

准噶尔盆地侏罗系 III 层序底界 上下砂体预测与有利区评价

张年富¹, 齐雪峰¹, 王英民², 刘 豪², 王 媛²

(1. 新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆克拉玛依 834000; 2. 石油大学, 北京 102200)

摘要: 准噶尔盆地侏罗系 III 层序底界面结构主要有发育底砾岩的不整合型、发育风化壳的假整合型和具明显沉积型式变化的整合型等 3 类。在侏罗系 III 层序底界面上、下延 40 ms 的波形地震相中, 1~2 类高频波形对应砂泥岩互层沉积; 5~6 类低频波形对应大套砂岩沉积; 3~4 类波形介于二者之间。地震波的振幅与界面上的岩石组合有关, 中强振幅对应于砂泥岩组合以及砾岩、粉砂岩组合, 弱振幅对应于大套砂岩组合, 中振幅介于二者之间。另外, 低频波和中强振幅与地震前积反射有较好的对应关系。通过波形地震相、振幅以及反射结构的综合分析, 认为玛湖西北斜坡和腹部的石南-莫北地区有大面积的砂体分布, 其中, 车-拐水下扇、玛湖辫状三角洲、中拐曲流河三角洲及石南-夏盐曲流河三角洲等砂体发育区是有利的非构造圈闭发育区, 具有良好的勘探前景。

关键词: III 层序; 坡折带; 地震相; 砂体预测; 有利区评价

第一作者简介: 张年富, 男, 43 岁, 高级工程师, 石油地质

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

准噶尔盆地侏罗系包含 2 个二级层序和 7 个三级层序, 其中 III 层序底界面 SB_3 上下的三工河组 S_2 砂层组是本区侏罗系储集物性最好的层段。该砂层组以三角洲或扇三角洲沉积为主, 在坡折带部位, 多发育巨厚的砂体, 并且砂层组内部的层序边界 SB_3 表现为一超覆和削截不整合面, 有利于形成低位域地层超覆型圈闭和高位域地层不整合遮挡型圈闭。

1 界面特征

III 层序底界在三工河组 S_2 砂层组内部的 S_2^1 与 S_2^2 之间。 S_2 砂层组内部砂体的组合关系在盆地不同部位具有较大的差别。

1.1 露头、钻测井

在露头和钻测井中, III 层序底界的界面结构主要有 3 类, 各类具有不同的特征。

(1) 发育底砾岩的不整合型。在盆地东北缘地区, III 层序底部发育一套河流相砂砾岩, 与下伏地层不整合接触。该类 SB_3 界面之下一般缺失或部分缺失三工河组 S_2^2 砂层组。

(2) 发育风化壳的假整合型。 SB_3 界面之上为

曲流河沉积, 界面之下为三角洲平原沉积。由于风化淋滤作用, SB_3 界面之下发育风化壳或根土岩。

(3) 具明显沉积型式变化的整合型。代表基准面上升或基准面下降转换点的层序界面最易识别, 常见的特征是, 在层序界面上下具有明显的代表沉积物向上变粗变厚或者变细变薄为特征的准层序或准层序组叠合的沉积型式, 层序界面往往位于上述变化的转换处。

侏罗系 III 层序发育在三工河组 S_2 砂层组的从反旋回到正旋回的转折点上(图 1), SB_3 界面之上一般为一套辫状河砂砾岩或曲流河砂岩, 界面之下自下而上为由细变粗的一套反旋回。在测井上, SB_3 界面是一个连续的转换面, 界面之上往往以中-高幅钟型测井曲线模式为主, 对应于 S_2^1 砂体; 界面之下测井曲线主要为一次或多次漏斗或反齿型, 对应于 S_2^2 砂体。

1.2 地震反射

III 层序底界对应的地震反射波组 T_{p2} , 该层序边界不仅是一个具有相对明显测井响应特征的岩性突变面, 而且在合成地震记录和实际地震道上也都与较强振幅的波峰或波谷相对应, 成为可区域追踪对比的重要等时界面。该界面的反射特征: (1) 为一相对连续同相轴, 但振幅、极性变化较大, 追踪较困难; (2) 在斜坡区或坡折带附近, 界面不整合特征明显。

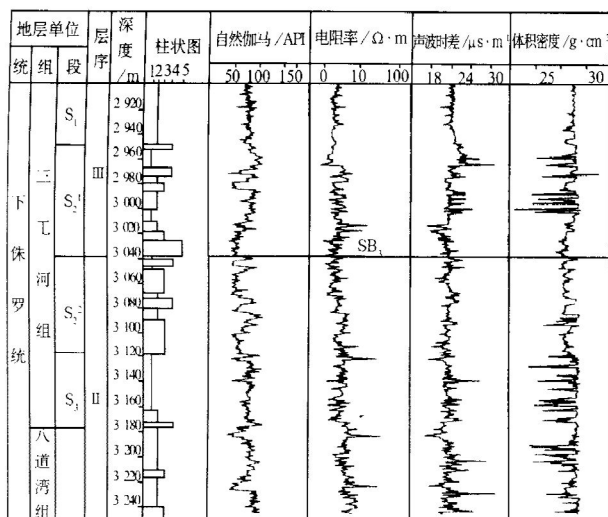


图1 石南3井Ⅲ层序底界面钻测井响应特征

Fig. 1 Response characteristics for well-drilling and logging in III bottom boundary of Shinan No. 3 well

1—泥岩; 2—粉砂质泥岩; 3—粉、细砂岩; 4—砂岩; 5—砾岩

2 砂体展布预测

2.1 预测方法

2.1.1 单一分析方法

(1) 波形地震相与岩性的对应关系。波形地震相 (stratimagic) 与岩性的对应关系主要是建立Ⅲ层序底界面上延40 ms、下延40 ms不同频率的波形类型与盆地西北缘和腹部67口探井相关层段的岩相的纵向组合关系。在上延和下延层段中,各取了6种波形类型,分别为1, 2, 3, 4, 5, 6类(图2)。为了便于分析,把1~2类归为一类(高频地震波形); 3~4类归为一类(中频地震波形); 5~6类为一类(低频地震波形)。

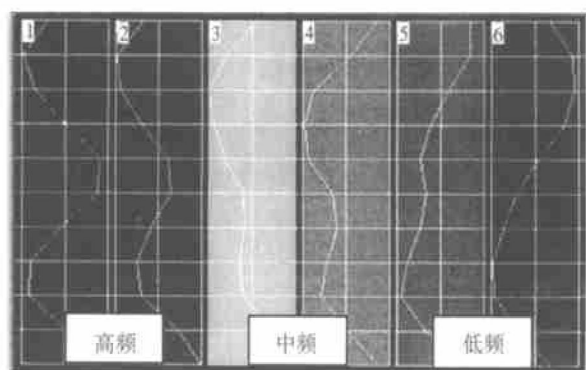


图2 Stratimagic 波形地震相分类图

Fig. 2 Classification map for seismic phase of Stratimagic topographic break.

在沿Ⅲ层序底界上延40 ms波形中,与井对比发现,1~2类主要以砂、泥岩互层沉积为特征,5~6类以大套砂岩沉积为主,极个别井对应于大套泥

岩,3~4类介于高、低频的岩性组合之间。沿Ⅲ层序底界下延40 ms不同波形类型所对应的岩相组合基本与上延40 ms特征一致。

(2) 振幅与钻井岩相组合的对应关系。在振幅分析中把振幅分为强、中和弱3类。沿Ⅱ层序底界面强振幅一般对应于在界面之上为大套砂岩,界面之下为泥岩,其次是上为砾岩下为粉砂岩,少数探井有例外;弱振幅所对应的层序界面上下岩性组合一般上下都为砂岩,只是砂的粒度有差异,其中上粗下细的岩性组合占62.5%,上下粒度近似的岩性组合占25%,此外还有12.5%为泥岩组合;中等振幅的岩性组合一般介于强、弱振幅所对应的岩性组合之间。

对Ⅲ层序底界向上时移35 ms以及向下时移35 ms的振幅切片与钻井岩性组合统计对比结果类似于0 ms振幅切片的统计规律。

2.1.2 综合分析方法

2.1.2.1 波形地震相与振幅

(1) Ⅱ层序底界上延40 ms波形地震相与向上时移35 ms振幅特征的关系。用67口探井标定和对比发现,5~6类波形地震相中具有强振幅特征的探井占9.7%,中振幅的占48.3%,弱振幅的占42%。由于同质砂层之间的波阻抗差较小,因此5~6类波形一般表现为弱或中等振幅特征;1~2类波形地震相中具有强振幅特征的探井占92.8%。

(2) Ⅲ层序底界上延40 ms波形地震相与0 ms振幅特征的关系。与上述相同的统计对比结果,5~6类波形地震相与强、中、弱振幅对应的探井比例分别为54.2%, 22.9%, 22.9%。因此,5~6类波形地震相主要对应0 ms振幅中的强振幅,说明0 ms振幅中的强振幅一般与Ⅲ层序底界面之上的大套砂岩沉积组合存在相对应关系;1~2类波形地震相中的探井中对应强、中、弱振幅的比例分别为37.6%, 31.2%, 31.2%,可见1~2类 Stratimagic 波形地震相与0 ms振幅特征关系不明显。

(3) Ⅲ层序底界下延40 ms波形地震相与向下时移35 ms振幅特征的关系。同样,具有5~6类波形地震相的探井中对应强振幅的占17.9%,中振幅的占32.1%,弱振幅的占50%;1~2类波形地震相的探井中对应强振幅的占50%,中振幅的占42.3%,弱振幅的占7.7%。

(4) Ⅲ层序底界下延40 ms波形地震相与0 ms振幅特征的关系。具有5~6类波形地震相的探井中,对应0 ms强振幅的占40%,中振幅的占30%,

弱振幅的占 30%, 与振幅的强弱关系不十分明显; 1~2 类波形地震相对应的比例分别为 57.7%, 15.4%, 26.9%。

2.1.2.2 波形地震相、振幅与地震前积反射

利用三维地震资料按 500 m × 500 m 稀网解释和后期插值以及波形地震相处理, 对研究区的地震反射结构进行了详细识别, 发现振幅特征和波形地震相与前积反射具有较好的对应关系。III 层序底界面上延 40 ms 波形地震相 5~6 类低频相出现的地方与前积反射对应很好, 而沿层振幅切片中强振幅出现的区域与前积区也具有很好的匹配关系。同样, III 层序底界面下延 40 ms 波形地震相 5~6 类与 III 层序底界面之下前积反射对应关系较好, 向上时移 35 ms 振幅切片和向下时移 35 ms 振幅切片的弱振幅与各自的前积反射区十分匹配。

综上所述, 在 III 层序底界面上、下延 40 ms 波形地震相中, 1~2 类(高频)主要以砂泥互层沉积组合为特征; 3~4 类(中频)介于高、低频岩性组合特征之间; 5~6 类(低频)则以大套砂岩沉积组合为主, 大套泥岩出现的概率小。沿层振幅切片中强振幅一般对应于上部大套砂岩与下部泥岩的接触组合, 其次是上砾岩与下粉砂岩的组合关系; 中振

幅的岩性组合一般介于强、弱岩性组合之间; 弱振幅对应的岩性组合为砂-砂沉积; 波形地震相低频类和沿层振幅中强振幅与地震前积反射特征对应关系较好; 而波形地震相 5~6 类(低频)与沿层振幅中强振幅之间则有较好的相关性。

2.2 砂体展布预测

通过波形地震相、振幅特征与岩性的对应关系研究, 建立了波形地震相 5~6 类低频相、沿层振幅切片中强振幅以砂体沉积发育为特征的关系模式。在砂体展布预测中, 重点选择上述两种参数, 参考各类时移振幅参数, 结合地震前积结构 Strata 反演和重点钻井沉积相分析来刻画西北缘和腹部三维地震区 III 层序底界面上下砂体的展布规律。

结果发现, 西北缘车排子南段 SB₃ 界面之上 III 层序低位体系域砂体相对不发育, 玛湖西北斜坡和腹部的石南-莫北地区砂体分布面积较大(图 3)。西北缘砂体展布以 NW-SE 向为主, 与盆地边缘挠曲坡折带近于垂直; 腹部石南-莫北地区砂体则以 NE-SW 向展布为主, 受断裂坡折带的控制, 砂体以平行坡折带展布为特征。II 层序高位体系域上部砂体与 III 层序低位体系域砂体展布格局有一定的相似性, 但砂体规模略小。



图 3 准噶尔盆地西北缘-腹部地区侏罗系 III 层序底界上延 40 ms 波形地震相与沿层振幅切片砂体解释叠合图

Fig. 3 Overlapping image for explanation of sandstone slices along sequential amplitude and 40ms upwards seismic phase of stratigraphic topographic break in III sequence boundary of Jurassic in northwest edge- central part of Junggar basin

发育有深切谷,是地层超覆-岩性复合圈闭发育的有利区,目前坡折带上方的拐4井和坡折带下方的拐8井均在侏罗系获得工业油流,展示出良好的勘探前景。

3.4 石南-夏盐曲流河三角洲

石南-夏盐曲流河三角洲体受NE向断裂坡折带的控制,三角洲水下分流河道砂体呈条带状展

布,延伸方向与构造线平行,有利于形成岩性圈闭。该区处于二叠系古梁之上,沟通油源的断裂发育,油气运聚条件好。目前已在该区发现了夏盐3井区、石南13井区、石南14井区、基002井区、基005井区、石南4井区等一系列岩性油气藏,它们沿着NE向的断裂坡折带呈串珠状分布,是进一步开展岩性圈闭勘探最现实的地区。

PREDICTION OF UPPER AND DOWN SANDBODIES IN THE BOTTOM BOUNDARY OF III SEQUENCE OF JURASSIC IN JUNGGAR BASIN AND EVALUATION OF FAVOURABLE AREAS

Zhang Nianfu¹ Qi Xuefeng¹ Wang Yingmin² Liu Hao² Wang Yuan²

(1. Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oil Field Corporation, Karamay, Xinjiang;

2. University of petroleum, Beijing)

Abstract: The bottom boundary (interface) of III sequence of Jurassic in Junggar basin could be chiefly divided into following three types in structure: (1). unconformity with basal conglomerate; (2). pseudo-conformity with weathered layer; (3). conformity with apparent variation in sedimentary type etc. In the waveform seismic phase of 40ms extension upwards and downwards in the bottom boundary of III sequence of Jurassic, high frequency of waveform seismic type I-II corresponds to sediments of sandstone layered with mudstone; Low frequency of type V-VI is in correspondence with large complete set of sandstone sediments while type III-IV waveform is in between above two types. The amplitude of seismic wave is connected with rock assemblage on the bottom boundary, the medium stronger amplitude corresponds to the sand-mudstone assemblage as well as to the assemblages of conglomerate and silt rock, the weaker amplitude is in correspondence with the large complete set of sandstone assemblage while the medium intensity of amplitude is in between above two assemblages. Moreover, the low frequency seismic wave and the medium-stronger amplitude have a good correspondence with the progradational reflection of seismic. It is believed that, by a comprehensive analysis of waveform seismic phase, the amplitude and the reflection structure, the widespread of sandbodies in large area of northwestern slopes of Mahu Lake and Shinan-Mobei region in the central part, of which sandbodies of underwater fan of Che-Guai, Mahu braided delta, delta of Zhongguai meandering river and Shinan-Xiayan meandering river delta are well-developed and are favorable for forming nonstructural traps and have good potential for prospecting hydrocarbon.

Key words: III sequence; topographic break zone; seismic phase; sandbody; prediction; evaluation