



超越初始成本：

实现液相色谱投资的完整生命周期价值

实验室管理人员和分析科学家如何通过更明智的液相色谱决策，优化投资回报率、控制隐性成本并促进可持续盈利





目录

摘要	3
面向决策者的战略见解	4
关键价值要点	5
真正影响液相色谱使用维护成本的因素是什么?	6
液相色谱投资的增效降本之道	7
使用维护成本的重要性	8
越过初始价格，洞悉液相色谱的真实成本	9
TCO 透明度的重要性	10
前期投资：初始支出	12
长远考虑：隐性成本与持续花费	13

样品经济效益如何决定液相色谱的投资回报	14
成本与通量：UHPLC 为何优于 HPLC	16
将投资转化为影响力：尽可能提高液相色谱盈利能力	19
Agilent InfinityLab 液相色谱系统如何实现可持续盈利	21
实际成效：使用 Infinity III 液相色谱仪的成本节省能力	27
关键价值：明智液相色谱投资如何物超所值	29
参考文献	30
了解更多信息并联系我们.....	31

摘要

实验室管理人员与企业所有者的战略指南

这本电子书是一份内容全面且数据详实的指南，旨在将液相色谱投资从一项交易性采购转变为战略性商业决策。它面向负责实验室性能、成本控制及长期盈利能力的决策者，提供明确且可操作的见解。



面向决策者的战略见解

实验室管理人员

获取工具以优化工作流程、缩短停机时间，并用确凿数据证明升级的合理性。

企业所有者/CEOs

了解液相色谱投资如何直接影响盈利能力、可扩展性与竞争优势。

采购专员

理解为何“前期成本越低并不代表价值越高”，并学习如何做出更明智的交易选择。

分析人员

从减少手动任务、改进培训以及获得更可靠的结果中获益。



关键价值要点

关键价值	重要性	业务影响
总体使用维护成本 (TCO) 透明度	很多实验室只关注前期成本，但这本电子书揭示了隐性成本（停机时间、维护、培训、基础设施）如何侵蚀投资回报率	帮助管理者避免“无效节省”，做出更明智、基于生命周期的采购决策
投资回报率的量化对比： HPLC 与 UHPLC	表格和信息图显示，UHPLC 与 HPLC 相比，通量提高可达 5.4 倍，每个样品的成本降低为 1/5	为系统升级提供清晰的财务建模与合理性依据
智能自动化 = 节省时间和成本	– Agilent InfinityLab Assist：通过自动化完成冲洗、诊断与维护任务，每台仪器每年最多可节省 125.5 小时 – Agilent InfinityLab 液位感应：预防泵与色谱柱损坏，每年节省 1500 美元 – Agilent BlendAssist 软件：减少溶剂浪费和前处理时间，每年可节省 900–1200 美元	这些功能可降低人工成本、预防出错、延长正常运行时间 — 这些对于高效实验室运营非常关键
样品经济效益与盈利能力模型	通过详细表格显示不同类型液相色谱之间分析时间、样品通量和单样品成本的对比情况	实验室管理人员可以计算单个样品的利润和投资回报周期 — 例如，快速 UHPLC 实现投资回报的速度是标准 HPLC 的 100 倍
风险缓解与合规	– Agilent InfinityLab 样品 ID 读取器：通过减少人为错误和提高可追溯性，每年最多可节省 135 小时 – 安捷伦智能系统模拟技术 (ISET)：支持仪器间的方法转移，每年最多可节省 16000 美元	降低监管风险，提升审计应对能力，并支持数字化转型



真正影响液相色谱使用
维护成本的因素是什么？

液相色谱投资的增效降本之道

在当今竞争激烈的实验室环境中，成本控制不再是可选项，而是一项战略要务。这本电子书探讨如何通过理解液相色谱仪器的全生命周期成本，挖掘隐性成本、延长设备运行时间，并做出更明智的投资决策。从隐性成本到高影响力自动化，本指南揭示了UHPLC 如何使单样品成本降低为 1/5，投资回报 (ROI) 速度快 100 倍，每年节省高达 20000 美元 — 使安捷伦液相色谱系统成为实验室实现长期盈利能力的更明智选择。

UHPLC = 效率 + 投资回报率

UHPLC 可将单样品成本降低为 1/5，通量提升 5.4 倍，且投资回报速度比 HPLC 快 100 倍。

智能功能， 真实节省

安捷伦智能工具每年可帮助每台液相色谱仪节省高达 20000 美元，并释放高达 260 小时的额外有效运行时间。

不要让低前期成本，掩盖了高总体成本

经济型液相色谱仪因频繁维护、停机及可靠性问题，长期费用往往更高。

洞见价值， 长远回报

安捷伦液相色谱系统的使用寿命更长、转售价值更高，正常运行时间更长。

使用维护成本的重要性

现代实验室持续面临压力：需以更快速度、更具成本效益的方式交付结果，同时不牺牲数据质量。在环境检测、食品安全和制药等监管严格的行业，这种情况尤为突出。

这本电子书探讨液相色谱运营的关键成本驱动因素，提供实际对比分析，并给出可操作建议，助力实验室做出更明智的投资决策。示例计算仅供参考，不代表全部情形。

许多实验室因监管要求日益提高、市场价格压力和客户期望增长，而面临盈利挑战。为保持竞争力，实验室须聚焦核心竞争力，优化非核心活动。

液相色谱仪器的生命周期管理便是其中之一，涵盖采购、安装、运行、维护、维修至最终更换的全流程。

理解并管控这类生命周期成本是一项战略优势。最佳实践包括：按实际情况调整成本，利用可预测的成本节约机会，且不影响数据质量与合规性。

无论例行维护还是意外故障导致的工作流程中断，都会降低实验室效率、推高运营成本。计划外维修和停机会对液相色谱仪的长期经济效益和总体使用维护成本产生重大影响。

越过初始价格，洞悉液相色谱的真实成本

TCO 是一项综合财务估算，可帮助实验室管理人员了解购买和运行液相色谱仪在其整个生命周期内的直接成本与隐性成本。这些成本远超初始价格，且会因仪器类型、基础设施及实验室配置的差异而显著波动（见图 1）。

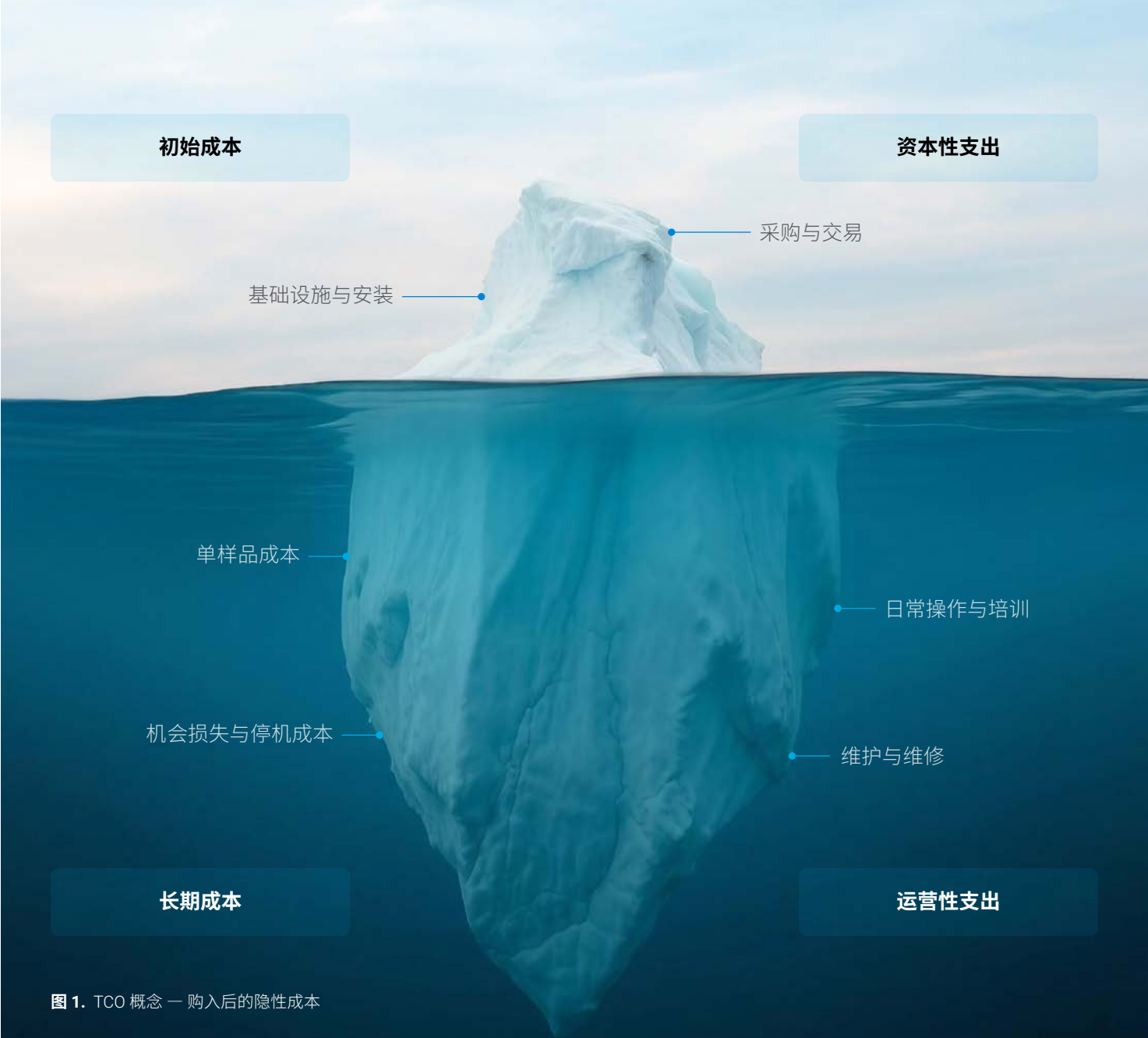


图 1. TCO 概念 — 购入后的隐性成本

TCO 透明度的重要性

若实验室只追求最低的采购价格，往往会在后续使用中发现，这些设备的长期成本反而更高。原因如下：

采购与交易

诱人的折扣可能会促使人们快速做出决定，但往往会掩盖性能、稳定性和易用性方面的不足。这些“经济型”仪器通常缺少必要的附件或服务，需要后期额外付费购买。此外可能还有租赁费、贷款利息、运输费、关税、保险费和折旧费等附加费用。

基础设施与安装

安装一台液相色谱仪需要的不仅仅是工作台空间。根据检测器和实验室配置，可能需要额外的基础设施，例如气体供应、空气抽取、浪涌保护，甚至实验室扩建。与现有系统集成，可能还需要重新布线、管道铺设或软件升级。

日常操作与培训

持续成本包括能源消耗、溶剂、色谱柱、样品瓶以及用过的耗材的妥善处置。软件更新和集成工具也会增加额外费用。经济型仪器由于操作复杂或不够直观，通常需要更多的培训，这会增加时间和成本。

智能维护如何降低隐性成本

高质量的液相色谱系统通常需要可预测的年度预防性维护，并且通常内置部件更换警报。相比之下，成本较低的仪器可能每年需要维修两到三次，而且故障难以预测，停机时间也更长。维护的复杂性、不同的保养周期以及不兼容的部件都会显著增加成本。

机会损失与停机成本

当液相色谱仪因灵敏度不足、流速稳定性不佳或持续满负荷运行而制约实验室能力时，便会导致机会成本。如果结果受到影响，这些限制可能会导致收入损失、产出下降和声誉受损。

劣质材料也可能影响数据可靠性。例如，接液部件的浸出物可能会造成结果不准确，损害客户信任，并带来合同损失的风险。这些隐性成本每年很快就会超过数千美元，远高于最初节省的费用。

折旧和处置

高质量液相色谱仪的使用寿命更长、残值更高，且更易于回收处置。相反，廉价系统往往需要频繁更换部件，产生更多废弃物，并增加净化与报废处置的难度与成本。而高质量易耗件本身即能减少清洁需求，并有效预防因磨损或污染导致的设备损坏。



前期投资： 初始支出

购买一台液相色谱仪的初始成本远不止仪器价格本身，它们会根据当地情况、买方具体要求和国家/地区具体法规而有所不同。这些因素会影响是否支持租赁、分期付款或信用购等支付方式。

此外，转让费、安装费、保险费及培训费等附加费用是否包含在购买协议内，需视具体购买协议而定。折扣力度也因订单量或采购频次而异。有时，服务合同会将培训和维护打包在初始交易中。

LCGC 杂志 2025 年的一篇出版物^[1] 揭示了对分析型液相色谱仪器用户而言至关重要的决策标准：

- 95% 的用户将最高可靠性列为首要考虑因素
- 92% 的用户追求最佳性能
- 76% 的用户看重优异的性价比
- 68% 的用户认为低 TCO 更重要

这些调查结果表明，实验室管理人员日益关注长期价值，而非仅仅着眼于前期节省开支。

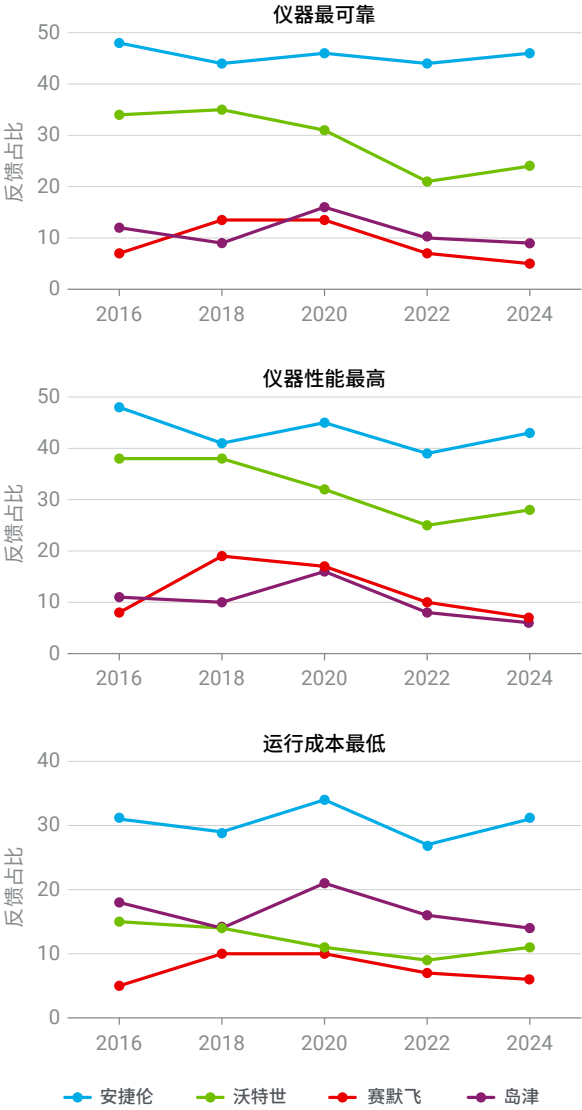


图 2-4. LCGC 调查问卷结果^[1]

长远考虑： 隐性成本与持续花费

虽然前期成本很重要，但持续的运营支出对实验室的长期盈利能力影响最大。有效管控这些支出，是实现高效、高性价比液相色谱分析的核心所在。

经常性支出涵盖日常维护、计划外维修及仪器停机带来的分析效率损失，它们不仅会推高运营成本，也会降低实验室的通量与可靠性。

仪器可靠性至关重要，不仅关乎结果一致性，更能大幅减少停机、保障工作流程顺畅。制造商的可靠性同样重要，尤其体现在以下方面：

- 向后兼容性
- 方法可转移性
- 未来可升级性

这些因素直接影响液相色谱系统的真实性价比。

图 2 至图 4 基于数百名液相色谱用户反馈，对比了主流厂商在可靠性、性能及 TCO 上的表现。综合这些指标，可看出哪些供应商能提供最高的整体价值。

溶剂的使用和处置是另一项主要的成本决定因素。溶剂通常具有危险性，且管理成本高昂。使用高质量的溶剂不仅能确保分析性能稳定，还可以减少浪费和返工，进一步降低总运营成本。

样品经济效益如何决定液相色谱的投资回报

如果知道平均分析时间，就很容易估算出：在典型的液相色谱应用中，每台液相色谱仪每天可以处理多少样品。按工作日计算成本项目，可得出每台液相色谱仪的日人工与消耗成本，进而估算单样品平均成本。

计算中纳入的成本项目越多，数据越精准全面，对液相色谱仪器在特定期限内的单样品成本与 TCO 的估算就越可靠。该计算有助于确定理想的液相色谱仪器，以实现最快的投资回报。

表 1 显示了典型 HPLC 分析的简单成本分解。在此例中，假设一台普通的 HPLC 仪器的购买价格为 40000 美元。每天的人工费和管理费估计为 400 美元（含一台 HPLC 仪器及配套实验室架构配置和运行的所有费用，不含 HPLC 色谱柱和普通 HPLC 应用中的溶剂成本）。示例实验室每天工作 10 小时，每年工作 260 天。

维护与故障排除造成的停机，体现为仪器可用性下降与分析通量减少，相关成本则由内部人员或服务合同承

担。维修停机同理，但必须额外支付维修技术人员费用。原则上可以添加更多成本项目，但表 1 所列项目已满足示例计算需求。在本例中，单样品成本是 21 美元。

表 1 所示的单样品总成本简易算法是行业常规做法，类似模板或计算工具可在网上获取。表 1 中的灰色数值可根据实际情况替换。此简易计算未包含某些日常重复任务，这是有原因的。

根据使用模式或分析量，准备液相色谱仪可能非常耗时。基本任务包括：启动时或更换溶剂瓶/液相色谱柱后进行冲洗和平衡，执行系统适用性测试，或进样校准标样以对样品进行定量分析。这些任务一年累计约 10 天，可加入到表 1 的年均系统维护天数。



在表 1 中增加 10 天维护日后，系统年运行天数从 253 天减至 243 天，年有效工时内样品数降至 5832 个，导致实验室年收入或利润下滑。但有趣的是，这对单样品成本影响甚微。表 1 中，单样品成本从 21 美元增加到 21.06 美元，涨幅仅 0.3%。

表 1. 普通 HPLC 分析的简易成本估算

流速	1	mL/min
典型分析时间	25	min
系统采购价格	40000	美元
系统寿命	10	年
年均系统维护天数	2	天/年
员工年均故障排除天数	3	天/年
安捷伦工程师年均服务天数	2	天/年
服务工程师费用（含材料费）	2500	美元/天
年工作天数	260	天/年
系统运行时数	10	小时/天
人工费和管理费	400	美元/天
平均色谱柱成本	600	美元
平均色谱柱寿命	1000	个样品
平均溶剂成本	70	美元/1000 mL
平均溶剂废液成本	20	美元/1000 mL

系统运行天数	253	天/年
系统年运行时间	2530	小时
日有效工时内样品数	24	个/天
年有效工时内样品数	6072	个/年
溶剂用量	600	mL/天
总成本	127505	美元/年
服务成本	20	美元/操作日
系统折旧	16	美元/操作日
人工费和管理费	400	美元/操作日
溶剂成本	42	美元/操作日
溶剂废液成本	12	美元/操作日
色谱柱成本	14	美元/操作日
总成本	504	美元/操作日
单样品成本	21	美元

成本与通量： UHPLC 为何优于 HPLC

传统或常规 HPLC 分析可能仍沿用多年前的专论方法，采用内径 4.6 mm、长度 250 mm、粒径 5 μm 的 HPLC 色谱柱。数十年来，色谱柱的使用趋势是缩短柱长、减小内径与粒径。因此，药典中日益采用更现代的色谱柱规格，逐步取代 4.6 × 250 mm HPLC 色谱柱。这反映了从标准 HPLC 向快速 HPLC、标准 UHPLC 和快速 UHPLC 的持续过渡。

表 2. 比较普通 HPLC 和 UHPLC 应用中液相色谱仪含完全或部分再平衡的典型分析时间

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
示例系统梯度延迟体积 (μL)	1100 (±100)	700 (±100)	350 (±50)	130 (±50)
典型柱长 × 内径 (mm)	4.6 × 250	3.0 × 150	2.1 × 100	2.1 × 50
典型流速 (μL/min)	1000	500	250	250
色谱柱死体积 (μL)	2742	700	229	114
典型梯度分析时间 (min)	25	15	10	5
完全平衡体积 (mL)	27.4	7	2.3	1.4
完全平衡耗时 (min)	27.4	14.0	9.1	4.6
含完全平衡的典型分析时间 (min)	52.4	29.0	19.1	9.6
与标准 HPLC 相比的时间差 (%)	0	-45	-64	-82
与快速 HPLC 相比的时间差 (%)	+81	0	-34	-67
与标准 UHPLC 相比的时间差 (%)	+174	+52	0	-50
与快速 UHPLC 相比的时间差 (%)	+446	+202	+99	0
部分平衡体积 (mL)	6.6	2.1	0.81	0.36
部分平衡耗时 (min)	6.6	4.2	3.2	1.4
含部分平衡的分析时间 (min)	31.6	19.2	13.2	6.4
与标准 HPLC 相比的时间差 (%)	0	-39	-58	-80
与快速 HPLC 相比的时间差 (%)	+65	0	-31	-67
与标准 UHPLC 相比的时间差 (%)	+139	+45	0	-52
与快速 UHPLC 相比的时间差 (%)	+394	+200	+106	0
部分平衡与完全平衡相比节省的时间 (%)	40	34	31	33

在比较标准 HPLC、快速 HPLC、标准 UHPLC 和快速 UHPLC 时，包含梯度洗脱和再平衡阶段的总液相色谱分析时间尤为重要^[2]。尽管总分析时间本可计入表 1，但为了与同类在线信息具有可比性，表中通常仅采用分析运行时间作为典型分析时长 — 严格来说，这对应于等度洗脱的应用场景。

通常建议，一根液相色谱柱实现完全再平衡需要 10 倍色谱柱死体积。更新的方法认为，两倍色谱柱死体积足以完成液相色谱柱的再平衡，因此液相色谱结果可重现^[3]。在表 2 中，系统延迟体积与两倍色谱柱死体积相加，得到更宽松的部分平衡体积，以提高液相色谱结果的重现性。

为使比较尽可能达到更好的效果，表 2 列出了典型的系统梯度延迟体积、最常用的液相色谱柱规格及其对应的色谱柱死体积（占色谱柱体积的 66%），以及在使用标准

HPLC、快速 HPLC、标准 UHPLC 或快速 UHPLC 时，典型应用中最常用的流速和梯度时间。

这导致典型梯度分析时间、含完全平衡的典型分析时间及含部分平衡的分析时间的数值各不相同。由于液相色谱柱的平衡对于获得可重现和可靠的结果至关重要，此处仅比较两种涉及色谱柱平衡的情形。与完全平衡相比，部分平衡可节省 30% 至 40% 的时间（见表 2）。

无论采用部分平衡还是完全平衡，与标准 HPLC 分析相比，快速 HPLC 分析耗时减少约 40%，标准 UHPLC 分析耗时减少 60%，而快速 UHPLC 分析耗时减少约 80%。而从标准 UHPLC 切换到快速 UHPLC 时，时间节省幅度最大，约有 50%。这些关系以及其他关系如表 2 所示。

表 3. 比较标准 HPLC 和快速 UHPLC 的典型样品通量和单样品成本

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
平均仪器采购价（美元）	40000	55000	70000	90000
平均色谱柱采购价（美元）	600		750	
平均溶剂成本（美元/1000 mL）	70		120	
含完全平衡的典型分析时间 (min)	52.4	29.0	19.1	9.6
年有效工时内样品数（每年）	2900	5200	7900	15700
年样品数/标准 HPLC 的年样品数	1.0×	1.8×	2.7×	5.4×
单样品成本（美元）	43.01	23.05	15.44	8.14
单样品成本/快速 UHPLC 的单样品成本	5.3×	2.8×	1.9×	1.0×
含部分平衡的分析时间 (min)	31.6	19.2	13.2	6.4
年有效工时内样品通量	4800	7800	11400	23500
年样品数/标准 HPLC 的年样品数	1.0×	1.6×	2.4×	4.9×
单样品成本（美元）	26.17	15.47	10.90	5.67
单样品成本/快速 UHPLC 的单样品成本	4.6×	2.7×	1.9×	1.0×
部分平衡与完全平衡相比节省的成本 (%)	39	33	29	30

虽然 UHPLC 仪器购置成本更高，且需高质量色谱柱和溶剂，但其性能提升十分显著。实际数值对比清晰展现了 UHPLC 仪器的经济优势。表 3 列出了实验室和客户方法中这些常见参数的典型值。借助表 1，可以计算出表 3 中所列各仪器类型的单样品预期成本。

除了节省时间外，与完全平衡相比，部分平衡的成本节省幅度同样在 30% 至 40% 之间（见表 3）。从标准 HPLC 切换到快速 HPLC，单样品成本平均降低约 41%；切换到标准 UHPLC，成本平均降低 60%；切换到快速 UHPLC，成本平均降低约 80%。**单样品成本与分析效率成反比：标准 HPLC 的单样品成本约为快速 UHPLC 的 5 倍。**表 3 列出了所有数值，便于进一步单独比较。

类似因素同样影响年样品通量的增长。从标准 HPLC 切换到快速 HPLC、标准 UHPLC 或快速 UHPLC，总能对实验室盈利能力产生双重积极影响。例如，直接比较标准 HPLC 和快速 UHPLC 时，相同时间内可分析的样品数量增加约 5 倍，而单样品成本降低为 1/5。



将投资转化为影响力： 尽可能提高液相色谱盈利能力

简单的合同样品或单次液相色谱分析的平均价格约为 80 美元。在某些情况下，这个费率可能显著增高（但很少低于此价），而内部实验室的分析费用平均为 45 美元。表 4 基于表 1 至表 3 的数据，展示了采用经典液相色谱分析法（色谱柱完全再平衡）和快速分析法（部分再平衡）计算出的理论年利润。

表 4. 按表 1 至表 3 中的假设数值计算每次样品分析的理论年利润

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
收入 43.01 美元时的利润（完全平衡，美元）	0	19.96	27.57	34.87
收入 45 美元时的利润（完全平衡，美元）	1.99	21.95	29.56	36.86
收入 80 美元时的利润（完全平衡，美元）	36.99	56.95	64.56	71.86
收入 26.17 美元时的利润（部分平衡，美元）	0	10.70	15.27	20.50
收入 45 美元时的利润（部分平衡，美元）	18.83	29.53	34.10	39.33
收入 80 美元时的利润（部分平衡，美元）	53.83	64.53	69.10	74.33

示例值假设液相色谱仪得到充分利用，并已计入表 1 所列的可抵扣运营成本。要确定每个样品的实际利润，需使用实际样品通量并扣除所有相关的一次性或经常性成本。具体包括：方法开发、方法或仪器的重新验证、复杂的样品前处理，以及任何未使用的耗材（如溶剂）的丢弃。所有此类成本均须按比例分摊扣除。

虽然 UHPLC 系统的初始成本高于 HPLC 系统，但当样品通量足以支撑仪器充分利用时，它能提供更高的长期价值。在分析前对液相色谱柱进行部分平衡而不是完全平衡，也可以提高盈利能力。这种方法适用于所有液相色谱仪器，但其有效性取决于液相色谱方法的稳定性和具体要求。

从传统 HPLC 方法转向更快速的液相色谱方法，固然需要在初期投入更多资金，并涉及流程变更、人员培训与管理精力，却能带来显著的长期回报。一款兼容 HPLC 和 UHPLC、且满足所有系统适用性和方法转移要求的液相色谱系统，可提供显著竞争优势。

鉴于不同液相色谱仪器在梯度延迟体积、峰扩散行为或所用技术等方面存在差异，要使配备 4.6 × 250 mm 色谱柱的快速 UHPLC 系统获得与标准 HPLC 系统同等的结果，需要具备特殊功能。先进技术的应用也日益普及，旨在更深入地掌握液相色谱仪的状态、实现远程接入，并自动完成日常操作。自动化 HPLC 操作结合实时信息和系统支持，能显著提升液相色谱仪器的工作效率。对比快速 UHPLC 与标准 HPLC，无论是内部还是合同液相色谱分析，其财务和操作优势都很明显（图 5）。这些数据充分印证了快速 UHPLC 的经济性与通量优势，当采用完全色谱柱平衡方法时，这一优势尤为显著。



图 5. 快速 UHPLC 与标准 HPLC 的财务影响对比：不同实验室商业模式下的单样品年利润

* 内部结算价为 45 美元
** 单样品分析费用为 80 美元，参见表 3 和表 4

Agilent InfinityLab 液相色谱系统如何实现可持续盈利

如果您的下一笔液相色谱投资能在不增加操作复杂度的前提下，每年为您节省超过 125 小时的实验室时间，您觉得怎么样？Agilent InfinityLab Assist 将常规液相色谱操作转化为战略性时间节省，从而释放资源、减少错误并保障样品通量。对于实验室管理人员来说，这意味着更快上手、更少干扰，每次仪器运行都能获得可观的回报。

InfinityLab Assist

Agilent Infinity III 液相色谱系列新增功能提升了系统智能水平、降低了用户操作需求，并能防患于未然，避免中断发生。实时仪表盘让用户即时掌握仪器使用状况、损耗趋势，并获得维护与故障排除任务的辅助指导。这样可以降低使用维护成本。

InfinityLab Assist 旨在为新手和经验丰富的用户提供支持，能协助完成无法自动化的任务，节省时间并减少错误。直观的本地界面支持现场实践培训和技能发展，同时支持通

“Infinity III 的便捷高效实在令人赞叹，它让我们从繁重的实验室工作中彻底解放。使用 InfinityLab Assist，我人还没到实验室，仪器自己就完成了冲洗和平衡。多亏 InfinityLab Assist，初级实验室技术人员也能快速提升技能，轻松应对故障排除与设备维护。”

– Ling Zhou, Healthy Star Bio-Tech R&D Ltd, 中国

过网页浏览器远程访问，供管理人员实时监控和指导操作。这种双管齐下的方法可大幅降低运营成本，加速新手入门，助力打造高效、低差错率的实验室环境。

优势包括内置诊断功能，可在仪器前获得引导维护和故障排除。日常 HPLC 操作（如仪器启动、关机和冲洗）可实现自动化，用户能随时随地安排或启动这些程序（见表 5）。

即时记录液相色谱仪的健康状况，支持通过触摸屏或远程浏览器随时查看。用户可以评估性能变化并快速识别潜在的根本原因。当部件或耗材出现异常或过快磨损时，系统会自动通知用户，使其能主动避免计划外的仪器停机或重新分析样品。

更快找到并纠正错误源，从而显著缩短仪器停机时间。通过大幅降低超标结果出现的概率，可提升数据合规性。

每年最多可节省 125.5 小时的运行时间（约 12.5 个工作日或占液相色谱仪正常运行时间的 5%），这些时间可用于样品分析。

表 6 中所示的年度额外处理样品数，完全源自 InfinityLab Assist 所节约的时间。为准确起见，特此说明：表中数值为未采用 InfinityLab Assist 时将出现的样品损失。因此，它代表的是通过该技术所避免的损失，而非新增的收益。

智能液相色谱仪凭借自我诊断功能，可预测、协助、指导并核查维护活动的正确性，从而减少维修次数，降低服务成本。由此可见，投资 InfinityLab Assist 能迅速收回成本。

表 5.利用实验室测试生成的数据估算出每台液相色谱仪每天运行 10 小时、每年运行 253 天可节省的时间

	可能节省的时间	每年节省的小时数	支持信息
访问自定义主界面	每天约 3 分钟	12.5	一键获取关键角色信息，无需层层点击菜单，高效省时
查看仪器状态界面	每天约 5 分钟	21	无需登录 PC 和启动 CDS 即可检查仪器性能，从而节省时间
安排任务（见下文）	每周约 10 分钟	8.5	通过创建可重复任务，自动完成日程安排与处理，从而节省时间
自动冲洗（任务）	每周约 15 分钟	12.5	与手动液相色谱系统冲洗相比更加省时，无需站在液相色谱系统前，可以自动化完成
准备系统（任务）	每周约 30 分钟	25.5	通过自动系统启动节省时间，包括液相色谱系统的平衡和后续设置等操作均作为自动化任务执行
系统待机（任务）	每周约 20 分钟	17	通过自动系统关机节省时间，包括液相色谱系统的冲洗和后续设置等操作均作为自动化任务执行
系统诊断（任务）	每周约 5 分钟	4.5	通过简单的例行诊断节省时间，用户可以按照系统引导或自动化方式执行这些诊断任务
使用受 PIN 码保护的用户角色	每月约 45 分钟	9	通过防范因意外操作或中断引发的错误结果与系统停机，保障工作效率，节省时间
接收运行状况通知	每年约 0.5 天	5	借助推送通知及时发现小问题和干扰，避免其升级为重大中断，有效节省时间
运行引导式维护和辅助故障排除	每年约 0.75 天	7.5	通过引导式维护任务和避免中小问题节省时间
访问独立系统日志	每年约 0.25 天	2.5	可即时查看系统日志，助力高效审计与根因分析，确保合规，节省时间
合计		125.5	每年共节省小时数

InfinityLab 液位感应

InfinityLab 液位感应的自动溶剂液位检测功能可防止瓶中溶剂耗尽。它能在启动分析序列前，预测溶剂消耗量并与当前供应量比对。若任一瓶中溶剂不足，系统会发出警告，确保样品分析顺利完成。

借助 InfinityLab 液位感应，可防止液相色谱泵部件损坏，避免耗时的泵体大修和重新分析样品。这不仅节约了易耗件成本、维护费用并减少了停机损失，也彻底解决了因泵干转造成的柱塞密封或单向阀磨损问题。此类维护会引发两小时停机，而借助 InfinityLab 液位感应，每年可以将这些停机时间转化为高效的实验室工作时间。

液相色谱柱中的流动相一旦耗尽，会导致批次分析数据全部作废，还可能损坏色谱柱。维护导致的运行时间损失会减少样品通量和利润，而色谱柱低利用率亦会推高成本。若溶剂管路在分析期间或之前流动相耗尽，部分样品也可能需要重新分析。综合以上因素，InfinityLab 液位感应每年可节省约 1500 美元的材料与时间成本。

InfinityLab 样品 ID 读取器和 Advanced Sample Linking

使用样品条形码可以简化任何分析型液相色谱工作流程。通过条码准确关联样品与分析方法，操作更易执行、核对与修正，从而有效杜绝潜在人为错误。这不仅显著提升了分析的可靠性、数据可信度与操作便捷性，也节约了处理时间与成本。

Agilent 1260 和 1290 Infinity III Multisampler 可选配 InfinityLab 样品 ID 读取器，通过读取条形码来识别样品瓶。它将所扫描样品的条形码信息添加到 OpenLab 序列表中，或与存储的样品信息比对以验证准确性^[6]。

使用安捷伦数据矩阵码标记的样品瓶，无需再手动标记。样品瓶可置于样品盘的任意位置，从根源上防止了样品混淆。由条形码识别的样品会列于结果表中，OpenLab 序列还会高亮显示放错位置的样品。

InfinityLab 样品 ID 读取器可使样品按特定顺序进行测定。因此，样品可以任意顺序加载到 Infinity III Multisampler 中^[7]。数据分析后，识别位置的条形码信息将列于 OpenLab 序列表中，用于最终确认。该流程通过避免各类错误，显著节省时间并提升了操作便捷性。

表 6. 考虑表 2 至表 4，基于表 5 中每年节省出 125.5 小时的年度额外处理样品数

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
额外处理样品数， 完全色谱柱平衡（个/年）	144	260	394	784
额外处理样品数， 部分色谱柱平衡（个/年）	238	392	570	1177
额外处理样品数， 无色谱柱平衡（个/年）	301	502	753	1506

在客户端-服务器环境中，将 Agilent Infinity III 液相色谱仪与 InfinityLab 样品 ID 读取器集成，可以使用 Advanced Sample Linking^[8] 以及用于 OpenLab 的 Agilent Sample Scheduler 样品调度程序等附加软件。这实现了完整的数字化工作流程解决方案，可降低手动样品转移和标记步骤的风险。

任何实验室信息管理系统中的样品都可以与其样品瓶无缝关联。该工作流程利用条形码追踪每个样品，从初次样品前处理直至获得最终液相色谱分析结果。无需手动输入位置即可检测到带条形码的样品，可以节省时间，提高易用性，大幅减少整个工作流程中的错误。

手动创建样品序列时，输入样品位置并核对相应信息至少需要 15 秒。基于此时间及液相色谱柱部分平衡时假设的样品通量，可得出表 7 所列的时间数据。若全年所有样品中有 0.5% 发生错误（如因标记错误或样品混淆），则需额外增加重新分析时间，导致液相色谱仪年有效运行时间损失 1%。值得注意的是，按所有仪器均满负荷运行的假设计算，所有型号液相色谱仪的累计损失时间达 25 小时。

假设快速错误检测时间平均为五分钟，则每年的错误调查时间累计可达数小时（见表 7）。个别情况下，所需时间可能高出数倍。此举有望每年节省 135 小时的运行时间，这些时间可转投于其他盈利项目。

毋庸置疑，在 OpenLab 序列表中省去手动录入样品信息并避免各类人为错误，可节省大量时间，这一优势在 UHPLC 分析中尤为显著。这使**年度额外处理样品数提升了 13 倍**。如果色谱柱在分析前完全平衡，此数量会降低约 10%。

BlendAssist 软件

安捷伦全能泵能够利用各类添加剂储备液，配制多种混合溶剂。BlendAssist 软件的智能功能可自动混合缓冲液或添加剂浓度，无需人工干预，简化了始终可重现的液相色谱溶剂配制过程，并加速了方法开发。

实验人员无需再手动配制多种不同浓度的缓冲液或添加剂溶液，仅需准备纯溶剂和高浓度储备液即可。将储备液浓度和期望的浓度输入 BlendAssist 软件后，全能泵将为每次特定分析提供所需的流动相组成。与手动预混合相比，此举可显著降低溶剂采购和处置成本。自动化还可消除溶剂配制中的错误，确保重现性。

BlendAssist 的经济效益取决于每年所需的不同溶剂混合物的数量。例如，典型的方法开发任务需评估六种缓冲液或其他添加剂浓度。采用预混程序，实验人员需手动配制多达 12 瓶溶剂（每种浓度两瓶）。而使用 BlendAssist，只需要配制四种溶剂溶液。

在液相色谱分析（特别是方法开发）后，常有预混溶剂被剩余废弃，这部分浪费可占年消耗量的 15%^[4, 5]。采用 BlendAssist 后，溶剂可实现精确的按需使用，无需再处理未用完的溶剂。表 8 中的节省量仅限分析溶剂成本，而未涵盖 BlendAssist 可完全避免的废液处置相关成本。

表 7. 在部分色谱柱平衡条件下进行样品分析，预计每年可节省的时间

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
LC 序列手动样品录入年耗时 (小时/年)	20	33	45	100
手动错误致样品复测年耗时 (小时/年)	25			
样品相关错误调查年耗时 (小时/年)	2	3	5	10
全年可节省系统累计运行时间 (小时/年)	47	61	75	135
额外处理样品数； 部分色谱柱平衡 (个/年)	89	191	341	1266

表 8. 使用 BlendAssist 的成本节省潜力与单台液相色谱仪满负荷运行时的理论年利润（基于表 1 至表 3 假设值）

	Agilent 1260 Infinity III 全能泵	Agilent 1290 Infinity III 全能泵
每年大致溶剂成本（采购和处置）(美元)	8000	6000
BlendAssist 每年节省的溶剂成本 (美元)	1200	900

智能系统模拟技术 (ISET)

Agilent 1290 Infinity II 和 III 以及 1260 Infinity II 和 III Prime LC 仪器具有独特功能，可通过 ISET 模拟其他液相色谱仪，包括非安捷伦系统。

ISET 能实现顺畅、无忧的 HPLC 方法转移。在将方法发送给合作实验室之前，可主动调整以适应目标仪器。当接收方法时，ISET 仅需模拟开发该原始方法的液相色谱仪。这种零风险、一键式的方法转移方案，可以将一台液相色谱仪的方法转移到另一台液相色谱仪，大幅降低仪器相关费用。第一种应用是直接利用所述的方法转移功能，结合 ISET 即可完成转移，无需调整仪器。

另一种是采用相反的传统重新开发方式。所有液相色谱方法均在 Agilent 1290 Infinity II 和 III 或 1260 Infinity II 和 III Prime LC 仪器上开发，这些仪器可以使用 ISET 模拟目标仪器。如此开发的液相色谱方法，无需调整目标液相色谱仪即可获得所有所需的液相色谱结果。即使目标是 HPLC 方法，也能在 UHPLC 速度下尽可能实现更快的方法开发。

一台配备 ISET 功能的安捷伦液相色谱仪可以模拟多达七台液相色谱仪，确保所有方法均能无缝运行，且完全保持原方法的所有性能指标。此外，仅使用单一类型仪器可节省空间、简化整体实验室工作流程，并降低额外仪器、培训、备件、维护等成本。传统 HPLC 方法也可通过 ISET 转换并以 UHPLC 速度运行，充分利用分离度和灵敏度的提升。

为提高利用率，一台配备 ISET 的安捷伦液相色谱仪凭借其模拟能力，可轻松接管其他液相色谱仪的任务。平均而言，这可以省去采购一台其他液相色谱仪的需求^[4]。这不仅可以节省购买另一台液相色谱仪的费用，还可以节省液相色谱仪平均 10 年使用寿命期间的年度维护和维修费用，每年最高可节省 16000 美元的成本（见表 9）。

InfinityLab 接头

液相色谱柱连接不当会产生死体积，进而引发峰拖尾、峰展宽、峰裂分或残留等问题。这会使分析结果失真，一旦结果可信度存疑，就必须重新实验或耗费大量精力进行记录与说明。连接不当可能会损坏液相色谱柱，导致分析效率损失和计划外成本（例如重复进行液相色谱分析）。Agilent InfinityLab Quick Connect 快速连接接头和 Agilent InfinityLab Quick Turn 接头简化了安装过程，确保所有用户（无论经验如何）都能实现顺畅的色谱柱连接^[4]。

表 9. ISET 对不同类型液相色谱仪的成本节省潜力

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
平均仪器采购价（美元）	40000	55000	70000	90000
平均维护和服务成本（美元/年）	7000			
10 年后总计（美元）	110000	125000	140000	160000
每年节省金额（美元）	11000	12500	14000	16000

受安装不当影响，液相色谱柱通常每隔一两年就会损坏需要更换，单柱更换成本平均在 600–750 美元。液相色谱仪通常配备双色谱柱（通过切换或手动更换使用），这会使损坏的色谱柱数量增加约一倍。综上，使用 InfinityLab Quick Connect 快速连接接头与 Quick Turn 接头，每台仪器每年最多可节省 1500 美元。

自动化色谱柱再生和双针进样

连续液相色谱分析通过省去清洗和重新平衡色谱柱的时间，可将总分析时间减少 45%。自动色谱柱再生 (ACR) 利用配备双独立泵的液相色谱仪，通过切换两根分析柱来优化液相色谱仪的分析效率。分析结束后，在平衡第一根色谱柱的同时，在第二根色谱柱上开始下一个样品的梯度分离，从而实现连续液相色谱分析。

使用 InfinityLab Multisampler 的双针选项可以进一步优化时间。其智能叠加高通量模式支持在第一根针进样启动分析的同时，第二根针准备下一次运行的样品。

通过交互柱再生和双针进样功能，最多可节省 60% 的时间（图 6）^[9]。当 ACR 与双针进样结合使用时，液相色谱分析柱的重新平衡时间及样品采集周期均可转化为有效分析时间。

表 10. 自动色谱柱平衡 (ACR) 在每次分析中可能节省的时间

	标准 HPLC	快速 HPLC	标准 UHPLC	快速 UHPLC
典型梯度分析时间 (min)	25	15	10	5
含完全平衡的典型分析时间 (min)	52.4	29.0	19.1	9.6
使用 ACR 后节省的时间 (min)	25	14	9.1	4.6
含部分平衡的分析时间 (min)	31.6	19.2	13.2	6.4
使用 ACR 后节省的时间 (min)	6.6	4.2	3.2	1.4

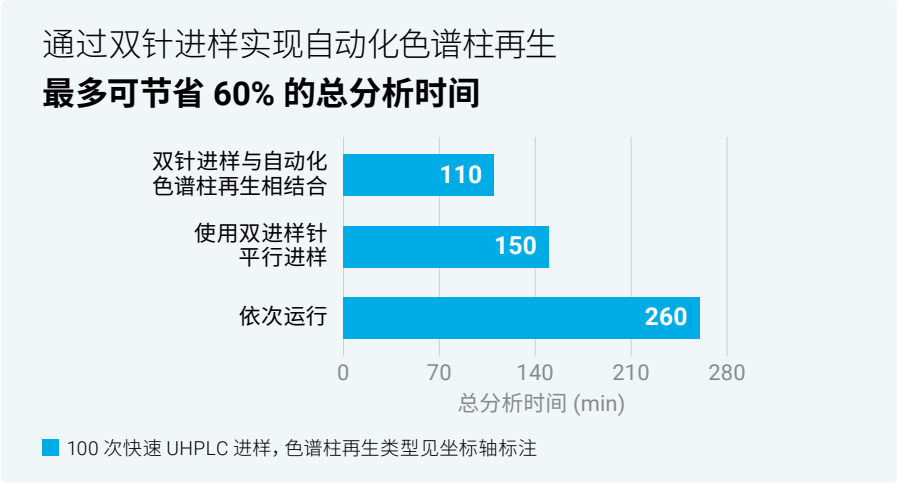
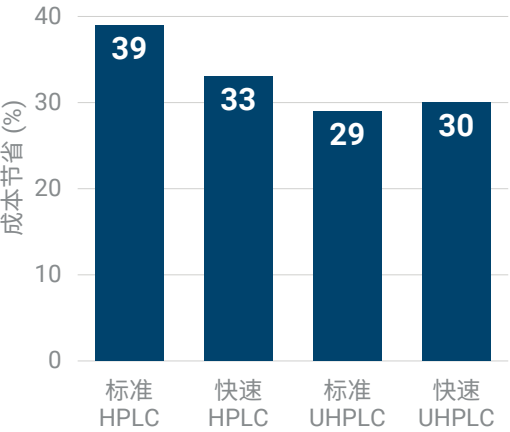


图 6. 使用交互柱再生和双针选项在 100 次进样的超高通量 UHPLC 中节省的时间^[9]

实际成效： 使用 Infinity III 液相色谱仪的成本节省能力

液相色谱用户一致认为安捷伦液相色谱仪在质量和效率方面处于市场先锋地位^[1]。安捷伦液相色谱仪一直以优异的准确度和精度而备受推崇，能在保证稳定性与易用性的前提下，在液相色谱分析中可靠地提供出色的重复性和性能。下面的信息图探讨了本电子书中涵盖的关键成本节省考量因素，贯穿液相色谱仪器的采购到总体 TCO。

液相色谱柱在分析后部分再平衡对比完全再平衡的单样品节省的成本



平均分析时间比较

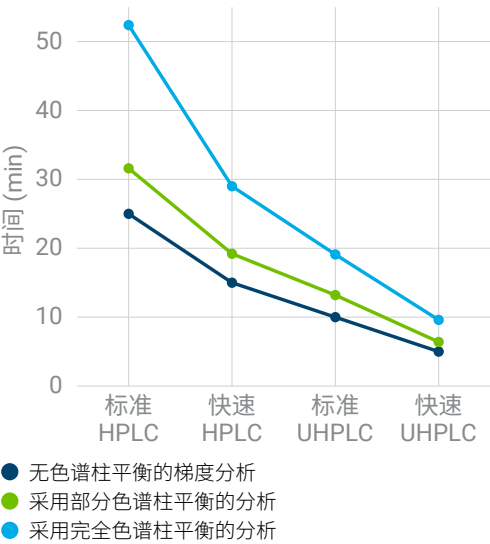
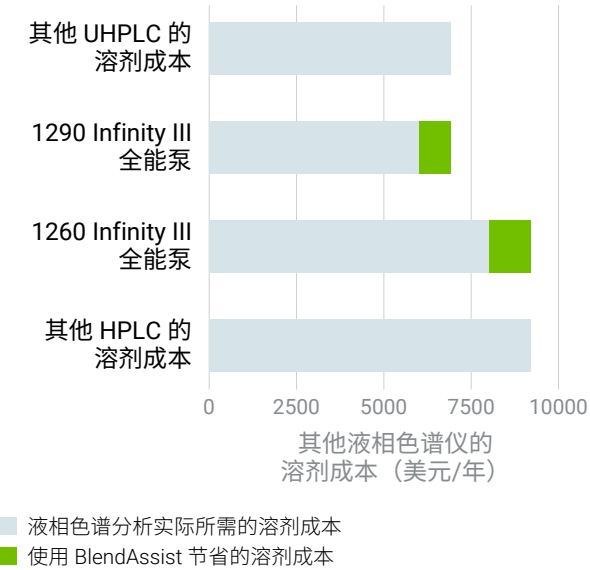


图 7-8. 从标准 HPLC 到快速 UHPLC 的成本节省考量

可持续特性能够智能自动化日常任务，从容应对液相色谱用户面临的各项挑战。Agilent Infinity III 液相色谱仪在延续安捷伦一贯的稳定性和可靠性的基础上，融入了独特的功能。出色的易用性和智能诊断技术可直接转化为更低的使用维护成本，数据质量不打折扣。

信息图中的对比数值基于本电子书示例，代表最高估算值。实际结果因各计算案例的具体参数而异。

BlendAssist 最多可节省 15% 的溶剂成本



InfinityLab Assist 每年最多可节省 125 个小时的运行时间

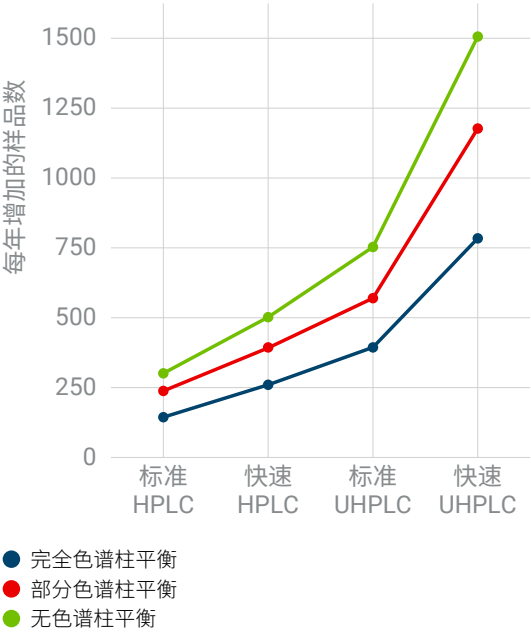


图 9-10. Agilent InfinityLab 液相色谱解决方案的成本节省考量

关键价值： 明智液相色谱投资如何物超所值

选择低价液相色谱仪，初看或许是“明智之举”？但随着时间的推移，隐性成本便会显露无疑。较低的制造质量往往意味着更频繁的故障、更高的维护成本和严重的停机损失。此类系统通常灵活性与可靠性不足，不仅让计划难以制定，长期性能也缺乏保障。同时，它们通常操作繁琐，需要更多的培训投入。

相比之下，投资安捷伦等高质量的液相色谱系统则能创造持久价值。这些仪器设计经久耐用、操作便捷且性能稳定，有助于实验室保持高效产出。

从标准 HPLC 升级到 UHPLC 虽需要一定的初始投资，但在系统得到充分应用后，便能迅速收回投资。长远而言，实验室单样品成本将显著下降，盈利能力增强 — 当 UHPLC 分析沿用 HPLC 定价时此优势倍增。

Agilent Infinity III 液相色谱系统的卓越设计帮助您尽可能提高效率并削减隐性成本。

主要功能包括：

- **InfinityLab Assist**：预防中断，每年最多可节省 125.5 个小时的运行时间
- **InfinityLab 样品 ID 读取器与 Advanced Sample Linking**：每年可节省 135 小时
- **双针进样**：自动化色谱柱再生，最多可缩短 60% 的分析时间
- **BlendAssist 软件、InfinityLab 液位感应和 InfinityLab 接头**：每项每年可节省 1200–1500 美元
- **智能系统模拟技术 (ISET)**：每年最多可节省 16000 美元

充分利用这些功能，每年可节省 20000 美元，并增加 260 小时的有效运行时间。配备第二套泵和自动进样针后，实验室可将平衡与准备时间分离出来并行处理，可实现高达 120% 的通量提升。

参考文献

1. Analytical Liquid Chromatography: The Role of Cost, Reliability, and Innovation in Selecting Instruments, LCGC 2025.
2. Petersson, P.; Euerby, M.R. Understanding How Dwell Volume Can Affect Selectivity in Reversed-Phase Gradient Chromatography, LCGC 2019.
3. Seidl, C.; Stoll, D.R. Column Re-equilibration Following Gradient Elution: How Long is Long Enough?, LCGC 2019.
4. 利用 InfinityLab 液相色谱系列产品提高液相色谱的投资回报率，安捷伦科技公司白皮书，出版号 5991-9120ZHCN，2019
5. 在液相色谱领域 “以更少投资获取更大回报”，安捷伦科技公司电子书，出版号 5994-1326ZHCN，2019
6. 样品位置确认，安捷伦科技公司技术概述，出版号 5994-7568ZHCN，2024
7. 样品位置识别和测量确认，安捷伦科技公司技术概述，出版号 5994-7569ZHCN，2024
8. Agilent Advanced Sample Linking，安捷伦科技公司白皮书，出版号 5994-7570ZHCN，2024
9. Ultrafast Analysis of Food Preservatives Using Automated Column Regeneration and Dual-Needle Injection （使用自动化色谱柱再生和双针进样实现对食品防腐剂的超快速分析），安捷伦科技公司应用简报，出版号 5991-6150EN，2024



了解更多信息：

www.agilent.com.cn/chem/infinitylab-lc-series

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

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

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

DE-010712

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 10 月 31 日，中国出版
5994-8725ZHCN