

库车坳陷中生代海侵事件对有机质的影响

周世新 李原 张中宁 罗斌杰 袁剑英 段毅

摘要 对库车河剖面三叠-侏罗系重要生烃组段进行了有机质生物标志化合物及单体烃同位素研究, 研究结果表明, 海侵层位与非海侵层位在生物组成和生标特征等方面明显不同, 海侵带来了不同的生物体, 使有机质类型发生了改变。在生物标志化合物参数方面表现为Pr/Ph小于1, 甾烷含量丰富, 甾烷中C₂₇化合物丰度与C₂₉相当, 三环萜烷有C₂₁ < C₂₃ > C₂₄的分布特点, 单体烃同位素表现出富集轻碳同位素的特点。中生代海侵事件对塔北隆起区及库车坳陷油气资源具有重要的意义。

关键词 库车坳陷 中生代 海侵 有机质特征

第一作者简介 周世新 男 31岁 助研 有机地球化学

Influence on Organic Matter Caused by Mesozoic Transgressive Events in the Kuqa Depression, Tarim Basin

Zhou Shixin¹ Li Yuan² Zhang Zhongning¹

Luo Binjie¹ Yuan Jianying³ Duan Yi¹

1 (Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

2 (Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

3 (Northwest Institute of Petroleum Geology Langzhou 730020)

Abstract

Biomarker of organic matter and isotopic composition of n-alkanes in saturated hydrocarbon have been researched, and major samples are selected from Triassic and Jurassic important source rock in Kuqa section. From results we can see that characteristics of biomarker and biological composition in transgressive member are different from non-transgressive member. With various organisms input, the types of organic matter have been changed in transgressive processes. Biomarker parameters of transgressive member have specific characteristics: Pr/Ph less than 1, higher abundance of steranes, abundance of C₂₇ are similar to C₂₉ sterane, tricyclic terpane with feature of C₂₁ < C₂₃ > C₂₄ and isotopic composition of n-alkanes enriched ¹²C. Mesozoic transgressive events have important significance on oil and gas resources of Table uplift area and Kuqa depression in Tarim basin.

Key words Kuqa depression Mesozoic era transgression characteristics of organic

matter

1 前言

库车坳陷位于塔里木盆地北部，面积为2.35万平方公里，是一个海西运动后形成的中—新生代山前坳陷。坳陷内具有多套含油气层组合。坳陷中三叠系至中下侏罗统湖沼相烃源岩发育。“八五”期间，库车坳陷原油地球化学特征研究表明，陆相油可以进一步划分为湖相油、煤成油以及两者不同程度的混合产物即混源油。在该区以往的研究中更多的注意了对陆相地层及有关原油类型的研究〔1〕，但随着对塔里木北部的研究深入，陆续出现了在塔里木中生代有海侵现象的研究报道〔2,3,4〕。海侵改变了沉积有机质的来源，使有机质的类型发生改变，本文系统研究了库车河剖面的有机质生物标志化合物及同位素特征，为该区的油源对比提供了可靠的依据，同时指出在库车坳陷除了前人提到的煤成油、湖相油和混源油外，可能还存在一类与海侵烃源岩有关的原油类型。

2 样品及实验

样品采自库车河两岸的地层剖面及塔北区的一些井下样品，系统采集了泥岩、页岩、粉砂岩和煤岩样品，共选出了31个样品进行抽提分析，其中煤岩7个，样品的基础资料见表1。样品碎至80目以下，进行常规索氏抽提，然后对抽提物进行族组分分离，分离后的饱和烃和芳烃组分进行色谱分析。实验流程及仪器条件见文献〔5〕。生物标志化合物鉴定一般是与文献资料对比及质谱鉴定而确认。另外，选择了几个有代表性的样品进行单体烃同位素分析。

3 地质背景

二叠纪末的海西晚期运动，是本区最强烈的一次运动，原地块北部南天山结束海侵历史并褶皱冲断成山，该区变为箕状坳陷沉积盆地，表现出河、湖相沉积的特点。在早三叠世沉降中心位于阿瓦提地区，从中三叠世开始向东萎缩，到侏罗纪时，沉积中心迁至拜城—阳霞一带。

在本区下三叠统俄藿布拉克群(T_{1eh})，岩性由紫红色砾岩、砂岩、泥岩夹两层灰绿色泥岩组成。含孢粉、叶肢介、疑源类，其中带长刺的疑源类一般认为是海相化石，至少是由海侵带来的，海侵被认为是来自东方华南地块上广大浅海陆棚区〔2〕。在该群的底部和顶部都发现了大量的角刺藻，表明海侵活动从晚二叠世末至早三叠世末对本区都产生间歇性的影响。

中、上三叠统，划分出三个组：克拉玛依组(T_{2-3k})、黄山街组(T_{3h})和塔里奇克组(T_{3t})，岩性为反映河、湖相沉积的泥岩、炭质泥岩和砂砾岩。从元素、同位素及X衍射资料看，晚三叠世黄山街组本区又发生了一个大规模的海侵，并在该组顶部形成较为广泛的磷灰岩沉积。

本区下、中侏罗统发育四组地层，分别是下侏罗统阿合组(J_{1a})、阳霞组(J_{1y})；中侏罗统的克孜勒努尔组(J_{2kz})和七克台组(J_{2qk})。早侏罗世沉积相以河流相和沼泽相为

主，仅发现植物和孢粉化石。中侏罗世发育湖沼相和海侵咸化湖相〔7〕，在七克台组发现海相遗迹化石且有充足的地化证据说明确有海侵事件发生〔4〕。

表1 剖面样品地质特征及有机质丰度

Table 1 Geological characteristics and abundance of organic matter in section samples

样品号	层位	岩 样	环 境	氯仿沥青 $\times 10^{-6}$	有机碳 /%
93S-001	T ₁ eh	灰黑色泥岩	洪泛湖	6	0.42
93S-002	T ₂₋₃ k	黑色块状泥岩	洪泛湖	166	
93S-003	T ₂₋₃ k	深灰色块状泥岩	浅湖	115	0.82
93S-004	T ₃ h	灰色粉砂质泥岩	浅湖	53	0.68
93S-005	T ₃ h	块状泥岩及粉砂岩	滨湖	151	1.70
93S-006	T ₃ t	黄灰绿色粉砂质泥岩	浅湖	85	
93S-007	T ₃ t	黑色炭质页岩、泥岩	沼泽	589	2.20
93S-008	T ₃ t	深灰色鳞片状粉砂质泥岩	岸后沼泽	237	
93S-009	T ₃ t	黑色炭质页岩、泥岩	河床	594	5.13
93S-010	J ₁ y	黑色炭质泥岩	河漫湖	674	2.37
93S-011	J ₁ y	深灰色炭质泥岩	河漫湖	2 123	
93S-012	J ₁ kz	深褐色油页岩碎片	浅湖半深湖	285	
93S-013	J ₂ kz	灰色块状粉砂岩及泥岩	河漫滩	550	0.99
93S-014	J ₂ kz	粉砂质泥岩	河漫沼泽	44	
93S-015	J ₂ kz	黑色炭质页岩及粉砂岩	沼泽	1 101	3.37
93S-016	J ₂ qk	黑色炭质页岩及粉砂岩	浅湖	57	
93S-017	J ₂ qk	沥青质泥岩及粉砂岩	沼泽相	18	0.81
93S-018	J ₂ qk	红褐色块状泥岩	浅湖相	14	

kc-b-42(3)	T ₃ h	块状亮煤	滨湖	8 976		
kc-b-64	3	块状丝质煤	沼泽	11 129.8		
kc-b-85	T ₃ t	块状暗煤	岸后沼泽	6 719.8		
CZL-10	J ₁ a	块状亮煤	河漫湖	1 720.3		
kc-b ² -100	J ₂ kz	块状暗煤	河漫沼泽	5 020.9		
kc-b ² -109	J ₂ kz	黑色块状亮煤	沼泽	4 261.0		
kc-b ² -146	J ₂ qk	黑色丝质亮煤	沼泽	1 752.4		
601*	T	灰绿色泥岩		578.1	1.68	
608*	T	黑色泥岩		196.4	0.90	
602*	T	灰黑色泥岩		71.4	0.74	
605*	T	灰色泥岩		86.0	0.82	
606*	T	灰绿色泥岩		76.4	0.24	
607	T	灰绿色泥岩		348.8	0.48	

*代表井下样品

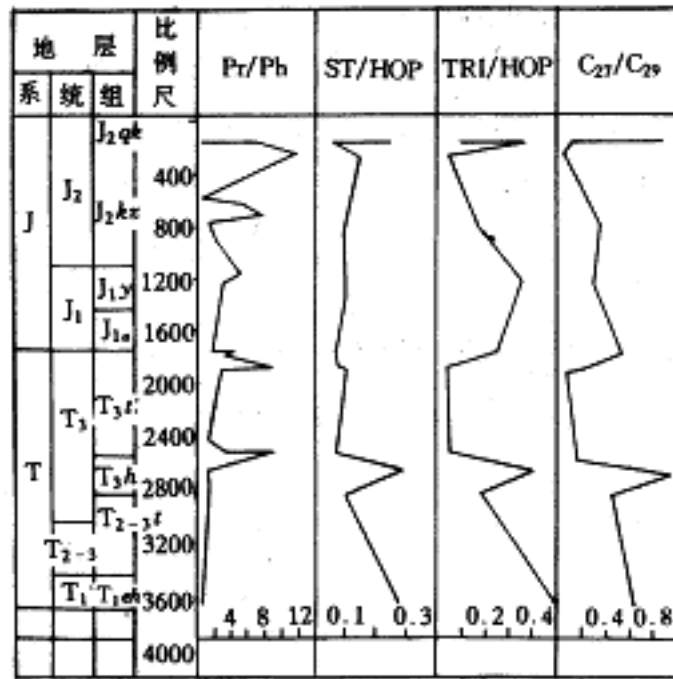


图1 常用生标参数随剖面变化曲线
Fig.1 Variation curve of partial biomarker parameters in Kuqa section

4 中生代烃源岩生物标志化合物特征

从图1中的几个重要生标参数分布看,三叠系的俄藿布拉克群至侏罗系的七克台组,不同组段中反映环境、母质来源的参数都有较大的变化,而且它们的变化具有一致性。

4.1 正构烷烃与异构烷烃

库车河剖面的正构烷烃碳数分布较为完整,一般为 $C_{14} \sim C_{34}$,主峰碳为 C_{23} 和 C_{25} 居多,个别样品的主峰碳为 C_{18} 及 C_{27} 。从碳数分布范围及主峰碳位可以明显看,该剖面的大部分样品显示陆源母质输入的特点,但黄山街组及七克台组都见有双峰分布的特点,反映出以陆源母质输入的特点外,还有一定量的低等水生生物输入。剖面样品的OEP指数变化范围为1.05~1.50,平均值为1.20,奇偶优势并不十分明显,说明有机质已经具有一定成熟度。

图1中Pr/Ph自三叠系至侏罗系普遍都大于1,在煤和炭质泥岩中,该值的分布范围为2~11.8,说明沉积环境以弱氧化环境为主,但在三叠系的俄藿布拉克群及侏罗系的克孜勒努尔组及七克台组都有Pr/Ph值小于1层位出现,这反映出库车坳陷中生代时,局部层段有较还原的沉积环境。

4.2 甾烷及萜烷

从图2中甾烷参数表2看,该剖面序列 C_{29} 甾烷的含量明显高于 C_{27} 及 C_{28} 甾烷,反映出整个沉积过程中以陆源植物为主的母质输入特点。但在俄藿布拉克群、黄山街组及七克台组, C_{27} 甾烷含量,相对比较丰富,说明这些段层段有较为明显的低等水生生物的母质输入。若按曾宪章等^[6]提出的由 C_{27} 和 C_{29} 甾烷的相对含量划分有机质类型,库车河剖面的大部分有机质为₁型,仅几个 C_{27} 相对较高的海侵层位为₂型。在 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 甾烷分布三角图中(图3),大部分样品很明显地落在高等植物区的范围内,也有样品落点于大陆、海湾及开阔海的环境,落在海湾或湖湾区的样品有三个,它们被确认为是三个海侵层位,由此可见,库车坳陷中生代沉积环境的变化,使与之相关的有机母质在分子水平上也表现出相应的变化。

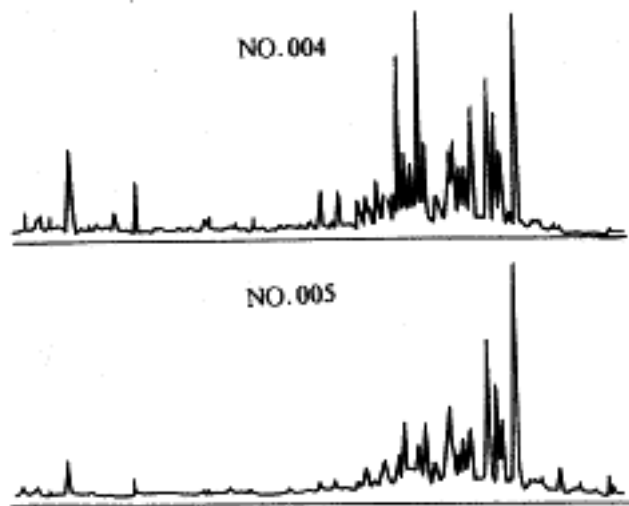


图2 甾烷化合物m/z 217 质量色谱图
Fig.2 Mass chromatogram(m/z 217、m/z 191)
showing the distribution of steranes

表2 库车河剖面样品甾烷参数表
Table 2 Sterane parameters of Kuqa river section samples

样号	$(5-C_{27})/(5-C_{29})$	$(5-C_{28})/(5-C_{29})$	S/S+R	/ +	归一化%		
					C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉
001	0.64	0.56	0.36	0.43	30	25	45
003	0.45	0.37	0.41	0.38	25	20	55
004	0.93	0.49	0.39	0.34	39	20	41
005	0.16	0.22	0.39	0.29	12	16	72
42(3)	0.08	0.14	0.39	0.25	6	12	82
007	0.07	0.10	0.32	0.33	6	9	85
064	0.17	0.12	0.39	0.32	13	9	78
009	0.52	0.43	0.43	0.43	27	22	51
010	0.29	0.20	0.40	0.46	19	13	67
013	0.34	0.30	0.40	0.36	21	18	61
015	0.05	0.10	0.32	0.21	4	9	87
017	0.82	0.57	0.39	0.43	34	24	42
146	0.13	0.20	0.21	0.22	10	15	75

三环萜类化合物分布有一定的相似性，大部分样品以 C_{19} 或 C_{20} 为主峰碳， $C_{23} > C_{24}$ 的分布形式普遍。一般认为丰富的 C_{19} 三环萜烷是陆源母质输入的特点，在库车河剖面的炭质泥岩和煤岩中大部分以 C_{19} 为主峰，极个别的样品表现出 C_{20} 或 C_{21} 的分布特点。但在黄山街组和俄霍布拉克群的海侵层位，其三环萜的分布特征明显不同于其它组段，主峰为 C_{23} ，由 C_{21} 、 C_{23} 和 C_{24} 组成倒“V”字分布模式，这种分布形式在塔里木盆地的油源对比中被广泛地应用指示来自O或C-P的海相原油，但在中生代的海侵层位中同样存在这种分布特点，这是油源对比中应注意的。另外，在海泛影响的层位中，三环萜 / 五环萜比其相邻层位的高。

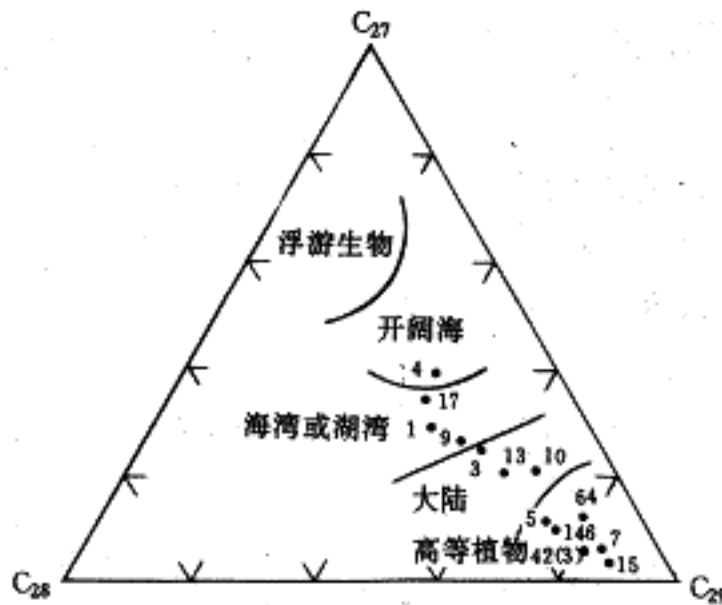


图3 -20R甾烷相对组成关系图

Fig.3 Relationship of the composition of -20R steranes

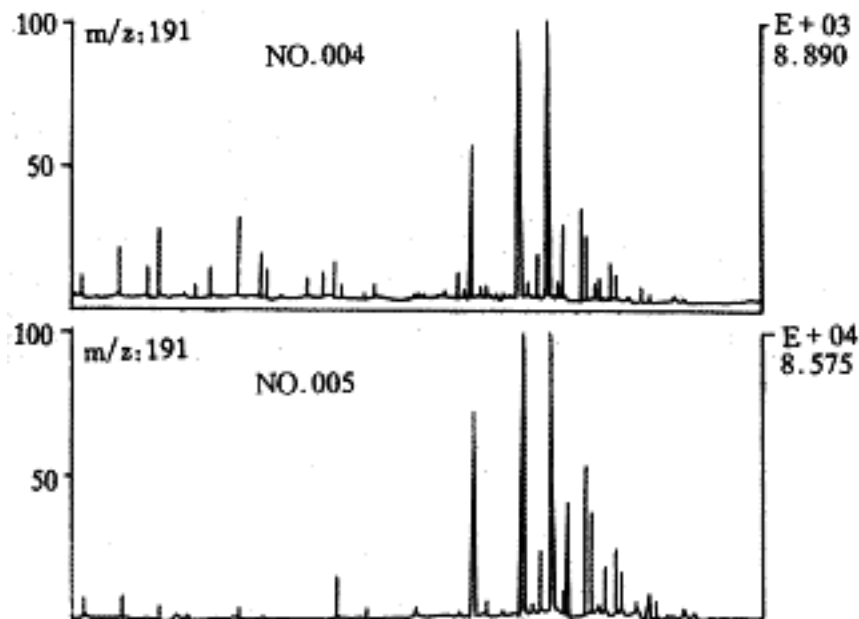


图4 萜类化合物 m/z 191质量色谱图
Fig.4 Mass chromatogram(m/z 191) showing the distribution of terpanes

如图4所示，在 m/z 191质量色谱图中，以 C_{30} 藿烷为主峰， T_s 与 T_m 相比较，明显地表现出 T_m 优势。在研究中发现，泥岩与煤岩的 C_{30} 重排藿烷的相对丰度明显不同，泥岩中重排藿烷比煤岩中丰富。已有研究表明， C_{30} 重排藿烷起源于那些富含粘土，并沉积在氧化至弱氧化环境沉积物中细菌有机质〔7〕。

从甾烷/藿烷参数看，样品中有三个样品的含量偏高。这三个层位为海侵层位，由此可见，海侵有较多的低等水生生物输入。从表3可以看出，海侵作用层位中，各种分子有机地球化学参数均发生了显著变化。

5 库车河剖面典型样品的单体烃同位素研究

海侵对有机质来源、类型及生标组成都有较明显的影响，为了进一步探讨海侵层位有机质碳同位素方面的特征，选择了部分库车河剖面样品饱和烃组分，进行单体烃碳同位素研究。样品的沉积环境为沼泽相、浅湖相、滨湖相及河床相，其中有两个煤岩样品，它们单体烃碳同位素变化如图5所示。

三叠纪黄山街组004号样遭受了海侵影响，其正构烷烃 ^{13}C 值分布平缓，分布范围在 $-31.0‰$ ~ $-33.3‰$ 之间，并且有随着碳数增加，对应碳数的正构烷烃 ^{13}C 值逐渐变轻的趋势，类异戊二烯烷烃类化合物(本样品只测出Pr、Ph的 ^{13}C 值)、Pr的 ^{13}C 值为 $-34.4‰$ ，Ph为 $-35.3‰$ ，分别比邻近碳位的正构烷烃同位素轻。

009号为三叠系塔里奇克组第三沉积旋回的样品，饱和烃生物标志化合物研究表明，属于典型的陆源有机质，在甾烷的 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 三角图中，落点于陆源区内。图

5中碳数分布范围自C₁₇到C₂₈，平均各碳数单体烃 ¹³C值为-31.2‰，单体烃 ¹³C值的变化范围为-29.0‰ ~ -32.9‰，类异戊二烯烷烃类化合物只检测出Pr的31.3‰，稍轻于对应碳数 ¹³C值，正构烷烃碳同位素分布有随碳数增加正构烷烃同位素逐渐变轻的趋势。

004号样与009号样都为三叠纪的样品，由于有机母质的来源不同，其单体烃同位素的分布模式有明显的差别。虽然它们都有随着碳数增加，对应的单体烃同位素变轻的趋势，但009号样这种趋势要明显大于004号样品，一般认为，陆源有机质的单烃的分布随着碳数增加，单体烃同位素变轻的趋势明显。但004号样的单体烃同位素明显轻于009号样，这可能与海侵环境下有较丰富的低等水生生物的母质输入有关。类异戊二烯烷烃类化合物的单体烃同位素低于正构烷烃的分布，这是陆相原油常见的同位素分布特征〔8〕。

表3 库车坳陷海侵环境对有机质特征的影响

Table 3 Characteristics of organic matter parameters of transgressive member in Kuqa section

地层生标参数	俄霍布拉克群	黄山街组	七克台组	上下层位
C ₂₇ 总甾烷	30%	39%	34%	4-27%(14.3)
甾烷 / 藿烷	0.28	0.29	0.26	0.05-0.15(0.088)
三环萜烷 / 五烷萜烷	0.49	0.39	0.38	0.03-0.25(0.125)
蜡烷 / C ₃₁ 升藿烷	0.74	0.23	0.31	0.07-0.31(0.18)
Pr / Ph	0.72	1.25	0.52	1.39-11.8(5.1)

注：*括号中为平均值。

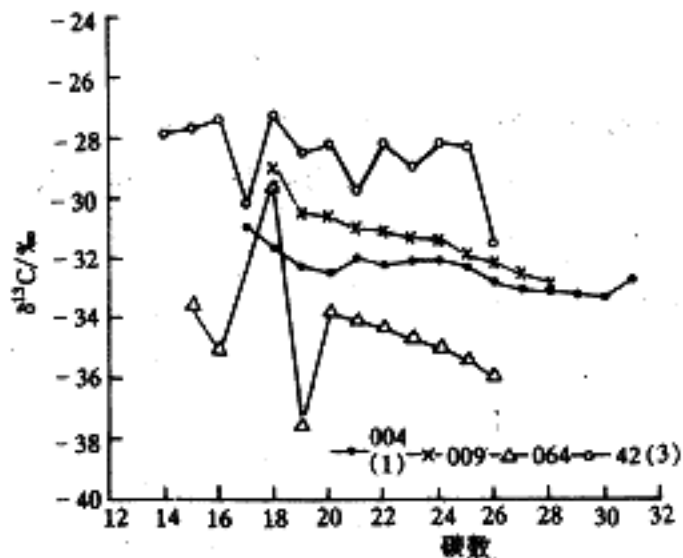


图5 库车河剖面典型样品单体同位素分布曲线
Fig.5 Isotopic composition of n-alkanes in the saturated hydrocarbon of partial samples

064号及42(3)号样皆为煤岩，但它们成岩的环境各不相同。42(3)号样为黄山街组滨湖相块状亮晶煤，064号样为塔里奇克组第二沉积旋回的沼泽相块状丝质煤，两煤样碳同位素分布差异较大。42(3)号样正构烷烃单体碳同位素的平均值为-28.6‰，随着碳数增加，同位素值有变轻的趋势。064号样从C₂₀到C₂₆同位素值依次变轻，平均碳同位素值只有-34.5‰，该样的同位素值明显轻于其它样品同位素值，这可能反映出该煤岩有较为特殊的母源。

6 结论

(1)海侵造成水体的盐度增大，使能反应水体盐度的指标伽玛蜡烷和Pr/Ph都有所变化。

(2)海侵改变了有机质赋存环境，带入了较多的低等水生生物，使有机质类型由湖沼相的Ⅰ型转变为Ⅱ型。另结合文献^[3,4]的研究报道看，在塔里木盆地的三叠-侏罗纪有过多海泛的影响，因此，它对生烃的贡献值得重视。

(3)在库车坳陷和塔北区的油源对比研究中，C₂₁、C₂₃和C₂₄三环萜类化合物呈倒“V”分布，并非奥陶系或石炭-二叠系烃源岩所独有的特征。海侵事件造成有机质同位素变轻，在油源对比中海侵层位应给予足够地重视。

作者单位：周世新 张中宁 罗斌杰 段毅 中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000

李原 中国科学院地质研究所 北京 100029

袁剑英 中国石油天然气总公司西北地质研究所 兰州 730020

参考文献

- 1 杨斌，李建新，诸长鼎.依奇克里克油气田煤成油气的地球化学特征和库车坳陷含油气远景.石油勘探与开发，1989，16(5)：1~8
- 2 陈丕基，Norling E.西藏构造楔与塔里木-华南地块的裂解.科学通报，1994，39(16)：1512~1515
- 3 唐开疆.塔里木盆地三叠系沉积特征及生烃潜力.石油实验地质，1993，15(2)：128~137
- 4 陈荣林.再论塔里木盆地中侏罗世的海泛事件沉积.石油实验地质，1995，17(4)：311~315
- 5 周世新.库车坳陷中生代沉积有机质与环境地球化学研究：[硕士学位论文].兰州：中国科学院兰州地质研究所，1994
- 6 曾宪章，梁狄刚.中国陆相原油和生油岩和生物标志物.兰州：甘肃科学技术出版社，1989.266

7 袁剑英.古环境地球化学与油气形成研究：[博士学位论文] . 兰州：中国科学院
兰地质研究所，1994.

8 Bjoroy M , Hall K, Gillyon P , Jumeau J. Carbon isotopic variation in n-alkane and
isoprenoids of whole oil. *Chemical Geology*, 1991, 93: 13 ~ 20

收稿日期：1998-02-23

库车坳陷中生代海侵事件对有机质的影响

作者: [周世新](#), [李原](#), [张中宁](#), [罗斌杰](#), [袁剑英](#), [段毅](#), [Zhou Shixin](#), [Li Yuan](#), [Zhang Zhongning](#), [Luo Yuan Jianying](#), [Duan Yi](#)

作者单位: [周世新, 张中宁, 罗斌杰, 段毅, Zhou Shixin, Zhang Zhongning, Luo Binjie, Duan Yi \(中国科学院兰州地质研究所, 兰州, 730000\)](#), [李原, Li Yuan \(中国科学院地质研究所, 北京, 100029\)](#), [袁剑英, Yuan Jianying \(中国石油天然气总公司西北地质研究所, 兰州, 730020\)](#)

刊名: [沉积学报](#) **ISTIC** **PKU**

英文刊名: [ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA](#)

年, 卷(期): 1999, 17(1)

被引用次数: 5次

参考文献(8条)

1. [杨斌; 李建新; 诸长鼎](#) [依奇克里克油气田煤成油气的地球化学特征和库车坳陷含油气远景](#) 1989(05)
2. [陈丕基; Norling E](#) [西藏构造楔与塔里木-华南地块的裂解](#) 1994(16)
3. [唐开疆](#) [塔里木盆地三叠系沉积特征及生烃潜力](#) 1993(02)
4. [陈荣林](#) [再论塔里木盆地中侏罗世的海泛事件沉积](#) 1995(04)
5. [周世新](#) [库车坳陷中生代沉积有机质与环境地球化学研究](#) 1994
6. [曾宪章; 梁狄刚](#) [中国陆相原油和生油岩和生物标志物](#) 1989
7. [袁剑英](#) [古环境地球化学与油气形成研究](#) 1994
8. [Bjoroy M; Hall K; Gillyon P; Jumeau J](#) [Carbon isotopic variation in n-alkane and isoprenoids of whole oil](#) 1991

本文读者也读过(10条)

1. [侯读杰; 冯子辉; 黄清华](#) [松辽盆地白垩纪缺氧地质事件的地质地球化学特征](#)[期刊论文]-[现代地质](#)2003, 17(3)
2. [王璞珺; 边伟华; SCHNEIDER Werner; MATTERN Frank](#) [陆相盆地中的海侵层序特征: 中欧盆地三叠系与松辽盆地白垩系对比研究](#)[期刊论文]-[矿物岩石](#)2002, 22(2)
3. [许福美; 吴传始; 郭玉森; 吴志杰; Xu Fumei; Wu Chuanshi; Guo Yusen; Wu Zhijie](#) [闽西南龙永煤田童子岩组沉积地层精细特征与沉积环境演化分析](#)[期刊论文]-[地质科学](#)2011, 46(2)
4. [李增学; 余继峰; 郭建斌](#) [华北陆表海盆地海侵事件聚煤作用研究](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#)2002, 30(5)
5. [李增学; 余继峰; 郭建斌; 韩美莲](#) [陆表海盆地海侵事件成煤作用机制分析](#)[期刊论文]-[沉积学报](#)2003, 21(2)
6. [任来义; 林桂芳; 谈玉明; 王德仁](#) [从古生物和地球化学标志看东濮凹陷早第三纪的海侵事件](#)[期刊论文]-[西安石油学院学报\(自然科学版\)](#) 2002, 17(1)
7. [黄清华; 梁万林; 叶得泉; 曹维福; HUANG Qing-hua; LIANG Wan-lin; YE De-quan; CAO Wei-fu](#) [松辽盆地白垩纪微体生物群分布特征与富烃源岩层的形成](#)[期刊论文]-[古生物学报](#)2007, 46(3)
8. [任来义; 林桂芳; 赵志清; 王兴武; REN Lai-Yi; LIN Gui-Fang; ZHAO Zhi-Qing; WANG Xing-Wu](#) [东濮凹陷早第三纪的海侵\(泛\)事件](#)[期刊论文]-[古生物学报](#)2000, 39(4)
9. [傅强; 李益; 张国栋; 刘玉瑞; FU Qiang; LI Yi; ZHANG Guo-dong; LIU Yu-rui](#) [苏北盆地晚白垩世-古新世海侵湖泊的证据及其地质意义](#)[期刊论文]-[沉积学报](#)2007, 25(3)
10. [杨怀宇](#) [湘桂地区泥盆纪-中三叠世构造古地理格局及其演化](#)[学位论文]2010

引证文献(5条)

1. [林畅松; 王清华; 肖建新; 王国林; 丁孝忠; 纪云龙](#) [库车坳陷白垩纪沉积层序构成及充填响应模式](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2004(z1)
2. [边立曾; 卢华复; 张宝民; 陈建平; 曹瑞骥](#) [塔里木盆地库车坳陷侏罗系恰克马克组叠层石及其环境意义](#)[期刊论文]-[南京大学学报\(自然科学版\)](#) 2003(1)
3. [张宝民; 陈建平; 边立曾; 张水昌](#) [再论塔里木盆地库车坳陷三叠纪-侏罗纪的海泛事件](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2006(2)
4. [陈笑夜; 曹剑; 施春华; 边立曾](#) [陆相湖盆海侵地质事件识别及其对烃源岩形成影响](#)[期刊论文]-[地质论评](#) 2012(5)
5. [张宝民; 陈建平; 边立曾; 张水昌](#) [再论塔里木盆地库车坳陷三叠纪-侏罗纪的海泛事件](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2006(2)

http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_cjxb199901017.aspx