

使用配备 FID 的 Agilent 8850 气相色谱系统进行超快速总石油烃分析

作者

Zhang Jie
安捷伦科技有限公司

摘要

本研究使用配备火焰离子化检测器 (FID) 的 Agilent 8850 气相色谱系统对土壤和水样中的总石油烃 (TPHs) 进行超快速筛查。这项快速分析采用 5 m Agilent J&W DB-5ht 分析柱和快速柱温箱升温速率, 以氦气 (He) 或氢气 (H₂) 为载气, 在 2.5 分钟内成功洗脱正四十烷 (*n*-C₄₀)。根据 HJ 1021-2019、HJ 894-2017 和 ISO 16703 标准, 在以下方面对系统性能进行了评估并获得了满意的结果: (A) 进样口歧视是否影响对高沸点化合物的有效分析; (B) 保留时间和响应精度; 以及 (C) 线性。此外, 本研究还展示了 8850 气相色谱系统的一项智能功能 — 峰评估, 该功能可自动监测进样口衬管性能, 在实际样品的 TPH 筛查中, 能显著提升实验室效率。

前言

TPHs 是指在原油及其精炼产品（如汽油、柴油和润滑油）中发现的一系列烃类物质。它们可能通过工业活动、泄漏事故或自然过程进入环境。土壤和饮用水会受到 TPHs 的污染，其中土壤污染会直接影响土地开发价值。TPH 分析可用于分析土壤、水和沉积物样品中的烃类物质。在土壤和水资源开发过程中，此类检测是风险评估和管理的重要环节。

气相色谱 (GC) 是水、土壤和沉积物 TPH 定量分析最常用的技术。ISO 16703^[1] 和中国 HJ 1021-2019^[2] 标准方法描述了使用配备 FID 的气相色谱系统 (GC-FID) 测定土壤和沉积物中 TPH 的方法。HJ 894-2017^[3] 描述了通过 GC-FID 分析水样中 TPH 的方法。这些方法推荐使用涂覆非极性固定相的 10–30 m 色谱柱（如 Agilent J&W DB-1、DB-5 和 HP-5）来分离 TPH。使用的柱温箱升温速率通常为 20–40 °C/min，色谱柱流速范围为 1.5–3 mL/min。气相色谱分离通常需要 15–40 分钟。在进行 TPHs 定量时，首先对正癸烷 ($n\text{-C}_{10}$) 至正四十烷 ($n\text{-C}_{40}$) 之间的峰进行积分，然后根据使用正构烷烃校准标样 (HJ 方法) 或矿物油校准标样 (ISO 16703) 建立的外部校准曲线计算相应的 TPH 浓度。在 HJ 1021 和 HJ 894 方法中，TPH 提取物的积分保留时间 (RT) 窗口以正构烷烃校准标样中 $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 的保留时间为参照，从 $n\text{-C}_{10}$ 峰之前开始，到 $n\text{-C}_{40}$ 峰之后结束。在 ISO 16703 方法中，校准标样为已知浓度的矿物油，而非正构烷烃。此时，需将 $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 添加到矿物油标样和 TPH 提取物中，作为峰积分的 RT 窗口标记物，但 $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰不参与 TPH 积分。

TPH 提取物通常会在色谱图中产生驼峰状信号。根据该驼峰色谱进行定量，可判定 TPH 含量是否超过规定限值。部分检测实验室会先进行快速筛查测试，以识别 TPH 响应过高、明显超出规定限值的样品。然后再对这些样品进行更全面的二次分析，确认 TPH 含量。这样做是因为 TPH 提取物的纯化通常需要一个小时以上，因此，首先对未纯化的样品进行直接筛查

可以节省样品前处理时间。快速筛查测试可以提高实验室的日常样品通量，节省更多时间来分析受污染的样品，从而进一步提高分析效率。

为了实现快速筛查，典型方法包括使用短分析柱、提高色谱柱流速以及加快柱温箱升温速率。其中，最难实现的是快速升温。8850 气相色谱系统通过紧凑型空气浴柱温箱设计解决了这一问题，该柱温箱可搭载一根毛细管柱，并且最高可实现 300 °C/min 的升温速率 (200–240 V 电源)。同时，即使拥有如此高的升温速率，8850 气相色谱系统的功耗仍仅为市面上大多数空气浴柱温箱气相色谱系统的 50%–70%。

对于需要长期分析大量样品的检测实验室而言，8850 气相色谱系统可以在相同的时间内分析更多样品，有助于大幅减少电能和气体消耗。即使在样品数量较少的情况下，更快的分析速度和更低的能耗也能帮助实验室提高可持续性。

与旗舰产品 Agilent 8890 气相色谱系统类似，8850 气相色谱系统同样搭载气相色谱智能功能，包括自引导维护、检测器与峰评估功能、内置帮助等。这些智能功能会时刻监测仪器状况，并在性能下降时及时通知用户，并帮助用户开展维护工作，从而使仪器保持长时间高性能运行。智能功能的一个典型应用是使用峰评估来监测进样口性能。

根据 ISO 16703 方法的要求，在分析实际样品之前，应通过适用性测试验证系统性能。该方法要求，在相同浓度下， $n\text{-C}_{40}$ 与 $n\text{-C}_{20}$ 的响应比不低于 0.8。通常情况下，该验证工作由分析人员手动完成。而 8850 气相色谱系统的峰评估功能可通过预设方法自动执行此项评估，并在分离完成后直接生成结果。这样可以确保分析工作由性能可靠的气相色谱系统完成，从而提高分析效率和结果可靠性。

本研究使用 8850 气相色谱系统进行了快速 TPH 分析并进行了验证。根据 ISO 16703、HJ 1021-2019 和 HJ 894-2017 的要求，对系统性能进行了评估。此外，还展示了如何使用峰评估功能自动评估 $n\text{-C}_{40}$ 的回收率。

实验部分

Agilent 8850 气相色谱系统配备 Agilent 7650A 自动进样器、分流/不分流 (S/SL) 进样口和 FID。快速分析方法的仪器配置、分析参数和消耗品见表 1。

ISO 16703 使用的校准标样为矿物油 A (4000 mg/L)、矿物油 B (4000 mg/L)、 $n\text{-C}_{40}$ (30 mg/L) 和 $n\text{-C}_{10}$ (0.03 mg/L) 的混合溶液 (基质为正庚烷)，购自安谱公司。HJ 1021-2019 和 HJ 894-2017 使用的校准标样为正构烷烃的混合溶液 (从 $n\text{-C}_{10}$ 到 $n\text{-C}_{40}$ ，31 种成分，每种烷烃均为 1000 mg/L)，基质为正己烷。ISO 和 HJ 方法所用校准标样的浓度如表 2 所示。将 30 mg/L 和 10 mg/L (每种烷烃均为此浓度) 的正构烷烃校准标样分别用于系统适用性和精度测试。

来自实际水样和土壤样品的 TPH 提取物由合作实验室提供。本研究采用 HJ 894-2017 和 HJ 1021-2019 推荐的流程提取 TPH。使用 Agilent OpenLab CDS 软件 2.8 版执行数据采集和分析。

表 1. Agilent 8850 气相色谱仪器条件与消耗品

| 参数 | 设定值 |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agilent 8850 GC | |
| 进样量 | 0.5 μL |
| 进样口 | 不分流 310 °C |
| 吹扫流量 | 60 mL/min, 0.3 min 时开始 |
| 载气 | He |
| 色谱柱 | Agilent J&W DB-5ht, 5 m \times 0.32 mm, 0.1 μm (部件号 100-2000, 定制 5 英寸色谱柱) |
| 色谱柱流速 | 6.0 mL/min, 恒流; 对于 H ₂ 为 5.5 mL/min |
| 柱温箱升温程序 | 40 °C (保持 0.5 min), 以 250 °C/min 升至 120 °C, 以 150 °C/min 升至 250 °C, 以 100 °C/min 升至 320 °C (保持 0.7 min) |
| 检测器 | 340 °C |
| 数据采集速率 | 100 Hz |
| 消耗品 | |
| 进样口隔垫 | 安捷伦进样口隔垫, 耐高温, 低流失, 不粘连 (部件号 5183-4757) |
| 进样口衬管 | 安捷伦进样口衬管, 超高惰性, 低压降, 分流, 带玻璃毛 (部件号 5190-2295) |
| 自动进样器 (ALS) 进样针 | 安捷伦 ALS 进样针, 金标, 23–26s 锥形针头 (部件号 5181-1273) |

表 2. 校准标样

| 校准浓度 | 总浓度 (mg/L) | |
|------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| | ISO 16703: 含 $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 的 矿物油混合物 | HJ 894-2017 和 HJ 1021-2019: 正构烷烃混合物 |
| 1 | 100 | 31 |
| 2 | 500 | 93 |
| 3 | 1000 | 310 |
| 4 | 2000 | 930 |
| 5 | 4000 | 3100 |
| 6 | 8000 | 9300 |

结果与讨论

使用氦气载气进行超快速 TPH 分析

在之前的应用简报^[4] 中，在 8850 气相色谱仪上使用 He 载气进行了超快速 TPH 分析，并针对 8850 气相色谱系统优化了柱温箱升温程序。根据以下指标对 8850 气相色谱系统的性能进行了评估和验证：

- 系统适用性
- 分析速度
- 响应和 RT 精度
- 线性
- 残留

系统适用性测试

ISO 16703 方法要求进行仪器适用性测试，以评估正构烷烃的分离度和检测器响应。本测试使用 30 mg/L 的正构烷烃校准标样。如图 1 的色谱图所示，所有峰均获得基线分离，并且 $n\text{-C}_{10}$ 与 $n\text{-C}_6$ 溶剂也实现了充分分离。正四十烷 ($n\text{-C}_{40}$) 的响应值为正二十烷 ($n\text{-C}_{20}$) 响应值的 96%，超过了 ISO 16703 方法规定的 80% 限值，表明进样口具有出色的性能，几乎不存在进样歧视。

分析速度

8850 气相色谱系统采用紧凑的低热容气相色谱柱温箱、优化的柱温箱风扇和风管，可以实现超快速分析。这些精心设计的部件有助于缩短柱温箱加热和冷却时间，从而显著提升分离速度。本研究中使用的柱温箱升温速率可通过 8850 气相色谱系统 (200–240 V) 的快速柱温箱实现。单个分析周期大约需要 8.5 分钟，其中包括 1 分钟的柱温箱初始平衡时间、3 分钟的分离时间 ($n\text{-C}_{40}$ 在 2.5 分钟内洗脱)，2 分钟的后运行时间以去除色谱柱中的样品基质，以及 2.5 分钟的柱温箱冷却时间 (环境温度 22 °C)。其中，后运行时间可根据具体的样品基质进行调整。

在 120 V 下，8850 气相色谱系统的柱温箱升温速率比 200–240 V 下的速率慢。使用 120 V 快速柱温箱升温条件获得的正构烷烃分离色谱图见附录。 $n\text{-C}_{40}$ 的保留时间从 2.4 分钟增加到 3.0 分钟，但速度仍然很快，分析周期约为 9 分钟。

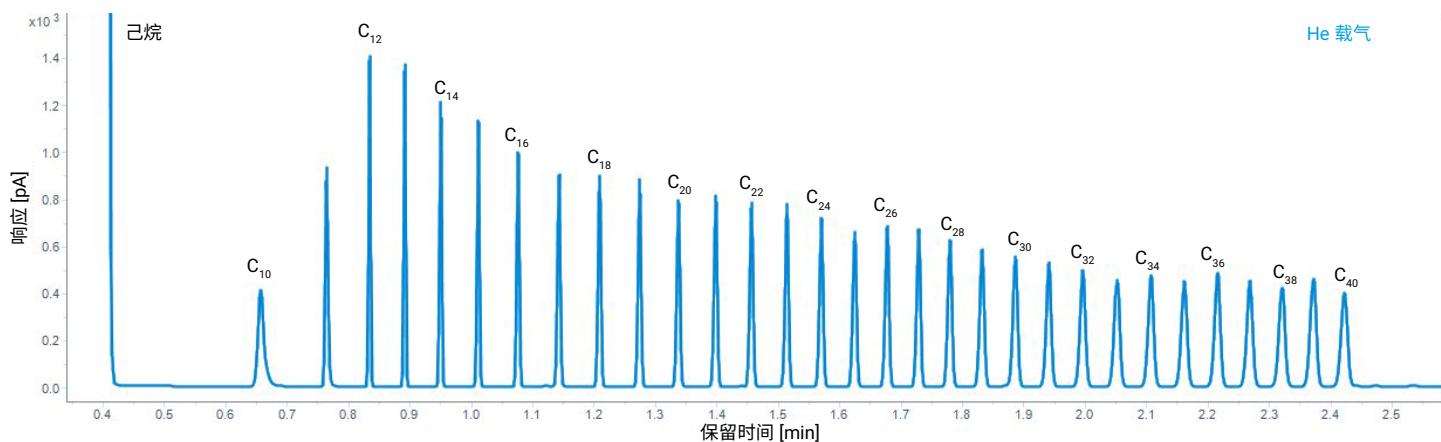


图 1. 使用快速 He 方法获得的 30 mg/L 正构烷烃标样色谱图

精度

通过六次连续进样 10 mg/L 正构烷烃校准标样和 1000 mg/L 矿物油混合物，测试了系统的精度（图 2）。在 ISO 16703、HJ 894-2017 和 1021-2019 方法中， $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰是 TPH 积分的 RT 标记物。高 RT 精度对于获得准确、可重现的 TPH 峰面积非常重要。在 1000 mg/L 矿物油标样的六次分析中， $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰的 RT 波动范围分别为 0.0003 和 0.005 分钟。在 10 mg/L 正构烷烃标样的六次分析中， $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰的 RT 波动范围分别为 0.0008 和 0.0042 分钟。矿物油混合物中两种标记化合物的 RT 统计结果见图 2 中的表格。鉴于整个分

离速度较快 ($n\text{-C}_{40}$ 在 2.5 分钟内洗脱)，获得的 RT 精度表现良好。精确、可重现的柱温箱温度控制和进样口气路控制共同保障了出色的 RT 精度。

如图 3 所示，各正构烷烃的响应相对标准偏差 (%RSD) 在 0.599%–0.911% 之间。从 $n\text{-C}_{10}$ 之前开始到 $n\text{-C}_{40}$ 之后结束，对该窗口内的峰进行积分，获得的响应 %RSD 为 0.685% (HJ 方法要求的积分方式)。1000 mg/L 矿物油 (积分窗口为 $n\text{-C}_{10}$ 之后开始到 $n\text{-C}_{40}$ 之前结束) 的响应 %RSD 为 0.322%。获得的重现性结果优于 ISO 16703 方法中规定的 5%。

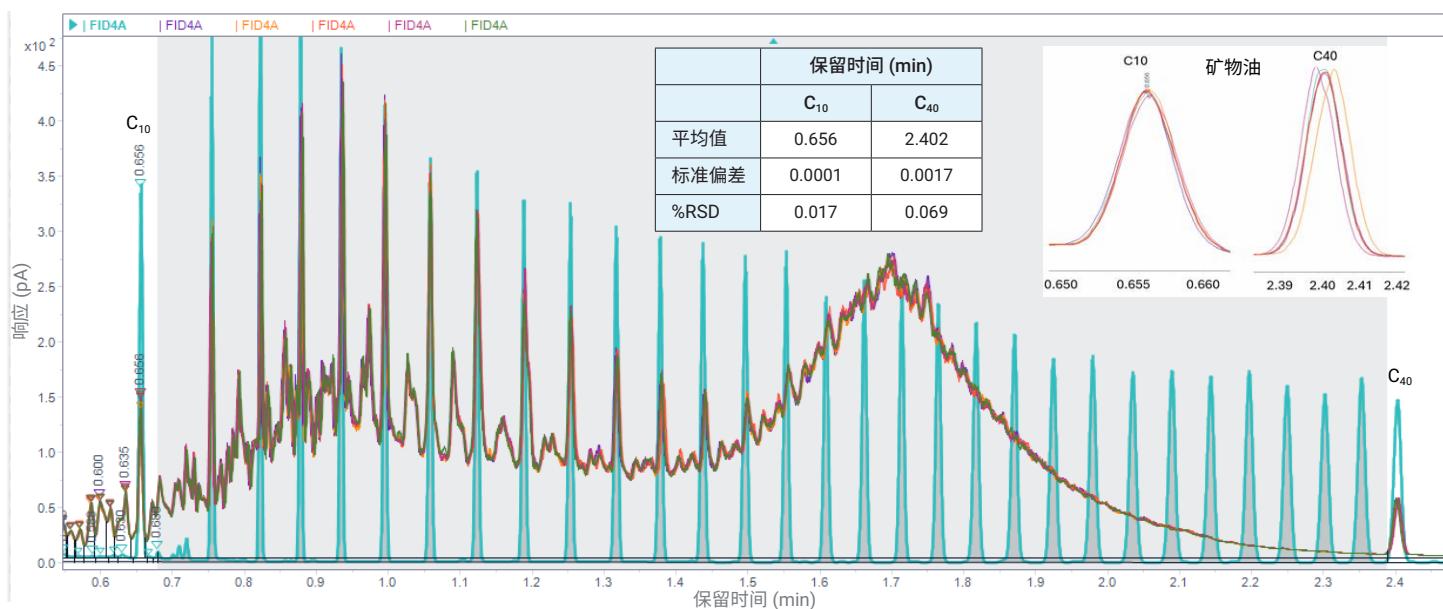


图 2. 1000 mg/L 矿物油和 10 mg/L 正构烷烃混合物的叠加色谱图

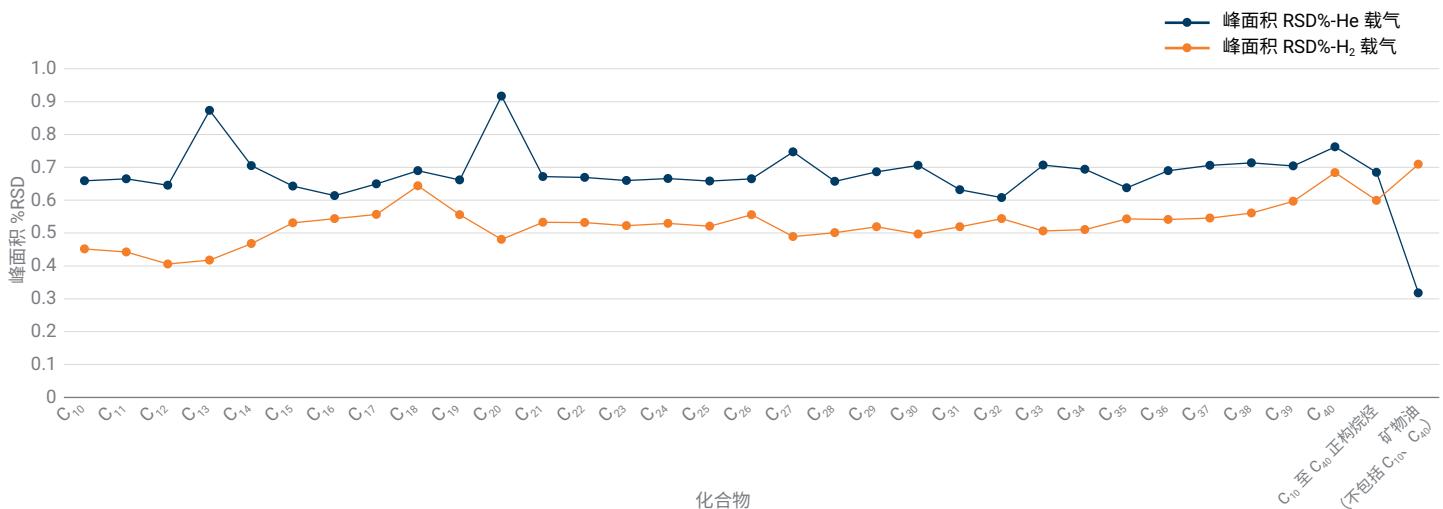


图 3. 各正构烷烃的峰面积、正构烷烃校准标样中 $n\text{-C}_{10}$ 至 $n\text{-C}_{40}$ 组合峰的峰面积以及矿物油标样总峰面积的重现性

线性

图 4 的两条校准曲线表明获得了出色的线性。校准曲线 1 按照 ISO 16703 的要求, 使用矿物油标样绘制 (TPH 峰面积不包括 $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰)。校准曲线 2 按照 HJ 894-2017 和 HJ 1021-2019 方法, 使用正构烷烃混合物绘制 (TPH 峰面积包括 $n\text{-C}_{10}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰)。每条校准曲线的相关系数均大于 0.9998, 优于相应方法的要求, 表明 FID 在测试浓度范围内具有出色的线性响应。

为了验证校准曲线的准确度, 使用正构烷烃校准曲线对两种矿物油校准标样进行了定量。从 $n\text{-C}_{10}$ 峰的终点开始到 $n\text{-C}_{40}$ 峰的起点结束, 进行峰积分, 重新建立烷烃校准曲线。然后对 500 mg/L 和 4000 mg/L 矿物油标样进行测量, 分别进样三次。定量结果如表 3 所示。实测浓度分别为标称值的 106.9% 和 102.7%, 表明获得了优异的线性。

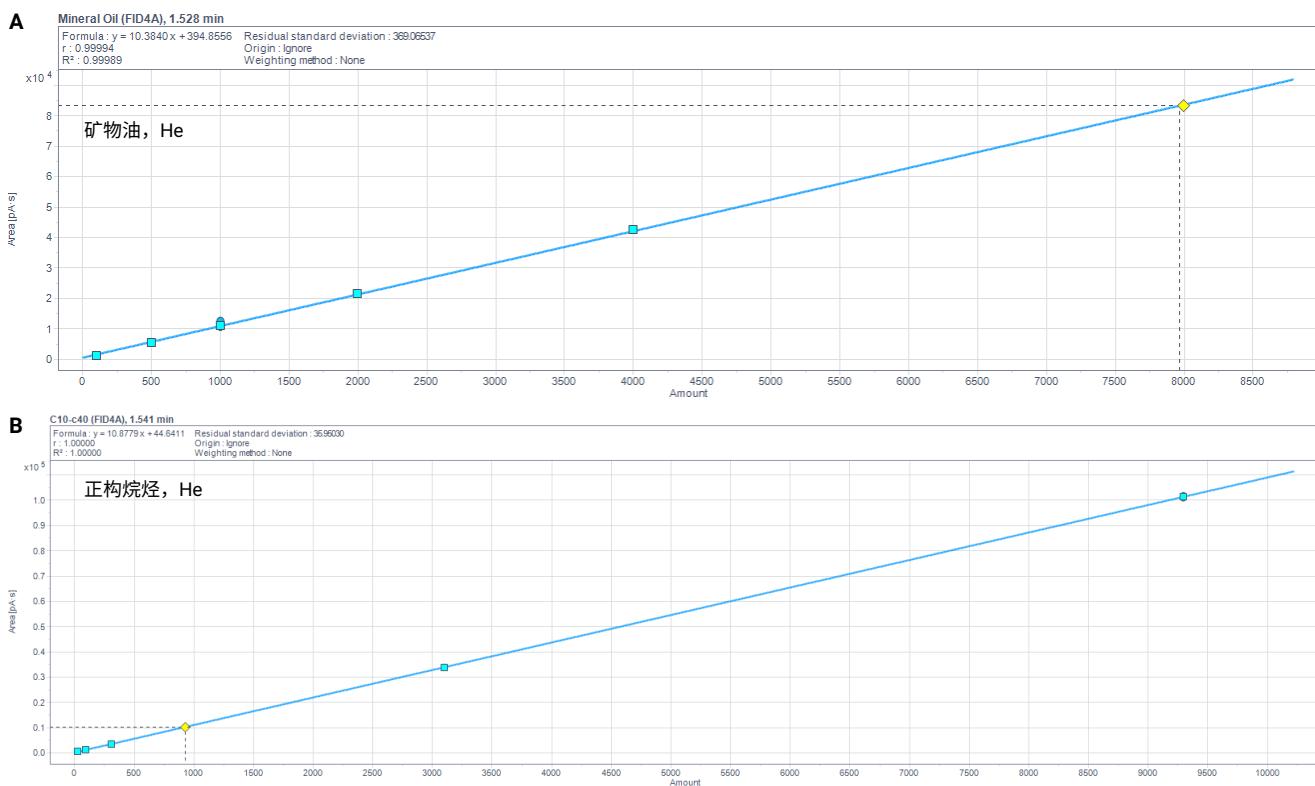


图 4. 使用矿物油 (A) 和正构烷烃 (B) 校准标样建立的校准曲线 (He 方法)

表 3. 校准准确度验证: 使用正构烷烃校准曲线进行矿物油标样定量

| | 矿物油标样 | |
|------|----------|-----------|
| | 500 mg/L | 4000 mg/L |
| 进样 1 | 539.4 | 4099.2 |
| 进样 2 | 535.6 | 4120.9 |
| 进样 3 | 528.4 | 4105.2 |
| 平均值 | 534.5 | 4108.4 |
| SD | 2.69 | 15.34 |
| %RSD | 0.50% | 0.37% |
| 准确度 | 106.9% | 102.7% |

残留

如图 5 所示，通过比较 9300 mg/L 正构烷烃（蓝色）和后续溶剂空白（浅绿色）的色谱图，评估了系统的残留情况。在 $n\text{-C}_{10}$ 至 $n\text{-C}_{40}$ RT 窗口内，对两次进样获得的色谱图进行积分并比较峰面积，得到峰面积_{空白}/峰面积_{样品}为 0.05%。可以看到，残留非常低，这主要是因为标样较为“干净”。

对于实际样品的提取物，系统空白主要受到样品基质残留的影响。为了获得足够干净的系统空白，必须对样品进行适当纯化，并及时维护气相色谱进样口和色谱柱。8850 气相色谱系统配备智能功能，可以追踪气相色谱消耗品的使用情况，从而指导维护过程，有助于延长仪器的正常运行时间。

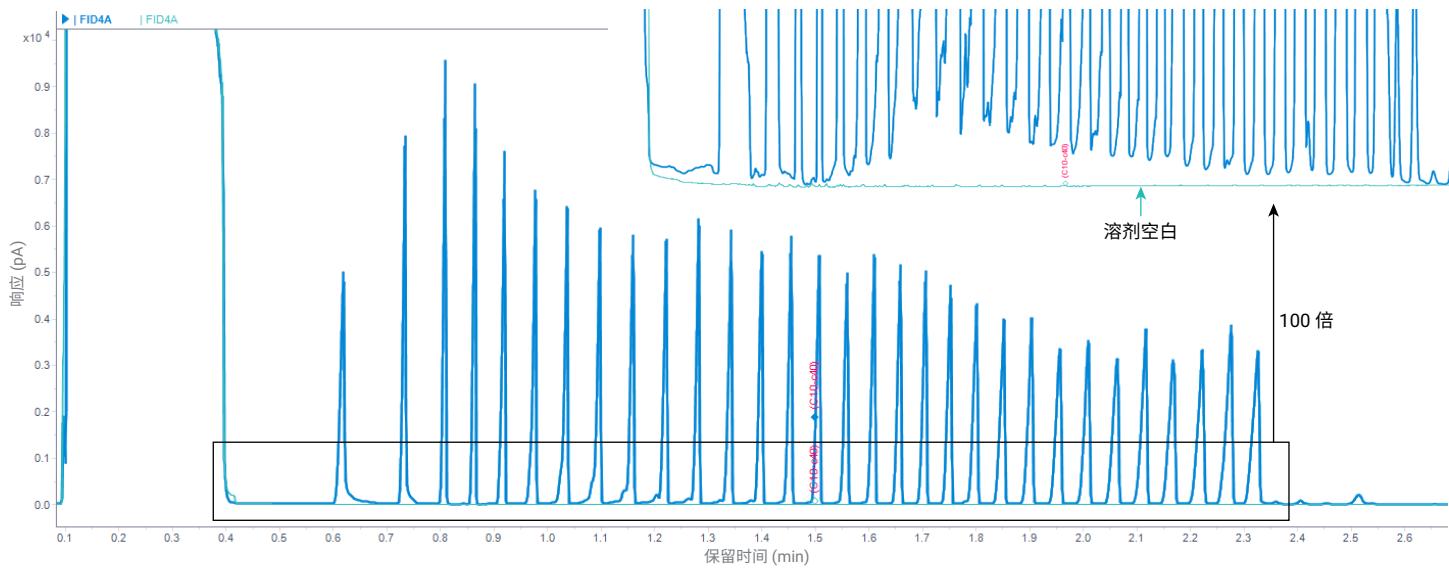


图 5. 9300 mg/L 正构烷烃标样以及随后的溶剂空白的分析结果

实际样品分析

使用超快速方法对水样和土壤样品中的 TPH 提取物进行了分析 (获得的色谱图见图 6)。测得水样中 TPH 的浓度为 703 mg/L (对应实际样品中的浓度为 70.3 mg/kg)。土壤提取物中 TPH 的估算浓度为 21575.6 mg/L (约 2157.5 mg/kg)，超出校准范围。正常情况下，如果要对受到严重污染的样品进行准确定量，需要稀释后进行重新分析，或使用更少量的样品重新进行提取。但本研究并未进行重新分析，而是在不同浓度下对测试结果的重现性进行了验证。如表 4 所示，实际样品的定量精度 (按照 HJ 方法定量) 与上述基于正构烷烃和矿物油标样的精度表现一致。

表 4. 水和土壤样品的定量精度

| | 水样 (mg/L) | 土壤样品 (mg/L) |
|------|-----------|-------------|
| 运行 1 | 696.835 | 21613.108 |
| 运行 2 | 710.080 | 21538.217 |
| 运行 3 | 706.085 | 21734.649 |
| 平均值 | 703.457 | 21575.663 |
| SD | 6.794 | 99.135 |
| %RSD | 0.965 | 0.459 |

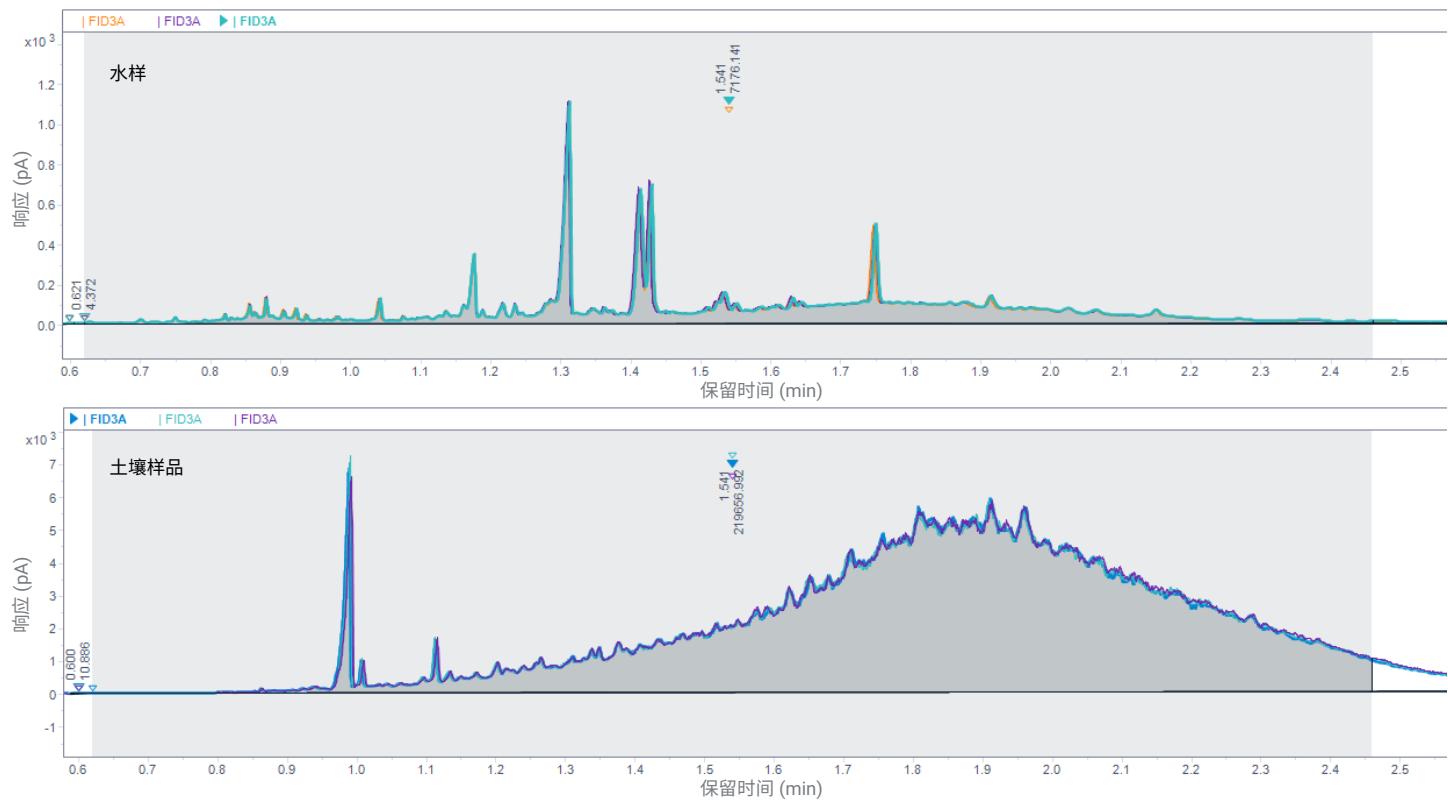


图 6. 使用 He 方法获得的水和土壤样品 TPH 提取物的色谱图

使用氢气载气进行超快速 TPH 分析

为了应对氦气短缺问题，越来越多的实验室正在将其气相色谱方法的载气由 He 换为 H₂。在本研究中，对使用 H₂ 载气的 TPH 分析方法进行了评估，以方便部分检测实验室进行方法转换。

使用 OpenLab CDS 软件中的安捷伦方法转换软件，由 He 方法的参数转换得到 H₂ 方法参数。在转换方法时，将速度增益

设置为 1.0，因此柱温箱升温程序保持不变，色谱柱流速经换算为 5.5 mL/min。使用 H₂ 和 He 载气获得的色谱图见图 7。由于速度增益为 1.0，因此两种方法中各正构烷烃的 RTs 非常接近。使用 H₂ 载气得到的峰形略优于 He 方法，这是因为与 He 相比，H₂ 在高线性流速下具有更低的塔板高度和更平缓的 Golay 曲线。

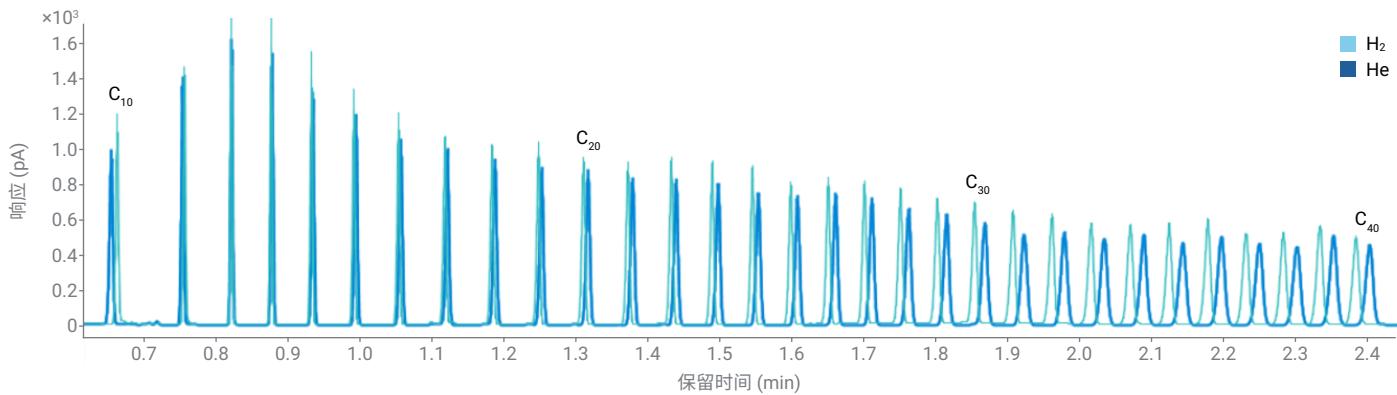


图 7. 使用 H₂ 和 He 方法对 30 mg/L 正构烷烃进行分离

然后对 H_2 方法的系统重现性和线性进行了评估，采用的评估方案与 He 方法相同。两种方法的响应重现性结果相当，如图 3 所示。系统的线性同样令人满意，两条校准曲线的 R^2 均超过 0.999 (图 8)。

使用峰评估功能自动评估适用性测试结果

在 TPH 样品的常规分析中，会将正构烷烃标样纳入样品批次，用于系统适用性评估。使用数据分析软件处理色谱图后，分析人员通常会评估适用性测试结果，尤其是 $n\text{-C}_{40}$ 与 $n\text{-C}_{20}$ 的响应比。如果响应比低于 80%，则需要采取纠正措施来恢

复仪器性能，然后再分析实际样品。Agilent 88x0 系列气相色谱仪配备峰评估功能，可自行对适用性测试结果进行自动化评估。如果分析序列中包括适用性测试样品和实际样品，8850 气相色谱系统将在适用性测试样品采集完成后，自动定位 $n\text{-C}_{20}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 峰并进行积分。8850 气相色谱系统还可以计算响应比，并将其与方法中预先设定的限值进行比较。如果响应比低于 80%，气相色谱系统将生成红色警告，并根据峰评估方法中预先设定的“不合格应对措施”，对序列分析采取相应措施。

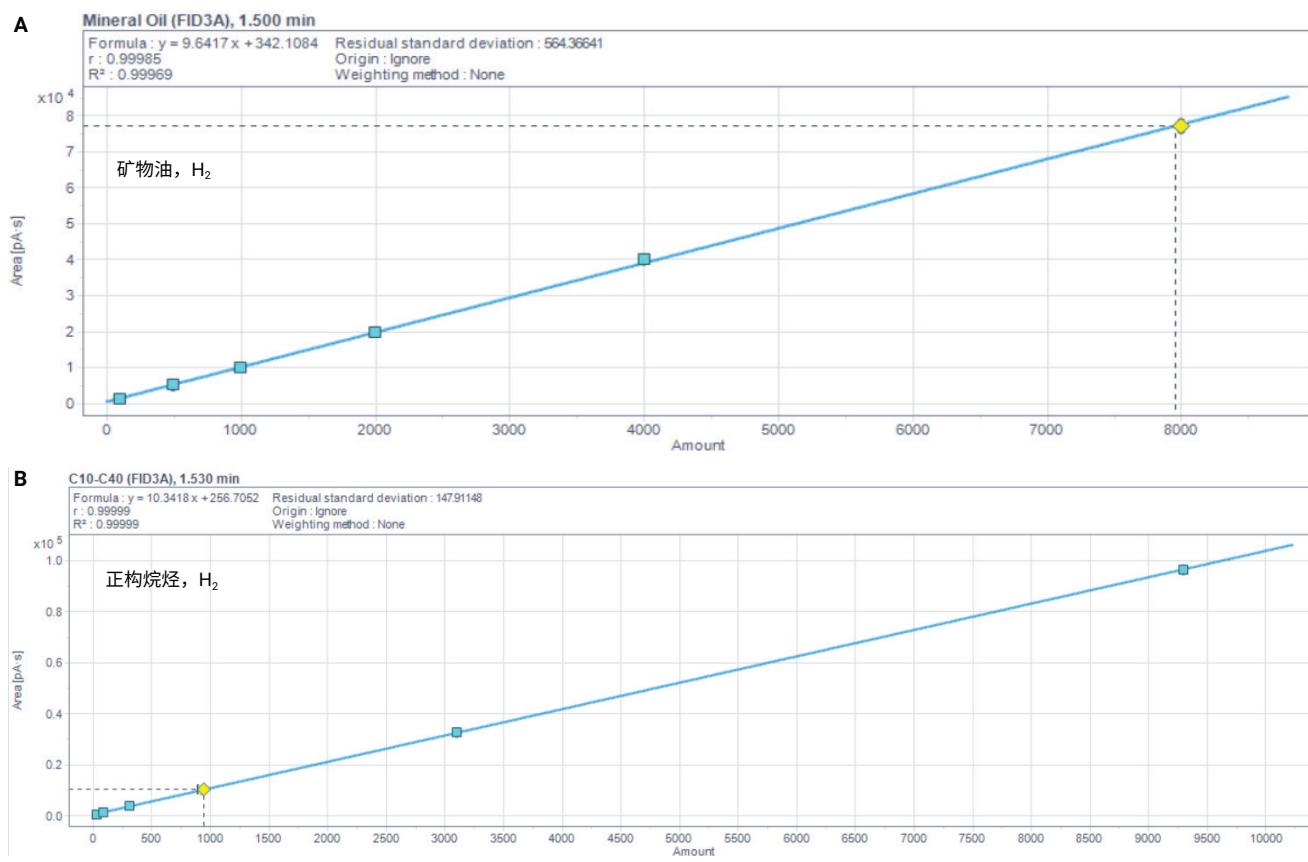


图 8. 使用 H_2 载气获得的正构烷烃和矿物油校准标样校准曲线

要使用峰评估功能，需要按以下步骤设置参考色谱图和评估方法：

步骤 1 — 生成参考色谱图：生成参考色谱图是为了建立目标物评估的参考点。参考色谱图通过 Openlab CDS 中的 GC 插件工具 Peak Evaluation Setup (峰评估设置) 获得。气相色谱系统可根据 Integrations Settings (积分设置) 选项卡中的设置对获得的色谱图进行积分。得到的峰列表将保存在气相色谱系统中，供将来使用。图 9 显示了参考色谱图，以及气相色谱系统对该色谱图进行积分后获得的峰列表。

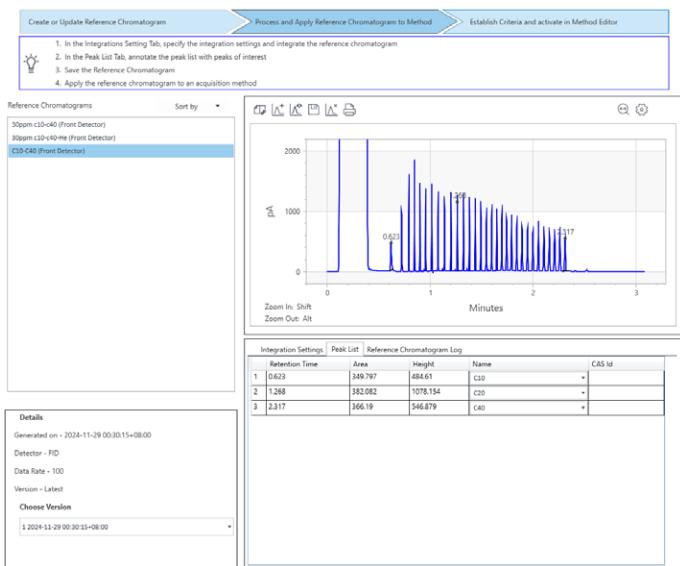


图 9. 10 mg/L 正构烷烃的参考色谱图以及根据预设的积分事件得到的积分结果

步骤 2 — 从峰列表中选择目标化合物进行评估：对参考色谱图进行积分后，将生成峰列表，可通过采集方法 Peak Evaluation (峰评估) 窗口中的 Peak List (峰列表) 选项卡查看。可从该表中选择目标峰进行进一步的评估。本研究选择 $n\text{-C}_{20}$ 和 $n\text{-C}_{40}$ 进行评估 (图 10)。

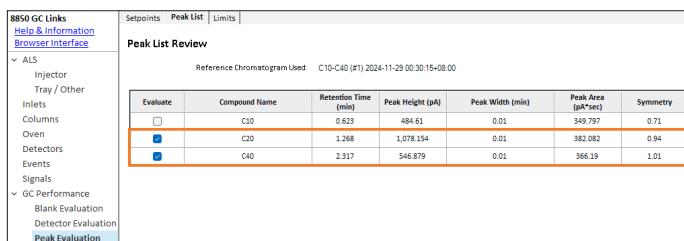


图 10. 从参考色谱图的峰列表中选择目标化合物峰

步骤 3 — 选择需要评估的峰属性，并设置评估限值：在 Peak Evaluation (峰评估) 窗口的 Limits (限值) 选项卡下，可以选择要评估的峰属性并设置可接受限值。如图 11 所示，为 $n\text{-C}_{40}$ 选择了“保留时间”和“相对峰面积”两个指标，并设置了相应的限值。在后续的适用性分析中，气相色谱系统将使用参考 RT 来鉴定 $n\text{-C}_{40}$ 峰。在计算相对峰面积时，选择 $n\text{-C}_{20}$ 作为进行比较的化合物。将两种化合物的响应比下限设置为 16.52%，而非 80%，因为此时设置的限值 (%) 是一个相对值 (相较于参考色谱图中的响应比结果)。此处，比参考色谱图中的 $n\text{-C}_{40}/n\text{-C}_{20}$ 响应比 (0.9580) 低 16.52%，意味着绝对响应比的下限约为 80% (根据公式 1 进行计算)。还选择了 $n\text{-C}_{20}$ 的保留时间，用于鉴定正二十烷峰。

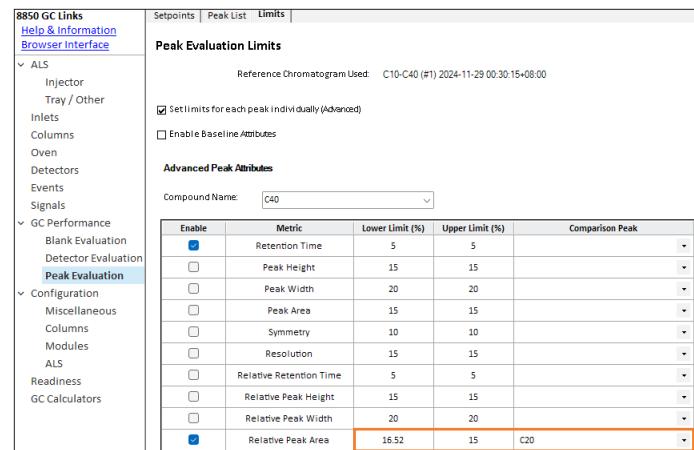


图 11. $n\text{-C}_{40}$ 峰的峰评估限值

公式 1.

$$n\text{-C}_{40}/n\text{-C}_{20} \text{ 响应比下限 (绝对值)} = \text{参考色谱图中峰面积}_{\text{C40}}/\text{峰面积}_{\text{C20}} \text{ 比值} \times [1 - \text{下限} (\%)]$$

步骤 4 — 设置“不合格应对措施”

评估结果不合格可能会触发两个操作：“中止”或“继续”。“中止”操作意味着，如果 $n\text{-C}_{40}$ 与 $n\text{-C}_{20}$ 的相对峰面积评估结果低于 80%，序列将停止运行。“继续”则意味着，在这种情况下序列将继续运行，但气相色谱系统触摸屏和软件界面上将显示红色警告标志，表明需要采取纠正措施来恢复系统性能。本研究选择了 Abort (中止) 选项 (图 12)。

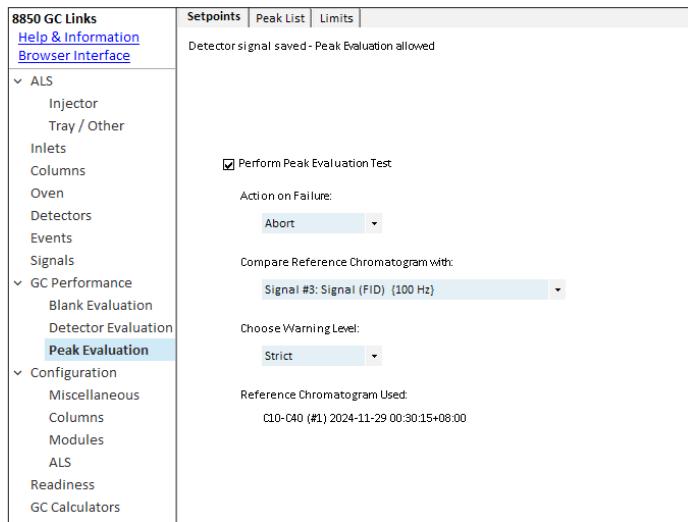


图 12. 峰评估测试不合格应对措施设置

完成上述设置并保存后，即可使用峰评估方法进行适用性样品测试。在本研究中，对包含 3 个溶剂空白、1 个适用性测试样品和 10 个实际样品的序列进行重复分析，以测试峰评估功能是否能够有效监测进样口性能，并按预期停止序列分析。在 TPH 提取物的前 30 次进样过程中， $n\text{-C}_{40}/n\text{-C}_{20}$ 响应比从 0.9423 降至 0.8365，如图 13 中前四次适用性测试的峰评估报告所示。在第五次适用性测试不合格 ($n\text{-C}_{40}/n\text{-C}_{20}$ 响应比降至 0.7806) 后，序列停止运行。在系统性能降至低于适用性测试的性能要求之前，共分析了 40 个样品。

导致 $n\text{-C}_{40}$ 回收率下降的主要原因之一是进样口衬管受到污染。更换衬管后， $n\text{-C}_{40}/n\text{-C}_{20}$ 响应比恢复至 0.9652。本研究使用的 TPH 提取物来自受到严重污染的土壤样品（实际 TPH 浓度是校准上限的 5–20 倍），因此仅 40 次进样后，衬管的性能便降低至不可接受的程度。如果样品基质较为干净，则衬管可以承受更多次进样。事实上，检测实验室很难了解样品基质的实际复杂程度，也很难预测在多少次进样后需要更换衬管/隔垫。通常，检测实验室会根据以往的经验确定衬管/隔垫的维护频率，并将其作为分析标准操作规程 (SOP) 的一部分。

此时，若使用峰评估工具，则可以追踪衬管性能，更准确地判断何时需要进行进样口维护。此外，对于需要隔夜分析的序列，如果将峰评估操作设置为“中止”，则在评估结果“不合格”时序列将停止运行。待通过进样口维护恢复系统性能后，可继续对保存的样品进行分析。



图 13. 在适用性测试中使用峰评估功能监测衬管性能

结论

本应用简报介绍了使用 Agilent 8850 气相色谱系统进行超快速 TPH 分析。根据 ISO 16703、HJ 1021-2019 和 HJ 894-2017 方法，对使用 He 载气时的系统性能进行了验证，包括分离度、系统适用性、重现性、线性和残留。该系统在这些方面均表现出色。

本研究还介绍了使用 H₂ 载气进行的超快速分析。H₂ 方法在 n-C₄₀/n-C₂₀ 回收率、线性范围和 RT/响应精度方面与氦气方法性能相当。

此外，本研究还证明，8850 气相色谱系统的峰评估功能可用于自动化系统适用性验证，该功能可有效追踪气相色谱进样口的性能，并在需要维护时提醒用户。

总体而言，本研究证明，Agilent 8850 气相色谱系统可以生成可靠的 TPH 分析结果，并能通过智能方式显著提高实验室分析效率。

附录

使用 120 V 快速柱温箱升温速率在 Agilent 8850 气相色谱系统上进行超快速 TPH 分析

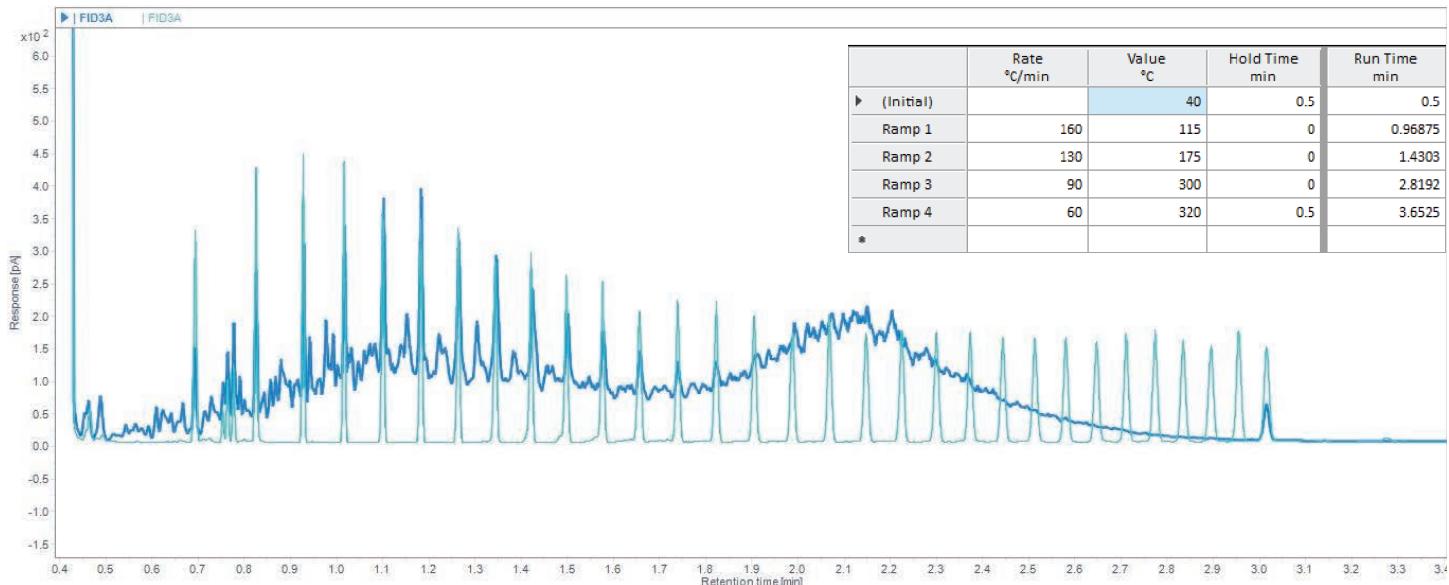


图 A1. 使用 120 V 快速柱温箱升温速率进行正构烷烃分离

www.agilent.com

DE-004360

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 4 月 10 日，中国出版，
5994-8150ZHCN

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