

# 基于ISQ 7610单四极杆GC-MS系统和吹扫捕集联用分析土壤中的挥发性有机化合物

作者：Terry Jeffers<sup>1</sup>, Adam Ladak<sup>2</sup>, 和 Amy Nutter<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Thermo Fisher Scientific, USA

<sup>2</sup>Thermo Fisher Scientific, UK

<sup>3</sup>Teledyne Tekmar, Mason, OH, USA

关键词：ISQ 7610 MS、TRACE 1610 GC、GC-MS、HJ 605、US EPA 8260、VOCs、邻苯二甲酸盐、痕量分析、气相色谱、单四极杆质谱、选择离子监测、灵敏度、GRO、THM、环境样品分析、分析测试实验室

## 目的

验证 Teledyne Tekmar Atomx XYZ 吹扫捕集 (P&T) 系统、Thermo Scientific™ ISQ™ 7610 单四极杆质谱仪与 Thermo Scientific™ TRACE™ 1610 气相色谱仪 (GC) 和 Thermo Scientific™ Chromeleon™ 色谱数据系统 (CDS) 用于中国方法 HJ 605 测定土壤中挥发性有机化合物 (VOCs) 的合规性。通过线性、检测限、精密度和准确度评估该方法的分析性能。此外，进行了一项长期研究，以证实该方法的耐用性。



## 前言

分析测试实验室的一项必需任务是环境监测，以确保公众不会暴露在高水平挥发性有机化合物 (VOCs) 中。VOCs 源于人类粘合剂、石油产品、油漆、制冷剂和药品的加工过程，或其作为粘合剂、石油产品、油漆、制冷剂和药品等产品本身。这些化合物是全球关注的主要问题，其可污染环境，人类长期暴露于高度污染环境中会对健康造成不利影响。全球已发布多项法规来监测土壤中的 VOCs 水平。美国环境保护署 (U.S. EPA) 规定采用方法 8260 监测土壤中的 VOCs 水平。<sup>1</sup>

中国生态环境部（MEE）制定了用于监测土壤中 VOCs 的标准方法 HJ 605。<sup>2</sup>如果采用该方法，必须符合 HJ 605 中规定的方法接受标准要求，包括土壤中所有化合物的方法检测限（MDL）要求。线性相关系数要求  $R^2 > 0.99$ ，或相对响应因子（RRF） $RSD < 20\%$ 。为确保获得满意的吹扫捕集采样结果，所有化合物的回收率必须介于 70%-130% 之间。为了评估方法的整体重现性，每种化合物连续两次进样的精密度必须小于 25%。满足这些标准对于分析测试实验室来说至关重要，此外，还必须日复一日地获得重复性结果。

本文使用吹扫捕集与 GCMS 联用系统，证明完全符合 HJ605 标准对土壤中 VOCs 检测的要求。

### 实验

本实验采用 ISQ 7610 单四极杆质谱仪，配置 Thermo Scientific™ ExtractaBrite™ 离子源，并与 TRACE 1610 GC 和 Teledyne Tekmar Atomx XYZ P&T 联用，根据中国 MEE HJ 605 方法测定土壤中 VOCs 的系统适用性。ISQ 7610 系统采用的 Thermo Scientific™ NeverVent™ 真空锁（VPI）技术允许用户在不放空质谱仪的情况下执行离子源和色谱柱维护工作，显著缩短了仪器停机时间并最大限度地提高了样品通量。Atomx XYZ 吹扫捕集仪的高效阱冷却设计缩短了样品循环时间并提高了样品通量。此外，该系统还利用水分控制系统改善了水蒸气去除，从而减少了峰干扰并延长了 GC 色谱柱的使用寿命。

GC-MS 系统和吹扫捕集仪器条件见表 1 和表 2。

表 1. Teledyne Tekmar Atomx XYZ 用于土壤样品 VOCs 分析的操作条件

Standby	Variable	Purge	Variable
Valve oven temp.	140°C	Purge temp.	20°C
Transfer line temp.	140°C	MCS purge temp.	20°C
Sample mount temp	90°C	Dry purge time	2.00 min
Water heater temp.	90°C	Dry purge flow	100 mL/min
Sample cup temp.	40°C	Dry purge temp.	20°C
Soil valve temp.	100°C	<b>Desorb</b>	<b>Variable</b>
Standby flow	10 mL/min	Methanol needle rinse	Off
Purge ready temp.	40°C	Water needle rinse volume	7.00 mL
<b>Purge</b>	<b>Variable</b>	Sweep needle time	0.25 min
Pre-purge time	0.00 min	Desorb pre-heat temp.	245°C
Pre-purge flow	0 mL/min	GC start signal	Begin desorb
Pre-heat mix speed	Slow	Desorb time	2.00 min
Sample pre-heat time	0.00 min	Drain flow	300 mL/min
Pre-sweep time	0.25 min	Desorb temp.	250°C
Water volume	10.00 mL	<b>Bake</b>	<b>Variable</b>
Sweep water time	0.25 min	Bake time	2.00 min
Sweep water flow	100 mL/min	Bake flow	400 mL/min
Sparge vessel heater	Off	Bake temp.	260°C
Purge mix speed	Medium	MCS bake temp.	180°C
Purge time	11.00 min	Trap	#9
Purge flow	40 mL/min	Purge gas	Nitrogen

表 2. 土壤和沉积物 VOCs 分析的 GC-MS 操作条件

Trace 1610 GC 条件	
色谱柱	TraceGOLD TG-VMS, 20 m x 0.18 mm, 1 μm 膜厚 (P/N 26080-4950)
载气	氦气, 0.8 mL/min
柱温箱升温程序	35°C, 3 min, 以 12°C/min 速率升温至 85°C, 以 25°C/min 速率升温至 225°C, 保持 2 min, 运行时间 14.767 min
进样口	SSL, 200°C, 分流比 30:1, 吹扫流速 5mL/min
ISQ 7610 MS 条件	
温度	传输线温度 230°C; EI 离子源温度 280°C
扫描	范围 40 amu-270 amu, 溶剂延迟 0.50 min, 驻留/扫描时间 0.20 s
电流	发射电流 25 μA, 增益 3.00E+005

## 数据采集、处理和报告

数据的采集、处理和报告均采用 Chromeleon CDS 7.3 软件，CDS 7.3 版本可完全控制 Atomx XYZ P&T，确保从序列设置到数据报告的完全自动化，简化了仪器操作。图 1 显示了 Atomx XYZ P&T 的示意图，其可通过 Chromeleon CDS 电子面板完全控制。本应用文档中使用的全优化方法与 eWorkflow™ 可通过 Thermo Scientific™ AppsLab 应用文档库（[www.appslab.com](http://www.appslab.com)）<sup>3</sup> 下载。用户可将 Chromeleon CDS eWorkflows 轻松导入 CDS，只需点击几下即可启动序列、处理数据并生成结果。



图 1. Atomx XYZ P&T 系统可通过 Chromeleon CDS 软件完全控制

## 标准品和样品的制备

将标准混合物加入试剂水中以制备标准品和模拟土壤样品。8260B MegaMix®（P/N 30633）、VOA（酮类）（P/N 30006）和 502.2 校正混合物（P/N 30042）均购自 Restek。将三种物质混合并使用吹扫捕集级甲醇（Honeywell/Burdick & Jackson, P/N 232-1L）制备浓度为 50 ppm 的工作溶液。待分析化合物的完整列表见附录 1。

内标、氟苯（P/N 30030）、氯苯-d<sub>5</sub>（P/N 30074）和 1,4-二氯苯-d<sub>4</sub>（P/N 30074）以及替代标准品二溴氟甲烷（P/N 30240）、甲苯-d<sub>8</sub>（P/N 30240）和 4-溴氟苯（P/N 30240）均购自 Restek，并用甲醇稀释至浓度 25 ppm。

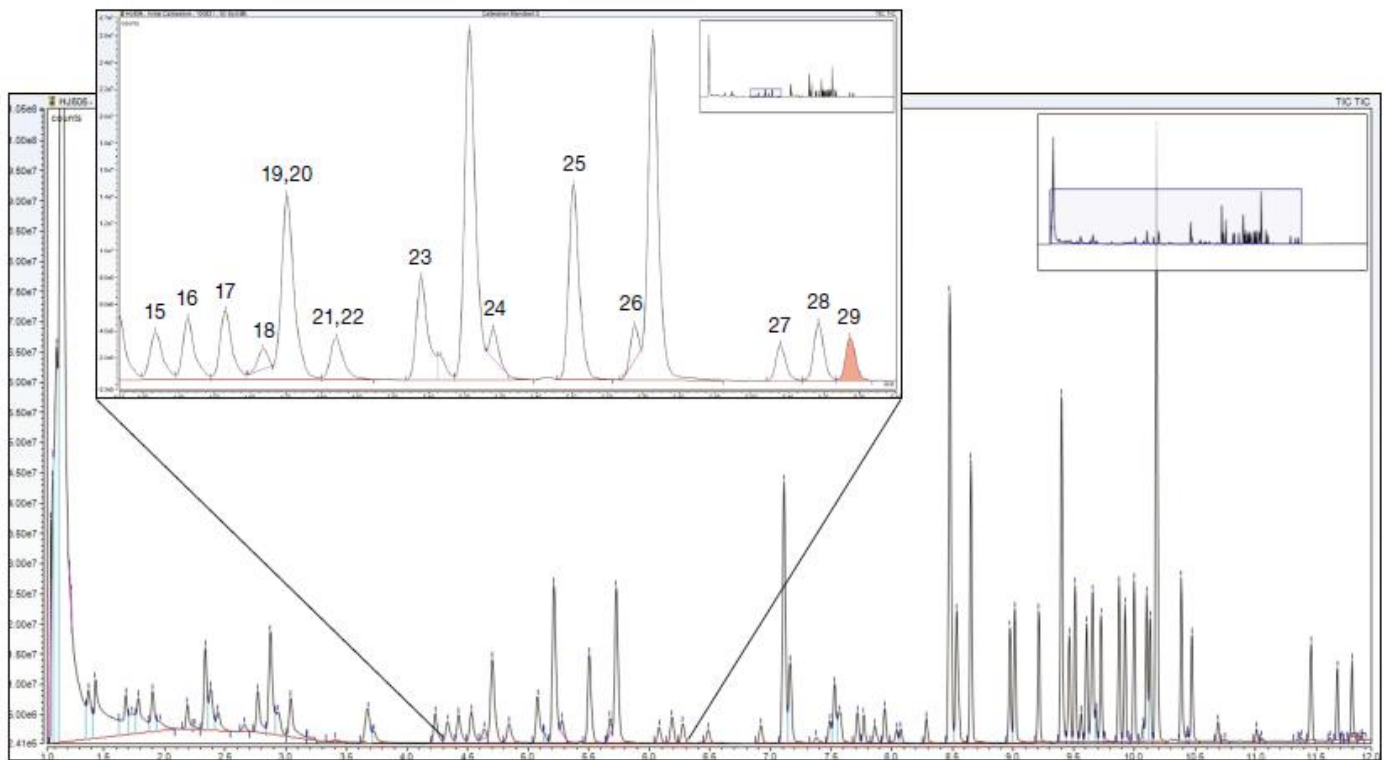
使用试剂水稀释工作溶液得到 1-200 ppb 的八个校正浓度，制备校正曲线。每个校正浓度样品（5 mL）加入内标物和替代物标准品，最终获得浓度为 25 ppb 的样品。使用内标物和替代标准品计算每种化合物的相对响应因子（RRF）。

使用 n=7 份 1 ppb 浓度水平的标准品计算方法检测限（MDL）和峰面积重复性。制备土壤标准品（n=7）进行仪器检查（20 ppb），评估方法精密度和准确度。

## 结果与讨论

### 色谱

该系统可在 12 分钟内实现 66 种目标化合物的色谱分离。Atomx XYZ P&T 的有效除水功能与 Thermo Scientific™ TraceGOLD™ TG-VMS 色谱柱的卓越惰性相结合，减少了进入 GC 系统的水分，从而提供了良好的色谱峰形和分离度。图 2 显示了 5 ppb VOCs 标准水样的色谱图示例。



色谱峰:

15. 2,2-二氯丙烷	20. 1,1,1-三氯乙烷	25. 氟苯 (内标物)
16. 溴氯甲烷	21. 1,1-二氯乙烯	26. 三氯乙烯
17. 氯仿	22. 2-丁酮	27. 二溴甲烷
18. 四氯化碳	23. 苯	28. 1,2-二氯丙烷
19. 二溴氟甲烷 (替代物)	24. 1,2-二氯乙烷	29. 溴二氯甲烷

图 2. 5 ppb 加标试剂水的总离子流图 (TIC)。插图显示了最小水干扰色谱峰形和分离度示例。

### 线性和灵敏度

采用 1 ppb-200 ppb 的八个校正样品进样, 评估方法线性。结果表明, 该方法线性良好, 平均线性相关系数 ( $R^2$ ) > 0.99, 平均响应因子 %RSD (AvCF% RSD) < 20, 在整个浓度范围内线性良好并满足方法要求。

使用 n=7 份 1 ppb 加标试剂水样品评估方法 MDL 和精密度。MDL 平均值为 0.2 ppb 和 3.5% RSD。图 3 显示了 MDL 数据子集, 包括 30 种化合物的 MDL 计算值和精密度。 $R^2$ 、AvCF %RSD 和 MDL 计算值等见附录 1。

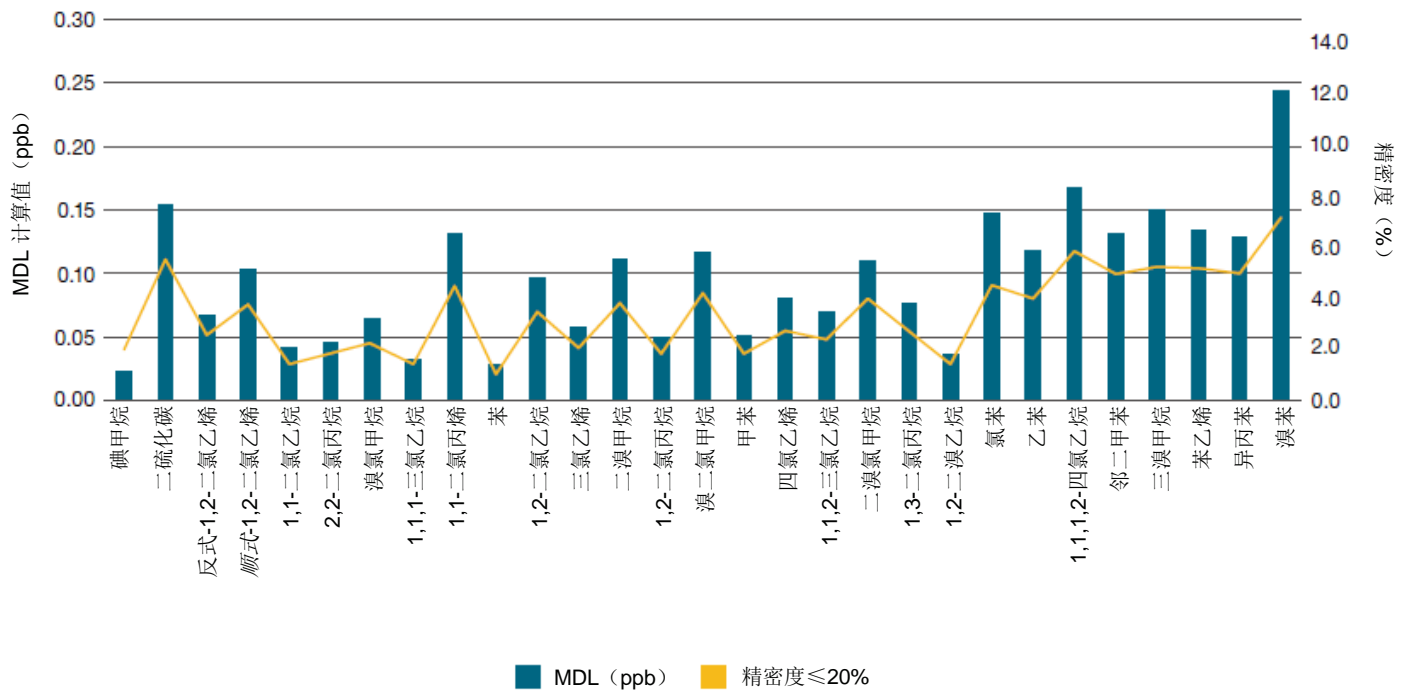


图 3. 土壤中 30 种分析物的 MDL 计算值和精密度

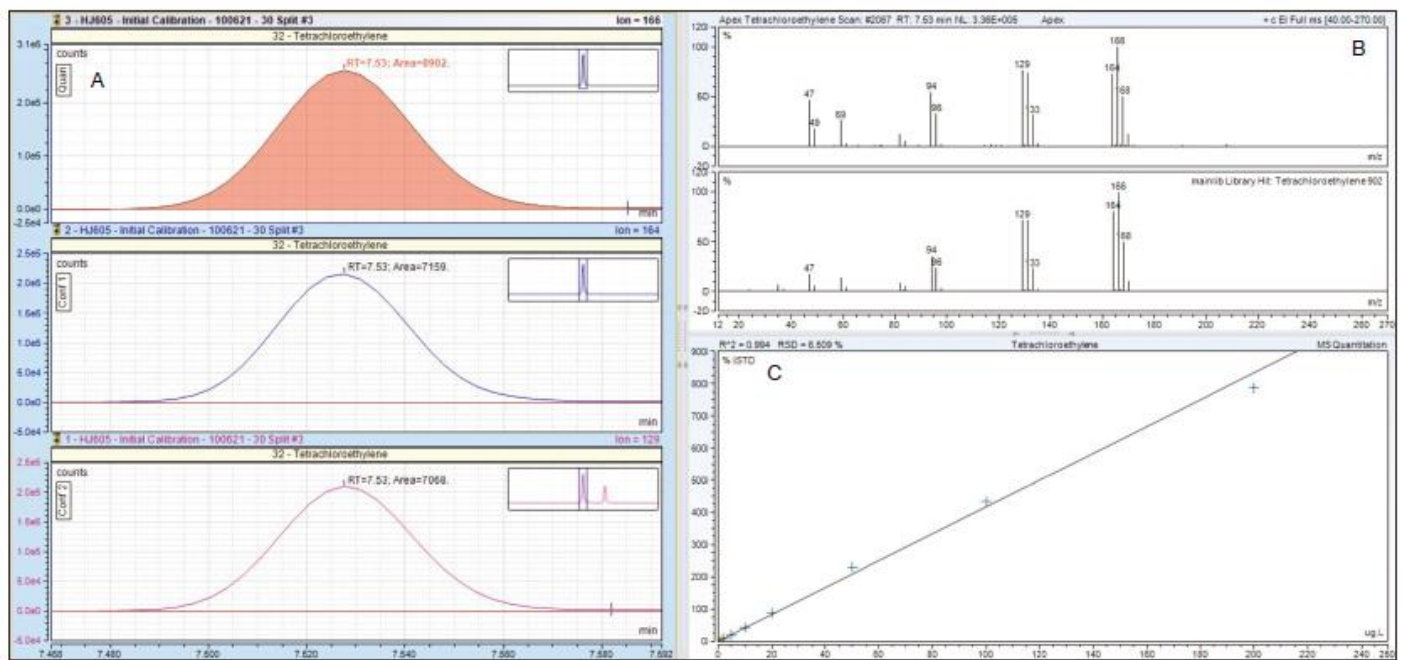


图 4. Chromeleon CDS 结果视图，图中显示了 1 ppb 土壤标准品中四氯乙烯、定量离子 ( $m/z=166$ ) 和两个确认离子 ( $m/z=164, 129$ ) 的提取离子色谱图 (A)，及其与 NIST 库的匹配图 (B)，以及 1 ppb-200 ppb 浓度范围内的线性校正曲线 (C)

例如，图 4 和图 5 中所示的 Chromeleon CDS 结果视图显示了 1 ppb 土壤标准品中四氯乙烯和 1,2-二溴乙烷的提取离子色谱图，测得谱图与 NIST 20 谱库的对比图，以及 1-200 ppb 浓度范围内的校正曲线。两者均呈现出出色的线性相关， $R^2 > 0.99$ ，平均响应因子  $RSD < 20\%$ 。

ISQ 7610 GC-MS 上的 Thermo Scientific™ XLXR™ 检测系统提供了较宽的线性动态范围并允许扩展校正曲线。该检测器还具有较长的使用寿命，显著减少了更换需求。

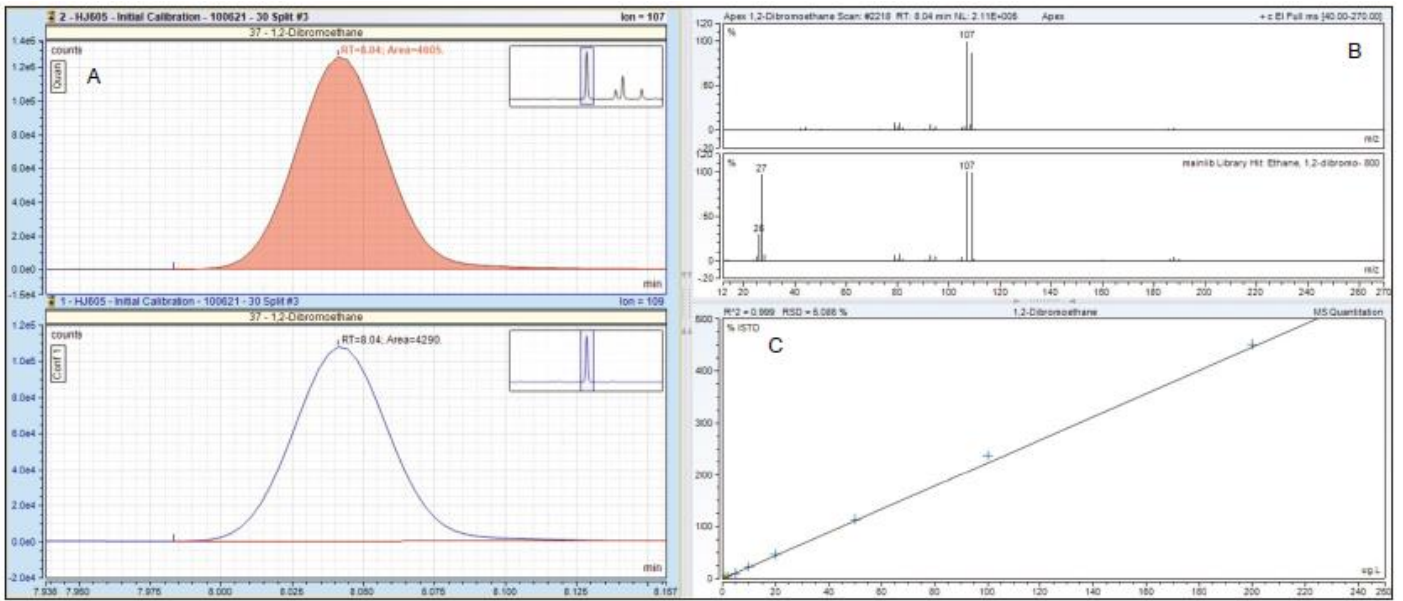


图 5. Chromleon CDS 结果视图，图中显示了 1 ppb 土壤标准品中 1,2-二溴乙烷、定量离子 ( $m/z=107$ ) 和一个确认离子 ( $m/z=109$ ) 的提取离子色谱图 (A)，及其与 NIST 库的匹配图 (B)，以及 1-200 ppb 浓度范围内的线性校正曲线 (C)

### 精密度和准确度

使用  $n=7$  份 20 ppb 加标土壤样品评估方法精密度和准确度。所有化合物的计算值均在加标浓度的 20% 以内，平均回收率在真实值的  $\pm 30\%$  之内，符合 HJ 605 方法的可接受标准要求。

结果详见表 1。图 6 显示了 20 ppb 土壤标准品中化合物的柱状图。结果表明，该方法具有良好的准确度和精密度。

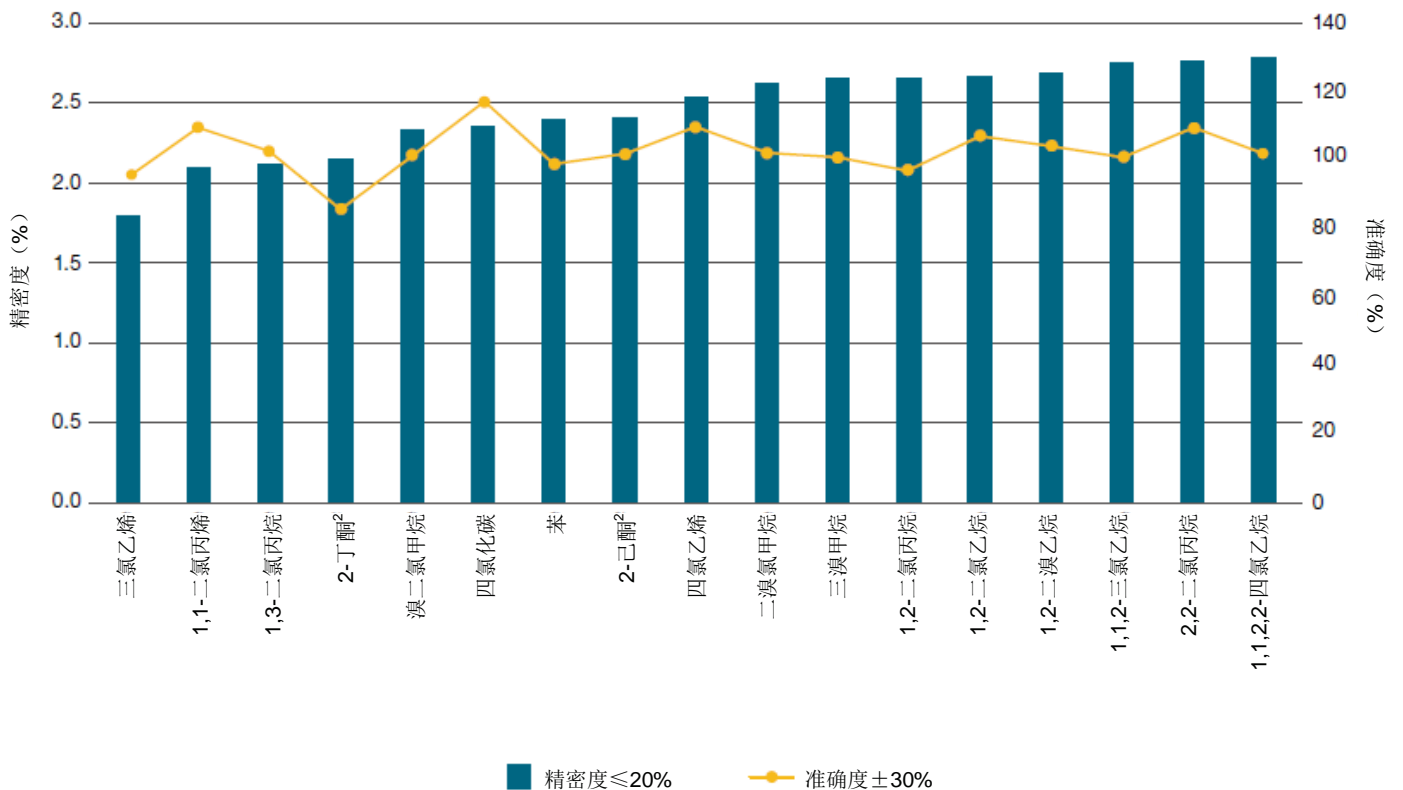


图 6.  $n=7$  份 20 ppb 标准品分析获得的准确度 (% 回收率) 和精密度

## 方法耐用性

为了证实分析方法的耐用性，采用 20 ppb 土壤 QC 样品 77 个样品进样序列间隔进样对系统重现性进行了评估，系统分析为期两天。无需用户干预，P&T、GC 或 MS 系统即可采集样品并绘制绝对峰面积，证实了分析结果的稳定性。图 7 显示了 12 个 QC 标准品进样序列中 10 种化合物的重复性及出色的 RSD%。附录 2 显示了 12 个 QC 标准品 77 个样品进样序列中，每种化合物的准确度和精密度。

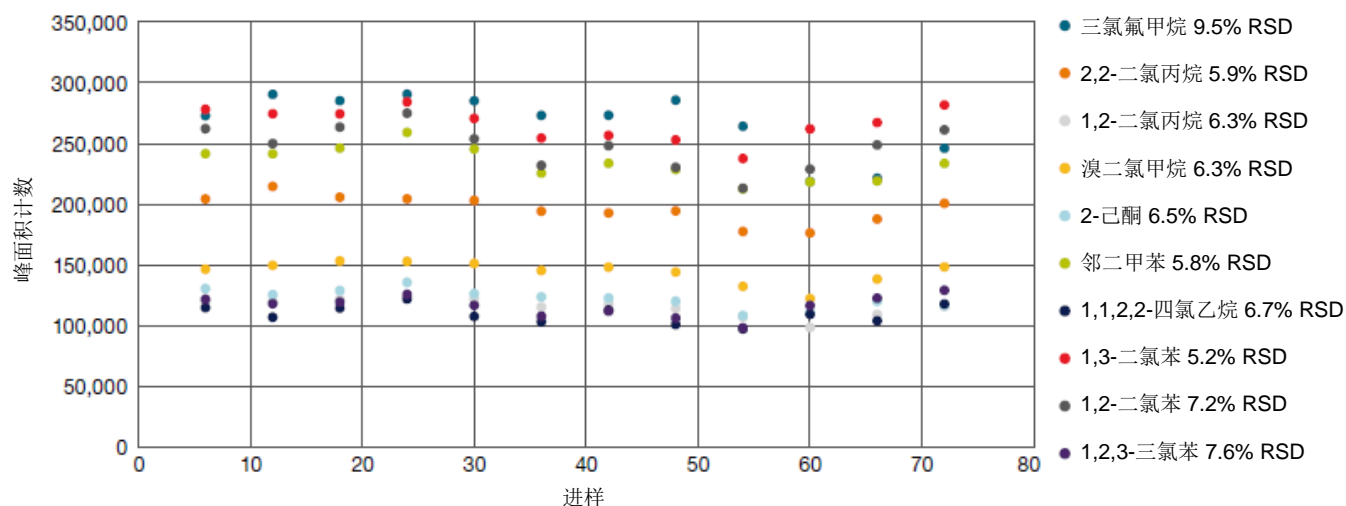


图 7. 12 个 20 ppb QC 土壤标准品 n=77 次连续间隔进样获得的重复性（绝对峰面积计数），系统分析为期两天。

## 结论

本研究结果表明，TRACE 1610 GC 与 ISQ 7610 单四极杆 MS 和 Atomx XYZ P&T 联用为分析测试实验室采用 HJ 605 方法分析环境土壤样品提供了适合的工具。

- ISQ 7610 VPI 与 Teledyne Tekmar Atomx XYZ P&T 联用超出了 HJ 605 方法有关土壤和沉积物中 VOC 分析的所有要求。
- Atomx XYZ P&T 的有效除水功能结合 TraceGOLD TG-VMS 色谱柱的高惰性特性，为大多数化合物提供了出色的色谱分析，提供了良好的色谱峰形和基线分离。
- ISQ 7610 上的 XLXR 电子倍增检测器提供了更宽的线性动态范围并允许扩展校正曲线（1 -200 ppb），为所有化合物提供了出色的线性范围， $R^2 > 0.99$ ，AvCF %RSD < 20，证实其呈良好的线性相关。

- n=7 份 1 ppb 试剂土壤加标样品 MDL 计算结果的平均值为 0.2 ppb 和 5.2% RSD。
- n=7 份 20 ppb 试剂土壤加标样品均呈现出优异的精密度和准确度结果，计算值为加标浓度的 $\pm 20\%$ ，化合物平均回收率为 103%。
- 通过为期两天的连续分析可知，系统具有出色的耐用性并可提供重现性结果，无需用户干预。

## 参考资料

1. Method 8260 Measurement of Volatile Organic Compounds in Water by Capillary Column Gas Chromatography/Mass Spectrometry [https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-04/documents/method\\_8260d\\_update\\_vi\\_final\\_03-13-2017.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-04/documents/method_8260d_update_vi_final_03-13-2017.pdf)
2. Summary of HJ 605 <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/HJ605-2011>
3. Thermo Scientific AppsLab Library (<https://appslab.thermofisher.com/>)

附录 1 - 土壤样品的校正、MDL 和中点检查结果

化合物	校正曲线 (1-200 ppb)				方法检测限 (n=7, 1 ppb)		中点检查 (n=7, 20 ppb)	
	相对保留时间	定量离子	平均 RF	线性 (%RSD)	MDL	精密度≤20%	精密度≤20%	准确度±30%
二氯二氟甲烷	1.23	85	1.31	9.4	0.05	1.9	3.9	97
氯甲烷	1.37	50	1.87	8.3	0.12	4.1	5.6	97
氯乙烯	1.44	62	1.93	8.4	0.04	1.5	3.8	100
溴甲烷	1.68	94	1.15	19.6	0.09	2.1	4.5	95
氯乙烷	1.79	64	1.06	8.7	0.12	4.4	4.0	88
三氯氟甲烷	1.90	101	1.92	6.6	0.06	2.4	4.3	94
1,1-二氯乙烯	2.34	96	1.34	8.9	0.06	2.3	4.9	98
碘甲烷	2.45	142	1.74	18.4	0.02	2.0	5.7	107
二硫化碳	2.78	76	1.08	9.2	0.15	5.6	4.6	102
二氯甲烷 <sup>1,4</sup>	2.88	49	6.23	0.996	0.59	9.3	6.0	121
丙酮 <sup>1,2,5</sup>	2.95	58	0.251	0.995	2.06	16.2	5.8	77
反式-1,2-二氯乙烯	3.04	61	2.29	8.3	0.07	2.6	3.9	104
2-氯-1,3-丁二烯	3.65	53	1.18	14.1	0.07	2.5	3.9	103
顺式-1,2-二氯乙烯	3.68	61	0.230	7.6	0.10	3.8	3.4	102
1,1-二氯乙烷	3.69	63	2.47	8.2	0.04	1.4	3.6	103
2,2-二氯丙烷	4.34	77	1.41	13.6	0.04	1.8	2.8	110
溴氯甲烷	4.43	128	0.389	7.6	0.06	2.3	2.9	106
氯仿	4.53	83	1.97	6.9	0.04	1.4	3.2	106
四氯化碳	4.64	117	0.798	10.2	0.29	10.9	2.4	117
二溴氟甲烷 (surr)	4.71	111	0.539	3.4	-	1.9	1.8	105
1,1,1-三氯乙烷	4.71	97	1.21	17.2	0.03	1.4	3.0	105
1,1-二氯丙烯	4.84	75	0.996	9.9	0.13	4.6	2.1	110
2-丁酮 <sup>2</sup>	4.85	43	0.346	11.3	0.32	3.5	2.2	86
苯	5.08	78	3.33	6.7	0.03	1.0	2.4	98
1,2-二氯乙烷	5.28	62	1.32	8.4	0.10	3.5	2.7	108
氟苯 (ISTD)	5.50	96	-	-	-	-	-	-
三氯乙烯	5.68	130	0.585	11.7	0.06	2.0	1.8	95
二溴甲烷	6.08	93	0.559	6.3	0.11	4.0	3.3	106
1,2-二氯丙烷	6.19	63	0.894	9.3	0.05	1.8	2.7	97
溴二氯甲烷	6.28	83	1.07	13.4	0.12	4.4	2.3	101
顺式-1,3-二氯丙烯	6.92	75	1.11	6.8	0.06	2.2	3.5	102
甲苯-d8 (surr)	7.11	98	2.06	4.7	-	1.9	1.6	109
甲苯	7.16	91	4.19	8.0	0.05	1.8	3.1	109
四氯乙烯	7.53	166	1.05	6.5	0.08	2.7	2.5	110
4-甲基-2-戊酮 <sup>2</sup>	7.56	100	0.036	14.2	0.40	5.5	3.5	114
反式-1,3-二氯丙烯	7.58	75	1.110	9.8	0.06	2.4	2.6	94
1,1,2-三氯乙烷	7.71	83	0.563	5.5	0.07	2.3	2.8	101



附录 1 (续) - 土壤样品的校正、MDL 和中点检查结果

化合物	校正曲线 (1-200 ppb)				方法检测限 (n=7, 1 ppb)		中点检查 (n=7, 20 ppb)	
	相对保留时间	定量离子	平均 RF	线性 (%RSD)	MDL	精密度≤20%	精密度≤20%	准确度±30%
二溴氯甲烷	7.86	129	0.493	9.3	0.11	4.0	2.6	102
1,3-二氯丙烷	7.95	76	1.20	7.0	0.08	2.7	2.1	103
1,2-二溴乙烷	8.04	107	0.558	5.1	0.04	1.3	2.7	104
2-己酮 <sup>2</sup>	8.29	43	0.420	8.9	0.40	4.8	2.4	102
氯苯-d5 (ISTD)	8.48	117	-	-	-	-	-	-
氯苯	8.49	112	1.29	7.5	0.15	4.6	3.6	95
乙苯	8.53	91	2.52	9.4	0.12	4.0	3.0	101
1,1,1,2-四氯乙烷	8.55	131	0.269	7.1	0.17	5.9	2.9	98
间、对二甲苯 <sup>3</sup>	8.65	106	0.972	13.8	0.23	4.4	2.9	100
邻二甲苯	8.97	106	0.857	16.8	0.13	4.9	3.2	106
三溴甲烷	9.01	173	0.184	8.7	0.15	5.2	2.7	101
苯乙烯	9.01	104	1.43	14.3	0.13	5.2	3.5	109
异丙苯	9.21	105	2.22	17.0	0.13	5.0	2.8	105
4-溴氟苯 (surr)	9.40	95	1.17	3.7	-	2.7	1.1	98
溴苯	9.47	77	2.62	11.0	0.24	7.2	3.7	93
正丙苯	9.51	91	6.15	14.3	0.21	7.3	3.6	97
1,1,2,2-四氯乙烷	9.56	83	0.863	8.1	0.23	7.9	2.8	103
2-氯甲苯	9.61	91	3.80	12.5	0.25	8.1	3.6	97
1,2,3-三氯丙烷	9.64	75	1.03	10.1	0.21	6.6	4.2	96
1,3,5-三甲苯	9.66	105	3.76	13.6	0.25	8.5	3.9	124
4-氯甲苯	9.72	91	3.86	12.7	0.23	7.7	4.1	98
叔丁基苯	9.87	119	2.85	17.3	0.24	9.3	4.6	104
1,2,4-三甲苯	9.93	105	3.47	18.3	0.24	10.3	4.6	106
仲丁基苯	10.00	105	4.99	13.0	0.24	8.0	4.2	120
对异丙基甲苯	10.10	119	3.39	17.3	0.28	9.8	6.1	124
1,3-二氯苯	10.13	146	1.97	9.1	0.22	6.76	4.9	93
1,4-二氯苯-d4 (ISTD)	10.18	152	-	-	-	-	-	-
1,4-二氯苯	10.19	146	2.03	10.9	0.31	9.0	4.6	94
正丁基苯	10.39	91	4.25	12.6	0.28	9.1	4.6	121
1,2-二氯苯	10.47	146	1.75	10.4	0.24	7.3	4.2	98
1,2-二溴-3-氯丙烷	11.01	157	0.149	15.7	0.20	6.9	3.8	99
六氯丁二烯	11.45	225	0.078	14.5	0.23	7.6	5.3	97
1,2,4-三氯苯	11.46	180	0.877	12.2	0.40	11.7	4.8	97
萘	11.67	128	2.32	14.9	0.39	12.0	3.4	105
1,2,3-三氯苯	11.79	180	0.861	12.0	0.31	8.65	4.9	99

<sup>1</sup>通过线性回归进行化合物校正

<sup>2</sup>校正曲线浓度范围 2.5-500 ppb

<sup>3</sup>校正曲线浓度范围 2-400 ppb

<sup>4</sup>使用 5 ppb 计算得到的 MDL 值

<sup>5</sup>使用 25 ppb 计算得到的 MDL 值

附录 2 - 20 ppb VOC 土壤标准品 n=77 次连续间隔进样序列中 n=12 次进样的重复性

化合物	分析物回收率 (n=12, 77 次进样)	
	精密度≤20%	准确度±30%
二氯二氟甲烷	10.3	93
氯甲烷	10.3	91
氯乙烯	9.3	92
溴甲烷	8.7	93
氯乙烷	9.2	89
三氯氟甲烷	8.2	94
1,1-二氯乙烯	9.4	96
碘甲烷	10.4	101
二硫化碳	7.0	100
二氯甲烷	6.8	124
丙酮	6.1	189
反式-1,2-二氯乙烯	8.3	103
顺式-1,2-二氯乙烯	5.1	102
1,1-二氯乙烷	5.0	102
2,2-二氯丙烷	4.5	103
溴氯甲烷	4.9	104
氯仿	4.5	105
四氯化碳	8.5	119
二溴氟甲烷 (surr)	2.4	106
1,1,1-三氯乙烷	7.5	107
1,1-二氯丙烯	7.6	107
2-丁酮	2.9	79
苯	5.3	99
1,2-二氯乙烷	4.5	104
氟苯 (ISTD)	-	-
三氯乙烯	6.2	97
二溴甲烷	4.7	103
1,2-二氯丙烷	3.7	96
溴二氯甲烷	4.0	101
甲苯-d8 (surr)	2.0	111
甲苯	5.3	106
四氯乙烯	7.2	115
4-甲基-2-戊酮	4.7	103
1,1,2-三氯乙烷	4.2	101
二溴氯甲烷	4.0	101
1,3-二氯丙烷	4.0	101
1,2-二溴乙烷	4.4	103

附录 2 (续) - 20 ppb VOC 土壤标准品 n=77 次连续间隔进样序列中 n=12 次进样的重复性

化合物	分析物回收率 (n=12, 77 次进样)	
	精密度≤20%	准确度±30%
2-己酮	3.7	87
氯苯-d5 (ISTD)	-	-
氯苯	6.0	89
乙苯	6.4	93
1,1,1,2-四氯乙烷	5.2	96
间、对二甲苯	5.8	93
邻二甲苯	5.8	96
三溴甲烷	4.7	97
苯乙烯	5.9	101
异丙苯	6.6	97
4-溴氟苯 (surr)	2.2	96
溴苯	7.0	86
正丙苯	8.2	88
1,1,2,2-四氯乙烷	7.8	88
2-氯甲苯	7.4	88
1,2,3-三氯丙烷	6.9	88
1,3,5-三甲苯	6.8	114
4-氯甲苯	7.9	88
叔丁基苯	7.3	96
1,2,4-三甲苯	6.7	96
仲丁基苯	7.9	112
对异丙基甲苯	8.1	119
1,3-二氯苯	7.8	85
1,4-二氯苯-d4 (ISTD)	-	-
1,4-二氯苯	8.3	83
正丁基苯	10.5	104
1,2-二氯苯	7.3	88
1,2-二溴-3-氯丙烷	7.0	86
六氯丁二烯	7.8	88
1,2,4-三氯苯	13.9	79
萘	6.8	89
1,2,3-三氯苯	9.2	85

有关更多信息，访问 [thermofisher.com](http://thermofisher.com)

仅供常规实验室使用。不可用于诊断程序。©2021 Thermo Fisher Scientific Inc. 保留所有权利。

所有商标均为 Thermo Fisher Scientific 及其子公司所有。此信息为展示 Thermo Fisher Scientific 产品功能的一个示例。其无意鼓励以任意可能侵犯他人知识产权的方式使用这些产品。规格、条款和价格可能有所变化，恕不另行通知。并非所有产品在所有国家（地区）均有销售。有关具体细节，请咨询本地销售代表。AN000377-EN 1121C

**ThermoFisher**  
SCIENTIFIC