

文章编号: 1001 - 6112(2006)02 - 0142 - 05

# 江汉盆地西南缘油气运移和成藏期次

王雪玲, 刘中戎

(中国石油化工股份有限公司 中南分公司研究院, 长沙 410007)

**摘要:**通过原油中含氮化合物的地球化学变化特征对比分析,指出江汉盆地西南缘的油气主运移方向是由北边的主生油凹陷(梅槐桥凹陷)向南(复兴场、采穴区带)运聚;利用流体包裹体、激光拉曼光谱和显微荧光分析等方法技术,对江汉盆地西南缘的成藏期次进行了研究,认为该区存在 2 期充注期:下第三系荆沙组沉积早期和下第三系潜江组沉积中、晚期。在此基础上,提出了 3 种成藏模式:源内—断鼻—相控油气成藏模式(自生自储)、源内—断鼻—断控油气成藏模式(下生自储)以及源边—断块—断裂和相控油气成藏模式。

**关键词:**含氮化合物;流体包裹体;成藏期次;成藏模式;江汉盆地西南缘

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

江汉盆地西南缘发育有 2 套烃源岩<sup>[1]</sup>,一是沙市组上段—新沟咀组下段暗色泥岩,生油岩累计厚度 100 ~ 250 m,为湖侵时期拗陷阶段半深湖—深湖还原—强还原环境下的沉积。该套烃源岩的沙市组上段—新沟咀组下段 油组、泥隔层(20 ~ 40 m)、油组和 I 油组热演化程度属成熟源岩,在玫瑰桥—牛头岗洼陷深处成熟度  $R_o$  可达 1.3%。油源对比研究表明该套烃源岩是本工区的主力油源岩。二是下第三系始新统潜江组暗色泥岩,为湖侵时期拗陷阶段半深湖—深湖环境下的沉积,厚度 100 ~ 400 m。但该套暗色泥岩主体未进入成熟,局部地区潜江组暗色泥岩成熟度  $R_o$  达到 0.6%。主要含油层位为上白垩统渔洋组和古新统沙市组、始新统新沟咀组 段—段中的细砂岩和粉砂岩层,荆沙组中也发现了含油粉砂岩(鄂深 4 井和鄂

深 14 井等)。

## 1 油气运移特征

### 1.1 油气运移方向

主要通过油源、油油对比及碳同位素、中性氮分析,对不同产层的母质类型、油气的大致运移方向进行分析,确立本探区油气与烃源岩之间的关系。

1) 油气由主生烃凹陷向西、南方向运移。利用原油中中性含氮化合物的地球化学变化特征,来分析、判断油气运移距离的远近及大致方向。对于同一地区、成因类型相似且成熟度相近的原油来说,运移效应为控制吡咯类化合物相对分布的主要因素。

由梅槐桥—牛头岗生油凹陷往南、往东,依次对各井原油的中性含氮化合物地球化学特征进行了统计与分析(表 1)。从谢凤桥油田(东临牛头岗凹陷,

表 1 江汉盆地谢凤桥和采穴油田原油中性含氮化合物统计

Table 1 Statistics of neutral nitric compounds in crude oils in the Xiefengqiao and Caixue Oil Fields

油田	井号	层位	深度/m	1,8- / 2,4- DMC	1,8- / NPE 's- DMC	1,8- / NEX 's- DMC	1,8- / DMC	MC/ DMC	DMC/ TMC	[a]/ [c]	[a]/ ([a]+[c])	[a]+[b]+ [c]	W/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
谢凤桥	ES6	Ex	3 281 ~ 3 286	1.84	0.21	0.60	0.19	0.67	1.78	1.85	0.65	0.18	16.20
	ES4	Ex	3 412 ~ 3 414	2.64	0.22	0.67	0.23	0.63	1.88	1.71	0.63	0.53	12.51
	SK8-1	K <sub>2</sub> y	3 469 ~ 3 496	2.64	0.22	0.61	0.30	0.48	1.22	1.45	0.59	0.70	7.53
	ES8	K <sub>2</sub> y	3 487 ~ 3 519	2.86	0.22	0.63	0.29	0.50	1.50	1.71	0.63	0.87	7.46
采穴	ES10	K <sub>2</sub> y	3 352 ~ 3 370	3.41	0.25	0.81	0.37	0.41	1.15	2.25	0.69	1.26	6.13
	ES11	K <sub>2</sub> y	2 901 ~ 2 906	2.80	0.20	0.31	0.42	0.60	1.20	2.00	0.67	0.09	2.93
	ES12	K <sub>2</sub> y	2 802 ~ 2 911	3.73	0.43	0.96	0.53	0.74	1.76	2.68	0.88	0.48	2.40

注:MC. 甲基吡啶;DMC. 二甲基吡啶;TMC. 三甲基吡啶;NEX 's. 氮官能团暴露的异构体之和;NPE 's. 氮官能团半屏蔽的异构体之和;[a]. a- 苯并吡啶[a];[b]. b- 苯并吡啶[a];[c]. c- 苯并吡啶[a];W. 原油含氮化合物绝对浓度。

收稿日期:2005 - 09 - 03;修订日期:2006 - 02 - 07。

作者简介:王雪玲(1972 - ),女(汉族),江西萍乡人,硕士、工程师,主要从事石油地质研究。

基金项目:国土资源部项目(P01014)。

北靠梅槐桥凹陷)各井原油的中性含氮化合物统计结果来看,由东往西(由 ES6 井向 ES10 井),a-苯并咪唑[a]、b-苯并咪唑[a]和 c-苯并咪唑[a]等线性分子异构体由 0.18 逐渐升至 1.26,而原油中含氮化合物的绝对丰度则由 16.20 逐渐降至 6.13,说明谢凤桥油田油气运移是由 ES6 井向 ES10 井方向进行。另外,由表 1 可知,采穴油田(北邻梅槐桥生烃凹陷)由北东往西南(从 ES11 井向 ES12 井方向),原油中含氮化合物的绝对丰度由 2.93 逐渐降至 2.40,而 a-苯并咪唑[a]、b-苯并咪唑[a]和 c-苯并咪唑[a]等线性分子异构体由 0.09 升至 0.48,表明采穴油田油气的主运移方向是由北东往南西。

2)距主生烃凹陷越近,油气越富集。由于本区油气主要是经梅槐桥—牛头岗生烃凹陷往南西、东等方向运移,距油源近的区块具有“近水楼台先得月”的区位优势,具体表现在油气显示的活跃程度、含油饱和度和单井产量均比距油源距离远的区块要好(表 2)。这意味着,烃源岩在某种程度上控制着油气的富集程度,距离油源越近,油气相对越富集<sup>[2]</sup>。

从目前的实钻情况来看,已发现的 3 个油田——南岗、谢凤桥和采穴都位于梅槐桥—牛头岗凹陷的两侧。这也间接说明,由于本区各层大多数属于正常压力系统,流体势的相对高差较小,造成油气的运移距离有限,只在近生油中心才易聚集成藏。因此,油源条件是本区油气富集的主控因素之一,偏离油源区越远,成功率越低、风险越大。

## 1.2 油气运移通道

断陷盆地中的油气运移是断层在起主导作用,通过断层的开启与封闭使得油气在圈闭中聚集成藏。从本区钻遇情况来看,油气运聚主要受控于谢凤桥、复兴场等 2 条主干断裂。因此,研究这 2 条主干断裂各主要沉积时期的封闭与开启性,以及与

油气运聚的关系是非常有必要的<sup>[3,4]</sup>。

主要是利用断层泥比例,辅之以泥岩涂抹系数来进行断层封闭性评价<sup>[5]</sup>。只要泥岩涂抹系数 > 0.25(即断层断开泥岩的比例 > 25%),泥岩涂抹层就能保持空间上的连续性,形成的断层封闭性越好。因此将泥岩涂抹系数 = 0.25 作为泥岩涂抹层在空间上是否连续的判别标准<sup>[6]</sup>。

通过分析评价,谢凤桥、复兴场等断层的封堵性在各沉积时期表现不一,整体特征是下部地层( $K_2y, E_s$  和  $E_x^+$ )断层封闭性普遍较差,SGR 值均 < 0.1;而上部地层( $E_j$  和  $E_q$ )封闭性好,SGR 值均 > 1<sup>[7]</sup>。这一特征与本探区油气主要富集在  $K_2y, E_s$  和  $E_x^+$  地层中极为匹配, $K_2y, E_s$  和  $E_x^+$  地层段中的谢凤桥、复兴场等断层是油气运移的良好通道,而  $E_x^+$  具有较好的封闭性,可以阻止油气通过断面垂向运移至上部地层中聚集<sup>[8]</sup>。

## 2 油气成藏期次

对探区内各钻井的取心进行了认真观察和取样。对所取样品中自生矿物、胶结物和构造充填物中的流体包裹体类型、形态、产状、大小、丰度及分布地质特征开展了显微观测和统计学特征分析。利用流体包裹体、激光拉曼和显微荧光等方法技术对江汉盆地西南缘的油气成藏关键期次进行了分析。

### 2.1 流体包裹体分析

储层中的流体包裹体是储层成岩过程中被自生矿物晶格所捕获而形成的油气水包裹体。包裹体中的流体保存了矿物生长时地质环境的各种物理化学信息(包括温度、压力、酸碱度、盐度、成分等),记录了油气水充注储层时的组成、性质以及物理化学条件。储层中的流体包裹体形成后一般没有与体系外物质发生交换,因此油气包裹体中的油气是目前所能获得的与油气成藏时的油气最接近的油气组分,其特征是油气藏形成演化历史的直接标志<sup>[9-12]</sup>。

鄂深 11 井流体包裹体分析发现,在石英碎屑裂隙及自生矿物(方解石)中都有较多的液态烃包裹体与富水含烃流体包裹体(图 1),测得的均一温度变化较大(85 ~ 158 °C),表明该处可能有多期含烃流体活动,且多沿微裂隙运移。

另外,通过本区埋藏史及热史恢复,再应用包裹体测温法判断了油气藏的形成时期。图 2 绘出了包裹体均一测温的结果,可以看出本区包裹体的形成温度大至集中于 2 个温度段,70 ~ 80 °C 和 100 ~ 120 °C,说明本区至少有 2 次大规模成藏事件。

表 2 距油源远近区块油气显示对比

Table 2 Comparison between oil Shows with different distances from oil source

区域位置	距油源近区块		距油源较远区块
	采穴断块	复构造	复构造
代表井	ES11-1	ES8	ES13
油气显示层数	38	12	5
累计厚度/m	77.80	36.77	17.35
单井产量/ ( $m^3 \cdot d^{-1}$ )	33.0(自喷)	32.4(自喷)	仅见油花

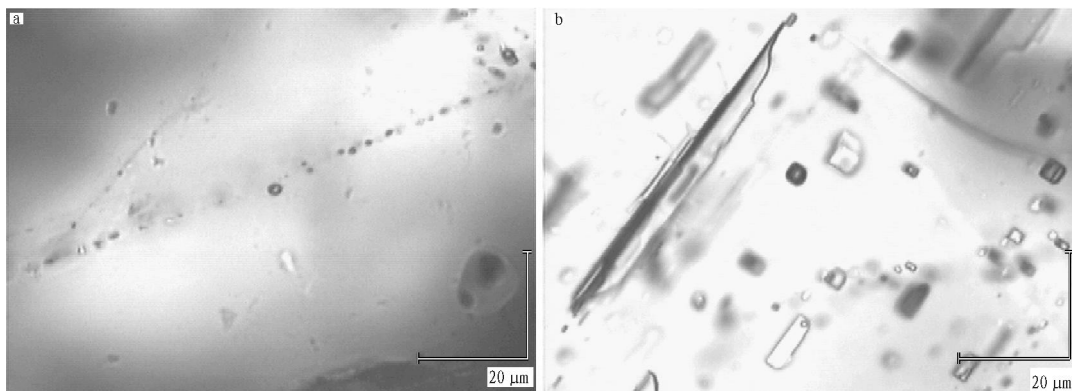


图 1 江汉盆地鄂深 11 井中含烃流体包裹体分布

Fig. 1 Distribution of hydrocarbon-bearing fluid inclusions in the Well ES11 of Jiangnan Basin

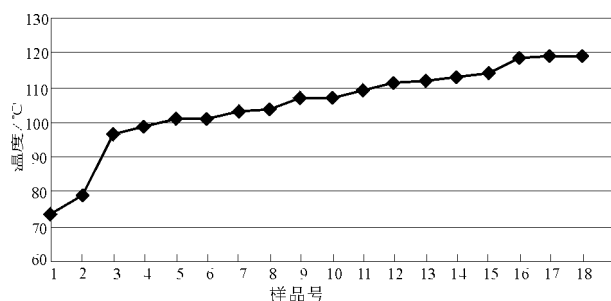


图 2 江汉盆地西南缘鄂深 16 井流体包裹体均一测温

Fig. 2 Average temperature tested in fluid inclusions in the Well ES16 in the south west edge of Jiangnan Basin

### 2.2 激光拉曼光谱分析

研究过程中发现,在多口井的岩石空隙中存在大量不透明物质。为了搞清其成分,进行了激光拉曼光谱研究(图 3),发现这些物质主要可分为 2 种,即铁锰和沥青等不透明矿物,可见沥青在本区储层岩石中广泛存在。

### 2.3 显微荧光分析

荧光观察发现,探区绝大部分储层岩石孔隙中的不透明物等可以发荧光。进一步显微荧光分析

表明,存在黄色和褐色 2 种不同颜色的荧光,我们认为发褐色荧光者为沥青,发黄色荧光者为重质原油。另外,还发现黄色和褐色荧光有时可以同时出现在一个样品中,说明本区存在 2 期油气充注。

综上所述,本区存在 2 次成藏事件,发生了 2 次油气充注。其中一次发生在地温 70 ~ 80 左右,推测为下第三系荆沙组沉积早期;另一次发生在地温 120 左右,推测为下第三系潜江组沉积中、晚期,由于区域构造活动地层整体抬升,断层再次开启成为油气运移的通道,此时排烃量减少,油气在侧向和垂向上都有运移。

## 3 油气成藏模式

江汉盆地西南缘探区中的油气可能存在 3 种成藏模式<sup>[4]</sup>。

### 3.1 源内—断鼻—相控油气成藏模式(自生自储)

该模式平面上主要分布于谢凤桥断层的下降盘谢凤桥—八宝鼻状构造带上,以及南岗—米积台鼻状构造带中;纵向上分布于新沟组组下段及沙市组上段储集层中。油源主要来自自身新沟组组下段—沙市组上段的烃源岩,盖层为新沟组组下段油组的厚层石膏段及泥隔层(区域性盖层),形成较好的生、储配置关系(图 4)。储集层为水下分支河道及水下扇沉积,平面上分布范围有限,对油气藏的纵横向分布及规模起主要控制作用,如谢凤桥、南岗、丁家湖油田等。

### 3.2 源内—断鼻—断控油气成藏模式(下生上储)

该模式平面上分布于谢凤桥断层以东地区,目前仅在谢凤桥、南岗等区带钻遇到;纵向上主要分布在荆沙组和新沟组组上段(图 5)。油源主要来自下覆地层  $E_x^{\text{下}}$ — $E_s^{\text{上}}$  烃源岩,通过谢凤桥断层垂向运移至荆沙组储集层中聚集成藏,如谢凤桥断

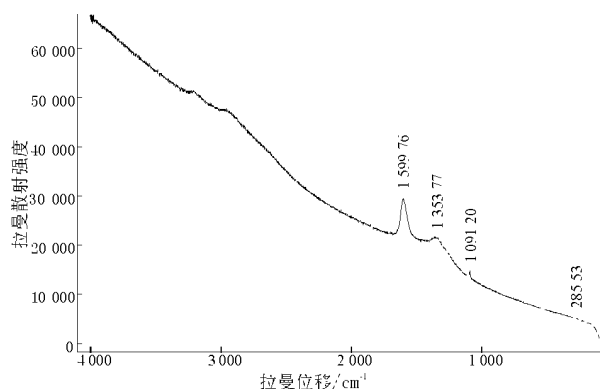


图 3 沥青激光拉曼图谱

Fig. 3 LRM spectrum of bitumen

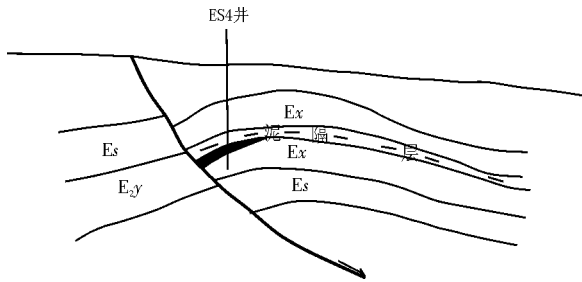


图 4 江汉盆地西南缘谢凤桥断鼻成藏模式

Fig. 4 Reservoir forming pattern of the Xiefengqiao Faulted Nose in the southwest edge of Jianghan Basin

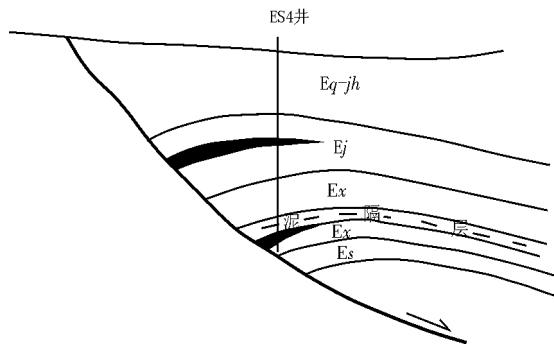


图 5 江汉盆地西南缘谢凤桥断鼻荆沙组成藏模式

Fig. 5 Reservoir forming pattern of the Jingsha Formation in the Xiefengqiao Faulted Nose in the southwest edge of Jianghan Basin

鼻荆沙组下段油藏。

### 3.3 源边—断块—断裂和相控油气成藏模式(新生古储)

该模式中圈闭一般形成时间较早,深大断裂发育。在江汉盆地西南缘探区平面上主要集中于谢凤桥断层以西,靠万城—谢凤桥断裂一侧的复兴场和采穴地区;纵向上分布在白垩系渔洋组储集层中。钻井资料揭示白垩系渔洋组不具有烃源条件,油源主要来自断层下降盘新沟咀组下段—沙市组上段烃源岩,通过断层侧向运移至断层上升盘白垩系渔洋组储集层中聚集成藏;另一方面,储集层物性对油气富集起控制作用,钻井揭示这类油藏在平面上的含油气性变化较大,同一产层的产能表现不一,最大为  $32.24 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最小为  $2 \text{ m}^3/\text{d}$ ,有的甚至为干层,反映储层非均质性较强(图 6)。如复兴断块和采穴油田。

## 4 结论

1) 通过油油对比分析表明,探区内各产层的原油与  $E_x^{\text{下}}-E_s^{\text{上}}$  烃源岩具有亲缘关系,说明具有同源性,均来自  $E_x^{\text{下}}-E_s^{\text{上}}$  烃源岩。

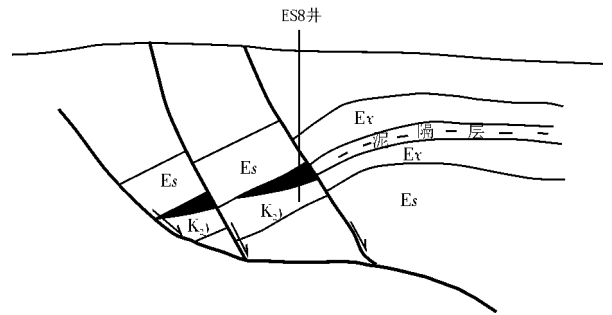


图 6 江汉盆地西南缘复兴断块白垩系渔洋组成藏模式

Fig. 6 Reservoir forming pattern of the Cretaceous Yuyang Formation in the Faulted Block Fu in the southwest edge of Jianghan Basin

2) 工区内谢凤桥、复兴场断层是油气运移的主要通道。

3) 通过原油中的中性含氮化合物分析表明,油气的主运移方向是由北往南(即由梅槐桥生油凹陷向采穴、复兴场运聚)。

4) 本探区存在 2 期油气充注:下第三系荆沙组沉积早期和下第三系潜江组沉积中、晚期。

5) 存在 3 种油气成藏模式:源内—断鼻—相控油气成藏模式(自生自储)、源内—断鼻—断控油气成藏模式(下生上储)以及源边—断块—断裂和相控油气成藏模式(新生古储)。

### 参考文献:

- 1 卢明国. 江汉盆地江陵凹陷油气成藏期次分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 28~30
- 2 胡见义, 黄第藩. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 3 王平, 李纪辅, 李幼琼. 复杂断块油田详探与开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 24~26
- 4 付广, 刘洪霞, 段海风. 断层不同输导通道封闭机理及其研究方法[J]. 石油实验地质, 2005(4): 404~408
- 5 付广, 曹成润, 陈章明. 泥岩涂抹系数及其在断层侧向封闭性研究中的应用[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(6): 38~41
- 6 王志欣, 信荃麟. 关于地下断层封闭性的讨论——以东营凹陷为例[J]. 高校地质学报, 1997, 3(3): 293~300
- 7 付广, 孟庆芬. 断层封闭性影响因素的理论分析[J]. 天然气地球科学, 2002, 13(3): 40~44
- 8 史文东. 断裂带封闭势研究及应用[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(4): 16~18
- 9 秦建中, 钱志浩, 曹寅等. 油气地球化学新技术新方法[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 519~528
- 10 侯启军, 冯子辉, 邹玉良. 松辽盆地齐家—古龙凹陷油气成藏期次研究[J]. 石油实验地质, 2005(4): 390~394
- 11 赵力彬, 黄志龙, 高岗等. 关于用包裹体研究油气成藏期次问题的探讨[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 6~9
- 12 侯建国, 任丽华, 董春梅. 有机包裹体技术在油气运移与聚集中的应用研究[J]. 石油实验地质, 2005(4): 409~413

## KEY EPISODES OF PETROLEUM MIGRATION AND ACCUMULATION IN THE SOUTHWEST EDGE OF JIANGHAN BASIN

Wang Xueling, Liu Zhongrong

(Research Institute of South-Central Bureau, SINOPEC, Changsha, Hunan 410007, China)

**Abstract :** According to analysis of geochemical features of nitrogen compounds in crude oil, petroleum migration direction in the southwest edge of Jianghan Basin is from the main petroleum-generating depression (the Meihuaiqiao Depression) in the north to the Fuxinchang, Caixue Belt in the south. With techniques such as fluid inclusion, laser Raman spectrum and micro-fluorescence analysis, it is studied the episodes of oil pools formation. There are two episodes for petroleum to entrap: the first one is the early period of Jingsha Formation of Lower Tertiary, the second one is the medium-late period of Qianjiang Formation of Lower Tertiary. Three patterns to form oil-pools are put forward: the Inner Source-Nose-Like Fault-Facies-Controlled (self-generated and self-stored), the Inner Source-Nose-Like Fault-Fault-Controlled (generated in the lower section and stored in the upper section) and the Marginal Source-Faulted Block-Fracture and Facies-Controlled.

**Key words :** nitrogen compounds; fluid inclusion; episodes of oil-pool formation; patterns of oil-pool formation; the southwest edge of Jianghan Basin

---

(continued from page 141)

source rocks in the different depressions or sags are different. The hydrocarbon source rocks develop in  $J_{3s}$ ,  $J_{2b}$  and  $J_{2\sigma}$   $T_{3x}$  formations in the east of South Qiangtang Depression and in  $J_{2x}$ ,  $J_{2b}$  and  $T_{3x}$  formations in the centre and west of South Qiangtang Depression. In North Qiangtang Depression, the hydrocarbon source rocks develop in  $T_{3x}$  and  $J_{2b}$  formations in the east and in  $J_{2x}$ ,  $T_{3x}$ ,  $J_{2b}$  and  $J_{3s}$  formations in the west. The thicknesses of the effective Jurassic muddy hydrocarbon source rock and carbonate hydrocarbon source rock are generally 100 to 500 meters and 200 to 600 meters, respectively. There are hydrocarbon-rich rocks with 200 to 400 meters thick developing in  $J_{2x}$  and  $J_{3s}$  formations. The thickness of the good-quality hydrocarbon source rock developing in  $T_{3x}$  formation is generally 500 to 700 meters. And in North Qiangtang Depression, 100 to 300 meters thick of good-quality hydrocarbon source rock developing in  $T_{3x}$  formation. The maxima of residual TOC of the  $J_{2x}$  shale,  $J_{3s}$  marl and  $T_{3x}$  shale are 4.15%, 1.26% and >1.5%, respectively. However, the values of residual TOC of the  $J_{2x}$  gray and gray-green mudstone as well as  $J_{3s}$  and  $J_{2b}$  limestone are mostly less than 0.5% and 0.2%, respectively. The value of residual TOC of the  $T_{3x}$  marine shale is generally in the range of 0.5% to 1%.

**Key words :** Mesozoic; marine; hydrocarbon source rock; the Qiangtang Basin