

文章编号:0253 - 987X(2002)10 - 1079 - 05

## 柴油、甲醇和水三组元乳化液流变特性的研究

盛宏至, 吴东垠, 张宏策

(中国科学院力学研究所, 100080, 北京)

**摘要:** 对柴油、甲醇和水三组元乳化液的流变特性进行了研究. 实验发现, 乳化液在本实验的组分配比下近似为牛顿流体, 而且乳化剂的种类、含量以及乳化液的组分均对乳化液的流变特性具有显著的影响. 对于组分相同的乳化液, 乳化液的粘度随着乳化剂含量和粘度的增加而增加; 当乳化剂的含量和粘度相同时, 若甲醇和水之间的相对质量分数保持不变, 减少乳化液中柴油的质量分数 (不少于 50%), 乳化液的粘度随之增加. 水和甲醇的含量对乳化液粘度的影响比较复杂, 还需要做深入细致的机理研究.

**关键词:** 乳化液; 乳化剂; 流变特性; 粘度

**中图分类号:** O359 **文献标识码:** A

### Study of Rheological Characteristics of the Emulsions Made of Diesel, Methanol and Water

Sheng Hongzhi, Wu Dongyin, Zhang Hongce

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

**Abstract:** Rheological characteristics of the emulsions made of diesel fuel, methanol and water are studied. The corresponding experimental results show that the emulsions appear as proximately Newtonian fluids in the experimental composition. The rheological characteristics of the emulsions are significantly dependent on the different kinds and different percentages of emulsifying agents, and the composition of an emulsion has obvious influence on oneself. For the emulsions with the same composition, the higher the percentage and/or the viscosity of emulsifying agent added into the emulsions is, the higher the viscosity of the emulsion is. If the ratio of methanol to water in the emulsion is constant, the lower the percentage of diesel fuel is, the higher the viscosity of emulsion is, when the percentage and viscosity of the emulsifying agent is the same and the diesel fuel is more than 50% of emulsion. The influence of the percentages of methanol and water on the viscosity of emulsion is more complex, and further studies are needed.

**Key words:** emulsion; emulsification; rheological characteristics; viscosity

乳化液是一种液体以液珠的形式分散于另一种液体中形成的多相分散体系, 其中液珠大小并不完

收稿日期: 2002 - 03 - 22. 作者简介: 盛宏至(1951~), 男, 研究员, 博士生导师. 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(19682010).

全均匀,而是大小不一,并且有一定的分布.一般的乳化液由于光的色散作用,外观常呈乳白色,是一种不透明的液体,因此称之为乳化液.为了延长乳化液的保存时间,在配制乳化液的过程中,需要加入一定量的乳化剂.

乳化剂是表面活性剂的一种,当该物质加入量很小时,就能使溶剂的表面张力或液-液界面张力大大降低;当它达到一定浓度时,在溶液中缔合成胶团,因而产生湿润或反湿润、乳化或破乳、起泡或消泡等作用,以达到实际要求<sup>[1]</sup>.

本文所涉及的乳化液是含有甲醇、水和柴油的新型液体含氧燃料,由于具有较低的排放特性,可作为石油的替代燃料,因而受到了许多研究者的重视<sup>[2]</sup>.该研究具有重要的意义,2001年度国家确定的“九七三”项目共18项,其中之一就是“新一代内燃机燃烧理论和石油燃料替代途径的基础研究”.

乳化液的粘度是基本的物性参数,直接关系到乳化液的应用和理论研究,影响液体射流的稳定性以及柴油机的喷雾和液体与环境气体的混合<sup>[3]</sup>,如用于管道输送时,首先要考虑液体的粘度.

甲醇、水和柴油乳化液的配制技术尚有许多技术难关.作者研制了醇(甲醇或乙醇)、水和柴油乳化液的配制方法,并申报了国家发明专利<sup>[4]</sup>.到目前为止,还很少有人对该类乳化液的粘度进行专门的研究.本文的研究结果可以加深对相关知识的理解,对应用基础研究有比较重要的意义.

## 1 测量仪器和乳化剂的流变特性

采用成都仪表厂的NXS-11旋转粘度计测量乳化液的流变性能,主要技术指标如下.

粘度测量范围为0.002 8~17 800 Pa·s;量程为0-1-10-100-1 000-10 000;剪切应力为27.67~21 970 Pa;剪切速率为1.23~996 s<sup>-1</sup>;转速为5.6~360 r/min;环境温度为5~35℃;用超级恒温器时,物料温度范围为室温~95℃;供电电源为220 V.

本次实验自行配制了3种乳化剂,编号分别为Y01、Y02、Y03,用旋转粘度计测得的乳化剂流变特性如图1所示.

从图1可以看出,乳化剂的流变特性曲线近似为直线,而且通过原点,因此可以认为本次实验配制的乳化剂近似为牛顿流体.从后面的分析可知,乳化剂的含量和粘度对乳化液的粘度有显著的影响,而

且乳化剂的粘度明显大于乳化液的粘度.

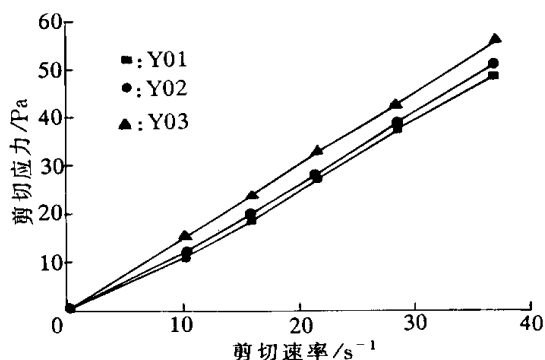


图1 3种乳化剂的流变特性

## 2 乳化液的流变特性

配制了若干种乳化液配合本次实验,为了以后实验和分析方便,将乳化液进行了编号,并以D、M和W分别表示柴油、甲醇和水,其后面的数字分别表示乳化燃料中柴油、甲醇和水所占的质量分数(因乳化剂另外加入,故仅以柴油、甲醇与水的总质量为基准进行描述).例如D80M10W10复合乳化燃料表示乳化燃料中柴油、甲醇和水所占的质量分数分别为80%、10%、10%.同时,配制了柴油、水乳化燃料,与柴油、甲醇和水乳化燃料的表示方法类似,例如D90W10复合乳化燃料表示乳化燃料中柴油和水所占的质量分数分别为90%、10%.

本次实验所配制的柴油、甲醇和水乳化液,若以该体系的质量分数计算,适用范围为:柴油50%~90%;甲醇5%~25%;水5%~25%.乳化剂以其质量与柴油、甲醇和水总质量的比值计算,适用范围为0.8%~8%.

本次实验所配制的柴油和水乳化液,若以该体系质量分数计算,适用范围为:柴油60%~90%;水10%~40%.乳化剂也以其质量与柴油和水总质量的比值计算,适用范围为0.8%~8%.

### 2.1 乳化液的含油量对乳化液流变特性的影响

实验中分别采用了Y01、Y02和Y03号乳化剂,DMW三组元乳化液分别为D90M5W5、D80M10W10、D70M10W20、D70M15W15、D60M20W20和D50M25W25,得到了当乳化剂的质量与体系质量之比(后面简称为质量比)分别为8%、4.8%、4%、2%和0.8%时的流变特性.大量的实验数据表明,流变特性的基本趋势大致相同,为了简化篇幅,以下选择了几组有代表性的数据.

图 2 为采用 Y01 号乳化剂,并且乳化剂的质量比为 8% 时,5 种 DMW 乳化液的流变特性.图 3 为采用 Y02 号乳化剂,并且乳化剂的质量比为 4% 时,5 种 DMW 乳化液的流变特性.图 4 为采用 Y03 号乳化剂,并且乳化剂的质量比为 2% 时,5 种 DMW 乳化液的流变特性.

从图中可以看出,柴油、甲醇和水乳化液的流变特性曲线均近似为直线,而且通过原点,因此可以认为在本次实验配制的柴油、甲醇和水乳化液的配比范围内,乳化液近似为牛顿流体,这与以往认为该类乳化液是假塑性流体的研究结果不同<sup>[5,6]</sup>.

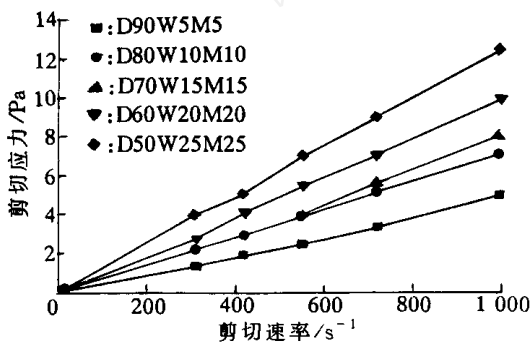


图 2 Y01 为 8% 时 5 种 DMW 乳化液的流变特性

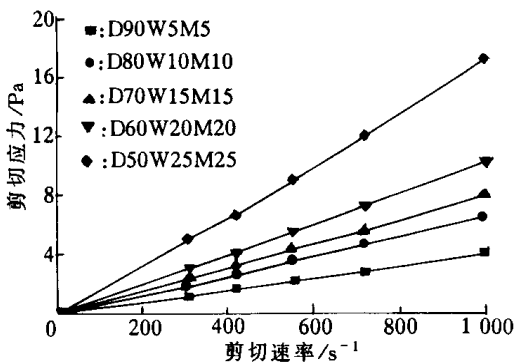


图 3 Y02 为 4% 时 5 种 DMW 乳化液的流变特性

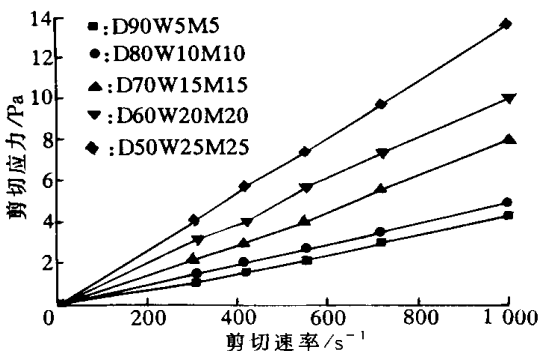


图 4 Y03 为 2% 时 5 种 DMW 乳化液的流变特性

从图中还可以发现,当甲醇和水的相对质量分数保持不变时,随着乳化液中柴油质量分数的降低,乳化液的粘度随之增加.众所周知,纯柴油的粘度小于乳化液的粘度,因此在应用单组分的结果分析乳化液时,乳化液的粘度必须引起足够的重视.

为了扩大实验范围,又测量了水和柴油乳化液的流变特性,获得了大量的实验数据.由于水和柴油乳化液的流变特性与水、甲醇和柴油乳化液的流变特性类似,下文选择了一组数据.图 5 为采用 Y03 号乳化剂,并且乳化剂的质量比为 2% 时,D90W10、D80W20、D70W30、D60W40 和 D50W50 乳化液的流变特性曲线.其中,柴油和水乳化液的流变特性与柴油、甲醇和水乳化液的流变特性类似,这里不再赘述.所不同的是,当乳化剂的种类和含量以及乳化液中柴油的质量分数均相同时,柴油和水乳化液的粘度一般小于柴油、甲醇和水乳化液的粘度.为了进一步分析甲醇和水对乳化液的流变特性的影响,实验中也比较了 D70M15W15 和 D70M20W10 两种乳化液的粘度,图 6 为采用 Y03 号乳化剂,并且乳化剂的质量比分别为 8%、2% 和 0.8% 时,D70M20W10 和 D70M15W15 乳化液的流变特性曲线.

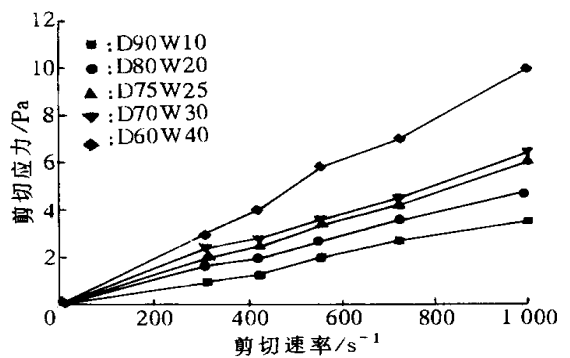


图 5 Y03 为 2% 时 5 种 DW 乳化液的流变特性

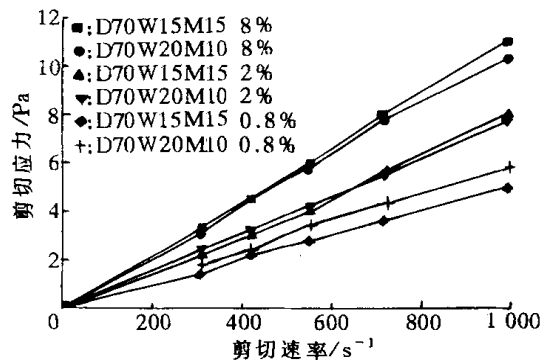


图 6 D70M15W15 和 D70M20W10 乳化液的流变特性

从图6可见,当乳化剂的质量比为8%时,D70M20W10乳化液的粘度小于D70M15W15乳化液的粘度;当乳化剂的质量比为2%时,两者的粘度变化不明显;当乳化剂的质量比为0.8%时,D70M20W10乳化液的粘度则大于D70M15W15乳化液的粘度.可见,乳化液中水和甲醇含量对乳化液粘度的影响比较复杂,还需要做深入细致的工作.

## 2.2 乳化剂的含量对乳化液流变特性的影响

乳化剂含量对乳化液的粘度亦有显著的影响,实验中分别采用Y01、Y02和Y03号乳化剂,乳化液为D90M5W5、D80M10W10、D70M15W15、D60M20W20、D50M25W25、D90W10、D80W20、D70W30和D60W40,得到了在乳化剂的质量比分别为8%、4.8%、4%、2%和0.8%时的流变特性.大量的实验数据表明,流变特性的基本趋势大致相同,为了简化篇幅,下面选择一组有代表性的实验数据.图7为使用Y03号乳化剂,并且在乳化剂的质量比分别为8%、4.8%、4%、2%和0.8%时,D70M15W15乳化液的流变特性曲线.

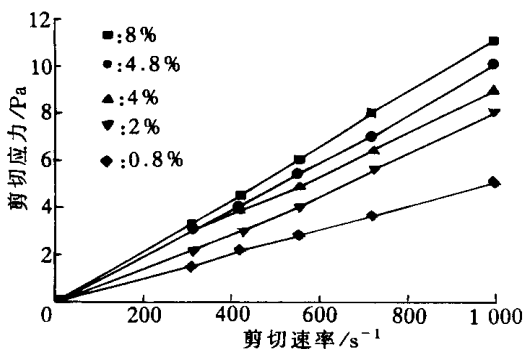


图7 D70M15W15乳化液粘度随乳化剂质量分数改变的变化

从图7可见,对于组分相同的乳化液,加入同一种乳化剂,随着乳化剂含量的增加,乳化液的粘度将随之增加.

## 2.3 乳化剂的粘度对乳化液流变特性的影响

乳化剂的粘度与乳化液的粘度直接相关,在实验中发现,对于组分相同的乳化液,即使乳化剂的含量相同,若采用高粘度乳化剂,其乳化液粘度也高.本次实验测量了5种柴油、甲醇、水三组元乳化液(D90M5W5、D80M10W10、D70M15W15、D60M20W20、D50M25W25)和4种柴油、水乳化液(D90W10、D80W20、D70W30、D60W40)的流变特性,乳化液分别采用Y01、Y02和Y03号乳化剂配制,乳化剂的

质量比分别为8%、4.8%、4%、2%和0.8%.以上流变特性实验均证实了上述规律,为了简化篇幅,这里不再罗列数据.

图8列出了D70M15W15乳化液分别采用3种乳化剂(质量比均为4%)时的流变特性.

如前所述,Y01、Y02和Y03号乳化剂的粘度是逐渐增加的,因此所配制的D70M15W15乳化液的粘度亦逐渐增加.

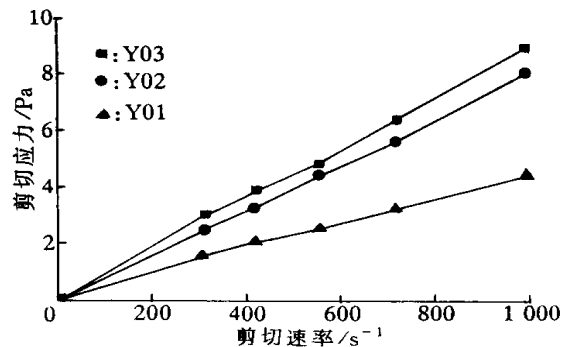


图8 采用不同乳化剂的D70M15W15乳化液的流变特性

## 2.4 讨论

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,但很少有人对此进行专门的研究.

在乳化液中,由于存在不同的作用力,它们在不同的条件下相互平衡,形成一定的微观结构,故离散相的尺度形状随组分与乳化剂及其添加量变化.当运动情况改变后,平衡被破坏,须经过一段时间才能达到新的平衡,由此乳化液表现出随时间变化的流变特性,因此乳化液在制备后需静置一段时间才可进行流变特性实验.

一定的条件下组成乳化液的微滴总按能量最小的原则趋于最佳排列.当运动条件发生变化时,微滴总存在恢复或松弛到最佳排列的趋势,因而乳化液表现出一定的粘弹性.

通过实际测量乳化液的粘度,发现在实验的配比范围内,水、甲醇和柴油乳化液以及水和柴油乳化液均近似为牛顿流体,这与以往认为乳化液是假塑性流体的研究不同,其中主要原因可能是配制的乳化剂亦为牛顿流体.

## 3 结论

作者研究了乳化液的粘度与乳化液的组分、乳

化剂的含量和粘度的关系,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。

若乳化剂为牛顿流体,乳化液在本文的组分配比下近似为牛顿流体,而且乳化剂的种类、含量以及乳化液的组分均对乳化液的流变特性具有显著的影响。对于组分相同的乳化液,乳化液的粘度随着乳化剂含量和粘度的增加而增加。因此,当乳化液的组分固定时,若要求所配制的乳化液具有一定的粘度,可通过选择乳化剂的粘度和含量来实现。由于纯柴油的粘度小于乳化液的粘度,应用单组分的结果分析乳化液时,乳化液的粘度必须引起足够的重视。

当乳化剂的含量和粘度相同时,若甲醇和水之间的相对质量分数保持不变,减少乳化液中柴油的质量分数(不少于 50%),乳化液的粘度随之增加。

水和甲醇的含量变化对乳化液粘度的影响比较

复杂,还需要做深入细致的机理研究。

#### 参考文献:

- [1] 梁梦兰. 表面活性剂和洗涤剂制备性质应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1990.
- [2] 吴东垠,田文栋,魏小林,等. 多组分液雾在高温高压气体中微爆过程的研究[J]. 节能,1999(5):3~6.
- [3] 中国石油公司. 石油商品学:上册[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [4] 吴东垠,田文栋,黎军,等. 乳化油的性质及其制备方法研究[J]. 中国能源,2000(9):35~38.
- [5] 傅茂林,李海林,王海,等. 柴油机燃用柴油-甲醇-水复合乳化燃料的研究[J]. 内燃机学报,1995,13(2):101~109.
- [6] 赵镇南,吴挺. 相变乳状液的流变和传热性能研究[J]. 工程热物理学报,2001,22(5):589~592.

(编辑 杜秀杰)

## 《西安电子科技大学学报》2002 年第 3 期目录选登

目标对复杂背景辐射的光散射 .....	吴振森,刘安安(289)
静电绘图机潜像头的设计及馈电技术的研究 .....	高有行,陆建海(294)
微型硬盘抗冲击振动主动控制系统的研究 .....	贾建援,赵钟磊,康春霞,等(296)
基于产品最优分档的集成电路整体效益优化模型 .....	荆明娥,王宇平,郝跃(300)
两阶段混合流程调度问题研究 .....	牛海军,孙树栋(305)
加密广播的密钥分发 .....	屈劲,葛建华,蒋铭(310)
单电子晶体管隧穿电阻的量子计算 .....	杜磊,庄奕琪(314)
支持柔性机制的元数据驱动模型的研究与应用 .....	李青山,陈平,褚华(319)
基于 URN 的特征交互检测方法研究 .....	刘彦明,马玉祥,易克初(333)
快速低密度校验码迭代译码量化算法 .....	贺玉成,孙韶辉,慕建君,等(338)
基于零树结构的感兴趣区图像内嵌编码算法 .....	陈军,吴成柯,李云松(343)
基于概率模型的遗传算法 .....	汪西莉,刘芳,焦李成(347)
第三代移动通信系统的安全体系结构 .....	刘东苏,韦宝典,王新梅,等(351)
基于脉冲重复间隔变换的脉冲重复间隔估计 .....	王兴颖,杨绍全(355)
有源集成天线的时域有限差分法分析 .....	胡小娟,褚庆昕(360)
基于 Hopfield 网络的自适应观测器设计 .....	张杰,李俊民,王珏(368)
基于神经网络的鲁棒自适应滑模迭代学习控制 .....	杨小军,李俊民(382)
新型三角形微带天线及其分析 .....	董玉良,杨小鹏,张士选(408)
利用 3DES 的迭代型分组密码构造跳频码序列 .....	李赞,金力军,常义林(411)
周期序列的线性复杂度曲线特性 .....	白恩健,张斌,肖国镇(423)