

文章编号: 0253-9985(2009)02-0143-06

塔河地区卡拉沙依组小层划分、连通性及油藏类型

盛 湘¹, 何发岐², 云 露³

(1. 中国石油化工集团公司 石油化工管理干部学院, 北京 100012; 2. 中国石油化工股份有限公司 油田勘探开发事业部, 北京 100029; 3. 中国石油化工股份有限公司 西北分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 塔河油田石炭系卡拉沙依组油层主要分布在卡三段和卡四段的砂泥岩互层中, 根据钙质含量引起的电阻率和自然伽马测井曲线变化和旋回特征将卡三、四段进一步自上而下分为 I, II, III, IV, V 油组。各油组厚度一般在 80~100 m 之间, 油组界线在连井地震剖面上均标定在同一个同相轴上, 因而具等时性。油气层的较薄的单层厚度 (2~5 m) 和河道微相类型决定了其在横向上多为不连通的透镜状砂体。油气藏类型多为受构造圈闭和透镜状砂体分布以及连通寒武奥陶系烃源岩的断层的共同控制。

关键词: 地层特征; 小层对比; 卡拉沙依组; 油藏类型; 塔河油田

中图分类号: TE122.3 文献标识码: A

Subzone division, connectivity and pool types of the Carboniferous Kalashayi Formation in the Tahe area

Sheng Xiang¹, He Faqi², Yun Lou³

(1 SINOPEC Management Institute, Beijing 100012, China; 2 Department of Oilfield Exploration and Development, SINOPEC, Beijing 100029, China; 3 SINOPEC Northwest Oilfield Company, Urumqi Xinjiang 830011, China)

Abstract The oil layers in the Carboniferous Kalashayi Formation (K) in the Tahe oilfield mainly occur in the interbedded sandstones and mudstones of K3 and K4 members. Based on the variability and cyclicity of resistivity and Gamma ray logs caused by calcareous contents in mudstones, K3 and K4 members were subdivided from top to bottom into five reservoir units I, II, III, IV and V. The thickness of each unit ranges from 80 m to 100 m and the boundaries of each unit were calibrated to the same event on well-tie seismic profile, thus being isochronal. Most of the oil and gas layers appear laterally as separated lenticular sandbodies for their thin single layer (2~5 m) and channel microfacies. The pools are mainly controlled by structural traps, distribution of lenticular sandbodies and faults seated in the Cambrian and Ordovician source rocks.

Key words stratigraphic characteristics; subzone correlation; Kalashayi Formation; pool type; Tahe oilfield

塔河油气田位于塔里木盆地沙雅隆起阿克库勒凸起 (图 1)。在奥陶系发育 10×10^8 t 规模大型岩溶型油气藏外, 在石炭系勘探发现塔河 1、塔河 2 号三叠系油气藏, 多口井在石炭系卡拉沙依组砂泥岩段获高产工业油气流。研究认为石炭系地层由四周向凸起超覆, 分布广泛。由于石炭系储层具单层厚度小、横向变化大、非均质强、产量衰减快等特点, 储层预测成为油气勘探开发的关键。

前人对石炭系卡拉沙依组砂泥岩段沉积特征、成因及沉积相都进行了深入研究^[1~3], 对其砂岩储层的沉积相和平面展布的认识存在异议。阎相宾等认为以潮坪和潮道砂岩为主^[4,5], 顾家裕等则认为以泛滥平原夹河道相为主^[6], 郭齐军等认为有辫状三角洲沉积^[7]。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。

收稿日期: 2009-02-03。

第一作者简介: 盛湘 (1977—), 女, 工程师、硕士, 石油地质。



图 1 塔河油田主要油藏位置

Fig. 1 Location of key pools in the Tahe oilfield

笔者通过古生物、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,上部冲积扇扇缘漫滩、分流河道和低弯度河道相。

1 卡拉沙依组的地层特征

塔河油田石炭系发育石炭系巴楚组 (C_1b)、卡拉沙依组 (C_1k)和上石炭统小海子组 (C_2x) (表 1)。

巴楚组由下泥岩段、双峰灰岩段两部分组成,以角度不整合覆盖于奥陶系之上。卡拉沙依组由上泥岩段和其上的砂泥岩互层段两部分组成。程淑薇、董凯林等 (1994)根据岩性和微古生物组合,

表 1 塔河地区石炭系划分对比

Table 1 A comparison of subdivision and correlation of the Carboniferous in the Tahe area

本文				程淑薇、董凯林等 ^①			塔指方案	
统	年龄 <i>M a</i>	塔北区域	本区	组	古生物化石	岩性		
下三叠统		柯吐尔组 (<i>T₁k</i>)	柯吐尔组 (<i>T₁k</i>)		深灰色泥岩			
上石炭统		小海子组 <i>C₂x</i>	本区缺失	小海子组 <i>C₂x</i> 组	本区缺失		灰岩段 <i>C¹</i>	
下石炭统	320	卡拉沙依组 <i>C₁k</i>	卡一段	央拜希组 <i>C₁y</i>	介形虫上组合 ^a	一段: 深灰色灰岩	砂泥岩互层段 <i>C²</i>	
	333		卡二段		本区缺失	介形虫中组合 ^b 、蜓、有孔虫、腕足、腹足、海百合茎等		二段: 浅灰色泥灰岩夹砂泥岩互层
			卡三段			卡三段		介形虫下组合 ^c 、轮藻、下部有孢子 <i>PU</i> 带 ^d
	352		卡四段		卡四段	介形虫下组合、轮藻、孢子 <i>PU</i> 带		四段: 棕色砂泥岩互层
			卡五段		卡五段	介形虫下组合、轮藻、孢子 <i>CM</i> 带 ^e	五段: 杂色泥岩段	上泥岩段 <i>C³</i>
	352		巴楚组 (<i>C₁b</i>)			卡拉沙依组	有孔虫、牙形刺、孢子 <i>CM</i> 带	上段: 双峰灰岩
		中上部含孢子 <i>PC</i> 带 ^f 、中下部孢子 <i>HD</i> 带 ^g 、 <i>VI</i> 带 ^h		下段: 杂色泥岩			下泥岩段 <i>C⁵</i>	
		360		东河塘组 (<i>D₃d</i>)			东河塘组	
	下段: 杂色砂泥岩互层		碎屑岩段 <i>C⁷</i>					
	上泥盆统	360	东河塘组 (<i>D₃d</i>)		东河塘组		东河砂岩	东河砂岩段 <i>C⁸</i>
奥陶系				O			O	

注: a *Paraparchites exiguus* *Microcheilina obsea*; b *Paracarboprimitia conflecta* *Caevellina altidorsalis*; c *Healdianella subcuneola* *Bythocypris anshenensis*; d *Lycopora pusilla*; e *Schopfites claviger* *Auroraspora macra*; f *Spelaetriletes pretiosus* *Raistrickia clavata*; g *Kraeuselisporites hibernicus* *Umbonatisporites*; h *Vallatisporites verrucosus* *Retusotriletes incohatus*^①。(据程淑薇等, 1994)

①程淑薇、董凯林等

将卡拉沙依组 (原称央拜希组) 自上而下分为一、二、三、四、五共 5 个亚段^①。其中一、二亚段分别为灰岩、泥灰岩, 含介形虫 (中上组合)、蜒科、有孔虫、腕足、腹足、海百合茎等化石, 为典型的海相地层, 但分布局限, 塔河油田区基本缺失。卡三、卡四段分布较广, 是塔河地区的含油气层段, 含有介形虫 *Healdianella Subcuneola Bythocypris am sdenensis* (下组合)、大量轮藻^[1] 和孢子 PU 带 (*Lycospora Pusilla*) (表 1)。卡三、四、五段的介形虫类 (近楔形小赫鲁特介-阿姆斯登深海金星介等) 个体小, 壳面光滑, 数量也很少, 与通常壳面装饰复杂的海相介形虫面貌差异很大, 说明沉积环境不适合于介形类生长。该组段除产有轮藻、孢子化石外, 极少发现海相生物化石, 故此推断, 卡拉沙依组三-五段是以陆相为主的海陆交互相沉积。

卡五段即上泥岩段, 其介形虫、轮藻特征与卡三、四段相同、但孢子组合为 CM (*Schopfites claviger Auroraspora macra*) 带。其中出现了分异度低、含量丰富、壳体表面光滑的凝源类化石, 主要是 *Leiosphaeridia* 和 *Gorgonisphaeridium* 等, 可能为浅海或滨海沉积环境所形成。

从以上化石分布和表 1 分析认为, 双峰灰岩为正常海相沉积, 卡拉沙依组五段 (即上泥岩段) 为半咸水过渡相特征, 卡三、四段则为受过海侵影响的陆相沉积^②。

2 油组划分对比

2.1 钙质含量变化引起的电阻率旋回对比法

卡拉沙依组沙泥岩段内部不但无特殊岩性标志层, 而且在颜色、粗细方面也无次一级旋回。但泥岩中钙质含量的变化具明显的旋回性, 这一旋回性在电阻率测井曲线和自然伽马曲线上 (尤其是前者) 具有较好的响应, 因而作为油组划分对比的标志。

Wood S. H. (1994) 提出了一种用 10% 冷盐酸判断泥质岩岩屑中灰质含量的方法^[8]。根据此法对塔河地区钻井岩心和岩屑中泥岩进行试验, 结果显示大多数泥岩属于中等含钙和稍含钙范围, 高阻段泥质岩遇酸反应较低阻段泥岩强烈, 但其钙含量多不超过 50%。总体上泥质岩段的电阻率高低反映了含钙量的大小。

泥质岩中的灰质除少数为灰岩条带或结核存在外, 大多呈分散状态, 因此其含量大小可能反映由海侵影响的地表水矿化度的变化, 在较大范围内应具等时性, 因而其旋回性应是较好的时间地层标志。

根据电阻率旋回, 塔河油田区卡拉沙依组砂岩互层段残余的卡三段和卡四段自上而下可进一步分成 I, II, III, IV, V 5 个油组 (表 2)。

表 2 塔河油区石炭系油气藏油组测井标志

Table 2 Log signatures for reservoir units in the Carboniferous in the Tahe area						
地层			油组		描述	
三叠系			T _{1k}		低电阻率曲线平直段	
卡拉沙依组	卡三段	卡三上	C ₁ k ^{3(上)}	I	电阻率基值稳定段: 纵向上薄层电阻率大小急剧变化, 曲线密集跳跃, 但其基 (平均) 值纵向变化不大; 自然伽马值向上由小变大; 上覆卡一、二段海相灰岩、泥灰岩缺失	电阻率基值无变化, 本亚段在 LN27, S48, LN51 等井缺失或发育不全
		卡三中	C ₁ k ^{3(中)}	II		电阻率基值向上变小的次旋回
		卡三下	C ₁ k ^{3(下)}	III		电阻率基值向上变小的次旋回
	卡四段	卡四上	C ₁ k ^{4(上)}	IV	电阻率过渡段: 电阻率向上由大变小, 并显示出由大变小的两个旋回; 自然伽马值也向上由大变小	电阻率基值向上变小的次旋回, S23, S60井等在本段为低阻段
		卡四下	C ₁ k ^{4(中)}	V		电阻率基值向上变小的次级次旋回
		卡五段	C ₁ k ⁵		上泥岩段	电阻率曲线较平直, 基值向上基本无变化
巴楚组		C ₁ b		上部: 双峰灰岩段标志层, 下部: 下泥岩段	双峰灰岩具两个高电阻率峰值和两个低 GR 峰值	

①程淑薇, 董凯林., 新疆塔里木盆地北部井下下石炭统生物地层研究, 1994
②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)

2.2 砂泥岩段顶底是明显的测井标志

卡拉沙依组砂泥岩段上覆的下三叠统柯吐尔组泥岩和下伏的下泥岩段均为岩性及厚度 (50~100 m) 稳定的, 电阻率低且曲线平直的标志性层段, 容易从测井曲线上将其划分出 (图 2)。

2.3 测井地层对比应与地震地层相吻合

使用沙 60 井 VSP 和 Jason 软件所做的多口井的合成记录, 对区内石炭系顶面、底面及 I 油组

底、II 油组底、III 油组底、IV 油组底和巴楚组顶面的反射界面波进行标定和在连井剖面上追踪, 可看出不同钻井的同一油组均标定在同一反射波峰或波谷处, 除石炭系顶 T_5^0 和双峰灰岩顶 T_5^6 是一个连续性好的强地震反射标志层外, 卡三与卡四段之间的地层界线, 即 III 油组底界也是一个强地震反射标志层。由于地震同相轴在其对应的厚度规模上是等时的, 因而这里用泥质岩中钙质含量旋回性划分对比的地层单元也是等时的 (图 3)。

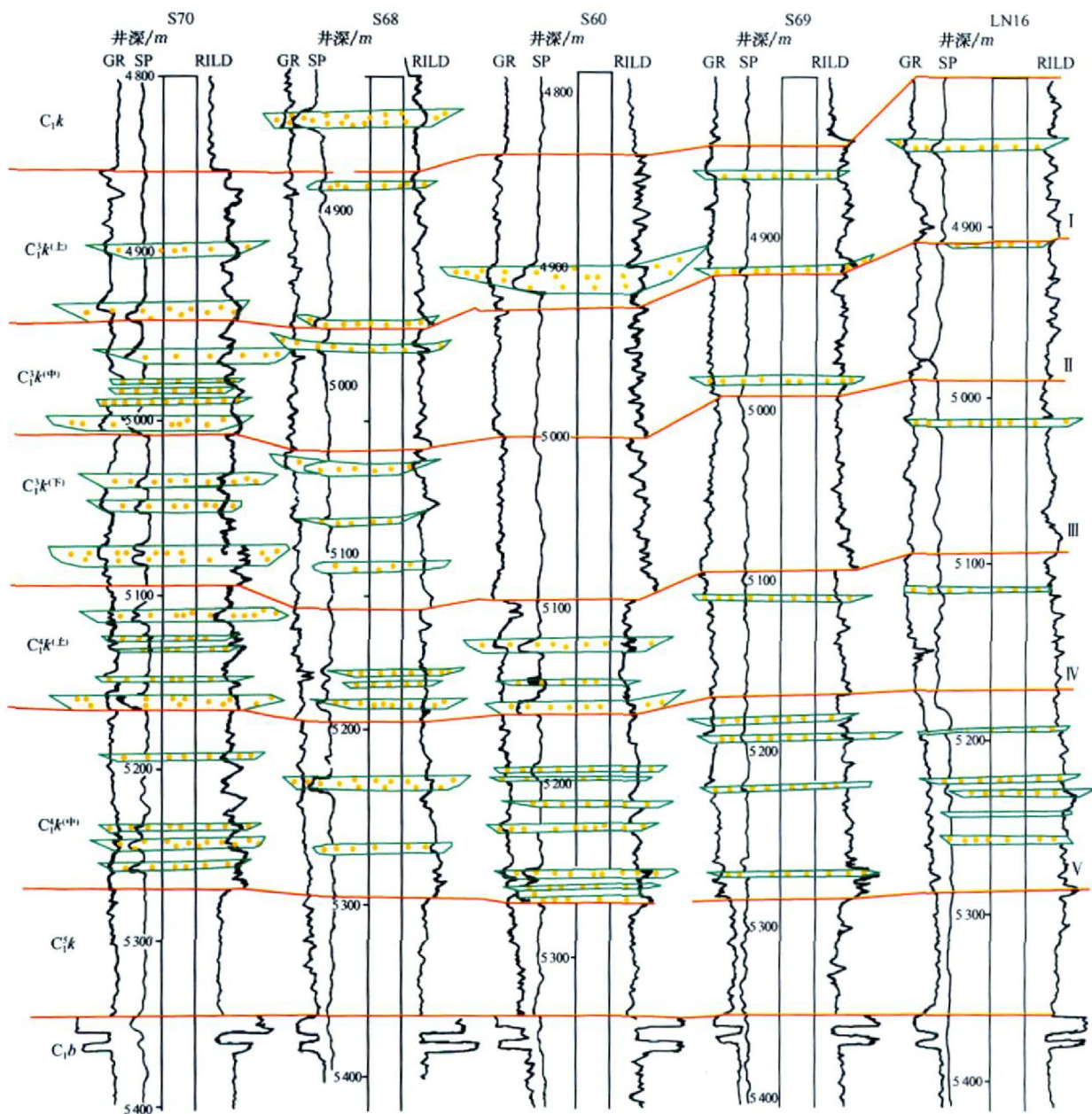


图 2 沙 70-沙 68-沙 60-沙 69- LN16 井油组及砂层对比剖面图

Fig. 2 Correlation of reservoir units and sandbodies between well S70 S68 S69 and Ln16

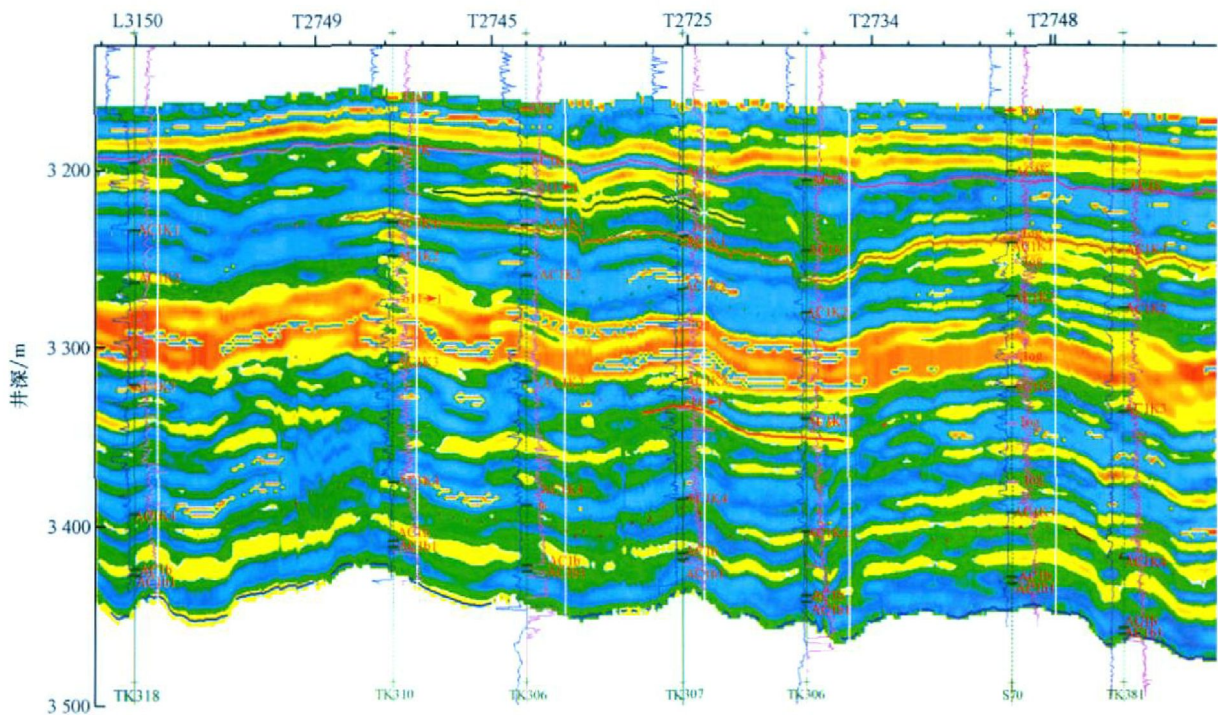


图 3 TK318–TK381 过井波阻抗反演剖面

Fig. 3 Impedance inversion profile tied to well TK318–TK381

3 小层 (储层砂岩) 横向连通性

油藏描述方法众多^[10-11], 经沉积相综合分析, 认为塔河 1 区的砂体类型多为分流河道砂体, 有少量的河口坝、决口河道和决口扇砂体和零星潮道。含油砂体多为分流河道和河口坝砂^①。

对塔河 1 区小层对比后, 认为各井油层砂体横向上基本呈不连通的透镜体。1) 平行于等时的油组界面, 可见某些油层砂体在邻井对应时间单元相变为泥岩, 如沙 60 井 V 油组底部河口坝油层侧向上于沙 68 井和沙 69 井对应位置均变为泥岩, 又如沙 70 井 II 油组底部 9 m 厚河道砂体于沙 68 井底部变为泥岩 (图 3)。2) 虽同时却异相, 如

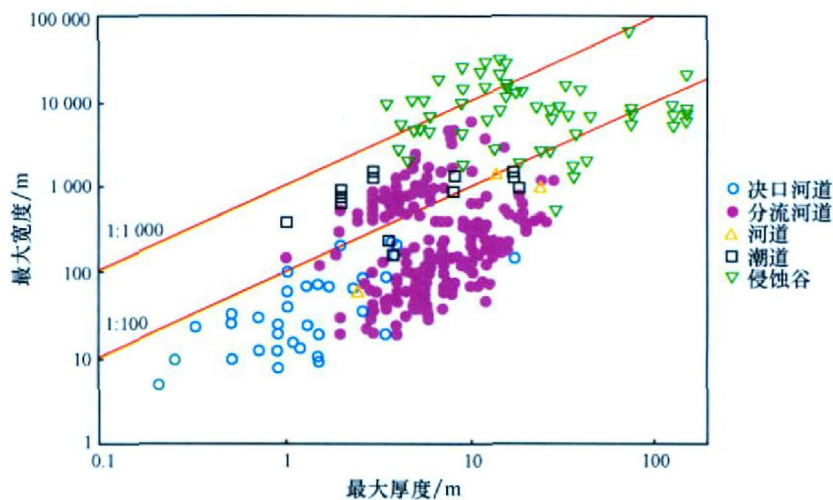


图 4 不同类型河道砂体宽度与厚度交会图⁹

Fig. 4 A cross-plot of thickness and width of different types of channel sands

③ 蒲仁海, 李艾红. 塔河 1 区石炭系储层预测研究报告. 2000

沙 60、沙 70 井 I 油组底部均有厚层正粒序河道砂体,厚度分别为 16 m 和 11 m,但二者之间的沙 68 井同层位上却为 5 m 厚具反粒序的决口扇砂体,属于不同微相,因而应不连通。3)各油组累加砂厚和沉积相平面图上,据振幅反映的大于 15 m 的河道砂体均没有在各井之间连成一片。4)多数油层厚度所能推算的宽度或长度仍然小于井距。5)据塔河 3 井的试油及生产记录,石炭系油层产量和压力衰减很快,具定容的透镜体特点。

4 油气藏主要控制因素和类型

结合构造图和钻井油藏剖面对比图,分析认为,断裂、构造圈闭和砂层尖灭对该区的油气层形成均具有明显的控制作用。石炭系产油的井都位于较好的构造圈闭之上,同时也存在地层圈闭,如沙 68 井 I, II, III 油组无构造圈闭,但均发育油层或差油层。

此外,砂体的发育与否及规模是油气层的首要因素。各油气层的边界主要受砂体边界控制。目前分析认为各油组构造图上构造圈闭的短轴长度可达 3 000 m。

断层对油气藏形成的控制主要体现在:断层将寒武-奥陶系油气源岩与石炭系砂层连通,形成油气藏。另外有构造圈闭的沙 60 井、沙 70 井等也发现了一些油水同层,形成构造背景下的砂岩透镜体油气藏。

综上所述,塔河地区石炭系油气藏主要有两种类型:一是位于背斜圈闭之上的含油气边界受砂岩尖灭线(和/或断层)控制的构造岩性复合油气藏,如沙 60 井油气藏;另一类是发育在鞍部或斜坡背景上的砂岩透镜体油气藏,如沙 68 井油气藏。

5 结语

1) 根据岩性、电性(自然伽马、电阻率测井)和古生物研究成果,塔北下石炭统卡拉沙依组自上而下可分成 5 个岩性段。塔河油田缺失卡一、二段;只存在卡三-卡五段。卡四段以电阻率向上变小为特征,卡三段特征是电阻率曲线大幅摆动,但其平均基值基本不变。塔河石炭系油层主要由卡三段和卡四段的砂泥岩互层组成。

2) 卡拉沙依组泥岩均含有较丰富的灰质,含量一段在 10% ~ 50%,其含量越大,电阻率值越大,自然伽马值越小,因而电阻率和自然伽马曲线的旋回性变化主要反映了钙质含量变化,这一特征成为油组划分的重要依据和标志。据此将卡三、四段进一步自上而下分为 I, II, III, IV, V 5 个油组。由此划分的油组界线在连井地震剖面上均标定在同一个同相轴上,说明由钙质含量的旋回性变化划分的地层单元同地震地层单元一样具等时性。受卡拉沙依组沉积后构造抬升剥蚀的影响,卡三上亚段(I 油组)和卡一、二段相同,在区域上残缺不全,如在塔河 4 号、5 号和 Ln51 井等地区部分或全部缺失。

3) 油气层的沉积微相特征决定了其在横向上多为不连通的透镜状砂体,油气藏为受构造圈闭和透镜状砂体分布共同控制的复合油气藏及砂岩透镜体油气藏。

参 考 文 献

- 1 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
- 2 何发岐, 翟晓先, 俞仁连, 等. 塔河油田石炭系卡拉沙依组沉积与成因分析 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 258~262
- 3 李永宏, 闫相宾, 张涛, 等. 塔河油田石炭系卡拉沙依组储层特征及其控制因素 [J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 17~22
- 4 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
- 5 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 [M]. 新疆乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992, 116~130
- 6 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, 2003, 23(1): 99~102
- 7 Wood S H. Seismic expression and geological significance of a lacustrine delta in Neogene deposits of the western Snake Plain, Idaho [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(1): 102~121
- 8 Cross T A. Application of High-Resolution Sequence Stratigraphy to Reservoir Analysis [A]. In: Proceedings of the 7th Exploration and Production Research Conference Paris Technip, 1993, 11~33
- 9 Reynolds D. Dimensions of paralic sandstone bodies [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(3): 211~229
- 10 牟荣. 复杂小断块圈闭识别描述方法——以苏北盆地为例 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 269~274
- 11 韩文功, 张建宁, 王金铎. 济阳拗陷隐蔽圈闭识别与精细描述 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 849~859

(编辑 陈喜禄)