

生物基添加剂对乙醇汽油性能影响的研究*

姚春德 李琦 吉庆 姚广涛 王艳霞

天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室, 天津 300072

摘要 通过对普通汽油, 乙醇含量 10% 的乙醇汽油以及在此基础上添加 0.2%, 0.4%, 0.6% 的生物基添加剂这 5 种油品的对比试验, 研究了不同比例生物基添加剂对乙醇汽油经济性以及排放特性的变化规律. 试验结果表明, 在乙醇汽油中添加 0.4% 的生物基添加剂经济性最好, 这时 CO 排放大幅度下降, NO_x 基本不变, 但 HC 略有上升.

关键词 汽油机 乙醇-汽油混合燃料 生物基添加剂

1993 年, 我国成为石油净进口国, 之后供需矛盾一直非常突出. 2003 年, 我国进口石油已近亿吨, 其中车用汽油年消耗量为 64 Mt. 随着汽车工业的发展和燃油需求的进一步增大, 今后进口仍呈上升趋势. 因此, 寻求替代能源, 减轻对石油资源的依赖迫在眉睫. 乙醇是一种含氧燃料, 而且可以从粮食产品中获得, 具有可再生性, 所以巴西和美国在 20 世纪 70 年代就开始了乙醇汽油的研究及使用^[1]. 目前, 美国和巴西的燃料乙醇消费量已分别超过 5 Mt 和 10 Mt, 巴西的消费量已占汽油消费量的 50% 以上. 我国也于数年前在部分省区开始试行乙醇汽油. 按乙醇在汽油中添加比为 10% 计算, 每年可减少汽油消耗 6.4 Mt. 所以乙醇汽油政策的实行, 对于缓解石油短缺以及实现可持续发展都具有十分积极的意义¹⁾.

但是由于乙醇的热值低于汽油, 在不改变发动机结构的前提下, 存在乙醇汽油燃油消耗量可能比普通汽油高的问题, 这对推广乙醇汽油的应用带来一定阻碍. 因此, 提高乙醇汽油的燃料经济性是乙醇汽油从试点迈向全面实施必须尽快解决的现实问题. 本文采用了在乙醇汽油中加入添加剂的方法来降低油耗, 从而增强乙醇汽油的市场竞争力, 使得

这项利国利民的政策能够更快在全国开展.

采用添加剂改善发动机燃料经济性的方法早已有之, 曾使用多年的四乙基铅添加剂其中所含的铅对人体有害, 而且也会损害催化转化器^[2]; 当添加剂为有机盐时, 燃烧时易使气缸磨损, 而且燃烧后会出现胶状物和积碳, 使油路堵塞^[3]; 现在正在使用的甲基叔丁基醚(MTBE)是一种持久性难降解的物质, 会对水源构成长久持续的污染^[4], 因此, 国外已开始禁止使用. 为了实现可持续发展, 必须采用新型对环境友好的汽油添加剂. 本试验使用了一种新型的生物基添加剂, 它与以前的添加剂相比, 具有以下优点:

(1) 以植物油脂为原料, 满足可持续性发展的要求;

(2) 由于植物生长过程中所吸收的二氧化碳与生物基添加剂使用过程中所释放的二氧化碳相当, 因此使用这种添加剂不会造成温室效应;

(3) 添加剂属含氧的天然物质, 便于微生物降解, 生物降解率可达 90% 以上, 降解速率是汽油的 2 倍以上, 可大大减轻意外泄漏造成的环境污染;

(4) 植物油中含有的酯基是带极性的, 其中 C⁺ 呈阳性, O⁻ 呈阴性. 酯基的这个特性从本质上决定

2004-06-14 收稿, 2004-07-20 收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目 (批准号: 50376045)

E-mail: arcdyao@tju.edu.cn

1) 吉林省推广使用车用乙醇汽油新闻发布会新闻发布稿, 2003

了植物油可以对烃类和醇类燃料起到助溶作用^[5].

1 试验装置和试验方法

1.1 发动机参数

试验用发动机是排量为 2.0 L 轿车用电喷汽油机, 缸径为 86 mm, 行程为 86 mm, 压缩比为 9.6, 标定功率 91 kW 转速为 5400 r·min⁻¹, 最大扭矩/转速为 180 N·m/4000 r·min⁻¹. 试验时发动机未作任何改变.

1.2 试验设备

使用 HORIBA7100 排气分析仪分析废气成分. 试验用的油耗仪为杭州奕科机电技术研究所生产的 FCM-05 型油耗仪, 精度为 0.8% F.S. 试验测功机为德国 SCHENCK 公司生产.

1.3 燃料调配

试验用燃油为市场加油站 93 号汽油 (以下简称 E0). 由于乙醇很容易吸收空气中的水分, 造成混合后的乙醇和汽油分离, 所以试验用的乙醇汽油必须现场调制. 为了能使试验结果更好地应用, 我们采用含醇 10% 的勾兑比例 (以下简称 E10), 从而与国家规定接轨. 添加剂按照 0.2%, 0.4%, 0.6% 的体积比加到汽油中进行了对比试验 (以下简称 E10+0.2% a, E10+0.4% a, E10+0.6% a).

1.4 试验方法

根据德国 FEV 发动机技术公司的统计, 轿车发动机在城市道路状况下的典型工况是转速为 2000 r/min^[6]. 因此, 本试验在恒转速 2000 r/min 条件下, 通过改变转矩值, 调节工况来对比添加不同比例添加剂时发动机的各项性能. 另外, 为获得加入添加剂前后发动机排放特性的对比数据, 试验中测得的废气含量未经催化转化器处理.

2 添加剂对混合燃料汽油机经济性的影响

图 1 是加入不同比例添加剂前后发动机在 2000 r/min 的负荷特性对比试验曲线. 由图可见, 采用 10% 乙醇直接兑成的乙醇汽油 E10, 发动机的比油耗率相比于燃用普通汽油 E0 有一定的增加, 平均上升了约 6%. 但在乙醇汽油中加进添加剂后,

发动机的燃油经济性得到显著改善, 比油耗有不同程度的降低.

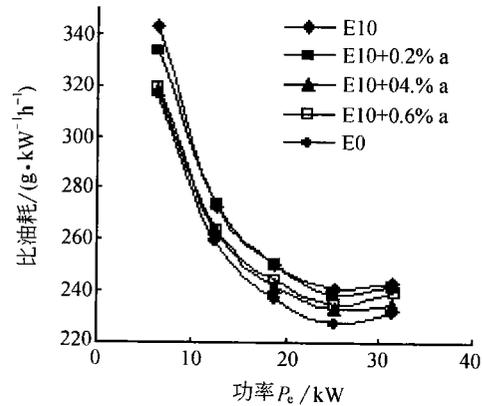


图 1 燃油经济性对比

由试验曲线图可见, 在各种添加比例下与乙醇汽油 E10 相比, 比油耗都有不同程度下降, 但在添加比例为 0.4% 时的效果更为突出, 此时发动机平均比油耗的下降率达到了 4.06%, 下降率最高甚至达到 10% 以上. 从图 1 中可以看出, 比油耗已经达到了普通市售汽油 E0 的水平. 因此, 如果将这种添加剂应用于乙醇汽油中, 最佳的添加比例为 0.4%.

3 添加剂对混合燃料汽油机的排放特性影响

图 2—4 给出不同品种的燃油对一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)以及未燃碳氢(HC)排放特性的影响.

与普通汽油 E0 相比, 乙醇汽油 E10 发动机的 CO 排放有大幅度的改善, 小负荷工况尤甚. 由此可见, 乙醇汽油对于城市汽车的尾气排放特别是 CO 具有较大优势. 在乙醇汽油中添加生物基添加剂后, CO 的排放可以得到进一步改善. 如图 2 所示. 根据电喷发动机混合气控制策略, 小负荷和大负荷属于过浓混合气, CO 是不完全燃烧产物. 当采用乙醇汽油时, 乙醇的含氧减少了混合气浓度, 使其在较稀的空燃比下工作, 因而, 在小负荷时采用乙醇汽油显著降低了 CO 的排放. 大负荷时供应的是满足功率要求的浓混合气, 少量的乙醇所起作用减小, 所以, CO 排放浓度趋向一致. 添加剂是含氧物质, 加入其中促进混合气燃烧更充分, 因

而, CO 排放浓度进一步降低.

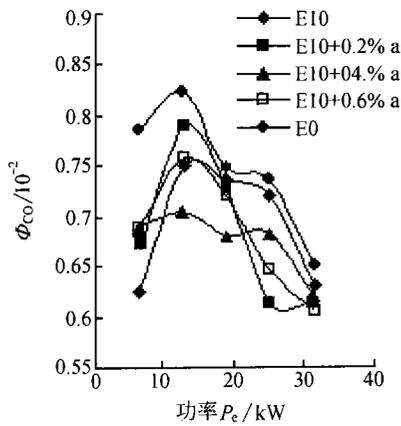


图2 CO 排放比较

各类燃油对 NO_x 在大、小负荷时排放的影响基本一致, 主要差别反映在中等负荷. 中等负荷时是化学计量比混合气燃烧, 随负荷增加, NO_x 排放浓度几乎成线性增大. 但对于乙醇汽油 E10 或是 E10 加入添加剂, 在中等负荷时, NO_x 排放浓度大幅度减小, 最高降低幅度达到 12% 以上. 其原因可能是乙醇在汽化过程中吸热, 降低混合气的压缩温度, 进而影响了 NO_x 生成. 见图 3 所示.

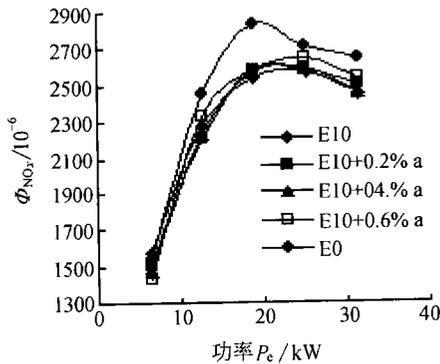


图3 NO_x 排放比较

与普通汽油 E0 相比, E10 加入不同比例的添加剂对 HC 排放影响有较大差异. E10 或 E10 加入小比例的添加剂后, HC 排放比 E0 有所减少, 但高比例的添加剂(如大于 0.4%)时则略有上升. 原因

可能由于植物油分子量大, 比小分子的乙醇和汽油着火困难^[6], 在狭缝和激冷面遭淬熄的混合气在膨胀阶段难以再燃, 造成 HC 排放略有上升. 如图 4 所示.

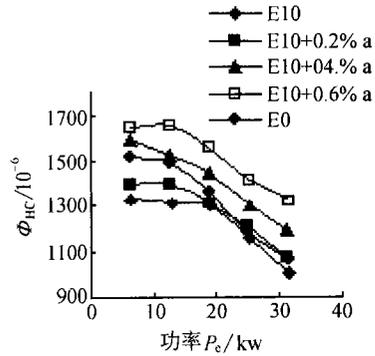


图4 HC 排放比较

采用 E10 或 E10 加入添加剂带来的另一个较大的优势在于减少了发动机总 CO₂ 的排放. 由图 5 可见, 无论 E10 还是 E10 加入添加剂, CO₂ 排放浓度均低于 E0, 最大减小幅度超过 6%. 由于 CO₂ 气体属温室气体, 其排放的减少对缓解全球的温室效应有重要意义.

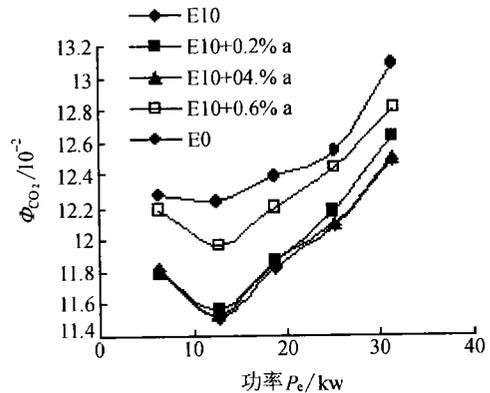


图5 CO₂ 排放比较

各种燃油的发动机排气温度变化基本一致. 只是含乙醇汽油在小负荷时的排气温度比纯汽油要低一些, 其原因可能是乙醇的汽化潜热所起作用. 见图 6 所示.

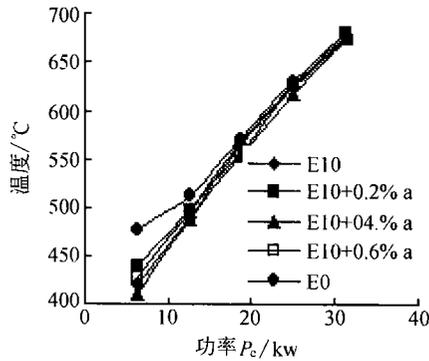


图6 排气温度比较

4 实验分析

为了对此添加剂的节油以及减少污染的机理进行深入分析研究, 经质谱仪分析得出该添加剂的元素含量结果如表1.

表1 植物油和汽油的元素含量对比 (%)

| 元素 | 汽油 | 乙醇 | 添加剂 |
|----|-------|------|--------|
| C | 85—88 | 52.5 | 75.905 |
| H | 12—15 | 13.1 | 12.075 |
| O | 0 | 34.7 | 12.020 |

由表1可见, 添加剂的含碳量远比汽油的小, 另外其含氧量也比较高. 乙醇汽油中加入添加剂之后, 燃烧变得更加充分, 促使 CO_2 和 H_2O 排放量增加, 燃油经济性大为改善. 完全燃烧 1 mol C 可以放出 393.78 kJ 热量. 完全燃烧 1 mol CO 可放出 283.15 kJ 热量. 当燃烧 1 mol C 变为 CO 时, 放出热量 110.54 kJ. 它只占 1 mol C 完全燃烧成最终产物 CO_2 而放出热量的 28.1% 左右, 即约有 72% 的热量未利用而被排出机外. 加入添加剂后, 燃烧完善度提高, 从而也就提高了热效率和经济性. 由于这种生物基添加剂的加入量极小, 还不到 1.0%, 为什

么加入此种添加剂能大幅度提高燃油经济性, 它在燃烧反应中究竟起到何种促进作用, 还需要进一步从机理上进行研究.

5 结论

通过对乙醇含量 10% 的乙醇汽油以及加入不同比例生物添加剂的乙醇汽油与普通汽油在发动机台架上的全面性能对比试验, 得出以下结论:

(1) 与普通汽油相比, 乙醇汽油的比油耗有所增加, 但 CO , HC 以及 NO_x 排放有一定改善. 特别是 CO 和 HC 改善显著.

(2) 生物基添加剂具有明显的改善燃用乙醇汽油发动机经济性的作用, 能在不同比例范围内较大幅度地降低比油耗, 在添加比例为 0.4% 时效果最佳.

(3) 在乙醇汽油中添加生物基添加剂后可以改善 CO 和 NO_x 排放. 但一定的比例下, 未燃 HC 略有上升.

(4) 无论乙醇汽油还是加入不同比例生物添加剂的乙醇汽油, CO_2 排放比普通汽油要少.

参 考 文 献

- 1 Wheals, et al. Fuel ethanol after 25 years. Trends in Biotechnology. 1999, 17 (12): 482
- 2 姚春德, 等. 生物基汽油添加剂对发动机性能影响的研究. 内燃机学报, 2003, 21 (3): 415
- 3 简弃非, 等. 燃油添加剂对降低汽油机油耗和有害排放物的试验研究. 华南理工大学学报 (自然科学版), 1999, 27 (7): 97
- 4 刘杰民, 等. 甲基叔丁基醚 (MTBE) 对环境的污染及其对我国汽油生产的影响. 环境污染与治理技术与设备. 2002, 3 (3): 7
- 5 何学良, 等. 内燃机燃料. 北京, 中国石化出版社, 1999
- 6 李 勤. 现代内燃机排气污染物的测量与控制. 北京, 机械工业出版社, 1998. 12