

塔河三叠系下油组河流相储层夹层成因类型及其分布规律

付国民¹, 周丽梅², 刘蕊², 王艳伟², 苗箐³, 李磊³

(1 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2 中国石油化工股份有限公司 西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3 中国石油化工股份有限公司 中原油田分公司, 河南 濮阳 457001)

摘要: 综合利用岩芯、测井资料, 结合典型地区地质统计学特征, 对塔河三叠系下油组河流相夹层成因类型及其分布特征进行研究。结果表明: 根据成因类型下油组夹层分为单元间夹层及单元内夹层, 只有单元间夹层是井间可对比的, 对抑制底水锥进具有重要作用; 根据夹层岩性类型及其岩电响应特征将夹层分为泥质、钙质、低渗透夹层; 泥质夹层延伸较好, 为主要夹层类型; 下油组划分出 11 个延伸较稳定的夹层, 但在目前井下井间是不连续的; 下油组夹层密度平均为 0.14, 夹层频率平均为 0.07, 夹层总体不发育, 夹层平面分布大体呈北东、南北向分布, 其宽厚比为 1:80~1:100, 波及宽度为 200~500 m。明确夹层分布特征对指导该区底水油层注水开发有着重要意义。

关键词: 夹层; 河流相; 下油组; 塔河 9 区

中图分类号: TE343 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2009)03-0260-05

Fluvial Facies Reservoir Interbed Genesis Category and Distribution Characteristic in Low Oil Group Triassic Tahe Oilfield

FU Guo-min¹, ZHOU Li-mei², LIU Rui², WANG Yan-wei², MIAO Jing³, LI Lei³

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Northwest Oilfield Company, China Petroleum and Chemical Corporation, Urumqi 830011, Xinjiang, China;

3. Zhongyuan Oilfield Company, China Petroleum and Chemical Corporation, Puyang 457001, Henan, China)

Abstract Through analyzing the cores, logging data and geological statistics, the genetic category and distribution characteristic of fluvial facies reservoir interbed is studied. The result shows that the genetic category of interbed can be divided into inter-unit interbed and intra-unit interbed, among which only intra-unit interbed can be contrasted between wells and may have a great effect on restraining bottom water coning. On the basis of rock category and rock electric character, interbed may be divided into muddy intercalation, calcareous intercalation and low permeable sub-layer. Muddy intercalation which forms overflow deposit extends well and is the main interbed category. Low oil formation could be divided into 11 stably extended interbeds. However, at present net well, the interbed is inconstant among wells. Most of the intra-unit interbeds are small-sized, utmost unsteadily and uncontinuous among wells. They can not shelter from water flooding and beneath water obviously. The average density of interbed is 0.14 in low oil formation with an average frequency of 0.07. It is thus clear that interbeds are undeveloped generally. The plane of interbed approximately distributes northwest and south-north. The ratio of width to thickness is about 1:80~1:100, and the width is approximate 200~500 m. It is meaningful that clearing the distribution characteristic of interbeds guides the injection exploitation of bottom water reservoir.

Key words: interbed; fluvial facies; low oil formation; Tahe 9 area

收稿日期: 2009-03-05

基金项目: 中国博士后基金项目(20070420489)

作者简介: 付国民(1968-)男,甘肃定西人,副教授,工学博士后,从事油藏描述及储层地质学研究。E-mail: guominfu2000@163.com

© 1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

0 引言

夹层是油层中相对低渗透或非渗透的部分,即包括注水开发中对流体起隔绝作用的非渗透层,也包括在一定条件下能够限制或阻碍流体运动的相对低渗透层,夹层是油层非均质性的主要内容,对厚油层注水开发及底水油层开发有着重要影响^[1-7]。

塔河油田位于新疆维吾尔自治区轮台县与库车县之间,构造位置为塔里木盆地沙雅隆起区阿克库勒凸起艾协克—桑塔木构造,是一多含油层系、多成藏类型的超大型油气田。塔河三叠系低幅度背斜油气藏是塔里木盆地油气勘探开发近年来取得长足进展的领域之一,其中塔河9区是主要的含油气区块,含油层系分为上、中、下3个油层,下油组储层成因类型为河流相河道砂坝,岩性为含砾粗中粒岩屑砂岩,储层砂体结构型式呈由多期河道平面拼接、纵向叠置的巨厚板状,其间各种溢岸沉积的泥岩、砂质泥岩、粉砂岩等低渗透或非渗透隔夹层条带状分布^[8]。三叠系油藏为受构造控制的具底水的块状砂岩孔隙型未饱和油藏,隔夹层展布变化对水平井轨迹设计、射孔段位置选择、抑制底水锥进具有重要作用,是影响底水油藏开发效果差异的主要原因之一,故弄清塔河油田低幅油藏隔夹层分

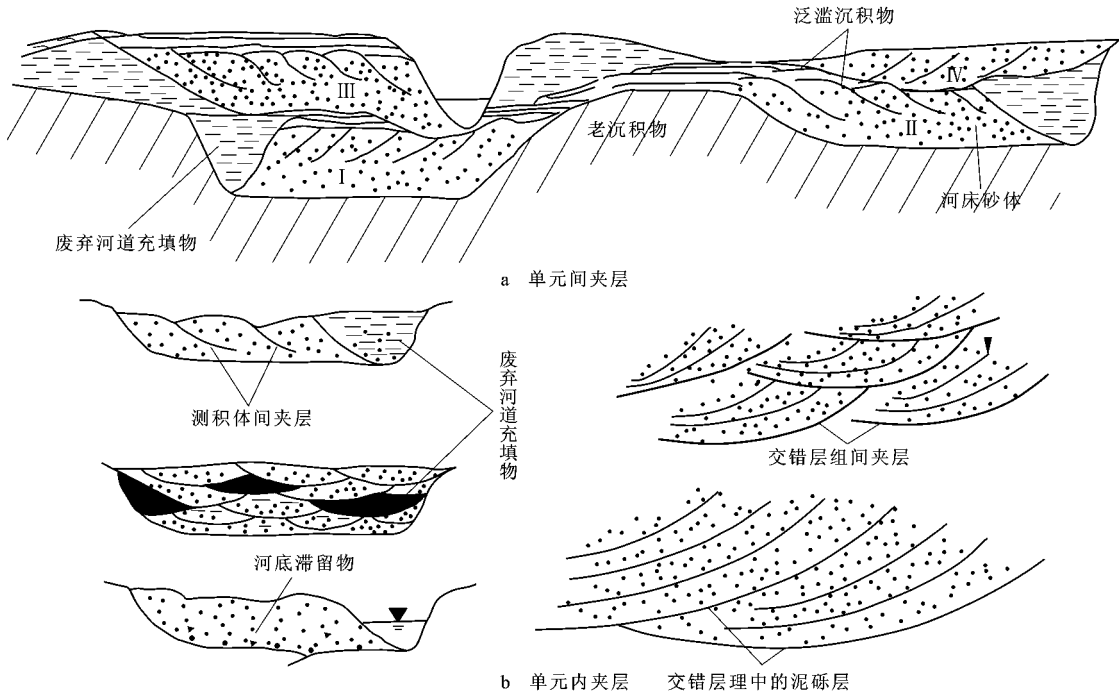
布情况是目前三叠系油藏开发面临的主要问题。

1 夹层成因分类

从夹层分布状态及稳定性角度出发,将在塔河9区下油组河流相夹层分为两类:单元间夹层及单元内夹层^[9]。

单元间夹层是河流三角洲旋回沉积层之间夹层,是河流泛滥时期或三角洲叶体废弃时期形成的泥质、粉砂质等细粒沉积,往往具有较广泛的分布范围,相对层位稳定,大致水平的原始产状和良好的垂向渗透性遮挡作用,在开发井网条件下一般可以追索对比(图1)。在河流环境中,点坝砂体呈强烈的透镜状,切割冲蚀严重,层位错综复杂,使得这类夹层保留程度较差,层位也起伏不平^[10-11]。

单元内夹层是河流三角洲单一旋回沉积单元内部的夹层,是在河流三角洲连续沉积过程中各种不同水动力条件下形成的,种类多形态复杂(图1),如分流点坝间的废弃河道充填物,点坝内侧积体间的夹层、河床底部透镜状滞留沉积物、河口砂坝和顺直分流中水平状充填的薄夹层,交错层组底部的泥砾层,各种层理和砂纹单元间纹层状薄夹层,这些夹层都为各种形式的透镜体,分布范围极其有限,厚度亦变化剧烈,除废弃河道外,一般都较薄,



据文献[9]修改

图1 河道砂体夹层类型

Fig.1 Interbed Category in Channel Sand Unit

在开发井网下难以或根本无法对比,一般也只起局部渗透性遮挡作用,对宏观油水运动影响不大。

2 夹层岩性类型及其岩电响应特征

塔河 9 区三叠系下油组夹层主要有 3 类:

(1)泥质夹层,其包括泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及含砂砾泥岩。这类夹层总体上都是由于水力减弱,细的悬移质沉积而成,常分布于河流砂体点坝增生单元或点坝顶部,形成泥质披被,与河流沉积体系第 3 级或第 4 级界面共生。该夹层渗透率主要在 $(0.001 \sim 5.000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,孔隙度小于 8%,厚度主要为 2~4 m,在电测曲线上反映为高自然伽马(γ_{GR}),自然电位(V_{SP})回档幅度较大,回返平均在 1/2~1/3 以上,深感应电阻率值(ρ_{RILD})较周围砂岩高,且深浅视电阻率差异小,有扩径现象,声波时差(Δt_{AC})增大,密度(ρ_v)减小。该类夹层是研究区主要的夹层类型,一般延伸较远,隔挡性较好,是底水油藏阻挡底水锥进最有效的一类夹层,为漫滩、分流间湾细粒或局部湖进形成的披覆层。

(2)钙质隔夹层,主要的岩石类型为含砾粗中砂岩,其次为细砾岩、细砂岩,填隙物种黏土杂基含量极少,钙质胶结物质量分数超过 10%,胶结方式以基底式或孔隙—基底式为主。这类夹层平面上及纵向上分布比较零星随机,横向连续性差,厚度变化大,常分布于砂岩顶底与泥岩交界处或砂岩层任意处,平面上分布分散,呈土豆状。该夹层渗透率一般低于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙度 2%~10%,在电测曲线上反映两高两低特征,即高电阻、高密度、低时差、低自然伽马,自然伽马值相对减小,自然电位幅度回返明显,深感应电阻率尖峰状增大,时差

减少,密度增大;岩性较致密。

(3)低渗透夹层,可以分为两亚类,一类主要以细砂、粉砂为主,有一定的孔隙度及渗透性,但未达到有效厚度物性的下限(孔隙度小于 15%,渗透率小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),厚度 0.5~5.0 m,这类夹层常与泥质夹层相变,隔挡性较差,延伸不稳定。在电测曲线上反映自然伽马值较高,为 70~80 API,自然电位曲线回返较明显,平均 1/3~1/4,深感应电阻率值较周围砂岩高,且深浅电阻率差异小,该亚类夹层为分流间湾、废弃河道细粒沉积。另一亚类低渗透夹层为杂基支撑的细砾岩及颗粒支撑的砾岩,常常形成于河床滞留沉积,渗透率一般低于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙度 2%~15%,厚度为 0.5~2.0 m,组构杂乱,泥质含量高,物性差,微观非均质性强,分布于砂体底部,平面上分布呈土豆状,纵向上与储层互层分布或夹于储层单元内部,横向上延伸不远,连片性差,不能较好的抑制底水锥进。

根据上述 3 类夹层测井响应特征绘制成蜘蛛网模式图(图 2),比较其形状可以看出,泥质、钙质、低渗透夹层具有不同的网型模式,这些特征和模式可作为夹层划分的依据。

3 夹层分布规律

3.1 河流相砂岩中夹层稳定性及其分布模式

根据国内外露头剖面及大庆密井网河道砂体解剖所提供的地质知识库^[5,12],建立研究区夹层分布的概念模型(图 3)。

河道砂岩单元间夹层在剖面上分布形式、岩性变化及层位关系都非常复杂,夹层有厚有薄、层位高低不同、形态弯弯曲曲,岩性变化较大,要比三角洲

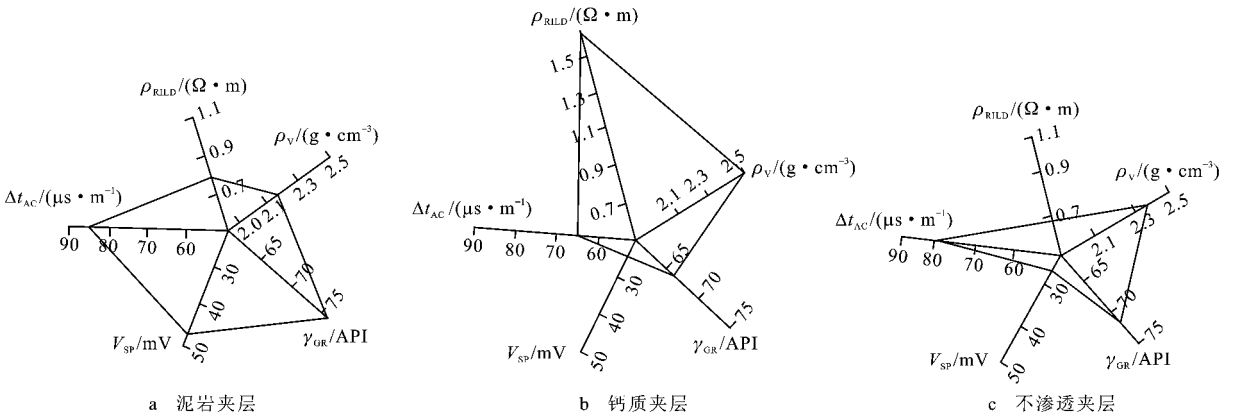


图 2 各类夹层测井曲线蜘蛛网特征

Fig. 2 Kinds of Interbed Logging Plot Spider Net Characteristic Diagram

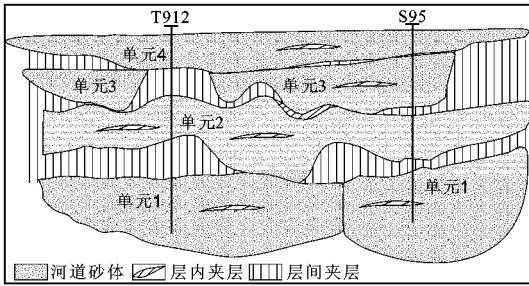


图 3 河流相砂岩夹层分布概念模式
Fig. 3 Fluvial Facies Sandstone Interbed Distribution Concept Model

前缘相及湖相夹层复杂得多, 对于河道砂岩, 只有单元间夹层是可对比的, 井间是连续分布的, 但其在层位、岩性和厚度上各井都有些差别和变化, 不一定是同一成因的, 井间也不可能都连通。其中, 有些成片成带分布的泛滥沉积物井间是连通的, 有些是河床切入到下伏砂岩的内部, 使下单元内部的夹层出露于这个单元间位置上, 有些是河床底部形成的滞留沉积, 这些处于单元间位置的夹层实际上是河床活动过程中所切割各类夹层的组合, 因此需要进一步判定其成因。原始连续沉积的周期泛滥沉积物, 具有大致水平的产状, 在两口井的层位应一致, 同时, 当它们被保留下来时, 砂体正渐变的层序或旋回性是完整的, 在相近的两口井中应具有相似的岩性、较大的厚度和较完整的曲线形态, 依据上述特征重点对单元间夹层进行了井间对比^[8-9]。单元内夹层种类很多, 以小型极不稳定的夹层为主, 主要通过现代沉积和露头研究建立理论模式, 进行井间推论, 最常见的单元内夹层有废弃河道充填物及点坝内侧积体间夹层、发育在心滩坝上部的落淤层。

3.2 纵向分布规律

根据前述夹层测井解释标准, 对研究区每口井夹层先进行单井划分, 然后对单元间夹层进行成因解释, 对溢岸沉积的泥质夹层按照层位近似水平、邻近井岩性相似、层序完整的对比原则进行连井对比, 划分出 11 个延伸较稳定的夹层(图 4)。夹层厚度为 0.5~7.5 m, 多为 1.5~2.5 m, 平均为 2.2 m, 夹层钻遇率平均为 0.66。值得一提的是, 虽然在各砂层顶部相当层位见到夹层, 但夹层在井间多不连续, 延伸有限, 岩性变化较大。夹层密度平均为 0.14, 夹层频率平均为 0.07, 可见夹层总体不发育, 这主要是因为研究区下油组处于分流河道成因砂体强烈建设时期, 溢岸沉积不发育, 且因河道砂

体强烈冲蚀与切割, 泥质夹层保留不好。

3.3 夹层的平面分布

依前所述, 只有单元间夹层特别是溢岸细粒沉积的泥质夹层产状水平、延伸较稳定, 开发井网条件下井间能够对比, 但这类泥质夹层平面分布极不规则, 其形状取决于分流平原单一河道的交汇与分叉, 其总体形态应为东西向的不规则片状、椭圆状。根据大庆油田在密井网条件下对分流平原单一河道的平面解剖资料, 溢岸细粒沉积宽度严格受单一河道发育频率限制, 一般宽度为 50~300 m, 长度是宽度的 2~4 倍, 即最大长度 1 500 m。塔河 9 区下油组目前井距大, 平面上单一河道无法解剖, 即使两口井上同一层位同一水平面发育岩性相似、厚度相近的泥质内夹层, 也不能保证为同一夹层, 可能为两个单一河道间的溢岸细粒沉积, 其间因上覆砂体冲蚀而形成的天窗很多, 因此在研究区大井距条件下夹层分布的研究中, 依据有关河流相泥质夹层地质知识库资料^[13], 特别是塔河一区夹层宽厚比统计数据, 在多井对比的基础上综合考虑夹层厚度、夹层岩性、相邻区块密井网详细解剖的夹层宽厚比等因素勾画单元间泥质夹层分布。

研究区主要夹层为泥质夹层, 属于河道间沉积微相, 它们的空间分布, 受宏观沉积背景所控制。根据塔河 1 区对夹层的研究, 夹层平面分布大体呈北东、南北向分布, 其宽厚比为 1:80~1:100, 据此推理, 本区夹层的波及宽度为 200~500 m。

4 结语

(1) 塔河 9 区三叠系下油组河流相夹层根据成因类型分为单元间夹层及单元内夹层, 单元间夹层对抑制底水锥进具有重要作用; 根据夹层岩性类型及其岩电响应特征将夹层分为泥质、钙质、低渗透夹层, 每类夹层具有特定的蜘蛛网式测井响应模式, 据此进行夹层识别与划分。形成于溢漫沉积的泥岩夹层延伸较好, 可有效抑制底水锥进。

(2) 对于河道砂岩, 只有单元间夹层可进行井间对比, 但其在层位、岩性和厚度上各井都有些差别和变化, 不一定都为同一成因, 井间也不可能都连通, 下油组划分出 11 个延伸较稳定的夹层, 但在目前井网下井间不连续。单元内夹层主要是小型极不稳定的夹层, 井间多不连续, 对注入水及底水不起明显的遮挡作用。

(3) 下油组夹层密度平均为 0.14, 夹层频率平

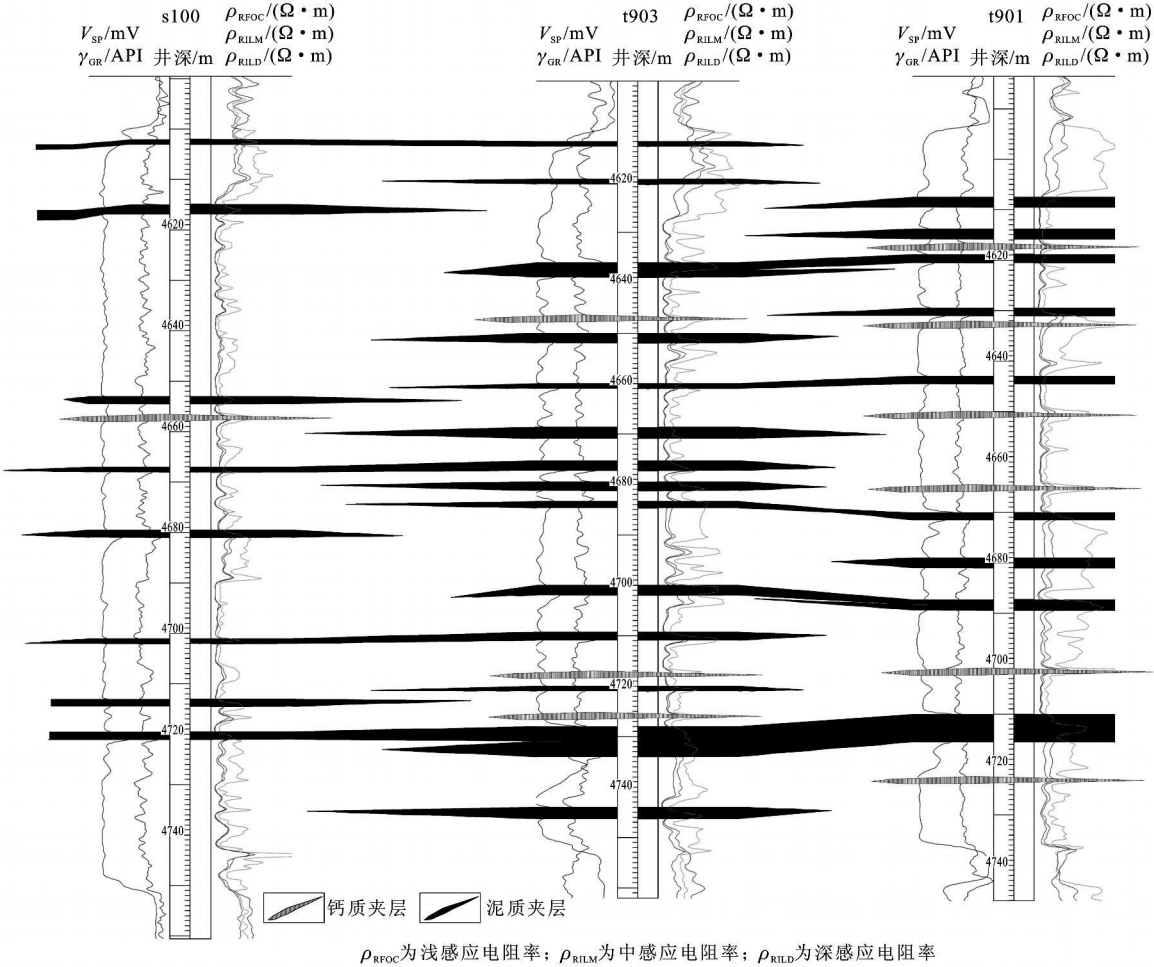


图 4 夹层对比
Fig. 4 Interbed Contrast

均为 0.07, 可见夹层总体不发育。

(4)在目前塔河 9 区大井距条件下, 夹层分布研究, 只有依据有关河流相泥质夹层地质知识库资料, 特别是塔河一区夹层宽厚比统计数据, 在多井对比基础上综合考虑层厚度、夹层岩性、相邻区块密井网详细解剖的夹层宽厚比等因素勾画单元间泥质夹层分布。据此认为, 塔河 9 区下油组夹层平面大体呈北东、南北向分布, 其宽厚比为 1 : 80 ~ 1 : 100 左右, 波及宽度为 200 ~ 500 m。

参考文献:

[1] 薛培华. 河流点坝相储层模式概论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.
[2] 李元觉, 李跃刚, 卢 涛. 三角洲平原网状河砂体的地质概念模型及修正[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(5): 69-70.
[3] 张兴国, 田世澄, 韩春明, 等. 底水油藏开发中夹层的作用研究[J]. 地球学报, 2002, 23(5): 459-462.
[4] 张兴国, 孙 卫. 夹层对底水锥进抑制作用的研究[J]. 西北

大学学报: 自然科学版, 1999, 29(2): 149-152.
[5] 马世忠, 孙 雨, 范广娟, 等. 地下曲流河道单砂体内部薄夹层建筑结构研究方法[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 632-639.
[6] 陈 程, 孙义梅. 厚油层内部夹层分布模式及对开发效果的影响[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(2): 24-27.
[7] 王丽娟, 唐俊伟, 张 岐, 等. 低渗透夹层对油藏注水效果的影响研究[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(1): 151-153.
[8] 付国民, 赵俊欣, 杨 磊, 等. 塔河油田 9 区三叠系中上统高分辨率层序地层及沉积演化[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2007, 43(3): 13-17.
[9] 张 吉, 张烈辉, 胡书勇, 陆相碎屑岩储层隔夹层成因、特征及其识别[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(4): 1-3.
[10] 焦养泉, 李 祯. 河道储层砂体中隔挡层的成因与分布规律[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 78-81.
[11] 林承焰, 侯连华, 董春梅, 等. 辽河西部凹陷沙三段油岩储层中钙质夹层研究[J]. 沉积学报, 1996, 14(3): 72-80.
[12] 付志国, 石成方, 赵翰卿, 等. 喇萨杏油田河道砂岩厚油层夹层分布特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(4): 55-58.
[13] 马世忠, 孙 雨. 地下曲流河道单砂体内部薄夹层建筑结构研究方法[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 632-637.