

采用在线 SPE 与 LC-MS/MS 联合测定饮用水中的 PFAS 含量

05-sca-210-065

 Anja Grüning
岛津欧洲有限公司

特点描述

- ◆ UHPLC 和 MS 系统的单一品牌供应商解决方案
- ◆ 使用在线 SPE 方法定量测定 ng/L 范围内的 44 种 PFAS
- ◆ 涵盖 EU 人类饮用水质量指令 2020/2184[1] 所要求的全部 PFAS

引言

全氟烷基和多氟烷基物质 (PFAS) 涵盖 4000 多种化学品, 自 20 世纪 50 年代以来得到广泛使用, 例如用作阻燃剂、食品包装材料或不粘涂料。这些化合物具有耐热、防油和防水特性以及化学和热稳定性等性质。由于 PFAS 是人为生产的物质, 导致 PFAS 无法降解, 因此会发生积聚且目前可在环境中普遍检测到。饮用水被视为人类摄入 PFAS 的重要来源, 因此饮用水中的 PFAS 水平检测多年来已成为必要的检测指标。

本应用报告介绍了在适当浓度范围内测定 EU 人类饮用水质量指令 2020/2184[1] 所要求的全部 PFAS。此外, 该分析包括 24 种额外的 PFAS 和 22 种内标, 采用与离线 SPE 方法相同的在线 SPE 分析方法, 该方法无需样品制备步骤。

材料和方法

快速、灵敏且稳健的 LC-MS/MS 系统为饮用水实验室的常规分析奠定了基础。本研究使用了 Shimadzu LCMS-8060NX 三重四极杆质谱仪与 Nexera™ X3 UHPLC 系统 (图 1, 图 3) 仪器进行分析。

购得 44 种 PFAS 标准品和一种 IS 混合物 (ISO 21675-LSS) (Wellington Laboratories/neochema)。用甲醇稀释这些 PFAS 的储备液, 并制得混合标准品, 使得每种化合物的最终浓度为 1 ng/μL。进一步稀释该混标并加入依云水中, 以在饮用水中制备浓度范围为 0.5 ng/L 至 100 ng/L 的校准系列。由于在空白品中未检出明显的 PFAS, 因此选择瓶装依云水作为饮用水基质。将 IS 加入到所有样品 (空白品除外) 中, 使其最终浓度为 20 ng/L。

无需进一步的样品制备。取 1 mL 样品直接进样到 SPE 捕集柱上。

使用 MRM 采集法在 15 分钟内完成分析, 每种化合物至少具有两个离子对 (PFBA、PFMPA、PFMBA、HPFHpA 除外, 这些化合物只有一个离子对)。分析条件见表 1。优化的 MRM 参数见表 2。

由于 PFAS 可能存在于试剂、玻璃器皿、移液器、管路、脱气器及 LC-MS/MS 仪器的其他部件中, 因此有必要使用溶剂延迟柱。在混合器与自动进样器之间和混合器与阀门之间分别放置小型 C18 色谱柱, 以延迟可能的 PFAS 污染并将其与源于样品的 PFAS 分离。

为最大限度地减少 PFAS (特别是长链) 吸附到表面, 使用了带有 PP 盖和铝隔垫 (P/N 961-10030-31) 的 LabTotal 小瓶 (P/N 227-34001-01)。



图 1 LCMS-8060NX 联合 Nexera™ X3 系统

表 1 分析条件

质谱仪	: LCMS-8060NX
离子化	: 电喷雾离子源 (ESI), 负离子
接口电压	: -1 kV
聚焦电压	: -2 kV
加热气体	: 15 L/min
DL 温度	: 150 C
接口温度	: 300 C
雾化气	: 3 L/min
干燥气	: 3 L/min
加热块温度	: 400 C
驻留时间	: 4 (对于 IS 则为 3) /1 msec
CID	: 270 kPa
UHPLC	: Nexera X3
泵 A (分析)	: 2 mM 醋酸铵水溶液
泵 B (分析)	: 含 10 mM 醋酸铵的甲醇溶液
泵 C (捕集)	: H ₂ O + 改性剂 (样品上样)
泵 D (捕集)	: 甲醇 (洗涤 SPE 和延迟柱)
分析柱	: Shim-pack™ Scepter 1.9 μm, C18-120, 2.1 x 50 mm
延迟柱	: Shim-pack™ GIST HP 3 μm, C18-AQ, 3 x 30 mm
捕集柱	: EVOLUTE® Express ABN 在线 SPE 柱
进样体积	: 1000 μL
冷却器温度	: 15°C
柱温箱	: 50°C

结果

使用加权 (1/conc) 线性回归法计算校准曲线。线性范围为 0.5 ng/L (个别物质浓度为 1 或 2.5 ng/L) –100 ng/L (对于 PFNS 则为 50 ng/L)，所有 PFAS 的 R² 均至少为 0.99。标准最低浓度点

为 0.5 ng/mL 的 PAFS 化合物占到总数的 77.3% (表 2)。部分 PFAS 化合物的校准曲线和相应 1ng/L 的 MRM 色谱图如图 2 所示。对浓度为 5 ng/L 和 25 ng/L 的质控样品分别测定三次，以测量分析的重现性。这些测量值的相对标准偏差 RSD 值低于 20% (95% 以上的 PAFS 化合物) (表 3)。

表 2 MRM 通道和校准信息

首字母缩写词	化合物名称	RT	类型	定量	定性	ISTD	校准范围	单位	R ²
10:2 FTS	1H,1H,2H,2H- 全氟十二烷磺酸	9.64	目标物	627.00>607.00	627.00>80.90	PFDODA-IS	1 - 100	ng_L	0.9953
11Cl-PF3OUds	11- 氯二十碳氟 -3- 氧十一烷 -1- 磺酸	9.471	目标物	630.90>451.05	630.90>82.95	PFDODA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9958
3:7-DMPFOA	3,7- 二甲基全氟辛酸	8.796	目标物	469.00>269.00	469.00>219.05	PFNA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9975
4:2 FTS	1H, 1H, 2H, 2H- 全氟己烷磺酸	6.806	目标物	327.10>307.00	327.10>80.95	PFHxA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9995
6:2 FTS	1H, 1H, 2H, 2H- 全氟辛烷磺酸	8.112	目标物	427.10>407.00	427.10>80.90	6:2 FTS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9994
6:2 FTS-IS		8.113	ISTD	428.90>408.90	428.90>80.95	----	----	ng_L	----
8:2 diPAP	8:2 含氟调聚物磷酸二酯	10.597	目标物	989.10>543.15	989.10>96.95	8:2 diPAP-IS	2.5 - 100	ng_L	0.9914
8:2 diPAP-IS		10.596	ISTD	992.80>96.85	992.80>544.90	----	----	ng_L	----
8:2 FTS	1H, 1H, 2H, 2H- 全氟癸烷磺酸	8.996	目标物	527.10>507.00	527.10>80.90	8:2 FTS-IS	1 - 100	ng_L	0.9989
8:2 FTS-IS		8.993	ISTD	529.00>508.95	529.00>80.95	----	----	ng_L	----
9Cl-PF3ONS	9- 氯十六氟 -3- 氧烷酮 -1- 磺酸	8.826	目标物	530.90>351.10	530.90>82.90	PFOS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9984
DONA	4,8- 二氧杂 -3H- 全氟壬酸	7.68	目标物	377.10>251.00	377.10>84.95	PFHpA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9967
FOUEA/8:2 FTUCA	2H- 全氟 -2- 癸烯酸	8.736	目标物	457.10>393.20	457.10>343.05	FOUEA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9980
FOUEA-IS		8.735	ISTD	459.00>394.05	459.00>344.00	----	----	ng_L	----
H4PFUNA		9.133	目标物	491.10>367.20	491.10>387.05	PFOS-IS	1 - 100	ng_L	0.9980
HPFHpA	7H- 全氟庚酸	6.545	目标物	345.10>281.00	----	PFHpA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9982
N-Et-FOSA	N- 乙基全氟辛基磺酰胺	10.167	目标物	526.00>169.05	526.00>219.05	N-Et-FOSA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9995
N-Et-FOSAA	N- 乙基全氟辛烷磺酰氨基乙酸	9.345	目标物	584.00>419.00	584.00>526.00	N-Et-FOSAA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9974
N-Et-FOSAA-IS		9.339	ISTD	589.00>419.10	589.00>530.90	----	----	ng_L	----
N-Et-FOSA-IS		10.163	ISTD	531.10>169.00	531.10>219.20	----	----	ng_L	----
NFDHA	九氟 -3,6- 二氧庚酸	6.75	目标物	201.00>84.95	295.10>201.00	PFHxA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9980
N-Me-FOSA	N- 甲基全氟辛基磺酰胺	9.976	目标物	511.90>169.00	511.90>219.05	N-Me-FOSA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9956
N-Me-FOSAA	N- 甲基全氟辛烷磺酰氨基乙酸	9.176	目标物	569.90>418.95	569.90>512.15	N-Me-FOSAA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9973
N-Me-FOSAA-IS		9.168	ISTD	572.90>419.10	572.90>515.10	----	----	ng_L	----
N-Me-FOSA-IS		9.968	ISTD	515.00>169.00	515.00>219.00	----	----	ng_L	----
PEESA	全氟 (2- 乙氧基乙烷) 磺酸	6.538	目标物	315.00>135.00	315.00>82.90	PFHxA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9941
PFBA*	全氟丁酸	4.759	目标物	213.00>169.00	----	PFBA-IS	1 - 100	ng_L	0.9993
PFBA-IS		4.754	ISTD	216.90>172.00	----	----	----	ng_L	----
PFBS*	全氟丁基磺酸	6.142	目标物	299.00>79.90	299.00>98.90	PFBS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9996
PFBS-IS		6.139	ISTD	301.90>79.80	301.90>98.80	----	----	ng_L	----
PFDA*	全氟癸酸	8.994	目标物	513.00>469.00	513.00>219.05	PFDA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9975
PFDA-IS		8.997	ISTD	519.00>473.90	519.00>219.00	----	----	ng_L	----
PFDa / PFDODA*	全氟十二酸	9.624	目标物	613.00>568.95	613.00>169.10	PFDODA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9981
PFDODA-IS		9.619	ISTD	614.90>570.10	614.90>269.10	----	----	ng_L	----
PFDoS / PFDoS*	全氟十二烷磺酸	9.853	目标物	699.00>98.90	699.00>79.90	PFDODA-IS	1 - 100	ng_L	0.9908
PFDS*	全氟癸烷磺酸	9.312	目标物	598.80>79.95	598.80>98.85	PFDODA-IS	1 - 100	ng_L	0.9995
PFHpA*	全氟庚酸	7.59	目标物	363.10>319.00	363.10>169.00	PFHpA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9979
PFHpA-IS		7.591	ISTD	367.00>322.10	367.00>169.00	----	----	ng_L	----
PFHpS*	全氟庚烷磺酸	8.167	目标物	448.90>79.90	448.90>98.90	PFHxS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9981
PFHxA*	全氟己酸	6.886	目标物	313.10>269.00	313.10>119.00	PFHxA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9988
PFHxA-IS		6.883	ISTD	317.90>273.00	317.90>120.10	----	----	ng_L	----
PFHxDA	全氟十六烷酸	10.455	目标物	813.00>769.00	813.00>169.00	PFHxDA-IS	2.5 - 100	ng_L	0.9943
PFHxDA-IS		10.454	ISTD	814.90>769.90	814.90>369.00	----	----	ng_L	----
PFHxS*	全氟己烷磺酸	7.637	目标物	398.90>79.95	398.90>98.90	PFHxS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9985
PFHxS-IS		7.636	ISTD	402.00>79.90	402.00>98.80	----	----	ng_L	----
PFMBA	全氟 -4- 甲氧基丁酸	6.265	目标物	279.10>84.95	----	PFPeA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9987
PFMPA	全氟 -3- 甲氧基丙酸	5.209	目标物	228.90>84.95	----	PFBA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9995
PFNA*	全氟壬酸	8.606	目标物	463.00>418.95	463.00>219.00	PFNA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9996
PFNA-IS		8.605	ISTD	471.90>427.00	471.90>223.00	----	----	ng_L	----
PFNS*	全氟壬烷磺酸	8.984	目标物	549.10>79.90	549.10>98.90	PFUnDA-IS	0.5 - 50	ng_L	0.9947
PFOA*	全氟辛酸	8.144	目标物	413.20>369.00	413.20>169.05	PFOA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9967
PFOA-IS		8.142	ISTD	421.00>376.10	421.00>172.00	----	----	ng_L	----
PFODa / PFODA	全氟十八烷酸	10.75	目标物	913.00>868.95	913.00>169.00	PFHxDA-IS	1 - 100	ng_L	0.9965
PFOS*	全氟辛烷磺酸	8.606	目标物	498.90>79.90	498.90>98.90	PFOS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9981
PFOSA / FOSA	全氟辛烷磺酰胺	9.313	目标物	497.90>77.90	497.90>478.15	FOSA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9974
PFOSA-IS		9.312	ISTD	505.90>78.00	505.90>172.00	----	----	ng_L	----
PFOS-IS		8.603	ISTD	506.90>79.90	506.90>98.80	----	----	ng_L	----
PFPeA / PFPA*	全氟戊酸	5.94	目标物	263.10>219.00	263.10>69.10	PFPeA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9991
PFPeA-IS		5.946	ISTD	267.90>223.00	267.90>69.10	----	----	ng_L	----
PFPeS / PFPS*	全氟戊烷磺酸	6.992	目标物	349.20>79.95	349.20>98.95	PFHxS-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9978
PFTeDA	全氟十四酸	10.096	目标物	713.00>669.05	713.00>169.05	PFTeDA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9967
PFTeDA-IS		10.102	ISTD	714.90>670.00	714.90>368.90	----	----	ng_L	----
PFTrDA*	全氟十三酸	9.878	目标物	663.00>619.00	663.00>169.00	PFDODA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9988
PFTrDS*	全氟十三烷磺酸	10.067	目标物	749.00>99.10	749.00>79.90	PFDODA-IS	1 - 100	ng_L	0.9915
PFUnDA*	全氟十一酸	9.332	目标物	563.00>518.95	563.00>269.05	PFUnDA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9947
PFUnDA-IS		9.333	ISTD	570.00>524.90	570.00>268.90	----	----	ng_L	----
PFUnS / PFUnDS*	全氟十一烷磺酸	9.601	目标物	649.00>79.95	649.00>98.95	PFDODA-IS	0.5 - 100	ng_L	0.9962

*EU 人类饮用水质量指令 2020/2184[1] 所要求的 PFAS

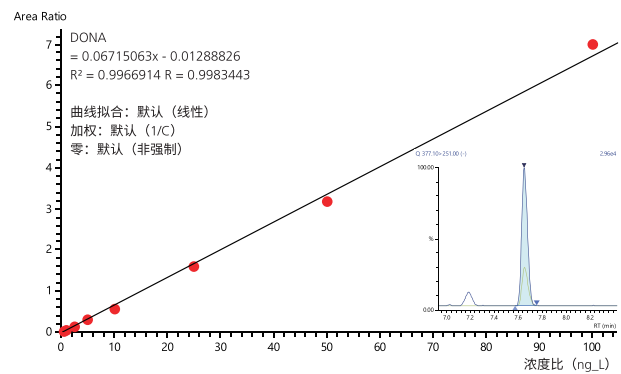
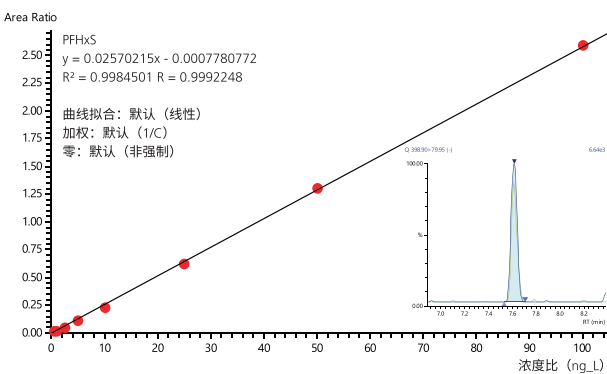
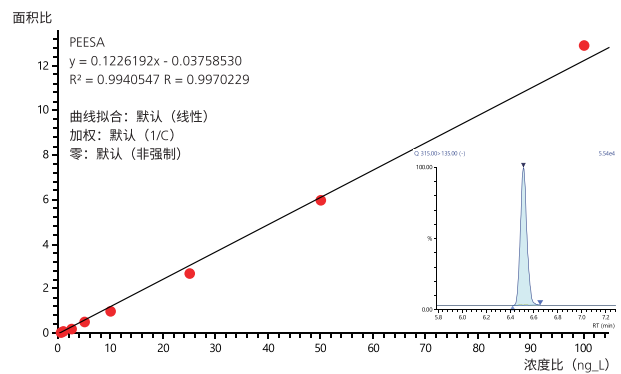
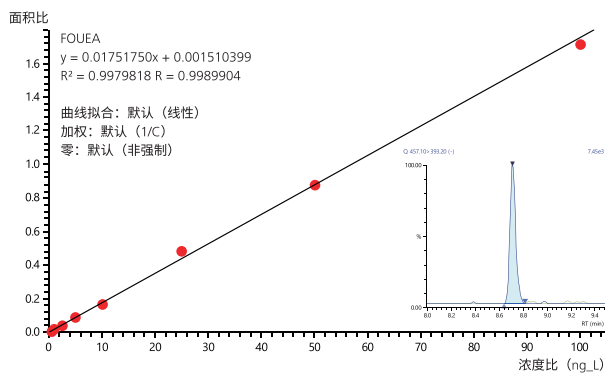
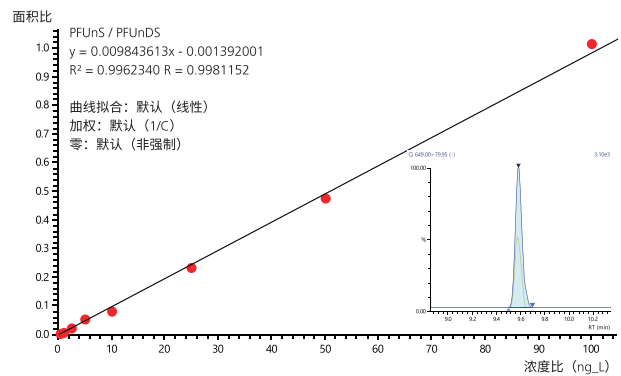
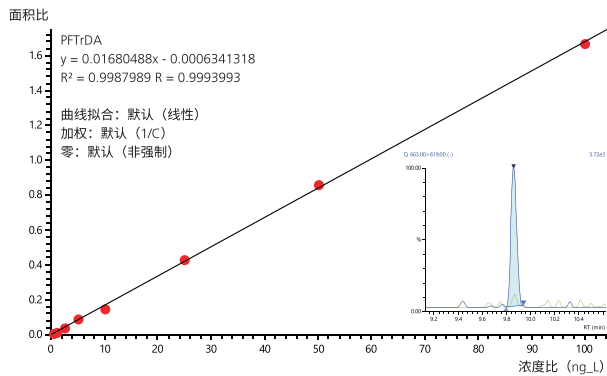
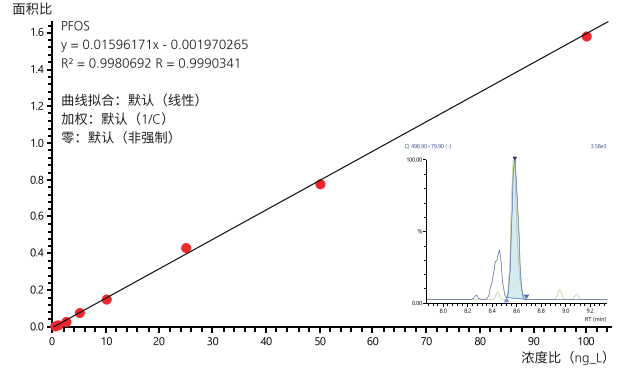
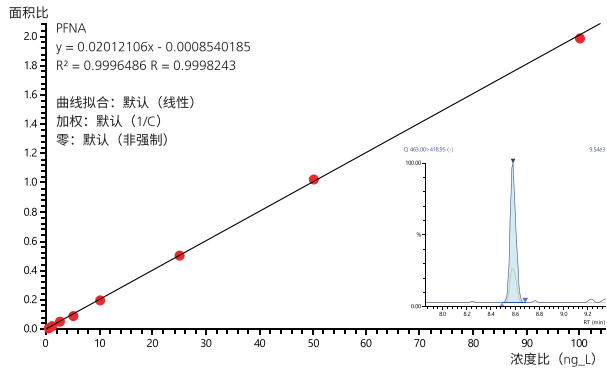
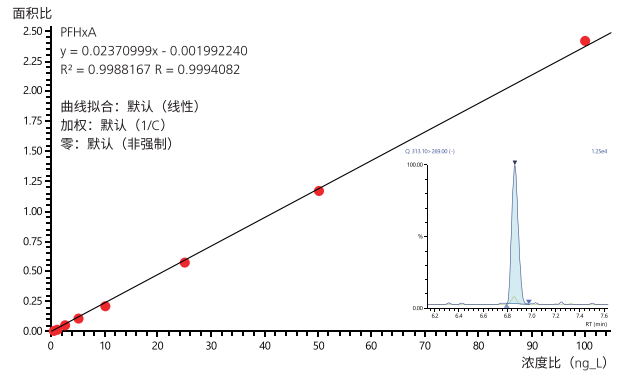
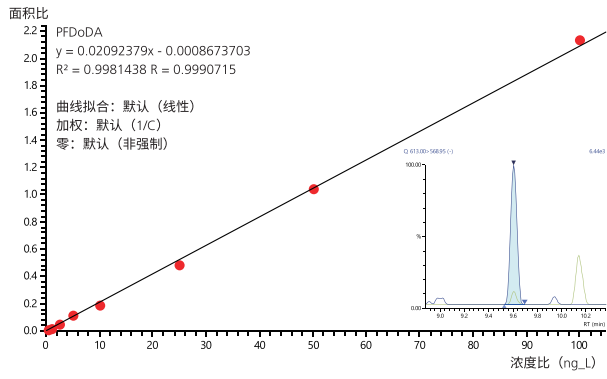


图 2

表 3 QC 样品的重现性

10:2 FTS		11C-PF3OUds		3,7-DMPFOA		4:2 FTS		6:2 FTS		8:2 FTS		9C-PF3ONS		DONA		FOSA		FOUEA				
低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC				
5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L				
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC L1	5.31	106.23	5.19	103.81	4.77	95.3	4.72	94.32	4.98	99.55	3.61	72.1	6.9	137.93	4.98	99.55	4.67	93.36	4.6	91.96	4.02	80.45
QC L2	5.46	109.24	4.62	92.33	4.08	81.59	4.73	94.56	4.75	95.07	4.45	89.06	5.43	108.58	4.29	85.86	4.78	95.53	4.78	95.55	4.65	92.94
QC L3	5.04	100.72	4.11	82.14	4.37	87.5	4.57	91.48	5.55	110.98	4.71	94.15	5.53	110.58	4.29	85.79	4.48	89.52	4.68	93.59	4.87	97.48
平均值		105.39		92.76		88.13		93.46		101.87		85.1		119.03		90.4		92.81		93.7		90.29
SD		4.32		10.84		6.88		1.71		8.21		11.54		16.4		7.92		3.04		1.79		8.82
%RSD		4.1		11.68		7.8		1.83		8.06		13.56		13.78		8.77		3.28		1.92		9.76

高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC				
25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L				
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC H1	26.11	104.45	21.67	86.68	19.91	79.63	25.11	100.44	26.79	107.17	26.08	104.3	25.13	100.54	24.43	97.71	23.23	92.92	25.59	102.35	24.58	98.33
QC H2	28.41	113.64	24.83	99.33	21.29	85.16	24.93	99.71	26.17	104.69	20.85	83.42	26.86	107.44	24.36	97.43	24.12	96.49	25.52	102.09	25.1	100.42
QC H3	21.79	87.16	20.43	81.71	21.28	85.11	25.78	103.1	25.34	101.36	19.04	76.15	28.41	113.63	21.26	85.05	25.08	100.31	23.74	94.97	25.88	103.53
平均值		101.75		89.24		83.3		101.09		104.4		87.96		107.2		93.4		96.57		99.8		100.76
SD		13.45		9.09		3.18		1.78		2.92		14.61		6.55		7.23		3.7		4.19		2.62
%RSD		13.22		10.18		3.82		1.76		2.79		16.61		6.11		7.74		3.83		4.2		2.6

H4PFUNA		HPFHpA		PFDoS		PFTrDS		N-Et-FOSA		N-Et-FOSAA		NFDHA		N-Me-FOSA		N-Me-FOSAA		PEESA		PFBA		
低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		
5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC L1	5.21	104.23	5.23	104.52	4.56	91.14	4.17	83.31	4.86	97.25	4.22	84.31	4.63	92.68	4.56	91.22	4.83	96.64	4.29	85.71	4.75	94.96
QC L2	4.82	96.45	5.33	106.7	4.07	81.3	5.92	118.41	4.54	90.86	4.8	95.96	4.67	93.32	5.25	104.93	5.27	105.45	4.42	88.45	4.86	97.29
QC L3	5.57	111.42	4.92	98.37	4.22	84.33	3.88	77.54	4.24	84.87	3.62	72.41	4.29	85.78	5.1	102	6.04	120.77	4.36	87.23	4.53	90.58
平均值		104.03		103.19		85.59		93.08		90.99		84.23		90.59		99.38		107.62		87.13		94.28
SD		7.49		4.32		5.04		22.12		6.19		11.77		4.18		7.22		12.21		1.37		3.4
%RSD		7.2		4.19		5.89		23.76		6.81		13.98		4.61		7.27		11.34		1.58		3.61

高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		
25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC H1	27.56	110.24	26.32	105.26	21.13	84.52	20.06	80.26	24.91	99.63	24.67	98.68	24.04	96.16	24.63	98.53	27.48	109.94	21.6	86.41	25.02	100.09
QC H2	25.61	102.43	26.94	107.75	24.8	99.19	19.47	77.89	26.51	106.05	21.96	87.86	23.64	94.57	25.58	102.32	24.1	96.39	22.57	90.27	24.36	97.45
QC H3	24.41	97.65	27.49	109.97	17.95	71.82	21.95	87.78	23.24	92.94	27.96	111.84	24.43	97.73	21.9	87.58	24.8	99.21	22.86	91.45	24.09	96.37
平均值		103.44		107.66		85.18		81.98		99.54		99.46		96.15		96.15		101.85		89.38		97.97
SD		6.36		2.35		13.7		5.17		6.56		12.01		1.58		7.66		7.15		2.64		1.91
%RSD		6.14		2.19		16.08		6.3		6.59		12.08		1.64		7.96		7.02		2.95		1.95

PFBS		PFDA		PFDoDA		PFD5		PFHpA		PFHp5		PFHxA		PFHxDA		PFHxS		PFMBA		PFMPA		
低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		低浓度 QC		
5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC L1	4.71	94.2	5.26	105.22	5.01	100.29	5.01	100.1	4.91	98.21	5.13	102.62	4.81	96.29	3.13	62.53	4.65	92.93	4.7	94.09	4.69	93.73
QC L2	4.97	99.45	5.72	114.45	4.93	98.7	6.32	126.32	4.66	93.28	4.99	99.73	4.7	94.03	4.78	95.55	4.86	97.2	4.66	93.29	4.92	98.41
QC L3	4.6	92.07	5.29	105.88	4.1	81.9	6.85	137.01	4.5	89.93	5.02	100.39	4.45	89.06	3.06	61.24	4.81	96.17	4.97	99.3	4.85	96.97
平均值		95.24		108.52		93.63		121.14		93.81		100.91		93.13		73.11		95.43		95.56		96.37
SD		3.8		5.15		10.19		18.99		4.16		1.51		3.7		19.44		2.23		3.26		2.4
%RSD		3.99		4.74		10.88		15.67		4.44		1.5		3.97		26.6		2.34		3.42		2.49

高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		
25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC H1	24.31	97.23	23.81	95.22	24.84	99.37	24.35	97.39	24.46	97.84	25.69	102.75	23.93	95.7	23.96	95.82	24.97	99.9	25.4	101.59	25.6	102.38
QC H2	24.92	99.69	27.11	108.43	24.84	99.35	28.56	114.23	25.97	103.86	24.81	99.22	24.39	97.54	24.88	99.51	24.94	99.75	25.02	100.08	25.23	100.92
QC H3	23.97	95.89	26.51	106.05	21.72	86.86	24.29	97.17	26.63	106.54	25.64	102.55	24.14	96.57	24.16	96.64	25.54	102.15	24.38	97.52	25	100
平均值		97.6		103.24		95.19		102.93		102.75		101.51		96.61		97.33		100.6		99.73		101.1
SD		1.93		7.04		7.21		9.79		4.45		1.98		0.92		1.94		1.35		2.06		1.2
%RSD		1.97		6.82		7.58		9.51		4.33		1.95		0.95		1.99		1.34		2.06		1.19

PFNA		PFNS		PFOA		PFODA		PFOS		PFPeA		PFPeS / PFPS		PFTeDA		PFTrDA		PFUnDA		PFUnS / PFUnDS		
QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		QC low		
5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		5 ng/L		
浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	浓度	准确度	
QC L1	4.68	93.6	4.72	94.32	4.65	92.96	3.93	78.6	4.15	82.93	4.69	93.86	4.62	92.35	4.65	92.93	4.64	92.84	4.25	85.01	4.12	82.47
QC L2	4.78	95.64	5.56	111.23	4.92	98.38	5.92	118.39	4.87	97.4	4.76	95.21	4.68	93.68	3.67	73.33	4.18	83.7	4.24	84.76	3.51	70.23
QC L3	4.45	89.1	5.65	112.91	4.78	95.54	5.34	106.85	5.3	106.06	4.83	96.53	4.97	99.34	3.85	77.05	3.93	78.69	4.71	94.22	2.84	56.84
平均值		92.78		106.15		95.62		101.28		95.46		95.2		95.13		81.1		85.08		88		69.85
SD		3.35		10.28		2.71		20.47		11.69		1.34		3.71		10.41		7.17		5.39		12.82
%RSD		3.61		9.69		2.84		20.21		12.24		1.4		3.9		12.84		8.43		6.13		18.35

高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC		高浓度 QC	
25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L		25 ng/L															



图 3 NexeraTM 在线 SPE LCMS-8060NX 系统示意图

■ 包装

□ 主要部件

LCMS-8060NX:	TQ 质谱仪 液相色谱 CBM-40 DGU-405
Nexera X3:	2x LC-40D X3 LC-40B X3 SIL-40C X3 CTO-40S 2x 储液器托盘

□ 配件

阀门:	FCV-0206H3
混合器:	2x Mir20 μ L
定量环:	1 mL

□ 主要耗材

Shim-pack Scepter C18
(50 mm x 2.1 mm I.D., 1.9 μ m; P/N 227-31012-03)
Shim-pack GIST HP C18-AQ (2x)
(30 mm x 3.0 mm I.D., 3 μ m; P/N 227-30766-01)
EVOLUTE[®] Express ABN 在线 SPE
柱 (Biotage)
(30 mm x 2.1 mm I.D.; P/N OSPE-620-32150)
用于 LC/LCMS 的 Shimadzu LabTotal 小瓶
(P/N 227-34001-01)
PP 盖, 带铝隔垫
(P/N 961-10030-31)
(此部件号仅在欧盟地区可用。如果您在其他地区, 请联系
您的 Shimadzu 当地办事处)

□ 软件和库

LabSolutions LCMS
LabSolutions Insight

■ 结论

本应用采用一种在线 SPE 富集结合 LCMSMS 测定饮用水中测 44 种 PFAS 和 22 种内标的分析方法。实验证明, 使用 LCMS-8060NX 与配备用于在线 SPE 的 Nexera UHPLC 系统是一种用于对饮用水进行常规 PFAS 分析的高度稳健且灵敏方法, 且该方法无需样品制备步骤。

■ 参考文献

1. DIRECTIVE (EU) 2020/2184 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption

Nexera 和 Shim-pack 是 Shimadzu Corporation 在日本和 / 或其他国家 / 地区的商标。
EVOLUTE 是 Biotage AB 在美国和 / 或其他国家 / 地区的商标。

岛津应用云



岛津企业管理(中国)有限公司
岛津(香港)有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话: 800-810-0439
400-650-0439

免责声明:

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售;
* 本资料中的所有信息仅供参考, 不予任何保证。
如有变动, 恕不另行通知。

第一版发行日: 2022 年 12 月