沉积了多种成因类型的砂砾岩扇体。我们应用相干分析软件预测了该区砂砾岩扇体的平面分布范围,并在该区找到了新的砂砾岩扇体(图 6)。通过进一步分析论证,部署钻探的义 284 井在沙四段获商业油流。

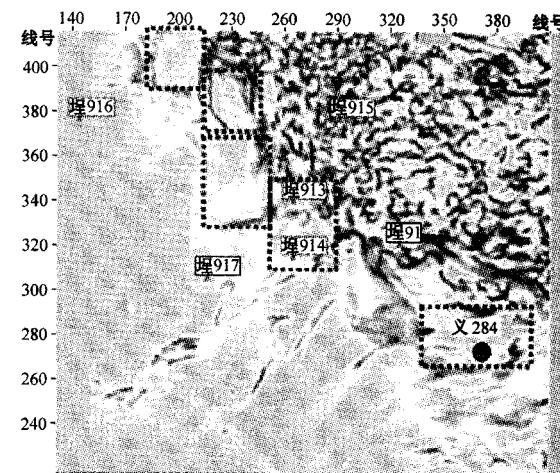


图 6 埕南断裂带相干体平面图

## 单个砂砾岩扇体的预测及描述技术

### 测井约束反演技术

测井约束地震反演技术是近年来发展起来的用于提高地震资料分辨能力、预测砂体厚度和储层物性的新方法。该技术突破了地震频带的限制,以具有丰富的高频信息和完整低频成分的测井资料补充地震有限带宽的不足,用已知地震信息和测井资料作为约束条件,进行信号重构,得到较高分辨率的地震波阻抗剖面<sup>[6]</sup>,并结合多学科知识,对储层进行精细描述。

埕南断裂带砂砾岩体油气高产的主控因素是构造圈闭的落实情况和储层的发育程度。但由于以往地震资料分辨率低,在常规地震剖面上砂砾岩扇体内幕反射不清,油层构造及储层物性一直无法落实。为此我们对三维地震资料进行测井约束反演处理,处理结果显示不仅提高了分辨率,而且得到了较精确的砂砾岩体的波阻抗特征,为砂砾岩体厚度预测提供了较好的基础资料(图 7)。

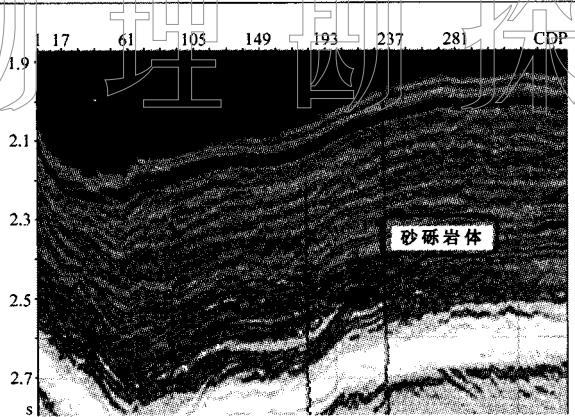


图7 义284井区测井约束反演地震剖面

### 时频分析技术

时频分析技术主要用于提取薄互层的结构信息。由于构造运动的周期性,地层沉积也表现出相应的韵律性,这种韵律性决定了不同薄互层结构具有不同的时频特征。我们采用时频分析方法对该区砂砾岩体的内部结构进行了详细解剖。经综合研究认为,垦914井钻遇的砂砾岩体可划分为两套反旋回和两套正旋回(图8)。根据沉积序列,结合试油等资料,建立了垦913井砂砾岩扇体成藏模式。

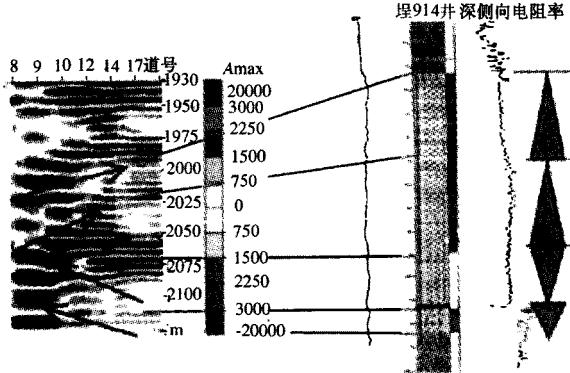


图8 垦914井时频分析图

近年来,通过对砂砾岩体成藏控制因素的进一步研究,我们提出了砂砾岩体内部相带变化控制油气成藏的观点。由于扇体不同部位的物性差异,物性

较差的扇根部位可对扇中、扇端相带形成侧向封堵,形成受沉积相带控制的岩性油藏,从而打破了以陡坡带砂砾岩扇体为主部署钻探的局限性。结合地球物理研究方法,我们在该带成功地发现了义282、义284井区砂砾岩扇体,尽管这些扇体的构造部位较低,但均钻遇了良好的油层,并获得了商业油流。

## 结 论

(1) 垦南断裂带是砂砾岩扇体发育的有利部位。由于扇体与深湖一半深湖相的暗色泥岩或油页岩在垂向上交错沉积,因此具有良好的成藏条件。不同区带不同时期的湖盆边缘可以形成不同类型的砂砾岩扇体,根据砂砾岩扇体的综合判别技术可以判定其成因及储层物性,确定有利含油气部位和油藏类型。

(2) 研究凸起的古地形起伏(即沟谷发育情况)是寻找砂砾岩扇体发育区的有利手段,在研究过程中要将凸起、斜坡和砂砾岩体作为一个整体来考虑,沟谷的规模一般正比于砂砾岩扇体的发育规模,由此可以预测各类扇体的位置和展布规律。

(3) 砂砾岩体油藏类型繁多,内部结构十分复杂,储层的横向变化较大,测井约束反演技术、时频分析技术是研究砂砾岩体内部结构的有效方法。

### 参 考 文 献

- [1] 武恒志.断陷盆地砂砾岩体的发育特征.石油与天然气地质,2001,22(1):52~56
- [2] 潘元林,孔凡仙,杨申镳,郑和荣.中国隐蔽油气藏.北京:地质出版社,1998
- [3] 于建国.砂砾岩体的内部结构研究与含油性预测.石油地球物理勘探,1997,32(增1):15~19
- [4] 田景春,付东钧.近岸水下扇砂砾岩体的储集性研究.成都理工学院学报,2001,28(4):366~370
- [5] 王永刚,杨国权.砂砾岩油藏的地球物理特征.石油大学学报,2001,25(005):16~20
- [6] 刘传虎.砂砾岩扇体发育特征及地震描述技术.石油物探,2001,40(1):64~72

(本文编辑:张亚中)