混合动力汽车发动机油

硫酸盐灰分与 GPF 的兼容性

润滑油配方与车辆运行工况的作用



2026 © Afton Chemical Corporation, All Rights Reserved. Not to be copied, shared, or reproduced in any media without the express written permission of Afton Chemical Corporation.

雅富顿化学的这项研究表明，将发动机油硫酸盐灰分（SASH）含量由 0.8%降至 0.5%，并未在汽油颗粒捕集器（GPF）的兼容性或耐久性方面带来可量化的优势。研究结果强调，除灰分含量外，还应综合考虑机油消耗量、润滑油整体配方及车辆运行工况。

研究背景

混合动力汽车的运行方式以及日益严格的颗粒物排放要求，正在改变润滑油和后处理系统的工作环境。对于润滑油配方开发人员和动力总成开发人员而言，一个关键问题是：降低硫酸盐灰分含量是否必然有助于改善 GPF 的耐久性及排放表现?

本研究针对插电式混合动力汽车（PHEV），比较了硫酸盐灰分含量为 0.8%的中等 SAPS 发动机油与灰分含量为 0.5%的发动机油。SAPS 指硫酸盐灰分及硫磷含量。研究考察了润滑油配方、机油消耗量、运行工况及后处理系统设计之间的相互作用。

研究设计

- **测试车辆与后处理系统：**采用中国一家领先整车制造商（OEM）的插电式混合动力汽车，搭载 1.5 L 混合动力专用发动机、紧密耦合式三元催化器（TWC）以及过滤效率超过 90%的 GPF。
- **测试油品：**两款符合 SAE 0W-20、GF-6/SP 要求的发动机油，硫酸盐灰分含量分别为 0.8%和 0.5%。
- **整车道路试验：**常温环境下行驶 80,000 km，另在约−20 °C 的极低环境温度下行驶 20,000 km。
- **测量项目：**机油消耗量及温度、在用油分析、GPF 重量及背压、后处理系统温度、气态污染物排放、颗粒物数量（PN）、颗粒物质量（PM）以及燃油消耗量。
- **耐久性评价：**利用整车试验中的灰分沉积量和背压数据对燃烧器试验台架进行标定，将评价延伸至相当于 250,000 km 行驶里程的工况。

2026 © Afton Chemical Corporation, All Rights Reserved. Not to be copied, shared, or reproduced in any media without the express written permission of Afton Chemical Corporation.

GPF 兼容性与耐久性研究结果

研究发现，两款油品在 GPF 灰分累积、GPF 背压增长、气态与颗粒物排放以及燃油消耗量方面均未表现出统计学显著差异。

排放表现与背压

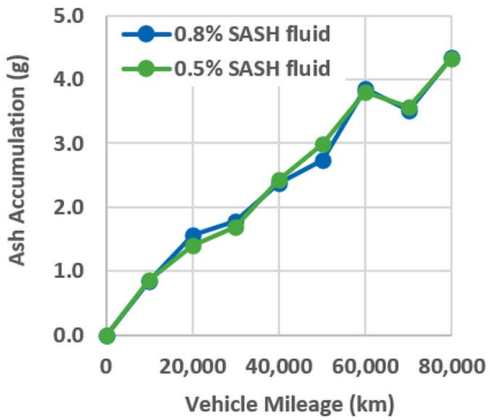
在整个整车道路试验期间，两款油品的颗粒物及气态污染物排放均未观察到显著差异。两款油品均未导致背压过度增长；在整车试验中，0.8% SASH 油品的背压增幅更小。

在模拟 250,000 km 行驶里程的燃烧器耐久性,台架评价中，两款油品的颗粒物及气态污染物排放均低于拟议国七排放限值。

灰分沉积量并非仅由 SASH 含量决定

在整车试验中，两款油品的灰分沉积速率相近。使用 0.5% SASH 油品的车辆机油消耗量较高，这说明仅凭润滑油中的灰分百分比，无法确定最终进入 GPF 的灰分量。因此，在评价灰分沉积及背压增长时，应将 SASH 含量与机油消耗量结合考虑。

行驶至 80,000 km 时，使用 0.8% SASH 油品的 GPF 灰分累积量约为 4.34 g，而使用 0.5% SASH 油品时约为 4.33 g。



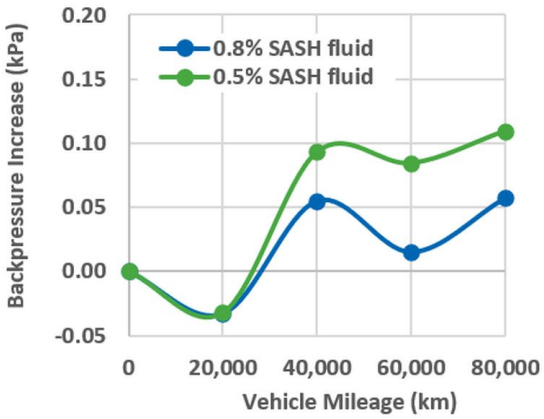


图 1. 整车道路试验期间 GPF 灰分累积量和背压增幅。背压在 500 kg/h 流量条件下测量。资料来源：雅富顿化学研究，2026 年 8 月。

2026 © Afton Chemical Corporation, All Rights Reserved. Not to be copied, shared, or reproduced in any media without the express written permission of Afton Chemical Corporation.

混合动力运行工况下的润滑油挑战

整车试验还揭示了除了灰分之外，车辆运行条件也影响了润滑油的性能表现。。驾驶循环与环境温度会影响发动机运行状态、机油温度、稀释情况、机油消耗量以及 GPF 灰分累积。

城市与高速公路工况

表 1. 整车道路试验中各运行模式所占行驶时间比例。

运行模式	城市行驶	高速公路行驶
纯电驱动时间	30.0%	8.1%
发动机驱动时间	64.9%	90.8%
能量回收时间	5.1%	1.1%

由于发动机仅在需要时运行，混合动力模式可缩短发动机运行时间，同时可能产生延长换油周期的需求。在考虑此类使用要求时，还应结合整车试验中观察到的燃油稀释和运行温度进行评价。

极低环境温度

在约−20 °C 条件下，采用城市与高速公路行驶比例为 3:7 的混合驾驶循环时，与常温运行相比，发动机运行时间占比增加约 9 个百分点。平均机油温度为 64 °C，比常温运行时低约 30 °C。

如表 2 所示，在低温条件下，两款油品每行驶 10,000 km 对应的平均燃油稀释率均有所升高。

表 2. 研究报告的每 10,000 km 平均燃油稀释率。数值四舍五入至小数点后两位。

测试油品	常温	低温
0.8% SASH	2.5%	7.1%
0.5% SASH	2.6%	7.0%

在频繁出现热浸置的城市短途行驶条件下，机油含水量达到 3%，燃油稀释率达到 12%。低温运行期间的机油消耗量和 GPF 灰分累积量也高于常温运行期间。

上述结果表明，混合动力汽车润滑油需要兼顾后处理系统兼容性、燃油稀释、低温运行及延长使用周期等要求。

2026 © Afton Chemical Corporation, All Rights Reserved. Not to be copied, shared, or reproduced in any media without the express written permission of Afton Chemical Corporation.

对润滑油与动力总成开发的启示

研究结果支持在配备高效 GPF 技术的混合动力汽车中，将 SASH 含量置于完整的润滑油及排气后处理系统背景下进行评价。研究评估了润滑油灰分和高效 GPF 后处理系统对混合动力汽车应用的影响

结合实际应用背景评价 SASH 含量

本研究测试条件下，与 0.5% 灰分油品相比，0.8% 中等灰分油品在 GPF 兼容性与耐久性方面未发现可量化的劣势。此次研究未能证明仅降低灰分含量即可带来性能优势。

综合考虑完整配方

机油消耗量和配方的实际表现会影响进入 GPF 的润滑油衍生物质的量及其作用。将这些因素结合评价，有助于为润滑油选用提供更全面的依据。

在具有代表性的运行工况下开展验证

整车试验表明，驾驶循环和环境温度对发动机运行时间、机油温度、稀释情况、机油消耗量和灰分累积具有实质性影响。因此，验证工作应反映目标车型实际应用所涉及的运行条件。

利用整车数据指导耐久性测试

燃烧器台架试验方法先通过整车试验获得的灰分累计量及背压数据进行标定，再将评价延伸至相当于 250,000 km 行驶里程的条件，从而使耐久性评价与整车运行中观察到的实际表现相联系。

2026 © Afton Chemical Corporation, All Rights Reserved. Not to be copied, shared, or reproduced in any media without the express written permission of Afton Chemical Corporation.

结论

本研究表明，高效率 GPF、优化的催化器设计与中等 SAPS 发动机油技术相结合，可在所测试的混合动力汽车应用中实现出良好的综合性能。研究结果支持从润滑油配方、车辆运行状态、后处理系统设计及驾驶循环等多个维度综合选择润滑油，而非仅以 SASH 含量作为决定性指标。

关于本白皮书

本白皮书总结了雅富顿化学于 2026 年 8 月发表的技术报告《润滑油硫酸盐灰分含量对混合动力汽车后处理系统性能影响的研究》（Investigation of Lubricant Derived SASH Level Impact on Hybrid Vehicle Aftertreatment System Performance）。研究结果仅适用于所测试的车辆、油品、硬件及运行条件，不应将其解读为适用于所有应用的普遍性性能声明。

2026 © Afton Chemical Corporation, All Rights Reserved. Not to be copied, shared, or reproduced in any media without the express written permission of Afton Chemical Corporation.