

# 发动机机油结冰问题分析与改进

田身军,张欣林,李加旺,项大伟,李德银,姜维

芜湖埃科泰克动力总成有限公司 研发中心,安徽 芜湖 241009

**摘要:**为解决直喷增压发动机在冬季寒带地区出现的机油含水量增加导致机油结冰问题,对 4 款车辆进行冬季路试循环工况测试,从曲轴箱强制通风装置、冷却系统、零部件设计、机油集滤器、用车习惯等方面提出改进措施。结果表明:采用深呼吸的曲轴箱强制通风装置、冷却系统中加装温控阀、集成排气歧管缸盖技术、减少曲轴箱内部表面积等主动改进措施,以及增大机油集滤器滤网面积、增大滤网圆孔直径、定期增加市郊或高速行驶工况等被动改进措施可有效降低机油含水量,避免机油结冰。

**关键词:**机油;结冰;主动措施;被动措施

**中图分类号:**TK407

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6397(2022)06-0082-04

**引用格式:**田身军,张欣林,李加旺,等.发动机机油结冰问题分析与改进[J].内燃机与动力装置,2022,39(6):82-85.

TIAN Shenjun, ZHANG Xinlin, LI Jiawang, et al. Analysis of engine oil freezing and its improvement[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2022,39(6):82-85.

## 0 引言

直喷增压发动机容易出现机油增多的问题,严重时机油液位超出机油标尺上限,部分机油进入燃烧室参与燃烧,导致烧机油现象。烧机油会引起三效催化转化器失效、加速车辆氧传感器损坏、燃烧室积碳增加、发动机怠速不稳、加速无力、油耗升高、尾气排放超标等不良影响<sup>[1-2]</sup>。机油增多的主要原因有 2 种:1)燃油从活塞环与缸孔的间隙中窜出流入机油中,稀释机油造成机油液面增高、机油变质、润滑能力下降、油耗增加、排放不合格等问题<sup>[3-4]</sup>;2)燃油燃烧后产生 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、CO 等排放物,大部分经过尾气后处理系统排入大气,少量废气通过气缸壁与活塞之间的间隙进入曲轴箱,通过曲轴箱强制通风装置返回发动机,在发动机低压油腔区域的冷壁面发生液化或凝华,沿壁面流入油底壳,造成机油含水量增加,引起机油液面升高、机油乳化、机油润滑性能下降,影响摩擦副之间的润滑,降低发动机使用寿命。

在极寒地区,如果发动机经常在启动后水温未高于 0℃时停车熄火,可引起机油含水量快速增加,油底壳内容易形成冰沙和冰块堵塞机油集滤器,导致机油压力消失,影响发动机润滑,造成发动机损坏。很多研究深入阐述了燃油稀释造成的机油增多问题<sup>[5-7]</sup>,而关于机油含水量增加造成机油增多的研究较少。本文中模拟冬季路试循环工况,对不同车辆的机油含水量、油温升高速度、水温升高速度进行分析,从主动、被动 2 个方面提出有效改进措施,降低机油含水量,减少机油结冰现象。

## 1 问题描述

在市场上选取 4 台采用涡轮增压、缸内燃油直喷技术,排量均为 1.5 L 发动机的车辆,记为车辆 A、B、C、D,在漠河地区进行冬季路试循环工况测试,测量发动机低温短里程特殊工况下机油中水的质量分

收稿日期:2022-09-01

第一作者简介:田身军(1981—),男,山东枣庄人,高级工程师,主要研究方向为汽车发动机缸盖及曲轴箱强制通风系统的设计与开发,E-mail:tianshenjun@mychery.com。

数。冬季路试循环工况指环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、车速稳定在 $25\text{ km/h}$ ,连续行驶 $2\text{ km}$ 后停机 $2\text{ h}$ ,重复完成 $20$ 个循环。路试循环工况结束后采集机油样品进行理化分析,发现 $4$ 台车辆机油中水的质量分数都有所升高,机油中水的质量分数分别为 $1.2\%$ 、 $2.0\%$ 、 $0.3\%$ 、 $3.6\%$ 。可知低温环境下, $4$ 台车辆中,车辆D机油中水的质量分数最大,更容易发生机油结冰,故本文中以车辆D为研究对象进行试验和分析。

## 2 试验方案及改进措施

### 2.1 试验方案

在恒定低温的发动机台架实验室,控制车辆D的发动机转速,模拟冬季路试循环工况,测量机油压力。试验过程中,当模拟冬季路试循环工况进行到第 $18$ 个循环时,车辆D机油压力从开始的 $600\text{ kPa}$ 降为 $0$ ;拆开油底壳,发现油底壳机油已经乳化成冰砂状态,并伴有冰块;对机油进行理化分析,此时机油中水的质量分数为 $3.8\%$ 。分析原因,主要是机油中水的质量分数较大,低温环境下结冰后堵塞机油集滤器,机油泵无法抽油,机油压力消失。

### 2.2 改进措施

针对以上原因,从主动和被动 $2$ 方面,提出改进措施。主动改进措施指改进发动机结构和设计,以减少曲轴箱内水的产生,降低机油中水的质量分数,本文中主要从改进曲轴箱强制通风装置、提高冷却系统效果和优化零部件设计 $3$ 个方面改进;被动改进措施指在机油中水分客观存在的情况下,对量产后的发动机进行优化改进,避免或延缓发动机机油结冰,本文中主要从优化机油集滤器结构和改善客户用车习惯 $2$ 个方面改进。

#### 2.2.1 主动改进措施

根据有、无补气通道及小负荷油气分离装置的进气口在曲轴箱上的位置,曲轴箱强制通风装置分为无呼吸、浅呼吸、深呼吸 $3$ 种<sup>[8]</sup>, $3$ 种曲轴箱强制通风装置示意如图1所示。

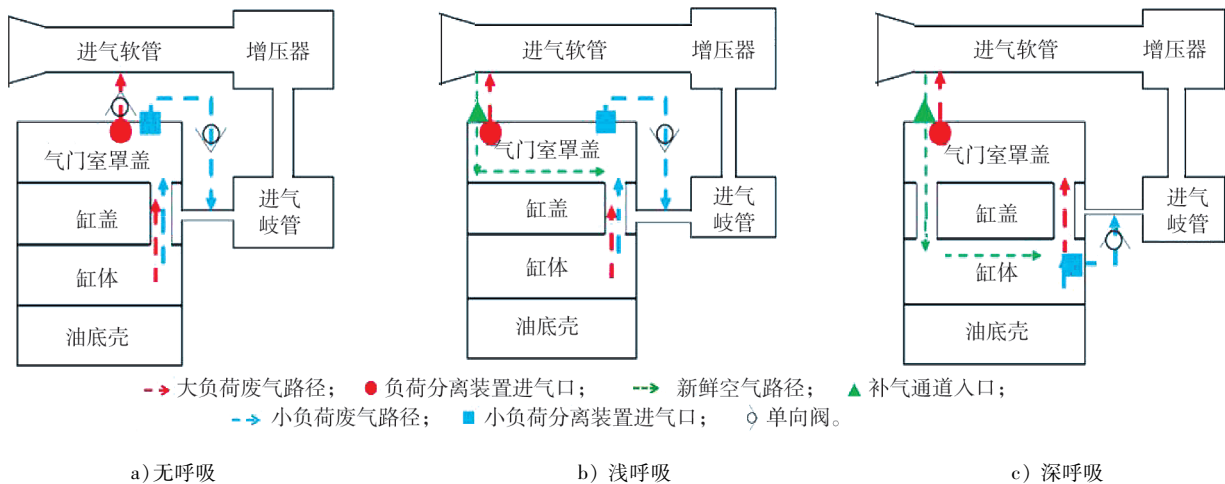


图1 3种曲轴箱强制通风装置示意图

由图1a)可知,无呼吸曲轴箱强制通风装置无补气通道,新鲜空气无法与曲轴箱气体进行稀释和交换;由图1b)可知,浅呼吸曲轴箱强制通风装置中发动机大、小负荷油气分离装置的进气口和补气通道都在气门室罩盖内,新鲜空气和气门室罩盖内的曲轴箱气体在气门室罩盖内部稀释和交换,对曲轴箱内的废气稀释有一定的改善效果;由图1c)可知,深呼吸曲轴箱强制通风装置大负荷油气分离装置进气口和补气通道布置在气门室罩盖上,中小负荷油气分离装置的进气口布置在曲轴箱缸体上,以最短的路径排出曲轴箱废气,并将新鲜空气与从活塞下部窜出的曲轴箱废气进行充分的稀释和交换,减少了曲轴箱内废气液化。

对车辆 D 的发动机分别装配以上 3 种曲轴箱强制通风装置,模拟冬季路试循环工况试验,试验结束后,测量无呼吸、浅呼吸、深呼吸 3 种曲轴箱强制通风装置发动机机油中水的质量分数分别为 6.2%、5.2%、3.6%,装配深呼吸曲轴箱强制通风装置,机油中水的质量分数最低,为最佳曲轴箱强制通风装置设计方案。

冬季路试循环工况试验中,车辆 A、B、C、D 的发动机水温 and 油温升温速度如图 2 所示。由图 2 可知,车辆 D 油温上升最慢,车辆 C 水温 and 油温升温速度较快。结合车辆 C、D 机油中水的质量分数分别为 0.3% 和 3.6%,分析车辆 C、D 冷却系统结构,发现车辆 C 在暖风回路中加装了温控阀,并采用集成排气歧管(integrated exhaust manifold, IEM)缸盖技术。温控阀可使发动机在冷机状态下以最快速度升温,相对于普通缸盖, IEM 缸盖可使发动机出水温度达到工作水温 80 °C 的时间提前 8 min,实现快速暖机<sup>[9]</sup>。设计冷却系统时可采用暖风回路中加装温控阀、IEM 缸盖技术进行优化。

曲轴箱废气与发动机低压油腔壁面接触发生液化或凝华,是机油中水的质量分数增加的主要原因。减小低压油腔壁面表面积,可有效降低机油中水的质量分数<sup>[10]</sup>。以气门室罩盖为例,将气门室罩盖内腔的加强筋移到气门室罩盖外表面,优化前、后气门室罩盖结构如图 3 所示。曲轴箱废气与内腔表面接触面积可减少 20%,试验对比发现,机油中水的质量分数对于优化前可降低大约 10%。

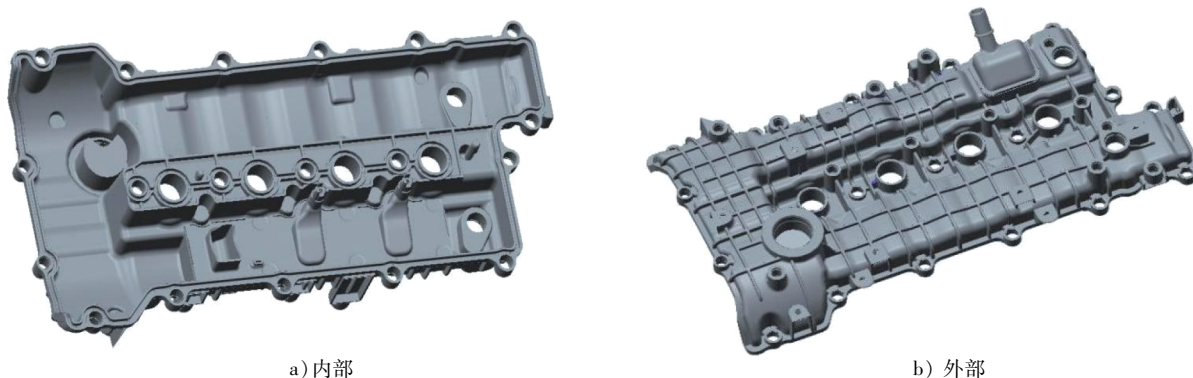


图 3 气门室罩盖结构优化

### 2.2.2 被动改进措施

为提高网孔面积和筛分面积百分率,优化机油集滤器结构<sup>[11]</sup>,将机油集滤器滤网面积由 2000 mm<sup>2</sup> 增大至 2500 mm<sup>2</sup>,滤网圆孔的直径由 0.6 mm 增大为 0.8 mm。模拟冬季路试循环工况试验,在相同的试验条件下,失去机油压力时,优化后车辆比优化前可多完成 7 个循环,说明优化机油集滤器可有效延缓发生机油结冰的时间。

车辆 D 在 1 次车速大于 60 km/h,连续行驶 30 min 的市郊行驶工况后,机油中水的质量分数降低为 1.18%,主要原因是发动机充分热机后可将机油中的水分蒸发,水蒸气通过曲轴箱强制通风装置返回发动机,发动机低压油腔区域温度升高,避免水蒸气发生液化或凝华,降低机油中水的质量分数,减少结冰现象发生。建议反复低温短里程工况行驶的车辆,每周增加 1 次市郊或车速大于 120 km/h,连续行驶 30 min 的高速工况行驶。

## 3 结语

针对增压直喷汽油机冬季严寒地区运行时油底壳结冰故障,进行试验方案设计,为降低机油中水的

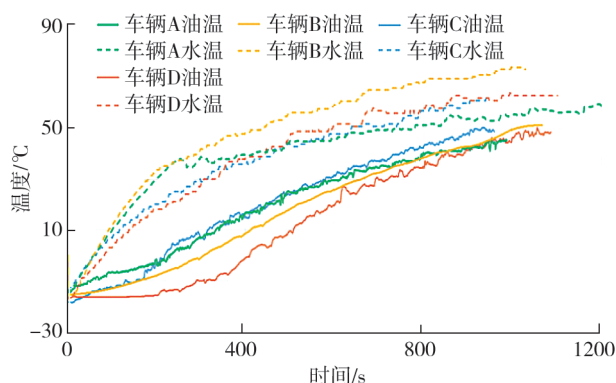


图 2 车辆发动机水温、油温升温试验结果

质量分数提出改进措施。

1)采用深呼吸的曲轴箱强制通风装置使废气与新鲜空气充分交换;暖风回路中加装温控阀及 IEM 缸盖技术可提高发动机冷机升温速度,实现发动机快速暖机;采用减少曲轴箱表面积的结构设计,以上措施有效减少废气发生液化,降低机油中水的质量分数。

2)增大机油集滤器滤网面积及圆孔直径可延缓发生机油结冰的时间;定期增加市郊或高速工况行驶,可使水分蒸发,排出发动机体,降低机油中水的质量分数。。

#### 参考文献:

- [1]刘金翠.缸内直喷发动机机油增多的原因分析及解决措施[J].汽车实用技术,2018(16):238-239.
- [2]环境保护部.轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段):GB 18352.6—2016[S].北京:中国环境出版社,2016.
- [3]潘锁柱.缸内直喷汽油机排气微粒物理化学特征的研究[D].天津:天津大学,2012.
- [4]信曦,丁宁,张小矛,等.二次喷射对直喷增压汽油机油气混合与燃油湿壁影响的研究[J].内燃机工程,2016,37(6):144-150.
- [5]张元东,刘胜利,沈源,等.发动机机油稀释原因分析及预防措施[J].内燃机,2012(2):57-60.
- [6]张子庆,杨友文,王旻,等.缸内直喷发动机机油稀释解决方案研究[J].上海汽车,2016(7):27-31.
- [7]梁华.发动机“机油增多”问题原因分析及建议[J].科技创新导报,2020,17(17):72-73.
- [8]王锐,闵龙,成卫国.汽油机曲轴箱通风系统设计[C]//中国汽车工程学会.2008 中国汽车工程学会年会论文集.北京:机械工业出版社,2008:126-128.
- [9]李加旺,田身军,李德银,等.集成排气歧管缸盖的设计与优化[J].内燃机与动力装置,2019,36(1):51-57.
- [10]陈家瑞.汽车构造[M].2版.北京:机械工业出版社,2008.
- [11]中国机械工业联合会.工艺用金属丝编织方孔筛网:GB/T 5330—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.

## Analysis of engine oil freezing and its improvement

TIAN Shenjun, ZHANG Xinlin, LI Jiawang, XIANG Dawei, LI Deyin, JIANG Wei

Research and Development Center, Wuhu Ecotech Powertrain Co., Ltd., Wuhu 241009, China

**Abstract:** In order to solve the freezing problem of direct injection turbocharged engines due to the increase of water in oil during winter, four kinds of vehicles are selected for winter road test. Improvements are tested from the aspects of the crankcase forced ventilation device, cooling system, parts, filter collector, vehicle usage, etc. The results show that active improvements such as deep breathing forced crankcase ventilation, temperature control valves in the cooling system, integrated exhaust manifold cylinder head technology, reducing the internal surface area of the crankcase, and passive improvements such as increasing the filter screen area of the oil filter, increasing the diameter of the filter screen round hole, and advising customers to regularly increase suburban or high-speed driving conditions can effectively reduce the water content in the oil, avoid oil freezing.

**Keywords:** engine oil; freeze; active improvement; passive improvement

(责任编辑:臧发业)