

高精度便携式气相色谱质谱仪及在环境中 VOCs 检测方面的应用

高文清^{3,4}, 王陈璐^{3,4}, 吴勇^{3,4}, 李俊晖^{3,4}, 徐峰^{3,4}, 韩仁璐^{3,4}, 俞建成^{1,2, 4}, 唐科奇^{2,4}

(1.宁波大学信息科学与工程学院, 浙江省宁波市 315211; 2.宁波盘福生物科技有限公司, 浙江省宁波市 315200; 3.宁波大学材料科学与化学工程学院, 浙江省宁波市 315211; 4.宁波大学质谱技术与应用研究院 高端质谱技术和临床应用浙江省工程研究中心, 浙江省宁波市 315211)

摘要: 挥发性有机化合物 (VOCs) 因具有致癌、致畸、致突变性及遗传毒性等特性, 对环境安全和人类生存繁衍构成严重威胁。便携式气相色谱质谱联用仪 (GC-MS) 将色谱技术与质谱技术有机结合, 充分发挥了气相色谱法高分离效率和质谱法定性能力强、检测器灵敏度高的优势, 在职业安全、环境监测等领域中发挥着不可替代的作用。当前国内市场上便携式气质仪普遍存在低沸点物质共流出、自动化检测难等问题, 难以满足精细化的检测需求。为此, 我们开发了一款全新的国产化便携式 GC-MS, 通过在富集管加热上引入可控大功率电源技术、以及智能化重叠峰分离算法等方面的创新, 显著提升了低沸点 VOCs 的分离度、定量准确性, 实现了环境中高效、精准的 VOCs 自动化检测, 整机方法检出限可以达到 0.3ppb, 重复性优于 5%。该研究成果将促进我国环境应急监测行业装备水平和技术能力的大幅提升, 助力实现“十四五”期间“增强地方检测能力”的目标, 推动我国环境监测行业的技术革新。

关键词: 大功率电源; 便携式质谱仪; VOCs 检测; 自动化检测; 膜进样

1 背景

便携式质谱仪是当前质谱发展的重要趋势, 也是近年来国内外科研机构和国际质谱公司研究的热点^{[1][2]}。常规实验室质谱一般体积大质量重, 不能满足目前越来越多的现场测试的要求, 因此在各行业对于用于现场检测的便携式需求迫切。便携式气相色谱质谱联用仪 (GC-MS) 将色谱技术与质谱技术有机结合, 充分发挥了气相色谱法高分离效率和质谱法定性能力强、检测器灵敏度高的优势, 在职业安全^{[3][4]}、环境监测^{[5]-[7]}等领域中已逐步使用, 并发挥着不可替代的作用。

随着我国经济建设的不断发展, 环境污染、泄露和危害问题突出, 应急监测需求迫切^{[8]-[10]}。国家生态环境部在《“十四五”生态环境监测规划》指出要支持环保监测装备的自主研发, 要求加大小型化监测装备研发与推广力度, 加强便携式现场快速监测设备技术验证, 加快形成一批拥有自主知识产权的高端精密监测装备和关键核心部件^[11]。并在 2021 年连续推出了三项便携式 GC-MS 在环境监测中的应用标准《HJ 1223—2021》、《HJ 589—2021》、《HJ 1227—2021》, 因此在环境监测中便携式 GC-MS 将发挥重要的作用。

近年来, 经过各国科学家和研发人员的不懈努力, 推出了多款商用的便携式 GC-MS。Perkin Elmer 公司推出了 Guardion-9 便携式气质联用仪, 用于空气和水中挥发性有机物的定性和半定量分析, 然而, 该仪器缺乏集成吸附解析模块, 限制了其自动化监测的功能。美国 FLIR 公司的 Griffin TM G510 是一款便携式四极杆气质联用仪, 用于在环境领域的挥发性有机污染物的快速分析, 但这两款设备在国际市场上的保有量相对较少。相比之下, 美国 Inficon 公司推出的 Hapsite ER 便携式 GC-MS 在全球占据主导地位, 可用于分析现场空气、水和土壤中有毒工业物质、挥发性有机物等, 但存在低沸点分子共流出干扰大, 解析难, 其次售价较高。国内陆续推出了一些便携式质谱仪, 其中代表性的谱育科技 GC-MS EXPEC 3500 虽然对现场挥发性有机污染物 (VOCs) 进行定性及定量分析, 已在环境监测领域形成了一定的应用^[12]。但由于该设备存在动态范围小、质量峰漂移影响定性、定量重复性不足、续航时间短等问题, 影响了该产品的市场竞争力。

本研究通过对色谱分离系统和自动化解析算法的研究, 集成出高精度的便携式 GC-MS, 具有定量准确、自动化程度高、色谱分离度好等特点, 逐步在环境、职业安全等监测和检测领域行程应用示范。该成果这不仅有利于促进我国环境应急监测行业的装备水平和技术能力的提升, 实现“十四五”期间“增强地方检测能力”的目标, 还可以支撑国产化分析仪器从“中国制造”向“中国创造”的战略转变。

2 仪器系统

便携式气相色谱质谱仪 QitVenture 1 (宁波大学和宁波盘福生物科技有限公司联合研制, 中国, 图 1)。仪器包括产品主要包括敞口进样单元、色谱流路及质谱分析器三大模块, 进样单元包括惰性化进样管、加热单元、保温棉、惰性化转接头和防护套筒; 色谱流路包括采样泵、十通阀、三通阀、热脱附装置和色谱柱。



图 1. 便携式现场快速筛查质谱仪

2.1 高分离度色谱预处理技术及可控大功率电源输出管理技术

研发了一种高分离度的色谱预处理技术，通过热解析管的快速富集浓缩与脱附，实现低浓度有机污染物样品的高效检测。同时针对仪器因难以实现稳定大电流和大功率输出而造成热解析管加热缓慢、样品脱附时间长等问题，创新性得研发了可控大电流电源管理技术（图 2），利用电池与 MOS 管优化电流输出，通过 PWM 调控实现闪蒸升温，最高速率达 $100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ，有效缩短样品的脱附时间。该技术显著提高了色谱解析的分离度（图 3），避免了谱峰拖尾和重叠，为低浓度有机污染物的精准定性和定量检测提供了强有力的技术支持。

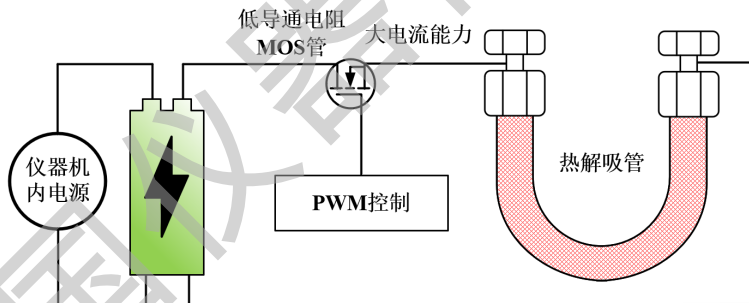


图 2. 可控大功率电源输出管理技术

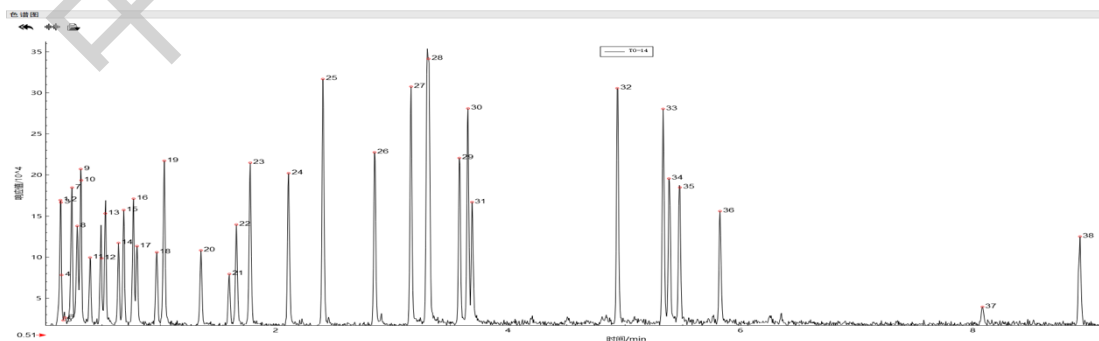


图 3. 采用便携式 GC-MS 分析 TO-14 混合气体的总离子流图

2.2 基于前后向拟合的色谱重叠峰分峰方法

创新性的提出一种基于前后向拟合的色谱重叠峰分峰方法。该方法通过多次前后向拟合，逐步逼近第一个单峰的前沿和第二个单峰的后沿，当计算误差达到设定值时停止迭代，并基于重叠峰的相似性得到两个单峰的边界，实现重叠峰的有效分离（图 4）。为验证方法的准确性，进行了不同重叠度的仿真实验，并通过气相色谱-质谱法测定了对二甲苯和间二甲苯的分离效果。结果表明常规方法的最大误差达到 29.92%，而前后向拟合方法则可以将误差稳定在 1.8% 范围内，显著提高了定量分析的准确性。

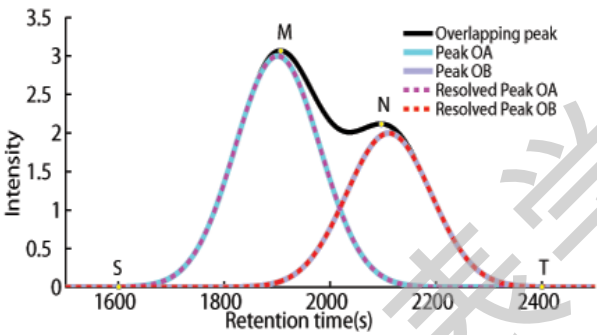


图 4. 基于前后向拟合的色谱重叠峰分离效果

2.3 质谱快速识别算法研究

创新性的提出一种质谱数据预搜索算法。为缩短定性时间并解决相似质谱导致的误判问题，本文设计了一种结合预搜索、库搜索和分类的识别方法。首先，通过预搜索算法进行数据筛选，减少不相关质谱数量，从而大幅缩小库的规模。接着，采用相似度计算获取排名前 n 的初步结果。然后，将这些相似结果与查询库结合，训练深度学习模型，并对最终结果进行重新排序，以提升最高得分为真实匹配的概率。与传统算法相比，该方法提高了识别效率，同时对结构相似的质谱和异构体具有更好的识别精度（图 5）。

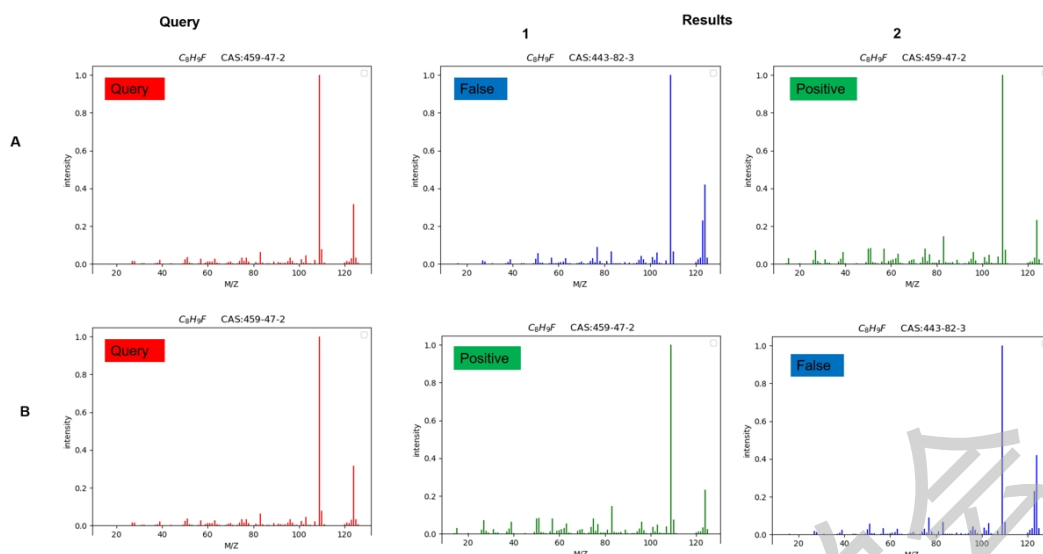


图 5. A 为仅仅通过相似得分，其得分最高的化合物是同分异构体不是正确结果。B 为通过神经网络模型调整相似得分顺序，使真正为真的概率增加。

3 应用实验和数据分析

3.1 仪器与试剂

便携式气相色谱质谱仪 QitVenture 1(宁波大学和宁波盘福生物科技有限公司联合研制，中国)；稀释仪(ENTECH 4700)；EPA TO-15、PAMS 标准气体(大连大特气体有限公司，1ppm)。

3.2 仪器使用参数

按照《环境监测分析方法标准制修订技术导则》(HJ168-2020)的相关规定，低浓度系列(2.0 nmol/mol、5.0 nmol/mol、10.0 nmol/mol、25.0 nmol/mol、50.0 nmol/mol)仪器参考条件：

吸附热脱附参考条件：采样探头温度 70 °C，加热管线温度 70 °C，吸附管脱附温度 275 °C，吸附管预脱附时间 0.1 min，吸附管脱附时间 2.0 min，不分流。气相色谱参考条件：程序升温：40 °C保持 2 min，以 20 °C/min 升至 180 °C，保持 1 min。质谱参考条件：EI 离子源，离子化能量 70 eV，扫描方式为全扫描，扫描范围：35 u~300 u。

高浓度系列(50.0 nmol/mol、100 nmol/mol、200 nmol/mol、400 nmol/mol、600 nmol/mol)仪器参考条件：

吸附热脱附参考条件：采样探头温度 70 °C，加热管线温度 70 °C，吸附管脱附温度 275 °C，吸附管预脱附时间 0.1 min，吸附管脱附时间 0.5 min。气相色谱参考条件：程序升

温：40℃保持 2 min，以 20℃/min 升至 180℃，保持 1 min。质谱参考条件：EI 离子源，离子化能量 70 eV，扫描方式为全扫描，扫描范围 35 u~300 u。

3.3 仪器性能指标检测方法

3.3.1 检出限

以苯与甲苯标准品为研究对象，按照样品分析的全部步骤，重复 $n(n \geq 7)$ 次空白试验(以各类便携式、集成式仪器为基础建立的方法标准应根据仪器的性能尽可能增加重复测定次数)，将各测定结果换算为样品中的浓度或含量，计算 n 次平行测定的标准偏差，按公式(A.1)计算方法检出限。

$$MDL = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (A.1)$$

式中：MDL----方法检出限；

n ----样品的平行测定次数；

t ----自由度为 $n-1$ ，置信度为 99%时的 t 分布值(单侧)；

S ---- n 次平行测定的标准偏差。

其中，当自由度为 $n-1$ ，置信度为 99%时的 t 值可参考表 A.1 取值。

3.3.2 气体定量准确度

使用气体稀释装置，分别将 TO-15、PAMS 混合标准气，用高纯氮气稀释标准气，分别配置低、高 2 种浓度系列。低浓度系列为 2.0nmol/mol、5.0nmol/mol、10.0nmol/mol、25.0nmol/mol、50.0nmol/mol；高浓度系列为 50.0nmol/mol、100.0nmol/mol、200.0nmol/mol、400.0nmol/mol、600.0nmol/mol。按照仪器参考条件，依次对混合标准气体从低浓度到高浓度进行分析测定。使用稀释仪器配制 15ppb、160ppb 浓度的 TO-15 和 20ppb、182ppb 浓度的 PAMS 标准气体样品，使用便携式 GC-MS，按照仪器参考条件，进样分析，平行测定 2 次，完成准确度实验。

3.3.3 气体定量精密度

使用气体稀释装置分别配制 160ppb 浓度 TO-15 标准气体样品，182ppb 浓度的 PAMS 标准气体样品，使用便携式 GC-MS，按照仪器参考条件，进样分析，平行测定 6 次，完成精密度实验。

3.3.4 气体定量稳定性

参照质谱和色谱测试条件，使用 10ppb 的 TO-15 和 PAMS 标准样品的苯系物对仪器进行测试。仪器重复测试 2 次，间隔时间为 8h。观察并记录各组分物质的实测峰面积结果，

有效数字保留到小数点后 2 位。计算各组分物质的仪器相对测量误差 RPD_i。有效数字保留到小点后 2 位。选取各组分物质的 RPD_i 的最大值作为仪器的稳定性 RPD。

3.4 仪器性能指标检测结果

3.4.1 检出限

采用浓度为 2ppb 的 EPA TO-15 混合标准气对仪器的检出限进行检测，检测结果如表 1 所示。7 次苯与甲苯重复实验的 RSD 分别为 0.088、0.152，表明该仪器具有优异的重复性，而且苯与甲苯的检出限分别为 0.276ppb、0.477ppb，均小于 0.5ppb，表明仪器检出限低，具有较高的灵敏度。

表 1. 检出限检测结果

物质	测试结果（ppb）							重复性 RSD%	检出限 MDL（ppb）
	to-15	to-15	to-15	to-15	to-15	to-15	to-15		
	2ppb-1	2ppb-2	2ppb-3	2ppb-4	2ppb-5	2ppb-6	2ppb-7		
苯	1.61	1.73	1.73	1.78	1.80	2.12	1.86	0.088	0.276
甲苯	2.53	2.51	2.17	2.16	2.01	3.01	2.07	0.152	0.477

3.4.2 气体定量准确度

EPA TO-15（含 65 种物质）、PAMS（含 57 种物质）混合标准气体对不同高低浓度分别进行 2 次平行测定，检测结果如附表 1-4 所示。统计实验结果发现，在 EPATO-15 盲样浓度 20ppb、160ppb 的样品中，分别有 72%、90%的物质定量准确度在 90%~110%之间，其余物质定量准确度都在 74%-90%与 110%-127%之间(附表 1-2)，同时在 PAMS 盲样浓度 15ppb、182ppb 的样品中，分别有 64%、84%的物质定量准确度在 90%~110%之间，其余物质定量准确度都在 77%-90%与 110%-118%之间（附表 3-4）。二者的鉴定结果一致反映了仪器的高准确度特性。

3.4.3 气体定量精密度

EPATO-15（浓度为 160ppb）、PAMS（浓度为 182ppb）平行测定 6 次的检测结果分别见附表 5、附表 6。通过分析附表 5 的实验结果可以发现，EPATO-15 混合标准气中 66.7%的物质 RSD 小于 5%，23.3%的物质 RSD 处于 5%-10%之间，只有 6 种物质的 RSD 处于 10%-17.6%。另外，附表 6 中 PAMS 混合标准气的实验结果表明 76%的物质 RSD 小于 5%，其他 24%的物质 RSD 值均小于 10.9%。这些实验结果统一反映了该仪器具有优异的精密度。

3.4.4 气体定量稳定性

首先对高浓度 TO-15 的苯系物和高浓度 PAMS 的苯系物进行了 20H 以上的浓度偏差测试。结果发现，高浓度 TO-15 的苯系物中 7 种物质的浓度偏差均小于 10.8%，只有一种物质的浓度偏差为 17.5%（附表 7），而高浓度 PAMS 的所有苯系物浓度偏差均小于 9.7%（附表 8）。另外，我们又对低浓度 TO-15 的苯系物和低浓度 PAMS 的苯系物进行了 8H 以上的浓度偏差测试。分析实验结果可知，低浓度 TO-15 的苯系物中 62.5% 的物质浓度偏差小于 10%，最高的物质浓度偏差也只有 14.5%（附表 9），而低浓度 PAMS 的苯系物中 77.8% 的物质浓度偏差小于 10%，只有两种物质的浓度偏差大于 10%，而且最高偏差为 18.9%，仍然小于 20%（附表 10）。所有实验结果均表明该仪器的高稳定性。

4 结论

本研究开发的国产化便携式 GC-MS 通过创新性地引入可控大功率电源技术及智能化重叠峰分离算法，成功解决了当前低沸点 VOCs 共流出、自动化难等问题，实现了环境中挥发性有机化合物的高效、精准检测，具备显著的定量准确性和低检出限优势。此项研究成果不仅为国内便携式气相色谱质谱仪的自主研发提供了新的技术路径，也为提升我国环境应急监测装备水平与检测能力奠定了基础，契合“十四五”期间“增强地方检测能力”的战略目标。同时，该技术的推广应用将有效推动环境监测领域的设备国产化进程与创新发展，促进我国在环境监测行业内的自主创新能力。

参考文献：

- [1] Yan Z, Ren Z Y, Cheng Y J, et al. Review and prospect on portable mass spectrometer for recent applications[J]. Vacuum, 2022, 199: 110889.
- [2] Wang J, Pursell M E, et al. Portable mass spectrometry system: instrumentation, applications, and path to 'omics analysis[J]. Proteomics, 2022, 22(23-24).
- [3] Piltingsrud H V, A field deployable gas chromatograph mass spectrometer for industrial hygiene applications[J]. American Industrial Hygiene Association Journal, 1997, 58(8): 564-577.
- [4] Smith M E, Smith M E, Stastny A L, et al. Method development for on-site monitoring of volatile organic compounds via portable TD-GC-MS: evaluation of the analytical performances of HAPSITE® ER instrumentation and thermal desorption sampling media[J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2022: 1-18.

- [5] Wang L, Cheng Y, et al. Application of portable gas chromatography-mass spectrometer for rapid field based determination of TCE in soil vapour and groundwater[J]. *Environmental Technology & Innovation*, 2021, 21: 101274.
- [6] Qiu J W, Xu K, Zhang T, et al. Development of a portable gas chromatography linear ion trap mass spectrometer (GC-LIT-MS) for VOCs analysis in water[J]. *International Journal of Mass Spectrometry*, 2024, 497: 117189.
- [7] Duan C F, Li J M, Zhang Y H, et al. Portable instruments for on-site analysis of environmental samples[J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2022, 154:116653.
- [8] Lin X M, Xu C Y, Zhou Y T, et al. A new perspective on volatile halogenated hydrocarbons in Chinese agricultural soils[J]. *Science of The Total Environment*, 2020, 703.
- [9] Hassoun A, Pasti L, Chenet T, et al. Detection methods of micro and nanoplastics[J]. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2023, 103:175-227.
- [10] Kang Y J, Cao S H, Yan F F, et al. Health risks and source identification of dietary exposure to indicator polychlorinated biphenyls (PCBs) in Lanzhou, China[J]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2020, 42(2): 681-692.
- [11] 绿叶. 生态环境部印发《“十四五”生态环境监测规划》[J]. 2022, (Z1): 8.
- [12] 沈倚,沈军卫. 谱育科技 VOCs 立体监测解决方案精准溯源,精细管理[J]. *环境经济*, 2019, (11): 32-35.

附表

附表 1. 低浓度 TO-15 （盲样浓度 20ppb）

序号	物质	第一组	第二组	平均值	准确度
1	1,2-二氯四氟乙烷	22.1	20.8	21.4	108.3%
2	氯乙烷	21.5	25.6	23.5	118.8%
3	氯乙烯	22.6	21.9	22.2	112.3%
4	1,3-丁二烯	20.5	19.1	19.8	100.1%
5	溴甲烷	20.6	19.3	20.0	100.8%
6	丙烯醛	20.6	18.0	19.3	97.5%
7	一氟三氯甲烷	21.4	20.3	20.8	105.2%
8	丙酮	27.0	21.4	24.2	122.3%
9	异丙醇	28.3	20.7	24.5	123.9%
10	1,1-二氯乙烯	21.6	20.3	20.9	105.8%
11	1,1,2-三氯三氟乙烷	23.9	21.1	22.5	113.7%
12	二氯甲烷	21.4	19.3	20.4	103.0%
13	二硫化碳	21.3	18.5	19.9	100.6%
14	反-1,2-二氯乙烯	22.4	19.9	21.1	106.6%
15	甲基叔丁基醚	22.3	20.0	21.1	106.8%
16	1,1-二氯乙烷	23.3	21.0	22.2	112.0%
17	正己烷	20.2	16.4	18.3	92.4%
18	2-丁酮	21.0	18.6	19.8	99.9%
19	醋酸乙烯酯	17.9	20.1	19.0	95.9%
20	顺式-1,2-二氯乙烯	21.8	18.9	20.4	102.9%
21	乙酸乙酯	20.8	17.1	19.0	95.7%
22	氯仿(三氯甲烷)	19.7	19.0	19.4	97.8%
23	四氢呋喃	22.5	20.8	21.6	109.2%
24	1,1,1-三氯乙烷	21.3	19.5	20.4	103.0%
25	1,2-二氯乙烷	20.2	18.9	19.5	98.7%
26	苯	20.7	18.0	19.3	97.7%

27	四氯化碳	20.8	17.9	19.4	97.8%
28	环己烷	22.2	20.6	21.4	108.2%
29	正庚烷	20.1	17.7	18.9	95.5%
30	三氯乙烯	19.6	15.3	18.2	91.9%
31	1,2-二氯丙烷	19.9	18.2	19.0	96.0%
32	甲基丙烯酸甲酯	19.6	29.5	24.6	124.1%
33	1,4-二氧六环	30.9	17.7	24.3	122.8%
34	二氯溴甲烷	18.2	17.5	17.8	90.1%
35	顺 1,3-二氯丙烯	20.7	17.1	18.9	95.4%
36	4-甲基-2-戊酮	22.0	20.4	21.2	107.1%
37	甲苯	19.9	16.1	18.0	91.0%
38	反 1,3-二氯丙烯	20.3	17.4	18.8	95.0%
39	1,1,2-三氯乙烷	18.2	16.5	17.4	87.6%
40	2-己酮	26.7	23.4	25.0	126.5%
41	一氯二溴甲烷	18.7	17.1	17.9	90.3%
42	四氯乙烯	19.6	15.1	17.4	87.7%
43	1,2-二溴乙烷	18.6	15.1	17.7	89.6%
44	氯苯	21.8	17.1	19.4	98.2%
45	乙苯	20.3	17.2	18.7	94.6%
46	间/对二甲苯	40.4	31.2	35.8	90.4%
47	苯乙烯	20.2	15.6	18.5	93.6%
48	溴仿	21.2	18.6	19.9	100.5%
49	邻二甲苯	19.4	15.6	17.5	88.6%
50	1,1,2,2-四氯乙烷	18.4	17.0	17.7	89.5%
51	4-乙基甲苯	18.9	16.0	17.5	88.2%
52	1,3,5-三甲苯	20.3	17.3	18.8	95.0%
53	1,2,4-三甲苯	20.6	18.0	19.3	97.6%
54	1,3-二氯苯	19.6	18.3	19.0	95.8%
55	氯代甲苯	22.2	17.7	20.0	100.9%

56	1,4-二氯苯	19.4	17.6	18.5	93.6%
57	1,2-二氯苯	18.7	17.9	18.3	92.3%
58	1,2,4-三氯苯	19.5	26.9	23.2	117.2%
59	萘	18.5	19.9	19.2	96.1%
60	六氯-1,3-丁二烯	18.1	25.8	21.9	110.8%

附表 2. 高浓度 TO-15 (盲样浓度 160ppb)

序号	化合物名称	第一组	第二组	平均值	准确度
1	1,2-二氯四氟乙烷	156.0	153.7	154.9	96.8%
2	氯乙烷	149.7	137.1	143.4	89.6%
3	氯乙烯	163.5	150.4	156.9	98.1%
4	1,3-丁二烯	166.5	162.9	164.7	103.0%
5	溴甲烷	159.7	154.8	157.3	98.3%
6	一氟三氯甲烷	159.3	163.0	161.2	100.7%
7	丙烯醛	167.8	141.7	154.7	96.7%
8	丙酮	170.7	139.7	155.2	97.0%
9	异丙醇	186.2	119.5	152.8	95.5%
10	1,1-二氯乙烯	151.7	159.3	155.5	97.2%
11	1,1,2-三氯三氟乙烷	164.9	189.0	176.9	110.6%
12	二氯甲烷	166.6	159.9	163.3	102.0%
13	二硫化碳	131.0	160.6	145.8	91.1%
14	甲基叔丁基醚	159.7	150.6	155.1	97.0%
15	反-1,2-二氯乙烯	160.4	166.6	163.5	102.2%
16	1,1-二氯乙烷	172.3	167.6	170.0	106.2%
17	醋酸乙烯酯	125.4	114.0	119.7	74.8%
18	2-丁酮	191.0	205.6	198.3	123.9%
19	正己烷	164.0	147.4	155.7	97.3%
20	顺式-1,2-二氯乙烯	167.1	170.0	168.5	105.3%
21	乙酸乙酯	129.7	172.7	151.2	94.5%

22	氯仿(三氯甲烷)	158.7	161.9	160.3	100.2%
23	四氢呋喃	172.6	177.7	175.2	109.5%
24	1,1,1-三氯乙烷	166.7	156.3	161.5	100.9%
25	1,2-二氯乙烷	160.5	159.3	159.9	100.0%
26	苯	161.4	164.2	162.8	101.8%
27	四氯化碳	168.1	174.2	171.2	107.0%
28	环己烷	161.1	163.4	162.3	101.4%
29	正庚烷	156.9	153.8	155.3	97.1%
30	三氯乙烯	159.6	163.0	161.3	100.8%
31	1,2-二氯丙烷	161.5	168.2	164.9	103.0%
32	1,4-二氧六环	163.9	161.4	162.7	101.7%
33	甲基丙烯酸甲酯	157.5	163.5	160.5	100.3%
34	二氯溴甲烷	167.9	162.1	165.0	103.1%
35	顺 1,3-二氯丙烯	160.3	166.6	163.5	102.2%
36	4-甲基-2-戊酮	176.1	186.9	181.5	113.4%
37	甲苯	159.4	161.5	160.5	100.3%
38	反 1,3-二氯丙烯	156.9	163.6	160.3	100.2%
39	1,1,2-三氯乙烷	168.9	155.3	162.1	101.3%
40	2-己酮	162.3	181.9	171.2	107.0%
41	一氯二溴甲烷	155.3	157.2	156.2	97.7%
42	四氯乙烯	155.2	164.2	159.7	99.8%
43	1,2-二溴乙烷	158.4	162.9	160.6	100.4%
44	氯苯	165.3	166.3	165.8	103.6%
45	乙苯	153.9	156.4	155.2	97.0%
46	间/对二甲苯	322.9	327.1	325.0	101.6%
47	苯乙烯	164.0	161.3	162.7	101.7%
48	溴仿	176.9	167.1	172.0	107.5%
49	邻二甲苯	159.2	153.6	156.4	97.8%
50	1,1,2,2-四氯乙烷	162.4	167.6	165.0	103.1%

51	4-乙基甲苯	149.3	154.0	151.7	94.8%
52	1,3,5-三甲苯	173.0	163.9	168.4	105.3%
53	1,2,4-三甲苯	151.1	159.6	155.3	97.1%
54	1,3-二氯苯	153.2	151.9	152.5	95.3%
55	氯代甲苯	151.6	159.3	155.5	97.2%
56	1,4-二氯苯	164.0	160.7	162.3	101.5%
57	1,2-二氯苯	157.3	155.3	156.3	97.7%
58	1,2,4-三氯苯	166.2	149.2	157.7	98.6%
59	萘	132.6	127.4	130.0	81.2%
60	六氯-1,3-丁二烯	171.9	166.6	169.3	105.8%

附表 3. 低浓度 PAMS（盲样浓度 15ppb）

序号	物质	第一组	第二组	平均值	准确度
1	正丁烷	13.9	15.8	15.4	102.63%
2	反-2-丁烯	29.8	30.0	29.9	99.80%
3	顺-2-丁烯	29.8	30.0	29.9	99.80%
4	异戊烷	28.8	29.8	29.3	97.69%
5	正戊烷	28.8	29.8	29.3	97.69%
6	1-戊烯	40.9	42.4	41.7	92.64%
7	反-2-戊烯	40.9	42.4	41.7	92.64%
8	顺-2-戊烯	40.9	42.4	41.7	92.64%
9	异戊二烯	13.7	14.5	14.1	93.94%
10	2,2-二甲基丁烷	11.7	12.3	12.0	80.16%
11	环戊烷	15.2	14.8	15.0	99.75%
12	2,3-二甲基丁烷	13.1	14.6	13.8	92.30%
13	2-甲基戊烷	13.1	14.6	13.8	92.30%
14	3-甲基戊烷	14.6	14.8	14.7	98.08%
15	1-己烯	11.0	12.5	11.7	78.32%
16	正己烷	13.7	15.6	14.6	97.54%
17	2,4-二甲基戊烷	18.1	17.2	17.7	117.72%

18	甲基环戊烷	16.4	18.3	17.4	115.73%
19	苯	13.6	13.4	13.5	90.00%
20	环己烷	15.3	16.6	16.0	106.37%
21	2-甲基己烷	13.8	15.7	14.8	98.35%
22	3-甲基己烷	14.4	15.1	14.8	98.47%
23	2,3-二甲基戊烷	14.4	15.1	14.7	98.31%
24	2,2,4-三甲基戊烷	14.9	15.0	14.9	99.57%
25	正庚烷	15.4	16.5	16.0	106.39%
26	甲基环己烷	16.0	16.1	16.0	106.97%
27	2,3,4-三甲基戊烷	16.4	16.2	16.3	108.65%
28	2-甲基庚烷	15.2	15.5	15.4	102.49%
29	甲苯	13.7	14.0	13.8	92.12%
30	3-甲基庚烷	14.5	14.2	14.3	95.57%
31	正辛烷	15.6	15.5	15.6	103.77%
32	乙苯	13.2	12.5	12.9	85.87%
33	间二甲苯	25.2	25.3	25.3	84.19%
34	对二甲苯	25.2	25.3	25.3	84.19%
35	苯乙烯	11.7	11.7	11.7	77.81%
36	邻二甲苯	12.1	12.9	12.5	83.31%
37	正壬烷	13.7	15.1	14.4	95.93%
38	异丙基苯	13.0	12.9	13.0	86.50%
39	正丙苯	11.9	11.7	11.8	78.59%
40	3-乙基甲苯	23.7	23.7	23.7	79.01%
41	4-乙基甲苯	23.7	23.7	23.7	79.01%
42	1,3,5-三甲苯	11.6	12.1	11.9	79.17%
43	2-乙基甲苯	11.6	11.9	11.8	78.43%
44	1,2,4-三甲苯	12.1	12.7	12.4	82.66%
45	葵烷	14.7	14.8	14.8	98.49%
46	1,2,3-三基甲苯	12.7	12.8	12.7	84.90%

47	1,3-二乙基苯	15.3	15.5	15.4	102.78%
48	1,4-二乙基苯	13.4	14.1	13.8	91.83%
49	正十一烷	16.6	16.5	16.5	110.21%
50	正十二烷	14.2	13.5	13.8	92.32%

附表 4. 高浓度 PAMS（盲样浓度 182ppb）

序号	化合物名称	第一组	第二组	平均值	准确度%
1	正丁烷	167.4	170.0	168.7	92.7%
2	反-2-丁烯	180.5	173.7	177.1	97.3%
3	顺-2-丁烯	180.5	173.7	177.1	97.3%
4	异戊烷	160.0	162.3	161.1	88.5%
5	正戊烷	160.0	162.3	161.1	88.5%
6	异戊二烯	175.1	176.0	175.5	96.4%
7	1-戊烯	162.1	157.2	159.7	87.7%
8	反-2-戊烯	162.1	157.2	159.7	87.7%
9	顺-2-戊烯	162.1	157.2	159.7	87.7%
10	2,2-二甲基丁烷	168.2	174.3	171.3	94.1%
11	环戊烷	196.6	188.2	192.4	105.7%
12	2-甲基戊烷	165.0	164.8	164.9	90.6%
13	2,3-二甲基丁烷	165.0	164.8	164.9	90.6%
14	1-己烯	144.0	136.4	140.2	77.0%
15	3-甲基戊烷	177.9	172.5	175.2	96.3%
16	正己烷	158.2	168.1	163.1	89.6%
17	2,4-二甲基戊烷	150.5	184.0	167.3	91.9%
18	甲基环戊烷	161.7	163.2	162.5	89.3%
19	苯	174.3	172.9	173.6	95.4%
20	环己烷	173.2	166.9	170.1	93.4%
21	2-甲基己烷	173.6	166.2	169.9	93.3%
22	2,3-二甲基戊烷	173.7	176.0	174.9	96.1%
23	3-甲基己烷	173.4	175.7	174.6	95.9%

24	2,2,4-三甲基戊烷	181.0	171.4	176.2	96.8%
25	正庚烷	172.5	165.3	168.9	92.8%
26	甲基环己烷	167.5	173.3	170.4	93.6%
27	2,3,4-三甲基戊烷	168.3	173.6	171.0	93.9%
28	2-甲基庚烷	174.5	173.7	174.1	95.7%
29	甲苯	175.0	171.3	173.1	95.1%
30	3-甲基庚烷	178.9	168.0	173.5	95.3%
31	正辛烷	185.6	174.2	179.9	98.8%
32	乙苯	173.2	158.8	166.0	91.2%
33	间二甲苯	165.0	164.8	164.9	94.4%
34	对二甲苯	165.0	164.8	164.9	94.4%
35	苯乙烯	180.8	168.3	174.6	95.9%
36	邻二甲苯	179.1	164.3	171.7	94.4%
37	正壬烷	178.1	170.6	174.3	95.8%
38	异丙基苯	173.4	164.1	168.8	92.7%
39	正丙苯	188.9	168.7	178.8	98.2%
40	3-乙基甲苯	183.6	173.4	178.5	98.1%
41	4-乙基甲苯	183.6	173.4	178.5	98.1%
42	1,3,5-三甲苯	184.6	170.4	177.5	97.5%
43	2-乙基甲苯	184.0	170.6	177.3	97.4%
44	1,2,4-三甲苯	182.3	165.3	173.8	95.5%
45	癸烷	181.0	167.9	174.4	95.8%
46	1,2,3-三基甲苯	182.3	164.6	173.5	95.3%
47	1,3-二乙基苯	183.8	171.4	177.6	97.6%
48	1,4-二乙基苯	176.6	170.6	173.6	95.4%
49	正十一烷	179.9	173.7	176.8	97.1%
50	正十二烷	177.5	175.9	176.7	97.1%

附表 5. To-15 盲样定量检测结果 (To-15-160ppb)

序号	化合物名称	盲样-1	盲样-2	盲样-3	盲样-4	盲样-5	盲样-6	RSD
1	1,2-二氯四氟乙烷	156.1	153.7	148.7	161.4	164.7	156.9	3.6%
2	氯乙烷	149.7	137.1	152.0	168.4	143.4	131.6	8.8%
3	氯乙烯	163.5	150.4	146.0	152.1	159.9	145.0	4.9%
4	1,3-丁二烯	166.5	162.9	154.7	159.0	154.1	153.9	3.3%
5	溴甲烷	159.7	154.8	158.4	155.0	157.0	156.1	1.2%
6	一氟三氯甲烷	159.3	163.0	164.4	161.2	162.4	157.2	1.6%
7	丙烯醛	167.8	141.7	128.5	169.6	138.1	122.2	13.8%
8	丙酮	170.7	139.7	139.7	130.9	136.9	142.1	9.7%
9	异丙醇	186.2	119.5	166.2	174.3	183.7	158.2	14.9%
10	1,1-二氯乙烯	151.7	159.4	153.2	154.0	150.1	152.4	2.1%
11	1,1,2-三氯三氟乙烷	164.9	189.0	168.6	164.7	168.1	160.3	6.0%
12	二氯甲烷	166.6	160.0	168.5	165.8	153.7	141.2	6.5%
13	二硫化碳	131.0	160.6	155.1	154.8	160.2	150.5	7.2%
14	甲基叔丁基醚	159.7	150.6	154.4	148.9	158.6	151.8	2.9%
15	反-1,2-二氯乙烯	160.4	166.6	161.6	156.8	145.6	160.4	4.5%
16	1,1-二氯乙烷	172.3	167.6	173.5	170.1	168.2	152.0	4.7%
17	醋酸乙烯酯	125.4	114.0	142.2	153.5	154.6	144.9	11.6%
18	2-丁酮	191.0	205.6	148.0	188.8	150.5	131.1	17.6%
19	正己烷	164.0	147.4	165.8	160.1	156.1	160.6	4.2%
20	顺式-1,2-二氯乙烯	167.1	170.0	160.5	167.7	158.0	167.0	2.8%
21	乙酸乙酯	129.7	172.7	152.7	145.0	180.8	167.0	12.1%

								%
22	氯仿(三氯甲烷)	158.7	161.9	162.2	158.7	167.4	161.2	2.0%
23	四氢呋喃	172.6	177.7	170.8	158.0	174.4	178.8	4.4%
24	1,1,1-三氯乙烷	166.7	156.3	160.7	159.4	169.3	162.8	3.0%
25	1,2-二氯乙烷	160.6	159.3	162.4	164.3	171.4	169.3	3.0%
26	苯	161.4	164.2	166.1	157.4	167.1	152.8	3.4%
27	四氯化碳	168.2	174.2	162.9	170.2	172.4	172.3	2.4%
28	环己烷	161.1	163.4	164.1	158.7	162.1	171.7	2.7%
29	正庚烷	156.9	153.8	166.4	164.4	162.1	163.5	3.0%
30	三氯乙烯	159.6	163.0	154.6	152.1	156.9	154.1	2.6%
31	1,2-二氯丙烷	161.5	168.2	170.7	159.8	166.7	167.8	2.6%
32	1,4-二氧六环	163.9	161.4	165.9	157.6	151.2	162.3	3.3%
33	甲基丙烯酸甲酯	157.5	163.5	158.6	148.0	168.6	156.3	4.4%
34	二氯溴甲烷	167.9	162.1	160.2	167.5	166.8	170.0	2.3%
35	顺 1,3-二氯丙烯	160.3	166.6	157.9	158.1	170.8	167.6	3.4%
36	4-甲基-2-戊酮	176.1	186.9	199.1	192.9	202.2	221.2	7.8%
37	甲苯	159.4	161.5	154.6	157.8	162.5	166.9	2.6%
38	反 1,3-二氯丙烯	156.9	163.6	146.9	165.5	159.6	164.3	4.4%
39	1,1,2-三氯乙烷	168.9	155.3	147.5	158.9	173.6	148.9	6.7%
40	2-己酮	162.3	180.0	186.6	166.0	174.8	199.5	7.7%
41	一氯二溴甲烷	155.3	157.2	166.2	155.4	170.0	173.0	4.8%
42	四氯乙烯	155.2	164.2	171.5	161.1	174.2	169.8	4.3%
43	1,2-二溴乙烷	158.4	162.9	150.5	166.2	165.5	165.7	3.8%
44	氯苯	165.3	166.3	160.7	161.0	156.2	164.1	2.3%
45	乙苯	153.9	156.4	155.4	131.7	170.7	159.5	8.2%
46	间/对二甲苯	322.9	327.1	318.7	294.5	319.4	329.6	4.0%
47	苯乙烯	164.0	161.3	151.3	151.0	154.0	155.7	3.4%
48	溴仿	176.9	167.1	165.9	173.1	171.3	177.7	2.8%
49	邻二甲苯	159.3	153.6	153.8	141.7	162.8	166.0	5.5%

50	1,1,2,2-四氯乙烷	162.4	167.6	150.4	160.8	168.0	168.0	4.2%
51	4-乙基甲苯	149.3	154.0	168.2	158.3	175.2	181.4	7.7%
52	1,3,5-三甲苯	173.0	163.9	150.2	152.2	154.8	164.0	5.5%
53	1,2,4-三甲苯	151.1	159.6	155.3	152.8	165.0	157.5	3.2%
54	1,3-二氯苯	153.2	151.9	150.9	142.2	148.5	149.9	2.6%
55	氯代甲苯	151.7	159.3	148.7	142.0	141.3	134.7	6.0%
56	1,4-二氯苯	164.0	160.7	153.1	148.6	156.1	151.7	3.7%
57	1,2-二氯苯	157.3	155.3	157.6	146.2	153.8	149.6	3.0%
58	1,2,4-三氯苯	166.2	149.2	146.6	148.9	150.2	144.4	5.2%
59	萘	132.6	127.4	117.4	107.2	104.4	105.2	10.5%
60	六氯-1,3-丁二烯	171.9	166.6	172.3	168.4	169.7	178.5	2.4%

附表 6. PAMS 盲样定量检测结果 (To-15-182ppb)

序号	化合物名称	第一组	第二组	第三组	第四组	第五组	第六组	RSD
1	正丁烷	167.4	170.0	169.3	173.5	169.2	172.8	1.4%
2	反-2-丁烯	180.5	173.7	165.6	185.2	168.1	172.7	4.3%
3	顺-2-丁烯	180.5	173.7	165.6	185.2	168.1	172.7	4.3%
4	异戊烷	160.0	162.3	166.1	163.2	157.4	150.9	3.3%
5	正戊烷	160.0	162.3	166.1	163.2	157.4	150.9	3.3%
6	异戊二烯	175.1	176.0	177.7	166.8	175.4	165.8	3.0%
7	1-戊烯	162.1	157.2	175.0	165.1	162.9	152.9	4.6%
8	反-2-戊烯	162.1	157.2	175.0	165.1	162.9	152.9	4.6%
9	顺-2-戊烯	162.1	157.2	175.0	165.1	162.9	152.9	4.6%
10	2,2-二甲基丁烷	168.2	174.3	168.7	168.7	160.0	156.6	3.9%
11	环戊烷	196.6	188.2	182.4	200.6	171.6	186.3	5.5%
12	2-甲基戊烷	165.0	164.8	175.5	169.3	164.6	168.9	2.5%
13	2,3-二甲基丁烷	165.0	164.8	175.5	169.3	164.6	168.9	2.5%
14	1-己烯	144.0	136.4	177.5	151.3	156.9	139.0	10.0%
15	3-甲基戊烷	177.9	172.5	173.4	183.2	171.2	168.3	3.1%

16	正己烷	158.2	168.1	157.5	163.7	165.4	154.2	3.3%
17	2,4-二甲基戊烷	150.5	184.0	137.2	165.9	180.7	160.7	10.9%
18	甲基环戊烷	161.7	163.2	165.0	148.6	150.8	144.7	5.6%
19	苯	174.3	172.9	181.4	182.4	161.9	164.8	4.8%
20	环己烷	173.2	166.9	170.6	171.4	166.3	171.6	1.6%
21	2-甲基己烷	173.6	166.2	181.3	168.1	169.2	169.4	3.2%
22	2,3-二甲基戊烷	173.7	176.0	176.7	184.9	173.8	169.6	2.9%
23	3-甲基己烷	173.4	175.7	176.4	184.8	173.8	169.6	2.9%
24	2,2,4-三甲基戊烷	181.0	171.4	186.0	180.9	173.3	170.4	3.6%
25	正庚烷	172.5	165.3	170.7	178.9	180.8	163.7	4.0%
26	甲基环己烷	167.5	173.3	171.4	167.5	165.3	155.6	3.7%
27	2,3,4-三甲基戊烷	168.3	173.6	179.5	183.8	182.4	154.8	6.3%
28	2-甲基庚烷	174.5	173.7	188.2	187.9	182.6	164.8	5.2%
29	甲苯	175.0	171.3	171.3	169.1	167.7	164.1	2.2%
30	3-甲基庚烷	178.9	168.0	181.4	181.1	176.0	165.5	3.9%
31	正辛烷	185.6	174.2	181.8	187.5	181.2	157.1	6.3%
32	乙苯	173.2	158.8	169.9	173.5	163.4	160.9	3.9%
33	间二甲苯	176.0	167.5	179.6	176.5	174.4	162.1	3.8%
34	对二甲苯	176.0	167.5	179.6	176.5	174.4	162.1	3.8%
35	苯乙烯	180.8	168.3	165.6	163.0	159.5	158.1	5.0%
36	邻二甲苯	179.1	164.3	179.1	178.9	178.1	165.3	4.2%
37	正壬烷	178.1	170.6	181.9	184.1	176.3	161.5	4.7%
38	异丙基苯	173.4	164.1	175.6	175.2	177.8	163.2	3.7%
39	正丙苯	188.9	168.7	171.8	174.9	174.2	166.1	4.6%
40	3-乙基甲苯	183.6	173.4	174.4	177.7	178.8	170.2	2.7%
41	4-乙基甲苯	183.6	173.4	174.4	177.7	178.8	170.2	2.7%
42	1,3,5-三甲苯	184.6	170.4	177.6	166.9	172.5	155.6	5.8%
43	2-乙基甲苯	184.0	170.6	174.1	174.1	171.0	155.3	5.4%
44	1,2,4-三甲苯	182.3	165.3	178.6	175.2	169.2	155.6	5.7%

45	葵烷	181.0	167.9	182.5	178.6	173.6	156.6	5.7%
46	1,2,3-三基甲苯	182.3	164.6	163.2	168.8	166.5	152.7	5.8%
47	1,3-二乙基苯	183.8	171.4	179.3	177.0	168.4	161.1	4.7%
48	1,4-二乙基苯	176.6	170.6	172.8	165.2	161.8	155.7	4.6%
49	正十一烷	179.9	173.7	181.7	176.5	178.4	164.8	3.5%
50	正十二烷	177.5	175.9	173.1	175.2	164.2	162.7	3.7%

附表 7. 高浓度 TO-15 24H 浓度偏差

序号	化合物名称	10 月 9 日 14 点 09 分	10 月 10 日 14 点 00 分	24H 定量稳定性
1	苯	$5.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$5.7 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	0.9%
2	甲苯	$6.4 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$7.0 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	10.5%
3	乙苯	$7.4 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$7.4 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	0%
4	间二甲苯	$7.6 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	10.1%
5	对二甲苯	$7.6 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	10.1%
6	苯乙烯	$7.0 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	17.5%
7	邻二甲苯	$7.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$7.7 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	6.0%
8	1,2,4-三甲苯	$8.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$9.2 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	10.8%

附表 8. 高浓度 PAMS 182ppb 22H 浓度偏差

序号	化合物名称	10 月 10 日 11 点 06 分	10 月 11 日 9 点 17 分	22H 定量稳定性
1	苯	$6.1 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$6.4 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	5.4%
2	甲苯	$7.2 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$7.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	8.2%
3	乙苯	$8.2 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$9.0 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	9.7%
4	间二甲苯	$8.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	5.9%
5	对二甲苯	$8.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	5.9%
6	苯乙烯	$8.4 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.5 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	1.3%
7	邻二甲苯	$8.5 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$8.9 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	5.1%
8	1,3,5-三甲苯	$9.9 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$10.3 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	4.1%
9	1,2,4-三甲苯	$9.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$10.2 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	3.9%
10	1,2,3-三基甲苯	$9.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	$9.8 \times 10^{-1} \text{ mg/m}^3$	0%

附表 9. 低浓度 TO-15 8H 浓度偏差

序号	化合物名称	10 月 12 日 14 点 57 分	10 月 12 日 23 点 02 分	8H 定量稳定性
1	苯	$3.7 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$3.2 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	14.5%
2	甲苯	$4.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	4.5%
3	乙苯	$5.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.9 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	11.5%
4	间二甲苯	$5.1 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.8 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	6.1%
5	对二甲苯	$5.1 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.8 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	6.1%
6	苯乙烯	$5.2 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	12.2%
7	邻二甲苯	$4.6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.2 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	9.1%
8	1,2,4-三甲苯	$5.6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$5.6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	0.0%

附表 10. 低浓度 PAMS 8H 浓度偏差

序号	化合物名称	10 月 12 日 11 点 32 分	10 月 12 日 20 点 00 分	8H 定量稳定性
1	苯	$3.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$3.1 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	6.2%
2	甲苯	$3.9 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$3.7 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	5.3%
3	乙苯	$5.2 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	18.9%
4	间二甲苯	$4.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	4.5%
	对二甲苯	$4.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	4.5%
5	苯乙烯	$4.5 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.0 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	11.8%
6	邻二甲苯	$4.6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	6.7%
7	1,3,5-三甲苯	$5.0 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.6 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	8.3%
8	1,2,4-三甲苯	$5.4 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.9 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	9.7%
9	1,2,3-三基甲苯	$5.3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	$4.9 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$	7.8%