

用吹扫捕集/气相色谱与安捷伦新的 5975 inert 质谱仪分析水中挥发性有机化合物电子方法的开发

应用

环境

作者

Philip L. Wylie
Agilent Technologies, Inc.
2850 Centerville Road
Wilmington, DE 19808-1610
USA
(e-mail: phil_wylie@agilent.com)

摘要

使用安捷伦新软件 G1701DA (2.0.00 版), 只需几步即可将一个气质联用 (GC/MS) 方法打包, 传送到一个类似配置的 GC/MS 系统。电子方法非常便捷, 它可以在全球范围内的仪器之间实现共享, 不用每次再单调地输入所有的参数。由于有保留时间锁定 (RTL) 功能, 校正文件 (包括保留时间窗口) 或复杂的选择离子检测 (SIM) 方法都可以传送, 无需编辑保留时间。本应用报告以美国环保局 (USEPA) 8260B 方法为基础, 说明了分析水中挥发性有机化合物 (VOC) 的方法。虽然 8260B 方法的适用范围存在一定的局限性, 但采用吹扫捕集 (P&T) / 气质 (GC/MS) 联用法分析 VOC 时, 该方法适用于大部分 VOC 的分析。本电子方法可以直接从下面的安捷伦网站上下载: www.agilent.com/chem/eMethods。使用新的“电子方法输入” (eMethod Import) 这一化学工作站的特殊功能, 能够加载方法和所有的参数。虽然吹扫捕集的参数不能自动输入, 但在该电子方法中已包括了吹扫捕集的方法。

引言

GC/MS 方法常常是在一台仪器上开发, 发表出来, 再到不同实验室的其它仪器上重复。在过去, 这就需要新用户输入 GC 和 MS 的所有参数, 包括校正表和 SIM 表, 而且不同仪器保留时间 (RT) 也有所不同, 所以校正曲线以及 SIM 表都要重做。虽然能够将一个方法拷贝到电子媒体上并且拷贝到另一个系统, 但是由于仪器配置的差别, 真正应用该方法的过程还是很复杂的。

新的安捷伦软件 G1701DA (2.0.00 版) 具有独特的功能, 它能够输出及输入完整的 GC/MS 方法。所有的参数, 包括所有 GC 和 MS 的设定值、校正表、SIM 表以及保留时间锁定 (RTL) 校正文件都可以作为电子方法的一部分输出。电子方法可以通过电子邮件发布到互联网上, 或保存到存储盘里, 只需 1 分钟左右即可安装完成。通常, 新用户首次使用方法, 要重新锁定方法, 然后重新校正。方法开发者在“Notes”一节中会说明一些非电子参数, 例如使用的进样垫类型等。

本应用报告介绍了测定水中 60 种 VOC 的电子方法, 它采用了 Velocity XPT 吹扫捕集 (P&T) 样品浓缩器与 Agilent 6890N GC 和新的 5975 inert 质谱检测器 (MSD) 联机方法, 该方法包括了具有相应的目标化合物和确认离子的全扫描模式校正表、锁定所有化合物的保留时间、RTL 的校正文件以及用于同步 SIM/scan 模式的补充 SIM 方法。



美国 EPA 方法 8260B [1] 是测定 VOC 的通用方法，它适用的样品基质为地下水、地表水、底泥、土壤和沉积物、滤饼、废弃碳和废催化剂，该方法只用于上述样品 VOC 的 GC/MS 分析，它参考了其它 US EPA 样品导入方法所涉及的基质分析，方法 8260B 广泛应用于吹扫捕集法测定地表水、地下水和废水 VOC 的环境实验室中，适用于饮用水分析类似方法见 EPA524.2 [2] 方法。

以前的系列应用报告中已经讨论了应用美国 EPA 的 BFB 调谐的条件和技术来优化 P&T/GC/MS 方法 [4]。本应用报告包括了另外一些方法优化的内容，在电子方法中还包括了更新的校正数据。

实验

化学标样、试剂和样品瓶

高纯 B&J 甲醇：Honeywell Burdick & Jackson 公司 (Muskegon, MI)。混标（用于校正标样、加标液、调谐校正液、稳定性测试标样的配制）：AccuStandard (New Haven, CT)。具体内容如下所述：部件号：M-502-10X-Pak，组分：60 种 VOC 目标化合物，浓度各 2000 $\mu\text{g/mL}$ ，溶剂：甲醇；部件号：M-8260A/B-IS/S S -10X -PAK，组分：对溴氟苯、氯苯-d5、二溴氟甲烷、1,4-二氯苯-d4，1,2-二氯乙烷-d4，氟苯、甲苯-d8，浓度：各 2000 $\mu\text{g/mL}$ ，溶剂：甲醇。去 VOC 试剂水用于配制标样和实验样品。超净 VOA

样品瓶（部件号 15900-022）：标称体积 40 mL，实际体积 43 mL，购于 VWR Scientific (West Chester, PA)。

校正液和加标液的制备

每个校正水平的二级加标液配制在甲醇溶液中：取 25 μL 校正液（60 种 VOC）和 25 μL 内标/指示物的混合液加入到 100 mL 容量瓶中，每个容量瓶翻转振摇 5 次混匀，小心地分装到二个 43 mL VOA 样品瓶中。

七个校正标液的制备方法详见表 1。内标和指示物混合加标液的配制：取 40 μL 2000 $\mu\text{g/mL}$ 的标样稀释到 1.0 mL 的甲醇溶液中，每个样品和标样都加入该混标，加标浓度为 20 $\mu\text{g/L}$ 。

仪器和分析条件

P&T 仪器和设定条件如表 2 所示。由于 P&T 仪器由单独的软件控制，它的参数不能在电子方法中设定，需要手工输入。下面的 P&T 选项没有使用：DryFlow 捕集阱、内标自动添加、样品加热、干燥吹扫和样品

表 1. 制备校正样品步骤

A	B	C	D	E
校正水平 ($\mu\text{g/L}$) [*]	2000 $\mu\text{g/mL}$ VOC 标液的进样量 (μL) ^{**}	用甲醇稀释至此体积 (mL) ^{***}	二级标液浓度 (ng/ μL) ^{****}	100 mL 容量瓶中的 加标量 (μL) ^{*****}
1	50	25	4	25
2	40	10	8	25
5	50	5	20	25
20	40	1	80	25
50	40	0.4	200	25
100	40	0.2	400	25
200	40	0.1	800	25

^{*} 最终校正水溶液中各分析物的浓度

^{**} 60 种 2000 $\mu\text{g/mL}$ VOC 标准溶液的体积，稀释后的体积见 C 栏

^{***} 用甲醇稀释后 VOC 溶液的最终体积

^{****} 校正加标液浓度，它是将 B 栏中 2000 $\mu\text{g/mL}$ 标液的量稀释到 C 栏中的体积

^{*****} 二级标准溶液 (D 栏) 加至 100 mL 水中的量，配制浓度为 A 栏所示校正水平的校正标液

低温聚焦。表 2 所示方法的参数是按照 TekLin k2.4 (20 m x 0.18 mm x 1.0 μm) 或很少切割的柱子，一旦 P&T 控制软件向导操作得出的原始参数，只做了略微修改。应用本方法，很少需要对柱子进行维护。

如表 3 所示，甲苯-d8 用作 RTL 化合物，它的保留时间在恒流模式下锁定在 7.045 分钟，本法选用恒流模式有助于较重化合物在较低温度下更快的洗脱出来，方法运行周期更短，虽然保留时间锁定在恒流模式下能很好地运行，但它不能象在恒压模式下那样补偿柱长的较大差别。因此，最好用一根新 DB-VRX 柱子

表 2. 吹扫捕集仪器和设定条件

P&T 仪器	Teledyne Tekmar Velocity XPT
自动进样器	Teledyne Tekmar Aquatek 70
软件控制	Teledyne Tekmar VOC Teklink 2.4 版
捕集阱	Vocarb 3000 (安捷伦部件号 5182-0775)
P&T-GC 接口	P&T 传输线接入 GC 分流/不分流进样口载气管线，和 GC 载气垂直进入 Velocity XPT
样品体积	5 mL
阀炉温度	150 °C
传输线温度	150 °C
样品装置温度	90 °C
吹扫准备温度	45 °C
干气流待用温度	60 °C
待用流速	20 mL/min
加压时间	0.25 分钟
注入 IS 时间	0.00 (内标手工加入)
样品转移时间	0.35 分钟
预吹扫时间	0.00 分钟
预吹扫流速	40 mL/min
样品加热器	关闭 (样品不加热)
样品预热时间	1.00 分钟
预热温度	40 °C
吹扫时间	11.00 分钟
吹扫温度	0 °C (即, 低于吹扫准备温度 45 °C)
吹扫流速	40 mL/min
吹扫冲洗时间	0.40 分钟
吹扫管线时间	0.35 分钟
干吹扫时间	0.00 分钟 (干吹扫未使用)
干吹扫温度	40 °C
干吹扫流速	200 mL/min
GC 启动	解吸启动
解吸附预热时间	245 °C
解吸附排气	打开
解吸附时间	2.00 分钟
解吸附温度	250 °C
解吸附流速	300 mL/min
烘烤冲洗	打开
烘烤冲洗次数	3
烘烤排放时间	0.50 分钟
烘烤排放流速	400 mL/min
烘烤时间	3.00 分钟
烘烤温度	270 °C
干气流烘烤温度	300 °C
烘烤流速	400 mL/min
聚集温度	未使用
进样时间	1.00 分钟
进样温度	180 °C
等待温度	100 °C

表 3. GC/MS 条件一览表

气相色谱仪	
进样口	分流/不分流
进样口衬管	单锥形, 脱活 (安捷伦部件号 5181-3316)
进样口温度	150 °C
分流比	50:1
色谱柱	20 m x 0.18 mm x 1.0 µm DB-VRX (安捷伦部件号 121-1524)
载气	标准氮气, 1.0 mL/min 恒流
保留时间锁定 (RTL)	甲苯-d8 保留时间锁定在 7.405 分钟
柱箱升温程序	40 °C (3 分钟), 以 10 °C/min 升至 100 °C (0 分钟), 以 25 °C/min 升至 225 °C (3 分钟)
质谱仪	
传输线温度	225 °C
四极杆温度	150 °C
离子源温度	230 °C
EM 电压	1200 伏
扫描范围	35–260 u
域值	150
采样	2
溶剂延迟	0 分钟
软件	MSD Productivity 化学工作站软件 (部件号 G1701DA D.02.00 版)

结果与讨论

根据方法的 1.3 节, 8260B 可以用于沸点在 200 °C 以下大部分 VOC 的定量分析。它列出了可以用这种方法采用不同的样品处理和样品导入方式测定的 123 种化合物。在这些化合物中, 有 7 种是内标化合物或指示物, 9 种是 P&T 样品导入不推荐使用的化合物, 3 种必须在 80 °C 吹扫才能保证有效的回收率。本研究分析了 EPA 方法 502.2 [5] 列出的 60 种 VOC, 三种内标和四种指示物 (表 4)。

校正结果

许多实验室用方法 8260B 或类似的方法绘制 5 µg/L 到 200 µg/L 的 5 点校正曲线。在以前的应用报告中 [4], 从 1 µg/L 到 300 µg/L 校正得到的响应因子 (RF) 的相对标准偏差 %RSD, 除了 8 种化合物外其它所有化合物都不超过 15%, 而从 1 µg/L 到 200 µg/L 校正, %RSD 全部低于 15%。本应用报告中说明的电子方法, 校正标液浓度为 1、2、5、20、50、100 和 200 µg/L。若所有分析物在 1 µg/L 的信号响应明显, 则可以在更低的浓度水平校正。图 1 显示了目标化合物、指示物和内标化合物分别在 20 µg/L 的总离子流色谱图。

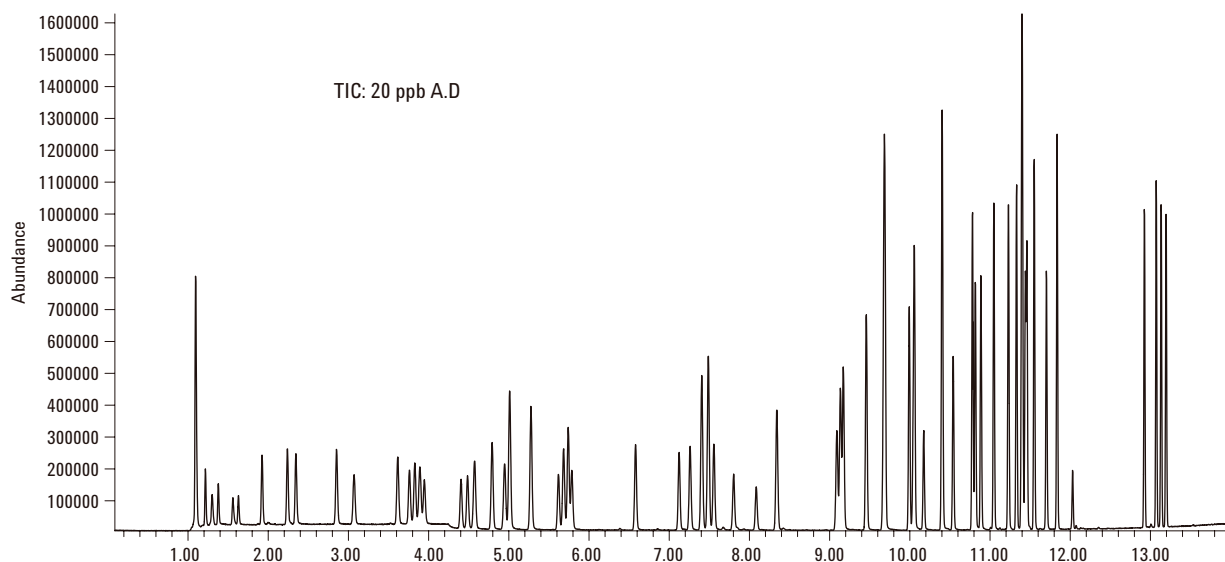


图 1. 表 4 所列 60 种 VOC、3 种内标和 4 种指示物的色谱图。该标样采用本电子方法测定

在 1-200 µg/L 范围内，计算各化合物的平均响应因子和响应因子 (RF) 的相对标准偏差 %RSD，如表 4 所示，5 种系统性能检测化合物 (SPCC) 都远远超过了它们的最小 RF。另外，6 种连续校正化合物 (CCC) RF 的 RSD 显著低于 30%，这是在 EPA 8260B 方法中指定的极限值。在整个 1-200 µg/L 校正

范围内，所有目标化合物 RF 的 RSD 都在 15% 范围内，则 RF 平均值可以用于校正。在整个 1-200 µg/L 校正范围内，所有化合物 RF 的平均值为 4.3%。

表 4. 1-200 µg/L 7 级校正的化合物平均响应因子 (RF) 及 RF 的 %RSD

类别*	化合物	保留时间 (min)	最小平均 RF**	校正 RF 的最小 %RSD***	1-200 µg/L 的平均 RF	RF %RSD 1-200 µg/L
ISTD	氟苯	5.277		15		
T	二氯二氟甲烷	1.219		15	0.283	7.00
T,SPCC	氯代甲烷	1.301	0.1	15	0.259	8.15
T,CCC	氯乙烯	1.379		30	0.240	3.36
T	溴代甲烷	1.557		15	0.144	10.74
T	氯乙烷	1.63		15	0.151	3.54
T	三氯单氟甲烷	1.928		15	0.374	2.98
T,CCC	1,1-二氯乙烯	2.24		30	0.321	3.14
T	二氯甲烷	2.346		15	0.306	9.32
T	反式-1,2-二氯乙烯 (E)	2.857		15	0.322	2.45
T,SPCC	1,1-二氯乙烷	3.074	0.1	15	0.406	2.94
T	顺式-1,2-二氯乙烯	3.615		15	0.313	3.23
T	溴氯甲烷	3.757		15	0.198	3.13
T,CCC	氯仿	3.833		30	0.399	3.62
T	2,2-二氯丙烷	3.891		15	0.339	7.88
Sur	1,2-二氯乙烷-d4	4.404		15	0.288	1.26
Sur	二溴氟甲烷	3.947		15	0.225	0.77
T	1,2-二氯乙烷	4.491		15	0.346	3.32
T	1,1,1-三氯乙烷	4.574		15	0.398	3.18
T	1,1-二氯丙烯	4.789		15	0.346	3.08
T	四氯化碳	4.948		15	0.359	4.91
T	苯	5.012		15	1.038	2.75
T	二溴甲烷	5.626		15	0.216	2.90
T,CCC	1,2-二氯丙烷	5.682		30	0.262	3.38
T	三氯乙烯	5.743		15	0.305	3.45
T	一溴二氯甲烷	5.787		15	0.328	4.46
T	顺 1,3-二氯丙烯 (Z)	6.579		15	0.407	3.84
T	反 1,3-二氯丙烯 (E)	7.126		15	0.357	4.89
T	1,1,2-三氯乙烷	7.263		15	0.196	3.87
Sur	甲苯-d8	7.407		15	0.941	0.37
T,CCC	甲苯	7.489		30	1.109	3.20
T	1,3-二氯丙烷	7.558		15	0.421	3.54
T	二溴一氯甲烷	7.804		15	0.269	6.57
T	1,2-二溴乙烷	8.088		15	0.259	3.52
T	四氯乙烯	8.345		15	0.357	3.57
T	1,1,1,2-四氯乙烷	9.092		15	0.269	4.84
ISTD	氯苯-d5	9.134		15		
T,SPCC	氯苯	9.173	0.3	15	0.984	5.09
T,CCC	乙苯	9.46		30	1.618	5.14
T	间和对-二甲苯	9.683		15	2.644	3.87
T,SPCC	溴仿	9.669	0.1	15	0.288	11.12
T	苯乙烯	9.993		15	1.034	6.37

表 4. 1-200 µg/L 级校正的化合物平均响应因子 (RF) 及 RF 的 %RSD (续)

类别*	化合物	保留时间 (min)	最小平均 RF**	校正 RF 的最小 %RSD***	1-200 µg/L 的平均 RF	RF %RSD 1-200 µg/L
T,SPCC	1,1,2,2-四氯乙烷	10.043	0.3	15	0.435	4.64
T	邻-二甲苯	10.057		15	1.324	4.84
T	1,2,3-三氯丙烷	10.174		15	0.378	4.18
Sur	对-溴氟苯	10.399		15	0.482	2.51
T	异丙苯	10.405		15	1.591	5.33
T	溴苯	10.539		15	0.628	4.55
T	正丙苯	10.782		15	2.039	4.88
T	2-氯甲苯	10.815		15	1.163	5.20
T	4-氯甲苯	10.885		15	1.234	4.73
T	1,3,5-三甲基苯	11.047		15	1.438	5.61
T	叔丁基苯	11.228		15	1.371	4.90
T	1,2,4-三甲基苯	11.331		15	1.513	5.55
T	仲丁基苯	11.395		15	2.026	4.29
T	1,3-二氯苯	11.407		15	0.925	4.36
ISTD	1,4-二氯苯-d4	11.44		15		
T	1,4-二氯苯	11.46		15	1.530	3.04
T	对-异丙基甲苯	11.552		15	2.843	3.48
T	1,2-二氯苯	11.705		15	1.459	3.19
T	丁基苯	11.836		15	2.648	3.56
T	1,2-二溴-3-氯丙烷	12.031		15	0.235	4.94
T	1,2,4-三氯苯	12.926		15	1.361	3.25
T	萘	13.071		15	3.267	3.66
T	六氯丁二烯	13.136		15	0.939	3.20
T	1,2,3-三氯苯	13.194		15	1.311	2.57
	目标化合物的平均 %RSD					4.31

* 化合物定义如下: T (目标化合物)、SPCC (用于进行系统性能检查的化合物)、CCC (校正检查化合物)、Surr (指示物)、ISTD (内标)。目标化合物也可指定为SPCC或CCC。

** SPCC 必须满足最小平均 RF。

*** RF 的最小 %RSD。如果任何一种或多种 CCC RF RSD 超过了 30%，说明仪器需要维护。如果任何一个目标化合物的 RF %RSD 超过 15%，必须用其它合适的曲线代替平均 RF。

惰性流路的重要性

在该方法的初始校正结果中有 6 个化合物的相对 RF 的 %RSD 高于 15%，并且共有 15 个化合物的 %RSD 值达到两位数，结果最差的是 (反) 和 (顺) 1,3-二氯丙稀、二溴一氯甲烷、溴仿、1,1,2,2-四氯乙烷和 1,2-二溴-3-氯丙烷，其相对 RF (RRF) % RSDs 平均

为 28%。换掉旧的 GC 柱和进样垫后 (如表 3 所述)，这几个差的化合物 RSD 平均值在 6%。59 个被校正的峰 (间和对-二甲苯校正峰叠在一起)，其全部的 RF %RSD 都很好，在 15% 以内，平均值达到 4.3%，结果见表 4，%RSD 值的分布图见图 2。

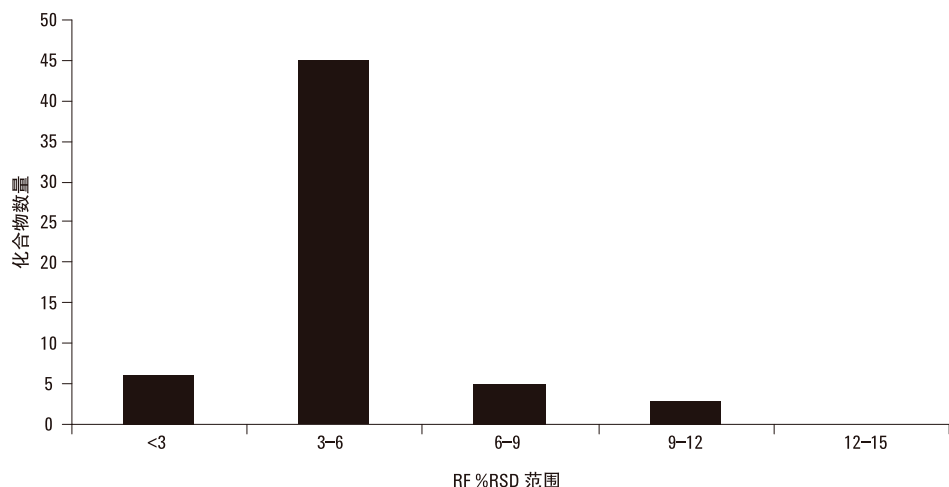


图 2. 59 个校正峰 RF RSD 的分布图 (对-和邻-二甲苯没有分开)

已讨论过有些 VOC 受流路中活性点影响很大, 这个问题的一种表现即为校正曲线呈非线性 (图 3)。理论上, RRF 在每个校正水平都应该是一样的, 呈一条水平直线, 然而当一个化合物在活性点被吸附或分解时, RF 就会随着浓度的降低而下降。

这一问题形象化示意图见图 4。首先, 假定在样品流路中的某处存在 5 个活性点 (图 4a), 我们还假定有一高水平校正标样含有化合物 X 的 500 个分子, 这

里“X”即为易在活性点被吸附和分解的化合物, 这样, 就有可能在 500 个分子中丢失掉 5 个, 即 RF 减少了 1%。下面假定一个低水平校正标样含有 10 个 X 分子, 这样就会丢失多达 50%, RF 减少一半 (图 4b)。因此, 随着化合物 X 的校正水平降低, 响应因子随之下降, 校正曲线就呈非线性, 例如溴仿曲线如图 3 所示。

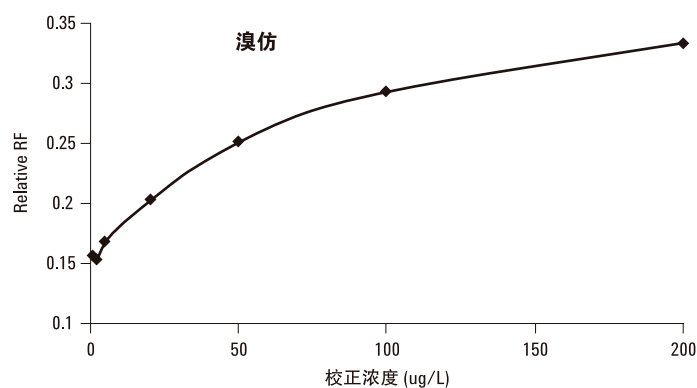


图 3. P&T/GC/MS 流路活性点吸附导致溴仿校正曲线呈非线性实例

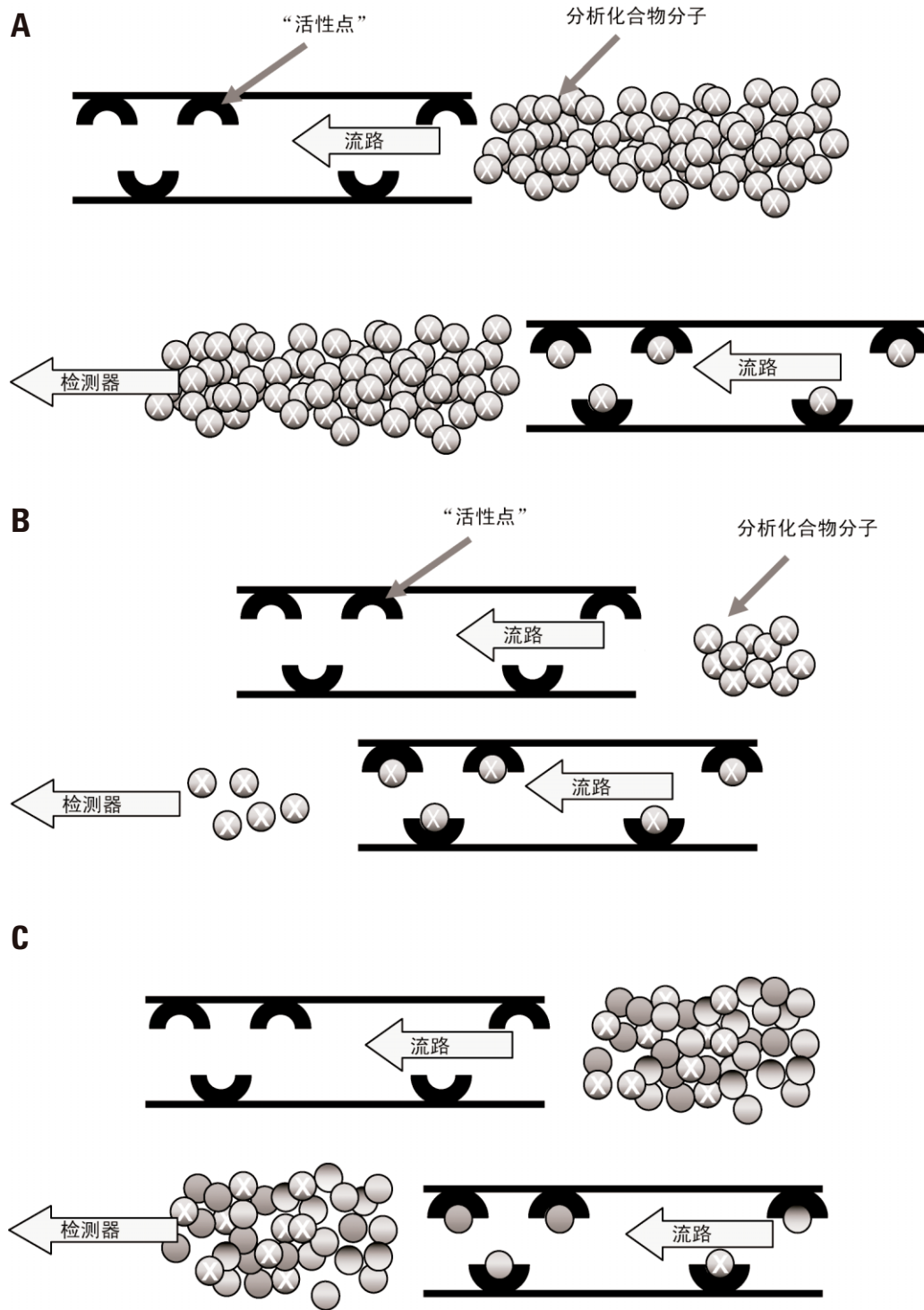


图 4. P&T/GC/MS 流路中“活性点”对分析化合物到达检测器过程影响示意图。A) 表明高浓度分析物在少量活性点处损失比例小。B) 表明低浓度分析物在少量活性点处损失比例大。C) 表明分析物如何对活性点进行竞争，由于存在其它的高浓度化合物的竞争效应，化合物 X 损失很少

图 4c 表明了活性点问题的另一种现象。假定还是有 5 个活性点和 10 个化合物分子 X，但这次还存在高浓度水平的其它分子，在同一个活性点上产生竞争，由于活性点数量有限和其它化合物的竞争，大部分 X 分子都到达了检测器，这就解释了为什么有时分析物和指示物在相对干净的样品中回收率低，而在其它分析物共存时，回收率较高的问题。

在 P&T/GC/MS 流路中活性点可能出现在任何地方，如果化合物开始被吸附，该溶液的组分就会取代流路中的某些活性点位置，因此需要更换柱子和进样垫来恢复仪器性能。

SIM/Scan 方法

EPA 的挥发性有机物分析方法中没有提到同步 SIM/scan 方法的使用，然而，在一个分析中获得 SIM 和 scan 数据是完全可以的，事实上在每一种模式都不会损失灵敏度，在创建 scan 方法以后，使用化学工作站的 AutoSIM 工具即可建立 SIM 方法。

图 5 显示 6 种气体的提取离子色谱图 (EIC) (运行 SIM/scan 得到的 SIM 和 scan)，这 6 种气体的分析是许多 VOC 方法中的一部分。一般来说，这 6 种化合物的 RF 平均值在本方法的 60 种化合物中是最低的，这里，氯乙烷通常响应最低。

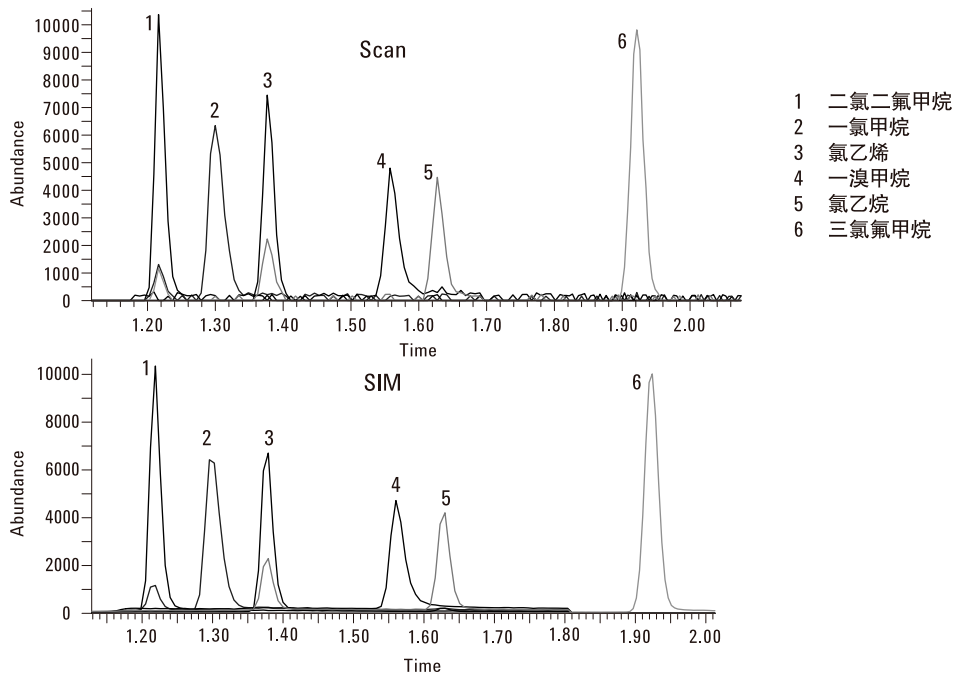


图 5. 在标准温度和压力下六种气体分析的 EIC。在一次同步 SIM/scan 运行中同时获得 scan 和 SIM 色谱图

通过测定氯乙烷的信噪比 (S/N) 比较单独运行 scan 方法与 SIM/scan 模式的灵敏度。如表 5 所示, 单独运行 scan 与运行 SIM/scan 得到的氯乙烷 S/N 大体一致。在每一种情况下的采样速率均为 4 (n=2)。这两种扫描方式的唯一区别就是扫描速率不同, SIM/scan 方式扫描速率低于单独运行 scan 的模式, 但所有峰都至少扫描 8 次, 保证定量准确性, 正如所期望的, 在整个扫描过程中, SIM 在灵敏度上改善了 10 倍。采用 Agilent 5975 inert MSD, 在 SIM/scan 模式下运行, 不会损失灵敏度, 并获得提高 10 倍灵敏度的 SIM 色谱图, 唯一要改变的条件就是降低扫描速率, 但这个速率已足够定量。将采样速率从 2² 减到 2¹, 则每个峰的 SIM 和 Scan 次数增加, 所以不会降低灵敏度。

表 5 表明了氯乙烷 (采用 m/z 64) 通过 scan 方法和同步 SIM/scan 方法信噪比 (S/N) 的比较。S/N 采用两种不同的噪音测量方法进行计算—均方根 (RMS) 和峰/峰比。

表 5. 在 SIM/Scan 运行条件下 SIM 和 Scan 间 S/N 的比较

	RMS S/N	峰/峰 S/N
SIM (SIM/Scan)	749	254
Scan (SIM/Scan)	75	20
Scan (Scan only)	73	17

图 6 比较了如表 4 所示 60 种目标化合物 VOC (每个组分浓度 1 ppb)、内标 (20 ppb) 和指示物 (20 ppb) 在同步 SIM 和 scan 分析的总离子流图 (TIC)。

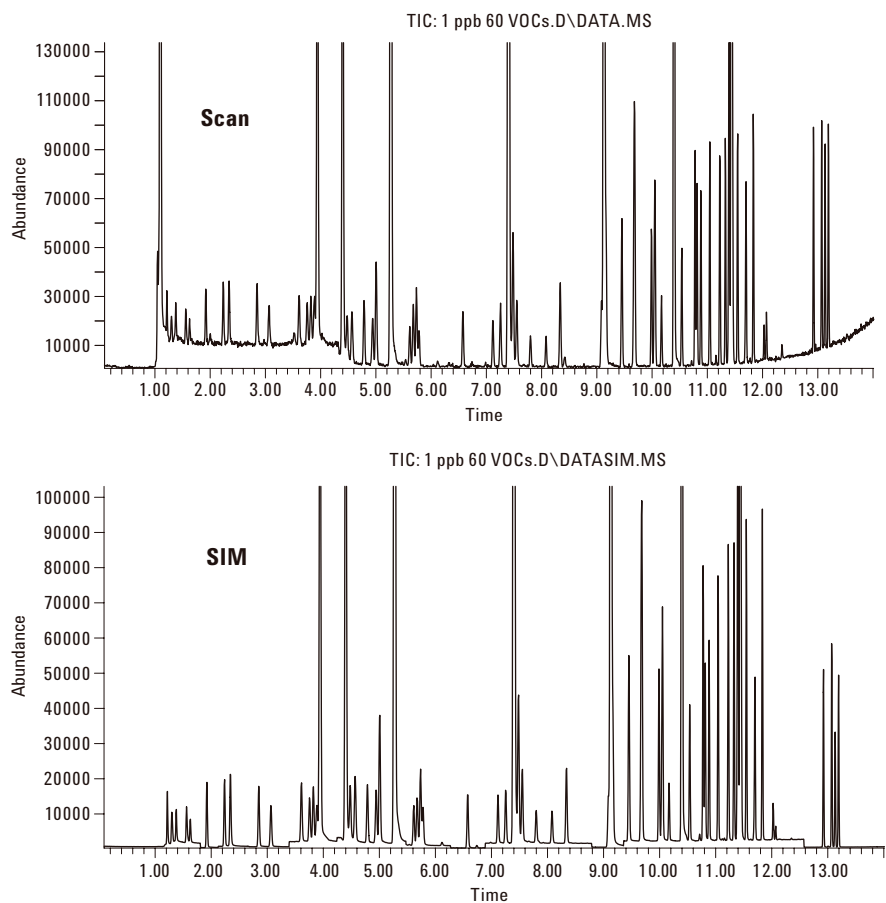


图 6. 如表 4 所列 67 种化合物在同步 SIM/scan 分析中得到的 SIM 和 scan 色谱图的总离子流图

结论

共享 GC/MS 法的优点显而易见，在不同仪器上重复这些方法不仅乏味而且非常耗时，现在，安捷伦的电子方法软件的“方法输出 (Method Export)”和“方法输入 (Method Import)”向导使得 GC/MS 方法传递变得非常快捷。

如果对某些方法感兴趣，要重复该方法，可以从安捷伦网站 (www.agilent.com/chem/eMethods) 上下载所有参数，用安捷伦 G1701DA (版本 2.0.00 或更新版本) 软件的方法输入功能，方法可以被立即安装，并完成校正表和 RTL 校正。使用者只需用锁定化合物甲苯-d8 重新锁定方法并运行新的校正标样。虽然 P&T 参数设定不能自动安装，但它们已包括在电子方法的“notes”一节中了。

参考文献

1. “Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS),” U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste, SW-846 Method 8260B, revision 2, December 1996, (<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/8260b.pdf>).
2. “Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water-Supplement III (EPA/600/R-95-131),” Method 524.2, revision 4.1,

U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Exposure Research Laboratory, Cincinnati, OH (1995).

3. Philip L. Wylie, BFB Tuning for Environmental Analysis: Three Ways to Succeed, Agilent Technologies, publication 5988-4373EN, (<http://www.chem.agilent.com/scripts/Library.asp?OPT=OL>)
4. Philip L. Wylie, Techniques for Optimizing the Analysis of Volatile Organic Compounds in Water Using Purge-and-Trap/GC/MS, Agilent Technologies, publication 5989-0603EN (<http://www.chem.agilent.com/scripts/Library.asp?OPT=OL>)
5. “Volatile Organic Compounds in Water by Purge and Trap Capillary Column Gas Chromatography with Photoionization and Electrolytic Conductivity Detectors in Series,” Method 502.2, rev. 2.1, US Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati (1995).

如需了解更多信息

如需要了解我们的产品及服务更多信息请访问我们的网站 www.agilent.com/chem/cn。

安捷伦对本资料中出现的错误，以及由于提供或使用本资料所造成的有关损失不承担责任。

本资料中所涉及的信息、说明和指标，如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技公司，2005

中国印刷
2005年7月26日
5989-3347CHCN