

超 声 波 与 燃 油 掺 水

(译 文 集)

上 海 海 运 局 编 译
上海船舶运输科学研究所

上海科学技术情报研究所

超声波与燃油掺水

(译文集)

上海海运局 编译
上海船舶运输科学研究所

*

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 4 字数: 99,000

1978年5月第1版 1978年5月第1次印刷

印数: 1-5,700

代号: 151634·350 定价: 0.53元

前 言

近年来,由于资本主义国家面临能源危机,以及为了降低大气环境的污染问题,外国的科研人员,已在利用超声波、流体动力、化学技术使燃油掺水技术方面取得较大进展,已引起世界各国的动力界、能源研究与环境保护部门的密切注意。

为了使燃油掺水节约燃料和减轻大气污染的工作者更方便地参考有关这方面的资料,我们选择了一部分国外专利和文献编成本专辑。

本专辑由有关翻译及科研人员参加选稿编译,由于时间匆促,错误之处,在所难免,请予指正。

编 者

目 录

一、采用燃料油掺水乳化液的柴油机工作情况	1
二、含水燃料及其供给装置	5
三、声对燃烧过程的作用	11
四、声乳化器·燃烧器	16
五、劣质燃料的利用	20
六、一种新的声乳化系统：初步报告	21
七、超声波发生装置以及在制备乳化液上的应用	25
八、超声波燃烧器	32
九、燃油掺水节油技术	39
十、能提高热效率和减少公害的乳剂燃料	40
十一、掺水促进重油燃烧的研究	42
十二、超声波聚能器的计算	55

一、采用燃料油掺水乳化液的 柴油机工作情况

大家都知道,采用比较便宜的燃料,乃是降低内河运输成本的方向之一。

从这点来说,船舶柴油机采用燃料油掺水的经验是值得注意的。苏联水运科学研究所的研究表明,采用这种乳化燃料油时,大大改善了汽化过程:汽缸内喷油较稀薄,喷油截面上油滴分布较均匀。所有这些都对柴油机的工作过程,产生良好影响。

在西西伯利亚河运公司的“CT-213”号内燃机船上,对采用掺水乳化燃料油的柴油机,进行了工作可靠性的营运检查,该船有两部 8HД-36 型柴油机,其中一部采用柴油,另一部既采用柴油也采用乳化燃料油。

初步试验表明:8HД-36 型柴油机,实际上不能用燃料油工作,即使将燃料油加热到 85°C,也有浓烟,射油嘴严重结焦,排气阀常有滞碍等现象。改用掺水量增大到 25% 的乳化燃料油后,该柴油机的各项工作参数,就大致与采用纯柴油时相同。

制造掺水乳化燃料油的装置原理图如图 1 所示。柴油机所用燃料油从油柜 1,靠齿轮泵第一单体 9 泵入混合器 3 中,该泵由电动机 10 驱动,为了防止压力过大,总管接有旁通阀 11,水由定量泵 4 注入混合器 3,定量泵调节水量,保证在柴油机的所有工况中所取得的掺水乳化燃料油,均能达到成分稳定。然后所得的油水混合物进入循环回路。回路连接节流孔板装置 6。

乳化液在循环回路中的流动,靠齿轮泵的第二单体实现。其排量能使乳化液在射入柴油机之前流过回路 14~15 次。这就保证了油中水滴充分粉碎,并使乳化液加热 25~30°C,依靠柴油机的高压油泵,将所形成的油水乳化液从混合器 3 的上部经过滤器 5 而射入柴油机。

依靠阀 2、8 和三通旋塞 7,乳化液制成装置使柴油机既能用油水乳化液工作,也能用纯柴油工作。柴油机的起动和停车需用柴油。

柴油机的 2,000 小时试验表明:柴油机采用油水乳化液时工作稳定,没有发生过偶然停车或间断的情况,没有出现射油器的油孔结焦,排气阀滞碍和任何其他故障。

定期检查表明:柴油机汽缸衬套的内表面、活塞、活塞环、排气阀都没有腐蚀痕迹。在排气阀密封圈和阀座上发现小的污迹,但只要将阀磨一下,就能很便当地将污迹去掉。

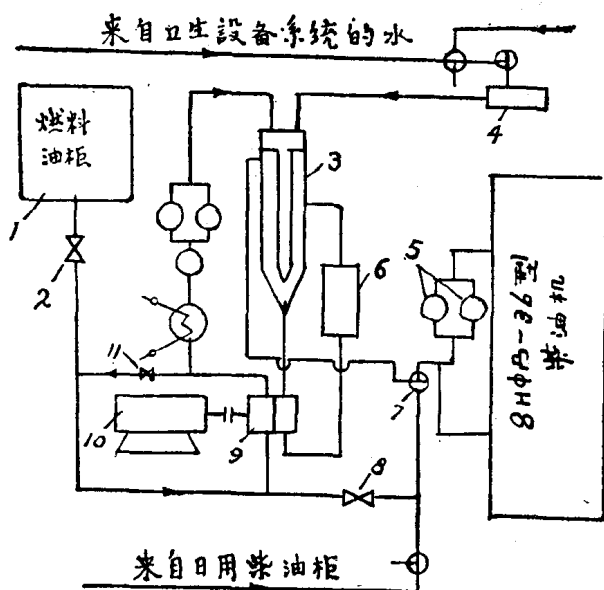


图1 制造掺水乳化燃料油装置原理图

烧油、水乳化液的柴油机的活塞底部、环形槽和排气系统的积炭情况,大致与烧柴油的柴油机相同。

汽缸衬套的磨损是以 УИОН-6 仪器,并用标人工基线的方法测定的。

图 2,列出了柴油机工作 4,575 小时之后,汽缸衬套的磨损数处。其中曲线 1 代表烧柴油的柴油机,曲线 2 代表既烧油、水乳化液又烧柴油 (957 小时) 的发动机。

活塞环的磨损,是用称量来测定的,磨损结果如表 1 所示。

表 1 活塞环的磨损情况

柴 油 机	活塞环编号(磨损, 克)			
	1	2	3	4
烧 柴 油	18.37	5.197	2.817	3.757
烧柴油和掺水乳化油	18.211	7.71	5.37	4.7

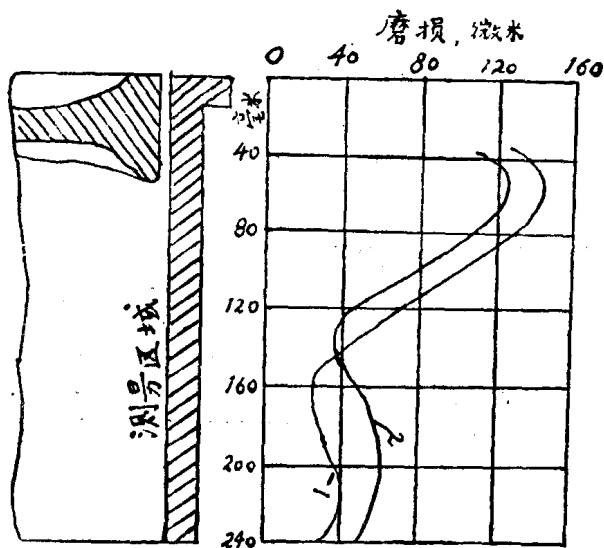


图 2 8HΦД-36 型柴油机汽缸衬套的磨损

从表 1 可以看出:两部柴油机的上面的活塞环 (1 号) 的磨损大致相同。下面几个活塞环,烧掺水乳化油的柴油机磨损比较厉害。

曲柄销的磨损用测量来测定,两部柴油机没有任何区别。两部柴油机射油嘴的状况也没有显著不同。

此外,还用 64HΦИ 18/22 柴油机在实验室中进行了 2,000 小时烧油水乳化液的试验。试验分为四个阶段,各 500 小时。在每一个阶段中,柴油机有 1.3% 的时间空转,有 1.7% 的时间是 25% 负荷的运转,2.7% 的时间是 50% 负荷的运转,5.8% 的时间是 75% 和 88.5% 负荷的运转,均为额定功率。在每个阶段结束之后,柴油机均停车以便测量主要部件的磨损情况。

在前面两个阶段中,柴油机是用双联粗滤器和部分流经净油机工作而进行试验的。在后两个阶段中,则用“Нарва 6”型全流量过滤器和离心机,全流量过滤器接于总管上,在滑油冷却器和粗滤器之间,以排除最后一个过滤部件,柴油机工作时,采用了 M-12B 型滑油和 ВНИИИП-360 添加剂 (8%)。

为了研究汽缸衬套的磨损,在三个区域采用压痕方法,第一区域是离衬套边缘 50 厘米,第二区域是离衬套边缘 150 厘米,第三区域是离衬套边缘 700 厘米。衬套上三个区域的平均磨损数据如表 2 所示。

表 2 汽缸衬套的磨损情况

汽缸衬套的区域编号	磨 损 (微 米)			
	第 一 阶 段	第 二 阶 段	第 三 阶 段	第 四 阶 段
第 一 区 域	17.02	14.48	9.97	10
第 二 区 域	11	5.14	5.84	5.87
第 三 区 域	22	5.03	10	6.58

从表上看出,最大磨损是在第一区域和第三区域。

试验时,还测定了活塞与汽缸衬套之间的间隙变化,测量结果列于表3中。

表3 活塞与汽缸衬套之间的间隙变化

指 标	间 隙, (毫 米)						平均值
	1	2	3	4	5	6	
试 验 前	0.21	0.24	0.29	0.24	0.28	0.23	0.2484
工作 2,000 小时后	0.26	0.29	0.33	0.29	0.32	0.24	0.2908
间 隙 增 大 值	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.01	0.0424

根据柴油机制造厂的规定:汽缸衬套与活塞之间的运转间隙应为 0.2~0.25 毫米,容许间隙为 0.7 毫米。因此,6ЧНЧ 18/22 型柴油机采用油水乳化液时的寿命,根据汽缸、活塞组件计算,可达到 10,000~12,000 小时。

活塞环的磨损,是根据重量的减轻和开口间隙的增大来测定的。活塞环平均磨损的测量结果如表4所示。

表4 活塞环的平均磨损

活 塞 环 编 号	称 量 的 磨 损, (克)	活 塞 开 口 间 隙 增 大 (毫 米)
1	2.0836	0.408
2	1.5621	0.242
3	1.1299	0.107
4	0.9952	0.111

分析一下表4的数据,就可以作出下列结论:

6ЧНЧ 18/22 型柴油机,烧油水乳化液时,活塞环的寿命是在柴油机制造厂规定的范围之内。

在进行 6ЧНЧ 18/22 型柴油机试验的各个阶段中,在柴油机工作 5, 25, 50, 100 小时后,进行了滑油取样。在每个试验阶段结束时,立即将滑油系统的滑油放样,清洗干净,然后注入新的滑油。

将滑油采样进行分析之后,可以看出;

采用双联粗滤器和部分流经净油机时,柴油机用油水乳化液工作 400~500 小时之后,滑油内的机械杂质含量开始超过规定(MPP)的报废标准(1.5%),采用«Нарва-6»型全流量过滤器时,可推迟滑油由于这个原因而报废的时间。

●同样滑油工作 300 小时之后,滑油中的无机杂质含量,就急剧增大,但如果采用全流量过滤器,则没有这种现象。

滑油的碱性随着时间而减小,但酸性则迅速增大。这说明柴油机用油、水乳化液工作时,M-12B 滑油的抗氧化性能不够佳。

滑油粘度的变化,大致与机械杂质的积聚进程相应,在试验过程中查明:滑油中没有发生水分积聚。

根据试验结果,可以作出以下结论:柴油机可以采用油水乳化液工作。

根据诺沃西比尔斯克内河港口的条件,装有两部 8НФД-36 型柴油机的第 276 号设计的内燃机船,采用这种燃料时的经济性能如图 3 所示。

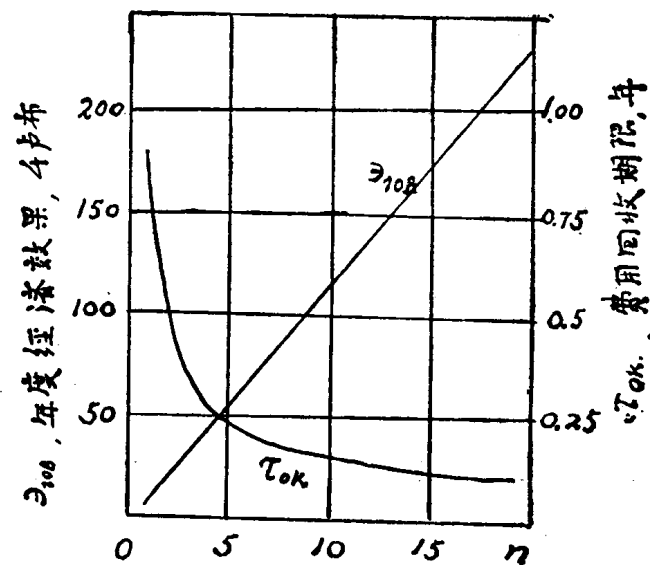


图 3 采用燃料油掺水乳化液时计算的经济效果
 $T_{ок}$ —费用回收期限(年)。Э_{го}—年度经济效果(千卢布)。
 n —系列的船舶数量。

译自苏联《Речной Транспорт》1976 年第 4 期,第 41~42 页

二、含水燃料及其供给装置

专利申请范围:

1. 这是将含有微粒子水的碳氢化合物(即烃)用作燃料的方法,当一部分柴油机用燃料产生的燃烧热转换成容积生成物时,微粒子水至少被一种界面活性剂稳定在碳氢化合物的连续相中。

2. 介绍向柴油机供给混合燃料的供给装置。该装置由分别供给混合燃料的三种成分(即水、碳氢化合物和界面活性剂)的装置、计量泵、乳化器和射油嘴构成。计量泵按规定容量比供应水、碳氢化合物和界面活性剂;乳化器使水分散为微粒并保持以碳氢化合物为连续相的二相混合物;射油嘴则将乳化器所得的悬浮油液向柴油机的燃烧室喷射。

发明的详细说明:

本发明介绍在柴油机使用的碳氧化合物中掺水的方法。

市场上出售的标准柴油机将碳氢化合物燃料的 26~28% 转换成机械能。此种柴油机的排气中含有不完全燃烧产生的未燃烬碳氢化合物和一氧化碳。而且,由于燃烧过程中产生的离解温度,此种排气中还含有氮的氧化物。其次,该氮的氧化物对碳氢化合物燃料的完全燃烧来说,使必须的氧减少了。在混合气体中使用最佳燃料时,由于柴油机中的低热交换装置和排气装置,使柴油机过热。由于上述的原因,通常是将燃料过多地加入混合气体中,以致使燃烧效率降低。

在理想条件下,使碳氢化合物在空气中完全燃烧的化学反应,氢反应而生成水,碳反应而生成二氧化碳。因此,为了创造这些条件,必须有效地使用充分的氧,以便完成燃烧过程。在这些条件下达到的高温,具有使空气中的氮离解,并产生氮的氧化物的倾向。随着温度的上升,燃烧生成物的体积膨胀而转变为机械能。45% 以上的有用燃烧热损失在排气中。如果这些热量的一部分能够变成增加燃烧生成物的容积,那末,燃烧的热能转换成机械能的总转换量将得到改善。

本发明提供了这样一种方法,即通过使用含水的碳氢化合物燃料,将柴油机燃料产生的一部分燃烧热转换成容积生成物。该燃料是微粒子水分散的二相混合物,水的微粒至少被一种界面活性剂稳定,且碳氢化合物形成连续相。

根据本发明,水以微小粒子分散,微粒子水被界面活性剂稳定在碳氢化合物燃料中。掺水量也可以在 25% 左右。在将此种悬浮液体向柴油机燃烧室喷射或喷雾时,含有使油可燃燃料包住的微粒子水。此方法使有效热从点着火的燃料移至微粒子水,水滴汽化而使燃烧生成物的容积增大。而且,气化热降低燃烧温度,从而减少氮的氧化物的生成。

本发明还提供了上述装置的另一种形式,即它包括冷却柴油机排气的装置和将冷凝水作为混合燃料中的水而向供给装置反复循环的装置。

本发明与以前的柴油机运转方法相比,具有如下的优点:

1. 改善了燃烧效率,并使排气中剩余的碳氢化合物和一氧化碳的量减少;
2. 降低燃烧室温度,并减少氮的氧化物的生成;

3. 增加热能向机械能的转换;
4. 燃料消耗最低可节约 25%。

图 1 表示本发明装置的概况。图中 1、2、3 分别表示水、碳氢化合物燃料和界面活性剂的贮藏槽。这些贮藏槽与计量压力泵 4 连续。

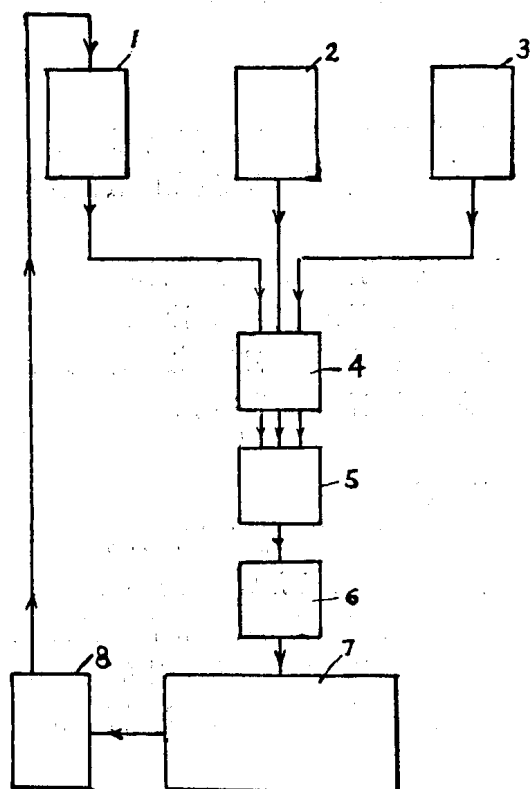


图 1

因此,在按规定的比例计量燃料成分之后,由泵 4 输入乳化装置 5。乳化由机械混合或声阀来完成。乳化燃料送入汽化器或射油装置 6、接着送进柴油机 7。例如:排气从柴油机 7 通过冷却器 8 排出,排气中的一部分水被冷凝而再循环到贮藏槽 1。

混合燃料中的水是蒸馏水、去离子水或由排气冷凝而得到的水。碳氢化合物可以采用适合于电火花点火式柴油机使用的低、中或高规格辛烷值的燃料。现已知道它也可以采用压燃式柴油机使用的重油和柴油机燃料。另外,在燃料连续注入式和燃料燃烧式的燃气轮机和喷气发动机中用作燃料的石油/石腊油也是适宜的。界面活性剂可采用亲油性的酯缩合型和酯醚型的。最适合本发明的界面活性剂是 Span (阿特拉斯化学公司制)。界面活性剂也可以是亲水性的。这些化合物是在上述理想的亲油性界面活性剂的末酯化氢基上增加聚氧乙烯链。最适合本发明的是 Twin (阿特拉斯化学公司制)。

利用乳化方法,按混合燃料的水量掺进 0.5~2.0% 上述界面活性剂。理想的操作方法是预先混合界面活性剂 Span 和 Twin,使 HLB(亲水/亲油平衡)为 4.8~5.2。该范围内的界面活性剂最适合保持以碳氢化合物为连续相的稳定系列。

图 2 显示计量泵的形式。该泵由数字 9、10 和 11 示出的三个圆筒状的同心腔构成。这些同心腔的容积要设置得当,以便使石油 (9)、水 (10) 和界面活性剂 (11) 按适当的比例排出。计量泵还设有界面活性剂注入部分 12、石油注入部分 13、水注入部分 14。界面活性剂、水和石油的出口分别为 15、16、17。上部的同心腔通过齿条和齿轮 19,并经由滑动离合器 20,由电动机 18 驱动。滑动压力(随动挤压压力),由节距螺丝 21 和弹簧 22 调节。偏心偏压开关 23 决定电动机的转向,而开关柄 24 受限位梢 25 控制。液体的定向流动是由单向阀 26 完成的。该计量泵按适当的容积比和发动机的要求供给混合燃料的成分。当开关断开时,流体已经不加压力,因此可以防止非乳化液体进入柴油机的燃烧系统。

图 3 示出机械式乳化器,以图 3 说明乳化器的形式。电动机 27 与乳化腔 28 连接,使带有叶片的转子 29 以 8000~10000 转/分的速度转动。乳化器的吸入口 30、31 和 32,与计量泵的出口 13、16、17 (图 2) 相连接,流体成分通过腔 33 被送到带有叶片的转子 29,在那里被混合乳化,出口腔 34,设有出口 35 和再循环孔,该再循环孔 36 防止燃料流量的要求降低时积蓄压力。由于机械式乳化器的转换效率低,要得到大的燃料流量是不适用的(使用 60

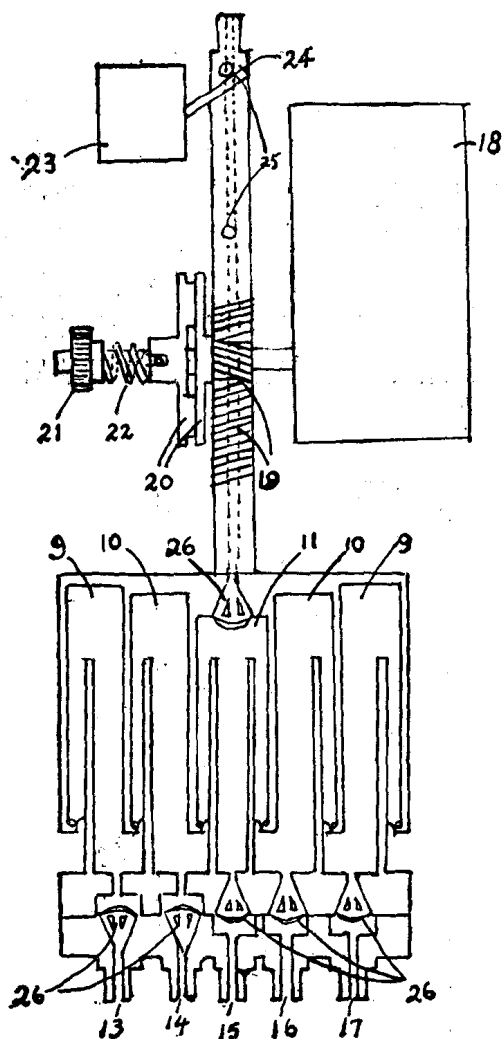


图 2

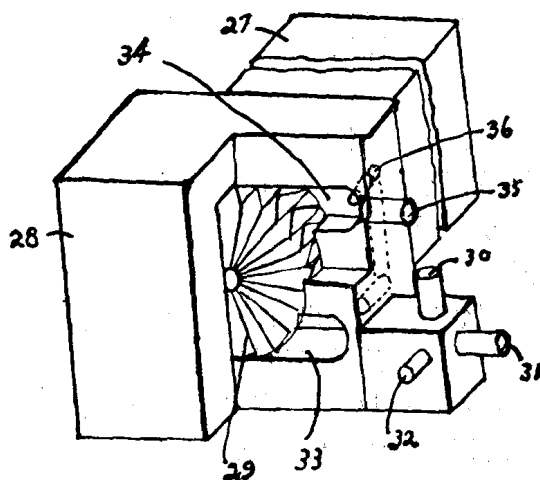


图 3

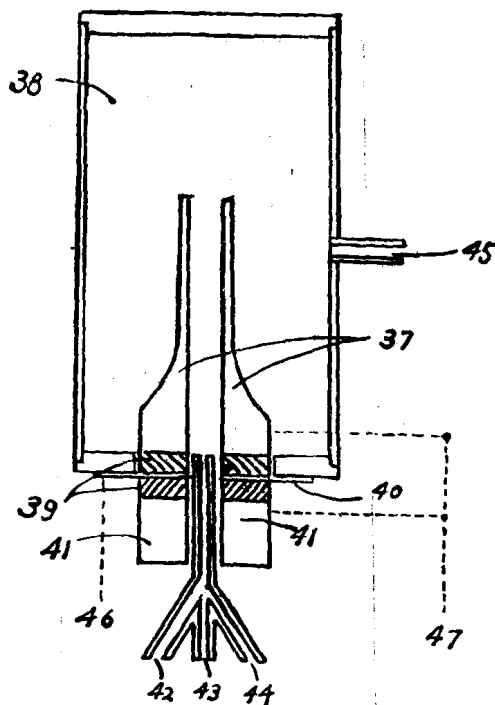


图 4

瓦特的电动机,最大的燃料流量约为3加仑/小时)。

图4示出超声波乳化装置,以图4说明乳化器的其它型式。由钛铝钒合金制成的中空二分之一波长指数式喇叭37,设在塑料制的乳化室38内。中空喇叭37用配了银的环氧树脂粘接在压电陶瓷环39上。该压电陶瓷系铅、锆、钛酸盐制成,中间夹有节状薄片40。不锈钢制的四分之一波长座块41作为音响反射器。乳化器的注入入口42、43和44与计量泵的出口15、16、17(图2)相连接。流体成分通过中空喇叭,在46、47处受到压电陶瓷环产生的超声波而发生乳化,压电陶瓷环39,因连接晶体管振荡器而振动。由于振荡器使喇叭变换器的放大率为最大。乳化器的出口,设在45的位置。

图5示出排气冷却器的一种形式。排气通过燃烧室48导入排气冷却器,在那里可以

使用一部分热量使燃烧室 49 中的冷却剂气化。该冷却剂在盘管 50 里凝结并送到蒸发盘管 51, 因此, 排气在隔膜 52 中进一步冷却。排气的凝结水通过出口 53 流入蓄水槽 1 (图 1)。

用图 6 说明计量泵和超声波乳化器的一种形式。软铁芯 54 围住螺线管 55, 当取得能量时, 它吸引软铁转子而压缩圆锥状螺旋弹簧 57。转子 56 与 3 个底部 58、59 和 60 连接, 这 3 个底部各按适应界面活性剂、燃料和水的需要量的容积比设置。流体向规定方向流动的作用是由单向阀 61、62 实现的。三个底部导管与压电换能器相连接, 燃料在那里进行乳化。乳化室 64 设有出口 65。泵按照半导体累计装置发出的重复矩形脉冲信号运转。由锥形弹簧 57 进行的转子往复运动及其长度, 根据柴油机的需要量而不同。图 6 所示的设计特点是紧凑、体积小且带有二、三个简单的移动装置。为了整个装置运转时间较长和维修方便, 可利用半导体累计装置进行运转。电路的安全动作信号可预防燃料供应和换能器操作失误动作。

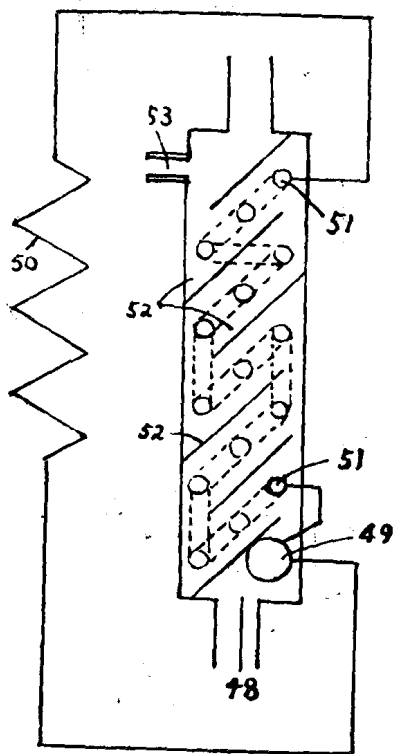


图 5

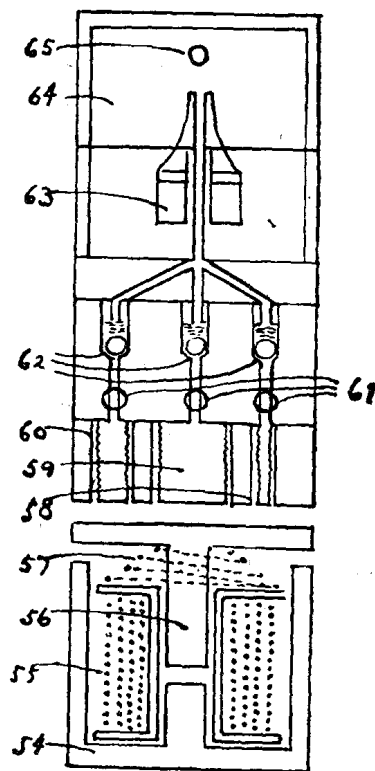


图 6

由于使用了普通检测器和数字调整信号, 自动运转的顺序如下所示。

开始的两分钟只供应燃料, 接着转换为混合燃料注入。当燃料或界面活性剂失误时, 水的供应中断, 在燃料或界面活性剂恢复供应后, 注入燃料两分钟, 计量泵的运转信号只有在超声换能器处于共振状态时才发生。当换能器发生故障时, 水的供应中断。报警灯和供水调整部分连接, 在断水两分钟后, 控制台上亮起报警灯。这种时间性调节可考虑为装置启动后一般断水的时间。

冷却换热器按普通的热处理用而设计的。

混合燃料的实例:

Span	80	1.8%
Twin	20	0.2%
水		25.0%
高辛烷值汽油		73.0%

亲油性酯和亲水性酯分别混合,其溶液通过机械乳化而成为一体。得到的混合物即使冷却到 -15°C ,也无物理分离的征状。容积为1598cc(立方厘米)的汽车发动机,使用该油液并进行了比较运转试验,其结果如下:

高辛烷值汽油	33.4 英里/加仑
上述混合燃料	36.6 英里/加仑

所谓“容积生成物”,是指燃烧时产生的气态生成物的总分子容积。

以下叙述本发明的技术范围所包括的具体内容。

1. 这是将含有微粒子水的碳氢化合物当作燃料的方法。当将一部分由柴油机燃料发出的燃烧热转换成容积生成物时,微粒子水至少由一种界面活性剂稳定在碳氢化合物的连续相中。

2. 根据1记载的方法,碳氢化合物为辛烷石油。

3. 根据1记载的方法,碳氢化合物为重油分馏成分。

4. 根据1记载的方法,碳氢化合物为石油/石蜡分馏成分。

5. 根据1~4记载的方法,界面活性剂为亲油性或亲水性。

6. 根据1~5记载的方法,界面活性剂以0.5~2.0%的浓度加入碳氢化合物和水中。

7. 根据5和6记载的方法,使界面活性剂的HLB(亲水/亲油平衡)达到4.8~5.2。

8. 向柴油机供给混合燃料的供给装置,该装置由分别供应混合燃料的三种成分(即水、碳氢化合物和界面活性剂)的部件、计量泵、乳化器和射油装置构成。计量泵按规定的容量比供应水、碳氢化合物和界面活性剂;乳化器使水分散并保持以碳氢化合物为连续相的二相混合物;射油装置则将乳化器所得的悬浮溶液向柴油机的燃烧室喷雾或喷射。

9. 8中记载的装置包括柴油机排气冷却装置和排气凝结的水再循环装置,排气凝结的水作为混合燃料的水。

10. 8和9记载的乳化器是机械式乳化器。

11. 8和9记载的乳化器是超声波乳化器。

12. 如本文所记述的那样,实质上是将柴油机产生的一部分热量进行转换的方法。

13. 如本文和图面所记述的那样,实质上是向柴油机供给燃料的装置。

图面的简单说明:

图1示出发明装置的概况,图中的1、2、3表示水、碳氢化合物和界面活性剂的贮藏槽。4为计量压力泵;5为乳化器;6为燃料注入装置;7为柴油机;8为排气冷却器。

图2示出计量泵的一种形式。图中的9、10、11分别表示盛石油、水、界面活性剂用的圆筒,12、13、14表示上述圆筒的注入口,15、16、17表示上述圆筒的出口。

图3表示机械式乳化器的一种形式。图中的27表示电动机、29表示叶片式转子。30、31和32分别表示和泵出口15、16及17相连接的吸入口,35表示出口,36表示再循

环孔。

图4表示超声波乳化器的一种形式。图中42、43和44表示水、碳氢化合物及乳化剂的注入口, 45表示出口。

图5表示排气冷却器的一种形式。48表示入口, 49表示冷却型燃烧室, 50表示盘管, 51表示蒸发盘管, 52表示隔离室, 53表示出口。

图6表示本发明的一种实际形式的装置简图。

译自日本《公开特许公报》昭50-106031号(1975.1.6)

三、声对燃烧过程的作用

[匈牙利] P. Greguss

目前,关于声对燃烧过程的影响的论述还很少,而现有的少数资料也仅限于和气体和火焰有关的方面^[1]。至于声对由液体燃料产生的火焰的作用,则迄今为止还没有进行过试验与研究。

但是,由于在各种新式设备中需要进一步提高燃烧强度,声对燃烧过程的作用显然是一个重要的课题。过去,为了稳定火焰或改变燃料的燃烧速度,曾在燃烧室中引用了强声,并且在这一方面进行了多次的研究和探讨,但是,关于声对燃烧过程的作用的机理,却至今仍未搞清楚。

1953年,索姆海吉(Somhegyi)与塔诺斯基(Tarnóczy)曾经研究了在声场作用下气体光源中火焰的形状^[2]。他们采用6~19千赫的哈特曼(Hartmann)哨,使声强达到了150分贝。从通过玻璃板对火焰的观察来看,在声场中,火焰的形状缩短了,而且扩大了,它的表面积增大至四倍。

上述作者曾试图以声能在火焰中的渗透机理来解释这一现象。他们认为,只有一小部分声能直接发生在可燃的混合物中更为适当。

1959年,我们曾试图利用声能来提高熔炉火焰的效率。当时,因为有大量材料在这类工业设备中加工,只能使用按照气体和流体动力学原理设计的声辐射器。在这种情况下,标准的哈特曼声辐射器是不适用的^[3],因为一方面它的效率太低,另一方面它的共振腔会阻塞气流。所以,我们就着手来改进我们在1954年研究过的液哨^[4]。

我们以1933年兰克(Rangue)的研究^[5]为出发点,他曾经指出,如果在恒温压强下从管中出来的气流是涡流,如图1所示。

这些气体就可以被分为两股压强较低,而温差很大的气流。希尔席(Hilseh)^[6]曾在第二次世界大战后期研究过这种现象,但他所提到的声学现象却并未引起大家注意。房尼古特(Vonnegut)^[7]曾在1954年我们进行上述研究时,描述过一种他认为没有实际意义的声源,但事实上却是按照与兰克管相同的原理设计的。他所以没有注意到这种声源的温度效应,可能是由于他不知道上述文献。

我们所研究的声燃管(AIH)是利用气流涡旋原理来产生声能的。我们曾经收集了与旋转火焰稳定器有关的气流涡旋式火焰的一切资料,但是,这些资料对声能在燃烧过程中的作用却并不重视。其中,以文献[8]所描述的系统最值得注意,它的燃烧器的喷雾元件是一个

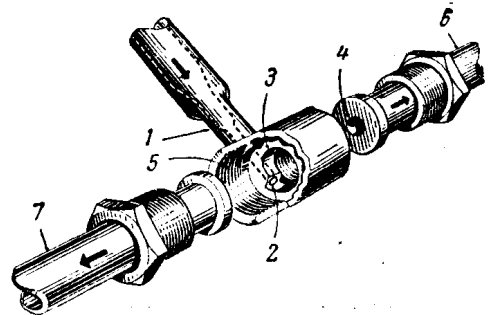


图 1

1—高压气体输送管; 2—输入孔; 3—供气涡旋的金属螺旋器; 4—由涡旋中心排出冷空气的轴孔; 5—由涡旋外部排出热空气的圆孔(为凸缘所掩蔽); 6—冷空气管; 7—热空气管

涡旋室, 与我们的声燃管的形状颇为相似。

从上述工作得到的结论是, 在这些燃烧系统中可以产生大量的声能, 因为沿着燃烧室轴向的压强降, 像在声燃管中一样, 是遵守着平方关系, 而非三次方关系的。

在设计声燃管时, 我们假定, 在压力下沿切向引入涡旋室的气体, 由于气体的旋转运动而产生的压强降, 可以用下式来表达:

$$p_x = p_0 + s_1 x - \frac{4}{3} s_2 x^3 \quad (1)$$

这个公式与提奥道日契克(Теодорчик)时间歇运动提出的公式相仿^[9]。其差别仅在于, 在间歇运动时, 温差是产生运动的原因, 而在我们的研究中, 则以压强差代替温差。由此, 则可将声辐射器当作谐振器来看待, 而假定其中有一密度为 ρ , 体积为 V 的气体, 沿着发生压强降的那一段运动。设在平衡时气体体积中的平均压强为 p_0 , 在振动时压强的瞬时值为 $p_0 + p$, 则剩余压强 p 的方程为:

$$k \left(s_1 x - \frac{4}{3} s_2 x^3 - p \right) = V \rho \beta p \quad (2)$$

在考虑到磨擦损耗 η 后, 可以得到基本微分方程:

$$\ddot{x} + 2\delta \dot{x} \omega_0^2 x + \gamma p = 0 \quad (3)$$

利用提奥道日契克的方法, 可以证明对于方程组(2)和(3), 能够得到一个相当于纯谐振的近似解:

$$x = A \sin \omega t \quad (4)$$

关于这个问题的解, 格里古斯(Greguss)曾有较详细的叙述^[10]。在本文中则仅指出, 这些方程可以说明在气室中也能产生谐振, 与气体在旋转时产生压强降的情况一样。而密度为 ρ , 体积为 V (即质量为 m) 的振动气体的压强, 也同样是谐和变化, 但具有延时 τ 。在自激时, 稳定振动的振幅可由下式求得:

$$A = \sqrt{\frac{\eta p_0 s_1 \sin \omega \tau - 2\delta \omega}{s_2 p_0 \eta \sin \omega \tau}} \quad (5)$$

也就是, 如果

$$\eta s_1 p_0 > 2\delta \omega \quad (6)$$

则将产生稳定振动, 或者说, 当时间变化满足下列关系式时:

$$\tau = \frac{T}{4}; \quad \frac{5}{4} T \quad (7)$$

可以得到最佳自激条件。

从图2所示的一种管型中的压强降来看, 计算值(叉点)与实验值(圈点)是比较相符的(图中1为相应于输出管的 τ 坐标变化区域, 2为相应于管腔处的 x 坐标变化区域), 但离开输出管愈远, 则愈不相符。不过, 由于上述观点仅适用于声辐射器的闭合系统, 这种现象显然是符合实际的; 如果在一级近似下将燃烧室作为无限空间来研究时, 则压强降的性质将显然不同。

最后还必须指出, 衰减因数永为正值, 因此声燃管是一个稳定的自振系统。

如前所述, 房尼古特认为他所描述的声源并无实用价值。但是, 在对兰克、希尔席与房尼古特的研究分析之后, 从工业上应用的观点来看, 所求得的管径与管长的关系, 是使声辐射器最有效的条件。我们在研究“流体”哨时曾指出, 如在图3中所示, 大空腔1的半径 R ,

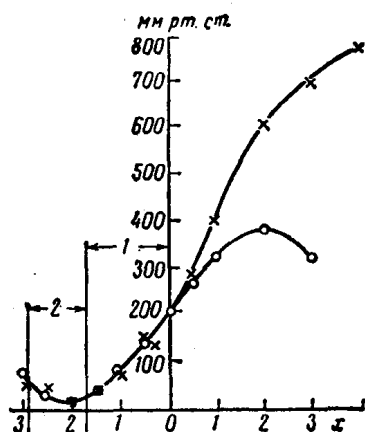


图 2

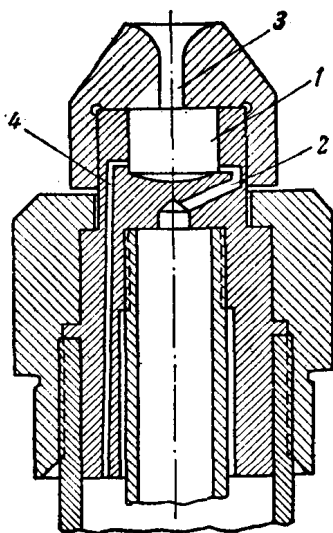


图 3

输入孔 2 的半径 $r_0^{[2,4]}$, 输出孔 3 的半径 $r_k^{[5]}$ 以及所谓“核半径” r_m 等因素之间的关系是很重要的。而所谓“核半径”, 是指由旋转运动所引起的吸入效应大部分不受影响的空间的半径。

这个关系式的形式如下:

$$R = \frac{r_0^2 r_m}{r_k^2 z} + r_0 \quad (8)$$

式中, z 是一与磨擦系数及动态粘度有关的常数, 对于较轻的液体燃料, 其数量级为 0.1。由此, 就可利用 (8) 式来选择声燃管的尺寸, 因为输入孔的半径 r_0 , 可以根据所要求的燃料消耗和压强的关系来确定, 而根据我们的研究, 则对于一般的燃料,

$$r_k - r_m \approx 7 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

我们发现, 即使不使用流线形较差或具有逆气流的稳定器, 在声燃管的工作条件下也可以得到较好的燃烧稳定性。

因此, 毫无疑问, 火焰的旋转运动本身即可提供稳定效应^[11]。不过, 我们认为, 按照我们的方法产生的声能, 则可以进一步提高燃烧的稳定性的。

坎柏尔 (Cammel) 曾指出, 在利用气流的条件下可以获得稳定的火焰。图 4 所示, 为歇菲尔 (Schaffer) 与坎柏尔^[12]所提出的稳定机构的简化模型, 其中, 1 为气流, 2 为火焰锋, 3 为指定的反应器。他们认为其中有一临界区域, 而且可以用这个小反应器来确定这一临界区域, 而火焰扩展的方向是远离这个反应器的。此外, 他们还认为, 在这个区域中所具备的条件可以决定火焰的特性。

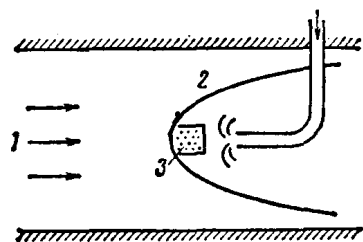


图 4

在了解声燃管的工作机构后, 我们认为, 因气流的旋转运动而产生的压强降, 可以使气流稳定, 而这个稳定气流的作用则与逆流气体相同 (其原因可能与上述在气流涡旋式火焰中的稳定效应相同)。

可以看出, 如有一周期性振动附加在这个气流上, 则此临界区域或给定的反应器必将以声燃管所确定的频率和周相进行振动。但本文所描述的声燃管是一种涡旋喷雾器, 声能是