

# 基于河型演变模式的单一成因砂体对比研究

束青林<sup>1</sup>,肖斐<sup>2</sup>,丛国林<sup>1</sup>

(1.中国石化胜利油田分公司,山东 东营 257001; 2.胜利油田森诺胜利工程有限公司,山东 东营 257000)

**摘要:**通常对河流相河型和单一成因砂体的研究,主要依据粒度分布、砂体形态和沉积构造等特征要素,但通过研究观测现代河流沉积,发现在河流层序演化的过渡阶段,不仅河道形式会呈现不同变化,而且也影响不同成因砂体交互出现。为此,在孤岛油田中一区油井井间距和水井井间距为75 m、注采井距为150 m的密井网条件下,开展了利用河型演变模式指导曲流河、辫状河单一成因砂体对比和拼接的研究。通过建立辫状河—曲流河、曲流河—辫状河、辫状河—网状河、网状河—辫状河、网状河—曲流河和曲流河—网状河6种河型纵向叠置演变模式,确认Ng1+2砂层组为网状河沉积;通过建立标志层附近等高程对比、河道叠置砂体细分对比、河道砂体下切对比和侧向相变对比4种地层对比模式,开展单一成因砂体识别;结合矿场注采对应关系,建立了单一河道内部、河道—河道、河道—废弃河道—河道和河道—溢岸—河道4种成因砂体拼接类型,注采连通性因成因砂体拼接关系不同而存在差异,这种连通性差异主要控制特高含水期层内剩余油差异富集,据此通过指导井网调整流场转向,从而进一步提高水驱、化学驱采收率。

**关键词:**河型演变 单一成因砂体 河流层序演化 特高含水期 剩余油分布

**中图分类号:**TE111.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1009-9603(2014)04-0016-03

孤岛油田为大型整装稠油疏松砂岩披覆背斜构造油气藏,馆上段为主要含油气储层,属于河流相沉积。该油田历经天然能量、常规水驱和化学驱开发,现处于特高含水期开发阶段,砂体侧向非均质性及其控制的剩余油分布逐渐成为研究重点<sup>[1-4]</sup>。

在河流沉积层序演化过程中,不同类型河流之间相互叠置,而且不同成因砂体也相互叠置<sup>[5-9]</sup>。近年来,笔者通过研究现代河流沉积发现,在河流的不同河段或不同发育时期,由于河流负载、流量变化不同,加上沉积时期地貌、岩性、大地构造及环境条件的不同,河道形式会呈现不同变化;由于河道侧向迁移,不同位置垂向演化不同,在沉积层序演化过渡阶段,不同成因砂体交互出现<sup>[10-14]</sup>。据此,在孤岛油田中一区油井井间距和水井井间距为75 m、注采井距为150 m的密井网条件下,开展了利用河型演变模式指导曲流河、辫状河单一成因砂体对比和拼接关系研究,以期特高含水期层内剩余油分布规律研究提供依据,并将其用于矿场实践,通过指导井网调整流场转向,以进一步提高水驱及化学驱采收率。

## 1 河型演变模式

河流相沉积体系包括网状河、曲流河和辫状河,据此建立了辫状河—曲流河(模式A)、曲流河—辫状河(模式B)、辫状河—网状河(模式C)、网状河—辫状河(模式D)、网状河—曲流河(模式E)和曲流河—网状河(模式F)共6种河型体系纵向叠置演变模式(图1),每种演变模式具有相似的特征、水动力条件和沉积环境。其中,模式A是由辫状河向曲流河演变,最为普遍;模式F是由曲流河向网状河演变,演变条件是河岸抗冲性增强、河道比降减小。

孤岛油田馆上段自下而上发育Ng6—Ng5, Ng4—Ng3和Ng1+2共3套砂层组、34个小层。其中,Ng6—Ng5砂层组为辫状河沉积,Ng4—Ng3砂层组为曲流河沉积,而Ng1+2砂层组则有曲流河和网状河沉积2种观点。但是,笔者通过研究河型演变发现,研究区位于邻海三角洲地区,海平面上升,符合曲流河向网状河的演变条件;并且植被由稀少变得茂盛,也有利于网状河流发育,故认为Ng1+2砂

收稿日期:2014-05-05。

作者简介:束青林,男,教授级高级工程师,博士,从事油田开发地质及提高采收率研究与管理。联系电话:(0546)8710276, E-mail: shuqinglin.slyt@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项“胜利油田特高含水期提高采收率技术”(2011ZX05011),中国石化重大提高采收率先导试验项目“孤岛油田中一区Ng3聚合物驱后井网调整非均相复合驱先导试验”。

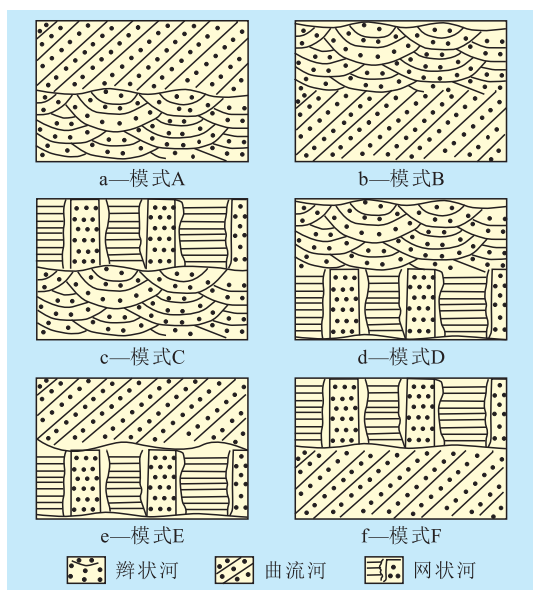


图1 河型体系纵向叠置演变模式

层组为网状河沉积。研究区自下而上由辫状河沉积(Ng6—Ng5砂层组)向曲流河沉积(Ng4—Ng3砂层组)过渡,顶部(Ng1+2砂层组)出现网状河沉积,分别对应河型演变模式A和模式F。沉积体系的演化并不完全是渐变的,由于河道侧向迁移,不同位置垂向演化不同,在沉积层序演化过渡阶段,不同成因砂体交互出现。

## 2 沉积特征

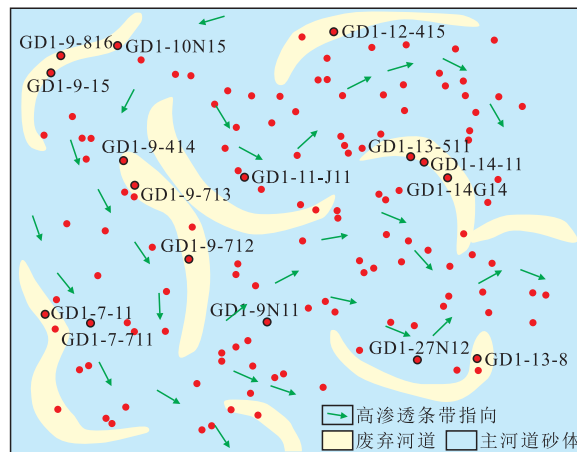
孤岛油田馆上段以复合正韵律和正韵律沉积为主。在Ng6—Ng5砂层组沉积时期,由于辫状河河流顺流增生沉积,心滩发育,交替出现河间滩地、河道充填与河道砂坝。底部为含砾砂岩,向上变为中砂岩、细砂岩、泥岩,常缺少粉砂岩,二元结构不明显,下部河道沉积砂层厚度大,上部溢岸沉积泥岩厚度较薄。在Ng4—Ng3砂层组沉积时期,由于曲流河河流侧向增生沉积,点坝发育,在河流侧向运动中,底流运动强度逐渐减弱,使得点坝下部沉积相对较粗,向上由中、细粒渐变为细砂岩、粉砂岩至泥岩,粒序连续,属于典型的二元结构。在Ng1+2砂层组沉积时期,网状河河道变窄,在稳定的河道带间,发育广阔的洪泛平原和泛滥盆地,广泛分布泥岩,可见大植物化石,平面上砂体组成了顺直到弯曲相互联接的网状河道。

孤岛油田馆上段作为一个长期基准面旋回,可容空间与沉积物供给量比值较高,可划分为6个中期旋回,自下而上依次为Ng6<sup>5</sup>, Ng6<sup>4</sup>—Ng6<sup>3</sup>, Ng6<sup>2</sup>—Ng5<sup>3</sup>, Ng5<sup>2</sup>—Ng4<sup>4</sup>, Ng4<sup>3</sup>—Ng3<sup>5</sup>和 Ng3<sup>4</sup>—Ng3<sup>3</sup>, 均包

括1个上升半旋回和1个下降半旋回,为1个完整的基准面旋回。在旋回转换点,砂体最为发育。在每个上升半旋回,主要发育河道砂体,其不但大范围分布,且横向叠加连片;在每个下降半旋回,主要发育泛滥平原和溢岸砂体,由于河道发育较少,砂体分布相对局限。

## 3 单一成因砂体对比

曲流河成因砂体的研究方法是:根据河流相储层分布特点,采用旋回对比、分级控制的对比思路,利用标志层附近等高程对比、河道叠置砂体细分对比、河道砂体下切对比、侧向相变对比4种地层对比模式,采取标志层顶底围限、分级控制、三维闭合的方式,建立顺物源和切物源方向等时地层格架;根据废弃河道、河道砂体顶面层位高程差异、不连续河间沉积、河道砂体规模差异性4种边界识别标志,将经验公式法与小井距法相结合,以栅状图的表现形式,对单一曲流带边界点,按照相似标志相连接的原则,合理组合,由点到线、由线到面,建立精细的单一成因砂体平面模型和三维空间分布模型。研究表明,连片状复合曲流带为复合点坝叠置形成;交织条带状复合曲流带点坝局部发育,为多个简单曲流带侧向拼接而成;在斜交或正交废弃河道方向,侧积层向废弃河道方向倾斜,且呈倾斜分布;在平行废弃河道方向,侧积层基本水平分布。例如中一区GD1-11-J11井区Ng3<sup>3(1)</sup>,以往认为该井区是大面积的复合曲流带砂体分布区,砂体连通性好;通过开展单一成因砂体识别研究,认为该井区发育9条断续分布的废弃河道,使得原先的大面积河道砂体分割成多个砂带,由于废弃河道物性较差,对流体渗流有侧向遮挡作用,沿着河道砂带的走向,形成流体渗流的高渗透带(图2)。

图2 GD1-11-J11井区Ng3<sup>3(1)</sup>复合曲流带废弃河道平面分布

采用同样研究思路,解剖辫状河成因砂体。首先研究复合河道垂向演化和平面分布特征,再采用砂顶相对深度法识别心滩,合理组合井间近水平展布的落淤层。由于不同级次、不同期次砂体叠加,且河道摆动频繁,心滩砂体与辫状河道砂体之间通过侧积面或者侵蚀面相互叠切、连通,夹层垂向连续性差,多呈交错分布;平面分布不稳定,多呈孤立的土豆状或窄条带状。

结合注采对应关系,建立了4种成因砂体拼接类型,即单一河道内部(注采井位于单一河道)、河道—河道(注采井位于不同的单一河道,河道砂体侧向相接)、河道—废弃河道—河道(注采井位于不同的单一河道,中间有废弃河道遮挡)、河道—溢岸—河道(注采井位于不同的单一河道,中间由溢岸砂体连接)。根据示踪剂测试资料,成因砂体侧向拼接关系不同,其注采连通性是有差异的。单一河道内部与河道—河道2种河道砂体拼接类型,示踪剂见效时间快,砂体连通性较好;河道—废弃河道—河道和河道—溢岸—河道2种河道砂体拼接类型,由于废弃河道、溢岸砂体遮挡,示踪剂见效时间慢,砂体连通性较差。在砂体连通性较差部位,由于过水倍数较低,导致特高含水期层内剩余油富集。如在聚合物驱后,老井GD1-0-4的含水率为96.5%,井组采出程度为52%,因套管发生变形报废后,新钻了GD1-0-X41井,由于Ng<sub>3</sub><sup>(1)</sup>废弃河道遮挡(图3),Ng<sub>3</sub><sup>(1)</sup>剩余油富集,因此,GD1-0-X41井投产后,初期产油量为11.6 t/d,含水率为77.2%。

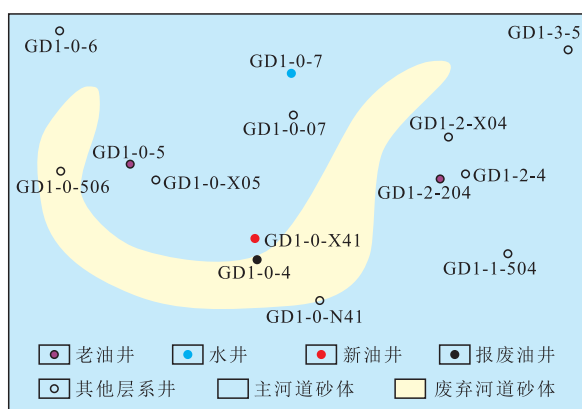


图3 GD1-0-4井区Ng<sub>3</sub><sup>(1)</sup>成因砂体平面分布

## 4 结束语

通过河流相储层河型演变研究,建立了6种河

型演变模式,确认孤岛油田Ng<sub>1+2</sub>砂层组为网状河沉积;在河流相储层河型演变模式指导下,开展了曲流河、辫状河单一成因砂体三维多视角对比、识别,建立单一成因砂体平面和空间分布模型;结合注采对应关系,建立了4种成因砂体拼接类型,其注采连通性存在差异,主要控制了特高含水期层内剩余油分布,在废弃河道、溢岸砂体遮挡部位剩余油富集,据此指导了孤岛油田中一区Ng<sub>3</sub>聚合物驱后井网调整非均相复合驱先导试验项目(采收率挑战60%)井网调整方案设计,实现转变液流方向,调整流场,从而进一步提高原油采收率。

### 参考文献:

- [1] 孙焕泉. 聚合物驱后井网调整与非均相复合驱先导试验方案及矿场应用——以孤岛油田中一区Ng<sub>3</sub>单元为例[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(2): 1-4.
- [2] 陆雪皎, 王友启, 魏翠华, 等. 聚合物驱后二元复合驱油藏的层系调整——以孤东油田七区西为例[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(2): 25-28.
- [3] 王鸣川, 朱维耀, 董卫宏, 等. 曲流河点坝型厚油层内部构型及其对剩余油分布的影响[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(3): 14-17.
- [4] 张本华. 曲流河储层构型中废弃河道的识别及其分布模式——以孤岛油田馆上段为例[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(3): 18-21, 25.
- [5] 王随继, 倪晋仁, 王光谦. 河型的时空演变模式及其间关系[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(S1): 96-100.
- [6] 李双应, 李忠, 王忠诚, 等. 胜利油区孤岛油田馆上段沉积模式研究[J]. 沉积学报, 2001, 19(3): 386-393.
- [7] 束青林, 张本华, 徐守余. 孤岛油田河道砂体集层油藏动态模型及剩余油研究[J]. 石油学报, 2005, 26(3): 64-73.
- [8] 刘凡, 姜汉桥, 贾俊山, 等. 应用核磁共振技术研究正韵律油藏动用规律[J]. 特种油气藏, 2012, 19(6): 130-133.
- [9] 王随继, 任明达. 根据河道形态和沉积物特征的河流新分类[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 240-246.
- [10] 陆先亮, 束青林, 曾祥平. 孤岛油田精细地质研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 1-26.
- [11] 王夕宾, 钟建华, 陈清华, 等. 孤岛油田馆(1+2)地层划分对比与沉积模式[J]. 应用基础与工程科学学报, 2004, 12(1): 37-39.
- [12] 李阳, 李双应, 岳书仓, 等. 胜利油田孤岛油区馆陶组上段沉积结构单元[J]. 地质科学, 2002, 37(2): 219-230.
- [13] 王夕宾, 钟建华, 薛照杰, 等. 孤岛油田馆(1+2)砂层组沉积模式及其对剩余油分布的控制[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2004, 28(6): 16-20.
- [14] 陈清华, 刘池阳, 李琴. 胜利油区孤岛油田新近系辅助标志层研究[J]. 地层学杂志, 2003, 27(1): 46-49.

编辑 常迎梅