

# 油页岩物相分析方法 及其在生物成矿研究中的应用<sup>①</sup>

王璞瑀 常平 李红 王东坡

(长春地质学院能源系, 130026)

用三氯甲烷-醋酸-醋酸钠缓冲溶液、盐酸-磷酸混合液、盐酸-氢氟酸混合液和重液分离法,依次处理暗色泥质岩,分别得到氯仿沥青A、碳酸盐组分、铁锰氧化物组分、硅酸盐组分,最后得到生油母质干酪根。各组分的标准加入回收率为38%~104.3%。除用于油页岩中主要组分的赋存状态研究外,该分析方法亦适用于生物成矿作用研究。

**关键词** 油页岩 物相分析 生物成矿作用

**第一作者简介** 王璞瑀 男 39岁 博士、教授 化学与沉积学专业

暗色泥岩是生成石油和天然气的主要烃源岩类,同时又常是铀、钍和某些稀、贵金属矿床的宿主岩类。暗色泥岩物相分析对生油岩评价、金属元素富集机理及其提取工艺研究和生物有机质与金属赋存状态的关系研究等方面都具有理论和实际意义。目前对暗色泥岩的研究主要从生油岩评价角度研究其中的有机组分(余至清,1989;曹寅、张义纲,1993)。Tessler等(1979)对水系沉积物和海相页岩中部分无机元素的赋存状态进行了物相分析研究。本文提出一套适用于暗色泥岩系统物相分析的方法,可应用于有机组分研究、无机组分研究和二者相关特征的研究。本方法的基本分析流程简单易行,分项分析可按研究目的不同适当取舍。

## 1 主要仪器与试剂

(1)JARRELL-ASH 800系列 Mark-I型电感耦合氩等离子发射光谱仪(ICAP),用于无机金属元素分析。

(2)HP-5890A型液气相色谱仪,用于有机族组分分析。

(3)MOD-1106型元素分析仪,用于(干酪根)有机元素分析。

(4)MPV-III型显微光度计,用于干酪根光学鉴定。

(5)Olimpas偏光显微镜,用于干酪根光性鉴

定。

(6)沙多利斯万分之一快速称量天平,用于重量分析。

分析纯试剂:三氯甲烷、1M HAc~1M NaAc缓冲溶液、HCl、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>、HF、KI、HgI<sub>2</sub>、锌粒。

## 2 实验方法

参照近年国内外的有关物相分析方法和干酪根分离与鉴定方法(Ripley et al., 1990; Canfield et al., 1986; Tessler et al., 1979; 周明宜,1983;王子玉、曹继安,1990;高瑞祺、孔庆云等,1992; Durand, 1986),拟定出暗色泥岩系统物相分析方法如下:

(1)抽提分离氯仿沥青A

称取100~200目已于80℃烘箱中烘2小时的样品10~20g,置于自制已知重量的滤纸筒中封好口,放于索式抽提仪中加250ml氯仿于80℃水浴中抽提,自氯仿开始回流计时,连续抽提72小时。抽提液用液相色谱仪测定氯仿沥青A中族组分。

(2)醋酸-醋酸钠相(主要为碳酸盐组分)

称取步骤(1)的残渣样2g(~10g)于已在80℃恒重的聚四氟乙烯烧杯中加1M HAc和NaAc(1:1)缓冲溶液20ml,80℃加热2小时,并不断搅拌,过滤,用热蒸馏水反复冲洗残渣至溶液呈中性且无Na<sup>+</sup>(醋酸铀酰锌检查),滤液定容后用于元素测定

(样品量增加试剂量相应增加)。

(3) 盐酸-磷酸相(主要为铁锰氧化物及部分硫化物和少部分层状硅酸盐矿物)

步骤(2)的残渣定量移回原烧杯中, 80℃烘干至恒重、记录残渣重量  $W_1$  (样重 -  $W_1$  = 碳酸盐组分总重量)。少许水润湿样品, 缓慢加入 1:1 HCl 和 1:1  $H_3PO_4$  各 10ml, 80℃加热 2 小时并不断搅拌, 过滤, 用热蒸馏水冲洗残渣至中性并无  $Cl^-$  和  $PO_4^{3-}$  离子(用  $AgNO_3$  检查)。滤液定容后用于元素分析。

(4) 盐酸-氢氟酸相(主要为硅酸盐矿物及部分锰和铁的氧化物)

步骤(3)的残渣定量移回原烧杯中, 于 80℃烘干至恒重、记录残渣重量  $W_2$  ( $W_1 - W_2$  = 氧化物组分总重量)。少许水润湿样品后缓慢加入浓 HCl 和浓 HF 各 10ml, 于 80℃不断搅拌下加热 2 小时、放置过滤, 用热的去离子水冲洗至中性且无  $Cl^-$  和  $F^-$  离子(用  $AgNO_3$  和  $CaCl_2$  检查), 滤液定容后用于元素测定(若测定中接触玻璃器皿, 则该步需将  $F^-$  除去)。

(5) 不溶残余相(主要为干酪根和黄铁矿及少量锰的氧化物)

将步骤(4)的残渣定量移回原烧杯中, 80℃烘干至恒重, 记录残渣重  $W_3$  ( $W_2 - W_3$  = 硅酸盐组分总重量)。重液离心分离—倾泄法将悬浮干酪根与沉淀的黄铁矿定量分离, 并分别洗净、恒重, 记录各自的重量。干酪根用  $HNO_3$  溶解后测定金属元素含量(或直接用于光学鉴定及元素分析)。

(6) 提纯干酪根

将步骤(5)的残余物定量移入于 80℃恒重的 80ml 离心管中于烘箱 80℃恒重并记录残余样品重量, 加入重液 50ml 离心分离, 倾泄法将悬浮干酪根定量移入已于 80℃恒重的称量瓶中, 于 80℃蒸至近干再于烘箱中 80℃恒重记录干酪根重量。然后, 称 20~40mg 已提纯的干酪根样于 850℃烧(半小时)至恒重, 如果灰份重 > 35%, 则需再次离心提纯。干酪根用于偏光显微镜和显微光度计光学鉴定, 元素分析仪测有机元素 C、H、O、N 含量, 碳同位素质谱分析和 ICAP 无机元素分析。

### 3 分析方法与分析结果讨论

#### 3.1 各组分总重量的计算

前后两相邻步骤的恒重结果之差即为各组分的

总重量。即步骤(1)与步骤(2)之差为氯仿沥青 A 的总量; 步骤(2)、(3)之差为碳酸盐组分总量; (3)、(4)之差为铁锰氧化物组分总量; (4)、(5)之差为硅酸盐组分总量; 步骤(5)两次恒重之差为黄铁矿重量。

#### 3.2 方法选择与试剂用量

暗色泥岩形成于缺氧的静水环境, 主要矿物为碎屑长石、石英和云母以及自生粘土矿物等硅酸盐类矿物; 副矿物主要为有机质(5%~10%)、碳酸盐类(<10%, 以方解石为主)和硫化物类(<2%, 以  $FeS_2$  为主)及其次生变化形成的氧化物类(褐铁矿为主, <2%, 锰氧化物较少, <0.1%); 而形成于氧化或强蒸发环境的膏盐类矿物比较少见。本物相分析流程主要根据暗色泥岩的上述组成特点拟定。试剂用量选取样品中该组分最大可能含量溶解完全所需试剂的 2~3 倍, 一次溶解不完全需另补加试剂。

#### 3.3 分离效果检验

在 GSS-1 级粘土质标样中加入暗色泥岩组成矿物、回收结果列于表 1; 选择组成暗色泥岩的各类单矿物平行分析, 各步分溶结果亦列于表 1;

表 1 泥质岩中主要组成单矿物在分步溶解的各混酸相中的溶解含量百分比<sup>②</sup>

| 单矿物                         |     | 醋酸-醋<br>酸钠相(I) | 盐酸-磷<br>酸相(II) | 盐酸-氢<br>氟酸相(III) | 酸不溶残<br>余相(IV) |
|-----------------------------|-----|----------------|----------------|------------------|----------------|
| 蒙脱石                         |     | <0.5           | 17             | 83               | <0.5           |
| 高岭石                         |     | <0.5           | 20.6           | 78.4             | <0.5           |
| 钾长石                         |     | 3              | 26             | 71               | <0.5           |
| 石英                          |     | <0.5           | 9.5            | 90.5             | <0.5           |
| 方解石                         |     | 84.5           | 10             | 5.2              | <0.5           |
| 黄铁矿                         |     | 3.6            | 2.9            | 14               | 79.5           |
| 褐铁矿                         |     | <1             | 69.4           | 29.3             | <0.5           |
| 赤铁矿                         |     | <1             | 73.5           | 25               | <0.5           |
| 软锰矿                         |     | <1             | 49             | 46               | 4              |
| 硬锰矿                         |     | 1.6            | 50             | 47               | <2             |
| 干酪根                         |     | 0.0            | 0.0            | 0.0              | 100            |
| GSS-1 标样                    |     | 4.64           | 11.52          | 80.73            | 3.12           |
| 标样回收率                       |     | 注 <sup>③</sup> | 注 <sup>③</sup> | 注 <sup>③</sup>   | 100.6%         |
| 标准<br>加入<br>回收 <sup>①</sup> | 加入量 | 1.2g           | 0.42g          | 6.98g            | 1.2g           |
|                             | 回收量 | 1.185g         | 0.36g          | 6.5g             | 1.252g         |
|                             | 回收率 | 98.7%          | 86%            | 93.1%            | 104.3%         |

① 标准加入回收是在 10g GSS-1 标准样中加入分析纯试剂:  $CaCO_3$  1.2g、 $Fe(OH)_3$  0.4g、 $MnO_2$  0.02g、 $SiO_2$  6.98g, 并加入天然黄铁矿 1g 和已提纯的干酪根 0.2g(模拟样共重 19.8g); ② 重量分析结果; ③ 无参考标准值

表 2 单矿物中各元素在不同酸溶组分中的分配关系

| 元<br>素 | 酸 <sup>①</sup><br>溶<br>组<br>分 | 蒙<br>脱<br>石 | 高<br>岭<br>石 | 钾<br>长<br>石 | 石<br>英          | 方<br>解<br>石 | 黄 <sup>②</sup><br>铁<br>矿 | 褐<br>铁<br>矿 | 赤<br>铁<br>矿 | 软 <sup>③</sup><br>锰<br>矿 | 硬 <sup>③</sup><br>锰<br>矿 | GSS-1<br>标<br>样 |
|--------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| Al     | I                             | <0.06       | <0.08       | <0.13       | <0.1            | 0.1         | <0.02                    | <0.1        | <0.1        | <0.13                    | 0.3                      | 0.5             |
|        | Ⅰ                             | 11.8        | 37          | 0.9         | <0.8            | 1.9         | 1.4                      | 3.5         | 4.5         | 3.7                      | 6.4                      | 21.2            |
|        | Ⅱ                             | 88.2        | 63          | 99          | 99.1            | 98          | 18.6                     | 96.4        | 95.4        | 56.2                     | 93.3                     | 78.3            |
| Fe     | I                             | 0.3         | 2.4         | 36.3        | 79              | 47          | 4.8                      | <0.1        | <0.1        | <8.4                     | <0.2                     | 1.8             |
|        | Ⅰ                             | 37.4        | 38.7        | 39.2        | 14.2            | 52.1        | 62.8                     | 68.5        | 64.3        | 74.7                     | 67                       | 83.2            |
|        | Ⅱ                             | 62.3        | 58.9        | 24.5        | 6.8             | <0.9        | 32.4                     | 31.5        | 35.7        | 16.9                     | 32.3                     | 15              |
| Ca     | I                             | 28.1        | 30.4        | 92.3        | ND <sup>②</sup> | 88          | ND                       | 48.8        | 51.5        | 19                       | 13.8                     | 53              |
|        | Ⅰ                             | 70.1        | 21.4        | 5.3         | ND              | 12          | ND                       | 29.1        | 30          | 22.9                     | 71.7                     | 31              |
|        | Ⅱ                             | <2          | 48.3        | <3          | ND              | ND          | ND                       | 22.1        | 18.5        | 57.3                     | 14.5                     | 16              |
| Mg     | I                             | 7.8         | 32.3        | 56.3        | 31.8            | 77.7        | 11.1                     | 7.8         | 12.6        | 3.4                      | 4.2                      | 28              |
|        | Ⅰ                             | 84.4        | 24.1        | 36.3        | 52.7            | 22.3        | 80.6                     | 45.3        | 56.3        | 19.3                     | 51.8                     | 69              |
|        | Ⅱ                             | 7.8         | 43.6        | 7.4         | 15.5            | ND          | 8.3                      | 46.9        | 31.1        | 77.4                     | 44                       | 3               |
| Mn     | I                             | ND          | ND          | 5.2         | 47.9            | 66.7        | 32.4                     | 0.6         | 6.7         | 0.1                      | <0.1                     | 36              |
|        | Ⅰ                             | 24.7        | 36.1        | 35.5        | 17.8            | 27.1        | 15.8                     | 34.6        | 76.9        | 85.3                     | 89                       | 50              |
|        | Ⅱ                             | 75.3        | 63.9        | 59.3        | 34.4            | 6.2         | 51.8                     | 64.8        | 16.4        | 14.6                     | 10.9                     | 14              |
| P      | I                             | ND          | ND          | ND          | <1              | <1          | ND                       | ND          | <1          | ND                       | ND                       | <0.3            |
|        | Ⅰ                             | 93.6        | 95          | 90          | 90              | 90          | 77                       | 79          | 67          | 47.8                     | 91.1                     | 57              |
|        | Ⅱ                             | 6.4         | 5           | <10         | <10             | <10         | 23                       | 21          | 32.3        | 52.2                     | 8.9                      | 43              |
| Ti     | I                             | ND          | ND          | ND          | ND              | ND          | ND                       | ND          | ND          | ND                       | <1                       | ND              |
|        | Ⅰ                             | 17          | ND          | ND          | ND              | ND          | ND                       | ND          | 29.1        | ND                       | <1                       | 49              |
|        | Ⅱ                             | 83          | ND          | ND          | ND              | ND          | ND                       | 100         | 70.9        | ND                       | 99                       | 51              |
| Ba     | I                             | 12          | 40.5        | 67.3        | 52.6            | 35.4        | 9.5                      | 24.2        | 40.5        | 0.2                      | <0.1                     | 17              |
|        | Ⅰ                             | 48          | 18.9        | 18.3        | 8.7             | 54.3        | 18.5                     | 55.1        | 40          | 71.8                     | 93                       | 39              |
|        | Ⅱ                             | 40          | 40.6        | 14.4        | 38.7            | 10.3        | 72                       | 20.7        | 19.5        | 28                       | 6.9                      | 44              |
| Sr     | I                             | 22.7        | 9.7         | 72.5        | 35.3            | 90          | 13.9                     | 31.2        | 37.8        | 3.3                      | 1.4                      | 21              |
|        | Ⅰ                             | 71          | 16.3        | 19.9        | 17.4            | 9.7         | 52.5                     | 29.4        | 26.3        | 59.6                     | 60.5                     | 22              |
|        | Ⅱ                             | 6.3         | 74          | 7.6         | 50.3            | 0.3         | 33.6                     | 39.4        | 35.9        | 37.1                     | 38.1                     | 57              |
| Zn     | I                             | 45.9        | 46          | 81.3        | 38              | 16.1        | 18.1                     | ND          | 1.7         | 10.6                     | 15.7                     | 14              |
|        | Ⅰ                             | 28.1        | 54          | 18.7        | 60.5            | 83.9        | 61.5                     | 29.3        | 55.4        | 59.2                     | 57.8                     | 79              |
|        | Ⅱ                             | 26          | ND          | ND          | 1.5             | ND          | 20.4                     | 70.7        | 42.9        | 30.2                     | 26.5                     | 7               |
| Cu     | I                             | 18.5        | 10.2        | 62.4        | 71.9            | 23          | 1.3                      | 2.1         | 2.8         | ND                       | 5.8                      | 4               |
|        | Ⅰ                             | 44.5        | 52.3        | 37.6        | 24.3            | 77          | 55.1                     | 35.8        | 45          | ND                       | 72.8                     | 71              |
|        | Ⅱ                             | 37          | 37.5        | ND          | 3.8             | ND          | 43.6                     | 62.1        | 52.2        | ND                       | 21.4                     | 25              |

① I 为醋酸-醋酸钠相, Ⅰ 为盐酸-磷酸相, Ⅱ 为盐酸-氢氟酸相; ② ND(not detected) 为未检测出, 表示酸溶组分中浓度 0.01~0.1g/ml; 黄铁矿及软锰矿和硬锰矿用混酸不能完全溶解, 该表数据表示溶解部分在各相中所占百分比; ③ ICAP 定量分析结果

表 2 是与表 1 相对应的物相分析结果,表示不同元素在各物相中的分配关系。即,表 1 是重量分析结果,代表样品在不同酸中的总溶解量;而表 2 是仪器分析结果,代表各酸溶相中的无机元素组成。由表 1 和表 2 可见,该分步溶解物相分析方法基本能将油页岩中的碳酸盐、氧化物、硅酸盐及黄铁矿与干酪根等几种主要组分定量分离;能够满足多数研究的要求。

#### 4 油页岩物相分析在生物成矿研究中的应用

生物成矿作用研究,尤其是油页岩中金属元素的生物成矿机理研究,越来越引起国内外研究者的关注(Coveney Jr. 等,1992; 叶连俊等,1993; 王璞

珺等,1995)。本文所述的油页岩物相分析流程除了可用于油页岩中主要组分的赋存状态研究外,还适用于油页岩中金属元素生物成矿作用研究。

##### 4.1 用于油页岩中金属元素富集特征与有机组分(干酪根)的关系研究

干酪根是不溶沉积有机质,是生烃母质(Durand,1986)<sup>①</sup>。它在裂解生烃过程中主要是释放出 C、H、O 等有机元素,而无机金属元素能得到较好保存。本区干酪根以 I 型和 II-A 型为主,一般认为这两类干酪根与细菌和藻类有关(Durand,1986)。研究层段油页岩中干酪根的平均含量为 6%(富有机质层位的平均重量百分比)。

图 1 为将干酪根中金属元素的平均含量(N=20)比上相应油页岩中的平均含量(图 1)。比值>1 说明该元素趋于在有机组分中富集。由图 1 可见,

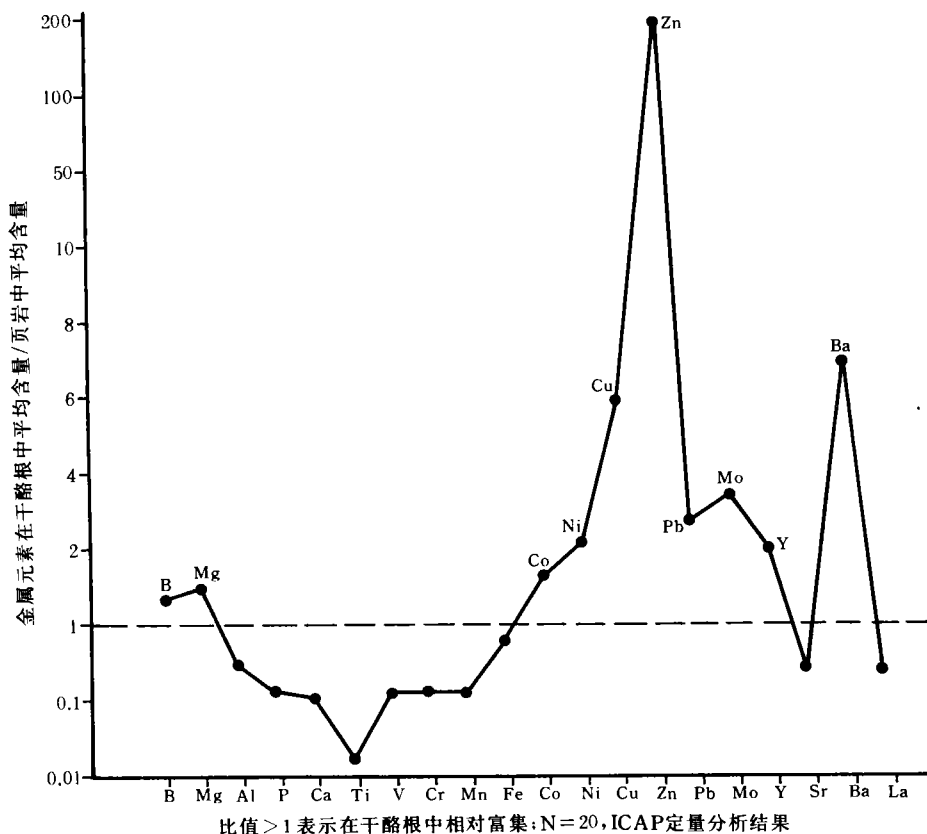


图 1 金属元素在干酪根中的相对浓集特征

① Durand B. 不溶沉积有机质—干酪根(地矿部无锡实验中心译). 内刊,1996

金属元素在本区油页岩干酪根中的富集规律为: Zn (富集系数为 200) >> Ba, Cu (富集系数 = 6~8) > Mo, Pb, Ni, Y (富集系数 = 2~4) > Co, Mg, B (富集系数 = 1.4~2)。

#### 4.2 赋存于有机组分(干酪根)中的金属元素总量及其成矿意义研究

由于有机组分在油页岩中的含量通常较低(一般 < 15%)。所以生物有机质的吸收固定作用而导致的金属元素富集, 其成矿或矿化的显著性程度究竟如何, 是值得进一步研究的、具有实际意义的问题。为此对本区油页岩进行了系统物相分析, 以查明生物有机质富集作用对元素总含量的影响程度。结果列于表 3。

表 3 油页岩物相分析百分含量表(N=11)

| 元<br>素 | 碳<br>酸<br>盐<br>相 | 氧<br>化<br>物<br>相 | 硅<br>酸<br>盐<br>相 | 干<br>酪<br>根<br>相 |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Al     | 0.4              | 28               | 69               | 2.6              |
| Fe     | 0.9              | 70               | 22.1             | 7                |
| Ca     | 59.3             | 32.1             | 6.2              | 2.4              |
| Mg     | 9                | 74.5             | 2.2              | 14.3             |
| Ba     | 6.1              | 21.4             | 19.8             | 52.8             |
| Be     | 1.7              | 49.7             | 47               | 1.6              |
| Cd     | 16.7             | 34.8             | 39.4             | 9.1              |
| Co     | 12.8             | 72.5             | 5.7              | 9                |
| Cr     | 5.2              | 54.3             | 39.5             | 1.0              |
| Cu     | 2.1              | 60.1             | 23.3             | 14.5             |
| La     | 0.03             | 83.1             | 11.7             | 4.89             |
| Mn     | 13               | 70               | 15.2             | 1.8              |
| Mo     | 4.7              | 0.4              | 75.1             | 19.8             |
| Ni     | 11               | 70.6             | 9.6              | 8.8              |
| P      | 0.04             | 8.9              | 91               | 0.06             |
| Pb     | 6.2              | 79.4             | 6.7              | 7.7              |
| Sr     | 34.7             | 29.7             | 27.2             | 8.4              |
| Ti     | 0.01             | 16               | 83.7             | 0.29             |
| V      | 0.3              | 52.3             | 46.2             | 1.2              |
| Y      | 10.2             | 65.4             | 11               | 13.4             |
| Zn     | 38               | 3.3              | 0.7              | 58               |

①样品采集、加工和分析由王璞琦、常平、李红完成;

②数据为 ICAP 定量分析结果

结合图 1 和表 3, 当某金属元素在某物相中的含量明显高于岩石中平均含量时, 则定义该物相是该元素的“富集相”(如图 1 中, 对于 Zn、Ba、Cu、Mo、Pb、Ni、Y 及 Co、Mg 和 B 等元素而言, 干酪根就是它们的“富集相”)。当某一金属元素主要赋存在某一物相中时(该相中元素含量  $\geq 50\%$  元素总含量), 则称该相是该元素的“载体相”(如表 3 中碳酸盐相是 Ca 和 Sr 的“载体相”; 氧化物相是 Fe、Mg、Be、Co、Cr、Cu、La、Mn、Ni、Pb、V 和 Y 的“载体相”; 硅酸盐相是 Al、Mo、P、Ti 的“载体相”; 干酪根相是 Ba 和 Zn 的“载体相”)。只有当金属元素在有机组分中强烈富集, 并使该元素在岩石中的总含量显著增加时, 生物有机质对金属元素的矿化作用才具有实际意义。即, 只有当有机质既是金属元素的“富集相”, 同时又是其载体相时, 才能说生物有机质使该元素发生了矿化作用(如本例中的 Zn 和 Ba)。

#### 参 考 文 献

- 1 高瑞祺, 孔庆云, 辛国强, 黄福堂. 石油地质实验手册, 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1992
- 2 叶连俊等著. 生物成矿作用研究. 北京: 海洋出版社, 1993
- 3 王璞琦, 王东坡, 常平, 李红. 油页岩中生物及有机质对金属元素富集作用机理研究. 地质科学, 1995
- 4 王子玉, 曹继安. 相指标分析中黄铁矿的直接测定. 石油地质实验室, 1990, (12)1: 71~15
- 5 余至清. 氯仿沥青 A 连续抽提法的研究. 石油实验地质, 1989, 11(3): 264.
- 6 周明宜. 二元溶剂抽提岩石中可溶有机质的试验. 石油地质实验室, 1983, 5(1): 75-76
- 7 Canfield D E, Raiswell R, Westrich J T, Reaves C M and Berner R A. The use of chromium reduction in the analysis of reduced inorganic sulfur in sediments and shales. *Chem. Geol.* 1986, 54: 149-155.
- 8 Coveney Jr R M et al. Gold and platinum in shales with evidence against extra-terrestrial sources of metals. *Chemical Geology*, 1992, 99: 101-104
- 9 Ripley E M, Shaffer N R and Gilstrap M S. Distribution and geochemical characteristics of metal enrichment in the New Albany shale (Devonian - Mississippian), Indiana. *Economic Geol.* 1990, 85: 1790-1807
- 10 Tessler A, Campbell P G C and Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chem.* 1979, 51(7): 844-851

(收稿日期: 1995 年 1 月 23 日)

## SEQUENTIAL ANALYSIS OF BLACKSHALES AND ITS APPLICATION TO BIOMINERALIZATION RESEARCH

Wang Pujun Chang Ping Li Hong and Wang Dongpo

*(Geoenergy Department, Changchun University of Earth  
Sciences, 130026 Changchun, Jilin, China)*

### Abstract

After leaching blackshales with  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{HaAc}-\text{NaAc}$  buffer,  $\text{HCl}-\text{H}_3\text{PO}_4$  mixture,  $\text{HCl}-\text{HP}$  mixture and heavy liquid sequentially, chloroform extracted bitumen-A, carbonate, ferromanganese oxide, silicate components and kerogen are obtained respectively. The recovery of standard addition for different components ranges 86%—104.3%. The sequential analysis is applicable to, besides the study of main components in oil shales, biomineralization research.