

# ASE300 与快速索氏抽提仪处理 沉积岩样品的地化参数对比

魏彩云<sup>1,2</sup>, 王汇彤<sup>1,2</sup>, 赵丽娜<sup>3</sup>, 张水昌<sup>1,2</sup>, 程磊<sup>1,2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院 石油地质实验研究中心, 北京 100083; 2. 中国石油勘探开发研究院  
提高石油采收率国家重点实验室, 北京 100083; 3. 中国环境科学研究院, 北京 100012

**摘要:** 本文对加速溶剂萃取仪(ASE300)和快速索氏抽提仪提取的氯仿沥青“A”及其分离出的饱和烃、芳烃、胶质和沥青质组分做了详细对比。结果表明:多数情况下 ASE300 抽提出的氯仿沥青“A”的量比快速索氏抽提仪抽提出的量略多,主要是胶质和沥青质量的增加;不同抽提装置得到的饱和烃和芳烃组分的色谱-质谱谱图高度一致,定量结果的相对偏差在 5% 以内。各组分的稳定碳同位素分析精度 $\pm 0.5\%$ 。所有的地化参数表明 ASE300 完全可以替代快速索氏抽提仪,从而降低消耗、提高分析效率。

**关键词:** 氯仿沥青“A”; 色谱-质谱分析; 碳稳定同位素分析; 地化参数; ASE300; 快速索氏抽提仪

**中图分类号:** P599 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2012)01-0089-07

## The Comparison of Geochemical Parameters of Sedimentary Rock Samples Extracted by ASE300 and Fast Soxhlet Apparatus

WEI Cai-yun<sup>1,2</sup>, WANG Hui-tong<sup>1,2</sup>, ZHAO Li-na<sup>3</sup>,  
ZHANG Shui-chang<sup>1,2</sup>, CHENG Lei<sup>1,2</sup>

1. *Petroleum Geology Research and Laboratory Center, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Petrochina, Beijing 100083, China*; 2. *State Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Petrochina, Beijing 100083, China*; 3. *China research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China*

**Abstract:** Two groups of chloroform bitumen “A” samples were separated from some selected sedimentary rock samples using an accelerated solvent extraction apparatus (ASE300) and a fast Soxhlet extraction apparatus, respectively. The geochemical parameters of saturated hydrocarbons, aromatics, resin and asphaltene from the different chloroform bitumen “A” sample groups were systematically studied and compared. The experiment results showed that the obtained amounts of chloroform bitumen “A” are slightly higher using the ASE300 than using the fast Soxhlet in most cases, and that the main increments of using ASE300 are resin and asphaltene. GC-MS study indicated that saturated and aromatic hydrocarbons extracted from two groups of chloroform bitumen “A” samples are highly consistent, the deviations of the quantitative results are less than 5%, the differences of measured carbon stable isotope compositions for any identical component obtained respectively from two extraction methods fall into the range of  $\pm 0.5\%$ . These results indicated that ASE300 and fast Soxhlet extracted instruments are comparative. Therefore, the ASE300, the relatively consumption saving and analytically efficient method, can replace the fast Soxhlet extraction apparatus in geochemical pretreatment experiments.

**Key words:** chloroform bitumen “A”; GC-MS analysis; carbon stable isotope analysis; geochemical parameters; ASE300; fast Soxhlet extraction

收稿日期: 2011-01-23 收到, 04-22 改回

第一作者简介: 魏彩云(1971-), 女, 高工, 主要从事石油地质实验技术开发及分析工作。E-mail: cywei@petrochina.com.cn.

常规的索氏抽提仪是最早使用的一种抽提仪器,也是石油地质实验室里常用的仪器,由于其费水、费电、费溶剂、耗时长,人们在不断对其改进,快速索氏抽提仪是在常规索氏抽提仪的基础上加以改进的一种,该装置与索氏抽提仪相比,抽提时间从 30 h 缩短至 10 h 之内(8 h 左右)<sup>[1]</sup>,在石油行业广泛应用。加速溶剂萃取仪(Accelerated Solvent Extraction, ASE300)是最新引进到石油前处理中的一种高温、高压加速溶剂萃取仪,一次可同时对 12 个样品进行分析,处理一个样品仅需十几分钟,所用的溶剂量较少(10~150 ml 溶剂可萃取 1~50 g 样品),回收率也比较高。由于系统密闭,不仅减少了有害试剂的排放,而且降低了操作人员吸入有毒化学溶剂的可能;该仪器自动化程度比较高,设定好程序后可自行运转<sup>[2,3]</sup>。因此,ASE300 被广泛地应用到各个领域,如环境、农业、食品等<sup>[4,5,6]</sup>,但在石油地质实验室前处理中是否可用,高温、高压下对抽提出的氯仿沥青“A”是否有影响,还未有定论。

Sune Sporning<sup>[7]</sup>等对全自动索氏抽提仪、加速溶剂萃取仪、超声波萃取仪、超临界流体萃取仪以及微波辅助萃取仪抽提土壤中多氯联苯做了比较,结果显示只要仪器条件适合都可以得到满意结果。龚迎莉等<sup>[8]</sup>对 ASE200 和常规索氏抽提仪器做了相关谱图对比,但没有进行精确的量化及同位素对比。本文在前期工作的基础上(对 ASE300 的仪器工作条件进行了确定)<sup>[9]</sup>,选取大港油田的 5 个样品,针对地球化学方面的应用,不仅做了色谱-质谱相对定量对比,还做了四组分及氯仿沥青“A”同位素对比,全面对照了两种仪器所抽提出氯仿沥青“A”的分析结果,从而印证了 ASE300 所抽提出的氯仿沥青“A”和索氏抽提所得结果一致,解决了一些地球化学研究者提出的 ASE300 在高温、高压下抽提出的氯仿沥青“A”以及由其所得的各类参数是否可靠,数据和以前参数是否具有可比性的问题。从更深的层面说明了 ASE300 在石油地质实验室的适用性,为石油地质实验工作者和油气地球化学研究工作者提供了选择和参考。

## 1 实验部分

### 1.1 样品

本实验样品选取大港油田的 5 个岩石样品,样品的基本信息见表 1。样品清洗后干燥,粉碎至 0.180 mm 待用。

表 1 大港油田 5 个待分析样品

Table 1 Five rock samples from the Dagang oil field

分析号	井名	采样深度/m	岩性
08-6110	港深 47	4071.51	灰黑色泥岩
08-6135	港深 35	3860.60	灰色粉砂-细砂岩
08-6146	港深 35	3870.07	灰色粉砂岩
08-6166	港深 26	2993.50	褐灰色泥岩
08-6192	港深 4	3262.95	褐黑色泥岩

### 1.2 试剂及材料

三氯甲烷、二氯甲烷、正己烷、乙醇(所有有机溶剂均为色谱纯)、氢氧化钠饱和溶液。硅藻土(Florisil)粒径 0.165~0.245 mm;三氧化二铝;硅胶粒径 0.150~0.180 mm。

内标:①直链烷烃( $C_{24}D_{50}$ ),浓度为 0.5068 mg/mL,每个样品加入 300  $\mu$ L;②甾烷(5 $\alpha$ -雄甾烷):0.1068 mg/mL,每个样品加入 100  $\mu$ L;③芳烃(氘代萘):0.1139 mg/mL,每个样品加入 20  $\mu$ L。

### 1.3 仪器及实验方法

1.3.1 加速溶剂萃取仪 ASE300 ASE300 型萃取仪(美国戴安公司),萃取池体积为 34 ml。取样品 3~30 g 不等放入萃取池中;萃取池底端用纤维素膜隔离,其余空间加入硅藻土分散剂并混匀待用。设定仪器温度为 125 $^{\circ}$ C,加热时间 5 min,静态时间 8 min,压力为固定值 1500 psi,冲洗体积为萃取池体积的 50%,氮气吹扫为 60 s,循环 3 次,萃取溶液为氯仿。萃取完后取下置入旋转蒸发器回收氯仿溶剂,得到的萃取物放入通风柜中自然晾干并恒重。

1.3.2 快速索氏抽提仪器 根据石油天然气行业标准 SY/T 5118-2005<sup>[10]</sup>抽提得到氯仿沥青“A”。

1.3.3 组分分离 取氯仿沥青“A”样品约 30 mg,将沥青“A”用正己烷溶解,加入不同浓度和体积的三个标样。然后根据石油天然气行业标准 SY/T 5119-2008<sup>[11]</sup>分离。

1.3.4 色谱-质谱分析 采用美国 Thermo 公司 Trace GC-DSQ II 色谱-质谱仪。实验条件:HP-5 质谱柱(柱长 60 m、膜厚 0.25  $\mu$ m,直径 0.25 mm),载气为氦气,不分流进样,进样口温度为 280 $^{\circ}$ C,传输线温度为 280 $^{\circ}$ C。EI 轰击源(70 ev),离子源温度为 250 $^{\circ}$ C,全扫描(质量范围 50~650 amu),柱箱温度:①饱和烃升温程序:100 $^{\circ}$ C 保持 5 min,4 $^{\circ}$ C/min 升至 220 $^{\circ}$ C,后以 2 $^{\circ}$ C/min 升至 320 $^{\circ}$ C 保持 20 min;②芳烃的升温程序:100 $^{\circ}$ C 保持 5 min,3 $^{\circ}$ C/min 升至 320 $^{\circ}$ C 保持 20 min。

1.3.5 同位素比值质谱仪分析 采用 Flash EA

1112 元素分析仪和 Thermo 公司 DELTA V Advantage 同位素比值质谱仪。选取国际原子能机构 USG24 做为碳标样( $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$ 为 $-16.049\%$ )。

国家标准物质: GBW04407 ( $-22.43\%$ ); GBW04408 ( $-36.91\%$ )。实验条件: 炉温:  $980^\circ\text{C}$ , 柱箱温度:  $50^\circ\text{C}$ , 载气流量:  $300(85)\text{ ml/min}$ , 注氧流量:  $175\text{ ml/min}$ , 吹扫流量:  $200\text{ ml/min}$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 ASE300 和快速索氏抽提结果的对比

通过前期工作<sup>[9]</sup>可知 ASE300 和快速索氏抽提仪抽提岩石样品得到的氯仿沥青“A”的量相近, 说

明经过两种仪器的抽提后, 样品里可溶有机质含量抽提的都比较彻底。从表 2 可看出两种仪器抽提出氯仿沥青“A”的含量差别不大; 只有褐黑色泥岩这一组 ASE300 抽提的量略小于索氏抽提, 其他都是 ASE300 抽提的量略多于快速索氏抽提氯仿沥青“A”的含量。从两种仪器抽提出氯仿沥青“A”棒薄层色谱所得四组分百分含量的差值, 可看出 ASE300 抽提出更多的胶质和沥青质, 由于饱和烃和芳烃较易抽提出, 所以两种抽提方式得到的结果相近。而非烃和沥青质则随着温度的增加其溶解度也增加。抽提出的量也随着增加, 其百分含量增大导致饱和烃和芳烃的百分含量相对减少。

表 2 ASE300 和索氏抽提所得氯仿沥青“A”的棒薄层色谱定量结果对比  
Table 2 The correlation of thin layer chromatography results of chloroform and bitumen “A” extracted from ASE300 and Soxhlet extraction

编号及差值	岩性	氯仿沥青“A”	饱和烃(%)	芳烃(%)	胶质(%)	沥青质(%)
08-6110A	灰黑色 泥岩	0.104	10.222	18.483	43.840	27.455
08-6110C		0.101	11.645	21.203	39.812	27.340
差值		0.002	-1.423	-2.720	4.028	0.115
08-6166A	褐灰色 泥岩	0.030	47.845	4.762	44.876	2.517
08-6166C		0.028	61.500	7.777	28.726	1.998
差值		0.001	-13.655	-3.015	16.150	0.519
08-6192A	褐黑色 泥岩	0.018	49.215	13.081	36.452	1.253
08-6192C		0.020	67.783	12.451	18.524	1.243
差值		-0.002	-18.568	0.630	17.928	0.010
08-6135A	灰色粉-细砂岩	0.116	66.004	4.556	28.984	0.456
08-6135C		0.097	78.241	5.082	16.445	0.223
差值		0.019	-12.237	-0.526	12.539	0.233
08-6146A	灰色 粉砂岩	0.068	69.584	6.833	22.116	1.467
08-6146C		0.063	76.243	6.906	16.130	0.721
差值		0.005	-6.659	-0.073	5.986	0.746

注: “A”代表 ASE300, “C”代表快速索氏抽提; 差值是两种仪器所得结果的差

### 2.2 色谱-质谱分析结果

2.2.1 饱和烃对比结果 色谱-质谱测定的饱和烃对比主要有: ①总离子流; ②直链烷烃; ③生物标记化合物。从图 1 和图 2 可以看出, 这两种仪器抽提出的灰黑色泥岩的饱和烃总离子流图外形几乎一致, 单峰都是以直链烷烃为主、生物标记化合物浓度比较低。

图 3 和图 4 是灰黑色泥岩直链烷烃(M/Z85)的离子流谱图, 两个谱图也几乎一致, 都是以  $\text{C}_{15}$  为主

峰碳, 碳数都是从  $\text{C}_{12}$  至  $\text{C}_{31}$ , 说明这两个氯仿沥青“A”的轻组分含量都高于重组分。为了确定其每个化合物在原始样品里的含量是否具有可比性, 我们做了相对定量分析, 见表 3 (化合物在原始岩石样品中的含量  $1 \times 10^{-6}$ ), 从表中可以看出从  $\text{C}_{13}$  至  $\text{C}_{30}$  直链烷烃包括姥姣烷和植烷的两种仪器相对定量结果相对偏差都在 3% 以下 (正常在 5% 以内), 说明同一种化合物在两种仪器上的测定结果一致。

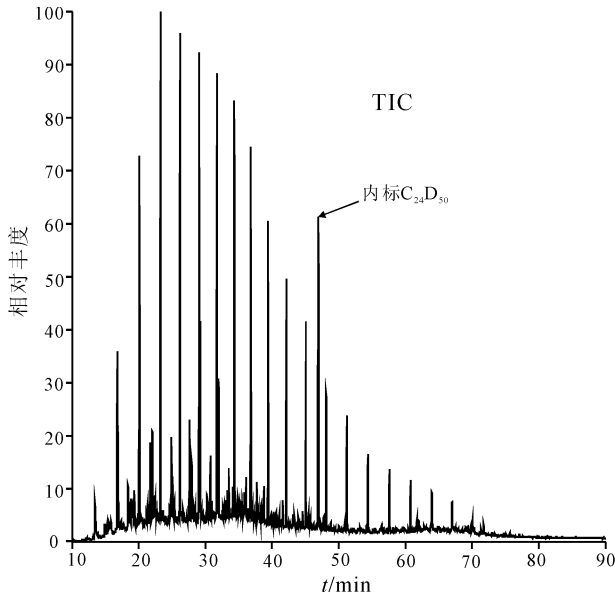


图1 ASE300 抽提出的灰黑色泥岩总离子流色谱图  
Fig.1 The TIC chromatogram of saturated hydrocarbon extracted from gray and black shales by the ASE300

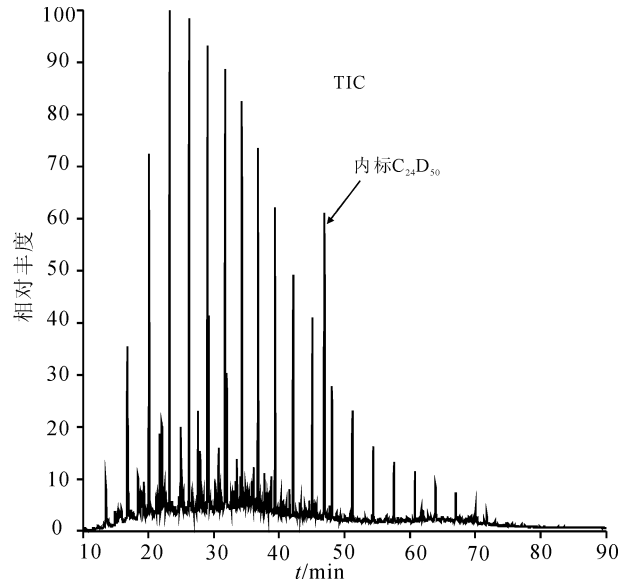


图2 索氏抽提抽提出的灰黑色泥岩总离子流色谱图  
Fig.2 The TIC chromatogram of saturated hydrocarbon extracted from gray and black shales by the Soxhlet

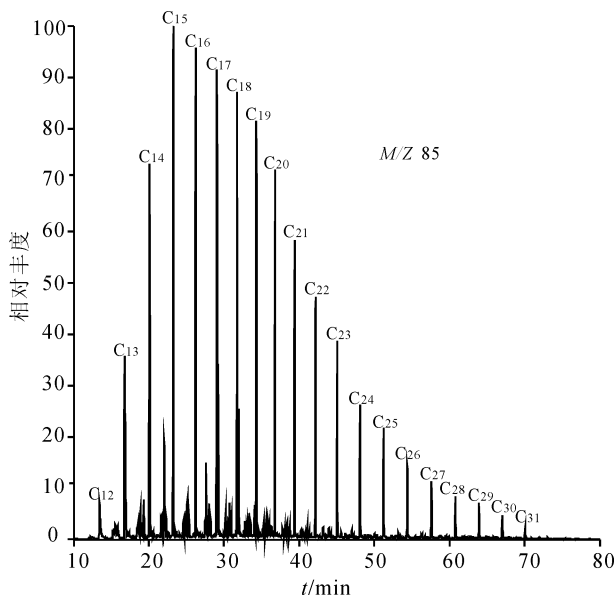


图3 ASE300 抽提出灰黑色泥岩直链烷烃色质谱图  
Fig.3 The m/z 85 ion chromatogram of saturated hydrocarbon extracted from grey black mudstones by the ASE300

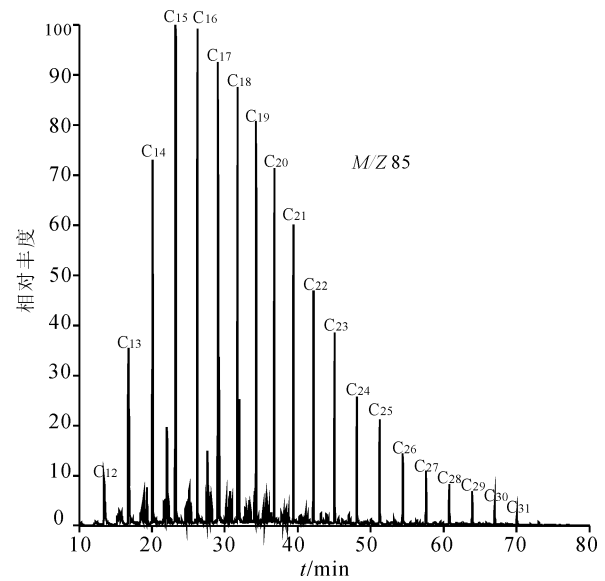


图4 索氏抽提仪抽提出灰黑色泥岩直链烷烃色质谱图  
Fig.4 The m/z 85 ion chromatogram of saturated hydrocarbon extracted from grey black mudstones by the Soxhlet

表3 直链烷烃的相对定量结果

Table 3 The relatively quantitative results of n-alkanes

正构烃	ASE300 抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	索氏抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	相对偏差 (%)	正构烃	ASE300 抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	索氏抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	相对偏差 (%)
C13	1875.13	1860.56	0.78	C21	1553.60	1535.95	1.14
C15	2795.51	2778.02	0.63	C23	1110.57	1104.13	0.58
C17	2363.54	2312.97	2.16	C25	661.87	678.88	2.54
姥姤烷	874.21	863.43	1.24	C26	461.38	471.48	2.17
植烷	642.14	638.81	0.52	C28	261.46	264.80	1.27
C20	1777.67	1758.33	1.09	C30	149.17	148.54	0.42

生物标记化合物是另一个重要参数,主要是三环萜烷和五环三萜烷(藿烷),其特征离子是  $m/z191$ ;另一种是甾烷,其特征离子是 217。萜烷是来自细菌(原核生物)细胞壁的一类脂化合物<sup>[12]</sup>,可专用作油源对比和沉积环境研究。甾烷来源于真核生物(主要是藻类和高等植物),可用来判断不同源岩的石油、相同源岩不同有机相的石油、生物降解油以及原油的成熟度等<sup>[13]</sup>。图 5、图 6 是萜烷的对比图,从

图上可鉴定出 27 种萜烷化合物,无论是单峰的形状还是相对峰的比例都没有多大的差别。但从单体化合物的相对定量上可以准确地区别这些化合物。表 4 是 27 种萜烷化合物的相对定量结果,相对偏差最高是 3.4%,最低是 0.15%,在误差的允许范围内,因此 ASE300 抽提出饱和烃中萜烷的测定结果和索氏抽提的结果相吻合。

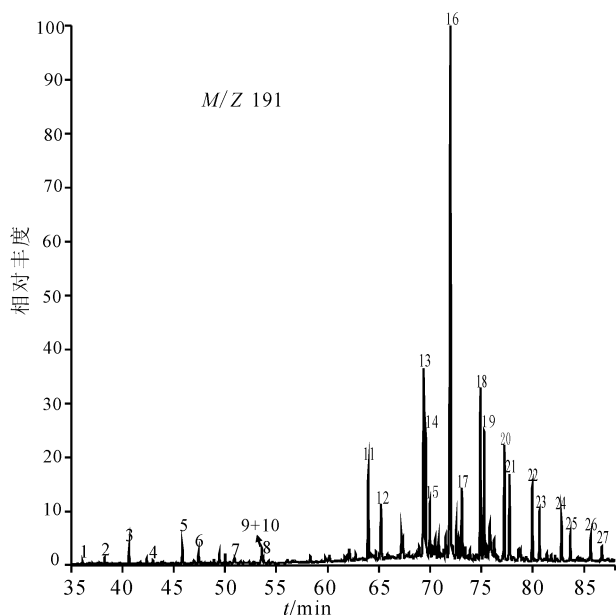


图 5 ASE300 抽提出灰色粉-细砂岩萜烷类色质谱图

Fig. 5 The  $M/Z 191$  ion chromatogram of saturated hydrocarbon extracted from grey silt-fine stone by the ASE300

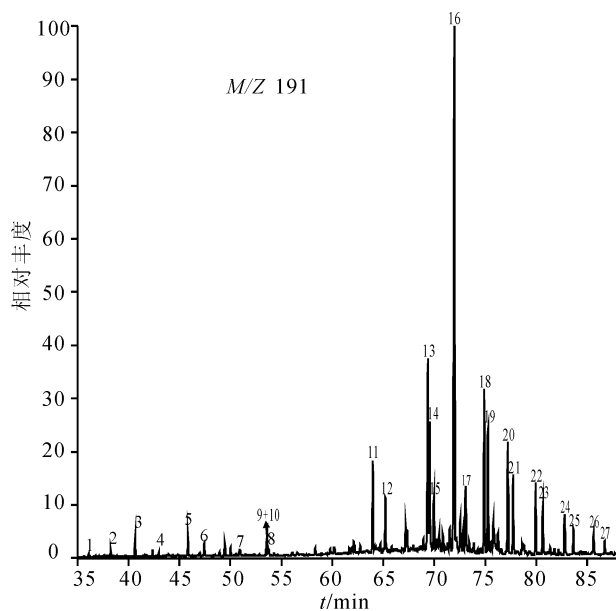


图 6 索氏抽提仪抽提出灰色粉-细砂岩萜烷类色质谱图

Fig. 6 The  $M/Z 191$  ion chromatogram of saturated hydrocarbon extracted from grey silt-fine stone by the Soxhlet

表 4 灰色粉-细砂岩萜烷的相对定量结果

Table 4 Relatively quantitative results of terpanes from Grey powder-fine sandstone

编号	化合物名称	ASE 抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	索氏抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	相对偏差 (%)	编号	化合物名称	ASE 抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	索氏抽提 ( $\times 10^{-6}$ )	相对偏差 (%)
2	三环萜烷(C20)	219.74	225.98	2.80	16	藿烷	22145.18	22535.13	1.75
4	三环萜烷(C22)	118.66	120.03	1.15	18	升藿烷 22S	6114.80	6169.47	0.89
6	三环萜烷(C24)	451.72	456.39	1.03	20	二升藿烷 22S	3863.32	3891.87	0.74
8	三环萜烷(C26)	191.18	186.95	2.23	22	三升藿烷 22S	2566.65	2610.97	1.71
11	三降藿烷(Ts)	3257.33	3277.43	0.62	24	四升藿烷 22S	1347.23	1367.05	1.46
13	降藿烷	7023.99	7105.23	1.15	26	五升藿烷 22S	736.44	731.65	0.65

2.2.2 芳烃的对比结果 芳烃是石油中另一类重要的化合物,包括萘、联苯、菲、苯并芘、苯并蒽、苯并芘、噻吩以及三芳甾等系列。也是油源对比,成熟度等判别的重要依据。由于芳烃的离子流图很多,本文选择其中的三芳甾类化合物(离子为  $M/Z 231$  和  $M/Z 245$ ),并对  $M/Z 231$  离子做了相对定量分析。图 7 和图 8 是 ASE300 和索氏抽提得到芳烃中三芳

甾类化合物的色谱-质谱图,由图上看这两种仪器抽提得出的三芳甾类化合物谱图几乎一致。表 5 对  $M/Z 231$  离子的三芳甾类化合物做了相对定量,从相对偏差上看这两种仪器所得到的结果非常平行,相对偏差都在 2.17%~3.79%之间,结果在误差允许的范围之内,两种仪器抽提所得到的三芳甾类化合物无差别。

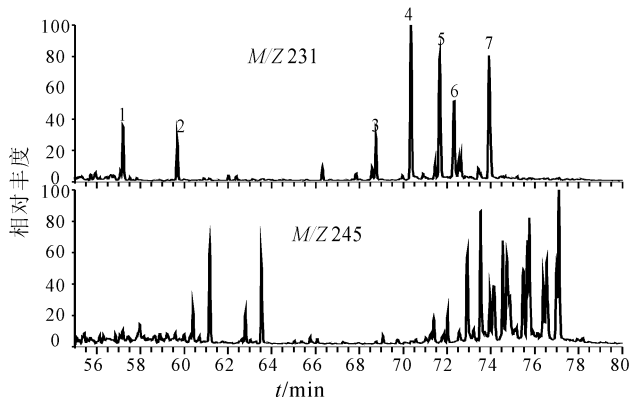


图7 ASE300 抽提出灰色粉-细砂岩三芳甾类色质谱  
Fig.7 The chromatogram of triaromatic steroid from aromatic hydrocarbon extracted from grey silt-fine stone by the ASE300

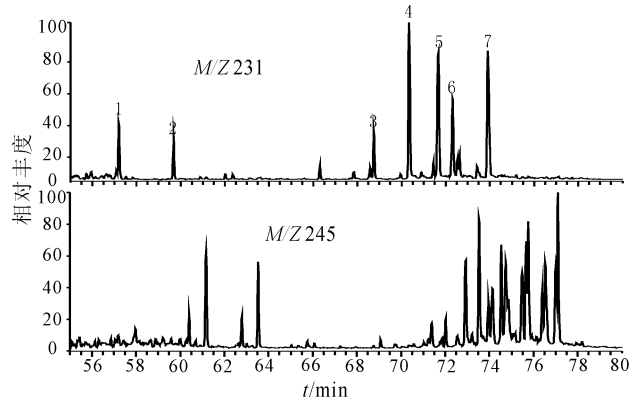


图8 索氏抽提仪抽提出灰色粉-细砂岩三芳甾类色质谱  
Fig.8 The chromatogram of triaromatic steroid from aromatic hydrocarbon extracted from grey silt-fine stone by the Soxhlet

表5 灰色粉-细砂岩三芳甾类化合物的相对定量结果  
Table 5 The relatively quantitative results of the triaromatic steroid

编号	化合物名称	ASE300 抽提( $\times 10^{-6}$ )	索氏抽提( $\times 10^{-6}$ )	相对偏差(%)
1	C <sub>20</sub> 三芳甾烃	26.45	28.53	3.78
2	C <sub>21</sub> 三芳甾烃	21.18	22.85	3.79
3	C <sub>26</sub> 三芳甾烃	23.85	25.38	3.10
4	三芳甾烃 C <sub>26</sub> (20R)C <sub>27</sub> (20S)	95.27	100.80	2.82
5	C <sub>28</sub> 三芳甾烃(20S)	98.29	102.64	2.17
6	C <sub>27</sub> 三芳甾烃(20R)	56.97	59.97	2.57
7	C <sub>28</sub> 三芳甾烃(20R)	95.78	100.44	2.38

2.3 同位素数据的对比

表6是 ASE300 和快速索氏抽提得到的氯仿沥青“A”及由沥青“A”分离得到的饱和烃、芳烃、胶质及沥青质的  $\delta^{13}C$  值,从表6来看,两者抽提出的氯仿沥青“A”及其四组分的总碳稳定同位素组成差值在  $-0.008\text{‰} \sim 0.428\text{‰}$  之间,在误差允许范围 ( $\pm 0.5\text{‰}$ ) 之内,因而 ASE300 萃取仪和快速索氏抽提得到的氯仿沥青“A”及其四组分同位素结果也是相同的。

表6 ASE300 和常规索氏抽提所得氯仿沥青“A”和分离出四组分同位素结果对比

Table 6 The correlation of isotope results for chloroform bitumen “A” and four components extracted by ASE300 or by Soxhlet

编号及差值	岩性	氯仿沥青“A”(‰)	饱和烃(‰)	芳烃(‰)	胶质(‰)	沥青质(‰)
08-6110A		-22.378	-23.793	-22.232	-21.966	-22.035
08-6110C	灰黑色泥岩	-22.322	-24.016	-22.224	-21.903	-22.014
差值		-0.056	0.223	-0.008	-0.063	-0.021
08-6166A		-29.313	-30.527	-28.463	-28.244	-27.637
08-6166C	褐灰色泥岩	-29.592	-30.787	-28.446	-28.63	-27.852
差值		0.279	0.26	-0.017	0.386	0.215
08-6192A		-24.977	-26.275	-24.68	-24.828	-25.249
08-6192C	褐黑色泥岩	-25.405	-26.382	-24.928	-25.252	-25.366
差值		0.428	0.107	0.248	0.424	0.117
08-6135A		-29.034	-29.282	-27.721	-27.58	-28.381
08-6135C	灰色粉沙-细砂岩	-28.572	-29.263	-27.791	-27.353	-27.905
差值		-0.462	-0.019	0.07	-0.227	-0.476
08-6146A		-28.131	-28.519	-27.068	-27.053	-27.517
08-6146C	灰色粉砂岩	-28.134	-28.512	-26.95	-26.918	-27.096
差值		0.003	-0.007	-0.118	-0.135	-0.421

注:“A”代表 ASE300,“C”代表快速索氏抽提;差值是两种仪器所得结果的差

### 3 结 论

① ASE300 萃取仪和快速索氏抽提仪所抽提出的氯仿沥青“A”的含量相近,通常情况下 ASE300 抽提出的量要比快速索氏抽提的量略多,主要是胶质和沥青质量的增加。

② ASE300 和快速索氏抽提仪得到的氯仿沥青“A”,以及由氯仿沥青“A”分离所得饱和烃、芳烃、胶质、沥青质的色谱-质谱和稳定碳同位素组成等地球化学参数的结果一致,无论是定量分析结果还是测量结果都在误差允许范围之内,说明 ASE300 快速抽提的有机可溶化合物是稳定的,分析结果是可靠的,和以前数据具有可比性和延续性,也说明在稍高温度和高压下抽提出的氯仿沥青“A”性质不变。

③ 在石油地质实验室前处理中,ASE300 完全可以代替快速索氏抽提仪及常规索氏抽提仪器对沉积岩样品进行处理,ASE300 和快速索氏抽提仪相比具有有机溶剂用量少、快速、回收率高等特点,符合现代实验室要求。

#### 参考文献 (References):

- [1] 扬运才. 从岩石中提取可溶有机质的新方法[J]. 石油实验地质, 1984, 6(3): 265—270.  
Yang Yuncai. The new method of extracted soluble organic matter in rock[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1984, 6(3): 265—270. (in Chinese)
- [2] Richter B E, Brian A, Bruce E. Accelerated solvent extraction: A technique for sample preparation [J]. Analytical Chemistry, 1996, 68: 1033—1039.
- [3] 刘静. ASE 快速溶剂萃取技术—解决您化学实验样品前处理的最新技术[J]. 检验检疫科学, 2003, 13(2): 58.  
Liu Jing. Accelerated solvent extraction technology—The latest technology to solve your chemistry experiment pretreatment [J]. Inspection and Quarantine Science, 2003, 13(2): 58. (in Chinese)
- [4] Ran Y, Sun K, Ma X, Wang G, Grathwohl P, Zeng E Y. Effect of condensed organic matter on solvent extraction and aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and sediments [J]. Environmental Pollution, 2007, 148: 529—538.
- [5] Sivakumar G, Bacchetta L, Gatti R, Zappa G. HPLC Screening of natural vitamin E from mediterranean plant biofactories—abasic tool for pilot-scale bioreactors production of  $\alpha$ -tocopherol[J]. Journal of Plant Physiology, 2005, 162: 1280—1283.
- [6] Sporring S, Björklund E. Selective pressurized liquid extraction of polychlorinated biphenyls from fat-containing food and feed samples; Influence of cell dimensions, solvent type, temperature and flush volume[J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1040:155—161.
- [7] Sporring S, Bowadt S, Svensmark B, Björklund E. Comprehensive comparison of classic soxhlet extraction with soxtec extraction, ultrasonication extraction, supercritical fluid extraction, microwave assisted extraction and accelerated solvent extraction for the determination of polychlorinated biphenyls in soil[J]. Journal of Chromatography A, 2005, 1090:1—9.
- [8] 龚迎莉, 孙玮琳, 汪双清, 沈斌. 生油岩中有机质加速溶剂萃取和索氏萃取方法对比[J]. 岩矿测试, 2009, 28(5): 416—422.  
Gong Yingli, Sun Weilin, Wang Shuangqing, Shen Bin. A comparative study on extraction of organic matters in source rocks by accelerated solvent extraction and soxhlet extraction [J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28(5): 416—422. (in Chinese)
- [9] 魏彩云, 王汇彤, 王慧, 孟建华. 快速溶剂抽提仪萃取岩石中氯仿沥青“A”方法探索[J]. 现代科学仪器, 2009, (2): 96—98.  
Wei Caiyun, Wang Huitong, Wang Hui, Meng Jianhua. Study on chloroform bitumen solvent “A” extracted from rock using accelerated solvent extraction instrument[J]. Modern Scientific Instruments, 2009, (2): 96—98. (in Chinese)
- [10] SY/T 5118-2005. 岩石中氯仿沥青的测定[S].  
SY/T 5118-2005. Determination of bitumen from rocks by chloroform extraction[S]. (in Chinese)
- [11] SY/T 5119-2008. 岩石中可溶有机物及原油族组分分析[S].  
SY/T 5119-2008. Analysis method for fractions of rock extraction and crude oil[S]. (in Chinese)
- [12] 彼得斯 K E, 莫尔多万 J M. 生物标记化合物指南[M]. 姜乃煌, 译. 北京: 石油工业出版社, 1995: 93—150.  
Peters K E, Moldowan J M. The biomarker guide; Interpreting molecular Fossils in petroleum and ancient sediments [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 93—150. (in Chinese)
- [13] Ourisson G, Albrecht P, Rohmer M. Predictive microbial biochemistry, from molecular fossils to prokaryotic membranes[J]. Trends in Biochemical Sciences, 1982, 7: 236—239.