

准噶尔盆地彩南油田油源研究

丁安娜 孟仟祥 惠荣耀

(第一作者:女 副研究员 地球化学 中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

摘 要 通过对准噶尔盆地白家海凸起及其邻区原油与烃源岩饱和烃地球化学特征的研究,取得了彩南原油及烃源岩有机质在生源构成、成烃环境、演化程度和原油运移模式四个方面的认识,指出白家海凸起和阜康凹陷中、下侏罗统尤其是三工河组泥质岩系是彩南油藏的主力烃源岩,为今后进一步勘探提供了科学依据。

主题词 准噶尔盆地 彩南油田 地球化学 油源对比

1 地质背景

彩南油田位于准噶尔盆地中央隆起带东端白家海凸起(图1)。该凸起是在古生代隆起基础上发育的向西南倾没的大型鼻状构造。石炭系部分缺失,二叠纪为剥蚀期,并开始接受沉积。印支运动使中、上二叠统又遭受剥蚀,同时形成彩南背斜雏形。侏罗纪本区为沉降区,地层沉积完整,分布普遍,成层稳定,厚1 100~1 500 m,在八道湾组沉积晚期和三工河组沉积期,曾有两次明显的湖侵,尤其在三工河组沉积时,湖水较深,范围较广,有机质丰度较高,

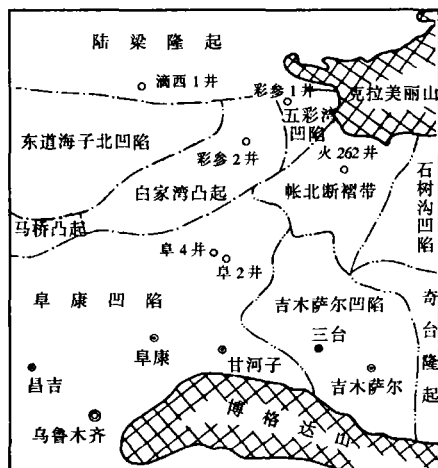


图1 准噶尔盆地东部白家海凸起构造位置
Fig.1 Location of Baijiahai arch in eastern Junggar basin

西山窑组是在三工河组湖相沉积的基础上逐渐构成的一次湖退沉积。白家海地区侏罗系有机质类型以Ⅱ_B型为主,向东Ⅲ型增多,向西有Ⅱ_A型出现。在八道湾组(J_{1b})、三工河组(J_{1s})和西山窑组(J_{2x})下部都沉积有区域上分布较稳定的砂砾岩段,它们形成于三角洲前缘环境,储集性能好。燕山运动中期本区再度上升,彩南背斜进一步形成,构造平缓,西翼倾角3°~4°,东翼4°~5°,并产生较多的北东向和近东西向正断层。白垩系下统吐谷鲁群为绿灰色粉砂岩与褐灰、棕褐色泥岩近等厚互层,厚1 134~1 300 m。下第三系为一套河流相棕红色砂质泥岩夹杂色砂砾岩,厚150~160 m,在隆起顶部遭到剥蚀。

白家海凸起周围与五彩湾凹陷、陆南凸起、东道海子北凹陷、马桥凸起、阜康凹陷及帐北断褶带相毗邻,有C、P、T、J多套层组烃源岩,根据地质条件,利用有机地球化学和有机岩石学等手段,对白家海凸起及其邻区多套组合的原油、烃源岩及其相互关系进行对比研究,为今后油气勘探提供科学依据。

收稿日期 1997-03-10

2 油、烃源岩饱和烃“指纹”特征

2.1 正构烷烃

2.1.1 烃源岩

白家海地区烃源岩正构烷烃分布有三种类型:①单峰群型,以轻组分为主, C_{19} 以前正构烷烃丰度优势明显,主峰碳在 C_{15} — C_{19} 之间,生源构成主要为水生生物和陆源高等植物经细菌降解之产物。如彩南油田、阜康凹陷三工河组和部分西山窑组泥岩(图 2,c,d,f)。电子显微镜研究结果表明,在这些样品中普遍含有菌解无定形体 D,含量为 18.3%~93.9%,镜下观察到未被完全分解的高等植物碎片。②双峰群型,由于母质的生源构成不同,而出现两组峰群,以低分子量烷烃峰群为主,主峰碳为 C_{15} — C_{19} ,具成熟特征。后峰群以 C_{23} 、 C_{27} 或 C_{29} 为主峰,OEP 值大于 1.20,成熟度偏低。如彩南和阜康地区八道湾组、西山窑组泥岩(图 2,a,b)。③以高碳数为主的双峰群,主要有彩南和阜康地区中、下侏罗统煤岩(图 2,e)、火烧山二叠

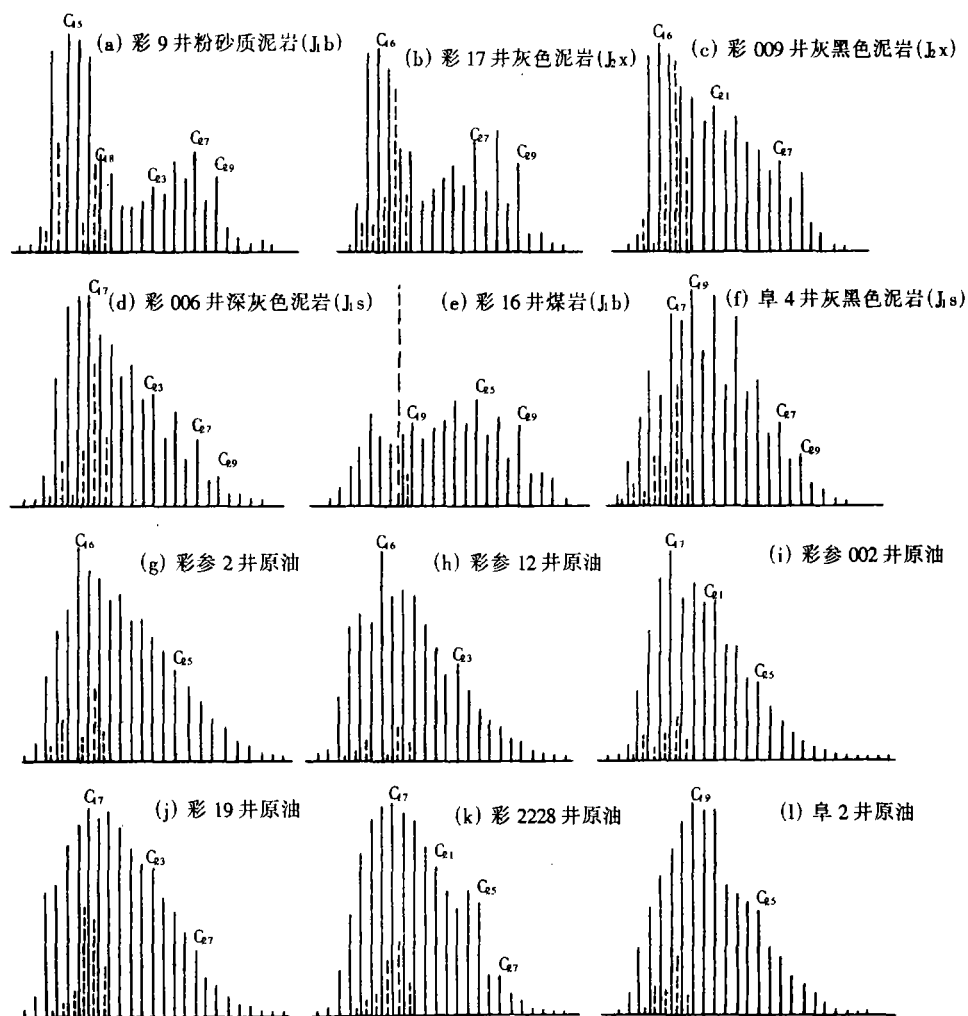


图 2 白家海凸起和阜康凹陷油、岩样品正构烷烃(实线)和类异戊二烯烃(虚线)分布
Fig. 2 Distribution of normal alkane (solid line) and isoprenoid (dotted line) in oil and rock samples from Baijiahai arch and Fukang sag

系平地泉组(P₂p)、滴西下侏罗统八道湾组和彩南东部八道湾组(J₁b)泥岩样品,峰群以高碳数正构烷烃丰度较高为特征, C_{21}^-/C_{22}^+ 均小于1,主峰碳在 C_{25} — C_{27} 之间。

2.1.2 原油

彩南和阜康原油正构烷烃分布范围较宽,最低碳数检测到 C_{10} 或 C_{11} ,最高碳数检测到 C_{35} — C_{37} ,主峰碳 C_{16} — C_{19} (图2,g,l)。OEP值为1.01~2.36,少数样品为0.96~0.99。峰型分布呈单峰群型,与烃源岩中第一种类型相似。 C_{19} 前奇偶均势,峰型平滑,具成熟特征, C_{19} 以后高分子量正构烷烃略显奇偶优势,反映有机组分的热演化程度偏低。 C_{21}^-/C_{22}^+ 比值均大于1,说明原油生源以湖相水生生物为主,同时有陆源高等植物输入。邻区火烧山二叠系和滴西侏罗系原油峰型分布同第三种类型烃源岩相似,以 C_{23} 为主峰, C_{21}^-/C_{22}^+ 均小于1,为0.78和0.84,与彩南、阜康原油明显不同。

2.2 萜类化合物

2.2.1 二环倍半萜

在彩南原油和侏罗系烃源岩中,检出了较丰富的 C_{14} — C_{16} 二环倍半萜系列化合物。原油和下侏罗统岩样中D/HD之比值均大于1,中侏罗统岩样和八道湾组煤样均小于1。在淡水湖泊和湖沼环境中形成的原油,相对富集二环倍半萜,而五环三萜烷含量较低。以 $C_{15}H_{28}8\beta$ (H)补身烷与 C_{35} 藿烷之比值作为表征二环与五环含量高低的指标,彩南原油为2.9~10.1,二环倍半萜化合物含量较高。火烧山二叠系原油该比值最小,为0.30,滴西八道湾组原油为1.23,说明彩南原油与火烧山平地泉组原油和滴西八道湾组原油在生源构成和成烃环境上有较大差异。

2.2.2 三环二萜烷

彩南原油三环萜分布显示为淡水湖相特征,碳数分布为 C_{19} — C_{26} ,以 C_{20} 、 C_{21} 为主峰,并检出明显的 $C_{24}H_{42}$ 四环萜烷峰(丁安娜,1996),侏罗系岩样中三环萜碳数分布是 C_{19} — C_{24} ,以 C_{20} 、 C_{21} 相对丰度较高为特征, C_{26} 以后峰已检不出,检出较丰富的 C_{22} 、 C_{24} 、 C_{26} 四环萜烷峰,反映在原油中也有丰富的陆源高等植物输入,彩南原油与侏罗系烃源岩在母质输入、形成环境上均有相似的特征。

2.2.3 五环三萜烷(藿烷)

彩南原油及侏罗系烃源岩均检出 C_{27} — C_{35} 系列藿烷类化合物和 γ 蜡烷。在Ts与Tm之间检出 C_{30} 芒柄花根烷峰。在 $C_{29}\alpha\beta$ 和 $C_{29}\beta\alpha$ 降藿烷之间检出丰度较高的 γ 羽扇烷,在 $C_{29}\alpha\beta$ 降藿烷前及 $C_{30}\alpha\beta$ 与 $C_{30}\beta\alpha$ 藿烷之间检出五环三萜烷峰。在阜康原油中也检出芒柄花根烷、 γ 羽扇烷及 C_{30} 五环三萜烷。而在火烧山原油中这些表征陆生植物输入的生物标志化合物均未检出,仅检出 C_{30} 五环三萜烷峰。位于陆南凸起上的石西1井原油,三环萜含量很高,五环萜未检出,就其有机质的生源构成和热演化史而言,它们与彩南原油也并非同源。

2.3 甾族系列化合物

彩南和阜康原油中甾烷的总体分布趋势呈:① $C_{29} > C_{27} > C_{28}$, $\Sigma(C_{27} + C_{28})/C_{29}$ 为0.80~1.14,中、下侏罗统泥岩为0.86~1.17,二者对应关系较好。滴西原油为甾烷 $C_{27} > C_{29} > C_{28}$, $\Sigma C_{27}/\Sigma C_{29}$ 为1.01, C_{27} 比 C_{28} 甾烷丰度略高。②孕甾烷含量较低, C_{21} 孕甾/ $C_{29}\alpha\alpha\alpha$ (20R)在0.20~0.43之间,火烧山原油孕甾烷含量更低,仅0.05;滴西原油孕甾烷含量较高,该项比值为0.75。③重排甾烷丰度较低,原油为0.26~0.77,下侏罗统烃源岩为0.15~0.61,滴西原油

和烃源岩更低,仅为0.09和0.18。

彩南和阜康原油,在 $C_{29}\alpha\alpha$ (20R)和 $C_{29}\beta\beta$ 之间出现 $C_{30}-4$ 甲基甾烷,丰度较高,与位于马桥凸起构造带上的盆参2井相似,有人提出它的先质体是 $C_{30}-4$ 甲基甾醇,属于甲藻的特征组分。

以上饱和烃的“指纹”特征表明,彩南和阜康原油具有同源性,与中、下侏罗统泥质岩系有亲缘关系。

3 油、烃源岩样品的成烃环境

有人认为咸水环境中形成的烃类 γ 蜡烷指数大于1,淡水环境中形成的烃类小于0.5。强还原条件下的有机质植烷含量较高,氧化和弱还原条件下易形成姥鲛烷优势。由图3可见,火烧山 P_2p 原油和源岩皆分布于I区, γ 蜡烷指数偏高,大于0.7,Pr/Ph值较低,为0.5~1.5;彩南 J_1b 煤岩、高碳泥岩与滴西 J_1b 原油同分布于III区, γ 蜡烷指数分布在0.5~0.6之间,Pr/Ph值在4.0~5.3范围内;彩南、阜康原油及 J_1s 泥岩,白家海地区西部 J_1b 、 J_1s 和 J_2x 泥岩均分布于II区, γ 蜡烷指数为0.3~0.56,Pr/Ph值在1.0~3.5。这表明彩南原油与阜康凹陷原油都主要来自白家海凸起和阜康凹陷的三工河组泥岩(八道湾组和西山窑组泥岩也有一定贡献),且向西部及西南部,其生烃能力变好。

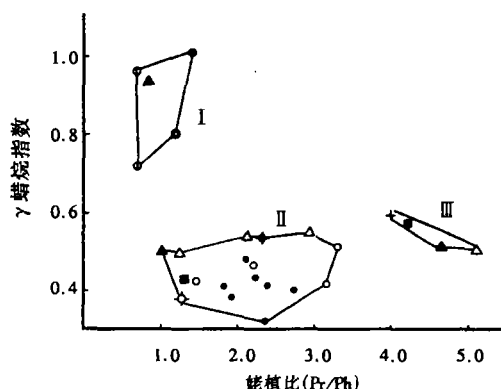


图3 白家海凸起及其邻区原油与岩样 γ 蜡烷指数与Pr/Ph值关系

●彩南原油;▲彩南 J_1b ;△彩南 J_1x ;○彩南 J_1s 泥岩;
×阜康原油;□阜康 J_1s ;■彩南煤岩和高碳泥岩;+滴西1
原油;◇火烧山原油;①火烧山 P_2p 泥岩②五彩湾G原油

Fig.3 The relation between gammacerane index and Pr/Ph in oil and rock samples from Baijiahai arch and its adjacent area

4 油、烃源岩样品的成熟度参数

表1列有甾萜烷异构化参数和根据甲基菲参数推算的 R_o 与 \bar{R}_o 值(Kvalheim, et al., 1987),藿烷 $C_{31}\alpha\beta 22S/22S+22R$ 和甾萜烷 $C_{29}\alpha\alpha 20S/20S+20R$,彩南和阜康原油分别为

0.55~0.60和0.41~0.50,接近或达到异构化终点值0.60和0.50~0.55(Makenzie, 1984)。烃源岩两项参数为0.43~0.56和0.12~0.45,均未达到异构化终点值,样品处于低演化阶段,该结果与芳烃成熟度参数基本一致。根据甲基菲 MPI_1 推算原油 R_o 值为0.78%~0.82%;烃源岩除彩006井外,其余为0.59%~0.67%,与实测 R_o 值0.53%~0.63%相近。根据 $MPDF_1$ 推算的 \bar{R}_o 值,原油为0.76%~0.86%,烃源岩为0.58%~0.77%,与 R_o 结果也基本一致。所以甾萜烷和甲基菲的成熟度参数基本反映了彩南原油和烃源岩演化程度的总貌。

彩南原油甾萜化合物的异构化程度虽然比烃源岩高,但重排甾萜含量都不高,说明其热演化史尚未达到使甾萜重排的程度。烃源岩中普遍含有菌解无定形体,它指示在成岩作用过程中,微生物对有机质曾经进行过剧烈的改造,就甾萜异构化而言,微生物的作用,使甾萜等经过脱羧、脱羟基形成甾萜烯,继而发生异构化反应,形成丰富的异构化甾萜烯,又经过加氢和

还原反应,形成异胆甾烷类。彩006井源岩有机质中,甾萜异构化指标比其它源岩低, $C_{29}\alpha\alpha\alpha 20S/20S+20R$ 为0.12, $C_{31}\alpha\beta 22S/22S+22R$ 为0.43;但芳烃化合物中 β 位甲基菲的生成却比 α 位占优势, R_c 为1.05%, R_o 为1.14%,比其他源岩都高,该样品菌解无定形体D的含量高达93.9%,可能也与细菌的活动有关。

5 原油运移

上述研究表明,阜康凹陷和白家海凸起下侏罗统三工河组烃源岩是彩南油气藏的主力烃源岩之一,白家海凸起向西部下侏罗统八道湾组、中侏罗统西山窑组生烃能力变好。来自阜康凹陷的原油沿西南斜坡向彩南地区隆起高点运移,西部生油岩排烃、原油向彩12井区方向运移,并继续向东部彩8井区方向运移。

由于非烃化合物极性较强,最易吸附于矿物表面或溶解于水中,所以随着石油运移,非烃含量减少,饱和烃含量增加。由彩9、彩参2井区向彩8井区原油饱和烃、非烃含量即呈现这种趋势。彩南原油饱和烃69%~85%,非烃6%~22%;东部彩8井饱和烃90.19%,非烃0.63%。随着运移距离的增加,萜类化合物中二环/五环值有逐渐增大的趋势,反映了彩南原油运移的方向。位于彩南油田南端和西部的彩010井、彩参2井、彩1003井和彩2118井,原油中 Ts/Tm 值分别为0.57、0.62、0.62和0.60,而构造顶部彩12井为0.70,彩9井为0.88,反映同源母质排出的烃类是由构造低部位向构造高部位运移。

6 结束语

通过对白家海凸起地质背景及其与邻区原油和烃源岩之间相互关系的研究认为:

(1) 彩南原油形成在湖相淡水还原环境, Pr/Ph 值分布在1.8~3.0之间, γ 蜡烷指数小于0.5,盆地陆南凸起、火烧山二叠系和五彩湾石炭系原油 Pr/Ph 为1.0~1.5, γ 蜡烷指数大于0.7,彩南煤岩、高碳泥岩和滴西原油 Pr/Ph 值大于4.0, γ 蜡烷指数分布在0.5~0.6之间。彩南原油的生烃环境与阜康凹陷原油及中、下侏罗统,尤其是 J_3s 泥岩有机质相似。

(2) 原油饱和烃的“指纹”特征表明,彩南和阜康原油具有同源性,与邻区陆南凸起、火烧山二叠系、五彩湾石炭系及滴西侏罗系原油并非同源。

(3) 彩南原油与阜康凹陷、白家海地区三工河组湖相烃源岩及白家海向西部八道湾组、西山窑组泥质岩系饱和烃地球化学特征具有一致性,因此,阜康凹陷和白家海地区中、下侏罗统泥质岩系是彩南油藏的主力烃源岩。

(4) 阜康凹陷原油沿西南斜坡从构造低部位向构造高部位运移。白家海地区西部中、下侏罗统烃源岩中早期生烃的组分先生后排,原油向东部运移。

(5) 彩南原油和烃源岩成熟度参数表明,原油接近中等演化程度,而烃源岩尚处在低演化阶段,主要是微生物活动导致源岩中有机组分差异成熟所致。

在研究过程中,曾得到了徐濂教授、新疆石油管理局准东石油天然气勘探开发公司的通力协作,在此一并致谢。

7 参考文献

- [1] 丁安娜,惠荣耀,孟仟祥等.准噶尔盆地侏罗系烃源岩及油气形成特征,石油勘探与开发,1996,23(3),11~18;

- [2] Kvalheim O M, Christy A A, Telnes N et al., Maturity determination of organic matter in coals using the methylphenanthrene distribution, *Geochim Cosmochim Acta*, 1987, 51, 1983 ~ 1988;
- [3] mackenzie A S. Applications of biological markers in petroleum geochemistry, In Brooks, J. and Walte, D. H. (ed), *Advances in petroleum geochemistry*, Vol. 1, Academic press, London, 1984.

第五届全国沉积学及岩相古地理学

学术会议在乌鲁木齐召开

第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议于1997年8月7日至11日在乌鲁木齐市新疆石油管理局地调处召开。这次会议由中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会、中国地质学会沉积地质专业委员会、中国矿物岩石地球化学岩相古地理专业委员会、中国石油学会石油地质专业委员会倡办,由新疆石油管理局承办。新疆石油管理局副局长王宜林参加会议致开幕词并作了总结发言。中科院院士刘宝珪、中国矿物岩石地球化学学会常务理事冯增昭及来自全国各研究院(所)、大专院校及各油田的专家、代表134人参加了会议。24位专家、教授在大会上作了精彩的学术报告,另有39位代表在分组会宣读了论文。会议展示了我国在沉积学岩相古地理学研究方面取得的进展,一些推理性、概念性的认识已开始形成较为实际的模式,研究已从静态向动态、定性向定量方向发展。有关成果既紧跟潮流,站在世界前沿,具有很高的理论水平,又结合生产实际应用,使沉积学在寻找油气及其它层控矿产的过程中发挥了极其重要的作用。

大会共收到论文203篇,其中185篇编入《第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集》,其中57%是40岁以下青年科技工作者的成果,大会评审委员会评出10篇青年优秀论文,新疆石油管理局勘探开发研究院唐勇获得此荣誉。这次会议必将对我国沉积学及岩相古地理学的发展起到极大的推动作用。

(张纪易)



高举邓小平理论伟大旗帜,把建设有中国特色社会主义事业全面推向二十一世纪。

(陕西省宝鸡市 秦 玲)

OILFIELD, JUNGGAR BASIN. XJPG, 1997, 18(4): 324 ~ 329

Abstract On the basis of study on geochemical characteristics of saturated hydrocarbon of oil and source rock in Baijiahai arch and its adjacent area in Junggar basin, understandings about component of oil source, hydrocarbon-forming environment, evolutionary degree and migration model of oil are obtained. It is pointed out that Middle and Lower Jurassic (especially argillaceous rock of Sangonghe formation) in Baijiahai arch and Fukang sag are major source rock in Cainan oilfield, and these provide scientific basis for further oil/gas exploration.

Subject terms Junggar basin Cainan oilfield Geochemistry Oil source correlation

Ding Anna, Female, Associate Professor, Geochemistry, Lanzhou Geologic Institute, Academia Sinica, Lanzhou 730000

Tang Zhonghua, Huang Yun, Zhang Hualong. SEDIMENTARY FACIES AND SEQUENCES OF JURASSIC IN EASTERN JUNGGAR BASIN. XJPG, 1997, 18(4): 330 ~ 337

Abstract According to sedimentary environment and facies, this paper further classified and correlated the Jurassic in eastern Junggar basin by using sequence stratigraphy method, and comprehensively analysed sedimentary facies and sequence of study area by applying geologic, logging and seismic methods. It is considered that Jurassic is a set of terrigenous clastic sediments controlled by tectonic and climate conditions, which is divided into humid and arid type based on sedimentary characteristics; and also divided into northern gentle slope type and southern steep slope type based on low-water level system tract.

Subject terms Junggar basin Jurassic Sedimentary facies Sequence stratigraphy Stratigraphic sequence Seismic facies

Tang Zhonghua, Senior Engineer, Petroleum Geology, Geologic Survey Department, Xinjiang Petroleum Administration Bureau, Urumqi 830011

Chen Zhongqiang. SEQUENCE STRATIGRAPHY IN DEVONIAN – CARBONIFEROUS TRANSIT PERIOD IN TARIM BASIN. XJPG, 1997, 18(4): 338 ~ 347

Abstract This paper makes sequence stratigraphy analysis of Upper Devonian – Lower Carboniferous in southwestern Tarim, Bachu, Manxi, Hotan river, Tazhong and Tabei areas, and two sequences (corresponding to three-order sequences presented by Vail) were identified. It is considered that Tarim basin have undergone two large-scale sea-level fluctuation. On the basis of sequence stratigraphy and biostratigraphy analyses, it is suggested that Paleozoic transgression of Tarim basin began at the Late Famennian in Late Devonian, and the age of “Donghe sandstone” should be at the Late Famennian in Late Devonian.

Subject terms Tarim basin Sequence stratigraphy Late Devonian Early Carboniferous Late Paleozoic Transgression