

塔里木盆地牙哈油气田沥青垫特征及成因

——烃的特征与沥青垫成因

张 敏 张 俊

(江汉石油学院地球化学研究中心, 湖北荆州 434102)

塔里木盆地牙哈油气田储层的沥青垫、油砂、沥青砂岩和原油正构烷烃、饱和烃生物标志物及芳烃组成特征具有相似性,说明它们的烃类来自相同的烃源岩。沥青垫的形成是因气体侵入引起油藏中原油沥青质沉淀所致。

关键词 沥青垫 饱和烃 芳烃 成因 牙哈油田

第一作者简介 张敏 男 34 岁 副教授(博士) 油藏地球化学和石油地质

沥青垫饱和烃和芳烃地球化学特征研究是沥青垫宏观组成特征研究^[1]的延伸和深入,是探讨沥青垫成因、预测油田范围内沥青垫分布模式的重要途径^[2~5]。早在 70 年代,就有人认为大多数沥青垫是由原油脱沥青作用所致^[6]。但此后的一段时间里,由于沥青垫的物理性质和地球化学性质被人们揭示较少^[7],所以其形成机制的研究受到一定的限制。直到 90 年代,方将沥青垫的形成机制归纳为脱沥青作用、重力分离作用、生物降解和油-水相互作用、石油运移作用、石油混合作用和热催化作用^[8]。尽管如此,但就陆相油气藏中沥青垫成因^[9]而言,还有许多问题值得进一步商榷。本文试图分析牙哈油气田陆相油气藏中沥青垫饱和烃和芳烃地球化学特征,并对其成因进行探讨。

1 饱和烃特征

1.1 正构烷烃

牙哈 2 井沥青垫、油砂、沥青砂岩抽提物和原油正构烷烃丰富,其碳数分布范围宽(图 1)。沥青垫中 Pr/Ph , Pr/nC_{17} , Ph/nC_{18} 参数分别为 1.50, 0.20 和 0.10, 油层中为 1.52, 0.10 和 0.09, 两者具可比性, 暗示它们具有相同的来源, 并未遭受生物降解作用。另一方面, 沥青垫高碳数(大于 25)化合物比油砂略为丰富, 说明沥青垫相对油砂来说, 更易富集高碳数化合物。原油中低碳数正构烷烃的含量占绝对优势, Pr/Ph 的比值为 2.82, 明显高于油砂抽提物, 其根本原因是油砂饱和烃中姥鲛烷的损失量要高于植烷。故此, 在原油和岩石抽提物类异戊间二烯烷烃对比中, 常出现两者的 Pr/Ph 相差较大, 实际应用时须结合其它地质-地球化学资料, 综合考虑。此外, 原油和油砂饱和烃中, Pr/nC_{17} , Ph/nC_{18} 参数相差不大, 分布范围分别在 0.18 ~ 0.20, 0.07~ 0.12 之间, 具有库车陆相油气之特征^[10]。

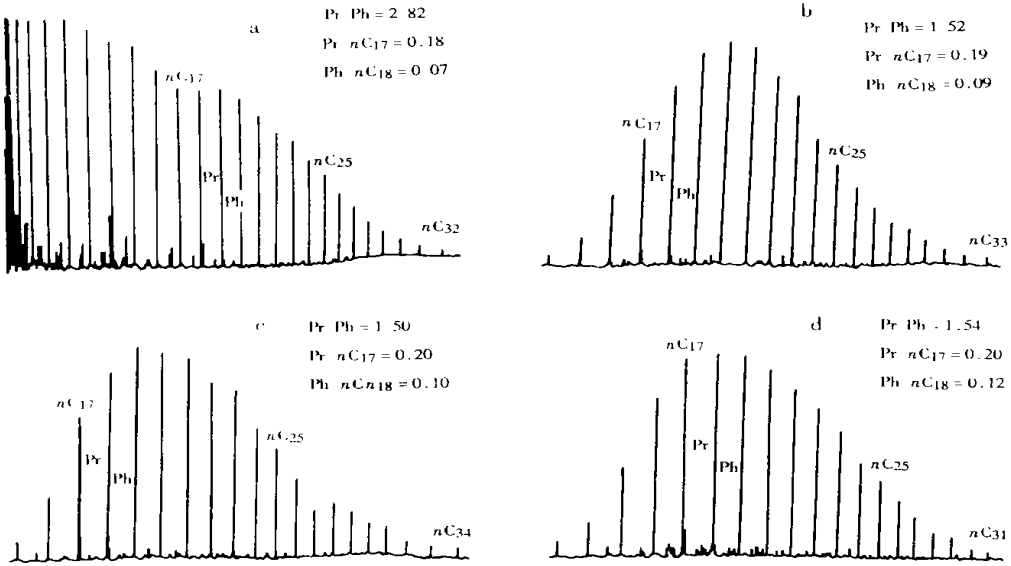


图 1 牙哈 2 井原油、储层岩石抽提物气相色谱图

a—原油 5 064.30~ 5 108.30 m 全烃; b—油砂 5 104.20 m 饱和烃; c—沥青垫 5 105.50 m 饱和烃; d—沥青砂岩 5 137.00 m 饱和烃

1.2 生物标志物

1.2.1 二环倍半萜烷系列

沥青垫中普遍存在 C₁₄~ C₁₆ 补身烷系列化合物, 它们是降补身烷、补身烷、升补身烷及其重排同系物, 其分布模式与油砂、沥青砂岩相同, 均以升补身烷为主峰, 降补身烷和补身烷系列化合物因在样品处理过程中损失较大, 含量普遍较低。比较而言, 原油中 C₁₄~ C₁₆ 二环倍半萜烷损失较小, 降补身烷和补身烷系列化合物发育完整。

1.2.2 三环萜烷系列

牙哈 2 井沥青垫、油砂、沥青砂岩和原油的三环萜烷分布模式基本相同, 轻组分含量高, 且以 C₂₀或 C₂₁为主峰, 与盆地其它陆相原油的三环萜烷系列分布模式一样。由此可见, 沥青垫、油砂、沥青砂岩和原油均源自库车坳陷三叠-侏罗系的陆相烃源岩^[10]。另一方面, C₂₄ 四环萜烷含量丰富, 与 C₂₆ 三环萜烷的比值均大于 1, 这是塔里木陆相原油特征标志之一^[9]。

1.2.3 五环三萜烷系列

C₂₇~ C₃₅ 藿烷系列和伽马蜡烷是沥青垫、油砂、沥青砂岩和原油中主要的三萜烷标志物 (图 2)。就其分布模式和参数特征而言, 它们具有可对比性和相似性。常用衡量热演化程度的 T_s/T_m 的比值在 1.15~ 1.45 之间, C₃₂ 藿烷的 22S/(22S+ 22R) 比值为 0.57~ 0.59, 表明它们经历了相似的热演化程度。此外, 这些样品 C₃₀ 藿烷与 C₃₀ 莫烷的比值为 0.87~ 0.88, 进一步佐证了它们成因上的相似性和同源性。

1.2.4 甾烷类

沥青垫 C₂₇~ C₂₉ 规则甾烷和重排甾烷的分布特征, 与油砂、沥青砂岩和原油相同, C₂₇, C₂₈, $\alpha\alpha\alpha$ -C₂₉ (20R) 甾烷分布呈现出“V”型 (图 3)。反映成熟度特征参数 C₂₉ 甾烷 20S/(20S+

20R) 比值为 0.41~0.48, 表明这些烃类化合物来源于成熟的烃源岩, 且具有相似的热演化程度。

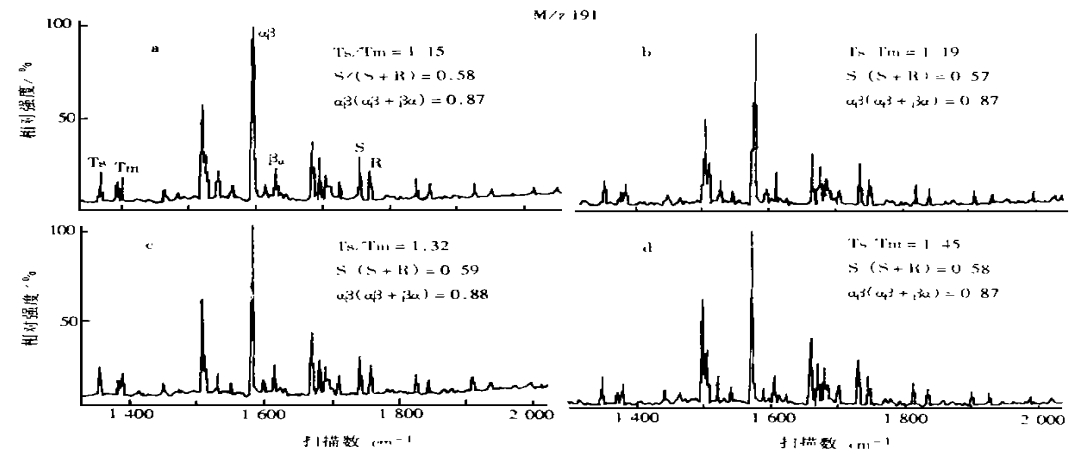


图2 牙哈2井原油、储层岩石抽提物五环三萜烷系列分布模式图

a—原油5 064.30~5 108.30 m; b—油砂5 104.20 m; c—沥青垫5 105.50 m; d—沥青砂岩5 137.00 m

2 芳烃特征

沥青垫芳烃以三环和四环化合物为主要组成部分, 菲系列和屈系列的含量大于 50%, 其中菲系列(占芳烃总量的 33%)和萘系列(8%)含量明显低于原油中萘系列(10%)和菲系列(42%), 这种现象也见于油砂和沥青砂岩中, 可能是样品处理过程中, 轻组分损失所致。此外, 沥青垫芳烃中, 二苯并噻吩系列、二苯并呋喃系列和茚系列含量分别为 4.93%、5.79%和 1.47%, 这与原油中的含量 3.53%、8.21%、2.77%相差无几。

从芳烃宏观组成特征角度来说, 油砂与沥青垫具有共性。油砂芳烃中, 三环和四环芳烃化合物占优势, 菲

系列和屈系列的含量为 62%, 其中菲系列为 44%, 屈系列为 18%, 二环芳烃萘系列和联苯系列的含量分别为 4.48%和 4.62%, 比原油和沥青垫都低。它的二苯并噻吩系列、二苯并呋喃系列和茚系列的含量分别为 5.54%、4.16%、2.08%, 与沥青垫比较接近。总体来说, 沥青垫、油砂和原油芳烃宏观的组成特征表明它们具有成因上的可比性。

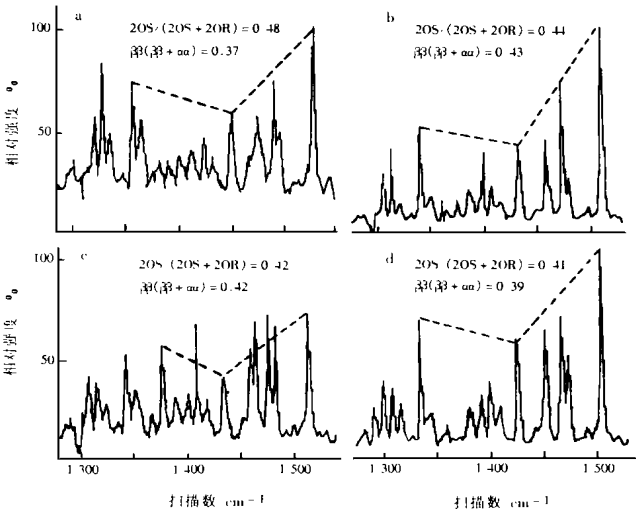


图3 牙哈2井原油、储层岩石抽提物 C₂₇~C₂₉ 甾烷分布模式图

a—原油5 064.30~5 108.30 m; b—油砂5 104.20 m; c—沥青垫 5 105.50 m; d—沥青砂岩5 137.00 m

3 沥青垫成因探讨

沥青垫地球化学特征的深入研究,揭示了牙哈 2 井沥青垫的形成是由气体侵入引起油藏中原油脱沥青作用所致。尽管脱沥青作用在油藏中较为普遍,但要形成一定规模的沥青质沉淀层即沥青垫,还必须具备有利于沥青质沉淀的地质条件。气体侵入油藏中所引起的作用不

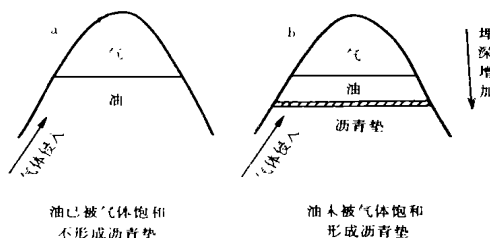


图 4 气体侵入油藏中形成沥青垫示意图

同:原油被气体所饱和时,外界气体的侵入并不能打破油藏内化学组分的动态平衡,运移的气体只能在油藏的顶部形成气顶(图 4a);当外界气体侵入到未被气体饱和原油的油藏中,气体将部分或全部溶解在原油中,油藏内原有化学组分的动态平衡将被打破,轻组分从原油中运移分馏出来,重质组分相对富集,最终形成沥青垫(图 4b)。当然,重力分离作用在该沥青垫形成过程中可能起到一定的作用,但生物降解或其它作用的影响程度就显得微不足道了。

4 结论

(1) 沥青垫、油砂、沥青砂岩和原油中正构烷烃的规则分布,表明这些样品未遭受生物降解作用,其中沥青垫比油砂饱和烃中相对富集高碳数(大于 25)的化合物。

(2) 样品的烃类来源于相同的烃源岩,且具有相似的热演化程度。

(3) 沥青垫的形成是由气体侵入引起油藏原油沥青质沉淀所致,重力分离作用可能起到一定的作用,生物降解或其它作用的影响程度就显得微不足道了。

参 考 文 献

- 1 张敏,张俊,梅博文. 塔里木盆地牙哈油气田沥青垫特征及其成因——分布产状与宏观组成特征. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 308~ 312
- 2 Dahl B, Speers G C. Geochemical characterization of a tar mat in the Oseberg Field Norwegian Sector, North Sea. Org Geochem, 1986, 10(2): 547~ 558
- 3 Wilhelms A, Larter S R. Origin of tar mats in petroleum reservoirs, part I: introduction and case studies. Mar Petro Geol, 1994, 11(4): 418~ 441
- 4 Wilhelms A, Larter S R. Overview of the geochemistry of some tar mats from the North Sea and USA: implications for tar mat origin. In: Cubitt J M, England W A, eds. The geochemistry of reservoirs. Geological Society Special Publication, 1995, 86: 87~ 101
- 5 张敏. 陆相凝析气藏沥青垫的发现和地质意义. 科学通报, 1996, 41(21): 1967~ 1969
- 6 Rogers M A, McAlary J D, Bailey N J L. Significance of reservoir bitumens to thermal maturation studies, Western Canada Basin. Bull AAPG, 1974, 58(10): 1806~ 1824
- 7 Wilhelms A, Larter S R, Shulten H R. Characterization of asphaltene by pyrolysis field ionization mass spectrometry some observations. Org Geochem, 1993, 20(8): 1049~ 1062
- 8 Wilhelms A, Larter S R. Origin of tar mats in petroleum reservoirs, part II: formation mechanisms for tar mats. Mar Petro Geol, 1994, 11(4): 442~ 456
- 9 张敏,林壬子,梅博文. 油藏地球化学——塔里木盆地库车含油气系统研究. 重庆: 重庆大学出版社, 1997: 100~ 120
- 10 张敏,朱扬明. 塔里木盆地库车油气系统原油地球化学特征. 地质论评, 1995, 42(增刊): 229~ 235

PALEOZOIC RESERVOIR-CAP COMPLEX AND EVALUATION IN SOUTH ORDOS

Wu Xichun Li Peihua

(Department of Petroleum, Chengdu Institute of Technology, Chengdu, Sichuan)

Zhang Fuli Yuan Weiguo

(No.3 General Survey and Exploration Party, North China Bureau of Petroleum Geology, Xianyang, Shaanxi)

Abstract

Following reservoirs of Lower Paleozoic in South Ordos are prospective for oil and gas exploration: dolomite intercrystalline pore reservoir of Middle Cambrian Zhangxia Formation; dolomite corroded pore and vug reservoir of tidal flat facies of Lower Ordovician Liangjia Shan Formation; gypsum cast corroded pore and vug reservoir of supratidal flat facies of the 3rd and 5th Members of Lower Ordovician Majiagou Formation; the interlayer karst weathered crust karst reservoirs of the 2nd~4th Members of the Upper Majiagou Formation; dolomite reservoirs of marginal reef bank complex of Middle Ordovician Pingliang-Jinghe Formations. The shale and coal series of Upper Paleozoic Benxi~Taiyuan~Shanxi Formations serve as regional cap rocks. Five reservoir-cap rock complexes have been recognized, and within the seven prospecting target blocks in South Ordos, the first and second blocks have the best reservoir-cap rock assemblages.

(上接第52页)

CHARACTERS AND ORIGIN OF TAR MATS IN YAHA OIL-GAS FIELDS, TARIM BASIN: FEATURES OF HYDROCARBONS AND ORIGIN OF TAR MATS

Zhang Min Zhang Jun

(Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei)

Abstract

The characteristics of saturated hydrocarbons and n-alkane hydrocarbons of reservoir core extracts and crude oil in Yaha oil and gas fields in Tarim Basin are analyzed and studied systematically in this paper, the results show similarities in n-alkane distribution, biomarkers distribution and their combined characteristics of saturated hydrocarbons as well as geochemical characteristics of aromatic hydrocarbons for tar mats, oil sand, asphaltic sandstone and crude oil. These characteristics suggest that hydrocarbons of these samples originated from the same source rocks. However, geochemical characteristics of tar mats reveal that the formation mechanism of tar mats is the intrusion of gases which results in the deposition of asphaltene in crude oils.