

安捷伦 ICP-MS 接口锥



竞争产品比较

安捷伦电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 系统利用创新技术提供卓越的灵敏度、准确度、易用性和分析效率。Agilent 7800 和 7900 四极杆 ICP-MS 系统为多数典型的痕量元素分析应用提供了最高的基质耐受性、最宽的动态范围和最有效的干扰去除。Agilent 8900 串联四极杆电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS/MS) 增加了 MS/MS 运行模式，能够精确控制反应池中的反应过程，确保获得最一致和最准确的结果。该功能可解决超出传统单四极杆和扇形磁场高分辨率 ICP-MS 能力范围的干扰问题。

等离子体源和真空接口设计对于任何 ICP-MS 的总体性能都至关重要。为获得出色的结果，高品质接口锥是保证 ICP-MS 灵敏度和稳定性的关键元件。安捷伦的各种镍 (Ni) 和铂 (Pt) 尖接口锥提供了满足四极杆和串联四极杆 ICP-MS 系列产品要求的性能水平 (图 1 和图 2)。

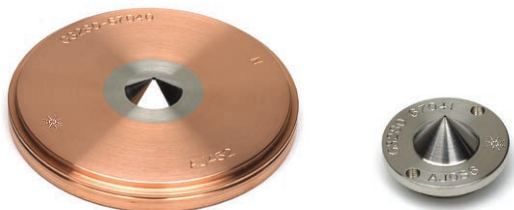


图 1. 安捷伦原厂 Ni 采样锥，带铜底座 图 2. 安捷伦原厂 Ni 截取锥

接口锥性能因素

对接口锥的一项关键要求是其尖端和孔口具有准确精密的尺寸，以确保仪器灵敏度。接口锥材料应具有足够高的纯度，以免出现背景信号升高和污染。每个接口锥的质量应受到严格控制并保持一致，从而确保尖端的运行温度正确，并确保信号具有良好的长期稳定性。

出于这些原因，不同制造商提供的接口锥性能可能表现出明显差异，从而可能对 ICP-MS 结果的准确度和可靠性产生不利影响。典型的性能问题可能包括：

- 灵敏度低，导致检测限升高
- 背景升高，导致背景等效浓度 (BEC) 降低
- 样品同批次分析过程中产生仪器漂移，导致 QC 不合格并需要重新校准和样品重新运行
- 接口锥上沉积过量基质导致清洁要求增加，从而延长仪器停机时间，降低实验室的分析效率
- 接口锥寿命较短，增加分析成本，影响实验室盈利能力

本技术概述对不同供应商的接口锥（采样锥和截取锥）进行了比较，重点关注了对 ICP-MS 分析性能至关重要的几个方面。

安捷伦接口锥的开发

ICP-MS 接口中包括一对锥形金属板之间的一个渐缩真空段，该真空段称为接口锥 (图 3)。接口锥采集大气压氦等离子体中产生的离子，并传输至提取透镜，然后提取透镜将带正电荷的离子传输到低真空质谱仪中。第一接口锥和第二接口锥分别称为采样锥和截取锥。

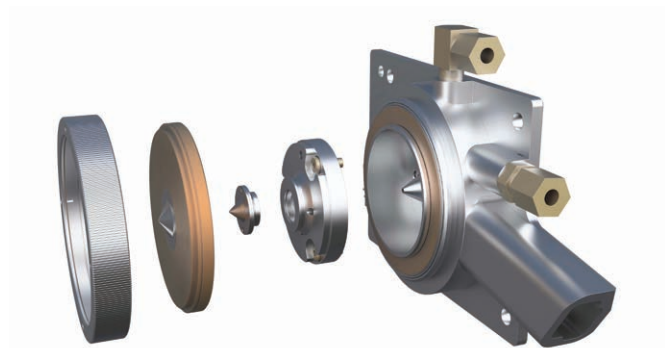


图 3. 安捷伦 ICP-MS 的接口区处的接口锥（采样锥和截取锥）和截取锥底座

作为影响 ICP-MS 性能的关键元件，安捷伦接口锥遵循严苛的指标进行设计和制造。接口锥经过严格测试，以确保最高质量，最大程度提高仪器性能，并确保批次之间的重现性。

凭借在 ICP-MS 系统设计领域 30 多年的经验，安捷伦工程师将接口锥与提取透镜整体设计，以提高离子传输效率并改善基质耐受性。接口锥孔口和尖端几何形状的尺寸经过优化，并受到严格控制。我们的标准 Ni 或可选的 Pt 尖接口锥使用高纯度材料，以最大程度降低背景信号，并确保在强酸性高温等离子体条件下运行时的适用性和稳定性。

安捷伦接口锥的生产

ICP-MS 接口锥的生产是一个复杂的过程，其中涉及以最严格的公差制造接口锥，以及使用多种合金将尖端永久附着到接口锥基座材料上。

安捷伦原厂接口锥由经验丰富的机械师使用先进的设备进行生产。利用精密车床、铣床和电火花加工，确保所有接口锥符合安捷伦严格的指标。

牢固而精确的尖端附接是设计中必不可少的环节，通过电子束焊接实现，可确保尖端永久附着在基座材料上。

对所有铂原料进行外部分析，确保材料纯度符合安捷伦性能指标。保留每一批次的 Pt 和 Ni 材料分析样品，以备日后检验。每个成品接口锥均可通过序列号追溯到原料与整个制造过程，具有完整的监管链。

最后，所有接口锥在发货前经过 100% 质量检验。

接口锥测试方法

本文提供的结果基于 2018 年安捷伦光谱技术与创新中心在澳大利亚墨尔本所完成的测试。本评估过程还得到了日本八王子市安捷伦 ICP-MS 仪器研发团队的支持（图 4）。

采用带 x 透镜的量产型标准配置 7900 ICP-MS 系统进行所有测试（图 5）。使用标准仪器出厂和安装测试完成该系统的确认测试。



图 5. 利用 Agilent 7900 单四极杆 ICP-MS 系统对采样锥和截取锥进行性能测试



图 4. 安捷伦位于澳大利亚墨尔本（左图）和日本东京八王子市（右图）的生产基地

重点比较用于 7900 ICP-MS 的标准 Ni 采样锥和截取锥，因为这几个类型的接口锥最常用于常规 ICP-MS 应用。每组采样锥和截取锥均用一家供应商的产品进行配对测试。接口锥部件购自安捷伦 ICP-MS 仪器接口锥的全球供应商。为确保本文展示的结果能够代表实际性能水平并便于确认重现性，从每家制造商处均购得多个接口锥进行分析测试。此外，还对制造公差进行评估，验证它们对仪器性能的影响。该比较研究中测试的接口锥列于表 1 中。

表 1. 本研究测试涉及到的不同厂家接口锥

供应商	锥类型	数量	序列号
安捷伦	Ni 采样锥	5	FE760、FF092、FF068、FF070、FE785
	Ni 截取锥	5	EL568、EV784、FA648、FB975、GE895
竞争厂商 E	Ni 采样锥	3	85864、85867、85868
	Ni 截取锥	3	87640、87641、90112
竞争厂商 G	Ni 采样锥	5	S281859、S281855、S281849、S281854、S281848
	Ni 截取锥	5	S281928、S281931、S281952、S281929、S281934
竞争厂商 I	Ni 采样锥	3	74537、74538、74539
	Ni 截取锥	3	74534、74535、74536
竞争厂商 S	Ni 采样锥	1	Ni72280
	Ni 截取锥	1	Ni71833

首先，对每组接口锥进行原品质量检验，并对其包装进行比较。作为质量检验的一个环节，测量每组接口锥的重量和关键尺寸，并与安捷伦原厂接口锥进行比较。

在 7900 ICP-MS 上对接口锥对进行测试，并与表 2 中列出的公布性能标准进行比较。性能测试所用的仪器条件列于表 3 中。

表 2. 接口锥对比较所依据的 7900 ICP-MS 性能测试标准和性能指标

性能指标(单位)	元素 (m/z)	7900 出厂性能指标	7900 典型性能
灵敏度 (Mcps/ppm)	Li (7)	> 55	> 140
	Co (59)	-	> 400
	Y (89)	> 320	> 600
	In (115)	-	> 700
	Tl (205)	> 250	> 520
	U (238)	-	> 720
背景 (cps)	(9)	< 1	< 0.3
检测限 (ppt)	Be (9)	< 0.2	< 0.05
	In (115)	< 0.05	< 0.02
	Bi (209)	< 0.08	< 0.02
氧化物比 (%)	(156/140)	< 1.5	< 1.8
双电荷离子比 (%)	(70/140)	< 3	< 2.5
短期稳定性 [20 分钟] (%RSD)	Li (7)、Y (89)、Tl (205)	< 2.0	< 1.0
长期稳定性 [2 小时] (%RSD)	Li (7)、Y (89)、Tl (205)	< 3.0	< 1.2

表 3. 在配备 x 透镜的 Agilent 7900 ICP-MS 上测试 Ni 接口锥所用的仪器条件

	灵敏度	灵敏度 — 氧化物比分析	背景	短期信号 稳定性	长期信号 稳定性
等离子体 预设条件	低基质	不适用	低基质	低基质	低基质
ORS 模式	无气体	不适用	无气体	无气体	无气体
离子透镜 调谐	自动调谐	不适用	自动调谐	自动调谐	自动调谐
溶液	1 ppb 调谐溶液 部件号 5185-5959	1 ppb 调谐溶液 部件号 5185-5959	超纯水	1 ppb 调谐溶液 部件号 5185-5959	1 ppb 调谐溶液 部件号 5185-5959
测量的 质量数	⁷ Li、 ⁵⁹ Co、 ⁸⁹ Y、 ¹¹⁵ In、 ¹⁴⁰ Ce、 ²⁰⁵ Tl、 ²³⁸ U、 ⁷⁰ Ce ⁺⁺ 、 ¹⁵⁶ CeO	¹⁴⁰ Ce、 ¹⁵⁶ CeO	全谱	⁷ Li、 ⁹ 背景、 ⁵⁹ Co、 ⁸⁹ Y、 ¹⁴⁰ Ce、 ²⁰⁵ Tl	⁷ Li、 ⁹ 背景、 ⁵⁹ Co、 ⁸⁹ Y、 ¹⁴⁰ Ce、 ²⁰⁵ Tl
方法	信号监测 调谐报告	等离子体校正	半定量分析	批次 — 20 分钟	批次 — 2 小时

首先对接口锥进行开箱后原品测试，然后使用高样品基质分析环境实验室推荐的程序对接口锥进行老化处理后，再次测试。接口锥老化处理程序如表 4 所示。

表 4. 接口锥老化处理程序

步骤	溶液	条件	时间
1	10% (v/v) 6020 干扰检测溶液 A (部件号 5188-6526)，用超纯水稀释	将等离子体模式预设为“通用”	30 分钟
2	用 5% (v/v) HNO ₃ 清洗		10 分钟

结果与讨论

包装

安捷伦接口锥的包装设计旨在为接口锥提供优异的运输保护（图 6）。该包装采用定制的泡沫插入件，可防止移动并避免任何物体与精密的接口锥尖端发生接触。采用可生物降解的翻盖式纸板包装，以磁扣吸附固定，并在运输过程中采用安捷伦防篡改改密封提供进一步保护。这种设计：

- 标签清晰醒目，便于用户根据标签上印刷的部件号、描述和序列号来确认接口锥类型
- 能够从包装中轻松取出接口锥，降低接口锥在包装材料中卡住、造成损坏或在取出过程中意外掉落的可能性
- 能够安全、长期储存用过的接口锥
- 在运输过程中为接口锥提供更好的保护并防止包装滚动，从而降低接口锥损坏的可能性

包装中含有二氧化硅干燥剂包，并与接口锥表面物理分离，以防在运输/储存过程中受潮损坏（在潮湿环境中更加重要）。

包装内还附带有关操作和老化处理程序的说明，供您随时参考。

竞争厂商 G 的接口锥所用的包装也采用类似的包装设计，附带干燥剂包，具有许多与安捷伦相同的优点（图 7）。竞争厂商 G 的包装设计采用可重复使用的抽出式托盘；但包装未采用防篡改改密封。另外也没有提供有关操作/老化处理的说明。

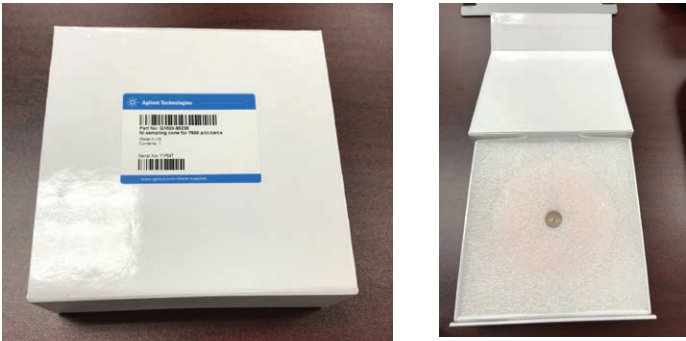


图 6. 安捷伦采样锥（上图）和截取锥（下图）所用的包装可确保提供安全周到的运输保护

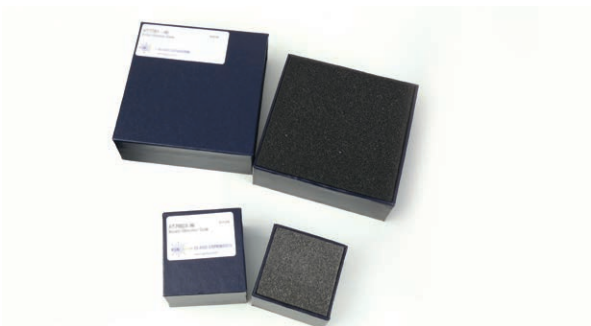


图 7. 竞争厂商 G 的采样锥（右下图）和截取锥（左下图）所用的包装提供了类似的运输保护

竞争厂商 E 的接口锥所用的包装为带泡沫插入件的圆柱体塑料容器（图 8）。与规则的矩形包装盒不同，这种形式不宜储存，因为包装无法在托架上堆叠。这也提高了运输过程中跌落和滚动的风险。可能是为了解决这一问题，将圆柱体塑料容器装在外层纸板盒内，但这样做同时增加了额外的包装并造成额外的浪费。此外，包装中不含干燥剂包，包装也未附带有关操作/老化处理的说明。



图 8. 竞争厂商 E 的采样锥（左下图）和截取锥（右下图）所用的包装为圆柱体塑料容器

竞争厂商 I 和竞争厂商 S 的接口锥所用的包装相似，其中采样锥使用矩形纸板盒，而截取锥使用圆柱体塑料容器。采样锥包装盒不含定制泡沫插入件，因此接口锥可能在较大的包装空间内自由移动（图 9）。泡沫与尖端直接接触。这对于粗暴操作的防护较少，增加了采样锥在运输过程中发生损坏的可能性。



图 9. 采样锥体松散地装入竞争厂商 I 和 S 所用的纸板包装的泡沫插入件中，意味着接口锥可能因粗暴操作而损坏

未使用防篡改密封，且不包含干燥剂。图 10 显示了采样锥在交付之前受潮损坏的程度。

同样，与所有非安捷伦接口锥一样，包装中未随附有关操作/老化处理的说明。

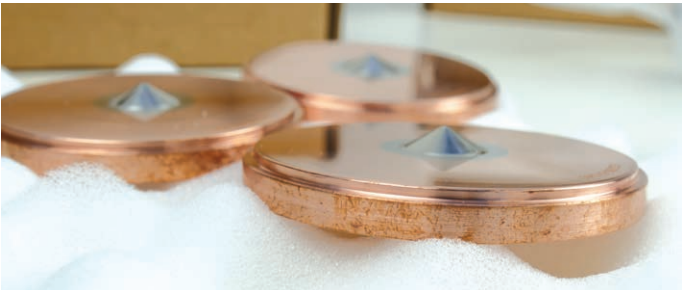


图 10. 竞争厂商 I 的采样锥受潮损坏

接口锥开箱后原品质量检验

标记

安捷伦接口锥标有安捷伦品牌，表明材料类型（N = Ni 尖，P = Pt 尖），还列出了部件号，确保易于识别和重新订购。还列出了唯一的序列号，确保可完全追溯到生产日期和所用的材料批次（图 1 和图 2）。所有接口锥在发货前经过 100% 质量检验。

通常，其他供应商提供的接口锥遵循类似的标记规则，包括制造商名称、部件号和序列号，但竞争厂商 I 和 S 的接口锥除外，这两者未提供任何制造商标识。

重量和尺寸

收货后，使用经过校准的万分之一分析天平对每个接口锥进行称重。不同制造商的采样锥和截取锥重量不同，表明它们的制造方法不同（图 11 和图 12）。值得注意的是，所有非安捷伦接口锥均超出安捷伦原厂接口锥的重量范围。因此，非安捷伦接口锥在不同温度的等离子体环境下使用，很可能导致其性能和寿命出现差异。

在带校准十字线的显微镜下测量所有接口锥的孔口尺寸，并与安捷伦原厂接口锥的尺寸进行比较。在采样锥中，竞争厂商 I 三个接口锥中的两个以及竞争厂商 G 五个接口锥中的一

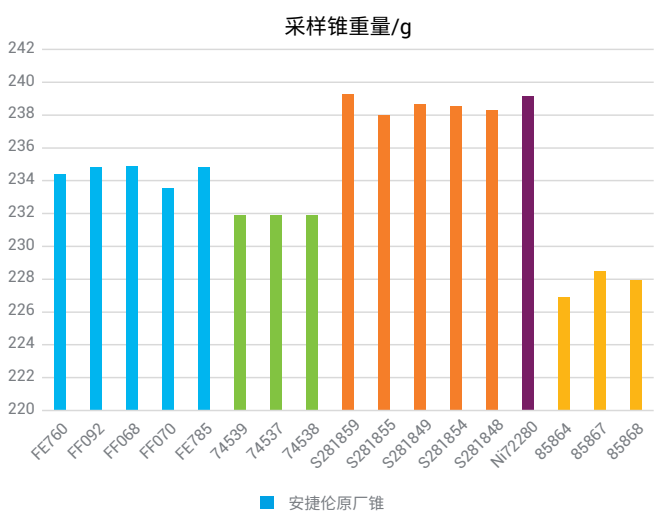


图 11. 开箱后采样锥重量的比较

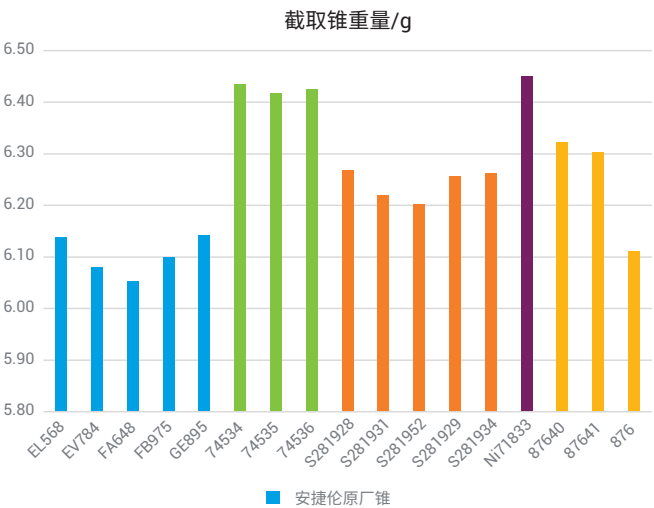


图 12. 开箱后截取锥重量的比较

个因为孔口尺寸偏小而不合格。孔口尺寸偏小的采样锥灵敏度预计会较低。截取锥孔口的尺寸和公差对 ICP-MS 的性能更加重要。在截取锥中，竞争厂商 G 的两个截取锥以及竞争厂商 I、E、S 的所有截取锥孔口尺寸偏小。同样，这种尺寸偏小的孔口预计将导致灵敏度下降，并使截取锥更容易堵塞且稳定性下降。

所有非安捷伦原厂采样锥背面的尖端直径明显更大，表明制造过程中分别使用了不同的尖端几何形状和生产方法。在非原厂采样锥上，正面和背面的尖端直径相同，表明尖端由直接插入铜 (Cu) 基座圆孔中的圆柱体制成。安捷伦原厂采样锥的底座上有一个唇缘，尖端抵住该唇缘，可确保更牢固的放置和附接。

竞争厂商 S 一个截取锥 (Ni71833) 的螺纹直径超出公差范围，意味着无法将其安装到 7900 ICP-MS 的截取锥基座上。因此，在本研究中，无法成对安装并测试竞争厂商 S 的采样锥和截取锥。

每个制造商生产的接口锥尖端的表面光洁度大致相同。但竞争厂商 I 的接口锥除外，它的表面粗糙，有清晰可见的表面划痕 (图 13)。

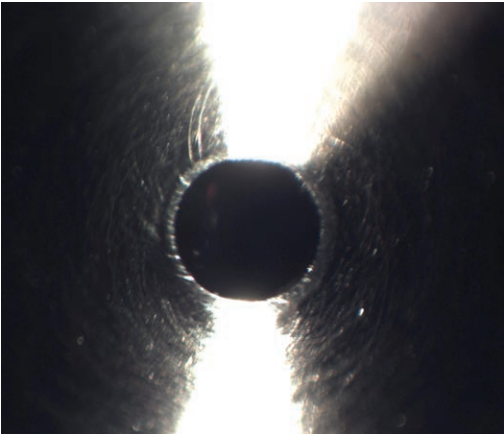


图 13. 竞争厂商 I 制造的采样锥 (序列号 74537) 的显微照片，锥体上有粗糙的表面和清晰可见的划痕

与安捷伦原厂接口锥相比，竞争厂商的接口锥在制造和光洁度方面的这些差异可能会对分析性能产生不利影响。这些差异还会造成需要更频繁地维护/清洁接口锥。

灵敏度

ICP-MS 的基本性能指标之一是灵敏度，它通常指电子倍增器脉冲检测的每秒计数 (cps)。接口锥对灵敏度的影响很大，因为它们采集来自等离子体源的分析物离子并将其传输通过接口区。应将性能报告作为常规启动点火序列的一部分，对灵敏度进行日常检查。

对接口锥按在直接开箱以及按表 4 所述的老化程序处理后的条件下进行测试。使用低基质预设等离子体条件，并在无气体模式下进行自动调谐。

每个制造商的采样锥和截取锥对的平均性能如图 14 所示。

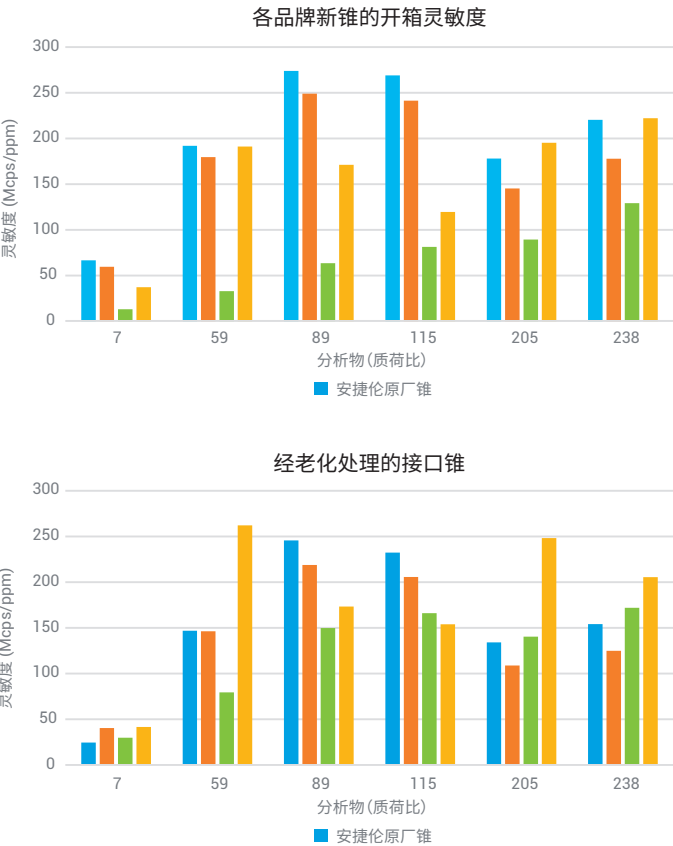


图 14. 利用各个制造商的采样锥和截取锥测试得到的 7900 ICP-MS 的灵敏度对比

很明显可以看出，在直接开箱后进行测试时，安捷伦原厂接口锥在整个质量数范围内具有优于其他产品的灵敏度。竞争厂商 G 的接口锥在整个质量数范围内的灵敏度较低，老化处理前后均如此。竞争厂商 I 的接口锥灵敏度极低，性能无法满足大多分析的要求。经老化处理后，灵敏度有所改善，但竞争厂商 I 接口锥的中等质量数灵敏度仍然较低。竞争厂商 E 接口锥在开箱时具有较差的中等质量数灵敏度性能，这一低灵敏度经过老化处理也并未得到改善。

然后使用 ORS 碰撞气体（氦模式）重复灵敏度测试，同样使用 UHMI 提供的气溶胶稀释以及 HMI-4 等离子体设置（无 ORS 反应池气体）。每个第三方制造商的产品都存在类似的性能问题。

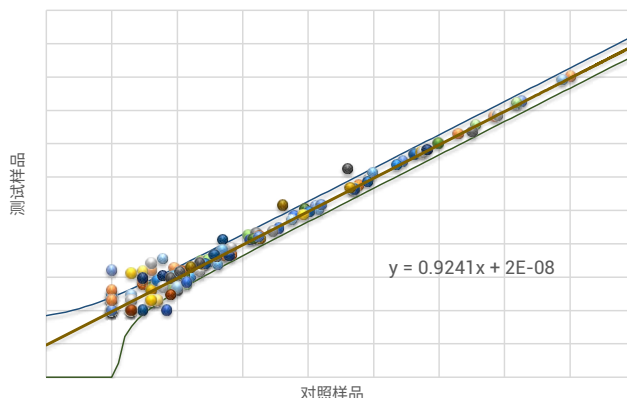
背景和背景等效浓度 (BEC)

为使用 ICP-MS 技术获得最低检测限，需要良好的灵敏度和较低的背景。

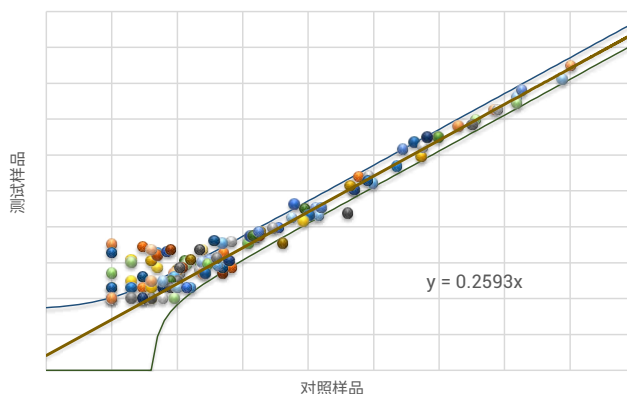
为评估接口锥对背景信号的贡献，在洁净室中使用相同样品引入系统（仅更换接口锥）和超纯水进行全质量扫描。在测试之前，对接口锥进行预老化，并在超纯水中超声清洗 20 分钟。在各制造商的一组接口锥之间，以尽可能短的时间测量背景 cps。

下列散点图显示了整个质量数范围内第三方接口锥（测试样品，Y 轴）的背景信号 (cps) 与一组安捷伦原厂接口锥（对照样品，X 轴）的相关性（图 15）。在无气体模式下、使用 ORS 碰撞气体（氦模式）以及 UHMI 所提供的气溶胶稀释与 HMI-4 等离子体设置等条件下，对各种接口锥进行比较。图 15 仅给出了无气体模式下的结果。完美的相关性将体现为呈 $y = x$ 方程的直线，且整个质量数范围内无偏差。典型的偏差表现为所有点均在上下限之间的范围内。而对所有第三方接口锥，在所有测试条件下，有许多点超出这些限值。具体而言，竞争厂商 I 接口锥表现出非常差的相关性 ($y = 0.2593x$)，这是其灵敏度性能低下的表现。

全扫描散点图分析
竞争厂商 G，在无气体模式下



全扫描散点图分析
竞争厂商 I，在无气体模式下



全扫描散点图分析
竞争厂商 E，在无气体模式下

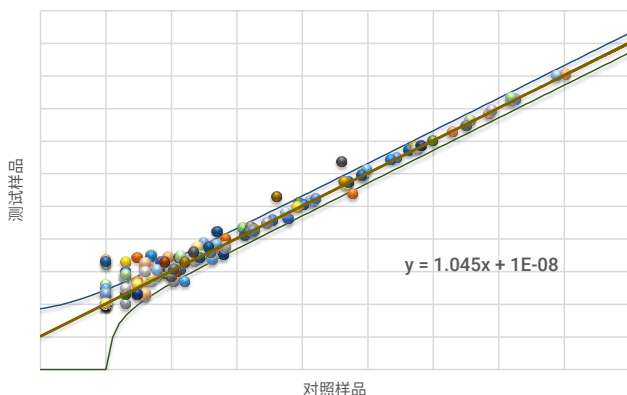


图 15. 突出显示整个质量数范围内第三方接口锥（测试样品，Y 轴）的背景信号 (cps) 与一组安捷伦原厂接口锥（对照样品，X 轴）相关性的散点图

在整个性能测试过程中，对 m/z 9 的背景信号进行监测，并与更严格的安捷伦出厂性能指标进行比较，但未发现任何制造商的接口锥存在显著偏差。

最后，简要研究了接口锥对背景等效浓度 (BEC) 的影响。表 5 汇总了相关结果，这些结果均根据在同一时间段内运行的安捷伦原厂接口锥的 BEC 结果进行了归一化。灰色表示结果比安捷伦原厂接口锥的结果高出 20% 以上（这种差异被视为显著差异，并会降低 ICP-MS 的分析性能）。绿色表示质量数比安捷伦原厂接口锥的结果低 20% 以上。尽管结果有所改进，但是可以得出以下结论，利用同一组接口锥在其他质量数下存在的 BEC 升高现象抵消了它们所带来的任何优势。

检测限

通过测定整个质量数范围内的检测限，进一步评估接口锥的灵敏度和背景信号的影响（使用 ^9Be 、 ^{115}In 和 ^{209}Bi ）。此外，测定了接口锥基座材料中的 Ni 和 Cu 对检测限的贡献（使用 ^{60}Ni 和 ^{63}Cu ）。

首先使用 1% v/v HNO_3 (Suprapur, Merck Pty Ltd., Australia) 空白和 1 $\mu\text{g/L}$ (ppb) 标准品对 7900 ICP-MS 进行校准。根据空白 10 次重复测量结果的三倍标准偏差来测定检测限。在每种情况下，对每个制造商均选择具有最佳性能的接口锥组进行研究。将接口锥置于超纯水中超声处理 20 分钟进行预清洗。在运行分析之前，采用 45 分钟的长时间仪器预热。

图 16 汇总了检测限结果，这些结果均根据在同一时间段内运行的安捷伦原厂接口锥的结果进行了归一化。结果小于 1，表明检测限有所改善（更低）。

如图 16 所示，竞争厂商 G 的接口锥在中等质量数范围 (^{115}In) 下表现出明显更高（更差）的检测限。对于高质量数 (^{209}Bi) 和 Ni 来说，检测限也略有增加，而 Ni 是截取锥和采样锥尖端的本体材料。竞争厂商 I 的接口锥在整个质量数范围内具有远远更高的检测限，对 ^{60}Ni 和 ^{63}Cu 也是如此，这是其灵敏度较低的表现。竞争厂商 E 的接口锥对 ^{60}Ni 和 ^{63}Cu 表现出类似的检测限，但对于中高质量数元素 (^{115}In , ^{209}Bi) 而言，它们的检测限明显更高。

表 5. 整个质量数范围内测得的各制造商接口锥的背景等效浓度 (BEC)（浓度根据安捷伦原厂接口锥的参比值进行了归一化）

质量数	名称	竞争厂商 G	竞争厂商 E	竞争厂商 I
7	Li	1.1740	1.7471	—
9	Be	2.1383	1.7971	—
23	Na	1.8763	1.7004	1.7128
24	Mg	1.0350	0.9837	0.8802
27	Al	1.0322	1.0230	0.9364
39	K	1.1564	1.1084	1.0536
44	Ca	3.5708	3.9186	0.7141
51	V	1.4586	0.6661	—
52	Cr	1.0116	0.9234	0.9344
55	Mn	1.0250	1.3180	1.0204
56	Fe	0.9816	1.1833	0.4831
59	Co	1.4884	1.4174	0.7862
60	Ni	1.7184	1.2422	3.0303
63	Cu	1.0855	0.9755	1.1463
66	Zn	1.0037	1.0443	0.9426
71	Ga	1.1223	1.8291	2.2412
75	As	0.8906	0.6532	0.6132
82	Se	1.0162	1.0415	1.2694
83	[Se]	3.1509	—	—
85	Rb	1.3184	0.9593	1.0268
88	Sr	0.9943	0.6664	0.9866
95	Mo	1.2506	0.5000	—
107	Ag	0.9262	0.6766	0.9412
111	Cd	1.1390	1.9517	—
115	In	1.3678	1.0808	0.7170
123	Sb	—	0.8846	—
133	Cs	1.2488	0.7112	1.8327
137	Ba	0.4437	1.5211	—
201	Hg	9.4524	2.7130	2.2551
205	Tl	1.4042	1.3483	1.4804
206	[Pb]	1.0154	1.1641	1.1523
207	[Pb]	0.8583	0.9008	0.6206
208	Pb	1.0489	1.0464	1.0682
209	Bi	3.4131	1.5751	31.1312
232	Th	1.1391	1.0671	5.2316
238	U	0.5719	0.5399	—

氧化物和双电荷离子比

多原子离子是 ICP-MS 中质谱干扰的主要来源。可以通过特定元素难熔氧化物离子的产生情况来监测多原子干扰的水平。铈 (Ce) 是常用于这一目的的元素，因为它能够形成强氧化物键，因此具有最高的氧化物形成速率。M-O 分解效率通常表示为 MO^+ 相对母离子 M^+ 的百分比（例如 CeO^+/Ce^+ 氧化物比）。可优化为 CeO/Ce 比较低的仪器将产生更少的基质干扰，意味着碰撞/反应池条件无需经过此类高特异性优化即可提供高效干扰去除，从而显著改善数据可靠性。

ICP-MS 中干扰的另一项指标是双电荷离子比。双电荷物质来自失去两个电子（而不是一个电子）所产生的离子。由于四极杆分离离子基于 m/z ，因此双电荷离子 (M^{2+}) 将出现在质量数 $m/2$ 处。双电荷干扰的一个例子是 $^{136}Ba^{2+}$ 与 $^{68}Zn^+$ 的重叠。

接口锥对在仪器启动程序和低基质等离子体条件下的自动调谐后产生了类似的氧化物比 (CeO/Ce)。竞争厂商 I 的两对接口锥在低基质等离子体条件下经过自动调谐后得到的结果超出氧化物性能指标 ($CeO/Ce < 1.5\%$)，如表 6 所示。

所有接口锥在低基质等离子体条件下经过自动调谐后均超出双电荷离子比性能指标 ($Ce^{2+}/Ce^+ < 3.0\%$)。

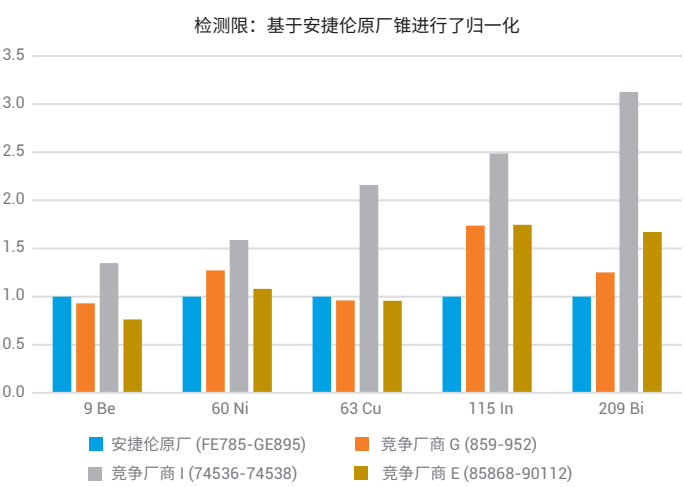


图 16. 在整个质量数范围内，第三方接口锥相对安捷伦原厂接口锥实现的检测限

表 6. 经老化处理后不符合氧化物比性能指标的接口锥对

制造商	竞争厂商 I	
序列号	74536-74538	74534-74539
CeO/Ce 比	1.628%	1.580%

稳定性

为获得一致的结果并减少重新校准或重新测量样品的需要，ICP-MS 系统必须提供良好的短期和长期稳定性。接口锥由于基质沉积到接口锥的尖端和表面上，而对系统稳定性产生有利或不利的影 响。在最糟糕的情况下，这种沉积可能改变提取离子孔口的尺寸或形状，从而影 响灵敏度。此外，接口锥尖端的热不稳定性或不合适的运行温度将导致信号随时间推移而发生漂移。

通过监测表 2 中指定分析物的质量数，在 20 分钟内对短期信号稳定性进行评估。为满足安捷伦性能指标，在 20 分钟测试过程中，结果应 < 2% RSD。所有接口锥均在开箱后接受原品测试。

短期稳定性结果列于表 7 中，并根据安捷伦性能指标进行了归一化。不满足该性能指标的所有接口锥（即 > 1.00）均以红色字体突出显示。安捷伦原厂接口锥全部合格，而竞争厂商 E 的一组三个接口锥几乎在每个质量数上都不合格。竞争厂商 G 五个接口锥中的两个接口锥对锂的稳定性较差。竞争厂商 I 所测试的所有三组接口锥均不合格。

另外，在使用前文所述的程序对接口锥进行老化处理后（表 4），对所有接口锥在两小时内的长期信号稳定性进行评估。对新接口锥的老化处理建立在一定假设上，即在洁净的接口锥表面上沉积一层薄薄的样品基质将减小初始仪器漂移。此举目的在于在接口锥表面上形成一层基质，该基质在整个分析过程中保持稳定，且仅随时间的推移而缓慢积聚。一旦分析性能受到影响，就需要清洁接口锥来去除过量的基质沉积物。

经过预老化的接口锥长期稳定性结果列于表 8 中，并根据安捷伦性能指标进行了归一化。不满足该性能指标的所有接口锥（即 > 1.00）均以红色字体突出显示。质量数较小的元素是长期稳定性最具挑战性的条件；在本研究中，锂是第一种超标元素。竞争厂商 E 的一组接口锥和一组安捷伦原厂接口锥仅未满足 ^7Li 的性能指标。在竞争厂商 I 的接口锥中，一组接口锥在质量数范围内的稳定性较差，而另外两组接口锥仅对 ^7Li 表现出略低的稳定性。对于测试的大多数接口锥，预老化均有助于改善长期稳定性。然而，竞争厂商 G 的接口锥经预老化后，稳定性明显下降。在测试的五组接口锥中，三组接口锥表现出显著的仪器漂移。

图 17 和图 18 给出了分别来自安捷伦和竞争厂商 G 的接口锥的长期稳定性示例。很明显可以看出，竞争厂商 G 的接口锥表现出较差的长期稳定性，在两小时测试过程中，灵敏度向下漂移（图 18）。结果发现，竞争厂商 G 的接口锥老化过度，需要通过清洁才能恢复可接受的性能。清洁后，竞争厂商 G 的接口锥可获得可接受的长期稳定性。观察到的这种与安捷伦原厂接口锥的行为差异可能表明竞争厂商 G 的接口锥适用的运行温度较低。因此，预计竞争厂商 G 的接口锥将发生更严重的基质积聚，在较短时间内性能即受影响，并需要更频繁的维护和清洁。这个问题也可能导致接口锥的寿命缩短。

表 7. 开箱后测得的各个制造商接口锥的短期稳定性（20 分钟内的 %RSD）。结果根据安捷伦性能指标进行了归一化

制造商	接口锥序列号	⁷ Li	⁵⁹ Co	⁸⁹ Y	¹¹⁵ In	¹⁴⁰ Ce	²⁰⁵ Tl	²³⁸ U
安捷伦	FF070、EV784	0.75	0.18	0.17	0.15	0.20	0.17	0.28
安捷伦	FF068、EL568	0.46	0.48	0.53	0.51	0.38	0.50	0.57
安捷伦	FE785、GE895	0.78	0.41	0.37	0.31	0.25	0.31	0.25
竞争厂商 E	85868、90112	0.65	0.30	0.45	0.45	0.50	0.50	0.55
竞争厂商 E	85864、87640	1.05	1.35	1.45	1.30	1.35	1.15	1.00
竞争厂商 E	85867、87641	0.45	0.30	0.35	0.25	0.45	0.60	0.55
竞争厂商 G	S281854、S281934	0.85	0.25	0.24	0.24	0.26	0.29	0.26
竞争厂商 G	S281849、S281931	1.26	0.34	0.25	0.30	0.37	0.26	0.26
竞争厂商 G	S281848、S281929	1.23	0.54	0.51	0.50	0.52	0.48	0.51
竞争厂商 G	S281859、S281952	0.59	0.15	0.16	0.15	0.17	0.18	0.21
竞争厂商 G	S281855、S281928	0.82	0.26	0.43	0.45	0.50	0.65	0.53
竞争厂商 I	74537、74535	1.58	1.75	1.71	1.63	1.24	1.29	1.13
竞争厂商 I	74536、74538	1.80	2.08	1.97	1.93	1.77	1.62	1.53
竞争厂商 I	74534、74539	1.04	0.85	0.85	0.90	0.84	0.83	0.97

表 8. 经过预老化后测得的各个制造商接口锥的长期稳定性（2 小时内的 %RSD）。结果根据安捷伦性能指标进行了归一化

制造商	接口锥序列号	⁷ Li	⁵⁹ Co	⁸⁹ Y	¹⁴⁰ Ce	²⁰⁵ Tl
安捷伦	FE760、FB975	0.29	0.47	0.53	0.49	0.80
安捷伦	FF092、FA648	3.14	0.54	0.21	0.34	0.42
安捷伦	FF068、EL568	0.96	0.24	0.33	0.32	0.24
竞争厂商 E	85868、90112	1.30	0.70	0.23	0.20	0.50
竞争厂商 E	85864、87640	0.63	0.83	0.83	0.67	0.60
竞争厂商 E	85867、87641	0.57	0.83	0.77	0.57	0.47
竞争厂商 G	S281854、S281934	6.60	3.19	2.40	2.16	2.45
竞争厂商 G	S281849、S281931	15.19	7.74	6.16	4.14	3.82
竞争厂商 G	S281848、S281929	29.04	9.69	7.26	5.99	6.43
竞争厂商 G	S281859、S281952	0.65	0.48	0.48	0.35	0.24
竞争厂商 G	S281855、S281928	0.59	0.54	0.57	0.49	0.31
竞争厂商 I	74537、74535	1.76	1.39	1.35	1.02	0.77
竞争厂商 I	74536、74538	1.01	0.91	0.94	0.79	0.64
竞争厂商 I	74534、74539	1.13	0.81	0.79	0.58	0.52

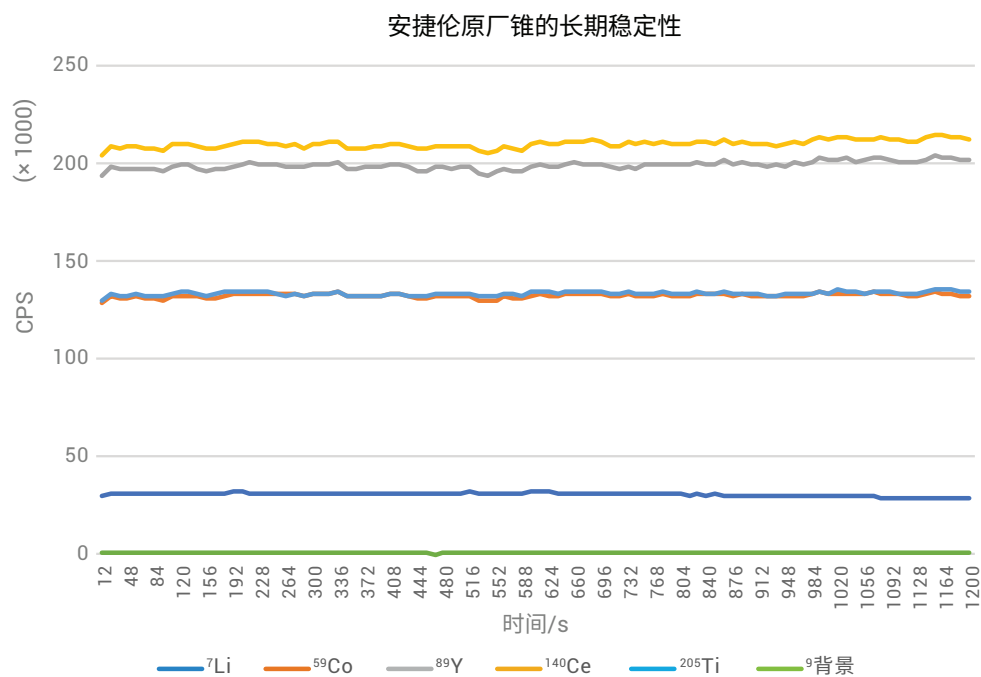


图 17. 安捷伦原厂接口锥（序列号 FF068、EL568）经过预老化后的长期稳定性（2 小时内）

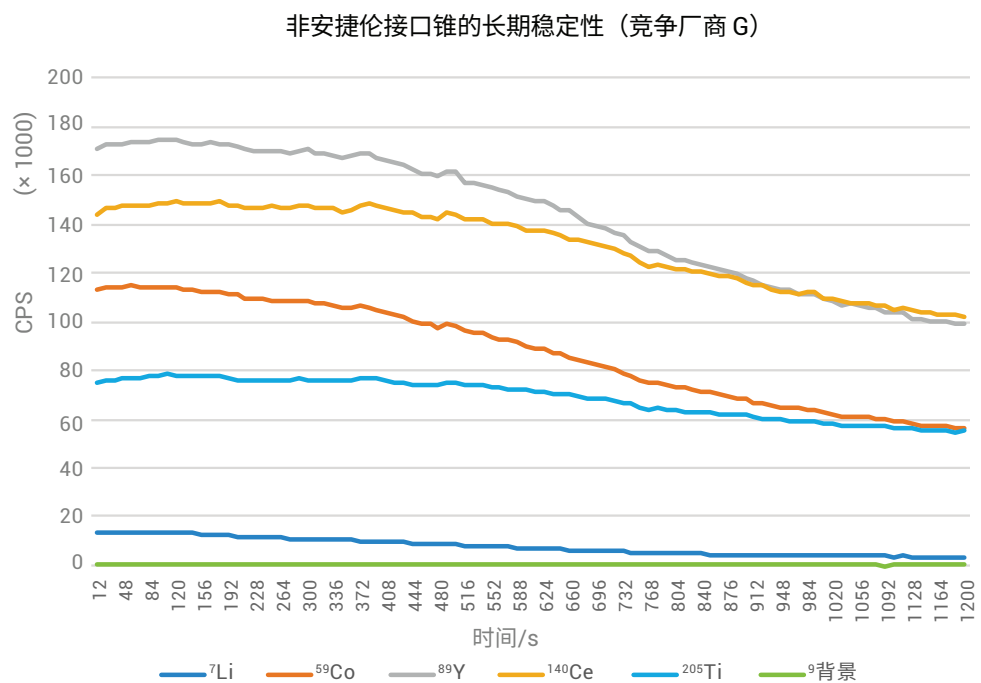


图 18. 竞争厂商 G 接口锥（序列号 S281849、S281931）经过预老化后的长期稳定性（2 小时内）

易用性

安捷伦接口锥的设计旨在提供开箱即用的易用性。安捷伦是唯一随附操作和老化处理说明的制造商，这些说明可降低意外损坏接口锥的风险，并帮助用户直接获得良好的结果。

安捷伦接口锥采用的可生物降解的压制纸板包装具有防篡改功能，可重复使用，绿色环保。包装设计旨在保护接口锥避免因粗暴操作而受损，尤其是在运输过程中。干燥剂包可进一步防止受潮损坏，尤其是在潮湿环境中。只需检查防篡改密封完好，即可确信接口锥与生产时一样洁净。

安捷伦还使用透明标签来帮助用户识别接口锥类型、管理库存，并在需要时轻松地重新订购更换接口锥。

最好保留接口锥的包装，在安捷伦 ICP-MS 仪器不使用接口锥时将其长时间储存。这样可确保接口锥在储存期间获得相同的保护。此外，在接口锥寿命终点时，还可使用该包装将用过的接口锥返回安捷伦，参加安捷伦铂锥以旧换新抵价活动，在下次订购时享受优惠。*

安捷伦接口锥何以与众不同？

本技术概述对安捷伦原厂接口锥（采样锥和截取锥）与来自不同供应商的产品进行了全面比较，重点关注对 ICP-MS 分析性能至关重要的几个方面。

其他制造商的接口锥与安捷伦原厂接口锥表现出显著的重量差异，表明它们与安捷伦设计不同。所检查的接口锥还表现出较差的表面光洁度以及关键尺寸差异，导致性能下降。在最糟糕的情况下，非安捷伦接口锥甚至无法安装到截取锥基座上。

安捷伦原厂接口锥在整个质量数范围内提供卓越的灵敏度。测试的所有非安捷伦接口锥在开箱时和经过预老化后的灵敏度均比较低。

安捷伦原厂接口锥还提供了最低的背景。仪器背景计数的全扫描散点图分析结果的差异与灵敏度的损失表明，非安捷伦接口锥可实现的背景等效浓度 (BEC) 和检测限性能也有所下降。

安捷伦 ICP-MS 仪器使用自动预设等离子体条件和自动调谐，为您的应用提供稳定的条件和信号稳定性以满足基质耐受性要求。多个因素会影响接口锥引起的信号稳定性。非安捷伦接口锥使短期和长期稳定性均有所降低，引起仪器漂移并增加了 QC 不合格的风险。这会由于重复运行和分析效率损失而导致用户花费更多的时间和金钱。只有安捷伦原厂接口锥专为安捷伦 ICP-MS 系统设计并经过大量测试，能够确保在实际应用中获得良好的灵敏度和稳定性。

接口锥通常是 ICP-MS 常规运行中成本最高的备件。选择安捷伦原厂接口锥，有助于保护您的投资并确保易用性。安捷伦原厂接口锥随附操作和老化处理指南。我们的 100% 质量检验和包装可确保接口锥提供安捷伦单四极杆和串联四极杆 ICP-MS 仪器系列所需的性能水平。

其他参考资料

[安捷伦网上商城接口锥](#)

接口锥维护工具包

• [在线订购](#)

• [联系表格](#)

[ICP-MS 资源页面](#)

[针对接口区的故障排除视频](#)

[Pt 锥回收以旧换新活动](#)

[光谱备件产品目录](#)

[ICP-MS 产品页面](#)

* 如需了解更多详细信息，请访问 agilent.com/chem/PtCone 或联系当地的安捷伦客户服务中心。此活动目前仅限北美、EMEA 和日本。以旧换新活动同样适用于上述地区的安捷伦授权经销商

查找当地的安捷伦客户中心：

www.agilent.com/chem/contactus-cn

免费专线：

800-820-3278，400-820-3278（手机用户）

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

www.agilent.com

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2019
2019 年 3 月 21 日，中国出版
5994-0798ZHCN