

柴油机燃料添加剂综述

冯春龙

(北海航海保障中心 青岛航标处, 山东 青岛 266000)

摘要: 柴油机产生的排放可以通过将含氧燃料与柴油混合来控制。文章论述了甲醇、乙醇、丁醇等含氧燃料的物理化学特性,并介绍了醇类含氧燃料对柴油机的性能和排放的影响及醇类燃料在柴油机中的添加方式。针对在柴油机中添加醇类含氧燃料所带来的一些问题,介绍了三级添加剂和纳米金属添加剂应用的相关进展。

关键词: 柴油机;燃料添加剂;减排

中图分类号:U664.121

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2020)2-0045-03

0 引言

柴油机的诞生可以追溯到 1892 年,它是蒸汽时代之后一个新时代的开端。经过一个世纪的发展,柴油机凭借其卓越的动力性、可靠性和经济性,在国民经济的各个领域,尤其在交通运输业得到了广泛的应用,其中船舶行业柴油机的占比更是高达 98%。伴随柴油燃料的大规模使用,是随之而来的大量污染物的排放。

在柴油中适当混合可再生生物燃料或具有降低废气排放能力的含氧燃料是目前有效控制柴油机排放的重要途径之一。醇类含氧燃料的排放性能与脂类、醚类以及其他含氧燃料相近,并且可以提高燃油的辛烷值。因此柴油中添加醇类含氧燃料,如甲醇、乙醇及丁醇等,来实现柴油的替代与清洁燃烧是比较热门的研究方向之一。在醇类含氧燃料中,甲醇和乙醇因其容易制备,价格低廉及氧含量高等优点,一定程度上弥补了其在柴油中溶解性和稳定性不佳的短板,是目前最具潜力的醇类添加燃料。丁醇因其能与柴油任意比例互溶的特性,近年来引起了国内外学者的广泛关注,同样是具有发展潜力的柴油含氧燃料添加剂。

1 醇类燃料

在柴油中添加醇类含氧燃料,是降低排放、改善燃料性能和提高柴油机性能的有效途径。

1.1 醇类燃料的理化特性

甲醇由化石燃料通过合成气反应产生。包括氢、一氧化碳和少量二氧化碳在内的气体燃料被用来生产甲醇。最近诸多学者进行了大量研究,通过使 CO₂ 和氢气重整反应来生产甲醇,然而这种代价是很大的。在柴油中掺杂适量的甲醇,带来的大量汽化热,使进气温度降低,在一定程度上能提高柴油机的效率。但是,含甲醇燃料中含氧量增加会显著增加氮氧化物的量,特别是当燃烧室处于适合氮氧结合的温度时。

乙醇是一种由生物原料制成的燃料,作为常见的可再生燃料,它可以通过各种方式生产,如蒸馏、发酵天然原料等。由于乙醇的辛烷值较高,因此可以添加到汽油中以增加其辛烷值。因此,人们对乙醇作为柴油燃料添加剂的应用进行了研究,到目前为止,已经开发了不同的方法来向柴油中添加乙醇,例如:乙醇悬浮液(进行乳化稀释)和直接向柴油中喷射乙醇。与纯柴油相比,乙醇可以增加燃烧室的热量。

丁醇是一种四碳醇,其主要优点是具有较高的十六烷值,腐蚀性低于其他醇类,与乙醇和甲醇相比具有更大的热容量。丁醇的性质在一定程度上接近于基础化石燃料,其着火温度低于乙醇和甲醇。此外,丁醇可以通过生物质特别是富含纤维素的树木发酵得到。

纯柴油、甲醇、乙醇和丁醇的理化特性参数如表 1 所示。

收稿日期:2019-11-26

作者简介:冯春龙(1987—),男,山东莒县人,北海航海保障中心青岛航标处工程师,硕士。

表1 纯柴油和醇类的化学和物理性质

| 属性 | 纯柴油 | 乙醇 | 正丁醇 | 甲醇 |
|--|-------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| 40 °C下的运动粘度/(m ² ·s ⁻¹) | 3.35 × 10 ⁻⁶ | 1.2 × 10 ⁻⁶ | 3 × 10 ⁻⁶ | 0.75 × 10 ⁻⁶ |
| 20 °C下的密度/(kg·m ⁻³) | 837 | 788 | 810 | 790 |
| 十六烷值 | 50 | 5-8 | 25 | 3-5 |
| 氧分子 | 0 | 34.8 | 21.6 | 50 |
| 碳氢比 | 0.45 | 0.33 | 0.4 | 0.25 |
| 闪点/°C | 45 | 13-14 | 35-37 | 11 |
| 沸点/°C | 180-360 | 78 | 118 | 64.7 |
| 潜能/(kJ·kg ⁻¹) | 250 | 840 | 585 | 1 100 |

1.2 醇类燃料对柴油机性能的影响

制动比油耗是衡量柴油机性能的关键参数之一。当向柴油中添加含氧燃料时,含氧量的增加有助于更完全的点火,因此制动比油耗会增加。Rakopoulos 发现在柴油机中添加丁醇能提高燃油效率。^[1]Balamurugan 和 Nalini 研究了正丁醇和正丙醇对发动机性能的影响,结果表明,每添加一种添加剂,发动机的燃油效率就会提高。^[2]此外,他们还指出,几乎在任何发动机负荷下,正丙醇对燃料效率的提高作用大于正丁醇。

制动热效率同样是选择添加剂的重要因素之一。含氧燃料的汽化潜热大于柴油,因此含氧添加剂会导致柴油机制动热效率降低。基于上述原因,随着含氧添加剂百分比的增加,若想在燃料蒸发前发生微爆炸需要更高的沸腾温度和更短的分配时间。

1.3 醇类燃料对柴油机尾气排放的影响

一般来说,向柴油中添加醇类会在燃料混合物中提供过量的氧气,从而有助于内缸产生一氧化碳。大多数研究表明,不同添加剂对一氧化碳排放的影响是不同的。例如,丁醇的效果比乙醇和甲醇差,因为正丁醇中的氧碳比较小。二氧化碳是严重的大气污染物,柴油机的排放也是其重要来源之一。通过采用醇类燃料部分替代化石燃料,能有效减少 CO₂ 排放。在欧盟的交通运输领域,根据相关报告的数据,2017年可再生能源消费在总能源消费中占 7%。碳氢化合物是不完全燃烧产生的主要污染物之一,会降低柴油机的效率,与其他燃烧产物一起进入空气。研究发现,当发动机温度下降时,碳氢化合物的含量会显著降低。

2 醇类燃料与柴油的混合方式

如上节所述,在柴油中添加乙醇有不同的方法。一种方法是向柴油中直接喷射乙醇,即将乙醇直接添加到柴油中。另一种方法乙醇悬浮液,即将乙醇液滴作为一种乳状液与新型乳化剂混合,以提高燃油效率和组合稳定性。Chen 研究了一种含有 15% 葡萄糖的乳化燃料,发现这种混合物更加稳定,且细颗粒的分布显著减少,但二氧化碳含量显著增加。^[3]Yao 采用喷雾法将甲醇和柴油混合,结果表明燃烧产物中颗粒物和氮氧化物有所减少,一氧化碳含量有所增加。^[4]将一些醇与柴油结合时,应在该组分中加入添加剂,这样就有可能产生稳定的组分并改善燃料的自燃性能。这种添加剂可以作为柴油与含氧燃料之间的界面,防止形成两相成分。如果使用丁醇作为含氧燃料,则无需使用添加剂。因为正丁醇与其他醇相比具有更大的十六烷值和分子量,这使得丁醇与柴油有很好的互溶性。

3 三级添加剂和纳米金属添加剂

将含氧燃料与柴油混合时,燃料的闪点、密度、黏度和十六烷值等物理化学参数可能发生变化。为了解决这个问题,特别是增加十六烷值,需要使用三级添加剂,即十六烷值改进剂。目前主流的三级添加剂是硝基甲烷、硝基乙烷、2-甲氧基乙醚、甲酯和硝酸辛酯。三级添加剂能有效提高十六烷值和避免两相混合物的形成。但是,其同样会提高燃料的闪点、黏度和密度。Goldsbrough 等人研究了硝酸烷基酯作为十六烷值改进剂的效果,结果表明,这些固氮添加剂能显著提高十六烷值。^[5]

混合含氧燃料和三级添加剂会导致制动功率降低,且可能会增加制动比油耗。目前,在燃料中添加纳米金属,是提高制动功率的有效途径。纳米金属添加剂可以降低燃料的导热系数。Chandrasekaran 等人采用麻花油甲酯作为纳米添加剂,来研究纳米添加剂对柴油的影响。^[6]结果表明,适量的麻花油甲酯纳米添加剂可

以提高柴油机的制动功率。Soukht Saraee 等人研究了氧化铈和二氧化铈混合物对发动机性能的影响。^[7]研究表明,上述混合纳米添加剂能降低发动机的制动比油耗、氮氧化物排放。此外,纳米添加剂能增加发动机热点值,以此提高发动机功率。

从近年来的研究报道中可发现,纳米金属添加剂能提高柴油在任何基础流体介质中的理化特性,如热导率、质量扩散率等。在上述基础上,相关学者发现纳米金属添加剂与生物柴油、柴油及共混物混合后,能改善燃料的运动粘度、闪点等参数。Selvan 等人在柴油-生物柴油-乙醇混合物和纯柴油中使用氧化铈纳米粒子作为纳米添加剂时,分两个阶段进行了实验研究,以研究发动机的排放特性和性能。^[8]在第一阶段的实验研究中,分析了柴油-生物柴油-乙醇燃料混合物和纯柴油与氧化铈纳米粒子混合后的稳定性;在另一阶段研究中,考察了其性能特性。

4 结束语

添加醇类含氧燃料是有效减轻柴油机排放的途径之一。在某些温度下,甲醇和乙醇作为柴油机添加燃料时,面临的两相问题可以通过使用三级添加剂来解决,而丁醇因其和柴油相近的理化性质则不存在此类问题。纳米金属添加剂能改善柴油在任何基础流体介质中的理化特性,对因含氧燃料和三级添加剂带来的柴油机制动功率下降、制动比油耗上升问题有一定缓解作用。

参考文献:

- [1]Rakopoulos CD,Giakoumis EG.Diesel engine transient operation-Principles of Operation and simulation analysis[M].London: Springer,2009:103-108.
- [2]Balamurugan T,Nalini R.Experimental investigation on performance,combustion and emission characteristics of four stroke diesel engine using diesel blended with alcohol as fuel[J].*Energy*,2014(78):356-363.
- [3]Chen Z,Wang X,Pei Y,Zhang C,Xiao M,He J.Experimental investigation of the performance and emission of diesel engines by novel emulsified diesel fuel[J].*Energy Conversion and Management*,2015(95):334-341.
- [4]Yao C,Cheung CS,Cheng CH,Wang Y,Chan TL,Lee SC.Effect of diesel/methanol compound combustion on diesel engine combustion and emissions[J].*Energy Conversion and Management* 2008(49):1696-1704.
- [5]Goldsborough SS,Johnson MV,Banyon C,Pitz WJ,McNenly MJ.Experimental and modeling study of fuel interactions with an alkyl nitrate cetane enhancer,2-ethyl-hexyl nitrate[J].*Proceedings of the Combustion Institute*,2015(35):571-579.
- [6]Chandrasekaran V,Arthanarisamy M,Nachiappan P,Dhanakotti S,Moorthy B.The role of nano additives for biodiesel and diesel blended transportation fuels[J].*Transportation Research Part D*,2016(46):145-156.
- [7]Soukht Saraee H,Taghavifar H,Jafarmadar S.Experimental and numerical consideration of the effect of CeO₂ nanoparticles on diesel engine performance and exhaust emission with the aid of artificial neural network[J].*Applied Thermal Energy*,2017(113):663-672.
- [8]Selvan VAM,Anand RB,Udayakumar M.Effects of cerium oxide nano particle addition in diesel and diesel-biodiesel-ethanol blends on the performance and emission characteristics of a CI engine[J].*APPN Journal of Engineering and Applied Sciences*,2009(4):1-6.

(责任编辑 张 利)

Overview of Diesel Engine Fuel Additives

FENG Chun-long

(Qingdao Navigation Marks Department, Beihai Navigation Guarantee Center, Qingdao 266000, China)

Abstract: Emissions from diesel engines can be controlled by mixing oxygenated fuel with diesel. The article discusses the physicochemical characteristics of oxygenated fuel such as methanol, ethanol, and butanol, and introduces the influence of alcohol oxygenated fuel on performance and emissions of diesel engines and the ways of adding alcohol fuels to diesel engines. In view of the problems caused by adding alcohol oxygenated fuels to diesel engines, the relevant developments in the application of tertiary additives and nano-metal additives are introduced.

Key words: diesel engine; fuel additives; emission reduction