

# 原子吸收光谱系统故障排除与维护指南

本文提供了一些窍门、技巧和实用建议，确保您的原子吸收仪器实现最佳性能，并保持您的维护 SOP 稳定可靠。



## 作者

Eric Vanclay,  
光谱备件产品销售经理,  
安捷伦科技公司, 澳大利亚

## 前言

本文的目的是介绍一些实用窍门与技巧，帮助您保养和维护原子吸收 (AA) 仪器，从而帮助您改善分析。将提供一些指南帮助您进行故障排除和维护。其中一些技巧您可能并不陌生，但本文还在维护技巧和故障排除指南方面提出了一些新观点，有助于改善仪器性能、应用效果或提高仪器易用性。

安捷伦科技公司委托开展了一项针对不同市场领域的实验室管理人员的独立调查。该调查的主要目的是了解实验室管理人员的“痛点”，并找出他们面临的最紧迫的问题。Frost & Sullivan 通过 30 分钟的在线问卷调查在 4 个国家开展了这项调查：德国、英国、美国和中国。共 700 人参与此次调查，他们的经验、公司规模、角色和主要职责各不相同。

实验室管理人员面临的挑战主要与仪器维护和如何应对日益复杂的检测要求有关。超过一半的实验室每周要处理 500–1000 个样品，并且 45% 的调查对象表示，当样品数量日益增加甚至超过其当前处理能力时，他们会感受到很大压力。分析效率主要受限于样品前处理时间、计划维护或意外停机造成的仪器停机时间以及新仪器的方法转移/验证时间。对于选择意外停机作为主要原因的情况，调查对象列举了样品前处理 (78%)、仪器故障 (64%) 和操作人员/技术人员错误 (45%) 等问题。有趣的是，该调查显示，五分之一的调查对象认为实验室空间过小也是一项挑战，并且其中 75% 的人认为，节省空间的仪器设计有助于克服这一挑战。

## 空心阴极灯

安捷伦空心阴极 (HC) 灯提供编码和非编码两种形式。编码灯的底部带有额外的插脚，仪器能够通过插脚识别该灯适用的元素。这意味着仪器可以定位并自动启动灯，即使灯被安装在仪器的错误位置上。非编码灯性价比高，并且可兼容所有安捷伦原子吸收系统以及其他制造商 (珀金埃尔默和岛津除外) 的大多数原子吸收系统。安捷伦还提供一系列 UltrAA 高强度增强放电空心阴极灯，帮助提高灵敏度并降低检测限。这些 UltrAA 灯使用标准灯电流，但是通过灯内的额外增强放电增加了发射强度。这个增强的电流是通过第二控制模块来提供 (该模块集成在仪器内部或是由外部模块提供)。安捷伦提供种类齐全的 UltrAA 高强度增强放电空心阴极灯，能够替代用于原子吸收测定的传统光源。UltrAA 灯能够使最严苛的火焰、石墨炉及氢化物发生原子吸收应用获得更低的检测限，并提供：

- 与标准 HC 灯相比，提升高达 30% 的灵敏度
- 扩展的校准范围，同时保持分析精度不变
- 更长的灯使用寿命，操作寿命超过 8000 毫安小时
- 即插即用，操作简便

安捷伦塞曼原子吸收系统具有一体化 (出厂时安装) 的控制模块。现场升级适用于其他安捷伦原子吸收系统，能够确保广泛的兼容性。各种高强度 UltrAA 灯均能与所有安捷伦原子吸收仪器配套使用。如需在挑战性应用中实现卓越且高性价比的分析性能，请选择高强度 UltrAA 灯。Agilent UltrAA 灯具有更低的检测限，适合最严苛的原子吸收应用。

安捷伦还提供与所有珀金埃尔默原子吸收系统兼容的全系列 50 mm 编码灯。这些灯使操作更经济，并与 PerkinElmer Lumina 原配灯的性能相当。

安捷伦灯为原子吸收用户提供了许多优势。首先，它们可提供最佳性能，专利阴极组成和特有灯处理流程的结合，可确保获得更高的强度和灵敏度、更低的噪音以及长期稳定的运行。其次，这些灯采用专利阴极组成，灯内实现了最佳气体填充，具有更长的使用寿命。安捷伦灯的使用寿命通常超过 5000 毫安小时，可降低运行成本并减少灯故障引起的停机时间。第三，安捷伦灯具有更出色的稳定性，经过预先调试，开箱即可投入使用。这样可以提高分析效率并获得最佳仪器性能，而无需对灯进行初始调试。第四，安捷伦灯可提供更高的光谱纯度。如图 1 所示，安捷伦灯具有特有的黑色“吸气剂”斑块，该斑块来源于特有的灯处理流程。它是一层薄薄的活性钨，有助于吸收灯使用过程中可能产生的一些杂质，从而提高灯在整个使用寿命期内的光谱纯度。最后一个优势是高品质，安捷伦灯在通过 ISO 9001 认证的环境下手工制作，并采用成熟可靠的加工步骤。在装运前，每个灯均经过分析测试，确保其满足安捷伦关于强度、噪音和稳定性的苛刻标准。测试设备经过定期校准。

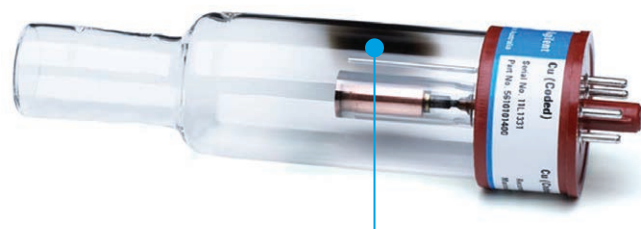


图 1. 特有的黑色“吸气剂”斑块，其来源于特有的灯处理流程。还可以看到一些在灯处理过程中沉积的阴极材料

## 性能

安捷伦 HC 灯的性能通过竞争分析得到了证明，该分析详情可参见 [www.agilent.com/cs/library/competitiveanalysis/Public/5991-5023ZHCN\\_Hollow\\_Cathode\\_Lamps\\_WhitePaper.pdf](http://www.agilent.com/cs/library/competitiveanalysis/Public/5991-5023ZHCN_Hollow_Cathode_Lamps_WhitePaper.pdf)。稳定时间过长或无法达到平衡的灯会为分析人员带来麻烦。分析开始后，灯强度的漂移将改变分析信号，造成显著误差。这对痕量分析而言至关重要，因为漂移程度甚至可能超过样品吸光度。

图 2 显示了硒 (Se) 灯的短期稳定性，其中安捷伦灯的结果以浅蓝色显示，其他竞争产品的结果则以不同颜色显示。该稳定性迹线显示的是经过 10 分钟预热时间之后的结果。虽然大多数灯具有适当的稳定性，但橙色迹线代表的灯一直未达到稳定状态。测量了浓度为 120 ppm 的校准标样的吸光度，以展示灯的长期稳定性。实心红线代表与预期结果的偏差为  $\pm 5\%$  的控制限值。安捷伦灯（浅蓝色）具有最佳的整体稳定性，1 小时内所有测量结果的平均精密密度为  $< 1\%$  RSD，而其他对比产品的最差结果为  $> 3\%$  RSD。

最下方的图显示了硒 (Se) 灯和铅 (Pb) 灯的使用寿命。这两种元素的安捷伦灯（蓝色）均具有最长的使用寿命，Se 灯是最长寿命竞争产品的 4 倍以上，Pb 灯则比最长寿命竞争产品高出 20% 左右。

217.0 nm 下铅 (Pb) 的校准曲线比较结果如图 3 所示。安捷伦灯具有良好的灵敏度，与 SGM 灯的性能相当。还展示了 228.8 nm 下镉 (Cd) 的校准曲线比较结果。安捷伦灯具有最佳的灵敏度和线性。还对这两种元素的仪器检测限进行了比较。在每种情况下，安捷伦灯都提供了最佳（或最低）检测限，显著优于价格较低的竞争产品。

研究还考察了安捷伦灯与几个主要竞争对手的砷 (As)、镉 (Cd)、金 (Au)、铜 (Cu) 和钠 (Na) 灯的性能/寿命。上述每种元素的安捷伦灯各自具有最长的使用寿命，多数元素灯是最长寿命竞争产品的 2.5 倍以上，钠灯则比最长寿命竞争产品高出约 25%。

关于在原子吸收技术中采用多元素灯存在几种误解。例如，许多用户认为多元素灯的使用寿命更短，分析性能更低。安捷伦提供的各种多元素灯具有与单元素灯类似的性能。正如我们已经展示的各种多元素灯，每一种都具有理想的使用寿命 — 推翻了寿命更短的这一错误认识。在性能方面，我们看到，当多元素灯在建议的电流下操作时，利用多元素灯获得的灵敏度与单元素灯的灵敏度相当。获得的检测限性能可能略有下降，但是这种变化相对较小。因此，无需担心多元素灯的性能不佳。

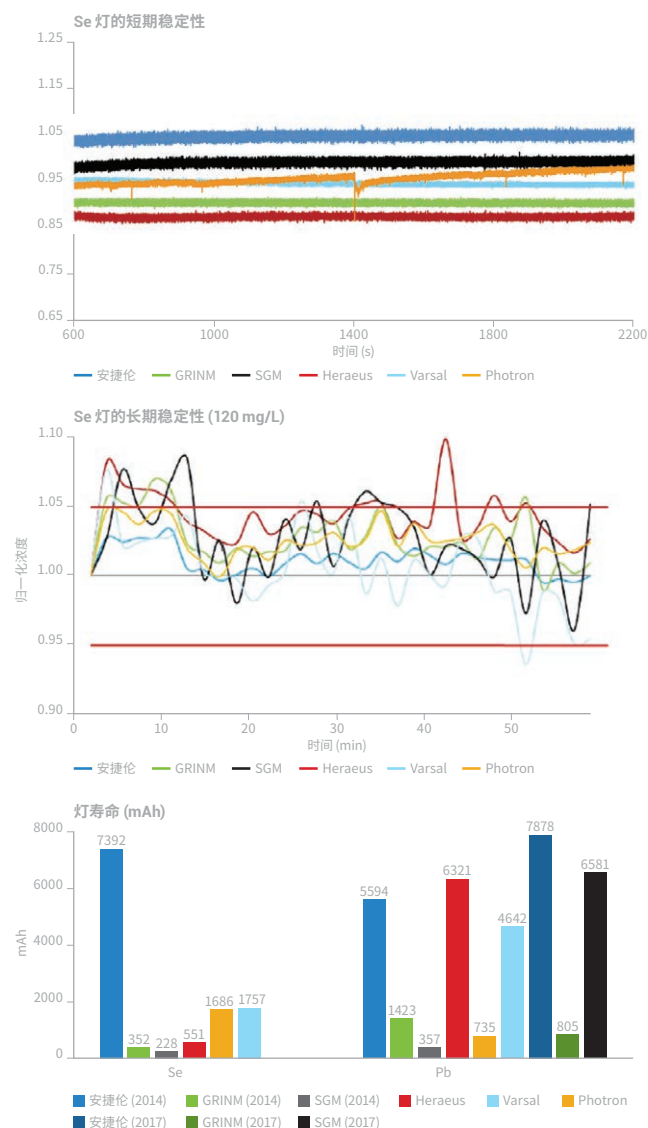


图 2.

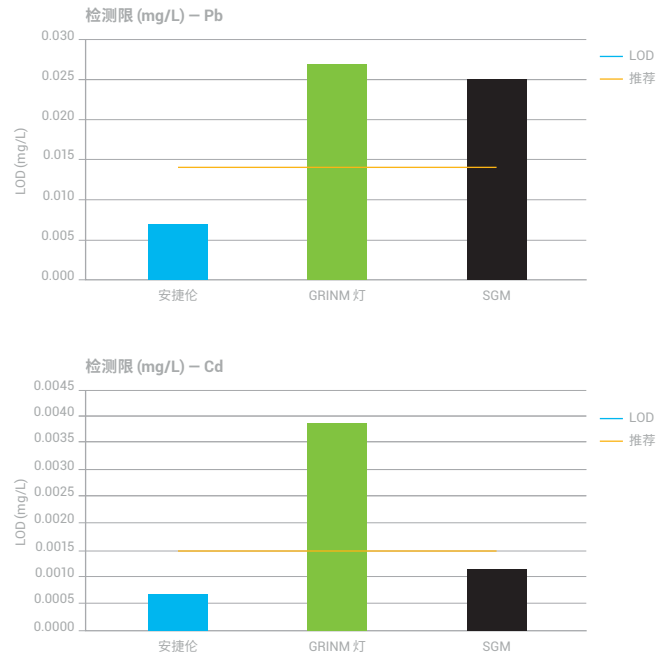
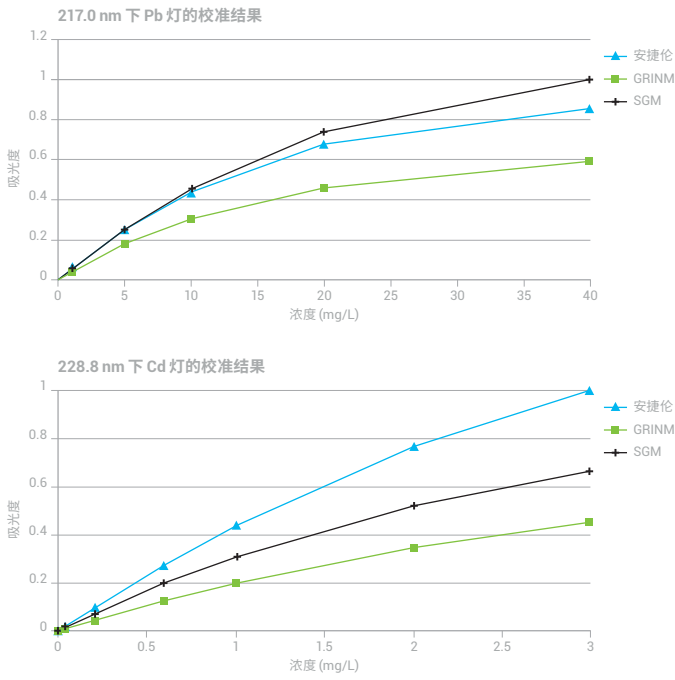


图 3.

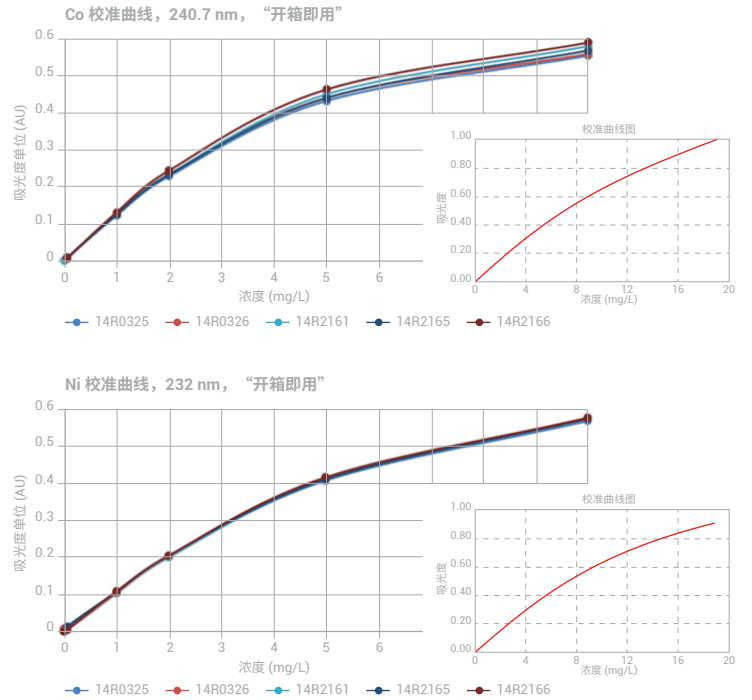
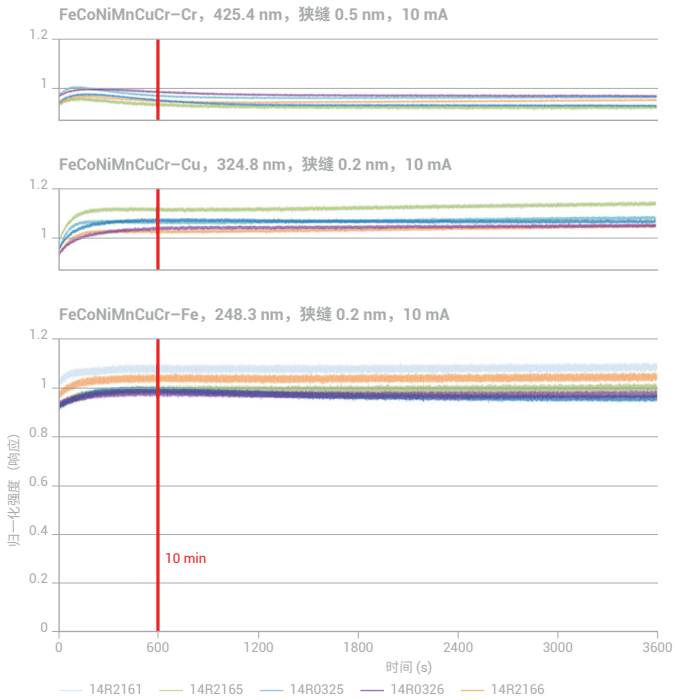


图 4.

图 4 比较了 Co/Cu/Cr/Fe/Mn/Ni 多元素灯对于多种元素的分析性能。如左侧图所示，在经过初始预热期后，每种元素的短期稳定性都非常出色。右侧小图展示了火焰原子吸收光谱说明书所列元素的预期校准曲线。较大的校准曲线图则显示了使用多元素灯获得的这些元素的灵敏度。测得的灵敏度与说明书中预期的性能一致，再次证明当使用多元素灯时，在建议的条件下操作将不会发生性能损失。

## 操作技巧与建议

如前文所述，多元素灯的操作条件通常与单元素灯有所不同。使用多元素灯时，灯电流、建议的狭缝宽度、甚至建议的波长都可能有所不同。但是，在使用建议的条件进行操作时，多元素灯的性能与单元素灯相当。

我们在使用各种 HC 灯时，还应注意哪些问题？首先，我们应该考虑灯的常规维护和操作。灯非常易碎，因此我们要避免一切过大的冲击或压力。我们还必须确保灯的末端窗片上不存在指纹，因为光线将通过该窗片进入仪器的光学系统。皮肤上的油脂可能会沾到其表面上，进而减少进入光学系统的光，导致性能下降。这对于发射波长处于 UV 区域的元素或强度相对较低的元素（例如，用于 As、Se 和 Ni 的灯）尤为重要。

最佳做法是，在分析开始时让灯预热约 10 分钟，使其输出稳定，并且如前文所强调的，在建议的操作条件下使用（为方便查看，安捷伦灯将这些条件列于底部标签上，其中包括建议的电流、波长和光谱带宽）。在使用灯时，最好对性能进行监测，特别是优化过程中显示的百分比“增益”值。将该值与安捷伦网站 ([www.agilent.com/en/support/icp-ms/kb005762](http://www.agilent.com/en/support/icp-ms/kb005762)) 上提供的典型“增益”值进行比较。灯“增益”值的显著变化可能表明灯已达到其使用寿命极限。如果使用石墨炉系统，建议在光路中未安装石墨炉工作头的情况下进行灯对准，即首先对准灯，然后将工作头放置到位并对准工作头，以此确保通过石墨炉系统的工作头获得最大的光通量。

另一类应当考虑的光源灯是用于原子吸收系统背景校正的氙灯。在大多数原子吸收光谱仪中，氙灯主要在 200–400 nm 的波长范围内使用。我们不会在 400 nm 以上使用该灯，因为在该条件下，灯没有可用的输出。观察到的大部分背景在 200–400 nm 之间。安捷伦背景校正系统具有良好的性能，能够校正背景中高达 2.5 个吸光度单位的结果，并能实现快速校正，读数之间的延迟时间小于 2 ms，最大程度减小了使用背景校正器时出现的校正误差。

氙灯的其他常见问题包括：

- 灯是否一直开启？答案为“否”。因为灯只会在仪器初始化时开启，除非您在当前运行的方法中使用背景校正，否则灯将关闭
- 灯的使用寿命有多长？由于涉及的变量太多，很难给出确切的值，但是使用寿命通常超过 1000 小时。对于大多数经常使用背景校正器的用户而言，灯通常需要每年更换一次

接下来我们将介绍一些其他技巧，帮助您最大程度提高原子吸收系统的性能。

## 避免雾化器堵塞

要避免雾化器堵塞，最重要的注意事项之一是，在样品运行之间冲洗雾化器，尤其是当运行结束时，在熄灭火焰之前将雾化器冲洗几分钟。这样能够除去雾化器中的各种样品残留物，避免雾化器堵塞。此处，样品前处理也至关重要 — 必须除去样品中的所有大颗粒。这意味着需要对样品进行过滤或离心。如果选择离心，那么在使用自动进样器或在手动取样时，必须确保从样品容器中沉淀物的液位以上取样。在样品运行之间擦拭样品毛细管时，应使用无绒擦拭巾，否则纤维会发生积聚，并可能造成雾化器堵塞。当雾化器堵塞时，最佳解决方案是完全拆开雾化器并在超声水浴中用清洗溶液对组件进行超声清洗。然后冲洗雾化器并将其重新组装。也可以利用清洁金属丝立即清除堵塞物，但这只能作为一种短期解决方案。最好考虑采取“预防”措施，并注意样品前处理和样品引入系统冲洗。

对原子化系统进行调谐，也有助于减少雾化器堵塞。因此，对于大多数应用，应将扰流器安装在雾化室内。优化撞击球位置，有助于获得最佳的灵敏度和精密度组合。使用窄径毛细管。如果您希望获得更出色的灵敏度，那么可以取出扰流器，调整撞击球位置，使其进一步远离雾化器。如果安装大口径管线，将能获得更高的提升速率，从而提高灵敏度。噪音水平将有所上升，但信号也会大大增强。因此，整体信噪比性能将得到改善。对于溶解固体含量较高而较难分析的样品，首先应确保扰流器安装在适当位置。然后调整撞击球以获得最高的灵敏度，然后从最佳灵敏度位置将撞击球调整器顺时针旋转至少半圈，使其更靠近雾化器。这意味着灵敏度将略有降低（可能会降低约 10%），但进一步靠近雾化器后，将减小样品引入系统堵塞的可能性。当然，这也意味着您可以获得更出色的长期性能和稳定性。

每天分析完成后的结束程序非常重要，因为这对仪器性能也有很大影响。建议的关机程序如下：

- 在关闭火焰之前吸取冲洗溶液几分钟（以清洗雾化器并除去各种样品残留物）
- 熄灭火焰并使燃烧头冷却
- 取下燃烧头并将至少 500 mL 水倒入雾化室中（以清除液封盒中的任何酸残留物）
- 清空废液容器
- 关闭仪器气源
- 关闭软件
- 关闭仪器

按照此程序操作，可冲洗出样品引入系统中的所有残留物，并冲掉所有酸残留物，从而减小堵塞和仪器性能下降的可能性。

## 样品引入系统的维护

下面是一些可以帮助您清洁原子化系统的指南。燃烧头可能是困扰很多用户的问题之一。为清洁燃烧头，我们建议对燃烧头进行抛光，特别是对燃烧头狭缝内部进行抛光。使用清洁黄铜时所用的金属抛光剂进行抛光。我们使用一种名为“Brasso”的材料，但是如果如果没有这种材料，另一种推荐用于清洁黄铜的液体金属抛光剂也非常有效。使用燃烧头清洁条将金属抛光剂引入燃烧头狭缝内部（图 5 中的上图）。然后使用卡片对两侧燃烧头狭缝内部进行抛光。抛光效果越好，燃烧头的性能将越出色。最后，经过精心抛光的干净燃烧头将为您提供更出色的性能，并能有效避免堵塞。



图 5.

清洁雾化室很简单，只需将其拆开并用清洗溶液清洗即可。检查内部组件（特别是玻璃撞击球）的状况也非常重要。图 5（下图）展示了经过长期使用的撞击球。该撞击球产生了相当严重的凹痕。如果撞击球表面存在很多压痕或凹痕，那么将无法很好地分散样品液流。如果撞击球出现这种情况，应立即更换。撞击球至关重要，因为您能通过它控制仪器性能。外部的撞击球调整器能够控制撞击球的位置。通过调整撞击球的位置，您可以对仪器进行调谐以获得所需的灵敏度。如果移动撞击球使其远离雾化器，将会看到信号增强。在移动过程中，信号会到达某一最大值，然后当撞击球继续远离雾化器时，吸光度将再次下降。撞击球的位置对于帮助您获得良好的性能至关重要。

## 准确的标准品

因为所有样品测量均以初始校准作为参比，因此分析的准确度取决于校准标样的准确度。所用的校准标样必须不含污染物，并且最重要的是，校准标样必须使用最严格、最可靠的技术进行认证，并提供相关证据。“有证标准物质”（CRM）是指随附有证书的标准物质，该证书提供通过程序认证的一个或多个浓度值，为准确的标准品或单元建立了可追溯性，并且每个标准值均包含规定的置信水平下的不确定度。

使用 CRM 配制校准标样可提高准确度，建立可追溯性，并且能够量化测量的不准确度。客户希望使用 CRM 的另一个原因是法规的驱动。越来越多的国家监管机构，如澳大利亚国家检测机构协会 (NATA) 和英国皇家认可委员会 (UKAS)，要求获得 ISO Guide 34 认证的实验室使用 CRM（在可用且适当的情况下）来验证/认证其方法。

安捷伦有证标准物质均在符合 ISO 9001、ISO Guide 34 的工厂生产，并均在符合 ISO/IEC 17025 的检测实验室进行认证。安捷伦标准品采用市面上最高纯度的元素与化合物（通常为 99.999+%）以及高纯度酸和溶剂配制。使用安捷伦 ICP-MS 对原料中的痕量杂质进行了检测与分析。金属已经过酸的预清洗和高纯度水的冲洗，并且盐已干燥至恒重。在超洁净环境下使用重量分析法配制溶液。在预清洗的高密度聚乙烯 (HDPE) 或 PTFE 容器内进行酸消解，以防止反应容器造成污染。根据 NIST 规程对天平与容量瓶进行校准。在预清洗的 HDPE 或玻璃反应器内对石油标准品进行混合。

采用 NIST 制定的高性能光谱方案通过经典的湿化学方法（滴定法或重量分析法）对安捷伦光谱有证标准物质进行认证。标准浓度和不确定度值均可追溯至 NIST SRM 3100 系列光谱标准品，确保具有最高的准确度和可追溯性。标准品存放在预清洗的 HDPE 瓶中，并使用带有防篡改密封的聚合物密封袋仔细包装好后进行配送。这些瓶子在使用前经过酸浸处理，并用去离子水冲洗了三次。根据 Guide 34 认证要求进行的长期稳定性试验表明，标准品具有长达 18–24 个月的保质期。

所有安捷伦标准品均附带有完整的分析证书 (COA)。ICP-OES/ICP-MS 标准品中的痕量杂质均使用安捷伦 ICP-MS 进行了含量分析，并将结果报告于标准品的 COA 中。

安捷伦现在可为 AA、MP-AES、ICP-OES 和 ICP-MS 应用提供全系列的光谱有证标准物质，这些有证标准物质均在符合 ISO 17025 和 ISO Guide 34 的工厂生产。安捷伦还提供全系列的单元元素和多元素金属有机标准品和生物柴油标准品，以及提供用于配制工作标样的基础油和纯溶剂，帮助您进行润滑剂添加剂、磨损金属和石油产品的分析。安捷伦金属有机标准品与生物柴油标准品使用特有的方法合成金属有机物质，为制备有机基质中此类单元素或多元素有证标准物质提供了必要的纯度与稳定性，这些方法也通过了 ISO Guide 34 认证。通过使用安捷伦 CRM，您的实验室可获得质量、纯度和一致性的保证。

在配制校准标样时，需要考虑以下几个问题。让我们重点关注常见问题，那些我们可能早已知晓但偶尔会疏忽或者并非始终遵循正确程序来处理的问题：

- 标准品是否仍在“保质期”内？
- 您是否使用经过充分校准的移液器和 A 级玻璃器皿？
- 您是否定期检查移液器的准确性？
- 您是否使用去离子水来最大程度减少污染？
- 您是否使用连续稀释来避免引入较大的稀释误差？
- 您如何储存样品？应对标准品进行酸化处理，以确保它们具有最佳的稳定性。塑料容器（PFA 或 FEP）可确保更出色的稳定性

您是否经常补充标准品？特别是，如果您从事的是痕量分析，那么在每次运行仪器时新鲜配制标准品至关重要。根据您的样品量不同，可能需要每天配制一次，也可能每周配制一次。

## 减少污染

您必须考虑污染的可能性，因为与样品接触的所有物质都可能造成污染，污染可能发生在储存过程、消解过程、甚至分析过程中。应考虑试剂纯度，尽可能使用最佳的试剂，并确保对相应试剂的 COA 进行了检查。不同批次的试剂纯度可能有所不同。该样品中潜在的污染物浓度如何？检查 COA 将能得知是否存在可能导致应用出现问题的较高浓度的元素。确保在使用后立即将试剂重新密封。

另一个常见的污染源是试剂水。如果您没有使用去离子水，或者没有妥善维护供水系统，这可能会造成问题。如果使用彩色移液枪头，则可能会引起污染，特别是铜、铁、锌和镉等元素的污染。首选天然移液枪头。

## 提高准确度

为提高准确度，您还需要关注样品消解过程。确认您使用的是最合适的消解方法。确保使用的方法适合您的应用。如果您使用的是限热消解系统或者微波消解系统，这点也同样重要。

您是否检查过消解过程中是否存在任何分析物损失？您是否检查过前处理过程中是否存在任何污染？为此，请在前处理和前处理过程中使用 CRM。这项检查对于验证您的系统是否正常工作非常有用。

另一项污染检查是使用试剂空白，并将此纳入所制备的每个样品批次中。这意味着采集前处理过程中所用的试剂水，将其作为样品进行测量。如果观察到较高的浓度，则可以表明存在污染。建议每次分析都使用试剂空白。可以不必在每次运行时都检查消解过程，但最好定期检查，并且在设置新方法时尤其需要进行检查。

## 分析灵敏度

如果想要提高仪器性能，应当做的最后一项检查是所获得的分析灵敏度。许多用户遇到的麻烦之一是燃烧头对准。我们需要对燃烧头位置进行垂直方向、水平方向和旋转优化。实现优化的最佳途径是使用燃烧头对准和清洁条。您可以将这些对准和清洁条放置在燃烧头上，然后使用目标区域确保燃烧头与 HC 灯的光线准确对准。通过这种方式，可以进行非常快速的目视检查，验证光束是否与燃烧头狭缝平行。检查雾化器提升速率也是一种很好的做法。理想情况下，吸取速率应当在接近 5 mL/min 的范围内。如有必要，可以在发生部分堵塞并且样品提升速率较低时对雾化器进行调整或清洁。完成这些初步调整后，应对标准品进行吸取，然后优化系统以获得最高的灵敏度。在这里，我们希望重点关注撞击球位置等问题，以便能够使用调整器来确保获得最佳的灵敏度和最佳的精密度。

接下来，我们将重点关注火焰化学 — 火焰化学计量对于使用氧化亚氮/乙炔火焰的元素尤其重要，甚至对于使用空气/乙炔火焰的元素也很重要。通过调整气体流量，可以改变灵敏度并优化性能。

当使用氧化亚氮/乙炔火焰时，乙炔流量的调整变得更加重要。图 6 提供了氧化亚氮/乙炔燃烧头优化条件的示例。使用此类燃烧头，通常是由于需要测量难熔元素。这些元素需要将额外的乙炔添加到火焰中，以实现良好的原子化并获得良好的信号。通常，当使用氧化亚氮火焰运行时，需要在火焰中添加额外的乙炔。在说明书的分析条件中，您经常会在注释中看到提及焰羽或焰芯高度。它指的是可以在图 6 中看到的彩色区域的高度。为获得富燃火焰，需要将乙炔流量提高至 8 L/min。

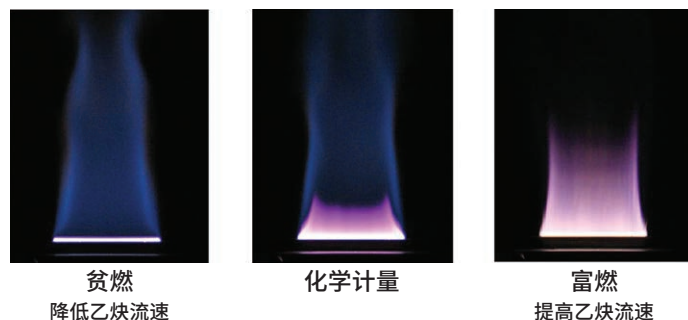


图 6.

## 推荐维护计划

下面是一些有助于您开展维护工作的指南。这些是针对火焰原子吸收系统的推荐维护计划。请注意，这些仅是推荐条件—维护时间可能因应用和工作量而异。请根据您的使用情况在必要时予以调整。

最重要的是，每次运行仪器时都需要进行相应检查。在运行开始时检查钢瓶中是否存在足够的气体，这对于乙炔尤为重要，目的是确保不会将丙酮挟带到仪器的气体箱中。检查排气系统是否正常工作。检查雾化器提升速率，并检查燃烧头以确保其洁净并且可用于分析。然后应准备好开始分析。

在运行结束时，按照建议的关机程序清洗样品引入系统，然后清空废液容器。擦拭原子吸收系统的外表面（尤其是样品室），除去可能在这些表面上积聚的酸残留物。

每周或根据需要对燃烧头和火焰原子化系统进行清洁。在此过程中，对组件（特别是撞击球和所有 O 形圈）进行检查，确保它们状况良好。如果 O 形圈发生扭曲、损坏或明显拉伸，请立即更换，否则它们将无法正常工作，使您无法获得良好的密封性。定期检查仪器上的光学窗片，并在必要时进行清洁。

如果遵循这些程序，您应该能够获得良好且一致的仪器性能。

## 原子吸收系统的主要消耗品

以下是您应必备的常见消耗品和备件类型的相关指南，这些消耗品和备件可为您的仪器使用提供支持。所有仪器都需要 HC 灯以及用于校准的标准品 (CRM)。对于火焰原子吸收系统，必备部件主要是样品引入系统的部件，例如撞击球、燃烧头清洁条、雾化器组件、毛细管等。如果雾化器发生堵塞或损坏，可以将其拆开，更换组件后继续使用。

虽然本文没有重点介绍其他原子吸收技术，但我们提供了一些您可能需要必备的重要消耗品。对于石墨炉原子吸收系统，您应当备有石墨管、样品瓶、用于自动进样器的分配毛细管和进样针以及基体改性剂。对于氢化物发生原子吸收系统，您应当备有石英原子化池、蠕动泵管线和连接管线。

安捷伦提供一系列消耗品工具包，我们称之为操作备件工具包，基本上将您需要的所有备件都打包到一个部件号中。我们提供用于火焰原子吸收系统（图 7）、石墨炉原子吸收系统以及某些其他技术或者您可能正在使用的某些其他附件的工具包。其中每种工具包都包含支持仪器操作所需的所有组件，通常能够满足一年的常规操作需要。

### 操作备件工具包中的组件

1 个雾化器文丘里管，PEEK

1 个雾化器毛细管工具包

1 个氟化雾化器模块

1 包玻璃撞击球，5/包

1 包高盐毛细管，3 m

1 个 Mark 7 O 形圈，适用于水溶液样品

1 包氟化扰流器，5/包

1 包燃烧头清洁和校准卡，100/包



图 7.

备有其中一种工具包是确保您随时获得所需备件的一种非常便捷的方式。这些操作备件工具包可以每年订购一次，以确保全年获得最佳的仪器性能。

### 火焰原子吸收系统



**Agilent 55 和 200 系列**  
包括快速序列火焰原子吸收系统和高性能石墨炉系统。

### MP-AES



**Agilent 4210 MP-AES**  
使用空气运行，具有极低的使用维护成本和更高的安全性。

### ICP-OES



**Agilent 5110 ICP-OES**  
是全球分析效率最高的唯一一款同步垂直双向观测 ICP-OES。

### ICP-MS



**Agilent 7800 和 7900 ICP-MS**  
是稳定、灵敏、准确且简便易用的四极杆 ICP-MS。

### ICP-MS/MS



**Agilent 8900 ICP-MS/MS 具有 MS/MS 模式，能够在反应模式下实现对干扰去除的独特控制。**

引领原子光谱创新之路

图 8.

图 8 为安捷伦原子光谱产品组合概览。安捷伦提供种类齐全的原子光谱仪器，涵盖从火焰原子吸收系统到高端 ICP-MS/MS（提供 MS/MS 功能，能够在反应模式下实现对干扰去除的独特控制）的各种仪器。无论您使用哪种技术，也无论您进行哪种类型的分析，您都可以完全相信，安捷伦能为您提供特定应用所需的所有产品。

## 总结

我们提供了一些技巧和指南，帮助您获得最佳性能并帮助您利用仪器获得高质量数据。您面对的大多数挑战都取决于样品引入系统的条件和设置。通过重点关注样品引入系统（燃烧头、雾化室和雾化器）的设置、条件和维护，并对这些区域进行妥善维护，将帮助您实现最佳性能。

样品引入系统中任何部位的沉积物都会影响样品引入火焰的速率，从而导致信号漂移并可能造成污染。妥善维护这一区域，可以帮助您改善结果、提高数据质量并克服潜在的问题。制定日常维护程序，有助于为分析人员提供识别并纠正问题的简单方法。

这些技巧和指南将帮助您维护仪器，实现仪器的最佳性能，进而获得最高的分析效率。

## 资源

最后，本文提供了一些可以帮助您的其他资源。安捷伦最近推出了“原子吸收资源中心”，这是一个面向所有原子吸收仪器用户的信息页面 ([www.agilent.com/en/promotions/aa-resources](http://www.agilent.com/en/promotions/aa-resources))。“原子吸收资源中心”的一个关键功能是提供了众多维护和故障排除视频，内容涵盖火焰原子吸收系统、石墨炉原子吸收系统和 HC 灯。

下面列出了可为原子吸收仪器用户提供支持的其他资源：

[灯常见问题解答](#)

[原子吸收系统部件和备件](#)

[应用简报](#)

[光谱消耗品目录](#)

[标准品/CRM](#)

[适用于珀金埃尔默仪器的备件](#)

[原子光谱网络研讨会](#)

[原子吸收系统快速参考指南](#)

## 作者简介

Eric Vanclay 是位于澳大利亚墨尔本的安捷伦科技公司的光谱备件产品销售经理。他于 1985 年毕业于澳大利亚墨尔本的莫纳什大学，获得化学专业理学学士学位。Eric 于 1988 年加入瓦里安，曾担任多个职位，包括原子吸收产品专员、原子吸收产品经理、出口营销经理、欧洲现场销售/应用专家（原子光谱）、ICP-OES 产品经理和 MP-AES 产品经理。在安捷伦科技公司收购瓦里安之后，Eric 担任光谱备件产品营销经理，负责光谱备件的现场销售支持、客户支持、产品开发和营销。他在各种原子光谱技术方面拥有 30 多年的经验。



查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://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](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

[www.agilent.com](http://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4月11日，中国出版  
5994-0858ZHCN

