

添加剂对汽车尾气排放特性及燃油经济性影响研究

朱仁成¹ 王梦雷¹ 金博强¹ 祖雷² 王运静² 李顺义¹ 鲍晓峰^{2*} 张瑞芹³

- (1. 郑州大学化工与能源学院, 河南郑州 450001;
2. 中国环境科学研究院机动车排污监控中心, 北京 100012;
3. 郑州大学化学与分子工程学院, 河南郑州 450001)

摘要: 针对某市售典型燃油添加剂, 分别采用整车台架测试法和车载排放测试法系统研究其对汽油车尾气污染物排放特性及燃油经济性的影响规律。台架试验结果表明, 受试轻型汽油车使用该添加剂行驶 1.2×10^4 km 后, 其尾气 HC、NO_x 和 CO 排放因子分别降低了 14.3%、16.7% 和 13.6%, 燃油消耗也下降 3.5%; 车载试验结果表明, 受试轿车使用该添加剂行驶 9.0×10^2 km 后, 其尾气 CO、HC 排放因子和燃油消耗分别下降了 54.2%、11.9% 和 3.4%, 但其 NO_x 排放因子反而增加了 58.7%。总体来看, 该添加剂可改善汽车尾气 CO 和 HC 排放, 并减少其燃油消耗, 但对 NO_x 排放影响并无明显一致规律。

关键词: 添加剂; 汽油车; 尾气排放; 整车台架; PEMS

近年来我国机动车保有量快速增加, 在给居民生活带来便利的同时, 也给能源和环境带来巨大压力。控制机动车污染物排放、提高燃油经济性已成为机动车研究领域的重中之重^[1,2]。以往机动车节能减排研究多集中于汽车技术, 在一定程度上改善了燃烧性能, 但仍存在一定局限性^[3]。例如, 改进发动机技术不适合保有量巨大的在用车^[4]。研究显示, 使用性能良好的添加剂不但可以有效改善机动车排放水平, 还可以提高其燃油经济性; 但使用质量不合格的添加剂反而会恶化汽车排放^[5-9]。鉴于无需对发动机结构改造, 操作简单、成本低廉, 使用添加剂已成为改善在用车尾气排放及其提高燃油经济性的一种简单有效措施^[10]。

本研究选用一种典型市售燃油添加剂, 首先基于整车台架方法研究了该添加剂对轻型汽油车排放特性和燃油经济性的影响; 为进一步评价实际行驶工况下该燃油添加剂的功效, 又采用车载排放测试方法 (PEMS) 系统考察了不同道路工况下该燃油添加剂的对轿车的节能减排效果。

1 装置及方法

1.1 试验用汽油及添加剂

试验过程所添加燃油均为当地符合相应国家标准的市售汽油, 且同一辆试验车辆加剂前后所用汽

油尽量保持选择同一个加油站。

基于课题组前期研究基础^[11], 本研究选用了一种典型的物理燃料添加剂作为考察对象。该添加剂为 100% 纯燃油成分, 按照 2.5‰ 的添加量进行添加, 其基本参数如表 1 所示。

表 1 试验添加剂基本参数

项 目	分析结果	试验方法
外观	清澈透明	目测
倾点/°C	-48	GB/T 3535
闪点/°C	45	GB/T 261
氮含量/%	0.003	SH/T 0704
密度/(kg·m ⁻³)	0.791	GB/T 1884

1.2 试验车辆

试验分别选择一辆符合国 IV 标准的轻型汽油车和一辆符合国 V 标准的汽油轿车开展整车台架试验与车载排放测试试验, 两辆车的车况基本良好, 其关键配置参数如表 2 所示。

表 2 试验用车部分配置参数

	轻型汽油车	轿 车
车辆品牌	尼桑 Paladin	大众 LAVIDA
发动机型号	KA24	CSR

基金项目: 中国博士后科学基金面上项目 (2018M632794); 国家重点研发计划项目 (2017YFC0212400)。

作者简介: 朱仁成 (1989—), 男, 博士; 研究方向: 机动车污染控制理论和控制方法研究、车用燃料及添加剂。

E-mail: zhurc@zzu.edu.cn

续 表

	轻型汽油车	轿 车
气缸数	4	4
压缩比	9.2 : 1	10.5 : 1
排量/L	2.4	1.6
供油方式	MPI	MPI
整备质量/kg	1 675	1 245
初始里程/km	40 610	59 784
车辆生产日期	2007.12	2016.04

1.3 实验方案

添加剂主要是通过清除燃油管路、进气阀及燃烧室的表面油垢和积碳,并保持一定清洁度来达到节能减排的效果,因此,添加剂的节能减排效果需在汽车使用添加剂行驶一定距离后方可体现出来^[11]。

基于整车台架方法对受试添加剂进行评价,具体方案如下:(1)将受试轿车油箱中原有汽油放空,添加指定加油站市售汽油,运行 200 km;(2)依据轻型车排放法规中 I 型试验程序,按照新欧洲驾驶循环(NEDC)开展加剂前尾气排放测试^[12];(3)受试轿车添加指定加油站市售汽油,并按照使用说明在试验车辆油箱中加入受试添加剂,运行 12×10^3 km;(4)基于轻型车排放法规中 I 型试验程序,按照新欧洲驾驶循环(NEDC)开展加剂后尾气排放测试。

基于车载排放测试方法对受试添加剂进行评价,具体方案如下:(1)将受试汽油车油箱中原有汽油放空,添加指定加油站市售汽油,运行约 200 km;(2)将便携式车载排放测试系统(PEMS)安装到受试汽油车上,并依据《轻型汽油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB18352.6—2016)开展加剂前实际行驶污染物排放试验,其中车载排放测试设备安装示意图见图 1;试验中具体测试行驶路线如图 2 所示,包含市区(约 11.3 km)、市郊(约 16.3 km)和高速(约 37.3 km)三种典型工况,全程累积行驶约 65.0 km;(3)受试轿车添加指定加油站市售汽油,并按照使用说明,在试

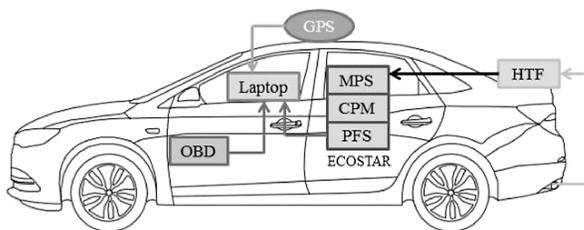


图 1 车载排放测试设备安装示意图

验车辆油箱中加入受试添加剂,运行 0.9×10^3 km;(4)重复步骤(2)中测试流程,开展加剂后实际行驶污染物排放试验。



图 2 车载排放测试行车路线图

2 结果与讨论

2.1 基于整车台架试验的添加剂影响评价

图 3 为基于整车台架试验时,添加剂使用前后受试轻型汽油车尾气常规气态污染物(CO、HC 和 NO_x)在不同行驶工况下的排放因子变化情况,其中,ECE、EUDC 和全程(NEDC)分别代表市区工况、市郊工况及综合工况。由图 3 可知,加入本试验所采用的添加剂后,所考察的三种汽油车尾气污染物排放情况均有不同程度改善。具体而言,综合工况下 CO、HC 和 NO_x 的排放因子分别下降了为 13.6%、14.3%和 16.7%。对比 ECE 和 EUDC 可知,在不同运行工况下,添加剂的节能减排效果并不一致。例如:在 EUDC 工况下,HC、 NO_x 和 CO 的排放因子均有大幅下降,降低比例分别达 75.2%、

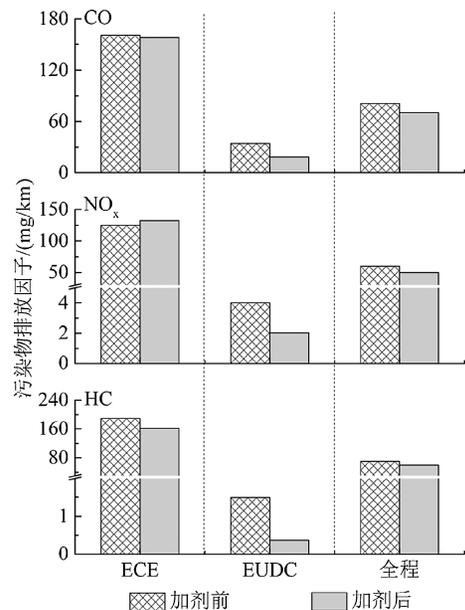


图 3 添加剂对轻型汽油车尾气污染物排放影响

45.9%和49.5%；而在ECE工况下，使用添加剂后尽管CO和HC的排放因子均略有下降，但其NO_x的排放水平却有所升高(5.9%)。这可能是因为ECE测试工况怠速占比较高，怠速时发动机转速下降，燃油在气缸内停留时间增加，而物理添加剂通常会促进燃油的雾化，加速燃烧过程，从而使NO_x排放因子增大。总的来说，整车台架测试时，受试汽油车使用该添加剂时，汽车尾气CO、HC和NO_x排放水平均有所改善，且主要发生在市郊行驶工况下。

图4显示了整车台架试验时，使用添加剂前后不同工况下汽车百公里油耗对比图。由图可知，整个NEDC测试循环下，受试汽车使用添加剂后的百公里油耗下降了3.5%。有意思的是，虽然在ECE阶段添加剂后的百公里油耗相较于添加剂前下降了11.6%，但在EUDE阶段百公里油耗却增加了5.6%。具体原因有待进一步分析。

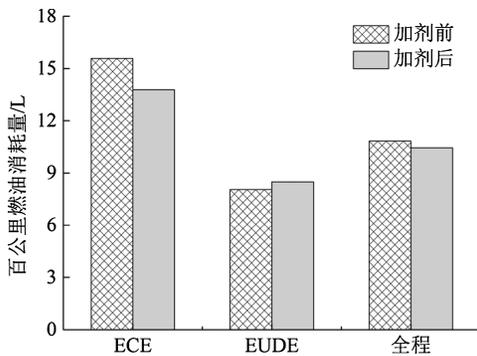


图4 添加剂对轻型轿车百公里油耗排放影响

2.2 基于车载排放测试试验的添加剂影响评价

整车台架测试试验是在条件相对可控的试验室内进行的模拟实验，与汽车实际道路行驶工况差异较大。为了准确评价该添加剂在汽车实际行驶条件下对汽车排气污染物和燃油经济性的影响，本研究开展了车载排放测试试验。图5是车载排放测试试验时不同行驶工况下受试汽油轿车使用添加剂前后尾气CO、NO_x和HC的排放因子变化情况。

由图5可知，从整个测试循环来看，使用添加剂后轿车尾气中CO和HC排放均有所改善，分别下降了54.2%和11.9%，而NO_x排放却有所增加(58.7%)。分析可知，汽车使用添加剂时排放增加主要发生在市区和市郊等相对拥堵路况下，而在高速工况下排放却有明显改善。具体而言，汽车在市区内行驶时，添加剂后的CO排放大幅降低，而NO_x和HC的排放稍有增加；然而在市郊工况下，这三种污染物的排放却大幅增加；在高速工况下，CO、NO_x

和HC三种常规气态污染物的排放均大幅降低，下降率分别为86.8%、40.4%和51.2%。车载排放测试与台架排放测试结果略有差异，一方面是因为两种测试方法、受试车辆状况各不同，另一方面还可能与两辆车加入添加剂后行驶里程差异较大有关。

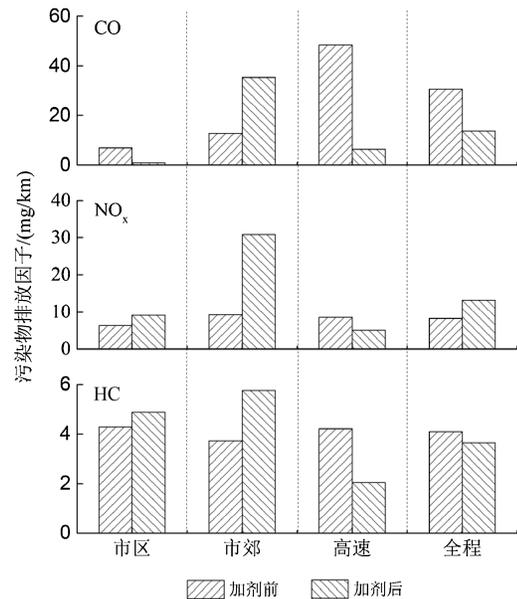


图5 实际行驶工况下添加剂对汽车尾气排放影响

图6为车载排放试验中添加剂前后受试轿车在不同运行工况下的百公里油耗对比图。由图6可知，受试轿车添加剂后，除了在市况行驶时的百公里油耗有所增加(3.9%)，在市郊和高速工况下燃油的百公里消耗量均有不同降低，下降率分别为3.6%和10.9%。基于整个试验过程中，加入添加剂后燃

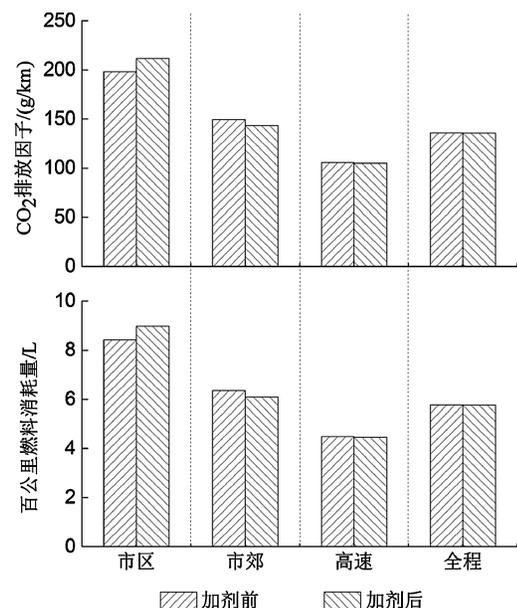


图6 实际行驶工况下添加剂对汽车尾气CO₂排放和百公里油耗影响

油消耗量也有明显下降(约 3.4%)。另外,通过分析发现,使用添加剂前后在不同路况下的百公里油耗变化率与 CO₂ 排量的变化率基本相同:即市区工况下增加了 4.0%,市郊和高速工况下分别下降了 3.6%和 10.9%,而基于整个测试循环下降率为 3.4%。

3 结论

基于整车台架测试和车载排放测试两种不同方法对同一添加剂进行节能减排性能评价,得出以下结论:

(1) 该添加剂可有效改善汽油车尾气 CO 和 HC 排放水平,同时对 CO₂ 也有明显的减排效果。

(2) 在不同试验条件下,该添加剂对汽油车尾气 NO_x 的排放尚未得出一致性影响规律,具体的影响机理也有待进一步深入探究。

(3) 该添加剂对汽油车百公里燃油消耗量也有一定的改善作用。

参考文献

- [1] 朱亚杰,孙兴文. 能源世界之窗[M]. 北京: 清华大学出版社,2001.
- [2] 马其华,任洪娟,张春燕. 物理燃油添加剂对通用小型汽油机经济性及排放的影响[J]. 上海工程技术大学学报,2011,25(1): 1-4.
- [3] 方泽军. 燃料添加剂对汽油发动机燃烧和排放性能影响的试验研究[D]. 北京: 北京工业大学,2008.
- [4] 张肇,纪常伟,汪硕峰,等. 添加剂对汽油机油耗及排放影响的试验研究[J]. 内燃机工程,2010,31(4): 49-53.
- [5] Geng P, Zhang H. Combustion and emission characteristics of a direct-injection gasoline engine using the MMT fuel additive gasoline [J]. Fuel. 2015, 144(15): 380-387.
- [6] Magaril E, Magaril R. Improving the environmental and performance characteristics of vehicles by introducing the surfactant additive into gasoline [J]. Environ Sci Pollut Res. 2016, 23 (17): 17049-17057.
- [7] 林慧斌,蔡锐彬,梁精明. 汽油添加剂对提高汽车排气与节能效果的研究[J]. 润滑与密封,2004(1): 37-38,40.
- [8] Erdemir A, Ramirez G, Eryilmaz OL, et al. Carbon-based tribofilms from lubricating oils [J]. Nature. 2016, 536(7614): 67-71.
- [9] Ali MKA, Peng MF, Younus HA, et al. Fuel economy in gasoline engines using Al₂O₃/TiO₂ nanomaterials as nanolubricant additives [J]. Appl. Energy. 2018, 211: 461-478.
- [10] 蔡悦彬,陈子健,林慧斌. 新型燃油添加剂对汽油机燃烧与排放的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2005,33(7): 84-87.
- [11] 朱仁成,鲍晓峰,贾明,等. 汽油清净剂对汽车尾气排放影响及其清净性研究[J]. 环境工程技术学报,2016, 6(4): 307-313.
- [12] 国家环境保护总局. GB/18352.3—2005 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ阶段)[S].