

文章编号: 0253-9985(2004)03-0258-05

塔河油田石炭系卡拉沙依组沉积与成因分析

何发岐¹, 翟晓先¹, 俞仁连¹, 蒲仁海²

(1. 中国石化西北石油局, 新疆乌鲁木齐 830011; 2. 西北大学地质系, 陕西西安 710069)

摘要: 综合古生物、测井、岩心、地震、地化等资料, 对塔河油田石炭系卡拉沙依组砂泥岩段沉积特点及成因的分析表明该组砂岩总体具有向上变粗变厚的进积式沉积序列: 上部的 I - III 油组主要为河流相, 下部 IV - V 油组为受潮汐影响的扇三角洲前缘和平原相。该组受潮汐影响体现在: (1) 富含陆相轮藻化石, 并见个别半咸水介形虫类和疑源类微体化石; (2) 局部有波状、透镜状层理、生物扰动层理和冲刷充填层理; (3) 该组底部泥岩的锶钡比值介于 0.021~0.716, 具半咸水-微咸水-淡水的变化特点; (4) IV - V 油组总体处于巴楚组双峰灰岩潮坪相到 I - III 油组河流相沉积的过渡相中。

关键词: 塔河油田; 卡拉沙依组; 沉积特征; 河流相; 潮坪相; 海平面变化

中图分类号: TE112.221

文献标识码: A

Deposition and genetic analysis of Carboniferous Kalashayi Formation in Tahe oilfield

He Faqi¹ Zhai Xiaoxian¹ Yu Renlian¹ Pu Renhai²

(1. Northwest Petroleum Bureau, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang; 2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi)

Abstract: Sedimentary characteristics and genesis of the Carboniferous Kalashayi Formation sand+shale sequence in Tahe oilfield are analyzed through integrating palaeontological, log, core, seismic and geochemical data. Overall, the sandstones in Kalashayi Formation are of progradational sedimentary sequence that get coarser and thicker upwards. The upper I - III oil reservoir groups are mainly of fluvial facies, while the lower IV - V oil reservoir groups are of tide-affected fan delta front facies and plain facies. The evidences of tidal influences include: (1) rich in charophyta fossils with individual brackish Ostracoda and Acritarch microfossils; (2) local wavy, lenticular, bioturbate and scour-and-fill beddings; (3) a strontium/barium ratio ranging between 0.021 and 0.716, suggesting an environment from brackish to fresh water; (4) the IV - V oil reservoir groups, as a whole, are the transition facies from tidal flat "double peak limestone" in the Bachu Formation to fluvial deposition of I - III reservoir groups.

Key words: Tahe oilfield; Kalashayi Formation; sedimentary characteristics; fluvial facies; tidal flat facies; eustatic sea level change

自从在塔河油田石炭系卡拉沙依组发现高产油气流以后^[1], 对其砂岩储层的沉积相和平面展布的认识存在两种不同的意见。一种意见认为以潮坪和潮道砂岩为主^[2,3], 另一种意见则认为以泛滥平原夹河道相为主^[4], 还有人认为有辫状三角洲沉积^[5]。由于潮道砂岩与河道砂岩均具有底部冲刷、向上变细的二元结构和类似的粒度分布特征, 所以区分和识别这两种沉积环境有一定难度。本文通过古生物、岩石特征、沉积构造、旋回与相对海平面升降、地球化学、地震相等综合分析认

为, 卡拉沙依组砂泥岩段基本以两种沉积类型为主, 下部为受潮汐影响的扇三角洲相, 上部为冲积扇缘漫滩、分流河道和低弯度河道相。

1 沉积特征

1.1 杂色砂泥岩互层

以半干旱氧化环境下形成的褐红色泥岩、钙质泥岩为主, 局部夹灰色砂岩和杂色斑点状泥岩。岩石普遍富含钙质和轮藻^[6], 缺乏高等植物和大动物化石, 仅含一些蕨类植物和芦木类植物的孢

子和少量裸子植物和石松类植物的小孢粉,石松类植物小孢子从下向上逐渐增多*。只有沙68井石炭系顶部出现了潮湿气候的薄煤层。除上部泥岩段之外,卡拉沙依组的每个油组具向上变细,钙质含量变少的特征。

1.2 自下而上为一进积序列

卡拉沙依组具有砂砾岩向上含量增多、单层厚度增大、各油组电阻率旋回性由下向上逐渐变得模糊等特征(图1)。这些现象总体反映了卡拉沙依组是一个以陆相沉积为主的、由下向上受海或潮汐影响逐渐减弱的、由远源向近源逐渐过渡的进积序列。据岩石薄片统计资料,卡拉沙依组砂岩类型主要为岩屑石英砂岩、长石石英砂岩,其次为长石砂岩和岩屑砂岩。从V油组至I油组,长石逐渐减少,岩屑逐渐增多。

但沙60井卡拉沙依组四段(以下简称卡四段)V油组有反粒序的河口坝特征,发育在上泥岩段半咸水泻湖之上。它可能反映了该组砂泥岩段底部沉积时某些河口的沉积特征(图1)。

1.3 砂岩普遍较粗

砂岩粒径以中、粗砂,含砾砂为主,细砂主要分布在V油组。尽管有时含量低(小于1%),但砂岩中含砾石颗粒较普遍。塔河地区卡拉沙依组I~V油组见多层中-细砾岩(图2),且钻遇砾岩的井分布较广。砾石主要为黄、褐、白色硅质成分,有些砾岩中可见近一半的灰岩砾石。砾径一般0.5~2 cm,最大3~4 cm,达中-细砾级,次圆状、分选差,颗粒支撑,填隙物主要为砂质。砾岩孔渗性较差,在自然电位曲线上无负异常响应。具低自然伽马、高电阻、低时差的电测特点,与某些钙质泥岩有类似之处,因而不易从电测曲线上识别,仅在岩心上才确认其存在。这些砾岩反映了近源砾质河的环境特征。但剖面上仍以泥岩为主,砂砾岩含量一般10%~25%,砾岩含量不超过5%。

1.4 各油组特征

卡拉沙依组三段(以下简称卡三段)(I、II、III)油组与卡四段(IV、V油组)的砂体有显著差异。首先,前者可见到一些单层厚度较大(大于10 m)的砂体,后者则单层厚度较薄,多在5~6 m以下。其次,前者具明显的正粒序点坝特点,自然电位呈钟形(图1),或箱形的河道充填砂坝特征,砂岩底与泥岩之间呈突变接触;后者自然电位曲线

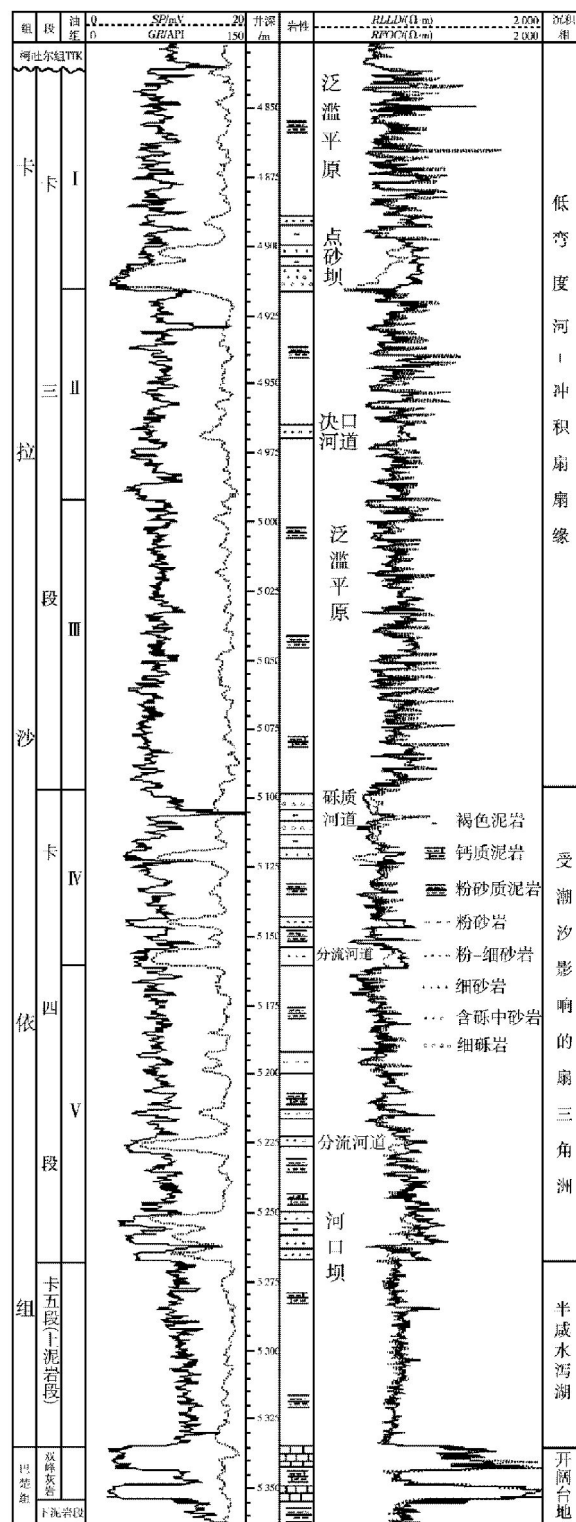


图1 沙60井卡拉沙依组剖面沉积相剖面图

Fig.1 Profile showing sedimentary facies of Kalashayi Formation in S60 well

常呈对称齿形、指形、漏斗形等,砂岩顶底与泥岩之间呈渐变或突变接触关系,底界突变时,可平整,也可见冲刷。再次,虽然5个油组的砂岩中均可见到平行层理、块状层理、板状层理和小型槽状层理和砾岩的正粒序层理等,但IV、V油组的砂岩

* 程淑薇,董凯林,何卓生,等.新疆塔里木盆地北部井下石炭统生物地层研究.1994

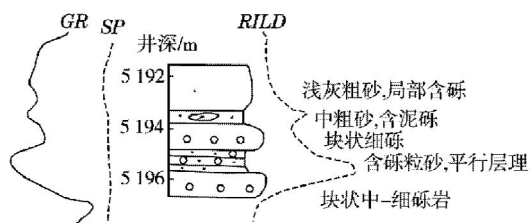


图2 沙69井V油组砂岩及中-细砾岩

Fig.2 Sandstone and fine pebble to pebble conglomerates in the V reservoir group in S69 well

中见到了少量的冲刷充填层理、生物扰动层理、波状层理和透镜状层理等(图3),可能反映了潮汐作用对IV、V油组陆相砂体的影响与改造。

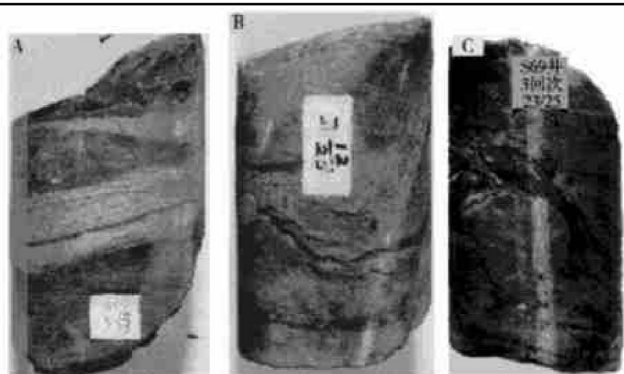


图3 沙69井三回次5256.58~5265.18m取心(V油组)与潮汐作用有关的沉积

Fig.3 Pictures of core samples from three coring operations in well S69 (5256.58~5265.18 m)

A—中潮坪透镜状层理; B—波状层理; C—风暴潮引起泥质沉积物不规则穿透层理,也可能为生物扰动现象

2 沉积相

2.1 潮坪相

有人认为,塔北轮南地区卡拉沙依组为潮坪相^[1,2]。但笔者观察了该区十几口井的卡拉沙依组岩心,几乎没有见到羽状交错层、复合面、改造波痕等典型潮汐沉积构造^[6,7],仅在沙69井V油组泥质岩及粉细砂岩段岩心中见到厚度不超过30 cm的透镜状层理和波状层理(图3A, B)。沙69井V油组岩心在具沙纹层理灰色粉砂岩中见到切割层理面的不规则褐红色泥质条带(图3C)。它可能是由于风暴潮引起的已沉积沙坪发生滑动、垮塌、破裂后卷进泥质沉积物而造成;也可能为弧立的生物扰动现象。

据孙永传^[8]、陈激石^[9]等,古代碎屑岩潮坪只

有砂坪—混合坪—泥坪这一沉积序列才较易保留下来和常见,但在塔河石炭系始终未看到这样的沉积序列。沙69井5264~5260 m岩心观察到的潮坪特征是一个泥坪—混合坪—砂坪的小级别的退积序列,确定其为潮坪的主要依据是其中所含的波状层理和透镜状层理。波状层理、冲刷充填层理和透镜状层理并非只发育在潮汐环境中,河流相中也可见到。所以,卡拉沙依组可能只是受到了潮汐的影响,而非典型的潮坪相。

2.2 陆相

古生物和微量元素资料显示卡三、卡四段为受过海侵影响的。杨国栋根据其含有大量的陆相特有的轮藻化石确定它是陆相为主的沉积^[6]。程淑薇、董凯林等^{*}则据卡四段和其下伏的上泥岩段含个体小、数量少、壳面光滑的介形类和其孢粉中含个别疑源类,认为可能具半咸水性质。罗孝质^{**}综合古生物、岩石类型、沉积特征及演化,认为巴楚组的上泥岩段、双峰灰岩和其下的蒸发岩段(仅分布在塔河油田以南有限范围内)分别为半咸水泻湖、潮坪和干盐湖沉积,而卡拉沙依组砂泥岩段为河流相。

锶钡比被认为是判断环境的一个较灵敏标志^[10],一般认为锶钡比值大于1.0为海相,1.0~0.5为半咸水相,小于0.5为微咸水相^[11,12]。塔河1区卡拉沙依组的样品仅有一个样品为半咸水范畴,其他均为微咸水—淡水范畴(表1)。

表1 石炭系卡拉沙依组岩心泥岩样品锶钡比值表

Table 1 Strontium/barium ratio of mudstone samples cored from the Carboniferous Kalashayi Formation (C_1k^1)

井号	井深/m	油组	岩性	锶/ 10^{-6}	钡/ 10^{-6}	Sr/Ba
S68	4 823.17	I	黑色碳质泥岩	67.3	1 830	0.037
S68	4 823.27	I	黑泥炭	64.1	2 160	0.030
S70	4 904.45	I	褐色泥岩	110	880	0.125
S68	5 219.08	V	褐色泥岩	123	870	0.141
S68	5 220.5	V	褐色泥岩	179	250	0.716
S68	5 224.3	V	褐色泥岩	156	1 320	0.118
S68	5 234.4	V	褐色泥岩	115	850	0.135
S70	5 239	V	褐色泥岩	282	1 480	0.191
S70	5 248.6	V	褐色泥岩	106	1 420	0.075
S69	5 261	V	褐色泥岩	193	1 570	0.123
S60	5 262.1	V	褐色泥岩	155	880	0.176
S60	5 267	V	褐色泥岩	140	6 740	0.021

2.3 河流相

在I—II砂组及IV—V砂组的层振幅切片

* 程淑薇,董凯林,何卓生,等.新疆塔里木盆地北部井下石炭统生物地层研究,1994

** 罗孝质.新疆塔里木盆地石炭—二叠系沉积特征与储盖条件研究(85—101—02—02—03),1996

上,富砂的强振幅异常呈低弯度河道和扇体形态展布。通过与井点资料的对比可知,强振幅位置累计砂厚较大。I- II砂组对应的反射在三维地震工区的西北角出现了低弯度河道特征,而在工区的中部和已找到卡拉沙依组油气藏的东北部表现为来自北部和东北部的物源的主扇体特点。IV- V砂组富砂的强振幅异常则表现为自北向南的分流河道特点。

由于古地形平坦(小于 1°),辫状河和辫状三角洲砂体一般横向上分布稳定,呈板状,面积达数百甚至上千 km^2 ^[14]。而卡拉沙依组的砂体无论从测井对比、地震相平面图,还是从油气开采中压力、产液量速减来看,均为小型定容的透镜体,因而不具辫状河三角洲砂体特点。

综合以上特征,卡四段被解释为受潮汐影响的扇三角洲前缘-平原(tide-influenced fan delta front lower plain)^[14]。卡三段则为较典型的河流相。潮汐与河流的作用呈一种消长关系,在远离主河道的井区(如沙69),潮汐作用明显,见到一些与潮汐有关的沉积构造,在主物源附近的沙68、沙70井附近,受河流控制明显,潮汐作用的痕迹较少。

3 微相类型

卡拉沙依组上部泥岩段主要为半咸水泻湖的滨浅湖-浅湖泥坪沉积,由于古地形平坦、古构造稳定,几乎无陆缘碎屑物质注入;又因水体较浅、多为氧化环境的褐红色泥岩沉积,局部有灰色钙质泥岩。向上V油组在S60井处具向上变粗的扇

三角洲远砂坝和河口坝砂体沉积特点(图1)。远砂坝位于河口坝前方,纵向上位于河口坝之下。由于水体偏深,远砂坝比河口坝偏细偏薄。河口坝和远砂坝砂岩的粒度概率曲线显示,在跳跃总体和悬浮总体之间有明显的过渡段。

在扇三角洲平原下部,分流河道微相一般为含有滞流砾石的中粗砂岩,底部见冲刷或与泥岩之间突变,其上下泥岩中可见钙质条带、团块和干裂等暴露标志。沙60井第4、5、6回次取心均具以上特征的分流河道砂岩。电测曲线具箱形特征(图1),粒度概率曲线多由跳跃和悬浮两段式组成。

沙60井IV油组分流河道砂体以平行层理最发育,其次为块状层理,少量板状层理。反映了扇三角洲平原浅水急流和快速堆积的水流特征。沙68井第二、第五回次取心见到了由冲刷面-平行层理-板状层理-槽状层理-板状层理构成的水动力由强到弱的旋回,厚度1.5 m左右,指示了强度向上逐步减弱和水深小于1.5 m的水流性质。

决口扇的识别特征是其底界具冲刷,砂体具向上变粗的进积式旋回,并含泥砾,厚度较薄,砂岩含泥多,自然电位(SP)、自然伽马(GR)幅度低,粒度细,粉、细、中砂岩均有。其粒度概率曲线具有河道的两段式特征。

决口河道砂体特征类似于决口扇,但一般具正韵律或旋回特征,厚度也较薄,决口河道砂体所含的冲刷充填层理也可能是受潮汐流影响所形成(图4)。

洪泛潮坪指分流河道间受潮汐影响的漫滩,

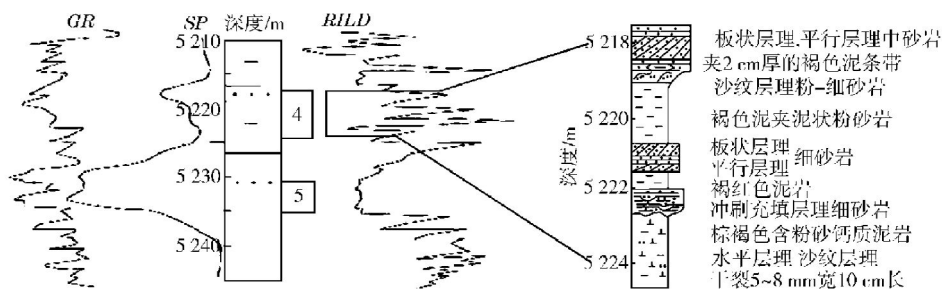


图4 砂体剖面图

Fig. 4 The profile showing the electrofacies of V reservoir group in S68 well (left) and crevasse channel, crevasse-play sandbodies in the fourth coring interval (5 217.52~ 5 224.63 m) (right)

左一沙68井V油组砂体测井相剖面图;右一为第4次岩心(5 217.52~ 5 224.63 m)决口河道和决口扇砂体剖面

主要为泥坪和砂泥混合坪(图3)。它们以粉砂岩、泥岩沉积为主,可见水平层理、沙纹层理、块状层理、脉状层理、波状层理、透镜状层理、干裂、钙质团块等。

沙60井I油组砂岩为典型的河道点坝沉积(图

1)。粒度概率曲线显示典型的悬浮、跳跃两段式。

4 古流向及砂体展布规律

根据岩心观察、钻井砂岩百分含量统计和地震相分析,塔河油田东部卡三、四段含砾岩层明显

比塔河油田西部增多;物源主要来自北东和正北方向。塔河油田东部 I 油组追踪的一个宽 1 km 左右、长 3 km 左右的孤立河道,也呈北东向延伸。

V 油组砂体颗粒最细,平面规模和累加厚度也最小。砂体一般宽不超过 0.5 km,长不大于 1.5 km,累加厚度多小于 15 m。向上至 I、II 油组,砂体厚度增大,颗粒变粗、含砾增多。最大累计厚度可达 25 m,一般宽度 0.5~1 km,长度 3~5 km(图 2)。

5 海平面升降及其对砂体的控制

由前面讨论可知,卡拉沙依组是受海侵影响的陆相沉积,尤其是 IV、V 油组和部分 III 油组,可能受到潮汐的作用和改造。笔者认为泥质岩中钙质含量的旋回性变化与海面升降有关。卡拉沙依组砂泥岩段 II—V 油组的旋回性较明显。绝大多数井 IV、V 油组旋回性很明显,II、III 油组的旋回性在平面上随井不同而有所变化。凡是距主物源越远的地方,受海平面上升的影响就越大,旋回性也越明显。

近年来对海相和陆相层序地层学的研究均表明,持续时间大于 0.5 Ma 的 III、II 级旋回多为全球海平面升降或区域构造作用形成。持续时间小于 10 万年的旋回则多由米兰柯维奇气候旋回形成^[15~19]。由本区储层预测研究可知,卡二段—卡四段持续时间为 19.2 Ma。由沙 32 井钻井剖面图得知,卡二段泥灰岩与卡三段之间属于连续沉积,其厚度小于 100 m,相当于目前所划的一个油组的厚度。如果把卡二—卡四段看作 6 个旋回的话,则每个旋回的持续时间大致为 3 Ma,相当于一个 III 级旋回的持续时间。因而从规模上,钙质含量旋回可能与全球海面升降或区域构造运动有关。

各油组泥岩以半咸水—微咸水为主,油组下部钙质含量增多应为海侵带来的海水作用造成的地表水矿化度增高所致,那么它应属于海进和高位体系域。各油组中上部沉积时,海水退去,在地表径流淡水的不断供给下,地表水矿化度逐渐降低,泥质沉积物中所能析出的钙质逐渐减少,所以各油组中上部沉积就构成了低位体系域。

根据 Reynolds^[14]对不同体系域河道砂体厚宽比的统计,一个 5 m 厚的河道砂体,在海进体系域的最大宽度介于 20~350 m,在高位体系域则介于 20~100 m。相应地,一个 10 m 厚的河道砂体最大

宽度在海进体系域介于 70~1 000 m,在高位体系域则介于 70~300 m^[12,13]。由此看来,各油组底部砂体要比油组中上部砂体延伸远得多,井间连通性也要好得多。

参 考 文 献

- 1 张抗. 塔河油田的发现及其地质意义[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 120~132
- 2 阎相宾, 李永宏. 塔河油田石炭系砂层划分对比及横向预测[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(5): 36~40
- 3 顾家裕, 周路, 白玉雷, 等. 塔里木盆地石炭系沉积环境及油气分布[A]. 见: 塔里木石油勘探开发指挥部编. 塔里木盆地油气勘探论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992. 116~130
- 4 王少立, 宋杉林. 塔里木盆地北部阿克库勒凸起石炭系沉积特征[J]. 新疆石油学院学报, 2001, 13(1): 17~21
- 5 郭齐军, 赵省民. 塔河地区石炭系沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 99~102
- 6 杨国栋. 塔北地区下石炭统轮藻的发现及其意义[J]. 地质论评, 1990, 36(3): 269~278
- 7 Weimer R J, Howard J D, Lindsay D R. Tidal flats and associated tidal channels[A]. In: Schlille P A, Speaaring D. Sandstone depositional environments[C]. AAPG Memoir, 1982, 31: 191~246
- 8 孙永传, 李蕙生. 碎屑岩沉积相和沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 21~60
- 9 陈激石. 宣化地区古老的潮汐沉积[J]. 地质科学, 1980, (4): 348~355
- 10 史忠生, 陈开远, 何胡军, 等. 锶同位素在沉积环境分析方面的应用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 187~190
- 11 郑荣才, 柳梅林. 鄂尔多斯盆地长 6 油层组古盐度研究[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(1): 20~25
- 12 李成凤, 肖继凤. 用微量元素研究胜利油田东营盆地沙河街组古盐度[J]. 沉积学报, 1988, 6(4): 100~107
- 13 McPherson J G, Shanmagan G, Moiola R J. Fan-deltas and braided deltas[J]. Geol Soc Amer Bull, 1987, 99: 331~340
- 14 Reynolds A D. Dimensions of paralic sandstone bodies[J]. AAPG Bull, 1999, 83(3): 211~229
- 15 Vail P R, Andemard F, Bowman S A, et al. The stratigraphic signatures of tectonics eustasy and sedimentology: an overview, Chapter 6.1 [A]. In: Einsele G, Ricken W, Seilacher A. Cycles and events in stratigraphy[C]. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 617~659
- 16 徐怀大. 层序地层学应用于我国断陷盆地分析中的问题[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(1): 52~57
- 17 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 83~89
- 18 Strecker Uwe, Steidtmann J R, Smithson S B. A conceptual tectonostratigraphic model for seismic facies migration in fluvial-lacustrine extensional basin[J]. AAPG Bull, 1999, 83(2): 43~61
- 19 蒲仁海. 断陷湖盆层序地层学的几点进展[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 410~414