

甲醇在柴油机上的应用

中国汽车
工业公司

重庆重型汽车研究所

汽 车 资 料

(1985年第3期总第120期)

编辑出版发行: 重庆重型汽车研究所
《汽车资料》编辑部

通讯地址: 重 庆 市 双 桥 区
印 刷: 重 庆 市 印 制 一 厂

出 版 时 间: 一 九 八 五 年 六 月 三 十 日

本期责任编辑: 刘 进

内 容 简 介

本文概略介绍了柴油、甲醇的主要性能指标以及柴油、甲醇和两者掺烧时，作为柴油机燃料在基本性能方面存在的差异。

此外，根据国外柴油机上使用甲醇的试验研究报告，将各种使用方案归纳为四大类，分别就每一方案的原理、试验结果及结论作了较为详细的介绍。

据此，可以了解国外在甲醇作为柴油机代用燃料方面所做的工作以及尚存在的问题，以供我国有关人员参考。

目 录

一、前 言	(1)
二、甲醇、汽油和柴油的主要性能 指标比较	(1)
三、柴油机使用甲醇代用燃料的各种 方案	(7)
(一) 甲醇和柴油分别由两个喷油 系统喷入燃烧室	(7)
(二) 甲醇和柴油由同一个喷油器 喷入燃烧室	(18)
(三) 甲醇随空气进入气缸, 柴油由 喷油器喷入燃烧室	(45)
(四) 甲醇完全取代柴油; 直接 喷入燃烧室	(56)
四、各种方案的评价	(61)

甲醇在柴油机上的应用

本所综合技术研究室工程师 朱发骥

一、前 言

我国是一个产煤大国，燃料甲醇可以用煤作原料。在我国汽车工业大发展的形势下，发展以煤为原料的燃料甲醇工业，并以此作为我国内燃机用燃料的一项长远政策，将具有重要的战略意义。

甲醇作为车用汽油机代用燃料的基础性研究，目前已告一段落。其明显的标志是：美国和欧洲一些地区在车用汽油机上使用醇已进入商用阶段；近年来发表的甲醇作为汽油机代用燃料的论文大部分属于提高性的，如对排放的研究，其深度不亚于目前使用的汽油。但是，甲醇作为柴油机的代用燃料，还有不少问题仍在研究之中。

二、甲醇、汽油和柴油的主要性能指标比较

下列各表列出了甲醇、汽油和柴油的主要性能指标，由于资料来源不一，数据稍有出入。

由下列各表可以看出，甲醇作为内燃机的燃料，其主要性能指标与汽油相近，而与柴油则迥然不同。就最主要的辛

表 1

性能指标	单 位	甲 醇	汽 油	柴 油
低热值	千焦/公斤	19910	43960	42330
	千焦/升	15860	32050	36225
汽化热	千焦/公斤	1100	350	270
燃料汽化、理论混合 比时的温度降	摄 氏 度	165	20	15
理论空燃比	公斤空气/公斤燃料	6.4	14.7	14.7

资料来源[1]

表 2

性能指标	单 位	甲 醇	乙 醇	汽 油	柴 油
液态密度	公斤/米 ³	796	794	700—780	830
沸 点	摄 氏 度	65	78	30—225	180—330
闪 点	摄 氏 度	11	21	-45	75
自燃温度	摄 氏 度	470	420	220—260	200—220
低 热 值	百万焦耳/公斤	19.7	27.0	44.0	42.8
汽 化 热	千焦耳/公斤	1100	840	350	300
粘度(20℃)	厘 泊	0.60	1.2	0.29	3.9
理论空燃比	公斤空气/公斤 燃 料	6.4	9.0	14.7	14.6
辛 烷 值	道 路 法	106—108	106—108	91—105	30
十六烧值		3	8	0—10	50

资料来源[2]

表 3

性能指标	单 位	甲 醇	柴油DF-2
密度(60°F)	克/毫升	0.796	0.817
低 热 值	英热单位/磅	8580	18500
	英热单位/加仑	56970	126100
十六烷值		0	55
理论空燃比		0.155	0.067

资料来源[3]

表 4

性能指标	单 位	甲 醇	柴 油
液态密度	公斤/米 ³	796	852
沸 点	摄氏 度	65	188—342
闪 点	摄氏 度	11	58
低 热 值	百万焦耳/公斤	19.7	42.8
	百万焦耳/升	15.7	36.5
汽 化 热	千焦耳/公斤	1100	300
理论空燃比	公斤空气/公斤燃料	6.4	14.6
十六烷值		3	45

资料来源[4]

烷值和十六烷值而言，甲醇的辛烷值略高于汽油，而十六烷值仅为0—3，远低于柴油。所以从点火式发动机对燃料的抗爆性要求来看甲醇还略优于汽油，但是，就其发火品质而言是不符合压燃式发动机对燃料发火性的基本要求的。仅此也不难看出，甲醇作为内燃机的代用燃料首先在汽油机上得到突破的原因。

表 5

性能指标	单 位	甲 醇	柴 油
密度(20℃)	公斤/米 ³	792	830
低 热 值	千焦耳/公斤	19480	42730
运动粘度(20℃)	厘 沲	0.75	5.9
表面张力	牛顿/米	0.0226	0.0290
闪 点	摄 氏 度	9	60
理论空燃比	公斤空气/公斤燃料	6.45	14.3
十六烷值		—	最小40
辛 烷 值	道路法/马达法	112/91	—

资料来源[5]

现针对压燃式发动机的特点,从以下四个主要性能指标分析甲醇与柴油的差异,进而探讨柴油机使用甲醇(纯醇或甲醇柴油掺烧)存在的问题。

1、理论空燃比

柴油 柴油理论空燃比为15,但柴油机的局部扩散燃烧并不要求燃料按其理论空燃比形成匀质混合气。在整个负荷范围内,考虑到完全燃烧及排放等因素,一般空燃比为20(全负荷时)至100(怠速时)。

甲醇 甲醇理论空燃比为6.4,因为柴油空气理论配比的混合气与甲醇空气理论配比的混合气热值相近,所以单独使用甲醇要求得到与使用柴油时相同的输出功率。在相同的进气量下,甲醇的输入量按重量计应为柴油的2.3倍,按体积计应为柴油的2.5倍。因此柴油机在使用甲醇时,其燃油计量系统应作相应的变动。

甲醇柴油掺烧 因为按体积计甲醇的热值仅为柴油的40%，所以不改变供油系统，以乳化液方式掺烧甲醇会使功率下降；以其它方式掺烧甲醇，如将甲醇输入进气充量，则可利用过量空气，有可能增加输出功率。

2. 挥发性和汽化热

柴油 柴油机对柴油挥发性的要求不象点火式发动机对燃料挥发性的要求那样严格。但是燃料喷射后，燃料的汽化热对空气燃料混合气的温度影响很大。柴油汽化热低，理论空燃比条件下汽化时混合气温度下降仅15℃左右。因为柴油机燃料喷入空气后的滞燃期对温度很敏感，所以汽化热是压燃式发动机燃料的一个重要性能指标。

甲醇 甲醇在室温下具有低的蒸汽压，但汽化热极高。理论空燃比条件下汽化时混合气温度下降达165℃，远超过柴油。因为压燃式发动机要靠燃料喷入与空气混合后快速着火，而混合气温度剧降将致使滞燃期增加，所以使用甲醇时须特别注意这个问题。

甲醇柴油掺烧 甲醇的高汽化热问题随着甲醇掺烧量的减少而减小。但是对于不同的掺烧方式，甲醇汽化热的影响是不同的。如采用20%甲醇的乳化液时，可不改变发动机的结构。当30%甲醇随空气进入气缸时，也无须采用进气加热或增大压缩比等方法来补偿甲醇高汽化热的影响。

3. 十六烷值

柴油 十六烷值用以衡量燃料喷入发动机后在被压缩加热的空气中快速自燃的能力。十六烷值高，则发火性好，滞

燃期短，柴油机的敲击倾向小。通常柴油的十六烷值为40—55。

甲醇 甲醇的十六烷值极低，通常为0—3，这表明甲醇在柴油机中很难自燃。为提高十六烷值，可以在甲醇中加入十六烷值增进剂，但增进剂价格昂贵，且对排放不利。

甲醇柴油掺烧 当采用甲醇柴油乳化液时，如含20%甲醇（按体积计）的乳化液，其十六烷值从柴油的45降至30。当甲醇随空气进入气缸时，一般来说要增加喷入柴油的滞燃期，但这也随甲醇的形态不同而不同。如甲醇为雾状粒子则影响大，如已是汽化的甲醇则无影响。在吸入的甲醇中加入十六烷值增进剂可缩短滞燃期，但在喷入的柴油中加入增进剂则作用较小。

4. 材料的相容性及磨损

柴油 柴油是一种良好的润滑剂，与柴油机供油系的零部件是相容的。但被柴油燃烧过程污染了的润滑油应按时更换，以减少发动机的磨损。

甲醇 纯醇的润滑性极差，会加速柴油机供油系及有关零部件的磨损。但这个问题可以通过在其中加入润滑添加剂（如加入1%蓖麻油）予以解决。甲醇对发动机磨损的影响尚在研究中。

甲醇柴油掺烧 使汽化的甲醇随空气进入气缸，不会引起柴油机供油系加速磨损的问题。但使用乳化液或双喷系统还有待研究，至今一些结论还不够充分。

由上述可见，作为压燃式发动机的燃料，由于甲醇或甲醇柴油掺烧时燃料的一些基本性能指标不同于柴油，因而产生了不少问题。为了解决这些问题，各国的研究人员进行了

多方面的探索研究，制订出多种方案。各种方案的基本出发点和最终目标是：

- 减少对石油燃料的依赖性，研究发动机对多种代用燃料的适应性，尽可能提高代用燃料的掺烧量；

- 使用代用燃料后，与现有柴油机相比，动力性和经济性均不下降；

- 尽量保持现有发动机的结构（绝大多数人的意见），但也有一种意见认为可为代用燃料设计专门结构的发动机；

- 满足排放及噪声法规的要求。

三、柴油机使用甲醇代用燃料 的各种方案

目前，柴油机上使用甲醇代用燃料的方案可以归纳为四大类：甲醇和柴油分别由两个喷油系统喷入燃烧室；甲醇和柴油由同一个喷油器喷入燃烧室；甲醇随空气进入气缸，柴油由喷油器喷入燃烧室；甲醇完全取代柴油，直接喷入燃烧室（见图1）。

（一） 甲醇和柴油分别由两个喷油系统 喷入燃烧室（图1a）

1. 采用双喷系统

所谓双喷系统，即两个燃料喷射系统，一个喷射引燃柴油，一个喷射甲醇（主燃料）^[2-4-6-8]，见图2。

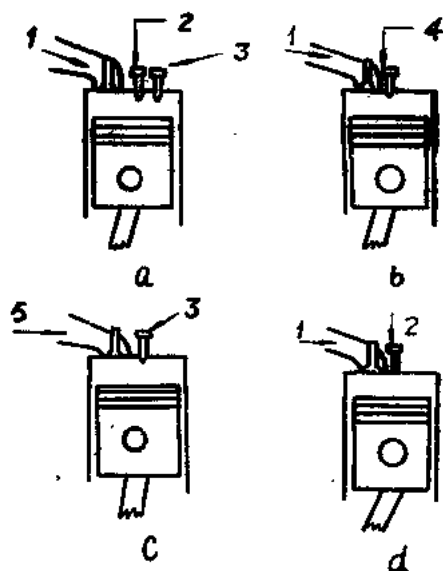


图1 柴油机使用甲醇的方案

1.空气 2.甲醇 3.柴油 4.甲醇和柴油 5.甲醇和空气

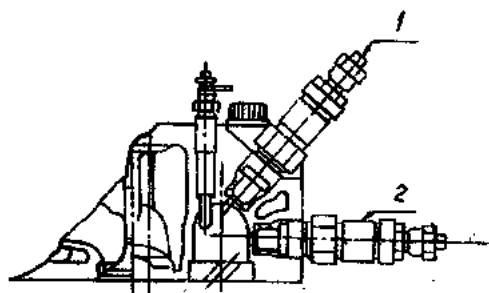


图2 双喷系统

1.连接柴油喷油泵 2.连接甲醇喷射泵

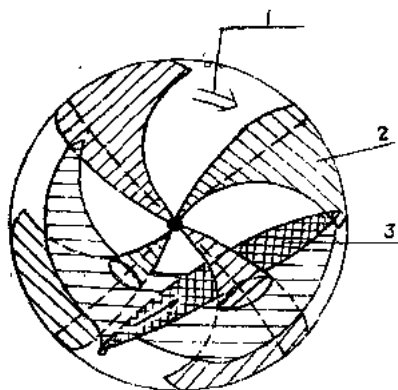


图3 双喷系统工作原理

1. 空气涡流 2. 甲醇主燃料 3. 柴油引燃燃料

(1) 工作原理

柴油十六烷值很高(40—50)，而甲醇仅为0—3，发火性能不能满足柴油机压燃的需要，为此采用双喷系统。

在瑞典沃尔沃 TD-100A 车用柴油机双喷系统中，引燃柴油由分配式喷射泵喷射，并由单孔喷咀喷向燃烧室外沿；主燃料甲醇则由直列式喷射泵及位于燃烧室中央的四孔喷咀喷成四个喷束，以保证必要的喷射量。甲醇的喷射提前角为上止点前 19° ，引燃柴油的喷射提前角为上止点前 34° 。所以在大量的甲醇喷入之前，引燃柴油已被压燃。低负荷时，为保持稳定运转，仅喷射柴油。冷起动时要求对进气进行预热，起动前后各预热50秒钟，起动和暖车期间也只喷射柴油。根据不同的负荷，双喷系统甲醇掺烧率^①可达70—85%。

① 本文中若未作说明，甲醇掺烧率按下式计算：

$$\text{甲醇掺烧率} = \frac{\text{甲醇(体积)}}{\text{甲醇(体积)} + \text{柴油(体积)}} \times 100\% \quad \text{——作者注}$$

(2) 试验结果

① 沃尔沃公司对TD-100A (其参数列于表6) 双喷系

表6

缸径×行程	120.65×140毫米
排量	9.6升
压缩比	15
最大功率	250马力/2200转/分
最大扭矩	915牛顿米/1400转/分

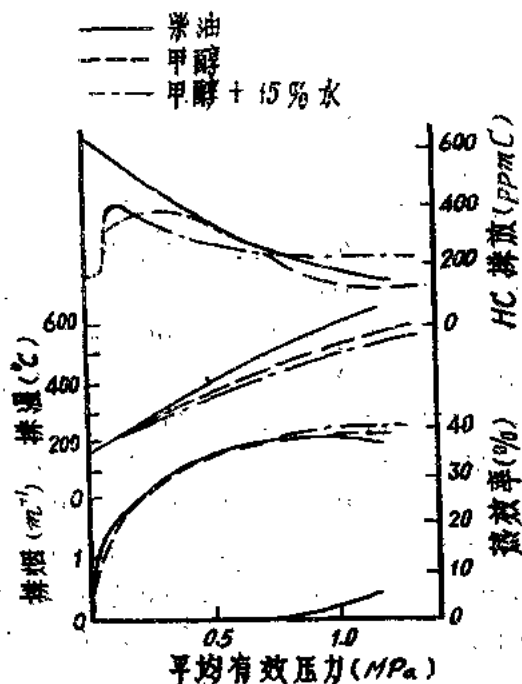


图4 负荷特性 (转速为1500转/分)

统进行了试验。台架试验结果如图4所示。

双喷系统柴油机与普通柴油机相比，热效率相近或更高，排气温度低且无烟，低负荷时 HC排放量明显减少。

表7为对装用双喷系统的柴油车进行的3万公里道路行驶试验的结果。

表 7

运 输 类 型	燃料消耗(升/百公里): 柴油/甲醇	甲醇掺烧率(%): 体积计/能量计
长途运输, 总重22吨	8/85	91%/82%
长途运输, 空载	7/47	87%/75%
城市运输, 空载	12/68	85%/72%

双喷系统的耐久性试验已在台架上进行了两个1000小时的试验循环。

第一个循环中仅发现喷油器针阀与弹簧圈之间磨损严重，针阀开启压力从14.7兆帕降到4.1—11.8兆帕；第二个循环中甲醇里没有加蓖麻油，试图采用其它方法解决喷油器的磨损问题，但未取得成效。

② 西德道依茨公司以V8空冷F8L413双喷系统柴油机（缸径125毫米，行程130毫米）进行试验。柴油喷射泵为鲍许A型泵（10毫升/循环），甲醇喷射泵为鲍许P型泵（200毫升/循环）。

五辆玛鲁斯一道依茨清洁车在西柏林进行使用试验，F8L413发动机功率为188千瓦，百公里燃料消耗为93.5升/百公里。按柴油热值折算，相当于柴油百公里油耗41升/百公里。润滑油油耗为0.17升/百公里。

③ 日本汽车研究所对双喷系统柴油机进行了台架试验和道路试验。试验用发动机的参数见表8。台架试验结果见图5、6。

表 8

发动机型式	水冷、四行程、涡流室式	
气缸数, 缸径×行程	4, 105×110毫米	
排 量	3.298升	
压 缩 比	19.5	
喷射泵: 柴油 甲醇	双喷系统柴油机 PE4K70 PE4A95	普通柴油机 PE4A75
喷油咀: 柴油 甲醇	DNOSD DN4SD	DN4SD
调速器: 柴油 甲醇	全程调速器 全程调速器	两极调速器

双喷系统甲醇掺烧率为77—93.5%，热效率、比燃料消耗、高速时的有效功率略低于柴油机，CO排放高于柴油机，

表 9

	最高车速 (公里/小时)	0→400米 加速时间(秒)	0→1000米 加速时间(秒)
双喷系统	101.0	28.5	53.3
柴 油 车	107.7	26.6	50.9

	油耗里程 (公里/升)	NO _x (克/公里)	HC (克/公里)	CO (克/公里)
双喷系统	6.44	1.19	0.138	2.62
柴 油 车	7.06	2.69	0.302	1.04

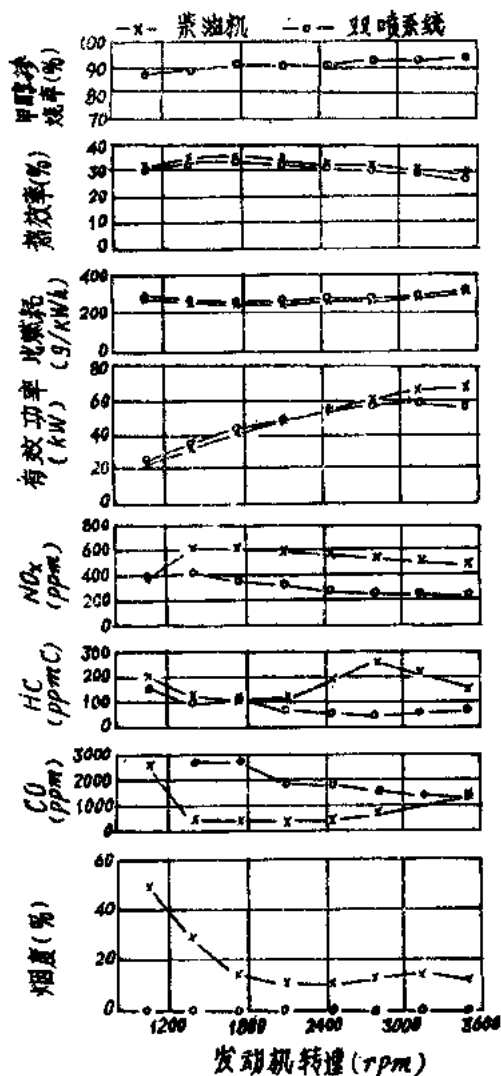


图5 外特性

·试验条件: 全负荷, 喷射提前角: 柴油8°, 甲醇7°.