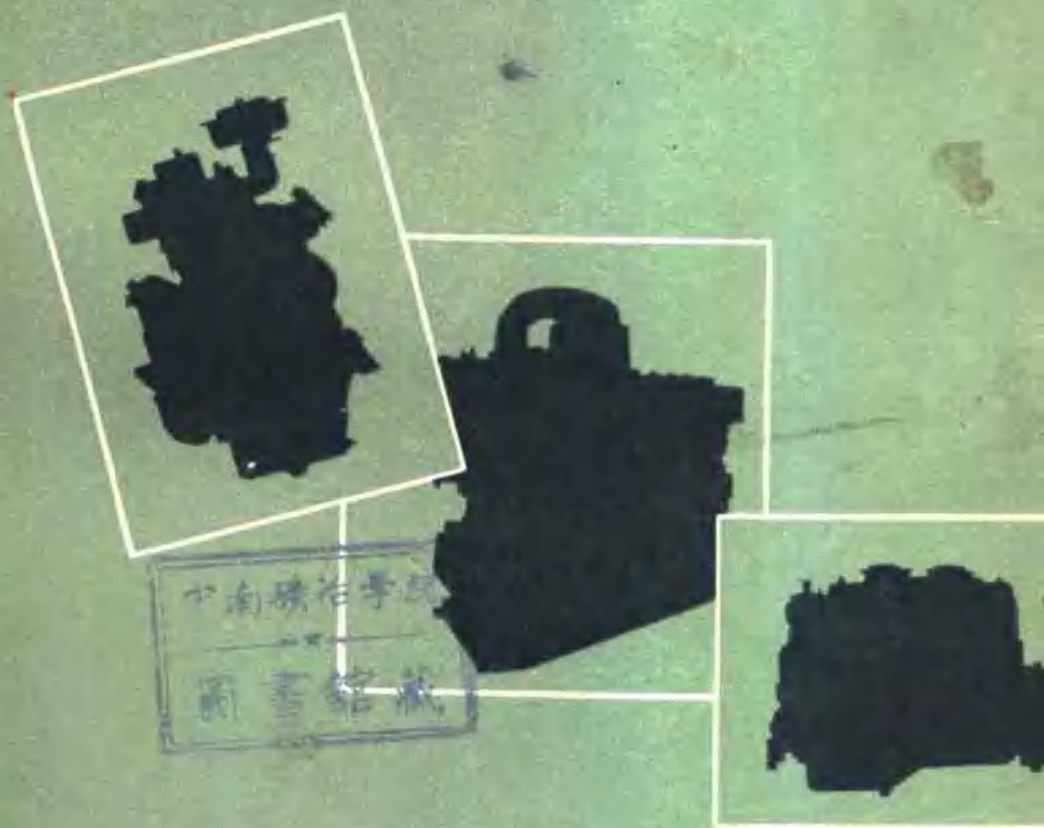


235324

多种燃料发动机

农业机械部内燃机研究所编



上海市科学技术编译馆

多种燃料发动机

农业机械部内燃机研究所編

*

上海市科学技术編譯館出版发行

(上海南昌路59号)

商务印书館上海厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 7 2/16 字数 230,000

1964年8月第1版 1964年8月第1次印刷

印数 1—8,000

編 号 : 6058·164

定 价 : 0.40 元

(内 部 发 行)

目 录

多种燃料发动机的发展·····	[英国] G. K. Martlew ····	(1)
英国多种燃料发动机发展近况的简介·····		(26)
国外的多种燃料发动机·····	[苏联] O. II. Пономарев·····	(30)
国外多种燃料发动机的試驗研究·····		(37)
部分排气回流的 MAN-M 型多种燃料发动机·····	[西德] E. Mühlberg ····	(47)
一台多种燃料发动机的經驗·····	[美国] W. F. Isley·····	(64)
多种燃料发动机·····		(71)
“M”过程的动力学解釋·····	[苏联] A. C. Соколик·····	(75)
克虏伯 (Krupp) 二冲程柴油机使用不同燃料 时的的工作过程·····	[西德] Hardy Rost ····	(82)
GM 柴油机可以方便地改装成多种燃料发动机·····	[美国] Kenneth L. Hulsing·····	(87)
多种燃料发动机的噴油設備·····	[美国] Hans Hogeman ····	(91)
多种燃料发动机最大供油量的粘度自动校正器·····	[苏联] O. II. Пономарев ····	(100)
亚斯-204 发动机燃用輕质燃料的研究·····	[苏联] Л. А. Демьянов У. С. Ахтямов 等 ····	(105)
如何使发动机适用多种燃料·····	[美国] James C. Emanuel·····	(110)

多种燃料发动机的发展

[英国] G. K. Martlew

一、引言

本文只拟讨论 300 馬力以下的汽車用、工业用和船用的柴油机。能使用两种燃料的发动机的例子很多，其中主要是較大型的固定式发动机。两种燃料一般是指气体燃料和液体燃料，它們的混合比范围很大，这样的动力装置通常称为双燃料发动机。

多种燃料发动机的发展，起因于军事上需要的发动机能够满意地使用任何种汽車用燃料。一般說来，使用的燃油范围可从柴油、柴油汽車用燃料 (D. E. R. V.)，或相当的非汽車用的汽油一直到高辛烷值的汽油。若发动机在紧急情况下能够使用任何商业燃料，则显然是个优点。

军事上需要多种燃料发动机，在一定程度上是受到汽油数量相对过剩的影响。汽油数量的相对过剩，一方面是由于喷气式航空发动机使用的煤油数量增加 (第二次世界大战后不久，汽油馏分还不能经济地聚合成喷气式航空发动机用的燃料)；另一方面则由于许多同煤油性质相似的柴油的需要量亦急剧增加。目前，較低的汽油馏份有了其他用途，汽油过剩的情况正在逐步地改变着。

使用汽油运转还有另一个优点，即在全负荷时，发动机运转声音一般較輕。这个现象在使用較高辛烷值的汽油时不一定很明显，但在某种情况下就显示出来了。燃燒声音降低是和压力升高較低有关，这将会改善发动机的可靠性。因此，这些亦就是多种燃料发动机发展的原因。

二、燃料

英国发动机制造厂最感兴趣的燃料如下：

(1) D. E. R. V. 燃料 (也称为柴油)；

(2) A. V. T. A. G. 燃料 (一种供航空燃气涡轮发动机使用的广馏份汽油。在美国也称之为 JP 4)；

(3) M. T. 74 汽油 (一种辛烷值为 74 的汽油，每英加侖含 1.8 立方厘米四乙鉛)；

(4) M. T. 80 汽油 (一种辛烷值为 80 的汽油，

每英加侖含 3.6 立方厘米四乙鉛)；

(5) 英国和西欧、北欧通常生产的商业用的普通汽油和优质汽油。它們的里达蒸汽压力可以达到 12 磅/吋²。

这些燃料的典型試驗数据可参閱表 1。

应该注意，这些燃料的比重相差很大，A. V. T. A. G. 燃料的比重比 D. E. R. V. 燃料低 10%，而汽油的比重甚至要比 D. E. R. V. 燃料低 15%。比重大小的主要意义是在于当燃料不按重量而按加侖 (容积) 购买时，购买比重大的燃料比較合算。

由于这些燃料之間热值的最大差別只有 3.2%，因此热值影响很小，不会改变整个情况，故在其他所有条件相等时，按燃料的容积来说，汽油的比耗油量将要增高 10~15%。

蒸发的数字有助于說明汽油发生“气障”现象大增加的趨勢。因为 D. E. R. V. 燃料的初沸点是 170°C，就完全没有发生“气障”的可能；而初沸点为 55°C 的 A. V. T. A. G. 燃料，当在发动机机罩下面的温度很高时，可能会发生“气障”。当然，初沸点在 34~39°C 之間的汽油是最容易发生“气障”的。下面将要說明燃料系統的“气障”可以通过密封和放气的方法来解决。

柴油的十六烷值是燃燒性能的量度单位，因此，它是从燃燒角度評定柴油适用性的主要数据。确定十六烷值的方法是采用輔助参考燃料，它們的最低十六烷值約为 20。因此小于这个值的数据必須用外插法求得。在多种燃料发展之前，这种測定十六烷值的方法是不可指責的，因为十六烷值低于 30 左右的燃料，是被认为絕對不适合高速柴油机使用的。

下面例举有关燃料的十六烷值：D. E. R. V. 燃料的十六烷值是 53，这是目前英国市場上燃料中的中等数值。几乎所有的 D. E. R. V. 燃料的十六烷值都在 50~55 之間，絕大部分英国的直接喷射式汽車发动机对这个变动是不敏感的。

在燃燒效率很低的发动机上，使用十六烷值較低的 A. V. T. A. G. 燃料可能产生不良的后果。所有汽油的十六烷值都低于 20。如上所述，事实上这

表 1 典型的燃料試驗数据

	1	2	3	4	5A	5B	5C
	D. E. R. V.	按 RD. 3486 规格的 A. V. T. A. G.	M. T. 74 汽油	M. T. 80 汽油	普通汽油	优质汽油	里达蒸发压力达 12 磅 的特种汽油
英制热单位品脱	19,220	17,800	17,020	17,020	16,880	16,800	16,980
在 60°F 时的比重	0.843	0.756	0.725	0.725	0.716	0.733	0.781
低热值(計算用)英制单位/磅	18,300	18,600	18,790	18,790	18,870	18,580	18,600
A. S. T. M./I. P. 蒸馏度							
的初沸点(i. b. p.)	170	65	38	39.5	36	34	28
馏出 2% 时的温度, °C	201	72	44.5	46	44.5	40.5	36
馏出 5% 时的温度, °C	207	82	50	52.5	48	44	39
馏出 10% 时的温度, °C	216	93	57	58	52.5	48	44.5
馏出 20% 时的温度, °C	230	107.5	67.5	68.5	61.5	55.5	56.5
馏出 30% 时的温度, °C	245	121	78	79	69.5	63.5	69.5
馏出 40% 时的温度, °C	263	132.5	87.5	89.5	79	72.5	82
馏出 50% 时的温度, °C	279	143	99.5	101.5	88.5	84	94.5
馏出 60% 时的温度, °C	286	155	112	115	99.5	99	108
馏出 70% 时的温度, °C	298	168	122.5	125.5	117.5	116	121.5
馏出 80% 时的温度, °C	311	185	135.5	137.5	124.5	134	135
馏出 90% 时的温度, °C	330	210	152	154.5	140	156	156
馏出終了点, °C	360	246	186	187	168	195	188
里达蒸汽压力, 磅	零	2.7	8.2	7.0	9.1	10.1	12.1
总含硫量, 重量百分数	0.115	0.103	0.072	0.091	0.028	0.054	0.043
20°C 时运动粘度, 厘沱	3.94						
浊点, °F	10	-76°F 以下	-76°F 以下	-76°F 以下	-76°F 以下	-76°F 以下	
十六烷值(确定的)	53	43					
芳香烃, 容积百分比数	14.6	10.0	12.6	13.2	18.0	21.5	25.0
烯烃, 容积百分比数	0.6	3.0	13.8	13.5			29.0
饱和烃, 容积百分比数	84.8		74.6	73.3			46.0
四乙鉛含量, 毫升/英加侖	无	无	1.78	3.54	1.6	1.48	1.1
辛烷值, (馬达)		34.8	75.5	81	78.8	84.3	85.0
辛烷值, (研究) 沒有挥发性			79.5	86	82.0	94.6	95.0

些都不是真实的数值, 但当这些燃料在柴油机内燃烧时, 这些数值就能清楚地表示出它们的燃烧质量。

从蒸发数据可以预料, D. E. R. V. 燃料的里达蒸汽压力(R. V. P.)是零。其余的数据都和初沸点有关。蒸汽压力可以用来反映各种燃料形成“气障”的趋势。我們准备了里达蒸发压力达 12 磅的优质汽油样品, 在桑納克洛夫特(Thorncroft)公司的 KRN 6 型发动机上作了試驗, 試驗表明使用多种燃料运转时, 最高蒸发压力是 12 里达蒸汽压力。其他燃料的典型里达蒸汽压力列在表 1 内。

四乙鉛的含量对排气閥引起腐蚀的趋势很有影响。鉛腐蚀排气閥是汽油机作試驗时常遇到的現象。

汽油和 A. V. T. A. G. 燃料的辛烷值都是定值, 且都是非常典型的。由于 D. E. R. V. 燃料的挥发

性低, 因此不可能确定它的辛烷值。

三、多种燃料发动机的要求

发动机使用包括低燃烧性能在内的多种燃料的可能性决定于許多因素, 而这些因素之間又有連带关系^[1]。最重要的因素是良好的主燃烧效率。压缩过程和后燃期内的热损失低, 不但对高的燃烧效率是必要的, 而且对在所有轉速和負荷工况下, 維持有效的燃烧也是必不可少的。相当高的压缩比也是有利的。因此, 正确比例的燃料和空气的合理分配必須在高温的燃烧室内进行, 这一点对燃烧性能比 D. E. R. V. 燃料差的汽油来說是必不可少的。

同样道理, 在低負荷时, 除非压缩温度高到足以产生燃烧, 否則將有不发火的可能。

燃烧性能差的汽油会使冷机起动困难。对于在气缸和燃烧室之间有通道或喉道的系统，则冷机起动更是特别困难。

从这些要求就可以说明，能够保证满足于多种燃料的动力装置应是什么型式的发动机了。球形燃烧室的表面积和容积之比最小，可是遗憾的是它通常不能在最大程度上充分利用空气。长行程发动机很明显地比短行程发动机好^[2]。即使在低负荷时燃烧室也必须保持炽热，并且要求燃料喷射时刻和速度以及喷油系统等其他特性可以根据要求改变，以防止产生带有合成燃烧噪音的过后燃烧。

这些问题在许多方面已经即将解决，并且某些结构已经得到大量的推广。

在二冲程发动机领域里，图1所示的对置活塞结构具有燃料混合过程能得到良好控制的紧凑的燃烧室。热损失非常低。行程和缸径之比是2.46:1。发动机有一个机械传动的罗茨鼓风机，它增加了在所有工况下的进气压力和进气温度^[2]。

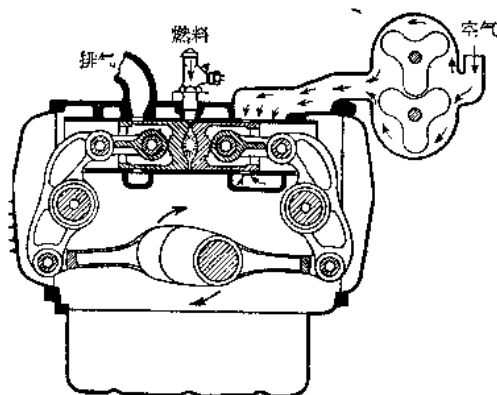


图1 对置活塞式二冲程发动机

带有机械传动式鼓风机的其他结构的二冲程发动机，也正向使用多种燃料的方向发展。

图2所示的四冲程发动机起源于德国，现在已经得到大量的推广^{[3], [4]}。从图中可明显地看出，它的燃烧室构成是很紧凑的^[5]。可是，由于分散燃料和使它从燃烧室壁上蒸发必须要有很高的涡流速度，所以就会产生热损失。

上面已经讲到，燃烧室温度显然是很重要的；也就是说，即使各种不同的速度和负荷工况下，这个温度的变化也应该很小。然而，燃烧室相对于活塞环的位置使全负荷时的温度过高也是不合适的。经过进一步考虑后认为：所谓发动机正确的运转，仅是在要求所限定的速度和负荷范围内运转。超出这个范围后，燃烧效率将降低。在长期怠速的情况下，燃烧

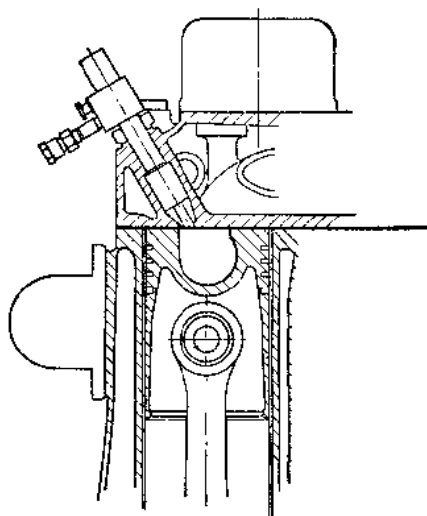


图2 M型燃烧室

室温度必定下降，液体燃料将有积集在燃烧室的倾向。一旦发动机加速时，这部份燃料的燃烧就会不起作用，并且产生显著的排气冒烟和气味。

其他结构的许多四冲程发动机，也正在发展使用多种燃料^{[6], [7]}。

四、喷油泵的改进

常用的脉动式喷油泵，只要消除磨损速度快和进油管形成蒸气这两个现象，就能完全满足多种燃料发动机的要求。

普通柴油机的喷油泵凸轮箱内都有一个充满着润滑油（通常就是发动机的润滑油）的小油池。漏泄的燃料通过油泵元件落到油泵凸轮箱内，稀释了箱内的润滑油（有些凸轮箱还有一个溢流孔），结果使凸轮箱内的润滑油几乎全部成为燃油。一般说来，这是没有害处的，因为D. E. R. V. 燃料是一种合适的润滑剂，不会产生不良的影响。

如用汽油作为燃料，那么润滑油膜的破坏就会引起凸轮、滚轮和挺杆组件的磨损，有时还会使油泵元件轧住。大约在十二年前，桑纳克洛夫特（Thornycroft）公司在点火式发动机上采用了标准的柴油机喷油泵做汽油喷射试验。那时获得的经验，已经证明了目前对多种燃料发动机进行试验是非常有意义的。同样，虽然煤油的挥发性比A. V. T. A. G. 燃料小，但它们的性质相似，因此对煤油的大量试验也提供了有用的资料。

在发现油泵出现快速磨损的倾向后，制造厂就将喷油泵作了某些改进。图3所示的是一种在正常压力下将发动机的润滑油供应到挺杆上的结构。从

图中可以看到，由这种简单供油方法所提供的润滑油，足够满足所有的挺杆、滚轮、凸轮和凸轮轴承的需要。润滑油的数量由挺杆和导套之间的紧密配合来计量。润滑油面的高度维持在凸轮中心线以下。过多的润滑油将溢出，并借重力回到发动机的油底壳内。

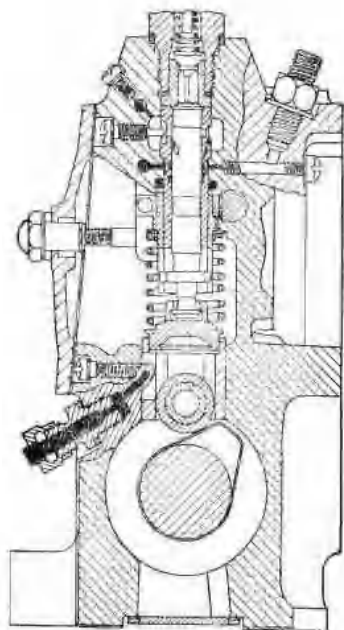


图3 多种燃料应用于单列式喷油泵的特点
(C. A. V.)

为防止柱塞元件咬死，发动机润滑系统另外供应了一股滑油。这股润滑油由孔道引导到每个柱塞元件，并形成一个防止汽油漏到挺杆等零件去的润滑油环槽。柱塞套筒和油泵壳体之间的配合较松，因此必须有个可靠的密封。这个密封由图示的油环来担负。

外环槽通过套筒上一个孔道与套筒孔内的环槽相通。这样，供应了一层足够的润滑油膜，并且由于元件和套筒孔的配合非常紧密，就使泄漏的油量降低到最少。在高压下，通过元件代替润滑油剂泄漏下去的燃油都被套筒孔内的另一条环槽挡住。这条环槽通过上面孔道与油泵进油管相通，于是元件上部周围的压力降低到15~20磅/吋²左右。因为这个压力比一般发动机润滑油的压力还低，因此润滑油将会继续补充到元件，保证满意的运转情况。

图3还表示了一个附加通气孔。当油泵和油泵元件垂直地装置时，由于这时正常的放气孔是处在最高的位置，所以进油管能获得良好的通气。但是在油泵放歪一个角度时，情况就不同了，这时必须加一

个专门的装置。这个装置做成纵向孔的形式，将通气孔和各个单位泵的油路连接起来。如图所示，将进油管最远的通气孔内装置一个管接头。这种结构可以使燃料不断地从进油管放出，并且也可以避免在这一点发生蒸气。输油泵的容量必须足够满足这个不变漏泄油量的需要，以保持系统内的油压始终不变。纵向孔和横向孔必须装置在油泵进油孔上面的任何一边。燃料一般是从进油管的一端输入，而从另一端放出。供应的燃料在从进油管中央引入时，必须装置两个通气孔，每端一个，相互联通，循环的燃料就这样流回到主油箱中。

通过油泵的燃料，流动情况不变可以阻止“气障”的形成。在一般运转时，喷油泵是从发动机的其他部件和排气系统处得到热量的；后者通常是在气缸体的同一侧。如果喷油泵的温度升得很高，进油管内的燃料就会形成蒸气。密封的进油管大都可能遇到这种情况。但是，如果我们使燃料和可能发生的蒸气一起继续不断的流动，这种情况将会大大地改进。显然，如果发动机在很热时停车，那么它将吸收热量，使油泵的温度进一步升高。因此在再次起动前，必须先有一股燃料流过燃料系统将蒸气带走。下面将要说明的在燃油箱内部或底部另外装置一只吸油泵就是起这个作用的。

使用汽油时，另一个需要改变的部件是输油泵。图4a和图4b是使用D. E. R. V. 燃料时所用的典型的薄膜式和柱塞式输油泵。两种输油泵通常都装在喷油泵的一侧，直接由油泵凸轮驱动。一般说来，这两种输油泵的油压在2~10磅/吋²之间（这个压力还不能足以防止“气障”）。薄膜式油泵不适宜用于供应体积大而油压高达15~20磅/吋²的燃料，而柱塞式油泵就很容易满足这个要求，可以用在一定尺寸的喷油泵上。

图4c是薄膜-柱塞式油泵。这种结构最初用在引燃用喷射系统上，后来桑纳克洛夫特公司在发展汽油喷射时加以采用。几年前，薄膜-柱塞式油泵做试验时汽油的压力达20磅/吋²。由图可见，这里的薄膜只是起防止漏过柱塞的燃料漏入喷油泵凸轮箱的作用。两片薄膜之间有一个小孔，一旦靠近柱塞的那片薄膜穿孔后，就会看出漏油情况。

在喷油泵进油管内的漏油量不变时，这两类输油泵都可以使进油管内的压力保持15~20磅/吋²。

前面已经提及发动机使用多种燃料时，要使功率大致不变，必须改变喷油泵的供油容积。这种供油量的改变可能达到15%。喷油泵的供油量由其齿

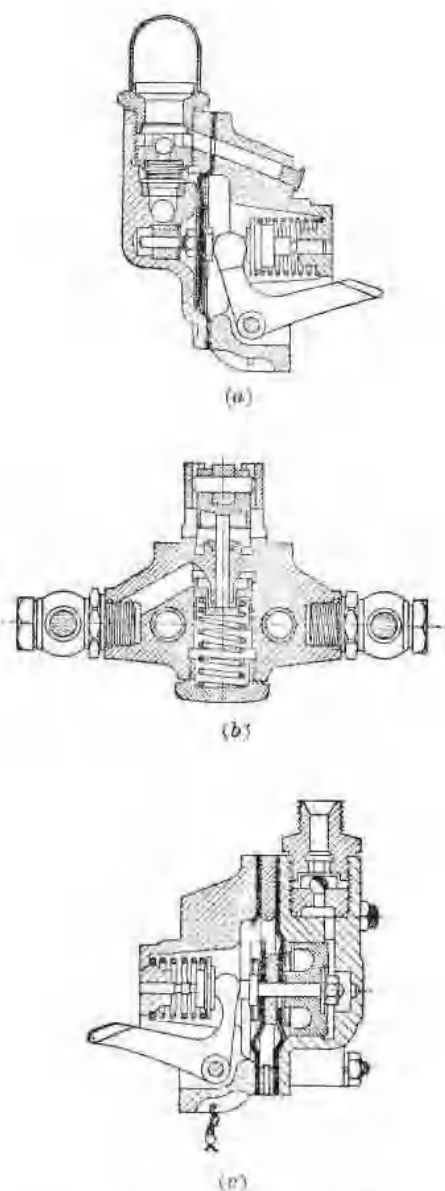


图4 輸油泵的型式 (山 A. V.)

杆的控制杆进行调节。调节最大油量限制器后，可使供油量适合于发动机的需要。

前面还提到：各种燃料的比重差别很大。燃料的低热值也有些差别，但影响极小（3.2%）。因此，为适应燃料的改变，齿条的位置必须按照通过油泵的燃料的比重自动地调节。可惜的是，直到现在为止还没有人能够设计出一种能达到这个要求的方法。目前，我们采用了手动调节装置。这种调节装置很可能将使用汽油运转时的齿条位置错用于柴油运转，使发动机比正确的燃料容积多得15%。这个问题的严重程度将决定于该发动机在使用多种燃料时的条

件。要使发动机能够随心所欲地变化燃料似乎是不可能的。一般说来，在平时发动机使用一种给定的燃料，只有在紧急情况下才使用其他燃料。如果这个假定确实有根据的话，那么使用本身并不可靠的特种燃料的齿条限制器的意义就不是很大了。

图5介绍一种简单的两位齿条限制器。检查表1中所有燃料的结果表明，如果这个齿条限制器的一个位置适合于 D. E. R. V. 燃料，而另一个位置适合于比重 0.735 的燃料，那么所有燃料的最大供油量的正确性将在 3% 以内。在一般情况下，燃料限制器放在两个位置中的任意一个，然后用铁丝穿过端盖和限制器，并用铅封封好。若要把限制器改变到另一个位置，必须先拆去铅封，去掉端盖，然后将限制器转过 90°。使用这种两位齿条限制器时，齿条的位置不能够调节到两个位置之间。

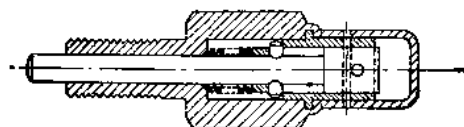


图5 两种燃料限制器 (C. A. V.)

图6是其他油泵厂制造的喷油泵，它们也遇到了同样的问题。从图中可见，润滑油泵元件的润滑油供应方法也是来自发动机的主润滑系统。为了防止润滑油漏到凸轮箱内，它也装置了两个油环。润滑油直接输送到每个柱塞套筒的孔内，而每个元件上都有一条槽，里面充满着润滑油，它象套筒一样能

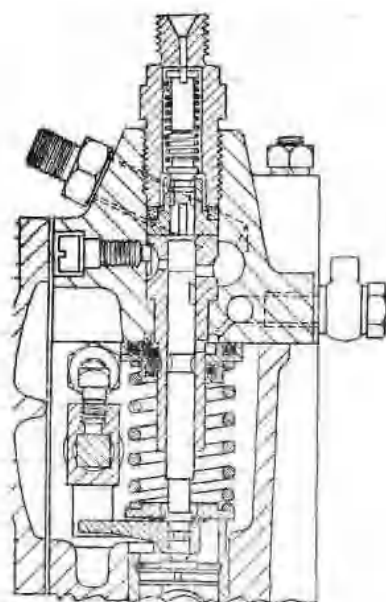


图6 多种燃料喷油泵 (西姆司)

防止汽油漏到凸輪箱內。

这种结构的油泵不需用专门装置将润滑油输送到凸輪和挺杆等零件去。

图中斜孔是专供进油管內的燃料放气用的。

五、四冲程自然吸气式发动机的試驗

图 7 是作者所在公司制造的 KRN 6 型四冲程发动机的燃燒室。在这种发动机上,使用多种燃料已經多年了,它基本上非常适合于这种用途。发动机的行程和直徑的比是 1.37:1,而且燃燒室非常紧凑。此外,它还有个能使气缸体經常保持很高温度的独特冷却系統。全部冷却液都由水泵直接輸向气缸头,然后通过孔道輸送到排气閥座和噴油器附近。有一部份冷却水由十二根管子引导通过气缸体一直到气缸体下壁附近。气缸体内的冷却液温度由一組开启温度在 185°F 左右的节温器来控制。在全負荷时,节温器总是有些开着的,而在低負荷时,只是断續开启,这样使气缸体的温度保持很高,同时也保证了燃燒室的温度。

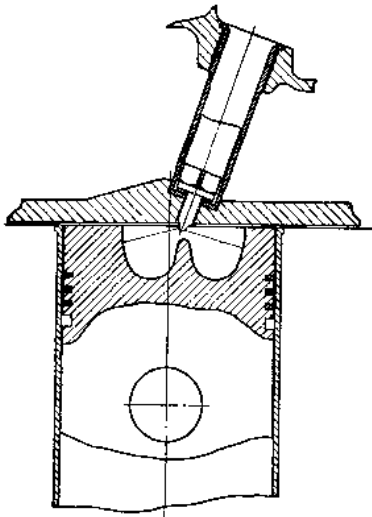


图 7 KRN 6 型发动机的燃燒系統

这种特殊的冷却系統本来只是为了避免冷态时气缸套腐蝕、降低活塞环的磨損以及改善閥門和噴油器的運轉条件的,显然,它对发动机使用多种燃料也是有利的。

图 8 是这种发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 A. V. T. A. G. 燃料时的性能比較曲綫。

在使用标准柴油时,发动机轉速为 1,000 轉/分时的最大平均有效压力为 111 磅/吋²,轉速为 1,900 轉/分时的最大功率为 155 馬力。比耗油率相当于

表 2 是 KRN 6 型发动机的主要参数。

表 2 KRN 6 型发动机的主要参数

气缸数	6 缸
缸徑	$4\frac{3}{4}$ 吋 (121 毫米)
行程	$6\frac{1}{2}$ 吋 (165 毫米)
工作容积	691 吋 ³ (11.3 升)
行程/缸徑的比值	1.37
压缩比	16
最大扭矩	508 磅-呎
最大扭矩时的轉速	1,000 轉/分
最大扭矩时的平均有效压力	111 磅/吋 ²
最大有效功率	155 馬力
最大有效功率时的轉速	1,900 轉/分

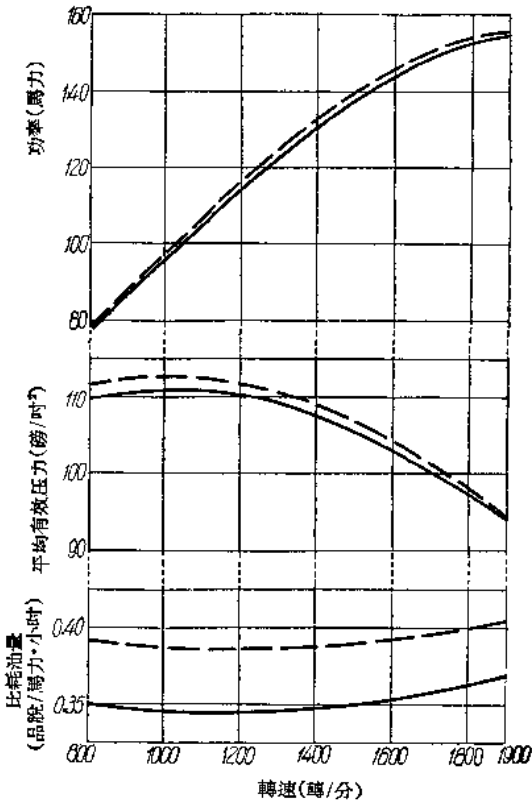


图 8 KRN 6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 A. V. T. A. G. 燃料时的性能
—— D. E. R. V. 燃料
--- A. V. T. A. G. 燃料

在热效率 36%~38.5% 之間。

平均有效压力曲綫的形状虽然和一般的发动机一样,但必須注意到从 1,900~1,000 轉/分之間的平均有效压力却增加了很多,約 17.5%。具有这种

特性曲线的发动机，比最大扭矩发生在使用转速较高的发动机具有更广的转速使用范围。应用“分档”传动后，发动机的使用范围大多数都在最大扭矩的转速和最高转速之间。扭矩曲线“回升”对于汽车用发动机是很重要的，只要传动比再选得合理些，这种汽车的道路性能可以大大的改进。

在发动机改为使用 A. V. T. A. G. 燃料以前，必须说明，使用多种燃料时发动机的最大功率一般可以保持不变。因此，使发动机的最大功率保持不变是使用多种燃料的基本原则，而由于燃料不同所产生的改变只是表现在最大扭矩的变化。发动机的转速也与使用 D. E. R. V. 燃料时一样。

在使用汽油时，要注意别让润滑油混入汽油中^[4]。曾经有人发现，即使加入极少量的润滑油，就能使汽油的着火性大大地改善。由于汽油没有润滑性，所以加上 10% 的润滑油后，就能使喷油泵磨损降低，可是这样做无疑是毫无结果的。有些发动机在使用时在汽油中加进 5% 的润滑油后运转情况很好，可是在单独使用汽油时，运转情况就不能令人满意了。

表 1 表明，D. E. R. V. 燃料和 A. V. T. A. G. 燃料的主要差别是比重由 0.84 降低到 0.756。这就说明：在同样的燃料容积时，使用 A. V. T. A. G. 燃料的发动机，输出功率将降低 10%，而这种燃料热值 (18,300~18,600 英热单位/磅) 较高，可以缓和功率下降的趋势。我们用比耗油量 (品脱/马力·小时) 来表示总效率。两种燃料所得的比耗油量曲线趋势相似，这表明在整个速度范围内任何一点的燃烧效率并没有急剧的下降。在 1,000 转/分时，使用 A. V. T. A. G. 燃料的最高平均有效压力要比使用 D. E. R. V. 燃料时略高些，其原因表示在图 9 中。由图中可见，增加供油量可使采用 A. V. T. A. G. 燃料的发动机的最大功率保持相同，但是喷油泵的供油特性曲线 (毫米³/每循环) 稍微有些改变。这种改变纯粹是燃料喷射系统的一种特性，经过适当改变，可使燃料喷射系统分别适合于 A. V. T. A. G. 燃料或其他燃料的要求。但是这和多种燃料发动机要求不经改变就能满意地使用各种燃料的要求是相矛盾的，因此，必须选择一个折衷的设计。在这种情况下，使用 A. V. T. A. G. 燃料运转的最大扭矩有些增加，这从任何方面来说都是没有害处的。

从以磅/马力·小时作单位绘出的比耗油量曲线可以看出，这两种燃料所得的结果差别很小。在包括冷态起动、低温运转以及高温全负荷在内的一切

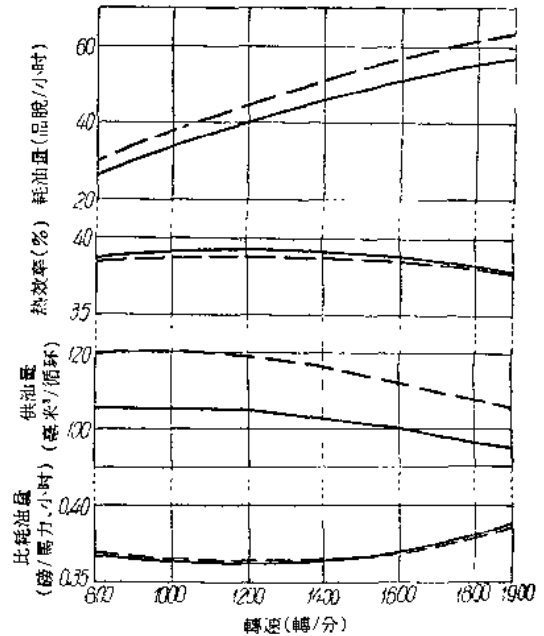


图 9 KRN6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 A. V. T. A. G. 燃料时的热效率和供油量

—— D. E. R. V. 燃料
--- A. V. T. A. G. 燃料

工况下，使用 A. V. T. A. G. 燃料的发动机的噪音强度和使用 D. E. R. V. 燃料时没有显著的差别。噪音的强度可凭听觉来鉴别。

排气烟色在整个速度范围内都很干净，也没有受到最高平均有效压力的微小增加的不利影响。

使用 A. V. T. A. G. 燃料时的冷车起动温度和使用 D. E. R. V. 燃料时一样，都是 -15°C 。

A. V. T. A. G. 燃料的挥发性增高对排气烟色和冷车起动的的影响都是有利的。

图 10 和图 11 是使用 D. E. R. V. 燃料和 M. T. 74 燃料时的试验结果。比重降低对容积比耗油量的影响非常明显。由于供油特性有些改变，使扭矩曲线的形状也有些改变。由上述指出，为了使发动机得到同样的热量，M. T. 74 燃料的供油量应该增加 12% 左右。这部分增加的油量由调节最大燃料限制器而获得。在大多数燃料喷射系统上，供油量的变化使发动机全负荷时的喷油泵供油量曲线发生变化，例如可能使最高转速或最低转速的供油量升高或降低。如果改变燃油喷油泵等，供油量曲线也相应改变。这时，转速愈高，供油量曲线就愈向下降。在这个新燃料装置调整到最大马力时，最大平均有效压力增加 3%。

热效率的改变在图 11 上表示得更清楚。

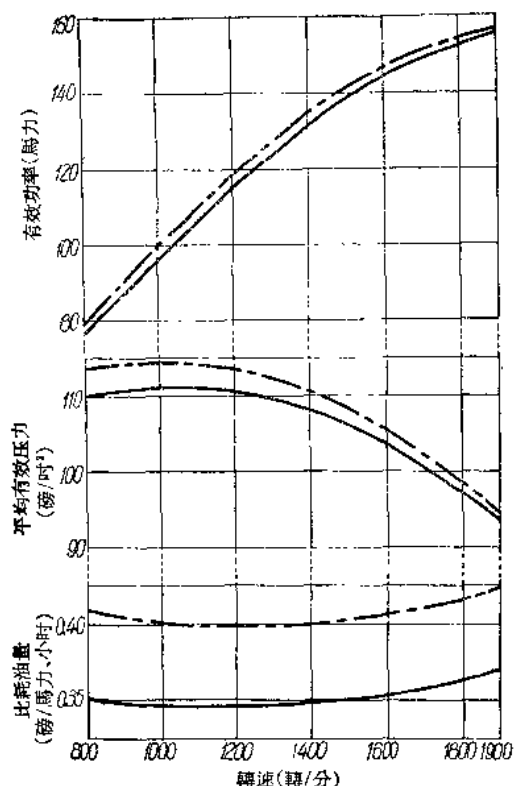


图 10 KRN 6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 M. T. 74 燃料时的功率和比耗油量
—— D. E. R. V. 燃料 ———— M. T. 74 燃料

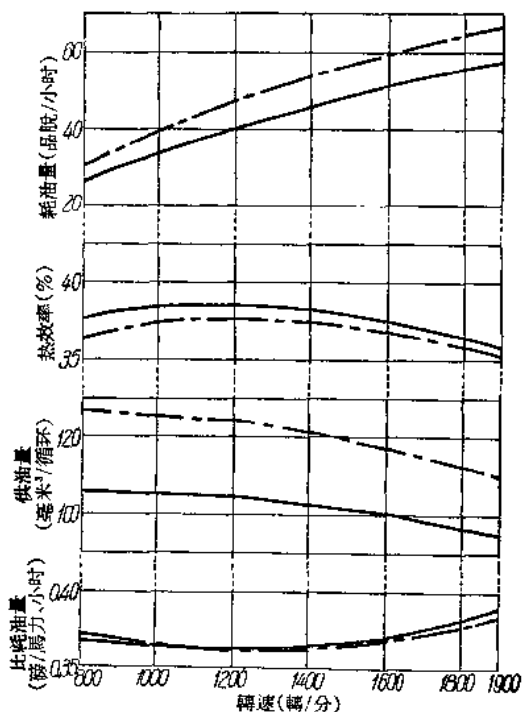


图 11 KRN 6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 MT 74 燃料时的热效率和耗油量
—— D. E. R. V. 燃料 ———— M. T. 74 燃料

使用普通汽油(表中的 5A)时, KRN 6 型发动机的性能和使用 M. T. 74 燃料时所得到的性能相似,这个結論从研究燃料参数时已經可以預測到。

发动机使用普通汽油和 M. T. 74 燃料时,冷車启动都有些燃燒爆击声,但只持續几秒钟。在发动机預热过程中,这种爆击声的强度逐渐减弱,直到正常運轉温度时,比使用 D. E. R. V. 燃料时还要低些。从这一点就能进一步証实这种燃燒室是适合于使用多种燃料的。发动机正常運轉时排气是无色的,但是在冷車启动时,排气呈淡灰色。排气的颜色用 B. P. 哈特列奇式(Hartridge)烟度計测量,然后由光学仪器将得到的結果鉴别出来。

在 0°C 时冷車启动很好。但是在温度更低时,必須装置一个加热进气空气的輔助启动装置或一个乙醚囊,才能保証可靠的启动。

使用 M. T. 80 燃料和高级汽油(参閱表 1)做試驗所得到的結果与图 10 和图 11 相似。

对使用 M. T. 80 燃料的发动机还做了些其他工作,其結果已有发表^[3]。

虽对发动机和燃料喷射装置的特性作了許多改变,但所得結果并无进一步引起完全的改进。必須強調指出,上述所有結果都是从标准 KRN 6 型发动机上得到的,这种发动机除了噴油泵进油管內的密封和通气情况改变外,其他机械都和原結構一样。

图 12 是比較小型的 QR 6 型发动机燃燒室的橫截面。它的缸徑与 KRN 6 型发动机相同,但行程只有 5.65 吋,比 KRN 6 型发动机的行程 6.5 吋为小,因此行程和缸徑之比是 1.19。这种发动机的燃燒室結構显然很緊湊。发动机的主要参数列在表 3。

研究发动机和燃料喷射装置上各种改变对发动机使用上述各种燃料的影响后,可以看出标准发动机在使用多种燃料时性能很好,運轉情况很使人滿

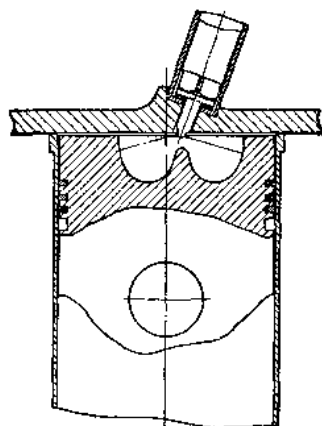


图 12 QR 6 型发动机的燃燒系統

表 3 QR6 型发动机的主要参数

气缸数	6 缸
缸径	$4\frac{3}{4}$ 吋 (120.6 毫米)
行程	5.65 吋 (113.5 毫米)
工作容积	600 吋 ³ (9.85 升)
行程/缸径的比值	1.19
压缩比	16
最大扭矩	430 磅-呎
最大扭矩时转速	1,200 轉/分
最大扭矩时的平均有效压力	108 磅/吋 ²
最大有效功率	130 馬力
最大有效功率时的转速	2,000 轉/分

意。

图 13 和图 14 是当 QR6 型发动机使用标准汽油 (表 1 上的 5A) 运转时的性能和使用 D. E. R. V. 燃料运转的性能的比较。由图可见, 使用两种燃料时不但功率近似, 而且比耗油量曲线的形状也是没有任何相异之处。

图 14 表示了在整个速度范围内使用汽油的发动机的热效率比使用 D. E. R. V. 燃料的热效率低

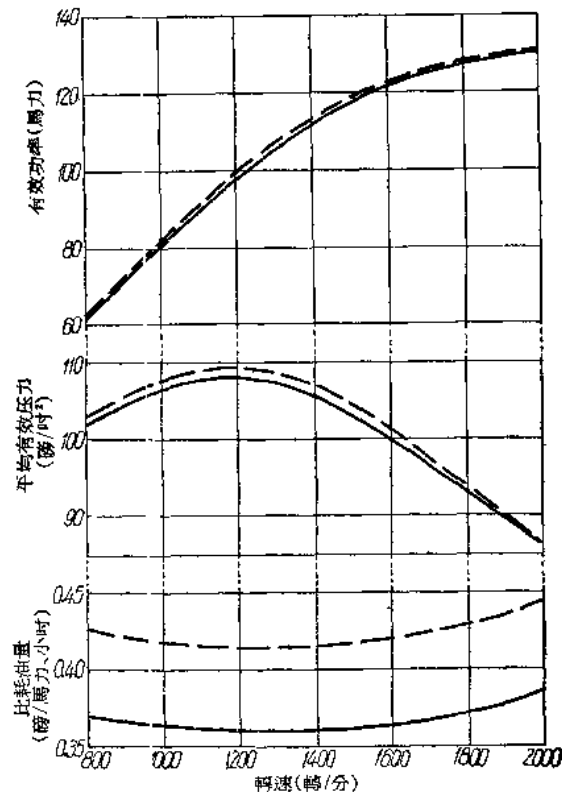


图 13 QR6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和标准汽油时的功率和比耗油量
—— D. E. R. V. 燃料 --- 标准汽油

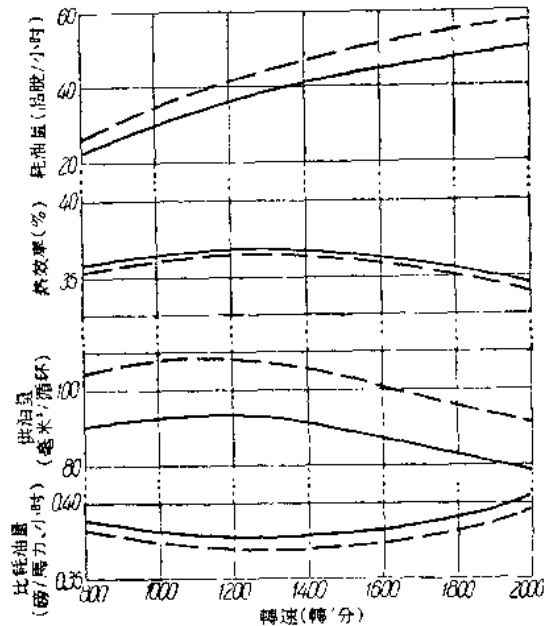


图 14 QR6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和标准汽油时的热效率和供油量等
—— D. E. R. V. 燃料
--- 标准汽油

0.5% 左右, 而按重量计算的比耗油量却比使用 D. E. R. V. 燃料时还低。诚然, 这是由于每磅汽油的含热量较高的缘故。

QR6 型发动机使用表 1 所列的其他燃料时情况也很令人满意。

在使用汽油时, QR6 型发动机的噪音强度比 KRN6 型发动机相对地高些, 这是因为它的行程比较短。QR6 型发动机的活塞顶面和气缸头之间的

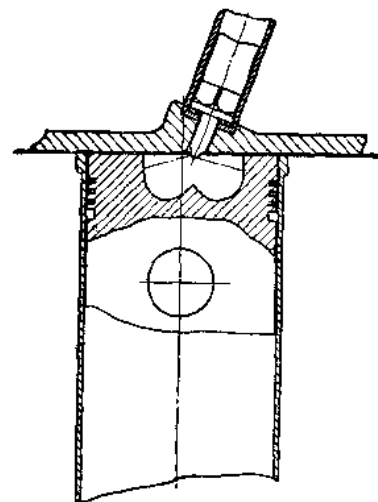


图 15 QR6 型发动机燃烧系统

余量也比 KRN6 型发动机小。QR 6 型发动机在图 14 上表示的额定工况下, 排气颜色正常。

上面結果都在噴油泵进油道的密封和通气情况有所改变而其他机构完全不变的 QR 6 型发动机上得到的。

图 15 是 JR 6 型小发动机燃烧室的横截面, 它的六个气缸, 总容积只有 4.18 升。

JR 6 型发动机的主要参数列在表 4 中。

图 16 是 JR 6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料

表 4 JR 6 型发动机的主要参数

气缸数	6 缸
缸径	$3\frac{5}{8}$ 吋 (92.1 毫米)
行程	$4\frac{1}{8}$ 吋 (104.8 毫米)
工作容积	252 吋 ³ (4.18 升)
行程/缸径的比值	1.14
压缩比	16
最大扭矩	188 磅·呎
最大扭矩时的转速	1,400 轉/分
最大扭矩时的平均有效压力	110 磅/吋 ²
最大有效馬力	80 馬力
最大有效馬力时的转速	2,600 轉/分

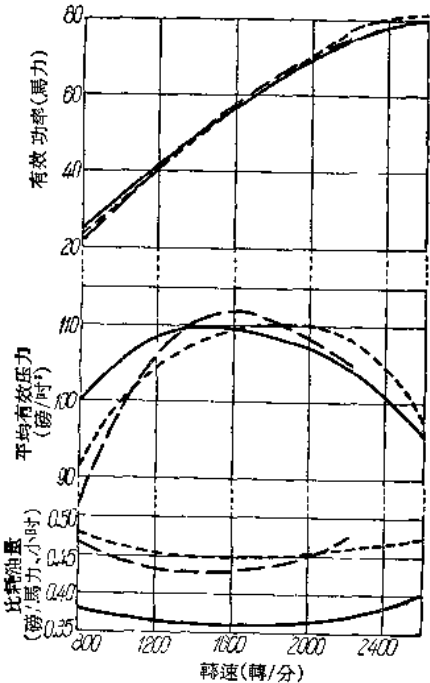


图 16 JR 6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和标准汽油时的功率和比耗油量

—— D. E. R. V. 燃料
--- 标准汽油 (噴油提前角 32°)
--- 标准汽油 (噴油提前角 38°)

的性能。由图可見, 这是一台轉速为 2,600 轉/分的高速汽車用发动机, 其升功率为 19.1 有效馬力/升。这种发动机存在着大型发动机所沒有的某些困难。图 16 所示的性能是在噴油提前角 32° 的标准发动机上得到的。在使用标准汽油时, 汽車的通常速度最好在 1,400~2,200 轉/分的范围内, 低于这个轉速, 功率就大大下降, 而超过 2,200 轉/分时, 轉速就不稳定了。

第三組曲線表示了噴油提前角从 32° 增大到 38° 时的影响, 这时标准发动机可以得到全部的使用轉速。但是, 由于最大扭矩出現在 1,800 轉/分左右, 比使用 D. E. R. V. 燃料的最高扭矩出現轉速为 1,400 轉/分时高得多, 因此, 这种扭矩曲線形状不太适合于汽車应用。当然, 我們可以将标准发动机的最高轉速限制在 2,200 轉/分, 但是这样做的結果使发动机的性能不适当地降低了。

图 17 是其他相应性能的曲線。

JR 6 型发动机使用汽油運轉时噪音很大, 但是在裝用了一种噴油時間自动提前裝置后噪音可以显

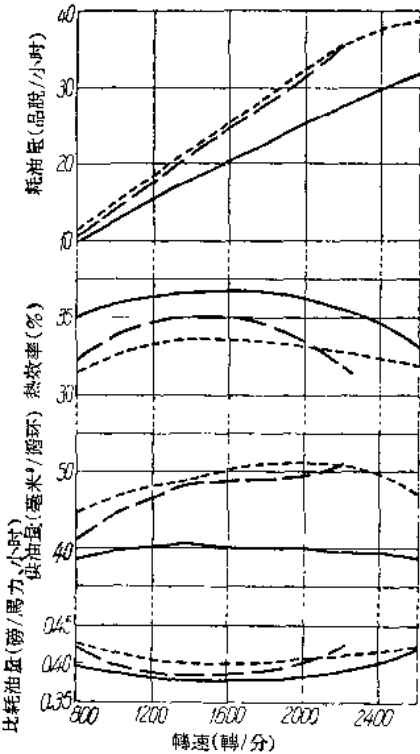


图 17 JR 6 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和标准汽油时的热效率和供油量等

—— D. E. R. V. 燃料
--- 标准汽油 (噴油提前角 32° 时)
--- 标准汽油 (噴油提前角 38° 时)

著地改善。加之在燃燒室、壓縮比、渦流條件和燃料噴射裝置特點等方面更廣泛地進行改進，也可以使噪音改善。如果這些改變都不會嚴重的影響在使用 D. E. R. V. 燃料運轉的發動機性能時，我們就可以得到一個滿意的折衷方案。

六、渦輪增壓多種燃料發動機

作者所在工廠生產渦輪增壓 KRN 6 型發動機已有多年，隨着自然吸氣式多種燃料發動機的發展，該廠也在渦輪增壓發動機上作了許多試驗。這種發動機的自然吸氣式和渦輪增壓式兩者之間基本上沒有大的變動，只是排氣歧管和進氣歧管有所差別。其他所有的零件完全相同。

表 5 列出了使用 D. E. R. V. 燃料運轉時這兩種型式發動機的性能比較。由表可見，渦輪增壓後發動機的最大扭矩增加 23%，而最大馬力增加了 29%。

表 5 KRN 6 型發動機和 KRN 6-S 型
發動機的參數比較

型 式	KRN 6 型	KRN 6-S 型
最大扭矩，磅-呎	508	625
最大扭矩時的轉速，轉/分	1,000	1,000
最大扭矩時的平均有效壓力，磅/吋 ²	111	136.6
最大有效功率，馬力	155	200
最大有效功率時的轉速，轉/分	1,900	1,900
最大有效功率時的平均有效壓力，磅/吋 ²	93.8	121

圖 18 是使用 D. E. R. V. 燃料的 KRN 6-S 型渦輪增壓式發動機的性能。應該特別注意的是：渦輪增壓式在 1,000 轉/分時產生最大扭矩，而這個轉速正是自然吸氣式發動機發生最大扭矩的轉速。幾年前，有人曾經懷疑過汽車發動機配上渦輪增壓器是否能提高低轉速時的扭矩，現在看來這種懷疑可以消除了。在功率增加時，渦輪增壓式發動機在整個轉速範圍內的比耗油量不超出自然吸氣式發動機的 2%。

由上述可知，增加充量的壓力或溫度，必將有助於噴射到充量中的低燃燒性能燃料的燃燒。從這點可以推論，在其他所有條件都相等時，渦輪增壓必然使發動機更適應使用多種燃料。作者所得的結果也証實了這個理論。由圖可見，渦輪增壓發動機除

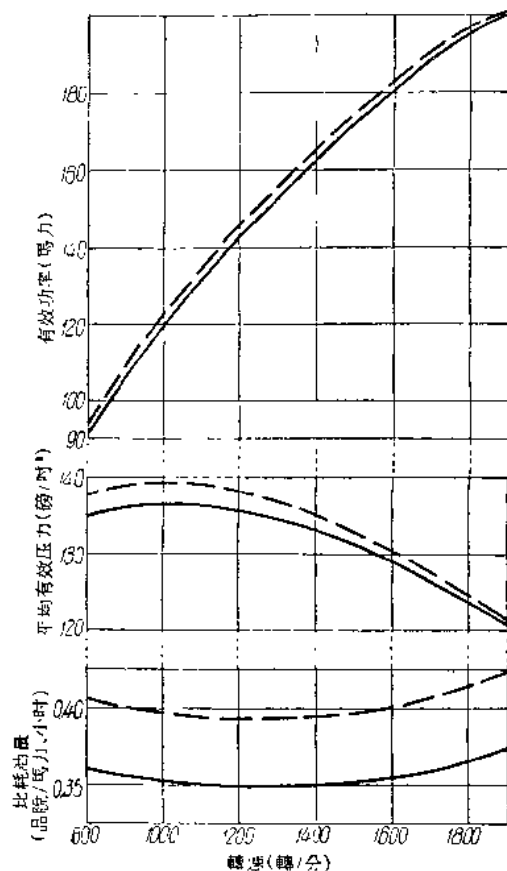


圖 18 KRN 6-S 型發動機使用 D. E. R. V. 燃料
和 A. V. T. A. G. 燃料時的功率和比耗油量
—— D. E. R. V. 燃料
--- A. V. T. A. G. 燃料

了最大平均有效壓力有些增加之外，其他性能幾乎和自然吸氣式發動機沒有任何差別。這是由於燃料容積愈大供油量曲線降低得愈快的緣故。圖 19 上的供油量曲線（毫米³/循環）正是說明了這一點。顯然，任何轉速時的燃燒效率沒有受到嚴重的影響。

圖 20 是使用 M. T. 74 燃料和 M. T. 80 燃料的渦輪增壓發動機的性能。圖 21 再一次表明了供油量曲線下降的趨勢。

使用汽油運轉的渦輪增壓式發動機的燃燒爆擊聲非常低。事實上，這個發動機的噪音可以說與一般的汽油機一樣。出現這個現象和壓縮壓力和壓縮溫度較高有關。發動機裝置渦輪增壓器後對冷車起動轉速沒有任何好處，但是它的存在對起動也沒有壞的影響，它的起動情況和自然吸氣式發動機相似。在節流閥全開時，排氣冒煙現象完全不存在。冷車起動時，排氣煙色呈淡灰色。

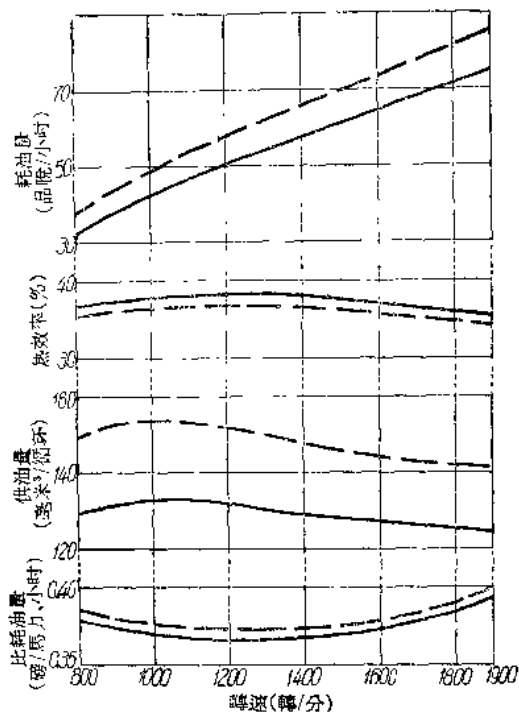


图 19 KRN 6-S 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 A. V. T. A. G. 燃料的热效率和供油量
—— D. E. R. V. 燃料 --- A. V. T. A. G. 燃料

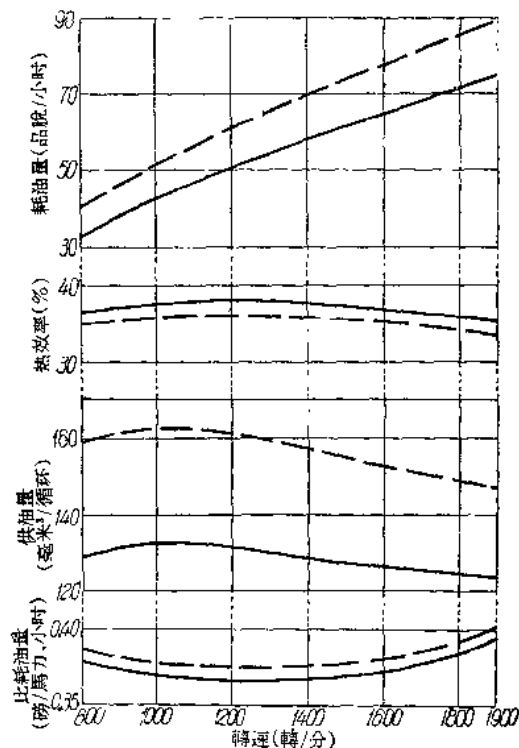


图 21 KRN 6-S 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 M.T. 74 燃料的热效率和供油量
—— D. E. R. V. 燃料 --- M.T. 74 燃料

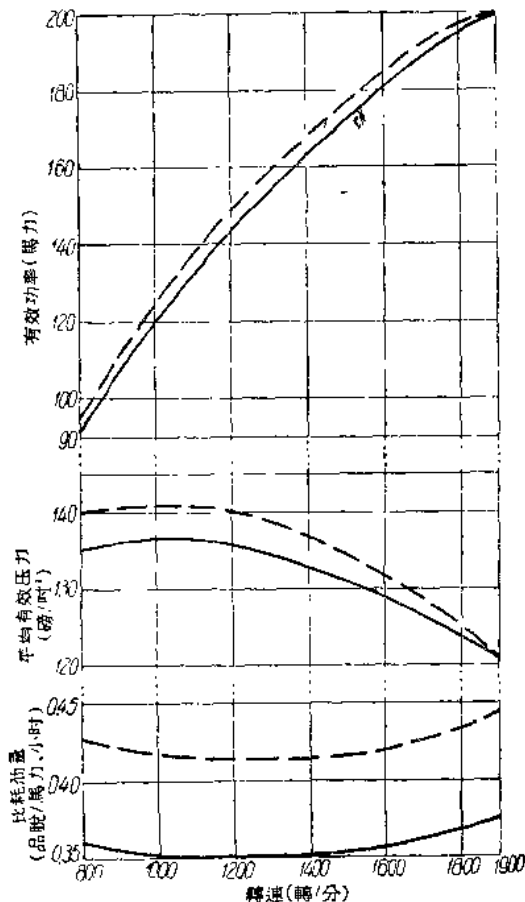


图 20 KRN 6-S 型发动机使用 D. E. R. V. 燃料和 M.T. 74 燃料时的功率和比耗油量
—— D. E. R. V. 燃料
--- M.T. 74 燃料

七、道路試驗

一般說來,使用 M. T. 80 汽油運轉的 KRN 6 型发动机的道路試驗証實了台架試驗的結果。噴油泵進油管內的“氣障”由裝置在汽車主油箱內的獨立輸油泵來防止。在外面的油泵可能非常容易損壞時,也可以利用一個完全浸入油里的輸油泵。我們希望主油箱來的燃油始終保持正壓頭。如果汽車的油箱裝得很低而輸油泵又裝在油箱之外,有時就難得到具有正壓頭的燃料。輸油泵由一個獨立的電動機驅動,並與起動器的電路分開相聯。這就是說,在起動前,起動器電路必先接通,使這個輸油泵自動地起動。來自這個輸油泵的燃油頂起了裝置着加壓泵的燃油噴射泵的两个止回閥,將一股燃油供應給進油道。在发动机滿負荷運轉后即停車時,燃油系統中的這個部分最有可能形成“氣障”。

前面已經提到，噴油泵進油道內總有一個不變的放氣孔，因此，帶有蒸氣的燃料可以通過這個放氣孔一直回到汽車的油箱內。這個過程僅花費了幾秒鐘，一般在發動機起動按鈕真正按下時業已完成。在起動時輸油泵的供油壓力通常只有幾個磅/吋²，一直到發動機運轉後，加壓泵才產生高壓力的燃油，使噴油泵進油道內壓力一直保持 在 15~20 磅/吋² 之間。

八、今后的發展

在不久的將來，軍事上的需要可能會控制着多種燃料發動機的前向發展。目前的要求是將多種燃料發動機變成標準裝置，為此，發動機製造廠在這方面花費了大量的時間和資金。根據英國軍需處目前的使用情況看來，他們需要的標準形式的多種燃料發動機的數目是不多的。因此，我們就很難肯定是否應該被廣泛使用的民用發動機一樣去大量研究和發展多種燃料發動機。

特別是美國的軍事思想已經形成了一個想法：即所有的活塞式發動機和燃氣渦輪發動機都使用一種燃料。顯然和 A. V. T. A. G. 燃料相似的航空發動機用的燃料將控制着將來所取的萬能燃料的形式。由前述可知，如果這種情況可實現的話，英國的一些直接噴射式柴油機在不改變結構時，運轉情況也將很好。為了要獲得這種簡單的燃料，我們必須大力發展在重餾器上的蒸餾和混合的技術^[1]。因此使用萬能燃料的想法在最近的將來是不可能實現的。

民用的多種燃料發動機的發展完全決定於其經濟性。在汽油價格比 D. E. R. V. 燃料低時，用戶當然喜歡將發動機改變成能使用低十六烷值汽油。但是從安全性、冷車起動和供油系統的簡單性方面考慮，他們也許就不願意使用汽油了。

如果汽油的征稅率比 D. E. R. V. 燃料低 10~15%，那麼人們對使用汽油更會感興趣。

同時，發動機製造廠還在繼續研究對低十六烷值燃料的燃燒的控制。他們在從事這項工作時得到了油料公司的大力協助，找到了一些添加劑，使汽油

的十六烷值提高而辛烷值卻沒有降低。此外，燃料噴射裝置製造廠在供油系統方面亦作了些改進。如果上述改進都很經濟的話，多種燃料發動機可以得到進一步的發展。

令人遺憾的是：在柴油機上使用低燃燒性能的汽油時，必須犧牲些效率或結構簡單性，否則就很難使這種汽油燃燒。相反，柴油機經改變後，再使用 D. E. R. V. 燃料時，運轉就受到影響了。這樣可能使吸入氣缸的空氣溫度受到排氣熱點的影響而升高，以致使容積效率降低。增壓比的增加將使壓縮終了時的溫度和壓力升高，但是，在使用 D. E. R. V. 燃料時，壓縮比的增加可能使燃燒發生問題，同時也可能使發動機軸承負荷增大而使製造發生困難。

在渦輪增壓式多種燃料發動機一節已經說過，這種發動機由於燃燒條件得到有效的改善而獲得良好的結果，因此渦輪增壓式多種燃料發動機是具有很大的發展前途。應該着重指出，KRN6 型發動機在設計時已經考慮到增壓問題，因此它在尺寸方面有很大的潛力。我們認為 KRN6 型發動機的渦輪增壓僅是多種燃料發動機採用增壓的開端，今后的多種燃料發動機可能都是渦輪增壓式的。前述已知發動機帶上渦輪增壓器對冷車起動沒有好處，但是，我們可以採用其他方法來解決這個問題。

我們認為今后的研究工作的重心應該逐步地從對預熱室發動機移到直接噴射式發動機。這樣做符合前面所說的論點，就是要盡一切努力降低在壓縮行程中的熱損失。

因此，我們可以得到下面的結論：將來的多種燃料發動機一定是行程/缸徑比很高、燃燒室結構緊湊、渦輪增壓的直接噴射式發動機。為了降低熱損失，我們可以採用降低渦流比的方法，這樣有助於燃燒過程的進行。在空車和低負荷的工作下，我們必須盡一切可能來保持很高的燃燒室溫度。

(參考文獻從略)

楊孝緒譯自 «Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers» 1960, Vol. 174, No. 18,
程映玉校

討 論

W. E. M. Nicolls 先生(Aeton)首先發言，他說，他是抱着噴油設備製造者的特定觀點來參予多種燃料發動機的課題的。這一課題和他個人已經有了密切的關係，而且在已經出現的許多問題中屬於

噴油設備方面的不亞於發動機本身。事實上，這篇論文就給予了人們這樣的最初印象：僅就發動機本身而論並不存在任何問題。

一台真正的多種燃料發動機應該能滿意地燃用

几种特定的燃料,而其性能与效率基本上应保持不变。同时,当发动机从某一种燃料改用另一种燃料时,一般说来,应该只要对供油量作一次简单的调整。虽然在火花点燃式发动机上,人们曾作过多次努力试图实现这一目标,但是被普遍接受为多种燃料发动机的则是压燃式发动机。

他认为,作者把重点放在战略方面是正确的,因为对于严格符合上述定义的多燃料发动机来说,在民用方面很难预测其确实需要。在某些地区很需要燃用正常燃料以外的压燃式发动机,这也许是由于当地特殊的供应情况或收税政策所引起的。

以前曾屡次这样提出过:由于愈来愈难以满足中间馏份燃料(Middle Distillate Fuel)的日益增长的需要,最后将可能迫使压燃式发动机改变其燃料规格。关于这一点,最好作进一步讨论,因为它与发动机制造者和燃料供应部门都有明显的利害关系。

然而,这种情况是存在的,因为有可能使发动机最佳地适应某种选定的燃料而毋须兼顾多种燃料的要求。当真正燃用多种燃料时,发动机应有所改变,其改变范围可能因机型的不同而产生惊人的变化,即使发动机的总结构相似亦不例外。

接着,他提到了这篇论文所引证的某些数据,在图13及14上显示了一台600时³六缸发动机在燃用D. E. R. V. 燃料及常规级汽油时的性能对比:在中等转速范围内,燃用汽油所得的功率稍高;对所有实用要求来说,它们的热效率都相等,但轻质油的重量耗油率较低,因为它的热值较高。

可惜没有提出容量大于690立方吋的发动机在燃用同样燃油时的实际数据,而只有燃用M. T. 74燃料时的数据;后者的热值根据原文所引证的数字,仅比小发动机上所用燃料的热值低0.4%。图10及图11表明,重量耗油率是相等的,而燃用轻质油时的热效率则相应地略低一些。

虽然不想与作者争辩他所提出的大的缸径/冲程会有利于燃用多种燃料的论点,但从相对性能与效率来看,这篇论文所提供的数据并没有表明大的缸径/冲程的任何有利方面。

Nicolls认为,增压无疑会大大地有助于低着火值燃料的燃烧,尤其是对于燃烧噪音来说更是如此。然而,这篇论文所提出的数据使人略感意外,因为增压发动机在燃用D. E. R. V.、A. V. T. A. G. 及M. T. 74三种燃料时的热效率差距比非增压发动机为大。将图19及21与图9及11进行对比即可看出这一点。但也许不能一眼看清,因为它们的能效

率曲线的刻度并不相等。作者对上述各点的论述是重要的。

图18上所显示的扭矩曲线肯定是一项可靠的成果,并且有效地消除了关于增压发动机的特性能否适应道路运输要求的疑点。

至于在燃用不同燃料时的排气温度,过去曾有过某些矛盾的观察结果。鉴于排气温度在增压发动机上的重要性,他不知道作者能否指出在实验中所遇到的在相同效率下燃用三种不同燃料时涡轮进口温度的变化范围,以及在燃用M. T. 74时扭矩的增加(如图20所示)是否在这方面亦带来了什么问题。

作者曾充分论述了影响喷油设备的问题,他反复申述了向柱塞直接供给润滑油的主要作用。正如通常所假设地那样,这些润滑油主要是用来阻止燃油下流,而并不在于使柱塞获得润滑。但除此之外,他并没有作更多的补充。从泵油的角度来看,主要的地区在螺旋槽附近,这部分地区在任何情况下都是无法给予润滑的。

防止燃油从柱塞颈下流,便可使凸轮室的润滑油免于稀释,而且使柱塞的外露部分在任何时候都能获得一层非挥发性的润滑油膜,以免这些表面在油泵经过一段停车时期再重新工作时刮伤。

为了使润滑油产生有效的密封作用,滑油压力必须高于它邻近的燃油压力。因此,对于图3及图6所列的两种方案,他倾向于前者。因为在图3的方案中,滑油槽及柱塞泵油端之间开有燃油减压槽,而图6的方案则没有。

同样,当燃料已经被防止漏入凸轮室以后,为了保证在凸轮室中维持足高的润滑油面,最好的方法是利用发动机润滑油,使之形成连续的滑油循环,而不采用定期加油的方法。事实证明,按照图3上的方案可以满意地控制滑油的流量,而不存在在采用流量限制器时所带来的疑虑。

某些研究工作者曾经用标准喷油设备来进行他们的试验,并且在轻质燃油中掺入了5%的发动机滑油以便照顾到油泵的润滑。但是,这往往会使试验结果混乱,因为加入滑油以后将会严重地影响燃料的着火性质。同样,如果要试验燃料转换系统的话,那末在进行任何观测以前,必须留出一段足够的时间以确保燃料不发生混淆,特别是从D. E. R. V. 燃料转换到高辛烷值汽油时。在这方面,过去所展示的某些实例是毫无疑问之处的。

关于作者有关多种燃料发动机基本形式的结论似可有所商榷。经验表明,机型差别很大的发动机,