

塔中地区中古48井区鹰山组二段 碳酸盐岩储集层地震预测

刘鑫¹, 韩兴杰¹, 敬兵¹, 张海祖¹, 张敏¹, 张强²

(1 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院; 2 中国石油大学(北京)地球科学学院)

摘要 塔中地区中古48井区储层集中发育在奥陶系鹰山组二段,该段又划分为上亚段和下亚段。依据钻井资料,标定了不同层段、不同物性储集层的地震反射特征。利用地震资料提取不同层段的地震振幅属性,开展了钻后储集层地震预测与描述。储集层划分为I、II、III类三种级别,它们总体沿构造高地和断裂带分布。上亚段厚度110m左右,储集层主要分布在鹰山组顶面向下100m的范围内,沿不整合面都很发育,但I类储集层在构造低部位分布较少;下亚段厚度260m左右,储集层主要分布在鹰山组顶面向下110~200m的范围内,它与构造和断裂发育带的关系更为紧密,在构造较低部位欠发育。下亚段I类储集层要明显多于上亚段,中古45井已在下亚段获得高产油气流,说明下亚段储集层也有很大的勘探潜力。本区应该坚持上、下亚段两套目的层并举的勘探方向。

关键词 碳酸盐岩储层; 储集层预测; 地震预测; 塔中地区; 鹰山组

中图分类号: TE112.23

文献标识码: A

2010年在塔里木盆地塔中地区中古43—中古48井区发现了塔中10号中—下奥陶统鹰山组富油气区带(以下简称塔中10号区带),同年上交了千亿立方米天然气探明地质储量。中古48井区位于塔中10号区带西段,是该区带的重要组成部分。研究表明,该井区储集层主要分布在下奥陶统顶面以下270m的地层范围内。从目前油气产层分布状况看,优质储集层主要集中在下奥陶统顶面以下120m的地层范围内。储集层在横向上有一定的连通性,断层、构造裂缝及溶蚀作用等使它们形成了统一的储集体,呈准层状展布^[1]。很多人已经论述过塔中鹰山组的储集层特征^[1-2],笔者主要从不同深度段的储层预测角度来论述它们横向展布特征差异。

钻井表明,中古48井区储集层集中发育在鹰山组二段,是本井区勘探开发的主力层系,故对其进行精细描述十分必要。储集层地震预测可以在钻前和钻后进行。钻前无钻井资料,只能基于对储集层主控因素的认识来笼统地预测^[3-4];钻后预测主要依据钻井后取得的录井、测井及取心等资料,来描述不同地

层段的岩性、物性等特征。本文首先依据钻井所取得的丰富资料,标定不同层段、不同物性储集层的地震反射特征,然后利用地震资料提取不同层段的地震振幅属性,并对塔中地区中古48井区鹰山组二段开展了钻后储集层地震预测与描述。

1 地质概况

塔中地区(塔中隆起)中古48井区位于塔里木盆地塔中北斜坡塔中10号构造带西北端,与塔中40构造带相接合(图1),该区的主要钻井有中古45、中古48、中古441、中古462、塔中201等井(图1a)。

早奥陶世末—晚奥陶世初的中加里东运动,塔中地区构造应力场开始由张扭转变为压扭,塔中台地整体强烈隆升,与塔北对比研究表明,整体缺失中奥陶统一间房组—上奥陶统下部吐木休克组,其沉积间断约10Ma^[2]。塔中地区奥陶系自下而上划分为蓬莱坝组、鹰山组、良里塔格组和桑塔木组。鹰山组被分为四段,鹰山组一段和二段又各分为上、下两个亚段(图2)。中古48井区鹰山组包括四段、三段和二段,缺失一段^[5-6]。

收稿日期: 2012-06-11; 改回日期: 2012-12-20

刘鑫: 1982年生,硕士,工程师。2004年本科毕业于成都理工大学信息工程专业,2007年硕士毕业于成都理工大学地球探测与信息技术专业。主要从事油气地球物理研究。通讯地址: 841000 新疆库尔勒市 123 信箱; 电话: (0996)2174468

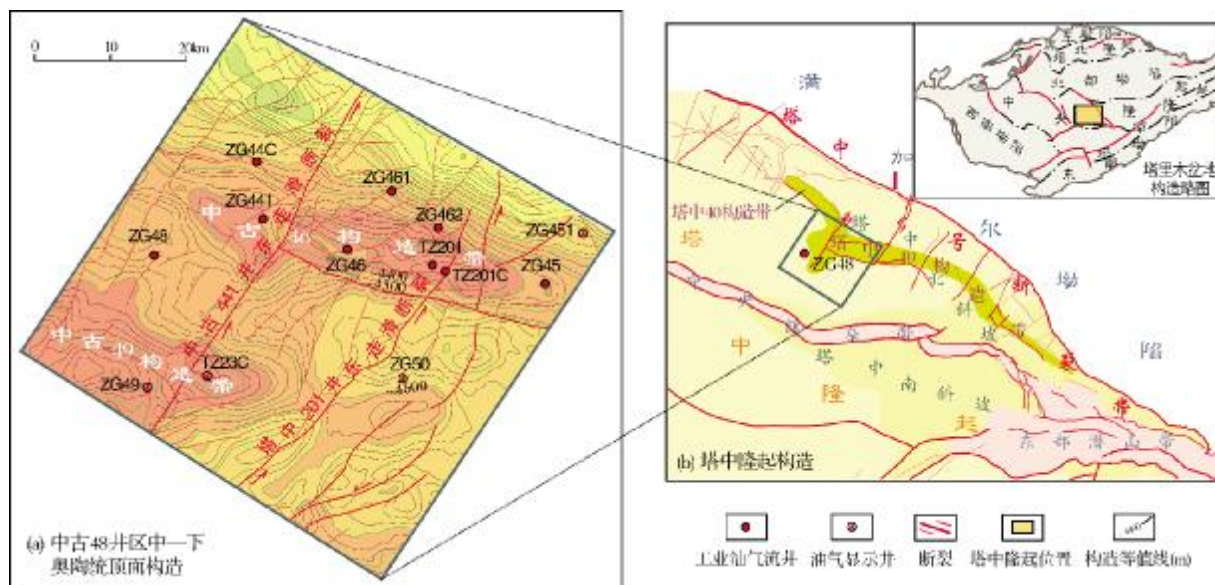


图1 塔中隆起构造和中古48井区中一下奥陶统鹰山组顶面构造及其位置图
井号前代号: ZG表示“中古”, TZ表示“塔中”

中古48井区鹰山组上部地层曾暴露于地表,遭受强烈剥蚀,鹰山组顶面是不整合面。上奥陶统里塔格组直接覆在鹰山组二段之上。储集层在鹰山组二段集中发育,主要为砂屑灰岩、泥晶灰岩和白云质灰岩。

研究区在平面上主要发育中古46构造带和中古49构造带两个局部构造带,呈近东西向展布(图1a)。两个构造带之间是平缓的斜坡过渡带,中古46构造带北侧是一个斜坡,整个研究区受走滑断裂的切割^[7]。2010年,中古48、中古441、中古45等多口井均在鹰山组二段获得高产油气流,证实了中古48井区鹰山组二段发育大范围的碳酸盐岩储集层。

中古48井区鹰山组二段划分为上、下两个亚段,储集层在上亚段和下亚段都有分布,但主要分布在上亚段。上亚段地层厚度一般在110m左右,储集层主要分布在鹰山组顶面向下0~100m的范围内,岩性以石灰岩夹杂少量白云质灰岩为主;下亚段厚度一般在260m左右,储集层主要分布在鹰山组顶面向下110~200m的范围内,岩性以白云质灰岩为主。塔中201、中古45、中古451等井在鹰山组二段下亚段都见到了大量白云质灰岩,说明在中古48井区该层段石灰岩已被大面积白云石化。

2 鹰山组二段储集层地震反射特征

中古48井区鹰山组碳酸盐岩储集层主要分布在

二段。物性较好的储集层表现为“珠状”或“片状”强反射特征,储集空间主要为洞穴和一些大的孔洞、裂缝,储集类型主要为洞穴型、裂缝-孔洞型。物性稍差的储集层表现为“杂乱”反射特征,储集空间主要为小的孔洞和裂缝,储集类型主要为孔洞型、裂缝-孔洞型。根据塔中地区奥陶系碳酸盐岩储集层测井评价电性与物性标准(表1)^[8],笔者将中古48井区鹰山组二段的储集层分为I类、II类及III类三种级别。下面我们对鹰山组二段的上、下两个亚段分别进行讨论。

2.1 鹰山组二段上亚段

中古48、中古441、中古462等多口井在鹰山组二段上亚段储集层获得高产油气流。以中古441井为例,从地震反射特征看(图3a),它在该亚段表现为“珠状”反射特征(如图中方框所示区域),能量强,储集层位置标定在“珠状”反射波谷的底部(如图3a中的A点)到波峰的顶部(如图3a中的B点)。测井解释结果,中古441井储集空间主要为洞穴和一些大的孔洞、裂缝,储集类型主要为洞穴型、裂缝-孔洞型,物性较好,评价为I、II类储集层。

中古44C、塔中201和中古45等多口井在鹰山组二段上亚段钻遇的储集层物性较差。以中古45井为例,从地震反射特征看(图3b),它在该亚段表现为“杂

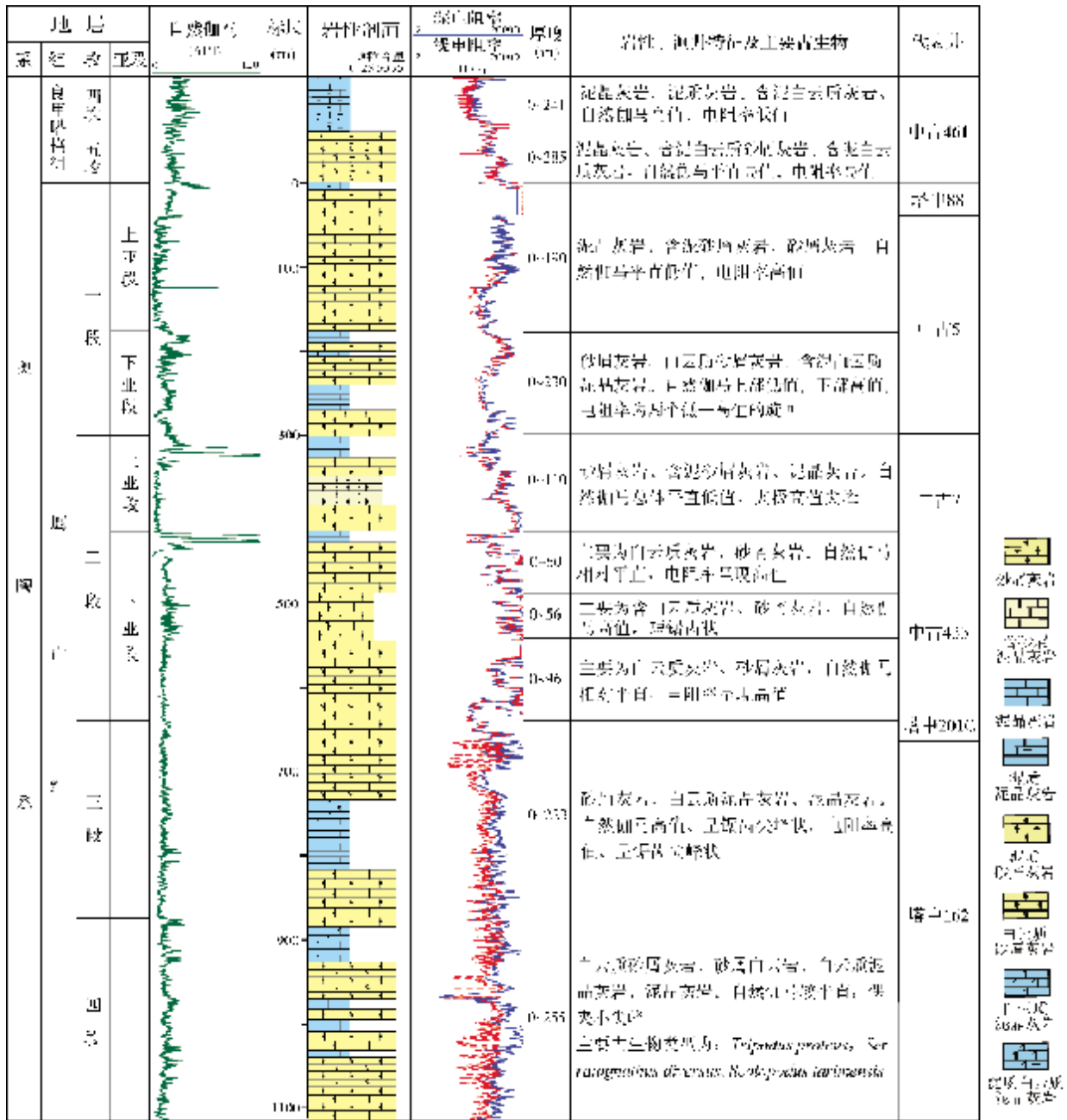


图2 塔中地区奥陶系鹰山组地层综合柱状图

表1 塔中地区奥陶系碳酸盐岩储集层测井评价电性与物性标准^[8]

储层级别	电性标准			物性标准	
	深侧向(R_t) ($\Omega \cdot m$)	浅侧向(R_s) ($\Omega \cdot m$)	二者关系	有效孔隙度 ϕ_e (%)	裂缝孔隙度 ϕ_f (%)
I类	$R_t < 300$	$R_s < 200$	$R_t \geq R_s$	≥ 5	≥ 0.1
II类	$300 \leq R_t < 1300$	$300 \leq R_s < 1300$	$R_t > R_s$	≥ 1.8	≥ 0.04
III类	$R_t \geq 1300$	$R_s \geq 1300$	$R_t \approx R_s$	< 1.8	< 0.04

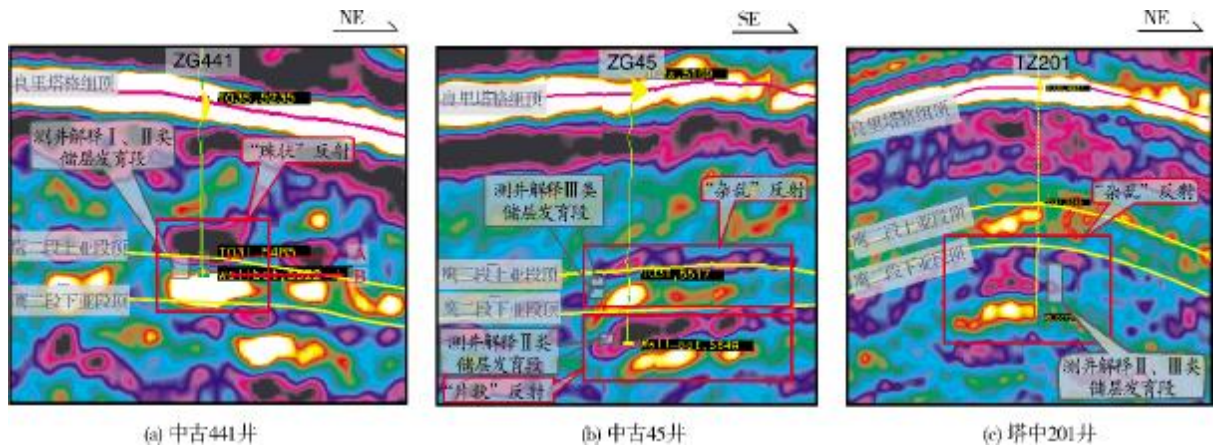


图3 塔中地区中古48井区鹰山组二段储集层地震反射特征

乱”反射特征,能量弱,储集层位置标定在“杂乱”反射的波谷底部到波峰的中部。测井解释结果,中古45井储集空间主要为小的孔洞和高角度裂缝,储集类型主要为裂缝-孔洞型,物性较差,评价为Ⅲ类储集层。

2.2 鹰山组二段下亚段

中古45井虽然在鹰山组二段上亚段的储集层较差,但在下亚段储集层却获得了高产油气流。从地震反射特征看(图3b),该井在鹰山组二段下亚段表现为“片状”反射特征,能量强,储集层位置标定在“片状”反射的波谷中部到底部。测井解释显示其储集空间主要为孔洞和高角度裂缝,储集类型主要为裂缝-孔洞型,物性较好,评价为Ⅱ类储集层。

另有多井口在鹰山组二段下亚段钻遇的储集层物性较差。以塔中201井为例,在对该亚段实施酸化和加砂压裂措施后求产,油压和气、液产量都比较低。从地震反射特征看(图3c),该井鹰山组二段下亚段表现为“杂乱”反射特征,能量弱,储集层位置标定在“杂乱”反射的波谷中部到底部。测井解释显示其储集空间主要为孔洞,储集类型主要为孔洞型,物性较差,测井解释为Ⅱ、Ⅲ类储集层。

3 中古48井区鹰山组二段储集层分布

前文已经阐述,中古48井区鹰山组顶面,即鹰山组二段上亚段顶面,是一个不整合面。该井区在勘探初期没有钻井,故对鹰山组二段储集层的认识只是基于不整合面对储集层的控制,是一个笼统的认识。一批探井完钻以后,获得了完整的录井、测井和取心等资料,这时,对研究区这一层段储集层在平面

和纵向上分布的认识更加细致了。笔者在描述中古48井区储集层分布时,主要采取钻前和钻后地震储集层预测的方法,即在钻前无井和钻后有井储层精细标定的情况下,利用地震资料分别提取不同目的层段的均方根振幅属性。

3.1 钻前储层预测

在钻前提取研究区鹰山组二段地震振幅属性(图4),将它与构造图(图1a)进行对比可见,钻前所预测的储集层沿不整合面都很发育,在构造高部位和走滑断裂旁则更为发育。

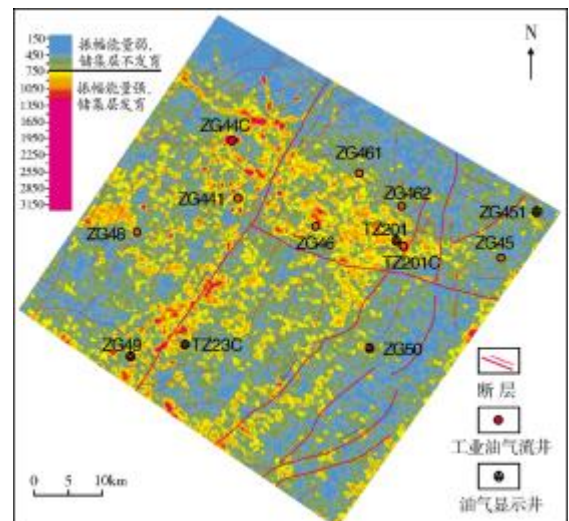


图4 塔中地区中古48井区鹰山组二段钻前利用地震振幅属性预测储集层平面图

时窗范围为鹰山组二段上亚段顶面向下85ms,深度范围为鹰山组二段上亚段顶面向下260m

应当指明,上述钻前地震储集层预测是对鹰山组二段整体的储集层预测,并不能反映上、下两个亚段的储集层差异。

3.2 钻后储层预测

精细标定研究区已钻井在鹰山组二段上亚段和下亚段碳酸盐岩储集层的地震反射特征(图3),揭示出上、下两亚段不同物性储集层的地震反射特征各不相同。现通过提取不同目的层段的地震振幅属性,分别研究它们的储集层平面展布规律。

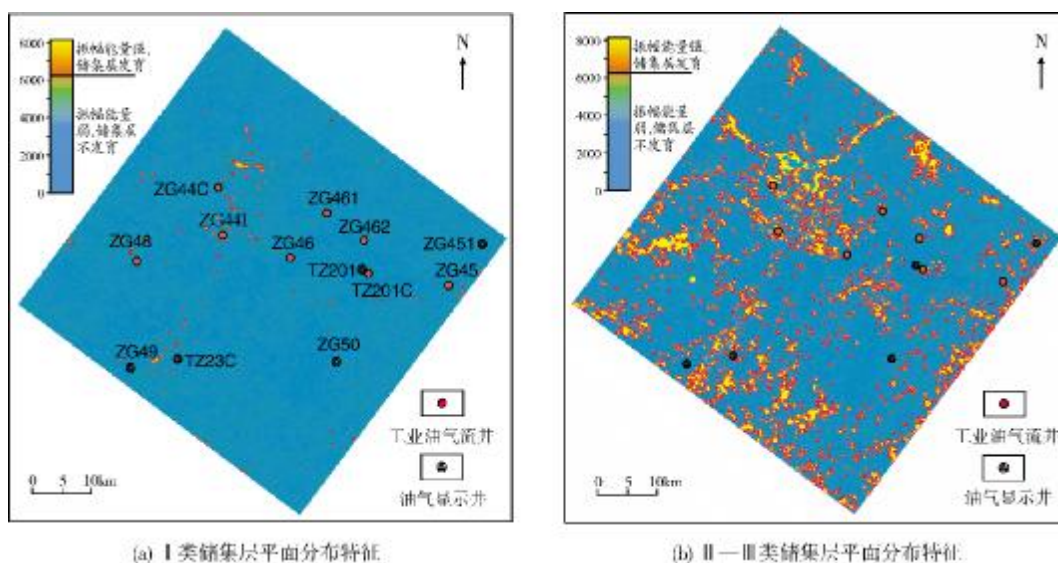


图5 塔中地区中古48井区鹰山组二段上亚段钻后利用地震振幅属性预测储集层平面图

3.2.2 鹰山组二段下亚段

研究区该亚段的储集层整体比上亚段更为发育。对比地震振幅属性图(图6)和构造图(图1a), I类(图6a)和II—III类(图6b)储集层主要分布在中古46和中古49两个局部构造带,同时在中古441井东和塔中201井东两条走滑断裂旁也有分布。中古48井区鹰山组二段下亚段储集层的平面展布特征与构造和断裂发育的关系紧密,在构造较低部位储集层欠发育。

3.3 储层评价

对比研究区钻前和钻后储层预测的结果(图4—图6),钻前储层预测是对鹰山组二段储集层笼统的预测,钻后预测是针对不同层段、不同物性、不同反射特征的储集层所开展的更精细的预测。根据上述钻后预测结果,笔者对中古48井区鹰山组二段储集

3.2.1 鹰山组二段上亚段

钻后储集层地震预测表明,研究区中该亚段的储集层整体比较发育(图5)。对比地震振幅属性图(图5)和构造图(图1a), I类储集层主要沿着中古441井东走滑断裂以及中古46和中古49两个局部构造带分布,构造较低部位分布较少(图5a); II—III类储集层的分布比较分散,沿不整合面都很发育,断裂附近及构造高处相对密集,但在构造较低部位也有明显分布(图5b)。

层进行了评价,主要依据已钻井储集层段地震反射特征、储集层物性等资料,分别统计了上亚段和下亚段 I类和II—III类储集层单元数及总面积(表2)。目前研究区高产油气井的储集层大都分布在鹰山组二段上亚段,但从表2可见,研究区鹰山组二段下亚段 I类储集层评价的结果要明显优于上亚段,并且以中古45井为代表,已在下亚段获得高产油气流,这充分说明下亚段储集层也有很大的勘探潜力,本区应该坚持两套目的层并举的勘探方向。

表2 塔中地区中古48井区鹰山组二段钻后地震储层预测评价

储层	储层级别	单元数	面积(km ²)	代表井	综合评价
上亚段	I类	129	4.7	中古441	优
	II、III类	1259	68.1	中古45	中等
下亚段	I类	489	18.0	中古45	优
	II、III类	1250	65.6	塔中201	中等

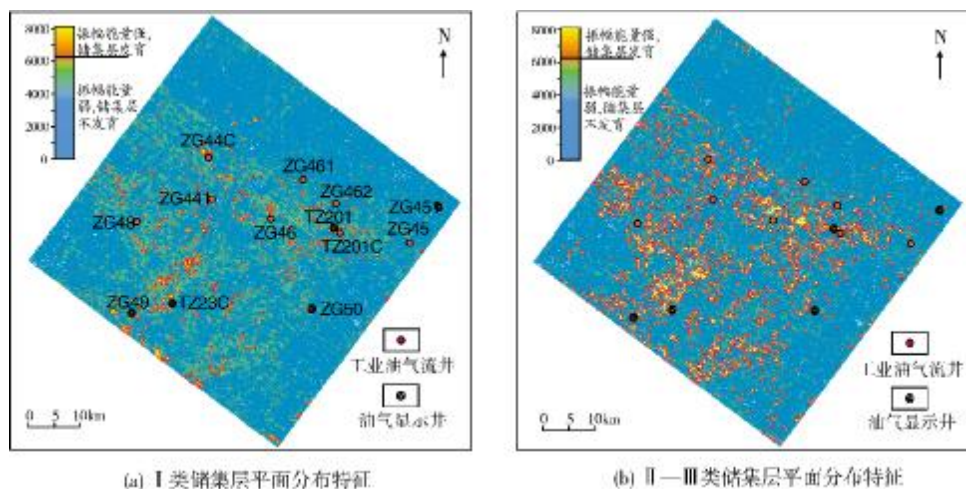


图6 塔中地区中古48井区鹰山组二段下亚段钻后利用地震振幅属性预测储集层平面图

3 结论与建议

(1) 塔中地区中古48井区鹰山组二段划分为上、下亚段两套储集层, 均包含 I、II、III 类三种级别的储层。

(2) 塔中地区中古48井区鹰山组二段上、下亚段储集层总体沿构造高地和断裂发育带分布。上亚段储集层沿不整合面都很发育, 但 I 类储集层在构造低部位分布较少; 下亚段储集层与构造和断裂发育带的关系更为紧密, 在构造较低部位欠发育。

(3) 钻后储集层地震预测能较好地描述储集层平面展布特征和物性差异, 与钻前预测相比, 储集层描述精度更高。

(4) 塔中地区中古48井区下亚段也有很大勘探潜力, 本区应坚持上、下亚段两套目的层并举的勘探方向。

参考文献

- [1] 吉云刚, 韩剑发, 张正红. 塔里木盆地塔中北斜坡奥陶系鹰山组深部优质岩溶储层的形成与分布[J]. 地质学报, 2012, 86(7):1163-1174.
- [2] 韩剑发, 张海祖, 于红枫. 塔中隆起海相碳酸盐岩大型凝析气田成藏特征与勘探[J]. 岩石学报, 2012, 28(3):769-782.
- [3] 杨凤丽, 印兴耀, 吴国忱. 埕岛油田河流相储层地震描述方法[J]. 石油学报, 1999, 20(4):24-29.
- [4] 穆玉庆. 岩性油藏地震描述技术在准噶尔盆地春光油田的应用[J]. 海相油气地质, 2010, 15(4):68-73.
- [5] 刘春晓, 杨小波, 钱利. 新疆塔中地区奥陶系地层划分与岩性研究[J]. 地层学杂志, 2009, 33(2):217-224.
- [6] 杨海军, 李勇, 刘胜. 塔中地区中、上奥陶统划分对比的主要认识[J]. 新疆石油地质, 2000, 2(3):208-212.
- [7] 罗春树, 杨海军, 李江海. 塔中奥陶系优质储集层特征及断裂控制作用[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(6):716-724.
- [8] 赵军, 海川, 张承森. 测井储层描述在塔中 I 号礁滩体的应用[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(2):86-90.

编辑: 吴厚松

Seismic Prediction of Ordovician Yingshan 2nd Carbonate Reservoirs in Well ZG-48 Area in Tazhong Uplift, Tarim Basin

Liu Xin, Han Xingjie, Jing Bin, Zhang Haizu, Zhang Min, Zhang Qiang

Abstract: The Middle-Lower Ordovician Yingshan 2nd Member carbonate reservoirs are developed in Well ZG-48 area, Tazhong, Tarim Basin. The 2nd Member of Yingshan Formation can be divided into the Upper and the Lower Submembers. According to drilling data, the seismic reflections of different submembers and reservoirs are calibrated. According to seismic amplitude properties, the seismic prediction and evaluation are carried out for the carbonate reservoirs after drilling. The reservoirs are divided into Types I, II and III in decreasing grade. It is shown that the Upper and the Lower Submember reservoirs are about 110m thick and about 260m thick respectively and distribute in the range of downward 0-100m and 110-100m respectively beneath the top surface of Yingshan Formation. The Upper Submember reservoirs develop well along the unconformity surface but Type I reservoirs are less in lower location of the anticline. The Lower Submember reservoirs that are thicker than the Upper ones are close related with faults. It is evaluated that the Types I reservoirs are obviously more in the Lower Submember than in the Upper Submember. Commercial oil flow has been drilled out at the Lower Submember in Well ZG-45, which implies good prospecting potential also in the Lower Submember.

Key words: Ordovician; Yingshan Formation; Carbonate reservoir; Reservoir prediction; Seismic prediction; Tazhong Uplift; Tarim Basin
Liu Xin; male, Master, Geology Engineer. Add: Tarim Institute of Petroleum Exploration and Development Research, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang, 841000, China