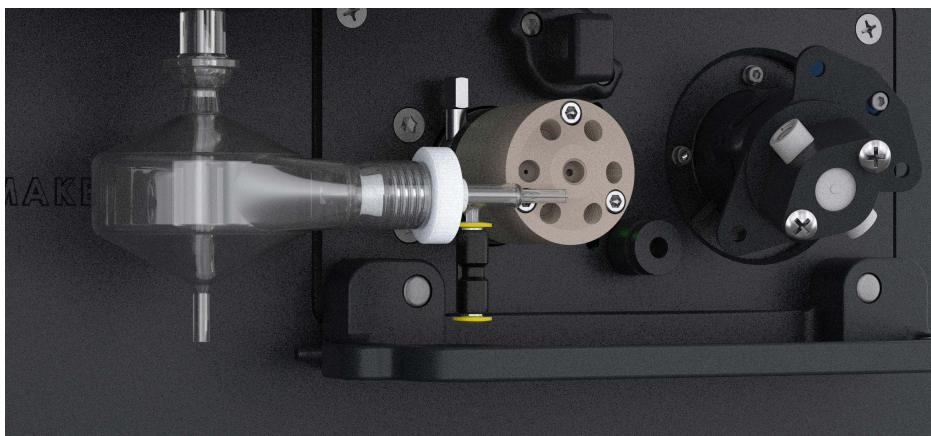


利用高级阀系统 (AVS) 6 或 7 通切换阀系统降低成本并提高分析效率



实现更高的分析效率

利用安捷伦的高级阀系统 (AVS) 6 或 7 通切换阀附件可将样品通量提高一倍并使氦气消耗量减少 50% 以上。

AVS 是 Agilent 5900 和 5800 ICP-OES 或 5100/5110 ICP-OES 仪器的附件。它具有独特的 2 位、6 或 7 通切换阀（第 7 个端口用于内标校准）和用于快速填充样品定量环的高速正排量泵。精准氦气气泡注入控制缩短了样品提升延迟并几乎免去了冲洗时间，便于实现高通量样品分析。

Agilent AVS 具有以下特点：

- **结果快速、准确** — AVS 在下一个样品进入仪器的同时冲洗样品引入系统，几乎避免了常规 ICP-OES 分析的延迟。在样品和冲洗溶液之间精准注入氩气气泡，可防止样品与冲洗溶液混合，从而缩短了样品提升和冲洗时间
- **运行成本更低** — 更短的分析时间意味着每个样品的氩气消耗量可减少至少 50%。更高效的分析可大大缩短炬管、雾化器和泵管暴露于腐蚀性化学物质和复杂样品的时间，从而延长消耗品的使用寿命并进一步降低成本
- **简单易用** — AVS 完全集成于 ICP-OES 硬件中并可通过 ICP Expert 软件中的可选 Pro Pack 软件模块轻松进行控制。这一特性可确保最佳的时序控制（不同于采用复杂独立控制软件的第三方切换阀组件）
- **易于维护** — AVS 优化的位置设计不对常用的样品引入组件（如炬管、雾化室/雾化器和泵管）产生物理阻碍，使后者需要拆下清洁或更换时易于操作
- **交叉污染更少** — 在样品和冲洗溶液之间注入氩气气泡，能够减少 ICP-OES 雾化室中的交叉污染。采用氩气气泡代替空气能使等离子体更稳定，并获得更优异的分析精密度
- **精密度和稳定性更高** — 通过避免样品之间破坏等离子体稳定性的蠕动泵快速泵送，提高了精密度和长期稳定性
- **分析效率更高** — 与安捷伦自动进样器 SPS 4 或 SPS 6 样品前处理系统相结合，AVS 能够使样品通量提高一倍
- **灵活** — AVS 可兼容各种大容量自动进样器，能够容纳 700 多个样品，实现通宵无人值守运行。它还能与安捷伦高级稀释系统 2 (ADS 2) 兼容
- **耐用** — AVS 非常适合具有挑战性的样品基质。其直径恒定的无金属液体流路适用于含有强酸、氢氟酸、有机溶剂、甚至高浓度溶解态固体的样品

工作原理

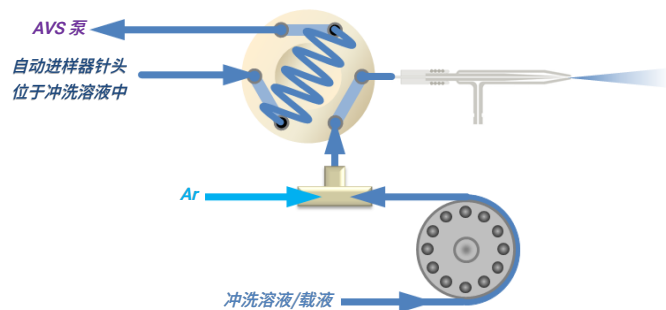


图 1a. 待机模式

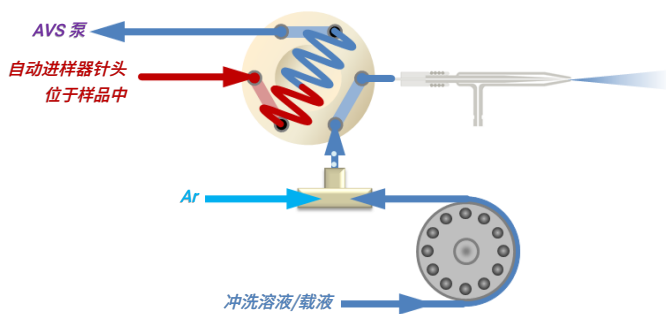


图 1b. 载样, 约 5 s

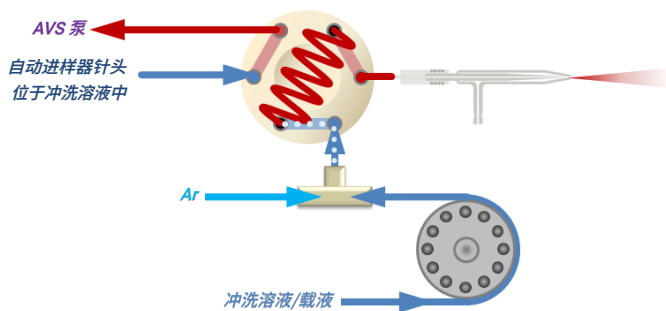


图 1c. 稳定 (约 3 s) 和气泡注入

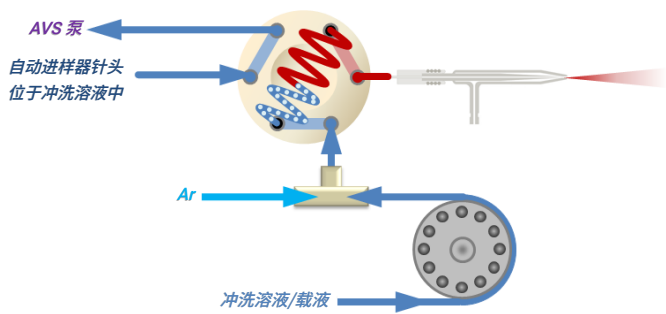


图 1d. 分析测量

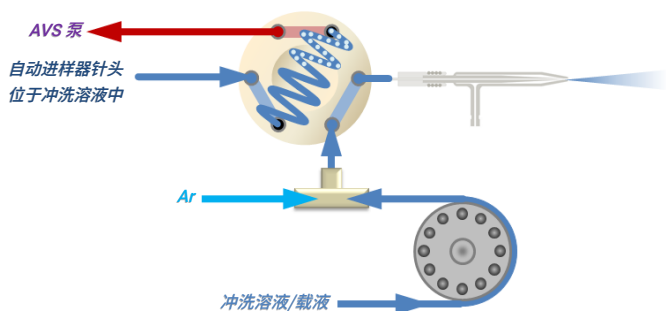


图 1e. 返回待机模式

气泡注入

在 AVS 中，在样品和冲洗液流之间注入氩气气泡可防止两种溶液发生混合（见图 1a-e）。气泡将两种溶液分开，避免了在定量环中发生混合和稀释，从而获得了更长的测量读数时间。

对于 1 mL 样品定量环，采用气泡注入时测量时间为 47 秒，而不使用气泡注入时，能够稳定测量的时间仅为 20 秒（图 2）。图 3 显示了采用 0.5 mL 样品定量环时，使用气泡注入的影响。对于给定的样品定量环，使用气泡注入时可实现更长的测量时间和更高的精密度。为提高通量，可使用较小的定量环以进一步缩短提升延迟与冲洗时间。

与其他使用气泡注入的大多数商业化系统不同，AVS 使用氩气形成分段，因为氩气不会像空气那样破坏等离子体的稳定性，因此可获得更优异的分析精密度（见表 1）。

表 1. 使用 AVS 6 对 5 ppm Mn 溶液进行 3 次 5 秒重复测量所得到的分析精密度

	分析精密度
5 ppm Mn, 采用氩气注入	0.5% RSD
5 ppm Mn, 采用空气注入	1.0% RSD

分析通量

表 2. 使用或不使用 AVS 6 附件分析润滑油中磨损金属所得到的样品通量的对比

	使用 AVS 6	不使用 AVS 6
每个样品的分析时间 (s)	22 s	52 s
每个样品的氩气消耗总量	7 L	17.4 L

AVS 缩短或免去了常规 ICP-OES 分析中所用的延迟和冲洗时间，从而提高了样品通量。表 2 显示了使用和不使用 AVS 分析润滑油的平均样品分析时间和氩气消耗量的对比^[1]。对 22 种元素进行了测量，使用 AVS 6 时，每个样品的分析周期为 22 秒，每个样品的氩气消耗量为 7 L。未使用 AVS 6 时，每个样品的分析周期为 52 秒，每个样品的氩气消耗量为 17.4 L。样品通量和氩气消耗量之间的差异表明，使用 AVS 6 时，缩短了提升延迟和冲洗时间。

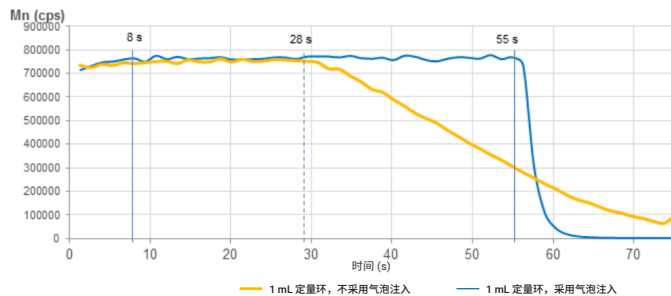


图 2. 使用和不使用气泡注入时，1 mL 样品定量环的可用测量时间

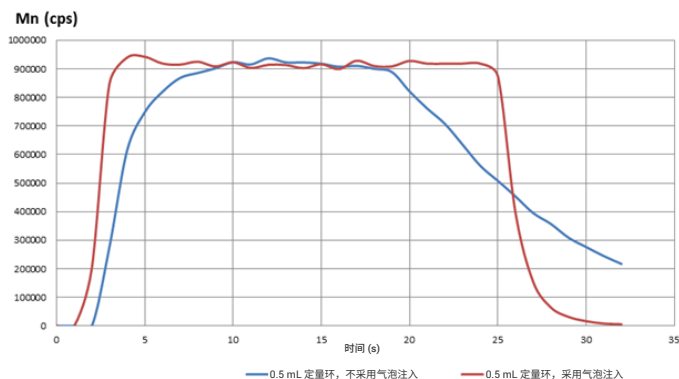


图 3. 0.5 mL 样品定量环的可用测量时间，使用和不使用气泡注入时的测量时间分别为 19 秒和 9 秒

分析通量的优化

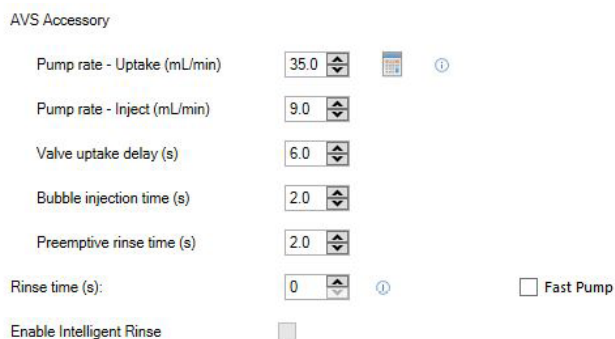


图 4. 控制 AVS 附件的简单软件

通过完全集成于 ICP Expert 软件中的简单的控制软件，即可确保通过 AVS 实现高分析速度和高精度（见图 4）。该软件包含 AVS 参数计算器，有助于设置和方法开发。该软件中用于优化性能的主要参数包括：

- 泵速 — 提升速度，以 mL/min 表示（通常设置为 35 mL/min）
- 阀提升延迟时间，以秒表示（通常为 5–6 秒）
- 稳定时间（对于标准雾化器和毛细管而言，约 3 秒）

示例分析

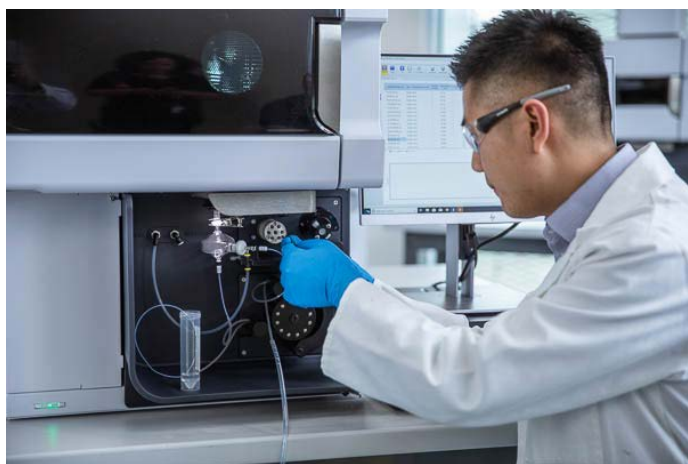


图 5. 与 Agilent 5900 ICP-OES 的样品引入系统集成的 AVS 7 附件

在用于证明 AVS 性能的实验中，采用以下配置：Agilent SPS 4 自动进样器，配备内径为 1 mm 的针头；标准 SeaSpray 同心玻璃雾化器，用（标准）50 mm 长的毛细管将其连接至阀。所有管线的内径均为 1 mm，蠕动泵管为白色/白色型，在恒定转速 12 rpm 下使用。所有阀接头均呈惰性，并采用避免交叉污染的设计。阀接头和端口处均带有清晰的标记，可简化安装与维护（见图 6）。



图 6. AVS 上的端口带有清晰的标记

采用此配置后，稳定延迟时间（样品流出切换阀并到达等离子体所需的时间）通常为 3 秒，并且与样品定量环尺寸无关。在阀出口与雾化器之间使用较长的毛细管和/或降低蠕动泵速度或使用更窄的蠕动泵管，均会增加稳定延迟时间。

在下面的图 7 中，我们看到使用 0.5 mL 样品定量环时，不同的提升延迟时间对 5 ppm Mn 溶液分析精密度的影响。

提升延迟时间必须足够长以使自动进样器样品管中的样品能够通过自动进样器针头和传输管线进入样品定量环，并完全充满样品定量环。

在这一提升阶段，AVS 泵高速运行，通常采用 35 mL/min 或更高的流速。样品管与阀入口之间的体积会影响提升延迟时间，尽可能减小自动进样器与阀之间传输管线的长度，能够更大程度缩短延迟时间。从样品管到雾化器保持恒定的 1 mm 内径可尽量避免样品在整个流路中发生混合。

图 7 表明，对于 0.5 mL 的样品定量环，提升延迟时间大于 4 秒时，5 ppm Mn 的短期精密度通常优于 0.5% RSD。

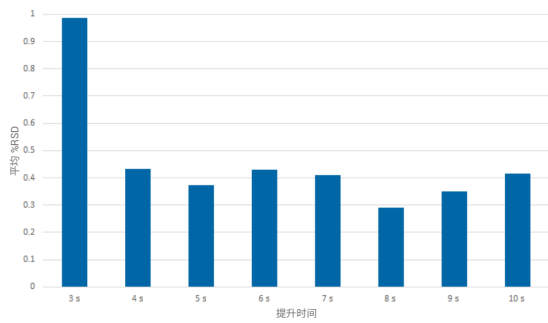


图 7. 使用 0.5 mL 样品定量环时，在不同的提升延迟时间下得到的 5 ppm Mn 的精密度 (%RSD)

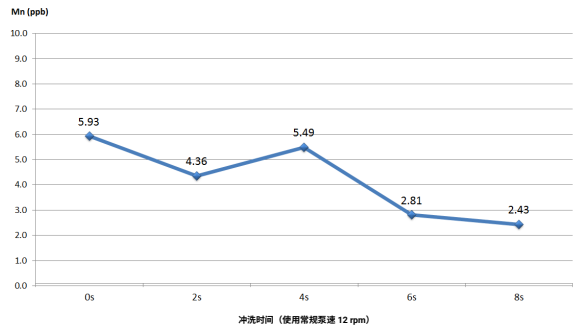


图 9. 分析 50000 ppb Mn 溶液后进样空白溶液，考察对 Mn (以 ppb 表示) 的冲洗性能

测量了 50000 ppb Mn 溶液之后，测量空白溶液来考察 AVS 的冲洗性能。不采用任何方法冲洗时，Mn 浓度降低了近 4 个数量级，从 50000 ppb 降至 6 ppb。使用额外的方法冲洗时，所测得的 Mn 浓度与 0 s 方法冲洗时无显著差异，如图 9 所示。实验结果表明，AVS 6 可实现将浓度降低 4 个数量级的冲洗效果，具有优异的冲洗特性。

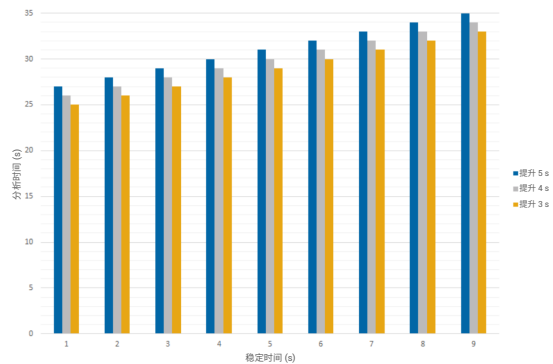


图 8. 采用提升延迟和稳定延迟时间的各种组合，得到的样品分析时间 (用秒表示)

图 8 显示了采用 0.5 mL 样品定量环和 AVS 6，在各种提升延迟时间 (3 秒、4 秒和 5 秒) 以及不同的稳定时间下得到的样品分析时间，采用 3 次 5 秒的重复测定。4-5 秒的提升延迟时间和 3 秒的稳定延迟时间是针对 0.5 mL 定量环的最佳条件，相应的分析时间约为 28-29 秒，且对 5 ppm Mn 的分析精密度通常小于 0.5% RSD。样品分析时间随稳定延迟时间的增加呈线性提高，与预期相同。

ICP 自动化



图 10. ICP 自动化系统包括仪器、自动进样器、AVS 切换阀和 ADS 2 自动稀释器

AVS 切换阀是安捷伦 ICP 自动化系统的重要组成部分。系统包括仪器、自动进样器、切换阀和新型安捷伦 ADS 2 自动稀释器。自动稀释器可自动完成以下操作：

- 配制校准溶液
- 测量前稀释样品
- 对超范围样品、内标或 QC 失败后的情形进行二次稀释和重新测量

ICP 自动化系统将 AVS 的高通量与自动稀释器和自动进样器的省时优势集于一身。

AVS/ADS 实时监测

AVS/ADS 实时监测通过显示带有标记参数步骤的分析物信号，助力方法优化和故障排除。例如，在图 11 中，Mn 信号在 12 秒时趋于稳定，但测量从 16 秒才开始，这表明可以将稳定时间缩短 2-4 秒，来优化方法。实时监测还有助于找出样品引入问题，帮助和学习中心同时提供了相应的故障排除指南。

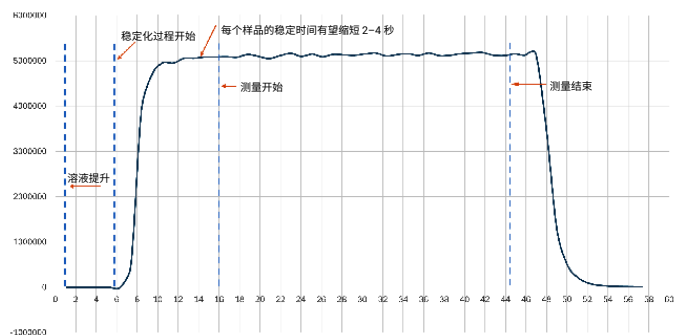


图 11. 在此实时监测界面中，Mn 信号在 12 秒趋于稳定，但测量从 16 秒才开始。测量可以从 12 秒开始，如此每个样品最多可节省 4 秒

参考文献

1. 使用配备高级阀系统的 Agilent 5110 垂直观测 (RV) ICP-OES 提高油类样品中金属的分析效率，安捷伦出版号 [5991-6849CHCN](#)
2. Analysis of Waste Samples According to US EPA Method 6010D (根据 US EPA 方法 6010D 分析废弃物样品)，安捷伦出版号 [5994-2027EN](#)
3. ICP-OES 分析水样最快速、最智能的方法，安捷伦出版号 [5994-1520ZHCN](#)

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/chem/icpoes

DE.7119097222

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，2020–2026
2026年1月12日，中国出版
5991-6863ZHCN

