

陆良盆地上第三系未熟烃源岩特征及生物气成因分析

罗槐章*

(滇黔桂石油勘探局勘探开发研究院)

罗槐章. 陆良盆地上第三系未熟烃源岩特征及生物气成因分析. 天然气工业, 1999; 19(5): 21~ 26

摘 要 云南陆良盆地面积为 325 km², 盆地内上第三系烃源岩有机物丰度高, 通过对有机碳含量、氯仿沥青“ A” 和总烃含量、热解生油潜量进行分析, 认为绝大多数烃源岩样品已达生油岩标准; 通过对岩石热解参数、干酪根稳定同位素和元素组成、煤样组成、族组成和正构烷烃的研究, 认为有机质类型绝大多数都属于 II_B 型; 通过对镜质体反射率及正烷烃与族组成的研究, 认为该盆地烃源岩属于未成熟阶段; 参照国内外学者普遍采用的生物气划分标准, 把陆良盆地上第三系天然气划定为生物气。在此基础上, 讨论了该盆地生物气形成的 3 个主要条件: ①草本腐殖型有机质含量丰富; ②水化学特征是还原状况下低矿化度; ③地温梯度为 3.66 ℃/ 100 m, 地面温度 20 ℃。

主题词 云南 陆良盆地 上第三系 气源岩 特征 生物气 成因

基本地质特征

陆良盆地位于云南省东部, 盆地长 33.5 km, 东西宽 5~ 15 km, 面积 325 km²。区域构造属扬子准

地台滇东台褶带, 东靠召垮凸起, 西临马长湖凹陷, 为一叠置于古生界及下第三系之上的晚第三纪断陷箕状湖泊沉积—构造残留盆地。盆地在沉积发育期与北部越州、曲靖两盆地为同一沉积盆地, 晚第三纪

造为主。王营负花状构造与东梁正花状构造毗邻, 说明它们可以在同一构造带生成, 因为形成的力学机制相同, 不同可能是其它因素的复合作用。

(2) 王营纯水动力圈闭裂隙型气藏规模虽小, 但证据确凿, 是一种新的气藏类型。

(3) 阜新盆地属郯庐断裂带范畴, 不能排除该类断陷盆地中有幔源氦气积聚成藏的可能。

2. 问题

沿郯庐断裂带形成的幔源无机成因气藏具有 CH₄ 含量低, He、CO₂ 高^[3,4], 且都为无机成因。该气藏 CH₄ 含量高, He、CO₂ 低, CO₂ 多为有机成因。出现此问题的原因尚待进一步研究。

研究中得到中国石油天然气总公司周兴熙, 阜新矿务局李翰忠、赵德源、肖跃东、于春, 王营矿张宪国、杨振奎等先生的指导和帮助, 关馨女士编绘了图件, 在此一并致谢。

参 考 文 献

1 T P Harding. Seismic characteristics and identification of

negative flower structures, positive flower structures and positive structural inversion. AAPG Bulletin, 1985; 69: 582 ~ 600

2 李思田主编. 断陷盆地分析与煤聚积规律. 北京: 地质出版社, 1988

3 陶明信等. 中国东部幔源气藏聚集带的大地构造与地球化学特征及成藏条件. 中国科学(D 辑), 1996; 26(6)

4 戴金星. 中国含油气盆地的无机成因气及其气藏. 天然气工业, 1995; 15(3)

5 钱凯, 赵庆波, 汪泽成等编著. 煤层甲烷气勘探开发理论与实验测试技术. 北京: 石油工业出版社, 1996

6 戴金星, 裴锡古, 戚厚发主编. 中国天然气地质学(卷一). 北京: 石油工业出版社, 1992

7 沈照礼主编. 水文地球化学基础. 北京: 地质出版社, 1986

8 A. 罗兹考夫斯基等著, 张人权等编译. 同位素方法在水文地质中的应用. 北京: 地质出版社, 1983

9 陈荣书等. 天然气地质学. 武汉: 原武汉地质学院出版社, 1986

(收稿日期 1998- 10- 19 编辑 居维清)

* 罗槐章, 1946 年生, 高级工程师, 1970 年毕业于西南石油学院勘探系石油地质专业, 长期在滇黔桂地区从事石油地质工作, 有十余篇文章在多种刊物上发表。地址: (650200) 云南昆明市关上双桥路石油勘探开发研究院。电话: (0871) 7173540-43146。

末整体抬升,遭受剥蚀而成为现今3个串珠状分布的盆地。

陆良盆地老地层为前震旦系、震旦系、泥盆至二叠系,缺失下古生界及中生界。盆地东界大断裂自燕山期以来一直活动,控制了该盆地的形成和演化。盆地沉积物以上新统为主,最大沉积厚度2 000 m左右,第四系则广泛分布,不整合于上新统之上。

根据地震资料及地质综合研究,按构造组合、圈闭类型组合、地震异常分布及展布关系,初步将盆地划分为四个次级构造单元:东部断阶带、中部凹陷带、北部和西部斜坡带。受盆地东界断裂持续活动的影响,盆地内部断裂的发育具明显的继承性。与盆地发育过程伴生的主要是一系列张性正断层,在盆地西部多表现为西倾的反向正断层,而在盆地东部则为与东侧边界大断裂伴生的补偿性东倾正断层。

在盆地中钻遇的上第三系上新统分三段。第一段(N_2^1)上部在盆地东南部以钙质泥岩、泥岩为主,夹薄层粉砂岩及泥质粉砂岩,盆地西北部为浅灰色钙质粉砂岩夹炭质泥岩及褐煤层;底部主要为灰质角砾岩、褐煤及杂色泥岩,与下伏地层为不整合接触。第二段(N_2^2)主要为泥岩与粉砂岩不等厚互层,向南含砂量减少,北部出现鲕粒层、细砂岩与褐煤、炭质泥岩组成的韵律层;本段为盆地主要含气层段。第三段(N_2^3)为泥岩、钙质泥岩夹粉砂岩。第四系为角砾岩、粉砂岩、细砂岩与泥岩互层,夹褐煤及螺化石,与下伏上新统不整合接触。

陆良盆地上新世以浅湖一半深湖相沉积为主,局部有河流—三角洲平原相、三角洲前缘—滨湖沼泽相沉积,纵向上呈粗—细—粗的沉积旋回,形成了完整的生(N_2^1)储(N_2^2)盖(N_2^3)组合。

上第三系烃源岩特征

1. 有机质丰度

(1) 有机碳含量

陆良盆地8口井122个泥岩样品有机碳频率分布见图1,平均值为1.04%,众数值为0.74%,绝大多数样品属较好生油岩,少部分样品已达到好生油岩。

(2) 氯仿沥青“A”和总烃含量

从71个氯仿沥青“A”数据所编制的频率直方图上可以看出(图2),众数值为0.016%,平均值为0.0485%。显然,绝大多数样品已达到生油岩标准,尤其是其中的炭质泥岩,已属好生油岩,其值多

数在0.14%~0.26%范围。

陆良盆地23个总烃含量的样品,其值小于100 ppm的占55%,大于100 ppm的占45%,最大值达563 ppm。这说明已有相当一部分样品已达到生油岩或较好生油岩标准。

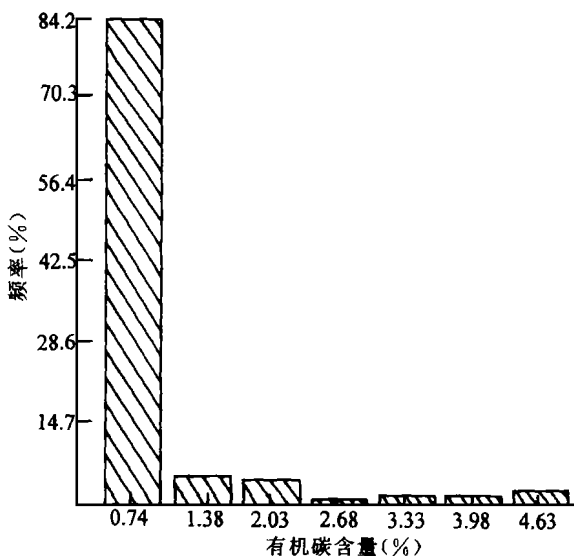


图1 8口井烃源岩有机碳频率直方图

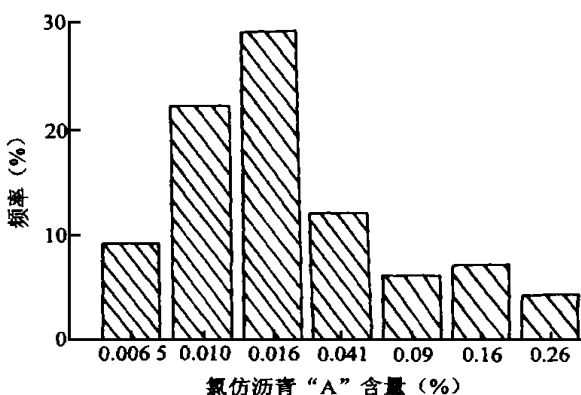


图2 上第三系烃源岩氯仿沥青“A”频率直方图

(3) 热解生油潜力

分析了陆良盆地7口井的34个岩石热解样品,得到了一系列参数,其中生油潜力是重要的有机质丰度指标。资料表明,陆良盆地生油潜力全都大于0.5,已达到一般生油岩标准;有少数样品,其值大于2,已属较好生油岩;陆7井的粉砂质泥岩和陆9井的沥青质泥岩,其值高达13.98和6.95,已属好生油岩范畴。

2. 有机质类型

(1) 岩石热解

在获得的多项热解参数中,降解率和氢指数常

用来划分有机质类型。

根据陆良盆地岩石热解资料, 绘制了 $IH-T_{\max}$ (图 3) 和 $D-T_{\max}$ (图 4) 关系图。这两个图所反映的结果基本一致。从图中可清楚地看出, 陆良盆地上第三系烃源岩有机质类型绝大多数都属于 II_B 型, 仅少数样品为 III 和 II_A 型。

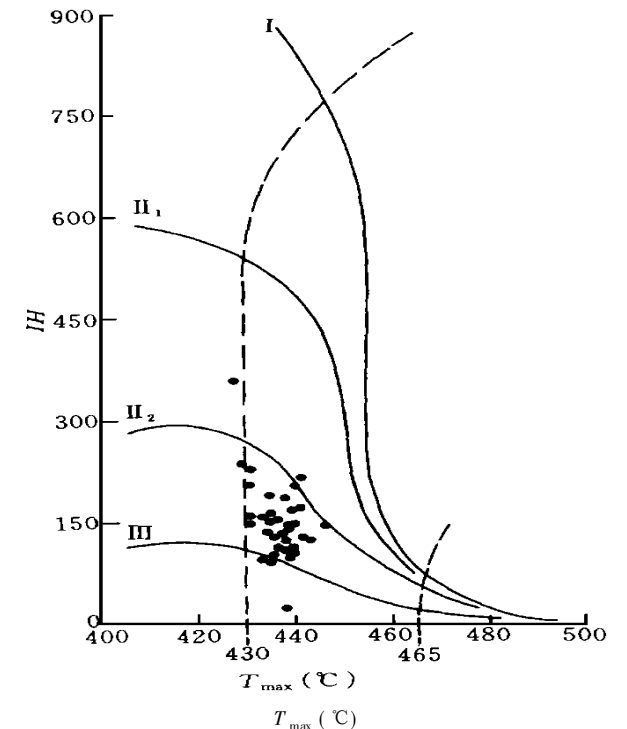


图 3 陆良盆地 $IH-T_{\max}$ 关系图

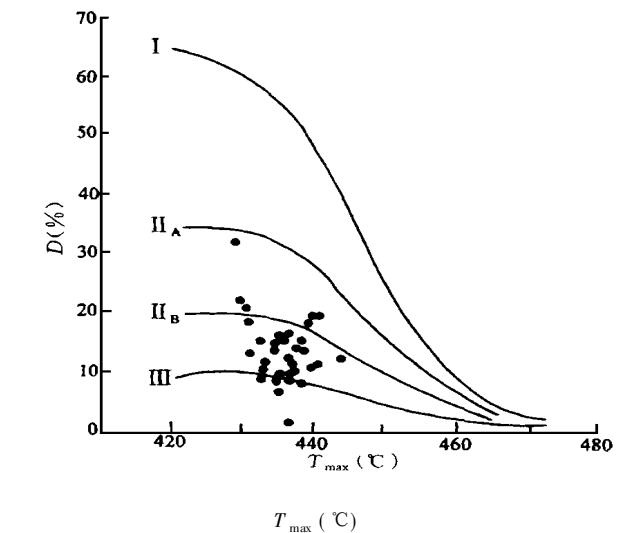


图 4 陆良盆地 $D-T_{\max}$ 图

(2) 干酪根稳定同位素及干酪根元素组成

表 1 为陆良盆地 4 口井的干酪根稳定同位素数据表。由表可见, 其值在 $-27.4\text{‰} \sim -28.5\text{‰}$ 之间,

完全位于 Redding 所划分的 II 型 ($-27.9\text{‰} \sim -28.6\text{‰}$) 干酪根范围内。

表 1 陆良盆地干酪根稳定同位素分析数据表

井 号	井 深 (m)	岩 性	种 类	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)
陆 3 井	350.1	泥岩	干酪根	-28.4
	600.0	泥岩	干酪根	-27.4
陆 7 井	258.3	灰褐色碳质粉砂质泥岩	干酪根	-27.7
	342.0	灰色泥岩	干酪根	-28.2
陆 9 井	1 681.7	含碳泥岩	干酪根	-28.1
陆 10 井	482.9	泥岩	干酪根	-28.5

陆良盆地干酪根元素 H/C 原子比介于 $0.67 \sim 1.09$, O/C 原子比在 $0.11 \sim 0.20$ 之间, 绝大部分样品为 II_B 型, 与岩石热解等参数所反映的类型结果完全一致。

(3) 煤样组成鉴定

对陆良盆地井下 3 块煤样和 1 块炭质泥岩进行了有机质显微组鉴定, 其特征综述于下。

腐殖组: 为有机质组分中的主体, 其含量介于 $63.7\% \sim 90.2\%$ (去矿物基质), 成分以充分分解的腐木质体和细屑体为主, 次为木质结构腐木质体和密屑体, 少部分为凝胶体。在荧光(蓝光激发)下, 除少部分木质结构腐木质体有微弱的棕色荧光外, 其余均不发荧光。

壳质组: 本组分为次要组分, 且含量在不同样品中差异较大, 陆 7 井 312.6 m 样含量较高, 达 36.0% (去矿基), 陆 7 井 337.3 m 样居次, 为 21.3% , 其它样品含量均小于 10% 。壳质组的主要成分为碎屑状的壳屑体且混有粘土矿物-沥青基质、树脂体, 次为藻类体、萜烯体(荧光质体)、孢粉体、角质体和木栓质体等, 叶绿素体极少量。藻类体和萜烯体发绿黄色强荧光, 个别角质体也发强荧光; 树脂体一般为黄色-橙黄色荧光, 多数荧光性不强, 呈黄褐色, 较暗淡。沥青基质呈絮状、无定形状, 发暗淡浅绿色荧光, 一般与碎屑状的壳质组分和孢粉体共生, 荧光色不均匀。树脂体未见衍生物出现。

情质组: 含量很少, 仅 $3.1\% \sim 0.3\%$ (去矿基), 主要为碎情体和菌类体。

煤样均为年青褐煤, 相当于欧洲分类的软褐煤类。

(4) 族组成和正构烷烃

分析了陆良盆地 6 口井 19 个样品族组成资料和 2 口井的 8 个饱和烃色谱。结果如下: 陆良盆地族组成饱和烃含量低, 饱芳比多数小于 3, 具混合型有机质特点; 正构烷系列的主峰碳均为 C₂₉, 碳数范围宽, 多为 C₁₅~ C₃₆, 中分子量以上正烷烃含量高, $\sum nC_{21}^- / \sum nC_{22}^+$ 介于 0.08~ 0.51, $(nC_{21}+ nC_{22}) / (nC_{28}+ nC_{29})$ 介于 0.11~ 0.57, 这说明低等水生生物和藻类物不占优势, 显示原始母质富含高等植物, 符合 II_B 型有机质特征。

3. 有机质成熟度

(1) 镜质体反射率

表 2 系陆良盆地镜质体反射率数据表。盆地内井深 1 000 m 以浅地层, 其反射率均小于 0.4%, 陆 9 井 1 515 m 井深, 反射率也仅为 0.441%。显然陆良盆地主要烃源岩属于未成熟阶段。一般来讲, 随埋深的增加, 反射率值相应也加大; 但由于褐煤的特殊性, 其反射率不仅与埋深有关, 还与成煤植物的种属和泥炭沼泽环境相联系, 因而有上部煤层反射率大于下部煤层反射率的倒置现象。

(2) 岩石热解参数

从陆参 1 井连续所取热解样品的分析数据可看出, 随深度的增加, 反映成熟度的热解参数与其样品的深度之间没有表现出明显的变化关系, 这表明, 有机质成熟度低, 埋深还没有成为控制岩石热解产生显著变化的主导因素。

大多数样品的 T_{max} 值大于 435℃, 对于混合型有机质来说已经进入生油门限, 这显然与实际情况不符。究其原因, 主要是泥岩样品中含有一部分煤屑和炭质团粒, 这些经过搬运和再沉积的有机质对 T_{max} 的影响较大, 因而其值普遍偏高。这和镜质体反射率测量过程中所遇到的情况是一致的, 比如陆 9 井 502.1 m 泥岩, 主要成分的镜质组值为 0.936%, 陆 3 井 604 m 泥岩为 0.70%, 这些镜质体显然是再沉积的有机质。

(3) 正烷烃与族组成

陆良盆地上第三系烃源岩 OEP 值在 2.29~ 4.11 之间, 奇偶优势非常明显。 $\sum nC_{21}^- / \sum nC_{22}^+$ 仅为 0.08~ 0.51, $(nC_{21}+ nC_{22}) / (nC_{28}+ nC_{29})$ 仅一个样品例外, 其余均小于 0.35, 这显示高碳数正烷烃占明显优势, 有机质的热降解作用不强, 表明其未成熟特征。

在陆良盆地烃源岩的族组成中, 沥青质+ 胶质含量为 33.33%~ 61.54%, 如此高含量的沥青质和

胶质, 正说明烃源岩的未成熟性质。

表 2 陆良盆地上第三系镜质体反射率数据表

井号	井段(m)	岩性	测点数	R _o (%)
陆 3 井	349	褐灰色泥岩	21	0.312
	578.4	灰褐色泥岩	25	0.382
	604.0	灰褐色泥岩	25	0.326
陆 10 井	423.3	灰褐色泥岩	10	0.361
	642.29	灰褐色泥岩	10	0.363
陆 4 井	434.7	灰褐色泥岩	21	0.326
	635.5	灰褐色泥岩	10	0.369
	756.0	灰褐色泥岩	7	0.384
	1 512.6	含炭泥岩	12	0.438
	1 515.8	褐灰色泥岩	25	0.441
陆 7 井	539.3	炭质粉砂岩	25	0.354
	337.30	煤	14	0.288
	334.4	炭质粉砂质泥岩	11	0.356
	312.6	炭质泥岩	25	0.266
	307.3	炭质泥岩	24	0.310
陆 9 井	502.1	泥岩	25	0.412
	1 687.1	炭质沥青质泥岩	25	0.482
陆 11 井	303.8	炭褐色泥岩	24	0.357
	363.0	含炭泥岩	25	0.415
	426.1	煤	25	0.310
	482.8	煤	25	0.307

生物气成因分析

1. 生物气的划分标准

陆良盆地天然气为生物气, 其组分见表 3。从表中可看出, CH₄ 含量均大于 97%, 而重烃(仅有 C₂)为 0.03%~ 0.061%。 $\delta^{13}C_1$ 为 - 73‰(PDB)~ - 71.4‰(PDB)。

目前, 国内外学者普遍采用天然气的甲烷碳同位素组成($\delta^{13}C_1$)和重烃(C₂₊₃)作为鉴别生物气的主要指标, 多数学者把 $\delta^{13}C_1 < - 55‰$ 作为生物气与热成因气的特征分界值(表 4), 其中, 少数学者还提出了天然气成分中 C₂⁺% 的含量同时作为生物气的分界指标。

包茨等认为, 生物气的 $\delta^{13}C_1$ 范围为 - 55‰~ - 100‰, 多数在 - 60‰~ - 80‰, 并认为其重烃值在 10⁻³~ 10⁻² 范围。戴金星认为, $\delta^{13}C_1 < - 55‰$ 和 C₂⁺ < 0.5% 是鉴别生物气的主要地化指标。

参照上述生物气的划分标准, 把陆良盆地上第三系的天然气定为生物气应是顺理成章的。徐永昌等提出了生物—热催化过渡带天然气成因理论, 他

表 3 陆良盆地天然气组分表

井 号	层 位	井 深 (m)	组 分						
			CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	N ₂	Ar	Ha
陆参 1 井	N ₂ C ² V	595. 34	98. 22	0. 03	0	0. 76	0. 96	0. 21	0. 013
陆参 2 井	N ₂ C ² V	572~ 603	98. 9	0. 057	0	0. 11	0. 72	0. 062	0. 062
陆参 3 井	N ₂ C ² V	578~ 593	98. 67	0. 051	0	0. 105	1. 076	0. 047	0. 012
陆参 6 井	N ₂ C ² IV	330~ 332	97. 65	0. 061	0	0. 245	1. 932	0. 047	0. 058
陆参 9 井	N ₂ C ³ IV	715~ 745	98. 49	0. 053	0	0. 134	1. 267	0. 046	微
陆浅 5 井	N ₂ C ⁴	356~ 380	97. 78	0. 053	0	0. 570	1. 520	0. 049	0. 024
陆浅 11 井	N ₂ C ⁴	195~ 191	97. 78	微	0	0. 738	1. 992	0. 064	0. 009

表 4 国内外部分学者鉴别生物气的主要地球化学指标*

生物成因气的鉴别指标		资 料 来 源	生物成因气的鉴别指标		资 料 来 源
δ ¹³ C ₁ (‰)	C ₂ ⁺ (%)		δ ¹³ C ₁ (‰)	C ₂ ⁺ (%)	
< - 55	微量	Alekseyev(1974)	< - 55	< 1~ 2	王启军等(1988)
< - 55		И . В . В И Ц О Ч И К И Н (1979)	< - 55		张厚福(1989)
< - 55		J. M . Hunt(1979)	< - 55		沈平、徐永昌(1991)
< - 55		W. J. Stabl(1979)	< - 58		A. N . F u e x (1977)
< - 55		D. D. Rice(1981)	< - 58		Cayey(1979)
< - 55		张义纲(1983)	< - 60	< 0. 2	Jenden & Kaplan(1986)
< - 55		张子枢(1984)	< - 60		陈荣书等(1989)
< - 55	< 0. 5	B. P. Tissot(1986)	< - 50		E. N. Tiyatsov(1979)
< - 55		戴金星等(1986)	< - 50		Л . М . З О Р О Н И Н (1979)
< - 55		J. D. Grace(1986)	< - 64	< 0. 2	M. Schoell(1980)
< - 55	10 ^{- 3} ~ 10 ^{- 2}	包茨等(1988)	< - 70		G. J. Donald(1983)

* 据陈英, 1994。

把 C₁/C₁ ~ C₅ 为 0. 7~ 0. 98, δ¹³C₁ 为 - 60‰ 或 - 55‰ ~ - 40‰ 范围, 其 R_o 为 0. 3% ~ 0. 6%, 并伴生早期轻质油或未成熟油, 温度在 50~ 85 ℃ 的中、新生代沉积盆地中的天然气定为生物-热催化过渡带天然气。看来, 陆良盆地天然气还不属于这种类型。

2. 生物气的形成条件

生物气是指沉积物中的有机质在还原环境下, 经厌氧微生物作用形成的富甲烷气体。它是在未成熟阶段, 微生物分解有机质过程中产生的。

(1) 草本腐殖型有机质含量丰富

甲烷菌不具有直接分解有机质的能力, 它要依

赖发酵菌和硫酸盐还原菌分解有机质而产生 CO₂、H₂、乙酸等取得碳源和能源而得以生存, 并以此为基质进行生物化学作用而产生生物甲烷气。张洪年、连莉文* 认为, 有机质含量丰富, 有机质组成中有较多的蛋白质和类脂化合物的 II 型干酪根湖相泥岩具有最大的生气潜力(90 m³/t 岩石), 是较理想的生物气气源岩, 特别是草本腐殖型有机质中的纤维素、半纤维素、糖类、淀粉等, 是甲烷菌在代谢过程中主要利用 CO₂ 和乙酸作为生存的能源和碳源的来源。这些物质在草本植物中含量最丰富, 而草本植物含木质素又少, 这就决定了生物气的母质主要是半腐殖型和草本腐殖型有机质。陆良盆地上第三系气源岩

* 张洪年等, 国家“七五”重点科技攻关项目, “生物气模拟实验及地质应用”, 1989。

的有机质类型,从前面的研究中确定为腐泥腐殖型,其中,草本腐殖型有机质含量丰富,其特点是氯仿抽提物中非烃高,沥青质低,与木本腐殖型迥然不同,这类有机质主要富集于灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩中,而这些岩类,正是形成陆良天然气的气源岩。

(2) 水化学特征对形成生物气的影响

甲烷菌的生长,对溶液的 pH 值要求近于中性,一般在 6.2~8.8 范围,最佳值为 6.8~7.8; pH 值在 6.2 以下甲烷则停止产生。通过对陆良盆地数十个井下水样分析,其 pH 值均为 7~8,这是非常有利于甲烷菌生长的中性水介质条件。

对陆相沉积物及伴生的产甲烷菌来说,生物产气率明显受到超浓度的 K^+ 、 Na^+ 的影响和抑制。B. L. 麦卡蒂(1982 年)提出,在一般厌氧消化系统中 Na^+ 与 K^+ 的浓度分别达 3 500~5 000 mg/L 和 2 500~4 500 mg/L 时,产甲烷过程出现抑制;浓度达到 8 000 mg/L 时则出现强抑制。陆良盆地地层水中的 Na^+ 和 K^+ 的总浓度仅为 43~828 mg/L,大多数样品集中于 200~400 mg/L,这样低的浓度显然对产甲烷的菌类生长极为有利。

缺氧和低硫酸盐环境是产生生物甲烷气的必要条件,一般认为, SO_4^{2-} 浓度达 300 mg/L 时,产甲烷过程出现抑制, SO_4^{2-} 浓度大于 800 mg/L 时出现强抑制。陆良盆地水样品中 SO_4^{2-} 一般为 2~100 mg/L,这是该盆地大量形成生物甲烷气的有利环境。

天然水质体中 Cl^- 和 Na^+ 常以等当量存在,对陆相沉积物来说, Cl^- 对产甲烷作用的抑制浓度略高于 S 的浓度。张洪年等认为, Cl^- 对有机物甲烷转化率的影响,在 300~600 mg/L 时显示出抑制。在陆

良盆地的水样中, Cl^- 的含量仅为 17~319 mg/L。

综上所述,还原状况下水的低矿化度是生成生物甲烷气的必要条件,陆良盆地的水分析结果恰好满足这一条件。

(3) 温度与形成生物气的关系

在厌氧环境中,甲烷生成的温度是 0~75 °C,最适宜的温度范围是 35~55 °C,对陆相沉积物而言,36~42 °C 为生气作用占主导地位的温阶。陆良盆地地温梯度为 3.66 °C/100 m,地面温度 20 °C,则井深 1 000 m 以上,都是最适宜生物气形成的温度范围,就是到 1 500 m,也还没超过 75 °C,仍然可生成一定量的甲烷气。

通过对上第三系烃源岩的研究可以看出,在井深 1 000 m 以上, $R_o < 0.4\%$,处于未成熟阶段,陆良盆地主要气层就位于 550~750 m。

生物气生成以后,由于没有长距离运移散失,加之背斜圈闭,使其得以更好地保存并具相当的规模。

综上所述,可得以下结论:

①陆良盆地上第三系烃源岩绝大多数样品已达生油岩标准;②有机质类型绝大多数都属于 II_B 型;③烃源岩处于未成熟阶段;④陆良盆地天然气划定为生物气;⑤草本腐殖型有机物含量丰富、水化学特征和温度都适宜,是生物气形成的三大条件。

参 考 文 献

- 1 陈英等.关于生物气研究中的几个理论及方法问题的研究.石油实验地质,1994;(3)

(收稿日期 1998-08-12 编辑 黄君权)

四川石油管理局经研所成为法国国际 天然气信息中心的正式会员

日前,法国国际天然气信息中心(CEDIGAZ)邀请并接纳四川石油管理局天然气工业技术经济研究所为其正式成员。CEDIGAZ 成立于 1961 年,是专门从事全球天然气工业数据采集和分析的国际协会,会员包括 39 个国家的 190 多个跨国油气公司、国家或国际组织、银行、咨询公司、工程公司和设备供应商等。该中心为成员提供世界最新天然气工业的新闻、动态、专题研究报告和世界天然气工业年度调查,详细介绍世界天然气工业(包括 LNG、LPG)的储量、产量、消费量、贸易量、管网建设、市场价格、重要工程项目及前景预测等,其中“世界天然气年度调查(Natural Gas in the World, 19xx Survey)”的统计数据已为当今世界天然气工业广泛认同和采用,并被一些国际知名刊物和研究报告所摘录或引用。

(胡奥林)