

使用顶空-气相色谱-质谱分析油田示踪剂中 47 种含氟化合物

作者

刘茜，曹喆
安捷伦科技（中国）有限公司

摘要

本文介绍了一种采用 Agilent 7697 顶空进样器结合 8890 气相色谱、5977 四极杆质谱联用系统分析油田示踪剂 — 47 种含氟化合物的方法。针对基质污染较强的原油样品，采用顶空方式进行样品预处理，其相比于萃取前处理方法，可减少前处理步骤，提高分析效率；通过气质联用法分析 47 种含氟化合物的方法检出限为 3.0-15.0 ng/g，表现出良好的灵敏度。

前言

油田示踪剂在油气田开发中发挥重要作用。通过分析产出流体中示踪剂的浓度和分布，可以获得地下油藏的流动特性、储层连通性和流体界面等信息，为油气田的开发和生产提供有力支持。在油气田的勘探中，示踪剂也可以用于确定油气储藏的位置和规模，为后续开发工作提供指导，目前已有关于示踪剂的分析多为几种氟苯类化合物分析，分析化合物种类相对较少，有些还需要衍生等前处理方式，本文采用一种顶空的前处理方式解决了前处理复杂问题，同时所测目标物种类覆盖更广，对后续企业提供多种选择方案。

本文主要介绍了一种测定化学示踪剂的分析方法。该方法通过分析采样流体中各示踪剂组分的浓度，可以精确定量各段的油气水产出。该方法重现性良好，可节约人力成本，且环境友好。借助气相色谱质谱与顶空相结合模式，该方法不仅具有出色的灵敏度，可有效降低基质干扰，而且能够简化样品预处理步骤，提高分析效率。

实验部分

试剂和样品

47 种含氟化合物标准品单标纯品，纯度均为 99.99%。正十一烷，色谱纯。

样品为某产地原油样品。

仪器和设备

实验采用配置 Agilent 7697A 顶空进样器（配备 111 位样品盘）的 8890 气相色谱-5977 系列单四极杆气质联用系统。

色谱柱选用 Agilent HP-5MS（60 m × 0.25 mm, 0.25 μm；部件号 19091S-436）。

HS-GC/MS 分析条件

顶空条件：

样品瓶加压气体：氦气
定量环体积：1.0 mL
加热炉温度：65 °C
加热平衡时间：30 min
定量环温度：100 °C
传输管线温度：120 °C
顶空流量：20 mL/min

气相色谱条件：

色谱柱：HP-5MS, 60 m × 0.25 mm × 0.25 μm
进样口温度：250 °C
色谱柱流量：恒流，1.0 mL/min
升温程序：在 35 °C 下保持 5.0 min，以 10 °C/min 的速率升至 240 °C
载气类型：He
载气流速：恒流，1 mL/min

质谱条件：

采集模式：选择离子扫描 (SIM)，定性定量离子见附录 I
离子源温度：250 °C
四极杆温度：150 °C
溶剂延迟：4.0 min

校准标样配制

将以单标配制的混合标准溶液 392 mg/L，用正十一烷作为溶剂逐级稀释，得到目标化合物浓度为 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 和 5.0 ng/μL 的标准溶液。准确移取以上标准液 10 μL 于 22 mL 顶空瓶中，压盖密封，待上机分析。

准确称取 0.1 g 空白油样，将标准溶液逐级稀释，得到目标化合物浓度为 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 和 5.0 ng/μL 的标准液。准确移取标准液 10 μL，置于包含 0.1 g 空白油样的 22 mL 顶空瓶中，压盖密封，待上机分析。

实际样品分析

准确称取原油样品 0.10 g 置于 22 mL 顶空瓶中，压盖密封，待上机分析。

结果与讨论

47 种含氟化合物的分离

将目标化合物配制成 5.0 ng/ μL 的标准混合溶液，在上述实验条件下进样分析，所得总离子流图结果如图 1 所示，运行时间为 25.5 分钟。该方法采用顶空进样，为保证分析灵敏度并兼顾化合物峰形，最终采用分流比 20:1。在此条件下，率先出峰的几种化合物仍会出现峰展宽的现象，但并不影响化合物的计算。

47 种含氟化合物的出峰及分离情况如图 2 所示。其中三组化合物（1,2-二氟-4-氯苯与1-氯-2,4-二氟苯，2-氯-5-氟甲苯与2-氯-6-氟甲苯，以及 2-碘三氟甲苯与 3-碘三氟甲苯）均为同分异构体，无法分离。因此，图中显示的这三组化合物的结果均为 2 种同分异构体的加和结果。另外，3-溴三氟甲苯与 4-溴三氟甲苯，2,4-二氟碘苯与 3,4-二氟碘苯未达到基线分离，但在本实验中不影响分别进行计算。此外，2-碘三氟甲苯与 3-碘三氟甲苯无法分离，且该峰与 4-碘三氟甲苯也无法完全实现基线分离，可通过手动积分进行计算。以上分离结果可用于选择示踪剂配制过程中的化合物，尽可能选择能够分离且不影响计算的化合物作为目标示踪剂。

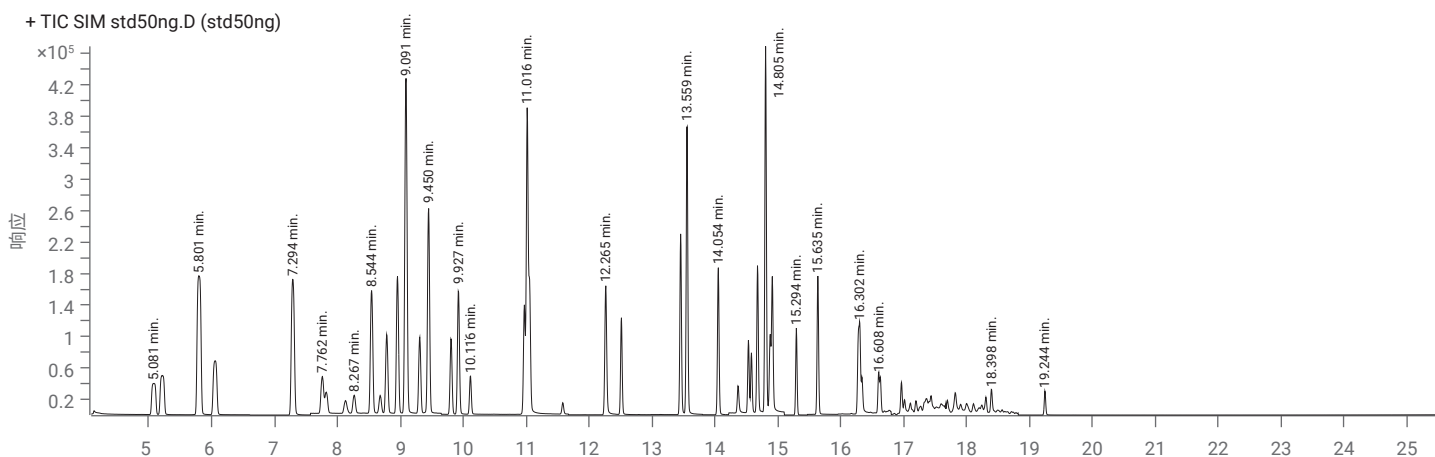


图 1. 5.0 ng/ μL 混合标液的总离子流色谱图

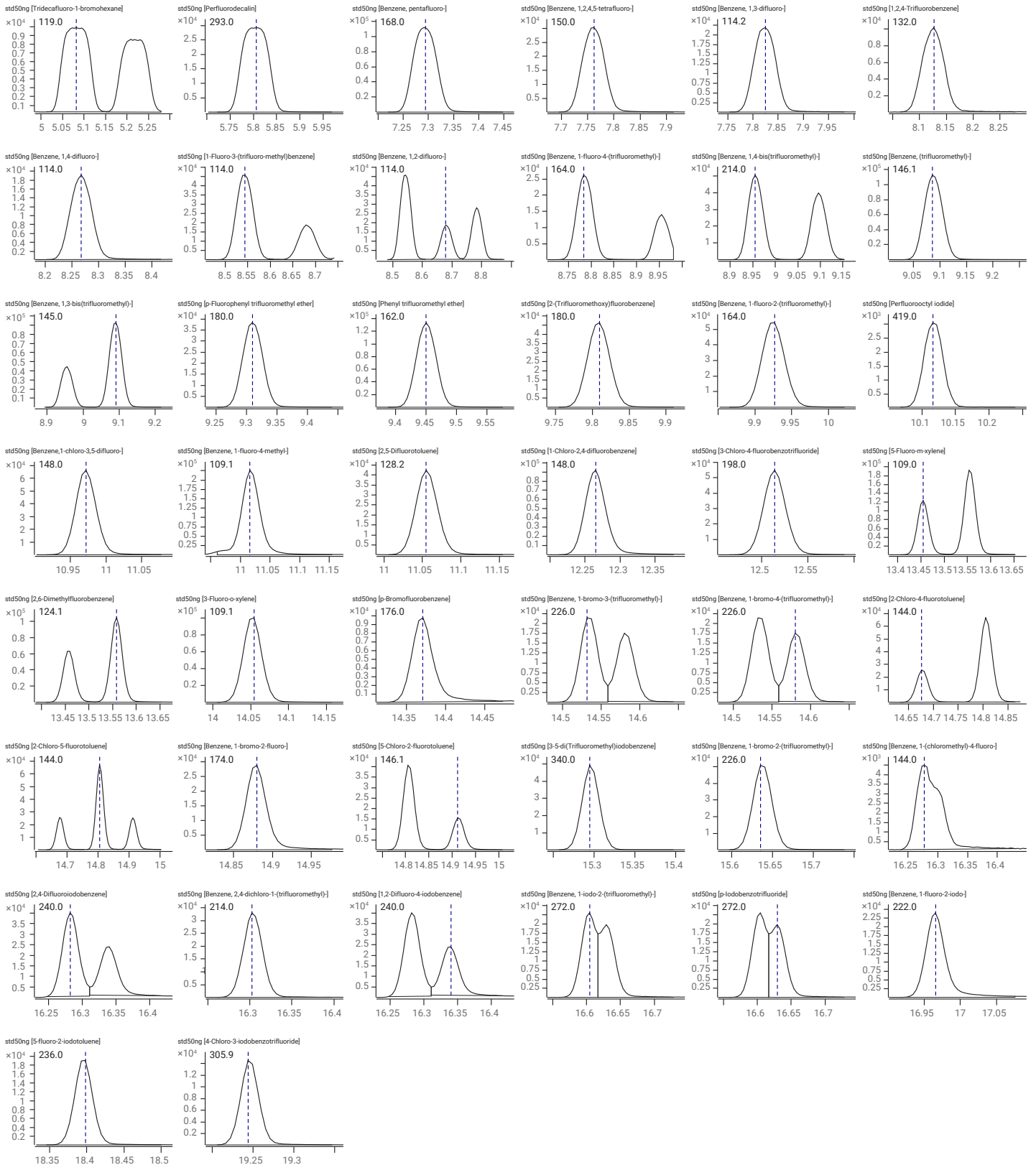


图 2. 47 种化合物的提取定量离子谱图

方法的线性、重现性及检出限

以实际原油样品为基质，准确称取 0.10 g 样品，加入浓度为 0、0.2、0.5、1.0 和 2.0 ng/μL 的 47 种含氟化合物标样 10 μL，按照上述条件进行分析，此校准曲线用于定量实际样品。同时以正十一烷为溶剂配制浓度为 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0 ng/μL 的标准溶液，以目标化合物浓度为横坐标、目标化合物的峰面积为纵坐标绘制校准曲线（见附录 II）。结果表明，该方法用于测定原油基质中的含氟化合物表现出良好的线性相关性，除 3,5-二甲基氟苯外，其他目标化合物的线性相关系数 (R^2) 均高于 0.99。然后计算浓度为 0.2 ng/μL 的目标含氟化合物的信噪比（根据软件自动选择噪音范围），所得结果列于表 1 中。

表 1. 47 种含氟化合物的保留时间及线性相关系数

化合物名称	线性相关系数 (R^2)	线性方程	保留时间 (min)	0.2 ng/μL 下的信噪比
Tridecafluoro-1-bromohexane	0.9993	$y = 54.47 \times x + 66.64$	5.07	8.47
Perfluorodecalin	0.9985	$y = 129.66 \times x + 272.17$	5.81	168.09
Benzene, pentafluoro-	0.9998	$y = 387.44 \times x + 804.83$	7.30	251.89
Benzene, 1,2,4,5-tetrafluoro-	0.9995	$y = 93.46 \times x + 1242.49$	7.76	40.12
Benzene, 1,3-difluoro-	0.9979	$y = 46.35 \times x + 207.21$	7.83	37.74
1,2,4-Trifluorobenzene	0.9999	$y = 24.73 \times x + 57.85$	8.13	12.71
Benzene, 1,4-difluoro-	0.9996	$y = 47.44 \times x + 163.16$	8.26	30.97
1-Fluoro-3-(trifluoro-methyl)benzene	0.9999	$y = 101.309 \times x + 647.58$	8.55	75.82
Benzene, 1,2-difluoro-	0.9994	$y = 42.44 \times x + 96.29$	8.68	9.76
Benzene, 1-fluoro-4-(trifluoromethyl)-	0.9993	$y = 51.87 \times x + 198.23$	8.78	59.12
Benzene, 1,4-bis(trifluoromethyl)-	0.9996	$y = 111.16 \times x + 185.08$	8.96	164.66
Benzene, (trifluoromethyl)-	0.9999	$y = 248.76 \times x + 460.69$	9.09	202.00
Benzene, 1,3-bis(trifluoromethyl)-	0.9999	$y = 212.26 \times x + 359.03$	9.10	200.62
p-Fluorophenyl trifluoromethyl ether	0.9993	$y = 79.53 \times x + 181.62$	9.32	82.22
Phenyl trifluoromethyl ether	0.9995	$y = 238.24 \times x + 587.94$	9.45	174.53
2-(Trifluoromethoxy)fluorobenzene	0.9998	$y = 84.81 \times x + 299.37$	9.81	96.76
Benzene, 1-fluoro-2-(trifluoromethyl)-	0.9999	$y = 99.43 \times x + 146.18$	9.93	87.55
Perfluorooctyl iodide	0.9993	$y = 4.315 \times x + 12.45$	10.12	28.61
Benzene,1-chloro-3,5-difluoro-	0.9999	$y = 79.79 \times x + 294.64$	10.97	137.34
Benzene, 1-fluoro-4-methyl-	0.9922	$y = 243.30 \times x + 4467.37$	11.02	352.81
2,5-Difluorotoluene	0.9999	$y = 57.62 \times x + 26.06$	11.06	33.54
1-Chloro-2,4-difluorobenzene/1-Chloro-3,4-difluorobenzene	0.9999	$y = 92.09 \times x + 459.93$	12.27	256.16
3-Chloro-4-fluorobenzotrifluoride	0.9999	$y = 50.98 \times x + 81.12$	12.51	248.39
5-Fluoro-m-xylene	0.9742	$y = 227.60 \times x - 2401.96$	13.46	153.21
2,6-Dimethylfluorobenzene	0.9950	$y = 371 \times x - 3394.44$	13.56	298.00
3-Fluoro-o-xylene	0.9972	$y = 174.64 \times x - 1722.47$	14.05	140.42
p-Bromofluorobenzene	0.9974	$y = 6.91 \times x + 7.22$	14.37	16.49
Benzene, 1-bromo-3-(trifluoromethyl)-	0.9999	$y = 14.26 \times x + 20.54$	14.53	99.40
Benzene, 1-bromo-4-(trifluoromethyl)-	0.9989	$y = 11.24 \times x + 24.44$	14.58	85.83
2-Chloro-4-fluorotoluene	0.9982	$y = 17.13 \times x + 36.24$	14.68	49.87
2-Chloro-5-fluorotoluene/Benzene, 1-chloro-3-fluoro-2-methyl-	0.9998	$y = 43.20 \times x + 103.07$	14.81	130.82
Benzene, 1-bromo-2-fluoro-	0.9960	$y = 19.02 \times x + 130.48$	14.88	63.69
5-Chloro-2-fluorotoluene	0.9967	$y = 10.48 \times x + 42.80$	14.92	19.38
3-5-di(Trifluoromethyl)iodobenzene	0.9994	$y = 29.78 \times x + 16.30$	15.30	303.09
Benzene, 1-bromo-2-(trifluoromethyl)-	0.9986	$y = 31.72 \times x - 0.53$	15.64	442.36
Benzene, 1-(chloromethyl)-4-fluoro-	0.9978	$y = 3.71 \times x - 11.87$	16.29	5.55
2,4-Difluoroiodobenzene	0.9950	$y = 21.73 \times x + 164.68$	16.27	111.89
Benzene, 2,4-dichloro-1-(trifluoromethyl)-	0.9905	$y = 17.46 \times x + 8.01$	16.31	123.53
1,2-Difluoro-4-iodobenzene	0.9943	$y = 13.13 \times x + 400.49$	16.34	66.21
Benzene, 1-iodo-2-(trifluoromethyl)-/ p-Iodobenzotrifluoride	0.9967	$y = 12.22 \times x + 103.29$	16.60	63.34
Benzene, 1-iodo-4-(trifluoromethyl)-	0.9987	$y = 21.21 \times x + 37.09$	16.63	59.55
Benzene, 1-fluoro-2-iodo-	0.9932	$y = 12.01 \times x + 230.02$	16.96	84.06
5-fluoro-2-iodotoluene	0.9926	$y = 9.49 \times x + 78.54$	18.40	90.21
4-Chloro-3-iodobenzotrifluoride	0.9914	$y = 6.26 \times x + 27.85$	19.25	90.77

取 47 种含氟化合物浓度均为 0.5 ng/μL 的标样，以 10 μL（即上样量 5 ng）进样分析，所得定性和定量离子提取离子流图结果见图 3。从图中可以看出，所得目标化合物的峰形良好。将该浓度水平的基质标液重复进样测定 8 次，计算 47 种含氟化合物定量结果的标准偏差，对方法精密度进行测试。在 5 ng 的上样量下，47 种含氟化合物（除 1,2-二氟苯、2,4-二氟碘苯外）的结果 RSD 均小于 10%，且据此计算各目标化合物的检出限。结果列于表 2 中。

表 2. 47 种含氟化合物的结果 RSD (n = 8) 及方法检出限

化合物名称	保留时间 (min)	浓度 (ng/μL)	样品 RSD (%)	MDL (ng/μL)
Tridecafluoro-1-bromohexane	5.07	0.5	8.2	0.130
Perfluorodecalin	5.81	0.5	6.7	0.104
Benzene, pentafluoro-	7.30	0.5	6.4	0.102
Benzene, 1,2,4,5-tetrafluoro-	7.76	0.5	6.5	0.108
Benzene, 1,3-difluoro-	7.83	0.5	6.1	0.090
1,2,4-Trifluorobenzene	8.13	0.5	6.9	0.107
Benzene, 1,4-difluoro-	8.26	0.5	6.6	0.096
1-Fluoro-3-(trifluoro-methyl)benzene	8.55	0.5	5.9	0.088
Benzene, 1,2-difluoro-	8.68	0.5	12	0.150
Benzene, 1-fluoro-4-(trifluoromethyl)-	8.78	0.5	5.7	0.085
Benzene, 1,4-bis(trifluoromethyl)-	8.96	0.5	6.1	0.086
Benzene, (trifluoromethyl)-	9.09	0.5	6.0	0.093
Benzene, 1,3-bis(trifluoromethyl)-	9.10	0.5	5.1	0.080
p-Fluorophenyl trifluoromethyl ether	9.32	0.5	6.7	0.098
Phenyl trifluoromethyl ether	9.45	0.5	5.5	0.089
2-(Trifluoromethoxy)fluorobenzene	9.81	0.5	5.8	0.087
Benzene, 1-fluoro-2-(trifluoromethyl)-	9.93	0.5	5.4	0.086
Perfluorooctyl iodide	10.12	0.5	5.7	0.100
Benzene,1-chloro-3,5-difluoro-	10.97	0.5	5.4	0.079
Benzene, 1-fluoro-4-methyl-	11.02	0.5	5.3	0.076
2,5-Difluorotoluene	11.06	0.5	5.2	0.077
1-Chloro-2,4-difluorobenzene/1-Chloro-3,4-difluorobenzene	12.27	0.5	4.7	0.070
3-Chloro-4-fluorobenzotrifluoride	12.51	0.5	4.9	0.065
5-Fluoro-m-xylene	13.46	0.5	3.3	0.059
2,6-Dimethylfluorobenzene	13.56	0.5	3.7	0.054
3-Fluoro-o-xylene	14.05	0.5	3.7	0.054
p-Bromofluorobenzene	14.37	0.5	7.7	0.101
Benzene, 1-bromo-3-(trifluoromethyl)-	14.53	0.5	3.9	0.055
Benzene, 1-bromo-4-(trifluoromethyl)-	14.58	0.5	3.5	0.046
2-Chloro-4-fluorotoluene	14.68	0.5	6.9	0.098
2-Chloro-5-fluorotoluene/Benzene, 1-chloro-3-fluoro-2-methyl-	14.81	0.5	2.8	0.046
Benzene, 1-bromo-2-fluoro-	14.88	0.5	3.5	0.051
5-Chloro-2-fluorotoluene	14.92	0.5	3.3	0.045
3-5-di(Trifluoromethyl)iodobenzene	15.30	0.5	2.8	0.043
Benzene, 1-bromo-2-(trifluoromethyl)-	15.64	0.5	3.0	0.045
Benzene, 1-(chloromethyl)-4-fluoro-	16.29	0.5	5.5	0.072
2,4-Difluoroiodobenzene	16.27	0.5	14.6	0.041
Benzene, 2,4-dichloro-1-(trifluoromethyl)-	16.31	0.5	2.1	0.034
1,2-Difluoro-4-iodobenzene	16.34	0.5	9.6	0.150
Benzene, 1-iodo-2-(trifluoromethyl)-/ p-Iodobenzotrifluoride	16.60	0.5	2.6	0.058
Benzene, 1-iodo-4-(trifluoromethyl)-	16.63	0.5	2.8	0.064
Benzene, 1-fluoro-2-iodo-	16.96	0.5	2.7	0.052
5-fluoro-2-iodotoluene	18.40	0.5	2.8	0.062
4-Chloro-3-iodobenzotrifluoride	19.25	0.5	4.0	0.096

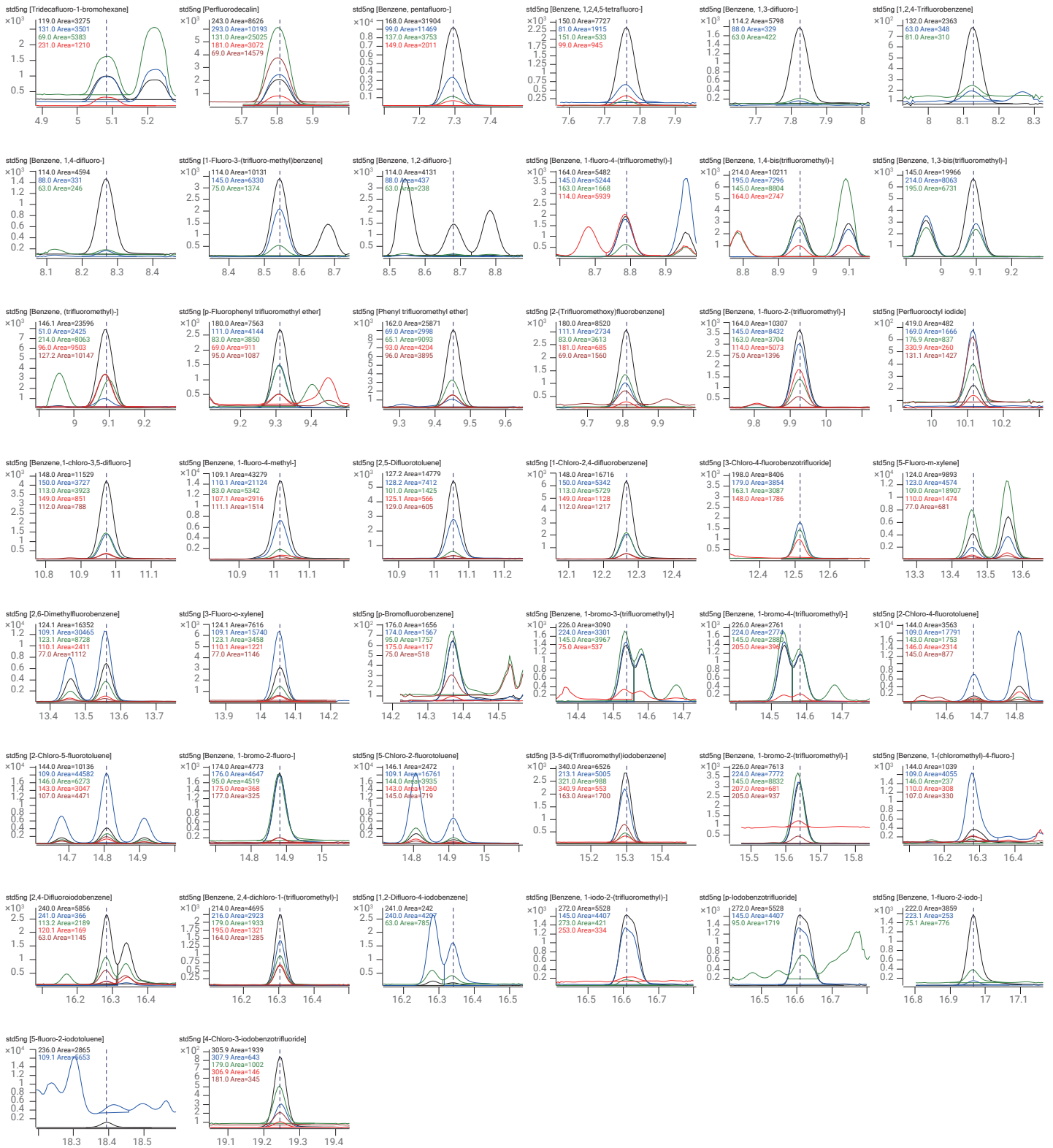


图 3.47 种含氟化合物在空白油样加标 0.5 μg/μL 的定量、定性离子提取流程图

实际样品分析

取某地原油样品，采用上述方法进行测定，所得总离子流色谱图 (TIC) 如图 4 所示。结果在该原油样品中检出 3,4-二氟碘苯。根据基质匹配标准曲线进行定量，所得结果为 110.3 ng/g (见图 5)。因此，建议在选择示踪剂成分时避开该化合物。

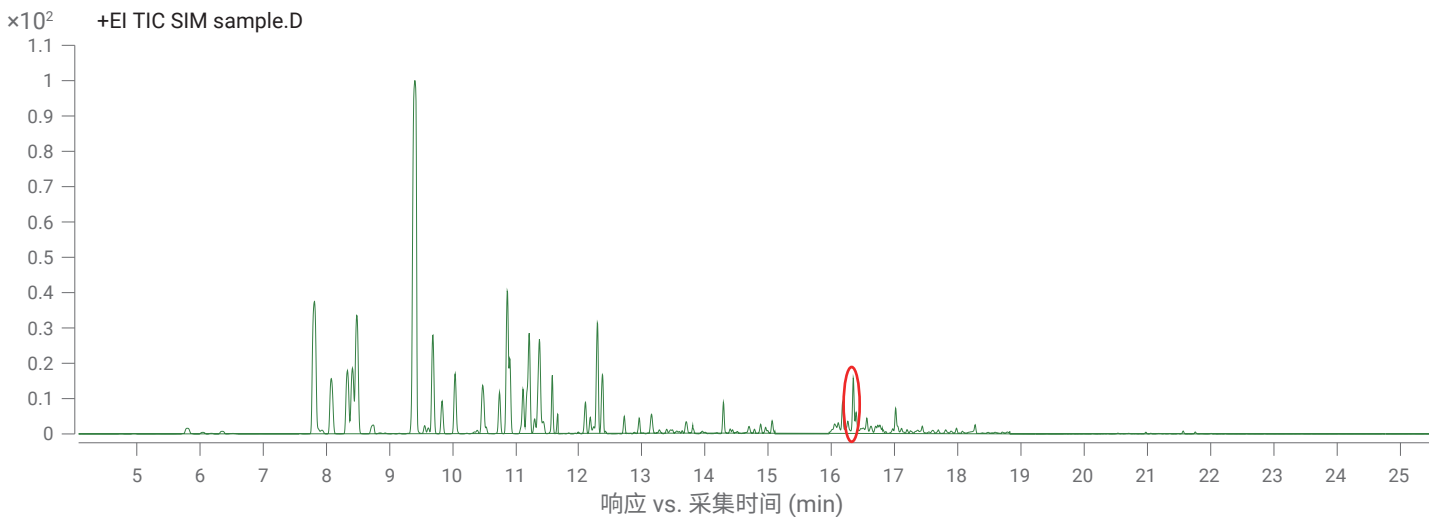
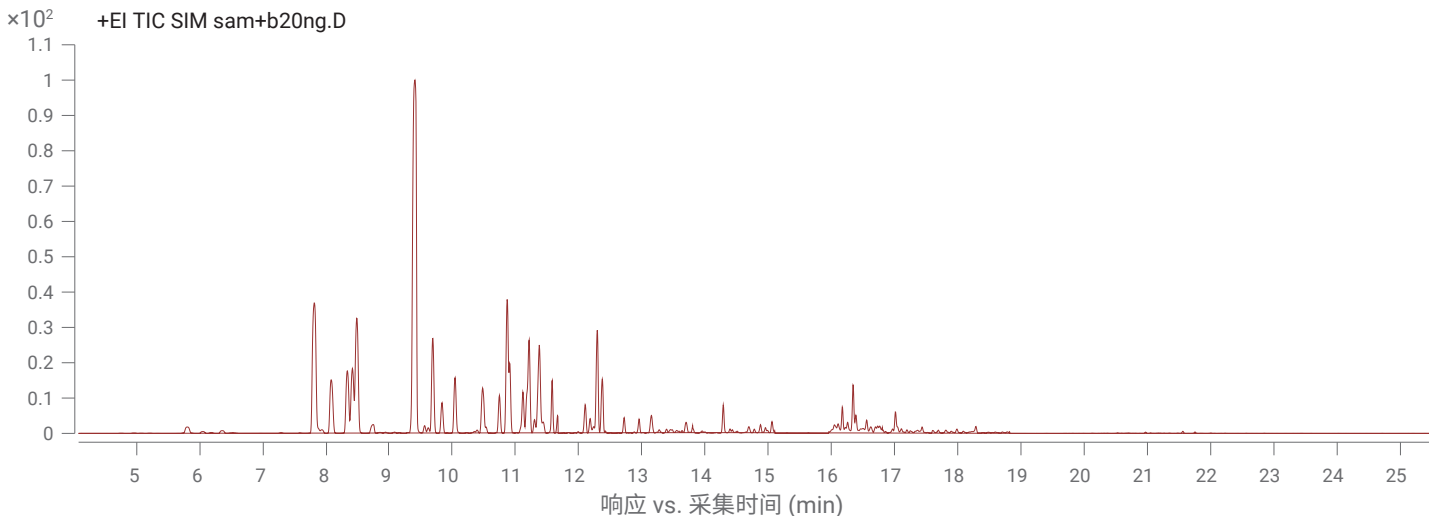


图 4. 某实际原油样品 (下图) 及原油加标样品 (上图) 的 TIC 结果

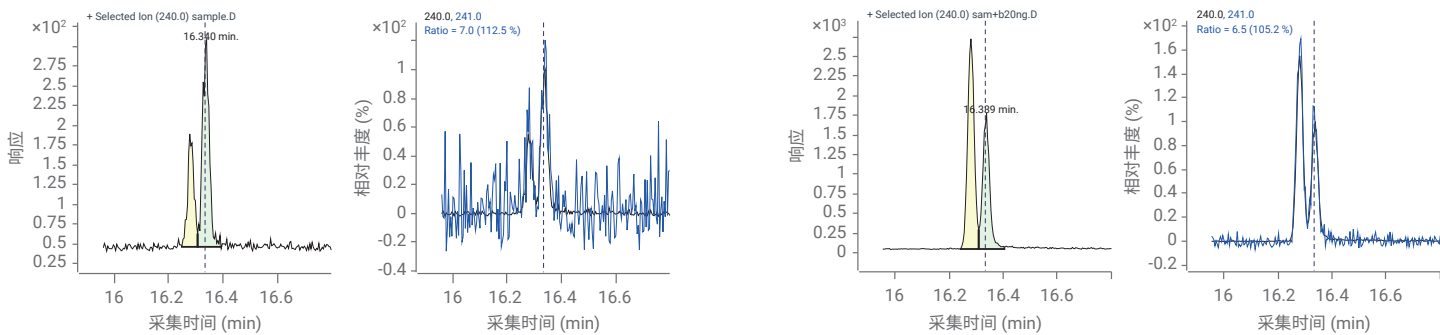


图 5. 在实际原油样品中检测到的 3,4-二氟碘苯 (保留时间 16.399 min) 的提取特征离子流图: 左图为实际原油样品; 右图为实际原油加标样品

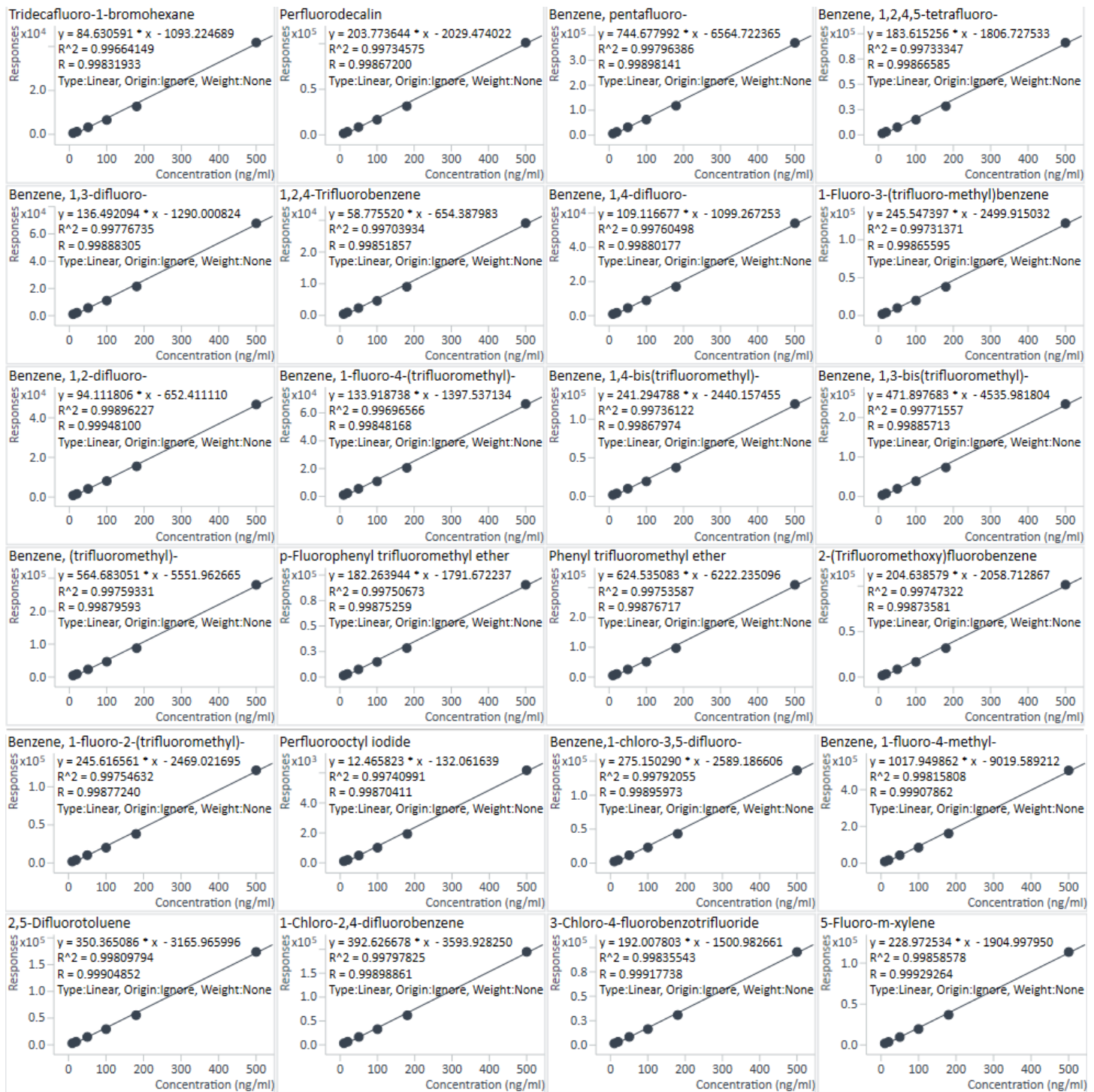
结论

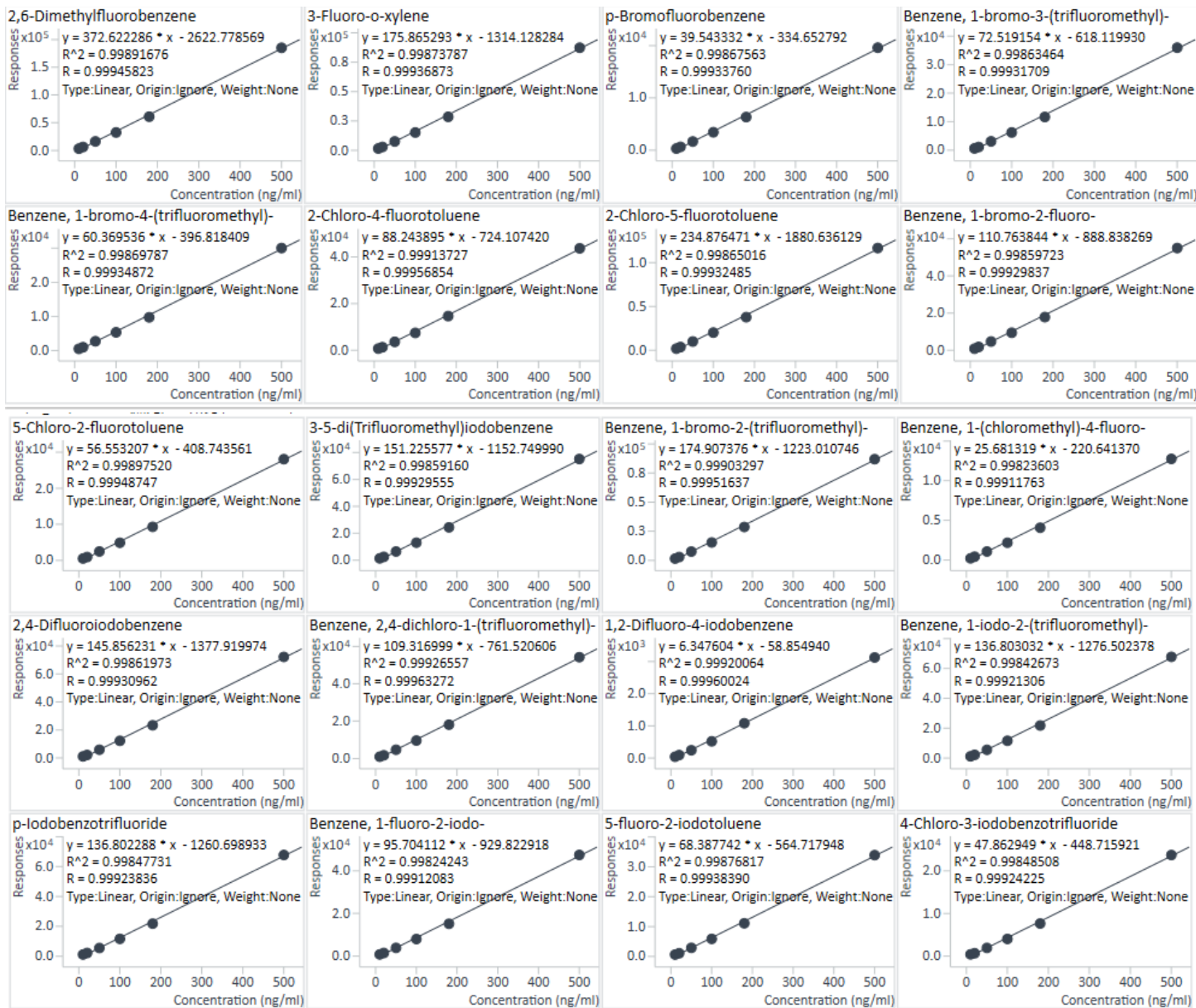
本研究利用 Agilent 7697 顶空结合气相色谱单四极杆质谱联用系统建立了一种快速测定油田示踪剂 — 含氟化合物的方法。该方法采用顶空进样, 通过 GC/MS 进行分析, 实现了简洁的样品前处理和快速测定。针对原油基质中 47 种含氟化合物的方法检出限为 3.0-15.0 ng/g。采用本方法对浓度为 50 ng/g 的基质标样进行 8 次连续测定, 获得了可重现的结果。然后采用基质加标法对实际原油样品进行定量, 结果在该样品中测得 3,4-二氟碘苯。所开发的方法可减少有机溶剂用量, 提高分析效率, 保护操作人员健康并减小环境污染, 适用于准确测定油田示踪剂。

附录 I. 47 种含氟化合物定性定量离子及保留时间 (根据不同基质干扰情况更改定量离子)

化合物中文名	CAS 号	英文名	保留时间 (min)	定性定量离子
1-溴全氟己烷	335-56-8	Tridecafluoro-1-bromohexane	5.004	69, 119, 131, 169, 231, 319
十八氟十氢萘	306-94-5	Perfluorodecalin	5.817	69, 131, 243, 293, 393,
五氟苯	363-72-4	Benzene, pentafluoro-	7.355	31, 99, 168, 137
1,2,4,5-四氟苯	327-54-8	Benzene, 1,2,4,5-tetrafluoro-	7.853	150, 81, 99
1,3-二氟苯	372-18-9	Benzene, 1,3-difluoro-	7.870	114, 88, 63
1,2,4-三氟苯	367-23-7	1,2,4-Trifluorobenzene	8.180	132, 63, 81
1,4-二氟苯	540-36-3	Benzene, 1,4-difluoro-	8.325	114, 63, 88
间氟三氟甲苯	401-80-9	1-Fluoro-3-(trifluoro-methyl)benzene	8.562	114, 145, 164, 75
1,2-二氟苯	367-11-3	Benzene, 1,2-difluoro-	8.720	114, 88, 63
4-氟三氟甲苯	402-44-8	Benzene, 1-fluoro-4-(trifluoromethyl)-	8.800	164, 145, 114
1,4-双(三氟甲基)苯	433-19-2	Benzene, 1,4-bis(trifluoromethyl)-	8.983	145, 164, 195, 214
三氟甲苯	98-08-8	Benzene, (trifluoromethyl)-	9.096	146, 127, 96, 51
1,3-双(三氟甲基)苯	402-31-3	Benzene, 1,3-bis(trifluoromethyl)-	9.108	145, 164, 195, 214
1-氟-4-(三氟甲氧基)苯	352-67-0	p-Fluorophenyl trifluoromethyl ether	9.310	83, 111, 180, 69, 57
三氟甲氧基苯	456-55-3	Phenyl trifluoromethyl ether	9.470	162, 65, 69, 93
1-氟-2-(三氟甲氧基)苯	2106-18-5	2-(Trifluoromethoxy)fluorobenzene	9.803	83, 111, 180, 69, 57
2-氟三氟甲苯	392-85-8	Benzene, 1-fluoro-2-(trifluoromethyl)-	9.915	164, 145, 114, 75
1-碘全氟辛烷	507-63-1	Perfluorooctyl iodide	10.129	119, 169, 177, 219, 331, 419
1-氯-3,5-二氟苯	1435-43-4	Benzene,1-chloro-3,5-difluoro-	10.966	148, 150, 113, 63
4-氟甲苯	352-32-9	Benzene, 1-fluoro-4-methyl-	11.007	109, 110, 83
2,5-二氟甲苯	452-67-5	2,5-Difluorotoluene	11.055	127, 128, 101
1,2-二氟-4-氯苯	696-02-6	1-Chloro-3,4-difluorobenzene	12.266	148, 150, 113, 63
1-氯-2,4-二氟苯	1435-44-5	1-Chloro-2,4-difluorobenzene	12.266	148, 150, 113, 63
3-氯-4-氟三氟甲苯	78068-85-6	3-Chloro-4-fluorobenzotrifluoride	12.503	198, 179, 163
3,5-二甲基氟苯	461-97-2	5-Fluoro-m-xylene	13.447	109, 124, 77
1,3-二甲基-2-氟苯	443-88-9	2,6-Dimethylfluorobenzene	13.548	109, 124, 77
1,2-二甲基-3-氟苯	443-82-3	3-Fluoro-o-xylene	14.046	109, 124, 77
4-溴氟苯	460-00-4	p-Bromofluorobenzene	14.367	174, 176, 95, 75
3-溴三氟甲苯	401-78-5	Benzene, 1-bromo-3-(trifluoromethyl)-	14.527	224, 226, 145, 75, 50
4-溴三氟甲苯	402-43-7	Benzene, 1-bromo-4-(trifluoromethyl)-	14.574	224, 226, 145, 75, 50
2-氯-4-氟甲苯	452-73-3	2-Chloro-4-fluorotoluene	14.675	109, 144, 146, 107
2-氯-5-氟甲苯	33406-96-1	2-Chloro-5-fluorotoluene	14.806	109, 144, 146, 107
2-氯-6-氟甲苯	443-83-4	Benzene, 1-chloro-3-fluoro-2-methyl-	14.806	109, 144, 146, 107
2-溴氟苯	1072-85-1	Benzene, 1-bromo-2-fluoro-	14.871	95, 174, 176, 75
5-氯-2-氟甲苯	452-66-4	5-Chloro-2-fluorotoluene	14.913	109, 144, 146, 107
1-碘-3,5-双(三氟甲基)苯	328-73-4	3-5-di(Trifluoromethyl)iodobenzene	15.284	340, 213, 163, 321
邻溴三氟甲苯	392-83-6	Benzene, 1-bromo-2-(trifluoromethyl)-	15.625	145, 224, 226
对氟苄氯	352-11-4	Benzene, 1-(chloromethyl)-4-fluoro-	16.266	109, 144, 146, 83
2,4-二氟碘苯	2265-93-2	2,4-Difluoroiodobenzene	16.272	240, 113, 63
2,4-二氯三氟甲苯	320-60-5	Benzene, 2,4-dichloro-1-(trifluoromethyl)-	16.296	214, 216, 179, 195, 164
3,4-二氟碘苯	64248-58-4	1,2-Difluoro-4-iodobenzene	16.326	113, 240, 63
2-碘三氟甲苯	444-29-1	Benzene, 1-iodo-2-(trifluoromethyl)-	16.598	145, 272, 253
3-碘三氟甲苯	401-81-0	p-Iodobenzotrifluoride	16.598	145, 272, 253
4-碘三氟甲苯	455-13-0	Benzene, 1-iodo-4-(trifluoromethyl)-	16.628	272, 145, 75, 95
2-氟碘苯	348-52-7	Benzene, 1-fluoro-2-iodo-	16.955	222, 95, 75
2-碘-5-氟甲苯	66256-28-8	5-fluoro-2-iodotoluene	18.378	236, 109
4-氯-3-碘三氟甲苯	672-57-1	4-Chloro-3-iodobenzotrifluoride	19.240	306, 179, 75, 144

附录 II. 47 种含氟化合物的线性结果 (其中 3 组为 2 种化合物共有)





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



微信搜一搜

安捷伦视界

www.agilent.com

DE-010755

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。

本文中的信息、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, 2026
2026年3月9日, 中国出版
5994-8619ZH-CN

