

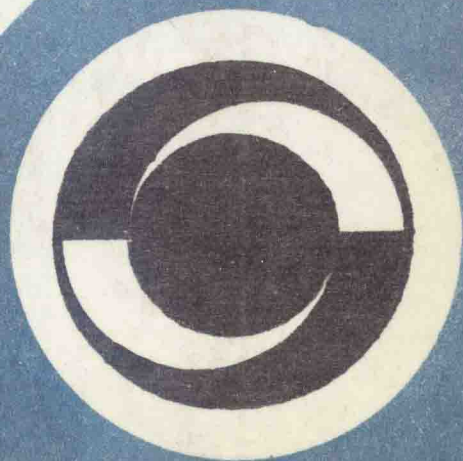
中国工程热物理学会

代用燃料技术学术会议

论文集

一九九一

厦门



目 录

1、甲醇发动机的燃烧与排放·····	徐俊鼎	(1)
2、M100甲醇燃料发动机排放性和排气净化研究 ·····	赵瑞兰 雷鹏举 彭美生	(9)
3、德国大众汽车公司M100甲醇发动机(1.781升)简介 ·····	施益纯 贺师德 何国平	(15)
4、德国大众汽车公司M100甲醇发动机及其汽油机性能 对比试验·····	施益纯 贺师德 何国平	(24)
5、东风EQ140载重汽车应用M85甲醇燃料的研究 ·····	蔡祖安 刘峥 张 华 周本善 张慧来 张聿勋	(31)
6、M85甲醇发动机的点火特性 ·····	张慧来 周本善 张聿勋 蔡祖安	(42)
7、M85甲醇发动机燃烧分析与探讨 ·····	张慧来 周本善 张聿勋 蔡祖安	(51)
8、解放牌载货汽车燃用甲醇燃料(M85)的试验研究 ·····	刘金山 刘忠长 姜立永 黄为钧 刘若南 李玉芳 谷华	(60)
9、M100甲醇发动机的进气预热研究 ·····	张锐 朱江 邢德云 潘奎润	(68)
10、M100甲醇发动机的点火提前角研究 ·····	张锐 严昀 潘奎润 翟华	(74)
11、甲醇燃料与汽油燃料的替换比研究 ·····	张锐 潘奎润 严昀 翟华	(80)
12、492M甲醇发动机起动性能试验研究 ·····	严昀 张锐 解瑞密 邢德云 潘奎润	(87)
13、492M甲醇发动机与492QA汽油发动机性能对比 ·····	严昀 翟华 解瑞密 邢德云 张锐 潘奎润	(95)
14、492M甲醇燃料发动机提高热效率的研究 ·····	翟华 邢德云 潘奎润	(101)

- 15、安装492M甲醇燃料发动机的汽车道路试验报告
..... 翟华 解瑞密 潘奎润 (114)
- 16、M100甲醇燃料组成与性能的研究 沈杉松 徐燕声 (124)
- 17、甲醇汽油的蒸发性研究
..... 刘治中 谢翔飞 梁仁锋 姚金凤 邓本章 谢前波 (138)
- 18、甲醇汽油对金属腐蚀性的初步研究
..... 刘治中 梁仁锋 谢翔飞 陈运超 姚金凤 邓本章 谢前波 (150)
- 19、提高甲醇燃料热值的途径 唐本义 刘治中 (154)
- 20、“替代石油期”与“M燃料”在研制推广中应注意的
几个问题 方震 (159)
- 21、E20乙醇汽油混合燃料的使用技术规范
..... 郑莲清 黄培启 (170)
- 22、云南边疆地区汽车利用酒精代燃的经济分析
..... 刘伟 孙博文 (176)
- 23、汽油—酒精混合燃料在汽油机上的试验研究
..... 叶淑贞 包玉英 林继淦 (179)
- 24、在用汽车燃用乙醇代用燃料的研究 王凤桐 黄宇文 (186)
- 25、直喷式柴油机电热塞助燃纯甲醇的研究 姜云 崔心存 (195)
- 26、新型甲醇着火改善剂—“AVOCET”
..... 崔心存 徐惠英 (202)
- 27、催化剂对改质甲醇柴油机性能的影响 鲍晓峰 刘泽琨 (210)
- 28、乳化油流动特性试验研究 杨兴林 程华定 (217)
- 29、野生植物油作柴油代用燃料的开发应用示范
..... 赵匡时 邓本章 (223)
- 30、我国发展汽车代用燃料的几点看法 王凤桐 (229)
- 31、论我国甲醇汽油近期的研究和应用方向
..... 刘治中 陈运超 邓本章 谢前波 (236)
- 32、发展甲醇汽油的重要性和可行性
..... 刘东 申太林 邓本章 刘治中 赵匡时 谢前波 (243)
- 33、乙醇代用燃料资源开发问题的探讨 宋传裕 (247)
- 34、巴西替代能源计划实施概况 陈乃兴 侯琦 (253)
- 35、甲醇发动机的混合气预热系统研究 谷华 刘若南 姜立永 (258)

甲醇发动机的燃烧与排放

云南工学院 徐俊鼎

摘 要

为了使甲醇发动机的经济性、动力性和排放性能,获得进一步改善,我们对甲醇发动机的燃烧过程,进行了全面试验研究。研究方法是用多缸机台架试验与单缸试验机相结合的方法。燃烧过程参数的制取是以单缸试验机为主,而甲醇发动机经济性、动力性和排放性能是以多缸机台架试验为主进行的。试验结果表明具有较好的一致性。本文仅就其点燃式甲醇发动机试验结果进行了分析、论述,并给出甲醛排放全特性。经研究认为:

1. 甲醇机热效率随燃料中甲醇所占比例的增加而提高。

2. 甲醇机排放中 CO、HC、NO_x 的成份随燃料中甲醇所占比例的增加而减少;未燃甲醇、甲醛的成份随燃料中甲醇所占比例的增加而增加。

3. 甲醇机燃烧过程的循环变动,远远小于汽油机。

一、序 论

本文综合论述了作者三个阶段的研究成果。第一阶段,是以 M15 为主试验研究了发动机的经济性、动力性及排放性能;同时对燃料中含不同比例的甲醇时,发动机热效率的变化规律进行了探讨。第二阶段是以 M100 为主,研究了发动机经济性、动力性、排放性能及起动等问题。第三个阶段,主要是进一步探索甲醇机的工作过程与汽油机工作过程的差别,引起经济性、动力性及排放性能变化的主要原因。

在试验研究甲醇机的工作过程中,特别是燃烧过程的研究中,还发现燃料本身的性质,对发动机燃烧过程的循环变动是有影响的。这就为改善点燃式发动机燃烧过程的循环变动增加了一项措施。

二、试验装置及其参数

1. 由于甲醇热值低、理论空燃比小,为保证甲醇机的空燃比与汽油机相近似,以便于对比发动机的经济性、动力性,仅对发动机燃料供给系统做了适当调整。加大化油器量孔,使化油器量孔的小时流量增大约 1 倍左右。

2. 由于甲醇蒸发潜热大、比热大,馏程单一,所以需要控制和调节混合气预热强度。本试验对多缸机进气歧管增加了换热器。

3. 甲醇辛烷值比汽油高,为发挥其优点,就需对原机压缩比提高。本次试验中因发动机结构限制,多缸机仅做了两种压缩比 ($\varepsilon=7$ 、 $\varepsilon=8$) 时的试验。

4. 试验机的主要参数。

单缸机为专用单缸试验机, 参数如表 1。

多缸机为 CA-15 型, 载货汽车发动机。其参数如表 1。

表 1 试验用机的主要参数

型 式	缸 径	冲 程	供油方式	着火方式
	(毫 米)	(毫 米)		
单缸、水冷、四冲程	82.55	114.3	化油器	电火花
六缸、水冷、四冲程	101.6	114.3	化油器	电火花

5. 本文为可比性较好, 仅用了同压缩比的数据。

三、试验结果与分析

3.1 燃烧过程的测定与分析

为深入了解燃用汽油和 M100 时, 发动机工作过程中的差异, 在单缸机上对使用这两种燃料时燃烧过程进行了测定、分析。测定是在相同压缩比、相同转速、混合气空燃比近似相同的情况下, 制取 360 个循环的数据, 按其特征参数的分布规律、平均值、瞬时值等做了多方面的对比。其结果如图 1 至图 10 及表 2 所示。

燃用甲醇、汽油都是用 22°C A (曲轴转角) 点火提前角。从图 1 及其输出的数据中可知, 着火延迟期则有较大差异。燃用汽油时为: 10°C A , 而燃用甲醇时则为: 7.5°C A , 着火延迟期甲醇机比汽油机小 2.5°C A 。这说明甲醇空气混合气比汽油空气混合气, 在空燃比、点火能量及压缩比近似相同的情况下, 甲醇空气混合气比汽油空气混合气更易被点燃。这个结果完全符合各国研究的最新成果 [1]、[2]。这主要是因为甲醇蒸汽与空气混合后需要的点火能量, 要比汽油蒸汽与空气混合气的点火能量小约 $1/3$ 的缘故。所以在相同的点火系统及点火能量情况下, 甲醇机比汽油机缺火机率小, 因此甲醇机工作可靠性要比汽油机好。同时可引起甲醇机燃料经济性、动力性及排放性能都可能比汽油机好。

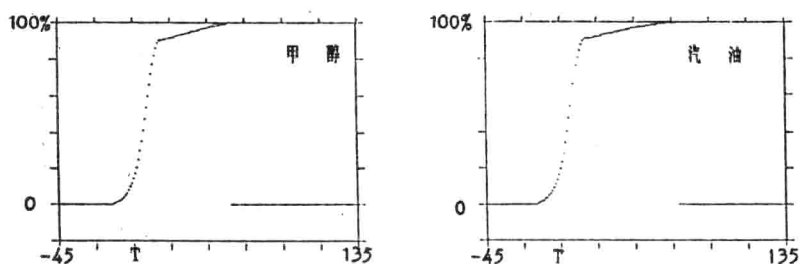


图 1. 甲醇机与汽油机放热规律的对比

还可以看出: 从着火到积放出循环能量的 10% 所对应的曲轴转角, 汽油机为 11°C A , 甲醇机为 11.5°C A ; 从积放出循环能量的 10% 到积放出循环能量的 90% 所对应的曲轴转角, 汽油机为 18°C A , 甲醇机为 17°C A 。这说明混合气主要放热阶段两种火焰传播速度基本相同, 所对应的曲轴转角也基本相同, 这主要是挠流强度相近, 甲醇机的压缩比还没有达最佳, 而是与汽油机相同 ($\varepsilon = 7$), 所以主要放热阶段火焰传播速度差别不太明显。只要甲醇机压缩比达到较佳的范围 ($\varepsilon \approx 14$), 主要放热过程就会大大改观。

从图 1 中仍可看出: 甲醇机与汽油机燃烧过程的缓燃情况 (一般认为循环热量释放出

90%之后,再释放出的热量为缓燃加热)。缓燃对应的曲轴转角,汽油机为 55°CA , 甲醇机为 43°CA , 相差 12°CA , 这说明甲醇机的缓燃状况要比汽油机大大改善。实际上甲醇机排气温度比汽油机低 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$, 这也可以说明缓燃情况的差别。

由图 2 中可以看出: 甲醇机与汽油机燃烧过程中放热速率的大小。汽油机燃烧过程中可以达到的最大放热速率为 58.02 (J/度曲轴角) , 甲醇机可达最大放热速率为 $63.54\text{ (J/}^{\circ}\text{CA)}$, 最大放热速率差为 $5.52\text{ (J/}^{\circ}\text{CA)}$, 当然放热速率还与压缩比等很多因素相关, 随着压缩比的提高、燃前混合气升温加快, 燃烧过程紊流增强、火焰传播速度提高等, 燃烧放热速率也将会提高。

同时还可以看出: 燃烧过程放热速率最高点出现的曲轴转角。汽油机为上死点后 7°CA , 甲醇机为上死点后 5°CA , 用两种不同燃料时其相差 2°CA 。

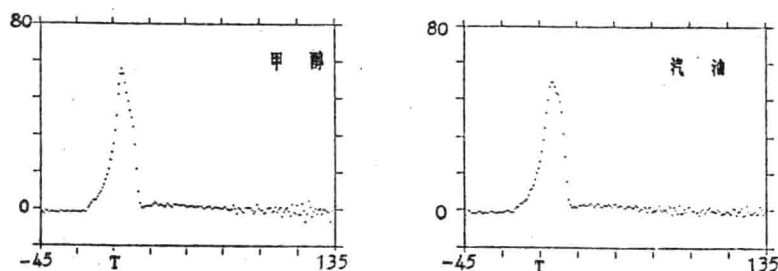


图 2. 甲醇机与汽油机燃烧过程放热速率的对比

初步分析认为: 发动机其它条件相同时, 仅仅使用不同燃料会引起燃烧过程中, 放热速率最高点对应的曲轴转角变化, 其变化的主要原因是: 两种燃料的着火延迟期不同、初始火焰核心形成速度不同、火焰传播速度等不同而引起的。而放热速率的大小, 除受发动机压缩比、燃烧过程中已燃与未燃气体的紊流强度、膨胀流动〔3〕、火焰传播速度、焰锋面大小等因素影响之外, 主要取决于燃料的性质 (如: 燃料的含氢比例、燃料的蒸发潜热、热传导系数、自燃温度、需要的点火能量大小等)。

由图 3 知: 汽油机与甲醇机的压力增长率的变化情况。汽油机最大压力增长率为 $0.166\text{ (M} \cdot \text{Pa/}^{\circ}\text{CA)}$, 对应的曲轴转角为上死点后 7°CA ; 甲醇机最大压力增长率为 $0.226\text{ (M} \cdot \text{Pa/}^{\circ}\text{CA)}$, 对应的曲轴转角为上死点后 5°CA 。

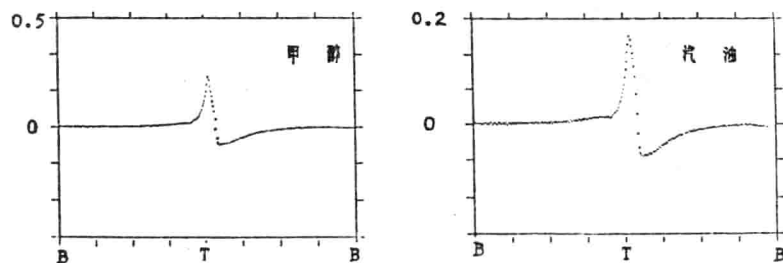


图 3. 甲醇机与汽油机压力增长率的对比

通过以上三幅图分析知: 甲醇机的燃烧速率比汽油机高。因此, 甲醇机燃烧过程可以更接近上死点完成, 使燃烧释放出的热量可以获得更大的膨胀比, 也就能更有效的转换成有效功、增大平均有效压力以及提高发动机的热效率。即甲醇机的动力性、经济性就有可能高于汽油机。

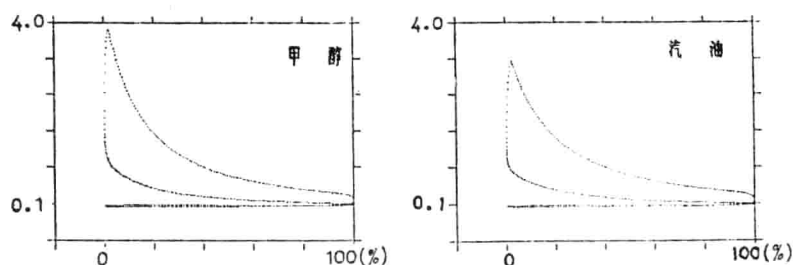


图 4. 甲醇机与汽油机的示功图

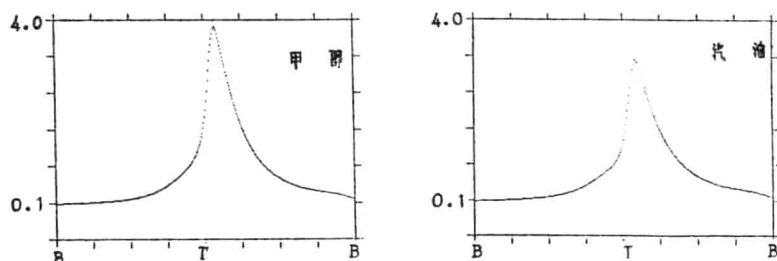


图 5. 甲醇机与汽油机展开示功图

这两种形式的示功图，是根据试验中记录的 360 个循环数据自动绘制的。从图 4、图 5 可知：循环最高压力，甲醇机为 3.787 (MPa)，其对应的曲轴转角为上死点后 14℃A；

表 2. 甲醇机和汽油机燃烧过程的主要参数

参数 燃料	循环最高压力 (M · Pa)	最高压力位置 (上死点后)	最大压力增长率 (兆帕 / 度)	最大压力增长率位置 (上死点后)	平均指示压力 (兆帕)	点火角 (上死点前)	着火延迟期 (曲轴转角)	主燃期 (曲轴转角)	补燃期 (曲轴转角)
甲醇	3.787	14℃A	0.226	5℃A	0.724	-22℃A	7.5℃A	17℃A	43℃A
汽油	3.111	16℃A	0.166	7℃A	0.669	-22℃A	11℃A	18℃A	55℃A

参数 燃料	最大放热率 (焦耳 / 度)	最大放热率位置 (上死点后)	循环最高压力值变动 (%)	循环最高压力位置变动 (℃A)	循环最高压力与相对值 (%)	循环最高压力与位置 (℃A)	最大压力增长率变动 (℃A)	最大压力增长率最高频 (℃A)	上死点后 20℃A 处压力变动	20℃A 处压力值最高频 (%)
甲醇	63.54	5℃A	96%~105%	12~17	25% (101%)	43% (14℃A)	3~8	36% (6℃A)	98%~103%	40% (101%)
汽油	58.02	7℃A	89%~107%	11~21	15% (99%)	29% (15℃A)	2~16	22% (8℃A)	96%~104%	25% (101%)

汽油机为 3.111 (MPa)，其对应的曲轴转角 16℃A。这就进一步说明甲醇机在上死点附近释放出的循环热量比汽油机多。再根据示功图围起的面积计算结果，可知两种机型示功图的平均指示压力。甲醇机为 $P_i = 0.724$ (MPa)，汽油机为 $P_i = 0.669$ (MPa)，两种机型机差 $\Delta P_i 54.3$ (KPa)。这就证实甲醇机的经济性、动力性必定比汽油机好。

图 6、图 7、图 8、图 9、图 10 都分别表示甲醇机和汽油机燃烧过程的循环变动情

况。

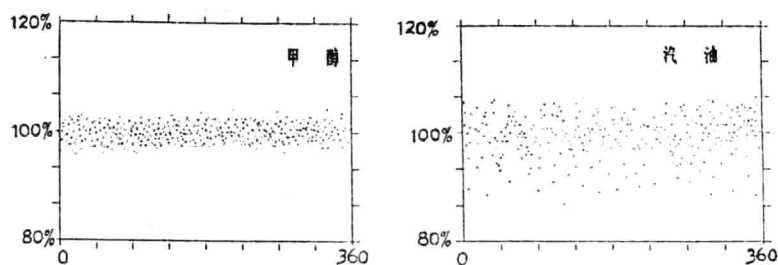


图 6.两种机型的循环最高压力变动

由图 6 知：汽油机每循环最高压力值的离散程度远远大于甲醇机。

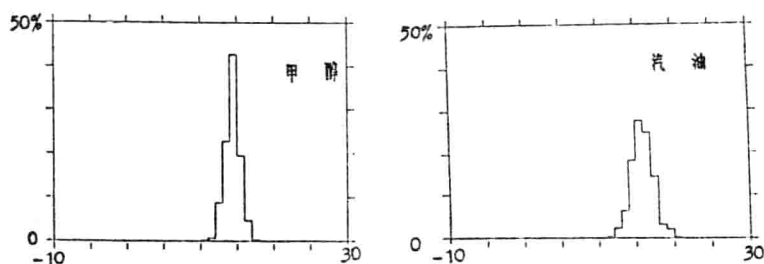


图 7.两种机型循环最高压力相对曲轴转角的变动

图 7 进一步分析出：汽油机与甲醇机每循环的最高压力，相对应曲轴转角的变动，以及在某一角度最高压力出现的频率。

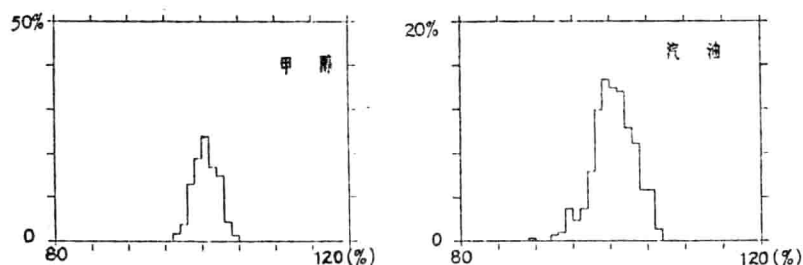


图 8.循环最高压力值相对平均最高压力的变动

由图 8 可进一步说明：汽油机与甲醇机每循环最高压力值相对平均最高压力值的变动，以及在平均最高压力的某一百分比时出现的频率。从图 6、图 7 和图 8 都说明：甲醇机每循环最高压力的变动远远小于汽油机。

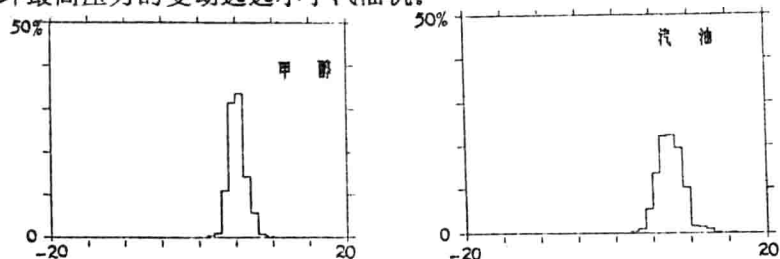


图 9.循环最大压力增长率相对曲轴转角的变动

由图 9 知：汽油机与甲醇机循环最大压力增长率相对曲轴转角的变动，以及在某一角度最大压力增长率出现的频率。

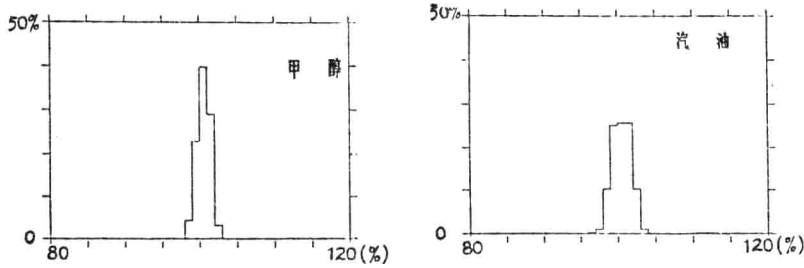


图 10. 上死点后 20℃ A 时循环压力值相对其平均压力的变动

图 10 表示：上死点后 20℃ A 处，每循环的压力值相对其平均压力的变动，以及在某一平均压力百分比时出现的频率。

以上所述是多次试验的规律。由测定结果可看出：不论从相对曲轴转角、还是相对某一确定值，或相对出现的频率，都说明甲醇机燃烧过程的循环最高压力最大压力增长率和上死点后 20℃ A 处的压力，每循环的变动都小于汽油机。这就说明：同一台发动机，用不同性质的燃料运转，其燃烧过程的循环变动是不同的。因此，燃烧过程的循环变动，不仅仅与燃烧过程初期火焰核心形成时间的随机变动有关〔4〕，也不仅仅与火花塞间隙的层流火焰速度 U_1 和第一个着火的旋流尺寸 L_1 变动有关〔5、6〕，而且还与燃料性质有关。或者说，燃料性质可以改变燃烧初期火核形成时间的随机变动，以及燃料性质可以克服 U_1 及 L_1 的变动。或者说燃料性质可以改善燃烧过程的循环变动，即用改变燃料性质的方法，去改善循环变动，也是有效措施之一。综上所述：可以确认甲醇机的平均有效压力及有效热效率都比汽油机高。甲醇机燃烧过程进展比汽油机稳定、从而使甲醇机性能稳定、工作可靠，排气中污染物的含量也可能低。

3、2、经济性、动力性和排放性能的测试与分析

3、2、1、经济性、动力性

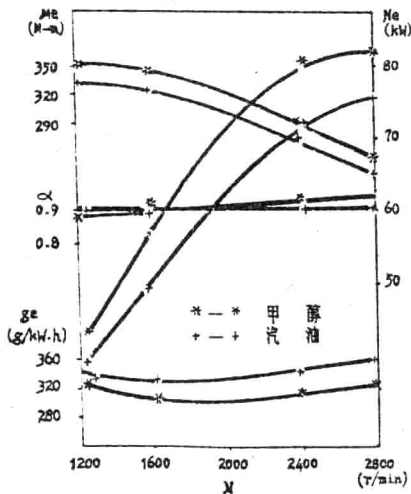


图 11. 汽油机与甲醇机的外特性曲线
发动机的经济性、动力性，在发动机

台架试验时，可直接从负荷特性以及外特性中获得。经过计算最终又体现在发动机的有效热效率 η_e （主要体现经济性）及平均有效压力 P_e （主要体现动力性）上。

以图 11 可知：甲醇机外特性最大功率提高 6%，最大扭矩提高 8.5%，最低比油耗下降 6%，部分负荷时比油耗可下降 18%（当量比油耗）。

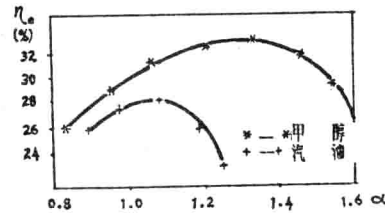


图 12. 汽油机与甲醇机的有效热效率
随空燃比的变化规律

由图 12 可知：甲醇机更适应稀混合气燃烧。燃用汽油时该机最经济混合气成份 $\alpha = 1.1$ ，燃用甲醇时最经济混合气成份 $\alpha = 1.4$ 。而甲醇机经济混合气范围大大扩大，这就为高效、低污染、高压压缩比、稀燃发动机提供了前题。燃烧稀混合气，比热比大、热分解少、燃烧产物温度低、与缸壁之间传热损失少，因此有利于提高热效率降低污染。

这一性质主要取决于燃料的燃烧特性、组成成份、压缩比及混合气形成方式等〔7〕。

由图 12 还可看出：甲醇机获得的最大

由图 13 可知：燃料中含甲醇比例不同时，发动机的有效热效率的变化。燃料中含甲醇越高时，有效热效率越高。

3、2、2 甲醇机的排放

车用汽油机的排放，组份非常复杂，对大气造成污染的主要有害气体有 CO、HC、NO_x 以及少量的醛等。因甲醇含氧 50%，燃烧较完全，所以甲醇机的排气中含 CO、HC、NO_x 比汽油机少，因此许多国家仍把甲醇燃料认为是低污染燃料〔9〕。虽然，甲醛、未燃甲醇的排放物增多，但其绝对值仍在安全值范围内。实验结果如图 14、图 15 及图 16 所示。

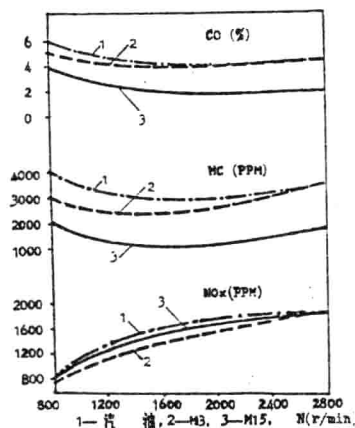


图 14.沿外特性工作 CO、HC、NO_x 的排放

由图 14 表明：发动机沿外特性工作时，CO、HC、NO_x 随燃料中含甲醇增加而下降，NO_x 基本不变。与汽油机相比 CO 下降 48%、HC 下降 39%，NO_x 基本不变。实验结果还表明，中等负荷运行

有效热效率 $\eta_e \approx 32.5\%$ ，相同工况下汽油机 $\eta_e \approx 27.6\%$ 。由试验得知甲醇机在各种工况下运行时热效率，都比汽油机高 5~18%〔8〕。

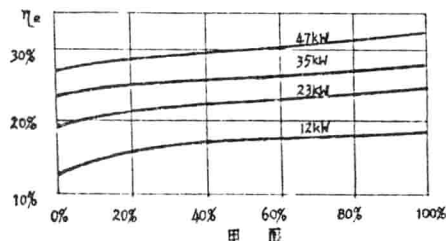


图 13.发动机有效热效率随燃料含甲醇比例的变化

时，混合燃料与汽油相比，CO、HC、基本不变，NO_x 下降 40%〔10〕

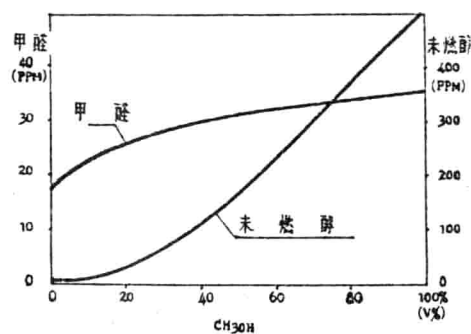


图 15.甲醛、未燃甲醇排放随燃料中含甲醇比例的变化

甲醛排放，是用分光光度比色法测定的。M15、M100 比汽油高约 3~4 倍〔10〕。但其绝对值并不高，一般为 40PPM 左右。如图 15 所示。

未燃甲醇排放，是用气相色谱法测定

的。使用 M15 时未燃甲醇约 50PP^m；使用 M100 时约为 500PP^m 左右。一般情况下是甲醇在燃料中占的比例越高，未燃醇排放量越高。如图 15 所示。

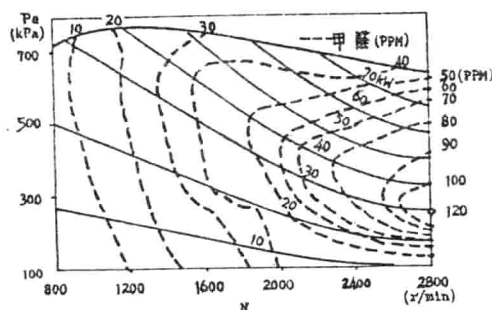


图 16. 多缸机燃用 M15 时甲醛排放全特性这些结果也与世界新成果 [11] 接

参考文献

近。

四、结 论

通过以上三个阶段的试验、研究，认为：

1. 甲醇机的有效热效率 η_e 、平均有效压力 P_e ，随燃料中甲醇比例的增加而提高。

2. 甲醇机排放中含 CO、HC、NO_x 的成份，随燃料中甲醇比例的增加而减少；含未燃醇、甲醛的成份，随燃料中甲醇比例的增加而增多。

3. 改变燃料性质，可以改善点燃式发动机燃烧过程的循环变动。

(1) 徐俊鼎等“甲醇汽油双燃料系统汽车”中国《内燃机学报》1990 年第 8 卷，第 2 期。

(2) Koda, S., etc. “Ignition Acceleration of Methanol Fuel by Addition of Active Oxidants” VIII ISAF Tokyo, Nov.13-16, 88

(3) Obakata, T., et.al., “Velocity and Turbulence Measurements in a Combustion Chamber of S.I. Engine under Motored and Firing Operations by L.D.A. with Fiber-Optic Pick-up” SAE Trans.8700166, 1987

(4) Tennekes, H., “Simple Model for the Small Scale Structure of Turbulence”, Phys Fluids 1.3 1968

(5) Gatowski, J.A., et.al., “Effects of Valve-Shrouding and Squish on Combustion in a Spark Ignition Engine” SAE Trans 850209.1985

(6) J.C.Keck, et.al., “Early Flame Development and Burning Rates in Spark Ignition Engines and Their cycle Variability” SAE Trans 870164, 1987

(7) H.Menrad, et.al., “Alkohol kraftstoffe” 1982 年出版

(8) Xu Junding, et.al., “Investigation into Application of pure Methanol as Fuel of S.I. Engines” VIII ISAF Tokyo November 13-16, 1988

(9) Niwa, K., et.al., “Feasibility Study on The Utilization of Methanol for The Automobile in Japan” VIII ISAF Tokyo November 13-16, 1988

(10) Xu Junding et.al., “Some Characteristics of Methanol-Gasoline Blend Fuel” Chinese Internal combustion Engine Engineering, Vol.9, No4, 88

(11) Hira, A.U., et.al., “A State-of-knowledge Review of the Emission Effects of Methanol Vehicles” VIII ISAF Tokyo Nov.13-16, 1988

M100甲醇燃料发动机排放性 和排气净化研究

赵瑞兰 雷鹏举 彭美生
(中国科学院生态环境研究中心)

摘要:

本文研究了燃用M100 甲醇燃料和汽油在点燃式发动机台架试验稳定工况下甲醇(CH_3OH)、甲醛(CH_2O)、HC、CO和 NO_x 的排放性。给出了不同工况两种发动机对照试验的排放结果。测定了甲醇机尾气中亚硝酸甲酯的生成。为了减少甲醇机尾气中甲醇、甲醛的排放,研制了净化催化剂,经发动机台架试验测定了对甲醇、甲醛等污染物的净化性能,获得了较满意的效果。

前言:

世界上广泛使用的石油能源已被大量地消耗。70年代初期暴发的石油危机引起了全世界的大震动。由此开始了节约石油寻找代用燃料和新能源的研究和开发。在代用燃料的开发中,甲醇和乙醇是最为简单可行的代用燃料。应用醇燃料不仅可以补充石油燃料的不足,而且还可以减少汽车尾气污染物的排放(1,2)有利于改善环境。(例如:美国执行的清洁代用燃料中,甲醇的应用占有重要位置)。

我国自80年起,开始甲醇燃料的应用开发,至1985年主要研究了甲醇与汽油混合燃料的掺烧技术(3),1986年至1990年期间,研究了M100甲醇燃料在汽油机上的应用技术(4)。本文报导了甲醇燃料在点燃式发动机上应用后的排放性及减少甲醇、甲醛排放的催化净化效果。

试验:

1. 试验对象:

492Q四冲程、水冷化油器式汽油机,压缩比7.2:1及改装后492M甲醇机。压缩比9.0:1。

燃料: M100(90%(Vol) 甲醇+10%(Vol) 汽油)和70#汽油

2. 试验方法: 对492Q和492M两种发动机选用1500rpm、2500rpm、3100rpm三种不同转速的负荷特性及空燃比调整稳定工况在台架上进行对照试验。

3. 采样及污染物的分析方法

在发动机排气管上距发动机100cm处引出五条内径为8mm采样管。甲

醇、甲醛的采样管加热维持在 $120 - 150^{\circ}\text{C}$ ，甲醇通过加热的六通阀进入色谱仪。甲醛通过大气采样器用吸收液吸收，亚硝酸甲酯用密封的玻璃注射器从排气管收集（避光）HC、CO 常温下采样。

污染物	分析方法	仪 器
HC, CO	非分散红外	RI-503AH型汽车排气分析仪（日本理研）
NO _x	化学发光法	RS-325型 氮氧化物分析仪（日本理研）
MeONO		
MeONO ₂	气相色谱法ECD测定	SC-1001型（四川仪表九厂）
CH ₂ O	AHMT比色谱	721分光光度法（上海第三分析仪器厂）

结果和讨论

图 1 为 1500rpm、2500rpm、3100rpm 三种转速的负荷特性甲醇机与汽油机 CH₃OH、CH₂O 的对照排放曲线。结果表明，两种发动机甲醇的排放相比，随转速的改变，曲线的变化规律性是一致的。其中 3100rpm 排放最低，2500rpm 排放最高。汽油机排气中甲醇含量为几个 ppm-40 多 ppm。甲醇机由于部分未燃的甲醇从尾气中排出使其排放量大大增加，约为几 + ppm-1400ppm，明显高于汽油机。

醛类是内燃机排放的重要毒物。通常在燃烧室内低温反应中形成，再就是在排气系统中形成。此外，它也受空燃比、压缩比、发动机转速、功率、点火时间等影响。对甲醇机来说未燃的甲醇在排气管里可继续氧化成甲醛，当排气管温度达 550°C 后甲醛进一步氧化，使排中的甲醛含量降低。图 1，给出的甲醛排放结果，甲醇机较汽油机高约 4 倍。

图 2 为空燃比调整 HC、CO 的排放曲线。HC 是燃料在发动机中未能燃烧或燃烧过程中的裂解产物，对四冲程发动机来说缸壁激冷是在大多数工况下排气中 HC 主要来源。通常甲醇机燃烧室的激冷层较汽油机更薄。两种发动机相比随过量空气系数的改变，HC 排放量的变化趋势相近。 $\alpha = 1.1$ 附近燃烧较为完全、排放量最低。当 $\alpha < 1.1$ 时混合比较浓燃烧不完全，因而会使 HC 排放升高。图 2 中甲醇机与汽油机相比 HC 降低约 15%。

CO 是燃烧过程中燃料不完全氧化的产物，CO 的产生受空燃比影响较大。当 $\alpha > 1$ 时燃烧所需的 O₂ 充足，一般 CO 排放较低，甲醇机与汽油机相比，两者相近。在 $\alpha < 1$ 时，甲醇机稍高于汽油机。

NO_x 是发动机排放的重要污染物，它在光化学烟雾的形成中扮演重要角色。减少其排放对改善汽车尾气对大气的污染很有意义。

图 3 为 NO_x 甲醇机与汽油机负荷特性对照排放曲线。甲醇机与汽油机相比有明显降低。这是因为甲醇机燃烧室的温度低于汽油机。NO_x 包括 NO 和 NO₂。在内燃机尾气中 NO 占绝大多数。NO 是燃烧室内高温燃烧产物，因而排气中 NO 的含量主要受燃烧室温度的制约。

图 4，为空燃比调整甲醇机与汽油机的 NO_x 对照排放曲线，在峰值附近甲醇机较汽油机低约 15% 左右。

试验还测定了发动机尾气中的亚硝酸甲酯和硝酸甲酯。结果表明，刚从排气管取出的样品亚硝酸甲酯的量只有几个—十几个 ppm，随着样品放置时间的加长其含量逐渐增大，到一定时间趋于平衡，这时可达几百 ppm。硝酸甲酯的量很低只有几十个 ppb。图 5 为甲醇机尾气中亚硝酸甲酯含量与放置时间的关系图。

上述结果表明，甲醇机与汽油机相比，甲醇、甲醛的排放均有增加。甲醛的毒性较强。为降低其排放，采用催化方法处理甲醇机尾气将是有效的方法。

催化净化处理发动机尾气

首先在实验室里对单金属 Pd、Ag 催化剂， ABO_3 及 ABO_3+Pd 催化剂以及双金属 Pd/Ag 等催化剂作了全面的筛选，结果是 Pd、Ag 等催化剂在 CO 存在情况下活性明显下降，只有 Pd/Ag 双金属催化剂的活性不受其影响。在空速为 $82000h^{-1}$ 的条件下连续考察 100 多小时，其活性没有发生什么变化。

甲醇催化氧化过程中，往往出现较多的部分氧化物如甲醛、甲酸甲酯等，Pd/Ag 催化剂对甲醇氧化的高选择性基本解决了这一问题。 CH_2O 生成量很少，并随着反应温度的升高而很快消失。（见图 7）。在实验室研究的基础上针对 492 M 甲醇机设计和加工了催化与消声为一体的金属箱体，内装 3.4L 整体形催化剂，载体为蜂窝陶瓷体，而后在发动机台架进行了催化净化性能测定，结果如表 1。

表 1 M-1 型净化消声器对甲醇机排气的净化性能

发动机工况		对污染物的净化率 (%)				
		CH_3OH	CH_2O	$MeONO$	HC	CO
负 荷 特 性	1500(rpm)	90	86	/	/	/
	2000	89	85	/	/	19
	2500	89	91	83	17	/
外 特 性		91	77	83	57	/
空燃比调整		90	70	/	58	73
怠 速		99	86	/	70	45

表 1 中的数据表明对甲醇的净化率达 90%，甲醛的净化率为 85% 左右，其排放水平接近汽油机。对 HC、CO、 $MeONO$ 也有一定的净化效果。

小结

燃用 M100 甲醇燃料的 492 M 甲醇机与燃用汽油的 492 Q 汽油机经台架对照试验得到 492 M 甲醇机与 492 Q 汽油机 CO 的排放水平相近，HC、 NO_x 的排放降低，尤其是 NO_x 排放的降低对减少大气污染改善环境很有意义。但是，甲醇机较汽油机甲醇、甲醛的排放增大。为此对甲醇机尾气采用了催化

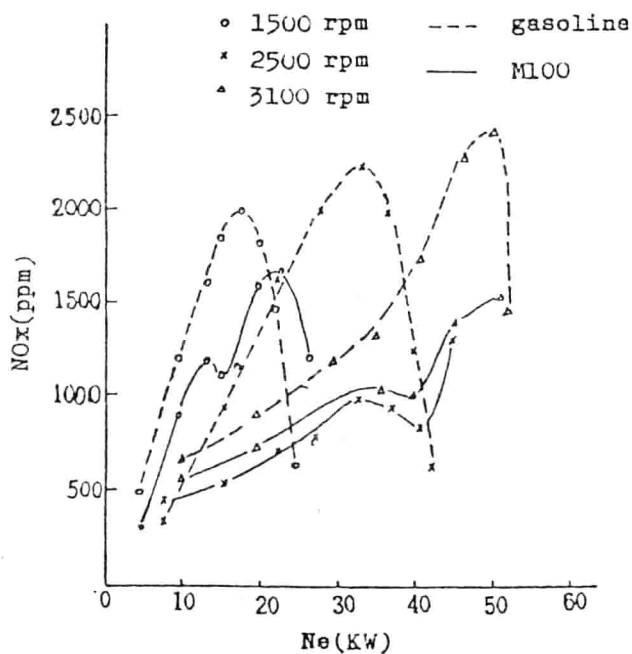


Fig. 3. NO_x emission in relation to the engine load.

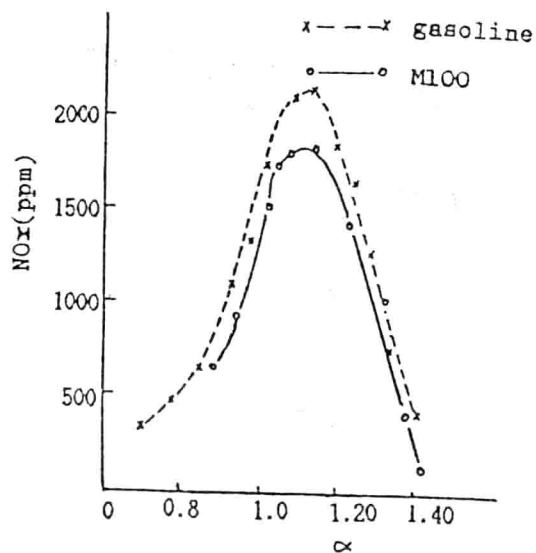


Fig. 4. NO_x emission in relation to the air-fuel ratio.

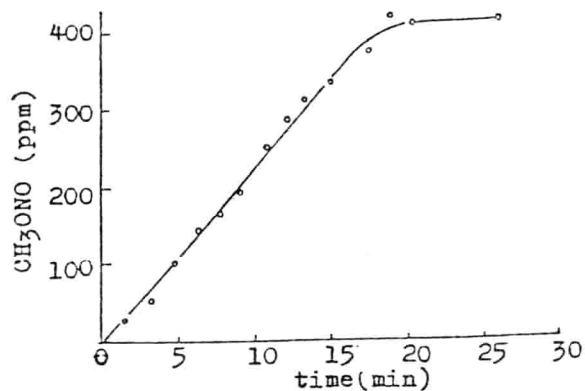


Fig. 5. Formation of CH_3ONO in exhaust gases from methanol engine

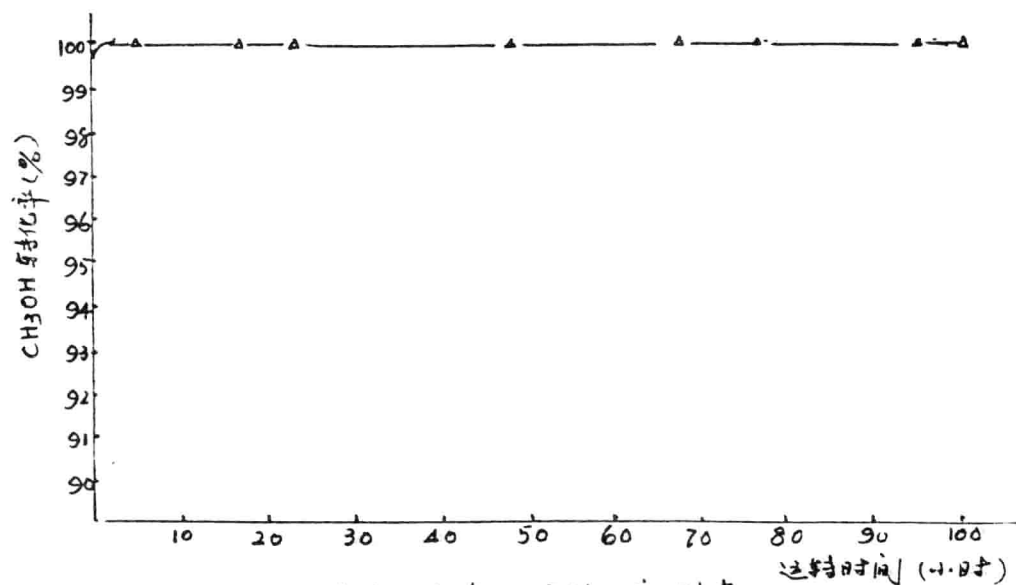


图6 催化剂寿命试验甲醇转化率测定

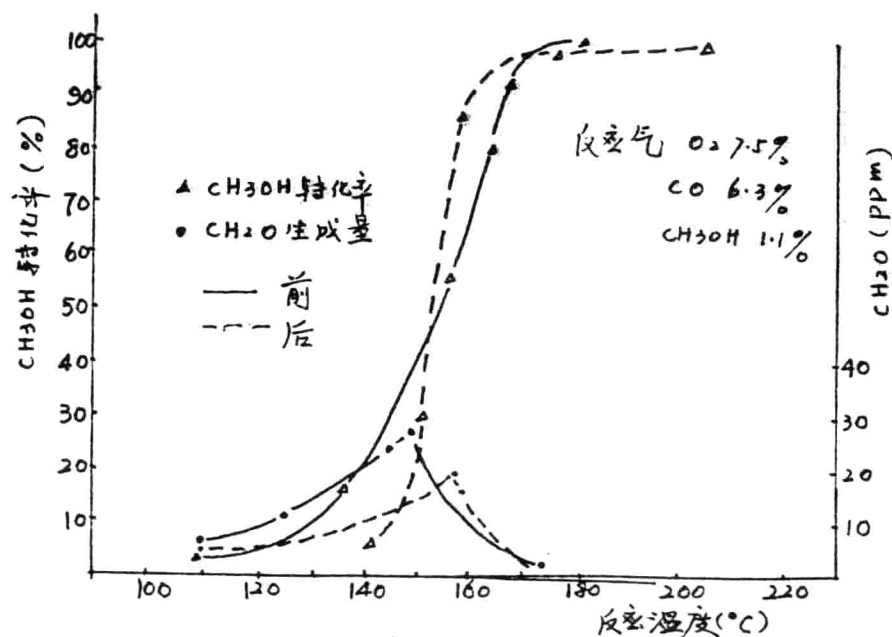


图7. 在630°C下连续工作100小时后 Pa/Ag 催化剂活性

净化处理，其效果明显，净化后的甲醇机尾气中的甲醇、甲醛的排放可达到汽油机的水平，并对HC、CO、MeONO也有一定净化效果。

参考文献

- (1) Holger Menrad, Winfried Bernhade, and Gerd Decker
SEA-881196
- (2) Zhao Ruilan, Liu Xiulan and Bai Naibin; Proc. of VII. Int. Sym. on Alcohol technology, 644, 1986.
- (3) 王风桐, 赵瑞兰等 国家七五攻关项目鉴定资料 1985.11.
- (4) 潘奎润, 贺师德, 赵瑞兰等 国家八五攻关项目资料 1991.6.
- (5) McCabe, R. W. and Mitchell, P. T.; J of catalysis 103, 419 1987.
- (6) Zhou, Z. X. and Lai B. J.; Environ. Sci(Chinese) 8,(2), 39 1987.

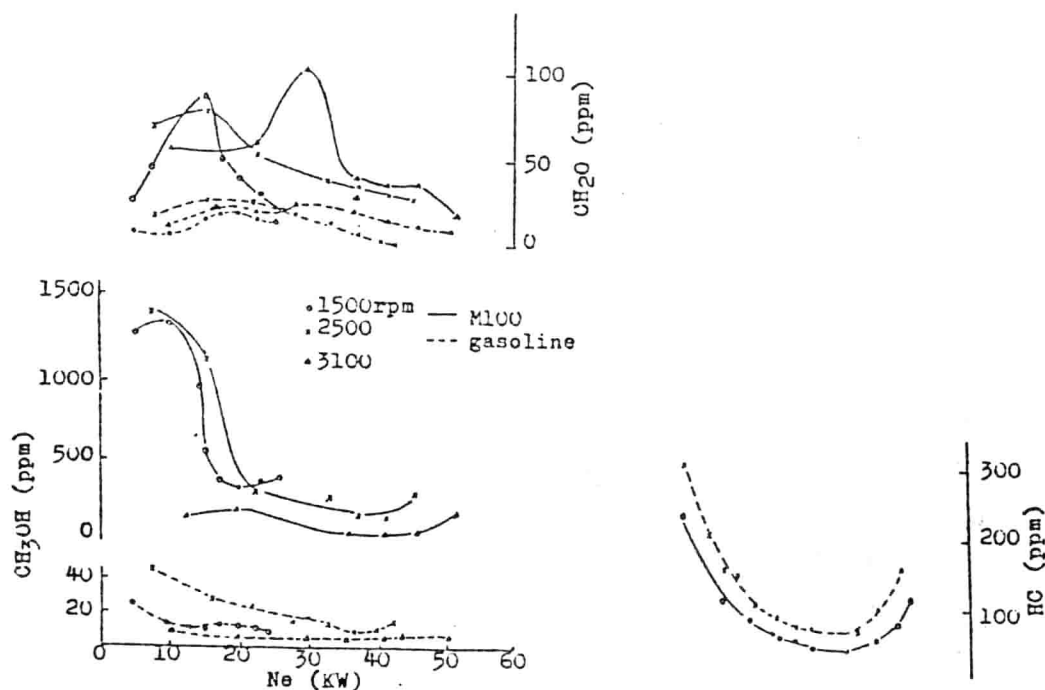


Fig.1. CH_3OH , CH_2O emission in relation to the engine load.

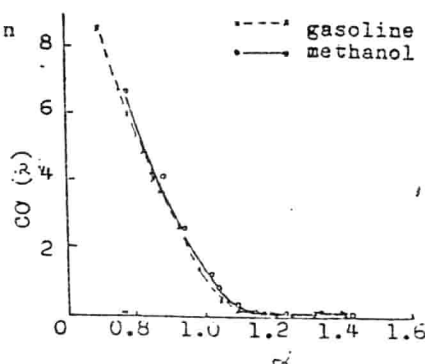


Fig.2. HC, CO emission in relation to the air-fuel ratio.