

# 柴油机油互混检测研究

杨现鹏<sup>1,2</sup>, 范高峰<sup>1,2</sup>, 刘宁<sup>1,2</sup>, 伦延昭<sup>1,2</sup>, 杜鑫<sup>1,2</sup>, 王素卿<sup>1,2</sup>, 谢成宝<sup>1,2</sup>, 刘悦<sup>1,2</sup>, 尹慧琼<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>潍柴动力股份有限公司, 山东 潍坊

<sup>2</sup>国家内燃机产业计量测试中心, 山东 潍坊

收稿日期: 2024年4月12日; 录用日期: 2024年5月14日; 发布日期: 2024年6月25日

## 摘要

柴油和机油互混时有发生, 如果没有及时检查并进行维护会降低发动机的寿命和性能。目前, 行业内还没有建立相对统一的方法对柴/机油是否发生互混进行判定。本文根据柴油和机油的性质, 通过红外光谱法、热重分析法首次建立了判定柴/机油是否发生互混的标准方法, 为发动机故障分析和维护提供了技术支持。

## 关键词

油品泄漏, 判定标准, 红外光谱法, 热重分析法

# Studies on Testing Diesel Oil and Engine Oil Mixture

Xianpeng Yang<sup>1,2</sup>, Gaofeng Fan<sup>1,2</sup>, Ning Liu<sup>1,2</sup>, Yanzhao Lun<sup>1,2</sup>, Xin Du<sup>1,2</sup>, Suqing Wang<sup>1,2</sup>, Chengbao Xie<sup>1,2</sup>, Yue Liu<sup>1,2</sup>, Huiqiong Yin<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Weichai Power Co. Ltd., Weifang Shandong

<sup>2</sup>National Internal Combustion Engine Industry Measuring and Testing Center, Weifang Shandong

Received: Apr. 12<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 14<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 25<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Diesel oil and engine oil leakage sometimes, ignoring the problem will reduce the performance and lifespan of the engine. At present, there is no relatively unified method to distinguish the mixture of diesel oil and engine oil. This article establishes the standard method for determining whether diesel/engine oil is mixed by infrared spectroscopy and thermo gravimetric analysis

\*通讯作者。

文章引用: 杨现鹏, 范高峰, 刘宁, 伦延昭, 杜鑫, 王素卿, 谢成宝, 刘悦, 尹慧琼. 柴油机油互混检测研究[J]. 环境保护前沿, 2024, 14(3): 542-546. DOI: 10.12677/aep.2024.143074

based on the properties of diesel/engine oil, which provide technical support for engine fault analysis and maintenance.

## Keywords

Oil Leakage, Standard of Criterion, Infrared Spectroscopy, Thermo Gravimetric Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2023年,中国柴油机全年销量413万台,较2022年同比增长10.9%。柴油机的迅速发展,对产品的安全性和稳定性提出了更高要求[1][2][3][4]。柴油机的稳定运行与很多因素有关,例如:柴油作为柴油机燃料,燃烧效率高、动力足,能够为柴油机提供持续稳定的动力;机油能够在柴油发动机高速运转时减少金属部件之间的摩擦阻力,避免发动机“拉缸”“烧瓦”[5]。

但随着发动机使用年限增长,发动机零部件会出现磨损和老化,进而导致发动机出现故障[6]。如果活塞环损坏、气门密封破损,机油就可能被吸入燃烧室,与柴油发生混合。柴油系统混进机油,会导致柴油燃烧性能变差,动力下降。并且,当柴油中混入机油进行燃烧时,燃烧室和气门处会产生大量积碳,加剧气缸磨损,降低发动机功率;如果喷油泵柱塞套筒密封圈发生故障,柴油就有可能喷入油泵内,进而泄漏到机油中。机油系统混进柴油,会降低机油粘度,从而影响机油的润滑性,甚至会导致发动机拉缸、抱瓦,影响汽车动力。因此,无论是机油进入柴油系统还是柴油进入机油系统,均会对发动机造成损害。

基于以上问题,我们建立了一种标准方法,能够快速对柴/机油泄漏情况进行检测和识别,避免由于柴/机油互混而导致发动机故障。本文通过对比柴油和机油的性质,提出了通过红外光谱法和热重分析法对柴/机油混合物进行鉴定的方法,实现了柴/机油最大体积比为15:1的有效监控,为柴/机油混合物的有效检测给出了科学的解决思路。

## 2. 实验部分

### 2.1. 实验过程

1) 打开氮气保护气和循环冷却水,半小时后打开热重分析仪。

2) 按照体积比混合不同配置柴油/机油体积比为1:1、4:1、1:4、10:1、1:10、15:1、1:15、20:1的混合溶液。在高温坩埚中称取10~20 mg的混合溶液,转入热重分析仪(TGA)进行测试。

### 2.2. 实验试剂及样品

实验试剂及橡胶样品见表1。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 红外光谱法区分柴油/机油

我们以-10号柴油、CI-04机油为例,对柴油和机油的性质进行了对比,如表2。

**Table 1.** Experimental reagents and rubber samples**表 1.** 实验试剂及橡胶样品

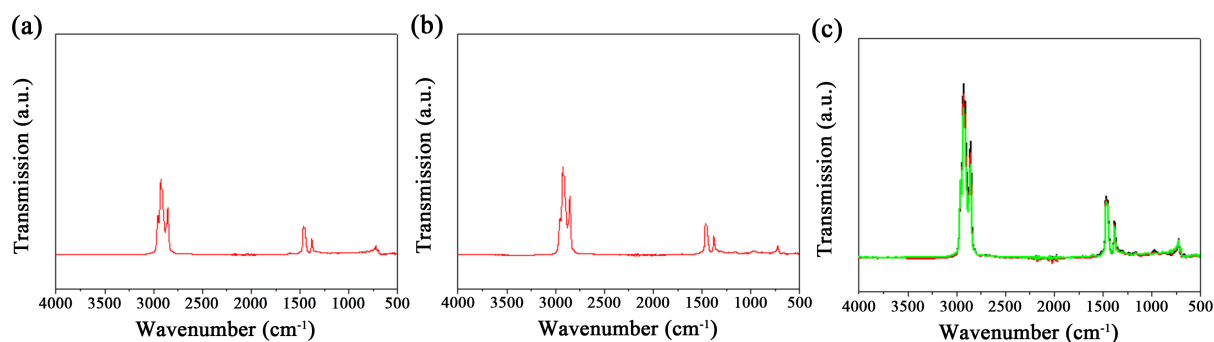
材料名称	规格	生产厂家
坩埚	70 $\mu\text{L}$	梅特勒-托利多有限公司
机油	CI-04	山东欧润油品有限公司
柴油	-10 号	中国石油化工集团邮箱公司

**Table 2.** Properties comparison of engine oil and diesel oil**表 2.** 柴油和机油的性质对比

名称	成分	挥发温度
-10 号柴油	复杂烃类混合物	约 150 $^{\circ}\text{C}$
机油	基础油 + 添加剂	约 200 $^{\circ}\text{C}$ ~300 $^{\circ}\text{C}$

-10 号柴油是由烷烃、烯烃、环烷烃、芳香烃等烃类组成的混合物。柴油成分多为烃类，结构中含有较多的 C-H 结构。而机油的成分主要为基础油和添加剂，相较于柴油，其 C-H 结构含量相对较少。因此，可以通过红外光谱分析表征 C-H 结构含量，对两种油品进行区分。

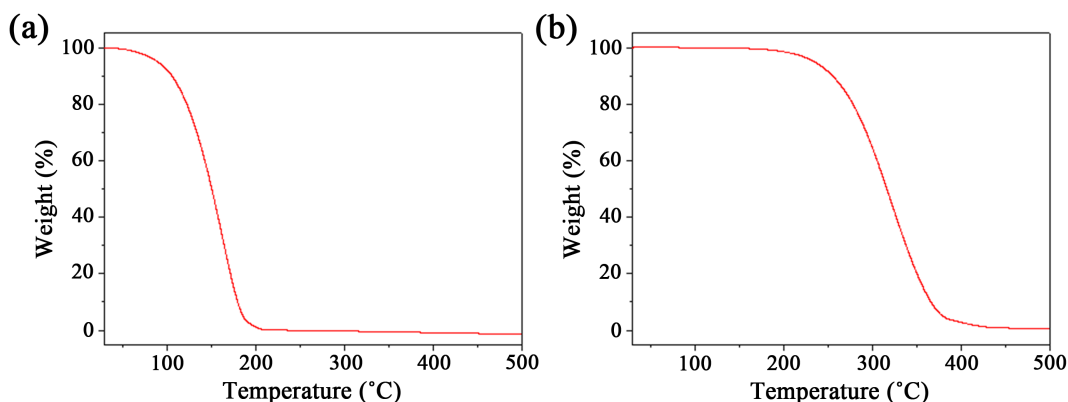
我们使用红外光谱法对纯机油和纯柴油进行了检测分析，如图 1。通过红外谱图可以看出，纯柴油和纯机油的关键官能团基本相似，最大区别在于，纯柴油在 2800~3000  $\text{cm}^{-1}$  处的吸光度要强于纯机油的。这是因为柴油中含有更多的 C-H 结构。另外，我们将机油和柴油 1:1 体积比混合，进行红外反射法测试。测试结果可以看出，柴/机油混合液在 2800~3000  $\text{cm}^{-1}$  处吸光度的强度介于纯柴油和纯机油之间，能够根据谱图实现和纯柴油、纯机油的区分。因此，我们可以通过对比 2800~3000  $\text{cm}^{-1}$  处 C-H 结构的吸光度强度，对柴油、机油是否混合进行快速判定。

**Figure 1.** (a) Infrared spectrogram of No. -10 diesel oil, (b) CI-04 engine oil and (c) diesel/engine oil mixture with the volume ratio of 1:1**图 1.** (a) 纯-10 柴油、(b) CI-04 机油、(c) 柴油和机油体积比 1:1 混合的红外光谱图

红外光谱分析效率高、成本低，可以对柴/机油是否混合进行初步判定。但是，柴油和机油本身官能团差异不大，如果混合比例相差较大时，样品吸光度差距不明显，可能无法精准判定是否发生混合。因此，红外光谱检测只适用于两种纯物质或两种油品混合体积差距不大的情况。对于红外光谱无法进行判定的情况，我们提出了一种补充检测手段。通过性质对比可以看出，-10 号柴油的挥发温度约为 150 $^{\circ}\text{C}$ ，而 CI-04 机油的挥发温度约在 200 $^{\circ}\text{C}$ ~300 $^{\circ}\text{C}$ 。两种油品挥发温度差异较大，可以根据挥发温度的差异来进行有效区分。

### 3.2. 热重分析法区分柴油/机油

我们对纯柴油和纯机油进行了热重分析。通过热重结果可以看出，纯柴油在 80℃ 之内，挥发速度较慢。80℃ 之后开始剧烈挥发，直到 200℃ 挥发完全。而纯机油是在在 180℃ 之后开始挥发，直到 400℃ 以上才挥发完全(图 2)。热重图谱显示，当柴油完全挥发之后，机油几乎还未挥发。因此，理论上可以通过热重分析对油品是否发生混合进行判定。

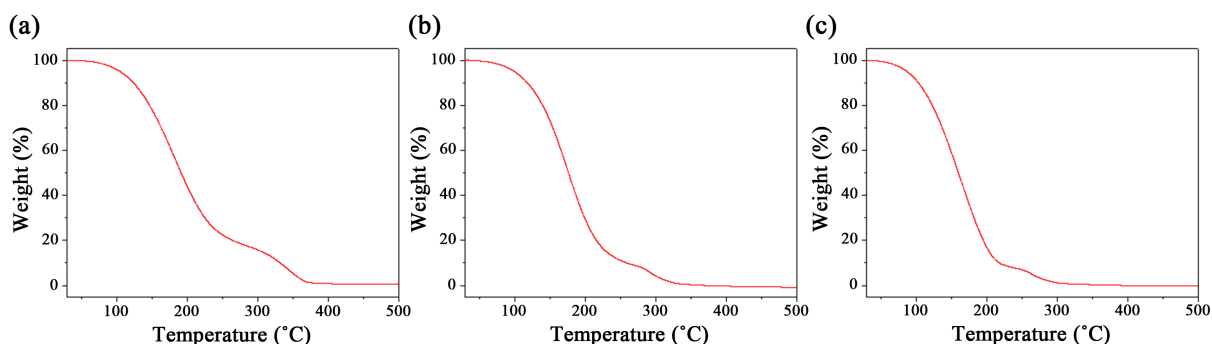


**Figure 2.** Thermo gravimetric analysis of (a) No. -10 diesel oil and (b) CI-04 engine oil

**图 2.** (a) 纯-10 号柴油和(b) 纯 CI-04 机油的热重分析谱图

我们首先探究了 1:1 体积比混合的柴/机油混合液，进行热重分析。通过结果可以看出，与纯柴油或纯机油的平滑曲线不同，混合溶液的热重曲线均为分段曲线，其分段的质量损失比与其体积含量比基本一致。由此得出结论，热重可以实现柴/机油混合液的有效识别，并且可以对混合体积比进行大致判定。

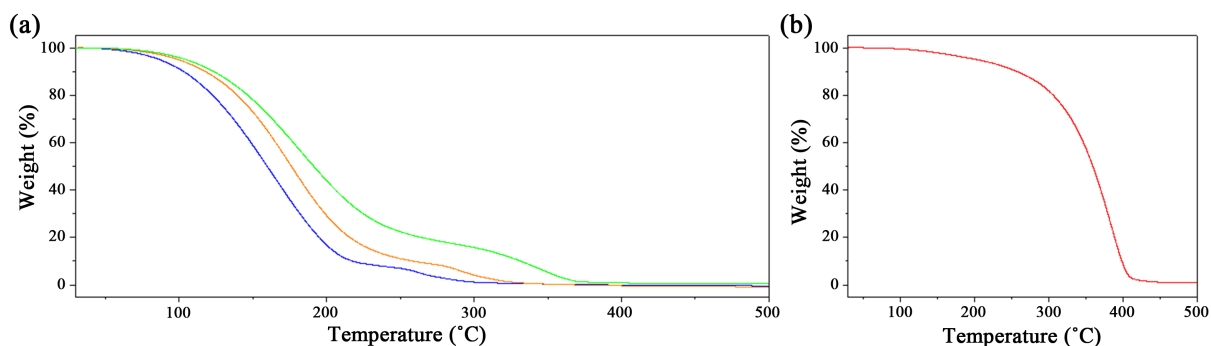
为了明确两种油品混合的最低检测限，我们对柴油: 机油体积比为 4:1、10:1、15:1 和 20:1 的混合溶液进行了热重分析，结果如图 3。通过检测结果可以看出，体积混合比为 4:1、10:1、1:15 时的热重曲线还为分段曲线，但是当混合比例达到 1:20 之后，曲线拐点变得不再明显。基于以上数据，我们可以得出结论，热重曲线可以对柴油:机油体积比为 15:1 之内的混合溶液进行有效区分。



**Figure 3.** Thermo gravimetric analysis results with the volume ratio of (a) 4:1, (b) 10:1 and (c) 15:1 for diesel oil and engine oil

**图 3.** 柴油和机油体积比为(a) 4:1、(b) 10:1、(c) 15:1 的热重分析谱图

三种混合比例的柴机油都是分段曲线，但同样存在很大区别。随着机油混合比例的增高，柴/机油混合物的挥发温度逐渐增高。直到柴油和机油体积比为 1:15 时，曲线成一段完整的曲线。但与纯机油热重分析谱图仍存在差异，其起始挥发温度相较于纯机油降低，可以通过失重曲线与纯机油进行区分(图 4)。



**Figure 4.** (a) Thermo gravimetric analysis results with the volume ratio of 4:1, 10:1, 15:1 and (b) 1:15 for diesel oil and engine oil

**图 4.** (a) 柴油和机油体积比 4:1、10:1 和 15:1 的热重分析谱图。(b) 机油和柴油体积比为 1:15 的热重分析谱图

由上可得，热重分析可以有效识别体积差距为 15:1 之内的柴/机油混合溶液。虽然本文只是采用了特定-10 号柴油和 CI-04 机油进行试验，但是本文规律仍适用于其他种类柴油和机油。

#### 4. 结论

综上所述，红外光谱可以作为一种快速高效的手段，对柴/机油是否混合进行初步判定。而热重分析可以作为一种精准手段，能够对体积比差异为 15:1 之内的混合溶液进行有效识别。对于体积比差异更大的混合溶液，可以通过核磁共振波谱法进行进一步区分。

#### 参考文献

- [1] Jeyaseelan, T., Ekambaram, P., Subramanian, J. and Shamim, T. (2022) A Comprehensive Review on the Current Trends, Challenges and Future Prospects for Sustainable Mobility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **157**, Article 112073. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112073>
- [2] 陈欢, 李阳阳. 我国车用柴油机超细颗粒物排放研究进展综述[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(5): 204-206.
- [3] 王稳, 李国良. 商用车长里程柴油机油发展综述[J]. 合成润滑材料, 2020, 47(4): 32-36.
- [4] 伍塞特. 机车柴油机开发流程研究及技术趋势展望[J]. 机械管理开发, 2023, 38(12): 64-68.
- [5] 丁秀香. 柴油机机油的作用与使用注意事项[J]. 农机使用与维修, 2020(7): 109.
- [6] 廖道敏. 柴油发动机常见故障分析[J]. 汽车测试报告, 2023(4): 86-88.