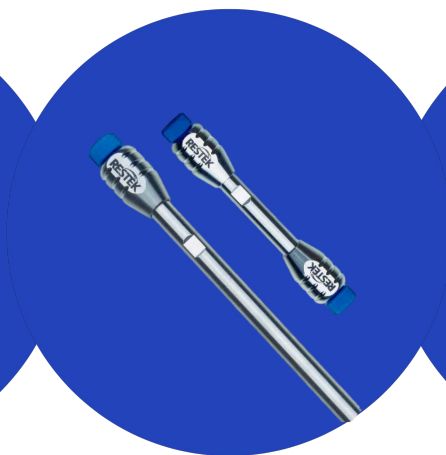
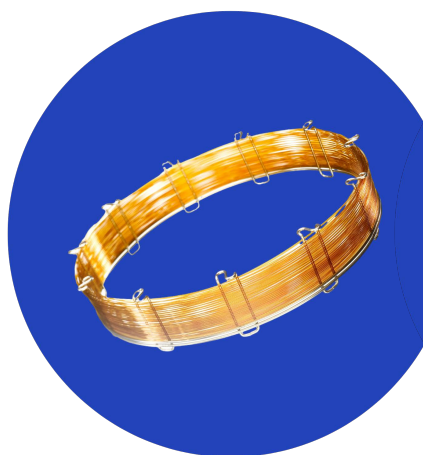


Restek
PFAS Solutions

Restek PFAS 解决方案

高效准确分析全氟和多氟化合物



RESTEK

Pure Chromatography

www.restek.com

目录

一、PFAS 化合物及检测方法介绍	1
二、PFAS 分析应用谱图	2
应用 1: Raptor C18 色谱柱分析全氟烷基酸(PFBS、PFOA、PFOS 和 HFPO-DA/GenX)	2
应用 2: 通过 LC-MS/MS 以 Raptor C18 分析水中的全氟羧酸 (EPA 537)	3
应用 3: 通过 LC-MS/MS 以 Raptor C18 (1.8μm) 全面分析全氟化合物, 包括全氟烷基羧酸、 全氟烷基磺酸和全氟烷基磺酰胺氟调聚羧酸	4
应用 4: 通过 LC-MS/MS 以 Raptor C18 测定全氟辛酸 (PFOA) 和全氟辛烷磺酸 (PFOS)	7
应用 5: Ultra IBD 色谱柱分析人血浆和血清中超短链至长链 (C1 - C10) PFAS 及其替代物	8
应用 6: 用 Force C18 柱检测牛奶中 0.01 μg/kg 浓度水平的 PFAS 化合物	9
应用 7: Raptor Polar X 分析超短链至长链 PFAS 及替代物	10
应用 8: LPGC-MS 快速分析氟调聚醇 (FTOHs)	11
应用 9: 热脱附-气相色谱-质谱 (TD-GC-MS) 分析食品接触材料中的 PFAS	12
三、PFAS 分析其它工具	13
1.使用 Pro EZLC 液相方法模拟器建立 PFAS 分析方法	13
2.使用延迟柱消除仪器背景对 PFAS 分析的干扰	15
3.三层 SPE 小柱, 简化 PFAS 样品前处理流程	19
四、适用于 PFAS 分析的相关产品	24

一、PFAS类化合物及分析方法介绍

1. PFAS类化合物介绍

全氟和多氟化合物 (Per and Polyfluoroalkyl Substances, 简称PFAS) 是指分子中至少一个碳原子上结合的氢原子全部被氟原子取代的一系列人工合成化合物。由于 PFAS 分子中的 C-F 化学键非常稳定, 这使其具有独特的性质, 例如表面活性高、耐热性、耐酸性、疏水性等。这些优良特性使得 PFAS 得到广泛应用。例如, 它们在高温下较为稳定, 具有疏水和疏油性, 在食品包装领域, PFAS作为表面活性剂用于生产不粘锅涂层和纸制品的防水防油涂层。PFAS 的另一个众所周知的用途是消防泡沫——特别是用于液体燃料火灾。PFAS 的应用领域涉及航空航天、国防、汽车、纺织、电子产品、消防、食品加工等领域。由于 PFAS 类化合物种类繁多且用途广泛, 其在生产和使用过程中会迁移到土壤、水和空气等环境介质中。进而污染鱼类和海鲜、肉类和肉制品、鸡蛋、牛奶和各类奶制品, 从而转移并积聚到人体中。全氟化合物的高暴露量与膀胱癌、肾癌、睾丸癌、溃疡性结肠炎、高胆固醇和高尿酸血症、甲状腺疾病等存在相关性。在 2023 年 11 月, 国际癌症研究机构 (IARC) 举行会议将 PFOA 归类为“对人类致癌”(1类致癌物), PFOS 被归类为“可能对人类致癌”(2B类致癌物)。过去几十年中, 长链 PFAS 对人类健康和环境的不良影响已经得到全球科学家和当局的评估与认可。因此全球制造商已开始用短链 PFAS 或非氟物质替代长链 PFAS。因此, 在关注传统中-长链 PFAS 的同时, 近两年短链和超短链PFAS也成为科学家注的重点。

2. PFAS 常见检测方法

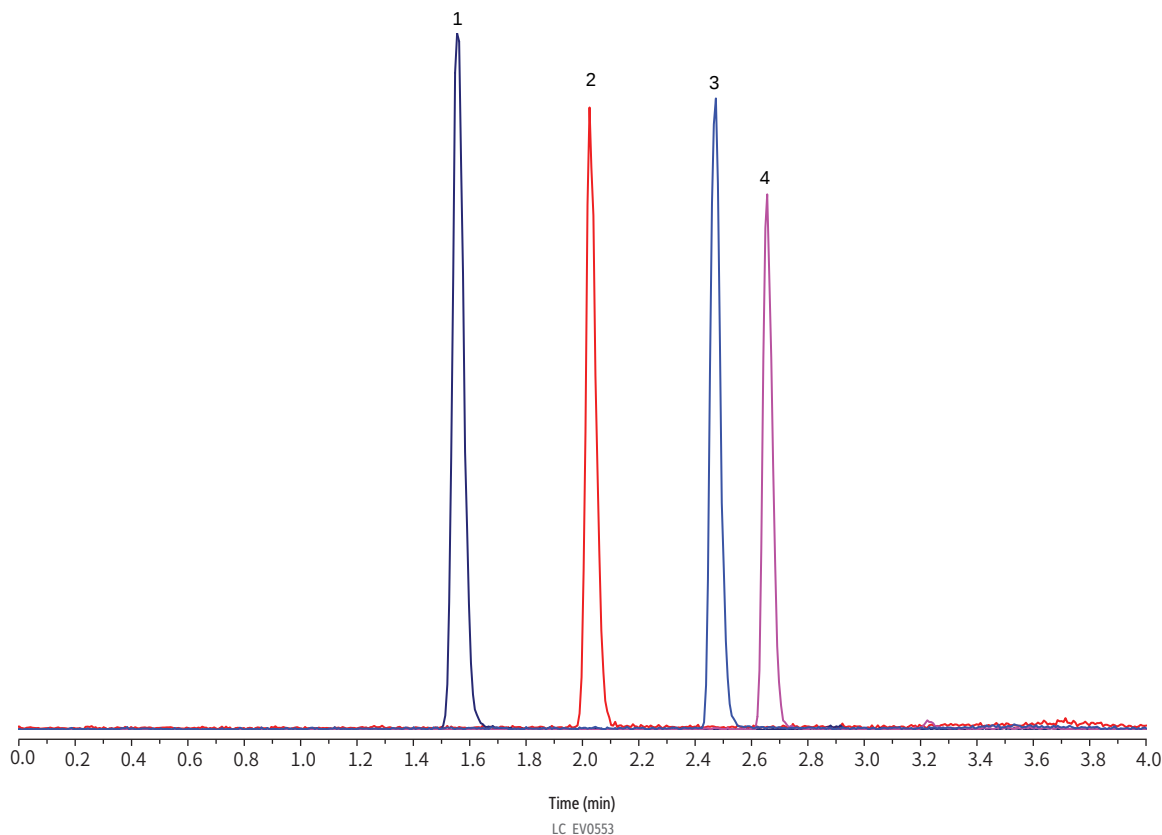
由于 PFAS 类化合物有大量的同系物和异构体, 且它们通常在环境/食品/血液中以痕量水平 (ng/g 或 $\mu\text{g/L}$) 检测, 因此需要对样品进行前处理, 其中最常用的提取方法是固相萃取。目前, 串联质谱的高灵敏度和选择性, 结合色谱的分离特性使得色谱-串联质谱成为检测 PFAS 的主要方法。而这类分析又以高效液相色谱-串联质谱仪应用为主, 对于空气样品中 PFAS 化合物的分析, GC-MS/MS 通常是最合适的方法, 另外 GC-MS/MS 也可用于食品接触材料中的PFAS及其迁移到食品中的水平监测。

在此, 我们将向您展示 Restek 关于 PFAS 化合物分析的部分应用方案及谱图, 并为您讲解如何排除 PFAS 分析时的背景干扰、及介绍 Restek 适用于 PFAS 分析的色谱柱和耗材等。



二、PFAS分析应用谱图

应用1: Raptor C18色谱柱分析全氟烷基酸 (PFBS, PFOA, PFOS and HFPO-DA/GenX)



峰	t _r (min)	浓度 (ng/mL)	母离子	子离子
1.全氟-1-丁磺酸 (PFBS)	1.56	10	298.8	79.9
2.六氟氧化丙烯二聚酸 (HFPO-DA) /GenX	2.02	10	328.9	284.9
3.全氟辛酸 (PFOA)	2.47	5	413.1	368.9
4.全氟辛烷磺酸 (PFOS)	2.65	10	498.8	80.0

色谱柱 Raptor C18 (货号: 9304552)

规格: 50 mm x 2.1 mm ID

粒径: 5 µm

孔径: 90 Å

柱温: 40 °C

样品: 5-10 ng/mL

溶剂: 5 µL

进样量:

流动相

A: 水(5 mM 乙酸铵)

B: 甲醇

时间(min)	流速(mL/min)	%A	B%
0.00	0.4	75	25
3.00	0.4	5	95
3.01	0.4	75	25
4.00	0.4	75	25

检测器

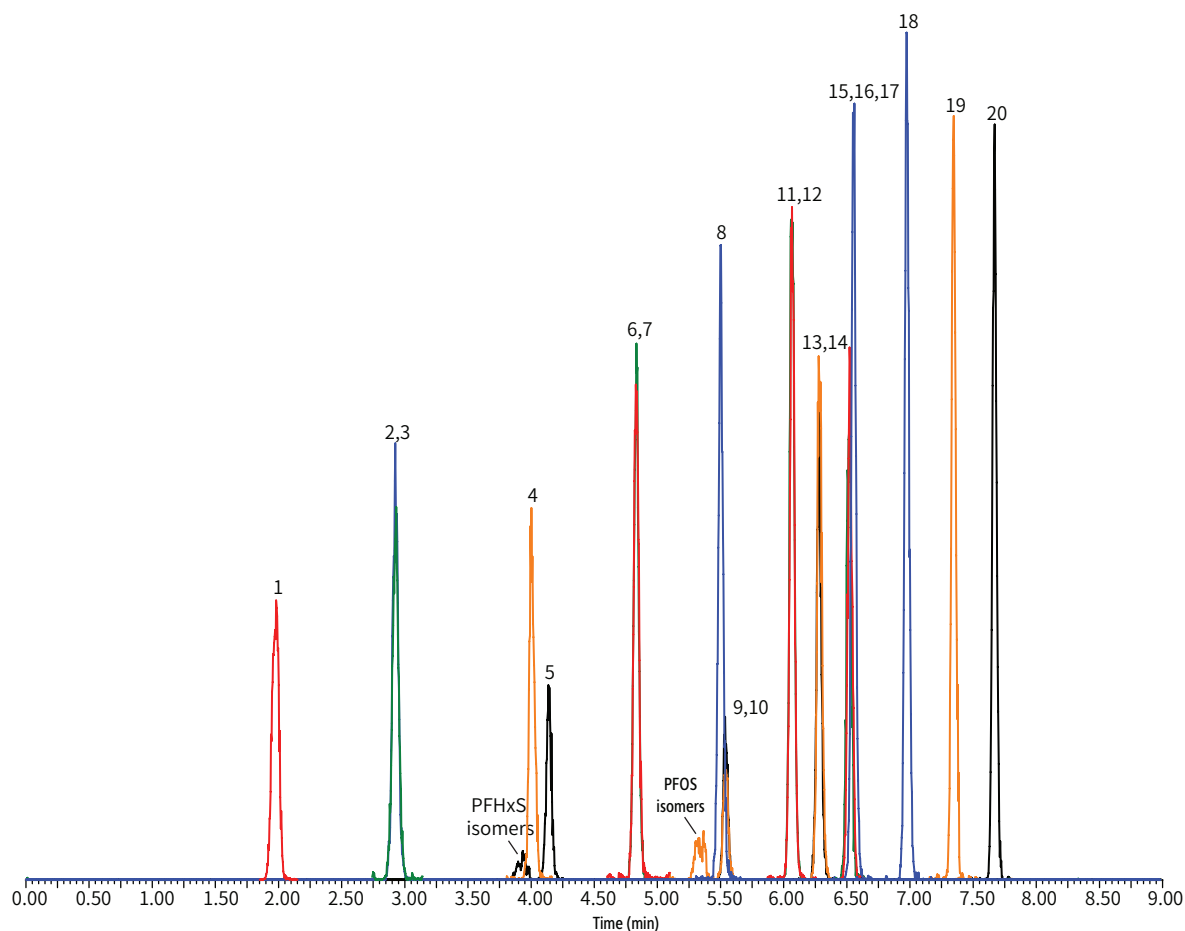
离子化方式: MS/MS

扫描模式: ESI-

仪器: MRM

UHPLC

应用2：通过 LC-MS/MS 以 Raptor C18 柱分析水中的全氟羧酸（EPA 537）



LC_EV0548

峰	保留时间 (min)	浓度 (ng/mL)	母离子	子离子	色谱柱	规格
1. 全氟丁磺酸 (PFBS)	1.98	10	299.10	79.99	Raptor C18 (货号: 9304552)	50 mm x 2.1 mm ID
2. 全氟-n-[1,2-13C2]己酸 (13C-PFHxA)	2.92	10	315.13	270.13	粒径:	5 μm
3. 全氟己酸 (PFHxA)	2.93	10	313.10	269.12	孔径:	90 Å
4. 全氟庚酸 (PFHpA)	4.00	5	363.16	319.09	柱温:	40 °C
5. 全氟己烷磺酸 (PFHxS)	4.14	10	399.13	79.98	样品	96:4 甲醇:水
6. 全氟-[1,2-13C2]辛酸 (13C-PFOA)	4.83	5	415.13	370.10	溶剂:	5-10 ng/mL
7. 全氟辛酸 (PFOA)	4.83	5	413.16	369.10	浓度:	2 μL
8. 全氟壬酸 (PFNA)	5.50	5	463.16	419.19	进样量:	水(5 mM 乙酸铵)
9. 全氟-1-[1,2,3,4-13C4]辛烷磺酸 (13C-PFOS)	5.54	5	503.13	79.98	流动相	
10. 全氟辛烷磺酸 (PFOS)	5.54	10	499.17	79.98	A:	
11. 全氟-n-[1,2-13C2]癸酸 (13C-PFDA)	6.06	5	515.17	470.17	B:	甲醇
12. 全氟癸酸 (PFDA)	6.07	5	513.17	469.16	时间	流速
13. N-苄基全氟-1-辛烷	6.28	5	573.23	419.15	(min)	(mL/min)
14. N-甲基全氟辛烷磺酰胺基乙酸 (NMeFOSAA)	6.28	5	570.20	419.17	0.00	0.4
15. N-苄基全氟-1-辛烷磺酰胺基乙酸 (d5-NEtFOSAA)	6.52	5	589.27	419.11	8.00	0.4
16. N-乙基全氟辛烷磺酰胺基乙酸 (NEtFOSAA)	6.52	5	584.20	419.18	8.01	0.4
17. 全氟十一烷酸 (PFUnA)	6.56	5	563.23	519.24	9.00	0.4
18. 全氟十二烷酸 (PFDoA)	6.98	5	613.23	569.19	检测器	MS/MS
19. 全氟十三烷酸 (PFTrDA)	7.35	5	663.23	619.21	离子源:	Electrospray
20. 全氟十四烷酸 (PFTA)	7.67	5	713.23	669.23	离子化方式:	ESI-
					模式:	MRM
					仪器	Waters ACQUITY

应用3：通过LC-MS/MS以RaptorC18（1.8μm）色谱柱中测定全氟化合物（PFAS）

色谱柱 Raptor C18（货号：9304252）

规格：50mmx2.1mm ID

粒径：1.8 μm

孔径：90 Å

柱温：40 °C

样品

溶剂：80:20 水：甲醇

进样量：5-250ng/mL

5μL

流动相

A: 水(5 mM 乙酸铵)

B: 甲醇

时间(min)	流速(mL/min)	%A	%B
0.00	0.4	80	20
6.00	0.4	5	95
6.50	0.4	5	95
6.51	0.4	80	20
8.00	0.4	80	20

检测器 MS/MS

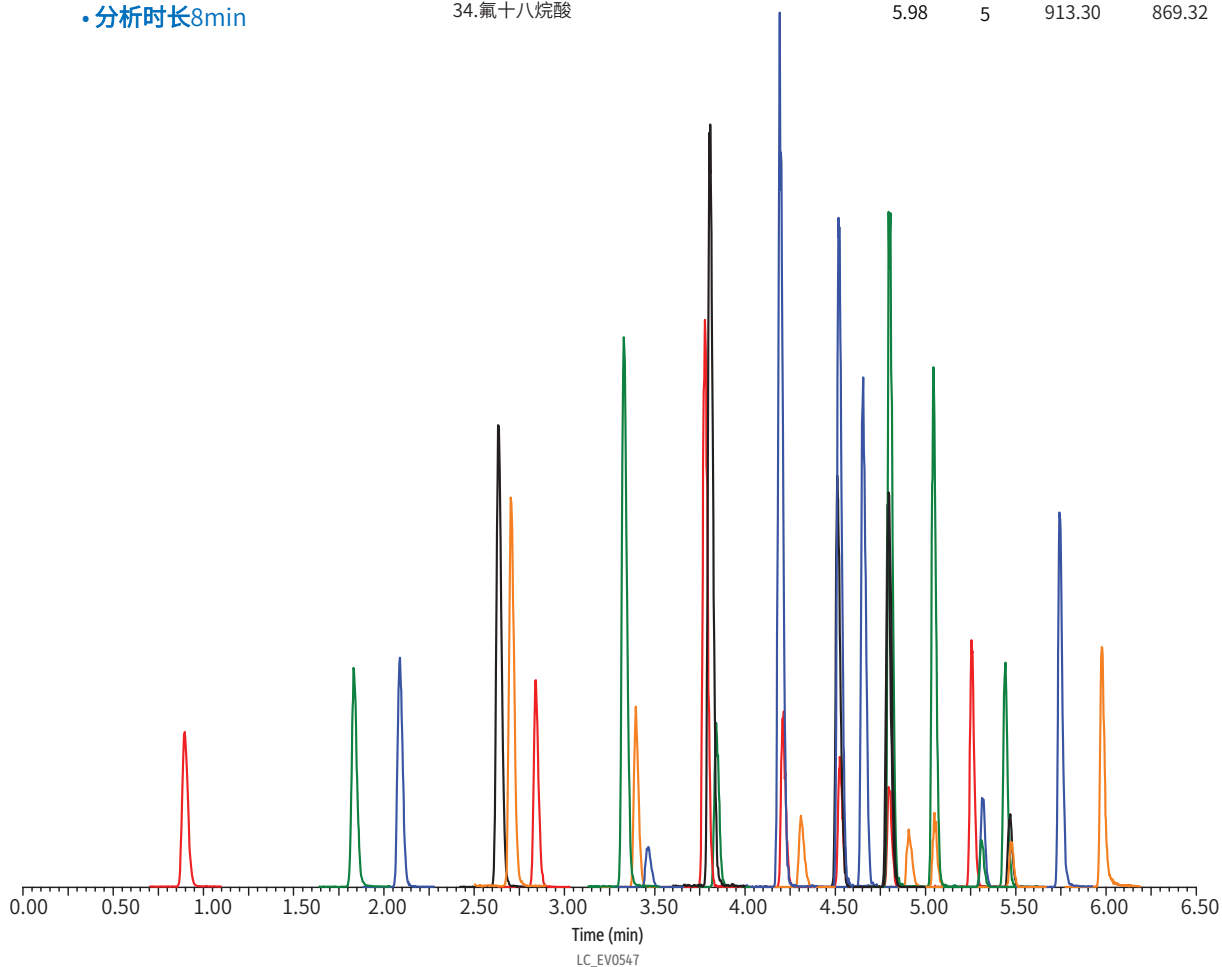
离子化方式：ESI-

模式：MRM

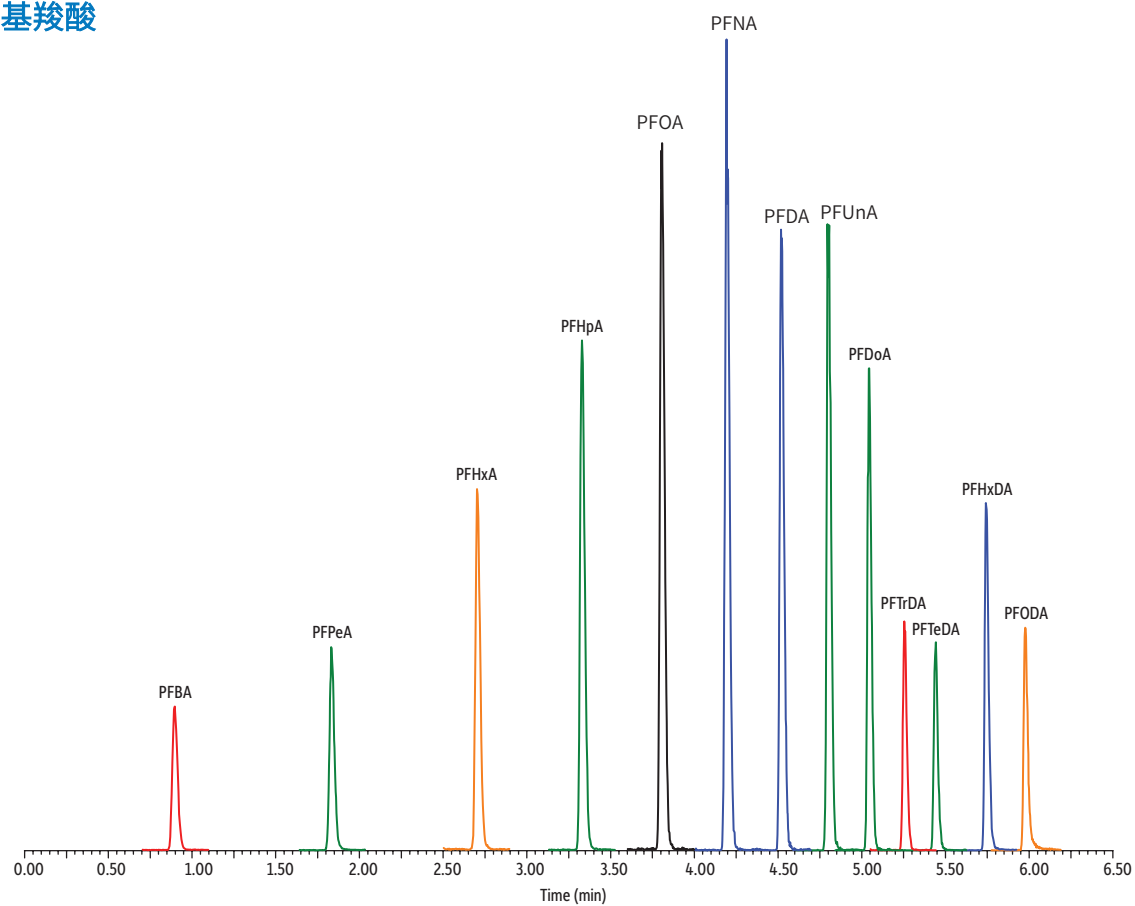
仪器 UHPL

- 高效分离
- 分析时长8min

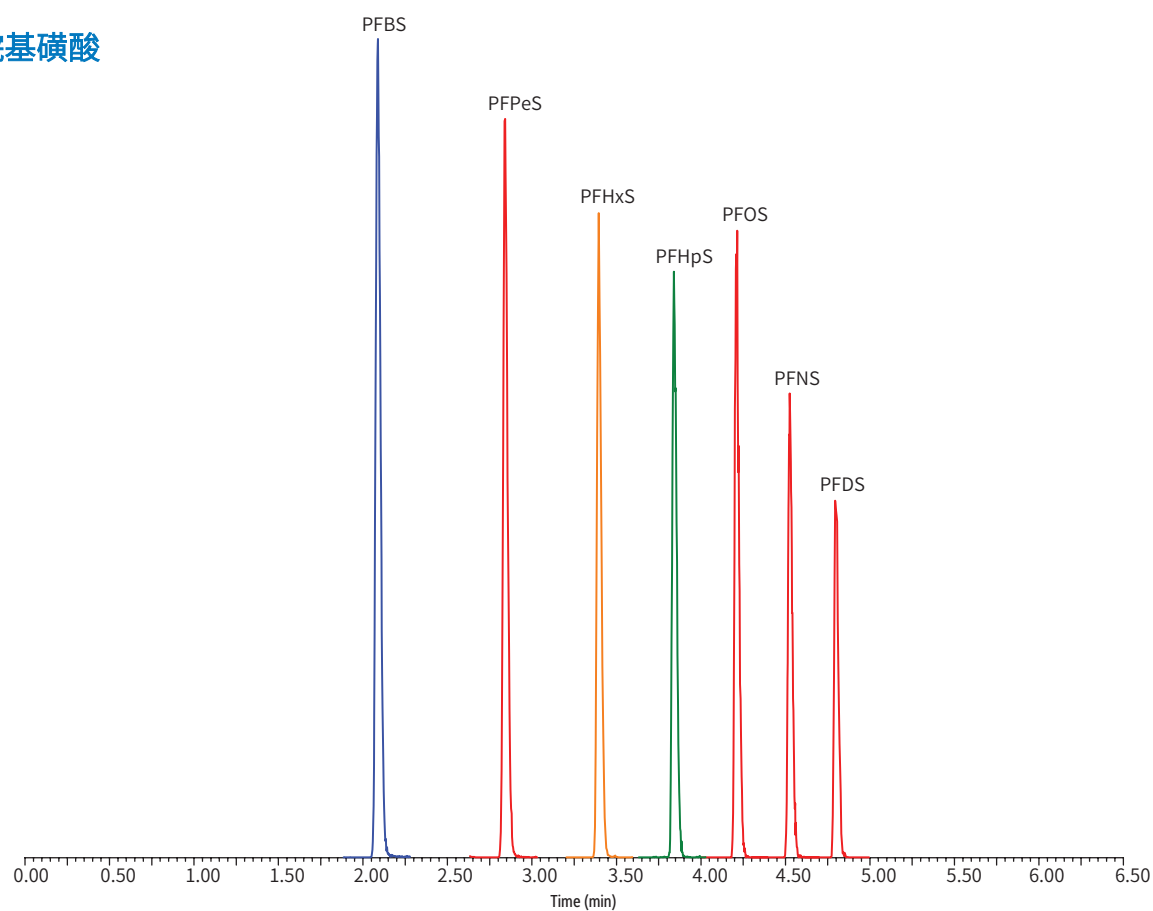
峰	t _R (min)	浓度 (ng/mL)	母离子	子离子
1.全氟丁酸 (PFBA)	0.90	5	213.07	169.07
2.全氟戊酸 (PFPeA)	1.83	5	263.10	219.11
3.全氟-1-丁磺酸 (PFBS)	2.09	5	299.10	79.9
4.1H, 1H, 2H, 2H-全氟己烷磺酸 (4:2FTS)	2.63	5	327.10	307.08
5.全氟己酸 (PFHxA)	2.70	5	313.10	269.12
6.全氟庚烷磺酸 (PFPeS)	2.84	5	349.10	79.9
7.全氟庚酸 (PFHpA)	3.33	5	363.16	319.09
8.全氟己烷磺酸 (PFHxS)	3.39	5	399.13	79.98
9.2-全氟己基乙酸 (FHEA)	3.46	250	377.13	293.07
10.1H,1H,2H,2H-全氟辛烷磺酸 (6:2FTS)	3.78	5	427.17	407.18
11.全氟辛酸 (PFOA)	3.81	5	413.16	369.10
12.全氟庚烷磺酸 (PFHS)	3.84	5	449.17	79.98
13.全氟壬酸 (PFNA)	4.19	5	463.16	419.19
14.全氟辛烷磺酸 (PFOS)	4.21	5	499.17	79.98
15.2-全氟辛基乙酸 (FOEA)	4.31	250	477.17	393.15
16.1H,1H,2H,2H-全氟癸烷磺酸 (8:2FTS)	4.51	5	527.17	507.16
17.全氟癸酸 (PFDA)	4.52	5	513.17	469.16
18.全氟壬烷磺酸 (PFNS)	4.53	5	549.17	79.98
19.2-(N-甲基全氟辛烷磺酰基)乙酸(NMeFOSAA)	4.66	5	570.20	419.17
20.全氟癸烷磺酸 (PFDS)	4.79	5	599.17	79.98
21.2-(N-乙基全氟辛烷磺酰基)乙酸(N-EtFOSAA)	4.79	5	584.20	419.18
22.全氟辛烷磺酰胺 (FOSA)	4.79	5	498.17	77.97
23.全氟十一烷酸 (PFUnA)	4.80	5	563.23	519.24
24.2-全氟癸基乙酸 (FDEA)	4.91	250	577.23	493.18
25.全氟十二烷酸 (PFDoA)	5.04	5	613.23	569.19
26.1H,1H,2H,2H-全氟十二烷磺酸 (10:2FTS)	5.05	5	627.23	607.20
27.全氟十三烷酸 (PFTTrDA)	5.25	5	663.23	619.21
28.C8磺酰胺/N-甲基全氟辛烷磺酰胺 (N-MeFOSA)	5.31	5	512.17	169.07
29.N-甲基全氟辛烷磺酰胺乙醇 (N-MeFOSE)	5.31	50	616.27	59.1
30.全氟十四烷酸 (PFTeDA)	5.44	5	713.23	669.23
31.氟虫胺/N-乙基全氟辛烷磺酰胺 (N-EtFOSA)	5.47	5	526.23	169.06
32.N-乙基全氟辛烷磺酰胺乙醇 (N-EtFOSE)	5.47	50	630.33	59.1
33.全氟十六烷酸 (PFHxDA)	5.74	5	813.30	769.28
34.氟十八烷酸	5.98	5	913.30	869.32

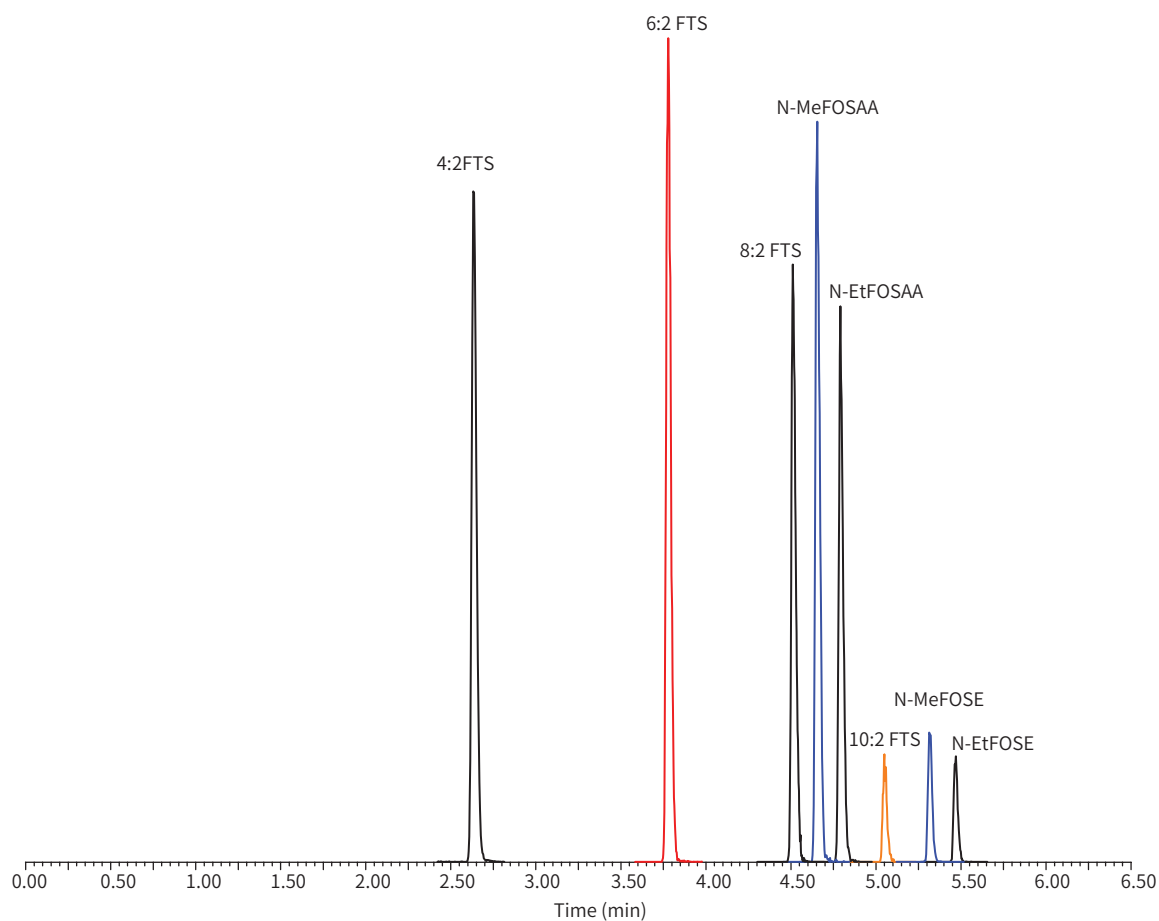


全氟烷基羧酸

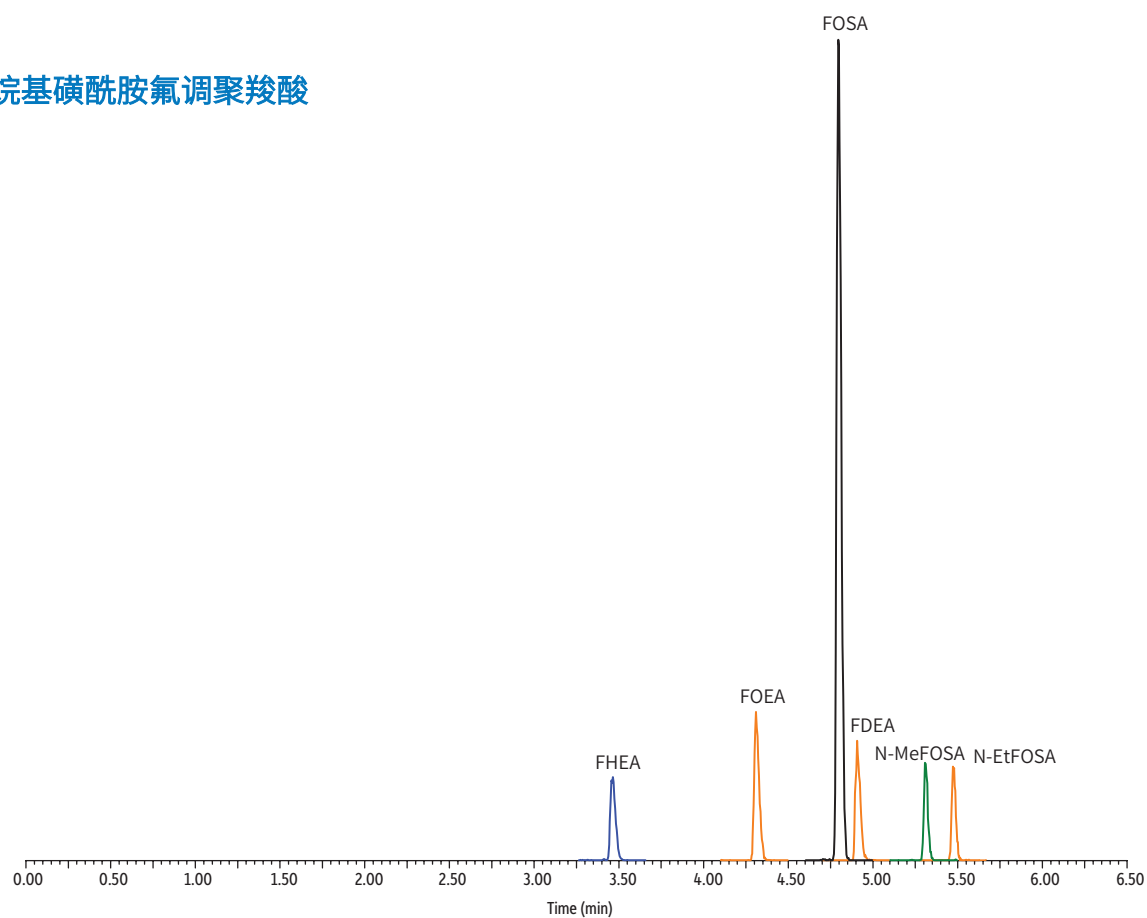


全氟烷基磺酸

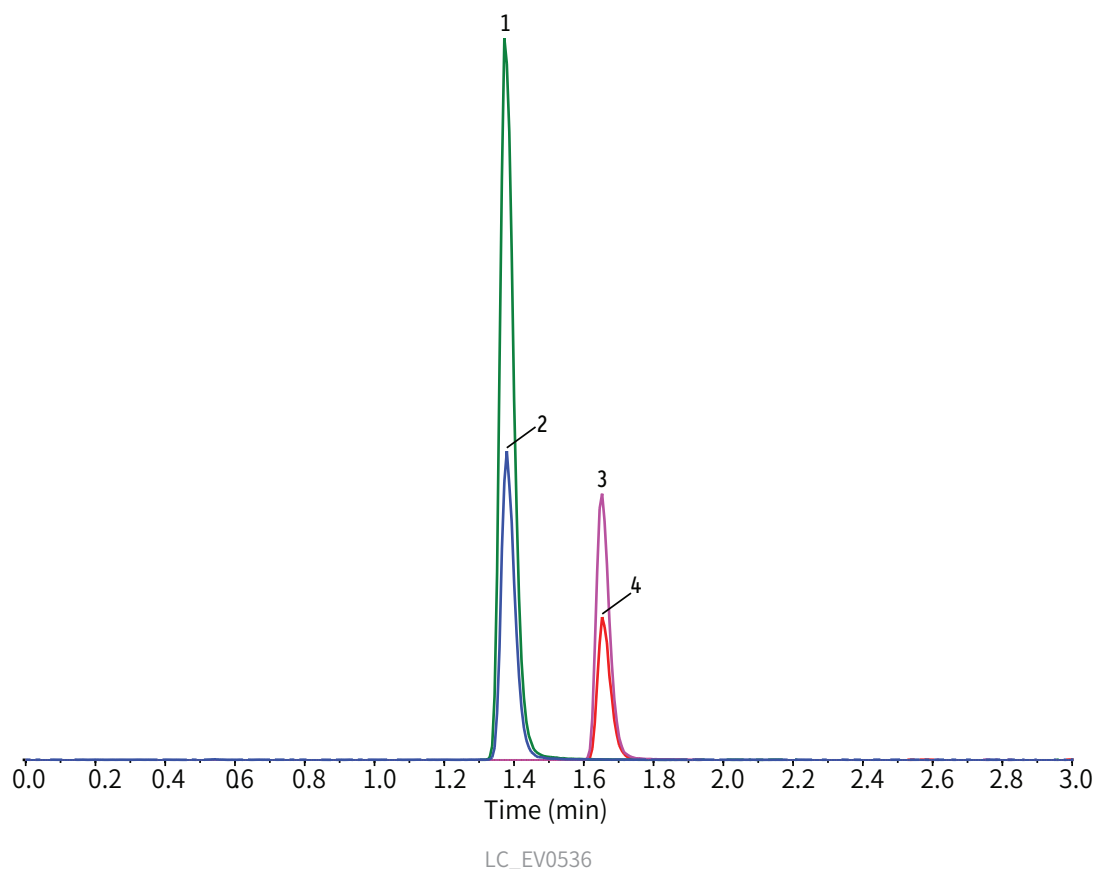




全氟烷基磺酰胺氟调聚羧酸



应用4：通过 LC-MS/MS 以 Raptor C18 柱测定全氟辛酸（PFOA）和全氟辛烷磺酸（PFOS）



峰	t_R (min)	浓度 (ng/mL)	母离子	子离子
1.全氟-[1,2- $^{13}\text{C}_2$]辛酸(^{13}C -PFOA)	1.38	10	414.8	369.8
2.全氟辛酸 (PFOA)	1.38	5	412.7	368.8
3.全氟-1-[1,2,3,4- $^{13}\text{C}_4$]辛烷磺酸(^{13}C -PFOS)	1.65	10	502.7	79.9
4.全氟辛烷磺酸 (PFOS)	1.65	5	498.7	79.9

色谱柱 Raptor C18 (货号: 9304512)

规格: 100 mm x 2.1 mm ID

粒径: 5 μm

孔径: 90 Å

柱温: 40 °C

样品

溶剂: 甲醇:水=50:50

浓度: 5-10 ng/mL

进样量: 5 μL

流动相

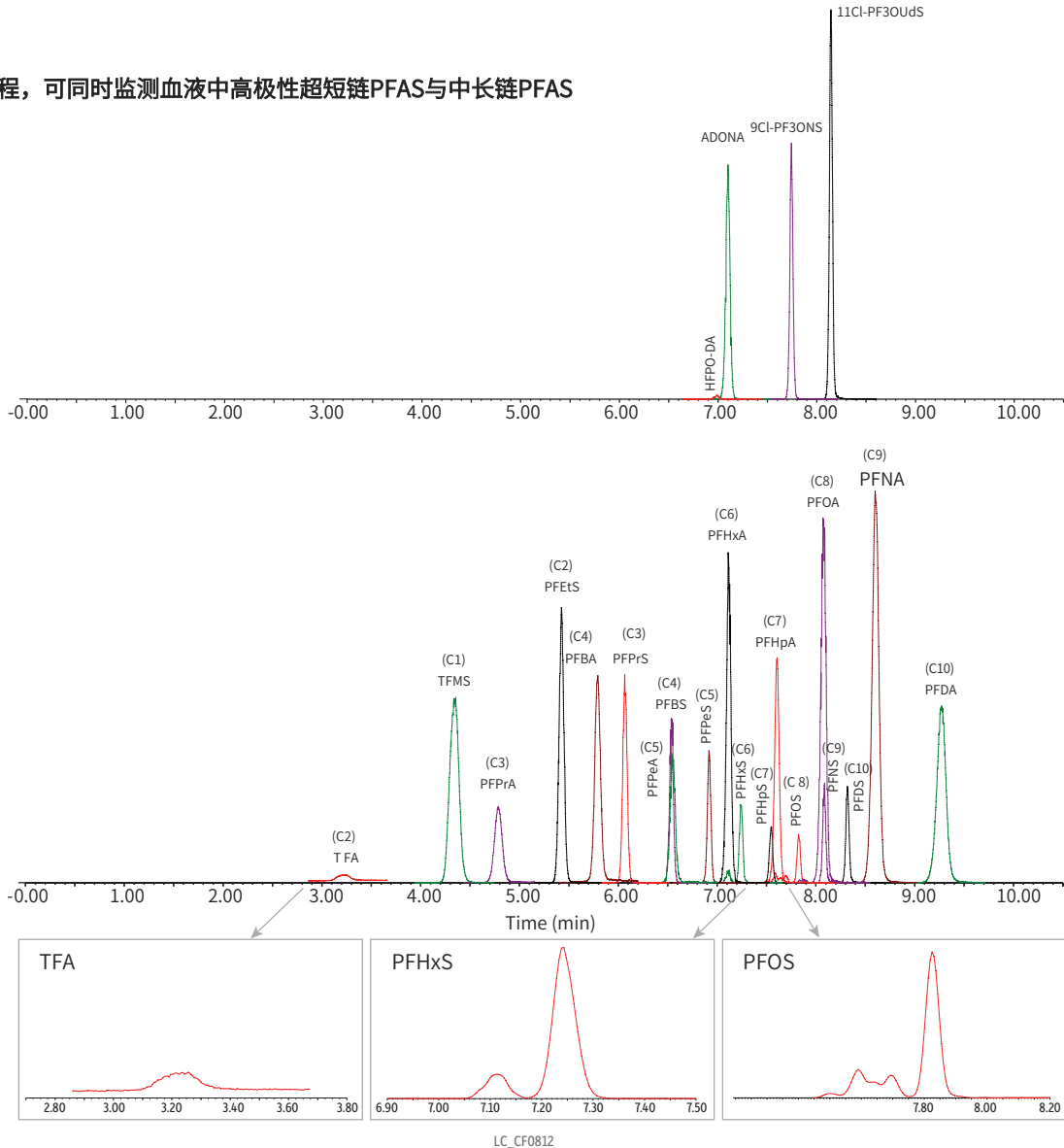
A: 水(5 mM乙酸铵)

B: 甲醇

检测器	MS/MS	时间 (min)	流速 (mL/min)	%A	%B
离子化方式:	ESI-	0.00	0.4	40	60
扫描模式:	MRM	2.50	0.4	5	95
		2.51	0.4	40	60
仪器	UHPLC	4.50	0.4	40	60

应用5:Ultra IBD 色谱柱分析人血浆和血清中超短链至长链 (C1-C10) PFAS 及其替代物

独特的分析流程，可同时监测血液中高极性超短链PFAS与中长链PFAS



色谱柱 Ultra IBD (货号: 9175312)
规格: 100 mm x 2.1 mm ID
粒径: 3µm
孔径: 100 Å
柱温: 40 °C
标准品/样品 PFAS 28种标准品(货号: 30734)
溶剂: 水:甲醇 (1:2)
浓度: 10 ng/mL
进样量: 5 µL

流动相
A: 水, 5 mM 甲酸铵,
B: 0.1% 甲酸乙腈
时间 (min) **流速 (mL/min)** **%A** **%B**
0.00 0.3 80 20
7.00 0.3 5 95
9.00 0.3 5 95
9.01 0.3 80 20
11.00 0.3 80 20

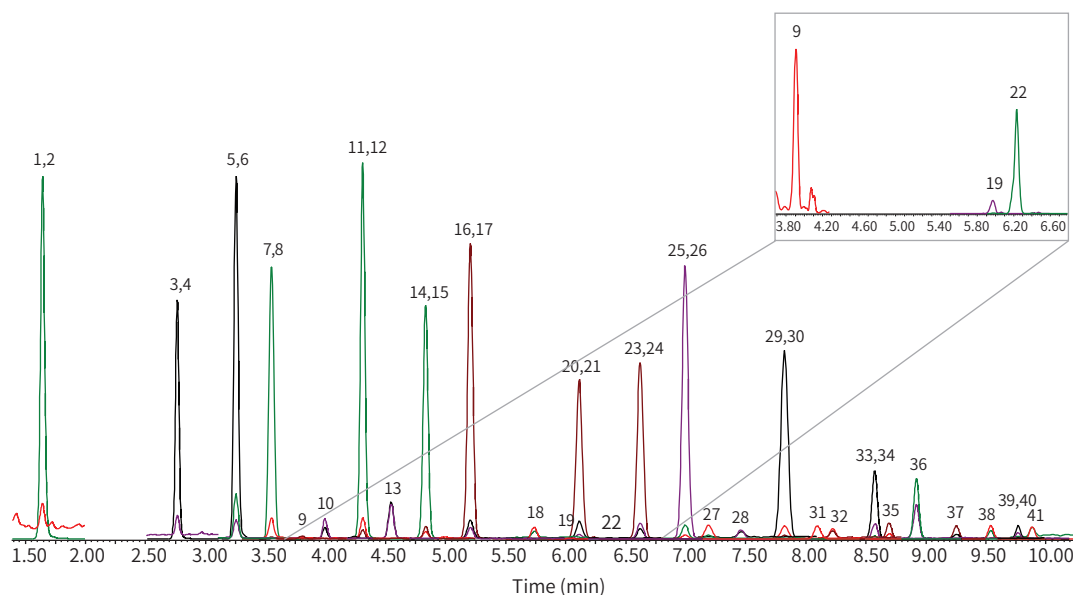
最高压力: 275 bar
检测器: Waters Xevo TQ-S
离子源: ESI-
扫描模式: MRM
仪器设备: Waters ACQUITY UPLC I-Class

样品制备
在聚丙烯HPLC样品瓶中, 用含1x磷酸盐缓冲液的
反渗透水制备100µL标准溶液, 浓度为10ng/
mL (ppb), 然后与含有1.5%甲酸的200µL甲醇混
合。

备注 PFAS延迟柱 (货号: 27854) 安装在进样器之前。

峰	tr (min)	母离子	定量离子	确认离子
1.三氟乙酸 (TFA)	3.25	113.03	69.01	
2.三氟甲烷磺酸 (TFMS)	4.37	148.97	79.93	98.92
3.全氟丙酸 (PFPrA)	4.81	162.97	119.02	
4.全氟乙烷磺酸 (PFEtS)	5.44	198.90	79.92	98.91
5.全氟丁酸 (PFBA)	5.80	213.03	168.98	
6.全氟丙烷磺酸 (PFPrS)	6.08	248.97	79.92	98.91
7.全氟丁烷磺酸 (PFBS)	6.55	298.97	79.97	98.89
8.全氟戊酸 (PFPeA)	6.56	262.97	218.97	
9.全氟戊烷磺酸 (PFPeS)	6.93	349.10	79.98	98.98
10.六氟环丙烷二聚体 (HFPO-DA)	7.01	285.03	169.02	185.02
11.十二氟-3-氧-4,8-二氧杂壬酸 (ADONA)	7.11	376.90	250.93	84.97
12.全氟己酸 (PFHxA)	7.13	313.10	268.97	118.99
13.全氟己烷磺酸 (PFHxS)	7.24	398.90	79.97	98.89
14.全氟庚烷磺酸 (PFHpA)	7.56	449.17	79.98	98.97
15.全氟庚酸 (PFHpS)	7.62	363.16	319.09	169.06
16.9-氯-3-氧杂全氟壬烷磺酸盐 (9Cl-PF3ONS)	7.75	530.78	350.85	82.96
17.全氟辛烷磺酸 (PFOS)	7.82	499.03	79.92	98.90
18.全氟壬烷磺酸 (PFNS)	8.09	549.10	79.92	98.83
19.全氟辛酸 (PFOA)	8.10	413.10	368.96	168.90
20.11-氯-20-氟-3-氧代十一烷-1-磺酸 (11Cl-PF3OUdS)	8.15	630.78	450.80	82.95
21.全氟癸烷磺酸 (PFDS)	8.32	599.17	79.98	98.83
22.全氟壬酸 (PFNA)	8.62	463.10	419.01	219.02
23.全氟癸酸 (PFDA)	9.29	513.17	469.16	219.06

应用6：用 Force C18 柱检测牛奶中 0.01 µg/kg 浓度水平的 PFAS 化合物



LC_FF0627

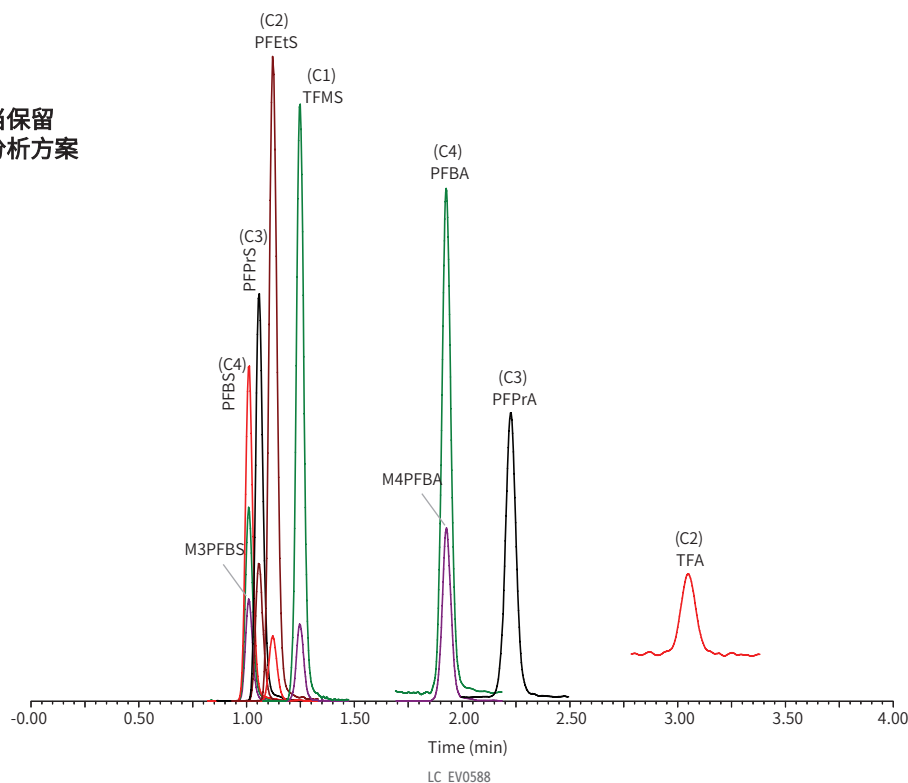
峰	tr (min)	Precursor ion 1	Precursor ion 2	Conformation ion	Precursor ion 2	Precursor ion 2
1.全氟丁酸 (PFBA)	1.64	0.01	212.94	168.89	—	—
2. ¹³ C4-全氟丁酸 (M4PFBA)	1.64	0.10	217.00	172.00	—	—
3.全氟戊酸 (PFPeA)	2.77	0.01	262.93	218.89	—	—
4. ¹³ C5全氟戊酸 (M5PFPeA)	2.77	0.10	268.00	223.00	—	—
5.全氟丁烷磺酸 (PFBS)	3.25	0.01	298.96	79.97	—	98.89
6. ¹³ C3全氟丁烷磺酸 (M3PFBS)	3.25	0.10	302.00	80.00	—	—
7.全氟己酸 (PFHxA)	3.55	0.01	313.09	119.03	—	268.88
8. ¹³ C5全氟己酸 (M5PFHxA)	3.55	0.10	318.00	273.00	—	—
9.六氟环氧丙烷二聚酸 (HFPO-DA)	3.81	0.01	284.86	168.88	—	184.8
10.全氟戊烷磺酸 (PFPeS)	3.99	0.01	349.10	79.98	—	98.90
11.全氟庚酸 (PFHpA)	4.31	0.01	363.15	169.06	—	319.08
12. ¹³ C4全氟庚酸 (M4PFHpA)	4.31	0.10	367.00	322.00	—	—
13. 4,8-二氧杂-3H-全氟壬酸铵 (ADONA)	4.55	0.01	376.90	84.97	—	250.9
14.全氟己烷磺酸 (PFHxS)	4.84	0.01	398.80	79.82	—	98.82
15. ¹³ C3全氟己烷磺酸 (M3PFHxS)	4.84	0.10	402.00	80.00	—	—
16.全氟辛酸 (PFOA)	5.21	0.01	413.09	168.90	—	368.95
17. ¹³ C8全氟辛酸 (M8PFOA)	5.21	0.10	421.00	376.00	—	—
18.全氟庚烷磺酸 (PFHpS)	5.74	0.01	448.78	79.82	—	98.82
19.多氟烷基氧化胺型表面活性剂 (Capstone product B)	5.98	0.01	568.81	548.85	—	548.90
20.全氟壬酸 (PFNA)	6.11	0.01	463.09	219.01	—	419.00
21. ¹³ C9-全氟壬酸 (M9PFNA)	6.11	0.10	472.00	427.00	—	—
22.多氟烷基氧化胺型表面活性剂 (Capstone A)	6.23	0.01	526.90	180.96	—	506.91
23.全氟辛烷磺酸 (PFOS)	6.62	0.01	498.78	79.89	—	98.82
24. ¹³ C8-全氟辛烷磺酸 (M8PFOS)	6.62	0.10	506.80	80.00	—	—
25.全氟癸酸 (PFDA)	6.99	0.01	513.16	219.06	—	469.15
26. ¹³ C6-全氟癸酸 (M6PFDA)	6.99	0.10	518.90	473.90	—	—
27.9-氯十六氟-3-噁壬烷-1-磺酸盐 (9Cl-PF3ONS)	7.19	0.01	530.77	350.85	532.84	352.78
28.全氟壬烷磺酸 (PFNS)	7.46	0.01	548.65	79.89	—	98.82
29.全氟十一酸 (PFUnA)	7.82	0.01	562.78	268.82	—	518.80
30. ¹³ C7-全氟十一酸 (M7PFUnA)	7.82	0.10	569.90	524.90	—	477.76
31.全氟烷基磺酰胺 (FOSA)	8.10	0.01	497.75	77.87	—	79.89
32.全氟癸烷磺酸 (PFDS)	8.23	0.01	598.78	98.82	—	568.80
33.全氟十二烷酸 (PFDoA)	8.57	0.01	612.52	318.90	—	532.84
34. ¹³ C2全氟十二烷酸 (M2PFDoA)	8.57	0.10	614.80	569.90	—	—
35.11-氯-3-氧杂全氟十一烷磺酸 (11Cl-PF3OUdS)	8.69	0.01	630.71	450.81	632.71	452.81
36.全氟十二烷磺酸 (PFUnDS)	8.92	0.01	648.65	79.88	—	98.82
37.全氟十三烷酸 (PFTrDA)	9.25	0.01	662.78	168.87	—	618.7
38.全氟十二烷磺酸 (PFDoDS)	9.54	0.01	698.71	79.89	—	98.88
39.全氟十四酸 (PFTeDA)	9.77	0.01	712.78	168.87	—	668.74
40. ¹³ C2-全氟十四酸 (M2PFTeDA)	9.77	0.10	714.80	669.70	—	—
41.全氟十三烷磺酸 (PFTrDS)	9.88	0.01	748.59	79.88	—	98.88

色谱柱	Force C18 (货号: 9634352)
规格:	50 mm x 2.1 mm ID
粒径:	3 µm
孔径:	90 Å
保护柱:	Force EXP C18
柱温:	50 °C
标准品/样品	PFAS 28 标准品 其它标准品外部获得
溶剂:	甲醇: 水 (60:40)
浓度:	牛奶中的分析物含量为0.01µg/kg (国际标准0.10µg/kg)
进样量:	5 µL
流动相	
A:	水, 5 mM乙酸铵
B:	甲醇: 乙腈= 50:50
	Time (min) Flow (mL/min) %A %B
	0.00 0.6 95 5
	3.00 0.6 60 40
	9.00 0.6 30 70
	9.50 0.6 5 95
	10.50 0.6 0 100
	11.00 0.6 0 100
	11.01 0.6 95 5
	13.00 0.6 95 5
最大压力:	360 bar
检测器	Waters Xevo TQ Absolute
离子化方式:	ESI-
扫描模式:	MRM
仪器设备	Waters ACQUITY Premier
样品制备	- 称取 10 克 (+/-0.1 g) 牛奶置于 50 mL 离心管中 - 强化浓度为 0.01 µg/kg - 将 50 µL 同位素内标溶液加入样品中 (50 µL of 20 ppb) - 加 10 mL 乙腈 - 加 150 µL 甲酸 - 加入 Q-sep QuEChERS 提取盐包 (original) - 涡旋 30 秒, 然后振荡 10 分钟 - 以 4200 rpm 转速离心 5 分钟 - 上清液分装到含 300 mg PSA, 150 mg GCB 的 15 mL dSPE 离心管中 - 涡旋 30 秒, 以 4200 rpm 转速离心 5 分钟 - 取 6 mL 转移到清洁的 15 mL 离心瓶中 - 氮吹浓缩仪, 35 °C 下氮吹 90 分钟 - 加 400 µL 甲醇: 水 (60:40) 复溶, 涡旋 4200 rpm 转速下离心 5 分钟 - 取上清液到聚丙烯样品瓶中, 盖上瓶盖 - 进样 5 µL

备注 在注射器之前安装了 PFAS 延迟柱 (货号: 27854)。

应用7: RaptorPolar X分析超短链至和短链PFAS

- 对超短链PFAS有适当保留
- 超短链PFAS的快速分析方案



峰	tr (min)	浓度 (ng/mL)	母离子	子离子1	子离子2
1. 全氟丁磺酸 (PFBS)	1.01	400	298.97	79.97	98.89
2. ¹³ C ₃ -全氟丁磺酸 (M3PFBS)	1.01	100	301.97	79.97	-
3. 全氟丙磺酸 (PFPrS)	1.06	400	248.97	79.91	98.91
4. 全氟乙磺酸 (PFETs)	1.12	400	198.90	79.92	98.91
5. 三氟甲磺酸 (TFMS)	1.25	400	148.97	79.93	98.92
6. 全氟丁酸 (PFBA)	1.93	400	213.03	168.98	-
7. ¹³ C ₄ -全氟丁酸 (M4PFBA)	1.93	100	217.03	171.98	-
8. 全氟丙酸 (PFPrA)	2.23	400	162.97	119.02	-
9. 三氟乙酸 (TFA)	3.05	400	113.03	69.01	-

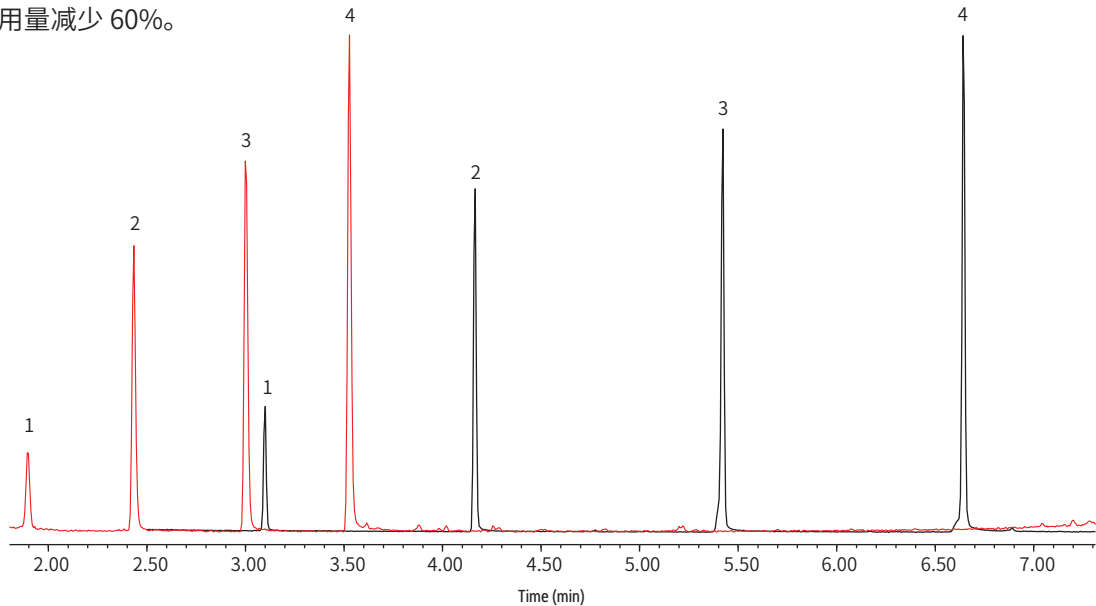
色谱柱: Raptor Polar X (货号9311A52)
 规格: 50 mm x 2.1 mm ID
 粒径: 2.7 μm
 孔径: 90 Å
 柱温: 40 °C
 标准品/样品: 反渗透水
 溶剂: 100 - 400 ng/L (ppt)
 浓度: 10 μL
 进样量: 10 μL
 流动相: 水 (含10 mM甲酸铵, 0.1% 甲酸)
 A: 乙腈: 异丙醇 (95: 5), 0.1% 甲酸
 B:

时间 (min)	流速 (mL/min)	%A	%B
0.00	0.3	15	85
7.00	0.3	15	85

检测器: Waters Xevo TQ-S
 离子化方式: ESI-
 扫描模式: MRM
 仪器: Waters ACQUITY UPLC I-Class
 样品制备: 标准溶液在400ppt的反渗透水中制备。将0.4 mL的等分试样转移到聚丙烯HPLC小瓶中, 并与4μL含有M3PFBS和M4PFBA的内标溶液 (10 ng/mL) 混合。

应用8: LPGC-MS 快速分析氟调聚醇 (FTOHs)

与传统 GC-MS (黑色谱图) 相比, LPGC-MS (红色谱图) 速度快1.9倍, 氦气用量减少 60%。



GC_EV1519

峰	浓度 ($\mu\text{g/mL}$)	tR (30 m)	tR (LPGC)
1. 4:2 FTOH (2-全氟丁醇)	2	3.10	1.90
2. 6:2 FTOH (2-全氟己醇)	2	4.17	2.43
3. 8:2 FTOH (2-全氟辛醇)	2	5.44	3.01
4. 10:2 FTOH (2-全氟癸醇)	2	6.65	3.53

色谱柱	见备注
标准品/样品	2- (全氟丁基) 乙醇 2- (全氟己基) 乙醇 2- (全氟辛基) 乙醇 2- (全氟癸基) 乙醇
溶剂:	甲醇
浓度:	2 $\mu\text{g/mL}$
进样	1 μL 分流进样 (分流比 5:1)
进样量:	Topaz, precision inlet liner, 4.0 mm x 6.3 x 78.5(货号: 23305)
衬管:	
进样口温度:	280 $^{\circ}\text{C}$
载气:	He
检测器	MS
模式:	SIM
SIM 程序:	131 m/z, 300 ms dwell
传输线温度:	280 $^{\circ}\text{C}$
质量分析器类型:	Quadrupole
源温:	250 $^{\circ}\text{C}$
四极杆温度	180 $^{\circ}\text{C}$
调谐类型:	PFTBA
离子化方式:	EI

仪器设备 Agilent 7890B GC & 5977A MSD

样品制备 将所有标准品 (原始浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$) 以 1 ppm 的浓度混合到聚丙烯样品瓶中 (样品瓶货号: 23244, 瓶盖货号: 23244)。取 50 μL 到带 100 μL 内插管 (货号: 24512) 的样品瓶中, 进 GC-MS 分析。

备注 常规分析:
色谱柱: Rtx-200ms, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μm (货号: 15623)
温度程序: 35 $^{\circ}\text{C}$ (保持 1 分钟), 以 15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 280 $^{\circ}\text{C}$ (保持 5 分钟)
流速: 1.2 mL/min
SIM 启动: 2.5 分钟
SIM: 131 m/z, 300 ms

LPGC-MS 分析:
色谱柱: LPGC Rtx-200 色谱柱套件, 包括 Rtx-200, 10 m x 0.32 mm ID x 1.00 μm 分析柱和 Rxi, 5m x 0.15 mm ID 限流柱, 两者通过 SilTite 连接器 (货号: 11807) 连接
温度程序: 35 $^{\circ}\text{C}$ (保持 0.5 分钟), 以 35 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 280 $^{\circ}\text{C}$ (保持 5 分钟)
流速: 0.9 mL/min
SIM 启动: 1.5 分钟
SIM: 131 m/z, 300 ms
使用脉冲分流进样: 30 psi 至 0.15 min.
不同仪器上, 在不同的压力下进样, 分析物的响应会有不同。

应用9：热脱附-气相色谱-质谱（TD-GC-MS）分析食品接触材料中使用的 PFAS

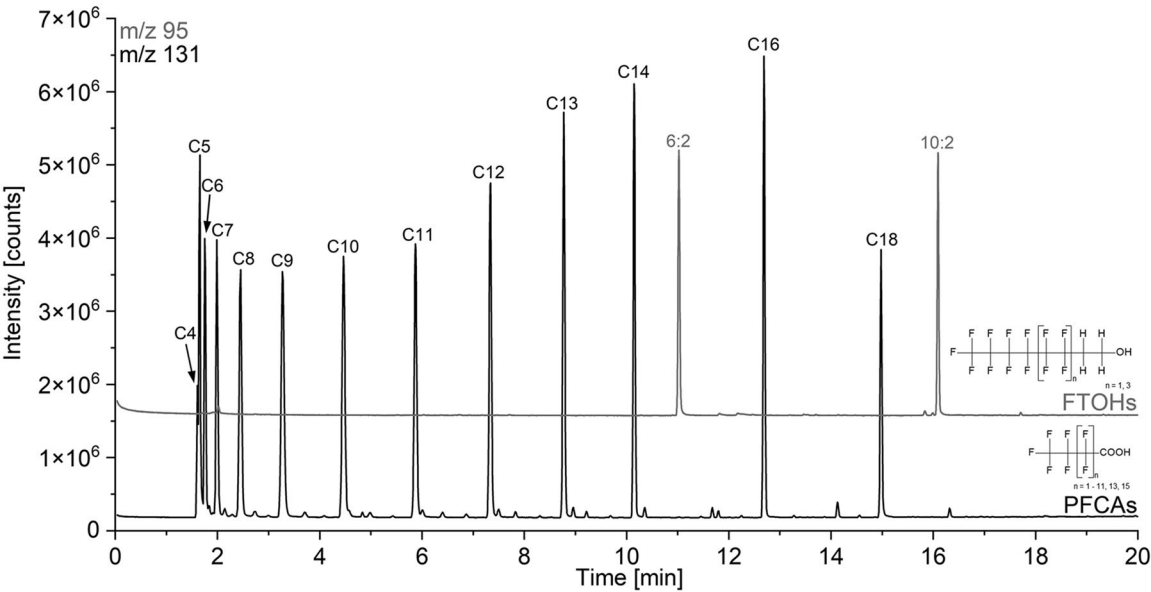


图1：PFCA和FTOH的GC-MS色谱图

表1：GC-MS 参数表

	GC parameters		SIM m/z				LODs [pg]			
	Time [min]	RI	El quan	El qual	Ratio quan/ qual	PCI	NCI	El quan	PCI	NCI
PFCAs										
C4 PFCA	1.61	<500	131	69	0.9	131	128	3	6	142
C5 PFCA	1.65	<500	131	69	1.8	181	200	1	3	6
C6 PFCA	1.76	<500	131	69	2.0	231	250	1	9	15
C7 PFCA	1.99	<500	131	69	2.0	281	300	1	8	7
C8 PFCA	2.44	545	131	69	2.0	331	350	1	7	2
¹³ C8-PFCA	2.44	545	134	-	-	338	357	-	-	-
C9 PFCA	3.27	623	131	69	2.5	381	400	2	7	1
¹³ C9-PFCA	3.27	623	134	-	-	389	408	-	-	-
C10 PFCA	4.47	704	131	69	3.3	431	450	4	6	1
C11 PFCA	5.88	777	131	69	4.0	481	500	4	6	0.3
C12 PFCA	7.34	866	131	69	4.0	531	550	1	2	0.3
C13 PFCA	8.78	924	131	69	4.0	581	600	1	1	1
C14 PFCA	10.16	986	131	69	4.0	631	650	1	1	1
C16 PFCA	12.71	1106	131	69	4.0	731	750	1	2	0.3
C18 PFCA	15.01	1228	131	69	4.0	831	850	3	2	1
FTs										
6:2 FTOH	11.31	1046	95	69	1.2	365	284	10	5	30
10:2 FTOH	16.42	1313	95	69	1.4	565	484	20	10	30

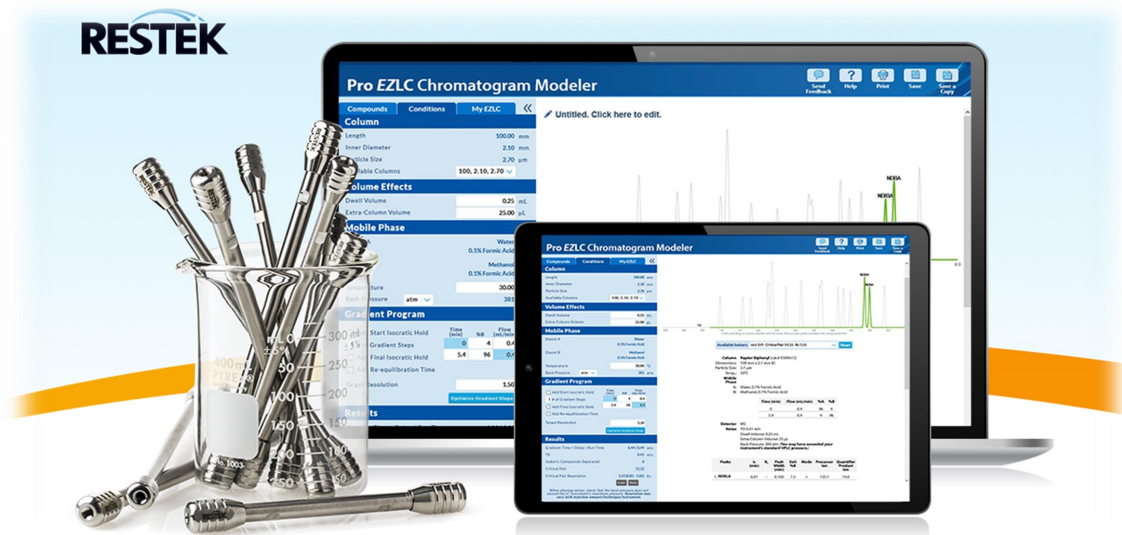
仪 器：Markes International TD100-xr 热脱附仪+Trace1310+ISQ 7000
色谱柱：Rtx-200MS, 30 mx0.25 mmIDx1.00 μm(货号:15653)
载 气：He,1.2mL/min
柱 温：30°C保持2.5分钟，以8°C/min的速度升高到250°C，保持7.5分钟。

更多详细信息见 <https://doi.org/10.1080/19440049.2024.2370371>

三、PFAS分析其它工具

1.使用 ProEZLC方法建模器建立PFAS分析方法

首先，我们选择标准方法对建模器进行评估。先用Pro EZLC方法建模器虚拟开发方法，然后将方法在仪器上进行测试，并将实验获得的保留时间与Pro EZLC预测的结果进行比较来验证其可靠性。在确认Pro EZLC可靠性后，添加更多PFAS化合物，便于方法模拟。



PFAS 数据库的构建

选择保留行为存在差异的8种PFAS化合物，先验证每种色谱柱的批次重现性。验证通过后，利用28种PFAS化合物构建基础数据库，并以这些化合物的保留数据为基础，添加其他化合物，共获得57种PFAS化合物和3种胆汁酸。

PFAS数据库的验证

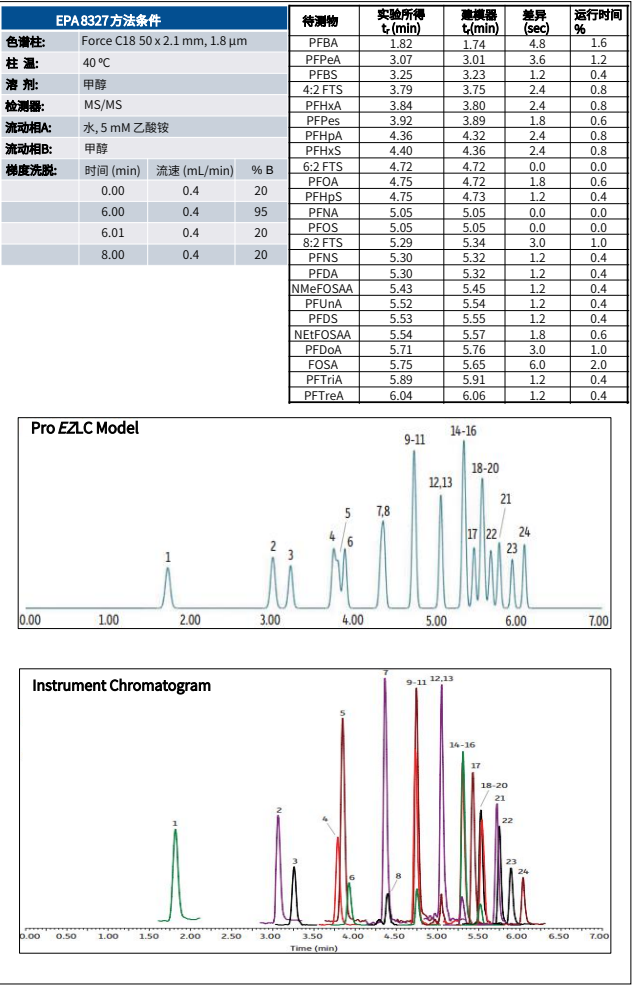
为了确定Pro EZLC的稳定性，除原有化合物以外，还对新的化合物在以下条件下进行了验证：

- 色谱柱类型:RaptorC18, 2.7 μ m和ForceC18, 3 μ m
- 色谱柱规格:50x2.1mm,50x3.0mm和100x2.1mm
- 柱温:40°C(50x2.1mm规格的色谱柱，还在35°C和50°C的柱温下进行了测试)
- 流动相:乙腈，甲醇和乙腈:甲醇(50:50)
- 梯度:线性梯度、等度和阶梯梯度

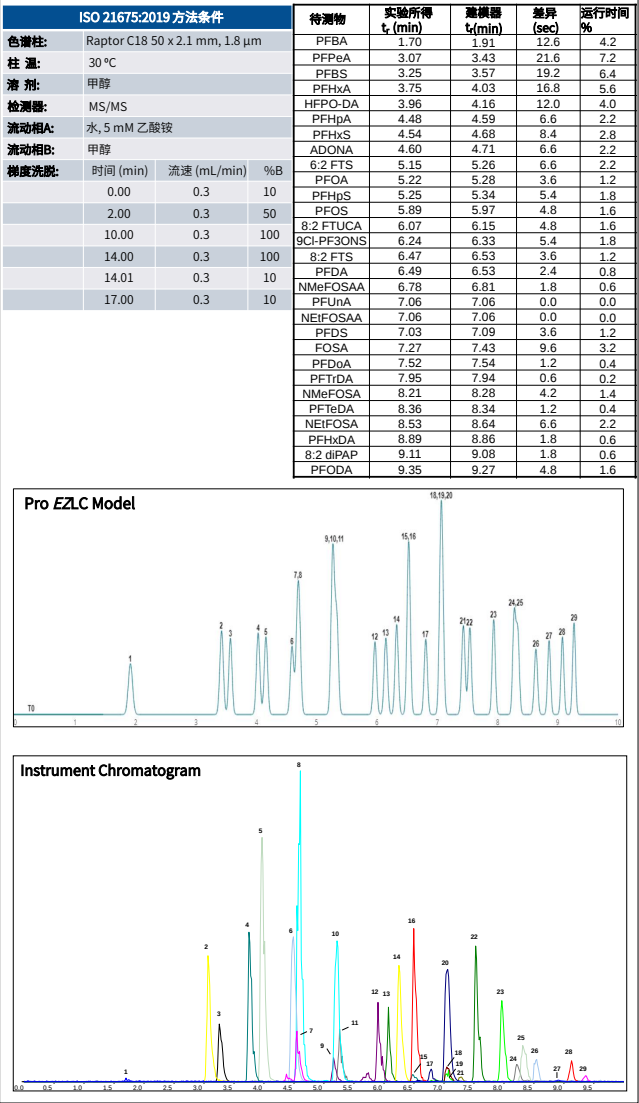
收集的目标数据：Pro EZLC和实验运行之间的保留时间差不能超过 ± 15 秒或不超过分析运行时间的10%。

在Pro EZLC上建立国际标准化组织（ISO）和环境保护署（EPA）发布的PFAS分析方法，并将模拟结果转移到仪器上，保留时间的对比结果如下：

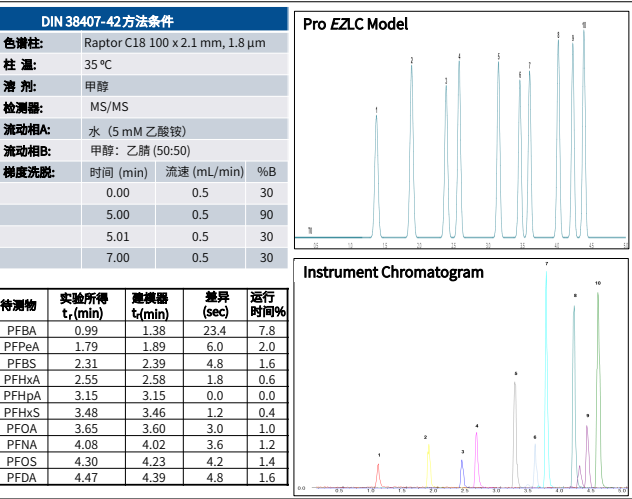
Pro EZLC 模拟与仪器实际分析对比 1



Pro EZLC 模拟与仪器实际分析对比 2

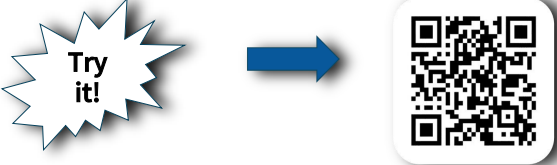


Pro EZLC 模拟与仪器实际分析对比 3



结论

结果表明，该虚拟工具可用于快速准确地开发PFAS方法。在评估三种测试方法时，实现了性能目标，即 ±15秒或分析运行时间的10%。这表明虚拟工具可以缩短建立分析方法所需时间，优化现有方法以添加新的PFAS化合物，提供按需咨询的用户体验，为方法开发提供更环保的解决方案。



EZ.restek.com

2.使用延迟柱消除仪器背景对 PFAS 分析的干扰



- 捕获和“延迟”系统背景中的PFAS，防止干扰
- 确保准确性和定量样品中的痕量PFAS
- 高保留——即使延长平衡时间也不会发生击穿

全氟和多氟烷基物质（PFAS）正迅速成为世界各地重点监测的一类环境污染物。它们的广泛使用和环境持久性使其成为一个真正的全球问题。对可能的健康风险的担忧促使环境科学家努力监测各地区、各环境介质中的这些化合物，他们发现PFAS污染从南极到北极，无处不在。然而，另一个令人担忧的问题是，**这些化合物也存在于用于PFAS分析的仪器内部**。PFAS的背景污染会干扰低水平PFAS的定量（通常在ppt或以下）。与仪器相关的背景污染来源于含氟聚合物（如PTFE）的液相色谱仪配件，这些聚合物会浸出到流动相中。使用不含氟化物的管路和容器，并将仪器管路和连接件更换为PEEK或不锈钢材质可减轻背景污染，但并不能消除干扰对痕量分析的影响，因此需要另一种解决方案。

常规系统中，与仪器相关的PFAS干扰会随流动相在系统中移动，并富集在分析柱柱头。如果在进样器之前、泵的混合器之后安装一支“延迟柱”，就可以在背景干扰到达分析柱之前对其进行捕获（图1）。在这种情况下，当进样时，只有样品中的PFAS会在分析柱柱头富集并随梯度洗脱通过分析柱被分析和检测。虽然在梯度洗脱过程中，延迟柱捕集的背景PFAS也将被洗脱并穿过分析柱，但是因为延迟柱对背景PFAS进行了额外保留，因此背景PFAS的洗脱时间比样品中PFAS晚，从而可以区分背景污染PFAS和目标待测物PFAS。

图 1:PFAS 延迟柱的安装位置。

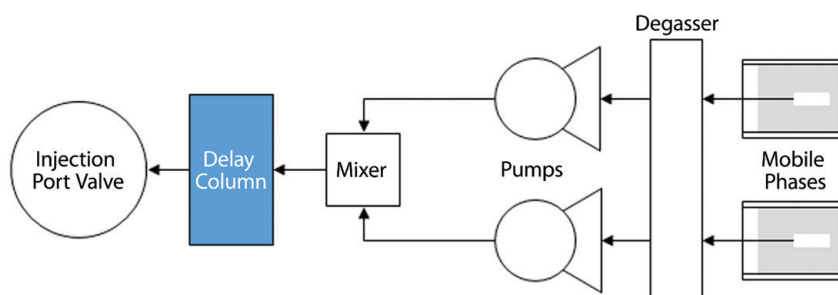
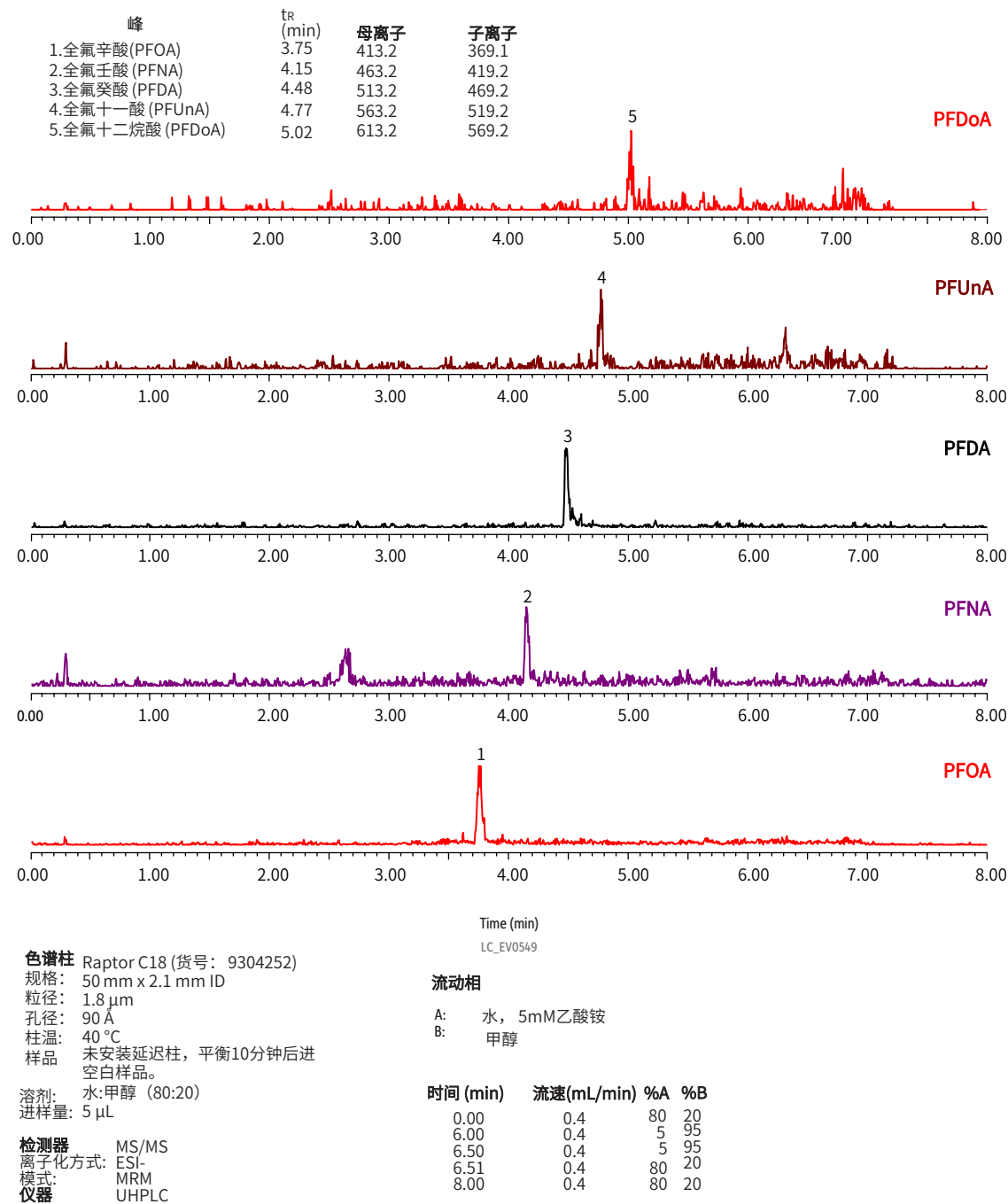


图 2 是系统中背景 PFAS 的示例。将系统平衡 10 min，不使用延迟色谱柱，仪器背景 PFAS 干扰物在分析柱柱头积累。然后进空白进样，在这种情况下可以观察到空白中 5 种干扰化合物。具体可以观察到哪些化合物以及污染程度，与所用的分析系统相关。这与仪器品牌、型号、管路和接头材料、流动相溶剂等级和分析方法等诸多因素有关。

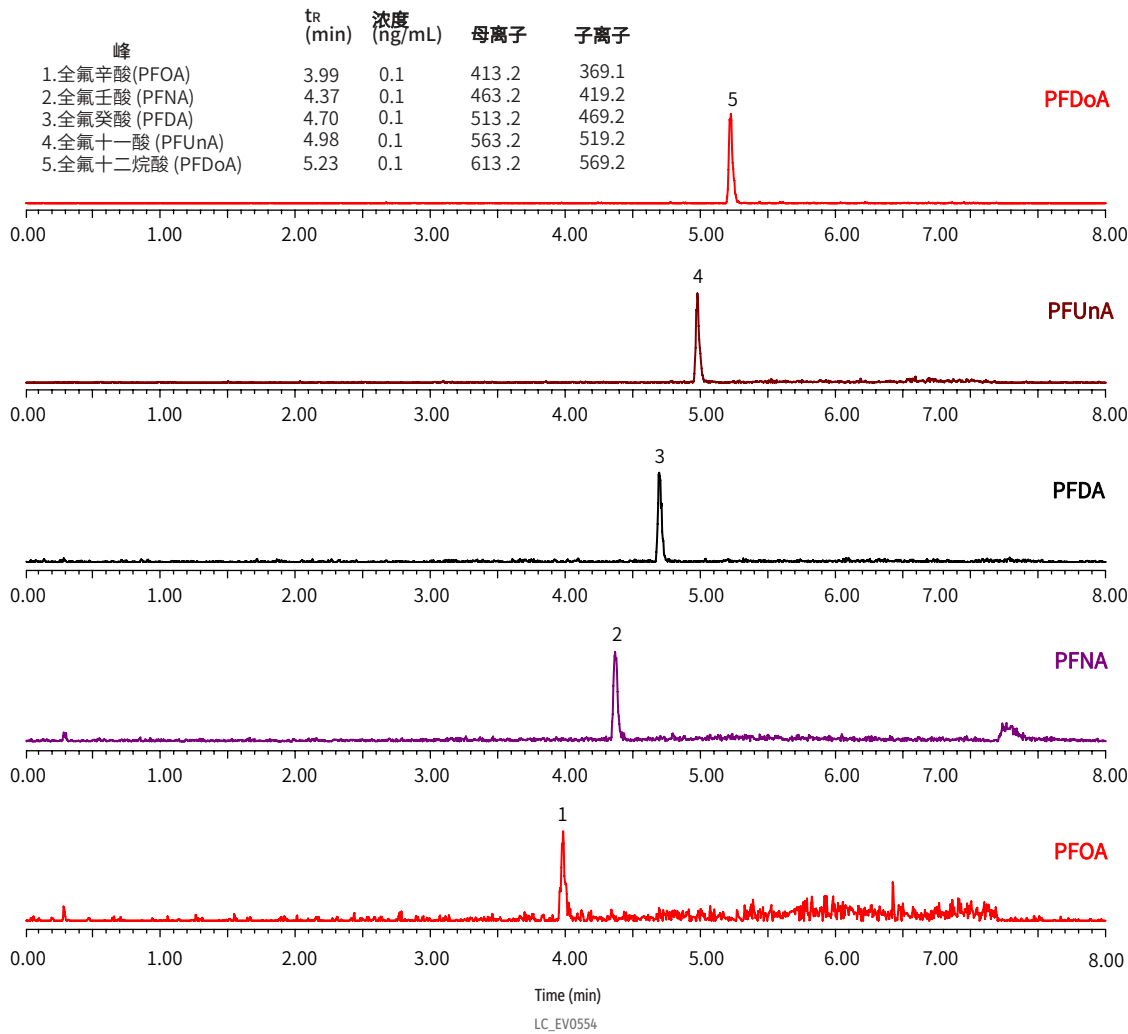
图 2：未安装延迟柱，空白样品中系统背景PFAS 污染



在流路中安装延迟柱是保留与背景相关 PFAS 干扰的有效方法，这样它们在分析过程中就不会与样品中的 PFAS 共洗脱。在安装延迟柱的情况下重复图 2 中的实验时，对于先前发现的每种背景 PFAS，在对应的保留时间处没有观察到空白样品峰，即使在相对较长的平衡时间之后也是如此。相反地，仪器的背景 PFAS 干扰在目标 PFAS 之后会以宽频带洗脱。由于在平衡过程中，延迟柱保留背景 PFAS 化合物时会发生谱带展宽，因此一旦背景 PFAS 洗脱，背景 PFAS 的信号就不会显示为轮廓明确的峰。相反，背景信号为基线略微升高的一个宽谱带（图 4）。

由于延迟柱增加了混合器和进样器之间的流路长度，因此在梯度分析期间，流动相变化到达分析柱所需的时间将会变长，因此目标物的保留时间也略有变化（图 3）。PFAS 延迟柱的净效果如图 4 所示：目标分析物的保留时间与仪器背景 PFAS 的洗脱时间不同，因此在样品分析过程中不会受到仪器背景的干扰。请注意，图4所示的仪器背景 PFAS 的洗脱时间，是通过延长平衡时间并观察从分析柱上洗脱的背景 PFAS 引起的基线变化来确定的。

图 3：使用制备的标准品确定安装延迟柱后，样品中PFAS的保留时间。



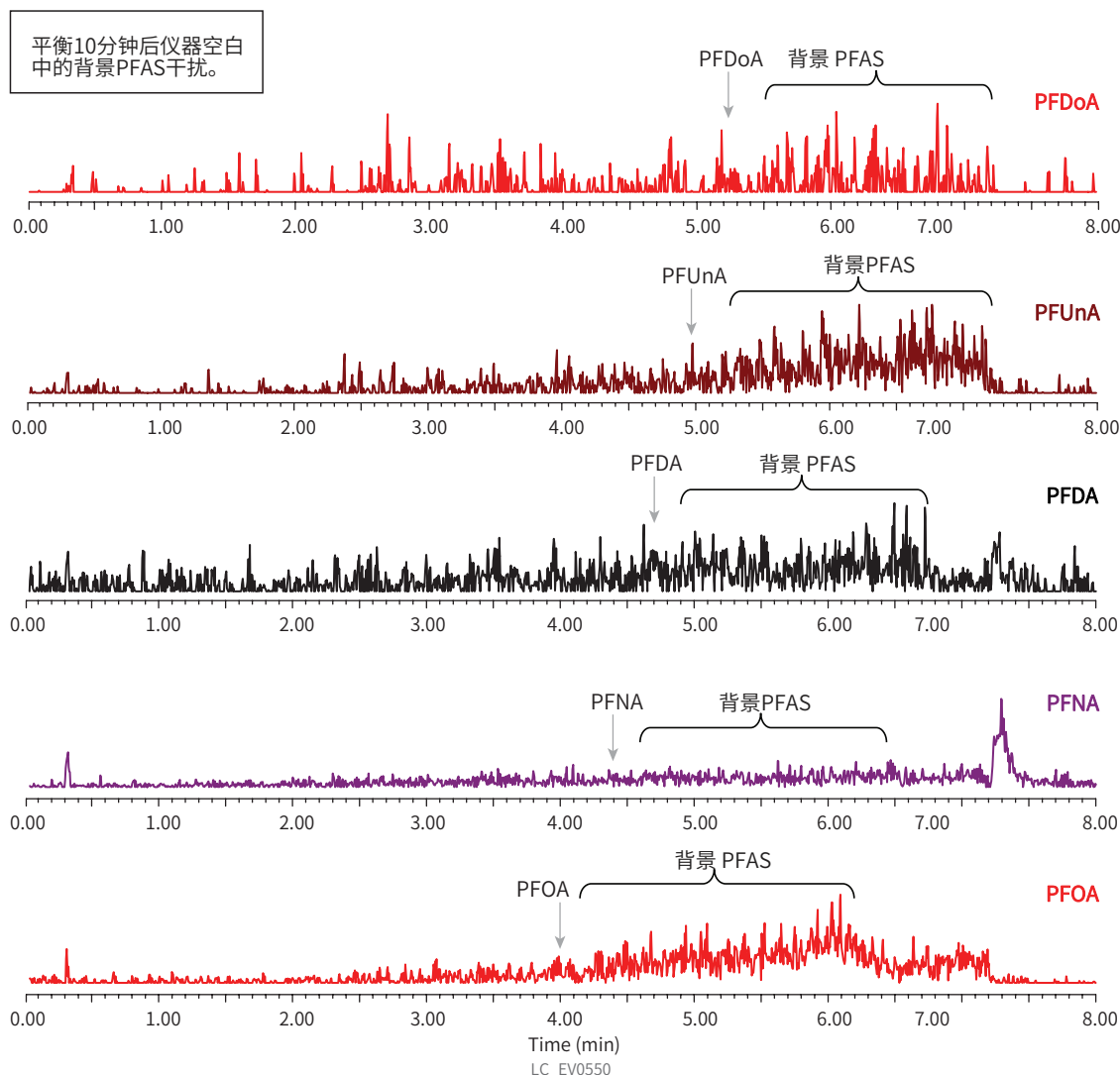
色谱柱
 规格: Raptor C18 (货号: 9304252)
 粒径: 50 mm x 2.1 mm ID
 孔径: 1.8 μ m
 柱温: 90 $^{\circ}$ A
 柱温: 40 $^{\circ}$ C
样品/标准品
 溶剂: 水:甲醇 (80:20)
 浓度: 0.1 ng/mL
 进样量: 5 μ L

流动相
 A: 水, 5 mM 乙酸铵
 B: 甲醇

时间 (min)	流速 (mL/min)	%A	%B
0.00	0.4	80	20
6.00	0.4	5	95
6.50	0.4	5	95
6.51	0.4	80	20
8.00	0.4	80	20

检测器 MS/MS
离子化方式: ESI-
模式: MRM
仪器: UHPLC
备注: 进样器之前有安装延迟柱(货号: 27854)

图 4：使用延迟柱可将背景 PFAS 的洗脱延迟到样品中 PFAS 峰之后，从而消除仪器背景对 PFAS 的干扰。未检出样品 PFAS。箭头表示预期的保留时间。



峰	母离子	子离子
1. 全氟辛酸 (PFOA)	413.2	369.1
2. 全氟壬酸 (PFNA)	463.2	419.2
3. 全氟癸酸 (PFDA)	513.2	469.2
4. 全氟十一酸 (PFUnA)	563.2	519.2
5. 全氟十二烷酸 (PFD0A)	613.2	569.2

流动相

A: 水, 5 mm 乙酸铵
B: 甲醇

时间 (min)	流速 (mL/min)	%A	%B
0.00	0.4	80	20
6.00	0.4	5	95
6.50	0.4	5	95
6.51	0.4	20	20
8.00	0.4	20	20

色谱柱: Raptor C18 (货号: 9304252)
规格: 50 mm x 2.1 mm ID
粒径: 1.8 μ m
孔径: 90 Å
柱温: 40 °C
样品: 装有延迟柱 (货号: 27854), 平衡10分钟后, 进空白。
溶剂: 水: 甲醇=80: 20
进样量: 5 μ L

检测器: MS/MS
离子化方式: ESI-
模式: MRM
仪器: UHPLC

总之, 使用PFAS延迟柱可以消除来自仪器相关的背景干扰, 延迟柱对背景PFAS的提前保留, 使背景PFAS在目标PFAS之后洗脱, 确保准确定量样品中目标化合物。

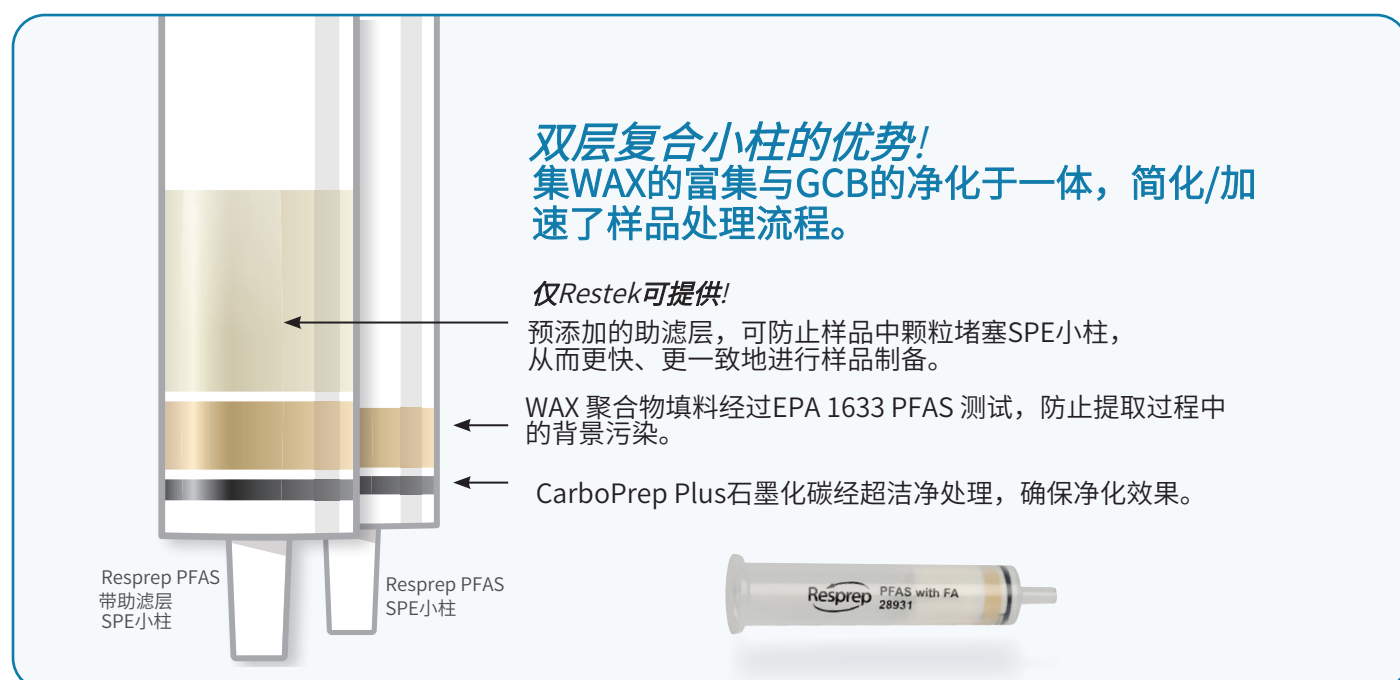
3.三层SPE小柱，简化PFAS样品前处理流程

使用Resprep PFAS 复合小柱简化 PFAS 样品制备

有效的样品制备方法对于准确分析复杂样品基质(如非饮用水、固体、生物固体和组织)中的痕量 PFAS至关重要。最常使用的固相萃取(SPE)方法，由于存在背景PFAS干扰和样品组分容易堵塞SPE小柱问题，导致很难获得良好的分析结果。EPA1633方法已在许多实验室中得到验证，一般的样品处理步骤是先在弱阴离子交换(WAX)小柱上填充玻璃棉进行基质萃取，然后用分散石墨化碳(dGCB)完成净化步骤。这种方法虽然可行，但手动填充玻璃棉的两次SPE小柱操作流程步骤复杂且耗时，也增加了引入污染物的风险。

Resprep PFAS小柱提供一种更简单的解决方案

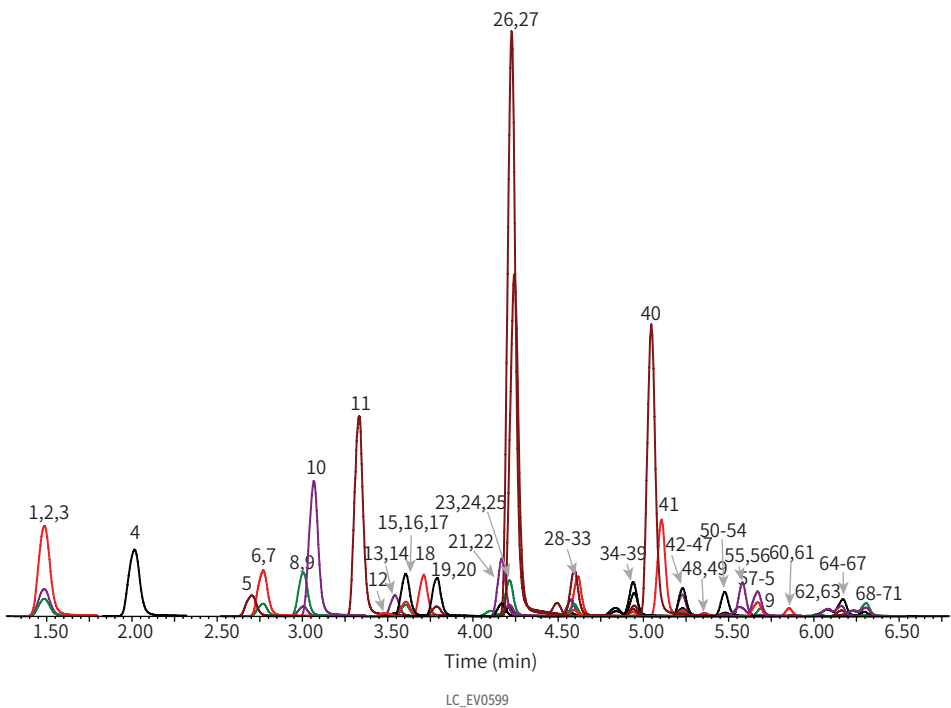
使用ReSprep PFAS复合小柱可以显著简化PFAS样品制备流程，该小柱结合萃取与净化双功能。Resprep PFAS复合小柱使用的超洁净WAX填料和CarboPrep Plus石墨化碳吸附剂，确保可以简单快速的完成样品处理且结果满足方法要求。此外，可选的工厂预填充助滤层消除了手动填充玻璃棉引起的不确定性问题，也使这种即用型解决方案避免了样品堵塞小柱问题的出现，因此即使是很脏的基质也可以通过一次萃取进行快速处理。



快速满足方法需求

专为满足实验室PFAS 前处理性能要求而开发的产品，Resprep PFAS 复合小柱装填超洁净、高质量WAX填料和dGCB吸附剂层，可提供有效的提取和净化功能。我们的每批WAX填料都对EPA 1633方法中测定的PFAS进行了测试，以证明其纯净度，并确保它不会引入PFAS污染。此外，我们的高性能CarboPrepPlus(dGCB)吸附剂可提供比其他碳类材料更有效、更一致的净化效果。将两种材料组合在一支小柱中，大大加快样品制备速度的同时，可获得干净的提取物和出色的分析性能(图5和表II)。

图 5: Resprep PFAS复合小柱可提供有效的样品前处理, 并且比分别提取、净化更快速、更简单。



色谱柱	Force C18 (货号: 9634252)			
规格:	50 mm x 2.1 mm ID			
粒径:	1.8 μm			
孔径:	100 Å			
柱温:	40 °C			
标准品/样品	3 μL			
进样量:				
流动相	水 (含5mM乙酸铵)			
A:	甲醇			
B:				
	时间 (min)	流速 (mL/min)	%A	%B
	0.00	0.4	80	20
	6	0.4	5	95
	6.6	0.4	5	95
	6.61	0.4	80	20
	7.5	0.4	80	20
最大压力:	~400 bar			
检测器:	Waters Xevo TQ-S			
离子化方式:	ESI-			
扫描模式:	MRM			
仪器:	Waters ACQUITY Premier			
样品制备	1.加入500mL去离子水, 加入200 μL威灵顿EPA-1633STK标准品和25 uL威灵顿MPFAC-HIF-ES同位素混标。 2.用15 mL含1%乙酸铵的甲醇溶液冲洗小柱。 3.用5 mL含0.3 M甲酸的水溶液冲洗小柱。 4.以5 mL/min的流速上样。 5.用5 mL去离子水冲洗储液瓶, 然后转移到小柱上, 并重复操作一次。 6.用5 mL的0.1M甲酸:甲醇(1:1)冲洗储液瓶, 然后转移到小柱上。 7.氮吹小柱15min。8.用5mL含1%(v/v)氨水的甲醇溶液冲洗瓶子, 洗脱并收集。9.加入25 μL乙酸和 25 μL非萃取内标NIS。10.将等分试样转移至样品瓶(货号:23243)盖好瓶盖(货号:23244)中待分析。			
备注	在进样器之前安装了 PFAS 延迟柱 (货号: 27854)			

图1续见下页

图5(续)

峰	tR (min)	浓度 (ng/L)	母离子1	子离子1	子离子2	母离子2	子离子1
1. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4- 13C3]butanoic acid (13C3-PFBA)	1.485	5	216	172	-	-	-
2. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4- 13C4]butanoic acid (13C4-PFBA)	1.487	10	217	172	-	-	-
3. Perfluorobutanoic acid (PFBA)	1.489	10	213	169	-	-	-
4. Perfluoro-3-methoxypropanoic acid (PFMPA)	2.007	5	229	85	-	-	-
5. 3-Perfluoropropyl propanoic acid (3:3FTCA)	2.7	12.5	241	177	117	-	-
6. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4,5- 13C5]pentanoic acid (13C5-PFPeA)	2.765	5	268	223	-	-	-
7. Perfluoropentanoic acid (PFPeA)	2.768	5	263	219	69	-	-
8. Perfluorobutane sulfonate (PFBS)	3.006	2.5	299	80	99	-	-
9. Sodium perfluoro-1-[2,3,4- 13C3]butanesulfonate (13C3-PFBS)	3.007	2.5	302	80	99	-	-
10. Perfluoro-4-methoxybutanoic acid (PFMBA)	3.071	5	279	85	-	-	-
11. Perfluoro(2-ethoxyethane)sulfonic acid (PFEESA)	3.333	5	315	135	83	-	-
12. Nonafluoro-3,6-dioxaheptanoic acid (NFDHA)	3.493	5	295	201	85	-	-
13. 1 <i>H</i> , 1 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> -perfluorohexane sulfonate (4:2 FTS)	3.545	10	327	307	81	-	-
14. Sodium 1 <i>H</i> , 1 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> -perfluoro-1-[1,2- 13C2]hexane sulfonate (13C2-4:2FTS)	3.55	5	329	81	309	-	-
15. Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	3.608	2.5	313	269	119	-	-
16. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4,6- 13C2]hexanoic acid (13C2-PFHxA)	3.609	2.5	315	270	119	-	-
17. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4,6- 13C5]hexanoic acid (13C5-PFHxA)	3.61	2.5	318	273	120	-	-
18. Perfluoropentane sulfonate (PFPeS)	3.718	2.5	349	80	99	-	-
19. 2,3,3,3-Tetrafluoro-2-(1,1,2,2,3,3,3-heptafluoropropoxy)13C3-propanoic acid (13C3-HFPO-DA)	3.79	10	287	169	185	-	-
20. Hexafluoropropylene oxide (HFPO-DA)	3.795	10	285	169	185	-	-
21. Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	4.174	2.5	363	319	169	-	-
22. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4- 13C4]heptanoic acid (13C4-PFHpA)	4.174	2.5	367	322	-	-	-
23. Perfluoro-1-hexane[18O2]sulfonic acid (18O2-PFHxS)	4.218	2.5	403	84	-	-	-
24. Sodium perfluoro-1-[1,2,3- 13C3]hexanesulfonate (13C3-PFHxS)	4.218	2.5	402	80	99	-	-
25. Perfluorohexane sulfonate (PFHxS)f	4.22	2.5	399	80	99	-	-
26. 4,8-Dioxa-3 <i>H</i> -perfluorononanoic acid (ADONA)	4.232	10	377	251	85	-	-
27. 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 3 <i>H</i> , 3 <i>H</i> -Perfluorooctanoic acid (5:3FTCA)	4.247	62.5	341	237	217	-	-
28. 1 <i>H</i> , 1 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> -perfluorooctane sulfonate (6:2 FTS)	4.58	10	427	407	81	-	-
29. Sodium 1 <i>H</i> , 1 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> -perfluoro-1-[1,2- 13C2]-octane sulfonate (13C2-6:2FTS)	4.581	5	429	81	409	-	-
30. Perfluoro- <i>n</i> -[13C8]octanoic acid (13C8-PFOA)	4.598	2.5	421	376	-	-	-
31. Perfluorooctanoic acid (PFOA)	4.601	2.5	413	369	169	-	-
32. Perfluoro- <i>n</i> -[13C4]octanoic acid (13C4-PFOA)	4.601	2.5	417	172	-	-	-
33. Perfluoroheptane sulfonate (PFHpS)	4.621	2.5	449	80	99	-	-
34. Perfluorononanoic acid (PFNA)	4.944	2.5	463	419	219	-	-
35. Perfluoro- <i>n</i> -[13C5]nonanoic acid (13C5-PFNA)	4.944	1.25	468	423	-	-	-
36. Perfluoro- <i>n</i> -[13C9]nonanoic acid (13C9-PFNA)	4.944	1.25	472	427	-	-	-
37. Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	4.949	2.5	499	80	99	-	-
38. Sodium perfluoro-[13C4]octanesulfonate (13C4-PFOS)	4.95	2.5	503	80	99	-	-
39. Sodium perfluoro-[13C8]octanesulfonate (13C8-PFOS)	4.95	2.5	507	80	99	-	-
40. 3-Perfluoroheptyl propanoic acid (7:3FTCA)	5.046	62.5	441	317	337	-	-
41. 9-Chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid (9Cl-PF3ONS)	5.114	10	531	351	-	533	353
42. Perfluorodecanoic acid (PFDA)	5.237	2.5	513	469	219	-	-
43. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4,5,6- 13C2]decanoic acid (13C2-PFDA)	5.237	1.25	515	470	-	-	-
44. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4,5,6- 13C6]decanoic acid (13C6-PFDA)	5.237	1.25	519	474	-	-	-
45. 1 <i>H</i> , 1 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> -perfluorodecane sulfonate (8:2 FTS)	5.238	10	527	507	81	-	-
46. Sodium 1 <i>H</i> , 1 <i>H</i> , 2 <i>H</i> , 2 <i>H</i> -perfluoro-1-[1,2- 13C2]-decane sulfonate (13C2-8:2FTS)	5.238	5	529	81	509	-	-
47. Perfluorononanesulfonic acid (PFNS)	5.239	2.5	549	80	99	-	-
48. <i>N</i> -methyl- <i>D</i> 3-perfluoro-1-octanesulfonamidoacetic acid (D3-NMeFOSAA)	5.361	5	573	419	-	-	-
49. <i>N</i> -methyl perfluorooctanesulfonamidoacetic acid (NMeFOSAA)	5.366	2.5	570	419	483	-	-
50. Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	5.475	2.5	599	80	99	-	-
51. Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	5.486	2.5	563	519	269	-	-
52. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2,3,4,5,6,7- 13C7]undecanoic acid (13C7-PFUnA)	5.486	1.25	570	525	-	-	-
53. <i>N</i> -ethyl- <i>D</i> 5-perfluoro-1-octanesulfonamidoacetic acid (D5-NEtFOSAA)	5.487	5	589	419	-	-	-
54. <i>N</i> -ethyl perfluorooctanesulfonamidoacetic acid (NEtFOSAA) 11-	5.487	2.5	584	419	526	633	453
55. Chloroeicosfluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid (11Cl-PF3OUs)	5.59	10	631	451	-	-	-
56. Perfluorooctanesulfonamide (PFOSA)	5.669	2.5	498	78	478	-	-
57. Perfluoro-1-[13C8]octanesulfonamide (13C8-PFOSA)	5.669	2.5	506	78	-	-	-
58. Perfluorododecanoic acid (PFDoA)	5.691	2.5	613	569	319	-	-
59. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2- 13C2]dodecanoic acid (13C2-PFDoA)	5.692	1.25	615	570	-	-	-
60. Perfluorododecanesulfonic acid (PFDoS)	5.861	2.5	699	80	99	-	-
61. Perfluorotridecanoic acid (PFTrDA)	5.876	2.5	663	619	169	-	-
62. Perfluorotetradecanoic acid (PFTeDA)	6.031	2.5	713	669	169	-	-
63. Perfluoro- <i>n</i> -[1,2- 13C2]tetradecanoic acid (13C2-PFTeDA)	6.031	1.25	715	670	-	-	-
64. <i>N</i> -methyl perfluorooctanesulfonamide (NMeFOSA)	6.158	2.5	512	219	169	-	-
65. <i>N</i> -methyl- <i>D</i> 3-perfluoro-1-octanesulfonamide (D3-NMeFOSA)	6.159	2.5	515	219	-	-	-
66. <i>N</i> -methyl perfluorooctanesulfonamidoethanol (NMeFOSE)	6.166	25	616	59	-	-	-
67. <i>N</i> -methyl- <i>D</i> 7-perfluorooctanesulfonamidoethanol (D7-NMeFOSE)	6.167	25	623	59	-	-	-
68. <i>N</i> -ethyl- <i>D</i> 5-perfluoro-1-octanesulfonamide (D5-NEtFOSA)	6.295	2.5	531	219	-	-	-
69. <i>N</i> -ethyl perfluorooctanesulfonamide (NEtFOSA)	6.296	2.5	526	219	169	-	-
70. <i>N</i> -ethyl perfluorooctanesulfonamidoethanol (NEtFOSE)	6.298	25	630	59	-	-	-
71. <i>N</i> -ethyl- <i>D</i> 9-perfluorooctanesulfonamidoethanol (D9-NEtFOSE)	6.298	25	639	59	-	-	-

表 II：使用 Resprep PFAS 复合小柱制备的水样中所有 PFAS 均达到目标回收率要求(70-135%)。

化合物名称	缩写	MDL (ng/L)	空白(ng/L)*	准确性 (回收率%)	精密度 (%RSD)
Perfluorobutanoic acid	PFBA	0.34	ND	112	5
Perfluoro-3-methoxypropanoic acid	PFMPA	0.20	ND	109	6
3-Perfluoropropyl propanoic acid	3:3FTCA	0.31	ND	95	6
Perfluoropentanoic acid	PFPeA	0.26	ND	111	6
Perfluorobutane sulfonate	PFBS	0.19	ND	101	5
Perfluoro-4-methoxybutanoic acid	PFMBA	0.18	ND	111	6
Perfluoro(2-ethoxyethane)sulfonic acid	PFEESA	0.15	ND	94	5
Nonafluoro-3,6-dioxaheptanoic acid	NFDHA	0.46	ND	121	5
1H,1H,2H,2H-perfluorohexane sulfonate	4:2 FTS	0.36	ND	104	5
2H,2H,3H,3H-Perfluorooctanoic acid	5:3FTCA	1.48	ND	102	6
Perfluorohexanoic acid	PFHxA	0.08	ND	113	5
Perfluoropentane sulfonate	PFPeS	0.07	ND	122	4
Hexafluoropropylene oxide dimer acid	HFPO-DA	0.40	ND	114	12
Perfluoroheptanoic acid	PFHpA	0.08	ND	109	5
Perfluorohexane sulfonate	PFHxS	0.07	ND	104	7
4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoic acid	ADONA	0.39	ND	99	9
1H,1H,2H,2H-perfluorooctane sulfonate	6:2 FTS	0.37	ND	107	4
3-Perfluoroheptyl propanoic acid	7:3FTCA	2.32	ND	100	6
Perfluoroheptane sulfonate	PFHpS	0.76	ND	121	8
Perfluorooctanoic acid	PFOA	0.32	ND	104	2
Perfluorooctane sulfonate	PFOS	0.20	ND	112	7
Perfluorooctanesulfonamide	PFOSA	0.21	ND	81	11
Perfluorononanoic acid	PFNA	0.08	ND	114	5
N-methyl perfluorooctanesulfonamide	NMeFOSA	0.07	ND	104	13
9-Chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid	9Cl-PF3ONS	0.61	ND	85	11
Perfluorononanesulfonic acid	PFNS	0.25	ND	79	7
Perfluorodecanoic acid	PFDA	0.18	ND	117	8
N-ethyl perfluorooctanesulfonamide	NEtFOSA	0.14	ND	112	15
1H,1H,2H,2H-perfluorodecane sulfonate	8:2 FTS	0.91	ND	113	11
Perfluoroundecanoic acid	PFUnA	0.26	ND	125	12
N-methyl perfluorooctanesulfonamidoacetic acid	NMeFOSAA	0.15	ND	95	12
N-ethyl perfluorooctanesulfonamidoacetic acid	NEtFOSAA	0.23	ND	93	12
Perfluorodecanesulfonic acid	PFDS	0.25	ND	94	23
11-Chloroicosadecafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid	11Cl-PF3OUdS	0.56	ND	77	25
Perfluorododecanoic acid	PFDoA	0.27	ND	118	15
N-methyl perfluorooctanesulfonamidoethanol	NMeFOSE	1.11	ND	106	9
N-ethyl perfluorooctanesulfonamidoethanol	NEtFOSE	1.10	ND	111	9
Perfluorotridecanoic acid	PFTTrDA	0.33	ND	108	15
Perfluorododecanesulfonic acid	PFDoS	0.13	ND	89	12
Perfluorotetradecanoic acid	PFTeDA	0.32	ND	102	23

*ND = Not detected above MDL.

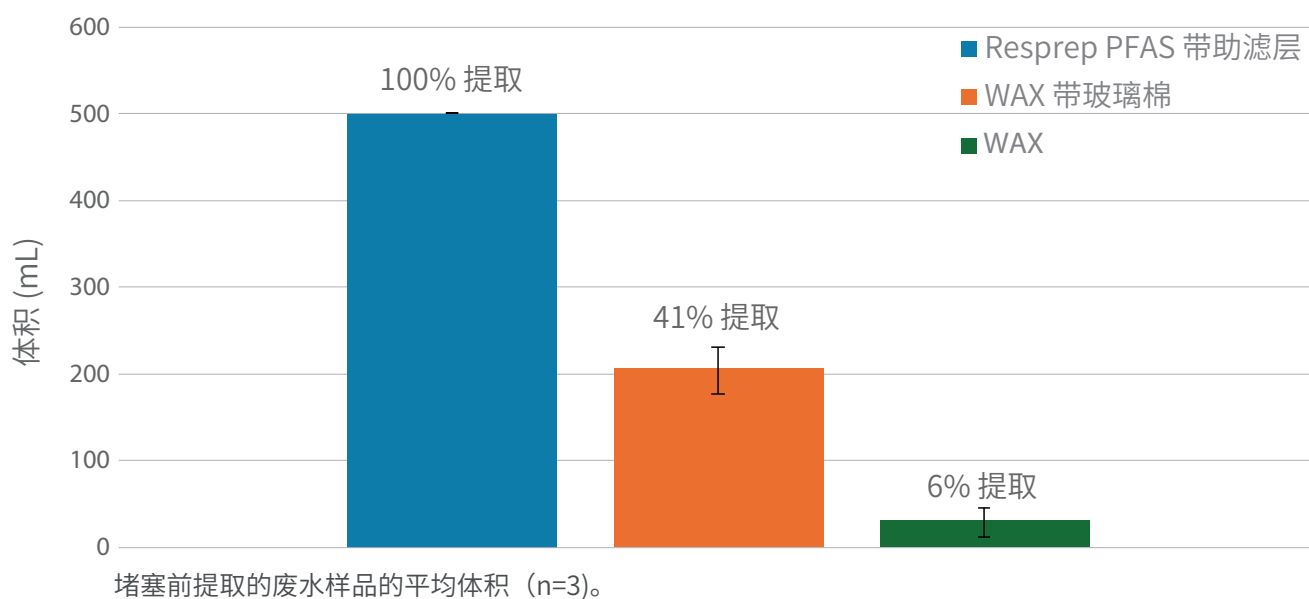
工厂预装填的助滤层可确保更快、更有效的完成样品制备

现在仅Restek可提供带助滤层的Resprep PFAS小柱，防止样品前处理过程中小柱的堵塞并保持样品稳定的流动性。如表III所示，当技术人员按照EPA 1633方法的说明将玻璃棉填充至小柱桶高度的一半时(第 12.1.1 节)，玻璃棉的质量和填充密度可能会有很大差异，这意味着样品流动性会有差异，仍有堵塞的风险。与手动填充玻璃棉相比，Resprep PFAS 杜桶中使用的助滤剂装填更均匀，可提供有效、一致的过滤和保护。按照ASTM D5905方法配置代用品废水，该水中含有面粉、海盐、高岭土、曲拉通Tritonx100、淡啤酒和水，其悬浮固体颗粒值为EPA 1633方法要求值的2-3倍。将代用品废水通过不同类型的SPE小柱，直到小柱堵塞水样停止流出为止记录每种小柱处理的废水体积，从而评估不同助滤层的效果。图6显示了每种小柱能够处理的代用品废水体积(mL)，可以看到，只有带有工厂填充助滤层的Resprep PFAS小柱没有堵塞。

表 III：按照EPA 1633方法中关于在小柱中手动装填玻璃棉的说明，每个技术人员之间装填的玻璃棉量和填充密度可能会有很大差异，从而影响方法性能。

	技术人员 1	技术人员 2	技术人员 3	技术人员4
平均玻璃棉质量mg (n = 3)	39	150	51	116
SD	2	13	7	49
%RSD	5%	8%	14%	42%

图6：只有工厂预装填助滤层的 Resprep PFAS 小柱成功处理了500 mL ASTM 废水（2.5 倍稀释，总悬浮固体 = 100 mg/L）。



使用带填助滤层的 Resprep PFAS 小柱 ---
消除人为引入的差异性
---简化样品制备流程、节省样品制备时间

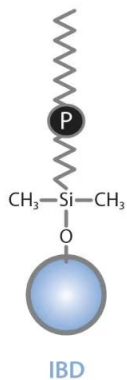
四、适用于PFAS分析的相关产品



固定相类别：C18，十八烷基硅烷（L1）
配体类型：封端 C18
粒径：1.8 μm、3.0 μm 或 5 μm 全多孔
孔径：100 Å
碳载量：20%
封端：是
比表面积：300 m²/g
推荐使用：
pH 范围：2.0–8.0
最高温度：80 °C
最大压力：
1.8 μm，1000 bar/15,000psi*
3.0μm，600 bar/8700 psi
5 μm，400 bar/5800 psi
为了最大限度延长使用寿命，1.8 μm推荐
最大压力为 830 bar/12,000 psi。

特性：

- 兼容中等酸性到中性流动相（pH 2–8）。
- 在食品、环境、生物分析以及其他应用中提供优异的数据质量。
- 何时切换到 C18 色谱柱：
 - 需要用于反相色谱的一般用途色谱柱时。
 - 需要提高疏水性化合物的保留时。



颗粒：3μm或5μm，球形
孔径：100Å
碳载量：12%
封端：否
表面积：300m²/g
pH范围：2.5-8
最高温度：80°C

Force C18

- 传统封端C18柱，反相色谱最通用色谱柱。
- 高碳载量（20%），疏水保留能力强。
- 1.8、3.0 和 5μm三种粒径可供选择，适用于传统液相（HPLC）和超高效液相（UHPLC）系统。
- 全多孔颗粒,适用于存在支链异构体/基质干扰的PFAS分析。

ID	长度	数量	货号
1.8 μm颗粒			
2.1 mm	30 mm	ea.	9634232
2.1mm		ea.	9634252
2.1mm	100mm	ea.	9634212
3.0 mm	50 mm	ea.	963425E
3.0 mm	100mm	ea.	963421E
3.0μm颗粒			
2.1 mm	100 mm	ea.	9634312
4.6 mm	100 mm	ea.	9634315
3.0 mm	100 mm	ea.	963431E
2.1 mm	30 mm	ea.	9634332
3.0 mm	50 mm	ea.	963435E
2.1 mm	50 mm	ea.	9634352
2.1 mm	150 mm	ea.	9634362
3.0mm	150mm	ea.	963436E
4.6mm	150 mm	ea.	9634365
5 μm颗粒			
2.1 mm	50 mm	ea.	9634552
3.0 mm	50 mm	ea.	963455E
2.1 mm	100 mm	ea.	9634512
3.0mm	100 mm	ea.	963451E
4.6 mm	100 mm	ea.	9634515
2.1mm	150 mm	ea.	9634562
3.0 mm	150 mm	ea.	963456E
4.6mm	150 mm	ea.	9634565
4.6mm	250 mm	ea.	9634575

Ultra IBD 液相色谱柱

- 极性嵌合烷基固定相，为极性化合物提供更好的保留。
- 耐受100%水相。
- 在反相条件下为超短链PFAS提供良好的分离效果。
- 与传统C18相比，良好的保留可降低分析超短链PFAS（USC PFAS）时的基质干扰。
- 推荐用于血浆和血清中 PFAS 的全面分析。

ID	长度	数量	货号
3 μm颗粒			
2.1 mm	50 mm	ea.	9175352
2.1mm	100 mm	ea.	9175312
3.0 mm	100 mm	ea.	917531E
4.6 mm	100 mm	ea.	9175315
2.1 mm	150mm	ea.	9175362
3.0 mm	150mm	ea.	917536E
4.6 mm	150 mm	ea.	9175365
5 μm 颗粒			
2.1 mm	100 mm	ea.	9175512
2.1 mm	100 mm	ea.	9175515
2.1 mm	150 mm	ea.	9175562
3.0 mm	150 mm	ea.	917556E
4.6 mm	150 mm	ea.	9175565
3.0mm	250 mm	ea.	917557E
4.6 mm	250 mm	ea.	9175575

Raptor Polar X液相色谱柱

- 无需耗时的衍生化或使用离子对试剂，能够直接分析酸性、碱性等多种极性化合物。
- 灵活快速切换保留模式：通过简单调整流动相比比例，就能够在HILIC（亲水作用色谱）和离子交换模式之间轻松切换。
- 2.7 μm 核壳颗粒：在常规液相色谱系统上提供类似超高效液相色谱（UHPLC）的速度和效率。
- 增强LC-MS分析的灵敏度与选择性：特别适用于提升液相色谱-质谱联用（LC-MS）分析的灵敏度和选择性。

保存条件：在不使用时，Raptor Polar X 色谱柱必须储存在100%乙腈中。如果流动相中使用了缓冲盐，使用结束后先用 50:50 的水和乙腈彻底冲洗色谱柱，然后再用乙腈冲洗并保存。



孔径：90 Å
颗粒：2.7 μm
封端：专有
碳载量：专有
USP 编码：不适用
类型：专有
配体类型：专有
推荐使用条件：
pH范围：2.0–8.0
最高温度：60°C
最高压力：600 bar/8700

特性：

- 为各种极性化合物提供卓越的保留和分离效果。
- 可在HILIC（亲水相互作用色谱）和离子交换两种保留机制中灵活切换。
- 适用于各行业中相关极性化合物分析。

何时使用Raptor Polar X色谱柱：

- 分析中性、酸性、碱性或永久带电的极性化合物时；
- 对进行极性化合物进行液相色谱-质谱联用（LC-MS/MS）分析时；
- 分析难保留的极性化合物，考虑离子色谱时。

ID	长度	数量	货号
2.7 μm Particles Raptor Polar X 液相色谱柱			
2.1 mm	30 mm	ea.	9311A32
	50 mm	ea.	9311A52
	100 mm	ea.	9311A12



固定相类别：C18，十八烷基硅烷（L1）颗粒：1.8 μm 、2.7 μm 和 5 μm
 孔径：90 Å
 碳载量：1.8 μm 9%、2.7 μm 7%、5 μm 5%封端：是
 比表面积：1.8 μm 125 m^2/g 、2.7 μm 130 m^2/g 、5 μm 100 m^2/g
 推荐使用：
 pH 范围：2.0–8.0
 最高温度：80 °C
 最大压力：1.8 μm 1034 bar/15,000 psi*、2.7 μm 600 bar/8700 psi、5 μm 400 bar/5800 psi
 为了最大限度延长使用寿命，1.8 μm 粒径的最大推荐压力为 830 bar/12,000 psi。

特性：

- 兼容中等酸性到中性流动相（pH 2–8）。
- 在食品、环境、生物分析以及其他应用中提供优异的数据质量。

何时切换到 C18 色谱柱：

- 需要用于反相色谱的一般用途色谱柱时。
- 需要提高疏水性化合物的保留时。

RaptorC18液相色谱柱（USPL1）

- 传统封端 C18核壳柱，反相色谱应用最广泛的色谱柱。
- pH 范围2–8，确保在多种应用、基质和化合物中提供优良的数据质量。
- Restek Raptor 核壳液相色谱柱系列，提供1.8、2.7 和 5 μm 三种粒径选择。
- 如选择核壳柱进行PFAS分析时，2.7 μm 是首选颗粒，可以在普通HPLC上达到2 μm 全多孔颗粒的柱效。

ID	长度	数量	货号
1.8 μm颗粒			
2.1 mm	100 mm	ea.	9304212
3.0 mm	100 mm	ea.	930421E
2.1 mm	30 mm	ea.	9304232
	50 mm	ea.	9304252
3.0 mm	50 mm	ea.	930425E
2.1 mm	150 mm	ea.	9304262
2.7 μm颗粒			
2.1 mm	100 mm	ea.	9304A12
4.6 mm	100 mm	ea.	9304A15
3.0 mm	100 mm	ea.	9304A1E
2.1 mm	30 mm	ea.	9304A32
4.6 mm	30 mm	ea.	9304A35
3.0 mm	30 mm	ea.	9304A3E
2.1 mm	50 mm	ea.	9304A52
4.6 mm	50 mm	ea.	9304A55
3.0 mm	50 mm	ea.	9304A5E
2.1 mm	150 mm	ea.	9304A62
4.6 mm	150 mm	ea.	9304A65
3.0 mm	150 mm	ea.	9304A6E
5 μm颗粒			
2.1 mm	100 mm	ea.	9304512
4.6 mm	100 mm	ea.	9304515
3.0 mm	100 mm	ea.	930451E
	30 mm	ea.	930453E
2.1 mm	50 mm	ea.	9304552
4.6 mm	50 mm	ea.	9304555
3.0 mm	50 mm	ea.	930455E
2.1 mm	150 mm	ea.	9304562
4.6 mm	150 mm	ea.	9304565
3.0 mm	150 mm	ea.	930456E
4.6 mm	250 mm	ea.	9304575



颗粒：5 μm ，球形，全多孔颗粒；
 pH范围：2.5–8
 最高温度：80°C；
 最高压力：1034 bar / 15,000 psi

PFAS 延迟柱

- 捕获系统相关的PFAS，防止干扰，确保样品中PFAS的准确痕量分析。
- 通用兼容性：
 适用于任何HPLC或UHPLC，压力可达15,000 psi（1034 bar）。
 兼容全多孔和核壳柱。
- 适用于所有固定相。
- 对系统相关PFAS具高保留能力；即使经过较长的平衡时间也不会出现击穿。
- 标准接头，安装简便。

ID	长度	数量	货号
5 μm颗粒			
2.1 mm	50 mm	ea.	27854

Resprep S-DVB固相萃取（SPE）小柱

- 先进的生产工艺，确保了高纯度、高重现性和极低的空白值，确保精确的分析结果。
- 其球形颗粒、均匀的表面和优化的孔结构，使其富集效率非常出色，回收率极高。
- 苯乙烯-二乙烯苯（SDVB）共聚物具有优良的疏水性，且在pH值1-14范围内保持稳定。
- 独特的聚丙烯锁环设计有效地防止了S-DVB吸附剂常见的滤片位移问题，为分析提供了更稳定的支持。
- 推荐应用：
 - 饮用水中全氟/多氟烷基化合物（PFAS）。
 - 片剂、乳膏及水/废水中提取药物活性成分。
 - 血液、血浆、血清及尿液中的药物；
 - 除草剂、杀虫剂、多环芳烃（PAHs）、多氯联苯（PCBs）的痕量分析。
 - 水中的酚类物质。
- 适用于EPA 537.1饮用水中全氟/多氟烷基化合物（PFAS）的分析，符合方法要求。



描述	包装	容量	数量	货号
Resprep S-DVB	500毫克球形苯乙烯-二乙烯苯（SDVB）共聚物	6 mL	30-pk.	28937

Resprep CarboPrep Plus SPE 小柱

- 专为提取有机氯农药而设计，更有效的去除基质。
- Florisil产品的绝佳替代品，特别是用于去除易污染GC进样口和柱头的非挥发性成分。
- 专有处理使填料保持一致，确保每支和批次的选择性相同，清洁的填料避免了背景干扰的出现。
- 此产品使用与传统Florisil净化相同的硬件、溶剂和体积，无需改变现有操作流程即可切换。



25845



描述	包装	容量	数量	货号
Resprep CarboPrep Plus SPE Cartridges	CarboPrep Plus	3 mL, 95 mg	30-pk.	25845

订购说明：

本产品的分析证书以电子形式提供。要查看和下载您的证书，请访问 www.restek.com/documentation



23242

2.0 mL、9 mm螺纹聚丙烯样品瓶

- 提供1.5 mL或700 μ L两种体积选择。
- 可替代2.0 mL、12 x 32 mm的自动进样器样品瓶。
- 兼容所有9 mm螺纹盖。
- 不含PTFE——非常适合PFAS分析（例如EPA 537）和其他对PFAS敏感的方法。

描述	类型	容量	颜色	尺寸	数量	类似产品	货号
最大体积2.0 mL， 9 mm螺纹聚丙烯 样品瓶	9 mm 螺纹	1.5 mL	透明	12 x 32 mm	100-pk.	Thermo Fisher Scientific C4000-14	23242
	9 mm 螺纹	1.5 mL	透明	12 x 32 mm	100-pk.	Thermo Fisher Scientific C4000-14	23245
	9 mm 螺纹	700 μ L	透明	12 x 32 mm	100-pk.	Waters 186005230	23243
	9 mm 螺纹	700 μ L	透明	12 x 32 mm	1000-pk.	Waters 186005230	23243



23244

2.0mL、9 mm实心聚乙烯瓶盖

- 兼容所有9mm螺纹瓶。
- 模压、10mil、实心可穿刺瓶盖。
- 不含PTFE——非常适合PFAS分析（如EPA 537）和其他对PFAS敏感的方法。

注意：聚乙烯瓶盖可防止样品受到PTFE涂层隔垫的污染。然而，由于聚乙烯瓶盖不能重新密封，因此，同一个样品瓶内的样品无法进行多次进样注射。

描述	类型	尺寸	颜色	数量	类似产品	货号
2.0mL，9 mm实心聚乙烯瓶盖	螺纹	9 mm	透明	100-pk.	Waters 186004169	23244
	螺纹	9 mm	透明	1000-pk.	Waters 186004169	23247

Resprep 聚合物 SPE 小柱和 96 孔板

- 聚合物材料——无次级作用，即使处理碱性化合物，也不会出现像硅胶与目标物的相互作用。
- 高表面积——相比硅胶基质吸附剂，具备更高的加载容量。
- 在 pH 0-14 的广泛范围内稳定——即使在极端条件下也不会发生水解。
- 水润性强——简化了活化和平衡步骤，大幅减少了溶剂消耗和样品制备时间。
- 不受流速影响——活化后即使经过真空或正压干燥，仍能维持稳定的保留容量。
- 固相萃取柱用于高载样量需求，96 孔板用于高通量和自动化。



描述	包装	粒径	推荐应用	容量	数量	货号
Resprep Polymeric SPE 96孔板	HLB	30 µm	适用于酸性、碱性及中性化合物；对极性化合物具有高容量处理能力。	10 mg	ea.	28453
	HLB	30 µm	适用于酸性、碱性及中性化合物；对极性化合物具有高容量处理能力。	30 mg	ea.	28454
	HLB	30 µm	适用于酸性、碱性及中性化合物；对极性化合物具有高容量处理能力。	1 mL, 30mg	100-pk.	28449
Resprep Polymeric SPE 小柱	HLB	60 µm	适用于酸性、碱性及中性化合物；对极性化合物具有高容量处理能力。	3mL, 60mg	50-pk.	28450
	HLB	60 µm	适用于酸性、碱性及中性化合物；对极性化合物具有高容量处理能力。	6 mL, 200mg	30-pk.	28451
	HLB	60 µm	适用于酸性、碱性及中性化合物；对极性化合物具有高容量处理能力。	6 mL, 500mg	30-pk.	28452
Resprep Polymeric SPE 96孔板	MAX	30 µm	酸性化合物	10mg	ea.	28459
	MAX	30 µm	酸性化合物	30mg	ea.	28460
	MAX	30 µm	酸性化合物	1 mL, 30 mg	100-pk.	28455
Resprep Polymeric SPE 小柱	MAX	60 µm	酸性化合物	3 mL, 60 mg	50-pk.	28456
	MAX	60 µm	酸性化合物	6 mL, 150 mg	30-pk.	28457
	MAX	60 µm	酸性化合物	6 mL, 500mg	30-pk.	28458
Resprep Polymeric SPE 96孔板	MCX	30 µm	碱性化合物	10 mg	ea.	28465
	MCX	30 µm	碱性化合物	30 mg	ea.	28466
	MCX	30 µm	碱性化合物	1 mL, 30 mg	100-pk.	28461
Resprep Polymeric SPE 小柱	MCX	60 µm	碱性化合物	3 mL, 60 mg	50-pk.	28462
	MCX	60 µm	碱性化合物	6 mL, 150 mg	30-pk.	28463
	MCX	60 µm	碱性化合物	6 mL, 500 mg	30-pk.	28464
Resprep Polymeric SPE 96孔板	WAX	30 µm	强酸	10 mg	ea.	28471
	WAX	30 µm	强酸	30 mg	ea.	28472
	WAX	30 µm	强酸	1 mL, 30 mg	100-pk.	28467
	WAX	60 µm	强酸	3 mL, 60 mg	50-pk.	28468
	WAX	60 µm	强酸	6 mL, 150 mg	30-pk.	28469
Resprep Polymeric SPE 小柱	WAX	30 µm	强酸	6 mL, 200 mg	30-pk.	28292
	WAX	30 µm	强酸	6 mL, 500 mg	30-pk.	28291
	WAX	60µm	强酸	6 mL, 500mg	30pk.	28470
Resprep Polymeric SPE 96孔板	WCX	30 µm	强碱	10 mg	ea.	28477
	WCX	30 µm	强碱	30 mg	ea.	28478
	WCX	30 µm	强碱	1mL, 30mg	100-pk.	28473
	WCX	60 µm	强碱	3 mL, 60 mg	50-pk.	28474
Resprep Polymeric SPE 小柱	WCX	60 µm	强碱	6 mL, 200mg	30-pk.	28475
	WCX	60 µm	强碱	6 mL, 500 mg	30-pk.	28476

订购须知：

本产品的分析证书以电子方式提供，您可登录下方网址查看和下载
www.restek.com/documentation

HLB – 亲水亲脂共平衡

MAX – 混合模式，强阴离子交换 MCX – 混合模式，强阳离子交换 WAX – 混合模式，弱阴离子交换 WCX – 混合模式，弱阳离子交换



Resprep 固相萃取管及配件

Resprep 固相萃取管、滤网、管帽及连接器，满足您的方法开发需求。

描述	材料	孔度	容量	数量	类似产品	货号
固相萃取管	聚丙烯		1 mL	50-pk.		26010
	聚丙烯		3 mL	50-pk.		26011
	聚丙烯		6 mL	50-pk.		26012
	聚丙烯		15 mL	50-pk.		26013
	聚丙烯		样品池, 25 mL	12-pk.		26014
	聚丙烯		样品池, 75 mL	12-pk.		26015
滤网	聚丙烯	20 µm	1 mL, 6 mm	100-pk.	Agilent 12131020	26016
	聚丙烯	20 µm	3 mL, 9 mm	100-pk.		26017
	聚丙烯	20 µm	6 mL, 1.2 cm	100-pk.		26018
	聚丙烯	20 µm	15 mL, 1.6 cm	100-pk.		26019
	聚丙烯	20 µm	25 mL, 2.0 cm (适用于20毫升装填管)	100-pk.		26020
管帽	聚丙烯		1 mL	12-pk.		26001
	聚丙烯		3 mL	12-pk.		26002
	聚丙烯		6 mL	12-pk.		26003
	聚丙烯		15 mL	12-pk.		26004
	聚丙烯		25 mL (适用于20毫升装填管)	12-pk.		26005
鲁尔型端盖 (内螺纹)	聚丙烯		通用型	12-pk.		26000
连接器	聚丙烯		1, 3, 6, 10, or 15 mL	15-pk.	Agilent 12131001	26007
	聚丙烯		12, 25 mL	12-pk.		26008
	聚丙烯		60 mL	12-pk.		26009



Resprep 快速更换型固相萃取 (SPE) 真空歧管 (12口或24口)

- 一次性可更换的阀芯设计确保了流路的彻底清洁，有效避免了在同一端口提取样品时的交叉污染。
- 每个固相萃取 (SPE) 端口配备独立的螺旋式阀门，实现了精确的流量调控。
- 可调节的样品收集架支持多种收集容器，提供灵活的操作选项。
- 耐溶剂的真空计和排气阀具备优越的密封性能和真空控制能力。
- 所有阀门均与标准的鲁尔型SPE小柱兼容。

Resprep QR-12和QR-24 Quick-Replace真空装备使你能够一次性同时处理12（12端口版本）或24（24端口版本）个SPE样品。设计的分流模块消除了在同一端口处理新样品时发生交叉污染的风险。每个歧管均配备了集成的流量控制阀，每个阀门内部都装有一个平价的一次性PTFE衬垫/溶剂导向管。该导向管充当衬垫，确保所有与样品接触的表面在每次提取后均可被丢弃并更换。PTFE衬垫的鲁尔型接头紧密地嵌入流量控制阀杆上的匹配槽中。当SPE滤芯在其轴线方向上旋转时，阀门会通过挤压或释放衬垫来控制流量的开启或关闭。

描述	包含部件	端口	数量	货号
Resprep 快速更换型固相萃取 (SPE) 真空歧管 (12口)	带流量控制阀和垫圈的盖子 (产品编号: 28316-VM) ; 收集架 (产品编号: 28318-VM) ; 适用于16 mm试管的板子 (产品编号: 28319-VM) ; 100只装快速更换衬里, PTFE (产品编号: 28310-VM) ; 12只装衬里导向管 (产品编号: 28312-VM) ; 12只装试管 (产品编号: 28315-VM) .	12口	成套工具	28298-VM
Resprep 快速更换型固相萃取 (SPE) 真空歧管 (24口)	带流量控制阀和垫圈的盖子 (产品编号: 28323-VM) ; 收集架 (产品编号: 28325-VM) ; 适用于16 mm试管的板子 (产品编号: 28326-VM) ; 100只装快速更换衬里, PTFE (产品编号: 28310-VM) ; 2套, 每套12只装衬里导向管 (产品编号: 28312-VM) ; 2套, 每套12只装试管 (产品编号: 28315-VM)	24口	成套工具	28299-VM

注意: 如果需要, 有适用于2 mL样品瓶 (28320-VM 和 28327-VM) 和 20 mL闪烁样品瓶 (仅限QR-24 的 28321-VM) 的板供选购。

Resprep Quick-Replace固相萃取（SPE）真空歧管（12或24口）替换部件

描述	尺寸	数量	货号
Resprep QR-12 带流量控制阀和垫圈的盖子	适用于QR-12	ea.	28316-VM
Resprep QR-12 的垫圈	适用于QR-12	2-pk.	28317-VM
Resprep QR-12 的收集架	适用于QR-12	ea.	28318-VM
Resprep QR-12 用于 16 mm 试管的托盘	适用于QR-12	ea.	28319-VM
Resprep QR-12 用于 2 mL 自动进样瓶的托盘	适用于QR-12	ea.	28320-VM
Resprep QR-12 用于 20 mL 闪烁瓶的托盘	适用于QR-12	ea.	28321-VM
Resprep QR-12 防溅罩	适用于QR-12	ea.	28322-VM
Resprep QR-24 的流量控制阀及密封垫盖	适用于QR-24	ea.	28323-VM
Resprep QR-24 的密封垫	适用于QR-24	2-pk.	28324-VM
Resprep QR-24 的样品收集架	适用于QR-24	ea.	28325-VM
Resprep QR-24 的 16 毫米试管托盘	适用于QR-24	ea.	28326-VM
Resprep QR-24 的 2 毫升自动进样瓶托盘	适用于QR-24	ea.	28327-VM
Resprep 快速更换真空歧管的阀杆	适用于QR-12和QR-24	24-pk.	28308-VM
Resprep 快速更换真空歧管的可更换一次性PTFE衬垫	适用于QR-12和QR-24	100-pk.	28310-VM
Resprep 快速更换真空歧管的快速更换流量控制阀	适用于QR-12和QR-24	2-pk.	28311-VM
Resprep 快速更换真空歧管的衬垫导向器（不锈钢材质）	适用于QR-12和QR-24	12-pk.	28312-VM
Resprep 快速更换真空歧管用真空计和排气阀	适用于QR-12和QR-24	ea.	28313-VM
Resprep 快速更换真空歧管用收集架固定夹	适用于QR-12和QR-24	12-pk.	28314-VM
Resprep 快速更换真空歧管用试管（10 x 75 mm）	适用于QR-12和QR-24	12-pk.	28315-VM



往复式真空泵

- 无油真空泵，采用活塞驱动，不会污染空气，且维护需求极低。
- 安静、低振动的设计将扰动降至最低。
- 内置热保护装置可在泵过热时自动停泵，并在设备冷却后重新启动。
- 进气滤网能够捕获颗粒并去除水分，从而延长泵的使用寿命。
- 国际CE和CSA认证。
- 适用领域包括空气采样过滤；微生物学；悬浮固体测试；真空烘箱；热脱附（TD）管；采样袋（建议为TD管和采样袋使用调节器）；以及一般用途。（不适用于抽空空气罐）
- 提供两年泵保修服务。



描述	仪器	流量	兼容部分	电压	数量	货号
真空泵	Rocker 300	21 L/min	适用于汽车类型的12V电池	AC110 V, 60 Hz	ea.	27424
	Rocker 300	18 L/min		AC220 V, 50 Hz	ea.	27425
	Rocker 300DC	25 L/min		DC Power (12 V)	ea.	27447
	Rocker 400	37 L/min		AC110 V, 60 Hz	ea.	27432
	Rocker 400	34 L/min		AC220 V, 50 Hz	ea.	27433
	Rocker 410	23 L/min		AC110 V, 60 Hz	ea.	27434
	Rocker 410	20 L/min		AC220 V, 50 Hz	ea.	27435
	Rocker 500	28 L/min		AC110 V, 60 Hz	ea.	27436
	Rocker 500	23 L/min		AC220 V, 50 Hz	ea.	27437



25008

液相色谱流动相用沉子，溶剂过滤头

该过滤头由316不锈钢尖头、特氟龙（Tefzel）密封圈和耐腐蚀316不锈钢滤芯组成。滑入式滤器，无需扳手可以轻松连接到泵入口管线中。通用1/8英寸外径接头适配于标准PTFE管内径。圆柱形过滤器孔径为10μm。适用于Altex、ISCO、LDC、Varian、Waters、PerkinElmer及其他品牌液相泵。

描述	数量	货号
滑入式溶剂过滤头	ea.	25008



25097

HPLC不锈钢维修套件

适用于所有HPLC系统的日常维护。

该不锈钢维护套件包含HPLC系统维护所需的管路、配件和工具：

多种长度的1/16英寸管路，螺母、压环、一把ValvTool扳手和一个零死体积接头。

套件包括:

液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.005" x 5 cm，3支装	液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.010" x 30 cm，3支装
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.005" x 10 cm，3支装	液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.020" x 5 cm，3支装
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.005" x 20 cm，3支装	液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.020" x 10 cm，3支装
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.005" x 30 cm，3支装	液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.020" x 20 cm，3支装
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.007" x 5 cm，3支装	液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.020" x 30 cm，3支装
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.007" x 10 cm，3支装	1/16" Rheodyne螺母，10个/包
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.007" x 20 cm，3支装	1/16" Rheodyne压环，10个/包
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.007" x 30 cm，3支装	ValvTool扳手，1把
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.010" x 5 cm，3支装	1/16" 不锈钢压环，10个/包
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.010" x 10 cm，3支装	1/16" 不锈钢螺母，10个/包
液相色谱毛细管管路，不锈钢，1/16" x 0.010" x 20 cm，3支装	零死体积连接器，1个

描述	数量	货号
HPLC不锈钢维修套件	套	25097

您正在开发新方法吗？

如何根据待测物的类型选择合适的色谱柱，详见《PFAS分析中色谱柱的选择指南》，您也可登陆 www.restek.com 查看更多信息。



Resprep PFAS 小柱

- 可选的工厂预填装助滤层小柱，防止样品处理过程中小柱堵塞，缩短样品制备时间的同时，可获得更一致的结果。
- 简化样品制备步骤：将WAX 和 CarboPrep Plus 石墨化碳装填在单个SPE 小柱中，可实现更快、更简单的工作流程。
- 使用超洁净WAX聚合物和石墨化碳吸附剂——每批WAX 填料都经过EPA 1633 PFAS测试，以确保满足方法检测限要求。
- 与真空歧管和自动化系统兼容。

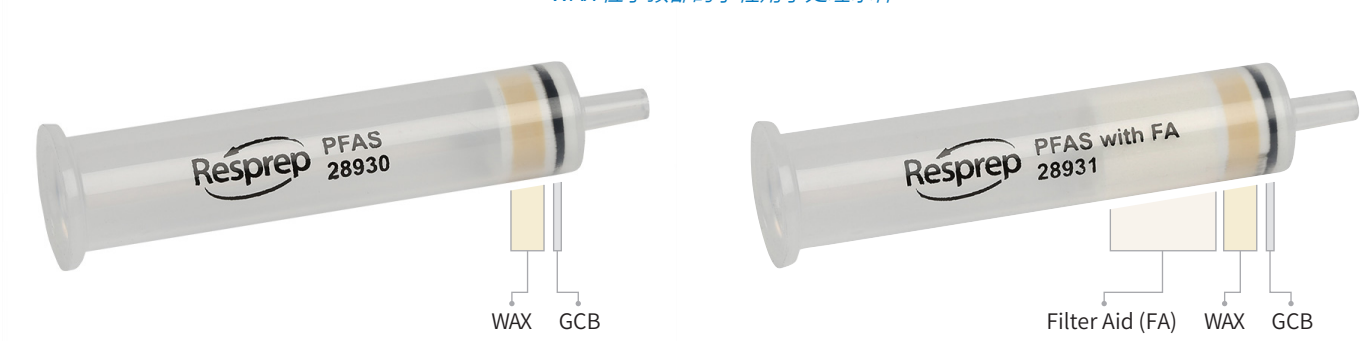


582051
石墨化碳在顶部

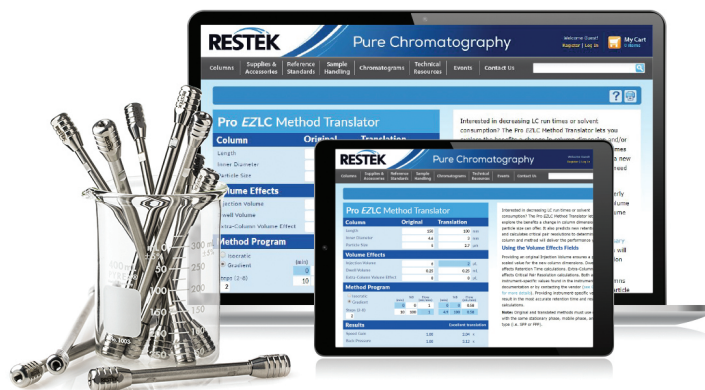
货号	产品名称	填料	体积 (mL)	包装数量
28930	Resprep PFAS 小柱	WAX 150 mg/GCB 50 mg	6	30-pk.
28931	Resprep PFAS小柱/ 带助滤层	Filter aid 2000 mg/ WAX 150 mg/GCB 50 mg	6	30-pk.
582051*	Resprep PFAS 小柱	GCB 50 mg/WAX 150 mg	6	30-pk.

*如需石墨化碳在顶部的小柱，请联系 Restek 客户服务部门进行定制，货号： 582051。

WAX 位于顶部的小柱用于处理水样



搭配 Pro EZLC，实验更出彩！



Pro EZLC在线色谱模拟器

只需一个待测物列表，一键获得包括色谱柱类型、规格和分离条件的色谱方法。你也可以改变色谱柱类型、修改分离参数优化分离效果。一款免费的方法开发在线优化软件！快快登录体验吧~

www.restek.com/proezlc



扫码申请试用



关注公众号



电子手册申请

(回复“PFAS”可获更多相关资料！)

RESTEK
Pure Chromatography

瑞思泰康科技（北京）有限公司
电话：4000 815 005
网址：www.restek.com
地址：上海市浦东新区盛夏路500号3号楼3层

2025.12