

单缸柴油机燃用油酸甲酯乙醇混合燃料的性能

刘红梅, 赵旭毅, 李江, 杨璐

) 长安大学汽车学院, 陕西西安710064)

摘要：为了研究油酸甲酯乙醇混合燃料在柴油机上的应用，在一台单缸直喷柴油机上进行100%油酸甲酯（YSME）和5%无水乙醇+95%油酸甲酯（E5）燃烧特性、经济性与排放特性对比试验，分析了柴油机燃用两种燃料时的燃烧压力、放热率、经济性和排放特性。结果表明，与YSME相比，发动机转速 n 为1500r/min、负荷 P_{me} 为0.531MPa时，E5最大燃烧压力和最大燃烧放热率均有所增加；在小负荷时，E5有效燃油消耗率和有效能量消耗率增加，在中等负荷时接近，在大负荷时略有减少；NO_x与HC排放增加；碳烟与CO排放明显降低。

随着石油资源的日益枯竭，人们意识到应扩展对可再生能源的探索。生物柴油是指以种植或野生油料作物提炼的植物油脂及各类动物油脂、废弃餐饮油等为原料油，通过酯交换工艺制成的甲酯或乙酯燃料。由于生物柴油与普通矿物柴油的理化特性比较接近，大量试验证明，可供内燃机使用。目前由于以价格为主的多方面原因，纯生物柴油应用较少，大多是以一定的比例和矿物柴油混合形成生物柴油与矿物柴油的混合燃料。

目前国内外专家学者对各种原料生物柴油的燃烧特性和排放特性进行了深入研究。生物柴油是由各种脂肪酸甲酯组成的，一般生物柴油都含有棕榈树甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯等，其中油酸甲酯是各种原料生物柴油的主要组分之一。该文在油酸甲酯中掺入乙醇形成混合燃料，对比两种燃料的燃烧特性、经济性与排放特性，为丰富柴油机替代燃料提供一定的思路。

1试验发动机与测试仪器

燃烧特性试验所用发动机及相关测试仪器见表1和表2，两种燃料的主要特性见表3。试验用燃料分别为100%油酸甲酯（YSME）、5%无水乙醇+95%油酸甲酯（E5，为体积百分比）。

表 1 试验用发动机的主要参数

参数名称	参数值
发动机型号	ZH1105W 单缸直喷柴油机
缸径/mm	105
活塞行程/mm	115
压缩比	16.5
排量/L	0.996
标定功率/kW	11.03
喷油提前角	上止点前 22°
最大扭矩对应转速/(r · min ⁻¹)	1 500

表 2 试验用测试仪器

测试仪器名称	型号
燃烧分析仪	CB566
电荷放大器	—
压力传感器	Kistler
光电传感器	—
曲轴转角发生器	—
发动机排气分析仪	奥地利 AVL Digas4000
部分流不透光烟度计	奥地利 AVL Dismoke40000

表 3 燃料的主要特性

指标	油酸甲酯	乙醇
分子式	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	C ₂ H ₅ OH
分子量	296	46
熔点/℃	-19.9	-117.3
沸点/℃	218.5	78.5
质量低热值/(MJ · kg ⁻¹)	37.526	27.2
密度/(g · cm ⁻³)	0.87	0.789
水分/%	≤0.1	—
氧含量/%	10.8	34.8
酸值/(mgKOH · g ⁻¹)	≤1	—

2试验结果与性能研究

2.1燃烧特性

燃烧特性试验在单缸柴油机上进行。在发动机转速 n 为1500r/min、负荷 P_{me} 为0.531MPa条件下，YSME和E5的燃烧压力对比和放热率对比分别见图1和图2。

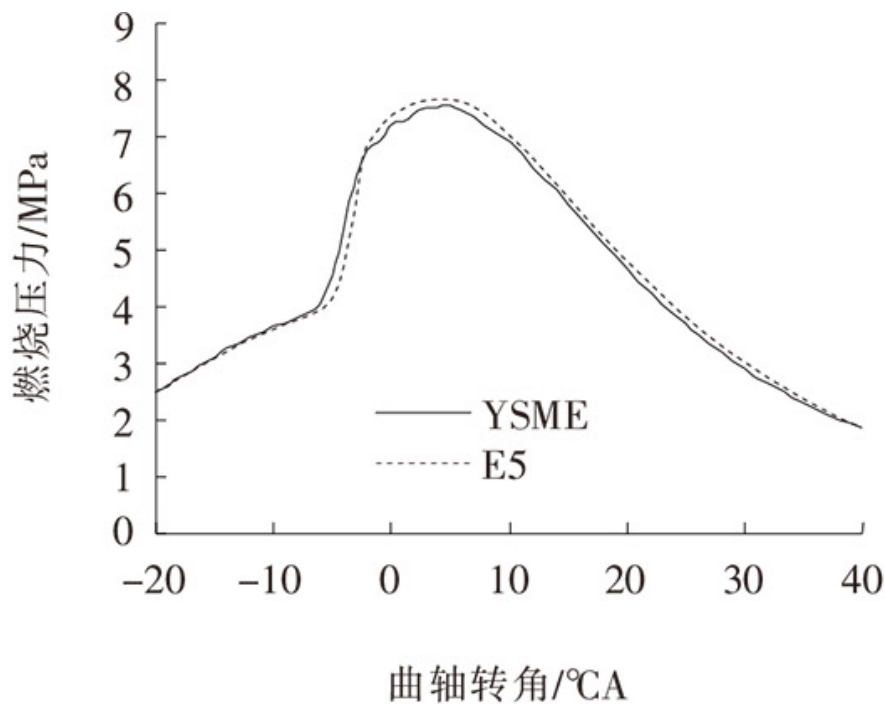


图 1 n 为 1 500 r/min、 P_{me} 为 0.531 MPa 条件下
两种燃料燃烧压力对比

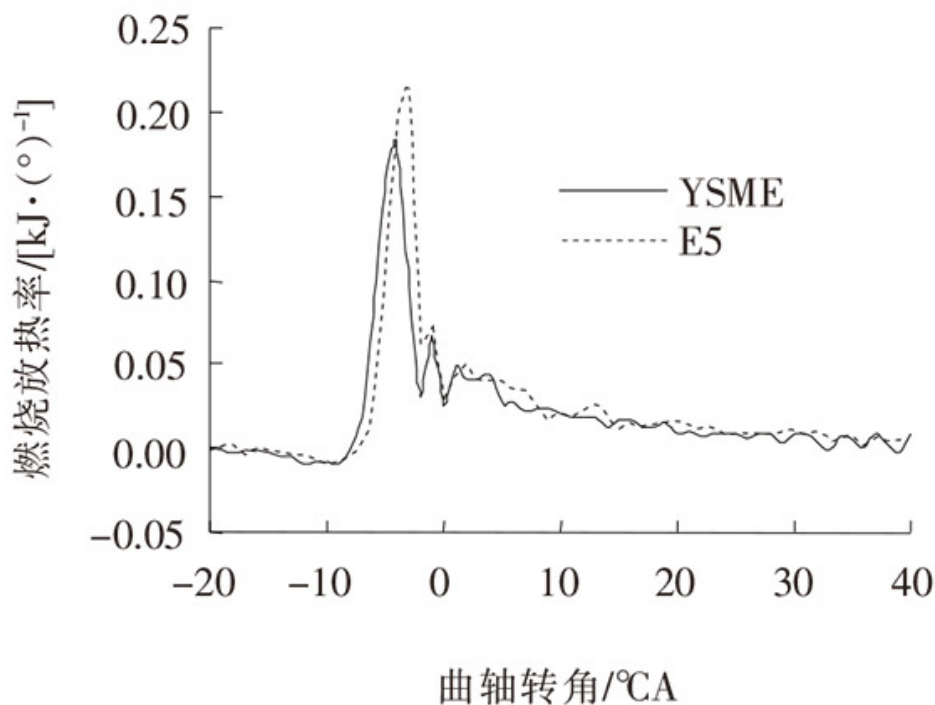


图 2 n 为 1 500 r/min、 P_{me} 为 0.531 MPa 条件下
两种燃料燃烧放热率对比

从图1、图2可看出：E5（95%油酸甲酯+5%乙醇）的压力、压力升高率和放热率的变化趋势与油酸甲酯（YSME）一致。与YSME相比，E5峰值燃烧压力和峰值瞬时燃烧放热率增加，分别增加3.91%和29.32%。这是因为乙醇含氧量高，导致混合燃料氧含量增加，进而加快了燃烧速度，改善了局部缺氧条件，使燃烧放热更加集中；另一方面，乙醇汽化吸热导致燃烧滞后，滞燃期延长，燃烧准备期内形成的可燃混合气数量增加。两方面的因素共同导致E5的相应指标全部增加。

2.2经济性对比

图3、图4分别为 n 为1500r/min时，不同负荷下燃用E5和YSME的有效燃油消耗率对比和有效能量消耗率对比。

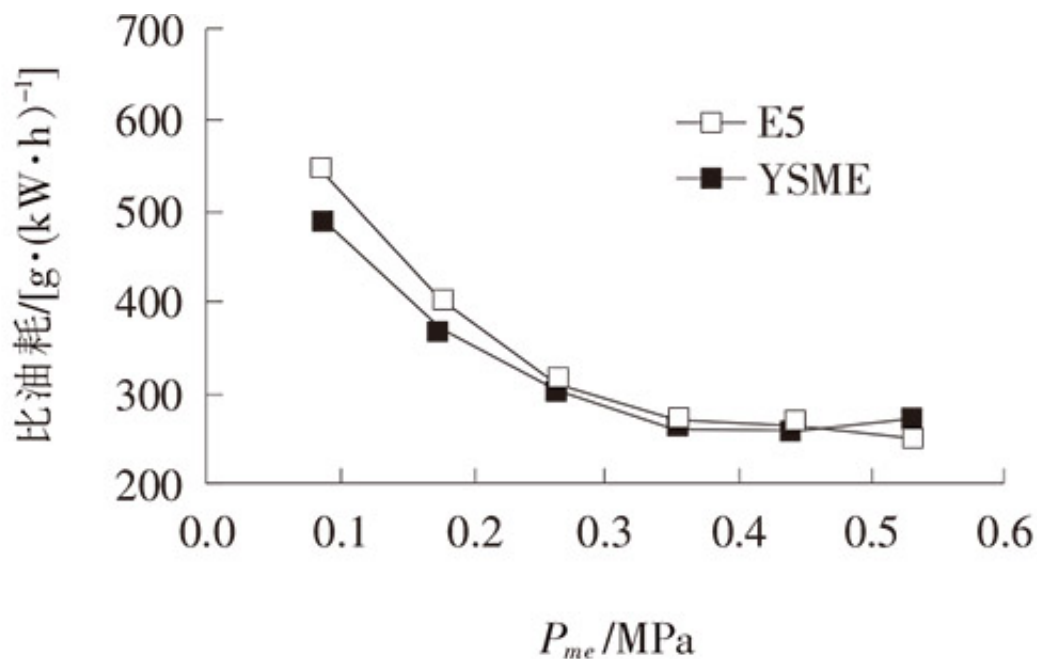


图 3 n 为 1 500 r/min 时不同负荷下两种燃料比油耗对比

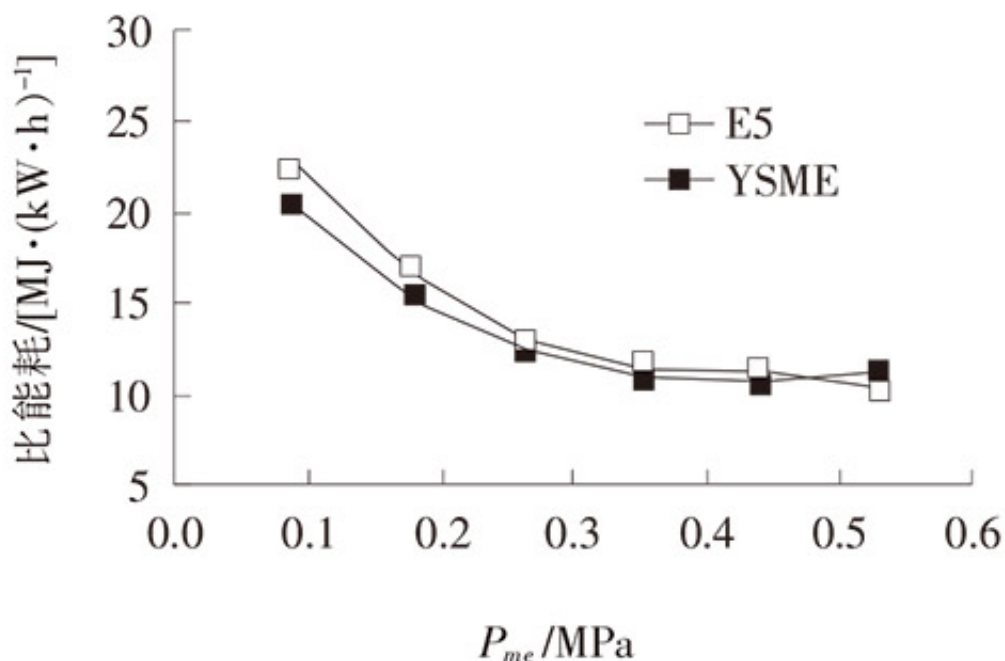


图 4 n 为 1 500 r/min 时不同负荷下两种燃料比能耗对比

从图3、图4可看出:小负荷时,与燃用YSME时相比,燃用E5时的有效燃油消耗率明显增加,这是由于一方面小负荷时气缸内的热力状态差,乙醇着火性差的特点相对强化;另一方面乙醇热值低,需要喷入更多的燃油以保证发出相同的功率。在中等负荷时,两者的比油耗和比能耗接近,E5仍略高于YSME,这是因为缸内热力状态加强,乙醇着火性差的特点相对弱化,而乙醇含氧量高,促进燃烧完全的作用相对强化。在高负荷时,E5的比油耗和比能耗均略低于YSME,此时乙醇对燃烧的促进作用起到主导作用,放热集中,热功转换效率高的优势相对强化;乙醇热值低的作用相对弱化。

2.3 排放特性

2.3.1 NO_x排放

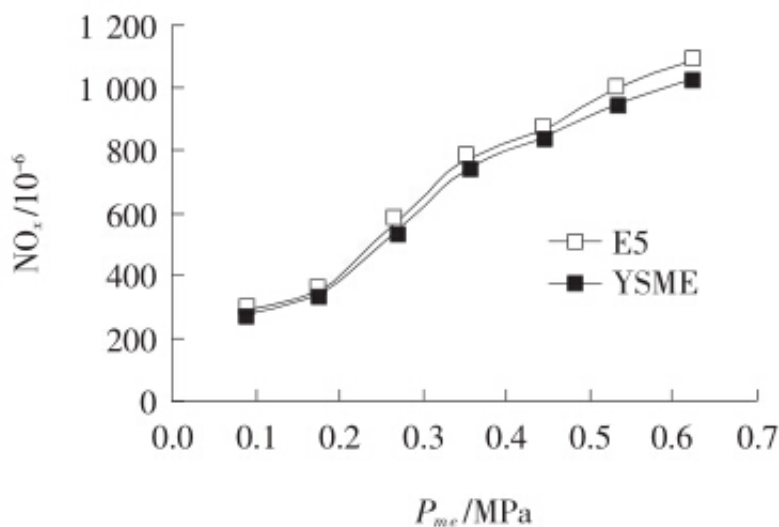


图5 n 为 1 500 r/min 时的负荷特性 NO_x 排放对比

图5为转速 n 为1500r/min时的负荷特性NO_x排放对比。

从图5可以看出：相比于YSME，E5混合燃料的NO_x排放明显增加。这是因为乙醇含氧量为34.78%，提高了混合燃料的氧含量；另一方面，由燃烧特性可知，E5混合燃料燃烧放热更加集中，有使缸内燃烧温度增加的趋势。两方面的因素共同导致NO_x排放富氧条件下增多。

2.3.2 碳烟排放

图6为转速 n 为1500r/min时的负荷特性碳烟排放对比。

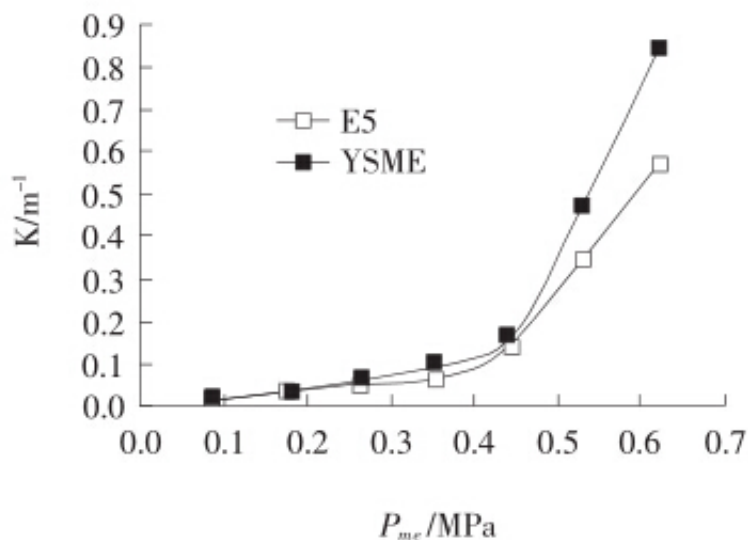


图6 n 为 1 500 r/min 时的负荷特性碳烟排放对比

从图6可以看出：与燃用YSME时相比，燃用E5时的碳烟排放在整个负荷范围内明显降低。小负荷工况时，两种燃料的碳烟排放基本相同，其绝对值都很低；在中、高负荷工况时，E5的碳烟排放大幅度降低。这主要是因为E5含氧

量高, 燃料中的氧原子在燃料燃烧过程中起到助燃作用。特别是在大负荷工况时, 过量空气系数较小, 较浓的混合气在燃烧过程中可以部分自给氧, 克服了柴油燃烧过程中因缺氧而形成的大量碳烟排放。

2.3.3 HC 排放

图7为转速 n 为1500r/min时的负荷特性HC排放对比。

从图7可以看出: 在中、小负荷下, 与YSME相比, E5的HC排放增加。这是因为中、小负荷时, 混合气稀, 气缸内温度与压力低, 燃烧条件差; 同时乙醇的十六烷值低, 着火性能差, 从而增加了局部熄火造成的HC排放。进入大负荷工况后, HC排放降低, 这是因为大负荷下, 柴油机喷油量增加, 缸内温度与压力明显增加, 混合气局部熄火的情况得以改善, 燃烧相对充分, HC排放降低。

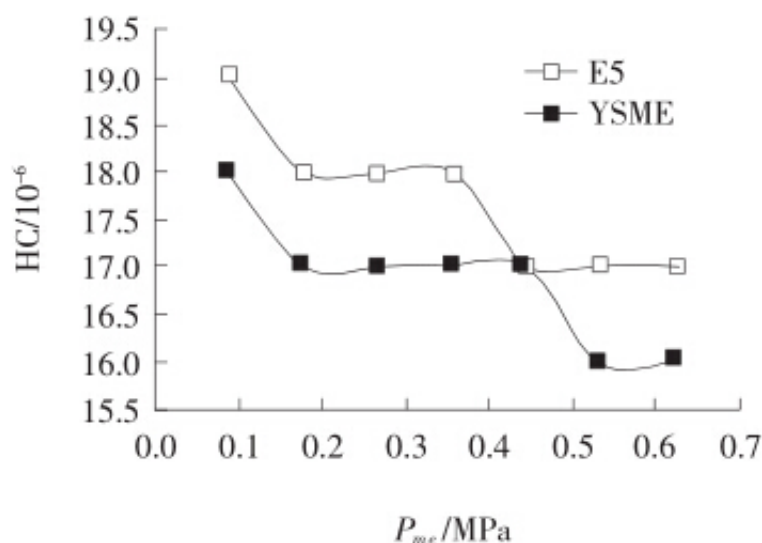


图 7 n 为 1 500 r/min 时的负荷特性 HC 排放对比

2.3.4 CO 排放

图8为转速 n 为1500r/min时的负荷特性CO排放对比。

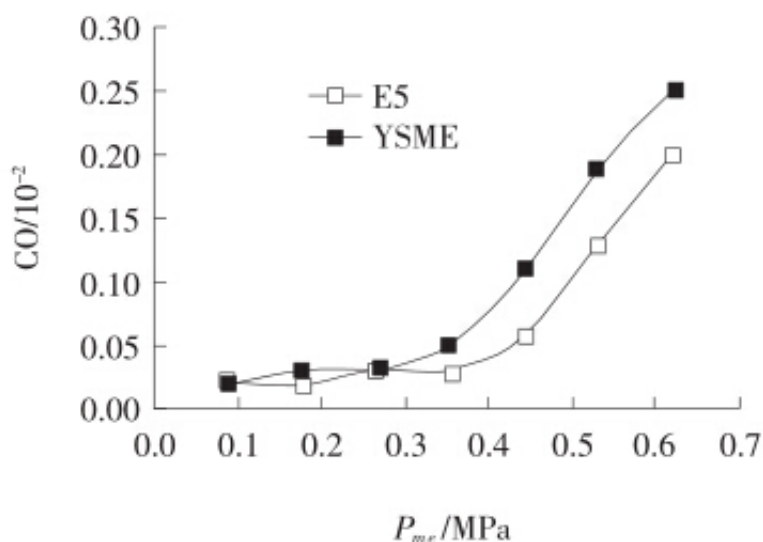


图 8 n 为 1 500 r/min 时的负荷特性 CO 排放对比

尾气中，有害气体CO是一种不完全燃烧的产物，其生成主要受混合气浓度的影响。从图8可以看出：与YSME相比，E5的CO排放在整个负荷范围内降低，其原因主要是乙醇含氧可以促进燃烧，从而使参与燃烧的燃料燃烧更加完全。

3结论

油酸甲酯作为生物柴油的主要组分，是柴油机潜在的替代燃料。与YSME相比，转速 n 为1500r/min、负荷 P_{me} 为0.531 MPa时，E5的峰值燃烧压力和峰值燃烧放热率有所增加；E5可有效降低CO和碳烟排放，但NO_x排放和HC排放略有增加。通过在油酸甲酯中添加乙醇可使燃料燃烧更加完全，尤其在中、高负荷时，其降烟和降CO排放的效果明显，但油耗和能耗在一定程度上有所增加。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/101500.html>