

贵州南部中泥盆统油气地质条件及成藏史分析

王津义¹, 王彦青¹, 彭金宁¹, 刘光祥¹, 高林²

(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 214126;

2. 中国石油化工股份有限公司勘探南方分公司 成都 610041)

摘要: 贵州南部槽盆相沉积的中泥盆统独山组泥质烃源岩分布广泛, 有机质丰度高, 有机碳含量平均 3.02%, 干酪根显微组分显示以 II₁ 型为主, 少量为 I 型, 显示极好的生烃条件。碳酸盐岩和砂岩储层晶间、粒间孔隙及裂缝均十分发育, 储集性能较好。盖层广泛分布, 保存完好, 具有较强的封盖性。油气显示表明, 中泥盆统碳酸盐岩储层及砂岩储层中, 均可见到不均匀有机质浸染或沥青充填。独山组中包裹体均一温度显示, 该区具有两期油气充注。泥盆纪末期, 贵州南部正处于紫云运动的抬升隆起区, 成为早石炭世生油高峰阶段油气充注的有利区域, 油气沿断裂向台地、台地边缘礁滩相灰岩储层及滨岸相砂岩储层运聚, 可形成一定规模的油气藏。

关键词: 泥质烃源岩; 油气组合; 油气显示; 成藏史; 独山组; 中泥盆统; 贵州南部

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Petroleum geologic conditions and accumulation history of Middle Devonian, southern Guizhou province

Wang Jinyi¹, Wang Yanqing¹, Peng Jinning¹, Liu Guangxiang¹, Gao Lin²

(1. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China;

2. SINOPEC Exploration Southern Company, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: In the Dushan Formation of the Middle Devonian in the southern Guizhou province, the mudstone source rocks of trough-basin facies are widespread with high organic abundance. The average organic carbon content is 3.02%. Most of the kerogens are of type II₁, and some are of type I, indicating for excellent hydrocarbon generation conditions. In carbonate and sandstone reservoirs, intergranular, intergranular pores and cracks develop well. Cap rocks distribute widely and are preserved well, indicating for strong sealing capacity. Petroleum shows prove that, in both carbonate and sandstone reservoirs in the Middle Devonian, uneven organic matter or asphalt infillings can be found. The homogenization temperatures of fluid inclusions in the Dushan Formation show that the study area has experienced 2 phases of hydrocarbon charging. At the end of Devonian, the southern Guizhou province was the uplifting area of the Ziyun Movement, hence was favorable for petroleum charging during the early Carboniferous. Petroleum migrated along cracks to the reef flat limestone reservoirs and the littoral sandstone reservoirs in platforms and platform edges.

Key words: mudstone source rock; petroleum accumulation assemblage; petroleum show; accumulation history; Dushan Formation; Middle Devonian; southern Guizhou province

泥盆纪早期, 贵州南部受垭紫罗断裂带活动的影响(图 1)^[1], 发生大型裂隙, 形成黔南裂隙槽, 在裂隙槽内沉积发育了巨厚的泥盆系。泥盆纪中期, 镇宁—王佑—平塘一线以南, 整体仍处于裂隙沉积的鼎盛时期。在沉积中心, 中泥盆统独山组(D₂d)黑色泥页岩十分发育, 呈北西走向分布, 沉积厚度一般为 100~250 m; 有机碳丰度高, 平均 3.02%,

属好的烃源岩^[2]。岩石薄片分析, 中泥盆统灰岩储层晶间局部被不均匀有机质浸染或沥青充填; 岩石压溶缝呈网状分布, 沿裂缝可见少量沥青质充填, 并浸染周边晶体。盖层以中上泥盆统泥灰岩、泥岩及下石炭统泥岩及二叠系泥岩为主, 其中台盆、台洼相沉积的下二叠统栖霞组(P₁q)和上二叠统龙潭组(P₂l)泥质岩类在黔南地区广泛发育, 可

收稿日期: 2012-06-05; 修订日期: 2013-01-21。

作者简介: 王津义(1957—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事油气地质综合研究。E-mail: wangjy.syky@sinopec.com。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科技项目(P04038)和中国石油化工股份有限公司勘探南方分公司科技攻关项目(G0800-10KK-137)资助。

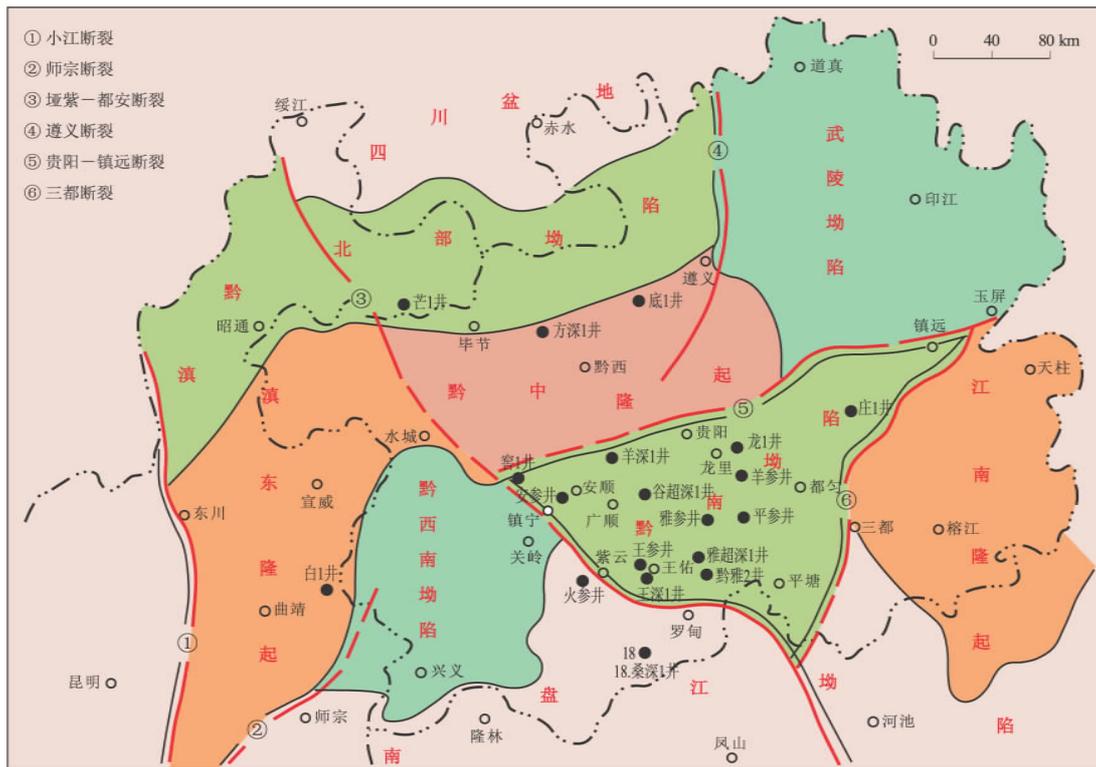


图1 贵州南部构造区划及井位分布^[1]

Fig.1 Tectonic units and well locations in southern Guizhou province

作为有效的区域盖层。该区形成了一套中泥盆统独山组单层厚度大于 50 m 的黑色泥页岩(生)、中泥盆统独山组生物礁灰岩、溶蚀孔洞灰岩和上泥盆统砂岩、溶孔灰岩厚度大于 100 m(储)、下石炭统泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩夹泥灰岩厚度大于 150 m 及二叠系泥质岩类(盖)的良好生、储、盖组合^[3]。

1 中泥盆统烃源岩

1.1 烃源岩剖面特征

(1) 漫滩剖面。中泥盆统独山组黑色泥页岩主要发育在贵州西南部,在广顺漫滩剖面可见到大套槽盆相沉积的黑色泥页岩,出露达 3~5 km,分布范围广,产状一般为 100°∠25°,厚 50~180 m,单层最大厚度大于 50 余 m,显示了该套烃源岩极好的生烃条件(图版 a、b)。

(2) 龙里剖面。在贵阳龙里,中泥盆统独山组暗色泥页岩由槽盆相沉积相变为滨浅海相沉积,岩性相变为砂泥岩互层,泥页岩最大单层厚度明显小于漫滩剖面,单层最大厚度仅为 1.5 m,一般厚度为 0.1~1.2 m,平均厚度小于 1 m,泥页岩厚约 25 m(图版 c)。

贵州南部独山组泥页岩主要分布于镇宁—王佑—平塘以南地区,泥页岩厚度 100~250 m。其

中,紫云—长顺一带厚度大于 180 m,分布稳定。该套泥页岩在关岭—紫云—罗甸一线以南属槽盆相沉积,宏观上为一套好的烃源岩^[4]。

1.2 烃源岩地化特征

在广顺漫滩,独山组黑色泥页岩有机碳含量一般为 0.32%~4.86%,平均 3.02%,有机质丰度高,属好的烃源岩(表 1)。在漫滩剖面北东钻探的谷超深 1 井中泥盆统泥页岩有机碳含量达 1.29%,厚度大于 84 m,属好的烃源岩。贵阳龙里独山组灰色泥页岩有机碳含量一般为 0.14%~0.62%,平均为 0.33%,属于一般烃源岩。根据干酪根显微组分分析,该地区中泥盆统泥页岩干酪根类型指数(TI)为 56.30%~61%,属 II₁型干酪根。其中腐泥组占 75%~77.70%,镜质组占 25%~22.30%。碳同位素分析,泥页岩分布区间为 -25.5‰~-30.82‰,类型判别以 II₁型为主,少量为

表 1 贵州南部中泥盆统独山组烃源岩地化分析数据
Table 1 Geochemical analysis of source rocks in Dushan Formation, Middle Devonian, southern Guizhou province

剖面	岩性	ω(TOC) / %	氯仿沥青 "A" / 10 ⁻⁶	厚度 / m
广顺漫滩	黑色泥页岩	0.32~4.86	9~33 15(3)	50~180
		3.02		
贵阳龙里	灰色泥岩	0.14~0.62	9~33 15(3)	25
		0.33		

注:表中分式意义为:最小值~最大值/平均值(样品数)。

I型。烃源岩评价属于好的烃源岩。独山组泥页岩氯仿沥青“A”含量均较低,平均小于 15×10^{-6} ,可能与烃源岩演化程度较高有关(表1),这与黔雅2井中泥盆统黑色泥页岩—深灰色泥灰岩 R_o 值达4.041%~4.68%,所显示的该套烃源岩已处于过成熟演化阶段一致^[5-7]。

2 中泥盆统储层

中泥盆世中晚期,在贵州中部即上扬子古陆周围的贵阳龙里及福泉一带为滨岸相区,主要沉积了一套石英砂岩;在贵州中南部长顺—平塘—独山一线则为开阔台地相沉积区,沉积了中厚层块状灰岩,灰岩中溶蚀孔隙发育(图版d);在贵州南部开阔海台地相与槽盆相衔接部位发育了台地边缘相,沉积发育了生物礁相灰岩、礁滩相灰岩,岩性主要以塔状生物礁灰岩及生物碎屑灰岩为特征(图版e)。

2.1 碳酸盐岩储层

根据台地、局限台地、台地边缘生物礁相储层物性分析,表2显示以局限台地相沉积的白云岩储层物性最好,台地边缘相沉积的生物礁储层物性次之。如独山剖面白云岩储层孔隙度分布为0.81%~9.01%,平均为5.80%;渗透率分布为(0.09~32.50) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $27.30 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙物性均较好。独山剖面生物礁储层平均孔隙度较低,仅为1.65%,但平均渗透率可达 $8.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率是生物礁相储层中最好的。在广顺漫滩生物礁相储层中,平均孔隙度为3.00%,平均渗透率为 $4.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层性能与独山生物礁储层一致。碳酸盐岩类储层在独山—平塘—惠水一带沉积厚度最大,一般大于600 m^[8-9]。

中泥盆统灰岩岩石类型可分为中—厚层块状灰岩、厚层状砂屑、藻屑、藻团块及核形石灰岩、砂砾屑灰岩、白云质灰岩和各类白云岩;生物礁灰岩的岩石类型可分为含生屑、生屑灰岩及层孔虫、珊

瑚生物灰岩、生物礁灰岩等。在碳酸盐岩储层中,灰岩多为粉晶结构,局部细—中粗晶结构,岩石被不同程度白云岩化,具弱溶蚀现象,形成较多溶蚀微孔,面孔率为1%~1.5%左右。其中,局部灰岩和生屑灰岩的白云石晶间孔、生物体腔孔和溶孔较发育,面孔率为2%~3%,最大达4%~5%不等。广顺漫滩中泥盆统粒屑白云岩的岩石成分主要为残余粒屑结构、不等晶结构,岩片中则以不等晶半自形白云石为主,局部见有机质浸染。铸体分析,岩石中晶间孔隙及裂缝发育(图版f、g),具有较好储集性能。铸体主要充填晶间孔隙,少许晶粒铸体呈晶内溶蚀孔隙充填,铸体分布不均匀,部分晶间铸体呈浸染状,喉道呈片状、收缩状。有数条铸体充填的裂缝发育,裂缝呈平缓延伸,其中一条铸体充填裂缝延伸较长,裂缝最宽处约为0.10 mm,岩片面孔率为1.50%左右^[10]。

上泥盆统灰岩储层岩性主要为局限台地相沉积的白云岩和生物碎屑灰岩,由于白云岩化及溶蚀作用,使得岩石中白云岩晶间孔和各类次生溶蚀孔隙较发育,岩石面孔率多在2%~3%,基块孔隙度在5%左右或大于5%,局部面孔率为10%,孔隙中多有不同程度的沥青充填。

2.2 砂岩储层

滨岸相沉积的中泥盆统砂岩储层岩石类型为浅灰—灰褐色石英砂岩,包括砾状砂岩、砂岩、细砂岩、粉砂岩等,以粉砂岩—细砂岩为主。砂岩类储层孔隙度为0.32%~8.78%,平均6.24%,渗透率为(0.19~3.90) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $2.55 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。根据钻井岩心物性分析,其中雅超深1井中泥盆统10个石英砂岩岩心样品物性统计,孔隙度在0.52%~3.75%,平均仅1.60%,平均渗透率小于 $0.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,钻井岩心物性揭示均属低孔、低渗性能(表3)。

岩片分析,贵定龙里中泥盆统砂岩以细砂结构为主,分选较好,嵌晶—孔隙式胶结为主;岩石中以

表2 贵州南部中泥盆统碳酸盐岩储层物性

Table 2 Physical property of carbonate source rocks in Middle Devonian, southern Guizhou province

剖面	层位	岩性	孔隙度/%		渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$		厚度/m
			范围	平均	范围	平均	
广顺漫滩	D ₂ d	粒屑白云岩	2.35~3.49	2.92	0.89~1.17	1.03	455
	D ₂ d	生屑灰岩	1.53~2.15	1.84	0.35~3.00	1.68	253
	D ₂ d	生物礁灰岩	1.58~4.42	3.00	0.36~8.65	4.51	
安顺猫营	D ₃	生物碎屑灰岩	0.81~9.01	1.78	4.60~13.10	6.50	110
独山	D ₂ d	生物礁灰岩	0.81~4.52	1.65	3.30~11.47	8.56	145
	D ₂ d	生屑灰岩	2.10~7.35	4.26	2.90~17.30	7.20	
	D ₂ d	白云岩	3.05~8.37	5.80	12.50~32.50	27.30	96
平塘	D ₂ d	生屑灰岩、礁灰岩	2.47~2.90	2.69	0.09~4.65	2.37	235

表 3 贵州南部中泥盆统砂岩储层物性

Table 3 Physical property of sandstone source rocks in Middle Devonian, southern Guizhou province

剖面或钻井	岩性	层位	孔隙度/%		渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$		厚度/m
			范围	平均	范围	平均	
贵阳乌当	砂岩	D ₂ d	1.33~4.74	3.03	1.20~3.90	2.55	115
贵定龙里	砂岩	D ₂ d	3.63~8.78	6.24	0.19~1.13	0.64	135
谷超深 1 井	砂岩	D ₂ d	0.83~2.78	1.25		<0.3	249
雅超深 1 井	砂岩	D ₂ d	0.52~3.75	1.60		<0.3	453
王深 1 井	砂岩	D ₂ d	0.32~3.75	1.50		<0.3	487

石英为主,其次为长石、岩屑,部分石英具有次生加大作用,孔隙发育较好。铸体分析,岩石中孔隙发育较好,多为粒间溶蚀孔隙(图版 h),并有裂缝穿插。铸体多呈团块状分布,少量粒间铸体孔隙边缘见残余有机质,部分颗粒及胶结物铸体呈浸染状,喉道呈收缩状、片状,局部喉道呈半连通状,岩片面孔率达 8.55%,为具有较好储集性能的储层。

3 盖层分析

3.1 盖层

直接盖层为中泥盆统上部泥质岩类盖层,岩性一般为泥岩、粉砂质泥岩、砂质泥岩等碎屑岩类,主要为非均质泥岩盖层,局部为较均质盖层,厚 400~600 m,横向变化大,分布面积广,往南逐渐增厚,最厚可达 700 余 m。钻井揭示区内谷增、王佑地区盖层条件相对较好,为较均质泥质岩盖层,且厚度相对较大。据谷超深 1 井、黔雅 2 井岩心测试,较均质泥岩孔隙度为 0.83%~1.33%,砂质泥岩孔隙度为 2.4%,渗透率为 $(0.37 \sim 1.73) \times 10^{-6} \mu\text{m}^2$ 和 $1.46 \times 10^{-6} \mu\text{m}^2$,排驱压力为 18.70~29.86 MPa 和 11.85 MPa,反映中泥盆统上部泥岩类盖层长期处于持续沉降埋藏的演变过程,仍具备封盖油气的良好条件。尤其是谷超深 1 井、雅超深 1 井和王深 1 井在多个井段录井显示了气测异常。如王深 1 井在 D₂ 井段,井深 720~830 m 气测后效全烃达 4%;井深 1 852.4~1 854.3 m 放空井段,泥浆槽面出现较多小气泡,占槽面 30% 左右,气测无异常;3 680.0~3 730 m 泥浆槽面出现密集小气泡,占槽面 90%,气测无异常。测井结果均为气显示层,表明该套盖层具有一定的封闭能力。

间接盖层主要为下石炭统泥岩和二叠系泥质岩类,其中下石炭统大塘组(C₁d),在贵阳乌当、偏坡、龙里芝麻乡等地,岩性为碳质泥岩、泥岩和泥质粉砂岩、砂岩互层,属滨岸沼泽相沉积,泥岩累计厚度 1.5~30 m,夹多层煤线。在独山—平塘地区,该套泥岩属滨浅海—沼泽相沉积,岩性以黑色泥岩

与粉砂岩、砂岩互层为主,黑色泥岩最大单层厚度可达 6~7 m,泥岩累计厚度达 30~45 m,可作为良好的盖层。二叠系泥岩盖层在全区均有分布,其中下二叠统梁山组沉积了一套黑色泥页岩、夹煤层,一般厚 5~27 m,属陆棚相或滨岸沼泽相沉积。下二叠统栖霞组早期沉积了一套黑色页岩、灰黑色泥灰岩,一般厚度大于 50 m,属栖霞初期远滨相沉积,该套页岩全区发育稳定,广泛分布,可以组成原始、广泛、稳定的沉积盖层,具有较强的封盖性。上二叠统龙潭组泥岩盖层,主要分布在贵州西南部,以安顺凹陷保存厚度最大;岩性以泥岩、粉砂质泥岩、泥灰岩为主。据盖层突破压力分析,该套泥岩在安顺、贵定地区突破压力达 11.006~18.074 MPa,气柱高度 1 100.63~1 807.45 m,泥岩盖层达到 I、II 类封闭良好型盖层。据窑 1 井、安参井钻井资料统计,该套泥质岩类盖层厚度达 300~700 m,可作为良好的局部盖层^[11-12]。

3.2 成岩阶段

伊利石结晶度指标划分成岩演化阶段的基本标准是伊利石结晶度值小于 0.2° ($\Delta 2\theta$) 的岩石划归浅变质带;小于 0.42° 的岩石划归近变质带;小于 0.50° 的岩石划归成岩晚期;小于 0.60° 的岩石划归成岩中晚期,大于 0.60° 的岩石划归浅于成岩阶段中期。借鉴该标准并结合粘土矿物 X 衍射测试分析(表 4) 结果本区成岩矿物演化程度的主要特点为,泥盆系、石炭系伊利石结晶度小于 $0.47 \sim 0.51$,混层比小于 20,二叠系伊利石结晶度小于 $0.50 \sim 0.51$,混层比小于 15,岩石演化均处于成岩作用中晚期阶段,表明它们均具有较好的封盖能力^[12-15]。

4 油气显示及成藏史分析

4.1 油气显示

在独山大河中泥盆统灰岩裂缝、裂隙中,可见到大量的沥青充填,在打开的新鲜层面上,用手触摸染手,含沥青灰岩厚 2~3 m(图版 i,j);在中泥盆统生物礁灰岩中,岩石薄片显示,独山组生物礁

表 4 贵州南部粘土矿物 X 衍射测试分析数据
Table 4 X-ray diffraction test data of clay minerals in southern Guizhou province

层位	岩性	伊利石 / %	高岭石 / %	绿泥石 / %	伊 / 蒙混层 / %	绿 / 蒙混层 / %	混层比 S / %
P ₂	灰绿色泥岩	27	14	21	28	10	15
P ₂	灰质泥岩	51	17	6	26		15
P ₂	灰色泥岩	37	4	9	45	5	15
P ₂	灰色灰泥岩	18		1	74	7	10
P ₂ l	灰绿色泥岩	57	8	21	14		10
P ₂ l	灰绿色泥灰岩	52	5	15	28		10
P ₂ l	灰绿色泥岩	31	6	15	48		15
C ₁	黑色泥岩	51	3	1	45		15
C ₁	灰黑色泥岩	16	28	4	52		20
D ₂	黑色泥页岩	47	11	8	34		15
D ₂	黑色泥页岩	77	1		22		10

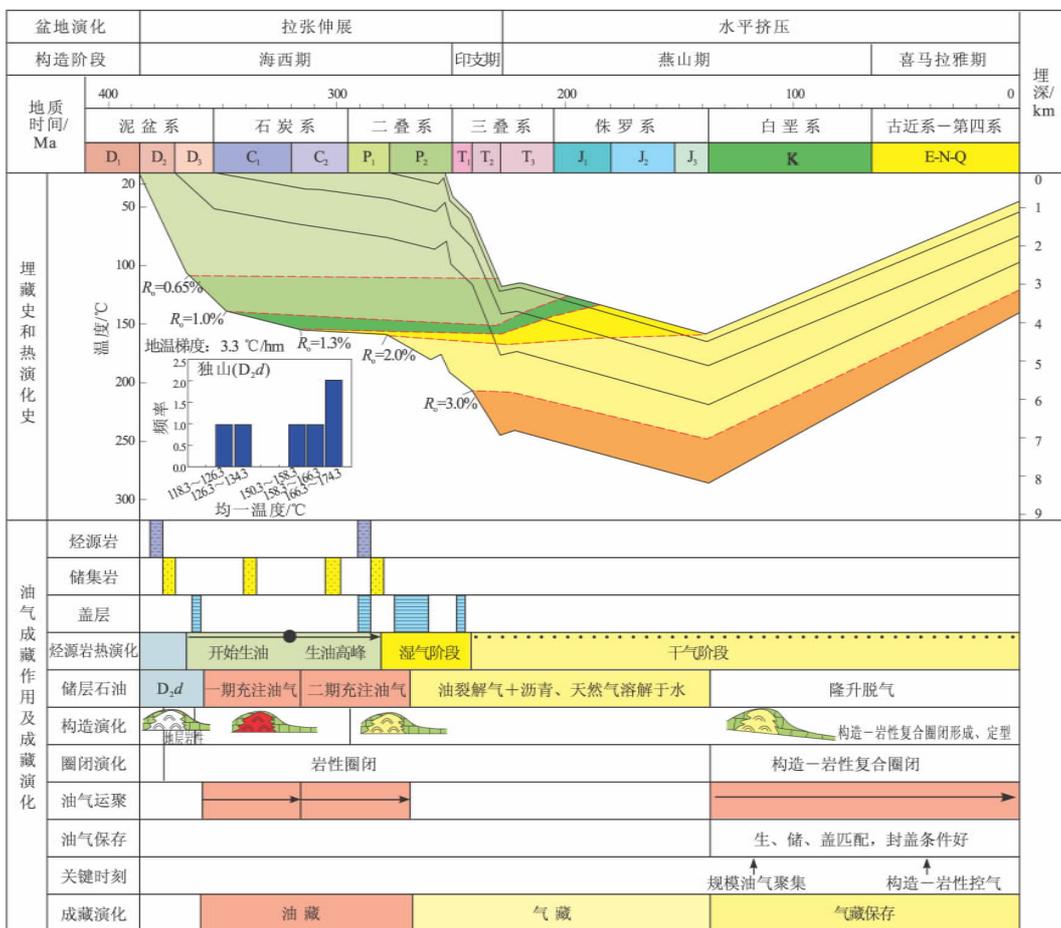


图 2 贵州南部中泥盆统热演化史

Fig. 2 Thermal evolution history of Middle Devonian in southern Guizhou province

灰岩呈珊瑚礁结构或残余生物骨架中晶结构,珊瑚体呈斑块分布,岩石具强烈白云石化,白云石主要呈自形细晶,在珊瑚体间分布,少许为粉晶分布于珊瑚空腔中,局部被不均匀有机质浸染或沥青充填(图版 k)。岩石中发育压溶缝,呈网状分布,沿缝可见少量沥青质充填晶间,并浸染周边晶

体^[16](图版 l)。

4.2 成藏史分析

贵州南部构造埋深史显示,海西早期快速沉降、中期缓慢沉降、晚期快速沉降、印支期加速沉降、燕山期以来快速抬升,最大埋深可达 8 000 余 m。热演化史分析,该地区中泥盆统烃源岩在晚泥

盆世早期达到生油门限,早石炭世进入生油高峰阶段,早石炭世末期进入生凝析气阶段,石炭纪晚期以生干气为主(图 2)^[17]。独山组包裹体均一温度显示,具有 2 期油气充注,第 1 期在早石炭世生油高峰阶段,第 2 期在晚石炭世至早二叠世生凝析气阶段。储层为独山组台地或台地边缘生物礁相灰岩;盖层为中上泥盆统泥岩、下石炭统泥岩及二叠系泥岩、泥灰岩。从盖层条件看,台盆相沉积的上二叠统龙潭组泥质岩类在本区广泛发育,可作为有效的区域盖层。泥盆纪末期,贵州南部正处于紫云运动的抬升隆起区,也是第 1 期早石炭世生油高峰阶段油气充注期的有利区域,油气运聚沿着油源断裂向台地、台地边缘生物礁相灰岩储层及滨岸相砂岩储层运聚,可形成一定规模的油气藏^[18-19]。

5 结论

1) 独山组黑色泥页岩以槽盆相沉积为主,泥质烃源岩分布广泛,单层厚度大(大于 50 余 m);有机碳含量平均 3.02%,有机质丰度高;干酪根显微组分显示以 II₁ 型为主,少量为 I 型,显示了极好的生烃条件。

2) 发育多套储层,测试分析表明,不论是碳酸盐岩还是砂岩储层,晶间、粒间孔隙及裂缝均十分发育,储集性能较好。

3) 盖层发育保存完好,其中下石炭统滨浅海—沼泽相泥岩在贵州南部地区最发育,可作为良好的盖层;下二叠统远滨相页岩、泥灰岩全区发育稳定,广泛分布,可以组成有效的盖层,具有较强的封盖性。上二叠统台盆相泥岩,主要分布在贵州西南部,以安顺凹陷保存厚度最大,达到 I、II 类封闭良好型盖层。

4) 中泥盆统灰岩储层及裂缝、裂隙中均见有大量的沥青充填,含沥青层厚度 2~3 m,独山组生物礁灰岩薄片显示,礁灰岩具珊瑚礁结构或残余生物骨架中晶结构,岩石具强烈白云石化,在珊瑚体间、岩石裂缝间均被不均匀有机质浸染或沥青充填。

5) 独山组灰岩包裹体均一温度显示,该地区具有 2 期油气充注。泥盆纪末期,贵州南部正处于

紫云运动的抬升隆起区,也是第 1 期早石炭世生油高峰阶段油气充注的有利区域,油气沿着油源断裂向台地、台地边缘生物礁相灰岩储层及滨岸相砂岩储层运聚,可形成一定规模的油气藏。

参考文献:

- [1] 周雁, 埡都—紫云—罗甸断裂带及其对两侧盆地成藏条件影响研究[R]. 成都: 中国石化勘探南方分公司, 2008.
- [2] 曾宪斌, 张静华, 金惠, 等. 中国主要气区海相沉积层序特点与大中型气田分布规律[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 325-329.
- [3] 陈洪德, 覃建雄, 田景春, 等. 中国南方古生界层序格架中的生储盖组合类型及特征[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 62-69.
- [4] 梁狄刚, 郭彤楼, 陈建平, 等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(一): 南方四套区域性海相烃源岩的分布[J]. 海相油气地质, 2008, 13(2): 1-16.
- [5] 蔡勋育, 韦宝东, 赵培荣. 南海相烃源岩特征分析[J]. 天然气工业, 2005, 25(3): 20-24.
- [6] 张水昌, 张宝民, 边立曾, 等. 中国海相烃源岩发育控制因素[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 39-48.
- [7] 陈践发, 张水昌, 鲍志东, 等. 海相优质烃源岩发育的主要影响因素及沉积环境[J]. 海相油气地质, 2006, 11(3): 49-54.
- [8] 陈洪德, 福喜, 徐胜林, 等. 中上扬子地区碳酸盐岩储层发育分布规律及主控因素[J]. 矿物岩石, 2009, 29(4): 7-9.
- [9] 陆亚秋, 龚一鸣. 海相油气区生物礁研究现状、问题与展望[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2007, 32(6): 871-878.
- [10] 罗平, 张静, 刘伟, 等. 中国海相碳酸盐岩油气储层基本特征[J]. 地学前缘, 2008, 15(1): 36-50.
- [11] 何治亮, 汪新伟, 李双建, 等. 中上扬子地区燕山运动及其对油气保存的影响[J]. 石油实验地质, 2011, 33(1): 1-11.
- [12] 周雁, 金之钧, 朱东亚, 等. 油气盖层研究现状与认识进展[J]. 石油实验地质, 2012, 34(3): 234-245.
- [13] 刘光祥, 沃玉进, 潘文蕾, 等. 中上扬子区海相层系流体特征与油气保存条件[J]. 石油实验地质, 2011, 33(1): 17-21.
- [14] 刘伟新, 承秋泉, 范明, 等. 压力封盖和异常压力系统研究[J]. 石油实验地质, 2011, 33(1): 74-80.
- [15] 王津义, 付孝悦, 潘文蕾, 等. 黔西北地区下古生界盖层条件研究[J]. 石油实验地质, 2007, 29(5): 477-481.
- [16] 肖开华, 沃玉进, 周雁, 等. 中国南海相层系油气成藏特点与勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 316-325.
- [17] 白森舒, 彭金宁, 刘光祥, 等. 黔南安顺凹陷油气成藏特征及勘探潜力分析[J]. 石油实验地质, 2013, 35(1): 24-28.
- [18] 蔡立国. 中国南海相油气勘探主要研究方向[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 634-636.
- [19] 金之钧. 中国海相碳酸盐岩层系油气勘探特殊性问题[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 15-22.

图版



a,b. 贵州南部广顺漫滩独山组黑色泥页岩, 最大单层厚度大于50 m

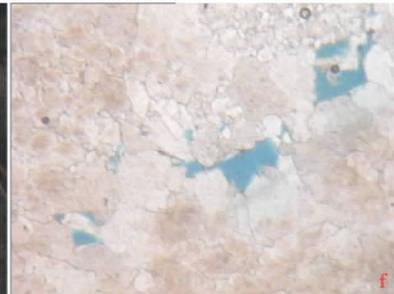
c. 贵州南部龙里独山组灰黑色泥岩、粉砂质泥岩及粉砂岩、砂岩互层



d. 贵州南部平塘—独山一带中泥盆统台地相灰岩溶孔



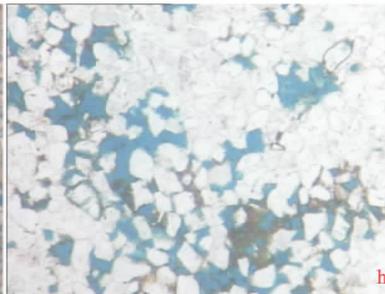
e. 贵州南部广顺漫滩中泥盆统生物礁灰岩



f. 贵州南部广顺漫滩中泥盆统粒屑白云岩, 岩石中晶间孔隙及裂缝发育 (放大倍数10×5)



g. 贵州南部广顺漫滩中泥盆统粒屑白云岩, 岩石中晶间孔隙及裂缝发育 (放大倍数10×5)



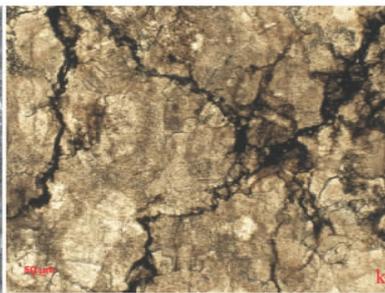
h. 贵州南部龙里中泥盆统砂岩, 岩石中孔隙发育较好, 多为粒间溶蚀孔隙 (放大倍数10×5)



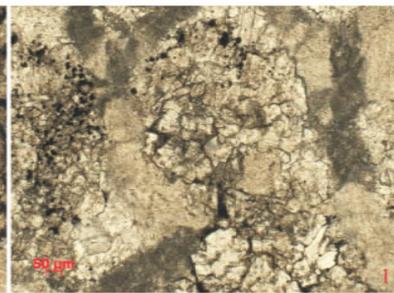
i. 贵州南部独山大河独山组灰岩露头剖面的沥青显示



j. 贵州南部独山大河独山组灰岩露头剖面的沥青显示



k,l. 贵州南部独山大河独山组生物礁灰岩薄片中的沥青充填 (放大倍数10×5)



(编辑 徐文明)