

# 发动机润滑油低粘度化对燃油经济性的影响研究

孔鹏程

哈尔滨东安汽车动力股份有限公司 黑龙江 哈尔滨 150000

**摘要:**在能源危机与环保压力的双重推动下,汽车行业节能减排刻不容缓,提升燃油经济性至关重要。本文聚焦于发动机润滑油低粘度化对燃油经济性的影响展开研究。阐述了发动机润滑油低粘度化的基本概念,深入剖析其提高燃油经济性的原理,包括减少摩擦损失、改善冷启动性能、降低机油泵负荷以及提高发动机工作效率等方面。同时探讨了影响低粘度润滑油效果的因素,如发动机类型、驾驶习惯和润滑油质量等。还分析了低粘度润滑油应用中面临的油膜强度与抗磨能力、高温稳定性等挑战,并提出了应用添加剂技术和改进基础油炼制工艺等解决方案,旨在为发动机润滑油的合理选择和燃油经济性提升提供参考。

**关键词:**发动机;润滑油;低粘度;化燃油;经济性;影响研究

引言:在能源日益紧张和环保要求不断提高的背景下,提高燃油经济性成为汽车行业的重要目标。发动机作为汽车的核心部件,其能耗的降低至关重要。发动机润滑油在发动机运行中起着关键作用,而润滑油的粘度特性对发动机性能和燃油经济性有着显著影响。近年来,发动机润滑油低粘度化逐渐成为趋势,然而其对燃油经济性的影响机制以及实际应用中面临的问题仍有待深入研究。文章将系统地探讨发动机润滑油低粘度化对燃油经济性的影响,为该领域的发展提供理论和实践依据。

## 1 发动机润滑油低粘度化概述

发动机润滑油低粘度化,指的是在满足发动机正常运行需求的前提下,选用具有较低粘度等级的润滑油产品。随着汽车工业朝着节能减排方向迅猛发展,润滑油低粘度化成为行业内备受瞩目的趋势。传统发动机润滑油粘度较高,在发动机运转时,虽能提供较为可靠的油膜厚度来保障润滑,但也会带来较大的内摩擦力。在当今追求高效节能的时代,这种高粘度特性反而制约了燃油经济性的提升。而低粘度润滑油具有显著优势,其分子间作用力较弱,流动性更强。这使得发动机在启动瞬间,润滑油能更迅速地抵达各个关键摩擦部位,实现快速润滑,有效降低了发动机启动初期的磨损。并且,在发动机持续运转过程中,低粘度润滑油凭借良好的流动性,减少了能量在克服油液内部阻力上的损耗,为提高发动机燃油经济性创造了有利条件。通过对发动机润滑油进行低粘度化改进,汽车在实现动力输出稳定的同时,有望在燃油消耗方面取得更为优异的表现<sup>[1]</sup>。

## 2 低粘度润滑油提高燃油经济性的原理

### 2.1 减少摩擦损失

在发动机运转过程中,活塞、曲轴、连杆等部件之间存在着大量的相对运动,由此会产生剧烈的摩擦。高粘度润滑油虽然在高温环境下能够为发动机提供较好的润滑保护,但其较高的粘度会增加部件之间的摩擦阻力。当发动机使用高粘度润滑油时,这些部件在相对运动过程中需要克服更大的阻力,这就导致了大量的能量被白白消耗在克服摩擦上,从而造成能量损失。而低粘度润滑油具有较低的粘度,在保证能够为发动机各部件提供足够润滑的前提下,能够显著减少部件之间的摩擦阻力。以活塞在气缸内的往复运动为例,低粘度润滑油能够使活塞运动更加顺畅,减少因摩擦而产生的能量损耗。特别是在城市拥堵路段行驶时,发动机频繁启停,此时低粘度润滑油的优势更加明显。在每次启动时,低粘度润滑油能够迅速在各部件表面形成良好的润滑膜,有效减少启动瞬间的摩擦损失,从而提高燃油经济性。

### 2.2 改善冷启动性能

在寒冷的冬季,普通高粘度润滑油的粘度会随着温度的降低而显著增大,变得过于粘稠。这会导致发动机在冷启动时面临诸多困难。首先,高粘度润滑油会使发动机启动时转动曲轴所需的扭矩大幅增加,从而使发动机的启动转速降低,启动变得异常困难,甚至可能无法启动。其次,在启动过程中,由于润滑油无法迅速到达发动机的各个关键部位,零件表面容易出现短暂的干摩擦或半干摩擦现象,这会加剧零件的磨损,缩短发动机的使用寿命。据相关试验表明,发动机启动到机油进入摩擦表面这段时间的磨损量约占总磨损量的 1/3,并且随着机油黏度的增加,启动过程的磨损量还会成倍增加。而低粘度润滑油在低温环境下具有优异的流动性,能够在发动机冷启动时迅速流至发动机的各个关键部位,及

时为发动机提供充分的润滑，减少启动阻力，降低燃油消耗。

### 2.3 降低机油泵的负荷

发动机内部的机油泵承担着将润滑油输送到各个关键部位的重要任务。高粘度润滑油由于流动性较差，机油泵在输送过程中需要消耗更大的功率来推动其流动。这不仅增加了发动机的负荷，还导致了额外的能量消耗。例如，当机油泵泵送高粘度润滑油时，其电机需要输出更大的扭矩，从而消耗更多的电能，而这些电能最终都来自于发动机的输出功率，这就相当于发动机需要额外消耗燃油来驱动机油泵工作。相比之下，低粘度润滑油具有更好的流动性，机油泵在泵送低粘度润滑油时所需的功率明显更小。这意味着发动机用于驱动机油泵的负荷降低，减少了不必要的能量浪费，进一步提高了发动机的燃油经济性。

### 2.4 提高发动机的工作效率

低粘度润滑油能够减少发动机内部的摩擦损失，使得发动机在运转过程中更加顺畅，减少了因摩擦而产生的能量浪费和功率损失。这有助于发动机将更多的能量转化为有效的机械功输出，从而提高发动机的整体工作效率。特别是在涡轮增压和直喷发动机中，低粘度润滑油的作用尤为显著。这些高性能发动机在工作时，内部的温度和压力都非常高，对润滑油的性能要求也更为严格。低粘度润滑油能够在高温环境下保持稳定的性能，有效减少摩擦损失，确保发动机在高负荷、高转速的工况下依然能够高效运行。低粘度润滑油能够满足这一要求，保证涡轮增压器的正常工作，进而提高发动机的工作效率，实现更好的燃油经济性。

## 3 影响低粘度润滑油效果的因素

### 3.1 发动机类型

不同类型的发动机由于其结构、工作原理以及工作条件的差异，对润滑油的要求各不相同。涡轮增压发动机和直喷发动机在工作过程中，由于燃烧室内的压力和温度更高，发动机内部的零部件承受着更大的热负荷和机械负荷。这就要求润滑油具备更好的抗氧化性和抗磨损性能，以确保在极端工况下能够为发动机提供可靠的保护。对于这类高性能发动机，建议优先选择合成油或半合成油作为润滑油。因为合成油和半合成油具有更加稳定的分子结构，能够在高温、高压环境下保持良好的性能，不易发生氧化和分解，具有更好的热稳定性和抗磨损性能。低粘度润滑油在这些发动机中能够在保证润滑效果的前提下，充分发挥其减少摩擦阻力的优势，最大限度地提高燃油经济性。而对于一些传统的自然吸气

发动机，其工作条件相对较为温和，对润滑油的性能要求相对较低。

### 3.2 驾驶习惯

车主的驾驶习惯对低粘度润滑油效果的发挥有着重要影响。频繁在城市拥堵路段行驶、频繁启停以及短途驾驶等情况，会使发动机长时间处于低温状态。在这种低温环境下，润滑油无法充分预热，其粘度相对较高，流动性较差，从而影响其润滑效果。然而，在这种工况下，低粘度润滑油的优势反而更为明显。由于其本身具有较好的低温流动性，能够在发动机低温启动和运行时迅速形成油膜，减少冷启动时的摩擦损失，提高燃油经济性。相反，在高速公路长时间稳定行驶、车辆负荷较小的情况下，发动机处于相对稳定的工作状态，润滑油的温度较高，粘度相对较低，此时润滑油的寿命可能会相对延长。但这种工况下，低粘度润滑油减少摩擦阻力的优势可能不如在城市驾驶中那么显著，因为发动机在稳定运行时，各部件之间的相对运动较为平稳，摩擦阻力本身就相对较小<sup>[2]</sup>。

### 3.3 润滑油的质量

并非所有的低粘度润滑油都能达到理想的节能效果，润滑油的质量是影响其性能的关键因素。优质的低粘度润滑油通常含有高效的添加剂，如抗磨剂、抗氧化剂、清净分散剂等。这些添加剂能够协同作用，有效提升润滑油的性能，确保其在各种复杂工况下都能为发动机提供稳定可靠的润滑保护。抗磨剂能够在发动机零部件表面形成一层坚韧的保护膜，减少零部件之间的直接摩擦，降低磨损程度；抗氧化剂可以抑制润滑油在高温环境下的氧化反应，延长润滑油的使用寿命；清净分散剂则能够将发动机运行过程中产生的积碳、油泥等杂质分散悬浮在润滑油中，防止其在发动机内部沉积，保持发动机内部的清洁。

## 4 低粘度润滑油应用的挑战与解决方案

### 4.1 低粘度润滑油应用的挑战

#### 4.1.1 油膜强度与抗磨能力问题

当润滑油的粘度降低时，其形成的油膜厚度会相应减小，这可能导致油膜的承载能力下降，在发动机高负荷运转时，油膜容易受到破坏，从而使发动机零部件之间的抗磨能力降低，增加零部件的磨损风险。特别是在一些高性能发动机或工作条件较为恶劣的发动机中，这种问题可能更为突出。如果油膜强度不足，在活塞与气缸壁之间、曲轴与轴承之间等关键部位，可能会出现金属直接接触的情况，这将严重影响发动机的使用寿命和可靠性。

#### 4.1.2 高温稳定性问题

在发动机运行过程中,尤其是在高负荷、长时间运行时,润滑油会面临高温环境。低粘度润滑油在高温下可能会出现粘度进一步下降的情况,导致其无法维持良好的润滑性能。同时,高温还可能加速润滑油的氧化和分解,使其性能劣化,产生沉积物和漆膜,影响发动机的正常运行。例如,在涡轮增压发动机中,涡轮增压器的工作温度极高,对润滑油的高温稳定性要求非常严格。如果低粘度润滑油的高温稳定性不佳,很容易在涡轮增压器的轴承等部位出现润滑不良的问题,进而影响涡轮增压器的性能和寿命。

### 4.2 应对挑战的解决方案

#### 4.2.1 添加剂技术的应用

为了解决低粘度润滑油油膜强度和抗磨能力不足的问题,研发人员采用了加入混合抗磨剂和摩擦改进剂的方法。这些添加剂能够在金属表面形成一层特殊的保护膜,这层保护膜具有较高的强度和韧性,能够有效地减少零部件之间的摩擦和磨损。混合抗磨剂可以在摩擦表面发生化学反应,生成一种具有良好抗磨性能的化合物,从而提高油膜的承载能力。摩擦改进剂则能够降低摩擦系数,减少能量损失,进一步提高发动机的燃油经济性。复合基础油的使用也是提高低粘度润滑油性能的重要手段。例如,将多元醇酯和聚 $\alpha$ -烯烃(PAO)混合,可以平衡润滑油的粘度和蒸发损失,提高其在高温环境下的稳定性和可靠性。多元醇酯具有良好的润滑性能和低温流动性,而PAO则具有优异的热稳定性和抗氧化性能,两者混合能够取长补短,使低粘度润滑油在各种工况下都能表现出良好的性能。

#### 4.2.2 基础油炼制工艺的改进

润滑油基础油的炼制工艺对其性能有着决定性的影响。传统的老三套溶剂精制工艺炼制的基础油,由于其分子结构和杂质含量的限制,只能调和出较高粘度的机

油,如15W-40粘度的机油,而无法满足低粘度机油的生产要求。随着科技的不断进步,深度加氢精制、天然气合成等先进的基础油炼制工艺逐渐得到应用。这些工艺能够生产出分子结构更加均匀、纯净的基础油,具有更好的低温流动性和高温稳定性。采用深度加氢精制工艺炼制的基础油,其硫、氮等杂质含量极低,芳烃含量也大幅降低,这使得基础油的氧化安定性得到显著提高。天然气合成工艺则能够生产出具有特定分子结构的基础油,其性能更加优异,能够为低粘度润滑油提供更好的基础保障。通过采用先进的基础油炼制工艺,能够生产出满足低粘度润滑油性能要求的高质量基础油,从而有效解决低粘度润滑油在应用过程中面临的高温稳定性等问题<sup>[3]</sup>。

### 结束语

综上所述,发动机润滑油低粘度化对提升燃油经济性具有显著意义。通过减少摩擦损失、改善冷启动性能、降低机油泵负荷等,有效降低了发动机能耗。不过,其在应用中面临油膜强度与高温稳定性等挑战,需借助添加剂技术与基础油炼制工艺改进加以解决。在全球倡导节能减排的大背景下,深入推进发动机润滑油低粘度化研究与应用,对汽车行业可持续发展至关重要,未来应持续探索优化方案,进一步挖掘其提升燃油经济性的潜力。

### 参考文献

- [1]汤春球,尹凯峰,莫易敏,王骏,雷志丹,李嘉龙.低粘度润滑油对汽油机经济性及耐久性能影响研究[J].汽车工程,2022,40(6):632-637.
- [2]李程,贾旭岩,朱和菊,张升.低粘度柴油机油燃油经济性的评价[J].合成润滑材料,2021,48(3):145-150.
- [3]崔永,刘军,王超,王意宝,刘建卫,张林川.低粘度润滑油对重型商用柴油机节能减排和可靠性的影响研究[J].汽车工程,2024,46(5):935-944.