

川中地区上三叠统须家河组气藏开发有利区 评价与优选技术

钟兵 杨洪志 徐伟 杨长城 陈中华 杨柳

中国石油西南油气田公司勘探开发研究院

钟兵等.川中地区上三叠统须家河组气藏开发有利区评价与优选技术.天然气工业,2012,32(3):62-64.

摘 要 四川盆地中部上三叠统须家河组气藏储层致密、高含水、非均质性强、连续性差,气井自然产能低、控制范围小、普遍产水,规模效益开发面临诸多认识难题和技术障碍。为此,建立以“两步法”储层对比技术、多级相控建模技术为主的致密砂岩储层描述技术,解决了“砂包砂”致密储层精细对比与预测技术难题;基于微观孔喉结构与渗流机理实验,将气藏可动水划分为不同于常规气藏边、底水的小孔喉可动水、局部滞留水和高含水层3种气水赋存模式,采用物性和毛细管约束建立了气藏流体分布模型,形成气水交织非常规气藏可动水描述技术,基本解决了气水交织非常规气藏气水赋存模式与流体建模技术难题;结合气藏动静态特征和效益评价参数,选择有效储层厚度、储量丰度、有效地层系数等参数,建立了储层分级分类评价标准,并在此基础上筛选出气藏开发有利区,解决了致密高含水气藏开发部署和储量有效动用的地质目标选择难题,奠定了该类气藏规模效益开发的基础。

关键词 四川盆地中部 晚三叠世 气藏 低渗透率 高含水 开发有利区 评价 优选

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2012.03.014

1 致密砂岩储层描述技术

四川盆地中部上三叠统须家河组砂体大面积发育,储层呈“砂包砂”赋存,常规砂泥岩储层描述方法已无法准确建立储层展布模型和预测储层展布特征。

1.1 建立砂层组划分方案,细化沉积微相展布特征

针对川中地区须家河组砂体大面积分布,厚度大,含气砂体纵向多层的分布特征,在沿用川中地区须家河组地层划分方案基础上,根据高分辨率层序地层学原理^[1],兼顾地层对比的等时性与岩性对比的操作性,在中期旋回特征的基础上,将目的层段细分至砂层组,为进一步研究各砂层组沉积微相演化特征和空间展布,精细刻画主河道、河道、河口坝的叠置规律,为主力产层和富集区描述及定位奠定基础。

1.2 明确储层发育控制因素,建立储层叠置模式

川中地区须家河组有利沉积微相主要有三角洲平原分流河道、三角洲前缘分流河道和河口坝沉积微相。物性较好的储层主要发育在能量高、沉积物供应充足,易于形成粒度较粗的砂岩沉积的分流河道微相和河口

坝微相的中上部。成岩相^[2]与沉积微相有较明显的对应关系,对于分流河道,主要发育建设性中粗粒长石岩屑砂岩粒间孔—溶孔成岩相,而与泥岩段相邻的砂岩,易发育破坏性钙质胶结成岩相,次分流河道主要发育破坏性岩屑砂岩致密压实成岩相。可见,沉积微相是储层发育的主要控因素,成岩作用是形成储层的重要控制因素,二者共同作用致使川中须家河组储层发育呈“砂包砂”赋存,两种分布模式。

一种是以广安须六段为代表的辫状河道储层连续分布模式,该模式砂体纵横向叠置、平面分布连续,由于辫状河道频繁摆动,不同期次、不同级次砂体叠置形成复合砂体;储层主要发育在河道中上部,由于存在河道侵蚀面、侧积面等侧向渗透屏障,复合砂体间连通性较差(图1)。另一种是以合川须二段为代表的三角洲前缘水下分流河道储层分散分布模式,该模式砂体层薄、层数多,呈透镜状、条带状分布;储层发育于粒度较粗的分流河道微相中,规模较小、厚度薄、物性较差(图2)。

1.3 建立“砂包砂”储层对比与建模方法

川中地区须家河组储层与非储层之间的岩性、电

基金项目:国家科技重大专项课题“大型油气田及煤层气开发”(编号:2008ZX05001-005)部分研究成果。

作者简介:钟兵,1962年生,博士,教授级高级工程师;现从事油气田开发地质与油藏工程研究工作,发表论文多篇。地址:(610041)四川省成都市高新区天府大道北段12号。电话:(028)86015547。E-mail:zhongbing@petrochina.com.cn

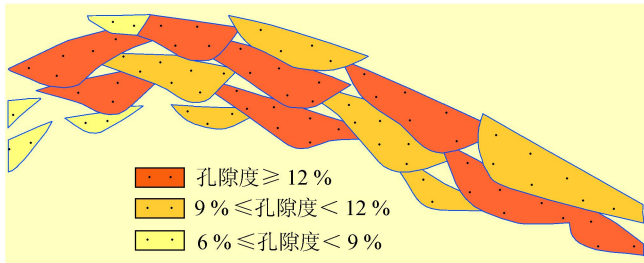


图 1 广安须六段储层连续分布模式图

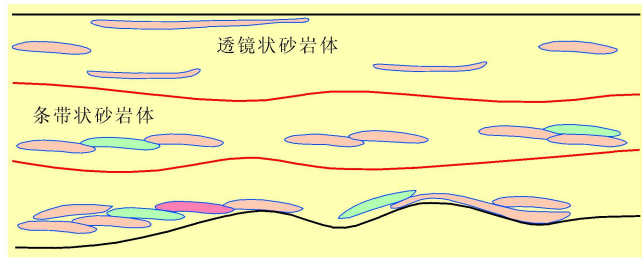


图 2 合川须二段储层分散分布模式图

阻抗等岩石物理与地球物理属性差异不明显,常规砂泥岩剖面对比与沉积微相相控储层建模已不能解决储

层对比与预测问题。在等时地层格架基础上,参考地震特征建立沉积微相对比剖面,并根据成岩相和物性进行分类储层对比,精细刻画主河道、河道、河口坝的叠置规律和不同类型储层展布规律,形成两步法储层对比方法。在此基础上,利用多井约束建立岩相预测模型,再采用岩相相控建立物性预测模型,解决“砂包砂”致密储层精细对比与预测技术难题,为开发有利区的优选奠定基础(图 3)。

2 气水交织下的气水分布描述技术

2.1 建立气水赋存模式

在常规物性实验和渗流实验的基础上,采用恒速压汞、核磁共振研究低渗储层的孔喉结构和束缚水饱和度,弄清致密、高含水($S_w > 50\%$)储层孔喉结构特征、可动孔隙空间大小和可动孔隙空间中气、水分布与流动特征的关系(图 4)。根据可动水占据的微观孔喉空间位置,将川中须家河组地层可动水分为小孔喉可动水、大孔喉可动水两类,其中,大孔喉可动水根据宏观分布位置、规模及产水动态特征进一步划分为局部滞留水、高含水层水两种气水赋存状态(图 5)。

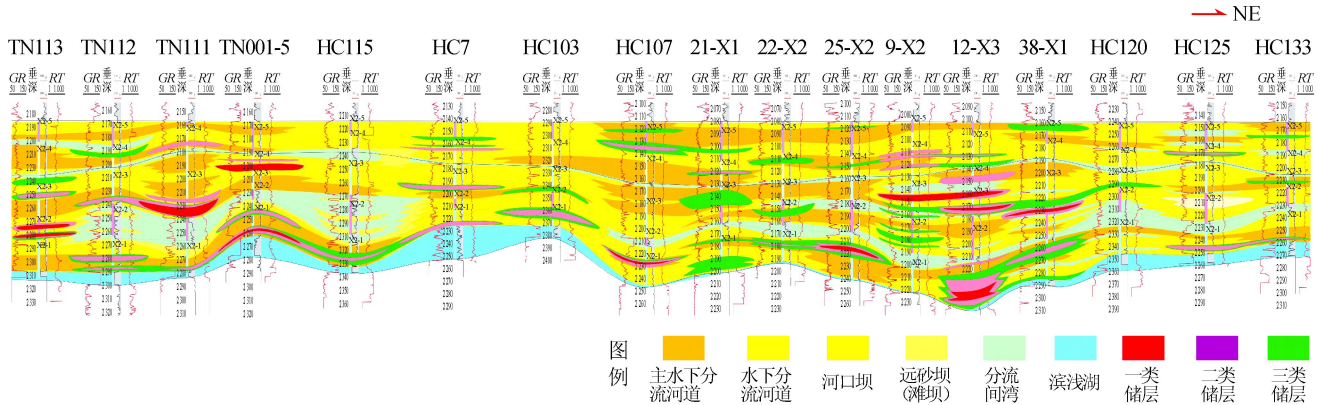


图 3 合川须二段气藏“两步法”储层对比剖面图

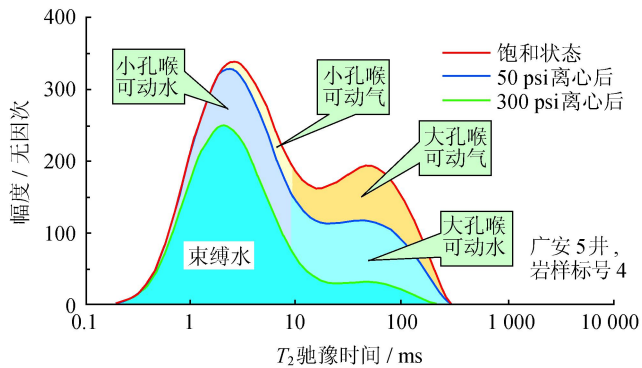


图 4 离心核磁共振实验孔喉气水分布图 (1 psi=6.895 kPa)

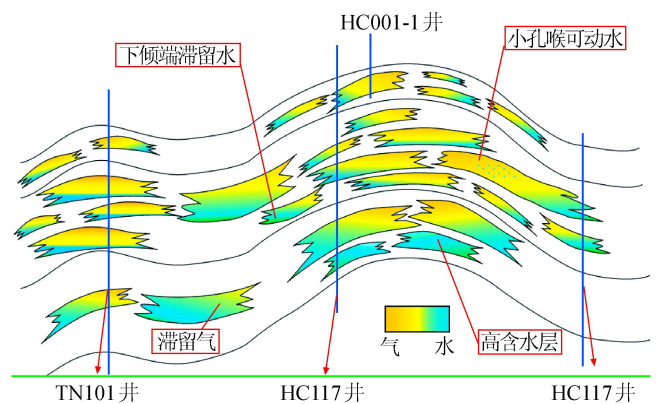


图 5 川中须家河组气藏气水赋存状态图

小孔喉可动水是指当构造高度小于纯气柱高度时,残存于小孔喉空间的地层可动水,当压差较大时可动水流动,导致气井产水,但产水量和水气比均很小。局部滞留水是由于储层横向连通性差,导致水滞留于储渗砂体边部和下倾端而形成,酷似边水,但水量和规模小,气井一般产水量和水气比会逐渐减小。高含水层水则是在低缓构造带储渗体中,仅在储层顶部存在含气性较好的薄气层,其余大部分储层中气水交织在一起,形成分布相对集中、电阻率低、高含水饱和度、呈层分布的地层水,其水量规模大,气井投产即可能产大水,单井动态显示类似底水水淹的特征^[3]。

2.2 建立流体分布模型和富集区划分标准

川中须家河组气藏不存在气水界面,也没有边水、底水之分,不能采用常规气藏给定气水界面定义流体分布模型。根据 3 种气水赋存模式,采用物性和毛细管约束建立气藏流体分布模型,量化地层水大小及分布,解决气水交织非常规气藏气水赋存模式与流体建模技术难题^[4]。再根据储层和汽水分布特征,综合沉积特征、构造特征、储层发育程度、可动水赋存状态、储量丰度划分天然气富集区(表 1)。

表 1 川中地区须家河组气藏富集区划分标准表

类 型	富集区	次富集区
构造特征	位于构造主体高部位	构造上倾端
沉积特征	分流河道叠置发育区	分流河道
储层厚度/m	≥15	≥10
储层类型	I+II类储层为主 或有裂缝	II、III类储层为主 裂缝欠发育
地层水赋存状态	小孔隙可动水	局部滞留水
储量丰度/ $10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$	≥2.0	1.0~2.0

3 开发有利区优选及其开发效果

3.1 有利区优选标准

为提高气井单井产量,确保实现效益开发,在前述富集区研究基础上,按照保证物质基础、渗流条件及易于操作的原则,选择储量丰度、 $K \cdot h$ 及有效厚度作为分区指标(表 2)。现有经济技术条件下,一、二类区可以实现效益开发,三类区暂不能实现效益开发。因此,为提高气井单井产量和开发井成功率,快速形成规模化开发,宜选择一、二类区作为开发有利区^[5]。

3.2 有利区开发效果

按照分区标准,对川中须家河组气藏进行分区分级评价,广安须六段、合川须二段气藏一、二类区面积

表 2 气藏分区指标统计表

分区	指 标			现有经济技术条件下 开发效益
	储量丰度/ $10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$	$(K \cdot h)/$ $\text{mD} \cdot \text{m}$	有效储层 厚度/m	
一类区	≥3	≥10	≥25	较好
二类区	2~3	5~10	15~25	边际效益
三类区	<2	<5	<15	差

占 23%、储量占 29%。广安须四段、潼南须二段气藏全为三类区。

2007 年以来,采用一类二类有利区优先建产,三类区评价的总体思路,在广安须六段一类二类区建产,I、II类井占 70%,单井平均产量超 $5.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;在合川须二段一类二类区建产,I、II类井占 50%,单井平均产量超 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,实现了规模效益开发。采用压裂、水平井等提高单井产量工艺措施,一类二类区建产取得了较好的开发效果。三类区中 III类井占绝大部分,仅有少量 II类井,还需进一步评价。

4 结 论

1)建立了针对“砂包砂”储层的两步法储层对比技术,在高分辨率层序地层学划分砂层、砂层组的基础上,利用沉积微相划分河道、河口坝,成岩相和物性划分不同类型储层。

2)提出了气水交织碎屑岩气藏不同于常规气藏边底水的 3 种气水赋存模式:小孔喉可动水、局部滞留水和高含水层。

3)在储层描述、汽水分布描述和三维气藏建模基础上,建立了致密低渗透气藏有利区分级评价标准和优选技术。

参 考 文 献

- [1] 邓宏文.美国层序地层学研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J].石油与天然气地质,1995,16(2):89-97.
- [2] 张富贵,刘家铎,孟万斌,等.川中地区须家河组储层成岩作用与孔隙演化研究[J].岩性油气藏,2010,22(1):30-36.
- [3] 田冷,何顺利,刘胜军,等.广安地区须家河组气藏气水分布特征[J].天然气工业,2009,29(6):23-26.
- [4] 郝国丽,柳广弟,谢增业,等.川中地区须家河组致密砂岩气藏气水分布模式及影响因素[J].天然气地球科学,2010,21(3):427-434.
- [5] 徐伟,杨洪志.广安须六段气藏特征及开发策略分析[J].天然气工业,2007,27(6):19-21.