

文章编号: 1672-9854(2008)-02-0037-08

黔东南地区震旦系—二叠系海相 优质烃源层的时空分布

腾格尔, 秦建中, 郑伦举

(中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所)



腾格尔

摘要 黔东南典型古油气藏的精细解剖对黔中隆起周缘乃至南方海相油气勘探研究具有重要意义。研究表明,在早寒武世初期、晚泥盆世早期和二叠纪,本地区均发育优质烃源岩,其中以下寒武统盆地相、斜坡相的黑色页岩发育最好,有机质丰度高(TOC普遍大于2%),类型好(偏腐殖型),厚度大,是麻江古油藏及凯里残余油气藏的主力烃源岩;早二叠世盆地相和潟湖相中发育的优质烃源岩与本层位中的沥青具亲缘关系,显示自生自储的特点。二叠纪烃源岩对黔中隆起及其周缘地区油气成藏具有重要作用。本地区缺乏扬子地区广泛发育的上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组底部那套优质烃源岩。

关键词 黔东南; 古生代; 震旦纪; 海相地层; 烃源岩评价; 烃源岩分布

中图分类号: TE125.2 **文献标识码**: A

腾格尔 1967年生, 博士后, 高级工程师, 主要从事地球化学和油气地质综合研究工作。通讯地址: 214151 江苏省无锡市惠钱路210号; 电话: (0510)83207316

在黔中隆起的东南部麻江—凯里地区, 自上世纪80年代初发现著名的“麻江古油藏”以来一直是我国油气地质领域中倍受关注的地区, 前人从黔中隆起、古油藏、残余油气藏等不同的角度广泛讨论了该地区油气成藏规律及其勘探前景^[1-9]。随着南方海相油气地质勘探研究的不断深入, 油气勘探家们越来越意识到黔中隆起及其周缘作为扬子地台的一部分, 它与扬子其它地区具有类似的沉积构造演化史和成烃成藏过程, 是有可能找到大中型气田的有利地区, 因此对其典型古油藏、残余油气藏的精细解剖对南方海相碳酸盐岩层系油气勘探研究具有重要的借鉴意义。本文以黔中隆起东部麻江古油藏、凯里残余油气藏分布地区为主要研究区, 利用沉积、有机岩石学和地球化学等综合手段, 建立了黔东南麻江古油藏、凯里残余油气藏地区的二叠系—震旦系典型地球化学综合剖面, 重点探讨了该地区优质烃源层的时空分布。

1 地质背景及样品采集和测试

研究区位于黔南坳陷北、东侧的凯里—麻江—都匀—三都—独山一带(图1), 东邻江南隆起, 西接黔中隆起, 北与武陵坳陷相接, 南与桂中坳陷毗邻, 出露震旦系至中三叠统海相层系, 层位比较齐全^[10]。麻江古油藏为目前已知的南方最大的古油藏, 处在麻江、都匀一带, 为构造—岩性复合型油藏, 属于加里东期成藏, 加里东期被破坏的古油藏, 原油均已变为固体沥青, 主要赋存在下奥陶统红花园组(O_{1h})碳酸盐岩溶孔(晶洞)、构造裂隙以及志留系翁项群(S_{1-2w})砂岩粒间孔中。凯里地区是扬子区著名的下古生界油气显示分布区, 即虎庄背斜及其周邻的其它背斜、向斜, 以液态烃的奥陶系、志留系油苗显示为主, 包括鱼洞(如虎庄47井)和凯棠等残余油气藏, 受燕山期以来的强烈褶皱冲断和隆升剥蚀影响, 原生油气藏基本破坏殆

收稿日期: 2007-12-16

本文为“第十一届全国有机地球化学学术会议”(2007.10.20—28)交流论文

尽,现以残留油气残存^{[8,502-567 [10] ①]}。另外,在麻江地区下二叠统茅口组(P₁m)白云石化灰岩中也有原油浸出,前人研究中对此油苗未见相关报道。从现有资料来看^{[1-2,5] [8] 502-567 ①]},对麻江古油藏的源岩认识较为统一,认为主要来自下寒武统,但对凯里残余油气藏的油源尚存争议,究竟来自下寒武统还是另有来源或者多源(如下志留统、二叠系)供烃,尤其二叠系油苗的来源尚不清楚。因此,解剖这些典型油气藏时,首先查明本地区烃源岩及其时空分布至关重要。



图1 研究区区域构造及剖面位置

选取三都、都匀、麻江和凯里地区典型海相地质剖面,视岩性和露头情况对震旦系至中三叠统按一定的等间距(10~50 m间距)进行了系统采样,采集岩样共101件。采样剖面多沿新开辟的公路分布,故层位出露较为完整、新鲜。对这些样品均由中国石化勘探开发研究院无锡石油地质研究所实验中心进行了有机碳含量(TOC)、热解、氯仿沥青、干酪根碳同位素($\delta^{13}\text{C}_{\text{干酪根}}$)、有机元素、干酪根镜鉴及有机显微组分鉴定等多项实验分析。

2 海相烃源岩的发育层位及其有机地球化学特征

在黔东南地区,通过南皋的震旦系—寒武系、

洛绵的奥陶系—志留系、陆架桥的二叠系等典型剖面重点研究层位的实地观测、系统采样和分析研究,建立了典型有机地球化学主干剖面一条,主要反映了凯里—麻江地区震旦系至二叠系岩性、厚度和有机质的纵向分布特征(图2);辅助剖面2条,一条是都匀地区的绿茵桥、洛邦、坝固和独山剖面为主的辅助剖面,主要展示了该地区奥陶系—泥盆系的含沥青及其有机地球化学的纵向变化特征(图3);另一条为基于三都的扎拉沟和丹寨汞矿剖面的辅助剖面,重点表示了三都地区震旦系—寒武系的烃源岩发育及其含沥青的情况(图4)。从这些剖面图中可以看出,残余有机碳含量 $\text{TOC} \geq 0.5\%$ 的层段(样品)主要集中在震旦系陡山沱组、下寒武统、中寒武统、上泥盆统和二叠系,其中优质烃源层为下寒武统下部100 m左右的黑色页岩、上泥盆统(D₃w)底部约10 m的深灰色页岩及二叠系瀉湖相或盆地相的黑色页岩,而志留系和奥陶系中并不发育烃源岩。

2.1 上震旦统陡山沱组

陡山沱组仅出露于扎拉沟和南皋地区(图2、图4),岩性为黑色页岩、硅质岩夹白云岩,呈纹层、薄层状,厚度十几米至数十米,黑色页岩TOC为1.76%~7.79%,平均为4.84%(7个样); $\delta^{13}\text{C}_{\text{干酪根}}$ 为-31.9‰~-31.1‰,有机质类型属腐泥型;沥青反射率(R_b)为3.441%~3.672%,热解峰温(T_{max})达608℃,表明了有机质成熟度已达到过成熟阶段,是一套局部分布的优质烃源岩。

2.2 寒武系

区内下寒武统下部普遍发育一套黑色碳质页岩系,其底部见有数米厚的黑色薄层硅质岩夹层状或结核状磷块岩(或含磷层)。该套黑色页岩系,在三都地区称之为渣拉沟组(C₂z),厚度为95 m,TOC为1.94%~6.02%,平均为3.16%(15个样); $\delta^{13}\text{C}_{\text{干酪根}}$ 为-32.4‰~-30.7‰,属腐泥型; R_b 为3.08%~3.42%, T_{max} 为484~608℃,指示热演化已进入过成熟阶段(图4)。而在南皋—凯里—都匀(即三都以东)地区称为牛蹄塘组(C₁n),在南皋剖面上,厚度达103 m,TOC为4.25%~12.55%,最高达33.99%,平

① 韩世庆等.贵州麻江地区加里东期石油地质综合研究报告.地质部第八普查勘探大队,1981.

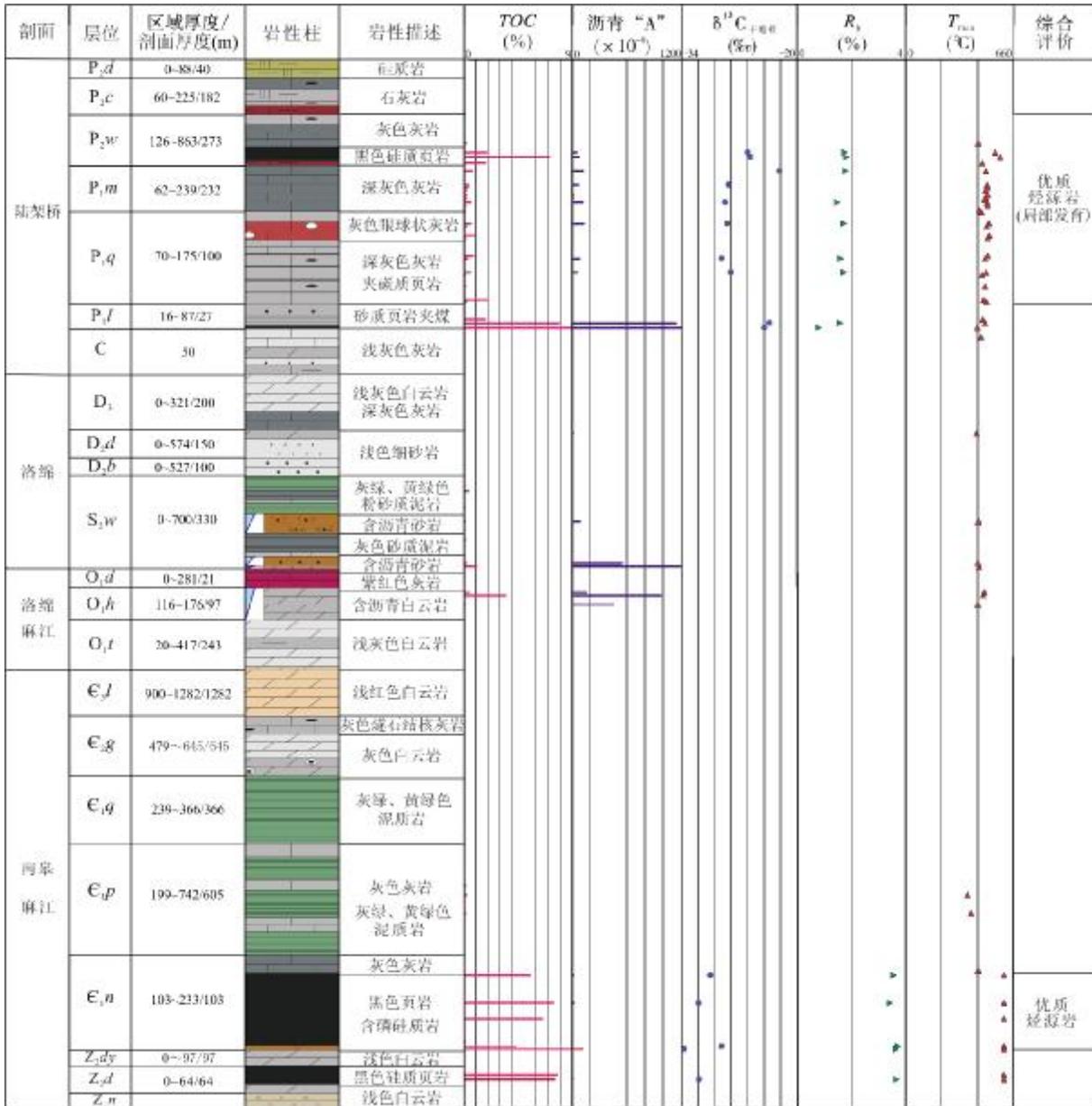


图2 凯里—南皋地区下三叠统一震旦系有机地球化学综合剖面

P_{2d} 上二叠统大隆组; P_{2c} 上二叠统长兴组; P_{2w} 上二叠统吴家坪组; P_{1m} 下二叠统茅口组; P_{1q} 下二叠统栖霞组;
 P_{1l} 下二叠统梁山组; D_{2d} 中泥盆统独山组; D_{2b} 中泥盆统邦寨组; S_{2w} 中志留统翁项群; O_{2d} 下奥陶统大湾组;
 O_{2h} 下奥陶统红花园组; O_{2t} 下奥陶统桐梓组; E_{2j} 上寒武统楼山组; E_{2g} 中寒武统高台组; E_{2q} 下寒武统清虚洞组;
 E_{2p} 下寒武统杷榔组; E_{2n} 下寒武统牛蹄塘组; Z_{2dy} 上震旦统灯影组; Z_{2d} 上震旦统陡山沱组; Z_{1n} 下震旦统南沱组

均为6.88% (6个样); $\delta^{13}C_{org}$ 为-33.7‰~-29.1‰, 属腐泥型; R_b 为3.42%~3.71%, T_{max} 为606~608℃, 表明热演化已经处于过成熟阶段(图2)。显然, 这是一套区域性优质烃源岩。下寒武统的中、上部包括杷榔组(E_{2p})和清虚洞组(E_{2q}), 主要由灰绿色及黄绿色粘土页岩及

砂质页岩组成, 或者为一套灰色—深灰色白云岩、灰岩沉积为主, 残余有机碳含量偏低 (0.08%~0.25%, 174个样品), 属于非烃源岩。

中寒武统, 在三都地区有黑色页岩和深灰色泥灰岩沉积即都柳江组 (E_{2d}), 总厚度达300余米,

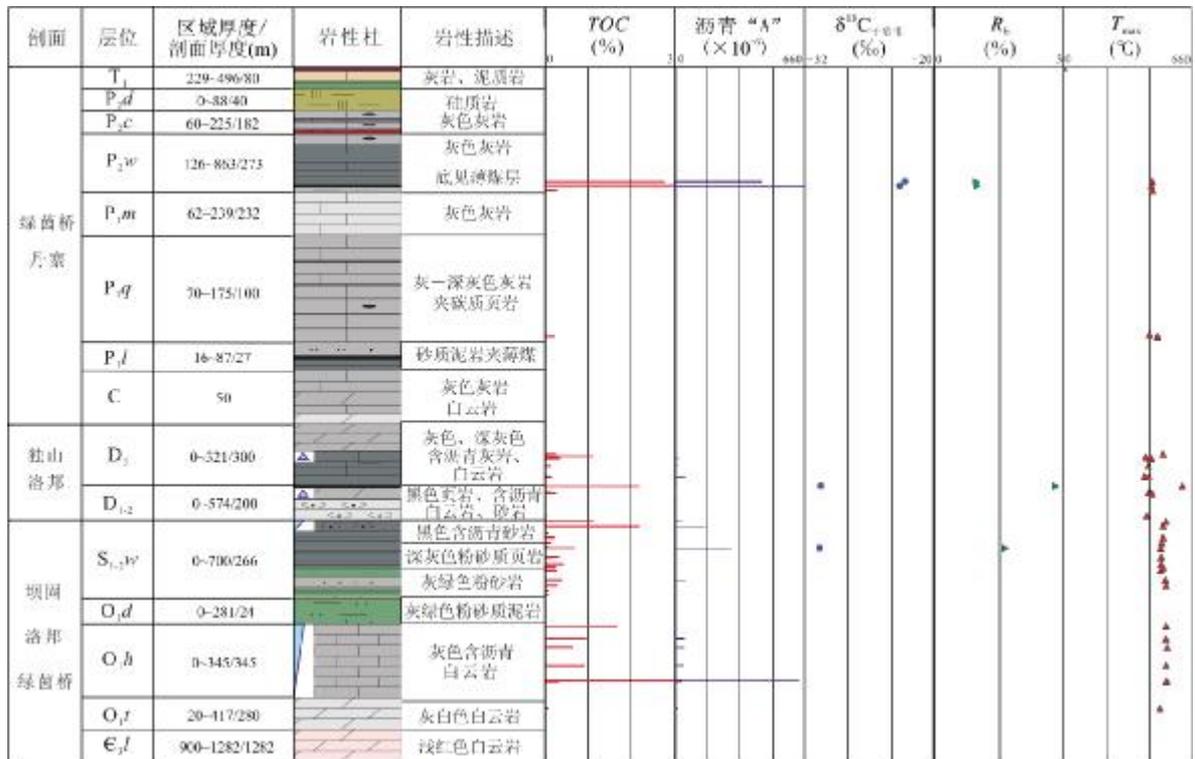


图3 都匀地区下三叠统—寒武系有机地球化学综合剖面

P_{2d} 上二叠统大隆组; P_{2c} 上二叠统长兴组; P_{2w} 上二叠统吴家坪组; P_{1m} 下二叠统茅口组;
P_{1q} 下二叠统栖霞组; P_{1l} 下二叠统梁山组; S_{1-2w} 中一下志留统翁项群; O_{1d} 下奥陶统大湾组;
O_{1h} 下奥陶统红花园组; O_{1t} 下奥陶统桐梓组; E_{1j} 上寒武统楼山组

TOC为0.15%~2.25%，平均为1.18%（17个样），其中TOC \geq 1%者约占总样品数量的60%； $\delta^{13}C_{org}$ 为-31.2‰~-28.6‰，属腐泥型； R_b 为3.04%~3.35%， T_{max} 为最高达608 $^{\circ}C$ ，表明热演化已经处于过成熟阶段，是一套局部的优质烃源岩。中寒武统，在其它地区均为灰色—深灰色碳酸盐岩沉积，属于非烃源岩。上寒武统主要以深灰色粉砂质（泥质）灰岩或者浅灰色—灰色块状白云岩、灰岩为主，有机碳含量普遍较低（0.05%~0.38%，8个样平均为0.21%），属于非烃源岩（图2、图3、图4）。

2.3 下奥陶统

区内缺失中、上奥陶统，仅有下奥陶统包括桐梓组（O_{1t}）、红花园组（O_{1h}）和大湾组（O_{1d}），下与寒武系为连续沉积，上与志留系或泥盆系呈假整合接触。沉积相上，在三都地区主要为浅海相灰色块状灰岩夹深灰色页岩，在三都西北则主要由浅

海相白云岩及灰岩组成，有机碳含量很低（TOC为0.02%~0.11%，平均为0.05%，17个样），属于非烃源岩（图2、图3、图4）。

2.4 志留系

据前人志留系沉积相和构造演化研究，由于奥陶纪末都匀运动的影响，在早志留世龙马溪期，黔东南地区抬升为黔中古隆起一部分，未接受沉积，使龙马溪组典型的笔石页岩相限于遵义—石阡—毕节以北。该地区从早志留世石牛栏期开始接受沉积，称之为翁项群（S_{1-2w}），以凯里、洛绵和都匀王司一带发育最好，北部以浅灰色、黄褐色砂岩为主灰绿色砂质页岩，至都匀一带，以深灰色砂质页岩、粉砂岩为主，上部见灰黑色石英砂岩，其中泥页岩TOC为0.01%~0.42%，平均为0.14%（33个样），仅坝固一个样达0.68%。据前人资料统计^①，该地区S_{1-2w}的泥质岩TOC平均为0.11%（124个样

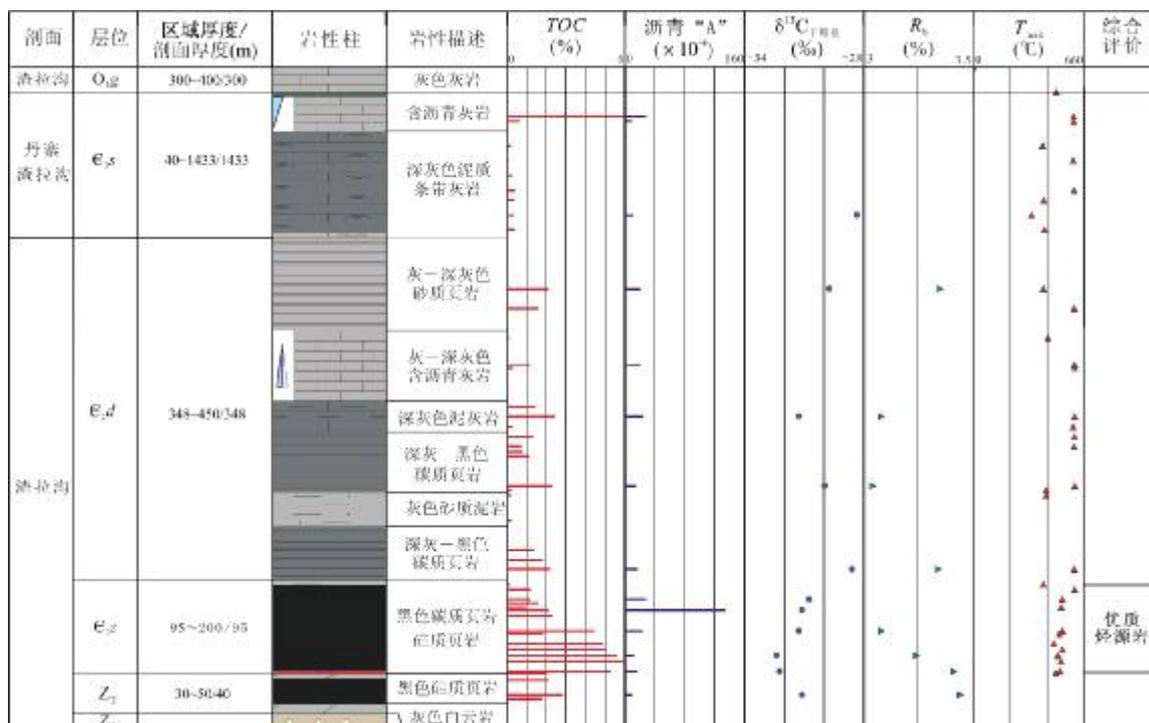


图 4 三都地区下奥陶统—震旦系有机地球化学综合剖面

O_{2g} 下奥陶统锅塘组; E_{3s} 上寒武统三都组; E_{2d} 中寒武统都柳江组; E_{2z} 下寒统渣拉沟组

品)、碳酸盐岩为0.13% (29个样品) (图2、图3、图4)。显然,本地区志留系泥页岩残余有机碳含量普遍较低,属于非烃源岩,并不发育五峰组—龙马溪组底部优质烃源岩。

2.5 泥盆系

重点观察了独山剖面上泥盆统望城坡组(D_{3w})和中泥盆统独山组(D_{2d})上部。上泥盆统望城坡组以灰色、深灰色石灰岩为主,其底部见厚约10 m的黑色页岩,TOC为2.17%~3.66%; δ¹³C_{干酪根}为-31.4‰~-30.4‰,属偏腐泥型; R_o为2.83%, T_{max}为606 °C,表明热演化已进入过成熟阶段(图3)。

2.6 二叠系

在凯里、麻江和都匀地区,主要出露有下二叠统(P_{1l},P_{1q},P_{1m})和上二叠统(P_{2w})(图2、图3、图4)。

梁山组(P_{1l})为深灰色、灰黑色砂质页岩夹薄煤层,厚度为20 m左右,页岩TOC为1.76%~7.88%,沥青“A”含量达1 143.54×10⁻⁶; δ¹³C_{干酪根}、沥

青及族组分碳同位素组成均为-25.4‰~-23.0‰,属腐殖型;镜质体反射率(R_o)为1.58%,T_{max}为474~492 °C,表明热演化程度正处于高成熟(凝析油湿气)阶段。

栖霞组(P_{1q})上部为灰色、深灰色中厚层至厚层致密灰岩,夹有薄层黑色页岩,中部见有十几米厚的眼球状灰岩,下部为深灰色、灰黑色薄层至中厚层致密灰岩,层间多见黑色页岩夹层,常含有燧石结核或条带,厚度为70~175m。页岩TOC为0.55%~1.89%,平均为0.932% (5个样),灰岩为0.06%~0.29%,平均为0.15% (7个样),沥青“A”含量为(57.06~127.09) ×10⁻⁶; δ¹³C_{干酪根}为-29.2‰~-28.0‰,属偏腐泥型; R_o为1.61%~1.72%, T_{max}为468~517 °C,表明热演化处于高成熟(凝析油湿气)阶段。

茅口组(P_{1m})总体上为灰色、深灰色中厚层至块状灰岩,含少量燧石结核,偶见页岩夹层,下部含白云岩团块,风化面似豹皮状,厚度为63~239 m。灰岩TOC为0.02%~0.66%,平均为0.25% (12个样),其中大于0.5%者仅占总样品数量的16%;

沥青“A”含量为 $(52.62\sim 126.76) \times 10^{-6}$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{干酪根}}$ 为 $-29.7\text{‰} \sim -28.3\text{‰}$, 属偏腐泥型; R_0 为 $1.47\% \sim 1.79\%$, T_{max} 为 $454\sim 507\text{℃}$, 表明热演化处于高成熟阶段。

吴家坪组(P_2W) 总体以浅色灰岩为主,有机碳含量低(0.17%),底部见有一套黑色硅质岩、页岩,厚度约 20m , TOC 为 $1.82\% \sim 7.09\%$, 平均为 3.60% (3个样), 沥青“A”含量为 $52.30\sim 74.56 \times 10^{-6}$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{干酪根}}$ 为 $-26.0\text{‰} \sim -25.7\text{‰}$, 属混合型(II型); R_0 为 $1.75\% \sim 1.80\%$, T_{max} 为 $450\sim 584\text{℃}$, 表明热演化也处于高成熟阶段。该组在丹寨地区发育一套煤层, TOC 为 75.89% , 沥青“A”含量高达 $41\ 707.46 \times 10^{-6}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{干酪根}}$ 、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{沥青}}$ 为 $-24.30\text{‰} \sim -23.11\text{‰}$, 腐殖型(III型), R_0 为 0.996% , T_{max} 为 448℃ , 表明热演化程度尚处于成熟阶段。

3 海相烃源岩的发育环境及其时空分布

勘探实践证实^[11-12],以有机质丰度高、类型好、生烃潜力高为鲜明特色的优质烃源岩对大、中型油气田的形成具有重大作用,其规模及时空展布控制着油气田的规模及分布。上述各层位有机质基本特点表明,在黔东南地区,由于地质环境和生物演化过程的不同,烃源岩的发育程度在时间和空间展布上存在显著差异。其中,有机质丰度高、类型好的优质烃源岩,在时间上,主要形成于早寒武世(牛蹄塘期)、晚泥盆世早期和早二叠世这几个地质时期。

早寒武世初期,正处于全球范围最大的海侵期和生物大爆发期^[13-15],伴随广泛的缺氧事件^[16],我国南方广泛沉积了一套富含有机质的黑色页岩系^[17],是扬子地区区域性烃源岩发育的最有利时期^{[8] 265-275 [18]}。相应地,空间上,该时期优质烃源岩主要发育在寒武系下部牛蹄塘组(C_n)。该组在黔东南地区分布广泛,但以蔓洞断裂为界,由于沉积构造环境的不同,烃源岩发育及其分布也有所差异,该断裂以东如南皋—丹寨—新屋基一带主要为富有机质的黑色页岩,顶部有一层厚度较小的灰岩,底部见薄层含磷硅质岩层,其中黑色页岩段厚度达 $158\sim 223\text{m}$,平均为 187m ,且有机碳含量普遍高于 2% ;断裂以西如凯里—麻江—都匀一带上部灰岩厚度加大,中部黑色页岩相变为黄绿色、灰绿色粘土页

岩,下部黑色页岩和硅质岩厚度变薄,缺失底部含磷层位,总厚度为 $50\sim 150\text{m}$,平均为 118m ,向西至瓮安—贵阳即黔中隆起主体,厚度更薄,变为 $20\sim 30\text{m}$ 。下寒武统烃源岩的这一空间展布特征与湘鄂西的咸丰—大庸地区相似^[19],结合二者的区域沉积构造背景考虑,在地质环境上,南皋—丹寨地区可能处于斜坡带上,黑色页岩沉积和烃源岩发育受热液、上升洋流引起的高古生产力和缺氧环境控制,而凯里—麻江地区处于台内凹陷,水—沉积物界面在氧化还原界面之下,烃源岩发育受滞留、低能、还原环境控制。

早二叠世是南方早寒武世后又一个大规模的海侵期,广大扬子地区普遍被海洋所淹没,但是由于当时的沉积古地理背景和相对海平面变化的差异,二叠纪的沉积环境变化较大,平面上相变频繁,使得烃源岩发育不稳定,时空展布复杂,即使在同一个剖面上有机质丰度和质量的非均质性较强,陆架桥剖面上的二叠系有机碳含量及类型的分布特征表明了这一点。对于研究区而言,早二叠世时期,凯里—都匀—三都一带处于水下相对隆起部位上,水体较浅,接受了以浅灰色—深灰色中厚层—块状灰岩为主层间常夹富含有机质的碳质页岩的栖霞组、基本上由浅灰—深灰色灰岩组成的茅口组台地相沉积,有机质保存条件和烃源岩发育环境不稳定,而其南侧即黔南拗陷中南部的紫云—罗甸一带主要处于深水、凹陷区,为深灰色灰岩夹硅质岩、泥岩,有利于有机质富集和烃源岩发育,其中罗甸剖面早、晚二叠世石灰岩中有机碳含量最高分别可达 $0.72\%、1.51\%$ ^[20]。总体上,在二叠纪时期,台内凹陷(深水环境,沉积界面在氧化还原界面之下)、潟湖(滞留、低能、还原环境)区内沉积黑色页岩、硅质岩、深灰色薄层泥灰岩等,是有利于优质烃源岩发育的区域。

从独山剖面上泥盆统底部黑色页岩的有机地球化学特征结合前人研究成果^[20-21]来看,在黔南拗陷或者南盘江盆地,泥盆纪是重要的烃源岩发育时期之一,特别是在早泥盆世晚期至晚泥盆世早期,以罗甸—南丹一带为主沉积了以罗富组为代表的深水盆地相黑色页岩系,发育了一套有机质含量高、类型较好、厚度又大的海相优质烃源岩,其形成与本地区海西期板内拉张裂陷所形成的被动大陆边缘裂谷型盆地演变及相对海平面上升密切相关。

4 区内油气显示及有效烃源岩

本地区海相层系中,除了麻江古油藏和凯里残余油气藏以外,其它地区、层位中也有丰富的油气苗显示,或者含有大量的固体沥青。

首先,在麻江地区陆架桥下二叠统茅口组(P_{1m})白云石化灰岩中有原油浸出,浸出带十几米厚,含油岩石呈花瓣状、砂糖状,黄褐色,较松软,易碎,敲开新鲜面时具较强油性味,原油主要沿后期尚未充填方解石脉的构造裂缝有规律地分布,表明其演化程度不高,浸入时间也不会太早,晚于后期构造裂缝。根据油源对比分析^[22],其与下部栖霞组的深灰色灰岩及碳质页岩具有较好的可比性,而有别于牛蹄塘组的黑色页岩抽提物及麻江古油藏(沥青)、凯里残余油气藏(虎庄47井和洛绵志留系油砂)原油特征。

其次,上寒武统,在丹寨汞矿的采矿坑道中可以观察到其中上部有沥青富集带,厚度为4~10m,含沥青带厚度达40余米,沥青主要赋存在条带状灰岩和块状灰岩的孔洞、构造裂缝和层间裂隙中,以微粒、斑块状、团块状散布于灰岩晶洞孔隙中,或以大小不等囊状、透镜状分布于溶洞、裂缝内,或以似层状、长条状分布于岩石层间、断裂裂隙及其膨大部位,且与汞矿(辰砂)明显共存,氯仿沥青“A”含量为 $(9.16\sim 27.62)\times 10^{-6}$,R_b达2.82%~3.03%,表明演化程度很高。据丹寨汞金矿技术人员介绍(口头交流,2006),该含沥青带向南可以延伸到丹寨南的普安(矿井),长约15km。实际上,笔者再往南延至三都相应层位灰岩裂缝中也观察到充填沥青。可见其当时的含油层位(或古油藏)规模是较大的。另外,该矿山施工坑道过程中,数次出现过天然气浸溢现象,甚至孔口有天然气冒出,延续约一周,点火燃烧瞬间即灭,表明了残留天然气的存在。因此,该层位曾经是重要的含油气层(古油气藏),也是一套优质再生气源。

根据油气(沥青)源精细对比研究结果^[22],下寒武统的优质烃源岩是凯里残余油气藏(虎庄47井和洛绵志留系油砂)、麻江古油藏(沥青)、丹寨古油藏的主力烃源岩;陆架桥剖面栖霞组的深灰色灰岩及碳质页岩与其上部茅口组油苗具有良好的亲缘关系,表明了这些优质烃源岩的生烃潜力和对油气成藏的贡献及有效性。

5 结论

黔东南地区,纵向自震旦系至二叠系均有烃源岩发育,其中早寒武世初期、晚泥盆世早期、二叠纪发育有优质烃源岩,尤其是下寒武统盆地相、斜坡相的黑色页岩发育好,有机质丰度高(TOC普遍大于2%),类型好(偏腐殖型),厚度大,是麻江古油藏及凯里残余油气藏的主力烃源岩。早二叠世的盆地相和瀉湖相中发育的优质烃源岩与同层位中的沥青具亲缘关系,显示自生自储的特点,二叠纪烃源岩对黔中隆起及其周缘地区油气成藏具有重要作用。本地区缺乏扬子地区广泛发育的上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组底部那套优质烃源岩。

参考文献

- [1] 韩世庆,王守德,胡惟元. 黔东南麻江古油藏的发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 1982, 3(4): 316-327.
- [2] 赵志东. 贵州及滇东地区下古生界油气资源评价[J]. 贵州地质, 1984, 1(1): 79-88.
- [3] 刘特民. 黔中何时隆起[J]. 贵州地质, 1987, 10(1): 79-88.
- [4] 梅冥相. 论“黔中隆起”[J]. 贵州地质, 1994, 11(3): 199-206.
- [5] 王守德,郑冰. 中国南方古油藏与油气评价[J]. 海相油气地质, 1997, 2(1): 44-50.
- [6] 郭彤楼,田海芹. 南方中—古生界油气勘探的若干地质问题及对策[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 244-247.
- [7] 赵宗举,朱琰,徐云俊. 中国南方古生界—中生界油气藏成藏规律及勘探方向[J]. 地质学报, 2004, 78(5): 710-720.
- [8] 马力,陈焕疆,甘克文,等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京:地质出版社, 2005.
- [9] 田海芹,郭彤楼,胡东风,等. 黔中隆起及其周缘地区海相下组合与油气勘探前景[J]. 古地理学报, 2006, 22(3): 195-202.
- [10] 滇黔桂油气区石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志: 第十一卷 滇黔桂油气区[M]. 北京:石油工业出版社, 1989.
- [11] 戴金星,王庭斌. 中国大中型天然气田形成条件与油气分布规律[M]. 北京:地质出版社, 1997.
- [12] 马永生,郭旭升,郭彤楼,等. 四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示[J]. 地质论评, 2005, 51(4): 477-480.
- [13] 许靖华,孙枢. 寒武纪生物爆发前的海洋[J]. 地质科学, 1986(1): 1-10.
- [14] Conway M S. The Burgess shale faunas and the Cambrian explosion[J]. Science, 1989, 246: 339-346.
- [15] Steiner M, Wallis E, Erdtmann B D, et al. Submarine-hydrothermal exhalative ore layers in black shales from South China and associated fossils—Insights into a lower Cambrian facies and bio-evolution[M]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2001, 169: 165-191.

- [16] 姜月华,岳文浙,业治铮. 华南下古生界缺氧事件与黑色页岩及有关矿产[J]. 有色金属矿产与勘查,1994,3:272-278.
- [17] 李胜荣,高振敏. 湘黔寒武系底部黑色岩系贵金属元素来源示踪[J]. 中国科学,2000,30(2):169-174.
- [18] 腾格尔,刘文汇,徐永昌,等. 缺氧环境及地球化学判识标志的探讨——以鄂尔多斯盆地为例[J]. 沉积学报,2004,22(2):365-372.
- [19] 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,2006,4(28):359-365.
- [20] 赵孟军,赵陵,张水昌,等. 南盘江盆地主要烃源岩地球化学特征研究[J]. 石油实验地质,2006,28(2):162-167.
- [21] 梅冥相,马永生,戴少武,等. 南盘江盆地晚古生代盆地充填序列特征及生储盖组合划分[J]. 现代地质,2001,15(1):74-82.
- [22] 张渠,腾格尔,张志荣,等. 凯里—麻江地区油苗与固体沥青的油源分析[J]. 地质学报,2007,81(8):1118-1124.

编辑:金顺爱

Spatiotemporal Distribution of Sinian-Permian Excellent Marine Source Rocks in Southeastern Guizhou Province

Tenger, Qin Jianzhong, Zheng Lunju

Abstract: Good prospecting of nature gas exists in Sinian-Permian marine sedimentary formations in Central Guizhou Uplift and its adjacent areas but complex geological conditions and low degree of exploration are faced. Three series of excellent source rocks including lower Cambrian, upper Devonian and Permian ones are discovered. Lower Cambrian excellent source rock that are black shale of basinal facies or slope facies are characterized by high abundance of organic matter (generally $TOC \geq 2.0\%$), good type of organic matter (sapropel type), large thickness and extensive distribution of source rock, which is the main source rocks of Lower Palaeozoic paleo-reservoirs in Majiang and Kaili anticlines. Excellent Permian basinal-lagoonal source rock is well correlated with the Permian oil seepages in Majiang area. Excellent source rocks formed and locally distributed at the bottom of the Upper Devonian rock in Dushan section. No excellent Ordovician-Silurian source rocks are distributed except the widespread excellent Upper Ordovician-Lower Silurian black shale in Yangtze region.

Key words: Sinian; Paleozoic; Source rocks evaluation; Source rocks evaluation distribution; Marine formation; Southeastern Guizhou

Genger: male, Doctor, Senior Geologist. Add: Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SEPRI, 210 Huiqian Rd., Wuxi, Jiangsu, 214151 China