

古生界海陆过渡相黑色泥质岩系 显微组分特征及生气潜力评价*

赵林 贾蓉芬 刘德汉

(中科院广州地球化学研究所, 广州 510640)

秦建中 张文龙

(华北石油管理局勘探开发研究院, 河北任丘 062500)

提 要 本文对华北和下扬子区两种类型的海陆过渡相地层进行详细的有机岩学工作, 研究了泥质岩系中有机显微组合的岩石学特征、有机显微组成特征, 表明壳质组是重要的生气母质。根据气源岩中有机显微组分组成特征, 结合模拟实验结果提出产气指数的计算方法, 并根据产气指数判断气源岩的生气潜力, 下扬子区泥岩为好的生气源岩, 华北地区的泥岩为较好的生气源岩, 它们比煤具更大的生气能力。

关键词 泥质岩系 海陆过渡相 显微组分 生气指数

第一作者简介 赵林 男 26岁 硕士研究生 有机地球化学

0 前 言

寻找大中型油气田, 特别是大气田是高速发展天然气工业的主要途径, 开展天然气成因理论和天然气藏形成分布规律的研究是寻找大中型气田的基础性工作。我国古生界地层有 300 多万平方公里, 累积厚度 1 万米(程克明等, 1993), 在塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、华北盆地、下扬子区、四川等地都有分布。统计资料表明, 上古生界天然气储量占我国总资源量的 21.3%, 下古生界一中上元古界占 21.9%(王庆福等, 1991^①), 因此古生界地层在我国天然气勘探中具重要的地位, 在古生界地层中, 海陆交互相地层具有陆相和海相烃源岩两种特征, 具有有机质丰度高等特点, 是重要的烃源层。

本文对这套地层进行有机岩石学研究, 通过对两种类型海陆过渡相地层中的有机显微组分特征及组成规律, 提出产气指数的计算方法, 并用产气指数划分气源岩的生气潜力, 试图为天然气评价和勘探提供可靠的依据。

1 样品和实验条件

本文的黑色岩系是指海陆过渡相含有有机质高的泥质岩类, 以及夹在原地富集有机质煤及

* 本文系“八五”国家重点科技攻关项目 85-102-15-04-02 研究成果之一。

① 王庆福等, 1991年, 石油天然气战略分析报告, 88~96页。

异地富集有机质岩屑、沥青等。这套地层在我国华北地区分布很广,华北坝县苏桥气田和鄂尔多斯大中型气藏与这套地层有关(戴金星,1993);在下扬子区二叠系龙潭组也为海陆过渡相地层。华北海陆过渡相泥质岩系中有机质主要来源于陆源区的高等植物,而下扬子区泥岩中有机质以水生生物为主,本文主要针对这两类典型的海陆过渡相地层进行有机地化研究。

华北地区研究样品采自冀中拗陷的大城凸起、坝县凹陷、廊固凹陷,主要为石炭系的太原组和二叠系的山西组,共采集7口井31块泥岩和煤样;下扬子区样品为二叠系地表露头样品。

在工作中我们除对样品进行透射光、反射光、荧光等常规分析外,还利用当前先进的新一代光学显微镜—共聚焦激光扫描显微镜对基质镜质体进行超微结构的观察,共聚焦激光扫描显微镜的荧光由氩离子激发器产生,由计算机控制图象的放大和处理工作。

2 有机显微组分特征

沉积有机质是油气形成的物质基础,沉积有机质数量越多,质量越好,越有利于生成油气,海陆交互相地层中有机质丰度高,但是不同地区,同一地区的不同沉积亚环境有机显微组分差别较大,它既有高等植物来源,又有水生生物来源,有机组成比较复杂,因而弄清显微组成特征,对进行油气评价具有重要的意义。

2.1 华北地区泥质岩系有机显微组分特征

华北地区海陆交互相地层中的有机质以高等植物来源为主,也有少量的水生低等植物,有机显微组分主要有镜质组、壳质组、丝质组和无定形四大类,有少量藻类体。

镜质组主要由结构镜质体、均质镜质体、基质镜质体组成。均质镜质体在泥质粉砂岩中分布较多,基质镜质体是本区煤的主要组分,含量很高,常胶结稳定组和丝质组。

壳质组主要由角质体、树脂体、孢子体和碎屑壳质体组成,泥质粉砂岩中,壳质组含量较高,其中以树脂体、角质体含量较高。

泥岩中壳质组的形态与煤中壳质组的形态有很大的不同,煤中树脂体一般为圆形或椭圆形颗粒或线状分布(图版 I - 2),形态比较完整,而泥岩中均呈港湾状外形(图版 I - 1),由于树脂体可塑性强,在搬运过程中一般不能形成这种形状,树脂体的这种外形可能是树脂体在热演化过程中生成数量较多的烃类而形成的残留形态,它的体积损失越大,表明其对油气的贡献越大;泥岩中角质体形态也有较大的变化,原始角质体应为一边平直,一边为锯齿状,而在泥岩中很少能见到这种完整的外形,一般呈断断续续分布(图版 I - 5),仅能从其长条形判断为角质体;泥岩中孢子体的形态未有明显的改变(图版 I - 3)。因而壳质组各组分中树脂体对油气的贡献最大,角质体次之。

无定形体是泥岩中主要的显微组分之一。主要为腐殖无定形,透射光下为褐色,表面常有镜质体残余(图版 I - 4),腐殖无定形系由镜质体经细菌改造而形成。由于细菌的活动使无定形更加富集氢,因而比镜质体更有利于生成油气,肖贤明(1992)认为腐殖无定形在成因上相当于煤中的基质镜质体。

藻类体在泥岩和煤中也可见到,图版 I - 6 是煤中的藻类体在共聚焦激光扫描显微镜下的荧光照片,藻类体既能生成大量液态烃,又能生成大量气态烃。

2.2 下扬子区泥质岩系有机显微组分特征

下扬子二叠系有机显微组成见表1,有机质以水生生物为主,有腐泥基质、沥青、微粒体,

也有少量高等植物来源惰性地。

表 1 下扬子区二叠系海陆过渡相泥质岩系有机显微组成

Table 1 Macerals of argillite measures from Permian marine—continental transitional facies in Lower Yangtze Region

样 品	惰 性 组	无 定 形	沥 青	微 粒 体	$R_{\text{沥青}}$	R_o
G-37	8.4	17.1	74.3		1.77	1.50
G-30	9.1	12.1	78.8		1.16	1.25
G-5	11.1	70.4	18.4		1.08	1.10
Y-3				100	3.16	2.84
Pt-21	9.8	21.9	68.3		1.30	1.35
Pt-16	18.5	48.3	33.2		1.13	1.20
Pt-14	16.0	36.0	48.0		0.91	0.96

腐泥无定形是主要的显微组分类型,在普通的光学显微镜下无形态、无结构的有机质,它是藻类、动物的强烈菌解产物(图版 I-7)。

沥青主要为原地沥青(图版 I-10),它可能是富氢显微组分腐泥无定形在成熟过程中形成的次生有机质,由于泥岩排烃效率差,沥青在泥岩中连续或断续分布。

微粒体是富氢显微组分在成熟过程中排出液态烃后的裂解残体(Teichmuller, 1974)(图版 I-8)。

2.3 镜质体超微结构特征研究

镜质体是海陆过渡相地层中数量较多的组分,是重要的生烃母质,但是不同镜质体亚类所表现出的光学性质有所差异,有些基质镜质体在荧光下具暗褐色荧光,均质镜质体和结构镜质体则没有荧光,而显微组分有无可见荧光是其能否生成液态烃的可靠标志,原始荧光强度大小是其生烃潜力的标志(肖贤明, 1992),模拟实验也证实荧光基质镜质体具产液态烃的能力,不同于其它镜质体亚类,不同镜质体亚类的生油气性能和能力是不一样的。这主要与其微细结构有关,因此弄清镜质体的微细结构差异对于评价镜质体的生气性能具有重要意义。

共聚焦激光扫描显微镜(CLSM)具有放大倍数大(20~20000倍),分辨率高,可获得清晰高分辨的图象,具有荧光系统,可对样品进行荧光观察;并且制样简单,用普通的光片或薄片观察。正由于它具有上述功能,集普通光学显微镜、扫描电镜和透射电镜的优点于一身,为研究显微组分的超微结构提供了非常直观便利的观测手段,因此我们利用共聚焦激光扫描显微镜对镜质体进行超微结构的观察。

样品选用巨 2 井的二块煤样品 93-3 和 93-4。反射光下可见煤主要由基质镜质体,半丝质体和丝质体组成,壳质组含量非常低(<2%),颗粒很细小,难以辨认其结构,荧光下基质镜质体具弱褐色荧光。在共聚焦激光扫描显微镜荧光下选好待观察的基质镜质体颗粒,荧光屏上可见基质镜质体表面分布着十分细小的荧光物质,这是普通显微镜下难以辨认的成份,连续放大共聚焦激光扫描显微镜的放大倍数,这些细小物质的形态和结构变得越来越清楚,主要为超微碎屑壳质组(图版 I-9)和具椭圆形的藻(图版 I-6),超微壳质组粒径为 0.05—10 μm ,藻具锯齿状纹饰,其结构清晰可见。

从图版 I-9 可看出超微壳质组在基质镜质体中的含量非常高,约占 15%左右。

从共聚焦激光扫描显微镜对镜质体微细结构的观察可得出下面的认识:

(1)基质镜质体中含有较多的超微壳质组和藻类体正是基质镜质体具褐色荧光的原因,也是造成基质镜质体的生烃能力比其它镜质体亚类高的原因。

(2)在一定程度上基质镜质体的荧光强弱反映了其中超微壳质组含量,从而也就反映了其生烃能力的大小,荧光越强,其生油气能力也越强。

(3)其它镜质体表面无超微壳质组和藻类体的分布。

由于基质镜质体中存在的一些微细的壳质组分,它的生气能力要远高于其它的镜质体亚类,它的生气能力仅次于壳质组和藻类体。

3 气源岩生产潜力的定量评价

海陆过渡相泥质岩系中有机显微组分比较复杂,既有高等植物来源,又有水生生物来源,但是根据它们的生气能力可分为稳定组、镜质组和惰性组三大类,稳定组既包含高等植物生源的树脂体、孢子体、角质体、木栓质体,又包括水生生物来源的藻类体、腐泥无定形及其次生有机质沥青、微粒体,虽然这两类有机显微组分生源不同,但由于它们的产气能力差不多,所以把这些富氢显微组分及其次生有机质归为稳定组,镜质组主要包括各种镜质体亚类。模拟实验表明这三类显微组分的生气能力相差较大,稳定组为不仅液态烃生成能力最大,而且气态烃的生成能力最大,镜质组次之,惰性组的生气能力最弱(傅家谟等,1992;惠荣耀等,1992)。这三类显微组分的相对含量决定了气源岩的生气能力。目前生产和科研中仅根据有机质类型判断烃源岩的生气潜能,缺少定量评价气源岩生气能力方法。我们根据气源岩中显微组分的类型和含量,结合模拟实验结果提出产气指数的概念,并根据气源岩的产气指数 GI 划分气源岩的生气潜力。

肖贤明(1992)对无定形体、镜质体、藻类体、角质体、木栓质体、沥青质体、树脂体、镜质组、惰性组进行单组分的热模拟实验,在 500℃时稳定组的平均产气量为 52%,镜质组为 32.5%,惰性组产气量为 15%,三者产气量比 3.5 : 2.2 : 1。各显微组分组的含量和它们之间的产气量之比决定了它们对气源岩生气总量的贡献,产气指数 GI 反映了有机质对生气总量的总贡献程度,我们定义气源岩的产气指数为 $GI = 3.5 \times E + 2.2 \times V + I$,其中 E、V、I 分别为稳定组的百分含量,当稳定组含量为 100%时,产气能力最大,产气指数为 350,当惰性组为 100%时产气能力最弱,产气指数为 100。其它类型的气源岩产气指数介于 100—350 之间,产气指数越大,气源岩的产气能力越强。根据产气指数 GI 我们把气源岩划分为差气源岩,一般气源岩,较好气源岩和好气源岩四种类型(表 2)。对应地在有机显微组分的三角图上(图 1 和图 2)可分成 A、B、C、D 五个部分,其中 A 为好气源岩区,B 区为较好的气源岩区,C 区的生气能力一般,而 D 区的生气能力最弱。根据产气指数 GI 值和样品在有机显微组分三角图形上的位置可划分气源岩的生气能力。

图 1 是华北地区海陆过渡相泥质岩系的有机组分三角图,煤样品均落在 C 区,而泥岩样品落在 B 区,也有少量在 A 区,表明泥岩的生气能力要远高于煤,这与前文从壳质组形态特征分析出的结论是一致的。图 2 是下扬子区海陆过渡相泥质岩系的有机组分三角图,所有样品均在 A 区分布,表明该区泥质岩的生气潜力最大。

表 2 气源岩类型的划分表

Table 2 Classification of types of gas source rocks

产 气 指 数 GI	气 源 岩 类 型
100—160	差气源岩
160—220	一般气源岩
220—280	较好气源岩
280—350	好气源岩

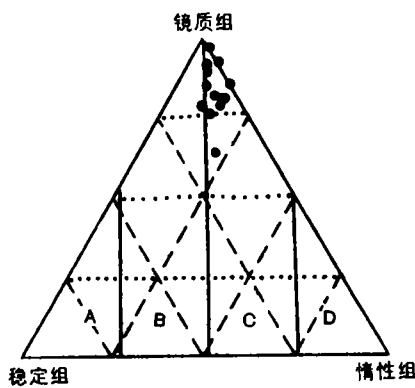


图 1 华北海陆过渡相有机显微组分三角图
Fig. 1 Triangular diagram showing macerals of the marine - continental transitional facies in North China

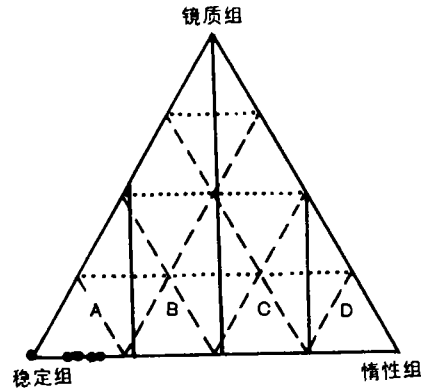


图 2 下扬子区海陆过渡相有机显微组分三角图
Fig. 2 Triangular diagram showing macerals of the marine - continental transitional facies in Lower Yangtze Region

主要结论

通过对华北盆地、下扬子区海陆过渡相地层的有机岩石学工作,我们得出以下结论:

- (1) 泥岩中壳质组的形态特征说明壳质组对天然气的贡献最大,壳质组是主要的生气母质;
- (2) 在基质镜质体中检测出超微壳质组,表明基质镜质体的生气潜力要高于其它镜质体亚类;
- (3) 根据产气指数把气源岩分成四种类型,下扬子区泥质岩是好的气源岩,其产气能力比华北地区强,华北地区泥岩属较好的生气源岩,它比本区的煤具更大的生气能力。

本文是“八五”国家重点科技攻关项目的部分研究成果。在工作中得到了我所肖贤明研究员和申家贵工程师的指导,华北石油管理局研究院提供部分样品,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1]程克明等,1993,天然气源岩地球化学特征,天然气科学,(1~2):49~94。
[2]戴金星等,1993,中国天然气地质学,北京:石油工业出版社,1~72。
[3]傅家谟等,1992,煤成烃地球化学,北京:科学出版社。
[4]惠荣耀等,1992,侏罗系煤岩显微组分产烃的某些特征,准噶尔盆地油气地质综合研究,新疆石油管理局,兰州:甘肃科技出版社,88~96。
[5]肖贤明,1992,有机岩石学及其在油气评价中的应用,广州:广东科技出版社。
[6]Teichmuller, 1974, Generation of petroleum-like substance in coal seams as seen under the microscopy, In: Advances in Organic Geochemistry 1975.

Macerals Characteristics of Black Argillite from Paleozoic Marine-continental Transitional Facies and Evaluation on their Gas-generating Potentiality

Zhao Lin Jia Rongfen Liu Dehan

(Institute of Geochemistry, Guangzhou, Chinese Academy of Sciences)

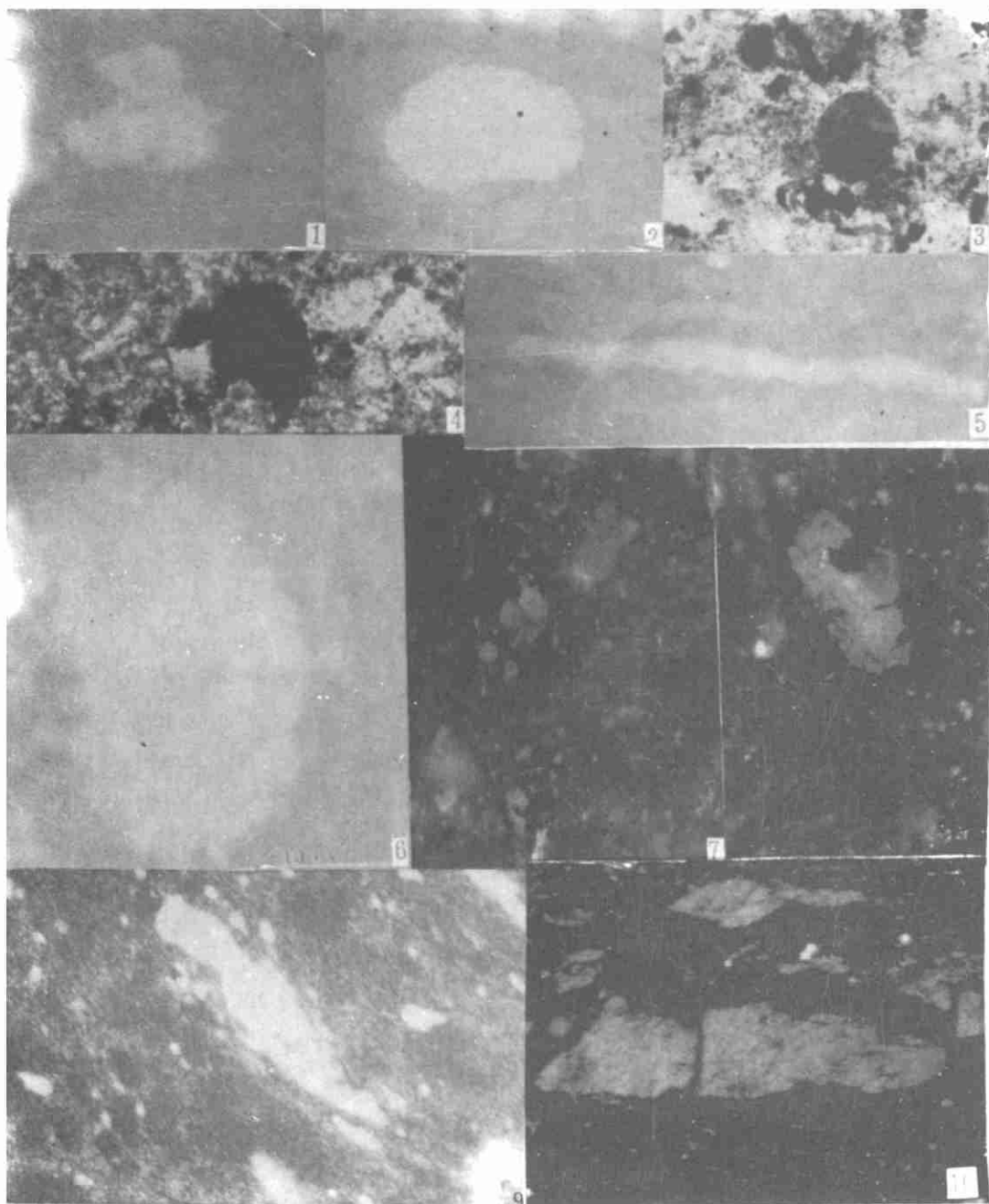
Qin Jianzhong Zhang Wenlong

(Scientific Research Institute of Exploration and Development, North China Oilfield)

Abstract

Black argillite samples from North China and Lower Yangtze Region are selected to study in detail by methods of organic petrology. Organic matters of North China samples are mainly from terrestrial plant, and those of Lower Yangtze samples mainly derived from water plant. Exinite in argillite has estuary configuration, it shows that exinite has generated a large amount of gas in maturation process. Thus, exinite of argillite plays an important role in gas resource of North China.

Gas-generating Indices (GI) are put forward on the basis of the maceral composition and gas amount of single maceral in experiment. GI value stands for gas-generating potential of source rocks. Gas-source rocks are divided into good, fairly good, general and poor types according to their GI values. Argillite of Lower Yangtze Region is a good gas-source rock, and that of North China is fairly good one. They have stronger gas-generating potential than coal.



图版 1: 1. 泥岩中的树脂体, 胜 1 井, 透射光 $\times 250$ 。 2. 煤中的树脂体, 胜 1 井, 透射光 $\times 250$ 。 3. 泥岩中的孢子体, 葛 2 井, 透射光 $\times 250$ 。 4. 腐殖无定形, 葛 2 井, 透射光 $\times 250$ 。 5. 泥岩中的角质体, 胜 1 井, 透射光 $\times 250$ 。 6. 微藻类体, 巨 2 井, 共聚焦激光显微镜。 7. 腐殖无定形, 下扬子区, 反射光 $\times 400$ 。 8. 微粒体, 下扬子区, Y-3, 反射光 $\times 400$ 。 9. 超微壳质组, 巨 2 井, 共聚焦激光显微镜。 10. 沥青, 下扬子区, G-30, 反射光 $\times 400$ 。