

应用简报 081

符合美国 EPA 方法 T0-15 要求的无需制冷剂的新型环境空气监测系统

应用简报

环境、采样罐、T0-15、空气监测、空气毒物

MARKES
international

摘要

本应用简报介绍了利用 GC/MS 分析各种相对湿度下加湿采样罐中的空气毒物样品，使用无需制冷剂的系统进行热脱附预浓缩。65 种目标化合物（挥发性范围从丙烯到萘）的检测均获得了优异的峰形，并且性能完全满足美国 EPA 方法 T0-15 中规定的标准，包括低至 4 pptv 的方法检测限。

前言

监测环境空气中的化学物质对于确定其对人类健康、环境和全球气候的影响很有必要。这推动了许多国家和国际法规的制定，主要为了应对业界对环境（主要是城市）空气、工业排放物和垃圾填埋气体中可能有害的挥发性有机物 (VOC) 越来越多的关注。

此类 VOC 的分析根据许多标准方法来进行，这些标准方法需要使用吸附管（泵送或被动）、采样罐或在线技术。每种方法都有其自身的优势和适用范围，其中罐采样是美国和中国最常用的方法。如需使用该方法获得所需的检测限，需要通过预浓缩聚集分析物，还需要选择性除去大多数组分。该方法在最常用的罐采样标准方法（美国 EPA 方法 T0-15）中有所规定。该方案主要用于美国，但其他国家/地区也使用罐采样并遵循类似的方法（例如中国 EPA 方法 HJ 759）。



Agilent Technologies

虽然罐采样很常用，但传统的罐预浓缩技术受到目标分析物和浓度范围越来越大以及采样位置温度和湿度范围的挑战。高湿度样品的处理尤其重要，因为水分进入分析仪器后会对分析物响应和重现性产生不良影响，同时还会缩短色谱柱和检测器的使用寿命。

本应用简报展示了如何结合使用采样罐自动进样器、基于捕集阱的新型除水装置，以及热脱附气质联用系统 (TD-GC/MS)，按照美国 EPA 方法 T0-15 分析各种湿度下采样罐中的一系列挥发性空气毒物。尽管某些分析人员采用术语 T0-15 笼统地描述罐采样，但本研究的重点是遵循该方法的具体要求。

美国 EPA 方法 T0-15 的概述 [1]

以下内容摘自方法 T0-15，总结了整个过程的关键组成部分。

- 通过将空气引入经过特殊处理的不锈钢罐，对大气进行采样。负压和加压采样模式均使用初始抽真空的罐。使用大多数市售进样器进行样品收集的过程中，使用通过泵换气的采样管线。加压采样需要额外的泵向采样罐提供正压。利用采样器抽取空气样品，该采样器包括的部件可用于调节样品进入经预抽真空和钝化处理罐的速率和持续时间
- 在收集空气样品后，关闭罐阀门，将识别标签贴在罐上，并将罐运输至实验室进行分析

- 到达实验室后，记录罐标签数据，并在分析前对罐进行储存。事实证明，多数 VOC 的储存时间最长可达 30 天
- 在分析样品时，引导罐中一定体积的样品通过固体多吸附剂浓缩仪。在采样过程中，样品中的一部分水蒸气穿透浓缩仪，穿透程度取决于多吸附剂的组成、采样持续时间及其他因素。用氦气干吹浓缩仪以进一步减少样品的含水量，同时保留目标化合物。完成浓缩和干燥步骤后，对 VOC 进行热脱附，使其裹挟在载气流中，然后将其捕集到低温捕集阱或小体积多吸附剂捕集阱中，使其浓缩至较小体积。随后通过热脱附使样品从捕集阱中释放出来，并将其送到气相色谱柱上进行分离
- 纲要方法 T0-15 的分析策略包括使用高分离度气相色谱仪 (GC) 与质谱仪 (MS) 的联用系统。如果质谱为线性四极杆系统，则通过连续扫描宽范围的质荷比（扫描模式）或通过监测目标物列表中化合物的选择离子监测模式 (SIM) 进行操作。如果质谱采用标准的离子阱设计，则仅使用扫描模式。检查总离子流速色谱图中各色谱峰的质谱图的各种 VOC 对应离子的碎裂模式（包括一级离子和二级离子的强度）。将碎裂模式与类似条件下采集并保存的谱图进行比较以鉴定化合物。对于任何给定的化合物，对一级碎片的强度与已知量化合物一级碎片的系统响应进行比较。如此即可确定样品中存在的化合物浓度

分析仪器

本研究所用的分析系统为 CIA Advantage 采样罐自动进样器，配备 Kori-xr 水冷凝器和 UNITY-xr 热脱附仪，并与 GC/MS 系统联用（图 1）。该系统的各个组件简要介绍如下。

CIA Advantage 为适用于分析最多 27 个采样罐（或采样气袋）中 VOC 的自动进样器，使用 0.5 mL 样品定量环或

质量流量控制器 (MFC)。这些采样选项可实现在一个自动化序列中自动分析高浓度及低浓度样品。这样无需对高浓度样品进行稀释，避免了分析不确定度的升高和引入污染物的风险。它还克服了用于采样罐空气分析的传统制冷剂冷却技术的局限性，例如成本高和由于形成冰而引起的流路堵塞。CIA Advantage 还可通过 1 mL 定量环实现内标添加，允许使用小体积的高浓度内标气体。这减少了稀释工作和昂贵标准气体的消耗量。

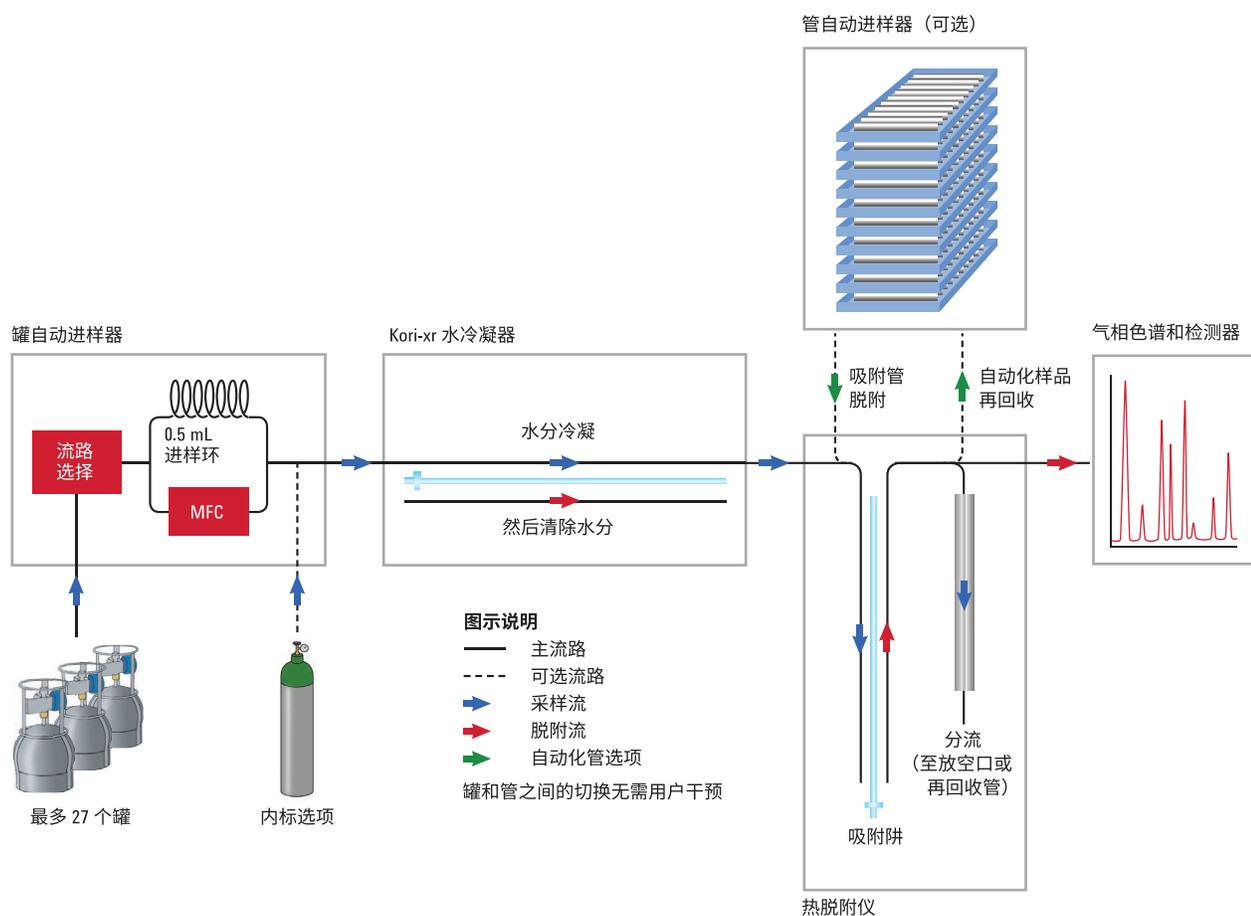


图 1. 仪器配置

在进入热脱附仪前，样品通过 Kori-xr 装置，该装置高效除去了空气流中的水分（图 2）。请注意，Kori-xr 与采样罐和采样袋相同，也可应用于在线样品。

1 空气采样和除水：

Kori-xr 捕集阱保持在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下，位于样品入口和填充有吸附剂的吸附阱之间，使空气样品中的气相水（●）以冰的形式沉积。在这一过程中，VOC（●●●●）在吸附阱上的收集继续进行，不受影响。



2 捕集阱脱附和水分清除：

当采样完成时，将分析物从吸附阱转移至气相色谱仪，并从 Kori-xr 捕集阱中除去冰，以便处理下一个样品。



图 2. 用于除去潮湿空气流中水分的 Kori-xr 装置操作

在除去过量的水后，样品进入 UNITY-xr 热脱附仪中。该热脱附仪包括可电制冷至 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或更低温度的窄聚焦冷阱 [2]，其中填充多孔聚合物、石墨化炭黑和分子筛吸附剂的分离床。这种不同强度吸附剂的组合可确保各种挥发性化合物均得到定量捕集。在使用 Kori-xr 的配置中，聚焦冷阱中可使用较低的温度而不存在保留水的风险，使湿空气中的 VOC、VVOC、含氧化合物和单萜得到定量保留。一旦捕集到分析物，则将气流反转，并对捕集阱快速加热（升温速率最高 $100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ），将分析物反吹到气相色谱柱上。

此时，可将样品分流到放空口或清洁吸附管，以便储存并在随后重新分析（但应注意，吸附管无法保留挥发性非常高的化合物，例如乙炔）。上述样品分流和再回收过程可通过增加 ULTRA-xr 管自动进样器而实现全自动化。

实验部分

标样：图 3-5 所示的色谱图为含 65 种组分的 200 mL TO-15 空气毒物标样 (10 ppbv) 的结果，将该标样加压至 15 psig (标称压力)，并将其置于 6 L 采样罐中 [3]。

在所有实验中，通过向罐中注入适当体积的水来获得 50%、75% 和 100% 的相对湿度。

仪器参数

参数	值
罐采样	
仪器：	CIA Advantage (Markes International)
样品体积：	最高 400 mL (对于 50%-100% RH 的样品)
除水	
仪器：	Kori-xr (Markes International)
捕集阱温度：	$-30\text{ }^{\circ}\text{C}/+300\text{ }^{\circ}\text{C}$
TD	
仪器：	UNITY-xr (Markes International)
流路温度：	$160\text{ }^{\circ}\text{C}$
IS 定量环填充：	1.0 分钟
定量环平衡：	0.1 分钟
IS 定量环进样：	1.0 分钟，50 mL/min
样品流速：	50 mL/min
采样后	
管线吹扫：	5 分钟，50 mL/min (利用 Kori-xr)
捕集阱吹扫：	1.0 分钟，50 mL/min
冷阱：	空气毒物 (部件号 U-T15ATA-2S)
气相色谱	
色谱柱：	Agilent J&W DB-624, 60 m \times 0.32 mm, 1.80 μm
恒流：	1.5 mL/min
柱温箱升温程序：	$30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5 分钟)，以 $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0 分钟)
四极杆质谱	
离子源：	$300\text{ }^{\circ}\text{C}$
传输线温度：	$200\text{ }^{\circ}\text{C}$
扫描范围：	m/z 30-300

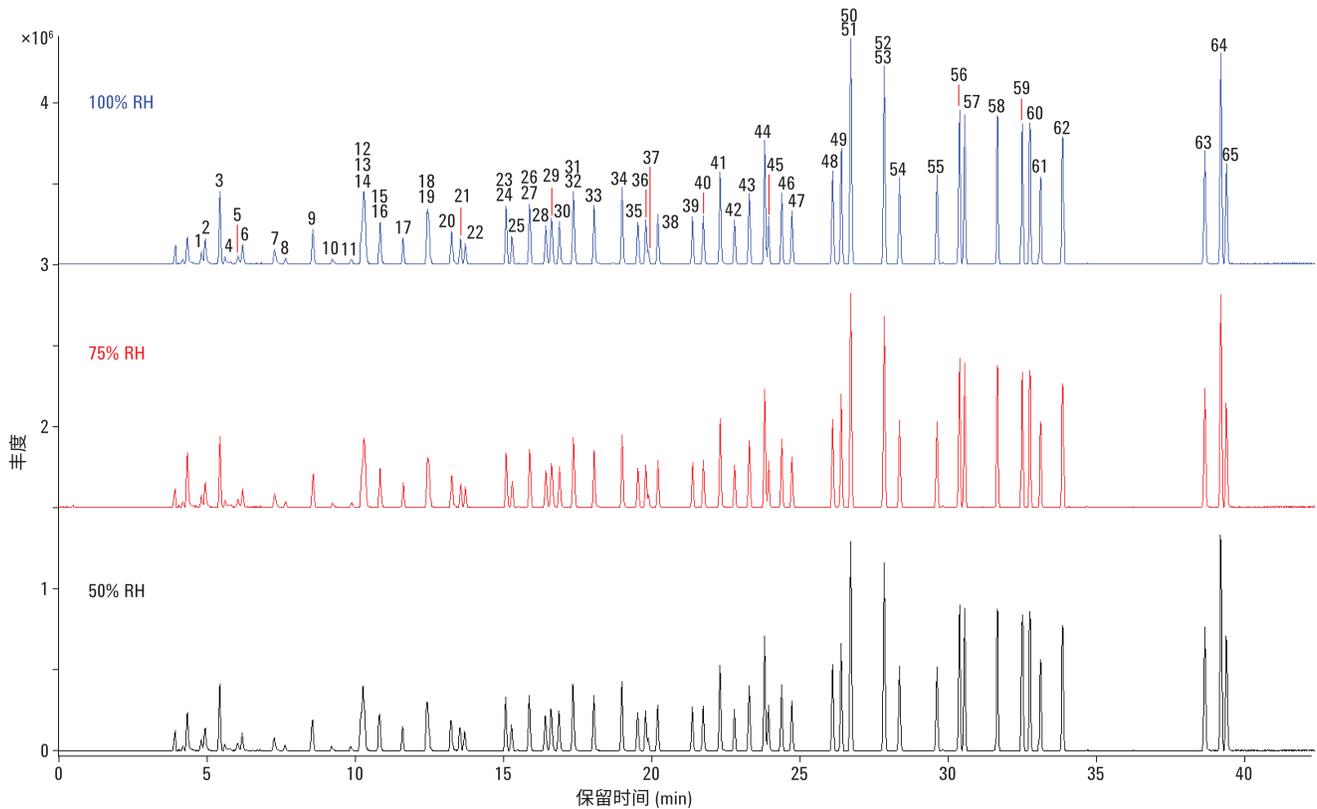
结果与讨论

表 A1 提供了结果列表（见附录）。

色谱分析

图 3 示出在 50%、75% 和 100% 的相对湿度 (RH) 下获得的 10 ppbv TO-15 标样的典型分析结果，图 4 示出挥发性

各不相同的九种组分的提取离子色谱图 (EIC)。请注意，图中显示出优异的峰形，较轻的 VOC 尤为明显，且三种湿度水平下的结果高度相似，表明 Kori-xr 模块能够在分析物捕集之前，在整个湿度范围内有效除水。



- | | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1. 丙烯 | 18. 1,2-二氯乙烯 | 35. 1,2-二氯丙烷 | 52. 邻二甲苯 |
| 2. 二氟二氯甲烷 | 19. 甲基叔丁基醚 | 36. 甲基丙烯酸甲酯 | 53. 苯乙烯 |
| 3. 二氯四氟乙烷 | 20. 己烷 | 37. 对二氧六环 | 54. 三溴乙烷 |
| 4. 氯甲烷 | 21. 1,1-二氯乙烷 | 38. 溴二氯甲烷 | 55. 1,1,2,2-四氯乙烷 |
| 5. 氯乙烯 | 22. 乙酸乙烯酯 | 39. 顺式-1,3-二氯丙烯 | 56. 4-乙基甲苯 |
| 6. 丁二烯 | 23. 反式-1,2-二氯乙烯 | 40. 4-甲基-2-戊酮 | 57. 1,3,5-三甲苯 |
| 7. 溴甲烷 | 24. 甲基乙基酮 | 41. 甲苯 | 58. 1,2,4-三甲苯 |
| 8. 氯乙烷 | 25. 乙酸乙酯 | 42. 反式-1,3-二氯丙烯 | 59. 1,2-二氯苯 |
| 9. 三氯氟甲烷 | 26. 三氯甲烷 | 43. 1,1,2-三氯乙烷 | 60. 1,4-二氯苯 |
| 10. 乙醇 | 27. 四氢呋喃 | 44. 四氯乙烯 | 61. 氯化苄 |
| 11. 丙烯醛 | 28. 1,1,1-三氯乙烷 | 45. 甲基正丁基酮 | 62. 1,3-二氯苯 |
| 12. 1,1-二氯乙烷 | 29. 环己烷 | 46. 氯二溴甲烷 | 63. 1,2,4-三氯苯 |
| 13. 1,1,1,2-三氯三氯乙烷 | 30. 四氯甲烷 | 47. 1,2-二溴乙烷 | 64. 六氯丁二烯 |
| 14. 丙酮 | 31. 1,2-二氯乙烷 | 48. 氯苯 | 65. 萘 |
| 15. 异丙醇 | 32. 苯 | 49. 乙苯 | |
| 16. 二硫化碳 | 33. 庚烷 | 50. 间二甲苯 | |
| 17. 二氯甲烷 | 34. 三氯乙烯 | 51. 对二甲苯 | |

图 3. 200 mL 含 65 种 10 ppbv 组分的 TO-15 标样在 50% RH、75% RH 和 100% RH 下的分析结果。为方便查看，对上方两条迹线进行了偏移

另一个值得注意的方面是三种高沸点组分的响应显著高于低沸点化合物，在较高湿度下未发生强度损失（图 5）。无论是分析物捕集还是在气相色谱柱前端重新聚焦组分，无需使用液体制冷剂即可获得这一灵敏度水平。

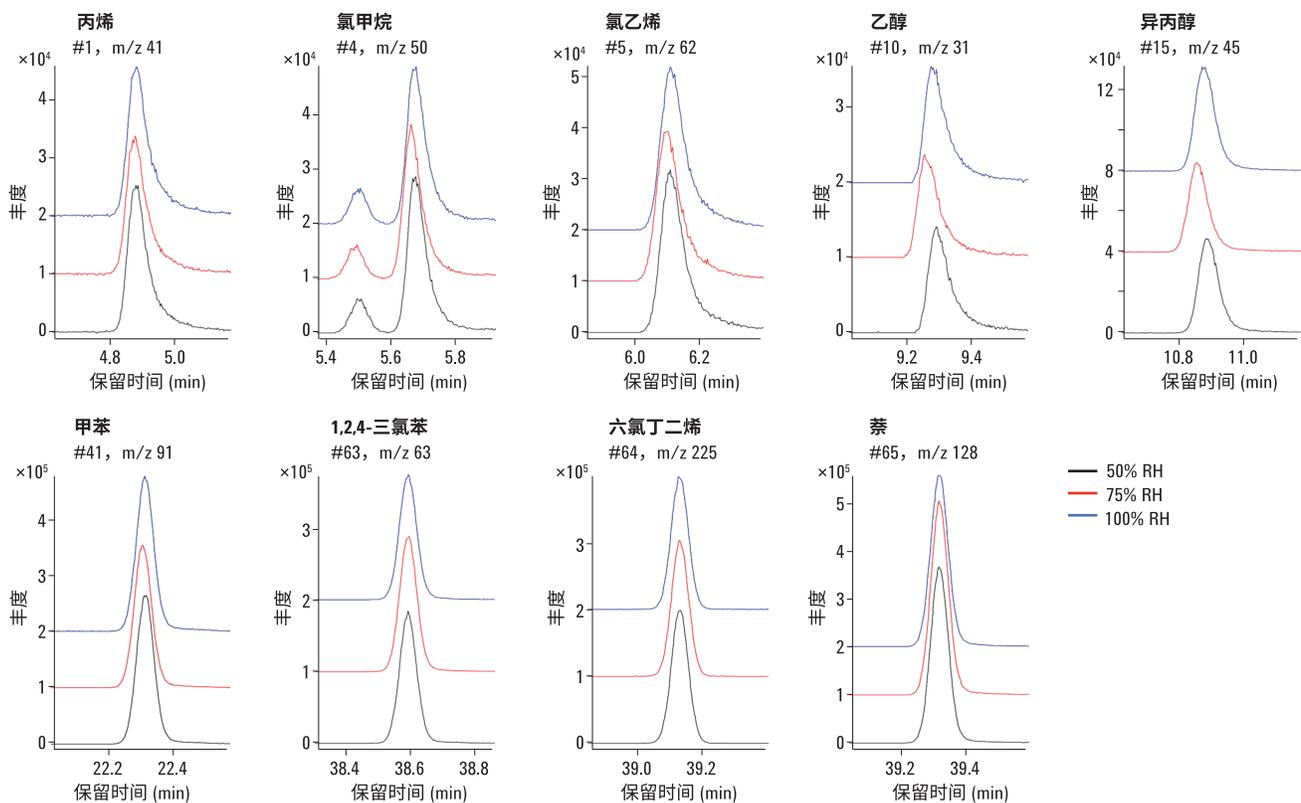


图 4. 图 3 所示分析中九种选定分析物的 EIC。为方便查看，对每种情形下的上方两条迹线进行了偏移

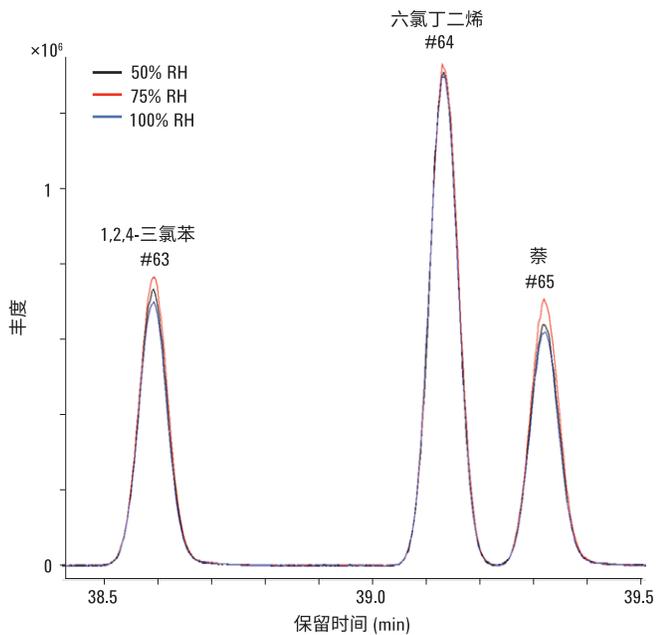


图 5. 图 3 的放大图 (零偏移), 表明混合物中三种挥发性最低的化合物在三种湿度下获得响应的相似性

线性

使用含 10 ppbv 标样的 10、25、50、100、200、300 和 400 mL 样品在 15 psig (标称压力) 下计算线性, 这些样品相当于 400 mL 样品分别含 0.22、0.55、1.10、2.21、4.41、6.62、8.82 和 25 ppbv 的分析物。

所有三种湿度水平下均获得了优异的系统线性 (表 A1), 50%、75% 和 100% RH 下 0.1-25 ppbv 分析物的平均 R^2 值分别为 0.9993、0.9987 和 0.9992。图 6 显示涵盖各种挥发性的九种化合物的 100% RH 样品的线性曲线。

请注意, 对于大多数挥发性组分, 较大的样品体积并未导致响应下降, 说明不存在分析物穿透的问题。然而, 在分析物响应足够高的情况下, 使用较小的样品体积是有利的, 因为这样减少了 Kori-xr 系统需要除去的水分量。

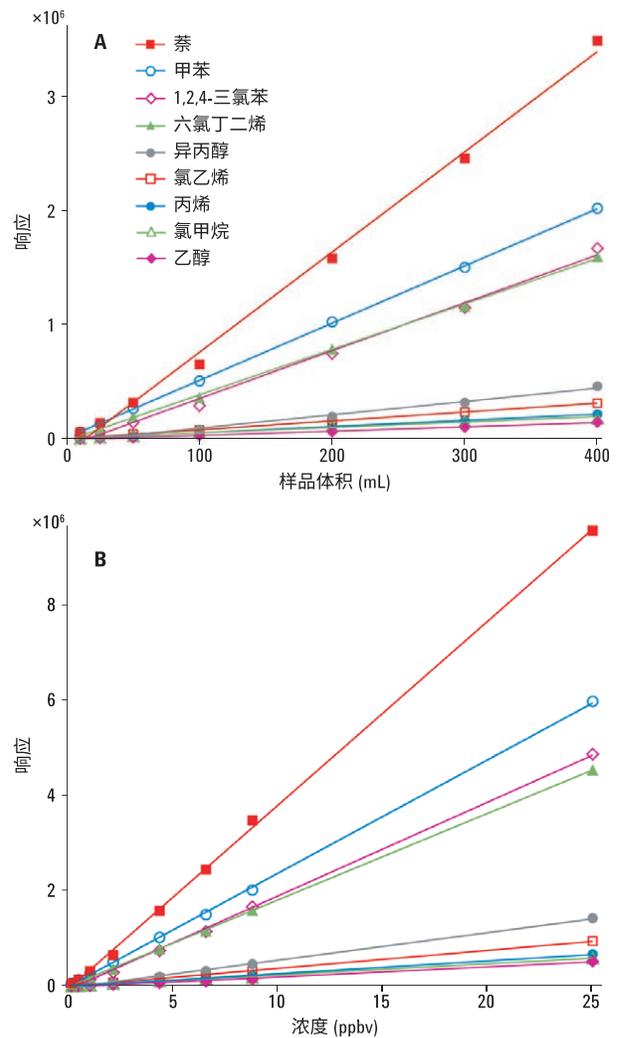


图 6. 在 100% RH 样品中, 由 (A) 10-400 mL 和 (B) 0.1-25 ppbv 涵盖各种挥发性的九种化合物所获得的线性

方法检测限

基于 0.1 ppbv 样品的七次重复测定结果来计算方法检测限 (MDL) [4]。为满足方法 T0-15 的要求, 需要 $MDL \leq 0.5$ ppbv。

计算结果显示, 平均 MDL 为 14 pptv (表 A1), 65 种化合物中 54 种的 MDL 值为 20 pptv 或更低。MDL 范围为二氯四氟乙烷、四氢呋喃、1,1,1-三氯乙烷和 1,2,4-三氯苯的 4 pptv 到乙醇的 45 pptv, 而丙烯具有 95 pptv 的单独离群值。这些值均远低于 ≤ 0.5 ppbv 的要求。

重现性

方法 T0-15 要求校准表中每种化合物相对响应因子 (RRF) 的 RSD 计算值必须低于 30%, 且最多两个例外值达到最高 40% 的限度。

在三种湿度水平下获得的结果均满足方法 T0-15 的要求 (表 A1)。50%、75% 和 100% RH 水平下的平均值分别为 7.9%、9.0% 和 8.5%。

实际空气样品

为了说明该系统在实际空气样品分析中的性能, 在前文所述的相同条件下对乡村空气进行分析, 发现其中 T0-15 列表中 65 种组分中的四种组分均处于可定量水平 (图 7)。

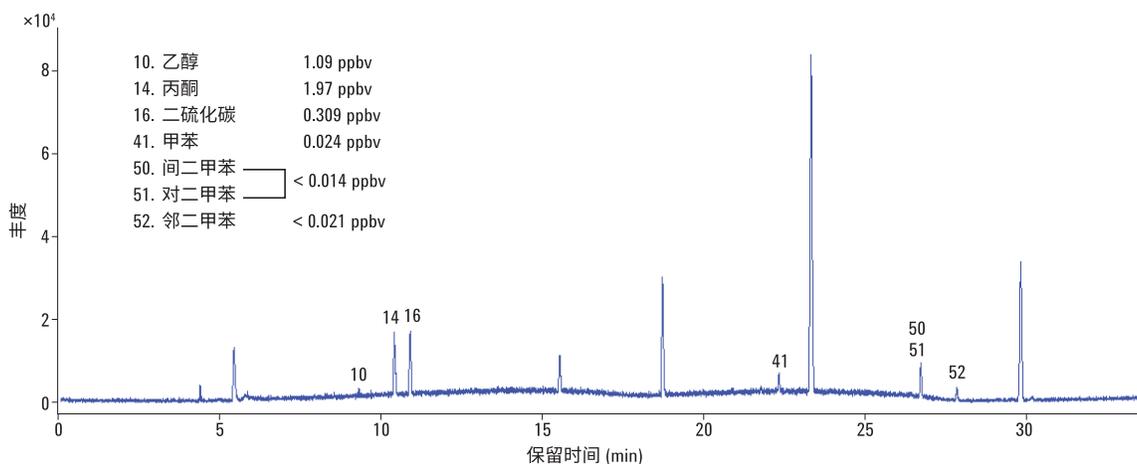


图 7. 使用前文所述的条件下分析 250 mL 乡村空气所得的实际样品色谱图。图中标出了 T0-15 列表中的化合物

结论

CIA *Advantage*–Kori-xr–UNITY-xr 预浓缩系统能够使分析人员按照美国 EPA 方法 T0-15 对潮湿环境中的空气毒物进行可靠的 GC/MS 采样罐分析。

分析结果突出显示了含 65 种组分的 T0-15 混合物（从丙烯到萘）在 50%、75% 和 100% 相对湿度下的分析获得了优异的色谱性能。性能完全满足方法 T0-15 的要求，其 MDL 低至 4 pptv。

至关重要的一点是，由于 Kori-xr 模块能够高效而选择性地除去潮湿空气流中的水分，而不影响挥发性极强化合物或极性物质的分析，因此即使 T0-15 混合物中挥发性最强的组分也可达到这一性能。此外，该系统使用电子捕集阱冷却（在 UNITY-xr 热脱附仪和 Kori-xr 水冷凝器中），消除了与液体制冷剂相关的成本和不便。

所有 Markes 热脱附系统（包括本研究中使用的 UNITY-xr–CIA *Advantage* 系统）能够：

- 运行标准 3½" 热脱附样品管
- 将样品的分流部分再回收至洁净的吸附管上，以便储存（并腾出采样罐进行采样）

参考文献

1. Compendium Method T0-15: Determination of volatile organic compounds (VOCs) in air collected in specially prepared canisters and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS), Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air (second edition), US EPA, 1999, www.epa.gov/homeland-security-research/epa-air-method-toxic-organics-15-15-determination-volatile-organic
2. 用于采样罐分析的许多常规系统使用液体制冷剂，以便捕集挥发性非常强的化合物。相反，Markes 的系统采用电（帕尔帖）制冷，能够定量保留大体积样品中挥发性最强的化合物，且省去了液体制冷剂的成本
3. 请注意，方法 T0-15 规定不得使用任何清洁度未通过测试（相对于目标 VOC 浓度低于 0.2 ppbv 的加湿零级空气的直接分析）的采样罐
4. 根据七次检测值的 99% 置信度标准偏差来计算 MDL (MDL = 3.143 × 标准偏差 × 浓度)

商标

CIA *Advantage*™、Kori-xr™、ULTRA-xr™ 和 UNITY-xr™ 是 Markes International 的商标。

DB-624™ 是安捷伦科技公司的商标。

附录

表 A1. 在 50%、75% 和 100% 相对湿度下获得的 TO-15 标样的数据。生成了浓度范围 0.1-25 ppbv 内的线性 (R^2) 值

序号	化合物	RT (min)	50% RH			75% RH		100% RH	
			R^2	RRF RSD (%)	MDL (ppbv)	R^2	RRF RSD (%)	R^2	RRF RSD (%)
1	丙烯	4.894	0.9989	3.4	0.094	0.9996	4.0	0.9997	6.3
2	二氟二氯甲烷	5.032	0.9993	8.2	0.011	0.9993	9.7	0.9998	5.6
3	二氯四氟乙烷	5.500	0.9994	9.6	0.004	0.9991	12.5	0.9997	7.7
4	氯甲烷	5.686	0.9965	14.8	0.028	0.9933	12.3	0.9808	11.0
5	氯乙烯	6.122	0.9992	7.2	0.019	0.9983	6.5	0.9994	4.6
6	丁二烯	6.276	0.9991	5.1	0.009	0.9989	6.0	0.9998	2.0
7	溴甲烷	7.346	0.9988	10.5	0.020	0.9993	13.5	0.9988	14.4
8	氯乙烷	7.723	0.9996	6.2	0.016	0.9980	8.8	0.9870	9.1
9	三氯氟甲烷	8.646	0.9993	7.5	0.008	0.9991	11.0	0.9999	6.2
10	乙醇	9.299	0.9931	26.7	0.045	0.9866	13.4	0.9997	24.4
11	丙烯醛	9.925	0.9984	14.2	0.033	0.9984	26.5	0.9993	9.3
12	1,1-二氯乙烷	10.258	0.9993	3.7	0.006	0.9994	5.1	0.9998	1.2
13	1,1,2-三氯三氯乙烷	10.337	0.9993	6.8	0.005	0.9994	8.1	1.0000	4.8
14	丙酮	10.401	0.9980	6.3	0.024	0.9982	5.5	1.0000	2.7
15	异丙醇	10.868	0.9979	23.4	0.016	0.9864	17.4	0.9981	18.8
16	二硫化碳	10.884	0.9994	2.8	0.007	0.9992	3.4	0.9999	0.9
17	二氯甲烷	11.657	0.9992	4.1	0.008	0.9996	4.4	0.9998	2.0
18	1,2-二氯乙烯	12.461	0.9996	3.6	0.005	0.9990	5.4	0.9999	1.6
19	甲基叔丁基醚	12.513	0.9985	7.8	0.008	0.9996	5.5	0.9997	4.2
20	己烷	13.285	0.9984	16.8	0.022	0.9982	16.2	0.9956	13.6
21	1,1-二氯乙烷	13.578	0.9996	6.6	0.011	0.9992	9.6	1.0000	5.5
22	乙酸乙烯酯	13.737	0.9991	3.6	0.011	0.9991	5.2	0.9998	1.5
23	反式-1,2-二氯乙烯	15.112	0.9988	3.2	0.008	0.9995	8.6	0.9998	3.6
24	甲基乙基酮	15.127	0.9995	4.6	0.034	0.9989	4.5	0.9998	9.2
25	乙酸乙酯	15.314	0.9995	2.8	0.025	0.9996	7.0	0.9999	5.5
26	三氯甲烷	15.904	0.9994	7.4	0.005	0.9995	9.5	0.9999	5.5
27	四氢呋喃	15.912	0.9997	5.0	0.004	0.9995	10.5	0.9998	9.2
28	1,1,1-三氯乙烷	16.447	0.9992	10.8	0.004	0.9985	14.4	0.9999	8.2
29	环己烷	16.637	0.9992	6.8	0.018	0.9973	7.8	0.9999	8.8
30	四氯甲烷	16.902	0.9993	9.3	0.005	0.9987	12.3	1.0000	7.4
31	1,2-二氯乙烷	17.378	0.9997	6.8	0.014	0.9993	7.9	1.0000	3.5
32	苯	17.390	0.9993	12.3	0.015	0.9997	10.2	0.9999	6.1
33	庚烷	18.075	0.9997	14.3	0.017	0.9998	16.5	0.9995	19.0
34	三氯乙烯	19.022	0.9993	7.7	0.009	0.9996	9.3	0.9999	5.1
35	1,2-二氯丙烷	19.557	0.9995	9.1	0.008	0.9995	11.3	0.9999	7.1

序号	化合物	RT (min)	50% RH			75% RH		100% RH	
			R ²	RRF RSD (%)	MDL (ppbv)	R ²	RRF RSD (%)	R ²	RRF RSD (%)
36	甲基丙烯酸甲酯	19.822	0.9994	4.7	0.017	0.9991	6.6	0.9989	2.9
37	对二氧六环	19.914	0.9997	16.1	0.015	0.9982	6.8	0.9998	12.6
38	溴二氯甲烷	20.227	0.9994	7.6	0.011	0.9992	10.1	0.9999	6.2
39	顺式-1,3-二氯丙烯	21.399	0.9993	7.3	0.006	0.9997	8.8	1.0000	4.5
40	4-甲基-2-戊酮	21.760	0.9997	4.0	0.007	0.9989	6.9	0.9999	2.8
41	甲苯	22.326	0.9996	7.8	0.021	0.9997	11.0	0.9999	16.3
42	反式-1,3-二氯丙烯	22.810	0.9994	6.0	0.009	0.9990	7.7	0.9997	2.9
43	1,1,2-三氯乙烷	23.305	0.9996	8.2	0.007	0.9990	11.9	1.0000	7.9
44	四氯乙烯	23.828	0.9995	8.6	0.007	0.9995	10.1	1.0000	8.8
45	甲基正丁基酮	23.959	0.9997	4.3	0.008	0.9993	2.8	0.9998	2.5
46	氯二溴甲烷	24.398	0.9992	6.3	0.009	0.9993	6.9	0.9999	4.7
47	1,2-二溴乙烷	24.735	0.9996	6.5	0.007	0.9994	7.4	1.0000	4.4
48	氯苯	26.102	0.9997	7.3	0.007	0.9995	9.4	1.0000	11.9
49	乙苯	26.407	0.9998	7.5	0.018	0.9995	8.8	0.9999	20.2
50	间二甲苯	26.732	1.0000	8.0	0.014	0.9996	9.4	1.0000	20.8
51	对二甲苯	26.732	1.0000	8.0	0.014	0.9996	9.4	1.0000	20.8
52	邻二甲苯	27.837	0.9999	8.9	0.021	0.9997	9.8	1.0000	25.2
53	苯乙烯	27.857	0.9999	5.7	0.007	0.9992	7.4	0.9999	10.3
54	三溴乙烷	28.376	0.9991	5.3	0.006	0.9990	4.7	0.9998	4.4
55	1,1,2,2-四氯乙烷	29.624	0.9999	7.1	0.010	0.9995	10.2	0.9999	6.8
56	4-乙基甲苯	30.385	1.0000	4.3	0.010	0.9994	5.4	0.9999	6.3
57	1,3,5-三甲苯	30.551	1.0000	5.1	0.023	0.9997	9.0	1.0000	19.6
58	1,2,4-三甲苯	31.653	1.0000	6.6	0.019	0.9995	8.2	1.0000	10.4
59	1,2-二氯苯	32.485	1.0000	3.5	0.016	0.9993	5.4	0.9999	3.9
60	1,4-二氯苯	32.738	1.0000	2.8	0.008	0.9994	2.9	0.9999	3.3
61	氯化苯	33.107	0.9999	2.1	0.006	0.9991	2.9	0.9998	2.3
62	1,3-二氯苯	33.840	1.0000	6.7	0.006	0.9993	7.4	0.9999	7.4
63	1,2,4-三氯苯	38.594	0.9991	19.3	0.004	0.9972	16.1	0.9965	18.9
64	六氯丁二烯	39.121	0.9999	4.9	0.010	0.9996	3.3	0.9997	9.4
65	萘	39.315	0.9994	16.4	0.010	0.9982	16.2	0.9975	19.7
平均值			0.9993	7.9	0.014	0.9987	9.0	0.9992	8.5

在上文所述的分析条件下执行应用。在其他条件下操作或采用不兼容的样品基质，可能影响显示出的性能。

更多信息

这些数据仅代表典型的结果。有关我们的产品与服务的信息，请访问我们的网站 www.agilent.com。

查找当地的安捷伦客户中心：

www.agilent.com/chem/contactus-cn

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

www.agilent.com

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成的间接损失不承担任何责任。

本资料中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2017
2017年7月11日，中国出版
5991-2829CHCN



Agilent Technologies