

三组元乳化液雾化特性的研究

盛宏至 张宏策 吴东垠

(中国科学院力学研究所, 100080 北京)

摘要 采用 Malvern 粒度仪对柴油、甲醇和水三组元乳化液的雾化特性进行了研究。实验发现：对于压力雾化喷嘴来说，本文所涉及的乳化液由于粘度高于纯柴油，因此雾化效果比纯柴油差，而且喷射压力、乳化剂的粘度和乳化液的组份对乳化液的雾化特性具有显著的影响。随着喷射压力的升高，乳化液喷雾粒径将随之减小；若乳化液中柴油的含量（柴油不少于 50%）降低，乳化液的雾化粒径将随之增加；若采用高粘度的乳化剂，相应乳化液喷雾的粒径也大。

关键词 乳化液；乳化剂；雾化特性

中图分类号：TK402 文献标识码：A 文章编号：0253-231X(2003)05-0885-03

A STUDY OF ATOMIZATION CHARACTERISTICS OF DIESEL, METHANOL AND WATER EMULSIONS

SHENG Hong-Zhi ZHANG Hong-Ce WU Dong-Yin

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract This paper studies the atomization characteristics of the emulsions, which are made of diesel fuel, methanol and water, by Malvern Particle Analyzer. The experiment results are as followings: the atomization characteristics of emulsions are worse than the pure diesel fuel for pressure injectors; and the injection pressure, the viscosity of emulsifying agent, and the constituents of emulsions have significant influences on the atomization characteristics of emulsions. For emulsions, the mean particle size will be smaller if the injection pressure is raised; and the mean particle size will be larger if the moisture percentage is larger (if the diesel fuel is not less than 50% the emulsifying agent is higher).

Key words emulsion; emulsifying agent; atomization characteristics

1 前言

研究表明，含氧液体燃料燃烧的气体排放比较清洁，成为人们近年关注的热点之一。乳化液是含氧燃料的主要类型之一，其雾化、燃烧特性与常规燃料有很大的不同。

乳化液喷雾在高速加热的过程中可能发生“团状微爆”现象^[1,2]，也称为“二次雾化”，可以有效地改善燃料与气体的宏观与微观混合，提高燃烧速度，降低 NO_x 和碳烟的排放等。

作者发展了醇类（甲醇或乙醇）、水和柴油三组元乳化液的配制方法，生成含氧燃料^[3]，但对该类乳化液的雾化特性进行专门研究还很不够。

单组元液体燃料的燃烧，要求燃料液滴雾化得越细越好。但对于乳化液喷雾燃烧来说，为了合理

地利用乳化液滴的微爆，则要求微爆时喷雾液滴具有一定的体积^[1,2]，以保证微爆的发生和微爆达到一定的能量，促进乳化液雾的“二次雾化”，以利于燃料与空气的宏观混合和微观混合。因此，乳化燃料的雾化效果要考虑微爆的作用，不是雾化越细越好。因此，进行本文的研究工作十分重要。

2 实验方法

本次实验选用压力雾化型喷嘴，优选了 4 个不同喷射压力，分别为 31 MPa、29 MPa、25 MPa 和 22 MPa。

实验采用 2600A 型 Malvern 粒度分析仪（以下简称“Malvern 粒度仪”）测量喷雾的粒径，该分析仪给出的拟合模型是独立模型（Independent Model），

收稿日期：2002-11-01；修订日期：2003-06-18

基金项目：国家自然科学基金资助项目（No.19682010）

作者简介：作者简介：盛宏至（1951—），男，浙江奉化人，研究员，博士生导师，主要从事多相流力学和燃烧的研究工作。

可以较真实地反映实验数据本来面目^[4]。根据实验喷嘴的雾化特性，选用焦距为100 mm的镜头，该镜头测量粒径范围为1.9~188 μm。喷油嘴同时喷出四束液雾，选择其中一束喷雾与测量光束垂直并与Malvern粒度仪的镜面平行布置。

3 柴油与乳化液的喷雾特性

本次实验采用了多种乳化液，将其编号，以D、M和W分别表示柴油、甲醇和水，其后面的数字分别表示配制时柴油、甲醇和水所占混合液的质量分数，例如D80M5W15表示柴油、甲醇和水所占的质量分数分别为80%、5%、15%。以混合液的质量为100%，加入质量分数为1.2%的乳化剂。

3.1 喷嘴喷射压力对乳化液雾化特性的影响

实验中得到了采用Y01号、Y02号乳化剂配制而成的D70M10W20、D60M15W25和D50M20W30等若干种DMW三组元乳化液以及柴油在不同喷射压力时的雾化特性。大量的实验数据表明其基本趋势大致相同，为了简化篇幅，以下选择了两组有代表性的数据。图1为采用Y01号乳化剂，DMW三组元乳化液D70M10W20、D50M20W30和柴油对应不同喷嘴喷射压力时的粒径分布特性，图中横坐标为喷射压力，纵坐标为沙特尔(Sauter)平均直径(简称SMD，亦即 D_{32})，下文各图的含义相同，将不再另外说明，图2为采用Y02号乳化剂，D70M10W20、D50M20W30和柴油对应不同喷射压力时的粒径分布特性。

如图所示：乳化液的喷雾粒径随着喷嘴喷射压力的增加而减小，符合常规雾化特性，本文不再赘述。

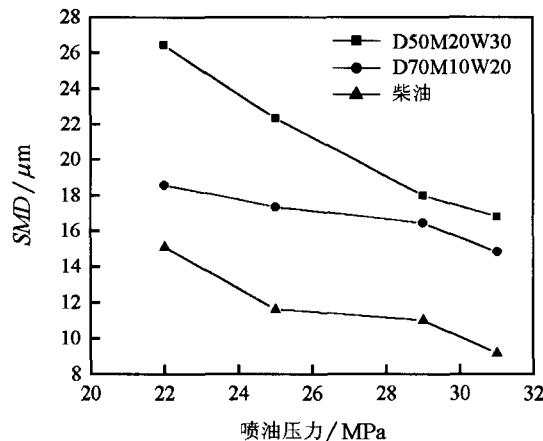


图1 实验工质的粒径分布特性

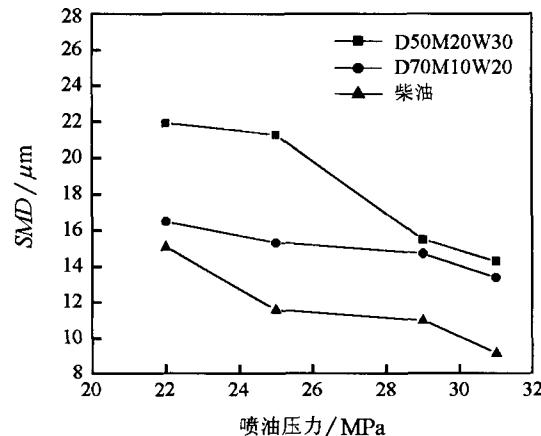


图2 实验工质的粒径分布特性

3.2 乳化液的含油量对乳化液雾化特性的影响

乳化液的含油量对乳化液的喷雾特性亦有显著的影响，从图1和图2可见：当喷射压力一定时，纯柴油的雾化效果要明显优于任一种乳化液，对于乳化液来说，当其它条件相同时，随着乳化液中柴油含量(柴油不少于50%)的降低，乳化液的雾化粒径将随之增加。其原因是乳化液的表观粘度也随柴油含量的降低而增加^[5]。

3.3 乳化剂的粘度对乳化液雾化特性的影响

乳化剂的粘度与乳化液的雾化特性直接相关，从图3和图4可见：当喷嘴的喷射压力一定时，对于组份相同的乳化液，即使乳化剂的质量分数相同，若采用高粘度的乳化剂，相应乳化液喷雾的粒径也大。本次实验测量的大量实验数据均证实了以上规律。为了简化篇幅，以下选择两组有代表性的数据。图3为D70M10W20乳化液分别采用Y01号和Y02号乳化剂，对应不同喷射压力时的粒径分布特性，图4为D50M20W30乳化液分别采用Y01号和Y02号乳化剂，对应不同喷射压力时的粒径分布特性。

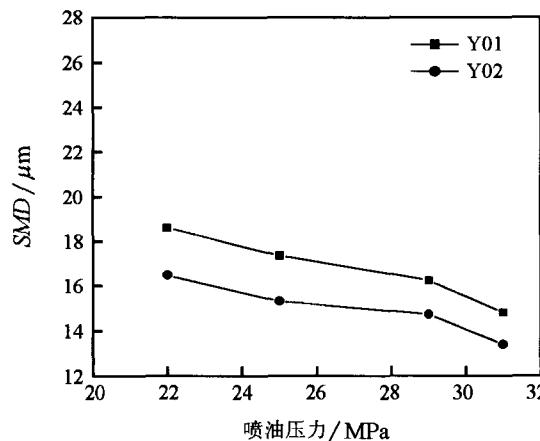


图3 D70M10W20 乳化液的喷雾特性

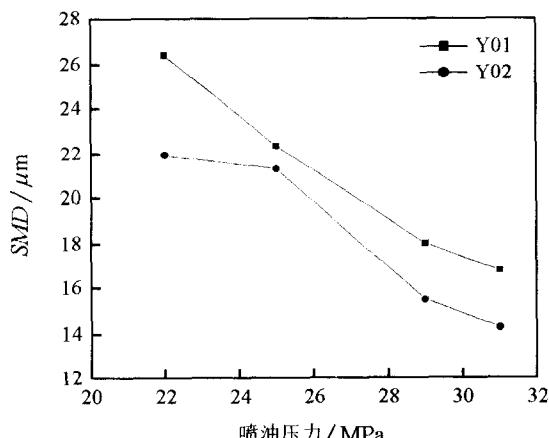


图 4 D50M20W30 乳化液的喷雾特性

3.4 讨论

对于乳化液雾以至互溶的多组元液雾在高温高压下会发生微爆这一现象，中外学者已经通过大量的宏微观实验研究得到了证实^[6,7]，但喷雾粒度对微爆的影响还缺乏研究，特别是乳化液粘度对雾化特性的影响缺乏数据。

乳化液的粘度是基本的物性参数，对液体射流的稳定性有着不容忽视的影响，在整个雾化过程中，粘度始终对液滴的形成和破碎起主要的阻碍作用，因而粘度越大，雾化效果越差；表面张力则不然，在最初不稳定波兴起阶段，表面张力会起一定的阻碍作用，但当液体的变形超过一定限度以至破碎成小液滴会减少整个表面积的时候，表面张力则成为雾化的驱动力^[8]。因此，从宏观角度来看，表面张力对雾化效果没有明显的影响是合理的。Lin 和 Kang 的研究结果也肯定了粘性在液体雾化中所起的重要作用^[9]。

作者等曾对柴油、甲醇和水三组元乳化液的流变特性和表面张力进行了专门的研究^[5]。本文所涉及的柴油、甲醇和水三组元乳化液的雾化特性与其本身的流变特性相吻合。

4 结 论

本文研究了柴油、甲醇和水三组元乳化液的雾化特性与乳化液的组份、乳化剂的粘度以及喷嘴喷

射压力的关系，得出了一些有益的结论，为理论研究和工程应用提供了依据，在以往的文献中，有关乳化液的雾化特性与乳化液的组份、乳化剂的粘度等的关系很少见报道。

实验表明：由于乳化液的表观粘度较高，压力雾化喷嘴的雾化效果均比纯柴油差，而且喷射压力、乳化液的组份和乳化剂的粘度等对乳化液的雾化特性均有显著的影响。相同组份的乳化液随着喷射压力的升高，喷雾粒径随之减小的规律与柴油相似；由于乳化剂的影响，在喷射压力相同的条件下，随着乳化液中柴油含量（柴油不少于 50%）的降低，乳化液的雾化粒径将随之增加。当乳化液的组份固定时，若乳化剂的粘度增加，相应的雾化粒径亦随之增大，乳化液的粘度对其雾化起决定性作用。

参 考 文 献

- [1] Sheng Hong-Zhi, Chen Li. Experimental Investigation on Atomization and Evaporation of Droplets in Spray by Ruby Laser Off-Axis Holography. in: The Proc. of 4th ICLASS, The Fuel Society of Japan Sendai, Japan, 1988. 391-396
- [2] Hong-zhi Sheng, Li Chen, Cheng-kang Wu. The Droplet Group Micro-Explosions in W/O Diesel Fuel Emulsion Sprays. SAE Special Publications 1092 Feb 27-Mar 2 1995, SAE 231-239. (SAE Trans. Journal of Engine, SAE Trans. 950855)
- [3] 吴东垠, 田文栋, 黎军等. 乳化油的性质及其制备方法研究. 中国能源, 2000, 9: 35-38
- [4] 龚允怡, 林漫群, 齐通澜. 粒度分布函数在柴油机喷雾测量中的应用和比较. 燃烧科学与技术, 1998, 4(4): 342-347
- [5] 盛宏至, 吴东垠, 张宏策. 柴油、甲醇和水三组元乳化液流变特性的研究. 西安交通大学学报, 2002, 36(10): 1079-1083
- [6] H Z Sheng, L Chen, Z P Zhang, et al. The Droplet Group Micro-Explosions in Water-in-Oil Emulsion Sprays and Their Effects on Diesel Engine Combustion. Twenty-Fifth Symposium (International) on Combustion, 175-181, ISSN0082-0784, 1994. 7
- [7] Wang C H, Law C K. Microexplosion of Fuel Droplets Under High Pressure. Combustion and Flame, 1985, 59(1): 53-62
- [8] Shavit U, Chigier N. The Role of Dynamic Surface Tension in Air Assist Atomization. Phys. Fluids, 1995, 7(1): 24-33
- [9] Lin S P, Kang D J. Atomization of a Liquid Jet, Physics of Jet. Physics of Fluids, 1982, 25