

Agilent CrossLab CS 模块系统电子检漏仪

简便易用、可更换的模块化气体检漏仪和流量计系统

前言

检漏仪是任何生产或使用气体的设施的重要组成部分。使用昂贵的高纯度或危险气体进行色谱、光谱或质谱等分析技术操作的实验室日常采用检漏仪监测气体。图 1 所示为 Agilent CrossLab CS 模块系统电子检漏仪工具（部件号 G6693A），它能够对整个实验室或现场的各种气体类型的管线和接头进行泄漏检测或验证其是否无泄漏。该电子检漏仪的灵敏度高于使用肥皂液或甲醇和水时的灵敏度。此外，这些溶液可能成为污染源，且不应用于内部仪器接头，从而使检漏仪成为更好的分析应用选择。



图 1. Agilent CrossLab CS 模块系统电子检漏仪设计用于检测非腐蚀性气体（包括气体混合物）的泄漏

轻松为检漏仪供电

为确保电子检漏仪在需要时随时可用，它可以由三节碱性 AA 电池供电或通过 USB 连接器充电。如果使用 USB 连接器与计算机连接，该检漏仪将通过 USB 端口（提供 USB 电缆）和检漏仪 USB 驱动程序与连接的 PC 通信。操作手册中提供了有关驱动程序的更多信息。该系统不会为电池充电。

始终获得最新的固件版本

通过 USB 连接至用于快速、简便地更新固件的 Web 界面，使您能够直接将新特性和功能下载到检漏仪，并在需要时升级固件。

更大的 OLED 屏幕和 CS 主体

电子检漏仪上的 OLED 屏幕（图 2）比旧款设备更大，更易于读数，即使在弱光条件下也是如此。如果检测到气体泄漏，将发出报警声。此外，屏幕上会显示条形（条形数量表示泄漏程度）和“Leak”（泄漏），如图 3 所示。

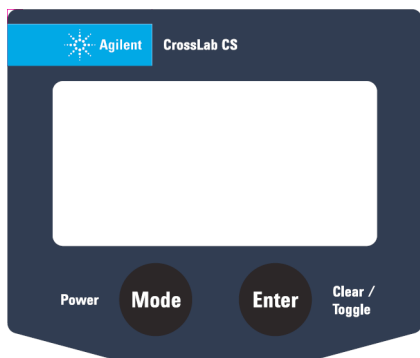


图 2. Agilent CrossLab CS 电子检漏仪正面

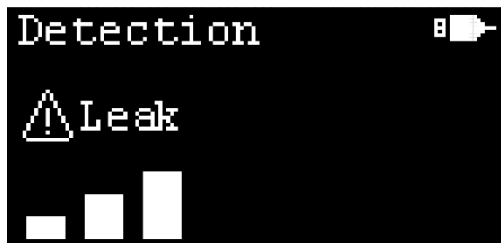


图 3. OLED 屏幕上的泄漏鉴定示例

CS 电子检漏仪的主体类型与 Agilent ADM 流量计（部件号 G6691A）相同，并包括一个支架，无需手动操作。在固件更新后，电子检漏仪随附的检漏仪模块（G6694A）也向后兼容 ADM 流量计模块。流量计校准模块也置于 CS 主体中。这种灵活的设计意味着您可以在使用相同主体或模块的流量计与检漏仪之间进行切换，如图 4 所示。



图 4. 包含可更换检漏仪和流量计校准模块的 Agilent CrossLab CS 套装

快速启动

检漏仪具有 50 秒的快速预热周期，但也可以通过按 **Mode**（模式）按钮跳过此阶段（图 5）。

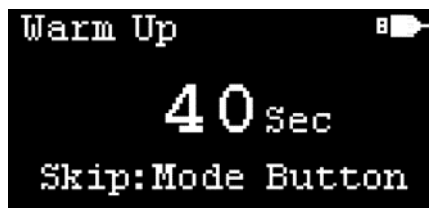


图 5. Agilent CrossLab CS 电子检漏仪预热界面

检漏仪响应

预热程序完成后即可使用电子检漏仪。处于洁净的环境空气中时，显示屏将显示闪烁的单个条形。该检漏仪通过比较环境大气（空气）与目标气体（包括氮气和氧气）的热导率来发现泄漏。它不会检测压缩空气或“仪器空气”，因为这些气体与参比气（环境空气）相同。

该检漏仪的灵敏度取决于目标气体与周围环境的相对热导率。因此，热导率差异越大，实现微小泄漏检测的灵敏度和能力就越出色。

分析仪器

检漏仪通常用于检测各种实验室仪器内部和周围的泄漏。热导率数据（表 1）和可检测的泄漏速率（表 2）可用于确定能够轻松检查哪些仪器连接点处的泄漏以及灵敏度水平。典型仪器包括气相色谱仪 (GC)、气质联用系统 (GC/MS)、电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-OES)、ICP 质谱仪 (ICP-MS)、液质联用系统 (LC/MS) 和微波等离子体原子发射光谱仪 (MP-AES)。

表 1. 常见气体在 0 °C 和一个标准大气压下的热导率

气体	热导率 (mW/m·K)
氢气	168.2
氦气	142.2
氟气	46.5
甲烷	30.2
氧气	26.7
空气*	24.1
氮气	24.0
乙烷	18.0
乙烯	16.4
氙气	16.3
二氧化碳	14.5
氪气	8.7
氩气	5.2

* 无法检测参比气

表 2. 所选气体的最低可检测泄漏速率计算值以及用作气体含量指示器的条形样式

气体	最低可检测泄漏速率 (mL/min)	用于指示气体水平的条形类型
氢气	0.0025	实心条
氦气	0.003	实心条
甲烷	0.014	实心条
氮气	1.0	空心条
氙气	0.03	空心条
二氧化碳	0.03	空心条

该检漏仪对 GC 分析所用的典型载气（氢气和氦气）具有高灵敏度，并且可以检测约 3 $\mu\text{L}/\text{min}$ 的最低泄漏速率。氙气在 ICP-MS 和 ICP-OES 中通常用于生成等离子体，并用作雾化载气。使用该检漏仪可检测最低泄漏速率为 0.03 mL/min 的氙气。具体而言，对于安捷伦 ICP-MS，八极杆反应池系统 (ORS⁴) 碰撞/反应池 (CRC) 中分别使用氦气和氢气作为碰撞气体和反应气体。正如前文针对 GC 分析所述，使用该检漏仪可轻松检测这两种气体。氧气与氙气 (20:80) 的混合物通常用于使用 ICP-OES 和 ICP-MS 所进行的有机物分析，这种气体混合物的泄漏也可以通过该电子检漏仪进行鉴定。甲烷是化学电离 (CI) GC/MS 的常用反应气，也可用作 ICP-MS 中的 CRC 气体，可使用该检漏仪进行检测。但是，该检漏仪不能用于检查氦气（用于 CI 的另一种反应气和某些 ICP-MS 分析中使用的可选 CRC 气体）泄漏。因为氦气是一种腐蚀性气体，而腐蚀性气体会损坏该检漏仪。请参阅操作手册，了解相关安全信息。

警告：不得将该检漏仪用于腐蚀性气体。

使用检漏仪

为确保准确度并获得清晰的基线，只需在探测可疑的泄漏区域之前，将吸枪置于环境空气中，然后按下并松开 Enter/Clear/Toggle（输入/清除/切换）按钮即可。为确定连接点是否存在泄漏，请将采样吸枪的尖端置于连接点附近，如图 6 所示。在泄漏检查过程中，确保采样吸枪处于开启状态且无堵塞。为防止探测器受热或振动，应避免吸枪尖端接触连接点。此外，还应避免摆动采样吸枪，因为快速的空气流动可能导致读数错误。



图 6. 使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查阀系统是否存在泄漏的示例

该检漏仪只能用于检查干燥气体接头，因为该检漏仪会对水蒸气（例如汗液或最近用肥皂或甲醇/水溶液进行过泄漏检查的接头）产生正响应。

当检测到气体泄漏时，屏幕上会显示条形以及“Leak”（泄漏）。条形数量与泄漏程度成正比。最多可以显示 8 个条形，表示大量气体泄漏。当条形数量为 3 个及以上时，屏幕上的泄漏警报标志将闪烁，蜂鸣器将发出声音警报。

利用两种样式的条形指示进入检测器的气体类型，如图 7 所示。

- **实心条：**热导率高于空气的气体发生泄漏
- **空心条：**热导率低于空气的气体发生泄漏



图 7. 热导率高于空气的气体泄漏 (A) 和热导率低于空气的气体泄漏示例 (B)

在探测环境空气时，屏幕上可能会显示错误的条形读数，这可能是由尖端漂移导致。如需执行重置和基线校正，请将吸枪置于环境空气中并保持两秒，然后按下并松开 Enter/Clear/Toggle（输入/清除/切换）按钮。校正完成后，条形数量重置为零，屏幕上显示“Recalibrated”（已重新校准），表示检漏仪已重新校准。

泄漏检测为何如此重要？

任何使用气体管线和接头的操作都可能存在泄漏问题。即使是少量气体泄漏也可能导致安全问题、生产率降低和成本增加。根据气体不同，泄漏可能会引发爆炸危险、火灾危险或导致大气中氧气不足。泄漏可能将水和空气引入气流和管线。通用或 Gas Clean 气体净化过滤器（或两者共用）有助于捕获污染物。但是，持续、未知的泄漏会使气体过滤器比预期更快达到饱和，导致仪器检测器（例如 GC、GC/MS、ICP-MS 或 ICP-OES）的灵敏度降低和/或基线升高。泄漏还会导致某些消耗品的使用寿命缩短，在气相色谱系统中尤其如此。其次，如果试图生产或收集和供应气体，泄漏会使气体从接头逸出，并可能导致生产和收益损失。此外，如果因泄漏导致气体消耗速率高于预期，则气体供应成本将会增加。

检查并消除从气源到终点的泄漏可以减少安全隐患，并通过减少气瓶的使用或减少供气公司的再填充来降低成本。使用检漏仪对气体管线接头和压力表进行定期泄漏检查可以大幅减少泄漏，并使实验室或现场保持理想条件。

如何检查气体管线接头是否存在泄漏

无论是在实验室还是在其他场所使用气体，都需要检查许多位置是否存在泄漏。最好使用检漏仪检查气瓶压力表、气瓶（或气源）与气体管线最终出口之间的气体管线接头。压力表可重复使用，但它们会逐渐磨损，变得容易发生泄漏，或因螺纹划伤或损坏而导致泄漏。在安装新的气体管线和连接时，最好在用所选气体吹扫管线后对接头进行泄漏检查。如果气体是环境空气或腐蚀性气体，请使用甲醇/水混合物或肥皂溶液法测试这些管线。虽然这些测试并不理想，但它们可用于这些选定的气体。

在许多使用气体的应用中，根据用户的要求，在气源和出口之间安装过滤器以去除水分、烃类或氧气等潜在的污染物。例如，将 Gas Clean 气体净化过滤器系统与氦气和氢气管线配合使用，以去除烃类、氧气和水分。这些化合物会影响仪器的分析性能并缩短仪器消耗品或检测器的使用寿命，因此需要从气体供应中将其去除。

可以使用检漏仪测试与气体过滤器和 Gas Clean 气体净化过滤器系统的连接。在检查泄漏之前，务必确保已使用所需气体（例如氦气）吹扫气体管线，并保持气体流动。检漏仪可以确保 Gas Clean 装置上的环已充分拧紧，因为如果过滤器与底座没有正确密封，将会发生泄漏（图 8）。



图 8. 使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查 Gas Clean 气体净化过滤器装置是否存在泄漏的示例

定期泄漏检查还应包括气体管线接头的末端，无论它是在仪器背面（图 9）还是在其他环境中（图 10）。在首次安装和吹扫气体管线后，泄漏监测尤为重要。



图 9. Agilent 8890 气相色谱仪背面气体接头的泄漏检查示例



图 10. 使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查氦气接头的示例

气相色谱系统的特定泄漏问题

由于气相色谱使用载气，因此除气相色谱仪背面的气体接头以外，还有一些关于气相色谱性能和泄漏的特定问题。如前所述，Gas Clean 气体净化过滤器可以捕获污染物，但未知、持续的泄漏会缩短过滤器的使用寿命，从而导致更频繁的更换。

在从样品瓶到进样口的样品流路中，第一处泄漏隐患存在于进样口隔垫螺帽。进样口隔垫螺帽对进样口隔垫和扳转式顶盖施加压力，以形成无泄漏密封。隔垫/隔垫螺帽严重泄漏会使系统无法达到设定压力，从而导致进样口压力关闭。气相色谱流路包括气相色谱仪背面的载气接头，以及进样口、检测器或微板流路控制技术装置的色谱柱连接。流路中的任何泄漏都可能导致色谱柱寿命缩短和背景信号升高，因为随着时间的推移，氧气会破坏色谱柱的固定相。评估色谱柱运行状态的一种方法是检查空白运行（例如溶剂空白）的信号背景，并将最大值与气相色谱柱分析证书上的值或同一色谱柱以前运行的溶剂空白值进行比较。

图 11 显示了出现泄漏时背景可能发生的情况示例。在使用气相色谱火焰离子化检测器 (FID) 进行高温分析时，根据需要对色谱柱进行了切割，但重新安装色谱柱后出现泄漏。在高达 400 °C 的 16 次运行序列中间隔开的 4 次空白运行的叠加图如图 11 所示。结果表明，随着更多的氧气进入色谱柱，并且在 400 °C 以上保持时间的延长，固定相流失显著增加。最终流失大于 150 pA，导致使用该色谱柱难以检测任何化合物。

对于 GC/MS 系统，泄漏会使水分和氧气进入分析器室。这种侵入会导致调谐失败，背景升高，灯丝和电子倍增器使用寿命缩短，或对泵系统造成不可挽回的损坏。

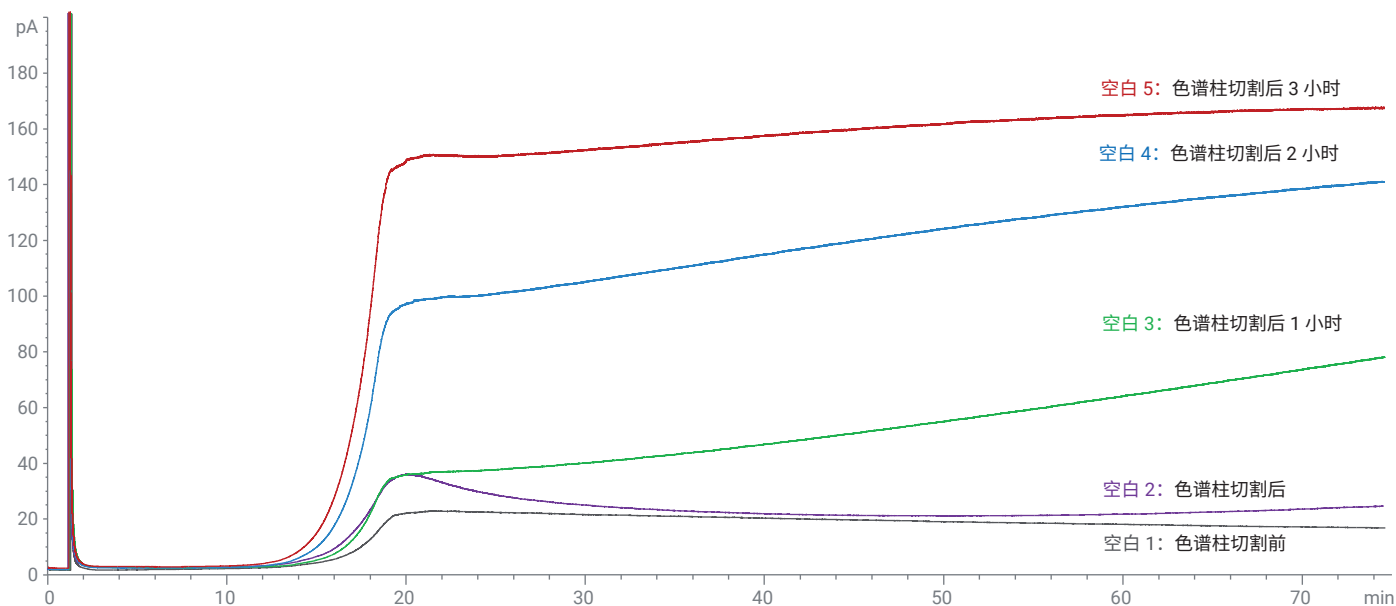


图 11. GC-FID 在高温下运行溶剂空白获得的色谱图比较

GC 或 GC/MS 的泄漏检查

首先，使用检漏仪检查气相色谱仪背面连接到各种压力模块的气体管线接头。请记住，压缩空气或仪器空气与环境空气相同，因此不能使用该检漏仪进行检查。对于仪器的空气连接，可以使用水/甲醇混合物进行泄漏检查。接下来，使用不锈钢锥体内的样品吸枪尖端检查进样口隔垫螺帽或螺帽是否存在泄漏，如图 12 所示。



图 12. 使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查气相色谱进样口隔垫螺帽是否存在泄漏

以下情况可能会导致进样口隔垫螺帽泄漏：

- 隔垫螺帽未充分拧紧
- 隔垫螺帽失去压缩性。如果隔垫螺帽老旧，可能无法向隔垫施加足够的压力以实现无泄漏密封。确保每年更换一次进样口隔垫螺帽
- 隔垫空心化或有裂缝

如果两个进样口均在使用（例如在双柱配置中），务必检查两个进样口是否存在泄漏。

此外，还需使用检漏仪检查扳转式连接的底座与气相色谱进样口焊件，确认扳转式顶盖安装到位。进样口扳转式顶盖安装不当或未充分拧紧可能导致进样口泄漏。在空气浴气相色谱柱温箱内，检查使用的所有色谱柱连接（图 13）：

- 进样口
- 检测器
- 微板流路控制技术 (CFT) 装置连接

A



B

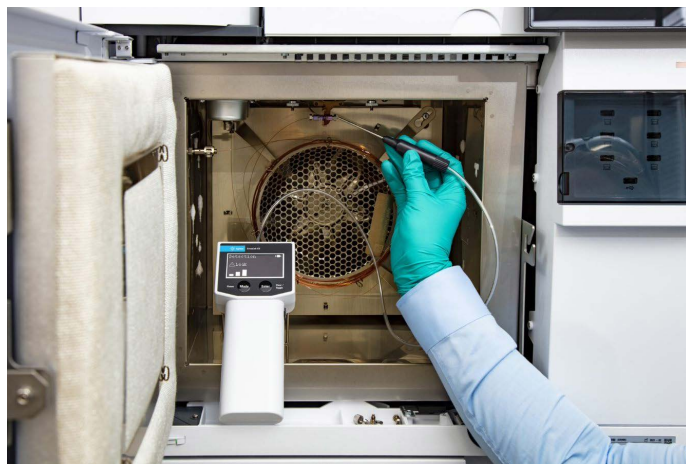


图 13. 检查气相色谱进样口 (A) 和安捷伦微板流路控制技术 (CFT) 装置连接 (B) 是否存在泄漏

Agilent Intuvo 9000 气相色谱仪的外观不同于传统的空气浴柱温箱气相色谱系统，但是仍应使用检漏仪检查每个连接点的接头（图 14）。一些连接点示例如下：

- 进样口-芯片式保护柱连接
- 芯片式保护柱与进样口芯片式流路的连接
- 色谱柱连接
- 检测器尾部连接

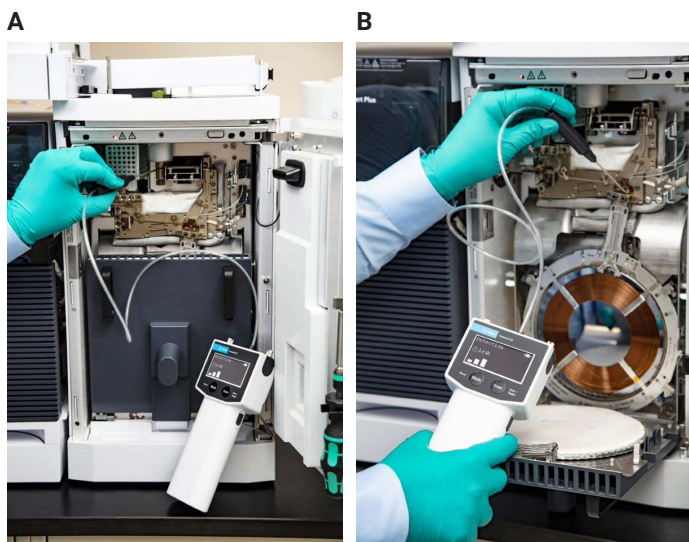


图 14. 检查 Agilent Intuvo 9000 气相色谱仪的进样口-芯片式保护柱连接 (A) 和色谱柱连接 (B) 是否存在泄漏

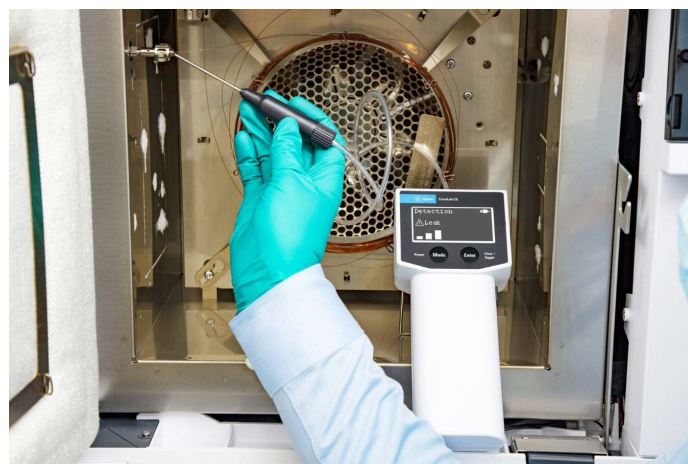
如果您的气相色谱仪包含阀系统，对阀上接头进行泄漏检查（图 15）非常有用，即使阀在出厂前完成安装也是如此。与气相色谱系统的所有泄漏检查一样，务必确保气体管与适当的接头连接，已吹扫管线，并且当前有气体流动。



图 15. 使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查带阀气相色谱系统中的连接点是否存在泄漏

对于 GC/MS 系统，使用检漏仪检查 MS 传输线。还要检查 MS 分析仪门和放空阀是否存在泄漏。MS 传输线、放空阀和 MS 分析仪门是 GC/MS 系统中最常见的泄漏位置（图 16）。对于串联四极杆 (MS/MS) 系统，请注意有两个侧门，并且都应使用检漏仪进行检查。

A



B



图 16. 检查 GC/MS 系统气相色谱柱温箱中的质谱仪传输线 (A) 和质谱仪上的放空阀 (B) 处是否存在泄漏

此外，对于 MS/MS 系统，质谱仪背面有一个碰撞池气体接头。通常，碰撞池电子压力控制 (EPC) 模块连接有氦气/氮气混合气或氦气供应。最好对碰撞池气体接头进行泄漏检查。

ICP-OES 和 ICP-MS 的特定问题

除泄漏的安全风险以外，泄漏还可能导致 ICP-OES 和 ICP-MS 仪器出现以下问题，例如：

- 背景干扰
- ICP-MS ORS⁴ CRC 中的反应速率低或不需要的反应
- 将空气引入系统

对于 ICP-OES 和 ICP-MS，炬管或雾化器的氩气泄漏可能导致气体流速不正确，从而导致炬管损坏或雾化器压力过低和信号损失。对于氢气和氦气，通常使其通过 Gas Clean 气体净化过滤器，如前文针对 GC 和 GC/MS 所述。

ICP-MS 的泄漏检查位置

在安装时应对 ICP-MS 背面的氩气、氢气和氦气入口进行泄漏检查（图 17）。如果使用可选的气体入口或者第 3 个或第 4 个池气体入口，则还应对这些接头进行泄漏检查，但使用氦气等腐蚀性气体时除外。

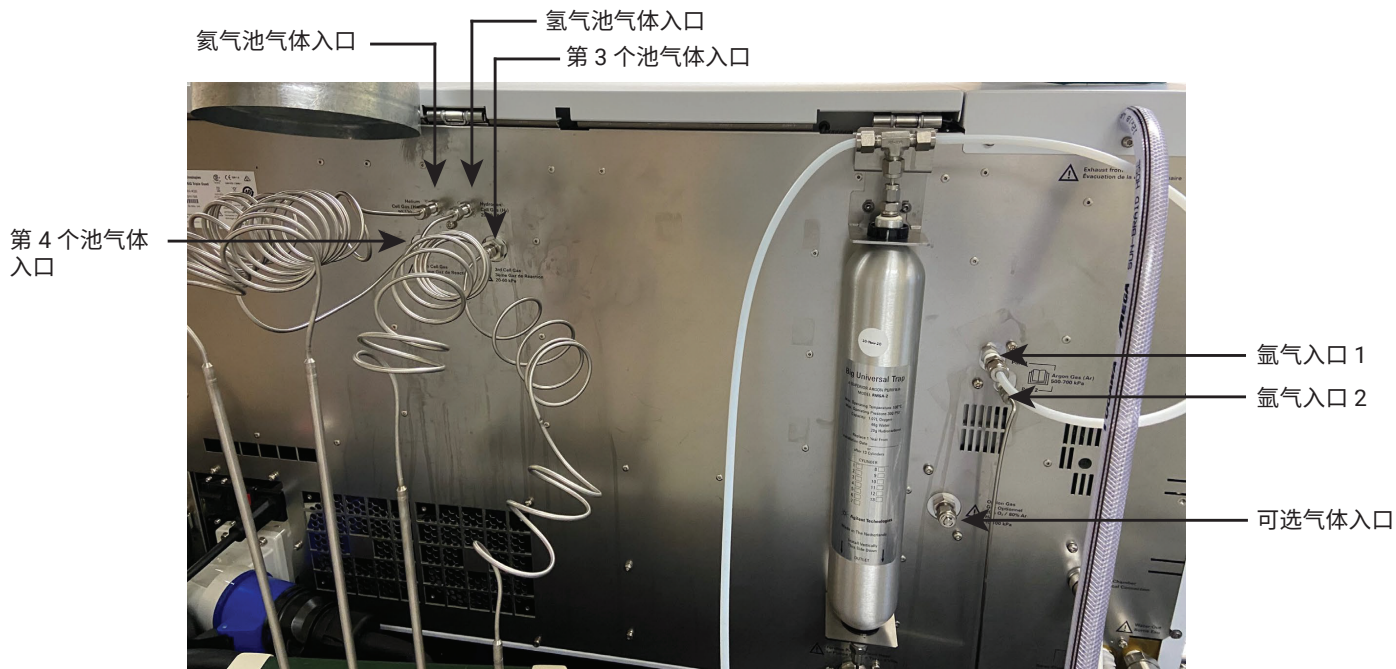


图 17. 安捷伦 ICP-MS 的后视图，显示了应使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查的气体入口

表 3 中列出了可用于 ICP-MS 第 3 个或第 4 个池中的可选气体示例。除底部用斜体显示的两种气体外，大多数气体都与该检漏仪兼容。

表 3. ICP-MS 常用的可选气体

氧气	甲烷
乙烷	丙烷
氟甲烷	四氟甲烷
一氧化二氮	一氧化碳
二氧化碳	乙炔
丙烯	氮气
氖气	氩气
氦气	
氦气/氩气混合气 (混合气体: 10% 氦气:90% 氩气)	一氧化氮

警告：不得将该检漏仪用于腐蚀性气体。

检查 ICP-MS 左侧的可选气体、尾吹气和雾化器气体端口，确认接头无泄漏（图 18）。为确保系统无泄漏，还要检查雾化器附近的尾吹气和雾化器气体接头（图 19）。



图 18. 使用 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪检查 Agilent 7900 ICP-MS 的可选气体端口是否存在泄漏



图 19. 检查 Agilent 7900 ICP-MS 的雾化器接头是否存在泄漏

检漏仪故障排除

在环境空气中出现错误的泄漏读数或“Need Zero”（需要归零）错误

在探测环境空气时，屏幕上可能会显示错误的条形读数，并可能发出泄漏报警声。这些错误信号可能是由尖端漂移导致。如需执行重置和基线校正，请将吸枪置于环境空气中并保持两秒，然后按下并松开 Enter/Clear/Toggle（输入/清除/切换）按钮。校正完成后，条形数量重置为零，屏幕上显示“Recalibrated”（已重新校准），表示检漏仪已重新校准。

“Zero Fail”（归零失败）错误

如果检漏仪在预热后归零失败或在读数后重新归零，则表明存在基线校正错误，应重新启动检漏仪。长按 Power/Mode（电源/模式）按钮 3 秒，关闭检测器。等待 10-30 秒，然后按下并松开 Power/Mode（电源/模式）按钮，重新启动检漏仪。等待预热周期结束后，才能使用检漏仪。

检测器灵敏度下降

在检漏仪中，吸枪中安装有过滤器以防止颗粒污染（图 20）。过滤器堵塞可能会导致该设备的检测灵敏度降低。如果怀疑存在污染，请关闭检测器并用压缩空气反冲滤网。也可以更换过滤器（部件号 G6694-60005）。如果观察到“No Fltr Date”（无过滤日期）错误，请使用反吹功能或安装一个新的过滤器并为过滤器重置新日期。如需了解更多信息，请参阅操作手册。

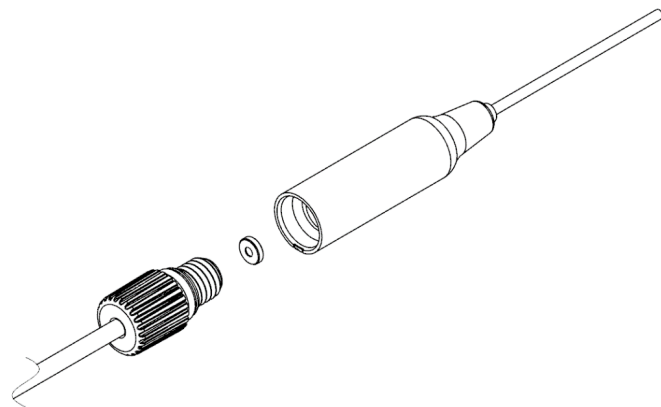


图 20. Agilent CrossLab CS 电子检漏仪的样品吸枪、过滤器和管线分解图

“I2C Fail” (I2C 失败) 错误

此错误表示与硬件通信失败，应重新启动检漏仪，如 Zero Fail (归零失败) 示例中所述。如果问题仍然存在，请联系安捷伦技术支持。

“No Cart” (无模块) 错误

此错误表示未检测到模块。检查是否将模块完全安装在主体中，以及指旋螺钉是否拧紧。

“Ver Mismatch” (版本不匹配) 错误

“Ver Mismatch” (版本不匹配) 错误是指固件版本与模块版本不匹配。通过 USB 连接器和计算机将固件升级到最新版本。

请参阅操作手册，了解关于故障排除的更多信息。

部件号

ADM 流量计、CrossLab CS 模块系统电子检漏仪、模块和 CrossLab CS 套装的部件号列于表 4 中。CrossLab CS 套装包括一个主体、流量计校准模块和检漏仪模块。

表 4. 安捷伦气体监测仪和检测器的部件号

组件	安捷伦部件号
ADM 流量计	G6691A
ADM 流量计校准模块	G6692A
CrossLab CS 模块系统电子检漏仪	G6693A
仅电子检漏仪模块	G6694A
CrossLab CS 模块系统套装：一个手持式 CS 模块系统主体、ADM 流量计校准模块和电子检漏仪模块	G6699A

更多信息

有关 Agilent CrossLab CS 电子检漏仪的更多信息，请访问网站 www.agilent.com/zh-cn/product/gas-purification-gas-management/gasmanagement/gas-leak-detector

请参阅操作手册，了解关于电子检漏仪的安全信息。

www.agilent.com

DE44474.5486458333

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, 2021, 2024
2024 年 5 月 9 日, 中国出版
5994-4262ZHCN

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

