

# 使用原子吸收光谱 分析食品和饮料

创新技术的问答指南



# 目录

前言	3
<b>用于分析食品和饮料的新型原子吸收光谱技术?</b>	4
问：原子吸收光谱在食品检测实验室中的应用有多广泛?	4
问：原子吸收光谱是一种成熟的技术。 该技术如何满足日益严格的法规要求?	5
问：如何将原子吸收用于乳制品的质量控制?	5
问：与其他新方法相比，使用自动原子吸收光谱 技术有什么优势?	6
问：您如何分析葡萄酒等饮料样品?	7
问：使用原子吸收光谱快速序列技术可节省多少时间?	8
问：火焰原子吸收光谱仪是否可用于分析低浓度砷或汞 等重金属?	8
问：如何测定其他低浓度重金属（例如铅和镉）?	9
问：如何优化火焰原子吸收系统？能否提供一些相关提示， 帮助我完成优化？	10
问：能否概述火焰原子吸收光谱仪的常规维护计划？	10
问：石墨炉原子吸收光谱仪的优化和维护计划是否不同？	11
问：哪些是确保原子吸收光谱仪持续运行的常用备件？	11

# 前言

原子吸收 (AA) 光谱也许不是一种新的分析技术，但这并不意味着它没有其他新型工具重要。原子吸收光谱技术伴随了许多分析方法和法规的演变和发展，直到今天，许多实验室仍将其作为核心的样品分析技术。

原子吸收光谱仪能够持续受欢迎的原因有很多，例如较低的采购价格和运行成本。原子吸收技术也在不断发展，使得实验室在准备投资其他技术时，既可以保持这些工具的相关性，又可以简化向其他选项的过渡。

在本电子书中，我们将介绍原子吸收技术满足现代食品分析日益严格的要求的一些重要方式，包括：

- 原子吸收光谱的传统和现代用途
- 法规问题
- 火焰原子吸收光谱与石墨炉原子吸收光谱的用途
- 乳制品的质量控制
- 自动化
- 重金属分析
- 以及挑战性基质（例如葡萄酒）



## 火焰原子吸收方法开发基础导论

本快速参考电子版基础导论可帮助您为 60 多种元素设置仪器和操作条件，并提供获得最佳性能的小技巧，另外还包括食品和农业、环境、化学品、矿物等领域中样品类型的应用指南。

[立即下载](#)



## Agilent 200 原子吸收光谱仪视频

安捷伦原子吸收光谱仪具有高效、易用和可靠的特性。观看本视频，了解安捷伦原子吸收光谱仪如何帮助您解决分析难题。

[观看视频](#)

# 用于分析食品和饮料的新型原子吸收光谱技术

虽然几十年来原子吸收 (AA) 光谱都是分析实验室中的常用技术，但它对于现代分析的重要性和相关性丝毫未减。随着法规日趋严格（使分析工作变得更加复杂），原子吸收光谱仪不断发展并一直是食品分析的首选技术。用于分析葡萄酒和牛奶等复杂基质的火焰和石墨炉原子吸收光谱创新，仅仅是该技术不断发展的一个缩影。

**问：原子吸收光谱在食品检测实验室中的应用有多广泛？**

**答：**几十年来，原子吸收光谱已成为用于食品分析和许多其他应用的成熟技术。使用这种技术，可以在火焰或石墨炉中将样品原子化。原子吸收光谱技术可以分析 60 多种元素，涵盖从亚 ppb 级到百分级的广泛分析范围。

该技术尤其适用于每天处理几个到 100 个样品且最多分析 8 种元素的应用。

火焰原子吸收光谱可以定量分析食品样品中的多种营养元素，例如钠、钾、钙、镁和铁。元素分析对于产品标签和质量控制具有重要意义。

铅、镉和砷等重金属的定量分析主要采用石墨炉原子吸收光谱。

在过去十年中，出于许多充分的理由，原子吸收光谱在食品和饮料行业中的使用显著增加。这一成熟的技术既稳定又简单易用。原子吸收方法的灵敏度和准确度足以满足大多数食品的分析要求。重要的是，原子吸收光谱的运行成本相对较低。事实上，原子吸收光谱仪在适用于食品分析的所有同类技术（例如电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 或电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-OES)）中价格最低。与 ICP-OES 或 ICP-MS 技术相比，原子吸收光谱的干扰较少，因此分析更加简单。

同时还非常便利。如果购买原子吸收光谱仪，则可以使用成熟方法运行食品样品。您无需花时间进行方法开发和优化，只需安装原子吸收光谱仪，即可使用可用的模板方法，验证方法，然后很快开始运行样品进行常规分析。

## 问：原子吸收光谱是一种成熟的技术。该技术如何满足日益严格的法规要求？

**答：**自 1980 年代以来，火焰和石墨炉原子吸收技术已十分完善。相比之下，ICP-OES 和 ICP-MS 技术拥有近 20 年的常规应用历史。因此，制定法规时考虑了火焰原子吸收光谱和石墨炉原子吸收光谱。多年来，食品安全已成为世界消费者安全领域中一个越来越重要的话题。食品法规有所增加，尤其是与有毒金属的痕量元素分析相关的法规。如果新的法规和标准基于 ICP-OES 和 ICP-MS 技术，则将继续对旧版原子吸收法规进行修订和使用。

需要注意的是，涉及火焰原子吸收光谱的国际或国家标准一次主要涵盖一到两个元素。例如，有一个标准用于分析牛奶中的锌。您还可以找到用于分析葡萄酒中铁和铜的其他标准。另一个标准则涵盖了葡萄酒中钙、镁和钾等元素的分析。

因此，如果要分析全系列钠、钾、钙、镁、铁、铜和锌，将涉及到多个采用火焰原子吸收的标准方法。对于石墨炉原子吸收，则有单独用于镉、铅和砷的定量标准。

相比之下，采用 ICP-OES 或 ICP-MS，仅需使用一个标准即可分析葡萄酒中的所有元素。我们有大约 15 个用于牛奶和葡萄酒的原子吸收分析标准，但采用 ICP-ES 或 ICP-MS 的标准则分别只有两个。

## 问：如何将原子吸收用于乳制品的质量控制？

**答：**牛奶的元素分析对于满足质量控制和产品标签要求具有重要意义。通过简单的火焰原子吸收光谱技术可以分析食品中的许多此类元素。

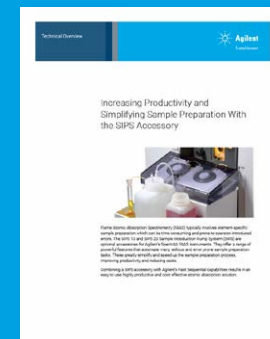
随着全球越来越多的食品进出口，行业需要更好的质量控制方法。一些实验室正在寻找每天能够高效、准确地分析多达 100 个牛奶样品的优化原子吸收系统。这种优化必不可少，因为依靠分析人员每天手动运行大量样品效率低下。

食品实验室中经常因出现错误结果而进行重新测量。由标样前处理不当、样品前处理错误（包括稀释）以及错误添加电离缓冲液导致的错误均可能造成样品重新测量。

如果您的实验室每天分析 100 个样品，则需要配制多达 10 个校准标样、稀释样品和/或添加电离缓冲液。这些步骤在食品实验室中非常常见，并且可能在分析中引入污染和错误。

火焰原子吸收分析步骤（例如仪器校准和样品前处理）可自动完成，从而避免潜在的误差来源。此外，自动化还具有改善分析工作流程和降低成本的优势。

安捷伦样品引入泵系统 (SIPS 20) 是一款用于火焰原子吸收光谱仪的附件。SIPS 20 使用自动夹紧的双蠕动泵，从单一标样原液自动配制多达 10 种标样系列溶液。该附件无需手动配制多个校准标样，可实现对超范围样品快速、准确的在线稀释，并在分析过程中在线添加电离缓冲液。SIPS 20 可以自动分析食品样品（例如乳制品），其中钠和钾的浓度通常较高。高浓度通常需要添加电离缓冲液和稀释超量程样品。



## Agilent SIPS 20 附件

在本技术概述中了解有关样品引入泵系统 (SIPS 20) 附件的更多信息。

[立即下载](#)

## 想象一下使用空气进行元素分析

Agilent 4210 MP-AES 能够完美替代原子吸收光谱仪用于元素分析。该技术使用空气代替易燃气体，并能够：

- 节省时间并降低运行成本
- 提高实验室安全性
- 提供比火焰原子吸收更出色的分析性能
- 实现可靠、无人值守的多元素过夜运行

下载手册了解更多信息

## 问：与其他新方法相比，使用自动原子吸收光谱技术有什么优势？

**答：**原子吸收光谱是最简单的技术，尤其是在使用自动进样器和 SIPS 20 等附件创建全自动分析时。您可以使用 ICP-OES，甚至是 ICP-MS 仪器，但它们的成本明显高于原子吸收光谱仪。火焰原子吸收系统的购买价格不到 ICP-OES 的一半，且至少比 ICP-MS 便宜四到五倍。

与原子吸收光谱相比，ICP-OES 和 ICP-MS 的另一大区别在于样品的气化和原子化方式。ICP 技术使用氦气等离子体原子化/电离样品。与自动化火焰原子吸收技术中使用的空气和乙炔相比，氦气的价格明显更高。

火焰原子吸收也存在缺点。将仪器留在实验室中无人值守运行十分危险，尤其是过夜运行。相反，让 ICP 仪器无人值守运行则不是问题。

最新的元素分析技术是安捷伦开发的微波等离子体原子发射光谱仪 (MP-AES)。微波等离子体技术依靠空气运行，利用从周围环境中提取的氮气。由于无需使用易燃气体，因此该仪器可在无人值守的条件下运行。MP-AES 的价格介于火焰原子吸收光谱仪和 ICP-OES 之间。与火焰原子吸收光谱仪相比，MP-AES 的价格、检测限以及改善的动态范围使其成为食品分析实验室的理想选择。我们相信，未来许多火焰原子吸收光谱仪用户将完全出于成本考虑而改用微波等离子体仪器，而不是氦等离子体系统。

## 问：您如何分析葡萄酒等饮料样品？

**答：**葡萄酒是一种复杂基质。样品中包括乙醇、糖、单宁和其他有机物质。葡萄酒质量控制的主要内容之一是测量铁和铜等金属的浓度。必须对这些金属进行控制，确保它们不超过可能影响葡萄酒质量和口感的特定浓度。由于类似的原因，钙和钾的含量是酿酒师装瓶前必须掌握的重要信息。

对于葡萄酒分析，可以使用国际葡萄与葡萄酒组织 (OIV) 开发的方法。这些方法涵盖了通过火焰原子吸收光谱仪、ICP-OES 或 ICP-MS 对特定元素（例如钠、钾、钙、镁、铁、铜、锌和锰）的分析。同样，火焰原子吸收最简单易用，同时可提供良好的灵敏度和准确度，并消除 ICP 技术中可能存在的干扰。

葡萄酒和饮料需要测定多种元素。火焰原子吸收通常一次测量一种元素，这就需要将一个样品多次提交给光谱仪，从而分析各样品中的所有所需元素。

安捷伦火焰原子吸收光谱仪具有名为快速序列 (FS) 模式的功能。使用这种模式，每次提交样品溶液时都会测量多种元素。FS 模式同时打开仪器的所有空心阴极灯，且吸入一次样品即可测量葡萄酒中的所有八种元素。在这种模式下使用原子吸收光谱仪，可使仪器以类似于 MP-AES、ICP-OES 和 ICP-MS 仪器的方式运行。

SIPS 20 附件通过单一标样原液自动校准仪器简化了葡萄酒的分析。如有必要，它还可以稀释样品和引入电离缓冲液。在 FS 模式下，吸入一次样品即可分析所有八种元素，从而减少样品混合错误并简化分析工作流程。

FS 模式具有多种优势，例如大大缩短分析时间并减小样品体积。该功能还可减少仪器消耗的气体量，从而降低操作成本。使用多元素灯，甚至是四灯位仪器，可通过单个溶液完成 14 种元素的分析。

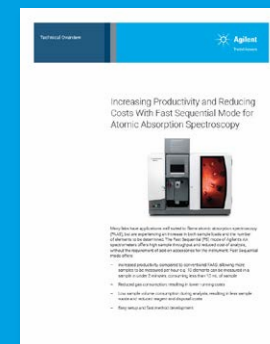
安捷伦仪器还具有名为精度优化测量时间 (PROMT) 的软件功能。该功能使您能够设置精度可接受标准，从而优化并缩短测量时间。FS 模式、SIPS 20 和 PROMT 这些功能结合在一起，可节省大量的时间，并且不会影响精度。

根据 OIV OENO 18/2003 标准，钠和钾需要电离缓冲液。同样，在分析过程中可以使用 Agilent SIPS 20 附件自动添加电离缓冲液，从而减少所需的手动前处理。

Agilent SIPS 20 功能还可用于避免手动基质匹配。通常，在测量葡萄酒样品时，有必要使用大约 12% 的乙醇进行加标，以匹配葡萄酒中正常的乙醇浓度。SIPS20 可自动执行基质加标，从而最大程度减小任何基质效应。在无法进行基质匹配的情况下，SIPS 20 还可以利用单一储备液自动执行标样添加方法。

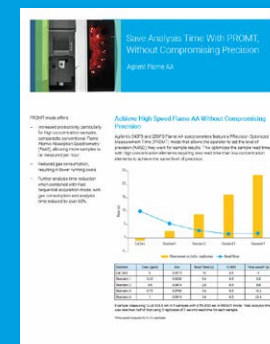
内标校正是另一种有用的功能，仅在使用安捷伦火焰原子吸收光谱仪的 FS 模式时可用。无需基质匹配即可控制基质效应，因此可实现样品的直接分析。使用 FS 模式和 SIPS 20 附件，通过内标控制基质效应（例如 MP-AES、ICP-OES 或 ICP-MS 系统）简化了样品分析。

您还可以使用为 240 FS、SIPS 20 和 PROMT 模式开发的特定模板。该模板包括 14 种元素和 18 个波长，并经过预校准，可在不到 2 分钟的时间内在火焰原子吸收光谱仪中对样品进行半定量分析，从而更深入地了解样品。



在本技术概述中了解有关快速序列 (FS) 模式的更多信息

[立即下载](#)

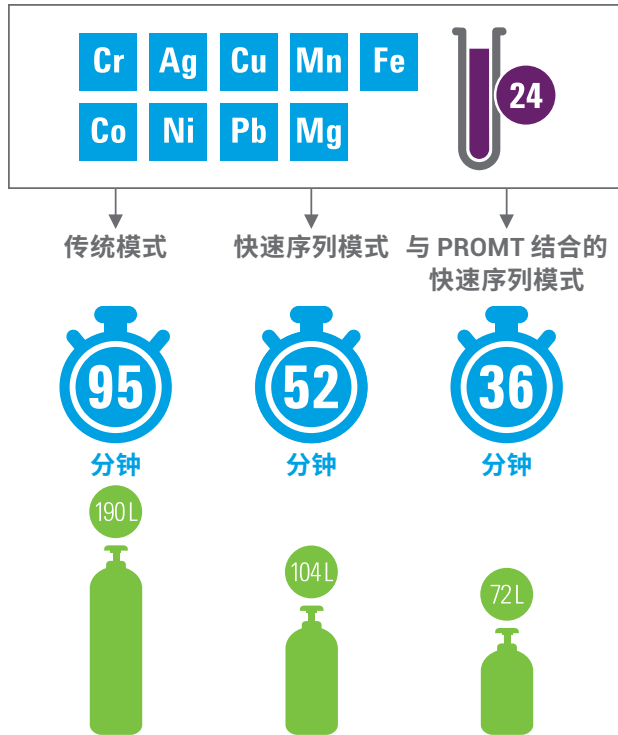


了解精度优化测量时间 (PROMT) 模式如何帮助您将样品结果的精度水平设定为特定值。

[立即下载](#)

### 问：使用原子吸收光谱快速序列技术可节省多少时间？

答：与传统的原子吸收光谱测量相比，FS 模式可使工作效率提高约 35%–50%。节省的总时间取决于元素数量和重复分析次数。下图所示为 FS 模式以及与 PROMT 软件功能结合的 FS 模式节省的时间和气体示例。

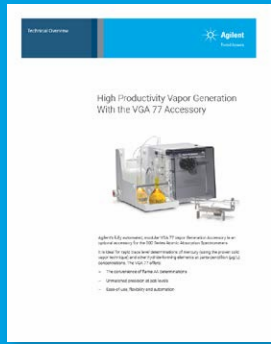


采用三种不同模式对 24 个样品中的 9 种元素进行定量分析：传统 FAAS 模式（对每种元素 3 秒内测量的峰进行 3 次积分）、快速序列模式，以及与 PROMT 采集结合的快速序列模式。该分析使用自动进样器，包括校准零点空白和三个标样。每检测 10 个样品后进行 5 秒冲洗

### 问：火焰原子吸收光谱仪是否可用于分析低浓度砷或汞等重金属？

答：法规要求食品生产商严格控制砷和汞等重金属含量。使用 Agilent VGA 77 氢化物发生附件的火焰原子吸收光谱仪可用于分析 ppb 级甚至亚 ppb 级的砷和汞等氢化物元素。

使用氢化物发生法，样品经预还原过程，然后与硼氢化钠反应生成挥发性金属氢化物。汞转化为原子蒸气，而砷等其他形成氢化物的元素则需要通过火焰或电加热。然后将样品传输到光谱仪测量目标元素。氢化物发生的主要优势在于将分析物与基质分离。这种分离可以减少甚至消除干扰，并提高灵敏度。但是，需要注意的是，这种氢化物发生技术只能用于少量的元素，例如砷、硒或汞。



了解 Agilent VGA 77 氢化物发生附件如何通过低至 ppb 级的检测和自动化提供方便的火焰原子吸收操作

[立即下载](#)

## 问：如何测定其他低浓度重金属（例如铅和镉）？

**答：**在大多数监管环境中，火焰原子吸收无法达到铅和镉的定量限要求。氢化物发生技术也无法提供帮助。因此，我们必须使用另一种技术：石墨炉原子吸收光谱。

石墨炉原子吸收光谱 (GFAAS) 是一种极其灵敏的技术。GFAAS 可用于实现与砷和汞氢化物发生相同的 ppb 或亚 ppb 级分析。它能够以明显低于 ICP-MS 的价格提供与其相似的灵敏度，使食品实验室能够轻松使用。

石墨炉原子吸收光谱法的速度远低于火焰原子吸收光谱法。每次重复进样大约需要两分钟。完成三次重复进样需要 6 分钟，而火焰原子吸收光谱法只需要 6 到 9 秒。

大多数使用石墨炉仪器的实验室都使用自动进样器自动执行常规的标样和样品前处理任务。PSD 120 自动进样器是所有安捷伦 GFAAS 仪器的标准功能，可以准确地配制校准标样和执行样品前处理，包括改性剂添加和稀释。

塞曼背景校正是最有效的背景校正技术，可确保最复杂基质中分析物元素的准确定量。对于牛奶和葡萄酒等食品样品而言，这一技术必不可少，这些样品具有浓度高度变化的糖、盐和其他有机化合物组成的复杂基质。

由于通常需要了解分析物的化学性质，因此石墨炉分析可能具有挑战性。安捷伦的化学计量学软件表面响应技术 (SRM) 可以帮助您确定石墨炉分析的三个关键参数之间的最佳关系：

- 灰化温度
- 原子化温度
- 分析物吸光度

SRM 向导使用 12 个代表性样品的测量自动开发方法，旨在优化灵敏度和准确度。该向导可确保对镉和铅等受控元素进行高性能的低浓度定量。

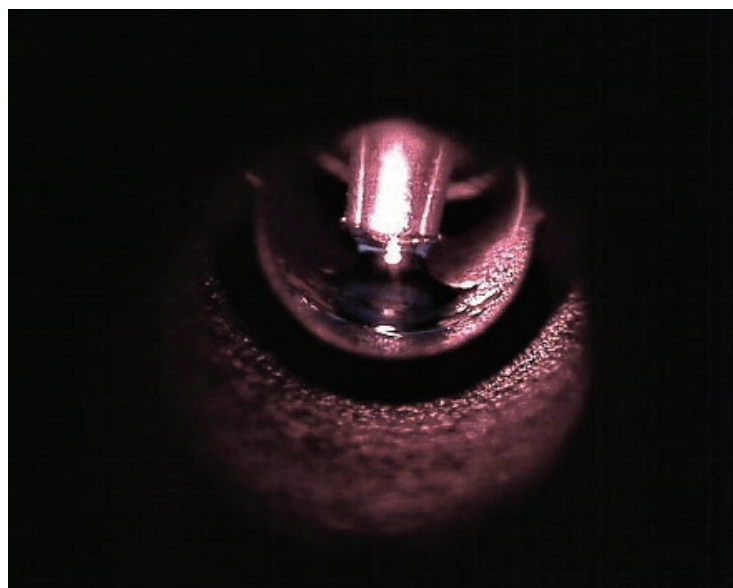
此外，随附的高清彩色摄像头“Tube-Cam”可实时观测石墨管的内部情况。您可以使用此工具监控关键干燥步骤，查看样品是否正确分配以及沸腾或干燥良好。

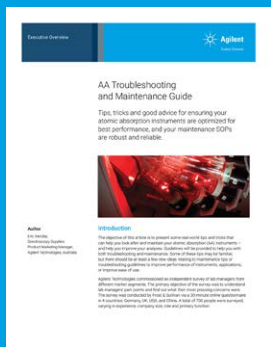


## 白皮书：利用表面响应技术优化 GFAAS 灰化和原子化温度

下载本白皮书，了解如何使用表面响应技术优化石墨炉温度。

[立即下载](#)





## 原子吸收光谱系统故障排除与维护指南

深入了解优化原子吸收光谱仪的实用技巧，以及如何确保您的方法稳定可靠。

[立即下载](#)

**问：如何优化火焰原子吸收系统？能否提供一些相关提示，帮助我完成优化？**

**答：**Agilent Mark 7 火焰原子化系统提供了常规处理高基质样品（例如食品和饮料样品）的性能，并具有实现高灵敏度的灵活性。

首先检查是否将扰流器安装在雾化室内。建议将它们用于大多数应用。

使用安捷伦燃烧头对准和清洁条确保燃烧头与空心阴极灯的光线准确对准。检查雾化器提升速率也是一种很好的做法。理想情况下，吸取速率应当接近 5 mL/min。必要时进行调整。

然后吸取校准标样并优化撞击球位置，帮助您获得最佳的灵敏度和精密度组合。

这些调整还将帮助您降低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。

此外，在分析结束时，应该使用长时间冲洗程序冲洗样品引入系统。这意味着在您下次需要进行分析时发生堵塞的概率更低。



**问：能否概述火焰原子吸收光谱仪的常规维护计划？**

**答：**这些是火焰原子吸收系统的推荐维护计划，维护时间可能因应用和工作量而异。必要时予以调整。

在使用仪器之前，您需要完成一些检查。

- 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（无碳或基质积聚）

分析完成后，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。应使用金属抛光物质（如“Brasso”）清洁燃烧头内部和外部的缝隙。安捷伦燃烧头清洁条可轻松清洁燃烧头内部的缝隙。经过精心抛光的燃烧头将为您提供更出色的性能，并能有效避免堵塞。

清洁雾化室很简单，只需将其拆开并用清洗溶液清洗即可。在此过程中，对所有组件（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 形圈有划痕或发生损坏或拉伸，请立即更换，以确保良好的密封。

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。

### 问：石墨炉原子吸收光谱仪的优化和维护计划是否不同？

答：我们介绍的火焰原子吸收光谱仪优化和启动原理同样适用于 GFAAS 仪器。

在使用 GFAAS 仪器之前，您需要完成一些检查。

- 在运行开始时检查钢瓶中是否存在足够的惰性气体
- 检查排气系统是否正常工作
- 检查清洗瓶中是否存在足够的溶液，以及是否加入几滴洗涤剂使其酸化（改善分配并保持毛细管尖端清洁）
- 检查石墨管的状况。使用点火计数器监测石墨管的使用寿命，并在必要时进行更换（定期更换石墨管有助于实现最佳性能）
- 确保工作台位置已针对最大光通量进行了优化
- 确认自动进样器的分配毛细管已对准，可将样品分配到石墨管中。使用 Tube-Cam 检查分配高度是否正确

然后检查石墨炉程序中设定的温度和时间是否经过优化，特别是干燥条件。使用 SRM 向导和 Tube-Cam 协助进行。

然后进样校准标样，并确认是否获得所需的灵敏度和精密度。该系统现可用于分析。

GFAAS 的维护主要针对工作台和自动进样器。更换石墨管时，请检查石墨电极的状况并擦拭除去所有残留物。一般而言，电极的使用寿命至少为一年。

分析完成后，最好去除进样孔周围积聚的所有残留物。然后不要忘记清空废液容器。

定期检查自动进样器的分配进样针是否存在密封垫泄漏，并检查仪器上的光学窗片，在必要时进行清洁。

### 问：哪些是确保原子吸收光谱仪持续运行的常用备件？

答：所有仪器都需要使用空心阴极灯，以及用于配制校准标样以及您正在使用的任何离子抑制剂或改性剂的有证标准物质 (CRMs)。

对于火焰原子吸收系统，建议备有样品引入系统的部件，例如备用撞击球、燃烧头清洁条、雾化器组件和毛细管等。确保在雾化器发生堵塞或损坏时，可以将其拆开，更换组件后继续使用。

对于石墨炉原子吸收系统，您应当备有备用石墨管、样品瓶、用于自动进样器的分配毛细管和备用进样针。

对于氢化物发生原子吸收系统，您应当备有备用石英原子化池、蠕动泵管线和连接管线。

安捷伦提供一系列操作备件工具包，将您需要的所有备件都打包到一个工具包中。它们可用于火焰原子吸收、石墨炉原子吸收和氢化物发生原子吸收系统。其中每种工具包都包含支持仪器操作所需的所有组件，能够满足一年的常规操作需要。备用工具包是确保您随时获得所需备件的一种便捷方式。

了解更多信息：

[www.agilent.com/chem/aa-systems](http://www.agilent.com/chem/aa-systems)

如需获取技术问题的答案和安捷伦社区的资源，请访问：

[community.agilent.com](http://community.agilent.com)

安捷伦客户服务中心：

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)

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

DE.44229.8264236111

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2021

2021年2月4日，中国出版

5994-2984ZH-CN

