

苏里格气田东二区北部盒8段水体分布及主控因素

金文辉¹, 王林琪¹, 周文^{1,2}, 张春阳³, 张银德¹, 范玲玲¹

(1.成都理工大学 能源学院, 四川 成都 610059; 2.成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059; 3.中国石油长庆油田分公司 苏里格气田研究中心, 陕西 西安 710018)

摘要: 苏里格气田东二区北部盒8段气藏出水层位多且分散, 气田的合理、有效开发难度大。在对储层砂体和水体纵横向对比的基础上, 分析了研究区盒8段水体赋存类型及分布特征, 并明确了其主控因素。研究区盒8段水体可划分出河道砂体局部边(底)水、河道底部低凹处滞留透镜体水、致密砂岩封隔的透镜体水、孤立砂体形成的透镜体水和致密层残留水5种赋存类型。剖面上, 纵向水层多为单个的薄层, 横向为孤立的水体或被致密砂岩封隔的水层; 平面上, 水体分布相对分散, 无区域性大面积连片分布的水体。综合分析表明: 河道砂体的展布是水体分布的基础; 水体分布不受区域构造的控制, 在局部独立的气水系统中受局部构造控制, 水在构造低部位聚集; 储层非均质性使得水体在储层中往往是孤立的, 呈透镜状, 横向上互不连通。

关键词: 水体类型 边(底)水 透镜体水 残留水 主控因素 苏里格气田东二区

中图分类号: TE134

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2013)03-0022-04

地下水作为油气成藏系统中的驱动力和载体, 在油气生成、运移、聚集和散失过程中起着不可替代的作用。前人对地层水成因类型、气水分布和油(气)水的生成环境等方面进行了大量研究^[1-6], 促进了石油和天然气的有效开发。但大部分研究仅针对气水界面分布明显, 即具边水或底水的气藏。近年来, 随着低孔、低渗透致密气藏勘探的逐步深入, 中外学者开始加强对该类气藏领域的研究^[7-10], 其中水体分布是研究的难点。

苏里格气田是典型的低孔、低渗透砂岩气藏^[11-13], 其主力气层——二叠系山西组山1段和下石盒子组盒8段储层低孔、低渗透特征明显, 非均质性强, 水体分布复杂。近年来, 不少学者针对苏里格气田上古生界气藏的地层水分布进行了大量研究^[12-16], 但在认识上存在一定的分歧。随着勘探范围的不断扩展, 现今苏里格气田的范围不断扩大, 东二区是近年来开辟的新区, 截止到2010年, 该区已完成钻井108口, 其中, 盒8段、山1段和山2段测井解释产水井95口。试气结果表明, 盒8段、山2段产水井共45口, 主要分布在东二区和陕234区块, 产水量主要为1~20 m³/d, 平均为7.1 m³/d。整体表现为水点多而分散、出水层位多且不均衡, 给气田的合理、有效开发带来了极大困难。为此, 笔者对

东二区北部盒8段气藏水体赋存类型及分布特征进行了研究, 并分析其主控因素, 以期为该区天然气的有效、合理开发提供依据。

1 区域地质概况

苏里格气田东区西接苏里格气田, 东侧为榆林气田, 南邻乌审旗和靖边气田, 区域构造隶属于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡中北部, 构造平缓, 大体为南西向缓倾的大单斜, 断层不发育, 东二区位于苏里格气田东区的北部(召35井以北)。东二区北部上古生界自下而上发育石炭系本溪组, 二叠系太原组、山西组、下石盒子组、上石盒子组和石千峰组, 其中下石盒子组盒8段为该区主力产气层段之一。盒8段自下而上可细分为盒8段下亚段2小层、1小层和盒8段上亚段2小层、1小层。在盒8段沉积时期, 盆地北部构造活动强烈, 物源供给充分, 河道发育且横向迁移频繁, 形成冲积扇—辫状河—缓坡型辫状河三角洲沉积体系^[17]。岩性主要为浅灰色含砾粗砂岩、灰白色中粗砂岩及灰绿色岩屑质石英砂岩与灰绿色泥岩互层, 以岩屑砂岩、岩屑石英砂岩为主。储集砂岩以中—粗粒结构为主, 粒径主要为0.3~1.0 mm^[18]。对研究区300多口井的统计结果表

收稿日期: 2013-03-07。

作者简介: 金文辉, 男, 在读博士研究生, 从事复杂油气田开发方面的研究。联系电话: 13730692629, E-mail: 277587510@qq.com。

基金项目: 国家科技重大专项“鄂尔多斯盆地碎屑岩层系大中型油气田富集规律与勘探方向”(2008ZX05044)。

明,储层孔隙度主要为4.0%~12.0%,平均为8.1%;渗透率主要为 $0.01 \times 10^{-3} \sim 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于典型的低孔、低渗透储层。

2 水体分布特征

2.1 水体赋存类型

在储层砂体、水体横向及纵向对比分析的基础上,按水体赋存的成因类型将研究区水体划分为河道砂体局部边(底)水、河道底部低凹处滞留透镜体水、致密砂岩封隔的透镜体水、孤立砂体形成的透镜体水和致密层残留水共5种类型。

河道砂体局部边(底)水 河道砂体局部边(底)水是指受砂体微构造的影响赋存于河道低部位的水体;这种类型的水也常见于构造气藏中,是常规的含水层。如苏东1-102井盒8段下亚段2小层下部水体,处于相对连片发育的砂体低部位,与高部位的气形成边(底)水接触关系,气、水有一定的分异,该系统内具有气水界面(图1)。

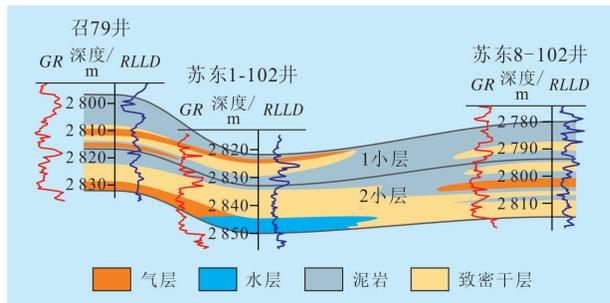


图1 苏里格气田东二区北部盒8段下亚段河道砂体局部边(底)水

河道底部低凹处滞留透镜体水 河道底部低凹处滞留透镜体水是指因河道下蚀,在其底部低凹处残留的水体;这种类型的水也常见于构造气藏中,是常规的含水层。苏东1-102井盒8段上亚段2小层2816.84~2819.44 m井段综合解释为气层,2819.44~2822.04 m井段综合解释为水层,结合连井剖面分析认为,该水体因河道下蚀,气进入后不能将水排走致使水体在河道下切底部低凹处滞留形成(图2)。

致密砂岩封隔的透镜体水 由于储层非均质性强,在单井剖面上呈现多层水层—干层的叠置组合,水层被致密砂岩形成的干层封隔,形成被致密砂岩封隔的透镜体水(图3)。如统29井盒8段下亚段2小层2776~2778和2780~2781 m井段试气结果显示,产气量为0,产水量为 $15.4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。测井综合解释结果显示,统29井盒8段下亚段2小层

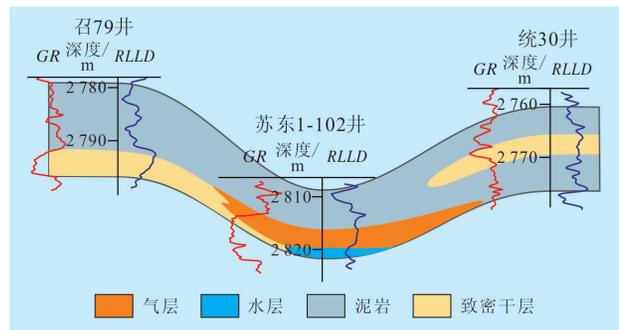


图2 苏里格气田东二区北部盒8段上亚段2小层河道底部低凹处滞留透镜体水

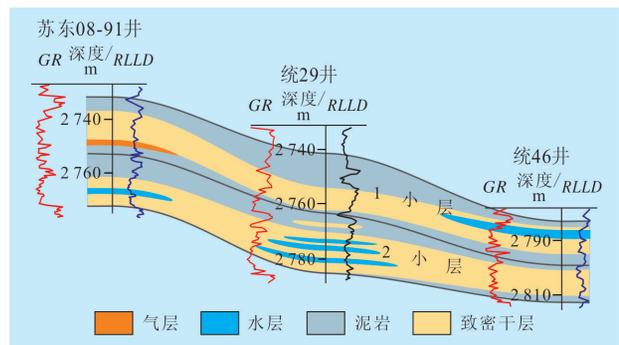


图3 苏里格气田东二区北部盒8段下亚段致密砂岩封隔的透镜体水

2773.20~2774.24, 2775.6~2777.16和2780.12~2781.96 m井段为水层,而其他均解释为致密砂岩形成的干层,干层与水层交替出现,3个水层在厚层砂岩中被致密砂岩封隔成夹层透镜体,属于致密砂岩封隔的透镜体水。

孤立砂体形成的透镜体水 孤立砂体形成的透镜体水是河道边部孤立透镜体砂体—决口扇砂体或孤立河道砂体—废弃河道砂体中,无连通通道,气不能运移进入该类砂体而形成的水体。研究区储层非均质性强,发育众多相对孤立的透镜状砂体,由于缺乏油气运移通道,形成透镜体水。该类水体在盒8段上亚段1和2小层尤为常见,表现为横向上相邻井砂体不发育,纵向上也无与之连通的气层,以孤立发育的高含水砂体存在(图4)。

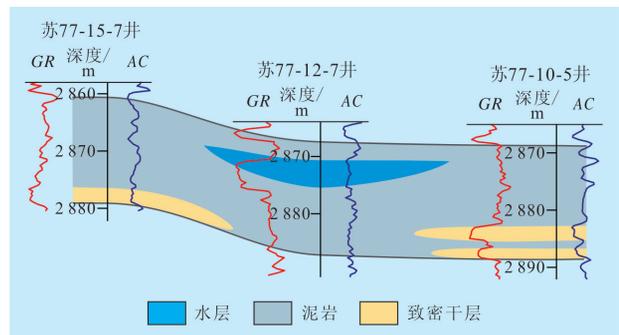


图4 苏里格气田东二区北部盒8段上亚段1小层孤立砂体形成的透镜体水

致密层残留水 致密层残留水是指成藏过程中气排水不够完全而残留部分的可动水。致密水层测井响应特征与干层类似,表现为高自然伽马、低声波时差、低电阻率;测井解释为物性较差、含水饱和度较高的砂层段,可存在于气层中或与气层段相邻。试气和试采不产水或产水量小,受凝析水的影响,所产水的矿化度较低,表现出淡化地层水的特征。

2.2 分布特征

剖面分布 苏里格气田东二区北部南北向地层分布较为稳定,地层由西向东逐渐抬升。根据水体剖面对比分析可知:盒8段下亚段较盒8段上亚段砂体发育,且物性较好,是水层分布的主要层段;由于砂体多期叠置,且受致密带、隔夹层的影响,横向上水层无区域性的连片分布,为孤立的水体或致密层封隔的水层,纵向上水层多为薄层。

平面分布 通过对苏里格气田东二区北部343口单井的测井综合解释可知,盒8段共识别出约150个水层,盒8段4个小层中盒8段下亚段2和1小层水体分布相对较多,在平面上主要分布在研究区中部以及东南部,主要为致密砂岩分隔的透镜体水、河道底部低凹处滞留透镜体水和河道砂体局部边(底)水;盒8段上亚段2和1小层水体分布相对较

少,且水体分布区域相对分散,水体类型以孤立砂体形成的透镜体水为主。

3 主控因素

苏里格气田东二区北部盒8段水体的赋存类型和分布特征主要受河道砂体的分布、局部构造和储层非均质性共同控制。

鄂尔多斯盆地上古生界地层稳定,没有明显的生气中心,属于“广覆式”生烃,生成的天然气沿过剩压力梯度降低较快的方向向相邻储层或输导层运移^[19]。河道砂体是水体分布的基础,决定了水体的宏观分布。盒8段气藏属于源外近源成藏,以近垂直裂缝、断层及叠置的河道砂体为良好的运移通道,天然气经过纵向和侧向运移至有利储层聚集成藏(图5)。如果是孤立的河道砂体又无断层或裂缝沟通,则天然气无法进入,即使砂体物性再好也只含水,表现为孤立的透镜体水;存在运移通道且物性好的砂体,受气藏能量影响,天然气进入储层后若无法将水完全排除,此时在该储层内受局部构造的影响,水体在构造低部位聚集,常以局部边(底)水的形式存在。苏里格气田东二区北部盒8段多期分流河道相互叠置^[20],储层非均质性强,纵向和横

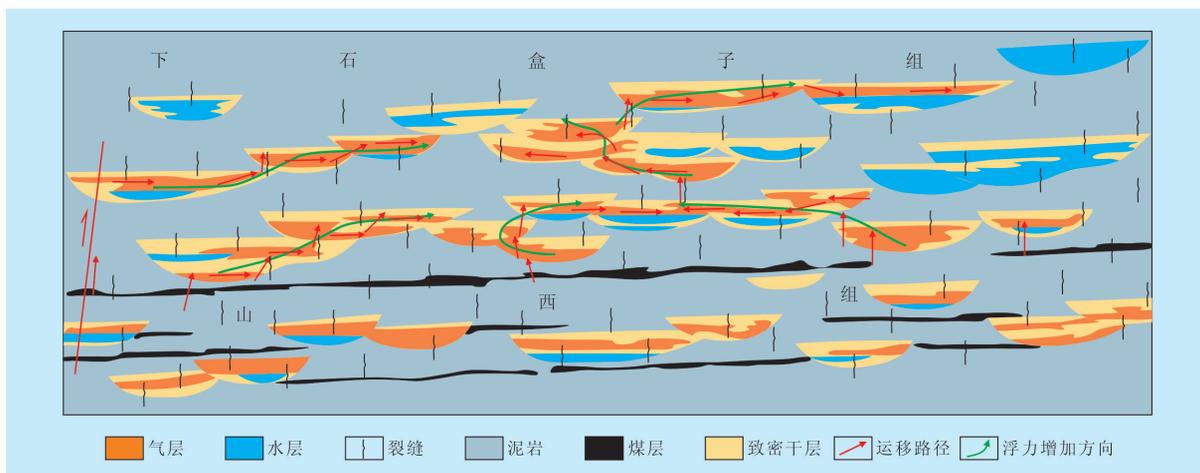


图5 苏里格气田东二区北部叠置砂体天然气运移路径及气水分布排水解释

向上连续性差;在三维空间上,优质储层往往被低渗透的泥岩、泥质砂岩或致密砂岩包围,形成了储层—非储层—储层交替的状况,尽管部分储层物性较好,但由于缺乏油气运移通道,其中往往富集地层水,形成四周由致密砂岩封隔的孤立水体(图3)。

4 结论

苏里格气田东二区北部盒8段气藏主要存在河

道砂体局部边(底)水、河道底部低凹处滞留透镜体水、致密砂岩封隔的透镜体水、孤立砂体形成的透镜体水和致密层残留水5种类型的水体。该区盒8段气、水主要分布在盒8段下亚段1和2小层;纵向上水层多为单个的薄层,横向上呈现出孤立的水体,或者致密砂岩封隔的水层;平面上,水体分布相对分散,主要分布在中部和东南部,且不存在大面积连片水体。盒8段下亚段1和2小层水体类型以致密砂岩封隔的透镜体水、河道底部低凹处滞留透

镜体水和河道砂体局部边(底)水为主;盒8段上亚段1和2小层以孤立砂体形成的透镜体水为主。

影响苏里格气田东二区北部盒8段水体分布的因素中,河道砂体的分布是地层水分布的基础;水体分布不受区域构造的影响,受局部构造影响在局部独立的气水系统中水往往在构造低部位聚集。该区储层非均质性强使得水体在储层中往往是孤立、不连通的。

参考文献:

- [1] 黄平,路中侃.川东石炭系气水分布及预测[J].石油地球物理勘探,1996,31(增刊2):95-100.
- [2] 李晓燕.东营凹陷地层水成因类型及其与油气运移方向的关系[J].油气地质与采收率,2012,19(3):18-21.
- [3] 徐德英,周江羽,王华,等.渤海湾盆地南堡凹陷东营组地层水化学特征的成藏指示意义[J].石油实验地质,2010,32(3):285-289.
- [4] 张守鹏,张林晔,王伟庆,等.含油气盆地地层水演化过程中含烃酸性流体的浸入效应——以东营凹陷胜坨油田为例[J].油气地质与采收率,2011,18(4):10-12,20.
- [5] 尹晓贺.川中地区上三叠统须家河组埋藏史恢复及重点构造气水分布控制因素探讨[D].成都:西南石油大学,2006.
- [6] 银燕.东营凹陷地层水水化学纵向分带性与成岩耗水系统划分[J].油气地质与采收率,2011,18(3):32-35.
- [7] Spencer C W.Geologic aspects of tight gas reservoirs in the Rocky mountain region [J].Journal of Petroleum Technology, 1985, 37(8):1 308-1 314.
- [8] 兰朝利,何顺利,门成全,等.利用岩心或露头的交错层组厚度预测辫状河河道带宽度——以鄂尔多斯盆地苏里格气田为例

- [J].油气地质与采收率,2005,12(2):16-18.
- [9] 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学[M].2版.北京:石油工业出版社,1996.
- [10] 陈军斌,吴作舟,韩兴刚.苏里格气田苏6井区开发方案数值模拟优化研究[J].油气地质与采收率,2005,12(6):58-60.
- [11] 窦伟坦,刘新社,王涛.鄂尔多斯盆地苏里格气田地层水成因及气水分布规律[J].石油学报,2010,31(5):767-773.
- [12] 张海涛,时卓,任战利,等.鄂尔多斯盆地苏里格气田盒8气藏含水特征及气水分布主控因素分析[J].现代地质,2011,25(5):931-937.
- [13] 郝瑞芬,李元觉,陈军斌,等.鄂尔多斯盆地苏10井区盒8段储层测井分辨率级可视化随机模拟[J].油气地质与采收率,2008,15(2):81-83.
- [14] 朱亚东,王允诚,童孝华.苏里格气田盒8段气藏富水层的识别与成因[J].天然气工业,2008,28(4):46-48.
- [15] 王波,陈义才,李小娟.苏里格气田盒8段气水分布及其控制因素[J].天然气勘探与开发,2010,33(2):29-33.
- [16] 张新新,赵靖舟,马静辉,等.苏里格气区盒8段地层古今构造特征及其对气水分布的控制作用[J].西安石油大学学报:自然科学版,2011,26(3):14-20.
- [17] 郭建林.苏里格气田相对高产富集储层分布规律研究[D].北京:中国地质大学(北京),2008.
- [18] 吴伟涛,陆祥,程豪杰,等.苏里格气田东区二叠系盒8、山1段储层特征及影响因素[J].内蒙古石油化工,2008,(23):113-115.
- [19] 杨宇,周文,杨勇,等.子洲气田山2气藏气井产水成因研究[J].新疆地质,2010,28(2):196-199.
- [20] 侯中健,陈洪德,田景春,等.苏里格气田盒8段高分辨率层序结构特征[J].成都理工大学学报:自然科学版,2004,31(1):46-52.

编辑 经雅丽

(上接第21页)

- 收率,2009,16(5):40-43.
- [24] 徐春华,王亚琳,杨贵丽.渤海湾盆地济阳拗陷冶里—亮甲山组层状储层成因及其影响因素[J].石油实验地质,2009,31(4):362-365.
- [25] 向奎,赵永福,王建芳.利用多种手段进行地层综合划分与对比——以准噶尔盆地春风油田主力稠油层层位归属为例[J].油气地质与采收率,2011,18(5):1-5.
- [26] 王元英.曲流河废弃河道的识别方法及其应用[J].大庆石油学院学报,2007,31(5):65-67.
- [27] 刘波,赵翰卿,王良书,等.古河流废弃河道微相的精细描述[J].沉积学报,2001,19(3):394-398.
- [28] 马世忠,王再山,王渝明.决口水道沉积模式及其砂体内剩余油形成与富集[J].大庆石油地质与开发,2000,19(6):9-11,14.
- [29] 王代流.渤海湾盆地孤岛油田储层构型研究[D].青岛:中国科学院,2009.
- [30] 毛卫荣.孤岛油田中二中Ng5薄层稠油环蒸汽吞吐中后期调整技术[J].油气地质与采收率,2005,12(6):61-63.
- [31] 束青林.孤岛油田河流相储层结构与剩余油分布规律研究[D].广州:中国科学院,2005.
- [32] 束青林,张本华.河道砂储层油藏动态模型和剩余油预测[M].北京:石油工业出版社,2004.

编辑 邹澍滢