

Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱系统的能耗

摘要

Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱系统配备 Agilent InfinityLab Assist — 一种能够自动执行任务、简化维护并辅助故障排除的模块，可帮助系统提高运行效率、实现更长时间的无故障运行。为了评估这些新增功能所带来的能耗，我们将 1260 Infinity III Prime 液相色谱系统与 Waters Alliance iS HPLC 系统进行了比较。我们对实验室一个典型工作日内仪器在不同运行状态下的能耗进行了测量。结果表明，与 Waters 系统相比，安捷伦系统在所有状态下的能耗均更低，对于希望以更经济、更可持续的方式开展工作的实验室来说，安捷伦系统是更理想的选择。

前言

现代 HPLC 系统不仅仅只是单纯的样品分析仪。仪器传感器会通过收集非分析数据来监测泵密封垫、针座或检测器灯等消耗部件的磨损和损耗情况，并在需要更换时通知用户。控制软件集成了多种功能，可简化系统平衡操作、在分析完成后关闭系统或自动执行泵灌注等日常任务。

InfinityLab Assist 将这些辅助功能提升至全新水平。它是液相色谱堆栈中新增的一个紧凑模块，包括专用处理器和大触摸屏，与通过 PC 进行操作相比，InfinityLab Assist 使用户与液相色谱系统之间的交互更快速、更方便、更轻松 — 其独立于连接到液相色谱的色谱数据系统 (CDS) 运行。InfinityLab Assist 的功能非常丰富，我们在专门的白皮书^[1]中详细介绍了其中三种功能：自动化系统启动和关闭、引导式维护和辅助故障排除。

尽管 InfinityLab Assist 具有节省时间、提高系统可靠性和易用性等诸多优势，但我们需要考虑这一新增模块为液相色谱带来的额外能耗。为了说明这个问题，本技术概述提供了 1260 Infinity III Prime 液相色谱系统在典型使用条件下的能耗信息。同时，我们在相同的条件下运行 Waters Alliance iS HPLC，这是一款竞品系统，同样配有便于操作的触摸屏。正如之前关于液相色谱系统能耗的安捷伦出版物中所述^[2,3]，我们所用的分析方法旨在反映日常的实际应用中实验室一天的能耗情况，并未专门进行优化以单纯追求最低能耗。

实验部分

仪器

使用 CLM 221 功率计 (Christ Electronic Systems, Memmingen, Germany) 和 ALMEMO 2590 数据记录仪 (Ahlborn, Holzkirchen, Germany) 测量 UHPLC 系统的能耗。所有测量均在室温 ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) 下进行。

1260 Infinity III Prime 液相色谱仪由以下模块组成：

- Agilent InfinityLab Assist 升级组件 (产品货号 G7178A)，包括 InfinityLab Assist 触摸屏 (产品货号 G7179A) 和 InfinityLab Assist 控制器 (产品货号 G7180A)
- Agilent 1260 Infinity III 全能泵 (产品货号 G7104C)
- Agilent 1260 Infinity III 样品瓶进样器 (产品货号 G7129C)
- Agilent 1260 Infinity III 大容量柱温箱 (产品货号 G7116A)
- Agilent 1260 Infinity III 二极管阵列检测器 HS (产品货号 G7117C)，配有 10 mm 标准 Agilent InfinityLab 最大光强卡套式流通池 (部件号 G4212-60008)

在 Waters Alliance iS HPLC 系统上进行同样的实验，该系统包括 Waters ACQUITY 四元溶剂管理器、带流通式进样针的样品管理器、色谱柱加热器和可变波长紫外检测器。所用方法参数和色谱柱与安捷伦液相色谱系统相同。

色谱柱

本研究使用的色谱柱为 Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18, 2.1×50 mm, $1.8\ \mu\text{m}$ (部件号 959757-902)。

软件

1260 Infinity III Prime 液相色谱系统由 Agilent OpenLab CDS 软件 (2.7 版) 控制。Waters 液相色谱系统由 Waters Empower 软件 (3.8 版) 控制。

溶剂

所有溶剂均为液相色谱级。新制超纯水产自配置 $0.22\ \mu\text{m}$ 膜式终端过滤器 (Millipak) 的 Milli-Q Integral 水纯化系统。

样品

使用 Agilent RRLC 校验样品 (部件号 5188-6529) 作为在各液相色谱系统上进行分离的标准样品。

方法设置

在一天内测量实验室中两台仪器在三种运行状态下的能耗：“空闲”、“就绪”和“运行”（具体情况见图 1）。实验室中的一天定义为每个系统进行 8 小时的分析（运行），另外 2 小时用于灌注、冲洗、平衡以及等待样品提交（就绪）。剩余的时间认为系统处于待机状态，这意味着泵、柱温箱和检测器灯都已关闭，但样品恒温箱仍在运行，以冷却样品（空闲）。

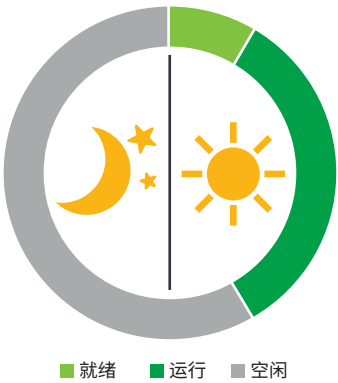
将两套液相色谱系统开机并使其处于空闲状态过夜，以使样品均匀冷却。除样品外，每个自动进样器中还有 64 个装有 1.5 mL 纯水的样品瓶，以模拟真实的装载状态。第二天，测量空闲状态下 2 小时的能耗。

在测量完空闲状态下的能耗后，使用系统各自的本地用户界面进行分析准备工作。针对系统的冲洗和平衡，InfinityLab Assist 具有一个名为“Make Ready”（准备就绪）的任务功能，用户可以提前设置好任务，然后保存并安排运行时间（例如每天早上 7 点）^[1]。Waters 液相色谱在执行此类任务时需要更多的用户操作，每次启动该流程时都需要用户重新设置每个步骤。开始准备工作后，再次测量 2 小时内的能耗，此时代表“就绪”状态，在此期间泵、柱温箱和检测器灯均已打开。

最后，提交包含 30 次进样的序列。在此“运行”状态下，各系统均采用表 1 所列的色谱条件来分离样品。这些条件代表了采用快速梯度，在高压（约 630 bar）下进行快速分析的典型应用。测量了整个 30 次进样分析期间的能耗，但最终的评估仅关注 2 小时内完成的样品数量和在此期间的能耗。

表 1. 色谱条件

参数	设定值	
流动相	A) 水 B) 乙腈	
流速	0.9 mL/min	
梯度	时间 (min)	%B
	0.0	30
	2.0	95
停止时间: 3 min 后运行时间: 1 min		
进样量	2 µL	
柱温	40 °C	
样品温度	4 °C	
紫外检测器	240 nm, 40 Hz 数据采集速率	



	空闲	就绪	运行
电源	开启	开启	开启
样品恒温箱	开启	开启	开启
柱温箱	关闭	开启	开启
泵	关闭	开启	开启
检测器灯	关闭	开启	开启
自动进样器（进样）	关闭	关闭	开启

图 1. 实验室中的液相色谱系统在一个工作日内的假定运行状态

结果与讨论

使用相同的方法和色谱柱在 Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱和 Waters Alliance iS HPLC 系统上分离标准样品。测量了两种系统在不同运行状态（空闲、就绪和运行）下 2 小时的能耗。在 2 小时的运行时间内，1260 Infinity III Prime 液相色谱共进样 24 次，Waters 系统进样 23 次。这种差异是由于两种系统所需的进样准备时间不同造成的。通过测得的能耗数据，可估算正常运行情况下每天的总能耗和每个样品的能耗。

图 2 为两种 HPLC 系统在不同运行状态下的能耗。Waters 系统的能耗比安捷伦系统高 370–500 kJ。与预期一致，就绪状态和运行状态期间的能耗高于空闲状态期间的能耗。对于安捷伦系统，运行状态的能耗比就绪状态低，而 Waters 系统在这两种状态下的能耗相同。安捷伦系统的这一能耗差异可以用系统平均压力来解释：在就绪状态下，泵需要输送水相比比例较高的流动相，从而会产生高压。在运行中，流动相中的有机相比比例随梯度变化逐渐增加，这会导致压力逐渐下降，从而使整个运行过程中的平均压力较低。安捷伦泵的能耗与系统压力相关，而 Waters 泵采用不同的技术，似乎始终以相同的功率运行，其能耗与系统压力无关。

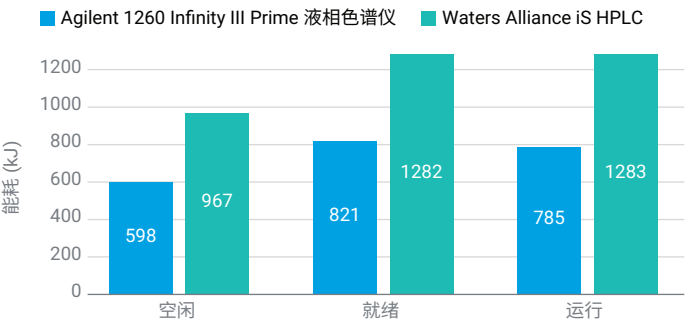


图 2. Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱仪和 Waters Alliance iS HPLC 在空闲、就绪和运行状态下每小时的能耗 (kJ)

假设每天安排 8 小时进行样品分析（运行）、2 小时进行准备和系统平衡（就绪），其余 14 小时处于空闲状态（空闲），则可计算出安捷伦系统每天的总能耗为 4.5 kWh，而 Waters 系统每天的总能耗为 7.3 kWh（图 3）。对高通量实验室而言，液相色谱每天进行样品分析的时间可能超过 8 小时。假设每天 16 小时进行样品分析、2 小时进行准备和平衡、其余 6 小时为空闲时间，则安捷伦和 Waters 系统的总能耗将分别增加至 4.9 kWh 和 8.0 kWh（图 3）。尽管样品检测能力翻倍，但能耗的增加却不到 10%。这一计算结果表明，如果液相色谱系统能将更多的时间用于分析样品，那么可以大幅提高系统的运行效率。

InfinityLab Assist 可以帮助液相色谱系统更高效地运行。它会监测仪器的运行效率，当用于分析样品的时间与准备、冲洗或空转所用的时间之比低于设定的百分比时会通知用户。任务编程功能使系统能够按用户设定的时间自动启动和关闭（如果系统正在运行样品分析任务，则会优先当前的分析任务）。辅助维护和故障排除可大幅缩短停机时间。更多信息，请参见之前的白皮书^[1]。

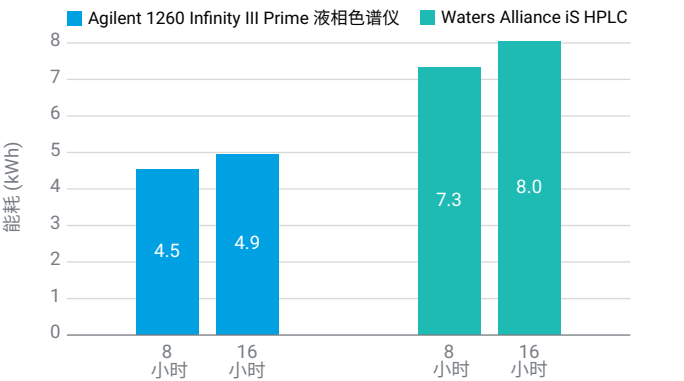


图 3. 假设每个工作日进行 8 或 16 小时的样品分析，Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱仪和 Waters Alliance iS HPLC 每天的能耗 (kWh)

虽然每日能耗看似很高，但液相色谱系统的运行成本还取决于所分析的样品数量。Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱和 Waters Alliance iS HPLC 均为能够在高压（分别为 800 bar 和 689 bar）下运行快速梯度的 UHPLC 系统。与在较低压力下运行的中等性能系统相比，上述特性使它们每天可以分析更多样品。另一份出版物讨论了不同 Agilent InfinityLab 液相色谱系统的能耗^[2]。为了准确地了解每个样品的实际能耗，需要将每日总能耗除以每天处理的样品数量。

假设每天的样品分析时间为 8 小时，在本技术概述所述的实验条件下，安捷伦系统每天可分析 96 个样品，而 Waters 系统在相同时间内可分析 92 个样品。由此可计算出每个样品的能耗分别为 170 kJ 和 287 kJ（见图 4）。假设每天进行 16 小时的高通量样品分析，则每个样品的能耗分别下降至 93 kJ 和 155 kJ。

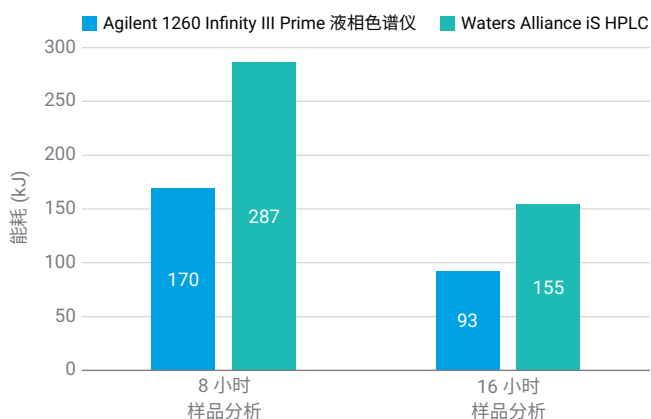


图 4. 假设每个工作日进行 8 或 16 小时的样品分析，Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱仪和 Waters Alliance iS HPLC 每个样品的能耗 (kJ)

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

www.agilent.com

DE-000585

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，2024
2024 年 10 月 18 日，中国出版
5994-7573ZHCN

结论

在典型的分析型 UHPLC 方法条件下，测量了 Agilent 1260 Infinity III Prime 液相色谱系统在空闲和运行状态下的能耗。为了进行比较，在 Waters Alliance iS HPLC 系统上运行了相同的方法。安捷伦系统在不同运行状态（空闲、就绪和运行）下的能耗以及每天的总能耗和每个样品的能耗均低于 Waters 系统。将每天分析的样品数量增加一倍，能耗仅增加不到 10%，这表明，如果使液相色谱全天候进行样品分析而不空转，则其运行效率最高。InfinityLab Assist 可提供自动化操作、维护反馈和辅助故障排除功能，帮助液相色谱延长正常运行时间，从而提高系统可靠性和易用性。

参考文献

1. Agilent InfinityLab Assist：用于 HPLC 系统控制和自动化的本地用户界面，*安捷伦科技公司白皮书*，出版号 5994-7572ZHCN，**2024**
2. Do You Know the Environmental Impact of Your HPLC? Energy Consumption of Four InfinityLab LC Systems During Routine Operation（您清楚 HPLC 对环境的影响吗？四种 InfinityLab LC 系统常规运行期间的能耗），*安捷伦科技公司技术概述*，出版号 5994-2335EN，**2022**
3. Comparing the Energy Consumption of Different UHPLC Systems（比较不同 UHPLC 系统的能耗），*安捷伦科技公司技术概述*，出版号 5994-6214EN，**2023**