

PerkinElmer Optima 7/8x00 系列 ICP-OES 系统用于评估 OneNeb 系列 2 雾化器的性能

竞争产品比较



图 1. 与 PerkinElmer Optima ICP-OES 仪器所用的传统玻璃同心和惰性雾化器相比, Agilent OneNeb 系列 2 雾化器提高了性能

前言

与 ICP-OES 仪器所用的其他商品化的同心雾化器相比, Agilent OneNeb 雾化器设计新颖, 性能更加卓越。这款通用型雾化器提高了灵敏度, 对溶解态盐的耐受性更高, 并呈惰性, 因此适用于氢氟酸 (HF) 等强酸以及常见的有机溶剂。已有文献对 OneNeb 雾化器的性能进行了评价¹。

这款新型雾化器使用分散流雾化技术^{2,3} 产生气溶胶, 而不是传统的文丘里效应。这一技术可产生具有窄液滴粒径分布的极小颗粒气溶胶, 其中绝大多数液滴的直径 $< 10 \mu\text{m}$ 。窄液滴粒径分布使传输损失更少, 从而提高雾化效率。分散流雾化还能确保在很宽的流速范围内实现有效运行。极小颗粒气溶胶在等离子体中去溶剂化和激发效率更高, 这有助于提高精密度。即使在样品流速较低时, OneNeb 仍可获得小于 1% RSD 的精密度。

安捷伦已经推出了第二代 OneNeb 雾化器。OneNeb 系列 2 雾化器保留了上一代改进的性能, 并改善了设计, 其中包括可拆卸的样品毛细管, 必要时可更换样品进样口毛细管。为方便使用, 样品毛细管采用厚壁设计, 其连接至蠕动泵管时有助于减少扭结。OneNeb 系列 2 由 EFTE (乙烯-四氟乙烯) 制成, 确保表面更光滑, 从而提高冲洗性能与稳定性。

此次竞争产品比较是评价 OneNeb 系列 2 雾化器的性能相对于其他雾化器, 即珀金埃尔默推荐用于 Optima 系列 ICP-OES 系统的传统玻璃同心雾化器和惰性雾化器。本研究证明了 OneNeb 系列 2 的卓越性能, 其中包括灵敏度提高了四倍, 检测限更低, 以及重现性更好, 尤其适用于具有高浓度溶解态固体的难分析样品。



Agilent Technologies

实验部分

测试

本研究选择的雾化器包括一系列珀金埃尔默推荐用于 Optima 系列 ICP-OES 仪器的雾化器。所推荐的雾化器因样品基质不同而不同。用于测试的雾化器包括：

- Agilent OneNeb 系列 2: 用于 PerkinElmer Optima 系列 ICP-OES 系统 (部件号 8003-0951)
- Meinhard A 型: 推荐用于溶解态固体含量 < 1% 的水溶液和样品
- Meinhard C 型: Optima 2/4/7x00 系列 ICP-OES 系统配套的标准雾化器, 推荐用于高浓度溶解态固体的样品
- 珀金埃尔默高盐 GemCone: 低流速雾化器, 推荐用于溶解态固体含量高达 20% 的样品
- PerkinElmer GemTip Cross Flow II: 推荐针对强酸和溶解态固体含量高达 5% 的常规应用 (能够在短时间内处理高浓度溶解态固体)

以多种样品基质和测试溶液对 Agilent OneNeb 系列 2 及所列雾化器的性能进行对比评估。通过比较仪器响应 (发射强度)、精密度和检测限对雾化器性能进行评估。本研究所采用的测试、合格/不合格标准以及测试溶液基于珀金埃尔默在 Optima 系列 ICP-OES 仪器的安装与调试文档中的推荐内容^{4,5}。测试还采用有机溶剂制备的溶液以及高浓度总溶解态固体 (TDS) 的样品。然而, 珀金埃尔默文档并未对这些基质制定可接受的标准或指标。

所采用的性能测试以及那些测试重要性的原因概述如下：

- **灵敏度 (发射强度) 测试:** 表征不同雾化器之间仪器响应的差异
- **检测限测试:** 灵敏度的另一种测量方法。本测试定义了在置信度已知 (通常为 99%) 的情况下可被测量的最低浓度。本测试还考虑了测量中的噪音水平以及重复测量可能产生的随机变量
- **精密度测试:** 表征重复测量同一样品时的变量。这个变量受多种因素影响, 包括从雾化到样品传输进入离子体所产生的波动
- **冲洗或记忆测试:** 表征样品引入系统的冲洗性能, 确定记忆效应的可能性, 并设置样品之间所需的最短冲洗时间
- **长期稳定性测试:** 本测试采用高浓度溶解态固体的样品, 表征雾化器的抗堵塞性能及其重复测量的稳定性

仪器

本研究使用两种不同型号的 PerkinElmer Optima ICP-OES 仪器, 即 Optima 7300 DV 和 Optima 8000 DV。两台仪器均可进行次序双向观测测量 (首先进行水平观测, 然后在独立的后续测量中进行垂直观测)。

根据所采用的测试和雾化器对仪器运行条件进行优化。每个测试所采用的运行条件分别在每个部分中列出。

试剂与备件

本研究的所有性能测试均使用 PerkinElmer Optima 系列 ICP-OES 仪器配备的安捷伦备件, 如炬管、中心管和雾化室等。雾化器除外, 采用的是 Agilent OneNeb 系列 2、Meinhard (A/C 型) 或珀金埃尔默 (GemCone 和 GemTip)。珀金埃尔默仪器配备的安捷伦备件确保能够与指定仪器完全兼容。这些备件经过精心设计和制造, 符合安捷伦工程师设置的严格指标, 确保与珀金埃尔默仪器实现最佳匹配并使其获得最佳性能。

珀金埃尔默 ICP-OES 所用的混合校准标样 (部件号 5190-9413) 用于水溶液基质的性能测试。有证标准物质的元素组成与珀金埃尔默推荐用于 PerkinElmer Optima ICP-OES 仪器 (相当于珀金埃尔默部件号 N0691579) 认证和调试的测试溶液相匹配。这一安捷伦有证标准物质含有 50 mg/L 的 As 和 K, 10 mg/L 的 La、Li、Mn、Ni、Sr 和 Zn, 以及 1 mg/L 的 Ba 和 Mg, 以 2% 硝酸 (HNO₃) 为基质。此溶液用于垂直观测中的所有性能测试。此溶液与 2% 硝酸的去离子水溶液按照 1:10 进行稀释, 稀释液用于水平观测中的性能测试。

对于高 TDS 基质的性能测试, 测试溶液的元素含量相同, 但以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质配制溶液。这些测试溶液由安捷伦单元素有证标准物质水溶液制得。

用于性能测试的有机基质由安捷伦金属-有机有证标准物质、基础油和溶剂制得。

确定最佳雾化器气体流速

每个雾化器达到最佳灵敏度所需的气体流速各不相同，这取决于雾化器设计。为确保有效的性能比较，实验确定了每个雾化器的最佳气体流速，并在各自最佳气体流速下完成了性能测试。吸取以 2% HNO₃ 基质配制的 5 mg/L 锰 (Mn) 溶液，通过测量锰 (Mn) 的发射强度，并改变气体流速来确定每个雾化器的最佳气体流速。表 1 列出了本测试所用的其他仪器条件。

每个雾化器的实验平行三次。图 2 展示了发射强度随雾化器气体流速的变化，结果基于三次独立测量的平均值。

通过寻找发射强度和精密度 (% RSD) 的最佳组合来选择最佳雾化器气体流速。表 2 列出了本研究所用的每个雾化器的最佳气体流速。

表 1. 确定最佳雾化器气体流速时采用的仪器运行条件

仪器参数	
PE Optima 8000 DV	
功率	1450 W
等离子体气体流速	15 L/min
辅助气体流速	0.5 L/min
雾化器气体流速	可变
重复次数	5
积分时间	1-10 s (自动)
积分类型/积分点	峰面积/3 点
雾化室	Scott (Ryton)
样品流速	1.5 mL/min
蠕动泵管线	样品使用黑色-黑色 PVC 废液使用蓝色-蓝色 PVC
测试样品	以 2% HNO ₃ 为基质的 5 mg/L Mn

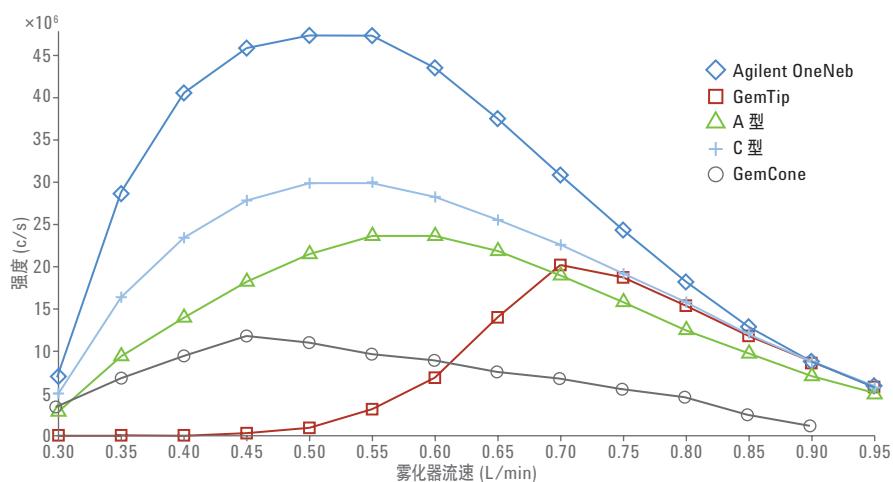


图 2. 本研究的雾化器灵敏度响应曲线在 PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 仪器上测得

表 2. 本研究包括雾化器的最佳气体流速

雾化器类型	最佳雾化器气体流速 (L/min)
Agilent OneNeb 系列 2	0.55
PE GemTip Cross Flow II	0.70
Meinhard A型	0.60
Meinhard C型	0.65
PE 高盐 GemCone	0.55

结果与讨论

以水溶液为基质的检测限、灵敏度和精密度

根据 Optima ICP-OES 仪器所用的珀金埃尔默仪器安装和调试文档，检测限测试在水平和垂直观测模式下进行。基于指定读数时间内浓度的 10 次重复测量计算检测限，结果以 3σ 值（即三倍标准偏差）表示。表 3 列出了本测试所用的仪器条件。

如表 4 和表 5 所示，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备的 OneNeb 系列 2 雾化器符合珀金埃尔默的仪器性能指标。在水平和垂直观测下，这个雾化器在所有测试的雾化器中检测限也是最低的。

表 3. 灵敏度、检测限和精密度测试的仪器运行条件

仪器条件	
仪器	PE Optima 8000 DV
功率	1500 W
等离子体气体流速	15 L/min
辅助气体流速	0.5 L/min
炬管中心管	氧化铝，内径 2.0 mm
雾化器气体流速	表 2 中规定的最佳流速
重复次数	10
读数时间	检测限和灵敏度测试 精密度测试
	水平观测 20-50 s；垂直观测 20-20 s 水平观测 1-5 s
雾化室	带挡板的玻璃旋流雾化室
样品流速	1.5 mL/min
蠕动泵管线	样品使用黑色-黑色 PVC，废液使用蓝色-蓝色 PVC

表 4. 以 2% HNO₃ 为基质的水平观测下的检测限测定值

元素与波长 (nm)	Agilent OneNeb μg/L	Meinhard A μg/L	Meinhard C μg/L	GemCone μg/L	PE 指标 μg/L
Tl 190.801	0.25	1.33	1.12	2.21	≤ 10
As 193.696	0.50	3.06	2.72	6.35	≤ 10
Se 196.026	0.56	2.47	2.11	2.30	≤ 5
Pb 220.353	0.18	1.45	1.26	3.35	≤ 3

表 5. 以 2% HNO₃ 为基质的垂直观测下的检测限测定值

元素与波长 (nm)	Agilent OneNeb μg/L	Meinhard A μg/L	Meinhard C μg/L	GemCone μg/L	PE 指标 μg/L
As 193.696	1.243	5.940	6.540	5.359	≤ 60
Zn 213.856	0.108	0.287	1.328	0.467	≤ 2
Mn 257.610	0.014	0.667	0.370	2.511	≤ 1
La 379.478	0.052	0.284	0.202	0.309	≤ 3
Ba 455.403	0.003	0.010	0.015	0.232	≤ 0.3
Ba 493.408	0.020	0.033	0.017	0.123	≤ 0.6

灵敏度测试表征不同雾化器对用于检测限测试的同一组元素的仪器响应（发射强度）之间的差异。检测限测试产生的校准数据同样用于灵敏度测试。图 3 和图 4 展示了水平和垂直观测下的灵敏度测试结果。由于不同元素的发射强度不同，测试结果以相对强度单位表示，以便所有元素在同一张图中显示出来。

比较垂直和水平观测下的仪器响应可知，OneNeb 系列 2 雾化器明显具有更出色的效率和灵敏度。OneNeb 雾化器获得的仪器响应最多可比同类竞争产品高出四倍的差异。

精密度测试采用珀金埃尔默文档中给出的测试方法，在水平观测下进行。基于同一溶液强度的 20 次重复测量（读数时间 1-5 秒）计算精密度值，结果以相对标准偏差 (RSD) 表示。对于此次测试，珀金埃尔默指标为：在表 3 所列的条件下，所有元素的精密度必须低于 1%。

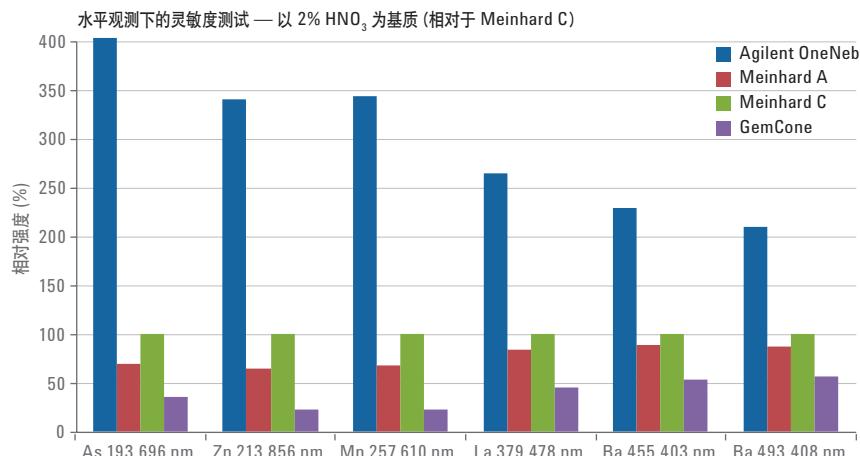


图 3. 以 2% HNO₃ 为基质，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备的不同雾化器在水平观测下的仪器灵敏度比较。所得结果相对于 Meinhard C 雾化器获得的灵敏度

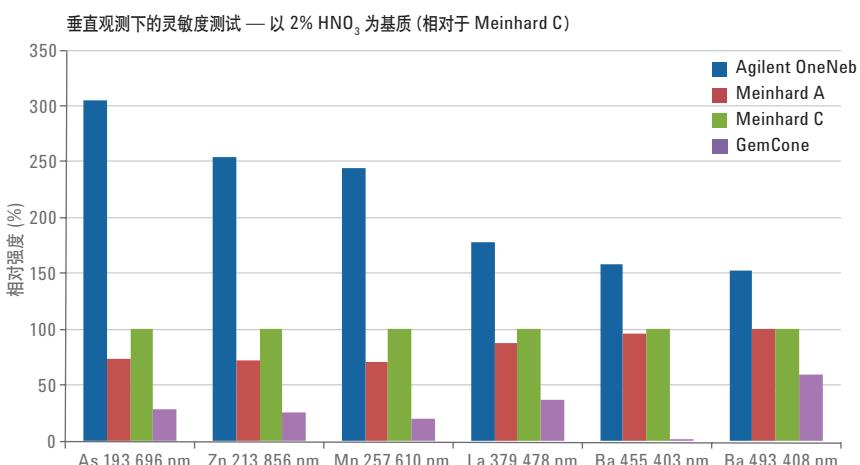


图 4. 以 2% HNO₃ 为基质，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备的不同雾化器在垂直观测下的仪器灵敏度比较。所得结果相对于 Meinhard C 雾化器获得的灵敏度

尽管珀金埃尔默并未制定在垂直观测下的精密度测试指标，但测试必须平行三次，读数时间在 10 秒之内。结果如图 5 和图 6 所示。

与 PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配套使用时，OneNeb 系列 2 雾化器达到了 $\leq 1\%$ RSD 的珀金埃尔默指标。这些结果相当于（有时优于）其他测试雾化器获得的结果。

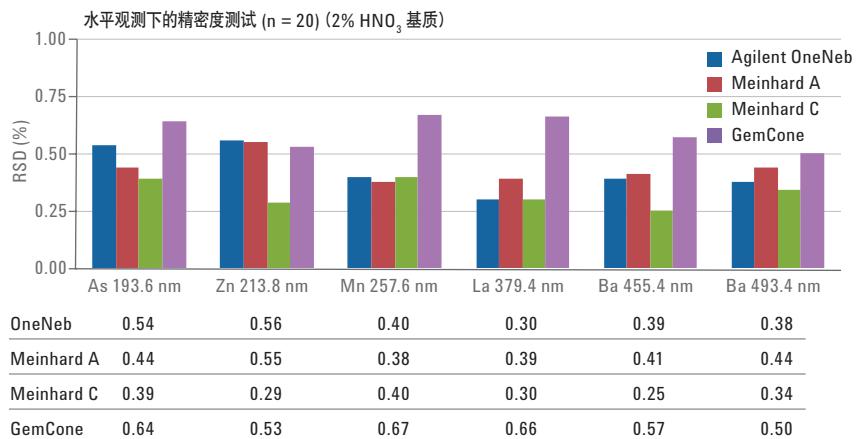


图 5. 以 2% HNO_3 为基质，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备的不同雾化器在水平观测下的精密度 (%RSD) 比较 (珀金埃尔默指标 $\leq 1\%$ RSD)

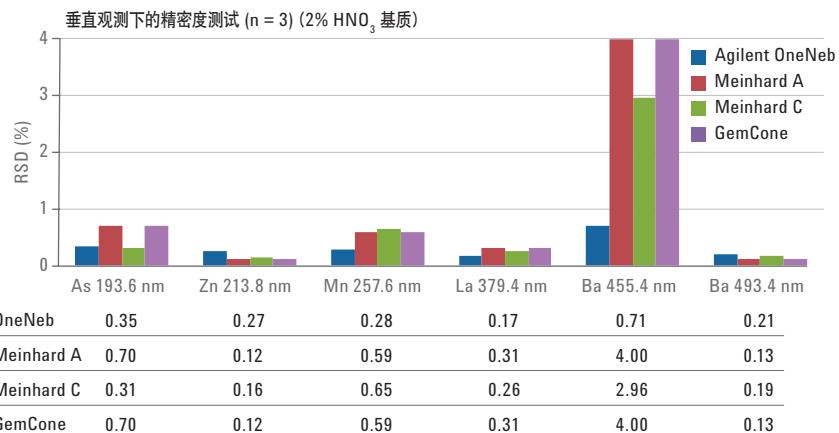


图 6. 以 2% HNO_3 为基质，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备的不同雾化器在垂直观测下的精密度 (%RSD) 比较。此测试无珀金埃尔默指标

以高 TDS 为基质的检测限、灵敏度、 精密度和长期稳定性

以更高 TDS 为基质的更复杂样品来进行进一步的性能测试。以 2% HNO₃ 为基质配制的 5% NaCl 溶液用来重复进行同一组测试。表 6 列出了仪器条件。表 7 和表 8 列出了测试结果。

即使分析具有挑战性的高 TDS 样品，PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 配备的 OneNeb 系列 2 雾化器在水平和垂直观测下均可获得比铂金埃尔默雾化器更好（更低）的检测限。尽管铂金埃尔默尚未制定这种基质的检测限测试指标，但本文仍列出了以 2% HNO₃ 为基质的指标以供参考。

表 6. 高 TDS 基质下的灵敏度、检测限和精密度测试的仪器运行条件

仪器条件	
仪器	PE Optima DV 7300
功率	1500 W
等离子体气体流速	15 L/min
辅助气体流速	1.0 L/min
雾化器气体流速	表 2 中规定的最佳流速
重复次数	10
读数时间	检测限和灵敏度测试水平观测 20-50 s；垂直观测 20-20 s 精密度测试水平观测 1-5 s
雾化室	Scott (Ryton)
样品流速	1.5 mL/min (长期稳定性测试为 1 mL/min)
蠕动泵管线	样品使用黑色-黑色 PVC 废液使用蓝色-蓝色 PVC

表 7. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质的高 TDS 样品，在水平观测下的检测限测定值

元素与波长 (nm)	Agilent OneNeb μg/L	GemCone μg/L	GemTip μg/L	PE 指标* μg/L
Tl 190.800	4.3	14.4	14.0	≤10
As 193.696	1.4	14.3	13.8	≤10
Se 196.026	5.7	25.4	22.3	≤5
Pb 220.353	2.8	7.7	4.5	≤3

* 仅供参考

表 8. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质的高 TDS 样品，在垂直观测下的检测限测定值

元素与波长 (nm)	Agilent OneNeb μg/L	GemCone μg/L	GemTip μg/L	PE 指标* μg/L
As 193.696	32.3	158	42.8	≤60
Zn 213.856	1.6	7.5	6.2	≤2
Mn 257.610	0.56	0.89	0.79	≤1
La 379.478	1.8	5.5	2.7	≤3
Ba 455.403	0.14	0.59	0.20	≤0.3
Ba 493.408	0.29	1.23	0.79	≤0.6

* 仅供参考

灵敏度测试还采用这种高 TDS 样品基质。测试结果也以相对强度单位表示。图 7 和图 8 展示了水平和垂直观测下的灵敏度测试结果。

比较垂直和水平观测下的仪器响应可知，即使分析这种具有挑战性的高 TDS 样品，OneNeb 系列 2 雾化器仍可获得卓越的效率和灵敏度。OneNeb 雾化器获得的仪器响应最多可比同类竞争产品高出三倍的差异。

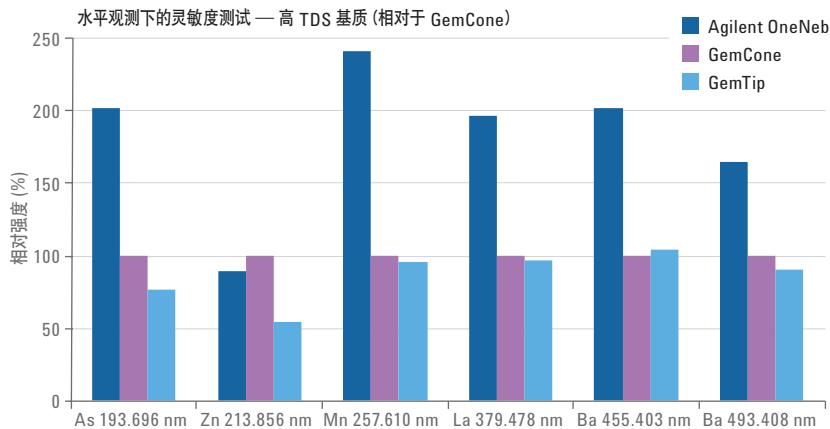


图 7. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质配制高 TDS 样品，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备不同的雾化器在水平观测下的仪器灵敏度比较。所得结果相对于 GemCone 雾化器获得的灵敏度

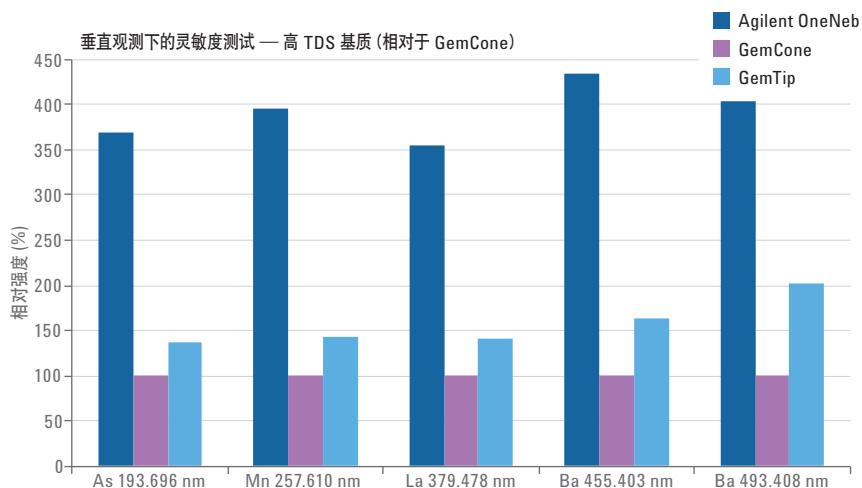


图 8. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质配制高 TDS 样品，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备不同的雾化器在垂直观测下的仪器灵敏度比较。所得结果相对于 GemCone 雾化器获得的灵敏度

采用珀金埃尔默文档中给出的测试方法，精密度测试还使用高 TDS 样品在水平观测下进行。基于同一溶液强度的 20 次重复测量（读数时间 1-5 秒）计算精密度值，结果以 RSD 表示。对于此类基质，珀金埃尔默尚未针对目标精密度制定指标。图 9 和图 10 显示了结果。

配备 OneNeb 系列 2 雾化器的 PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 测量简单水溶液时能够达到精密度指标，即使测量具有挑战性的高 TDS 样品时也是如此。

长期稳定性测试用来评估雾化器堵塞的可能性，并用这种高 TDS 样品评估长期测量精密度。在八小时内，本测试对以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质的高 TDS 样品进行重复测量。以 2% HNO₃ 为基质的 5 mg/L 钇溶液用作内标。这个测试模拟了一次典型的流程转换。

对于这类高 TDS 含量的样品，珀金埃尔默推荐使用 GemCone 雾化器。因此，对于高 TDS 样品的长期稳定性测试，只能使用 OneNeb 和 GemCone 雾化器完成。在长期稳定性测试过程中，安捷伦氩气饱和器附件（部件号 G8488A #100）用来加湿雾化器气流。这个附件有助于减少雾化器喷嘴的盐分沉积，从而降低雾化器堵塞的风险，提高长期精密度。

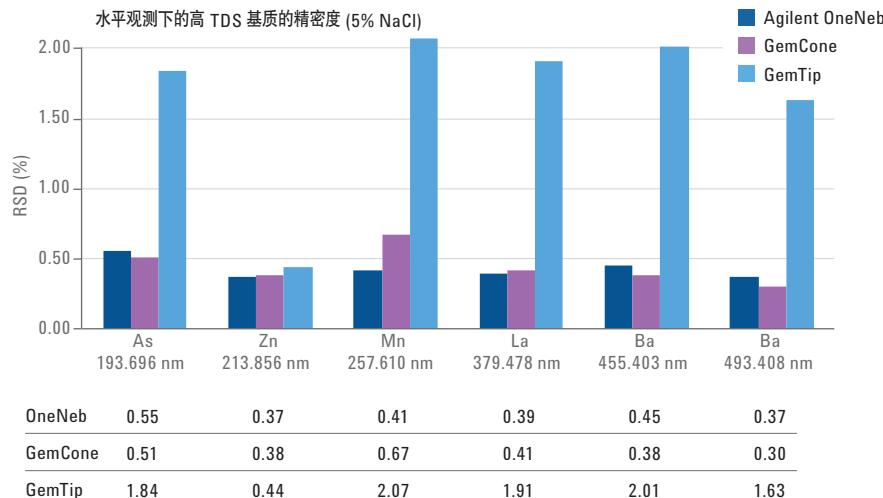


图 9. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质的高 TDS 样品下，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备不同的雾化器在水平观测下获得的精密度 (%RSD) 比较。此测试无珀金埃尔默指标

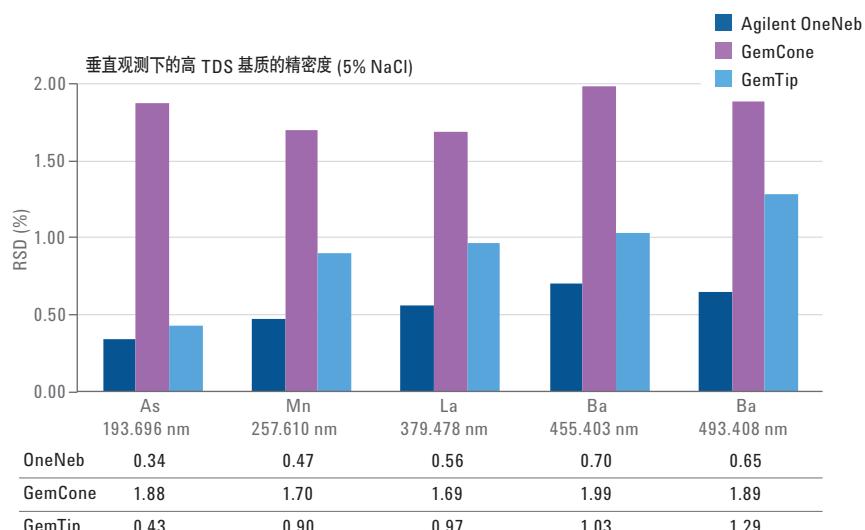


图 10. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质的高 TDS 样品下，PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 配备不同的雾化器在垂直观测下获得的精密度 (%RSD) 比较。此测试无珀金埃尔默指标

与 GemCone 雾化器相比，OneNeb 系列 2 雾化器具有更卓越的性能和长期稳定性，以及更高的灵敏度和更低的检测限。图 11 和图 12 展示了以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质的高 TDS 样品的长期测量结果。

表 9. 高 TDS 基质下的长期稳定性研究的仪器运行条件

仪器条件	
仪器	PE Optima 7300 DV
功率	1500 W
等离子体气体流速	15.0 L/min
辅助气体流速	1.0 L/min
雾化器气体流速	OneNeb 0.20 L/min GemCone 0.55 L/min
重复次数	5
读数时间	1-5 s
雾化室	带挡板的玻璃旋流雾化室
冲洗时间	120 s (流速 0.80 L/min)
样品流速	1.5 mL/min
蠕动泵管线	样品使用黑色-黑色 PVC 废液使用红色-红色 PVC
内标	以 2% HNO ₃ 为基质的 5 mg/L 钇 (Y)

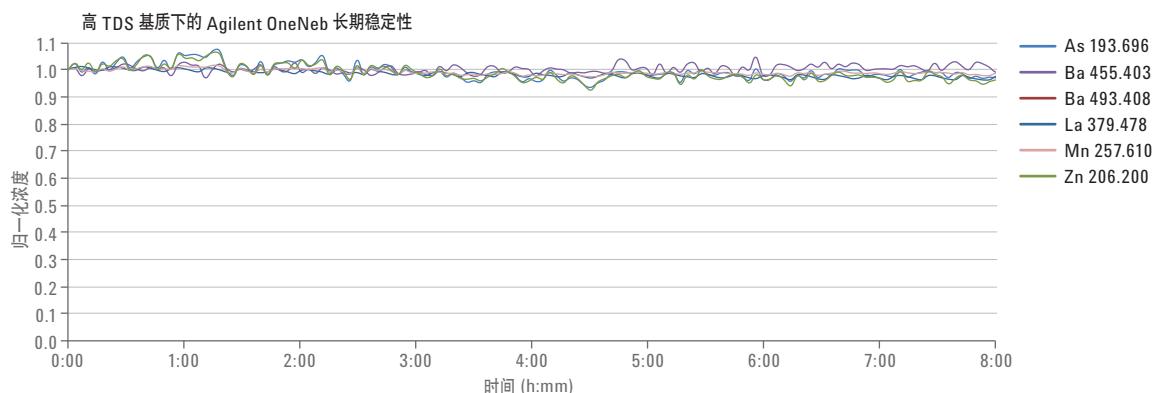


图 11. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质配制高 TDS 样品，PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 配备 Agilent OneNeb 系列 2 雾化器的长期稳定性测试

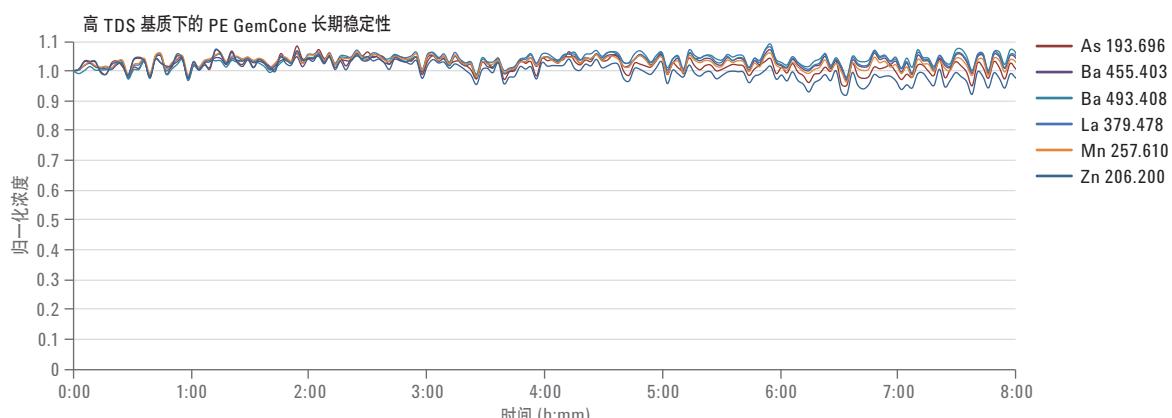


图 12. 以 5% NaCl/2% HNO₃ 为基质配制高 TDS 样品，PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 配备 PerkinElmer GemCone 雾化器的长期稳定性测试

有机基质中的检测限、灵敏度和精密度

利用安捷伦仪器分析复杂有机样品证明 OneNeb 雾化器具有耐化学腐蚀性、通用性及卓越性能⁶。采用 ASTM D4951 和 D5185 方法测定已使用和未使用润滑油中的元素是使用有机基质的一个典型应用。这类样品通常含有悬浮固体，因此它被认为是一项具有挑战性的应用。为此，珀金埃尔默推荐使用 GemCone 雾化器⁷。

为了进一步测试性能，以安捷伦 A-Solv 专有溶剂（煤油型基质）配制安捷伦多元素金属有机标样，然后 GemCone 和 OneNeb 雾化器重复进行同一组测试。表 10 给出了仪器条件，表 11 和表 12 展示了测试结果。珀金埃尔默尚未对这些有机基质中的测试制定仪器指标。

即使在有机溶剂中分析具有挑战性的样品，PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 配备的 OneNeb 系列 2 雾化器获得了与 PerkinElmer GemCone 雾化器相当的检测限性能。这些结果证明 OneNeb 雾化器具有通用性，与其他雾化器不同，这款雾化器可广泛用于分析应用以及水溶液和有机基质样品。

表 10. 以 A-solv 有机溶剂配制的金属有机标样下，灵敏度、检测限和精度测试的仪器运行条件

仪器条件	
仪器	PE Optima 7300 DV
功率	1500 W
等离子体气体流速	15 L/min
辅助气体流速	1.0 L/min GemCone 0.5 L/min OneNeb
雾化器气体流速	表 3 中规定的最佳流速
重复次数	5
读数时间	1-5 s
观测方向	水平
雾化室	带挡板的玻璃旋流雾化室 (4 mm 挡板)
中心管	1.2 mm (氧化铝)
样品流速	1.0 mL/min GemCone 1.5 mL/min OneNeb
蠕动泵管线	样品使用黑色-黑色 PVC Solvaflex 废液使用蓝色-蓝色 PVC Solvaflex
样品	安捷伦 A21 磨损金属标样 (部件号 5190-8706) 以 Agilent A-Solv 溶剂 (部件号 5190-8717) 按照 1:10 稀释
空白	安捷伦基础矿物油 (部件号 5190-8715) 以 Agilent A-Solv 溶剂按照 1:10 稀释
内标	5 mg/L Co, 以 Agilent A-Solv 溶剂按照 1:10 稀释

表 11. 以有机溶剂配制的磨损金属标样下，水平观测的检测限测定值

元素与波长 (nm)	Agilent OneNeb (µg/kg)	GemCone (µg/kg)
Ag 328.068	0.006	0.004
Al 396.153	0.09	0.08
B 249.677	0.02	0.01
Ba 233.527	0.006	0.004
Ca 317.933	0.13	0.01
Cd 228.802	0.02	0.01
Cr 267.716	0.008	0.005
Cu 327.393	0.005	0.004
Fe 238.204	0.008	0.004
K 766.490	0.15	0.13
Mg 285.213	0.018	0.002
Mn 257.610	0.003	0.001
Mo 202.031	0.02	0.02
Na 589.592	0.6	1.0
Pb 220.353	0.07	0.04
Si 251.611	0.03	0.01
Sn 189.927	0.12	0.06
Ti 334.940	0.005	0.003
V 290.880	0.005	0.005
Zn 206.200	0.02	0.01
Ni 341.476	0.09	0.09

表 12. 在水平观测下测试有机样品，PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 仪器配备的 Agilent OneNeb 和 GemCone 雾化器获得的精密度 (%RSD) 比较。此测试无珀金埃尔默指标

元素与波长 (nm)	Agilent OneNeb % RSD	GemCone % RSD
Ag 328.068	0.67	0.85
Al 396.153	0.68	0.74
B 249.677	0.78	0.94
Ba 233.527	0.85	0.84
Ca 317.933	0.94	0.90
Cd 228.802	0.61	0.56
Cr 267.716	0.86	0.87
Cu 327.393	0.72	0.90
Fe 238.204	0.94	0.83
K 766.490	1.06	1.30
Mg 285.213	0.64	0.81
Mn 257.610	0.84	0.84
Mo 202.031	0.57	0.57
Na 589.592	0.85	2.33
Pb 220.353	0.89	0.71
Si 251.611	0.76	0.55
Sn 189.927	0.84	0.51
Ti 334.940	1.13	1.48
V 290.880	0.76	0.95
Zn 206.200	0.81	0.61
Ni 341.476	0.77	0.46

灵敏度测试还以有机溶剂制备的磨损金属标样在水平观测下进行。测试结果同样以相对强度单位表示。图 13 展示了 OneNeb 和 GemCone 雾化器灵敏度测试的结果。

比较水平观测下的仪器响应可知，即使分析这种具有挑战性的有机样品，OneNeb 系列 2 雾化器仍具有卓越的效率和灵敏度。对于这个应用，OneNeb 雾化器获得的仪器响应最多可比铂金埃尔默推荐的雾化器高 10 倍的差异。

PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 配备的 OneNeb 系列 2 雾化器能够满足分析简单水溶液的精密度指标 (< 1%)，即使分析具有挑战性的有机样品也是如此。另外需要注意的是，OneNeb 雾化器获得的精密度优于 GemCone 雾化器。

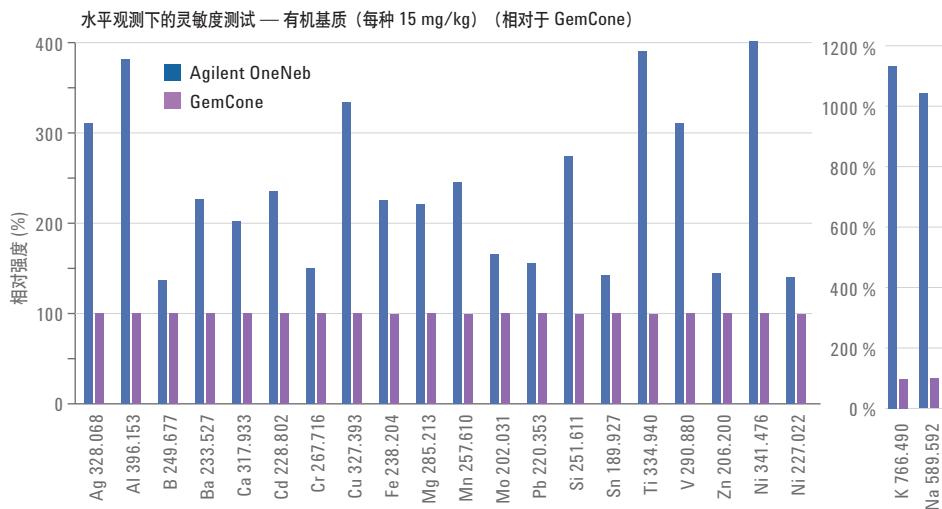


图 13. 以有机溶剂配制的磨损金属标样下的仪器灵敏度。水平观测下，PerkinElmer Optima 7300 DV ICP-OES 仪器配备的 Agilent OneNeb 系列 2 与 GemCone 雾化器的性能比较。所得结果相对于 GemCone 雾化器获得的灵敏度

冲洗测试

通过在 257 nm 波长处对锰 (Mn) 的信号进行连续测量以获得冲洗曲线。将配制在 2% 硝酸中的 100 mg/L 锰溶液（冲洗测试溶液）引入系统并吸取 20 秒，随后立即引入空白溶液。安捷伦 SVS 1 切换阀在冲洗测试溶液和空白溶液之间实现可重现的及时切换。为提高灵敏度，测试在水平观测下进行。本测试在所有雾化器上进行。

结果证明，配备 OneNeb 系列 2 雾化器的 PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 仪器具有卓越的性能，冲洗四个数量级至 <0.1% 基线浓度，速度快于任何其他雾化器。对于一些测试的雾化器而言，获得稳定基线信号需要 30 秒以上，这表明冲洗已完成。对于业务繁忙的实验室，这一时间差异意味着相当大的收益损失。绝大多数冲洗问题源自雾化器本身的死体积，尤其是样品管线与雾化器连接处。对于 OneNeb 系列 2 雾化器，新型样品毛细管设计最大程度减少了这一死体积。与 PerkinElmer GemTip 以及 Meinhard C 型和 K 型雾化器的冲洗相比，这款雾化器能够确保卓越的冲洗性能。

结论

本研究结果证明，与 PerkinElmer Optima 系列 ICP-OES 仪器配套使用时，Agilent OneNeb 系列 2 雾化器具有卓越性能和通用性。需要采用 ICP-OES 技术分析广泛的样品时，这款雾化器能够代替不同类型的雾化器。在雾化器气体流速和样品提升速率的宽范围内，分散流雾化技术确保提供高雾化效率。这一雾化效率提高了分析水溶液和高 TDS 样品以及有机溶剂的灵敏度。

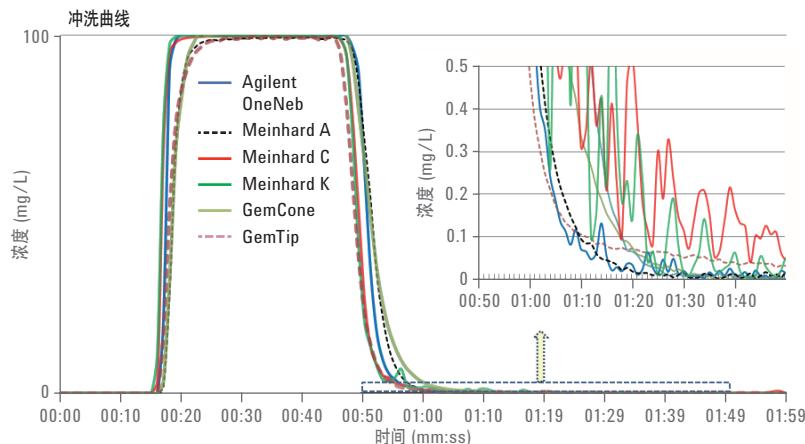


图 14. 本研究的雾化器冲洗曲线在 PerkinElmer Optima 8000 DV ICP-OES 仪器上测得

与 OneNeb 系列 2 雾化器配套使用时，PerkinElmer Optima ICP-OES 系统可轻松满足珀金埃尔默制定的精密度和检测限性能指标。

与 Optima ICP-OES 推荐使用的传统同心玻璃雾化器相比，OneNeb 系列 2 雾化器对于有机溶剂可获得更出色的检测限。无论样品基质如何，OneNeb 系列 2 雾化器均可提供卓越的灵敏度。它还能提供更快的冲洗速度，这进一步转化为实验室更高的样品通量，并增加收益。

具备分散流雾化技术的 OneNeb 系列 2 雾化器对高 TDS 样品具有更高的耐受性。重复测量高 TDS 含量的样品 8 小时以上，结果表明，OneNeb 系列 2 雾化器呈现出最好的长期稳定性和精密度。这款雾化器的性能优于 PE GemCone 高盐雾化器，后者是推荐用于高 TDS 样品的专用雾化器。

OneNeb 系列 2 雾化器还具有灵活性。它的惰性构造对氢氟酸等强酸和有机溶剂具有很好的耐受性。这款雾化器还具有超高稳定性，因此不太可能意外损坏。

OneNeb 系列 2 雾化器集多种功能于一体，可为新用户简化方法开发，并改进日常操作。OneNeb 系列 2 雾化器帮助用户解决了雾化器难题，是 PE Optima ICP-OES 仪器配备的不二选择。富有竞争力的价格以及灵活的样品处理为绝大多数样品类型提供了最佳性能，用户无需为每个样品类型准备不同的雾化器。

参考文献

1. Moffett, J.; Russell, G.; Lener, J. P. Evaluation of a novel nebulizer using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (电感耦合等离子体发射光谱仪用来评估一种新型雾化器)。安捷伦科技公司应用简报, 出版号 5990-8340EN, **2011**
2. Alfonso, M.; Gañán-Calvo. Enhanced liquid atomization: From flow-focusing to flow-blurring. *Applied Physics Letters* **2005**, *86*, 214101
3. Bings, N. H.; Orlandini von Niessen, J. O.; Schaper, J. N. Liquid sample introduction in inductively coupled plasma atomic emission and mass spectrometry—Critical review. *Spectrochimica Acta Part B* **2014**, *100*, 14–37

4. PerkinElmer Service Data Bulletin - Optima 2X00 Instrument Commissioning Procedure, OPT2003F. STN, **2005**
5. PerkinElmer Service Data Bulletin - Optima 5000 Series DV Instrument Commissioning, OPT5001B.STN, **2005**
6. Kulikov, E. Determination of major elements in methanol using the Agilent 4200 MP-AES with External Gas Control Module (配备外部气体控制模块的 Agilent 4200 MP-AES 测定甲醇中的主要元素)。安捷伦科技公司应用简报, 出版号 5991-6469EN, **2015**
7. Hilligoss, D. Analysis of Wear Metals and Additive Package Elements in New and Used Oil Using the Optima 8300 ICP-OES with Flat Plate Plasma Technology. *PerkinElmer Application Note*, publication number D-5892A, **2011**

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

安捷伦科技大学:

<http://www.lsca-china.com.cn/agilent>

浏览和订阅 Access Agilent 电子期刊:

www.agilent.com/chem/accessagilent-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, 2016

2016 年 2 月 9 日, 中国出版

5991-6664CHCN



Agilent Technologies