

为应对《PFAS美国国家主要饮用水条例》而制定的样品前处理和分析工作流程

Kari L. Organtini, Kenneth J. Rosnack, Oliver Burt

Waters Corporation

这是一份应用简报，不包含详细的实验部分。

摘要

新颁布的《PFAS美国国家主要饮用水条例》首次规定了饮用水中六种PFAS化合物的强制执行标准。各化合物的规定浓度范围为4~10 ng/L（或ppt）。Waters™ PFAS解决方案涵盖了从样品前处理到样品分析的全过程，旨在简化新的PFAS法规的实施，并准确测定浓度远低于最大污染物水平(4 ng/L)最低规定的化合物。

优势

- 经验证，按照EPA 537.1和EPA 533方法运行时，Xevo™ TQ-S micro质谱仪的灵敏度足以满足新推出的《PFAS美国国家主要饮用水条例》的要求。
- Sep-Pak™ PS2和Oasis™ WAX SPE PFAS分析小柱都可以在分析饮用水中的六种管制PFAS时提供优异的回收率
- 沃特世样品前处理和分析解决方案具备完整的工作流程，可实现准确、可靠的检测，符合饮用水PFAS的新法规要求

简介

2024年4月10日，美国环境保护署(EPA)最终确定了饮用水PFAS的首个强制执行标准限值¹。《PFAS美国国家主要饮用水条例》(NPDWR)将规定公共供水系统中六种PFAS的最大污染物水平(MCL)。受到管制的PFAS包括：PFOA、PFNA、PFBS、PFHxS、PFOS和HFPO-DA（通常称为GenX）。PFOA和PFOS的MCL值设置为万亿分之四(4 ppt)，PFNA、PFHxS和HFPO-DA的MCL值设置为10 ppt。此外，当饮用水样品中PFBS、PFNA、PFHxS和HFPO-DA以至少两种及以上的混合物形式存在时，还必须计算并报告危害指数，以表示混合物对健康的累加影响。根据该法规的规定，危害指数不得超过1。

截至2027年，所有公共供水系统都必须对这六种PFAS化合物进行常规监测。在2024年-2027年之间，每季度一次或每年两次（取决于供水系统服务的客户数量）初步监测的结果将决定2027年之后的监测频率。目前，检测饮用水中的PFAS有两种EPA方法：EPA 537.1和EPA 533。这两种方法均涵盖六种新管制的PFAS。沃特世的PFAS解决方案涵盖了从样品前处理到样品分析的全过程，旨在简化新的PFAS法规的实施。

实验

方法信息

所有样品均按照EPA 537.1和EPA 533中概述的方案收集和制备^{2,3}。对于加标样品，使用之前测试并验证过所含PFAS污染物水平极低的试剂用水，以便充分展示灵敏度和回收率。最终的饮用水样品在当地收集。EPA 537.1方法使用Sep-Pak PS2 SPE小柱（P/N：WAT200610 <<https://www.waters.com/nextgen/global/shop/sample-preparation--filtration/wat200610-sep-pak-ps2-6-cc-cartridge-500-mg-sorbent-per-cartridge-80--m-30.html>>）；EPA 533方法使用PFAS分析专用的Oasis WAX 500 mg, 30 μm SPE小柱（P/N：186009568 <<https://www.waters.com/nextgen/global/shop/sample-preparation--filtration/186009568-oasis-wax-for-pfas-analysis-6-cc-vac-cartridge-500mg-sorbent-per.html>>）。

分析采用安装有PFAS分析方法包的ACQUITY™ UPLC™ I-Class PLUS FTN系统，与Xevo TQ-S micro质谱仪联用。

结果与讨论

为了实现NPDWR PFAS法规要求的万亿分之一(pppt)或ng/L级测定，质谱仪必须具有足够的灵敏度。这要求系统不仅能够轻松检测和定量规定浓度水平的化合物，还需要一个足够低于规定浓度水平的标准，才能实现水质的持续监测。使用固相萃取(SPE)进行样品前处理也可通过样品富集效应提高方法灵敏度。在使用EPA 537.1和533方法进行样品前处理和分析时，将250 mL饮用水样品浓缩至最终样品提取物体积1.0 mL，使样品富集250倍。结合该样品前处理方法，Xevo TQ-S micro质谱仪具有出色的灵敏度，能够可靠、准确地检测低至千万亿分之一(ppq)水平的六种管制PFAS。图1所示为方法空白样、0.2 ng/L低浓度标准曲线样品、0.5 ng/L样品提取物和4 ng/L样品提取物（报告的浓度为样品当量浓度）中六种管制PFAS的定量离子叠加图。如图1所示，方法空白样中几乎没有污染物，每个浓度水平下，信噪比大于20的峰容易检出，并且易于积分。

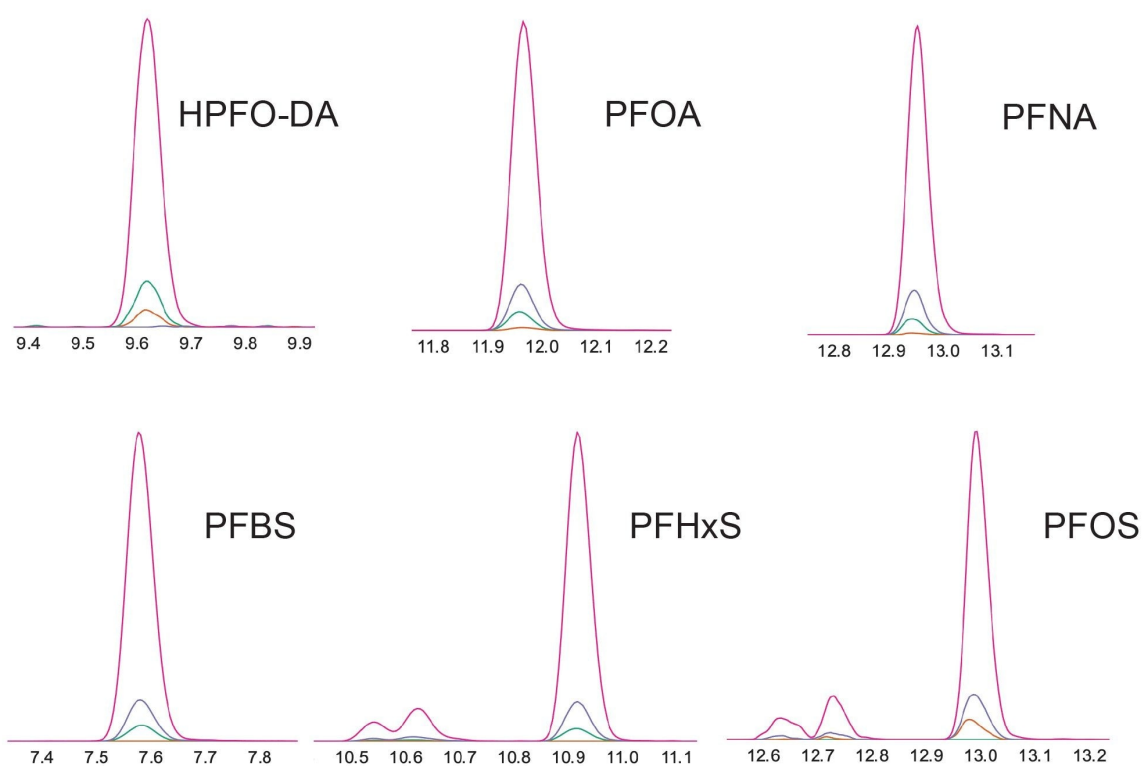


图1.每种管制PFAS的叠加色谱图，显示了方法空白样、0.2 ng/L标准品、0.5 ng/L样品提取物和4 ng/L样品提取物。

在常规监测中，样品前处理的性能对于提供准确可靠的饮用水检测结果也很重要。两种EPA饮用水分析方法（537.1和533）采用不同的SPE小柱和方案，两种方法获得的回收率如图2所示。图2中报告的回收率来自加标规定浓度4 ng/L的试剂用水。EPA 537.1方法使用Sep-Pak PS2小柱获得的平均回收率为107%（范围为

103~115%)，EPA 533方法使用Oasis WAX PFAS分析小柱获得的平均回收率为93%（范围为90~95%）。两种SPE小柱的性能均满足各种EPA饮用水分析方法的要求。

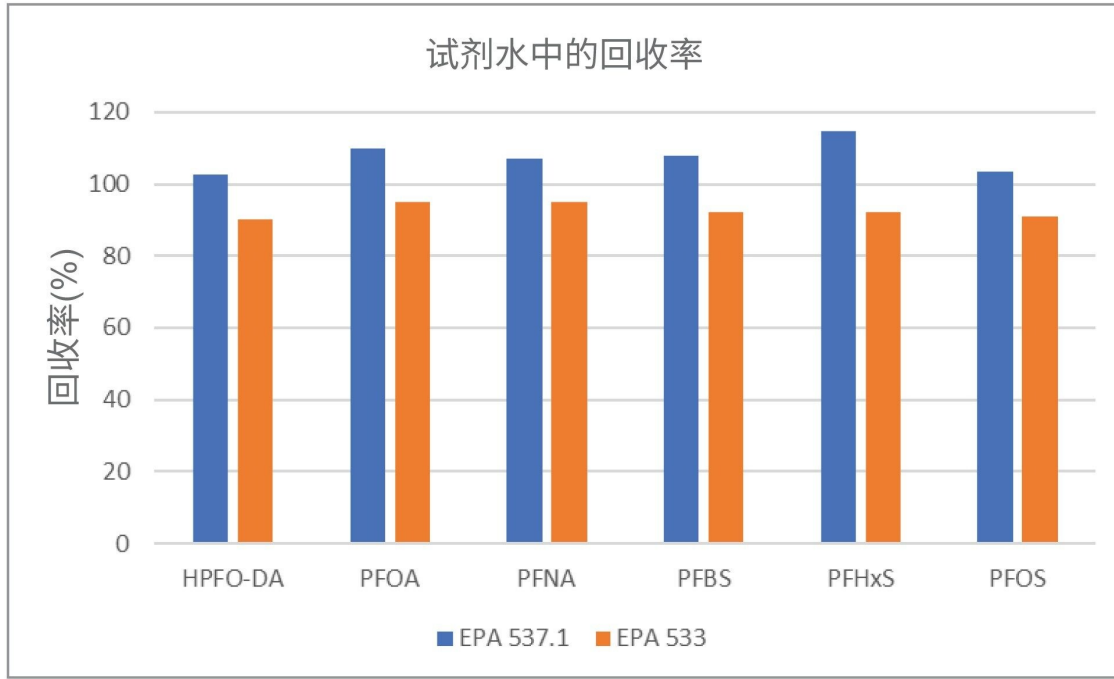


图2. EPA 537.1和EPA 533方法向试剂用水中加标4 ng/L六种管制PFAS的回收率百分比

分析两份当地收集的饮用水样品，展示使用真实饮用水样品的工作流程。样品1采用EPA 537.1方法分析，样品2采用EPA 533方法分析。表1中报告了分析结果，并与各化合物的规定最大污染物水平(MCL)和危害指数进行了比较。危害指数使用如下公式计算：

$$\text{危害指数} = (\text{HPFO-DA}_{\text{ppt}}) / 10_{\text{ppt}} + (\text{PFBS}_{\text{ppt}}) / (2000_{\text{ppt}}) + (\text{PFNA}_{\text{ppt}}) / 10_{\text{ppt}} + (\text{PFHxS}_{\text{ppt}}) / 10_{\text{ppt}}$$

结果表明，样品1中含有PFOA、PFOS、PFBS、PFHxS和PFNA，样品2中含有PFOA、PFOS、PFBS和PFHxS。两种样品的危害指数均远低于规定水平1.0。样品1中检出的各种PFAS均在新的法规限值范围内，而样品2中PFOS的定量水平超出了新规定的MCL (4.0 ng/L)。

结论

本文介绍了一套完整的常规监测工作流程，帮助您轻松满足新颁布的《PFAS美国国家主要饮用水条例》的要求。按照EPA 537.1或EPA 533方法使用Sep-Pak PS2或Oasis WAX PFAS分析小柱进行样品前处理都可以获得优异的回收率。将ACQUITY UPLC I-Class PLUS与Xevo TQ-S micro质谱仪联用，并用PFAS方法包改良系统以延迟任何污染，可以轻松、准确地测定浓度远低于最大污染物水平(4 ng/L)最低规定的化合物。结合沃特世现场应用培训和Waters ERA™提供的认证参比物质，无论是新手实验室还是技能娴熟的实验室，都能轻松制定PFAS饮用水检测解决方案。

参考资料

1. Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Final PFAS National Primary Drinking Water Regulation. *US Environmental Protection Agency*. [PFAS <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>](https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas) .Accessed 10 April 2024.
2. Shoemaker J., Dan Tettenhorst. Method 537.1: Determination of Selected Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS). *US Environmental Protection Agency*. November 2018.
3. Method 533: Determination of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water by Isotope Dilution Anion Exchange Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry. *US Environmental Protection Agency*. December 2019.

特色产品

ACQUITY UPLC I-Class PLUS系统 <<https://www.waters.com/134613317>>

Xevo TQ-S micro三重四极杆质谱仪 <<https://www.waters.com/134798856>>

用于PFAS分析的Oasis WAX、WAX/GCB和GCB/WAX <

<https://www.waters.com/nextgen/global/products/sample-preparation/oasis-wax-for-pfas-analysis.html>>

720008330ZH, 2024年4月



© 2024 Waters Corporation. All Rights Reserved.

[使用条款](#) [隐私策略](#) [商标](#) [招聘](#) [法律和隐私声明](#) [危险化学品生产经营许可证](#) [Cookie](#) [Cookie](#)
[设置](#)

[沪ICP备06003546号-2](#) [京公网安备 31011502007476号](#)