

YM2 井区碳酸盐岩储层评价标准及其应用

冯 添^{a,b}, 李忠权^{a,b}, 段新国^{a,b}, 李 卿^{a,b}

(成都理工大学 a. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室; b. 构造成矿成藏国土资源部重点实验室, 成都 610059)

摘 要:YM2 井区储层为典型的碳酸盐岩储层, 储层非均质性强。通过岩性、测井、地震解释等资料成果可将 YM2 井区储层初步划分为溶洞型、裂缝-孔隙型及裂缝型三大类, 并依此标准对溶洞型储层的代表—YM2 井进行了初步的单井精细描述, 预测该井为高产井, 为下一步该区块的潜力评估及开发部署做铺垫。

关键词:碳酸盐岩储层; 储层评价; 单井精细描述

中图分类号:TE122

文献标志码:A

YM2 井区位于塔里木盆地北部库车坳陷古潜山构造带, 是典型的奥陶系碳酸盐岩溶洞裂缝型油气田。碳酸盐岩缝洞型油藏开发的难点在于缝洞分布发育规律及储层的划分。本区油藏储层空间种类多, 非均质性强, 如何具体的划分本区碳酸盐岩储集空间类型将是以后开展大规模开发生产的首要前提。

1 矿区概况

1.1 位置

本文所涉及研究工区位于塔里木盆地北部英买力地区 YM2 古潜山构造带, 处于塔北隆起西端, 北邻库车坳陷, 西为阿瓦提凹陷, 东面为哈拉哈塘凹陷, 南面是北部坳陷, 为一四周被凹陷包围、向南倾伏的鼻状凸起^[1]。

塔北隆起位于塔里木盆地北部, 为一古生界残余古隆起, 北以秋里塔格逆冲推覆带与库车坳陷为界, 南大致以塔里木河为界与满加尔凹陷和阿瓦提凹陷为过渡关系, 西以喀拉玉尔滚断裂与阿瓦提凹陷为界, 东与库鲁克塔格断隆为过渡关系。塔北隆起是海陆相油气长期运聚的有利指向区, 储集类型和油气藏类型丰富, 是塔里木盆地探明储量和石油产量最多的一级构造单元。

塔北隆起根据古生界顶面地质特征和形态可划分为六个二级构造单元: 轮台凸起、南喀—英买力构造带、

哈拉哈塘凹陷、轮南低凸起、草湖凹陷、库尔勒鼻状隆起(图 1)。其中南喀—英买力低凸起古生界整体上表现为宽缓背斜, 岩浆岩、膏盐岩发育; 轮台凸起的隆起轴部则表现为古生代断隆, 主体由变质岩组成。轮台凸起为变质岩高幅抬升, 而英买力地区抬升幅度较低^[2]。

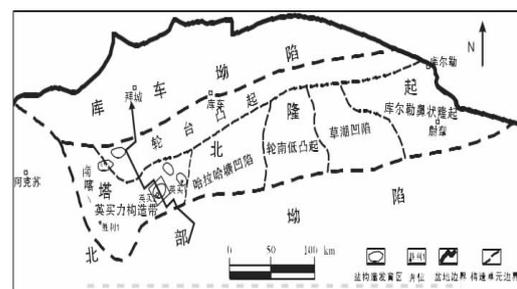


图 1 研究工区位置图

1.2 沉积特征概况

YM2 区块各井钻遇地层基本一致, 自上而下为新生界第四系, 新近系和古近系, 中生界白垩系、侏罗系、三叠系, 古生界志留系、奥陶系。缺失二叠系和石炭系地层及奥陶系上统部分地层。研究层系奥陶系与上覆志留系不整合接触, 由上至下地层依次为桑塔木组、良里塔格组、吐木休克组、一间房组、鹰山组^[3]。

塔里木盆地沉积盖层中存在多个不整合界面和多

收稿日期:2013-08-20

作者简介:冯 添(1988-), 男, 河北永年人, 硕士生, 主要从事含油气盆地分析方面的研究, (E-mail)fengtian1229@163.com

个沉积体系。在纵向上古生代为海相克拉通沉积,中、新生代为陆相前陆盆地沉积;在平面上有多个沉降中心,而不同时期的沉降和隆起既有继承性,又有迁移和相互转换,并且经历了多次沉降和隆起的复杂构造演化历史^[4]。

1.3 勘探开发历史及现状

YM2 油藏奥陶系油气藏位于塔里木盆地北部英买力地区 YM2 古潜山构造带, YM2 号构造为晚海西期形成的背斜^[5]。该构造是 1990 年发现的,当时解释为一个完整的穹窿构造,目的层埋深 6000 m。1992 年 YM2 井在下奥陶统的碎屑泥晶灰岩中发现了工业油流,经两次酸化后日产原油 296 m³。

YM2 油藏目前发现的油藏属于碳酸盐油藏,油气分布主要受到储层、构造位置及油源条件的影响。储层的储集空间以溶蚀孔洞、裂缝为主,储层非均质性强,在一定范围内储层之间以裂缝系统沟通,构造对油气的控制程度较高^[6]。

截止到 2012 年 3 月 19 日, YM2 油藏共有完钻 35 口井,其中预探井 2 口,评价井 5 口,开发井 28 口,累计产油 54.19 × 10⁴t,井口日产油 523 t。

2 YM2 井区储层基本数据

有效评价碳酸盐岩储层的首要步骤是进行储集空间分类,然后建立不同储层类型的测井响应特征。碳酸盐岩储层的储集空间可划分为 3 种基本类型,即裂缝、孔洞和溶洞。在地质作用过程中,由于 3 种储集空间类型可以发生不同的组合,从而可形成不同的储层类型,闫相宾在研究了塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征后,从有利于油气开发和易于识别的角度,将碳酸盐岩储层分为了 6 类,即洞穴型储层、风化裂隙型储层、构造裂隙型储层、台缘滩相颗粒灰岩溶蚀孔隙型储层、花斑状灰岩裂隙孔隙型储层和地表残积物裂隙孔隙(洞)型储层^[7]。

徐敬领从碳酸盐岩不同储集空间的测井响应特征的角度,将碳酸盐岩储层类型划分为孔洞型、裂缝型和裂缝—孔洞混合型等。孔洞型储层的主要储集空间是溶蚀孔、洞,是原生孔隙经过溶蚀改造形成的,裂缝欠发育,通常储集性能较好,但渗流能力较差,储层的形成和发育主要受控于沉积和成岩作用。裂缝型储层的储集空间以裂缝为主,基质物性较差,原生孔隙和次生孔洞均不发育,储集性能较差,渗流性能好,储层的发育主要受控于构造作用,收缩作用和风化作用等。裂缝—孔洞型储层是孔洞型储层和裂缝型储层的良好组合,孔洞是

其主要的储集空间,裂缝既作为储集空间,又作为重要的渗流通道,储层的发育受控于成岩、沉积和构造的综合作用^[8]。

通过岩心、成像测井、扫描电镜等资料观察,按照储层储渗空间的几何形态、大小和成因,可将工区内奥陶系碳酸盐岩储集空间类型划分为 3 大类 12 小类(表 1)。

表 1 YM2 区块一间房及鹰山组碳酸盐岩储集空间类型分类表

形态分类	成因分类	直径或宽度(μm)
溶洞	巨洞(洞穴)	> 100 × 10 ³
	大洞	10 × 10 ³ ~ 100 × 10 ³
	中洞	5 × 10 ³ ~ 10 × 10 ³
	小洞	2 × 10 ³ ~ 5 × 10 ³
裂缝	构造溶蚀缝	大小不等
	构造缝	几—几十
	压溶缝	几—几十
孔隙	裂缝充填孔	几—几十
	砾间、砾内孔	几—几十
	基质溶孔	几—几十
	晶间孔	几—几十
	粒内孔	几—几十

根据单井储层划分成果,可以将 YM2 井区主要储层划分为三种,即溶洞型、裂缝—孔洞型和裂缝型储层,不同储层类型的地震反射具有不同的特征,溶洞型储层的地震反射特征为“串珠”,裂缝—孔洞型储层在地震反射特征为“片状强反射”,裂缝型储层的地震反射特征为“杂乱反射”(图 2)。

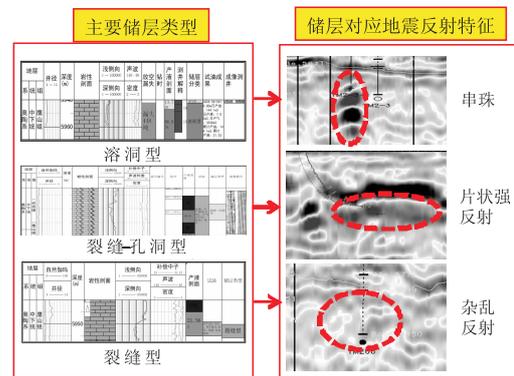


图 2 不同储层类型的地震反射特征

经过统计(表 2),截止 2011 年 YM2 井区高效井中地震反射特征为“串珠”的共 9 口,占总井数的 42.9%,“杂乱反射”的 1 口,占总井数的 4.8%;中效井共 6 口,地震反射特征均为“串珠”,占总井数的 28.6%;低效井中地震反射特征为“串珠”的共 3 口,占总井数的 14.3%,“杂乱反射”的 2 口,占总井数的 9.5%。

表2 YM2 油藏单井地震反射特征统计表

产能	井名	串珠	片状反射		杂乱反射	
			片状强	片状弱	杂乱强	杂乱弱
高产	YM204	串珠发育				
高产	YM206				杂乱强	
高产	YM2-2	串珠发育				
高产	YM2-3	串珠发育				
高产	YM2-4	串珠发育				
高产	YM2-11	串珠发育				
高产	YM2-14	串珠发育				
高产	YG2	串珠发育				
高产	YM2-H24	串珠发育	片状强		杂乱强	
高产	YM2-1H	串珠发育		片状弱		
中产	YM2-6	串珠发育				
中产	YM2-8	串珠发育				
中产	YM2-12	串珠发育				
中产	YM2-22	串珠发育				
中产	YG2-2	串珠发育			杂乱强	
中产	YM2-H9	串珠发育	片状强			
低产	YM201					杂乱弱
低产	YM2					杂乱弱
低产	YM2-21	串珠发育				
低产	YG2-1C	串珠发育			杂乱强	
低产	YG2-4	串珠发育			杂乱强	

3 单井储层划分标准的建立及验证

YM2 区奥陶系碳酸盐岩油藏,目前总井数 26 口,能开井生产的有 24 口,开井生产率 92%,其中有 7 口井是在 2011 年 9 月后才投入生产。依据当前生产动态数据,截止至 2012 年 3 月,各井的累积产量如图 3 所示。

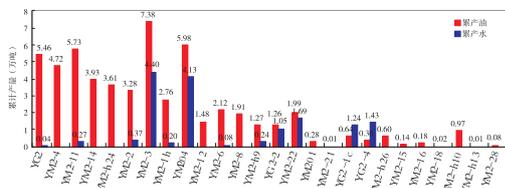


图3 所有井的累积产量

由上图变化规律,单井平均日产量可分为三个类别:即 40~150t,20~40t,小于 20t;在结合单井的累积产量情况,可把油井划分为以下三类:Ⅰ类井:平均日产量 40~150 t,累计产量或预计累积产量大于 2.5×10^4 t。

Ⅱ类井:平均日产量 20~40 t,累积产量或预计累积产量大于 0.8×10^4 t,小于 3×10^4 t。

Ⅲ类井:平均日产量小于 20 t,累积产量或预计累积产量小于 0.8×10^4 t。

再结合前文所讲述到的 YM2 井区碳酸盐岩储层分类及 YM2 油藏单井地震反射特征及单井录井和测井资

料,可初步将 YM2 井区储层大致分为以下 3 类:

Ⅰ类储层:测井解释深侧向小于 $40 \Omega \cdot m$,密度小于 2.55 g/cm^3 ,声波时差大于 $213 \mu\text{s/m}$ 储层类型为洞穴型。这类储层储集空间发育,储层的品质好,是获得高产工业油流的最佳有效储层。

Ⅱ类储层:测井解释深侧向 $40 \sim 400 \Omega \cdot m$,密度小于 2.65 g/cm^3 ,声波时差大于 $180 \mu\text{s/m}$,储层类型为裂缝一孔洞型,是由微裂缝和晶间孔、晶间溶孔、粒内溶孔共同组成的微裂缝一孔隙储渗体,岩石孔隙度比较低,但渗透率远远大于划分标准。因此,Ⅱ类储层经酸化压裂改造是可以获得工业油气流的有效储层。

Ⅲ类储层:测井解释深侧向 $400 \sim 1000 \Omega \cdot m$,RD 大于 RS“双轨”特征明显,密度小于 2.7 g/cm^3 ,声波时差大于 $164 \mu\text{s/m}$,储层类型为裂缝型,储层的品质较差,较难获得工业油气流。

3.1 溶洞型储层(Ⅰ类储层)标准验证

YG2 井 6057~6069 m 井段,浅侧向值小于 $40 \Omega \cdot m$,并随着深度快速减小,钻井钻至井深 6056.98 m 开始发生井漏,共漏失钻井液 554 m^3 ,在试油井段;6009.86~6070.00 m 日产油 168 m^3 ,日产气 1668 m^3 (图 4),其日产量之高也可验证其为溶洞型储层,在地震反射剖面上显示为串珠状反射,孔隙度剖面反映下部孔隙度较大(图 5)。

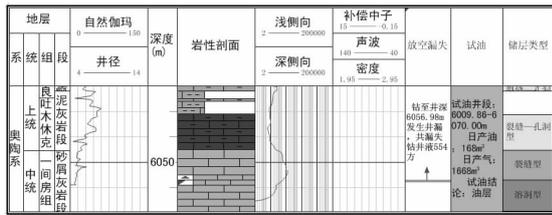


图 4 YG2 井奥陶系储层分类划分图

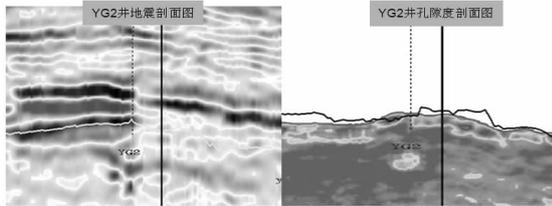


图 5 YG2 井地震反射剖面 and 孔隙度剖面图

3.2 裂缝—孔洞型储层 (II 类储层) 标准验证

YM2-22 井 5916.60 ~ 5928.3 m 井段, 深浅侧向值突变较大, 峰值小于 100 Ω·m, 基本小于 400 Ω·m, 密度和声波也变现出突变, 密度值最小可达 2.61 g/cm³, 声波值最大为 186 μs/m, 产液剖面(5921 ~ 5930) 显示产油较高, 为 88.8 t/d。侧向测井也观察到发育较多近垂直的裂缝和较多的孔洞(图 6)。

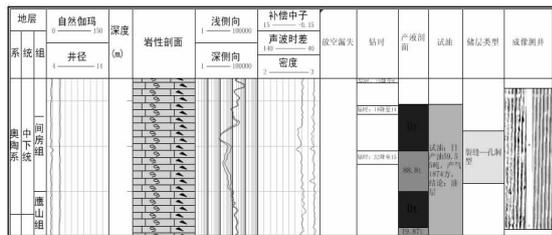


图 6 YM2-22 井奥陶系储层分类划分图

3.3 裂缝型储层 (III 类储层) 标准验证

YM201 井 5950 ~ 5961.6 m 井段, 深浅侧向值基本介于 400 ~ 1000 Ω·m, 密度值在基本小于 2.7 g/cm³, 声波值在 164 μs/m 附近波动, 产液剖面(5940 ~ 5960 m) 显示产油仅仅为 21.56 t/d, 日产油 5.16 m³, 这符合裂缝性储层储层的特点(图 7)。

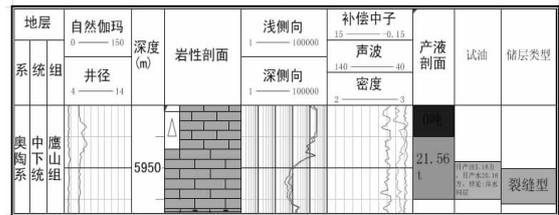


图 7 YM201 井奥陶系储层分类划分图

类储层厚度为 37.6 m, 约占总厚的 47.4% (表 3)。

表 3 YM2-3 井储层统计表

井号	I 类储层 (溶洞型)		II 类储层 (裂缝—空洞型)		III 类储层 (裂缝型)		累计	
	个数 (个)	厚度 (m)	个数 (个)	厚度 (m)	个数 (个)	厚度 (m)	个数 (个)	厚度 (m)
YM2-3	1	27.6	2	14.1	3	37.6	6	79.3

通过对该井的动静态资料和油藏模式图(图 8) 的研究可发现, 该井储层裂缝发育好、孔洞发育一般, 井下方发育有被油和水充填的溶洞, 且溶洞通过较多裂缝与井相连。

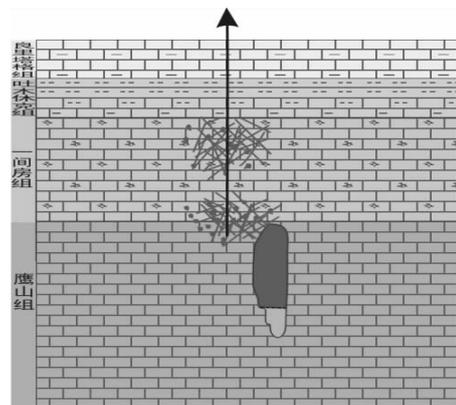


图 8 YM2-3 井油藏模式图

YM2-3 井 5942.40 ~ 5970 井段, 深浅侧向值基本小于 40 Ω·m, 其中浅侧向基本小于 20 Ω·m, 最小可达 10 Ω·m。密度曲线和声波曲线在该井段明显发生突变, 密度平均值小于 2.65 g/cm³, 声波平均值接近 180 μs/m, 产液剖面(5947 ~ 5970) 显示产油较高, 为 86.5 t/d(图 9)。这些数据表明 YM2-3 井目前的产量主要来自溶洞型储层, 且该储层有较好的产量。

4 溶洞型储层典型井 YM2-3 井综合评价

YM2-3 井为自喷井, 该井产量大, 压力稳定, 累产油量在 YM2 油藏最大。该井井构造位置较好, 目的层地震成串珠状反射, 储层发育好, I 类 II 类 III 类储层均有发育, 其中 I 类储层厚度为 27.6 m, 约占总厚的 34.8%, II 类储层厚度为 14.1 m, 约占总厚的 17.8%, III



图 9 YM2-3 井溶洞型储层分类划分图

5 结 论

(1) YM2 井区油藏属碳酸盐油藏,油藏储层的储集空间以空洞,裂缝为主,储集空间类型可分为溶洞型、裂缝—孔洞型及裂缝型 3 大类。

(2) 以 YM2 -3 井为代表的 YM2 井区溶洞型储层油藏,储层厚,压力稳,补给足,是以后开展工业生产的主要油藏类型。

参 考 文 献:

- [1] 罗红霞,王顺玉,李国会,等.塔里木盆地英买 2 区块奥陶系裂缝型储层特征及形成机理[J].重庆科技学院学报:自然科学版,2012,14(3):5-7.
- [2] 黄传波.塔里木盆地塔北隆起油气藏形成及分布规律[J].新疆石油地质,1998,19(5):357-362.
- [3] 周小英.英买 2 井区碳酸盐岩缝洞油藏开发地质特征研究[D].四川:成都理工大学,2010.
- [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] 赵婧舟,李启明.塔里木盆地油气藏形成于分布规律[M].北京:石油工业出版社,2006.
- [6] 杨宁,吕修祥,李建交,等.塔里木盆地英买力地区英买 32 井碳酸盐岩油气藏成藏模式[J].石油天然气学报,2005,27(6):828-830.
- [7] 闫相宾.塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征[J].石油与天然气地质,2002,23(3):262-265.
- [8] 徐敬领,王亚静,曹光伟,等.碳酸盐岩储层测井评价方法[J].现代地质,2012,26(6):1265-1274.

Evaluation Criterion and Application of Carbonate Rock Reservoir in YM2 Well Area

FENG Tian^{a,b}, LI Zhongquan^{a,b}, DUAN Xinguo^{a,b}, LI Qing^{a,b}

(a. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation; b. Key Laboratory of Tectonic Controlled Mineralization and Oil Reservoir, Ministry of Land and Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: As a typical carbonate reservoir, YM2's reservoir has a strong anisotropism. Using some expert results, for instance, lithology data, well logging data and Seismic interpretation data, can help to divide the reservoir types of YM2 into three parts: cave, cleft-pore and cleft. Furthermore, with the method above, this paper also describes well YM2 meticulously which is the representative of cave reservoir, and predicts that YM2 is a high-yield well. All these works are the preparations of Evaluating and developing this area in next step.

Key words: Carbonate rock reservoirs; Reservoir Evaluation; Fine description of single well