

2018 年 10 月，第 74 期



第 1 页

扩展 ICP-MS 在环境监测领域的应用

第 2-3 页

在中国土壤污染状况详查中使用 Agilent 7800 ICP-MS 实施的多元素分析方法

第 4-5 页

利用 MS/MS 解决同质异位素谱图重叠问题，扩展 ICP-MS 的分析能力

第 6 页

医学研究领域的 LA-ICP-MS 先驱赢得原子光谱权威奖项

第 7 页

自选教育系列网络研讨会：
从行业专家处了解有关 ICP-MS/MS 的更多信息

第 8 页

全新发布！半导体应用文集；
安捷伦最新 ICP-MS 出版物

扩展 ICP-MS 在环境监测领域的应用

Ed McCurdy, ICP-MS 产品营销专员, 安捷伦科技公司, 英国

自 ICP-MS 技术问世以来，测定环境样品中的痕量元素一直是该技术的主要应用领域之一。随着工业化扩展到新的地区以及人们越来越多地意识到痕量金属对食物链的影响，对痕量污染物的监测需求在不断增长。在本期 ICP-MS 期刊中，我们讨论了一项针对中国农业用地痕量元素污染状况的重要新调查。本期刊还介绍了人们对使用 ICP-MS 分析低浓度“现代科技关键元素”（TCE）产生了愈发浓厚的兴趣。TCE 包括铂族元素（PGE）、稀土元素（REE）及其他“不常见”元素，例如 Ga、Ge、In、Nb、Ta、Te 和 Tl。



图 1. 配备 Agilent SPS 4 自动进样器的 Agilent 8900 ICP-MS/MS

在中国土壤污染状况详查中使用 Agilent 7800 ICP-MS 实施的多元素分析方法

Tetsuo Kubota¹ 和 Dong Yan², 安捷伦科技 (日本) 有限公司¹ 和安捷伦科技 (中国) 有限公司²

前言

中国与许多其他国家一样, 致力于改善土壤 (尤其是用于食品生产的土壤) 的质量。中国 “十三五” 规划 (2016–2020) 中包括的《土壤污染防治行动计划》于 2016 年 5 月发布。2017 年, 中国制定了全国土壤污染状况详查技术规范 (1), 同时启动了全国土壤污染状况详查。此次调查的目的是确定受污染耕地的面积及其污染程度。结果将用于指导后续的修复工作。

土壤详查要求

2017 年土壤详查方法技术规范要求对土壤中的各种有机污染物和无机污染物进行测定。方法涵盖约 15 种重金属及其他元素。推荐的分析技术有 ICP-MS、ICP-OES、石墨炉原子吸收光谱 (GFAAS)、火焰原子吸收光谱以及用于 As、Hg 和可选 Sb 的原子荧光光谱 (AFS)。一些毒性较强的元素 (Cr、As、Cd、Hg 和 Pb) 必须得到测量。其他元素 (如 Be、V、Mn、Co、Mo 和 Sn) 可以由地方政府进行规定, 只要基于当地污染源状况证明其分析合理性即可。

此次调查应于 2018 年年底完成, 要求对大量不同的土壤和沉积物消解物中的多种低浓度元素进行测定。鉴于这些要求, ICP-MS 所具有的快速、灵敏的多元素分析能力使其成为此次调查的理想分析技术。

本研究介绍了使用配备 SPS 4 自动进样器的 Agilent 7800 ICP-MS 在通过低压微波消解进行样品前处理后, 对土壤和沉积物消解物进行的分析。

实验部分

在利用 ICP-MS 进行快速测量的同时, 还需要采用快速高效的样品前处理方法, 以使整个工作流程适用于常规环境分析实验室。安捷伦开发出一种优化的低压微波消解方法, 能够对包含 30 个土壤和沉积物样品的样品批次进行完全消解。

为证明方法性能, 使用 Mars 6 微波消解系统 (CEM 公司, 日本) 对购自中国标准物质标准样品信息网 (NCS) 的五种水系沉积物有证标准物质 (CRM) 样品进行消解。在持续 7 小时的分析序列中, 在加标和不加标情况下对 CRM 进行重复测量。如需了解更多信息, 请见参考文献 (2)。在一项单独的研究中, 分析了八种土壤 CRM。本文报道了土壤和沉积物 CRM 的代表性结果。

仪器

所有测量均采用 Agilent 7800 ICP-MS, 该系统标配 HMI、Ni 接口锥和 ORS⁴ 碰撞池, 并在 He 模式下运行。利用 Agilent SPS 4 自动进样器引入标样和样品。ICP-MS 运行条件列于表 1 中。HMI 设置根据目标样品类型的基质水平进行自动调谐。在本例中, 所用稀释倍数为 4。

表 1. 7800 ICP-MS 运行条件

| 参数 | 无气体模式 | He 模式 |
|------------------|-------|-------|
| 等离子体模式 | | HMI-4 |
| RF 功率 (W) | | 1600 |
| 雾化器气体流速 (L/min) | | 0.60 |
| 稀释气体流速 (L/min) | | 0.35 |
| 透镜调谐 | | 自动调谐 |
| 反应池气体流速 (mL/min) | 0.0 | 4.5 |
| 动能歧视电压 (V) | | 5.0 |

阴影部分的参数在方法和 HMI-4 等离子体预设中进行定义; 所有参数在启动和自动调谐过程中自动优化

结果与讨论

校准

代表性校准曲线如图 1 所示。在所有校准中, R 值均高于 0.9999, 优于方法要求的 0.999。

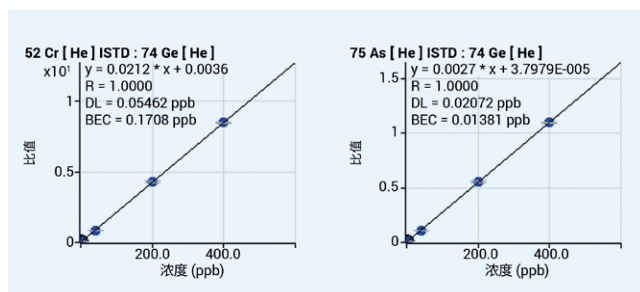


图 1. 关键有毒痕量元素 Cr 和 As 的代表性校准曲线, 证明了 He 模式的有效性

QC 样品的回收率

将中等浓度的标样作为连续校准验证 (CCV) QC 样品进行测量。根据方法规定, 每 20 个样品后自动测量一次 CCV。方法要求 CCV 回收率必须在 $\pm 10\%$ 以内; 回收率超出此限值时, 需要重新校准。图 2 表明所有元素均满足 CCV 回收率标准, 在持续 7 小时的分析序列中无需进行重新校准。

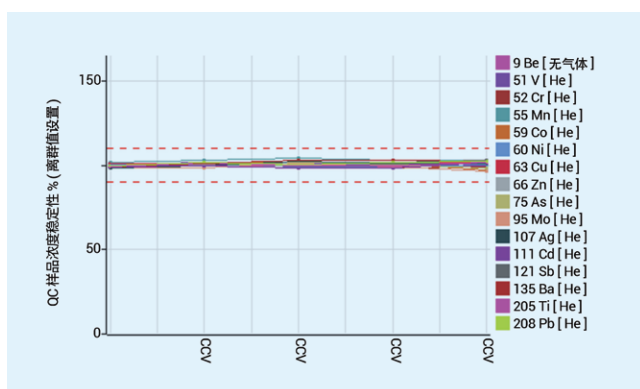


图 2. 序列分析过程中获得的连续校准验证 (CCV) 回收率。红线表示 $\pm 10\%$ 的限值

CRM 回收率

表 2 中的结果显示了代表性沉积物和土壤 CRM 的平均实测浓度和平均回收率。所有元素的结果均与标准值高度一致。使用密闭容器消解, 即使 As 和 Sb 等挥发性元素也能表现出良好的回收率。

结论

利用配备 HMI 的 7800 ICP-MS 能够快速轻松地对中国土壤状况详查方法技术规定中的目标环境样品进行可靠的常规分析。采用快速低压微波消解方法, 能够在一次分析中完成所有规定元素的测量。

表 2. 沉积物和土壤 CRM 中的平均实测浓度 (n = 3), 以原始 CRM 中的 mg/kg 表示 (根据稀释倍数进行了校正)。包括每种 CRM 的标准值 (mg/kg), 并显示了所有标准元素的平均回收率 (%)

| | GBW07307a 沉积物 CRM | | | GSS-12 土壤 CRM | | |
|----|-------------------|-------------|---------|---------------|-------------|---------|
| | 测定值 (mg/kg) | 标准值 (mg/kg) | 回收率 (%) | 测定值 (mg/kg) | 标准值 (mg/kg) | 回收率 (%) |
| Be | 1.6 ± 0.4 | 1.6 ± 0.1 | 100 | 2.04 | 2.04 ± 0.06 | 100 |
| V | 77 ± 9 | 77 ± 4 | 100 | 88 | 86 ± 4 | 103 |
| Cr | 44 ± 5 | 43 ± 1 | 103 | 59 | 59 ± 2 | 100 |
| Mn | 896 ± 100 | 886 ± 25 | 101 | 758 | 774 ± 19 | 98 |
| Co | 14.8 ± 2.1 | 15.2 ± 0.7 | 98 | 12.3 | 12.6 ± 0.3 | 98 |
| Ni | 23.3 ± 3.6 | 22.0 ± 0.6 | 106 | 34 | 32 ± 1 | 106 |
| Cu | 23.4 ± 3.6 | 22.5 ± 1.0 | 104 | 27 | 29 ± 1 | 93 |
| Zn | 844 ± 54 | 780 ± 19 | 108 | 74 | 78 ± 5 | 95 |
| As | 13.2 ± 1.6 | 11.3 ± 1.0 | 117 | 不适用 | | |
| Mo | 0.82 ± 0.67 | 0.82 ± 0.05 | 99 | 1.02 | 0.96 ± 0.06 | 106 |
| Ag | 1.24 ± 0.7 | 1.20 ± 0.08 | 103 | 不适用 | | |
| Cd | 6.0 ± 0.4 | 5.6 ± 0.6 | 107 | 0.16 | 0.15 ± 0.02 | 106 |
| Sb | 2.4 ± 0.8 | 2.1 ± 0.2 | 112 | 1.47 | 1.17 | 125 |
| Ba | 441 ± 50 | 437 ± 12 | 101 | 444 | 492 ± 20 | 90 |
| Tl | 0.38 ± 0.58 | 0.45 ± 0.07 | 85 | 0.46 | 0.51 ± 0.04 | 90 |
| Pb | 609 ± 80 | 555 ± 19 | 110 | 18 | 19 ± 2 | 96 |

参考文献

1. Technical Stipulation of Soil Analysis for China Soil Pollution Survey, 2017, accessed August 2018, Chinese language only: http://www.edcmep.org.cn/ywly_14986/hjfxcs/201709/W020180315331626102260.pdf
2. 安捷伦应用简报, 2018, 5994-0309EN

利用 MS/MS 解决同质异位素谱图重叠问题, 扩展 ICP-MS 的分析能力

Ed McCurdy 和 Glenn Woods, 安捷伦科技 (英国) 有限公司

ICP-MS 中的同质异位素重叠

使用单四极杆 ICP-MS 难以解决同质异位素干扰问题, 即两种不同的元素出现质量数相同的同位素。由于质量数差异过小, 即使扇形磁场“高分辨率” ICP-MS 也无法分离这些重叠。例如, ^{204}Hg 和 ^{204}Pb 的标称质量数均为 204。 ^{204}Hg 和 ^{204}Pb 的真实质量数分别为 203.97349398 u 和 203.9730440 u, 因此需要分辨率 ($M/\Delta M$) 达到近 500000 才能分离这两种同质异位素。这一分辨率要求比市售高分辨率 ICP-MS 仪器所能达到的最佳性能高出约 50 倍 (1)。

另一种方法是采用与一种同质异位元素反应较快而与另一种元素反应较慢或不反应的碰撞/反应池气体进行“化学分离” (2)。为确保仅形成目标离子, 采用的额外质量选择步骤 (在碰撞/反应池之前) 至关重要。Agilent 8900 ICP-MS/MS 的串联质谱仪 (ICP-MS/MS) 布局能够实现这一目标。

改善对不常见环境污染物的测量

现代科技关键元素 (如 Ga、Ge、Nb、In、Te 和 Ta) 的新特性使它们在高科技行业中备受关注。然而, 它们的毒理学和环境影响尚未得到充分了解 (3)。

虽然这些元素均可使用 ICP-MS 进行测量, 但并非总能实现环境监测所要求的低浓度测定。例如, 碲的第一电离势 (IP) 相对较高, 达到 9.01 eV。这意味着 Te 在 ICP 中仅有约 25% 发生电离, 因此灵敏度和检测限均受到影响。

另外, 唯一不受同质异位素重叠影响的 Te 同位素是 ^{125}Te , 因此该同位素是 ICP-MS 测量中的首选同位素。但是, ^{125}Te 的同位素丰度仅为 7.07%, 仅有丰度最高的 Te 同位素的 1/5。

为测定环境样品中的低浓度 Te, 最好能够测量丰度较高的同位素 ^{128}Te (31.74%) 和 ^{130}Te (34.08%)。然而, 这两种同位素均受 Xe (高纯氙气中常见的痕量污染物) 同质异位素重叠的干扰。此外, ^{130}Te 同位素还与天然环境样品中以 mg/kg (ppm) 级浓度存在的 ^{130}Ba 发生重叠。一种能够消除 Xe 和 Ba 同质异位素重叠的 ICP-MS/MS 方法将显著改善对痕量 Te 的测定。

仪器

所有测量均采用标准配置的 Agilent 8900 ICP-MS/MS 进行。

利用混合反应气实现两种不同干扰离子的最佳去除。 NH_3 以 2.0 mL/min 的流速加入 (质量流量控制器设置为 20%); N_2O 以 0.45 mL/min 的流速加入 (30%); He 作为缓冲气以 1.0 mL/min 的流速加入。其他运行条件可参见“更多信息”下引用的文章。

解决碲的同质异位素重叠

利用 N_2O 和 NH_3 池气体混合解决 m/z 128 和 130 处 Xe 和 Ba 对 Te 的同质异位素干扰问题。消除 Xe 同质异位素干扰对 Te 的痕量检测带来的改善如图 1 的校准曲线所示。校准涵盖 1–1000 ng/L (ppt) 的浓度范围, 放大显示 0–200 ppt 的范围, 以便清晰查看。

图中显示了 Te 的两种丰度最高的同位素, 即 ^{128}Te (左) 和 ^{130}Te (右)。靠上的一对校准曲线显示了无气体模式下的校准结果。由于 ^{128}Xe 和 ^{130}Xe 会产生背景信号, 因此 y 轴发生偏移, 得到 ^{128}Te 和 ^{130}Te 的背景当量浓度 (BEC) 分别为 16 ng/L 和 32 ng/L。造成 BEC 差异的原因是 ^{130}Xe 的丰度为 ^{128}Xe 丰度的 2 倍左右。

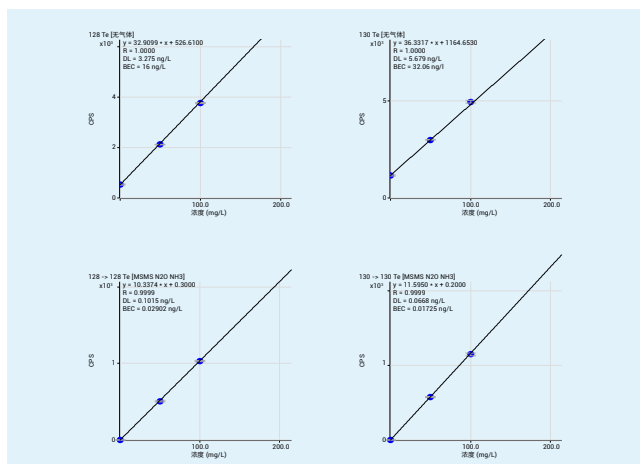


图 1. 放大显示 ^{128}Te (左) 和 ^{130}Te (右) 在无气体模式下 (上) 和采用 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体的 MS/MS 模式下 (下) 的低浓度校准曲线

在 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体模式下 (图 1 中靠下的一对曲线), 完全消除了 y 轴偏移 (背景信号为每秒 0.3 和 0.2 计数), 得到 ^{128}Te 和 ^{130}Te 的 BEC 分别为 0.029 ng/L 和 0.017 ng/L。采用 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体的 Agilent 8900 MS/MS 模式使 ^{128}Te 的 BEC 降低至 1/500 以下, 并使 ^{130}Te 的 BEC 降低至近 1/2000。

测量各种钡基质溶液中的 ^{130}Te

$\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体方法还消除了 Ba 引起的同质异位素重叠。使用 Ba 浓度为 20–1000 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) 的一系列溶液证明了该方法的有效性。在每种 Ba 标样中加入 500 ng/L (ppt) Te, 并在无气体模式和 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体模式下进行测量。测得的 Te 浓度如图 2 所示, 回收率列于表 1 中。

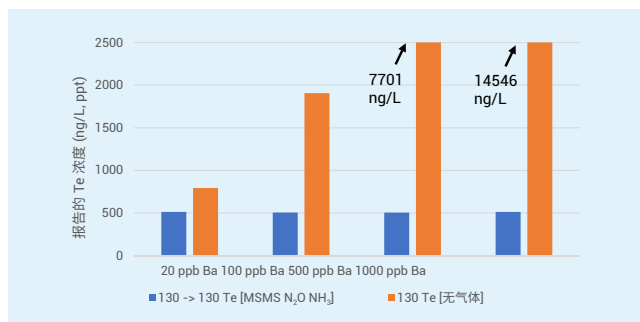


图 2. 在不同 Ba 基质浓度下报告的 500 ng/L Te 加标样品的浓度, 使用 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体模式和无气体模式测得

表 1. Ba 基质中的 Te 回收率。使用 MS/MS 模式在 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 池气体模式和无气体模式下获得结果

| 500 ng/L Te 加标样品的回收率 (%) | | |
|--------------------------|--|-------------------------|
| 钡基质 | ^{130}Te , $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ | ^{130}Te , 无气体 |
| 20 ppb Ba | 103 | 159 |
| 100 ppb Ba | 101 | 381 |
| 500 ppb Ba | 101 | 1540 |
| 1000 ppb Ba | 102 | 2909 |

在无气体模式下, Ba 基质导致 Te 回收率产生误差: 在 20 ppb Ba 基质中, 回收率达到 150%; 在 1000 ppb Ba 基质中, 回收率高达 2909% (偏高 30 倍)。在 $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 模式下, 所有 Ba 浓度的基质中, Te 回收率均在 $\pm 3\%$ 范围内, 表明该方法能够有效消除 ^{130}Ba 的干扰。

结论

使用 Agilent 8900 ICP-MS/MS 的反应池气体和双重质量选择 (MS/MS) 功能, 能够解决直接的同质异位素重叠问题。

在本研究中, 利用 N_2O 和 NH_3 池气体通过化学手段解决了 Xe 和 Ba 与 ^{128}Te 和 ^{130}Te 的同质异位素重叠。这使得使用 m/z 128 和 130 处丰度较高的同位素对 Te 进行测量成为现实。相比无气体模式, $\text{N}_2\text{O}/\text{NH}_3$ 方法使 Xe 对 ^{130}Te 的贡献降低至 1/2000, 确保准确分析各种 Ba 基质中的 Te。

现在可以使用 ICP-MS/MS 解决同质异位素干扰问题, 从而准确测定 Te 等元素。MS/MS 反应气体方法还适用于多种分析物同位素, 实现同位素比和同位素稀释测量。

参考文献

1. N. Jakubowski, T. Prohaska, L. Rottmann and F. Vanhaecke, *J. Anal. At. Spectrom.*, **2011**, 26, 693–726
2. S. D. Tanner, V. I. Baranov and U. Vollkopf, *J. Anal. At. Spectrom.*, **2000**, 15, 1261–1269
3. M. Filiella and I. Rodushkin, *Spectrochim Acta Part B*, **2018**, (141), 80–84

更多信息

E. McCurdy, G. Woods, Using Double Mass Selection (MS/MS) and Reaction Cell Gases to Resolve Isobaric Spectral Overlaps in ICP-MS, *Spectroscopy*, **2018**, 33, 9, 26–34

医学研究领域的 LA-ICP-MS 先驱赢得原子光谱权威奖项

Fred Fryer, 安捷伦科技 (澳大利亚) 有限公司

生物组织中的金属成像

每年,《光谱学》(*Spectroscopy*) 杂志都会与独立的科学委员会合作,表彰在原子光谱领域做出突出贡献的青年光谱学家。2019 年“原子光谱新兴领袖奖”得主是 Dominic Hare 博士 (1)。Hare 博士是弗洛里神经科学和心理健康研究所的高级研究员兼原子病理学实验室负责人,该研究所位于澳大利亚墨尔本。

该研究所旨在通过脑部研究改善生活质量, Hare 博士的开创性工作包括将激光剥蚀 (LA-)ICP-MS 应用于对组织样本中的元素进行成像。通常, Hare 博士及其团队将 New Wave 激光剥蚀系统与安捷伦 ICP-MS 或安捷伦串联四极杆 ICP-MS 联用。

脑中金属元素的三维图

开发数据分析软件以显示样本横截面中的元素分布,对于 LA-ICP-MS 成像方法的成功至关重要 (2, 3)。还可以使用该研究组内名为“Biolite”的化学计量学工具包来整理数据,以形成如图 1 所示的 3D 图像。使用这种开创性方法, Hare 博士计划构建小鼠脑部的标准化金属分布图,研究人员可以在研究帕金森等疾病中的金属元素时参考这些图。

神经系统疾病研究

铁 (存在于每个脑细胞中) 与多巴胺 (仅限于少数几种类型的神经元) 之间的相互作用是研究帕金森神经退行性疾病的基础。该团队为合成多巴胺的酶加入镱 (Yb) 标记。然后通过 LA-ICP-MS 测量 Yb 分布,以构建整个脑部的多巴胺空间分布图。图 1 突出显示了存在高浓度铁和多巴胺的部位。极其重要的是,这些区域对应于帕金森病风险区域,即黑质致密部和嗅球。帕金森病的首要影响之一是嗅觉丧失 (3)。

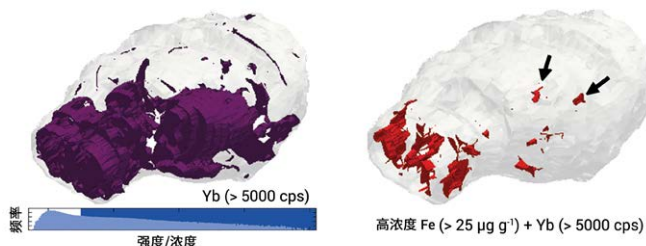


图 1. 左图: Yb (>5000 cps) 的 3D 图。右图: 含高浓度 Fe (> 25 µg/g) 和 Yb (> 5000 cps) 的脑部区域

LA-ICP-MS 多元素分析方法

弗洛里研究所团队正通过开发新方法研究组织中更大范围元素的分布。Hare 博士的研究表明 LA-ICP-MS 在用于研究蛋白质与其所依赖的金属离子之间复杂相互作用方面的潜力。

奖项将在 2019 年欧洲冬季等离子体光谱化学会议上颁发给 Hare 博士, Hare 博士也将在此次会议上发表大会报告。

更多信息和参考文献

1. L. Bush, [Spectroscopy Announces the Winner of the 2019 Emerging Leader in Atomic Spectroscopy Award](#)
2. D. Hare et al., [Imaging Metals in Brain Tissue by LA-ICP-MS](#), *J. Vis. Exp.* (119), **2017**
3. Ferrum Blogger: [Mapping Metals in the Brain](#)
4. [Agilent Aids Research into How Essential Elements Can Become Killers \(安捷伦助力研究必需元素如何成为杀手\)](#), 安捷伦网站

自选教育系列网络研讨会：从行业专家处了解有关 ICP-MS/MS 的更多信息

Abe Gutierrez 和 Bert Woods, 安捷伦科技（美国）有限公司

ICP-MS/MS 网络研讨会系列，第 1 部分： 探索定义 ICP-MS 未来的四大能力



在此次 ICP-MS/MS 网络研讨会系列的第 1 部分中，安捷伦 ICP-MS 专家 Abe Gutierrez 将回顾 ICP-MS 自 20 世纪 80 年代以来的简史。简介部分侧重于介绍提供性能改进以满足不断发展的新兴应用需求的进展。Abe 解释了许多行业和应用中对改进干扰物质（多原子离子、同质异位素和双电荷离子）控制的需求。这些要求最终推动了 2012 年 Agilent 8800 串联四极杆 ICP-MS 的发布。

Abe 接下来介绍了串联质谱 (MS/MS) 的四种独特功能，这些功能依赖于对离子/分子反应化学过程的精确控制。Abe 使用在 Agilent 8900 ICP-MS/MS 上运行的示例，解释了：

- 原位质量测量
- 质量转移测量
- 母离子扫描
- 子离子扫描

Abe 通过生动而信息丰富的动画解释了碰撞/反应池过程，提供了现在可使用 ICP-MS/MS 加以解决的研究和常规应用示例。

Abe 最后提供了一些有关测试 ICP-MS 仪器干扰消除功能简单方法的技巧。

[随时观看网络研讨会。](#)

第 2 部分：MS/MS 如何提高您各种应用的 ICP-MS 数据质量

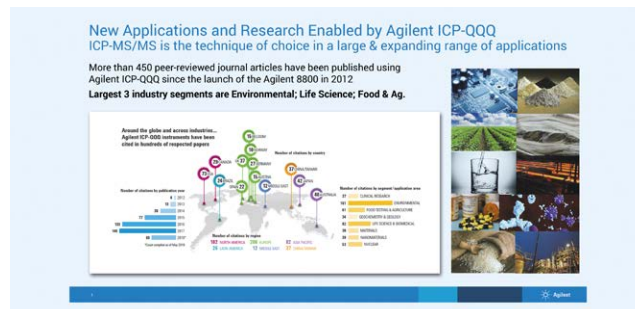
在此次网络研讨会中，安捷伦应用化学家 Bert Woods 概述了 ICP-MS/MS 在 MS/MS 模式下如何在各种不断扩展的应用中提供更高性能。

Bert 展示了 ICP-MS/MS 对不常见、非常规棘手元素的分析性能，展示了对低浓度 Te 的测定和 < 50 nm 的 SiO₂ 纳米颗粒的检测。他还以有机溶剂中的 B 和 U 基质中 Np 作为示例，讨论了双重质量选择如何改善相邻峰的分离。这种改进使得研究人员能够对常量元素邻近的痕量分析物进行测量。

Bert 介绍了最近发表的几篇论文，这些论文采用 ICP-MS/MS 解决天然同位素与长寿命放射性核素的同质异位素重叠问题。这为核工业和环境行业带来了值得期待的全新可能性，而在单四极杆或高分辨率 ICP-MS 等其他仪器上则无法实现。

Bert 所拥有的半导体行业背景使他能够熟知 MS/MS 在工艺化学品超痕量分析 (ICP-MS/MS 的主要应用领域之一) 中的优势。

该网络研讨会讨论了新兴应用，以及能够使用 MS/MS 显著改善性能的成熟 ICP-MS 方法。



[随时观看网络研讨会。](#)

全新发布！半导体行业应用文集

有关半导体制造中无机杂质测量的全新安捷伦应用文集，为希望了解该行业的科学家提供了完善的资料。该出版物概述了 ICP-MS 和 ICP-MS/MS 在半导体行业中的作用，并提供了 23 份行业应用简报。

内容涵盖：污染控制、针对有机溶剂和高腐蚀性或粘性酸的仪器设置，以及硅片和工艺化学品的自动化分析。

这份 152 页的指南可以从安捷伦网站上免费下载：**应用简报文集：Measuring Inorganic Impurities in Semiconductor Manufacturing**（测量半导体制造中的无机杂质），[5991-9495EN](#)

自选网络研讨会

主题：ICP-MS：掌握接口锥性能的艺术

主讲人：Gareth Pearson，ICP-MS 光谱备件产品经理，安捷伦科技公司

主办方：Separation Science

[单击此处注册](#)

确保选择适用于您的 ICP-MS 和实验室应用的接口锥，并了解接口锥维护的最佳实践方案。

会议与活动

第六届 FFF-MS 研讨会，2018 年 11 月 22-23 日，德国科布伦茨

欧洲冬季等离子体光谱化学会议 (EWCPs)，2019 年 2 月 3-8 日，法国波城

安捷伦 ICP-MS 出版物

- **应用简报：** Quantifying Copper Nanoparticles on Edible Plant Leaves using Single-Particle ICP-MS (spICP-MS)（使用单颗粒 ICP-MS (spICP-MS) 定量分析可食用植物叶中的铜纳米颗粒），[5994-0214EN](#)
- **应用简报：** Measuring Multiple Elements in Nanoparticles using spICP-MS in Rapid Multi-Element Nanoparticle Analysis Mode（使用 spICP-MS 在快速多元素纳米颗粒分析模式下测量纳米颗粒中的多种元素），[5994-0310EN](#)
- **应用简报：** Automated Ultratrace Element Analysis of Isopropyl Alcohol with the Agilent 8900 ICP-MS/MS（利用 Agilent 8900 ICP-MS/MS 对异丙醇中的痕量元素进行自动化分析），[5994-0273EN](#)
- **应用简报：** China Soil Pollution Survey: Determination of Multiple Elements in Sediment and Soil Digests using ICP-MS（中国土壤污染状况详查：使用 ICP-MS 测定土壤和沉积物消解物中的多种元素），[5994-0309EN](#)
- **应用简报文集：** Measuring Inorganic Impurities in Semiconductor Manufacturing（测量半导体制造中的无机杂质），[5991-9495EN](#)

仅限研究使用。不可用于诊断目的。

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。