

曲流河河道砂体油气选择性充注原因

——以济阳拗陷新近系为例

马立驰^{1,2}

(1.中国石油大学(北京)地球科学学院,北京 102249; 2.中国石化胜利油田分公司地质科学研究院,山东 东营 257015)

摘要:以济阳拗陷新近系馆陶组曲流河河道砂体为例,对不同砂组及其内部不同砂体油气选择性充注的原因进行了探讨。断层的活动性是油气纵向输导的主要影响因素,主油源断层和次油源断层控制油气平面分布范围,区域性的储盖组合决定了油气纵向分布层段(砂组),断层和储盖组合是造成不同含油砂组平面和纵向分布差异性的主要因素。河道砂体与断层、构造等的匹配关系是同一区带同一砂组内不同河道砂体油气选择性充注的主要原因。河道砂体的物性条件对油气的选择性充注也具有重要的控制作用,一般在相同的成藏条件下大型河道的物性条件较好,有利于油气聚集成藏。

关键词:油气选择性充注 砂组 含油砂体 砂体与断层匹配关系 新近系 济阳拗陷

中图分类号:TE112.2

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2013)04-0017-03

济阳拗陷是渤海湾盆地的富油气拗陷,目前新近系已累积探明石油地质储量 1.48×10^9 t,占拗陷总探明石油地质储量的31%,是胜利油区重要的增储上产阵地。近年来,在网毯式油气成藏理论的指导下^[1],特别是通过强化对各级断层输导网络的研究,每年新增近千万吨探明储量,取得了重大进展。随着勘探的逐步推进,具有构造背景和油源条件的主体部位,如孤岛、孤东和埕岛等与油源断层直接相接的继承性披覆背斜构造带均已基本探明,因此没有构造背景的斜坡和洼陷部位等更为隐蔽的曲流河河道砂体成为目前首选的勘探目标^[2-3]。由于勘探目标的转变,致使近期的勘探成功率明显降低。在勘探过程中,相同的油气运移条件下,不同的区块多以某个砂组含油为主;在同一口探井钻遇的同一套主力含油砂组中发育多个河道砂体,即使砂体的物性等条件相同,也仅有部分砂体含油。此外,对于新近系馆陶组曲流河河道砂体,在没有构造背景和断层沟通条件下的孤立砂体也可形成他源型岩性油藏。对于济阳拗陷新近系不同砂组以及不同砂体的油气选择性充注现象,一直缺乏合理的解释,制约了油气勘探的进一步拓展,为此,笔者在三维立体空间内多角度分析了曲流河河道砂体各控藏要素之间的匹配关系,对其油气的选择性充注原因进行探讨,以期对今后济阳拗陷的油气勘探实践

起到借鉴和启示作用。

1 石油地质条件

济阳拗陷馆下段主要为冲积扇、辫状河含砾砂岩、砾状砂岩夹薄层泥岩沉积,形成了巨厚的块状地层,自下而上可划分为5个砂组,具有典型的砂包泥的组合特征。馆上段可划分为7个砂组,其下部为辫状河沉积,向上为曲流河沉积;明化镇组可划分为4个砂组,为高弯度曲流河沉积,广泛发育泛滥平原亚相,河道亚相分布范围较小,呈弯曲的窄带状展布。济阳拗陷的烃源岩以古近系沙四段和沙三段为主,新近系主要的储集体为曲流河河道砂体;断层是其主要的油气运移通道,油气沿断层以幕式供烃方式进入上覆稳定分布的馆下段,沿馆下段块状砂岩或上覆断裂输导体系继续运移形成他源型油气藏。

2 不同砂组的油气选择性充注原因

济阳拗陷埕岛地区发育多条主油源断层和次油源断层,其中埕北断层的开启性强,成藏期活动强烈,与油源直接沟通,为埕岛地区新近系油气成藏提供了良好的运移通道。埕北断裂带东、西段的

收稿日期:2013-05-02。

作者简介:马立驰,男,高级工程师,硕士,从事油气勘探研究。联系电话:(0546)8716201, E-mail: dzymc@sohu.com。

基金项目:国家科技重大专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术”(2011ZX05006)。

储盖组合存在差异,其中西段馆下段块状砂岩发育,以输导作用为主,侧向封堵条件较差,不利于油气成藏;东段馆陶组泥岩较西段发育,致使油气在纵向上的运移受阻,在馆下段和馆上段下部聚集成藏,而明化镇组未发现油气成藏。整体上埕北断裂带油气富集层位自西向东逐渐变深,西段埕北246井区表现为明化镇组油气富集,中段埕北41井区为馆上段V—IV砂组油气富集,东段埕北352井区则为馆下段油气富集(图1)。在油源相同的条件下,埕岛地区不同区块主力含油砂组存在较大差异的原因是各区块之间储盖组合的差异。埕北246井区

馆下段和馆上段的砂地比一般分别大于70%和大于40%,其较高的砂地比有利于油气向上运移至明化镇组聚集成藏。埕北41井区馆下段的砂地比一般大于70%,馆上段V—IV砂组的砂地比为25%~45%,因此,其储盖组合较好,有利于油气聚集成藏。埕北352井区馆下段的砂地比小于50%,且其顶部泥岩较其他井区发育,阻止了油气继续向上覆地层运移,因此在馆下段聚集成藏。通过对埕岛地区不同区块主力含油砂组的油气选择性充注原因分析可以看出,区域性的储盖组合差异决定了不同区块具有不同的主力含油砂组。

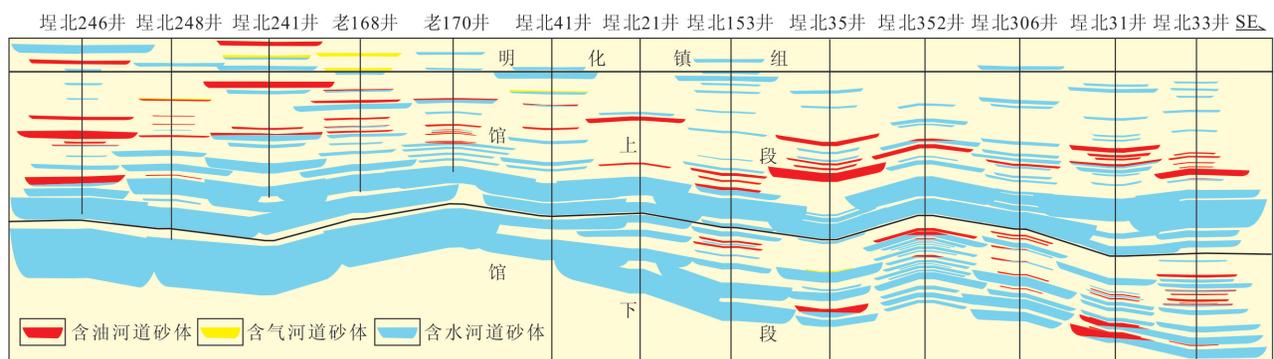


图1 埕北断裂带埕北246井—埕北33井综合剖面

3 不同砂体的油气选择性充注原因

钻井资料表明,济阳拗陷新近系储层非常发育,每口探井均会钻遇多套砂体。但在主力含油砂组内存在砂体含油、含水甚至无油气显示等现象,形成上述现象的主要原因是断层、河道砂体展布及构造等的匹配关系。

3.1 主油源断层和次油源断层

关于断层输导网络在新近系油气成藏过程中的作用,张善文等进行了大量研究^[4-8],并已在勘探生产中得到了验证。一般来说,对于埕北断层、孤南断层和孤东断层等主油源断层,其向下断至古近系烃源岩,向上继承性活动至明化镇组沉积时期,与新近系河道砂体相接,幕式活动使烃源岩中的油气进入新近系圈闭中聚集成藏。此外,济阳拗陷新近系砂体分布广泛,大量未与主油源断层相接的砂体可通过次油源断层沟通的网络与油气运移毯相接,形成油气富集成藏。

3.2 河道砂体展布与构造及断层的匹配关系

3.2.1 曲流河河道砂体展布与构造的匹配关系

济阳拗陷滨海地区馆上段的砂地比自南向北逐渐降低。南部垦东18井区馆上段的砂地比为70%,由于曲流河的频繁改道,致使砂体之间缺乏隔

夹层,连通性较好,整个砂体相当于一个连通的块状砂体;因此,其油气成藏主要受构造控制,油气主要富集于圈闭高部位,微小的圈闭幅度即可形成油气聚集成藏。中部垦东42井区的砂地比约为50%,其砂体有的表现为连通的整体,有的表现为单一的河道砂体,油气富集受构造和岩性双重因素控制,该类地区河道砂体的油气分布规律比较复杂^[9]。北部的埕岛和老河口地区的砂地比约为30%,其馆上段曲流河河道特征较清楚,通过振幅类地震属性即可清楚地识别出河道;该类地区的油气成藏明显受岩性控制,其成藏分析须在明确河道砂体与断层匹配关系的基础上,进一步分析构造位置和含油高度等控制因素。

3.2.2 单一曲流河河道砂体与断层的匹配关系

勘探实践证实,研究区馆上段单个砂体可以视为1期曲流河河道砂体,其厚度一般为2~15 m。曲流河河道的每一次迁移和改道可看成是瞬间突发事件,造成曲流河点砂坝砂体在时间和空间分布的不连续性,形成了多个单一的河道砂体。与油源断层相接的河道砂体即可形成油气富集成藏,但其油气富集程度受河道砂体的构造幅度和油气充满度控制。如埕岛地区每个河道砂体都有明显的油水界面,馆上段IV2, IV5和III6河道砂体油水界面的埋深分别为-1 396, -1 350和-1 345 m。如图2所示,

同一主力含油砂组内,未与油源断层相接的河道砂体无油气显示;而有的河道砂体虽距离油源断层很远,看似是孤立的砂体,但其低部位较远处若与油源断层相接,也可形成油气富集成藏;因此,河道砂体展布特征对孤立砂体含油性的研究尤为重要。

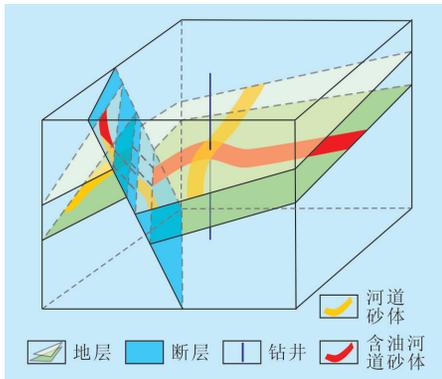


图2 济阳坳陷新近系河道砂体与断层匹配成藏模式

3.3 物性条件

宏观上,对于具有相同成藏条件的河道砂体,物性条件是决定油气是否充注和富集的关键因素。馆陶组河道砂体含油气的孔隙度下限一般大于25%,如埕北153井1600~1650 m井段发育3套河道砂体,均与油源断层相接,其中埋深为1603~1607 m砂体的孔隙度为13.948%,渗透率为 $8.136 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,解释为水层;埋深为1624~1630 m砂体的孔隙度为28.339%,渗透率为 $382.396 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,解释为含油水层;埋深为1639~1644 m砂体的孔隙度为31.854%,渗透率为 $694.556 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,解释为油层。由此可见,物性条件对河道砂体的含油性具有重要的控制作用。

河道砂体的物性条件受多种因素影响,其中最主要的影响因素是泥质含量。一般来说,泥质含量与含油饱和度成负相关(图3),油层的泥质含量最低,而干层的泥质含量最高。此外,泥质含量受河道砂体发育规模的控制,大型河道由于古水动力原因,泥质含量相对较低,因而其河道砂体的含油性

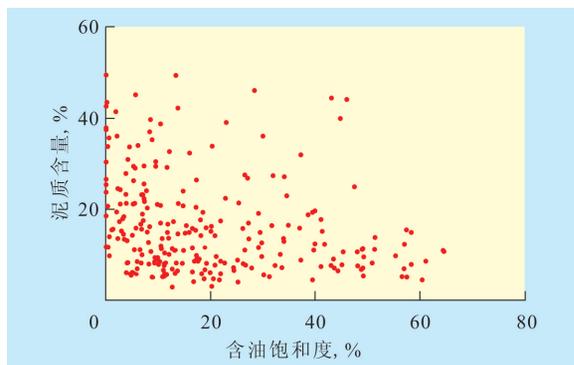


图3 埕岛地区泥质含量与含油饱和度的关系

要优于小型河道^[10-12]。

4 结束语

通过对济阳坳陷新近系曲流河河道砂体的展布特征及与断层接触关系等进行分析,探讨了不同地区主力含油砂组及其内部不同砂体含油性的差异,从实践的角度分析了油气选择性充注的内在机理。通过研究很好地解释了目前勘探过程中存在的河道砂体油气选择性充注的原因,断层和储盖组合是造成不同含油砂组平面和纵向分布差异性的主要原因,河道砂体与断层、构造等的匹配关系是同一区带同一砂组内不同河道砂体油气选择性充注的主要原因。研究成果对根据不同地区地质情况建立相应的地质模型进而采取相应的勘探手段可起到一定的启示作用。

致谢:对研究过程中付出辛勤劳动的中国石化胜利油田分公司地质科学研究院景安语、刘静、王志英等同志表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 张善文,王永诗,彭传圣,等.网毯式油气成藏体系在勘探中的应用[J].石油学报,2008,29(6):792-796.
- [2] 宁士华,肖斐,束宁凯.沾化凹陷馆上段湖相沉积砂体特征[J].油气地质与采收率,2013,20(2):45-47.
- [3] 于海波,王德英,牛成民,等.层序—构造对黄河口凹陷新近系油气分布及成藏的控制作用[J].油气地质与采收率,2012,19(6):42-46.
- [4] 张善文,王永诗,石砥石,等.网毯式油气成藏体系——以济阳坳陷上第三系为例[J].石油勘探与开发,2003,30(1):1-9.
- [5] 王永诗,张善文,曾濞辉,等.沾化凹陷上第三系油气成藏机理及勘探实践[J].油气地质与采收率,2001,8(6):32-34.
- [6] 姜素华,张善文,王永诗,等.网毯式油气成藏体系的仓储层定量评价探讨——以东营凹陷为例[J].油气地质与采收率,2004,11(3):22-24.
- [7] 庄文山,王永诗.试论沾化凹陷上第三系油气成藏与断层的关系[J].海洋石油,2002,4(1):37-41.
- [8] 邱桂强,王勇,熊伟,等.济阳坳陷新生代盆地结构差异性研究[J].油气地质与采收率,2011,18(6):1-5.
- [9] 褚庆忠,张雪勇,王长江.断裂构造与油气运聚关系研究——以沾化凹陷垦利断裂带为例[J].河南石油,2003,17(1):9-13.
- [10] 卢学军,刘华,王建瑞,等.渤海湾盆地霸县凹陷输导体系与新近系油气运聚特征[J].石油实验地质,2010,32(3):258-261.
- [11] 曾濞辉.正韵律砂层中渗透率级差对石油运移和聚集影响的模拟实验研究[J].石油勘探与开发,2000,27(4):102-105.
- [12] 刘华,蒋有录,徐昊清,等.冀中坳陷新近系油气成藏机理与成藏模式[J].石油学报,2011,32(6):929-935.