

文章编号:1001-6112(2003)06-0746-05

塔河油田奥陶系油气 地球化学特征与油气运移

顾 忆^{1,2}, 黄继文¹, 邵志兵^{1,2}

(1. 中国石化石油勘探开发研究院 无锡实验地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 中国石化石油勘探开发研究院 西部分院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:通过对塔河油田奥陶系油气地球化学特征与油气运移关系的研究,认为:a) 油气物理性质可以宏观地反映油气运移的方向;b) 原油轻烃、生物标记物和含氮化合物可以较好地反映油气运移方向,饱和烃生物标记化合物反映了相对轻质原油的油气运移方向,含氮化合物则主要反映了相对早期原油的运移方向;c) 塔河油区存在着早期由南向北、晚期由南向北、由东向西的油气运移充注过程。

关键词:油气地球化学;油气运移;塔河油田;塔里木盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

经过“七五”“八五”“九五”国家重点科技攻关项目长期不懈的研究,对塔河及其邻区的构造、沉积、油气生成演化、烃源岩、奥陶系碳酸盐岩储层及圈闭特征、油气藏成藏机制等研究都已取得了丰硕的成果。特别是“九五”二期国家重点科技攻关项目,对塔河油区古生界碳酸盐岩油气藏成藏规律方面取得了突出成果,对加速塔河油田的进一步勘探开发起到了重要的作用^[1-9]。本文通过塔河油田奥陶系油气地球化学特征的研究,旨在对作为连接烃源岩-油气藏纽带的油气运移作一探讨。

1 油气地球化学总体特征

油气地球化学特征是油气运移研究的基础。塔河油区奥陶系不同区块原油的物理性质差别很大,从凝析油-轻质油-正常油-重质油均有分布,但从原油饱和烃组成、生物标志化合物特征、轻烃分布特征及碳同位素分布等均表明其来源于同一套海相寒武-奥陶系烃源岩。

1.1 原油地球化学特征

原油轻烃特征表明,塔河油田奥陶系原油成熟度较高,塔河 4 区、6 区原油成熟度稍低于塔河 1 区、2 区、3 区、5 区、7 区、9 区。塔河油田奥陶系原

油地球化学类型表明,塔河 4、6 区奥陶系原油以芳香-沥青型为主,主体为经过强烈氧化降解的重质油。从原油既有相对完整的正构烷烃分布,又有表明经历过严重生物降解的生物标记化合物降 25-藿烷的存在,反映本区奥陶系油藏至少存在着两期成藏过程^[2]。

1.2 天然气地球化学特征

塔河油田奥陶系天然气主体以高熟凝析气为主,在油田东部有过熟裂解气的存在。天然气碳同位素分布表明,塔河油田天然气均为以腐泥型为母质的油型气,主要来源于寒武系-奥陶系烃源岩。根据天然气组分、天然气单体烃碳同位素分析,塔河油田天然气以干酪根裂解气为主。

2 油气物理性质与油气运移

油气物理性质是油气生成、演化、运移、聚集、保存、破坏、调整直至最终成藏,经历一系列地质作用(包括化学、物理作用)最终结果的表现。

随烃源岩的成熟度不断增加,气 3 油比增加,成熟度参数也相应提高,运移的原油成分也不断变化。由于大多数储集层油气都是由一侧注入的,沿充注路径,原油成分相应发生梯度性的变化,石油到达的

收稿日期:2003-10-28;修订日期:2003-11-16.

基金项目:中国石油化工股份有限公司科研项目(P00038).

作者简介:顾 忆(1962—),男(汉族),江苏常熟人,教授级高工,主要从事石油地质研究与勘探工作.

时间越晚,原油成熟度越高,越靠近有效烃源岩^[10]。宏观看来,原油密度越轻,其成熟度越高。

图 1 所示为塔河油区奥陶系产层原油密度从东往西、从南往北,原油密度逐渐增大,排除原油降解变重的因素,已有研究认为奥陶系主力油藏原油降解是在海西晚期由于当时石炭系封盖条件所限而形成的。因此,可以认为至少是最后一期原油充注的方向应该是由东向西、由南向北进行的。

同样地,塔河油田奥陶系天然气干燥系数的分布(图 2),清楚地说明天然气主要的充注方向为由南向北、由东向西。

3 油气地球化学特征与油气运移

3.1 原油轻烃组成与油气运移

原油的轻烃基本上能代表后期充注的原油,从而去掉了早期受降解原油的影响。塔河油区原油轻烃指纹庚烷值 - 异庚烷值的关系(图 3),表明塔河 4、6 区奥陶系原油的成熟度要低于塔河 2、3、9 区奥陶系原油。塔河油区由轻烃部分反映的原油较轻质部分的油气运移方向为塔河 9 区 3 区 4、6 区,塔河 7 区 4、6 区,即油气后期充注方向大致是由南向北、由东向西的。

3.2 原油饱和烃生物标记化合物与油气运移

由于塔河原油一般经受降解,生物降解对由生物标记化合物表征的原油成熟度影响较大。因此在指标的选择上采用以下原则:a)适用于较宽的成熟度范围;b)具有很强的抗生物降解的能力,经过比较,选择了三环萜烷/17(H)-藿烷、Ts/Ts + Tm、重排甾烷/规则甾烷3个指标作为研究塔河油田油

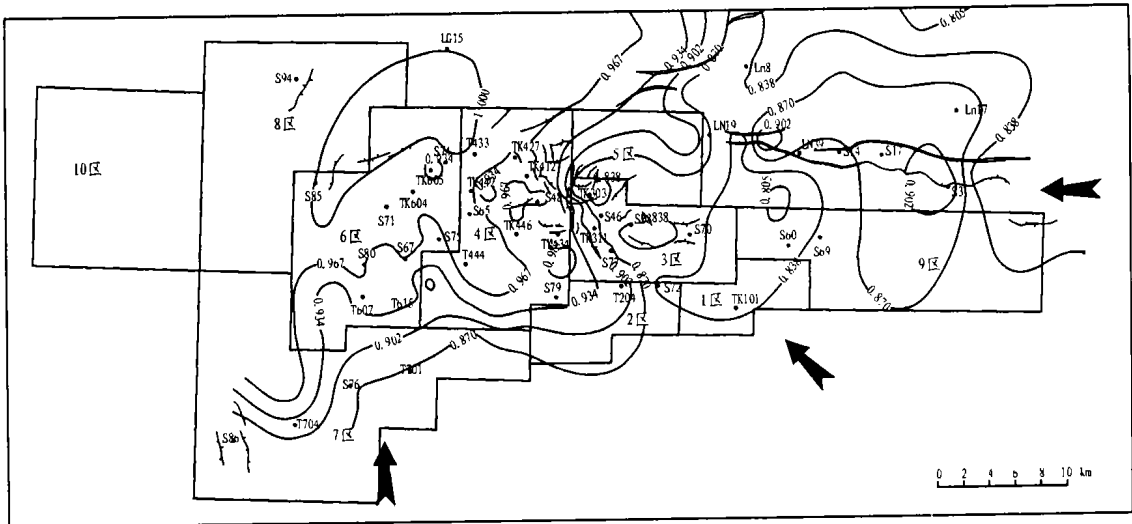


图 1 塔河及邻区奥陶系原油密度分布图

Fig. 1 Density changes of the Ordovician oil in Tahe oilfield and its surroundings

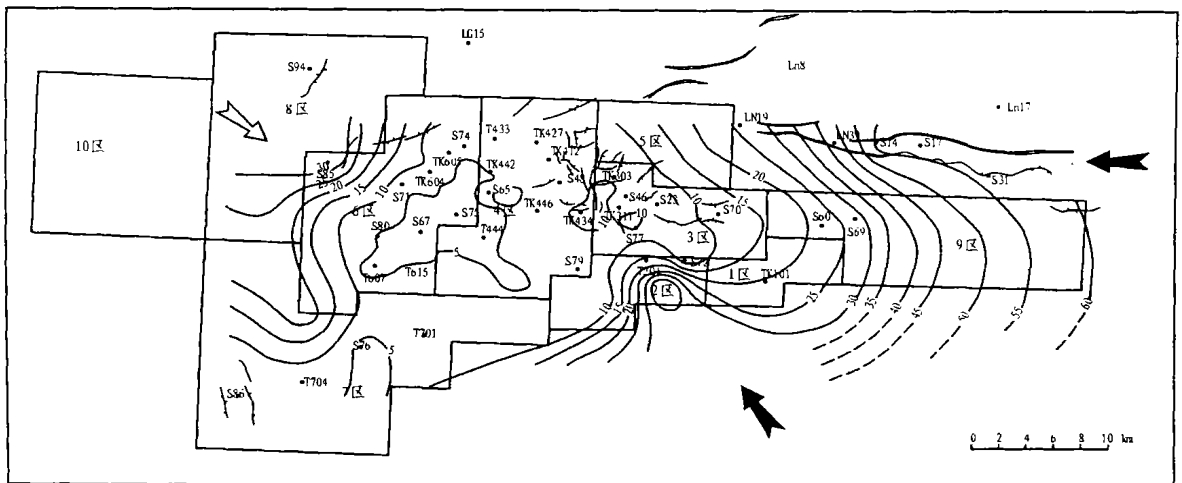


图 2 塔河及邻区奥陶系天然气干燥系数(C₁/C₂ + C₃)分布图

Fig. 2 Distribution of dry coefficient (C₁/C₂ + C₃) of the Ordovician gas in Tahe oilfield and its surroundings

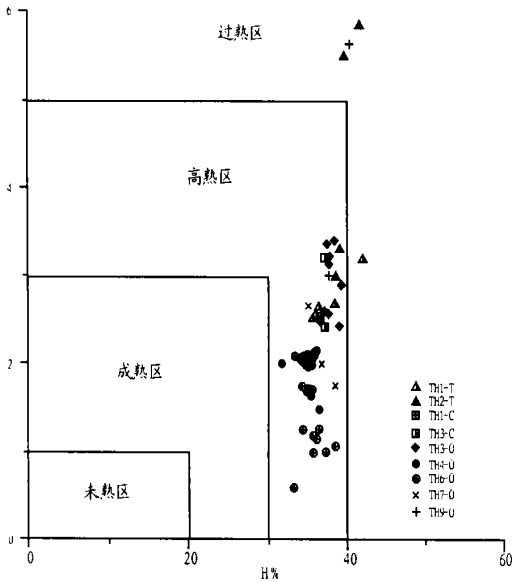


图 3 塔河油田原油轻烃参数所示成熟度变化
Fig. 3 Maturity indicated by light hydrocarbon parameters of crude oil in Tahe oilfield

气运移的指标。

在对分布于塔河及邻区 77 个样品研究的结果表明,下奥陶统原油存在两个充注方向,早期主要是由南向北,由塔河 7 区 S86、T704 井向其北部的塔河 4、6 区运移,油气成熟度相对较低,成藏较早。晚期则以由东向西的油气运移方向为主,原油成熟度相对于早期要高,成藏较晚。由于塔河 3 区西边断层的遮挡,塔河 4、6 区受东部油源的影响较小(图 4)。

值得注意的是,由于塔河原油遭受生物降解的不均一性,对地球化学参数有一定的影响,使依据原油生物标记化合物分子参数反映充注方向变得更加复杂。尤其在同一区块原油性质差别不大时,因生

物降解的影响掩盖了原始生物标记化合物的分布,从而可能使生物标志物不能正确反映油气运移的方向。

3.3 原油含氮化合物与油气运移

原油含氮化合物用于油气运移研究的有效性在国内也已见多篇文献报道^[3,4]。塔河奥陶系原油含氮化合物研究表明:从原油含氮化合物的浓度分布可以看出,塔河 4 区、6 区东部、7 区东部是塔河油区奥陶系重要的早期油气运移聚集区带,从塔河 7 区的 S76、T701 井经 6 区的 T615、T607、S67、S80 到 4 区的 T444、S65、TK442、TK427、TK404 井,咔唑、甲基咔唑、苯并[a]+[c]咔唑(图 5)、二甲基咔唑(图 6)都具有特别高的浓度,其成因可能与原油的生物降解有关。引起我们注意的是,这些钻井呈明显的北东⁴/南西向展布,其西侧的 S85、S71、TK605、S74 等井上述含氮化合物的浓度都相对低得多,高浓度分布的范围包括塔河 4 区、6 区及 7 区,也是塔河油区目前已获探明储量规模大、丰度高、产能也高的地区。因此,我们认为,这一北东⁴/南西向区带是塔河早期油气最重要的油气富集带,它们具有相似的成藏及改造背景(成藏期次、改造程度、保存条件),差异之处在塔河油区南部(7 区)可能有更活跃的晚期油气聚集及保存优于北部的早期油藏。

无论是咔唑、甲基咔唑、二甲基咔唑、苯并[a]+[c]咔唑的绝对浓度分布还是 1-甲基咔唑/4-甲基咔唑、1-甲基咔唑/(3+2)-甲基咔唑、1,8-二甲基咔唑/1,7-二甲基咔唑、1,8-二甲基咔唑/2,5-二甲基咔唑、1,8-二甲基咔唑/二甲基咔唑、1,8-二甲基咔唑/半屏蔽二甲基咔唑、1,8-二甲基咔唑/全裸二甲基咔唑、苯并[a]咔唑/苯并[a]咔唑+苯并[c]咔唑

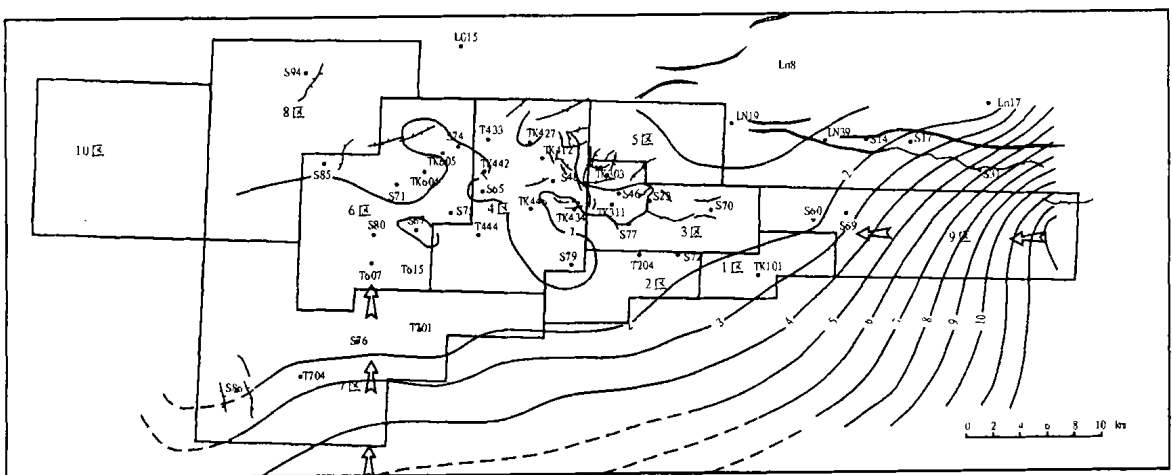


图 4 塔河油田奥陶系原油三环萜烷/17(H)-藿烷分布

Fig. 4 Distribution of ratio of tricyclic terpane to 17(H)-hopane of the Ordovician oil in Tahe oilfield

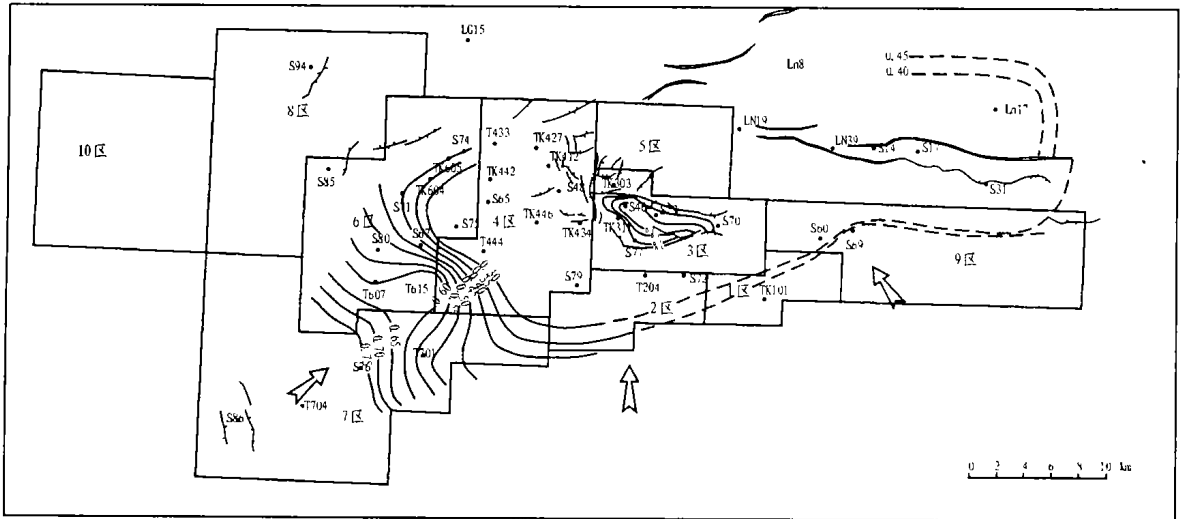


图 5 塔河奥陶系原油含氮化合物的苯并[a] + 苯并[c]咔唑浓度分布图

Fig. 5 Concentration of benzo[a] + benzo[c] carbazole in nitrogenous compounds of the Ordovician oil in Tahe Oilfield

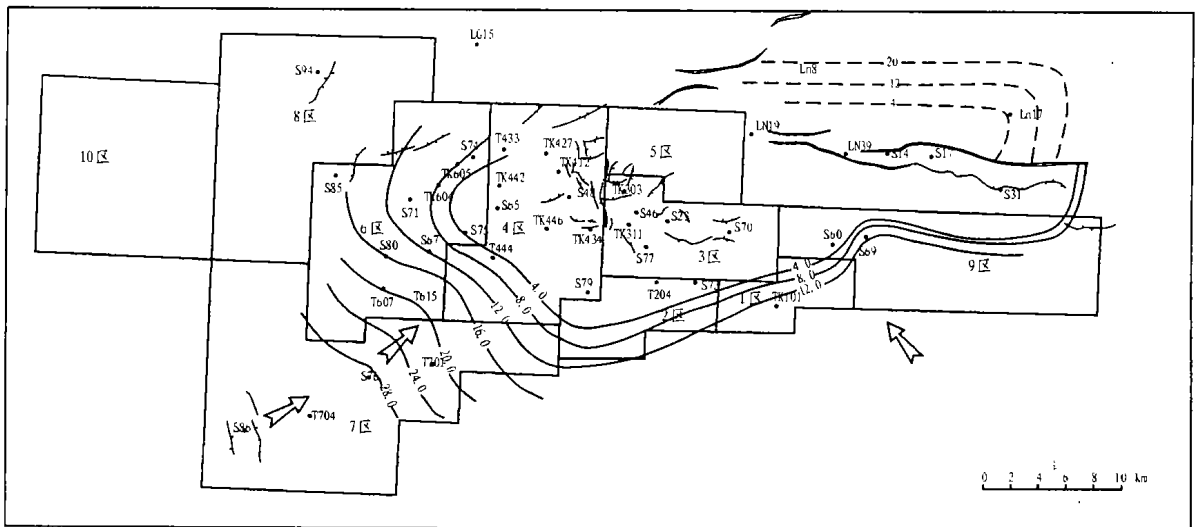


图 6 塔河油田奥陶系原油含氮化合物的二甲基咔唑浓度分布图

Fig. 6 Concentration of dimethyl carbazole in nitrogenous compounds of the Ordovician oil in Tahe Oilfield

等原油运移参数分布,无一例外地反映塔河油区油气运移主方向是自南向北、自西南向东北,油气主要来自南部烃源区,这与南部满加尔坳陷及其围斜地区主力烃源岩寒武系⁴/下奥陶统油气生成、演化及供油期是一致的^[13]。

3 结论

通过塔河油田奥陶系油气物理性质与地球化学特征的研究,可以得出以下几个结论。

a) 塔河奥陶系原油存在着早期由南向北、晚期由南向北、由东向西的油气运移充注方向。塔河奥陶系原油的轻烃、饱和烃的生物标志化合物及非烃类的含氮化合物代表了原油由轻至重的组分的运移特征。含氮化合物表征的油气运移方向主体是由南

向北,代表了早期油气的充注方向;饱和烃和轻烃表征的油气运移方向有两个,即早期油气由南向北充注,晚期油气除由南向北充注外,由东向西也是一个重要的油气充注方向。奥陶系原油的密度分布也可以宏观地反映油气运移的方向。

b) 塔河奥陶系天然气的充注方向主要为由东向西,且其主要沿 T_7^4 、 T_7^0 不整合面进行运移。

c) 塔河油区早期油气主要来自南部烃源区,这与南部满加尔坳陷及其围斜地区主力烃源岩寒武系 - 下奥陶统油气生成、演化及供油期相一致;晚期油气除由南向北的运移聚集外,自东向西的油气运移聚集也与我们自“七五”以来对塔河油田东部草湖烃源区的研究认识相一致。草湖烃源区成熟度低于满加尔,海西期后是主要的供油气期,因此我们认为自东向西的油气聚集主要发生在海西期后,也就是晚

期油气。

d) 塔河油田早期大规模油气由南向北运移聚集,因此在勘探上,塔河 6 区西部、8 区、10 区、7 区西北部及 10 区南 S55 - S30 井区,早期油的充注活跃,对勘探早期原生油藏有利,是奥陶系增储的主战场;塔河 7 区早、晚期油气充注均很活跃,应是奥陶系增储上产最有利油气富集区块;塔河 9 区及南部盐下领域,晚期充注活跃,油质较好,是正常 - 轻质油气重要的勘探领域。

参考文献:

- [1] 李国政. 塔里木盆地塔河油田三叠系油气藏低阻油气层的成因及意义[J]. 石油实验地质, 1992, 21(4): 320 - 323.
- [2] 顾 忆. 塔里木盆地北部塔河油田油气藏成藏机制[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 307 - 312.
- [3] 何发岐, 周家驹, 云 露. 塔里木盆地塔河油田油气勘探新技术[J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 318 - 323.
- [4] 周玉琦, 黎玉成, 侯鸿斌. 塔里木盆地塔河油田的勘探实践与认识[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 363 - 369.
- [5] 周小进. 地震相分析在塔河地区三叠系储层预测中的应用[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 465.
- [6] 蔡立国. 塔河油田及邻区地层水成因探讨[J]. 石油实验地质, 2002, 24(1): 57 - 60.
- [7] 刘 文, 李永宏, 张 涛, 等. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩沉积相及地层学研究[J]. 石油实验地质, 2002, 24(2): 104 - 109.
- [8] 翟晓先, 俞仁连, 何发岐, 等. 塔河地区奥陶系一间房组微裂隙颗粒灰岩储集体的发现与勘探意义[J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 387 - 392.
- [9] 王敦则. 塔里木盆地塔河油田下奥陶统油藏特征及成藏条件分析[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 122 - 128.
- [10] 林王子, 张 敏, 等. 油藏地球化学进展[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996.
- [11] 刘洛夫, 徐新德. 含氮化合物与石油运移研究[J]. 勘探家, 1996, (2): 33 - 37.
- [12] 李素梅, 王铁冠, 张爱云. 原油中吡咯类化合物的分布特征及其地球化学意义[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 312 - 317.
- [13] 顾 忆, 罗 宏, 邵志兵, 高国强, 马慧明, 陈正辅. 塔里木盆地北部油气成因与保存[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

PETROLEUM GEOCHEMISTRY AND HYDROCARBON MIGRATION IN TAHE OILFIELD OF THE TARIM BASIN

GU Yi^{1,2}, HUANG Ji-wen¹, SHAO Zhi-bin^{1,2}

(1. Wuxi Research Institute of Experimental Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China;

2. Western Subdivision of Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Urmqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract Based on study of relationship between petroleum geochemistry and hydrocarbon migration of the Ordovician oil in Tahe oilfield of the Tarim basin, it was indicated that: a) the physical properties of oil and gas may macroscopically show direction of hydrocarbon migration; b) light hydrocarbon, biomarker and nitrogenous compounds of crude oil can better reflect direction of oil gas migration, i. e. biomark compound of saturated hydrocarbon represents migration direction of relative light oil and nitrogenous compounds are indicator of relative early migration; c) direction of hydrocarbon migration was from south to north in the early stage but it migrated both from south to north and from east to west in the late in Tahe oilfield.

Key words petroleum geochemistry; hydrocarbon migration; Tahe oilfield; Tarim Basin