

文章编号: 1001-6112(2007)04-0345-010

江南—雪峰山前缘油气聚集及烃源对比

——南方构造问题之三

丁道桂¹, 刘光祥¹, 陈玉华², 潘文蕾¹, 瞿常博¹, 饶丹¹

(1. 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;

2. 中国石油化工股份有限公司 南方勘探开发分公司, 昆明 650200)

摘要:江南—雪峰隆起带是在中三叠世末印支运动形成的由 SE 向 NW、由 S 向 N 基底拆离的推覆体, 它使扬子海相中古生界盆地发生了由强及弱的递进(衰减)变形改造。在江南—雪峰推覆体前缘的冲断层—断弯褶皱带(B带), 下古生界地层中形成如通山县半坑、凤凰县水打田、阿拉营、慈利县南山坪、麻江等一系列裂隙—背斜型(沥青)古油藏。在逆掩断层—断展褶皱带(C带), 上古生界地层中形成赤壁市北门盆、慈利县苗市等断展背斜型油藏及油苗。通过油源对比分析, 这些古油藏(沥青)的形成是在印支—早燕山期接受了中扬子早古生代克拉通周边拗陷的盆地中, 斜坡相下寒武统、下志留统及下二叠统烃源岩生成的油气, 在向台地方向运移时, 聚集在推覆体前缘的“X”形裂隙带及断展背斜中成藏。

关键词:基底拆离推覆体; 裂隙—背斜型古油藏; 烃源对比; 江南—雪峰山

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

HYDROCARBON ACCUMULATION AND OIL-SOURCE CORRELATION IN THE FRONT OF JIANGNAN—XUEFENG MOUNTAIN —SERIES 3 OF THE SOUTHERN STRUCTURE STUDIES

Ding Daogui¹, Liu Guangxiang¹, Chen Yuhua², Pan Wenlei¹, Zhai Changbo¹, Rao Dan¹

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

2. Southern Branch of Exploration and Production, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200, China)

Abstract : The Jiangnan—Xuefeng uplifted belt is a nappe formed by basement decoupling from southeast to northwest and from south to north at the end of Middle Triassic Indosinian movement. It caused the Middle Palaeozoic marine sedimentary basins to be deformed with the intensity decreasing progressively. A series of palaeo-asphalt oil pool of fracture-anticline type, such as Tongjiang Bankeng, Fenghuang Shuidatian, Alaying, Cili Nanshanping, Majiang, etc., formed in the overthrust-fault curve folding belt (B zone) in the front of Jiangnan—Xuefeng mountain, in the Lower Palaeozoic. In overthrust fault, i. e. faulted unfurl folding belt (C zone), the oil pools of faulted unfurl anticline type and surface oil formed in the Upper Paleozoic strata in Chibi Beimencha, Cili Miaoshi, etc. Oil-source correlation shows that these palaeo-asphalt oil pools accept the oil from the Lower Cambrian, Lower Silurian and Lower Permian slope facies source rock in the Early Palaeozoic cratonic marginal subsidence in Indosinian—Early Yanshan period. They migrate to platform and accumulate in the “X” type fracture belt and compressional anticline in the front of nappe.

Key words: basement decoupling nappe; palaeo-asphalt oil pool of fracture—anticline type; oil-source correlation; Jiangnan—Xuefeng mountain

收稿日期: 2006-12-20; 修订日期: 2007-07-10。

作者简介: 丁道桂(1946—), 男(汉族), 江苏南京人, 教授级高级工程师, 主要从事盆地分析及构造地质研究工作。

1 江南—雪峰山基底拆离推覆体

江南—雪峰山隆起位于长江以南,从桂北、黔东南经湘西、赣北延伸至皖南,是一条以晚前寒武纪浅变质岩系板溪群(Pt₂₊₃bn)为主体的隆起带。前人资料^[1]曾称之为“江南—雪峰古陆”。但从残存的赣东北修水盆地中所保存的被动陆缘相沉积的震旦系、下古生界Є—S 地层和中、上古生界D—T₁ 地层来看,江南—雪峰在震旦纪—中三叠世期间,应属于扬子板块东南侧的克拉通周边坳陷盆地的一部分,而不是长期隆起的“前寒武纪古隆起”或“加里东古陆”。

江南—雪峰从东向西呈 N, NW 向凸出的弧形分布。对这一构造单元,朱夏^[2]曾用基底拆离和推覆构造理论来解释华南地区的构造变形样式和古生界盆地的构造与演化,指出“江南古陆……很可能曾以这种方式向 NW 方向推掩”,并认为“这里的活动是在硅铝层底上的大陆岩石圈内部拆离的结果,未曾涉及洋壳”。

江南—雪峰拆离体在中三叠世末由 SE 向 NW、由 S 向 N 逆冲推覆。丁道桂等^[3~7]曾论述了扬子中古生界克拉通内凹陷盆地发生了由强及弱的递进(衰减)变形改造。在江南—雪峰推覆体(A 带)的前缘形成了梵净山—武陵山—大磨山冲断层—断弯褶皱带(B 带),湘鄂西—江汉南部—鄂东南逆掩断层—断展褶皱带(C 带),利川—道真滑脱断层—滑脱褶皱带(D 带),川东共轭冲断层—膝折褶皱带(E 带)和川中古隆起及单斜带(F 带)。本文论及的古油藏(沥青)主要是位于江南—雪峰山前缘逆冲断层与慈利—大庸—保清断裂带之间的 B 带以及中扬子区江汉南部断展褶皱带(C 带),发育在下盘古生界地层发生破裂与褶皱变形所形成的圈闭中。

2 冲断层—断弯褶皱带(B 带)裂隙—背斜型古油藏(沥青)及油源对比

在江南—雪峰推覆体前缘分布的古油藏(沥青)主要位于通山县半坑(S₁)、凤凰县水打田乡(Є₁q)、凤凰县大兴乡阿拉营(Є₃z)、慈利县南山坪(Z₂d)以及麻江古油藏(O₁—S₁)。

2.1 裂缝—背斜型古油藏(沥青)地质特征

2.1.1 通山县半坑下志留统裂隙碳沥青

该沥青点位于通山县半坑村,围岩地层为下志留统,岩性为中—厚层状青灰色石英粉细砂岩,地层产状 176°∠61°。野外观察到 2 沥青脉体,位于

一产状为 175°∠58°的逆冲断层下盘(图 1),断层带宽约 1.0 m,断层带内形成剪切透镜体,滑劈理产状 175°∠30°。在断层下盘地层中发育有 2 组“X”型节理,其中,与断层呈高角度相交的节理具张性,产状 285°∠64°,是碳沥青的主要赋存空间;其它破裂面为压性破裂面,未见碳沥青充填。

2.1.2 逆冲断层遮挡的裂隙型碳沥青

该沥青矿点位于凤凰县水打田乡北 1.5 km 处的下寒武统清虚洞组(Є₁q),原为水打田乡属“煤矿”,现已废弃。据原矿工介绍,矿井深 180 m,分 6 个水平巷采“煤”,“煤”层最厚可达 3 m。根据在地表所观测到的断层产状(215°∠60°)、下寒武统清虚洞组(Є₁q)地层产状(123°∠17°)、地层岩性、“煤”矸石岩性(灰黑色泥灰岩)、碳沥青与矸石共生关系、井筒位置以及水平巷的掘进方向等,推测碳沥青主要赋存于逆冲断层下盘遮挡的张裂隙脉中(图 2),沥青主脉大致呈 NNE 向延伸,产状近于直立,大于 0.3 m(可采厚度)的碳沥青脉延伸长度大于 100 m。

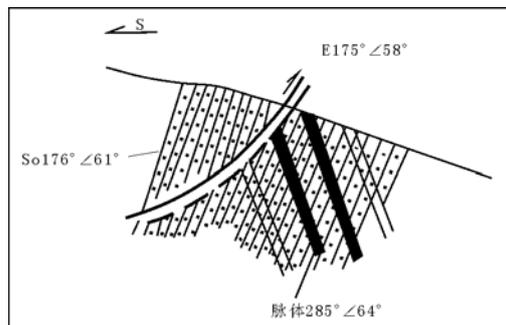


图 1 湖北通山县半坑村下志留统碳沥青产状
Fig. 1 The carbon-asphalt occurrence in the Lower Silurian in Bankeng village, Tongshan county, Hubei Province

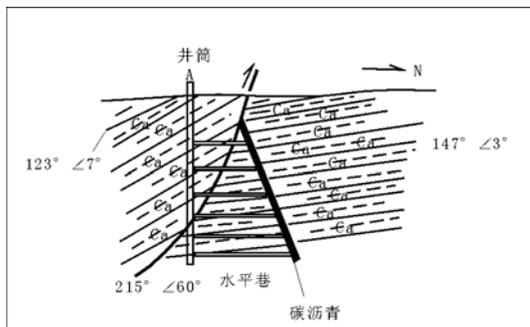


图 2 湖南凤凰县水打田乡下寒武统清虚洞组裂隙型碳沥青产状
Fig. 2 The carbon-asphalt occurrence in the Lower Cambrian Qingxudong Formation in Shuidatian, Fenghuang county, Hunan Province

2.1.3 滑脱褶皱型溶洞—孔隙沥青

该沥青点位于凤凰县大兴乡阿拉营以西约 2.1 km 处,为一沿着上寒武统比条组($\epsilon_3 b$)黑色薄层含碳质泥页岩层滑移而成的滑脱褶皱构造。出露的储层地层为上寒武统追屯组($\epsilon_3 z$),岩性为白云岩夹灰岩,由下至上大体可分为 6 层:第一层为厚层状灰白色粉晶白云岩,未见底,岩性较致密,发育有少量溶洞,溶洞直径 1~2 cm,其内充填物以方解石为主,次为碳沥青;第二层为黑色薄层状灰岩,厚约 0.25 m,裂缝、溶洞均不发育,未见碳沥青分布;第三层为糖粒状白云岩,碳沥青在白云岩晶间孔、小溶洞等内不均质充填而呈黑色团块状,在剖面上呈现出似豹斑状外貌;第四层为厚层状灰白色粉—细晶灰质白云岩,白云质灰岩,厚约 2.5 m,岩性较致密,未见溶洞及构造裂隙,也未见碳沥青分布;第五层为糖粒状白云岩,厚约 3.0 m,本层小溶洞较为发育,并多为碳沥青充填,因其碳沥青分布不均,碳沥青充填较多的白云岩呈黑色团块状,而充填较少的保持灰白色,因而在剖面上也呈现出似豹斑状外貌;第六层为厚层状灰色含白云质灰岩,厚度大于 4.0 m,构造微裂隙较发育(主要裂隙与地层近于垂直),并多为碳沥青充填。

从上述碳沥青赋存空间看,其主要赋存空间为白云岩晶间孔及溶洞、构造微裂隙。从地层岩性横向上变化及碳沥青在糖粒状白云岩中分布不均(呈黑色团块状)推测,油气充注储层时,其白云化作用不充分,油气仅充注于白云岩化作用强烈的团块中,随后的抬升氧化作用形成了现今碳沥青在储层中的分布面貌。当然油气充注后的水洗作用及后期白云岩化作用等也可造成现今碳沥青赋存特征,这有待于进一步深入研究。第六层中与地层近于垂直的构造微裂缝(隙),可能为油气藏破坏时油气的主要逸散通道,油气在散失过程中被氧化形成沥

青而保存至今。

2.1.4 裂隙—背斜型碳沥青古油藏

对于慈利县南山坪震旦系古油藏,田海芹等曾作过详细的解剖研究,通过微量元素、稀土元素等无机地球化学方法对其沥青/源岩对比认为,震旦系储层沥青来源于其上覆的下寒武统牛蹄塘组碳质泥页岩。

南山坪古油藏位于慈利县南山坪乡,构造属于慈利—大庸逆冲断裂带上盘的 $Z_2 - \epsilon$ 地层的断弯型背斜,古油藏以上震旦统陡山沱组、灯影组鲕状灰岩、白云岩为储层。震旦系陡山沱组、灯影组黑色含碳质灰岩,上覆下寒武统牛蹄塘组黑色碳质泥岩及石煤是主要烃源岩,以下寒武统牛蹄塘组、箬竹寺组和沧浪铺组泥页岩为盖层,油藏被破坏,仅残留少量的沥青。

南山坪古油藏沥青主要产于上震旦统陡山沱组、灯影组灰岩层中,其产出类型主要有裂缝(包括细脉)式、孔隙式、层状及星点状 4 种,主要分布于南山坪乡双湖小学以南、牛皮溪以北、南山坪背斜核部及东南翼,这也是古油藏的分布范围。

我们观察了古油藏东北部的古洞溪附近上震旦统陡山沱组沥青点。上震旦统陡山沱组灰黑色含硅质条带状灰岩中夹有灰黑色鲕粒灰岩,沥青主要产于鲕粒灰岩层之中(图 3)以及充填于薄层灰岩背斜褶皱的转折端脱顶构造部位。野外所见沥青产出特征有如下几种:1) 粒间孔隙型,可见黑色沥青充满在鲕粒灰岩粒间孔内;2) 粒内孔隙型,可见黑色沥青充填在鲕粒灰岩的鲕粒内部孔隙中;3) 裂隙型,见沥青充填在裂隙中;4) 褶皱转折端,见一“A”型褶皱,在其转折端有沥青充填。

2.1.5 裂隙型、背斜—岩性复合型碳沥青古油藏

麻江古油藏位于上扬子中古生界盆地黔东南,江南—雪峰基底拆离推覆体西侧前缘的基长背斜

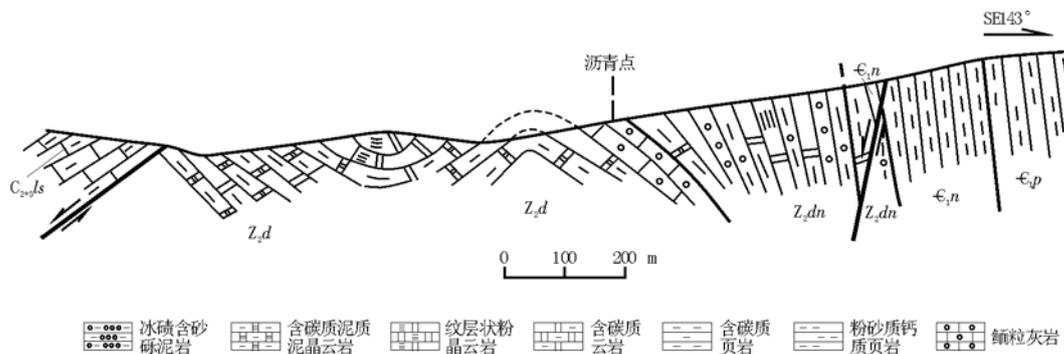


图 3 湖南慈利县南山坪乡古洞溪附近沥青点剖面

Fig. 3 Profile map showing asphalt point near Gudongxi in Nanshanping, Cili County, Hunan Province

一带。“麻江背斜”南北长 70 km, 东西宽 35 km, 轴向近南北, 东翼及轴部宽缓, 西翼较窄、陡的不对称断展背斜, 向南变窄倾没, 北端被陕班(贵定—凯里) 断层横切。背斜轴部出露最老地层为上板溪群清水口组(Pt_2q), 最新为中三叠统地层。构造面积 2 450 km², 残存约 800 km²。

“麻江古油藏”前人一致认为是加里东运动期志留纪末形成的古油藏, 但从基长背斜两侧同样为近南北走向的贵定向斜和翁安—都匀向斜来看应该同属于印支—早燕山运动形成的断展褶皱带。在向斜中, T_{1+2} 地层构成了向斜的轴部。换言之, 是由于雪峰山推覆体在中三叠世末由东向西逆冲推覆作用形成的盖层褶皱带, 褶皱构造的性质、形成时间已被最近中石化南方公司的 QZ2004—Ⅲ线地震大剖面所证实。

从都匀县坝固沥青点剖面(图 4)分析, 下奥陶统红花园组(O_1h)的浅灰色中厚层状细—中晶生物白云岩地层中, 裂缝、晶洞、溶蚀孔洞发育。沥青富集于灰岩和白云质灰岩的溶孔(洞)裂隙中, 溶洞长轴的产状为 $110^\circ \angle 27^\circ$, 同时还发育了一组 $265^\circ \angle 45^\circ$ 裂隙, 二者构成共轭破裂关系。在红花园组与下志留统翁项组上部($S_{1+2} \omega n^2$)间发育一组

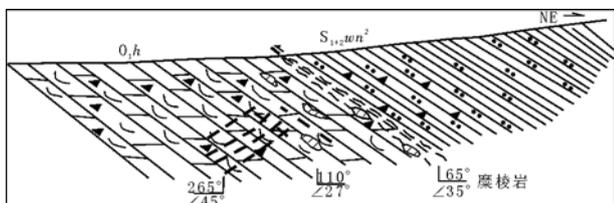


图 4 贵州都匀县坝固沥青点红花园组随手剖面

Fig. 4 Profile map showing the asphalt point in Honghuayuan Formation in Bagu, Duyun county, Guizhou Province

滑劈理和剪切透镜体及糜棱面理, $S_{1+2} \omega n^2$ 为灰绿、兰灰色页岩夹灰色中薄层粉砂岩, 页岩发育剪切破劈理, 与下伏地层以剪切断层接触。

沥青镜质体反射率较高, R_o 为 2.2%~2.5% 左右, 红花园组岩层之上为下志留统翁项组上部泥岩, 青灰色, 中薄层粉砂岩。前人资料认为是假整合接触关系, 由于其间缺失了中上奥陶统地层因而被认为是加里东期的古油藏沥青^[8~12]。笔者认为, 在这个接触界面上, 红花园组的顶部并无风化淋滤浸蚀现象, 翁项组底部也无砂砾坡积物, 只发育一组 $65^\circ \angle 35^\circ$ 滑劈理和 σ 形剪切透镜体, 指向上盘翁项组向 SW 方向的逆冲与剪切作用方向, 翁项组黄绿色泥岩中发育糜棱面理和剪切劈理。因此, 这个下志留统翁项组与下伏下奥陶统红花园组接触界面不是加里东运动造成的不整合面, 而是一个印支运动的逆冲断层的剪切面。在这一逆冲断层下盘红花园组灰岩中形成了 $265^\circ \angle 45^\circ, 110^\circ \angle 27^\circ$ 共轭裂隙性沥青古油藏。

上述二类沥青古油藏的产状与赋存特征均与江南—雪峰拆离体的逆冲推覆作用息息相关, 前缘逆冲断裂构造作用形成的裂隙与挤压背斜是碳沥青古油藏的主要圈闭形式。

2.2 沥青古油藏的油源对比分析

2.2.1 沥青的成因类型

由表 1、表 2 和图 5 可知, 所采集的 S—Z 沥青均属早期冷变质(挥发、氧化、水洗等)后期演化沥青, 其特征是饱和烃组成具有正常的化合物组成分布序次, 即以正烷烃分布占显要地位, 丰度最高, 可占 50%~70%, 然后从类异戊二烯—支链烷烃—环烷烃丰度依次递减。正烷烃的分布曲线多呈前峰型, 富集 C_{20} 以前的低碳位组分, C_{21}^- / C_{22}^+ 比

表 1 江南—雪峰山前缘古油藏沥青饱和烃结构组成及相关参数

Table 1 Composition and related parameters of the saturated hydrocarbons, in asphalt of palaeo-oil pool in the front of Jiangnan—Xuefeng mountain

地区	岩性	层位	碳数范围	主峰碳	OEP	$\sum C_{21}^- / \sum C_{22}^+$	Pr/Ph	Pr/ <i>n</i> C ₁₇	Ph/ <i>n</i> C ₁₈
半坑	碳沥青	S ₁	13~29	16	1.78	7.35	1.00	1.12	1.83
凤凰—大兴	灰色灰岩脉中沥青	Є ₃	13~33	19, 29	1.12	0.53	0.86	0.56	0.65
凤凰—大兴	灰色白云岩晶洞沥青	Є ₃	12~24 基线异常	19	—	4.61	0.75	0.36	0.39
凤凰—水打田	碳沥青	Є _{1q}	13~33	18, 29	1.11	0.83	0.69	0.68	0.94
零溪—南坪	白云岩溶洞充填碳沥青	Є ₂₊₃	12~33	17	1.15	3.61	1.13	0.45	0.61
南山坪	沥青	Є—Z	12~33	17	1.40	4.51	1.13	0.43	0.64

表 2 江南—雪峰山前缘古油藏沥青有机地化特征及成因类型

Table 2 Organic geochemical characteristics and genetic types of asphalt in palaeo-oil pool in the front of Jiangnan—Xuefeng mountain

类别	显示层位	井名	产出类型	物理性质	TOC, %	成因类型指标		成因类型分析
						Ph/nC ₁₈	δ ¹³ C _T , ‰	
地表储层沥青	S ₁	半坑	碳沥青	黑色	86.46	1.83		先氧化后演化型
		凤凰—大兴	灰色灰岩脉中沥青	黑色	0.22	0.65	-32.60	
	Є—Z ₂	凤凰—水打田	碳沥青	黑色		0.94		
		零溪—南坪	白云岩溶洞充填碳沥青	黑色		0.61		
		南山坪	沥青	黑色		0.64		

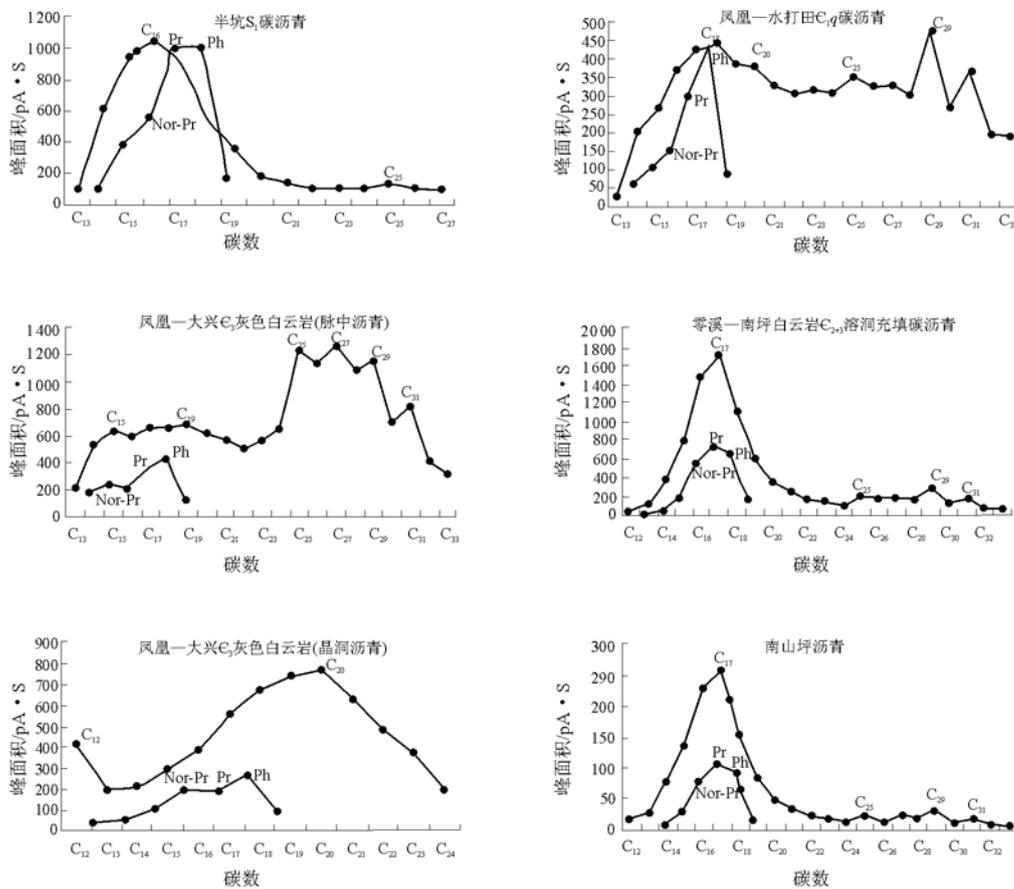


图 5 江南—雪峰山前缘地表沥青饱和烃结构组成分布

Fig. 5 Distributions of composition of the saturated hydrocarbons in the surface asphalt in the front of Jiangnan—Xuefeng mountain

值分布于 3.61~7.35 之间;主峰碳一般为 nC_{16} — nC_{18} ,分布曲线平滑不显奇偶优势,仅高碳数位出现了 nC_{25} , nC_{27} , nC_{29} , nC_{31} 奇数微弱优势,显然是母质因素干扰所致。类异戊二烯烃的分布出现明显的不协调,往往出现植烷的明显优势,其丰度多接近甚至超过相邻的 nC_{18} 烷。支链烷烃与环烷烃的丰度较低。属于典型的早期弱氧化后期叠加热演化成因。

2.2.2 沥/岩对比

沥/岩饱和烃组成结构对比:图 6 是下寒武统烃源岩与下古生界各层系沥青正构烷烃结构组成对比,从图中可以看出凤凰县水打田下寒武统沥青与下寒武统源岩极具亲缘关系,两条正构烷烃曲线几乎重叠在一起;而凤凰县大兴乡中上寒武统沥青以及半坑志留系沥青、南山坪震旦系沥青与下寒武统源岩也有一定相关性,尤其是重质部分,曲线的高

低起伏趋势相同,但轻质部分丰度则明显偏高。

总之,经对比发现,所采集的志留系、寒武系、震旦系沥青都与下寒武统源岩具有一定的亲缘关系,有的完全来自于下寒武统源岩,有的可能还有其它层位的烃源加入,这需要经过其它指标更进一步的对比。

沥/岩生物标记化合物对比:表 3、图 7、图 8 显示了本次采集的下志留统、下寒武统以及震旦系沥青、源岩的甾、萜烷参数和分布,从 $m/\approx 217$, $m/\approx 191$ 总离子流图谱中可以直观地看出寒武系沥青与志留系、震旦系沥青既具有共性,又存在较为明显的差别。下寒武统与中上寒武统 2 个沥青样品以三环 \ll 五环、 $T_s < T_m$ 、 $C_{21} < C_{23}$ 、贫孕甾烷及高孕甾烷组合为特征,而志留系、震旦系 2 个沥青样品则以富含三环、 $T_s > T_m$ 、 $C_{21} \leq C_{23}$ 、富孕甾烷及高孕甾烷组合为特征。共同点是 4 个沥青样品的规则甾烷都具有相同的规律,即 $C_{27} \geq C_{28} < C_{29}$,反映出它们都与下寒武统源岩具有亲缘关系,尤其是克拉通周边坳陷的下寒武统源岩贡献最大(沥青的特征与此类源岩最为吻合)。经对比凤凰一大兴中上寒武统沥青以及凤凰—水打田下寒武统沥青与下寒武统源岩的生物标记指纹相当吻合,证明是由下寒武统

自身提供的烃源;而半坑下志留统沥青与南山坪震旦系沥青则是下寒武统与下志留统混源的结果,它们除具备部分下寒武统烃源(尤以克拉通周边坳陷盆地内的下寒武统源岩为主)的特征(规则甾烷的分布特征相似)外,尤为突出的是具备部分下志留统龙马溪组烃源岩独具的特征——三环含量较高、富孕甾烷及高孕甾烷。

3 逆掩断层—断展褶皱带(C带)中的背斜古油藏及油源对比

3.1 断展背斜型古油藏地质特征

3.1.1 赤壁市北门岔二叠系古油藏

该油苗、沥青点位于赤壁市神山镇宋河乡北门岔村,其构造属崇阳—通山冲断背斜带,地表构造为一向北倒转的、呈 NEE 向展布的背斜,油苗位于神山背斜南西段之 SE 翼上。

油苗与沥青产于下二叠统栖霞组(P_1q)。该层段为一套深灰、黑灰色含泥质生屑灰岩、泥粉晶灰

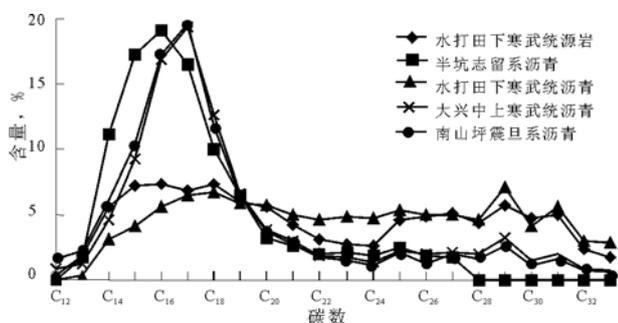


图 6 江南—雪峰山前缘沥/岩饱和烃结构组成对比

Fig. 6 Contrast of composition of saturated hydrocarbons in asphalt and source rock in the front of Jiangnan-Xuefeng mountain

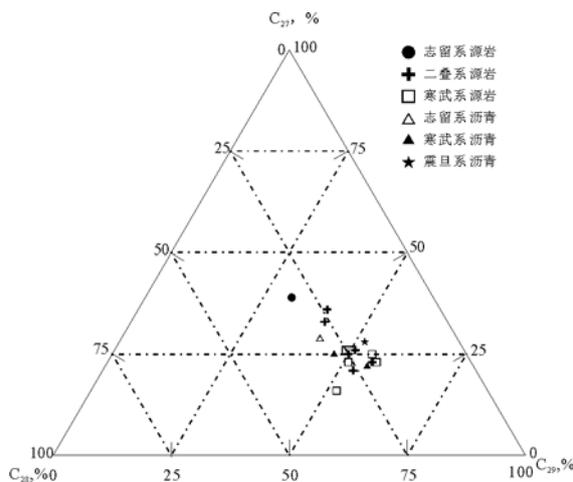


图 7 江南—雪峰山前缘古油藏源岩、沥青规则甾烷分布

Fig. 7 Distributions of the regular sterane in asphalt and source rock of palaeo-oil pool in the front of Jiangnan-Xuefeng mountain

表 3 江南—雪峰山前缘古油藏沥青甾萜烷参数

Table 3 Parameters of sterane and terpene in asphalt in palaeo-oil pool in the front of Jiangnan-Xuefeng mountain

地区	岩性	层位	$\alpha\alpha\alpha R$ 构型甾烷, %				萜 烷			
			C_{27}	C_{28}	C_{29}	C_{27}/C_{29}	C_{21}/C_{23}	三环/ 五环	T_s/T_m	γ 蜡烷/ $C_{31}(S)$
半坑	碳沥青	S ₁	29	29	42	0.72	0.08	0.49	1.32	0.65
凤凰—大兴	灰岩脉中沥青	ϵ_3	23	22	55	0.43	0.05	0.18	1.59	0.59
凤凰—水打田	碳沥青	ϵ_1	31	25	44	0.71	0.03	0.30	0.61	0.71
南山坪	沥青	Z	28	20	52	0.52	0.10	0.65	2.22	0.61

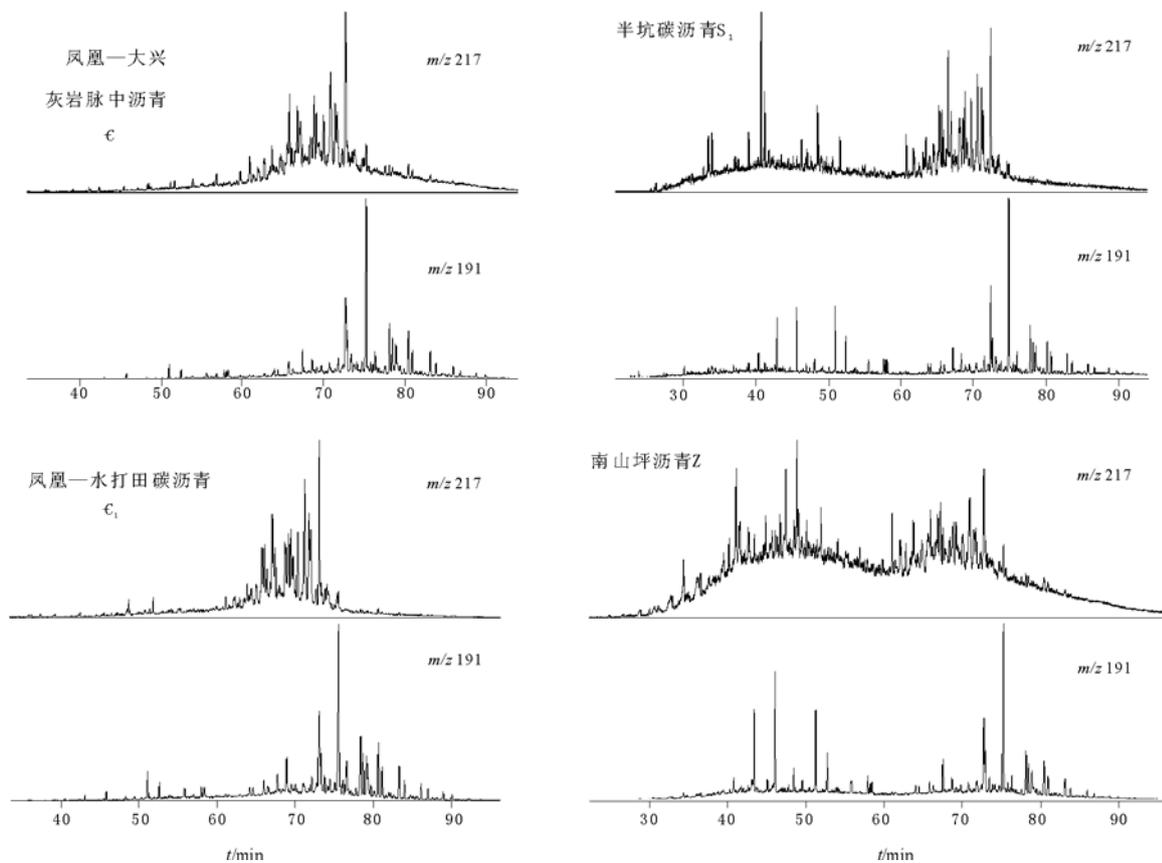


图8 江南—雪峰山前缘古油藏沥青甾、萜烷分布

Fig. 8 Distributions of the sterane and terpane in asphalt in palaeo-oil pool in the front of Jiangnan—Xuefeng mountain

灰岩、透镜状生屑灰岩夹深灰色薄层泥灰岩、页岩。油苗和沥青的产状可分为3种。

包裹型:在透镜状灰岩中,透镜体外壳和透镜体之间由薄层泥灰岩和含钙质泥页岩组成,在其层面上富集有固体沥青,呈页片状,可剥落,阳光下具油脂光泽,具油味;而透镜体为深灰色粉晶生屑灰岩,生物结晶明显,微裂缝,针孔、晶(洞)孔洞发育,敲开岩石新鲜面可见原油从缝洞中渗出。

裂缝型:本区主要发育2组裂隙,一组为北东 30° — 40° (缝合线与地层走向一致),裂隙含油丰富,缝壁几乎全被沥青所充填;另一组为北西 300° — 310° ,裂隙中主要被方解石脉所充填。

晶洞型:晶洞常发育于2组裂隙的相交面或沿裂隙发育,晶洞形状呈不规则串珠状,原油呈充满或半充满状储存于晶洞中,敲开岩石的新鲜面可见原油从晶洞中流出,但出露地表的晶洞多为沥青充填。

3.1.2 慈利县苗市二叠系油苗

该油苗点位于慈利县苗市镇水泥厂旁山沟内。油苗产于下二叠统栖霞组,为一套深灰—黑灰色透镜状泥粉晶灰岩夹深灰色薄层灰岩、钙质泥页岩。

泥粉晶灰岩呈透镜体,而薄层泥灰岩、含钙质泥岩则环绕透镜体四周,产状类似于赤壁市北门岔下二叠统透镜状灰岩的含油显示。油苗主要产于透镜体外壳及透镜体之间生物泥灰岩、页岩中,敲开岩石新鲜面可见液态油苗,具浓烈油味,挥发快,在透镜状灰岩的孔隙和裂缝中也见有油苗,但量较少。

上述油苗点的产状与赋存特征均与江南—雪峰基底拆离体的逆冲推覆作用息息相关,前缘逆冲断裂的逆冲推覆作用形成的断展背斜是这些古油藏的主要圈闭形式。

3.2 古油藏的油源对比分析

主要针对各油苗点饱和烃气相色谱特征和生物标记化合物特征进行详细分析和对比。由于二叠系碳酸盐岩既是烃源岩,又是储集层,故处理样品时首先用氯仿浸泡含油样品,洗出其中的原油进行气相色谱及气相色谱—质谱分析;对洗过的样品再进行抽提,并对抽提物开展色—质分析,以期反映油苗是自生自储,还是运移进来的。

3.2.1 湖北赤壁北门岔古油藏油源对比分析

饱和烃组成结构分析:由表4、图9可见,北门岔二叠系冷洗油苗(样品号:北门岔—1)与冷洗后

抽提物(样品号:北门岔—1—1)饱和烃气相色谱图重合性较好,饱和烃结构组成特征参数较为接近,反映油部分来源于自身的泥灰岩(北门岔—1—1号样,泥灰岩, TOC=0.85%,较好的烃源岩),但也存在一定的差异,如轻/重比值,冷洗油苗明显较高,表明可能存在其它烃源层的贡献;北门岔—6号样品(灰岩, TOC=0.28%)抽提物饱和烃气相色谱图及其特征参数与冷洗后抽提物较为接近,但异戊类二烯烷烃相对含量明显较高,反映出样品沉积环境的微弱差异;北门岔—2号样品饱和烃气相色谱图与上述样品差异较大,在结构组成特征参数上,碳数分布范围较宽,主峰碳后移 2 个碳位,轻/重比值较低,但该样品有机碳测值仅为0.08%,为非烃源岩,其生油量极其有限,难以排出。因此,油苗饱和烃结构组成特征并未受非烃源岩中可溶有机质叠加的影响。

甾萜烷生物标志化合物分析:图 10,11 分别为泥灰岩冷洗后抽提物与北门岔—6号灰岩抽提物 $m/\approx 191, m/\approx 217$ 的质量色谱图与甾萜烷特征参数归一化星状对比图。由图可见,在三环萜烷系列化合物分布上,冷洗后抽提物以 C_{21} 三环萜烷为主峰,而北门岔—6号灰岩抽提物则呈现出 C_{21} 三环萜烷与 C_{23} 三环萜烷均势的特征;在四环萜烷相对含量上,北门岔—6号灰岩相对含量较高,而冷洗油苗与冷洗后抽提物相对含量较低;孕甾烷及升孕甾烷以冷洗油苗最高,冷洗后抽提物其次,灰岩抽提物最低;冷洗油苗具有较高含量的重排甾烷,而岩样重排甾烷相对含量较低;规则甾烷组成特征上,北门岔—6灰岩抽提物 C_{27}, C_{28}, C_{29} 规则甾烷的分布呈反“L”型,冷洗油苗与冷洗北门岔—2抽提物则呈不对称的“V”字型,其中冷洗油苗 $C_{27} > C_{29}$,冷洗后抽提物 $C_{27} < C_{29}$,反映油苗叠加

表 4 湖北赤壁北门岔二叠系油苗、源岩饱和烃结构组成特征参数对比

Table 4 Contrast of the characteristic parameters of saturated hydrocarbon composition in Permian oil seepage and source rock in Beimencha, Chibi city, Hubei Province

样品号	样品性质	碳数范围	主峰碳	C_{21-} / C_{22+}	C_{21+22} / C_{28+29}	Pr/Ph	Pr/nC ₁₇	Ph/nC ₁₈	OEP
北门岔—1	冷洗油苗	13~31	16	4.05	5.00	1.02	0.52	0.65	0.89
北门岔—1—1	冷洗抽提	12~31	16	2.74	2.90	0.97	0.50	0.58	0.96
北门岔—6	灰岩抽提	13~36	16	2.10	2.64	0.81	0.68	0.98	0.98
北门岔—2	灰岩抽提	12~38	18	0.92	1.66	0.77	0.62	0.75	0.98

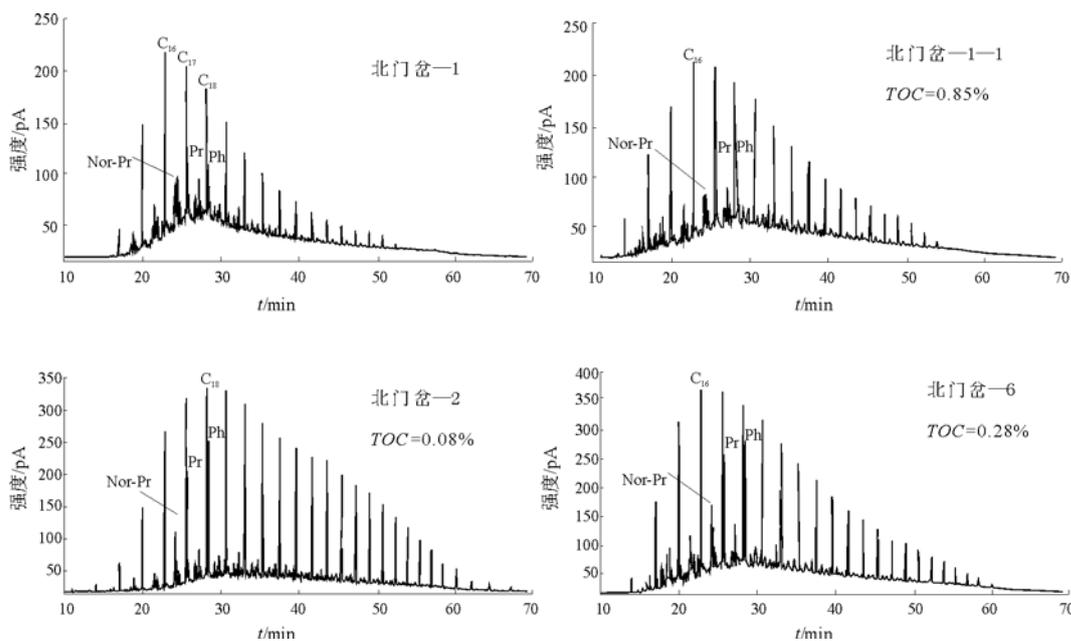


图 9 湖北赤壁北门岔二叠系油苗、源岩抽提物饱和烃气相色谱对比

Fig. 9 Contrast of gas chromatogram of saturated hydrocarbons in Permian oil and source rock extract in Beimencha, Chibi city, Hubei Province

了母源更好的烃源岩生成油的信息； γ -蜡烷指数、五升藿烷/四升藿烷、 $C_{29}-(H)/C_{30}-(H)$ 、 Σ 三环藿烷/ Σ 五环三藿烷等生源信息参数又与泥灰岩相似，反映了泥灰岩对油有一定的贡献。

从成熟度参数 T_s/T_m ， $C_{29}-20S/(S+R)$ ， $C_{29}-\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 参数看，冷洗油苗与冷洗后抽提物一致；镜质体(沥青)反射率测试结果也反映了这一点，本区二叠系烃源岩处于高成熟演化阶段 ($R_o \approx 1.30\% \sim 1.35\%$)。

因此，北门岔二叠系油苗的源岩部分为其自身的高有机质丰度的泥灰岩，低有机质丰度的灰岩对油苗没有贡献，邻近层系母源更好的泥质烃源岩对油苗具有较大的贡献。

3.2.2 湖南慈利县苗市二叠系油苗对比分析

饱和烃组成结构分析：苗市二叠系油苗的饱和

烃气相色谱见图 12，姥鲛烷、植烷相对含量较 nC_{17} 和 nC_{18} 高，反映出原油遭到过较强烈的生物降解或水洗氧化作用，相对较高的“鼓包”也反映了这一特征。

冷洗油苗饱和烃气相色谱(图 12a)与冷洗后抽提物的饱和烃气相色谱(图 12b)存在较大的差异。正构烷烃冷洗后抽提物具弱后峰，反映出陆生高等植物生源输入，Pr/Ph 较低，表明沉积环境还原性较强。与上述样品邻近的含油灰岩(TOC 为 0.21%) 直接进行氯仿抽提(没有进行前述前处理)，其饱和烃气相色谱图具油苗与冷洗油苗叠加的特征，如类异戊二烯烷烃的分布与油苗相似，高碳数正构烷烃的分布(后峰)则与冷洗后抽提物相似，由此反映出油苗并非同层烃源岩自生自储产物。这些一方面说明二叠系烃源岩生源组合面貌

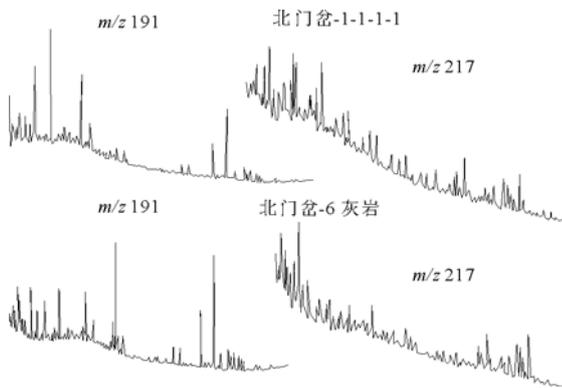


图 10 湖北赤壁北门岔二叠系油苗及源岩抽提物 m/z 191, m/z 217 质量色谱

Fig. 10 The m/z 191 and m/z 217 mass-spectrum of Permian oil seepage and source rock extract in Beimencha, Chibi city, Hubei Province

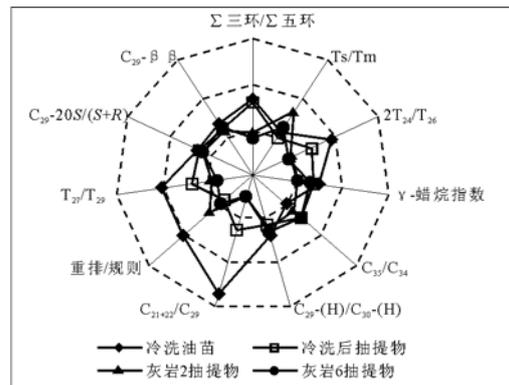


图 11 湖北赤壁北门岔二叠系油苗及其源岩抽提物甾萜烷特征参数归一化星状对比

Fig. 11 Normalized star chart of the characteristic parameters of sterane and terpane in Permian oil seepage and source rock extract in Beimencha, Chibi city, Hubei Province

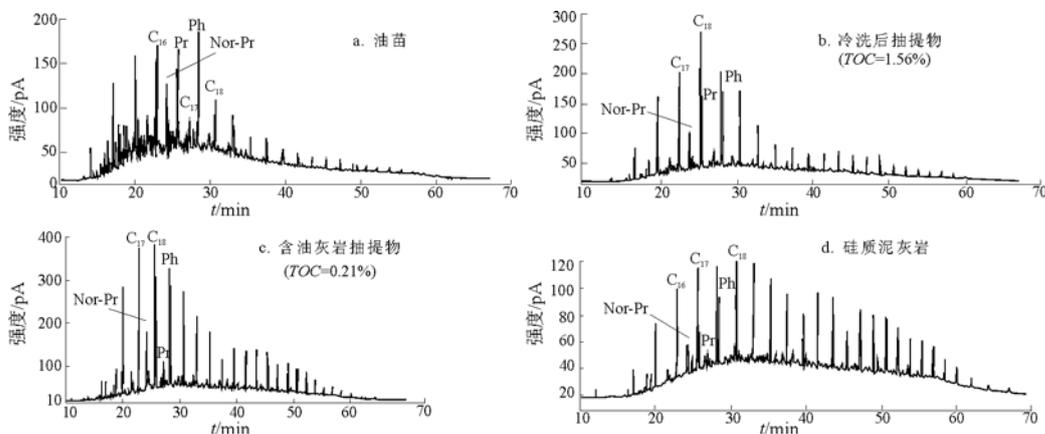


图 12 湖南慈利苗市二叠系油苗及源岩抽提物饱和烃气相色谱对比

Fig. 12 Contrast of gas chromatogram of saturated hydrocarbons in Permian oil and source rock extract in Miaoshi, Cili county, Hunan Province

复杂(图 12b 与图 12d 对比),另一方面也反映出该层烃源岩与油苗亲缘关系较差(图 12a 与图 12d 对比)。

甾萜烷生物标志化合物分析:图 13 是苗市油苗、源岩甾萜烷特征参数归一化星状对比。 $T_s/T_m, C_{29} - 20S/(S+R), C_{29} - \beta\beta/(\alpha\alpha + \beta\beta)$ 等成熟度参数表明,在反映生源、沉积环境信息的甾萜烷特征参数上,油苗样与硅质泥灰岩差异最为显著,如胆甾烷、麦角甾烷、谷甾烷的分布、 γ -蜡烷指数、五升藿烷/四升藿烷、四环甾烷的含量等,反映出两者没有亲缘关系;与冷洗后抽提物及与直接抽提物虽较为接近,却也存在差异,反映出油并非仅来自二叠系自身,邻近层系烃源岩所生烃曾向该层系运移,这一结果与饱和烃气相色谱资料反映的结果一致。

4 结论

1)由于江南—雪峰山基底拆离体推覆构造作用,促使中扬子古生界的油气进一步聚集和分配。

2)在冲断层—断层弯曲褶皱带(B带)中,从东至西,无论是通山半坑、慈利—南山坪,还是凤凰—水打田一带的下古生界古油藏,普遍都接受了克拉通周边拗陷盆地内下寒武统有效烃源岩提供的油

气,这不仅说明地史上斜坡相的下寒武统源岩在特定历史时期曾发挥过主力作用,而且已经明显往台地运移,使下寒武统烃源岩的有效性得到了充分证实。下志留统龙马溪组暗色泥岩在地史时期同样也为上述部分古油藏提供了油气,多源供烃已成为客观现实。

3)在逆掩断层—断展褶皱带(C带)中,赤壁市北门岔、慈利县苗市的原油并非仅仅来自二叠系烃源岩,更是二叠系与邻近烃源层混合生烃的产物。可溶有机质地球化学信息反映的渗混叠加面貌,指示了在逆冲断层下盘可能存在被上覆地层所逆掩的烃源区。

致谢:本项目在研究过程中曾得到中国石化南方分公司马永生教授、戴少武教授、郭彤楼高工的指导,文中参考了田海芹教授的研究成果报告,一并致以诚挚的感谢。

参考文献:

- 1 丘元禧,张渝昌,马文璞等. 雪峰山的构造性地质与演化:一个陆内造山带的形成演化模式[M]. 北京:地质出版社,1999. 1~155
- 2 朱 夏. 试论古全球构造与古生代油气盆地[J]. 石油与天然气地质,1983,4(1):1~33
- 3 丁道桂,朱 樱,陈凤良等. 中、下扬子区古生代盆地基底拆离式改造与油气领域[J]. 石油与天然气地质,1991,12(4):376~385
- 4 丁道桂. 鄂西—渝东区膝折构造[J]. 石油实验地质,2005, 27(3):205~210
- 5 孙肇才,郭正吾. 中国南方中生界海相油气勘查研究[M]. 北京:科学出版社,1993. 1~256
- 6 丁道桂,郭彤楼,胡明霞等. 论江南—雪峰山基底拆离式构造:南方构造问题之一[J]. 石油实验地质,2007,29(2):120~127, 132
- 7 丁道桂,刘光祥. 扬子板内递进变形:南方构造问题之二[J]. 石油实验地质,2007,29(3):238~246,252
- 8 陈能贵,杨 斌. 中国南方海相地层区烃源岩有机质热演化特征[J]. 海相油气地质,1999,4(1):1~6
- 9 张义纲. 油气运移及其聚集成藏模式[M]. 南京:河海大学出版社,1997. 1~123
- 10 杨 斌,贺晓苏,徐云俊等. 中国南方下寒武统烃源岩评价与油气资源潜力[J]. 海相油气地质,1996,1(3):31~38
- 11 郑秀才,郭成贤. 中扬子地区下寒武统清虚洞组斜坡带沉积特征及其含油性[J]. 湖南地质,1995,14(3):140~144,158
- 12 徐克定. 康山“沥青脉”的成因[J]. 海相油气地质,1997, 2(3):54~59

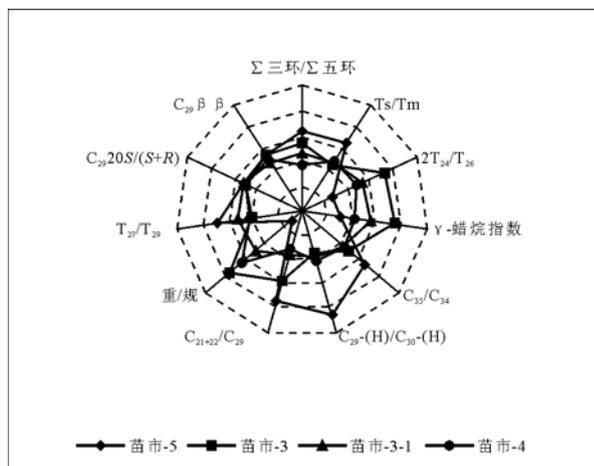


图 13 湖南慈利苗市二叠系油苗及其源岩抽提物甾萜烷特征参数星状对比

Fig. 13 Star chart of the characteristic parameters of sterane and terpane in Permian oil seepage and source rock extract in Miaoshi, Cili county, Hunan Province