

海平面升降对威远寒武系滩相储层的影响^{*}

李凌¹ 谭秀成¹ 夏吉文² 罗冰¹ 陈景山¹

(1.西南石油大学资源与环境学院 2.中国石油西南油气田公司蜀南气矿)

李凌等.海平面升降对威远寒武系滩相储层的影响.天然气工业,2008,28(4):19-21.

摘要 四川盆地威远气田寒武系储层属于碳酸盐岩颗粒滩储层,发育于下寒武统龙王庙组、中寒武统高台组与中上寒武统洗象池群3个层位中,不同层位的颗粒滩储层特性存在着明显差异。对此进行的研究表明,碳酸盐岩颗粒滩储层的发育演化与三级海平面升降旋回有着密切的关系:处于海退半旋回早期的龙王庙组和处于海侵半旋回的洗象池群颗粒滩储层以残余原生粒间孔和后期的埋藏溶解粒间溶孔为主,少见早期暴露溶蚀;而处于海退半旋回晚期的高台组颗粒滩储层则以早期暴露溶蚀形成的粒内溶孔为主,后期的埋藏溶蚀作用对早期储层的物性进一步叠合改善。因此,海平面升降变化对碳酸盐岩颗粒滩储层储集性能具有明显的控制作用。

关键词 威远气田 寒武纪 碳酸盐岩 颗粒滩 储集层 海平面升降 控制

四川盆地威远气田震旦系气藏因水淹而停产,使得对寒武系接替层系的勘探日益重要。近两年来,在该区寒武系的勘探中有多口老井上试,在寒武系洗象池群喜获工业性气流,测试产量在 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 以上,且生产状况良好,揭示出该区寒武系具有良好的勘探前景。但是2005年以资料录取和争取更大发现为目的而部署的寒武系多口专层井,在洗象池群却均未获得工业气流,表明目前对威远气田寒武系洗象池群碳酸盐岩气藏的认识还有待深入。研究表明^[1-2],寒武系储层的发育层位较多,岩性多样,既有碎屑岩,也有碳酸盐岩。其中碳酸盐岩储层均为主要受颗粒滩相控制的孔隙型和裂缝—孔隙型储层,下寒武统龙王庙组、中寒武统高台组与中上寒武统洗象池群3个层位中均有此类储层存在。

碳酸盐岩颗粒滩的发育分布特点是控制滩相储层发育的关键,众多学者的研究表明:海平面的升降对碳酸盐岩礁和滩体的沉积特征有明显的控制作用^[3-7]。笔者在沉积学研究的基础上,对威远地区下寒武统龙王庙组—中上寒武统洗象池群的颗粒滩相储层分布特征与海平面升降关系进行了研究,旨在建立海平面升降变化对碳酸盐岩颗粒滩储层的发育影响规律,为进一步勘探提供思路。

一、龙王庙组—洗象池群海平面变化与沉积响应特征

碳酸盐岩沉积响应与海平面升降有着密切的关系,这也是碳酸盐岩层序地层学的核心^[8],不同级别的海平面升降对应于不同级次的层序。按照Vail的层序地层划分方案,寒武系—下奥陶统罗汉坡组可划分出3个对应于三级层序级别的海平面升降变化旋回。其中下寒武统龙王庙组—中寒武统高台组和中上寒武统洗象池群—下奥陶统罗汉坡组经历了2个完整的对应于三级层序级别的海平面升降变化旋回(图1),下寒武统龙王庙组—中上寒武统洗象池群经历了1.5个同级次的海平面升降旋回。

SQ1由寒武系下统龙王庙组—中统高台组组成,龙王庙组底部的局限潟湖云岩构成了海侵体系域,此次海侵是在沧浪铺组陆源碎屑滨岸基础上发育的快速海侵,沉积环境演化成混积局限台地;龙王庙组中上部的大套颗粒云岩和高台组的混积潮坪砂质云岩、砂屑云岩和云质粉砂岩、泥岩构成了高位体系域,随着持续缓慢的海退的进行,陆源碎屑物质向上逐渐减少,在中上部形成一套稳定的具有相当规模的砂屑云岩。这套颗粒岩是区内规模最大的好储

^{*} 本文受到中石油中青年创新基金项目“碳酸盐岩同生岩溶型储层发育规律及预测模型研究”(编号:06E1018)的资助。

作者简介:李凌,女,1973年生,副教授,博士研究生;主要从事沉积学与储层地质学的教学与科研工作。地址:(610500)四川省成都市新都区西南石油大学资源与环境学院。电话:(028)83035298。E-mail:lilinglily73@163.com

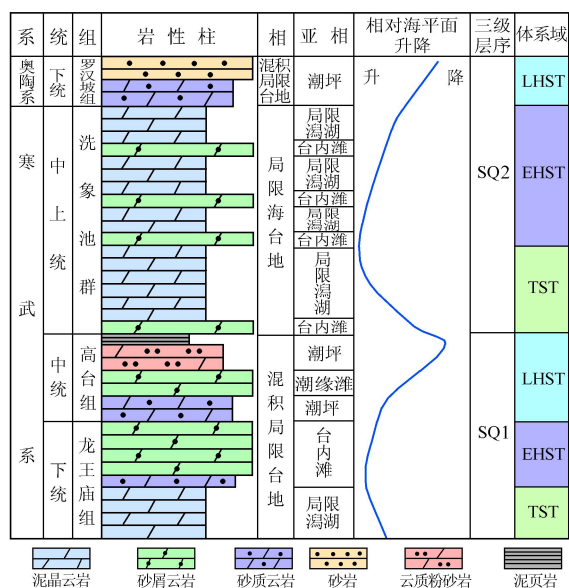


图1 龙王庙组—洗象池群海平面变化及沉积特征图

层,构成了早期高位域;处于晚期高位域的高台组沉积水体持续变浅,在西部老龙1井—威26井—威15井一线以西的地形高部位,高台组沉积时期完全潮坪化,表现出混积潮坪的特征,向东的地形较低处由较纯的台内潟湖云岩、云泥岩逐渐变浅潮坪化,到高台组沉积晚期区内已经完全潮坪化,区内已经演化成为一个以紫红色泥岩、云质粉砂岩—砂岩、白云岩混积的地形平坦潮坪环境。

SQ2由中上寒武统洗象池群—下奥陶统罗汉坡组组成,洗象池群组成的海侵体系域沉积初期海平面快速上升,沉积能量回升,在高台组的混积潮坪之上形成了稳定分布的厚10余米的颗粒滩,随沉积水体的继续加深,演化成以潟湖沉积为主的局限海台地,到早期高位体系域随海平面缓慢下降,沉积水体变浅,受次级海平面震荡的影响,台地内点滩开始发育;晚期高位域的罗汉坡组沉积时期海平面下降到最低海平面,区内沉积水体变浅潮坪化,演化成混积局限台地的潮坪环境。

二、不同海平面升降背景下的颗粒滩储层特征及成因分析

1. 颗粒滩储层特征

(1) 龙王庙组颗粒滩储层特征

龙王庙组储层岩石类型为颗粒滩砂屑云岩和具砂屑幻影的粉晶云岩。该时期颗粒滩规模大,单个颗粒滩厚度大于10 m,其储层规模也是寒武系储层中规模最大的。储层物性较好,代表井(WH105井)的全直径岩心孔隙度为2.33%~8.61%,平均孔隙

度可达5.3%。储层的储集空间类型为残余粒间孔(图2-a)和粒间溶孔洞及后期的构造裂缝。

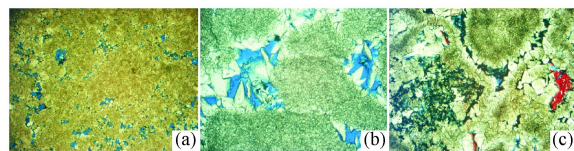


图2 不同海侵海退背景下的储层特征图

注:a.处于缓慢海退背景早期的龙王庙组储层,具砂屑幻影的粉晶云岩,粒间孔及粒间溶孔,WH105井,2454.31 m;b.处于缓慢海侵背景下的洗象池群储层,砂屑云岩,残余粒间孔,WH1井,2217.74 m;c.处于缓慢海退晚期背景的高台组储层,粒内溶孔,残余粒间孔WH101井,4(17/51)

(2) 洗象池群颗粒滩储层特征

洗象池群储层岩石类型为颗粒滩砂屑云岩及砂砾屑云岩。该时期颗粒滩规模较小,单滩体厚度小于2 m,其储层规模也较小,单储层厚度一般小于1 m,储层具有层薄、发育层数多的特点。储层物性较差,据区内22口井的储层测井孔隙度分析,平均孔隙度为2.51%~3.59%。储层的储集空间类型与龙王庙组一样,为残余粒间孔(图2-b)和粒间溶孔洞及后期的构造裂缝。

(3) 高台组储层特征

高台组储层为潮缘颗粒滩的砂屑云岩、藻砂屑云岩。该时期颗粒滩规模较小,单个颗粒滩规模很小,单个颗粒滩厚度为0.5~1 m。高台组的储层物性介于龙王庙组与洗象池群之间,据WH101井全直径岩心分析,孔隙度为2.3%~5.79%,平均值3.8%。其储集空间类型为粒内溶孔和残余粒间孔(图2-c)、粒间溶孔洞及后期的构造裂缝。

2. 不同海平面升降背景下颗粒滩储层成因分析

(1) 海侵背景颗粒滩储层成因分析

处于海侵背景下的颗粒滩储层不易暴露出海面,或者在次级海平面震荡的过程中暴露时间极短,因此颗粒滩在同生期—准同生期不易经受大气淡水的淋滤改造,形成早期的溶蚀空间。该背景下的颗粒滩储层孔隙空间主要是依靠原生保存的粒间孔。

(2) 海退背景颗粒滩储层成因分析

处于海退背景下的颗粒滩储层在海退早期和海退晚期其沉积水体深度存在差异,相应地其储层的影响因素也存在差异。处于海退背景早期的龙王庙组、洗象池群颗粒滩沉积水体相对较深,颗粒滩处于平均浪基面附近,沉积水体能量高,形成的滩规模大,而且不易暴露出水面遭受大气淡水的淋滤改造,其储层储集空间和海侵背景下颗粒滩一样,由原生

粒间孔和后期成岩作用及构造破裂作用共同来改造。处于海退晚期的高台组潮缘滩沉积水体非常浅,处于平均海平面附近,因此极易暴露出海面遭受同生期—准同生期大气淡水的淋滤改造,未稳定的文石颗粒被选择性溶蚀形成粒内溶孔,和胶结残余的粒间孔及后期埋藏溶蚀作用和构造破裂作用改造的孔洞及裂缝一起形成高台组的裂缝—孔隙型储层。

不同海平面升降背景下的颗粒滩储层发育演化特点可用图 3 来表示。

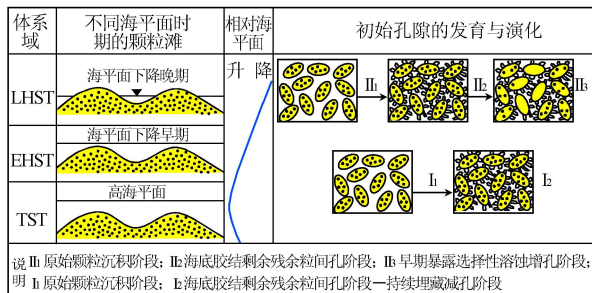


图 3 不同海平面变化背景下颗粒滩储层演化模式图

需要指出的是,本文旨在侧重探讨海平面升降变化对于滩相储层性质的影响,解释对应在不同海平面升降旋回下的寒武系各层位滩相储层储集空间的发育成因。对于在相同海平面升降背景下的各层位储层的发育规模变化和孔隙发育演化与保存程度,其还与各时期沉积背景、水体能量变化等有密切关系,将另文专述。

三、结 论

(1) 威远地区寒武系—下奥陶统罗汉坡组经历了 3 个三级海平面升降旋回,其中下寒武统龙王庙组—中上寒武统洗象池群经历了 1.5 个三级海平面升降旋回。

(2) 海平面升降变化旋回控制了颗粒滩储层的发育特点,处于海平面缓慢下降半旋回初期的龙王

庙组和海侵半旋回的洗象池群储层无早期大气淡水的淋滤改造的影响,储层发育受原始孔隙度发育程度和后期埋藏成岩作用、构造破裂作用的控制;处于海平面缓慢下降半旋回晚期的高台组潮缘滩储层受到早期大气淡水的淋滤改造的影响,储层发育程度受到早期暴露淋滤作用、原始孔隙发育程度及后期成岩作用、构造破裂作用的共同控制。

参 考 文 献

[1] 强子同,张帆,文应初,等.寒武系沉积相及储层研究(四川盆地)[R].南充:西南石油学院,1993.

[2] 李凌,谭秀成,陈景山,等.威远地区寒武系地层、沉积及储层研究[R].成都:西南石油大学,2006.

[3] 王兴志,张帆,马青.四川盆地东部晚二叠世—早三叠世飞仙关期礁滩特征与海平面变化[J].沉积学报,2002,20(2):249-254.

[4] 高志前,樊太良,李岩.塔里木盆地寒武—奥陶纪海平面升降变化规律研究[J].吉林大学学报:地球科学版,2006,36(4):549-556.

[5] 董琳,刘家润,杨湘宁.贵州扁平紫松晚期—罗甸期的相对海平面变化特征[J].高校地质学报,2003,9(1):54-62.

[6] 陆永潮,李思田,周姚琪.海平面升降变化对贵州紫云礁体生长的控制[J].地球科学:中国地质大学学报,1999,24(6):585-589.

[7] 沈安江,陈子阡,寿建峰.相对海平面升降与中国南方二叠系生物礁油气藏[J].沉积学报,1999,17(3):367-373.

[8] VAIL P R, AUDEMARD F, BOWMAN S A, et al. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology-an overview [C] // Einsele G, Ricken W, Seilacher A. Cycles and events stratigraphy. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1991:617-659.

(修改回稿日期 2008-01-28 编辑 居维清)