

川中雷口坡组四³亚段地震相分析 ——应用波形分类技术研究沉积相的实例

谷明峰, 倪超, 辛勇光, 吕玉珍, 郝毅

(中国石油杭州地质研究院)

摘要 在工区面积大、钻井少的情况下开展地震相研究,可以有效绘出沉积相展布图。对四川盆地中部雷口坡组四³亚段利用GS1和YS104两口井进行地震地质标定,建立了膏盐湖、白云岩坪及颗粒滩等几种不同沉积微相的地震响应模式。膏盐湖相表现为强振幅、高连续的地震响应,而颗粒滩及白云岩坪主要表现为中振幅、低连续的地震响应特征。在地质标定基础上,对全区利用波形分类技术开展地震相研究,恢复了古沉积环境,获得了颗粒滩相及白云岩坪的展布图,这些分布区是有利储层的发育区。龙岗—营山—南充—蓬溪一带处于颗粒滩、白云岩坪有利相带,且处于雷四³亚段地层剥蚀线附近,受岩溶改造强烈,储层较为发育,是川中地区的重要勘探对象。

关键词 地震相; 沉积相; 碳酸盐岩储层; 储层预测; 雷口坡组; 四川盆地中部

中图分类号: TE111.3

文献标识码: A

1 概况

四川盆地中三叠统雷口坡组沉积期属于受周边古陆和古隆限制、障壁蒸发湖沉积环境^[1],地形平缓、水体浅、盐度大。雷口坡组沉积后,中三叠世末的印支运动使四川盆地内部形成开江—泸州古隆起,对雷口坡组油气成藏具有重要的影响^[2-3],沿隆起周缘雷口坡组遭受不同程度的剥蚀^[4],雷四³亚段仅在川中一带有残余(图1)。研究区内雷四³亚段残余地层厚度约0~90m,主要为白云岩、石灰岩、膏盐岩等碳酸盐岩,储层主要是颗粒白云岩、细粉晶白云岩和含膏模孔泥晶白云岩,其中以颗粒白云岩为最好^[5]。颗粒滩和白云岩坪是雷口坡组储层发育的最有利相带,雷口坡组沉积时期形成了几套大型的膏盐湖沉积,膏盐湖、白云岩坪及颗粒滩沉积在空间上相关联,白云岩坪和颗粒滩围绕着膏盐湖分布。

近几年,川中龙岗地区在雷口坡组顶部雷四³亚段岩溶风化壳的勘探取得突破,截至2010年底,已获工业气井10口,且钻井油气显示频繁,展示了雷口坡组的勘探潜力。

营山、龙岗地区已钻井显示,雷口坡组顶部雷四³亚段储层为一套岩溶风化壳型的白云岩。岩心、

薄片上普遍存在岩溶角砾(图2a),角砾成分主要为含砂屑白云岩及纹层状白云岩,局部针状溶孔发育。通过岩心和薄片观察,雷四³亚段储集岩以颗粒白云岩和含膏泥粉晶白云岩(藻白云岩)为主,岩溶角砾之间受胶结充填作用影响,一般比较致密,储集空间主要为原岩中保留的部分孔隙,孔隙主要为白云岩角砾内的粒内溶孔(图2b),所以储层的发育仍然受沉积微相的控制。

综合分析,有利的沉积相带是控制川中地区雷四³亚段储层发育的关键因素,因此有必要开展沉积相研究。研究区范围大(约15 000 km²)、钻井少,碳酸盐岩具有较强的非均质性,因此亟需利用地震资料来预测井间沉积相带的类型及展布,从而寻找颗粒滩等有利的沉积相带,为勘探部署服务。

研究区的油气勘探从上世纪60年代开始,目的层主要是浅层侏罗系—上三叠统须家河组,中三叠统雷口坡组的探井较少,钻井资料的缺乏影响了沉积(微)相研究。为了弥补钻井资料的不足,本文尝试利用地震资料进行地震相分析并开展沉积相研究。研究区的地震资料主要为2005年以后整体部署的二维地震测线,测网密度为4 km×4 km,局部达到1 km×2 km(图1),能够基本满足区域沉积相研究的需要。

收稿日期: 2012-02-24; 改回日期: 2012-06-05

谷明峰: 1983年生,硕士。2005年毕业于中国海洋大学勘查技术与工程专业,2008年于中国科学院海洋研究所海洋地质专业获硕士学位,主要从事地震解释及储层预测工作。通讯地址: 310023 杭州市西溪路920号; 电话: (0571)85221097

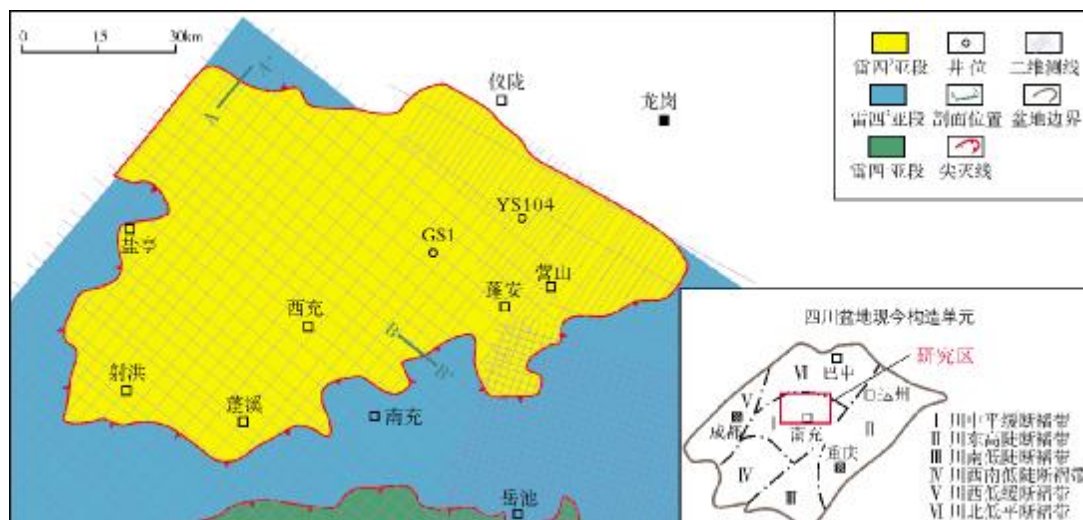
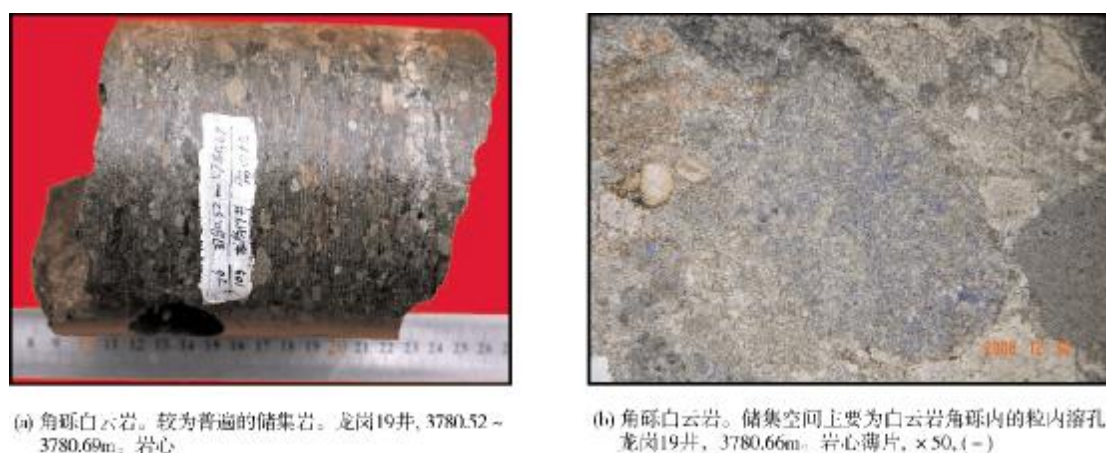


图1 研究区位置及上三叠统须家河组沉积前古地质图

A—A'和B—B'地震剖面见图4

图2 川中雷口坡组四³亚段储集岩及储集空间特征

2 地层划分及地震层位追踪

钻井岩性录井及测井显示, 获得工业气流的YS104井在雷四³亚段以白云岩为主, 而测试为干层的GS1井在雷四³亚段顶部仅有2~3m的白云岩, 其下有大段厚层膏盐。利用岩性进行地层对比时, 可能会认为GS1井上部雷四³亚段受到了强烈剥蚀, 故只残存了几米的白云岩, 但GS1井距开江—泸州古隆起较远, 古地貌恢复显示, 它当时并不处于岩溶高地, 因此不存在遭受强烈剥蚀的条件。而且, 这两口井雷四段的厚度相差不大, 推测为同期异相的沉积, GS1井当时处于膏盐湖, 而YS104井处于颗粒浅滩或白云岩坪。

通过精细的井-震标定, 认为雷口坡组顶界(须

家河组底界) 和雷四³亚段底界在二维地震剖面上可以识别。图3为GS1井和YS104井的连井地震剖面, 其中雷四³亚段的底界可以进行对比追踪。如图4所示, 通过地震层位的追踪解释, 可以识别出雷四³亚段地层在地震剖面上的尖灭点, 继而可以确定其在研究区的尖灭线(图1)。地震解释成果显示, 受印支期开江—泸州古隆起的影响, 雷四³亚段在营山—蓬安—南充一线以南的区域被剥蚀。

3 不同沉积相的地震响应特征

研究区雷四³亚段上覆须家河组一段泥岩, 全区分布比较稳定, 可以通过雷四³亚段顶部地层与须一段的反射特征来分析雷四³亚段不同的沉积相在地

震上的响应。

雷四³亚段顶部高阻抗的膏盐岩段与上覆须一段低阻抗的碎屑岩界面将产生较大的反射系数,在

GS1井处形成强振幅、高连续的地震反射(图5a),这种反射特征代表雷四³亚段为膏盐段,说明当时处于膏盐潟湖沉积环境。而当雷四³亚段发育白云岩储层



图3 川中 GS1 井与 YS104 井连井地震剖面
由圆圈标注的界面为雷口坡组四³亚段底界

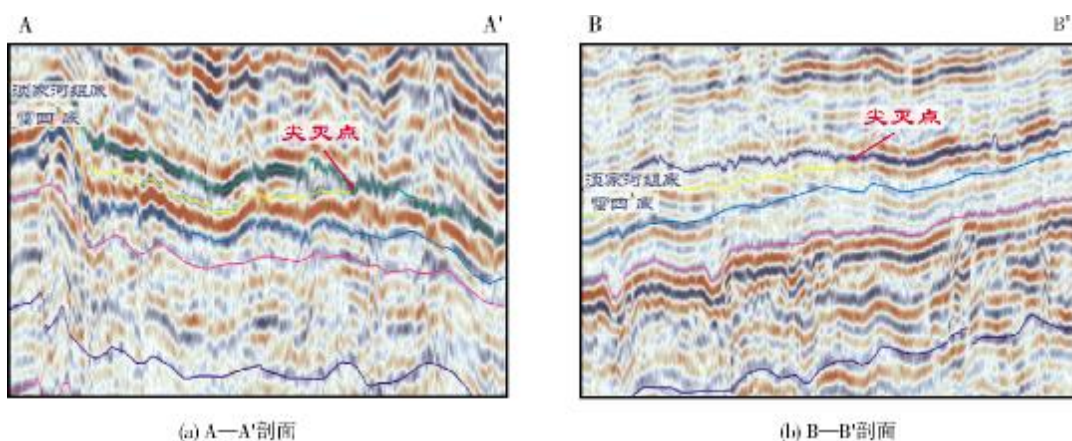


图4 川中地震剖面雷口坡组四³亚段地层尖灭点
A-A'和B-B'剖面位置见图1

时,地层存在孔隙且含气,会使波阻抗降低并与上覆地层的阻抗差异变小,使反射振幅较致密碳酸盐岩时变弱,地层孔隙度越大,反射振幅越弱。YS104井在地震上的反射即表现为中—低连续、相对弱振幅的特征(图5b),这种反射特征表明雷四³亚段地层中孔隙白云岩发育,意味着在沉积当时处于颗粒白云岩滩或白云岩坪环境,这是储层发育较有利的沉积环境。

通过以上分析可知,研究区雷四³亚段不同的沉积相在地震剖面上有不同的响应特征,地震相的差异在很大程度上反映了沉积相的变化,因而可以用对目的层段进行地震相分析来研究古沉积环境,刻画颗粒白云岩滩、白云岩坪、膏盐湖等沉积相的展布,由此寻找储层发育的有利区。

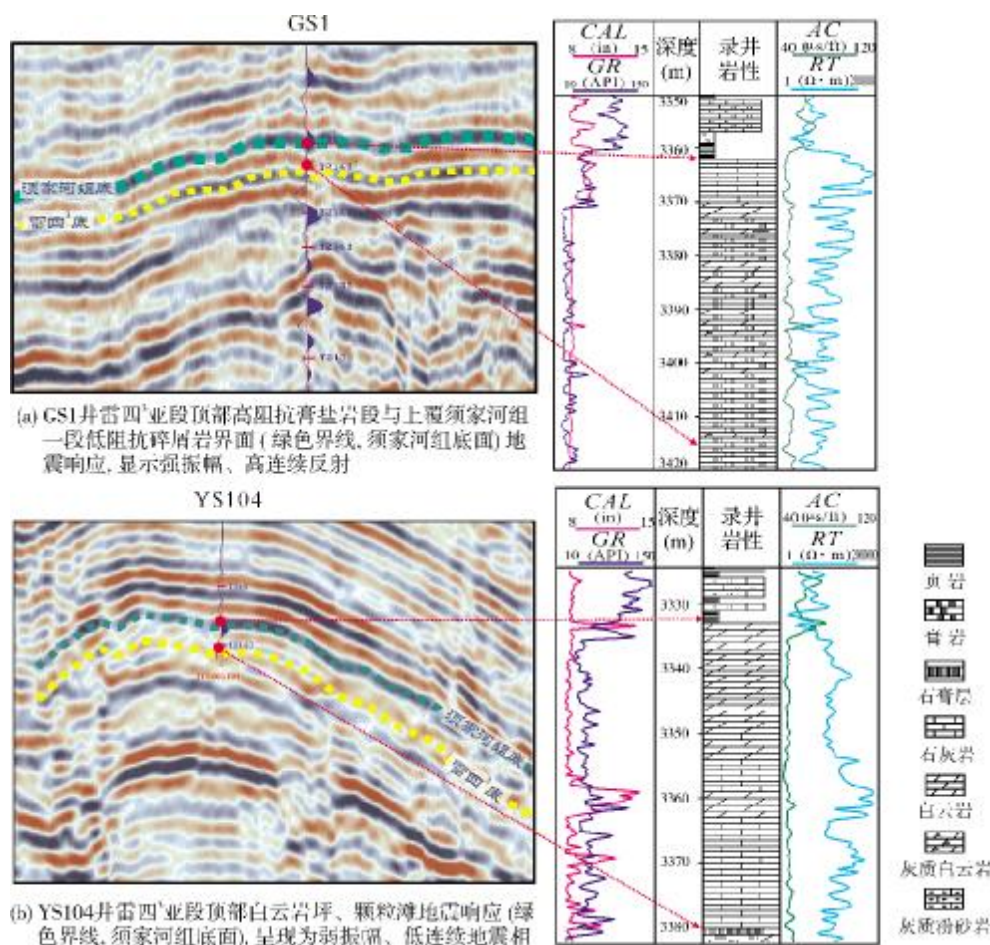
在本研究中,对地震相的分析所采用的是波形分类技术。

4 用波形分类技术作地震相分析

4.1 基本原理

波形分类技术是目前应用较多的地震相分析方法^[6-12],通过提取地震信息在空间上的相似性来描述地质信息的空间变化。在特定目的层时窗内,根据地震道波形特征,逐道对比,求同存异,突出各地震道的相似性,刻画地震波形在横向上的变化,最后在平面上以不同颜色代表不同地震相类型,地震相反映沉积相变化,从而认识沉积相在平面上的分布规律。

波形分类技术主要依靠地震波形进行分析,波形

图5 川中雷口坡组四³亚段不同沉积相的地震响应特征

包括地震波的振幅、频率、相位等属性的综合特征。根据波形分类结果,各个地震道形成离散的“地震相”。对这些离散的“地震相”进行平面归类,得到平面地震相图^[13]。通过已知钻井揭示的地质信息进行标定,对波形分类的结果进行综合地质解释,最终得出与地震相分布相对应的沉积相图,即由地震相转化为沉积相。这种方法避免了常规的人工地震相解释的主观随意性,实现了地震相研究的半定量。另外,这种方法能够快速实现大面积地震工区的地震相划分,极大地提高了工作效率。但是,与人工解释相比,用软件进行波形分类只是数学运算,不能综合考虑地质、钻井、测井等实际资料,容易产生假象,所以在对波形分类成果进行解释时必须综合考虑各种资料,以去伪存真。

4.2 波形分类技术应用效果分析

本文研究区位于四川盆地中部,面积约15000 km²,工区范围较大,但钻井资料较少,区域沉积相研究面临

很大困难,需要充分发挥地震资料覆盖范围广的优势,以利用地震相分析技术来指导平面上沉积相的识别。通过前面对典型井的井-震标定(图5, GS1井和YS104井)已知,雷四³亚段膏岩发育区地震反射表现为强振幅、高连续的特征,而石灰岩、白云岩发育区为中—弱振幅、低连续的反射特征,所以,可以利用这些反射特征对岩性进行识别,继而分析沉积相展布。

图6为笔者应用波形分类技术所得到的川中地区雷四³亚段将地震相转化为沉积相的平面分布图。图中清楚地显示出,在研究区中部存在强振幅、高连续地震相(蓝色分布区),通过GS1井的实钻标定,证实其为膏盐湖沉积。膏盐湖展布区的周围为红—黄色表示的中—弱振幅、低连续地震相,属颗粒滩及白云岩坪沉积,发育针孔状白云岩、泥粉晶白云岩,且其边界处于雷四³亚段尖灭线附近,受岩溶作用强烈,易形成储层。YS104等井已证实这些区域发育白云岩储层,并已测试获工业气流。

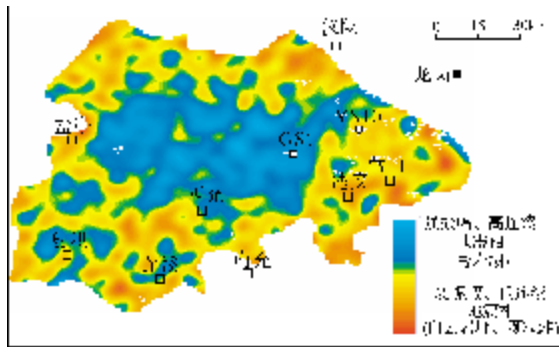


图6 川中雷口坡组四³亚段地震相(沉积相)平面图

波形分类技术在本次地震相研究中取得了较好的效果,有效地区分出了雷四³亚段膏盐湖、颗粒滩及白云岩坪沉积相带。说明这种技术在研究工区大、钻井较少的勘探初期,能较快地获得对沉积相带展布的认识。

5 结 论

(1)在钻井较少的勘探区,利用波形分类技术进行地震相分析,可以得到沉积相的平面分布结果;

(2)川中地区雷四³亚段主要存在膏盐湖、颗粒滩、白云岩坪等沉积微相,膏盐湖相表现为强振幅、高连续的地震响应,颗粒滩及白云岩坪主要表现为中振幅、低连续的地震响应;

(3)雷四³亚段虽然受岩溶改造,但沉积相带仍然是控制储层发育的关键因素,颗粒滩和白云岩坪

是有利的储层发育微相;

(4)龙岗—营山—南充—蓬溪一带处于颗粒滩、白云岩坪有利相带,且处于雷四³亚段地层剥蚀线附近,受岩溶改造强烈,储层较为发育。

参 考 文 献

- [1] 翟光明. 中国石油地质志:卷十 四川油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1989.
- [2] 黄籍中. 从四川盆地看古隆起成藏的两重性[J]. 天然气工业, 2009, 29(2):12-17.
- [3] 韩克猷. 川东开江古隆起大中型气田的形成及勘探目标[J]. 天然气工业, 1995, 15(4):1-4.
- [4] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [5] 周进高,辛勇光,谷明峰,等. 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 2010, 30(12):16-19.
- [6] 唐华凤,王璞珺,姜传金,等. 波形分类方法在松辽盆地火山岩相识别中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(4):440-444.
- [7] 邓传伟,李莉华,金银姬,等. 波形分类技术在储层沉积微相预测中的应用[J]. 石油物探, 2008, 47(3): 262-265.
- [8] 殷积峰,李军,谢芬,等. 波形分类技术在川东生物礁气藏预测中的应用[J]. 石油物探, 2007, 6(1): 53-57.
- [9] 胡伟光. 地震相波形分类技术在川东北的应用[J]. 勘探地球物理进展, 2010, 33(1):52-57.
- [10] 程耀清,蔡东梅. 地震相技术应用实例[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(增刊):79-82.
- [11] 吕景英. 用波形分析法预测塔河油田碳酸盐岩储层[J]. 勘探地球物理进展, 2004, 27(2):112-116.
- [12] 王金铎,徐淑梅,于建国,等. 用波形分析法预测滨浅湖滩坝砂岩储层:以东营凹陷西部地区沙 4 上亚段为例[J]. 地球科学, 2008, 33(5):627-633.
- [13] 赵裕辉,邓军. 精细波形分类法在塔河油田碳酸盐岩储层预测中的应用[J]. 吐哈油气, 2009, 14(1):75-79.

编辑:吴厚松

Application of the Seismic Waveform Classification in Study of Sedimentary Facies: Analysis of Middle Triassic Leikoupo 4³ Submember Seismic Facies in Central Sichuan Basin

Gu Mingfeng, Ni Chao, Xin Yongguang, Lü Yuzhen, Hao Yi

Abstract: Distribution maps of sedimentary facies can be obtained by studying seismic facies in a large research area where a few wells were drilled. Through seismic and geological demarcation to two typical wells, Well GS-1 and Well YS-104, in central Sichuan Basin, the seismic response models are established for different sedimentary facies in Middle Triassic Leikoupo₄³ Submember, such as gypsum lagoon, dolomite tidal flat and grainstone shoal facies. On the base of geological demarcation, waveform classification technology are utilized to divide different seismic facies to restore the sedimentary paleo-environment and the distribution maps of grainstone shoal and dolostone tidal flat facies are delineated, which are just the areas of favorable reservoirs. The study result shows that the area from Longgang, Yingshan, Nanchong to Pengxi is located in the favorable sedimentary zones of grainstone shoal and dolostone tidal flat facies where reservoirs are developing since they were affected by karstification near Leikoupo 43 Submember denudation border so that they should be the important area of exploration target in central Sichuan Basin.

Key words: Middle Triassic; Leikoupo Formation; Seismic facies; Sedimentary facies; Carbonate reservoir; Reservoir prediction; Central Sichuan Basin

Gu Mingfeng; male, M.S., Geology Engineer. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Road, Hangzhou, Zhejiang, 310023, China