

# 安岳—潼南地区须家河组 地震相模式及其地质意义

金惠<sup>1,2</sup>, 魏国齐<sup>1</sup>, 杨威<sup>1</sup>, 朱秋影<sup>1</sup>, 谢增业<sup>1</sup>, 施振生<sup>1</sup>, 刘满仓<sup>1</sup>, 沈珏红<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

**摘要:**应用地震地层学理论和方法, 结合露头 and 钻井资料, 通过合成地震记录进行层位标定, 将安岳—潼南地区须家河组划分为4个三级层序。建立了丘状和上超充填2种地震相模式。根据地震反射单元内部结构、外部形态、反射波终止类型、频率、振幅、连续性和层速度等多项地震参数, 识别出平行—亚平行、丘状、充填、前积等5个大类地震相和亚平行波状变振幅低连续、上超充填等8个亚类地震相。利用过井地震剖面建立地震相与沉积相、测井相对应关系, 分析地震相地质意义, 预测了有利储集相带的分布。

**关键词:**地震相; 须家河组; 安岳—潼南; 四川盆地

**中图分类号:** TE122.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-1926(2009)04-0544-05

## 0 概述

安岳—潼南地区位于四川盆地中部, 处于晚三叠世前陆盆地斜坡隆起带。近年来, 该地区须家河组勘探不断获得突破, 已成为四川盆地天然气勘探的重要接替层系。须家河组为一套湖泊—三角洲沉积, 其中须二段、须四段和须六段为主要储集层段, 砂体厚度大、分布广泛。研究表明须家河组储层发育主要受沉积微相和成岩作用控制, 而有利沉积微相为三角洲前缘水下分流河道及河口坝沉积<sup>[1-4]</sup>。由于该区钻井资料分布较为集中, 在大部分区域很难准确识别出沉积微相。笔者主要利用安岳—潼南地区二维地震资料, 结合钻测井资料分析结果, 建立了河口坝和河道地震相模式, 识别划分多种地震相类型, 分析了无钻井资料地区有利沉积微相的分布状况, 有效指导了该区的勘探部署。

## 1 地震层序的划分

地震层序是从地震剖面中识别出来的、以不整合面及其与之可以对比的地震反射为边界的、内部反射相对整合的地震单元<sup>[5]</sup>。按照反射波终止类

型、内部结构面貌, 并结合合成地震记录标定, 可以进一步划分地震层序, 建立地震和钻井之间的联系, 分析、解释地震层序的地质属性。这也是进行地震相研究的基础。

安岳—潼南地区处于前陆斜坡隆起带, 须家河组地层平缓、内部断层不发育。在该套地层底部, 须家河组碎屑岩地层与雷口坡组碳酸盐岩不整合接触, 在须家河组内部, 须二段、须四段和须六段为大套砂岩沉积, 须三段和须五段以泥岩沉积为主夹薄层砂岩, 岩性的突变接触使须家河组底、须二段顶和须四段顶具有强轴连续反射特征, 在全区可以很好追踪。结合各反射界面的终止类型以及与露头、钻井的对比, 将须家河组划分为4个地震层序。层序Ⅰ对应须一段, 层序Ⅱ对应须二段、须三段, 层序Ⅲ对应须四段、须五段, 层序Ⅳ对应须六段。

## 2 地震相的识别及其特征

根据地震反射波外部几何形态、内部反射结构、反射终止类型以及反射连续性、振幅强弱等多项地震相参数特征, 采用“结构+构型+振幅+连续性”的地震相命名方式, 在研究区划分了平行—亚平行、

丘状等 5 个大类 8 个亚类地震相(表 1)。

2.1 平行—亚平行地震相

(1)平行—亚平行席状强振幅高连续地震相。

主要发育在须五段,在全区广泛分布,具有席状外形,反映出沉积环境水体能量相对较低,岩性横向上较稳定,代表了浅湖一半深湖沉积。

表 1 安岳—潼南地区须家河组地震相类型

地震相类型		代表的沉积相类型
大类	亚类	
平行—亚平行地震相	平行—亚平行席状强振幅高连续地震相	浅湖、半深湖
	平行—亚平行中—强振幅中连续地震相	三角洲前缘横剖面
	亚平行波状变振幅低连续地震相	三角洲前缘分流间湾
丘状相	大型平缓丘状地震相	三角洲前缘朵叶体横剖面
	小型丘状反射地震相	三角洲前缘水下分流河道
充填地震相	上超充填地震相	三角洲前缘水下分流河道
空白—弱振幅地震相	空白—弱振幅地震相	三角洲前缘
前积地震相	叠瓦状前积地震相	三角洲前缘

(2)平行—亚平行中—强振幅中连续地震相。主要为须三段滨浅湖、浅湖沉积响应,振幅中—强,变化较大,连续性较差。

(3)亚平行波状变振幅低连续地震相。单个反射同相轴一般呈波状、弯曲状,上下相邻同相轴仍然大体平行,反射同相轴振幅渐变,连续性较差,在剖面上断断续续呈蠕虫状分布。反映了三角洲前缘河道间湾水体在整体能量不太高又具有一定横向水动力搅动环境下的沉积。多见于须二段,分布于 05AT010 测线以西地区(图 6)。

2.2 丘状地震相

丘状地震相在地震剖面上呈现底平顶凸形态,

一般单个分布,有时多个重叠。从发育规模上可以划分为大型丘状地震相和小型丘状地震相 2 类:

大型丘状地震相主要见于须二段和须六段上部,在须二段 05AT010 测线以西和须六段大部分测线上均可见。形态宽缓,规模较大,一般长 3 km、宽 6 km。丘状地震相外部反射轮廓清晰,底部多表现为双向下超,内部多数为空白反射,也可见叠瓦状前积和杂乱反射,两侧地层通常上超在丘状相之上(图 1)。大型丘状相一般代表了三角洲前缘亚相中水下分流河道入湖后,河流携带物快速卸载形成的较粗粒碎屑物堆积体。小型丘状地震相的长度一般在几十米至数百米,主要见于河道沉积内部。

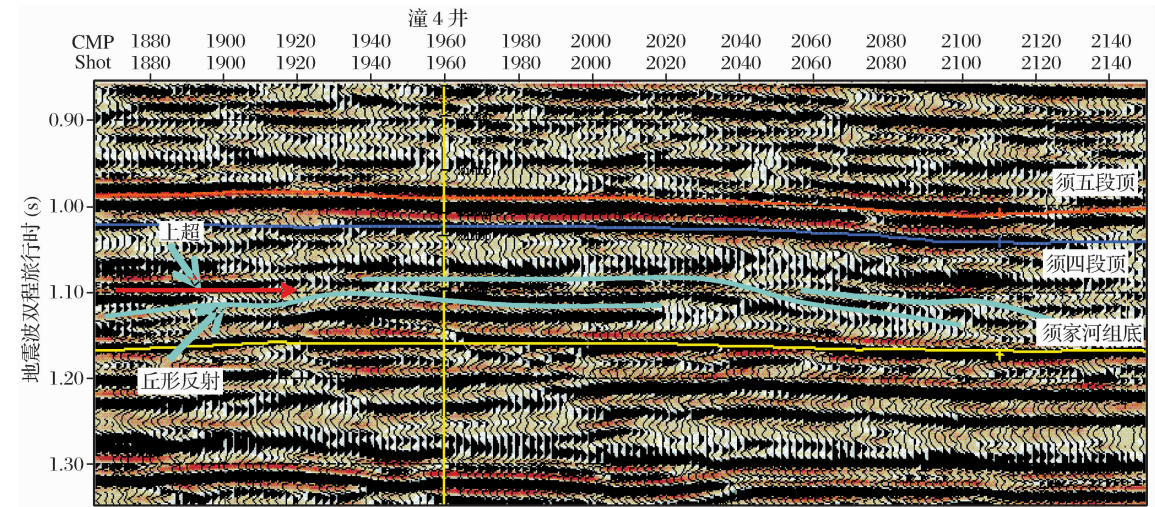


图 1 05AT002 测线丘状地震相特征

2.3 充填地震相

见于须二段和须六段下部。外部形态底凹上平,为河道侵蚀形成,内部充填物在地震上表现为高

频、强振幅,连续性较好,充填物两侧多见双向上超。钻井揭示主要为三角洲前缘水下分流河道的沉积响应(图 2)。

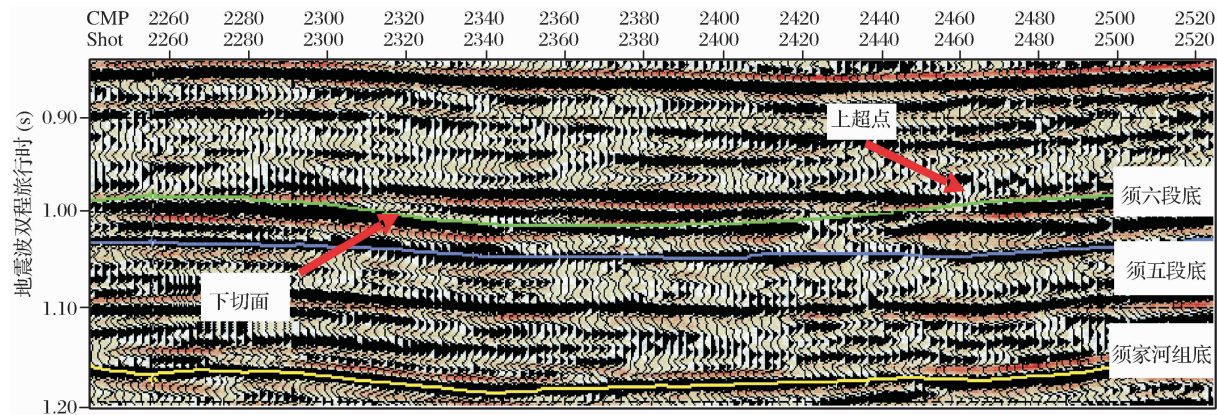


图 2 05AT025 测线上超充填地震相特征

2.4 空白弱振幅地震相

主要见于须四段,形成空白反射的原因一方面可能是上覆须五段地层反射系数大、透射能量低;另一方面也可能由于须四段自身沉积较为稳定,为一整套厚层砂岩沉积。

2.5 前积地震相

前积地震相是一组向同方向倾斜的反射同相轴组成的地震相,反射轴与上下界面呈小角度相交,指示出水流方向。研究区中所见的该类地震相主要位于水下分流河道、三角洲前缘砂坝中,类型多为叠瓦状前积和斜交前积。

3 典型地震相模式

区域钻井、测井沉积相分析表明,安岳—潼南地区有利沉积微相主要为河口坝和水下分支河道沉积,依据这 2 种沉积微相的沉积特点,建立了 2 种典型地震相模式,即与河口坝沉积微相对应的丘状地震相模式和与河道沉积对应的上超充填地震相

模式。

3.1 丘状地震相模式

丘状地震相是以同相轴的“底平和顶凸”为特征的地震相单元,为一种高能沉积作用的产物,代表了沉积物搬运过程中快速卸载的过程<sup>[6]</sup>。在研究区须家河组三角洲沉积环境中,大规模的丘状体多为三角洲前缘的朵叶体,中、小规模的为河口坝砂体沉积。受资料的局限性,在地震剖面上没有见到前者,更为多见的是中、小规模 of 河口坝砂体沉积。河口坝属于河流搬运物在河口入海、入湖处的快速卸载沉积,岩心观察表明,研究区内的河口坝沉积主要由灰白色厚层状中砂岩、细砂岩组成,由下至上砂岩粒度逐渐变粗,总体构成反粒序,自然伽马曲线形态为漏斗状。在横剖面上,河口坝沉积呈现典型的丘状特征,形态宽缓,由于多个河口坝的叠置也可形成一定的侧向加积。针对这一特征建立了丘状地震相模式(图 3),其底部多表现为双向下超,内部多数为空白反射,也可见叠瓦状前积和杂乱反射。

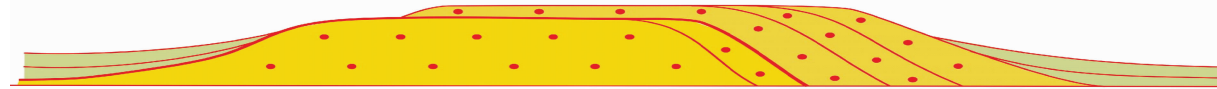


图 3 大型平缓丘状中强振幅中高连续地震相沉积模式

3.2 上超充填地震相模式

水下分支河道是三角洲平原分流河道向湖/海内的继续延伸<sup>[7]</sup>。

研究区内水下分支河道以灰白色中—细砂岩为主,由下至上砂岩粒度逐渐变细,总体构成正粒序,

底部发育冲刷—充填构造。在地震反射上水下分支河道沉积一般表现为明显的“顶平底凹”的外形特征,除侵蚀下切特点外,内部也见双向上超特征,这里笔者称之为上超充填地震相(图 4),其内部多具有较强反射。

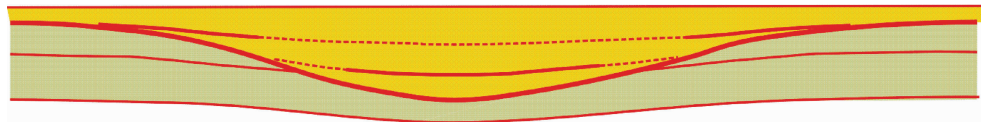


图 4 上超充填地震相沉积模式



4 地震相与沉积相、测井相的对比

测井曲线的基本形态、幅度、光滑度及其组合特征能够较好地反映出沉积环境变化,在取芯井段也可以根据岩心观察确定测井曲线与沉积相的对应关系,因而测井相与岩心相、沉积相的对应精确度较高<sup>[8-9]</sup>。在有钻井的地区,通过地震相测井特征对比分析,可以提高地震相划分和识别精度,即利用岩心相和测井相对地震相进行标定,以便更好地将地震

相转换成沉积相。

图 5 为潼 3 井上超充填地震相和与之对应的测井相的对比。在地震剖面上河道具有明显的下切侵蚀面,内部可见双向上超地震同相轴。岩心为一套厚层正旋回中、细砂岩,与之相应的伽玛曲线表现为低值,有显著的突变点。该套河道砂岩地震相和测井相特征吻合较好,说明可以很好地利用岩心相对地震相和测井相进行标定,从而提高测井相的识别精度。

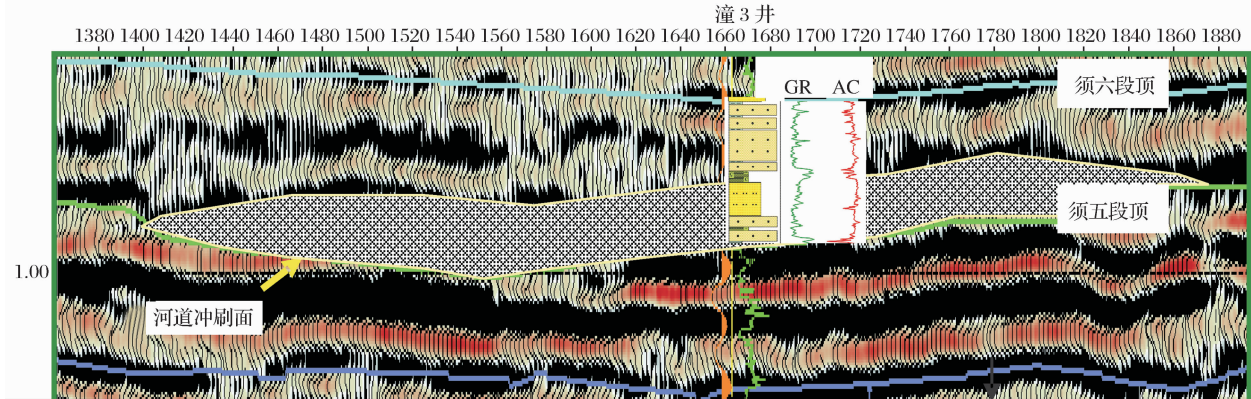


图 5 潼 3 井须六段地震相和测井相对比

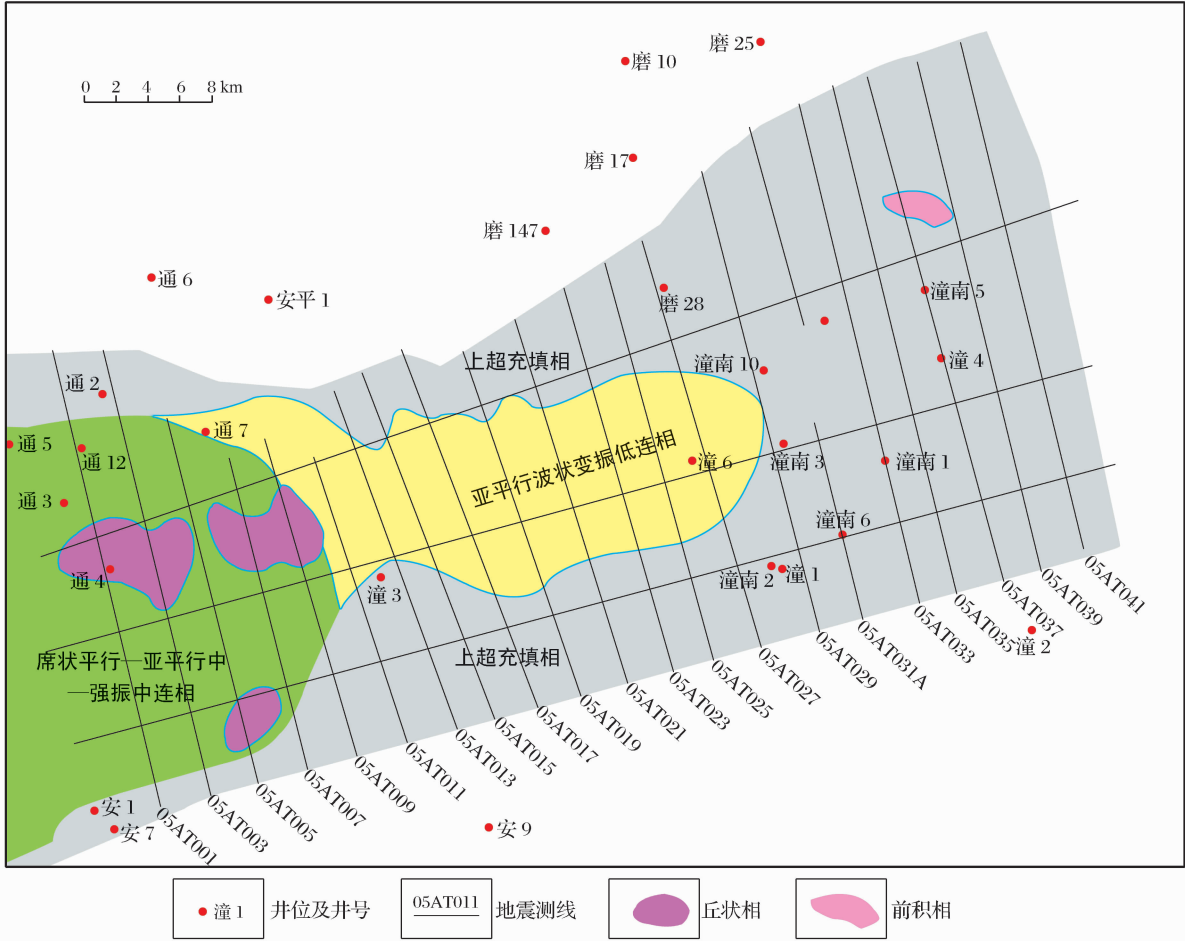


图 6 安岳—潼南地区层序Ⅱ低位体系域地震相平面分布特征



## 5 地震相平面分布特征

安岳—潼南地区主要储集层段为须二段,对应于层序Ⅱ底部,其内部反射主要以上超充填、波状变振幅低连续和平行—亚平行中振幅中连续反射为特征,同时也出现部分叠瓦状前积、大型和小型丘状反射。

平面上,研究区南北两侧和东部地区为充填地震相(图6),分别对应2条三角洲前缘水下分流河道。2条河道在05AT028测线以东为一整体,在潼南10井和潼南3井附近分叉,北部河道的南界大体上位于05AT045测线附近,南部河道的北界大致位于05AT043测线附近。在南北两侧充填地震相之间为亚平行波状变振幅低连续地震相,该地震相向西截止于05AT010测线附近,对应为水下分流河道之间的间湾沉积;在研究区05AT010测线以西见有多个大型丘状相,在这些丘状地震相之间主要为席状平行—亚平行中—强振幅中连续地震相,对应于中薄层砂与中薄层泥岩互层沉积,丘状相和席状平行—亚平行中—强振幅中连续地震相的出现反应出水下分流河道入湖后,中粗粒碎屑物快速堆积形成河口砂坝,其他粉砂、泥岩等细粒碎屑物在砂坝周围上超沉积的特点。

## 6 结论

(1)建立了安岳—潼南地区须家河组三角洲前缘河口坝和水下分流河道2种优势沉积微相的地震

相模式,并根据过井剖面进行地震相与沉积相、测井相的对比,落实地震相模式的地质意义,使其更好地向沉积相转化。

(2)在安岳—潼南地区须家河组地震反射中识别出平行—亚平行、丘状相、叠瓦状前积等5个大类8个亚类地震相,有利的地震相为小型丘状反射地震相和上超充填地震相,其中丘状地震相主要分布于安岳—潼南地区的西部,上超充填地震相主要分布于东部和南北两侧。

### 参考文献:

- [1] 郑荣才,叶泰然,翟文亮,等. 川西坳陷上三叠统须家河组砂体分布预测[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 405-417.
- [2] 古俊林,郑荣才,罗平,等. 川西坳陷中—南段须家河组层序地层格架与生储盖组合[J]. 成都理工大学学报, 2004, 31(3): 282-290.
- [3] 施振生,杨威,金惠,等. 川中—川南地区上三叠统沉积相研究[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 211-220.
- [4] 魏国齐,刘德来,张林,等. 四川盆地天然气分布规律与有利勘探领域[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(4): 437-442.
- [5] 吴因业,顾家裕. 油气层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社, 2002: 72-73.
- [6] 刘震. 储层地震地层学[M]. 北京:地质出版社, 1997: 68-75.
- [7] 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学[M]. 北京:石油工业出版社, 2002: 232-237.
- [8] 李剑波. 川西坳陷中段沙溪庙组测井相和地震相即砂体展布特征[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 279-283.
- [9] 施振生,金惠,郭长敏,等. 四川盆地上三叠统须二段沉积相研究[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(3): 339-346.

## Seismic Facies Models and Their Significance of Xujiache Formation in Anyue-Tongnan Area

JIN Hui<sup>1,2</sup>, WEI Guo-qi<sup>1</sup>, YANG Wei<sup>1</sup>, ZHU Qiu-ying<sup>1</sup>,

XIE Zeng-ye<sup>1</sup>, SHI Zhen-sheng<sup>1</sup>, LIU Man-cang<sup>1</sup>, SHEN Jue-hong<sup>1</sup>

(1. Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Langfang 065007, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on the theory and method of seismic stratigraphy in combination with synthetic seismogram calibration, Xujiache Formation is divided into four third-order seismic sequences. Two primary seismic facies models (onlap fill seismic facies and mounded seismic facies) are established. According to seismic facies parameters such as interior structure, exterior shape of seismic reflection units, reflected wave termination types, frequency, amplitude, continuity, and bed velocity, five groups and eight sub-groups of seismic facies are identified. This study establishes correlation among seismic facies, sedimentary facies and log facies based on sedimentary microfacies on cross-well section, analyzes the significance of seismic facies, and predicts the distribution of the favorable sedimentary facies in this area.

**Key words:** Seismic facies; Xujiache Formation; Anyue-Tongnan; Sichuan basin.