

文章编号: 1001-6112(2008)06-596-04

川西北广元地区海相层系油苗和沥青来源分析

饶丹, 秦建中, 腾格尔, 张美珍

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:川西北广元地区长江沟剖面寒武系—三叠系中固体沥青大量产出, 油气苗丰富, 经饱和烃、芳烃生物标志化合物绝对定量分析研究认为, 下寒武统固体沥青、泥盆系和下二叠统茅口组油苗饱和烃生物标志化合物特征相似, 显示早期有下寒武统烃源充注; 三者之间芳烃生物标志化合物特征存在一定差异, 除成熟度影响以外, 可能后期有上古生界源岩充注。下三叠统飞仙关组油苗饱和烃、芳烃生物标志化合物特征与古生界沥青和油苗存在显著差异, 而与上二叠统大陆组具有亲缘关系, 也可能有下三叠统源岩的自身供给。

关键词: 沥青; 油苗; 油源对比; 广元; 四川盆地

中图分类号: TE122.11

文献标识码: A

SOURCE ANALYSIS OF OIL SEEPAGE AND BITUMEN ORIGINATING FROM MARINE LAYER STRATA IN GUANGYUAN AREA, THE NORTHWEST SICHUAN BASIN

Rao Dan, Qing Jianzhong, Tenger, Zhang Meizhen

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Exploration
and Production Research Institute, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: The reservoirs of Cambrian—Triassic from the Changjianggou section contain quantities of solid bitumen in Guangyuan area, the northwest Sichuan Basin. The oil seepage is abundant. It is suggested by research of absolute quantification analysis on the biomarkers of saturated hydrocarbon and aromatics that saturated hydrocarbon biomarker parameters of solid bitumen in Lower Cambrian and seepages in Devonian and Lower Permian Maokou Formation have similar characters. The results show that there is early hydrocarbon filling from Lower Cambrian source rock. There exist certain differences of aromatic biomarkers among them, which is perhaps influenced by late hydrocarbon filling from Upper Paleozoic besides of maturities. There are significant difference in biomarkers of saturated hydrocarbon and aromatics between seepages of Lower Triassic Feixianguan Formation and bitumen and seepages of Paleozoic. There is genetic relationship between seepage in Feixianguan Formation and source rock from Dalong Formation of Lower Permian, which also perhaps originates from Lower Triassic source rocks.

Key words: solid bitumen; oil seepage; oil—source correlation; Guangyuan area; the northwest Sichuan Basin

龙门山逆冲推覆带之下隐藏着勘探潜力巨大的海、陆相油气聚集带, 20 世纪 50 年代以来三叠系—侏罗系海陆过渡相、陆相层系一直是四川盆地油气勘探重点之一, 至今已发现中坝、新场等数个大中型气田, 而海相层系因埋藏深、地质条件复杂等原因油气勘探程度低, 成藏条件研究薄弱^[1~10]。龙门山前山构造带北段广元上寺—磨刀崖地区, 由于地表和钻井中寒武系至三叠系油气显示极为丰

富, 下古生界又有大量沥青脉而引人注目。前人对这些油气苗和固体沥青脉的来源已经做了一些研究^[11], 认为寒武系—石炭系的油苗和固体沥青(脉)主要来自下寒武统和震旦系^[12~14]、下寒武统和下志留统^[15]及二叠系和下三叠统^[5,16,17]; 二叠系的油气源于其自身^[12,13]; 三叠系有其自身的油气^[12,13,18], 也有二叠系的贡献^[12,13]。显然, 该区古油藏包括众多沥青脉和广泛的油苗来源尚未明确,

收稿日期: 2008-06-13; 修订日期: 2008-10-08。

作者简介: 饶丹(1966—), 女, 博士, 高级工程师, 主要从事油气地质和地球化学研究。E-mail: raodan@mail.wuxisuo.com。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2005CB422102)。

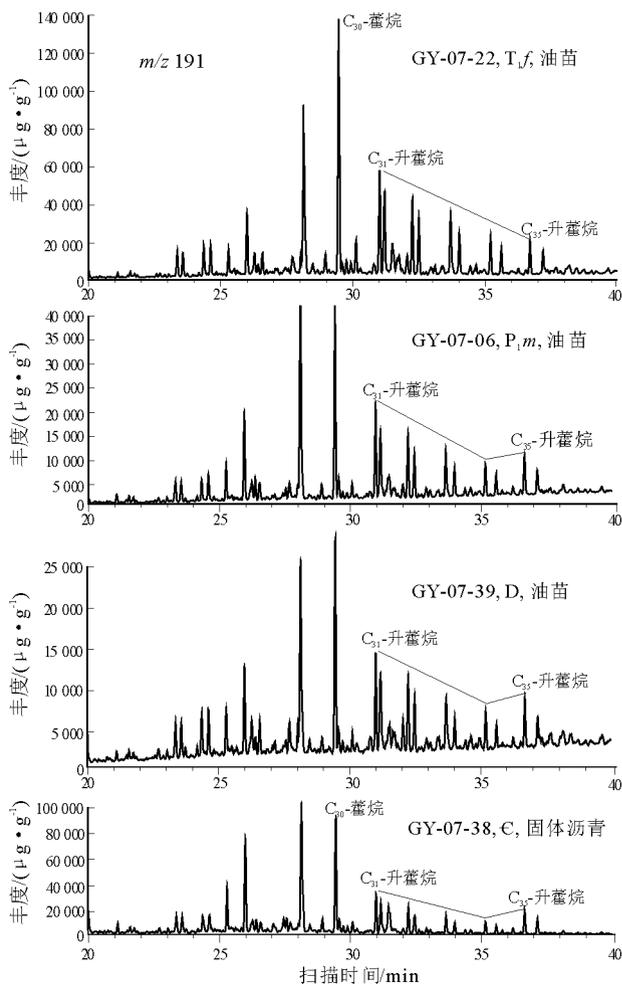


图 3 川西北广元地区固体沥青和油苗样品藿烷质量色谱

Fig. 3 Mass chromatogram of the terpane in solid bitumen and seepage samples from Guanyuan area of the northwest Sichuan Basin

的油苗有别于其他 3 个层位样品;而泥盆系、茅口组 2 个油苗与寒武系固体沥青表现出相同的生标特征(图 2,3),表明来自于同一个源。

下寒武统固体沥青与泥盆系、下二叠统茅口组油苗饱和烃色质相似,C₂₉ 藿烷占优势,与塔里木寒武系烃源岩类似^[22],C₃₅ 升藿烷含量高,并明显高出 C₃₄ 升藿烷;只是下寒武统固体沥青降解程度比泥盆系、下二叠统茅口组油苗重,降解程度高达 8 级,致使孕藿烷含量特高,总体显示早期充注下寒武统来源特征。与其相比,三叠系油苗饱和烃色质差异较明显,藿烷组成中 C₂₇ 含量也高,C₂₇—C₂₈—C₂₉ 藿烷分布明显呈“V”字型;而藿烷系列中 C₃₅ 升藿烷不具优势,表明有另一来源。据油源对比,飞仙关组油苗与二叠系大隆组富含有机质的黑色页岩具有可比性[C₂₇—C₂₈—C₂₉ 藿烷均具有明显“V”字型特征,且 C₃₅ 升藿烷不具优势(图 4)],显示其与二叠系大隆组优质烃源岩具有亲源关系。另外,

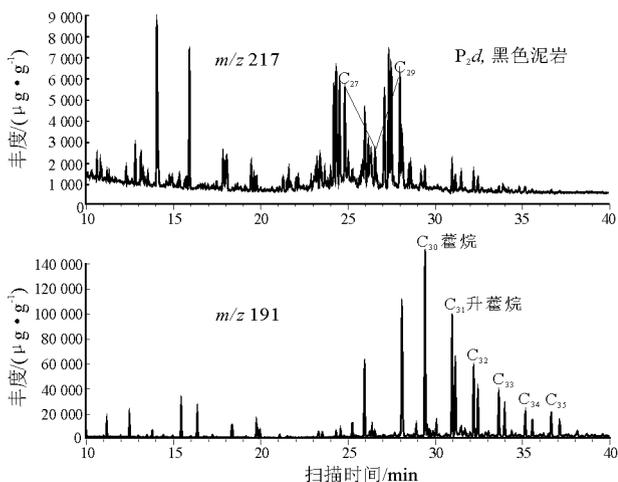


图 4 川西北广元地区大隆组黑色泥岩甾、藿烷质量色谱

Fig. 4 Mass chromatograms of the sterane and terpane in black mudstone from Guanyuan Dalong Formation, the northwest Sichuan Basin

也可能有三叠系烃源岩自生的贡献^[12,18]。

2.2 芳烃色谱质谱定量分析

一般说来,饱和烃反映的是低成熟时期的特征,而芳烃反映的是高成熟时期的特征。单芳甾烷同样作为真核生物输入的标志,比甾烷具有更多的母源特征^[19],而且芳香馏分中 C₂₇—C₂₈—C₂₉ 单芳甾烷的分布在整个生油窗内都不会发生大的变化^[24]。三芳甾烷系列化合物可能是由单芳甾烷芳构化而形成的(如 C₂₉ 单芳甾烷可以转化成 C₂₈ 三芳甾烷),是生物先质甾烯、甾醇芳构化的产物,其与单芳甾烷类似也是有效的生源参数^[19]。C₂₈ 三芳甾烷优势,尤其是 C₂₈ 三芳甾烷高,同时伴有 C₂₉ 甾烷高,代表了寒武系源岩特征,如塔里木盆地寒武系烃源岩抽提物中 C₂₈ 三芳甾烷含量明显高于上奥陶统烃源岩,并具有 C₂₉ 甾烷的显著优势^[22]。

如图 5、表 2 所示,下寒武统固体沥青具有很高的 C₂₈ 三芳甾烷,C₂₆₊₂₇/C₂₈ 三芳甾烷值为 0.6,结合上述 C₂₉ 甾烷优势,显示出寒武系海相的特征;泥盆系和二叠系油苗的 C₂₆₊₂₇/C₂₈ 三芳甾烷值与固体沥青基本一致,而且 3 个层位沥青和原油均以 C₂₀,C₂₁ 三芳甾烷高为特征,C₂₀₊₂₁/C₂₆₋₂₈ 之比变化在 0.8~1.5 范围内,进一步显示出三者之间的可比性。

下寒武统固体沥青与泥盆系、二叠系茅口组油苗之间芳烃生标也存在一定差异(表 2),如 C₂₈ 三芳甾烷与菲(Phe)的比值参数。下寒武统固体沥青 C₂₈ 三芳甾烷/Phe 为 5.9,而泥盆系油苗为 0.7,二叠系油苗为 2.0,可能存在成熟度或者后期充注来源的差异。在同源的情况下,随着成熟度的提高,

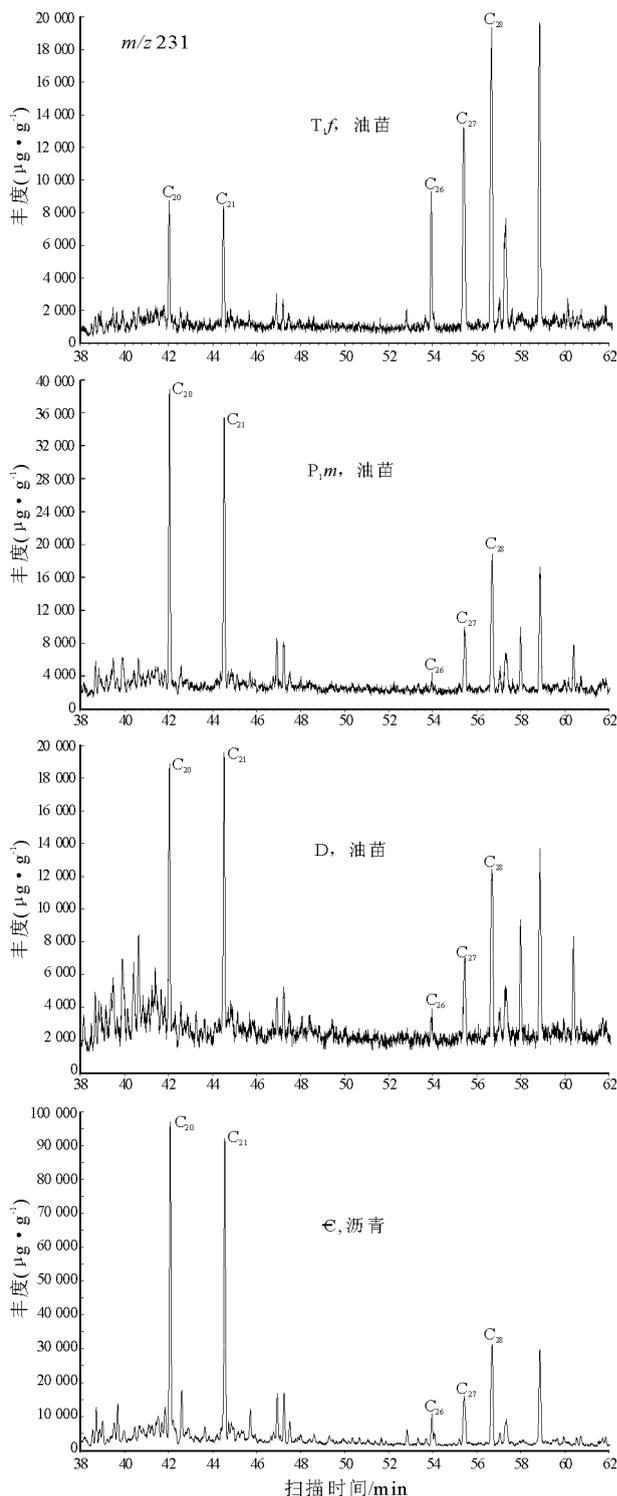


图 5 川西北广元地区固体沥青和油苗样品三芳甾烷质量色谱图

Fig. 5 Mass chromatogram of triaromatic sterane in solid bitumen and seepage samples from Guangyuan area of the northwest Sichuan Basin

三芳甾烷(TA)含量相对于单芳甾烷(MA)是增加的;与排出的石油相比,极性较强的三芳甾类更容易保存在沥青中^[19],故对于固体沥青而言,其 C₂₈三芳甾烷/Phe值高出 2 个油苗数倍以上,结合现

表 2 川西北广元地区固体沥青和油苗样品三芳甾烷参数

Table 2 The triaromatic parameters of solid bitumen and seepage samples in Guangyuan area of the northwest Sichuan Basin

样品	层位	C ₂₀₊₂₁ / C ₂₆₋₂₈	C ₂₆₊₂₇ / C ₂₈	C ₂₈ / Phe ¹⁾	DBT/ Phe ²⁾
沥青	ε	1.5	0.6	5.9	0.6
油苗	D	0.8	0.5	0.7	1.3
油苗	P _{1m}	1.1	0.5	2.0	1.1
油苗	T _{1f}	0.2	0.8	3.6	0.3
黑色泥岩	P _{2d}	0.4	0.9	1.2	1.5

1)C₂₈三芳甾烷/菲。

2)二苯并噻吩/菲。

今的状态考虑,成熟度的影响可能更大。而 2 个油苗样品,除成熟度以外,还可能存在后期充注来源的影响,二者二苯并噻吩(DBT)与菲的比值参数为 1.1~1.3,与上二叠统大隆组(DBT/Phe 值为 1.5)相似,显示晚期可能有上古生界源岩充注。

三叠系油苗,在芳烃馏分中 C₂₀+C₂₁三芳甾烷含量低,其与 C₂₆+C₂₇+C₂₈三芳甾烷之比为 0.2; C₂₆,C₂₇三芳甾烷相对含量高,C₂₆₊₂₇/C₂₈三芳甾烷值为 0.8,与古生界油苗和沥青相比,其芳烃生标差异更为显著,其比值高于寒武系沥青(源岩愈年轻,C₂₆,C₂₇三芳甾烷含量愈高),反映出有比寒武系更年轻源岩的供给,而且与大隆组黑色泥岩的 C₂₀₊₂₁/C₂₆₋₂₈,C₂₆₊₂₇/C₂₈两个比值相似,进一步表明了二者的亲缘关系。这些比值与古生界油苗和沥青相比差异显著,但与大隆组黑色泥岩基本一致,显示飞仙关组油苗有上二叠统大隆组的贡献。

3 结论

1)川西北广元长江沟剖面下寒武统固体沥青、泥盆系和茅口组油苗饱和烃生物标志化合物特征相似,显示早期充注下寒武统来源特征;三者之间芳烃生物标志化合物特征存在一定的差异,除成熟度影响以外,可能后期有上古生界源岩充注。

2)三叠系飞仙关组油苗饱和烃、芳烃生物标志化合物特征差异显著,反映有另一相对年轻来源烃源供给,油源对比支持上二叠统大隆组的贡献,也可能有下三叠统源岩的自身供给。

参考文献:

- 1 包 茨,杨先杰,李登湘. 四川盆地地质构造特征及天然气远景预测[J]. 天然气工业,1985,5(4):1~11
- 2 何 鲤,刘莉萍,罗 潇. 川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测[J]. 石油实验地质,2007,29(3):247~252
- 3 宋文海. 论龙门山北段推覆构造及其油气前景[J]. 天然气工业,1989,9(3):2~9

好的资源潜力,不仅可能找到石油,而且可能找到大量天然气,值得进一步勘探。

6 结论

1) 霸县凹陷沙四中下段烃源岩厚度大、有机质丰度较高、生烃潜力大,有机质类型为 II₂—II₁型,是一套新发现的烃源层。目前该套烃源岩已处于凝析油、湿气演化阶段,具备了生成油气的条件。

2) 兴隆 1 井沙四段油气层中的石油与天然气来源于沙四段烃源岩,与沙四中下段具有较好可比性,属于自生自储油气藏。

3) 沙四中下段烃源岩的发现使霸县凹陷石油资源量增加 $2\ 200 \times 10^4$ t,天然气资源量增加 561×10^8 m³。霸县凹陷深层具有良好的油、气勘探前景。

参考文献:

1 刘洛夫,妥进才,陈践发. 烃源岩的研究现状[J]. 勘探家,1997,

2(3):62~64

2 秦建中,贾蓉芬,郭爱明等. 华北地区煤系烃源层油气生成运移评价[M]. 北京:科学出版社,2000. 121~122

3 梁宏斌,张敏,王东良等. 冀中坳陷苏桥—文安地区混源油定量识别模式研究:典型原油混合实验及混源油识别模式[J]. 沉积学报,2004,22(4):689~693

4 梁宏斌,降栓奇,杨桂茹等. 冀中坳陷北部天然气类型、成藏模式及成藏条件研究[J]. 中国石油勘探,2002,7(1):17~33

5 戴金星. 各类烷烃气的鉴别[A]. 见:戴金星. 天然气地质和地球化学论文集(卷一)[M]. 北京:石油工业出版社,1998. 204~213

6 王雪平. 冀中坳陷天然气源几个问题浅析[J]. 石油实验地质,1986,8(3):215~223

7 杜金虎,赵贤正,张以明等. 中国东部裂谷盆地地层岩性油气藏[M]. 北京:地质出版社,2007. 103~128

8 杨彩虹,刘俊奇,王权等. 冀中坳陷深层油气成藏条件分析及勘探前景[A]. 见:谯汉生编. 中国东部深层石油勘探论文集[C],北京:石油工业出版社,2001.179~203

9 秦建中. 中国烃源岩[M]. 北京:科学出版社,2005. 471~491

(编辑 徐文明)

(上接第 599 页)

4 曾宪顺,刘开时,邹景文. 论龙门山逆冲推覆构造带北段的地质结构及油气远景[J]. 天然气工业,1989,9(3):10~16

5 何军,于三公. 龙门山推覆体形成机制及其北段含油性[J]. 天然气工业,1989,9(3):16~21

6 王宓君,包茨,李懋钧. 中国石油地质志(第十卷):四川油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1989

7 腾格尔,胡凯,高长林等. 上扬子东南缘下组合优质烃源岩发育及生烃潜力[J]. 石油实验地质,2006,28(4):359~365

8 童崇光,胡受权. 龙门山山前带北段油气远景评价[J]. 成都理工大学学报,1997,24(2):1~8

9 陈洪德,庞林,倪新锋等. 中上扬子地区海相油气勘探前景[J]. 石油实验地质,2007,29(1):13~18

10 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):573~574

11 戴鸿鸣,刘文龙,杨跃明等. 龙门山北段山前带侏罗系油砂成因研究[J]. 石油实验地质,2007,29(6):604~608

12 王兰生,韩克猷,谢邦华等. 龙门山推覆构造带北段油气田形成条件探讨[J]. 天然气工业,2005,25(增刊A):1~5

13 谢邦华,王兰生,张鉴等. 龙门山北段烃源岩纵向分布及地化特征[J]. 天然气工业,2003,23(5):21~23

14 黄第藩,王兰生. 川西北矿山梁地区沥青脉地球化学特征及其意义[J]. 石油学报,2008,29(1):23~28

15 周文,邓虎成,丘东洲等. 川西北天井山构造泥盆系古油藏的发现及意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2007,34(4):413~417

16 刘光祥,王守德,潘文蕾等. 广元天井山古油藏剖析[J]. 海相油气地质,2003,8(1-2):103~107

17 李艳霞,钟宁宇. 川东石炭系气藏中固体沥青形成机理探讨[J]. 石油实验地质,2007,29(4):402~404

18 谢增业,魏国齐,李剑等. 川西北地区发育飞仙关组优质烃源岩[J]. 天然气工业,2005,25(9):26~28

19 Peters K E, Moldowan J M. The biomarker guide interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments[M]. Englewood cliffs N J:Prentice Hall,1993.1~363

20 Czochanska Z, Gilbert T D, Philp R P, et al. Geochemical application of sterane and triterpane biomarkers to a description of oils from the Taranaki Basin in New Zealand[J]. Organic Geochemistry, 1988, 12:123~135

21 Grantham P J. The occurrence of unusual C₂₇ and C₂₉ sterane predominances in two types of Oman crude oil[J]. Organic Geochemistry, 1986,9:1~10

22 张水昌, Moldowan J M, Li M 等. 分子化石在寒武—前寒武纪地层中的异常分布及其生物学意义[J]. 中国科学(D辑),2001,31(4):299~304

23 Peters K E, Moldowan J M. Effects of source, thermal maturity, and biodegradation on the distribution and isomerization of homohopanes in petroleum[J]. Organic Geochemistry, 1991, 17:47~61

24 Peters K E, Moldowan J M, Driscoll A R, et al. Origin of Beatrice oil by co-sourcing from Devonian and Jurassic source rocks, Inner Moray Firth, U.K. [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73:454~471

(编辑 徐文明)