

CRZ-1 电超声乳化器的实船应用效果

张必昇 凌鸿烈 孙耀秋

(中科院东海研究站)

徐宝荣

(浙江省嘉兴航运公司)

一、前言

燃油掺水乳化后燃烧,是一项新的燃烧技术。它能降低油耗,减少对环境的污染,而且,掺水燃油的抗爆性强,是一种良好的安全燃料。

燃油掺水乳化的方法可分三种:1)超声波法,其中包括电超声,流体动力液哨以及液哨加电超声。2)添加剂法。3)机械混和法,其中包括机械搅拌,喷雾、鼓泡法等。三者相比,超声波法的成本较低,乳化效果较好,有一定的经济收益。

本文介绍 CRZ-1 电超声乳化器在浙江省嘉兴航运公司客货轮上经过了较长期使用的情况。CRZ-1 电超声乳化器能供 200 匹马力以下的柴油机配套使用。它具有耗电省、体积小,重量轻,乳化油质量稳定等特点。该机于 1981 年 6 月已经有关部门进行了科技成果鉴定。

二、CRZ-1 电超声乳化器装船概况

1. CRZ-1 电超声乳化器装船对象简介

浙江省嘉兴航运公司于 1982 年 2 月底把一台 CRZ-1 电超声乳化器装上浙运 337 钢质货拖轮(船长 19.9 米,船宽 4.6 米,总吨位 56.5 吨),拖带定额为 850 吨,主机型号是 6135AG(额定功率 124 匹马力,转速 1500 转/分),航行于上海、浙江、江苏内河,通常航线是嘉兴——角里山——上海,全航程为 198 公里。至 1983 年 9 月,乳化器已连续工

作 4611.35 小时。1982 年 6 月底把另一台 CRZ-1 电超声乳化器安装在浙航 498 钢质客轮上(船长 27.5 米,船宽 5.7 米,总吨位 68.5 吨),乘客定额为 160 位,主机型号是 6135AG。航行于海盐——平湖——上海,全航程为 122 公里。至 1983 年 9 月乳化器已连续工作 4399 小时。二台乳化器的工作一直正常,未出现故障。目前仍在继续使用之中。

2. CRZ-1 电超声乳化器

本装置的油水配比连续可调,适宜于 200 匹马力以下(例如 6135, 6160, 4135 等型号)的柴油机配套使用。主要技术指标如下:

工作频率: 20 ± 0.5 千赫

最大处理量: >54 公升/小时

掺水量范围: $0 \sim 40\%$

工作方式: 连续

耗电: 直流 24 伏, ≤ 140 瓦(制备乳化油总消耗能量不超过 2.5 瓦·小时/升)

重量: 27.5 公斤

体积: $430 \times 300 \times 710$ (长×宽×高) 毫米³

CRZ-1 电超声乳化器的工作流程见图 1。

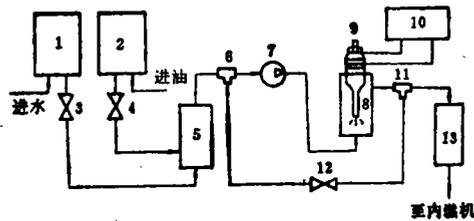


图 1 CRZ-1 电超声乳化器工作流程

1-恒压水箱; 2-恒压油箱; 3-掺水量调节阀; 4-油量调节阀; 5-预混腔; 6、11-三通接头; 7-电泵; 8-乳化腔; 9-压电超声换能器; 10-超声信号发生器; 12-回油调节阀; 13-乳化油贮存箱

工作时,水和加有少量表面活性剂(例如801,添加量1%)的油分别进入恒压水箱1和恒压油箱2,阀门3,4打开后(阀门3可控制掺水量)在电泵7的作用下,水和油按预定比例进入预混腔5进行初步混合,然后进入乳化腔8。压电超声换能器9在超声信号发生器10的激励下,其表面产生强烈的振动,使油水混合液发生剧烈的空化而“粉碎”成微小均匀的颗粒(通常约2微米)形成油包水(W/O)型乳化油。然后进入乳化油贮存箱13,排出因空化作用而产生的气泡,从而保证柴油机稳定而正常地工作。

3. CRZ-1电超声乳化器装船使用中几个问题

337轮和498轮均使用20*重柴油。为了确保轮船能全年进行营业性使用,在使用过程中,摸索出了一套重柴油掺水系统的工作流程,见图2。同时也总结出的一套操作管理的经验。

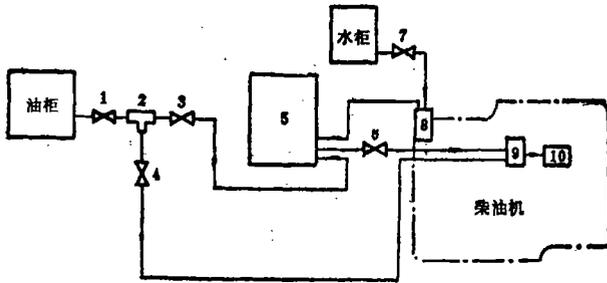


图2 重柴油掺水系统的工作流程

1.3.4.6.7 调节阀 2:三通接头 5-CRZ-1电超声乳化器 8.冷却水热交换器 9.柴油滤清器 10.高压油泵

在轮船加油时,先按加油量的1‰比例称定801添加剂,并预先均匀地溶解在盛有柴油的桶内。然后,随加入的柴油一起冲入轮船上的贮油柜,再用主机的输送泵,从大油柜将油打入日用油柜。采用溢油法,使日用油柜保持一定的油位,这样可以使添加剂与重柴油得到均匀的混和。

为了20*重柴油能正常使用,掺入的水要清洁,要预先经热交换器8加热到70°C左右。然后进入乳化器进行超声乳化。乳化柴油仍

然须要经过柴油滤清器,到高压油泵、喷油器,最后喷入气缸,这样可以减小不必要的磨损。

在使用乳化油的过程中,为了保证柴油机正常运转,在柴油机每项停车前几分钟,最好把水调节阀7关闭,以便在管路中的乳化油能全部烧掉,避免造成下次发动柴油机的困难。同时,我们在船上还设置了应急纯柴油管路(即打开调节阀4,关闭调节阀6)以防乳化器出现故障。

三、CRZ-1电超声乳化器装船使用后的效果

在稳定而长期的使用基础上,我们进行了实船使用的某些参数测定和经济效果的核算。主要确定了不同柴油机上的最佳掺水率。在337轮上,以20%的掺水率为佳,在498轮上,以10%的掺水率为佳。在实用工况下,

测得的节油率为6~10%,同时观察到排气烟色明显改善。另外还测定了较长期使用乳化油后,对活塞、缸套、高压油泵芯套和喷油器的磨损情况。

1. 使用乳化油后对柴油机磨损腐蚀情况

在337轮连续使用乳化油达783小时和1636.57小时后,我们先后作了一次零件磨损测量(见表1)。测量结果表明,使用乳化油后,对柴油机的活塞、缸套及高压油泵芯套和喷油器等零件磨损不明显。缸盖、活塞上的积炭明显减少。柴油机的排气污染明显下降,也就是说,使用乳化油后不会对柴油机产生附加磨损和腐蚀。

大家知道,燃烧乳化油后,会使燃烧过程得到改善,使气缸内的积炭量减少,气缸壁面的温度会降低,从而改善润滑油的工作条件,油膜容易保持,磨损的可能性下降,

表 1 6135AG 型柴油机燃油掺水实船磨损数据

部 件 名 称	测量日期	82-2-17			82-6-14		82-9-21			备 注
	测量数据 mm	(一)	(二)	(二)- (一)	活塞与 缸套间隙	(三)	(三)- (一)	(三)- (二)	活塞与 缸套间隙	
活塞*1		134.73	134.73	0.00	0.33	134.705	-0.025	-0.025	0.375	
活塞*2		76	73	-00.3	0.32	.73	-0.03	0.00	0.355	
活塞*3		74	72	-0.02	0.34	.705	-0.035	-0.015	0.385	
活塞*4		77	74	-0.03	0.35	.715	-0.055	-0.025	0.385	
活塞*5		76	73	-0.03	0.29	.725	-0.035	-0.005	0.355	2/9发现活 塞有松换新
活塞*6		73	73	0.00	0.37	.725	-0.005	-0.005	0.375	
缸套*1		135.08	135.06	0.00		135.08	+0.02	+0.02		
缸套*2		04	05	+0.01		.085	+0.045	+0.035		
缸套*3		03	06	+0.03		.09	+0.06	+0.03		
缸套*4		07	09	+0.02		.10	+0.03	+0.01		
缸套*5		01	02	+0.01		.08	+0.07	+0.06		
缸套*6		05	10	+0.05		.10	+0.05	0.00		排气总管 漏水有影响

- 说明: 1. 二月十七日系未安装乳化器
 2. 六月十四日乳化器累计运转 783 小时
 3. 九月二十一日孚化器累计运转 1636.57 小时。

同时减少了发动机的后燃现象, 避免了内部的过热, 有利于消除额外磨损, 所以延长了发动机和零件的使用寿命。

2. 经济效益

我们通过对二条船实际使用过程中的多次测量表明, 节油率为6~10%, 见表2。

如果节油率按6%计算, 柴油价按280元/吨和添加剂按7元/公斤计价, 而掺水量以20%计算, 每吨乳化油需要水200公斤, 计价0.02元, 蓄电池折旧费为0.80元/吨(按每年承担10%计算, 即400元/500吨(年耗油量)×10%=0.80元),

那末烧1吨油可赢利

$$(60 \text{ 公斤} \times 0.28 \text{ 元/公斤}) - (7.0 + 0.80 + 0.02) = 8.98 \text{ 元}$$

我们按337轮1983年1—9月货运1千

吨公里的实测油耗为4.9公斤, 比同类船同期货运1千吨公里油耗低0.5公斤。这样全年可节约柴油4797.3公斤, 折合燃料费为1343.24元, 扣除“801”添加剂、掺入的自来水、蓄电池折旧费共消耗340.39元, 净盈利1000.85元。CRZ-1电超声乳化器售价为1692.00元, 则乳化器的成本经过20.5个月就能收回。

如果每年节约柴油为4797.3公斤, 用于扩大再生产, 每年可以多生产799.55千吨公里。每1千吨公里毛利润按9.56元计算, 全年可多收入7643.70。这样, CRZ-1电超声乳化器的成本, 经过2.5至3个月使用后节下来的柴油进行再生产所获得的盈利即可收回。

由此可见, 柴油机与CRZ-1电超声乳化器配套, 采用边乳化边使用方式, 不但能

表 2 6135AG 型柴油机掺水实船试验数据

序号	时间	油种	乳化剂比	掺水量	燃油消耗			柴油机				拖带量	转速降	航行地段及潮水情况	备注		
					耗油量	节油量	节油率	转速	机油压力	机油温度	冷却水温度					烟色	
			%	%	KG/hr	kg	%	R.P.M.	KG/CM ²	℃	℃	℃					
1	82年 9.3	20* 重油		0	22	2	9.09	1350	2.5	90	淡黑	铁 驳 620	R.P.M.	吴 径	测定时间 一个小时内 以下测定 时间都为半 小时。		
2	9.3	"	1	0	20	2	9.09	"	"	"	淡	水泥驳 120	25	"	"	"	
3	9.13	"	1	0	19.37			1300	"	93	淡灰	铁 驳 300 水泥驳 300 木 驳 116	25	茆港~米市渡			
4	"	"	1	20	17.7	2.15	10.83	"	"	"	淡		30	小逆水、顶风4~5级			
5	"	"		0	23.3			1400	"	"	淡黑	"	"	"	"		
6	"	"	1	20	23.04	2.26	8.93	"	"	"	淡灰	"	30	"			
7	"	"		0	21.6			1350	"	"	淡灰	"	30	中逆水"			
8	"	"	1	20	20.33	1.27	5.88	1350	"	"	淡	"	30	中逆水"			
9	9.16	"		0	19.9			1310	"	90	淡灰	铁 驳 240 水泥驳 240 木 驳 116	25	米市渡~茆港			
10	"	"	1	20	18.6	1.30	6.53	1310	"	"	淡		30	小逆水			
11	9.24	"		0	28.52			1350	"	93	黑	系泊试验	30				
12	"	"	1	20	25.52	3.0	10.51	1350	"	"	淡灰		30	闵行小逆水			
13	10.15	"		0	26.80			1400	"	90	黑	800 吨	30	"			
14	"	"	1	20	24.90	1.9	7.09	1400	"	"	淡灰	"	25	"			
15	"	"		0	22.30			1350	"	"	淡灰	"		"			
16	"	"	1	20	20.5	1.8	8.07	1350	"	"	淡	"		"			

(下转第51页)

离, 括号左边的 $e^{2iK(L+S)}$ 项来源于由传声器 1 到材料表面的反射系数的转换。在分子和分母上的指数因子 ($e^{\pm iKS}$) 是对应于向左和向右两种行波情况下传声器间的传递函数。

测量中传声器的间距受到传声器本身的大小以及上限频率的限制, 在 S 恰好为 $\frac{1}{2}$ 波长的频率上, 两个传声器获得的样本将重复, 因此需要将传声器间距减小到最小值。实验中采用的管道内截面约为 83×83 毫米², 高次模式在 2.07 千赫以上出现。如果 S 太小, 则传声器的大小就会影响到实在中心距与有效中心距之间的关系, 同时将引起衍射问题。

式(4)中的指数部分是将白噪声馈给 HP 5420A 的通道 1 和通道 2, 并对所需的相移选择适当的通道之间时间衰减而产生的。注意传声器间距 S 与距离 $2(L+S)$ 都是分析仪的时间间隔乘以声速的整数倍, 例如在 HP 5420A 上选择 3.2 千赫带宽, 时间间隔即为 78 微秒, 传声器间距取 54 毫米就能使两个通道间取样有一个延迟, 从而产生函数 e^{iKS} 。

传声器和放大器的共振特性要尽力做到匹配。这一点在理论上并不必要, 因为可以采用校准因子。另一步骤需要消除失配的传声器系统的影响, 可以采用交换传声器位置得到二个传递函数, 并计算它们的几何平均。

但是由于 HP5420A 后处理能力的限制, 这一方法未采用, 当测量系统建立以后, 校准因子和指数项 ($e^{\pm iKS}$, $e^{2iK(L+S)}$) 也已计算出并贮存在磁带中, 就可以测量各个试样, 得到正入射反射系数、吸声系数和法向声阻抗率。

图2, 图3 分别是用传递函数法测得的25毫米厚泡沫塑料的正入射吸声系数和法向声阻抗率, 频率分辨率是12.5赫, 因此测量精度远比通常测量的方法来得高。

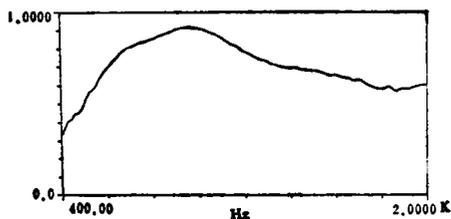


图2 25毫米厚泡沫塑料正入射吸声系数

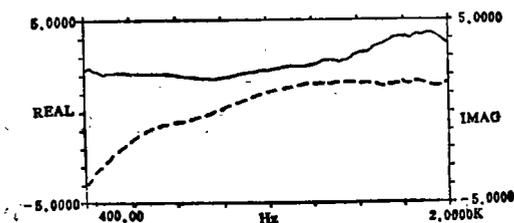


图3 25毫米厚泡沫塑料法向声阻抗率与 ρc 的比值
实线表示声阻抗率, 虚线表示声阻抗率

[盛胜我摘译自《IBM 技术报告
TR3073》, 1980]

(上接第40页)

节油, 降低污染, 而且在经济上也是有利的。

四、结 论

1. 柴油掺水超声乳化技术是成功的。乳化油供柴油机燃烧, 机器能正常而稳定地运行, 燃烧得比较完全、充分。排温、积炭、烟度均有明显的下降。(排气分析因受条件限制未能进行测试)。

2. 在20*重柴油中, 加1%添加剂, 掺入10~20%的水, 经CRZ-1电超声乳化器制备出来的乳化液, 采用边乳化边使用的方式, 供6135AG柴油机使用, 燃烧得到改善, 实

测节油率可达6~10%。

3. 柴油机使用乳化油燃烧, 活塞、缸套、高压油泵芯套及喷油器等零件磨损不明显, 无腐蚀现象。

4. 采用CRZ-1电超声乳化器制备乳化油, 不但降低油耗, 减少对环境的污染, 而且有一定的经济效益, 例如337轮全年净赢利900.78元。如果考虑到节下来的柴油进行再生产, 全年的毛利润可达8423.32元。

5. CRZ-1电超声乳化器不但适用于内河航行的轮船, 而且还可用于发电机组, 内燃机车, 拖拉机、汽车及化工、轻工、食品、医药卫生等行业。