

超纯水在环境分析有毒元素测定中的应用

作者

Anastasia Khvataeva-Domanov¹, Juhani Virkanen², Glenn Woods³, Pratiksha Rashid⁴, Stephane Mabic¹

1. 实验室用水解决方案, Merck, 吉扬库尔, 法国
2. 赫尔辛基大学, 芬兰赫尔辛基
3. 安捷伦技术有限公司 (Agilent Technologies Ltd.), 英国斯托克波特
4. 实验室用水解决方案, Merck, 费尔瑟姆, 英国

有毒元素分析的水质要求

在环境分析过程中, 试剂水的质量对于有毒元素含量测定结果的可靠性和准确度至关重要。本文论证了Milli-Q®纯水系统生产的新鲜超纯水对于环境实验室的ICP-OES和ICP-MS痕量元素分析应用的适用性。

在过去的数十年中, 分析仪器灵敏度的极大提升改变了人们对环境污染和金属危害的认知, 这些金属包括铍、铬、锰、铁、镍、铜、锌、砷、镉、锑、钡、汞、铊和铅等。由此导致一系列立法和指南, 规定饮用水、¹ 海水、² 和废水³中有毒金属可以接受或建议的最高浓度。当局制定的要求导致对环境实验室有毒金属监测的需求日益增长, 其中光谱仪是建议用来判断痕量元素的标准仪器。^{4,5} 在进行环境分析时, ICP-MS和ICP-OES是检测水和土壤中的痕量有毒金属元素的主导技术, 由此对超纯水的质量提出更高要求, 因为超纯水是进行ICP-MS和ICP-OES分析最常用的试剂。

具体而言, 超纯水可用作试剂空白, 用于样品和标准品制备以及仪器和样品容器的清洗 (图1)。

因此, 超纯水不得含有任何金属, 以使分析仪器不被污染并避免对所分析的元素造成干扰, 从而确保测量数据的准确度和精度。



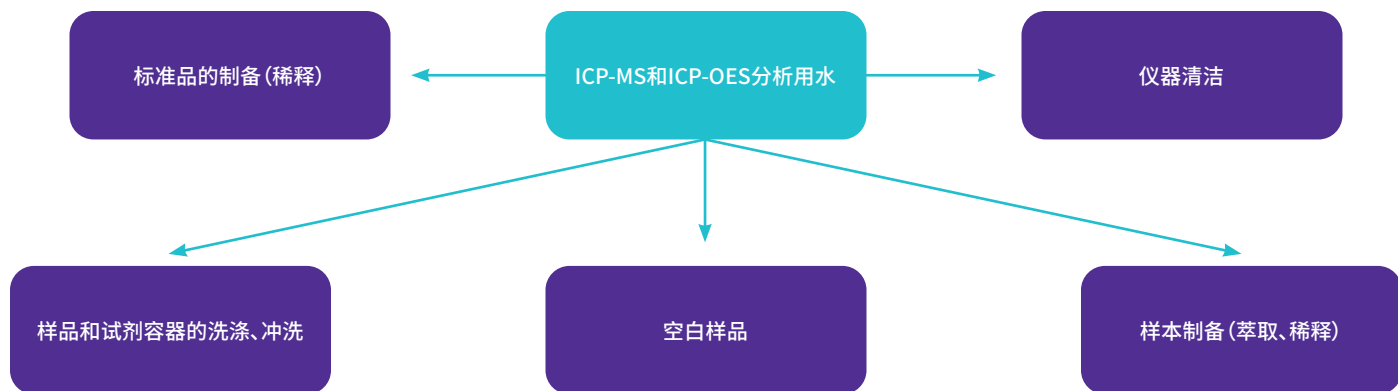


图 1. ICP-MS和ICP-OES分析所使用的不同类型的超纯水

ICP-OES和ICP-MS分析对水质的高规格要求

为了充分发挥现代ICP-OES和ICP-MS仪器的性能，高品质的超纯水不可或缺。实验室试剂所导致的任何污染都会增加背景等效浓度 (BEC) 和检测限 (LOD)，从而影响该技术的表现。因此，关于ICP-MS或ICP-OES分析各步骤所用的试剂水的适用性，一般规则要求不得在试剂空白中检测出任何被测元素。一旦检出，则其BEC应相对于预期分析范围忽略不计。在环境分析中，水样中的元素通常以 $\mu\text{g/L}$ (ppb)级的分析范围进行分析⁶，而土壤样品为 mg/L (ppm) 范围。⁷ 为了确保ppb-ppm范围内的实验取得成功，目标元素的BEC值最好不要超过ppt或亚ppt范围。此外，除了可以忽略不计的污染水平外，某些分析还单独指定了LOD (检测限)，¹因此使用具有稳定质量的超纯水至关重要。

Milli-Q®超纯水对于元素分析的适用性

为了评估进行ICP-MS和ICP-OES环境分析必不可少的试剂水的适用性，我们测量了Milli-Q® 纯水系统产出的新鲜超纯水中的毒元素的含量。表1 列出了试剂水中 ng/L (ppt) 级BEC和检测限的测定结果。结果表明，当使用Milli-Q®超纯水时，所分析的大多数元素的BEC水平处于亚ppt或低ppt范围 (实验是在常规实验室条件下而非洁净室中进行)。如果需要测得更低的元素水平，则应该在洁净室或无金属的实验室环境⁸ 中进行分析，并且采取额外的纯水精制步骤，例如使用 [Milli-Q® IQ 元素纯化装置](#) 来获取亚ppt和ppq级的BEC值。

元素	BEC (ppt)	LOD (ppt)
⁹ Be	0.24	0.28
⁵² Cr	2.10	0.37
⁵⁵ Mn	2.64	0.14
⁵⁶ Fe	0.60	0.19
⁵⁸ Ni	0.76	0.18
⁶³ Cu	0.19	0.11
⁶⁶ Zn	3.20	1.17
⁷⁵ As	3.10	0.72
¹¹¹ Cd	0.06	0.20
¹²¹ Sb	0.06	0.11
¹³⁷ Ba	3.90	0.50
²⁰² Hg	0.46	0.61
²⁰⁵ Tl	0.50	0.21
²⁰⁸ Pb	1.37	0.33

表1. 在正常实验室条件下 (非洁净室中) 采用ICP-MS技术测定的Milli-Q®系统新鲜产出的超纯水中各元素的 ng/L (ppt)级数值。BEC, 背景等效浓度; LOD, 检测限。

ICP-MS 实验条件

通过以下两个步骤将自来水纯化超纯水：

1. 使用Milli-Q®系统, 通过智能反渗透、Elix®电去离子(EDI)和杀菌紫外灯的技术组合, 将自来水纯化超纯水, 类似于[Milli-Q® IX 纯水系统](#)。
2. 使用Milli-Q®纯水精制系统将上述纯水进一步纯化, 获得超纯水, 类似于配备了Millipak® 终滤器的[Milli-Q® IQ 7000 超纯水系统](#)。
注意, 对于汞(Hg)的分析, 应使用不含Elix® EDI模块的Milli-Q® Direct系统制备超纯水。

使用一台Agilent® 7700s ICP-MS仪器来分析超纯水样品中的铍、铬、锰、铁、镍、铜、锌、砷、镉、锑、钒、铈和铅并使用一台Agilent® 7500s ICP-MS仪器来分析锌和汞。所有实验均在常规实验室条件下进行(非洁净室内)。

Agilent® 7700s仪器详情和参数: PFA(全氟烷氧基)-50雾化器, PFA雾化室, 蓝宝石惰性炬管, 石英2.5 mm内径炬管中心管, 铂金采样锥和截取锥, 射频功率600/1600 W, 采样位置12/8 mm, 载气流0.90 L/min, 尾吹气流0.32/0.51 L/min, 自动检测器模式, 1、5、10、50 ng/L校准。

Agilent® 7500s的仪器详情及参数: 石英雾化器, 石英雾化室, 石英2.5 mm内径炬管中心管, 镍采样锥和截取锥, RF功率1300/1550 W, 采样位置8 mm, 载气流0.96 L/min, 尾吹气流0.23 L/min, 自动检测器模式, 1、20、50、100 ng/L校准。

所有容器均为PFA材质, 经超纯水预清洗。来自Milli-Q®纯水系统的所有超纯水样(电阻率为18.2 MΩ·cm, TOC低于5 ppb)均现采现分析。

Milli-Q®超纯水用于元素分析的可靠性

本文讨论了在环境样本的有毒元素分析中试剂水质量的重要性, 并证明了在Milli-Q® 纯水系统生产的超纯水中元素含量很低。执行痕量元素分析的实验室可以信赖Milli-Q®纯水系统来满足他们敏感的实验对高纯度水的严格要求。选用Milli-Q®超纯水系统产出的水进行元素分析, 有助于确保生成准确的高质量数据。

参考文献

1. Official Journal of the European Communities, Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF>

2. Khaled A., Abdel-Halim A., El-Sherif Z., Mohamed L.A. 2017. Health Risk Assessment of Some Heavy Metals in Water and Sediment at Marsa-Matrouh, Mediterranean Sea, Egypt.J. Environ. Prot. 08(01):74-97. doi.org/10.4236/jep.2017.81007

3. European Union Urban Waste Water Treatment Directive, Council Directive 91/271/EEC.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1991L0271:20081211:EN:PDF>

4. World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, (2011), Chapter 8 Chemical Aspects, p 170.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

5. IS 3025 (Part 04): Method of Sampling and Test (Physical and Chemical) for Water and Wastewater, Part 04: Colour (First Revision).
<https://archive.org/details/gov.law.is.3025.04.1983/page/n1/mode/2up>

6. Su S., Chen B., He M., Hu B. 2014. Graphene oxide-silica composite coating hollow fiber solid phase microextraction online coupled with inductively coupled plasma mass spectrometry for the determination of trace heavy metals in environmental water samples. Talanta.123:1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.01.061>

7. Roje V. 2010. A fast method for multi-metal determination in soil samples by high-resolution inductively-coupled plasma-mass spectrometry (HR-ICP-MS). Chemical Speciation & Bioavailability. 22(2):135-139. <https://doi.org/10.3184/095422910x12702277277554>

8. Rodushkin I., Engström E., Baxter D.C. 2010.Sources of contamination and remedial strategies in the multi-elemental trace analysis laboratory. Anal. Bioanal. Chem. 396(1):365-377. <https://doi.org/10.1007/s00216-009-3087-z>

9. 专为微量元素分析量身定制的超纯水。数据表。

本文相关产品

超纯水系统和解决方案	货号
Milli-Q® IQ 7000超纯水系统	ZIQ7000T0C
Milli-Q® IQ 7003纯水和超纯水系统	ZIQ7003T0C
Milli-Q® IQ 7005纯水和超纯水系统	ZIQ7005T0C
Milli-Q® IQ 7010纯水和超纯水系统	ZIQ7010T0C
Milli-Q® IQ 7015纯水和超纯水系统	ZIQ7015T0C
Milli-Q® IX 7003纯水纯化系统	ZIX7003P0C
Milli-Q® IX 7005纯水纯化系统	ZIX7005P0C
Milli-Q® IX 7010纯水纯化系统	ZIX7010P0C
Milli-Q® IX 7015纯水纯化系统	ZIX7015P0C
Milli-Q® IQ Element水纯化及取水装置	ZIQELEMENT0
Millipak® 0.22 µm过滤器	MPGP002A1

如需了解我们实验室用水解决方案的更多信息, 请访问

SigmaAldrich.cn

Merck KGaA
Frankfurter Strasse 250
64293 Darmstadt, Germany

我们凭借深厚的经验积淀打造独有的生命科学品牌阵列,
助力客户不断实现科研突破。

Millipore® Sigma-Aldrich® Supelco® Milli-Q® SAFC® BioReliance®

