

# GCMS (FID) 法测定柴油中的烃类组成

## GCMS-609

**摘要：**本方法使用岛津气相色谱质谱联用仪 GCMS-QP2020 NX (配 FID 检测器) 建立了柴油中烃类组成的检测方法。柴油样品经固相萃取柱分离成饱和烃和芳烃，进质谱和 FID 检测，测试数据采用石科院的柴油烃类组成分析软件，分析柴油中的烃类组成。柴油参考样：饱和烃和芳烃分别连续进样 6 次，用石科院的柴油烃类组成分析软件分析含量，6 针含量的 RSD% 小于 3.80%，精密度良好。本方法结果准确，重现性良好，满足标准 NB/SH/T 0606-2019《中间馏分烃类组成的测定 质谱法》的测试要求。

**关键词：**气相色谱质谱联用仪 (配 FID 检测器) 柴油 烃类组成

### 技术特点：

- ❖ 通过优化分析条件，方法满足标准 NB/SH/T 0606-2019 的测试要求。
- ❖ 柴油参考样 6 针含量的 RSD% 小于 3.80%，精密度良好。

柴油作为石油精炼的关键中间馏分（沸程范围通常为 180-360°C），是全球能源体系的重要支柱之一，广泛应用于交通运输、工业发电及农业机械等领域。柴油是一种由数百种烃类化合物构成的复杂混合物，主要包括以下几类组分：烷烃、环烷烃、芳香烃、含杂原子化合物等。

不同烃类结构的比例与分布直接决定了柴油的十六烷值、凝点、黏度、氧化安定性等核心指标。柴油燃烧效率、低温流动性、排放特性直接影响动力设备的性能与环保合规性。随着环保法规（如欧 VI、国六标准）对氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和颗粒物（PM）排放

的日益严苛，以及碳中和背景下对清洁燃料的需求增长，深入解析柴油的烃类组成与其理化性质间的关联性成为优化燃料配方、提升燃烧效率及减少污染物生成的关键切入点。

本文参照 NB/SH/T 0606-2019《中间馏分烃类组成的测定 质谱法》，使用岛津 GCMS-QP2020 NX (配 FID 检测器) 建立了柴油中烃类组成的检测方法。测试数据采用石科院的柴油烃类组成分析软件，分析柴油中的饱和烃和芳烃组成，结果准确，重现性良好，方法满足标准 NB/SH/T 0606-2019 的要求。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

气质联用仪：GCMS-QP2020 NX (配 FID 检测器)

### 1.2 分析条件

流路 1 (MS 检测器)

色 谱 柱：SH-Rxi-5Sil MS, 30 m×0.25 mm×0.25 μm

升 温 程 序：60°C (2 min)\_40°C /min\_300°C (6 min)

进 样 口 温 度：300°C

载 气 控 制 模 式：色谱柱流量

色 谱 柱 流 量：1.5 mL/min

进 样 方 式：分流

分 流 比：10

进 样 量：1 μL

离 子 源 温 度：220°C

接 口 温 度：290°C

检 测 器 电 压：相对于调谐结果

采 集 模 式：Scan (50-300m/z)

流路 2 (FID 检测器)

色 谱 柱 : SH-Rxi-5Sil MS, 30 m×0.25 mm×0.25 μm

FID 温 度 : 350°C

空 气 流 量 : 200 mL/min

氢 气 流 量 : 32 mL/min

尾 吹 气 流 量 : 24 mL/min

### 1.3 样品的前处理

柴油样品前处理步骤（参照石科院固相萃取分离饱和烃和芳烃试验步骤）如下方流程图 1 所示。

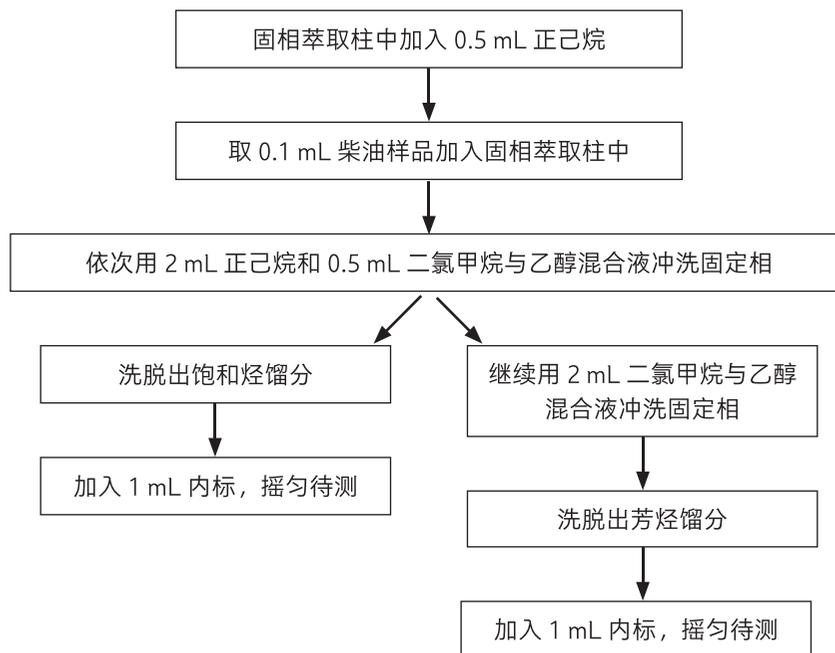


图 1 柴油样品前处理流程图

## ■ 结果与讨论

### 2.1 柴油参考样色谱图

柴油参考样（包括饱和烃和芳烃）购自石科院，色谱图如图 2-5 所示。饱和烃和芳烃质谱图如图 6、7 所示。

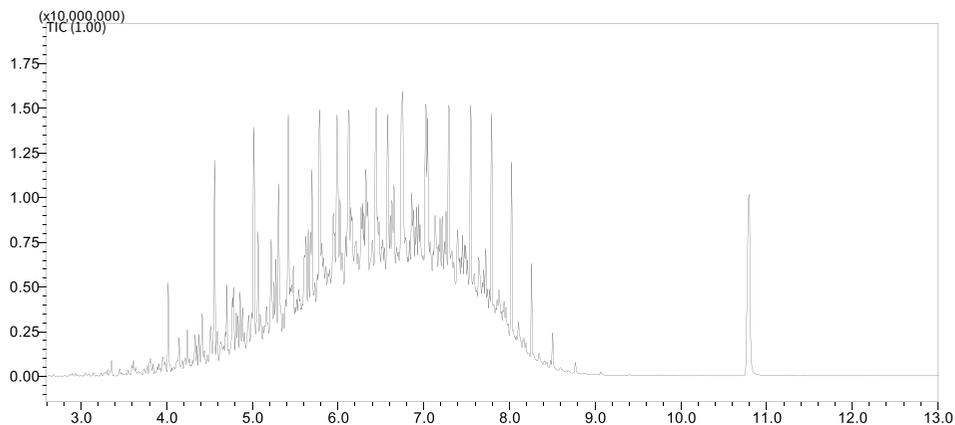


图 2 饱和烃质谱端色谱图

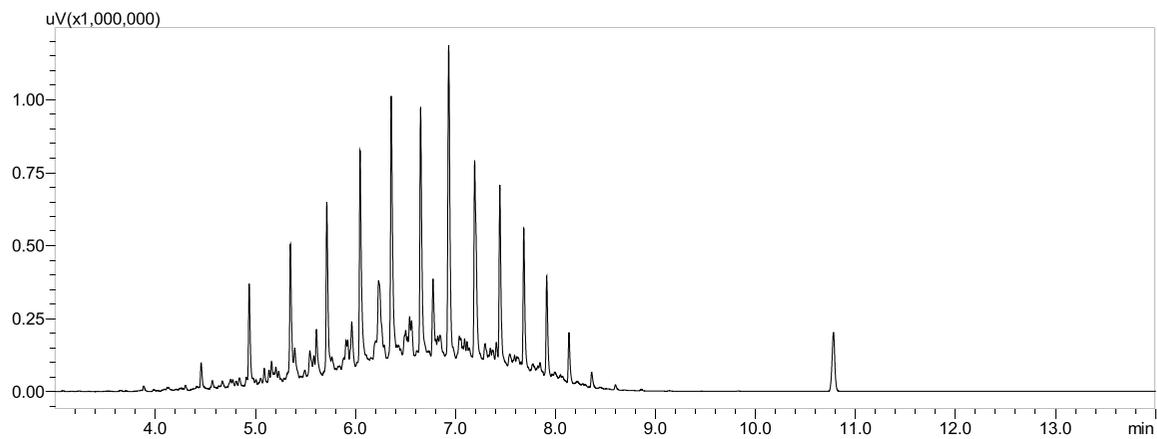


图 3 饱和烃 FID 端色谱图

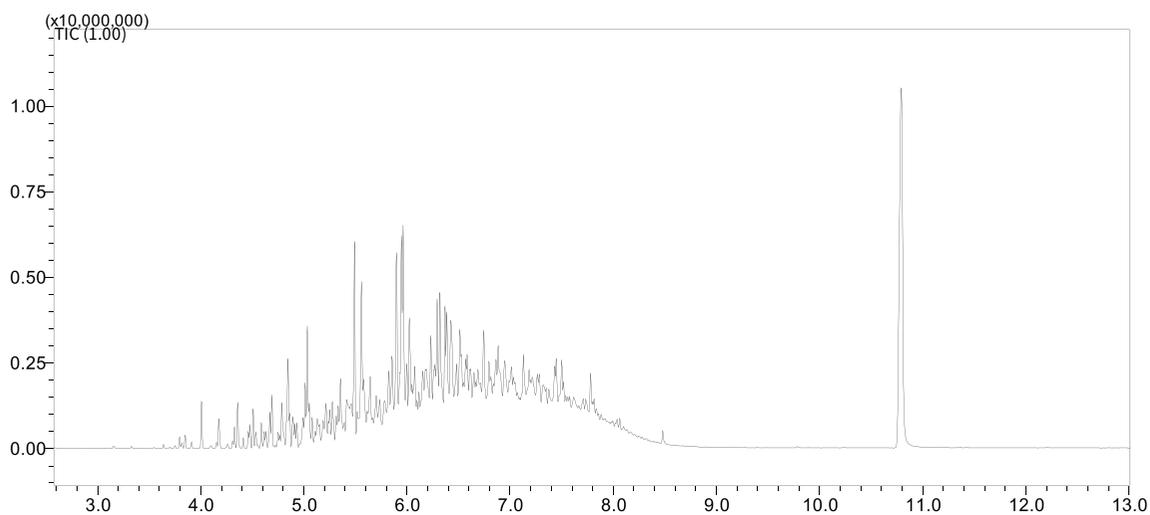


图 4 芳烃质谱端色谱图

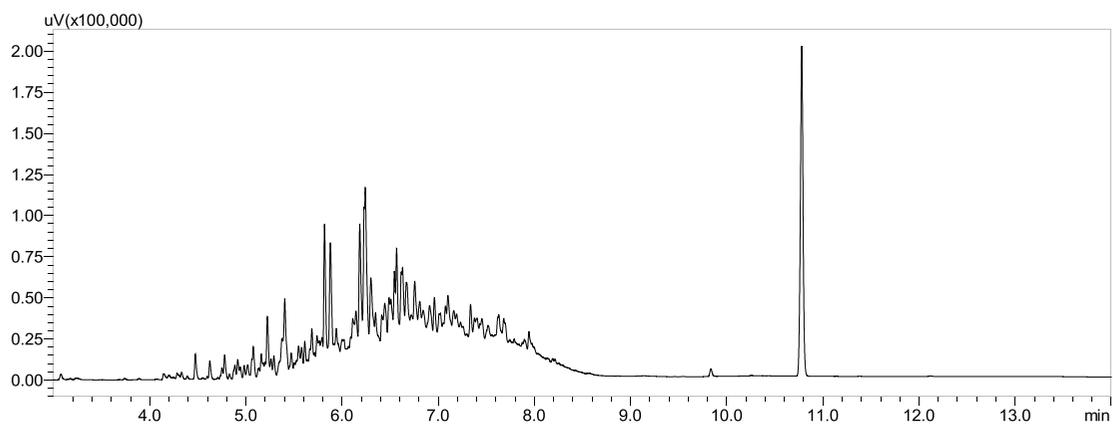


图 5 芳烃 FID 端色谱图

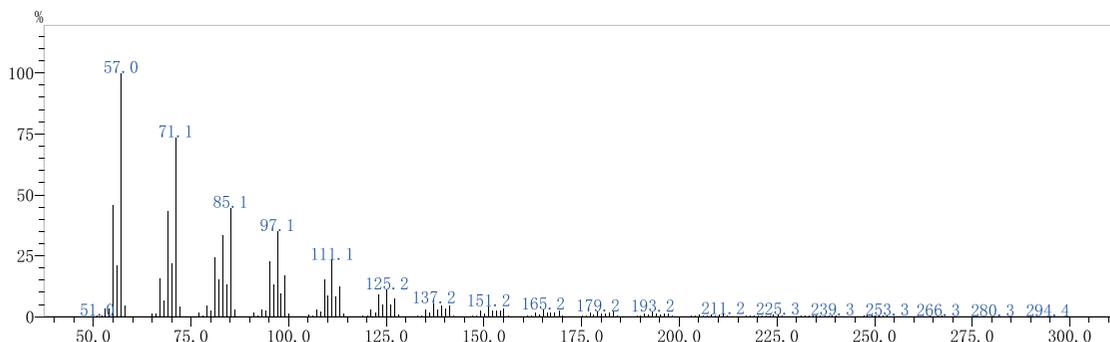


图 6 饱和烃质谱图

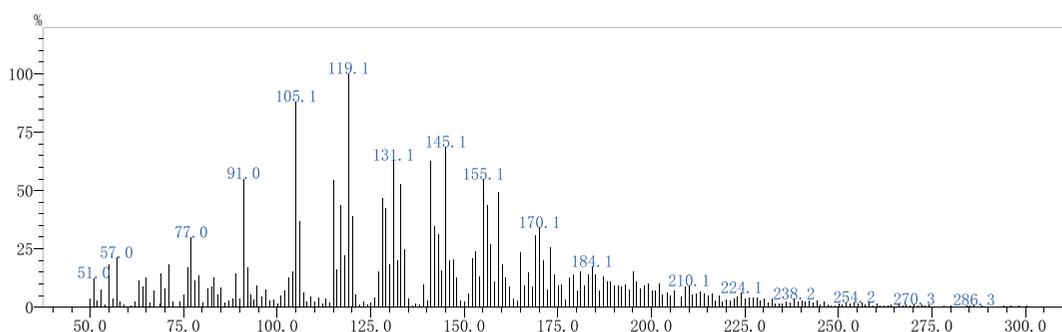


图 7 芳烃质谱图

## 2.2 柴油参考样测试结果

采用石科院的柴油烃类组成分析软件，分析柴油参考样中的烃类组成，结果如图 8 所示，满足参考含量的再现性要求。

烃类型	含量(m%)
链烷烃	51.2
一环烷烃	19.0
二环烷烃	11.0
三环烷烃	3.2
总环烷烃	33.2
总饱和烃	84.4
烷基苯	4.4
茚满或四氢萘	3.5
茚类和/或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-10</sub>	1.2
总单环芳烃	9.1
萘	0.1
萘类	3.5
茈类和/或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-14</sub>	1.4
芘类和/或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-16</sub>	0.9
总双环芳烃	5.9
三环芳烃	0.6
总芳烃	15.6
总重量	100.0

图 8 柴油参考样烃类组成分析结果

### 2.3 柴油参考样重复性

柴油参考样：饱和烃和芳烃分别连续进样 6 次，用石科院的柴油烃类组成分析软件分析含量，6 针含量的重复性结果如表 1 所示。

表 1 柴油参考样重复性

烃类型	1	2	3	4	5	6	平均值 (%)	含量 RSD (%)
链烷烃	51.4	51.2	51.2	51.3	51.3	51.2	51.3	0.16
一环烷烃	18.8	19.0	19.2	19.2	19.2	19.3	19.1	0.96
二环烷烃	11.1	11.0	10.9	10.9	10.8	10.9	10.9	0.94
三环烷烃	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0
总环烷烃	33.1	33.2	33.3	33.3	33.2	33.4	33.3	0.32
总饱和烃	84.5	84.4	84.5	84.6	84.5	84.6	84.5	0.09
烷基苯	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.1	4.3	2.71
茛满和 / 或四氢萘	3.4	3.5	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	1.59
茛类和 / 或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-10</sub>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0
总单环芳烃	9.0	9.1	9.0	8.9	9.0	8.8	9.0	1.15
萘	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
萘类	3.5	3.5	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	1.49
茛类和 / 或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-14</sub>	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	3.78
茛类和 / 或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-16</sub>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0
总双环芳烃	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	5.9	0.69
三环芳烃	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0
总芳烃	15.5	15.6	15.5	15.4	15.5	15.4	15.5	0.49

### 2.4 样品测试

按照 1.3 进行样品前处理，经 GCMS（配 FID）测定，采用石科院的柴油烃类组成分析软件，分析样品中的烃类组成，结果如图 9 所示。

烃类型	含量(m%)
链烷烃	40.1
一环烷烃	20.0
二环烷烃	18.3
三环烷烃	6.2
总环烷烃	44.5
总饱和烃	84.6
烷基苯	5.7
茛满或四氢萘	5.0
茛类和/或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-10</sub>	1.4
总单环芳烃	12.1
萘	0.1
萘类	1.1
茛类和/或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-14</sub>	1.1
茛类和/或 C <sub>n</sub> H <sub>2n-16</sub>	0.6
总双环芳烃	2.9
三环芳烃	0.4
总芳烃	15.4
总重量	100.0

图 9 样品烃类组成分析结果

## ■ 结论

本方法参考标准 NB/SH/T 0606-2019《中间馏分烃类组成的测定 质谱法》，使用岛津 GCMS-QP2020 NX（配 FID 检测器）建立了柴油中烃类组成的检测方法。柴油参考样：饱和烃和芳烃分别连续进样 6 次，用石科院的柴油烃类组成分析软件分析含量，6 针含量的 RSD% 小于 3.80%，精密度良好。本方法结果准确，重现性良好，满足标准 NB/SH/T 0606-2019 的测试要求，可用于柴油中的烃类组成分析。

岛津应用云

