

文章编号: 0253-9985(2009)01-0116-06

塔里木盆地牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山储层预测

崔海峰^{1,2}, 张年春², 郑多明³, 滕团余²

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院 西北分院, 甘肃兰州 730020; 3. 中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司 石油勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 塔里木盆地牙哈断裂构造带寒武系潜山地层剥蚀严重, 由上寒武统、中寒武统和下寒武统白云岩组成。寒武系潜山储层主要分布在潜山风化壳, 厚度不超过 100 m, 总体上属于裂缝-孔洞型复合型储层, 储层孔缝洞级别较小, 地震响应特征不明显, 储层横向非均质性较强, 基于模型的储层反演结果不能真实反映潜山储层横向展布规律, 利用保幅的三维地震纯波数据进行地震属性储层预测结果较为可信。通过属性相关性分析, 选取了均方根振幅、反射强度斜率和弧长 3 种属性进行聚类分析, 分析结果表明寒武系潜山白云岩储层主要发育在构造高部位和北部斜坡区, 呈星点状而非片状分布, 与钻井结果相吻合。

关键词: 地震属性; 潜山; 储层预测; 牙哈断裂构造带; 塔里木盆地

中图分类号: TE112.2 文献标识码: A

Prediction of dolomite reservoirs for the Cambrian buried hills in the Yaha fault structural belt, the Tarim Basin

Cui Haifeng^{1,2}, Zhang Nianchun², Zheng Duoming³, Teng Tuanyu²

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Northwest Branch of PetroChina Exploration & Development Research Institute, Lanzhou, Gansu 730020, China; 3. Research Institute of Exploration & Development, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: Severely eroded Cambrian buried hill in the Yaha fault structural belt of Tarim Basin consists of the Upper, the Middle, and the Lower Cambrian dolomites. The Cambrian buried hill reservoirs are mainly distributed in the weathering crust and have a thickness of less than 100 m. They as a whole belong to fractured-vuggy reservoirs, with the characteristics of relatively small pores, fractures and vuggies, undistinguished seismic responses and strong lateral heterogeneity. The results of model-based reservoir inversion can not reveal the real lateral distribution of buried hill reservoirs, but that of seismic attribute-based reservoir prediction with amplitude-preserved 3D seismic pure wave data are more reliable. According to the analysis of seismic attribute coherence, RMS amplitude, reflection strength slope and arc length attributes were selected to perform a multi-seismic cluster analysis. The results show that the dolomite reservoirs in the Cambrian buried hills mainly occur in the structural high and northern slope area and are in patchy distribution. These predictions are consistent with the drilling results.

Key words: seismic attribute; buried hill; reservoir prediction; Yaha fault zone; Tarim Basin

牙哈断裂构造带位于塔里木盆地塔北隆起轮台断隆的中段北缘, 是在中、新生界区域向库车凹陷北倾的背景上发育的南侧受牙哈大断裂控制的构造带, 其北临库车凹陷, 南接东河塘、雅克拉断裂

构造带, 东临二八台-提尔根断裂构造带, 西接齐满断裂构造带(图1)。轮台断隆处于北侧库车凹陷与塔北隆起交界部位的负反转断裂带内, 发育牙哈大断裂、轮台大断裂等控制的负反转构造, 这些反转

收稿日期: 2008-09-08。

第一作者简介: 崔海峰(1976—), 男, 博士研究生, 石油地质。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目(070106-4)。

断裂的规模不仅在塔里木盆地, 而且在中国西部压扭性盆地中也极为罕见, 加之其与油气聚集成藏关系密切, 因而倍受学者关注^[1-5]。轮台断隆是塔北古生代残余古隆起的核心, 是受轮台大断裂和牙哈大断裂控制的断垒块体, 主要形成于海西期; 印支期, 轮台断隆的继承性隆升, 隆起高部位的中生界、古生界部分缺失; 燕山—喜马拉雅早期, 轮台断隆进入快速沉降期^[6], 白垩系迅速沉积超覆在古生界奥陶系—寒武系或前震旦系变质岩之上; 喜马拉雅晚期, 塔北隆起开始区域性北倾, 造成古生界与中新世呈“入”字型相交, 即古生界向南倾、中新世向北倾, 为后期库车坳陷陆相油气向南进入轮台断隆圈闭内成藏创造了条件。研究区历经多期构造运动叠加改造, 沿断裂发育若干背斜、断背斜等

局部圈闭, 也致使寒武系潜山上覆地层缺失严重, 白云岩潜山储层经历岩溶作用与抬升剥蚀的改造过程, 储层横向非均质性较强, 地震响应特征不明显, 地震储层预测难度较大, 不同预测方法的结果差异性较大。本文在对寒武系潜山储层特征分析的基础上, 主要采用地震多属性融合预测方法, 来认识白云岩潜山储层横向展布规律。

1 潜山储层特征

1.1 潜山储层岩性特征

牙哈地区主要发育上寒武统、中寒武统及下寒武统白云岩潜山(图 2)^①, 上寒武统白云岩潜山储层主要由中—细晶白云岩、残余砂屑细晶白云岩

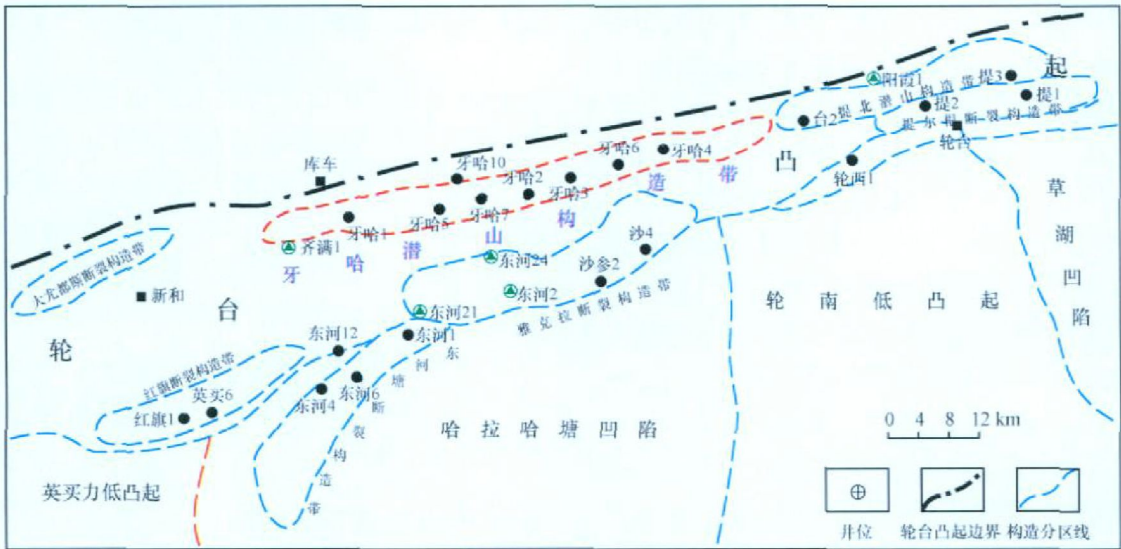


图 1 牙哈断裂构造带构造位置
Fig. 1 Location of the Yaha fault zone

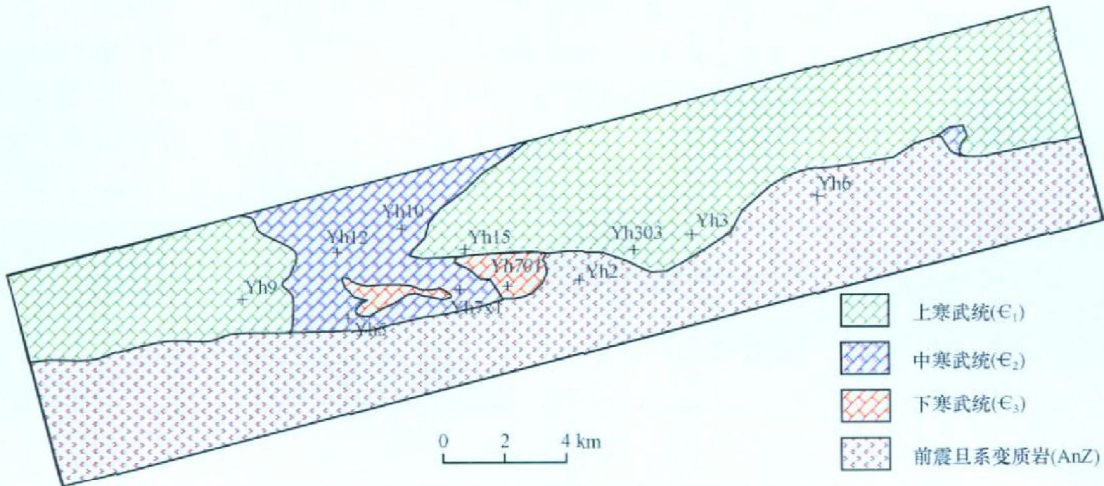


图 2 牙哈断裂构造带寒武系潜山地层分布
Fig. 2 Stratigraphic distribution of the Cambrian buried hills in the Yaha fault zone

① 崔海峰. 牙哈断裂构造带 5-7 井区构造解释. 塔里木油田研究院内部研究报告, 2006

和粉晶白云岩组成;中寒武统白云岩储层主要由泥晶白云岩、细晶白云岩、隐藻白云岩和砂屑白云岩等组成;下寒武统白云岩储层主要由灰色泥粉晶云岩、深灰、褐灰泥晶云岩等组成。目前油气发现主要集中在上寒武统和中寒武统,储层段的岩性主要为:含硅质团块的粉晶云岩、中、细晶白云岩、残余砂屑粉细晶云岩、残余砂屑(砂糖状)白云岩。不同岩性储层的储集物性差异比较大,此外角砾化的白云岩储集物性也较好。

1.2 潜山储层储集特征

结合牙哈断裂构造带钻遇寒武系的8口钻井的岩心缝洞观察、储集空间类型及组成、孔隙结构特征和测井解释成果综合判断,牙哈地区寒武系白云岩潜山储层发育有裂缝-孔洞型、孔洞型储层、裂缝型,总体上属裂缝-孔洞型复合型储层。孔洞直径范围在2~30 mm,一般为2~5 mm,大多数孔洞呈蜂窝状,分布较均匀,部分孔洞的长轴呈水平状延伸,主要发育在细粉晶白云岩、细-粗晶白云岩中;溶孔主要为白云石晶间孔、晶间溶孔,孔隙呈多角状,不规则椭圆状,孔径大小约0.01~2.00 mm,在中细晶白云岩和泥粉晶白云岩中皆有不同程度的发育;溶缝主要是在构造缝、层间缝或缝合线基础上经后期溶蚀扩大形成,也见于早期构造缝内充填物后期溶蚀形成的断续、弯曲、分枝状溶缝,宽度一般0.02~0.50 mm,有时成组出现。构造缝主要由构造作用形成,分为岩溶期前和岩溶期后两期裂缝,具有多期性。岩溶期前的构造缝多见有白云石、石英和陆缘碎屑充填物,或经受了岩溶作用改造发育成溶缝和溶蚀孔洞。岩溶期后的构造缝多为有效的缝,缝中的充填物较少,呈半充填-未充填^①。

1.3 潜山储层分布特征

牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山主要储集体位于顶部风化壳^②部位,厚度在100 m以内,潜山顶面的表生岩溶带剥蚀殆尽,在残余高地和残丘地区垂直渗流岩溶带也被全部剥蚀,只在斜坡地带有残余垂直渗流岩溶带,潜山的中上部以孔洞-裂缝型储层为主,潜山的中下部基本上以裂缝型储层为主。寒武系储层发育程度受潜山面风化壳岩溶发育程度、地层岩性以及构造破裂作用控制,潜山储层横向非均质性较强。

2 潜山储层地震预测

2.1 储层地震响应特征

牙哈断裂构造带寒武系潜山顶面为区域性不整合面,上覆为白垩系卡普沙良群泥岩,古生界缺失严重;潜山暴露时间较长,白云岩储层的表层岩溶带遭受剥蚀。储层孔洞级别较小,在地震剖面上响应特征不明显(图3),表现为强反射同相轴特征(储层发育在潜山顶面以下30 ms以内),没有轮南地区奥陶系储层的“串珠状”地震响应特征^[7~9]。寒武系潜山不同钻井的储层地震响应特征差异也不明显。

2.2 储层地震预测思路

鉴于牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山储层横向非均质性较强的特点,笔者以为在目前尚不能建立一套完整寒武系地层纵剖面的前提下,不宜用某一口井的测井曲线进行储层模型反演预测外推,要考虑基于模型的储层反演软件的适用条

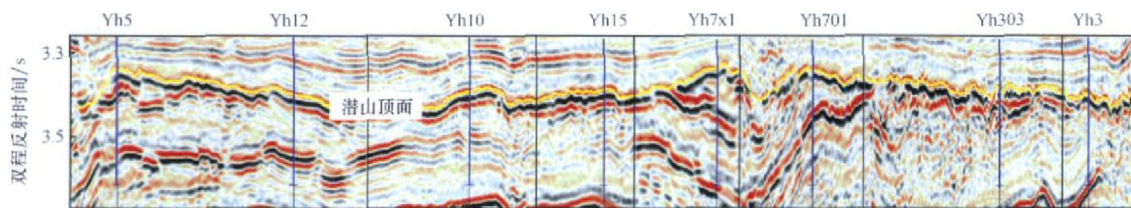


图3 牙哈断裂构造带寒武系连井地震剖面

Fig. 3 Well-tie seismic section of the Cambrian in the Yaha fault zone

①王振宇,马青,陈景山,等.英买力地区重点层系沉积储层研究.塔里木油田研究院,2006

②崔海峰,张年春,余建平,等.塔里木盆地塔北英买力-牙哈地区潜山勘探目标综合评价.中油股分公司,2007

件,即储层横向分布相对稳定,否则其反演结果具有很强的模型化(利用潜山顶面与下伏地层的层位模型,依靠已知钻井测井曲线模型内插值外推),潜山储层横向连续呈层状分布(红黄色条带表示有利储层发育带)(图 4a),给人以误导。利用保幅的三维地震纯波数据进行地震属性储层预测的结果可能更为可信(图 4b)。众所周知,地震属性方法中单一的地震属性应用存在一定局限性^[10,11],多属性聚类区分可能更为有效^[12~20],聚类分析时选择合适的地震属性参与聚类非常重

要,尤其是对主要控制参数(三维属性参数)的选择,应避免选择相同类型的属性,在不同类型的属性之间要选择相关系数较高的属性参与聚类分析。

2.3 储层地震属性预测

通过对振幅、能量、弧长、分频属性、反射强度斜率、平均瞬时频率等多种属性的相关性分析(图 5),选取了均方根振幅(图 6a)、反射强度斜率(图 6b)、弧长(图 6c)3 种属性进行聚类分析,对寒武

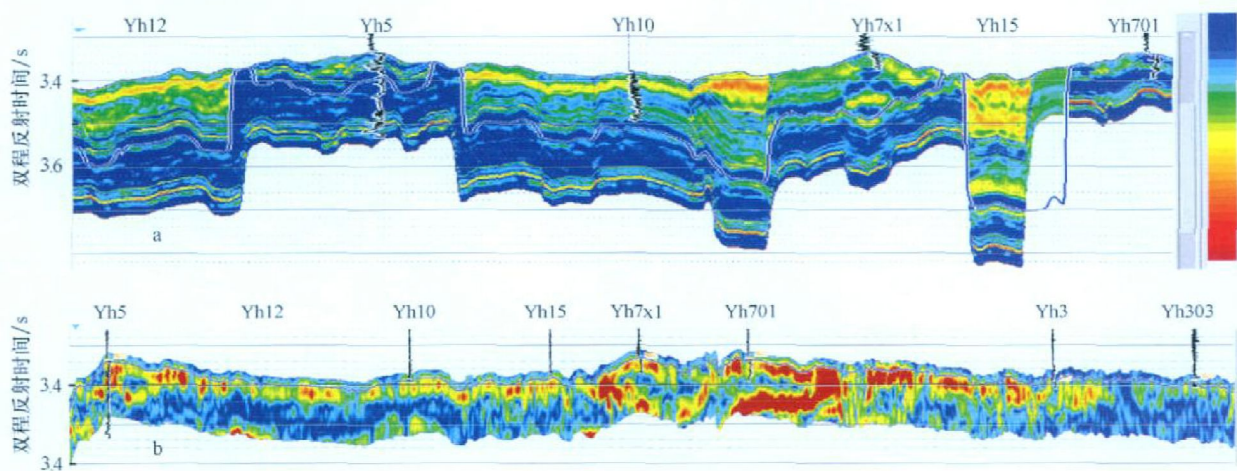


图 4 牙哈断裂构造带寒武系潜山储层连井地震属性预测剖面
Fig. 4 Well-tie sections of seismic attribute prediction for the Cambrian reservoirs in the Yaha fault zone
a. 基于模型的反演剖面;b. 地震振幅属性剖面

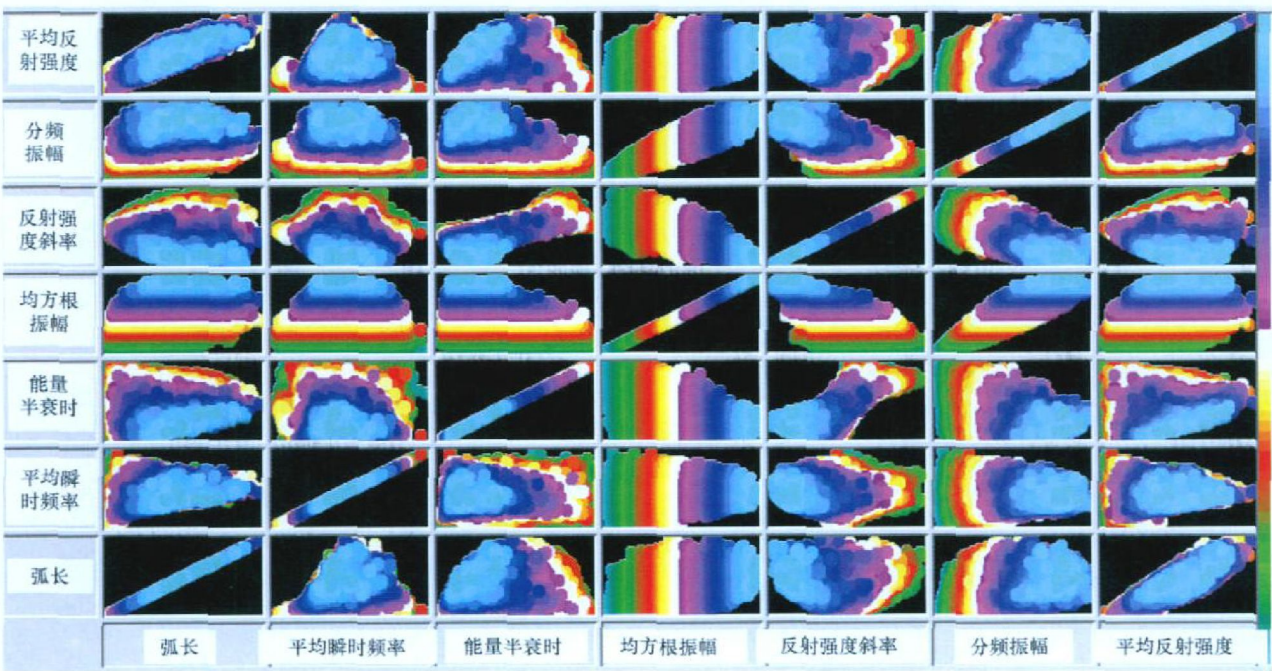


图 5 牙哈断裂构造带寒武系白云岩储层地震属性相关性分析
Fig. 5 Seismic attributes coherence analysis of the Cambrian dolomite reservoirs in the Yaha fault zone

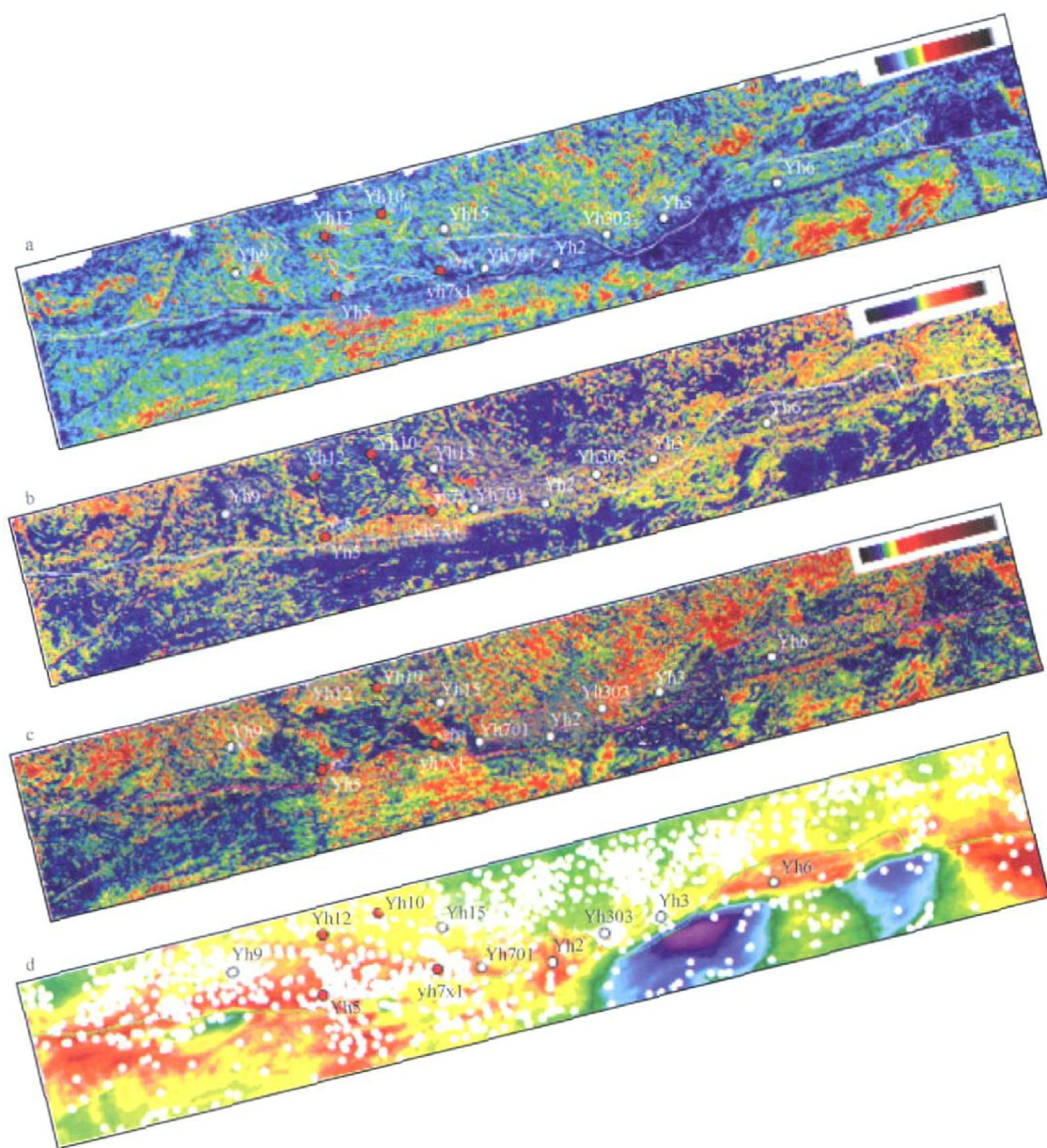


图6 牙哈断裂构造带寒武系白云岩储层地震属性分析

Fig. 6 Seismic attributes analysis of the Cambrian dolomite reservoirs in the Yaha fault zone

(a 振幅属性; b. 反射强度斜率属性; c. 弧长属性; d. 属性聚类)

系潜山储层进行分析, 图中的白点为潜山储层多属性预测的结果(图6d), 背景是寒武系古地貌图。寒武系白云岩潜山储层主要发育在构造高部位和北部斜坡区, 呈星点状而非片状分布, 上寒武统潜山储层物性明显好于中下寒武统潜山, 与潜山储层横向非均质性较强^[21]相吻合, 与钻井结果也一致。牙哈3和牙哈303井揭示上寒武统白云岩储层物性较好, 明显好于牙哈5、牙哈7x1、牙哈10、牙哈12及牙哈15井揭示的中寒武统白云岩储层, 牙哈701井钻遇的下寒武统白云岩储层物性较差。综合分析认为:

1) 振幅的纵、横向变化包含了反射界面上、下地层的岩性、岩层厚度、孔隙大小及所含流体性质等方面的信息。岩石孔隙裂缝中含有油气时将使波速度降低, 从而导致反射界面反射系数的变化, 在地震剖面上反映为反射波振幅的变化。振幅平面图显示为潜山储层呈星点状分布, 振幅的横向变化与已钻井吻合较好, 储层发育的牙哈3、牙哈5、牙哈7x1、牙哈10以及牙哈15井位于中值区的横向变化大的区域, 牙哈12和牙哈701井处于低值区的横向变化小的区域。

2) 反射强度斜率是分析时窗内反射强度的最

小平方回归拟合曲线的斜率,其横向变化能反映岩性的变化和烃类的聚集。在反射强度斜率平面图上,高产井牙哈5、牙哈7x1井位于反射强度呈块状的高值区(红黄色),低产井牙哈10、牙哈12井处于中值区(绿色),油气显示较好的牙哈3、牙哈303井也处于高值区,干井的牙哈701处于低值区。

3) 弧长是作为地震道的波形长度来定义的,它是在时窗内对所有地震道的变化范围的比例测量,其用于强振幅度高频率和强振幅度低频率之间与低振幅度高频率和低振幅度低频率之间的区别,相似于反射的非均质性。弧长属性平面图上的红黄色区域的弧长较大,储层缝洞比较发育,牙哈5井和牙哈7x1井均处于这一区域,牙哈701处于低弧长值区域(蓝色),牙哈303、牙哈3井也处于红黄色高弧长值区。

3 结语

1) 牙哈断裂构造带寒武系潜山遭受多期构造运动抬升剥蚀,上寒武统、中寒武统和下寒武统白云岩均发育,潜山储层经历岩溶作用下储层发育与抬升剥蚀作用下储层破坏的改造过程,受岩性和断裂活动影响,潜山白云岩储层横向非均质性严重。

2) 牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山主要储集体是顶部风化壳,厚度在100 m以内,潜山的中上部以孔洞-裂缝型储层为主,潜山的中下部基本上以裂缝型储层为主;储层孔缝洞级别较小,在地震剖面上响应特征不明显,表现为强波峰反射特征;寒武系潜山不同钻井的储层地震响应特征差异不明显。

3) 牙哈断裂构造带寒武系白云岩潜山储层横向非均质性严重,不同方法地震预测的结果差异较大。基于模型的储层反演结果具有很强的模型化,不能真实反映出潜山储层分布规律,利用保幅的三维地震纯波数据进行地震属性储层预测的结果可信度较高。

4) 多属性融合的地震储层预测结果表明,寒武系潜山白云岩储层主要发育在构造高部位和北部斜坡区,呈星点状分布,上寒武统潜山储层好于中寒武统,下寒武统潜山储层相对较差,与潜山储

层横向非均质性较强的特征相吻合。

参 考 文 献

- 冯祺,周东延,康利平,等.塔北隆起新和-轮台断裂带构造特征及其控油性[A].塔里木盆地油气勘探论文集[C].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992.267~273
- 董恩清,侯扬善.塔北牙哈断裂构造带构造特征及发育史研究[J].西安地质学院学报,1997,19(2):42~45
- 汤良杰,金之钧.塔里木盆地北部隆起牙哈断裂带负反转过程与油气聚集[J].沉积学报,2000,18(2):302~309
- 何文渊,李江海,钱祥麟,等.塔里木盆地北部隆起负反转构造成因机制探讨[J].地质科学,2001,36(2):234~240
- 卢华复,王胜利,罗俊成,等.塔里木盆地东部断裂系统及其构造演化[J].石油与天然气地质,2006,27(4):433~441
- 张光亚,赵文智,王红军,等.塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油所系统[J].石油与天然气地质,2007,28(5):653~663
- 刘静江,刘慧荣,谭林.塔里木盆地轮南奥陶系古潜山油气成藏与分布[J].地质科学,2004,39(4):533~542
- 韩剑发,王招明,潘文庆,等.轮南古隆起控油理论及其潜山准层状油气藏勘探[J].石油勘探与开发,2006,33(4):448~453
- 何君,韩剑发,潘文庆.轮南古隆起奥陶系潜山油气成藏机理[J].石油学报,2007,28(2):44~48
- 毛凤鸣,陈安定,严元锋,等.苏北盆地复杂小断块油气成藏特征及地震识别技术[J].石油与天然气地质,2006,27(6):827~840
- 曾忠,阎世信,魏修成,等.地震属性解释技术的研究及确定性分析[J].天然气工业,2006,26(3):41~43
- 张军华,朱焕,高荣涛,等.地震复合属性-地震属性提取与解释新方法[J].新疆石油地质,2007,28(4):494~503
- 鲍祥生,尹成,赵伟,等.储层预测的地震属性优选技术研究[J].石油物探,2006,45(1):28~33
- 陈宝书,杨午阳,刘全新,等.地震属性组合分析方法及其应用[J].石油物探,2006,45(2):173~176
- 管路平.塔河油田南部缝孔型碳酸盐岩储层叠前地震预测[J].石油与天然气地质,2008,29(5):654~667,675
- 吕公河,于常青,董宁.叠后地震属性分析在油气田勘探开发中的应用[J].地球物理学进展,2006,21(1):161~166
- 魏艳,尹成,丁峰,等.地震多属性综合分析的应用研究[J].石油物探,2007,46(1):42~47
- 程浪洪.塔里木盆地轮古西地区多地震属性储层综合预测[J].油气地质与采收率,2007,14(3):70~72
- 陈波,胡少华,毕建军.地震属性模式聚类预测储层物性参数[J].石油地球物理勘探,2005,40(2):204~206
- 崔海峰,郑多明,张年春,等.英买力地区复合潜山的地层分布及意义[J].地球物理学进展,2008,23(5):1514~1519
- 成荣红,彭洋,李建民,等.控制牙哈地区古潜山储集层非均质性的主要因素探讨[J].西部探矿工程,2005,9:55~56

(编辑 董立)