

干酪根有机质类型划分的若干问题的探讨

涂建琪 王淑芝 费轩冬

(中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

本文运用透射光-荧光分析手段,通过对国内外大量样品的镜下分析,并结合有机地化和有机质的成因来源分析,对目前干酪根有机质类型划分中存在的若干问题进行了探讨,提出了一些新的认识。

关键词 干酪根 有机显微组分 有机质类型

第一作者简介 涂建琪 男 31岁 博士 有机岩石学

0 前言

干酪根有机质类型划分是生油岩研究的一项最基础的工作,以干酪根方法为基础的有机质类型划分尽管存在着破坏了有机组分的原始产状与结构,以致于难以确切鉴定某些显微组分的缺点,但其最大优点是富集了在生油岩中占的那部分有机质—无定形体,使其能直接研究,因而在国内外得以广泛应用;1986年以来一直执行的石油工业部部颁标准(SY5126-86)“透射光下干酪根显微组分鉴定及类型划分方法”采用的就是这种方法,并取得了很好的效果。

然而数年来的实际工作也揭示出一些问题:第一,在大多数生油岩中占绝对优势的无定形体由于可来源于不同的有机物质,虽其在透射光下形态、颜色十分相近而实际成烃能力差异却相差很大,造成很多情况下干酪根有机质类型划分结果与其它地化分析数据和实际地质情况出现很大的出入;第二,近年来随着煤系烃源岩成烃研究和勘探的开展,某些镜质体的成烃贡献问题受到极大的关注;第三,干酪根有机质类型的划分结果在很大程度上取决于所采用的研究方法,单纯用透射光方法进行干酪根有机质类型划分已远不能满足实际工作的需要,其结果也越来越受到其它地化测试资料的质疑。所有这一切都预示着现行的干酪根有机质类型划分需要进一步深入和重新厘定。

1 干酪根有机显微组分的分类问题

干酪根有机质类型的准确划分基于烃源岩中有机显微组分的正确分类和鉴定;有机岩石学要解决的第一个问题也是建立沉积岩中分散有机质的分类,其他一切研究均以此为基础。迄今为止,国内外就沉积岩中分散有机质提出了数十种分类方案,可归纳为两套分类系统:以全岩方法为基础的有机成分分类和以干酪根方法为基础的有机质类型划分;前者偏重成因,以 Teichmuller (1997) 等、Alpern (1980)、Robert (1981) 为代表,这些分类之间尽管存在一些差别,但其共同特点是主要采用反射光技术,特别注重有机组分的成因和形成环境分析,基本采纳国际煤岩分类体系和术语,并根据烃源岩有机质的特点,提出了一些新的术语,分类方案庞大且复杂;后者则注重于应用,有机显微组分划分相比之下比较简单,以 Burgess (1974)、Senftle (1984) 等提出的分类影响较大。值得一提的是, Mukhopadhyay (1985) 试图将干酪根透射光观察和全岩反射光观察相结合,采用同一分类术语,并考虑了显微组分在热演化过程中的演变规律而提出的一个分类,具有一定的学术价值,但总的看来,分类系统仍显复杂,不便于实际操作;肖贤明 (1992) 亦提出了类似的分类。

尽管目前国内外就沉积岩中分散有机质的分类

原则和分类术语还未达成完全一致意见,但作者认为对于干酪根有机显微组分的分类,首先应注重其实际应用性,同时要适当考虑其成因。作者以上述原则为指导,运用透射光—荧光分析手段,通过对国内外大量样品镜下同一视域的实际观察分析,并同时

吸收了国内外有影响分类的长处,提出了以下烃源岩干酪根有机显微组分分类方案(表1),几年来在科研和实际生产分析中的应用取得了客观有效和令人满意的结果。

表1 干酪根有机显微组分分类

大 类	显微组分组	显微组分	母 质 来 源
水生生物类	腐泥组	藻类体	藻 类
		腐泥无定形体	藻类为主的低等水生生物
	动物有机组	动物有机残体	有孔虫、介形虫等的软组织及笔石等的硬壳体
陆源生物类	壳质组	树脂体	来自高等植物的表皮组织、分泌物及孢子粉等
		孢粉体	
		木栓质体	
		角质体	
		壳质碎屑体	
	腐殖组	腐殖无定形体	高等植物经强烈生物降解而形成
		菌孢子体	来自低等生物菌类的生殖器官
		正常镜质体	高等植物木质纤维素经凝胶化作用而形成
	镜质组	荧光镜质体	母源富氢或受微生物作用或烃类浸染形成的镜质体
		惰性组	丝质体

与国内现有的分类和石油部现在执行的标准相比,本分类具有以下特点:

(1)本分类是以透射光—荧光为主要研究手段,其主要适合于镜质体反射率 $R^0 < 1.4\%$ 的未成熟—成熟阶段的烃源岩干酪根的镜下鉴定和划分。

(2)本分类首先根据生物来源划分出来源于水生生物的和来源于陆源植物的两大类,然后根据镜下特征(透光—荧光)以及母质来源进一步细分出各种有机显微组分。

(3)本分类的术语命名既考虑到干酪根镜下鉴定描述的特点,又注意到与国内外其它分类的术语尽量一致;有形态的有机组分命名基本采用煤岩学和全岩光片法的术语;根据镜质组的生烃贡献及镜下特征不同,进一步划分为正常镜质体和荧光镜质体两种;菌孢子体因光学性质、成烃能力与由来自高等植物的表皮组织、分泌物及孢子花粉等相似而放在一起;而动物有机组因到目前为止研究还不够深入,无法细分,暂统称为“动物有机残体”。

(4)最重要的一点是,在本分类中依据母质来源、成因、光学特征以及地化特征将无定形部分进一

步划分为腐泥无定形体和腐殖无定形体两种。

(5)本分类考虑到干酪根处理过程中已破坏了有机质的原始赋存状态,致使固体沥青等次生有机组分无法辨别,因此没有牵强附会地列入固体沥青等次生组分,而更关注干酪根镜下观察鉴定的实际情况,便于实际应用。

(6)本分类来源于近年来干酪根镜检研究和实际工作的总结,应用性和实际可操作性强。

2 无定形体的划分问题

无定形体是大多数生油岩中占绝对优势的有机显微组分,其准确的识别和合理的划分关系到有机质类型划分结果的可信性及生油岩的正确评价。干酪根中的无定形体对应于全岩中的“矿物沥青基质”和沥青质体这两部分。传统观点认为,无定形体主要来源于藻类和其它低等生物的强烈分解产物,其生烃潜力相当于 I 型干酪根,这种观点在油气评价中十分流行,现行石油部部颁标准持的就是这种观点。近年来的大量研究成果表明,无定形体可来源于不

同的有机物质,除了藻类外,陆源高等植物、动物遗体及细菌均有可能构成无定形体的重要组成部分,其实际成烃能力彼此相差很大;目前国内外对无定

形体的划分有越来越细、也越来越复杂的趋势,但分类术语也较混乱,使得应用起来也较繁杂(表 2)。

表 2 国内外关于无定形体划分一览表

作者	无定形体的类型
Burgess(1974)	无定形体
Teichmuller(1977)	矿物沥青基质
Timofeev(1978)	团块状、粒状藻类基质;无结构腐泥基质
Bostick(1979)	絮状体;基质体
Alpern(1980)	腐泥体
Hutton(1980)	沥青质体;薄片状藻类体
Robert(1981)	湖相腐泥基质;海相腐泥基质
Thomas(1981)	颗粒状细菌有机质;无结构有机质;球粒状有机质
Venkataehala(1981)	生物降解的陆相有机质;生物降解的水生有机质;无定形有机质;细菌起源的有机质;半透明的无形态有机质
Senftle(1984)	荧光无定形体;无荧光无定形体
Mukhopadhyay(1985)	腐泥质体 I;腐泥质体 II;腐殖腐泥质体
Thompson(1986)	无定形体 A;无定形体 B;无定形体 C;无定形体 D
石油部部颁标准(SY5126-86)(1986)	无定形
肖贤明(1992)	藻类无定形体;菌解无定形体 A;菌解无定形体 B;菌解无定形体 C;菌解无定形体 D;粒状无定形体;腐殖无定形体;惰质无定形体;降解无定形体
王淑芝等(1994)	藻腐泥;生物降解的陆生植物;混合基质

虽然某一生油岩中的无定形体不一定是单一母源经改造而形成,而更可能是多种有机质分解产物的混合体,但是从具结构、有形态的有机质改造为无形态、无结构的无定形体,这一复杂的生物化学过程肯定会保留某些可追溯母源的光学鉴别特征和地化标志。我们依据母质来源、成因、光学特征以及地化特征,并考虑分类的实用性,将无定形体划分为腐泥无定形体和腐殖无定形体两种类型。

(1)腐泥无定形体

主要是由藻类等低等水生生物降解而成,透光下一般呈黄—褐黄色,絮状为主,常含有结构清晰的藻,并隐约可见到降解不完全的团粒状结构;紫外光下多呈兰白、黄白、黄色的强—中等荧光,主要含油质沥青;蓝光激发下呈黄—褐黄色荧光,团粒状结构明显。未降解的藻在激发光照射下多显示清晰的结构,其荧光强于周围的腐泥无定形体。

(2)腐殖无定形体

主要是高等植物的表皮组织、维管组织及基本组织,亦可能有少量藻类等低等生物的参与,经微生物的强烈生物降解作用改造而形成的异于腐泥无定形体的一种无定形体,透光下常呈深黄—浅棕色,团絮状为主,常含孢粉,经常隐约可见有尚未完全降解的植物残迹,常混有较多的壳质碎屑;紫外光下多呈暗褐色弱荧光,主要含沥青质沥青;蓝光激发下多呈黄褐—褐色。

生物降解作用实际上是一个复杂的生物化学过程,一般是从植物表层发展到内层的变化;在不同沉积环境、不同的生化条件下,各种微生物对有机质的改造程度亦有所不同。业已证明在生物降解过程中,微生物的作用可以增加沉积有机质中的类脂成分,使得原来的沉积有机质的 H/C 原子比增高。

腐泥无定形体和腐殖无定形体从成因上来看是两种不同性质的有机显微组分,其光学特征存在着很大的不同,无论是透光颜色还是荧光颜色,腐殖无

定形体均比相同成熟度的腐泥无定形体要深得多,其成烃能力也必然相差很大。在分类上,腐泥无定形体相当于原石油部部颁标准中的“无定形”、Mukhopadhyay(1985)分类中的腐泥质体和王淑芝等(1994)分类中的藻腐泥;其加权系数为 100;而腐

殖无定形体则相当于 Mukhopadhyay(1985)腐泥质体 I 及王淑芝等(1994)分类中的生物降解的陆生植物,在分类位置上归属于壳质组较宜;其加权系数则为 50。

表 3 庙 16-1 井东营组干酪根类型综合评价表

层位	岩性	热解色谱		元素分析 H/C-O/C 原子比(分 5 类)	透射光-荧光镜检	干酪根类型 综合评价	单一透射光镜检
		IH-IO	T _{max} -IH		平均类型系数及类型		平均类型系数及类型
Ed ¹	杂色、灰-深灰色泥岩	II 为主,少量 I ₂	II	II、I	II 为主,少量 I ₂ (-9 II)	II	II 为主,少量 I ₁ (5 I ₂)
Ed ²	杂色、灰-深灰色泥岩	II	II 为主,少量 I ₂	II 为主,少量 I	II 为主,少量 I ₂ 、I ₁ (11 I ₂)	II 为主,少量 I ₂	I ₂ 为主, I ₁ 次之,少量 II (31 I ₂)
Ed ³ 上	深灰-褐灰色泥岩	I ₂	I ₂ 为主,少量 I ₁	I 为主,少量 II、I ₂	I ₂ 为主,少量 I ₁ (28 I ₂)	I ₂	I ₂ 为主,少量 I ₁ (48 I ₁)
Ed ³ 下	深灰色泥岩	I ₁ 为主,少量 I ₂	I ₁ 为主,少量 I ₂	I ₂ 为主,少量 I	I ₁ 为主, I ₂ 次之 (43 I ₁)	I ₁ 为主,少量 I ₂	I ₁ 为主,少量 I (64 I ₁)

作者在对冀东油田庙 16-1 井东营组烃源岩进行干酪根有机质类型划分时,发现其中的腐殖无定形体平均含量高达 39.6%,若按照石油部部颁标准不细分,将其划入腐泥组,全井的类型系数平均值将由 25 提高至 45,平均提高 20,相当于类型提高了半个等级,与其它地化资料和实际地质情况相矛盾;将其细分出来,划归入壳质组,得到的结果则与热解色谱和元素分析结果非常一致,与实际油气情况也相吻合(表 3)。

3 正常镜质体与荧光镜质体问题

镜质组是生油岩中重要的具形态有机质,主要由高等植物的木质纤维素经凝胶化作用演变而来,是生气的良好母质,其反射率是目前国际上唯一可对比的成熟度指标;在激发光照射下,镜质组一般不发光。

然而近年来在我国东部油田的第三系、吐哈盆地侏罗系的泥岩、油页岩和藻煤中以及华北地区石炭纪煤系烃源岩中常常见到一些镜质体,在激发光下呈弱的荧光,有别于通常的镜质体,也只有在荧光下才能与一般的镜质体区分开来,称为荧光镜质体。本文根据镜质组在透射光-荧光下所表现出的特征不同,将镜质组进一步划分为正常镜质体和荧光镜

质体两种。

3.1 正常镜质体

包括结构镜质体和无结构镜质体,质地均匀,轮廓清晰,透射光下颜色多呈棕至棕红色,紫外光、蓝光激发下无任何荧光显示;只具生气能力。

3.2 荧光镜质体

荧光镜质体实际上是一种富氢的基质镜质体。Mukhopadhyay(1985)称其为“腐泥基质镜质体”;一般含量较少,常常赋存于湖相泥岩和海陆过渡相源岩中,亦可见与不发荧光的正常镜质体同时出现在一个样品中;只有在荧光下才能准确地与正常镜质体区别开来。这种镜质体在透射光下一般颜色较浅,呈棕-浅棕色,略有油脂光泽;在激发光照射下能发荧光,紫外光下呈暗褐色的弱荧光,蓝光激发下呈褐-深黄褐色;从成因上讲,荧光镜质体实际上是介于正常镜质体与壳质组分之间的一种过渡组分。

关于荧光镜质体的成因,国内外有机岩石学家的看法不一,归纳起来有以下几种。

(1)Hutton 等(1980)认为是沉积时期富氢的类脂物及沥青浸染扩散到镜质体内。

(2)Teichmuller(1974)认为是在热演化过程中镜质体吸附或结合了壳质组分沥青化产生的油沥青造成的;Walker 则认为是藻类体生成的烃类充填到镜质体中造成的。

(3) Price(1985)认为是由于各种富氢细菌对有机质反复改造完成的。

(4)肖贤明(1992)则认为某些植物的细胞壁本身就富氢。

鉴于荧光镜质体不但具生气能力,而且还具有一定的生油能力,因而在有机质类型划分时,不应与正常镜质体同等对待,其加权系数应介于壳质组与正常镜质体之间,我们多年的实际工作表明,其加权系数定为 10 较为合适。

总的看来,尽管荧光镜质体的确切成因仍不清楚,但早期和后期形成的荧光镜质体在国内外均有发现,若其含量较高时,则在干酪根类型划分中应予以充分考虑。

4 结论

本文以有机岩石学研究为核心,运用透射光—荧光分析手段,通过对国内外大量样品的镜下分析和鉴定,并结合有机地化和有机质的成因来源分析,对目前干酪根有机质类型划分存在的若干问题进行了探讨,提出了一些新的认识。

(1)运用透射光—荧光分析手段,通过对国内外大量样品镜下同一视域的实际观察分析,并同时吸收了国内外有影响分类的长处,提出了适合干酪根有机质类型划分的一种新的干酪根有机显微组分分类方案。

(2)根据母质来源、成因、光学特征以及地化特征,并考虑实际应用性,将无定形体进一步划分为腐泥无定形体和腐殖无定形体两种,它们的成烃贡献是不一样的;类型划分时,前者加权系数为 100,后者则为 50。

(3)根据镜质组在透射光—荧光下的所表现出的特征不同,进一步划分为正常镜质体和荧光镜质体两种,前者只具生气潜力,而后者还具有一定的生油能力;类型划分时,前者加权系数为—50,后者则为 10。

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国石油工业部部颁标准. 透射光下干酪根显微组分鉴定及类型划分方法. 北京:石油工业出版社,1986
- 2 Teichmuller M and Wolf M. Application of fluorescence microscopy in coal petrology and oil exploration. *J. Microscopy*, 1977, 109(1):49~73
- 3 Alpern B. The petrology of Kerogen. In: Durand B(Editor).
- 4 Robert P. Classification of organic matter by means of fluorescence—application to hydrocarbon source rocks. *Intern. J. Coal Geology*, 1981, 1(2):103~138
- 5 Burgess J D. Microscopic examination of kerogen (dispersed organic matter) in petroleum exploration. In: Dutcher, R. R(Editor). Carbonaceous materials as indicators of metamorphism, 1974
- 6 Senftle J T Brown J H and Larter S R Organic matter fluorescence application to petroleum source rock evaluation. Paper and Abstract Presented at Society of Organic Petrology Meeting, Virginia. 1984
- 7 肖贤明. 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,1992:43~52
- 8 Timofeev P P C. "Black shale" of the East Atlantic and problems of oil and gas formation. In: 25th Annual Meeting of the International Committee for Coal Petrology. 1978
- 9 Bostick N H. Microscopic measurements of the level of catagenesis of solid organic matter in sedimentary rocks to aid exploration for petroleum and determine former burial temperatures—a review. *Soc. Econ. Paleont. Miner., Spec. Publ.*, Tulsa, Okla, 1979, 26:17~43
- 10 Hutton A C. Organic matter in oil shale. *APEA. J.*, Sydney, NSW, 1980, 20:44~63
- 11 Thomas B M. Land—plant source rocks for oil and their significance in Australian Basin. *APEA. Journal*, 1981, 22:114~129
- 12 Venkatachala B S. 沉积物中无定形有机质的类型鉴别(中译): Brooks J 主编. 有机质成熟作用与化石燃料勘探, 1981, 高品文译. 北京:石油工业出版社, 1987, 100~104
- 13 Mukhopadhyay P K et al. Characterization of kerogens as seen under the aspect of maturation and hydrocarbon generation. *Erdol Kohle*, 1985, 38:7~18
- 14 Thompson, C. L. and Dembicki H J. Optical characteristics of amorphous kerogen and hydrocarbon—generation of source rocks. *Intern. J. Geol.*, 1986, 6:229~249
- 15 王淑芝和费轩冬. 透射光—荧光用于干酪根显微组分鉴定及油源岩中的烃类研究. 煤田地质与勘探, 1994, (增刊):94~100
- 16 Hutton A C et al. Influence of alginite on the reflectance of vitrinite from Joadia, NSW, and some other coals and oil shales containing alginite. *Fuel*, 1980, 59:711~714
- 17 Teichmuller M. Generation of petroleum—like substances in coal seams as seen under the microscopy. In: Tissot B and Biener F(Editors). *Advances in Organic Geochemistry 1973*. Paris: Technip, 1974:379~391
- 18 Price T G. Suppression of vitrinite reflectance in amorphous rich kerogen—a major unrecognized problem. *J. Petrol. Geol.*, 1985, 8(1):59~84

(收稿日期:1997年9月15日)

(下转 186 页)

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE JURASSIC HYDROCARBON SOURCE ROCKS IN THE BAIGEZHUANG UPLIFT

Li Sumei

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Wang Tieguan

(Petroleum University, Beijing 102200)

Zheng Hongju E Junjie

(Geological Institute of Jidong Petroleum Exploration & Exploitation Company, Tangshan 063004)

Abstract

The hydrocarbons in the chloroform extract of Jurassic source rocks (mudstone, coal) in the Baigezhuang Uplift of East Hebei province have been analysed systematically by means of organic geochemical measurements. It is revealed that the source rocks have the geochemical characteristics of coal-measure strata and belong to mature hydrocarbon source rocks. An unusual compound series — — alkyl benzene discovered in the fraction of saturated hydrocarbons is probably from microbial and algal origin.

~~~~~  
(上接 191 页)

## DISCUSSION ON CERTAIN PROBLEMS TO THE DIVISION OF ORGANIC MATTER TYPES IN KEROGEN

Tu Jianqi Wang Shuzhi Fei Xuandong

*(Research Institute of Petroleum Exploration and Development Sciences, CNPC, Beijing 100083)*

## Abstract

In this paper, a large number of samples at home and abroad are analysed under microscope by means of the Transmitted Light-Fluorescence Analysis. Combined with the analyses of organic geochemistry and organic matter origin, certain problems existing in the division of organic matter types in kerogen at present are discussed, and some new knowledge is suggested.