

江南隆起西侧沥青脉的产状成因及其地质意义

韩世庆 武智平

(地质部第八普查勘探大队)

我国南方,围绕江南隆起的古生代地层中,分布着具有一定规模的沥青矿脉达数十处。分布范围广,(如浙西临安、安吉;皖南绩溪;鄂东南通山;湘西凤凰、吉首;黔东南凯里以及桂北南丹、河池等地)。赋存层系多(寒武、奥陶、志留、泥盆),储量不等(大者可达数万吨至数百万吨)。对这些沥青脉的研究,不仅对油气普查勘探有一定的指导作用,而且可以部分解决缺煤地区对可燃矿产的迫切需要。

区域地质背景

本文所指江南隆起西侧,包括湖南湘西土家族、苗族自治州;贵州黔东地区以及广西壮族自治区南丹、河池地区。

江南隆起,始于下古生代加里东期、海西后期及印支早期。虽然接受了二迭—三迭系部分沉积,但总的看来,在漫长的地质历史时期它都作为一个正性构造单元存在,只不过有时表现为水下隆起。江南隆起的长期存在,必然影响其两侧的沉积和石油的形成。

江南隆起西北侧的湘西、黔东地区,为下古生代的沉降带,沉积厚度达3000—5000米左右,沉积物主要是台地边缘相和台地斜坡相的泥岩和碳酸盐岩。相带展布及区域构造线方向均呈北东向。

隆起西南端的桂北南丹、河池地区,处于扬子地台与南华地台的接壤部位,为上古生代的沉积凹陷带。主要为泥盆系沉积,厚度可达2000米以上。相带展布呈北西向。中泥盆世主要为黑色泥岩盆地相沉积。盆地内的南丹大厂地区,发育有“点礁”,礁核部位的生物灰岩厚度可达800余米。点礁面积达15平方公里左右。燕山晚期,有酸性岩浆侵入,形成锡矿—硫化物多金属矿区。处于江南隆起西侧的古生代凹陷带,是石油生成的有利场所。

沥青脉的展布

(一) 湘西地区

有凤凰水田早寒武世沥青脉、凤凰大田中寒武世沥青脉、吉首社塘坡中寒武世沥青脉、古丈河蓬早寒武世到中寒武世沥青脉、吉首寨阳新溪中寒武世沥青脉、吉首已略早寒武世沥青脉及坪年沥青脉、龙山四新中寒武世到晚寒武世沥青脉及永顺王村中寒武世沥青脉等。它们的产状特征，以凤凰水田沥青脉为例，叙述如下：

沥青脉产自凤凰背斜东翼水田向斜范围内，赋存于下寒武统下部的灰黑色层纹状含炭质泥岩及灰黑色含炭质泥岩的断裂带中。含沥青的断裂呈北西向，属张扭性。经勘探证实，储量达20万吨。沥青脉沿走向有分叉复合现象。分叉为二矿脉、一矿脉。一矿脉受 F_1 断裂控制，二矿脉受 F_1 派生裂隙控制。两脉分叉后相距最大平距7米左右，一般5米左右。一矿脉最大厚度1米，一般为0.5米。二矿脉最大厚度1.1米，一般为0.2—0.5米；两矿脉复合厚度最大为3米，一般为0.6米。岩青脉呈明显的上大下小的楔状。

（二）桂北地区

1. 拉朝沥青脉

位于河池县长虹公社拉朝村。沥青产自大厂倒转背斜南端 D_2l 上部深灰—灰黑色含炭泥质—粉晶灰岩和含砂屑不等晶灰岩中。由于北西 330° 压扭性断裂的作用，在其西盘造成牵引向斜， D_2l 上部灰岩产生虚脱，沥青脉即赋存于此。沥青脉沿北西向延伸达170米，宽90米左右，最大厚度为4.5米。

2. 龙头山沥青脉

位于南丹县大厂倒转背斜核部，产自地表及井下中泥盆世生物灰岩及泥灰岩中。规模小，产处多。产状有裂隙型、裂隙晶洞型及生物体腔型等。大厂矿区龙头山中泥盆统下部生物灰岩层间剥离空间充填沥青，长1米以上，宽0.1米左右；灰岩方解石晶洞中充填沥青，直径0.4米左右；灰岩的生物体腔及外壳微晶方解石基质中，含有分散状沥青。

（三）黔东地区

1. 卡房沥青脉

位于黔东南凯里县旁海公社卡房。沥青脉赋存于翁项逆断层（走向 60° ）上盘 O_1h 上部砂屑生物屑微晶灰岩裂隙中。断续延伸30米左右，厚0.5—11厘米。富集处呈囊状，最大直径达25厘米左右。沥青脉产状以 $120^\circ \angle 34^\circ$ 、 $130^\circ \angle 56^\circ$ 、 $155^\circ \angle 28^\circ$ 为主。

2. 铜仁茶店中上寒武统沥青及都匀坝固志留系沥青砂岩等。

沥青的性质及成因分类

前述江南隆起西侧之沥青，皆呈黑色固态粉末状至块状。多呈贝壳状断口，显玻璃光泽，发热量高，达5000—8000大卡/公斤，灰渣呈灰白色。基于下述理由，前述固态沥青无疑是石油变异的产物：

1. 沥青呈脉状产出。不论其规模大小，皆呈脉状产出，甚至呈明显的上大下小的楔状（如湘西）。沥青脉的赋存均与断裂或裂隙（包括层间剥离）有关，严格受一定方向断裂的控制。沥青脉与围岩介线分明，不存在过渡型岩类。

2. 沥青为均质体。未见有机形态分子（如木质结构的残痕等），纯净均一。显微镜观察具气孔和流纹构造，

3. 灰分中含较高钒镍元素。如水田沥青含钒0.15—1.13%，含镍0.051—0.459%；拉朝沥青含钒0.68%，含镍0.073%。钒镍元素以可溶有机络合物的形式富集于石油中是人所共知的。

4. 沥青赋存层系为寒武纪、早奥陶世、中泥盆世的海相沉积。红外吸收光谱资料充分说明，有机质类型均属有利于成油的腐泥型而非腐植型。

沥青在氯仿有机溶剂中的可溶性及C、H元素含量见表1。

表1 固体沥青的可溶性及CH元素组成

地区	编号	产地	层位	氯仿可溶性(%)	C有%	H%	C/H	H/C
桂北	L ₆ -30	河池拉朝	D ₂ L	基本不溶	77.62	0.94	82.6	0.14
	4-78-7	河池拉朝	D ₂ L	4.5 × 10 ⁻³	88.81	1.39	63.9	0.19
	L ₆ -1	南丹大厂434°	D ₂	基本不溶	93.85	1.04	90.2	0.13
湘西	4-78-21	凤凰水田山T ₂	ε ₁	2.9 × 10 ⁻³	46.94	1.57	29.9	0.40
	4-78-36	吉首社塘坡山T ₂	ε ₂	2.2 × 10 ⁻³	63.14	1.72	36.7	0.33
	4-78-38	吉首社塘坡山T ₂	ε ₂	3.8 × 10 ⁻³	11.18	0.59	18.9	0.63
西	4-78-41	吉首社塘坡山T ₁	ε ₂	8.0 × 10 ⁻⁴	57.14	0.89	64.2	0.19
	4-78-44	凤凰水田山T ₂	ε ₂	1.3 × 10 ⁻³	62.26	1.74	35.8	0.34
黔东南	4-78-53	凯里卡房	O _{1n}		76.65	5.74	13.4	0.90
	L ₆ -111	凯里卡房	O _{1n}	5.25	59.92	4.23	14.2	0.85

根据H·O·布罗德(1958)、B·C·维谢洛夫(1962)和M·A·罗杰斯(1974)等人的成因分类，凯里卡房O_{1h}沥青可划归石沥青类，乃为石油直接遭受长期氧化的产物。所以在有机溶剂中还保持了相对高的溶解度。H/C原子比相对高些，外貌似烟煤。桂北中泥盆世沥青和湘西寒武系沥青，乃为石油经热变异演化的产物。所以在有机溶剂中已失去或基本失去了可溶性能。H/C原子比低，外貌似无烟煤，应划归碳沥青类。

沥青的地质意义

江南隆起西侧古生代地层中，具有一定规模的沥青脉产出，不仅可以部分解决当地燃料缺乏问题，在石油普查中亦给予我们许多启示。

1. 湘西早寒武世、桂北中泥盆世及黔东南早奥陶世曾有过石油的生成、运移和一定规模的聚集。

湘西地区，早寒武世为台地边缘相、台缘斜坡相的以黑色炭质泥页岩为主的沉积。厚

度巨大,可达1200米,紧邻盆地相。本身亦具备良好的生油条件。红外吸收光谱资料(图1)充分说明有机质类型为生油型的腐泥质而非成煤型的腐植质。 $E_{1450\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为2.11—7.00, $E_{1380\text{cm}^{-1}}/E_{730-860\text{cm}^{-1}}$ 为0.92—4.92, $E_{1700\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为3.07—5.17,与桂北中泥盆统及黔东南下奥陶统相比较,其特点表现为 1600cm^{-1} 几乎没有吸收,而 $1700\text{cm}^{-1} > 1450\text{cm}^{-1}, 750\text{cm}^{-1}$ 明显。

桂北南丹河池地区,中泥盆统为盆地相的黑色泥岩为主的沉积。厚度为700—1300米。有机质属生油潜力很大的腐泥型, $E_{450\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为4.67—7.67, $E_{1380\text{cm}^{-1}}/E_{730-860\text{cm}^{-1}}$ 为2.06—2.98, $E_{1700\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为3.19—5.07。以清晰可见的 720cm^{-1} 吸收为其特征(图2)。

黔东南早奥陶世为台地边缘相的生物灰岩等碳酸盐岩沉积,厚度在400—700米,有机质属生油型腐泥质。 $E_{1450\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为3.87—7.38, $E_{1380\text{cm}^{-1}}/E_{730-860\text{cm}^{-1}}$ 为1.98—4.58, $E_{1700\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为1.19—2.21。以明显的 1600cm^{-1} 及 $730-860\text{cm}^{-1}$ 吸收为其特征(图3)。芳烃组分含量仅0—6.67%,平均为3.34%。

卡房沥青的芳烃组分含量为5.57%,红外图谱(图4)为典型的石油沥青图谱 $E_{1450\text{cm}^{-1}}/E_{1600\text{cm}^{-1}}$ 为1.90。

沥青的红外图谱(图4)与其围岩(O_1h)的红外图谱(图3)相比较,由于从石油变成固态沥青脉,除氧化、挥发外,主要的可能是热变质过程,这实际上是个芳构化过程。其结果,沥青的 1600cm^{-1} 和 $730-860\text{cm}^{-1}$ 吸收峰比岩石分散有机质的相应吸收峰强得多。除此,二者的总面貌是相似的。因此可以认为,沥青及其围岩有成生联系,可将 O_1h 视为生油岩。

2. 主要生油期及演化期的推测

据前所述,沥青脉乃为石油变异产物,且所赋存之下寒武统、下奥陶统、中泥盆统又不失为良好的生油岩。认为石油聚集期在二者之间,当然可以与主要生油期同时,但必须在由液态烃演化为固态烃之前。由于缺少地温资料及现今地温梯度资料参考,对主要生油期尚待研究。

从干酪根热降解生油的观点出发,参照J·康南(1974)等对国外若干生油盆地的石油大量生成阶段的时间—温度关系研究成果以及国内一些已知生油盆地和贵州已知生油岩的资料后(表2及图5)。对上述地区的主要生油期、油气聚集期和演化期讨论如下:

黔东南地区。志留系顶面最大埋藏深度为1500—2500米,侏罗纪末构造回返前,志留系生油岩经受的热力在 $60^{\circ}-90^{\circ}\text{C}$,处于主要生油阶段的后期。下奥陶统顶面,最大埋藏深度为2000—3000米,侏罗纪末构造回返前,生油岩经受的热力在 $75^{\circ}-105^{\circ}\text{C}$,处于主要生油阶段的晚期和裂解天然气阶段的初期。

凯里地区志留纪、早奥陶世油气聚集主要受燕山期构造的控制。天然气(CH_4)可高达99.14%。侏罗纪末,燕山构造运动对该区志留系、下奥陶统油气既起着聚集作用、又起着破坏作用。卡房下奥陶系石沥青,是在燕山运动后由储集层中的石油长期裸露和直接遭受风化的产物。石沥青脉出现在油气显示集中的凯里地区,与区域地质构造背景是完全吻合的。而湘西和桂北地区,古生代地层中所赋存的沥青脉,则属于另一种

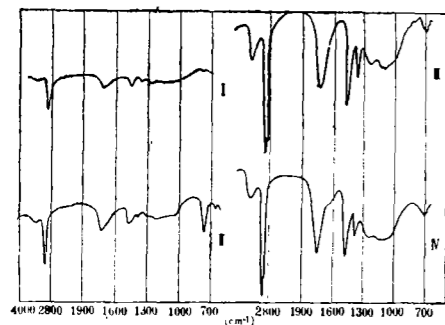


图1 湘西地区岩石分散有机质红外吸收光谱图

- I 4-78-22 ϵ_1^1 黑色炭质泥岩
- II 4-78-23 ϵ_1^1 灰黑色含炭质泥岩
- III 4-78-40 ϵ_2 深灰色细晶白云岩
- IV 4-78-51 Z_2^2 深灰色细晶灰岩

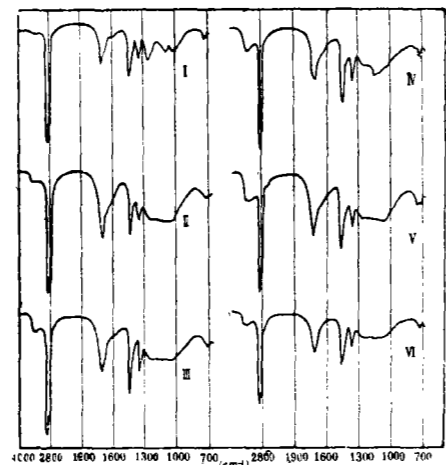


图2 广西南丹河池地区中泥盆系岩石分散有机质红外吸收光谱图

- I 4-78-1(1) D_2^2 黑色含炭质泥岩
- II 4-78-1(3) D_2^2 含钙质细粒石英砂岩
- III 4-78-1(5) D_2^2 深灰色亮晶生物屑灰岩
- IV 4-78-1(6) D_2^2 灰黑色含炭质沥青细粒石英砂岩
- V 4-78-1(9) D_2^2 深灰色含炭泥质骨针灰岩
- VI 4-78-14 D_2^2 灰黑色泥岩

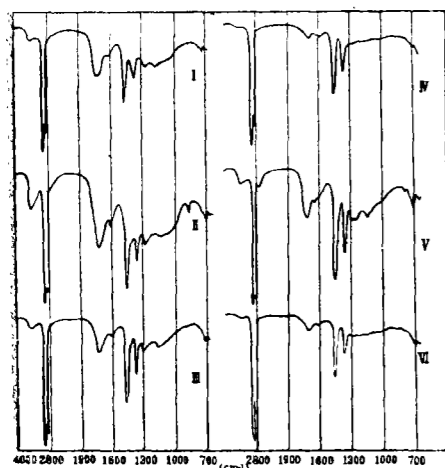


图3 贵州凯里地区O₁h岩石分散有机质红外吸收光谱图

- I 4-78-59 O_1h 微晶灰岩距沥青脉6米(上)
- II 4-78-58 O_1h 生物屑中晶灰岩距沥青脉4米(上)
- III 4-78-57 O_1h 微晶砂屑生物屑灰岩距沥青脉2米(上)
- IV 4-78-56 O_1h 微晶生物屑灰岩沥青围岩
- V 4-78-55 O_1h 微晶砂屑生物屑灰岩距沥青脉2米(下)
- VI 4-78-54 O_1h 生物屑砂屑灰岩距沥青脉4米(下)

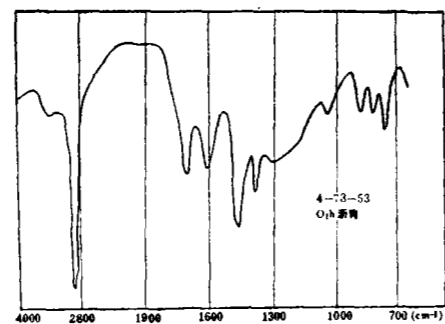


图4 凯里卡房O₁h沥青(4-78-53)红外吸收光谱图

表 2 时间 和 温度 对 主要 生油 阶段 的 影响

编 号	地 区	样 品 来 源	主 要 岩 性	主 要 参 数			作 者	备 注
				生油岩龄 (百万年)	现 时 温 度 (°C)	实 际 温 度 (米)		
1	喀麦隆杜阿拉盆地	4 口井	粉砂粘土岩	70	65	1200	Albrecht (1964)	
2	美国洛杉矶盆地	2 口井	页岩	12	115	2440	Philippi (1965)	
3	美国文图拉盆地	3 口井	页岩	12	127	2740	Louis, Tissot (1967)	
4	法国巴黎盆地	17 井口等	页岩	180	60	1400		
5	法国阿奎坦盆地	1 口井	碳酸盐岩	112	90	3300		J. Cannan 《石油生成中的时间——温度关系》 (1974)
6	法国阿奎坦盆地	31 口井	碳酸盐岩	135	72	2500		
7	法国卡马尔果盆地	1 口井	岩性变化大 —碳酸盐岩 页岩, 粉砂岩	38	106	3250		
8	奥若河阿尤恩区	1 口井	页岩	105	85	2740	Cannan (1971, 1972)	
9	萨班素洛海区	1 口井	页岩砂岩	12	120	3050		
10	新西兰塔拉纳盆地(海上)	1 口井	页岩砂岩等	70	80	2900		
11	巴西亚马逊盆地	6 口井	页岩	359	62	1750		
12	新西兰塔拉纳盆地(陆上)	1 口井	砂泥岩	32	95	3350		
13	我国东部某含油盆地		泥岩	40	120			《石油成因与石油勘探》 (1978)
14	我国东部某含油盆地		泥岩	21	70			《冀中凹陷下第三系陆相生油特征及其在勘探中的应用》1978
15	冀中坳陷		泥岩	33.8	66.8		武汉地院(1978)	
16	贵州平坝羊昌河地区		泥岩泥灰岩	130	90			年龄: 迄止于 J 沉积后 温度: 指沉积过程中经受的最高温度, 按最大埋深及 3°c/100 米地温梯度标算。
17	贵州凯里地区		泥岩	330	60			
18	贵州凯里地区		碳酸盐岩	360	90			

成因类型。

湘西地区。至今所发现的众多的、规模不等的沥青脉，均赋存于寒武系地层中，下界基本没有超越下寒武统，上界没有超越上寒武统，而且呈上大下小的楔状。这就有理由推测，寒武系，尤其是以黑色泥岩为主的下寒武统，极大可能为主力生油母岩。

据图5推测，湘西地区下寒武统进入主要生油阶段的温度大致在70°C左右，相当于下寒武统沉积后，经1.3亿年的志留系沉积时间。进入裂解气阶段的温度在110°C左右，大致在二迭系沉积时。侏罗纪末，下寒武统顶面最大埋藏深度达4500—7000米，按平均地温梯度3°C/100米推算，下寒武统中赋存之石油已遭受到150°—230°C的高温。其结果，石油必然演化为碳沥青（天然气则不易被保存下来）。其位置如图6。由此推测，湘西地区早寒武世石油的聚集，理应在加里东期。这种推测，与区域构造的实际形成期是吻合的。

桂北南丹河池地区。侏罗纪末构造回返前，中泥盆世顶面最大埋藏深度达3000—4000米，按正常的平均地温梯度3°C/100米推算，此时已经受到105°—130°C的热力，已进入裂解气阶段，其位置如图6：

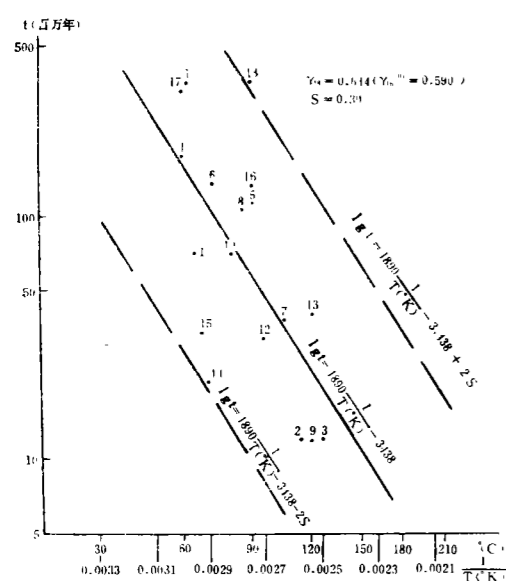


图5 石油大量生成阶段的 logt—T (°k) 关系图

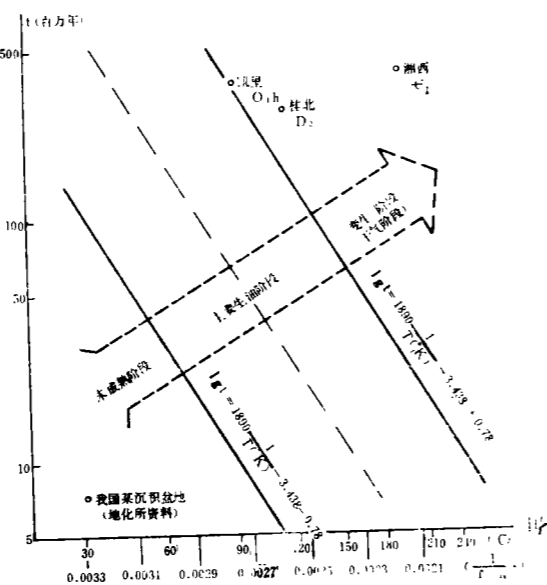


图6 石油演化阶段的logt—T (°k) 关系图

据图5推测中泥盆世进入大量生油阶段的温度在60°C左右，大致在二迭系沉积时期进入裂解气阶段的温度在100°C左右，大致相当于T—J沉积时，即印支期至燕山早期。而石油聚集期，则应不晚于这个时期。

南丹大厂地区。酸性岩浆侵入频繁，随之硅化活动，形成锡矿—硫化物多金属矿区。广西冶金地质勘探公司215队经同位素年龄测定，花岗岩侵入体为91—107百万年，大致相当于白垩纪晚期。是岩浆热液活动对烃类施加的增温影响，是在液态烃演化为固

体沥青之后，而不是在前。所以，岩浆热液活动进一步促成了高变质的碳沥青的形成。现在见到的桂北中泥盆世沥青比湘西地区寒武纪沥青变质程度高。

概括上述分析，湘西、黔东及桂北等地区的主要生油期、聚集期及演化期如下表：

表 3 主要生油期、聚集期及演化期对比表

地 区	生油岩时代	主要生油期	油 气 聚 集 期	演 化 期
湘 西	ϵ_1	志 留 纪	加 里 东 期	二 迭 纪
黔 东	O_1	三 迭 一 侏 罗 纪	印 支 期 至 早 期	侏 罗 纪 晚 期
桂 北	D_2	二 迭 纪	印 支 期 至 早 期	三 迭 一 侏 罗 纪

3. 变质程度及含油气远景

在可燃有机矿产中，关于煤的变质现象已被大家公认，对其变质程度的研究和划分，已成为工业用煤分类的依据。石油及其变质（包括演化和氧化）产物——天然气和各类固体沥青的比例，取决于演化程度和保存情况即取决于地质条件。因此，对变质程度的研究，直接关系到油气远景评价。

湘西凤凰水田下寒武统沥青脉，探明储量在20万吨以上。据西安煤田地质研究所分析，H/C原子比小于0.30，平均为0.25；O/C原子比小于0.10，平均为0.03（表4）。即

表 4 水 田 沥 青 元 素 成 分

坑道编号	样品编号	C %	H %	O %	H/C原子比	O/C原子比	备 注
山T ₃	95	95.12	1.84	1.43	0.23	0.01	西安煤田地质 研究所分析
山T ₃	89	84.59	2.02	8.75	0.29	0.08	
山T ₃	106	93.69	1.91	2.91	0.24	0.02	
山T ₃	107	94.23	2.03	1.31	0.26	0.01	
山T ₃	109	92.62	1.95	3.80	0.25	0.03	

便是干酪根，按蒂索（1974年）这样的H/C，亦已进入气生成的结束期。湘西的其它沥青脉，如凤凰大田中寒武统沥青脉和吉首社塘坡中寒武统沥青脉的H/C原子比，分别为0.38，平均值0.34。其变质程度略低于凤凰水田。而桂北的河池拉朝中泥盆统沥青脉和南丹大厂中泥盆统沥青脉，H/C原子比平均值小0.20，其变质程度超过了湘西地区。不论是参考B·蒂索（1977）或M·A·罗杰斯（1974）的研究，还是A·E·福斯科洛斯（1976）或H·B·瓦萨耶维奇（1970）的研究以及贵阳地化所付家谟等（1978）的研究，湘西地区和桂北地区的沥青脉，其H/C原子比均已进入热变质干气区的范围，而且远远低于它们的演化界限。

按地质科学院地矿所（1974）关于中国植煤煤种的划分标准，河池拉朝沥青的平均

最大反射率(晒光、空气)已超过无烟煤的下限值(12%)、而达14.80%。若以硅光电池法在油浸中测得的平均最大反射率值与国外B·蒂索(1977)、S·N·纳赛尔(1978)、A·E·福斯科洛斯(1976)以及M·希包克(1973)等的研究相对比,拉朝沥青的平均最大反射率远远超过凝析带与干气带的界限值(1.4—2.0)、达7.61。这同样说明桂北中泥盆统沥青的变质程度已相当可观。而湘西地区寒武系沥青的变质程度,不会比桂北低多少。

有机差热资料与前述资料完全吻合。热谱图清晰可见,前峰已丧失殆尽,后峰温度大于630°C。拉朝沥青高达720°C。湘西以水田沥青为高,达680°C。

黔东、凯里地区下奥陶统沥青的各项分析成果均为低变质特征,完全与区域油气显示状况及有机质变质程度吻合。

基于前述对沥青的性质、成因的认识和对主要生油期、聚集期、演化期及有机质变质程度的分析,湘西地区寒武系及桂北地区中泥盆统已失去含油远景。加之后期构造变动和剥蚀,局部构造保存条件及相应的盖层条件都很差,尤其湘西地区,天然气的远景亦不理想。

在湘西地区,处于地腹的受加里东期构造控制的张扭性断裂和裂隙,完全有可能继续发现较大规模的优质固体可燃矿产——沥青脉。在桂北地区,处于地腹的受印支——燕山早期构造控制的张扭性断裂、裂隙(包括层间剥离),同样有可能继续发现具有一定规模的优质可燃沥青脉矿。

江南隆起西侧有一定含油气远景的地区,局限于黔东凯里——石阡一带的奥陶系、志留系沉积凹陷带。但该区构造保存条件太差,目的层大片裸露地表。凯里地区屡经勘探证实,尽管过去曾获数万立方米天然气和数吨原油,今后仍有可能找到类似数量的油气,但已失去工业价值。

(收稿日期:1981、10、10)