



改进
HPLC 日常操作

自动化
HPLC 操作

利用自动化技术
获取可靠 HPLC 结果

战略优势： 液相色谱辅助系统

协助您在日常 HPLC 工作中提高自动化水平、降低出错率、延长仪器有效运行时间



当下现状与未来愿景： 日常 HPLC 操作还有哪些改进空间？

一起来听听 Oliver J. Schmitz（杜伊斯堡-埃森大学）和吴辉（大连理工大学生物工程学院）分享他们对于改进现代高效液相色谱（HPLC）实验室的洞见。他们强调，自动化、AI 驱动的方法开发，以及更强大的数据评估能力，是提升效率的关键驱动力。本次访谈探讨了微流和纳流系统、实时错误监测技术，以及只需极少人工操作的全自动工作流程将如何塑造 HPLC 的未来。

问 目前您在提升 LC 实验室工作效率方面遇到的最大障碍是什么？

SCHMITZ: 专业技术人才短缺，正日益成为分析科学领域的一大突出问题。作为高校课题组，实验室人员流动性大是必然的，而持续培训新成员会耗费我们大量时间。在我看来，安捷伦的 Infinity III 液相色谱系统发挥了关键作用。其针对 HPLC 系统维护提供的数字化支持，辅以消耗品采购指引功能（明确列出货号），能够大幅简化经验尚浅的用户的日常工作。业界另一个迫切需求是提高不同品牌 HPLC 系统及检测器之间的兼容性，并统一采用标准化的数据格式。

吴：作为一个生物发酵实验室，我们面临的障碍是样品非常复杂。我们经常需要耗费大量时间进行样品前处理，而且进样后，LC 系统还可能出现压力升高以及色谱柱或进样器堵塞的问题。为此，我们不得不耗费更多时间来维护仪器，这严重影响了 LC 系统的运行效率。

问 您认为实验室增效的最大驱动力是什么？是提升自动化程度，减少出错，还是延长系统正常运行时间？

SCHMITZ：尽管受限于日益严苛的性能要求，最新款 HPLC 系统在耐用性（或使用寿命）方面或许难以超越传奇般的 Agilent 1100 HPLC 系统，但我认为目前 HPLC 系统的正常运行时间已经足够长，并无进一步延长的必要。相比之下，若能进一步缩短各独立模块（自动进样器、泵、色谱柱及检测器）之间的管路连接，会对提升效率更有帮助，至于仪器的外观设计或占用的实验台空间，反而不必过多在意——至少从色谱分析的角度来看确实如此。

此外，使用质谱检测器时，若能将柱温箱直接配置在离子源入口处，那么无需复杂的改造就能进一步提升效率。至于进样准确度误差和序列意外中断的问题，目前的 HPLC 系统已经表现得很出色了，我认为这些性能指标很难再有显著提升。目前大多数 HPLC 系统的死体积和记忆效应也极低。唯有针对那些“粘性”分子，也就是极易被吸附到表面上的分析物，硬件方面尚存改进空间。

不过，目前市面上已经有了诸如 Agilent Infinity 生物液相色谱这样的产品，它们对粘性分析物的分析性能大幅提升。进一步提升自动化水平（例如自动识别样品瓶）无疑大有裨益，这有助于减少潜在的错误。除此之外，我认为数据评估环节还有相当大的改进空间。

吴：我认为实验增效的核心驱动力是提升自动化程度。我们的工作经常涉及连续发酵。我们希望 LC 系统能在发酵过程中自动完成发酵产物的采样、前处理和进样分析。更进一步，希望 LC 系统能够与工业软件系统深度集成，实现数据和信息的双向互通。这将有助于实现覆盖全流程的自动化，大幅提升团队的整体运作效率。

问 请想象一下，七年后，您的 HPLC 实验室会是什么样的？你们又会如何在这个实验室里工作？

SCHMITZ：我预计，出于生态环保和经济效益方面的考量，在大多数应用中，HPLC 系统的色谱柱内径将从目前的 3.5 mm 和 2.1 mm 缩小至 1 mm 甚至更细。通过减小色谱柱内径，首先能显著降低有机溶剂的采购成本及废液处置成本；其次，对于日益普及的质谱检测而言，这也能有效提升其检测灵敏度。换言之，我预计 HPLC 会演变为微流甚至纳流 HPLC。

样品前处理及数据评估将逐步实现全面自动化；而借助机器学习技术，即使用户不具备色谱专业知识，也能顺利开发出新的分析方法（尤其是梯度洗脱条件）。对从业人员专业技能的要求会随之降低，而这恰恰体现了 Infinity III 系列仪器的前瞻性。极少数情况下，制造业仍会遇到一些较为复杂的分析难题，这类问题届时将移交专业实验室处理。

吴：我的愿景是未来 HPLC 实验室能够实现“无人值守”化。绝大部分准备工作及分析任务（涵盖从流动相配制到样品前处理的全过程）均由 LC 仪器自动完成。届时，LC 系统将像人工智能一样，具备自主判断与故障排除能力。希望科研人员不必再耗费大量时间去操作 LC 系统；只需下达指令，系统就能自动执行上述全套流程，从而让科研人员腾出更多精力，专注于其核心专业领域的研究。

问 在您看来，对于一套能全自主运行的 LC 系统，最重要的步骤是什么？

SCHMITZ：我认为最重要的是连通仪器分析与样品前处理。这又进一步涉及诸多方面的改进：将复杂的样品前处理功能与 HPLC 集成；实现自动化样品检测；出色的自动故障检测与即时系统响应能力；采用标准化数据格式优化数据评估。

吴：我认为 LC 系统本身的性能必须非常出色，包括配备 UHPLC 分离模块、应用强大的阀技术，以及使用高灵敏度的检测器等等。从目前来看，要打造一套能全自主运行的 LC 系统，最关键的步骤在于应用自动化技术对复杂样品进行在线前处理。这项技术之所以至关重要，是因为进样至 LC 系统的样品必须足够洁净，不能含有任何颗粒物或气泡。此外，样品溶液还必须兼容初始流动相；正因如此，在线自动化前处理技术成为了关键所在。



现代 HPLC 实验室高效运营策略：提高自动化水平、降低出错率、延长系统正常运行时间

自动化技术能显著提升现代 HPLC 实验室工作效率、尽可能降低出错率，并大幅延长系统正常运行时间。



高效液相色谱 (HPLC) 是一项基础分析技术，适用于分离、鉴定与定量溶液中溶解的各种化合物。HPLC 广泛应用于药物研发、质量控制、质量保证、食品安全及环境检测等领域的分析实验室，在确保分析结果准确性与可靠性方面发挥着至关重要的作用。

然而，随着业界对提高工作效率、减少操作失误和延长系统正常运行时间的需求不断增长，越来越多的 HPLC 实验室开始采用自动化解决方案。尽管许多实验室最初都是从单个步骤的

自动化入手，但如今多家行业前列供应商都已推出涵盖完整工作流程的自动化集成全面解决方案。这类解决方案为 HPLC 分析流程的管理提供了一种更加顺畅、高效且精准的途径。

当前挑战与自动化解决方案

尽管分析技术和工作流程在不断进步，如今的 HPLC 实验室仍然面临一些瓶颈。人工操作和维护会耗费分析人员大量时间，进而降低整体效率。此外，样品管理流程过于复杂以及分析方法缺乏一致性，不仅会制约工作效率，还会增加人为失误的风险，这往往导致分析人员不得不额外耗费时间复测样品。此外，系统故障、试剂短缺和故障排查导致的延迟，这些原本可预防的问题也会增加不必要的停机，进一步影响实验室运营效能。

为应对这些挑战，HPLC 领域已引入了多种自动化解决方案。例如，自动开/关机程序可简化系统的准备与收尾工作，从而减少人工操作需求，节省了宝贵的时间。类似地，自动化系统冲洗和溶剂混合技术可简化溶剂配制与管理流程，尽可能减少人为误差，确保了工作流程的

一致性。此外，诸如自动化方法转移（涵盖样品前处理、样品分析和数据处理的完整工作流程）和序列创建模板等功能，不仅能增强跨系统的兼容性，还能优化样品序列排布。全方位的技术进步显著提升了整体工作效率，助力实验室突破常见瓶颈、提高可靠性，以及提升工作效率。



尽管这些都是应对特定挑战的解决方案，但借助现代技术，完全可以将自动化融入实验室工作流程的每一个步骤。从自动读取条形码到样品识别，再到实时监控，这些创新技术能够增强可追溯性，减少人工操作需求，并尽可能降低出错风险。依托全面的自动化技术，实验室可以在分析全过程中显著提升精准度、效率与可靠性。

例如，借助自动化溶剂监测工具，实验室能够尽量延长仪器正常运行时间。监测系统会在溶剂液位过低时发出警报，有效防止储液瓶里的流动相耗尽，避免因复测带来的高昂成本，同时减少系统损耗。例如，安捷伦的 InfinityLab HPLC 系统内置液位感应技术，可自动监测溶剂液位，并在启动序列之前预测溶剂是否足够完成当次运行。

如需进一步提升运营效率，实验室还可在 HPLC 工作流程中引入自动化诊断工具、趋势报



视频

协助您的日常 HPLC 操作

告、预防性维护规程，以及快速故障排查功能，所有这些 InfinityLab Assist 技术都能提供。用户既可以通过与 LC 系统连接的触摸屏进行机旁操作，也可以在 PC 或移动设备上通过浏览器进行远程操作。此外，安捷伦的 CrossLab 仪器维护和诊断软件等解决方案还提供邮件提醒功能，能够提醒用户及时更换关键消耗品、执行预防性维护或排查仪器故障，从而主动维持仪器的最佳健康状态，确保系统持续稳定运行。

最后，纵观当今行业现状，远程办公已不再是特例或奢望，而是成为了刚需。远程系统管理与控制工具赋予了操作人员极大的灵活性，使其能够对系统进行异地监控与操作，这不仅能够有效避免工作中断，更能确保系统始终处于受控状态。安捷伦的 OpenLab 软件是一款基于云的解决方案，可集中存储数据，方便实验室人员灵活操控部署在任意实验室的各类仪器、轻松处理任意仪器采集到的数据，还可以在网络覆盖范围内的任何地点及设备上，安全地完成结果审核与批准。

选择合适的自动化技术

在选择实验室自动化技术时，必须综合考虑预算、兼容性和可扩展性等多方因素。

例如，实验室如果想要降低样品验证环节的出错率，可以为 Agilent 1290 Infinity III Multisampler 选配内嵌式条形码读取器（即 Agilent InfinityLab 样品 ID 读取器），进一步强化系统功能。这款高性价比的产品不仅能核实样品身份并确保其正确定位，更实现了条形码登记与分析工作流程任务之间的无缝衔接。它能将条形码信息录入采集软件，并确保这种样品关联性始终贯穿后续的数据分析及报告过程。

高通量实验室如果希望尽量减少整个工作流程中的人工操作，引入集成式自动化工作流程解决方案是一个值得考虑的方向。这些功能全面的系统能够降低出错率、节省时间和优化仪器可用性，从而大幅简化从接收样品到出具报告的整个流程。实验室如果想部署一整套自动化



视频

防止 HPLC 流动相耗尽

工作流程解决方案，可以在现有样品 ID 读取器的基础上，配套使用 Agilent Advanced Sample Linking 和用于 OpenLab 的 Agilent Sample Scheduler 样品调度程序等软件解决方案。多项技术协同工作，可将每个样品容器与预先贴好唯一条形码的样品瓶关联起来，构建一套闭环系统。该系统能够消除人为误差、节省时间，并简化从样品初始登记（用户可选择在 LIMS 中完成登记）到出具最终报告这整个流程中的所有样品处理工作。

得益于关键步骤的自动化，这套集成解决方案不仅有效强化了数据可靠性，更显著提高了实验室的整体工作效率。

除了考虑成本和兼容性之外，实验室还必须高度重视人员的专业培训与技能提升。这包括针对新型自动化系统开展专项培训，并确保相关人员有渠道获取维护指南及故障排查工具等各类技术资源。以安捷伦为代表的知名供应商，可提供全方位的技术资源与专业培训，助力实验室将自动化技术无缝集成至现有工作流程中。

在引入新型自动化技术的同时，还必须周全考虑后续的维护与技术支持。可靠的供应商能够为实验室制定合理的维护计划、及时提供技术支持，并在必要时为用户进行软件升级，从而为实验室的运营保驾护航。如此全面的支持服务，不仅能确保实验室设备始终维持理想性能，更有利于提升自动化投资的回报率。

引进新技术的实验室应同步建立关键性能指标监测体系，评估新技术在提高实验室工作效率、提升分析准确度和延长系统正常运行时间方面的表现。检测这些指标不仅有助于实验室发现改进空间和驱动系统的持续优化，还有助于发掘潜在机会，通过进一步提高自动化程度来强化实验室工作流程和提升整体工作效率。

自动化赋能，打造更高效的实验室

自动化可带来诸多益处，例如减少出错、延长系统正常运行时间、提高工作效率等。展望未来，自动化将在 HPLC 实验室中发挥越来越重要的作用。新一代解决方案有望融合多项前沿技术，构建高度协同化的自动化工作流程。为保持竞争优势，实验室必须对现有 HPLC 运行体系进行深度评估，并采取“拥抱自动化，追求高效率”的战略性措施 — 否则可能会在自动化日益普及的行业浪潮中错失先机。



自动化赋能，提升数据可信度

自动化技术有助于实现流程标准化，还能为工作流程提供有力支持，从而尽可能减少人为误差，使得 HPLC 结果的可信度和重现性大幅提升。

和 众多功能强大并且应用广泛的分析技术类似，HPLC 在实际应用中仍面临诸多挑战，而这些挑战最终可能影响实验结果的准确性与可靠性。常见问题包括样品处理与前处理高度依赖人工操作、数据录入出错率高、操作规程不一致等等，所有这些问题都会增大人为误差风险，并导致分析结果的准确性或重现性不理想。

自动化技术为应对上述挑战提供了行之有效的解决方案，通过从根本上消除人为误差，显著提升了色谱分析的性能、准确度及一致性。同时，自动化能够优化数据追踪流程，全面改善 HPLC 实验室的整体用户体验。通过工作流程自动化，分析人员对分析过程及结果可靠性将更有信心。

利用条形码技术强化样品识别功能与全流程追溯能力

目前许多实验室都使用条形码阅读器将样品信息录入分析软件，实现了工作流程的初步精简。而进一步集成自动化条形码扫描技术，则能杜绝样本误放与误识别问题，将这一效率优势提升至新的高度。这种先进的集成技术能够有力保障样品管理的准确性与效率，提升后续分析及结果的可靠性。



内置样品标识读取器（例如 Agilent InfinityLab 样品 ID 读取器）可准确识别样品位置及其标识，无需用户手动输入样品在样品盘中的位置，从而大幅简化了操作。读取器安装在 Agilent Infinity II Multisampler 或 Agilent Infinity III Multisampler 的样品瓶抽屉区域，占据最底层抽屉的位置，而上方的三个抽屉（六个

样品盘）仍可用于放置样品瓶。

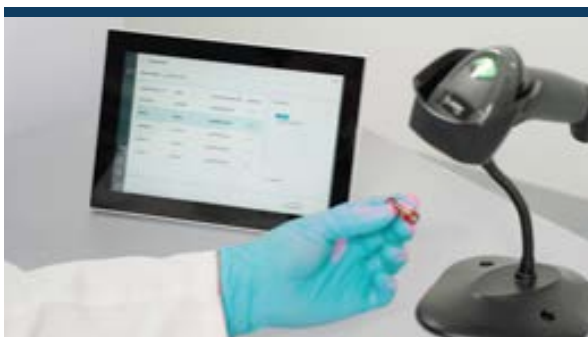
过去，用户必须手动输入或抄录样品瓶位置，或是严格确保样品瓶位置与预设位置一一对应。这项先进技术的应用，消除了对上述人工操作的依赖。

与之相比，底部带条形码的样品瓶可以随意放到抽屉中的任何位置，有效简化了实验设置过程并节省了时间。内置读取器会自动扫描并提取样品身份、位置和分析信息，确保高效、精准（正确无误）且全流程可追溯的样品数据采集。数据分析完成后，条形码确认信息和识别出的位置信息将记录到结果表中，为样品测量提供最终确认依据。这种精简流程在节省时间、提升易用性的同时，显著降低了出错率，有助于确保样品分析 workflow 更加可靠、高效。

归根结底，进样与样品追踪等关键环节的自动化，能够从根本上消除样品识别错误，确保实验室能够准确、高效地进行样品处理。由于每个样品在整个分析过程中都能被系统自动识别，有效避免了用户混淆样品的风险。实时验证能够确保样品全程可追溯，配合安捷伦的 InfinityLab 样品 ID 读取器的即时报警功能，为结果可靠性提供了双重保障。

提高数据可靠性

通过在以往依赖人工操作的环节引入自动化操作，条形码扫描及其他自动化技术优化了从样品前处理、进样，再到样品分析及结果生成的全流程性能，使得数据准确性和可靠性大幅提升。



视频

确保安全的样品分析之旅

首先，由于常规操作（如上样）的一致性有了保障，实验室可以强制执行标准化实验方案，确保每个样品都以统一方式进行前处理，并通过尽可能减少变量获得理想的重现性。其次，自动化数据记录功能消除了对人工输入的依赖，能够大幅降低人为误差风险，尽量避免数据不准确的问题。此外，它还能防范未经授权的数据篡改，确保记录的保存过程安全、可靠且符合相关质量要求，从而增强数据可靠性。

依托数据自动化技术，可建立从样品处理到最终报告的安全审计追踪机制。这些稳健的数据存储与传输方案，不仅能增强可追溯性，还充分满足监管合规要求，有助于实验室从容面对监管审计与稽查。

用户友好型工作流程

自动化不仅能提高数据质量及重现性，还为实验室带来了直观的操作界面和精简的工作流程。自动化系统的设计初衷就是简化流程、省去人工操作并节省时间，从而全面提升实验室的运营效率与产能。此外，自动化还降低了对人员进行培训的要求，并尽可能减少了人为误差，使得运营效率进一步提升。

全自动化是指用机器人系统完全替代人工操作，工作流程自动化则侧重于优化实验室的特定工作流程，旨在减少人为误差并提升运行效能。因此，通过工作流程自动化，实验室能在自动完成重复性任务的同时，保留人工监控手段，有效兼顾了效率提升与人工控制的灵活性。

借助用户友好的系统，分析人员可以优先关注数据质量，而无需在人工操作上耗费过多精力。精简又可靠的操作流程，能增强用户对系统输出结果的信心，既保证了分析的一致性，又从根本上杜绝了产生人为误差的可能性。

部署自动化技术，提升数据可信度

安捷伦提供全方位的自动化技术，旨在助力提升实验室效率和数据可靠性。实验室在选择解决方案时，应以具体目标为导向，重点考虑样品通量、合规要求，以及现有基础设施等多方因素（安捷伦自动化设备可与现有系统无缝集成，包括 1260 Infinity III Multisampler 和 1290 Infinity III Multisampler）。

例如，Agilent InfinityLab 样品 ID 读取器可以准确识别和追踪样品，而用于 OpenLab 的 Agilent Sample Scheduler 样品调度程序则有助于优化工作流程管理。这些即插即用式自动化解决方案可兼容用户现有的实验室设备，不仅方便部署，还能立竿见影地提升运营效率及数据可靠性。

部署自动化系统时，选择一家值得信赖的供应商也是关键考量因素。诸如安捷伦这样尽责的供应商，在交付优质技术的同时，还会提供系统化的培训，确保实验室人员能够自信、熟练地操作新系统。

此外，要确保自动化系统持续可靠地运行，并且数据准确性与可追溯性始终如一，定期更新与持续维护是关键。选择一家具有完善支持服务体系的供应商，不仅能充分释放实验室自动化设备的价值，更能确保长久稳健的高效运营。

现代自动化实验室触手可及

将自动化技术集成到 HPLC 工作流程中，对于提高实验室工作效率、准确性和数据可靠性具有变革性意义。通过消除人工操作，工作流程自动化能有效降低人为误差风险，确保样品处理的一致性，借助条形码扫描和样品标识读取器等先进工具，还能进一步强化流程溯源管理。如此一来，实验室可提升对分析结果的信心，同时简化工作流程并降低人员培训需求。

不仅如此，自动化技术还能提供安全、可审计的数据追踪记录，确保实验室满足监管合规要求。选择安捷伦这样的理想合作伙伴，您不仅能率先体验前沿技术，更能获得必要的培训、升级服务及技术支持，确保仪器系统稳定、高效地运行。随着自动化技术不断发展，实验室将从繁杂的人工操作中解放出来，专注于交付高质量数据和推动分析工作流程创新，无需再将宝贵的资源浪费在人工录入数据、执行日常维护和其他耗时费力的工作上。

DE-008573

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，2025

2025 年 8 月 15 日，中国出版

5994-8573ZHCN

赞助方





迎接 您的 HPLC 助手

全新 Agilent Infinity III
液相色谱系列

切中要点的帮助 – 随时随地为您的日常 HPLC 工作提供更多自动化、更少的错误和更长的系统正常运行时间。



为未来而生的 HPLC
www.agilent.com/lc/assistance



协助



可靠



投资



可持续发展