

## 中华人民共和国出入境检验检疫行业标准

SN/T 5352—2021

### 纸制耐热材料中全氟和多氟化合物的测定

Determination of perfluorinated and polyfluorinated compounds in paper  
heat-resisting material

2021-11-22 发布

2022-06-01 实施

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国海关总署提出并归口。

本文件起草单位：中华人民共和国广州海关、广东德威检验认证有限公司

本文件主要起草人：张子豪、刘莹峰、李春燕、王晶、李全忠、麦晓霞、肖前、郑建国、余建龙、关剑锋、李丹、钟怀宁、邵秋荣、刘智明、黄彦俊

以正式出版文本为准  
行业标准信息服务平台



## 纸制耐热材料中全氟和多氟化合物的测定

### 1 范围

本文件规定了纸制耐热材料中 27 种全氟和多氟化合物使用液相色谱-质谱/质谱测定、9 种全氟和多氟化合物使用气相色谱-质谱/质谱测定的方法。

本文件适用于纸制耐热材料中 36 种全氟和多氟类化合物的测定。

### 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

### 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

### 4 方法提要

将处理好的纸制样品用甲醇超声提取，萃取液经浓缩和净化后直接用液相色谱-质谱/质谱和气相色谱-质谱/质谱共同测定。利用全氟和多氟类化合物的保留时间和特征离子对峰进行定性，内标法定量分析。

### 5 试剂和材料

5.1 甲醇；色谱纯。

5.2 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟类化合物标准品（参见附录 A 表 A.1），纯度 $\geq 95\%$ 。

5.3 气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种全氟和多氟类化合物标准品（参见附录 A 表 A.2），纯度 $\geq 95\%$ 。

5.4 1,2,3,4-<sup>13</sup>C<sub>4</sub> 全氟辛酸（MPFOA）标准品，纯度 $\geq 98\%$ 。

5.5 十七烷酸甲酯-d<sub>33</sub> 标准品，纯度 $\geq 97\%$ 。

5.6 27 种全氟和多氟化合物标准储备溶液；准确称取全氟和多氟类化合物标准品（5.2）各 0.005 0 g（精确至 0.001 g），分别置于 27 个不同的 100 mL 棕色容量瓶中，用甲醇（5.1）溶解稀释至刻度，混匀。各溶液的浓度为 50 mg/L。在 4 °C 下避光密闭保存。

5.7 内标标准储备溶液；准确称取 MPFOA（5.4）标准品 0.005 0 g，置于 100 mL 棕色容量瓶中，用甲醇（5.1）溶解稀释至刻度，混匀。该溶液的浓度为 50 mg/L。在 4 °C 下避光密闭保存。

5.8 27 种全氟和多氟化合物混合标准中间液；全氟和多氟类化合物标准储备溶液（5.7）1.0 mL 于同一个 100 mL 棕色容量瓶中，用甲醇（5.1）定容至刻度，得到浓度为 0.5 mg/L 的混合标准中间液，4 °C 下保存，备用。

5.9 内标标准中间液；准确移取内标标准储备溶液（5.7）1.0 mL 于 100 mL 棕色容量瓶中，用甲醇（5.1）定容至刻度，得到浓度为 0.5 mg/L 的内标标准中间液，4 °C 下保存，备用。

5.10 9 种全氟和多氟化合物标准储备溶液；准确称取全氟和多氟类化合物标准品（5.3）各 0.005 0 g

(精确至 0.001 g),分别置于 9 个不同的 100 mL 棕色容量瓶中,用甲醇(5.1)溶解稀释至刻度,混匀。各溶液的浓度为 50 mg/L。在 4 °C 下避光密闭保存。

5.11 内标标准储备溶液:准确称取十七烷酸甲酯-D33(5.5)标准品 0.005 0 g,置于 100 mL 棕色容量瓶中,用甲醇(5.1)溶解稀释至刻度,混匀。该溶液的浓度为 50 mg/L。在 4 °C 下避光密闭保存。

5.12 9 种全氟和多氟化合物混合标准中间液:全氟和多氟类化合物标准储备溶液(5.10)1.0 mL 于同一个 100 mL 棕色容量瓶中,用甲醇(5.1)定容至刻度,得到浓度为 0.5 mg/L 的混合标准中间液,4 °C 下保存,备用。

5.13 内标标准中间液:准确移取内标标准储备溶液(5.11)1.0 mL 于 100 mL 棕色容量瓶中,用甲醇(5.1)定容至刻度,得到浓度为 0.5 mg/L 的内标标准中间液,4 °C 下保存,备用。

#### 5.14 液相色谱-质谱/质谱标准工作溶液的制备

标准工作溶液的配制:准确移取 20  $\mu$ L、40  $\mu$ L、100  $\mu$ L、200  $\mu$ L、400  $\mu$ L、1 000  $\mu$ L 的全氟和多氟类化合物混合标准中间液(5.8)于 6 个 10 mL 容量瓶中,分别向其中加入 100  $\mu$ L 0.5 mg/L 的内标标准中间液(5.9),甲醇(5.1)定容至刻度,摇匀后得到全氟和多氟类化合物的浓度分别为 0.001 mg/L、0.002 mg/L、0.005 mg/L、0.010 mg/L、0.020 mg/L、0.050 mg/L 的标准工作溶液,经 0.2  $\mu$ m 滤膜过滤后,供液相色谱-质谱/质谱。

#### 5.15 气相色谱-质谱/质谱标准工作溶液的制备

标准工作溶液的配制:准确移取 20  $\mu$ L、40  $\mu$ L、100  $\mu$ L、200  $\mu$ L、400  $\mu$ L、1 000  $\mu$ L 的全氟和多氟类化合物混合标准中间液(5.12)于 6 个 10 mL 容量瓶中,分别向其中加入 100  $\mu$ L 0.5 mg/L 的内标标准中间液(5.13),甲醇(5.1)定容至刻度,摇匀后得到全氟和多氟类化合物的浓度分别为 0.001 mg/L、0.002 mg/L、0.005 mg/L、0.010 mg/L、0.020 mg/L、0.050 mg/L 的标准工作溶液,经 0.2  $\mu$ m 滤膜过滤后,供气相色谱-质谱/质谱测定。

#### 5.16 有机相微孔滤膜:孔径 0.2 $\mu$ m。

## 6 仪器和设备

6.1 液相色谱-质谱/质谱仪:配有电喷雾离子源(ESI 源)。

6.2 气相色谱-质谱/质谱仪:配有电子轰击离子源(EI 源)。

6.3 分析天平:感量 0.1 mg。

6.4 可加热型超声仪:超声频率 80 KHz。

6.5 旋转蒸发器。

6.6 移液枪:100  $\mu$ L、1 000  $\mu$ L。

6.7 容量瓶:10 mL、100 mL。

6.8 圆底烧瓶:100 mL。

## 7 试样的制备与处理

### 7.1 试样的制备

准确称取 2.00~4.00 g 纸制材料样品,将样品剪成 2 mm×2 mm 的小块,装入预先准备好的洁净容器内,做好标记并标明日期。

### 7.2 提取、浓缩与净化

将 7.1 中得到的纸制材料样品置于洁净的 50 mL 旋盖瓶中,向其中加入 50  $\mu$ L 内标标准中间液(5.9)和 50  $\mu$ L 内标标准中间液(5.13),加入 40 mL 甲醇(5.1)。温度在 60 °C( $\pm$ 5 °C)密封超声萃取

60 min, 滤出提取液后用两个 5 mL 的甲醇对样品进行两次洗涤, 合并洗涤液, 在 250 bar, 50 °C 条件下运用旋转蒸发仪对提取液进行浓缩, 使提取液浓缩至 2 mL 以下, 转移至 5 mL 容量瓶中, 甲醇(5.1)定容至刻度, 用 0.2 μm 有机相滤膜过滤后供液相色谱质谱/质谱和气相色谱质谱/质谱进样测定。

### 7.3 空白试样

按照 7.2 操作处理的空白试样。

## 8 测定

### 8.1 液相色谱-质谱/质谱条件

- 8.1.1 色谱柱: PoroShell 120 EC-C<sub>18</sub> 柱, 柱长 150 mm, 内径 3.0 mm, 填料粒径 2.7 μm 或相当者;  
 8.1.2 流动相: A: 水, B: 甲醇; 见表 1;  
 8.1.3 流速: 0.2 mL/min;  
 8.1.4 柱温: 40 °C;  
 8.1.5 进样量: 10 μL;  
 8.1.6 离子源: 电喷雾离子源(ESI);  
 8.1.7 离子模式: 负离子模式;  
 8.1.8 检测方式: 多反应监测(MRM), 质谱参数见附录 B 表 B1。

表 1 梯度洗脱程序

梯度时间(min)	A(水) %	B(甲醇) %
0	90	10
3	80	20
4	55	45
5	30	70
11	15	85
18	0	100
19	25	75
20	50	50
21	80	20
24	90	10

### 8.2 气相色谱-质谱/质谱条件

- 8.2.1 色谱柱: DB-5MS UI 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);  
 8.2.2 升温程序为: 初温 75 °C(保持 3 min), 以 30 °C/min 升温至 250 °C(保持 0 min), 再以 50 °C/min 快速升至 300 °C(保持 5 min);  
 8.2.3 进样口温度: 250 °C;  
 8.2.4 柱流速为 1.0 mL/min;  
 8.2.5 进样量: 2 mL;  
 8.2.6 进样方式: 脉冲不分流进样。进样脉冲压力: 20.7 kPa, 时间: 1.5 min, 到分流出口的吹扫流量: 100 mL/min, 吹扫时间: 2 min;  
 8.2.7 检测方式: 多反应监测(MRM), 质谱参数见附录 B 表 B2。

8.3 绘制标准工作曲线

按照 8.1 所列测定条件,对标准工作溶液(5.14)进行检测。以标准工作液中全氟和多氟类化合物与内标浓度的比值为横坐标,以对应的峰面积的比值为纵坐标,单位以毫克每升( $\mu\text{g/L}$ )表示,绘制标准工作曲线。液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟类化合物的总离子流图参见附录 C 图 C.1 和附录 D.1。

按照 8.2 所列测定条件,对标准工作溶液(5.15)进行检测。以标准工作液中全氟和多氟类化合物与内标浓度的比值为横坐标,以对应的峰面积的比值为纵坐标,单位以毫克每升( $\mu\text{g/L}$ )表示,绘制标准工作曲线。气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种全氟和多氟类化合物的总离子流图参见附录 C 图 C.2 和附录 D.2。

8.4 串联质谱分析及阳性结果确证

按照 8.1-8.2 色谱和质谱条件测定样品和标准工作溶液,如果样品的质量色谱峰保留时间与标准品一致,所有选择离子对均出现,则根据定性选择离子对的种类及其相对丰度比,对其进行阳性确证。定性时,相对丰度允许偏差不得超过表 2 规定的范围,则可判定样品中存在对应的被测物。

表 2 定性确证时相对离子丰度的最大允许偏差

相对离子丰度/%	>50	>20~50	>10~20	$\leq 10$
允许的相对偏差/%	$\pm 20$	$\pm 25$	$\pm 30$	$\pm 50$

对标准工作溶液和样品提取试液依次进样,得到全氟和多氟类化合物色谱峰面积,每个溶液平行进样两次,计算峰面积比值的平均值,采用内标法定量。

8.5 空白试液测定

对空白试液(7.3)按照 8.1 和 8.2 的步骤进样进行测定。

9 结果计算

试样中各种全氟和多氟类化合物(PFCs)含量按以下计算公式计算:

各种 PFCs 对内标物的校正因子按式(1)计算:

$$f = \frac{A_i \times C_s}{A_s \times C_i} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $f$  —— 各种全氟和多氟化合物对内标物的校正因子;
- $A_i$  —— 标准工作溶液中内标物峰面积;
- $C_i$  —— 标准工作溶液中内标物浓度,单位为毫克每升( $\mu\text{g/L}$ );
- $A_s$  —— 标准工作溶液中各种全氟和多氟化合物峰面积;
- $C_s$  —— 标准工作溶液中各种全氟和多氟化合物浓度,单位为毫克每升( $\mu\text{g/L}$ );

$$X_i = \frac{f \times (A_i - A_p) \times C_{is} \times V \times D \cdot F_i}{A_{is} \times M} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $X_i$  —— 试样中各种全氟和多氟化合物的含量,单位为毫克每千克( $\mu\text{g/kg}$ );
- $f$  —— 各种全氟和多氟化合物对内标物的校正因子;

- $A_{sj}$  —— 样液中内标物峰面积；  
 $A_{j0}$  —— 空白样品峰面积；  
 $A_j$  —— 样液中每种全氟和多氟化合物峰面积；  
 $C_{js}$  —— 样液中内标物浓度,单位为毫克每升( $\mu\text{g/L}$ )；  
 $V$  —— 样液的体积,单位为毫升(mL)；  
 $D.F.$  —— 样品稀释倍数；  
 $M$  —— 取样质量,单位为克(g)

计算结果以各种全氟和多氟化合物的平行测定值的算术平均值表示,保留至小数点后一位。

## 10 定量限

本方法 36 种全氟和多氟类化合物中,液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物定量限均为  $5 \mu\text{g/kg}$ ,气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种全氟和多氟化合物定量限为  $10 \mu\text{g/kg}$ 。

## 11 精密度

方法的重复性和再现性见附录 E。

经正式出版文本为准  
行业标准信息服务平台



## 附录 A

(资料性)

## 36 种全氟和多氟类化合物的信息

表 A.1 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物与内标物的信息

序号	中文名称	英文名称	英文缩写	CAS No.	结构式
1	全氟丁酸	Perfluorobutyric acid	PFBA	375-22-4	
2	全氟戊酸	Perfluoropentanoic acid	PFPeA	2706-90-3	
3	全氟己酸	Perfluorohexanoic acid	PFHxA	307-24-4	
4	全氟庚酸	Perfluoroheptanoic acid	PFHpA	375-85-9	
5	7H-全氟庚酸	7H-Dodecafluorohexanoic acid	HPFHpA	1546-95-8	
6	全氟辛酸	Perfluorooctanoic acid	PFOA	335-67-1	
7	全氟壬酸	Perfluorononanoic acid	PFNA	375-95-1	
8	全氟癸酸	Perfluorodecanoic acid	PFDA	335-76-2	
9	2H,2H-全氟癸酸	2H,2H-Perfluorodecanoic acid	H2PFDA	27854-31-5	
10	全氟-3,7-二甲基辛酸	Perfluoro-3,7-dimethyloctane carboxylate	PF-3,7-DMOA	172155-07-6	
11	全氟十一酸	Perfluoroundecanoic acid	PFUnA	2058-94-8	
12	2H,2H,3H,3H-全氟十一酸	2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecanoic acid	H4PFUnA	34598-33-9	
13	全氟十二酸	Perfluorododecanoic acid	PFDoA	307-55-1	
14	全氟十三酸	Perfluorotridecanoic acid	PFTRIDA	72629-94-8	
15	全氟十四酸	Perfluorotetradecanoic acid	PFTEDA	376-06-7	

表 A.1 (续)

序号	中文名称	英文名称	英文缩写	CAS No.	结构式
16	全氟十六酸	Perfluorohexadecanoic acid	PFHeDA	67905-19-5	
17	全氟丁烷磺酸	Perfluorobutanesulfonic acid	PFBS	375-73-5	
18	全氟己烷磺酸	Perfluorohexanesulfonic acid	PFHxS	355-46-4	
19	全氟庚烷磺酸	Perfluoroheptanesulfonic acid	PFHpS	375-92-8	
20	全氟辛酸	Perfluorooctanesulfonic acid	PFOS	1763-23-1	
21	1H,1H,2H,2H-全氟辛烷磺酸	1H,1H,2H,2H-Perfluorooctanesulphonic acid	H4PFOS6:2	27619-97-2	
22	全氟癸烷磺酸	Perfluorodecanesulfonic acid	PFDS	335-77-3	
23	全氟辛烷磺酰胺	Perfluorooctanesulfonamide	PFOSA	754-91-6	
24	全氟-N-甲基辛烷磺酰胺	N-Methyl-Perfluorooctanesulfonamide	N-MeFOSA-M	31506-32-8	
25	全氟-N-乙基辛烷磺酰胺	N-Ethyl-Perfluorooctanesulfonamide	N-EtFOSA-M	4151-50-2	
26	N-甲基全氟辛基磺酰胺乙酸	N-Methyl-Perfluorooctanesulfonamidoacetic acid	N-MeFOSAA	n. a.	
27	N-乙基全氟辛基磺酰胺乙酸	N-Ethyl-Perfluorooctanesulfonamidoacetic acid	N-EtFOSAA	n. a.	
28	1,2,3,4- <sup>13</sup> C <sub>4</sub> -全氟辛酸	1,2,3,4- <sup>13</sup> C <sub>4</sub> -Perfluorooctanoic acid	MPEQA	n. a.	

表 A.2 气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种多氟化合物与内标物的信息

序号	中文名称	英文名称	英文缩写	CAS No.	结构式
1	1H,1H,2H,2H-全氟己醇	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-hexanol	4:2FTOH	2043-47-2	
2	1H,1H,2H,2H-全氟辛醇	1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-octanol	6:2FTOH	647-42-7	

表 A.2 (续)

序号	中文名称	英文名称	英文缩写	CAS No.	结构式
3	1H,1H,2H,2H- 全氟癸醇	1H,1H,2H,2H-P erfluoro-1-Decanol	8:2FTOH	678-39-7	
4	1H,1H,2H,2H- 全氟十二醇	1H,1H,2H,2H- Perfluoro-1-Dodecanol	10:2FTOH	865-86-1	
5	1H,1H,2H,2H- 全氟己醇丙烯酸酯	1H,1H,2H,2H- Perfluorooctylacrylate	6:2FTA	27619-97-2	
6	1H,1H,2H,2H- 全氟辛醇丙烯酸酯	1H,1H,2H,2H- Perfluorodecylacrylate	8:2FTA	17527-29-6	
7	1H,1H,2H,2H- 全氟辛醇丙烯酸酯	1H,1H,2H,2H- Perfluorodecylacrylate	10:2 FTA	27905-45-9	
8	N-甲基全氟辛烷磺酰 胺基乙醇	N-Methyl-Perfluorooctan esulfonamidoethanol	N-MeFOSE	24448-09-7	
9	N-乙基全氟辛烷磺 酰胺基乙醇	N-Ethyl-Perfluorooctanesu lfonamidoethanol	N-EtFOSE	1691-99-2	
10	十七烷酸甲酯-d33	Methyl Margarate-D33	D33	1219804-81-5	

## 附 录 B

(资料性)

## 36 种全氟和多氟类化合物质谱条件信息

## B.1 液相色谱-质谱/质谱仪的质谱条件(见表 B.1)

B.1.1 离子模式:ESI,负离子模式。

B.1.2 干燥气温度:350 ℃。

B.1.3 干燥气流速:7 L/ min。

B.1.4 雾化器压力:50 psi。

B.1.5 毛细管电压:4 000 V。

B.1.6 电子倍增管电压增量(Delta EMV):50~100 V。

表 B.1 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物与内标物 MRM 数据采集信息

序号	英文缩写	保留时间 (min)	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	碎裂电压 (V)	碰撞能量 (eV)
1	PFBA	12.36	213.0	168.9	60	1
2	PFPeA	13.18	262.9	218.9,69.1	61	1,47
3	PFHxA	13.94	313.0	269.0, 118.9	67,68	5,20
4	PFHpA	14.76	362.8	319.0, 168.9	75, 75	5,15
5	H2PFHpA	14.97	344.9	280.9,131.1	70,70	5,25
6	PFOA	15.76	413.0	369.0, 168.9	90, 90	5, 15
7	PFNA	16.71	462.8	419.0, 218.9	106, 106	5, 10
8	PFDA	17.69	512.8	468.9, 218.9	90, 90	10, 15
9	H2PFDA	17.59	476.9	393.0, 243.0	90,90,	20,25
10	PF-3,7-DMOA	17.69	512.8	218.9,168.9	88,88	20,33
11	PFUnA	18.74	562.9	518.9, 268.9	90, 90	5, 15
12	H4PFUnA	20.76	490.7	366.9,386.9	96,96	23,11
13	PFDoA	19.74	613.0	569.1, 168.9	96, 96	4, 24
14	PFTRIDA	20.69	663.1	619.0, 168.9	101, 101	8, 28
15	PFTEDA	21.60	713.0	669.1, 168.9	114, 114	8, 24
16	PFHeDA	23.27	813.0	768.9, 168.9	100, 100	5, 26
17	PFBS	13.28	299.1	80.0, 99.0	120, 120	35, 35
18	PFHxS	14.77	398.8	80.0, 99.0	161, 161	48, 36
19	PFHpS	15.74	448.9	80.0,99.0	114,114	61,56
20	PFOS	16.65	498.8	80.0, 99.0	120, 120	60, 60
21	H4PFOS6,2	15.71	426.8	407.0,81.1	124,124	43,5

表 B.1 (续)

序号	英文缩写	保留时间 (min)	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	碎裂电压 (V)	碰撞能量 (eV)
22	PFDS	18.56	598.8	80.0, 99.0	195, 195	80, 60
23	PFOSA	20.14	497.9	77.9, 147.9	161, 161	49, 29
24	N-MeFOSA-M	21.67	511.8	168.9, 218.9	116, 116	31, 29
25	N-EtFOSA-M	22.32	526.1	168.9, 219.1	124, 124	31, 28
26	N-MeFOSAA	18.75	570.2	511.9, 418.9	135, 135	24, 28
27	N-EtFOSAA	19.42	584.2	525.9, 418.9	135, 135	23, 25
28	MPFOA	15.76	417.0	371.9, 168.9	95	5, 15

## B.2 气相色谱-质谱/质谱仪的质谱条件(见表 B.2)

B.2.1 离子源:电子轰击离子源(EI)。

B.2.2 离子源温度:230 ℃。

B.2.3 四极杆质量分析器温度:150 ℃。

B.2.4 传输线温度为 300 ℃。

B.2.5 多反应监测负离子模式(MRM)

B.2.6 溶剂延迟 2 min。

表 B.2 气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种多氟化合物与内标物 MRM 数据采集信息

序号	英文缩写	保留时间 (min)	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	碎裂电压 (V)	碰撞能量 (eV)
1	4,2FTOH	1.78	94.9/131.0	69.0/69.0	/	25,25
2	6,2FTOH	2.46	94.9/131.0	69.0/69.0	/	23,27
3	8,2FTOH	3.69	94.9/131.0	69.0/69.0	/	25,25
4	10,2FTOH	4.78	94.9/131.0	69.0/69.0	/	26,25
5	6,2FTA	4.40	94.9/131.0	69.0/69.0	/	15,30
6	8,2FTA	5.34	94.9/131.0	69.0/69.0	/	5,20
7	10,2 FTA	6.05	94.9/131.0	69.0/69.0	/	60,45
8	N-MeFOSE	7.29	130.9/169.0	69.0/69.0	/	25
9	N-EtFOSE	7.53	130.9,169.0	69.0/69.0	/	25
10	D33	11.28	155.0	107.0, 78.9, 62.0	/	10,15,20

## 附录 C

(资料性)

36 种全氟和多氟类化合物的多反应监控总离子流色谱图

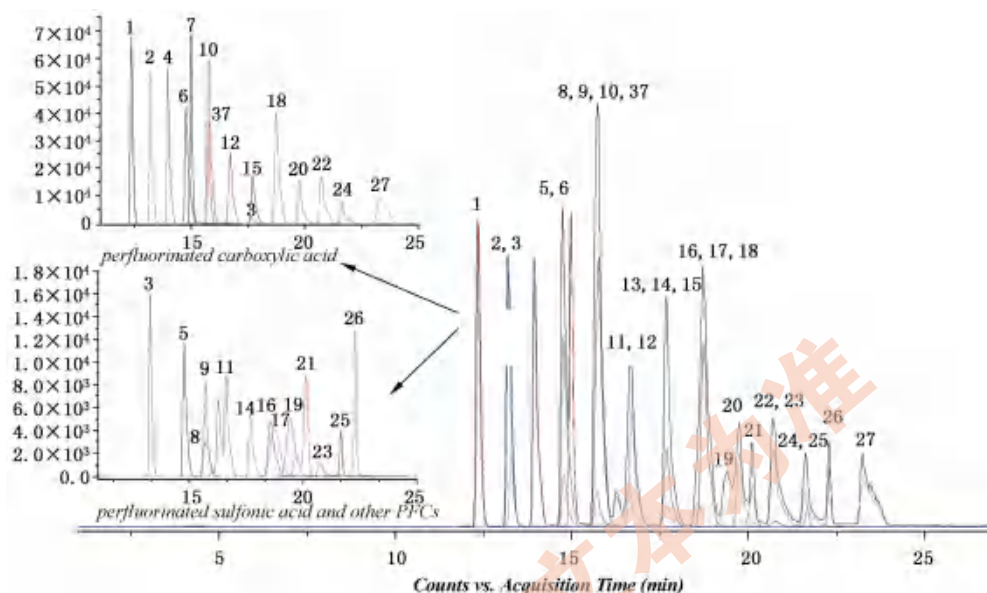


图 C.1 27 种全氟和多氟化合物在的液相色谱-质谱/质谱 MRM 色谱图(PoroShell 120 EC-C18)

(1; PFBA, 2; PFPeA, 3; PFBS, 4; PFHxA, 5; PFHxS, 6; PFHePA, 7; 7HPFbPA, 8; H4PFOS, 9; PFHpS, 10; PFOA, 11; PFOS, 12; PFNA, 13; H2PFDA, 14; PF-3, 7-DMOA, 15; PFDA, 16; PFDS, 17; N-MeFOSA, 18; PFUnA, 19; N-EtFOSA, 20; PFDoA, 21; PFOSA, 22; PFTRIDA, 23; H4PFUnA, 24; PFTEDA, 25; N-MeFOSA-M, 26; N-EtFOSA-M, 27; PFHeDA, 37; MPFOA)

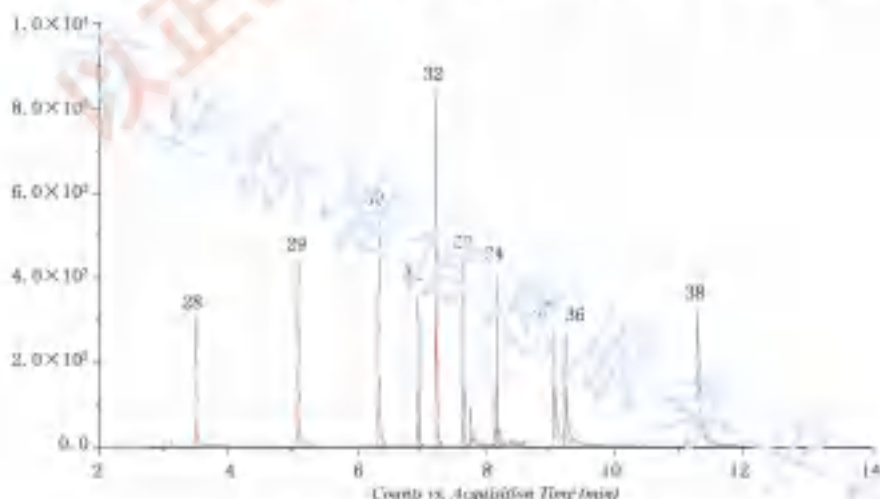


图 C.2 9 种多氟化合物的气相色谱-质谱/质谱 MRM 色谱图(DB-5MS UI)

(28; 4; 2FTOH, 29; 6; 2FTOH, 30; 8; 2FTOH, 31; 6; 2FTA, 32; 10; 2FTOH, 33; 8; 2FTA, 34; 10; 2FTA, 35; N-MeFOSE, 36; N-EtFOSE, 38; Methyl Margarate-d33)

附录 D

(资料性附录)

36 种全氟和多氟类化合物多反应检测(MRM)色谱图信息

D.1 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物的多反应监测(MRM)色谱图见表 D.1~D.27。

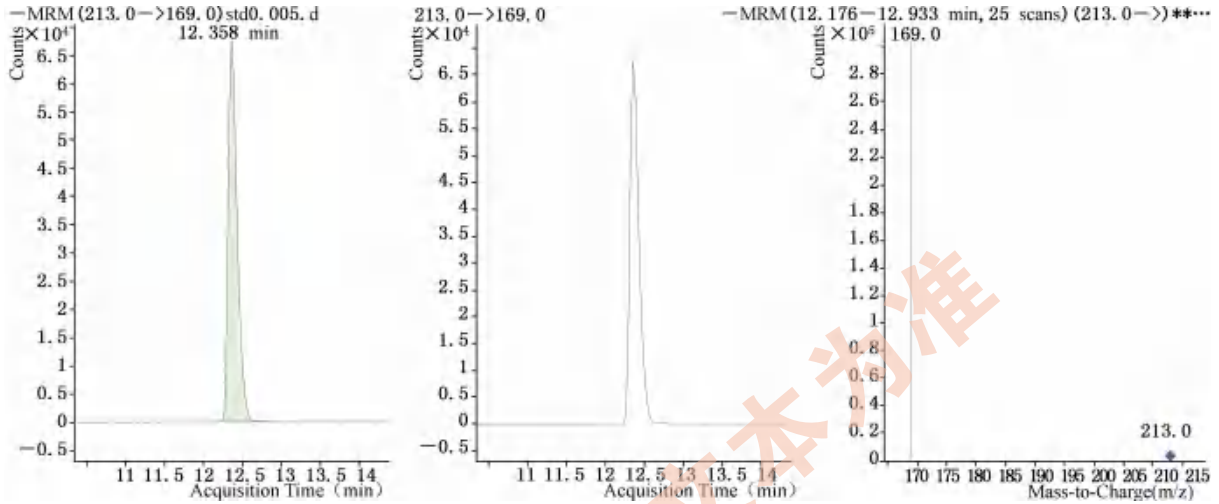


图 D.1 全氟丁酸(PFBA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

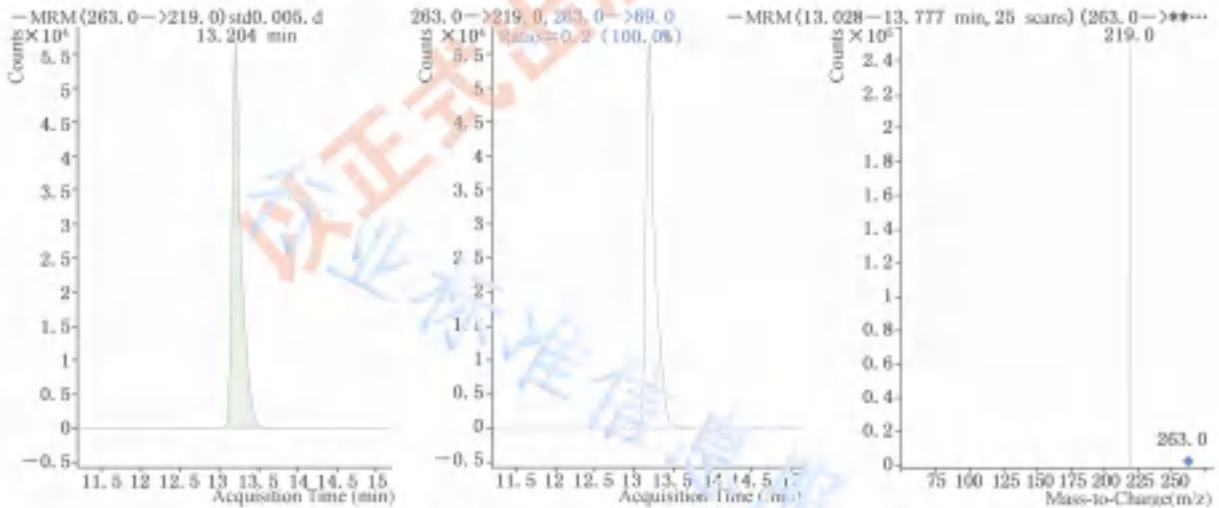


图 D.2 全氟戊酸(PFPeA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

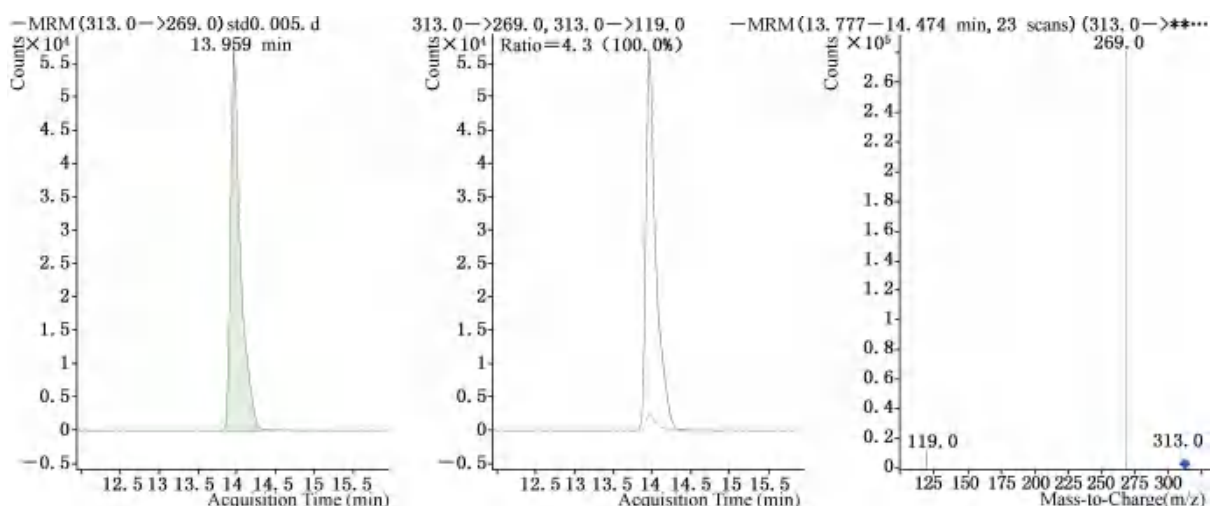


图 D.3 全氟己酸(PFHxA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

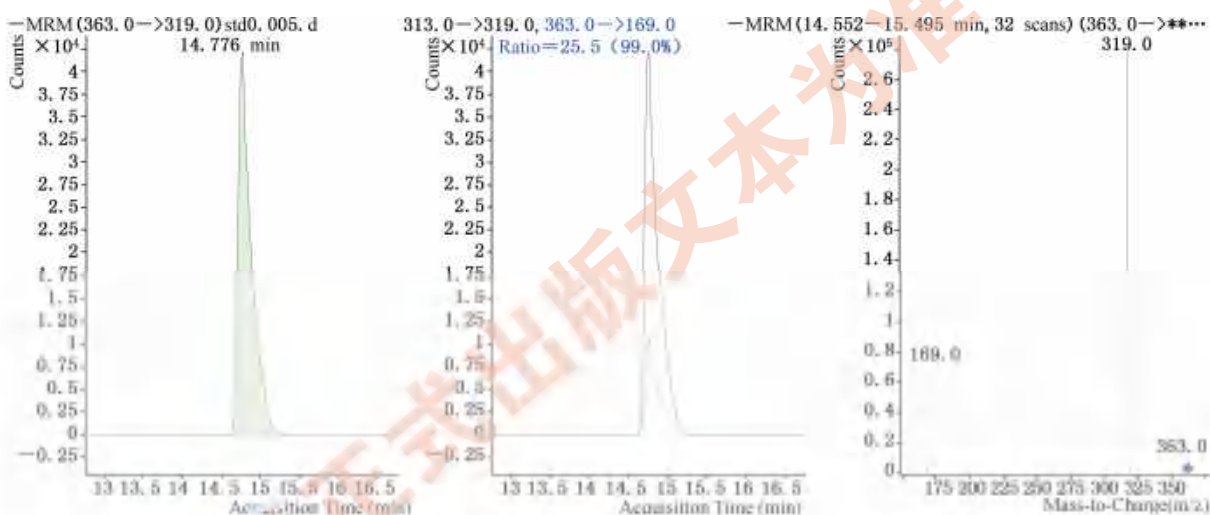


图 D.4 全氟庚酸(PFHpA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

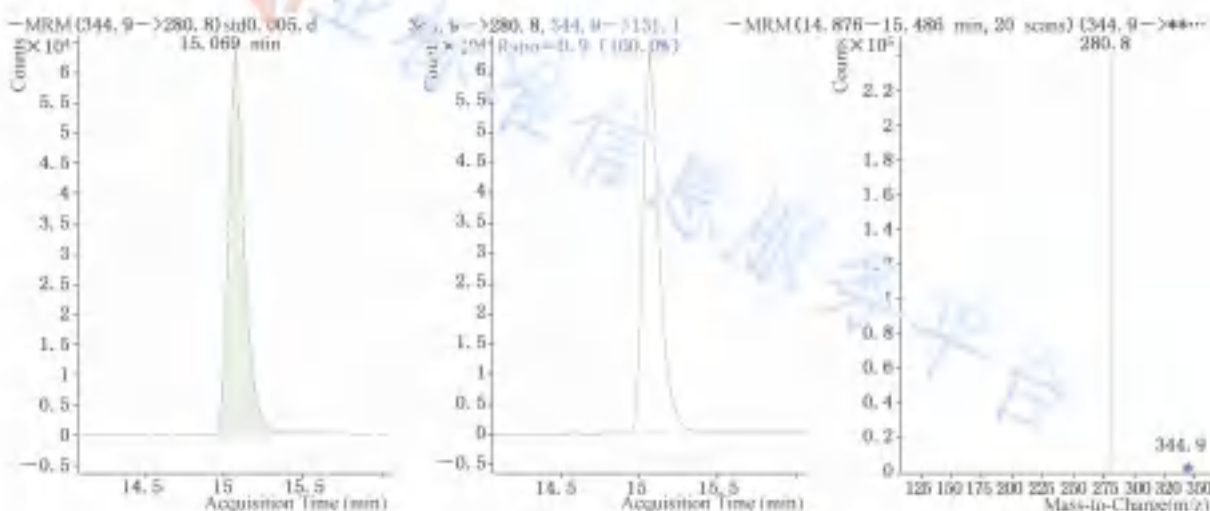


图 D.5 7H-全氟庚酸(HPFHpA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图



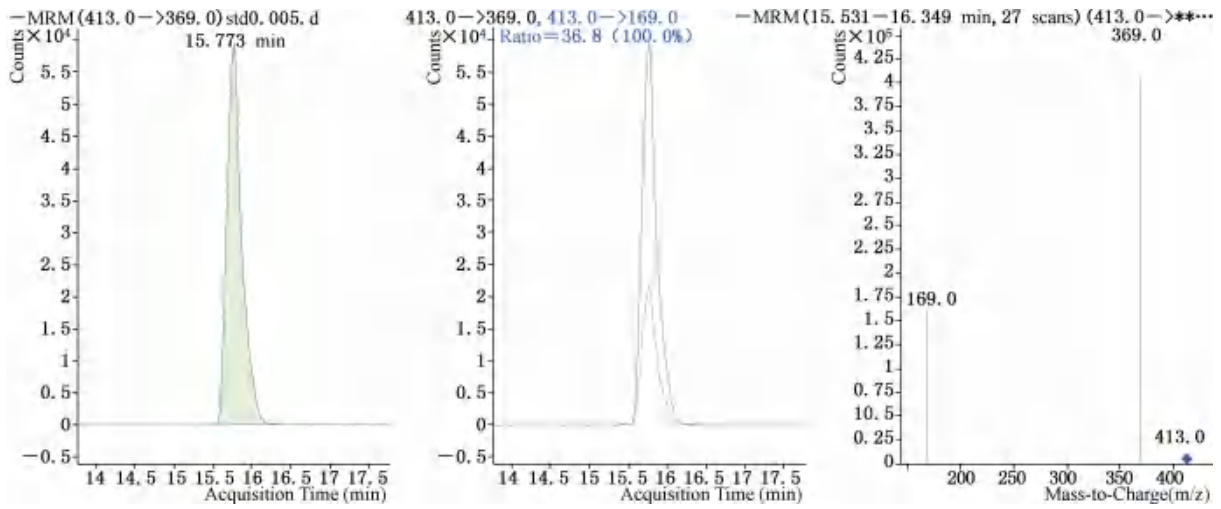


图 D.6 全氟辛酸(PFOA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

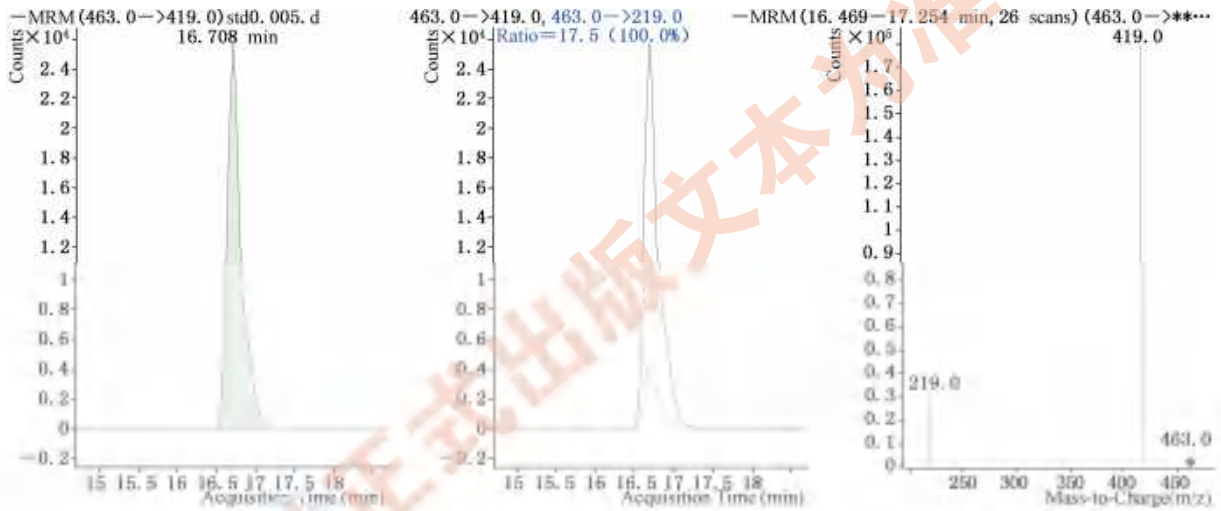


图 D.7 全氟壬酸(PFNA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

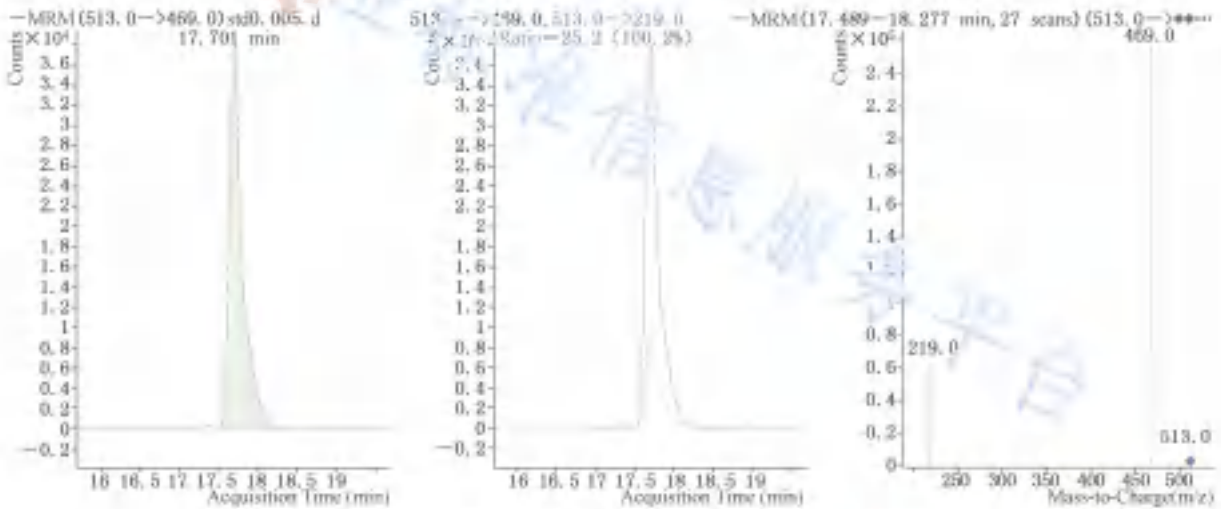


图 D.8 全氟癸酸(PFDA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

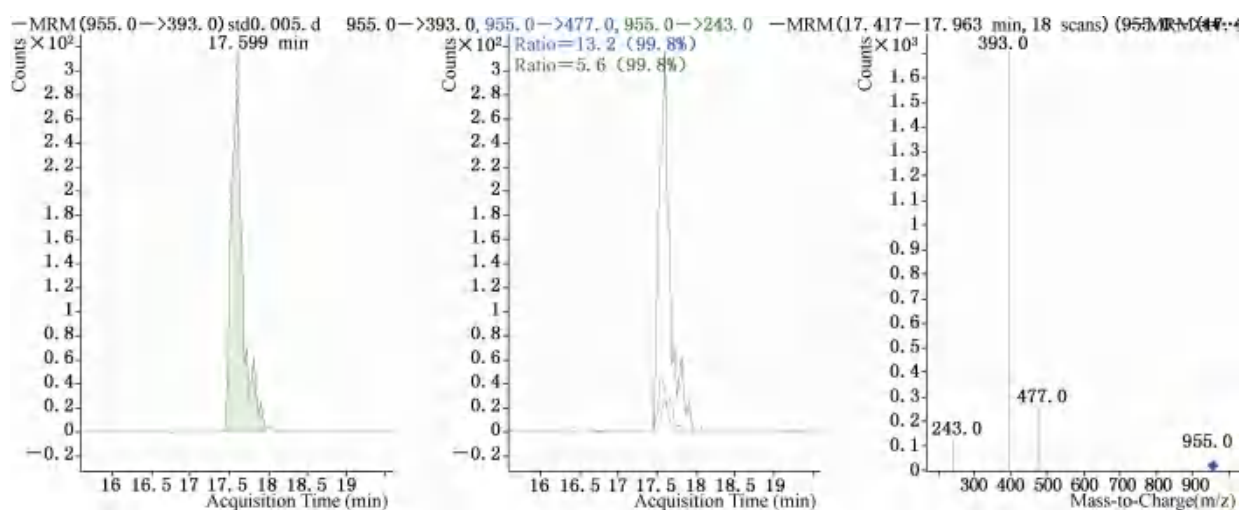
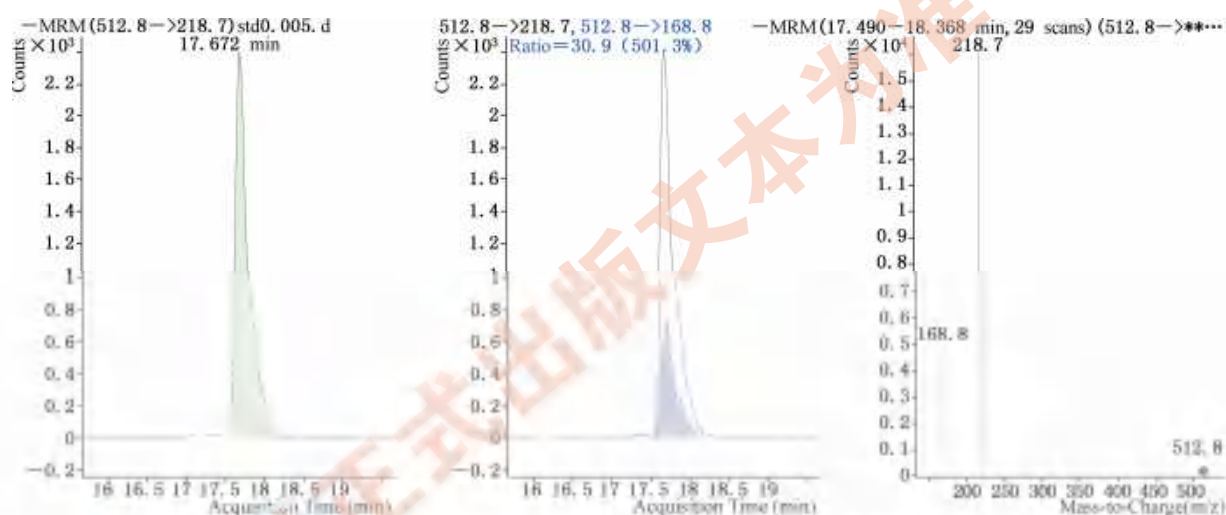
图 D.9 2H,2H-全氟癸酸(H<sub>2</sub>PFDA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

图 D.10 全氟-3,7-二甲基辛酸(PF-3,7-DMOA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

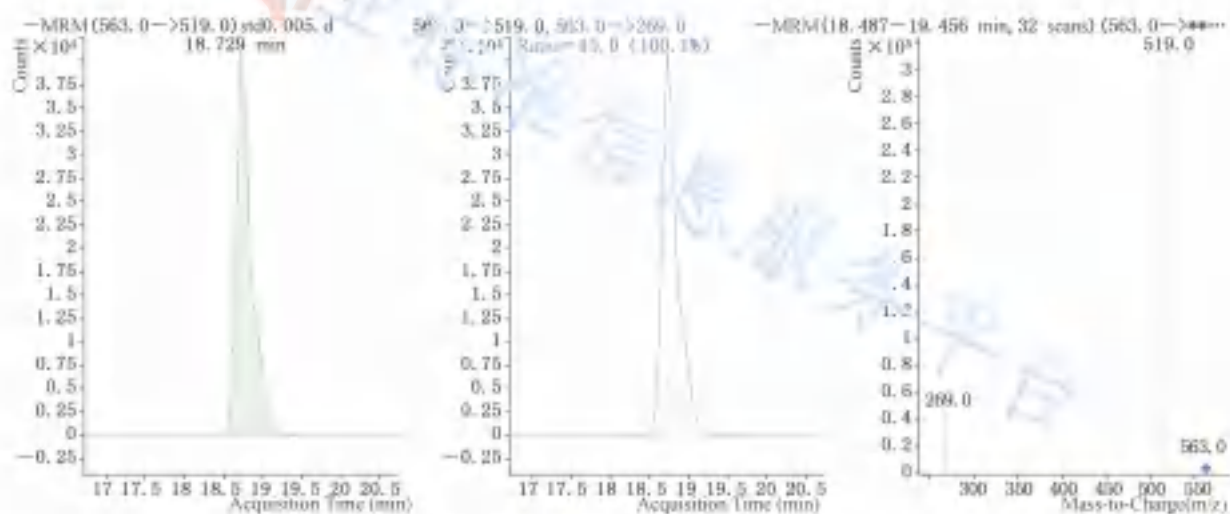


图 D.11 全氟十一酸(PFUnA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

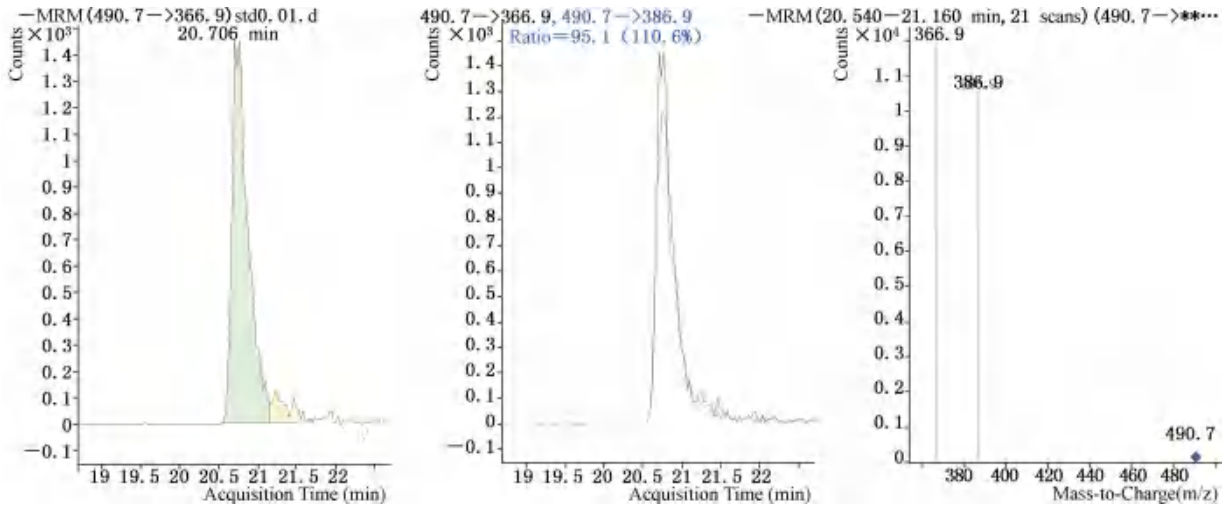


图 D.12 2H,2H,3H,3H-全氟十一酸(H4PFUnA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

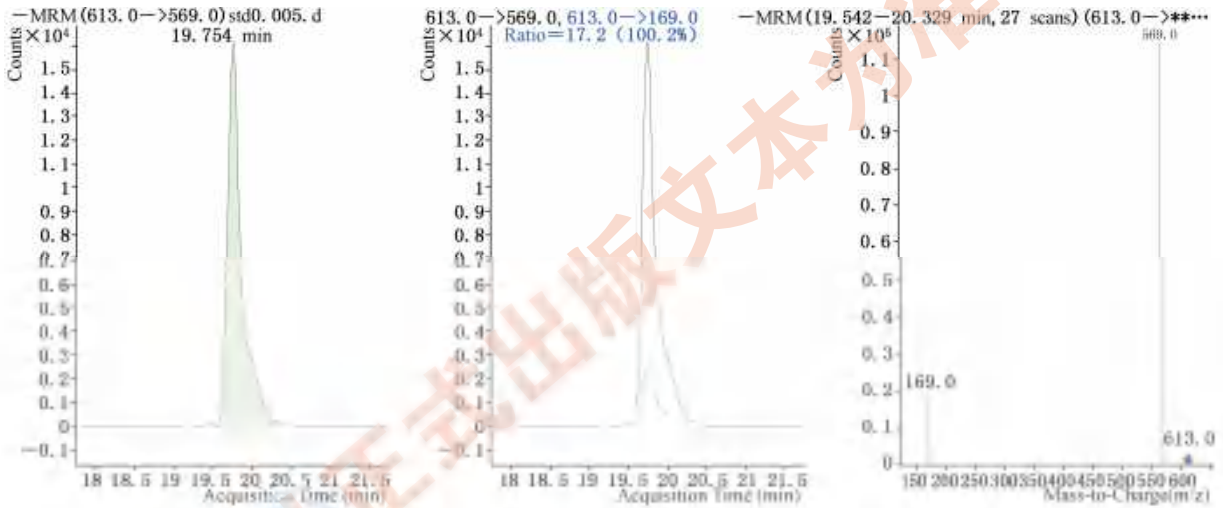


图 D.13 全氟十二酸(PFDoA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

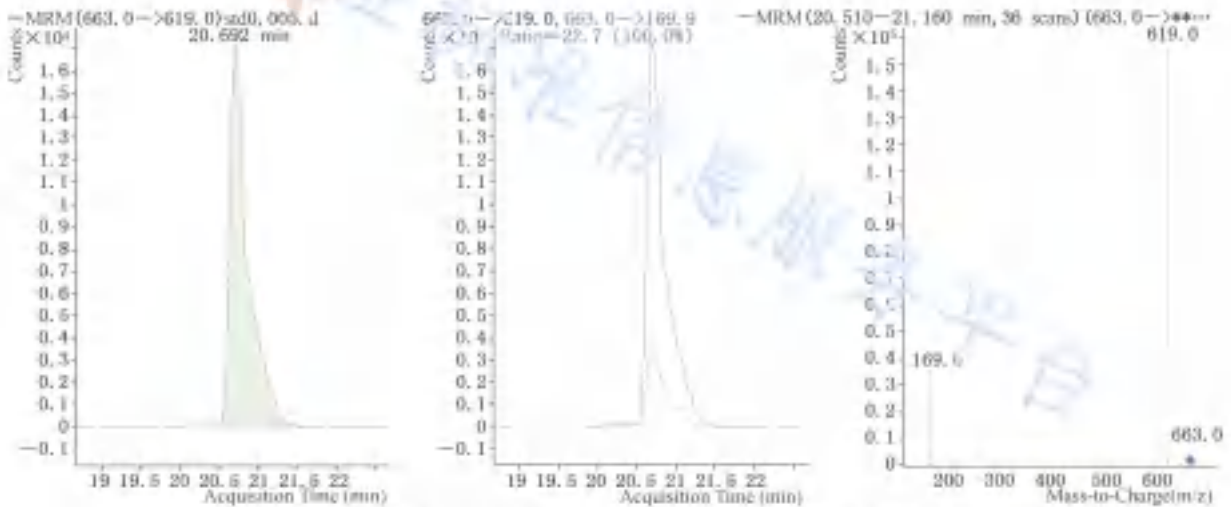


图 D.14 全氟十三酸(PFTRIDA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

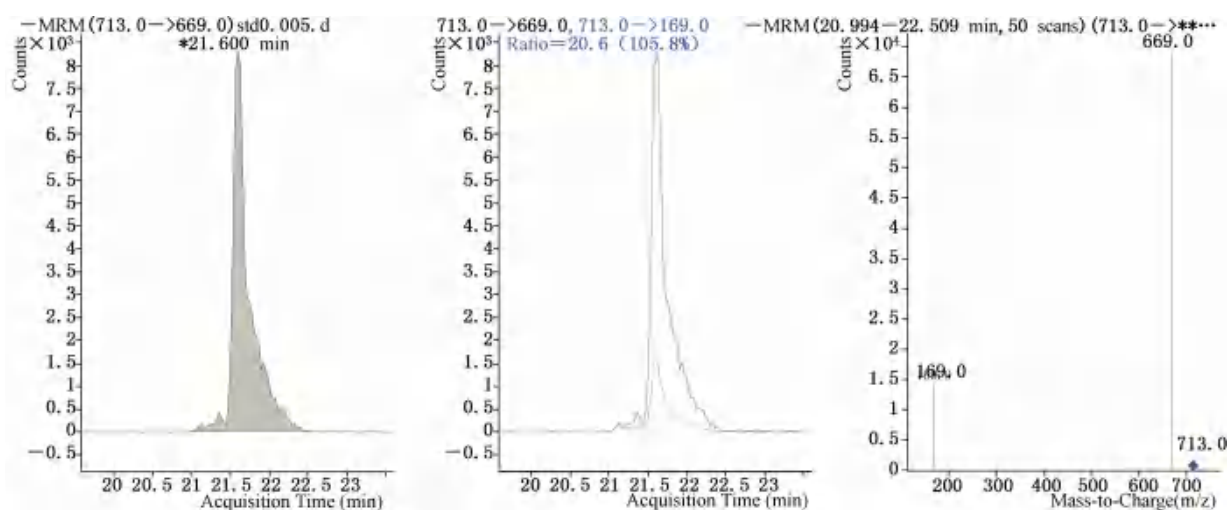


图 D.15 全氟十四酸(PFTEDA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

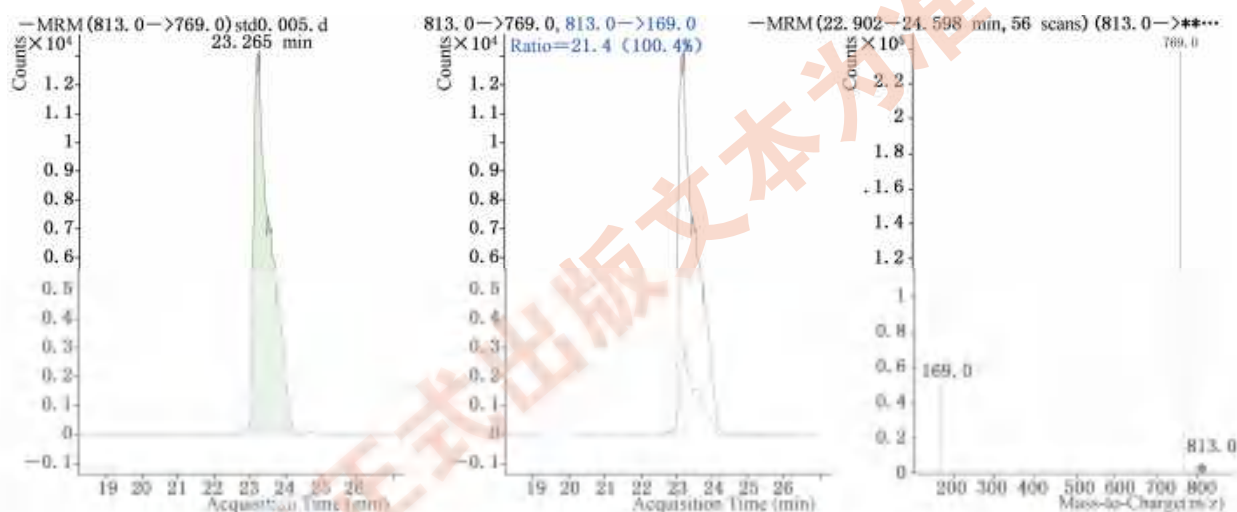


图 D.16 全氟十六酸(PFHeDA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

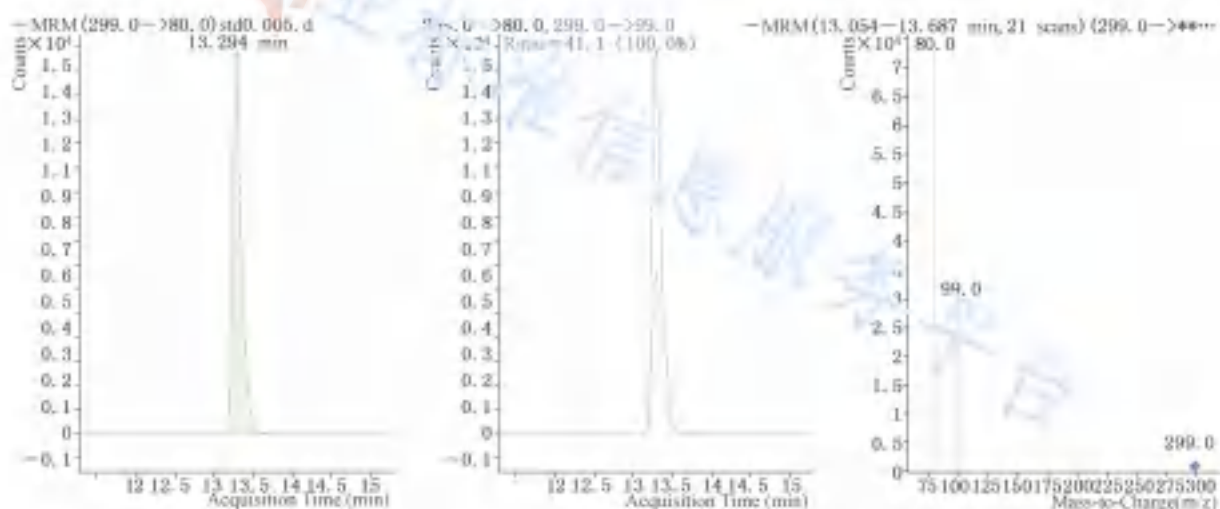


图 D.17 全氟丁烷磺酸(PFBS)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

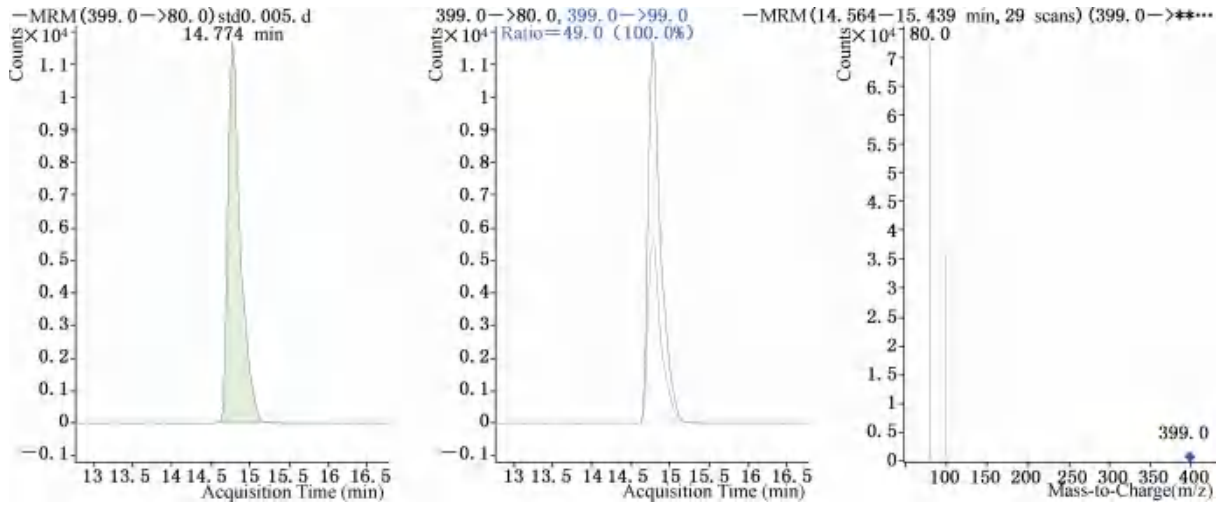


图 D.18 全氟己烷磺酸(PFH<sub>x</sub>S)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

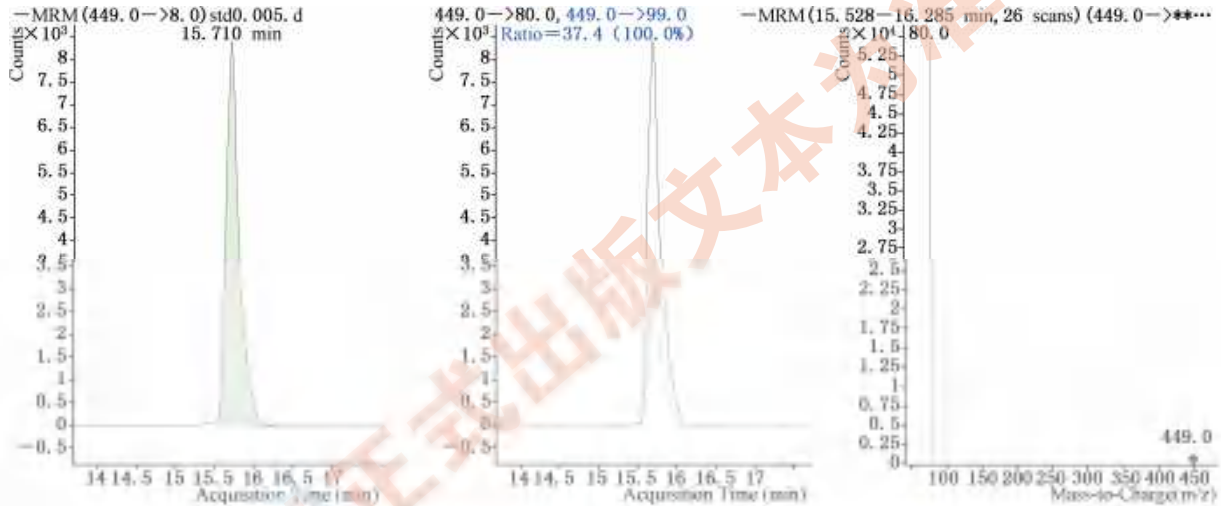


图 D.19 全氟庚烷磺酸(PFH<sub>p</sub>S)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

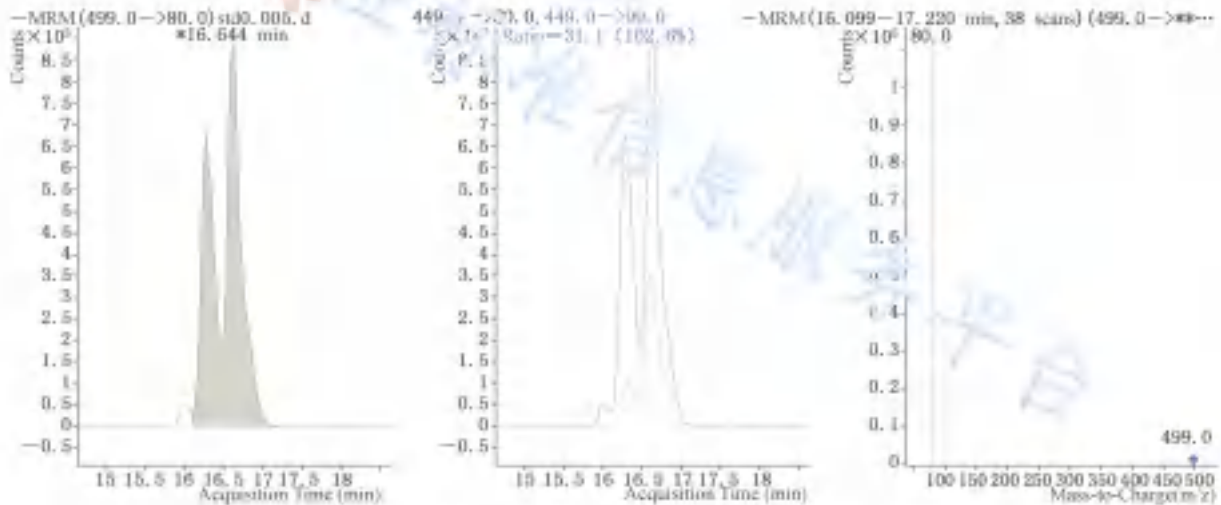


图 D.20 全氟辛酸(PFOS)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

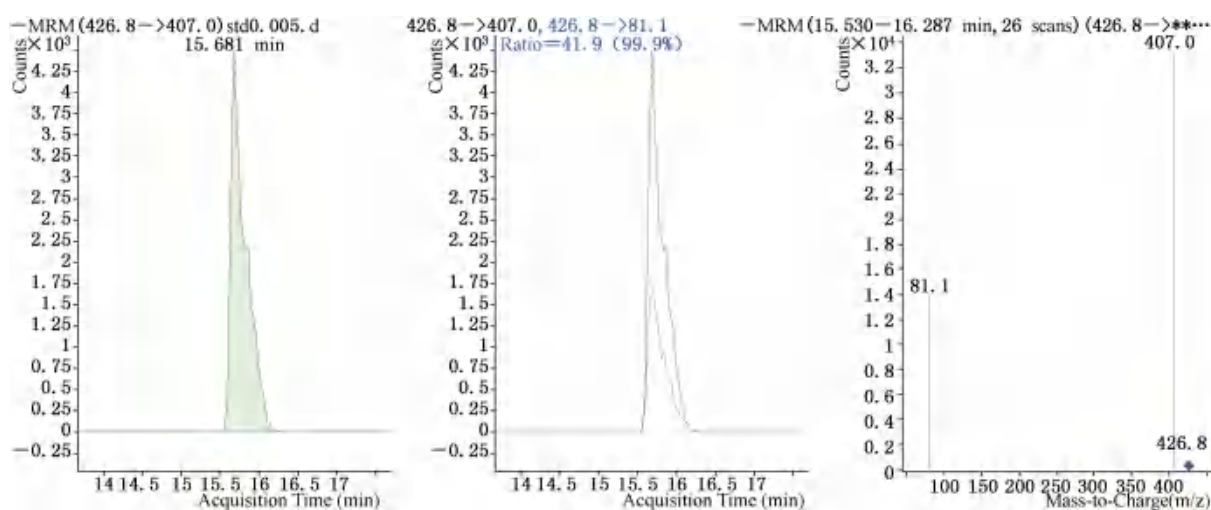


图 D.21 1H,1H,2H,2H-全氟辛烷磺酸(H4PFOS6:2)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

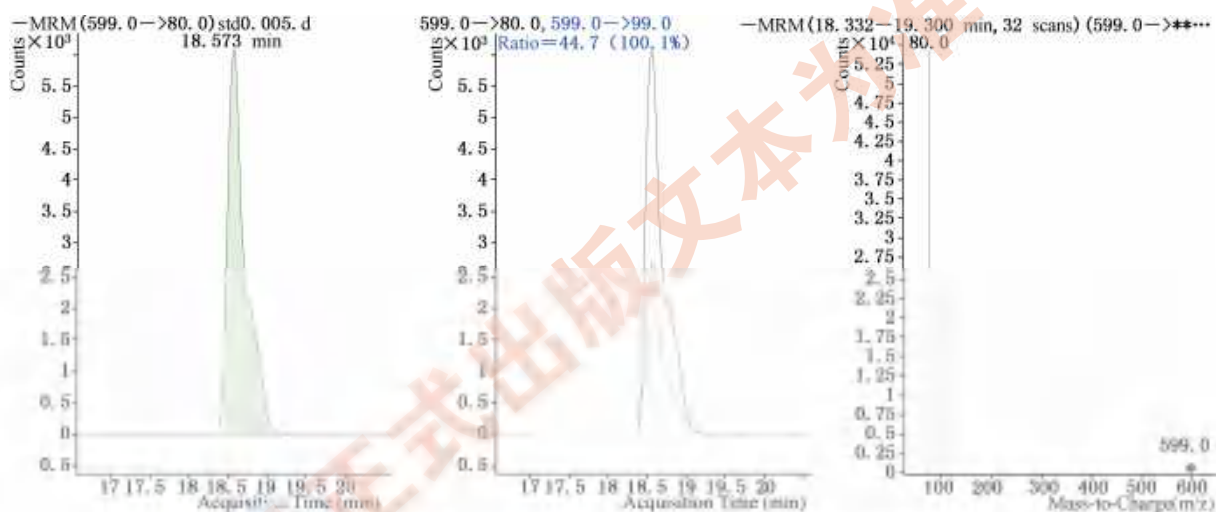


图 D.22 全氟癸烷磺酸(PFDS)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

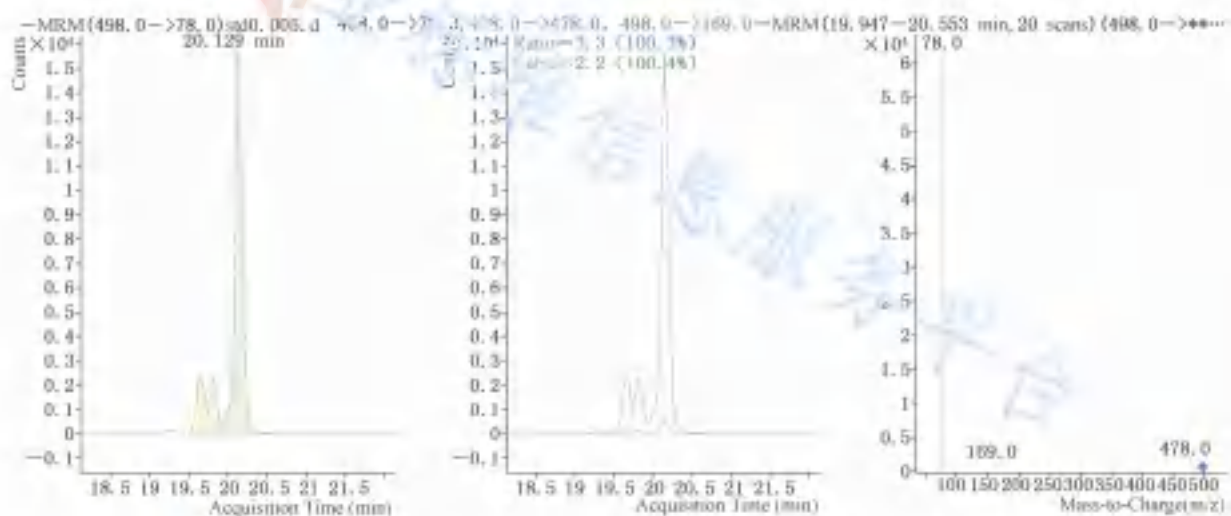


图 D.23 全氟辛烷磺酰胺(PFOSA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

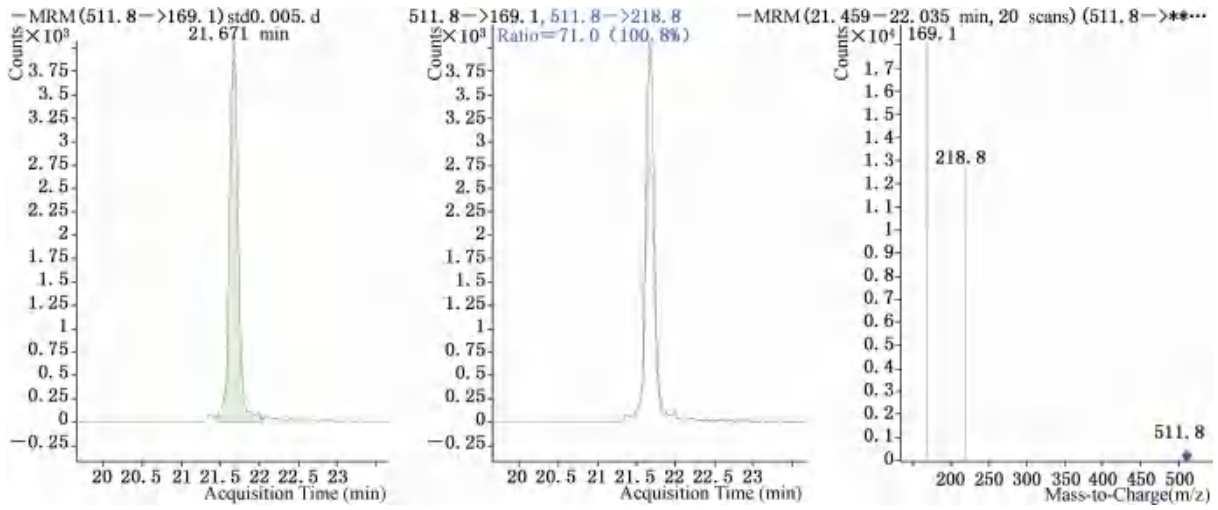


图 D.24 全氟-N-甲基辛烷磺酰胺(N-MeFOSA-M)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

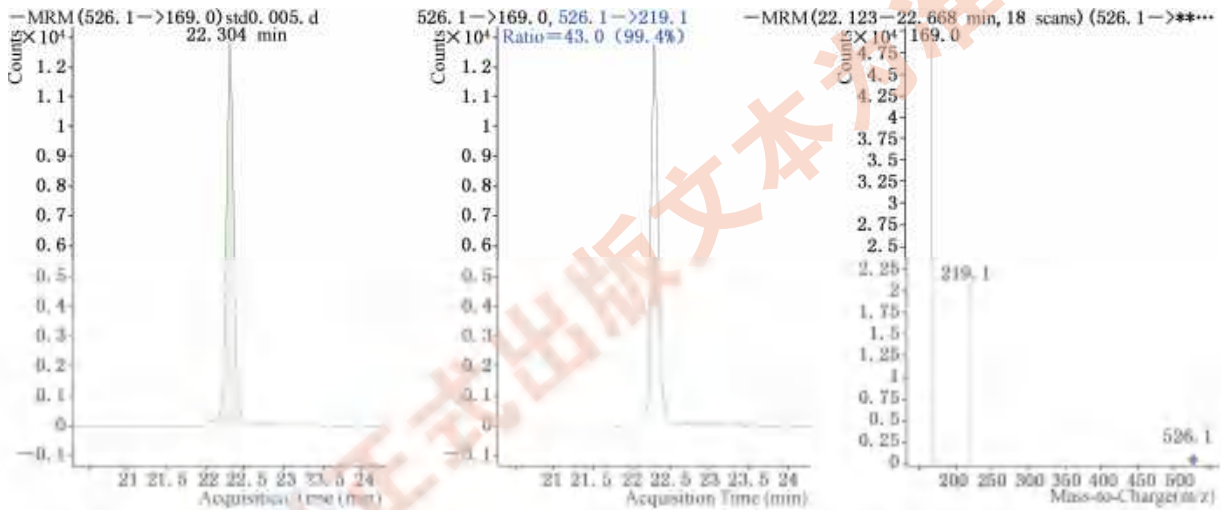


图 D.25 全氟-N-乙基辛烷磺酰胺(N-EtFOSA-M)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

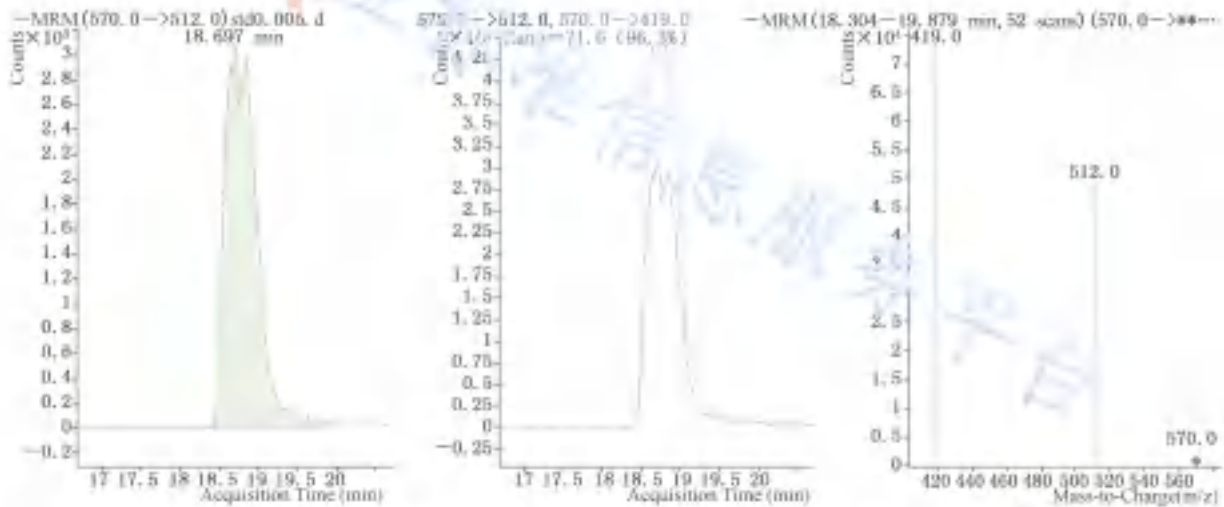


图 D.26 N-甲基全氟辛基磺酰胺乙酸(N-MeFOSAA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

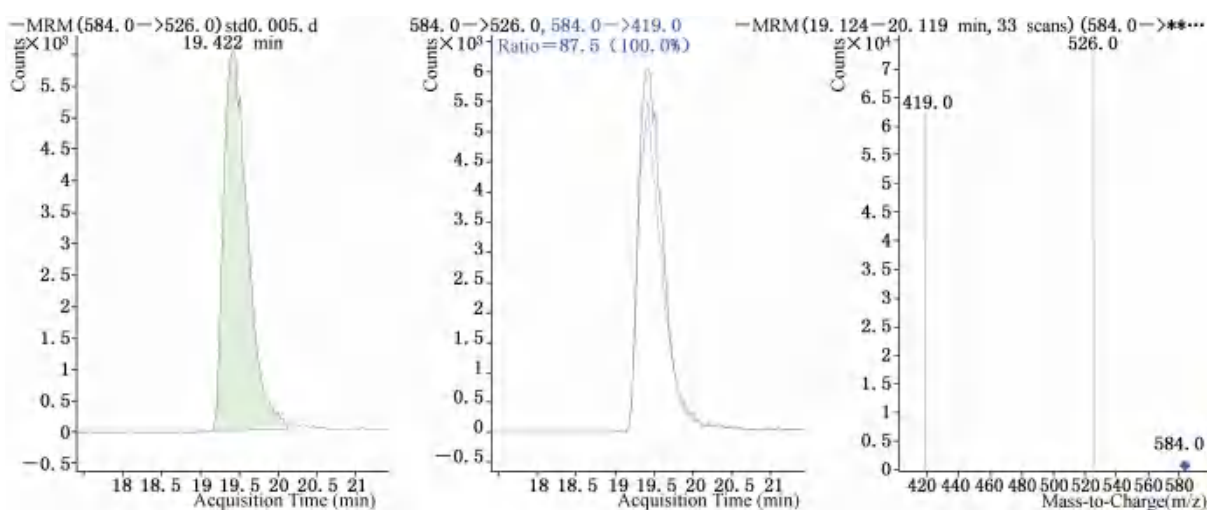


图 D.27 N-乙基全氟辛基磺酰胺乙酸(N-EtFOSAA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

D.2 气相色谱-质谱/质谱测定的9种多氟化合物的多反应监测(MRM)色谱图见表D.28~D.36。

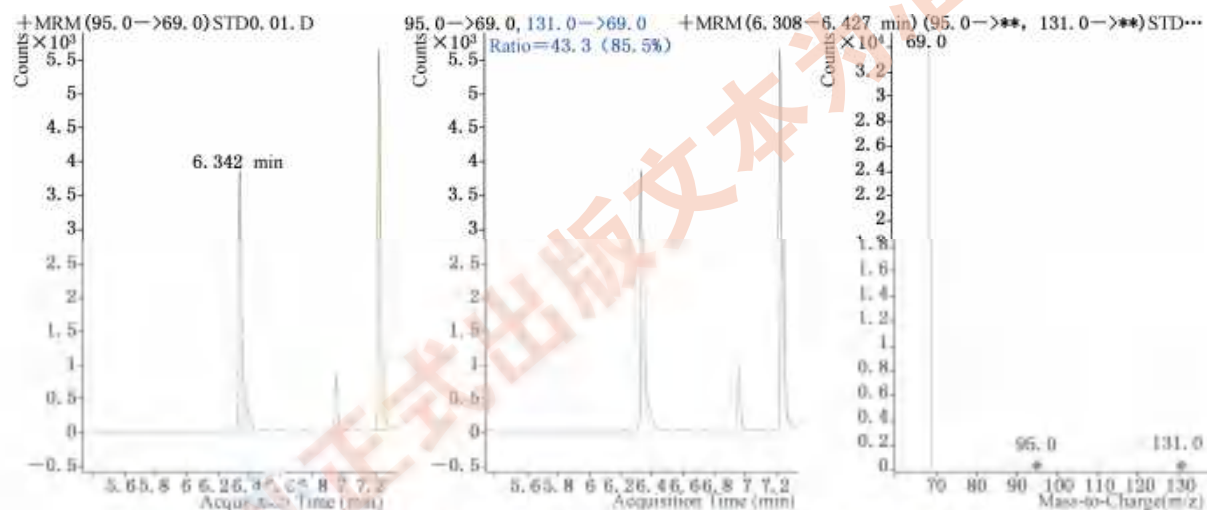


图 D.28 1H,1H,2H,2H-全氟己醇(4:2FTOH)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

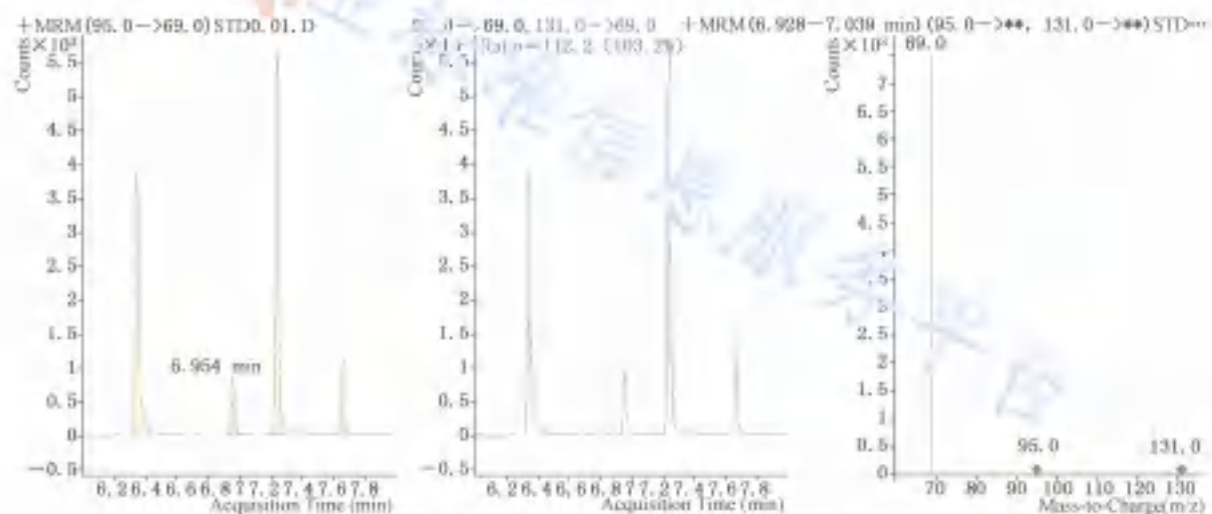


图 D.29 1H,1H,2H,2H-全氟辛醇(6:2FTOH)标准品的多反应监测色谱图和质谱图



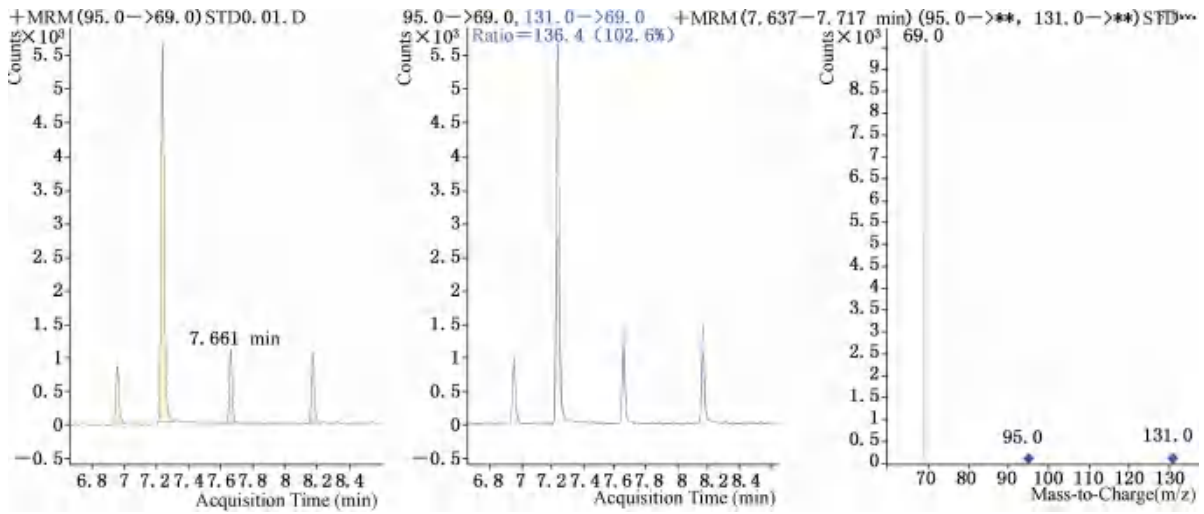


图 D.30 1H, 1H, 2H, 2H-全氟癸醇(8 : 2FTOH)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

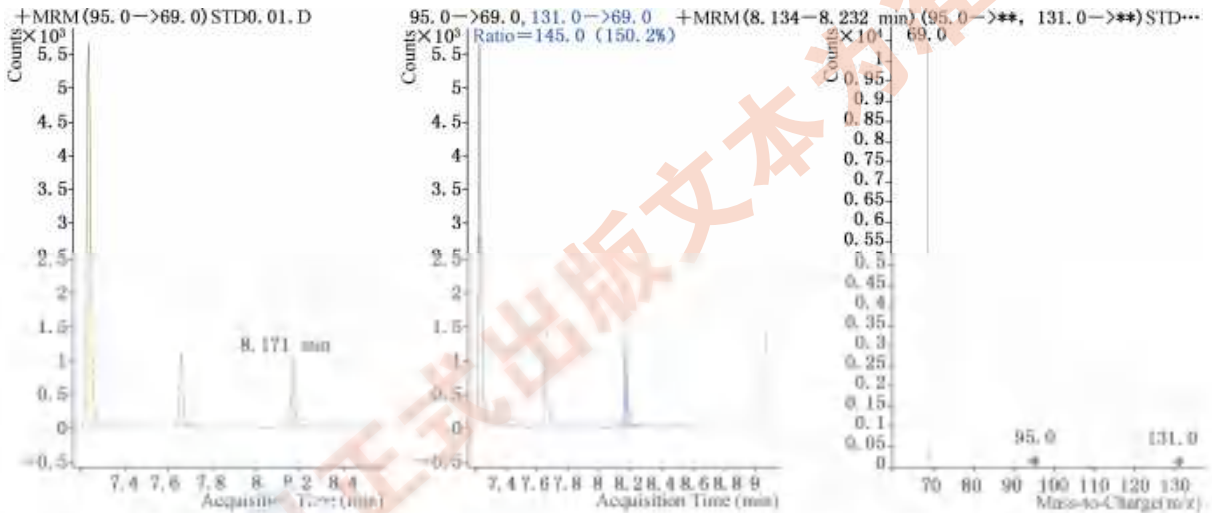


图 D.31 1H, 1H, 2H, 2H-全氟十二醇(10 : 2FTOH)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

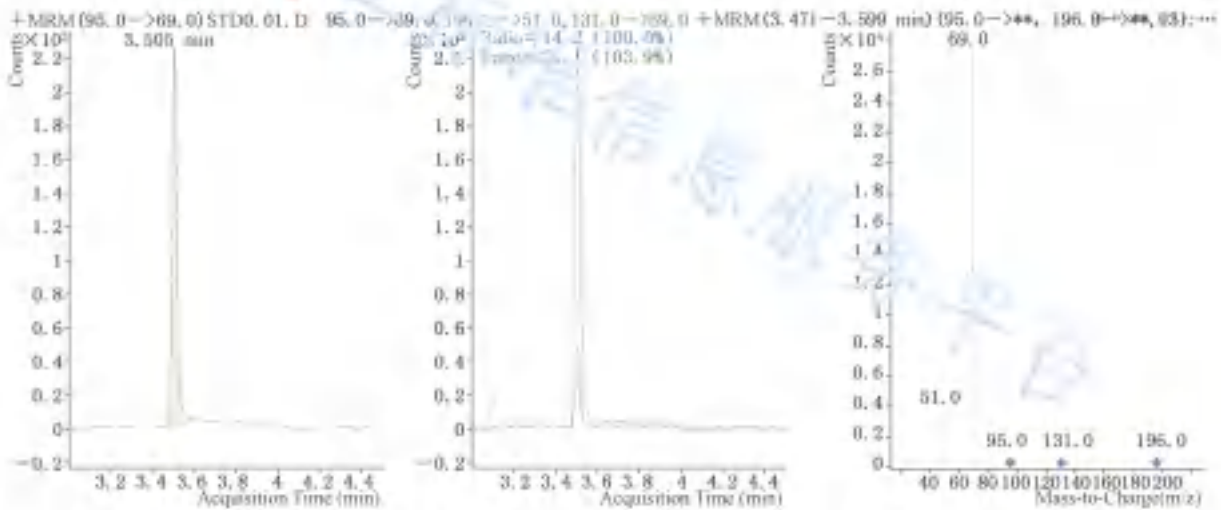


图 D.32 1H, 1H, 2H, 2H-全氟己醇丙烯酸酯(6 : 2FTA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

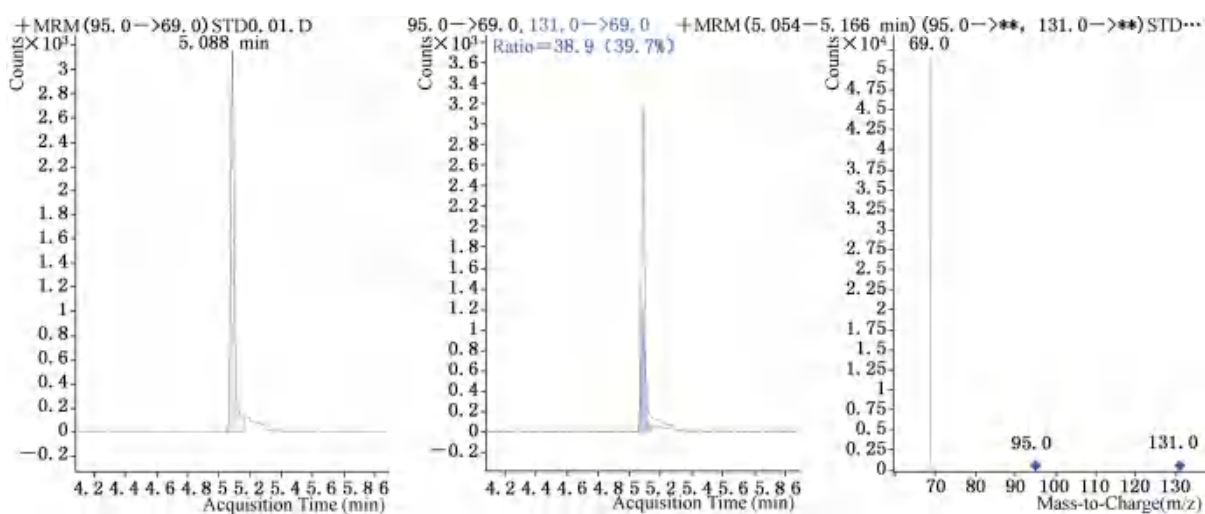


图 D.33 1H,1H,2H,2H-全氟辛醇丙烯酸酯(8:2FTA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

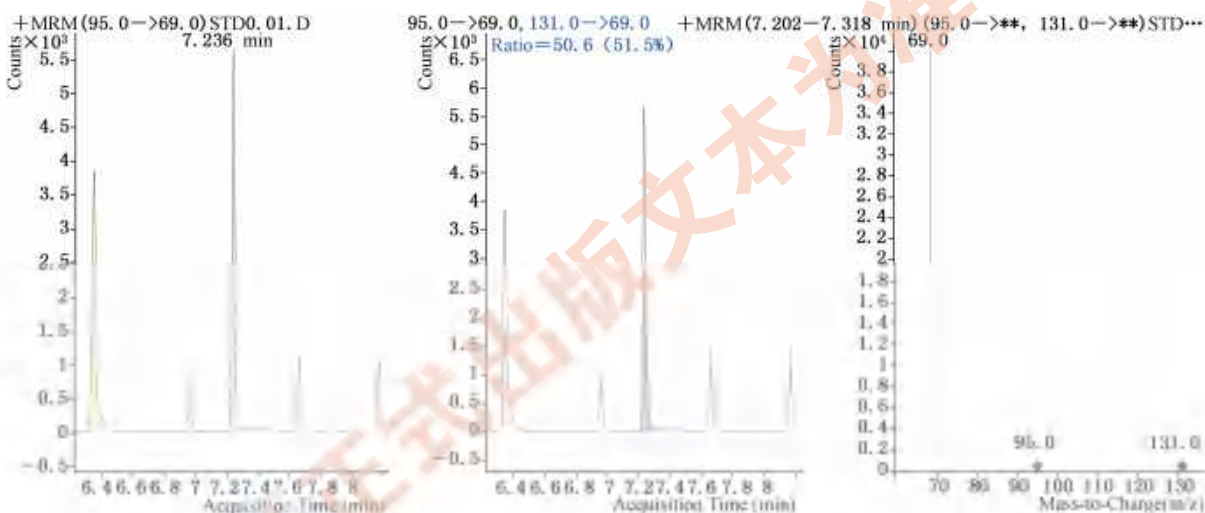


图 D.34 1H,1H,2H,2H-全氟辛醇丙烯酸酯(10:2FTA)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

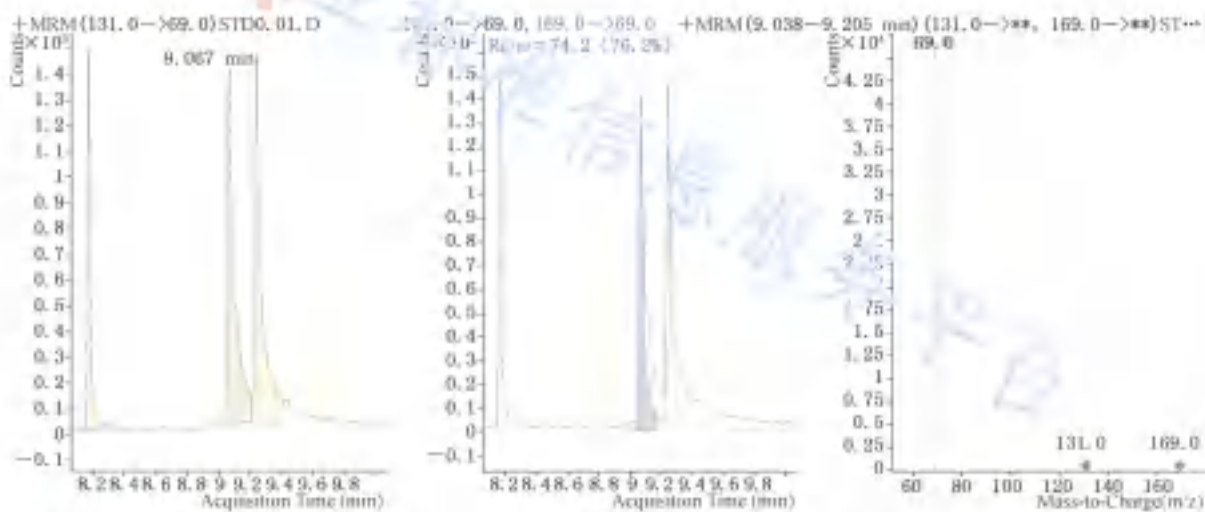


图 D.35 N-甲基全氟辛烷磺酰胺基乙醇(N-MeFOSE)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

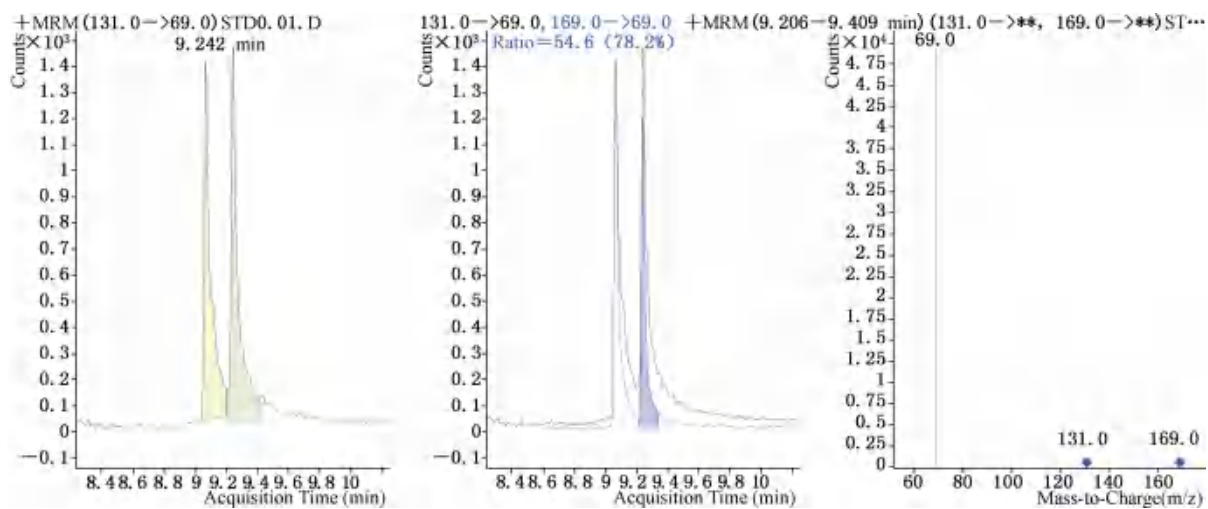


图 D.36 N-乙基全氟辛烷磺酰胺基乙醇(N-EtFOSE)标准品的多反应监测色谱图和质谱图

以正式出版文本为准  
 行业标准信息服务平台

## 附录 E

(资料性)

## 36 种全氟和多氟类化合物的重现性和再现性信息

表 E.1 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物的重现性和再现性

PFCs 简称	添加浓度 $\mu\text{g/L}$	$S_r^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_L^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_R^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	$S_R$ ( $\mu\text{g/L}$ )	r (%)	R (%)
PFBA	5.0	0.02	0.10	0.12	0.16	0.35	3.31	7.35
	10.0	0.15	0.58	0.73	0.39	0.85	4.06	8.92
	20.0	0.48	5.09	5.57	0.69	2.36	3.65	12.4
PFPeA	5.0	0.04	0.29	0.33	0.20	0.57	4.39	12.3
	10.0	0.14	0.61	0.75	0.38	0.87	3.96	9.09
	20.0	0.52	3.05	3.58	0.72	1.89	3.74	9.79
PFHxA	5.0	0.03	0.25	0.28	0.18	0.53	3.73	11.3
	10.0	0.13	2.59	2.72	0.36	1.65	3.78	17.3
	20.0	0.69	1.39	2.08	0.83	1.44	4.30	7.48
PFHpA	5.0	0.04	0.41	0.45	0.20	0.67	4.23	14.3
	10.0	0.13	1.49	1.61	0.35	1.27	3.77	13.5
	20.0	0.57	8.87	9.43	0.75	3.07	3.98	16.2
HPFHpA	5.0	0.03	0.63	0.65	0.17	0.81	3.58	17.3
	10.0	0.19	1.20	1.39	0.43	1.18	4.58	12.5
	20.0	0.47	4.68	5.15	0.69	2.27	3.56	11.8
PFOA	5.0	0.04	0.26	0.30	0.20	0.55	4.38	11.8
	10.0	0.13	2.88	3.01	0.36	1.73	3.71	18.1
	20.0	0.49	4.50	4.99	0.70	2.23	3.65	11.6
PFNA	5.0	0.03	0.45	0.48	0.18	0.69	3.84	14.8
	10.0	0.13	1.34	1.47	0.36	1.21	3.68	12.5
	20.0	0.68	3.67	4.35	0.83	2.09	4.28	10.8
PFDA	5.0	0.04	0.18	0.22	0.20	0.47	4.34	10.1
	10.0	0.11	0.77	0.88	0.33	0.94	3.46	9.95
	20.0	0.39	8.68	9.07	0.62	3.01	3.25	15.7
H2PFDA	5.0	0.03	0.31	0.35	0.19	0.59	3.99	12.6
	10.0	0.16	1.45	1.61	0.40	1.27	4.15	13.3
	20.0	0.83	2.44	3.27	0.91	1.81	4.71	9.38
PF-3,7-DMOA	5.0	0.03	0.17	0.20	0.18	0.45	3.85	9.66
	10.0	0.16	0.84	1.00	0.40	1.00	4.16	10.4

表 E.1 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物的重现性和再现性 (续)

PFCs 简称	添加浓度 $\mu\text{g/L}$	$S_r^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_L^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_R^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	$S_R$ ( $\mu\text{g/L}$ )	r (%)	R (%)
PF-3,7-DMOA	20.0	0.65	4.79	5.44	0.81	2.33	4.22	12.2
PFUnA	5.0	0.03	0.29	0.33	0.18	0.57	3.87	12.0
	10.0	0.12	1.07	1.20	0.35	1.09	3.73	11.6
	20.0	0.54	6.77	7.31	0.74	2.70	3.89	14.3
H4PFUnA	5.0	0.04	0.21	0.24	0.19	0.49	4.02	10.5
	10.0	0.17	0.90	1.08	0.42	1.04	4.34	10.8
	20.0	0.70	4.92	5.62	0.83	2.37	4.35	12.4
PFDoA	5.0	0.04	0.36	0.40	0.20	0.63	4.21	13.3
	10.0	0.11	0.92	1.03	0.33	1.02	3.50	10.7
	20.0	0.41	9.09	9.50	0.64	3.08	3.34	16.1
PFDoA	5.0	0.04	0.44	0.48	0.20	0.70	4.24	14.7
	10.0	0.10	1.57	1.67	0.32	1.29	3.39	13.8
	20.0	0.69	5.07	5.75	0.83	2.40	4.31	12.5
PFTEDA	5.0	0.03	0.43	0.46	0.17	0.68	3.57	14.4
	10.0	0.10	1.88	1.98	0.32	1.41	3.40	14.9
	20.0	0.58	1.44	2.01	0.76	1.42	3.93	7.34
PFH <sub>6</sub> DA	5.0	0.04	0.19	0.23	0.20	0.48	4.22	10.3
	10.0	0.15	2.53	2.67	0.38	1.63	4.01	17.2
	20.0	0.63	0.98	1.61	0.79	1.27	4.15	6.65
PFBS	5.0	0.03	0.50	0.53	0.18	0.73	3.89	15.6
	10.0	0.15	0.48	0.63	0.39	0.79	4.11	8.43
	20.0	0.48	7.02	7.51	0.70	2.74	3.65	14.4
PFH <sub>x</sub> S	5.0	0.04	0.18	0.22	0.20	0.47	4.20	9.98
	10.0	0.12	0.69	0.81	0.35	0.90	3.67	9.45
	20.0	0.54	13.8	14.3	0.73	3.78	3.79	19.6
PFH <sub>p</sub> S	5.0	0.04	0.23	0.27	0.20	0.52	4.29	11.0
	10.0	0.13	1.07	1.20	0.36	1.10	3.86	11.6
	20.0	0.62	5.14	5.76	0.79	2.40	4.08	12.4
PFOS	5.0	0.04	0.18	0.22	0.19	0.46	4.08	9.81
	10.0	0.15	0.75	0.90	0.39	0.95	4.15	10.0
	20.0	0.76	2.24	3.01	0.87	1.73	4.51	8.97
H4PFOS <sub>6,2</sub>	5.0	0.04	0.33	0.37	0.20	0.61	4.13	12.8
	10.0	0.13	1.95	2.09	0.36	1.44	3.78	15.1

表 E.1 液相色谱-质谱/质谱测定的 27 种全氟和多氟化合物的重现性和再现性 (续)

PFCs 简称	添加浓度 $\mu\text{g/L}$	$S_r^2$ $(\mu\text{g}^2/\text{L}^2)$	$S_L^2$ $(\mu\text{g}^2/\text{L}^2)$	$S_R^2$ $(\mu\text{g}^2/\text{L}^2)$	$S_r$ $(\mu\text{g/L})$	$S_R$ $(\mu\text{g/L})$	r (%)	R (%)
H4PFOS6:2	20.0	0.50	3.28	3.78	0.71	1.94	3.68	10.1
PFDS	5.0	0.03	0.21	0.23	0.17	0.48	3.50	10.2
	10.0	0.17	1.60	1.77	0.41	1.33	4.30	13.9
	20.0	0.72	1.83	2.55	0.85	1.60	4.46	8.38
PFOSA	5.0	0.03	0.13	0.16	0.18	0.40	3.83	8.45
	10.0	0.16	1.67	1.83	0.40	1.35	4.15	14.1
	20.0	0.68	4.36	5.04	0.83	2.25	4.34	11.8
N-MeFOSA-M	5.0	0.03	0.26	0.29	0.18	0.54	3.85	11.5
	10.0	0.14	0.15	0.29	0.38	0.54	4.02	5.71
	20.0	0.58	7.45	8.03	0.76	2.83	3.91	14.6
N-EtFOSA-M	5.0	0.05	0.18	0.22	0.21	0.47	4.55	10.2
	10.0	0.15	0.27	0.42	0.39	0.65	4.17	6.94
	20.0	0.52	5.92	6.44	0.72	2.54	3.74	13.2
N-MeFOSAA	5.0	0.04	0.08	0.12	0.20	0.35	4.21	7.36
	10.0	0.14	0.99	1.13	0.38	1.06	3.96	11.2
	20.0	0.72	2.54	3.26	0.85	1.81	4.37	9.28
N-EtFOSAA	5.0	0.04	0.13	0.17	0.20	0.42	4.30	8.85
	10.0	0.08	0.53	0.61	0.29	0.78	3.02	8.23
	20.0	0.16	6.35	6.82	0.68	2.61	3.55	13.6

表 E.2 气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种多氟化合物的重现性和再现性

PFCs 简称	添加浓度 $\mu\text{g/L}$	$S_r^2$ $(\mu\text{g}^2/\text{L}^2)$	$S_L^2$ $(\mu\text{g}^2/\text{L}^2)$	$S_R^2$ $(\mu\text{g}^2/\text{L}^2)$	$S_r$ $(\mu\text{g/L})$	$S_R$ $(\mu\text{g/L})$	r (%)	R (%)
4:2FTOH	5.0	0.04	0.86	0.90	0.19	0.95	4.01	20.2
	10.0	0.14	1.76	1.91	0.38	1.38	3.97	14.6
	20.0	0.48	5.63	6.10	0.69	2.47	3.64	13.0
6:2FTOH	5.0	0.03	0.22	0.25	0.16	0.50	3.40	10.6
	10.0	0.10	1.21	1.31	0.32	1.14	3.38	12.4
	20.0	0.61	2.10	2.71	0.78	1.65	4.04	8.54
8:2FTOH	5.0	0.03	0.35	0.38	0.18	0.61	3.72	13.4
	10.0	0.17	1.13	1.30	0.41	1.14	4.40	12.2
	20.0	0.69	3.07	3.76	0.83	1.94	4.32	10.4

表 E.2 气相色谱-质谱/质谱测定的 9 种多氟化合物的重现性和再现性 (续)

PFCs 简称	添加浓度 $\mu\text{g/L}$	$S_r^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_L^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_R^2$ ( $\mu\text{g}^2/\text{L}^2$ )	$S_r$ ( $\mu\text{g/L}$ )	$S_R$ ( $\mu\text{g/L}$ )	r (%)	R (%)
10:2FTOH	5.0	0.04	0.21	0.25	0.20	0.50	6.25	10.7
	10.0	0.16	1.64	1.80	0.40	1.34	4.24	14.2
	20.0	0.63	9.00	9.62	0.79	3.10	4.14	16.2
6:2FTA	5.0	0.04	0.19	0.23	0.20	0.48	5.31	10.3
	10.0	0.09	1.25	1.34	0.30	1.16	3.11	12.2
	20.0	0.70	5.61	6.31	0.84	2.51	4.34	13.0
8:2FTA	5.0	0.03	0.30	0.33	0.19	0.58	4.04	12.5
	10.0	0.16	1.53	1.69	0.40	1.30	4.25	13.7
	20.0	0.63	3.25	3.87	0.79	1.97	4.08	10.2
10:2 FTA	5.0	0.04	0.64	0.68	0.19	0.82	4.03	17.6
	10.0	0.09	0.47	0.57	0.31	0.75	3.24	7.99
	20.0	0.55	5.19	5.75	0.74	2.40	3.85	12.4
N-MeFOSE	5.0	0.03	0.11	0.14	0.18	0.38	3.78	8.05
	10.0	0.12	0.91	1.03	0.34	1.01	3.64	10.8
	20.0	0.63	2.10	2.73	0.79	1.65	4.08	8.48
N-EtFOSE	5.0	0.03	0.14	0.17	0.17	0.41	3.67	8.71
	10.0	0.18	1.24	1.42	0.42	1.19	4.40	12.4
	20.0	0.59	2.53	3.12	0.77	1.77	4.06	9.33

以正式出版文本为准

中华人民共和国出入境检验检疫  
行业标准  
纸制耐热材料中全氟和多氟化合物的测定  
SN/T 5352—2021

\*

中国海关出版社有限公司出版发行  
北京市朝阳区东四环南路甲1号(100023)  
编辑部:(010)65194242-7509

网址 [www.customskb.com/book](http://www.customskb.com/book)

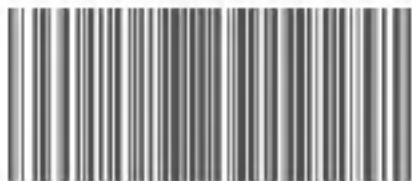
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

\*

开本 880×1230 1/16 印张 字数 千字  
2021年 月第一版 2021年 月第一次印刷  
印数 1—

\*

书号: 155175·747 定价 .00 元



SN/T 5352-2021