

文章编号:1672-9854(2008)-03-0017-07

## 塔中 I 号断裂带奥陶系良里塔格组 礁滩储集体模式与预测

周进高, 邓红婴, 范国章, 宫清顺, 郑兴平, 辛勇光

(中国石油杭州地质研究院)



周进高

**摘要** 塔里木盆地奥陶系良里塔格组礁滩储集体位于塔里木盆地塔中 I 号断裂带的东部。研究目的层良里塔格组, 由下部泥灰岩段、中部颗粒灰岩段和上部泥灰岩段组成。礁滩储集体主要发育在良里塔格组 9 个准层序中的 PS7 和 PS8 准层序组。从岩心观察入手, 建立了良里塔格组礁滩体的地质模式, 在此基础上, 通过对已知礁滩体测井响应和地震反射特征分析并结合地震特征属性建立了地震识别模式。利用该模式预测研究区礁滩储集体有利分布区, 预测结果为近年钻探的塔中 821 井等井所证实, 获得高产油流, 说明建立起来的地质—地球物理综合模式符合客观实际, 能有效地指导勘探。

**关键词** 塔里木盆地; 奥陶系; 良里塔格组; 碳酸盐岩储集体; 地质模型; 地震识别模式; 储层预测

**中图分类号**: TE112.23 **文献标识码**: A

**周进高** 1967 年生, 高级工程师, 2004 年于西南石油学院获理学硕士学位。主要从事沉积、储层研究工作。通讯地址: 310023 浙江省杭州市西溪路 920 号; 电话: (0571)85224940

### 1 地质背景

研究区位于塔里木盆地塔中低凸起 I 号断裂带的东部 (图1)<sup>[1]</sup>。塔中低凸起总体上是向西北倾没的不对称凸起, 西部相对平缓宽阔, 东南相对陡峭狭窄, 发育向西撒开、向东收敛的帚状断裂体系<sup>[2-5]</sup>, I 号断裂带位于该体系的北面。研究区内奥陶纪地层发育比较完整, 其上覆地层中有不同程度缺失。

本次研究的目的层良里塔格组, 由下部泥灰岩段、中部颗粒灰岩段和上部泥灰岩段组成<sup>[6]</sup>。下部泥灰岩段与中部颗粒灰岩段构成一个三级层序, 上部泥灰岩段与桑塔木组下部组成另一个三级层序<sup>[6]</sup>, 在此基础上作者将整个良里塔格组进一步分为九个准层序组, 即 PS1、PS2、PS3、PS4、PS5、PS6、PS7、PS8、PS9 (表1), 礁滩储集体主要发育在 PS7 和 PS8。

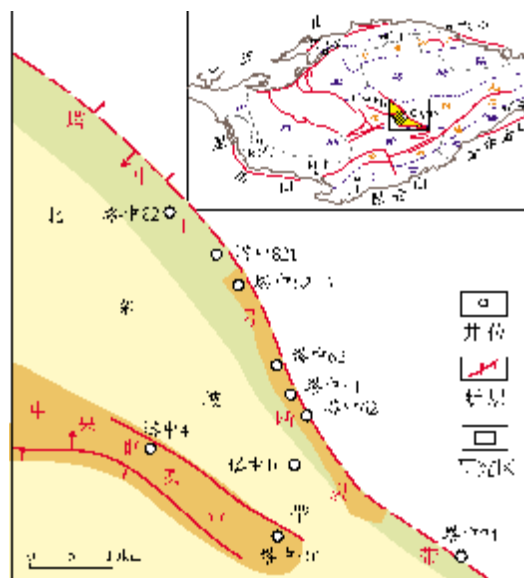


图1 研究区位置图<sup>[1]</sup>

收稿日期:2007-09-27

表1 良里塔格组各岩性段与准层序组关系

统	组	岩性段	三级层序	准层序组
上奥陶统	桑塔木组		层序 VI~VII	
	良里塔格组	上部 泥灰岩段	层序 V	PS9
		中部 颗粒灰岩段		PS8
				PS7
				PS6
				PS5
				PS4
				PS3
		下部 泥灰岩段		PS2
			PS1	

前人对研究区良里塔格组沉积相带作了较多研究工作<sup>[7-11]</sup>,笔者在前人研究基础上,以准层序组为编图单元,通过井震结合对良里塔格组沉积相带的平面展布进行了精细描述。以 PS8 为例,平面上可划分出开阔台地、台地边缘及台前斜坡等相带(图 2)。

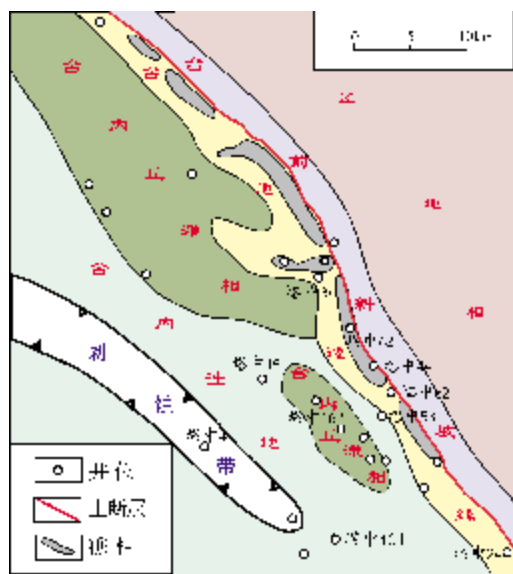


图2 塔中1号断裂带良里塔格组 PS8 准层序沉积相平面图

### 1.1 开阔台地

台地内发育台内丘滩、台内缓坡和台内洼地等微相。台内丘滩主要由灰泥丘和粒屑滩相互叠置组成。以塔中(TZ)162井4 448~4 456 m井段为例,灰泥丘岩性为灰色、绿灰色、紫红色和浅灰色藻纹层泥晶灰岩、藻凝块岩、藻粘结岩及泥晶灰岩等,鸟眼构

造及窗格构造发育,鸟眼孔及窗格孔中充填亮晶方解石胶结物,镜下可见少量陆源石英碎屑及粘土质类,并发育干裂纹;颗粒滩常见的是砂屑滩、生物屑滩及核形石滩,水体能量中等,以波浪作用为主,典型沉积特征如塔中162井4 320~4 330 m井段。

台内洼地主要包括静水沉积和风暴滩沉积,岩性为深灰色—灰黑色钙质泥岩、泥质泥晶灰岩、含泥质条带泥晶灰岩、风暴成因条带状泥晶生物屑砂屑灰岩、泥晶粉屑砂屑灰岩、泥晶粉屑灰岩、含生物屑泥晶灰岩、含核形石生物屑泥晶灰岩等,沉积构造有水平层理、变形层理、冲刷面及虫孔等,如塔中10井4 908~5 215 m井段(井位见图1右上角)。

台内缓坡位于局限台地或台地边缘到台内洼地之间,为一平缓倾斜的斜坡带。以含泥质条纹、条带泥晶灰岩等潮下低能沉积为特征,受风暴浪改造作用强烈,发育变形层理、微波状层理及粒序层理等沉积构造。如塔中58井良里塔格组下部4 650~4 665 m井段,岩性为含泥质条带泥晶灰岩,发育弱变形层理。

### 1.2 台地边缘

台地边缘沿塔中30—塔中24井区一线展布。分外带和内带,外带由中高能礁、滩组成,以塔中44井、塔中621井以及塔中62井最为典型。如塔中44井4 850~4 910 m井段可见生物骨架岩,造礁生物主要为四方管珊瑚、层孔虫及托盘类等;塔中62井4 850~4 910 m井段为滩相亮晶生物碎屑灰岩。内带由中低能丘滩组成,以塔中30、塔中58井较为典型。如塔中30井良里塔格组中部5 071.8~5 104.46 m井段,岩性为浅灰色泥晶—亮晶生物屑灰岩、泥晶—亮晶砂砾屑灰岩、亮晶含砂屑鲕粒灰岩及亮晶鲕粒灰岩。

## 2 地质模型

塔中地区钻达良里塔格组的探井已有20多口,其中有10口钻遇台缘礁滩体,以塔中62井和塔中621井较为典型。从取心段来看,塔中礁滩体实际上是层状生物礁和颗粒滩的复合体。

### 2.1 滩体特征

塔中62井4 706~4 758 m取心井段为典型滩相沉积(图3),由三个向上逐渐变细的旋回组成,4 758~4 738.78 m井段构成旋回I,4 738.78~4 731.38 m井

段为旋回Ⅱ,4731.38~4706m井段为旋回Ⅲ。下部两个旋回颗粒较粗,砂屑—砾屑级,颗粒成分主要为棘皮屑灰岩,亮晶胶结,上部旋回颗粒变细,以砂级为主,粒间泥晶充填。岩心观察表明溶洞的发育与粒度密切相关,粒度粗则溶洞发育,颗粒变细,溶蚀孔洞相对不发育。溶洞大小一般为1~3mm,呈圆形、椭圆形及不规则状,大多半充填—未充填,孔洞发育段岩石呈蜂窝状,面孔率一般2%~4%,最高可达7%左右。

溶洞大多顺层或沿斜缝分布,显示溶洞的形成与顺层的潜流带溶蚀以及沿裂缝溶蚀有关,此外,溶洞发育段与不发育溶洞段呈层状间互分布,且孔洞主要分布在生物屑灰岩段,又显示孔洞的形成与层间岩溶相关,王振宇等<sup>[12]</sup>研究认为礁滩体曾经历过大气淡水透镜体的影响。经统计,PS8层序测井解释平均孔隙度为3.18%,渗透率为 $0.36 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,岩心实测孔隙度平均为2.41%,渗透率为 $0.883 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

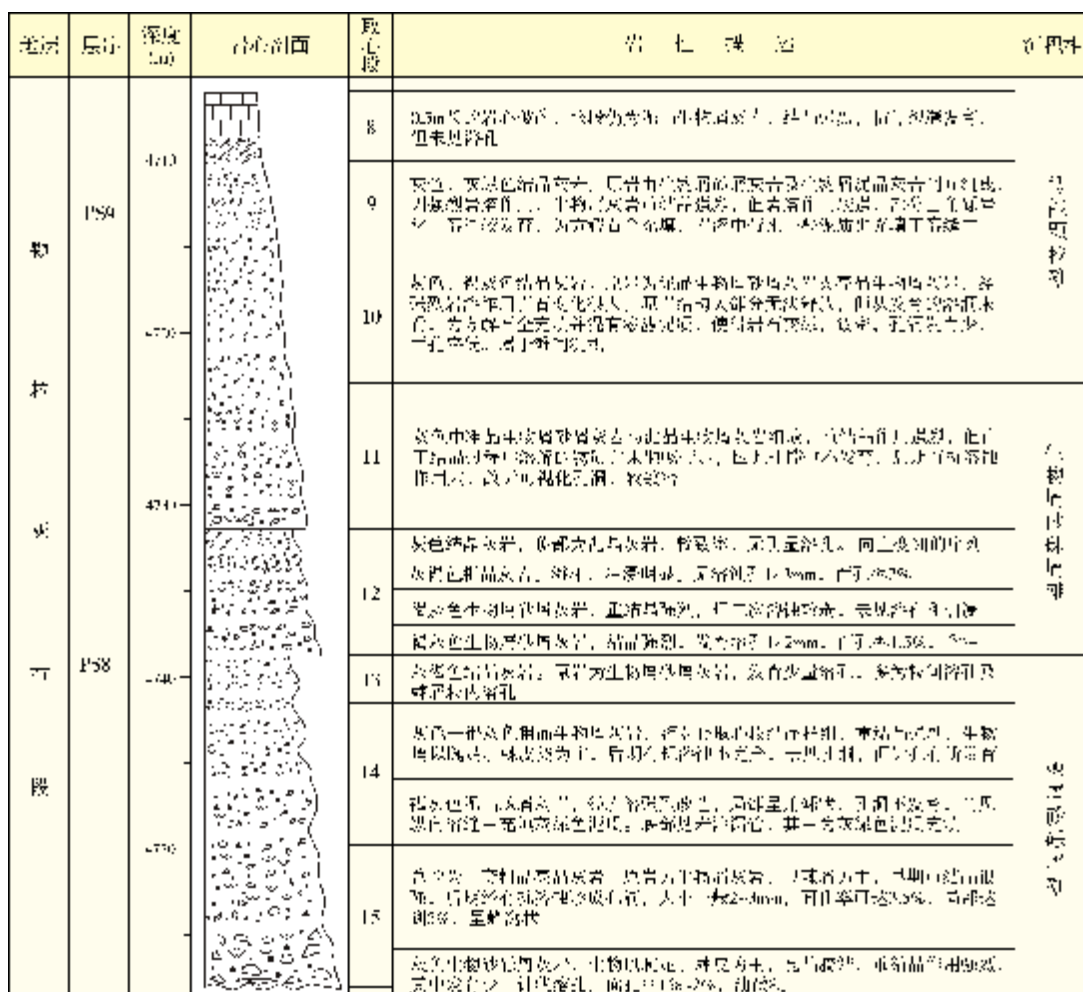


图3 塔中62井取心段礁滩体特征

## 2.2 礁体特征

塔中621井礁体发育有三期(图4),第一期礁体深度为4881~4877.6m,厚度3.4m,第二期礁体4876.5~4875.3m,厚度1.2m,第三期礁体深度4874.5~4873.2m,厚度1.3m,造礁生物包括层孔虫、托盘类、苔藓虫及珊瑚等,附礁生物以藻类、介形虫为

主,生物具弱抗浪格架,以障积为主。三期礁体纵向上呈加积叠置生长,礁体间为生物屑灰岩组成的生物屑滩。从物性情况看,岩心测定礁体孔隙度平均值为1.79%,渗透率为 $1.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,滩相孔隙度平均值为2.34%,渗透率均值为 $0.317 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,测井解释礁体孔隙度平均值为2.66%,滩相孔隙度平均值为2.05%。





表2 塔中地区礁滩丘体测井响应模式

相别	自然伽马(API)		声波测井(μs/ft)		电阻率(Ω·m)		密度(g/cm³)		中子值(%)	曲线形态
	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	最大值	
礁相	5~17	10.61	45~59	50.9	110~4500	538	2~2.73	2.66	7.53	伽马值相对较低,电阻率值较高。伽马、声波曲线呈箱形,局部微齿形
滩相	5~30	14.27	40~55	50.1	60~6000	857	1.2~2.85	2.66	15	伽马值略高于礁相,电阻率值相对最高,声波略低于礁相。厚层曲线呈箱状。中子值高于礁相,密度与礁相相当
丘相	10~50	22.51	47~60	51.59	20~3400	319	1.98~2.78	2.72	46	伽马值明显高于礁滩相,电阻率值明显小于礁滩相,声波、密度、中子值比礁滩相略高。曲线呈幅度低的齿状,与滩间互发育
泥晶灰岩	12~80	40.9	50~130	52.2	10~1100	141	2.61~2.77	2.7	5.76	伽马值明显高于其他微相,电阻率最低,声波略高于其他微相。密度、中子与其他微相没有明显区别。伽马曲线呈现幅度很高的锯齿状。电阻率呈幅度低的平直状

的上超现象等。进一步研究显示,礁滩体具有地震走时  
时长、振幅和能量弱以及波形混杂分布等特征属性。

综合上述地质模型和地球物理模型,建立了良里塔格组礁滩体地震识别模式(表 3,图 6)。

表 3 良里塔格组礁滩丘沉积体地震识别模式

沉积体	时间(厚度)	振 幅	相干性	波 形
礁	沉积厚度远大于相邻相带,是滩、丘沉积的 3~5 倍,陡坡礁的沉积厚度大于台内缓坡礁,台内缓坡礁的厚度大于台内斑礁	以弱振幅或空白反射为主,礁发育段反射能量远小于相邻相带	以斑点状弱相干为主,反映反射波弱且纵横向变化快	5类或 4类波形混杂分布,波形纵向和横向变化快,反射弱且不稳定
滩	沉积厚度变化与礁发育类型有关,与陡坡礁有关的滩沉积厚度大,减薄快,与缓坡礁有关的滩沉积变化缓慢,局部见前积反射结构	以中、弱振幅为主,振幅横向变化较大,不稳定,反射能量中等	以中弱相干为主,平面上成团块状,反映反射波具有一定的稳定性	4类或 3类波形混杂分布,波形横向变化比礁发育带弱,局部聚类分布
丘	沉积厚度与滩体相当,小于滩-礁间互沉积区,与局部沉积环境有关,如 TZ16 井区沉积厚度大于 TZ80 井区	以中、强振幅为主,振幅横向变化小,强反射能量区连片分布	以强相干为主,连片分布,反映反射波变化小,与礁差别大	两类波形交互分布,波形分布趋于稳定,聚类连片,不同地区聚类不同

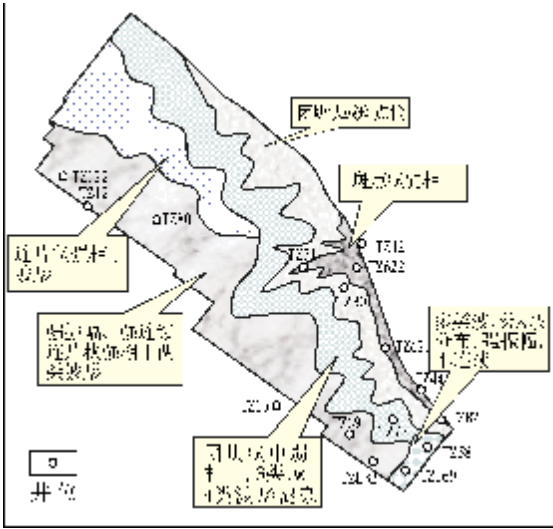


图 6 良里塔格组礁滩体地震识别模式

5 礁滩体预测结果

利用建立的礁滩体地震识别模式,对良里塔格组上部礁滩体分为上(PS6、PS7)、下(PS8、PS9)两段进行了预测,并计算了礁滩储集体的厚度。

由图 7 可知,礁滩体下段储层分布范围广,厚度为 30~120 m,沿 I 号断裂带向台内储层厚度有减薄的趋势,该沉积为水进初期的产物,储层物性向上有变好的趋势;礁滩体上段储层厚度为 0~160 m,分布范围较下段向 I 号断裂带收敛,主要是因为良里塔格组后期水进过程中,研究区内局部地区不利于储层发育,而在适合礁生长的 I 号断裂带附近,礁的发育较为活跃,沉积了厚度较大的礁滩储集体,优质储层主要集中在礁建

隆及其邻近区。据此优选了滩相相对发育的塔中82井区作为勘探靶区,后经塔中821井等井钻探证

实该区滩类储层厚度大并获得高产油流,从而验证了预测模式的准确性和实用性。

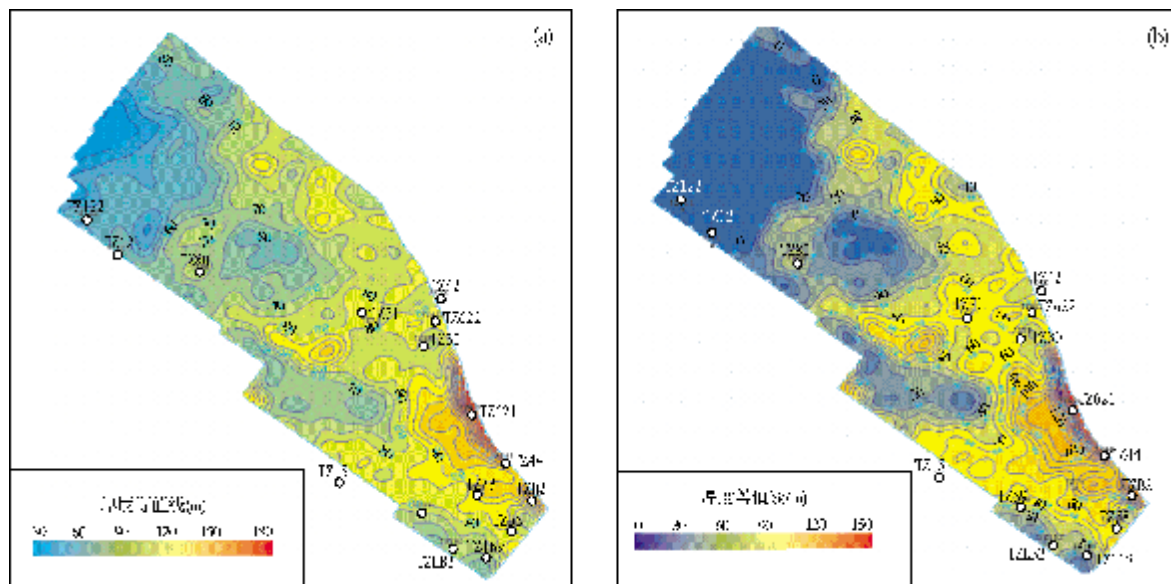


图7 良里塔格组上部优质储层下段(a)和上段(b)厚度

## 6 结论

(1) 研究区良里塔格组属典型碳酸盐岩台地沉积,平面上可识别出开阔台地、台地边缘及台前斜坡等相带。礁滩储集体主要发育在台地边缘相,纵向上则主要分布在PS7和PS8,它是在缓慢海侵的背景下由多期礁滩叠置而成,是区内主要储层和重要产层。

(2) 通过岩心观察,建立了礁滩体地质模型。一般礁滩体在纵向上由厚1~20m的颗粒滩与厚0.5~3m的礁体叠置而成,或由数个颗粒滩叠置组成,纵向厚度达数十米甚至上百米;平面上,礁滩体沿塔中I号带呈北西—南东向断续延伸数十千米,北东—南西向宽几千米至十几千米。

(3) 对取心段岩性与电性分析表明,自然伽马最能反映各微相特征,礁相自然伽马极低,一般分布在5~17 API,平均10.61 API;滩相介于5~30 API,平均14.27 API,丘一般介于10~50 API,平均为22.51 API。岩相测井响应模式的建立对地质模型的修正以及地震识别模式的建立具有重要作用。

(4) 在建立地质、测井模型基础上,综合地震

反射和特征属性分析,建立了研究区礁滩体地震识别模式并利用该模式对研究区礁滩体有利储层分布区进行了预测。预测结果在近年的实际钻探中得到证实并获得高产油流。

## 参考文献

- [1] 沈安江,王昭明,杨海军,等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层成因类型、特征及油气勘探潜力[J]. 海相油气地质, 2006, 11(4): 1-4.
- [2] 张宗命,吕炳全,曹统仁,等. 塔里木盆地中央隆起的构造特征与演化[M]//童晓光,梁狄刚,贾承造. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京:科学出版社, 1996: 110-118.
- [3] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社, 1997.
- [4] 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 177-183.
- [5] 张振生,李明杰,刘社平. 塔中低凸起的形成和演化[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 28-31.
- [6] 杨海军,刘胜,李宇平,等. 塔中地区中-上奥陶统碳酸盐岩储集层特征分析[J]. 海相油气地质, 2000, 5(1-2): 73-83.
- [7] 陈景山,王振宇,代宗仰,等. 塔中地区中上奥陶统台地镶边体系分析[J]. 古地理学报, 1999, 1(2): 8-17.
- [8] 李宇平,李新生,周翼,等. 塔中地区中、上奥陶统沉积特征及沉积演化史[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(3): 204-207.
- [9] 魏国齐,贾承造,宋惠珍,等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系构

- 造—沉积模式与碳酸盐岩裂缝储层预测[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 408-413.
- [10] 谢晓安, 吴奇之, 卢华复. 塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征[J]. 沉积学报, 1997, 15(1): 152-155.
- [11] 张传禄, 韩宇春, 罗平, 等. 塔中地区中及上奥陶统沉积相[J]. 古地理学报, 2001, 3(1): 35-44.
- [12] 王振宇, 李宇平, 陈景山, 等. 塔中地区中—晚奥陶世碳酸盐陆棚边缘大气成岩透镜体的发育特征 [J]. 地质科学, 2002, 37(增刊): 152-160.
- [13] 任兴国, 姚声贤, 罗利, 等. 川东生物礁测井响应及判别模式[J]. 测井技术, 1999, 23(3): 190-197.
- [14] 温志峰, 钟建华, 王芳, 等. 柴西生物礁储集层的测井响应特征与最优判别[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(1): 16-20.

编辑: 金顺爱

## Geological-geophysical Model and Prediction Application of Upper Ordovician Lianglitage Reef-shoal Reservoir in Tazhong Area, Tarim Basin

Zhou Jinggao, Deng Hongying, Fan Guozhang, Gong Qingshun,  
Zheng Xingping, Xin Yongguang

**Abstract:** A great progress of petroleum exploration has been made and commercial oil flows have been obtained in upper Ordovician Lianglitage reef-shoal reservoir along the eastern part of Fault Belt- I in Tazhong area recent years, which indicates that Lianglitage Formation is of a great commercial value of petroleum exploration. Lianglitage Formation consists of marl member in the lower, grain limestone member in the middle and marl member in the upper. Based on observation of well cores and field crops, a geological model of Lianglitage reef-shoal reservoir is built. A seismic recognition model is set up according to logging characteristics and seismic reflection of the reef-shoal. The result of prediction to favorable areas of reef-shoal reservoir with the model has proved by drillings in recent years. It is suggested that this geologic-geophysical model is fitted with the practice and can be used to guide petroleum exploration in this area.

**Key words:** Upper Ordovician; Lianglitage Formation; Carbonate reservoir; Reef-shoal reservoir; Reservoir prediction; Geological model; Seismic recognition; Tarim basin

**Zhou Jinggao:** male, Master, Senior Geologist. Add: Hangzhou Institute of Petroleum Geology, PetroChina, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China