LCGC INTERNATIONAL

2025 年 1 月



分析型液相色谱的成本与性能 | 确保卓越运营 | 分析型液相色谱的进步与创新

分析型液相色谱：

成本、可靠性和创新性对仪器选择的影响

本电子书由 MJH Life Sciences 与 *LCGC International* 联合撰写，并由安捷伦科技公司赞助。



分析型液相色谱的成本与性能 | 确保卓越运营 | 分析型液相色谱的进步与创新

前言

*分析型液相色谱 (LC) 在现代实验室中发挥着举足轻重的作用。为深入洞察终端用户需求，*自 2012 年起，安捷伦科技公司委托 LCGC International *每两年开展一次独立的用户调查。这些调查持续追踪了数百名受访者对液相分离技术和仪器的看法。本电子书深入探讨了调查中的关键成果，重点关注成本与性能之间的平衡，包括总体使用维护成本和仪器寿命。此外，还重点介绍了可靠性、缩短停机时间和客户支持对工作流程效率的提升作用，同时揭示了随着液相色谱技术的演进，用户需求偏好相较于历史调研数据的迁移趋势。*

封面图片：Sodel Vladyslav - stock.adobe.com；BGStock72 - stock.adobe.com



Paul Reverve - stock.adobe.com; S.Singha - stock.adobe.com

平衡之道：

分析型液相色谱的成本与性能之间的平衡

在采购新的分析仪器时，除了考虑初始价格外，还需将总体使用维护成本纳入考量，评估维护成本、运营支出与停机损失等长期费用。

前言

在采购新仪器时，经验不足的购买者往往将关注点局限于销售人员的报价。他们可能会在相同价格的基础上争取折扣或附加功能，但容易忽略仪器使用过程中产生的额外费用。

在计算新仪器的总经济成本时，必须考虑更多因素。除采购价格外，还需要考虑实验室运营的方方面面，包括操作、维护和维修成本，以及停机和生产力损失产生的费用。其他隐性成本包括培训、消耗品、仪器兼容性和升级选项。这些因素均会影响对供应商的价值评估和选择。*LCGC International* 开展的 2024 年分析型液相色谱 (LC) 仪器用户调查结果表明，76% 的受访者将价格与性能（性价比）作为优先考虑的因素。

表 1 列出了计算价格/性能需要考虑的一些因素，其中红色标注的为二者共同的影响因素，既会影响价格（每次分析的成本），也会影响数据的质量和及时性等性能。

为了说明在确定价格/性能平衡时可能出现的问题，我们假定一种实验室情境。假设某实验室因现有分析型液相色谱仪器到达使用寿命终点，需要更换一台新的仪器。采购人员按照组织要求从不同供应商处获得仪器报价，其中一家的报价明显低于另一家。但评估后，报价低的真的就是最优选择吗？

表 1： 采购仪器时需要考虑的价格和性能影响因素

成本	性能
初始采购价格	准确度和精度
使用寿命	精度
运行成本	易用性
消耗品成本	灵活性
客户支持	极少培训
兼容性	通用
服务成本	样品通量
样品通量	可靠性
可靠性	

在评估过程中，首先需要考核初始成本与长期成本的关系。新仪器的预期使用寿命是多长？使用寿命更长的仪器可能是更好的选择。对于某些实验室而言，一台功能良好、完全折旧的仪器具有经济优势；在许多情况下，使用寿命更长是因为设计更耐用，同样意味着维修需求更少。

客户支持、维护、可靠性和停机时间都会影响最终成本。频繁维护或可靠性不足，将导致实验室机会成本损失。如果无法快速、轻松地获得客户支持或服务，同样会造成机会成本损失。

通常，溶剂、废弃物处置和消耗品等运营成本被视为实验室常规支出，但实际上，这些成本与仪器直接相关，计算仪器成本时需要考虑。近期一项液相色谱用户调查显示，68% 的受访者在采购新仪器时将运行成本纳入考量。

在液相色谱仪器的运行成本中，溶剂可能是占比最大的一项。溶剂的采购和处置都会产生成本。优化溶剂使用策略可显著降低运行成本。优化流速、使用小内径色谱柱、提高样品浓度以及采用低溶剂消耗的前处理技术，都可以减少实验室所需的溶剂采购量，以及分析结束后的有害废弃物处置量。超高效液相色谱 (UHPLC) 系统使用小内径色谱柱、小体积样品和较低的流速等多种策略。对比数据显示，在相同分析条件下从 HPLC 换用 UHPLC，溶剂消耗量可减少多达 90%[1]。

如果仪器的分析速度更快，设置时间更短，消耗品和溶剂用量更少，则意味着每次运行的成本更低，才能视作经济之选。

溶剂回收虽为一种可用策略，但在分析型液相色谱或液质联用 (LC-MS) 应用中，回收溶剂的质量及投入的成本可能使该策略得不偿失。

精心维护仪器可以减少直接支出并缩短仪器停机时间，从而大幅降低运行成本。定期维护可以避免严重故障。正确维护色谱柱（包括在储存期间）可大幅降低更换成本，维持备件库存可缩短等待备件导致的停机时间。此外，使用优质消耗品（如色谱柱）可确保性能稳定，而且实际上降低了长期更换成本。

以上是成本方面的一些考虑因素。此外采购仪器时还应考虑性能，包括典型的准确度和精度因素。虽然现在多数仪器都能进行类似的分析，如果低价仪器无法达到所需检出限，或者需要进行多次分析才能得到符合实验室 QC 标准的结果，则不能视作经济之选。此外，样品通量是一项关键指标。如果仪器的分析速度更快，设置时间更短，消耗品和溶剂用量更少，则意味着每次运行的成本更低，才能视作经济之选。

培训成本、操作便捷性、系统集成度及设备兼容性等隐性因素常被忽视。例如：若分析人员需额外学习新软件操作低价仪器，实为隐性成本。

最后，还需要考虑通用性和灵活性。若低价设备无法升级以适应新分析方法，则意味着需重复购置设备，而这将产生巨额费用。综合评估后，低价仪器未必是经济的选择。

解决运行成本问题有多种方法。仪器交叉兼容性是大幅降低运行成本的一种策略，许多拥有多台仪器的实验室都使用这种方法来节省总体成本并延长正常运行时间。从本质上讲，液相色谱仪由一系列组件组成，拥有来自同一供应商的兼容组件意味着在关键分析中出现组件故障时，只需更换故障模块即可快速解决问题。从长期来看，向后兼容性和广泛的升级选项也可以降低整体运营成本。

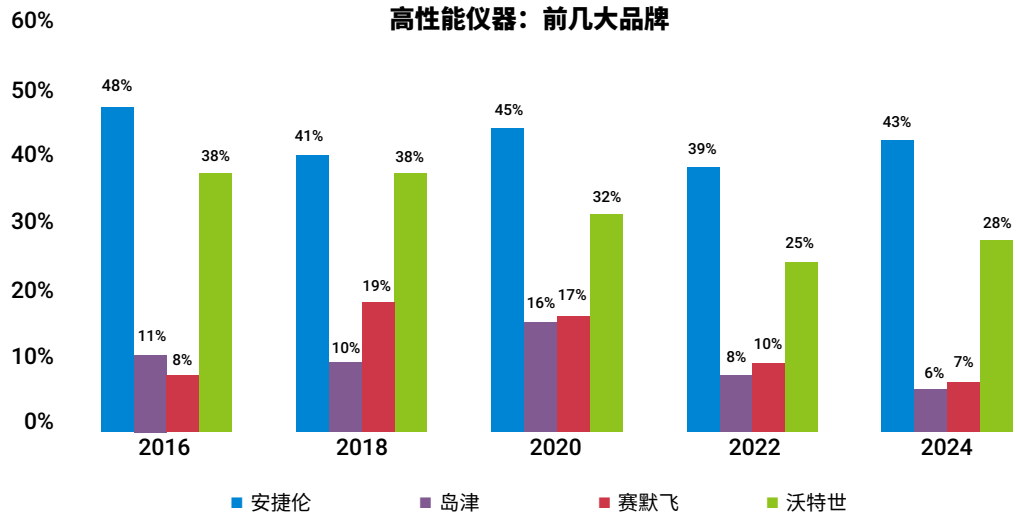
与供应商协商签订优惠合同、批量采购以及签订仪器服务合同可以降低多项成本。

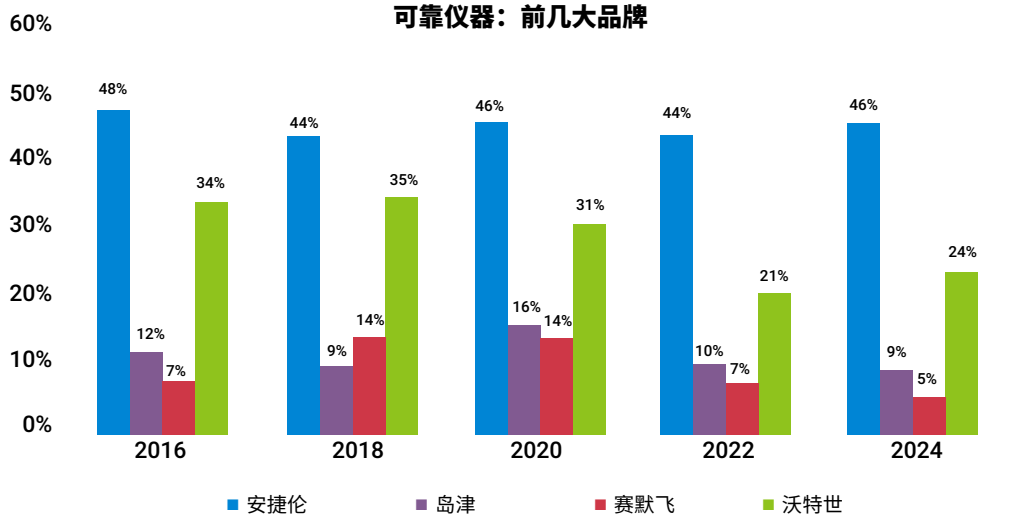
优化实验室布局、降低仪器功耗以及制定健全的标准操作规程 (SOPs) 以大幅减少源头错误，也有助于降低运营成本。供应商关系管理亦不可小觑 — 与供应商协商签订优惠合同、批量采购以及签订仪器服务合同可以降低多项成本。

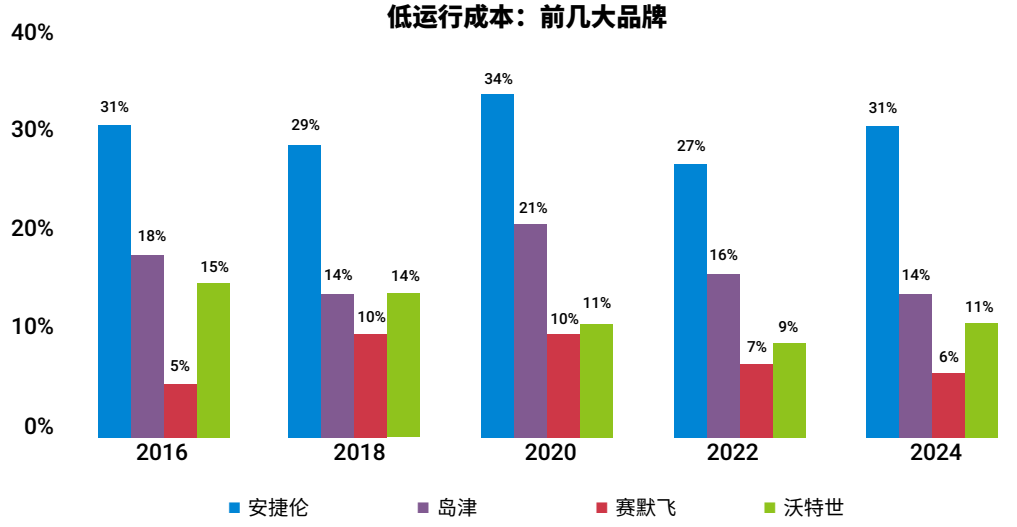
调查中询问了参与者哪些公司最能满足这些方面的要求：出色的性能、可靠性以及低使用维护成本。自 2012 年以来，安捷伦一直在各类评选中位居榜首。最近 5 次调查的结果如**图 1** 所示。

值得一提的是，降低仪器价格的一种方法就是购买二手仪器，但其中可能存在隐患。从原供应商处购买二手仪器，仪器经过工厂翻新并提供质保，会有比较高的性价比。但从第三方仪器代理商处购买二手仪器则容易出现问题。二手仪器通常有各种问题，购买者可能会发现其缺少重要组件或无法使用运行软件。更糟糕的是，原仪器供应商可能会拒绝为该设备提供服务合同或任何维修服务。这种情况就属于“无效节省”。

图 1： 液相色谱仪器在性能、可靠性和低运营成本方面的年度对比数据（基于过去八年液相色谱仪器用户的调查结果统计）







结论

在采购仪器时，仪器在整个使用寿命期间的总体使用维护成本对实验室预算影响深远。经济型采购绝非单纯选择最低报价，而应综合评估仪器使用寿命期间的长期财务支出。综合考虑所有因素，选择设计精良、支持完善、使用寿命长的高端品牌设备，往往是最经济的长期投资。

参考文献

1. Snyder, L.R., Kirkland, J.J., & Dolan, J.W. (2010). *Introduction to Modern Liquid Chromatography*.John Wiley & Sons.



确保卓越运营：

可靠性、极少停机和全方位客户支持的重要性

在选择 LC 或 LC-MS 仪器时，可靠性、易维护性和强大的客户支持往往比初始采购价格更重要，这些特性可确保实验室的长期生产力和卓越运营。

前言

色谱分离是大多数分析（包括材料测定与鉴定）中的关键技术。最近的一份市场报告估计，到 2030 年，液相色谱 (LC) 的市场规模将超过 80 亿美元[1]。尽管存在体积排阻色谱 (SEC)、离子交换色谱 (IEX) 与制备型液相色谱等液相色谱衍生技术，但主要市场仍集中于配备紫外 (UV) 等非特异性检测器或质谱 (MS) 等化合物特异性检测器的分析型 HPLC 和 UHPLC [2]。

lightpoet - stock.adobe.com

液质联用系统 (LC-MS) 在分析实验室中日益普及。最近的一份市场报告预测，到 2030 年，LC-MS 联用系统的市场规模将扩展至 2022 年的 3 倍[3]。LC-MS 仪器通常为液相色谱仪与单四极杆/三重四极杆质谱，或离子阱质谱等衍生系统的联用系统。质谱仪每一种衍生系统，都是为具体问题提供差异化数据而特别设计。

这些仪器是分析实验室的主力。仪器性能可靠、停机时间短，供应商能够及时响应并解决问题，是决定购买的关键因素。在许多情况下，这些因素的重要性甚至超过仪器的采购价格。

这类仪器多应用于工业环境，包括分析测试、制药、生命科学或环境分析实验室。在这些环境下，用户要求仪器能即开即用。仪器无法正常运行或性能不佳将导致实验室与企业的生产力损失。在最近对这些分析型液相色谱仪器用户的一项调查中，95% 的受访者将可靠性视为选择供应商的关键因素。图 1 显示了调查对象在选择液相色谱仪器供应商时最重视的因素。图 2 显示了分析型 LC 和 LC-MS 系统头部品牌的仪器可靠性比较。

图 1：根据 LCGC 在 2024 年进行的调查，用户在选择液相色谱仪器时重视的因素排序结果表明，仪器可靠性是购买决策的关键

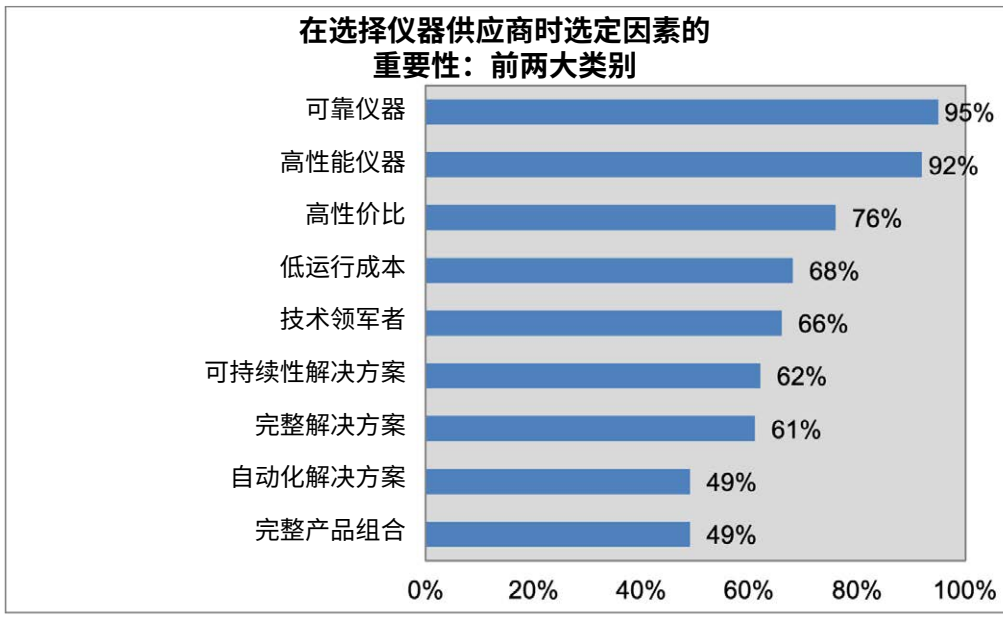
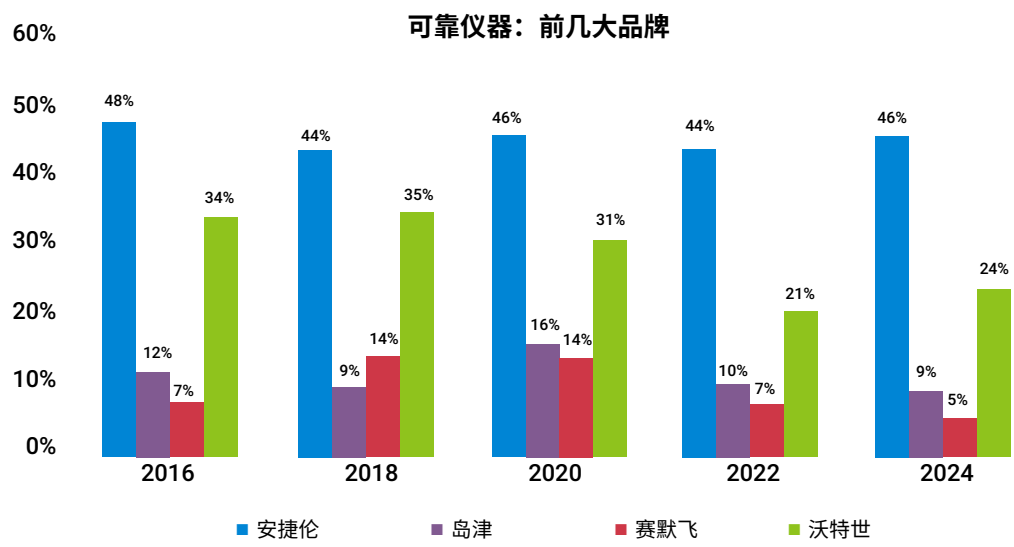


图 2：根据 LCGC 过去八年的调查结果，对分析型 LC 和 LC-MS 品牌进行了比较



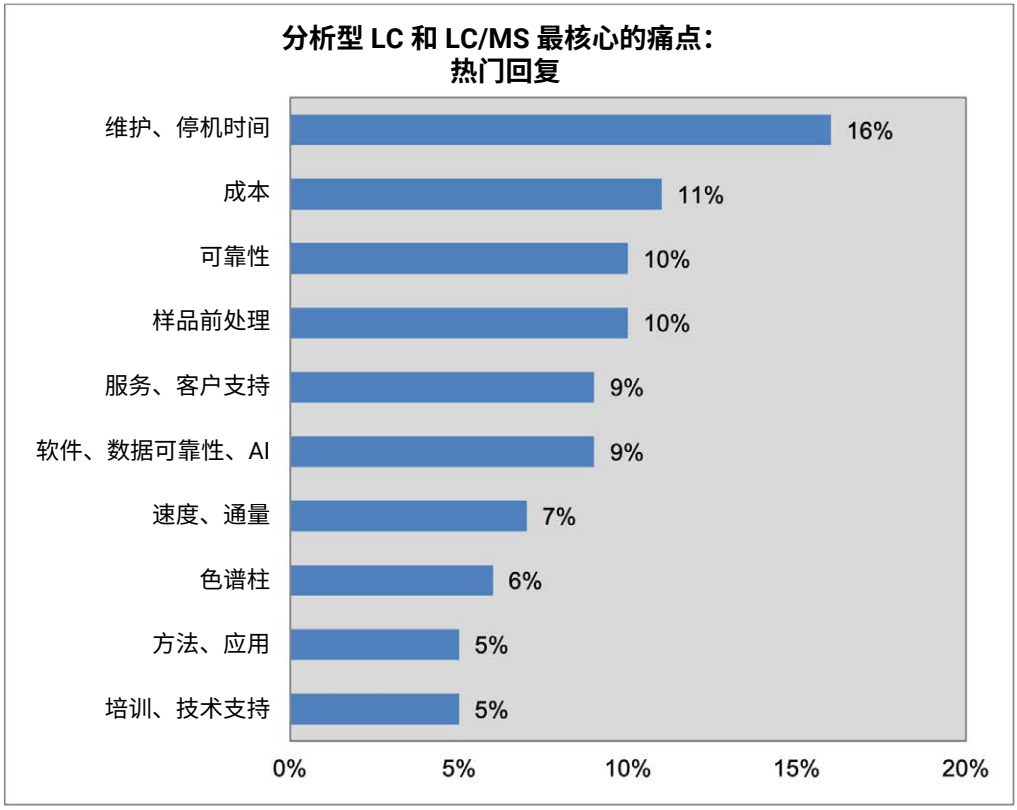
影响可靠性的许多因素涉及整体设计和制造过程。仪器供应商采用各种策略来确保产品在实际应用中的可靠性。仪器公司遵守国际标准化组织 (ISO) 原则，对设计和制造全流程实施严格的文档管理与变更控制。制定宽严适中的设计规范，确保生产出的每台仪器性能一致。对密封件等关键材料设定严格标准，避免劣质材料影响性能。最后，设计易于客户维护的结构，甚至包括仪器外壳拆卸方式等细节。

在制造环节，严苛的终检流程是保证每台仪器符合性能指标的关键。训练有素的服务工程师可以安装仪器并进行现场测试，是使设备达到预期性能的最后一步。

在最近的调查中，受访者提及频率最高的痛点是维护和停机时间（图 3）。这两个瓶颈都会影响实验室的生产力。缩短停机时间与确保性能可靠密切相关，此外，能够轻松执行日常维护同样意义重大。

如果仪器在设计时考虑到了客户维护需求，用户则更有可能主动进行日常维护。这种维护对于仪器的长期性能至关重要。在实验室中，有许多策略可以促进这种日常维护。

图 3： 在 LCGC 于 2024 年开展的调查中，16% 的受访者认为维护和停机时间是最核心的痛点



第一步是追踪仪器性能。运行标准品或测试样品并生成结果控制图，可以显示仪器的长期性能下降情况。制定并严格遵循性能测试和日常维护计划，有助于防止出现错误，从而避免生成异常数据。与杂乱无章的方法相比，制定一套任何人都能按顺序执行的标准故障排除步骤，有助于更快地找到问题的根源。能够为客户提供故障排除文档记录的仪器供应商更受用户青睐。

客户支持是卓越运营的第三个组成部分。在许多情况下，客户支持会直接影响客户体验，有助于轻松快速地获得解决方案。客户能否在公司网站上找到所需的信息？对于客户而言，最沮丧的体验莫过于需要挖掘多级网页并猜测关键词才能找到所需的信息。客户支持组织是否响应迅速？许多广泛使用 LC 的组织实行多班次轮换工作制度，当客户打电话咨询问题时，是否可以选择人工交流，还是会被转接到语音信箱系统并被告知在 24 小时内回电？尽管全天候帮助热线需要大量员工，但可表明组织致力于提供优质的客户支持。

为客户提供培训也能大大提升客户满意度。培训可以采取多种形式进行，例如与仪器软件相关的视频、在线课程（无论是预先录制的课程还是现场直播），或者为了提供最佳（也最昂贵）的体验，在仪器供应商工厂开展现场培训。

拥有了解新应用并积极开发方法的供应商价值巨大。

有一类服务可能不被视为客户支持，即应用帮助。尽管许多液相色谱仪器都在常规环境中使用，但在研发环境中使用更复杂的仪器运行标准化方法时，与仪器专家讨论问题可以显著缩短方法开发时间。拥有了解新应用并积极开发方法的供应商价值巨大。

最后，服务工程师至关重要，因为他们在客户眼中代表着公司。通常情况下，客户会在工程师到达现场之前与他们讨论问题，许多客户都认为工程师可以快速提供解决方案。他们希望工程师能够了解仪器并修复故障。

结论

本文讨论的所有要点都是相互关联的。仪器设计会影响可靠性、维护和服务。可靠性会影响生产力和性能，尤其有助于大幅缩短停机时间。客户支持会影响客户体验、对仪器可用性和可靠性的感知，以及仪器和实验室的生产力。这些因素共同作用，使仪器实现卓越运行，并提高客户对值得信赖的供应商的忠诚度。

参考文献

1. Chasse, J. HPLC Market Predicted to Reach $8.22 Billion by 2033. *Chromatography Online* 2024.
2. Stevenson, R.L. HPLC 2022：Instrument Advances and Fresh Applications at 50th International Symposium. 2024.
3. Zion Market Research. LC-MS Market Size, Share, Trends, Opportunities, Scope & Forecast 2030. 2024.



推动进步：

分析型液相色谱仪器创新与性能进步的影响

自 20 世纪 60 年代末 HPLC 问世以来，色谱柱技术、硬件与软件方面的创新（尤其是 UHPLC 和 LC-MS 的进步）彻底改变了分析化学领域。

前言

首台高效液相色谱 (HPLC) 仪器于 20 世纪 60 年代末问世，标志着分析化学与分离科学的重大进步。此后，一系列技术革新持续推动该领域发展。*Chemical and Engineering News*《化学与工程新闻》上发表的一篇文章追溯了 HPLC 的早期发展，重点介绍了同行评审期刊上发表的学术成果[1]。尽管学术研究推动了 HPLC 技术的发展，但产品的制造和商业化仍依赖于有远见的仪器生产商。

vladim_ka - stock.adobe.com

技术发展分为两条不同的路径：仪器改进以及更高效色谱柱的开发[2–4]。众多企业都参与了这一发展过程，由于行业自创立以来的变化和整合，这些参考文献中提到的许多公司已被收购，成为三大分析型液相色谱 (LC) 供应商的旗下成员：安捷伦、赛默飞世尔科技和沃特世[2]。

硬件方面取得的重大进展见**表 1**，这些进展可按时间顺序清晰罗列。然而，真正推动分离能力提升的是色谱柱技术的渐进式变革[1]。

自首台 HPLC 仪器问世以来，市场上的色谱柱、硬件和软件都发生了巨大的变革。

自首台 HPLC 仪器问世以来，市场上的色谱柱、硬件和软件都发生了巨大的变革。部分变革源于电子和计算机技术等领域的整体技术进步，但多数创新由行业自身需求驱动，包括追求更低的检出限、更高的化合物分离度和更强的化物鉴定能力。

彻底变革分析型液相色谱领域的两项技术进步分别为超高效液相色谱 (UHPLC) 的问世以及液相色谱与质谱 (MS) 联用技术的重大进步，包括超快速 MS 和串联 LC-MS 的衍生技术[5]。这些进步开辟了过去几乎无法涉足的研究领域。

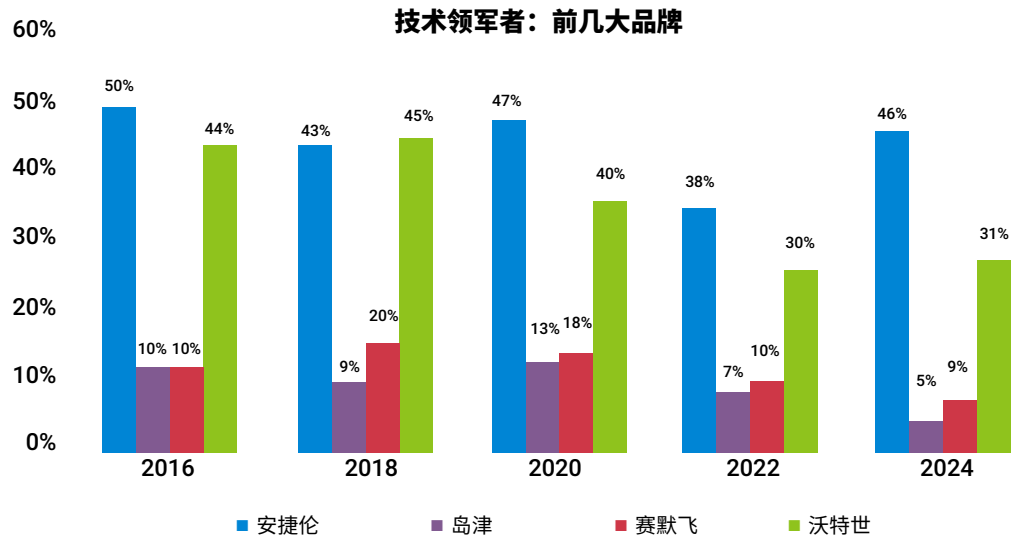
近期一项针对分析型液相色谱用户的调查显示，66% 的受访者重视技术领先的供应商（**图 1**）。其中，安捷伦和沃特世是提及频率最高的技术领军者，因为两者都对仪器领域的许多重大发展做出了贡献（**表 1**）。

近年来最重要的创新或许来自 LC-MS 代谢组学的进步，该技术已深入流行病学、药理学、毒理学和疾病生物学等领域[6]。

表 1：分析型 LC 和 LC-MS 硬件的重大发展。非详尽列表，仅为说明主要供应商在行业发展中所发挥的作用

年份	技术	公司
1967	首台商业化集成式 HPLC 仪器	Picker Nuclear（现属于安捷伦）
1968	6 通进样阀	Valco
1968	首款模块化液相色谱检测器	Milton Roy
1972	首款专为 HPLC 设计的模块化泵	沃特世
1974	首款微处理器控制的积分器	惠普（现部分属于安捷伦）
1974	首款模块化自动进样器	Micromeritics（现属于 Malvern Panalytical）
1976	首款采用数字处理器控制的集成式 HPLC，用于自动进样、流量控制、紫外检测器记录和报告	惠普（现部分属于安捷伦）
1976	推出径向压缩色谱柱	沃特世
1977	首款用于 HPLC 的二极管阵列检测器 (DAD)	惠普（现部分属于安捷伦）
1977	移动带 LC/MS 接口	Finnegan（现属于赛默飞）
1978	首款用于 HPLC 的示差折光检测器	沃特世
1981	首款 HPLC-MS 仪器	珀金埃尔默
1987	热喷雾 HPLC/MS 接口	Vestec
1989	电喷雾 HPLC/MS 接口	Sciex
1989	推出 ChemStation 软件	惠普（现部分属于安捷伦）
1990	首款模块化 HPLC 系统	惠普（现部分属于安捷伦）
1996	首款 Empower 软件	沃特世
2004	首款 ACQUITY UPLC 系统	沃特世
2005	首款 HPLC-Chip/MS 系统	安捷伦
2005	首款电喷雾检测器 (CAD)	ESA Biosciences（现属于赛默飞）
2007	首款采用 RFID 技术的 HPLC 系统	安捷伦
2010	推出 H-Class UPLC 系统	沃特世
2012	首款智能系统模拟技术 (ISET)	安捷伦
2014	Agilent 1290 Infinity II 系列 (UHPLC)	安捷伦
2014	Vanquish UHPLC	赛默飞
2016	Infinity II 蒸发光散射检测器	安捷伦
2016	用于 MS 的 ZipChip 接口	908 Devices
2020	SureSelect XT HS2 RNA 系统	安捷伦

图 1： 在 LCGC 于 2024 年开展的调查中，受访者高度重视技术领先的供应商



LC-MS 系统在分辨率、灵敏度和样品通量等方面的性能提升是其进入这些研究领域的关键。受访者将这些关键指标作为高性能仪器的必备要素，92% 的受访者优先考虑高性能。

LCGC 记录的一次小组讨论中提到了一种有趣的发展趋势，即仪器正在向易于使用的方向转变，让任何人都能正确操作技术[5]。这是对高性能标准的补充，驱动力在于科学家需要在不花费宝贵的时间和资源进行仪器维护的情况下完成研究。

过去十年间，UHPLC 的普及是最显著的进步。该技术采用更高的压力和更小的填料粒径，样品通量显著提高，同时不会降低分离度或灵敏度。实际上，这种方法还提高了分离度和灵敏度，实现了更低的检出限。

表 2 显示了受访者眼中分析型 LC 和 LC-MS 最重要的发展趋势：新方法开发、更高自动化水平与 UHPLC 的进一步普及位列前三。换用 UHPLC 显然与速度和通量的提高密切相关。数据管理方面，改进软件、提高数据可靠性以及更好地利用人工智能 (AI) 也被多次提及。值得注意的是，AI 的排名相对较低，但其在缩短方法开发周期、优化维护流程与自动检测数据异常方面的潜力尚未完全发掘。

表 2：调查对象认为未来五年最重要的五大趋势

未来五年分析型 LC 和 LC-MS 最重要的趋势 (N = 458)	
类别	**%**
方法、应用	14%
自动化	12%
向 UHPLC 转变	12%
速度、通量	10%
软件、数据可靠性、AI	8%

结论

自首台 HPLC 问世以来，创新始终是分析型液相色谱扩展应用与持续增长的核心动力。然而，研究驱动发展，发展也会反哺研究。通过倾听主要客户的需求、关注新兴研究领域以及让内部专家探索分离科学前沿，分析型 LC 和 LC-MS 技术领军者将保持其领先地位。

参考文献

1. Arnaud, C. H. 50 years of HPLC. Chem. Eng. News 2016. DOI: 10.1021/cen-09424-cover1.
2. Majors, R.; Baltrus, J. The Top 10 Game Changers in HPLC History. Analytical Scientist 2020.
3. Henry, R. A. The Early Days of HPLC at DuPont. Chromatography Online 2020, 27, 146-153–146-153.
4. Majors, R. Historical Developments in HPLC and UHPLC Column Technology: The Past 25 Years. Chromatography Online 2015, 33, 818-840–818-840.
5. Botcherby, L.; Matheson, A. Trends and Developments in LC–MS. Chromatography Online 2022, 16, 10-14–10-14.
6. Plumb, R. S.; Gethings, L. A.; Rainville, P. D.; Isaac, G.; Trengove, R.; King, A. M.; Wilson, I. D. Advances in high throughput LC/MS based metabolomics: A review. TrAC Trends in Analytical Chemistry 2023, 160, 116954. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.116954.

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

DE-003407
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 1 月 31 日，中国出版
5994-8394ZHCN

赞助方
Agilent

Agilent InfinityLab



迎接
为未来而生的 HPLC



全新 Agilent Infinity III 液相色谱系列

我们的新一代 HPLC 现已问世 – 更好地协助您的日常 HPLC 常规分析，让您对结果充满信心。进行明智的投资，让您的实验室更具可持续性。

为未来而生的 HPLC
www.agilent.com/lc/made-for-tomorrow

协助　可靠　投资　可持续发展

Agilent
Trusted Answers

DE-000820

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2024