

应用搅拌棒吸附萃取-热脱附-气相色谱/质谱法快速 测定滇池水系中的 16 种多环芳烃

杨 蕾^{1,2}, 王保兴^{1,2}, 侯 英¹, 杨 燕¹

(1. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106; 2. 云南师范大学, 云南 昆明 650092)

摘要 应用搅拌棒吸附萃取(SBSE)-热脱附(TDS)-气相色谱/质谱联用(GC/MS)方法测定了滇池水系(滇池和盘龙江上、中、下游)中 16 种多环芳烃(PAHs)的含量。方法快速简便,无有机溶剂污染,PAHs 的最低检出限为 1.0 ~ 468.8 pg,理论回收率在 90% 以上,加标回收率为 83.1% ~ 109.4%,相对标准偏差小于 10%。测定结果表明,这 16 种多环芳烃在滇池水样中的含量为 89.16 ng/L,在盘龙江上游水样中的含量为 65.41 ng/L,在盘龙江中游水样中的含量为 339.22 ng/L,而在盘龙江下游水样中的含量为 62.25 ng/L,说明滇池水系已经受到一定的 PAHs 污染,加强对滇池、盘龙江中 PAHs 有机污染的控制势在必行。

关键词 搅拌棒吸附萃取 热脱附 气相色谱 质谱 多环芳烃 滇池 盘龙江

中图分类号 O658 文献标识码 A 文章编号 1000-8713(2007)05-0747-06 栏目类别 研究论文

Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Dianchi Lake Using Stir Bar Sorptive Extraction-Thermal Desorption-Gas Chromatography/Mass Spectrometry

YANG Lei^{1,2}, WANG Baoxing^{1,2}, HOU Ying¹, YANG Yan¹

(1. Yunnan Reascend Tobacco Technology (Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China;

2. Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract : A fast method for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water samples was established. The samples from the Dianchi Lake and Panlong River were analyzed directly using stir bar sorptive extraction-thermal desorption system-gas chromatography/mass spectrometry (SBSE-TDS-GC/MS). Polydimethylsiloxane (PDMS) was used as the extraction phase. The samples were extracted with stir bars at 1 100 r/min for 60 min at ambient temperature (25 °C). Desorption was carried out at 300 °C for 5 min under a helium flow of 50 mL/min in the splitless mode while maintaining a cryofocusing temperature of 0 °C in the programmed-temperature vaporization (PTV) injector of the GC/MS system. The limits of detection of PAHs ranged from 1.0 pg to 468.8 pg. The theoretical recoveries of PAHs were greater than 90% (except that naphthalene was 64.90%), and the recoveries of 16 PAHs from water samples ranged from 83.1% to 109.4%, and the relative standard deviations (RSDs) ranged from 1.2% to 9.3% ($n = 6$). PAHs in Dianchi Lake and Panlong River samples were quantified rapidly by this method. The results show that, the total content of these 16 PAHs is 89.16 ng/L in Dianchi Lake, 65.41 ng/L in the up-stream of Panlong River, 339.22 ng/L in the middle-stream of Panlong River and 62.25 ng/L in the down-stream of Panlong River. It is demonstrated that the Dianchi Lake and Panlong River were polluted by PAHs to some degree.

Key words : stir bar sorptive extraction (SBSE); thermal desorption; gas chromatography (GC); mass spectrometry (MS); polycyclic aromatic hydrocarbons; Dianchi Lake; Panlong River

滇池位于昆明市西南,是我国著名的高原淡水湖泊,从上世纪 70 年代后期开始受到污染,进入 90

年代污染速度明显加剧,水质污染情况严重。盘龙江是滇池的主要支流,它由北至南跨越整个昆明市

最后汇入滇池。由于盘龙江流域周围汇集了众多工厂并且流经昆明市最繁华的地段,水质受到不同程度的污染,它对滇池污染的影响也引起了高度重视。多环芳烃化合物(PAHs)是一种高致癌污染物,也是最早被发现的环境致癌物之一。在自然水体中,PAHs 因疏水性、难降解性和长距离迁移性,以痕量浓度广泛分布。目前,PAHs 类物质的分析常采用二极管阵列检测器(PDA)-高效液相色谱(HPLC)和荧光检测器(FLD)-HPLC^[1-7]。也有研究采用固相萃取法(SPE)富集样品中的多环芳烃,串联 PDA 和 FLD 作为 HPLC 的检测手段,进行环境水体中痕量 PAHs 的定性和定量分析^[8]。但是,这些方法耗时长,操作繁琐,需要使用大量有机溶剂。

固相萃取搅拌棒(SBSE)是在固相微萃取(SPME)基础上发展起来的一种新技术^[9],SBSE 的原理与固相微萃取相同,不同的是搅拌棒吸附萃取用涂有 25~100 μL 聚二甲氧基硅氧烷(PDMS)的 10 mm 长的搅拌棒代替了 SPME 的聚合物涂层纤维,对水样中的非极性和弱极性溶质有很好的萃取富集能力。本文应用 SBSE-热脱附(TDS)-气相色谱/质谱(GC/MS)联用技术测定了滇池和盘龙江上、中、下游水样中的 16 种多环芳烃化合物,以考察滇池水系受到的 PAHs 污染情况。

1 实验方法

1.1 仪器与试剂

TDS-2 热脱附系统(Gerstel,德国),将热脱附元件安装于 Agilent 6890NGC/5973N MSD 气相色谱/质谱联用仪上(安捷伦,美国),GC 上同时装有 CIS-4 进样口(Gerstel,德国)。搅拌/加热台(康林公司,美国),SBSE 固相微萃取搅拌棒(10 mm × 0.5 mm,25 μL PDMS,Gerstel,德国),色谱柱 HP-5MS(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm,安捷伦,美国)。

标准品:萘(naphthalene,98%)、苾烯(acenaphthylene,98%)、苾(acenaphthene,99.0%)、芴(flurene,98.9%)、菲(phenanthrene,99.0%)、蒽(anthracene,99.0%)、荧蒽(fluoranthene,98%)、芘(pyrene,97.4%)、苯并[a]蒽(benz[a]anthracene,99.0%)、䓞(chrysene,99.0%)、苯并[e]荧蒽(benz[e]acephenanthrylene,98%)、苯并[k]荧蒽(benzo[k]fluoranthene,99.0%)、苯并[a]芘(benzo[a]pyrene,99.5%)、茚并[1,2,3-*c,d*]芘(indeno[1,2,3-*c,d*]pyrene,99.0%)、二苯并[a,h]蒽(dibenz[a,h]anthracene,96.7%)、苯并[g,h,i]芘(benzo[g,h,i]perylene,99.0%)均购自美国 Aldrich 公司。

试剂:正己烷(HPLC,迪马,美国),双蒸水(昆明物理所)。

1.2 仪器条件

TDS 条件:30 ℃ $\xrightarrow{60\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 300 ℃(保持 5 min)不分流模式,载气流速为 50 mL/min。

CIS-4 条件:30 ℃(冷凝聚集温度) $\xrightarrow{12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}}$ 300 ℃(保持 3 min),溶剂排空模式。

气相色谱/质谱条件:程序升温 80 ℃ $\xrightarrow{4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 230 ℃ $\xrightarrow{2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 265 ℃(2 min) $\xrightarrow{1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 280 ℃ $\xrightarrow{2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 290 ℃(5 min);载气为氦气,流速为 1.0 mL/min;GC 与 MS 的传输线温度为 280 ℃;离子源温度为 230 ℃;离子源电压为 70 eV;电离方式:电子轰击离子源(EI);采用选择离子模式采集数据,在不同时段设定了不同的监测离子以获得更好的灵敏度和更少的杂质干扰:5~14 min,*m/z* 128,164;14~18 min,*m/z* 152,154,164;18~22 min,*m/z* 154,166;22~50 min,*m/z* 178,188,202,228,252;50~82 min,*m/z* 228,252,264,276,278。各化合物选择监测的离子见表 1。

表 1 16 种多环芳烃标准溶液的质量浓度及监测离子
Table 1 Mass concentrations and selection ions of the 16 PAH standards

No.	PAH	Selection ion (<i>m/z</i>)	Concentration (1/1)/(ng/mL)
1	naphthalene	128	620.0
2	acenaphthylene	152	580.0
3	acenaphthene	154	500.0
4	fluorene	166	565.0
5	phenanthrene	178	462.5
6	anthracene	178	790.0
7	fluoranthene	202	615.0
8	pyrene	202	495.0
9	benz[a]anthracene	228	660.0
10	chrysene	228	520.0
11	benz[e]acephenanthrylene	252	480.0
12	benzo[k]fluoranthene	252	450.0
13	benzo[a]pyrene	252	450.0
14	indeno[1,2,3- <i>c,d</i>]pyrene	276	250.0
15	dibenz[a,h]anthracene	278	500.0
16	benzo[g,h,i]perylene	276	280.0

1.3 标准溶液的配制

分别准确称取 16 种多环芳烃标准品,用正己烷稀释作为标准储备液。再将该储备液稀释 2 倍,得到 1/1 浓度标准溶液,将该 1/1 浓度标准溶液逐级稀释 3 次,每次稀释 2 倍,得到 4 个浓度梯度,避光待用。标准溶液名称及其 1/1 浓度见表 1。

1.4 水样的采集

滇池水样取自昆明市滇池路段滇池中(岸边 20

米外有公路,水质较清,透明度一般,有大量浮游生物,并有明显腥臭) 滇龙江上游水样取自松华坝水库(周围是山脉及农田,水质澄清,透明度好,无明显气味),中游水样取自江岸小区(周围是大片居民住宅区,水质较混浊,透明度差,有明显恶臭)、下游水样取自大观河(周围有一污水处理站,水质较澄清,透明度一般,无明显气味)。所有水样在取样 24 h 内完成测定。

1.5 实验方法

准确量取 20 mL 水样置于 20 mL 顶空瓶中,放入搅拌棒以 1 100 r/min 搅拌 60 min,萃取完成后,取出搅拌棒,用少许蒸馏水洗涤棒表面,然后用擦镜纸吸去表面的水分,放入热脱附玻璃管中(4 mm × 178 mm),玻璃管插入热脱附的加热腔后进行 TDS-GC/MS 分析测定。

2 结果与讨论

2.1 萃取时间

萃取时间是影响萃取是否达到平衡的一个主要因素,用 SBSE 进行萃取时,萃取时间的控制非常重要。在保持转速、萃取温度及热脱附条件不变的情况下,考察不同萃取时间(15,30,60,120,240 min)对 SBSE 吸附萃取量的影响,根据 16 种多环芳烃的峰面积大小来确定所需的萃取时间(见图 1)。可以看出,此 16 种多环芳烃的萃取量随着萃取时间的延长而增大至平衡。萃取时间由 15 min 延长至 30 min 时,峰面积增加很大;30 min 时多数多环芳烃已达到萃取平衡。60 min 时全部达到萃取平衡,萃取时间延长至 120 min 及 240 min 时,峰面积都无较大差异。所以选取 60 min 为萃取时间,并在后续实验中控制萃取时间。

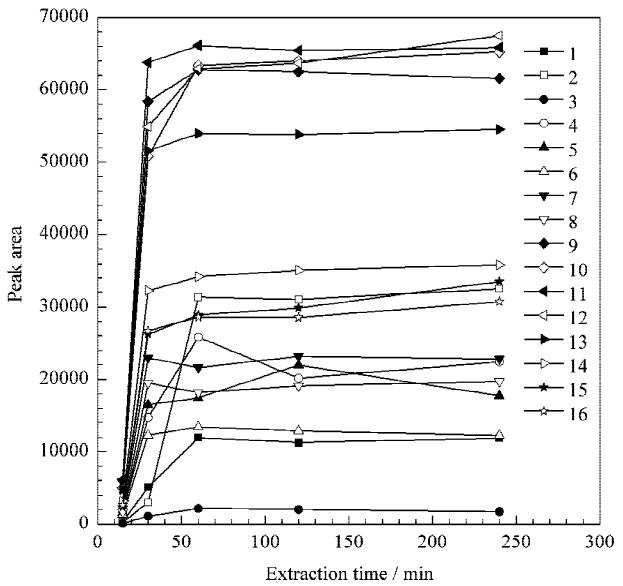


图 1 萃取时间对搅拌棒吸附萃取量的影响
Fig. 1 Effect of extraction time on the extraction amounts of compounds

1. naphthalene; 2. acenaphthylene; 3. acenaphthene; 4. fluorene; 5. phenanthrene; 6. anthracene; 7. fluoranthene; 8. pyrene; 9. benz [a] anthracene; 10. chrysene; 11. benz [e] acephenanthrylene; 12. benzo [k] fluoranthene; 13. benzo [a] pyrene; 14. indeno [1,2,3-*c,d*] pyrene; 15. dibenz [a,*h*] anthracene; 16. benzo [*g,h,i*] perylene

2.2 标准工作曲线的制作

取 20 mL 双蒸水于 20 mL 顶空瓶中,分别加入 2 μL 标准储备液及不同浓度梯度的混合标准溶液(1/1,1/2,1/4,1/8),放入搅拌棒,按“1.5”节所述步骤进行实验。以峰面积(*y*)对含量(*x*,ng/mL)制得标准曲线,并以信噪比 3 确定最低检出限(LOD),结果见表 2。标准溶液的选择离子流色谱图见图 2-a,可以看出 16 种 PAHs 峰形清晰,各个多环芳烃化合物之间的分离效果好。

表 2 16 种多环芳烃的标准曲线方程、相关系数(*r*²)和检出限

Table 2 Regression equations, correlation coefficients (<i>r</i> ²) and limits of detection (LODs) of the 16 PAHs						
Peak No. in Fig. 2	<i>t</i> /min	PAH	Linear equation	<i>r</i> ²	Linear range/ng	LOD/pg
1	8.00	naphthalene	<i>y</i> = 999 <i>x</i> - 7750	0.9996	0.155 - 2.480	117.0
2	15.26	acenaphthylene	<i>y</i> = 844 <i>x</i> - 19700	0.9999	0.145 - 2.320	27.0
3	16.12	acenaphthene	<i>y</i> = 615 <i>x</i> - 5190	0.9997	0.125 - 2.000	468.8
4	19.04	fluorene	<i>y</i> = 762 <i>x</i> - 8080	0.9999	0.141 - 2.260	35.8
5	24.19	phenanthrene	<i>y</i> = 1110 <i>x</i> - 9300	1.0000	0.116 - 1.850	13.4
6	24.55	anthracene	<i>y</i> = 1090 <i>x</i> - 19000	0.9998	0.198 - 3.160	12.8
7	31.13	fluoranthene	<i>y</i> = 1250 <i>x</i> - 12900	0.9998	0.154 - 2.460	3.9
8	32.29	pyrene	<i>y</i> = 1200 <i>x</i> - 7670	0.9999	0.124 - 1.980	3.2
9	39.50	benz [a] anthracene	<i>y</i> = 1300 <i>x</i> - 12400	0.9999	0.165 - 2.640	2.1
10	39.74	chrysene	<i>y</i> = 1200 <i>x</i> - 9680	1.0000	0.130 - 2.080	3.2
11	46.94	benz [e] acephenanthrylene	<i>y</i> = 1120 <i>x</i> - 2190	0.9997	0.120 - 1.920	3.5
12	47.11	benzo [k] fluoranthene	<i>y</i> = 1240 <i>x</i> - 18900	0.9989	0.113 - 1.800	3.9
13	49.14	benzo [a] pyrene	<i>y</i> = 1280 <i>x</i> - 6080	0.9998	0.113 - 1.800	5.2
14	57.59	indeno [1,2,3- <i>c,d</i>] pyrene	<i>y</i> = 837 <i>x</i> + 1140	0.9992	0.063 - 1.000	1.0
15	58.15	dibenz [a, <i>h</i>] anthracene	<i>y</i> = 1710 <i>x</i> - 1040	0.9989	0.125 - 2.000	15.1
16	59.54	benzo [<i>g,h,i</i>] perylene	<i>y</i> = 1130 <i>x</i> - 1240	0.9992	0.070 - 1.120	3.5

y: peak area; *x*: mass concentration, ng/mL.

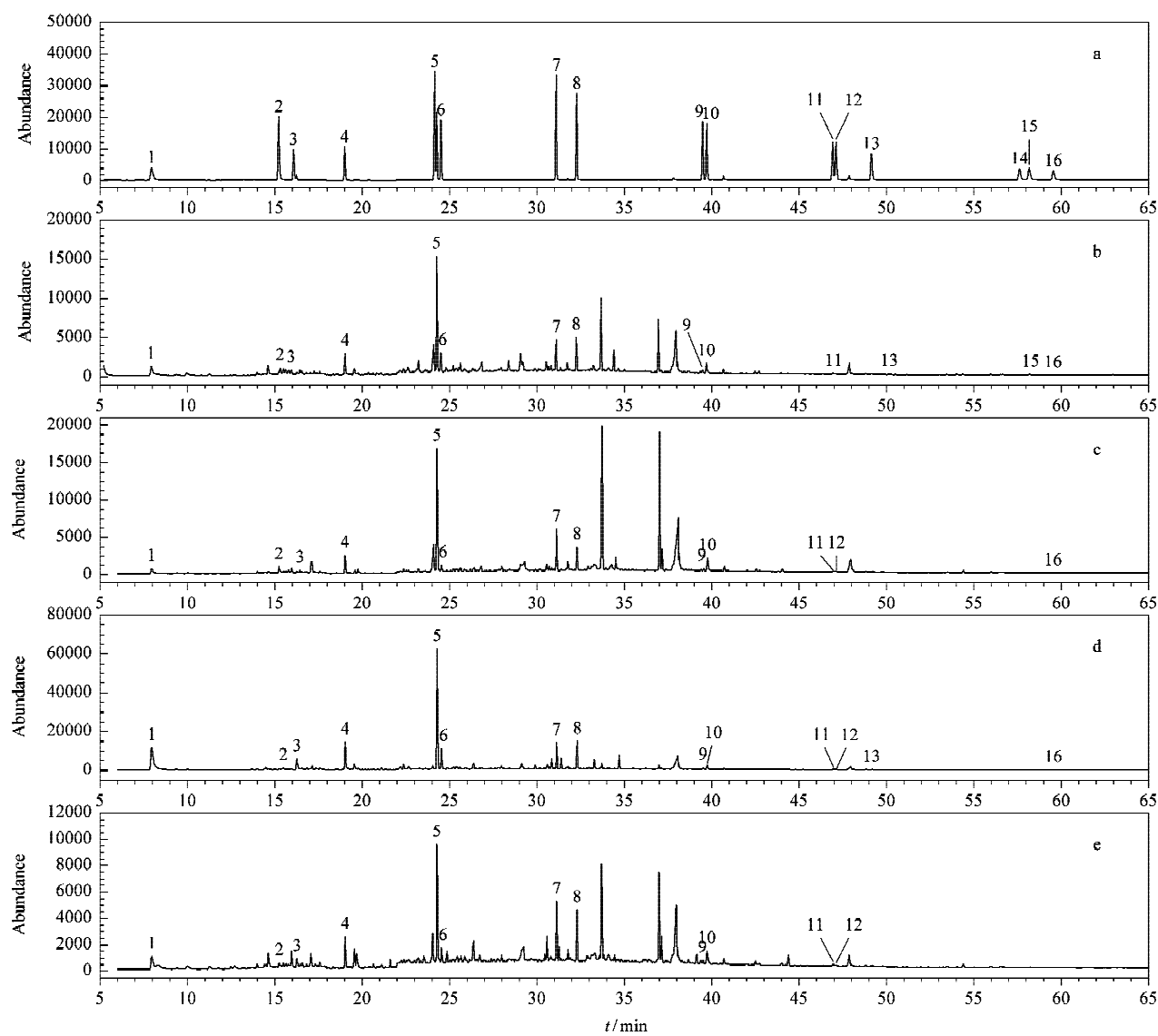


图 2 各水样中 PAHs 的选择离子流图
Fig. 2 SIM chromatograms of water samples and standards

a. 1/2 standard solution ; b. Dianchi Lake ; c. up-stream of Panlong River ; d. middle-stream of Panlong River ; e. down-stream of Panlong River.

Conditions : A stir bar coated with polydimethylsiloxane (PDMS) was added to 20 mL water samples and stirring was performed for 60 min at room temperature (25 ℃) in a headspace vial. The extract is then analyzed by TD-GC/MS

1. naphthalene ; 2. acenaphthylene ; 3. acenaphthene ; 4. fluorene ; 5. phenanthrene ; 6. anthracene ; 7. fluoranthene ; 8. pyrene ; 9. benz[*a*] anthracene ; 10. chrysene ; 11. benz[*e*] acephenanthrylene ; 12. benzo[*k*] fluoranthene ; 13. benzo[*a*] pyrene ; 14. indeno [1,2,3-*c,d*] pyrene ; 15. dibenz[*a,h*] anthracene ; 16. benzo[*g,h,i*] perylene.

2.3 方法的评价

应用固相萃取搅拌棒在水样中进行萃取,溶质在其间的分配比与其在辛醇及水中的分配比($K_{o/w}$)是一致的^[9],使用此方法萃取富集目标分析物具有很好的重现性。表 3 为 16 种多环芳烃的 $\log K_{o/w}$ 值及计算得到的理论回收率, $K_{o/w}$ 值由 $K_{o/w}$ Win program 软件计算 (SRC, 美国),理论回收率由下式计算得到^[10]:理论回收率 = $\frac{K_{o/w}/\beta}{1 + (K_{o/w}/\beta)}$,其中相比 $\beta = V_w/V_{PDMS}$ (水相的体积 20 mL 除以搅拌棒上 PDMS 相的体积 25 μ L)。计算得理论回收率

除萘以外均大于 90%,说明此方法用于水样中 PAHs 的测定是可行的。为了考察此方法的准确度和精密度,分别准确吸取 20 mL 空白水样 6 份,每份水样中加入 2 μ L 的 1/2 混合标准溶液,16 种多环芳烃的添加浓度为 125 ~ 395 ng/mL,按上述方法测定。计算加标回收率和 6 次测定的相对标准偏差 (RSD),结果见表 3。

2.4 样品的测定

应用上述方法,对滇池和盘龙江上、中、下游水样进行了检测,所得选择离子流图见图 2-b,c,d,e,测得多环芳烃的种类及含量见表 4。

表 3 16 种多环芳烃的理论回收率、实际回收率和相对标准偏差 (n = 6)
Table 3 Theoretical recoveries, test recoveries and relative standard deviations (RSDs) of 16 PAHs (n = 6)

No.	PAH	CAS number	log <i>K</i> _{ow}	Theoretical recovery/%	Recovery/%	RSD/%
1	naphthalene	91-20-3	3.17	64.90	83.1	5.2
2	acenaphthylene	208-96-8	3.94	91.59	102.5	8.9
3	acenaphthene	83-32-9	4.15	94.64	96.8	6.4
4	fluorene	86-73-7	4.02	92.90	86.3	8.3
5	phenanthrene	85-01-8	4.35	96.55	91.0	9.3
6	anthracene	120-12-7	4.35	96.55	90.7	2.6
7	fluoranthene	206-44-0	4.93	99.07	94.7	8.5
8	pyrene	129-00-0	4.93	99.07	96.3	8.4
9	benz[<i>a</i>]anthracene	56-55-3	5.52	99.76	105.6	3.9
10	chrysene	218-01-9	5.52	99.76	104.7	6.2
11	benz[<i>e</i>]acephenanthrylene	205-99-2	6.11	99.94	107.5	2.5
12	benzo[<i>k</i>]fluoranthene	207-08-9	6.11	99.94	108.5	4.2
13	benzo[<i>a</i>]pyrene	50-32-8	6.11	99.94	109.4	1.2
14	indeno[1,2,3- <i>c,d</i>]pyrene	193-39-5	6.70	99.98	105.8	1.8
15	dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	53-70-3	6.70	99.98	99.7	1.9
16	benzo[<i>g,h,i</i>]perylene	191-24-2	6.70	99.98	95.5	3.5

表 4 16 种多环芳烃在滇池和盘龙江上、中、下游水样中的含量
Table 4 Contents of 16 PAHs in water samples from different sources ng/L

No.	PAH	Dianchi Lake	Up-stream of Panlong River	Middle-stream of Panlong River	Down-stream of Panlong River
1	naphthalene	10.63 (12%)	6.29	109.04	8.24
2	acenaphthylene	2.98	3.29	3.57	2.84
3	acenaphthene	4.27	2.78	42.26	5.47
4	fluorene	9.58 (11%)	7.62	47.06	8.24
5	phenanthrene	27.02 (30%)	18.36	66.98	10.50
6	anthracene	8.72 (10%)	3.61	24.37	4.66
7	fluoranthene	4.85	5.86	12.88	5.58
8	pyrene	4.81	3.38	14.45	4.26
9	benz[<i>a</i>]anthracene	3.33	3.15	4.32	3.28
10	chrysene	4.30	4.89	5.87	4.04
11	benz[<i>e</i>]acephenanthrylene	2.42	2.24	2.36	2.27
12	benzo[<i>k</i>]fluoranthene	ND	2.82	2.85	2.87
13	benzo[<i>a</i>]pyrene	2.20	ND	2.06	ND
14	indeno[1,2,3- <i>c,d</i>]pyrene	ND	ND	ND	ND
15	dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	2.72	ND	ND	ND
16	benzo[<i>g,h,i</i>]perylene	1.33	1.12	1.15	ND
Total		89.16	65.41	339.22	62.25

ND :not detected.

从表 4 可以看出,PAHs 以痕量浓度在地表水中广泛分布,其中尤以蔡、芴、菲和蒽分布广,含量较高。作为昆明市重要水源地的滇池,有部分 PAHs 检出。16 种受测的 PAHs 中测出 14 种,总量达 89.16 ng/L,其中蔡、菲和蒽对水生生物具有急性毒性,苯并[*a*]芘为强致癌物。由表 4 还可以看出,滇池水样中含量较高的 PAHs 为蔡、芴、菲和蒽,此 4 种占到所测 PAHs 总量的 63%,苯并[*a*]芘含量为 2.20 ng/L,而苯并[*k*]荧蒽及茚并[1,2,3-*c,d*]芘没有检出。由表 4 也可看出盘龙江区域受 PAHs 污染程度要高于滇池,尤其是在盘龙江中游水样中检出的 PAHs 总量高达 339.22 ng/L,这可能是因为盘

龙江流域有较多工厂且流经昆明市繁华地带所致;而到下游处,由于经过污水处理厂的处理,含量降低至 62.25 ng/L;由于 PAHs 的难降解性和长距离迁移性,PAHs 可随盘龙江水汇入滇池,滇池中 16 种 PAHs 的含量较盘龙江下游水样中稍高。现行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)和《城市供水水质标准》(CJ/T 206-2005)虽未对 PAHs 提出具体要求,但世界卫生组织拟定了饮用水中荧蒽、苯并[*a*]芘、苯并[*e*]荧蒽、苯并[*g,h,i*]芘、苯并[*k*]荧蒽、茚并[1,2,3-*c,d*]芘此 6 种多环芳烃总的最高可接受水平为 200 ng/L (GB13198-91),这一标准也被欧洲共同体所采纳。要有效治理滇池污染,加强对滇

池和盘龙江及其周边水源中 PAHs 污染的控制势在必行。

3 结 论

应用 SBSE-TDS-GC/MS 联用技术测定了滇池和盘龙江上、中、下游水样中 16 种多环芳烃化合物。该方法快速简便,无有机溶剂污染,理论回收率在 90% 以上,标准曲线相关系数在 0.998 以上,测定精确度高。在滇池水样中测得多环芳烃化合物 14 种,含量达 89.16 ng/L。而在盘龙江上、中、下游水域中也分别测得 13,14 和 12 种多环芳烃化合物。由此看来,滇池水系受到一定程度的 PAHs 有机污染,而盘龙江流域对滇池污染的控制具有重要的作用。

参考文献:

[1] Kishikawa N, Wada M, Kuroda N, Akiyama S, Nakashima K. J Chromatogr B, 2003, 789 :257
[2] Yan X H, Zhang B K, Li H D, Ma H X. Chinese Journal of Chromatography (闫小华,张毕奎,李焕德,马鸿宪. 色谱),

2000, 18(5) :432
[3] Tao J Q, Wang C Y, Li B F, Li G K. Chinese Journal of Chromatography (陶敬奇,王超英,李碧芳,李攻科. 色谱), 2003, 21(6) :599
[4] Zhu L Z, Shen X Y, Liu Y J, Ye C S. Environmental Chemistry (朱利中,沈学优,刘勇建,叶春生. 环境化学), 1999, 18(5) :488
[5] Li Y, Zhang X Y, Xu R Z, Cai W J, Wang F H, Song Y H. Environmental Chemistry (李岩,张晓永,徐瑞泽,蔡文君,王凤海,宋雁行. 环境化学), 2000, 19(4) :382
[6] Dong X Y, Yang Y W, Ren Q L. Chinese Journal of Chromatography (董新艳,杨亦文,任其龙. 色谱), 2005, 23(6) :609
[7] Qian W, Ni J Z, Luo Y M, Li X H, Zou D X. Chinese Journal of Chromatography (钱薇,倪进治,骆永明,李秀华,邹德勋. 色谱), 2007, 25(2) :221
[8] Li Z, Chen L, Gao H W, Yuan Y, Zhao J F. Environmental Chemistry (李竺,陈玲,郭洪文,袁园,赵建夫. 环境化学), 2006, 25(4) :503
[9] Baltussen E, Sandra P, David F, Cramers C. J Microcolumn Sep, 1999, 11 :737
[10] Kawaguchi M, Inoue K, Yoshimura M, Ito R, Sakui N, Nakazawa H. Anal Chim Acta, 2004, 505 :217

第二届中国中西部地区色谱学术交流会暨仪器展览会
(第一轮通知)

为了促进中西部地区色谱工作者的学术交流与技术合作,第二届中国中西部地区色谱学术交流会暨仪器展览会定于 2008 年 7 月在湖北省神农架召开。本届会议由湖北省化学化工学会色谱专业委员会主办。热诚欢迎全国同行参加会议。本届会议拟安排色谱及质谱分析新仪器与新技术专场推介报告,欢迎有关企业报名参加。

征文内容:色谱及相关分离分析技术的基础和应用研究工作均属本次会议征文范围。已在刊物上发表或在全国会议上报告过的论文不在应征之列。应征论文经专家评审后收入本次会议论文集。会议将组织大会报告和分组报告。

征文要求:论文详细摘要不超过 A4 纸两页,版面要求上空 3 cm,下空 2.8 cm,左空 3 cm,右空 2 cm,标题用三号黑体,正文用五号宋体,英文用 Times New Roman 字体,单倍行距。文中须注明作者的通信地址、邮编及 E-mail 地址。

收稿地址:湖北省武汉市武昌喻家山华中科技大学分析测试中心顾小曼收(邮编 430074)。请用挂号信邮寄应征论文,同时将电子稿件发送至 E-mail hbssep@163.com,并注明“中西部色谱会议”字样。截稿日期 2008 年 5 月 31 日。联系人:顾小曼;电话 027-87557451;E-mail hbssep@163.com。

会议具体日期和注册费用等事宜请见第二轮通知(2008 年 2 月)。

湖北省化学化工学会色谱专业委员会
2007 年 9 月