

含氧燃料添加剂对柴油机微粒排放的影响

刘明安¹, C. S. Cheung², 潘克煜³

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 香港理工大学 机械工程系, 香港 九龙; 3. 西安交通大学 能动学院, 陕西 西安 710049)

摘要:研究了含氧燃料添加剂对柴油机微粒排放的影响。利用静电微粒筛选器和动力微粒筛选器对燃烧不同比例氧化燃料添加剂的柴油机废气中的微粒分布进行了测量。同时,还分别利用红外气体分析仪、火焰离子探测器和化学发光分析仪对相同样气中的一氧化碳、碳氢和氮氧化物的排放特性也进行了测量。研究表明含氧燃料添加剂对柴油机微粒的分布有影响,它能显著地降低碳烟的排放,而对一氧化碳、碳氢和氮氧化物的排放影响不大。

关键词:柴油机; 添加剂; 微粒; 排放

中图分类号:TK42 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)03-0071-04

柴油机排放的亚微米微粒对人体非常有害^[1,2],对于新柴油机来说,通过改善燃油喷射性能及合理组织燃烧系统就能达到降低微粒排放的目的。对于正在被使用的柴油机来说,尾气后处理装置对减少微粒排放也有一定的效果。然而,从已有的后处理装置的使用情况来看,柴油氧化催化装置的性能受排气温度的影响,在排温较低的运转工况下它不起作用;微粒过滤装置的性能受再生技术影响,不能可持续性使用。选择性燃料的微粒排放较低,但石油产品仍然被认为是今后近几十年内的基本燃料,而且,选择性燃料在现有发动机上使用时就必须对现有机器作相应的更改。在柴油中添加醇类燃料能有效的降低微粒排放,但柴油和醇类的相溶性较差,且其混合物燃烧后有有害的副产品生成。研究表明非醇类含氧燃料添加剂对柴油机微粒排放的降低也有较好的效果,含氧燃料添加剂能有效的抑制燃烧过程中碳烟微粒的生成^[3-6]。在众多的含氧燃料添加剂中,碳酸二甲酯是含氧量最高的一种,碳酸二甲酯能有效的减少柴油机的烟度。已往研究者对碳酸二甲酯作为一种柴油添加剂在柴油机上的应用仅仅只从柴油机的排烟量方面做了一些探索^[7],本文研究了燃用具有碳酸二甲酯添加剂的混合柴油燃料的柴油机废气中微粒的尺寸分布和数量浓度,同时也研究了碳酸二甲酯对气体排放物如一氧化碳(CO)、碳氢(HC)和氮氧化物(NO_x)等排放量的影响。

1 碳酸二甲酯的物化特性

碳酸二甲酯(Dimethyl Carbonate,简称DMC)是一种无毒、无色、无味、无腐蚀的绿色化工产品,分子式为C₃H₆O₃,常温下为液体。因其分子中含有甲基、甲羟基和碳羟基而具有多种反应活性。DMC分子结构中只有C-H键和C-O键,没有C-C键,是一种优良的含氧燃料添加剂。表1比较了DMC与柴油的主要物化特性。DMC作为含氧燃料添加剂在柴油机上应用时,无须对原机作改动。

2 测量仪器及实验台架

实验在1台4缸柴油机上进行。当发动机燃烧含有不同比例的DMC添加剂及在不同的运转工况运行时,测量其排气中的微粒尺寸分布和微粒数量浓度,同时测量排气中气体排放物的含量。测量仪器及实验台

收稿日期:2003-12-17

基金项目:香港特别行政区研究会基金资助项目(PolyU 5156/01E)

作者简介:刘明安(1962-),男,陕西眉县人,博士,主要从事传热与环境控制研究。

架如图1所示。图中:1-柴油机;2-空气净化器;3-空气加热器;4-排气管;5-加热器;6-初级稀释;7-次级稀释;8-静电筛选器(或动力筛选器);9-真空泵;10-冷凝微粒计数器;11-计算机数据采集系统

测量系统包括1套运动微粒扫描子系统(SMPS)、1台动力微粒筛选器(APS)及1套稀释系统。SMPS由静电微粒筛选器和冷凝微粒计数器组成,能测量直径分布在0.015到0.75 μm 的微粒。APS能够测量直径分布在0.5到30 μm 的微粒。稀释系统分为两级,总稀释比用样气中的 CO_2 的浓度来标定。

3 测量结果

在测量不同添加比例与不同工况下的微粒排放特征时,对于每种情况先让发动机稳态运转3 min,然后连续测取3组基本一致的数据,取其平均值作为相应比例和工况下的微粒排放值。每组采集时间大约150 s,其间,发动机已完成数10个工作循环,因此,所得数据能反映发动机实际排放情况。若连续3组数据变化较大时,则连续采集的数据将超过3组。实际测量中,3组数据存在着不同程度的变化,这种变化可由3组几何平均直径的相对偏差及3组微粒总数的相对偏差来描述。对于SMPS数据来说,几何平均直径的相对偏差及3组微粒总数的相对偏差都小于10%,而对于APS数据来说,前者高达30%,但后者也小于10%。

稀释系统对稀释空气要做过滤预处理,过滤后空气中的微粒数量用SMPS和APS测量时为100和10,该值与柴油机废气中的微粒数量相差甚远,因此,测量中对于稀释空气中的微粒所带来的影响可忽略不计。测量气体排放物时可用标准样气标定,故不存在上述问题。

图2到图5是微粒尺寸分布及数量浓度测量结果的部分数据,给出的微粒数量浓度已经考虑了测量通道的影响,它们分别用各测量通道的数量浓度与对应通道宽度的对数之商及其商的总和来表示。图6到图8是气体排放物测量结果的部分数据。图中 N_c 表示通道微粒数量浓度, D 表示微粒直径, T_{NC} 表示总的微粒数量浓度, N_e 表示发动机负荷。

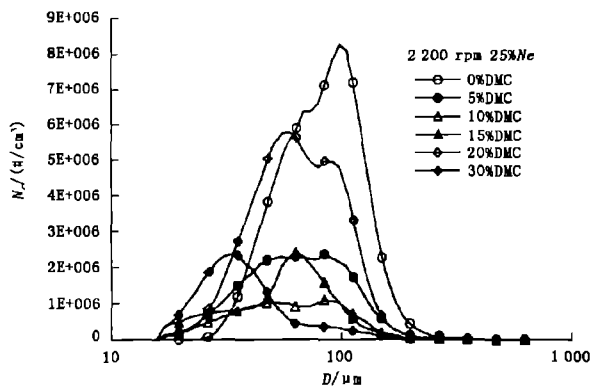


图2 SMPS微粒直径及数量浓度随DMC添加比的变化

特性	DMC	柴油
分子式	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	$\text{C}_{10} - \text{C}_{21}$
分子量	90.1	190 - 220
辛烷值	35 - 36	40 - 55
低热值(MJ/kg)	15.78	42.5
密度(kg/m^3)	1079	840
粘度(mm^2/s)	0.625	4.4
表面张力(N/m)	0.0319	0.031
汽化热(kJ/kg)	369	250 - 290
理论空燃比	3.5	14.6
沸点($^{\circ}\text{C}$)	90.3	180 - 360
自燃点($^{\circ}\text{C}$)	220	250
碳、氢、氧(%)	40/6.7/53.3	86/14/0

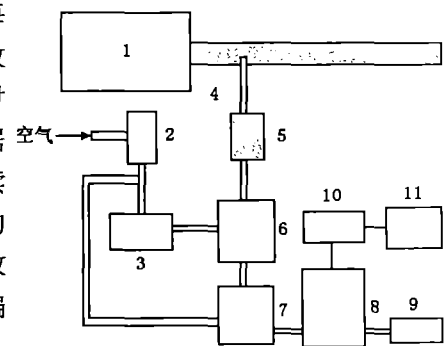


图1 测量系统简图

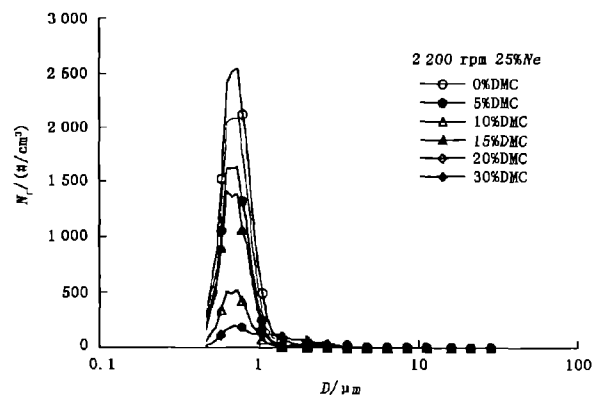


图3 APS微粒直径及数量浓度随DMC添加比的变化

由图2和图3可以看出,柴油机排放的微粒其直径绝大部分在亚微米一下,微粒浓度有2个峰值区域,一个分布在0.07 μm 左右,一个分布在0.8 μm 左右。添加DMC氧化燃料添加剂以后,微粒浓度降低,精细

微粒的浓度峰值所对应的微粒直径变小,亚微米微粒浓度峰值所对应的微粒直径区域基本不变。

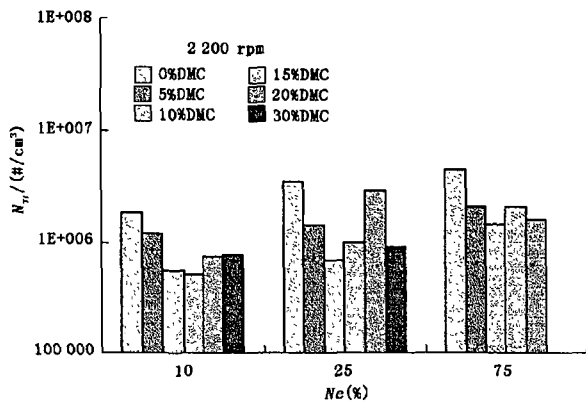


图 4 不同工况及添加比下的 SMPS 微粒数量浓度

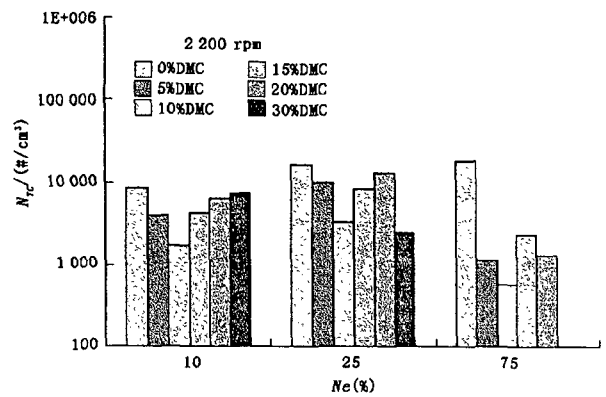


图 5 不同工况及添加比下的 APS 微粒数量浓度

图 4 和图 5 表明,用 DMC 氧化燃料添加剂降低柴油机微粒排放量时,有一个最佳的添加比。随着添加比例的增大,起初微粒浓度降低,当添加比超过一定数量后,随着该值的进一步增大,微粒浓度又开始增加。大量的实验表明,最佳的添加比为 10%。

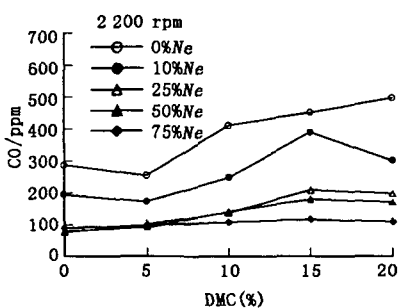


图 6 不同添加比下的 CO 排放量

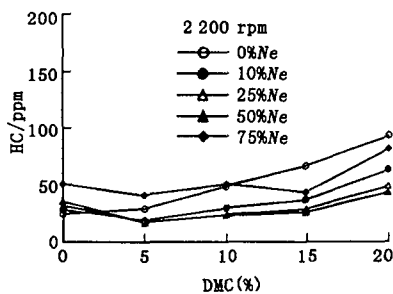


图 7 不同添加比下的 HC 排放量

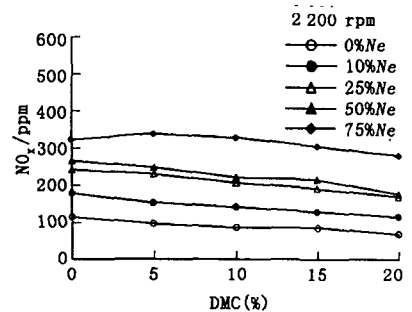


图 8 不同添加比下的 NOx 排放量

图 6 所示的测量结果表明,柴油中添加 DMC 后,由于 DMC 的含氧量较高,有利于燃烧,因此 CO 的排放量将轻微降低。由图 7 可以看出,尽管 DMC 的添加增加了燃料中的碳氢含量,但燃烧后的废气中 HC 的含量与纯柴油相比基本不变。图 8 表明,柴油中添加 DMC 后,NOx 的排放轻微增加,这是由于 DMC 的沸点较低所引起的。DMC 的沸点低,其与柴油的混合物的沸点也变低,导致预燃期油量增加,温度升高,从而将引起 NOx 排放量轻微增加。

研究表明,碳酸二甲酯作为含氧燃料添加剂加入柴油后能降低柴油机的微粒排放量,对柴油机的气体排放物影响不大。添加 DMC 后,废气中微粒浓度最大的两个峰值区所对应的微粒直径分布在 0.07 μm 和 0.8 μm 左右。对于柴油机来说,碳酸二甲酯最佳的添加比例为 10% 左右。

参考文献:

- [1] Kittelson D B. Engines and Nanoparticles: A Review[J]. Aerosol Sci, 1998, 29(5/6): 575 - 588.
- [2] Steenland K, Deddens J, Stayner L. Diesel Exhaust and Lung Cancer in The Trucking Industry: Exposure - Response Analyses and Risk Assessment[J]. American Journal of Industrial Medicine, 1998, 34: 220 - 228.
- [3] Xiao Z, Ladommatos N, Zhao H. The Effect of Aromatic Hydrocarbons and Oxygenates on Diesel Engine Emissions[J]. Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part D - Journal of Automobile Engineering, 2000, 214 (D3): 307 - 332.
- [4] Zhu J, Cao X L, Pigeon R, et al. Comparison of Vehicle Exhaust Emissions From Modified Diesel Fuels[J]. J. Air & Waste Management Association, 2003, 53: 67 - 76.
- [5] Chol C Y, Reitz R D. An Experimental Study on The Effects of Oxygenated Fuel Blends and Multiple Injection Strategies on DI Diesel Engine Emissions[J]. Fuel, 1999, 78 (11): 1303 - 1317.
- [6] Song J, Cheenkachorn K, Wang J, et al. Effect of Oxygenated Fuel on Combustion and Emissions in A Light - Duty Turbo

Diesel Engine[J]. *Energy & Fuels*, 2002, 16: 294 - 301.

- [7] Wang H W, Huang Z H, Zhou L B, et al. Investigation on Emission Characteristics of a Compression Ignition Engine with Oxygenated Fuels and Exhaust Gas Recirculation[J]. *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part D - Journal of Automobile Engineering*, 2000, 214: 503 - 508.

(编辑:门向生)

Effect of Oxygenated Additive on Particle Emission from Diesel Engine

LIU Ming - an¹, C. S. Cheung², PAN Ke - yu³

(1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China; 2. Dept. of Mechanical Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, Kowloon, China; 3. The Energy & Power Institute, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710049, China)

Abstract: The effect of oxygenated additive on particle emission is investigated. Particle size distributions in exhausts from a diesel engine fueled by the blended fuel with different proportions of oxygenated additive are measured by a scanning mobility particle sizer and an aerodynamic particle sizer. Coupled with this, emissions of carbon monoxide, hydrocarbon and nitrogen oxide are also measured with an infrared analyzer, a flame ionization detector and a chemiluminescent analyzer respectively. Results show that there is an effect of oxygenated additive on the particle size distribution from diesel engine. Oxygenated additive can significantly reduce particle emission level and slightly modify emission concentrations of carbon monoxide, hydrocarbon and nitrogen oxide.

Key words: diesel engine; additive; particle; emission

(上接第70页)

- [5] Skowton A, Rauszer C. The Discernibility Matrices and Functions in Information Systems[A]. Slowinski R. Intelligent Decision Support - Handbook of Applications and Advances of the rough Sets Theory[C]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [6] 陈文伟. 智能决策技术[M]. 北京:电子工业出版社,1998.

(编辑:姚树峰)

Rough Set Application in Data Mining

SAI Ying¹, SAI Yu², ZHANG Ming³

(1. Shandong Finance institute, Jinan, Shandong 250014, China; 2. Jinan Education College, Jinan, Shandong 250001, China; 3. Unit 94070, Jinan, Shandong 250117, China)

Abstract: Knowledge mining and discovery is a new technology for decision support system beginning in the middle of 1990s. This is a combination of artificial intelligence, machine learning and database technology. To mine knowledge from large databases, the efficiency of learning algorithms has to be considered. Applying rough set theory to data mining, the attributes relevant to the mining task can be drawn from databases, and simultaneously simple and concise knowledge can be found effectively. The theoretical basis of this application and the realization of the algorithm are presented and discussed.

Key words: rough set; minimum attribute set; data mining; KDD